

균열암반내 지하수 유동 및 흡착특성 연구(I)

Groundwater Flow and Sorption Processes
in Fractured Rocks

연구기관

재단법인 한국자원연구소

과 학 기 술 처

제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 “균열암반내 지하수 유동 및 흡착 특성연구(I)” 과제의 1차년도 보고서로 제출합니다.

1996. 12.

주관 연구기관명:	한국자원연구소
연구 책임자:	김 원 영
분야별연구원: (지하수유동)	우 남 칠 염 병 우
(지질구조)	최 영 섭 채 병 곤
(텔레뷰어검층)	김 중 열 김 유 성 현 혜 자
(용질 흡/탈착)	이 길 용 이 승 구 윤 윤 열 천 상 기

여 백

요약문

1. 제목:

균열암반내 지하수 유동 및 흡착특성 연구(1차년도)

(Groundwater Flow and Sorption Processes in Fractured Rocks)

2. 연구개발의 목적 및 중요성

최근 산업의 발달과 더불어 지상공간의 활용 못지않게 지하공간 활용의 필요성이 증대되고 있다. 특히, 방사성 폐기물 처분의 경우 유해 방사성 원소의 인간생활권으로부터의 격리를 위하여 지하공간에의 처분이 필수적이다. 지하환경에서의 유해물질은 지하수와 함께 이동하므로 지하공간의 개발환경을 안정적으로 확보하기 위해서는 지하수의 유동특성과 유해물질의 지질매체와의 흡착 및 탈착현상에 대한 이해가 필요하다.

따라서, 본 연구의 목적은 암반내에 발달되어 있는 균열의 특성에 따라 지하수의 유동과 유해물질의 흡/탈착현상의 상관관계를 해석하여 지하공간 활동시 이들 물질이 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 기술을 확보하고자 함에 있다.

이를 위하여 1차년도인 1996년도에는 지표지질조사, 시추 및 코아분석, 공내 텔레뷰어 검층, 공내 수리시험 등을 통하여 균열암반에서의 지하수 유동을 모사하기 위한 개념적 모델설정 및 오염물질을 대표하는 핵종의 물-암석 반응에 대한 모의실험 등이 수행되었다.

3. 연구내용 및 범위

가) 단열계 조사

- 지표 및 항내 단열계 조사
- 5개공 350m 시추코아에 대한 코아로깅
- 3개공 240m에 대한 텔레뷰어 검층

- 상기 3개 항목 조사결과를 종합 해석하여 지하수 유동과 연관된 단열계 파악

나) 수리특성 조사

- 4개 공내에 일정 구간별 정압주입 시험(FIL test) 실시
- 지하수 유동차원 해석
- 지하수위 변화관측

다) 추적자 시험

2중 팩커를 사용하여 추적자의 주입구간을 선택적으로 설정하였고, 관측정에서는 시료채취 대신 특정구간의 심도에서 전기전도도의 변화를 관측하였음.

- 추적자 및 보충수의 주입률 : 구간별 측정
- 추적자 및 보충수의 주입압력 : 30m 수두
- 추적자 : 식염 (Cl^-)
- 추적자 관측 : EC의 농도

라) 지하수 유동 모델링

- 수리지질학적 개념모델 구현을 위한 단열분포 특성의 정량화
- FRACMAN/MAFIC 모델에서 요구되는 입력인자 도출을 위한 조사 및 시험
- 분리단열망 모델링 (DFN modelling)
- 지하수 유동해석 및 평가방향 제시

마) 용질 흡/탈착 모의시험

4. 연구개발 결과

본 연구에서 수행된 텔레뷰어 검증, 정량적 코아분석, 구간별 정압수리시험 및 추적자 시험 등의 결과에 의하면 연구지역의 지하수는 암반내에 발달하는 균열에 의하여 유동특성이 지배된다. 특히, 지하수 유동과 지하수를 따른 핵종 내지 환경오염 물

질의 이동 규명과 예측을 위해서는 암반내 균열 발달상태를 정확히 규명하여야 한다는 사실이 입증되었다.

암반내의 균열상태를 정량적으로 분석하기 위한 수단으로 새로이 도입된 텔레뷰어 검층법은 코아자료에서는 얻을 수 없는 단열면등의 정보를 보완할 수 있는 좋은 방법으로 확인되었다. 즉, 코아검층과 공내 텔레뷰어 검층자료를 종합해석하므로서 단열계망을 정량적으로 해석할 수 있었다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 수리상수 도출은 정상류 해석보다 부정류 해석에 의한 접근이 유동특성 해석에 효과적이다.
- 부정류 해석에 의한 유동차원은 방사상 내지 구상 유동특성을 보인다.
- 시험공 상부구간은 단열과 풍화의 진행으로 다공성 연속체로 간주할 수 있으나 하부구간은 cubic law를 만족하는 현상이 나타난다.
- 단열 투수량 계수의 평균치는 $6.12 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$ 이다.
- 단열의 연결성과 발달 방향성이 지하수 유동을 조절하는 주 인자임이 확인되었다.
- 추적자 이동에 의한 지하수 유동속도는 0.12m/hr에서 0.48m/hr의 변화를 보인다.
- 추적자 시험구간의 수리전도도는 최대 $7.2 \times 10^{-6} \text{m/s}$, 유효공극율 1.8%이며, 이는 정압수리시험 결과인 $3.7 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 와 잘 부합된다.
- 따라서, 부정류 해석에 의한 수리시험과 추적자시험 결과는 단열대의 지하수 유동 해석을 위한 효과적인 방법으로 확인되었다.

여 백

SUMMARY

This study is objected to characterize groundwater flow and sorption processes of the contaminants(ground-water solutes) along the fractured crystalline rocks in Korea. Up to the present days, most researches have focused on the characteristics of the groundwater flow in the stratified sedimentary aquifers. However, utilizing underground space has been increased recently. Considering that crystalline rock mass is an essential condition for using underground space cannot be overemphasized the significance of the characterizing fractured crystalline rocks.

To accomplish the above-mentioned objectives, the behavior of the groundwater contaminants is studied in related to the subsurface structure, and eventually a quantitative technique will be developed to evaluate the impacts of the contaminants on the subsurface environments.

The study has been carried at the Samkwang mine area, located in the south-western part of the Charyung mountain-chain, in the Chung-Nam Province. The site has Pre-Cambrian crystalline gneiss as a bedrock and the groundwater flow system through the bedrock fractures seemed to be understandable with the study on the subsurface geologic structure through the mining tunnels.

For the field tests of the groundwater flow, a total of 5 boreholes were drilled by the depths of 80 m with the spacing of nearby two holes of 5 m each. Borehole tests included core logging, televiwer logging, constant pressure fixed interval length tests and tracer tests.

The results of the first-year(1996) research can be summarized as follows.

① To determine the hydraulic parameters of the fractured rock, the transient flow analysis produce better results than the steady-state flow analysis.

② Based on the relationship between fracture distribution and transmissivities measured, the shallow part of the system could be considered as a porous and continuous medium due to the well developed fractures and weathering. However, the deeper part shows flow characteristics of the fracture dominant system, satisfying the assumptions of the Cubic law.

③ Transmissivities from the FIL test were averaged to be $6.12 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. The specific fracture sets show the transmissivities of $3.34 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $1.36 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ and $1.41 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ for the set 1, 2 and 3, respectively.

④ Tracer tests result in the various groundwater velocities by depths in the same borehole, and even at the same depths in separate boreholes. This indicates groundwater flow in the study area is controlled by the connection, extension and geometry of fractures in the bedrock.

⑤ Hydraulic conductivity of the tracer-test interval was in maximum of $7.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$, and the effective porosity of 1.8 %. This result is in well accordance with the result of the FIL test with transient-flow analysis ($3.7 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$).

⑥ Composition of the groundwater varies with that of contacting geomedium and the significant change occurs in K and Fe.

⑦ Metal ions in groundwater were found to be sorbed onto groundwater particulates.

The study on the sorption processes of the groundwater contaminant is undergoing part, therefore the further results of this study will be provided in the final report in the end of the second year research.

CONTENTS

Summary	3
Chapter I. Introduction	17
Section 1. Background	17
Section 2. Objectives	18
Section 3. Procedures	19
Section 4. Site Selection	21
Chapter II. Methodology	24
Section 1. Fracture System	24
1. Surface and Tunnel survey	24
2. Drilling and Core Logging	25
3. Televiwer Logging	27
Section 2. Hydraulic Parameters	38
1. Groundwater Levels	38
2. Hydraulic Tests	40
3. Tracer Tests	46
Section 3. Groundwater Modeling	52
Section 4. Sorption Processes of Solutes	56
1. Preparation of Geomedia	56
2. Preparation of Groundwater Samples	58
3. Radioactive Tracers	60
4. Ad-/De-sorption Processes	66
Chapter III. Results	68
Section 1. Characteristics of the Fracture System	68

1. Geological Survey	68
2. Tectonic Analysis	71
3. Fractures in Boreholes	75
4. Interpretation of the Fracture System	92
Section 2. Hydraulic Characteristics of the Bedrock	95
1. Hydraulic Test	95
2. Tracer tests	106
Section 3. Conceptual Model of the Groundwater Flow	112
Section 4. Characteristics of the Solute's Behavior	121
1. Characteristics of the Geomedia	121
2. Characteristics of Groundwater	126
3. Sorption Characteristics of the Solutes	136
Chapter IV. Conclusions and Discussions	145
Section 1. Characteristics of the Fracture System	145
Section 2. Groundwater Flows in the Fractured Bedrock	147
Section 3. Behavior of Solutes	149
Section 4. Considerations of Methodology	150
1. Comparison of Core Logging and Televiwer Logging	150
2. Comparison of Core Logging, Televiwer and FIL tests	151
Section 5. Suggestions for Future Studies	158
References	161
APPENDICES	173

목 차

요약문	3
제1장 서론	17
제1절 연구 배경	17
제2절 연구 목적	18
제3절 연구추진체계	19
제4절 연구지역 설정	21
제2장 연구 방법 및 내용	24
제1절 단열계 조사	24
1. 지표 및 향내조사	24
2. 시추 및 코아로깅	25
3. 텔레뷰어 기법	27
제2절 수리특성 조사	38
1. 지하수위 분포	38
2. 수리시험	40
3. 추적자 시험	46
제3절 지하수 유동 모델링	52
제4절 용질의 흡착 특성	56
1. 지질매질 시료준비	56
2. 지하수 시료준비	58
3. 방사성 추적자	60
4. 핵종의 흡착 및 탈착 실험	66
제3장 연구 결과	68
제1절 단열계 특성	68

1. 지질 조사	68
2. 구조 분석	71
3. 시추공내의 단열계	75
4. 단열계 해석	92
제2절 암반 수리특성	95
1. 수리시험	95
2. 추적자 시험	106
제3절 지하수 유동 모델링	112
제4절 핵종 거동 특성	121
1. 지질 매질의 특성조사	121
2. 지하수의 특성조사	126
3. 핵종의 흡착특성	136
제4장 결론 및 종합 토의	145
제1절 단열계 특성	145
제2절 암반내 지하수 유동특성	147
제3절 용질의 거동 특성	149
제4절 연구방법 및 기술에 대한 고찰	150
1. 코아조사 및 초음파 주사검층자료 비교	150
2. 코아조사, 초음파 주사검층자료 및 정압 수리시험 결과의 비교	151
제5절 추후 연구에 대한 제안	158
참고 문헌	161
APPENDICES	173

List of Tables

Table 1.1	Geologic setting in the Samkwang mine area.	21
Table 2.1	Drilling conditions for test boreholes	25
Table 2.2	Classification for weathering.	26
Table 2.3	Classification for fracture spacing.	26
Table 2.4	Conditions for tracer tests	51
Table 2.5	Four geomedia used in this study.	56
Table 2.6	Analytical methods used for the measurement of physicochemical characteristics of geomedia.	57
Table 2.7	Analytical methods used for the measurement of physicochemical characteristics of groundwater.	59
Table 2.8	Radiotracers and their nuclear data.	61
Table 2.9	Reagents used for the radioactive tracers.	62
Table 2.10	Traced groundwaters prepared for adsorption experiments.	63
Table 2.11	Initial Activity of PTGWs in 50mL CT.	64
Table 3.1	Faults, fractures and infillings in borehole B-1	75
Table 3.2	Faults, fractures and infillings in borehole B-2.	76
Table 3.3	Faults, fractures and infillings in borehole B-3	77
Table 3.4	Faults, fractures and infillings in borehole B-4	78
Table 3.5	Faults, fractures and infillings in borehole B-5	79
Table 3.6	Fracture groups analysed from televiewer log data.	92
Table 3.7	Summary of flow dimension analysis in the borehole B-1.	96
Table 3.8	Summary of flow dimension analysis in the borehole B-2.	97
Table 3.9	Summary of flow dimension analysis in the borehole B-3.	98
Table 3.10	Representative values of fracture distribution	114
Table 3.11	Proportion of termination types in each fracture set.	115

Table 3.12	Fracture transmissivity in each fracture set.	115
Table 3.13	Conductive fracture density	117
Table 3.14	Input data for discrete fracture network modelling.	118
Table 3.15	Statistics of discrete fracture network system.	120
Table 3.16	Elemental concentration of geomedia with particle size.	122
Table 3.17	Elemental concentration of unsieved geomedia	123
Table 3.18	Elemental concentration of sieved geomedia	124
Table 3.19	Physical characteristics of four GMs with preconditioning.	125
Table 3.20	Chemical composition of groundwater	126
Table 3.21	Chemical composition of groundwater with the preconditioning	127
Table 3.22	Elemental concentration of filter cakes	130
Table 3.23	DOC concentration of GWs with preconditioning.	132
Table 3.24	Activity in adsorption tube after GW-GM contact.	137
Table 4.1	Comparison of fracture data for the borehole B-1	152
Table 4.2	Comparison of fracture data for the borehole B-2	154
Table 4.3	Comparison of fracture data for the borehole B-3	156

List of Figures

Fig. 1.1	Flow chart of the study	20
Fig. 1.2	Geographic features in the vicinity of the study area	22
Fig. 1.3	Geologic map of the Samkwang mine area	23
Fig. 2.1	Principles of the borehole acoustic scanner (Televiewer)	28
Fig. 2.2	Projection of the acoustic beams encircling the borehole.	29
Fig. 2.3	Perspective view of a simple fracture plane intersecting a borehole	30
Fig. 2.4	Comparison of Televiewer reflectivity with the rock strength index	32
Fig. 2.5	Stress concentration around a vertical borehole in a elastic body	34
Fig. 2.6	FACSIMILE-40 Televiewer system	36
Fig. 2.7	Water-level fluctuations in the five monitoring wells	39
Fig. 2.8	Dimensional flow analysis by a straight line method	42
Fig. 2.9	Concept of modeling in fractured rockmass	53
Fig. 2.10	Outline of modeling approach	54
Fig. 2.11	Flow chart for the preconditioning of geome dia.	58
Fig. 2.12	Flow chart for the preconditioning of groundwater.	59
Fig. 2.13	Gamma-ray spectrum of radiotracers	65
Fig. 2.14	Schematic representation of radiotracer adsorption	66
Fig. 3.1	Lineament map interpreted from airphotos of the study area	70
Fig. 3.2	Structure map of the study area	72
Fig. 3.3	Scene of the study site(upper) and Televiewer system set-up (lower)	81
Fig. 3.4	Location of the boreholes B-1, B-2 and B-3 for the televiewer scan	82
Fig. 3.5a	Televiewer image logs for borehole B-1(4.1m~8.2m)	84
Fig. 3.5b	Televiewer image logs for borehole B-1(29.2m~33.4m)	85
Fig. 3.6	Presentation of dip directions	86
Fig. 3.7	Presentation of dip angles	87

Fig. 3.8	Televiewer rock strength from the borehole B-1	89
Fig. 3.9	Televiewer inclinometer measurements	90
Fig. 3.10	Circular cross sections of 400 depth intervals (15cm)	91
Fig. 3.11	Variations of fracture transmissivity, frequency, aperture in B-1	99
Fig. 3.12	Variations of fracture transmissivity, frequency, aperture in B-2	100
Fig. 3.13	Variations of fracture transmissivity, frequency, aperture in B-3	101
Fig. 3.14	Relationship between the aperture volume and transmissivity	103
Fig. 3.15	Relationship between the aperture volume and transmissivity	105
Fig. 3.16	Break-through curve for the tracer test 1	107
Fig. 3.17	Break-through curve for the tracer test 4	108
Fig. 3.18	Oxfilet simulation result to estimate the transmissivity	116
Fig. 3.19	Fracture system model	119
Fig. 3.20	Pole plot from the fracture system model.	120
Fig. 3.21	BGW-Normalized element pattern after the contact with 4 GMs.	128
Fig. 3.22	Schematic representation of colloid facilitated transport	130
Fig. 3.23	Natural concentration of elements as a function of the DOC	131
Fig. 3.24	A relationship of the DOC concentration with the particle	131
Fig. 3.25	SEM backscattering image of GW2	133
Fig. 3.26	SEM backscattering image (Filter residue on 450nm)	135
Fig. 3.27	Adsorption on geomeia(GM1) as a function of the pH	138
Fig. 3.28	Adsorption on geomeia(GM2) as a function of the pH	139
Fig. 3.29	Adsorption on geomeia(GM3) as a function of the pH	140
Fig. 3.30	Adsorption on geomeia(GM4) as a function of the pH	141
Fig. 3.31	Adsorption on tube surface as a function of the pH	143

제1장 서론

제1절 연구 배경

근래에 이르러 산업의 발달과 더불어 필수적으로 산출되는 유해 산업폐기물 및 방사성 폐기물의 처리문제와 함께 안정된 생활공간의 확보 등의 문제로 지상공간의 활용이 한계에 달하고 있다. 이러한 시점에 지상에서 유출된 오염물질의 지하 환경으로의 유입과 폐기물의 지하 공간내 처분 등의 지하 공간의 활용에 대한 사회적 관심이 높아지고 있다.

지하 공간 개발의 대상이 되는 암반은 대체로 결정질 암반으로 지하수의 유동성이 극히 제한되는 암반이나, 이러한 암반내에 지구적인 작용에 의하여 생성된 균열이 존재하는 경우에는 이를 따라서 유동하는 지하수의 양상은 일반적인 다공질 매체의 지하수 유동과는 전혀 다른 성격을 보인다. 따라서, 공간 개발의 대상이 되는 지하 암반의 균열발달 상태와 그 특성에 대한 정밀조사 및 연구자료는 이러한 암반을 개발이 용하는 전제적인 설계공정의 가장 기초적이며, 그 개발환경의 안정성을 유지하는데 필수적인 자료를 산출하게 된다.

나아가서, 지하에 유입된 오염물질은 자체적으로 이동하기도 하지만, 이들이 지하수와 접하게 되면 지하수와 함께 이동하게 되므로 그 이동성이 급격히 증가하게 된다. 따라서, 암반내 발달된 균열 중에서 지하수의 그 연장성과 분포에 의하여 지하수의 유동경로 역할을 하는 균열에 대한 수리지질학적 특성에 관한 연구는 이들 균열을 통한 지하수의 유동을 예측가능하게 해줄 수 있다.

또한 지하로 유입된 오염물질들은 지하수를 따라서 유동하게 되는데, 이러한 유동과정에서 암반내 균열 혹은 열극충진물과 같은 거대 정지상의 표면(stationary macro surface) 뿐만 아니라 지하수에 존재하는 무기 콜로이드(inorganic colloid) 혹은 미생물과 같은 이동상(mobile phase)에도 흡착하게 된다. 정지상에 흡착될 경우에는 오염물질의 이동이 지연 될 것이나 이동상에 흡착될 경우에는 이들 미세 알갱이들이 운반

체 역할을 하게 되어 지하수와 같이 이동하게 되므로 이들의 이동속도가 증가하게 될 것이다.

지금까지 개발된 지하수의 유동특성은 주로 퇴적암층을 저류암으로 하는 층상 대수층을 통한 유체의 유동으로 연구, 해석되어 왔다. 그러나, 상기한 목적의 지하공간의 개발에는 지하수의 유동이 상대적으로 제한되는 결정질 암반이 고려대상이 되며, 결과적으로 결정질 암반 내에서 발달된 균열의 형상과 연장성 등이 이를 통한 지하수의 유동과 오염물질의 주변 환경의 변화에 따른 물리화학적 반응에 의한 거동특성의 변화를 이해하여야 한다.

제2절 연구 목적

본 연구의 목적은 국내 지질매체에 분포하는 균열암반 내의 지하수 유동특성 및 지하수와 함께 유동하는 오염물질의 흡/탈착 반응에 의한 거동특성을 규명하는 것이다. 따라서, 본 연구에서 제기한 기술개발 과제는 결정질 암반지역을 대상으로 지표와 지하의 구조발달 상황을 조사평가하고, 이들이 환경오염물질의 지하수 유입시 미치는 영향에 대한 정량적 평가기술을 개발·확보하는 것이다.

이를 위하여, 연구 1차년도인 1996년에는 지표지질조사와 구조지질 조사, 시추 및 코아분석, 공내 물리검층, 물리화학적 수리시험, 지하수 유동을 모사하기 위한 개념적 모델설정 및 오염물질을 대표하는 핵종의 물-암석 반응에 대한 모의실험 등이 수행되었다. 본 연구는 2차년도인 1997년도까지 지속적으로 수행될 예정이다.

연구의 최종 결과는 다음과 같다:

- 1) 조사지역과 유사한 지질 특성을 보이는 타지역에 적용가능한 암반내 균열발달 상태를 조사평가하는 세부기술을 정립하고,
- 2) 암반내 균열을 통한 지하수의 유동특성을 조사하는 세부기술을 정립하며,
- 3) 본 연구에서 선정한 오염물질의 지질매체에 대한 흡착특성의 측정기술을 개발하며,

- 4) 각 세부기술의 장단점을 비교분석하여 종합적인 해석 기술을 확보하여 폐기물 처분 및 지하공간 개발의 근본적인 요소기술을 확보함

제3절 연구추진체계

본 연구는 균열 암반에 대한 종합적인 부지특성을 평가하는 1차 조사의 방법과 기술개발을 주 목표로 하고 있다. 이를 위하여 연구 1차년도인 1996년도에는 수행된 연구는 다음과 같은 체계에서 실시되었다:

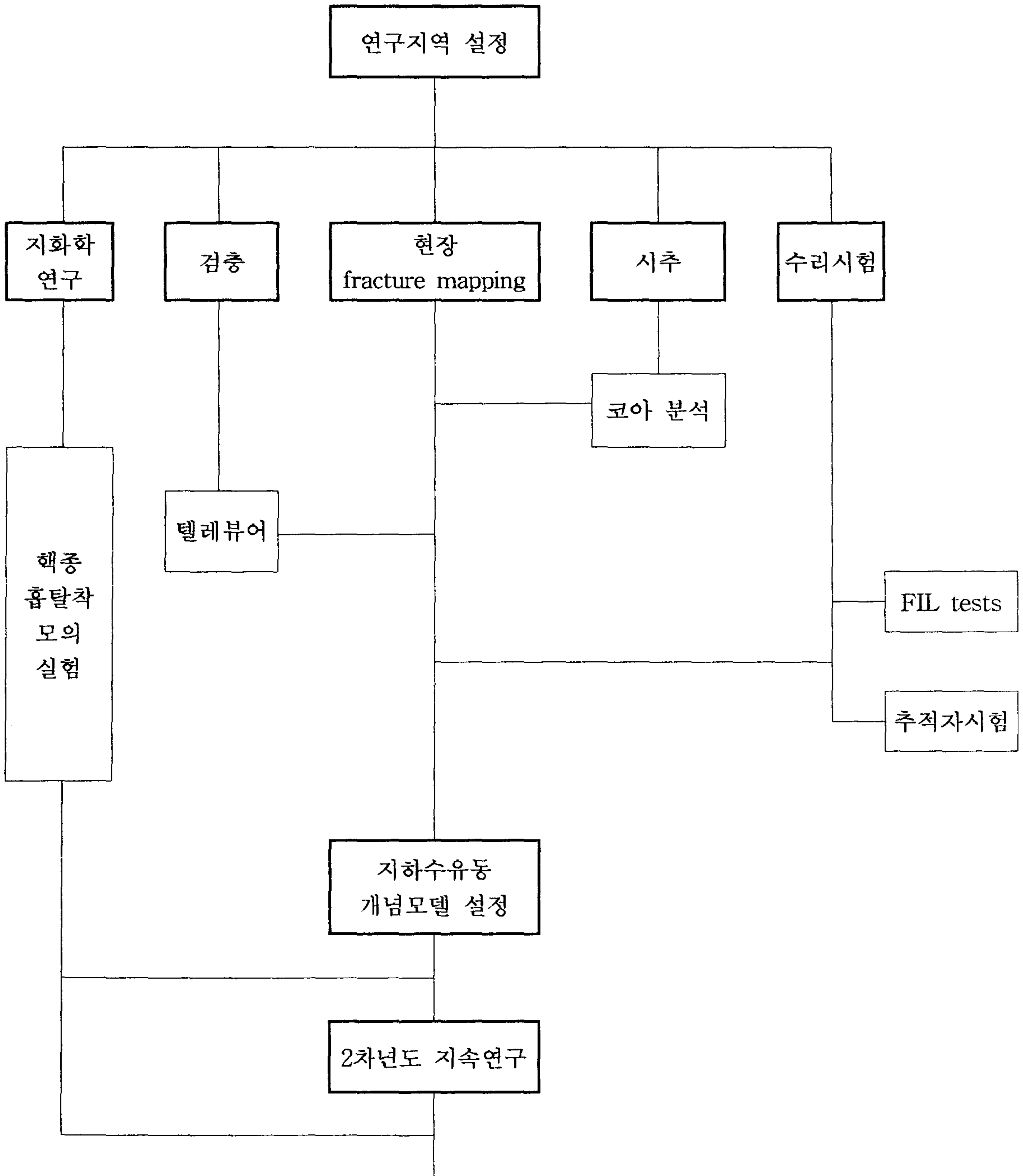


Fig. 1.1 Flow chart of the study

제4절 연구지역 설정

연구지역은 차령산맥의 서남측 연장단에 위치하며, 삼광광산이 위치한 국사봉(EL.488m) 일대는 북측으로 부터 차령고개(EL.235m), 국사봉(EL.489m) 및 칠갑산(EL.561m)으로 연결되는 SSW방향의 고지대를 형성한다. 능선의 서측에는 신양천(EL.60m)이 NNE방향으로, 동측에는 유구천(EL.50m)이 SSW방향으로 각각 유로를 형성한다(Fig. 1.2).

연구지역의 지질은 선캠브리아기의 다양한 변성암류와 이를 관입한 백악기의 화성암류 및 이들을 부정합으로 피복한 제4기 충적층으로 구성된다. 선캠브리아기의 변성암류는 준편마암에 속하는 운모편암, 호상편마암 및 흑운모편마암과 이들을 관입한 정편마암에 속하는 화강암질 편마암으로 세분된다. 백악기의 화성암류는 페그마타이트, 염기성맥암 및 석영맥암으로 구성되어 있다(Table 1.1; Fig. 1.3).

본역의 지질에 대해서는 엄상호와 이민성(1962), 광업진흥공사(1968), 손치무외(1967), 대한석탄공사(1972), 이돈영외(1974), 김서운과 김명환(1969) 등에 의해 조사된 바 있으나, 일부 지층에 대한 지질시대에 관해서는 이견이 있었다.

Table 1.1 Geologic setting in the Samkwang mine area.

Quaternary	alluvium
Cretaceous	~~~~~ unconformity ~~~~~ dykes(quartz vein, basic dykes)
Jurassic	———— intrusion ———— Ungog-ri formation
Precambrian	~~~~~ unconformity ~~~~~ granitic gneiss gneisses(biotite banded gneiss, mica schist)

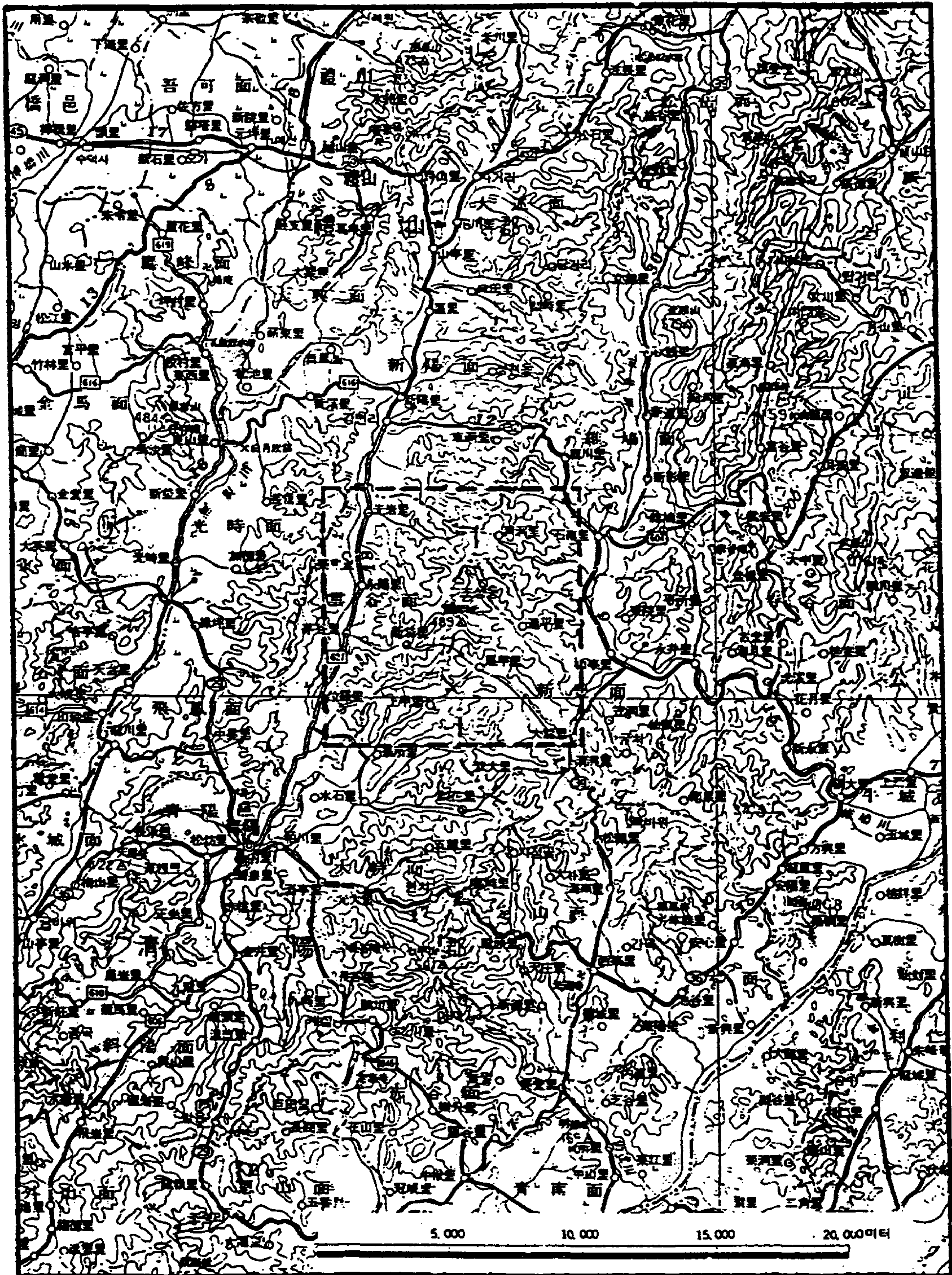


Fig. 1.2 Geographic features in the vicinity of the study area.

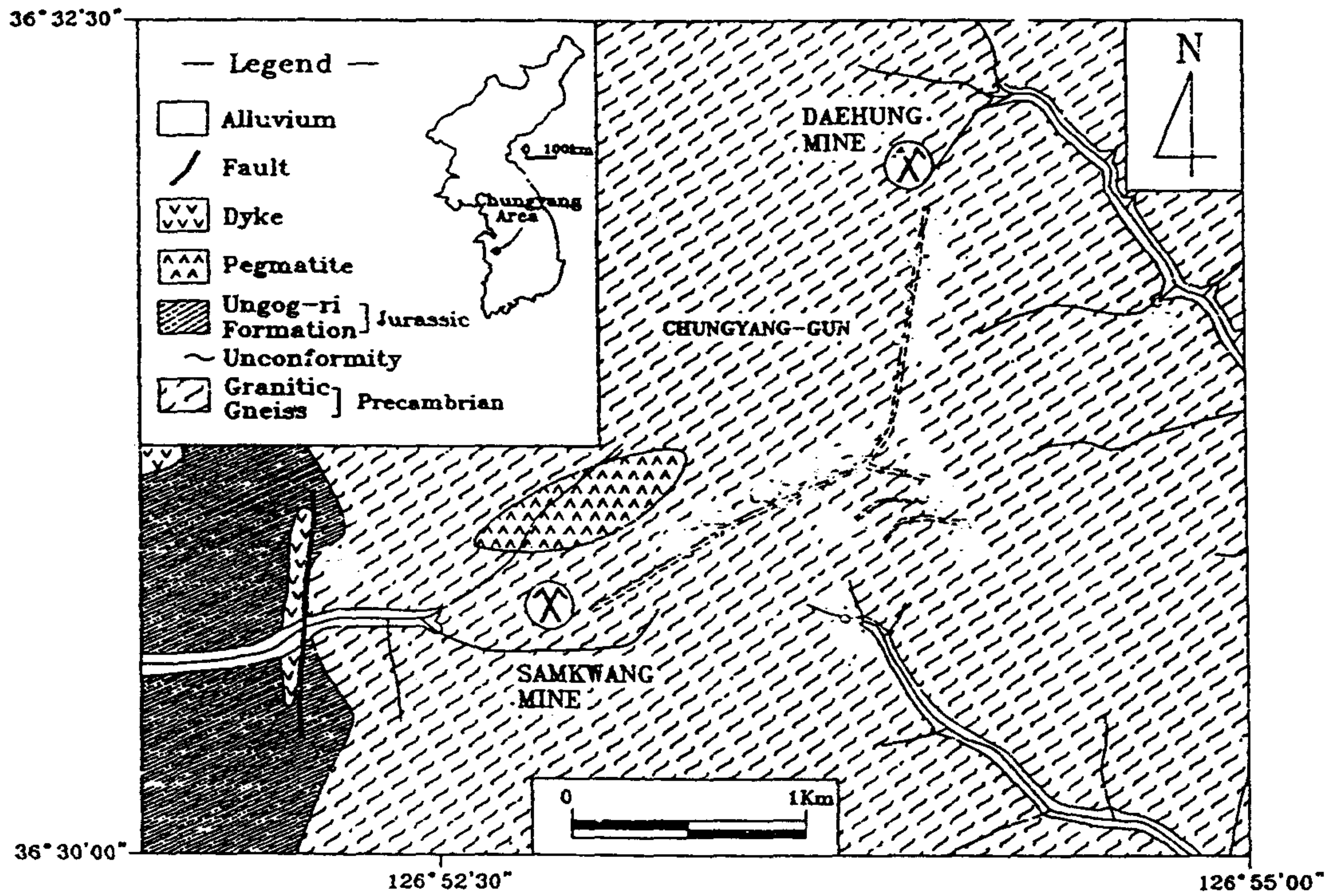


Fig. 1.3 Geologic map of the Samkwang mine area: Dashed lines are mine adits.

제2장 연구 방법 및 내용

제1절 단열계 조사

1. 지표 및 항내조사

결정질암에서의 지하수 유동은 단층, 절리 등의 단열을 따라 이루어지고 있으며, 유동속도, 유동량 등은 단열이 가지는 특성에 따라 좌우되고 있다. 즉, 지하수 유동에 영향을 주는 단열의 요소로는 길이, 간격, 틈, 틈새에 끼어 있는 충전물 등이 있으며, 단열들간의 상호 연결성 또한 지하수 유도에 매우 중요한 인자로서 작용할 것이다.

이번 연구에서 야외 및 항내에서의 단열조사시는 이러한 요소들에 중점을 두고 수행되었다. 단층의 경우에는 주향과 경사, 단층폭, 단층의 연장성, 단층의 운동방향, 단층과 관련된 전단절리, 충전물질 등이 상세하게 기재되었으며, 절리에 대하여는 주향과 경사, 길이, 간격, 틈, 충전물, 조도(roughness), 단층과의 관련여부, 다른 절리들과 교차관계 등이 세밀하게 조사 기재되었다.

이렇게 얻은 자료는 주향과 경사를 고려하여, 조(條)별로 분류한 후, 서로 연관되는 단층계 및 절리계를 하나로 묶어서 단열군으로 구분하였다. 그리고, 분류된 단열군에 대하여 코아조사 및 초음파 주사검층 결과와 FIL test 결과를 종합적으로 비교 검토하였다.

2. 시추 및 코아로깅

지하 암반에 발달하여 있는 단층, 절리 등의 단열계의 특성을 파악하기 위하여 NX 크기의 시추코아가 채취되었으며, 이에 대한 코아조사가 수행되었다. 코아 조사 기록은 야외조사시에 기록하는 것과 같은 방법으로 수행하였으며, 단열계의 분석은 초음파 주사점층 자료에서 단열면의 주향과 경사를 이용하여 실시되었다.

시추작업 및 코아로깅은 1996년 4월 23일부터 동년 5월 16일까지 실시되었으며, 로터리 시추기계로서 총 5개공에 대하여 시추작업이 수행되었다. 시추코아는 더블 코아배럴을 사용하여 NX 크기로 굴진 인양하였으며, 각 공에 대한 굴진심도, 케이싱 구경 및 심도, 작업기간 등에 대한 자료는 Table 2.1과 같다.

Table 2.1 Drilling conditions for test boreholes

Hole No.	Depth(m)	Casing		Operating Period
		4"	3"	
B-1	80.30	2.70	2.92	4. 23 - 5. 3
B-2	80.10	2.10	2.90	4. 23 - 5. 2
B-3	80.10	-	3.10	5. 2 - 5. 13
B-4	80.20	-	5.90	5. 6 - 5. 16
B-5	23.00	-	1.10	5. 13 - 5. 15

코아조사는 암종구분, 색깔, 풍화도 및 단열정도, 그리고 단열면에서 관찰할 수 있는 여러 가지 정보들에 대하여 정밀하게 수행되었으며, 조사결과는 코아조사 기록지에 자세하게 기록하였다.

암종구분 및 색깔에 대하여는 암석의 야외명과 일반적인 색깔표현을 사용하였다. 풍화도 및 단열정도에 대한 분류는 목적에 따라 다양하나, 이번 조사에서는 일반적으로 지반조사에 많이 사용되고 있는 분류들을 부분적으로 수정하여 사용하였다(Table 2.2 및 2.3).

단열면에 대한 조사는 단열면의 심도, 종류, 경사각, 충전물질 등에 관하여 정밀하게 수행되었다. 단층면에 대하여는 단층조선의 pitch 측정, 운동방향 결정, 충전물질, 단층각력의 발달범위 등이 상세히 기재되었다. 절리면에 대하여는 충전물질 및 roughness를 기재하였다. 특히 단층을 수반하는 연약대는 단층비지(fault gouge) 및 단층각력(fault breccia)이 미고결상태로 남아 있는 것과 고결상태인 것으로 구분되고 있다.

Table 2.2 Classification for weathering.

Grade	Description
F	Fresh; no visible sign of weathering
SW	Slightly Weathered; penetrative weathering developed on open discontinuity surfaces but only slight weathering of rock material.
MW	Moderately Weathered; weathering extends throughout the rock mass but the rock material is not friable.
HW	Highly Weathered; rock is wholly decomposed and in a friable condition but the rock texture and structure are preserved.

Table 2.3 Classification for fracture spacing.

Grade	Description
SOLID	Fracture spacing greater than 30cm
SF	Slightly Fractured; fracture spacing 10cm - 30cm
MF	Moderately Fractured; fracture spacing 3cm - 10cm
HF	Highly Fractured; fracture spacing less than 3cm

3. 텔레뷰어 기법

가. 텔레뷰어 기술의 원리

텔레뷰어 혹은 초음파 주사검층법(Borehole acoustic scanner(Televiewer))은 초음파(주파수 약 1MHz) 빔(beam)을 시추공 내벽에 주사하여 그로부터 얻게되는 반사파의 진폭 및 주시를 분석함으로써 절리 및 단층의 크기, 방향 및 경사, 암질의 변화내지 암석의 역학상태를 규명하는 최첨단 공내 물리검층 기술이다. 본 연구를 위해 사용된 텔레뷰어 검층시스템은 독일 DMT 물탐연구소에서 개발된 FACSIMILE - 40(Focussed ACoustic System to IMage the Inside of borehoLEs and pipes)으로써 그의 분해능이나 내구성 내지 운용 software 및 processing software는 지난 수년간 한·독 국제공동연구를 통하여 크게 보완되었다.

Fig.2.1 에서 나타난 바 초음파가 지층경계면에 수직으로 입사되면 그에 따른 반사파의 에너지(진폭)는 그 경계면의 반사계수 R에 의해 가늠된다. Fig.2.1 의 아랫부분은 초음파빔이 물에서 연직으로 암반에 입사하는 상태를 보여주고 있다. 이러한 빔이 바로 절리위에 입사된다면 반사되는 에너지는 그 이전과 비교하여 큰 변화를 나타내게 된다. 즉, 암반에 형성된 절리의 내부가 점토로 충전되었다면 반사파의 진폭은 물/점토간의 임피던스 대조에 의해 관찰될 것이다. 나아가서 그 절리가 열려 있는 경우에는 초음파의 산란에 의해 극히 미약한 반사파의 에너지가 관찰된다.

Fig.2.2 는 시추공내에서 텔레뷰어 초음파 빔이 방사되는 상태를 시각적으로 보여주고 있다. 즉, 시추공 중심부에서 시추공벽으로 주사되는 초음파 빔이 중심축상에서 선회하고 또한 이동하면서 시추공벽에 빈틈없이 방사된다. 이러한 측정과정에서 만약 임의의 경사를 가진 절리면이 존재할 경우, 그것이 텔레뷰어 측정데이터에 반영되는 모양은 sine curve 가 된다(Fig.2.3). 일반적으로 검층데이터는 지자기 북극을 기준(N-E-S-W-N)으로 표현되며 그로부터 절리면의 주향내지 경사가 결정된다(김중열외, 1993 ; 김중열외, 1995).

텔레뷰어 측정시 얻게 되는 데이터내용은 초음파 빔이 공벽에 의해 반사되는 초음파의 진폭 및 주시 즉, 진폭이미지 및 주시이미지가 된다. 여기서 진폭이미지는 절리

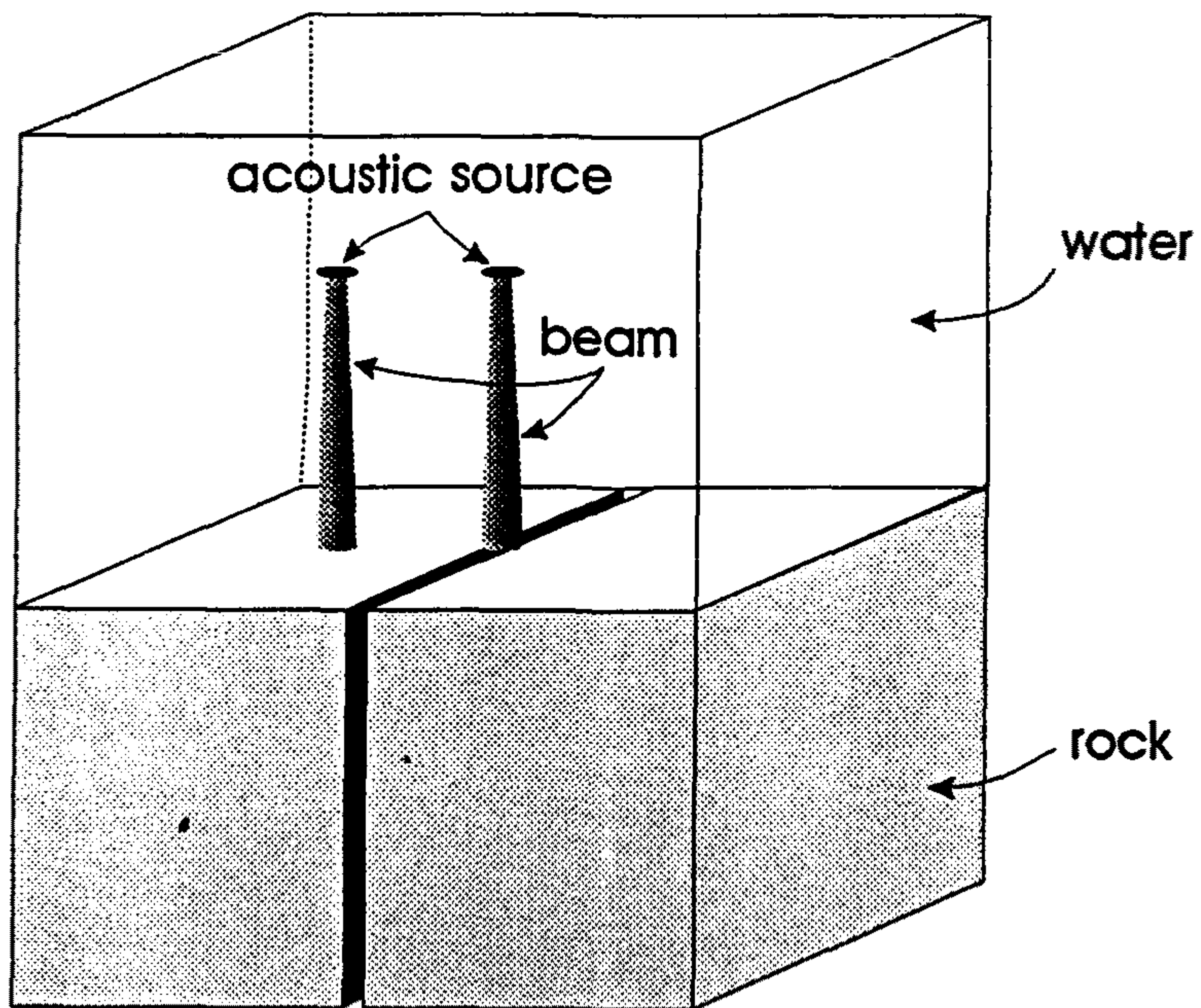
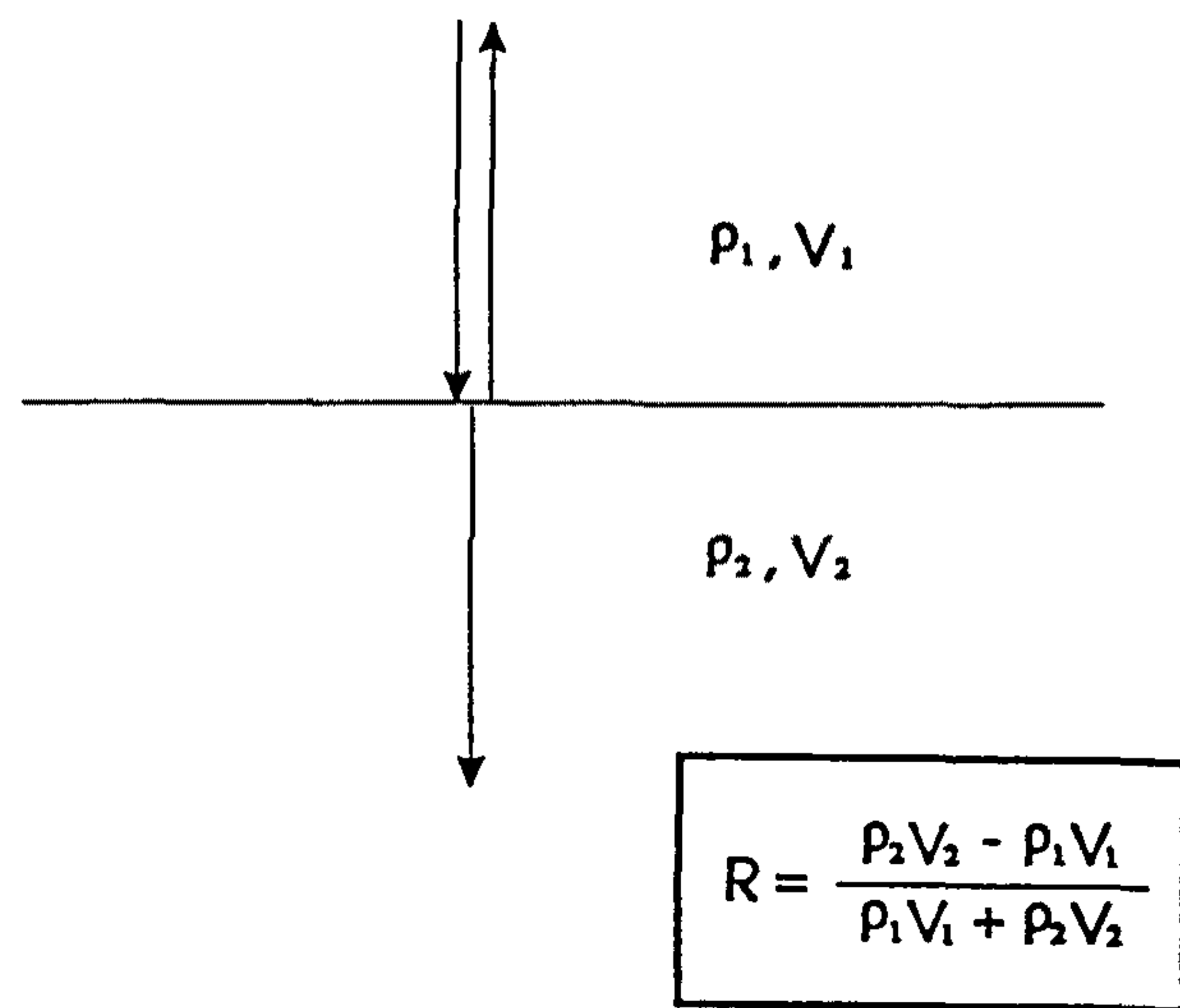


Fig. 2.1 Principles of the borehole acoustic scanner (Televiewer):
Changes in acoustic energy after reflection from interfaces

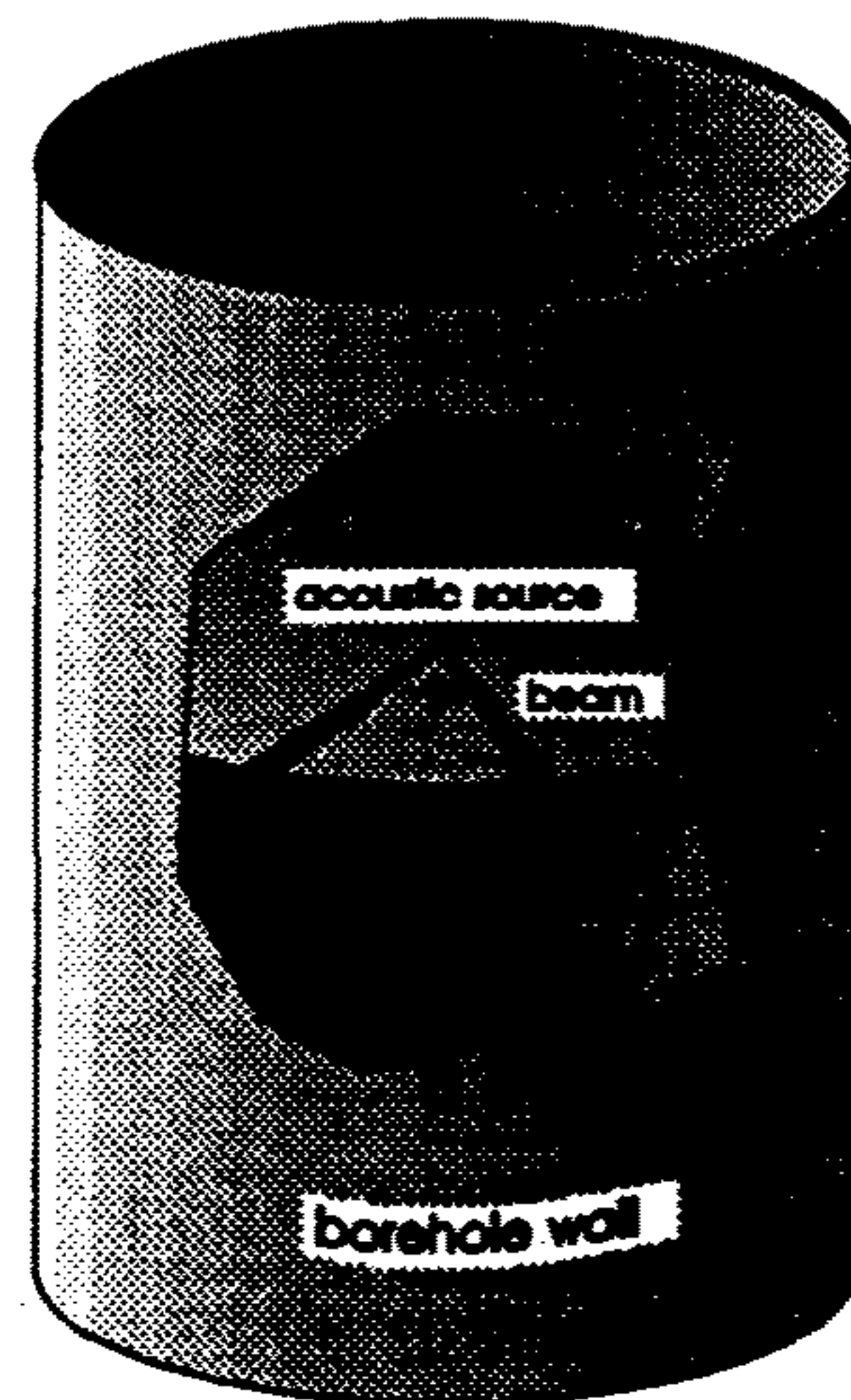
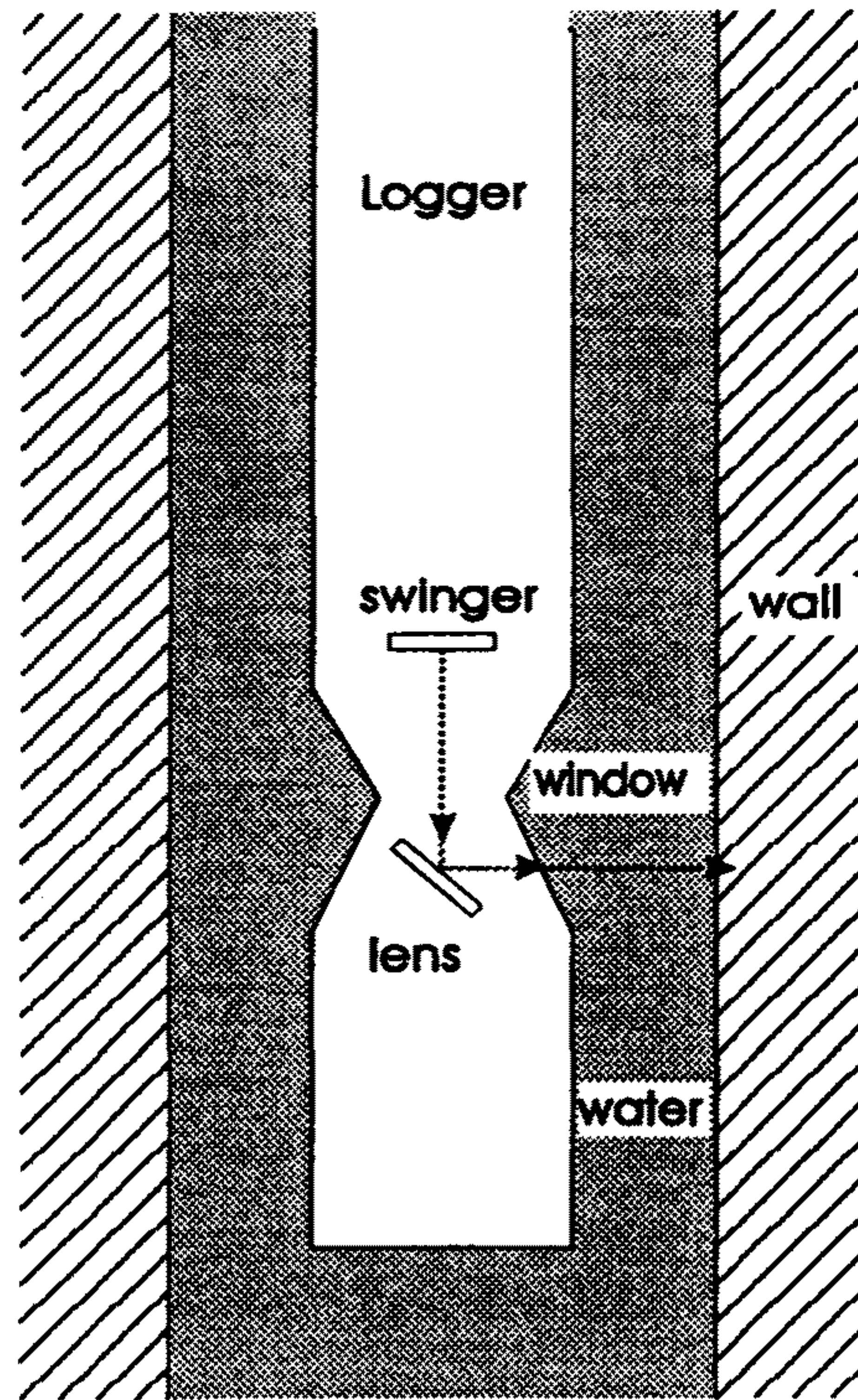
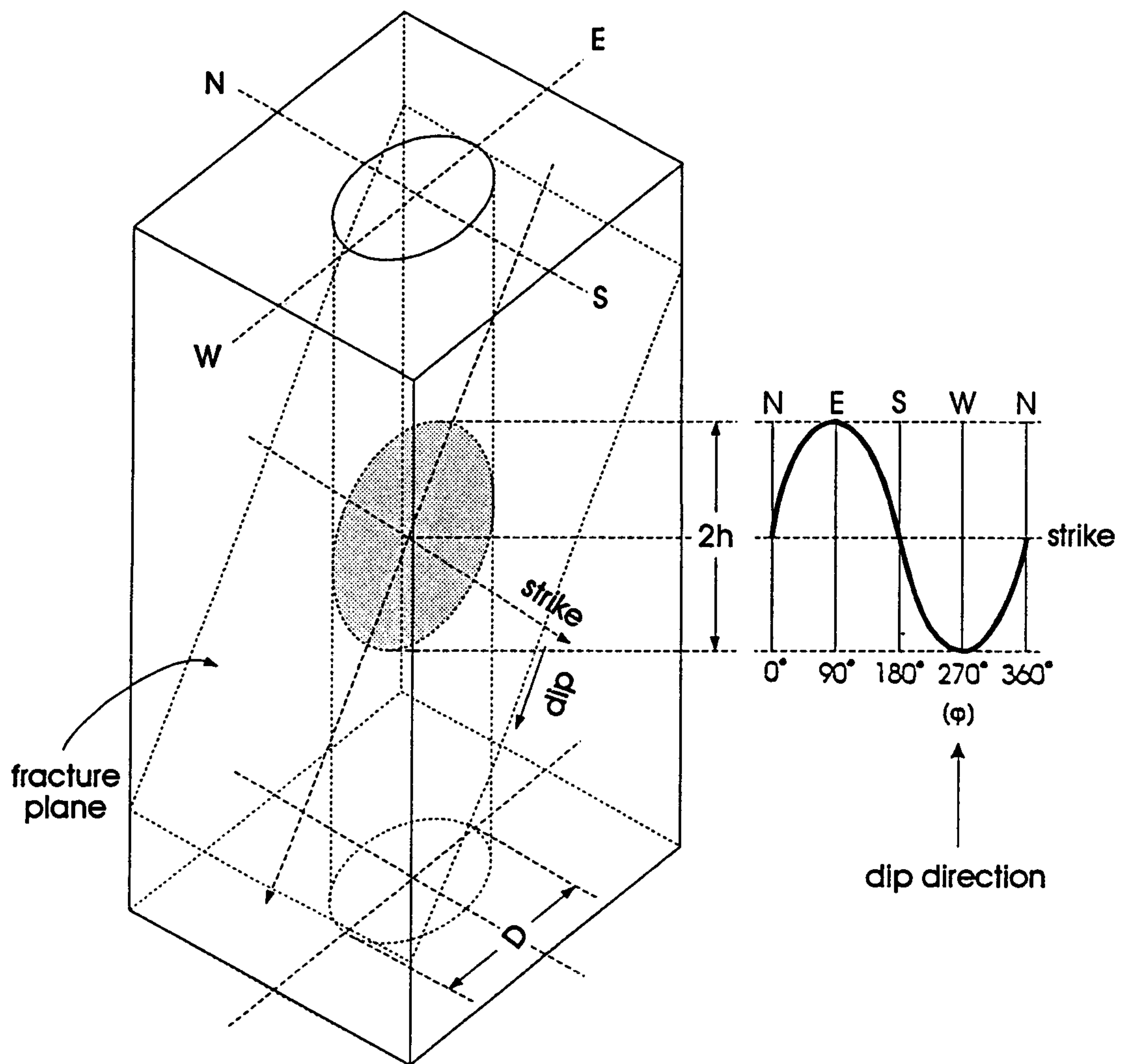


Fig. 2.2 Projection of the acoustic beams encircling the borehole



$$\theta = 90^\circ - \phi \quad \theta : \text{strike angle}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{2h}{D}\right) \quad \alpha : \text{dip angle}$$

Fig. 2.3 Perspective view of a simple fracture plane intersecting a borehole and the resulting schematic signature (sine curve).

및 단층의 발달상태뿐만 아니라 상대적인 암석강도에 대한 정보를 제시하며, 주시미지는 데이터의 교정 내지 고분해능 공경검층기능을 대변하게 된다.

텔레뷰어 암석강도는 바로 공간적인 개념에서의 현장측정치(in-situ measurement)이기 때문에 무엇보다 토목분야에서 큰 의미를 부여하게 된다. 일반적으로 "space modulus" M 은 속도 검층기(sonic log)에서 얻게되는 P 및 S의 초동주시 Δt_p 및 Δt_s 와 밀도에 의해 다음과 같이 정의되며(Serra, 1984)

$$M = K + \frac{4}{3} \mu = \frac{\rho_b}{\Delta t_p^2} = \rho_b \cdot V_p^2$$

$$\mu = \frac{\rho_b}{\Delta t_s^2}$$

$$K = \rho_b \left[\frac{1}{\Delta t_p^2} - \frac{4}{3\Delta t_s^2} \right]$$

ρ_b : bulk density

$\Delta t_p, \Delta t_s$: 1/P파속도(V_p), 1/S파속도(V_s)

μ : shear modulus

K : compressional modulus

이 때 M 은 암석 변형에 저항하는 소위, 암석 강도에 대한 척도(rock strength index)로 간주된다. 여기서 ρ_b 및 V_p 는 속도 및 밀도 검층에 의해 구할 수 있으며 그로부터 M 에 대한 절대치(absolute value)는 물론 반사계수 R 도 계산될 수 있다. 반면 텔레뷰어 진폭치(reflectivity)는 우선 M 이나 R 과 직접적으로 상관되고 있으나 그들에 대한 절대치는 될 수 없다.

그러나 텔레뷰어 진폭치와 M 과는 단지 상수배(scaling factor)관계가 있음이 입증되었다(Toumani, 1995). 예를 들면, Fig.2.4 의 첫번째 및 두번째 기록은 각각 밀도검

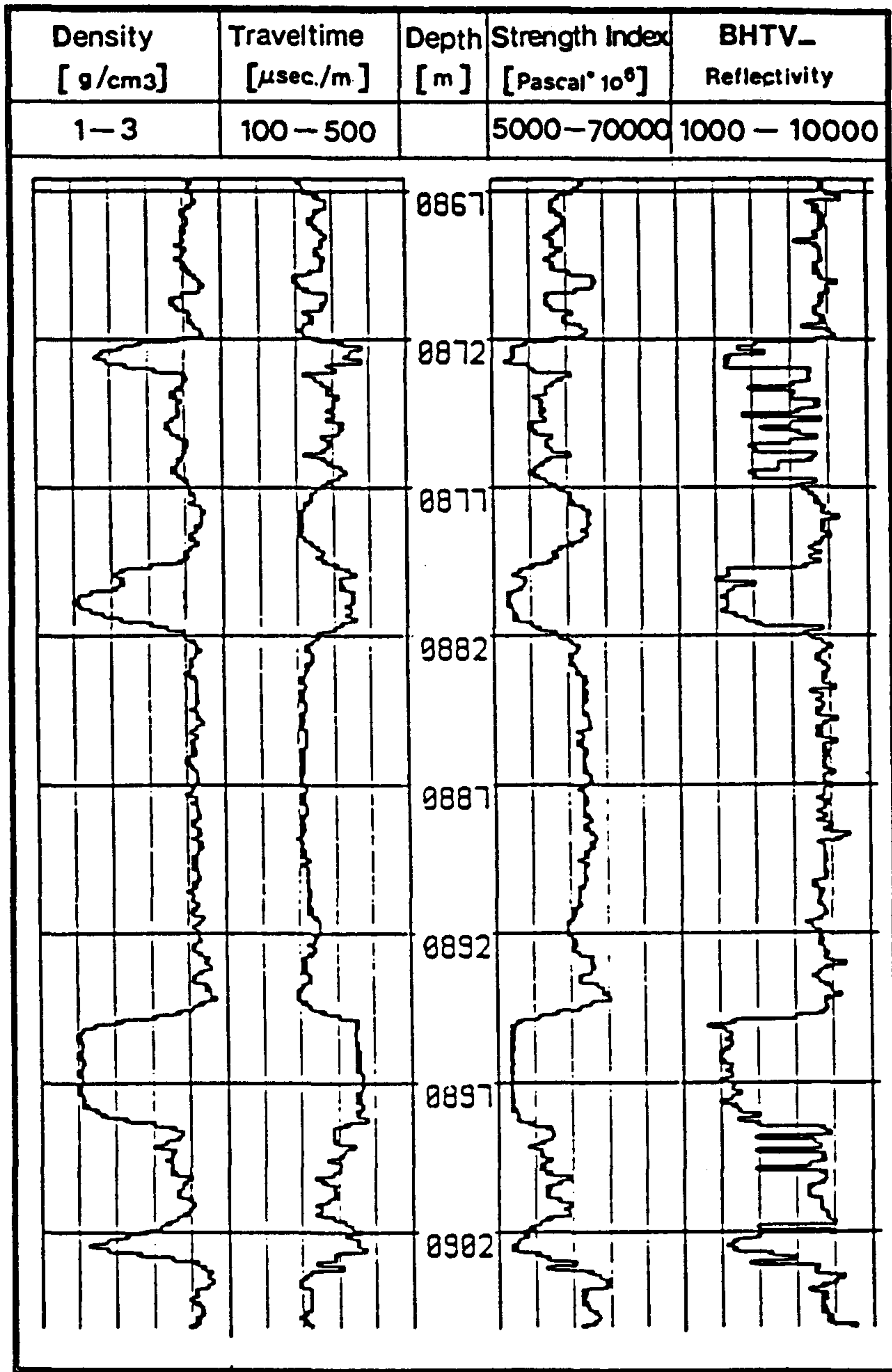


Fig. 2.4 Comparison of Televier reflectivity with the rock strength index derived from the density and the sonic logs.

층(density log) 및 속도검층(sonic log)에 의해 얻어진 것으로써 그로부터 실질적인 암석강도(Strength Index) M이 산출된다. 반면, 네번째 기록에서 보여주는 텔레뷰어 진폭치는 비록 그것이 우선 암석강도(M)에 대한 절대치는 될 수 없겠으나 강도변화 측면에서는 보다 고분해능을 보여주고 있다. 더구나 이러한 고분해능 분석결과는 우선 절리내 충전물질에 대한 물성을 추정하게 할 뿐만 아니라 나아가서 암석학적 연구(lithology)에 근접할 수 있는 기본자료로써 상당한 의미를 부여한다.

또한, 텔레뷰어 주시이미지는 시추공 단면 중심에서 공벽에 이르는 거리(단면이 원형일 경우는 반경)를 구할 수 있는 기본자료가 되며, 이로 부터 시추공의 내부모양을 고분해능으로 표현할 수 있다. 일반적으로 암반에 형성된 응력장(rock stress field)분포는 시추공 내부모양의 변형을 조사함으로써 판단되는데, 이 텔레뷰어 자료를 활용하면 암반내 응력장의 분포를 쉽게 파악할 수 있다.

Fig. 2.5(a)는 주어진 최대 및 최소 응력(S_H 및 S_h) 하에서 시추공 단면이 최소 응력 S_h 방향으로 늘어지는 상태(breakout)를 나타내고 있다. 여기서 표시된 hydraulic fracture 는 시추 과정에서 생성된 절리를 의미한다. 하나의 실례로써 Fig. 2.5(b)는 관찰된 시추공 내벽단면을 나타내고 있으며 여기에는 breakout 현상이 뚜렷이 관찰된다. 이러한 시추공 내벽의 형태변형은 또한 암석의 강도와도 밀접한 관계가 있기 때문에 이에 대한 분석은 무엇보다도 암반공학측면(예: 암반거동, 시추작업에 의한 응력분포)에서 관심의 대상이 된다.

나. 측정시스템

세계적인 기술수준에서 텔레뷰어가 개발되어 제대로 운영되고 있는 곳은 극히 제한되고 있는 실정이며 그 중 본 탐사에서 응용된 FACSIMILE-40은 Hardware 및 Software 측면에서 다음과 같은 우월성을 보여주고 있다.

- 검층시 초점화된 초음파 빔(주파수 약 1.4MHz)을 시추공벽에 주사(spot size < 3mm × 3mm)하기 때문에 0.5mm크기의 절리도 인식할 수 있는 분해능을

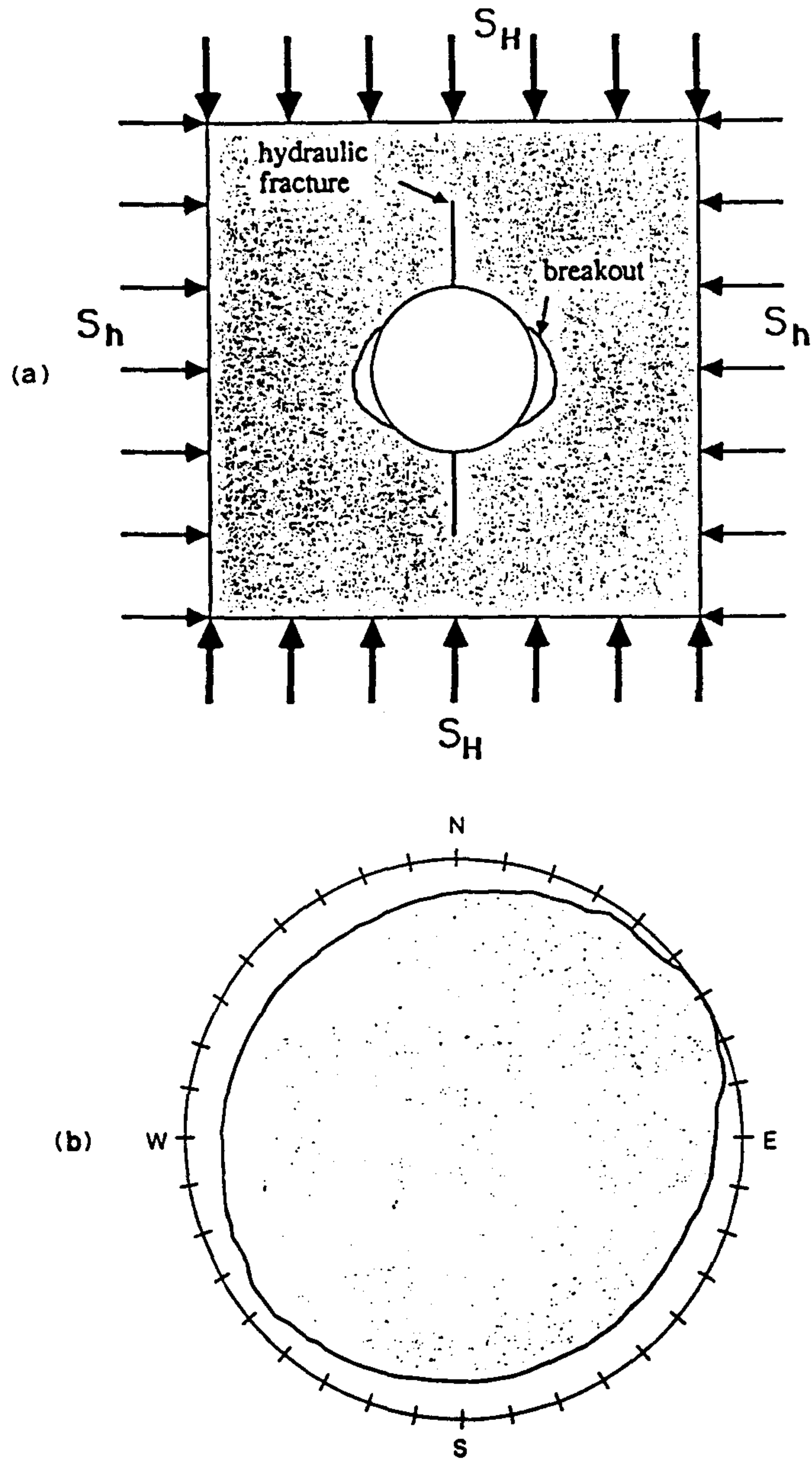


Fig. 2.5 (a) Stress concentration around a vertical borehole in an elastic body:
 S_H and S_h indicate the most and the least compressive far field stresses, respectively.

(b) Example of a borehole cross-section showing breakouts

보여주고 있다. 한편, 센서 장치가 transducer - lense - mirror system 로 구성되어 있기 때문에 그의 초점화를 위한 제어가 가능하다.

- 검층 시스템에 구성된 각 Hardware는 서로 독립되어 있기 때문에(modular design of hardware) 시스템의 보완 내지 다른 검층기기(예: sonic log)와의 호환이 용이하다.
- 방대한 소프트웨어는 데이터(진폭 및 주시)의 정량적인 분석 내지 해석을 가능하게 한다.

상기 서술된 우월성 중 초점화 기능은 바로 텔레뷰어의 응용성을 근원적으로 높이는 결과를 초래하였으며 나아가서 그의 초점화를 제어할 수 있기까지의 여러 차례의 개발 단계가 뒤따라야 하였다. Fig. 2.6에 나타낸 소위 transducer - lense - mirror system 은 무엇보다 logger의 몸체를 크게 축소화(몸체 직경 40mm)하였으며 그로 인해 모든 규격의 시추공에도 그의 실효성을 찾게된 것이다.

FACSIMILE-40 텔레뷰어 측정시스템에 구성된 각각의 Hardware는 COAL (Computer Assisted Logging) 시스템의 제어하에 운영되고 있다. 구성된 하드웨어는 대체로 다음과 같이 구분된다.

- ① sensor part
- ② orientation part
- ③ surface unit

센서 부분은 다시 acoustic unit와 electronic unit로 구성되어 있다. Electronic unit의 핵심부분은 sensor-specific interface, 16-bit microprocessor system, communication unit 및 power supply이며 그들 각각의 기능은 다음과 같다. 즉, Sensor-specific interface는 대체로 센서 입력 펄스제어기능(sensor pulse generator), 증폭기능(programmable gain amplifier), A/D-converter 및 센서 회전을 제어하는 모터기능을 갖고 있다. Microprocessor system의 주요 기능은 초음파가 공벽으로부터 반사된 파의 진폭 및 주시차를 적절하게 발췌하며 동시에 그로 인한 데이터의 전송을 관리한다. 한편, Communication unit는 모든 장치에서 동일해야 하나 power supply



Fig. 2.6 FACSIMILE-40 Televiewer system: Data acquisition system (upper) and data logger (lower).

의 hardware 및 software는 각 장치의 기능에 따라 달라진다.

Acoustic unit는 standard COAL inter-tool connector에 의해 상기 electronic unit와 연결되어 있으며 그의 주요 부분은 초음파를 방사하는 디스크 형태의 압전소자 (piezoelectric disc transducer)와 주어진 거리(예: 시추공 직경)에 따라 초음파를 초점화하는 lense(a curved mirror)가 된다(transducer-lense-mirror system). 측정시에는 단지 lense만이 전기 모터에 의해 회전하면서 초점화된 초음파를 공벽에 방사한다. 이때 각 beam의 방향 및 속도는 장착된 소형 magnetic sensor에 의해 가늠된다.

한편, 수신기능을 갖는 소위 transceiver는 transducer에 인접되게 장착되어 우선 transducer에서 방사된 초음파를 폭 넓은 고주파수 영역으로 전파시키며 동시에 공벽으로부터 반사된 초음파를 감지한다. Acoustic unit의 내부는 액체로 채워져 있기 때문에 초음파의 전달이 가능하며 동시에 외부(시추공내)와의 압력이 상호 균형을 이루게 된다.

Orientation part는 3-axis magnetometer 와 2-axis (3-axis optional) inclinometer로 구성되어 측정된 amplitude 및 travel time image를 주어진 좌표축에 대해 정돈하는 기능을 갖고 있다.

Surface unit은 industrial IBM compatible PC, power supply 및 depth counter가 장착된 cable winch로 구성되어 있으며 여기에는 두개의 특별한 interface board 즉, communication board와 programmable depth counter board가 장착되어 텔레뷰어 측정 데이터를 영상화 하기 위한 모든 데이터(심도, 진폭 및 주시차 등) 전송을 관리하게 된다.

제2절 수리특성 조사

1. 지하수위 분포

지하수위 관측은 5개의 시추공(B-1, 2, 3, 4, 5) 내에서 측정하였으며, 측정간격은 현장시험이 진행되던 기간에는 매일 아침 시험이 시작되기 전에 측정하였으며, 시험이 끝난 후 7월 31일부터 9월 11까지는 일주일 간격으로, 그 이후에는 4주 간격으로 측정하고있다 (Fig.2.7; Appendix I). 본 지하수위 관측은 2차년도까지도 지속적으로 수행할 예정이다.

시추공별 지하수위 분포는 B-2 공이 지표하 2.4 - 2.8 m 정도로 가장 낮은 심도를 보이고, B-5 와 B-3 공이 약 4.7 - 5.8 m 의 심도범위에서 변하고 있다. B-3 공과 B-5 공의 지하수위는 B-5 공이 약 0.05 m 정도 높으며 거의 동일한 변화를 보이고 있었으나, 1996년 7월 31일 이후에는 B-5 공의 공내붕괴 현상으로 인하여 더 이상의 지하수위관측이 이루어지지 않았다.

그림 에 의하면, 전체적인 지하수위의 변화는 유사하나, B-1 공의 경우 관측초기의 지하수위가 안정되지 않은 형태를 보이고 있는데, 이는 다른 시추공들의 형성과 현장 시험 등의 영향으로 간주된다. 또한 B-1 공의 지하수위 변동폭은 관측 누적일수 86일과 93일 사이에 0.43 m, 107일과 114일 사이에 0.52 m 로, 동일한 시기의 B-2 공에서의 변화는 0.02 m 와 0.28 m, B-4 공에서는 0.24 m, 0.03 m 임에 비하여 그 변화범위가 상대적으로 높게 나타났다. 이는 B-1 공의 지하수 유동경로가 다른 공에 비하여 그 연장과 연결성이 높음을 간접적으로 지시한다.

지하수위 변화 중 또 하나의 특이한 점은 관측 누적일수 93일 (1996년 7월 31일) 과 100일(8월 7일) 사이에 B-1, B-2, B-4 공의 지하수위는 각각 0.18 m, 0.15 m, 0.16 m 의 수위상승을 보였으나, 오직 B-3 공에서만 지하수위가 0.05 m 하강하였다. 이에 대한 정확한 해석은 연구지역의 강수자료를 분석하여 지하수위의 변화와 대비하여야 하나, 현재 예상할 수 있는 가능성은 B-3 공이 다른 공에 비하여 지표 강수현상에 대한 지하수위의 반응이 늦게 나타나는 것일 가능성이 고려된다. 즉, B-3 공의 지하

수 유동경로의 지표 연결성이 다른 공에 비하여 상대적으로 낮은 경우에 이러한 현상이 발생할 수 있다.

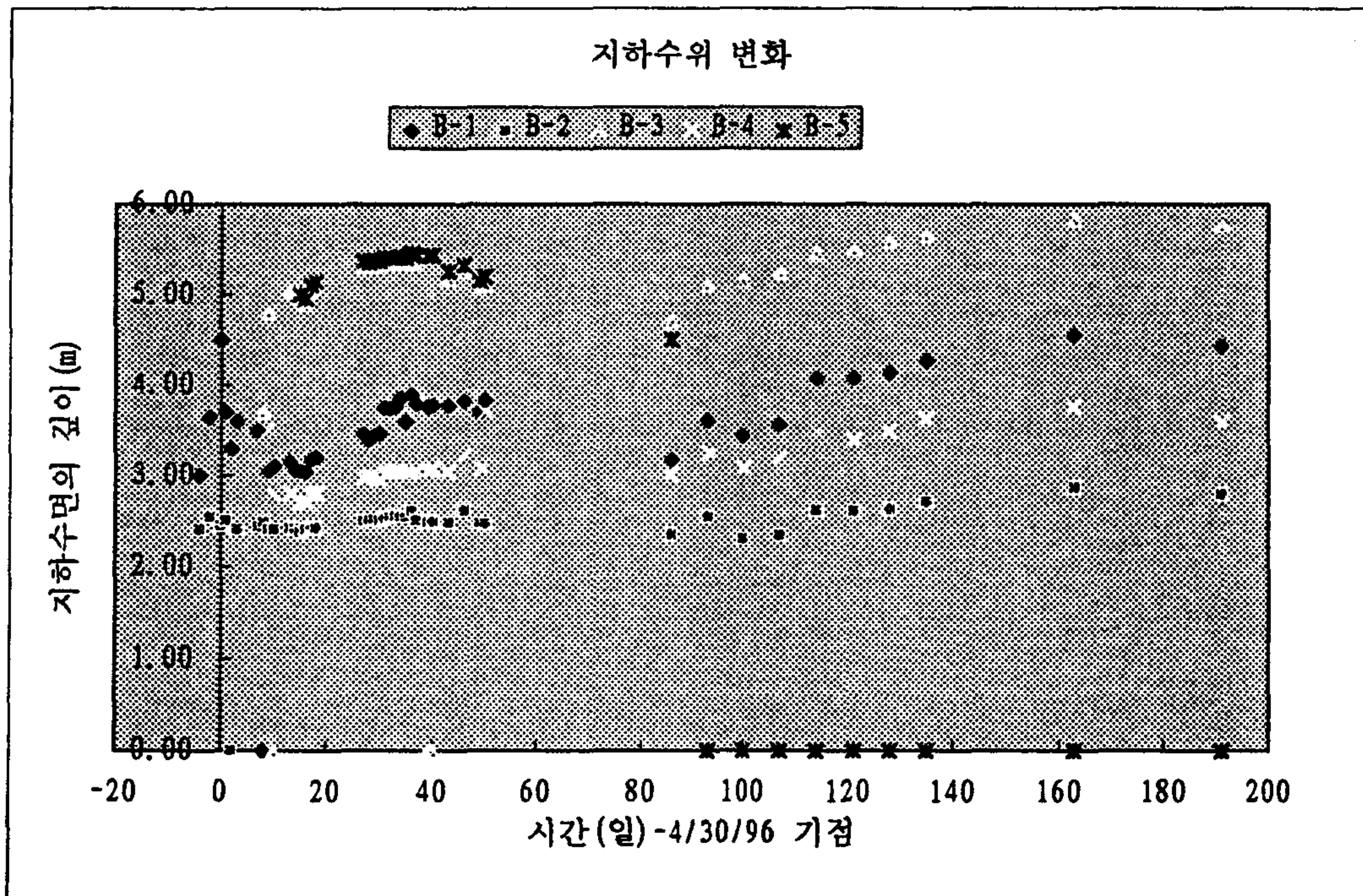


Fig. 2.7 Water-level fluctuations in the five monitoring wells

2. 수리시험

가. 수리시험 방법

수리시험 및 해석법은 일정구간별 정압주입시험(constant pressure Fixed Interval Length; FIL test) 방법을 사용하였다(Doe & Geier, 1990; 한국원자력연구소, 1993b; 김천수의, 1993a). 정압시험은 시추후 상향식으로 B-1, B-2는 매3.4m 간격으로, B-3는 3.6m 간격으로 정압주입(3kg/cm² 내외의 범위)하였다. 정압을 유지하기 위하여 물 저장조를 높이 약 30m 상부에 설치하였으며, 주입시간은 주입율의 변화가 없을 때까지 지속하였다.

수리시험시 사용한 이중패커의 고무길이는 80cm로서 패커장착 주변을 통하여 상하부 시추공내로 cross flow에 대한 불확실성을 감소시킬 수 있다. 시험에 사용한 계측기기는 저투수성암반(<10⁻⁸m/s)의 수리인자에 대한 신뢰성을 향상시키기 위하여 0.1psi 측정단위의 압력계(최대 60psi)와 유량계(Rotameter; Gilmont USA; range 0.001~30 l/min)를 사용하였다.

나. 유동차원 해석

유동차원에 대한 해석방법은 Doe and Geier(1990), 한국원자력연구소(1993) 및 김천수의(1993a)의 방법을 이용하여, 시추코아 및 초음파주사검층 결과에 의한 단열특성과의 상호관계를 분석하였다. 유동차원 해석결과는 단열모델에서 시추공 모사를 통한 모델의 교정(calibration)시에 사용되며, 부정류해석에 의한 수리전도도 값을 가능한 유동로 특성에 따라 도출해낼 수 있는 방법을 제공한다. 또한 유동영역의 형태와 경계효과에 대한 자료 및 시추공 주변에 발달된 단열체계의 특성자료를 유도해 낼 수 있다.

유동차원 분석방법은 다음과 같이 요약할 수 있다. 유동차원 해석은 표준곡선중첩법(type curve matching)에 의하여 분할차원(fractional dimension)을 구하고, 곡선비교시 일치되는 지점에서 무차원 Q_D, Q, t_D, 및 t의 값을 도출한다. 또 하나의 간이적이나 실질적인 방법은 시험결과를 양대수곡선(선형유동; linear flow), 반대수곡선

(방사상유동; radial flow)과 대수곡선(구상유동; spherical flow)의 각기 다른 좌표에 도시하여 각 좌표상에서 직선변화 특성을 관찰하므로써 1, 2 및 3의 정수차원(integer dimension)을 구분하는 직선법이 있다(Barker, 1988; 1991).

정수차원을 결정하는 접근방법에 있어서, 선형유동은 시험결과가 $\log Q - \log t$ 의 양대수좌표계에서 $\frac{1}{2}$ 기울기를 갖는 직선과 $\frac{1}{4}$ 기울기를 갖는 직선만을 고려한다. 직선의 기울기가 $\frac{1}{2}$ 인 경우의 단열은 시험구간을 수직으로 교차하면서 발달되어 있는 1차원형 유동으로 해석할 수 있다(Fig. 2.8).

직선의 기울기가 $\frac{1}{4}$ 인 경우는 일반적으로 이중선형(bilinear)유동 특성을 갖고 있다. 이러한 유동특성은 다공성매질에 수직으로 발달된 투수성 단열대에서 흔히 나타난다. 즉, 수직단열로의 선형유동과 매질에서 단열로의 선형유동의 복합적인 결과이다.

이중선형유동은 수리시험의 초기단계에서 나타나며, 투수성매질에 선형유로를 갖고 있는 유동체계가 존재하는 경우로 해석된다. 또한 이중선형유동 해석을 위해서는 모암의 수리특성이 필요하다. 기울기가 $\frac{1}{2}$ 보다 큰 값을 갖는 직선은 시간에 따라 수리전도도 값이 줄어들거나 유동차원이 1차원보다 낮은 차원의 유동으로 해석되며, 이러한 경우는 수직 단열의 폭이 시추공에서 멀어질수록 좁아지는 것으로 해석할 수 있다.

방사상유동은 $1/Q - \log t$ 의 반대수 좌표에서 직선으로 나타나는 구간으로 대표된다. 시험초기에 형성되는 급한 기울기는 수리시험시 발생하는 표면효과(skin effect)를 대변하거나 조사공 주위의 저투수성 암반을 의미한다. 또한 concave downward(위로 볼록)한 곡선변화 형태는 2차원보다 높은 차원의 유동상태를 나타내게 되며, concave upward(아래로 볼록)는 2차원보다 낮은 차원유동을 나타낸다.

구상유동은 시간제곱근의 역수 - 유량율($t^{-1/2} - Q$) 좌표에서 관측된 유량율이 직선형태로 도시된다. 만약, 이 좌표에서 직선이 원점을 통과하게 되면 선형유동으로 간주한다. 구상유동에서 concave downward 곡선을 나타내면, 구상유동보다 낮은 차원유동의 형성을 의미한다.

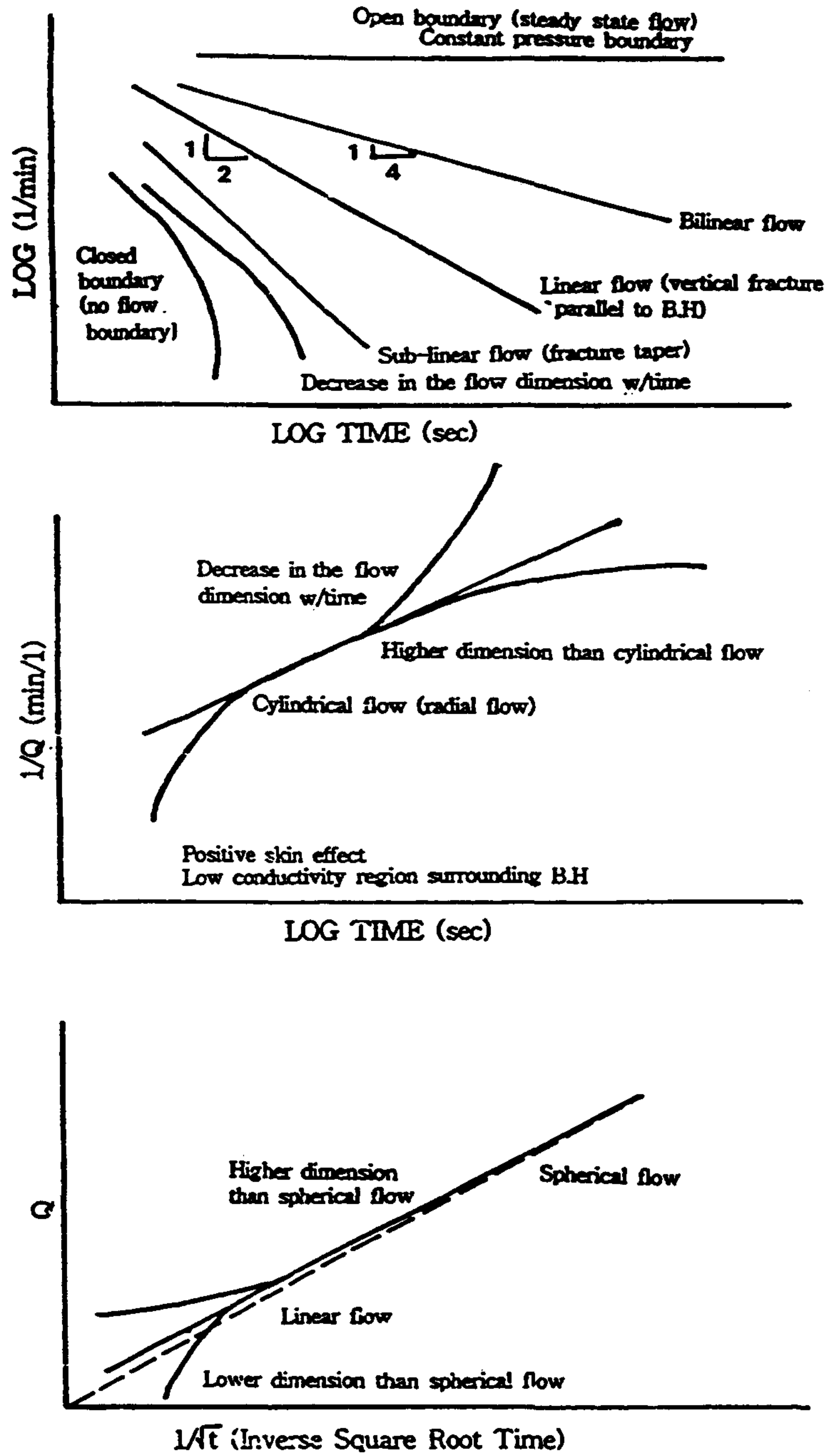


Fig. 2.8 Dimensional flow analysis by a straight line method (non scale) (한국원자력연구소, 1994a)

다. 수압시험 해석

구간별 정압주입 시험결과는 정상류와 부정류 해석방법으로 구할 수 있다. 정상류 해석법에 의한 수리전도도는 균질 등방성매질에 수직인 시험공에서 층류현상(laminar flow)이 일어날 때를 가정하고 있으며 현재까지 사용되고 있는 공식은 Hvorslev 1 & 2, USBR 1 & 2 및 Moye 등으로 구분된다(Ziegler, 1976). 이 공식들은 시험공 주변에서 지하수의 흐름형태를 시험공의 축에 대칭을 이루는 타원형 유동체로 가정하여 유도한 것이다. Moye의 공식은 시추공 주변에서는 방사상유동이 일어나며, 시추공으로 부터 거리가 L/2 인 지점부터 구상유동으로 전환된다는 가정하에서 해석한다.

여기서는 정상류해석 방법으로 Moye 공식을 사용하였다.

$$K = \frac{Q}{LH_0} \left[\frac{1}{2\pi} \{1 + \ln(L/2r_w)\} \right] \quad \text{(Moye) ----- (1)}$$

이때, Q : Flow rate (L³/T)

r_w : Radius of borehole (L)

H₀ : Excess pressure head (L)

L : Test section (L)

K : Hydraulic conductivity (L/T)

부정류 해석방법은 유동차원 분석에서 사용되는 공식을 사용하였다. 각 유동차원은 각각의 유동형태와 유동방정식을 갖게 된다. 차원을 정의하는 기하학적 특성은 주입지점으로부터 거리에 따라서 변하는 유동면적을 나타내며, 유동방정식 및 수리전도도(K)와 저류계수(S)의 관계식은 다음과 같다:

선형유동

$$\log Q = - \frac{1}{2} \log t + \frac{(K \cdot S_s)^{1/2}}{Ah_0 \pi^{1/2}} \quad \text{----- (2a)}$$

$$KS_s = \pi \left[\frac{d}{Ah_o} \right]^2 \text{-----} \quad (2b)$$

방사상유동

$$1/Q = \frac{0.183}{h_o T} \log t + \log \left(\frac{2.25}{Sr_w^2} \right)^m \text{-----} \quad (3a)$$

$$T = Kb = \frac{0.183}{h_o m} \text{-----} \quad (3b)$$

$$S = S_s b = \frac{2.25 T 10^{-d/m}}{r_w^2} \text{-----} \quad (3c)$$

구상유동

$$Q = 4h_o r_w^2 \sqrt{\pi K} \cdot S_s \cdot \frac{1}{t^{1/2}} + 4\pi K h_o \cdot r_w, \text{-----} \quad (4a)$$

$$K = d/4\pi h_o r_w \text{-----} \quad (4b)$$

$$S_s = \frac{m^2}{16\pi K h_o^2 r_w^4} \text{-----} \quad (4c)$$

여기서, Q : Flow rate (L³/T)

d : Flow rate extrapolated t = 0 (L³/T)

h_o : Initial head at the well bore (L)

b : Thickness of conduit (L)

A : Cross sectional area of conduit (L²)

K : Hydraulic conductivity (L/T)

S_s : Specific storage (L⁻¹)

t : Time (T)

m : Slope of a line

T : Transmissivity of fracture (L²/T)

표준곡선을 이용한 부정류해석은 정압조건에서 부정류유동 표준곡선(Transient-flow type curve; Golder, 1994; Doe and Geier, 1990)인 CH-QP프로그램을 이용하였다. 표준곡선 일치법은 Q-t의 곡선과 표준곡선의 Q_D-t_D 와 비교하여 서로 포개어지는 곡선의 일치되는 지점에서 Q_D, Q, t_D, t 의 값을 도출하며, 수리상수는 무차원시간 및 무차원유량율을 정의함으로써 계산될 수 있다.

$$K = \frac{Q}{Q_D h_o b^{3-n} a_n r_w^{n-2}} \quad \text{-----} \quad (5a)$$

$$S_s = \frac{K_t}{r_w^2 t_p} \quad \text{-----} \quad (5b)$$

여기서, Q_D : Dimensionless flow rate

T_D : Dimensionless time

a_n : $2\pi^{n/2}/\Gamma(n/2)$

3. 추적자 시험

추적자는 지하수에 의하여 이동하는 물질 또는 에너지로서, 지하수 내지는 오염물질의 유동속도, 유동방향에 관한 정보를 제공한다. 추적자 시험을 통하여 충분한 정보를 수집한다면, 매질의 수리전도도, 공극률, 분산도(dispersivity), 화학적 분산계수(distribution coefficient) 및 다른 수리지질학적 특성을 파악할 수 있다. 추적자로 사용되는 물질은 몇가지의 성질을 내포하여야 하며, 대표적으로 물리화학적 성질이 기존에 규명된 물질로, 가능한 고체 매질과 화학반응을 일으키지 않아야 하고(non-reactive), 독성이 없어야 하고(non-toxic), 비용이 저렴하며(inexpensive), 관측이 쉬운(easily detectable) 것으로, 추적자 자신이 매질의 특성을 변화시키지 않아야 한다(Davis and others, 1985).

이와 같은 성질을 함유하여 지금까지 수리지질 연구에 사용되었던 추적자는 다음과 같다:

- 1) 이온(Slichter, 1902, 1905; Bowman, 1984; Bowman and Gibbons, 1992)
- 2) 염료(Drew and Smith, 1969; McLaughlin, 1982; Mull et al., 1988; Quinlin, 1989; Smart and Laidlaw, 1977; Thraikill et al., 1983, Wilson et al, 1986)
- 3) 개스
- 4) 안정 동위원소 (Back and Cherry, 1976; Bowen, 1980; Coleman et al., 1977; Davis and Bently, 1982; Lamoreaux et al., 1984; Moser and Rauert, 1985)
- 5) 방사성 동위원소 (Csallany, 1966; Gasper and Oncescu, 1972; Hoefs, 1980; Thornhill and Benefield, 1990)
- 6) 수은
- 7) 미립자(Backhus and Gschwend, 1990)
- 8) 미생물(Crane and Moore, 1984; Gerba, 1983, 1985, 1987), Gerba and Bitton, 1984; Keswick and Gerba, 1980; Keswick et al., 1982; Sobsey and Shields, 1987; Vaughn and Landry, 1983)

가. 추적자의 사용방법 및 비교

상기한 각 추적자들의 현장 사용방법과 이들의 장단점은 다음과 같다.

(1) 이온

수용성 염(NaCl 또는 LiBr)을 물에 용해시킨 후 주입정의 하부경사에 위치하는 관측정으로부터 주기적으로 시료를 채취·분석하여 그 농도변화를 측정한다.

◦ 장점: 지하수의 유동경로에서 파괴되지 않으므로 지하수계 내에서 손실되지 않는다.

- 양이온: 이온교환, 흡착, 침전등의 화학반응을 일으키므로 지하수내의 용질이동을 확인하기 위한 조사에서는 잘 사용되지 않는다.

- 음이온: 일반적으로 대수층 매질과 반응하지 않는 질산염, 염소이온, 브로마이드 이온 등을 사용한다. 질산염과 염소이온은 자연적인 배경농도(background concentration)가 높을 수 있으므로, 조사지역내 지하수의 배경수질에 따라서 사용여부를 결정하며, 브로마이드 이온은 자연적 배경농도가 낮으므로 많은 경우에 추적자로 사용된다.

◦ 분석기기: 일반적으로 특정이온전극(Specific ion electrodes)를 사용하여 현장에서 mV 단위로 측정한 후, 보정곡선(calibration curve)을 이용하여 mV 단위로부터 이온의 농도단위로 환산한다. 브로마이드 이온의 경우 Neutron activation 의 방법으로 측정할 수 있으나, 분석기기의 설치 및 사용이 복잡하다.

(2) 염료

현장 사용방법은 이온 추적자와 유사하다.

◦ 장점: 비교적 비용이 저렴하고 사용이 간편하다. 지하수에서는 대체로 형광 염료를 사용한다.

◦ 단점: 지하 매질에 흡착될 가능성이 있으며, 정량적인 분석을 위해서는 정밀한 측정이 필요하다.

◦ 분석기기: 일반적으로 fluorometer 또는 spectrofluorometer 를 사용한다.

(3) 개스

주로 불포화대 내의 균열의 연결성을 확인하거나 파이프(helium)의 균열상태를 파악하는데 사용한다.

◦ 단점: 일정한 주입률을 유지하기가 곤란하며, 비피압대수층에서 평형을 이루는데까지의 시간이 걸리며, 비피압대수층에서는 대기로 유출될 가능성이 높다.

(4) 안정 동위원소 (H^2 ; O^{18})

주로 대규모의 지하수 유동이나 충전지역 등을 확인하는데 사용한다.

◦ 장점: 질산염, 황산염 또는 메탄가스 등의 오염원인(source)을 규명하기 위한 유력한 방법이다.

◦ 단점: 자연적인 배경농도에 비하여 그 변화가 크지 않으며, 분석비용이 많이 들고, 동위원소가 농축된 추적자를 준비하는 비용이 높기 때문에 일반적으로 현장 주입 시험에서는 거의 사용되지 않는다.

(5) 방사성 동위원소 (Tritium; C^{14} ; Rn^{222} ...)

주로 지하수의 형성 연대(tritium)와 충전-배출관계를 확인하기 위하여 사용한다.

◦ 단점: 일반적인 실험실에서는 취급이 불가능하며, 건강에 대한 위해성 문제로 인하여 현장 주입시험에서의 실제적인 추적자로는 거의 사용하지 않는다.

(6) 수온

뜨거운 물을 주입관정에 주입한 후 관측정에서 지하수의 수온변화를 측정하는 방법으로, 주로 지표수(하천)과 지하수의 상호관계를 확인하는데 사용되거나, 추적자 시험을 위한 관측정의 선정을 위하여 사용된다.

◦ 장점: 간단하고 비용이 저렴한 방법이다.

◦ 단점: 수온의 변화는 지하수의 밀도와 점도에 변화를 일으키고 결과적으로 지하수 유동에 변화를 초래한다. 따라서, 다른 방법에 비하여 정량분석의 정확도가 떨

어진다.

(7) 미립자 (미생물 추적자: 이스트, 박테리아, 바이러스; 화분 등)

지하수의 거대한 유동경로(현무암내의 동굴이나 카르스트)를 추적하는데 사용한다.

◦ 단점: 미생물 추적자의 경우 건강 위해성에 대한 문제가 발생 가능하며, 화분의 경우 지하수의 유동에 난류(turbulent flow)가 존재하여야 하며, 이들 시료의 채취가 쉽지 않다.

나. 추적자 시험 수행

본 연구에서는 2 정에서의 radial flow 시험방법으로 추적자 시험을 수행하였다. Radial flow 시험방법에는 추적자를 주입공에 주입한 후 일정한 양의 물을 지속적으로 주입하므로 추적자의 흐름을 유발하고 관측공으로부터 point sample 또는 intergrated sample 을 채취하는 Diverging test 와 주입공에서는 물을 주입하지 않고 관측공에서만 양수하는 Converging test 의 두 종류가 있다.

Diverging test 에서는 지하수와 혼합된 추적자를 대수층내로 확산시키기 위하여 추적자의 주입 후에 시추공 부피의 약 2~3 배 정도의 지하수를 뒤이어 주입한다. 패커를 사용하면, 추적자의 주입구간이나 추적자 시료의 채취구간 등을 선택적으로 결정할 수도 있다.

본 연구에서는 2 중 패커를 사용하여 추적자의 주입구간을 선택적으로 설정하였으며, 추적자의 주입 전후에 일정률로 지속적인 물을 주입하므로써 추적자의 지하수내 확산을 일정한 수압하에 촉진시켰다. 관측정에서는 시료채취 대신 특정구간의 심도에 전기전도도(EC) 센서를 위치시켜 시간별 지하수내 전기전도도의 변화를 관측하였다.

본 연구에서 수행한 추적자 시험의 제반조건은 다음과 같이 요약할 수 있다:

- 추적자 및 보충수의 주입률 - 구간별 측정
- 추적자 및 보충수의 주입압력 - 30 m 일정 수두
- 추적자 - 식염(Cl^-) 사용

- 추적자 관측 - 전기전도도(EC)를 측정하여 농도값으로 환산
- 추적자 관측장비 - In Situ 회사의 EC sensor 를 Hermit-2000 Data logger 로 측정

자연상태(natural gradient)에서의 추적자 시험은 관측공에서의 추적자 관측기간이 예측 불가하므로, 본 연구에서는 일정수두에 의한 추적자 및 보충수의 주입을 시행하였다. 또한 관측정에서는 추적자의 변화를 EC 값으로부터 환산하기 위하여, 사용된 각 EC sensor 별로 염소(Cl⁻)농도와 EC 값의 관계를, 보정용액(Calibratiuon solution)의 실내 화학분석 결과와 EC 측정값 간의 calibration curve 로부터 규명하였다.

본 연구의 1차년도인 1996년도에는 총 4차에 걸친 추적자 시험이 수행되었으나, 2차와 3차 시험은 1차 시험 후에 잔류된 추적자가 잔류하여 관측초기에 추적자 농도가 배경농도에 비하여 비교적 높은 값을 보였으며, 또한 관측기간 중 관측시간 간격과 관측심도를 약 3m 변화 시킨 관계로 자료해석의 균일성을 상실하였다. 따라서, 본 보고서에서는 1차와 4차 시험의 결과를 중심으로 추적자 시험결과를 해석하였으며, 2-3차 시험에서 발견된 문제점은 연구 2차년도에 재 수행될 추적자 시험의 설계에 반영될 것이다 (Table 2.4).

1차 시험과 4차 시험에는 동일한 주입공과 주입심도가 설정되었는데, 이는 첫째 동일한 구간에 대한 추적자 시험의 결과가 반복적으로 발생하는가를확인하기 위한 목적과, 둘째로 다른 관측공(B-4)를 동시에 관측함으로써 추적자 이동양상의 spatial variation 을 규명하기 위한 것이었다.

Table 2.4 Conditions for tracer tests

	1차	2차-3차	4차
추적자 주입공	B-2	B-2	B-2
주입구간(m)*	14.0-17.6	30.0-33.6	14.0-17.6
추적자 주입량(L)	15	15	15
추적자 주입률(L/min)	2.5	1.16	2.4
추적자 용액 농도 (mg/L)	6400	3610	3180
추적자 회석액의 배경농도 (mg/L)	4.05	4.05	4.05
관측공	B-1	B-1	B-1, B-4
관측심도**	15m; 30m	2차:15m; 30m; 45m 3차:15m; 33m; 47m	15m(B-1); 13m, 20m (B-4)

* 지표하 심도를 의미함.

** EC sensor 가 위치하였던 지하 심도를 의미함.

제3절 지하수 유동 모델링

단열암반에서 지하수유동은 다공성매질과는 달리 유동로가 되는 단열들은 각기 다른 기하학적 분포로 상이한 투수성을 갖고 있는 것이 현실이다. 또한 투수성 단열의 규모는 대규모 단층으로 부터 미세규모의 단열로 분포하고 있다. 그러므로, 이와 같은 지질구조의 복잡한 발달 및 분포양상은 단열암반내에서 지하수유동 해석을 위한 범용적인 수치모델(universally accepted numerical model)의 개발을 어렵게 만들고 있으며, 실제적으로 현재의 기술수준으로는 거의 불가능한 형편이다.

이러한 단열암반내 지하수환경의 해석과 평가를 위하여 선결되어야 하는 수리지질학적 현안과제는 다음과 같다:

- 암반에 대한 연속체 및/혹은 불연속체개념의 정의
- 연속체개념으로 간주할 경우, 대표체적(REV)에 따른 파라미터 결정
- 수리시험시 암반의 불균질성을 대표할 수 있는 계측구간 설정
- 현장계측자료의 암반규모에 따른 입력자료화
- 조사대상 암반의 특성, 크기, 분리와 경계조건 설정

본 연구에서는, 등다공성매질(equivalent porous medium)로 간주될 수 있는 암반의 규모 결정과, 이 규모내에서 등다공성매질의 특성과 시추공내 시험결과와의 상호관계를 도출하기 위한 대안으로 DFN개념의 FracMan/MAFIC모델(Fig. 2.9; Golder, 1994)을 이용하였다. FracMan/MAFIC 모델은 Stripa project에서 적용성연구 결과에 대한 OECD(1993) 평가결과 타모델에 비해 상당한 신뢰성을 인정받은 바 있다.

본 연구에서 중점적으로 연구한 분야는 다음과 같다 (Fig. 2.10):

- 1) 지하공동 주변의 수리지질학적 개념모델 구현을 위한 단열분포특성의 정량화
- 2) 단열대의 수리특성 규명
 - DFN모델에서 요구되는 입력인자 도출을 위한 현장수리시험 방법 및 시험결과의 분석
 - 시험결과에 대한 정상류/부정류 해석

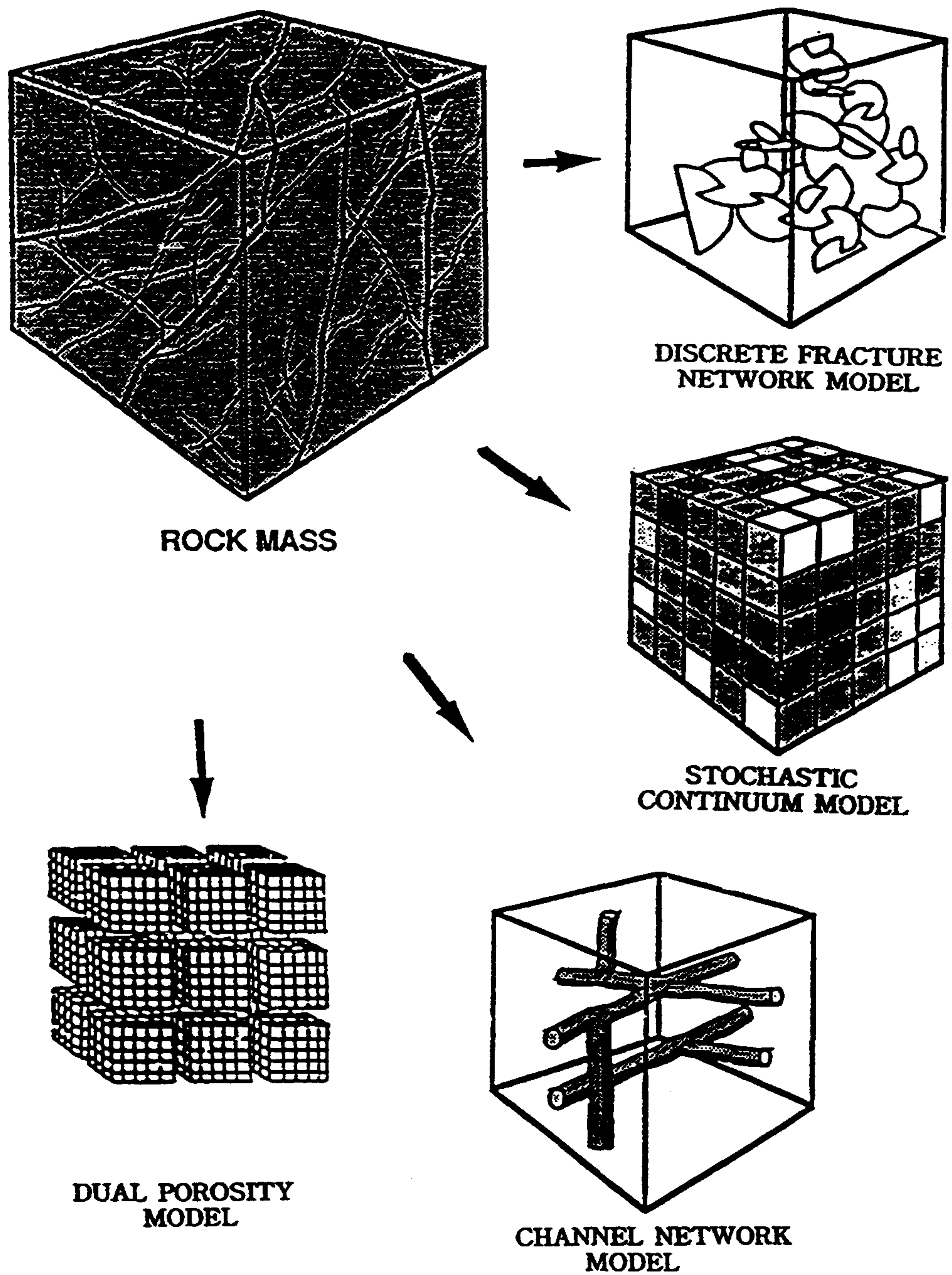


Fig. 2.9 Concept of modeling in fractured rockmass(from Golder,1994)

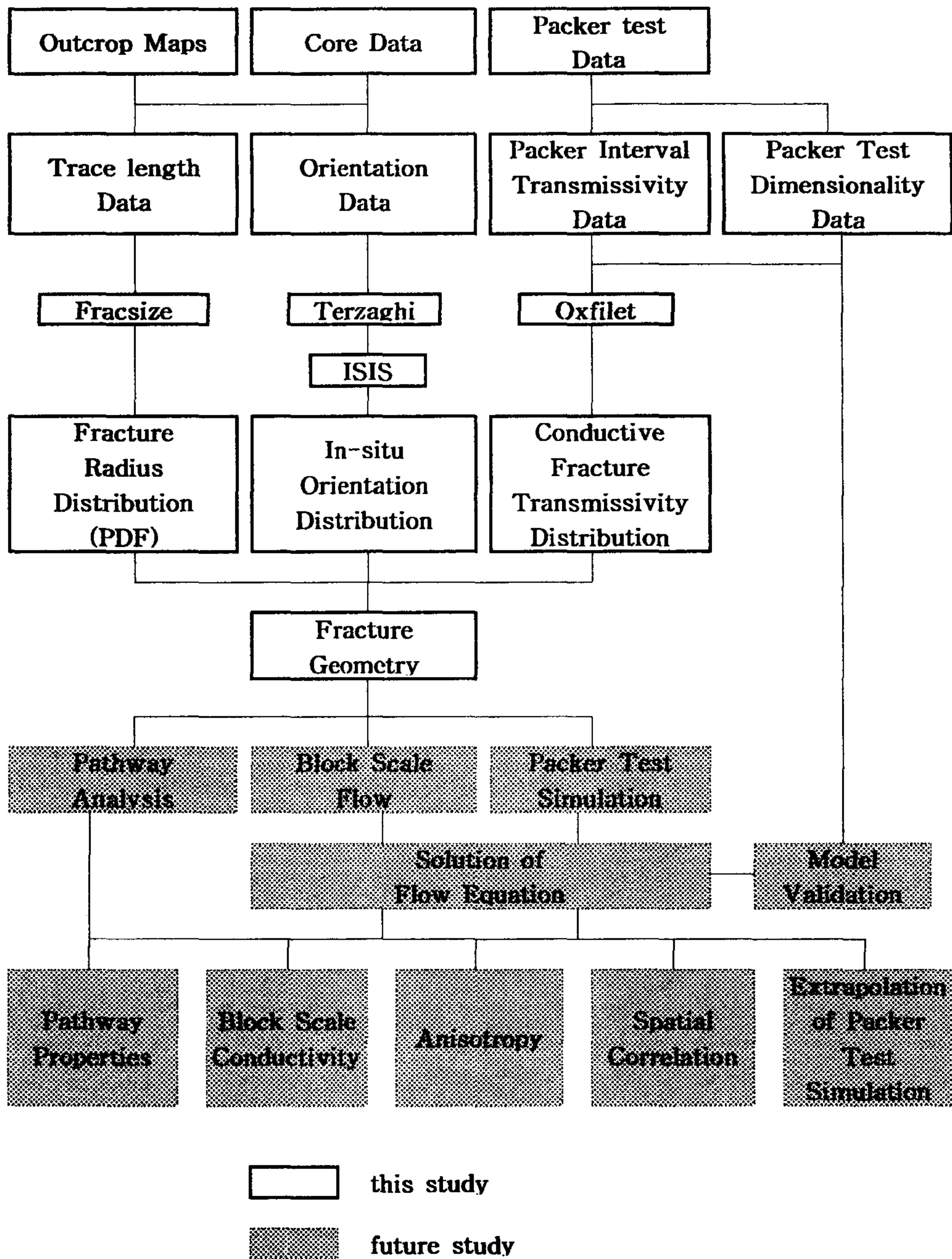


Fig. 2.10 Outline of modelling approach

- 시험공 주변의 단열특성과 유동차원 해석
- 3) 분리단열망모델링 (DFN modeling)
- 주입시험 결과를 이용한 모델교정
- 4) 지하수유동 해석 및 평가방향 제시
- 지하수유동해석의 복잡성에 따른 다양한 분야의 종합적인 자료처리 및 접근과정 검토

제4절 용질의 흡착 특성

1. 지질매질 시료준비

가. 채취 및 분석

시추코아의 암석, 지질학적인 분류를 통하여 선정하여 각각 약 1.5kg씩 수집하였다. 실험에 사용한 지질매질의 채취위치 및 특성은 Table 2.5 와 같다. 네종류의 지질 매질을 105℃에서 24시간동안 건조하고, 분쇄하여 체분리를 하지 않은 분말 500g 과 체분리한 50~100mesh의 분말을 500g 씩 별도로 만들었다. 이것은 매질의 입도에 따른 물리화학적 성질의 차이를 조사하기 위함이었다. 이들 매질을 각각 탈이온수 (deionized water)와 10% HNO₃로 장기간 침적하여 세척한 polypropylene bottle에 밀봉 보관하였다. 보관하는 동안에 매질의 변질을 방지하기 위해서 보관실의 온도는 20 ±2℃를 유지하고 보관병은 검은 비닐로 감싸서 빛을 차단시켰다.

Table 2.5 Four geomedia used in this study.

Geomedia	Drill core	Smplng region	Sample description
GM-1	CY-B-2	55.35 ~ 55.80m	High Biotite
GM-2	CY-B-4	11.32 ~ 11.77m	Crush & high moisture
GM-3	CY-B-2	52.18 ~ 52.48m 57.27 ~ 57.57m	Low biotite
GM-4	KIER		Granite

매질의 물리화학적 특성 중에서 핵종의 흡착에 영향이 크다고 알려진 양이온교환능, 비표면적 및 화학적 조성을 측정하였으며 이들을 측정하는데 사용한 분석방법을 Table 2.6에 나타내었다.

Table 2.6 Analytical methods used for the measurement of physicochemical characteristics of geomeia.

Data obtained	Analytical method
cation exchange capacity	CEC
specific surface area	BET
major elements	XRF
minor and trace elements	ICP - AES
U, Th and rare earth elements	ICP - MS

나. 매질 전처리

채취한 지질매질은 지하수가 주로 접촉하는 암반균열 충전물과는 화학성분 및 표면상태 등의 물리화학적 특성이 다르므로 분쇄-체분리-지하수와의 장기간 접촉 과정을 통하여 지하암반균열환경과 유사한 조건을 만들어 주는 것이 중요하다. 지질매질의 전처리 과정은 시료채취 후부터 흡착 실험 전까지의 과정이며, Fig. 2.11에 나타내었다.

분쇄 후, 체분리하여 보관중인 50 ~ 150 mesh 의 지질매질을 역시 보관 중인 지하수와 혼합하고 6주간 연속적으로 교반하여 주었다. 지질 매질과 지하수의 혼합비는 1/20이었으며 교반속도는 50 strokes/min 으로 조절하였으며, 보관시료와 같은 조건을 유지시켰다. 6주간의 지하수와 접촉을 끝낸 지질매질은 450nm filter paper을 이용하여 여과하고 냉동건조 하였다. 전처리를 끝내고 건조한 지질매질은 앞에서 진행될 흡착실험을 위하여 역시 잘 세척한 polypropylene bottle에 넣고 밀봉하여 보관 하였다. 이중 일부를 취하여 지질매질 분석 항에서 사용하였던 분석을 다시 하여 지하수와 접촉에 의한 매질의 물리화학적인 특성의 변화를 조사하였다.

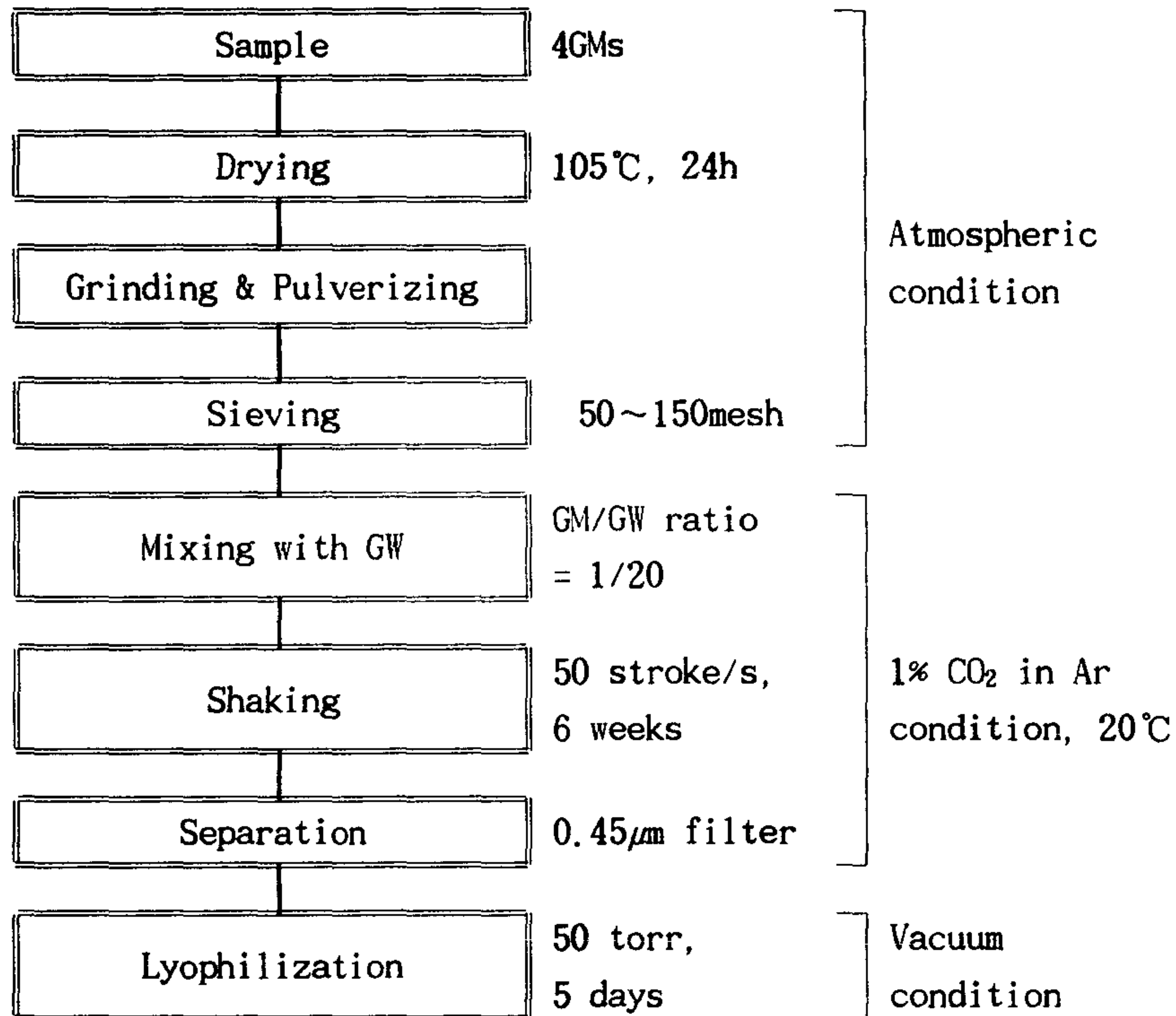


Fig. 2.11 Flow chart for the preconditioning of geomeadia.

2. 지하수 시료준비

가. 채취 및 분석

조사지역(청양) 및 연구단지내 지하수를 메질 보관병과 같은 방법으로 세척한 polypropylene bottle에 채취하였으며, 채취 즉시 지하수내의 기체를 purging 시키고 Ar base에 1%의 CO₂가 함유되어 있는 혼합가스 분위기로 바꿔준 다음 밀봉하여 실험실로 운반하였다.

화학 분석용 지하수는 수질분석시료 채취방법에 따라서 채취하여 지하수의 물리 화학적인 특성을 분석하였다. 지하수의 특성분석에 사용한 분석방법을 아래 표 2.7 에 나타내었다.

Table 2.7 Analytical methods used for the measurement of physicochemical characteristics of groundwater.

Data obtained	Analytical method
Minor and trace elements	AAS, GF-AAS, ICP-AES
Ions	IC(Ion Chromatography)
Dissolved organic carbon	DOC Analysis
Colloids	Filtering unit(2nm, 450nm)

나. 지하수 전처리

지질매질과 같이 채취한 지하수 역시 실험에 사용한 지질매질과 직접 접촉한 상태의 지하수가 아니었으므로, 지지질 매질과의 장기간 접촉을 통하여 인위적으로 매칭시키고자 하였다. Fig. 2.12 에 지하수의 전처리 과정을 나타내었다.

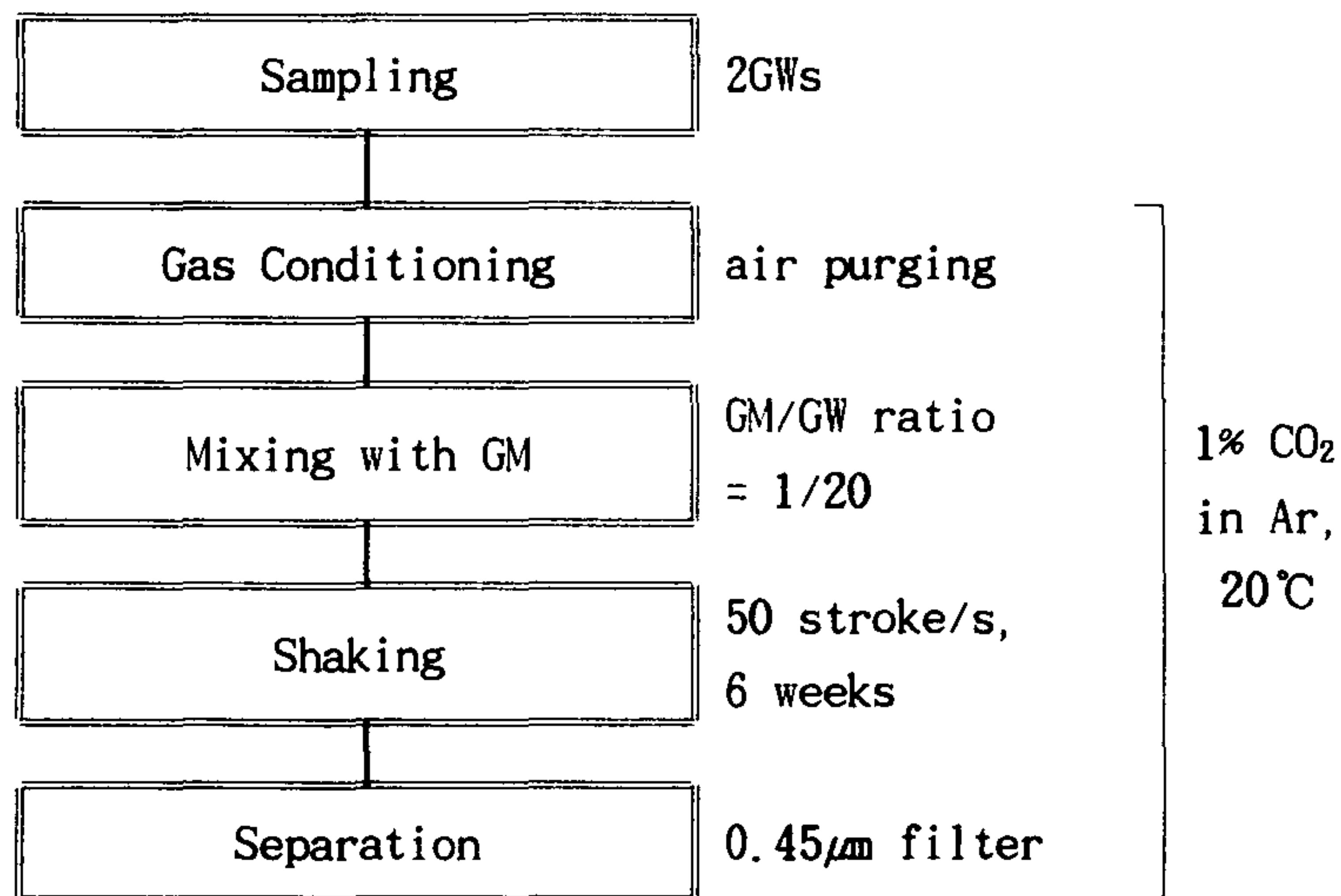


Fig. 2.12 Flow chart for the preconditioning of groundwater.

3. 방사성 추적자

가. 방사성추적자의 제조

방사성추적자는 관심대상이 되는 핵종 혹은 원소와 화학적 성질은 같으나, 핵적 성질만이 다르기 때문에 물리화학적 거동을 알고자하는 원소나 핵종의 동위원소를 주로 이용하고 있다. 또한 자연계에 존재하지 않는 인공핵종을 선택하여 사용할 경우 측정간섭(analytical interferences)을 배제할 수 있으므로 미세한 변화량의 측정도 가능하다. 실험에 사용한 방사성추적자는 방사성폐기물 처분시 중요한 핵종들의 거동 추적에 알맞고 또한 반감기(Half-Life)와 방출감마선의 에너지와 같은 핵적성질이 적합한 것들을 선정하였다.

실험에 사용한 방사성추적자들은 ^{46}Sc , ^{60}Co , ^{75}Se , ^{85}Sr , ^{134}Cs , ^{241}Am 의 여섯 종류이었다. 이들은 모두 감마선 방출핵종으로서 α 나 β 선에 비하여 시료처리가 간단하고 정확한 측정이 용이하므로 실험의 정확도를 높일 수 있다. 특히 실험 단계별로 지질 매질, 지하수 뿐만 아니라 실험용기에 의한 흡착손실을 정확하게 측정할 수 있다.

^{46}Sc 은 Sc자신 뿐만 아니라 화학적 성질이 희토류원소의 추적을 위하여 선정하였고 ^{60}Co , ^{75}Se , ^{85}Sr , ^{134}Cs 는 중저준위 폐기물에서 중요한 핵종들의 추적에, 그리고 ^{241}Am 은 고준위 폐기물에서 관심대상인 초우라늄계 핵종의 추적을 위하여 선정하였다. 이들 중 ^{241}Am 을 제외하고는 추적자원소를 함유한 화합물이나 금속 중에서 실험 목적상 가능하면 물에 대한 용해도가 큰것을 선택하였다. 이들을 원자로에서 중성자 조사시켜 중성자와 (n, γ)핵반응을 일으켜 필요한 방사성추적자를 제조하였다. 장기간의 실험시간을 고려하여 반감기가 적어도 수십일의 이상이고, 방출 감마선의 에너지가 측정범위에 들어오는 추적자를 제조하였다. Table 2.8 에 이들 표적핵종(target nuclide) 및 생성핵종(추적자)의 핵적특성을 나타내었다.

추적자 제조용 시약을 중성자 조사시켜 생성되는 방사성추적자의 방사능의 세기는 다음의 식과 같다.

$$A = \sigma \Phi n \epsilon S D$$

Table 2.8 Radiotracers and their nuclear data.

N	θ	σ	N*	Decay	T _{1/2}	E _{γ}	SN
⁴⁵ Sc	1.0	27.2	⁴⁵ Sc	$\beta^- \rightarrow ^{45}\text{Ti}$	83.80d	889, 1120	REE
⁵⁹ Co	1.0	37.1	⁶⁰ Co	$\beta^- \rightarrow ^{60}\text{Ni}$	5.272y	1173, 1333	Transit. Ele
⁷⁴ Se	0.365	0.51	⁷⁵ Se	EC $\rightarrow ^{75}\text{As}$	118.45d	136, 265, 280	Anion
⁸⁴ Sr	0.0056	0.87	⁸⁵ Sr	EC $\rightarrow ^{85}\text{Rb}$	64.85d	514	Alkali Ele
¹³³ Cs	1.0	29	¹³⁴ Cs	$\beta^- \rightarrow ^{134}\text{Ba}$ EC $\rightarrow ^{134}\text{Xe}$	2.062y	569, 604, 795	Alkali Ele.
²⁴¹ Am	(<i>Synthetic</i>)		²⁴¹ Am	$\alpha \rightarrow ^{237}\text{Np}$	432y	60	Actinide Ele.

. N : target nuclide, θ : natural abundance, σ : thermal neutron cross-section(barn), N : product nuclide(radiotracer), T_{1/2} : half-life, E _{γ} (keV) : γ -ray energy(keV). SN : nuclides studied from the radiotracer

여기서,

A : activity of a radiotracer

Φ : neutron flux (n.cm⁻².s⁻¹)

n : number of target nuclide, ($N_{\text{Avo}} w \theta / M$)

N_{Avo} : Avogadro's number

w : weight of target element in reagent

M : atomic mass of target element

ϵ : detection efficiency

S : saturation factor($1 - e^{-\lambda T_i}$)

D : decay factor($e^{-\lambda T_c}$)

λ : decay constant($\ln 2 / T_{1/2}$)

T_i & T_c : irradiation & cooling period, respectively

이 식으로부터, 모든 추적자들의 방사능의 세기를 가능한 한 일정하게 맞출 수 있는 각 시약의 무게를 계산하였다. 필요한 시약(금속 혹은 화합물)의 양은 생성되는 핵종의 activity를 10,000dps(Bq)가 되도록 결정하였다. 방사성추적자 제조에 필요한 시약 및 사용량 등을 Table 2.9 에 나타내었다.

나. 추적자 지하수 제조

구입 혹은 자체 제조한 추적자들은 탈이온수로 용해하였다. Sc_2O_3 는 물에 용해되지 않기 때문에 뜨거운 왕수로 용해시키고, 증발시키고 다시 질산으로 용해시킨 후 산을 증발시키고 탈이온수로 용해시키는 과정을 반복하여 최종 용액을 pH 2 이상으로 조절하였다. 각각의 추적자 용액을 10ml volumetric flask에 옮기고 밀봉하였다. 전처리를 끝내고 보관 중인 지하수를 50ml polypropylene 원심분리 튜브에 15ml씩 넣고 여기에 micro pipette을 이용하여 각 추적자용액을 100~300 μ l 넣고 산성, 염기성 그리고 자연상태 즉 산이나 염기를 가하지 않은 세종류의 tube group을 만든 다음 1주일간 50 strokes/min 세기로 교반해주어 충분히 균질용액으로 만들었다.

흡착실험, 탈착실험, 그리고 장기간 용기에 접촉하게 될 때 발생하는 용기로의 흡착손실을 측정하기 위한 tube group을 준비하여 총 30개의 추적자 지하수가 들어 있는 tube를 준비하였다. 핵종의 흡착 및 탈착실험을 위해 준비한 추적자지하수 tube의

Table 2.9 Reagents used for the radioactive tracers.

Radiotracers	Reagents	Molecular Weight	Weight Used	solubility(cold water)
^{46}Sc	Sc_2O_3	137.91	0.5mg	insoluble
^{60}Co	$CoCl_2$	129.84	6.0mg	45
^{75}Se	SeO_2	110.96	15mg	38.4
^{85}Sr	$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	266.62	500mg	106.2
^{134}Cs	Cs_2CO_3	325.82	2.5mg	209
^{241}Am	$AmCl_3$	349.5	5 μ g	solution

pH를 아래의 Table 2.10 에 나타내었다. 흡착 및 탈착을 산출을 위하여 각 tube를 HPGe 감마선검출기를 이용하여 각 추적자들의 비방사능(specific)을 측정하였다. 이 표에서 알 수 있듯이 핵종흡착용(A series), 탈착용(D series), 그리고 매질을 넣지 않은 control series와 pH 변화를 측정할 P series의 4 groups로 분리하여 실험하였다.

Table 2.11 은 준비한 각 추적자 tube의 activity를, Fig. 2.13은 제조한 지하수추적자 용액 15ml가 들어있는 50ml 원심분리관의 감마선 스펙트럼을 보여준다.

Table 2.10 Traced groundwaters prepared for adsorption experiments.

Tube	GW	pH	Tube	GW	pH	Tube	GW	pH
A1-1	GW1	3.30	A1-2	GW1	8.16	A1-3	GW1	7.00
A2-1	GW2	4.02	A2-2	GW2	7.95	A2-3	GW2	7.00
A3-1	GW3	3.40	A3-2	GW3	10.72	A3-3	GW3	7.00
A4-1	GW4	3.02	A4-2	GW4	11.06	A4-3	GW4	6.75
D1-1	GW1	3.57	D1-2	GW1	9.71	D1-3	GW1	7.00
D2-1	GW2	3.64	D2-2	GW2	10.36	D2-3	GW2	7.25
D3-1	GW3	3.27	D3-2	GW3	10.62	D3-3	GW3	7.25
D4-1	GW4	3.21	D4-2	GW4	10.64	D4-3	GW4	6.86
C-1	GW1	3.72	C-2	GW1	8.61	C-3	GW1	7.01
P-1	GW3	2.83	P-2	GW3	8.90	P-3	GW3	6.93

* Tube : [A,D,C,P]{1,2,3,4}-<1,2,3>

[] ; A:Adsorption, D : Desorption, C : Control, P : pH measurement

{ } ; 1 :chung yang ground water preconditioned with GM1, (GW1)

2 :chung yang ground water preconditioned with GM2, (GW2)

3 :chung yang ground water preconditioned with GM3, (GW3)

4 :science town ground water preconditioned with GM4, (GW4)

< > ; 1 :15ml GW, 100 μ l(Am., Co, Cs, Sc, Se), 300 μ l Sr, 50 μ l 0.5M-HCl

2 :15ml GW, 100 μ l(Am., Co, Cs, Sc, Se), 300 μ l Sr, 150 μ l 0.5M-NaOH

3 :15ml GW, 100 μ l(Am., Co, Cs, Sc, Se), 300 μ l Sr

Table 2.11 Initial Activity of PTGWs in 50mL CT.

Tube	Am-241	Se-75	Sr-85	Cs-134	Sc-46	Co-60
A1-1	11857, ₂	2860, ₄	2283, ₄	17268, ₁	1951, ₃	5130, ₁
A2-1	.. 9971, ₂	1613, ₇	2413, ₄	17270, ₁	1165, ₆	5975, ₁
A3-1	.. 9668, ₂	3032, ₃	2611, ₄	17500, ₁	2225, ₄	9368, ₁
A4-1	13737, ₁	2579, ₅	2015, ₆	17609, ₁	2142, ₄	10277, ₁
D1-1	13186, ₂	3402, ₄	1809, ₆	18969, ₁	3461, ₃	9599, ₁
D2-1	11003, ₂	1691, ₆	2303, ₅	17487, ₁	1299, ₇	9609, ₁
D3-1	.. 9816, ₂	3016, ₄	2339, ₅	18114, ₁	2293, ₂	8779, ₁
D4-1	11065, ₂	1635, ₇	3037, ₄	18272, ₁	1265, ₆	6251, ₁
C1	.. 6891, ₂	1539, ₆	2540, ₄	17645, ₁	1731, ₅	8241, ₁
P1	10408, ₂	3159, ₄	2502, ₄	18491, ₁	2213, ₃	6109, ₁
A1-2	21447, ₁	1948, ₆	3334, ₃	17167, ₁	1890, ₆	17659, ₁
A2-2	19699, ₁	3507, ₃	2905, ₄	17290, ₁	3440, ₃	16588, ₁
A3-2	19820, ₁	3714, ₃	2970, ₄	17576, ₁	3705, ₃	12901, ₁
A4-2	17960, ₁	3529, ₄	2980, ₄	17182, ₁	3561, ₃	12118, ₁
D1-2	12731, ₂	3579, ₄	2631, ₅	17389, ₁	3609, ₃	15320, ₁
D2-2	19046, ₁	4032, ₃	2793, ₃	17696, ₁	4082, ₃	11284, ₁
D3-2	20145, ₁	3937, ₃	3333, ₄	16561, ₁	3890, ₃	12873, ₁
D4-2	15197, ₁	3747, ₄	2696, ₄	18008, ₁	3732, ₃	14643, ₁
C2	23556, ₁	1875, ₇	3042, ₄	18339, ₁	1825, ₅	14179, ₁
P2	21796, ₁	1758, ₇	3221, ₄	17929, ₁	1714, ₆	14895, ₁
A1-3	10702, ₂	2984, ₄	2090, ₅	17155, ₁	2359, ₄	9445, ₁
A2-3	.. 8043, ₂	3056, ₄	2170, ₅	17226, ₁	2146, ₄	8395, ₁
A3-3	10749, ₂	2872, ₄	2367, ₄	17066, ₁	1994, ₄	8997, ₁
A4-3	10511, ₂	2927, ₄	2001, ₆	17245, ₁	2263, ₄	8297, ₁
D1-3	13802, ₁	2939, ₄	1929, ₅	16907, ₁	2307, ₃	8883, ₁
D2-3	12602, ₁	3219, ₁	2374, ₅	17216, ₁	2382, ₄	9744, ₁
D3-3	.. 9250, ₂	1664, ₇	2013, ₄	17138, ₁	1139, ₇	9443, ₁
D4-3	12691, ₁	3064, ₄	2792, ₄	18006, ₁	2259, ₄	9683, ₁
C3	.. 7327, ₂	3147, ₄	2691, ₄	17986, ₁	2269, ₄	5722, ₁
P3	10913, ₂	2995, ₄	2505, ₄	16872, ₁	2053, ₅	9189, ₁

*. UNIT; CP1000S, of 15ml PTGW in 50ml centrifuge tube, at D1P1.

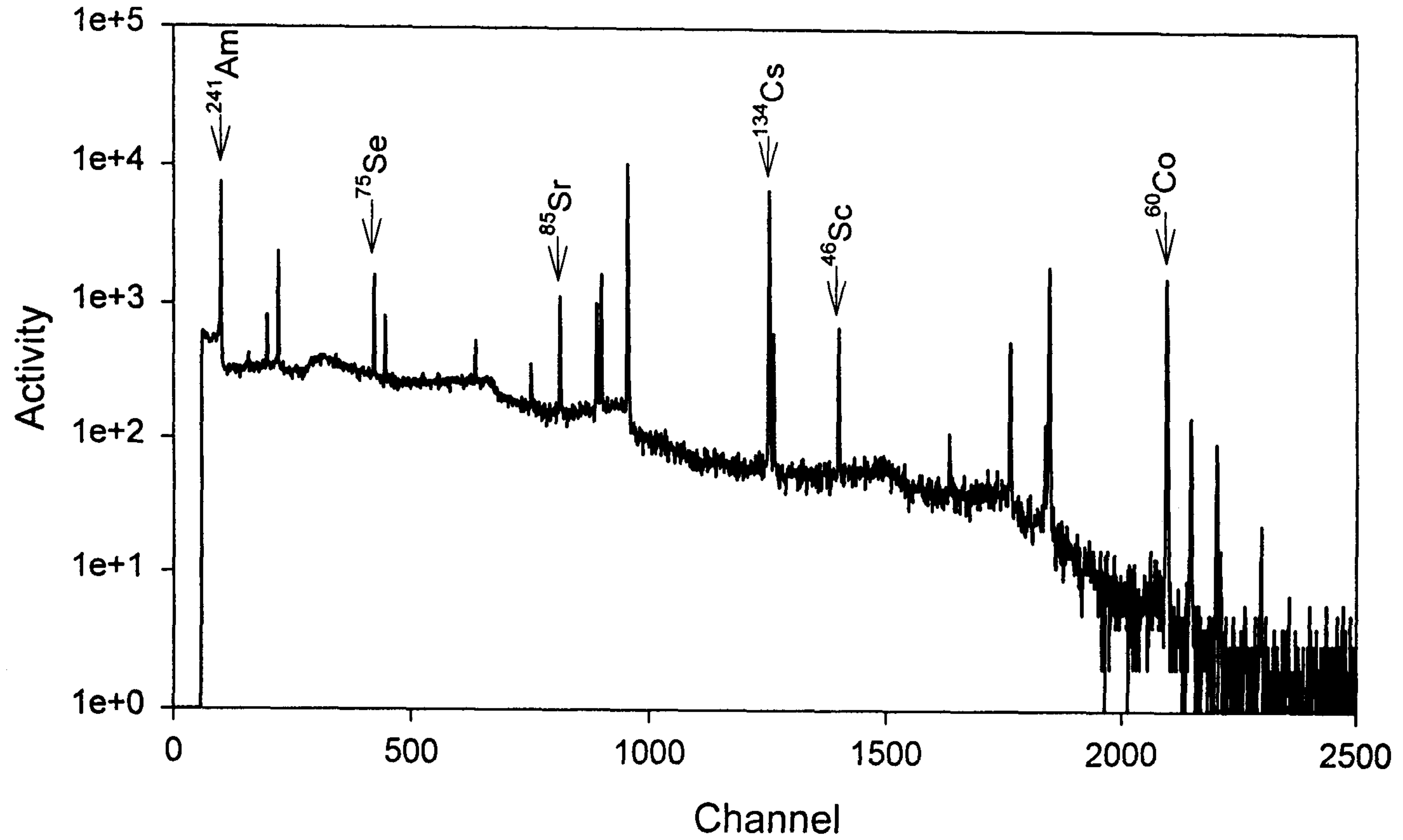


Fig. 2.13 Gamma-ray spectrum of radiotracers

4. 핵종의 흡착 및 탈착 실험

가. 흡착 실험

추적자지하수 15ml가 들어있는 각 tube에 전처리된 지질 매질 0.75g을 넣고 연속적으로 교반해(50 stokes/min) 주었다. 교반 20일, 40일에 교반을 중지하고 원심 분리하여 용액만을 5ml씩 취하여 각 추적자의 비방사능을 측정하였다. 튜브를 열고 닫을 때는 모든 과정을 glove box내에서 알곤과 이산화탄소의 혼합기체를 연속적으로 흘려주면서 실행하였다. 지질매질, 지하수 그리고 핵종의 준비부터 흡착을 산출에 이르는 전 과정을 Fig. 2.14 에 나타내었다.

여기에서 볼 수 있는 것과 같이 이 실험을 통하여 4종류의 매질-지하수계에서 pH, 교반기간에 따른 흡착특성을 알 수 있고, 6개월로 예정되어 있는 총 실험이 완료된 후에는 평형도달에 필요한 실험기간을 알 수도 있을 것이다. 이 실험 계가 평형에

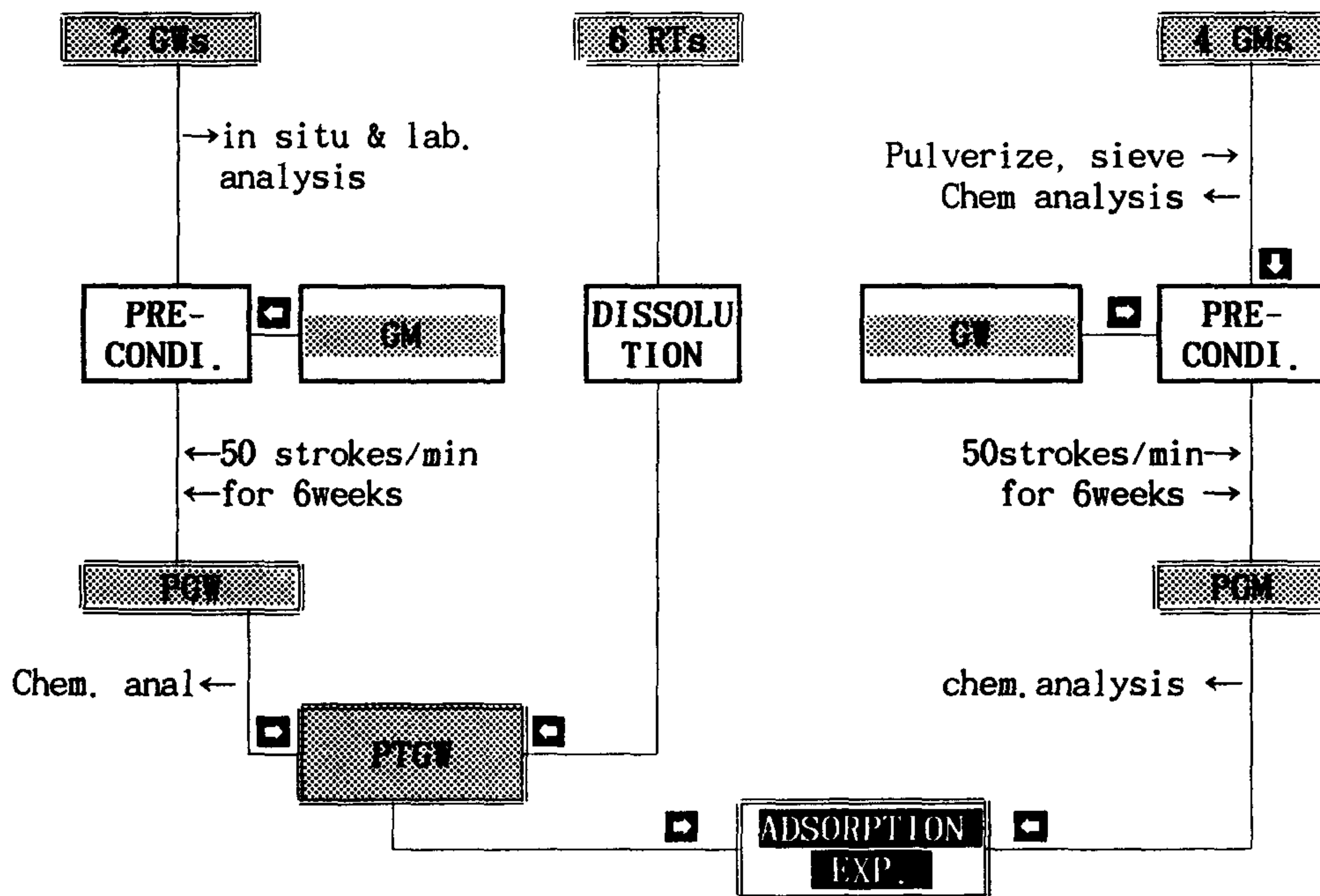


Fig. 2.14 Schematic representation of radiotracer adsorption.

도달하면 분배계수(distribution coefficients)도 산출할 수 있게 된다. 또한 지질 매질 및 지하수의 물리화학적인 분석결과로부터 경쟁이온의 영향에 대한 자료도 확보할 수 있을 것이다.

제3장 연구 결과

제1절 단열계 특성

1. 지질 조사

세부조사 지역인 삼광광산 일대의 지질은 선캠브리아기의 운모편암, 규암, 호상편마암과 백악기의 염기성 암맥, 석영맥등의 맥암류로 구성되어 있으며, 이들은 제4기의 미고결 퇴적층으로 피복되어 있다. 흑운모편마암과 호상편마암은 같은 암상이나 야외에서 흑운모의 산상에 따른 구조적 차이에 의해 구분된다.

화강암질편마암은 국사봉을 중심으로 서측에서 다른 변성암류를 관입하여 분포되어 있다. 암상은 대체로 괴상이며 흑운모가 미약한 방향성을 가지고 있어 희미한 엽리가 관찰된다. 한편, 이들 편마암류의 정확한 경계의 연장은 지표에서 확인되지 않았다.

선캠브리아기의 암석중에서 흑운모가 우세한 우흑대와 장석이 우세한 우백대가 호층을 이루고 있는 호상편마암이 가장 우세하며, 이에 흑운모, 백운모, 견운모, 장석, 석영 등으로 이루어진 운모편암 및 규암이 협재되어 있다. 이들에 발달하고 있는 엽리는 135-172 또는 315-352/55-85방향을 가진다.

광산주변에 분포되어 있는 관입암은 페그마타이트, 석영맥, 염기성맥암 및 산성맥암으로 분류된다. 거정질의 화강암질 페그마타이트의 위치는 지질도 상에 정확하게 도시할 수는 없으나 방향성은 NW방향(040~060/50~70)이며, 염기성맥암은 석영맥과 서로 단절되는 양상을 보인다. 석영맥은 NE(130~150/45~70) 및 NW(220~240/60~70)의 두 방향이 서로 직교 방향에 가까운 형태의 구조를 이루고 있다. 후기에 관입한 산성맥암은 NNW(105~120/40~60)의 방향으로 발달하며, 이들의 관입순서는 페그마타이트-염기성-산성맥암의 순으로 판단된다.

염기성 암맥은 S₈ 위치에서 관찰된 바에 의하면, 호상편마암을 관입하고 있으며,

관입방향은 294/80이다. 이 암맥은 골짜기 방향으로 발달하는 주단층과 관련된 단층들에 의하여 절단되고 있다. 석영맥은 금, 은 등의 광체를 포함하고 있으며, 130-150/45-70방향과 220-240/60-70방향으로 거의 직교한다. 그리고, 석영맥은 염기성 맥암과 서로 단절되는 양상을 보인다(한국원자력연구소, 1989).

습곡구조는 본 연구지역의 서측에 분포된 운곡리층에서 확인되며, 그 밖에 편마암의 엽리구조에서 변형에 따른 소규모의 복잡한 습곡구조가 확인된다. 화강편마암내에 발달한 엽리구조는 전반적으로 ENE(342/27)의 방향을 나타내고 있다. 그러나, 본 연구지역의 중심부는 일정한 방향의 배열 보다는 수차례에 걸쳐 반복된 변형작용을 받았으며, 전체적으로 동측에서 서측으로 갈수록 EW에서 NE방향으로 부채꼴 형태로 완만하게 변한다(홍동표, 1993).

항공사진 판독결과에 따르면, 삼광광산을 중심으로 반경 5km이내에는 신대리 배미실 마을을 기준으로 하여 이의 서측에서는 NNE-SSW 및 WNW-ESE방향, 동측에서는 ENE-WSW 및 NW-SE방향의 선구조들이 우세하게 발달하여 있다(Fig. 3.1).

NNE-SSW방향의 선구조선은 청양-신양을 연결하는 621번 지방도를 따라 발달하고 있으며, 이의 동측으로는 신대리 중뚝마을 부근에 이와 평행한 선구조선이 3조 발달하고 있다. WNW-ESE방향의 선구조선은 신대저수지를 지나는 것을 비롯하여 이의 북측에 3조가 더 발달하고 있다.

ENE-WSW 방향의 선구조선은 삼광광산이 위치하고 있는 골짜기를 통과하는 것 외에 3-4조 발달하고 있다. 그리고, NW-SE 방향의 선구조선은 국사봉의 북측에 위치하는 야광고개를 지나는 것을 비롯하여 3-4조 더 발달하여 있다.

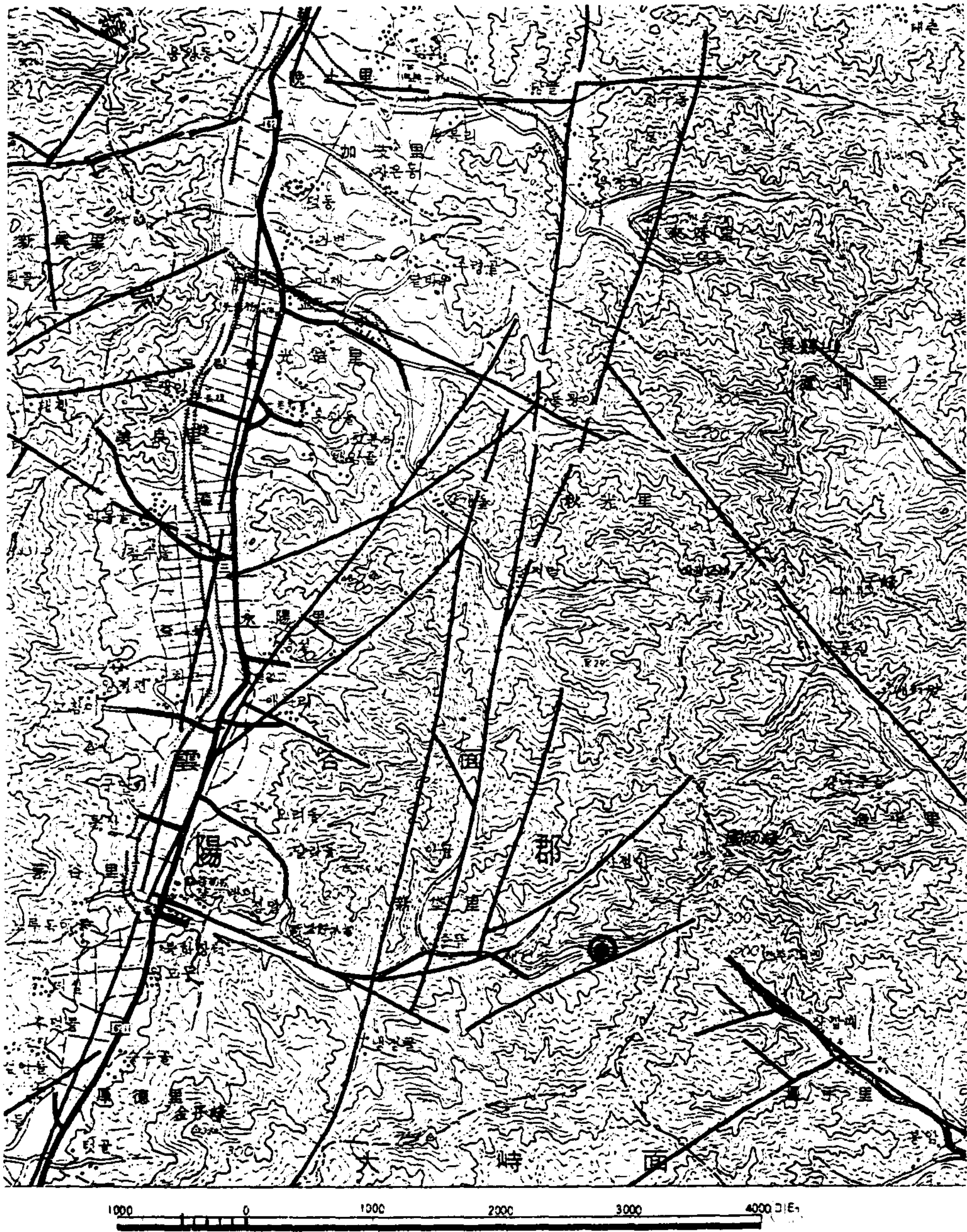


Fig. 3.1 Lineament map interpreted from airphotos of the study area.

●: Drilling site

2. 구조 분석

가. 단층분석

지표 및 항내에서 우세하게 관찰되고 있는 단층구조는 ① 140-170/65-90, ② 248-258/38-40, ③ 010/30-44, ④ 030-044/72-80, ⑤ 092-098/58-72 등이 있으며, 그 외에도 ⑥ 112/41, ⑦ 142/48, ⑧ 024/18, ⑨ 190/72, ⑩ 030/83 등이 관찰되기도 한다. 이 중에서 ④,⑧,⑨,⑩은 지표에서, ⑥,⑦은 항내에서 관찰된 것이며, 나머지 ①,②,③,⑤는 지표와 항내 모두에서 관찰되고 있다.

이들 중에서 첫번째 ① 140-170/65-90 방향의 단층들은 대체로 17° 내외로 서측으로 plunge하는 단층조선을 가지며, 좌수향의 운동감을 보이고 있는 주향이동단층들이다. 이들은 삼광광산 골짜기를 지나는 155-165 방향의 주단층과 평행하거나 저각으로 사교하고 있는 단층들인데, 저각으로 사교하고 있는 단층들은 주단층에 대한 Riedel shear로 해석된다. 삼광광산의 갱도 굴진방향은 주단층고 평행한 155-165 방향을 유지하고 있다(Fig. 3.2). 또한, 이 방향은 코아조사 및 초음파 주사검층에서도 가장 우세하게 나타나고 있다.

두번째 ② 248-258/38-40 방향의 것은 지표 및 항내에서는 정단층으로 관찰되고 있으나, 코아조사 및 초음파 주사검층에서는 관찰되지 않는다.

세번째 ③ 010/30-44 방향의 것은 지표 및 항내와 코아조사 및 초음파 주사검층에서 모두 정단층으로 관찰되고 있는 것이다.

네번째 ④ 030-044/72-80 방향의 것은 지표와 코아조사 및 초음파 주사검층에서 주향이동단층 또는 정단층으로 관찰되고 있으며, 코아조사 결과에 따르면 주향이동단층은 좌수향 운동감을 보이고 있다.

다섯번째 ⑤ 092-098/58-72 방향의 것은 지표 및 항내와 코아조사 및 초음파 주사검층에서 모두 관찰되고 있으며, 우수향 주향이동운동 또는 정단층 운동을 한 것으로 보인다. 이는 주단층에 대한 R'-shear로 해석된다.

여섯번째 ⑥ 112/41, 일곱번째 ⑦ 142/48 방향의 것은 항내에서와 코아조사 및 초음파 주사검층에서 관찰되고 있으며, 코아조사 결과에 따르면 대부분 정단층운동을 하고 있으나 일부에서는 좌수향 주향이동운동을 한 것으로 관찰되고 있다.

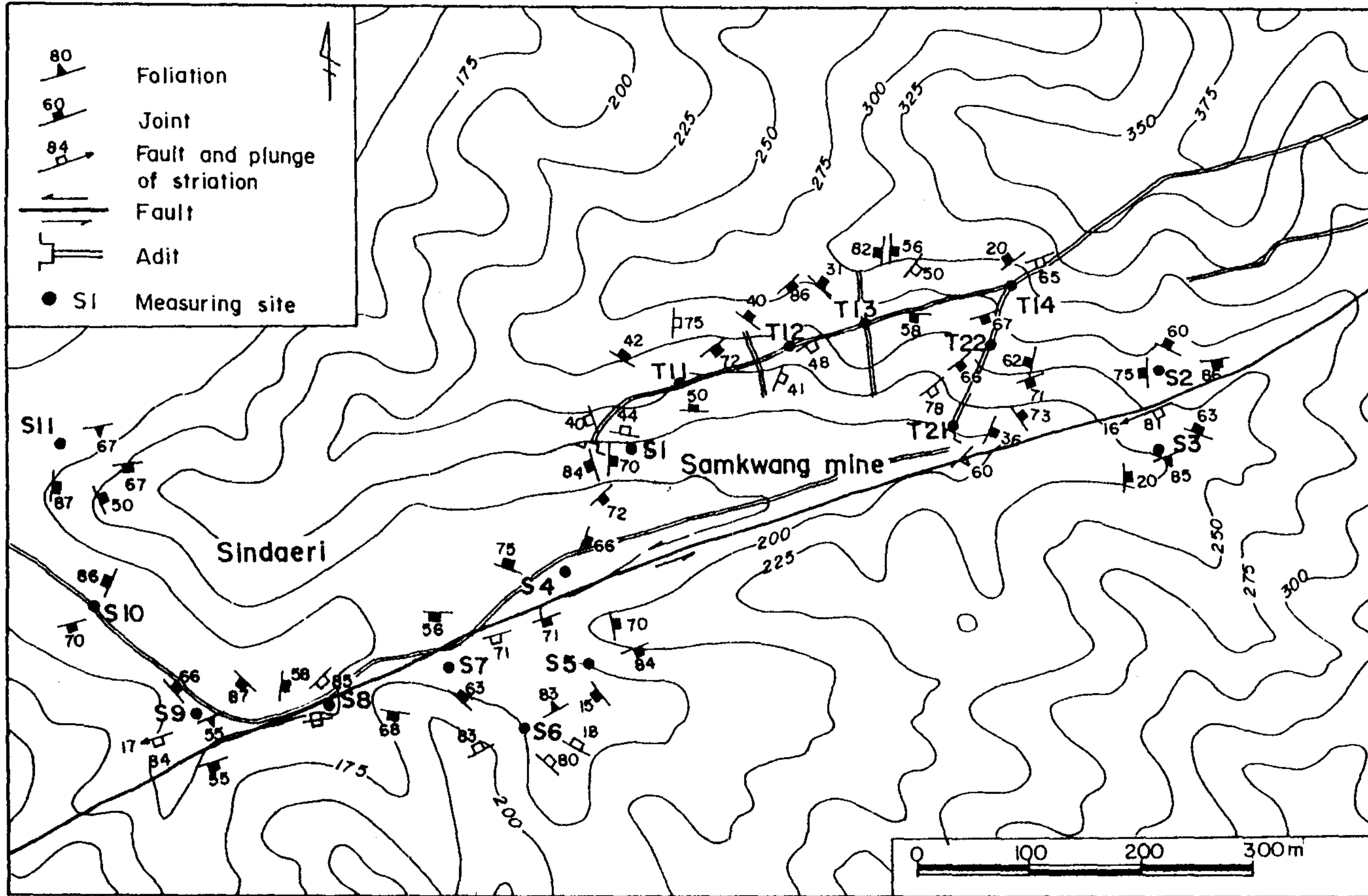


Fig. 3.2 Structural map showing the orientation of faults and joints in the study area

여덟번째의 ⑧ 024/18 방향의 것은 지표(S_6)에서만 관찰되고 있으며, 네 번째 030-044/72-80 방향의 단층들을 절단하고 있다.

아홉번째 ⑨ 190/72 방향의 것은 지표와 코아조사 및 초음파 주사검층에서 관찰되고 있으며, 코아조사 결과에 따르면, 좌수향의 경사이동단층 운동을 하였던 것으로 관찰되고 있다. 따라서 이는 주단층에 대한 P-shear 일 것으로 해석된다.

열번째 ⑩ 030/83 방향의 것은 지표와 코아조사 및 초음파 주사검층에서 관찰되고 있으며, 코아조사 결과에 따르면 좌수향 주향이동운동을 하였던 것으로 관찰되고 있다. 이는 경사방향은 반대로 나타나나 첫 번째 단층군에 속하는 R-shear의 일부일 가능성도 배제할 수 없다.

나. 절리분석

지표 및 향내에서 관찰되고 있는 절리계를 주향 및 경사가 비슷한 것끼리 묶어서 하나의 절리군 방향과 빈도수(괄호 안에 적은 숫자)에 따라 나열하면, 150-172/55-84(9), 270-294/62-88(5), 018-040/60-75(5), 182-192/56-86(4), 080-082/68-70(4), 044-048/60-73(3), 130-142/66-86(3), 092-098/56-87(3), 030-050/31-42(3), 060-070/50-70(2), 340-352/54-70(2) 등이 있으며, 그 외에도 단독으로 관찰되고 있는 절리계에는 112/66, 114/36, 324/22, 250/84, 232/15, 294/34, 087/20, 220/87, 004/50 등이 있다.

가장 우세한 절리군인 150-172/55-84는 전단절리(shear joint)로서 관찰되고 있으며, 절리간격은 5-25.7cm (평균 14.0cm)이다. 이에 포함되는 절리계들은 가장 우세한 단층군인 140-170/65-90과 직접 영향을 받아 단층과 평행하게 형성되어 있는 전단절리이다.

270-294/62-88 절리군은 절리간격이 9.87-75cm로서 그 범위가 매우 넓다. 절리간격이 9.87cm, 11.2cm 및 13.8cm로 관찰되는 절리계는 전단절리이며, 35.6cm 및 75cm의 절리간격을 가지는 절리계의 성격은 아직 불명이다.

018-040/60-75 절리군은 전단절리로서 관찰되고 있으며, 절리간격은 8.12-40.5cm (평균 18.1cm)이다. 이 절리군은 네 번째 단층군 (030-044/72-80)과 관련이 있는 것

으로 보인다.

182-192/56-86 절리군은 전단절리로서 관찰되고 있으며, 절리간격은 9-30cm (평균 16.8cm) 이다. 이 절리군은 아홉번째 단층(190/72)과 관련이 있는 것으로 보인다.

080-082/68-70 절리군은 절리간격이 23.8-114cm (평균 52.6cm)로서 다소 넓으며, 이와 직접 관련되어 있는 평행한 단층은 관찰되지 않았다.

044-048/60-73 절리군은 절리간격이 38.6-58.2cm (평균 52.6cm) 로서 다소 넓으며, 이는 네번째 단층군 (030-044/72-80)과 방향은 비슷하나 직접적인 관련이 있는지는 현재로는 불명이다.

092-098/56-87 절리군은 19.8-24.5cm (평균 21.5cm) 이다. 이 절리군은 다섯 번째 단층군 (092-098/58-72)과 관련이 있는 것으로 보인다.

060-070/50-70 절리군은 절리간격이 23.3cm 및 32.3cm로 관찰되고 있으며, 절리의 성격에 관하여는 자세한 조사를 요한다.

340-352/54-70 절리군은 절리간격이 22.3cm 및 52.5cm로 관찰되고 있으며, 절리의 성격은 열번째 단층계 (030/83)와 어떤 관련이 있는지 현재로서는 불명이다.

112/66 절리계는 9.3cm의 절리간격을 가지며, 절리면에서는 단층활면이 관찰되고 있으므로 전단절리로 판단된다. 092-098/56-87 절리군에 포함시켜도 좋을 것으로 생각된다.

114-36 절리계는 12.1cm의 절리간격을 가지는 전단절리로서 여섯번째 단층계 (112/41)과 관련이 있을 것으로 판단된다.

324/22, 250/84 및 232/15 절리계는 절리간격이 각각 12.6cm, 9.8cm 및 18.4cm로 관찰되고 있어, 관련되는 단층계에 대하여는 현재로는 불명이나 전단절리로 생각된다.

294/34, 087/20 및 220/87 절리계는 절리간격이 각각 49.6cm, 117.3cm 및 50.2cm로 관찰되고 있어 전단절리는 아닐 것으로 생각되나, 이들의 성인에 대하여는 현재로는 불명이다.

004/50 절리계는 절리간격이 15cm로 관찰되어 전단절리일 것으로 생각되나, 어떤 단층계와 관련이 있는지는 현재로는 불명이다.

3. 시추공내의 단열계

가. 시추 코아 분석

시추공에서 추출한 코아를 정량분석한 결과, 단열면의 심도, 종류, 경사각, 충전물질, roughness 등의 구조적 특징들을 공별로 정리하면 Table 3.1 - 3.5 와 같다.

단열계의 해석을 위하여는 단층계와 절리계에 대하여 서로 같은 성인을 가지는 것들끼리 하나의 단열군으로 묶은 다음에, 각각의 단열군에 대하여 그 특성을 분석하는 것이 필요하다. 이를 위하여 먼저 지표 및 항내에서 분석한 단층계 및 절리계들을 단열군으로 묶고, 그 이후에 코아조사 및 초음파주사검층 결과와 FIL test 결과를 비교검토하는 것이 필요하다.

Table 3.1 Faults, fractures and infillings in borehole B-1

Faults & sheared parts	Fractures ; spacing ≤ 10cm & more than 2 fragments	Infillings excluding calcite coated and/or infilled
*Faults with gouge and/or breccia; · 68.80 - 69.50m · 78.61 - 78.63m	· 4.59 - 4.85m · 10.10 - 10.22m · 13.41 - 13.58m · 21.75 - 21.85m · 32.10 - 34.00m · 37.51 - 31.55m	*Iron stained ; · up to 5.95m in each fracture · 7.95m, 8.05m, · 10.65m
*Sheared parts with fault plane, consolidated gouge & breccia, and/or pseudotachylite; · 21.95 - 22.00m · 32.30 - 33.90m · 45.95 - 47.40m · 71.73 - 71.77m	· 40.10 - 40.15m · 45.20 - 45.30m · 45.95 - 47.40m	*Pyrite; · 15.80m · 42.70m · 72.72m, 72.80m *Calcite crystals; · 35.60m, 35.75m · 75.86m

Table 3.2 Faults, fractures and infillings in borehole B-2.

Faults & sheared parts	Fractures ; spacing ≤ 10cm & more than 2 fragments	Infillings excluding calcite coated and/or infilled
<p>*Faults with gouge and/or breccia;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 9.22m • 46.62 - 46.94m • 48.85m <p>*Sheared parts with fault plane, consolidated gouge & breccia, and/or pseudotachylite;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 14.08 - 14.30m • 20.58 - 20.83m • 22.24 - 26.10m • 31.35 - 31.70m • 35.07 - 35.51m • 42.35 - 42.49m • 45.60 - 51.81m • 59.45 - 59.55m • 65.06 - 65.14m • 65.81 - 66.42m • 71.73 - 73.60m • 77.01 - 77.30m 	<ul style="list-style-type: none"> • 18.60 - 18.70m • 20.32 - 20.44m • 20.58 - 20.83m • 23.15 - 23.33m • 25.60 - 26.10m • 31.35 - 31.50m • 35.20 - 35.48m • 44.10 - 44.60m • 45.00 - 45.10m • 46.62 - 49.60m • 59.45 - 59.55m • 61.56 - 61.88m • 63.15 - 63.31m • 69.18 - 69.26m • 72.13 - 72.32m • 73.40 - 73.60m • 74.26 - 71.50m • 75.42 - 72.53m • 76.03 - 76.28m • 76.66 - 76.72m • 77.01 - 77.20m • 77.80 - 78.16m • 79.12 - 79.35m • 79.58 - 79.70m 	<p>*Iron stained ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • up to 5.76m in each fracture <p>*Pyrite;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 40.78m • 45.10m • 45.25m • 75.42m, 75.46m, 75.48m <p>*Calcite crystals;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 22.97m • 63.15m <p>*Chlorite;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 45.00m • 45.63m • 46.62 - 46.94m • 55.06m

Table 3.3 Faults, fractures and infillings in borehole B-3

Faults & sheared parts	Fractures ; spacing ≤ 10cm & more than 2 fragments	Infillings excluding calcite coated and/or infilled
*Sheared parts with fault plane, consolidated gouge & breccia and/or pseudotachylite; • 47.62 - 52.10m • 70.00 - 70.60m • 72.50 - 73.20m	• 10.01 - 10.10m • 20.04 - 20.22m • 27.30 - 27.50m • 42.24 - 42.48m • 52.24 - 52.44m • 53.90 - 54.24m • 55.02 - 55.20m • 56.14 - 56.25m • 61.01 - 61.10m • 69.33 - 69.38m • 71.73 - 71.87m • 77.74 - 74.90m	*Iron stained ; • up to 6.47m in each fracture • 7.84m • 7.93m • 8.44m • 9.62m • 10.35m • 13.00m • 15.06m • 16.56m

지표 및 항내에서 관찰된 단열들에 대하여는 앞에서 분석한 결과를 종합적으로 검토한 결과를 단열군으로 묶으면 다음과 같다.

① 140-172/55-90 및 182-192/56-86 단열군

이 단열군은 140-170/65-90 및 190/72 단층군(계)과 150-172/55-84 및 182-192/56-86 절리군을 통합한 것으로서, 이는 155-165 방향의 주단층에 대한 R-shear 단층과 절리 및 P-shear의 단층과 절리로 해석되는 것들에 대한 단열군으로 해석된다. 이 단열군에 속하는 단층 및 절리들은 이 지역에서 가장 우세하게 나타나고 있으며, 절리계들은 좁은 절리간격을 가지고 있다. 이 단열군에 속하는 단열들은 시추코아조사 및 초음파주사검층 결과에서도 가장 우세하게 나타나고 있으며 주대수층을 이루고 있다.

Table 3.4 Faults, fractures and infillings in borehole B-4

Faults & sheared parts	Fractures ; spacing ≤ 10cm & more than 2 fragments	Infillings excluding calcite coated and/or infilled
<p>*Faults with gouge and/or breccia;</p> <ul style="list-style-type: none"> · 11.32m · 13.80m · 19.60m · 26.20m · 44.02m · 46.64 - 47.00m · 55.75m <p>*Sheared parts with fault plane, consolidated gouge & breccia, and/or pseudotachylite;</p> <ul style="list-style-type: none"> · 11.32 - 11.77m · 18.15 - 18.35m · 19.60 - 21.30m · 21.76 - 22.10m · 22.85 - 27.90m · 44.02 - 44.40m · 46.64 - 47.00m 	<ul style="list-style-type: none"> · 3.34 - 3.96m · 4.10 - 4.99m · 5.10 - 5.73m · 11.32 - 11.52m · 12.85 - 13.37m · 13.95 - 14.26m · 15.17 - 15.35m · 16.00 - 16.28m · 22.23 - 22.47m · 29.86 - 30.30m · 31.12 - 31.25m · 35.94 - 36.13m · 65.05 - 65.15m · 70.11 - 70.20m · 72.06 - 72.25m · 73.87 - 74.02m 	<p>*Iron stained ;</p> <ul style="list-style-type: none"> · up to 6.88m in each fracture · 7.32m · 9.03m <p>*Pyrite;</p> <ul style="list-style-type: none"> · 39.53m · 39.55m · 41.92m · 42.39m <p>*Calcite crystals;</p> <ul style="list-style-type: none"> · 39.53m · 39.55m

② 092-098/56-86 및 270-294/62-88 단열군

여기에는 092-098/58-75 단층군과 092-098/56-87 및 270-294/62-88 절리군이 포함되어 있다. 092-098/56-87 단열군에 속하는 단열계들은 주단층에 대하여 R'-shear일

Table 3.5 Faults, fractures and infillings in borehole B-5

Faults & sheared parts	Fractures ; spacing ≤ 10cm & more than 2 fragments	Infillings excluding calcite coated and/or infilled
*B-5 borehole has not the fault plane with gouge and/or breccia, and has not sheared parts up to the bottom(23.0m)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.12 - 2.27m • 17.20 - 17.28m • 21.33 - 21.47m • 21.87 - 21.90m 	<ul style="list-style-type: none"> *Iron stained ; • in the most of fractures *Pyrite; • 3.40m

것으로 생각된다. 그러나, 270-294/62-88의 절리군이 주단층의 R'-shear인지는 확실치 않으나 방향이 비슷하고 절리계들 중에서 일부는 전단절리로 관찰되고 있으므로 같은 단열군에 포함시켰다. 그리고, 112/66 방향의 절리계도 같은 범주에 속하는 것으로 볼 수 있다. 코아조사 및 초음파 주사검층 결과 세번째로 우세한 단열로 나타나고 있다.

③ 018-044/60-85 단열군

이에는 030-044/72-80 단층군 및 018-040/60-75 절리군이 포함되며, 서로 관련이 있는 것으로 해석된다. 그리고, 044-048/60-75 절리군에 속하는 절리계들은 절리간격이 다소 넓게 관찰되고 있으나, 발달방향으로 보아 이 단열군에 포함될 것으로 보인다. 코아조사 및 초음파주사검층 결과 두번째로 우세한 단열군으로 나타나고 있다.

④ 232-258/15-40 단열군

이에는 248-258/38-40 정단층군과 232/15 절리계가 포함되어 있으며, 양자간의 관계는 불확실하나 방향성 및 전단절리 등을 고려하여 하나로 묶었다.

⑤ 112-114/36-41 단열군

이는 112/41 단층계와 114/36 절리계를 하나로 묶은 것으로서, 절리들은 단층의 방향으로 형성된 절단절리로서 관찰되고 있다.

⑥ 060-082/50-70 단열군

이는 080-082/68-70 및 060-070/50-70 절리군을 하나로 묶은 것이다. 양자간에는 방향성에서 약간의 차이를 보일 뿐, 절리간격은 유사하게 나타나고 있으므로 하나의 단열군으로 볼 수 있다.

⑦ 기타 단열군(계)

위의 6개 단열군 이외에 하나로 묶을 수 없거나 서로간의 관계를 유추하기 어려운 단층계, 절리계 및 절리군이 있는데, 이에 142/48, 024/18, 030/83 등의 단층계, 340-352/54-70 절리군, 그리고 294/34, 087/20, 220/87 등의 절리계들이 있다. 이들이 어떤 단열군을 형성할 수 있는지는 좀 더 자세한 조사가 필요하다.

나. 텔레뷰어 검층 결과

시추공 B1, B2, B3 에서 텔레뷰어 시스템에 의하여 획득한 측정데이터(raw data)는 우선 자북방향을 기준으로 정돈된 후 기본 전산처리과정(structure analysis + televue rock strength + amplitude adjustment)을 밟게 된다 (Fig.3.3, 3.4).

예를 들어, 시추공 B1에 대한 검층결과는 진폭, 주시이미지, 텔레뷰어 암석강도, arrow plot로 나타내고 있다(Fig.3.5a). 첫 번째 그림은 시추공 벽에서 반사된 초음파의 진폭치를 나타내고 있으며(진폭이미지), 여기서 상대적으로 낮은 진폭은 그만큼 짙은 색깔로 표현된다. 그로 인해 다양한 형태(sine cure)의 절리 및 단층의 발달상태가 관찰될 수 있다.

두 번째 그림에는 반사된 초음파의 주시를 상대적으로 나타내고 있으며 이번에는 짙은 색깔이 주시가 상대적으로 빠름을 의미한다. 세 번째 그림은 소위 텔레뷰어 암석강도를 나타내며 그 값은 대체로 절리가 밀집된 곳(예를 들면, 심도 약 32.5 m 부근; Fig.3.5b)에서 크게 변화되고 있음을 볼 수 있다.

마지막 그림은 흔히 arrow plot 라 불리워지며 여기서 화살머리(원형)의 크기 및 색깔에 의해 절리, 단층 및 암층경계면이 구분된다. 즉, 큰 원내 흰색은 암층경계면, 큰 원내 흑색은 단층 경계면, 작은 원의 흑색은 뚜렷한 절리면, 작은 원의 회색은 보통의 절리면, 작은 원의 흰색은 미세한 절리면을 지시한다.



Fig. 3.3 Scene of the study site(upper) and Televiewer system set-up (lower)

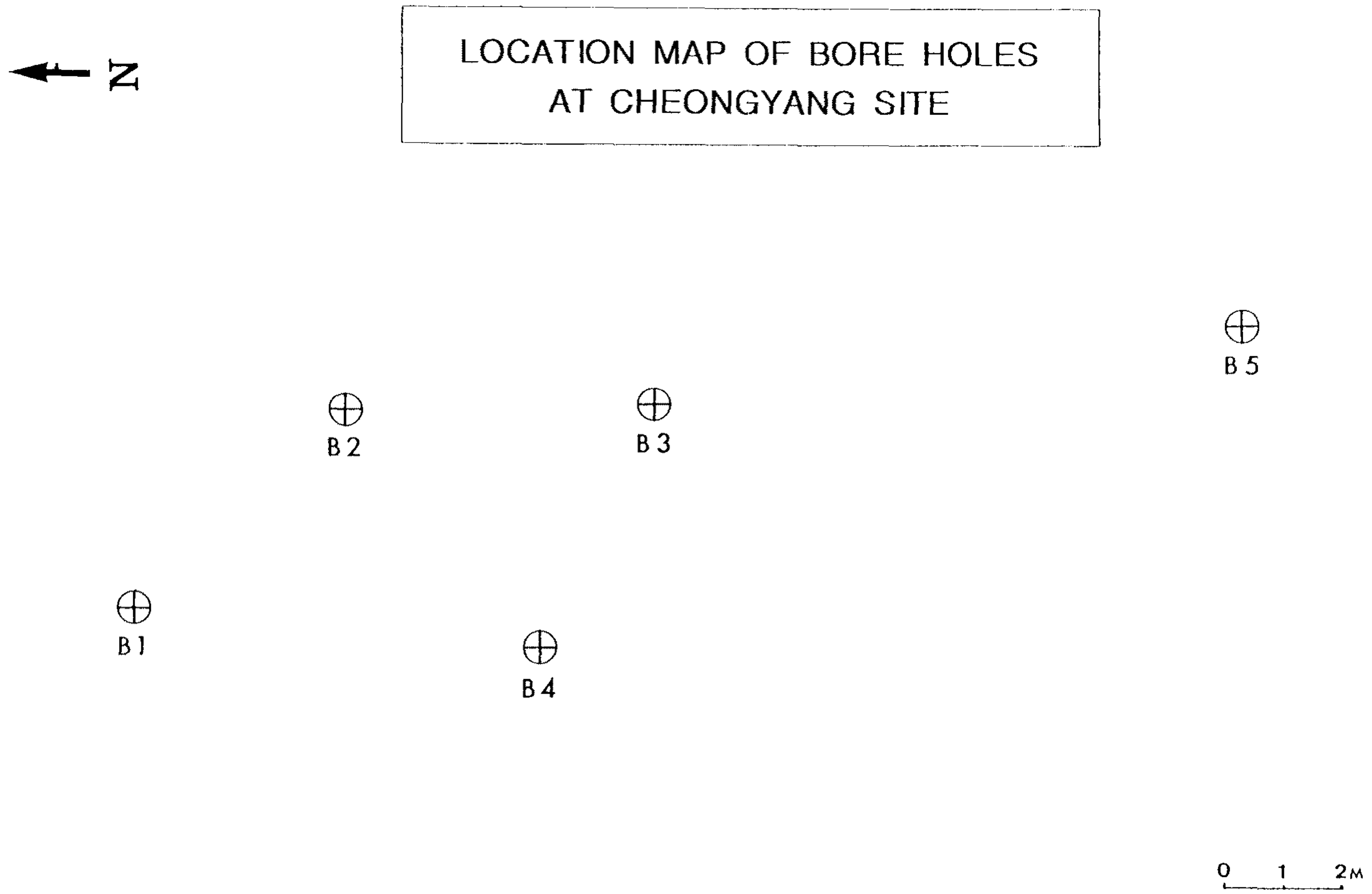


Fig. 3.4 Location of the boreholes B-1, B-2 and B-3 for the televiewer scan

진폭 및 주시이미지에서 수평축의 길이는 실제로 약 $24m(7.6cm \times \pi)$ 에 해당되나 수직축 척도와 비교하여 약 3 배정도 확대되어 표현되고 있다. 즉, 수직축의 실제 척도는 수평축의 척도와 비교하여 약 3 배정도 압축되어 나타나고 있기 때문에, 본 이미지에서 보이는 sine curve 의 진폭은 약 3 배 확대되어 가늠되어야 한다. 일반적으로 sine curve는 주로 진폭이미지에서 관찰되며, 이러한 curve 가 주시이미지에서도 밝은 색깔로 인식되면 절리 및 단층 내의 충전상태 내지 열린 상태가 추정된다.

심도 약 4.3 m 에서 진폭이미지 색깔이 크게 변하고 있는 것은 그 심도 상부가 물이 채워지지 않는 상태이기 때문에 진폭의 큰 변화가 초래된 데 있다(Fig.3.5a). 즉, 심도 약 4.3 m 는 탐사 당시 지하수면의 위치가 된다. 심도 5 m 하부는 거의 균질한 암반(경암 내지 극경암)을 보여주고 있음을 볼 수 있다. 심도 구간 4m~77m에서 발췌된 도합 170 개의 불연속면(discontinuities) 혹은 tectonic elements(절리 등)를 분석하여 code 화 하였으며(Appendix II), 이때 code number 의 의미는 다음과 같다:

- 1 : clear fracture
- 2 : normal fracture
- 3 : acceptable fracture
- 8 : layer boundary, bedding
- 9 : faults

상기한 방대한 양의 자료들은 흔히 rose diagram이나 평상투영법(polar projection)으로 표현하여 지질구조에 대한 전반적인 경향을 판단한다. 상기 자료에 대한 경사 방향을 빈도에 따라 적절히 조정하여 표현한 rose diagram 에는 전반적으로 지향되는 경사방향이 뚜렷이 나타난다(Fig. 3.6). 나아가서 각 자료에 대한 경사각을 polar projection 하였을 때에는 거의 일관성을 띤 경사각이 관찰된다(Fig. 3.7).

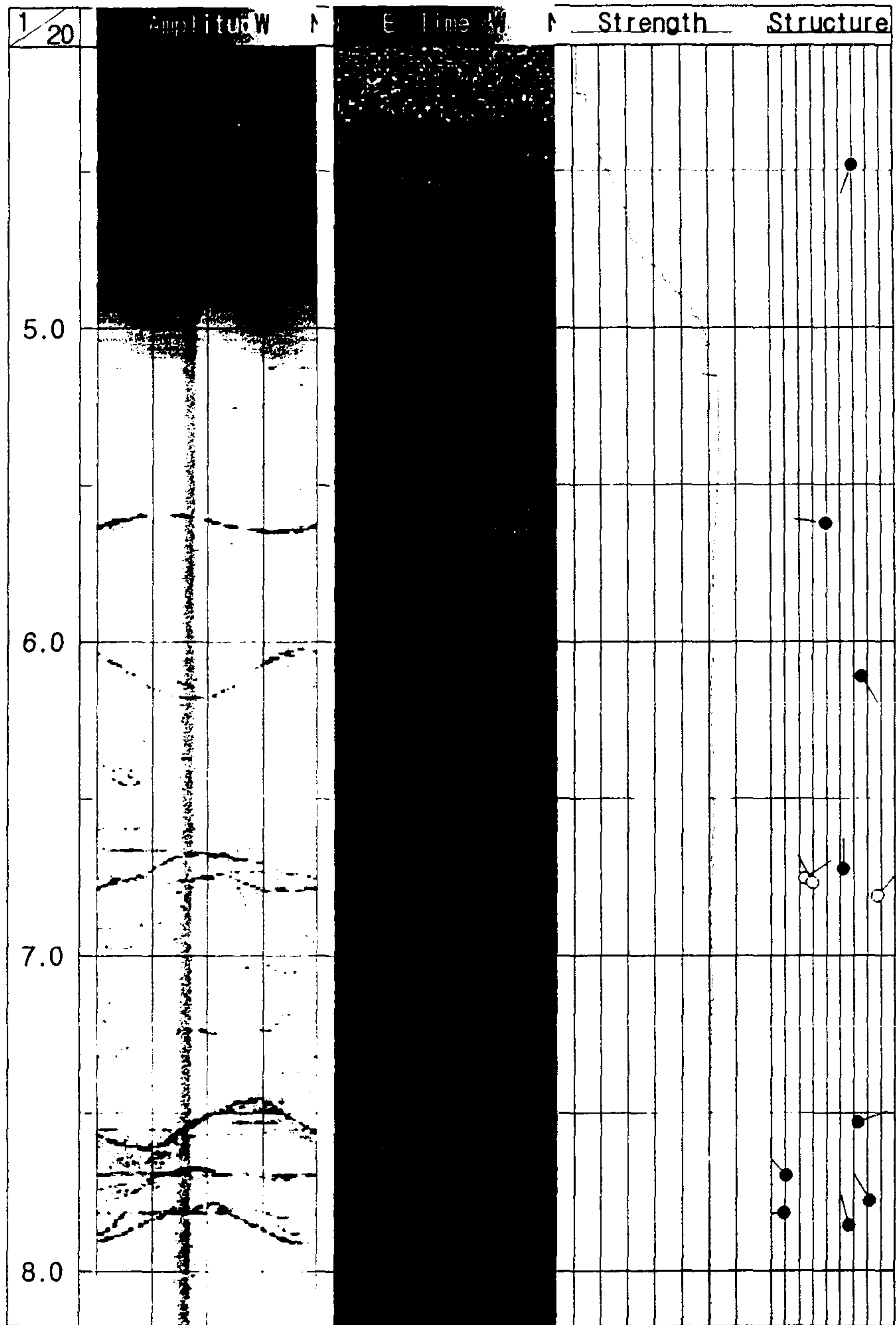


Fig. 3.5a Televiewer image logs for borehole B-1 at depths between about 4.1 m and 8.2 m: columns from left to right indicate depth, amplitude, travel time, Televiewer rock strength and arrow plot.

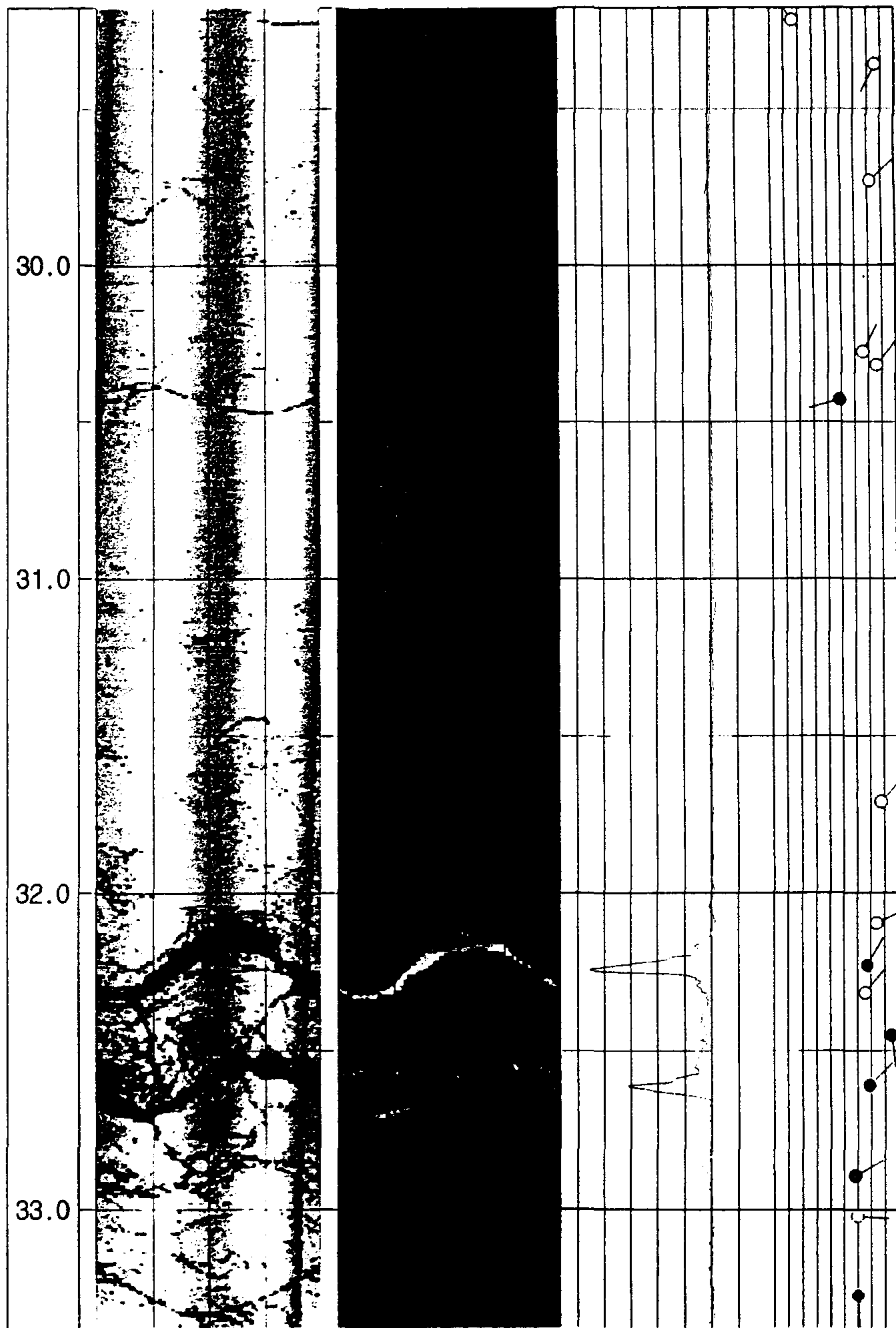


Fig. 3.5b Televue image logs for borehole B-1 at depths between about 29.2 m and 33.4 m: columns from left to right indicate depth, amplitude, travel time, Televue rock strength and arrow plot.

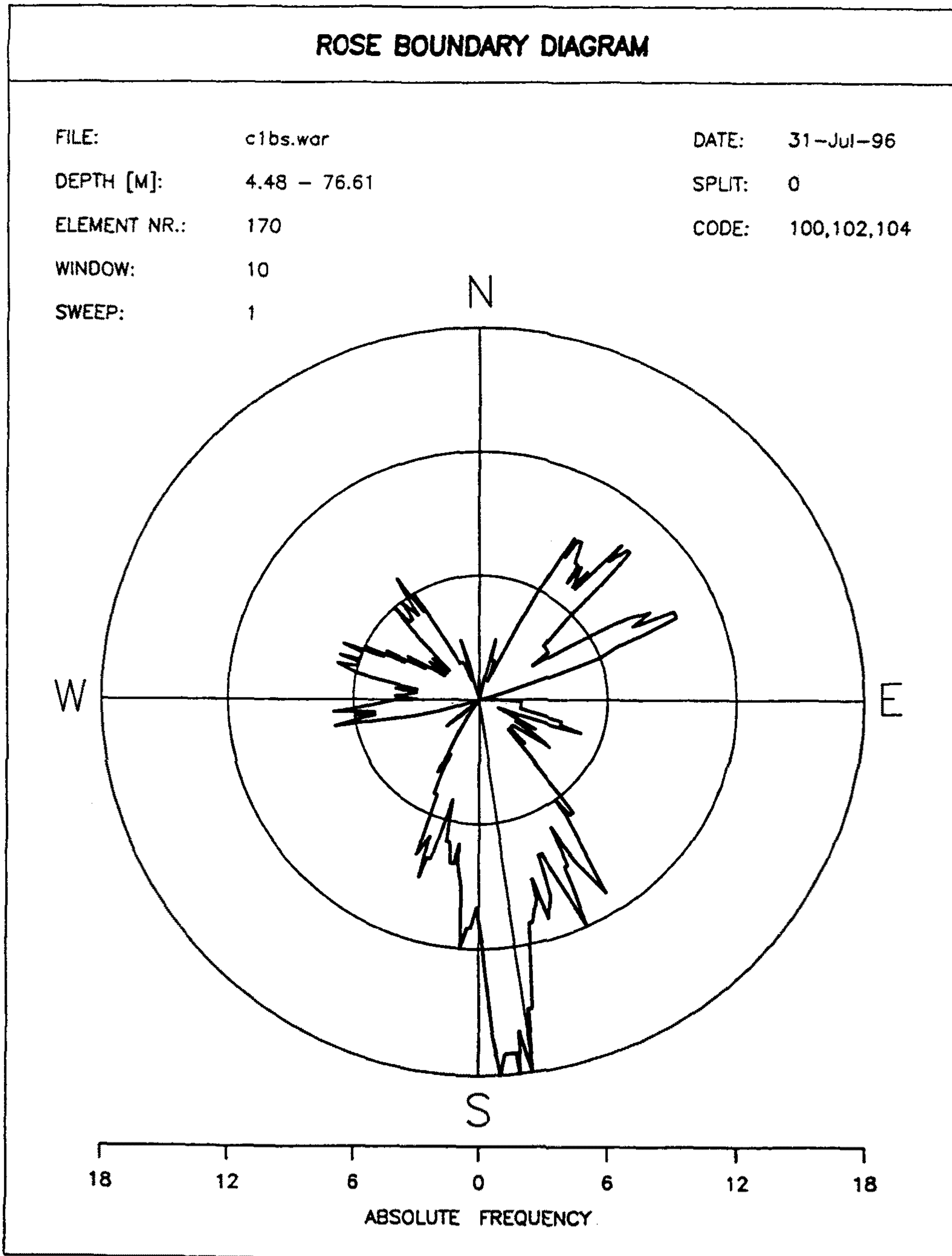


Fig. 3.6 Presentation of dip directions of all the extracted tectonic elements from borehole B-1 in a rose diagram

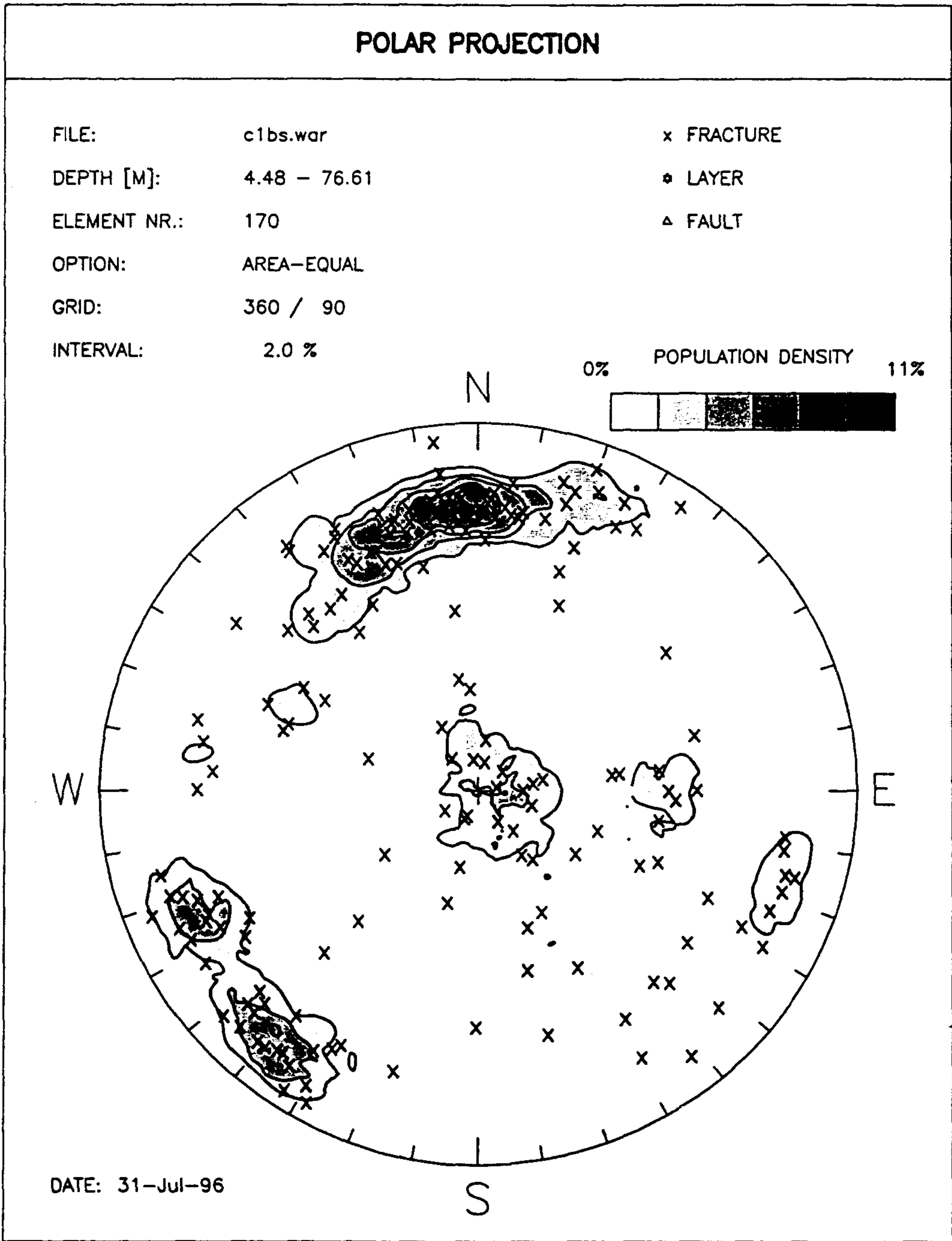


Fig. 3.7 Presentation of dip angles of all the extracted tectonic elements from borehole B-1 in a polar projection

Fig. 3.8 은 진폭이미지로부터 산출된 소위 in-situ 텔레뷰어 암석강도를 나타내고 있다. 강도치에 대한 scaling factor는 경험치라 할 수 있다. 여기에는 steel casing 의 강도, 다양한 텔레뷰어 현장실험을 통하여 축적된 바 있는 경암의 실험실 강도와 텔레뷰어 강도와의 상호 비교연구, 모형 실험연구 등이 수반되었다. 단층이 발달된 구간에는 강도의 현저한 변화가 관찰되며 전체적으로 경암은 균등한 강도를 나타내고 있다.

텔레뷰어의 inclinometer 기능은 시추 진행과정(시추 시작점부터 끝점까지)을 평면도로 나타낼 수도 있다 (Fig. 3.9). 조사공 B-1 의 경우 시추 이탈거리는 약 3m에 달하고 있다.

이미 텔레뷰어 근본원리에서 언급된 바 텔레뷰어는 고분해능 caliper 의 기능을 갖고 있다. 예를 들면, Fig.3.10 은 시추공 B-2 의 심도 22m - 24m 구간에서의 공 내부모양을 동일원 상에서 표현하고 있다. 전체적으로 내벽의 원형상태가 훌륭하게 보존되고 있음에 비추어 암반의 응력 상태는 균형을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

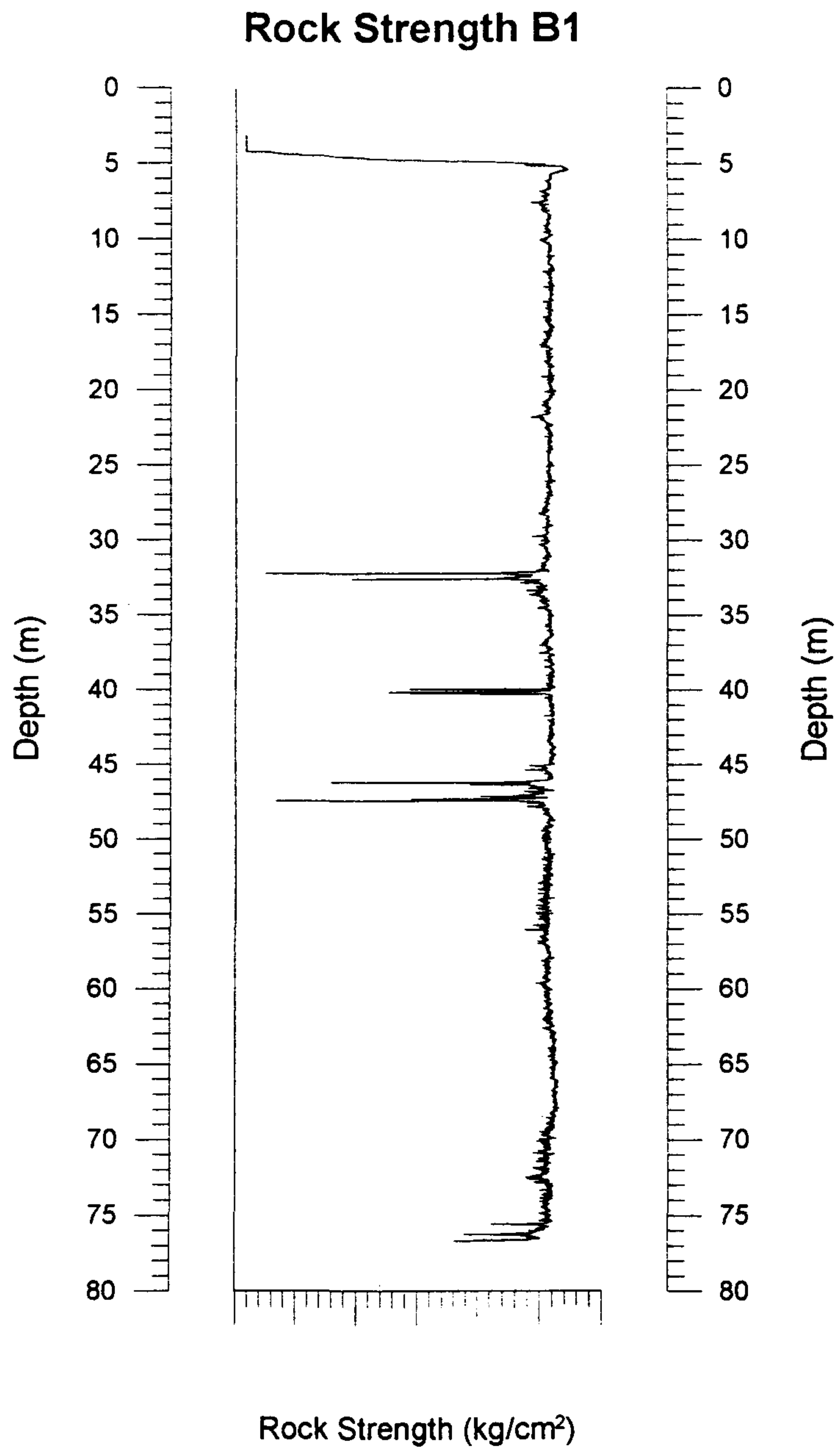


Fig. 3.8 Televiewer rock strength from the borehole B-1

Hole deviation B1 (Chongyang)

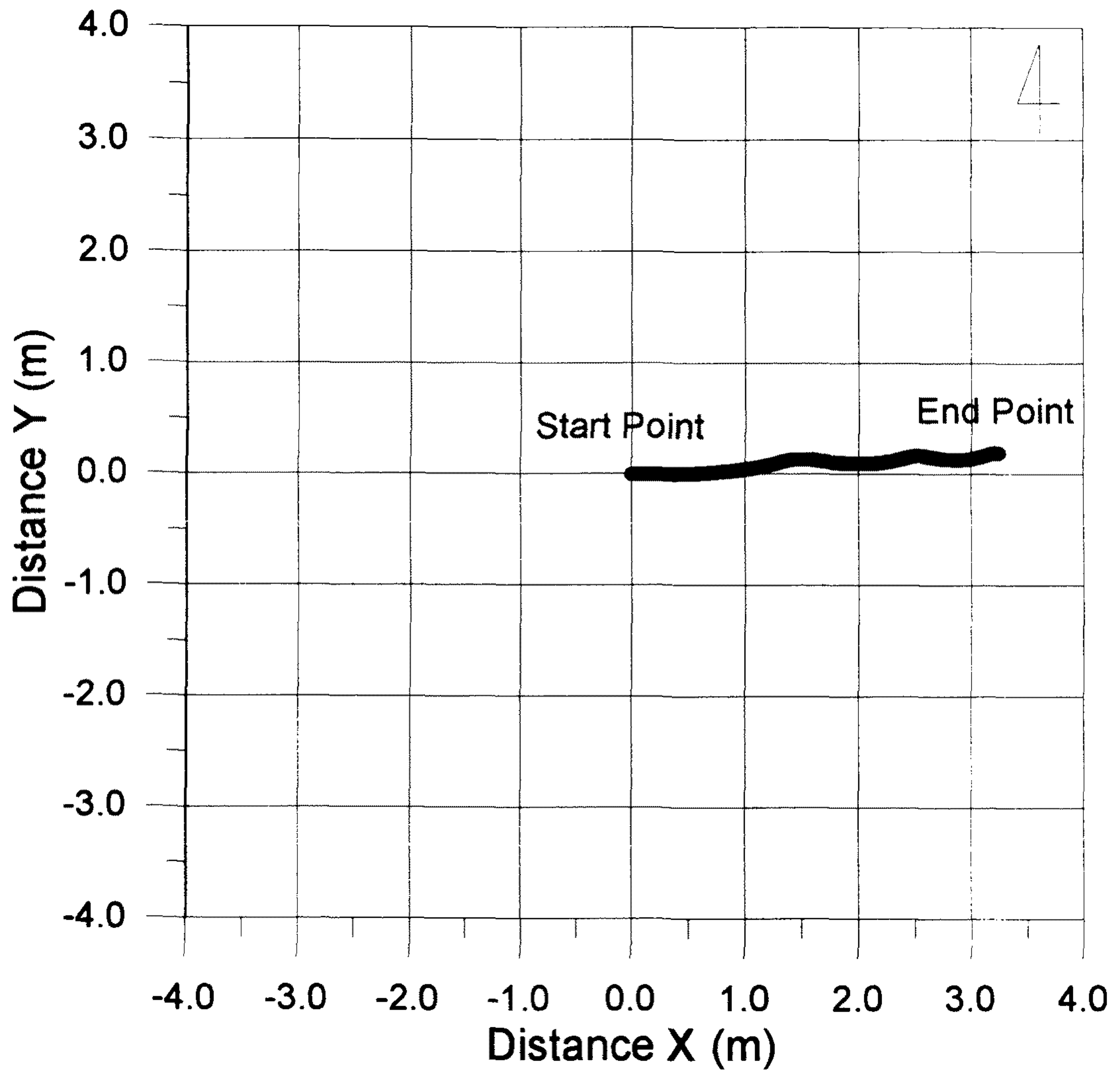


Fig. 3.9 Televiwer inclinometer measurements for investigating deviation of the borehole B-1

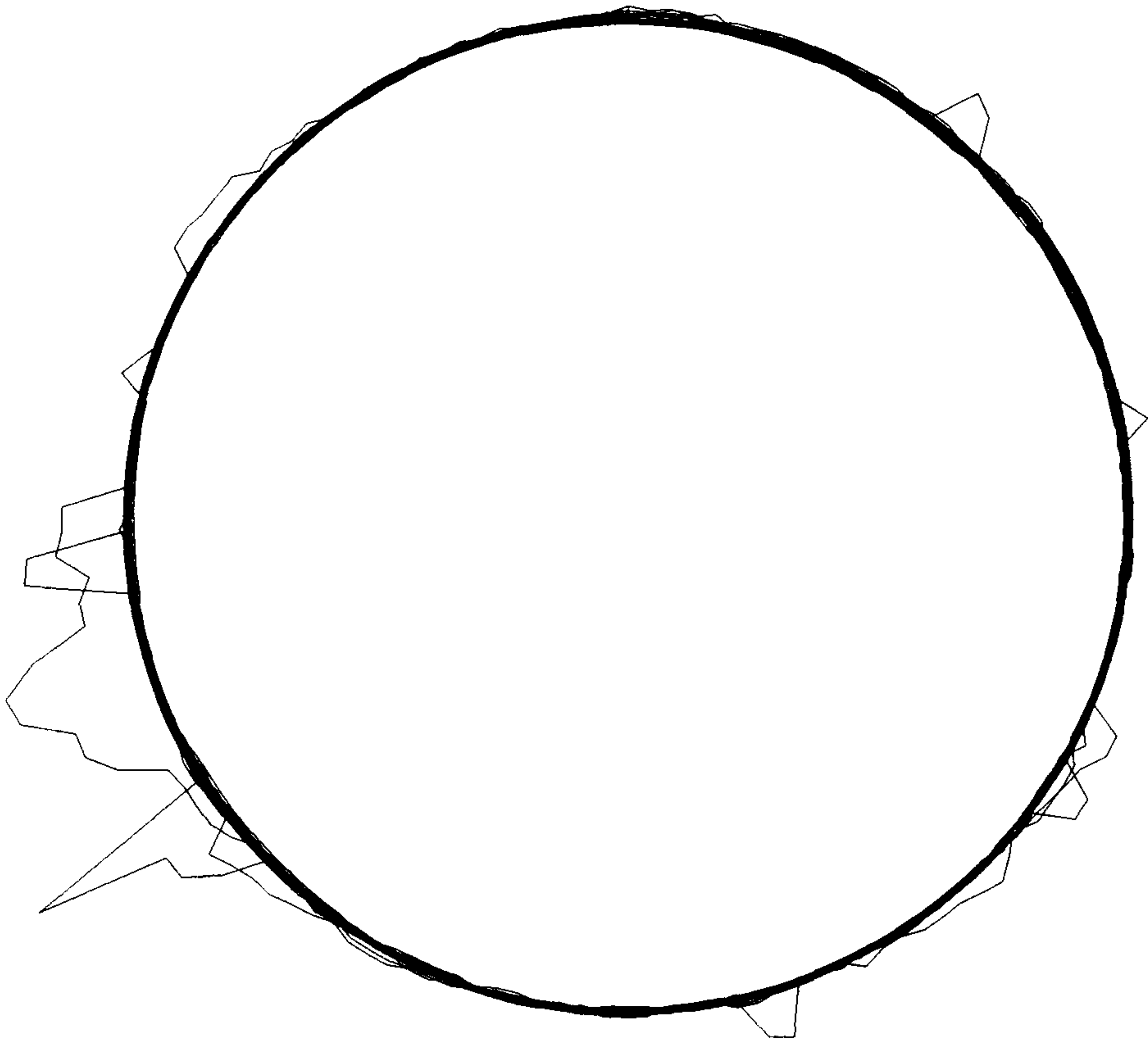


Fig. 3.10 Circular cross sections of 400 depth intervals (15cm) taken from the televiewer travel-time image of the borehole B-2

4. 단열계 해석

시추코아 및 초음파 주사검층 자료에서의 단열계 분석은 단층면 또는 절리면의 주향과 경사방향을 알 수 있는 초음파 주사검층 자료에서만 시도하였다. 이를 위하여 초음파 주사검층 자료로서 단열면을 방향별로 구분하고, 이에서 우세한 부분만을 선택하여 단열군(fracture group)을 구성하였다. 즉, 방향별 단열면의 갯수가 B-1공에서는 6개 이상, B-2공에서는 12개 이상, B-3공에서는 7개 이상되는 것들만 선택하였다.

그리고, 이들을 야외조사 자료를 분석한 단열군의 주향 및 경사를 고려하여 주향 및 경사의 범위를 결정하여 단열군을 구성하였으며, 이렇게 결정된 단열군 중에서 단열면의 빈도수가 10개 이하인 경우는 제외하였다. 이렇게 구분된 각각의 단열군에 속하는 단열면 간격의 평균을 구하였다. 이는 초음파주사검층의 단열면 인지에 대한 임의성을 고려하더라도 의미있는 자료로 판단된다. 그 결과는 Table 3.6 과 같다.

Table 3.6 Fracture groups analysed from televiewer log data.

HOLE NO.	DIP DIRECTION	DIP ANGLE	MEAN SPACING(cm)
B-1	030 - 070	≥ 60	263
	150 - 190	≥ 55	139
	280 - 300	≥ 50	137
B-2	040 - 070	30 - 60	233
	040 - 070	> 60	236
	100 - 120	30 - 60	360
	150 - 195	30 - 55	217
	150 - 195	≥ 55	77
B-3	030 - 050	30 - 60	406
	030 - 050	≥ 60	397
	130 - 185	30 - 55	132
	130 - 185	≥ 55	137

Table 3.6 에서 단열면 평균간격은 야외에서 관찰되고 있는 절리간격에 비하여 매우 큰 값을 보이고 있다. 이는 초음파주사검층에서 누락된 closed joint 들의 영향으로 생각된다. 그러나, 이 자료는 단층 또는 절리의 주향과 경사를 어떤 범위를 주어서 군(group)으로 묶은 것이므로, 단열면 간격이 넓게 나타나고 있는 것들은 자료로서 신뢰도의 문제가 발생한다. 따라서 단열면에 속하는 단열면의 갯수가 10 개 이하인 것은 단열면 분석에서 제외하였다. 다만 B-1공에서 280-300/ ≥ 50 방향은 빈도수가 8개이나, 42.94-45.59m 이내에 7개의 단열면이 집중적으로 분포하고 있으므로 단열면에 포함시켜 분석하였다.

① B-1공 : 분석대상은 3개의 단열군이다. 030-070/ ≥ 60 방향은 지표 및 항내 자료를 분석한 ③ 018-044/60-85 단열군, 150-190/ ≥ 55 방향은 지표 및 항내의 ① 140-172/55-90 단열군, 280-300/ ≥ 50 방향은 지표 및 항내의 ② 270-294/62-88 단열군에 해당된다.

② B-2공 : 분석대상은 5개의 단열군이다. 040-070/ > 60 방향은 지표 및 항내의 ③ 018-044/60-85 단열군, 100-120/30-60 방향은 지표 및 항내의 ⑤ 112-114/36-41 단열군, 150-195/ ≥ 55 방향은 지표 및 항내의 ① 140-172/55-90 단열군에 해당된다. 그리고, 040-070/30-60 및 150-195/30-55 단열군은 지표 및 항내 자료에서는 분석되지 않은 것들이다.

③ B-3공 : 분석대상은 4개 단열군이다. 030-050/ ≥ 60 방향은 지표 및 항내의 ③ 018-044/60-85 단열군, 130-185/ ≥ 55 단열군은 ① 140-172/55-90 단열군에 해당된다. 그리고, 030-050/30-60 및 130-185/30-55 방향은 지표 및 항내 자료에서는 분석되지 않은 단열군이다.

이상의 분석결과를 정리하면, 빈도수와 단열면 간격에서 가장 우세하게 나타나고 있는 단열군은 지표 및 항내에서 분석된 ① 140-172/55-90 단열군과 같은 방향으로서 삼광광산 지역의 주단층이 단열발달에 가장 큰 영향을 주었음을 알 수 있다. 세 공 모두에서 우세하게 분석된 030-070/ > 60 방향은 지표 및 항내의 ③ 018-044/60-85 단열군에 해당된다. B-1공에서만 우세하게 분석된 280-300/ ≥ 60 방향은 지표 및 공내의 ② 270-294/62-88 단열군에 해당하는데, 이는 절리계들이 관찰된 것이다. 그리고,

B-2공에서 우세하게 분석된 100-120/30-60 방향은 지표 및 향내의 ⑤ 112-114/36-41 단열군에 해당된다.

그 외에 초음파주사검층에서는 030-050/30-60(B-3), 150-195/30-55(B-2), 130-185/30-55(B-3) 등의 단열군이 나타나고 있으나, 지표 및 향내에서는 관찰되지 않고 있다. 이러한 단열군과 빈도수가 적어 분석되지 않는 자료들에 대하여는 앞으로 정밀하게 검토되어야 할 것이다.

제2절 암반 수리특성

1. 수리시험

가. 수리전도도 특성

일정구간별 정압 주입시험(FIL tests) 자료를 유동차원 해석방법에 의하여 분석한 결과, 대부분의 주입시험 구간에서 방사상~구상유동 형태가 나타났으며, 일부구간은 주입후기에 유동차원이 이중선형 유동으로 감소되거나 또는 구상유동으로 유동차원이 증가되었다. 대체적으로 부정류 수리전도도는 Moye 공식으로부터 도출된 정상류 수리전도도 보다 같거나 약 10 배 정도 크게 나타났다 (Table 3.7-3.9; Fig. 3.11-13).

본 연구에서 수행된 모든 정압주입시험 자료를 상기 3 종류의 좌표계로 도시하였으며(Appendix III), 텔레뷰어 검층 결과와 함께 분석 하였다. 대부분 구간이 2 차원과 3 차원의 복합적인 양상을 보여주는 구간이 많았으며, 단열의 경사가 클 수록 3 차원 혹은 이에 가까운 유동차원의 특성을 보여준다.

나. 단열조별 수리특성

분리단열망 모델에서 지하수 유동해석은 각각의 단열조별 수리특성을 구분하여 Cubic law 를 전제로 접근하고 있다. 단열틈이 투수량계수에 미치는 요인은 Cubic law에 근거하여 접근할 경우, 단열틈에서 충전물질, 조도특성 및 응력분포를 고려하지 않은 일정한 방향성 및 균일두께를 갖는 평탄성 단열을 전제로 하며, 단열면에서 유로유동(channelling flow)현상이 아닌 단열 전면을 흐르는 유체로 가정한다.

다공성매질 내에서 수리전도도는 Darcy 법칙을 근거로 이미 정의를 내린바 있으며, 단열에서 지하수유동에 대한 기본방정식은 다음과 같다:

$$Q/A = e^3 \rho g / 12D \mu \quad dh/dl$$

여기서, Q : flow rate
A : area

Table 3.7 Summary of flow dimension analysis in the borehole B-1

Test depth	Aperture $10^{-7}(\text{m}^3)$	Flow types/D	$K_i(\text{m}^2/\text{s})$	$K_m(\text{m}^2/\text{s})$
4.0-7.4	6.742			4.5×10^{-6}
7.4-10.8	11.14			4.8×10^{-8}
10.8-14.2	21.03	Sp(2.5-3.5)	2.68×10^{-6}	1.32×10^{-7}
14.2-17.6	68.40	Sp(>3)	3.7×10^{-6}	3.42×10^{-7}
17.6-21.0	65.14	Sp(>3)	4.0×10^{-6}	3.84×10^{-7}
21.0-24.4	2.124	Sp(2.5-3.5)	7.4×10^{-7}	7.88×10^{-8}
24.4-27.8	5.443	Sp(2.0-2.5)	1.69×10^{-8}	7.30×10^{-9}
27.8-31.2	7.036	Sp(2.0-2.5)	2.64×10^{-8}	2.56×10^{-9}
31.2-34.6	1648.0	Sp(>2.5)	2.1×10^{-8}	5.65×10^{-9}
34.6-38.0	85.82	Cy(2.0-2.5)	5.3×10^{-8}	6.41×10^{-9}
38.0-41.4	268.4	Sp(2.0-2.5)	1.73×10^{-6}	1.63×10^{-8}
41.4-44.8	1.556	Sp(2.0-2.5)	8.46×10^{-7}	1.02×10^{-7}
44.8-48.2	1351.0	Cy(2.0-2.5)	1.49×10^{-8}	4.61×10^{-9}
48.2-51.6	0.0	Cy(2.0-2.5)	1.22×10^{-9}	8.00×10^{-9}
51.6-55.0	0.00389	Sp(2.0-3.0)	2.11×10^{-8}	7.69×10^{-9}
55.0-58.4	0.2077	Sub-Li(<1)	-	1.9×10^{-8}
58.4-61.8	0.02209	Sub-Li(<1)	-	3.8×10^{-8}
61.8-65.2	1.878	Sub-Li(<1)	-	2.88×10^{-8}
65.2-68.6	33.73	Sp(2.0-2.5)	1.06×10^{-8}	1.68×10^{-9}
68.6-72.0	5.822	Li(1.0-2.0)	1.49×10^{-9}	3.84×10^{-9}
72.0-75.4	10.16	Sp(2.5)	5.25×10^{-8}	5.00×10^{-9}
75.4-78.8	762.4	Sp(2.5-3.5)	7.4×10^{-7}	7.17×10^{-8}

Cy : Cylindrical, Li : Linear, Sp : Spherical

Table 3.8 Summary of flow dimension analysis in the borehole B-2

Test depth	Aperture $10^{-7}(\text{m}^3)$	Flow types/D	$K_f(\text{m}^2/\text{s})$	$K_m(\text{m}^4/\text{s})$
3.4-6.8	1497.0	-	-	4.32×10^{-7}
6.8-10.2	12.26	Cy(2.0-2.5)	4.47×10^{-8}	2.26×10^{-9}
10.2-13.6	5.224	Cy(2.0-2.5)	1.22×10^{-9}	1.28×10^{-9}
13.6-17.0	93.76	Sp(>3.0)	2.11×10^{-8}	2.80×10^{-7}
17.0-20.4	61.64	Cy(2.0-2.5)	6.70×10^{-9}	3.84×10^{-10}
20.4-23.8	564.2	Sp(>2.5)	1.48×10^{-7}	1.15×10^{-9}
23.8-27.2	588.3	Sp(2.0-2.5)	3.17×10^{-8}	1.44×10^{-9}
27.2-30.6	73.64	Li(1)	5.48×10^{-8}	9.61×10^{-10}
30.6-34.0	46.47	Sp(>3.0)	2.96×10^{-6}	2.80×10^{-7}
34.0-37.4	163.1	Sp(>3.0)	1.06×10^{-8}	9.61×10^{-10}
37.4-40.8	4.512	Sp(>3.0)	5.29×10^{-8}	4.37×10^{-10}
40.8-44.2	94.39	Sp(2.5-3.0)	6.34×10^{-8}	3.84×10^{-10}
44.2-47.6	197.0	Cy(1.5-2.0)	8.38×10^{-9}	9.61×10^{-10}
47.6-51.0	8723.0	Sp(2.0-2.5)	1.06×10^{-8}	5.65×10^{-8}
51.0-54.6	13.56	Li(1.0-1.5)	2.72×10^{-8}	2.91×10^{-10}
54.6-58.0	2.218	Li(1.0-2.0)	8.43×10^{-8}	2.91×10^{-10}
58.0-61.4	2.376	Cy(2)	1.03×10^{-10}	2.88×10^{-10}
61.4-64.8	11.92	Li(1-3)	2.54×10^{-8}	5.82×10^{-10}
64.8-68.2	21.74	Sp(2.5-3.0)	6.34×10^{-9}	2.33×10^{-11}
68.2-71.6	282.3	Sp(1.5-3.0)	3.38×10^{-7}	3.24×10^{-8}
71.6-75.0	1185.0	Cy(2.0-2.5)	6.70×10^{-8}	9.26×10^{-8}
75.0-78.4	164.5	Sp(2.5-3.0)	1.06×10^{-7}	5.82×10^{-10}
78.4-80.0	7.16	sup-Sp(>4)	2.11×10^{-8}	4.62×10^{-7}

Cy : Cylindrical, Li : Linear, Sp : Spherical

Table 3.9 Summary of flow dimension analysis in the borehole B-3

Test depth	Aperture $10^{-7}(\text{m}^3)$	Flow types/D	$K(\text{m}^2/\text{s})$	$K_m(\text{m}^2/\text{s})$
3.0-6.6	6859.0	Sp(2.0-2.5)	2.75×10^{-6}	3.00×10^{-7}
6.6-10.2	3.562	Sp(2.5-3.0)	2.22×10^{-7}	8.17×10^{-9}
10.2-13.8	3.64	Sp(3)	3.38×10^{-6}	3.12×10^{-7}
13.8-17.4	301.3	-	-	6.12×10^{-7}
17.4-21.0	141.4	-	-	4.82×10^{-7}
21.0-24.6	6.965	Sp(3)	3.81×10^{-6}	3.53×10^{-7}
24.6-28.2	27.75	Sp(>3)	5.29×10^{-6}	4.60×10^{-7}
28.2-31.8	1.813	Sp(1.5-3.0)	1.27×10^{-6}	1.29×10^{-7}
31.8-35.4	15.77	Cy(2.0-2.5)	1.34×10^{-7}	1.61×10^{-7}
35.4-39.0	2.243	Li(<1)	3.5×10^{-8}	6.41×10^{-10}
39.0-42.6	26.05	Sp(2.0-3.0)	1.48×10^{-7}	2.4×10^{-9}
42.6-46.2	5.854	Sp(2.0-2.5)	1.69×10^{-7}	3.54×10^{-9}
46.2-49.8	751.4	Sp(>2.5)	4.23×10^{-9}	5.82×10^{-10}
49.8-53.4	55.76	Sp(2.0-2.5)	3.17×10^{-8}	5.82×10^{-10}
53.4-57.0	0.0791	Sp(2.0-3.0)	1.59×10^{-8}	5.82×10^{-10}
57.0-60.6	-	Li(1.0-3.0)	2.75×10^{-9}	4.8×10^{-10}
60.6-64.2	-	Sp(3)	2.11×10^{-9}	1.75×10^{-9}
64.2-67.8	-	Sp(1.0-3.0)	7.40×10^{-8}	4.80×10^{-10}
67.8-71.4	-	Cy(0-2.0)	1.79×10^{-7}	1.11×10^{-7}
71.4-75.0	-	Sp(3)	1.74×10^{-6}	2.28×10^{-7}
75.0-78.6	-	Sp(3)	1.06×10^{-8}	1.16×10^{-9}

Cy : Cylindrical, Li : Linear, Sp : Spherical

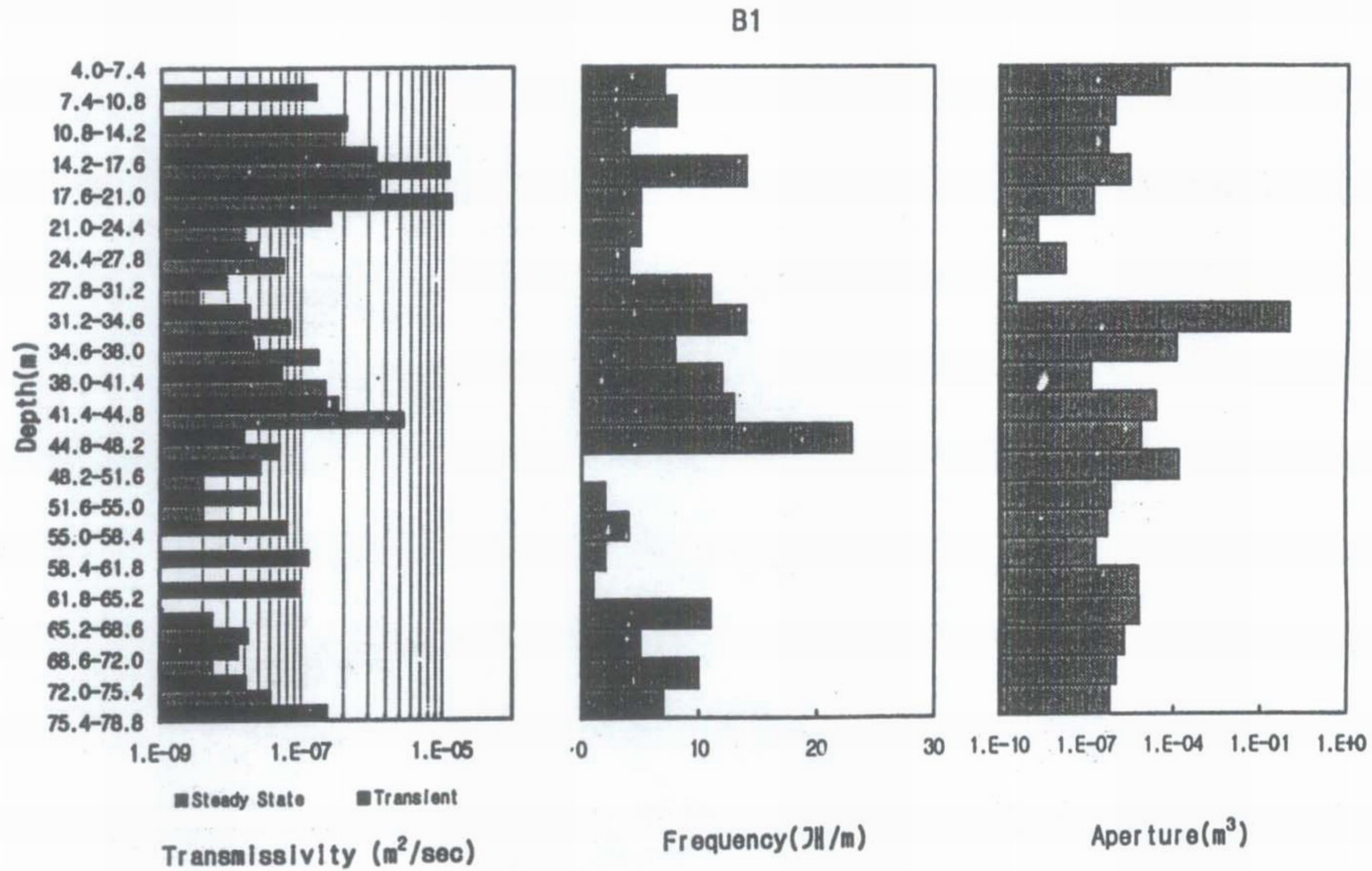


Fig. 3.11 Variations of fracture transmissivity, frequency, aperture in borehole B-1

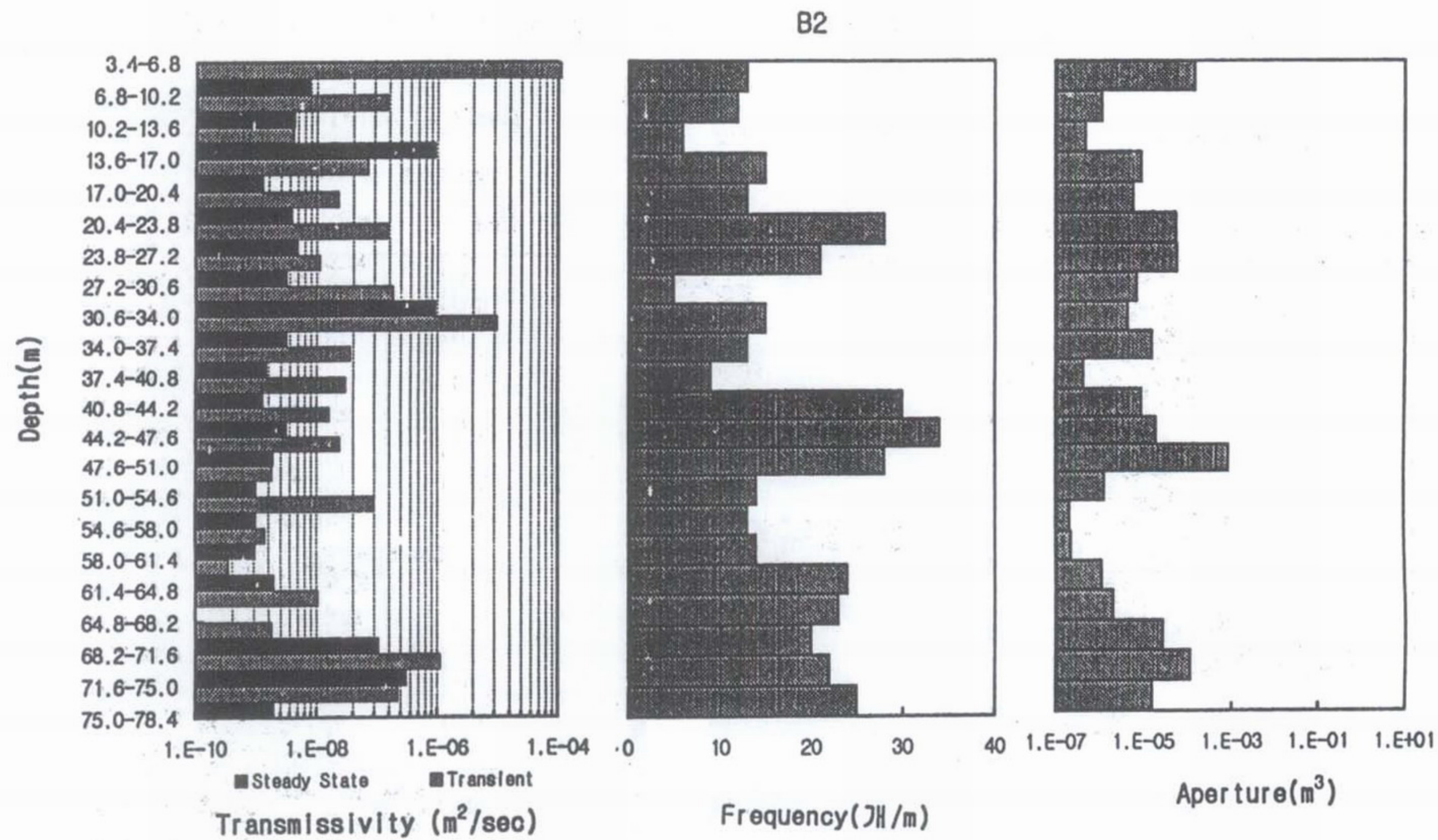


Fig. 3.12 Variations of fracture transmissivity, frequency, aperture in borehole B-2

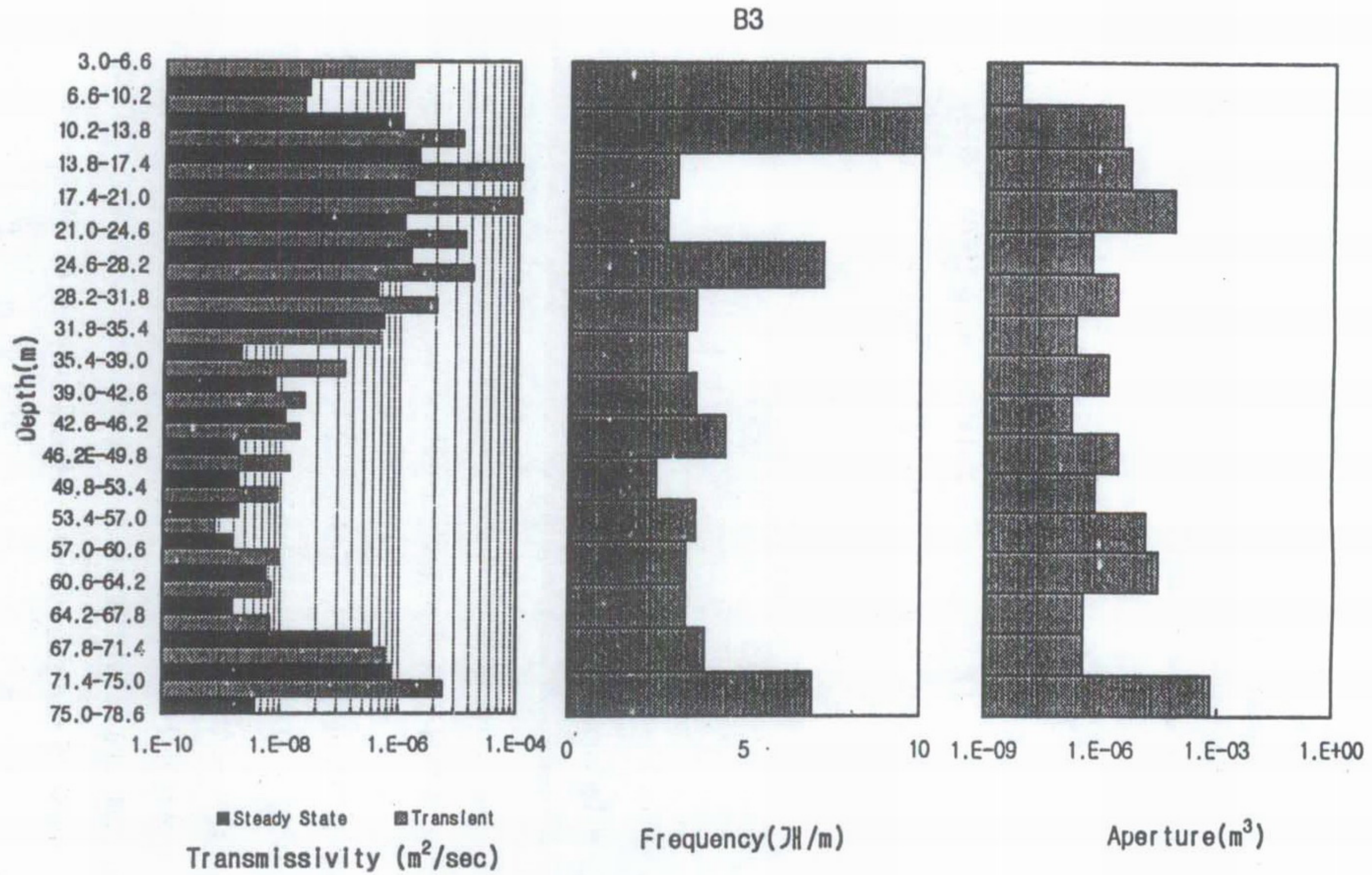


Fig. 3.13 Variations of fracture transmissivity, frequency, aperture in borehole B-3

- e : aperture thickness
- ρ : fluid density
- g : acceleration of gravity
- D : fracture spacing
- μ : fluid viscosity
- dh/dl : pressure gradient

전술한 식의 기본개념은 평행판 사이에서 물의 흐름은 층류라는 전제하에 접근하는 것으로서, 층류의 가정은 유량율이 매우 낮고 단열틈의 규모에 비해서 표면의 조도가 매우 낮은 지하수 저류체 내에서 유효하다(Parsons, 1966). 한편, 각 구간별 단열 투수량계수와 동구간의 단열조별 투수량계수는 아래와 같이 정의하였다(Nelson, 1985).

$$T_f = T_{f1} + T_{f2} + T_{f3}$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } T_f &= K_f b = (K_{f1} + K_{f2} + K_{f3}) b \\ &= (e_1^3 \cos \alpha_1 / 12D_1 + e_2^3 \cos \alpha_2 / 12D_2 + e_3^3 \cos \alpha_3 / 12D_3) b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{fn} &= \text{단열조 set n 의 수리전도도} \\ &= (e_n^3 \cos \alpha_n / 12D_n \text{ 혹은 } e_n^2 \rho g / 12\mu) \end{aligned}$$

$$\alpha = \text{수두경사 축과 단열면 사이각}$$

상기 식에 근거하여 3 개 시추공에서 단열틈의 체적과 투수량계수와의 관계를 도시하면 대체로 양의 상관관계를 나타내는 사실을 발견할 수 있다(Fig. 3.14). 연구 지역의 경우 약간의 분산현상을 나타내고 있다. 특히, 상부구간에 비해서 하부구간의 상관관계에서 분산현상이 적은 것으로 나타났다. 즉, 상부구간은 단열의 발달과 풍화의 진행으로 거의 다공성 연속체개념으로 간주할 수 있다고 판단되며, 하부구간은 대체로 Cubic law의 전제조건을 만족하는 현상을 나타낸다. 비록, 약간의 분산현상이 있으나 이는 단열충전, 조도, 응력, 유로유동현상 및 cross flow 등의 인자들에 대한 특성으로 야기되는 것으로 판단된다.

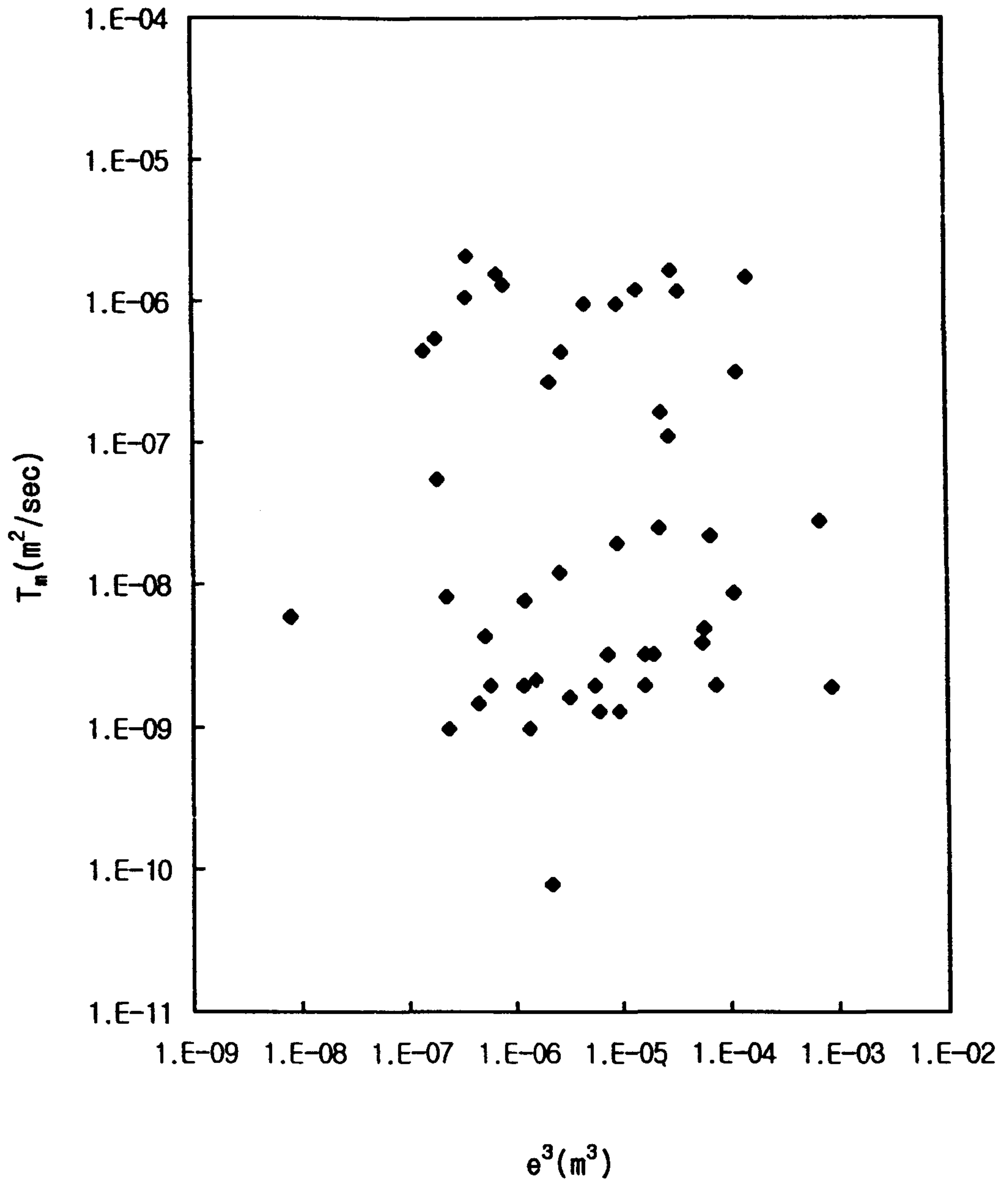


Fig. 3.14 Relationship between the aperture volume and transmissivity based on the steady state flow.

한편, Moya 공식에 의한 정상류 및 부정류해석에 의해 도출된 단열침과 투수량계수의 상관관계(Fig. 3.14, 3.15)에서 살펴보면, 부정류흐름에 의해 도출한 수리상수가 정상류개념에 의해 도출한 투수량계수 보다 훨씬 신뢰성이 크다는 것을 알 수 있다. 다만, 이번 연구에서 개개의 단열침에 대한 vein, 점토광물 등 충전물의 특성에 대한 정밀한 분석을 하지 않아서 분산현상을 보이지만, 대체로 양호한 상관관계를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 방사상유동을 대상으로 한 Moya 공식의 한계점으로 생각된다. 따라서, 약간의 분산현상을 보이지만 이러한 상관관계에 의해 단열조별 투수량계수는 Cubic law 에 상당히 근접한다고 판단되며, 전체적인 단열 투수량계수는 $6.12 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 이다.

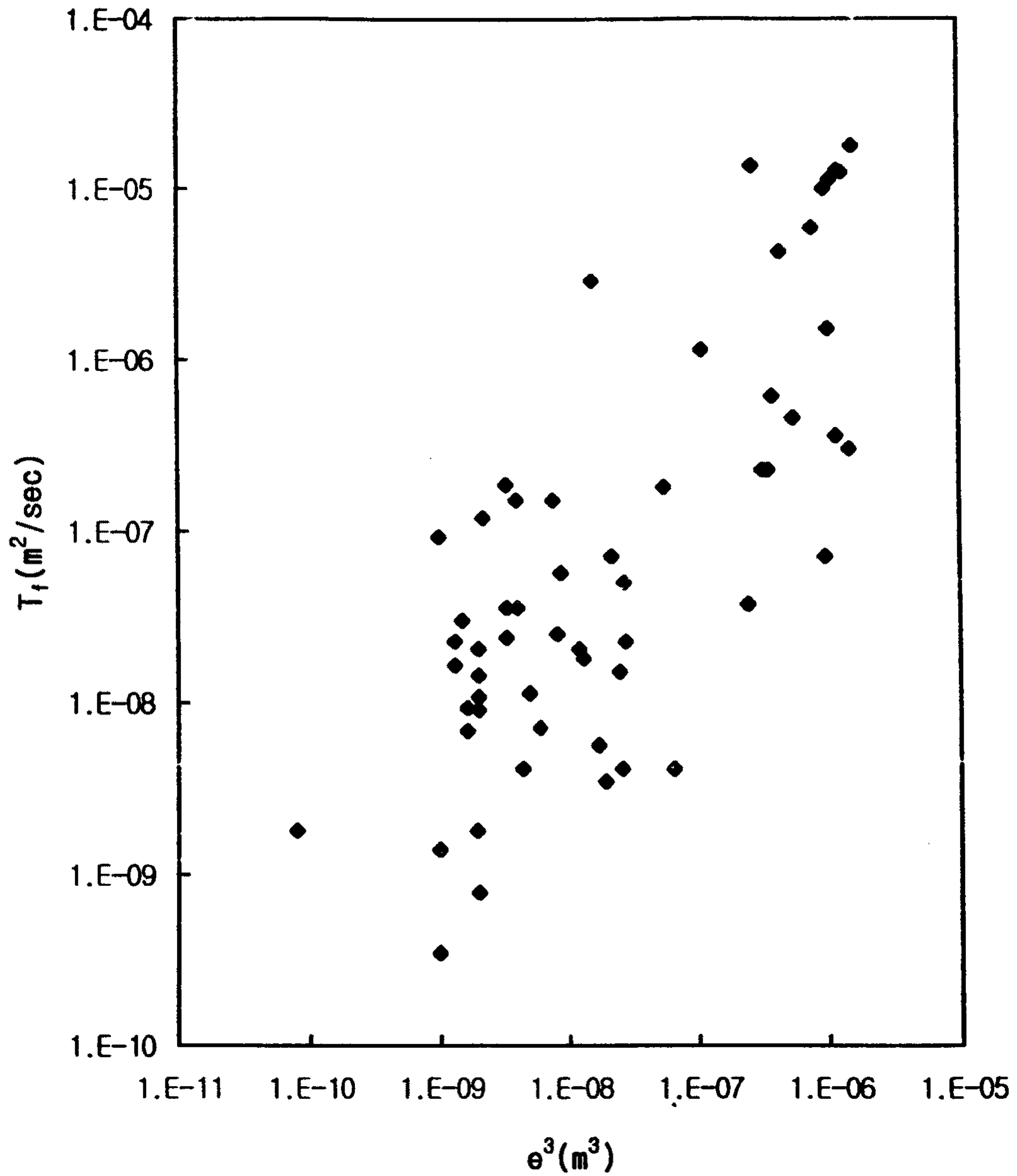


Fig. 3.15 Relationship between the aperture volume and transmissivity based on the transient flow.

2. 추적자 시험

본 시험은 2정을 사용한 시험으로, 추적자와 보충수를 일정 수두로 주입하여, 추적자 관측기간동안 주입량이 일정하게 유지되었음을 관측하였다. 관측정에서의 추적자의 관측결과는 다음과 같은 방법으로 해석하였다:

① 각 추적자 시험의 관측자료를 사용하여 상대농도(C/C_{max})의 **cumulative normal distribution curve** (농도이력곡선)를 작성한다.

② 농도이력곡선의 peak time 으로부터 지하수의 유동속도를 산정한다:

$$\text{평균 선형 유속} = \text{거리} \div \text{시간}$$

③ 또한, 주입수의 유량(Q)으로부터 다음 식에 의하여 수리전도도(K)를 구한다:

$$Q = K \times I_t \times A$$

$$K = \text{수리전도도}$$

$$I_t = \text{시험환경에서의 수리경사도}$$

$$A = \text{패커에 의하여 분리된 주입구간의 단면적}$$

④ 상기한 식에서 계산된 평균선형유속과 수리전도도 및 수리경사도를 이용하여, 다음 식으로부터 매질의 유효공극률(n) 을 구한다:

$$v = (K \times I_n) \div n$$

$$n = \text{유효공극율}$$

$$I_n = \text{자연상태의 수리경사도}$$

지하수의 평균 선형유속은 $v = (K \times I) \div n$ 으로, 이때 K (수리전도도)와 n(유효공극률)은 자연상태와 변한 바 없으나, 추적자 시험에서 I(수리경사) 값이 변하여 결과적으로서 지하수의 선형유속도 실제와는 다르다. 즉, 시험상태에서 관측된 지하수의 유동 속도는 인위적으로 증가된 수리경사도에 의하여 유동속도가 배가되었으므로, 실제 유동속도를 계산하려면, 자연상태의 수리경사도의 영향을 고려하여야 한다.

가. 지하수 유동경로 해석

1차 및 4차 시험의 결과에 의하면, 동일한 주입공(B-2)내 동일한 심도구간(지하 14.0-17.6m)에서 주입된 추적자가 동일한 관측공(B-1)내의 지하 15m 와 30m 의 서로 다른 심도에 위치한 sensor 에서 각 추적자의 peak 가 약 30분과 130 정도에서 관측되었다 (Fig. 3.16-17),

또한, 관측지점을 B-1 공의 지하 15m 지점과 B-4 공의 지하 13m 지점으로, 관측 심도는 거의 유사하나 서로 다른 공에서 관측한 경우에는 지표에서의 직선거리가 동일(5m)하더라도 추적자의 관측지점까지 도달시간이 각각 36 분과 60 분으로 관측되었다 (Fig. 3.17).

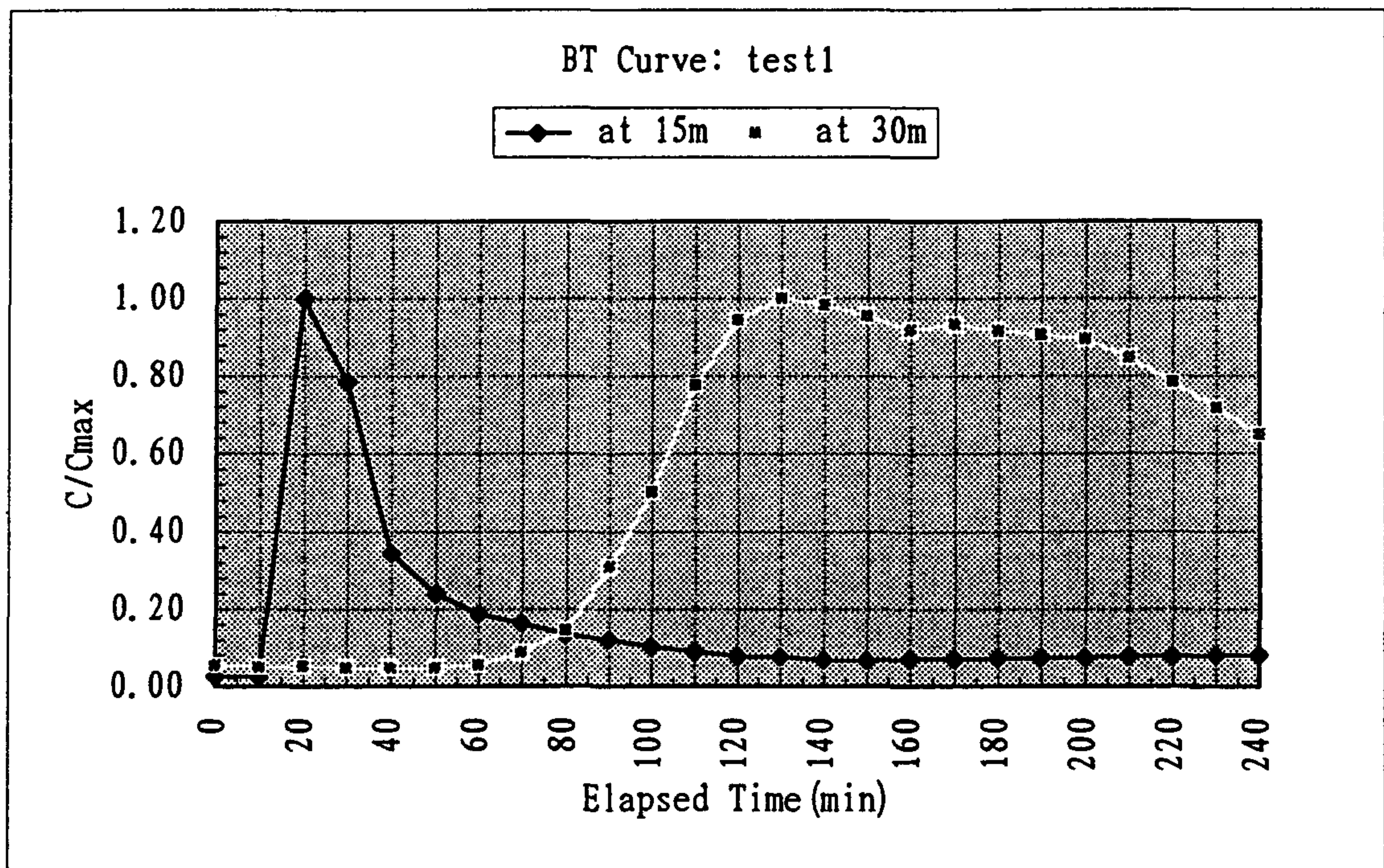


Fig. 3.16 Break-through curve for the tracer test 1

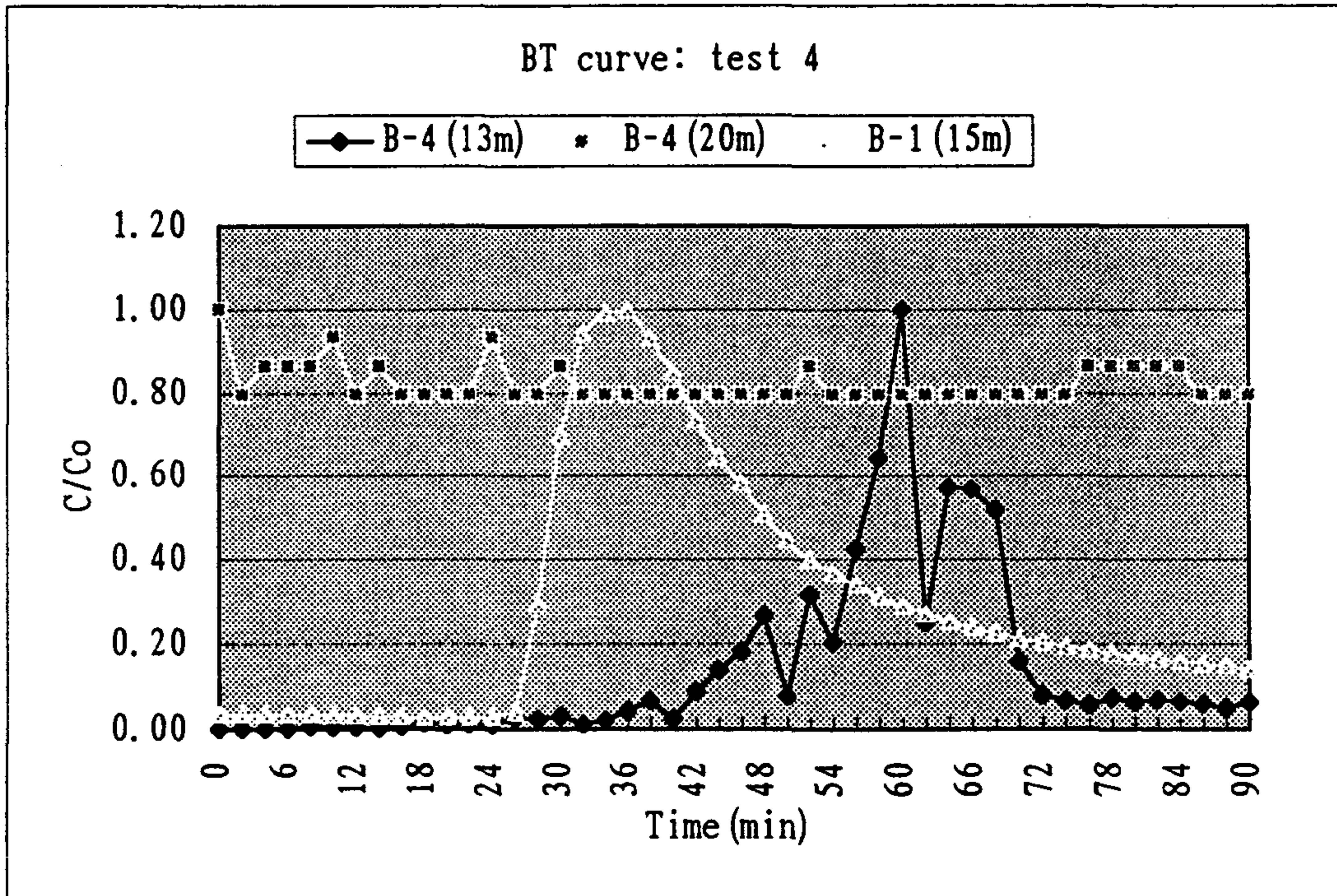


Fig. 3.17 Break-through curve for the tracer test 4

이와 같은 관측결과에 의하면, 연구지역의 지하수 자체의 유동은 동일 관정에서도 심도에 따라서 다르게 진행되고 있으며, 직선상의 거리가 동일한 경우에도 유동경로가 서로 다를 것을 지시한다. 결과적으로, 지하수의 유동이 암반내에 발달된 균열에 지배되며, 이들 균열의 연결성과 발달 방향성 등이 지하수의 유동을 조절하는 주 인자임을 지시한다.

Fig. 3.16 과 3.17 의 B-1 공의 지하 15 m 지점에 대한 두 차례의 추적자 이동 관측결과는 추적자의 관측된 peak 형태와 peak 의 도달시간(30-36분) 등이 거의 유사하게 나타났다. 이는 동일한 조건의 시험이 시간적 차이를 두고 수행되었을 때에도 반복적인 결과를 나타냄을 보여주며, 결과적으로 이들 두 번의 시험동안에 지하수의 유동경로는 변하지 않았음을 지시한다.

나. 지하수 유동속도 해석

Fig. 3.16 과 3.17 의 농도이력곡선 상의 추적자의 peak 가 관측점에 도달하는 시간을 주입공과 관측공간의 수평거리에 대하여 이동속도를 계산하면,

(1) B-1 공의 지하 15 m 에서 관측한 경우;

추적자 시험상태에서의 유속은 $5\text{m}/30\text{min}$ ($10\text{m}/\text{hr}$) 이다. 여기서 자연상태에서의 주입공(B-2)과 관측공(B-1) 사이의 수위차는 약 1.2 - 1.6 m 정도이며(Fig. 2.7), 가장 빠른 지하수의 유동속도를 예상하기 위하여 1.6 m 의 수위차를 가정하였다. 이때의 수리경사도는 $1.6\text{m}/5.0\text{m} = 0.32$ 이다.

추적자 시험 중에는 주입공의 수두를 항상 지상 30 m 로 유지하였으며, 이때 관측공의 수두는 지하 약 3.5 m 이었다. 따라서, 시험 중의 주입공과 관측공간의 수리경사도는 $(30+3.5)\text{m}/5\text{m} = 6.7$ 이다.

다시 말해서, 추적자 시험을 위하여 인위적으로 조성한 수리경사도는 자연적 수리경사도의 $(6.7 \div 0.32) \approx 21$ 배 이었다. 따라서, 실제 자연상태의 지하수 유동속도 역시 시험당시의 조건에서 계산된 유동속도의 $(1/21)$ 로서 0.48 m/hr 가 된다.

(2) B-1 공의 지하 30 m 에서 관측한 경우;

추적자 시험상태에서의 유속은 $(5^2 + 15^2)^{1/2}\text{m}/130\text{min}$ ($7.3\text{m}/\text{hr}$) 이다. 이 경우에도 상기한 바와 같은 방법으로 계산하면, 실제 지하수의 유동속도는 0.35 m/hr 이다.

(3) B-4 공의 지하 13 m 에서 관측한 경우;

추적자 시험상태에서의 유속은 $5\text{m}/60\text{min}$ ($5.0\text{m}/\text{hr}$) 이다. 관측공 B-4 와 주입공간의 자연적 수위차는 최대 0.8 m (그림 2.7)에 불과하므로, 이에 의한 자연 수리경사도는 $(0.8\text{m}/5.0\text{m}) = 0.16$ 이다. 관측공의 평균 수위는 지하 약 3m 이므로, 추적자 시험 당시에 조성된 인위적인 수리경사도는 $(30+3)\text{m}/5\text{m} = 6.6$ 이다. 따라서, 이들의 차이는 $(6.6 \div 0.16) = 41.3$ 배이었다, 결과적으로 이 경우 실제 지하수의 유동속도는 0.12 m/hr 이다.

동일한 주입공의 주입구간에 대해서 관측공의 위치와 심도에 따라서 지하수의 유동속도는 0.12 m/hr 에서 0.48 m/hr 까지 약 4배 이상의 변화를 보이며 다르게 나타난다. 이는 지하수의 유동 경로가 다공질 매체의 균질 공극이 아니라, 암반내 발달된 균열을 통해서 유동하기 때문에 나타나는 변화로 해석된다.

다. 매질의 수리전도도 해석

주입공에 일정한 수두를 유지하면서 주입수의 양(Q) 을 측정한 결과 대체로 시험이 진행되는 기간(약 8시간)동안에는 일정한 주입률이 유지됨을 관측하였다. 이 주입률을 다음 식에 적용하면, 시험대상 매질의 수리전도도(K)를 구할 수 있다.

$$Q = K \times I \times A$$

K = 수리전도도

I = 수리경사 (계산)

A = 패커에 의하여 분리된 주입구간의 단면적

1차 시험에서의 Q 는 2.5 L/min 로, 환산하면 $4.17 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$ 이다. 시험 당시의 수리경사도는 6.7 이었으며, NX 구경(직경 76 mm) 인 주입공에서 주입구간의 단면적은 $(2 \times 3.14 \times 3.8 \text{ cm}) \times 360 \text{ cm} \approx 8,600 \text{ cm}^2$ 이다. 따라서,

$$\begin{aligned} K &= Q \div (I \times A) \\ &= 4.17 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec} \div (6.7 \times 0.86 \text{ m}^2) \\ &= 7.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec} \end{aligned}$$

로서 시험 구간의 수리전도도는 최대 $7.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ 이다.

Domenico and Schwartz (1990) 에 의하면 fractured igneous and metamorphic rock 의 수리전도도는 8×10^{-9} 에서 $3 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ 정도로서, 본 조사에서 추적자 시험방법에 의하여 분석한 암반 균열 구간에 대한 수리전도도 역시 이 범위에 속한다. 또한 구간별 정압주입 수리시험을 통해서 측정된 추적자 시험구간의 부정류의 수리전도도 역시 $3.7 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ 로, 본 추적자 시험에서 구한 수리전도도와 잘 부합된다.

라. 유효공극률의 계산

시험 대상 매질의 유효공극률은 식 $v = (K \times I) \div n$ 으로부터 구할 수 있다. 이때, n 은 유효공극율이며, I 는 수리경사도로서, 시험당시의 인위적으로 조성된 수두에 대한 경사도가 아니라 자연상태에서의 수리경사도를 사용한다.

상기한 식에 지하수의 유동이 가장 빠른 경우를 적용할 때, $v = 0.48 \text{ m/hr}$, $K = 7.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$, $I = 0.32$ 를 대입하면,

$$\begin{aligned} n &= (K \times I) \div v \\ &= (7.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec} \times 0.32) \div (0.48 \text{ m/hr} \div 3600 \text{ sec/hr}) \\ &= 1.8 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

다시 말해서, 지하수의 유동을 최대로 가정했을 때의 유효공극률은 1.8 % 이다. 만약, 지하수의 유속이 0.11 m/hr 이면, 유효공극률(n)은 7.6×10^{-2} , 7.6 % 가 된다.

Norton and Knapp(1977) 의 자료에 의하면 fractured crystalline rock 의 유효공극률이 0.00005 - 0.01 % 인 것에 비하여, 본 조사공 내 암반의 유효공극률은 이보다 상당히 크게 나타났다. 이는 본 지역의 암반이 겪은 지구조적 활동이 상대적으로 심하여 균열의 빈도와 연장성이 크기 때문인 것으로 사료된다.

제3절 지하수 유동 모델링

1. 지하수 유동 개념모델의 설정

단열체계의 기본적인 4 개 개념모델은 공간적 불균질성과 선행 단열조와의 교차점에서 단열의 종식형태의 특성을 기초로 하여 정의될 수 있으며, 그들이 형성하는 단열계의 공간적 분포특성에 의해 구분된다. 가장 간단한 것으로서, Enhanced Baecher 모델은 단열의 중앙이 3 차원내에서 일정한 밀도를 가지면서 무작위로 분포된다. Levy-Lee 모델에서는 단열중심이 fractal process에 의해 생성된다. Nearest Neighbor 모델에서는 새로운 단열이 선행 단열과 인접하는 점에서 우선적으로 생성된다. War Zone 모델에서는 보다 크고, 거의 평행을 이루는 선행단열조의 영역에서 새로운 단열들이 우선적으로 생성된다. 이러한 개념을 근거로하여 기존자료로부터 정리, 수정 및 추정 도출한 인자를 적용하여 적절한 기하학적 단열체계를 모델화한다 (Geier and Axelsson, 1991).

2. 지하수 유동의 모의

본 연구에 적용된 모델은 FracMan(Version 2.306; Dershowitz et al., 1991)으로서 이 프로그램은 지하수유동해석 모델인 MAFIC과 패키지로 운용하도록 되어 있다 (Golder, 1994). 암반의 기하학적 단열체계의 모델링은 다섯개의 주요모듈(FracSys, FracWorks, MechMaker, FracView 및 FracSimile)로 구성된 상호작용 기능을 가진 분리단열 분석패키지인 FracMan을 이용하여 구축한다.

DFN 모델링에서 요구하는 가장 핵심내용은 반복적으로 나타나는 단열군의 분류이며, 분류된 단열조에 대한 각각의 수리특성을 평가하고 수리경계조건을 설정하는 것이다. 단열군은 각 조별로 단열의 방향성, 크기(길이), 간격, 종식형태, 단열투수량계수 및 투수성단열밀도 등의 인자들에 대한 특성평가가 선행되어야 한다.

입력자료는 최종적으로 3 개 단열조별로 Cubic law 에 근거한 단열 투수량계수를 적용하므로써 입력인자를 적정화한다.

가. 모델의 경계조건

지질구조의 패턴에 있어서 다양한 규모의 유사성과 반복되는 분포특성은 실제로 fractal 구조는 아니더라도 직접적인 차원으로 정의되는 fractal 과 같은 구조로 추정된다. 단열의 반복체계는 일반적인 형태이며, 만일 이들 단열구조가 실제로 존재하고 또한 규명된다면 비록 기하화적인 패턴이 다양한 규모로 반복될 수도 있고 물리적 특성의 규모종속 현상이 크더라도 지질구조의 모델링에 있어서 매우 큰 도움이 된다.

연구지역의 개념모델 설정시, 국사봉을 중심으로하는 지역규모 모델링은 영역내의 단열대를 포함하는 구조선이 반영되어야 하나, 본 연구에서는 연구지역의 암반block을 대표할 수 있는 3차원 단열체계를 모델링하기로 한다.

단열빈도가 높은 구간(fracture zone)에 관한 집중연구는 방사성폐기물 지하처분연구 과정에서 캐나다의 URL(지하시험시설)과 스웨덴의 Stripa project에서 시도되어 왔으며, 이러한 단열대가 공동주변의 수리거동을 지배하는 것이 밝혀졌다. 단열대의 기하학적 형태의 분포가 대단히 중요함에도 불구하고, 통상적으로 단열은 공간내에서 균질하게 분포하는 것처럼 간주되어 왔다. 이러한 단순화는 단열대의 공간적 구조를 분석하는 방법이 용이하지 않기 때문에 널리 적용되고 있다.

나. 입력인자 설정

(1) 단열군 분포특성 인자

단열체계의 모델링을 위해서는 조사자료의 분석을 기초로 하여 우선적으로 유사한 clustering을 이루는 군집별로 구분하여야 한다. 지표와 지하조사를 통하여 수집된 총 4,840 개의 방향성 및 시추공의 초음파 주사점층 자료를 토대로, 극밀도도에서 최대밀도치(4%)를 갖는 밀집군을 set 1, 분포영역이 넓은 군을 set 2, 이를 제외한 저경사군을 set 3로 결정하였다 (Table 3.10).

각 단열조의 연결성을 2차원적으로 유추하기 위해서 7가지 유형으로 기재된 자료를 대상으로 이들이 각 단열조에서 차지하는 비율을 분석한 결과, I유형과 T유형이 각 단열조에서 차지하는 비율이 클 수록 그 단열조는 sub- 내지 non-systematic하다고 볼 수 있다. set 3는 우세방향성이 없는 단열조이므로 비교대상에서 제외하였다.

Table 3.10 Representative values of fracture distribution characteristics by sets.

	Set 1	Set 2	Set 3
Orientation (Mean)	164/60	044/66	283/08
Aperture(mm)	5.52	4.49	4.79
Spacing(m)	0.82	0.89	2.96
Frequency	1.22	1.12	0.34
Length(m)	2.97	2.16	3.19

분석결과 I 유형과 T 유형의 합이 점하는 비율은 set 2 (40.6%)가 set 1 (37.3%)보다 더 크다. 반면에 ϕ_1 유형과 H 유형의 합이 클 수록 systematic-set에 해당되는데 전술한 결과와 역으로 set 1 (30.8%)이 set 2 (26.5%)보다 더 크다. 따라서, set 1 은 set 2 보다 자료수가 적음에도 불구하고 본 연구지역의 단열체계 내에서 가장 systematic하고, set 2는 sub-systematic, 그리고 set 3는 non-systematic하다.

한편, 유체유동을 좌우하는 단열 연결성의 평가인자로서, 하나의 단열이 다른 단열 조와 만날 수 있는 유형은 L, T, H, X형이다. 따라서, 각 단열조별 종식확률은 다음의 식으로 계산될 수 있다 (Table 3.11).

$$T_{\text{set1,2,3}}(\%) = N_{T(\text{set1,2,3})} / (N_{T(\text{set1,2,3})} + N_R)$$

(2) 단열 투수량계수의 모사

단열의 투수량계수는 공내 수리시험(FIL test) 자료로부터 fracture flow 개념에 따라서 Cubic law 에 근거한 단열조별 투수량계수 추정방법으로 접근하였다.

수리시험에서 도출한 단열 투수량계수를 FracMan 의 OxFilet simulation 방법으로

Table 3.11 Proportion of termination types in each fracture set.

Termination Type	Set 1	Set 2	Set 3	Total
L, T, H (%)	11.87	14.45	5.28	31.6
X (%)	9.35	11.85	4.60	25.8
Total	2,442 (21.22%)	3,037 (26.3%)	1,089 (9.88%)	6,568 (57.4%)

통계처리하여 평균 투수량계수를 산출한 결과, 평균값은 Lognormal 분포일 때 $6.12 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{sec}$ 이다(Fig. 3.18). 또한 set 1, 2, 3 의 투수량계수는 각각 $3.34 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$, $1.36 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$, $1.41 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$ 로 모사·추정되었다 (Table 3.12).

Table 3.12 Fracture transmissivity in each fracture set.

Set 1		Set 2		Set 3		Total	
$e_{f1}(\text{m})$ (%)	T_{f1}	$e_{f2}(\text{m})$ (%)	T_{f2}	$e_{f3}(\text{m})$ (%)	T_{f3}	$e_f(\text{m})$ (%)	T_f
2.323 (54.6)	3.34×10^{-7}	0.951 (22.3)	1.36×10^{-7}	0.982 (23.1)	1.41×10^{-8}	4.256 (100)	6.12×10^{-7}

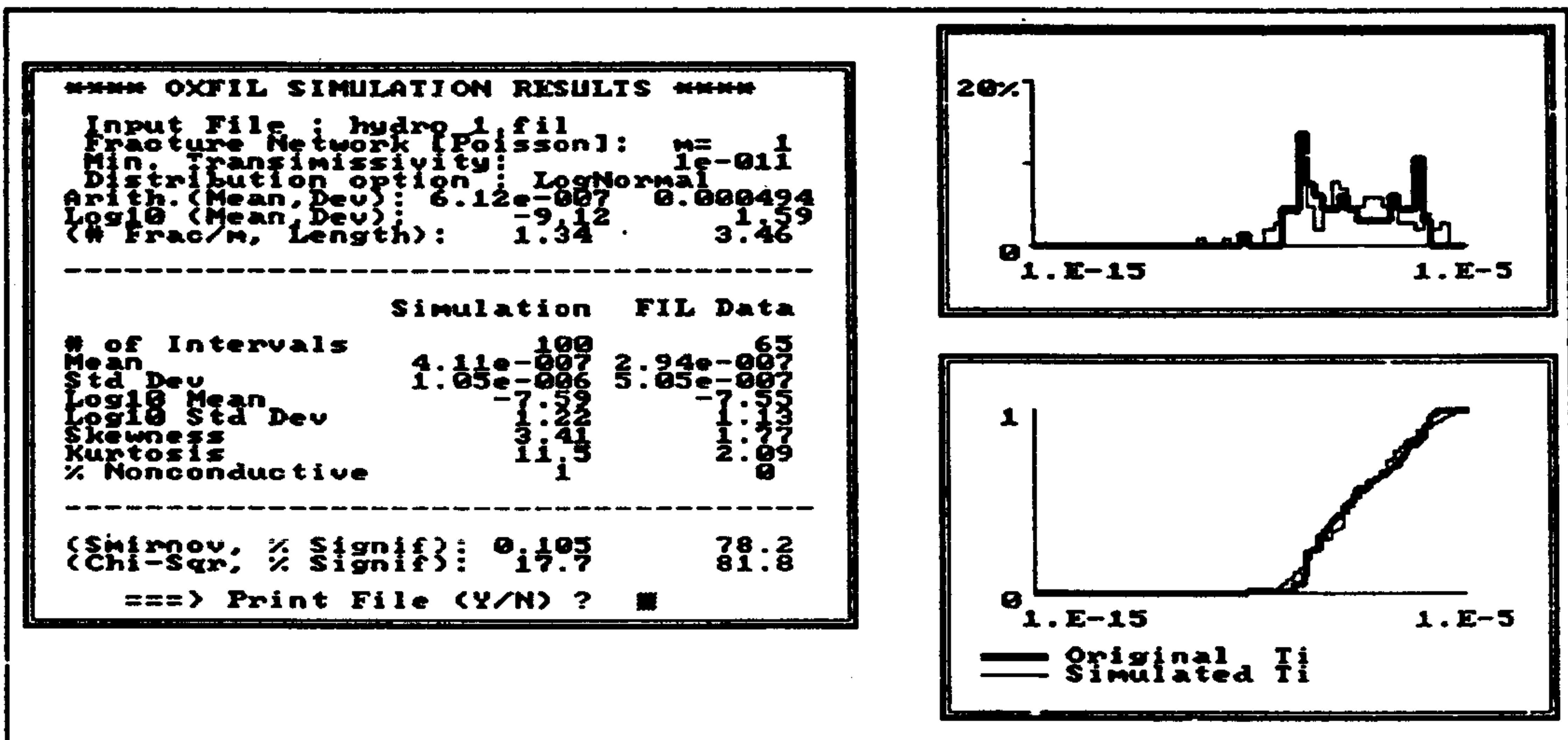


Fig. 3.18 Oxfilet simulation result to estimate the transmissivity.

(3) 투수성 단열밀도

입의 단열조에 대한 투수성 단열밀도(P_{32c})는 시추공내 투수성 단열빈도(f_c)로부터 구할 수 있는데(Geier et al., 1990), FracMan module 의 FracWorks 를 이용하여 OxFilet simulation 과 일치시키는 과정(best-fit)을 통하여 계산된다.

$$P_{32c} = (f_c/f) P_{32}$$

여기서, P_{32} : total area of fracture per unit volume of rock

f : the number of fractures per meter of borehole length

f_c : the number of conductive fracture per meter in OxFilet simulation

전술한 방법으로 파라미터를 적용한 투수성 단열밀도는,

$$P_{32c} = (1.4386/0.83) \times 1.0 = 1.7333$$

이 된다. 이 값은 3개 단열조가 차지하는 총투수성 단열밀도이며, 각 set 별 투수성 단열밀도 값으로 환산하면 Table 3.13 과 같다.

Table 3.13 Conductive fracture density

	Strength	Estimated P_{32c} (m^3/m^3)	Remarks
Set1	0.503	0.8719	
Set2	0.263	0.4555	
Set3	0.234	0.4059	
Total	1.000	1.7333	

다. 분리단열망 모델 구성

단열체계 모델링을 위한 입력자료는 FracMan module의 FracSys를 이용하여 기존 자료를 재분석 도출되었으며(Table 3.14), 이를 바탕으로 한 단열체계모델은 set별 단열투수량계수의 산출방법에 따라서 구성하였다. 이에 근거한 각 set 별 평균단열투수량계수는 set 1, 2, 3 에 대하여 각각 $3.34 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $1.36 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $1.41 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ 이다.

단열체계 모델의 규모 $100\text{m} \times 100\text{m} \times 100\text{m}$ 내에서, Cubic law에 근거하여 재현된 투수성 단열의 총 수는 3,080 개로 구성된다. 단열체계 모델링의 목적은 투수량계수가 현장조사 자료와 가능한 한 유사한 분포특성을 갖도록 수정 및 보완하는 데 있으므로, 재현된 모델 내의 위치(좌표)에서 sampling을 통하여 도출한 결과와 현장조사결과와 비교하는 과정을 거쳐야 한다 (Fig. 3.19).

Table 3.14 Input data for discrete fracture network modelling.

Parameter	Set 1	Set 2	Set 3
Orientation	Fisher	Fisher	Fisher
Pole Azimuth	344	224	58
Pole Inclination	30	24	82
Dispersion	12.28	17.88	2.61
Fracture Radius	LogNormal	LogNormal	LogNormal
Mean Radius (m)	2.97	2.16	3.19
Standard Deviation (m)	3.82	1.39	1.28
Fracture Transmissivity	LogNormal	LogNormal	LogNormal
Mean ($\times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$)	3.34	1.36	1.41
Standard Deviation ($\times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)	2.69	1.1	1.14
Conductive Fracture Intensity ($P_{32c}, \text{ m}^2/\text{m}^3$)	0.7819	0.4555	0.4059

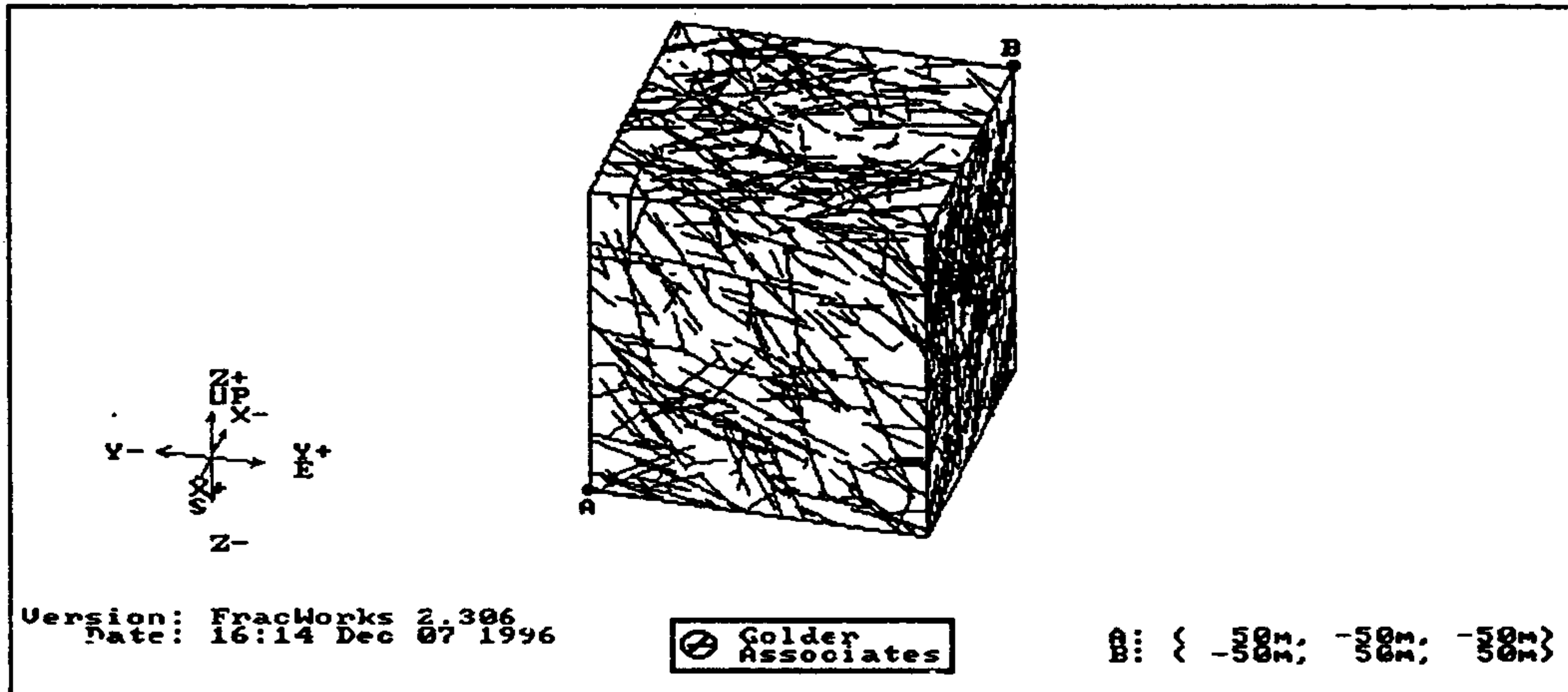


Fig. 3.19 Fracture system model

모델의 중앙에서 수직방향으로 100m 시추공에서 sampling한 결과의 통계치는 Table 3.15 와 같다. P_{32c} 의 값은 1.72, 시추공과 교차하는 투수성 단열의 수는 83 개, cross-fracture transmissivity 값은 6.23×10^{-7} m/s 이다. 또한 모델 전체의 단열이 갖는 pole 방향성은 Fig. 3.20 과 같다.

Table 3.15 Statistics of discrete fracture network system.

No. of fracture	Simulated P_{32c} (m ³ /m ³)	No. of fracture intersections	Simulated $T_f \pm SD$ (m/s)
3,080	1.72	83	6.23×10^{-7} $\pm 5.1 \times 10^{-4}$

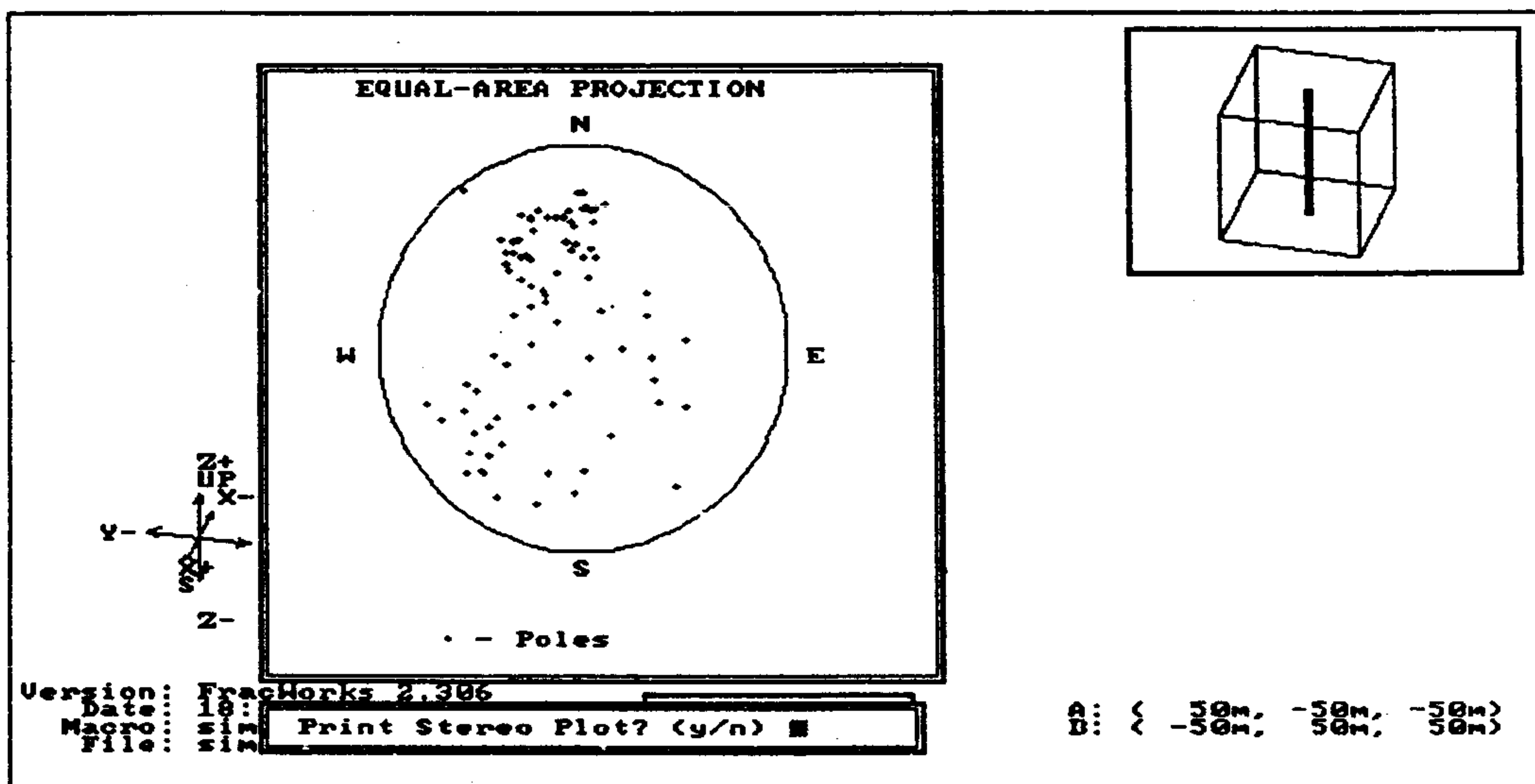


Fig. 3.20 Pole plot from the fracture system model.

제4절 핵종 거동 특성

1. 지질 매질의 특성조사

가. 지질 매질의 화학적 특성

지질매질의 종류 및 입자크기에 따른 화학성분의 조성을 비교하기 위하여 이들을 각각 분석하였다. 흡착 실험에 사용한 네 종류의 지질 매질을 분쇄 후 체분리를 하지않은 매질(N)과 체분리하여 얻은 50-150mesh 크기의 매질(S)로 구별하여 Table 3.16 에 이들의 분석결과를 나타내었다.

입자크기에 따른 화학조성의 변화는 거의 없었으며, 매질의 종류에 따라서는 몇 가지의 화학성분에 있어서 매우 다른 조성비를 나타내었다. 주성분의 조성차이를 보면, SiO_2 를 제외하고는 GM1과 GM2가 GM3와 GM4보다 함량이 높게 나타났다. GM2의 경우 Fe_2O_3 의 함량이 다른 세 매질보다 높았으며, Igloss의 함량은 가장 높았는데 이것은 시료 채취 시에 함수율이 가장 높았으며 잘 부스러지는 등 지하수와의 접촉 혹은 변질이 많이 되었으리라는 예상과 일치하는 것으로 판단된다.

Igloss값이 가장 낮은 GM4의 경우 조사지역의 drill core가 아니라 연구소에서 채취한 비교적 신선한 화강암이었다. 미량성분의 경우에도 대부분의 화학성분이 GM1과 GM2에서 나머지 두 매질보다 조성비가 높았다. GM2와 GM4는 주성분에서와 같이 몇가지 성분에 대한 조성비가 다른 매질과 큰 차이를 보였다. GM2에서 Co, Cr, Ni, V, Cu 및 희토류 원소들의 함량이 가장 높았으며, GM4에서는 Sr의 경우는 다른 세 매질에서보다 2배 이상 높았으며 Cu의 경우는 가장 낮았다.

지질매질을 지하수에 6주간 접촉시켜 전처리하고 분석한 결과를 Table 3.17 과 3.18 에 나타내었는데 분석의 오차를 감안한다면 커다란 변화는 발견되지 않았다. 전처리 전후에서 주성분의 조성변화는 거의 없었으나 미량성분의 경우 조성비의 증감현상이 관찰되었다. Landström(1990) 등은 실제로 충진광물(Fracture mineral)과 모암(Host rock ; Granite)을 각각 채취하여 이들의 광물학적인 특성과 화학적특성을 비교하였는데 두 시료간에는 광물조성 및 화학조성에서 매우 큰 차이를 보이고 있었다.

Table 3.16 Elemental concentration of geomedia with particle size.

Element	GM1		GM2		GM3		GM4	
	N	S	N	S	N	S	N	S
SiO ₂ , %	66.94 ... 66.97		64.35	63.49	72.05	71.68	71.27	71.32
Al ₂ O ₃ , %	14.23 ... 14.10		13.82	14.10	14.44	14.57	15.79	15.59
Fe ₂ O ₃ , %	5.60 5.66		7.41	7.56	1.72	1.77	1.93	2.01
CaO, %	1.26 1.17		2.06	2.22	0.91	0.92	2.53	2.64
MgO, %	1.63 1.64		2.35	2.37	0.44	0.43	0.42	0.43
K ₂ O, %	4.49 4.54		3.85	3.87	4.85	4.97	3.03	3.11
Na ₂ O, %	2.05 2.01		0.74	0.76	3.17	3.13	3.55	3.54
TiO ₂ , %	0.58 0.58		0.61	0.62	0.13	0.14	0.20	0.21
MnO, %	0.04 0.04		0.06	0.07	0.02	0.02	0.05	0.05
P ₂ O ₅ , %	0.11 0.11		0.06	0.06	0.14	0.14	0.09	0.09
Igloss, %	2.74 2.70		4.72	4.80	1.82	1.83	0.75	0.69
Ba, ppm	522 510		474	460	772	778	459	465
Co	11 10		14	14	2.5	2.5	1.3	1.3
Cr	26 26		56	37	7.3	4.6	<1	<1
Ni	18 20		33	35	<5	<5	<5	<5
Sr	113 113		85	90	176	151	271	282
V	48 48		64	63	9.8	11	10	9.7
Cu	11 10		20	26	6.9	6.1	2.6	3.1
Zn	89 84		89	99	28	28	53	57
Pb	38 39		34	34	45	33	31	33
Sb	<1 <1		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd	<1 <1		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Y	9.4 10		9.4	8.7	6.0	5.3	6.5	6.9
La	26.3 22.5		37.7	26.3	8.8	10.3	7.2	17.0
Ce	54.7 44.9		75.1	52.6	17.7	20.5	34.0	33.3
Pr	5.8 4.9		8.1	5.7	1.8	2.2	3.5	3.5
Nd	19.6 16.3		27.7	19.5	6.2	7.4	11.5	11.2
Sm	3.7 3.1		4.9	3.5	1.2	1.4	1.9	1.9
Eu	0.70 0.60		0.70	0.60	0.80	0.80	0.60	0.60
Gd	3.4 2.9		4.4	3.2	1.2	1.4	1.7	1.7
Tb	0.40 0.40		0.50	0.40	0.20	0.20	0.20	0.20
Dy	1.8 1.5		2.2	1.6	0.7	0.8	1.0	0.9
Ho	0.2 0.2		0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Er	0.4 0.4		0.7	0.5	0.2	0.2	0.3	0.3
Tm	0.05 0.04		0.07	0.06	0.02	0.02	0.04	0.03
Yb	0.3 0.2		0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
Lu	0.04 0.04		0.07	0.06	0.02	0.02	0.03	0.03
Th	11.5 10.0		17.8	12.5	3.9	4.5	4.0	3.6
U	4.1 3.3		3.1	2.0	1.9	1.6	1.2	0.9

Table 3.17 Elemental concentration of unsieved geomeia with preconditioning

Element	GM1		GM2		GM3		GM4	
	B	A	B	A	B	A	B	A
SiO ₂ , %	66.94 ... 66.88		64.35	66.38	72.05	71.99	71.27	71.69
Al ₂ O ₃ , %	14.23 ... 14.29		13.82	12.91	14.44	14.51	15.79	15.67
Fe ₂ O ₃ , %	5.60 5.66		7.41	7.16	1.72	1.78	1.93	1.93
CaO, %	1.26 1.26		2.06	1.91	0.91	0.90	2.53	2.49
MgO, %	1.63 1.62		2.35	2.22	0.44	0.46	0.42	0.39
K ₂ O, %	4.49 4.48		3.85	3.55	4.85	4.84	3.03	2.99
Na ₂ O, %	2.05 1.97		0.74	0.58	3.17	3.16	3.55	3.58
TiO ₂ , %	0.58 0.58		0.61	0.59	0.13	0.13	0.20	0.19
MnO, %	0.04 0.04		0.06	0.06	0.02	0.02	0.05	0.04
P ₂ O ₅ , %	0.11 0.11		0.06	0.06	0.14	0.13	0.09	0.09
Igloss, %	2.74 2.84		4.72	4.40	1.82	1.86	0.75	0.68
Ba, ppm	522 610		474	600	772	1300	459	750
Co	11 17		14	25	2.5	3.4	1.3	2.9
Cr	26 40		56	83	7.3	<5	<1	<5
Ni	18 34		33	61	<5	4.8	<5	<1
Sr	113 136		85	107	176	323	271	502
V	48 60		64	90	9.8	11	10	12
Cu	11 9.2		20	23	6.9	4.9	2.6	<1
Zn	89 80		89	88	28	24	53	57
Pb	38 30		34	16	45	35	31	24
Sb	<1 <1		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd	<1 <1		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Y	9.4 6.7		9.4	6.7	6.0	3.9	6.5	5.2
La	26.3 35.4		37.7	47.0	8.8	13.8	17.2	23.3
Ce	54.7 72.3		75.1	91.4	17.7	27.1	34.0	42.6
Pr	5.8 7.6		8.1	10.0	1.8	2.8	3.5	4.6
Nd	19.6 26		27.7	34.0	6.2	9.6	11.5	15.4
Sm	3.7 4.9		4.9	6.1	1.2	1.9	1.9	2.6
Eu	0.70 0.90		0.70	0.90	0.80	1.00	0.60	0.70
Gd	3.4 4.6		4.4	5.5	1.2	1.9	1.7	2.3
Tb	0.40 0.60		0.50	0.60	0.20	0.20	0.20	0.30
Dy	1.8 2.3		2.2	2.3	0.7	1.0	1.0	1.2
Ho	0.2 0.3		0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2
Er	0.4 0.6		0.7	0.7	0.2	0.3	0.3	0.4
Tm	0.05 0.06		0.07	0.08	0.02	0.03	0.04	0.05
Yb	0.3 0.3		0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3
Lu	0.04 0.04		0.07	0.07	0.02	0.03	0.03	0.03
Th	11.5 15.0		17.8	20.2	3.9	5.1	4.0	4.8
U	4.1 4.8		3.1	3.0	1.9	1.9	1.2	1.0

Table 3.18 Elemental concentration of sieved geomeia with preconditioning.

Element	GM1		GM2		GM3		GM4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
SiO ₂ , %	66.97	67.54	63.49	63.93	71.68	71.81	71.32	71.85
Al ₂ O ₃ , %	14.10	14.01	14.10	13.75	14.57	14.54	15.59	15.67
Fe ₂ O ₃ , %	5.66	5.50	7.56	7.40	1.77	1.71	2.01	1.92
CaO, %	1.17	1.19	2.22	2.12	0.92	0.91	2.64	2.49
MgO, %	1.64	1.59	2.37	2.32	0.43	0.44	0.43	0.42
K ₂ O, %	4.54	4.44	3.87	3.81	4.97	4.93	3.11	3.06
Na ₂ O, %	2.01	1.99	0.76	0.67	3.13	3.23	3.54	3.57
TiO ₂ , %	0.58	0.56	0.62	0.60	0.14	0.14	0.21	0.20
MnO, %	0.04	0.04	0.07	0.07	0.02	0.02	0.05	0.04
P ₂ O ₅ , %	0.11	0.11	0.06	0.07	0.14	0.14	0.09	0.09
Igloss, %	2.70	2.83	4.80	4.99	1.83	1.84	0.69	0.91
Ba, ppm	510	630	460	528	778	967	465	540
Co	10	16	14	20	2.5	4.7	1.3	4.9
Cr	26	69	37	86	4.6	19	<1	7.6
Ni	20	32	35	50	<5	7.3	<5	2.2
Sr	113	146	90	94	151	234	282	361
V	48	60	63	77	11	13	9.7	14
Cu	10	9.5	26	18	6.1	3.9	3.1	1.0
Zn	84	118	99	92	28	36	57	58
Pb	39	38	34	16	33	43	33	29
Sb	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Y	10	12	8.7	44	5.3	7.4	6.9	11
Li	-	86	-	122	-	25	-	229
La	22.5	18.4	26.3	22.3	10.3	6.5	17.0	12.8
Ce	44.9	36.3	52.6	57.1	20.5	12.6	33.3	23.9
Pr	4.9	3.9	5.7	4.7	2.2	1.3	3.5	2.5
Nd	16.3	12.8	19.5	15.5	7.4	4.4	11.2	8.4
Sm	3.1	2.5	3.5	2.8	1.4	0.9	1.9	1.5
Eu	0.60	0.51	0.60	0.47	0.80	0.54	0.60	0.44
Gd	2.9	2.3	3.2	2.3	1.4	0.78	1.7	1.3
Tb	0.40	0.27	0.40	0.27	0.20	0.11	0.20	0.16
Dy	1.5	1.1	1.6	1.0	0.8	0.46	0.9	0.71
Ho	0.2	0.17	0.2	0.15	0.1	0.06	0.1	0.12
Er	0.4	0.31	0.5	0.37	0.2	0.13	0.3	0.28
Tm	0.04	0.04	0.06	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04
Yb	0.2	0.19	0.4	0.16	0.2	0.09	0.2	0.18
Lu	0.04	0.02	0.06	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03
Th	10.0	7.1	12.5	9.2	4.5	2.1	3.6	2.4
U	3.3	2.4	2.0	1.3	1.6	0.85	0.9	0.87

따라서 지질매질을 지하수와 단순히 장기간 접촉 교반시키는 것은 광물의 조성은 물론이고 화학조성에도 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다.

나. 지질 매질의 물리적 특성

핵종의 흡착실험에 사용한 50~150mesh의 매질의 비표면적(specific surface area)과 양이온 교환능(cation exchange capacity)의 측정 결과를 Table 3.19 에 나타내었으며, 지하수와의 접촉 전, 후의 결과를 구별하여 비교하였다.

CEC 는 매질 단위무게당 음전하의 양 혹은 매질입자내의 중성을 유지하기 위해 끌어당겨지는 이온의 숫자를 의미하며, 값이 클수록 양이온을 흡착할 수 있는 능력이 크다는 것을 알 수 있다. 또한 비표면적은 단위 무게의 지질매질의 표면적이므로, 이들의 값이 클수록 지하수에 용해되어 있는 핵종의 흡착능이 강하게 될 것이다. 네종류의 지지매질 중에서, GM2가 비표면적 및 양이온교환능이 가장 높았으며, GM4가 가장 낮게 나타났다.

Table 3.19 Physical characteristics of four GMs with preconditioning.

Geomedia	SSA(m^2/g) ^a		APD(\AA) ^b		CEC(mEq/g) ^c	
	B	A	B	A	B	A
GM1	0.6075	1.2114	197	180	1.00	6.53
GM2	1.3318	1.4939	142	167	4.62	9.29
GM3	0.7226	0.5340	209	154	1.51	7.03
GM4	0.3943	0.4434	224	177	0.5	0.6

a ; SSA = specific surface area,

b ; APD = average pore diameter,

c ; CEC = cation exchange capacity,

d ; B and A = before and after the preconditioning with GW matched

2. 지하수의 특성조사

가. 화학적 특성

지하수는 채취즉시 Ar 에 1% CO₂가 함유되어 있는 혼합기체로 포화시키고 공기와의 접촉을 방지하기 위해 밀봉한 후 검은 polyethylene sheet로 시료병 전체를 감싸서 빛에 의한 광화학반응(photochemical rxn)을 방지하고자 하였다. 실험실에 운반하여 분석할 때에도 분석시료를 분취한 후 가능한 빠른 시간 내에 분석을 끝냈다.

Table 3.20 은 실험에 사용한 두종류의 지하수에 대한 화학조성이다. GW1은 조사지역, GW2는 연구단지내의 지하수로서 Ca, Sr, HCO₃⁻, SO₄⁻, TS는 조사지역의 지하수에서 높게 나타났으며, Na, Fe, Cl⁻, SiO₂는 GW2에서 함량이 높았다.

Table 3.21 에는 GW1 과 GW2 두 지하수를 네종류의 지질매질과 6주 동안 접촉-교반 시킨 후의 측정 결과이다. 전처리를 거치지 않은 지하수(B)와 네종류의 지하매질로 전처리한 다음의 지하수(P)에 대해 비교하여 나타내었다.

Fig. 3.21 은 Table 3.20 의 분석결과를 전처리 전의 지하수에 대하여 normalization 시킨 것이다. 지하수의 조성은 접촉되는 지질매질에 따라서 매우 다르게 변하며, 또한 화학성분에 따라서도 큰 차이를 볼 수 있는데, 특히 변화가 심한 성분은 K 와 Fe 이었다. 지하수와의 접촉이 가장 많으리라 예상하였던 지질매질 GM2 로 전처

Table 3.20 Chemical composition of groundwater (unit :mg/ℓ)

Component	GW1	GW2	Component	GW1	GW2
K	1.4	0.88	Al	0.01	-
Na	5.0	13.4	HCO ₃ ⁻	113	43
Ca	38.5	12.8	Cl ⁻	3.98	21.7
Mg	1.85	1.94	SO ₄ ⁻	90.5	2.32
Fe	0.05	0.11	SiO ₂	7.57	28.7
Li	0.11	0.03	T-Solid	254	121
Sr	0.55	0.07	pH	8.24	8.0
Zn	0.03	0.01	T(°C)	14.2	14.7

Table 3.21 Chemical composition of groundwater with the preconditioning.

(unit :mg/ℓ)

Element	a GW1				GW2	
	b B1	P1	P2	P3	B	P4
K	1.4	21.5	14.0	14.5	0.88	10.2
Na	5.0	8.17	6.15	9.8	13.4	16.5
Ca	38.5	30.6	36.7	33.6	12.8	20.8
Mg	18.5	12.2	13.8	11.1	1.94	3.63
Cl ⁻	3.98	3.94	3.92	4.47	21.7	22.1
SO ₄ ⁻	90.5	52.8	54.8	54.8	2.32	2.09
Fe	0.05	0.41	0.03	0.26	0.11	1.29
SiO ₂	7.57	7.02	8.26	5.69	28.7	13.9
Li	0.11	0.05	0.06	0.04	0.03	0.08
Sr	0.55	0.54	0.85	0.54	0.07	0.08
Zn	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03
Al	0.01	0.02	0.03	0.02	-	0.04
T-Solid ^c	254	206	214	203	121	145
HCO ₃ ⁻	113	-	-	-	43	-
pH	8.24	8.27	8.28	8.33	8.00	8.10
T(°C)	14.2	-	-	-	14.7	-

a : GW1 and GW2 = Sampling site(Chungyang and KIER)

b : B = before preconditioning with GM matched

P1 = preconditioning with GM1(200mesh)

P2 = preconditioning with GM2(200mesh)

P3 = preconditioning with GM3(200mesh)

P4 = preconditioning with GM4(200mesh)

c : T-Solid = Total solid

리한 지하수 P2(Preconditioned with GM2)의 경우에는 K 의 경우에도 다른 세 종류의 전처리된 지하수에서 보다 농도변화가 가장 적었으며 Fe 는 거의 변화가 없었다.

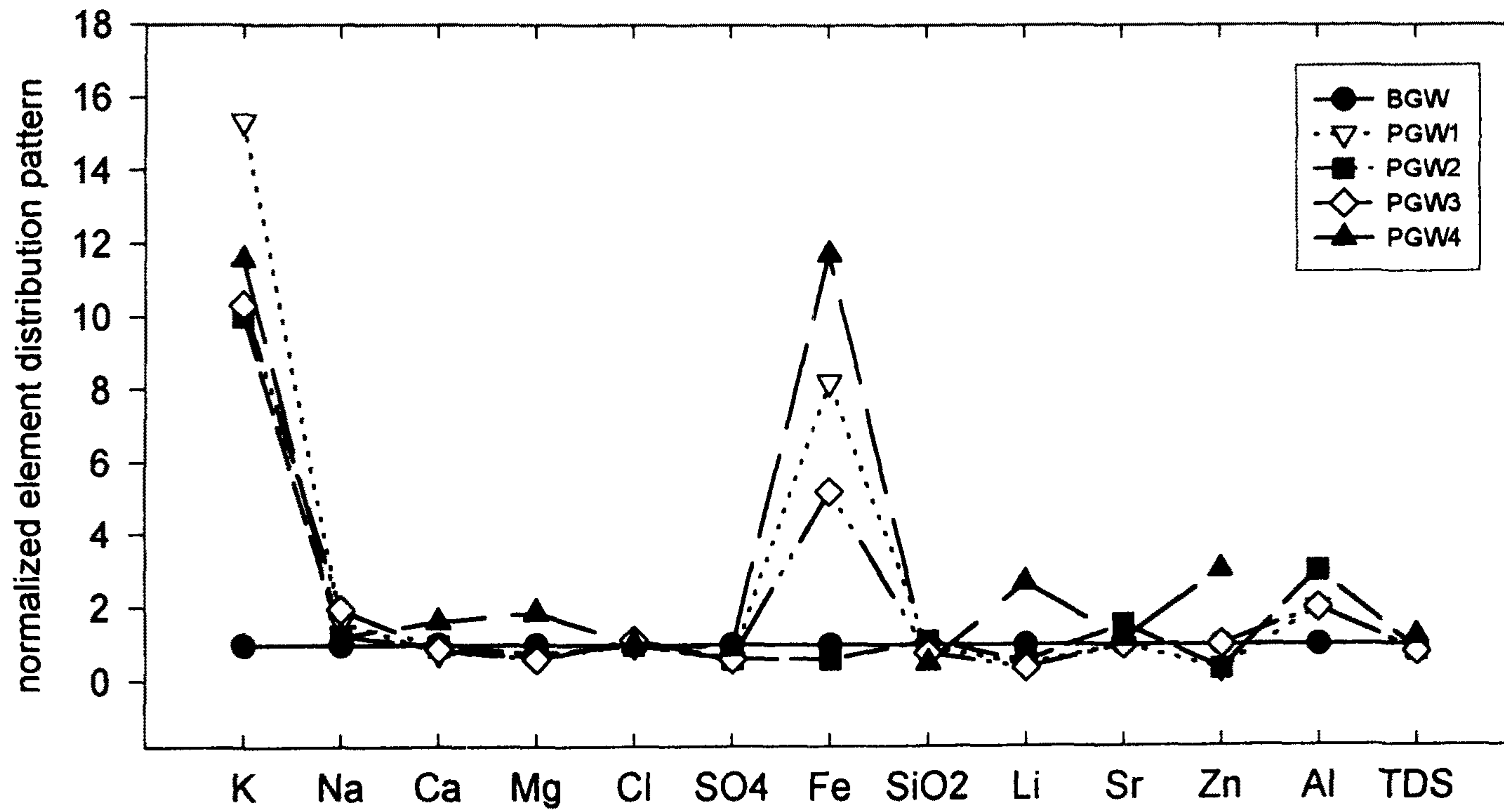


Fig. 3.21 BGW-Normalized element pattern after the contact with 4 GMs.

나. 콜로이드의 효과

모든 지하수에는 natural colloid가 존재하며, 이들의 화학조성, 구조 및 입자크기 등은 주어진 환경에 따라서 매우 다르며, 정의에 의하면 Colloid 의 particle size 는 10nm -1 μ m 이다 (Landstrom and Tullborg, 1990; Kim, 1992).

콜로이드는 화학적으로 표면반응성이 매우 높기 때문에 이온교환 혹은 complex-ation에 의해서 $Z > 2$ 이상의 금속이온의 흡착능이 높다. Colloid는 지하수와 함께 이동하는 것이 보통이므로 방사성핵종의 운반체(carrier)역할을 한다(Dukhin and Derjaguin, 1974). 따라서 핵종이동 및 흡착측정 실험에서 콜로이드의 특성(입자크기, 화학적 특성)을 측정이 필요하다. Kim et. al (1994) 와 Lieser et, al(1990) 등은 colloid particle size와 DOC(Dissolved Organic Carbon)에 따른 화학적 특성을 측정하고 이들에 대한 핵종의 흡착특성에 대해서 발표하였다.

Fig. 3.22 는 균열암반 내에서 콜로이드와 이에 흡착된 핵종의 이동을 보여 주고 있다. Fig. 3.23 과 3.24 에 DOC 와 화학성분의 조성, 그리고 particle size 에 따른 DOC 의 농도를 각각 나타내었다.

본 실험에서는 채취한 지하수를 450nm 와 200nm 그리고 1nm pore size로 filtration하고 filter cake내에 함유되어 있는 미량성분의 함량을 측정하여 입자크기에 따른 화학성분들의 조성차이를 조사하였다. 그리고 지질매질로 처리하기 전후의 지하수중의 DOC 를 측정하였다. Table 3.22 에는 450nm와 200nm 의 filter paper로 12 리터의 지하수를 여과한 잔유물의 분석결과를 나타내었고, Table 3.23 에는 전처리 전후의 지하수중의 DOC 값을 나타내었다.

Table 3.20 의 지하수의 분석결과와 비교해 보았을 때, 450nm filter cake, 즉 지하수중의 particulates 중 450nm 보다 큰 입자들에서 주로 보이는 성분들은 Ca, Na등이었으며, 200nm로 여과한 잔유물에서는 Ca, Mg, Na, Si는 농도변화가 없었으나 Al, Mn, Ti, Fe, K등은 조성비가 크게는 100배까지 감소하였음을 알 수 있다. 즉 이들은 200nm~ 450nm의 입자보다는 450nm이상의 큰 입자에 거의 존재함을 알 수 있다.

Table 3.23 의 DOC측정 결과에서는 시료번호 B, F, H와 D에서 매우 높은 분석결과가 나와 반복실험을 실행하였으나, 이들 시료가 공통적으로 2nm 의 AMICON ultra

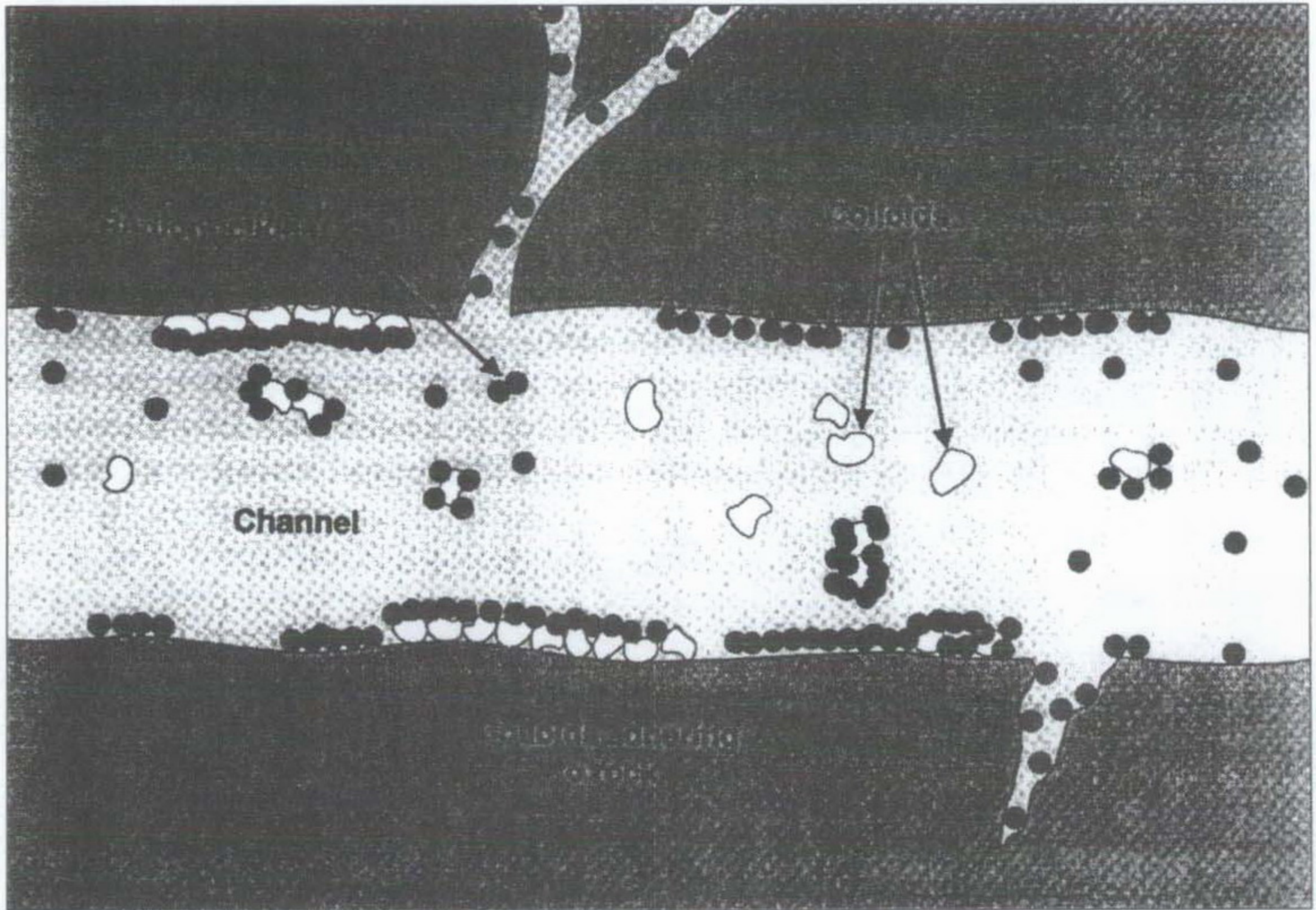


Fig. 3.22 . Schematic representation of colloid facilitated transport.

Table 3.22 Elemental concentration of filter cakes from 200nm and 450nm filter paper. (unit : ng/ ℓ)

성분 시료명 ^a	Al	Ca	Mg	Mn	Na	Ti	Cu	Zn	Fe	Ni	Sr	Si	K
A	475	310	54.4	4.0	557	19.2	28.6	96.5	137	3.44	5.20	485	160
B	5.5	273	46.7	0.6	433	7.25	13.3	29.3	12.1	2.35	5.15	494	54

^a : A = 450nm filter cake of 12.5L from GW1

B = 200nm filter cake of 12L from 450nm filtrate of GW1

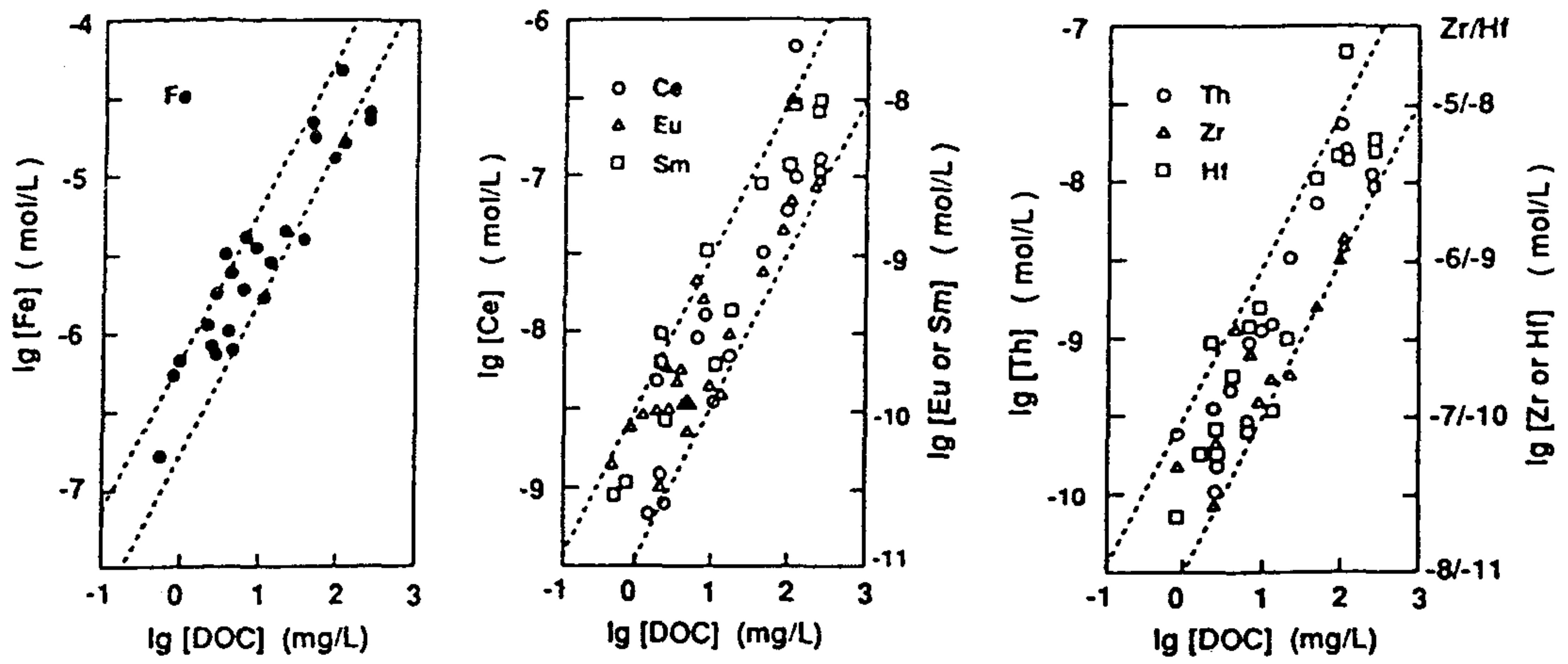


Fig. 3.23 Natural concentration of elements as a linear function of the DOC concentration.

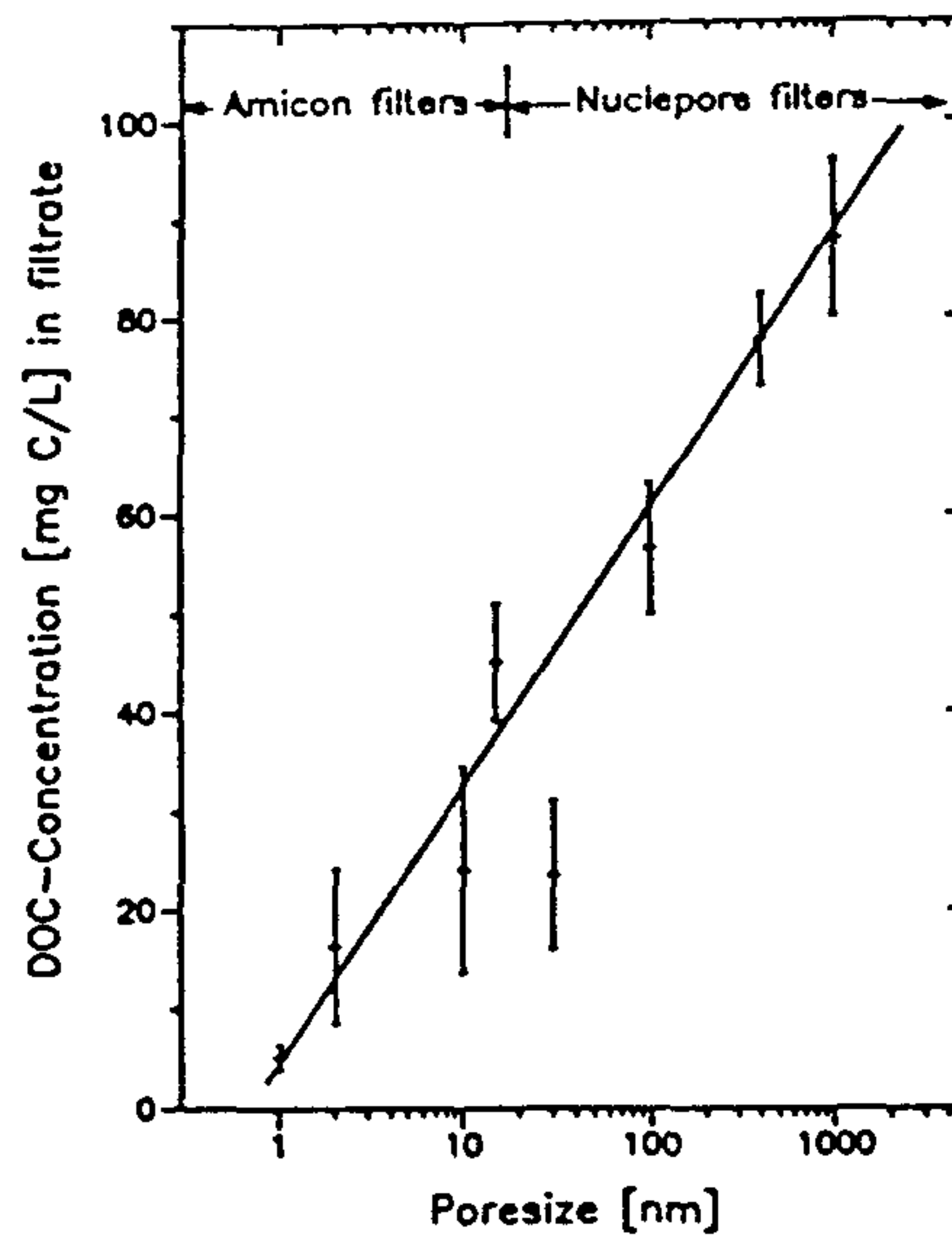


Fig. 3.24 A linear relationship of the DOC concentration with the particle size.

Table 3.23 DOC concentration of GWs with preconditioning.

No	DOC(mg/ ℓ)	Treatment processes
A	1.988	GW1 → 450nm → filtrate
B	374.9	GW1 → 450nm → 2nm → filtrate
C	0.626	GW1 + GM1(200m) →6w→ 450nm → filtrate
D	2.971	GW1 + GM1(200m) →6w→ 450nm → 2nm → filtrate
E	0.780	GW1 + GM2(200m) →6w→ 450nm → filtrate
F	381.7	GW1 + GM2(200m) →6w→ 450nm → 2nm → filtrate
G	0.766	GW1 + GM3(200m) →6w→ 450nm → filtrate
H	281.4	GW1 + GM3(200m) →6w→ 450nm → 2nm → filtrate
I	1.394	GW2 → 450nm → filtrate
J	0.632	GW2 + GM4(200m) →6w→ 450nm → filtrate

filtration unit을 사용하였기 때문에 제조사에 문의 한 결과 이들 여과장치의 membrane에 Glycerine 이 함유되어 있다는 사실이 확인되었다. 따라서 이들을 이용한 시료 번호들의 DOC값은 2차년도에 재실험을 수행 할 계획이다.

전처리전 450nm pore size의 여과장치로 여과한 지하수(A, I)와 6주 동안 지질매질과의 전처리를 끝낸 후 같은 장치로 여과한 지하수(C, E, G, J)에서는 전처리전의 지하수에서 2~3배 높은 값이 얻어졌다. 이 결과는 지하수와 지질매질의 접촉 시에 pH는 어느 정도 변하였으나 DOC는 거의 변화가 없었다는 K.H.Lieser등의 결과와는 다른 양상을 보이는 데, 이들이 실험에 이용한 지하수는 pH 7.5로 우리의 8-8.2보다 낮았으며 지질매질도 지하수와 접촉되어 있는 시료를 채취하였으므로 유기물들도 지질매질과 지하수계에서 평형상태를 유지하고 있었던 것이 원인인 것 같다. 그러나 GM1, GM2, GM3에서 거의 같은 값이 나온 것은 외관 및 화학분석 결과로부터 GM2가 가장 많이 지하수와 접촉했을 것이라고 생각했던 것과는 일치하지 않고 있다.

Fig. 3.25 는 GW2의 SEM image 인데 사진 A는 아무처리도 하지 않은 지하수를 SEM sample support에 loading하여 찍은 것이며, 사진 B는 450nm pore filter unit로 지하수를 여과한 여액, 그리고 사진 C는 200nm pore filter unit로 여과한 여액이다.

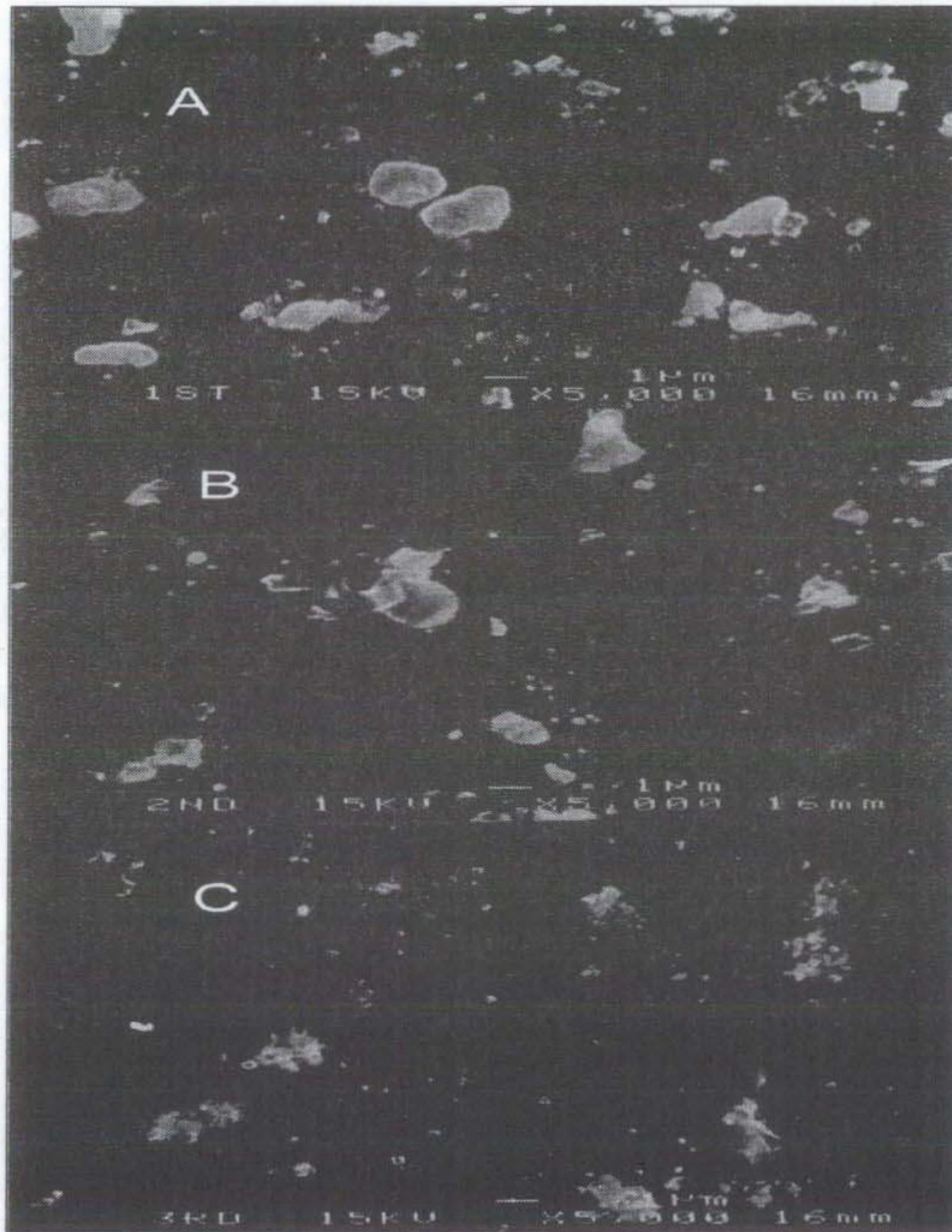


Fig. 3.25 SEM backscattering image of GW2
A : GW2, B : 450nm filtrate, C : 200nm filtrate

Fig. 3.26 은 GW2 지하수 12.5 liter를 여과한 450nm pore size의 filter paper를 진공 건조한 후 SEM으로 측정된 것이다. 여섯 개의 비교적 뚜렷한 particle을 EDX를 이용하여 정성 분석한 결과 사진 속의 번호 1~6의 화학성분은 아래와 같다.

No 1 & 6 = C, O, Al, Si

No 2 & 3 = Fe, O, Mg, Mn, Ti

No 4 = C, O, Al, Si, Fe, Mg, Mn, Ti, K, Ca

No 5 = SiO₂

지하수에 용해되어 있던 여러 가지의 금속이온들이 지하수에 존재하는 입자들에 의한 흡착현상을 확인 할 수 있는 것이 확인되었으며, 앞에서 ICP-AES 와 PIXE 분석에서 정량되었던 화학성분들 중 Na, Cu, Zn, Ni등은 관찰되지 않았으나 C, O 등 유기물의 구성원소가 관찰되었다.

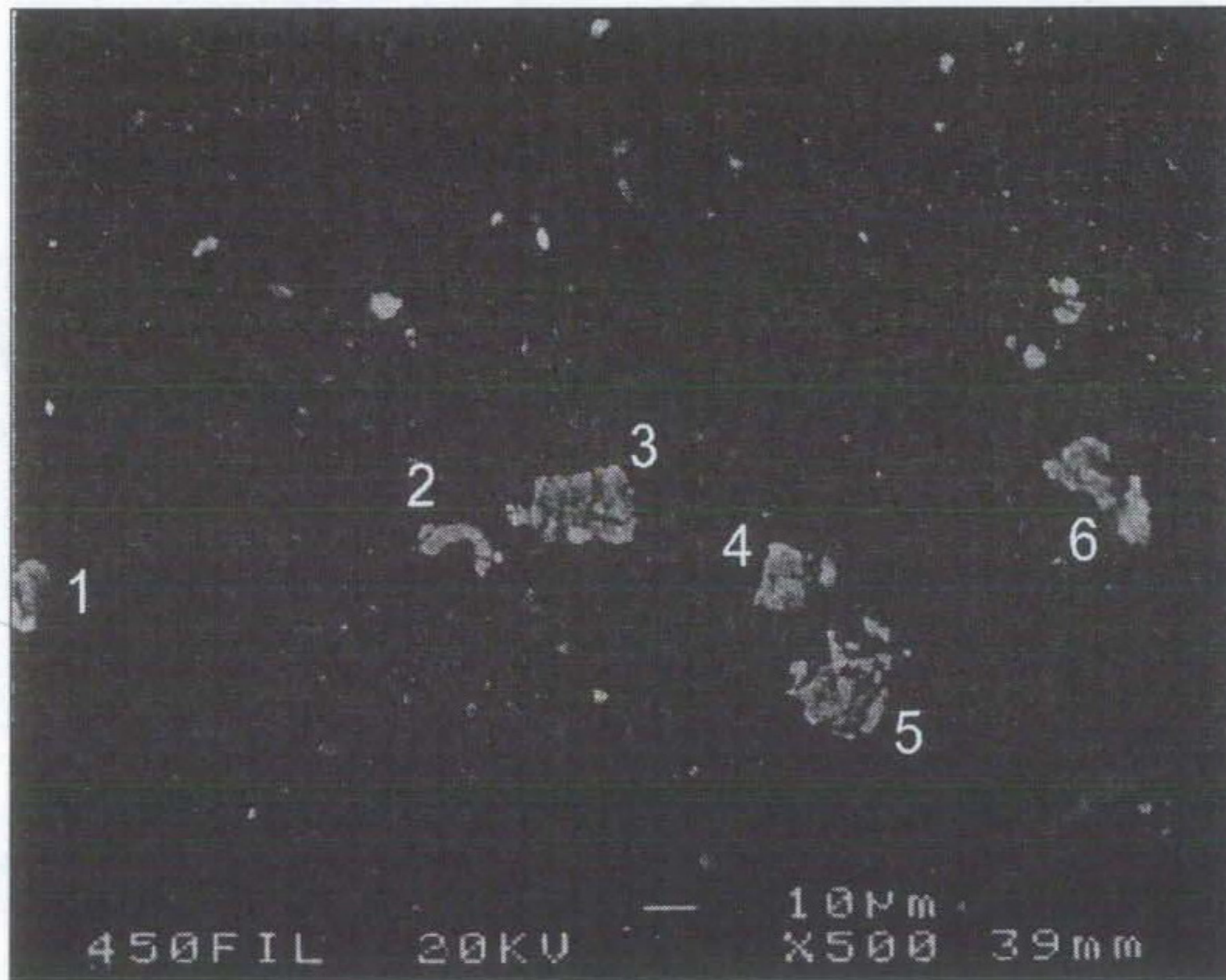


Fig. 3.26 SEM backscattering image.(Filter residue on 450nm)

*. *qualitative analysis of each particle by EDX.*

-1, 6 : C, O, Al, Si

-2, 3 : Fe, O, Mg, Mn, Ti

-4 : 1 + 2 + K, Ca

-5 : SiO₂

3. 핵종의 흡착특성

가. 흡착특성(A series)

흡착실험을 위한 교반 20일과 40일에 각각 교반을 중지하고 Tube를 원심 분리하여 상등액만을 5ml 취하여 감마선 검출시스템으로 측정된 결과를 Table 3.24에 실었다. 여기에서 Tube No는 추적자용액 준비단계의 그것과 같다. 이 결과로부터 각 매질별로 pH 및 교반기간에 따른 핵종의 흡착율을 산출하여 Fig. 3.27에 나타내었다.

Table 3.24 및 Fig. 3.27에서, 각 핵종의 방사능의 세기는 용기에 의한 흡착 및 반감기를 고려하지 않았으므로 이들을 고려하면 실제로 지질매질에 대한 흡착율은 핵종에 따라서 감소하게 될 것이다. 흡착실험이 종료되는 약 6개월 후에 확인될 용기흡착율을 보정하면 정확한 지질매질에 대한 흡착특성 자료를 구할 수 있을 것이다. 핵종의 반감기는 사용한 핵종의 반감기가 대부분 수백일 내지 수년이므로 큰 영향을 주지는 않을 것이나 비교적 반감기가 짧은 ^{46}Sc 와 ^{85}Sr 은 실험기간에 따라서 차이가 크게 될 것이다.

용기흡착 및 반감기를 고려하지 않았을 때, 네종의 핵종의 흡착율은 A1, A2, A3 series에서는 거의 같은 양상을 보였으며, 특히 ^{60}Co 의 경우는 pH와 무관하게 교반 20일 부터 거의 100% 지질매질에 흡착되었으며, ^{75}Se , ^{85}Sr , ^{134}Cs 는 계의 pH가 증가할수록 흡착율이 증가하였으며, 교반기간이 증가할수록 모든 핵종의 흡착율이 약간씩 증가하였으나, 특히 ^{85}Sr 은 교반 20일의 30~40%에서 교반 40일에는 80% 이상으로 증가하였다.

A2 series, 즉 GM2 매질을 사용한 실험계에서는 흡착율이 다른 매질에 비해 약간 높을 뿐 큰 차이는 관찰되지 않았다. 여기에서 핵종의 흡착특성을 분배계수인 K_d 로 표기하지 않은 것은 이 결과가 중간단계의 결과로 2차년도에도 실험이 계속 될 것이며 탈착실험 결과와 비교 확인 후에 결정하기 위함이었다.

A4 series, 즉 연구단지에서 채취한 매질과 지하수를 이용한 실험계에서는, 흡착율이 모두 조금씩 낮았으며, 특히 ^{60}Co 의 경우는 low pH에서 흡착율이 20일 및 40일 2회에서 모두 10%정도로 매우 낮았다.

Table 3.24 Activity in adsorption tube after GW-GM contact.

Tube	Am-241	Se-75	Sr-85	Cs-134	Sc-46	Co-60
A1-1	..... -	203,17	687,07	2564,2	-	84,12
	..... -	228,16	522,07	2112,02	-	69,15
A2-1	..... -	148,19	667,05	1997,2	-	38,21
	..... -	123,22	501,07	1662,02	-	46,17
A3-1	..... -	154,18	730,06	3125,2	-	267,06
	..... -	141,22	504,08	2803,02	-	273,06
A4-1	... 207,21	293,18	620,09	4864,2	91,43	4061,02
	· 112,36	249,18	540,11	4607,01	-	4139,01
C1	· 3246,03	498,12	703,10	8083,1	347,13	3862,02
	3150,03	479,14	556,11	76,01	301,14	3713,01
P1	... 156,21	159,24	708,05	3655,1	-	230,07
	..... -	156,21	530,08	3317,01	-	173,08
A1-2	..... -	134,22	275,09	2147,1	-	211,07
	... 62,54	117,23	234,14	1848,02	-	148,08
A2-2	..... -	182,16	246,10	2207,2	-	103,11
	..... -	193,15	234,13	1913,02	-	76,13
A3-2	..... -	48,46	124,18	1456,4	-	59,23
	..... -	99,39	191,18	3014,01	-	141,10
A4-2	..... -	199,16	424,10	4094,1	-	507,04
	..... -	149,29	326,10	3845,01	-	348,05
C2	..... -	502,10	404,16	7345,1	-	3433,01
	..... -	460,13	363,12	7593,01	-	3757,01
P2	..... -	85,45	379,11	3975,1	-	297,05
	..... -	112,35	198,18	3367,01	-	225,07
A1-3	..... -	196,15	490,06	2360,2	-	155,09
	..... -	190,18	306,06	2173,02	-	145,09
A2-3	..... -	365,08	594,08	1946,2	-	63,14
	..... -	262,14	376,06	1786,01	-	64,14
A3-3	..... -	166,19	570,07	3172,1	-	233,07
	..... -	186,23	320,09	2940,01	-	254,06
A4-3	..... -	205,19	509,08	3692,1	-	465,04
	..... -	211,07	432,03	3932,01	-	367,01
C3	· 1103,05	205,05	861,07	8216,1	462,10	2545,02
	· 314,20	985,05	564,10	7806,01	256,14	2459,02
P3	..... -	110,27	521,06	3013,1	-	247,06
	..... -	136,21	363,09	2780,01	-	269,06

UNIT; CP1000S, of 5ml AdGW after centrifuge, at D1P1.
 First row : 20day's contact. Second Row : 40day's contact.

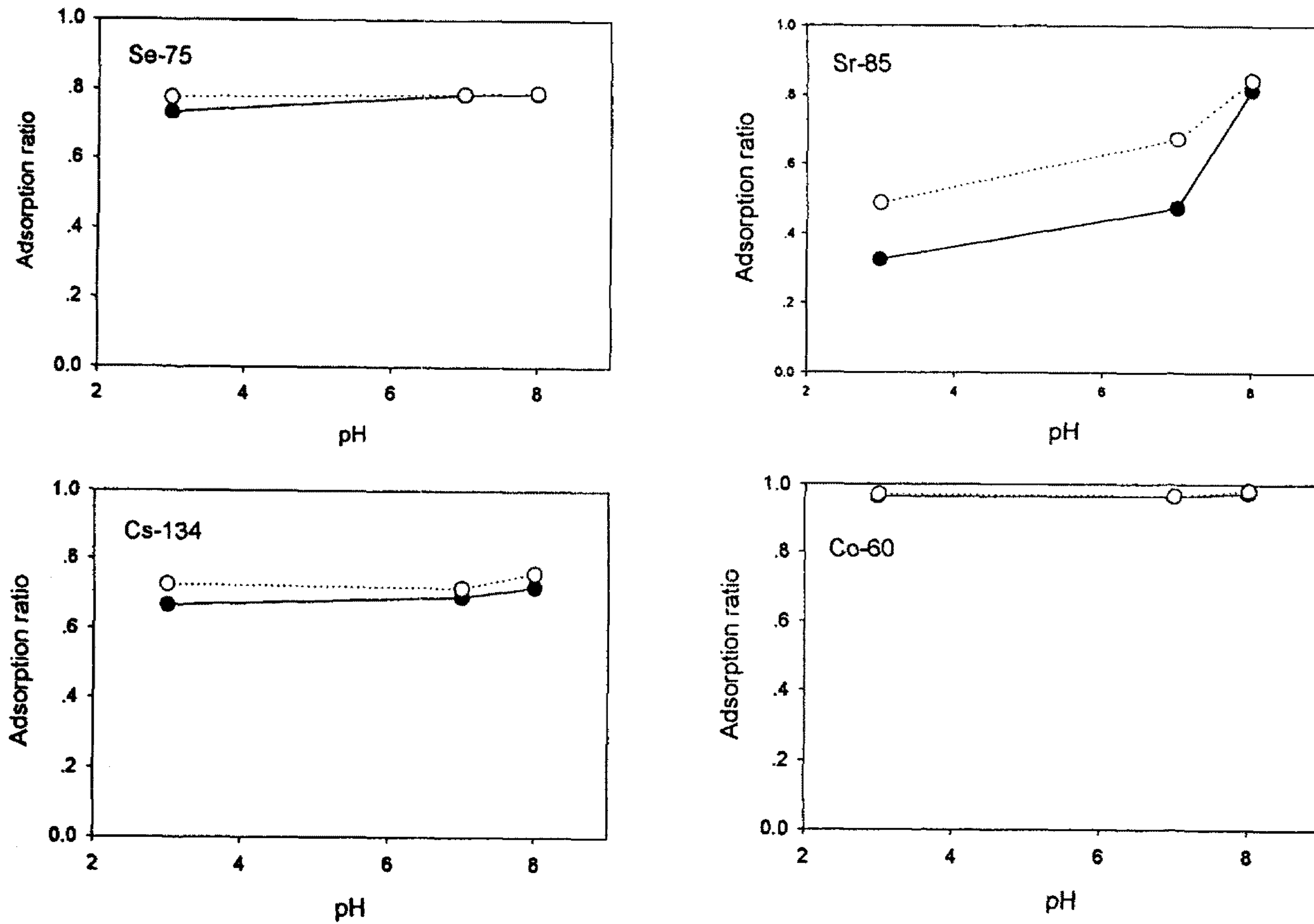


Fig. 3.27 Adsorption on geomeia(GM1) as a function of the pH:
(line: 20days, dot: 40 days contact)

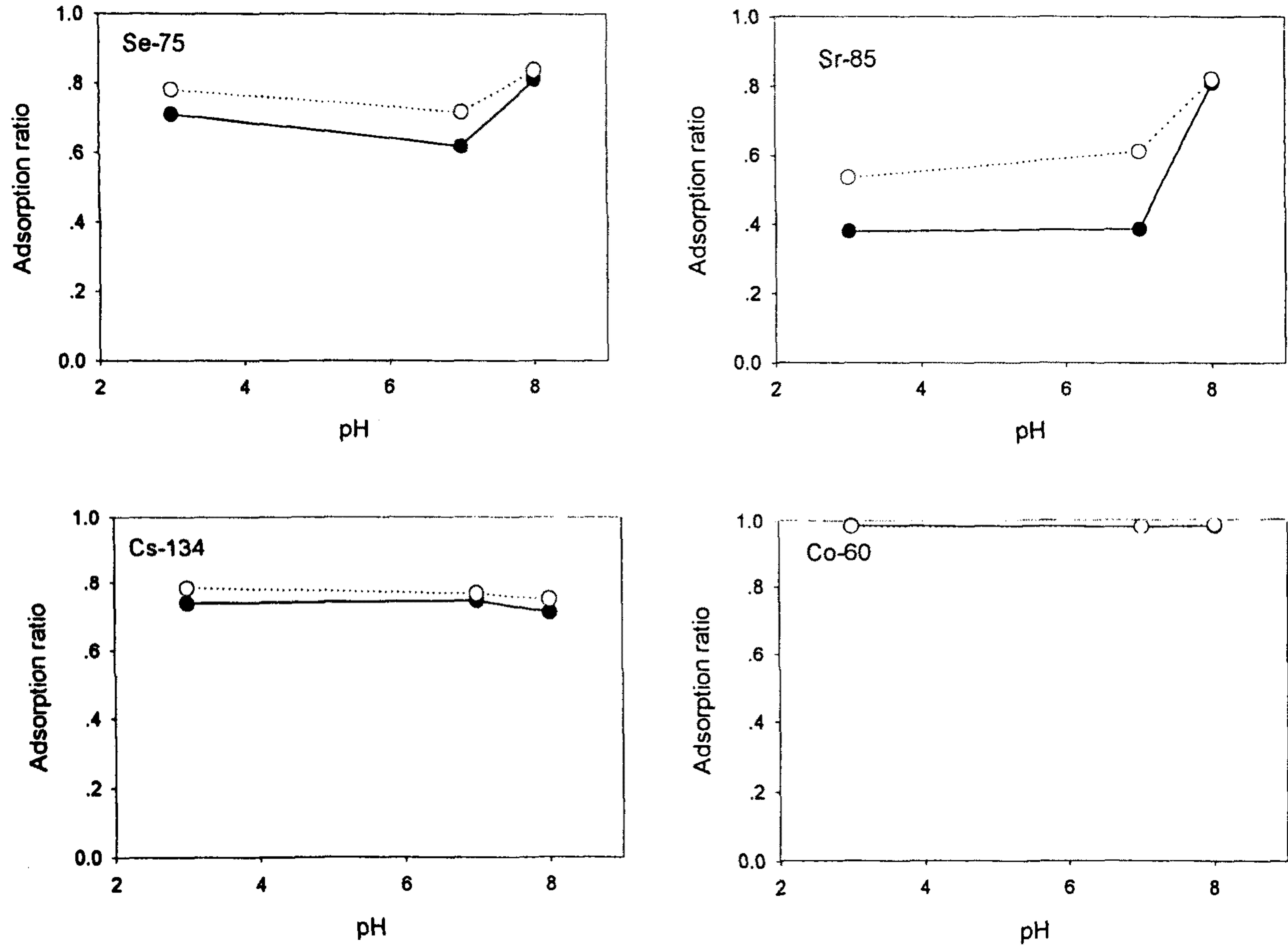


Fig. 3.28 Adsorption on geomedia(GM2) as a function of the pH:
(line: 20days, dot: 40 days contact)

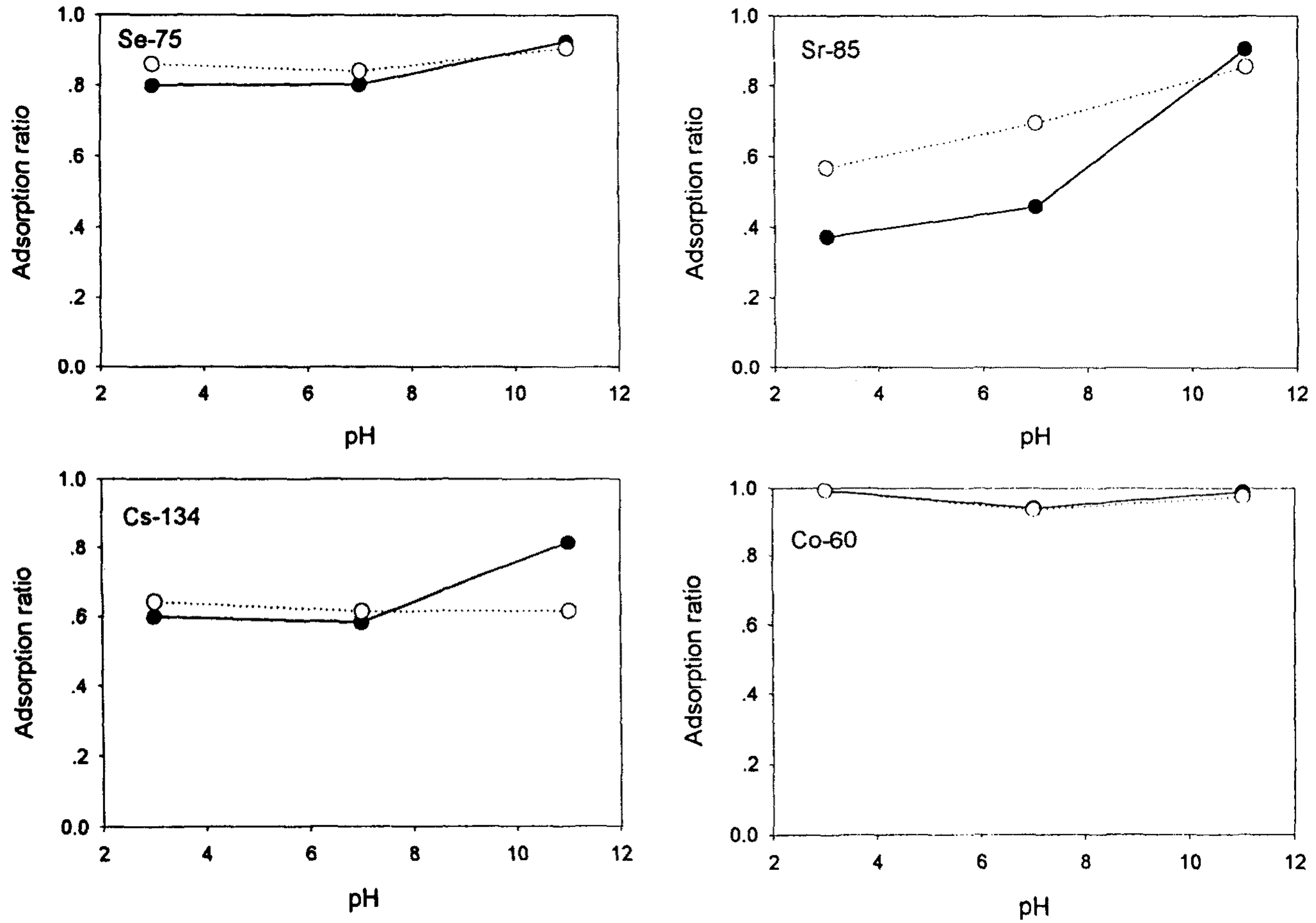


Fig. 3.29 Adsorption on geomeia(GM3) as a function of the pH:
(line: 20days, dot: 40 days contact)

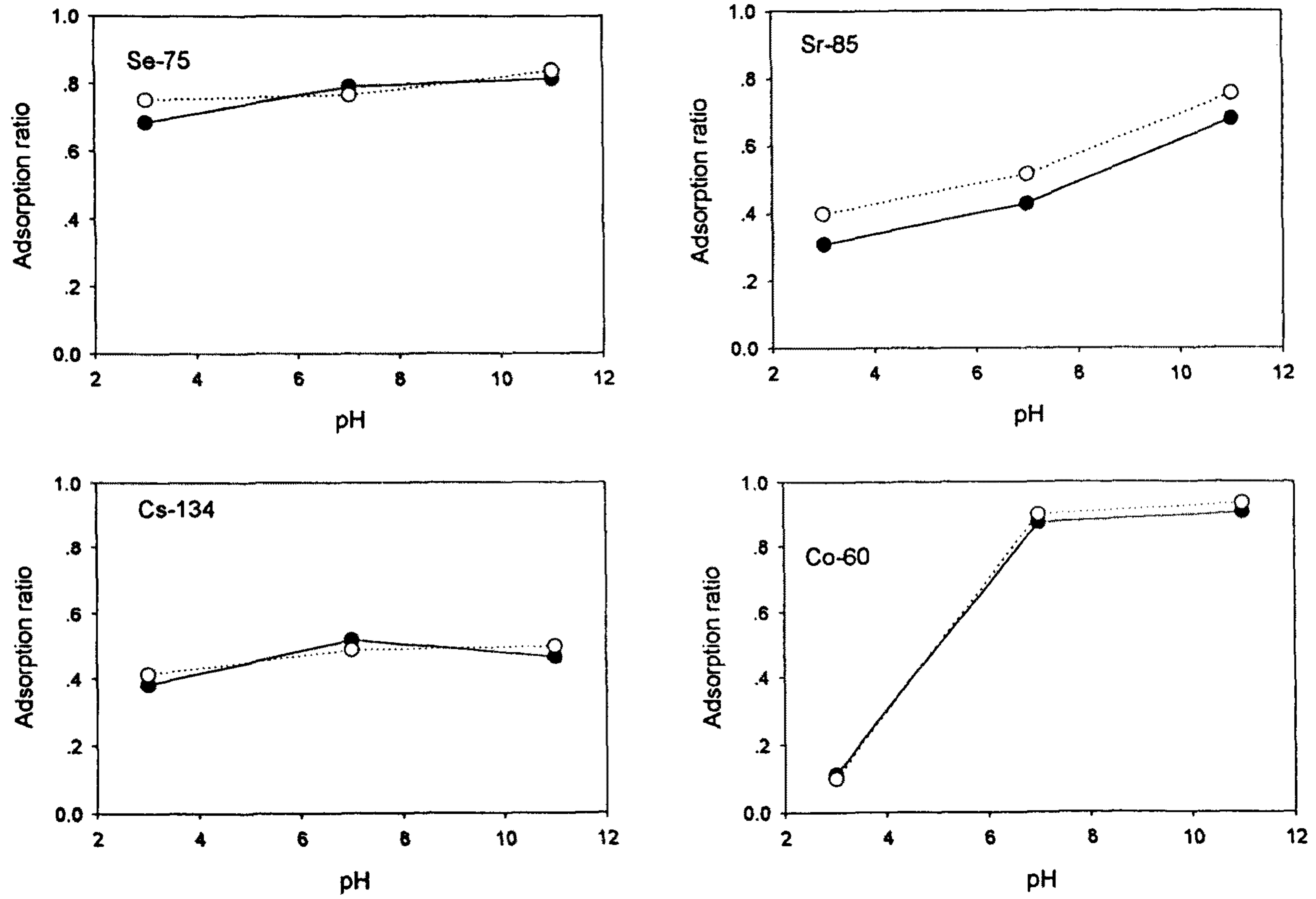


Fig. 3.30 Adsorption on geomeia(GM4) as a function of the pH:
(line: 20days, dot: 40 days contact)

나. 탈착특성(D series)

이 실험은 6주간의 시료(지하수, 매질) 전처리 및 6주간의 흡착기간 그리고 6주간의 탈착기간이 소요 되어 그 실험 결과는 2차년도에 나오게 될 것이다.

다. 용기흡착 영향(C series)

실험기간을 6개월 이상으로 계획하였기 때문에 지하수-지질매질계에서의 핵종의 분배계수를 정확하게 산출하기 위해서는 용기내벽(inner surface)에 흡착되는 정도를 확인할 필요시는 이를 보정 할 수 있어야만 할 것이다 (이길용, 윤윤열, 1995).

용기에 대한 여섯 종류의 핵종들의 흡착율을 20일과 40일 후에 측정하여 Fig. 3.31에 나타내었다. pH가 증가하고, 교반기간이 증가했을 때 용기흡착도 증가하였으며, ^{46}Sc 및 ^{241}Am 은 pH 7, 10에서 50이상 100%가까이 Tube 내벽에 흡착되었음이 확인되었다. 이러한 용기흡착은 실험조건에 따라서 크게 차이가 있으므로, 실제 실험과정과 동일한 조건으로 실행하는 것이 무엇보다 중요하다.

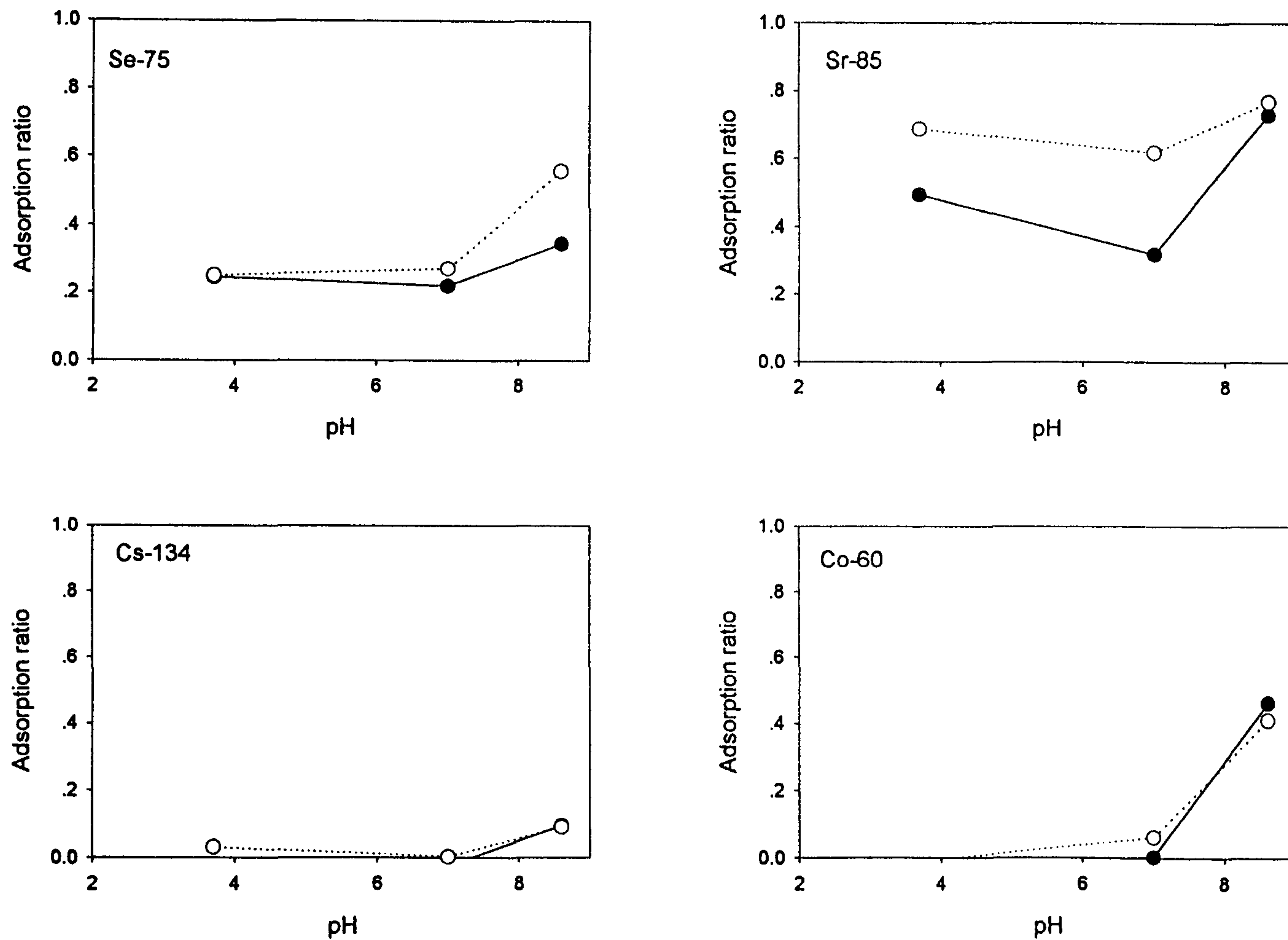


Fig. 3.31 Adsorption on tube surface as a function of the pH
(line: 20 days, dor: 40 days contact)

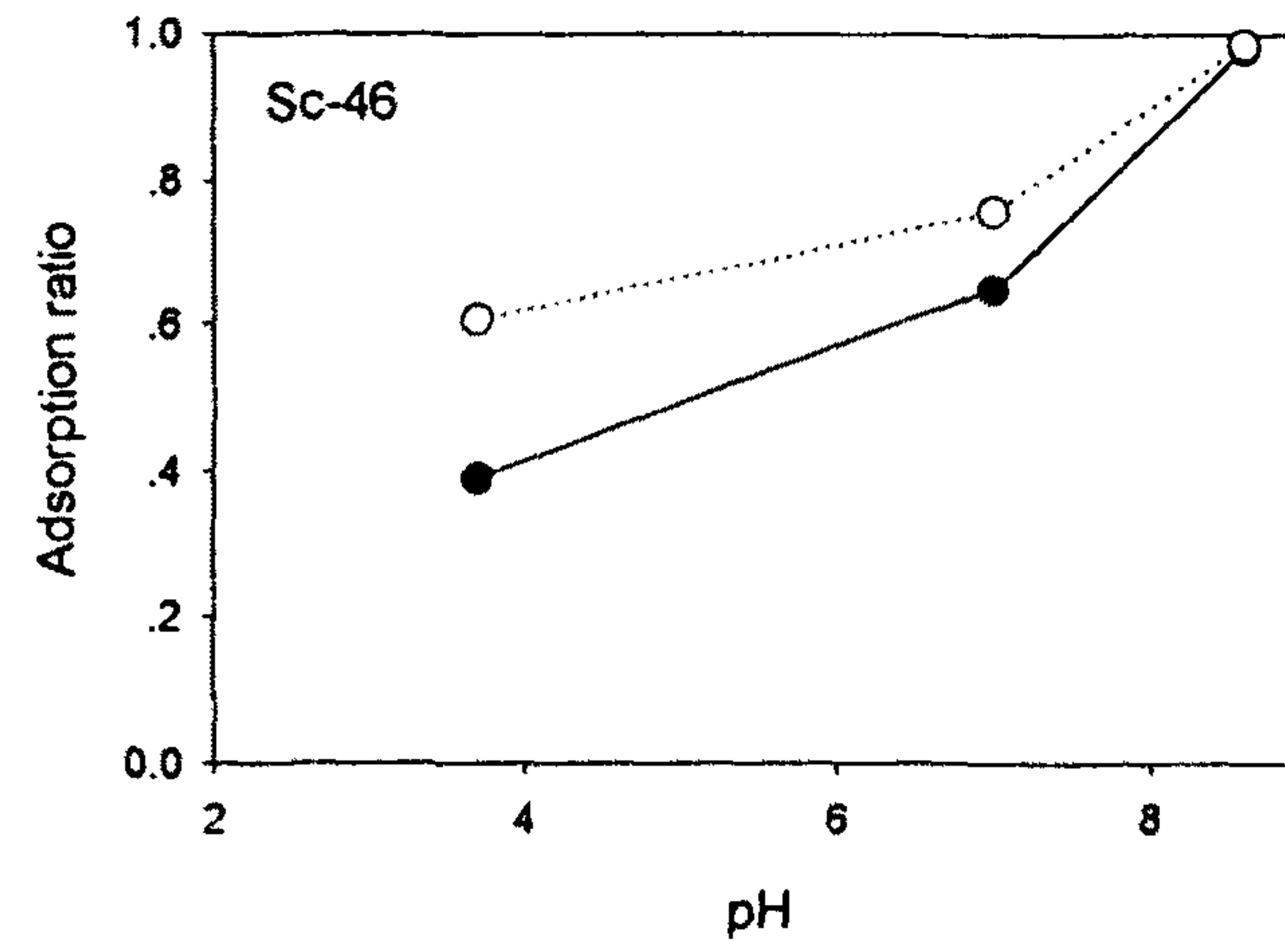
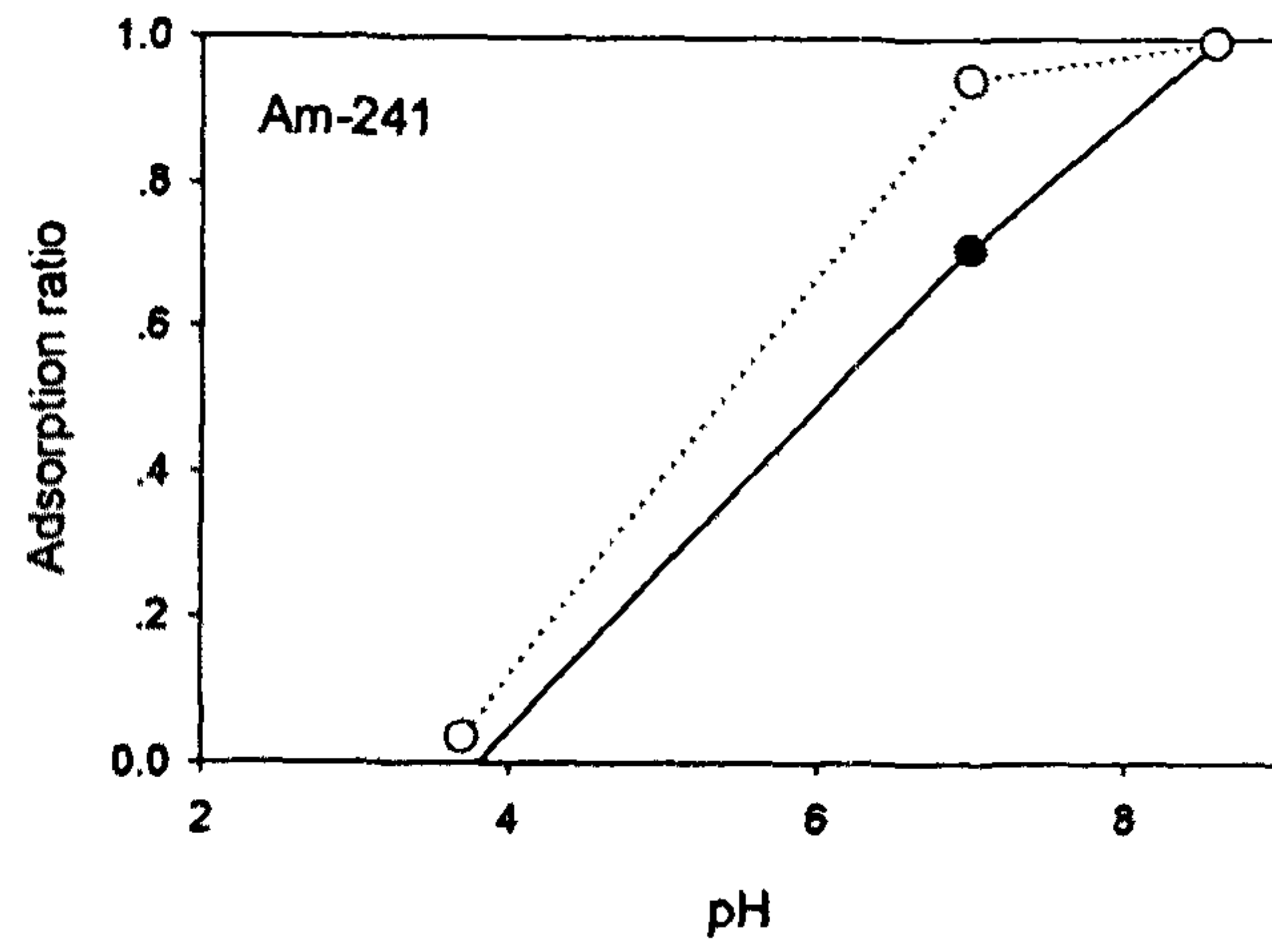


Fig. 3.31 (Continue)

제4장 결론 및 종합 토의

제1절 단열계 특성

연구지역의 지질 및 단열구조의 발달상태에 대한 세부조사 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다:

① 연구 지역인 삼광광산 일대의 지질은 선캠브리아기의 운모편암, 규암, 호상편마암과 백악기의 염기성 암맥, 석영맥등의 맥암류로 구성되어 있으며, 이들은 제4기의 미고결 퇴적층으로 피복되어 있다.

② 삼광광산을 중심으로 반경 5km이내에는 신대리 배미실 마을을 기준으로 서측에서는 NNE-SSW 및 WNW-ESE 방향, 동측에서는 ENE-WSW 및 NW-SE방향의 선구조들이 우세하게 발달한다.

③ NNE-SSW방향의 선구조선은 청양-신양을 연결하는 621번 지방도를 따라 발달하고 있으며, 이의 동측으로는 신대리 중뜸마을 부근에 이와 평행한 선구조선이 3조 발달하고 있다. WNW-ESE방향의 선구조선은 신대저수지를 지나는 것을 비롯하여 이의 북측에 3조가 더 발달하고 있다.

④ ENE-WSW 방향의 선구조선은 삼광광산이 위치하고 있는 골짜기를 통과하는 것 외에 3-4조 발달하고 있다. 그리고, NW-SE 방향의 선구조선은 국사봉의 북측에 위치하는 야광고개를 지나는 것을 비롯하여 3-4조 더 발달하여 있다.

⑤ 단층구조로는 ㉑ 140-170/65-90, ㉒ 248-258/38-40, ㉓ 010/30-44, ㉔ 030-044/72-80, ㉕ 092-098/58-72 등이 지표 및 향내에서 우세하게 관찰되고 있다.

⑥ 지표 및 향내에서 관찰되고 있는 절리계를 주향 및 경사가 비슷한 것끼리 묶어서 하나의 절리군 방향과 빈도수(괄호 안에 적은 숫자)에 따라 분석한 결과 150-172/55-84 가 가장 우세한 절리군으로 나타났으며, 이들은 전단절리(shear joint)

로서 절리간격은 5-25.7cm (평균 14.0cm) 로 관찰된다. 이에 포함되는 절리계들은 가장 우세한 단층군인 140-170/65-90과 직접 영향을 받아 단층과 평행하게 형성된다.

⑦ 빈도수와 단열면 간격에서 가장 우세하게 나타나고 있는 단열군은 지표 및 향 내에서 분석된 단열군(140-172/55-90)과 같은 방향으로서 삼광광산 지역의 주단층이 단열발달에 가장 큰 영향을 주었음을 보여준다.

제2절 암반내 지하수 유동특성

본 연구에서 수행된 현장 시추공에 대한 텔레뷰어 검증, 시추코아에 대한 정량적 분석, 구간별 정압 수리시험, 추적자 시험 등의 결과에 의하면, 연구지역의 지하수는 암반내 발달하는 균열에 의하여 그 유동특성이 조절된다. 따라서, 연구지역의 지하수 유동상태와 지하수를 따른 핵종 내지 환경오염물질의 이동을 규명 내지 예측하기 위해서는 암반내 균열의 발달상태를 정확히 규명할 수 있어야 한다.

구체적인 연구결과는 다음과 같이 요약할 수 있다:

① 구간별 수리상수의 도출에 있어서, 정상류해석 보다 부정류해석에 의한 접근이 보다 단열내 유동특성을 반영하는데 효과적이다.

② 부정류 해석에 의한 수리전도도는 정상류에 의한 방법 보다 약 10 배 정도 높게 나타난다.

③ 부정류해석에 의한 유동차원은 주로 방사상 내지 구상유동 특성을 보인다.

④ 투수량계수와 단열틈과의 상관관계에 의하면, 상부구간은 단열의 발달과 풍화의 진행으로 거의 다공성 연속체개념으로 간주할 수 있다고 판단되며, 하부구간은 대체로 Cubic law 의 전제조건을 만족하는 현상을 나타낸다.

⑤ 정압 수리시험의 결과를 통계처리한 평균 단열 투수량계수는 $6.12 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 이며 단열조별 투수량계수는 set 1, 2, 3가 $3.34 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, $1.36 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 및 $1.41 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 이다.

⑥ 추적자 시험의 결과, 연구지역의 지하수 자체의 유동은 동일 관정에서도 심도에 따라서 다르게 진행되고 있으며, 직선상의 거리가 동일한 경우에도 유동경로가 서로 다름을 지시한다. 결과적으로, 지하수의 유동이 암반내에 발달된 균열에 지배되며, 이들 균열의 연결성과 발달 방향성 등이 지하수의 유동을 조절하는 주 인자임을 지시한다.

⑦ 추적자의 이동에 의한 지하수의 유동속도는 시험구간과 관측구간에 따라서 0.12 m/hr 에서 0.48 m/hr 까지의 변화를 보이며 다르게 나타난다.

⑧ 추적자 시험 구간의 수리전도도는 최대 7.2×10^{-6} m/sec 이며, 이때의 유효공극률은 1.8 % 이다. 이 수리전도도는 동일 구간에서의 정압수리시험 결과를 부정류 해석하였을 때의 수리전도도(3.7×10^{-6} m/sec)와 잘 부합된다.

제3절 용질의 거동 특성

조사지역의 지질매질과 지하수 시료를 사용하여 용질의 흡탈착 반응을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다:

① 지질매질을 지하수에 6주간 접촉시켜 전처리하고 분석한 결과, 전처리 전후에서 주성분의 조성변화는 거의 없었으나 미량성분의 경우 조성비의 증감현상이 관찰되었다.

② 지하수의 조성은 접촉되는 지질매질에 따라서 매우 다르게 변하며, 또한 화학성분에 따라서도 큰 차이를 볼 수 있는데, 특히 변화가 심한 성분은 K와 Fe이었다.

③ 지하수중의 particulates 중 450nm 보다 큰 입자들에서 주로 보이는 성분들 Ca, Na 등이었으며, 200nm로 여과한 잔유물에서는 Ca, Mg, Na, Si는 농도변화가 없었으나 Al, Mn, Ti, Fe, K등은 조성비가 크게는 100배까지 감소하였다. 이들은 200nm-450nm의 입자보다는 450nm이상의 큰 입자에 거의 존재함을 알 수 있다.

④ 지하수에 용해되어 있던 여러 가지의 금속이온들이 지하수에 존재하는 입자들에 의한 흡착된 상태로 존재함이 확인되었다. 이때, ICP-AES 와 PIXE 분석에서 정량되었던 화학성분들 중 Na, Cu, Zn, Ni등은 관찰되지 않았으나 C, O 등 유기물의 구성원소가 관찰되었다.

⑤ 용기흡착 및 반감기를 고려 하지 않은 경우, 네종의 핵종의 흡착율은 A1, A2, A3 series에서는 거의 같은 양상을 보이며, 특히 ^{60}Co 의 경우는 pH와 무관하게 교반 20일 부터 거의 100% 지질매질에 흡착되며, ^{75}Se , ^{85}Sr , ^{134}Cs 는 계의 pH가 증가할수록 흡착율이 증가한다. 교반기일에 따른 변화는 ^{85}Sr 이 교반 20일의 30~40%에서 교반 40일에는 80% 이상으로 증가하였다.

제4절 연구방법 및 기술에 대한 고찰

1. 코아조사 및 초음파 주사검층자료 비교

코아조사 자료에서는 단열면들의 주향과 경사를 알 수 없는 단점이 있으나, 이는 초음파 주사검층으로서 대치할 수가 있다. 초음파 주사검층 자료에서의 주향과 경사는 코아의 연결성이 좋은 부분에서 검증한 결과 매우 만족스러운 것으로 나타났다.

코아조사 자료와 초음파 주사검층 자료간에 가장 많은 차이를 보이는 부분은 closed joint에 대한 인지정도가 서로 다르다는 것이다. 즉, 코아조사 기록에 나타나 있는 절리면을 초음파주사검층 자료에서는 인지하지 못하였거나 또는 그 반대의 경우가 나타난다. 서로간에 누락시키는 정도는 closed joint의 전체에 대하여 약 20% 내외이다.

다음으로는 초음파주사검층 자료에서는 암석강도가 약한 부분에 대하여 단열의 발달정도를 약간 과장하는 경향이 있는 것으로 나타나고 있다. 초음파 주사검층 자료에서 단열의 발달정도에 따라 code number를 강한 것부터 1,2,3의 순으로 정하고 있다. 그런데, 시추코아에서는 비슷한 정도로 발달하여 있는 절리에 대하여 초음파주사검층 자료에서는 code number가 서로 다르게 나타나는 경우가 흔하다. 이는 같은 정도로 발달한 단열의 경우라도 초음파 주사검층 당시의 시추공벽의 손상여부에 따라서 code number가 결정되기 때문으로 보인다. 즉, code 3으로 기록될 closed joint의 경우라도 절리내에 충전되어 있던 방해석이 떨어져 나올 경우에는 code 2로 기록한 것으로 추측된다.

이러한 예는 단층의 영향으로 파쇄되었던 부분이 다시 고결상태로 보존되어 있는 경우에서도 나타나고 있다. 즉, 이와 같은 재고결 전단부(consolidated shear part)에서 상하부의 단층면을 제외하고 중간 부분에 단열면의 발달이 없는 경우라도 중간부분은 연약한 곳이므로 시추작업시에 손상을 입게 되어 시추공벽은 매끄럽지 못하게 된다. 이러한 부분에서의 closed joint는 초음파 주사검층 결과에서 대부분 code 2로 기록되고 있다. 그리고, 재고결 전단부라 하더라도 이의 폭이 좁아 공벽의 손상이 거의 없는 경우에는 전혀 인지를 못하는 경우도 나타나고 있다.

결론적으로 말하면, 초음파주사검층 자료는 시추코아조사 자료에 비하여, 단열면의 방향결정에 있어서는 매우 우수하나, 단열면의 인지 정도는 약간 불량하며 임의성이 강한 것으로 판단된다.

2. 코아조사, 초음파 주사검층자료 및 정압 수리시험 결과의 비교

단열계와 지하수유동간의 관련성을 규명하기 위하여 시추코아조사, 초음파 주사검층 자료, FIL test 자료를 종합적으로 비교 검토하였다. 이를 위하여는 FIL test 시험구간에 대한 시추공내의 단열 발달 상태를 알아야 한다. 먼저 초음파 주사검층 자료에서 closed joint로서 나타나고 있는 code 3를 제외하고 code 1, code 2, code 9에 해당되는 것들만을 선택하였으며, 이에 해당되는 단열들을 코아조사 자료에서 발췌하였다. 그 이외에 코아조사 자료에서는 지하수유동과 관련이 있을 것으로 생각되는 단열들이 추가로 선택되었다. 이렇게 선택된 자료들은 FIL test 시험구간별로 정리하여 Table 4.1, Table 4.2, Table 4.3 의 표에 수록하였다.

이들 표에서 서로간의 관련성을 분석한 결과 단열계 분석에서 우세하게 나타나고 있는 단열군들이 지하수유동과 관련이 있는 것으로 보이고 있으나, 체계적으로 정확하게 그 관련성을 설명하기에는 조사가 다소 미흡하다. 따라서 이 부분에 대한 조사가 좀 더 정밀하게 추가 조사되어야 할 것이다.

Table 4.1 Comparison of fracture data among core logging, televiewer logging and FIL test results from borehole B-1

Fractures on core logs Depth(roughness, infillings)	Fractures on Televiewer logs Depth(attitude)	FIL test Intervals,m (l/min)
• 4.40, 4.55(R, i.s) 4.59(M, i.s) 4.63(R, i.s) 4.85(R, i.s) 5.95(M, i.s) 6.40, 6.50(S, c.c) 6.65, 6.70(M, c.c) • 7.75(S, c.c) 7.95(R, i.s) 8.05(M, i.s) 8.10(M, chlorite) 9.70(R, c.c) 10.65(R, c.c, i.s) • 11.05, 11.15(R, c.c) 11.70(M, c.c) 13.10, 13.41, 13.48, 13.50, 13.58(M, c.c) • 15.80(R, c.i, P) 16.61(R, c.c) 17.22(M, c.c) 17.46(M, c.c,P) • 17.69, 17.85, 18.92, 18.97(M, c.c) 20.79(M, c.c) • 21.75, 21.80(S, c.c) • 28.23(S, c.i) 31.08, 31.10(S, c.i) • 32.30-33.90(F, SH) 34.43(S) • 35.60, 35.75(R, crt) 37.50, 37.55(M, c.c) • 39.62, 39.81(M, c.c) 39.91(R, c.c) 40.00(S, c.i, crt) 40.10(R, c.c) 40.15(M, c.c) 40.35(M)	• 4.48(201/60) 5.62(279/40) 6.11(148/66) 6.72(001/53) • 7.53(068/63) 7.70(318/11) 7.78(329/72) 7.82(268/10) 7.86(344/57) 9.64(272/43) • 10.92(295/39) 12.13(326/08) 12.85(331/45) 13.26(254/04) • 15.54(030/80) 15.89(215/83) 16.24(025/06) 17.04(058/62) 17.07(015/25) 17.47(345/41) • 20.71(043/39) • 21.72(181/65) 21.77(174/62) • 28.23(045/78) 30.43(255/49) • 32.23(029/68) 32.45(173/85) 32.61(045/69) 32.89(061/59) 33.27(177/60) 33.65(185/67) 34.53(065/68) • 35.71(171/69) 37.49(162/66) • 39.99(189/66) 40.12(195/76) 40.24(197/70) 40.29(200/53)	• 4.0 - 7.4 (2.25) • 7.4 - 10.8 (0.47) • 10.8 - 14.2 (0.9) • 14.2 - 17.6 (3.6) • 17.6 - 21.0 (4) • 21.0 - 24.4 (0.071) • 24.4 - 27.8 (0.16) • 27.8 - 31.2 (0.016) • 31.2 - 34.6 (0.016) • 34.6 - 38.0 (0.171) • 38.0 - 41.4 (1.9)

Table 4.1 (continues)

Fractures on core logs Depth(roughness, infillings)	Fractures on Televiewer logs Depth(attitude)	FIL test Intervals,m (l/min)
• 42.70(M, c.c, P)	• 42.99(279/71)	• 41.4 -44.8 (0.93)
• 44.92(M, c.c) 45.10(R, c.c)	• 44.90(298/67) 45.13(166/68)	• 44.8 - 48.2 (0.142)
45.45(M, c.c) 45.95-47.40(F, SH), 46.20(S) 46.26(S)	45.13(179/66) 45.40(193/65) 46.15(166/65) 46.24(157/60)	• 48.2 - 51.6 (0.018)
46.33(S) 46.40(S) 46.55(S)	46.34(121/45) 46.39(110/45)	• 51.6 - 55.0 (0.017)
46.98-47.40(core loss)	46.76(175/67) 46.80(176/66)	• 55.0 - 58.4 (0.001)
47.52(R, c.i)	47.16(144/45) 47.32(142/53)	• 58.4 - 61.8 (0.001)
• 65.44, 66.10(R, c.c)	47.36(131/57) 47.46(158/56)	• 61.8 - 65.2 (0.001)
68.16-68.72(F, c.c)	• 65.86(182/67)	• 65.2 - 68.6 (0.012)
• 68.80-69.50(F, c.c, g&b)	• 69.01(029/84) 69.51(200/82)	• 68.6 - 72.0 (0.022)
• 72.30(M, c.c) 72.72(M, c.i)	69.90(033/84)	• 72.0 - 75.4 (0.213)
• 75.58(R, c.c) 76.27(R, c.c)	• 72.43(071/75) 72.56(163/66)	• 75.4 - 78.8 (0.79)
	• 75.60(153/59) 76.27(151/48)	

► Abbreviations in core log data

(1) Roughness : M;smooth, R;roughness, S;slickensided,

(2) F; fault plane, SH;sheared weak part,

(3) Infillings : c.c;calcite coated, c.i;calcite infilled, crt;calcite crystals,
g&b;fault gouge and breccia, i.s;iron stained, p;pyrite

► In televiewer log the bold characters are applicable to code 1,

the underlined data applicable to fault, and the others applicable to code 2.

Table 4.2 Comparison of fracture data among core logging, televiewer logging and FIL test results from borehole B-2

Fractures on core log Depth(roughness, infillings)	Fractures on Televiewer log Depth(attitude)	FIL test Intervals,m (l/min)
<ul style="list-style-type: none"> • 3.42(R, i.s) 3.56, 3.60(M, i.s) 4.10, 4.22(M, i.s) 4.23(S, i.s) 4.80, 4.89(R, i.s) 5.58(S, i.s) 5.66(R, i.s) 5.76(M, i.s) • 6.90(R, c.i, i.s) 8.45(R, c.c) 8.71, 8.74(M, c.c) 8.95(M, c.i) 9.22(S, g) • 13.20(M, c.c) • 14.08-14.30(F, SH,c.c) • 18.60, 18.65(S, c.c) 18.70(M, c.c) 19.33(R, c.c) 19.65, 19.75(S, c.c) • 20.58-20.83(F, SH) <u>22.24-26.10(F, SH)</u> 22.97(M, c.c, crt) • 31.35-31.70(F, SH) 31.35, 31.50, 31.82(S, c.c) • 35.07-35.51(F, SH, c.c) • 38.38(S, closed) 40.78(S, c.c, p) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.50(231/08) 3.65(210/04) 3.68(282/28) 4.32(223/33) 4.34(158/76) 4.99(294/15) 5.70(174/68) • 6.94(246/17) 8.41(156/49) 8.69(187/63) 8.81(116/64) 9.04(113/59) 9.28(202/65) • 13.16(290/68) • 14.07055/48) • 18.66(164/71) 19.05(057/36) 19.17(048/56) 19.64(283/05) • 20.68(261/56) 21.25(060/63) 21.28(033/71) 21.39(027/64) 21.98(034/68) 22.69(168/53) 22.77(160/71) 23.08(019/50) 23.35(037/32) 23.51(076/41) 23.61(076/53) • 23.81(189/66) 23.89(168/66) 24.80(165/49) 24.89(144/57) 24.93(356/84) 25.17(173/66) 25.19(175/77) 25.24(166/38) 25.52(178/32) 25.68(057/59) • 31.42(165/78) 31.84(046/39) • 35.08(147/56) 35.10(181/64) 35.16(174/52) 35.19(178/53) 35.33(145/37) • 38.34(165/62) 40.79(165/52) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.4 - 6.8 (4.6) • 6.8 - 10.2 (0.2) • 10.2 - 13.6 (0.095) • 13.6 - 17.0 (2.9) • 17.0 - 20.4 (0.048) • 20.4 - 23.8 (0.138) • 23.8 - 27.2 (0.032) • 27.2 - 30.6 (0.002) • 30.6 - 34.0 (2.8) • 34.0 - 37.4 (0.002) • 37.4 - 40.8 (0.05)

Table 4.2 (continues)

Fractures on core log Depth(roughness, infillings)	Fractures on Televiewer log Depth(attitude)	FIL test Intervals,m (l/min)
• 42.35(S, c.i, SH) 44.10(S)	• 41.04(182/62) 42.31(073/70)	• 40.8 - 44.2 (0.058)
• 44.27(S, c.i) 44.80,	• 42.40(063/63) 43.51(151/65)	• 44.2 - 47.6 (0.102)
44.90(M, c.c) 45.00(S, c.i,	43.99(024/16) 44.00(157/55)	• 47.6 - 51.0 (0.0075)
chlorite) 45.10(S, c.c, p)	• 44.30(172/57) 44.79(184/81)	• 51.0 - 54.6 (0.003)
<u>45.60-51.81(F, SH)</u>	• 44.85(040/39) 44.87(151/22)	• 54.6 - 58.0 (0.004)
45.63(F, c.i, chlorite)	• 44.97(013/64) 45.04(012/73)	• 58.0 - 61.4 (0.001)
46.12(S, c.i)	• 45.61(172/69) 45.79(354/66)	• 61.4 - 64.8 (0.008)
46.62-46.94(F,SH,c.i,g&b,	46.15(185/77) 46.62(194/77)	• 64.8 - 68.2 (0.007)
chlorite) 47.00(S,c.i)	47.01(008/71) 47.28(184/74)	• 68.2 - 71.6 (0.37)
47.29(R, c.i) 47.40(S)	47.34(205/42)	• 71.6 - 75.0 (0.86)
• <u>45.60-51.80(F, SH)</u>	• 47.91(136/70) 48.08(032/73)	• 75.0 - 78.4 (0.097)
• 53.99(S)	• 48.58(191/84) 48.95(138/56)	
• 57.57(S, c.c, c.i)	<u>49.17(161/64)</u> <u>49.38(146/48)</u>	
• 59.45-59.55(F, SH, c,i)	<u>49.51(142/52)</u> 50.15(170/43)	
• 61.56, 61.62, 61.63(S)	• 53.94(137/48)	
63.20(S, c.c, crt)	• 57.43(156/63)	
• 65.06(R, c.i) 65.06-65.14,	• 61.53(138/48) 61.56(151/47)	
65.81-66.42(SH)	• 64.97(143/72)	
• 69.18, 69.26(S) 71.53(M,	• 69.21(151/53) 71.57(013/57)	
c.c)	• 72.51(211/85) <u>73.33(183/64)</u>	
• 71.73-73.60(F, SH)	• 77.08(179/59) 77.21(152/58)	
72.46(S, c.i) 73.30(S, c.i)	77.37(155/53) 77.73(126/67)	
• 77.01-77.30(F, SH)		
77.80(M, c.c)		

► Abbreviations are the same as Table 4-1

Table 4.3 Comparison of fracture data among core logging, televiewer logging and FIL test results from borehole B-3

Fractures on core log Depth(roughness, infillings)	Fractures on Televiewer log Depth(attitude)	FIL test Intervals,m (l/min)
• 3.25, 3.45(R, i.s) 3.63(M, i.s) 3.92(M, i.s) 4.02(S, i.s) 4.60(R, i.s) 4.72(M, i.s) 5.00(M, i.s) 5.24(M, i.s) 5.30(R, i.s) 5.85(S, i.s) 6.28(M, c.c, i.s) 6.47(i.s) • 8.00(i.s) • 10.35(M, c.c, i.s) 11.36(M, c.c) • 15.06, 15.15(R, i.s) 15.96(M, c.c) 16.56(R, c.c, i.s) • 18.10, 19.18, 19.83(M) 20.04, 20.22(M,c,c) 20.79(M) • 21.78(S) 22.23(S,c.c) 22.90(R) 23.48, 23.94(M) • 24.76(R, c.c) 25.60, 27.30, 27.35, 27.39, 27.44, 27.50(M,c.c) 27.63(S) 27.73(M) 27.76(S) • 28.73(R) 28.40(S) 29.95(R) • 31.88, 32.00, 32.05(M, c.c) 32.60, 32.82(M) 33.08(M, c.c) • 37.38(S) 37.40(M) 37.69(S) • 39.88, 39.92(M) 40.35(S)	• 30.4(313/16) 3.30(154/47) 3.37(207/29) 3.58(272/28) 4.00(051/64) 4.57(155/64) 4.70(351/46) 4.97(299/05) 5.21(206/57) 5.28(135/47) 5.85(131/52) 6.31(033/56) 6.39(058/05) • 8.02(279/32) • 10.36(014/48) 11.44(358/35) • 14.99(225/07) 15.11(014/09) 16.00(074/66) 16.84(153/22) • 18.57(227/20) 20.27(299/08) • 21.83(311/16) • 24.81(024/64) 25.34(394/10) 27.57(035/70) 27.72(023/71) • 28.35(080/27) 29.80(160/70) • 31.82(172/38) 31.94(171/31) 32.51(164/11) 33.08(342/65) • 37.23(177/60) 37.35(161/42) 37.44(056/63) 37.65(174/68) • 39.44(281/34) 39.49(333/41) 39.83(177/46) 40.37(346/48)	• 3.0 - 6.6 (2.9) • 6.6 - 10.2 (0.21) • 10.2 - 13.8 (3.3) • 13.8 - 17.4 (5.35) • 17.4 - 21.0 (5.2) • 21.0 - 24.6 (3.75) • 24.6 - 28.2 (5) • 28.2 - 31.8 (1.23) • 31.8 - 35.4 (1.25) • 35.4 - 39.0 (0.009) • 39.0 - 42.6 (0.182)

Table 4.3 (continues)

Fractures on core log Depth(roughness, infillings)	Fractures on Televiewer log Depth(attitude)	FIL test Intervals,m (l/min)
41.86(M, c.c) 42.30(M)	41.94(155/72) 42.30(344/39)	• 42.6 - 46.2 (0.172)
• 42.86, 43.68, 44.37(M)	• 42.60(044/57) 42.60(038/57)	
45.19, 45.28(M, c.c)	43.76(135/00) 44.42(276/57)	
• 47.62-52.10(F, SH)	45.10(328/54)	• 46.2 - 49.8 (0.005)
49.77(M)	• 49.26(148/48) 49.67(149/65)	
50.00-50.92(core loss)	49.77(163/61)	• 49.8 - 53.4 (0.035)
• 51.71-52.10(SH)	• 49.94(004/64) 50.22(158/69)	• 53.4 - 57.0 (0.006)
51.28, 51.32(S)	• 50.24(127/52) 50.37(085/64)	• 57.0 - 60.6 (0.04)
• 55.31, 55.45(M) 56.39(M, c.c)	50.53(169/62) 50.59(093/34)	• 60.6 - 64.2 (0.002)
• 58.80(S, c.c) 58.92(R)	50.67(038/43) 50.69(105/44)	• 64.2 - 67.8 (0.068)
59.03(M) 59.36(M)	51.03(166/57) 51.12(171/53)	• 67.8 - 71.4 (0.95)
• 64.8(M) 65.12(S, c.c)	51.76(169/38) 51.83(129/56)	• 71.4 - 75.0 (2)
• 69.20, 69.33, 69.37(M, c.c)	52.09(127/47) 52.51(047/64)	• 75.0 - 78.6(0.012)
69.38(S) 69.85(S, c.c)	53.23(140/61)	
70.00-70.60(F, SH)	• 54.31(147/45) 55.28(167/61)	
• 72.50-73.20(F, SH)	55.46(127/51) 56.35(110/61)	

►Abbreviations are the same as Table 4.1.

제5절 추후 연구에 대한 제안

암반 지하수 유동해석에 관한 정량적인 평가를 위해서는, 유동해석을 위한 모델개발의 중요성과 함께 모델의 기본자료인 입력자료의 수집, 자료처리/분석, 현장 및 실내 시험에 대한 전반적이고 종합적인 평가기술의 발전이 요구된다. 이를 분야별로 간략히 기술하면,

① 단열계 조사분야

단열의 틈, 크기, 연결성 및 충전물질 등은 단열투수량계수에 영향을 미치며, 결과적으로 지하수의 유동에 절대적인 영향을 미친다. 따라서, 단열의 이러한 특성을 정량적으로 정확히 규명하기 위한 조사기술이 국내외적으로 개발 중에 있다.

본 연구에서는 시추코아의 단열흔적 및 암석/광물성분에 대한 조사와 텔레뷰어 검층을 통하여 시추공 벽에 대한 물리적 특성변화로부터 단열 발달상태를 분석하여 이들의 결과를 비교함으로써 각 방법의 기술적 한계와 해석결과의 차이 등을 고찰한 바 있다. 상기한 두가지 기술은 독립적으로 수행되기보다는 동시에 수행되어야 정확한 암반 단열의 발달상태를 규명할 수 있을 것으로 사료된다.

나아가서, 텔레뷰어 검층기술은 현재 개발과 적용과정에 있는 기술로, 보다 많은 암반지역에서 적용되어 그 해석결과가 코아분석 등의 다른 기술의 적용결과와 지속적으로 비교검증되어 확실한 기술로 자리매김을 할 필요가 있다.

② 암반의 수리특성 분야

단열을 주 유동경로로 이동하는 지하수는 그 유동의 양적/질적 변화를 평가/예측하기 위해서는 무엇보다 먼저 유동경로에 대한 확인과 이 경로의 수리적 특성 평가작업이 정확히 이루어져야 한다. 균열은 발달이 지역적으로 제한되어 있다면, 이를 통한 지하수의 유동 역시 제한될 수 밖에 없다. 또한 균열의 발달이

광역적이라 하여도, 각 균열들간의 연결성이 좋지 못하면, 역시 지하수의 유동이 한정된다. 따라서, 이러한 암반내 균열의 형태적, 분포특성을 반영하는 암반의 수리특성 평가기술의 개발이 시급하며, 이에 대한 기술은 국내뿐만 아니라 선진 외국에서도 현재 개발 중에 있다.

본 연구에서는 일정구간에 대한 정압 주입시험(FIL tests)를 수행하여 3.4 - 3.6 m 의 구간에 대하여 수리특성을 평가하였다. 또한, 지하수를 통한 오염물질의 유동특성과 관련하여 용질(Cl^-)을 사용한 추적자 시험을 수행하여 용질의 이동 속도와 이에 근거한 균열 암반의 수리특성을 연구하였다. 이와 같은 시험은 지하 환경의 오염방지와 오염확산을 예측하기 위한 기초자료로 필수적이나, 국내에서는 시도된 예가 많지 않다. 따라서, 보다 확실한 기술확립을 위하여 국내의 다양한 연구지역에서 이 기술의 적용이 고려되어야 할 것이다.

현재 구간별 수리특성 조사에 문제점으로는 암반 심부의 균열에 대한 조사시 특정구간에서의 추적자의 변화를 직접(*in-situ*) 측정할 수 있는 기술이 필요하다는 것이다. 본 조사에서는 Cl^- 의 농도변화를 지하수내 전기전도도(EC)를 측정함으로써 직접 관측하였으나, 실제로 추적자 자체를 측정하는 기술의 개발이 진행 중에 있다. 나아가서, 추적자 시험과 유사한 개념으로 지하수의 연대측정 등을 통한 지구화학적 접근방법 등의 현장 실증시험이 추후 연구과제로 제안된다.

③ 유동모델링

암반내의 단열계를 모사하고, 이로부터 지하수의 유동을 예측하기 위한 모델링 분야에 대해서 본 연구에서는 DFN 개념을 적용한 상용 프로그램인 FracMan 과 이에 수반되는 패키지 프로그램들을 사용하였다. 이들을 사용하는데는 입력 자료의 신뢰도가 모델링 결과의 신뢰도와 직결된다는 관념이 중요하다. 즉, 모델링의 활용도는 그 입력자료의 신뢰도에 따라서 명암이 분명해진다.

암반내 균열의 발달과 분포를 모사하기 위한 기존에 상용화된 통계학적, 수치적 모의 프로그램등이 많이 있으나, 이들은 지역적인 현상(지역적 자료)에 대하여

장기 관측자료에 의거한 검증이 수반되어야 한다. 이를 위해서는 단열저류체 및 단열을 통한 지하수 유동에 관하여 지속적인 투자와, 장기적인 연구를 수행할 수 있는 연구지역 내지 well site 등의 확보가 시급하다.

④ 용질의 거동특성 규명

본 연구에서는 지하수내 용질을 대신하여 핵종의 흡/탈착 특성에 대한 실내 씨물레이션을 지속적으로 수행중에 있다. 이 부분에 대한 연구는 장기간에 걸친 지속적 연구를 필요로 하며, 이러한 일련의 연구가 종료되어야 각 실험 환경의 변화에 따른 핵종의 화학적 변화특성을 규명할 수 있다. 이러한 이유로 인하여 본 보고서에서는 이 분야에 대한 부분적인 연구내용만이 보고되었으나, 보다 종합적인 흡탈착 특성에 대해서는 연구 2차년도에 최종 연구후에 결과를 보고할 예정이다.

구체적으로 추후연구가 수행예정인 부분에는 용기에 대한 흡탈착 특성의 평가와, 흡착현상의 역반응으로 이해되는 탈착현상을 실내분석하며, 실제로 이들의 가역-비가역성에 대한 연구를 들 수 있다.

참 고 문 헌

- 광업진흥공사, 1968, 탄전지질 및 시추조사보고서.
- 김서운, 김명환, 1969, 예산지질도폭 및 설명서. 국립지질광물연구소.
- 김중렬, 장현삼, 김유성, 현혜자, 김기석, 1993, Geotomography에 의한 암반구조 연구 (III). 한국자원연구소 KR-93(T)-1, 266 p.
- 김중열 외, 1991, Geotomography에 의한 암반구조연구 (I). 과학기술처.
- 김중열 외, 1993, Geotomography에 의한 암반구조연구(III). 과학기술처.
- 김중열 외, 1995, Geotomography에 의한 암반구조연구 (V). 과학기술처.
- 김중열, 김유성, 1995, 탄성과 토모그래피 응용에서 대두되는 문제점 및 한계성. 한국자원공학회지, 32, pp.151-162.
- 김천수, 이은용, 배대석, 김정수, 1993. 정압주입시험을 이용한 지하수유동차원 해석, 지질공학회지, 제2권 2호 pp.149-165.
- 대한석탄공사, 1972, 성주광업소의 지질조사보고서.
- 배대석, 송무영, 1995, 암반의 지하수유동해석을 위한 지하매질의 열극특성 개념에 대한 고찰. 지질공학회지, 제5권 2호, pp.201-213.
- 배대석, 1996, 편마암지역 지하공동주변 단열암반의 지하수유동특성 연구. 박사학위 논문, 충남대학교.
- 손치무, 정창희, 이상만, 1967, 충남탄전정밀지질조사보고서. 탄전지질 조사보고서, 제8호.
- 엄상호, 이민성, 1962, 대흥지질도폭 및 설명서. 국립지질광물연구소.
- 이길용, 윤윤열, 1995, 불순물이동특성 연구. KIGAM Research Report(KR-95(C)-22, 73p.
- 이대성, 유근주, 김광호, 1983, 추가령열곡의 지구조적해석. 대한지질학회지, 제19권, pp19-38.
- 이돈영 외, 1974. 충남탄전정밀지질조사보고서. 상공부, 동아응용지질컨설턴트

- 한국원자력연구소, 1989, 구조거동 및 지질.수문특성연구-편마암지역의 불연속면체계 특성. KAERI/RR-894/89/GE.
- 한국원자력연구소, 1990, 구조거동 및 지질.수문특성 연구 - 수문환경평가기술개발. KAERI-NEMAC/RR-85/90, 92pp.
- 한국원자력연구소, 1993a, 부지특성 및 구조물의 안전성 평가연구 - 수문환경평가기술 개발. KAERI-NEMAC/RR-85/93, 92pp.
- , 1993b, 부지특성 및 구조물의 안전성 평가연구 제 5권 수리지질 특성조사 기술개발. KAERI-NEMAC/RR-86/93, 1993
- 한국원자력연구소, 1994a, 자연방벽 안전성 연구, 수문환경평가기술개발. KAERI-NEMAC/RR-85/94, 69pp.
- , 1994b, 자연방벽안전성연구. KAERI-NEMAC/RR-124/94.
- 한국원자력연구소, 1995, 화학분석.시험절차서. CAM-030, pp.1-5.
- 홍동표, 1993, 충남, 삼광광산의 주변지질과 금은광화작용에 대하여. 석사학위논문, 충남대학교.
- Abelin, H., L. Birgersson, H. Widen, T. Agren, L. Moreno, and I. Neretneik, 1990, Channeling Experiment. Stripa Project TR 90-13, SKB, Stockholm.
- Allard, B., F. Karlsson, and I. Neretnieks, 1991, Concentrations of particulate matter and humic substances in deep groundwaters and estimated effects on the adsorption and transport of radionuclides. SKB Technical Report(91-50).
- Attewell, P.B. and I.W. Farmer, 1976, Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London.
- Axelsson, C.L, E.K. Johnson and W. Dershowitz, 1990, SKB Hard Rock Laboratory Discrete Fracture Modelling. SKB Swedish Hard Rock Laboratory Progress Report 25-89-21, Stockholm.
- Back, W. and J.A. Cherry, 1976, Chemical Aspects of Present and Future Hydrogeologic Problems. Advances in Groundwater Hydrology September : pp.153-172.

- Backhus, D.A. and P.M. Gschwend, 1990, Fluorescent Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as Probes for Studying the Impacts of Colloids on Pollutant Transport in Groundwater. *Environ. Sci. Technol.* 24: pp.1214-1223.
- Baecher, G.B. and N.A. Lanney, 1978, Trace length bias in joint surveys. *Proceedings of 19th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, vol.1, pp.56-65.
- Barker, J.A., 1988, A Generalized Radial Flow Model for Hydrologic Tests in Fractured Rock, *Water Resources Research*, vol.24, pp.1796-1804.
- Barton, C.M., 1978, Analysis of Joint Traces. *Proceedings of 19th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, Am. Ins. of Mining Engineers, 39-40.
- Barton, N., R. Lien and J. Lunde, 1974, Engineering classification in rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mech.*, vol.6, no.4, 189-236.
- Bieniawski, Z.T., 1973, Engineering Classifications of Jointed Rock Masses. *Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng.* 15, 335-344.
- 1989, *Engineering Rock Mass Classifications - A Complete Manual Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*, John Wiley & Sons, 251p.
- Black, J., W. Dershowitz, K.L. Axelsson, T. Doe and K. Been, 1994, Review of SKB Framework for the Geoscientific Characterization of Sites for Deep Repositories with emphasis on the Testing and Numerical Representation of Fractured Crystalline Rock, PR 44-94-001.
- Bowman, R.S., 1984, Evaluation of Some New Tracers for Soil Water Studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: pp.987-993.
- Bowman, R.S. and J.F. Gibbons, 1992, Difluorobenzoates as Nonreactive Tracers in Soil and Ground Water. *Ground Water* 30:8-14.
- Bowen, R., 1980, *Ground Water*. Applied Science Publishers, London.
- Coleman, D.D., W.F. Meents, C.L. Liu, and R.A. Keogh, 1977, *Isotopic Identification of Leakage Gas from Underground Storage Reservoirs - a Progress Report*

- Petroleum Report No. 111. Illinois State Geological Survey, Urbana, IL.
- Crane, S.R. and J.A. Moore, 1984, Bacterial Pollution of Groundwater: A Review. *Water, Air and Soil Pollution* 22: pp.67-83.
- Csallany, S.C., 1966, Application of Radioisotopes in Water Resources Research. In: Proc. 2nd Annual American Water Resource Conference, American Water Resource Association, Champaign, IL, pp.365-373.
- Davis, S.N. and H.W. Bentley, 1982, Dating Groundwater, a Short Review. In: Nuclear and Chemical Dating Techniques, L. Currie(ed.), ACS Symposium Series 176, pp.187-222.
- Dearlove, J.P.L., G. Longworth, M. Ivanovich, J.I. Kim, B. Delakowitz and P.Zeh, 1992, A study of Groundwater-Colloids and their Geochemical interactions with Natural Radionuclides in Gorleben Aquifer System, *Radiochimica Acta*, 52/53, 83
- Deer, W.R. and R.P. Miller, 1964, Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock, Air Force Lab. Technical Report No. AFNL-TR- 65-116, Albuquerque, NM.
- Dershowitz, W.S., 1984, Rock joint systems, Ph. D. Thesis, MIT, Cambridge, Mass, 764p.
- Dershowitz, W.S. and H.H. Einstein, 1988, Characterizing Rock Joint Geometry with Joint System Models, *Rock Mechanics & Engineering* pp.21-51.
- Dershowitz, W.S., J.E. Geier and G.Lee, 1990, FracMan Interactive Discrete Fracture Simulator: User Documentation. Version Beta 2.3. Golder Associates Inc., Redmond W/A.
- Dershowitz, W.S., G. Lee, and J.E. Geier, 1991, FracMan Version β 2.3 Interactive Discrete Feature Data Analysis, Geometric Modelling, and Exploration Simulation User Documentation," Report 913-1358, Golder Associate Inc., Redmond, Washington.
- Dershowitz, W.S. and W.J. Roberd, 1990, Methodology for evaluation of

- exploration strategies: Golder Associates report 883-1577 prepared for NAGRA, Baden, Switzerland.
- Doe, T.W., 1995, Personnel communication
- Doe, T.W. and J.E. Geier, 1990, Interpretation of fracture System Geometry Using Well Test Data, Stripa Project 91-03, SKB, Stockholm.
- Doe, T.W. and J.D. Osness, 1985, Interpretation of Well Test Geometry from Well Tests, Proc. of the International Symposium on Fundamentals of Rock Joints, Bjorkliden, Sweden.
- Doe, T.W. and J. Remer, 1980, Analysis of Constant-Head Well Tests in Nonporous Fractured Rock, Proceedings of the Third Invitational Well-Testing Symposium, Berkely, California, USA.
- Drew, D.P. and D.I. Smith, 1969, Techniques for the Tracing of Subterranean Drainage. British Geomorphological Research Group Tech. Bulletin 2: pp.1-36.
- Dukhin, S.S. and B.V. Derjaguin, 1974, Surface and colloid science, vol. 7, John Wiley & Sons.
- Dzombak, D.A., and F.M.M. Morel, 1990, Surface Complexation Modeling-Hydrous ferric Oxid, John Wiley & Sons.
- Einstein, H.H. and G.B. Baecher, 1983, Probabilistic and statistical methods in engineering geology-Specific methods and examples (PartI: Exploration), Rock Mech. & Rock Eng., Vol.16, pp.39-72.
- Gale, J.E., 1987, Comparison of coupled fracture deformation and fluid flow models with direct measurement of fracture pore structure and stress-flow properties, Proceedings of 28th U. S. Rock Mech. Symp., Tucson, Arizona, June 29~July 1, 1987
- Gaspar, E. and M. Oncescu, 1972, Radioactive Tracers in Hydrology. Elsevier. New York, NY.
- Geier, J.E and C.L. Axelsson, 1991, Discrete fracture modelling of the Finnsjon

- rock mass, Phase 1: Feasibility study, SKB 91-13.
- Geier, J.E., K. Lee, W.S. Dershowitz and G. Sharp, 1990. Stripa Project-Prediction of Inflow into the D-hole at the Stripa mine, TR 90-44, Golder Associates Inc.
- Gerba, C.P., 1983, Virus Survival and Transport in Groundwater. *Dev. Ind. Microbiol.* 24: pp.247-251.
- Gerba, C.P., 1985, Microbial Contamination of the Subsurface. In: *Ground Water Quality*, Ward, C.H., W. Giger and P.L. McCarty (eds.), Wiley and Sons, New York, NY, pp.53-67.
- Gerba, C.P., 1987, Transport and Fate of Viruses in Soils: Field Studies. In: *Human Viruses in Sediments, Sludges, and Soil*. Rao, V.C. and Melnick, J.L. (eds.), CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gerba, C.P. and G. Bitton, 1984, Microbial Pollutants: Their Survival and Transport Pattern to Groundwater. In: *Groundwater Pollution Microbiology*. Bitton, G. and Gerba, C.P. (eds.), Wiley-Interscience, New York, NY, pp.66-88.
- Golder Assoc., 1994, FracMan-Interactive Discrete Feature Data Analysis, Geometric Modeling, and Exploration Simulation (Version 2.306).
- Griffith, A.A., 1921, The phenomena of rupture and flow in solids : *Phil. Trans. Royal Soc. London*, A221, 163-198.
- Grindrod, P., A.W. Herbert, D.L. Roberts, and P.C. Robinson, 1992, NAPSAC Technical Document. AEA D & R Report 0270.
- Hoefs, J., 1980, *Stable Isotope Geochemistry*, 2nd edition. Springer-Verlag, New York, NY, 208p.
- Hubbert, M.K., 1940, The theory of groundwater motion. *J. Geol.*, 48., pp.785-944.
- Huitt, J.A. and S.D. Priest, 1955, Fluid Flow in Fractures. *Amer. Inst. Chem. Eng. Jr.*, vol. 2, pp.259-264.
- Irwin, G.R., 1958, Fracture. in Flugge, S.(ed.), *Encyclopedia of physics*, Springer-Verlag, Berlin, 551-590.

- Kenrick, M.P., P.J. Fennessy, and G. Sharp, 1989, Hydrological Testing of Channelized Rock Fractures; A Numerical Simulation, report prepared for Battel Office of Waste Technology Development by Golder Associates Inc., Redmond Washington, USA.
- Keswick, B.H. and C.P. Gerba, 1980, Viruses in Groundwater. *Environ. Sci. Technol.* 14: pp.1290-1297.
- Keswick, B.H., D. Wang and C.P. Gerba, 1982, The Use of Microorganisms as Ground-Water Tracers: A Review. *Ground Water* 20(2):142-149.
- Kikuchi, K., H. Kuroda and Y. Mito, 1987, Stochastic Estimation and Modelling of Rock Joint Distribution based on Statistical Sampling. *Proceedings of the 6th International Rock Mechanics*, Montreal, Canada, pp425-428.
- Kim, J.I., 1992, Actinide Colloid Generation in ground water. *Radiochimica Acta*, 52/53, 71.
- Kim, J.I., B. Delakowitz, P. Zeh, D. klotz and D. Lazik, 1994, A column experiment for the study of colloidal radionuclide migration in Gorleben Aquifer systems, *Radiochimica Acta*, 66/67, 165.
- Kulander, B.R., C.C. Barton, and S.L. Dean, 1979. The application of fractography to core and outcrop fracture investigation, rep. to U.S.D.O.E., Morgantown Energy Technology Center, METC/SP-79/3, 174pp.
- Kulander, B.R. and S. Dean, 1985, Hackle plume geometry and joint propagation dynamics, *Pro. of Int. Sym. on Fundamentals of Rock Joints*, pp.85-94.
- Lamb, H., 1957, *Hydrodynamics*, Cambridge Univ. Press(6th edition).
- LaMoreaux, P.E., B.M. Wilson and B.A. Mermon (eds.), 1984, *Guide to the Hydrology of Carbonate Rocks*. UNESCO Studies and Reports in Hydrology, No. 41.
- Landström, O., E.L. Tullborg, 1990, The influence of fracture mineral/groundwater interaction on the mobility of U, Th, REE and other trace elements, SKB review

- report.
- LaPointe, P.R., P.C. Wallman and W.S. Dershowitz, 1993, Stochastic estimation of fracture size from simulated sampling, *Int. J. of Rock Mech., Mining Sci. & Geomech. Abstracts. Special Issue : Proc. of 34th U.S. Symp. on Rock Mech.*, Madison, WI.
- Lee, J.H., P.M. Hurley, H.W. Fairbairn and W.H. Pinson, Jr., 1972, Middle or older Precambrian Gneisses of Korea, As Affected by Mesozic Plutonism, pp15-21.
- Lieser, K., A. Ament, R. Hill, R.N. Stingl and B. Thybusch, 1990, Colloids in Groundwater and their Influence on Migration of Trace Elements and Radionuclides, *Radiochimica Acta*, 49, 83.
- Long, J.C.S., J.S. Remer, C.R. Wilson, and P.A. Witherspoon, 1982, Porous media equivalents for networks of discontinuous fractures, *Water Resour. Res.*, 18(3), pp.645-658.
- Long, J.C.S., and P.A. Witherspoon, 1985, The relationship of the degree of interconnection to permeability in fractured network, *J. Geophys. Res.*, vol.90, 3087-3098.
- Maini, Y. N. T., 1977, Experimental and field observations for transport in fractured media, *GSA, Abstracts with Programs*, vol.7, pp.1083.
- Maini, Y. N. T., 1971, In-Situ Hydraulic parameters in Jointed Rock. Ph.D. Dissertation, Imperial College, London, England.
- McLaughlin, M.J., 1982, A Review of the Use of Dyes as Soil Water Tracers. *Water S.A., Water Research Commission, Pretoria, South Africa* 8(4):196-201.
- Moreno, L. and I. Neretnieks, 1991, Fluid and solute transport in a network of channels, SKB TR 91-44, SKB, Stockholm.
- Moser, H. and W. Rauert, 1985, Determination of Groundwater Movement by Means of Environmental Isotopes: States of the Art. In: *Relation of Groundwater*

- Quantity and Quality, F.X. Dunin, Matthess, G. and Gras R.A. (eds.), Int. Ass. Hydrological Sciences Pub. No.146, pp.241-257.
- Moyes, D.G., 1967, Diamond Drilling for Foundation Exploration, Civil Engineering Transactions, pp.95-100.
- Mull, D.S., T.D. Lieberman, J.L. Smoot and L.H. Woosely, Jr., 1988, Application of Dye-Tracing Techniques for Determining Solute-Transport Characteristics of Ground Water in Karst Terranes. EPA/904/6-88/001, Region 4, Atlanta, GA.
- Nelson, R.A., 1985, Geologic Analysis of Naturally Fractured Reservoirs, Gulf Pub. Co., Book Division, Huston, Teaxas, 320p.
- Neretnieks, I, H. Avelin and L. Birgersson, 1989, Some Recent observations of channeling in fracture rocks. Pro. Conf. Geostatical, Sensitivity, and Uncertainty Methods for Groundwater flow, 87 DOE/AECL, Battle Press, pp.387-410.
- Norman, S. and N. Kjellbert, 1990, FAR 31-A far field radionuclide migration code for use with the PROPER package. SKB TR 90-01.
- OECD, 1993, OECD/NEA INTERNATIONAL STRIPA PROJECT, OVERVIEW VOLUME 2, NATURAL BARRIERS, Paul Gnirk.
- Parsons, R.W., 1966, Permeability of Idealized Fractured Rock, Soc. Petrol. Eng. Jr., June, 1966, pp.126-136.
- Pahl, P.J., 1981, Estimating the mean length of discontinuity traces. Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol.18, pp.221-228.
- Priest, S.D. and J.A. Hudson, 1976, Discontinuity spacings in Rock, Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol.13, pp.135-148.
- Priest, S.D. and J.A. Hudson, 1981, Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys. Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol.18, pp.183-197.
- Pusch, R., 1994. Waste Disposal in Rock. Development in Geotechnical Engineering, 76. Elsevier, 490p.

- Rouleau, A. and J.E. Gale, 1985, Statistical characterization of the fracture system in the Stripa granite. Sweden, *Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol.22, pp.353-367.
- Quinlan, J.F., 1989, Ground-Water Monitoring in Karst Terranes: Recommended Protocols and Implicit Assumptions. EPA/600/X-89/050, U.S. Environmental Protection Agency Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, 79 pp.
- Serra, O., 1984, Fundamentals of well-log Interpretation, The Acquisition of Logging Data : Elsevier Publication, v. 1.
- Sharp, J.S., Y.N.T. Maini and T. Brekke, 1972. Evaluation of Hydraulic Properties of Rock Masses. 14th U.S. Symposium on Rock Mech., Pennsylvania, pp481-500.
- Smart, P.L. and I.M.S. Laidlaw, 1977, An Evaluation of Some Fluorescent Dyes for Water Tracing. *Water Resources Research* 13(1): pp.15-33.
- Snow, D.T., 1965, A Parallel Plate Model of Fractured Permeable Media", Ph.D. Dissertation, Univ. of California.
- Sobsey, M.D. and P.A. Shields, 1987, Survival and Transport of Viruses in Soils: Model Studies. In: *Human Viruses in Sediments, Sludges and Soil*, Rao, V.C. and Melnick, J.L.(eds.), CRC Press, Boca Raton, FL.
- Stumm, W. and J.J. Morgan, 1981, *Aquatic Chemistry—An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*, John Wiley & Sons.
- Terzaghi, R., 1965, Sources of error in joint surveys, *Geotechnique*, vol.15, 287-304.
- Thornhill, J.T. and B.G. Benefield, 1990, Injection-Well Mechanical Integrity. EPA/625/9-89/007, 123 pp. Available from CERL.
- Thraikill, J., et al., 1983, *Studies in Dye-Tracing Techniques and Karst Hydrogeology*. Univ. of Kentucky, Water Resources Research Center Research Report No. 140.

- Töth, J., 1963, A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins in central Alberta. *J. Geophys. Res.*, 68, pp.4795 -4812.
- Töth, J., 1968, A hydrogeological study of the Three Hills area, Alberta. Research council of Alberta. Geol. Div., Bull. 24.
- Toumani, A., 1995, Fuzzy klassifikation von geophysikalischen Bohrlochmessungen zur Lithologiebestimmung am Beispiel des Oberkarbons : Dissertation, Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln, Germany.
- Tsang, Y.W. and C.F. Tsang, 1987, Channel Model of Flow Through Fractured Media, *Water Resources Research*, Vol.23, pp.467-489.
- Tsang, Y. W. and P.A. Witherspoon, 1983, The dependance of fracture mechanical and fluid properties on fracture roughness and sample size, *J. of Geophy. Res.*, vol .88(B3), 2359-2366.
- Tullborg, E.L. and S.A. Larson, 1982, Fissure Fillings from Finnsjon and Studsvik Sweden : Identification, Chemistry and Dating, SKB-TR 82-20, Swedish Geological Company, 76p.
- Vaughn, J.M. and E.F. Landry, 1983, Viruses in Soils and Groundwaters. In: *Viral Pollution of the Environment*, Berg, G. (ed.), CRC Press, Boca Raton, FL, pp.163-210.
- Walsh, J.B., 1981, Effect of pore pressure and confining pressure on fracture permeability, *Int. J. of Rock Mechanics and Min. Sci.*, Vol.18, 2359-2366.
- Wilson, Jr., J.F., E.D. Cobb and F.A. Kilpatrick, 1986, Fluorometric Procedures for Dye Tracing(Revised). U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigation TWRI 3-A12, 41 pp. (Updates report with the same title by Wilson, Jr., J.F. published in 1968)
- Witherspoon, .P.A., J.Y.S. Wang, K. Iwai, and J.E. Gale, 1980. Validity of cubic law for fluid flow in a deformable rock fracture, *Water resour. Res.*, 16(6), pp.1016-1024.

Ziegler, T., 1976. Determination of Rock Mass Permeability, U. S. Army Engineers
Waterways Experiments Station, TR. S-76-2, Vicksburg, Mississippi, 88pp, 1976

APPENDICES

Appendix I: Water-level monitoring data

Appendix II: Data sheets for core analysis

Appendix III: Televiewer logging data for boreholes B-1,
B-2 and B-3

Appendix IV: FIL tests results

Appendix V: Measurements of EC for tracer tests

여 백

Appendix I: Water-level monitoring data

여 백

청양 연구지점 지하수위 기록

* 지하수위는 지표면 이하의 심도로 나타냄 (m)

관정 심도

관측일시 관정	누적일수	지하수위 (Below Ground Surface; m)					비고
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	
4/25/96	-4	3.00	2.40				
4/27/96	-2	3.65	2.55				
4/30/96	0	4.50	2.45				
5/1/96	1	3.70	2.50				
5/2/96	2	3.30	NA				
5/3/96	3	3.60	2.40				
5/7/96	7	3.49	2.44				
5/8/96	8	NA	2.48	3.70			
5/9/96	9	3.05	2.40	4.80	3.50		
5/10/96	10	3.10	2.40	NA	2.80		
5/13/96	13	3.15	2.42	5.05	2.80		
5/14/96	14	3.06	2.41	5.02	2.75		
5/15/96	15	3.05	2.38	4.96	2.68	5.00	
5/16/96	16	3.04	2.40	4.88	2.70	4.95	
5/17/96	17	3.18	2.42	5.04	2.80	5.10	
5/18/96	18	3.20	2.42	5.11	2.80	5.14	
5/27/96	27	3.46	2.50	5.30	2.96	5.37	
5/28/96	28	3.39	2.50	5.31	2.99	5.35	
5/29/96	29	3.43	2.51	5.32	2.99	5.37	
5/30/96	30	3.46	2.50	5.32	2.95	5.37	
5/31/96	31	3.75	2.52	5.36	3.02	5.40	
6/1/96	32	3.74	2.53	5.36	3.03	5.40	
6/2/96	33	3.76	2.55	5.36	3.05	5.40	
6/3/96	34	3.85	2.55	5.35	3.05	5.42	
6/4/96	35	3.60	2.55	5.35	3.05	5.40	
6/5/96	36	3.90	2.60	5.36	3.04	5.45	
6/6/96	37	3.79	2.51	5.39	3.06	5.43	
6/8/96	39	3.76	2.49	NA	3.06	5.43	
6/9/96	40	3.78	2.49	NA	3.07	5.43	
6/12/96	43	3.78	2.48	5.17	3.05	5.25	
6/15/96	46	3.83	2.62	5.25	3.24	5.32	
6/18/96	49	3.71	2.47	5.08	3.08	5.15	추적자 시험
6/19/96	50	3.84	2.46	5.11	3.71	5.19	추적자 시험
7/25/96	86	3.18	2.35	4.70	3.01	4.50	
7/31/96	93	3.61	2.55	5.10	3.25	-	B-5공 붕괴
8/7/96	100	3.43	2.30	5.15	3.09	-	
8/14/96	107	3.56	2.34	5.24	3.19	-	
8/21/96	114	4.08	2.62	5.46	3.49	-	
8/28/96	121	4.08	2.60	5.49	3.40	-	
9/4/96	128	4.14	2.63	5.58	3.49	-	
9/11/96	135	4.27	2.70	5.65	3.64	-	
10/9/96	163	4.55	2.87	5.83	3.76	-	
11/5/96	191	4.43	2.80	5.77	3.61	-	

여 백

Appendix II: Data sheets for core analysis

여 백

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>1</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE <u>960423</u>
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. <u>VERTICAL</u>		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH
4"	2.70M				
3"	2.92M				

RUN NUMBER	DEPTH (±)	RECOVERY	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
	0									S.W. : SLIGHTLY WEATHERED S.F. : SLIGHTLY FRACTURED M.F. : MODERATELY FRACTURED H.F. : HIGHLY FRACTURED R : ROUGH * M : SMOOTH S : SLICKENSIDED.	
1	0	0	0			BACKFILLED UP TO 2.50M.					
	2.5					COMPLETELY TO HIGHLY WEATHERED	N/A	N/A	N/A	N/A	3" CASING SET TO 2.92M.
2	3	75	94	74		HARD DARK GREY BANDED GNEISS S.W. S.F. (4.15 - 4.55m, 4.63 - 4.76m), M.F. (3.05 - 3.11m, 4.57 - 4.63m), H.F. (4.76 - 4.85m) AND OTHERS SOLID.		iron stained. 3.7m : M (smooth) foliation : 70° 3.95m : M 4.15m : R. calcite coated. 4.40m : R. 4.55m : R. 4.59m : M. 4.63m : R. 4.85m : M.	} iron stained in each joint.		
3	3.8	220	100	72							

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>2</u> OF <u>12</u>
BORING NO. <u>B-1</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	RECOVERY CM	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
3	5	250	100	72		HARD DARK GREY BANDED GNEISS S.W. (5.00-6.00m) and FRESH	30	105	1	53	5.95m: M. iron stained.
4	6	100	100	86		M.F. (6.65-6.70m, 7.05-7.10m, 8.05-8.10m), S.F. (6.40-6.65m, 7.10-7.35m, 7.75-8.05m, 8.70-8.95m, 9.70-9.90m) AND OTHERS SOLID	60 70 70 100	40	6	22	6.40m: S. sinistral pitch 30 calcite coated 6.50m: S. dextral pitch 30 calcite coated 6.65m: M. 6.70m: M. } calcite coated. 7.05m: M 7.10m: M 7.20m: M 7.35m: M
5	7	110	100	84			20 20 70 10	22	4	13	7.75m: S pitch 30 calcite coated. 7.95m: R iron stained. 8.05m: M iron stained 8.10m: M chlorite
6	8	190	100	96			50 50 0	60	8	34	8.70m R calcite coated 8.80m S ditch 30 calcite coated 8.95m M calcite coated.
	9						80 30				9.70m R calcite coated 9.90m M calcite infilled

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>4</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-1</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (M)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
10	10.0	100	100	93		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH	50	67	5	36	15.26m. R. calcite coated
11	16.1	90	100	100		H.F. (17.22-17.24m), M.F. (15.80-15.85m, 89.92-89.97m), S.F. (16.41-16.76m, 17.24-17.85m), AND OTHERS SOLID.	40 75	41	15	33	15.80m. R. calcite infilled pyrite 16.41m: M } calcite coated 16.61m: R } 16.76m: M }
12	17.8	110	100	90			50 35 25 70	22	2	12	17.22m: M } calcite coated 17.46m: M } pyrite } 17.69m: M } 17.85m: M }
13	18.1	100	100	95				82	5	44	calcite veinlet
14	19.1	200	100	99			50	169	1	85	18.92m } M. calcite coated 18.97m }

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>5</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-1</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
14	21.1	200	100	99		HARD AND MEDIUM HARD (21.74 - 21.88m) DARK GREY BANDED GNEISS FRESH	20	169	1	85	20.99m: M calcite coated
15	22.1	90	100	68		H.F. (20.7P-20.80m, 21.80-21.85m), M.F. (21.75-21.80m), S.F. (21.5P-21.75m, 21.85-22.00m). and OTHERS SOLID.	70 70 60 60 70	49	1	25	21.89m } S. 21.75m } 21.80m } } calcite coated 21.85m } M 22.00m } S
16	24.6	260	100	100		21.5Pm and 21.75m : Dextral strike-slip fault, pitches: 20° and horizontal 21.80m and 22.00m : Normal (oblique) possible, pitches: 55° both. * 21.95-22.00m : consolidated breccia and pseudotachylite.	20	159	46	103	22.46m. calcite coated. closed joint. 24.05m: closed joint calcite coated
17	25	290	100	99			20	203	1	102	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>6</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-1</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
17	25	290	100	99		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH H. F. (27.09-27.10m, 28.65-28.67m), S. F. (28.65-28.85m), 75 and OTHERS SOLID.	20	1	102	26.63m : S. dextral pitch : 20°. calcite infilled. calcite veinlet 27.09m 27.10m] M. calcite coated	
	26						73	27	50		28.23m : S. sinistral. pitch : 40° infilled calcite 2-4mm.
	27										
	27.5										
18	28	130	100	98		28.65m 28.67m 28.80m 28.95m	85	1	43		
	28.5						81	2	42		
	29										
	29.8										
30	130	100	97								

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>2</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
20	30.22	130	100	99		HARD AND MEDIUM HARD (32.80 - 34.00M) DARK GREY BANDED GNEISS FRESH.	75	81	2	42	30.22m : R, calcite coated * 31.08m : earlier, sinistral strike-slip fault, later, oblique normal slip.
21	31.1					H. F. (31.08 - 31.10m), M. F. (31.58 - 31.66m, 32.10 - 34.00m), S. F. (33.90 - 34.10m, 34.43 - 34.65m), and OTHERS SOLID.	75				31.08m - 31.10m : S. calcite infilled and coated.
21	31.56	120	100	83			60	44	10	27	31.56m : M, calcite coated 31.66m : S. earlier, sinistral strike-slip fault; later, normal slip.
22	32.3	60	100	0			60				32.10m : M, calcite coated * 32.30 - 33.90m : sheared zone: nearly vertical shear plane (80° - 90°), partly consolidated fault zone.
23	32.9	80	100	0			60				32.9m : R, calcite infilled. fault plane : strike-slip and normal slip sense.
24	34.10	110	100	95			70				33.90m : M calcite coated
24	34.43						40	33	5	19	34.10m : M calcite coated
25	34.8	160	100	99			60				34.43m : S. normal slip. 34.65m : S. closed, horizontal striation.
25	34.99						50	83	1	42	34.99m : M calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>8</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	RECOVERY (%)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
25	35	160	100	99		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH	60	83	42	35.60m	R. calcite crystals grown.
	70						35.75m				
	36						60			36.00m	R. calcite coated
36.4	60	36.24m									
26	37	120	100	91		M.F. (35.60-35.75m, 37.51-37.55, 38.00- 38.06m, 39.11- 40.00m), S.F. (35.75-36.24m, 36.60-36.96m, 36.92-39.11m), and OTHERS SOLID.	70	48	25	36.60m	R. calcite infilled and coated
	37.5						70			36.85m	
	37.8						75			36.96m	
	38						80			37.02m	
27	38	230	100	94			65	64	34	37.51m : 50°	M. calcite coated
	38.2						37.50m				
	38.4						37.55m				
	38.8						38.00m			M. calcite coated	
	39						38.06m				
39.2	38.38m : M. calcite infilled	M. calcite coated									
39.4	38.42m : M. calcite coated										
39.6	38.89m : M. calcite coated										
39.8	39.62m : M.	calcite coated									
39.9	39.81m : M.										
40.0	39.91m : R.										
40.1	40.00m : S. calcite infilled and calcite crystals										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>9</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

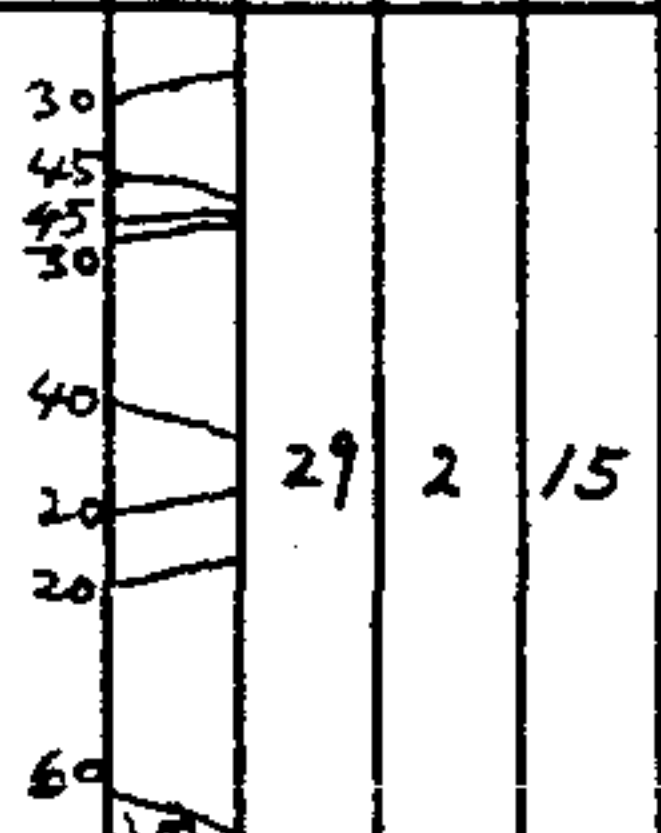


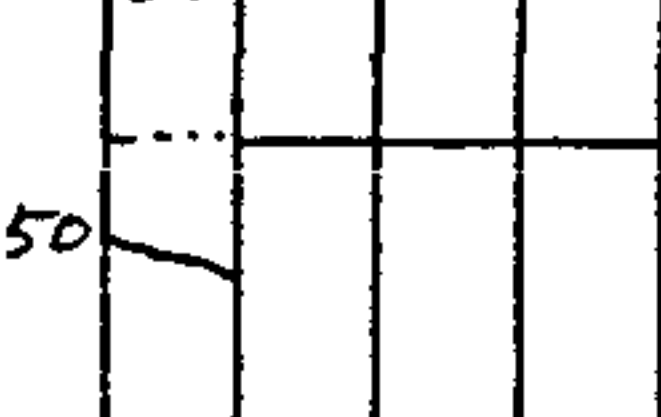
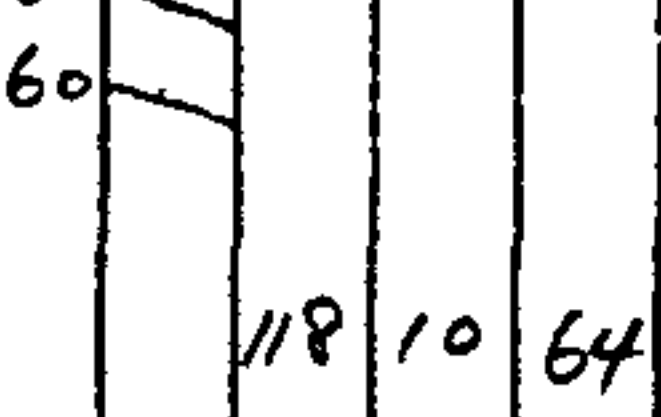
RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS		
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE	
27	40.1	230	100	94		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH.	50	64	3	34	40.10m: R 40.15m: M } calcite coated 40.35m: M	
28	41	120	100	95		M.F. (40.15m, 40.35m), M.F. (40.10-40.15m, 44.72-44.90m), S.F. (40.00-40.10m, 40.15-40.35m, 44.20-44.72m), and OTHERS SOLID.	50	55	1	28	40.70m: CLOSED 41.45m: R. calcite coated 41.70m: R. calcite infilled	
29	42	180	100	100			50	91	15	57	42.70m: M. calcite coated pyrite	
30	43.1	90	100	100			70	90		90		
31	44	100	100	92			65	15	27	4	15	44.20m: M. calcite coated 44.47m: R } calcite coated 44.64m: R } 44.70m: M } 44.72m: M }

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE 10 OF 12
 BORING NO. B-1
 DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS		
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE	
32	45.95 - 47.40	110	100	69		MEDIUM HARD (45.95-47.40m) and HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH H.F. TO S.F. (45.0-47.4m) and SOLID.		29	2	15	45.10m : R. 45.20m : S 45.28m : R 45.30m : S 45.45m : M. 45.57m : M. 45.66m : M. 45.95m : M. * 45.95-47.40m : Sheared weak zone. 46.20m : S. pitch 20° 46.26m : S. pitch 35° 46.33m : S. pitch 80° normal 46.40m : S. 46.55m : S. pitch 85°	calcite coated.
33	46.1 - 46.6	50	100	0				6	1	3		
34	47 - 47.40	38	48	0				3	1	2		
35	48 - 49.1	170	100	100				118	10	64	47.52m : R. calcite infilled. 47.82m : M. calcite coated 47.92m : R.	
36	49.1 - 50.6	150	100	100				150		150		

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>11</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (M)	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
36	50	150	100	100		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH SOLID and M.F. (54.40-55.00 m)	15		150		
37	51	150	100	100			70		26	75	51.84m: M. calcite coated
38	53	220	100	100			45		55	77	52.77m: M. calcite coated closed joint.
39	54.3	130	100	83			35				53.75m: R. calcite coated
	54.7						40				54.40m: S. pitch 40°
	54.8						40				54.65m: R. calcite coated
	54.9						30				54.89m: S. pitch 20°

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>13</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING				REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM	AVERAGE	
43	60	210	100	100		HARD. DARK GREY BANDED GNEISS FRESH	25	107	40	74	60.07 m; M, calcite coated 60.70 m: M, calcite infilled
44	61.1	160	100	100		SOLID EXCEPT 63.50 -63.65m.	160	160			
45	62.7	90	100	89			80	4	42		
46	63.6	260	100	98			35	70			63.50m: R, calcite coated 63.55m: S, pitch 60°
	64						60	105	5	55	64.70m: M, calcite coated
	65										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>14</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-1</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
46	65	260	100	98		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH S.W. TO SOLID.	60	105	5	55	65.05m : M
	65						65.32m : R				
	65										65.44m : R
	66						50				66.00m : M
	66.2						60				66.10m : R
47	67	170	100	100			0	85	21	53	67.05m : M
	15						67.26m : R				
48	67.9	100	100	100			80	48	5	26	* 68.16 - 68.72m. slickensided pitches: earlier 45° later 75° calcite coated
	68										
49	68.9	70	100	100				50	20	35	* 68.80 - 69.50m: slickensided - pitches: 30° - calcite coated. - fault with fault gouge and breccia
	69										
50	69.6	170	100	91				58	5	32	
	70										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>15</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-1</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
50	70	170	100	91		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.	30	58	5	32	70.18m: M, calite coated
	45						70.68m: R				
	30						70.83m: M				
	35						71.15m: R				
51	71.3	100	100	82		consolidated fault breccia and pseudotachylite	50	56	4	30	71.20m: M
	80						71.35m: R, calite coated				
	40						71.73m: S, pitch 85°				
	60						71.99m: calite coated				
52	72.3	80	100	84			40	37	8	23	72.24m: M, calite coated
	55						72.30m: M, calite coated				
	55						72.72m: M, calite filled				
	55						72.80m: M, calite coated				
53	73.1	160	100	95			65	48	8	28	pyrite
	60						73.46m: calite coated,				
	55						73.54m: S, pyrite				
	55						73.78m: R, calite coated				
54	74.7	140	100	99			55	28	2	15	74.5m: M, calite coated
	55						74.6m: M, calite coated				
	55						74.5m: S, pitch 10°				
	50						calite coated, closed				
	75						50				74.88m: M, calite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. Y.S. Choi APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE NX DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. VERTICAL

PAGE 16 OF 17
 BORING NO. B-1
 DATE 960503

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH
4"	2.7 M				
3"	2.92 M				

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
54	75.14	140	100	99		HARD DARK GREY BANDED GNEISS FRESH H.F. TO SOLID.	55 50 50 35	28	2	15	75.14 m: M } calcite coated 75.24 m } 75.46 m } R 75.58 m }
55	76.1	70	100	94			65				75.86 m, R. calcite infilled calcite crystals
56	76.8	150	100	100		* 76.75 - 76.8 m } quartz vein. → 76.8 m; fault plane } ; lower contact between quartz vein and gneiss.	60 85	24	4	14	76.27 m } R. calcite coated 76.31 m } 76.50 m: M, calcite coated
57	77.3	200	100	99			65 75	54	11	33	76.8 m; pitch 35° dextral strike-slip. 77.30 m; R, calcite coated.
	78						40 50				77.84 m: R, calcite coated 77.95 m: M
	78.3						50				78.20 m; M, calcite coated.
	78.6						55 65				78.50 m: R, calcite coated 78.61 m } S, fault gouge and breccia 78.62 m }
	78.9						40				78.98 m: M.
	79						45	90	2	46	79.29 m: S, pitch 15°

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>12</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>8-1</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
57	80.3	200	100	99		SEE PAGE 16 of 17.	90	2	46	
	80.3					BOTTOM OF BORE HOLE. 80.30M.				

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. CHOI, Y.S. APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE NX DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE 1 OF 16
 BORING NO. B-2
 DATE 960423

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH
4"	2.10M				
3"	2.90M				

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
	0									
	2.6					BACKFILLED UP TO 2.60 M.				
1	3	70	100	94		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS. SLIGHTLY WEATHERED. HIGHLY FRACTURED TO SOLID. * iron stained in all joints.		2.81m : R 2.93m : R 3.15m : S pitch 30°, dextral 3.19m : M 3.30m : R 3.42m : R 3.56-3.60m : M		
2	4	150	100	87						4.10m : M 4.22m : 10°, M ; 70°, S 70° : slickensided, sinistral.
3	4.8	150	100	87						4.80m 4.89m] R.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>2</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	% RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
3	5	150	100	87	1	HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS SLIGHTLY WEATHERED TO FRESH HIGHLY FRACTURED TO SOLID.	60	66	4	35	5.58m: S. pitch 15° sinistral } iron stained 5.66m: R 5.76m: M. 40° calcite coated 6.00m: R. calcite coated.
	60						40					63	10
4	6.30	230	100	96	1		5	105	9	57	6.90m: R. iron stained, calcite infilled 7.80m: S, pitch: 25° sinistral. Calcite infilled 8.12m: M) calcite coated 8.21m: M) calcite veinlet 8.30m: S, pitch: 0° 8.45m: R. calcite coated 8.60m: S, pitch: 0°, sinistral 8.71m] M, calcite coated 8.74m] M, calcite coated 8.95m, M, calcite infilled 9.22m: S, fault gouge. 9.31m: M, calcite infilled. 9.36m: M, calcite coated
	85						60				
5	8.6	240	100	89	1		60	173	3	58	
	50						60				
	10										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>3</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-2</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	RECOVERY (%)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
5	10	240	100	89		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH	173	3	88	M.F. : MODERATELY FRACTURED.	
	11					M.F. TO SOLID.	70			11.13m : M. filled with calcite veinlet	
6	12	200	100	100			65			11.97m : M, calcite coated.	
	13						187	13	100		
7	13	150	100	80			70			13.20m : M, calcite coated	
	14						60			13.38m : S, calcite infilled.	
	14.5						44	2	23		
8	14.5	150	100	100			sheared 40			14.08m : M, calcite infilled	
	15						70			14.20m : M, calcite coated	
							50			14.30m : S, calcite infilled.	
							40			14.50m : M, calcite coated.	
							70	109	41	75	14.91m : S, pitch 25°, sinistral calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>4</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	RECOVERY (%)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
8	15	150	100	100		HARD DARK GREY BIDTITE BANDED GNEISS	109	41	75	
	16					FRESH M.F. TO SOLID.	70			16.07m: S, pitch 30°
9	17	300	100	91			60			16.84m; M, calcite coated calcite veinlet, closed joint
	18						50			17.00m; M, calcite coated
	19						80	3	42	17.97m: R, calcite infilled 17.88m: R
	20						70			calcite veinlet
	21						70			18.6m } S, calcite coated 18.65m } 18.7m: calcite coated, M.
	22						75			19.33m: R, calcite coated.
10	23	350	100				35			19.65m } S, calcite coated 19.75m }
	24						60			20.00m: S, pitch 90°
	25						60			calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>5</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
10	20	350	100	67		MEDIUM HARD TO HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH HIGHLY FRACTURED TO SOLID.	60	33	2	18	20.32m, S } calcite infilled
	50						20.38m, R }				
	40						20.44m, S }				
11	21	150	100	13		* 22.24 - 26.10m : sheared weak zone partly revealed consolidated fault gouge and breccia	70	19	1	5	20.58-20.83 : sheared slickensided, pitch 20°
	70						20.83m; K, calcite coated.				
	60						20.88m; M, calcite coated				
	50						21.26m: M, } Calcite coated				
	50						21.45m: S } or infilled				
	60						21.57m: S }				
	50						21.72m: S }				
	50						21.82m: M }				
	50						21.92m: M }				
	70						22.04m: S, pitch 15°, 90°				
	50						22.16m: M }				
	50						22.24m: S }				
12	22.5	400	100	58			30	93	1	47	22.28m: M }
	40						22.58m: S, pitch 90°, normal, calcite infilled				
	50						22.61m: S }				
	85						22.72m: S } calcite coated pitch 70°.				
	40						22.97m: M, calcite coated and crystallized				
	30						23.15m: M, calcite coated				
	60						23.24m: M, calcite infilled				
	45						23.33m: S, pitch 80°, normal				
	50						23.48m: S }				
	40						23.58m: S, pitch 80°				
60	23.68m: S, pitch 90°, normal										
50	23.86m: M, calcite infilled										
60	24.78m: S, calcite coated										
50	24.88m: or infilled.										
40	24.92m: S, calcite coated										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>6</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	Σ RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
12	25.30	400	100	58		MEDIUM HARD TO HARD DARK GREY. BIOTITE BANDED GNEISS. FRESH MODERATELY FRACTURED TO SOLID.		93	1	47	25.30m: S, pitch 30° Calcite coated 26.10m: S, pitches, earlier 5° (sinistral), later 70° (normal), calcite coated or infilled 27.07m: M, calcite coated 27.95m: M, calcite coated 28.08m: M 28.24m: S, pitches; earlier horizontal; later 80° normal, calcite infilled 28.80m: S, pitch 20° sinistral
13	22.24 - 26.10	250	100	97		* 22.24 - 26.10m: sheared weak zone.		170	8	89	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>7</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH



RUN NUMBER	DEPTH (M)	CM RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
13	30	250	100	99		MEDIUM HARD TO HARD		170	8	89	M.F. : MODERATELY FRACTURED.
14	31	120	100	71		DARK GREY BIDTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.		85	1	43	31.35m) 31.50m) S, pitches, <10° calcite infilled or coated
15	33	230	100	100		* 31.35 - 31.70m : sheared weak zone, consolidated fault gouge and breccia, pseudotachylite.	70 -85 60 60 85	218	12	115	31.82m ; S, pitch 20°, sinistral calcite coated 32.12m) closed joints, 32.20m) calcite infilled.
16	34	300	100	87			40	152	2	77	34.70m : S, pitch 170, normal 34.97m : closed

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>8</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-2</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
16	35	300	100	87		HARD DARK GREY. BIOTITE BANDED GNEISS FRESH SOLID.		152	2	97	35.20m } 35.30m } S. sheared. 35.43m } pitches; low or 35.48m } high angles
	36										
17	37	220	100	100		* 35.07 - 35.51m : sheared weak zone.		220	220		calcite veinlet 37.80m : S. pitch 10°, sinistral } closed. calcite infilled. 38.38m : S. pitch 70°, normal }
	38										
18	39	90	100	100				90	90		
	39.2										
	40										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>9</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-2</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	RECOVERY (m)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS		
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE	
18	40.1	90	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.	90	82	68	75	40.78m: S, pitch 70°, normal calcite coated, pyrite.	
19	41	150	100	100								
20	42	100	100	73								
21	43	150	100	47								
22	44.1	90	100	18								

Sheared Consolidated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>10</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS		
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE	
23	45	100	100	40		MEDIUM HARD TO HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	70 70	29	1	15	45.10m; S, pitch 20°, sinistral calcite coated, pyrite 45.25m; closed, M, calcite coated, pyrite 45.63m; S, pitch 10°, sinistral calcite infilled, chlorite Calcite veinlet	sheared
24	46	80	100	18		S.W. TO FRESH CRUSHED TO SLIGHTLY FRACTURED.	70 90 40 70	14	1	7	46.12m } S, pitch 30°, sinistral 46.27m } calcite infilled 46.40m } closed, calcite 46.52m } 46.62m; S, pitch 30° calcite 46.62-46.94m; sheared zone, calcite, slickensided, fault gouge, chlorite and breccia.	
25	46.8	76	84	17			15 70	15	1	8	47.00m; S, calcite infilled. 47.18m; S, pitch 50°, normal (sinistral) 47.29m; R, calcite infilled 47.40m; S, pitch 30°, sinistral 47.57m; S, pitch 150°, sinistral 47.65m; S, calcite infilled.	
26	47.7	58	73	0			30	5	1	3	48.62-48.94m; sheared zone, calcite, slickensided, fault gouge, chlorite and breccia.	slickensided.
27	48	68	62	0		* 45.60 - 51.81m: Sheared weak zone.	C.L.	5	1	3	calcite infilled fault clay and gouge.	slickensided
28	48.5	210	100	88			70 80 30	83	1	42	49.75m; S, pitch 80°, reverse calcite coated	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>11</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-2</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
28	50	210	100	88		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH SOLID.	40	83	1	42	closed.
	80						50.12m: S, pitch ealier 30°, later 70°, calcite infilled.				
29	51	90	100	100		* 50.70m: consolidated fault breccia and gouge. pseudotachylite.	60	48	2	25	50.22m: S } calcite coated.
	40						50.35m: S }				
	70						50.50m: S }				
	80						51.37m: S, pitch 30° calcite infilled.				
30	51.7	210	100	100			80	47	10	28	closed.
	52						51.70m: S, pitch 20° calcite coated				
	52.60						51.70m: S				
	53						52.00m: M. calcite				
	54						52.48m: M } calcite infilled				
	55						52.60m: M }				
31	54	160	100	100			40	70	11	40	52.72m: M. calcite infilled
	55						53.15m: M, calcite infilled				
	56						53.25m: R, calcite coated				
	57						53.47m: S, pitch 70°				
31	57.7	160	100	100			80	70	11	40	53.95m: closed, calcite infilled (minor fault)
	60						53.99m: S, pitch 15°, sinistral				
31	58	160	100	100			70	70	11	40	54.23m: S, pitch 60°, sinistral (normal)
	60						54.70m: M, iron stained.				
31	59	160	100	100			60	70	11	40	54.95m: S, pitch 70°, closed calcite infilled, reverse.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>12</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-2</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
31	55	160	100	100		HARD AND PARTLY MEDIUM HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	50				55.06m: S, pitch 85°, reverse Chlorite
	56						70	11	40	55.76m: S, pitch 10°, sinistral Calcite coated.	
32	56.3	170	100	100			45				56.30m: S, pitch 60°, calcite coated.
	57						60	50	80	56.50m: closed, pseudotachylite 56.61m: S, pitch 10°, calcite infilled. 56.84m: closed, calcite infilled.	
33	57	210	100	94		* 59.45-59.55m: consolidated fault breccia, pseudotachylite.	50	43	11	27	57.27: M, closed.
	58						60				57.57m: S, pitch 30° Calcite coated and infilled
33	59	210	100	94			60	50	50	60	58.50m: S, pitch earlier 20°, later 80° (normal), calcite coated
	60						50	50	60	58.53m: R, calcite coated. 58.69m: R, calcite infilled. 58.84m: closed, S, pitch 10°	
	60						51	3	27		59.45m: S, closed, calcite 59.55m: S, pitch 90°) infilled 59.70m: M, calcite infilled. 59.80m: M, closed, calcite coated 59.95m: M

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>13</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
33	60	210	100	94		HARD AND PARTLY MEDIUM HARD	60	51	3	27	60.10m: S, pitch 10° calcite coated. 60.24m: S, pitch 70° closed. calcite infilled.
34	61	90	100	100		DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	40	45	14	30	60.69m: M, calcite infilled. 61.00m: M, closed, calcite coated.
35	62	220	100	60		FRESH HIGHLY FRACTURED TO SOLID.	40	70	70	70	61.56m: S, pitch 10°, sinistral 61.62m: S, pitch 75°, normal 61.63m: S, pitch 15°, sinistral, calcite infilled 61.72m } M, calcite coated. 61.79m } 61.88m: S, pitch 20°, sinistral, calcite coated 62.23m: M, calcite infilled.
36	63	120	100	43		quartz veinlet width: 0.5-1.0cm	30	56	1	28	62.70m: R, calcite coated. 62.84m } R, calcite coated 62.90m } 63.15m: M, calcite infilled and calcite crystals, pitch 20° 63.20m: S, calcite coated. 63.24m: M, calcite infilled. 63.31m: S, pitch 70°, reverse. 63.51m: S, pitch 30°. 63.61m } R, calcite coated 63.73m }
37	64	110	100	36			45	28	3	15	64.01m: S, pitch 30° } calcite coated 64.10m: M. } 64.26m: S, pitch 70° } 64.40m: S, pitch 70°, calcite infilled.
	65						40	16	1	8	64.72m } closed, calcite 64.88m }

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>14</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (m)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
37	65.5	110	100	36		MEDIUM HARD TO HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS S.W. TO FRESH HIGHLY FRACTURED TO SOLID.		16	1	8	65.06m : R, calcite infilled. 65.14m : M) 65.24m : S, pitch 10° dextral 65.50m : S, pitch 10°, dextral 65.53m : S, calcite infilled or coated. 65.64m : S, pitch earlier 30°, sinistral 65.81m : later 70°, reverse 65.88m : calcite infilled.
38	66.9	140	100	30				29	3	16	66.19m : S, pitch 10° 66.42m : S, calcite coated 66.47m : closed. 66.64m : S, calcite coated.
39	68.4	150	100	85		* 65.06 - 65.14m } 65.81 - 66.42m } consolidated fault breccia and gouge		36	3	20	67.05m : S 67.24m : S, calcite 67.29m : closed } infilled. 67.53m : S, pitch 85°) calcite coated 67.56m : S, pitch 5°) and infilled 67.92m : S, pitch 10°, sinistral 68.03m : R, calcite crystals. 68.14m : S, pitch 20°, calcite coated 68.30m : S, pitch 15°. 68.33m : S 68.45m : M, calcite coated 68.60m : M 68.69m : S 68.85m : S.
40	69.4	160	100	56				33	1	17	69.18m : S, pitch 20°, sinistral. 69.26m : S, pitch earlier 20°, later 90°, reverse 69.52m : M, calcite coated 69.71m : closed, pyrite 69.95m : S, calcite infilled pyrite

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>15</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-2</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (M)	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS							
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE						
41	70	240	100	54	1	MEDIUM HARD TO HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH HIGHLY FRACTURED TO SOLID.	50				70.13m: closed, R. } calcite infilled 70.20m: S. pitch 20°. calcite coated 70.69m: closed, calcite coated 70.80m: closed, calcite infilled - 71.07m: closed, R, calcite infilled. 71.30m: S. pitch 10°, sinistral 71.53m: M, calcite coated 71.73m: S. pitch 50°, reverse * 71.73-71.86m: consolidated fault 71.96m: S. breccia. 72.13m, 72.16m, 72.24m: M, calcite coated 72.32m: S. pitch 40° 72.46m } S. pitch 40°, sinistral 72.60m } calcite infilled 72.70m: S. 72.89m, 72.90m: S. calcite coated 72.99m: S. } calcite infilled 73.17m: M. } 73.40m: S. } pitch 70° highly fractured, slickensided 73.92m: S. calcite coated. 74.09m: M, calcite coated 74.26m } S. calcite coated 74.31m } 74.39m, 74.42m: M calcite coated 74.46m, 74.50m: S. 74.83m: S. pitch 45° 74.92m: M, calcite coated						
	42						72.4	50	100	0		* sheared weak zone: 71.73-73.60m.	85				
							72.9						9	3	6		
	43						73	60	86	0		1	1	50			
							73.6										9	1	5
	44						74	90	100	28		1	1	70			
							74.5										19	1	10
	45						75	150	100	79		1	1	50			
							75										47	3	25

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>3</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-3</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
3	5.60	66	100	67		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS. SLIGHTLY WEATHERED M.F. TO SOLID.	35	13	2	8	5.02; M
	30						5.09; M				
4	6	140	100	56			25	43	3	23	5.24; M
	15						5.30; R				
5	8	230	100	91			45	32	5	19	5.34-5.52; M
	30						5.44; M, iron stained				
6	9.30	210	100	98			20	35	2	19	5.50; M
	10						5.75; R, iron stained				
							40				5.82; S
							50				6.00; M
							50				6.28; M, calcite coated and iron stained
							50				6.47; M, iron stained.
							40				6.90; R, calcite coated
							20				7.22; M,
							50				7.43; M, S, pitch 20
							30				7.62; M, calcite coated
							20				iron stained.
							50				calcite veinlet
							30				iron stained.
							20				7.44; M, calcite coated
							50				8.60; M
							50				8.89; M, calcite coated
							40				9.24; R, calcite coated
							20				9.20; M
							50				calcite infilled
							40				9.62; M, iron stained.
							20				veinlet (calcite)
							50				9.90; M

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>3</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
6	10	240	100	98		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS SLIGHTLY WEATHERED M.F. TO SOLID.	15	35	19	10.35; M, calcite coated & iron stained, iron stained. calcite veinlet closed joints.
	50									
	11									
	11.40									
7	12	160	100	98			50	40	23	11.36; M calcite coated 11.53; M 12.02; M, calcite coated 12.14; M,
	50									
	13									
8	13.9	90	100	100			30	45	26	12.55; M 13.00; M calcite coated & iron stained. 13.11; M, calcite coated 13.21; M, calcite veinlet 13.39; M, calcite veinlet
	50									
9	14	190	100	100			60	78	9	14.37; M, calcite coated
	15									

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>4</u> OF <u>16</u> BORING NO. _____ DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (M)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
9	15.80	190	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS S.W. TO FRESH M.F. TO SOLID.	38				15.06; R, iron stained. 15.15; R, 15.52; M calcite veinlet
10	16.20	20	100	80			40				15.96; M, calcite coated.
11	17.00	300	100	99			15	80	4	42	16.56; R, iron stained & calcite coated. 19.77; M; calcite coated
12	19.00	300	100	91			20				18.10; M 19.18; M 19.83; M
	20.00						45	64	4	24	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>5</u> OF <u>16</u> BORING NO. <u>B-3</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
12	21	300	100	91		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.		64	4	34	20.04; M 20.22; M, calcite coated closed joint 20.99; M 21.40; M 21.98; M, S, pitch 80° calcite veinlet 22.23; M, calcite coated S, pitch 55° 22.90; R 23.42; M calcite veinlet 23.94; M 24.10; M 24.76; R, calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>6</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>R-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS					
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE				
14	25	260	100	88		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.		68	25		calcite veinlet 25.71; M, calcite coated closed joint 26.14; R, calcite coated 26.94; M, calcite coated S. pitch; 90°				
	26											60	60	27.05	calcite veinlet 27.05; R, closed joint calcite coated 27.30 } 27.35 } M. calcite coated 27.39 } 27.46 } 27.50 }
	27.60															70	25	32	1	17	27.63; R, S, pitch; 20° 27.73; M 27.76; M, S, pitch; 70° calcite coated 28.09; R 28.37; R 28.40; M, S, pitch; 80°
28	140	100	89		28.80 } R calcite coated ~29.32 (vertical joint)										
29						170	100	100		29.95; R					
30	170	100	100												

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>7</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
16	30	170	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	30	24	27	30.26; M	
	30.60					FRESH M.F. TO SOLID.	60				30.60; S } calcite infilled 30.67; M }
17	31	120	100	94			70	7	42	31.39; M	
	31.80						40				31.88; } calcite coated 32.00; } M 32.04; } 32.22; } R 32.25; } calcite veinlet (closed)
18	32	220	100	91			50				32.65; } M 32.82; } M
	33						40	33	3	18	33.00; M. calcite coated 33.20; M 33.44; R, 33.69; M, S; pitch: 25° 33.98-34.28; M. vertical joint
19	34	200	100	100			70				34.91; R, calcite coated 34.93; R, S; pitch 30°
	35						50	105	9	57	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE 8 OF 16
 BORING NO. B-3
 DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY %	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
19	35	100	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH H.F. TO SOLID	60 70	105	9	57	35.39; M calcite coated 35.63; R 35.96; M 36.30; } calcite veinlet 36.90; }
20	37	100	100	38			60 60 60	38	1	20	37.38: S. pitch 40° 37.40: M 37.52-37.61: quartz vein 37.69; M, S pitch: 10° 37.93-38.03; R vertical joint S. pitch: 5° 38.07; M calcite coated, closed joint 38.22; M 38.42; R calcite coated calcite veinlet
21	38	180	100	80			80 40 40	23	1	12	38.90; R 38.91-38.96: R, vertical joint calcite coated S. pitch: 15° 39.14; M, S pitch: 15° 39.55; M closed joint 39.74; M
22	39.80	270	100	90			60 40 70	94	1	48	39.88; M 39.92; M

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>9</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
22	41	270	100	90		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH H.F. TO SOLID.	94	1	48	40.04 ~ 40.30: R vertical joint calcite coated S. pitch 5° 40.10: M 40.35: M, S pitch 5° calcite coated calcite veinlet 41.39: M, S pitch 20° 41.65: M, S pitch 10° 41.86: M calcite coated
23	43	100	100	60			21	1	11	calcite veinlet and iron stained. 42.24: M 42.30: M 42.35: M 42.35 ~ 42.48: R vertical joint (80°) 42.48: M 42.86: M
24	44	300	100	97			69	9	39	43.23: M, calcite coated 43.68: M 44.39: M calcite coated 44.93: M

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>10</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
24	45	300	100	97		MEDIUM HARD (WEAK ZONE) & HARD	50	89	9	39	45.19; M calcite coated 45.28; M
	46					DARK GREY	70				45.89; M 46.06; M 46.08; R. calcite coated. S pitch 30
25	47	300	100	51		BIOTITE BANDZD GNZISS	30	82	8	45	46.04; M 46.65; M 46.89; M calcite coated S pitch; 90° 47.00; M calcite coated
	48					S.W. TO FRESH H.F. TO SOLID.	50				47.62 - 47.10 m Sheared weak zone. • slickensided. • consolidated fault breccia.	60	47.62; S, pitch 80° Calcite coated.
26	49	100	77	0			50	18	1	10	48.04; M calcite coated 48.55; M calcite coated 48.86; M
	50						80				49.00; S, pitch 40° 49.18; M 49.40 - 49.55 sheared weak zone	30	49.62; R 49.70; R 49.77; M

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>11</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (Z)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
26	50	100	77	0		MEDIUM HARD & HARD	18	1	10	sheared weak zone
27	51	58	48	0		DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS. S.W. TO FRESH H.F. TO S.F.	5	1	3	* core loss: 50.00M ~ 50. P2M: (weak zone)
28	51.5	60	100	0			9	1	4	51.53 : M 52.57 : M 51.57-51.91 : M, vertical joint 51.71-52.10 sheared weak zone
29	52.10	90	100	17			15	5	10	52.24 : M calcite coated 52.31 : M 52.39 : R 52.44 : M, S, pitch 25° 52.79 : R 53.00 : M, S pitch 30°
30	53	190	100	32			16	4	10	53.18 : M, S pitch 20° 53.32 : R S pitch 25° 53.44 : R calcite coated 53.80 : M 53.90 : M 53.95 : M S pitch 15°
31	54	180	100	42			24	1	13	54.00 : R calcite coated 54.13 : R 54.18 : M 54.24 : M calcite coated closed joint 54.60 : R 54.70 : R, S pitch 60° 54.94 : M, S pitch 20° 54.94 : M, S pitch 10°

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>12</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (ft)	RECOVERY (cm)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
31	54	180	100	42		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS. FRESH. H.F. TO SOLID.	40	24	1	13	vertical joint; R
	60										
	70										
32	56	150	100	64			60	31	2	19	
	70										
	80										
33	58	250	100	90			80	99	1	49	
	90										
	100										

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE 13 OF 16
 BORING NO. B-3
 DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
33	60	250	100	90		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.	20	97	1	49	60.09: M
	10						60.70: calcite vein (width: 1.5cm)				
34	60.50	300	100	90			50	73	3	38	60.42: M, 60.50: M, calcite infilled
	60						60.59: R, S pitch 10°				
35	61	310	100	99			70	68	1	35	61.01: M, calcite coated
	60						61.05: M				
35	61.50	310	100	99			40	68	1	35	61.10: M
	50						61.20: M, S pitch 10°				
35	62	310	100	99			30	68	1	35	61.36: M calcite coated
	35						61.40: M				
35	63	310	100	99			20	68	1	35	62.05: M, S, pitch 10°
	20						62.26: M				
35	63.50	310	100	99			20	68	1	35	calcite veinlet
	20						62.98: M, S, pitch 50°				
35	64	310	100	99			50	68	1	35	63.29: R, S, pitch 10° calcite coated
	50						63.99: M				
35	64.50	310	100	99			30	68	1	35	64.45: R, calcite coated
	30						64.65: M, calcite coated				
35	65	310	100	99			30	68	1	35	64.80: M
	30						64.80~65.12 vertical joint				

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE 14 OF 16
 BORING NO. B-3
 DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
35	65	310	100	99		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID	70				65.12; R calcite coated S. pitch; 0° 65.73; M
	50						68	35	66.15; M, S. pitch 20°		
36	66.60	260	100	97			55				66.80; M, S. pitch 15° calcite coated
	45						15		66.96; M, calcite coated		
	60								67.24; M } calcite coated 67.34; M } 67.42; M, S. pitch 20°		
	40						20		calcite veinlet 67.61; R, calcite coated 67.88; M, "		
37	68	80	100	55			30	52	8	30	68.45; M, calcite coated S. pitch 5°
	45									68.85; R, calcite coated	
	30									69.20; M 69.33; M, calcite coated 69.39; M, " 69.78; M, S. pitch 15°	
37	69.20	80	100	55			50				69.49; R 69.73; M 69.75; M, calcite coated 69.85; M, S. pitch 5° calcite coated
	40						37	3	17		

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>15</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
38	70	300	100	51		MEDIUM HARD & HARD	50				70.18; M, S, pitch; 5°
	71					60	DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS				60	70.22; R
39	72	300	100	91		S.W. TO FRESH	50				70.46; M
	73					30	M.F. TO SOLID.				30	70.49; M, S, pitch 60°
39	74	300	100	91		* 70.00 - 70.60m,	30				70.60; R
	75					40	72.50 - 73.20m:				40	70.70; R, calcite coated
39	76	300	100	91		sheared weak zone	85				70.85; R
	77					30	- slickensided				30	70.91; M, calcite coated
39	78	300	100	91		- consolidated breccia.	30				71.18; M, calcite coated
	79					40					40	71.29; M
39	80	300	100	91			60				71.93; M, calcite coated
	81					30					30	71.82; M,
39	82	300	100	91			30				71.89; M,
	83					40					40	72.48 - 73.10; vertical joint (fault)
39	84	300	100	91			85				S, pitch: 90°
	85					30					30	calcite coated
39	86	300	100	91			40				73.00; M, calcite coated
	87					40					40	73.19; R, S, pitch 80°
39	88	300	100	91			60				calcite coated
	89					30					30	73.31; R S, pitch 75°
39	89	300	100	91			30				73.26; M, calcite coated
	90					30					30	73.66; M
39	90	300	100	91			30				73.84; R
	91					30					30	74.71; M, calcite coated
39	91	300	100	91			30				74.94; M, S, pitch 90°
	92					30					30	calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>16</u> OF <u>16</u>
BORING NO. <u>B-3</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
39	76	300	700	91		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNZISS	70	87.5	46	75.69; R, calcite coated	
	75						30		75.83; M		
	74						50		76.00; M		
	73										
40	72	190	170	83		FRESH M.F. TO SOLID.	72				
	71						30		76.64; M		
	70						50				
	69						30	57	5	31	77.08; M
41	68	210	210	96			68	60		77.19; M, calcite coated S. pitch 80°	
	67						50		77.94; M } closed joint 77.91; M }		
	66						70		77.96; M 77.91; M		
	65										
42	64	210	210	96			64	129	11	70	calcite veinlet
	63						30		79.30; M.		

80.1

BOTTOM OF BORING 80.10 M.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>1</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH
3"	5.90 M				

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING				- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM	AVERAGE		
	0											
	1											M.W. : MODERATELY WEATHERED
	2											H.F. : HIGHLY FRACTURED
	3											M.F. : MODERATELY FRACTURED.
	3.3					BACKFILLED UP TO 3.30 M.						
1	4	80	100	0		MEDIUM HARD BROWN GREY BIOTITE BANDED GNEISS	60	10	1	5		3.34, 3.37, 3.40, 3.43, 3.50 m : M. iron stained
	4.1					M.W.	30					3.55, 3.61, 3.64, 3.67, 3.70, 3.73 m : R, iron stained.
						H.F. TO M.F.	30					3.77, 3.83, 3.86, 3.92, 3.95 m : R. iron stained.
						* iron stained	15					4.10 m : R, iron stained
2		190	100	23			80					4.14 m : M
												4.23 m, 4.27 m : R
												4.47 m : M
												4.52 m : R
												4.59 m : M
												4.70, 4.78, 4.82, 4.86 m : M
												4.99 m : S, pitch earlier 10°, later 85°

iron stained

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>2</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	ROD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
2	5	190	100	23		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	22	1	11	5.10m: R 5.19m: M 5.23m: M 6.29m: S, pitch 20° } sinistral 5.39m: S, pitch 20° } iron stained 5.41m: R. 5.53m: M. 5.67m: M 5.73m: M
	6									6.11m: M } iron stained 6.17m: closed }
3	6.7	70	100	90		S.W. (SLIGHTLY WEATHERED; 5.0 ~ 6.17m, 9.03m) and FRESH. H.F. TO SOLID.	53	6	30	6.77m: S, pitch 40°, sinistral, iron stained 6.88m: S, pitch 30°, sinistral, iron stained & calcite coated. 7.23m: closed, S, pitch 30°, sinistral, calcite infilled. 7.32m: S, pitch 20°, iron stained. 7.63m: S, pitch 20°, sinistral, calcite coated.
	7									8.60m: S, pitch 30°, closed, calcite infilled.
4	8	300	100	91			97	2	50	9.03m: S, pitch 80°, iron stained, calcite coated.
	9									(earlier) 9.90m: S, pitch 30°, calcite coated later 90°
5	9.7	220	100	67			117	1	59	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>3</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
5	11	220	100	67		SOFT (13.80-13.90m), ⁷⁰ MEDIUM HARD, and HARD. DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS. SW. TO FRESH CRUSHED TO SOLID.	117	1	59	10.10m: closed, calcite coated 11.27m: closed. M 11.32m: S, fault breccia and gouge. 11.36m: S, pitch 40° 11.45m: S, pitch 10°, dextral 11.52m: S, calcite coated. 11.90m: S, pitch 10°
6	12	80	100	29		* 11.32 - 11.77 m: Sheared weak zone consolidated fault breccia.	12	2	7	12.11m: S, pitch 50°, dextral calcite infilled. 12.21m: closed, S } calcite 12.33m: closed, R } infilled or 12.53m: S } coated. 12.70m: S
7	13	60	100	0			5	1	3	12.85m: R, calcite infilled. 12.94m: S, pitch 40°, dextral. 13.04m: S, calcite coated. 13.11m: S 13.20m: M, 13.25m: S, pitch 10°, dextral 13.30m: M 13.37m: S, pitch 70° 13.53m: S, pitch 90°, normal 13.59m: M, calcite coated 13.71m: M, calcite coated 13.80m: S, pitch 30°, fault breccia and gouge
8	13.9	60	100	0			9	1	5	13.75m, 13.97m: S, pitch 20°, 30° 14.02m: closed.) calcite coated 14.16m: closed.) 14.20m: S, pitch 75°, calcite infilled.
9	14	120	100	12			14	4	9	14.26m - 15.10m: S, pitch 15°, dextral (?) calcite infilled.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>4</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS		
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE	
9	15.1	120	100	12		SOFT TO MEDIUM HARD (18.00 - 18.79m, 19.60 - 21.30m) and HARD.		14	4	9	15.17m: S. pitch 30° dextral 15.21m: S. pitch 75° 15.26m: S. pitch 15° dextral 15.30m: S. pitch 60° 15.35m: S. pitch 90° reverse 15.46m: S. pitch 90° reverse	Calcite coated
10	16	90	100	68		DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS		28	4	16	15.72m: closed, calcite coated foliation: 50° 16.00m: M. calcite coated. 16.09m: closed } calcite coated 16.15m: closed } 16.23m: M. calcite infilled 16.28m: closed, calcite infilled.	
11	17	160	100	93		S.W. TO FRESH CRUSHED TO SOLID.		30	4	17	16.58m: S. pitch 70° } calcite coated. 16.75m: S. pitch 65° } 16.88m } M. calcite coated. 16.94m } 16.22m: S. calcite coated 16.26m } closed, calcite coated. 16.39m }	
12	18	100	100	28		* 18.15 - 18.35m, 19.60 - 21.30m: Sheared weak zone fault gouge and breccia.		28	1	14	17.88m: S. pitch 30° } sinistral 17.89m: S. pitch 10° } calcite coated and infilled. 17.98, 18.04, 18.09m: closed, calcite coated 18.15m: S, pitch earlier 10° sinistral, later 70° 18.35m, 18.43m: S. 18.76m, 18.79m: S. 18.89m: M. calcite infilled.	
13	19	100	100	53				25	1	13	19.13m: M. calcite coated 19.23m: closed, calcite coated	
14	19.6	48	27	0				9	1	5	19.60m: S, pitch 15° fault gouge and breccia fault gouge and breccia, slickensided, and calcite coated	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>5</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-4</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
14	20 21	48	27	0		SOFT TO MEDIUM HARD and PARTLY HARD. DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	C.L.	9	1	5	
15	21.4 22 22.1	58	83	0		SLIGHTLY WEATHERED. CRUSHED TO HIGHLY FRACTURED.	50 70 50	9	1	5	slickensided, calcite coated. 21.46m: M. calcite infilled. 21.65m: M. closed. 21.76m: M and S slickensided, calcite coated.
16	23 24 24.2	82	39	0		* 19.60-21.30m, 21.76-22.10m, 22.85-24.64m: sheared weak zone; fault breccia and gouge.	50 75 50 50 70	5	1	3	22.23m: M } calcite coated 22.28m: M } 22.32m: S. 22.39m, 22.43m: M, calcite coated 22.49m: M. calcite coated. 22.82m: S, pitch 40° } slickensided and calcite coated.
17	25	36	45	0			60	9	1	5	24.86m: S, pitch 60° calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>6</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (±) CM	RECOVERY %	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
18	26.2	95	79	0		SOFT TO MEDIUM HARD (25.0 - 27.9 m) and HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS S.W. TO FRESH CRUSHED TO SOLID	c.l. 30 70 70	9 1 5	1 1 5	3	slickensided and calcite coated 25.53m: M, calcite infilled. 25.75m: S, pitch 30° 25.87m: S, pitch 50°, sinistral slickensided and calcite coated fault gouge and breccia
19	27.9	35	21	0		* 25.0 - 27.9 m; sheared weak zone; slickensided, fault gouge and breccia.	CORRECTION 70	3 1 2	3 1 2	2	slickensided and calcite coated 27.90m: S, pitch 20° dextral calcite coated
20	29.8	190	100	67			70 15 80 50 80 60 70	55 3 29	3 29	29	28.25m: S, pitch 15°, dextral. } calcite infilled 28.45m: S, pitch 25° dextral } 28.66m: M, calcite coated. 28.85m: S, calcite infilled. 28.88m: M, calcite coated. 29.00m: closed, calcite coated
21	30	80	100	24			70 60 45 60	19 1 10	1 10	10	29.55m: S, pitch 75°, calcite infilled 29.64m: S, pitch 20°, calcite coated 29.86m: S, pitch 80° } calcite coated. 29.89m: S, pitch 10° } slickensided.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>7</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
21	30	80	100	24		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS		19	1	10	30.06m: M. calcite coated.
	30.6										30.15m: S, pitch 10° calcite coated
22	31	100	100	24		FRESH M.F. (MODERATELY FRACTURED) TO SOLID.		24	1	12	30.24m: S.
	31.6										30.30m: S, pitch 10° calcite infilled
23	32	240	100	79				60	4	32	30.49m: S, calcite coated
	33										30.69m: S, pitch earlier 10°, later 80° } calcite coated
24	34	120	100	87				99	9	54	30.80m: S, pitch 30° } calcite coated
	35										31.12m: M } calcite coated

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>8</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-4</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING				REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM	AVERAGE	
24	35.2	120	100	87		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH H.F. TO SOLID	80	99	9	54	35.17m: S, pitch 60°, dextral calcite infilled.
25	36.1	90	100	73			15	40	4	22	35.60m: M, calcite infilled. 35.68m: S, pitch 45° calcite coated.
26	36.1	90	100	97			65	65	20	50	36.94m: S, pitch 70° } calcite coated 36.04m: S, pitch 70° } 36.10m: S. } 36.13m: S, pitch 70°.
27	37.4	140	100	96			73	73	3	38	36.86m: M.
28	38.4	160	100	96			30				37.51m: M, calcite coated. calcite infilled. (vernal) 37.81m: closed. 37.86m: M, calcite coated. 38.10m: S, pitch 50° calcite infilled. 38.74m: S, calcite coated. 39.07m: M, calcite coated 39.14m: S, pitch 10° 39.58m } calcite infilled, pyrite 39.55m } M calcite crystals.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>9</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
29	40	260	100	95		SOFT TO MEDIUM HARD (44.02-44.40m) and HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS.	50				40.17m : closed, S 40.22m : S } calcite infilled. 40.26m : S } 40.61m : S, calcite coated. 40.81m : S, pitch 10°, calcite coated 40.95m : closed, calcite infilled slickensided, pitch 30°
	41						50				
30	42	155	86	78		FRESH CRUSHED TO SOLID.	60				41.52m : S, pitch 70°, calcite infilled. 41.92m : M, calcite infilled pyrite 42.23m : closed, calcite 42.39m : M, calcite infilled. pyrite 42.56m : M, calcite infilled 42.74m : closed 43.03m } S, pitch 10° calcite coated 43.04m }
	42.6						50				
31	43	130	100	52		* 44.02-44.40m : sheared weak zone, slickensided.	70				43.61m : S, pitch 60°, calcite infilled. 44.02m : S, pitch 30°, fault gouge, dextral. and breccia 44.46m : S, } calcite coated 44.51m : S, pitch 50° } 44.56m : S } 44.83m : closed, S.
	44						30				

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>10</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-4</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
31	45	130	100	52		SOFT TO MEDIUM HARD (-46.64-47.00m) and HARD	30 80 70 80	27	3	15	45.05m: S, pitch 80° 45.08m: S, pitch 80°, normal 45.20m: S, pitch 50° 45.47m: S 47.62m: S, pitch 50°, obl. qtz normal
	45.7										
32	46	130	100	72		DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH CRUSHED TO SOLID.	70 65 50 50 40	32	1	16	46.02m } closed, calcite coated 46.26m } 46.42m: S, calcite coated 46.64m } 46.69m } S, fault gouge (2mm)
	47										
33	48	200	100	87		X: 46.64 - 47.00m: Sheared weak zone, fault gouge and breccia, consolidated fault breccia.	60 60 45 50 60 60	50	2	26	48.00m: M, calcite infilled 48.23m: closed. } calcite infilled 48.31m: closed. } (vairlets) 48.51m: closed. } 48.69m: closed. }
	49										
34	50	300	100	89			60 50 60 60 65 35	98	1	50	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>11</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	CM RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
34	51	300	100	89		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH H.F. TO SOLID.	40				calcite veinlet 50.20m: closed } calcite infilled. 50.27m: closed } 50.65m: closed, S, pitch 10° 50.76m: closed, calcite infilled
	52						98	1	50		
35	53	140	100	94			40				51.74m: closed, S, pitch 0° dextral, calcite infilled. 52.00m: closed, S, pitch 50° 52.37m: closed, calcite infilled S, pitch earlier 20°, later 70°
	53.4						70	8	39		
36	54	160	100	93			50				52.62m: closed. 52.70m: closed 53.40m: M, calcite infilled 53.45m: closed. 53.81m: S, calcite coated. 54.17m, 54.20m, 54.23m: S, - calcite coated.
	55						67	3	35		
	55						30				54.90m: S, pitch 0°, calcite infilled.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>12</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
37	56	190	100	88		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH H.F. TO SOLID.	55 70 75 70 60 40	47	7	27	55.13m: S, pitch 10°, dextral calcite infilled 55.26m: S, pitch 10°, calcite infilled. 55.57m: S, pitch 5°, calcite coated and some fault gauge. 55.90m, 55.77m: S, 55.85m: closed, calcite 56.10m: closed } infilled
	56.9						55				56.57m: closed } calcite 56.82m: closed } infilled.
	57						70 70				56.90m: S, pitch 50°, calcite coated 57.07m: closed, S, pitch 10°.
	58						65	35	17	26	57.42m: closed, calcite coated.
38	58	110	100	100			85				58.78m: S, pitch 60°, dextral calcite infilled or coated.
	59						70				58.22m: closed, calcite infilled
39	59	100	100	100			70	36	14	25	58.50m: M, calcite coated.
	59						50 30				58.86m: closed } calcite 59.00m: closed } infilled.
40	59	200	100	87			40 75	61	2	32	59.33m: closed } calcite 59.35m: S, } coated 59.41m: closed, calcite veinlet
	60						40 30 59				59.82m } closed. 59.90m } calcite coated. 59.92m: S, pitch 50°, calcite infilled

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>13</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
40	60	200	100	87		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F TO SOLID	60	61	2	32	60.14m: S, pitch 0° calcite infilled. 60.26m: closed 60.39m: closed calcite coated.
	55										
41	61	240	100	100			50	61	27	44	61.42m: closed, calcite coated. 61.80m: S, pitch 30°, dextral calcite infilled. 62.13m: S, pitch 30° calcite coated. 62.52m: S, calcite coated, chalcopyrite.
	65										
42	63	170	100	91			75	34	2	18	63.13m: closed, calcite infilled. 63.40m: S, pitch 20°, calcite coated 63.60m: S, calcite coated 63.68m: M, calcite infilled. 63.99m: S, pitch 0°, calcite coated.
	65										
42	64	170	100	91			85	60	2	18	64.33m: M, calcite infilled 64.53m: S, calcite infilled. 64.66m: S, pitch 10°, calcite coated. 64.93m: S, pitch 80°, calcite coated.
	80										
42	65						40				

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>14</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>R-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
42	65	170	100	91		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.	55 70 85 75 10 45 85	34 38 57 75	2 5 1 11	18 22 29 43	65.05m: S, pitch 0°, calcite coated 65.10m: S } calcite coated 65.15m: S } 65.30m } S, calcite coated 65.50m } 65.85m: M, calcite coated 66.23m } S, calcite infilled. 66.33m } 67.07m: S, calcite coated 67.33m: S, pitch 5° 68.45m: S } calcite coated 68.56m: S } 69.06m: S } calcite coated 69.12m: S } 69.48m: S, pitch 20° 69.59m: S, calcite coated 69.78m: S, calcite coated.
43	66	140	100	79							
44	67	90	75	69							
45	68	90	100	100							
46	69	140	100	96							

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____	PROJECT NUMBER _____	PAGE <u>15</u> OF <u>17</u> BORING NO. <u>B-4</u> DATE _____
FIELD ENG./GEO. _____	APPROX. ELEV. _____	
CORE SIZE _____	DRILLING METHOD _____	
COORDINATES _____	BEARING AZIMUTH _____	
PLUNGE FROM HORIZ. _____		

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	CM RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
47	70	100	100	91		HARD DARK GREY BIOTITE Banded GNEISS FRESH M.F. TO SOLID.		34	4	19	70.11 m: R, calcite infilled 70.15 m } closed, S. 70.20 m } calcite coated 70.32 m: S, pitch 30° S: pitch 40° calcite coated sinistral
48	71	143	95	51				21	2	11	71.1, 71.14, 71.17m: closed 71.29m: M. 71.50m: M, calcite infilled 71.60m: S, calcite coated 71.71m: S, pitch 40°, calcite infilled. 71.87m: S } calcite coated 71.96m: S } 72.06m: closed 72.13m: S, pitch 30°, sinistral 72.19m: M, calcite infilled 72.25m: S, 72.27m: M 72.37m: S, calcite coated. 72.50m: S 72.59m: M, closed } calcite coated 72.60m: closed } 72.78m: S, pitch 15°, sinistral 72.98m: closed, 73.04m: S, 73.07m: closed 73.23m: closed, calcite infilled 73.37m: M 73.42m: S, pitch 15° } calcite coated 73.54m: S, calcite infilled
49	72.5	110	100	62				20	2	11	73.87m: S, pitch 0° } calcite coated 73.97m } S. 74.02m } 74.13m: S, pitch 80° } 74.25m: S } 74.36m, 74.40m: S }
50	73.6	80	100	89				27	5	16	
51	74.4	160	100	100				86	74	80	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>16</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-4</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING				- REMARKS
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM	AVERAGE	
51	75	160	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS FRESH. M.F. TO SOLID.	50	86	74	80	75.41m: M, calcite coated. chalcoppyrite
	10										
52	76	250	100	96			45	162	2	82	76.00m: S, calcite infilled. 76.11m] closed. 76.13m] closed. 76.68m: S, calcite infilled.
	45										
53	77	170	100	95			50	94	8	51	78.30m: S, pitch 70° } fault gage 78.38m: S } infilled. 78.50m: M, calcite coated 78.58m: S, calcite coated
	30										
	78.5						60				79.52m: S, pitch 10°, sinistral calcite infilled. 79.78m: S, calcite infilled. 79.94m: S, pitch 60°, calcite coated
	50										
	80						50				

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>17</u> OF <u>17</u>
BORING NO. <u>B-4</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY (CM)	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
53	80.2	170	100	95		SEE PAGE 16 OF 17. BOTTOM OF BORING 80.20M.	50	94	8	5	80.09m: S, pitch 0°, sinistral calcite infilled.

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE 1 OF 5
 BORING NO. B-5
 DATE 05/14/96

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH
3"	1.10M				

RUN NUMBER	DEPTH (M)	CM RECOVERY	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
0	0									M.W. (Moderately Weathered) S.W. (Slightly Weathered)	
1	1.1	4	40	0		BACKFILLED AND RESIDUAL SOIL TO 1.0M.					
2	1.8	30	43	0		MEDIUM HARD TO HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS.	4	5	1	3	Highly weathered } iron stained.
3	2.3	43	86	50		M.W. TO S.W.	25	3	14		1.73m: S, pitch 25° 2.12m: M 2.20m: S, pitch 60° } iron stained. 2.27m: M quartz crystals.
4	2.9	36	60	0			8	2	5		2.60m: S, pitch 15°, sinistral } iron stained 2.68m: S, pitch 30°, sinistral 2.80m: closed, calcite coated. 2.95m: closed, iron stained quartz veinlet (2.80-3.18m) width: 0.5-3.0 cm.
5	3.9	100	100	55		* QUARTZ VEIN 2.80-3.18m: width 0.5-3.0 cm.	27	1	14		3.40m: S, iron stained pyrite 3.61m } S, pitch 10° 3.69m } iron stained. 3.75m } 3.90m: closed, slickensided
6	4.9	100	100	100			87	13	50		4.77m: S, pitch 0°, calcite coated.
7	5.0	200	100	100			167	33	100		

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>2</u> OF <u>5</u>
BORING NO. <u>B-5</u>
DATE <u>05/14/96</u>

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
7	6	200	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS M.W. (8.70-9.22m) and S.W. SOLID and H.F. TO SOLID (8.70-9.60m)	167	33	100	H.F. (Highly Fractured) M.F. (Moderately Fractured) S.F. (Slightly Fractured) 6.57m: M, iron stained and calcite coated.	
	6.9				10						
8	7						30			7.62m: S, pitch 0°, iron stained and calcite infilled. 8.07m: M, iron stained and calcite coated.	
	8	180	100	100	72		45	60			
9	8.7						70			8.70m: S, pitch 0°, sinistral 8.72m: S, iron stained and 8.82m: R, calcite coated. 9.02m: S, pitch 30° } iron stained 9.15m: R } & calcite coated.	
	9				30						
	9	130	100	60	80		80	40	2		21
	9.48				20						
	10						70			9.60m: M } iron stained and calcite coated.	

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>3</u> OF <u>5</u>
BORING NO. <u>B-5</u>
DATE <u>05/14, 15/96</u>

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
10	10	130	100	100		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS S.W. SOLID.	85	72	58	65	10.58m: S. calcite coated. FINISHED 5/14/96 STARTED 5/15/96.
11	12	170	100	100			20	89	81	85	12.19m: M, iron stained & calcite coated.
12	14	300	100	98			10	86	5	46	13.86m: M, iron stained calcite veins.
15	15						10				14.56m: S. pitch 90° reverse (dextral). iron stained

VISUAL CLASSIFICATION OF ROCK

PROJECT NAME _____ PROJECT NUMBER _____
 FIELD ENG./GEO. _____ APPROX. ELEV. _____
 CORE SIZE _____ DRILLING METHOD _____
 COORDINATES _____ BEARING AZIMUTH _____
 PLUNGE FROM HORIZ. _____

PAGE <u>4</u> OF <u>5</u>
BORING NO. <u>B-4</u>
DATE _____

CASING INFORMATION		GROUNDWATER LEVEL DATA			
SIZE	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH	ACTUAL TIME	DEPTH

RUN NUMBER	DEPTH (M)	RECOVERY CM	% RECOVERED	RQD	PROFILE	DESCRIPTION	JOINT SPACING			- REMARKS	
							GRAPHIC	MAXIMUM	MINIMUM		AVERAGE
12	15	300	100	98		HARD DARK GREY BIOTITE BANDED GNEISS	65	86	5	46	15.06m: closed. 15.61m: S, iron stained. 15.65m: S, pitch 50°, reverse (dextral) iron stained, quartz crystals. 15.89m: S, iron stained.
13	16	270	100	94		S.W. H.F. TO SOLID.	10 5 20 30 25 60 65 65 40 40 45	69	2	36	16.69m: S, pitch 5°, sinistral calcite infilled. 16.85m: S, pitch 5°, sinistral calcite infilled and iron stained. 17.20m } S, iron stained. 17.25m } 17.28m } pitch < 10°, sinistral. 17.43m: S, pitch earlier < 10°, later 80° iron stained. 17.57m: S } iron stained, calcite calcite stained. 17.70m: S } 17.73m, 17.77m: M, iron stained. 17.88m: M } iron stained. 18.03m: M } 18.25m: M, iron stained, 18.27m: M, iron stained and calcite infilled 18.51m: R, iron stained. 18.70m: S, pitch 40°, dextral calcite coated. 18.95m } S, iron stained and 18.98m } calcite coated.
14	18.7	160	100	98			20 70 15 25	59	3	31	19.36m } S, iron stained and 19.54m } calcite coated.

여 백

Appendix III: Televiewer logging data for boreholes B-1,
B-2 and B-3

여 백

BOREHOLE B- 1

NO	TECTONIC	DEPTH[M]	DIP DIRECTION	DIP ANGLE	CODE
1	fracture	4.48	201	60	1
2	"	5.62	279	40	1
3	"	6.11	148	66	2
4	"	6.72	1	53	2
5	"	6.75	56	24	3
6	"	6.77	332	30	3
7	"	6.81	40	78	3
8	"	7.53	68	63	2
9	"	7.70	318	11	2
10	"	7.78	329	72	2
11	"	7.82	268	10	2
12	"	7.86	344	57	2
13	"	9.12	262	31	3
14	"	9.64	272	43	2
15	"	9.96	69	69	3
16	"	10.92	295	39	2
17	"	12.13	326	8	2
18	"	12.85	331	45	2
19	"	13.26	254	4	1
20	"	14.84	58	75	3
21	"	15.01	45	73	3
22	"	15.07	91	64	3
23	"	15.39	207	70	3
24	"	15.54	30	80	2
25	"	15.89	215	83	2
26	"	16.24	25	6	2
27	"	16.38	69	82	3
28	"	16.60	259	14	3
29	"	16.62	70	72	3
30	"	16.96	321	19	3
31	"	17.04	58	62	2
32	"	17.07	15	25	1
33	"	17.47	345	41	1
34	"	17.64	64	69	3
35	"	18.10	47	68	3
36	"	18.97	142	9	3
37	"	19.44	188	12	3
38	"	20.71	43	39	1
39	"	21.72	181	65	2
40	"	21.77	174	62	2
41	"	21.91	137	56	3
42	"	22.01	161	69	3
43	"	23.58	318	58	3

Table 1.

44	fracture	25.47	284	12	3
45	"	26.19	229	7	3
46	"	27.06	44	50	3
47	"	27.22	17	67	3
48	"	28.23	45	78	1
49	"	28.64	233	52	3
50	"	28.90	263	40	3
51	"	28.94	270	42	3
52	"	29.13	14	17	3
53	"	29.21	326	17	3
54	"	29.36	206	76	3
55	"	29.73	47	72	3
56	"	30.28	28	66	3
57	"	30.32	38	76	3
58	"	30.43	255	49	2
59	"	31.71	41	78	3
60	"	32.10	62	75	3
61	"	32.23	29	68	1
62	"	32.32	39	66	3
63	"	32.45	173	85	2
64	"	32.61	45	69	1
65	"	32.89	61	59	2
66	"	33.02	95	60	3
67	"	33.27	177	60	2
68	"	33.58	176	69	3
69	"	33.65	185	67	2
70	"	33.90	165	62	3
71	"	34.01	186	73	3
72	"	34.53	65	68	2
73	"	35.71	171	69	1
74	"	35.89	183	70	3
75	"	36.03	295	56	3
76	"	36.10	146	54	3
77	"	37.19	340	32	3
78	"	37.49	162	66	1
79	"	37.56	156	61	3
80	"	37.90	125	68	3
81	"	38.10	269	48	3
82	"	38.43	303	25	3
83	"	38.46	170	61	3
84	"	38.93	315	61	3
85	"	39.24	328	61	3
86	"	39.58	75	76	3
87	"	39.99	189	66	1
88	"	40.12	195	76	1
89	"	40.24	197	70	1

Table 1(Continued)

90	fracture	40.29	200	53	1
91	"	40.54	173	41	3
92	"	41.14	101	63	3
93	"	41.66	105	66	3
94	"	41.76	166	53	3
95	"	41.99	152	70	3
96	"	42.07	143	73	3
97	"	42.94	285	75	3
98	"	42.99	279	71	2
99	"	43.39	281	71	3
100	"	43.40	62	66	3
101	"	43.69	107	25	3
102	"	44.33	285	73	3
103	"	44.57	188	64	3
104	"	44.74	181	65	3
105	"	44.80	299	74	3
106	"	44.90	298	67	2
107	"	45.00	293	72	3
108	"	45.07	121	40	3
109	"	45.13	166	68	1
110	"	45.13	179	66	1
111	"	45.19	181	58	3
112	"	45.37	108	45	3
113	"	45.40	193	65	1
114	"	45.59	289	73	3
115	"	45.65	162	63	3
116	"	45.80	312	74	3
117	"	46.09	180	66	3
118	"	46.15	166	65	2
119	"	46.24	157	60	1
120	"	46.34	121	45	2
121	"	46.39	110	45	1
122	"	46.76	175	67	2
123	"	46.80	176	66	2
124	"	47.16	144	45	2
125	"	47.22	157	60	3
126	"	47.32	142	53	1
127	"	47.36	131	57	2
128	"	47.46	158	56	1
129	"	52.16	210	71	3
130	"	52.52	201	76	3
131	"	55.52	48	79	3
132	"	55.78	170	25	3
133	"	55.93	34	78	3
134	"	56.08	161	55	3
135	"	56.21	113	51	3

Table 1(Continued)

136	fracture	56.43	37	76	3
137	"	61.17	32	71	3
138	"	64.11	191	7	3
139	"	64.45	261	12	3
140	"	65.58	170	64	3
141	"	65.60	172	71	3
142	"	65.86	182	67	2
143	"	66.58	306	58	3
144	"	66.78	171	7	3
145	"	67.89	288	27	3
146	"	68.26	28	7	3
147	"	68.34	175	23	3
148	"	68.56	262	29	3
149	"	69.01	29	84	1
150	"	69.51	200	82	1
151	"	69.90	33	84	1
152	"	70.74	292	42	3
153	"	71.97	61	8	3
154	"	72.00	197	74	3
155	"	72.43	71	75	2
156	"	72.53	65	76	3
157	"	72.56	163	66	2
158	"	72.78	151	68	3
159	"	72.86	173	67	3
160	"	73.30	177	69	3
161	"	74.12	173	76	3
162	"	74.46	187	65	3
163	"	75.40	151	16	3
164	"	75.60	153	59	1
165	"	75.77	322	79	3
166	"	76.01	136	53	3
167	"	76.11	151	61	3
168	"	76.27	151	48	1
169	"	76.44	142	71	3
170	"	76.61	203	46	3

Tectonic elements : 170
Fault : 0
layer : 0
fracture : 170

Table 1(Continued)

BOREHOLE B- 2

NO	TECTONIC	DEPTH[M]	DIP DIRECTION	DIP ANGLE	CODE
1	fracture	3.29	213	4	1
2	"	3.50	231	8	1
3	"	3.65	210	4	1
4	"	3.68	282	28	1
5	"	4.32	223	33	2
6	"	4.34	158	76	2
7	"	4.89	206	75	3
8	"	4.90	139	52	3
9	"	4.99	294	15	1
10	"	5.49	359	9	3
11	"	5.70	174	68	1
12	"	5.86	180	66	3
13	"	5.93	116	63	3
14	"	6.24	349	15	3
15	"	6.94	246	17	2
16	"	7.93	192	84	3
17	"	8.22	121	56	3
18	"	8.31	120	59	3
19	"	8.41	156	49	2
20	"	8.53	198	56	3
21	"	8.69	187	63	2
22	"	8.81	116	64	2
23	"	9.04	113	59	2
24	"	9.28	202	65	2
25	"	9.40	91	59	3
26	"	9.48	125	60	3
27	"	11.09	266	8	3
28	"	11.85	203	74	3
29	"	12.02	176	40	3
30	"	12.96	193	59	3
31	"	13.16	290	68	2
32	"	13.34	56	58	3
33	"	14.07	55	48	2
34	"	14.16	183	72	3
35	"	14.22	195	70	3
36	"	14.30	40	66	3
37	"	14.47	64	63	3
38	"	14.49	57	53	3
39	"	14.68	275	59	3
40	"	14.90	97	52	3
41	"	15.14	54	73	3
42	"	15.64	81	68	3
43	"	15.98	52	72	3

Table 2.

44	fracture	16.30	307	63	3
45	"	16.44	270	27	3
46	"	16.75	341	64	3
47	"	16.92	82	59	3
48	"	17.26	173	69	3
49	"	17.95	317	68	3
50	"	18.52	161	63	3
51	"	18.60	47	37	3
52	"	18.66	164	71	2
53	"	19.05	57	36	2
54	"	19.17	48	56	2
55	"	19.59	59	67	3
56	"	19.64	283	5	2
57	"	19.85	69	69	3
58	"	19.97	111	38	3
59	"	20.08	326	8	3
60	"	20.32	54	72	3
61	"	20.60	71	47	3
62	"	20.68	261	56	2
63	"	20.84	74	63	3
64	"	20.97	58	21	3
65	"	21.11	49	67	3
66	"	21.25	60	63	1
67	"	21.28	33	71	1
68	"	21.39	27	64	2
69	"	21.52	181	74	3
70	"	21.56	29	68	3
71	"	21.67	5	64	3
72	"	21.74	29	68	3
73	"	21.98	34	68	2
74	"	22.26	59	60	3
75	"	22.39	70	50	3
76	"	22.45	75	60	3
77	"	22.50	69	54	3
78	"	22.69	168	53	2
79	"	22.77	160	71	2
80	"	22.92	151	66	3
81	"	23.02	241	51	3
82	"	23.08	19	50	2
83	"	23.20	351	48	3
84	"	23.32	46	30	3
85	"	23.35	37	32	2
86	"	23.51	76	41	2
87	"	23.61	76	53	2
88	"	23.73	59	45	3
89	"	23.81	189	66	2

Table 2(Continued)

90	fracture	23.87	50	72	3
91	"	23.89	168	66	1
92	"	24.14	156	77	3
93	"	24.21	148	57	3
94	"	24.53	273	67	3
95	"	24.56	57	55	3
96	"	24.73	281	24	3
97	"	24.80	165	49	2
98	"	24.89	144	57	2
99	"	24.93	356	84	2
100	"	25.17	173	66	2
101	"	25.19	175	77	2
102	"	25.24	166	38	2
103	"	25.51	31	56	3
104	"	25.52	178	32	2
105	"	25.68	57	59	1
106	"	25.86	62	64	3
107	"	26.04	167	68	3
108	"	27.00	247	51	3
109	"	27.02	189	13	3
110	"	28.01	220	6	3
111	"	28.18	179	60	3
112	"	28.20	177	73	3
113	"	28.67	359	55	3
114	"	30.41	279	23	3
115	"	31.00	346	25	3
116	"	31.27	162	59	3
117	"	31.30	154	80	3
118	"	31.33	163	56	3
119	"	31.42	165	78	1
120	"	31.76	161	63	3
121	"	31.78	342	31	3
122	"	31.84	46	39	2
123	"	31.99	168	65	3
124	"	32.01	63	34	3
125	"	32.07	161	60	3
126	"	32.36	20	25	3
127	"	32.74	9	15	3
128	"	33.69	351	30	3
129	"	33.78	11	71	3
130	"	34.03	119	40	3
131	"	34.62	140	46	3
132	"	34.91	60	59	3
133	"	35.08	147	56	2
134	"	35.10	181	64	2
135	"	35.16	174	52	2

Table 2(Continued)

136	fracture	35.19	178	53	1
137	"	35.33	145	37	2
138	"	35.35	160	63	3
139	"	35.64	150	66	3
140	"	35.97	179	75	3
141	"	36.74	185	75	3
142	"	36.93	253	20	3
143	"	37.73	172	73	3
144	"	38.11	156	51	3
145	"	38.26	179	45	3
146	"	38.34	165	62	2
147	"	38.65	298	81	3
148	"	39.81	156	59	3
149	"	40.31	171	77	3
150	"	40.76	41	38	3
151	"	40.79	165	52	2
152	"	41.04	182	62	2
153	"	41.28	20	56	3
154	"	41.35	187	54	3
155	"	41.81	176	66	3
156	"	41.96	159	60	3
157	"	42.25	60	77	3
158	"	42.26	75	65	3
159	"	42.31	73	70	2
160	"	42.40	63	63	1
161	"	42.51	81	63	3
162	"	42.66	54	68	3
163	"	42.81	34	69	3
164	"	42.95	43	60	3
165	"	42.97	173	60	3
166	"	42.99	60	64	3
167	"	43.06	46	71	3
168	"	43.10	169	68	3
169	"	43.22	205	57	3
170	"	43.26	206	57	3
171	"	43.33	38	68	3
172	"	43.44	184	65	3
173	"	43.51	151	65	2
174	"	43.58	98	60	3
175	"	43.76	298	61	3
176	"	43.77	142	63	3
177	"	43.85	84	53	3
178	"	43.86	287	51	3
179	"	43.99	24	16	2
180	"	44.00	157	55	1
181	"	44.08	48	52	3

Table 2(Continued)

182	fracture	44.30	172	57	2
183	"	44.35	147	57	3
184	"	44.44	107	60	3
185	"	44.53	122	59	3
186	"	44.62	314	50	3
187	"	44.67	98	59	3
188	"	44.79	184	81	1
189	"	44.83	42	54	3
190	"	44.85	40	39	1
191	"	44.87	151	22	2
192	"	44.97	13	64	1
193	"	45.04	12	73	1
194	"	45.11	193	64	3
195	"	45.31	55	45	3
196	"	45.47	286	39	3
197	"	45.61	172	69	1
198	"	45.62	357	34	3
199	"	45.69	32	35	3
200	"	45.79	345	66	2
201	"	45.95	85	66	3
202	"	46.15	185	77	2
203	"	46.33	159	48	3
204	"	46.44	183	57	3
205	"	46.56	148	57	3
206	"	46.62	194	77	1
207	"	46.63	123	40	3
208	"	46.96	192	43	3
209	"	46.99	201	46	3
210	"	47.01	8	71	2
211	"	47.10	182	70	3
212	"	47.12	189	61	3
213	"	47.28	184	74	1
214	"	47.34	205	42	2
215	"	47.51	155	57	3
216	"	47.63	144	53	3
217	"	47.69	198	46	3
218	"	47.72	195	31	3
219	"	47.81	133	55	3
220	"	47.91	136	70	1
221	"	47.97	184	72	3
222	"	48.08	32	73	2
223	"	48.10	180	54	3
224	"	48.29	298	60	3
225	"	48.33	116	57	3
226	"	48.54	166	61	3
227	"	48.58	191	84	1

Table 2(Continued)

228	fracture	48.60	151	55	3
229	"	48.69	195	61	3
230	"	48.78	164	59	3
231	Fault	48.95	138	56	9
232	Fault	49.17	161	64	9
233	Fault	49.38	146	48	9
234	Fault	49.51	142	52	9
235	fracture	49.63	132	55	3
236	"	49.87	162	69	3
237	"	50.03	149	60	3
238	"	50.10	175	50	3
239	"	50.15	170	43	2
240	"	50.22	180	49	3
241	"	50.26	183	62	3
242	"	50.40	190	64	3
243	"	50.74	100	61	3
244	"	51.10	293	49	3
245	"	51.40	104	59	3
246	"	51.68	166	63	3
247	"	51.72	75	69	3
248	"	51.81	71	77	3
249	"	52.06	26	19	3
250	"	52.58	62	43	3
251	"	52.69	106	38	3
252	"	53.33	169	59	3
253	"	53.46	204	57	3
254	"	53.94	137	48	2
255	"	54.17	177	63	3
256	"	54.28	139	53	3
257	"	54.53	327	59	3
258	"	54.75	300	75	3
259	"	54.87	202	74	3
260	"	54.90	176	61	3
261	"	55.29	153	58	3
262	"	55.72	157	60	3
263	"	56.19	125	46	3
264	"	56.34	287	37	3
265	"	56.51	154	56	3
266	"	56.74	52	79	3
267	"	57.43	156	63	2
268	"	57.87	167	76	3
269	"	57.99	329	32	3
270	"	57.99	158	71	3
271	"	58.38	142	62	3
272	"	58.56	321	42	3
273	"	59.10	285	62	3

Table 2(Continued)

274	fracture	59.22	277	51	3
275	"	59.37	52	65	3
276	"	59.51	53	65	3
277	"	59.65	155	57	3
278	"	59.67	168	54	3
279	"	59.74	120	53	3
280	"	59.91	107	50	3
281	"	60.42	111	41	3
282	"	60.63	148	55	3
283	"	60.99	145	62	3
284	"	61.28	40	77	3
285	"	61.48	141	47	3
286	"	61.53	138	48	2
287	"	61.56	151	47	2
288	"	61.64	118	41	3
289	"	61.81	159	66	3
290	"	62.06	53	63	3
291	"	62.21	296	31	3
292	"	62.27	317	82	3
293	"	62.29	66	73	3
294	"	62.41	45	75	3
295	"	62.56	169	73	3
296	"	62.62	144	71	3
297	"	62.79	51	63	3
298	"	62.94	38	57	3
299	"	62.96	311	53	3
300	"	62.99	299	40	3
301	"	63.05	146	64	3
302	"	63.17	114	50	3
303	"	63.36	49	51	3
304	"	63.53	183	69	3
305	"	63.86	337	32	3
306	"	64.08	116	68	3
307	"	64.37	150	69	3
308	"	64.43	150	79	3
309	"	64.97	143	72	2
310	"	65.11	146	73	3
311	"	65.21	137	73	3
312	"	65.32	186	69	3
313	"	65.47	105	61	3
314	"	65.64	106	63	3
315	"	65.67	119	65	3
316	"	65.71	88	67	3
317	"	65.95	181	69	3
318	"	66.29	97	53	3
319	"	66.43	44	66	3

Table 2(Continued)

320	fracture	66.46	166	71	3
321	"	66.88	34	50	3
322	"	67.05	26	73	3
323	"	67.07	164	66	3
324	"	67.11	168	66	3
325	"	67.34	34	74	3
326	"	67.35	166	62	3
327	"	67.76	192	58	3
328	"	67.86	342	47	3
329	"	67.96	145	55	3
330	"	68.12	313	68	3
331	"	68.15	288	58	3
332	"	68.25	174	66	3
333	"	68.39	129	66	3
334	"	68.56	131	67	3
335	"	68.57	319	54	3
336	"	68.64	323	46	3
337	"	68.79	287	44	3
338	"	69.15	162	58	3
339	"	69.21	151	53	2
340	"	69.39	63	51	3
341	"	69.47	119	61	3
342	"	69.96	309	51	3
343	"	70.05	326	46	3
344	"	70.60	303	59	3
345	"	70.78	293	61	3
346	"	70.85	301	73	3
347	"	70.99	308	71	3
348	"	71.10	117	58	3
349	"	71.21	38	72	3
350	"	71.40	300	68	3
351	"	71.57	13	57	1
352	"	71.63	136	40	3
353	"	71.70	120	41	2
354	"	71.78	22	80	2
355	"	71.94	184	38	3
356	"	72.15	143	51	3
357	"	72.29	122	52	3
358	"	72.51	211	85	2
359	"	72.58	164	54	3
360	"	72.82	179	60	3
361	"	72.92	144	51	3
362	"	73.11	186	46	3
363	"	73.19	11	71	3
364	Fault	73.33	183	64	9
365	fracture	73.85	21	62	3

Table 2(Continued)

366	fracture	73.89	17	66	3
367	"	74.03	146	57	3
368	"	74.07	136	59	3
369	"	74.14	162	64	3
370	"	74.21	144	55	3
371	"	74.36	159	50	3
372	"	74.80	16	59	3
373	"	74.86	306	57	3
374	"	75.11	171	63	3
375	"	75.18	150	51	3
376	"	75.44	166	42	3
377	"	75.79	294	54	3
378	"	75.96	172	54	3
379	"	76.03	145	52	3
380	"	76.15	161	65	3
381	"	76.23	100	60	3
382	"	76.54	111	58	3
383	"	76.57	100	55	3
384	"	76.65	103	53	3
385	"	76.75	101	50	3
386	"	76.89	124	51	3
387	"	76.91	297	58	3
388	"	76.94	331	52	3
389	"	77.08	179	59	2
390	"	77.21	152	58	2
391	"	77.37	155	53	2
392	"	77.54	120	75	3
393	"	77.73	126	67	1
394	"	77.87	37	44	3
395	"	77.95	176	23	3
396	"	78.02	253	19	3
397	"	78.24	27	69	3
398	"	78.36	33	22	3
399	"	78.47	48	35	3
400	"	78.97	284	65	3
401	"	79.03	113	68	2
402	"	79.11	160	58	3
403	"	79.33	165	63	3
404	"	79.48	294	71	3
405	"	79.57	83	63	3
406	"	79.61	298	74	3

Tectonic elements : 406

Fault : 5

layer : 0

fracture : 401

Table 2(Continued)

BOREHOLE B- 3

NO	TECTONIC	DEPTH[M]	DIP DIRECTION	DIP ANGLE	CODE
1	fracture	2.93	263	28	3
2	"	3.04	313	16	1
3	"	3.30	154	47	2
4	Fault	3.37	207	29	9
5	fracture	3.57	155	55	3
6	Fault	3.58	272	28	9
7	fracture	3.64	184	35	3
8	"	3.87	263	11	3
9	"	4.00	51	64	1
10	"	4.03	149	71	3
11	"	4.57	155	64	2
12	"	4.61	150	50	3
13	"	4.70	351	46	2
14	"	4.97	299	5	2
15	"	4.99	278	25	3
16	"	5.07	126	53	3
17	"	5.21	206	57	2
18	"	5.28	135	47	2
19	"	5.47	127	53	3
20	"	5.85	131	52	1
21	"	6.00	32	51	3
22	"	6.01	121	54	3
23	"	6.09	149	46	3
24	"	6.31	33	56	2
25	"	6.39	58	5	1
26	"	6.59	79	48	3
27	"	6.66	322	25	3
28	"	6.84	53	47	3
29	"	7.26	74	81	3
30	"	7.60	344	6	3
31	"	7.64	331	34	3
32	"	7.91	30	50	3
33	"	8.02	279	32	2
34	"	8.20	128	76	3
35	"	8.40	6	64	3
36	"	8.81	35	62	3
37	"	8.90	35	59	3
38	"	9.15	68	61	3
39	"	9.74	29	26	3
40	"	10.12	51	63	3
41	"	10.36	14	48	1
42	"	11.44	358	35	2
43	"	11.95	29	65	3

Table 3.

44	fracture	12.05	47	63	3
45	"	12.23	37	70	3
46	"	12.48	63	56	3
47	"	12.59	9	32	3
48	"	12.91	28	51	3
49	"	13.09	38	67	3
50	"	13.20	60	58	3
51	"	13.59	221	20	3
52	"	13.69	15	65	3
53	"	14.22	44	67	3
54	"	14.28	51	63	3
55	"	14.43	249	12	3
56	"	14.76	57	67	3
57	"	14.99	225	7	1
58	"	15.02	324	39	3
59	"	15.11	14	9	2
60	"	15.90	4	63	3
61	"	16.00	74	66	2
62	"	16.65	141	61	3
63	"	16.84	153	22	1
64	"	17.36	86	48	3
65	"	17.42	180	0	3
66	"	18.15	77	66	3
67	"	18.45	292	16	3
68	"	18.57	227	20	2
69	"	18.66	343	4	3
70	"	19.07	167	75	3
71	"	20.08	276	69	3
72	"	20.16	17	49	3
73	"	20.21	233	14	3
74	"	20.27	299	8	1
75	"	20.34	354	48	3
76	"	20.45	335	49	3
77	"	20.50	202	24	3
78	"	21.03	170	5	3
79	"	21.76	35	34	3
80	"	21.83	311	16	2
81	"	22.19	356	48	3
82	"	22.32	33	54	3
83	"	22.53	71	66	3
84	"	22.86	173	71	3
85	"	23.62	66	56	3
86	"	23.95	338	9	3
87	"	24.66	63	47	3
88	"	24.81	24	64	2
89	"	25.34	294	10	1

Table 3(Continued)

90	fracture	25.70	243	17	3
91	"	26.24	41	10	3
92	"	26.51	214	4	3
93	"	26.87	86	61	3
94	"	27.02	38	49	3
95	"	27.16	44	61	3
96	"	27.32	46	68	3
97	"	27.33	36	47	3
98	"	27.35	45	68	3
99	"	27.45	302	32	3
100	"	27.57	35	70	1
101	"	27.72	23	71	1
102	"	27.83	43	73	3
103	"	28.35	80	27	2
104	"	28.42	280	79	3
105	"	28.99	40	28	3
106	"	29.28	160	63	3
107	"	29.80	160	70	2
108	"	30.02	154	74	3
109	"	30.10	299	15	3
110	"	30.23	148	62	3
111	"	30.28	158	67	3
112	"	30.52	176	50	3
113	"	30.61	191	50	3
114	"	31.43	270	0	3
115	"	31.59	136	6	3
116	"	31.82	172	38	2
117	"	31.94	171	31	2
118	"	32.04	65	18	3
119	"	32.51	164	11	1
120	"	32.89	176	47	3
121	"	33.08	342	65	2
122	"	33.17	185	42	3
123	"	33.49	165	85	3
124	"	33.57	65	57	3
125	"	34.58	143	55	3
126	"	34.73	210	36	3
127	"	35.15	319	14	3
128	"	36.87	202	44	3
129	"	36.96	1	27	3
130	"	37.23	177	60	2
131	"	37.35	161	42	2
132	"	37.43	112	71	3
133	"	37.44	26	63	2
134	"	37.65	174	68	1
135	"	37.88	168	71	3

Table 3(Continued)

136	fracture	37.93	182	71	3
137	"	37.95	188	49	3
138	"	38.01	325	76	3
139	"	38.18	333	41	3
140	"	38.39	175	51	3
141	"	39.16	179	54	3
142	"	39.19	303	54	3
143	"	39.35	113	66	3
144	"	39.44	281	34	2
145	"	39.47	182	56	3
146	"	39.49	333	41	2
147	"	39.56	152	58	3
148	"	39.59	179	32	3
149	"	39.65	129	74	3
150	"	39.69	139	48	3
151	"	39.83	177	46	2
152	"	39.94	2	58	3
153	"	40.01	5	62	3
154	"	40.31	325	58	3
155	"	40.37	346	48	2
156	"	40.77	274	55	3
157	"	41.26	179	66	3
158	"	41.35	176	62	3
159	"	41.44	10	59	3
160	"	41.94	155	72	2
161	"	42.03	117	46	3
162	"	42.30	344	39	2
163	"	42.35	114	60	3
164	"	42.41	125	66	3
165	"	42.60	4	57	1
166	"	42.60	38	57	2
167	"	42.62	293	40	3
168	"	42.81	287	52	3
169	"	43.38	314	49	3
170	"	43.42	48	50	3
171	"	43.76	135	0	2
172	"	44.03	68	61	3
173	"	44.08	278	55	3
174	"	44.42	276	57	2
175	"	45.10	328	54	2
176	"	46.01	174	53	3
177	"	46.33	13	49	3
178	"	46.78	188	56	3
179	"	47.26	49	68	3
180	"	47.56	40	42	3
181	"	48.32	177	60	3

Table 3(Continued)

182	fracture	48.47	173	73	3
183	"	48.82	208	67	3
184	"	48.93	149	65	3
185	Fault	49.26	148	48	9
186	Fault	49.67	149	65	9
187	fracture	49.77	163	61	2
188	"	49.94	4	64	2
189	"	50.05	166	61	3
190	"	50.22	158	69	1
191	"	50.24	127	52	2
192	"	50.37	85	64	2
193	"	50.53	169	62	2
194	"	50.59	93	34	2
195	"	50.67	38	43	2
196	"	50.69	105	44	2
197	"	50.83	159	61	3
198	"	51.03	166	57	1
199	"	51.12	171	53	1
200	"	51.19	69	73	3
201	"	51.22	150	69	3
202	"	51.22	132	33	3
203	"	51.38	107	33	3
204	"	51.45	111	47	3
205	"	51.57	167	39	3
206	"	51.74	11	52	3
207	"	51.76	169	38	2
208	"	51.83	129	56	2
209	"	51.95	117	44	3
210	"	52.04	136	46	3
211	"	52.09	127	47	2
212	"	52.13	130	37	3
213	"	52.28	122	36	3
214	"	52.51	47	64	2
215	"	52.66	128	68	3
216	"	52.72	135	55	3
217	"	52.81	146	44	3
218	"	52.91	144	54	3
219	"	52.99	173	52	3
220	"	53.04	180	41	3
221	"	53.19	190	15	3
222	"	53.23	140	61	2
223	"	53.37	148	53	3
224	"	53.41	170	65	3
225	"	53.49	259	23	3
226	"	53.56	156	55	3
227	"	53.67	111	55	3

Table 3(Continued)

228	fracture	53.72	121	48	3
229	"	53.76	333	39	3
230	"	53.85	153	43	3
231	"	53.94	114	49	3
232	"	54.07	351	58	3
233	"	54.11	250	41	3
234	"	54.16	236	43	3
235	"	54.18	350	29	3
236	"	54.31	147	45	2
237	"	54.67	183	26	3
238	"	54.71	175	64	3
239	"	54.87	136	33	3
240	"	54.96	162	53	3
241	"	54.97	90	57	3
242	"	55.06	141	43	3
243	"	55.12	106	67	3
244	"	55.24	92	67	3
245	"	55.28	167	61	2
246	"	55.46	127	51	1
247	"	55.84	121	41	3
248	"	55.98	146	64	3
249	"	56.12	167	61	3
250	"	56.19	321	49	3
251	"	56.35	110	61	2
252	"	56.87	161	81	3
253	"	56.92	163	52	3
254	"	57.17	138	60	3
255	"	57.24	152	67	3
256	"	57.40	168	62	3
257	"	57.47	168	50	3
258	"	57.64	155	55	3
259	"	58.07	291	68	3
260	"	58.62	136	51	3
261	"	58.82	163	61	3

Tectonic elements : 261

Fault : 4

layer : 0

fracture : 257

Table 3(Continued)

여 백

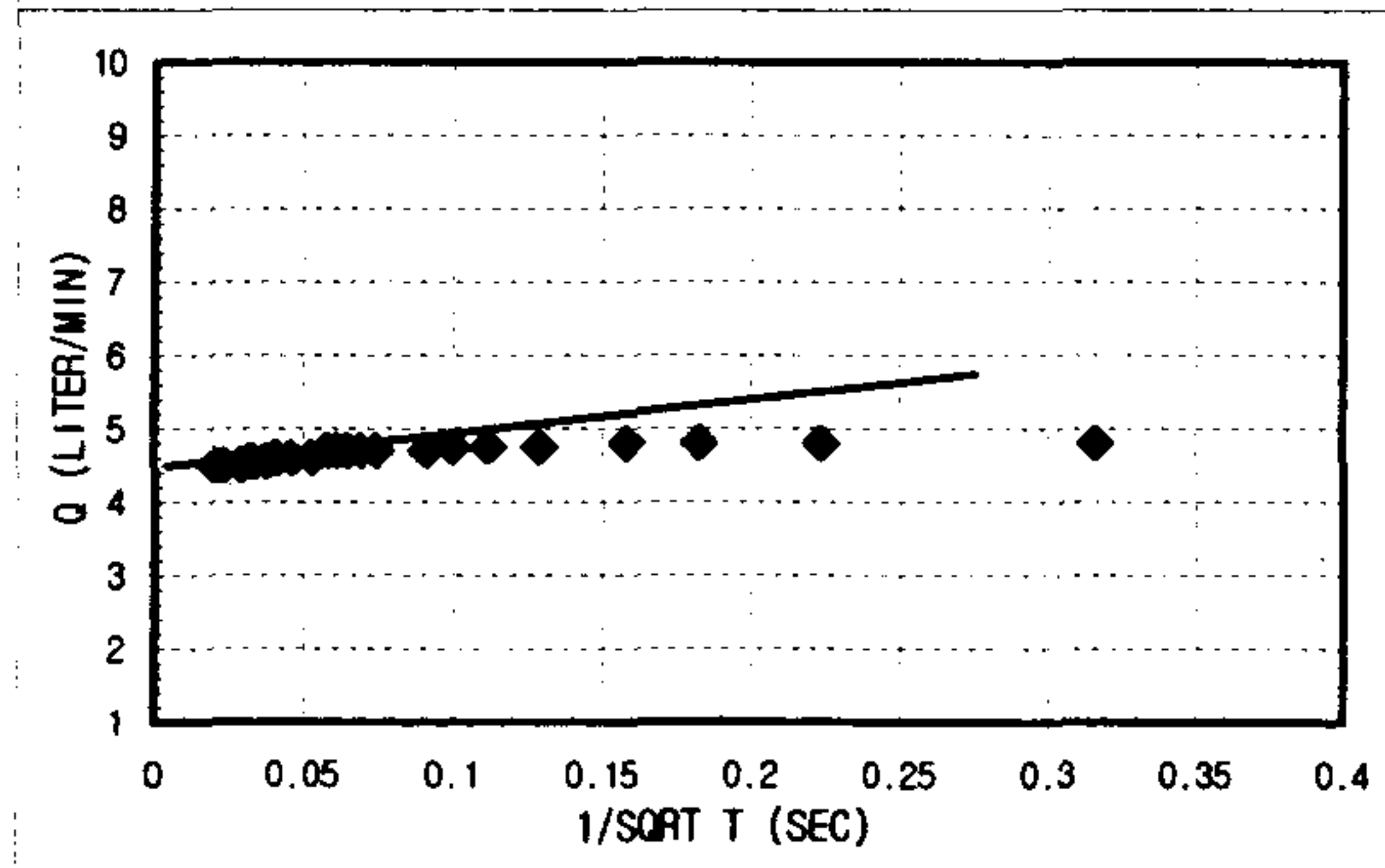
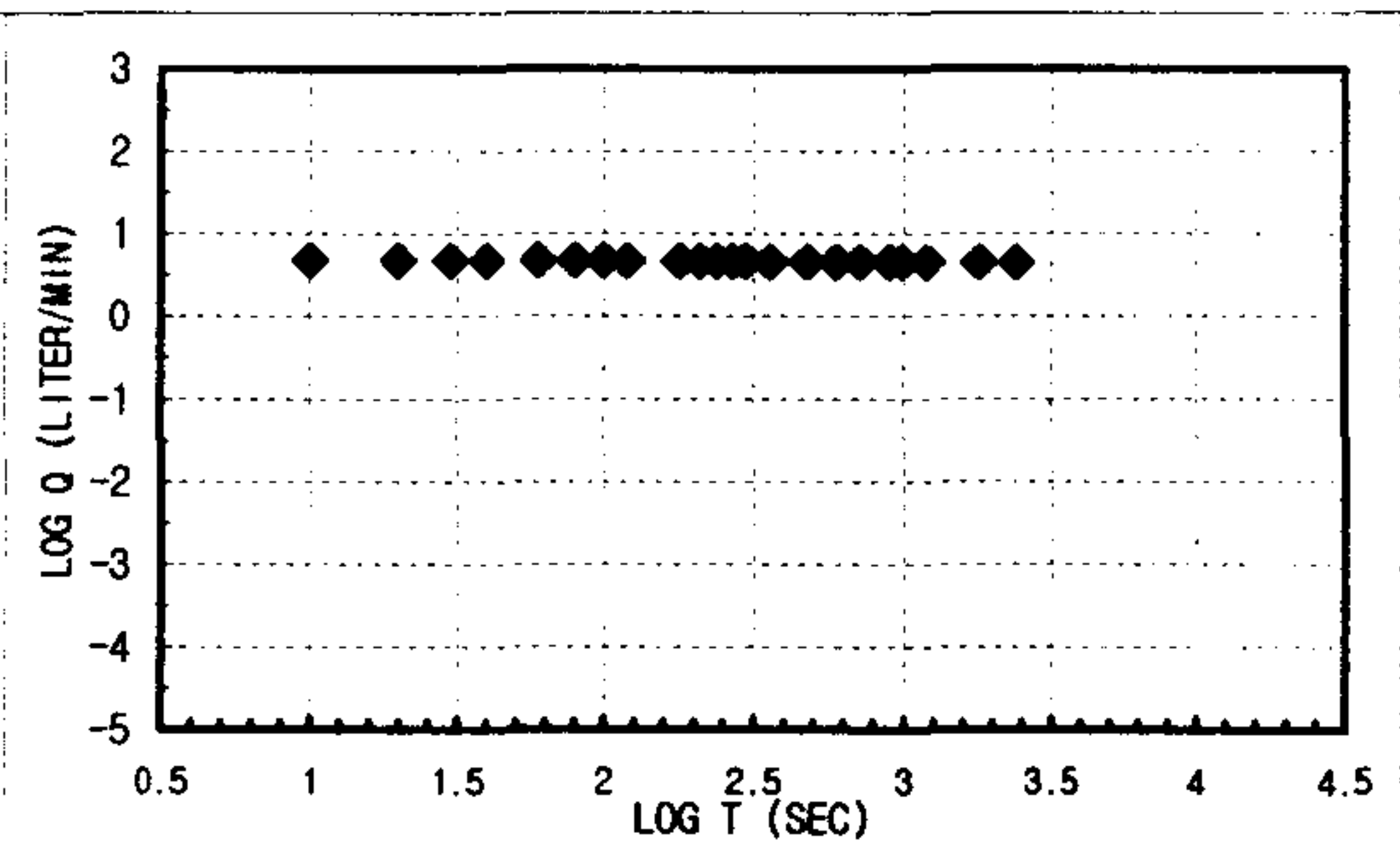
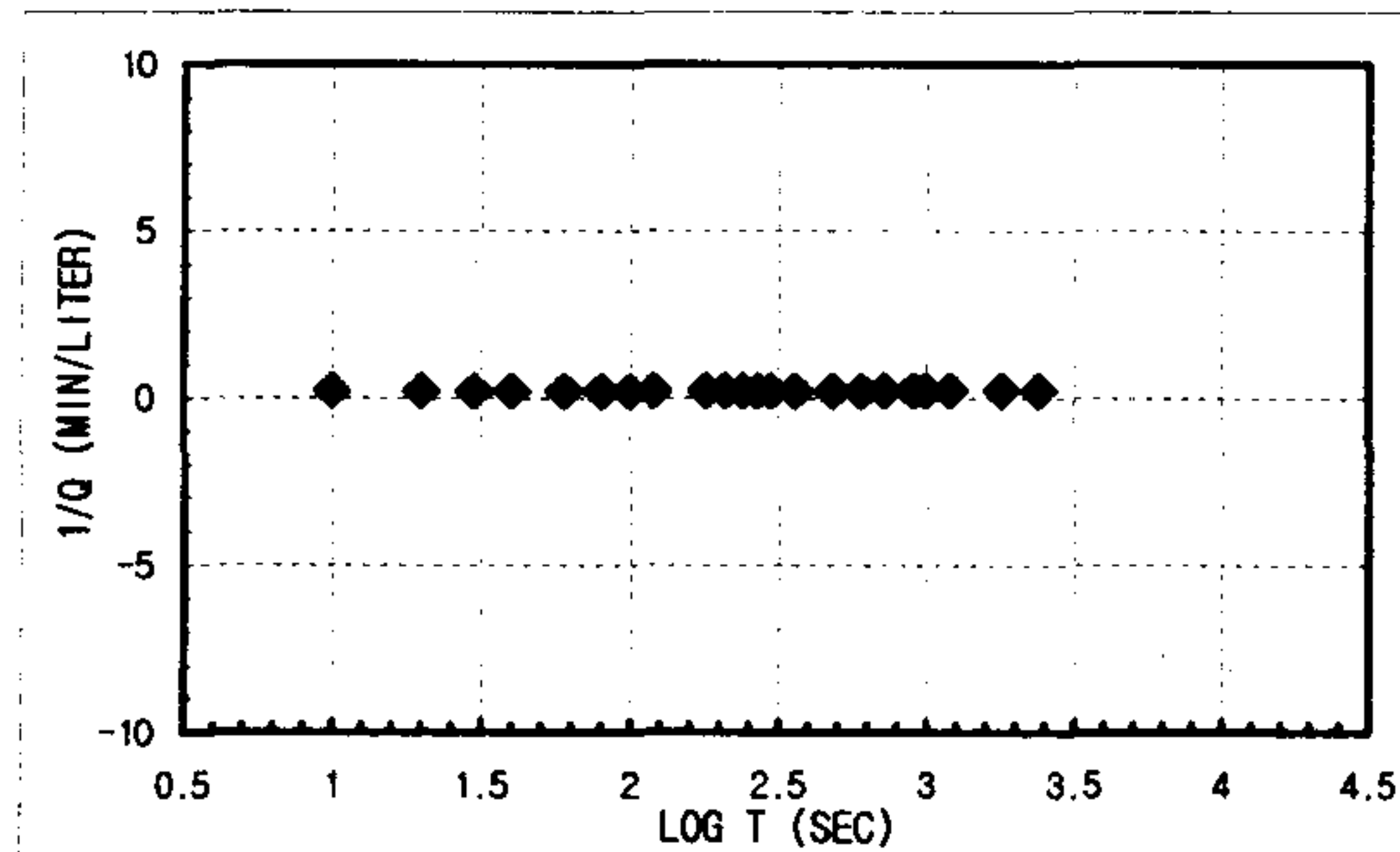
Appendix IV: FIL tests results

여 백

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-all		
TEST SECTION	5.0M-80M		
STATIC G/W LEVEL	3.79M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960607094900-960607102900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16112.2-16288.8	TIME INTERVAL (MIN)	40
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	176.6

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.8	0.52731	7.5	1 0.20833333	1	0.68124124	0.31622777	4.8
20	4.8	0.52731	7.5	1.30103 0.20833333	1.30103	0.68124124	0.2236068	4.8
30	4.8	0.52731	7.5	1.47712125 0.20833333	1.47712125	0.68124124	0.18257419	4.8
40	4.8	0.52731	7.5	1.60205999 0.20833333	1.60205999	0.68124124	0.15811388	4.8
60	4.75	0.52731	7.5	1.77815125 0.21052632	1.77815125	0.67669361	0.12909944	4.75
80	4.75	0.52731	7.5	1.90308999 0.21052632	1.90308999	0.67669361	0.1118034	4.75
100	4.75	0.52731	7.5	2 0.21052632	2	0.67669361	0.1	4.75
120	4.7	0.562464	8	2.07918125 0.21276596	2.07918125	0.67209786	0.09128709	4.7
180	4.7	0.562464	8	2.25527251 0.21276596	2.25527251	0.67209786	0.0745356	4.7
210	4.7	0.597618	8.5	2.32221929 0.21276596	2.32221929	0.67209786	0.06900656	4.7
240	4.7	0.6187104	8.8	2.38021124 0.21276596	2.38021124	0.67209786	0.06454972	4.7
270	4.7	0.6187104	8.8	2.43136376 0.21276596	2.43136376	0.67209786	0.06085806	4.7
300	4.7	0.632772	9	2.47712125 0.21276596	2.47712125	0.67209786	0.05773503	4.7
360	4.6	0.632772	9	2.5563025 0.2173913	2.5563025	0.66275783	0.05270463	4.6
480	4.6	0.632772	9	2.68124124 0.2173913	2.68124124	0.66275783	0.04564355	4.6
600	4.6	0.632772	9	2.77815125 0.2173913	2.77815125	0.66275783	0.04082483	4.6
720	4.55	0.70308	10	2.8573325 0.21978022	2.8573325	0.6580114	0.0372678	4.55
900	4.55	0.70308	10	2.95424251 0.21978022	2.95424251	0.6580114	0.03333333	4.55
990	4.55	0.70308	10	2.99563519 0.21978022	2.99563519	0.6580114	0.03178209	4.55
1200	4.5	0.7171416	10.2	3.07918125 0.22222222	3.07918125	0.65321251	0.02886751	4.5
1800	4.5	0.7171416	10.2	3.25527251 0.22222222	3.25527251	0.65321251	0.02357023	4.5
2400	4.5	0.7171416	10.2	3.38021124 0.22222222	3.38021124	0.65321251	0.02041241	4.5



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

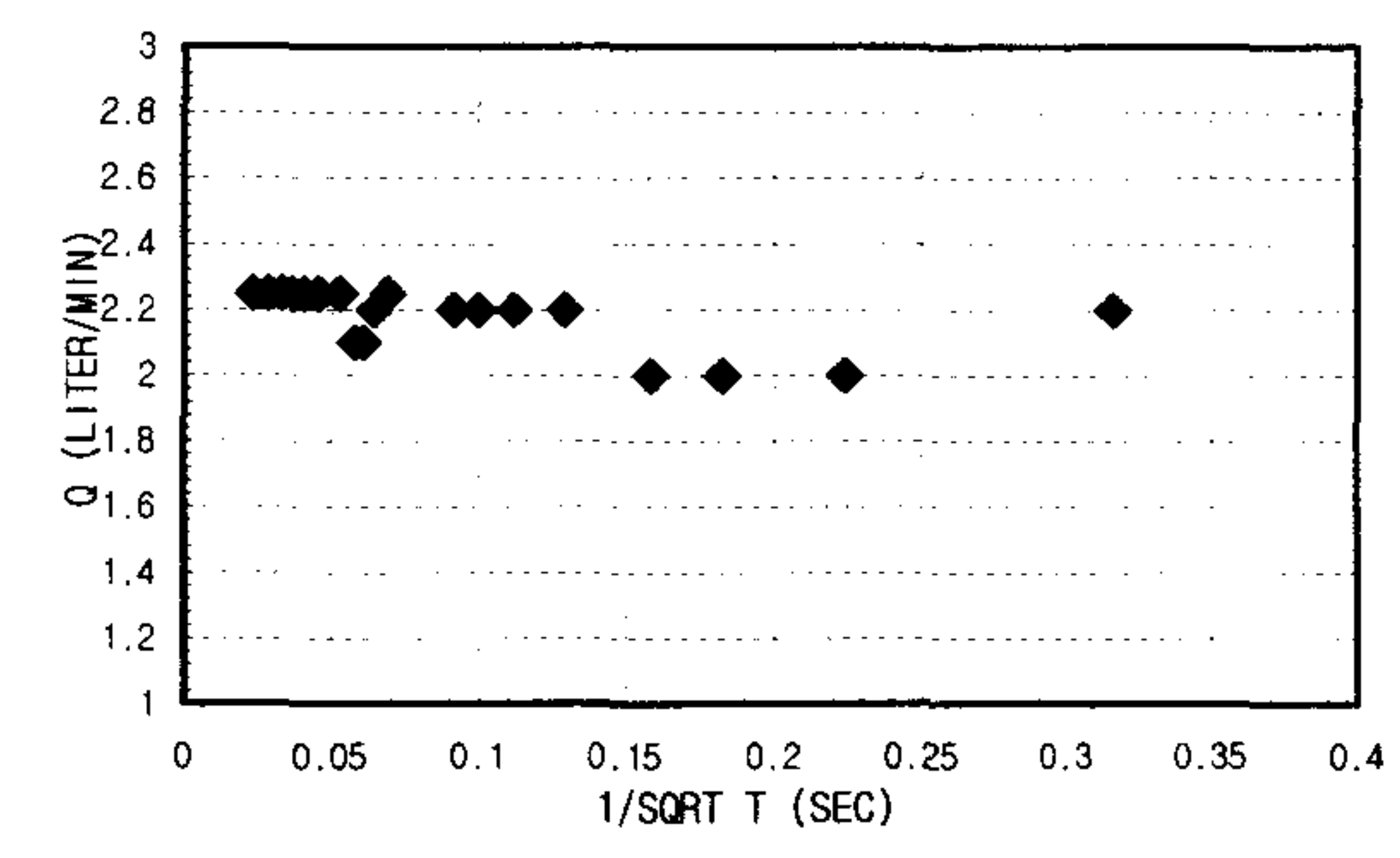
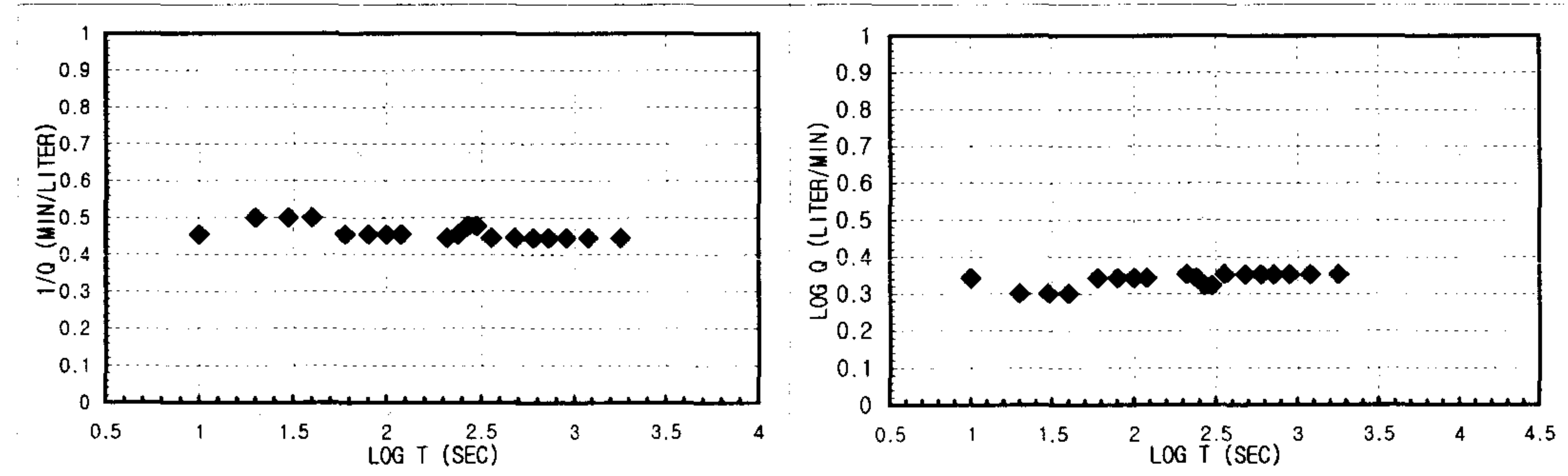
3. Spherical Flow
 $d = 7.1667E-05 \text{ m}$
 $h_{w0} = 33.46$
 $m = 8.3333E-06 \text{ m/sec}$
 $r_w = 0.0375$
 $K = 4.5452E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.00013729 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 4.2424E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-1		
TEST SECTION	4.0M-7.4M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3Kg/cm ²		
TIME(YYMMDDHHMMSS)	960530135200-960530142200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15460-15465	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.KIM	INJECTED Q(LITER)	5

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.2		1	0.45454545	1	0.34242268	0.31622777	2.2
20	2		1.30103	0.5	1.30103	0.30103	0.2236068	2
30	2		1.47712125	0.5	1.47712125	0.30103	0.18257419	2
40	2		1.60205999	0.5	1.60205999	0.30103	0.15811388	2
60	2.2		1.77815125	0.45454545	1.77815125	0.34242268	0.12909944	2.2
80	2.2		1.90308999	0.45454545	1.90308999	0.34242268	0.1118034	2.2
100	2.2		2	0.45454545	2	0.34242268	0.1	2.2
120	2.2		2.07918125	0.45454545	2.07918125	0.34242268	0.09128709	2.2
210	2.25		2.32221929	0.44444444	2.32221929	0.35218252	0.06900656	2.25
240	2.2		2.38021124	0.45454545	2.38021124	0.34242268	0.06454972	2.2
270	2.1		2.43136376	0.47619048	2.43136376	0.32221929	0.06085806	2.1
300	2.1		2.47712125	0.47619048	2.47712125	0.32221929	0.05773503	2.1
360	2.25		2.5563025	0.44444444	2.5563025	0.35218252	0.05270463	2.25
480	2.25		2.68124124	0.44444444	2.68124124	0.35218252	0.04564355	2.25
600	2.25		2.77815125	0.44444444	2.77815125	0.35218252	0.04082483	2.25
720	2.25		2.8573325	0.44444444	2.8573325	0.35218252	0.0372678	2.25
900	2.25		2.95424251	0.44444444	2.95424251	0.35218252	0.03333333	2.25
1200	2.25		3.07918125	0.44444444	3.07918125	0.35218252	0.02886751	2.25
1800	2.25		3.25527251	0.44444444	3.25527251	0.35218252	0.02357023	2.25



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

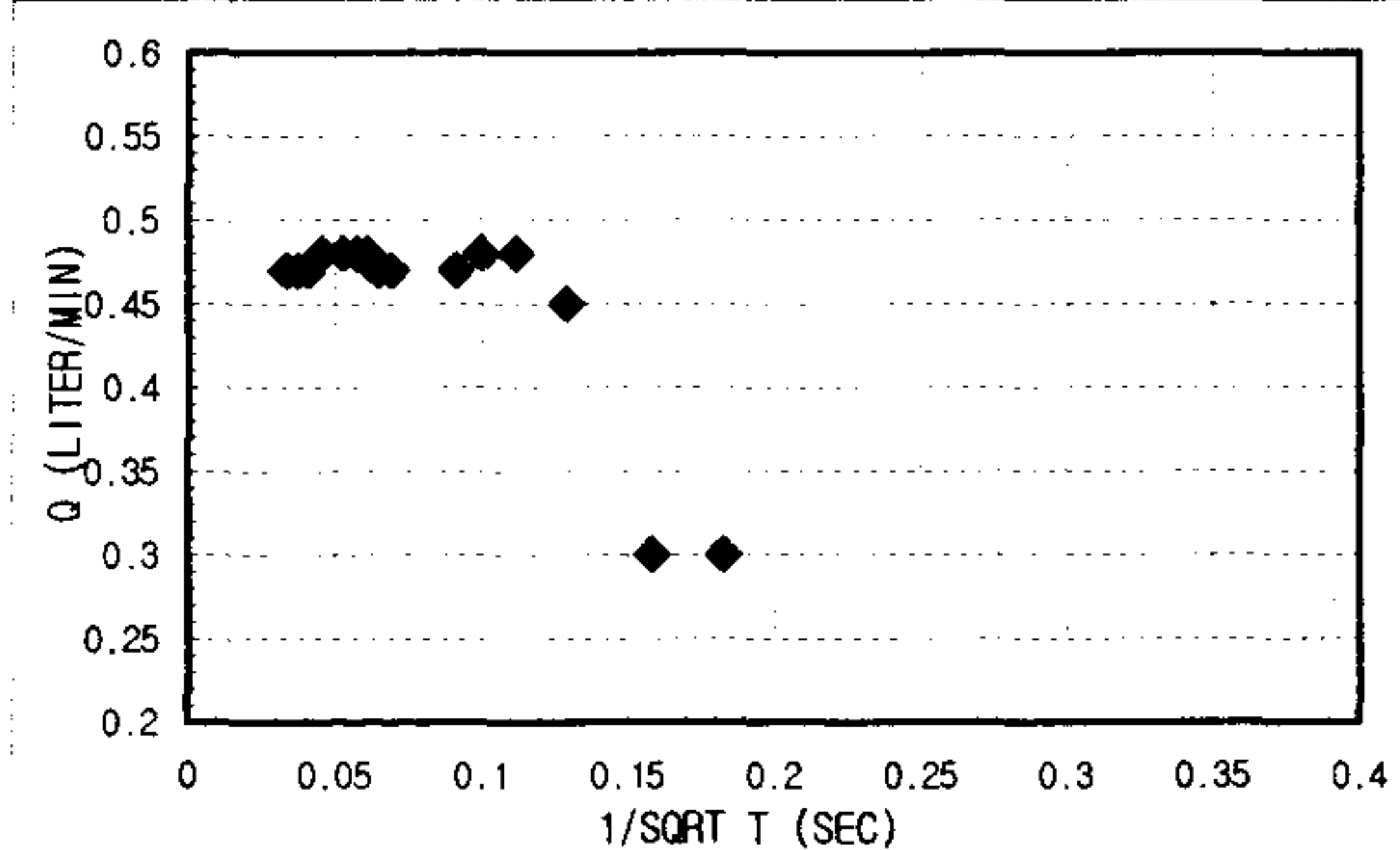
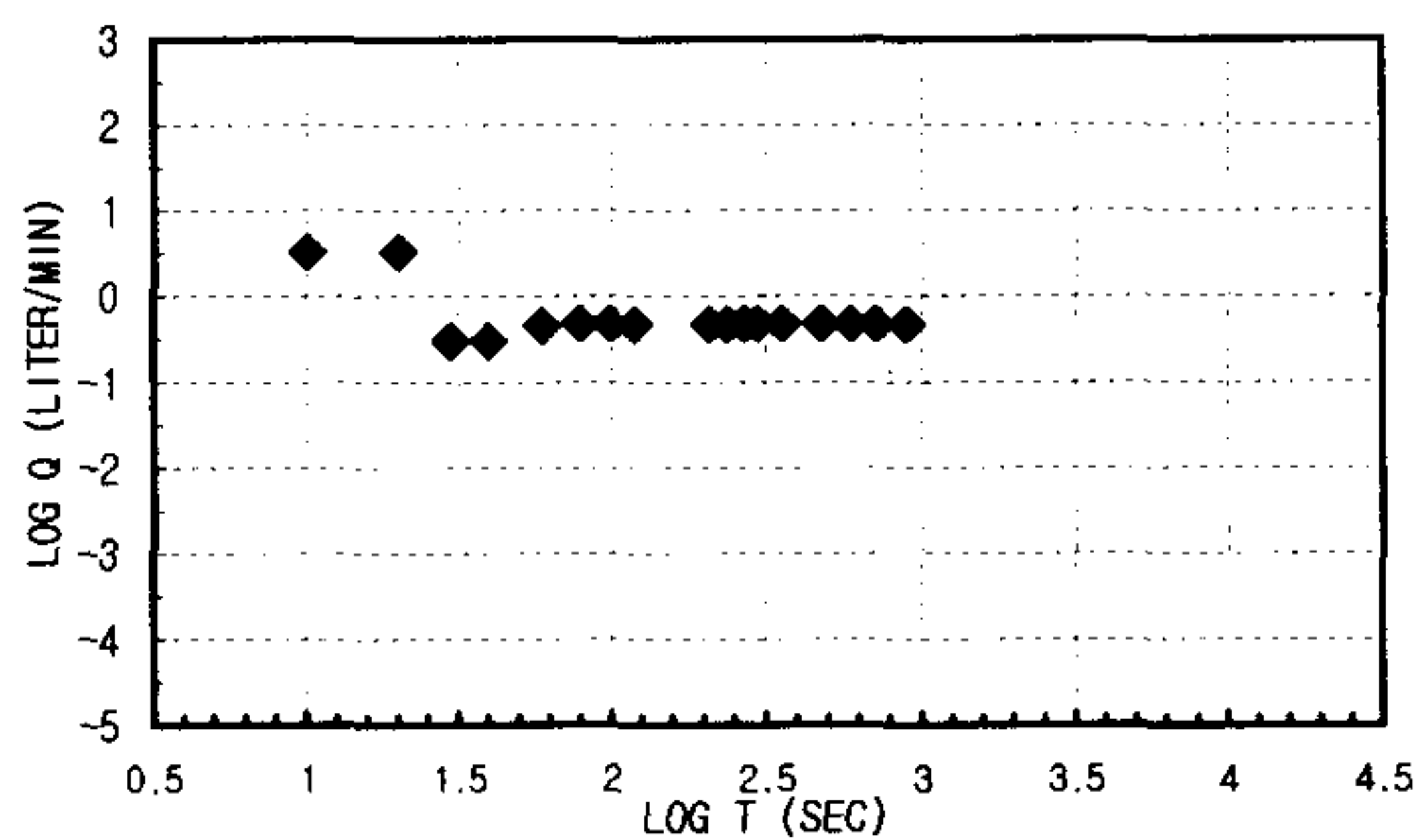
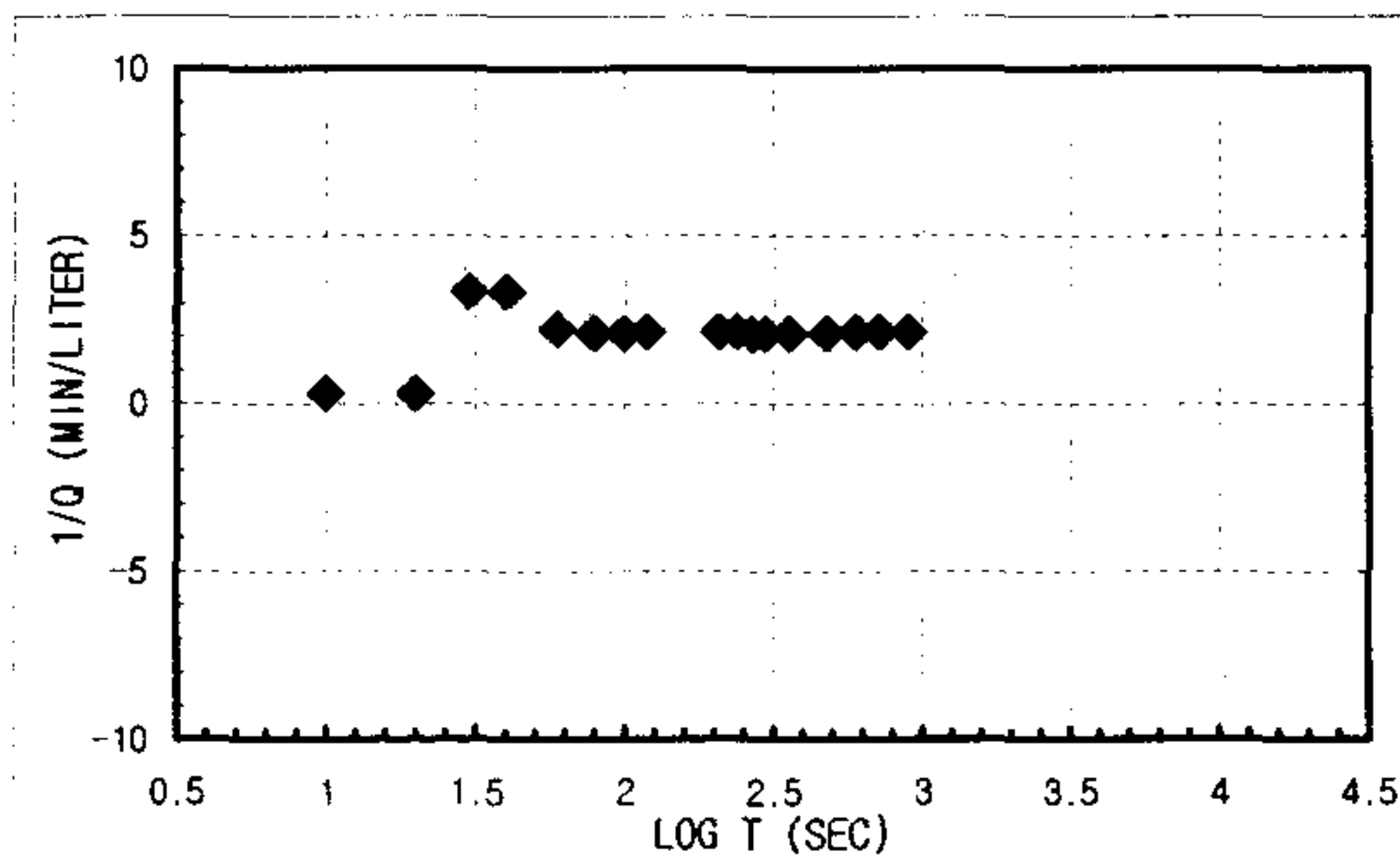
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0} =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 1.6015E-08 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (3.0<n<4.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-2		
TEST SECTION	7.4M-10.8M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960530144230-960530151230		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15465-15472.5	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.KIM	INJECTED Q(LITER)	7.5

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.3		1	0.3030303	1	0.51851394	0.31622777	3.3
20	3.3		1.30103	0.3030303	1.30103	0.51851394	0.2236068	3.3
30	0.3		1.47712125	3.33333333	1.47712125	-0.5228787	0.18257419	0.3
40	0.3		1.60205999	3.33333333	1.60205999	-0.5228787	0.15811388	0.3
60	0.45		1.77815125	2.22222222	1.77815125	-0.3467875	0.12909944	0.45
80	0.48		1.90308999	2.08333333	1.90308999	-0.3187588	0.1118034	0.48
100	0.48		2	2.08333333	2	-0.3187588	0.1	0.48
120	0.47		2.07918125	2.12765957	2.07918125	-0.3279021	0.09128709	0.47
210	0.47		2.32221929	2.12765957	2.32221929	-0.3279021	0.06900656	0.47
240	0.47		2.38021124	2.12765957	2.38021124	-0.3279021	0.06454972	0.47
270	0.48		2.43136376	2.08333333	2.43136376	-0.3187588	0.06085806	0.48
300	0.48		2.47712125	2.08333333	2.47712125	-0.3187588	0.05773503	0.48
360	0.48		2.5563025	2.08333333	2.5563025	-0.3187588	0.05270463	0.48
480	0.48		2.68124124	2.08333333	2.68124124	-0.3187588	0.04564355	0.48
600	0.47		2.77815125	2.12765957	2.77815125	-0.3279021	0.04082483	0.47
720	0.47		2.8573325	2.12765957	2.8573325	-0.3279021	0.0372678	0.47
900	0.47		2.95424251	2.12765957	2.95424251	-0.3279021	0.03333333	0.47



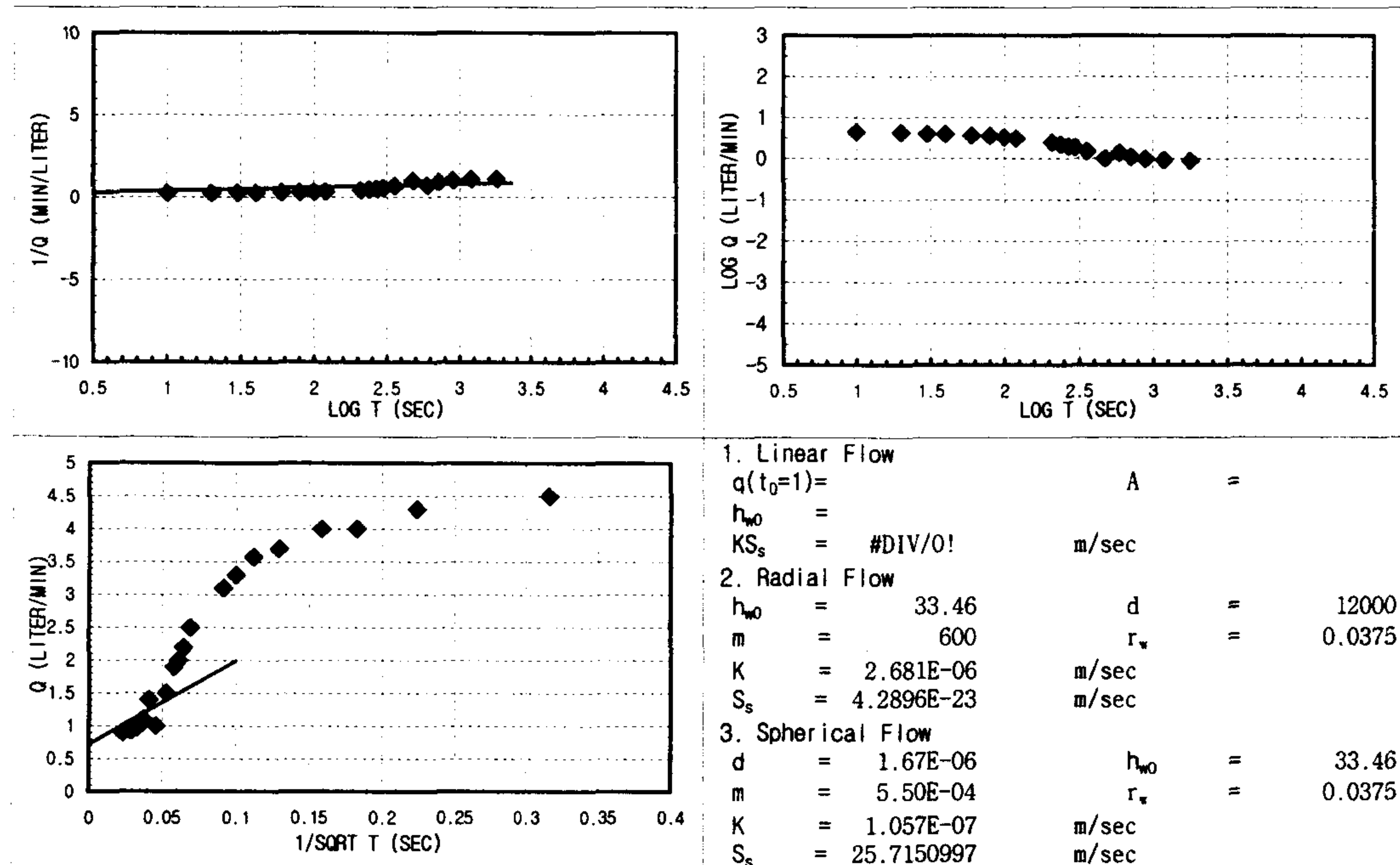
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0} =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

$K_{\text{steady state}} = 4.8045E-08 \text{ m/sec}$ Flow Type = Constant pressure boundary ($2.0 < n < 2.5$)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-3		
TEST SECTION	10.8M-14.2M(-9.9M)		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960530153600-960530143600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15472.5-15513.7	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	41.2

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.5		1	0.22222222	1	0.65321251	0.31622777	4.5
20	4.3		1.30103	0.23255814	1.30103	0.63346846	0.2236068	4.3
30	4		1.47712125	0.25	1.47712125	0.60205999	0.18257419	4
40	4		1.60205999	0.25	1.60205999	0.60205999	0.15811388	4
60	3.7		1.77815125	0.27027027	1.77815125	0.56820172	0.12909944	3.7
80	3.58		1.90308999	0.27932961	1.90308999	0.55388303	0.1118034	3.58
100	3.3		2	0.3030303	2	0.51851394	0.1	3.3
120	3.1		2.07918125	0.32258065	2.07918125	0.49136169	0.09128709	3.1
210	2.5		2.32221929	0.4	2.32221929	0.39794001	0.06900656	2.5
240	2.2		2.38021124	0.45454545	2.38021124	0.34242268	0.06454972	2.2
270	2		2.43136376	0.5	2.43136376	0.30103	0.06085806	2
300	1.9		2.47712125	0.52631579	2.47712125	0.2787536	0.05773503	1.9
360	1.5		2.5563025	0.66666667	2.5563025	0.17609126	0.05270463	1.5
480	1		2.68124124	1	2.68124124	0	0.04564355	1
600	1.4		2.77815125	0.71428571	2.77815125	0.14612804	0.04082483	1.4
720	1.1		2.8573325	0.90909091	2.8573325	0.04139269	0.0372678	1.1
900	0.98		2.95424251	1.02040816	2.95424251	-0.0087739	0.03333333	0.98
1200	0.93		3.07918125	1.07526882	3.07918125	-0.0315171	0.02886751	0.93
1800	0.9		3.25527251	1.11111111	3.25527251	-0.0457575	0.02357023	0.9

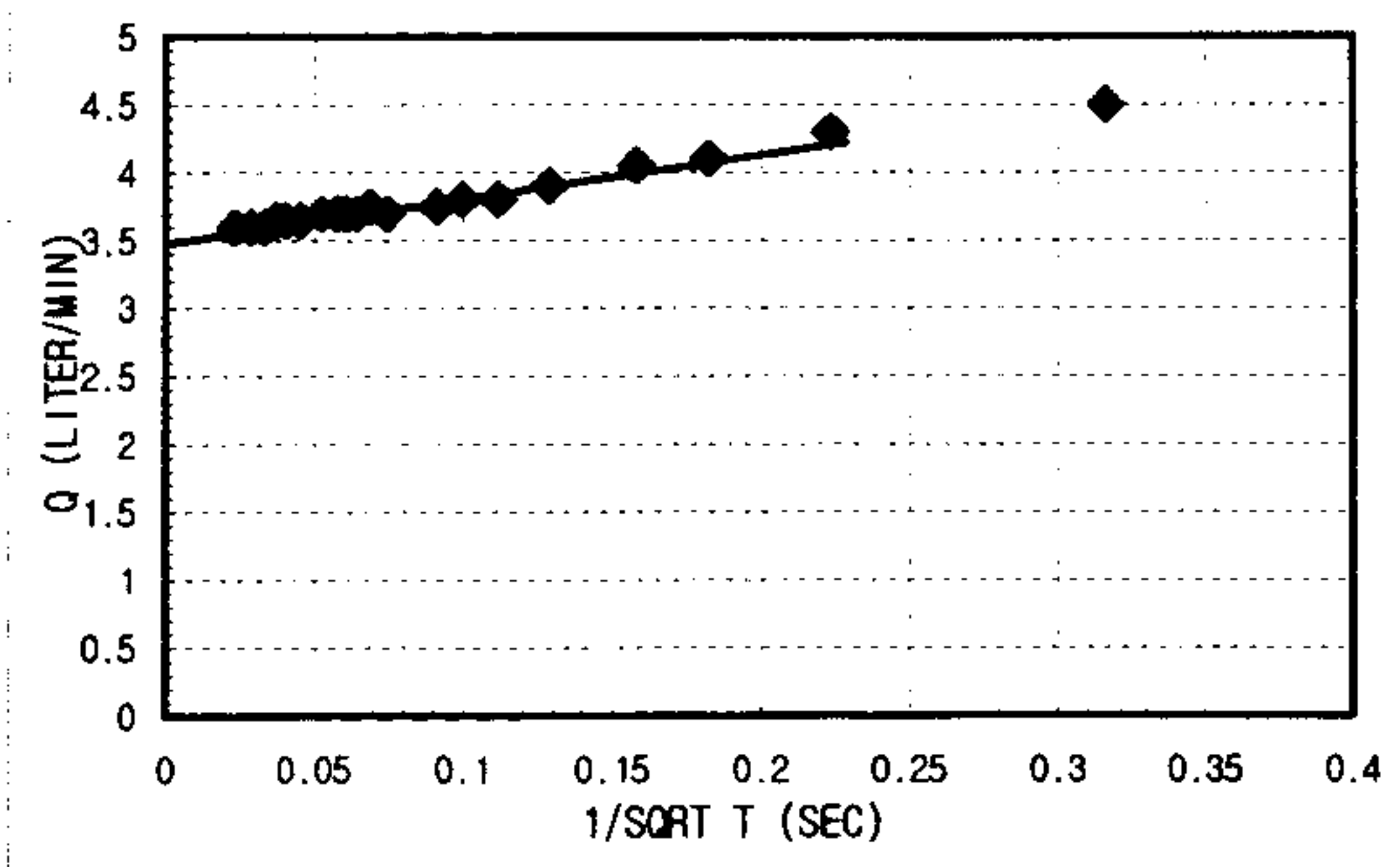
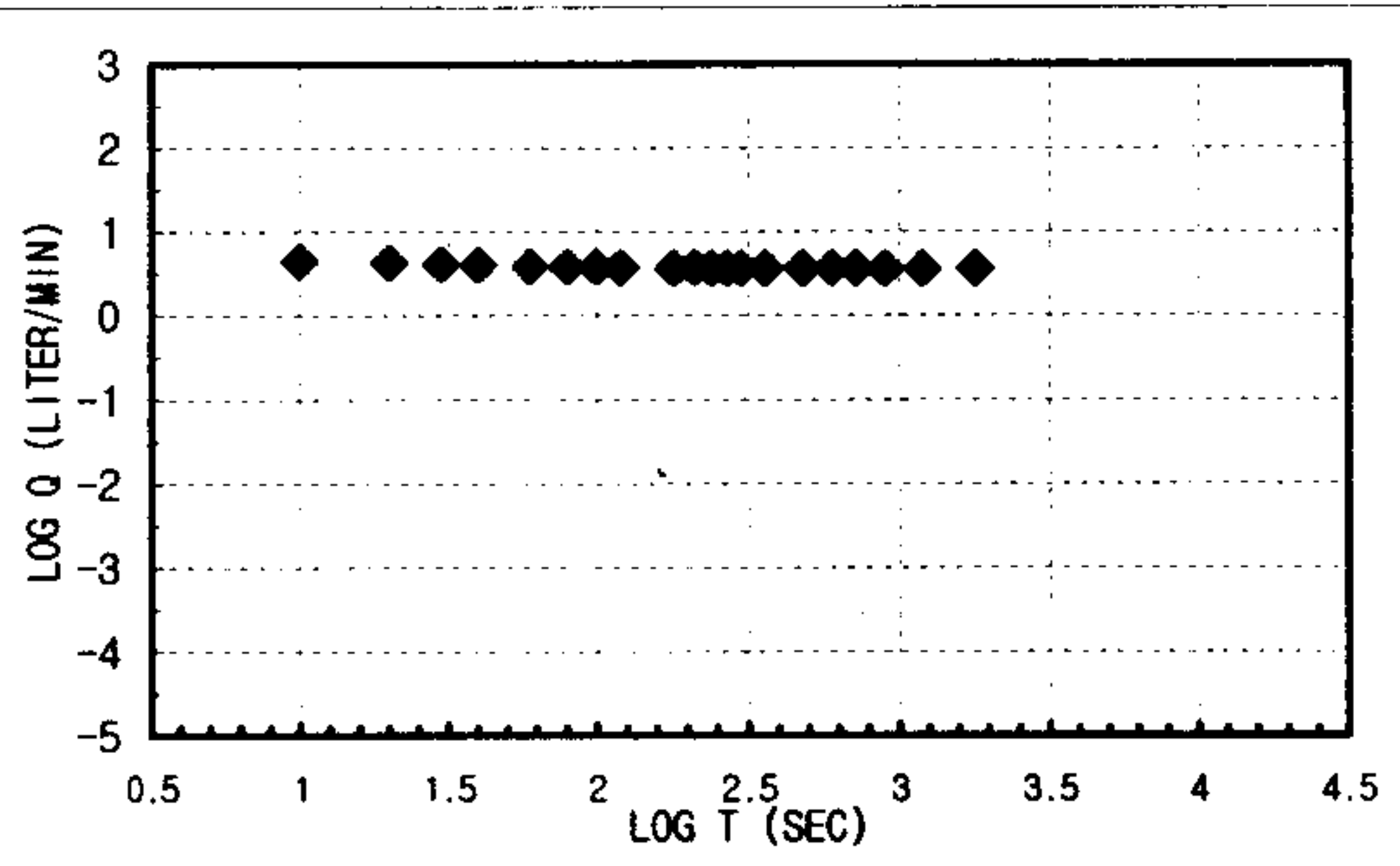
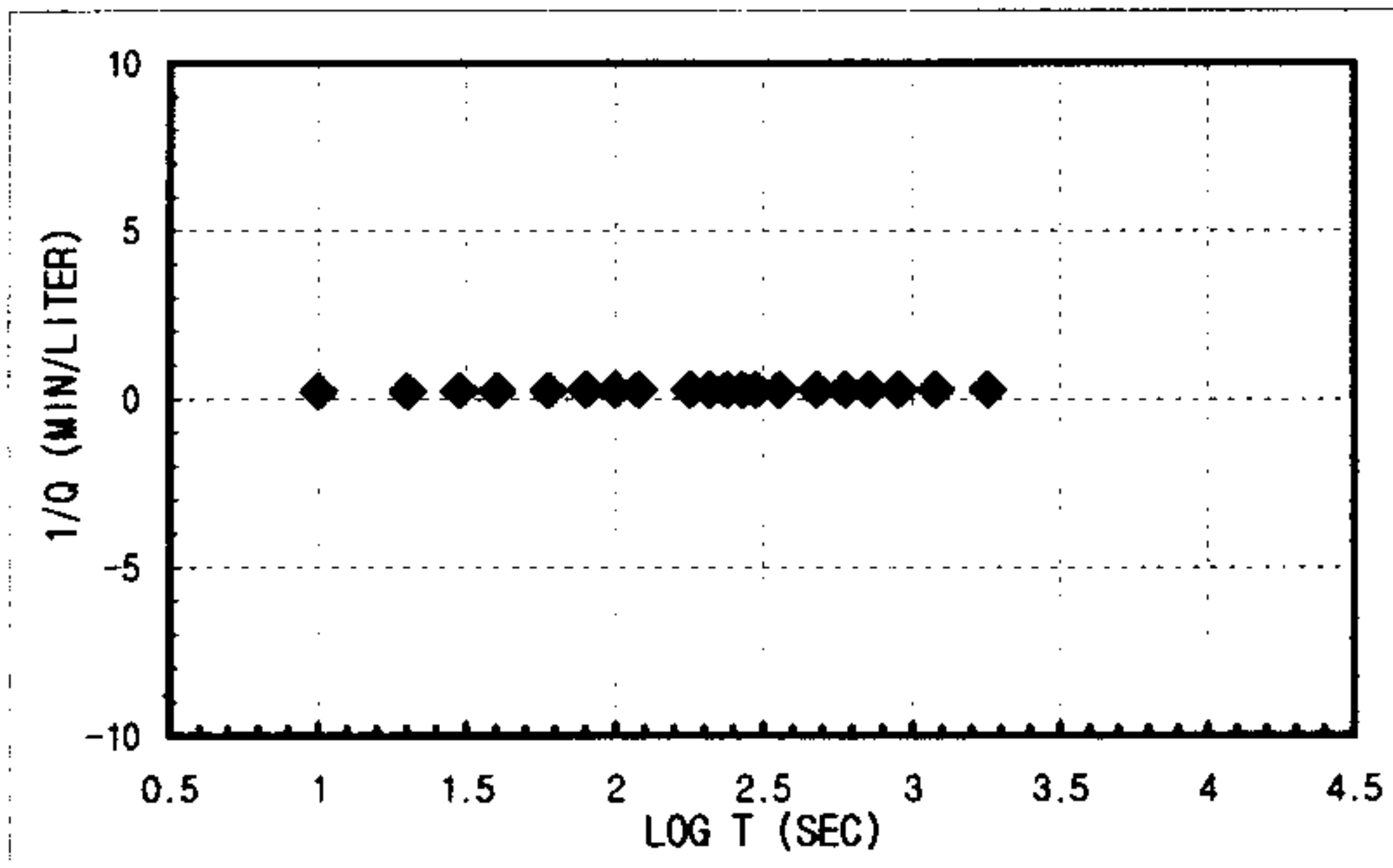


$K_{\text{steady state}} = 1.3196E-07 \text{ m/sec}$ | Flow Type = Radial and spherical flow (2.5 < n < 3.5)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-4		
TEST SECTION	14.2M~17.6M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm2		
TIME(YMMDHMMSS)	960530165200-960530172300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15513.7-15620.6	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	106.9

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.5		1	0.2222222	1	0.65321251	0.31622777	4.5
20	4.3		1.30103	0.23255814	1.30103	0.63346846	0.2236068	4.3
30	4.1		1.47712125	0.24390244	1.47712125	0.61278386	0.18257419	4.1
40	4.05		1.60205999	0.24691358	1.60205999	0.60745502	0.15811388	4.05
60	3.9		1.77815125	0.25641026	1.77815125	0.59106461	0.12909944	3.9
80	3.8		1.90308999	0.26315789	1.90308999	0.5797836	0.1118034	3.8
100	3.8		2	0.26315789	2	0.5797836	0.1	3.8
120	3.75		2.07918125	0.26666667	2.07918125	0.57403127	0.09128709	3.75
180	3.7		2.25527251	0.27027027	2.25527251	0.56820172	0.0745356	3.7
210	3.75		2.32221929	0.26666667	2.32221929	0.57403127	0.06900656	3.75
240	3.7		2.38021124	0.27027027	2.38021124	0.56820172	0.06454972	3.7
270	3.7		2.43136376	0.27027027	2.43136376	0.56820172	0.06085806	3.7
300	3.7		2.47712125	0.27027027	2.47712125	0.56820172	0.05773503	3.7
360	3.7		2.5563025	0.27027027	2.5563025	0.56820172	0.05270463	3.7
480	3.65		2.68124124	0.2739726	2.68124124	0.56229286	0.04564355	3.65
600	3.65		2.77815125	0.2739726	2.77815125	0.56229286	0.04082483	3.65
720	3.65		2.8573325	0.2739726	2.8573325	0.56229286	0.0372678	3.65
900	3.6		2.95424251	0.27777778	2.95424251	0.5563025	0.03333333	3.6
1200	3.6		3.07918125	0.27777778	3.07918125	0.5563025	0.02886751	3.6
1800	3.6		3.25527251	0.27777778	3.25527251	0.5563025	0.02357023	3.6



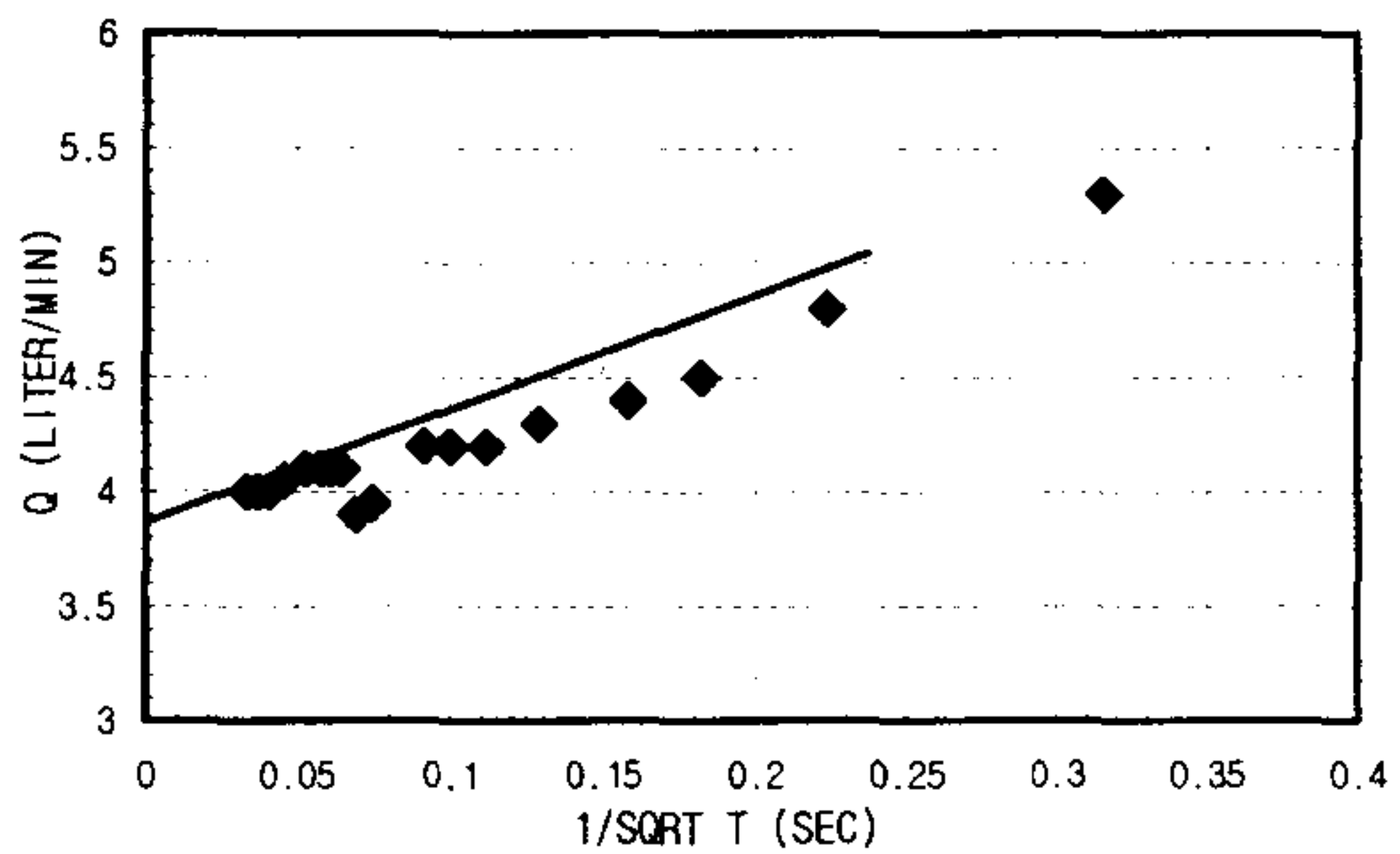
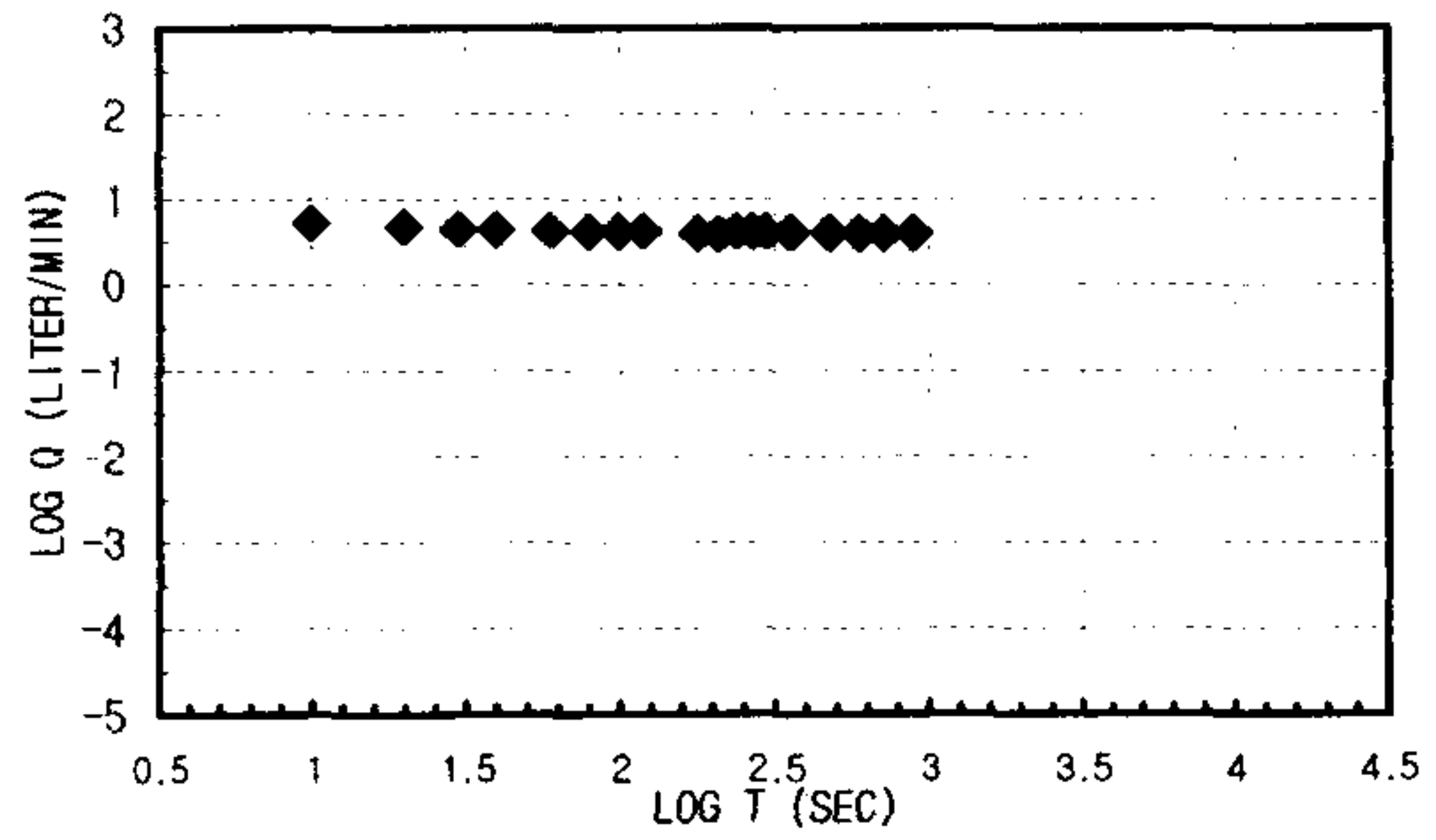
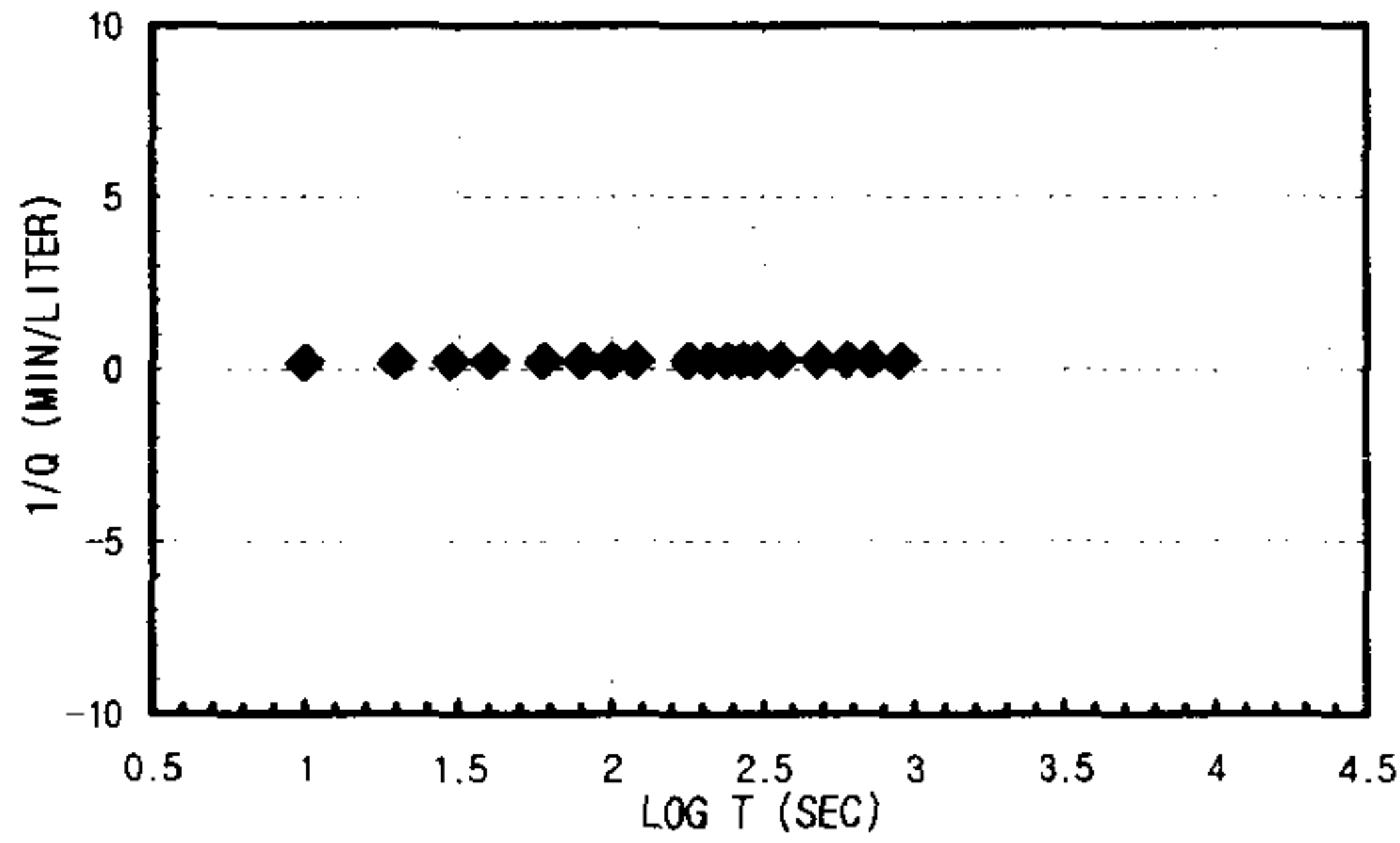
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ $d =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 5.8333E-05 \text{ m}$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 4.3333E-05 \text{ m}$ $r_w = 0.0375$
 $K = 3.6996E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.00456087 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 3.424E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
---	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-5		
TEST SECTION	17.6M-21.0M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960531132000-960531133600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15620.6-15680.6	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	60

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5.3		1	0.18867925	1	0.72427587	0.31622777	5.3
20	4.8		1.30103	0.20833333	1.30103	0.68124124	0.2236068	4.8
30	4.5		1.47712125	0.22222222	1.47712125	0.65321251	0.18257419	4.5
40	4.4		1.60205999	0.22727273	1.60205999	0.64345268	0.15811388	4.4
60	4.3		1.77815125	0.23255814	1.77815125	0.63346846	0.12909944	4.3
80	4.2		1.90308999	0.23809524	1.90308999	0.62324929	0.1118034	4.2
100	4.2		2	0.23809524	2	0.62324929	0.1	4.2
120	4.2		2.07918125	0.23809524	2.07918125	0.62324929	0.09128709	4.2
180	3.95		2.25527251	0.25316456	2.25527251	0.5965971	0.0745356	3.95
210	3.9		2.32221929	0.25641026	2.32221929	0.59106461	0.06900656	3.9
240	4.1		2.38021124	0.24390244	2.38021124	0.61278386	0.06454972	4.1
270	4.1		2.43136376	0.24390244	2.43136376	0.61278386	0.06085806	4.1
300	4.1		2.47712125	0.24390244	2.47712125	0.61278386	0.05773503	4.1
360	4.1		2.5563025	0.24390244	2.5563025	0.61278386	0.05270463	4.1
480	4.05		2.68124124	0.24691358	2.68124124	0.60745502	0.04564355	4.05
600	4		2.77815125	0.25	2.77815125	0.60205999	0.04082483	4
720	4		2.8573325	0.25	2.8573325	0.60205999	0.0372678	4
900	4		2.95424251	0.25	2.95424251	0.60205999	0.03333333	4



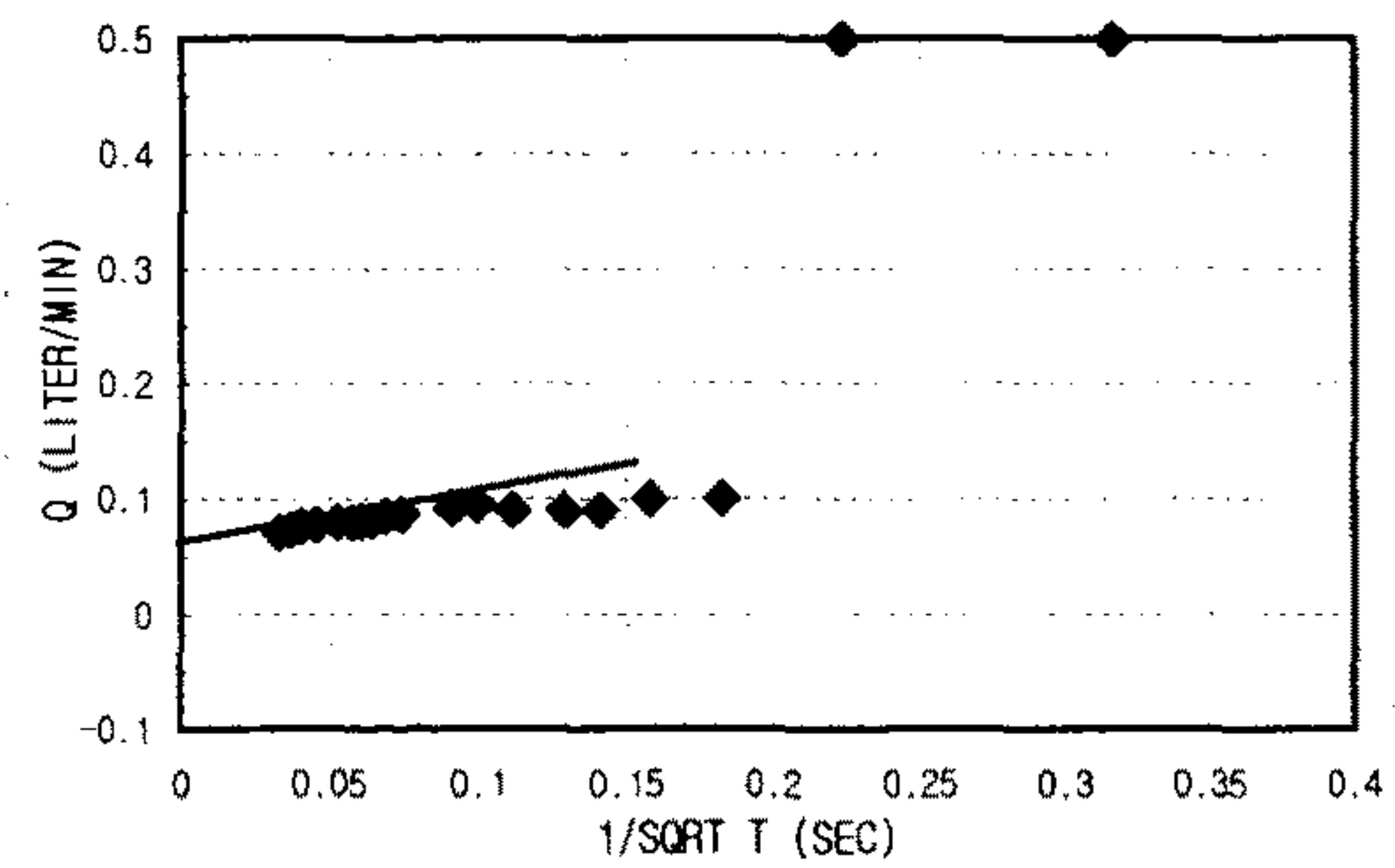
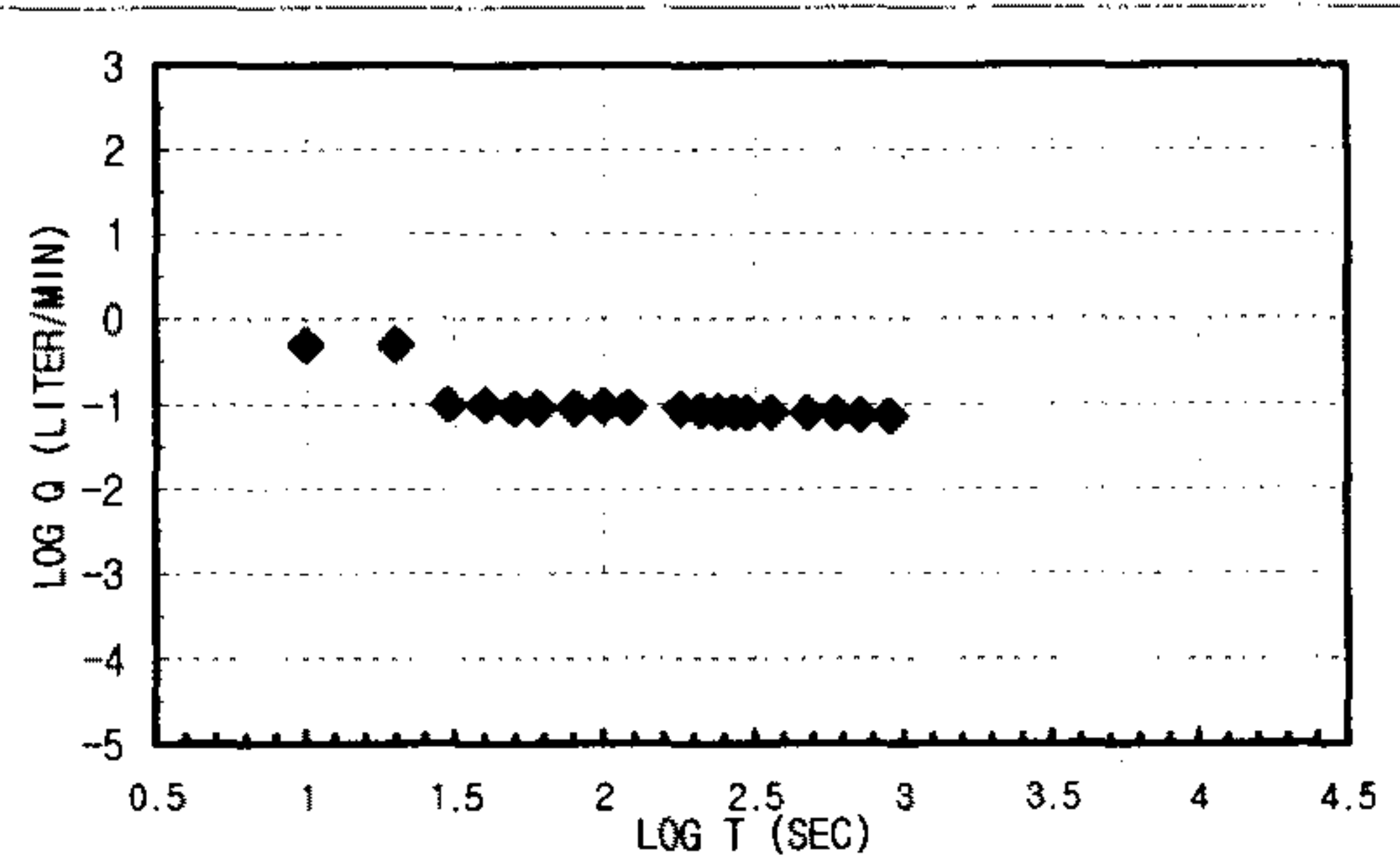
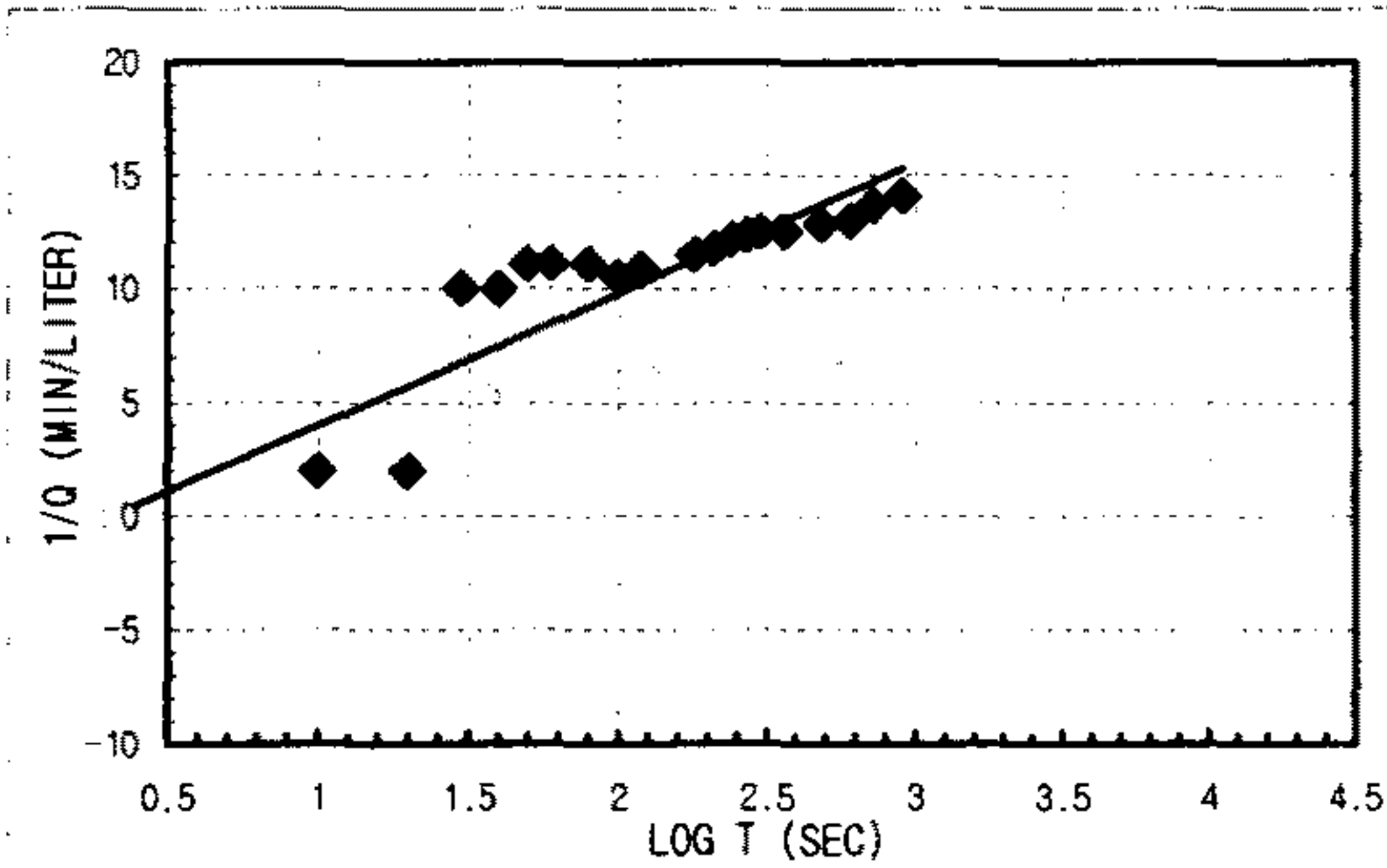
1. Linear Flow
 - $q(t_D=1) = A =$
 - $h_{w0} =$
 - $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 - $h_{w0} = \quad \quad \quad d =$
 - $m = \quad \quad \quad r_w =$
 - $K = \text{\#DIV/0!} \quad \quad \quad \text{m/sec}$
 - $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \quad \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 - $d = 6.3333\text{E-05} \quad \quad \quad h_{w0} = 33.46$
 - $m = 7.6667\text{E-05} \quad \quad \quad r_w = 0.0375$
 - $K = 4.0167\text{E-06} \quad \quad \quad \text{m/sec}$
 - $S_s = 0.01314925 \quad \quad \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 3.8436E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-6		
TEST SECTION	21.0M-24.4M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960531140000-960531143000		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15680.6-15692.9	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	12.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.5		1	2	1	-0.30103	0.31622777	0.5
20	0.5		1.30103	2	1.30103	-0.30103	0.2236068	0.5
30	0.1		1.47712125	10	1.47712125	-1	0.18257419	0.1
40	0.1		1.60205999	10	1.60205999	-1	0.15811388	0.1
50	0.09		1.69897	11.1111111	1.69897	-1.0457575	0.14142136	0.09
60	0.09		1.77815125	11.1111111	1.77815125	-1.0457575	0.12909944	0.09
80	0.09		1.90308999	11.1111111	1.90308999	-1.0457575	0.1118034	0.09
100	0.095		2	10.5263158	2	-1.0222764	0.1	0.095
120	0.092		2.07918125	10.8695652	2.07918125	-1.0362122	0.09128709	0.092
180	0.087		2.25527251	11.4942529	2.25527251	-1.0604807	0.0745356	0.087
210	0.085		2.32221929	11.7647059	2.32221929	-1.0705811	0.06900656	0.085
240	0.082		2.38021124	12.195122	2.38021124	-1.0861861	0.06454972	0.082
270	0.081		2.43136376	12.345679	2.43136376	-1.091515	0.06085806	0.081
300	0.08		2.47712125	12.5	2.47712125	-1.09691	0.05773503	0.08
360	0.08		2.5563025	12.5	2.5563025	-1.09691	0.05270463	0.08
480	0.078		2.68124124	12.8205128	2.68124124	-1.1079054	0.04564355	0.078
600	0.077		2.77815125	12.987013	2.77815125	-1.1135093	0.04082483	0.077
720	0.073		2.8573325	13.6986301	2.8573325	-1.1366771	0.0372678	0.073
900	0.071		2.95424251	14.084507	2.95424251	-1.1487417	0.03333333	0.071



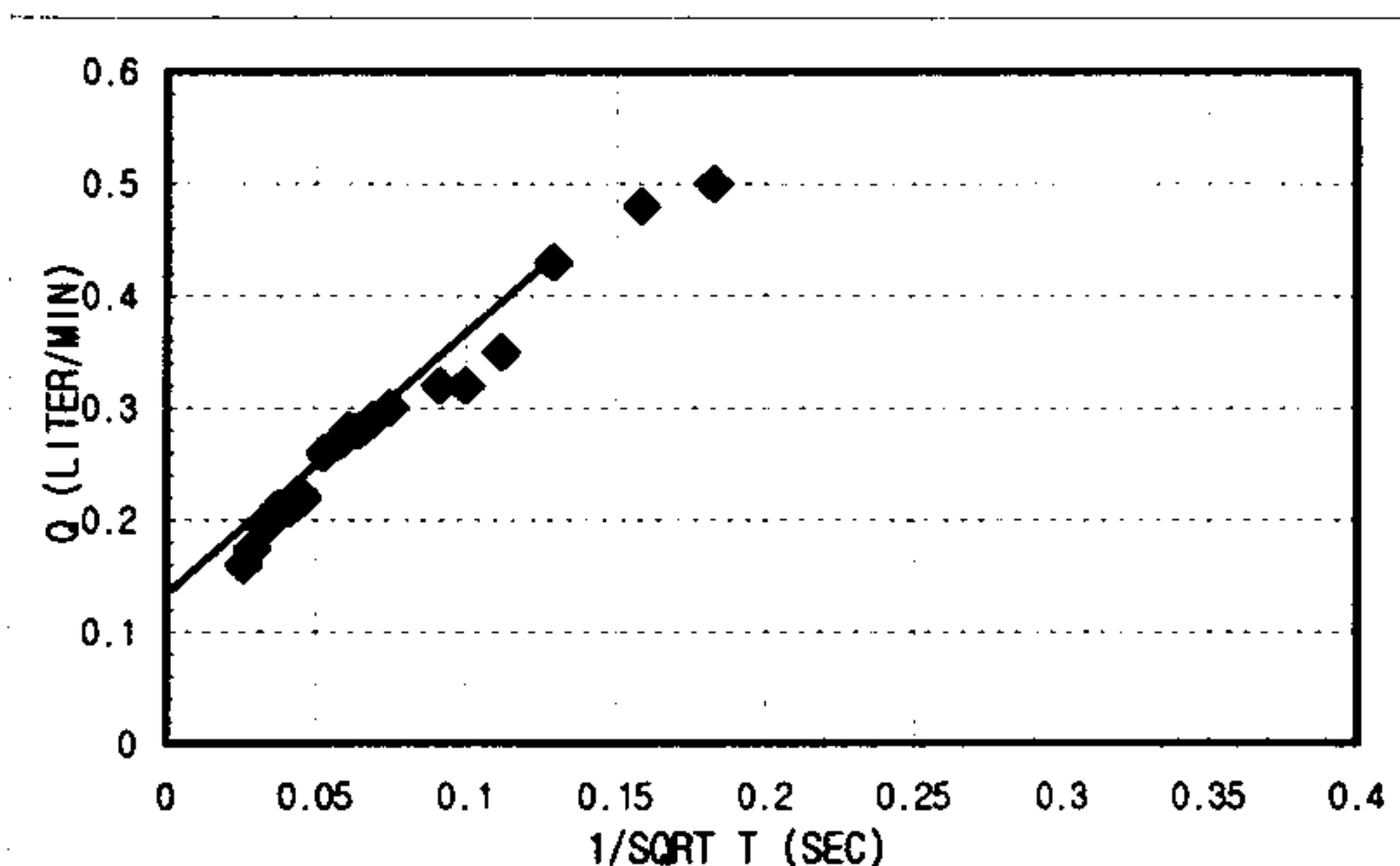
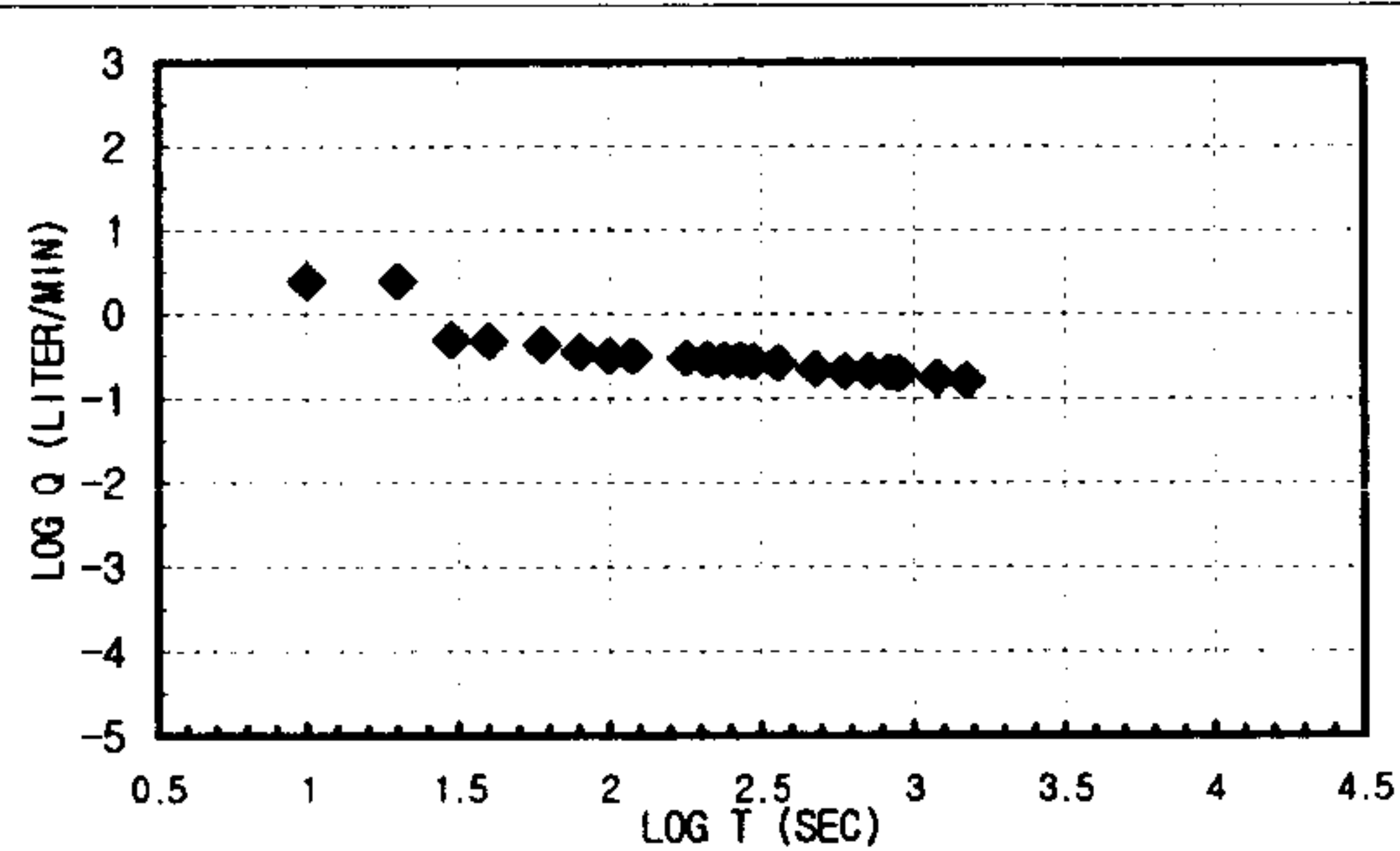
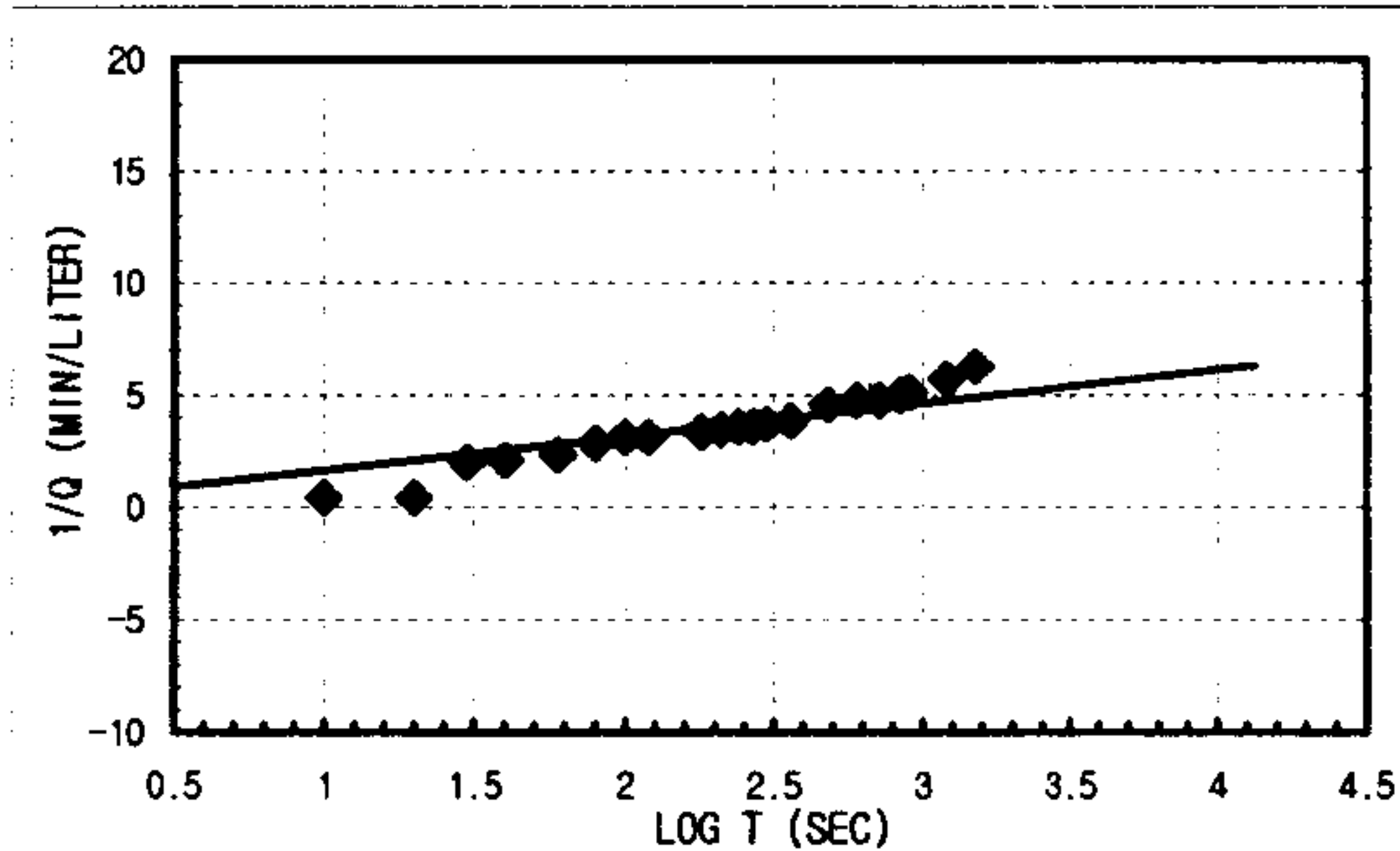
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \#DIV/0!$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 60000
 $m = 360000$ r_v = 0.0375
 $K = 4.4683E-09$ m/sec
 $S_s = 4.8708E-06$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 1.1667E-05$ h_{w0} = 33.46
 $m = 2.6667E-05$ r_v = 0.0375
 $K = 7.3991E-07$ m/sec
 $S_s = 0.00863597$ m/sec

K _{steady state} = 7.8794E-08 m/sec	Flow Type = Radial and spherical flow (2.5 < n < 3.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-7		
TEST SECTION	24.4M-27.8M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0'Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960531145000-960531154500		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15692.9-15694.8	TIME INTERVAL (MIN)	25
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1.9

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.5		1	0.4	1	0.39794001	0.31622777	2.5
20	2.5		1.30103	0.4	1.30103	0.39794001	0.2236068	2.5
30	0.5		1.47712125	2	1.47712125	-0.30103	0.18257419	0.5
40	0.48		1.60205999	2.08333333	1.60205999	-0.3187588	0.15811388	0.48
60	0.43		1.77815125	2.3255814	1.77815125	-0.3665315	0.12909944	0.43
80	0.35		1.90308999	2.85714286	1.90308999	-0.455932	0.1118034	0.35
100	0.32		2	3.125	2	-0.49485	0.1	0.32
120	0.32		2.07918125	3.125	2.07918125	-0.49485	0.09128709	0.32
180	0.3		2.25527251	3.33333333	2.25527251	-0.5228787	0.0745356	0.3
210	0.29		2.32221929	3.44827586	2.32221929	-0.537602	0.06900656	0.29
240	0.28		2.38021124	3.57142857	2.38021124	-0.552842	0.06454972	0.28
270	0.28		2.43136376	3.57142857	2.43136376	-0.552842	0.06085806	0.28
300	0.27		2.47712125	3.7037037	2.47712125	-0.5686362	0.05773503	0.27
360	0.26		2.5563025	3.84615385	2.5563025	-0.5850267	0.05270463	0.26
480	0.22		2.68124124	4.54545455	2.68124124	-0.6575773	0.04564355	0.22
600	0.21		2.77815125	4.76190476	2.77815125	-0.6777807	0.04082483	0.21
720	0.21		2.8573325	4.76190476	2.8573325	-0.6777807	0.0372678	0.21
840	0.2		2.92427929	5	2.92427929	-0.69897	0.03450328	0.2
900	0.195		2.95424251	5.12820513	2.95424251	-0.7099654	0.03333333	0.195
1200	0.175		3.07918125	5.71428571	3.07918125	-0.756962	0.02886751	0.175
1500	0.16		3.17609126	6.25	3.17609126	-0.79588	0.02581989	0.16



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 30000$
 $m = 90000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.7873E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.3274E-05 \text{ m/sec}$

3. Spherical Flow
 $d = 2.6667E-07 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 3.17E-05 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.6912E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.53279133 \text{ m/sec}$

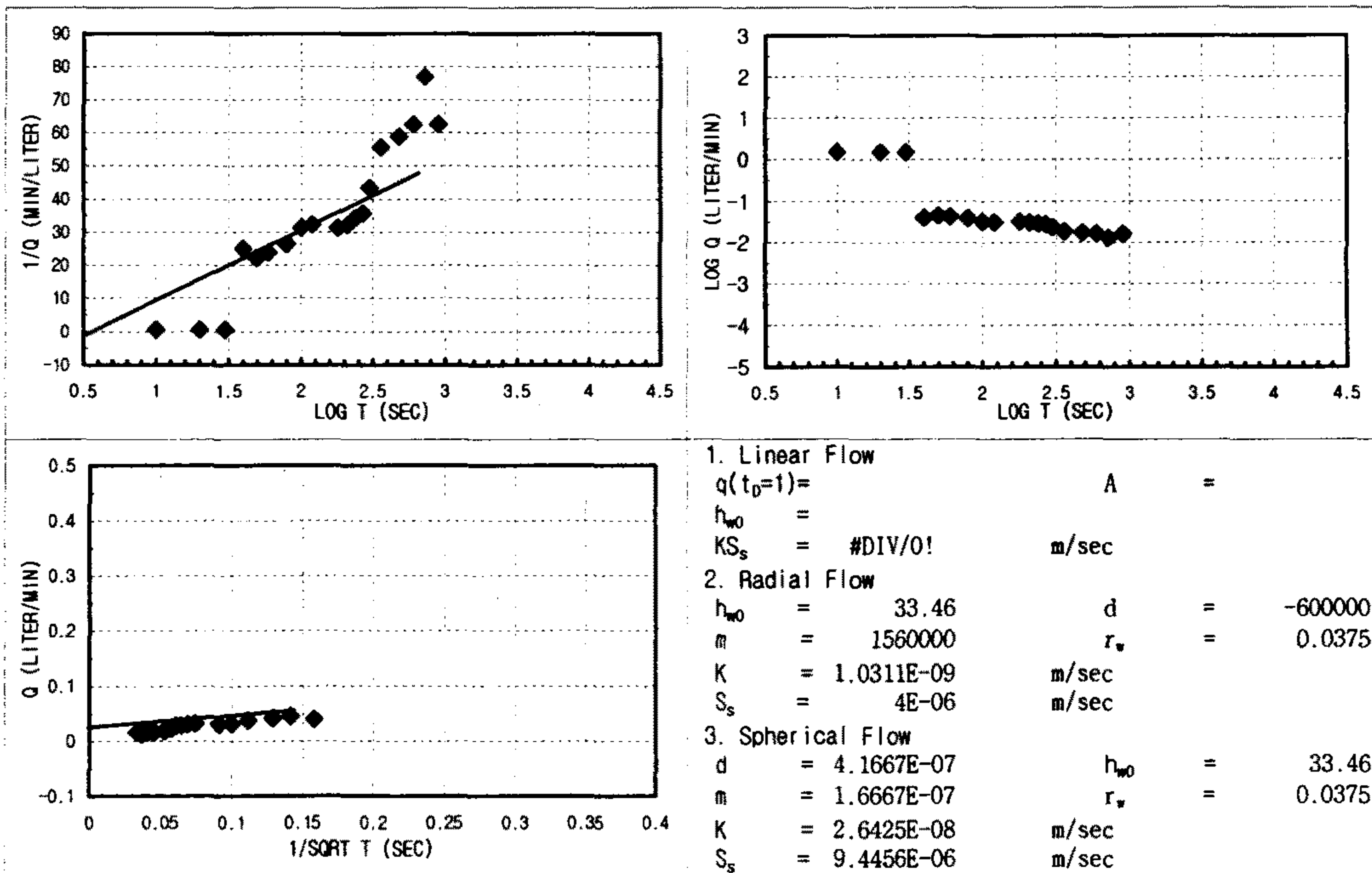
K _{steady state} = 7.3029E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-8		
TEST SECTION	27.8M-31.2M		
STATIC G/W LEVEL	3.46M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960531160300-960531164800		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15694.8-15695.2	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.4

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	1.5		1	0.6666667	1	0.17609126	0.31622777	1.5
20	1.5		1.30103	0.6666667	1.30103	0.17609126	0.2236068	1.5
30	1.5		1.47712125	0.6666667	1.47712125	0.17609126	0.18257419	1.5
40	0.04		1.60205999	25	1.60205999	-1.39794	0.15811388	0.04
50	0.045		1.69897	22.2222222	1.69897	-1.3467875	0.14142136	0.045
60	0.042		1.77815125	23.8095238	1.77815125	-1.3767507	0.12909944	0.042
80	0.038		1.90308999	26.3157895	1.90308999	-1.4202164	0.1118034	0.038
100	0.032		2	31.25	2	-1.49485	0.1	0.032
120	0.031		2.07918125	32.2580645	2.07918125	-1.5086383	0.09128709	0.031
180	0.032		2.25527251	31.25	2.25527251	-1.49485	0.0745356	0.032
210	0.031		2.32221929	32.2580645	2.32221929	-1.5086383	0.06900656	0.031
240	0.029		2.38021124	34.4827586	2.38021124	-1.537602	0.06454972	0.029
270	0.028		2.43136376	35.7142857	2.43136376	-1.552842	0.06085806	0.028
300	0.023		2.47712125	43.4782609	2.47712125	-1.6382722	0.05773503	0.023
360	0.018		2.5563025	55.5555556	2.5563025	-1.7447275	0.05270463	0.018
480	0.017		2.68124124	58.8235294	2.68124124	-1.7695511	0.04564355	0.017
600	0.016		2.77815125	62.5	2.77815125	-1.79588	0.04082483	0.016
720	0.013		2.8573325	76.9230769	2.8573325	-1.8860566	0.0372678	0.013
900	0.016		2.95424251	62.5	2.95424251	-1.79588	0.03333333	0.016

0.016

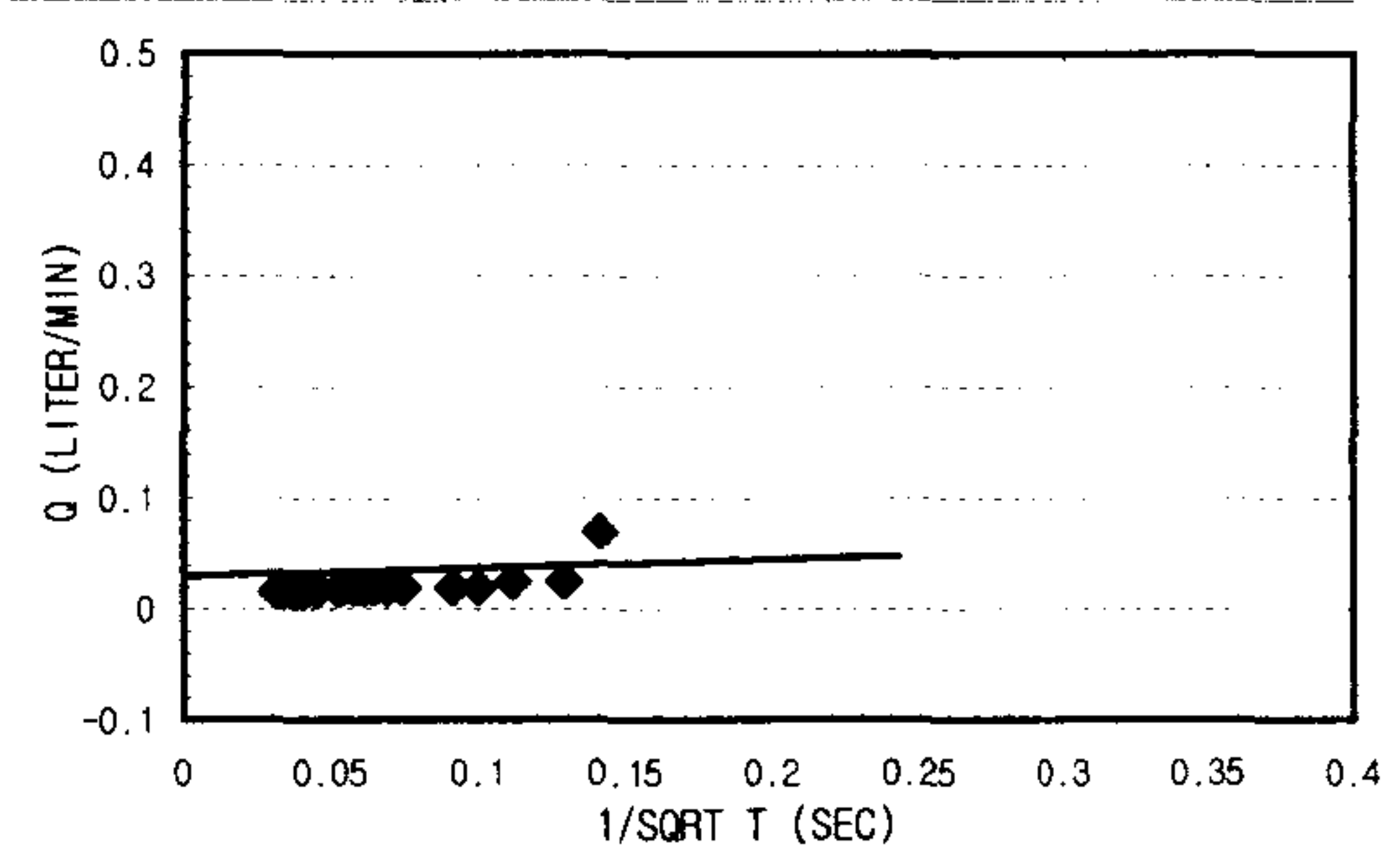
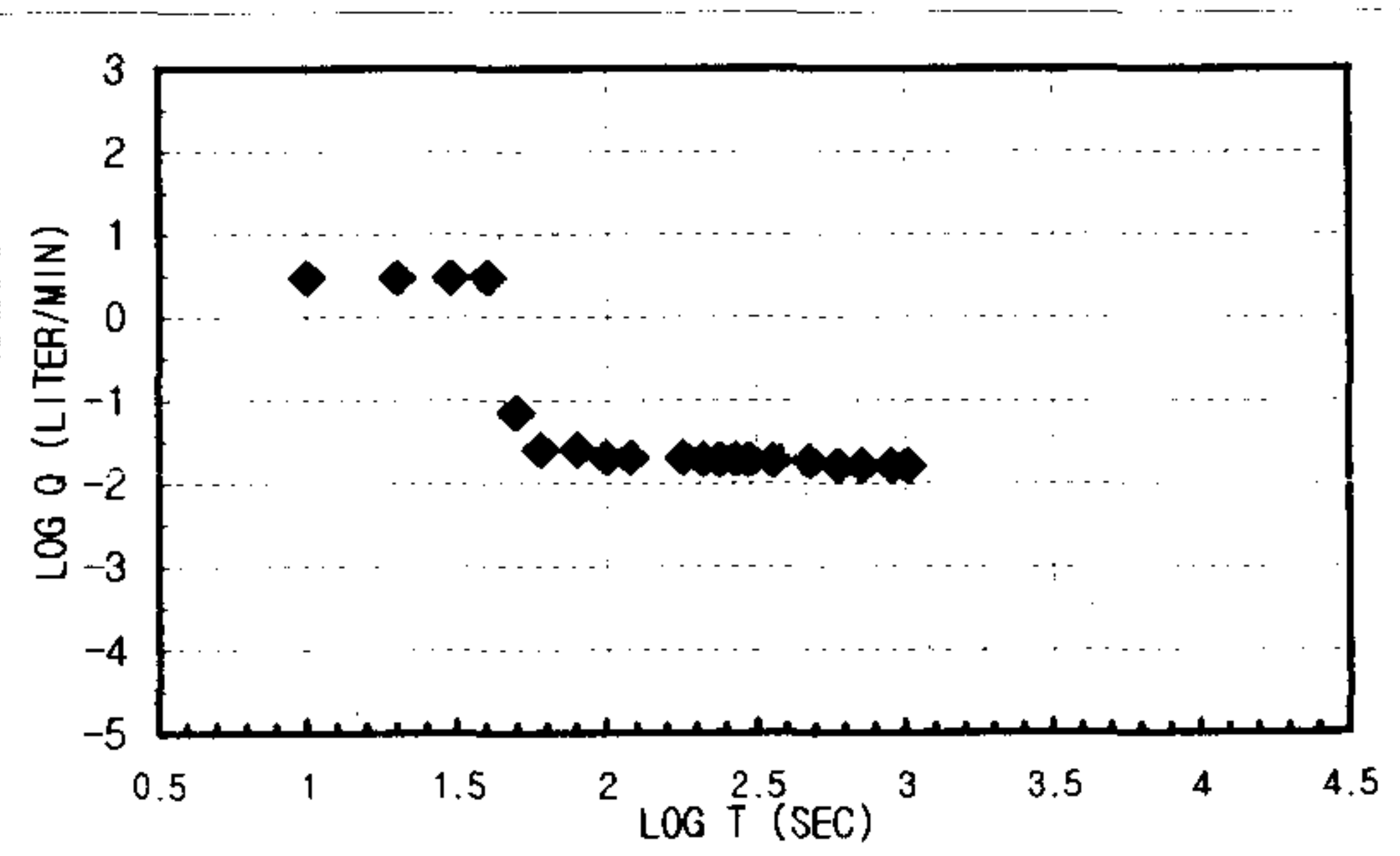
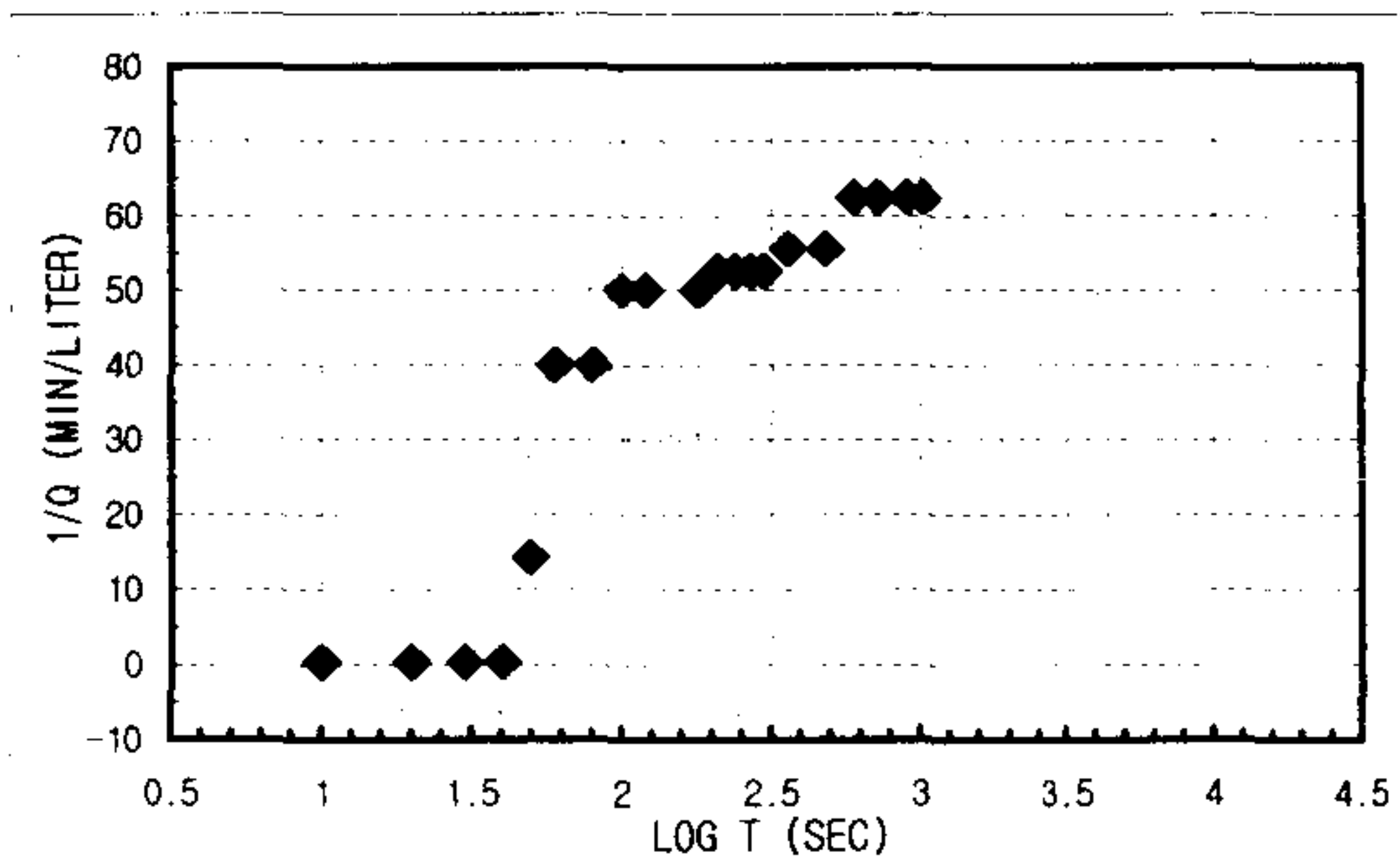


$K_{steady\ state} = 2.5624E-09\ m/sec$ Flow Type = Radial and spherical flow (2.0 < n < 2.5)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-9		
TEST SECTION	31.2M-34.6M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960603102700-960603110400		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15703.0-15704.0	TIME INTERVAL (MIN)	17
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3		1	0.33333333	1	0.47712125	0.31622777	3
20	3		1.30103	0.33333333	1.30103	0.47712125	0.2236068	3
30	3		1.47712125	0.33333333	1.47712125	0.47712125	0.18257419	3
40	3		1.60205999	0.33333333	1.60205999	0.47712125	0.15811388	3
50	0.07		1.69897	14.2857143	1.69897	-1.154902	0.14142136	0.07
60	0.025		1.77815125	40	1.77815125	-1.60206	0.12909944	0.025
80	0.025		1.90308999	40	1.90308999	-1.60206	0.1118034	0.025
100	0.02		2	50	2	-1.69897	0.1	0.02
120	0.02		2.07918125	50	2.07918125	-1.69897	0.09128709	0.02
180	0.02		2.25527251	50	2.25527251	-1.69897	0.0745356	0.02
210	0.019		2.32221929	52.6315789	2.32221929	-1.7212464	0.06900656	0.019
240	0.019		2.38021124	52.6315789	2.38021124	-1.7212464	0.06454972	0.019
270	0.019		2.43136376	52.6315789	2.43136376	-1.7212464	0.06085806	0.019
300	0.019		2.47712125	52.6315789	2.47712125	-1.7212464	0.05773503	0.019
360	0.018		2.5563025	55.5555556	2.5563025	-1.7447275	0.05270463	0.018
480	0.018		2.68124124	55.5555556	2.68124124	-1.7447275	0.04564355	0.018
600	0.016		2.77815125	62.5	2.77815125	-1.79588	0.04082483	0.016
720	0.016		2.8573325	62.5	2.8573325	-1.79588	0.0372678	0.016
900	0.016		2.95424251	62.5	2.95424251	-1.79588	0.03333333	0.016
1020	0.016		3.00860017	62.5	3.00860017	-1.79588	0.03131121	0.016



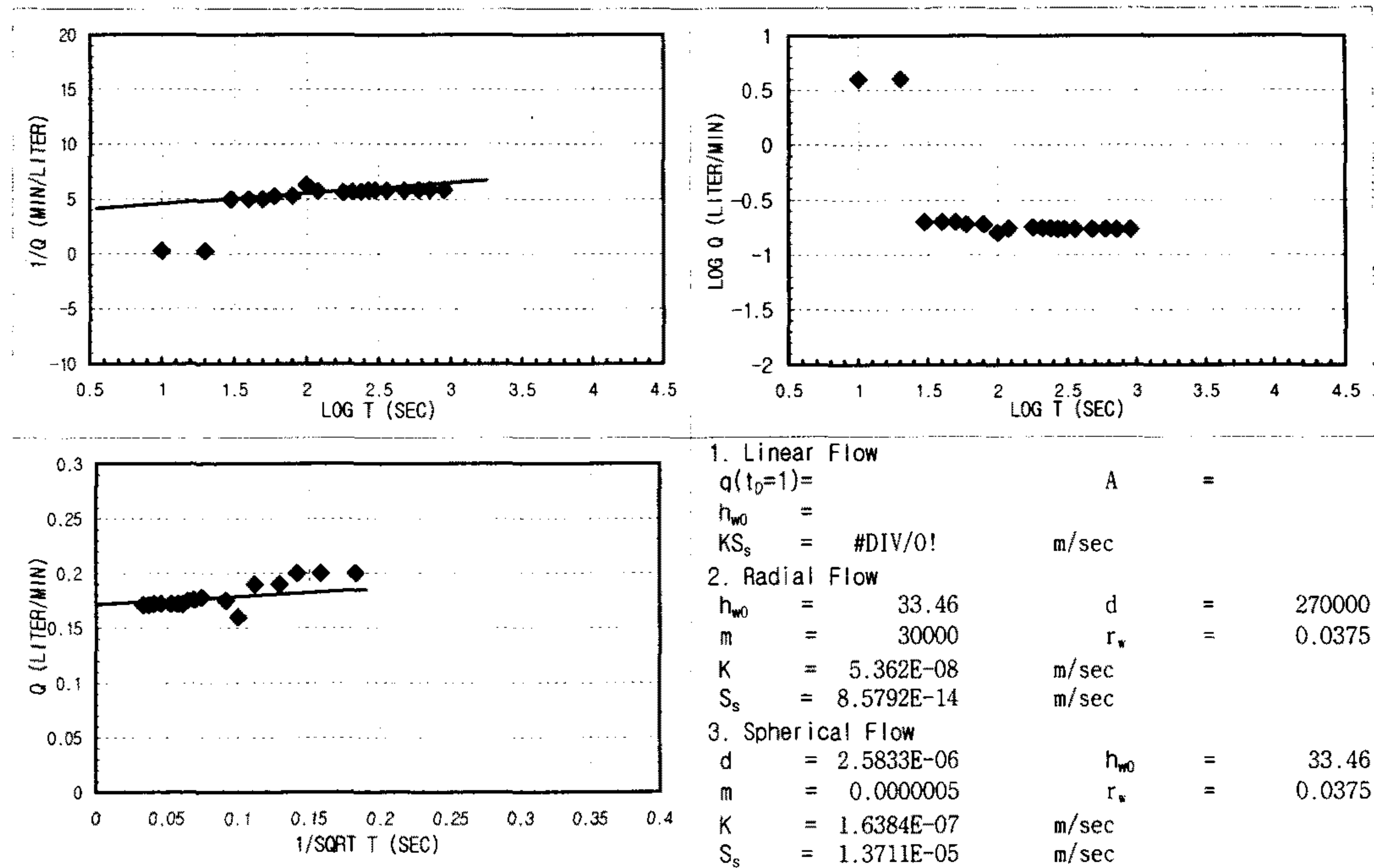
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = \frac{A}{\sqrt{t}}$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 3.3333E-07$ h_{w0} = 33.46
 $m = 8.3333E-08$ r_w = 0.0375
 $K = 2.114E-08$ m/sec
 $S_s = 2.9517E-06$ m/sec

K_{steady state} = 5.6524E-09 m/sec | Flow Type= Spherical flow (n>2.5)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-10		
TEST SECTION	34.6M-38.0M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960603112000-960603115000		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15704.0-15705.0	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	4	2.81232	40	1	0.25	1	0.60205999	0.31622777	4
20	4	2.81232	40	1.30103	0.25	1.30103	0.60205999	0.2236068	4
30	0.2	2.81232	40	1.47712125	5	1.47712125	-0.69897	0.18257419	0.2
40	0.2	2.81232	40	1.60205999	5	1.60205999	-0.69897	0.15811388	0.2
50	0.2	2.81232	40	1.69897	5	1.69897	-0.69897	0.14142136	0.2
60	0.19	2.81232	40	1.77815125	5.26315789	1.77815125	-0.7212464	0.12909944	0.19
80	0.19	2.81232	40	1.90308999	5.26315789	1.90308999	-0.7212464	0.1118034	0.19
100	0.16	2.81232	40	2	6.25	2	-0.79588	0.1	0.16
120	0.175	2.777166	39.5	2.07918125	5.71428571	2.07918125	-0.756962	0.09128709	0.175
180	0.178	2.777166	39.5	2.25527251	5.61797753	2.25527251	-0.74958	0.0745356	0.178
210	0.176	2.777166	39.5	2.32221929	5.68181818	2.32221929	-0.7544873	0.06900656	0.176
240	0.175	2.777166	39.5	2.38021124	5.71428571	2.38021124	-0.756962	0.06454972	0.175
270	0.172	2.777166	39.5	2.43136376	5.81395349	2.43136376	-0.7644716	0.06085806	0.172
300	0.172	2.777166	39.5	2.47712125	5.81395349	2.47712125	-0.7644716	0.05773503	0.172
360	0.172	2.777166	39.5	2.5563025	5.81395349	2.5563025	-0.7644716	0.05270463	0.172
480	0.172	2.777166	39.5	2.68124124	5.81395349	2.68124124	-0.7644716	0.04564355	0.172
600	0.172	2.777166	39.5	2.77815125	5.81395349	2.77815125	-0.7644716	0.04082483	0.172
720	0.171	2.777166	39.5	2.8573325	5.84795322	2.8573325	-0.7670039	0.0372678	0.171
900	0.171	2.777166	39.5	2.95424251	5.84795322	2.95424251	-0.7670039	0.03333333	0.171

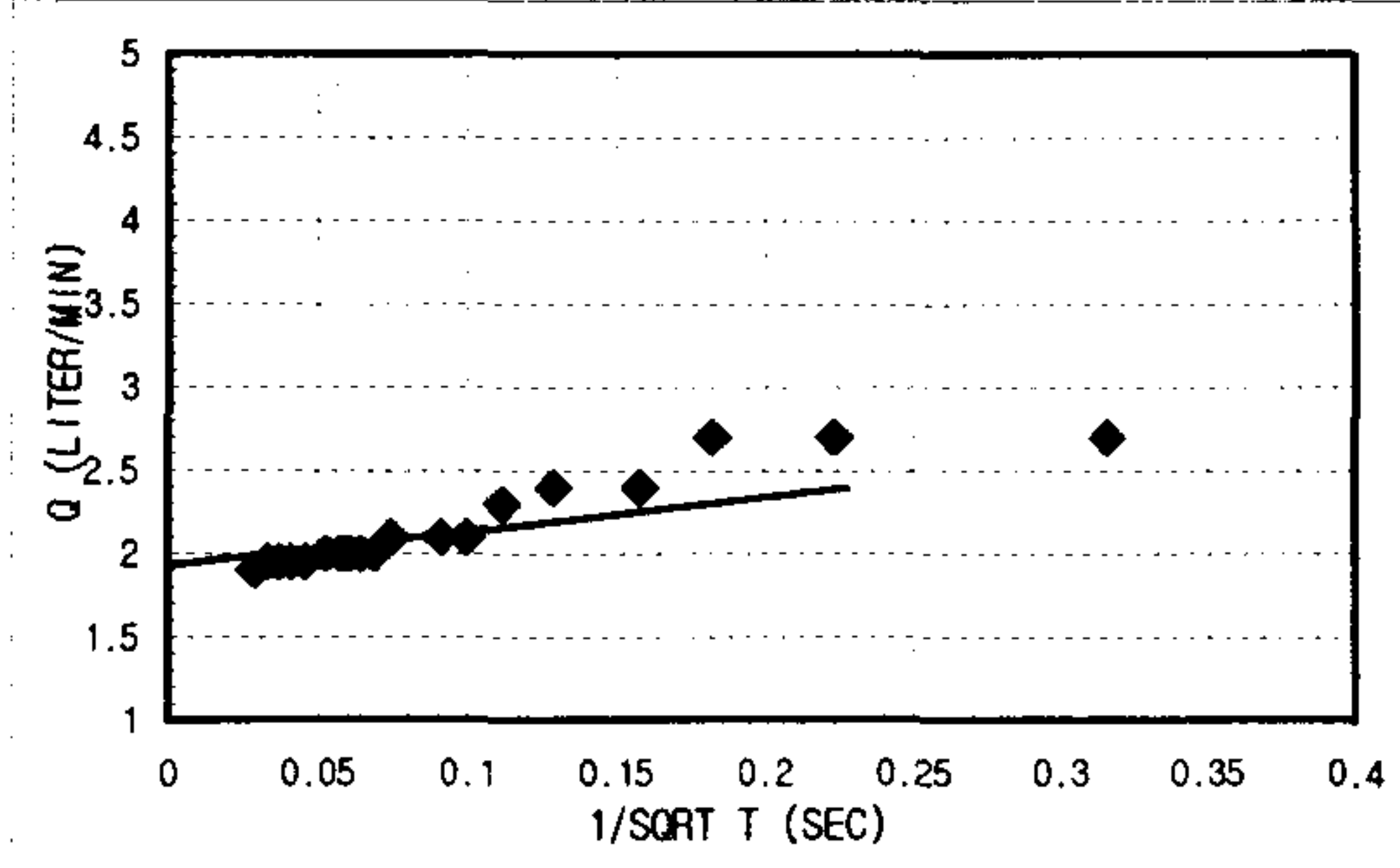
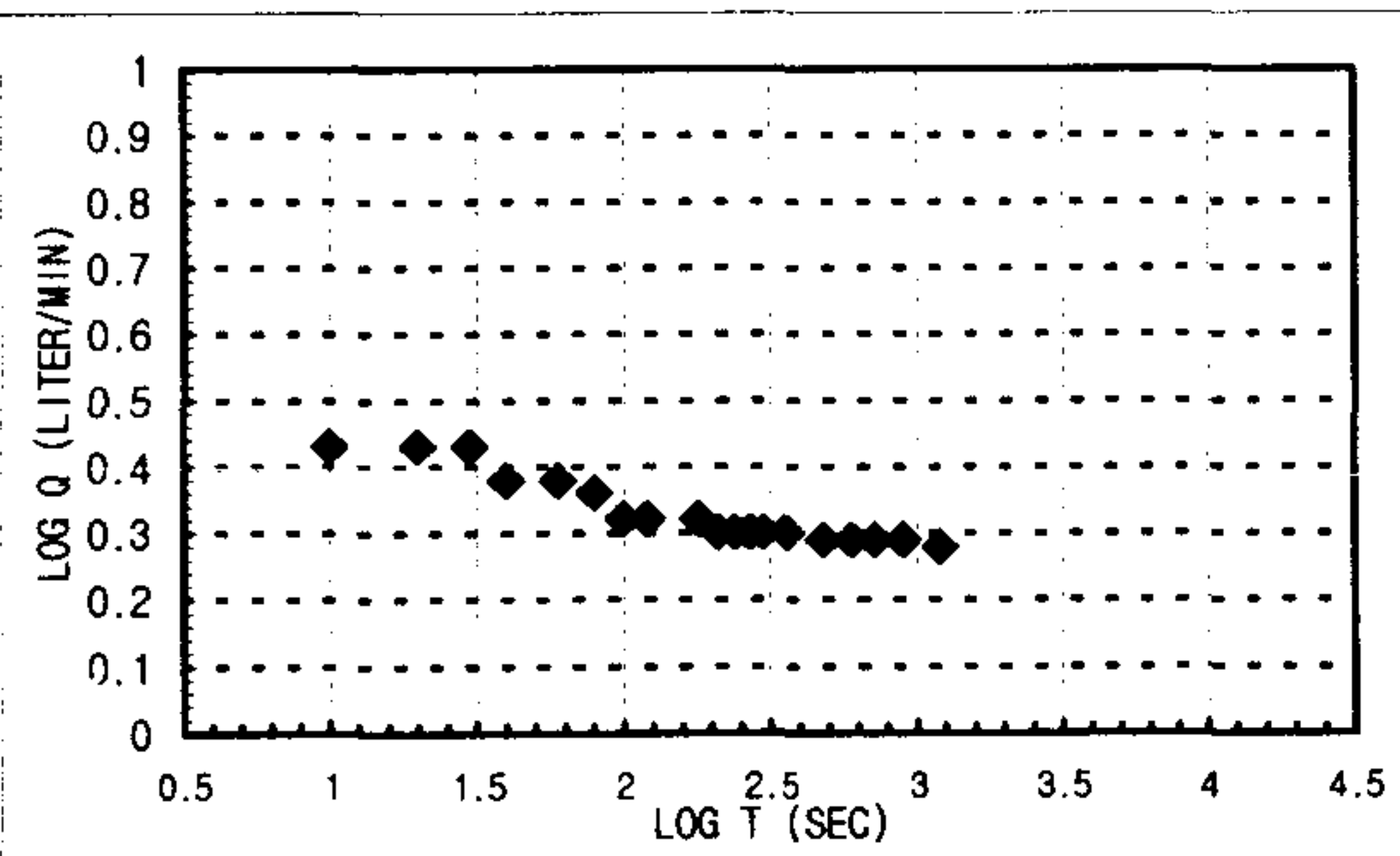
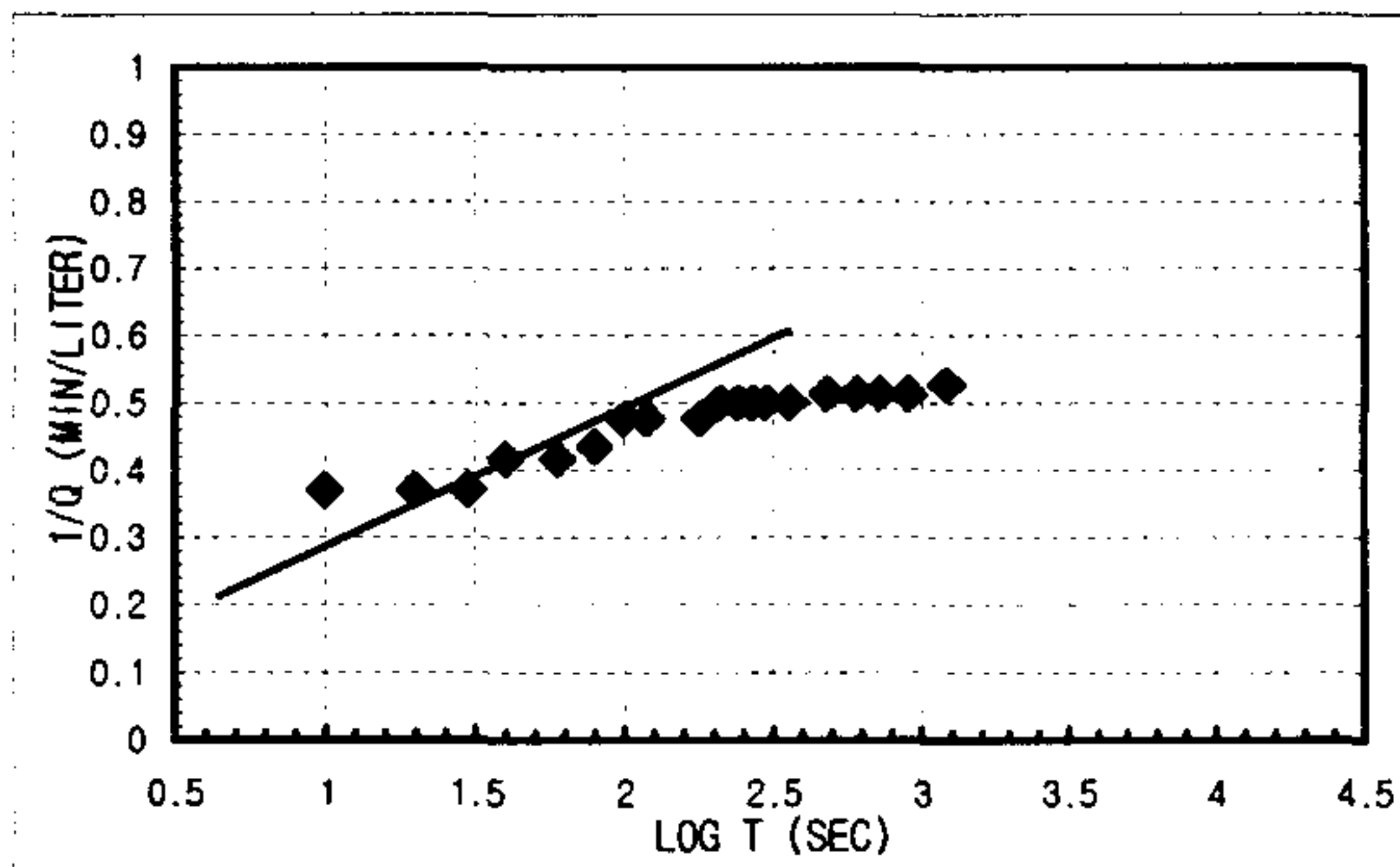


$K_{steady\ state} = 6.406E-09 \text{ m/sec}$ Flow Type = Radial and spherical flow (2.0 < n < 2.5)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-11		
TEST SECTION	38M-41.4M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960603120800-960603122800		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15705.0-15747.5	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	3.4

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.7	2.10924	30	1 0.37037037	1	0.43136376	0.31622777	2.7
20	2.7	2.10924	30	1.30103	1.30103	0.43136376	0.2236068	2.7
30	2.7	2.10924	30	1.47712125	1.47712125	0.43136376	0.18257419	2.7
40	2.4	2.10924	30	1.60205999	1.60205999	0.38021124	0.15811388	2.4
60	2.4	2.214702	31.5	1.77815125	1.77815125	0.38021124	0.12909944	2.4
80	2.3	2.214702	31.5	1.90308999	1.90308999	0.36172784	0.1118034	2.3
100	2.1	2.214702	31.5	2 0.47619048	2	0.32221929	0.1	2.1
120	2.1	2.2639176	32.2	2.07918125	2.07918125	0.32221929	0.09128709	2.1
180	2.1	2.2639176	32.2	2.25527251	2.25527251	0.32221929	0.0745356	2.1
210	2	2.2639176	32.2	2.32221929	2.32221929	0.30103	0.06900656	2
240	2	2.2639176	32.2	2.38021124	2.38021124	0.30103	0.06454972	2
270	2	2.320164	33	2.43136376	2.43136376	0.30103	0.06085806	2
300	2	2.320164	33	2.47712125	2.47712125	0.30103	0.05773503	2
360	2	2.320164	33	2.5563025	2.5563025	0.30103	0.05270463	2
480	1.95	2.3271948	33.1	2.68124124	2.68124124	0.29003461	0.04564355	1.95
600	1.95	2.3271948	33.1	2.77815125	2.77815125	0.29003461	0.04082483	1.95
720	1.95	2.3271948	33.1	2.8573325	2.8573325	0.29003461	0.0372678	1.95
900	1.95	2.3412564	33.3	2.95424251	2.95424251	0.29003461	0.03333333	1.95
1200	1.9	2.3412564	33.3	3.07918125	3.07918125	0.2787536	0.02886751	1.9



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 25200$
 $m = 24000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 6.7025E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 9.5577E-06 \text{ m/sec}$

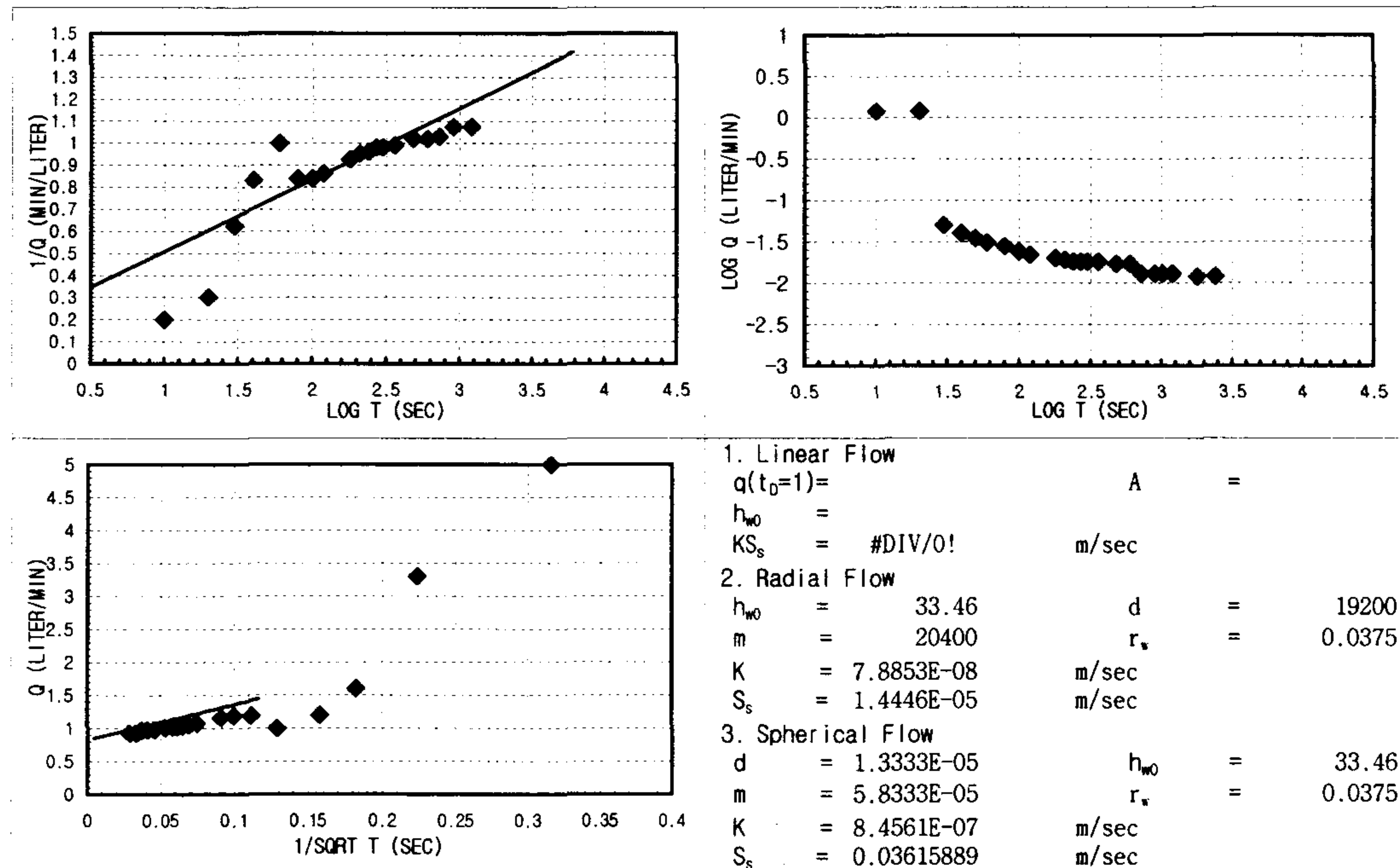
3. Spherical Flow
 $d = 2.7333E-05 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 9.3333E-05 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.7335E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.04515452 \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	1.6335E-08 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
-----------------------------	------------------	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-12		
TEST SECTION	41.4M-44.8M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960603132100-960603135100		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15747.5-15768.8	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	21.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5	2.63655	37.5	1	0.2	1	0.69897	5
20	3.3	2.63655	37.5	1.30103	0.3030303	1.30103	0.51851394	3.3
30	1.6	2.63655	37.5	1.47712125	0.625	1.47712125	0.20411998	1.6
40	1.2	2.63655	37.5	1.60205999	0.83333333	1.60205999	0.07918125	1.2
60	1	2.63655	37.5	1.77815125	1	1.77815125	0	1
80	1.19	2.63655	37.5	1.90308999	0.84033613	1.90308999	0.07554696	1.19
100	1.19	2.63655	37.5	2	0.84033613	2	0.07554696	1.19
120	1.16	2.601396	37	2.07918125	0.86206897	2.07918125	0.06445799	1.16
180	1.08	2.601396	37	2.25527251	0.92592593	2.25527251	0.03342376	1.08
210	1.05	2.601396	37	2.32221929	0.95238095	2.32221929	0.0211893	1.05
240	1.04	2.6084268	37.1	2.38021124	0.96153846	2.38021124	0.01703334	1.04
270	1.02	2.6084268	37.1	2.43136376	0.98039216	2.43136376	0.00860017	1.02
300	1.02	2.6084268	37.1	2.47712125	0.98039216	2.47712125	0.00860017	1.02
360	1.01	2.6084268	37.1	2.5563025	0.99009901	2.5563025	0.00432137	1.01
480	0.98	2.63655	37.5	2.68124124	1.02040816	2.68124124	-0.0087739	0.98
600	0.98	2.63655	37.5	2.77815125	1.02040816	2.77815125	-0.0087739	0.98
720	0.97	2.63655	37.5	2.8573325	1.03092784	2.8573325	-0.0132283	0.97
900	0.93	2.6576424	37.8	2.95424251	1.07526882	2.95424251	-0.0315171	0.93
1200	0.93	2.6576424	37.8	3.07918125	1.07526882	3.07918125	-0.0315171	0.93

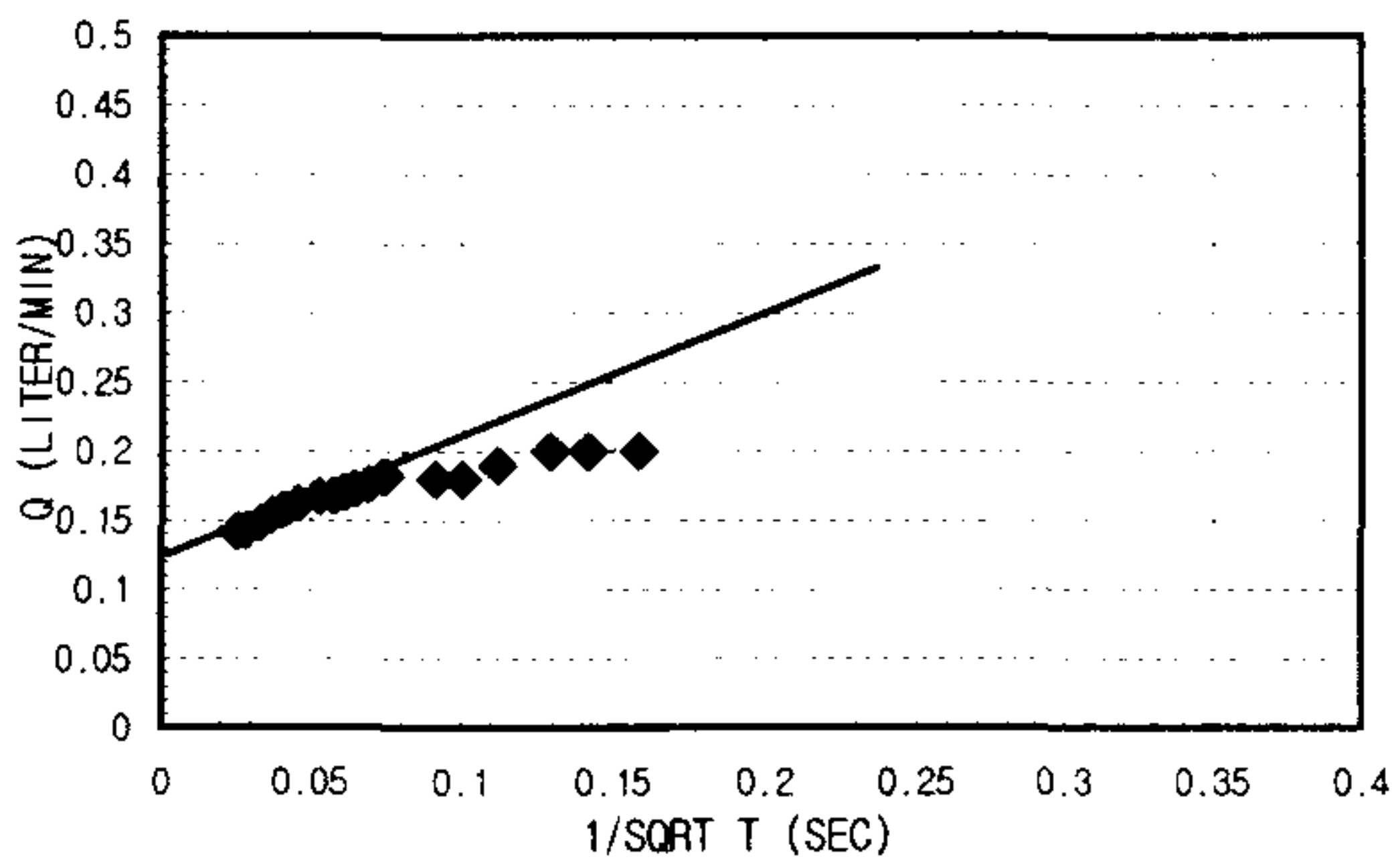
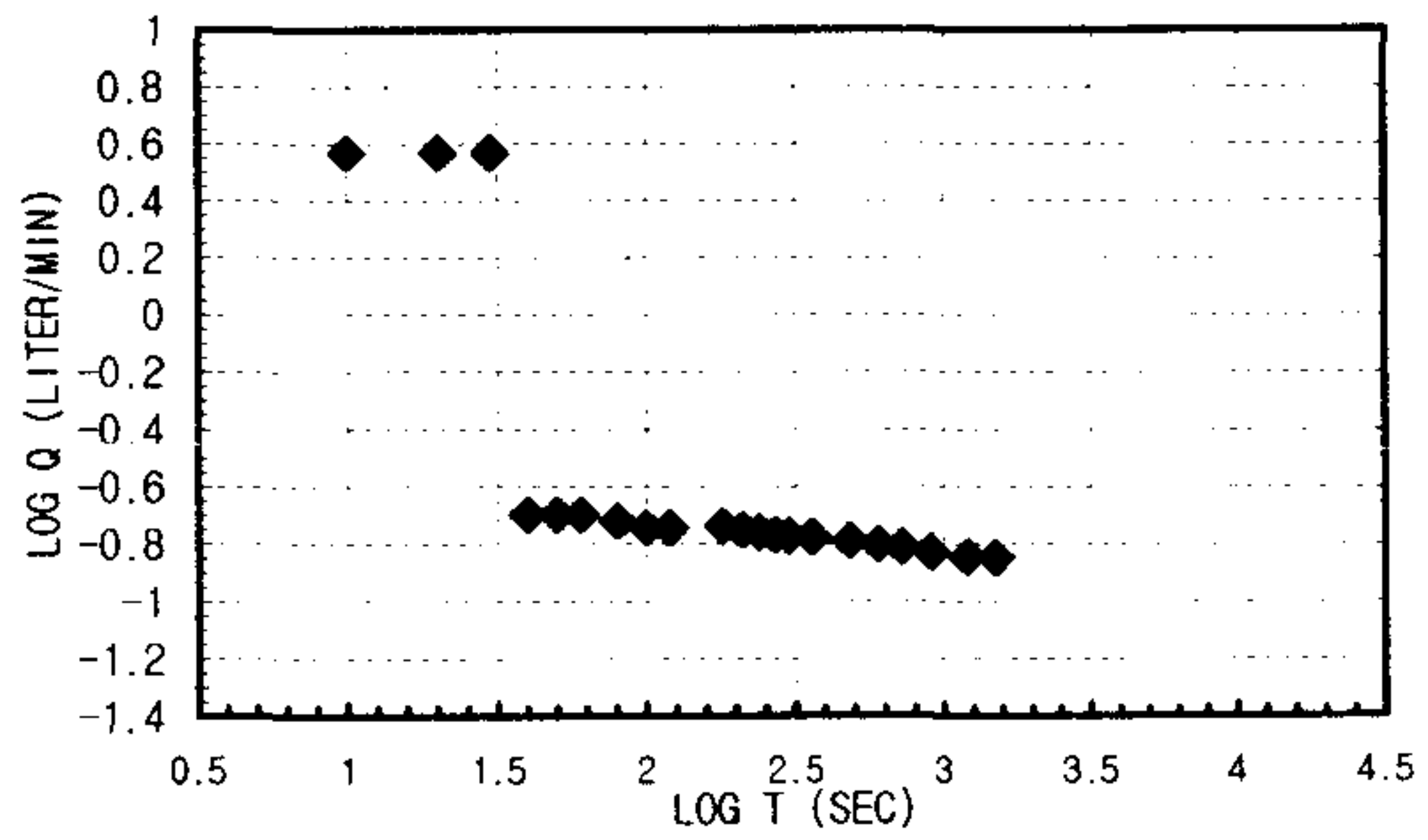
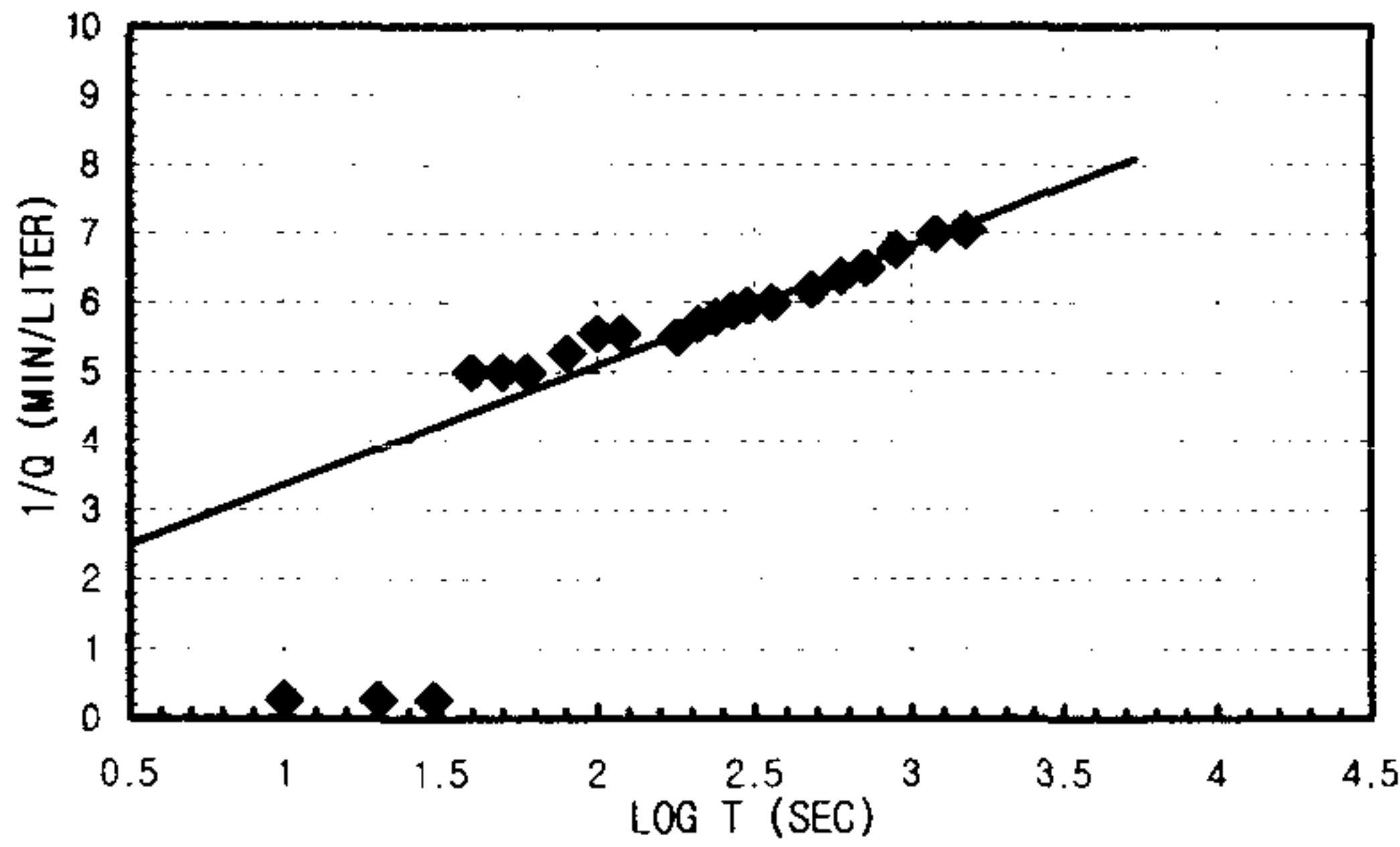


$K_{\text{steady state}} = 1.0234E-07$ m/sec | Flow Type = Radial and spherical flow (2.0 < n < 2.5)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-13		
TEST SECTION	44.8M-48.2M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YYMMDDHHMMSS)	960603140800-960603145300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15768.8-15770.0	TIME INTERVAL (MIN)	25
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1.2

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.7	2.742012	39	1 0.27027027	1	0.56820172	0.31622777	3.7
20	3.7	2.742012	39	1.30103 0.27027027	1.30103	0.56820172	0.2236068	3.7
30	3.7	2.742012	39	1.47712125 0.27027027	1.47712125	0.56820172	0.18257419	3.7
40	0.2	2.742012	39	1.60205999	5	1.60205999	-0.69897 0.15811388	0.2
50	0.2	2.742012	39	1.69897	5	1.69897	-0.69897 0.14142136	0.2
60	0.2	2.742012	39	1.77815125	5	1.77815125	-0.69897 0.12909944	0.2
80	0.19	2.742012	39	1.90308999	5.26315789	1.90308999	-0.7212464 0.1118034	0.19
100	0.18	2.742012	39	2 5.55555556	2	-0.7447275	0.1	0.18
120	0.18	2.742012	39	2.07918125	5.55555556	2.07918125	-0.7447275 0.09128709	0.18
180	0.182	2.742012	39	2.25527251	5.49450549	2.25527251	-0.7399286 0.0745356	0.182
210	0.176	2.7560736	39.2	2.32221929	5.68181818	2.32221929	-0.7544873 0.06900656	0.176
240	0.173	2.7560736	39.2	2.38021124	5.78034682	2.38021124	-0.7619539 0.06454972	0.173
270	0.17	2.7560736	39.2	2.43136376	5.88235294	2.43136376	-0.7695511 0.06085806	0.17
300	0.168	2.7560736	39.2	2.47712125	5.95238095	2.47712125	-0.7746907 0.05773503	0.168
360	0.167	2.7560736	39.2	2.5563025	5.98802395	2.5563025	-0.7772835 0.05270463	0.167
480	0.162	2.7560736	39.2	2.68124124	6.17283951	2.68124124	-0.790485 0.04564355	0.162
600	0.157	2.7982584	39.8	2.77815125	6.36942675	2.77815125	-0.8041003 0.04082483	0.157
720	0.154	2.7982584	39.8	2.8573325	6.49350649	2.8573325	-0.8124793 0.0372678	0.154
900	0.148	2.7982584	39.8	2.95424251	6.75675676	2.95424251	-0.8297383 0.03333333	0.148
1200	0.143	2.7982584	39.8	3.07918125	6.99300699	3.07918125	-0.844664 0.02886751	0.143
1500	0.142	2.7982584	39.8	3.17609126	7.04225352	3.17609126	-0.8477117 0.02581989	0.142



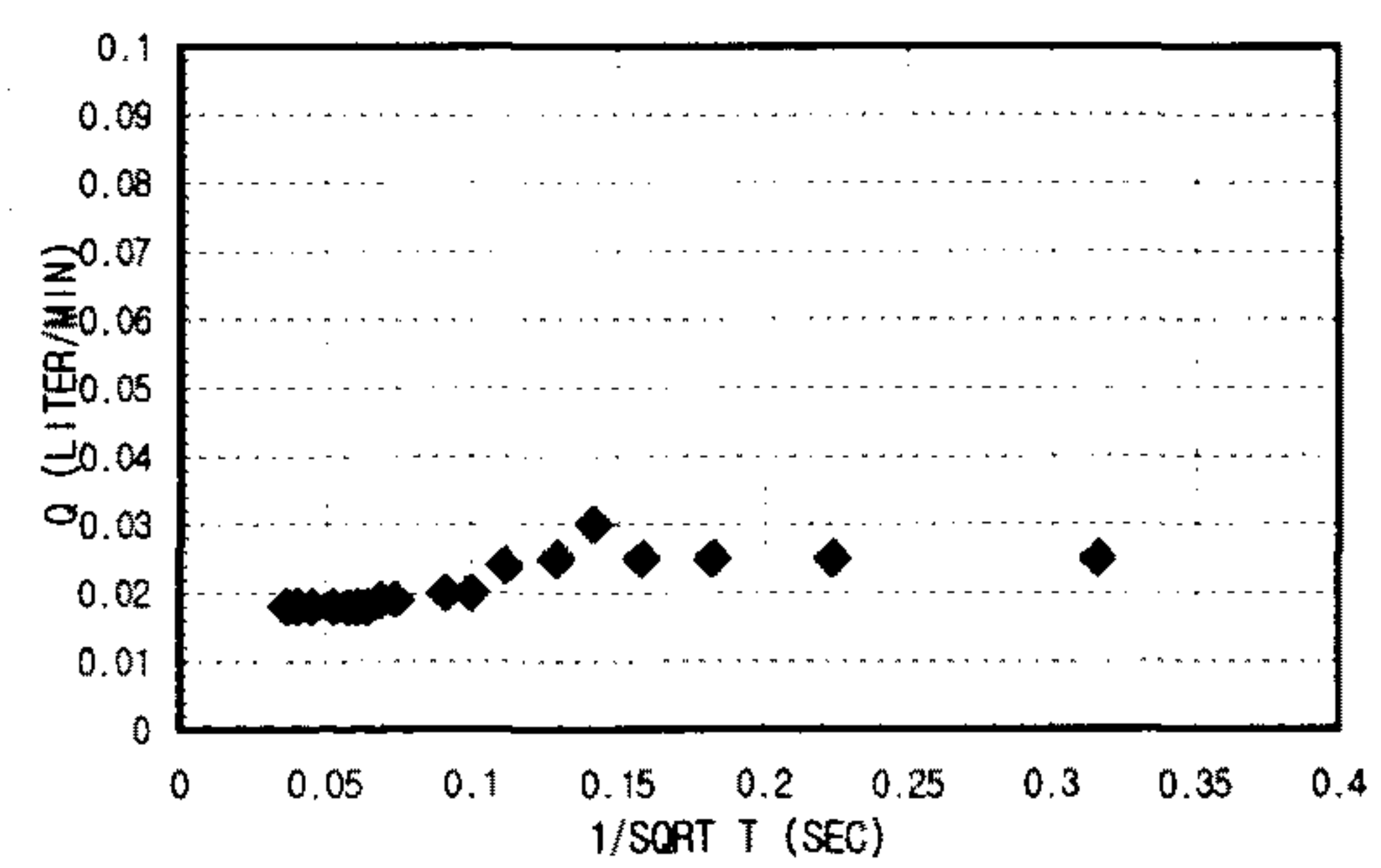
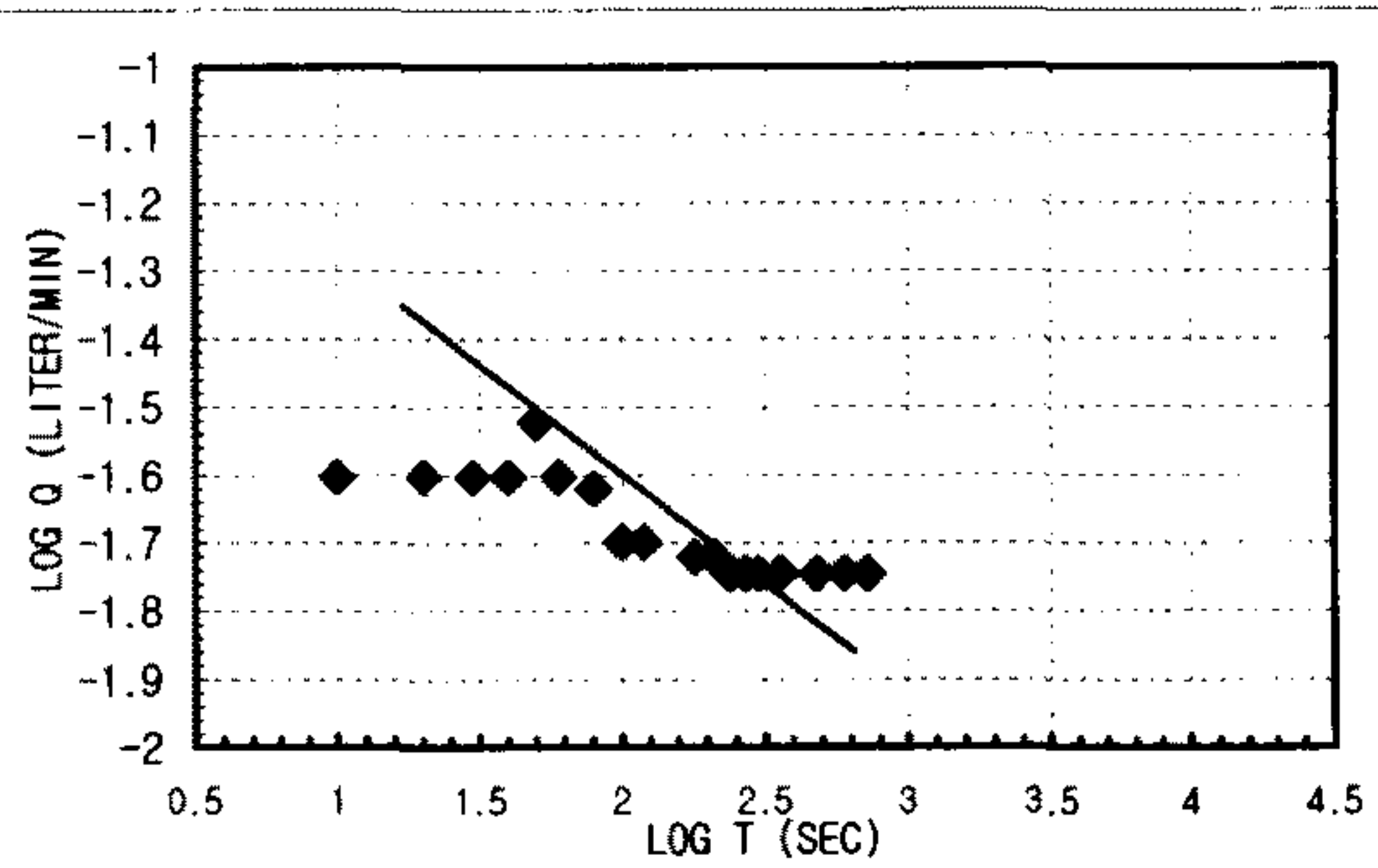
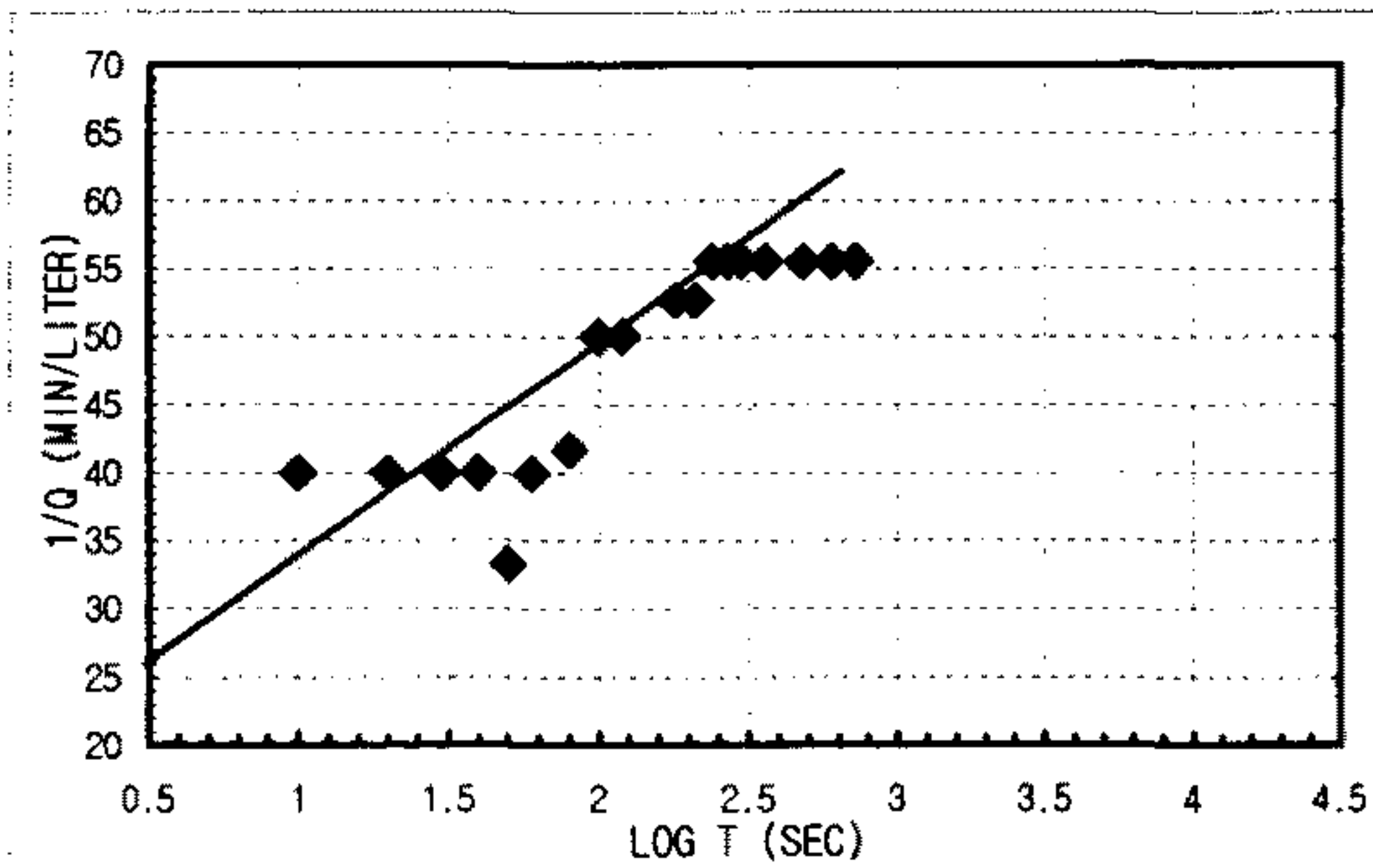
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad d = 132000$
 $m = 108000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 1.4894E-08 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 1.4286E-06 \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 0.000002 \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.3333E-06 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 1.2684E-07 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 0.00012594 \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 4.6124E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-14		
TEST SECTION	48.2M-51.6M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960603151400-960603155600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15770.0-15771.0	TIME INTERVAL (MIN)	12
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.025	2.952936	42	1	40	-1.60206	0.31622777	0.025
20	0.025	2.952936	42	1.30103	40	-1.60206	0.2236068	0.025
30	0.025	2.952936	42	1.47712125	40	-1.60206	0.18257419	0.025
40	0.025	2.952936	42	1.60205999	40	-1.60206	0.15811388	0.025
50	0.03	2.952936	42	1.69897	33.3333333	-1.5228787	0.14142136	0.03
60	0.025	2.952936	42	1.77815125	40	-1.60206	0.12909944	0.025
80	0.024	2.952936	42	1.90308999	41.6666667	-1.6197888	0.1118034	0.024
100	0.02	2.952936	42	2	50	-1.69897	0.1	0.02
120	0.02	2.952936	42	2.07918125	50	-1.69897	0.09128709	0.02
180	0.019	2.952936	42	2.25527251	52.6315789	-1.7212464	0.0745356	0.019
210	0.019	2.952936	42	2.32221929	52.6315789	-1.7212464	0.06900656	0.019
240	0.018	2.952936	42	2.38021124	55.5555556	-1.7447275	0.06454972	0.018
270	0.018	2.952936	42	2.43136376	55.5555556	-1.7447275	0.06085806	0.018
300	0.018	2.952936	42	2.47712125	55.5555556	-1.7447275	0.05773503	0.018
360	0.018	2.952936	42	2.5563025	55.5555556	-1.7447275	0.05270463	0.018
480	0.018	2.952936	42	2.68124124	55.5555556	-1.7447275	0.04564355	0.018
600	0.018	2.952936	42	2.77815125	55.5555556	-1.7447275	0.04082483	0.018
720	0.018	2.952936	42	2.8573325	55.5555556	-1.7447275	0.0372678	0.018



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = -0.000015$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 2.8431E-08$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ $d = 1500000$
 $m = 1320000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.2186E-09$ m/sec
 $S_s = 1.4244E-07$ m/sec

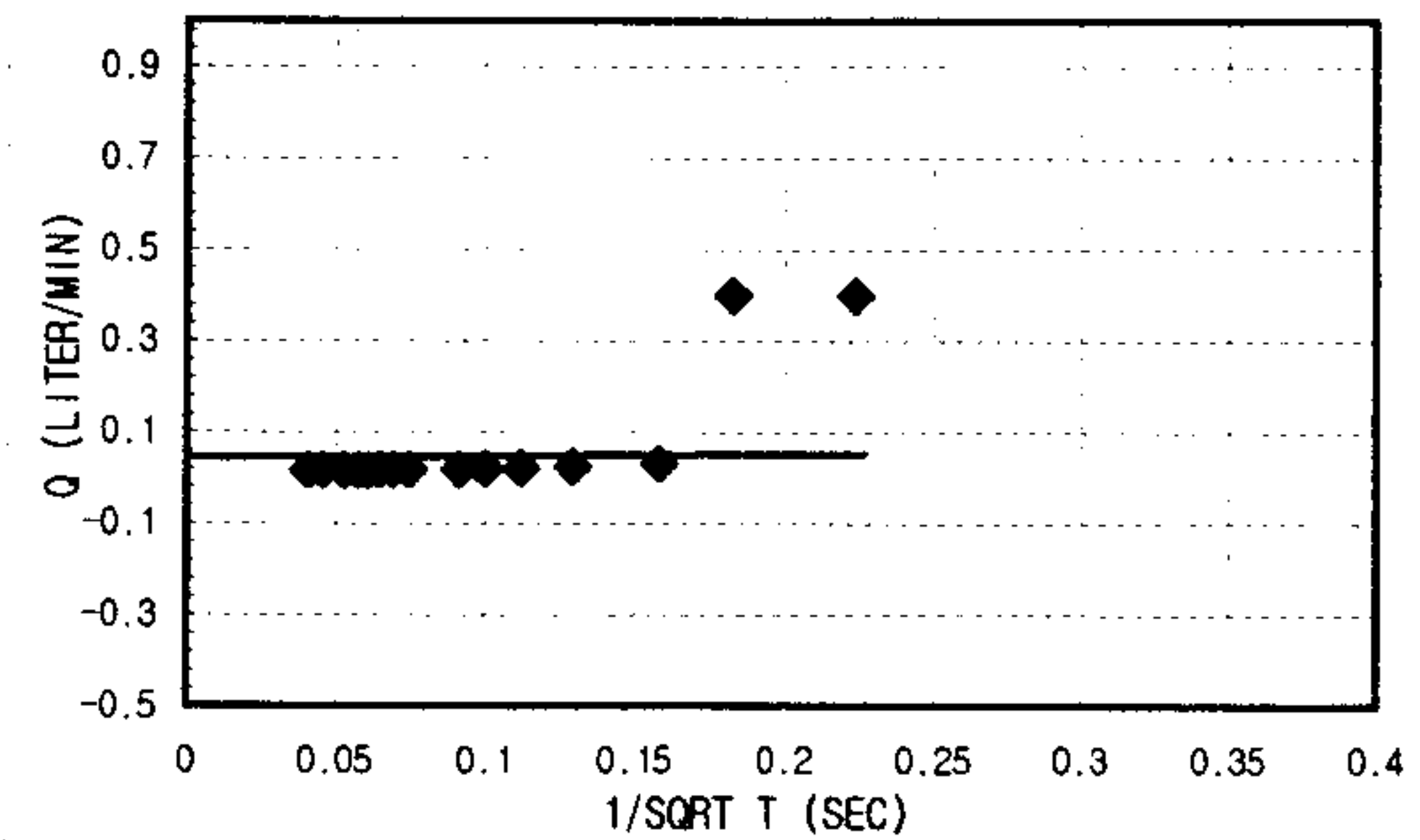
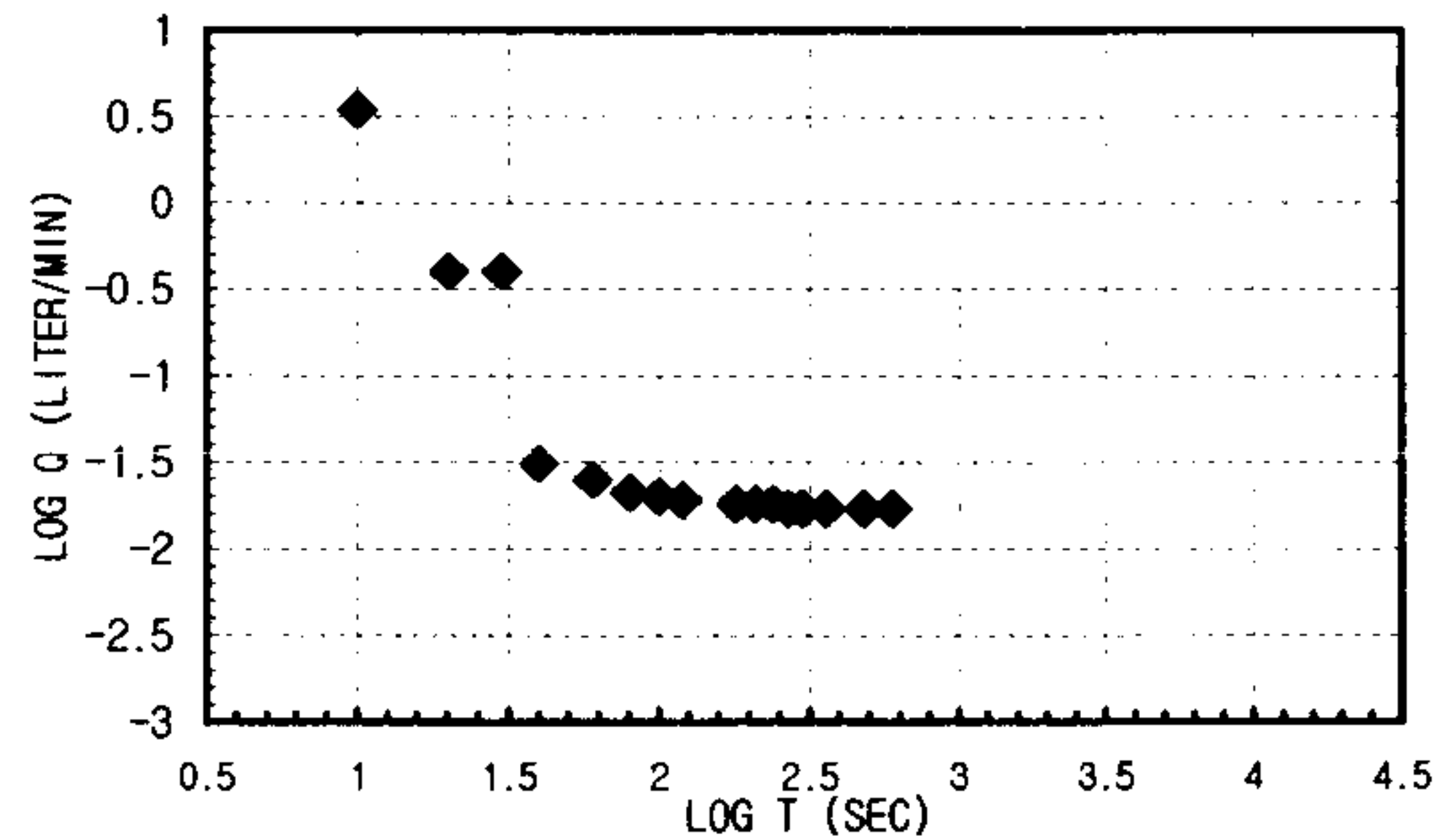
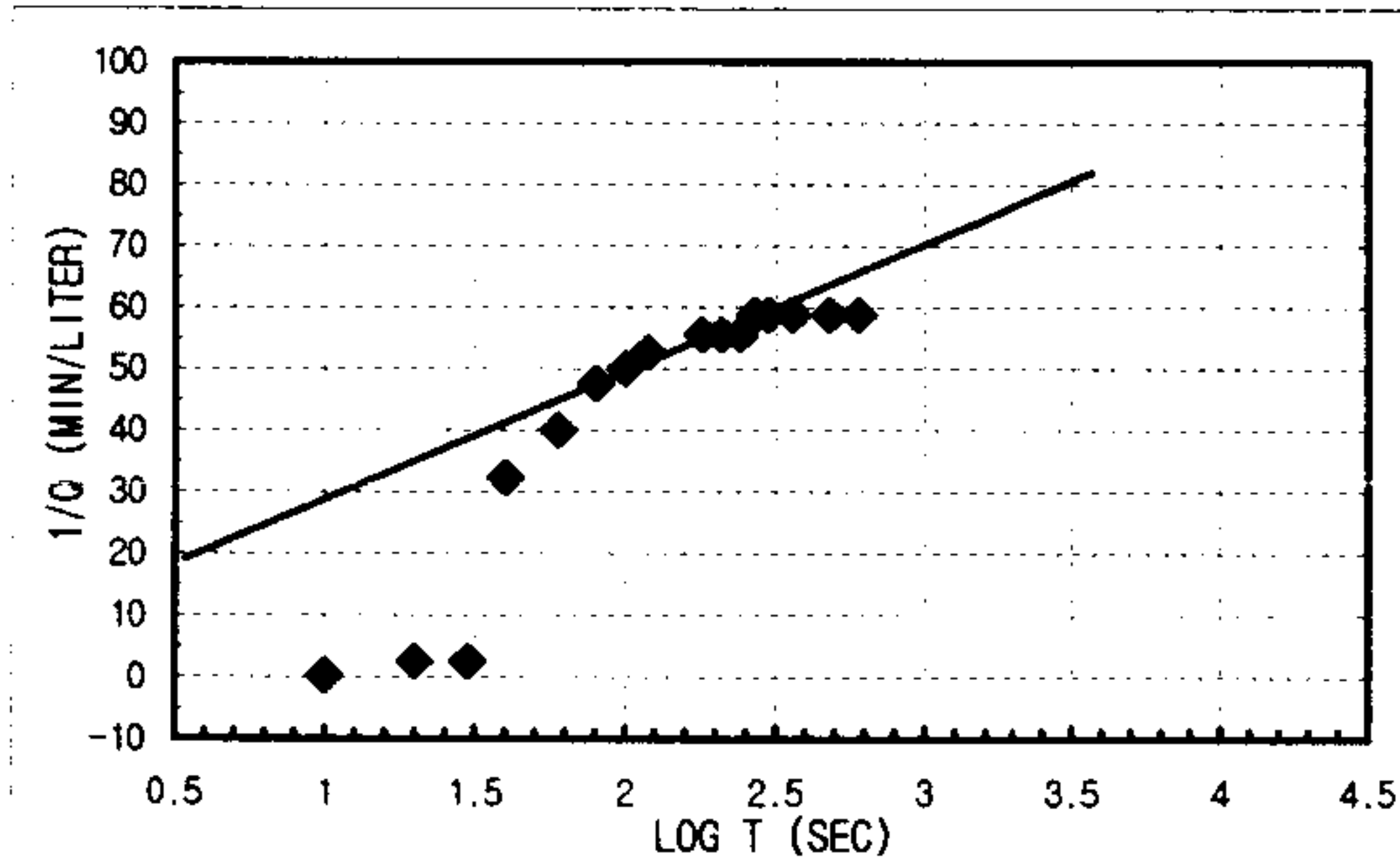
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} = 8.0076E-09 m/sec	Flow Type= Linear and radial flow (1.0<n<2.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-15		
TEST SECTION	51.6M-55.0M		
STATIC G/W LEVEL	3.85M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960603161300-960603163800		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15771.0-15771.8	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.8

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.45	2.952936	42	1 0.28985507	1	0.5378191	0.31622777	3.45
20	0.4	2.952936	42	1.30103	2.5	1.30103	-0.39794	0.4
30	0.4	2.952936	42	1.47712125	2.5	1.47712125	-0.39794	0.4
40	0.031	2.952936	42	1.60205999	32.2580645	1.60205999	-1.5086383	0.031
60	0.025	2.952936	42	1.77815125	40	1.77815125	-1.60206	0.025
80	0.021	2.952936	42	1.90308999	47.6190476	1.90308999	-1.6777807	0.021
100	0.02	2.952936	42	2	50	2	-1.69897	0.02
120	0.019	2.952936	42	2.07918125	52.6315789	2.07918125	-1.7212464	0.019
180	0.018	2.952936	42	2.25527251	55.5555556	2.25527251	-1.7447275	0.018
210	0.018	2.952936	42	2.32221929	55.5555556	2.32221929	-1.7447275	0.018
240	0.018	2.952936	42	2.38021124	55.5555556	2.38021124	-1.7447275	0.018
270	0.017	2.952936	42	2.43136376	58.8235294	2.43136376	-1.7695511	0.017
300	0.017	2.952936	42	2.47712125	58.8235294	2.47712125	-1.7695511	0.017
360	0.017	2.952936	42	2.5563025	58.8235294	2.5563025	-1.7695511	0.017
480	0.017	2.952936	42	2.68124124	58.8235294	2.68124124	-1.7695511	0.017
600	0.017	2.952936	42	2.77815125	58.8235294	2.77815125	-1.7695511	0.017



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 960000
 $m = 1320000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.2186E-09$ m/sec
 $S_s = 3.6536E-07$ m/sec

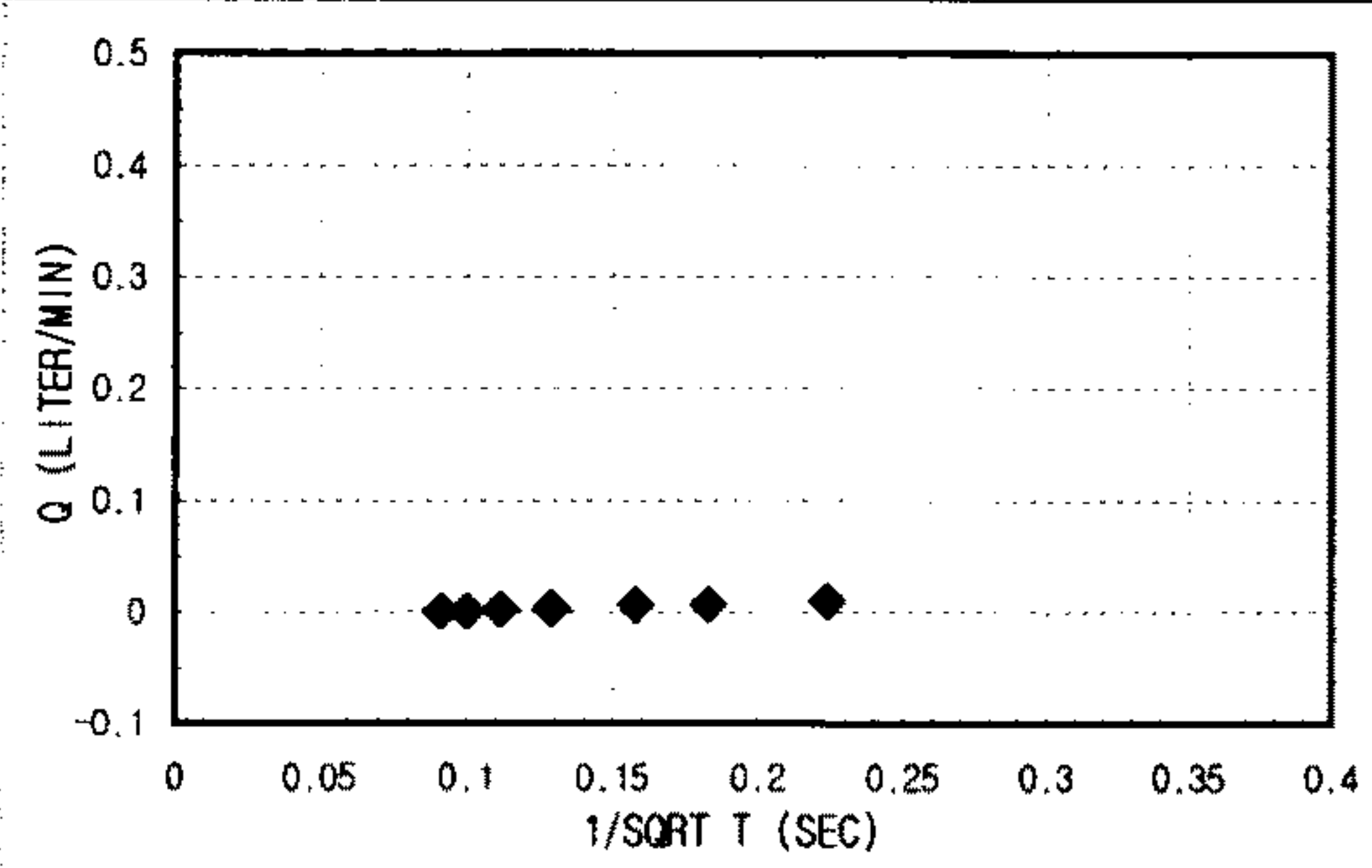
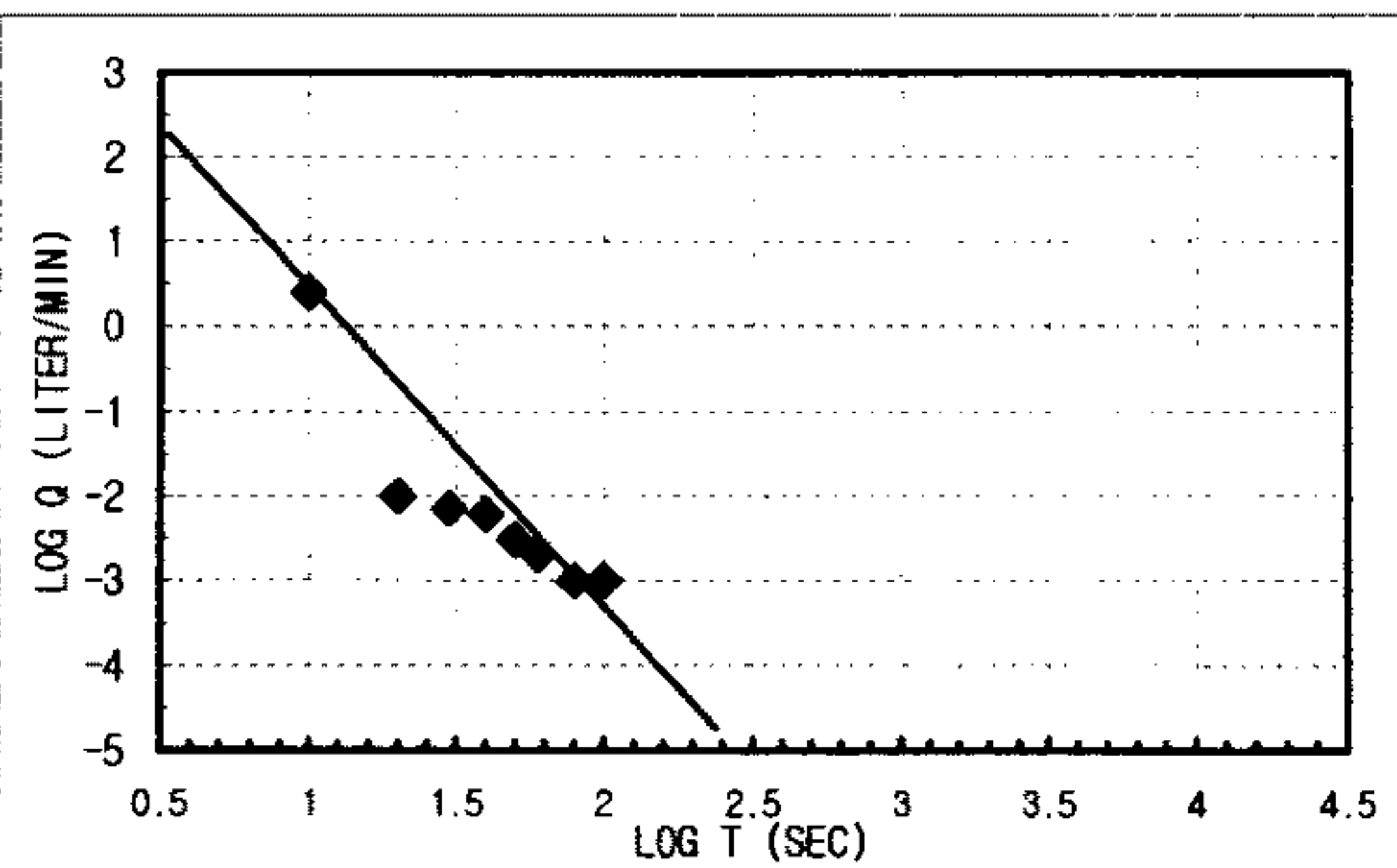
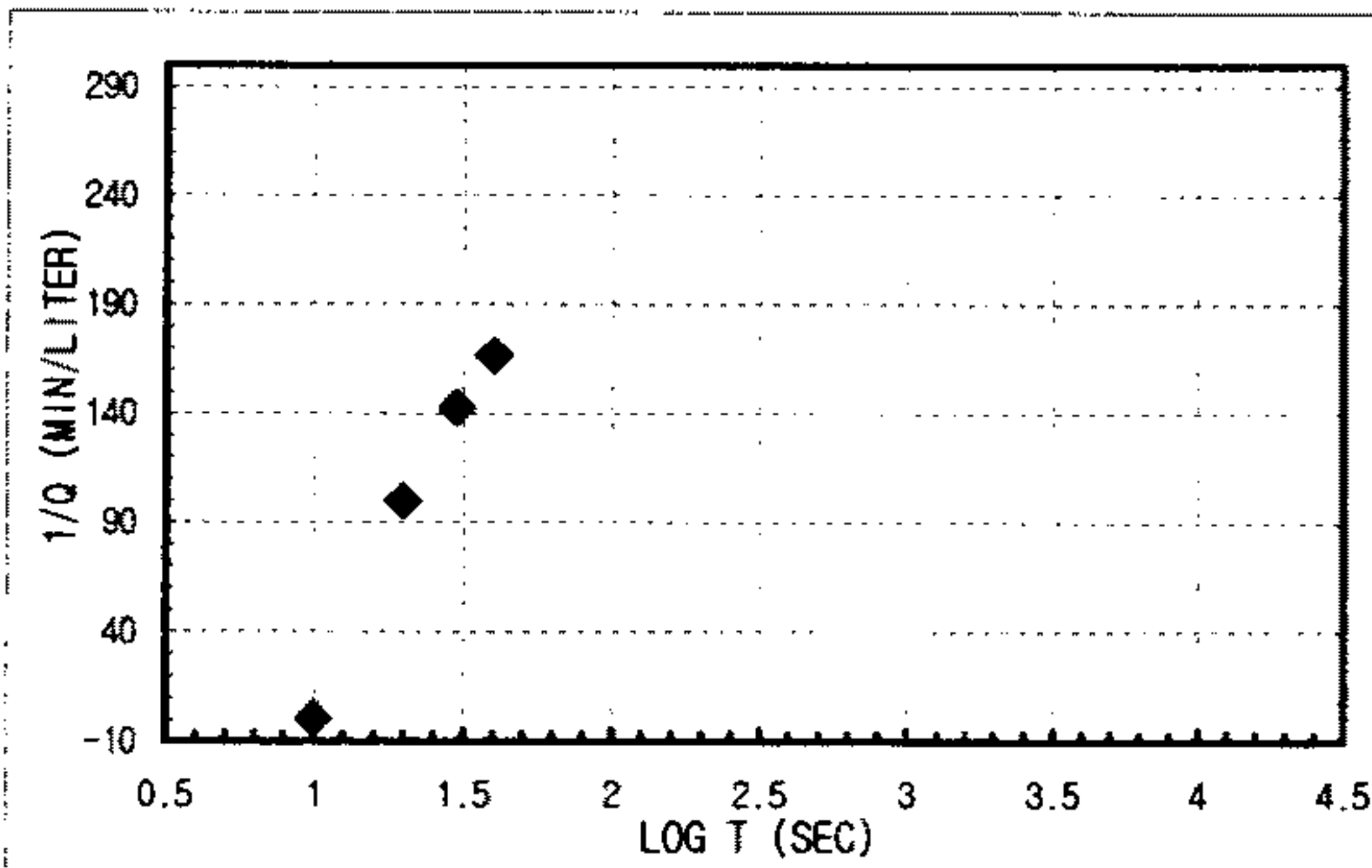
3. Spherical Flow
 $d = 3.3333E-07$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-06$ $r_w = 0.0375$
 $K = 2.114E-08$ m/sec
 $S_s = 0.00472279$ m/sec

$K_{steady\ state} = 7.6873E-09$ m/sec Flow Type = Radial and spherical flow (2.0 < n < 3.0)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-16		
TEST SECTION	55.0M-58.4M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960604095000-960604100900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15785.6-15786.0	TIME INTERVAL (MIN)	2
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.4

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.5	2.952936	42	1	0.4	1 0.39794001	0.31622777	2.5
20	0.01	2.952936	42	1.30103	100	1.30103	-2	0.2236068
30	0.007	2.952936	42	1.47712125	142.857143	1.47712125	-2.154902	0.18257419
40	0.006	2.952936	42	1.60205999	166.666667	1.60205999	-2.2218487	0.15811388
60	0.003	2.952936	42	1.77815125	333.333333	1.69897	-2.5228787	0.12909944
80	0.002	2.952936	42	1.90308999	500	1.77815125	-2.69897	0.1118034
100	0.001	2.952936	42	2	1000	1.90308999	-3	0.1
120	0.001	2.952936	42	2.07918125	1000	2	-3	0.09128709



1. Linear Flow
 $q(t_0=1)=$ A =
 $r_{w0} =$
 $KS_s =$ #DIV/0! m/sec

2. Radial Flow
 $r_{w0} =$ d =
 $m =$ $r_w =$
 $K =$ #DIV/0! m/sec
 $S_s =$ #DIV/0! m/sec

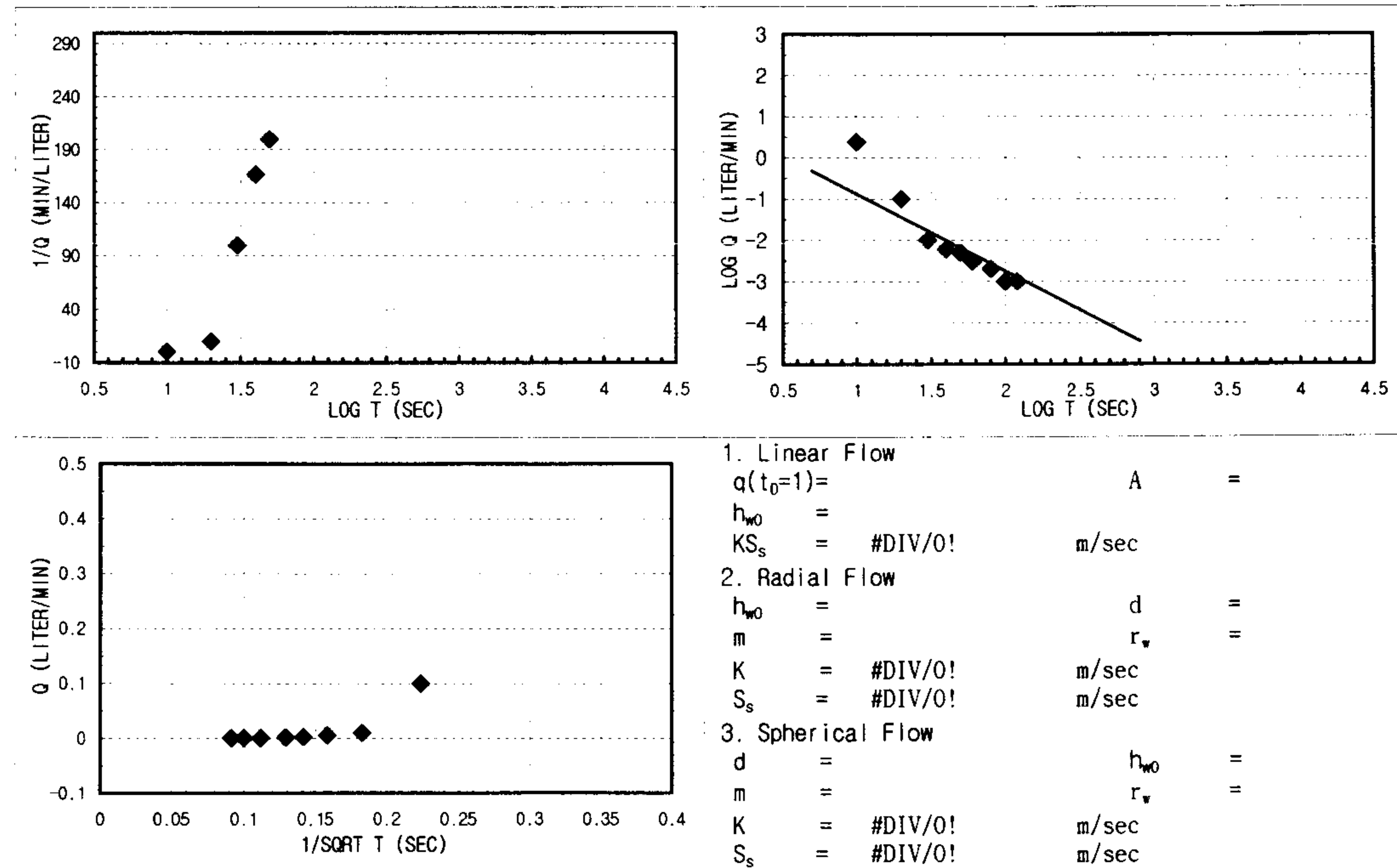
3. Spherical Flow
 $d =$ $r_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K =$ #DIV/0! m/sec
 $S_s =$ #DIV/0! m/sec

$K_{steady\ state} =$	1.9218E-08 m/sec	Flow Type= Sublinear flow (n<1.0)
-----------------------	------------------	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-17		
TEST SECTION	58.4M-61.8M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDHMMSS)	960604102400-960604104300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15786.0-15786.8	TIME INTERVAL (MIN)	2
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.8

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.4	2.952936	42	1 0.4166667	1	0.38021124	0.31622777	2.4
20	0.1	2.952936	42	1.30103	10	1.30103	-1	0.2236068
30	0.01	2.952936	42	1.47712125	100	1.47712125	-2	0.18257419
40	0.006	2.952936	42	1.60205999	166.666667	1.60205999	-2.2218487	0.15811388
50	0.005	2.952936	42	1.69897	200	1.69897	-2.30103	0.14142136
60	0.003	2.952936	42	1.77815125	333.333333	1.77815125	-2.5228787	0.12909944
80	0.002	2.952936	42	1.90308999	500	1.90308999	-2.69897	0.1118034
100	0.001	2.952936	42	2	1000	2	-3	0.1
120	0.001	2.952936	42	2.07918125	1000	2.07918125	-3	0.09128709

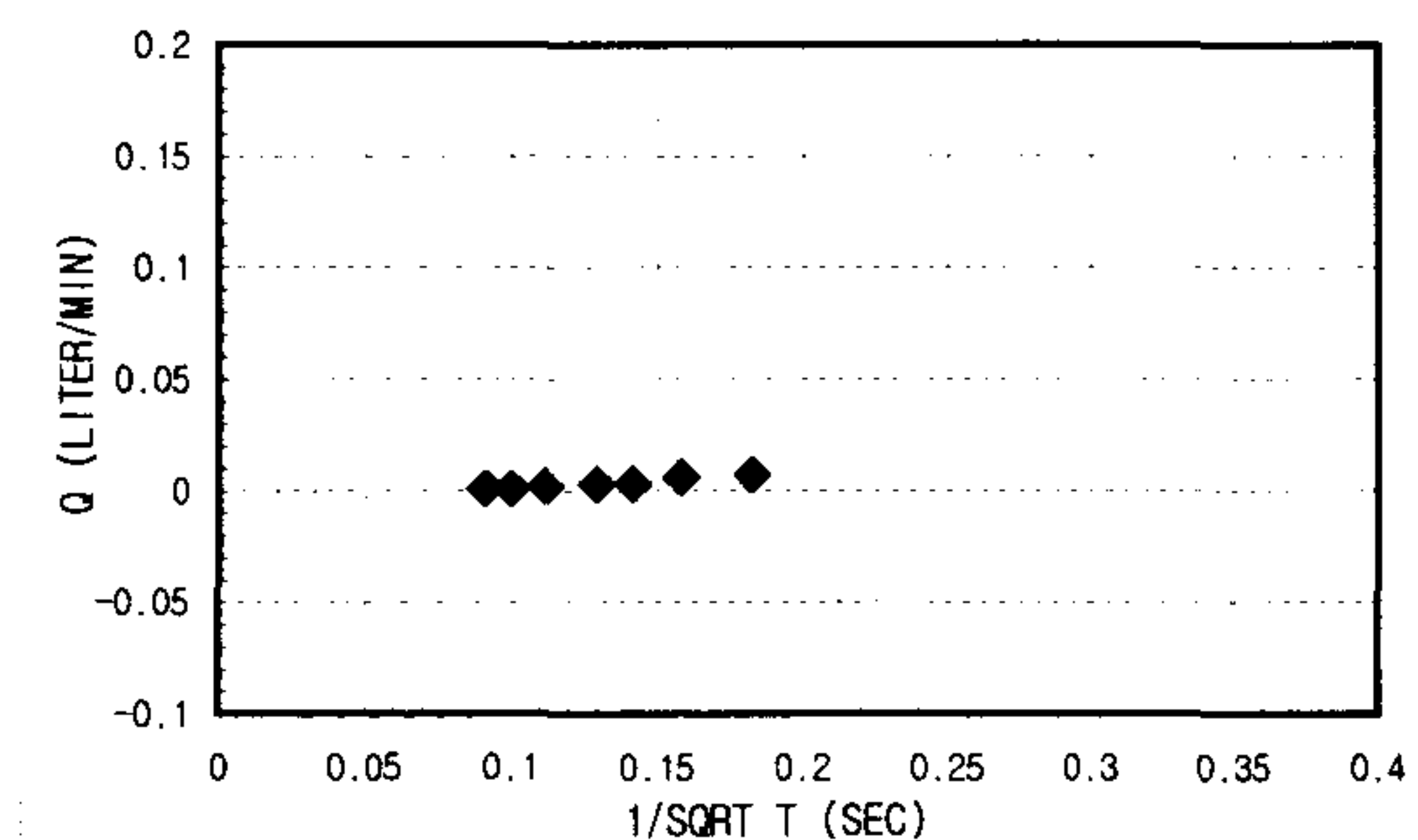
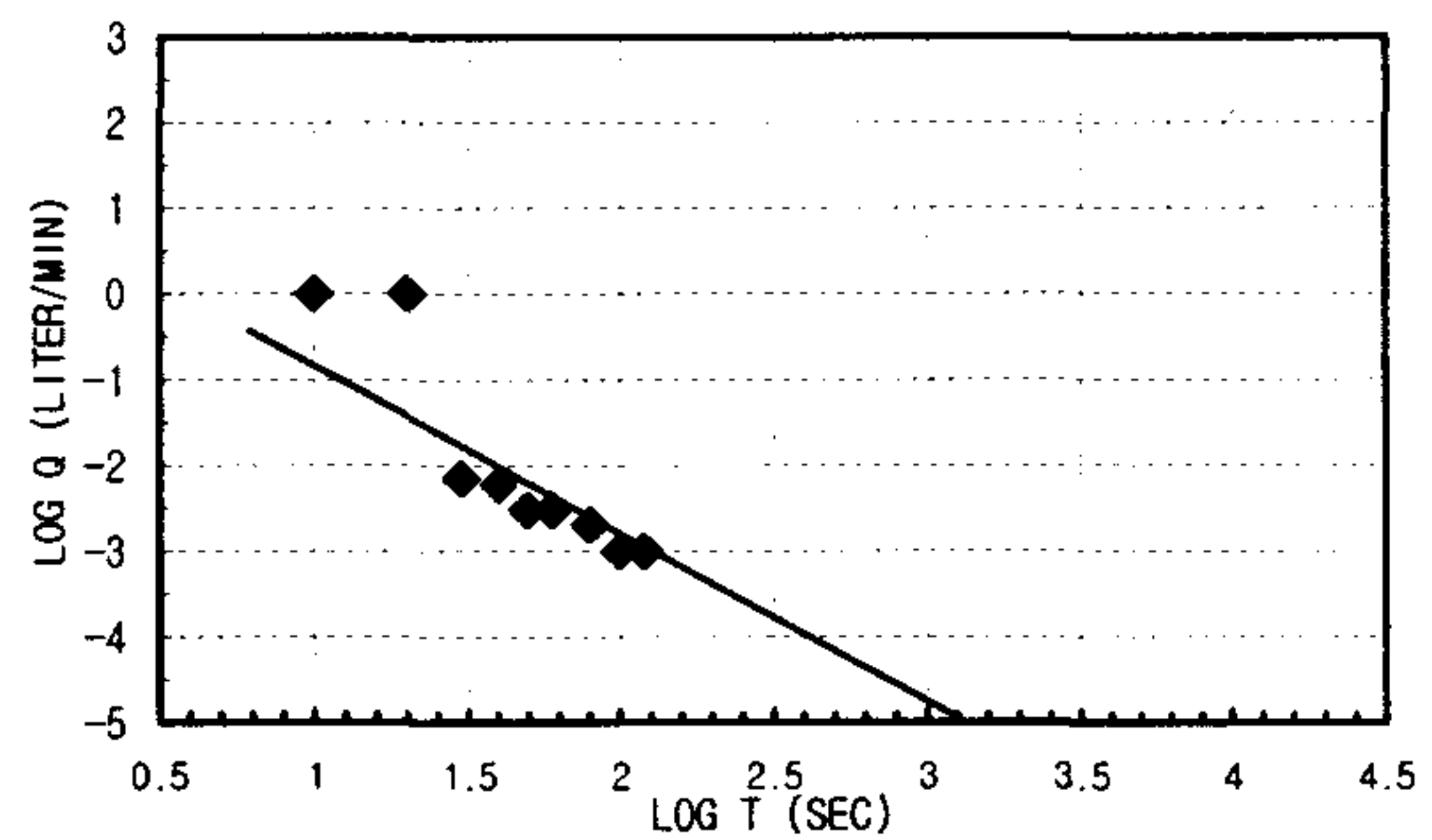
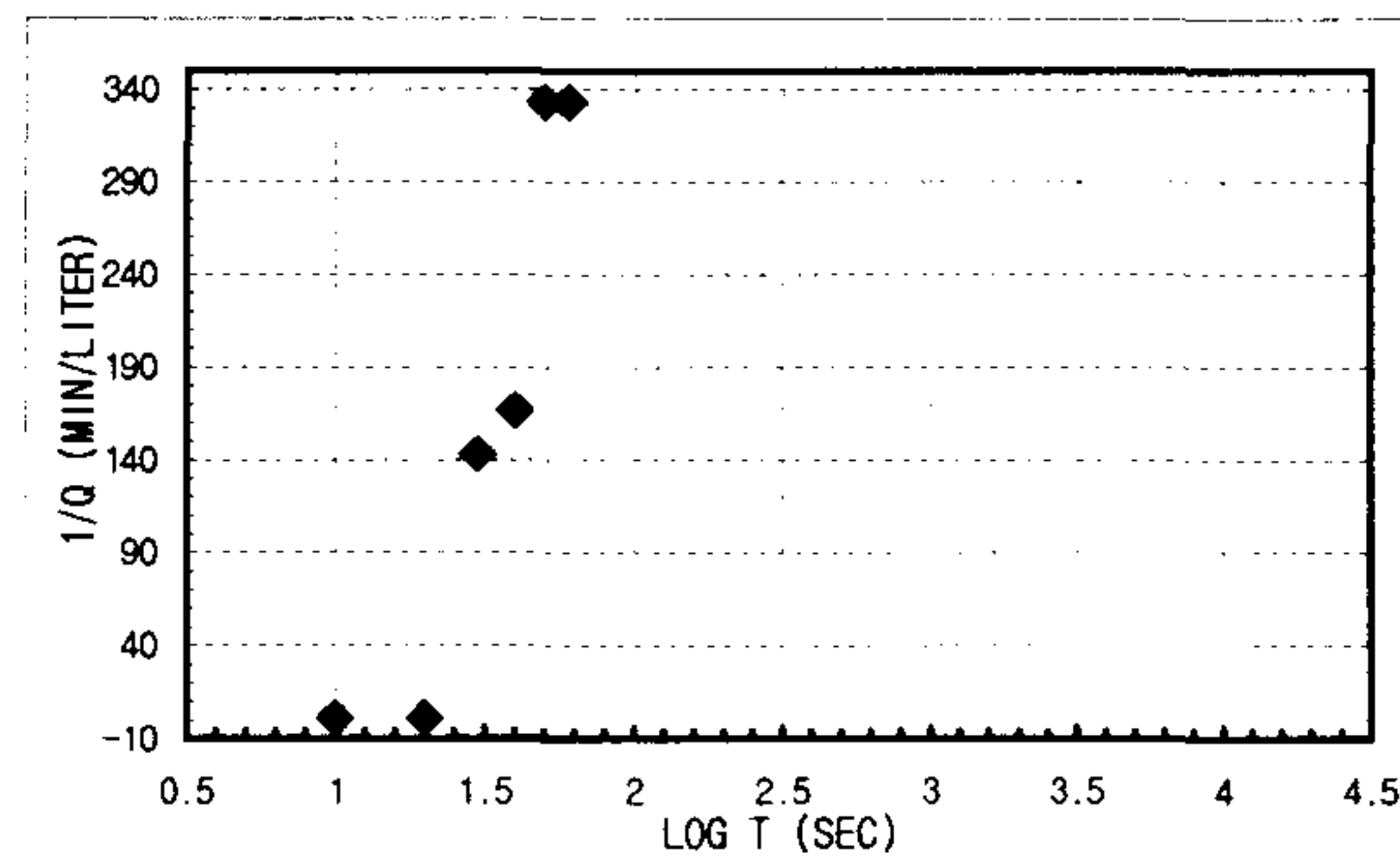


K _{steady state} = 3.8436E-08 m/sec	Flow Type= Sublinear flow (n<1.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-18		
TEST SECTION	61.8M-65.2M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960604105700-960604111600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15786.8-15787.4	TIME INTERVAL (MIN)	2
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.6

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	1	2.952936	42	1	1	0	0.31622777	1
20	1	2.952936	42	1.30103	1	1.30103	0	1
30	0.007	2.952936	42	1.47712125	1.47712125	-2.154902	0.18257419	0.007
40	0.006	2.952936	42	1.60205999	1.60205999	-2.2218487	0.15811388	0.006
50	0.003	2.952936	42	1.69897	1.69897	-2.5228787	0.14142136	0.003
60	0.003	2.952936	42	1.77815125	1.77815125	-2.5228787	0.12909944	0.003
80	0.002	2.952936	42	1.90308999	1.90308999	-2.69897	0.1118034	0.002
100	0.001	2.952936	42	2	2	-3	0.1	0.001
120	0.001	2.952936	42	2.07918125	2.07918125	-3	0.09128709	0.001



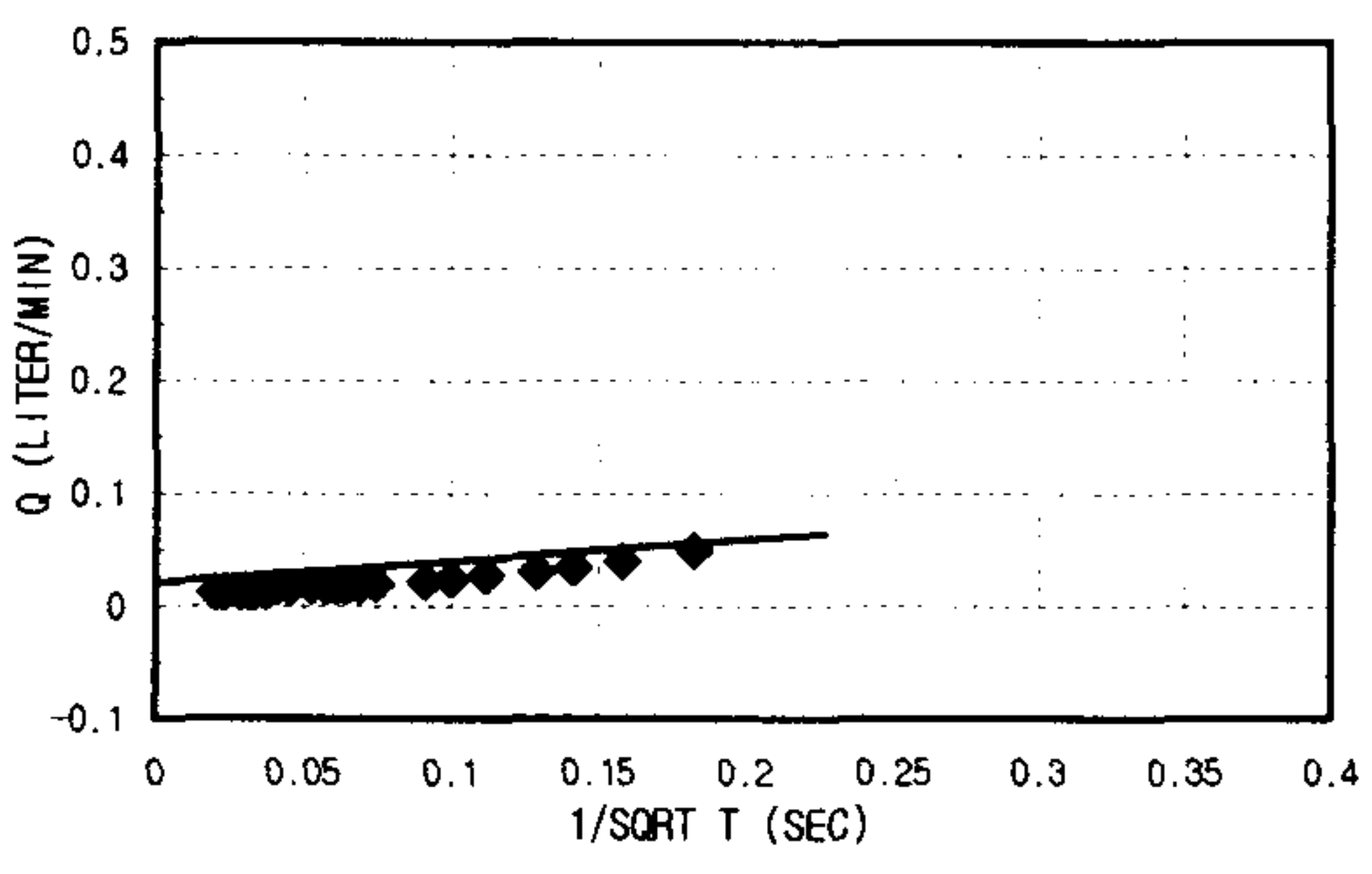
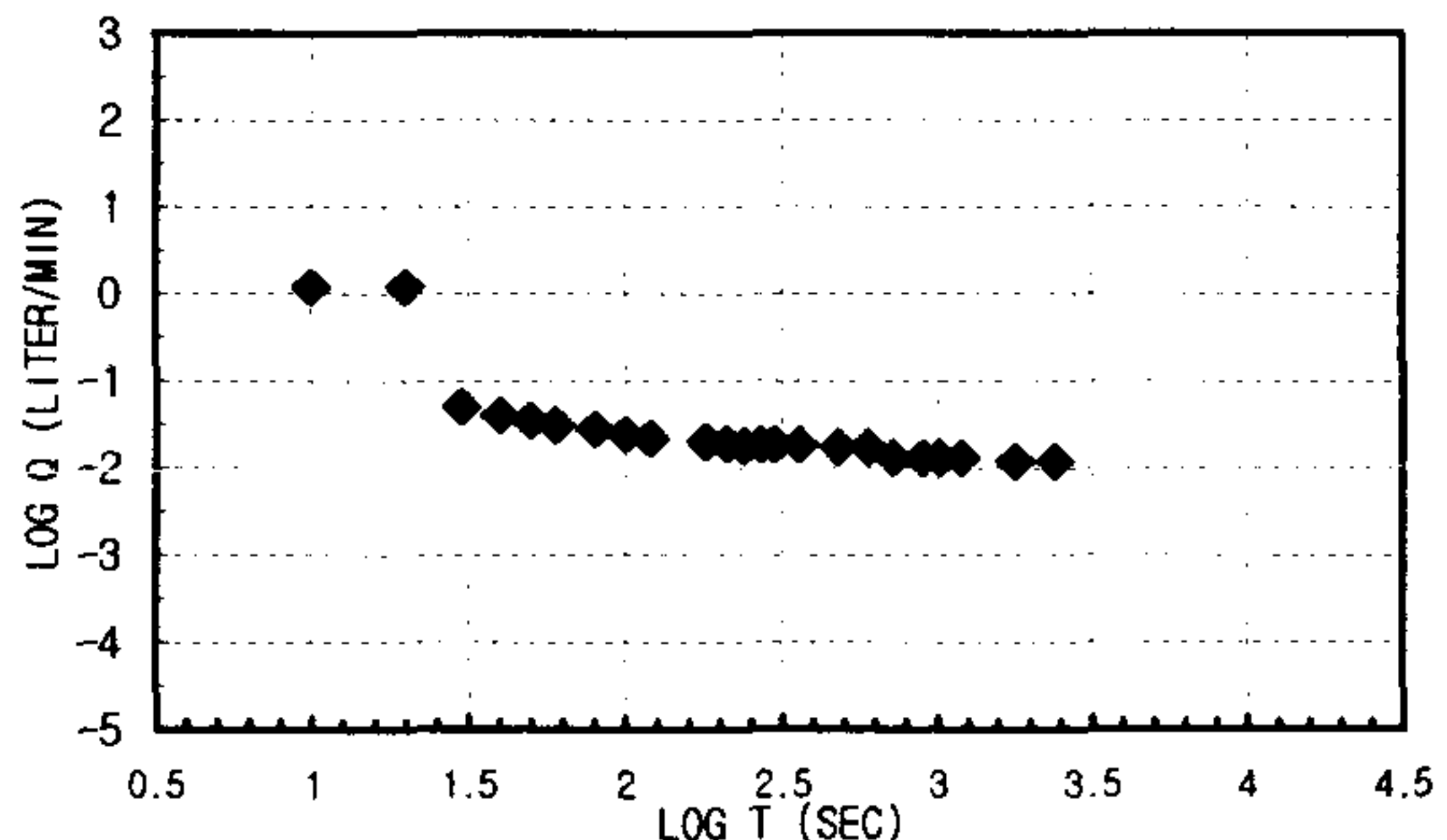
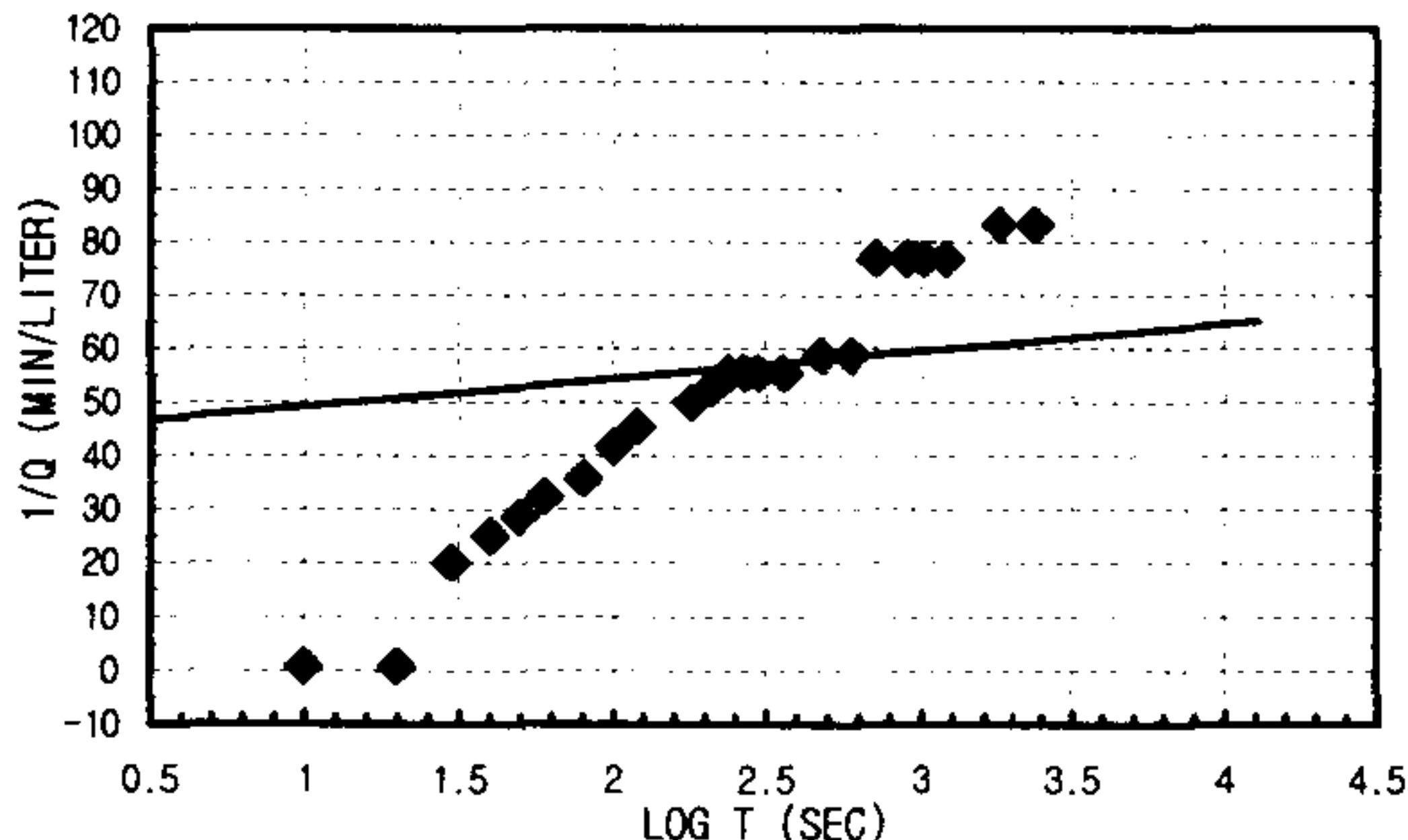
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d =$ h_{w0}
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

K _{steady state} = 2.8827E-08 m/sec	Flow Type= Sublinear flow (n<1.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-19		
TEST SECTION	65.2M-68.6M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960604113100-960604124100		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15787.4-15788.1	TIME INTERVAL (MIN)	40
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.7

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	1.2	2.952936	42	1 0.83333333	1	0.07918125	0.31622777	1.2
20	1.2	2.952936	42	1.30103 0.83333333	1.30103	0.07918125	0.2236068	1.2
30	0.05	2.952936	42	1.47712125	20	1.47712125	-1.30103	0.05
40	0.04	2.952936	42	1.60205999	25	1.60205999	-1.39794	0.04
50	0.035	2.952936	42	1.69897 28.5714286	1.69897	-1.455932	0.14142136	0.035
60	0.031	2.952936	42	1.77815125	32.2580645	1.77815125	-1.5086383	0.031
80	0.028	2.952936	42	1.90308999	35.7142857	1.90308999	-1.552842	0.028
100	0.024	2.952936	42	2 41.6666667	2	-1.6197888	0.1	0.024
120	0.022	2.952936	42	2.07918125	45.4545455	2.07918125	-1.6575773	0.022
180	0.02	2.952936	42	2.25527251	50	2.25527251	-1.69897	0.02
210	0.019	2.952936	42	2.32221929	52.6315789	2.32221929	-1.7212464	0.019
240	0.018	2.952936	42	2.38021124	55.5555556	2.38021124	-1.7447275	0.018
270	0.018	2.952936	42	2.43136376	55.5555556	2.43136376	-1.7447275	0.018
300	0.018	2.952936	42	2.47712125	55.5555556	2.47712125	-1.7447275	0.018
360	0.018	2.952936	42	2.5563025	55.5555556	2.5563025	-1.7447275	0.018
480	0.017	2.952936	42	2.68124124	58.8235294	2.68124124	-1.7695511	0.017
600	0.017	2.952936	42	2.77815125	58.8235294	2.77815125	-1.7695511	0.017
720	0.013	2.952936	42	2.8573325	76.9230769	2.8573325	-1.8860566	0.013
900	0.013	2.952936	42	2.95424251	76.9230769	2.95424251	-1.8860566	0.013
1020	0.013	2.952936	42	3.00860017	76.9230769	3.00860017	-1.8860566	0.013
1200	0.013	2.952936	42	3.07918125	76.9230769	3.07918125	-1.8860566	0.013
1800	0.012	2.952936	42	3.25527251	83.3333333	3.25527251	-1.9208188	0.012
2400	0.012	2.952936	42	3.38021124	83.3333333	3.38021124	-1.9208188	0.012



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \#DIV/0! \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 2700000$
 $m = 300000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 5.362E-09 \text{ m/sec}$
 $S_s = 8.5792E-15 \text{ m/sec}$

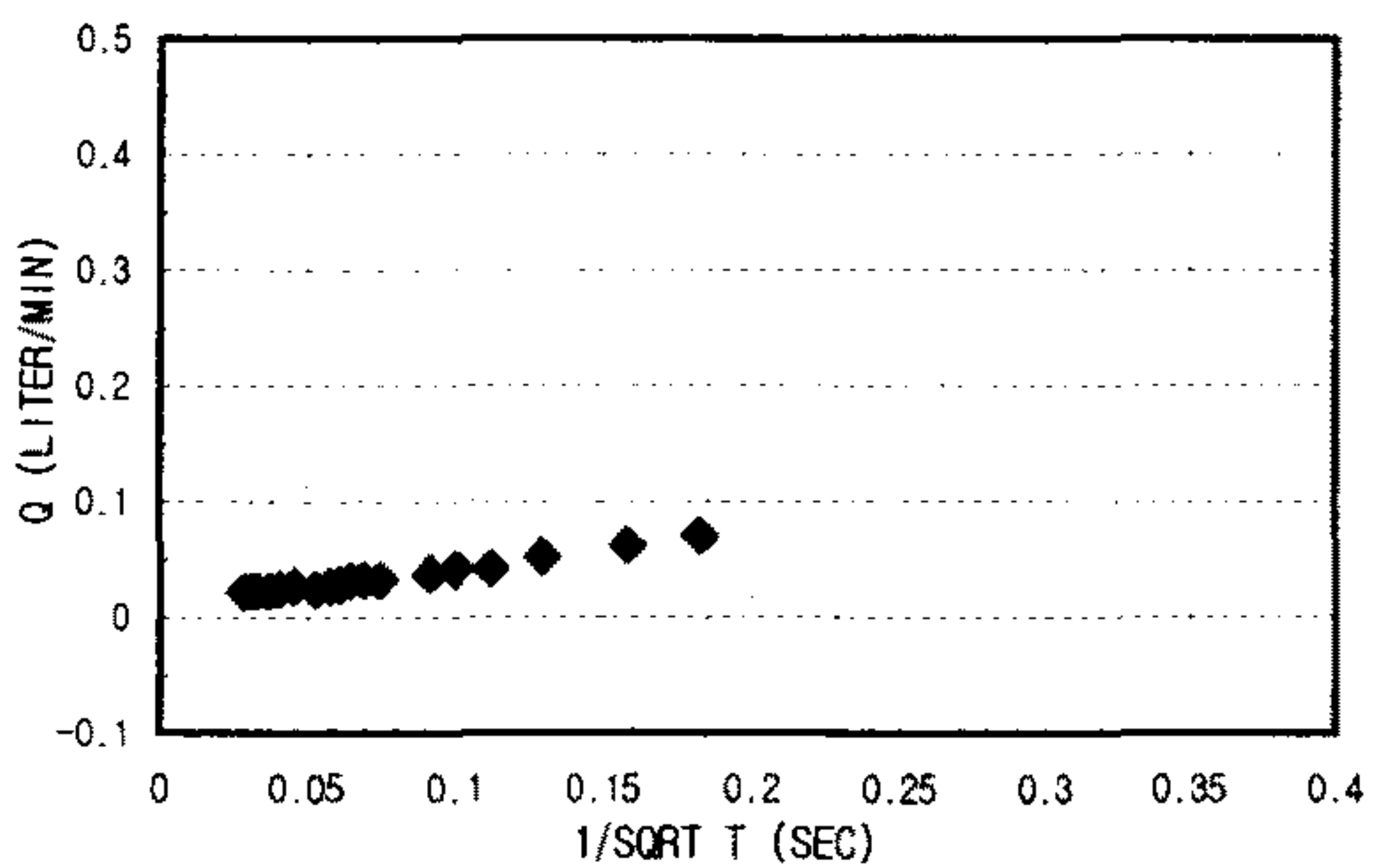
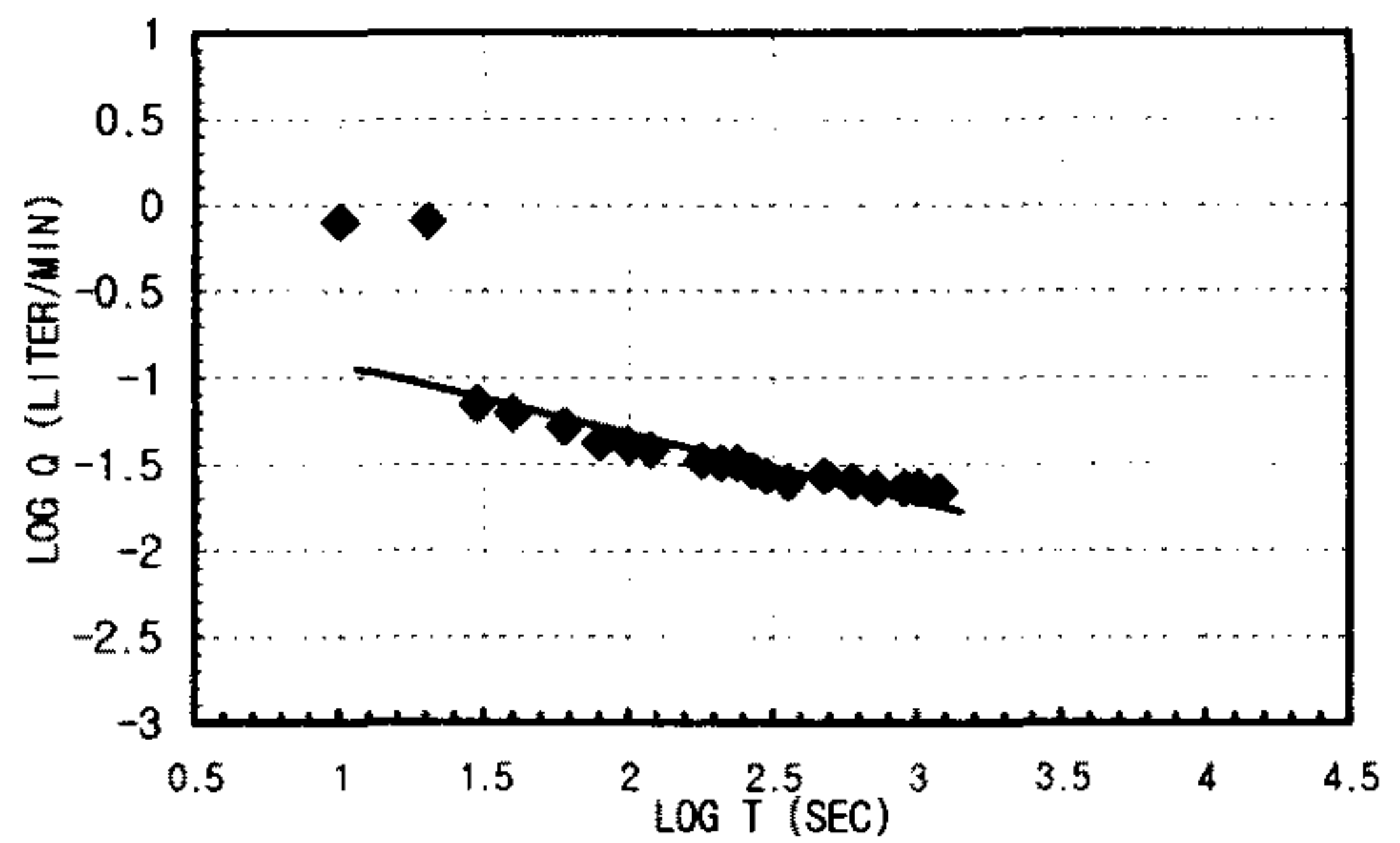
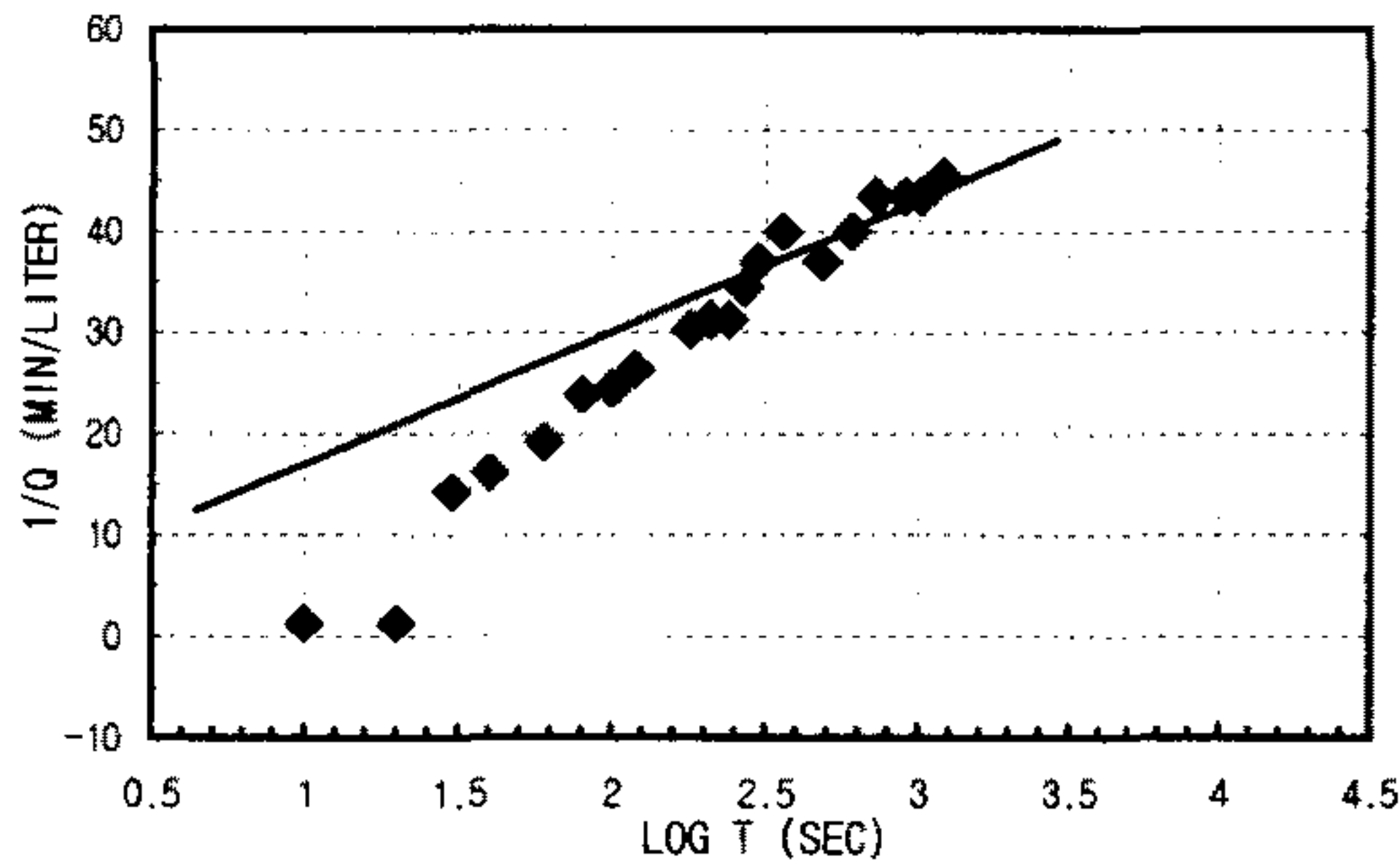
3. Spherical Flow
 $d = 1.6667E-07 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-07 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.057E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 9.4456E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 1.6816E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-20		
TEST SECTION	68.6M-72.0M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960604125200-960604132900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15788.1-15788.9	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.8

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.8	2.952936	42	1	1.25	1	-0.09691	0.31622777
20	0.8	2.952936	42	1.30103	1.25	1.30103	-0.09691	0.2236068
30	0.07	2.952936	42	1.47712125	14.2857143	1.47712125	-1.154902	0.18257419
40	0.062	2.952936	42	1.60205999	16.1290323	1.60205999	-1.2076083	0.15811388
60	0.052	2.952936	42	1.77815125	19.2307692	1.77815125	-1.2839967	0.12909944
80	0.042	2.952936	42	1.90308999	23.8095238	1.90308999	-1.3767507	0.1118034
100	0.041	2.952936	42	2	24.3902439	2	-1.3872161	0.1
120	0.038	2.952936	42	2.07918125	26.3157895	2.07918125	-1.4202164	0.09128709
180	0.033	2.952936	42	2.25527251	30.3030303	2.25527251	-1.4814861	0.0745356
210	0.032	2.952936	42	2.32221929	31.25	2.32221929	-1.49485	0.06900656
240	0.032	2.952936	42	2.38021124	31.25	2.38021124	-1.49485	0.06454972
270	0.029	2.952936	42	2.43136376	34.4827586	2.43136376	-1.537602	0.06085806
300	0.027	2.952936	42	2.47712125	37.037037	2.47712125	-1.5686362	0.05773503
360	0.025	2.952936	42	2.5563025	40	2.5563025	-1.60206	0.05270463
480	0.027	2.952936	42	2.68124124	37.037037	2.68124124	-1.5686362	0.04564355
600	0.025	2.952936	42	2.77815125	40	2.77815125	-1.60206	0.04082483
720	0.023	2.952936	42	2.8573325	43.4782609	2.8573325	-1.6382722	0.0372678
900	0.023	2.952936	42	2.95424251	43.4782609	2.95424251	-1.6382722	0.03333333
1020	0.023	2.952936	42	3.00860017	43.4782609	3.00860017	-1.6382722	0.03131121
1200	0.022	2.952936	42	3.07918125	45.4545455	3.07918125	-1.6575773	0.02886751



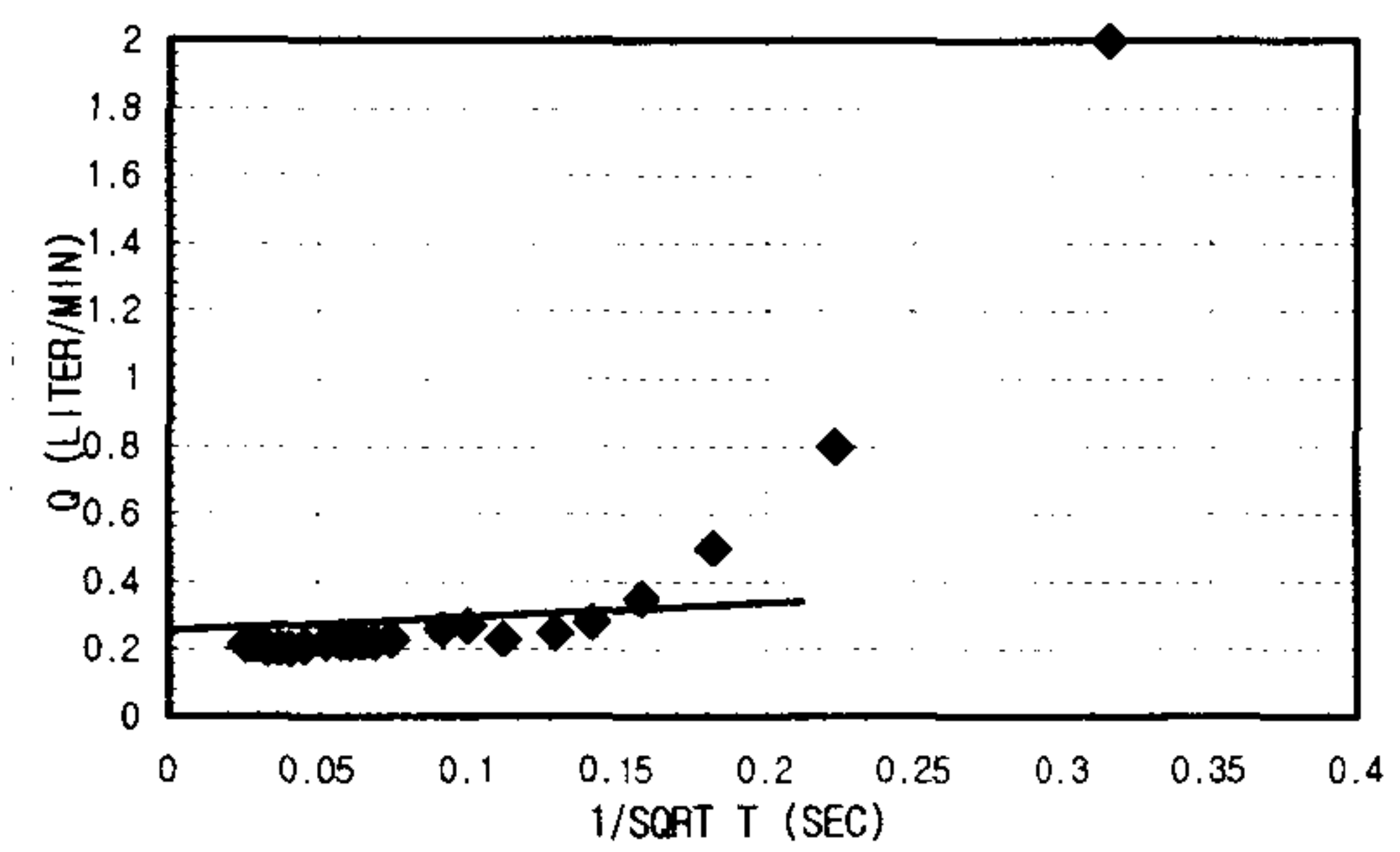
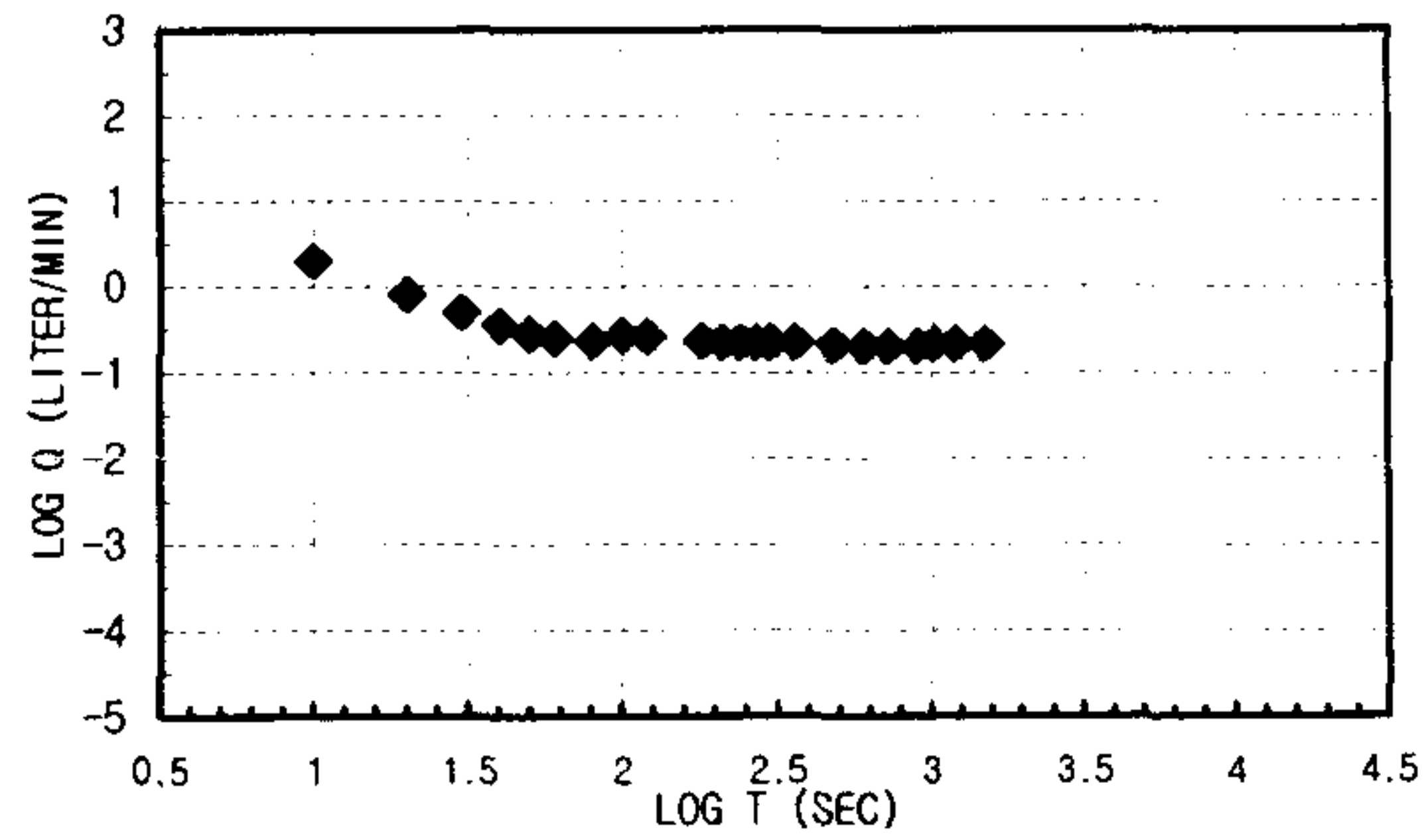
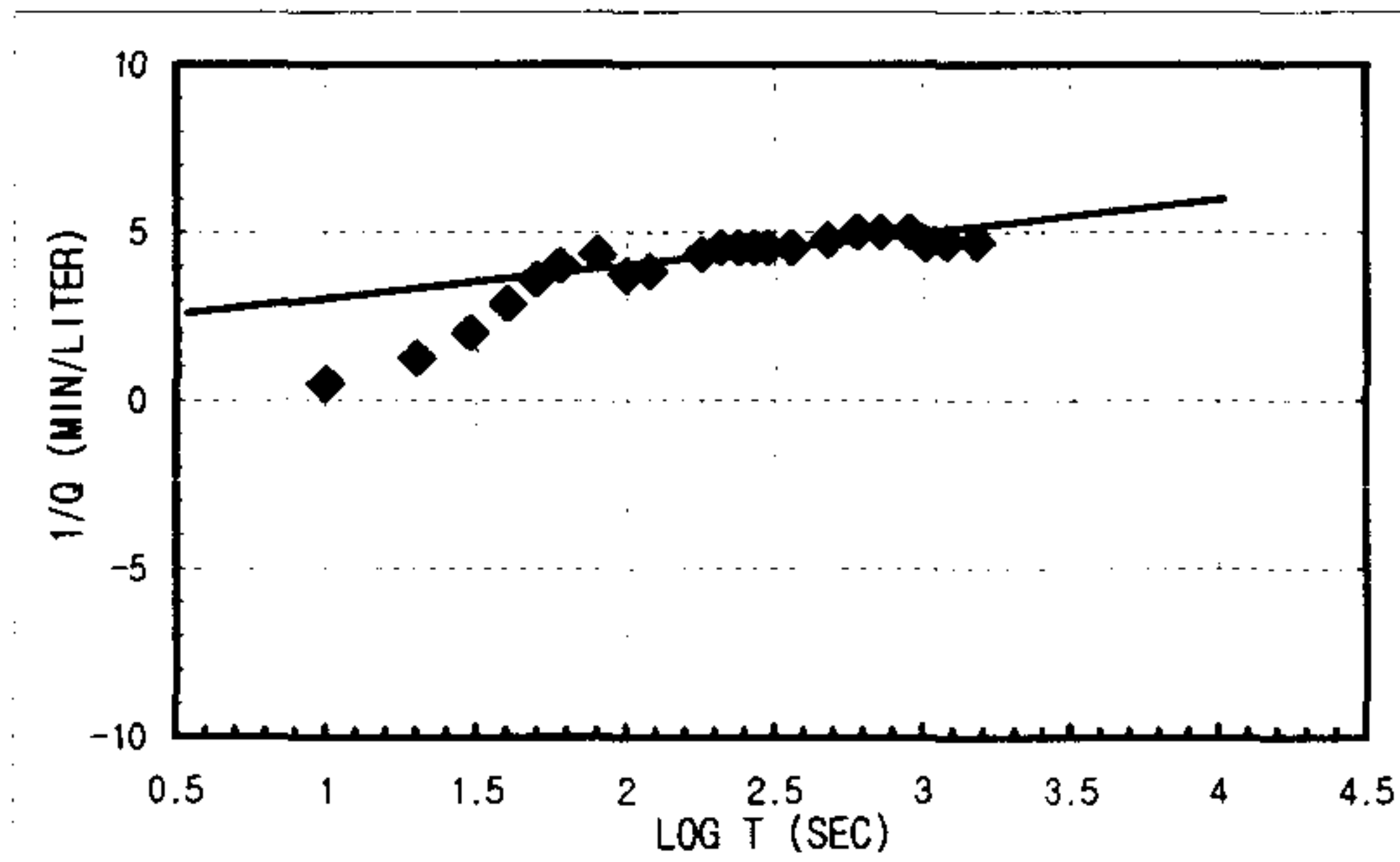
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = -8.333E-06$ $A = 4.71E-03$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 8.7751E-09$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ $d = 120000$
 $m = 960000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.6756E-09$ m/sec
 $S_s = 2.0105E-06$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} = 3.8436E-09 m/sec	Flow Type= Linear and radial flow (1.0<n<2.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-21		
TEST SECTION	72.0M-75.4M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960604134100-960604142300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15788.9-15790.2	TIME INTERVAL (MIN)	25
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	2	2.9388744	41.8	1	0.5	1	0.30103	0.31622777	2
20	0.8	2.9388744	41.8	1.30103	1.25	1.30103	-0.09691	0.2236068	0.8
30	0.5	2.9388744	41.8	1.47712125	2	1.47712125	-0.30103	0.18257419	0.5
40	0.35	2.9388744	41.8	1.60205999	2.85714286	1.60205999	-0.455932	0.15811388	0.35
50	0.28	2.9388744	41.8	1.69897	3.57142857	1.69897	-0.552842	0.14142136	0.28
60	0.25	2.9388744	41.8	1.77815125	4	1.77815125	-0.60206	0.12909944	0.25
80	0.23	2.9388744	41.8	1.90308999	4.34782609	1.90308999	-0.6382722	0.1118034	0.23
100	0.27	2.9388744	41.8	2	3.7037037	2	-0.5686362	0.1	0.27
120	0.26	2.9388744	41.8	2.07918125	3.84615385	2.07918125	-0.5850267	0.09128709	0.26
180	0.23	2.9388744	41.8	2.25527251	4.34782609	2.25527251	-0.6382722	0.0745356	0.23
210	0.22	2.9388744	41.8	2.32221929	4.54545455	2.32221929	-0.6575773	0.06900656	0.22
240	0.22	2.9388744	41.8	2.38021124	4.54545455	2.38021124	-0.6575773	0.06454972	0.22
270	0.22	2.9388744	41.8	2.43136376	4.54545455	2.43136376	-0.6575773	0.06085806	0.22
300	0.22	2.9388744	41.8	2.47712125	4.54545455	2.47712125	-0.6575773	0.05773503	0.22
360	0.22	2.9388744	41.8	2.5563025	4.54545455	2.5563025	-0.6575773	0.05270463	0.22
480	0.21	2.9388744	41.8	2.68124124	4.76190476	2.68124124	-0.6777807	0.04564355	0.21
600	0.2	2.9388744	41.8	2.77815125	5	2.77815125	-0.69897	0.04082483	0.2
720	0.2	2.9388744	41.8	2.8573325	5	2.8573325	-0.69897	0.0372678	0.2
900	0.2	2.9388744	41.8	2.95424251	5	2.95424251	-0.69897	0.03333333	0.2
1020	0.215	2.9388744	41.8	3.00860017	4.65116279	3.00860017	-0.6675615	0.03131121	0.215
1200	0.213	2.9388744	41.8	3.07918125	4.69483568	3.07918125	-0.6716204	0.02886751	0.213
1500	0.213	2.9388744	41.8	3.17609126	4.69483568	3.17609126	-0.6716204	0.02581989	0.213



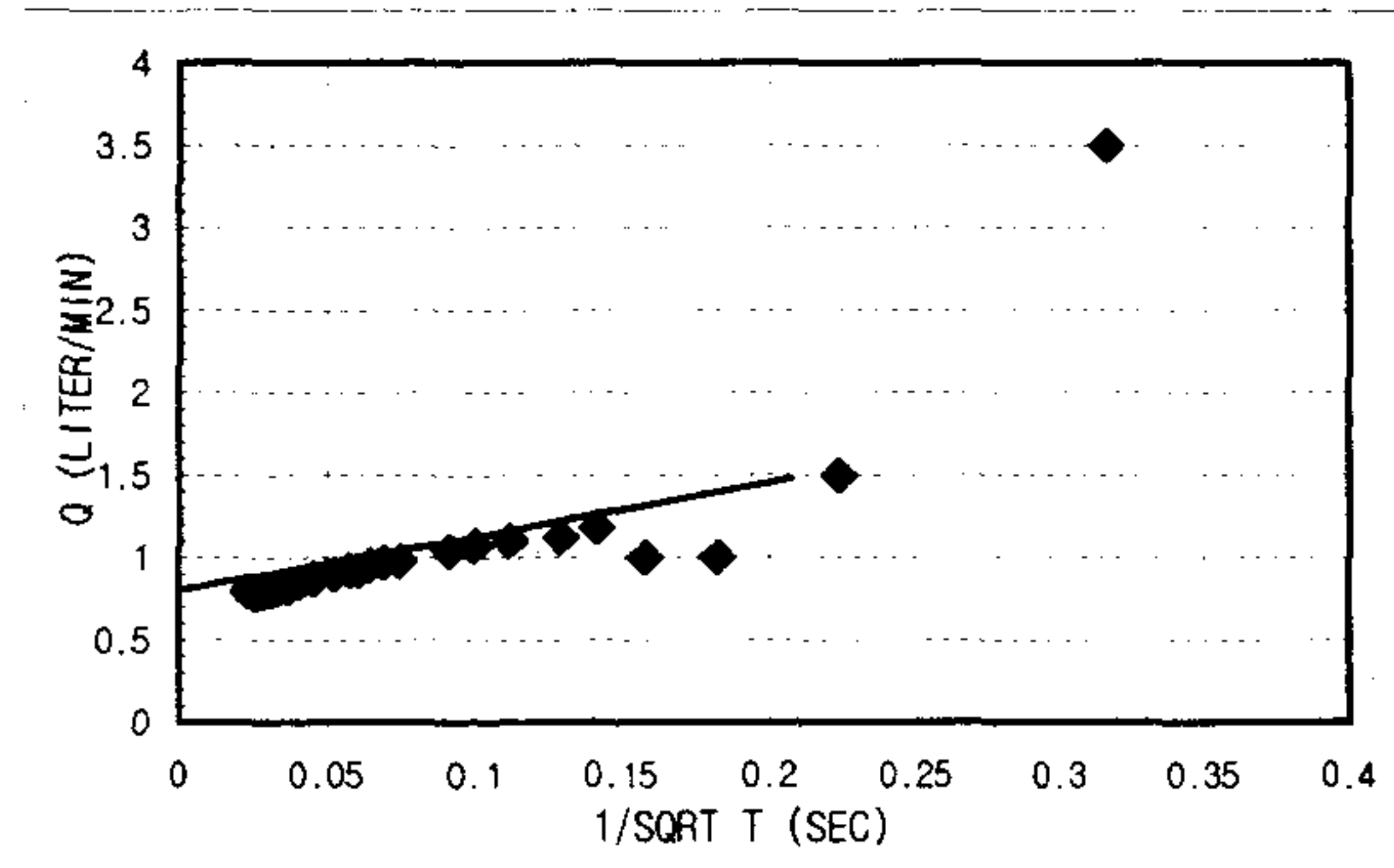
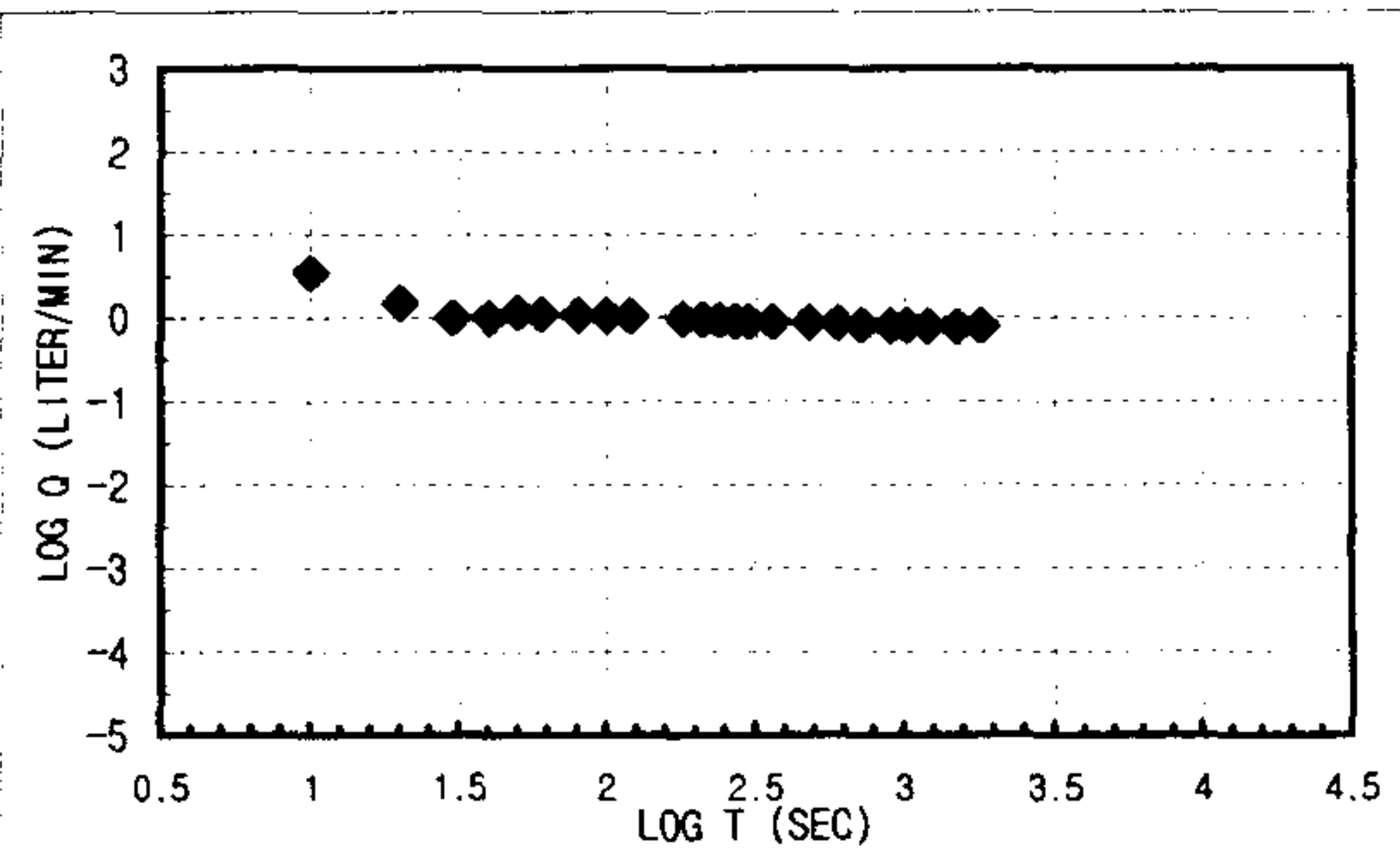
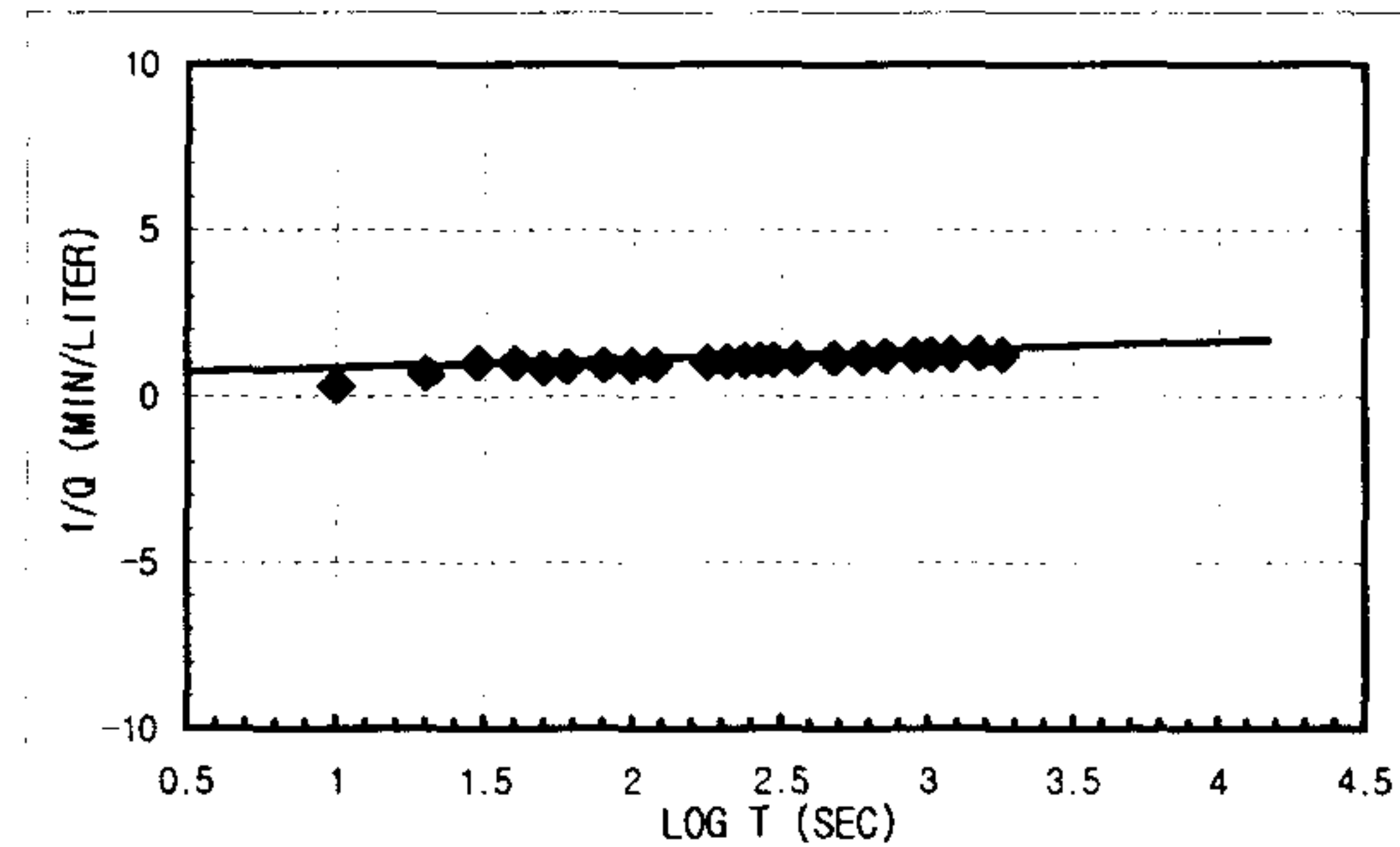
1. Linear Flow
 $q(t_p=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 2.5$
 $m = 144000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.1171E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.7873E-05 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 8.3333E-07 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-07 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 5.2851E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.8891E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 4.9967E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (n=2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-1-22		
TEST SECTION	75.4M-78.8M		
STATIC G/W LEVEL	3.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	96060414380-96060415200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15790.2-15812.6	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	22.4

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.5	2.63655	37.5	1 0.28571429	1	0.54406804	0.31622777	3.5
20	1.5	2.63655	37.5	1.30103 0.66666667	1.30103	0.17609126	0.2236068	1.5
30	1	2.63655	37.5	1.47712125	1	1.47712125	0	1
40	1	2.63655	37.5	1.60205999	1	1.60205999	0	1
50	1.18	2.63655	37.5	1.69897 0.84745763	1.69897	0.07188201	0.14142136	1.18
60	1.12	2.63655	37.5	1.77815125 0.89285714	1.77815125	0.04921802	0.12909944	1.12
80	1.1	2.63655	37.5	1.90308999 0.90909091	1.90308999	0.04139269	0.1118034	1.1
100	1.07	2.6506116	37.7	2 0.93457944	2	0.02938378	0.1	1.07
120	1.04	2.671704	38	2.07918125 0.96153846	2.07918125	0.01703334	0.09128709	1.04
180	0.98	2.6787348	38.1	2.25527251 1.02040816	2.25527251	-0.0087739	0.0745356	0.98
210	0.97	2.6787348	38.1	2.32221929 1.03092784	2.32221929	-0.0132283	0.06900656	0.97
240	0.95	2.6787348	38.1	2.38021124 1.05263158	2.38021124	-0.0222764	0.06454972	0.95
270	0.92	2.6857656	38.2	2.43136376 1.08695652	2.43136376	-0.0362122	0.06085806	0.92
300	0.92	2.6927964	38.3	2.47712125 1.08695652	2.47712125	-0.0362122	0.05773503	0.92
360	0.9	2.6927964	38.3	2.5563025 1.11111111	2.5563025	-0.0457575	0.05270463	0.9
480	0.87	2.7209196	38.7	2.68124124 1.14942529	2.68124124	-0.0604807	0.04564355	0.87
600	0.85	2.729504	38.8	2.77815125 1.17647059	2.77815125	-0.0705811	0.04082483	0.85
720	0.82	2.742012	39	2.8573325 1.2195122	2.8573325	-0.0861861	0.0372678	0.82
900	0.81	2.742012	39	2.95424251 1.2345679	2.95424251	-0.091515	0.03333333	0.81
1020	0.8	2.742012	39	3.00860017 1.25	3.00860017	-0.09691	0.03131121	0.8
1200	0.79	2.742012	39	3.07918125 1.26582278	3.07918125	-0.1023729	0.02886751	0.79
1500	0.78	2.742012	39	3.17609126 1.28205128	3.17609126	-0.1079054	0.02581989	0.78
1800	0.79	2.742012	39	3.25527251 1.26582278	3.25527251	-0.1023729	0.02357023	0.79



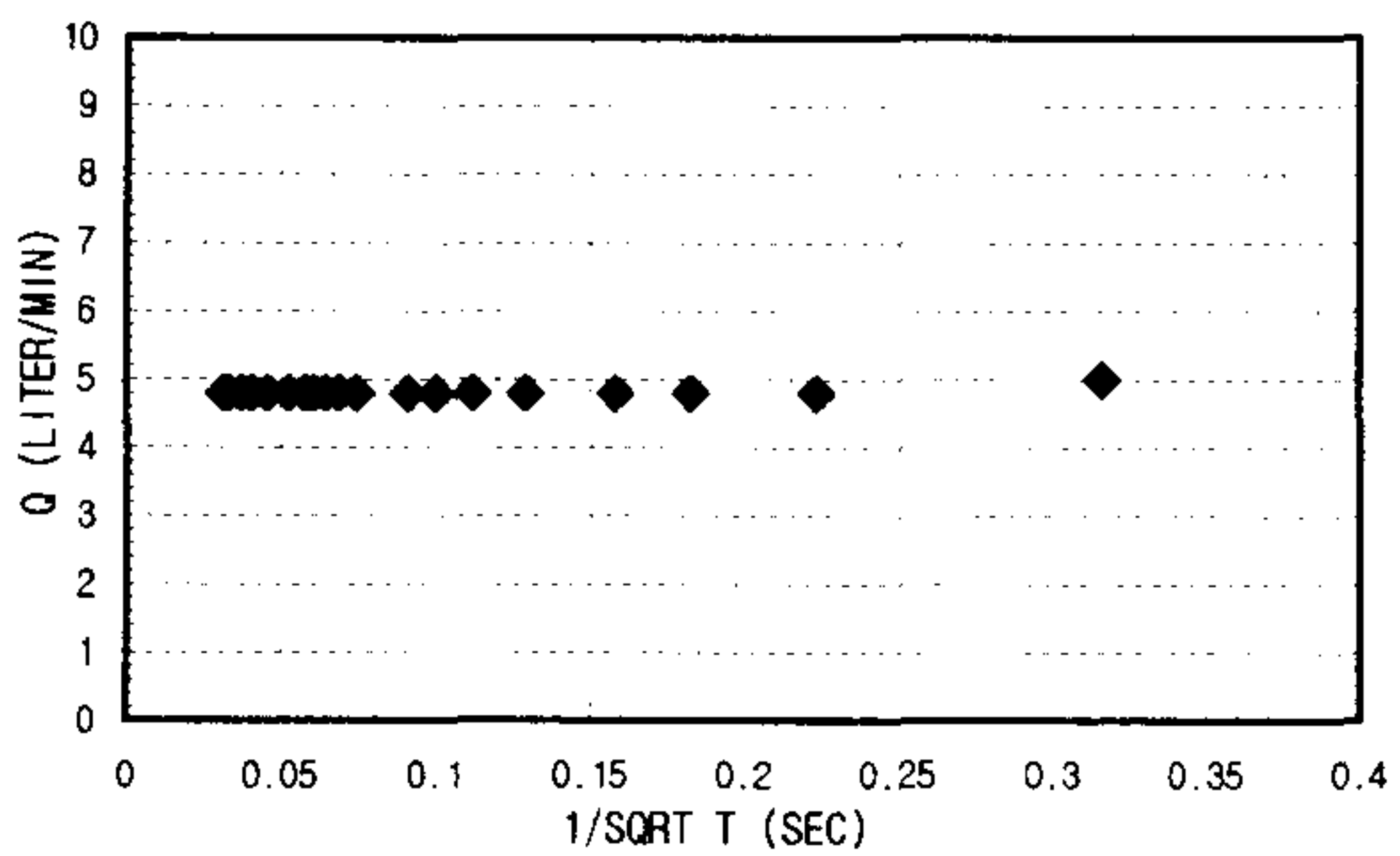
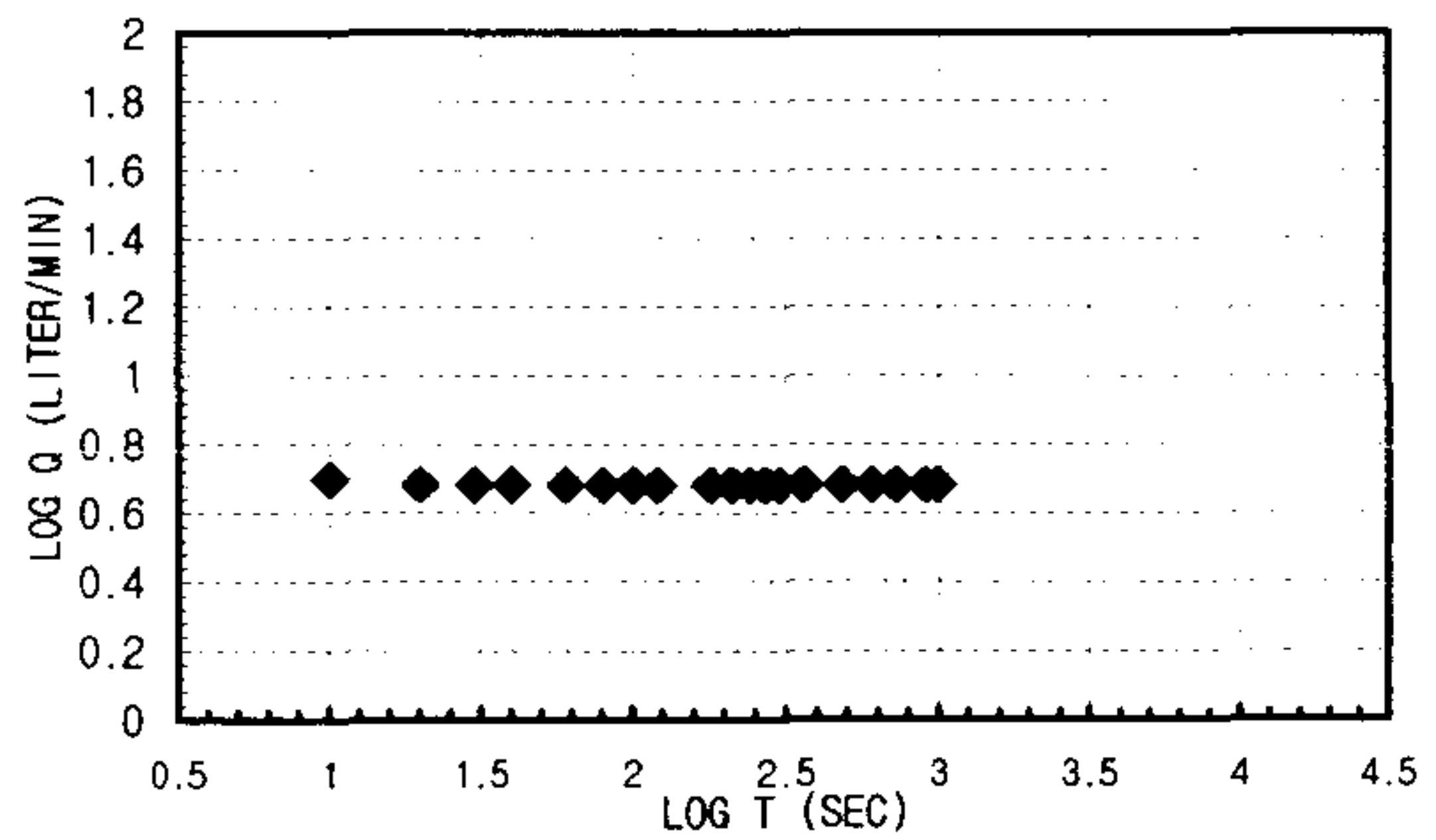
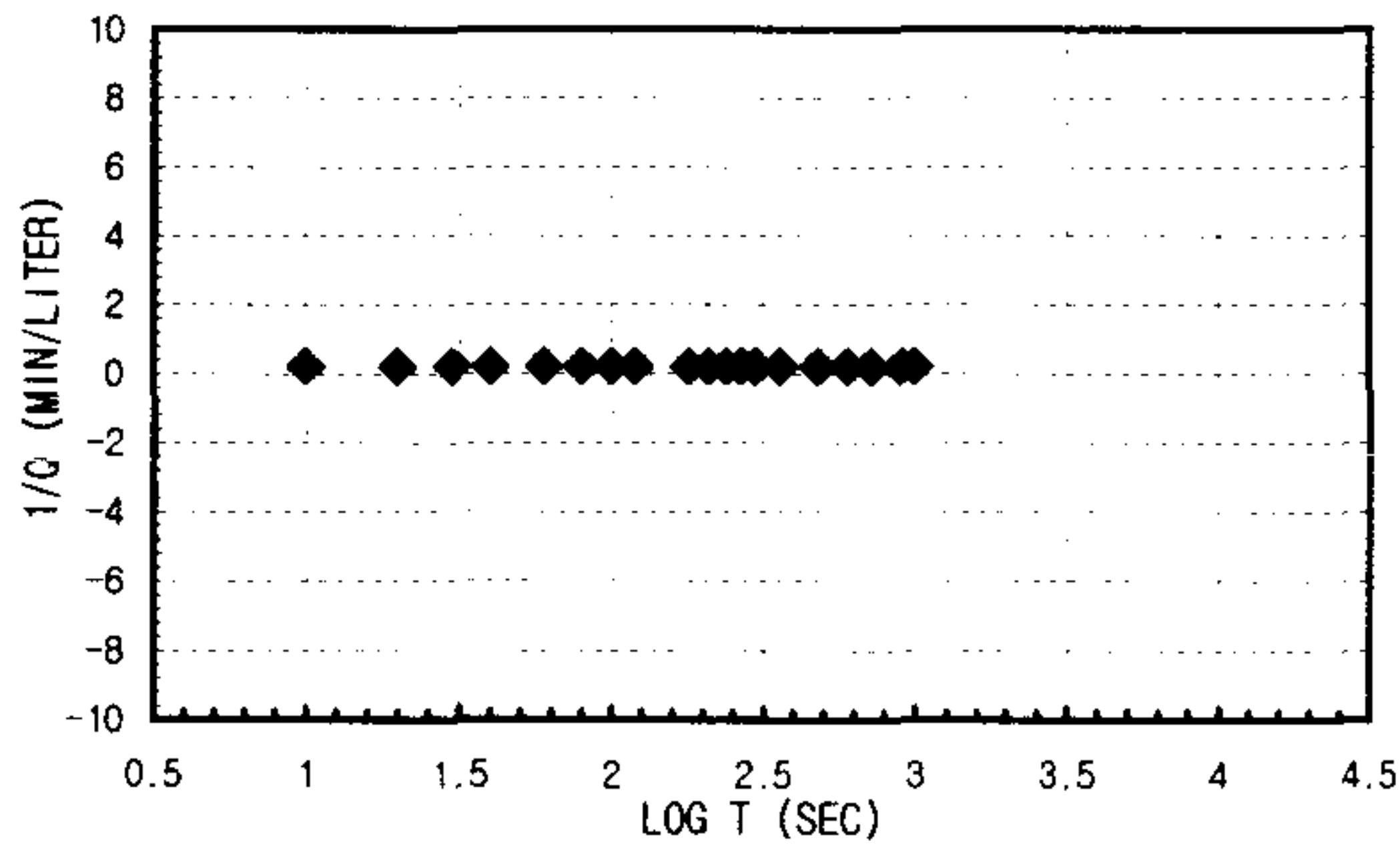
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 30000
 $m = 18000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 8.9366E-08$ m/sec
 $S_s = 3.0805E-06$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 1.1667E-05$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 6.6667E-06$ $r_w = 0.0375$
 $K = 7.3991E-07$ m/sec
 $S_s = 0.00053975$ m/sec

K _{steady state} = 7.1748E-08 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.5<n<3.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-ALL		
TEST SECTION	3.4M-80M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960606165100-960606170800		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16033.9-16112.2	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	78.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5	0.5765256	8.2	1	0.2	1	0.69897	5
20	4.8	0.5765256	8.2	1.30103	0.20833333	1.30103	0.68124124	4.8
30	4.8	0.5765256	8.2	1.47712125	0.20833333	1.47712125	0.68124124	4.8
40	4.8	0.5765256	8.2	1.60205999	0.20833333	1.60205999	0.68124124	4.8
60	4.8	0.5765256	8.2	1.77815125	0.20833333	1.77815125	0.68124124	4.8
80	4.8	0.5765256	8.2	1.90308999	0.20833333	1.90308999	0.68124124	4.8
100	4.8	0.5765256	8.2	2	0.20833333	2	0.68124124	4.8
120	4.8	0.5765256	8.2	2.07918125	0.20833333	2.07918125	0.68124124	4.8
180	4.8	0.5765256	8.2	2.25527251	0.20833333	2.25527251	0.68124124	4.8
210	4.8	0.5765256	8.2	2.32221929	0.20833333	2.32221929	0.68124124	4.8
240	4.8	0.5765256	8.2	2.38021124	0.20833333	2.38021124	0.68124124	4.8
270	4.8	0.5765256	8.2	2.43136376	0.20833333	2.43136376	0.68124124	4.8
300	4.8	0.5765256	8.2	2.47712125	0.20833333	2.47712125	0.68124124	4.8
360	4.8	0.5765256	8.2	2.5563025	0.20833333	2.5563025	0.68124124	4.8
480	4.8	0.5765256	8.2	2.68124124	0.20833333	2.68124124	0.68124124	4.8
600	4.8	0.5765256	8.2	2.77815125	0.20833333	2.77815125	0.68124124	4.8
720	4.8	0.5765256	8.2	2.8573325	0.20833333	2.8573325	0.68124124	4.8
900	4.8	0.5765256	8.2	2.95424251	0.20833333	2.95424251	0.68124124	4.8
990	4.8	0.5765256	8.2	2.99563519	0.20833333	2.99563519	0.68124124	4.8



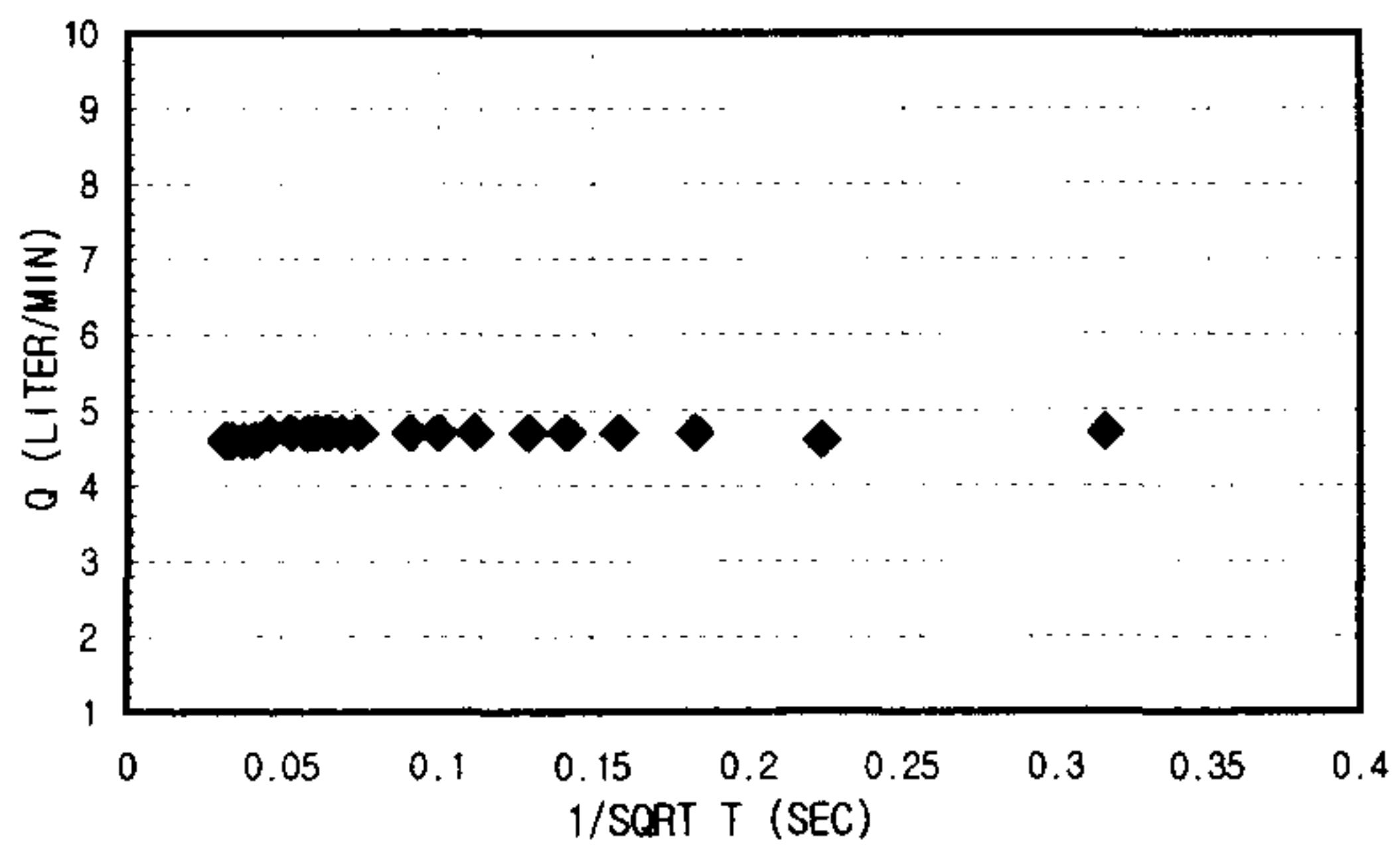
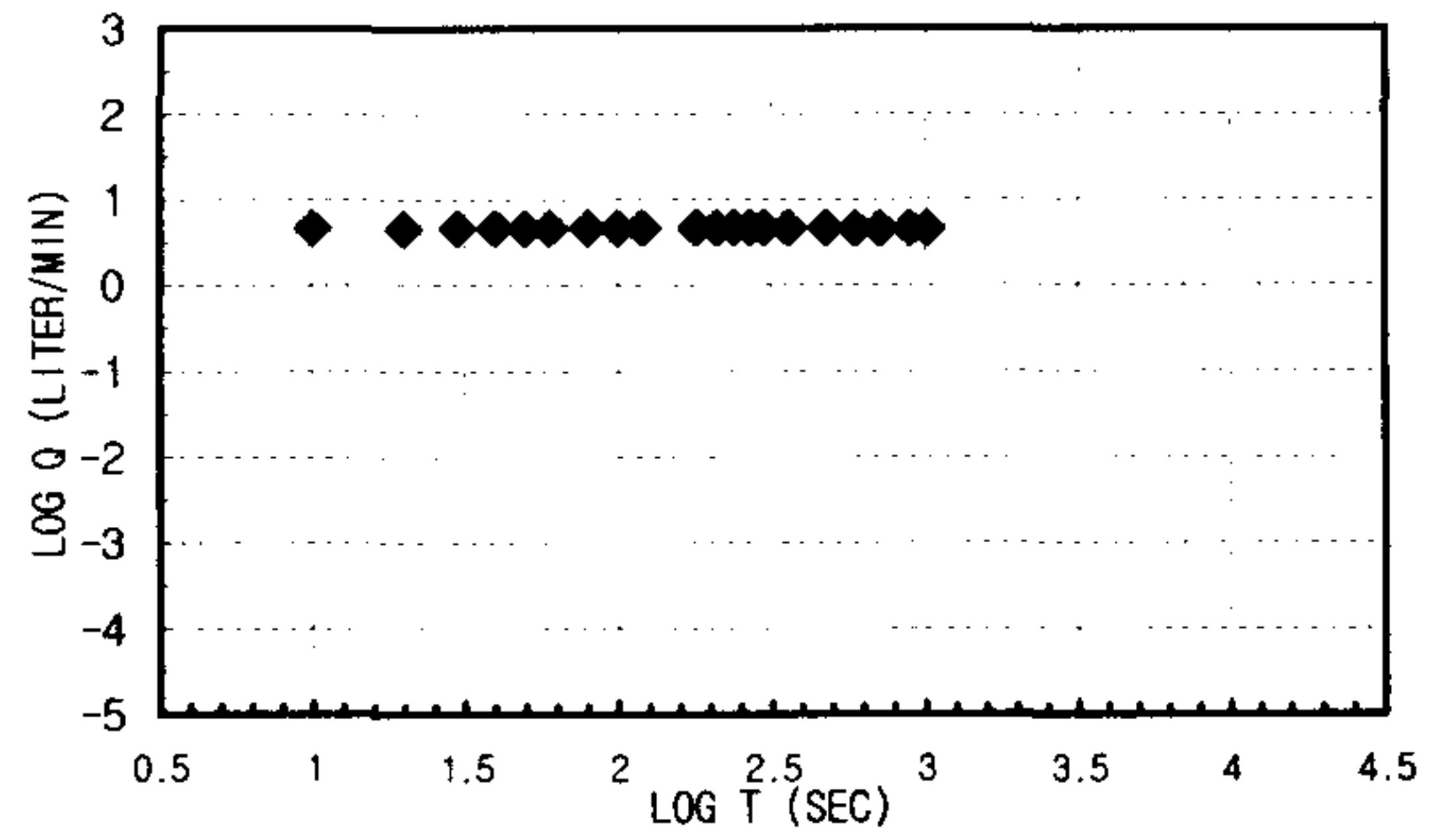
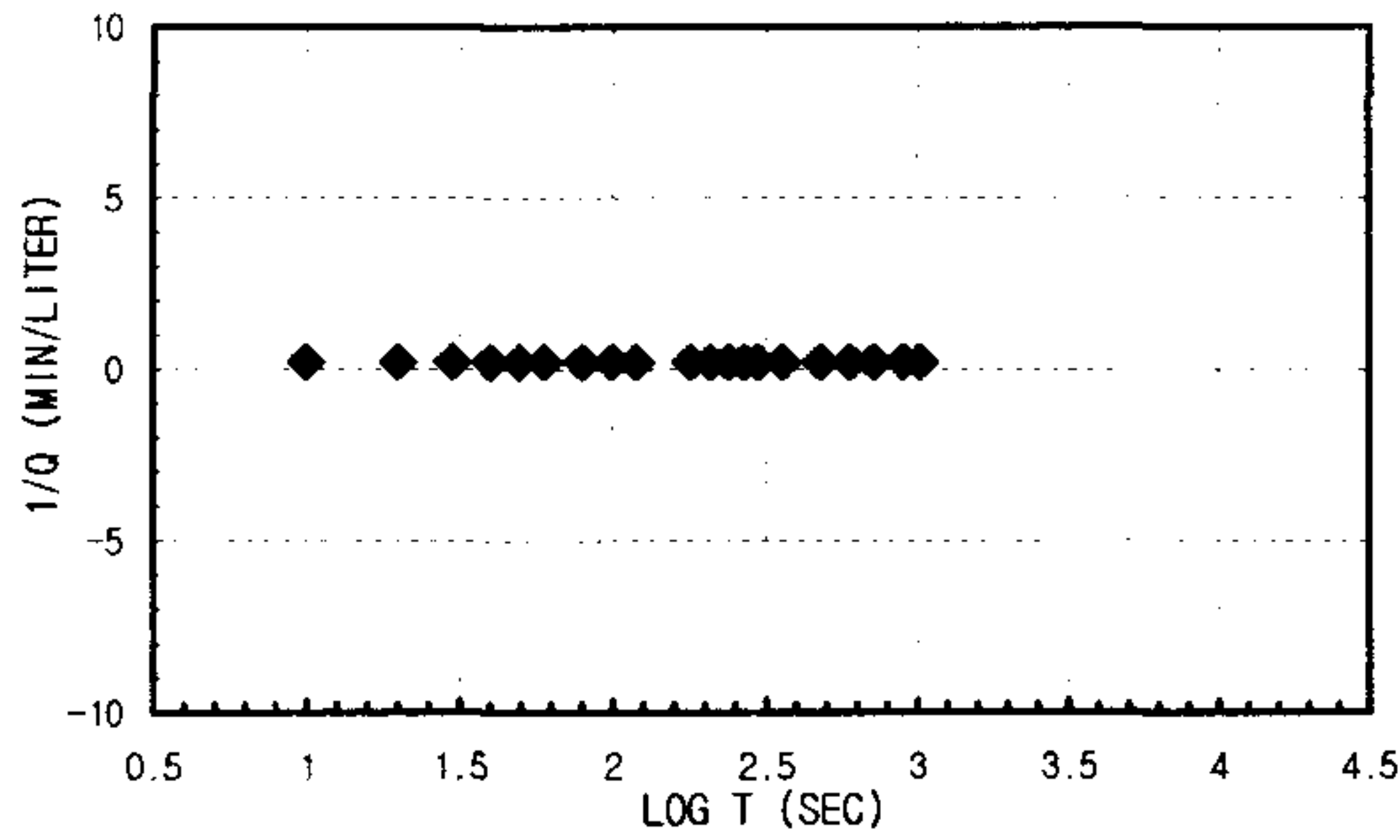
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d =$ h_{w0}
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

K _{steady state} = 4.5599E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (n=4.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-1		
TEST SECTION	3.4M-6.8M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YYMMDDHHMMSS)	960605100000-960605101700		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15819.2-15895.8	TIME INTERVAL (MIN)	17
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	76.6

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.7	0.70308	10	1 0.21276596	1	0.67209786	0.31622777	4.7
20	4.6	0.70308	10	1.30103 0.2173913	1.30103	0.66275783	0.2236068	4.6
30	4.7	0.70308	10	1.47712125 0.21276596	1.47712125	0.67209786	0.18257419	4.7
40	4.7	0.70308	10	1.60205999 0.21276596	1.60205999	0.67209786	0.15811388	4.7
50	4.7	0.70308	10	1.69897 0.21276596	1.69897	0.67209786	0.14142136	4.7
60	4.7	0.70308	10	1.77815125 0.21276596	1.77815125	0.67209786	0.12909944	4.7
80	4.7	0.70308	10	1.90308999 0.21276596	1.90308999	0.67209786	0.1118034	4.7
100	4.7	0.70308	10	2 0.21276596	2	0.67209786	0.1	4.7
120	4.7	0.70308	10	2.07918125 0.21276596	2.07918125	0.67209786	0.09128709	4.7
180	4.7	0.70308	10	2.25527251 0.21276596	2.25527251	0.67209786	0.0745356	4.7
210	4.7	0.7241724	10.3	2.32221929 0.21276596	2.32221929	0.67209786	0.06900656	4.7
240	4.7	0.7241724	10.3	2.38021124 0.21276596	2.38021124	0.67209786	0.06454972	4.7
270	4.7	0.7241724	10.3	2.43136376 0.21276596	2.43136376	0.67209786	0.06085806	4.7
300	4.7	0.738234	10.5	2.47712125 0.21276596	2.47712125	0.67209786	0.05773503	4.7
360	4.7	0.738234	10.5	2.5563025 0.21276596	2.5563025	0.67209786	0.05270463	4.7
480	4.7	0.7452648	10.6	2.68124124 0.21276596	2.68124124	0.67209786	0.04564355	4.7
600	4.6	0.7522956	10.7	2.77815125 0.2173913	2.77815125	0.66275783	0.04082483	4.6
720	4.6	0.7593264	10.8	2.8573325 0.2173913	2.8573325	0.66275783	0.0372678	4.6
900	4.6	0.7593264	10.8	2.95424251 0.2173913	2.95424251	0.66275783	0.03333333	4.6
1020	4.6	0.7593264	10.8	3.00860017 0.2173913	3.00860017	0.66275783	0.03131121	4.6



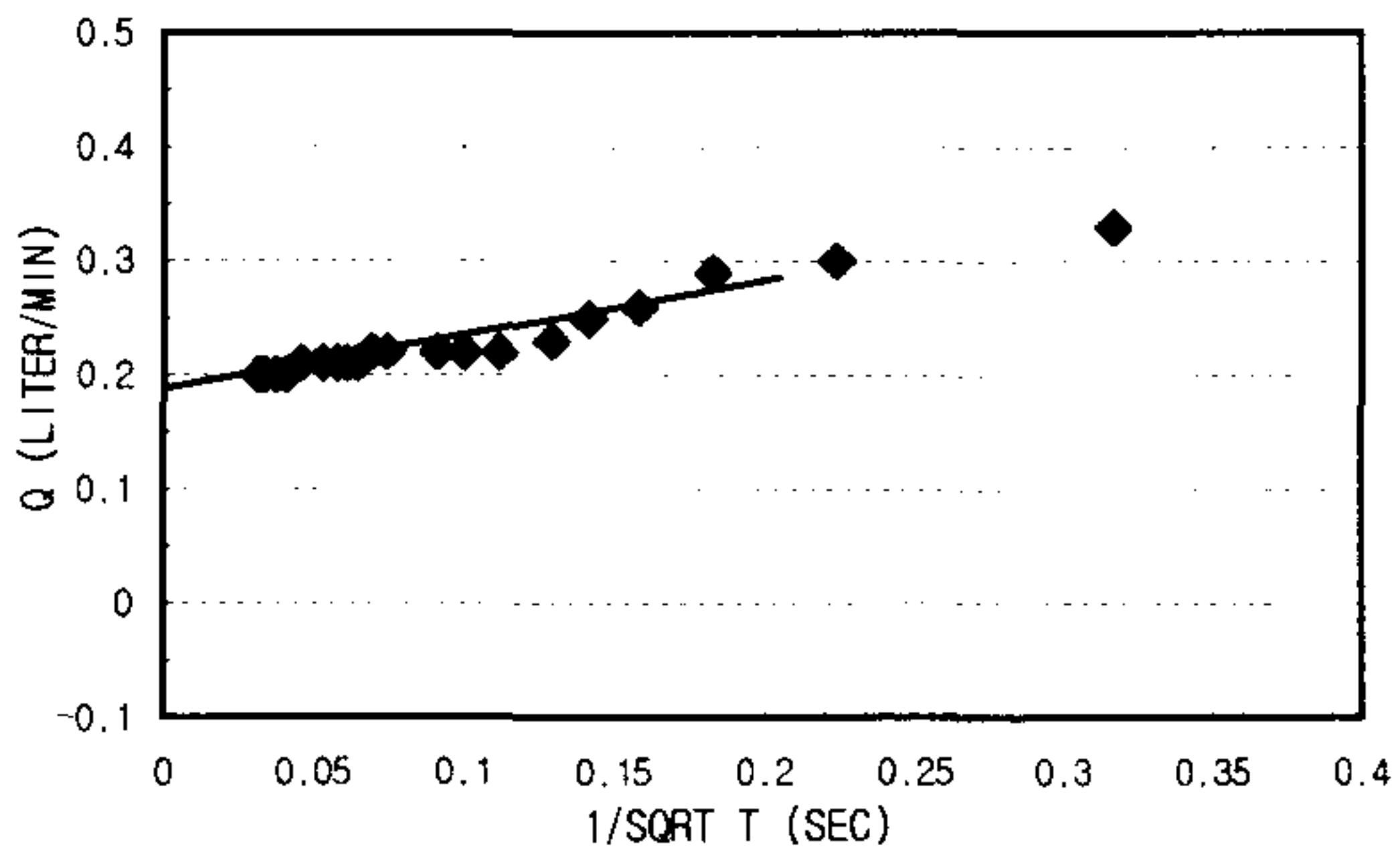
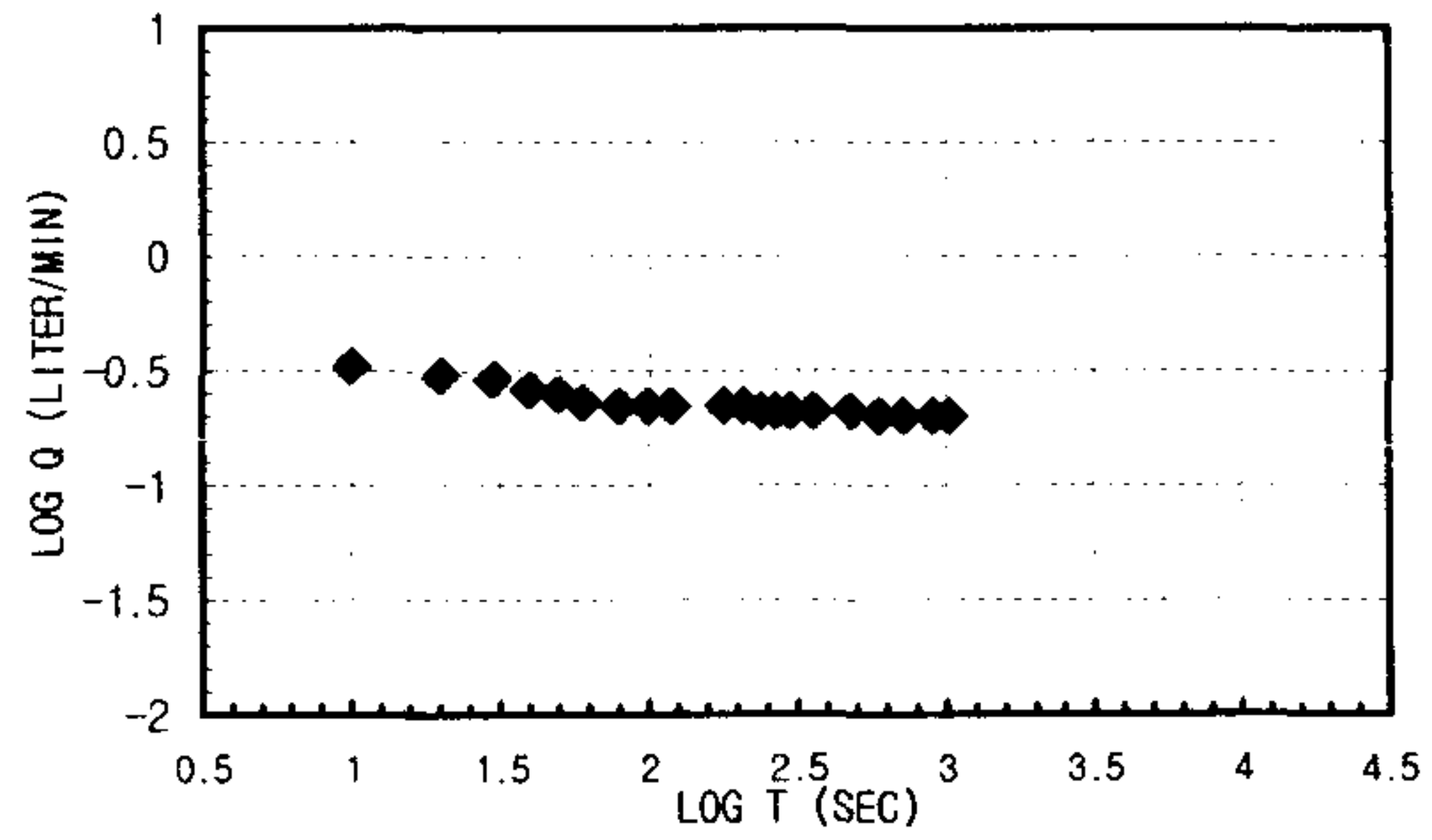
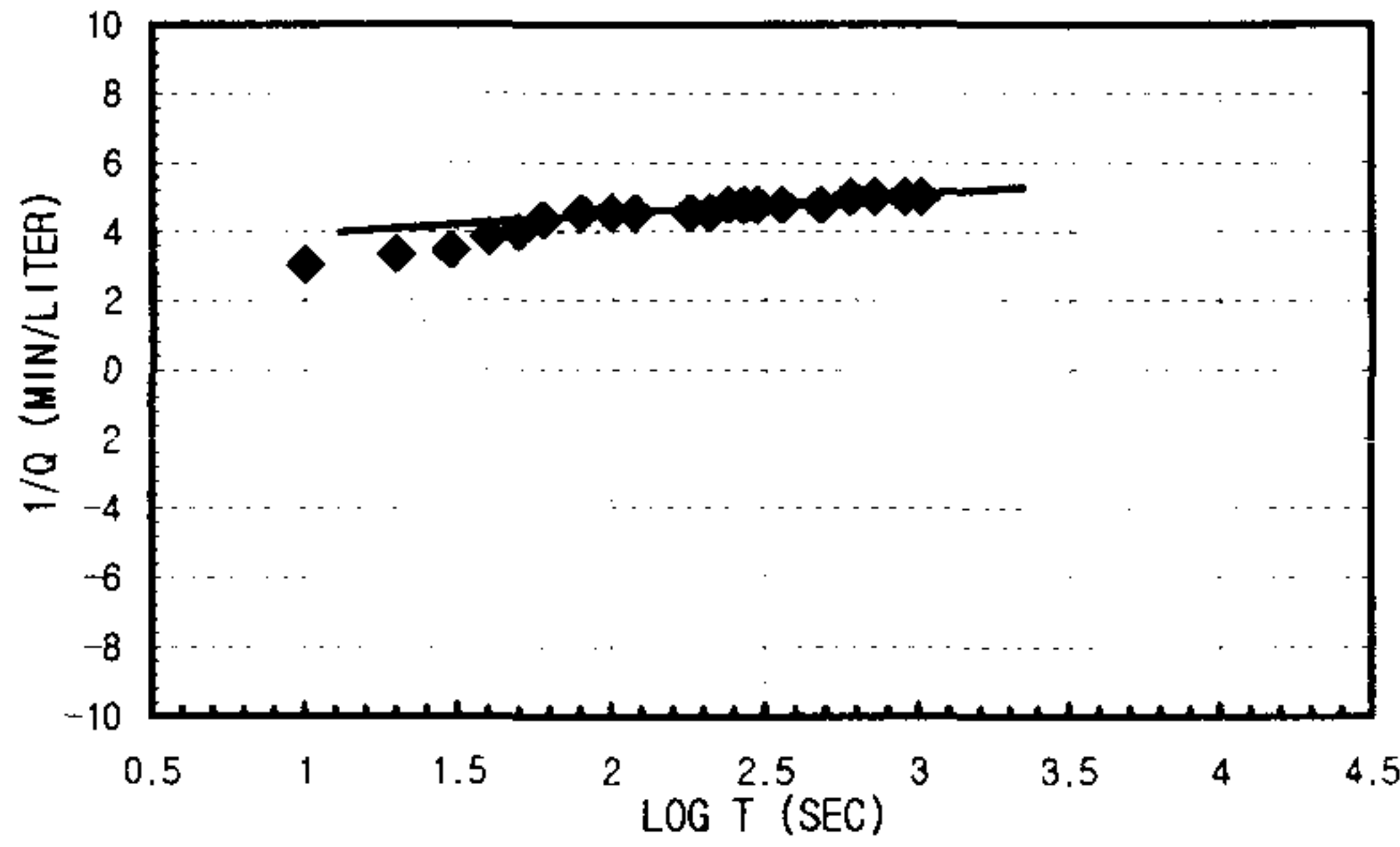
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0} =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

$K_{steady\ state} = 4.3297E-07 \text{ m/sec}$ Flow Type= Constant pressure boundary (n>3.0)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-2		
TEST SECTION	6.8M-10.2M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHMMSS)	960605103600-960605105600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15895.8-15896.2	TIME INTERVAL (MIN)	17
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.4

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.33	2.882628	41	1 3.03030303	1	-0.4814861	0.31622777	0.33
20	0.3	2.882628	41	1.30103 3.33333333	1.30103	-0.5228787	0.2236068	0.3
30	0.29	2.882628	41	1.47712125 3.44827586	1.47712125	-0.537602	0.18257419	0.29
40	0.26	2.882628	41	1.60205999 3.84615385	1.60205999	-0.5850267	0.15811388	0.26
50	0.25	2.882628	41	1.69897 4	1.69897	-0.60206	0.14142136	0.25
60	0.23	2.882628	41	1.77815125 4.34782609	1.77815125	-0.6382722	0.12909944	0.23
80	0.22	2.882628	41	1.90308999 4.54545455	1.90308999	-0.6575773	0.1118034	0.22
100	0.22	2.882628	41	2 4.54545455	2	-0.6575773	0.1	0.22
120	0.22	2.882628	41	2.07918125 4.54545455	2.07918125	-0.6575773	0.09128709	0.22
180	0.22	2.882628	41	2.25527251 4.54545455	2.25527251	-0.6575773	0.0745356	0.22
210	0.22	2.882628	41	2.32221929 4.54545455	2.32221929	-0.6575773	0.06900656	0.22
240	0.21	2.882628	41	2.38021124 4.76190476	2.38021124	-0.6777807	0.06454972	0.21
270	0.21	2.882628	41	2.43136376 4.76190476	2.43136376	-0.6777807	0.06085806	0.21
300	0.21	2.882628	41	2.47712125 4.76190476	2.47712125	-0.6777807	0.05773503	0.21
360	0.21	2.882628	41	2.5563025 4.76190476	2.5563025	-0.6777807	0.05270463	0.21
480	0.21	2.8966896	41.2	2.68124124 4.76190476	2.68124124	-0.6777807	0.04564355	0.21
600	0.2	2.8966896	41.2	2.77815125 5	2.77815125	-0.69897	0.04082483	0.2
720	0.2	2.8966896	41.2	2.8573325 5	2.8573325	-0.69897	0.0372678	0.2
900	0.2	2.9037204	41.3	2.95424251 5	2.95424251	-0.69897	0.03333333	0.2
1020	0.2	2.9037204	41.3	3.00860017 5	3.00860017	-0.69897	0.03131121	0.2



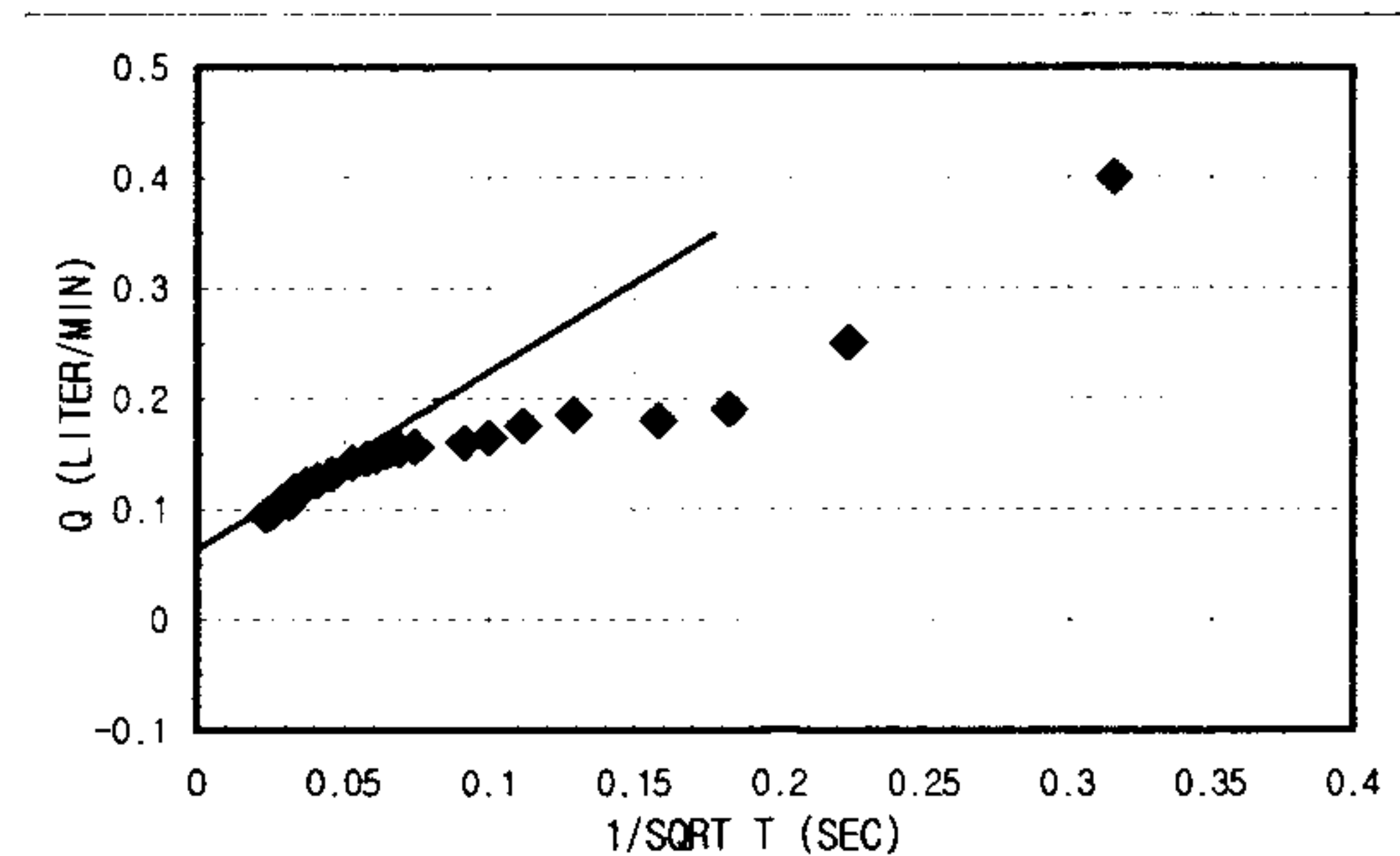
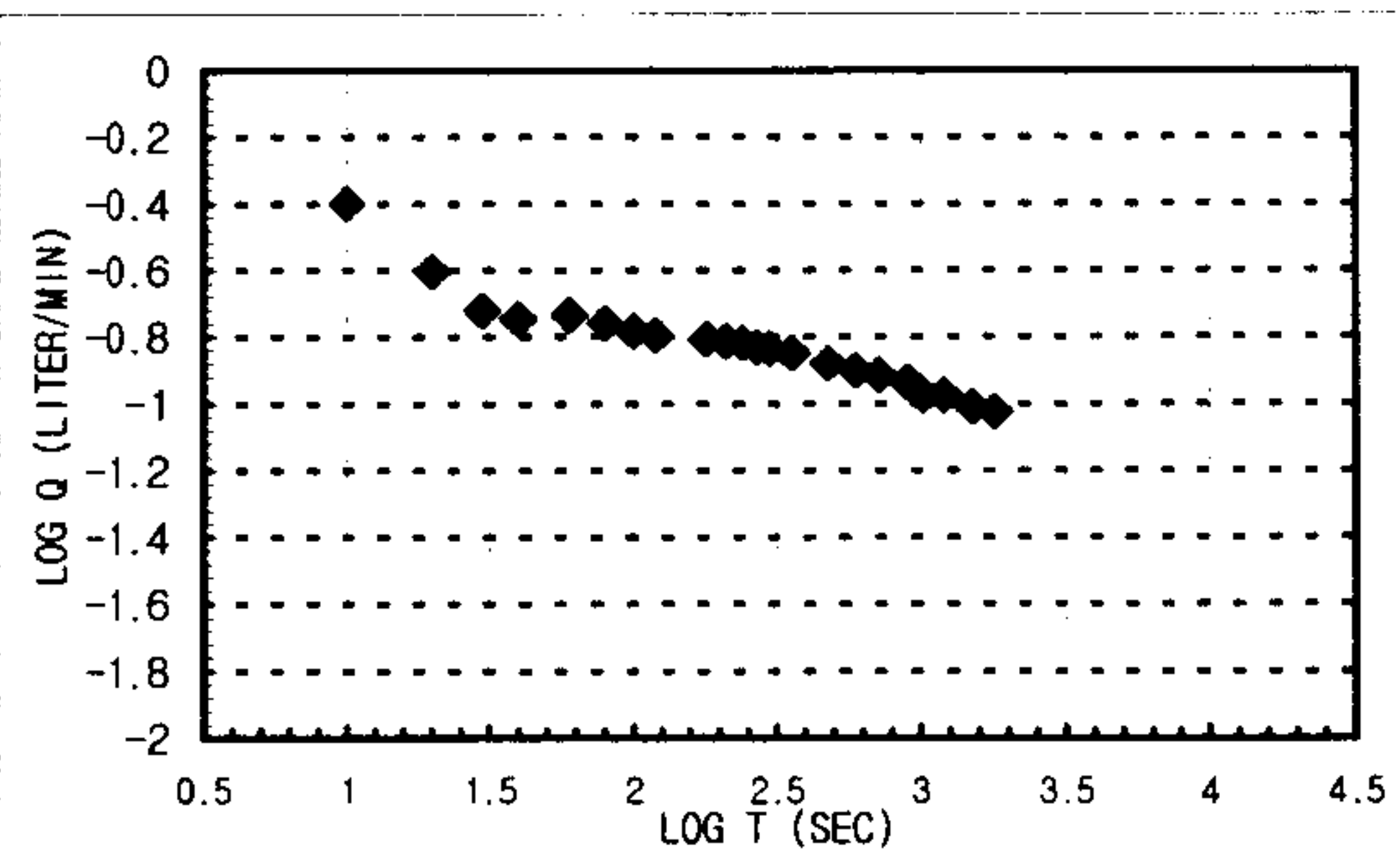
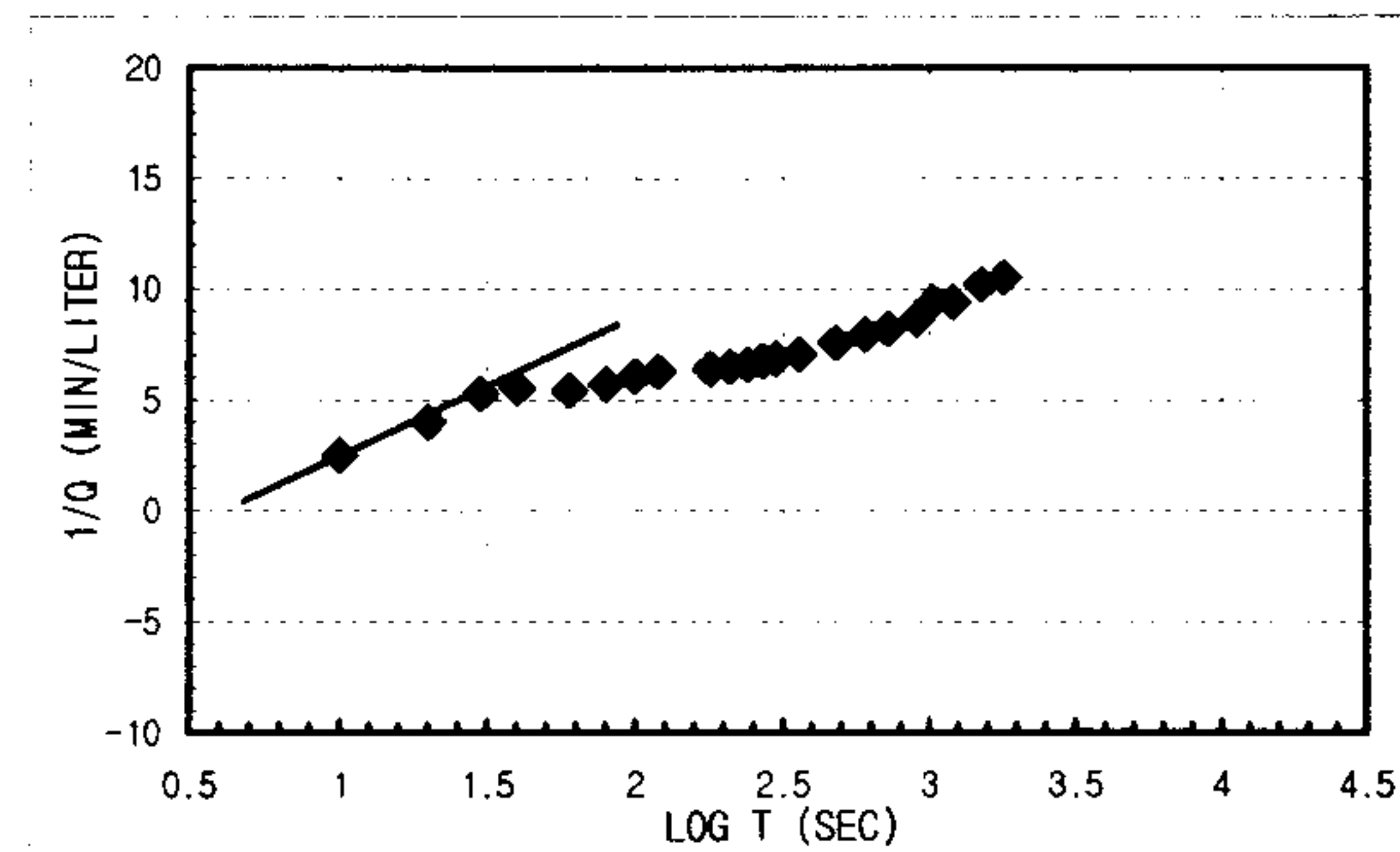
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 216000$
 $m = 36000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 4.4683E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 7.1493E-11 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 3.1667E-06 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 6.6667E-07 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 2.0083E-07 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.9885E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 2.261E-09 m/sec	Flow Type= Radial flow and spherical flow (2.0<n<2.5)
---	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-3		
TEST SECTION	10.2M-13.6M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960605110500-960605113800		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15896.2-15896.6	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.4

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	0.4	2.8966896	41.2	1	2.5	1	-0.39794	0.31622777	0.4
20	0.25	2.8966896	41.2	1.30103	4	1.30103	-0.60206	0.2236068	0.25
30	0.19	2.8966896	41.2	1.47712125	5.26315789	1.47712125	-0.7212464	0.18257419	0.19
40	0.18	2.8966896	41.2	1.60205999	5.55555556	1.60205999	-0.7447275	0.15811388	0.18
60	0.185	2.8966896	41.2	1.77815125	5.40540541	1.77815125	-0.7328283	0.12909944	0.185
80	0.175	2.8966896	41.2	1.90308999	5.71428571	1.90308999	-0.756962	0.1118034	0.175
100	0.165	2.882628	41	2	6.06060606	2	-0.7825161	0.1	0.165
120	0.16	2.882628	41	2.07918125	6.25	2.07918125	-0.79588	0.09128709	0.16
180	0.156	2.882628	41	2.25527251	6.41025641	2.25527251	-0.8068754	0.0745356	0.156
210	0.154	2.882628	41	2.32221929	6.49350649	2.32221929	-0.8124793	0.06900656	0.154
240	0.152	2.882628	41	2.38021124	6.57894737	2.38021124	-0.8181564	0.06454972	0.152
270	0.148	2.882628	41	2.43136376	6.75675676	2.43136376	-0.8297383	0.06085806	0.148
300	0.146	2.882628	41	2.47712125	6.84931507	2.47712125	-0.8356471	0.05773503	0.146
360	0.142	2.882628	41	2.5563025	7.04225352	2.5563025	-0.8477117	0.05270463	0.142
480	0.132	2.882628	41	2.68124124	7.57575758	2.68124124	-0.8794261	0.04564355	0.132
600	0.126	2.882628	41	2.77815125	7.93650794	2.77815125	-0.8996295	0.04082483	0.126
720	0.122	0.2952936	4.2	2.8573325	8.19672131	2.8573325	-0.9136402	0.0372678	0.122
900	0.116	0.2952936	4.2	2.95424251	8.62068966	2.95424251	-0.935542	0.03333333	0.116
1020	0.106	0.2952936	4.2	3.00860017	9.43396226	3.00860017	-0.9746941	0.03131121	0.106
1200	0.106	0.2952936	4.2	3.07918125	9.43396226	3.07918125	-0.9746941	0.02886751	0.106
1500	0.098	0.2952936	4.2	3.17609126	10.2040816	3.17609126	-1.0087739	0.02581989	0.098
1800	0.095		3.25527251	10.5263158	3.25527251	-1.0222764	0.02357023	0.095	



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 960000
 $m = 1320000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.2186E-09$ m/sec
 $S_s = 3.6536E-07$ m/sec

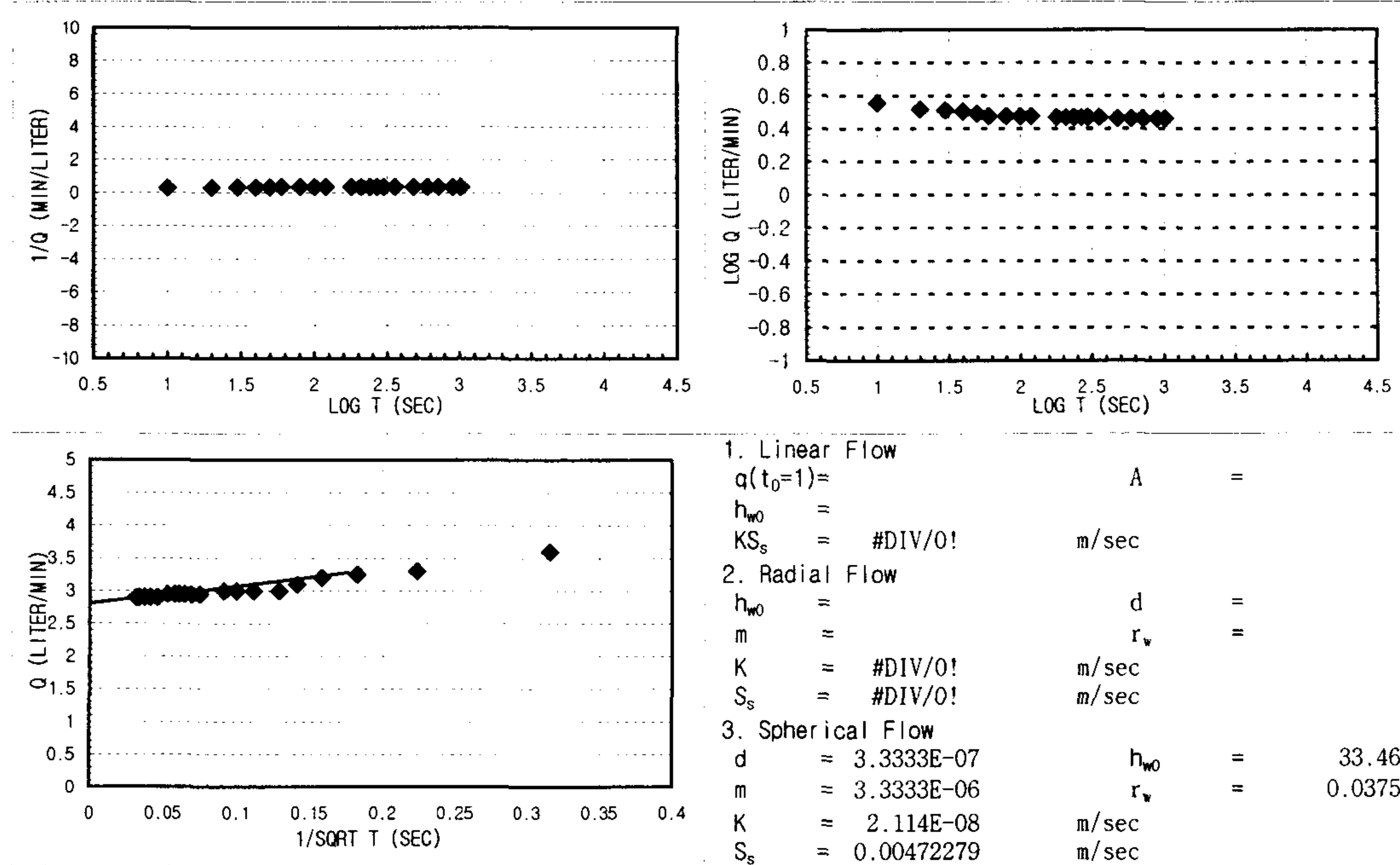
3. Spherical Flow
 $d = 3.3333E-07$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-06$ $r_w = 0.0375$
 $K = 2.114E-08$ m/sec
 $S_s = 0.00472279$ m/sec

K _{steady state} = 1.2812E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-4		
TEST SECTION	13.6M-17.0M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960605115200-9606051209		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15896.6-15946.1	TIME INTERVAL (MIN)	17
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	49.5

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.6	1.8420696	26.2	1 0.27777778	1	0.5563025	0.31622777	3.6
20	3.3	1.8420696	26.2	1.30103 0.3030303	1.30103	0.51851394	0.2236068	3.3
30	3.25	1.8420696	26.2	1.47712125 0.30769231	1.47712125	0.51188336	0.18257419	3.25
40	3.2	1.8420696	26.2	1.60205999 0.3125	1.60205999	0.50514998	0.15811388	3.2
50	3.1	1.8420696	26.2	1.69897 0.32258065	1.69897	0.49136169	0.14142136	3.1
60	3	1.8420696	26.2	1.77815125 0.33333333	1.77815125	0.47712125	0.12909944	3
80	3	1.8420696	26.2	1.90308999 0.33333333	1.90308999	0.47712125	0.1118034	3
100	3	1.8420696	26.2	2 0.33333333	2	0.47712125	0.1	3
120	3	1.863162	26.5	2.07918125 0.33333333	2.07918125	0.47712125	0.09128709	3
180	2.95	1.863162	26.5	2.25527251 0.33898305	2.25527251	0.46982202	0.0745356	2.95
210	2.95	1.8772236	26.7	2.32221929 0.33898305	2.32221929	0.46982202	0.06900656	2.95
240	2.95	1.8772236	26.7	2.38021124 0.33898305	2.38021124	0.46982202	0.06454972	2.95
270	2.95	1.8772236	26.7	2.43136376 0.33898305	2.43136376	0.46982202	0.06085806	2.95
300	2.95	1.8772236	26.7	2.47712125 0.33898305	2.47712125	0.46982202	0.05773503	2.95
360	2.95	1.9053468	27.1	2.5563025 0.33898305	2.5563025	0.46982202	0.05270463	2.95
480	2.9	1.9053468	27.1	2.68124124 0.34482759	2.68124124	0.462398	0.04564355	2.9
600	2.9	1.9053468	27.1	2.77815125 0.34482759	2.77815125	0.462398	0.04082483	2.9
720	2.9	1.9475316	27.7	2.8573325 0.34482759	2.8573325	0.462398	0.0372678	2.9
900	2.9	1.9475316	27.7	2.95424251 0.34482759	2.95424251	0.462398	0.03333333	2.9
1020	2.9	1.9475316	27.7	3.00860017 0.34482759	3.00860017	0.462398	0.03131121	2.9

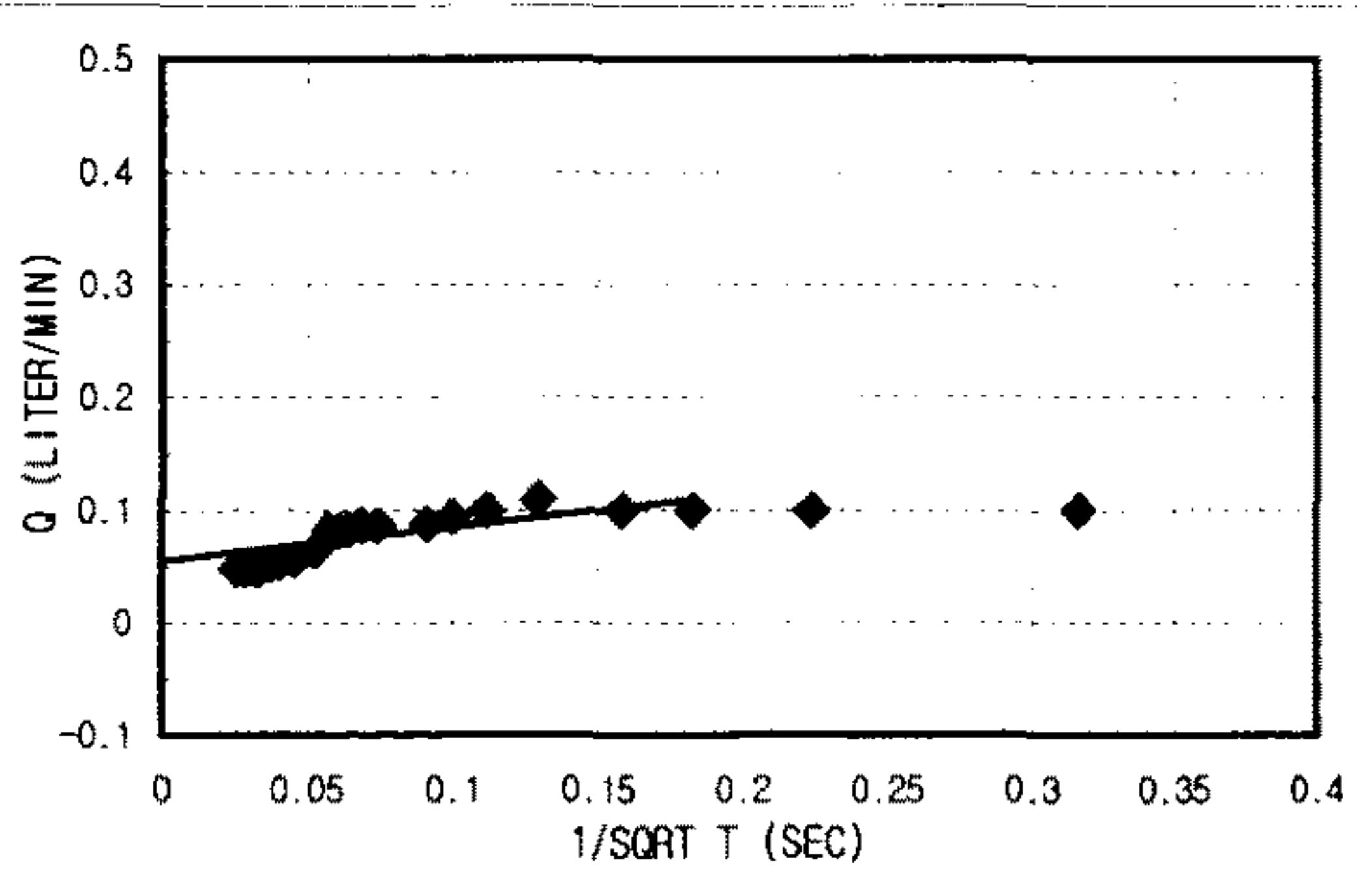
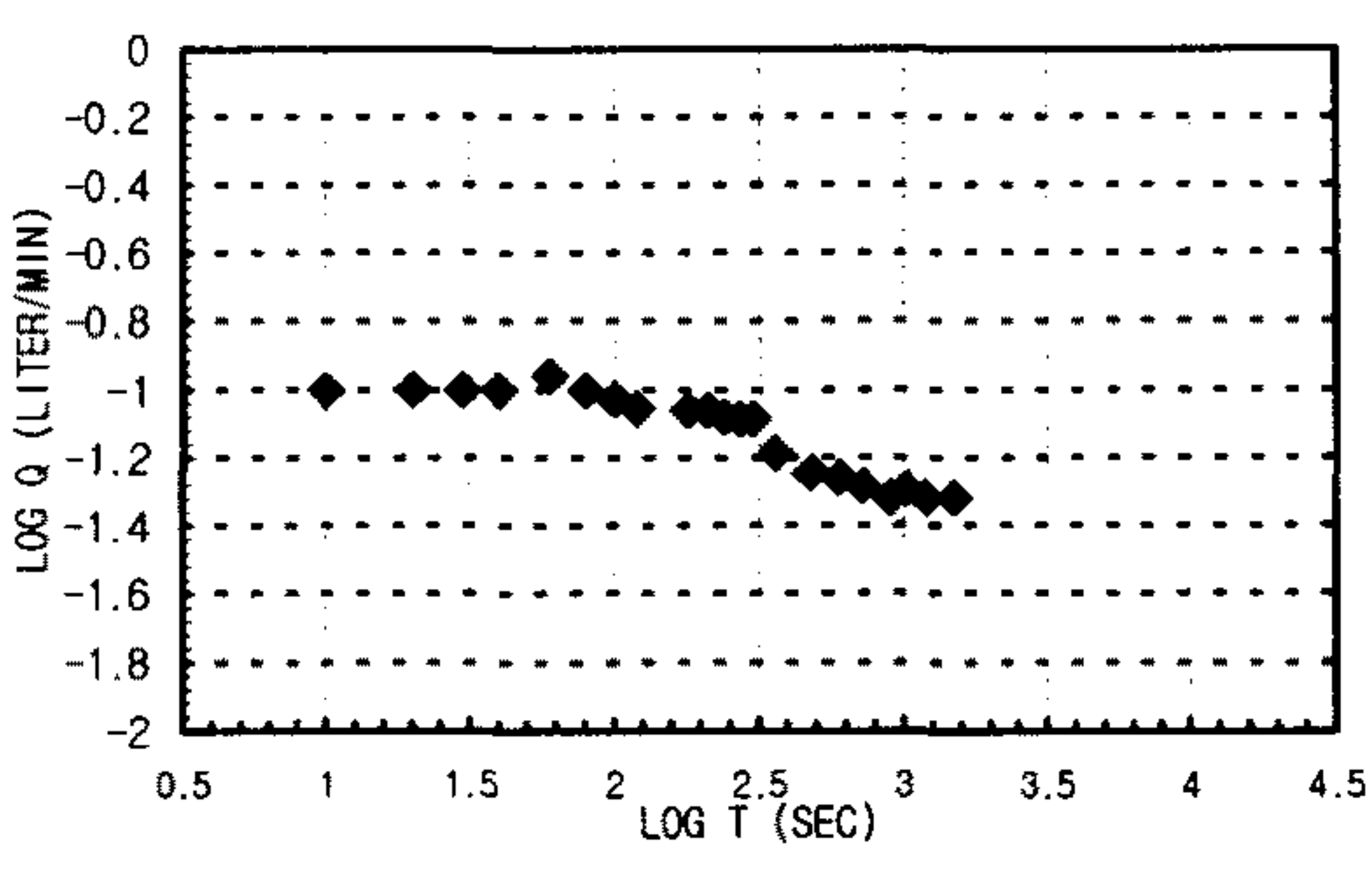
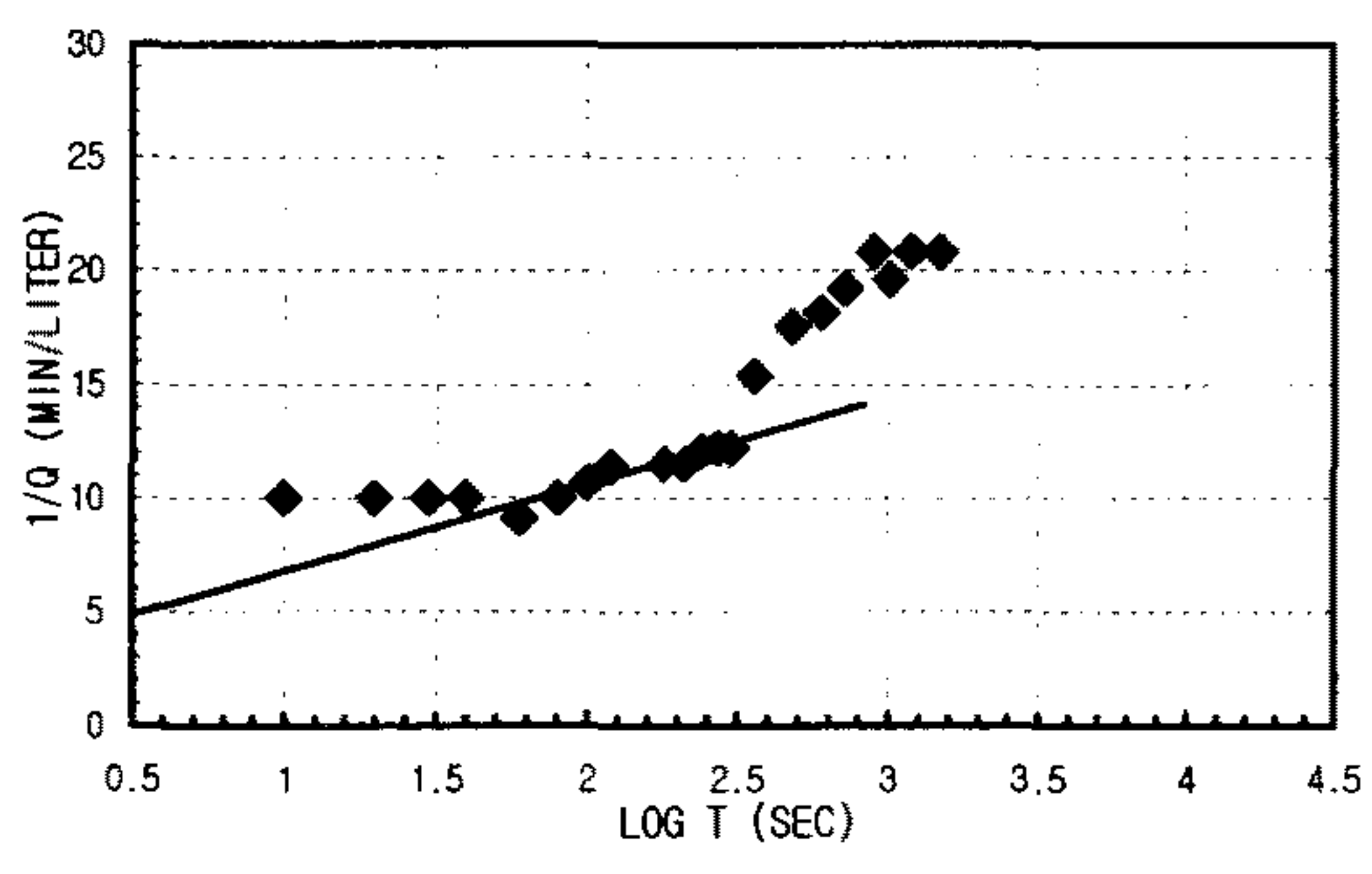


K _{steady state} = 2.7979E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-5		
TEST SECTION	17.0M-20.4M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960605122200-960605125300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15946.1-15946.2	TIME INTERVAL (MIN)	25
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.1	2.9248128	41.6	1	10	1	-1	0.31622777
20	0.1	2.9248128	41.6	1.30103	10	1.30103	-1	0.2236068
30	0.1	2.9248128	41.6	1.47712125	10	1.47712125	-1	0.18257419
40	0.1	2.9248128	41.6	1.60205999	10	1.60205999	-1	0.15811388
60	0.11	2.9248128	41.6	1.77815125	9.09090909	1.77815125	-0.9586073	0.12909944
80	0.1	2.9248128	41.6	1.90308999	10	1.90308999	-1	0.1118034
100	0.094	2.9248128	41.6	2	10.6382979	2	-1.0268721	0.1
120	0.088	2.9248128	41.6	2.07918125	11.3636364	2.07918125	-1.0555173	0.09128709
180	0.087	2.9248128	41.6	2.25527251	11.4942529	2.25527251	-1.0604807	0.0745356
210	0.087	2.9248128	41.6	2.32221929	11.4942529	2.32221929	-1.0604807	0.06900656
240	0.083	2.9248128	41.6	2.38021124	12.0481928	2.38021124	-1.0809219	0.06454972
270	0.082	2.9248128	41.6	2.43136376	12.195122	2.43136376	-1.0861861	0.06085806
300	0.082	2.9248128	41.6	2.47712125	12.195122	2.47712125	-1.0861861	0.05773503
360	0.065	2.9318436	41.7	2.5563025	15.3846154	2.5563025	-1.1870866	0.05270463
480	0.057	2.9318436	41.7	2.68124124	17.5438596	2.68124124	-1.2441251	0.04564355
600	0.055	2.9318436	41.7	2.77815125	18.1818182	2.77815125	-1.2596373	0.04082483
720	0.052	2.9318436	41.7	2.8573325	19.2307692	2.8573325	-1.2839967	0.0372678
900	0.048	2.9318436	41.7	2.95424251	20.8333333	2.95424251	-1.3187588	0.03333333
1020	0.051	2.9318436	41.7	3.00860017	19.6078431	3.00860017	-1.2924298	0.03131121
1200	0.048	2.9318436	41.7	3.07918125	20.8333333	3.07918125	-1.3187588	0.02886751
1500	0.048	2.9318436	41.7	3.17609126	20.8333333	3.17609126	-1.3187588	0.02581989



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad d = 240000$
 $m = 240000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 6.7025E-09 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 1.0724E-06 \quad \text{m/sec}$

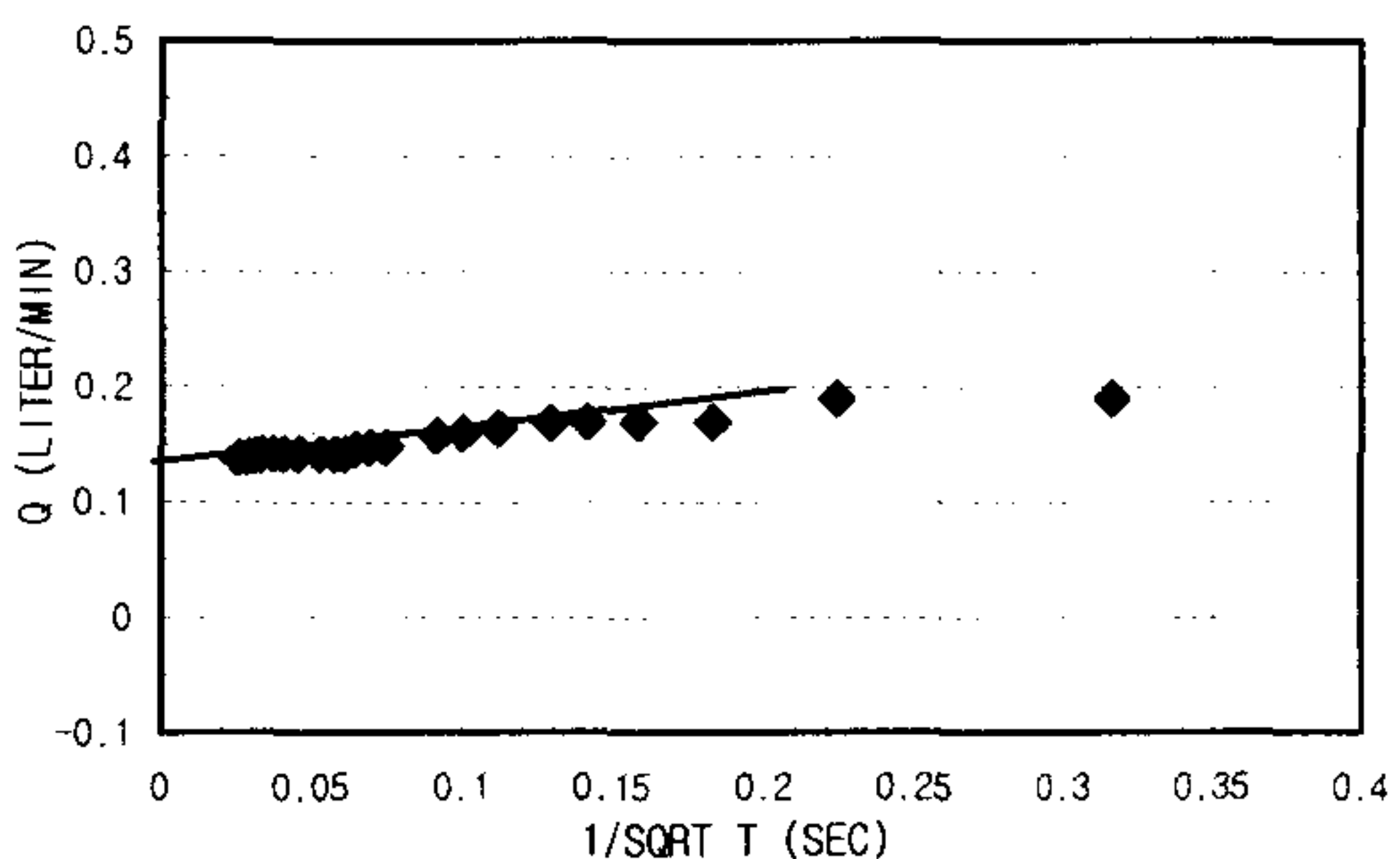
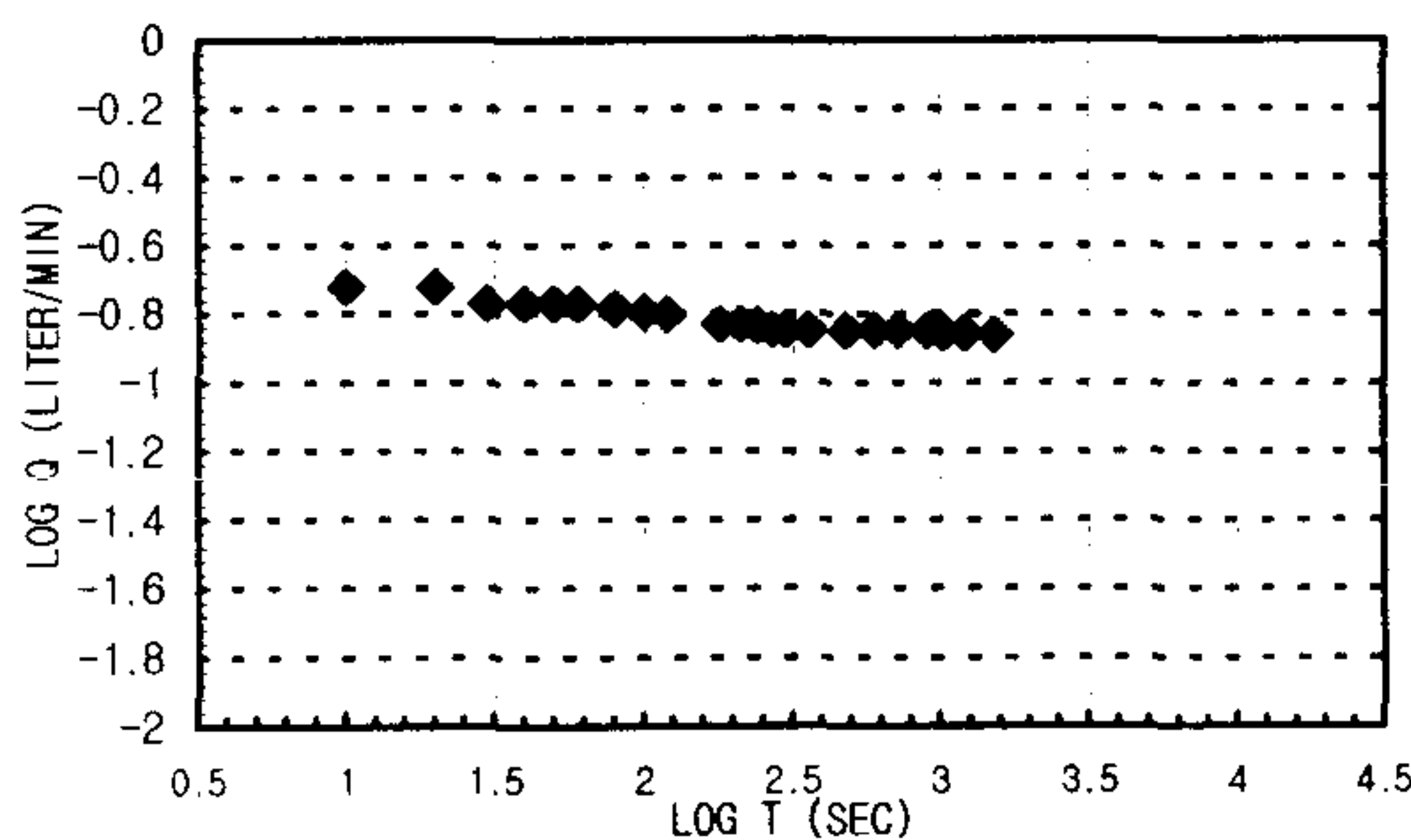
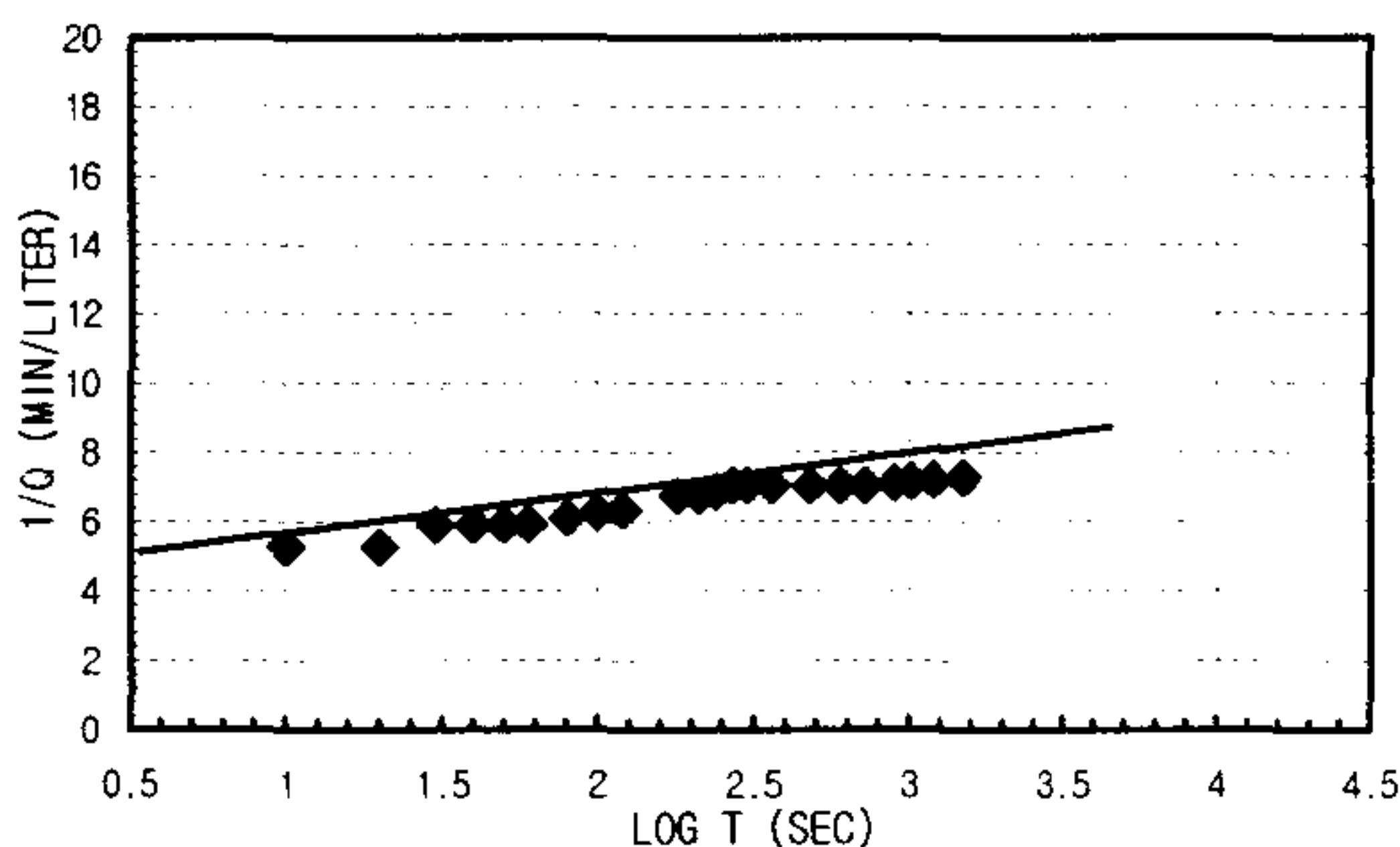
3. Spherical Flow
 $d = 6.6667E-07 \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 6.6667E-07 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 4.2281E-08 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 9.4456E-05 \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 3.8436E-10 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-6		
TEST SECTION	20.4M-23.8M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960605130700-960605133400		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15946.2-15946.5	TIME INTERVAL (MIN)	25
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.19	2.882628	41	1 5.26315789	1	-0.7212464	0.31622777	0.19
20	0.19	2.882628	41	1.30103 5.26315789	1.30103	-0.7212464	0.2236068	0.19
30	0.17	2.882628	41	1.47712125 5.88235294	1.47712125	-0.7695511	0.18257419	0.17
40	0.17	2.882628	41	1.60205999 5.88235294	1.60205999	-0.7695511	0.15811388	0.17
50	0.17	2.882628	41	1.69897 5.88235294	1.69897	-0.7695511	0.14142136	0.17
60	0.169	2.882628	41	1.77815125 5.91715976	1.77815125	-0.7721133	0.12909944	0.169
80	0.164	2.882628	41	1.90308999 6.09756098	1.90308999	-0.7851562	0.1118034	0.164
100	0.16	2.882628	41	2 6.25	2	-0.79588	0.1	0.16
120	0.158	2.882628	41	2.07918125 6.32911392	2.07918125	-0.8013429	0.09128709	0.158
180	0.148	2.882628	41	2.25527251 6.75675676	2.25527251	-0.8297383	0.0745356	0.148
210	0.148	2.882628	41	2.32221929 6.75675676	2.32221929	-0.8297383	0.06900656	0.148
240	0.146	2.882628	41	2.38021124 6.84931507	2.38021124	-0.8356471	0.06454972	0.146
270	0.142	2.882628	41	2.43136376 7.04225352	2.43136376	-0.8477117	0.06085806	0.142
300	0.142	2.882628	41	2.47712125 7.04225352	2.47712125	-0.8477117	0.05773503	0.142
360	0.142	2.882628	41	2.5563025 7.04225352	2.5563025	-0.8477117	0.05270463	0.142
480	0.142	2.882628	41	2.68124124 7.04225352	2.68124124	-0.8477117	0.04564355	0.142
600	0.142	2.882628	41	2.77815125 7.04225352	2.77815125	-0.8477117	0.04082483	0.142
720	0.142	2.882628	41	2.8573325 7.04225352	2.8573325	-0.8477117	0.0372678	0.142
900	0.141	2.882628	41	2.95424251 7.09219858	2.95424251	-0.8507809	0.03333333	0.141
1020	0.14	2.882628	41	3.00860017 7.14285714	3.00860017	-0.853872	0.03131121	0.14
1200	0.139	2.882628	41	3.07918125 7.1942446	3.07918125	-0.8569852	0.02886751	0.139
1500	0.138	2.882628	41	3.17609126 7.24637681	3.17609126	-0.8601209	0.02581989	0.138



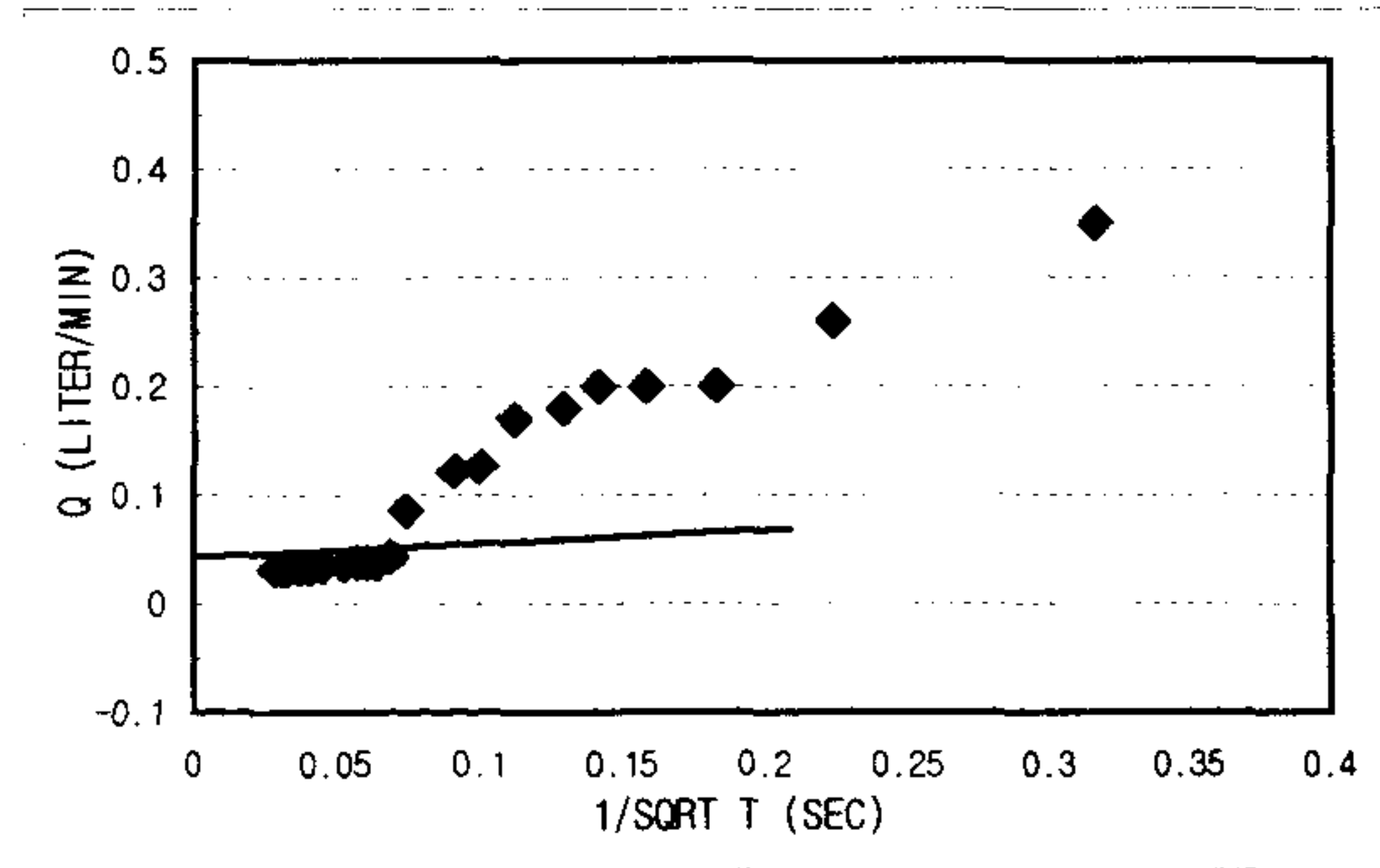
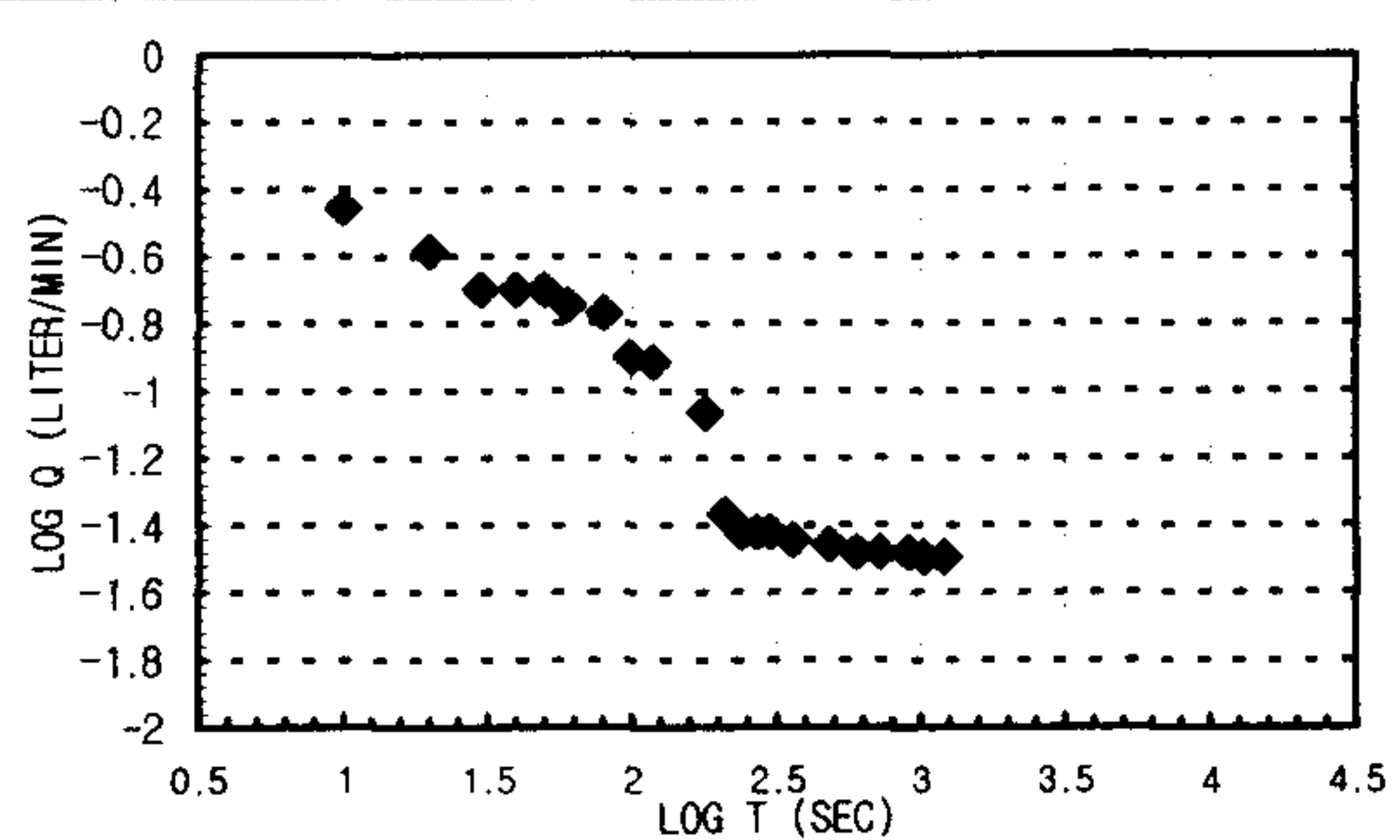
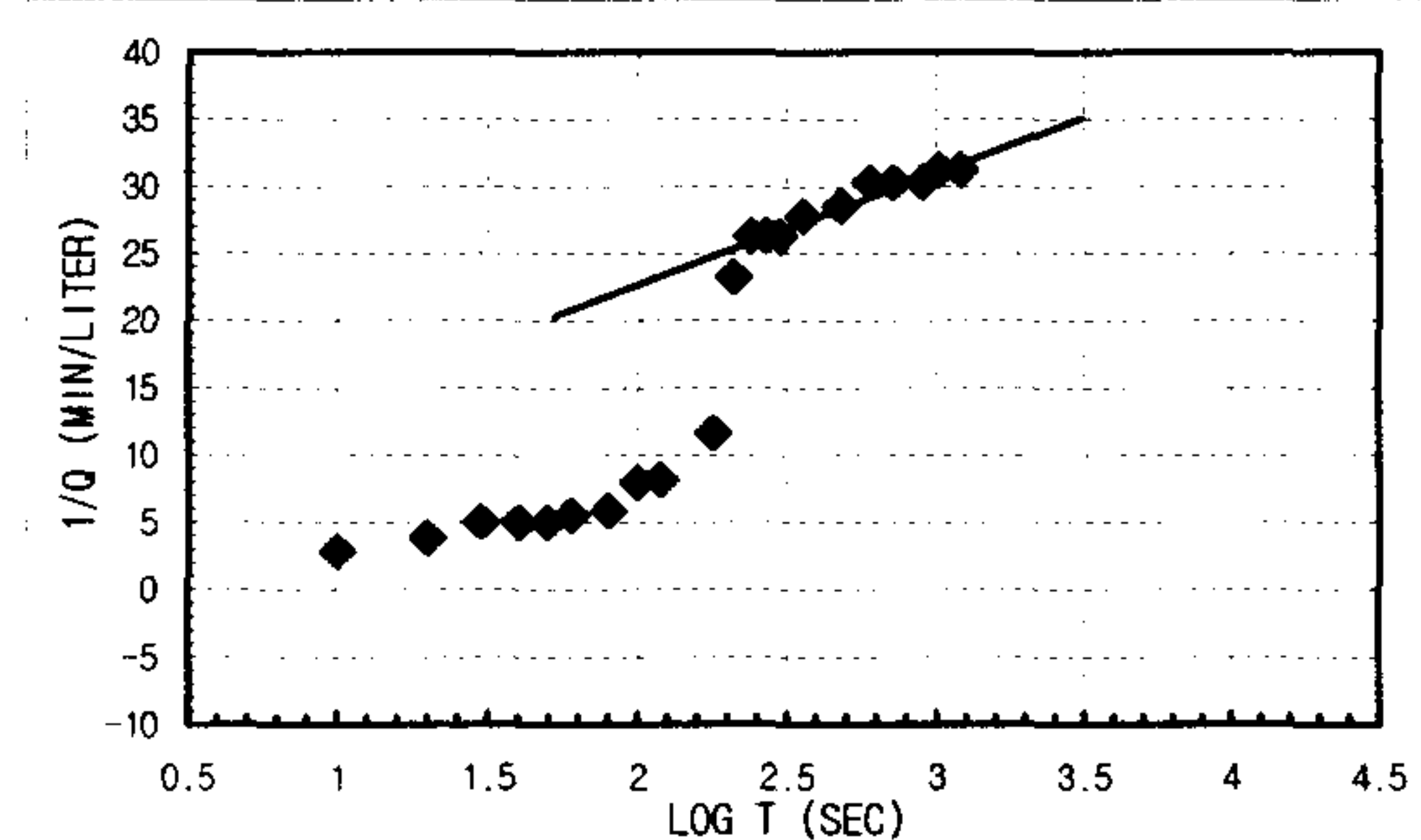
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 384000
 $m = 36000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 4.4683E-08$ m/sec
 $S_s = 1.5403E-15$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 2.3333E-06$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.00000025$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.4798E-07$ m/sec
 $S_s = 3.7951E-06$ m/sec

K _{steady state} = 1.1531E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.5<n)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-7		
TEST SECTION	23.8M-27.2M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960605134600-960605141600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15946.5-15946.8	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.35	2.882628	41	1 2.85714286	1	-0.455932	0.31622777	0.35
20	0.26	2.882628	41	1.30103 3.84615385	1.30103	-0.5850267	0.2236068	0.26
30	0.2	2.882628	41	1.47712125	5	1.47712125	-0.69897	0.2
40	0.2	2.882628	41	1.60205999	5	1.60205999	-0.69897	0.2
50	0.2	2.882628	41	1.69897	5	1.69897	-0.69897	0.2
60	0.18	2.8685664	40.8	1.77815125	5.55555556	1.77815125	-0.7447275	0.18
80	0.17	2.8685664	40.8	1.90308999	5.88235294	1.90308999	-0.7695511	0.17
100	0.126	2.8685664	40.8	2	7.93650794	2	-0.8996295	0.126
120	0.122	2.882628	41	2.07918125	8.19672131	2.07918125	-0.9136402	0.122
180	0.086	2.882628	41	2.25527251	11.627907	2.25527251	-1.0655015	0.086
210	0.043	2.8966896	41.2	2.32221929	23.255814	2.32221929	-1.3665315	0.043
240	0.038	2.8966896	41.2	2.38021124	26.3157895	2.38021124	-1.4202164	0.038
270	0.038	2.8966896	41.2	2.43136376	26.3157895	2.43136376	-1.4202164	0.038
300	0.038	2.8966896	41.2	2.47712125	26.3157895	2.47712125	-1.4202164	0.038
360	0.036	2.8966896	41.2	2.5563025	27.7777778	2.5563025	-1.4436975	0.036
480	0.035	2.8966896	41.2	2.68124124	28.5714286	2.68124124	-1.455932	0.035
600	0.033	2.9318436	41.7	2.77815125	30.3030303	2.77815125	-1.4814861	0.033
720	0.033	2.9318436	41.7	2.8573325	30.3030303	2.8573325	-1.4814861	0.033
900	0.033	2.9388744	41.8	2.95424251	30.3030303	2.95424251	-1.4814861	0.033
1020	0.032	2.9388744	41.8	3.00860017	31.25	3.00860017	-1.49485	0.032
1200	0.032			3.07918125	31.25	3.07918125	-1.49485	0.032



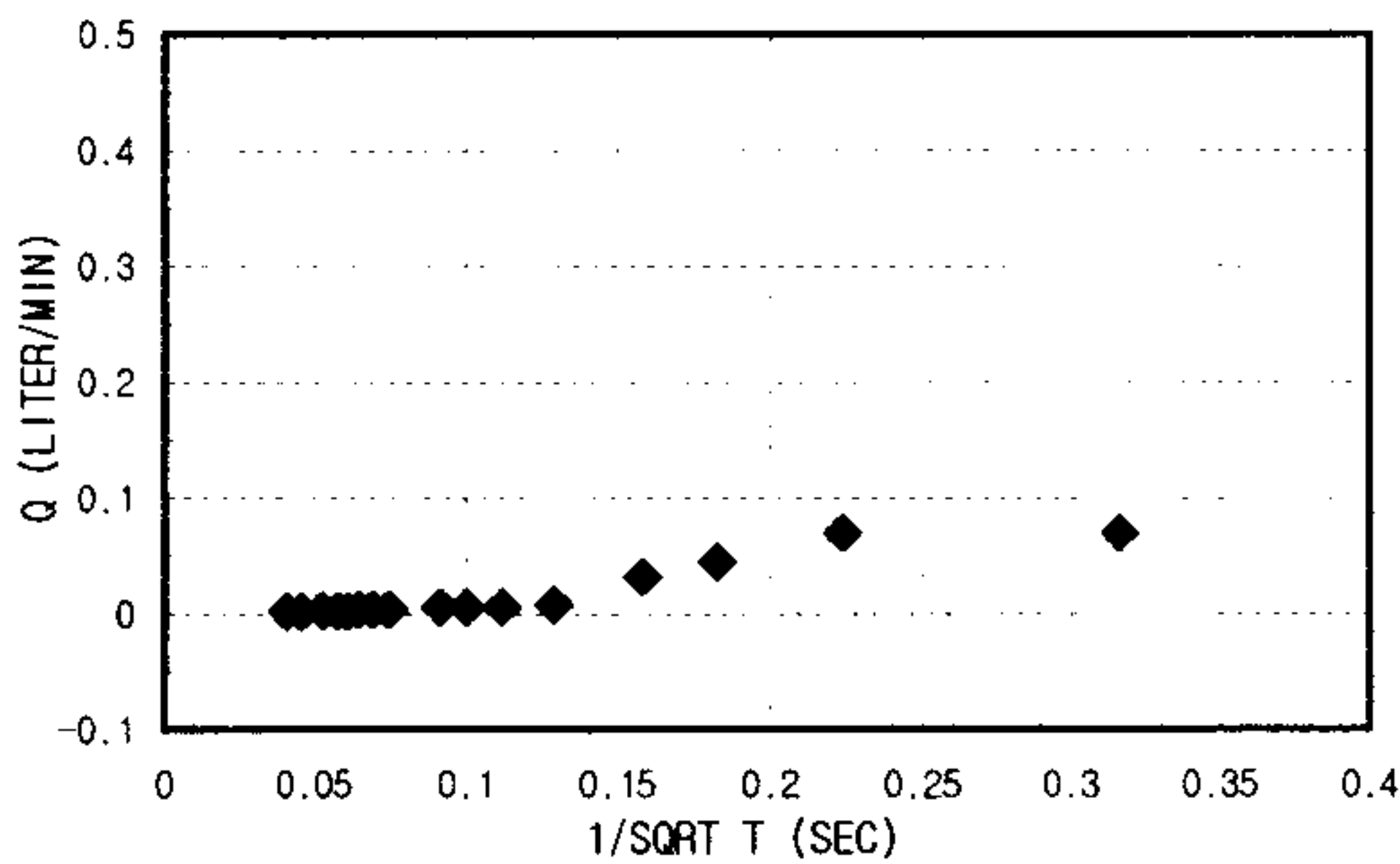
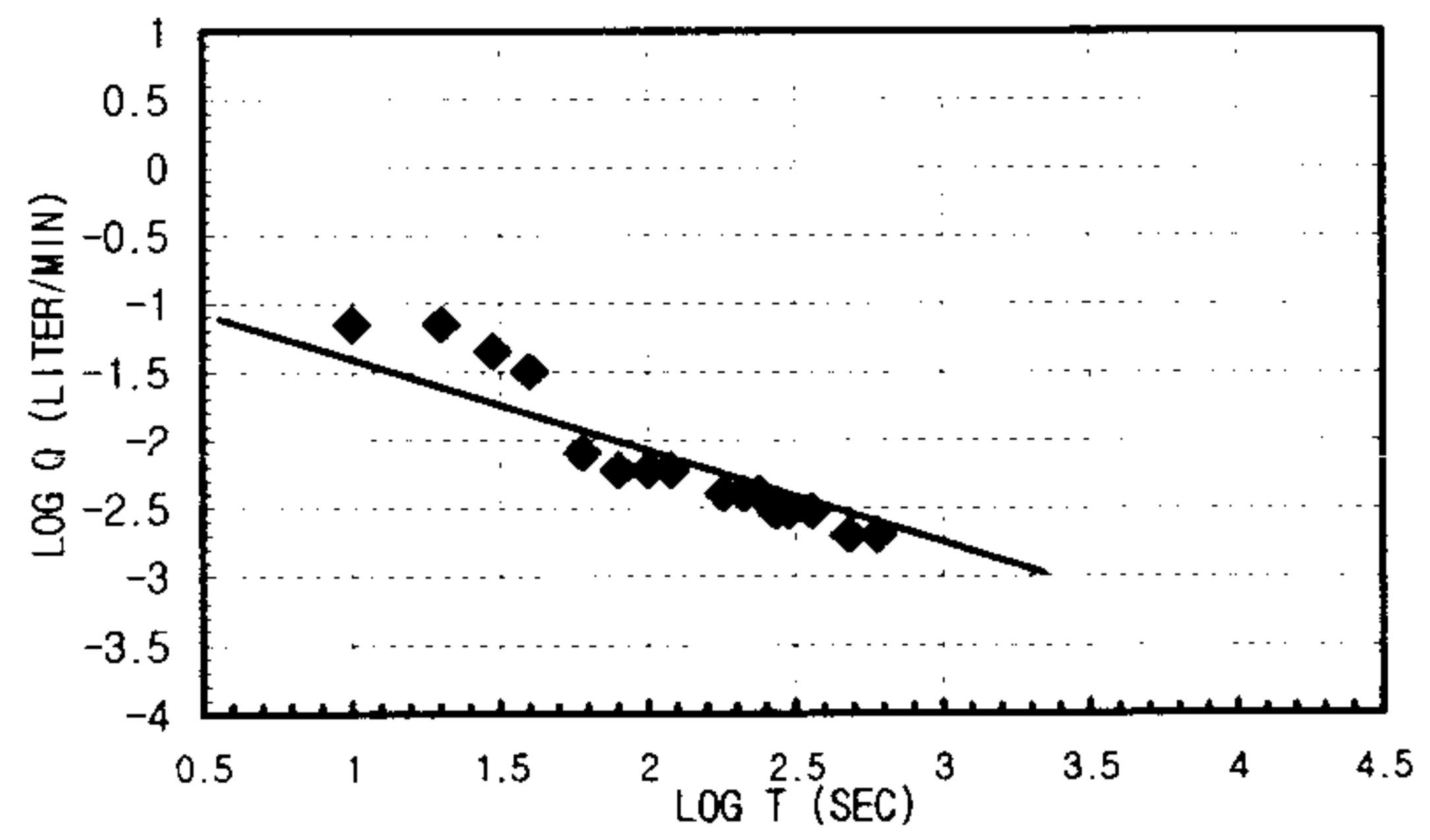
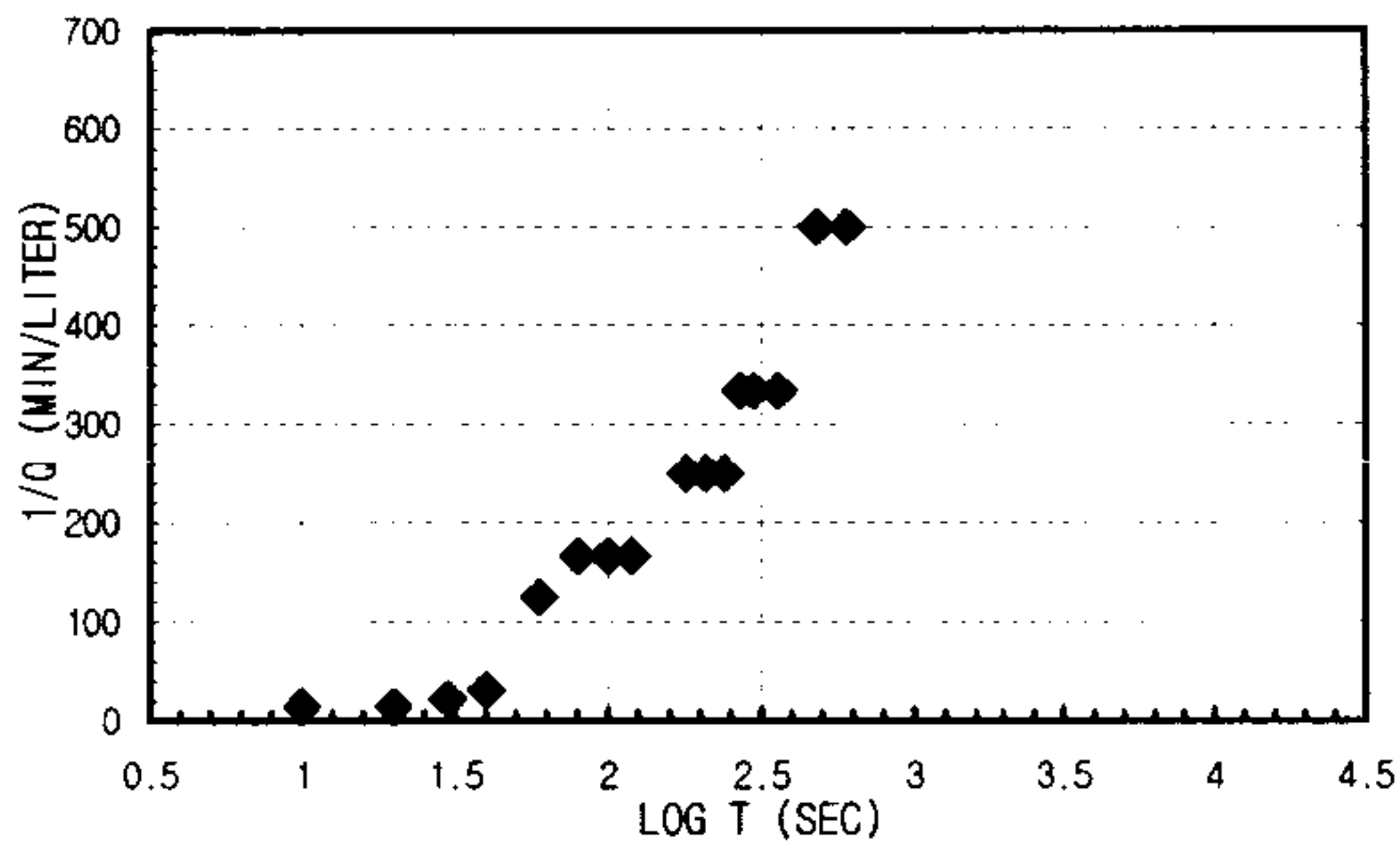
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \#DIV/0!$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 600000
 $m = 480000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 3.3512E-09$ m/sec
 $S_s = 3.0153E-07$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 0.0000005$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-07$ $r_w = 0.0375$
 $K = 3.171E-08$ m/sec
 $S_s = 3.1485E-05$ m/sec

$K_{steady\ state} = 1.4414E-09\ m/sec$ Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-8		
TEST SECTION	27.2M-30.6M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960605142900-960605145600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15946.8-15946.9	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.07	2.952936	42	14.2857143	1	-1.154902	0.31622777	0.07
20	0.07	2.952936	42	1.30103	1.30103	-1.154902	0.2236068	0.07
30	0.045	2.952936	42	1.47712125	22.2222222	1.47712125	-1.3467875	0.045
40	0.032	2.952936	42	1.60205999	31.25	1.60205999	-1.49485	0.032
60	0.008	2.952936	42	1.77815125	125	1.77815125	-2.09691	0.008
80	0.006	2.952936	42	1.90308999	166.666667	1.90308999	-2.2218487	0.006
100	0.006	2.952936	42	2	166.666667	2	-2.2218487	0.006
120	0.006	2.952936	42	2.07918125	166.666667	2.07918125	-2.2218487	0.006
180	0.004	2.952936	42	2.25527251	250	2.25527251	-2.39794	0.004
210	0.004	2.952936	42	2.32221929	250	2.32221929	-2.39794	0.004
240	0.004	2.952936	42	2.38021124	250	2.38021124	-2.39794	0.004
270	0.003	2.952936	42	2.43136376	333.333333	2.43136376	-2.5228787	0.003
300	0.003	2.952936	42	2.47712125	333.333333	2.47712125	-2.5228787	0.003
360	0.003	2.952936	42	2.5563025	333.333333	2.5563025	-2.5228787	0.003
480	0.002	2.952936	42	2.68124124	500	2.68124124	-2.69897	0.002
600	0.002	2.952936	42	2.77815125	500	2.77815125	-2.69897	0.002



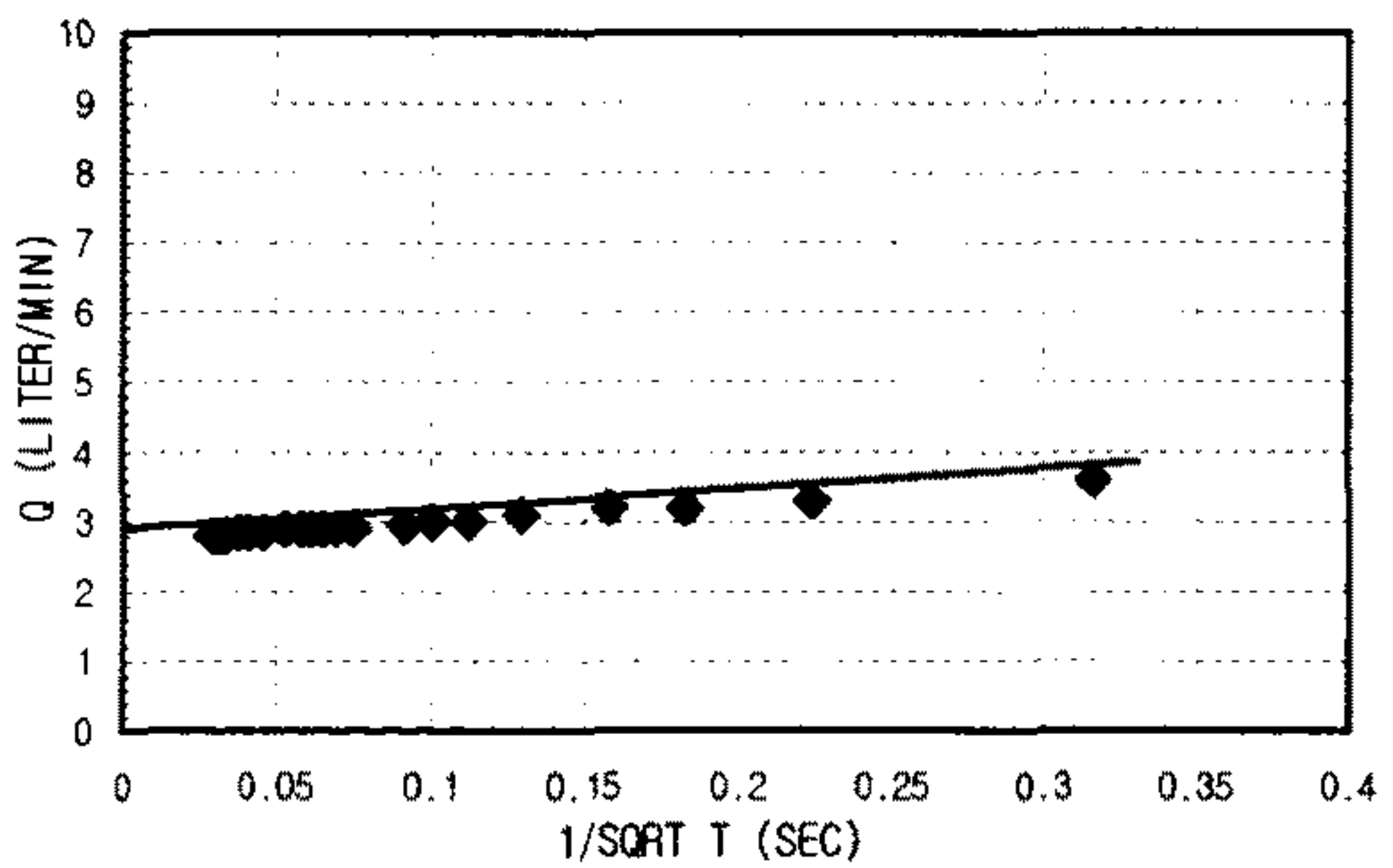
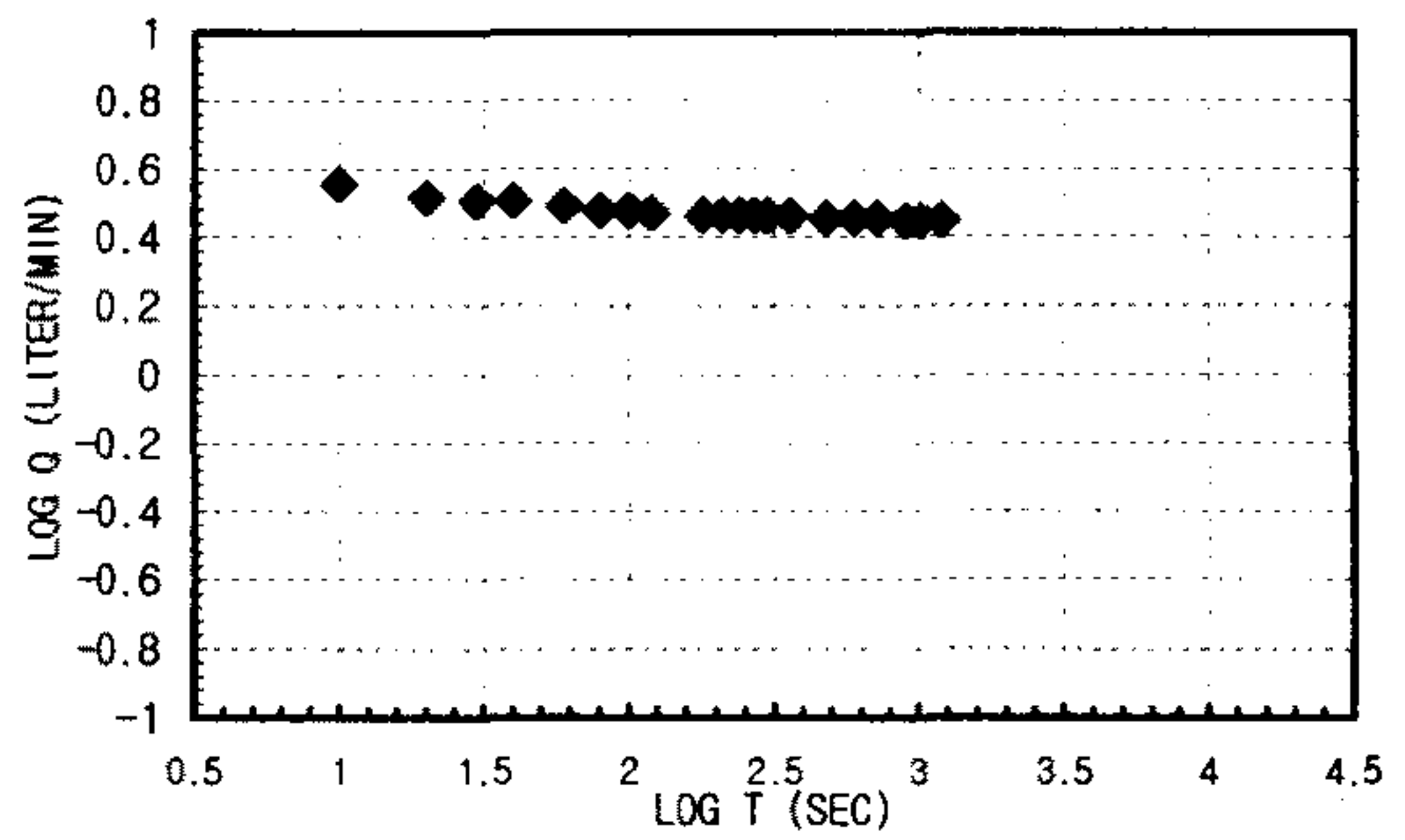
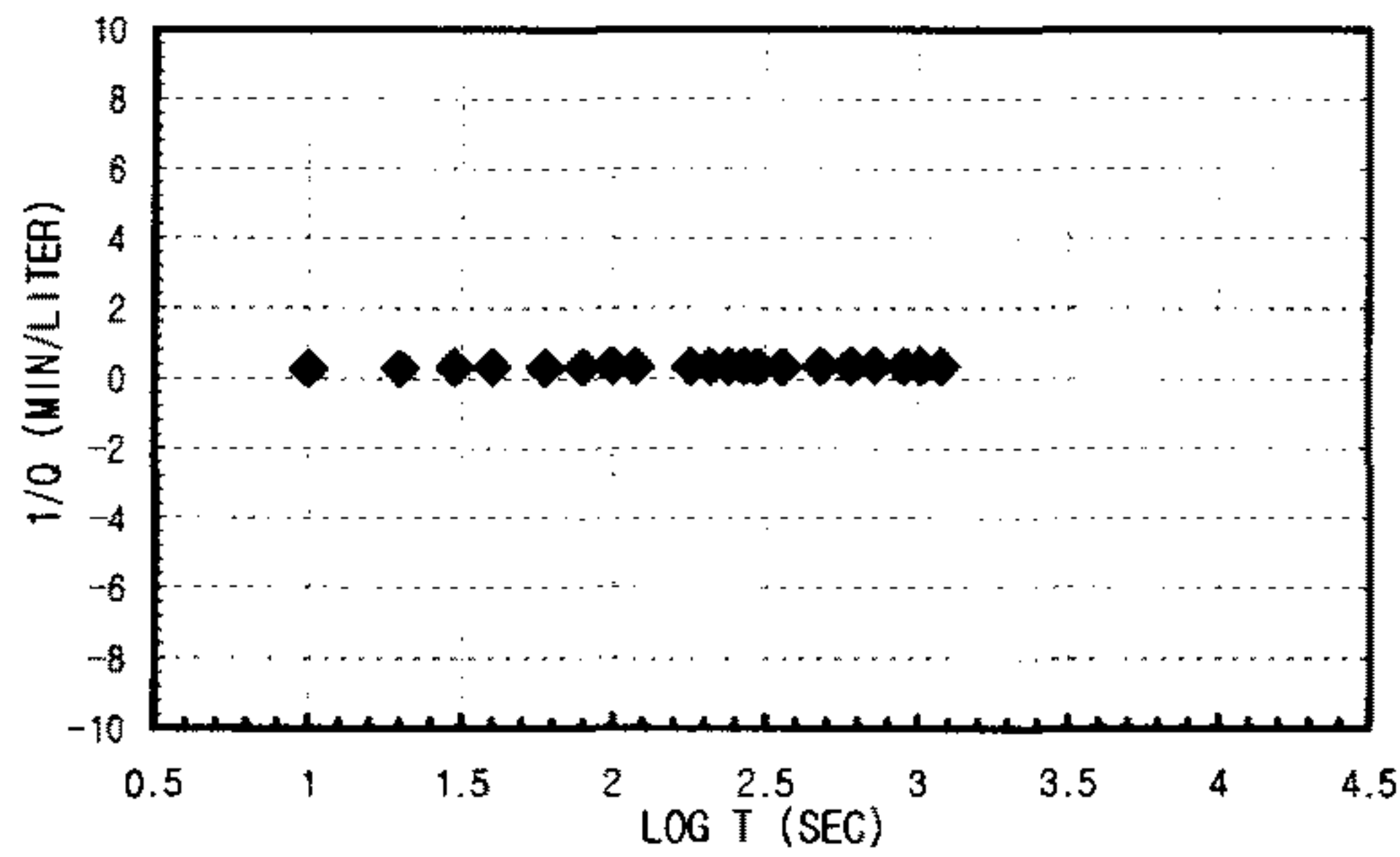
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = -2.083E-05$ A = 0.00471239
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 5.4845E-08$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d =
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} = 9.6091E-10 m/sec	Flow Type= Linear flow (n=1)
--	------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-9		
TEST SECTION	30.6M-34.0M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960605151500-960605153500		
CUMMULATIVE Q(LITER)	15946.9-16005.2	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	58.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.6	1.546776	22	1 0.27777778	1	0.5563025	0.31622777	3.6
20	3.3	1.617084	23	1.30103 0.3030303	1.30103	0.51851394	0.2236068	3.3
30	3.2	1.687392	24	1.47712125 0.3125	1.47712125	0.50514998	0.18257419	3.2
40	3.2	1.7577	25	1.60205999 0.3125	1.60205999	0.50514998	0.15811388	3.2
60	3.1	1.792854	25.5	1.77815125 0.32258065	1.77815125	0.49136169	0.12909944	3.1
80	3	1.8209772	25.9	1.90308999 0.33333333	1.90308999	0.47712125	0.1118034	3
100	3	1.8420696	26.2	2 0.33333333	2	0.47712125	0.1	3
120	2.95	1.8420696	26.2	2.07918125 0.33898305	2.07918125	0.46982202	0.09128709	2.95
180	2.9	1.8420696	26.2	2.25527251 0.34482759	2.25527251	0.462398	0.0745356	2.9
210	2.9	1.8701928	26.6	2.32221929 0.34482759	2.32221929	0.462398	0.06900656	2.9
240	2.9	1.8701928	26.6	2.38021124 0.34482759	2.38021124	0.462398	0.06454972	2.9
270	2.9	1.8701928	26.6	2.43136376 0.34482759	2.43136376	0.462398	0.06085806	2.9
300	2.9	1.8912852	26.9	2.47712125 0.34482759	2.47712125	0.462398	0.05773503	2.9
360	2.9	1.9053468	27.1	2.5563025 0.34482759	2.5563025	0.462398	0.05270463	2.9
480	2.85	1.9053468	27.1	2.68124124 0.35087719	2.68124124	0.45484486	0.04564355	2.85
600	2.85	1.9053468	27.1	2.77815125 0.35087719	2.77815125	0.45484486	0.04082483	2.85
720	2.85	1.93347	27.5	2.8573325 0.35087719	2.8573325	0.45484486	0.0372678	2.85
900	2.8	1.93347	27.5	2.95424251 0.35714286	2.95424251	0.44715803	0.03333333	2.8
1020	2.8	1.93347	27.5	3.00860017 0.35714286	3.00860017	0.44715803	0.03131121	2.8
1200	2.8	1.93347	27.5	3.07918125 0.35714286	3.07918125	0.44715803	0.02886751	2.8



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

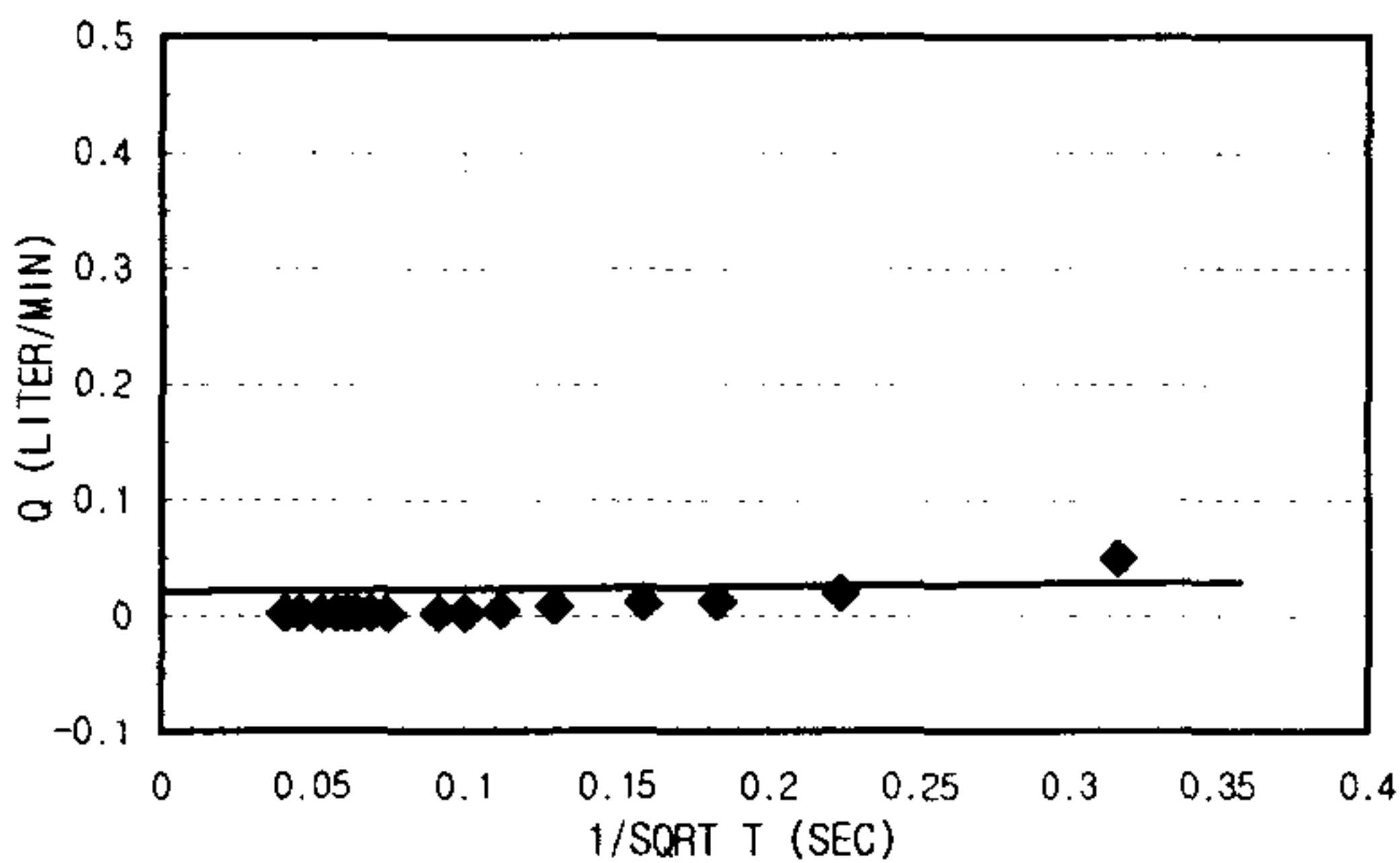
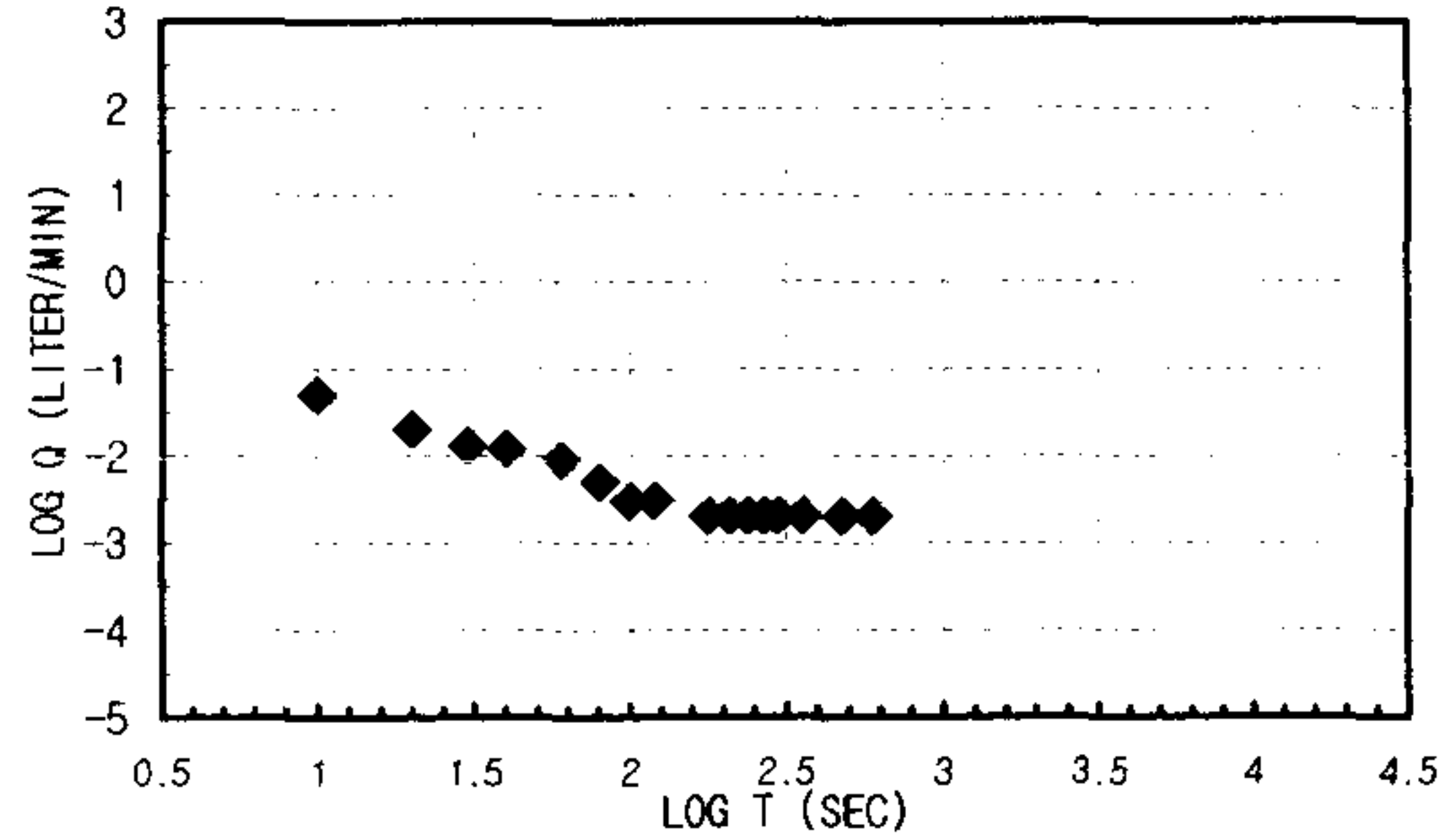
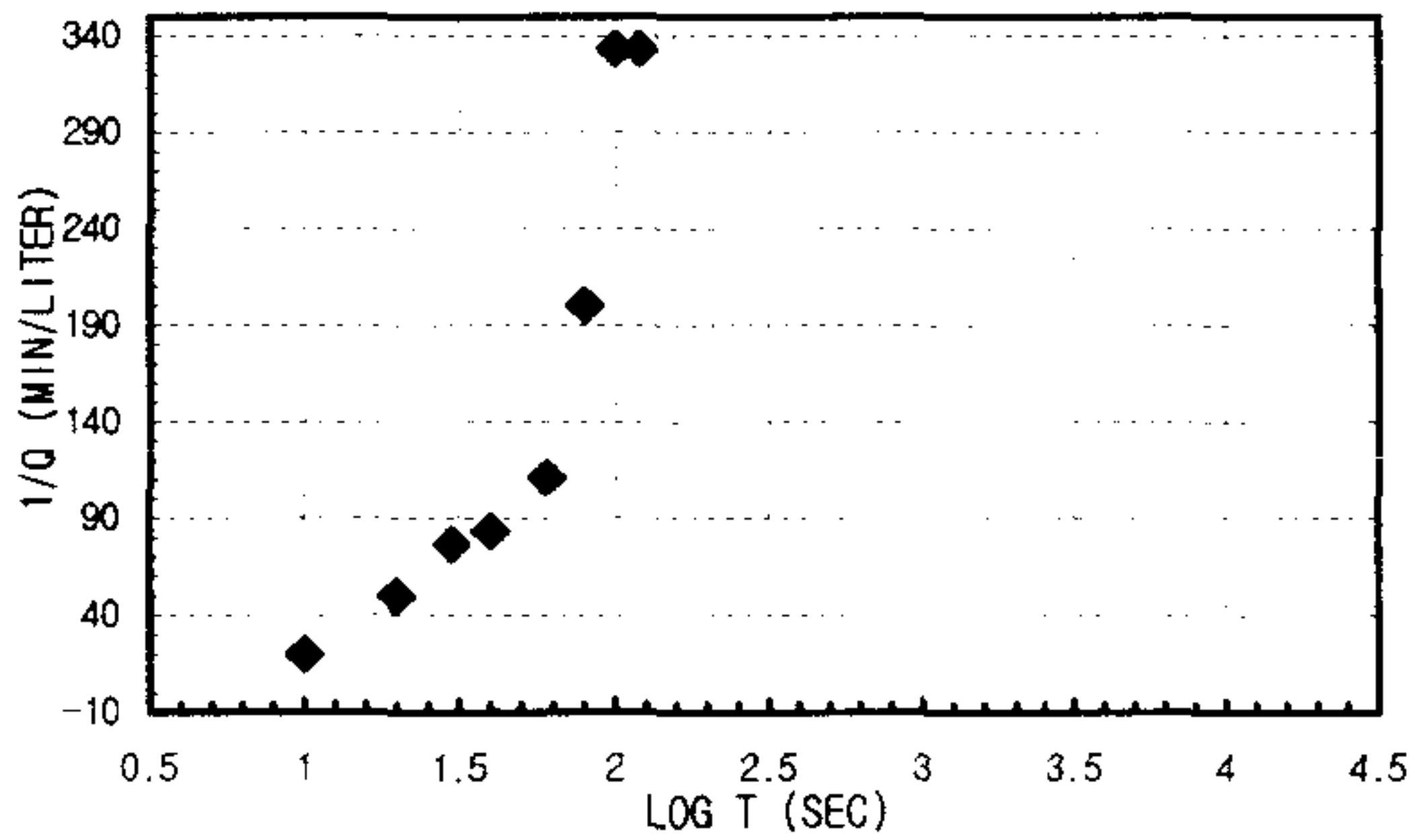
3. Spherical Flow
 $d = 4.6667E-05 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-05 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 2.9596E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.00337342 \text{ m/sec}$

$k_{\text{steady state}} =$	2.801E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
-----------------------------	-----------------	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-10		
TEST SECTION	34.0M-37.4M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	9.6061E+23		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16005.2-16005.3	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	0.05	2.952936	42	1	20	1	-1.30103	0.31622777	0.05
20	0.02	2.952936	42	1.30103	50	1.30103	-1.69897	0.2236068	0.02
30	0.013	2.952936	42	1.47712125	76.9230769	1.47712125	-1.8860566	0.18257419	0.013
40	0.012	2.952936	42	1.60205999	83.3333333	1.60205999	-1.9208188	0.15811388	0.012
60	0.009	2.952936	42	1.77815125	111.111111	1.77815125	-2.0457575	0.12909944	0.009
80	0.005	2.952936	42	1.90308999	200	1.90308999	-2.30103	0.1118034	0.005
100	0.003	2.952936	42	2	333.333333	2	-2.5228787	0.1	0.003
120	0.003	2.952936	42	2.07918125	333.333333	2.07918125	-2.5228787	0.09128709	0.003
180	0.002	2.952936	42	2.25527251	500	2.25527251	-2.69897	0.0745356	0.002
210	0.002	2.952936	42	2.32221929	500	2.32221929	-2.69897	0.06900656	0.002
240	0.002	2.952936	42	2.38021124	500	2.38021124	-2.69897	0.06454972	0.002
270	0.002	2.952936	42	2.43136376	500	2.43136376	-2.69897	0.06085806	0.002
300	0.002	2.952936	42	2.47712125	500	2.47712125	-2.69897	0.05773503	0.002
360	0.002	2.952936	42	2.5563025	500	2.5563025	-2.69897	0.05270463	0.002
480	0.002	2.952936	42	2.68124124	500	2.68124124	-2.69897	0.04564355	0.002
600	0.002	2.952936	42	2.77815125	500	2.77815125	-2.69897	0.04082483	0.002



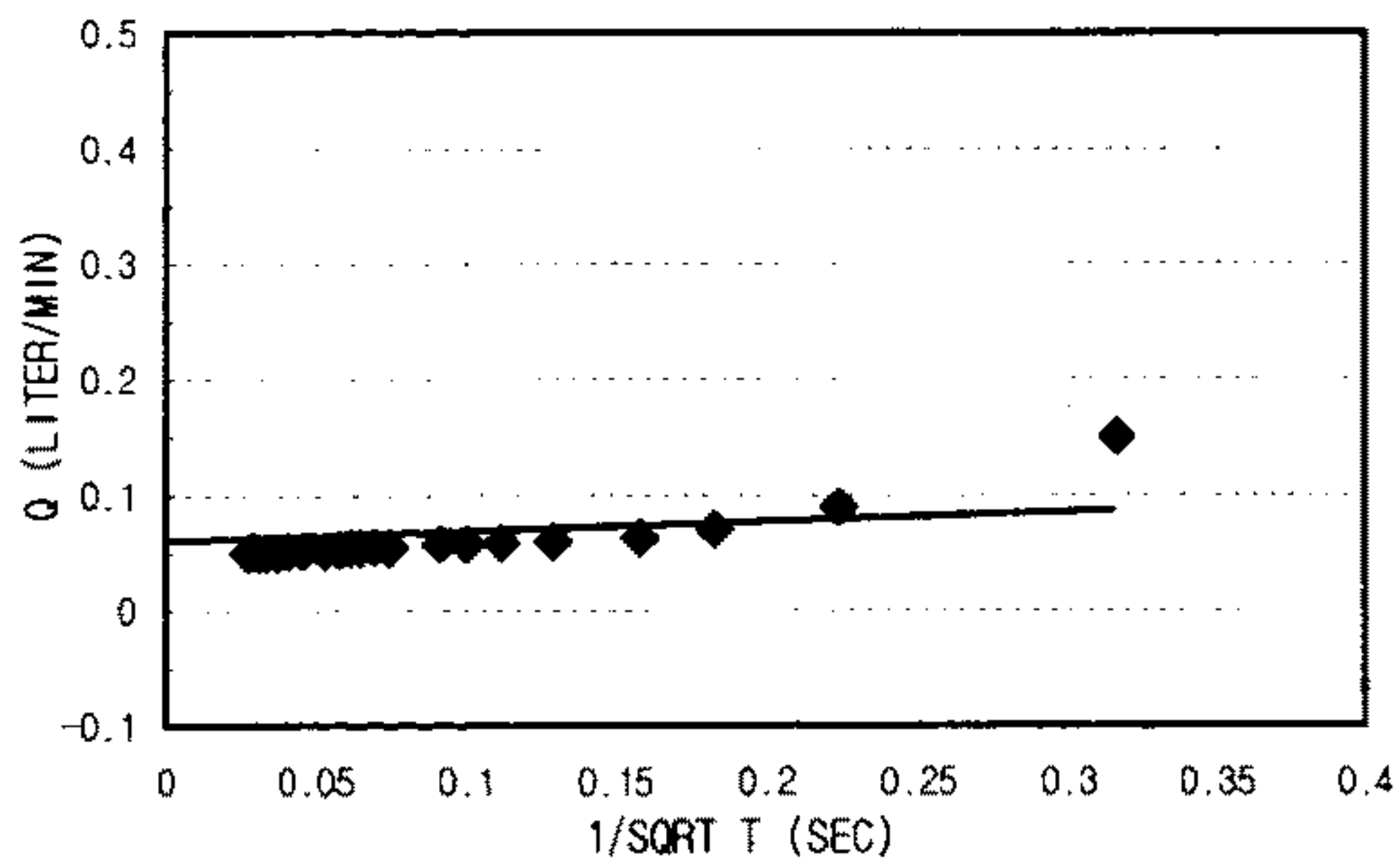
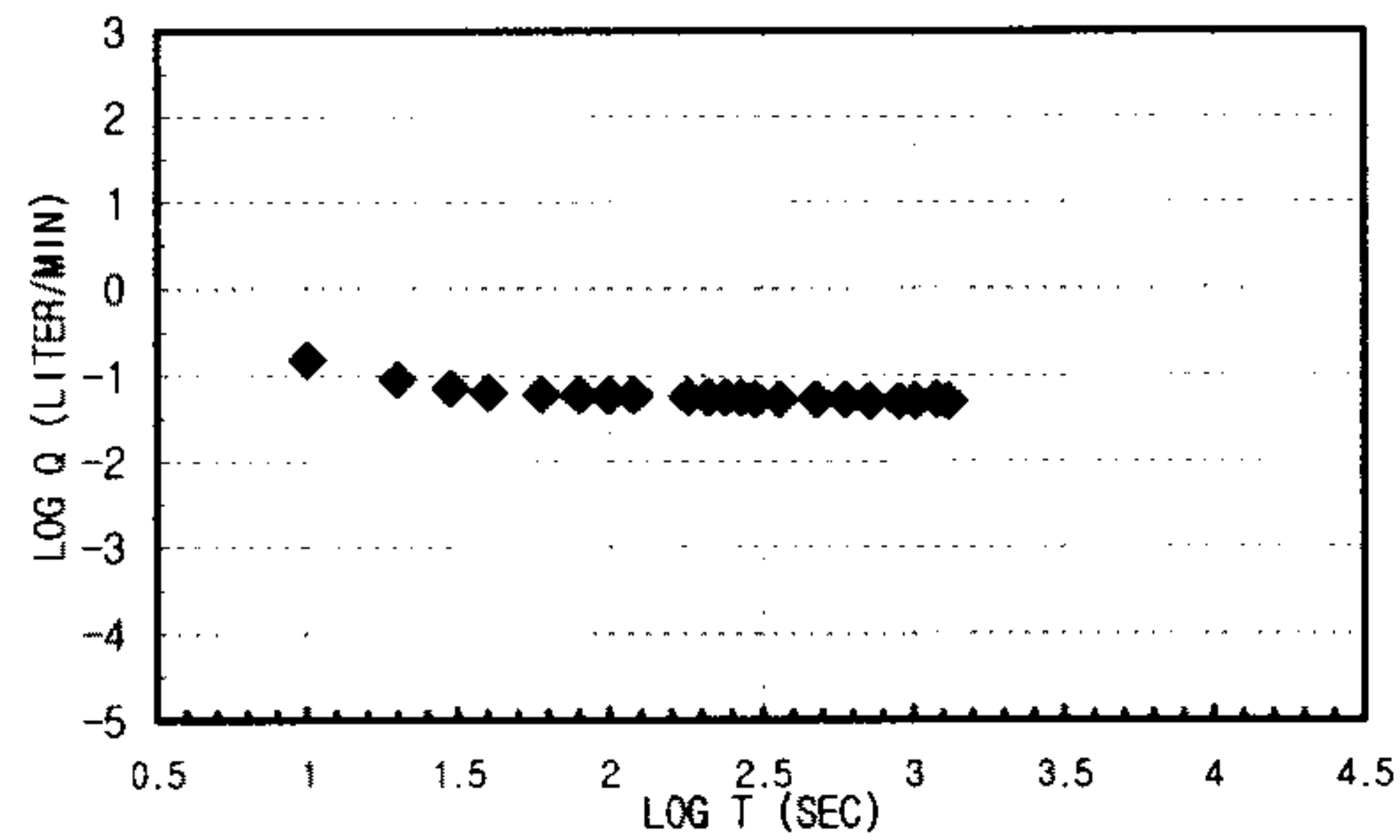
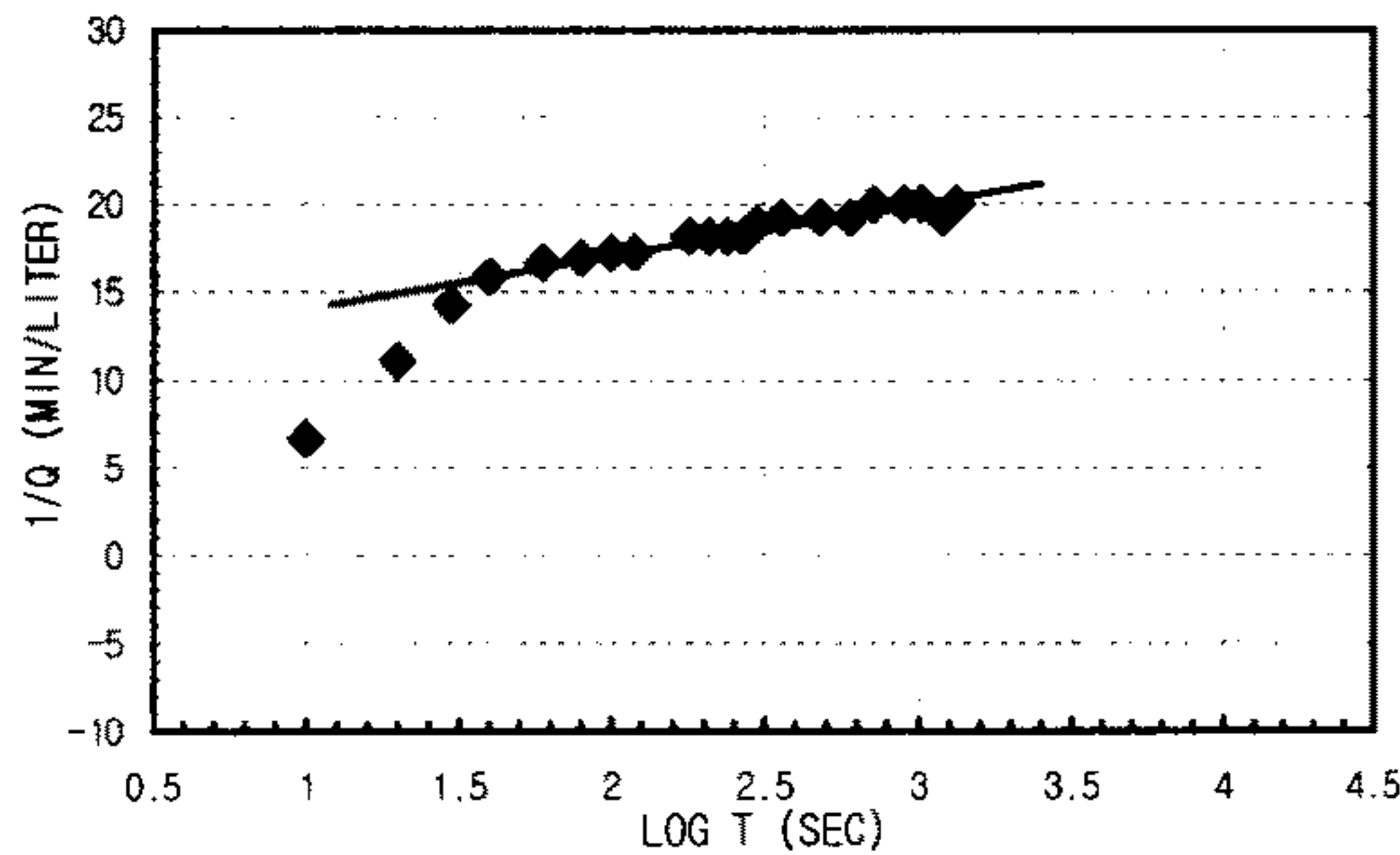
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d
 $m =$ $r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 1.6667E-07$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-06$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.057E-08$ m/sec
 $S_s = 0.0023614$ m/sec

K _{steady state} = 9.6091E-10 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-11		
TEST SECTION	37.4M-40.8M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960605162900-960605165500		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16005.3-16005.4	TIME INTERVAL (MIN)	22
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.15	2.882628	41	1	6.6666667	1	-0.8239087	0.15
20	0.09	2.882628	41	1.30103	11.1111111	1.30103	-1.0457575	0.09
30	0.07	2.882628	41	1.47712125	14.2857143	1.47712125	-1.154902	0.07
40	0.063	2.882628	41	1.60205999	15.8730159	1.60205999	-1.2006595	0.063
60	0.06	2.882628	41	1.77815125	16.6666667	1.77815125	-1.2218487	0.06
80	0.059	2.8966896	41.2	1.90308999	16.9491525	1.90308999	-1.229148	0.059
100	0.058	2.8966896	41.2	2	17.2413793	2	-1.236572	0.058
120	0.058	2.8966896	41.2	2.07918125	17.2413793	2.07918125	-1.236572	0.058
180	0.055	2.8966896	41.2	2.25527251	18.1818182	2.25527251	-1.2596373	0.055
210	0.055	2.8966896	41.2	2.32221929	18.1818182	2.32221929	-1.2596373	0.055
240	0.055	2.8966896	41.2	2.38021124	18.1818182	2.38021124	-1.2596373	0.055
270	0.055	2.8966896	41.2	2.43136376	18.1818182	2.43136376	-1.2596373	0.055
300	0.053	2.8966896	41.2	2.47712125	18.8679245	2.47712125	-1.2757241	0.053
360	0.052	2.8966896	41.2	2.5563025	19.2307692	2.5563025	-1.2839967	0.052
480	0.052	2.8966896	41.2	2.68124124	19.2307692	2.68124124	-1.2839967	0.052
600	0.052	2.8966896	41.2	2.77815125	19.2307692	2.77815125	-1.2839967	0.052
720	0.05	2.8966896	41.2	2.8573325	20	2.8573325	-1.30103	0.05
900	0.05	2.8966896	41.2	2.95424251	20	2.95424251	-1.30103	0.05
1020	0.05	2.8966896	41.2	3.00860017	20	3.00860017	-1.30103	0.05
1200	0.052	2.917782	41.5	3.07918125	19.2307692	3.07918125	-1.2839967	0.052
1320	0.05	2.917782	41.5	3.12057393	20	3.12057393	-1.30103	0.05



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad d = 750000$
 $m = 180000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 8.9366E-09 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 9.7415E-10 \quad \text{m/sec}$

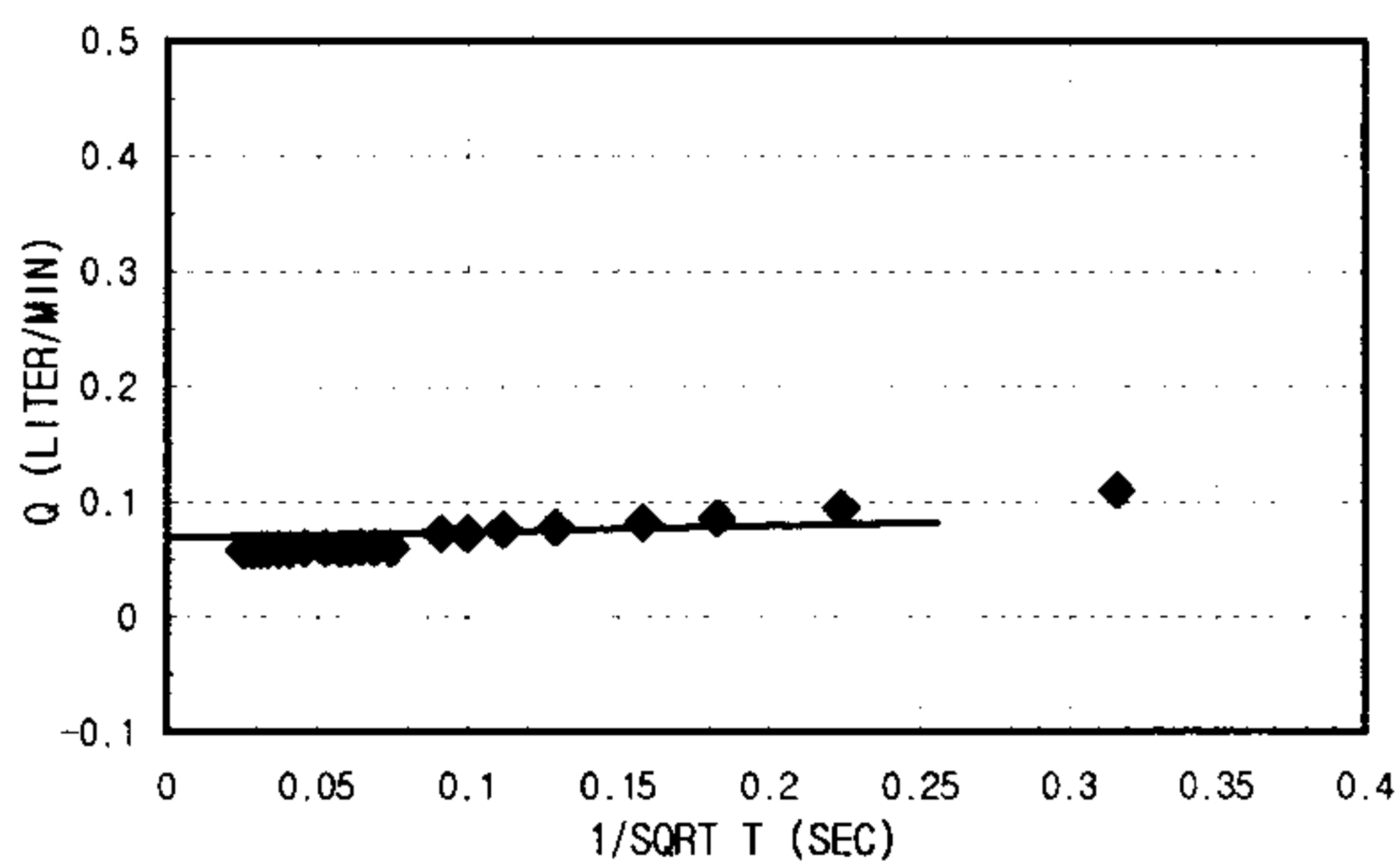
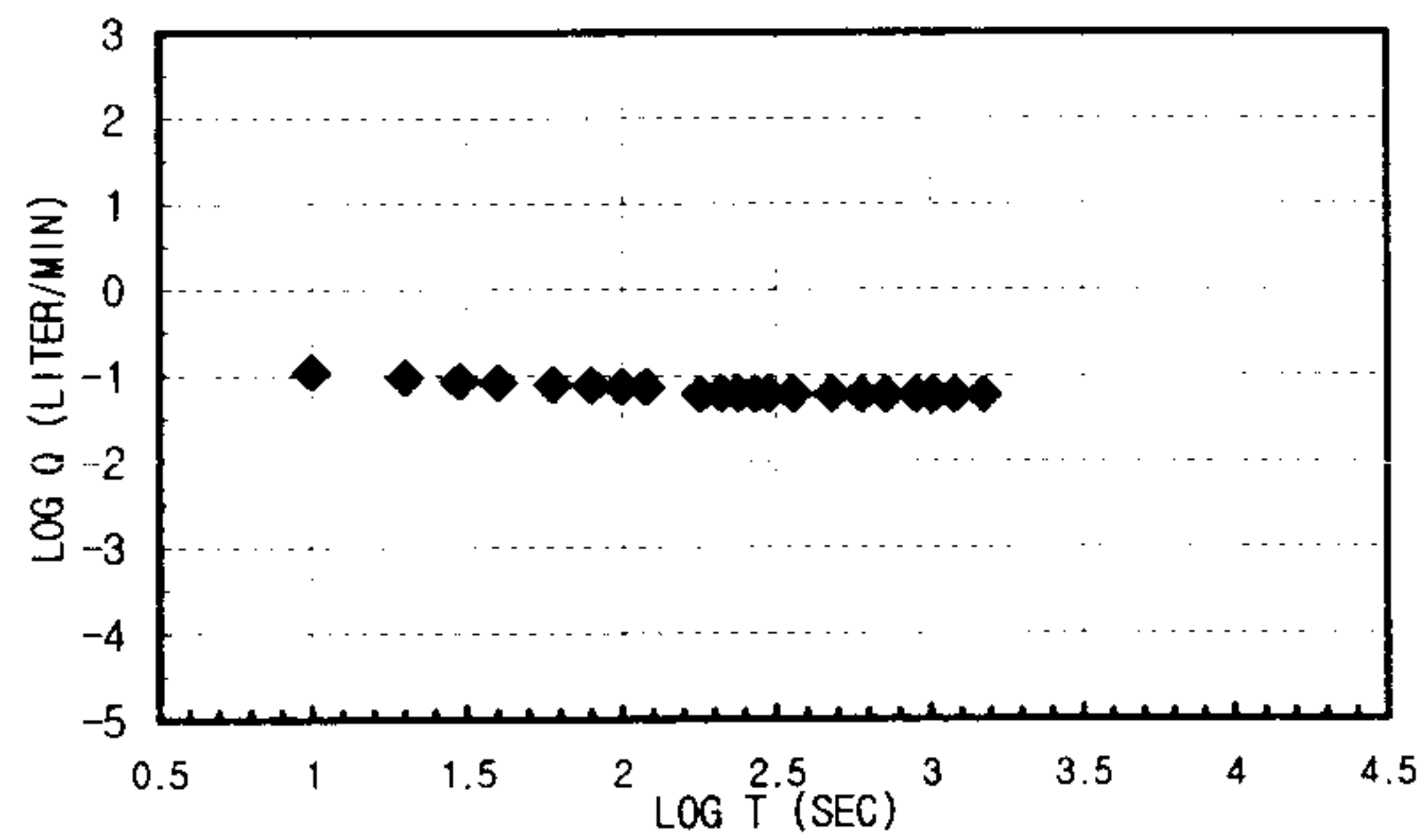
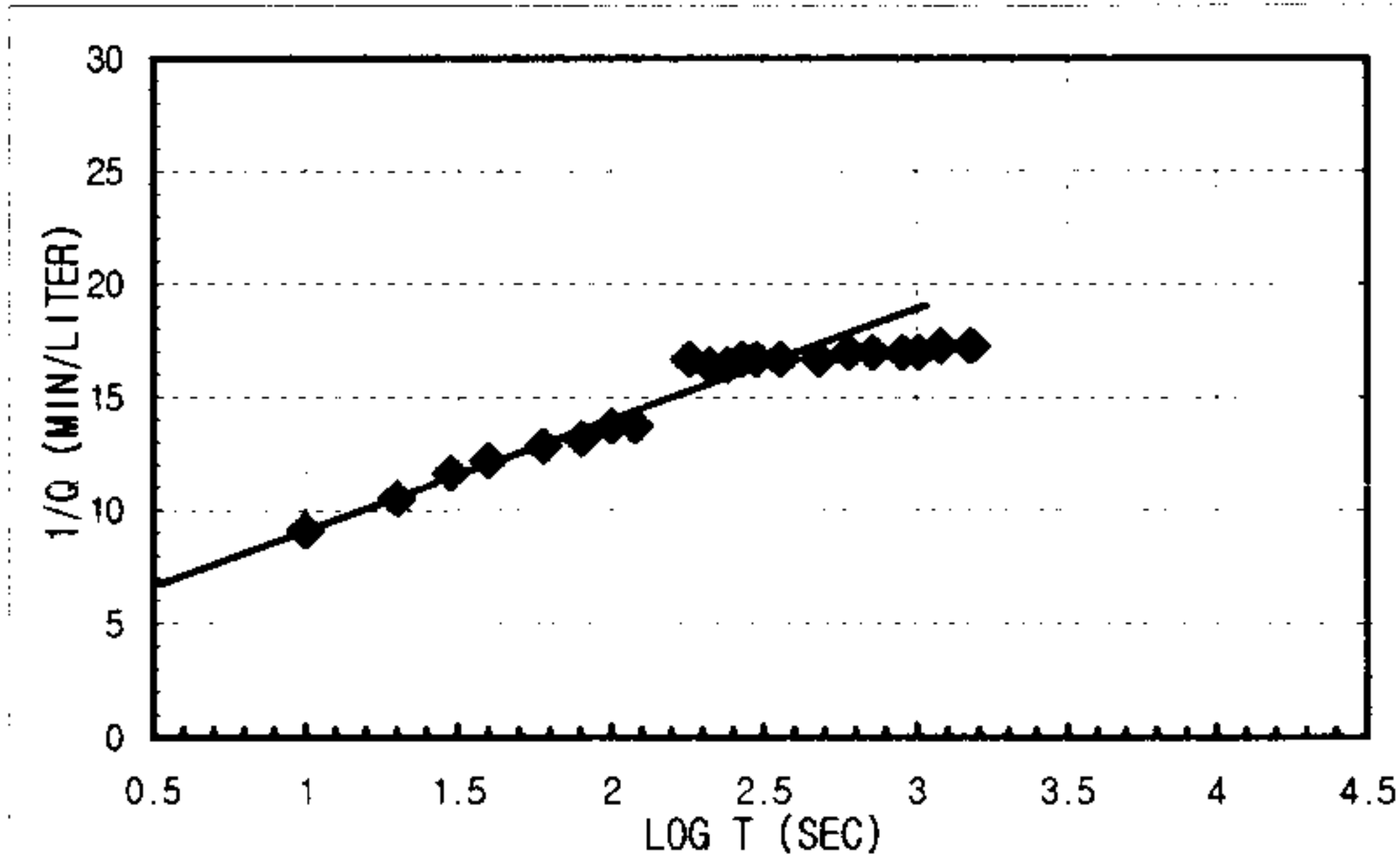
3. Spherical Flow
 $d = 8.3333E-07 \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-07 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 5.2851E-08 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 4.7228E-06 \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 4.3678E-10 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.5<n<3.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-12		
TEST SECTION	40.8M-44.2M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YYMMDDHHMMSS)	960605170900-9606051738		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16005.4-16005.5	TIME INTERVAL (MIN)	25
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.11	2.9037204	41.3	1	9.09090909	-0.9586073	0.31622777	0.11
20	0.095	2.9037204	41.3	1.30103	10.5263158	-1.0222764	0.2236068	0.095
30	0.086	2.9037204	41.3	1.47712125	11.627907	-1.0655015	0.18257419	0.086
40	0.082	2.9037204	41.3	1.60205999	12.195122	-1.0861861	0.15811388	0.082
60	0.078	2.9037204	41.3	1.77815125	12.8205128	-1.1079054	0.12909944	0.078
80	0.076	2.917782	41.5	1.90308999	13.1578947	-1.1191864	0.1118034	0.076
100	0.073	2.917782	41.5	2	13.6986301	-1.1366771	0.1	0.073
120	0.073	2.917782	41.5	2.07918125	13.6986301	-1.1366771	0.09128709	0.073
180	0.06	2.917782	41.5	2.25527251	16.6666667	-1.2218487	0.0745356	0.06
210	0.061	2.917782	41.5	2.32221929	16.3934426	-1.2146702	0.06900656	0.061
240	0.061	2.917782	41.5	2.38021124	16.3934426	-1.2146702	0.06454972	0.061
270	0.06	2.917782	41.5	2.43136376	16.6666667	-1.2218487	0.06085806	0.06
300	0.06	2.917782	41.5	2.47712125	16.6666667	-1.2218487	0.05773503	0.06
360	0.06	2.917782	41.5	2.5563025	16.6666667	-1.2218487	0.05270463	0.06
480	0.06	2.917782	41.5	2.68124124	16.6666667	-1.2218487	0.04564355	0.06
600	0.059	2.917782	41.5	2.77815125	16.9491525	-1.229148	0.04082483	0.059
720	0.059	2.917782	41.5	2.8573325	16.9491525	-1.229148	0.0372678	0.059
900	0.059	2.917782	41.5	2.95424251	16.9491525	-1.229148	0.03333333	0.059
1020	0.059	2.917782	41.5	3.00860017	16.9491525	-1.229148	0.03131121	0.059
1200	0.058	2.917782	41.5	3.07918125	17.2413793	-1.236572	0.02886751	0.058
1500	0.058	2.917782	41.5	3.17609126	17.2413793	-1.236572	0.02581989	0.058



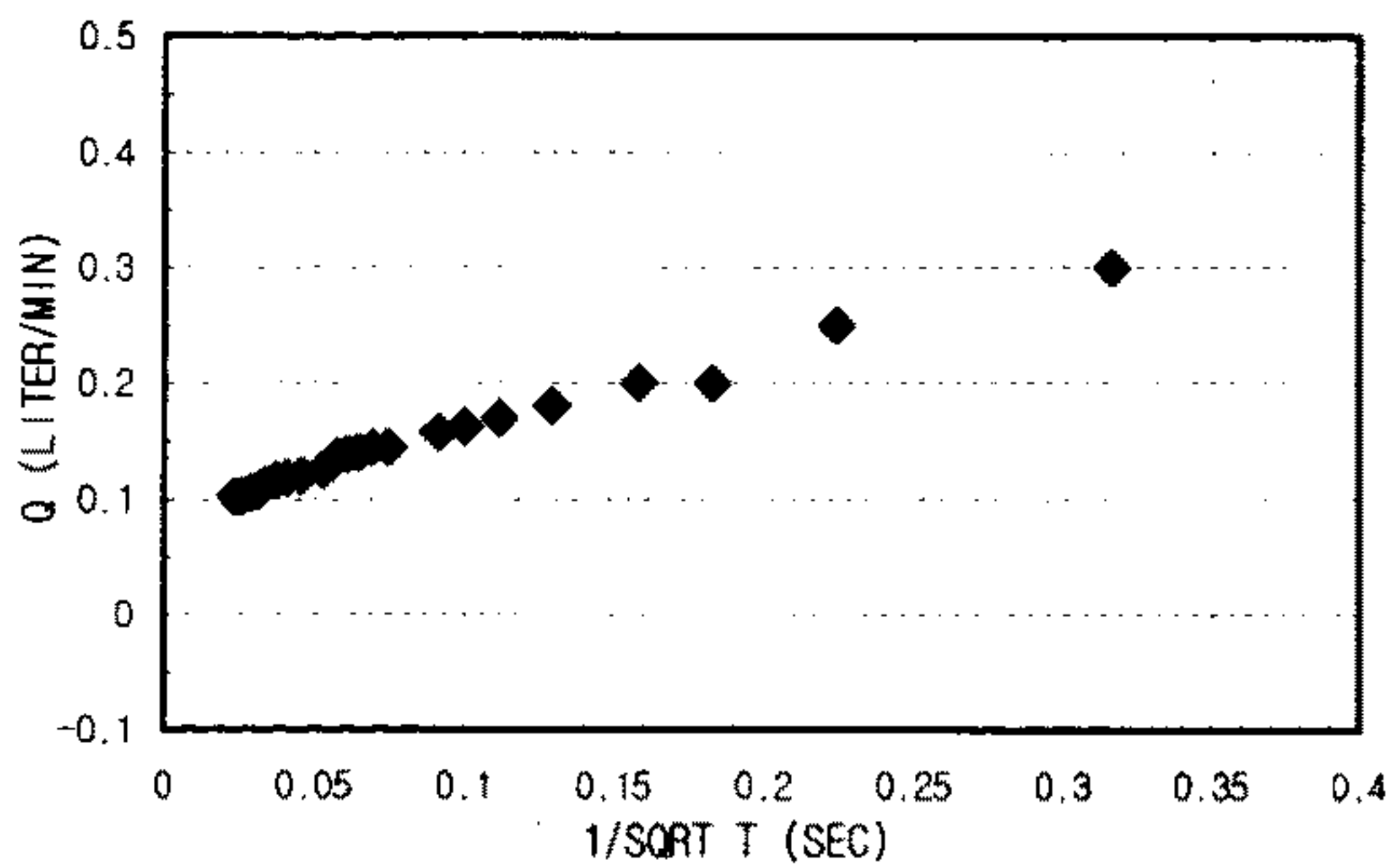
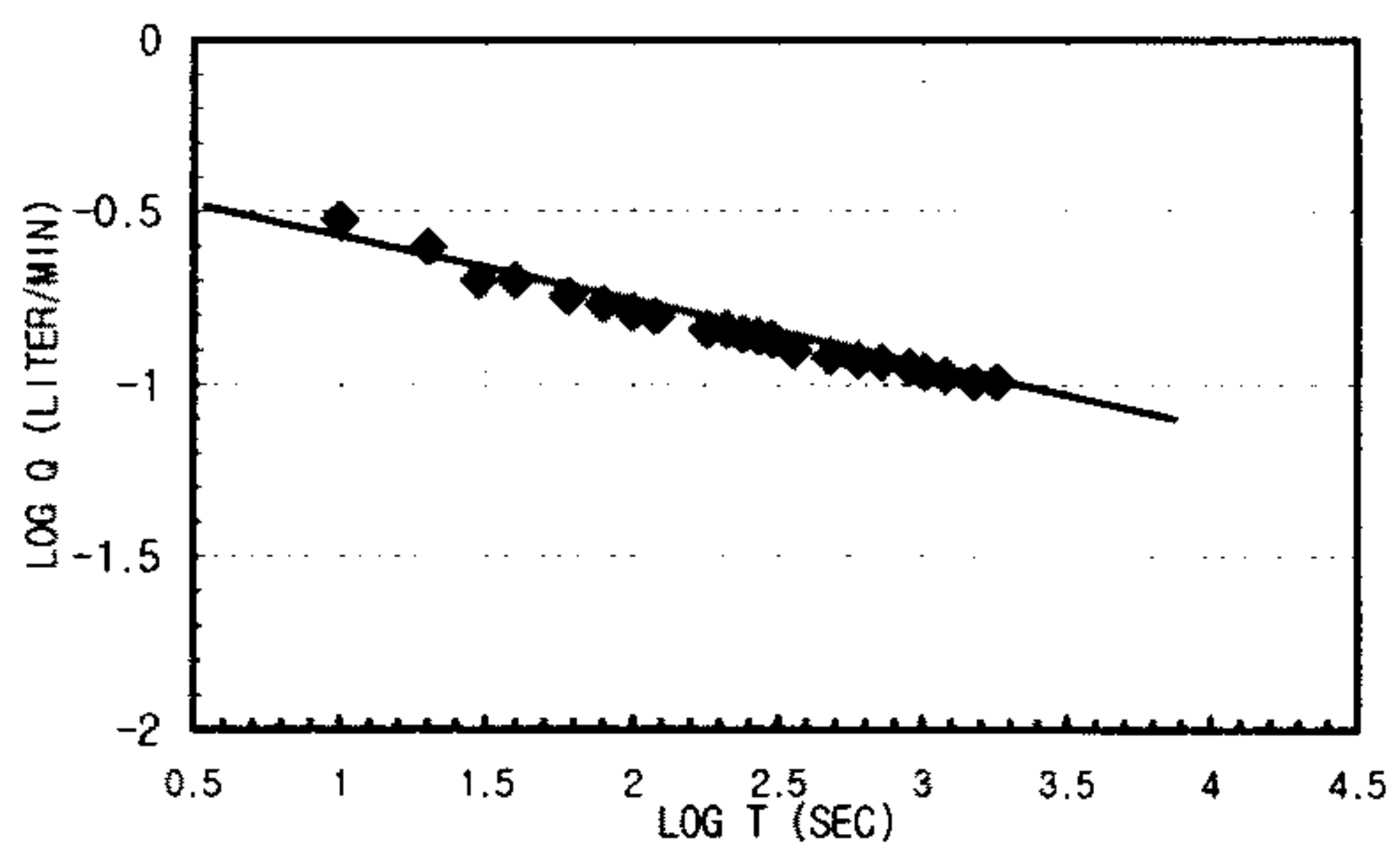
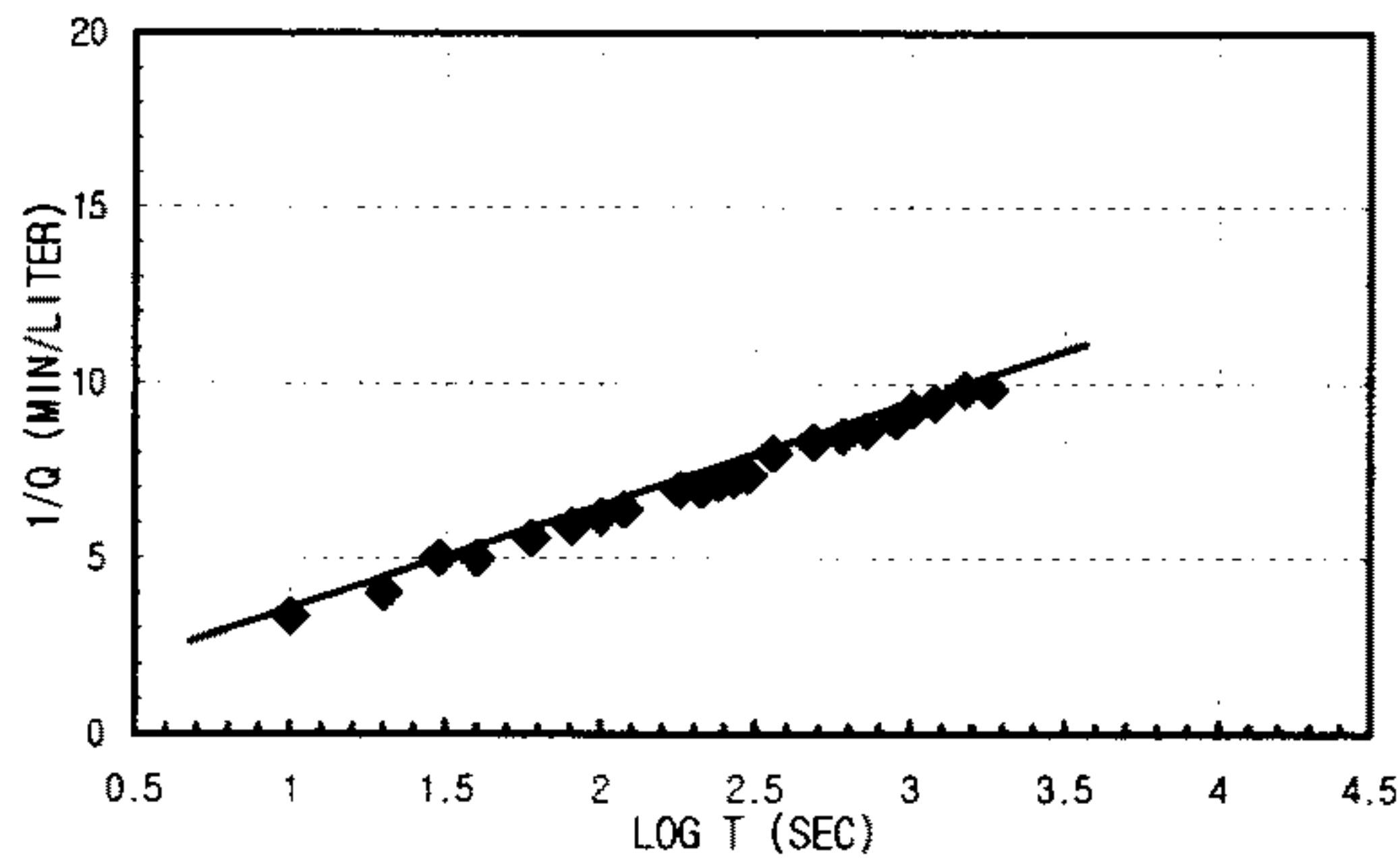
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad d = 360000$
 $m = 330000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 4.8745E-09 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 6.3262E-07 \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 0.000001 \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-06 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 6.3421E-08 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 0.00039357 \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 3.8436E-10 m/sec	Flow Type = Radial and spherical flow (2.5 < n < 3.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-13		
TEST SECTION	44.2M-47.6M		
STATIC G/W LEVEL	2.60M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960605175200-960605182600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16005.5-16005.8	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.3	2.8334124	40.3	1 3.3333333	1	-0.5228787	0.31622777	0.3
20	0.25	2.8334124	40.3	1.30103	4	1.30103	-0.60206	0.25
30	0.2	2.8334124	40.3	1.47712125	5	1.47712125	-0.69897	0.2
40	0.2	2.8966896	41.2	1.60205999	5	1.60205999	-0.69897	0.2
60	0.18	2.8966896	41.2	1.77815125	5.55555556	1.77815125	-0.7447275	0.18
80	0.17	2.81864772	40.09	1.90308999	5.88235294	1.90308999	-0.7695511	0.17
100	0.162	2.81864772	40.09	2	6.17283951	2	-0.790485	0.162
120	0.157	2.81864772	40.09	2.07918125	6.36942675	2.07918125	-0.8041003	0.157
180	0.144	2.81864772	40.09	2.25527251	6.94444444	2.25527251	-0.8416375	0.144
210	0.144	2.882628	41	2.32221929	6.94444444	2.32221929	-0.8416375	0.144
240	0.14	2.882628	41	2.38021124	7.14285714	2.38021124	-0.853872	0.14
270	0.138	2.882628	41	2.43136376	7.24637681	2.43136376	-0.8601209	0.138
300	0.136	2.882628	41	2.47712125	7.35294118	2.47712125	-0.8664611	0.136
360	0.125	2.882628	41	2.5563025	8	2.5563025	-0.90309	0.125
480	0.12	2.882628	41	2.68124124	8.33333333	2.68124124	-0.9208188	0.12
600	0.118	2.882628	41	2.77815125	8.47457627	2.77815125	-0.928118	0.118
720	0.116	2.882628	41	2.8573325	8.62068966	2.8573325	-0.935542	0.116
900	0.112	2.882628	41	2.95424251	8.92857143	2.95424251	-0.950782	0.112
1020	0.108	2.882628	41	3.00860017	9.25925926	3.00860017	-0.9665762	0.108
1200	0.106	2.8966896	41.2	3.07918125	9.43396226	3.07918125	-0.9746941	0.106
1500	0.102	2.8966896	41.2	3.17609126	9.80392157	3.17609126	-0.9913998	0.102
1800	0.102	2.8966896	41.2	3.25527251	9.80392157	3.25527251	-0.9913998	0.102



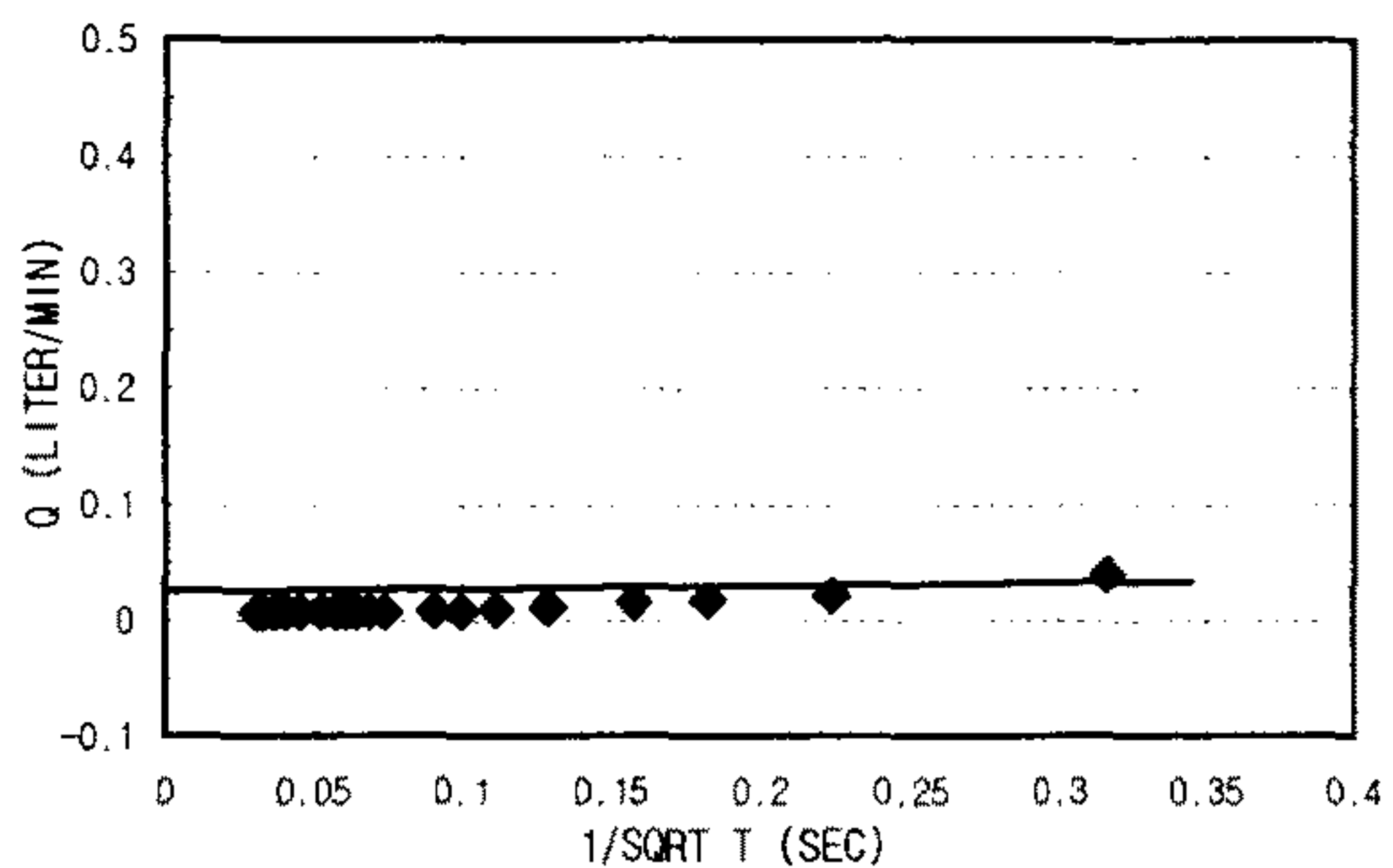
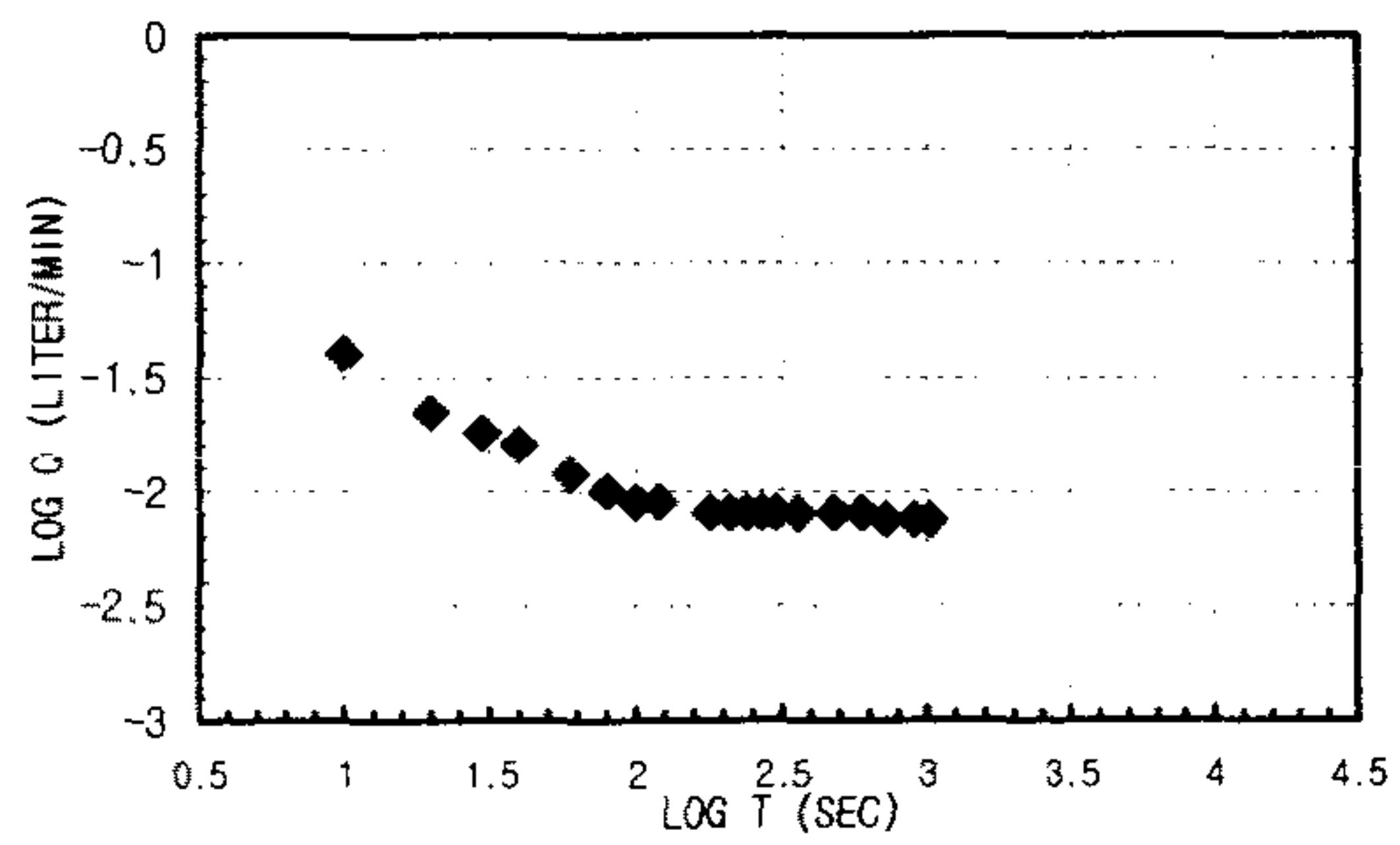
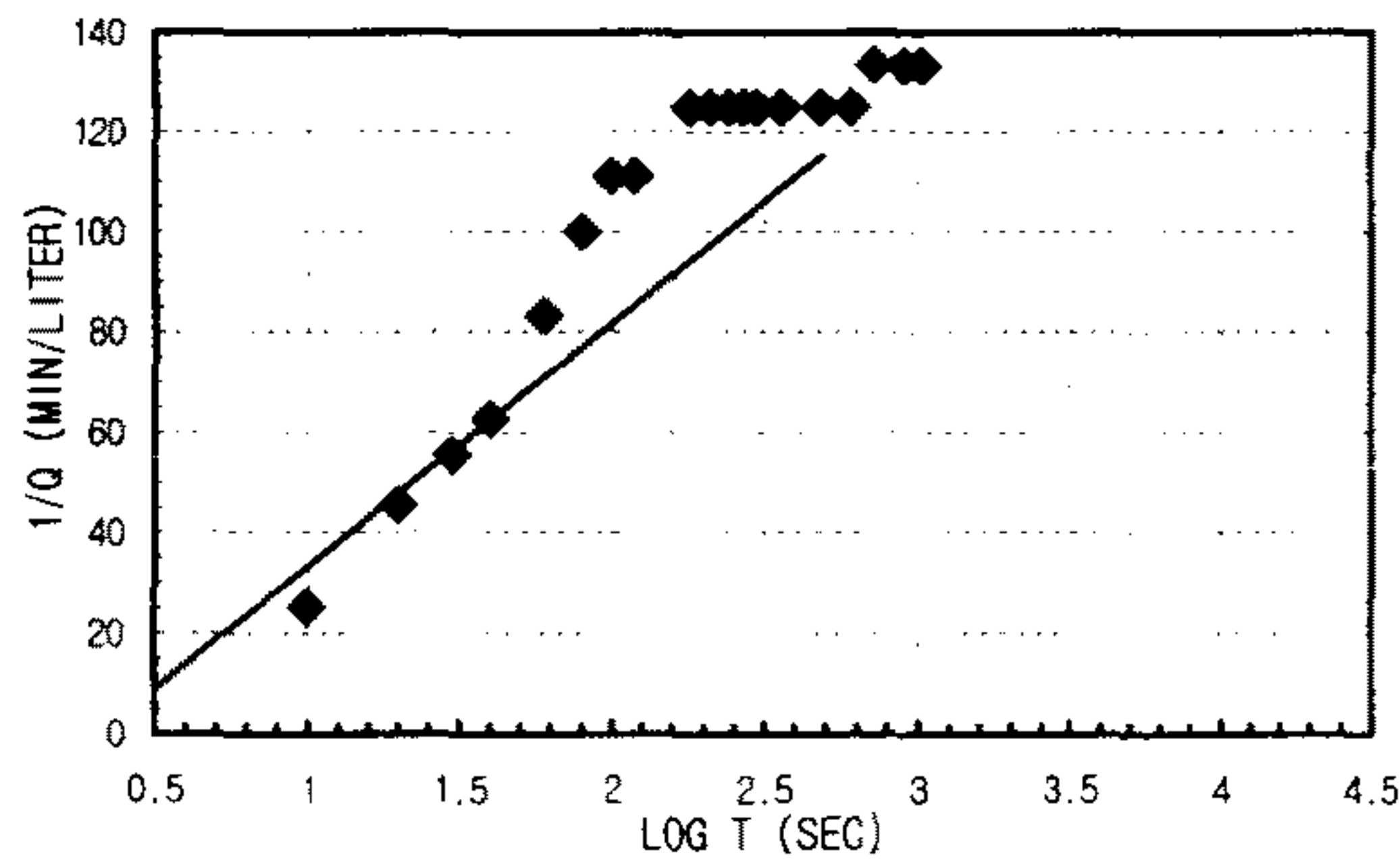
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = -0.0000075$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 7.1079E-09$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ $d = 96000$
 $m = 192000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 8.3781E-09$ m/sec
 $S_s = 4.239E-06$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} =	9.6091E-10 m/sec	Flow Type= Bilinear and radial flow (1.5<n<2.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-14		
TEST SECTION	47.6M-51.0M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960606091200-960606094600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.0-16007.1	TIME INTERVAL (MIN)	17
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	0.04	2.952936	42	1	25	1	-1.39794	0.31622777	0.04
20	0.022	2.952936	42	1.30103	45.4545455	1.30103	-1.6575773	0.2236068	0.022
30	0.018	2.952936	42	1.47712125	55.5555556	1.47712125	-1.7447275	0.18257419	0.018
40	0.016	2.952936	42	1.60205999	62.5	1.60205999	-1.79588	0.15811388	0.016
60	0.012	2.952936	42	1.77815125	83.3333333	1.77815125	-1.9208188	0.12909944	0.012
80	0.01	2.952936	42	1.90308999	100	1.90308999	-2	0.1118034	0.01
100	0.009	2.952936	42	2	111.111111	2	-2.0457575	0.1	0.009
120	0.009	2.952936	42	2.07918125	111.111111	2.07918125	-2.0457575	0.09128709	0.009
180	0.008	2.952936	42	2.25527251	125	2.25527251	-2.09691	0.0745356	0.008
210	0.008	2.952936	42	2.32221929	125	2.32221929	-2.09691	0.06900656	0.008
240	0.008	2.952936	42	2.38021124	125	2.38021124	-2.09691	0.06454972	0.008
270	0.008	2.952936	42	2.43136376	125	2.43136376	-2.09691	0.06085806	0.008
300	0.008	2.952936	42	2.47712125	125	2.47712125	-2.09691	0.05773503	0.008
360	0.008	2.952936	42	2.5563025	125	2.5563025	-2.09691	0.05270463	0.008
480	0.008	2.952936	42	2.68124124	125	2.68124124	-2.09691	0.04564355	0.008
600	0.008	2.952936	42	2.77815125	125	2.77815125	-2.09691	0.04082483	0.008
720	0.0075	2.952936	42	2.8573325	133.333333	2.8573325	-2.1249387	0.0372678	0.0075
900	0.0075	2.952936	42	2.95424251	133.333333	2.95424251	-2.1249387	0.03333333	0.0075
1020	0.0075	2.952936	42	3.00860017	133.333333	3.00860017	-2.1249387	0.03131121	0.0075



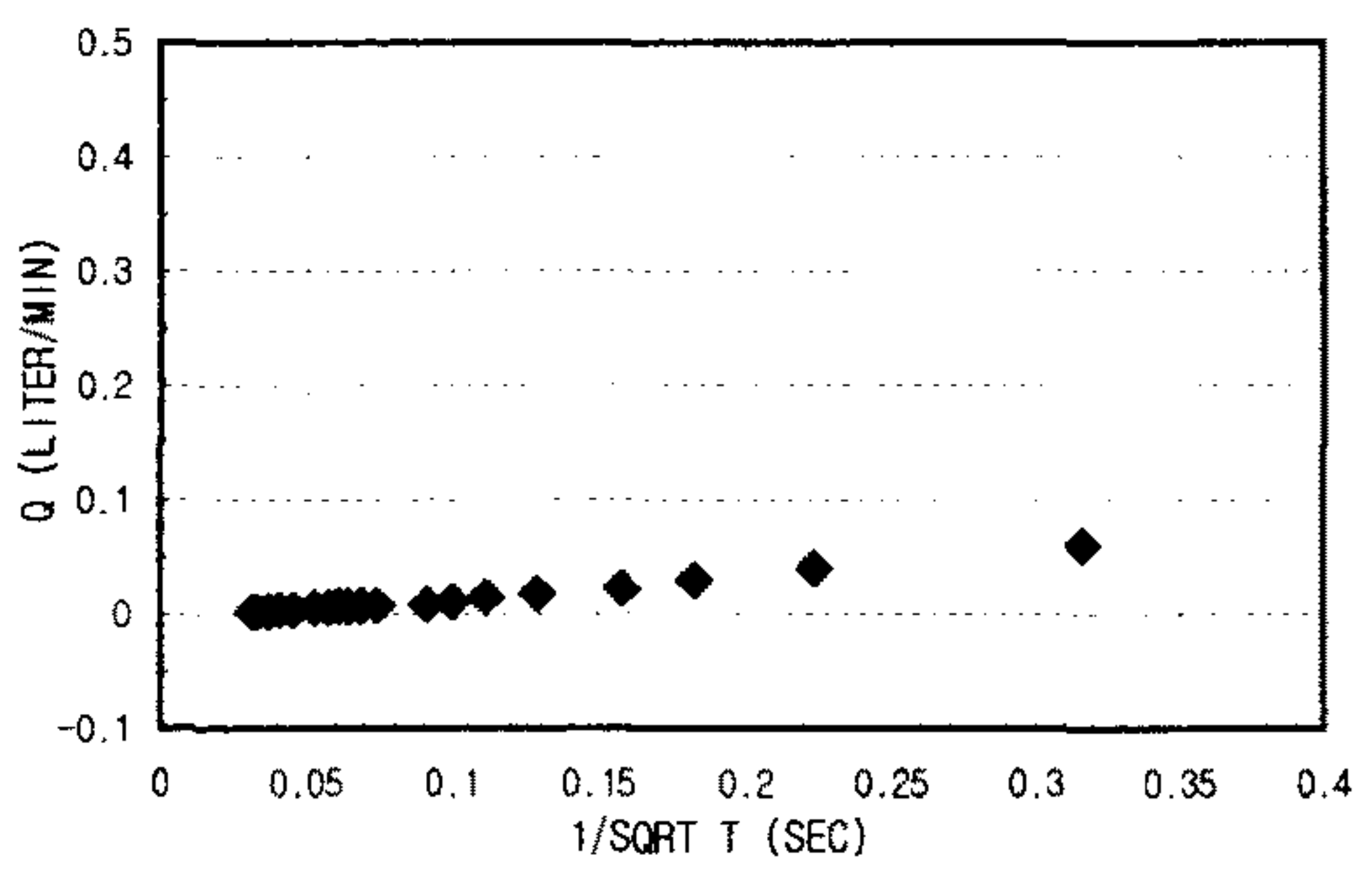
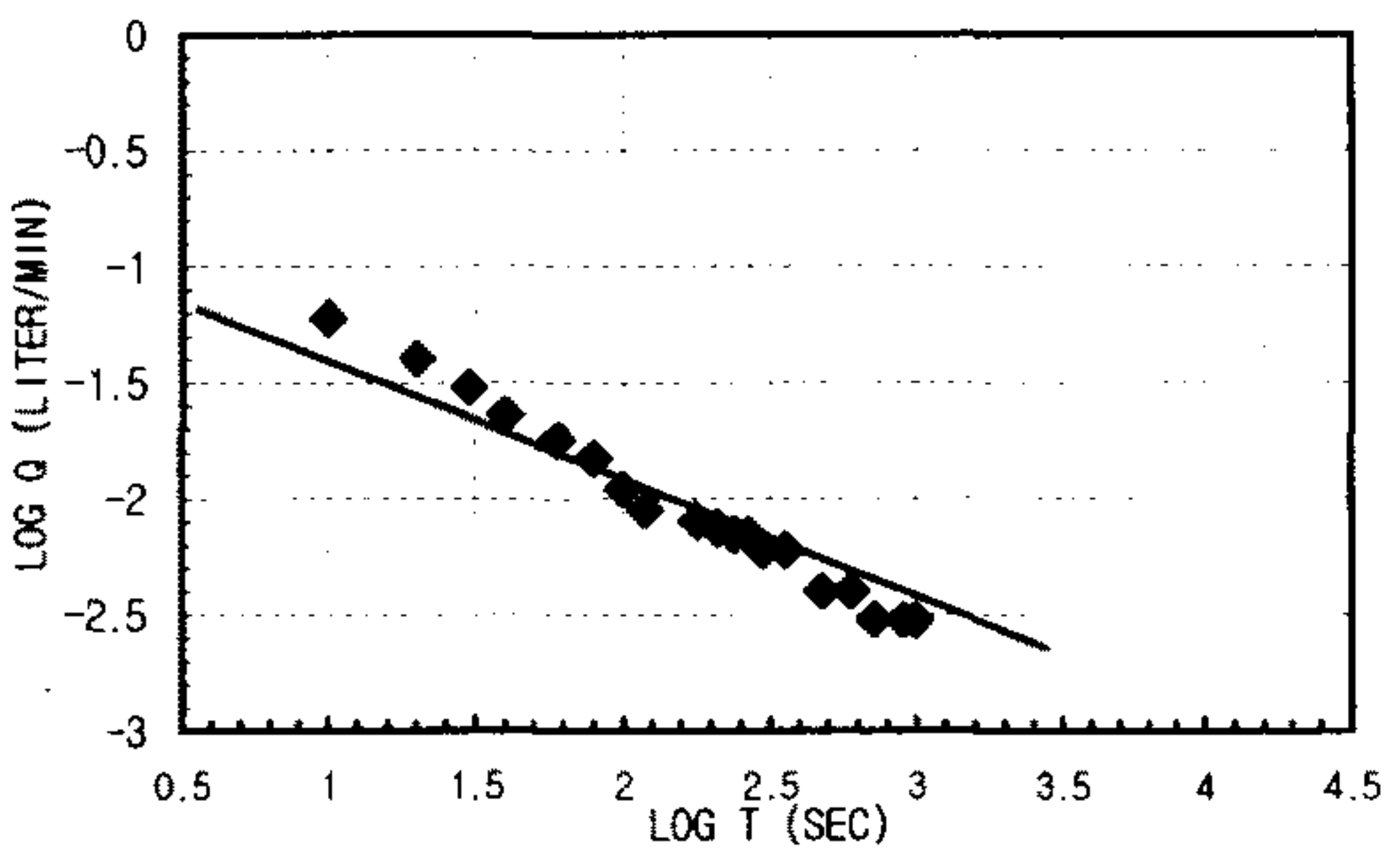
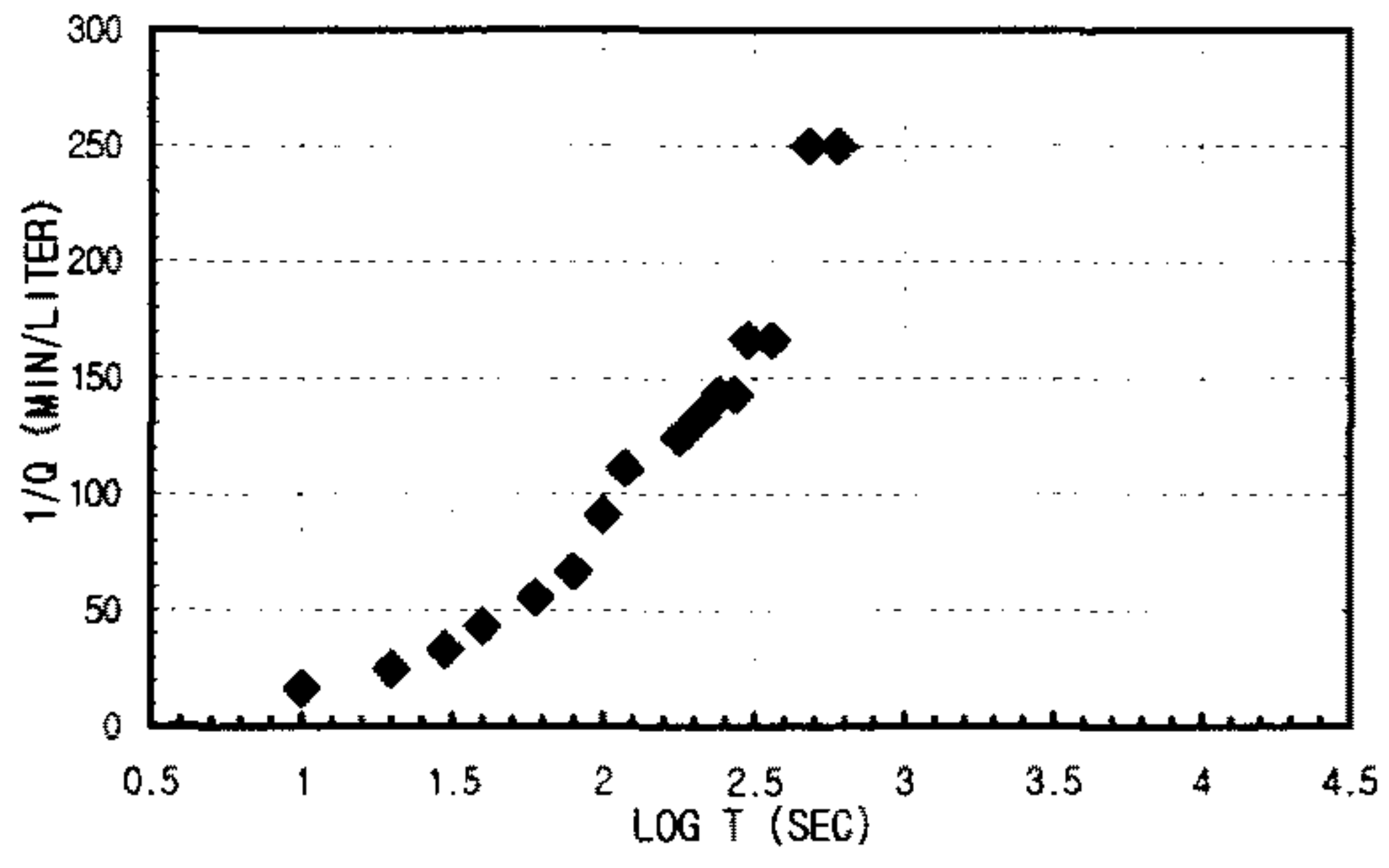
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 300000$
 $m = 3000000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 5.362E-10 \text{ m/sec}$
 $S_s = 6.8147E-07 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 1.6667E-07 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 0.00000025 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.057E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 5.3131E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 5.6524E-10 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-15		
TEST SECTION	51.0M-54.6M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960606100000-960606103300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.1-16007.15	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.05

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.06	2.917782	41.5	16.666667	1	-1.2218487	0.31622777	0.06
20	0.04	2.9248128	41.6	1.30103	25	-1.39794	0.2236068	0.04
30	0.03	2.952936	42	1.47712125	33.3333333	-1.5228787	0.18257419	0.03
40	0.023	2.952936	42	1.60205999	43.4782609	-1.6382722	0.15811388	0.023
60	0.018	2.952936	42	1.77815125	55.5555556	-1.7447275	0.12909944	0.018
80	0.015	2.952936	42	1.90308999	66.6666667	-1.8239087	0.1118034	0.015
100	0.011	2.952936	42	2	90.9090909	-1.9586073	0.1	0.011
120	0.009	2.952936	42	2.07918125	111.111111	-2.0457575	0.09128709	0.009
180	0.008	2.952936	42	2.25527251	125	-2.09691	0.0745356	0.008
210	0.0075	2.952936	42	2.32221929	133.333333	-2.1249387	0.06900656	0.0075
240	0.007	2.952936	42	2.38021124	142.857143	-2.154902	0.06454972	0.007
270	0.007	2.952936	42	2.43136376	142.857143	-2.154902	0.06085806	0.007
300	0.006	2.952936	42	2.47712125	166.666667	-2.2218487	0.05773503	0.006
360	0.006	2.952936	42	2.5563025	166.666667	-2.2218487	0.05270463	0.006
480	0.004	2.952936	42	2.68124124	250	-2.39794	0.04564355	0.004
600	0.004	2.952936	42	2.77815125	250	-2.39794	0.04082483	0.004
720	0.003	2.952936	42	2.8573325	333.333333	-2.5228787	0.0372678	0.003
900	0.003	2.952936	42	2.95424251	333.333333	-2.5228787	0.03333333	0.003
990	0.003	2.952936	42	2.99563519	333.333333	-2.5228787	0.03178209	0.003



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = -1.467E-05$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 2.7182E-08$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ $d =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

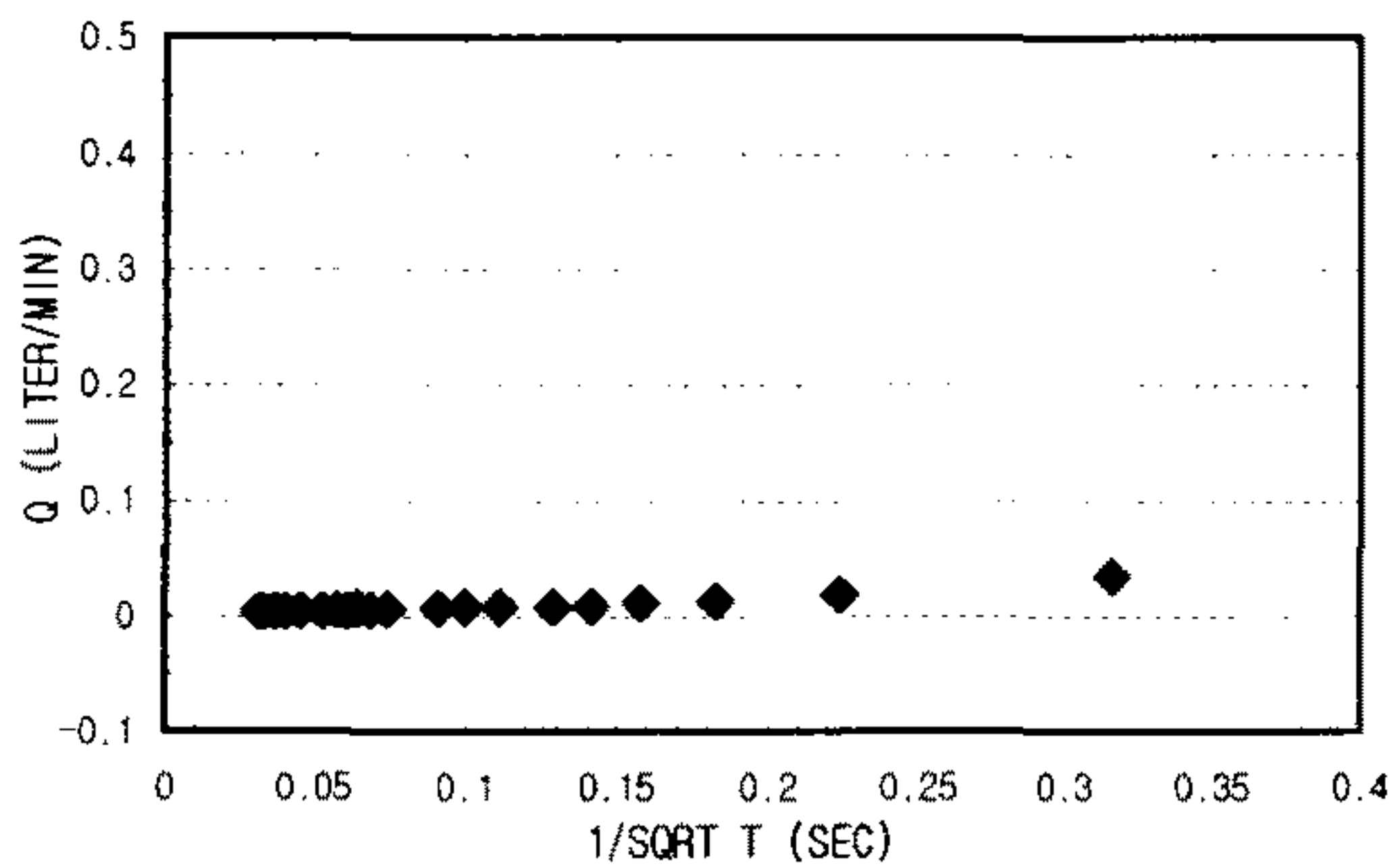
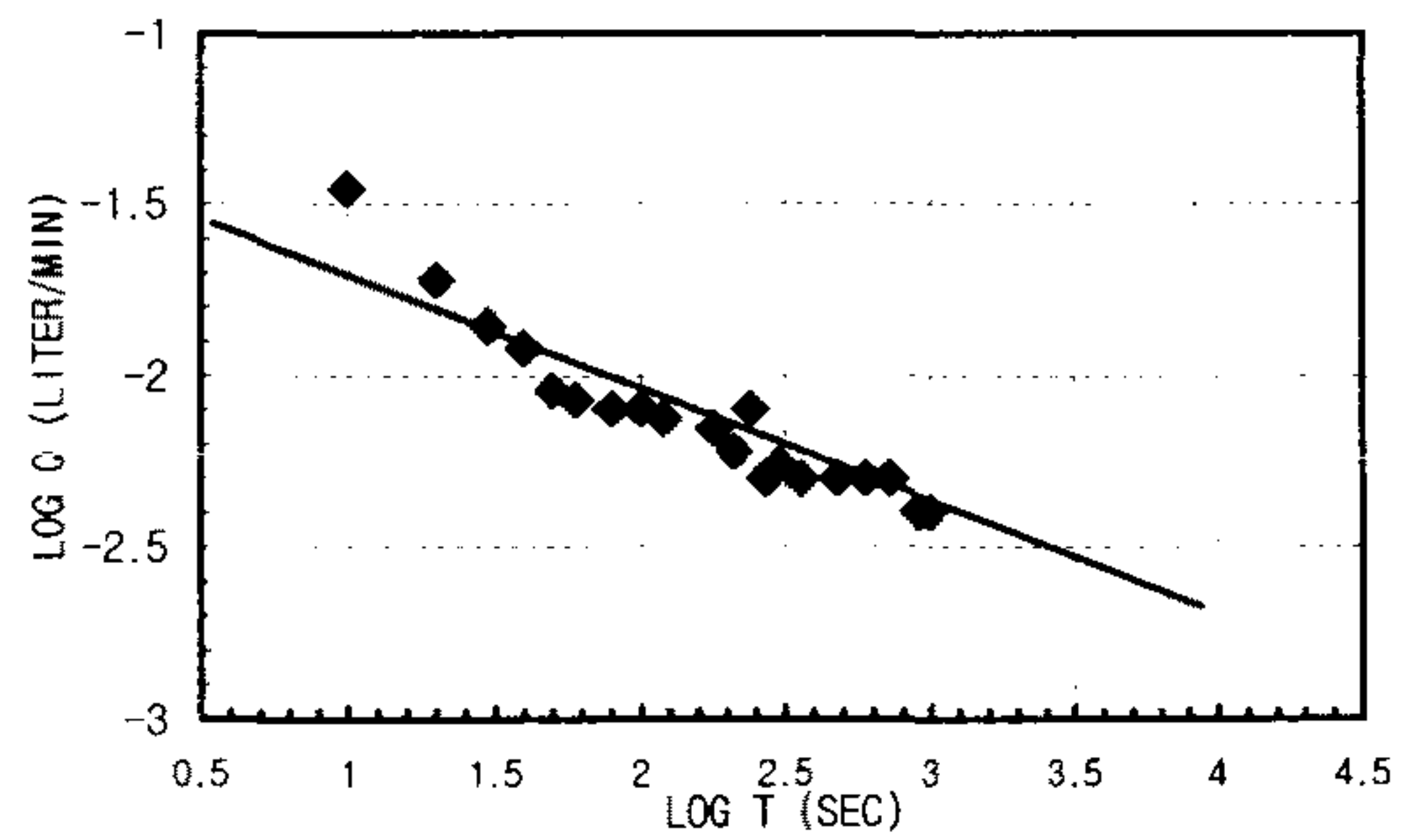
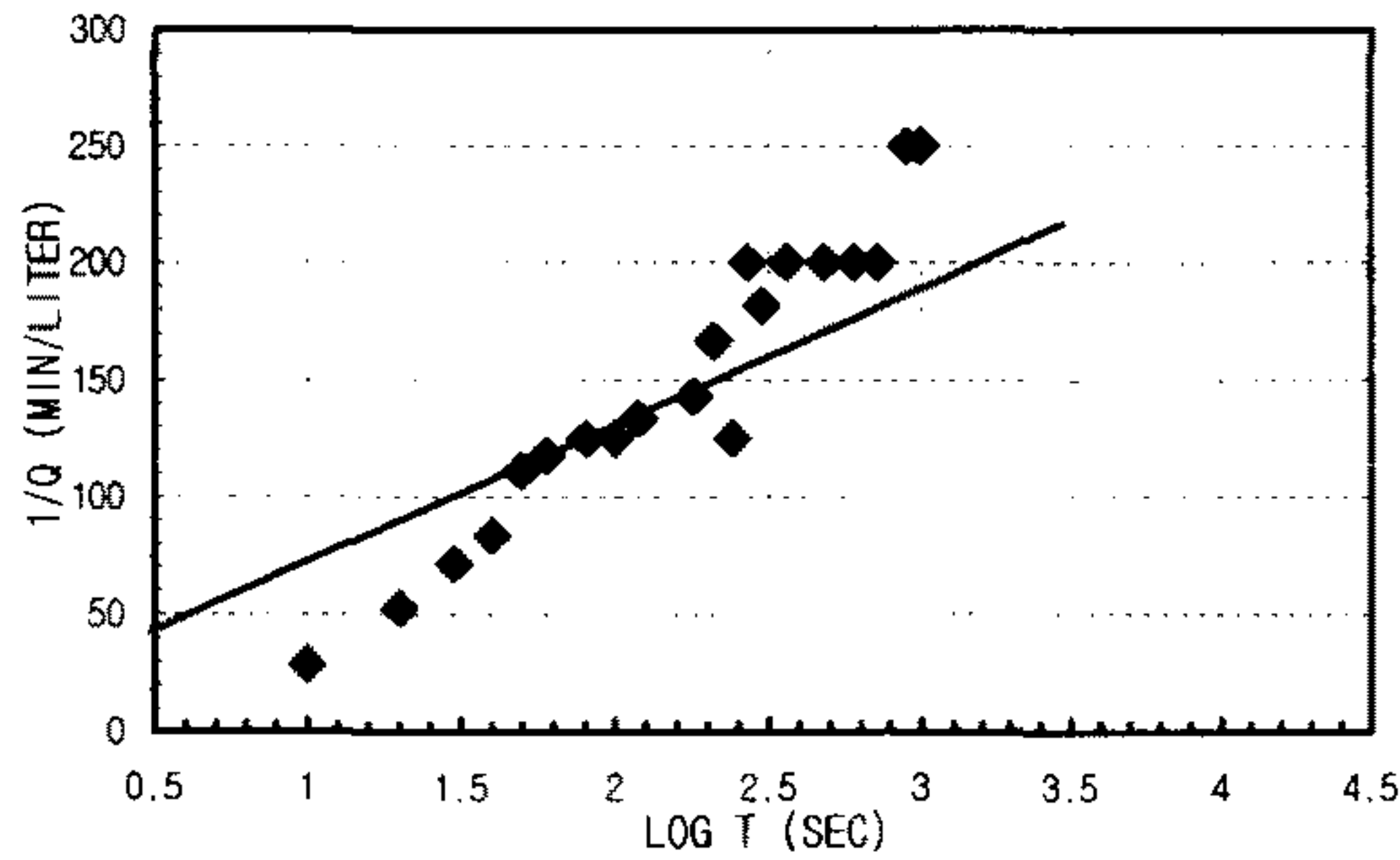
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} = 2.9118E-10 m/sec	Flow Type= Linear and bilinear flow (1.0<n<1.5)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-16		
TEST SECTION	54.6M-58.0M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960606105000-960606112300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.15-16007.2	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.05

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.035	2.952936	42	1 28.5714286	1	-1.455932	0.31622777	0.035
20	0.019	2.952936	42	1.30103 52.6315789	1.30103	-1.7212464	0.2236068	0.019
30	0.014	2.952936	42	1.47712125 71.4285714	1.47712125	-1.853872	0.18257419	0.014
40	0.012	2.952936	42	1.60205999 83.3333333	1.60205999	-1.9208188	0.15811388	0.012
50	0.009	2.952936	42	1.69897 111.111111	1.69897	-2.0457575	0.14142136	0.009
60	0.0085	2.952936	42	1.77815125 117.647059	1.77815125	-2.0705811	0.12909944	0.0085
80	0.008	2.952936	42	1.90308999 125	1.90308999	-2.09691	0.1118034	0.008
100	0.008	2.952936	42	2 125	2	-2.09691	0.1	0.008
120	0.0075	2.952936	42	2.07918125 133.333333	2.07918125	-2.1249387	0.09128709	0.0075
180	0.007	2.952936	42	2.25527251 142.857143	2.25527251	-2.154902	0.0745356	0.007
210	0.006	2.952936	42	2.32221929 166.666667	2.32221929	-2.2218487	0.06900656	0.006
240	0.008	2.952936	42	2.38021124 125	2.38021124	-2.09691	0.06454972	0.008
270	0.005	2.952936	42	2.43136376 200	2.43136376	-2.30103	0.06085806	0.005
300	0.0055	2.952936	42	2.47712125 181.818182	2.47712125	-2.2596373	0.05773503	0.0055
360	0.005	2.952936	42	2.5563025 200	2.5563025	-2.30103	0.05270463	0.005
480	0.005	2.952936	42	2.68124124 200	2.68124124	-2.30103	0.04564355	0.005
600	0.005	2.952936	42	2.77815125 200	2.77815125	-2.30103	0.04082483	0.005
720	0.005	2.952936	42	2.8573325 200	2.8573325	-2.30103	0.0372678	0.005
900	0.004	2.952936	42	2.95424251 250	2.95424251	-2.39794	0.03333333	0.004
990	0.004	2.952936	42	2.99563519 250	2.99563519	-2.39794	0.03178209	0.004



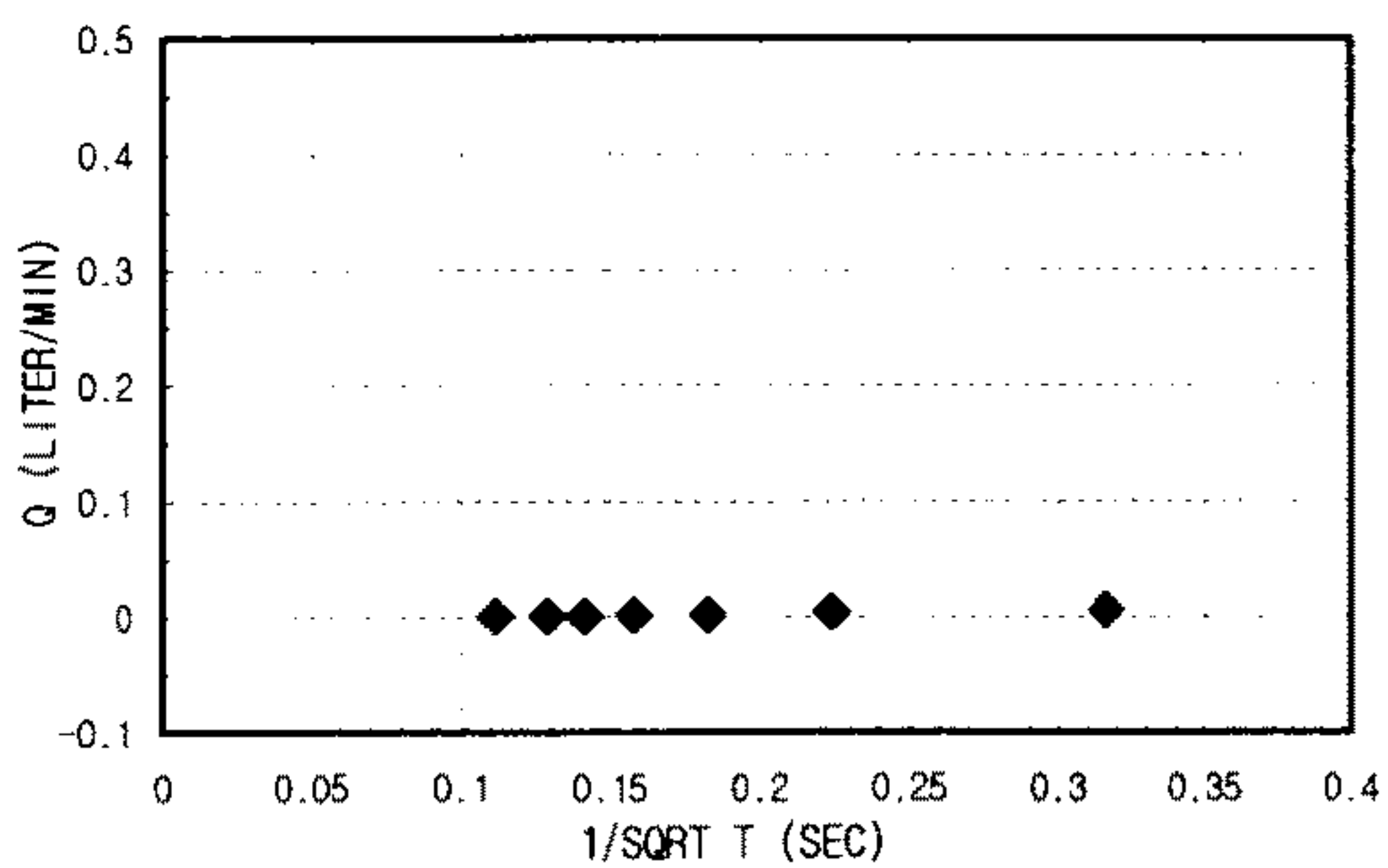
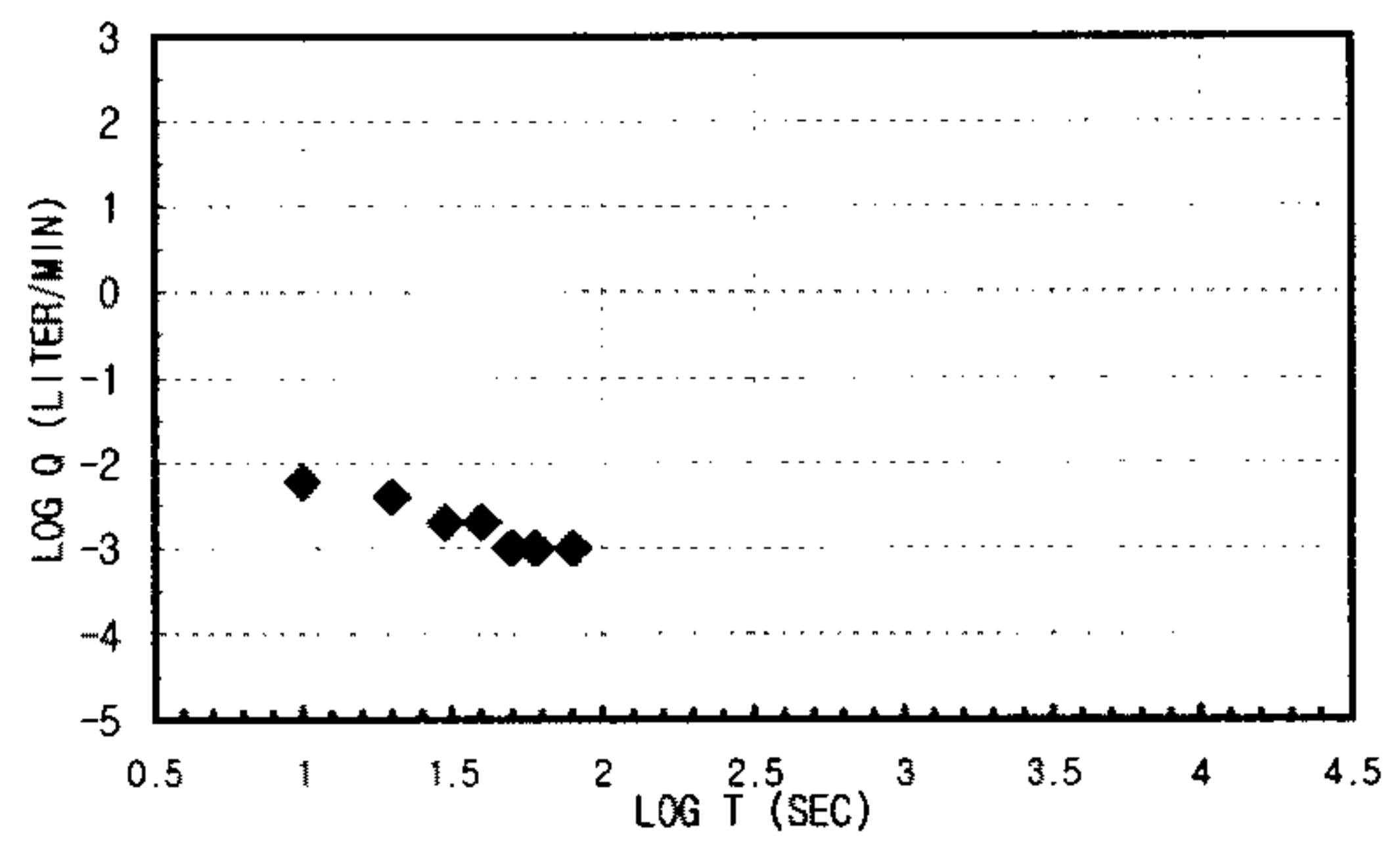
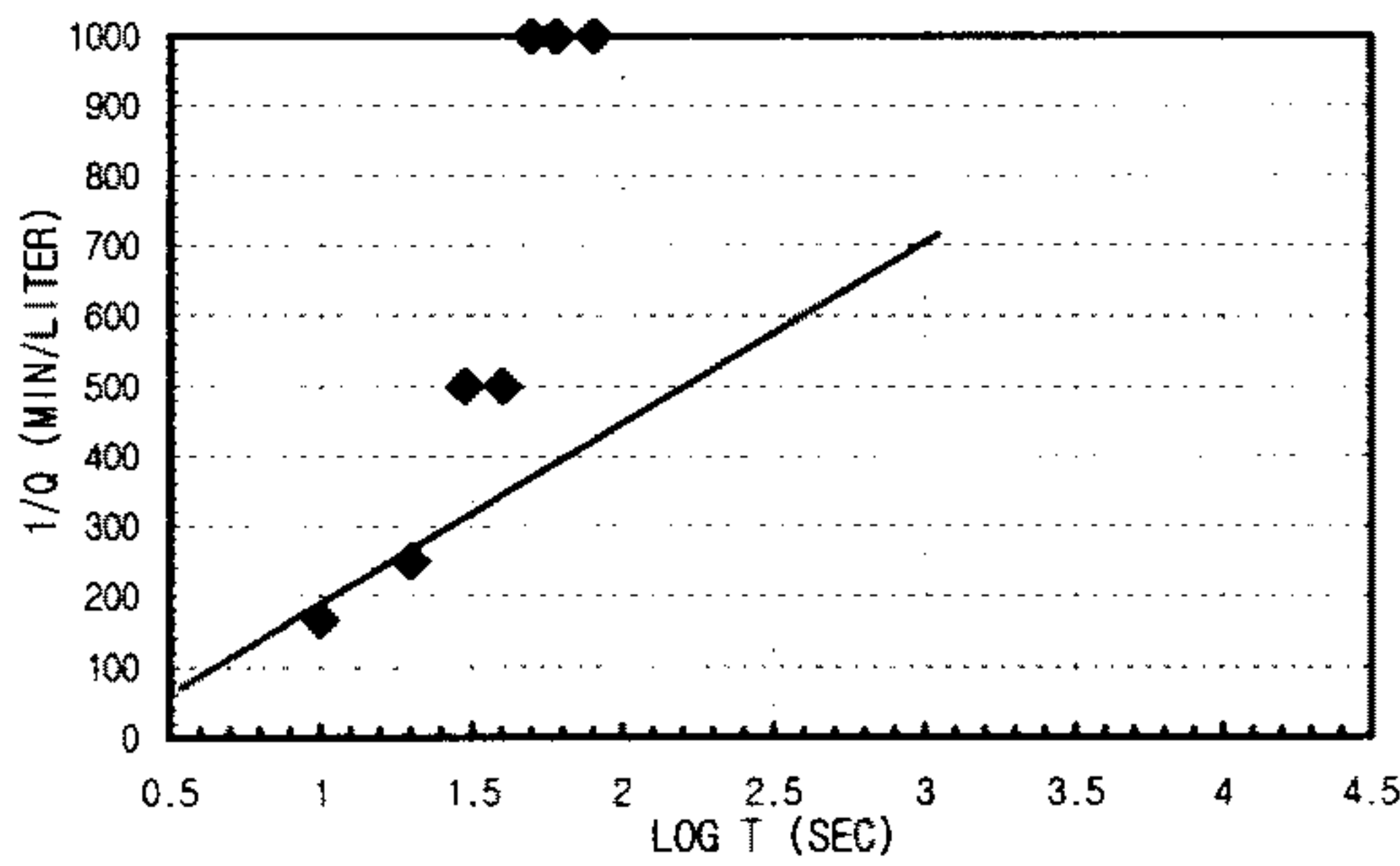
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = -2.583E-05$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 8.4329E-08$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ $d = 210000$
 $m = 3900000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 4.1246E-10$ m/sec
 $S_s = 1.91E-07$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} =	2.9118E-10 m/sec	Flow Type= Linear and radial flow (1.0<n<2.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-17		
TEST SECTION	58.0M-61.4M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960606113700-960606115600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.2-16007.2	TIME INTERVAL (MIN)	1.33333333
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.004

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	0.006	2.952936	42	1	166.666667	1	-2.2218487	0.31622777	0.006
20	0.004	2.952936	42	1.30103	250	1.30103	-2.39794	0.2236068	0.004
30	0.002	2.952936	42	1.47712125	500	1.47712125	-2.69897	0.18257419	0.002
40	0.002	2.952936	42	1.60205999	500	1.60205999	-2.69897	0.15811388	0.002
50	0.001	2.952936	42	1.69897	1000	1.69897	-3	0.14142136	0.001
60	0.001	2.952936	42	1.77815125	1000	1.77815125	-3	0.12909944	0.001
80	0.001	2.952936	42	1.90308999	1000	1.90308999	-3	0.1118034	0.001
100				2		2		0.1	
120				2.07918125		2.07918125		0.09128709	
180				2.25527251		2.25527251		0.0745356	
240				2.38021124		2.38021124		0.06454972	
270				2.43136376		2.43136376		0.06085806	
300				2.47712125		2.47712125		0.05773503	
360				2.5563025		2.5563025		0.05270463	
480				2.68124124		2.68124124		0.04564355	
600				2.77815125		2.77815125		0.04082483	
720				2.8573325		2.8573325		0.0372678	
900				2.95424251		2.95424251		0.03333333	
990				2.99563519		2.99563519		0.03178209	
1200				3.07918125		3.07918125		0.02886751	
1800				3.25527251		3.25527251		0.02357023	
2100				3.32221929		3.32221929		0.02182179	
2400				3.38021124		3.38021124		0.02041241	



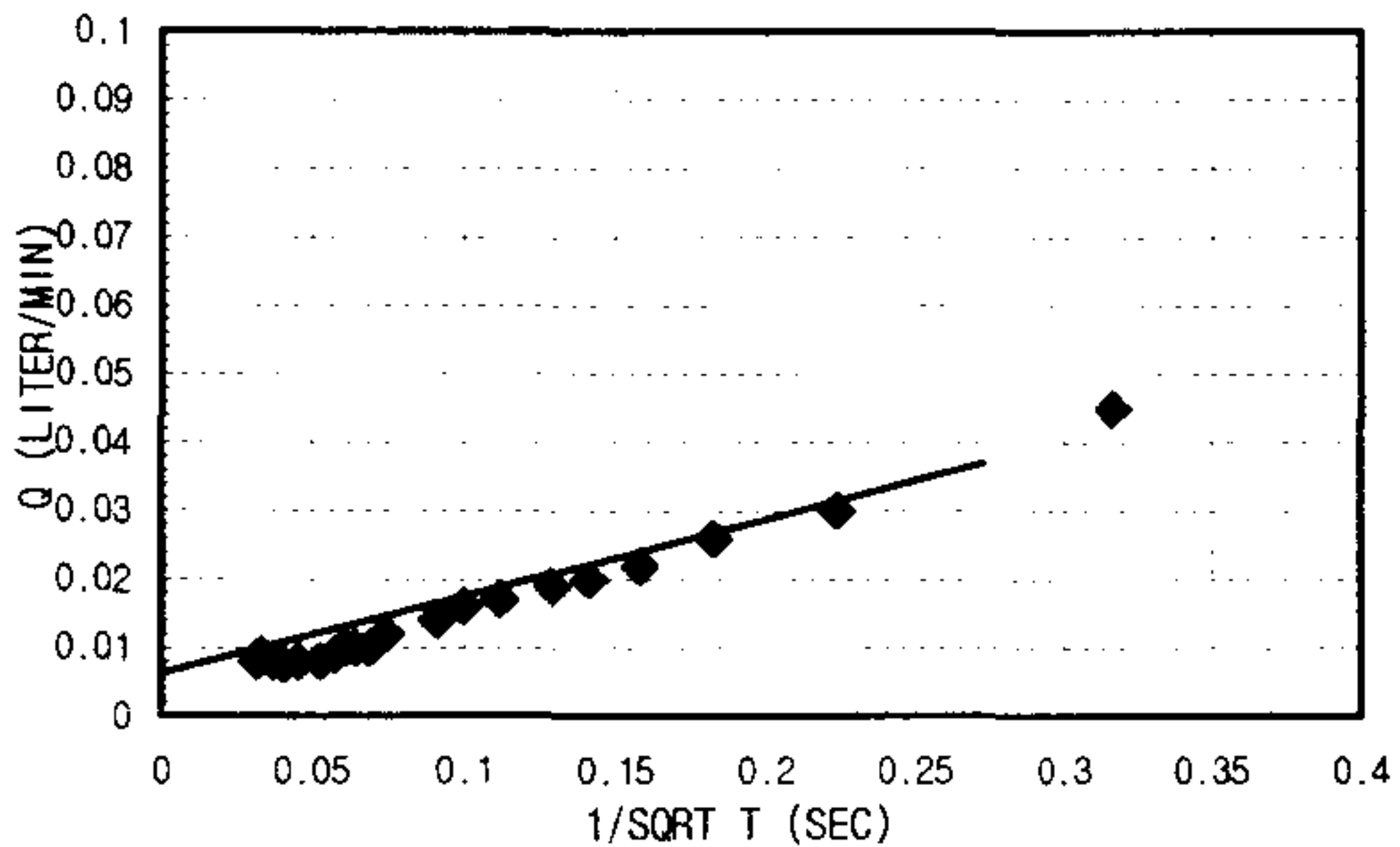
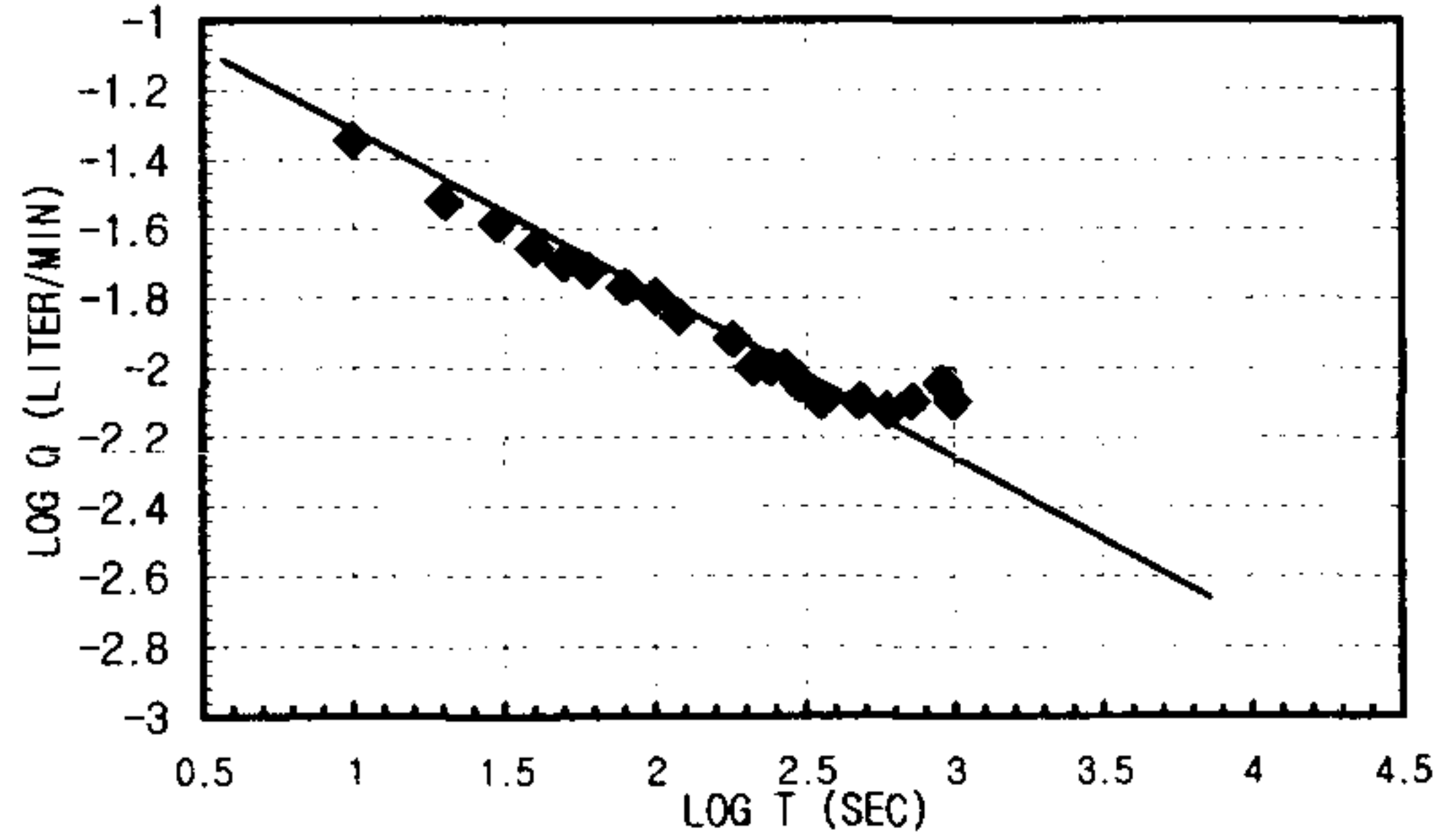
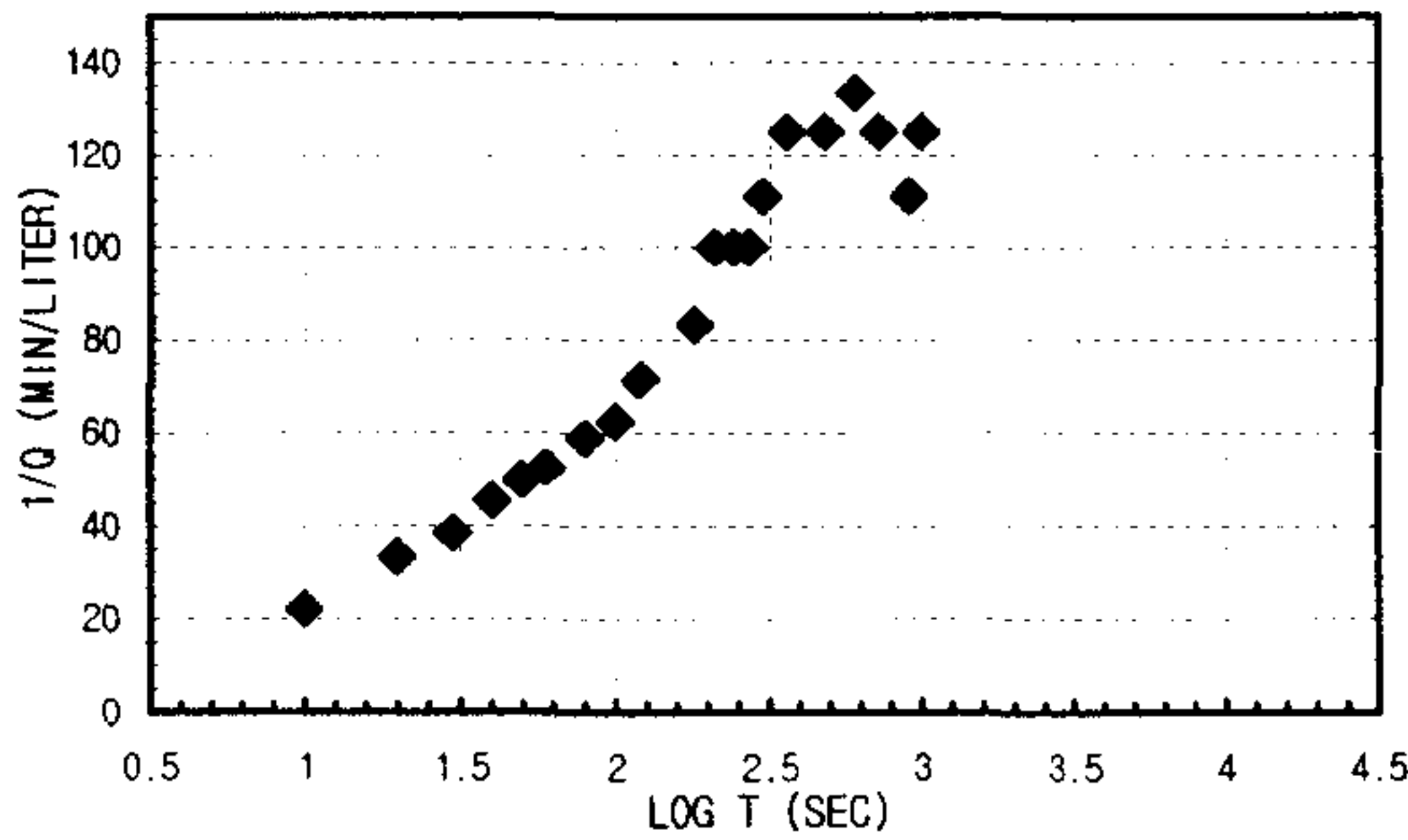
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad d = 2400000$
 $m = 15600000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 1.0311E-10 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 1.1577E-07 \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = \quad h_{w0} =$
 $m = \quad r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 2.8827E-10 m/sec	Flow Type= Radial flow (n=2.0)
--	--------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-18		
TEST SECTION	61.4M-64.8M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960606121000-960606124300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.2-16007.3	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.045	2.952936	42	1 22.222222	1	-1.3467875	0.31622777	0.045
20	0.03	2.952936	42	1.30103 33.333333	1.30103	-1.5228787	0.2236068	0.03
30	0.026	2.952936	42	1.47712125 38.4615385	1.47712125	-1.5850267	0.18257419	0.026
40	0.022	2.952936	42	1.60205999 45.4545455	1.60205999	-1.6575773	0.15811388	0.022
50	0.02	2.952936	42	1.69897 50	1.69897	-1.69897	0.14142136	0.02
60	0.019	2.952936	42	1.77815125 52.6315789	1.77815125	-1.7212464	0.12909944	0.019
80	0.017	2.952936	42	1.90308999 58.8235294	1.90308999	-1.7695511	0.1118034	0.017
100	0.016	2.952936	42	2 62.5	2	-1.79588	0.1	0.016
120	0.014	2.952936	42	2.07918125 71.4285714	2.07918125	-1.853872	0.09128709	0.014
180	0.012	2.952936	42	2.25527251 83.3333333	2.25527251	-1.9208188	0.0745356	0.012
210	0.01	2.952936	42	2.32221929 100	2.32221929	-2	0.06900656	0.01
240	0.01	2.952936	42	2.38021124 100	2.38021124	-2	0.06454972	0.01
270	0.01	2.952936	42	2.43136376 100	2.43136376	-2	0.06085806	0.01
300	0.009	2.952936	42	2.47712125 111.111111	2.47712125	-2.0457575	0.05773503	0.009
360	0.008	2.952936	42	2.5563025 125	2.5563025	-2.09691	0.05270463	0.008
480	0.008	2.952936	42	2.68124124 125	2.68124124	-2.09691	0.04564355	0.008
600	0.0075	2.952936	42	2.77815125 133.333333	2.77815125	-2.1249387	0.04082483	0.0075
720	0.008	2.952936	42	2.8573325 125	2.8573325	-2.09691	0.0372678	0.008
900	0.009	2.952936	42	2.95424251 111.111111	2.95424251	-2.0457575	0.03333333	0.009
990	0.008	2.952936	42	2.99563519 125	2.99563519	-2.09691	0.03178209	0.008



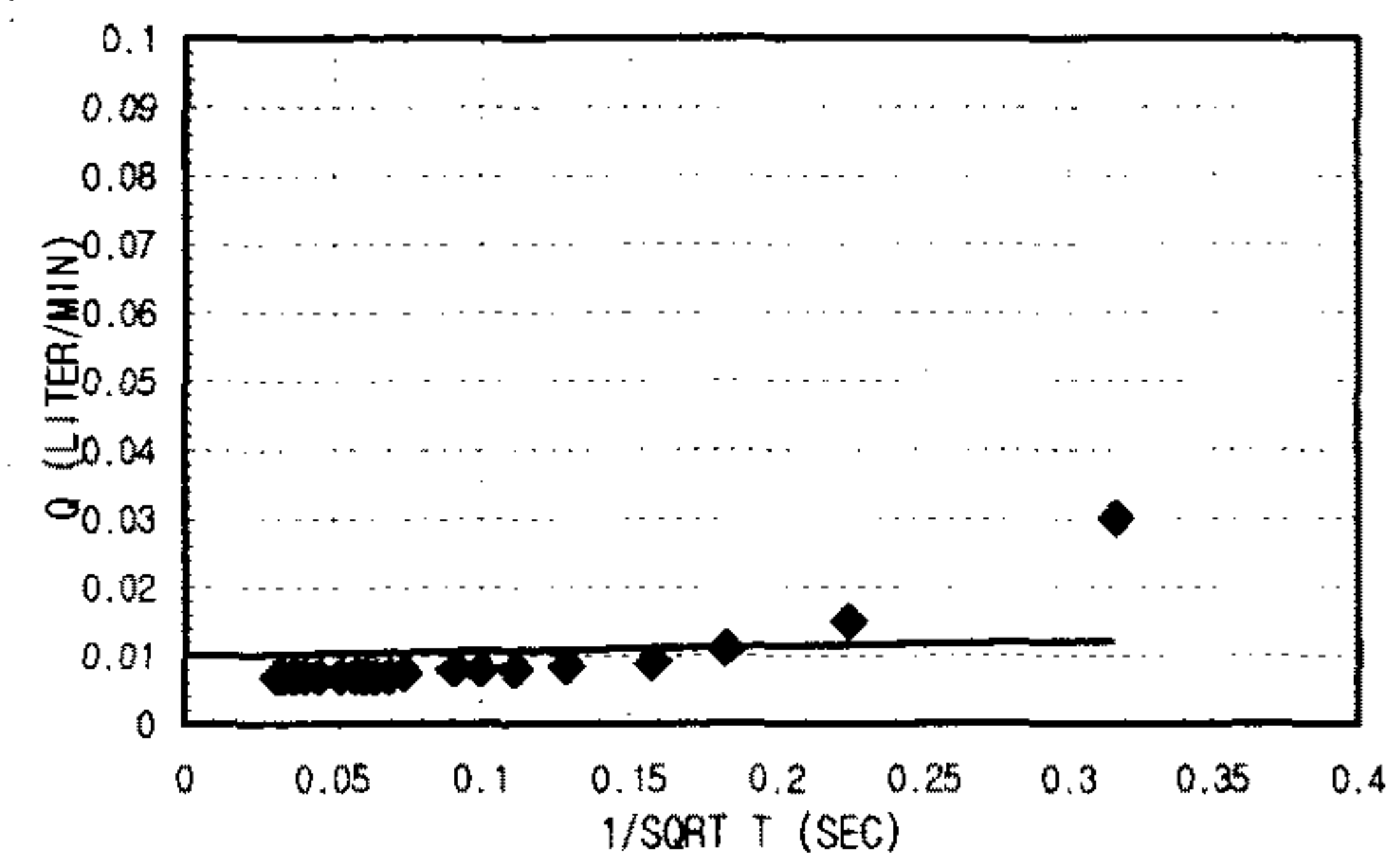
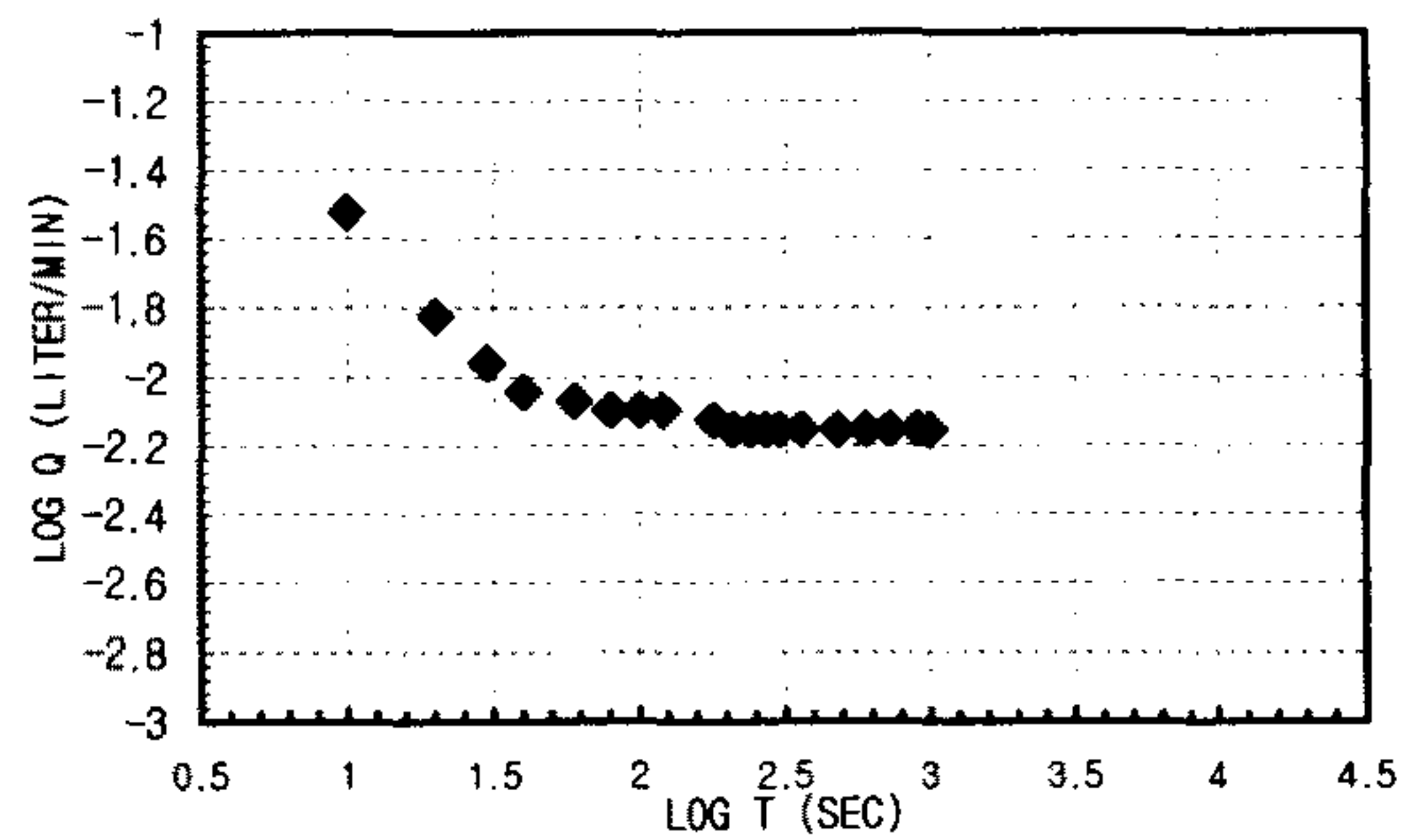
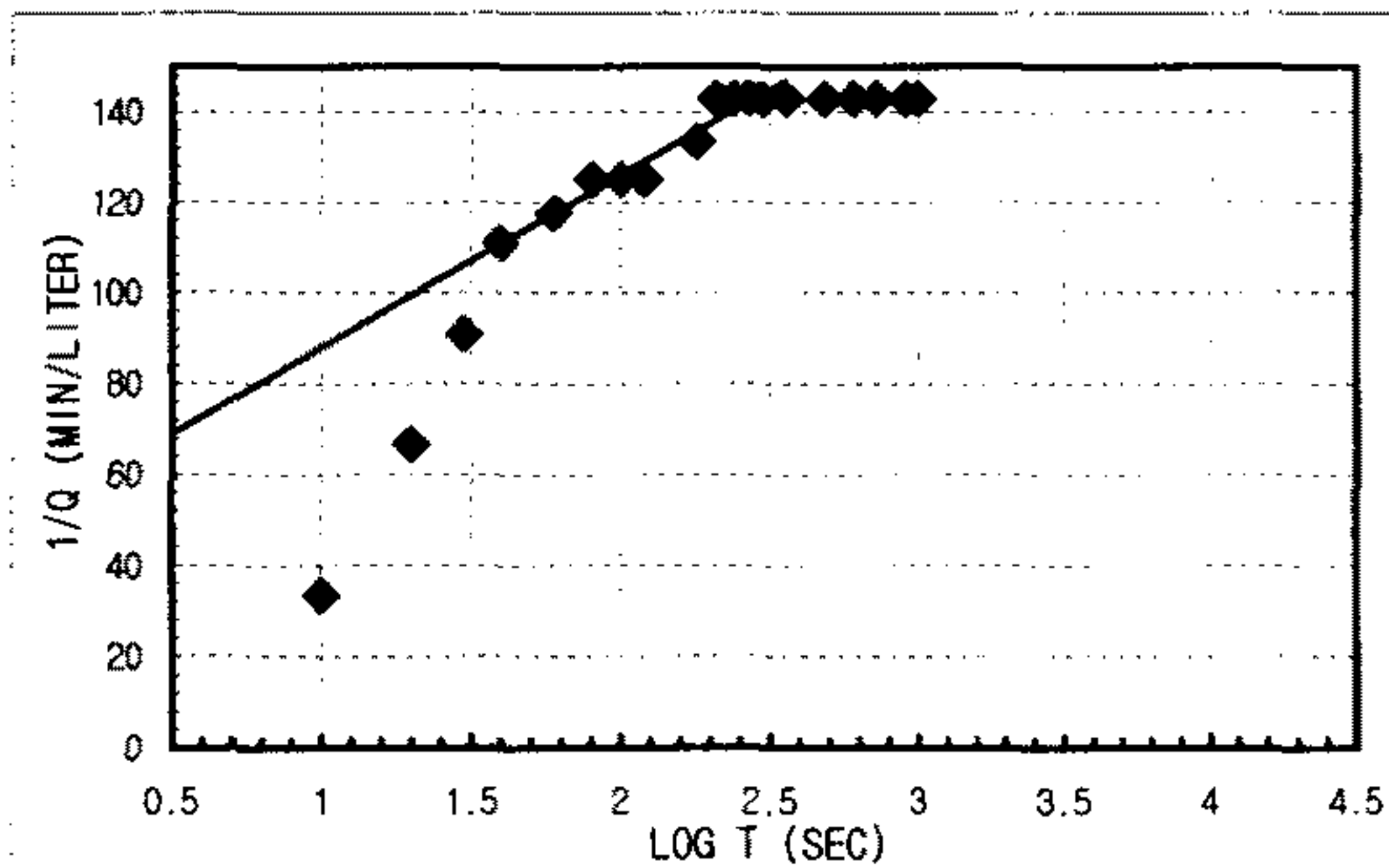
1. Linear Flow
 - $q(t_0=1) = -1.417E-05$ A = 0.00471239
 - $h_{w0} = 33.46$
 - $KS_s = 2.536E-08$ m/sec
2. Radial Flow
 - $h_{w0} =$ d =
 - $m =$ $r_w =$
 - $K = \#DIV/0!$ m/sec
 - $S_s = \#DIV/0!$ m/sec
3. Spherical Flow
 - $d = 0.00000005$ $h_{w0} = 33.46$
 - $m = 1.8333E-07$ $r_w = 0.0375$
 - $K = 3.171E-09$ m/sec
 - $S_s = 9.5243E-05$ m/sec

$K_{steady\ state} = 5.8237E-10$ m/sec Flow Type= Linear and spherical flow (1.0<n<3.0)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-19		
TEST SECTION	64.8M-68.2M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960606130600-960606133900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.3-16007.3	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.004

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.03	2.9248128	41.6	1 33.3333333	1	-1.5228787	0.31622777	0.03
20	0.015	2.9388744	41.8	1.30103 66.6666667	1.30103	-1.8239087	0.2236068	0.015
30	0.011	2.9388744	41.8	1.47712125 90.9090909	1.47712125	-1.9586073	0.18257419	0.011
40	0.009	2.9388744	41.8	1.60205999 111.111111	1.60205999	-2.0457575	0.15811388	0.009
60	0.0085	2.952936	42	1.77815125 117.647059	1.77815125	-2.0705811	0.12909944	0.0085
80	0.008	2.952936	42	1.90308999 125	1.90308999	-2.09691	0.1118034	0.008
100	0.008	2.952936	42	2	2	-2.09691	0.1	0.008
120	0.008	2.952936	42	2.07918125 125	2.07918125	-2.09691	0.09128709	0.008
180	0.0075	2.952936	42	2.25527251 133.333333	2.25527251	-2.1249387	0.0745356	0.0075
210	0.007	2.952936	42	2.32221929 142.857143	2.32221929	-2.154902	0.06900656	0.007
240	0.007	2.952936	42	2.38021124 142.857143	2.38021124	-2.154902	0.06454972	0.007
270	0.007	2.952936	42	2.43136376 142.857143	2.43136376	-2.154902	0.06085806	0.007
300	0.007	2.952936	42	2.47712125 142.857143	2.47712125	-2.154902	0.05773503	0.007
360	0.007	2.952936	42	2.5563025 142.857143	2.5563025	-2.154902	0.05270463	0.007
480	0.007	2.952936	42	2.68124124 142.857143	2.68124124	-2.154902	0.04564355	0.007
600	0.007	2.952936	42	2.77815125 142.857143	2.77815125	-2.154902	0.04082483	0.007
720	0.007	2.952936	42	2.8573325 142.857143	2.8573325	-2.154902	0.0372678	0.007
900	0.007	2.952936	42	2.95424251 142.857143	2.95424251	-2.154902	0.03333333	0.007
990	0.007	2.952936	42	2.99563519 142.857143	2.99563519	-2.154902	0.03178209	0.007



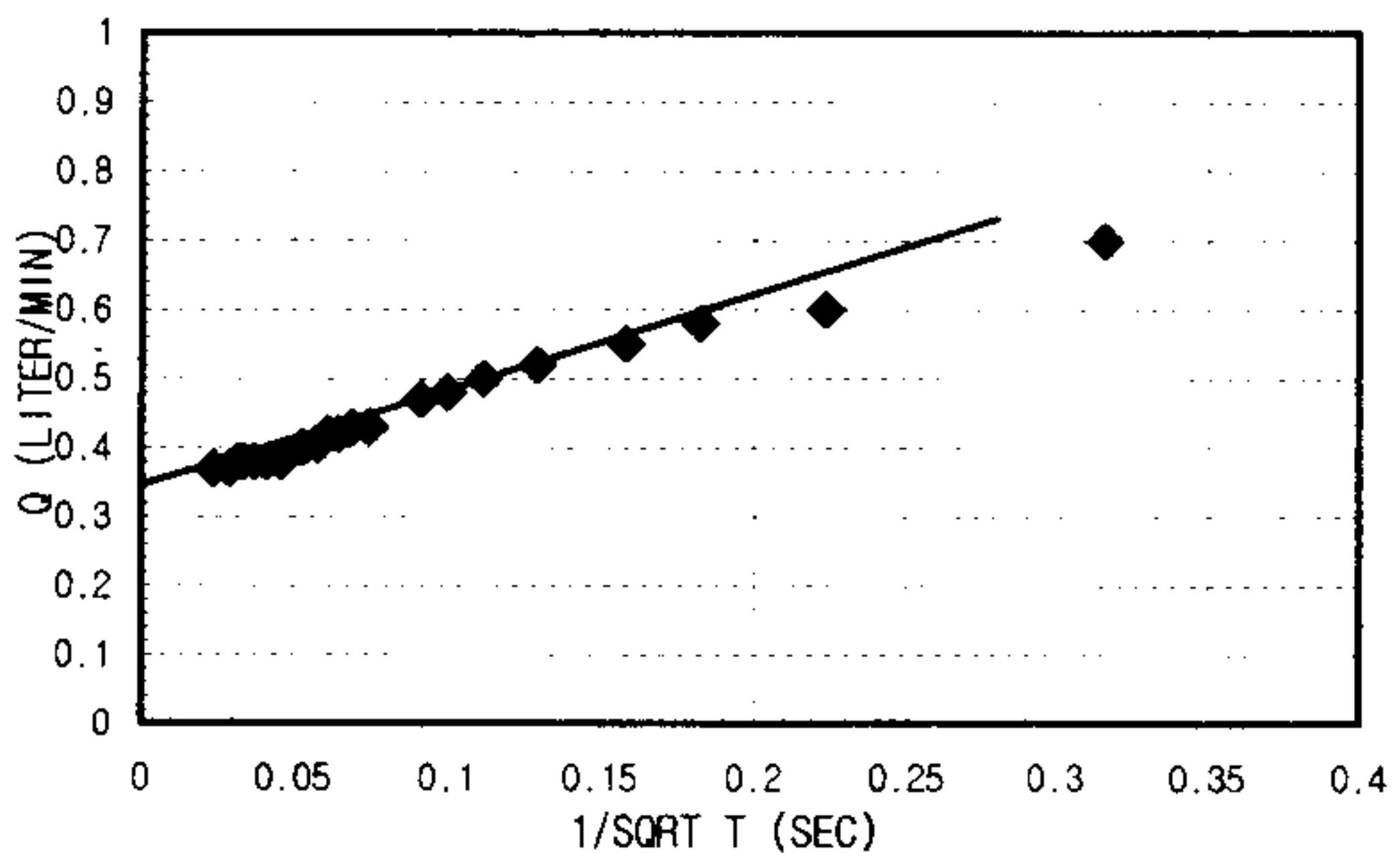
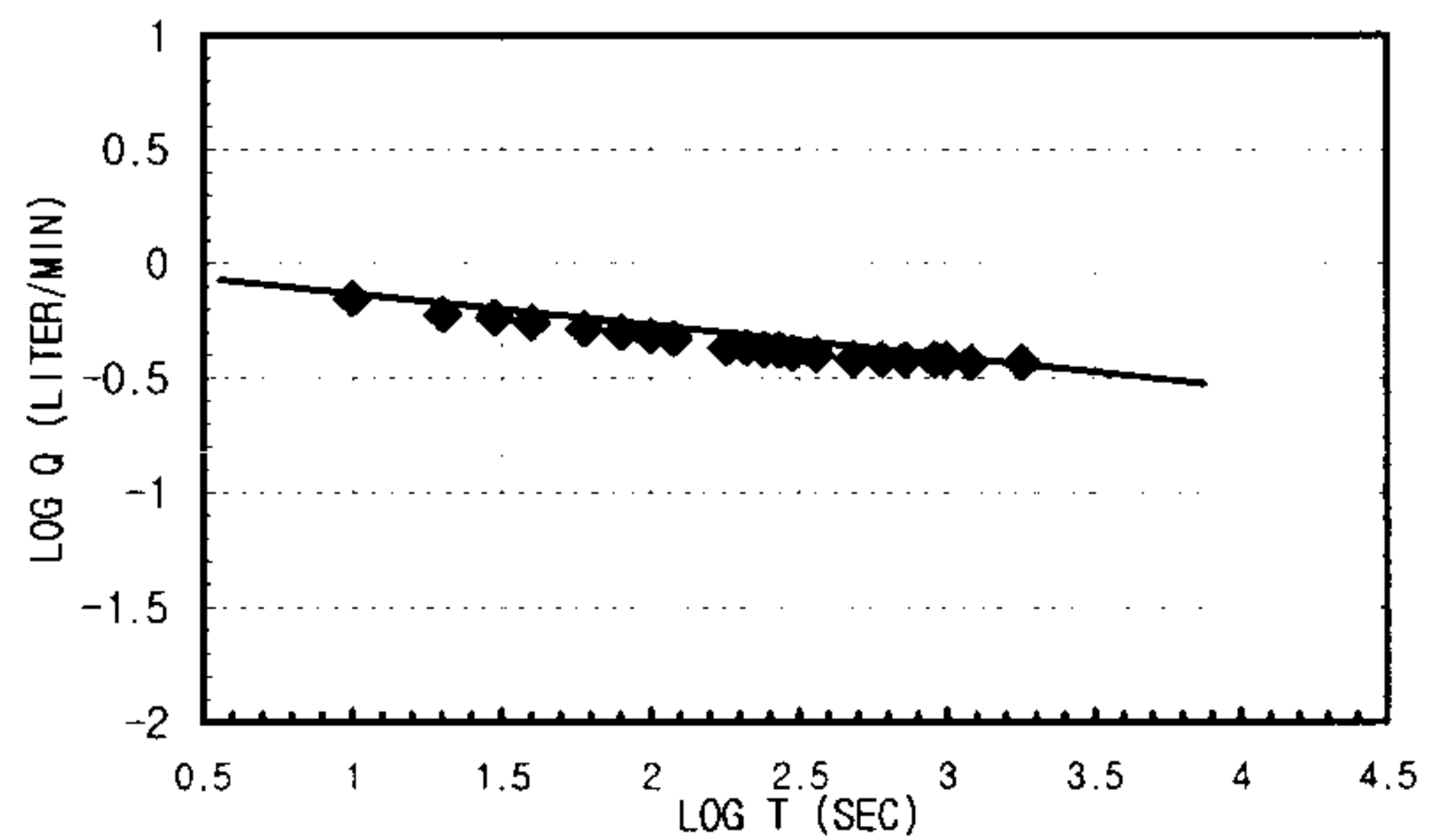
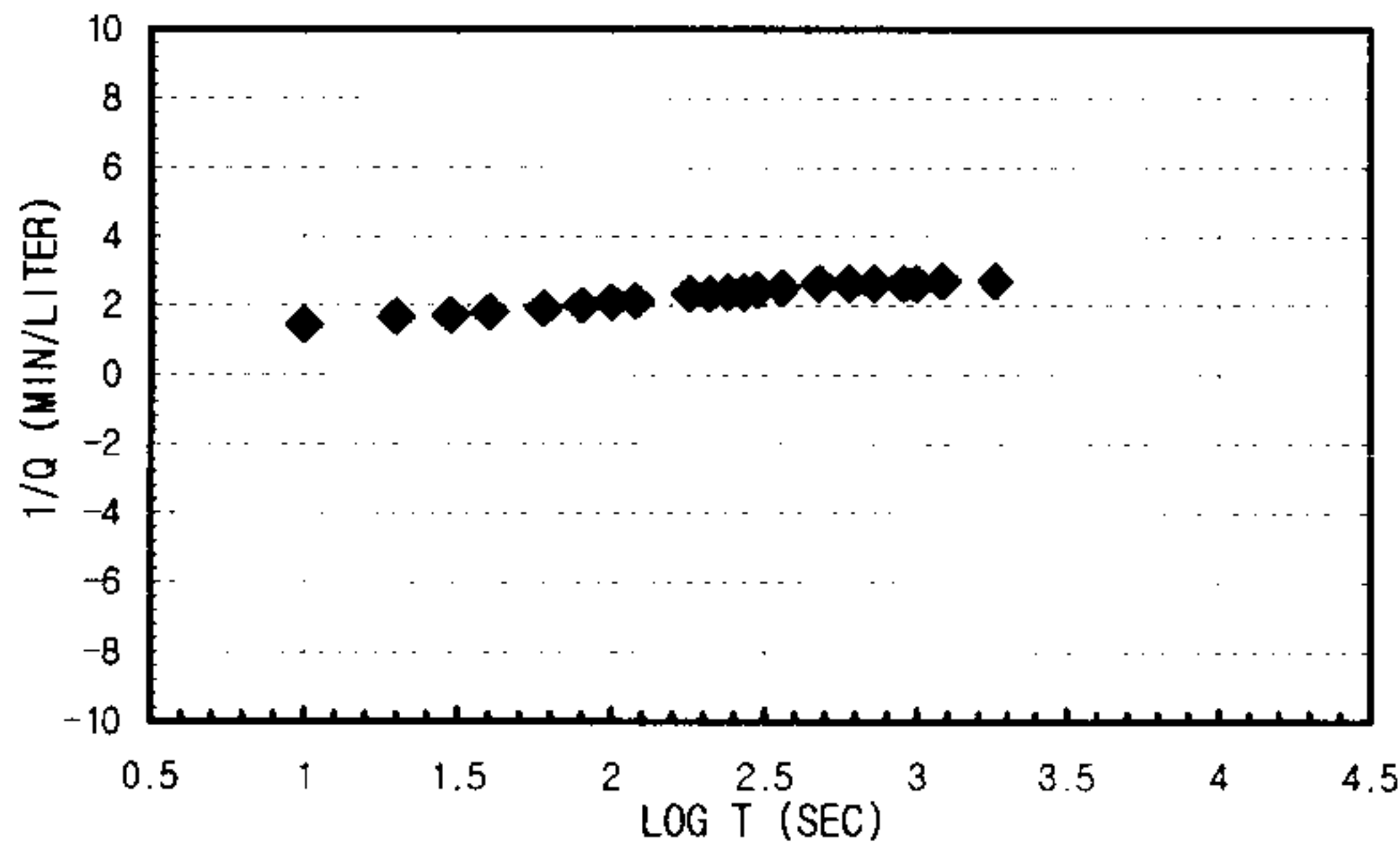
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 3240000$
 $m = 3000000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 5.362E-10 \text{ m/sec}$
 $S_s = 7.1358E-08 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 0.0000001 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 0.00000025 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 6.3421E-09 \text{ m/sec}$
 $S_s = 8.8552E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 2.3295E-11 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.5<n<3.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-20		
TEST SECTION	68.2M-71.6M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHMMSS)	960606141100-960606144500		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16007.8-16017.9	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	10.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.7	2.81232	40	1.42857143	1	-0.154902	0.31622777	0.7
20	0.6	2.81232	40	1.30103	1.30103	-0.2218487	0.2236068	0.6
30	0.58	2.81232	40	1.47712125	1.47712125	-0.236572	0.18257419	0.58
40	0.55	2.81232	40	1.60205999	1.60205999	-0.2596373	0.15811388	0.55
60	0.52	2.8334124	40.3	1.77815125	1.77815125	-0.2839967	0.12909944	0.52
80	0.5	2.8334124	40.3	1.90308999	2	-0.30103	0.1118034	0.5
100	0.48	2.8334124	40.3	2.08333333	2	-0.3187588	0.1	0.48
120	0.47	2.8334124	40.3	2.07918125	2.07918125	-0.3279021	0.09128709	0.47
180	0.43	2.8334124	40.3	2.25527251	2.25527251	-0.3665315	0.0745356	0.43
210	0.43	2.8334124	40.3	2.32221929	2.32221929	-0.3665315	0.06900656	0.43
240	0.42	2.8334124	40.3	2.38021124	2.38021124	-0.3767507	0.06454972	0.42
270	0.42	2.882628	41	2.43136376	2.43136376	-0.3767507	0.06085806	0.42
300	0.405	2.882628	41	2.47712125	2.47712125	-0.392545	0.05773503	0.405
360	0.4	2.882628	41	2.5563025	2.5	-0.39794	0.05270463	0.4
480	0.38	2.882628	41	2.68124124	2.68124124	-0.4202164	0.04564355	0.38
600	0.38	2.882628	41	2.77815125	2.77815125	-0.4202164	0.04082483	0.38
720	0.38	2.882628	41	2.8573325	2.8573325	-0.4202164	0.0372678	0.38
900	0.38	2.882628	41	2.95424251	2.95424251	-0.4202164	0.03333333	0.38
990	0.38	2.882628	41	2.99563519	2.99563519	-0.4202164	0.03178209	0.38
1200	0.37	2.882628	41	3.07918125	3.07918125	-0.4317983	0.02886751	0.37
1800	0.37	2.882628	41	3.25527251	3.25527251	-0.4317983	0.02357023	0.37



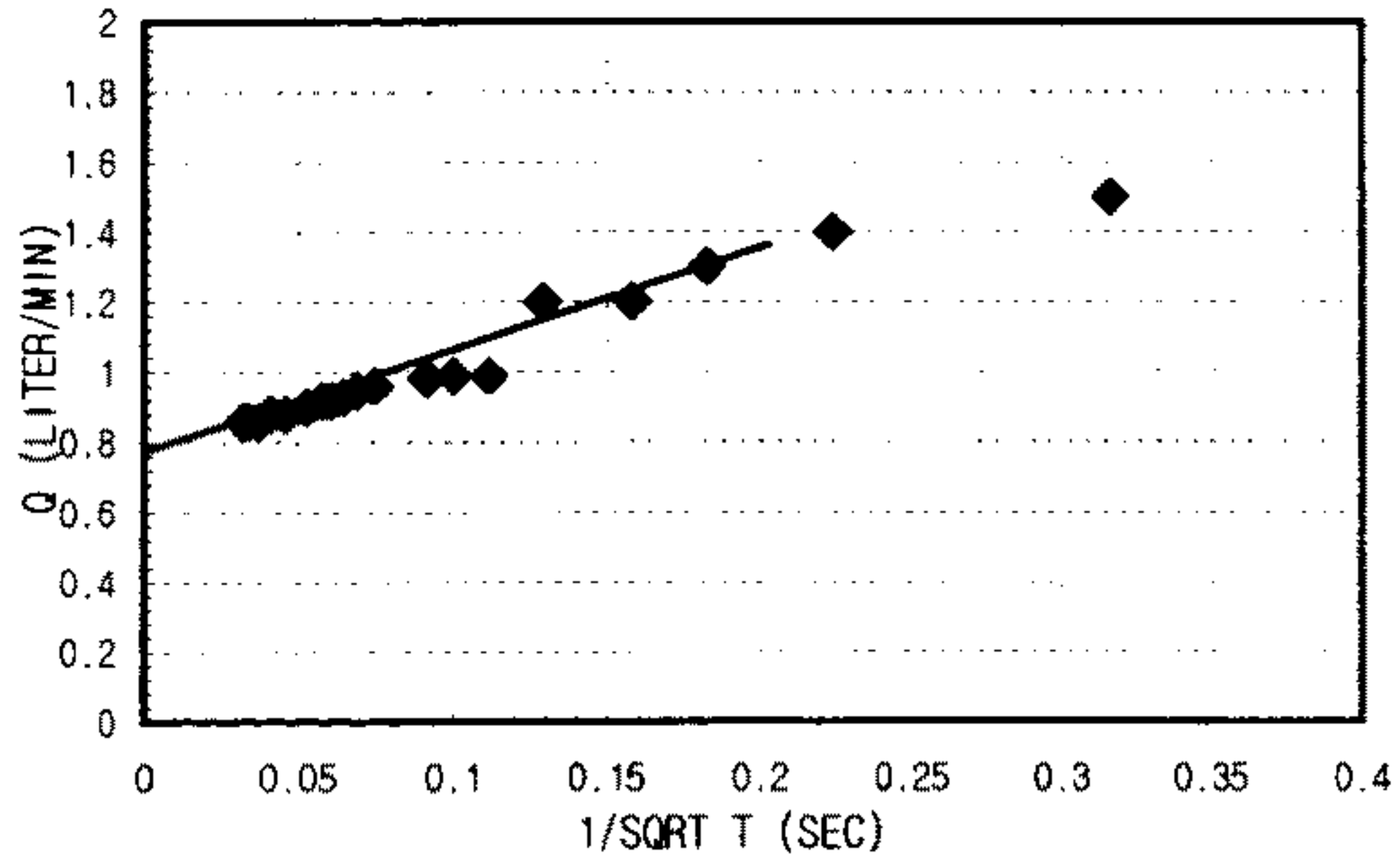
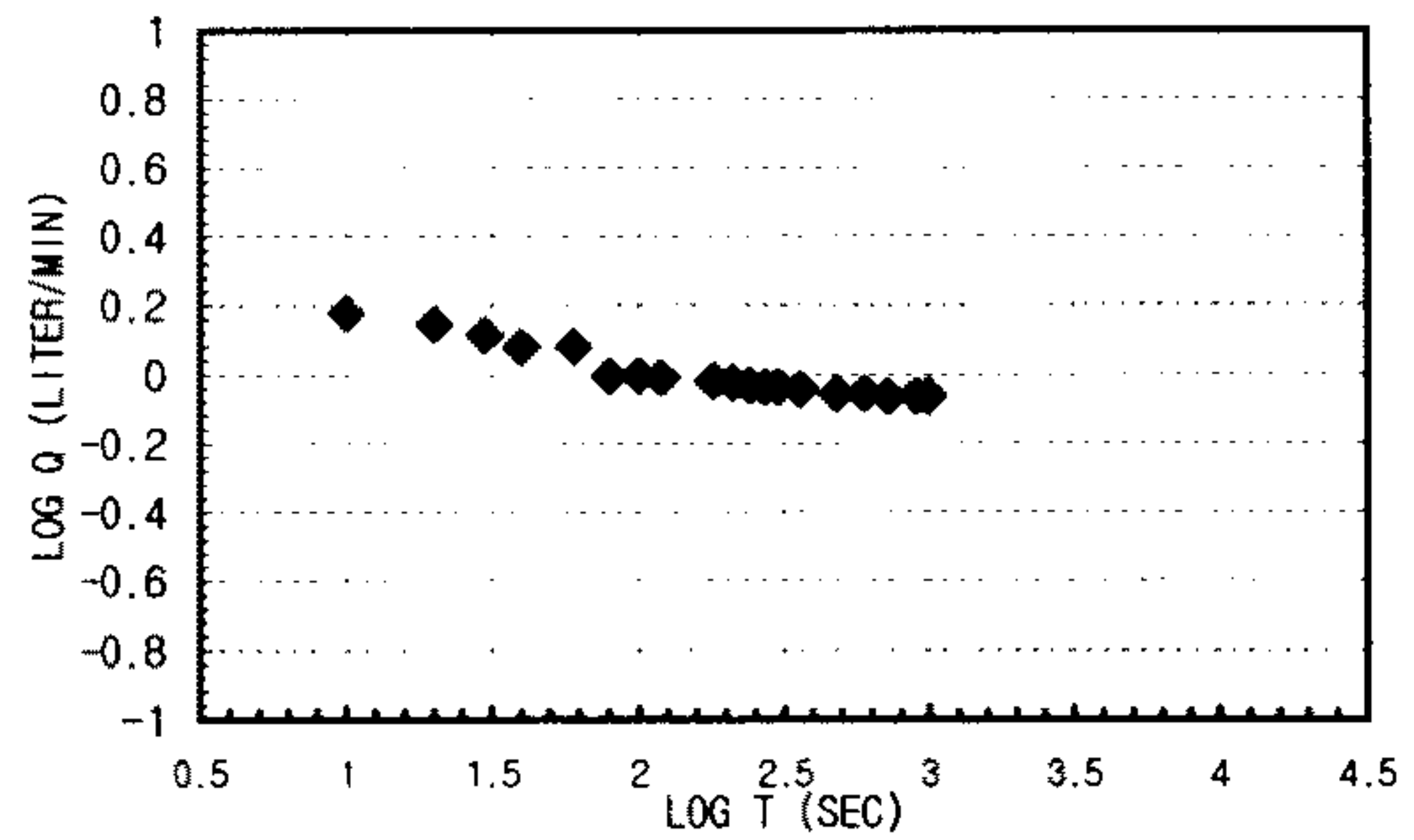
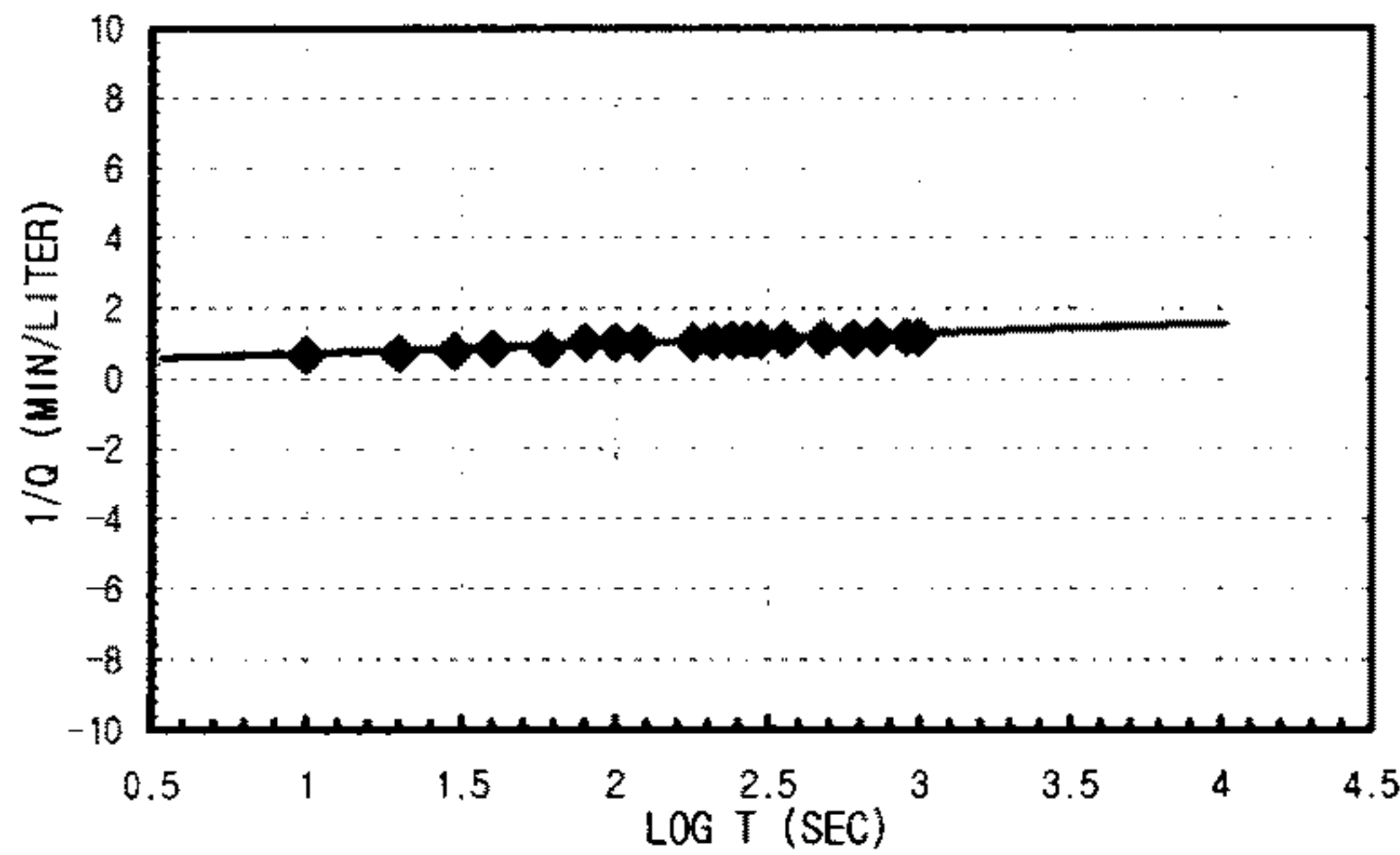
1. Linear Flow
 - $q(t_0=1) = 1.6667E-06$ A = 0.00471239
 - $h_{w0} = 33.46$
 - $KS_s = 3.5101E-10$ m/sec
2. Radial Flow
 - $h_{w0} =$ d =
 - $m =$ $r_w =$
 - $K = \#DIV/0!$ m/sec
 - $S_s = \#DIV/0!$ m/sec
3. Spherical Flow
 - $d = 5.3333E-06$ $h_{w0} = 33.46$
 - $m = 0.0000025$ $r_w = 0.0375$
 - $K = 3.3825E-07$ m/sec
 - $S_s = 0.00016604$ m/sec

$K_{steady\ state} = 3.2351E-08$ m/sec Flow Type= Bilinear to spherical flow (1.5<n<3.0)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-21		
TEST SECTION	71.6M-75.0M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960606145900-960606151530		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16017.9-16033.8	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	15.9

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	1.5	2.671704	38	1 0.66666667	1	0.17609126	0.31622777	1.5
20	1.4	2.671704	38	1.30103 0.71428571	1.30103	0.14612804	0.2236068	1.4
30	1.3	2.671704	38	1.47712125 0.76923077	1.47712125	0.11394335	0.18257419	1.3
40	1.2	2.671704	38	1.60205999 0.83333333	1.60205999	0.07918125	0.15811388	1.2
60	1.2	2.671704	38	1.77815125 0.83333333	1.77815125	0.07918125	0.12909944	1.2
80	0.99	2.671704	38	1.90308999 1.01010101	1.90308999	-0.0043648	0.1118034	0.99
100	0.99	2.671704	38	2 1.01010101	2	-0.0043648	0.1	0.99
120	0.98	2.671704	38	2.07918125 1.02040816	2.07918125	-0.0087739	0.09128709	0.98
180	0.96	2.671704	38	2.25527251 1.04166667	2.25527251	-0.0177288	0.0745356	0.96
210	0.95	2.671704	38	2.32221929 1.05263158	2.32221929	-0.0222764	0.06900656	0.95
240	0.93	2.671704	38	2.38021124 1.07526882	2.38021124	-0.0315171	0.06454972	0.93
270	0.92	2.671704	38	2.43136376 1.08695652	2.43136376	-0.0362122	0.06085806	0.92
300	0.92	2.671704	38	2.47712125 1.08695652	2.47712125	-0.0362122	0.05773503	0.92
360	0.9	2.6857656	38.2	2.5563025 1.11111111	2.5563025	-0.0457575	0.05270463	0.9
480	0.88	2.6857656	38.2	2.68124124 1.13636364	2.68124124	-0.0555173	0.04564355	0.88
600	0.88	2.742012	39	2.77815125 1.13636364	2.77815125	-0.0555173	0.04082483	0.88
720	0.86	2.742012	39	2.8573325 1.1627907	2.8573325	-0.0655015	0.0372678	0.86
900	0.86	2.742012	39	2.95424251 1.1627907	2.95424251	-0.0655015	0.03333333	0.86
990	0.86	2.742012	39	2.99563519 1.1627907	2.99563519	-0.0655015	0.03178209	0.86



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 24000$
 $m = 24000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 6.7025E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.0724E-05 \text{ m/sec}$

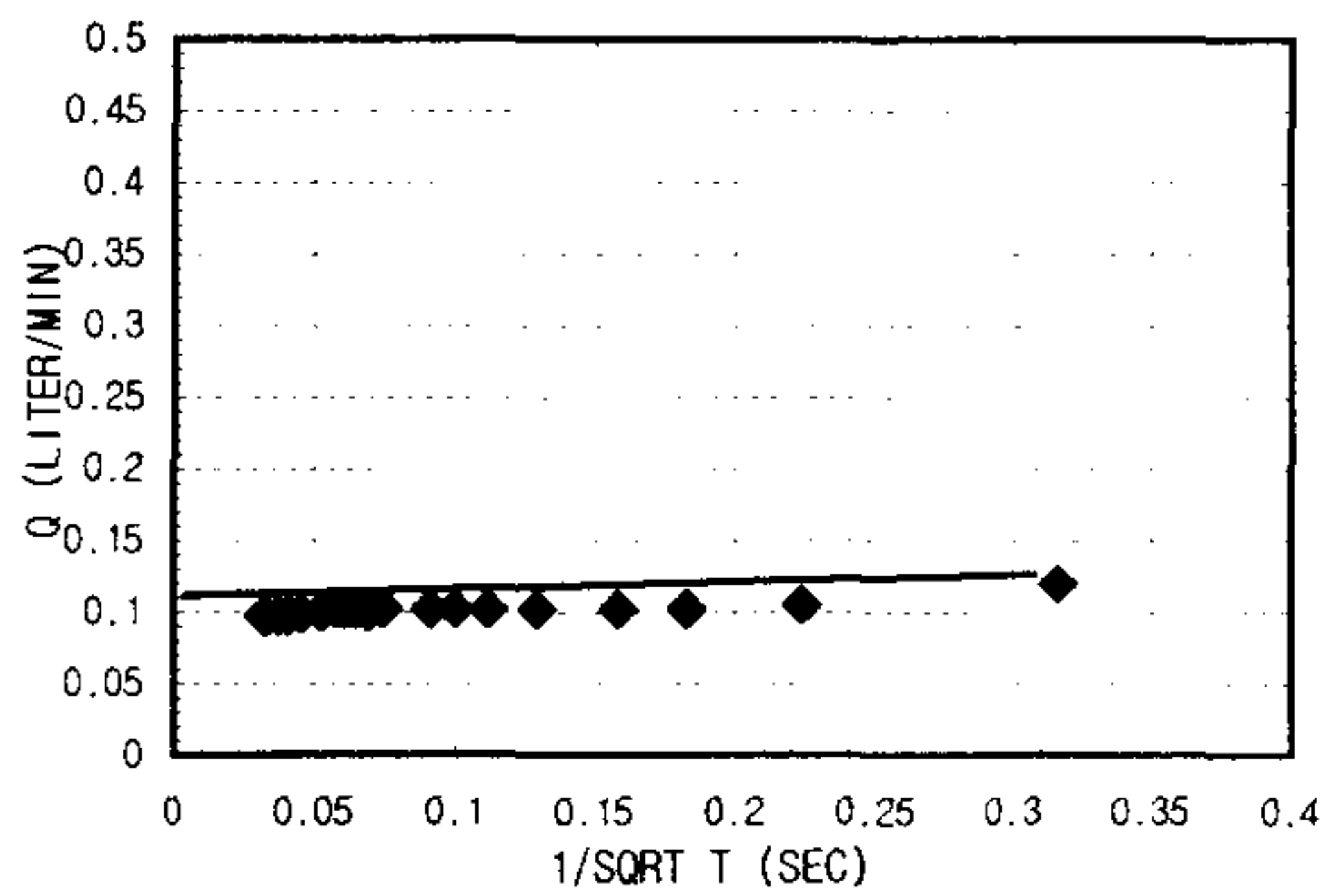
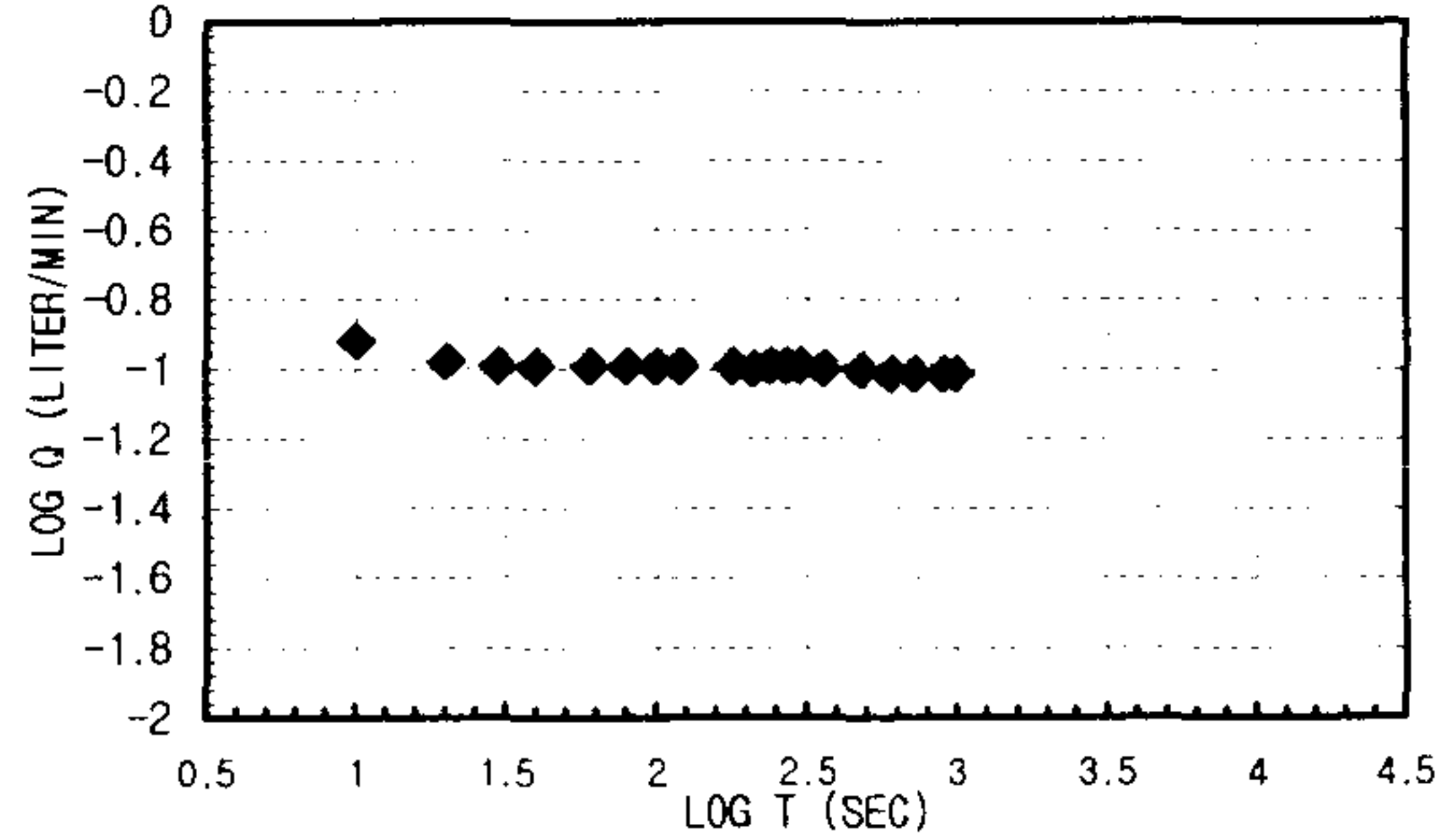
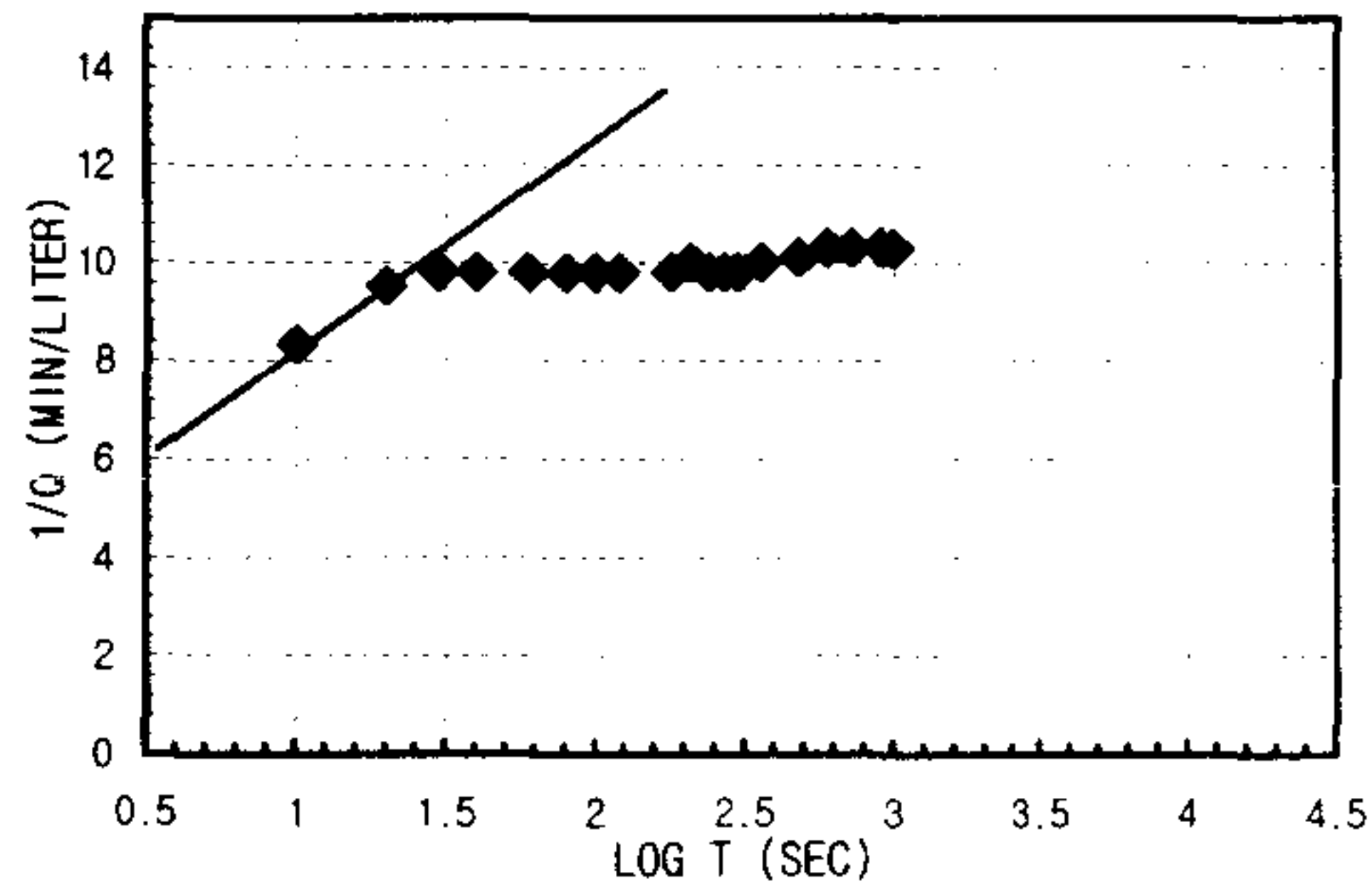
3. Spherical Flow
 $d = 1.2667E-05 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 4.3333E-06 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 8.0333E-07 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.00021004 \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	9.2597E-08 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
-----------------------------	------------------	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-2-22		
TEST SECTION	75.0M-78.4M		
STATIC G/W LEVEL	2.51M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960606153300-960606155500		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16033.8-16033.9	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.12	2.882628	41	1 8.3333333	1	-0.9208188	0.31622777	0.12
20	0.105	2.882628	41	1.30103 9.52380952	1.30103	-0.9788107	0.2236068	0.105
30	0.102	2.882628	41	1.47712125 9.80392157	1.47712125	-0.9913998	0.18257419	0.102
40	0.102	2.882628	41	1.60205999 9.80392157	1.60205999	-0.9913998	0.15811388	0.102
60	0.102	2.882628	41	1.77815125 9.80392157	1.77815125	-0.9913998	0.12909944	0.102
80	0.102	2.882628	41	1.90308999 9.80392157	1.90308999	-0.9913998	0.1118034	0.102
100	0.102	2.882628	41	2 9.80392157	2	-0.9913998	0.1	0.102
120	0.102	2.882628	41	2.07918125 9.80392157	2.07918125	-0.9913998	0.09128709	0.102
180	0.102	2.882628	41	2.25527251 9.80392157	2.25527251	-0.9913998	0.0745356	0.102
210	0.1	2.882628	41	2.32221929 10 2.32221929	2.32221929	-1	0.06900656	0.1
240	0.102	2.882628	41	2.38021124 9.80392157	2.38021124	-0.9913998	0.06454972	0.102
270	0.102	2.882628	41	2.43136376 9.80392157	2.43136376	-0.9913998	0.06085806	0.102
300	0.102	2.882628	41	2.47712125 9.80392157	2.47712125	-0.9913998	0.05773503	0.102
360	0.1	2.882628	41	2.5563025 10 2.5563025	2.5563025	-1	0.05270463	0.1
480	0.099	2.882628	41	2.68124124 10.1010101 2.68124124	2.68124124	-1.0043648	0.04564355	0.099
600	0.097	2.882628	41	2.77815125 10.3092784 2.77815125	2.77815125	-1.0132283	0.04082483	0.097
720	0.097	2.882628	41	2.8573325 10.3092784 2.8573325	2.8573325	-1.0132283	0.0372678	0.097
900	0.097	2.882628	41	2.95424251 10.3092784 2.95424251	2.95424251	-1.0132283	0.03333333	0.097
990	0.097	2.882628	41	2.99563519 10.3092784 2.99563519	2.99563519	-1.0132283	0.03178209	0.097



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 360000$
 $m = 264000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 6.0932E-09 \text{ m/sec}$
 $S_s = 4.2201E-07 \text{ m/sec}$

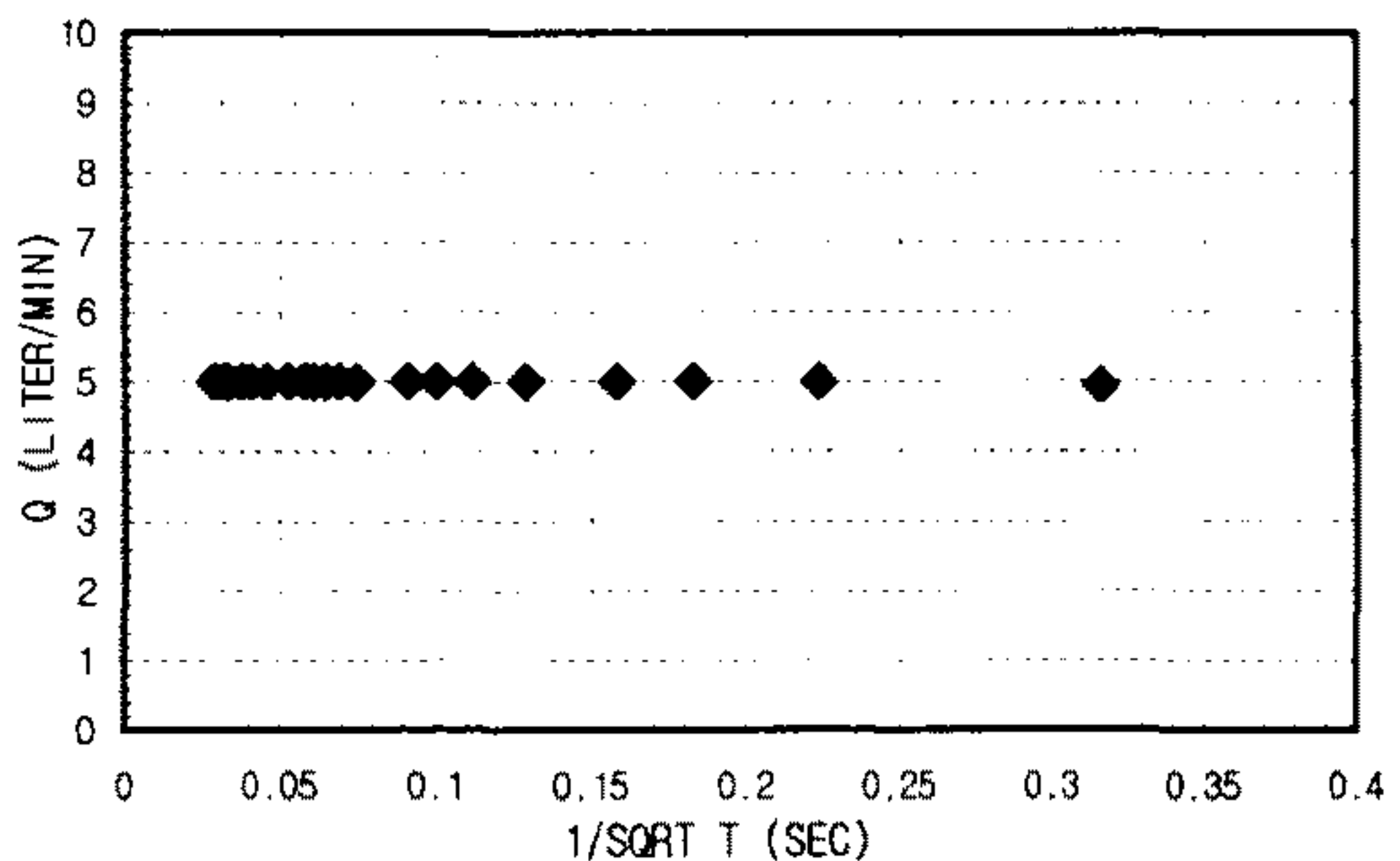
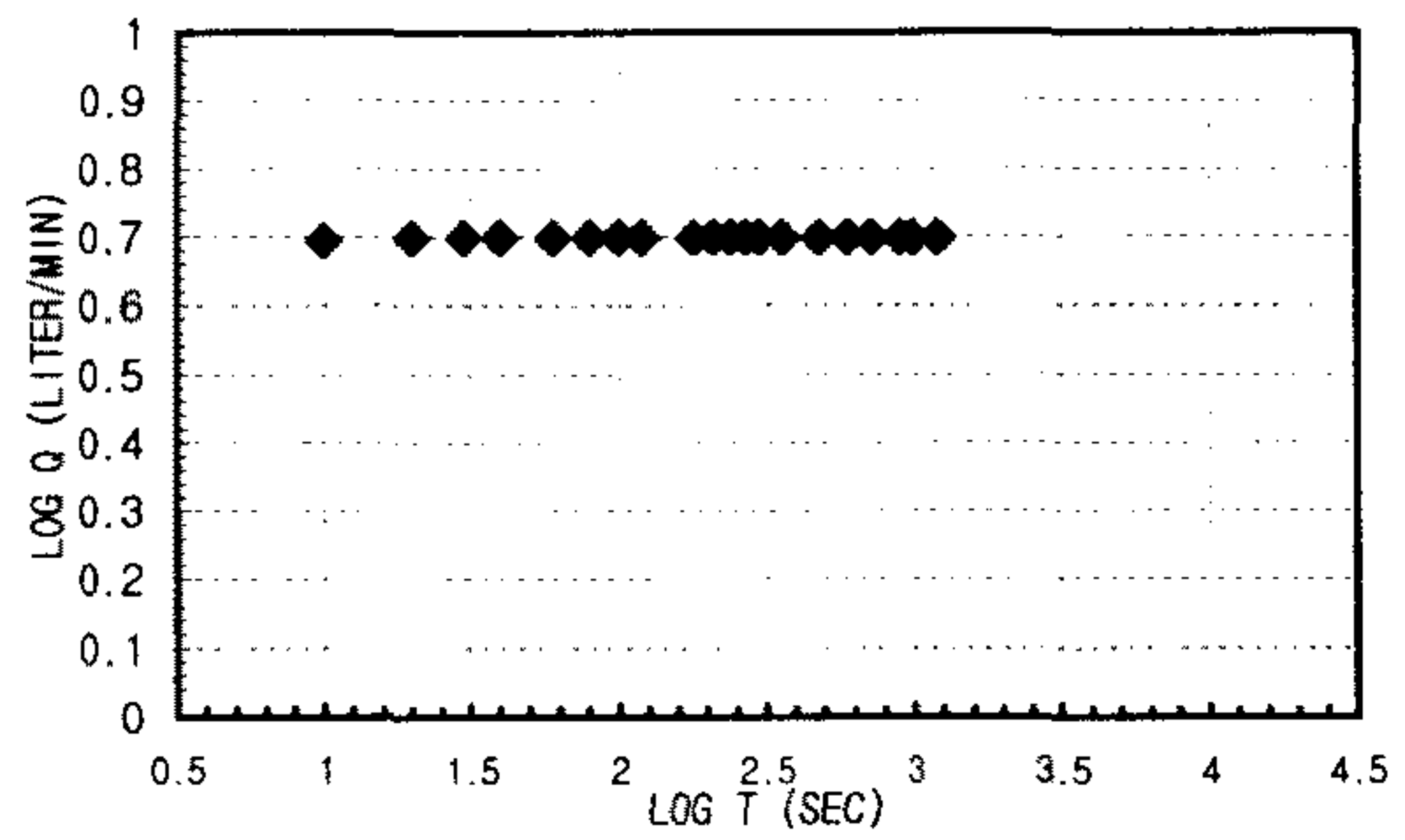
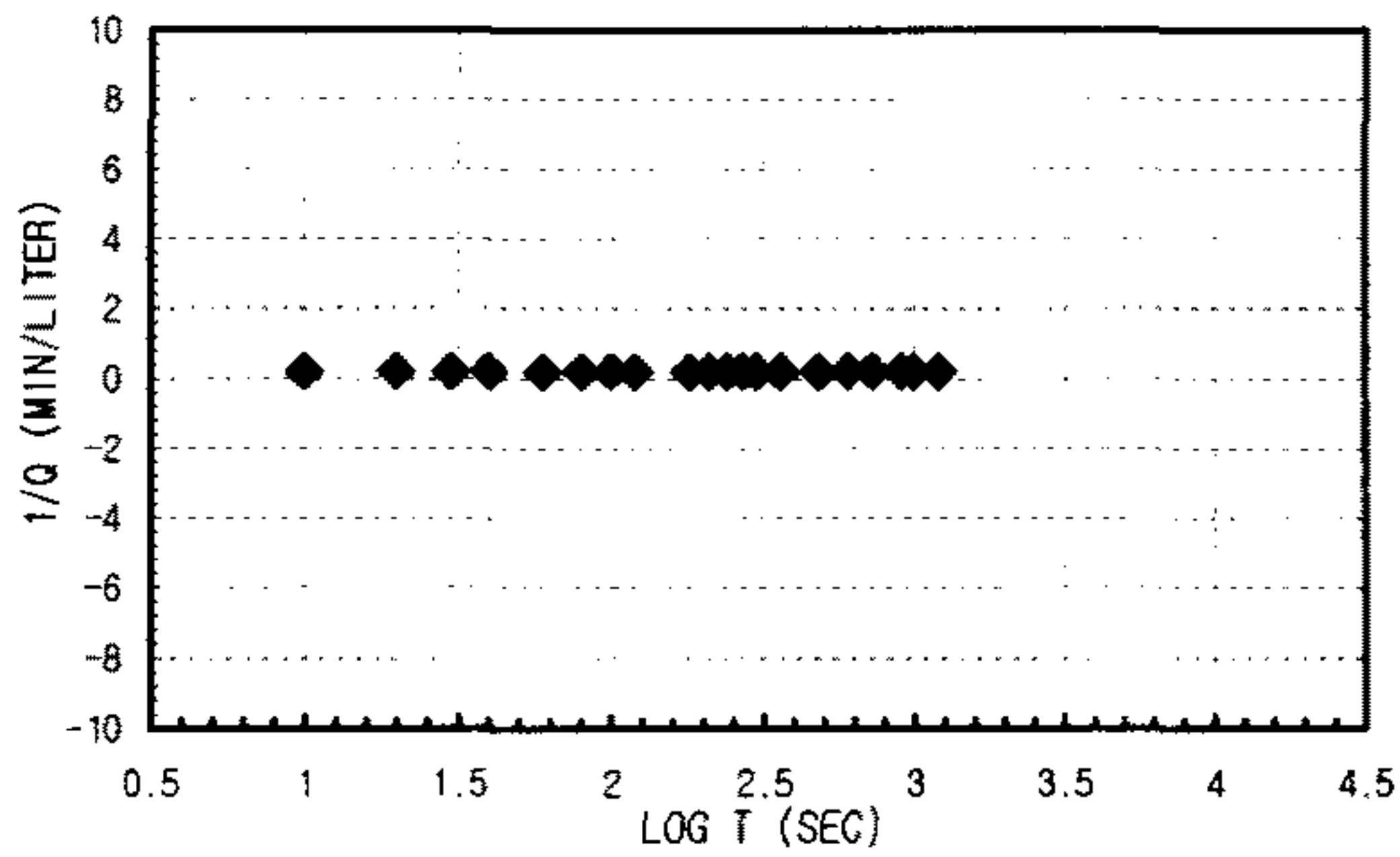
3. Spherical Flow
 $d = 1.6667E-06 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 8.3333E-07 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.057E-07 \text{ m/sec}$
 $S_s = 5.9035E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 5.8237E-10 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.5<n<3.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-ALL		
TEST SECTION	3.6M-80M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960607104400-960607110400		
CUMMULATIVE Q(LITER)	1688.8-16385.0	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	96.2

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	4.95	0.35154	5	1	0.2020202	1	0.6946052	0.31622777	4.95
20	5	0.35154	5	1.30103	0.2	1.30103	0.69897	0.2236068	5
30	5	0.35154	5	1.47712125	0.2	1.47712125	0.69897	0.18257419	5
40	5	0.35154	5	1.60205999	0.2	1.60205999	0.69897	0.15811388	5
60	5	0.35154	5	1.77815125	0.2	1.77815125	0.69897	0.12909944	5
80	5	0.35154	5	1.90308999	0.2	1.90308999	0.69897	0.1118034	5
100	5	0.35154	5	2	0.2	2	0.69897	0.1	5
120	5	0.35154	5	2.07918125	0.2	2.07918125	0.69897	0.09128709	5
180	5	0.35154	5	2.25527251	0.2	2.25527251	0.69897	0.0745356	5
210	5	0.35154	5	2.32221929	0.2	2.32221929	0.69897	0.06900656	5
240	5	0.35154	5	2.38021124	0.2	2.38021124	0.69897	0.06454972	5
270	5	0.35154	5	2.43136376	0.2	2.43136376	0.69897	0.06085806	5
300	5	0.35154	5	2.47712125	0.2	2.47712125	0.69897	0.05773503	5
360	5	0.35154	5	2.5563025	0.2	2.5563025	0.69897	0.05270463	5
480	5	0.35154	5	2.68124124	0.2	2.68124124	0.69897	0.04564355	5
600	5	0.316386	4.5	2.77815125	0.2	2.77815125	0.69897	0.04082483	5
720	5	0.316386	4.5	2.8573325	0.2	2.8573325	0.69897	0.0372678	5
900	5	0.316386	4.5	2.95424251	0.2	2.95424251	0.69897	0.03333333	5
990	5	0.316386	4.5	2.99563519	0.2	2.99563519	0.69897	0.03178209	5
1200	5	0.316386	4.5	3.07918125	0.2	3.07918125	0.69897	0.02886751	5



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) =$ A =
 $h_{w0} =$
 $KS_s =$ #DIV/0! m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ 33.46 d = 960000
 $m =$ 1320000 $r_w =$ 0.0375
 $K =$ 1.2186E-09 m/sec
 $S_s =$ 3.6536E-07 m/sec

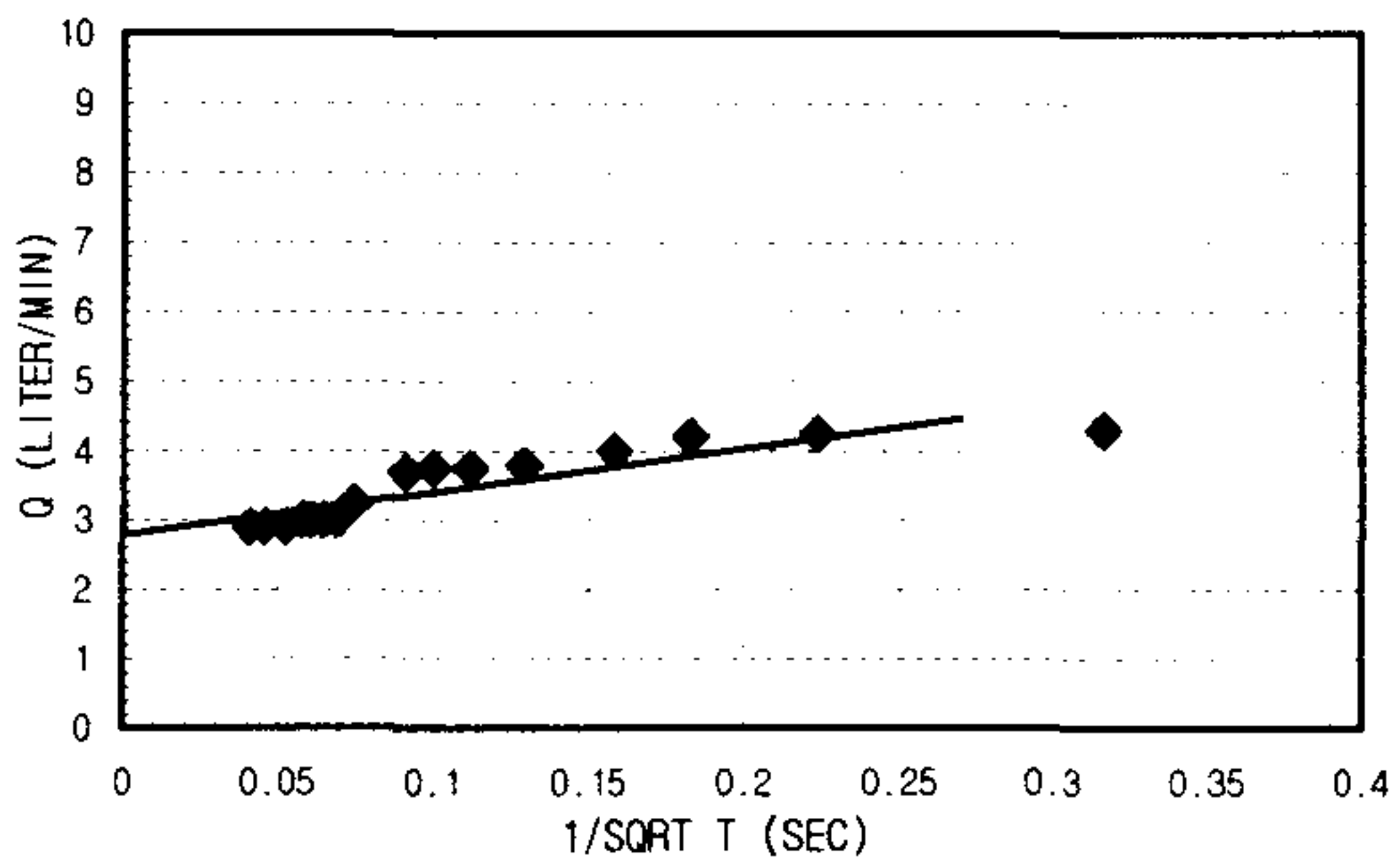
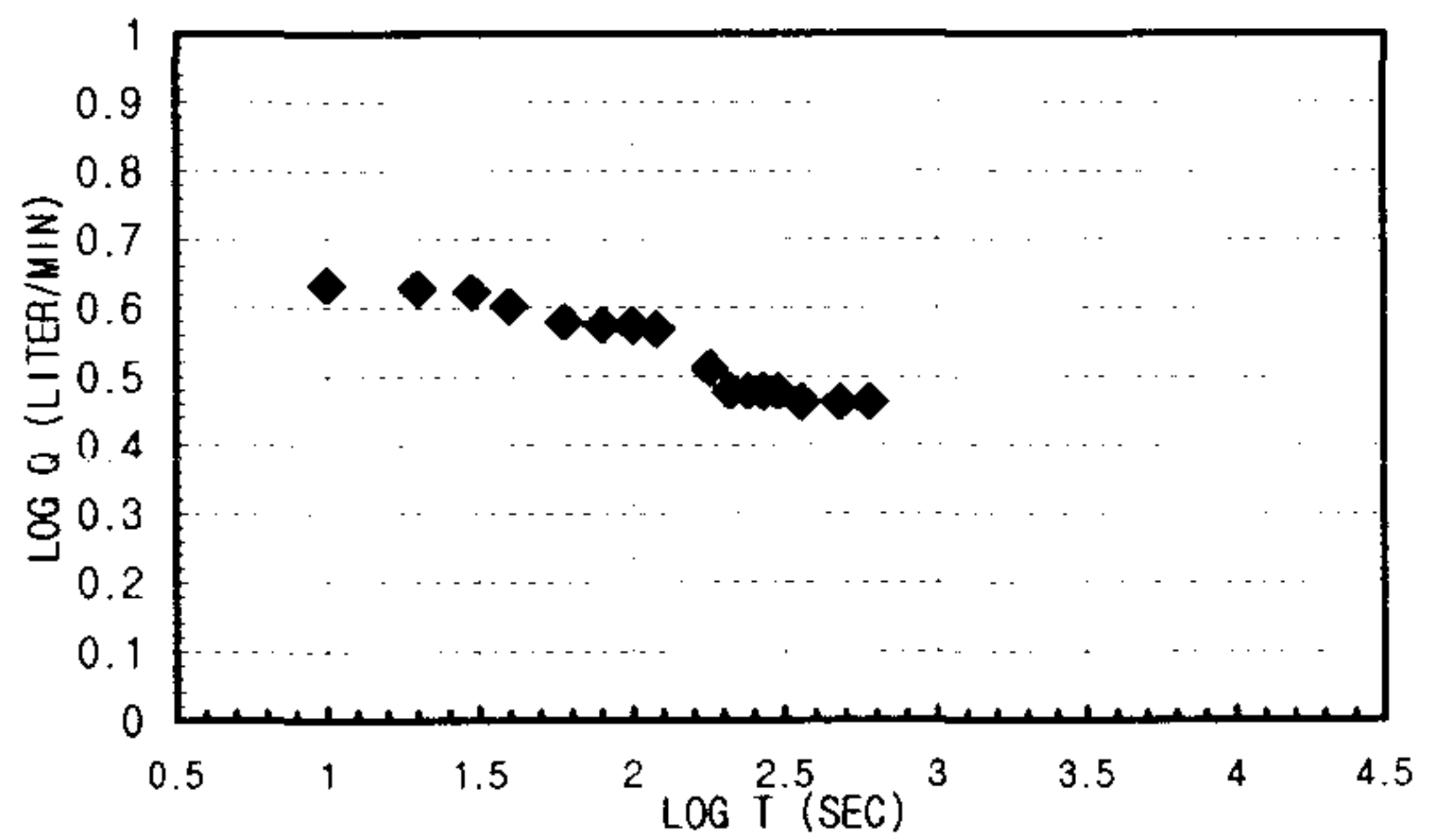
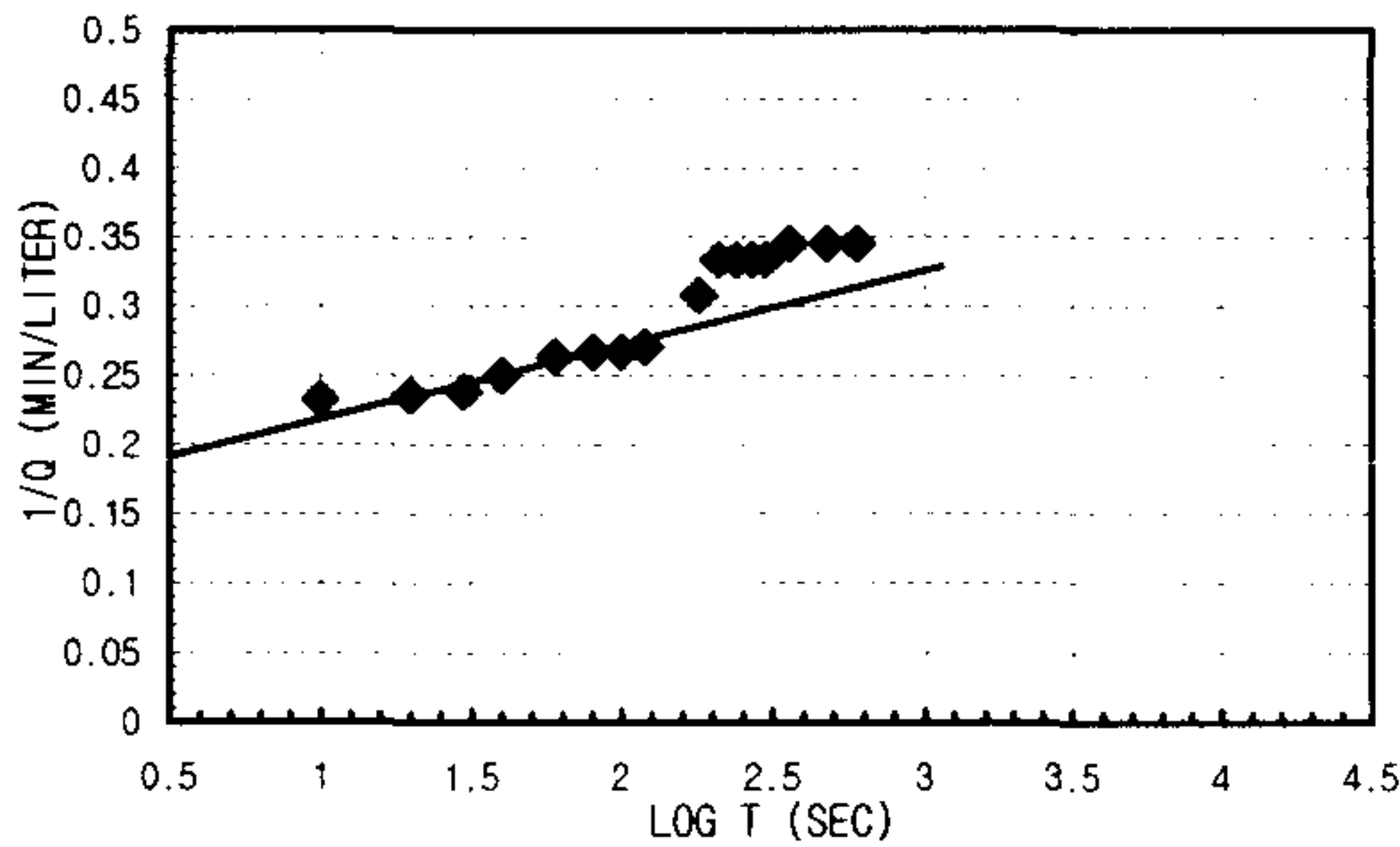
3. Spherical Flow
 $d =$ 3.3333E-07 $h_{w0} =$ 33.46
 $m =$ 3.3333E-06 $r_w =$ 0.0375
 $K =$ 2.114E-08 m/sec
 $S_s =$ 0.00472279 m/sec

K _{steady state} = 4.622E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (n>4.0)
---	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-1		
TEST SECTION	3.0M-6.6M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960610113400-960610114600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16500.0-16531.2	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	31.2

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.3	0.35154	5	1 0.23255814	1	0.63346846	0.31622777	4.3
20	4.25	0.35154	5	1.30103 0.23529412	1.30103	0.62838893	0.2236068	4.25
30	4.2	0.35154	5	1.47712125 0.23809524	1.47712125	0.62324929	0.18257419	4.2
40	4	0.35154	5	1.60205999 0.25	1.60205999	0.60205999	0.15811388	4
60	3.8	0.35154	5	1.77815125 0.26315789	1.77815125	0.5797836	0.12909944	3.8
80	3.75	0.35154	5	1.90308999 0.26666667	1.90308999	0.57403127	0.1118034	3.75
100	3.75	0.35154	5	2 0.26666667	2	0.57403127	0.1	3.75
120	3.7	0.597618	8.5	2.07918125 0.27027027	2.07918125	0.56820172	0.09128709	3.7
180	3.25	0.597618	8.5	2.25527251 0.30769231	2.25527251	0.51188336	0.0745356	3.25
210	3	0.914004	13	2.32221929 0.33333333	2.32221929	0.47712125	0.06900656	3
240	3	1.124928	16	2.38021124 0.33333333	2.38021124	0.47712125	0.06454972	3
270	3	1.2514824	17.8	2.43136376 0.33333333	2.43136376	0.47712125	0.06085806	3
300	3	1.2725748	18.1	2.47712125 0.33333333	2.47712125	0.47712125	0.05773503	3
360	2.9	1.300698	18.5	2.5563025 0.34482759	2.5563025	0.462398	0.05270463	2.9
480	2.9	1.300698	18.5	2.68124124 0.34482759	2.68124124	0.462398	0.04564355	2.9
600	2.9	1.300698	18.5	2.77815125 0.34482759	2.77815125	0.462398	0.04082483	2.9



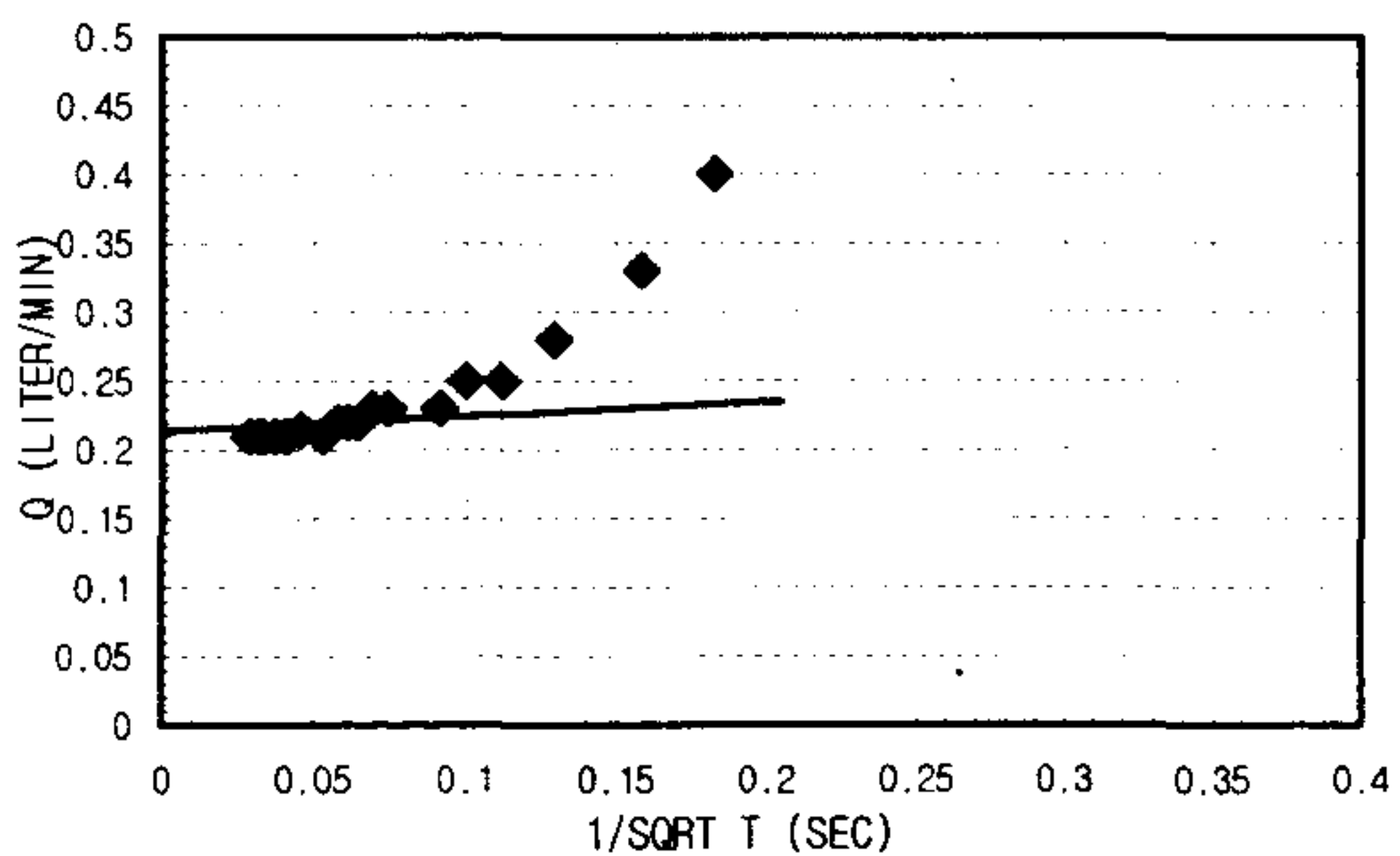
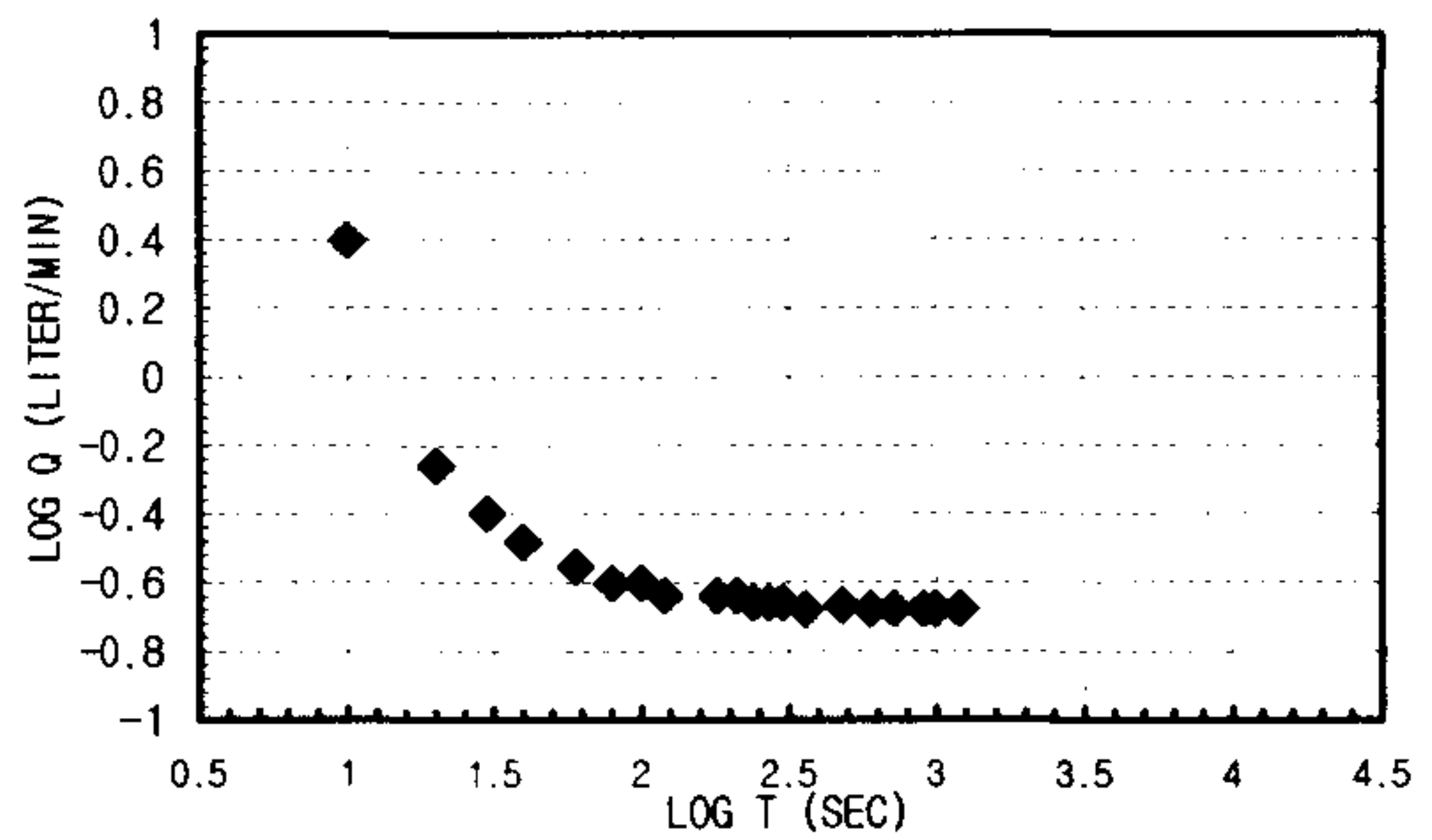
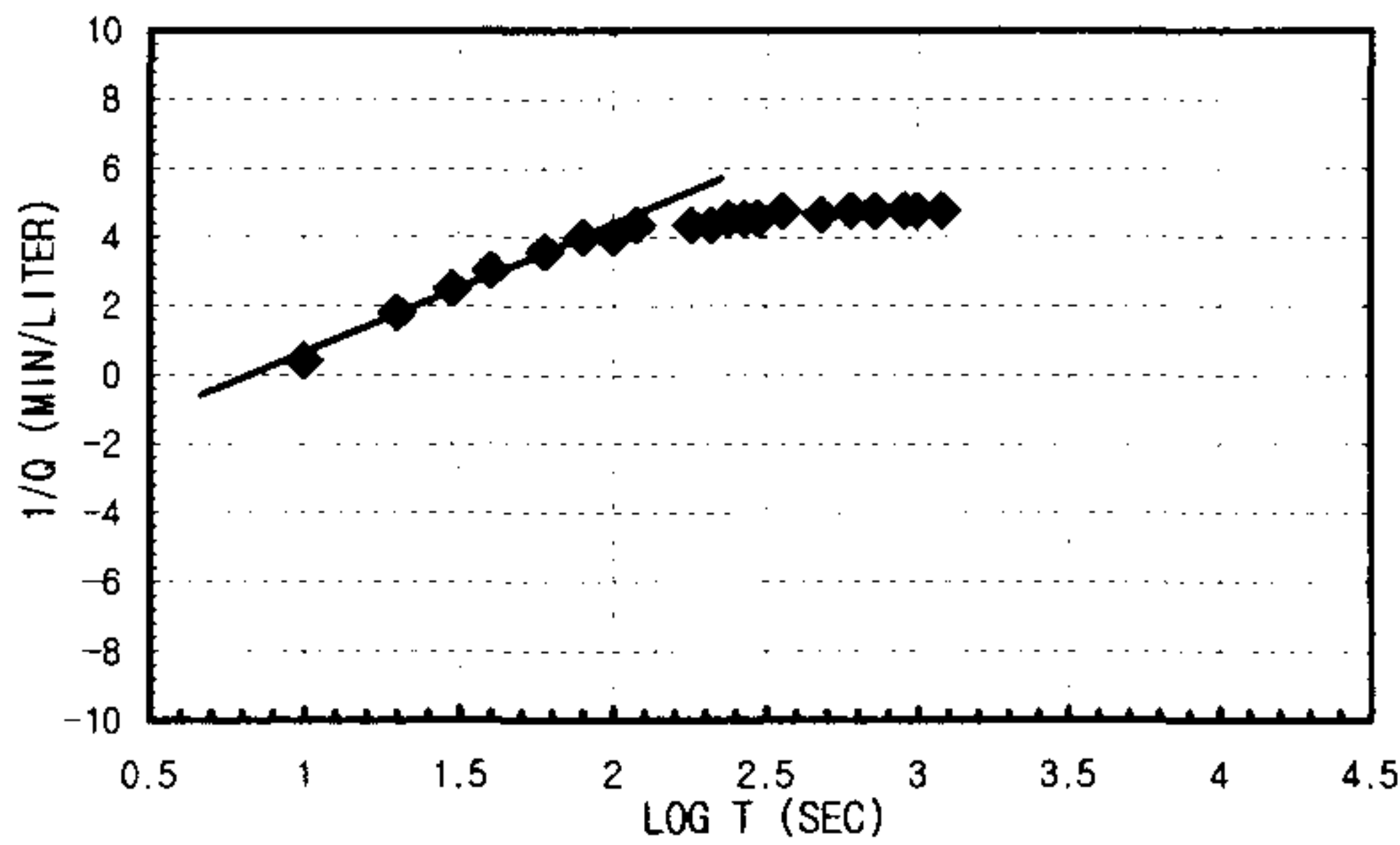
1. Linear Flow
 - $q(t_0=1) = A =$
 - $h_{w0} =$
 - $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 - $h_{w0} = 33.46 \quad d = 10800$
 - $m = 3600 \quad r_w = 0.0375$
 - $K = 4.4683E-07 \quad \text{m/sec}$
 - $S_s = 7.1493E-07 \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 - $d = 4.3333E-05 \quad h_{w0} = 33.46$
 - $m = 0.00001 \quad r_w = 0.0375$
 - $K = 2.7482E-06 \quad \text{m/sec}$
 - $S_s = 0.00032696 \quad \text{m/sec}$

$K_{\text{steady state}} = 2.998E-07 \text{ m/sec}$ Flow Type = Radial and spherical flow ($2.0 < n < 2.5$)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-2		
TEST SECTION	6.6M-10.2M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610120300-960610123900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16531.2-16532.9	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	1.7

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	2.5	2.81232	40	1	0.4	1	0.39794001	0.31622777	2.5
20	0.55	2.81232	40	1.30103	1.81818182	1.30103	-0.2596373	0.2236068	0.55
30	0.4	2.81232	40	1.47712125	2.5	1.47712125	-0.39794	0.18257419	0.4
40	0.33	2.882628	41	1.60205999	3.03030303	1.60205999	-0.4814861	0.15811388	0.33
60	0.28	2.882628	41	1.77815125	3.57142857	1.77815125	-0.552842	0.12909944	0.28
80	0.25	2.882628	41	1.90308999	4	1.90308999	-0.60206	0.1118034	0.25
100	0.25	2.882628	41	2	4	2	-0.60206	0.1	0.25
120	0.23	2.882628	41	2.07918125	4.34782609	2.07918125	-0.6382722	0.09128709	0.23
180	0.23	2.882628	41	2.25527251	4.34782609	2.25527251	-0.6382722	0.0745356	0.23
210	0.23	2.8966896	41.2	2.32221929	4.34782609	2.32221929	-0.6382722	0.06900656	0.23
240	0.22	2.8966896	41.2	2.38021124	4.54545455	2.38021124	-0.6575773	0.06454972	0.22
270	0.22	2.8966896	41.2	2.43136376	4.54545455	2.43136376	-0.6575773	0.06085806	0.22
300	0.22	2.8966896	41.2	2.47712125	4.54545455	2.47712125	-0.6575773	0.05773503	0.22
360	0.21	2.8966896	41.2	2.5563025	4.76190476	2.5563025	-0.6777807	0.05270463	0.21
480	0.215	2.8966896	41.2	2.68124124	4.65116279	2.68124124	-0.6675615	0.04564355	0.215
600	0.21	2.8966896	41.2	2.77815125	4.76190476	2.77815125	-0.6777807	0.04082483	0.21
720	0.21	2.8966896	41.2	2.8573325	4.76190476	2.8573325	-0.6777807	0.0372678	0.21
900	0.21	2.8966896	41.2	2.95424251	4.76190476	2.95424251	-0.6777807	0.03333333	0.21
990	0.21	2.8966896	41.2	2.99563519	4.76190476	2.99563519	-0.6777807	0.03178209	0.21
1200	0.21	2.8966896	41.2	3.07918125	4.76190476	3.07918125	-0.6777807	0.02886751	0.21



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \#DIV/0! \quad \text{m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad \text{d} = -80000$
 $m = 240000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 6.7025E-09 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 2.3104E-05 \quad \text{m/sec}$

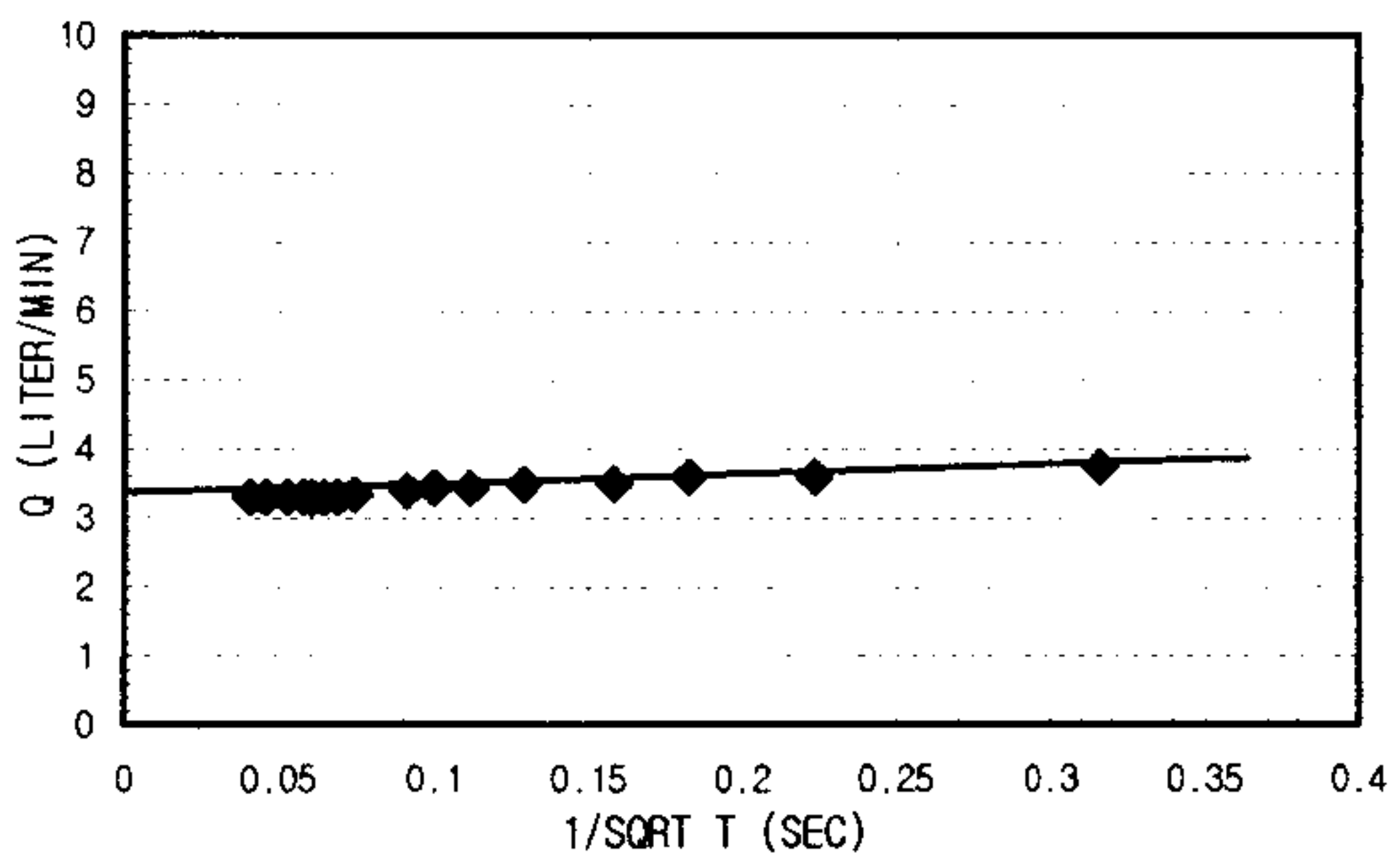
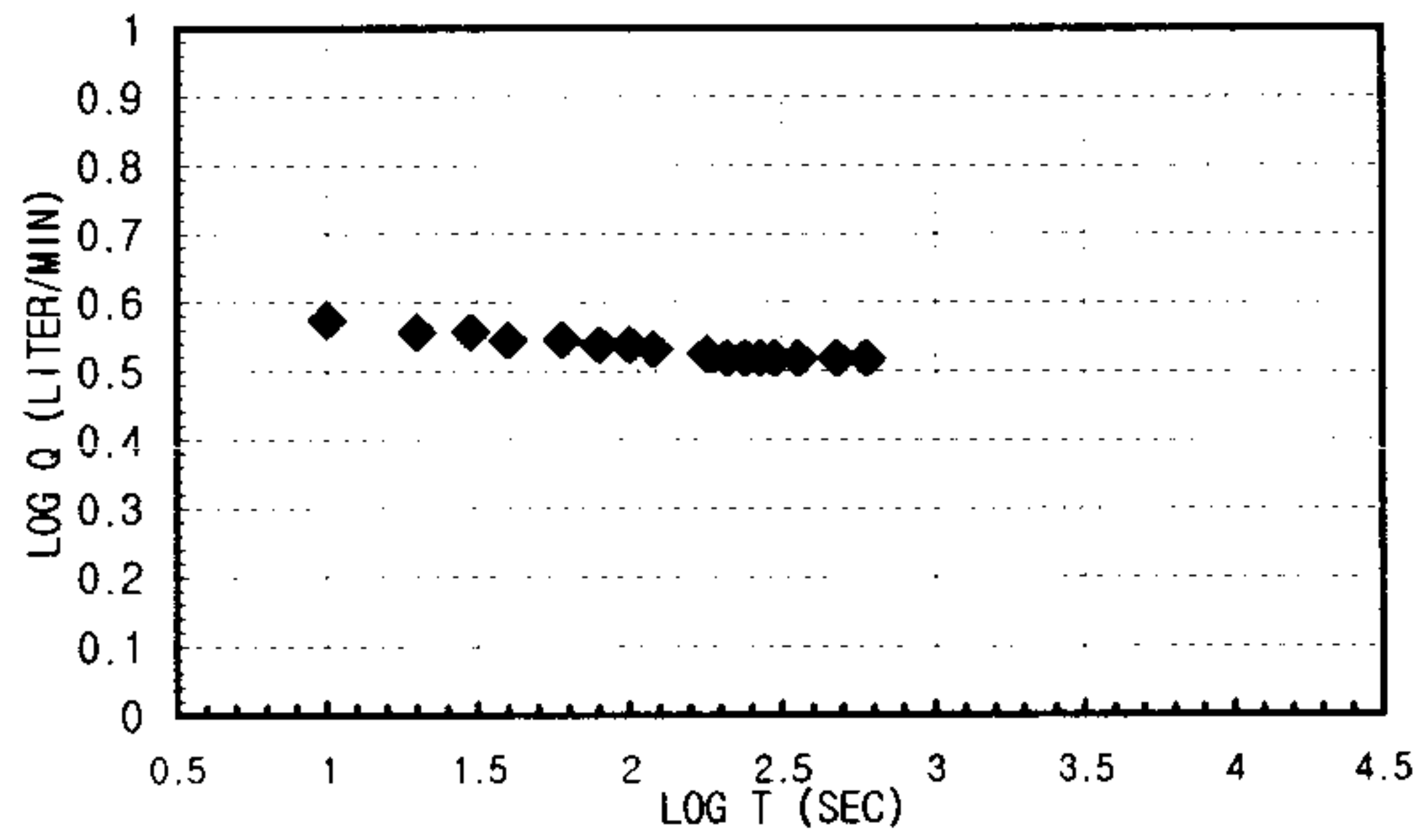
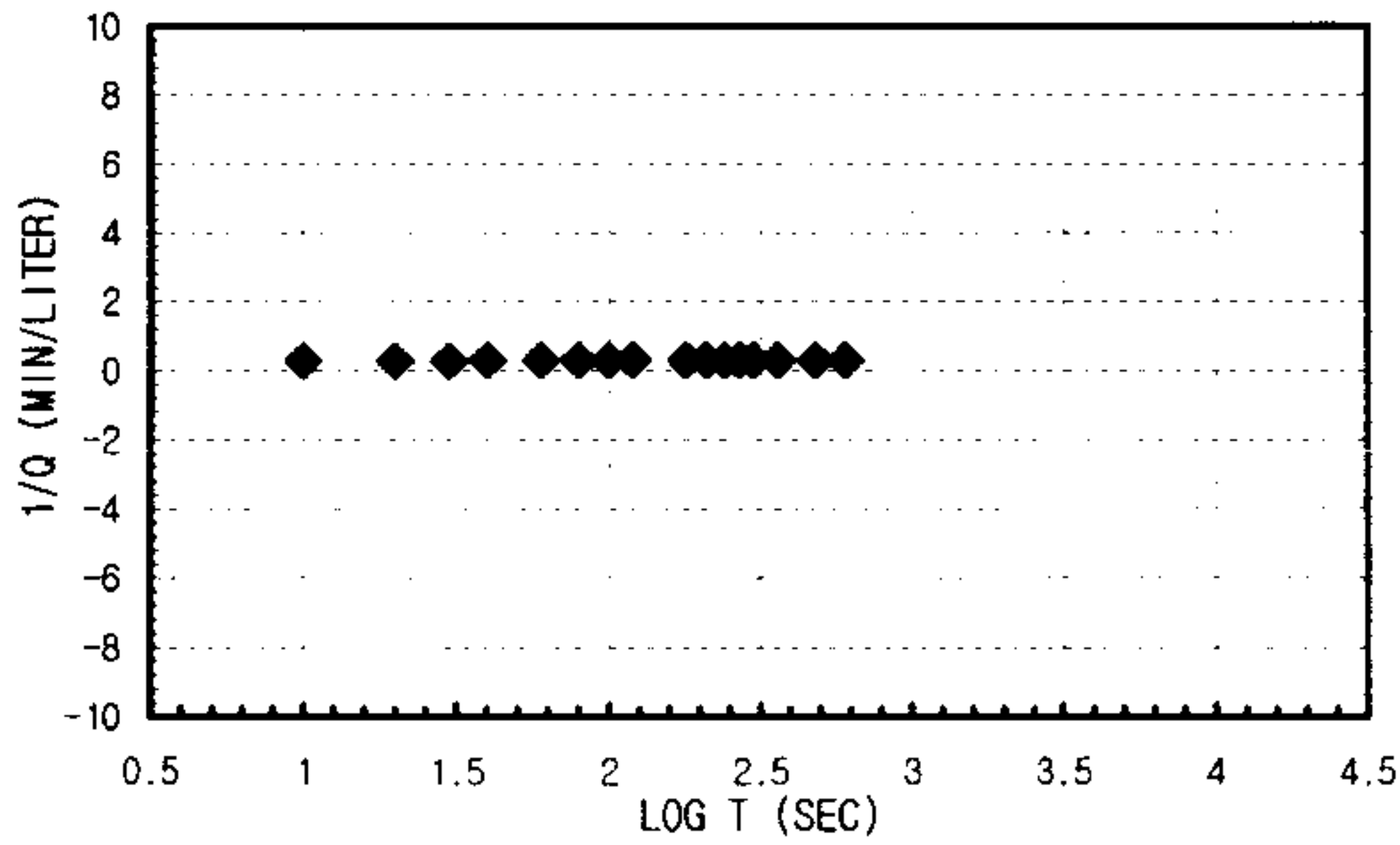
3. Spherical Flow
 $d = 0.0000035 \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-07 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 2.2197E-07 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 1.1245E-06 \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} =	8.1677E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.5<n<3.0)
-----------------------------	------------------	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-3		
TEST SECTION	10.2M-13.8M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YYMMDDHHMMSS)	960610125300-960610130300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16532.4-16535.4	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	32.5

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	3.75	0.773388	11	1 0.2666667	1	0.57403127	0.31622777	3.75
20	3.6	0.773388	11	1.30103 0.2777778	1.30103	0.5563025	0.2236068	3.6
30	3.6	0.773388	11	1.47712125 0.2777778	1.47712125	0.5563025	0.18257419	3.6
40	3.5	0.773388	11	1.60205999 0.28571429	1.60205999	0.54406804	0.15811388	3.5
60	3.5	0.773388	11	1.77815125 0.28571429	1.77815125	0.54406804	0.12909944	3.5
80	3.45	0.7944804	11.3	1.90308999 0.28985507	1.90308999	0.5378191	0.1118034	3.45
100	3.45	0.8296344	11.8	2 0.28985507	2	0.5378191	0.1	3.45
120	3.4	0.8296344	11.8	2.07918125 0.29411765	2.07918125	0.53147892	0.09128709	3.4
180	3.35	0.8296344	11.8	2.25527251 0.29850746	2.25527251	0.52504481	0.0745356	3.35
210	3.3	0.843696	12	2.32221929 0.3030303	2.32221929	0.51851394	0.06900656	3.3
240	3.3	0.843696	12	2.38021124 0.3030303	2.38021124	0.51851394	0.06454972	3.3
270	3.3	0.843696	12	2.43136376 0.3030303	2.43136376	0.51851394	0.06085806	3.3
300	3.3	0.843696	12	2.47712125 0.3030303	2.47712125	0.51851394	0.05773503	3.3
360	3.3	0.843696	12	2.5563025 0.3030303	2.5563025	0.51851394	0.05270463	3.3
480	3.3	0.87885	12.5	2.68124124 0.3030303	2.68124124	0.51851394	0.04564355	3.3
600	3.3	0.87885	12.5	2.77815125 0.3030303	2.77815125	0.51851394	0.04082483	3.3



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

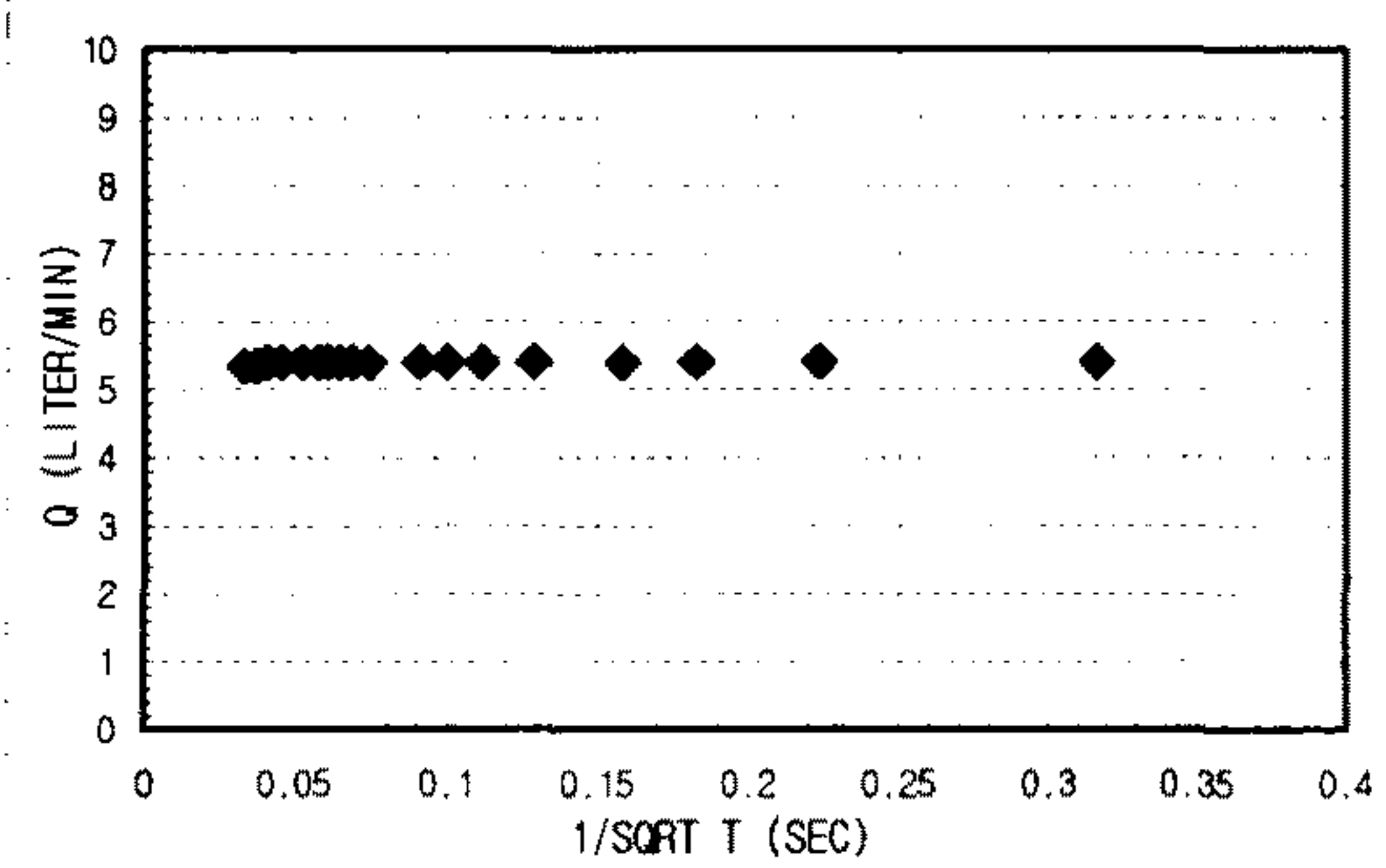
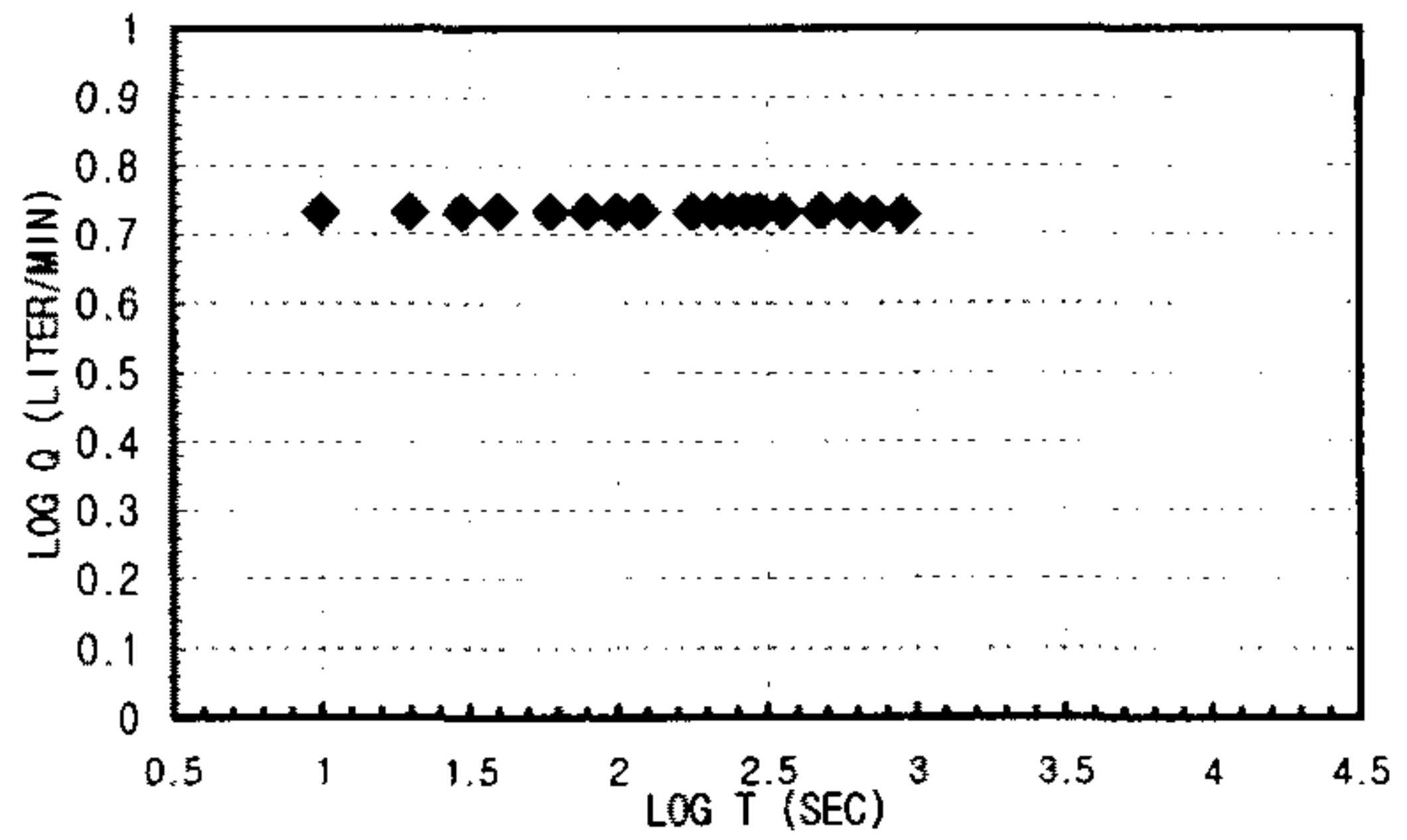
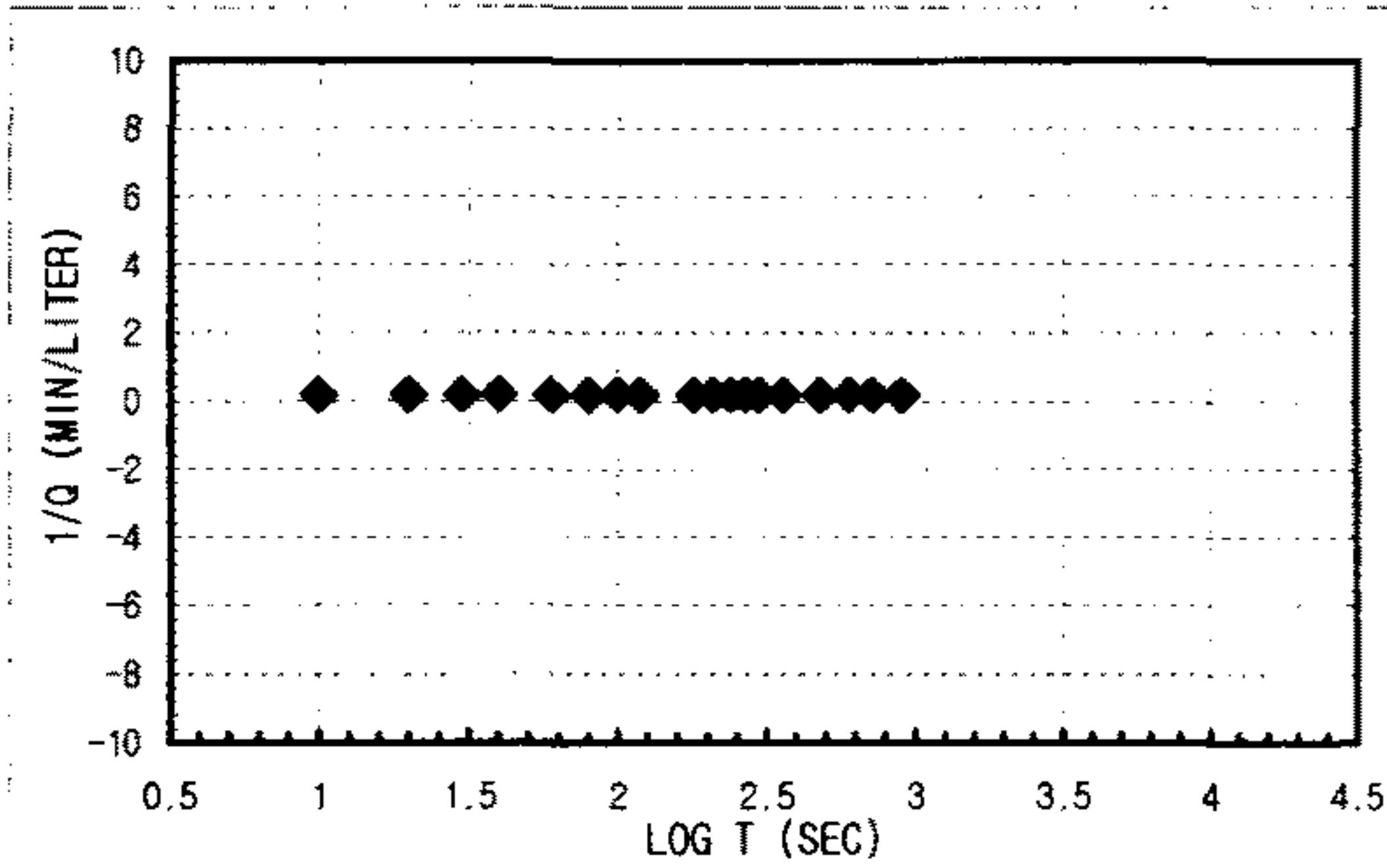
3. Spherical Flow
 $d = 5.3333E-05 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-06 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 3.3825E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 2.9517E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 3.1229E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n=3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-4		
TEST SECTION	13.8M-17.4M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610133100-960610134600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16565.4-16661.0	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	95.6

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5.4	0.35154	5	1 0.18518519	1	0.73239376	0.31622777	5.4
20	5.4	0.3656016	5.2	1.30103 0.18518519	1.30103	0.73239376	0.2236068	5.4
30	5.4	0.3656016	5.2	1.47712125 0.18518519	1.47712125	0.73239376	0.18257419	5.4
40	5.4	0.3656016	5.2	1.60205999 0.18518519	1.60205999	0.73239376	0.15811388	5.4
60	5.4	0.3656016	5.2	1.77815125 0.18518519	1.77815125	0.73239376	0.12909944	5.4
80	5.4	0.3656016	5.2	1.90308999 0.18518519	1.90308999	0.73239376	0.1118034	5.4
100	5.4	0.3656016	5.2	2 0.18518519	2	0.73239376	0.1	5.4
120	5.4	0.3656016	5.2	2.07918125 0.18518519	2.07918125	0.73239376	0.09128709	5.4
180	5.4	0.3656016	5.2	2.25527251 0.18518519	2.25527251	0.73239376	0.0745356	5.4
210	5.4	0.4077864	5.8	2.32221929 0.18518519	2.32221929	0.73239376	0.06900656	5.4
240	5.4	0.4077864	5.8	2.38021124 0.18518519	2.38021124	0.73239376	0.06454972	5.4
270	5.4	0.4077864	5.8	2.43136376 0.18518519	2.43136376	0.73239376	0.06085806	5.4
300	5.4	0.4077864	5.8	2.47712125 0.18518519	2.47712125	0.73239376	0.05773503	5.4
360	5.4	0.4077864	5.8	2.5563025 0.18518519	2.5563025	0.73239376	0.05270463	5.4
480	5.4	0.4077864	5.8	2.68124124 0.18518519	2.68124124	0.73239376	0.04564355	5.4
600	5.4	0.421848	6	2.77815125 0.18518519	2.77815125	0.73239376	0.04082483	5.4
720	5.35	0.4288788	6.1	2.8573325 0.18691589	2.8573325	0.72835378	0.0372678	5.35
900	5.35	0.4288788	6.1	2.95424251 0.18691589	2.95424251	0.72835378	0.03333333	5.35



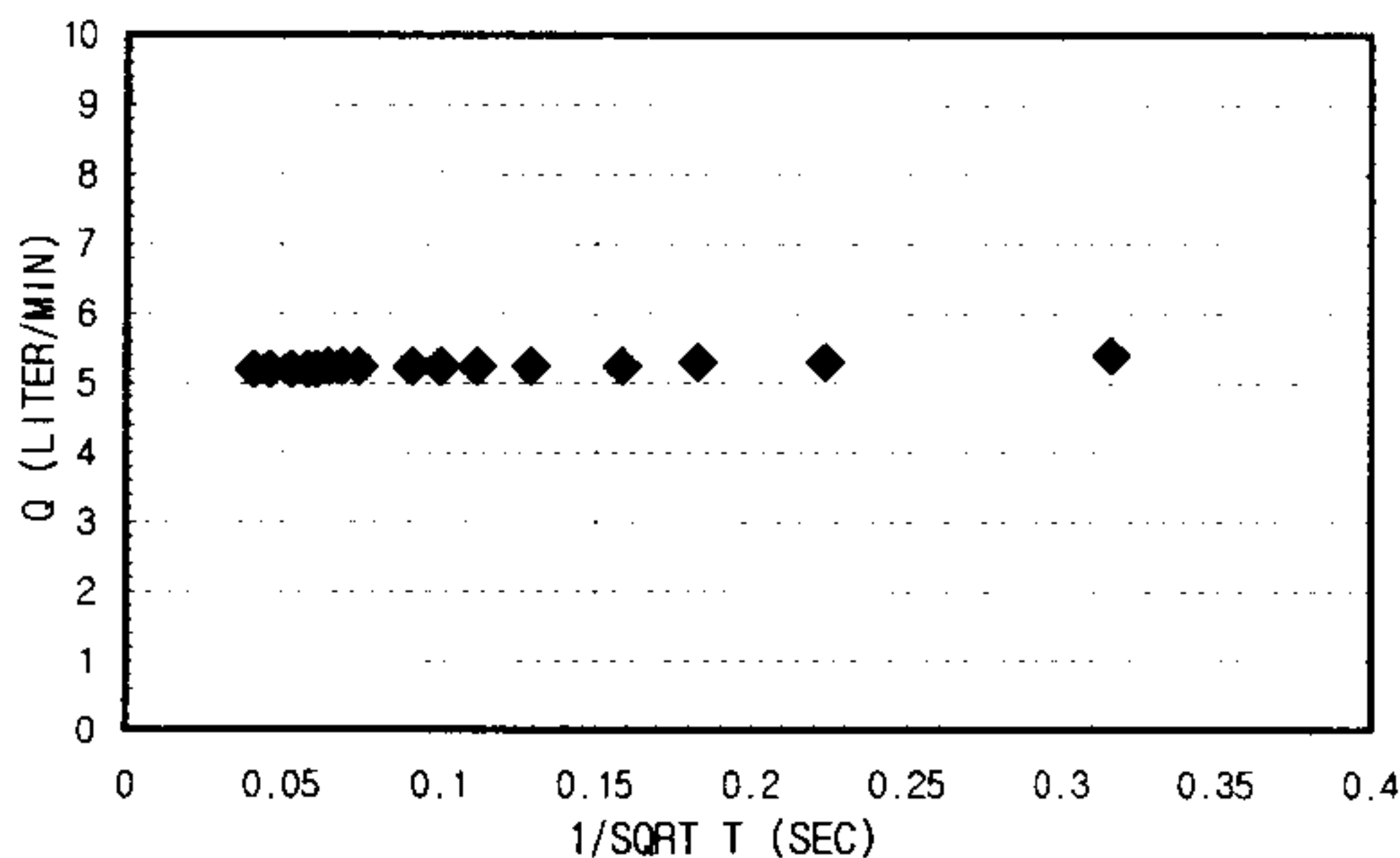
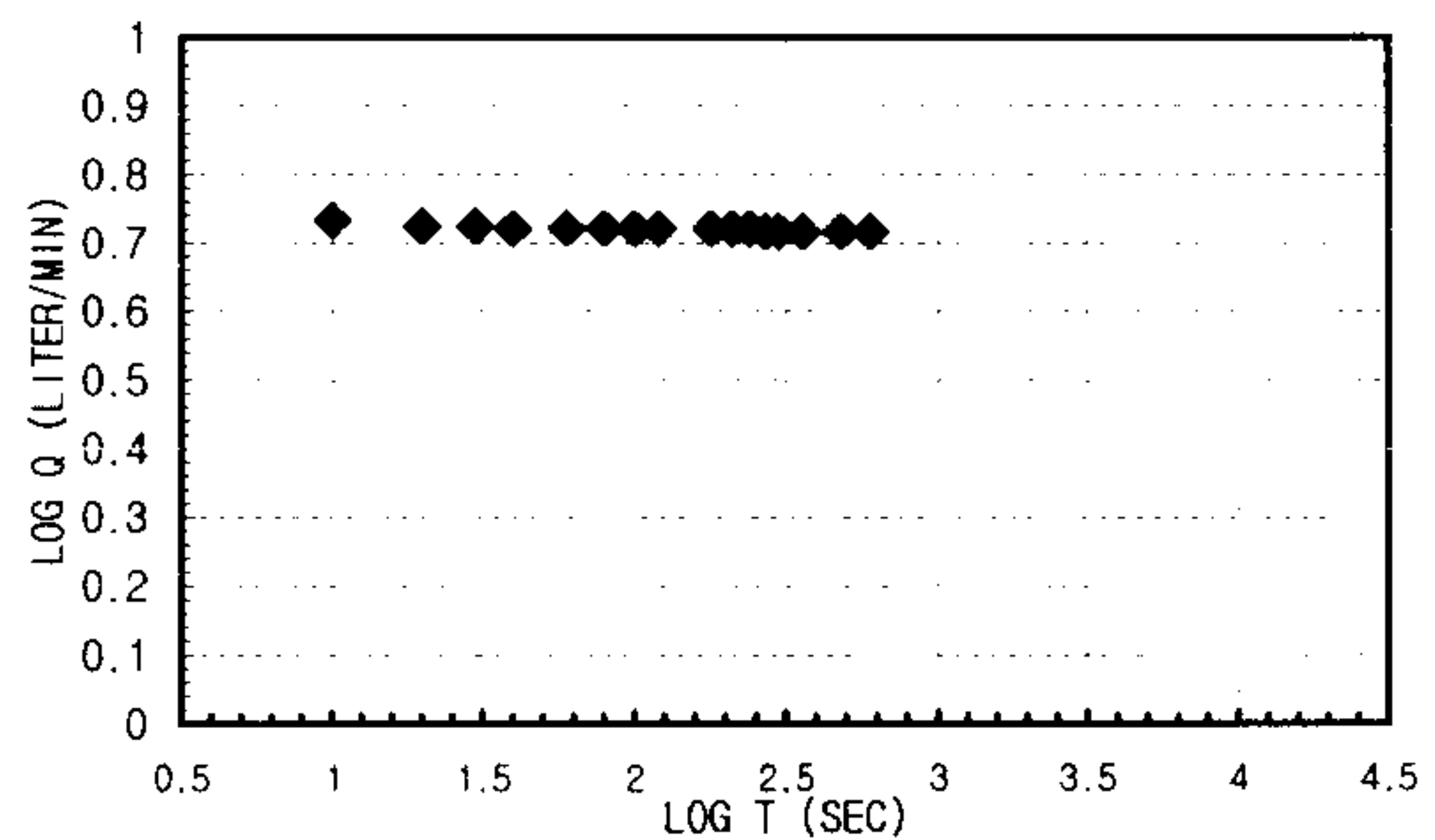
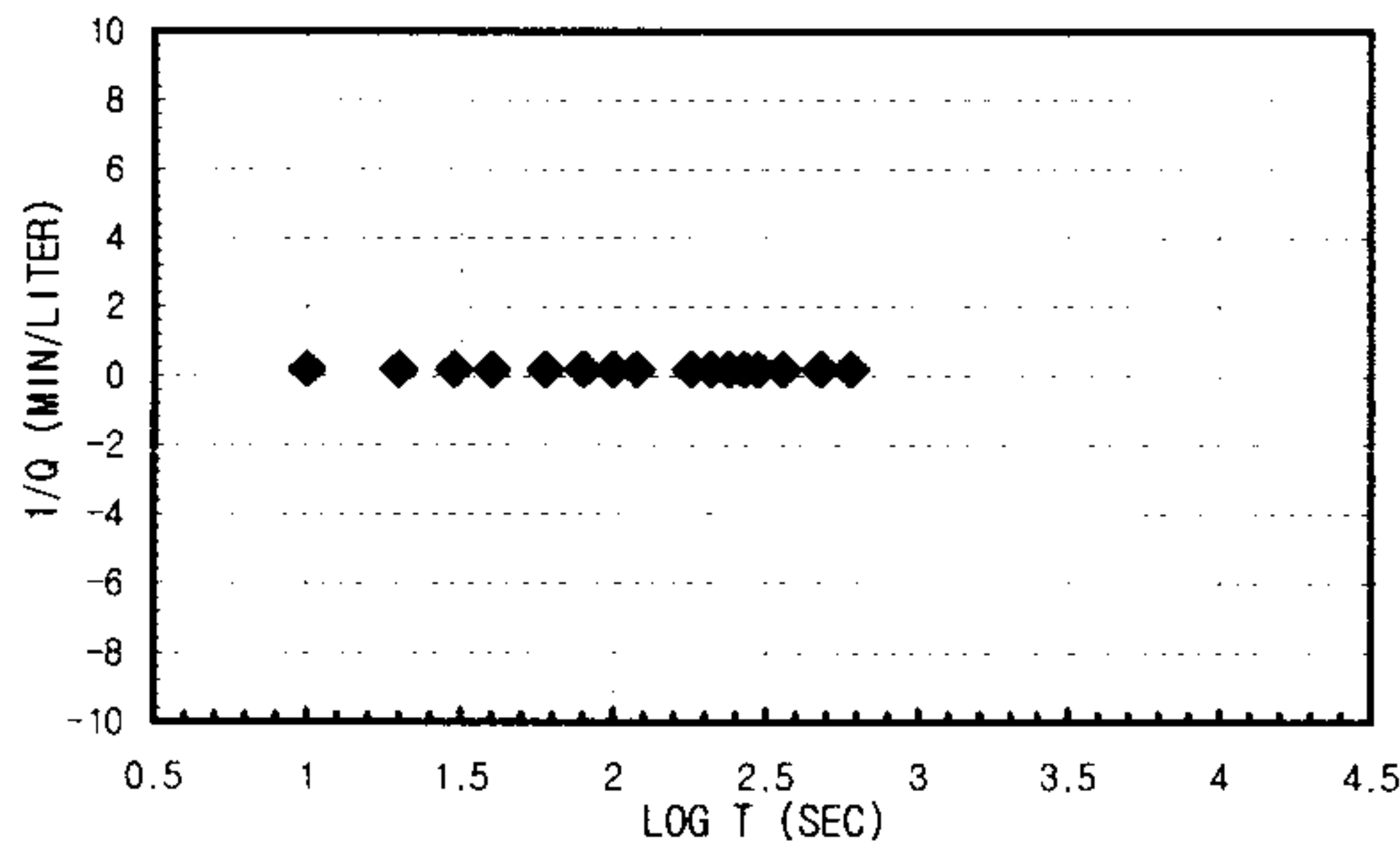
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0} =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	6.1242E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (n>4.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-5		
TEST SECTION	17.4M-21.0M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610140400-9606101414		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16661.0-16711.2	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	50.2

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5.4	0.4359096	6.2	1 0.18518519	1	0.73239376	0.31622777	5.4
20	5.3	0.4359096	6.2	1.30103 0.18867925	1.30103	0.72427587	0.2236068	5.3
30	5.3	0.457002	6.5	1.47712125 0.18867925	1.47712125	0.72427587	0.18257419	5.3
40	5.25	0.457002	6.5	1.60205999 0.19047619	1.60205999	0.7201593	0.15811388	5.25
60	5.25	0.457002	6.5	1.77815125 0.19047619	1.77815125	0.7201593	0.12909944	5.25
80	5.25	0.457002	6.5	1.90308999 0.19047619	1.90308999	0.7201593	0.1118034	5.25
100	5.25	0.457002	6.5	2 0.19047619	2	0.7201593	0.1	5.25
120	5.25	0.457002	6.5	2.07918125 0.19047619	2.07918125	0.7201593	0.09128709	5.25
180	5.25	0.457002	6.5	2.25527251 0.19047619	2.25527251	0.7201593	0.0745356	5.25
210	5.25	0.492156	7	2.32221929 0.19047619	2.32221929	0.7201593	0.06900656	5.25
240	5.25	0.492156	7	2.38021124 0.19047619	2.38021124	0.7201593	0.06454972	5.25
270	5.2	0.492156	7	2.43136376 0.19230769	2.43136376	0.71600334	0.06085806	5.2
300	5.2	0.492156	7	2.47712125 0.19230769	2.47712125	0.71600334	0.05773503	5.2
360	5.2	0.492156	7	2.5563025 0.19230769	2.5563025	0.71600334	0.05270463	5.2
480	5.2	0.492156	7	2.68124124 0.19230769	2.68124124	0.71600334	0.04564355	5.2
600	5.2	0.492156	7	2.77815125 0.19230769	2.77815125	0.71600334	0.04082483	5.2



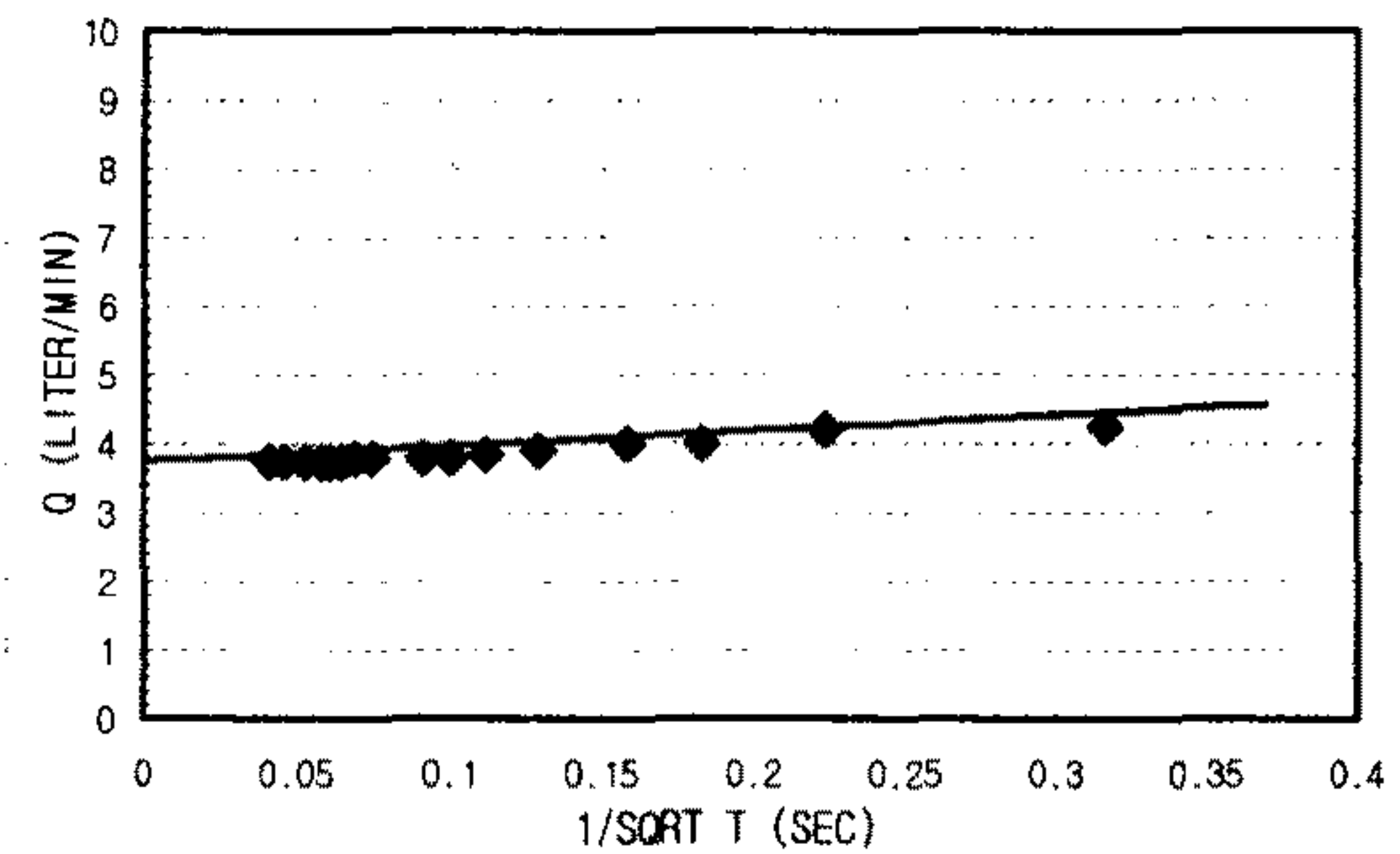
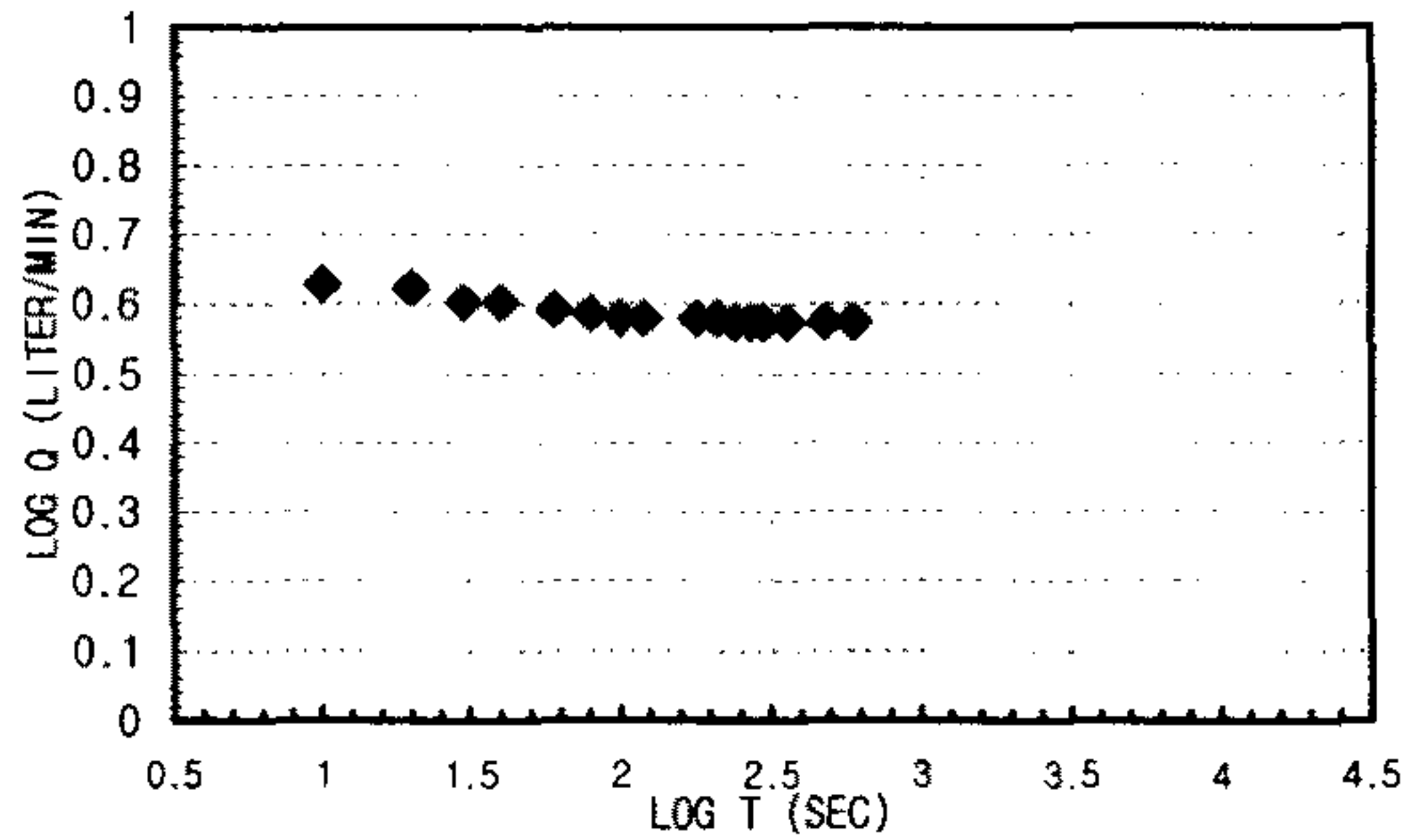
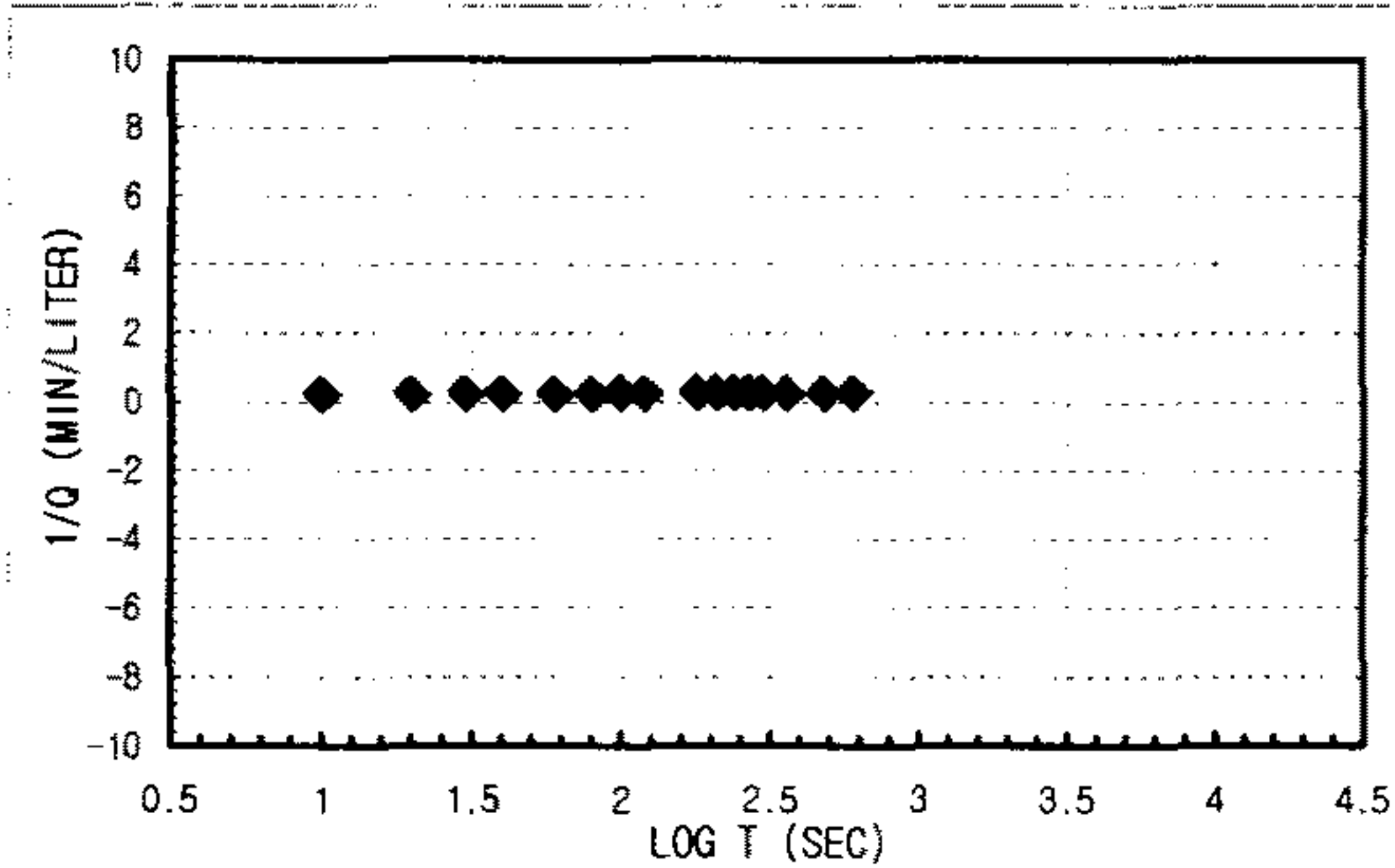
1. Linear Flow
 - $q(t_0=1) = A =$
 - $h_{w0} =$
 - $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 - $h_{w0} = d =$
 - $m = r_w =$
 - $K = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
 - $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 - $d = h_{w0} =$
 - $m = r_w =$
 - $K = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
 - $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 4.8238E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (n>4.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-6		
TEST SECTION	21.0M-24.6M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610142800-960610143800		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16711.2-16747.9	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	36.7

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.25	1.335852	19	1 0.23529412	1	0.62838893	0.31622777	4.25
20	4.2	1.3920984	19.8	1.30103 0.23809524	1.30103	0.62324929	0.2236068	4.2
30	4	1.40616	20	1.47712125	0.25	1.47712125	0.60205999	4
40	4	1.476468	21	1.60205999	0.25	1.60205999	0.60205999	4
60	3.9	1.511622	21.5	1.77815125	0.25641026	1.77815125	0.59106461	3.9
80	3.85	1.511622	21.5	1.90308999	0.25974026	1.90308999	0.58546073	3.85
100	3.8	1.511622	21.5	2 0.26315789	2	0.5797836	0.1	3.8
120	3.8	1.546776	22	2.07918125	0.26315789	2.07918125	0.5797836	3.8
180	3.8	1.546776	22	2.25527251	0.26315789	2.25527251	0.5797836	3.8
210	3.8	1.546776	22	2.32221929	0.26315789	2.32221929	0.5797836	3.8
240	3.75	1.546776	22	2.38021124	0.26666667	2.38021124	0.57403127	3.75
270	3.75	1.546776	22	2.43136376	0.26666667	2.43136376	0.57403127	3.75
300	3.75	1.546776	22	2.47712125	0.26666667	2.47712125	0.57403127	3.75
360	3.75	1.546776	22	2.5563025	0.26666667	2.5563025	0.57403127	3.75
480	3.75	1.546776	22	2.68124124	0.26666667	2.68124124	0.57403127	3.75
600	3.75	1.546776	22	2.77815125	0.26666667	2.77815125	0.57403127	3.75



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

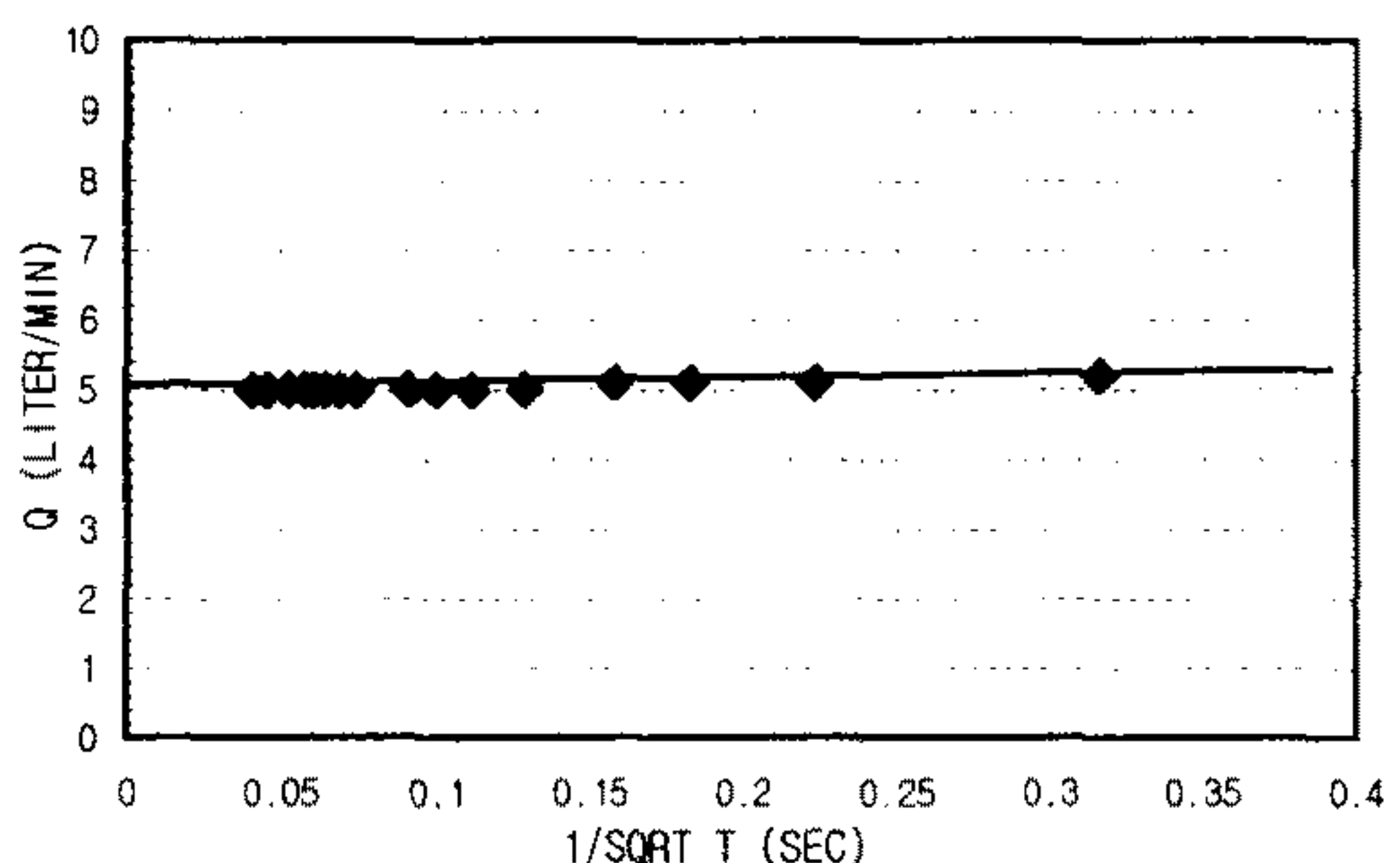
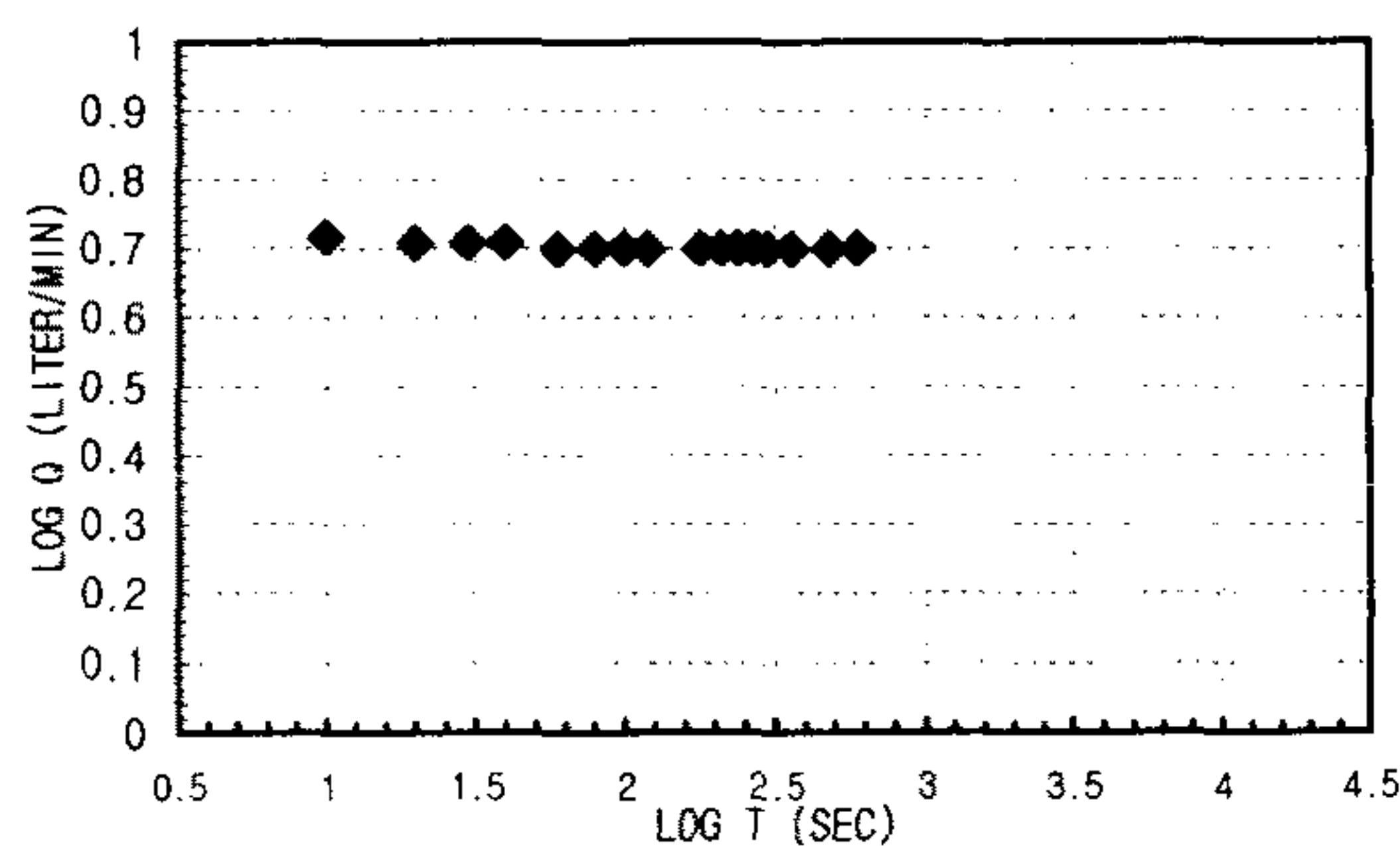
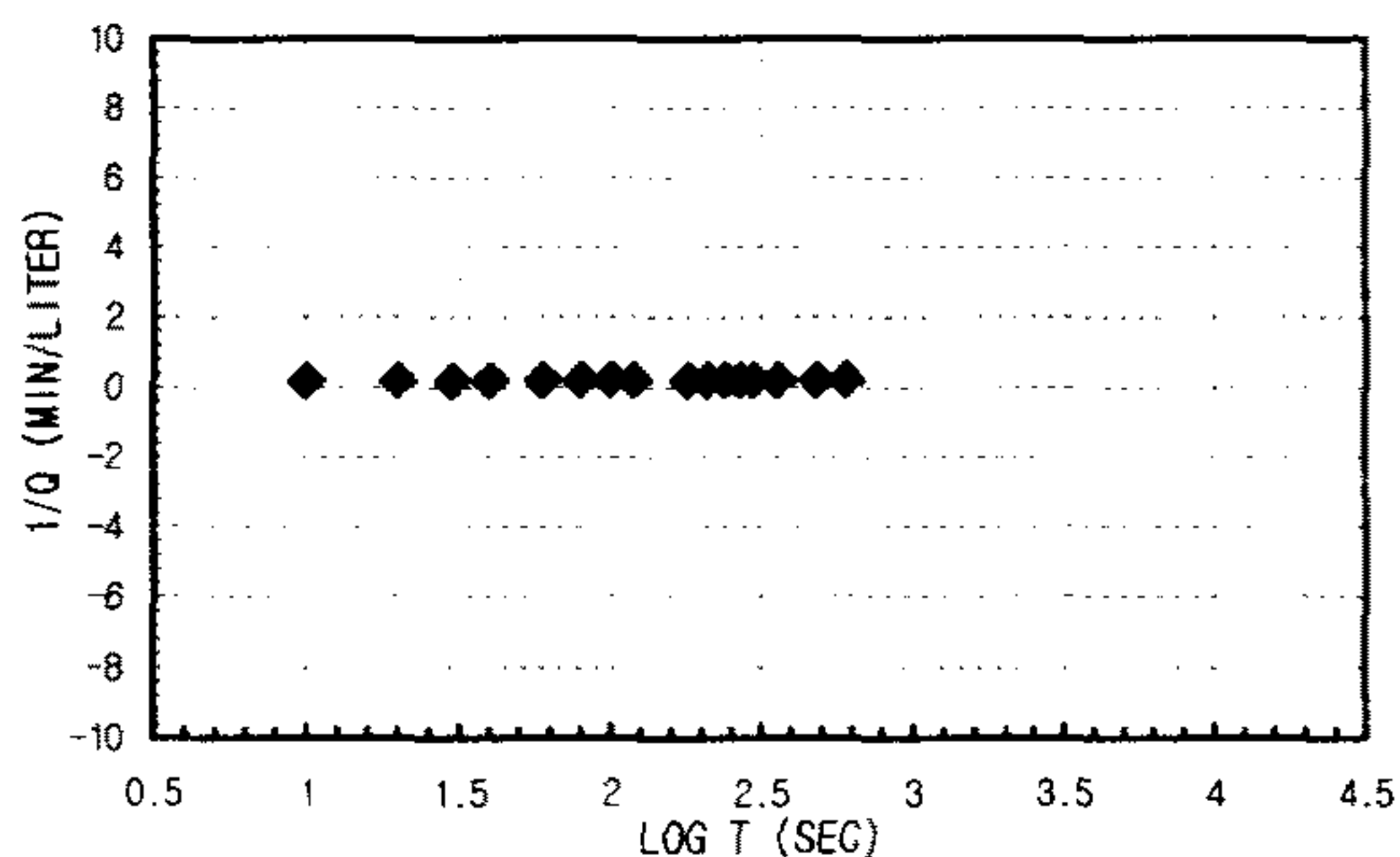
3. Spherical Flow
 $d = 0.00006 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-06 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 3.8053E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 2.6238E-05 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 3.5265E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n=3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-7		
TEST SECTION	24.6M-28.2M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960610145600-960610150600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16747.9-16495.8	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	47.9

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5.2	0.5765256	8.2	1 0.19230769	1	0.71600334	0.31622777	5.2
20	5.1	0.6187104	8.8	1.30103 0.19607843	1.30103	0.70757018	0.2236068	5.1
30	5.1	0.6187104	8.8	1.47712125 0.19607843	1.47712125	0.70757018	0.18257419	5.1
40	5.1	0.632772	9	1.60205999 0.19607843	1.60205999	0.70757018	0.15811388	5.1
60	5	0.6468336	9.2	1.77815125	0.2	1.77815125	0.69897	5
80	5	0.667926	9.5	1.90308999	0.2	1.90308999	0.69897	5
100	5	0.667926	9.5	2	0.2	2	0.69897	5
120	5	0.667926	9.5	2.07918125	0.2	2.07918125	0.69897	5
180	5	0.667926	9.5	2.25527251	0.2	2.25527251	0.69897	5
210	5	0.667926	9.5	2.32221929	0.2	2.32221929	0.69897	5
240	5	0.6890184	9.8	2.38021124	0.2	2.38021124	0.69897	5
270	5	0.6890184	9.8	2.43136376	0.2	2.43136376	0.69897	5
300	5	0.70308	10	2.47712125	0.2	2.47712125	0.69897	5
360	5	0.70308	10	2.5563025	0.2	2.5563025	0.69897	5
480	5	0.70308	10	2.68124124	0.2	2.68124124	0.69897	5
600	5	0.70308	10	2.77815125	0.2	2.77815125	0.69897	5



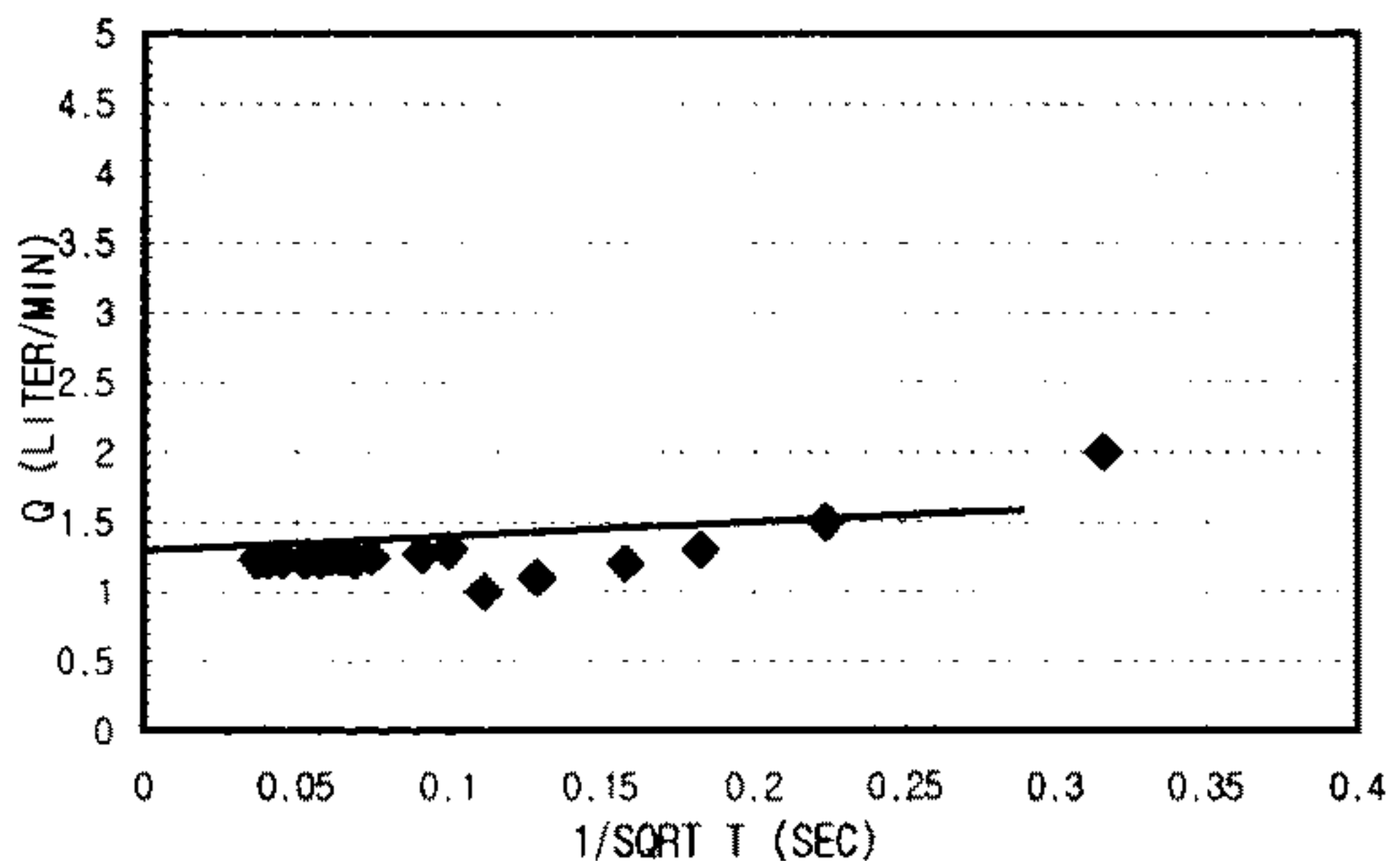
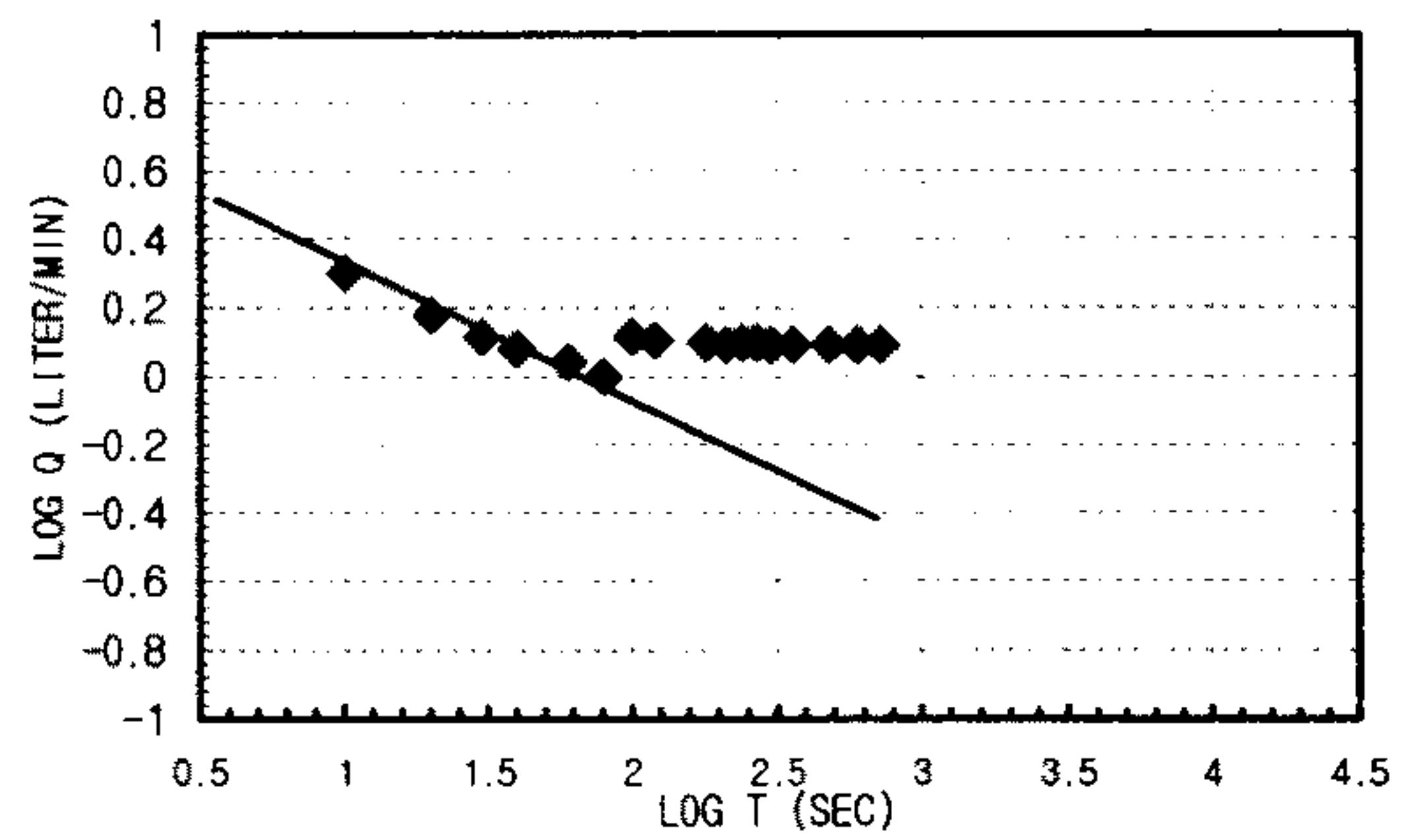
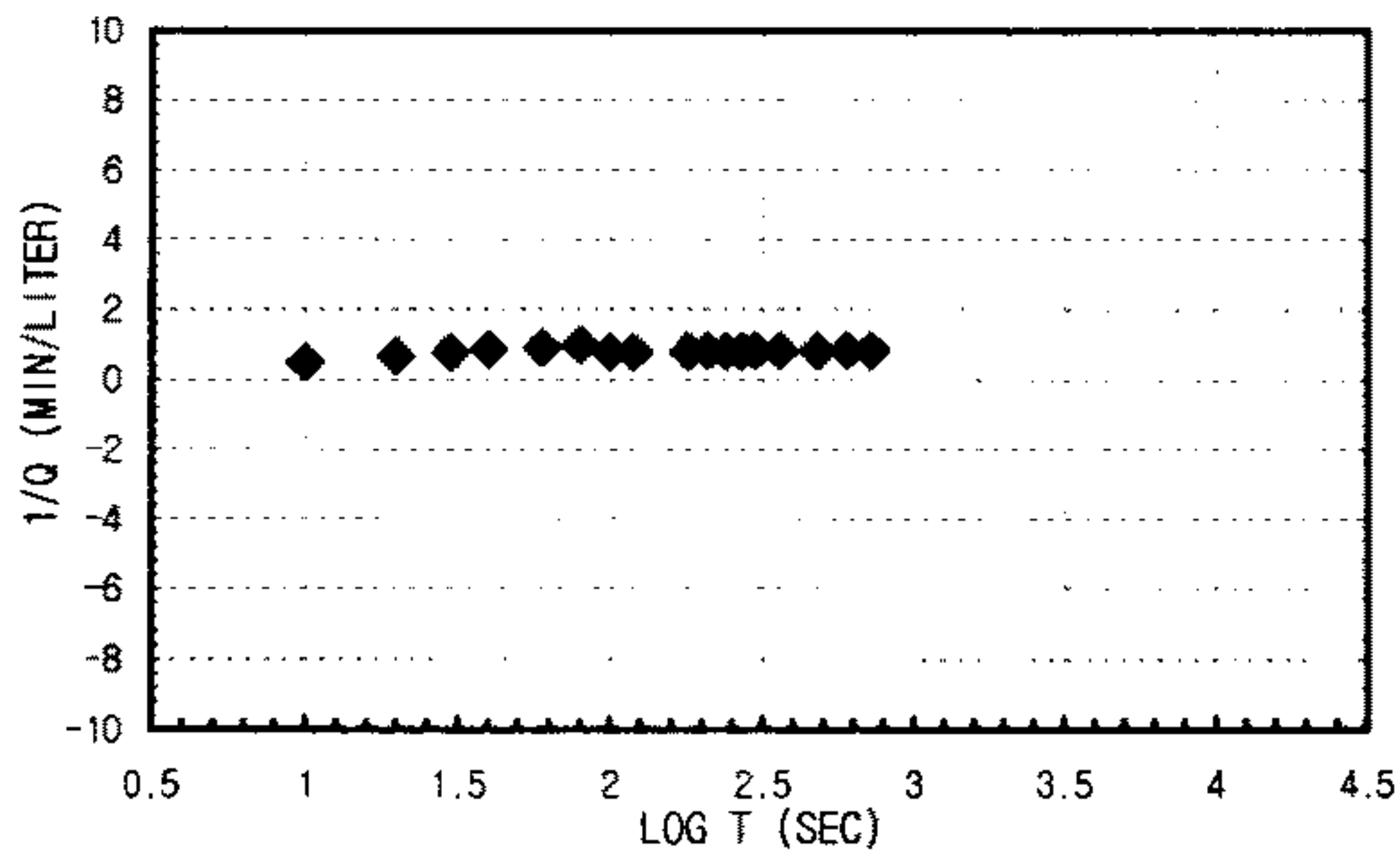
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 8.3333E-05 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-06 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 5.2851E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 4.7228E-06 \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	4.6027E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>3.0)
-----------------------------	------------------	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-8		
TEST SECTION	28.2M-31.8M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610152500-960610153700		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16795.8-16811.9	TIME INTERVAL (MIN)	12
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	16.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	2	2.320164	33	1	0.5	1	0.30103	0.31622777	2
20	1.5	2.46078	35	1.30103	0.66666667	1.30103	0.17609126	0.2236068	1.5
30	1.3	2.5099956	35.7	1.47712125	0.76923077	1.47712125	0.11394335	0.18257419	1.3
40	1.2	2.531088	36	1.60205999	0.83333333	1.60205999	0.07918125	0.15811388	1.2
60	1.1	2.531088	36	1.77815125	0.90909091	1.77815125	0.04139269	0.12909944	1.1
80	1	2.46078	35	1.90308999	1	1.90308999	0	0.1118034	1
100	1.3	2.46078	35	2	0.76923077	2	0.11394335	0.1	1.3
120	1.27	2.46078	35	2.07918125	0.78740157	2.07918125	0.10380372	0.09128709	1.27
180	1.25	2.46078	35	2.25527251	0.8	2.25527251	0.09691001	0.0745356	1.25
210	1.23	2.46078	35	2.32221929	0.81300813	2.32221929	0.08990511	0.06900656	1.23
240	1.25	2.46078	35	2.38021124	0.8	2.38021124	0.09691001	0.06454972	1.25
270	1.25	2.46078	35	2.43136376	0.8	2.43136376	0.09691001	0.06085806	1.25
300	1.23	2.46078	35	2.47712125	0.81300813	2.47712125	0.08990511	0.05773503	1.23
360	1.23	2.46078	35	2.5563025	0.81300813	2.5563025	0.08990511	0.05270463	1.23
480	1.23	2.4748416	35.2	2.68124124	0.81300813	2.68124124	0.08990511	0.04564355	1.23
600	1.23	2.4748416	35.2	2.77815125	0.81300813	2.77815125	0.08990511	0.04082483	1.23
720	1.23	2.4748416	35.2	2.8573325	0.81300813	2.8573325	0.08990511	0.0372678	1.23



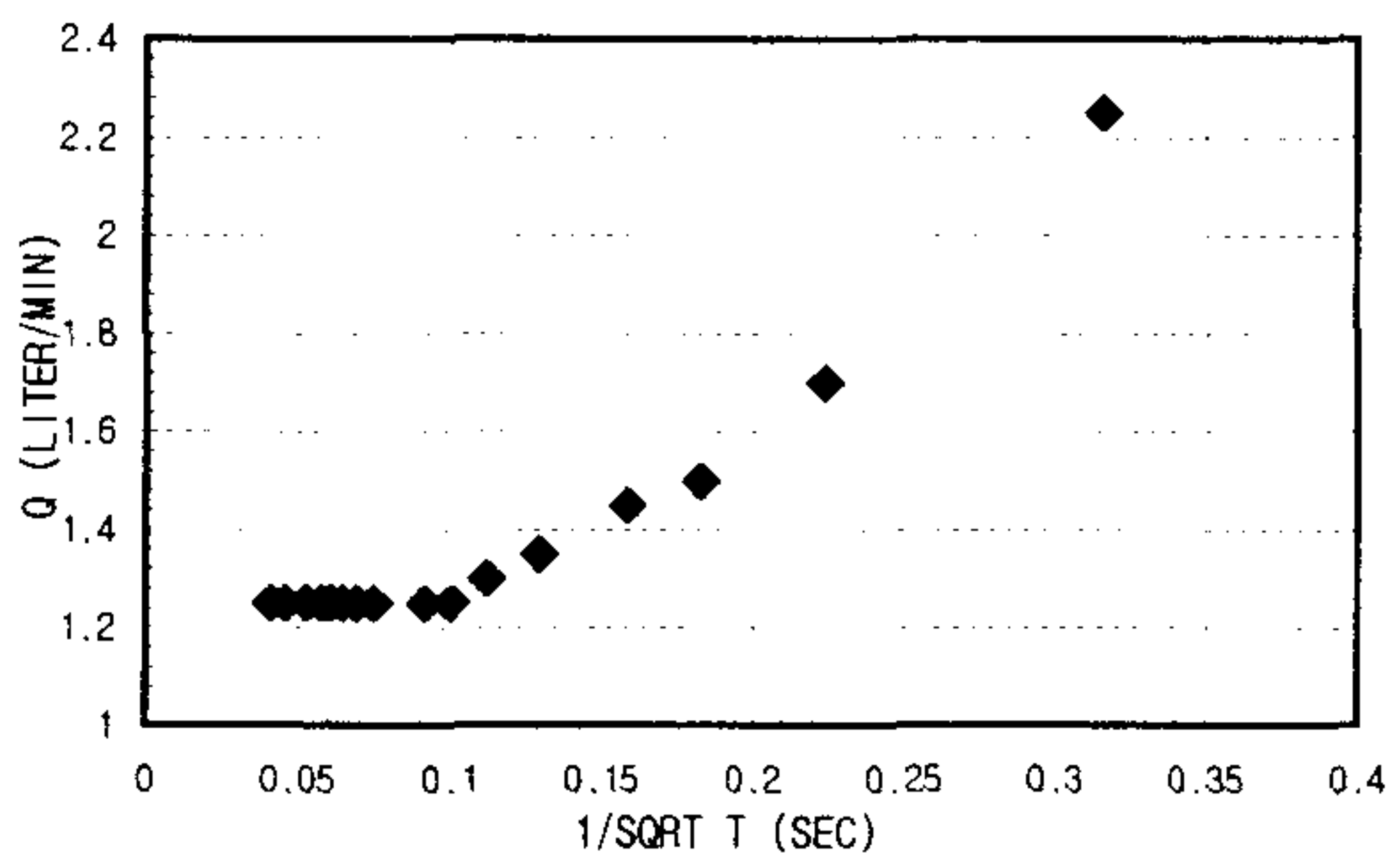
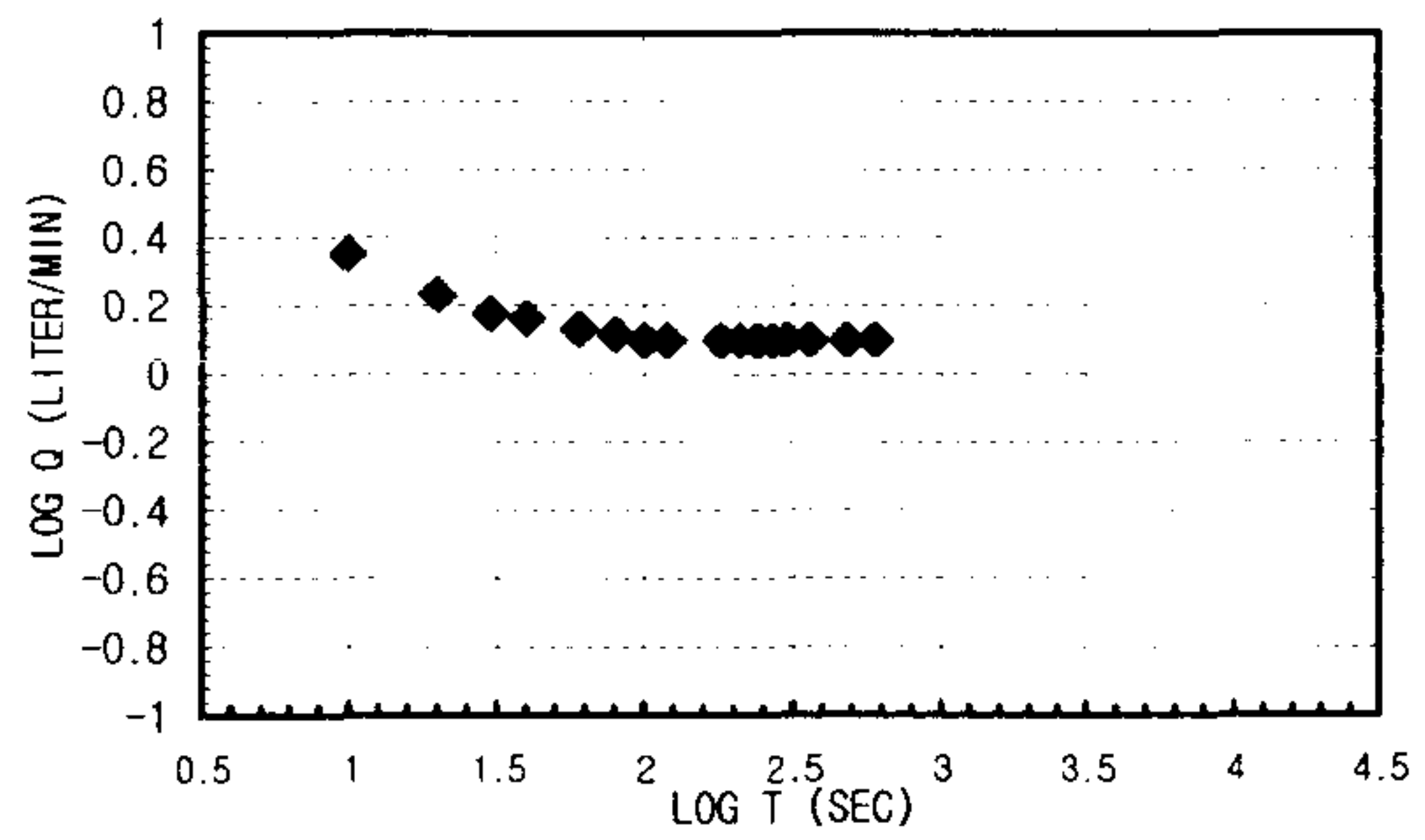
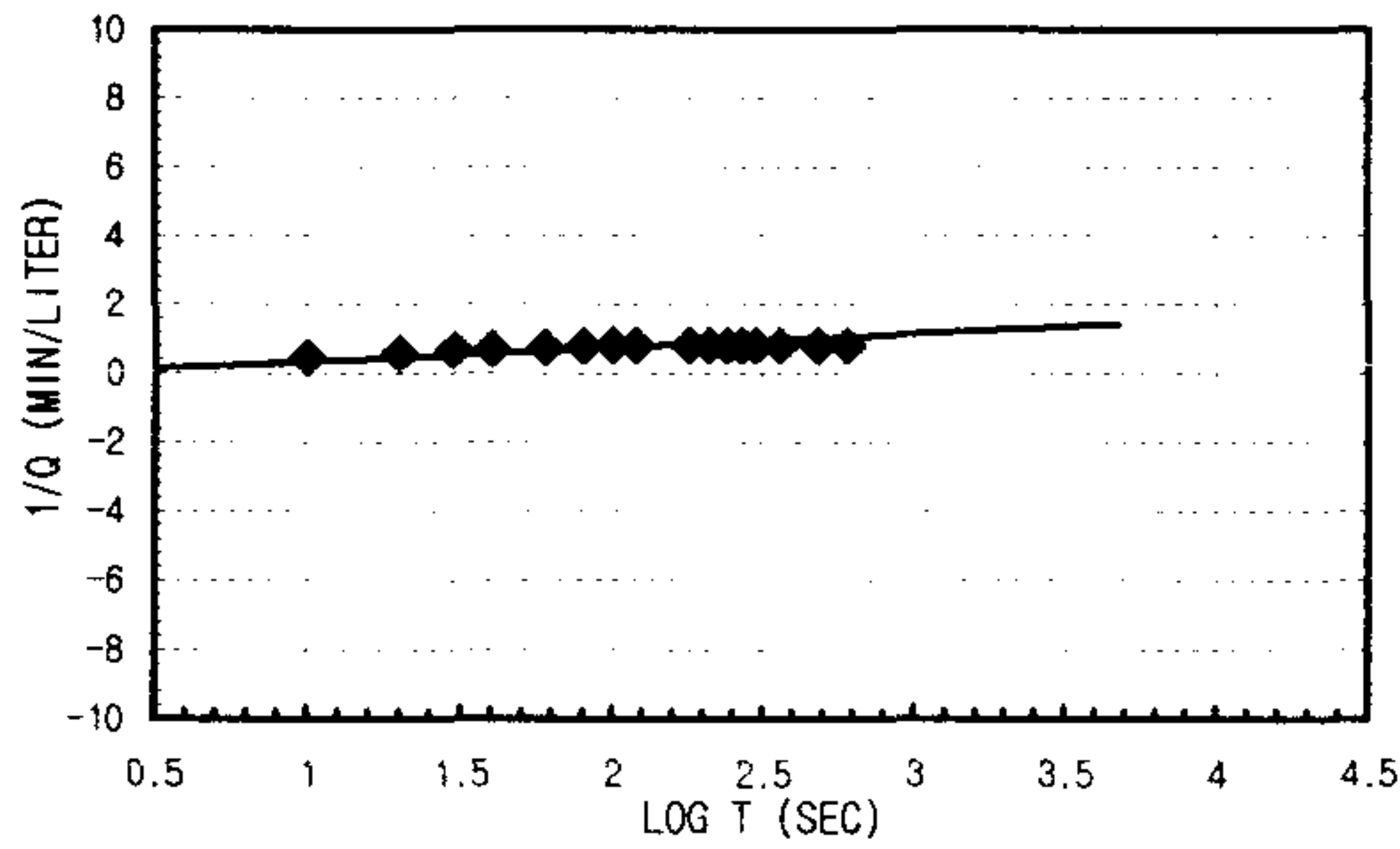
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = 1.1167E-05$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 1.5757E-08$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ $d =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 0.00002$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-06$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.2684E-06$ m/sec
 $S_s = 1.9678E-05$ m/sec

K _{steady state} = 1.2892E-07 m/sec	Flow Type= Bilinear to spherical flow (1.5<n<3.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-9		
TEST SECTION	31.8M-35.4M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610160000-960610161000		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16811.9-16828.7	TIME INTERVAL (MIN)	10
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	16.8

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.25	2.320164	33	1 0.44444444	1	0.35218252	0.31622777	2.25
20	1.7	2.425626	34.5	1.30103 0.58823529	1.30103	0.23044892	0.2236068	1.7
30	1.5	2.4678108	35.1	1.47712125 0.66666667	1.47712125	0.17609126	0.18257419	1.5
40	1.45	2.4748416	35.2	1.60205999 0.68965517	1.60205999	0.161368	0.15811388	1.45
60	1.35	2.495934	35.5	1.77815125 0.74074074	1.77815125	0.13033377	0.12909944	1.35
80	1.3	2.5170264	35.8	1.90308999 0.76923077	1.90308999	0.11394335	0.1118034	1.3
100	1.25	2.5170264	35.8	2 0.8	2	0.09691001	0.1	1.25
120	1.25	2.5170264	35.8	2.07918125 0.8	2.07918125	0.09691001	0.09128709	1.25
180	1.25	2.5170264	35.8	2.25527251 0.8	2.25527251	0.09691001	0.0745356	1.25
210	1.25	2.531088	36	2.32221929 0.8	2.32221929	0.09691001	0.06900656	1.25
240	1.25	2.531088	36	2.38021124 0.8	2.38021124	0.09691001	0.06454972	1.25
270	1.25	2.531088	36	2.43136376 0.8	2.43136376	0.09691001	0.06085806	1.25
300	1.25	2.531088	36	2.47712125 0.8	2.47712125	0.09691001	0.05773503	1.25
360	1.25	2.531088	36	2.5563025 0.8	2.5563025	0.09691001	0.05270463	1.25
480	1.25	2.531088	36	2.68124124 0.8	2.68124124	0.09691001	0.04564355	1.25
600	1.25	2.531088	36	2.77815125 0.8	2.77815125	0.09691001	0.04082483	1.25



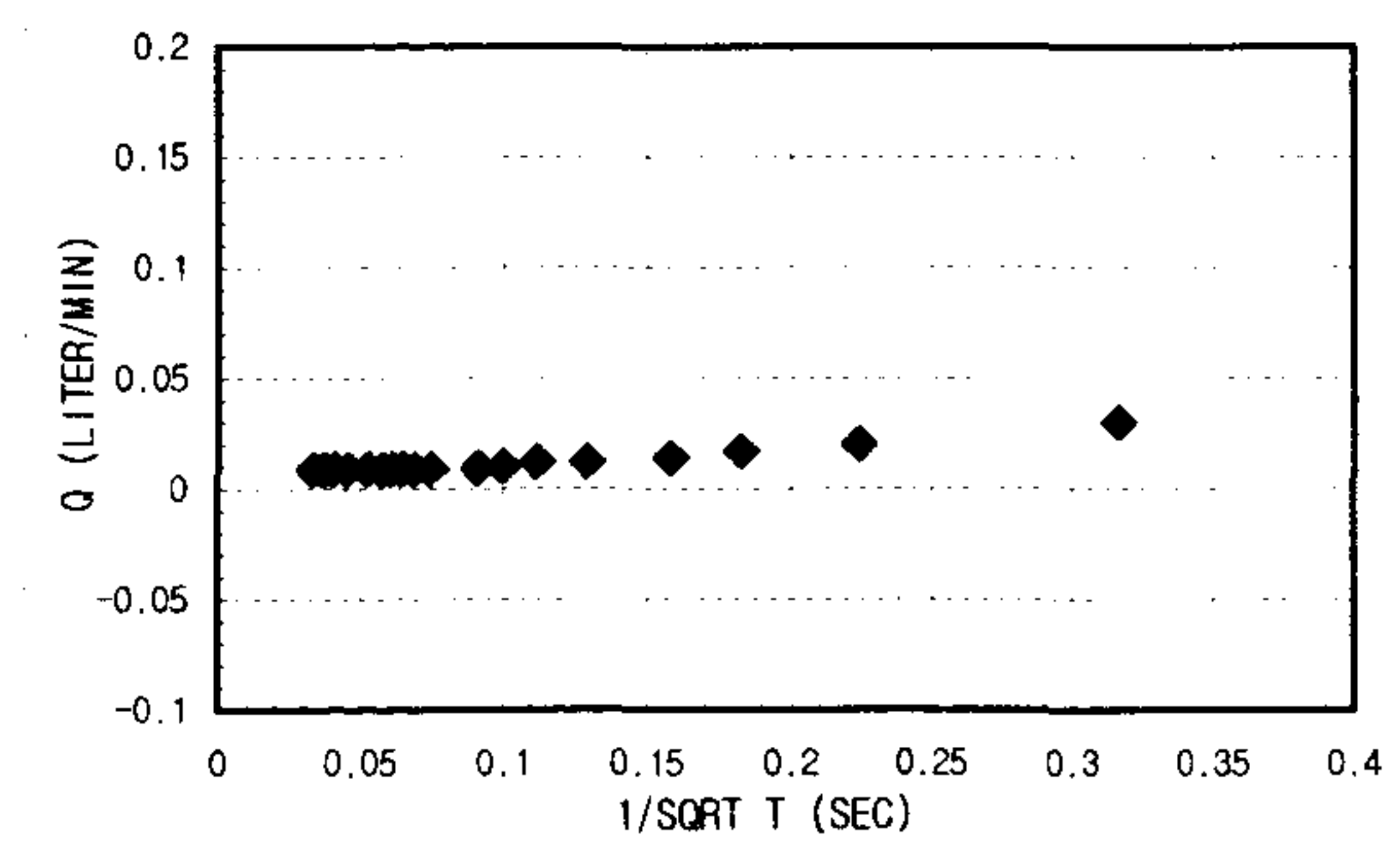
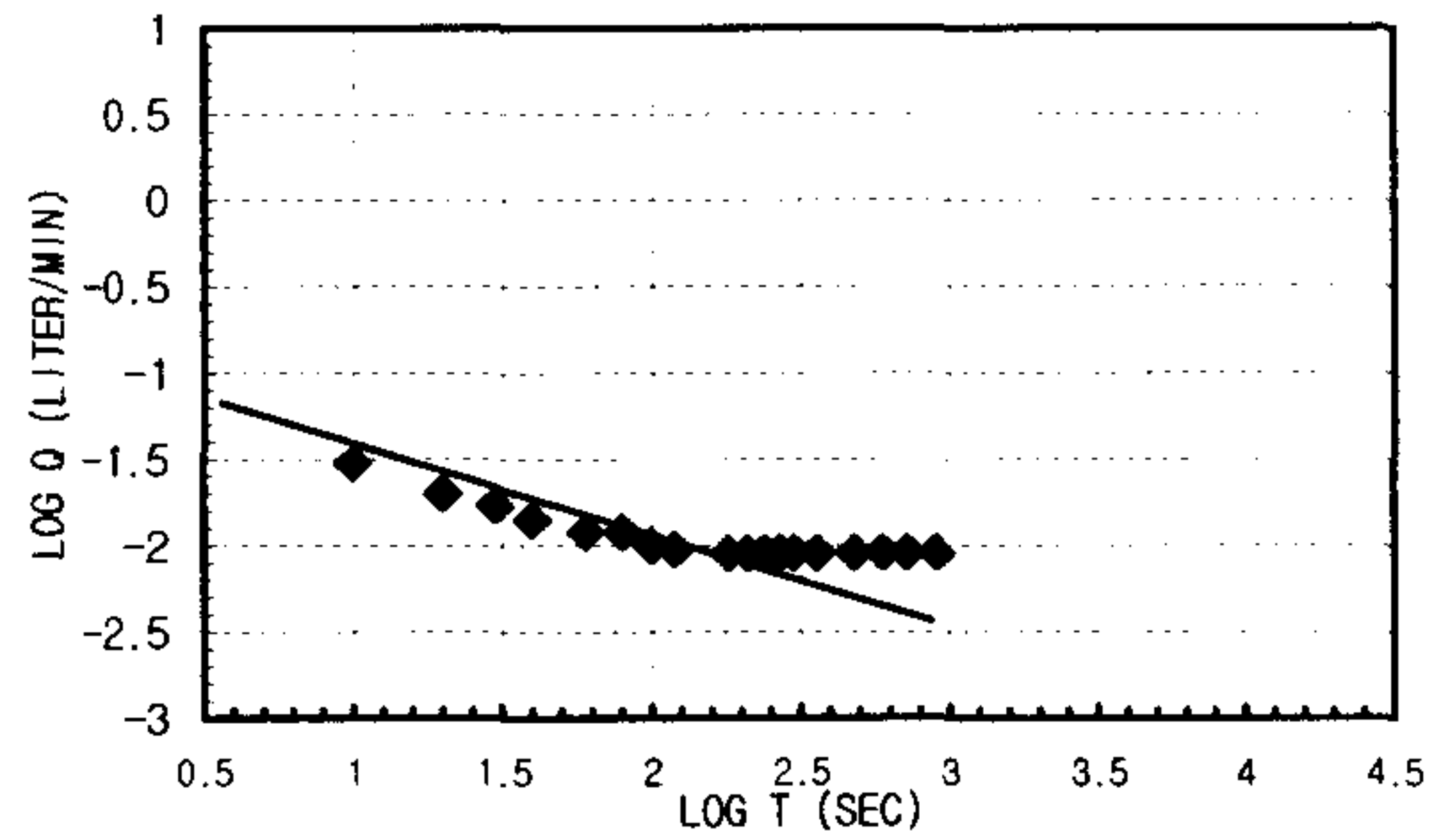
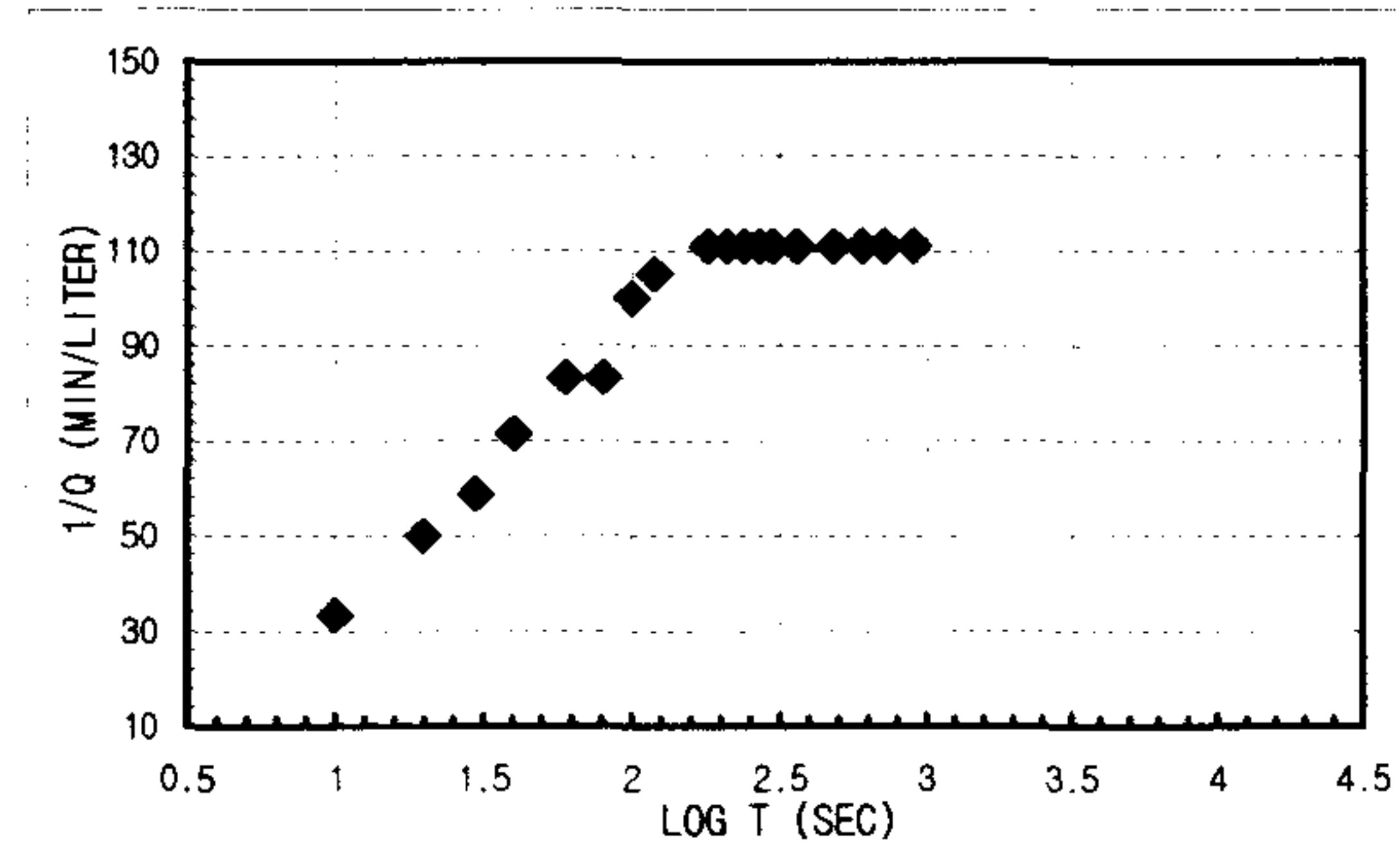
1. Linear Flow
 - $q(t_0=1) = A =$
 - $h_{w0} =$
 - $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 - $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 24000$
 - $m = 12000 \text{ r}_w = 0.0375$
 - $K = 1.3405E-07 \text{ m/sec}$
 - $S_s = 2.1448E-06 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 - $d = h_{w0} =$
 - $m = r_w =$
 - $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 - $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	1.6143E-07 m/sec	Flow Type= Radial flow (<n<2.5)
-----------------------------	------------------	---------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-10		
TEST SECTION	35.4M-39.0M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610162600-960610165700		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16828.7-16828.8	TIME INTERVAL (MIN)	15
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.03	2.8966896	41.2	1	33.3333333	-1.5228787	0.31622777	0.03
20	0.02	2.8966896	41.2	1.30103	50	1.30103	-1.69897	0.02
30	0.017	2.8966896	41.2	1.47712125	58.8235294	1.47712125	-1.7695511	0.017
40	0.014	2.8966896	41.2	1.60205999	71.4285714	1.60205999	-1.853872	0.014
60	0.012	2.8966896	41.2	1.77815125	83.3333333	1.77815125	-1.9208188	0.012
80	0.012	2.8966896	41.2	1.90308999	83.3333333	1.90308999	-1.9208188	0.012
100	0.01	2.8966896	41.2	2	100	2	-2	0.01
120	0.0095	2.8966896	41.2	2.07918125	105.263158	2.07918125	-2.0222764	0.0095
180	0.009	2.8966896	41.2	2.25527251	111.111111	2.25527251	-2.0457575	0.009
210	0.009	2.8966896	41.2	2.32221929	111.111111	2.32221929	-2.0457575	0.009
240	0.009	2.8966896	41.2	2.38021124	111.111111	2.38021124	-2.0457575	0.009
270	0.009	2.8966896	41.2	2.43136376	111.111111	2.43136376	-2.0457575	0.009
300	0.009	2.8966896	41.2	2.47712125	111.111111	2.47712125	-2.0457575	0.009
360	0.009	2.8966896	41.2	2.5563025	111.111111	2.5563025	-2.0457575	0.009
480	0.009	2.8966896	41.2	2.68124124	111.111111	2.68124124	-2.0457575	0.009
600	0.009	2.8966896	41.2	2.77815125	111.111111	2.77815125	-2.0457575	0.009
720	0.009	2.8966896	41.2	2.8573325	111.111111	2.8573325	-2.0457575	0.009
900	0.009	2.8966896	41.2	2.95424251	111.111111	2.95424251	-2.0457575	0.009



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = -1.667E-05$ A = 0.00471239
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 3.5101E-08$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d =
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

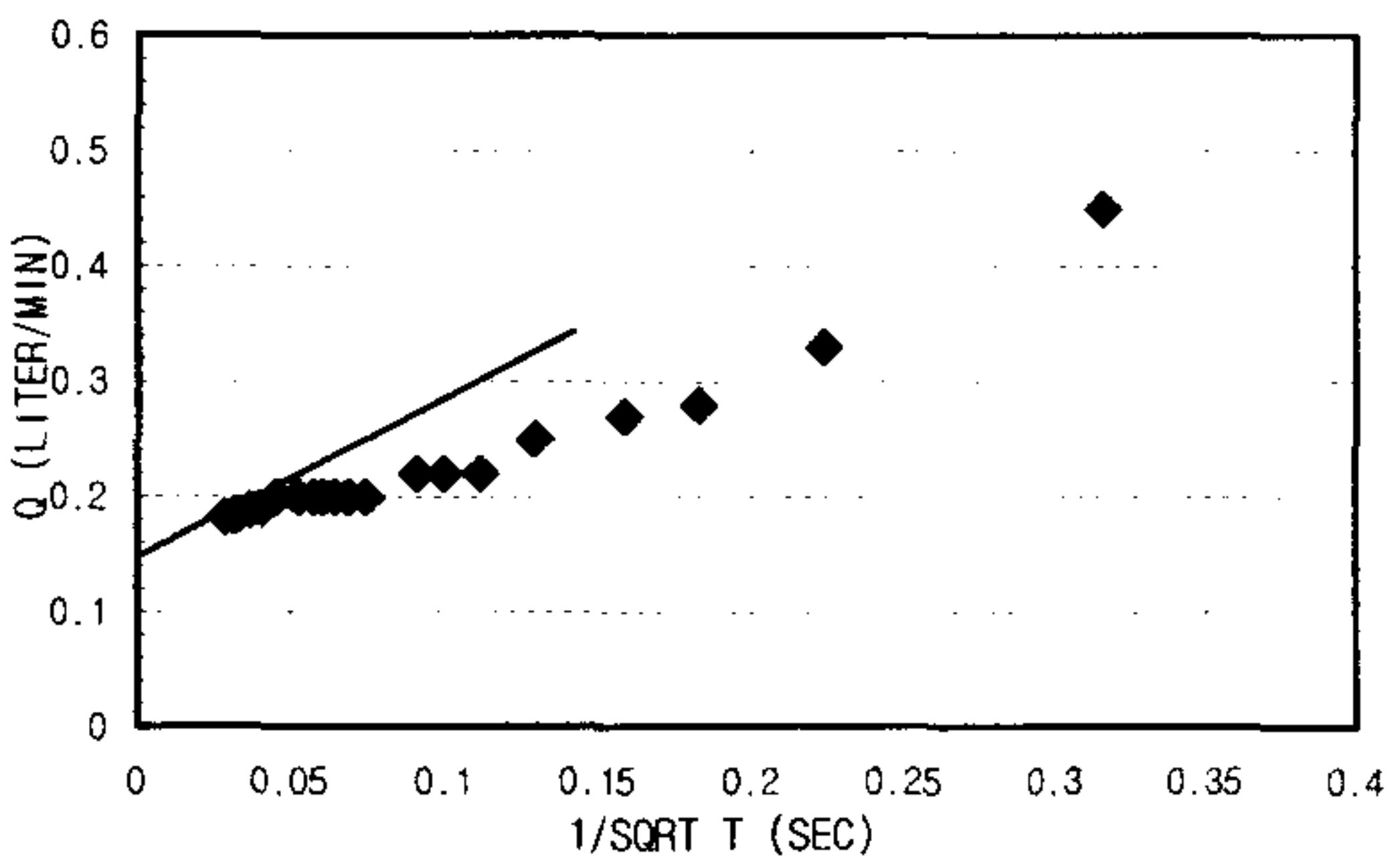
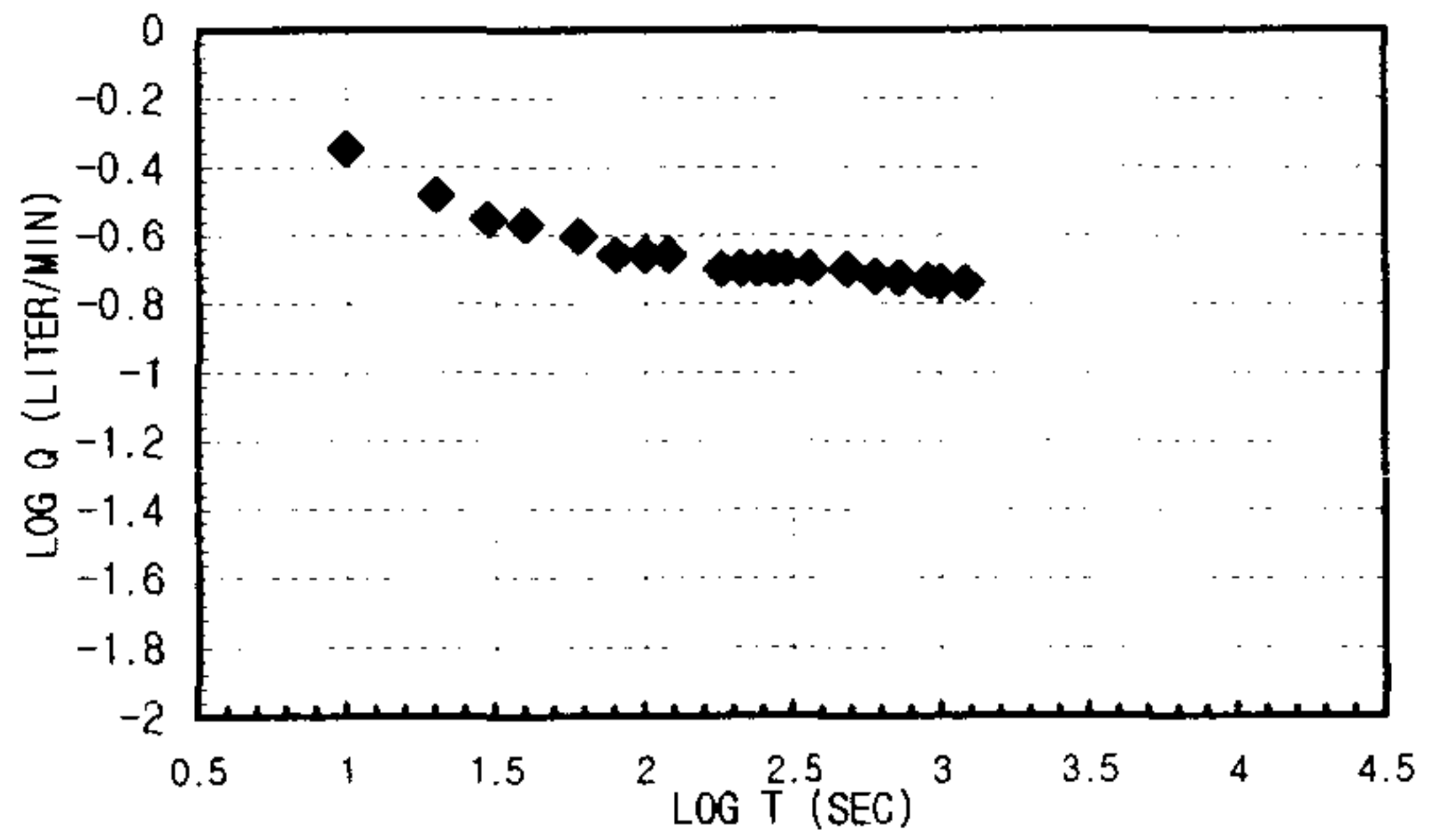
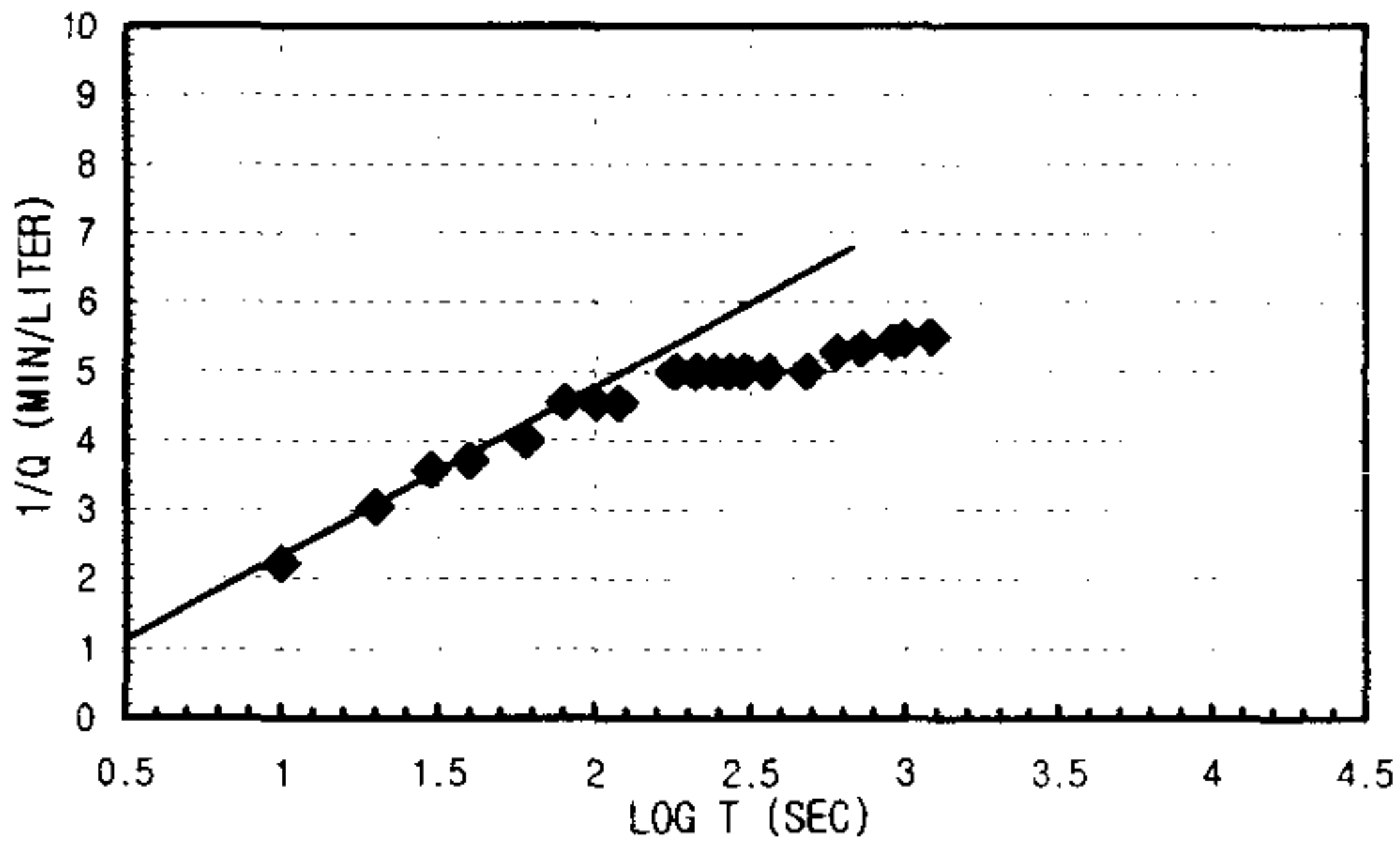
3. Spherical Flow
 $d =$ $h_{w0} =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

K _{steady state} = 6.406E-10 m/sec	Flow Type= Linear to constant pressure boundary (1.0<n)
---	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-11		
TEST SECTION	39.0M-42.6M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM ²)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDHMMSS)	960610171400-960610173600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16828.8-16829.3	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.5

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM ²)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	0.45	2.847474	40.5	1	2.2222222	1	-0.3467875	0.31622777	0.45
20	0.33	2.847474	40.5	1.30103	3.0303030	1.30103	-0.4814861	0.2236068	0.33
30	0.28	2.847474	40.5	1.47712125	3.57142857	1.47712125	-0.552842	0.18257419	0.28
40	0.27	2.847474	40.5	1.60205999	3.7037037	1.60205999	-0.5686362	0.15811388	0.27
60	0.25	2.847474	40.5	1.77815125	4	1.77815125	-0.60206	0.12909944	0.25
80	0.22	2.847474	40.5	1.90308999	4.54545455	1.90308999	-0.6575773	0.1118034	0.22
100	0.22	2.8685664	40.8	2	4.54545455	2	-0.6575773	0.1	0.22
120	0.22	2.8685664	40.8	2.07918125	4.54545455	2.07918125	-0.6575773	0.09128709	0.22
180	0.2	2.8685664	40.8	2.25527251	5	2.25527251	-0.69897	0.0745356	0.2
210	0.2	2.8685664	40.8	2.3221929	5	2.3221929	-0.69897	0.06900656	0.2
240	0.2	2.8685664	40.8	2.38021124	5	2.38021124	-0.69897	0.06454972	0.2
270	0.2	2.8685664	40.8	2.43136376	5	2.43136376	-0.69897	0.06085806	0.2
300	0.2	2.8685664	40.8	2.47712125	5	2.47712125	-0.69897	0.05773503	0.2
360	0.2	2.8685664	40.8	2.5563025	5	2.5563025	-0.69897	0.05270463	0.2
480	0.2	2.8685664	40.8	2.68124124	5	2.68124124	-0.69897	0.04564355	0.2
600	0.19	2.8685664	40.8	2.77815125	5.26315789	2.77815125	-0.7212464	0.04082483	0.19
720	0.188	2.8685664	40.8	2.8573325	5.31914894	2.8573325	-0.7258422	0.0372678	0.188
900	0.185	2.8685664	40.8	2.95424251	5.40540541	2.95424251	-0.7328283	0.03333333	0.185
990	0.183	2.8685664	40.8	2.99563519	5.46448087	2.99563519	-0.7375489	0.03178209	0.183
1200	0.182	2.8685664	40.8	3.07918125	5.49450549	3.07918125	-0.7399286	0.02886751	0.182



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \#DIV/0!$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = 48000
 $m = 216000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 7.4472E-09$ m/sec
 $S_s = 7.1432E-06$ m/sec

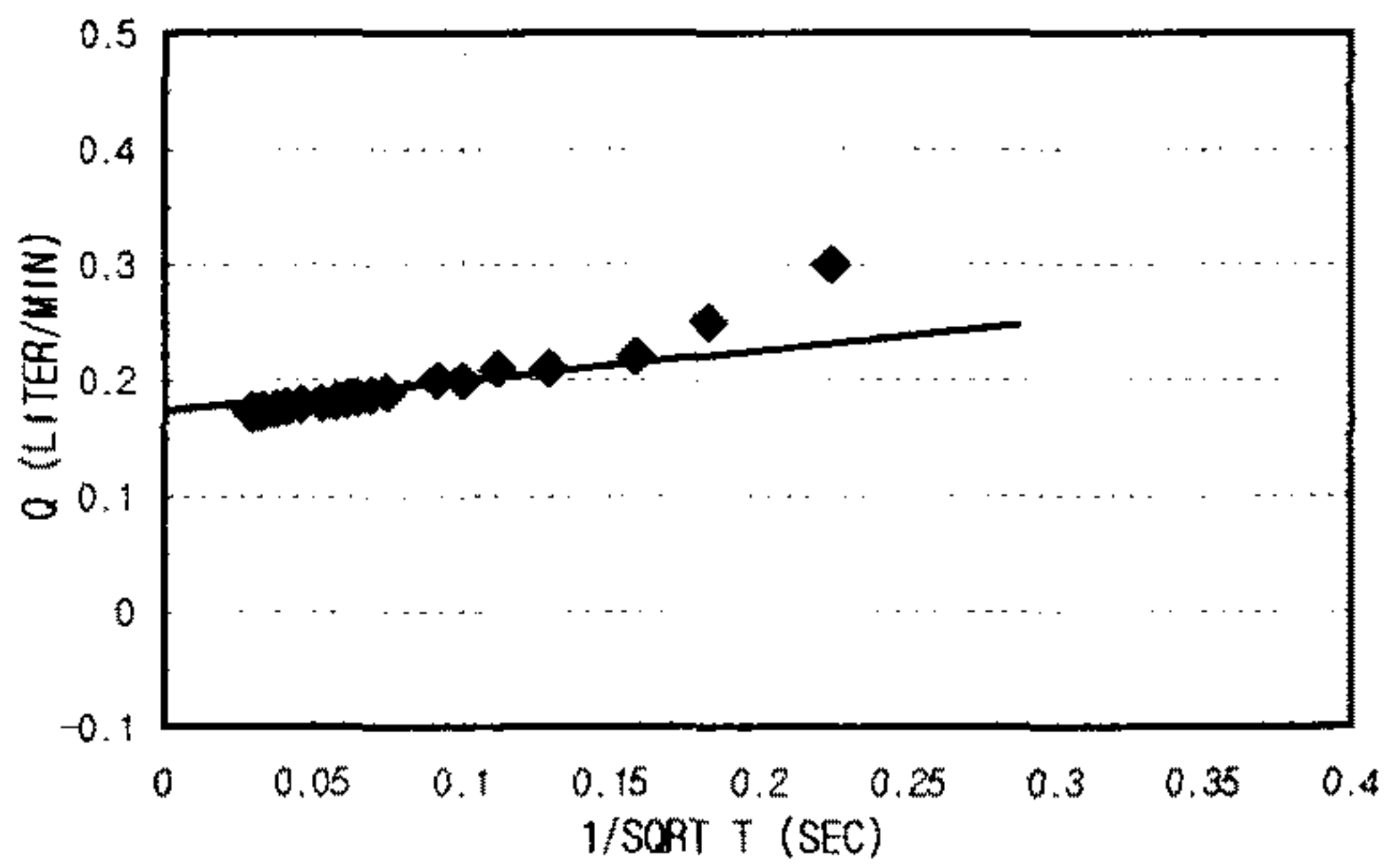
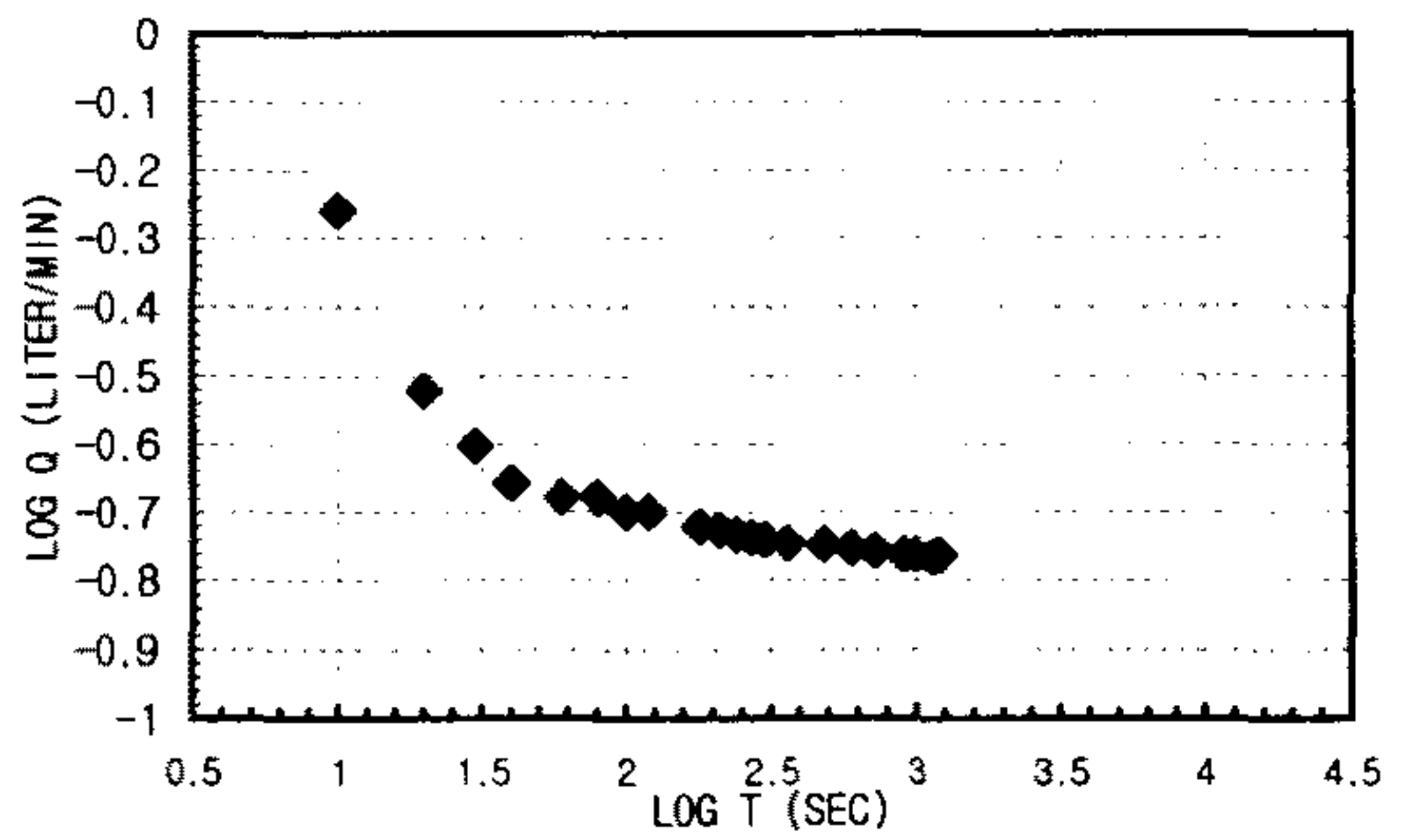
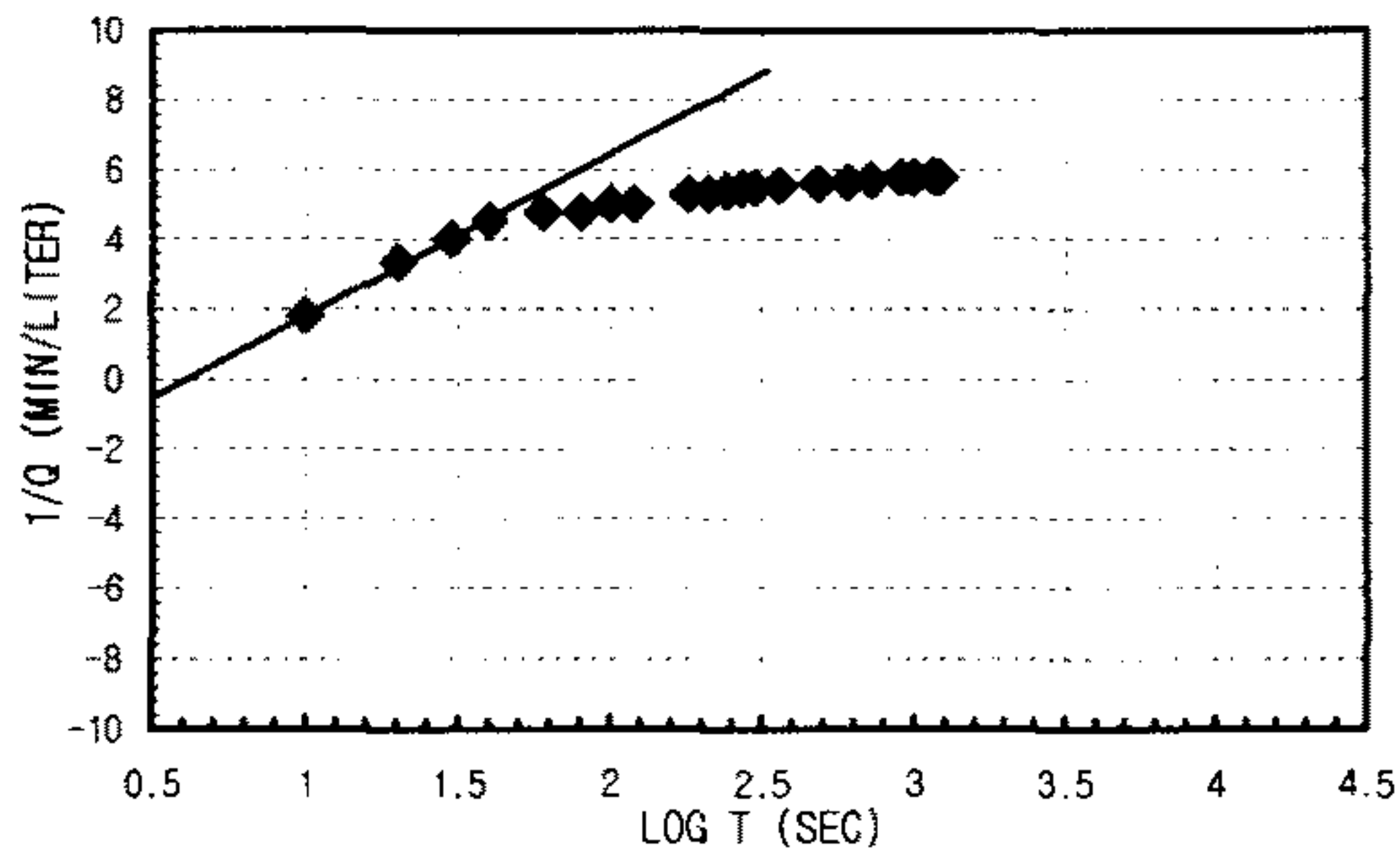
3. Spherical Flow
 $d = 2.3333E-06$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.000002$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.4798E-07$ m/sec
 $S_s = 0.00024289$ m/sec

K _{steady state} = 2.4023E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<3.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-12		
TEST SECTION	42.6M-46.2M		
STATIC G/W LEVEL	5.40M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960610175300-960610181600		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16829.3-16830.0	TIME INTERVAL (MIN)	19
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.7

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.55	2.847474	40.5	1	1.81818182	-0.2596373	0.31622777	0.55
20	0.3	2.847474	40.5	1.30103	3.33333333	-0.5228787	0.2236068	0.3
30	0.25	2.847474	40.5	1.47712125	4	-0.60206	0.18257419	0.25
40	0.22	2.8685664	40.8	1.60205999	4.54545455	-0.6575773	0.15811388	0.22
60	0.21	2.8685664	40.8	1.77815125	4.76190476	-0.6777807	0.12909944	0.21
80	0.21	2.8685664	40.8	1.90308999	4.76190476	-0.6777807	0.1118034	0.21
100	0.2	2.8685664	40.8	2	5	-0.69897	0.1	0.2
120	0.2	2.8685664	40.8	2.07918125	5	-0.69897	0.09128709	0.2
180	0.19	2.8685664	40.8	2.25527251	5.26315789	-0.7212464	0.0745356	0.19
210	0.188	2.8685664	40.8	2.32221929	5.31914894	-0.7258422	0.06900656	0.188
240	0.185	2.8685664	40.8	2.38021124	5.40540541	-0.7328283	0.06454972	0.185
270	0.183	2.8685664	40.8	2.43136376	5.46448087	-0.7375489	0.06085806	0.183
300	0.182	2.8685664	40.8	2.47712125	5.49450549	-0.7399286	0.05773503	0.182
360	0.18	2.8685664	40.8	2.5563025	5.55555556	-0.7447275	0.05270463	0.18
480	0.179	2.8685664	40.8	2.68124124	5.58659218	-0.747147	0.04564355	0.179
600	0.177	2.8685664	40.8	2.77815125	5.64971751	-0.7520267	0.04082483	0.177
720	0.175	2.8685664	40.8	2.8573325	5.71428571	-0.756962	0.0372678	0.175
900	0.173	2.8685664	40.8	2.95424251	5.78034682	-0.7619539	0.03333333	0.173
990	0.173	2.8685664	40.8	2.99563519	5.78034682	-0.7619539	0.03178209	0.173
1200	0.173	2.8685664	40.8	3.07918125	5.78034682	-0.7619539	0.02886751	0.173
1140	0.172	2.8685664	40.8	3.05690485	5.81395349	-0.7644716	0.02961744	0.172



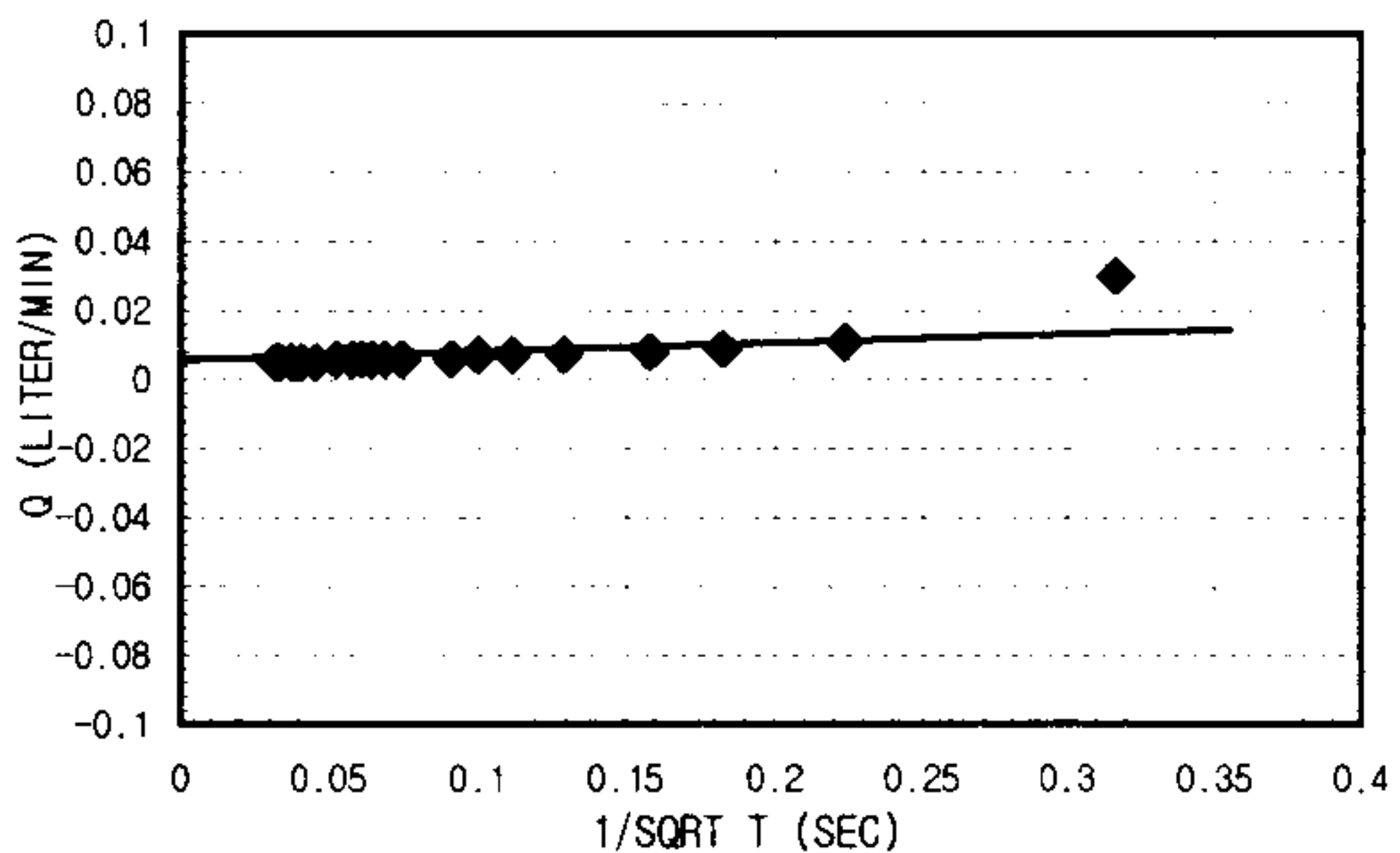
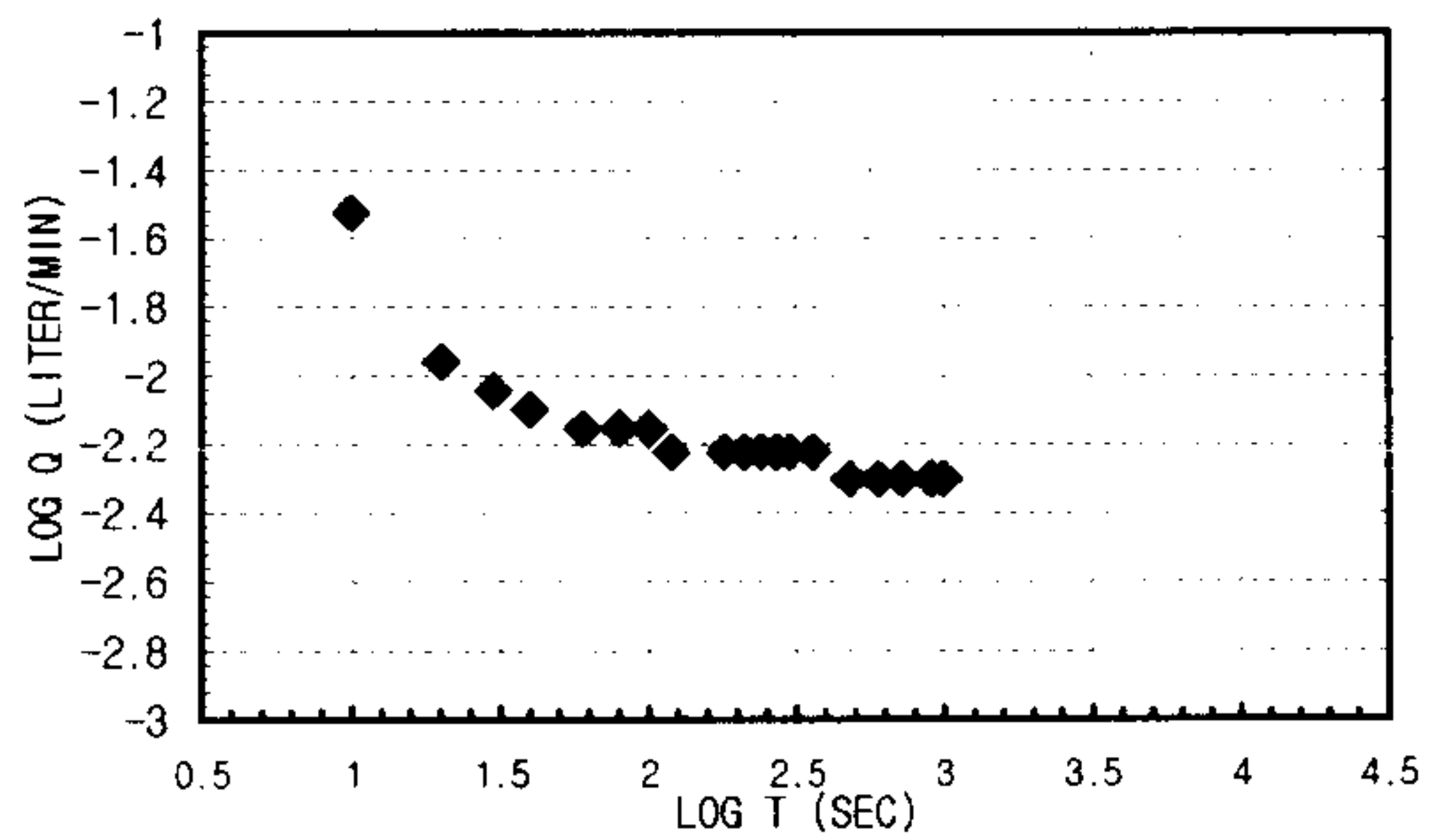
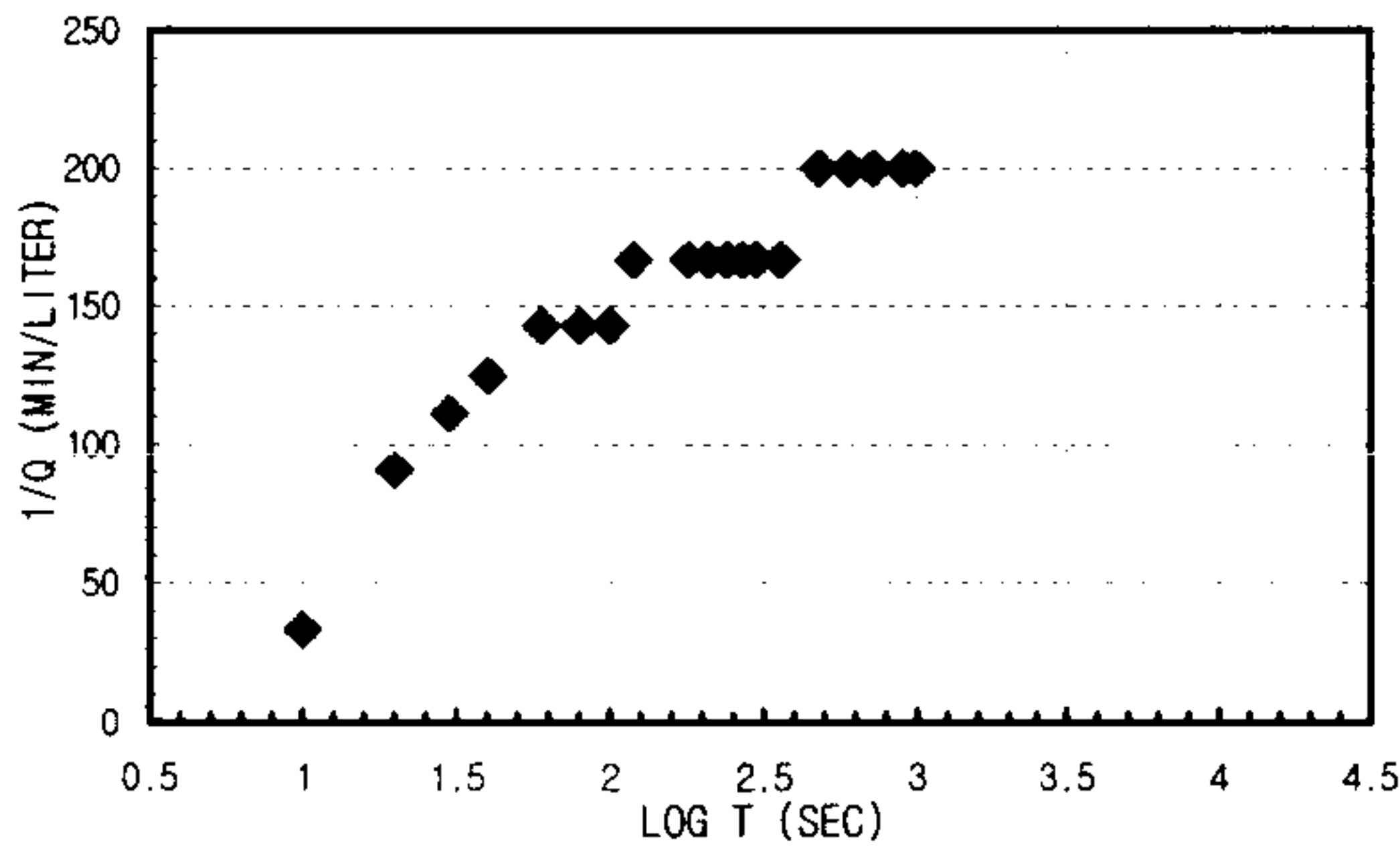
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \quad \text{d} = -24000$
 $m = 264000 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 6.0932E-09 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 1.2019E-05 \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 2.6667E-06 \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.000005 \quad r_w = 0.0375$
 $K = 1.6912E-07 \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 0.00132829 \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 3.5402E-09 m/sec	Flow Type= Radial and spherical flow (2.0<n<2.5)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-13		
TEST SECTION	46.2M-49.8M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	969606111090100-960611093400		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16830.0-16830.1	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.03	2.952936	42	1 33.333333	1	-1.5228787	0.31622777	0.03
20	0.011	2.952936	42	1.30103 90.9090909	1.30103	-1.9586073	0.2236068	0.011
30	0.009	2.952936	42	1.47712125 111.111111	1.47712125	-2.0457575	0.18257419	0.009
40	0.008	2.952936	42	1.60205999 125	1.60205999	-2.09691	0.15811388	0.008
60	0.007	2.952936	42	1.77815125 142.857143	1.77815125	-2.154902	0.12909944	0.007
80	0.007	2.952936	42	1.90308999 142.857143	1.90308999	-2.154902	0.1118034	0.007
100	0.007	2.952936	42	2 142.857143	2	-2.154902	0.1	0.007
120	0.006	2.952936	42	2.07918125 166.666667	2.07918125	-2.2218487	0.09128709	0.006
180	0.006	2.952936	42	2.25527251 166.666667	2.25527251	-2.2218487	0.0745356	0.006
210	0.006	2.952936	42	2.32221929 166.666667	2.32221929	-2.2218487	0.06900656	0.006
240	0.006	2.952936	42	2.38021124 166.666667	2.38021124	-2.2218487	0.06454972	0.006
270	0.006	2.952936	42	2.43136376 166.666667	2.43136376	-2.2218487	0.06085806	0.006
300	0.006	2.952936	42	2.47712125 166.666667	2.47712125	-2.2218487	0.05773503	0.006
360	0.006	2.952936	42	2.5563025 166.666667	2.5563025	-2.2218487	0.05270463	0.006
480	0.005	2.952936	42	2.68124124 200	2.68124124	-2.30103	0.04564355	0.005
600	0.005	2.952936	42	2.77815125 200	2.77815125	-2.30103	0.04082483	0.005
720	0.005	2.952936	42	2.8573325 200	2.8573325	-2.30103	0.0372678	0.005
900	0.005	2.952936	42	2.95424251 200	2.95424251	-2.30103	0.03333333	0.005
990	0.005	2.952936	42	2.99563519 200	2.99563519	-2.30103	0.03178209	0.005



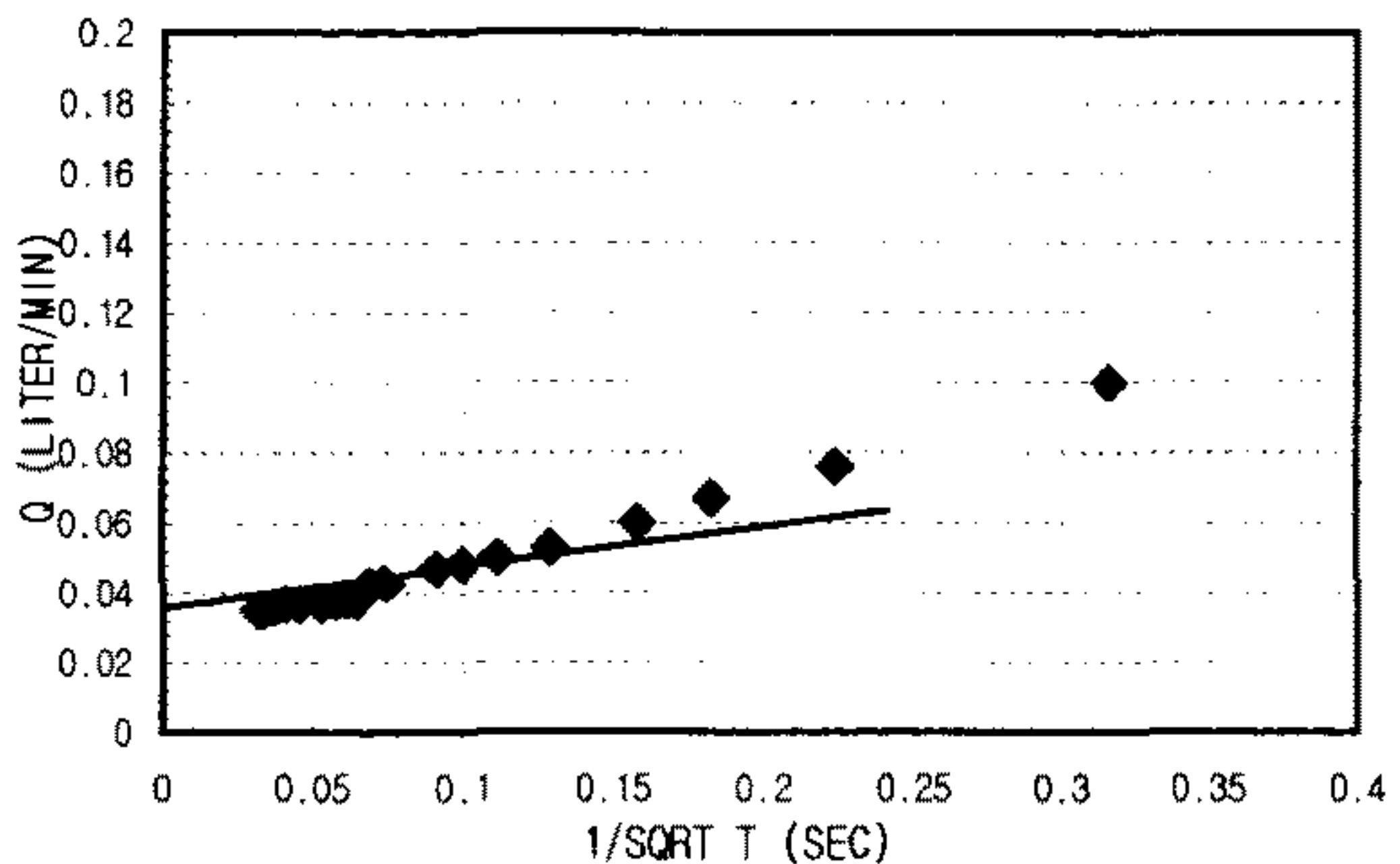
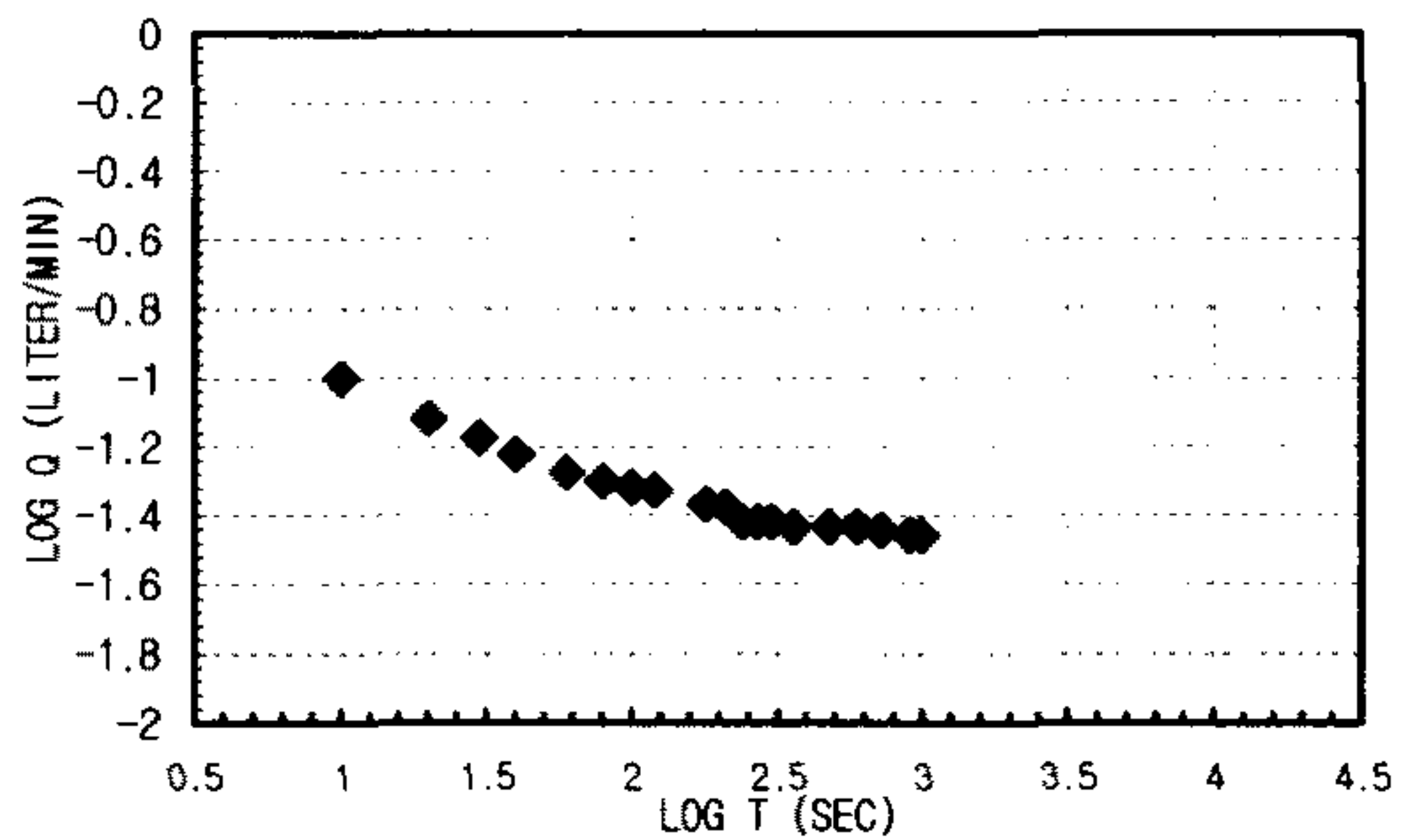
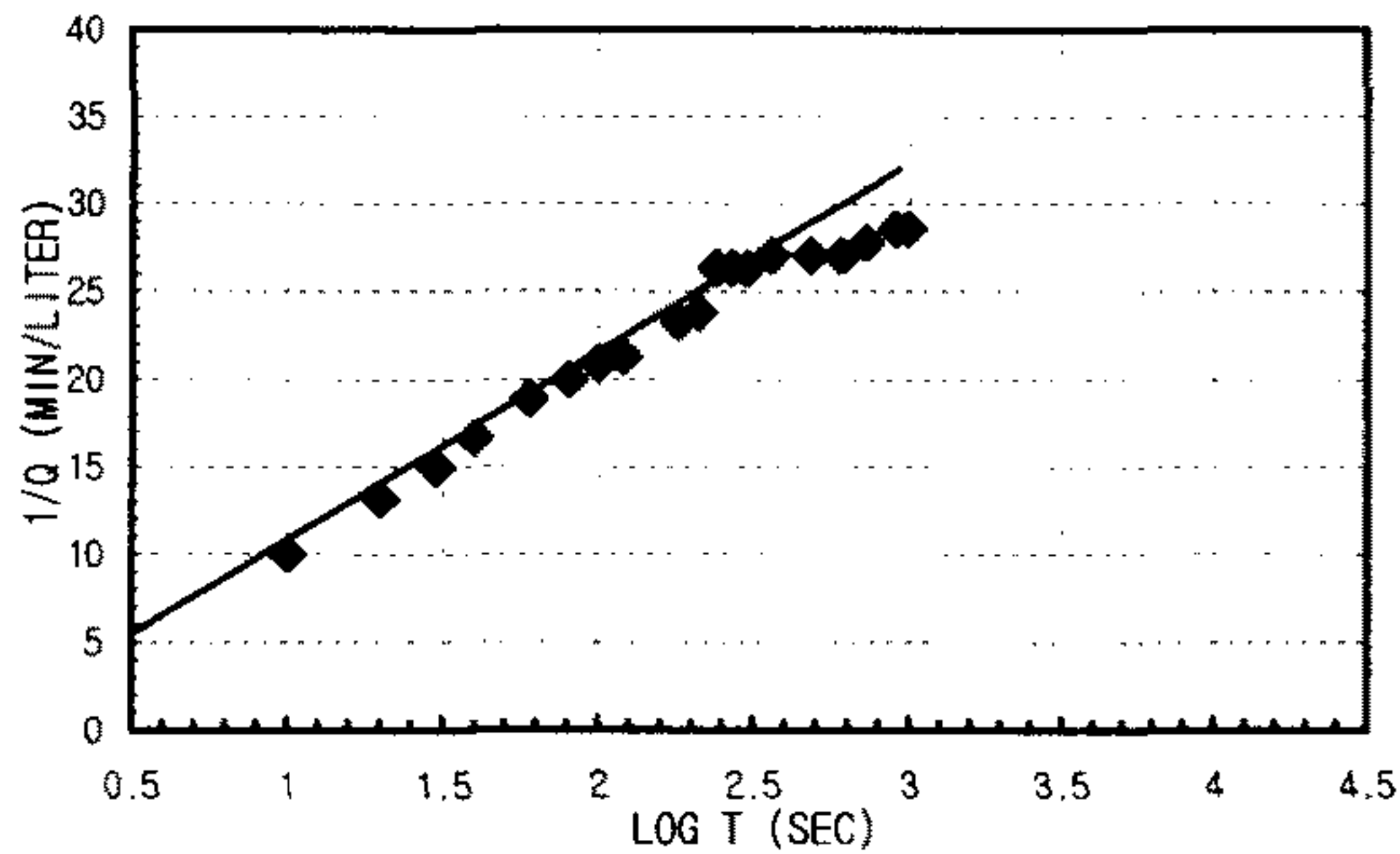
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 6.6667E-08 \text{ m}$
 $h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333E-08 \text{ m}$
 $r_w = 0.0375$
 $K = 4.2281E-09 \text{ m/sec}$
 $S_s = 2.3614E-06 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 5.8237E-10 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>2.5)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-14		
TEST SECTION	49.8M-53.4M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960611094800-960611101200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16830.1-16830.2	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.1	2.882628	41	1	10	-1	0.31622777	0.1
20	0.076	2.882628	41	1.30103	13.1578947	1.30103	-1.1191864	0.076
30	0.067	2.8966896	41.2	1.47712125	14.9253731	1.47712125	-1.1739252	0.067
40	0.06	2.8966896	41.2	1.60205999	16.6666667	1.60205999	-1.2218487	0.06
60	0.053	2.8966896	41.2	1.77815125	18.8679245	1.77815125	-1.2757241	0.053
80	0.05	2.8966896	41.2	1.90308999	20	1.90308999	-1.30103	0.05
100	0.048	2.8966896	41.2	2	20.8333333	2	-1.3187588	0.048
120	0.047	2.8966896	41.2	2.07918125	21.2765957	2.07918125	-1.3279021	0.047
180	0.043	2.8966896	41.2	2.25527251	23.255814	2.25527251	-1.3665315	0.043
210	0.042	2.8966896	41.2	2.32221929	23.8095238	2.32221929	-1.3767507	0.042
240	0.038	2.8966896	41.2	2.38021124	26.3157895	2.38021124	-1.4202164	0.038
270	0.038	2.8966896	41.2	2.43136376	26.3157895	2.43136376	-1.4202164	0.038
300	0.038	2.8966896	41.2	2.47712125	26.3157895	2.47712125	-1.4202164	0.038
360	0.037	2.8966896	41.2	2.5563025	27.027027	2.5563025	-1.4317983	0.037
480	0.037	2.917782	41.5	2.68124124	27.027027	2.68124124	-1.4317983	0.037
600	0.037	2.9388744	41.8	2.77815125	27.027027	2.77815125	-1.4317983	0.037
720	0.036	2.9388744	41.8	2.8573325	27.7777778	2.8573325	-1.4436975	0.036
900	0.035	2.9388744	41.8	2.95424251	28.5714286	2.95424251	-1.455932	0.035
990	0.035	2.9388744	41.8	2.99563519	28.5714286	2.99563519	-1.455932	0.035



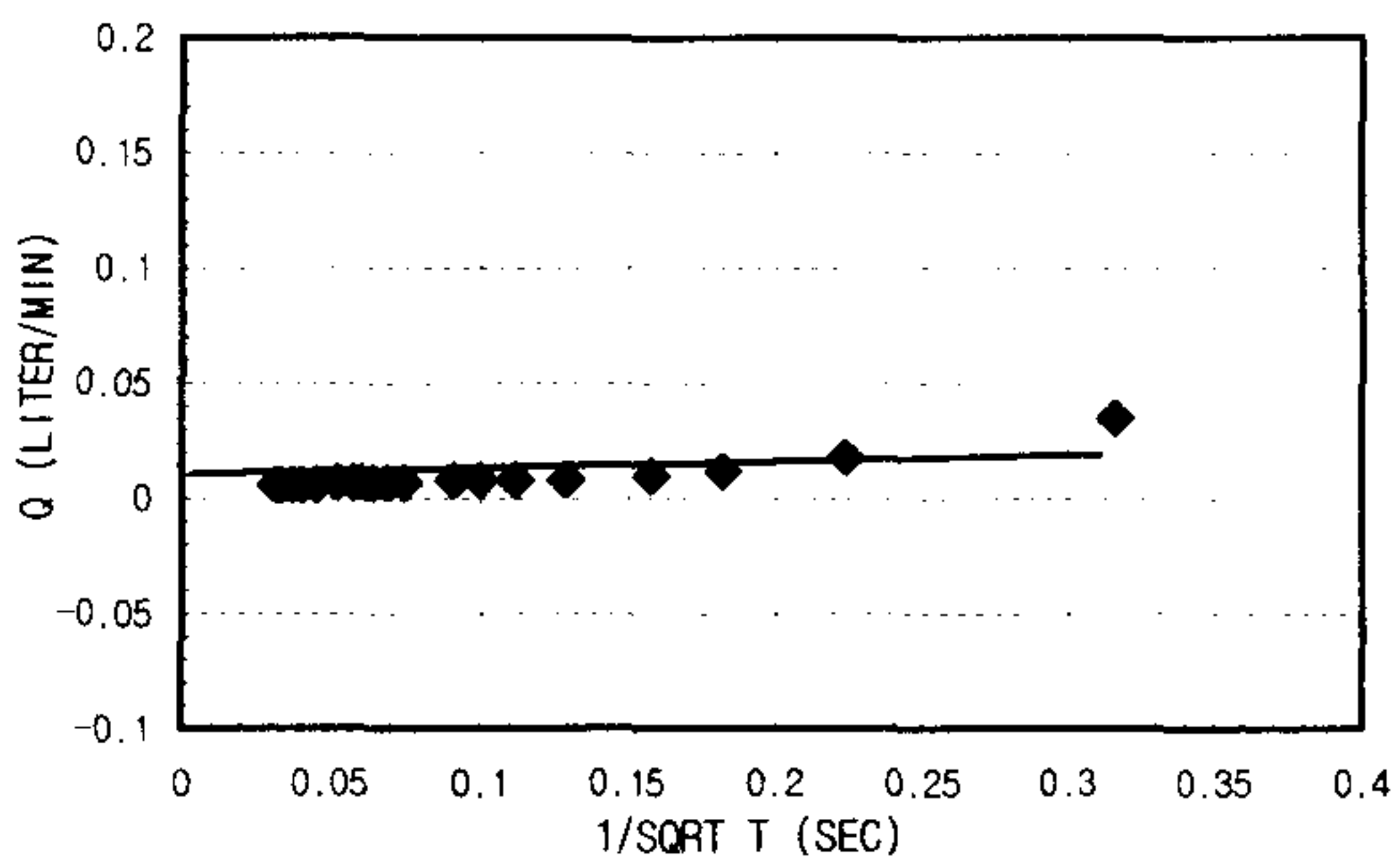
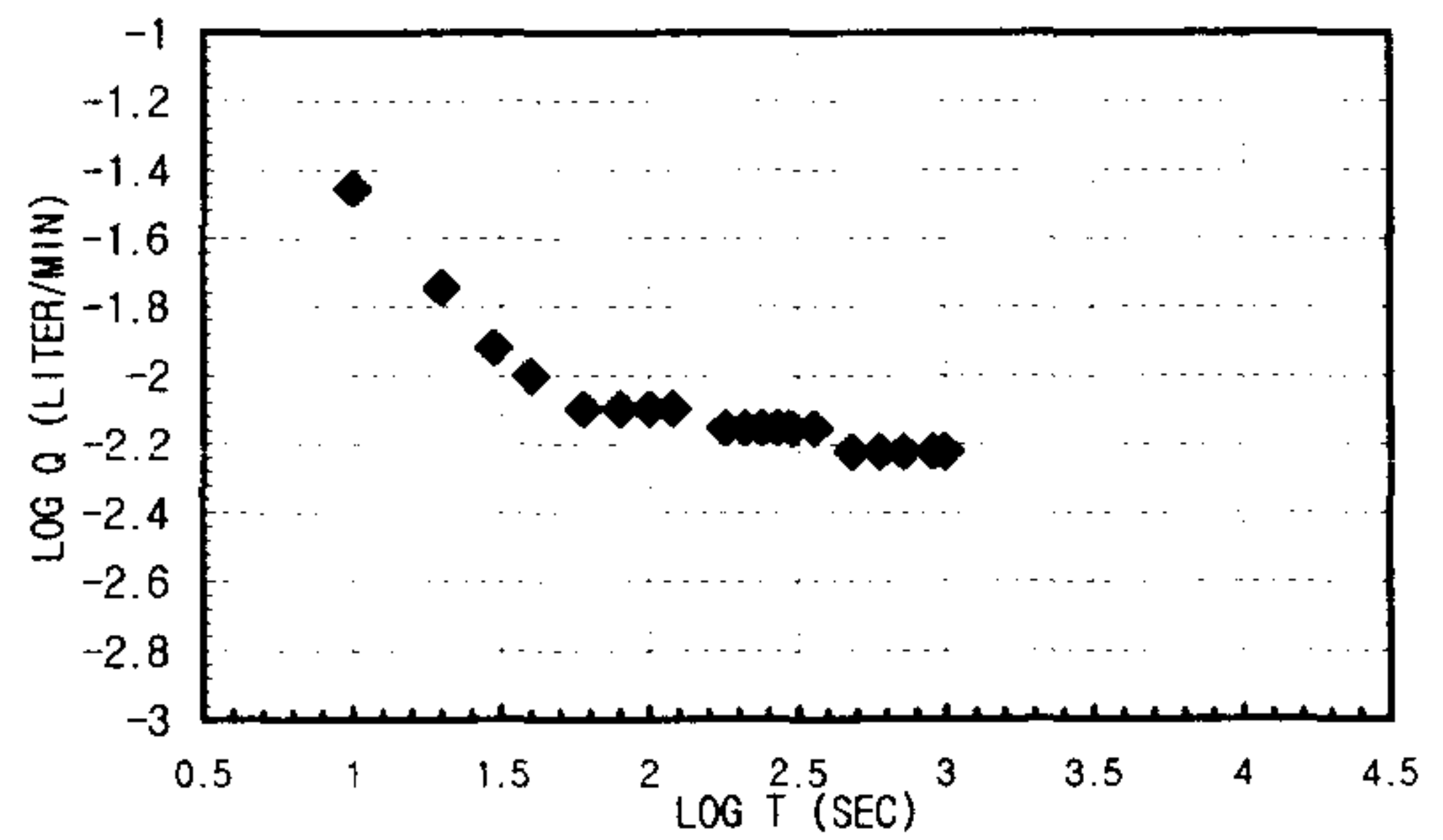
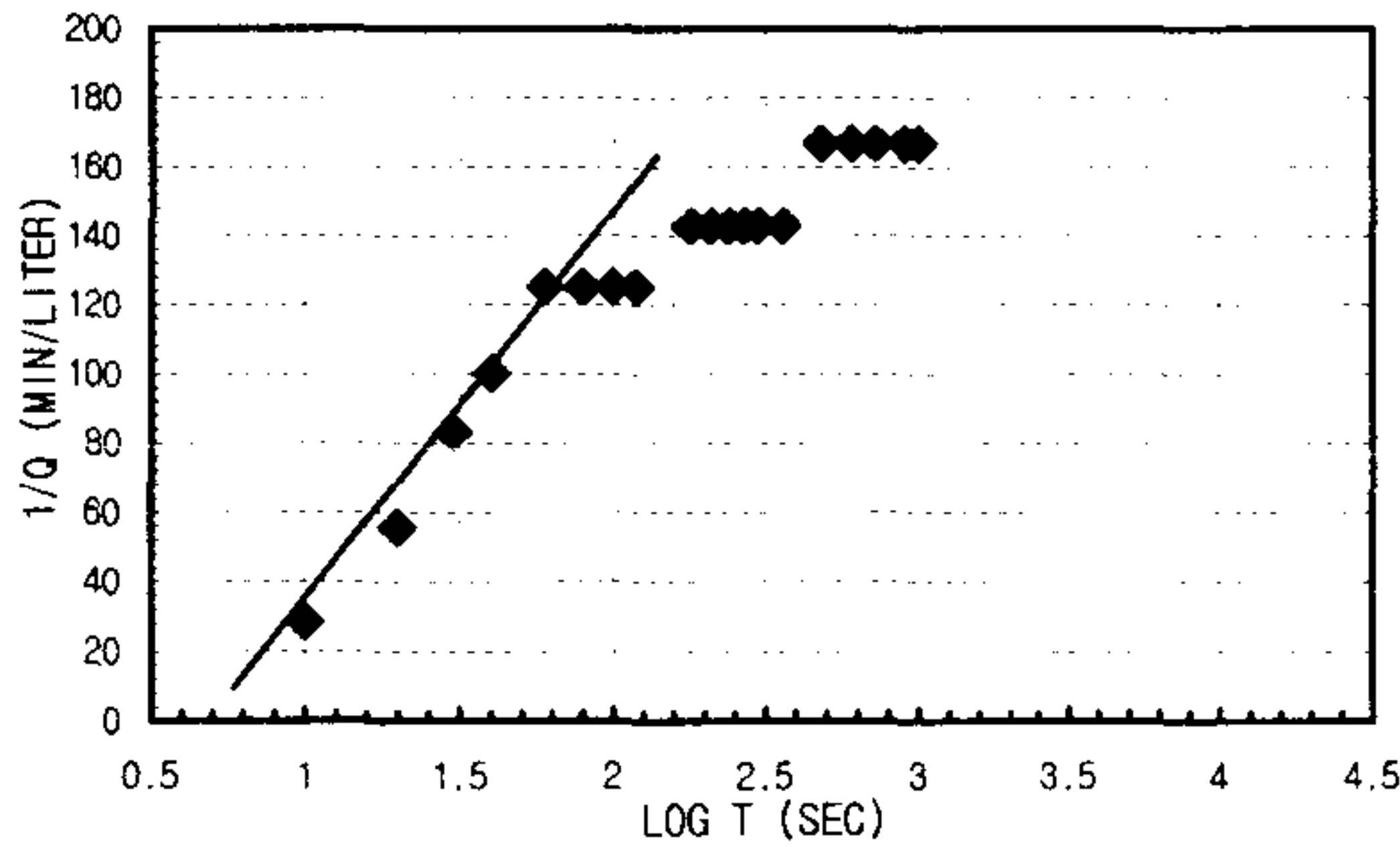
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 240000$
 $m = 600000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 2.681E-09 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.7077E-06 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 0.0000005 \text{ h}_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-07 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 3.171E-08 \text{ m/sec}$
 $S_s = 7.8713E-06 \text{ m/sec}$

$K_{\text{steady state}} = 5.8237E-10 \text{ m/sec}$ | Flow Type = Radial and spherical flow ($2.0 < n < 2.5$)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-15		
TEST SECTION	53.4M-57.0M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960611102700-960611110000		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16830.2-16820.3	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.035	2.9388744	41.8	1 28.5714286	1	-1.455932	0.31622777	0.035
20	0.018	2.9388744	41.8	1.30103 55.5555556	1.30103	-1.7447275	0.2236068	0.018
30	0.012	2.9388744	41.8	1.47712125 83.3333333	1.47712125	-1.9208188	0.18257419	0.012
40	0.01	2.9388744	41.8	1.60205999	100	1.60205999	-2 0.15811388	0.01
60	0.008	2.9388744	41.8	1.77815125	125	1.77815125	-2.09691 0.12909944	0.008
80	0.008	2.9388744	41.8	1.90308999	125	1.90308999	-2.09691 0.1118034	0.008
100	0.008	2.9388744	41.8	2	125	2	-2.09691 0.1	0.008
120	0.008	2.9388744	41.8	2.07918125	125	2.07918125	-2.09691 0.09128709	0.008
180	0.007	2.9388744	41.8	2.25527251	142.857143	2.25527251	-2.154902 0.0745356	0.007
210	0.007	2.9388744	41.8	2.32221929	142.857143	2.32221929	-2.154902 0.06900656	0.007
240	0.007	2.9388744	41.8	2.38021124	142.857143	2.38021124	-2.154902 0.06454972	0.007
270	0.007	2.9388744	41.8	2.43136376	142.857143	2.43136376	-2.154902 0.06085806	0.007
300	0.007	2.9388744	41.8	2.47712125	142.857143	2.47712125	-2.154902 0.05773503	0.007
360	0.007	2.9388744	41.8	2.5563025	142.857143	2.5563025	-2.154902 0.05270463	0.007
480	0.006	2.9388744	41.8	2.68124124	166.666667	2.68124124	-2.2218487 0.04564355	0.006
600	0.006	2.9388744	41.8	2.77815125	166.666667	2.77815125	-2.2218487 0.04082483	0.006
720	0.006	2.9388744	41.8	2.8573325	166.666667	2.8573325	-2.2218487 0.0372678	0.006
900	0.006	2.9388744	41.8	2.95424251	166.666667	2.95424251	-2.2218487 0.03333333	0.006
990	0.006	2.9388744	41.8	2.99563519	166.666667	2.99563519	-2.2218487 0.03178209	0.006



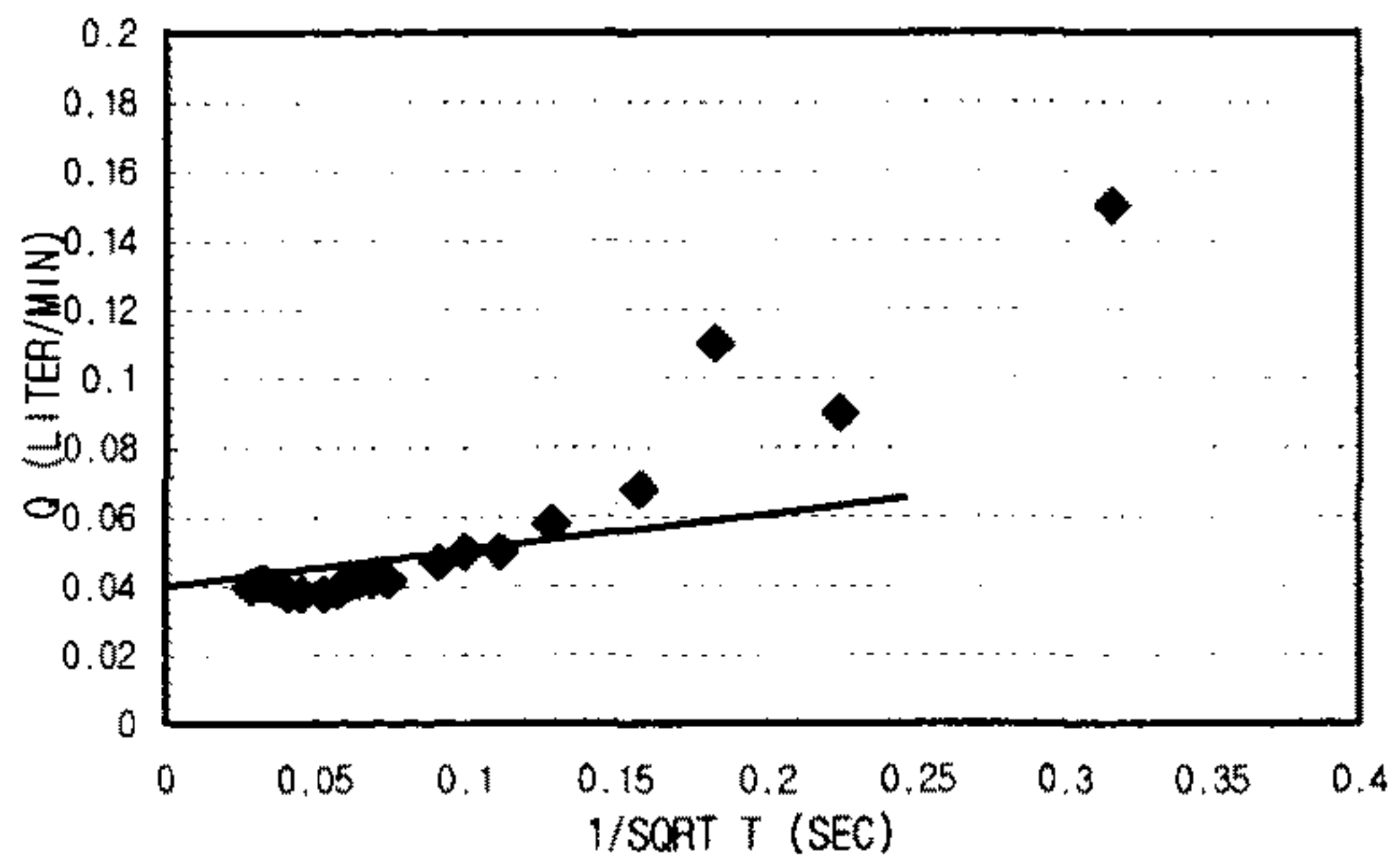
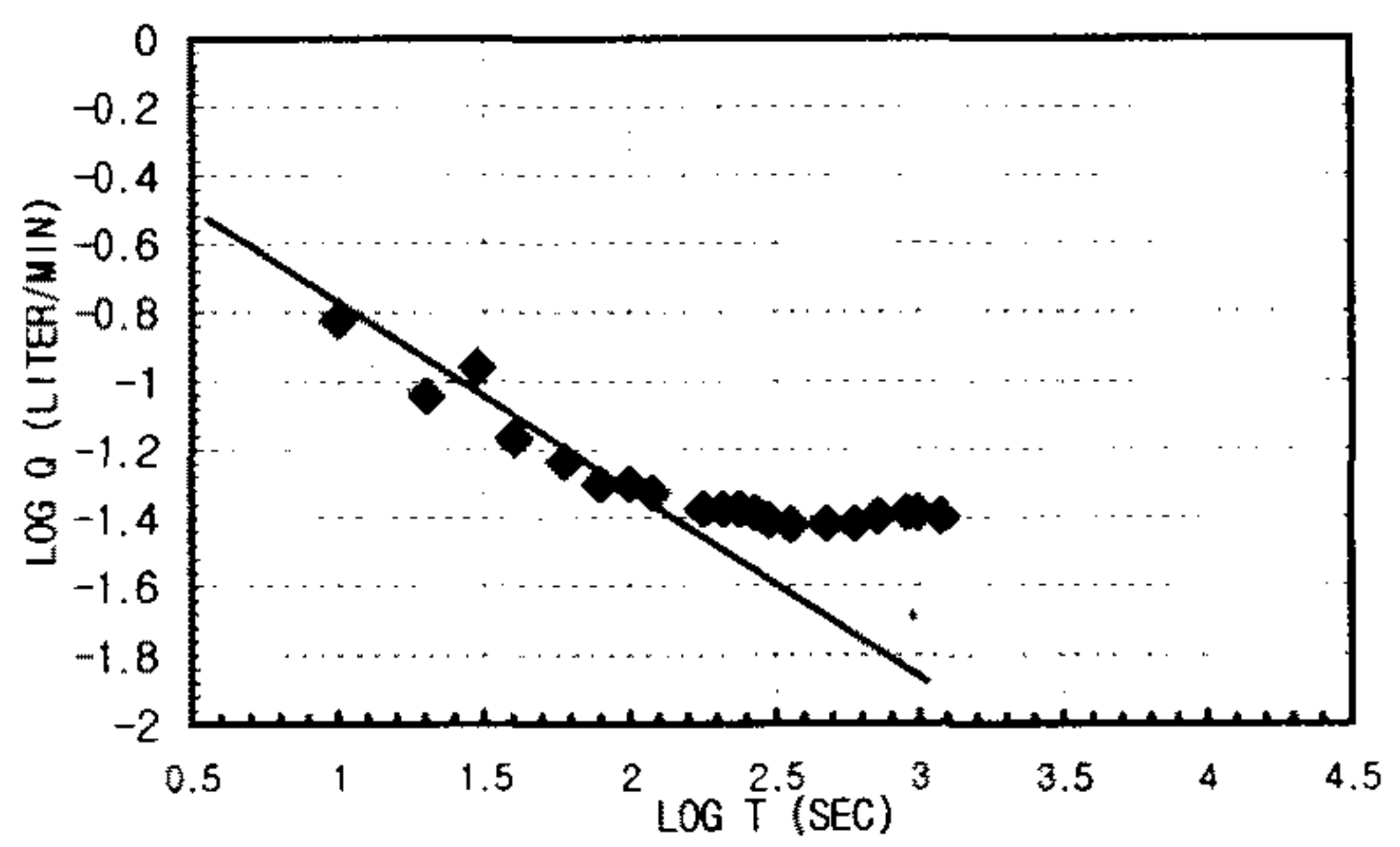
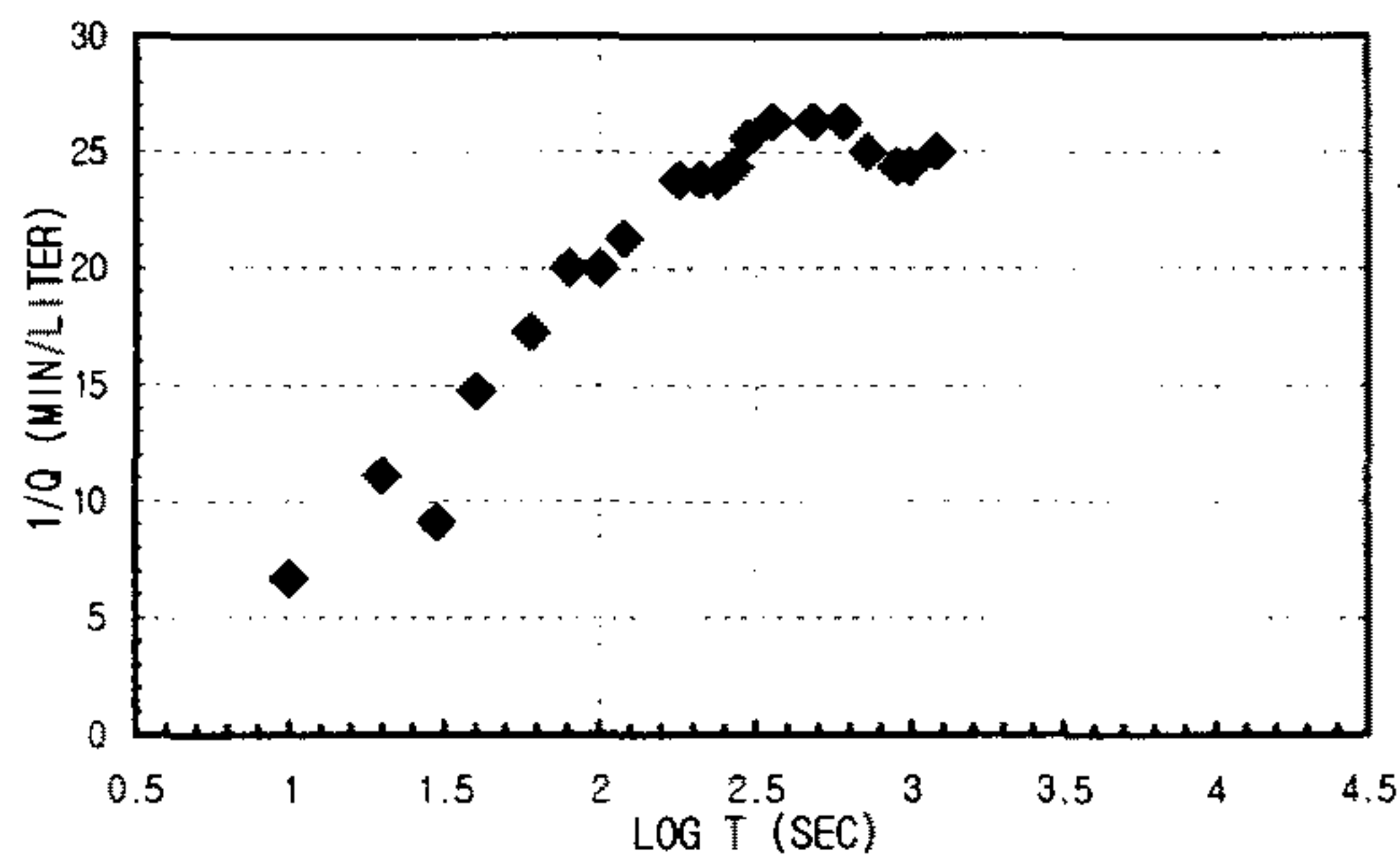
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46$ d = -1680000
 $m = 6960000$ $r_w = 0.0375$
 $K = 2.3112E-10$ m/sec
 $S_s = 6.4467E-07$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 0.00000025$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-08$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.5855E-08$ m/sec
 $S_s = 1.5743E-07$ m/sec

K _{steady state} = 5.8237E-10 m/sec	Flow Type = Radial and spherical flow (2.0 < n < 3.0)
--	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-16		
TEST SECTION	57.0M-60.6M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	96061111300-96061113900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16830.3-16830.4	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.15	2.882628	41	1 6.6666667	1	-0.8239087	0.31622777	0.15
20	0.09	2.882628	41	1.30103 11.1111111	1.30103	-1.0457575	0.2236068	0.09
30	0.11	2.882628	41	1.47712125 9.09090909	1.47712125	-0.9586073	0.18257419	0.11
40	0.068	2.8966896	41.2	1.60205999 14.7058824	1.60205999	-1.1674911	0.15811388	0.068
60	0.058	2.8966896	41.2	1.77815125 17.2413793	1.77815125	-1.236572	0.12909944	0.058
80	0.05	2.8966896	41.2	1.90308999 20	1.90308999	-1.30103	0.1118034	0.05
100	0.05	2.8966896	41.2	2	20	2	-1.30103	0.05
120	0.047	2.8966896	41.2	2.07918125 21.2765957	2.07918125	-1.3279021	0.09128709	0.047
180	0.042	2.8966896	41.2	2.25527251 23.8095238	2.25527251	-1.3767507	0.0745356	0.042
210	0.042	2.8966896	41.2	2.32221929 23.8095238	2.32221929	-1.3767507	0.06900656	0.042
240	0.042	2.8966896	41.2	2.38021124 23.8095238	2.38021124	-1.3767507	0.06454972	0.042
270	0.041	2.8966896	41.2	2.43136376 24.3902439	2.43136376	-1.3872161	0.06085806	0.041
300	0.039	2.8966896	41.2	2.47712125 25.6410256	2.47712125	-1.4089354	0.05773503	0.039
360	0.038	2.8966896	41.2	2.5563025 26.3157895	2.5563025	-1.4202164	0.05270463	0.038
480	0.038	2.8966896	41.2	2.68124124 26.3157895	2.68124124	-1.4202164	0.04564355	0.038
600	0.038	2.8966896	41.2	2.77815125 26.3157895	2.77815125	-1.4202164	0.04082483	0.038
720	0.04	2.8966896	41.2	2.8573325 25	2.8573325	-1.39794	0.0372678	0.04
900	0.041	2.8966896	41.2	2.95424251 24.3902439	2.95424251	-1.3872161	0.03333333	0.041
990	0.041	2.8966896	41.2	2.99563519 24.3902439	2.99563519	-1.3872161	0.03178209	0.041
1200	0.04	2.8966896	41.2	3.07918125 25	3.07918125	-1.39794	0.02886751	0.04



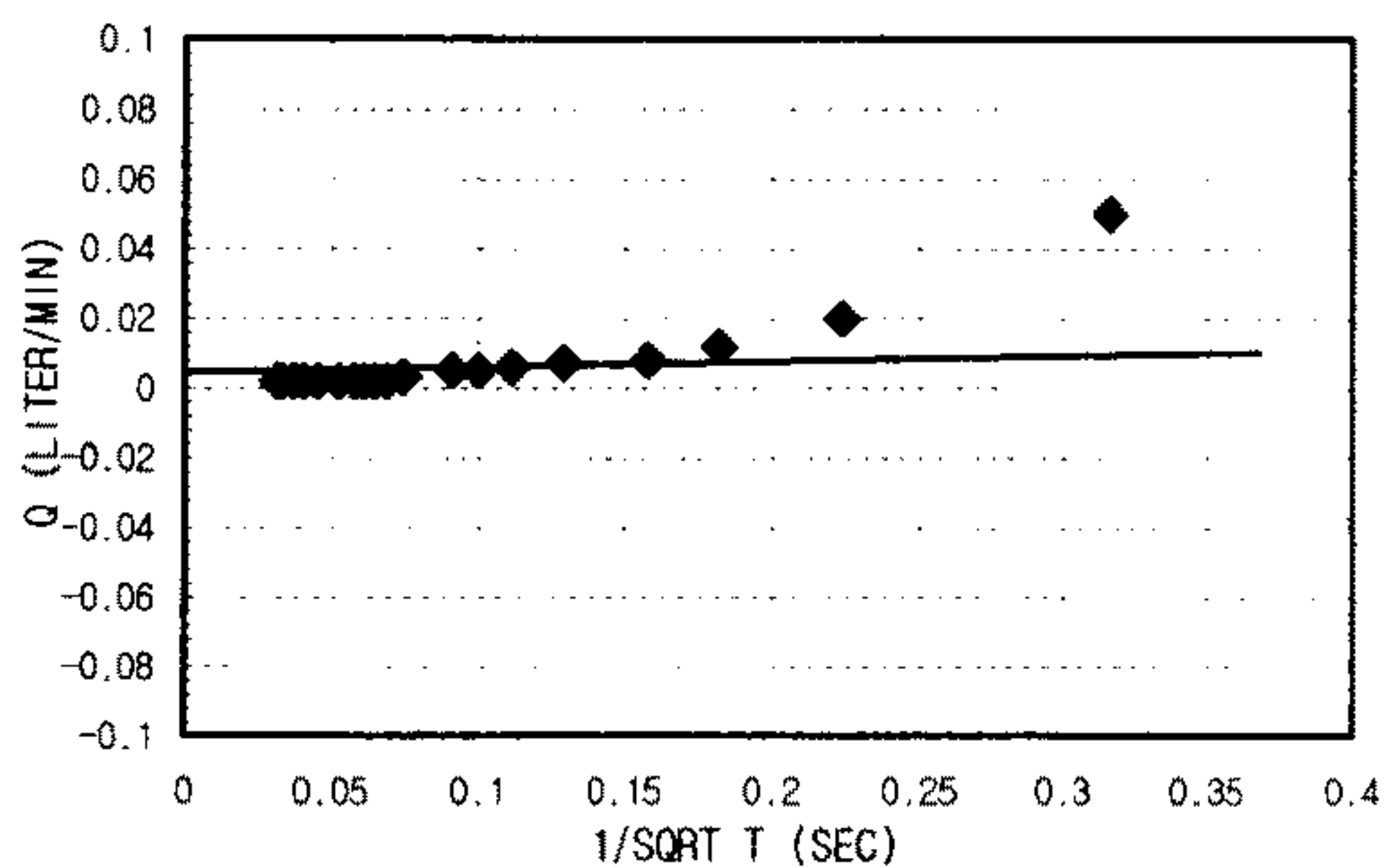
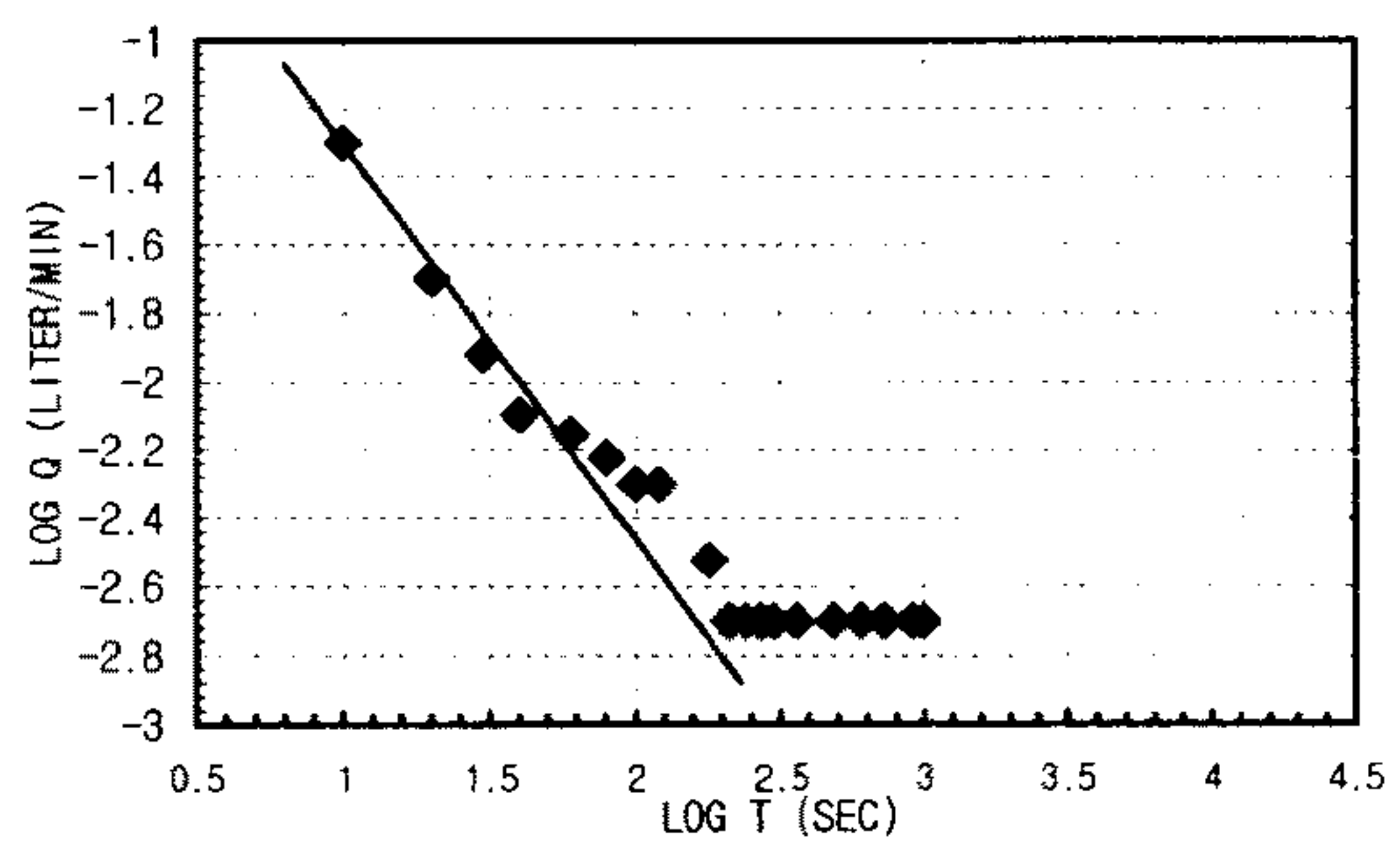
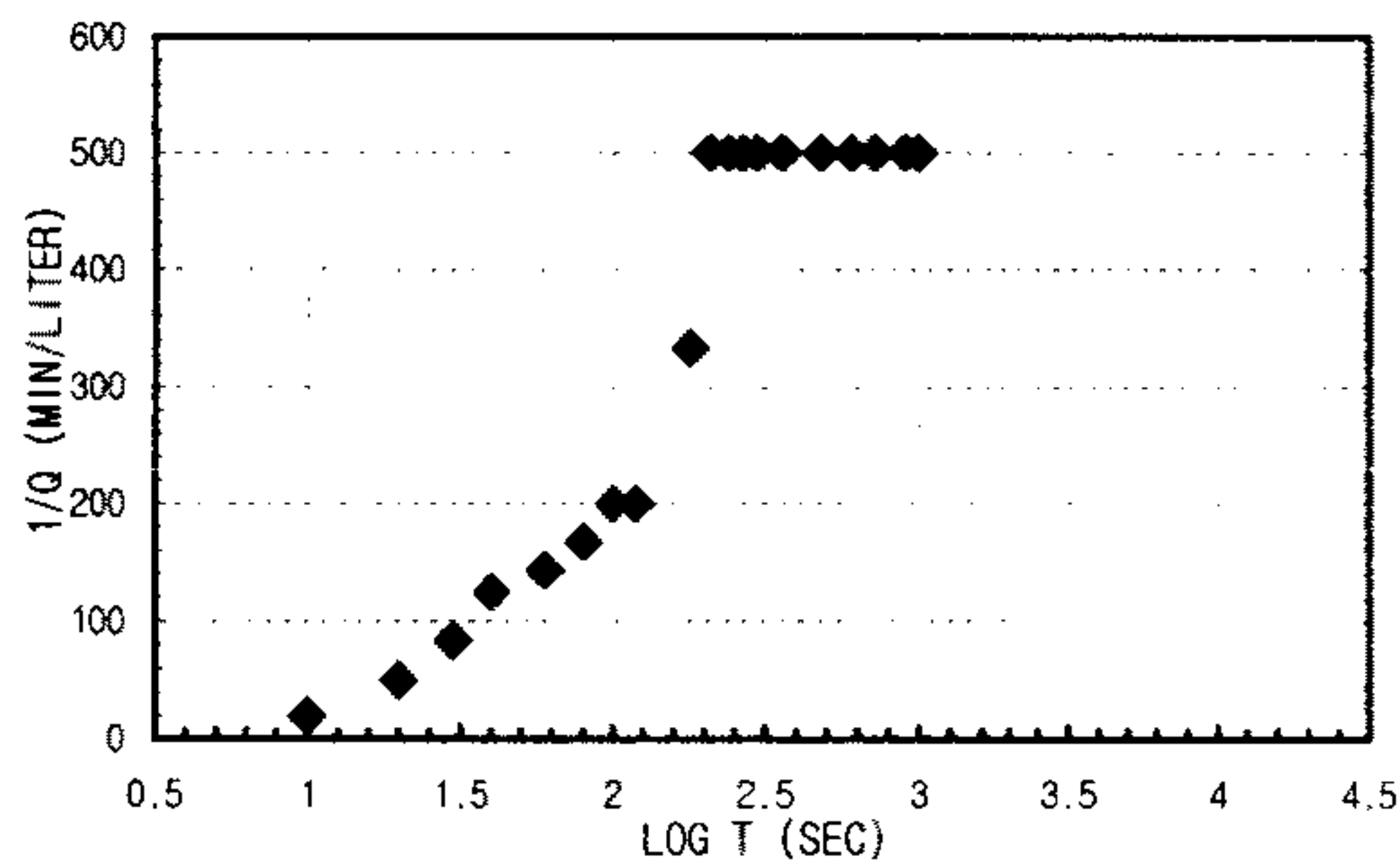
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = -4.667E-06$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $KS_s = 2.7519E-09$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ $d =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 0.0000006$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.0000002$ $r_w = 0.0375$
 $K = 3.8053E-08$ m/sec
 $S_s = 9.4456E-06$ m/sec

K _{steady state} =	4.8045E-10 m/sec	Flow Type= Linear to spherical flow (1.0<n<3.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-17		
TEST SECTION	60.6M-64.2M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960611115200-960611123000		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16830.4-16830.7	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.3

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.05	2.8966896	41.2	1	20	1	-1.30103	0.31622777
20	0.02	2.8966896	41.2	1.30103	50	1.30103	-1.69897	0.2236068
30	0.012	2.8966896	41.2	1.47712125	83.3333333	1.47712125	-1.9208188	0.18257419
40	0.008	2.8966896	41.2	1.60205999	125	1.60205999	-2.09691	0.15811388
60	0.007	2.8966896	41.2	1.77815125	142.857143	1.77815125	-2.154902	0.12909944
80	0.006	2.8966896	41.2	1.90308999	166.666667	1.90308999	-2.2218487	0.1118034
100	0.005	2.8966896	41.2	2	200	2	-2.30103	0.1
120	0.005	2.9388744	41.8	2.07918125	200	2.07918125	-2.30103	0.09128709
180	0.003	2.9388744	41.8	2.25527251	333.333333	2.25527251	-2.5228787	0.0745356
210	0.002	2.9388744	41.8	2.32221929	500	2.32221929	-2.69897	0.06900656
240	0.002	2.9388744	41.8	2.38021124	500	2.38021124	-2.69897	0.06454972
270	0.002	2.9388744	41.8	2.43136376	500	2.43136376	-2.69897	0.06085806
300	0.002	2.9388744	41.8	2.47712125	500	2.47712125	-2.69897	0.05773503
360	0.002	2.9388744	41.8	2.5563025	500	2.5563025	-2.69897	0.05270463
480	0.002	2.9388744	41.8	2.68124124	500	2.68124124	-2.69897	0.04564355
600	0.002	2.9388744	41.8	2.77815125	500	2.77815125	-2.69897	0.04082483
720	0.002	2.9388744	41.8	2.8573325	500	2.8573325	-2.69897	0.0372678
900	0.002	2.9388744	41.8	2.95424251	500	2.95424251	-2.69897	0.03333333
990	0.002	2.9388744	41.8	2.99563519	500	2.99563519	-2.69897	0.03178209



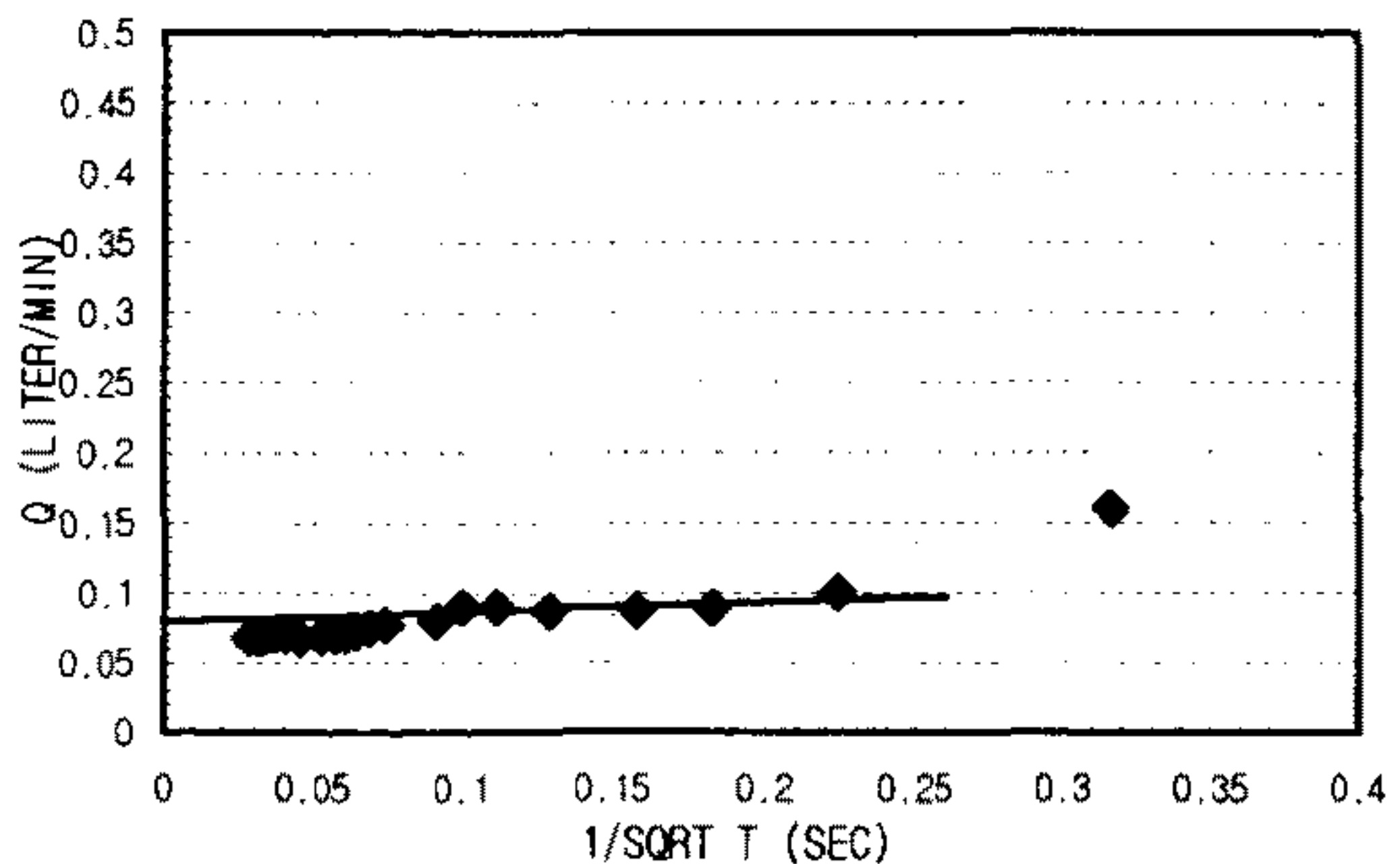
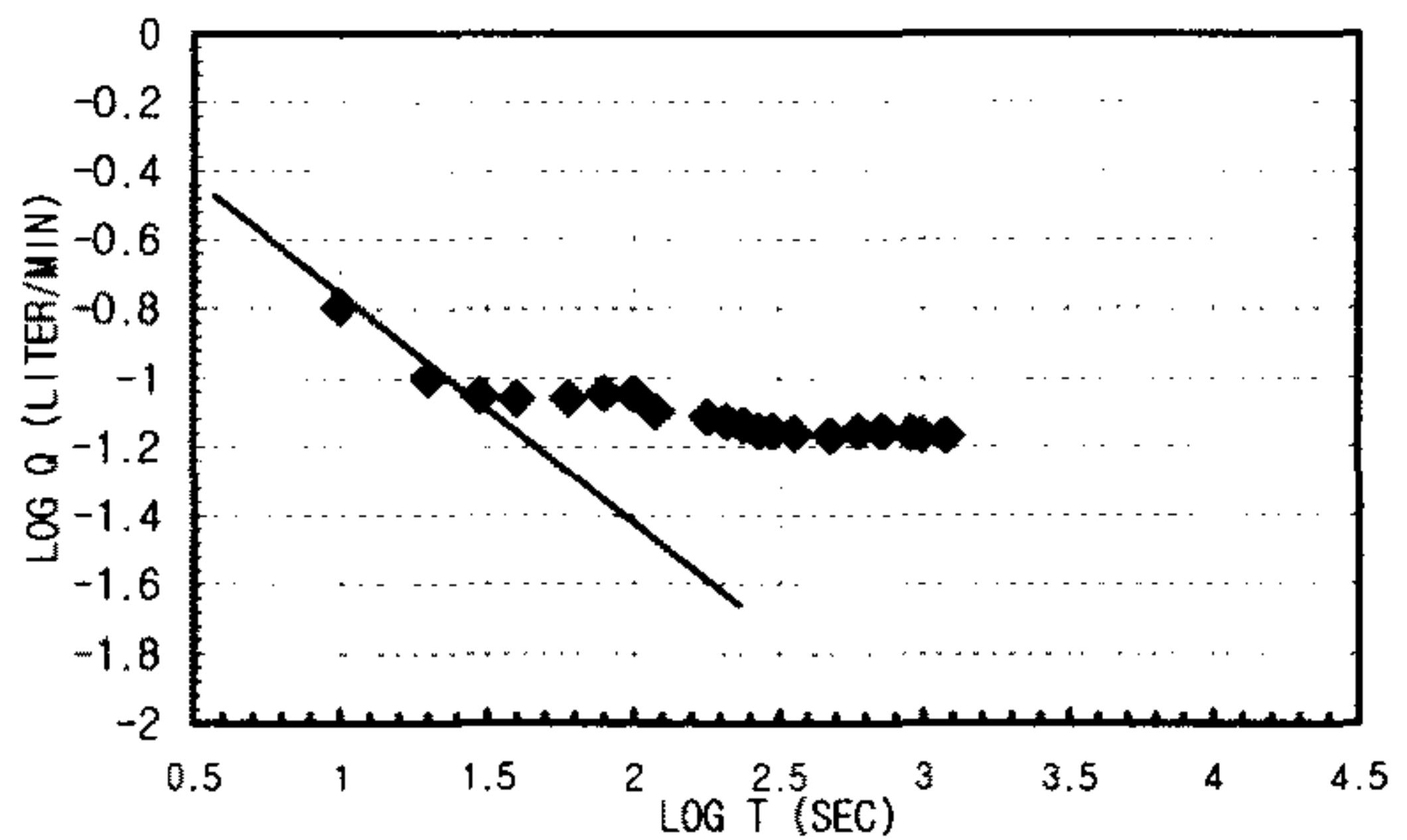
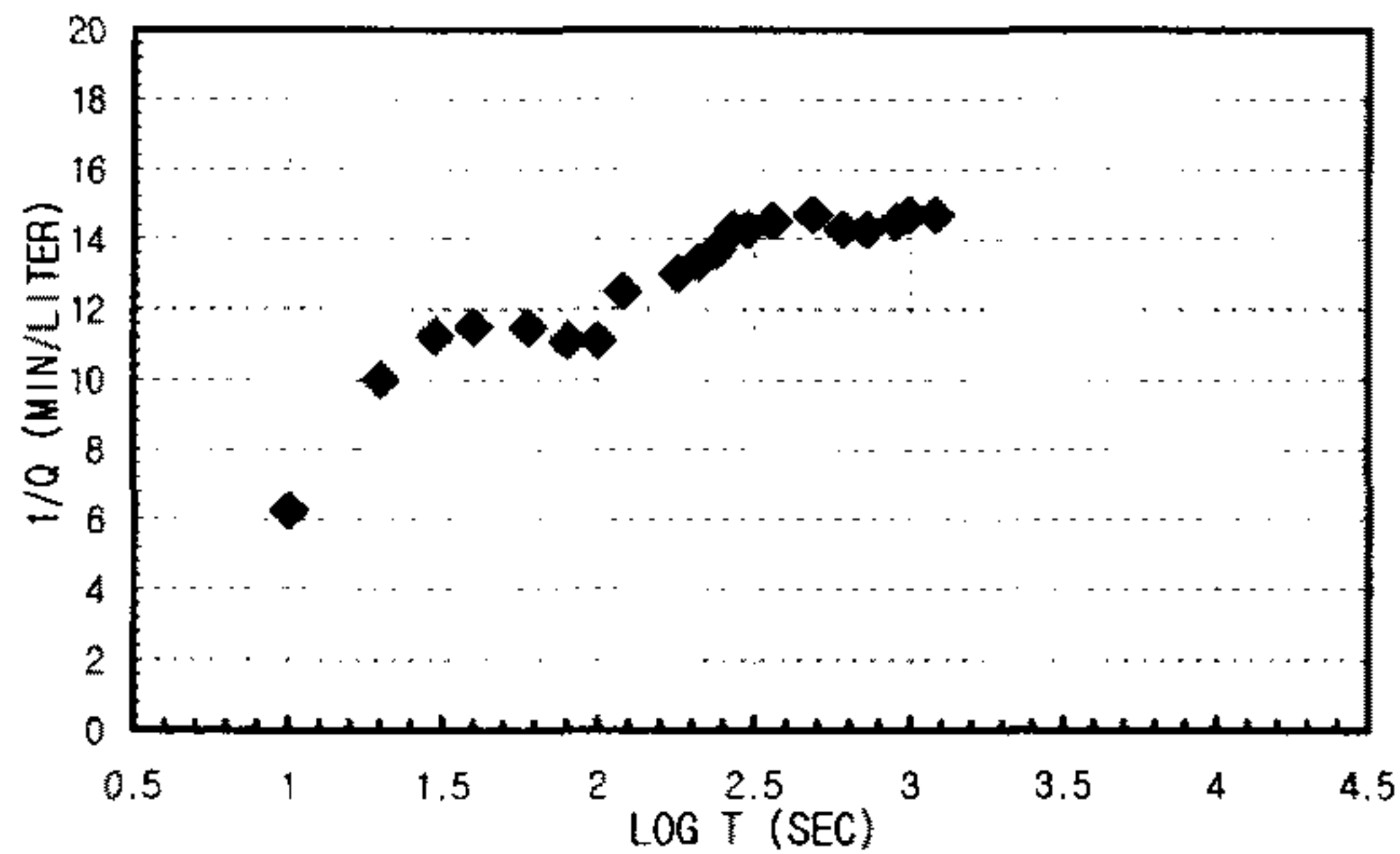
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = \quad \quad \quad d =$
 $m = \quad \quad \quad r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \quad \quad \quad \text{m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \quad \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 3.3333\text{E-08} \quad \quad \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 3.3333\text{E-09} \quad \quad \quad r_w = 0.0375$
 $K = 2.114\text{E-09} \quad \quad \quad \text{m/sec}$
 $S_s = 4.7228\text{E-08} \quad \quad \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} = 1.7471E-09 m/sec	Flow Type= Sublinear to spherical flow (0<n<3.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-18		
TEST SECTION	64.2M-67.8M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960611125700-960611131900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16831.1-16831.2	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.16	2.882628	41	1	6.25	1	-0.79588	0.16
20	0.1	2.882628	41	1.30103	10	1.30103	-1	0.1
30	0.089	2.882628	41	1.47712125	11.2359551	1.47712125	-1.05061	0.089
40	0.087	2.8966896	41.2	1.60205999	11.4942529	1.60205999	-1.0604807	0.087
60	0.087	2.8966896	41.2	1.77815125	11.4942529	1.77815125	-1.0604807	0.087
80	0.09	2.917782	41.5	1.90308999	11.1111111	1.90308999	-1.0457575	0.09
100	0.09	2.917782	41.5	2	11.1111111	2	-1.0457575	0.09
120	0.08	2.917782	41.5	2.07918125	12.5	2.07918125	-1.09691	0.08
180	0.077	2.917782	41.5	2.25527251	12.987013	2.25527251	-1.1135093	0.077
210	0.075	2.9388744	41.8	2.32221929	13.3333333	2.32221929	-1.1249387	0.075
240	0.073	2.9388744	41.8	2.38021124	13.6986301	2.38021124	-1.1366771	0.073
270	0.07	2.9388744	41.8	2.43136376	14.2857143	2.43136376	-1.154902	0.07
300	0.07	2.9388744	41.8	2.47712125	14.2857143	2.47712125	-1.154902	0.07
360	0.069	2.9388744	41.8	2.5563025	14.4927536	2.5563025	-1.1611509	0.069
480	0.068	2.9388744	41.8	2.68124124	14.7058824	2.68124124	-1.1674911	0.068
600	0.07	2.9388744	41.8	2.77815125	14.2857143	2.77815125	-1.154902	0.07
720	0.07	2.9388744	41.8	2.8573325	14.2857143	2.8573325	-1.154902	0.07
900	0.069	2.9388744	41.8	2.95424251	14.4927536	2.95424251	-1.1611509	0.069
990	0.068	2.9388744	41.8	2.99563519	14.7058824	2.99563519	-1.1674911	0.068
1200	0.068	2.9388744	41.8	3.07918125	14.7058824	3.07918125	-1.1674911	0.068



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = -0.000004$ $A = 0.00471239$
 $h_{w0} = 33.46$
 $K S_s = 2.0218E-09$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ $d =$
 $m =$ $r_w =$
 $K = \#DIV/0!$ m/sec
 $S_s = \#DIV/0!$ m/sec

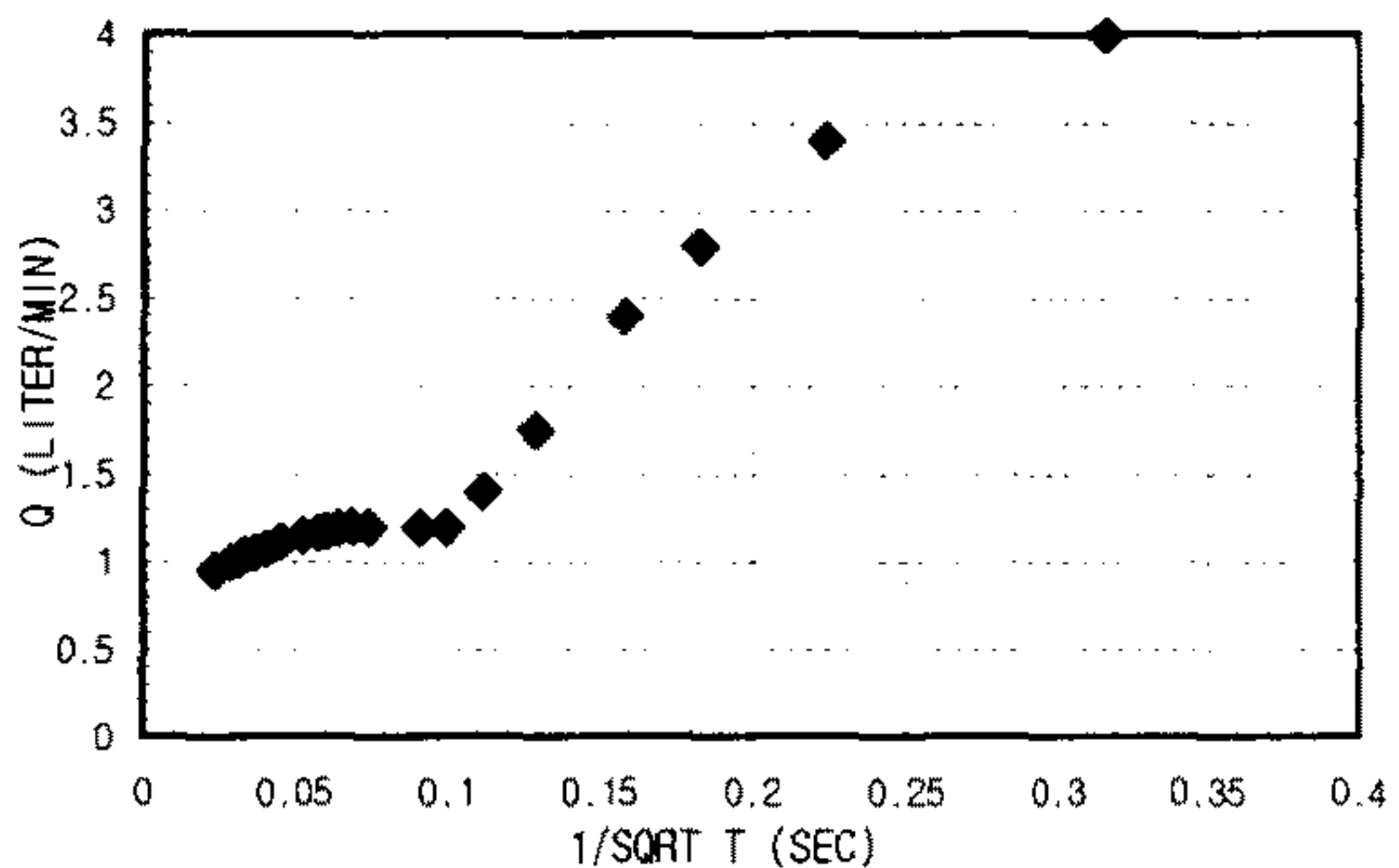
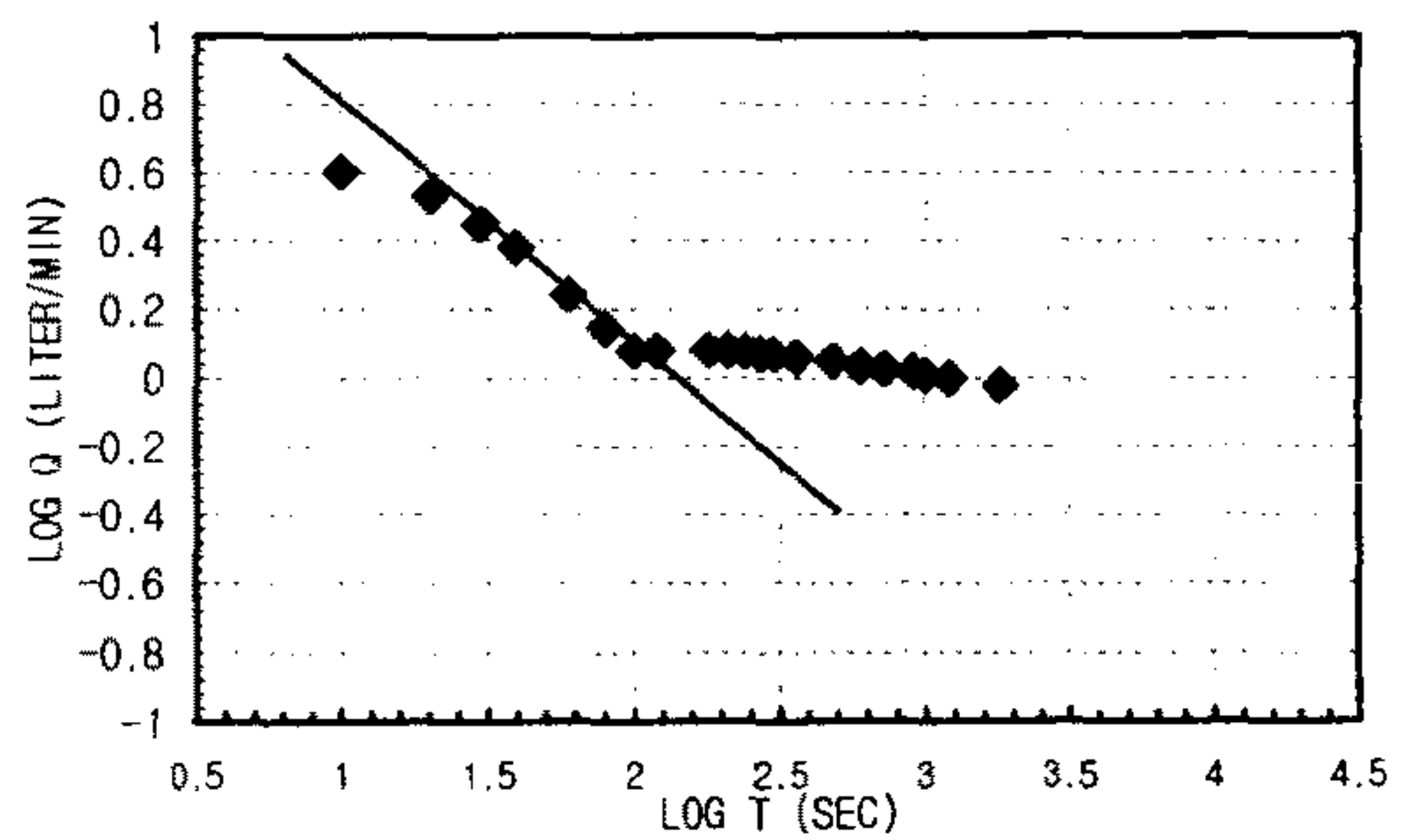
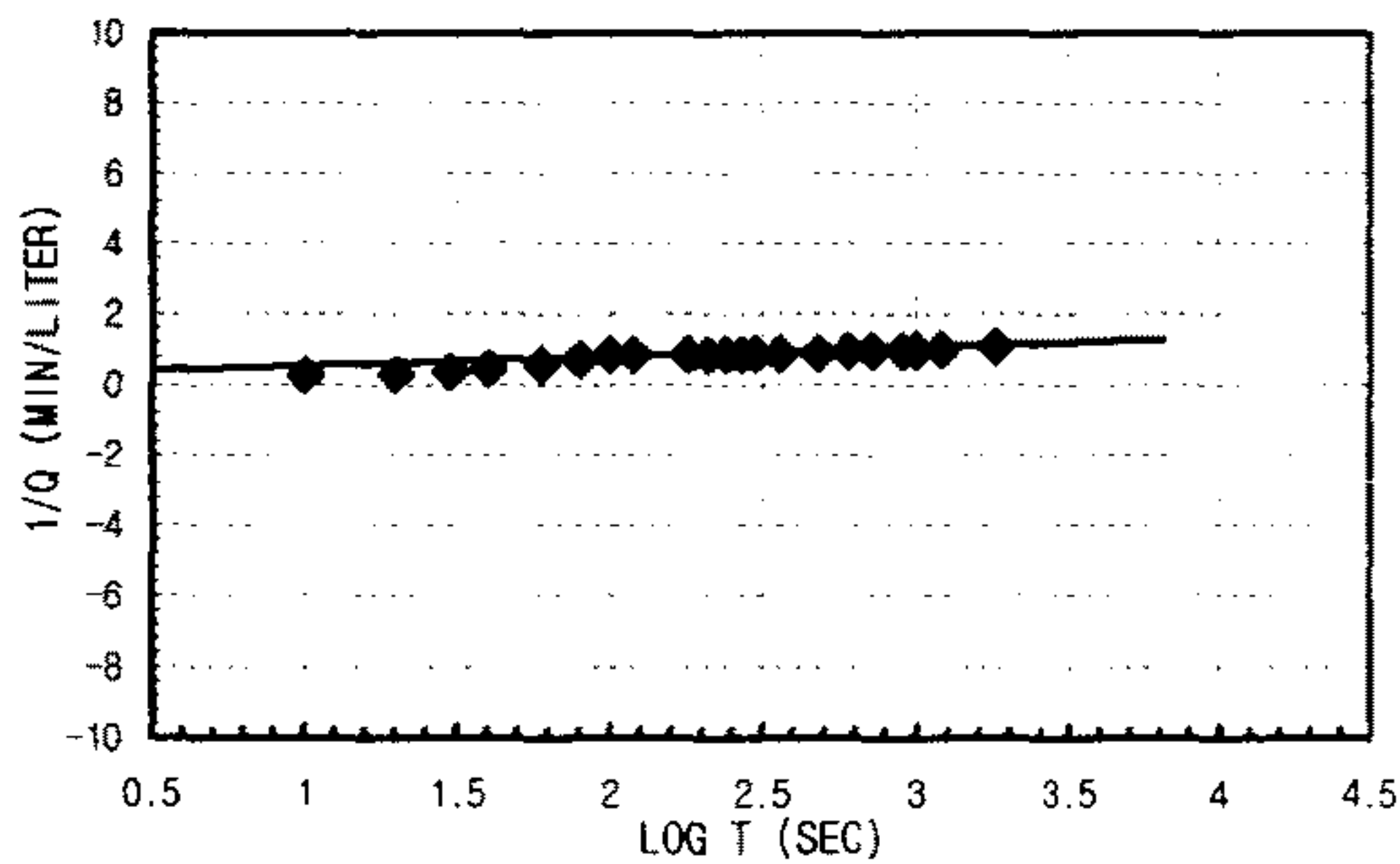
3. Spherical Flow
 $d = 1.1667E-06$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.00000025$ $r_w = 0.0375$
 $K = 7.3991E-08$ m/sec
 $S_s = 7.5902E-06$ m/sec

K _{steady state} =	4.8045E-10 m/sec	Flow Type= Linear to spherical flow (1.0<n<3.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-19		
TEST SECTION	67.8M-71.4M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960611134800-960611142700		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16832.5-16837.2	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	34.7

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)	
10	4	1.476468	21	1	0.25	1	0.60205999	0.31622777	4
20	3.4	1.828008	26	1.30103	0.29411765	1.30103	0.53147892	0.2236068	3.4
30	2.8	2.10924	30	1.47712125	0.35714286	1.47712125	0.44715803	0.18257419	2.8
40	2.4	2.249856	32	1.60205999	0.41666667	1.60205999	0.38021124	0.15811388	2.4
60	1.75	2.46078	35	1.77815125	0.57142857	1.77815125	0.24303805	0.12909944	1.75
80	1.4	2.531088	36	1.90308999	0.71428571	1.90308999	0.14612804	0.1118034	1.4
100	1.2	2.179548	31	2	0.83333333	2	0.07918125	0.1	1.2
120	1.2	2.179548	31	2.07918125	0.83333333	2.07918125	0.07918125	0.09128709	1.2
180	1.2	2.179548	31	2.25527251	0.83333333	2.25527251	0.07918125	0.0745356	1.2
210	1.2	2.179548	31	2.32221929	0.83333333	2.32221929	0.07918125	0.06900656	1.2
240	1.19	2.531088	36	2.38021124	0.84033613	2.38021124	0.07554696	0.06454972	1.19
270	1.18	2.531088	36	2.43136376	0.84745763	2.43136376	0.07188201	0.06085806	1.18
300	1.17	2.531088	36	2.47712125	0.85470085	2.47712125	0.06818586	0.05773503	1.17
360	1.15	2.531088	36	2.5563025	0.86956522	2.5563025	0.06069784	0.05270463	1.15
480	1.12	2.5873344	36.8	2.68124124	0.89285714	2.68124124	0.04921802	0.04564355	1.12
600	1.08	2.601396	37	2.77815125	0.92592593	2.77815125	0.03342376	0.04082483	1.08
720	1.06	2.601396	37	2.8573325	0.94339623	2.8573325	0.02530587	0.0372678	1.06
900	1.04	2.601396	37	2.95424251	0.96153846	2.95424251	0.01703334	0.03333333	1.04
990	1.02	2.601396	37	2.99563519	0.98039216	2.99563519	0.00860017	0.03178209	1.02
1200	1	2.601396	37	3.07918125	1	3.07918125	0	0.02886751	1
1800	0.95	2.601396	37	3.25527251	1.05263158	3.25527251	-0.0222764	0.02357023	0.95



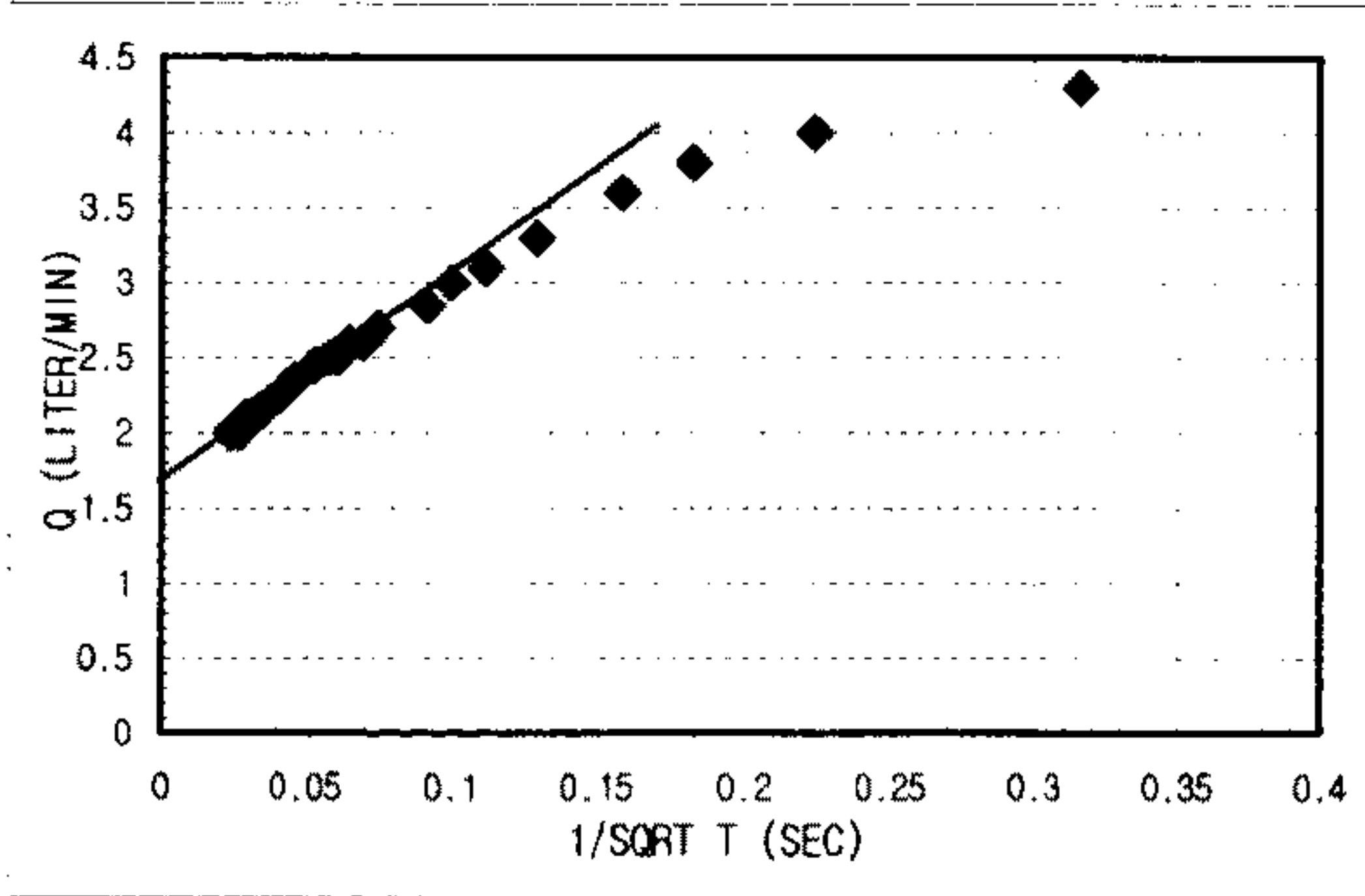
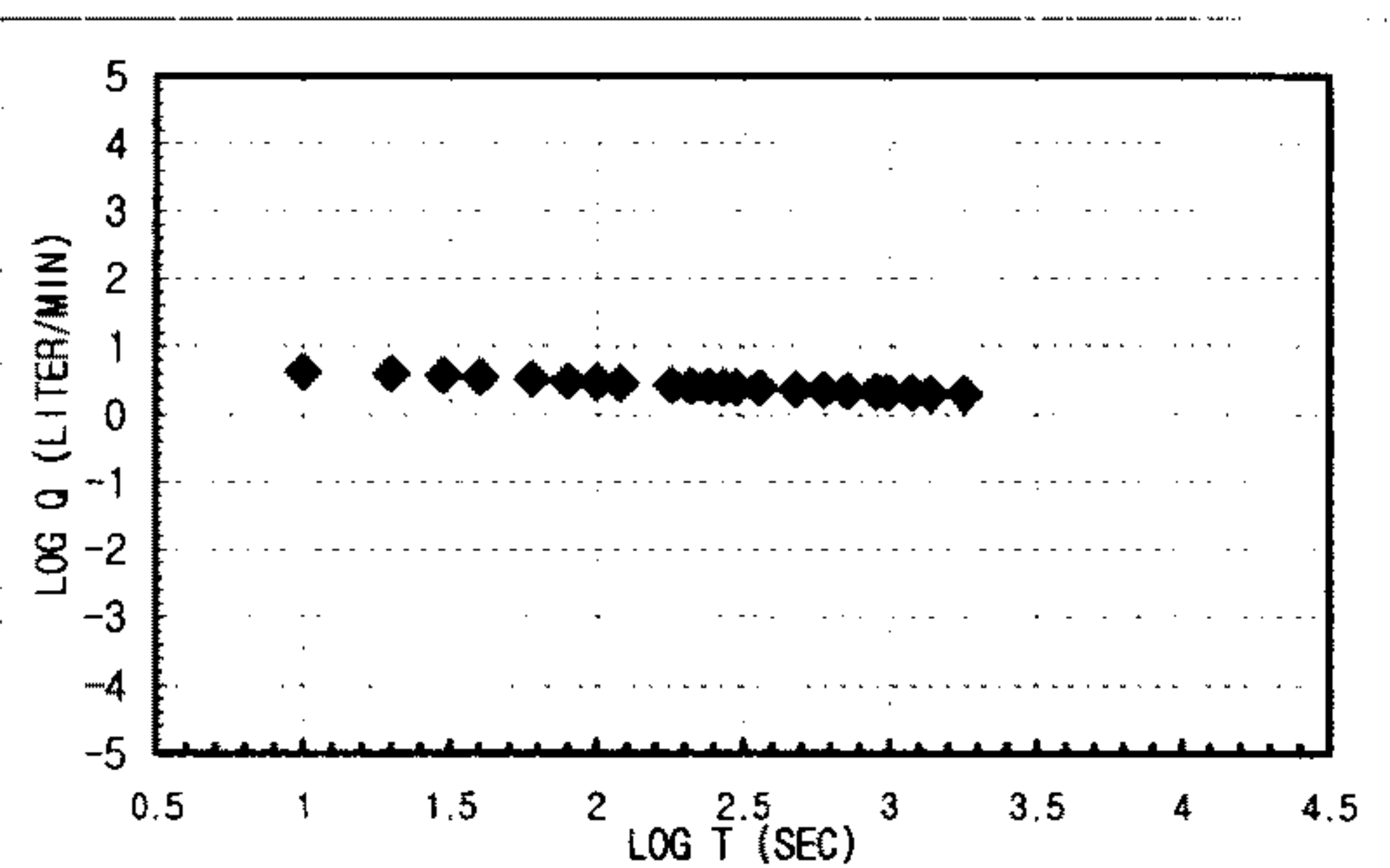
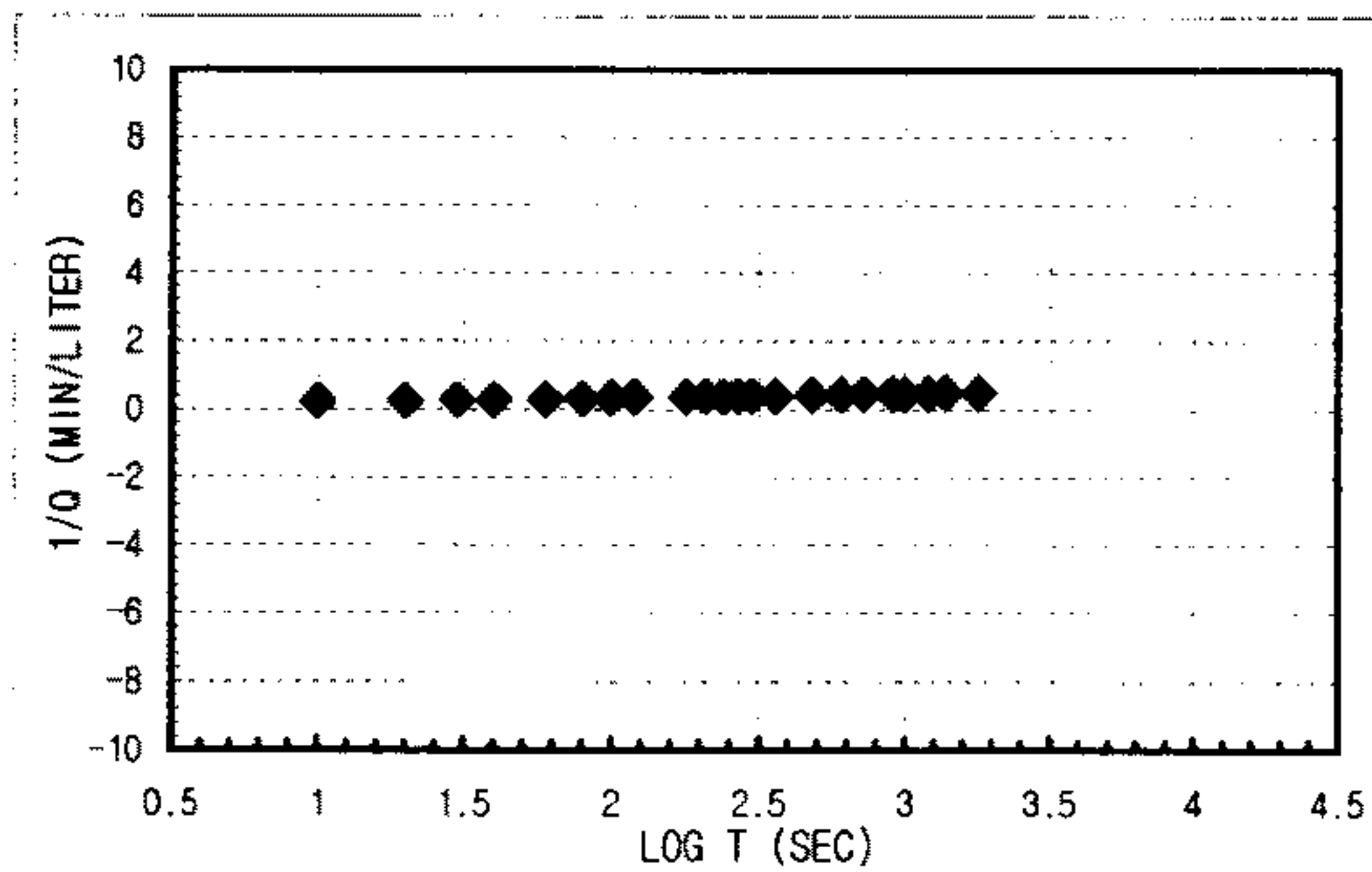
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = 33.46 \text{ d} = 48000$
 $m = 9000 \text{ r}_w = 0.0375$
 $K = 1.7873E-07 \text{ m/sec}$
 $S_s = 1.3274E-09 \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0} =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 1.1114E-07 m/sec	Flow Type = Sublinear to radial flow (0 < n < 2.0)
--	--

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-R1 SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-20		
TEST SECTION	71.4M-75.0M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960611143900-960611151500		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16867.2-16938.3	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	71.1

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.3	1.195236	17	1 0.23255814	1	0.63346846	0.31622777	4.3
20	4	1.476468	21	1.30103	0.25	1.30103	0.60205999	4
30	3.8	1.476468	21	1.47712125	0.26315789	1.47712125	0.5797836	3.8
40	3.6	1.687392	24	1.60205999	0.27777778	1.60205999	0.5563025	3.6
60	3.3	1.828008	26	1.77815125	0.3030303	1.77815125	0.51851394	3.3
80	3.1	1.898316	27	1.90308999	0.32258065	1.90308999	0.49136169	3.1
100	3	1.9756548	28.1	2 0.33333333	2	0.47712125	0.1	3
120	2.85	2.038932	29	2.07918125	0.35087719	2.07918125	0.45484486	2.85
180	2.7	2.038932	29	2.25527251	0.37037037	2.25527251	0.43136376	2.7
210	2.6	2.1162708	30.1	2.32221929	0.38461538	2.32221929	0.41497335	2.6
240	2.6	2.144394	30.5	2.38021124	0.38461538	2.38021124	0.41497335	2.6
270	2.5	2.144394	30.5	2.43136376	0.4	2.43136376	0.39794001	2.5
300	2.5	2.179548	31	2.47712125	0.4	2.47712125	0.39794001	2.5
360	2.45	2.214702	31.5	2.5563025	0.40816327	2.5563025	0.38916608	2.45
480	2.35	2.214702	31.5	2.68124124	0.42553191	2.68124124	0.37106786	2.35
600	2.25	2.28501	32.5	2.77815125	0.44444444	2.77815125	0.35218252	2.25
720	2.2	2.28501	32.5	2.8573325	0.45454545	2.8573325	0.34242268	2.2
900	2.15	2.28501	32.5	2.95424251	0.46511628	2.95424251	0.33243846	2.15
990	2.1	2.28501	32.5	2.99563519	0.47619048	2.99563519	0.32221929	2.1
1200	2.1	2.320164	33	3.07918125	0.47619048	3.07918125	0.32221929	2.1
1380	2	2.320164	33	3.13987909	0.5	3.13987909	0.30103	2
1800	2	2.355318	33.5	3.25527251	0.5	3.25527251	0.30103	2



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

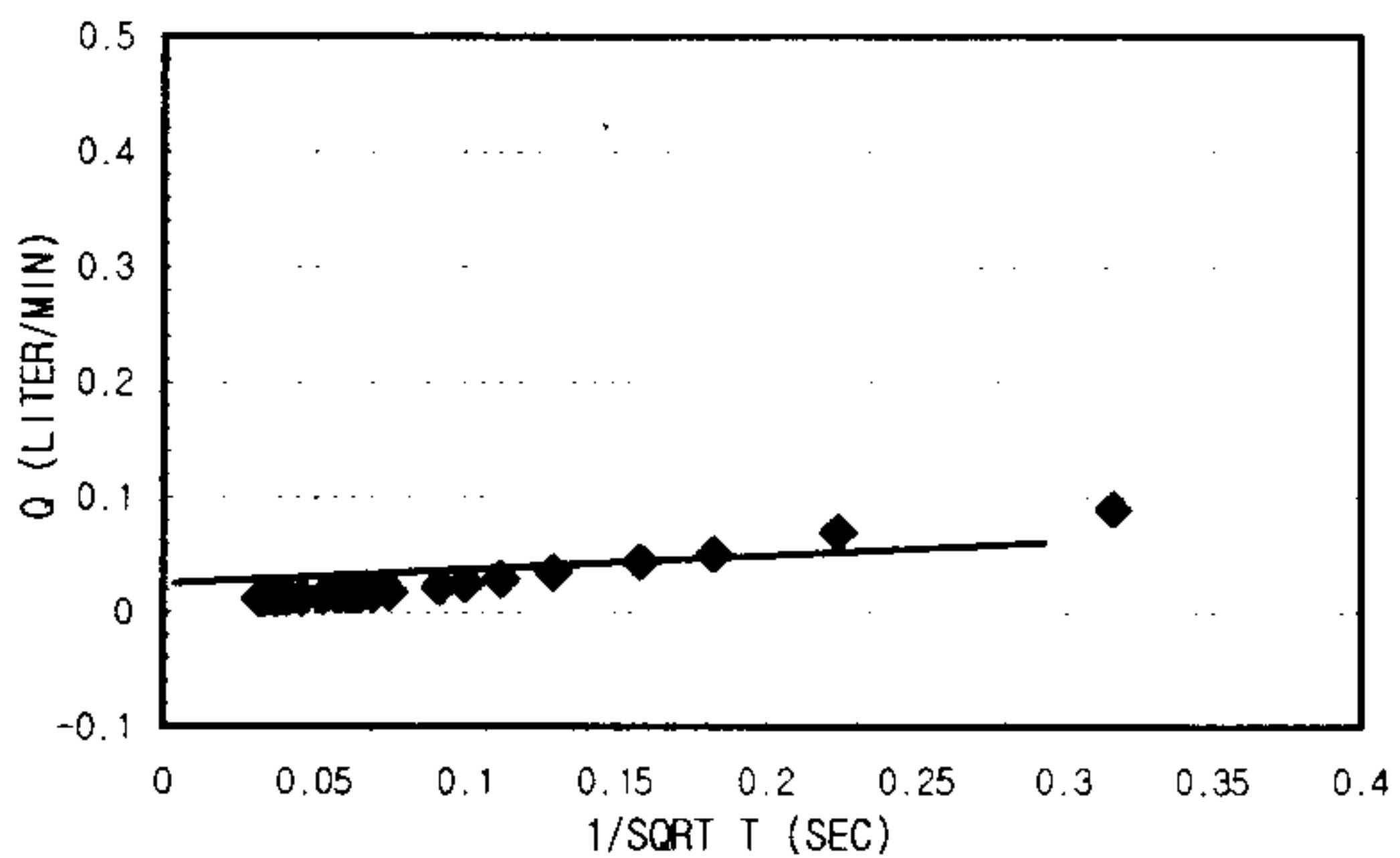
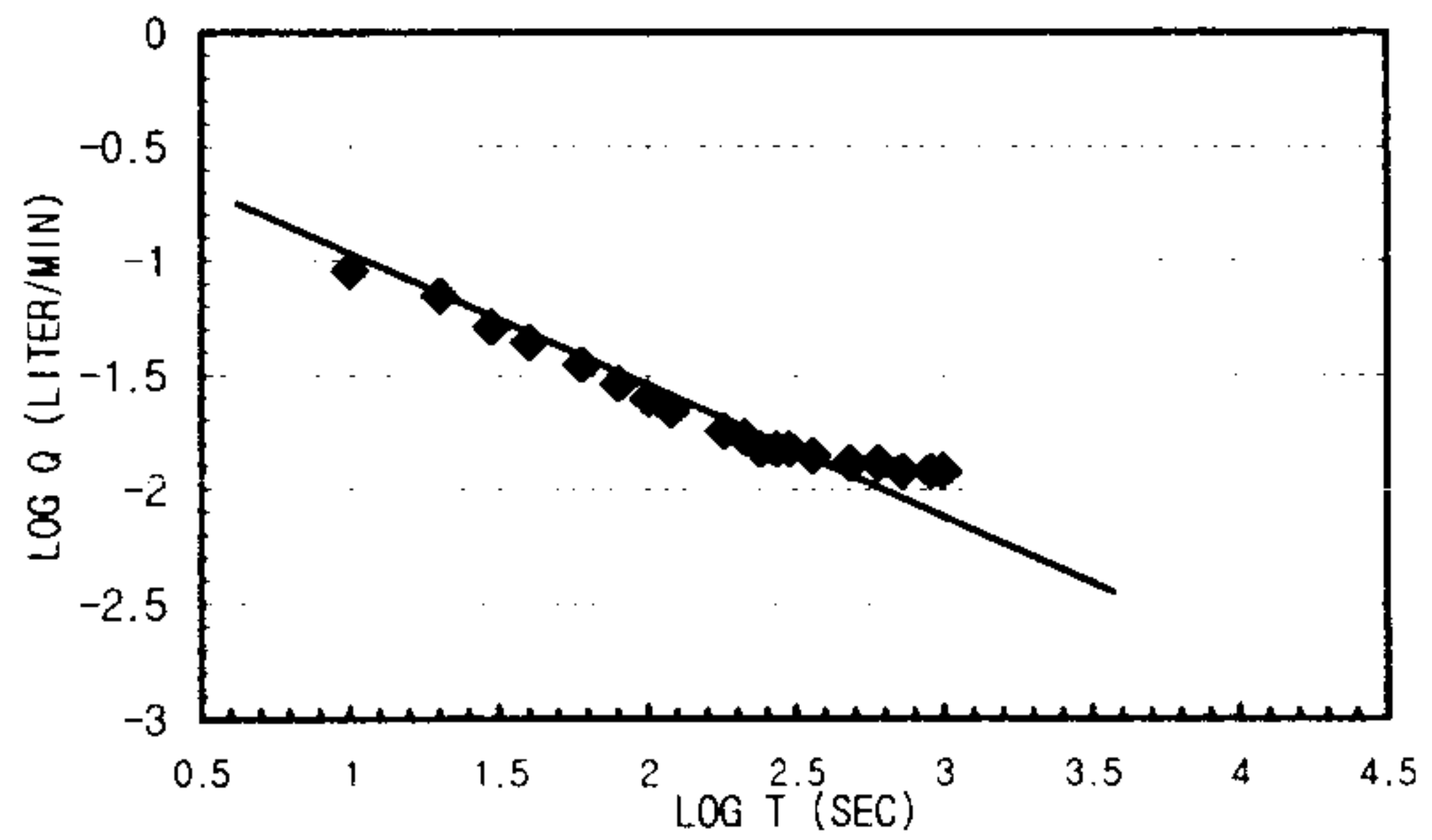
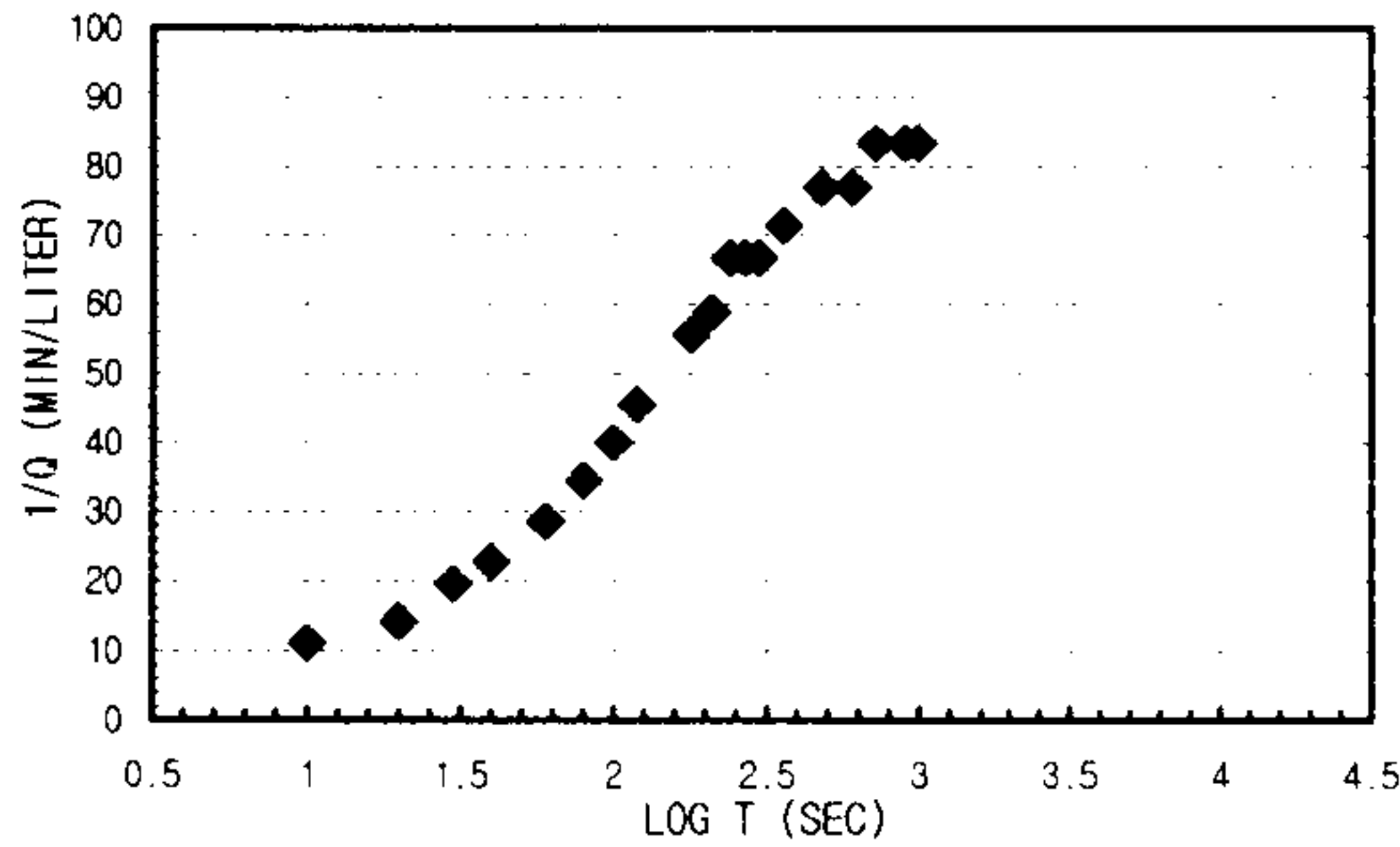
3. Spherical Flow
 $d = 0.0000275$ h_{w0} = 33.46
 $m = 2.4167E-05$ r_w = 0.0375
 $K = 1.7441E-06$ m/sec
 $S_s = 0.00300899$ m/sec

K _{steady state} = 2.2774E-07 m/sec	Flow Type= Spherica flow (n=3.0)
--	----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-3-21		
TEST SECTION	75.0M-78.6M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHMMSS)	960611152900-960611160200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16938.3-16938.5	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	0.2

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	0.09	2.917782	41.5	11.111111	1	-1.0457575	0.31622777	0.09
20	0.07	2.917782	41.5	1.30103	1.30103	-1.154902	0.2236068	0.07
30	0.051	2.917782	41.5	1.47712125	1.47712125	-1.2924298	0.18257419	0.051
40	0.044	2.917782	41.5	1.60205999	1.60205999	-1.3565473	0.15811388	0.044
60	0.035	2.917782	41.5	1.77815125	1.77815125	-1.455932	0.12909944	0.035
80	0.029	2.917782	41.5	1.90308999	1.90308999	-1.537602	0.1118034	0.029
100	0.025	2.917782	41.5	2	2	-1.60206	0.1	0.025
120	0.022	2.917782	41.5	2.07918125	2.07918125	-1.6575773	0.09128709	0.022
180	0.018	2.917782	41.5	2.25527251	2.25527251	-1.7447275	0.0745356	0.018
210	0.017	2.917782	41.5	2.32221929	2.32221929	-1.7695511	0.06900656	0.017
240	0.015	2.917782	41.5	2.38021124	2.38021124	-1.8239087	0.06454972	0.015
270	0.015	2.917782	41.5	2.43136376	2.43136376	-1.8239087	0.06085806	0.015
300	0.015	2.917782	41.5	2.47712125	2.47712125	-1.8239087	0.05773503	0.015
360	0.014	2.917782	41.5	2.5563025	2.5563025	-1.853872	0.05270463	0.014
480	0.013	2.917782	41.5	2.68124124	2.68124124	-1.8860566	0.04564355	0.013
600	0.013	2.917782	41.5	2.77815125	2.77815125	-1.8860566	0.04082483	0.013
720	0.012	2.917782	41.5	2.8573325	2.8573325	-1.9208188	0.0372678	0.012
900	0.012	2.917782	41.5	2.95424251	2.95424251	-1.9208188	0.03333333	0.012
990	0.012	2.917782	41.5	2.99563519	2.99563519	-1.9208188	0.03178209	0.012



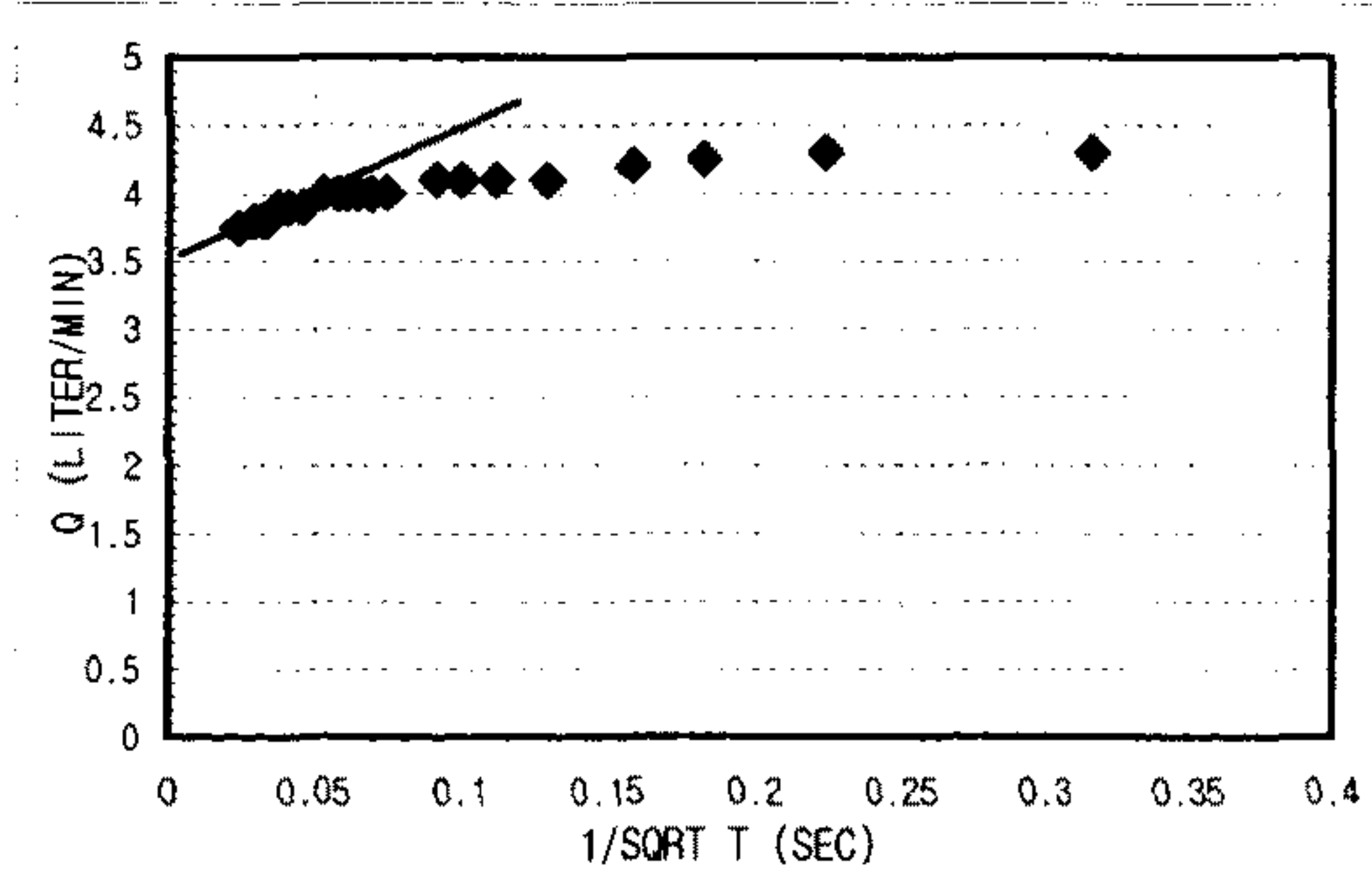
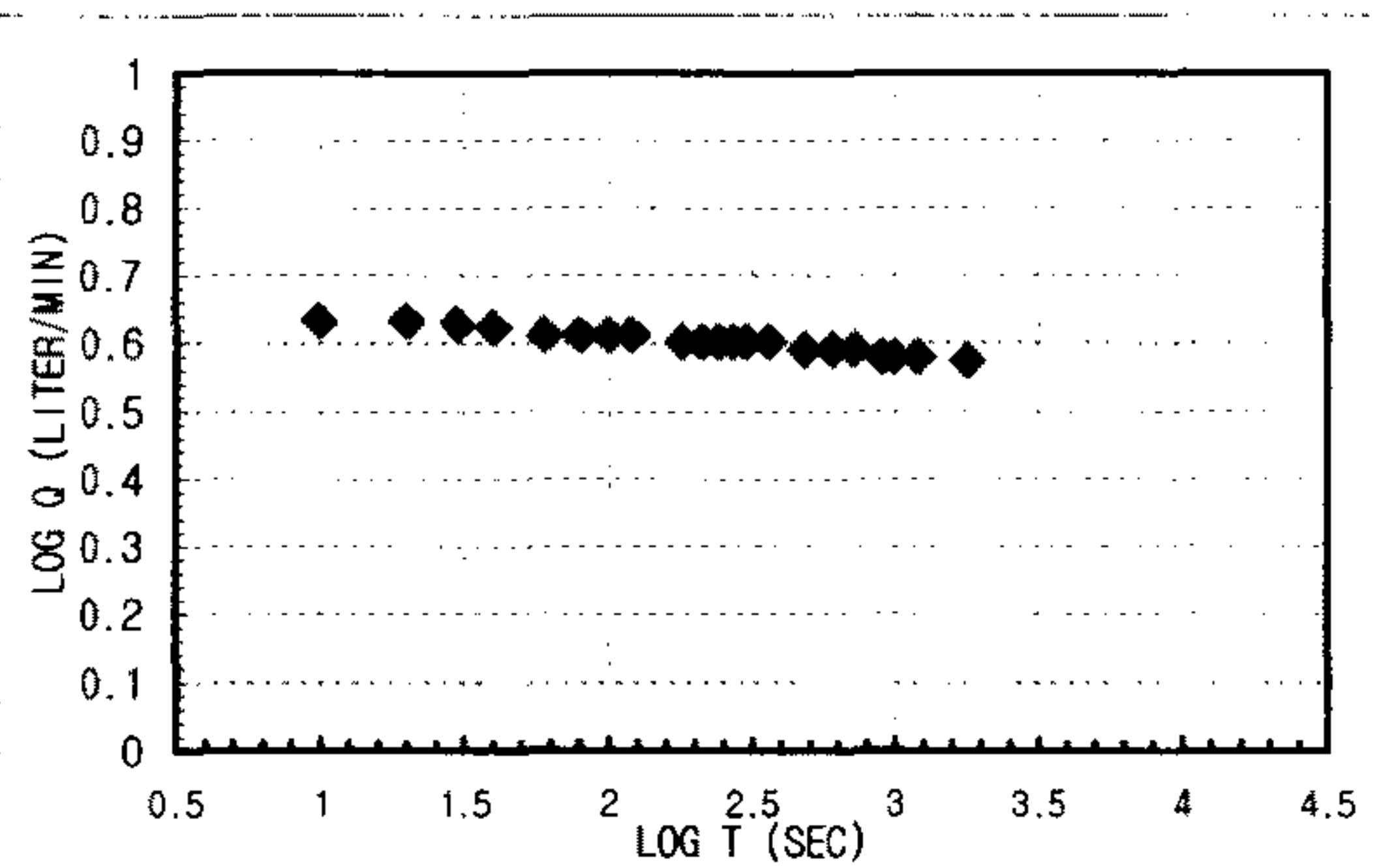
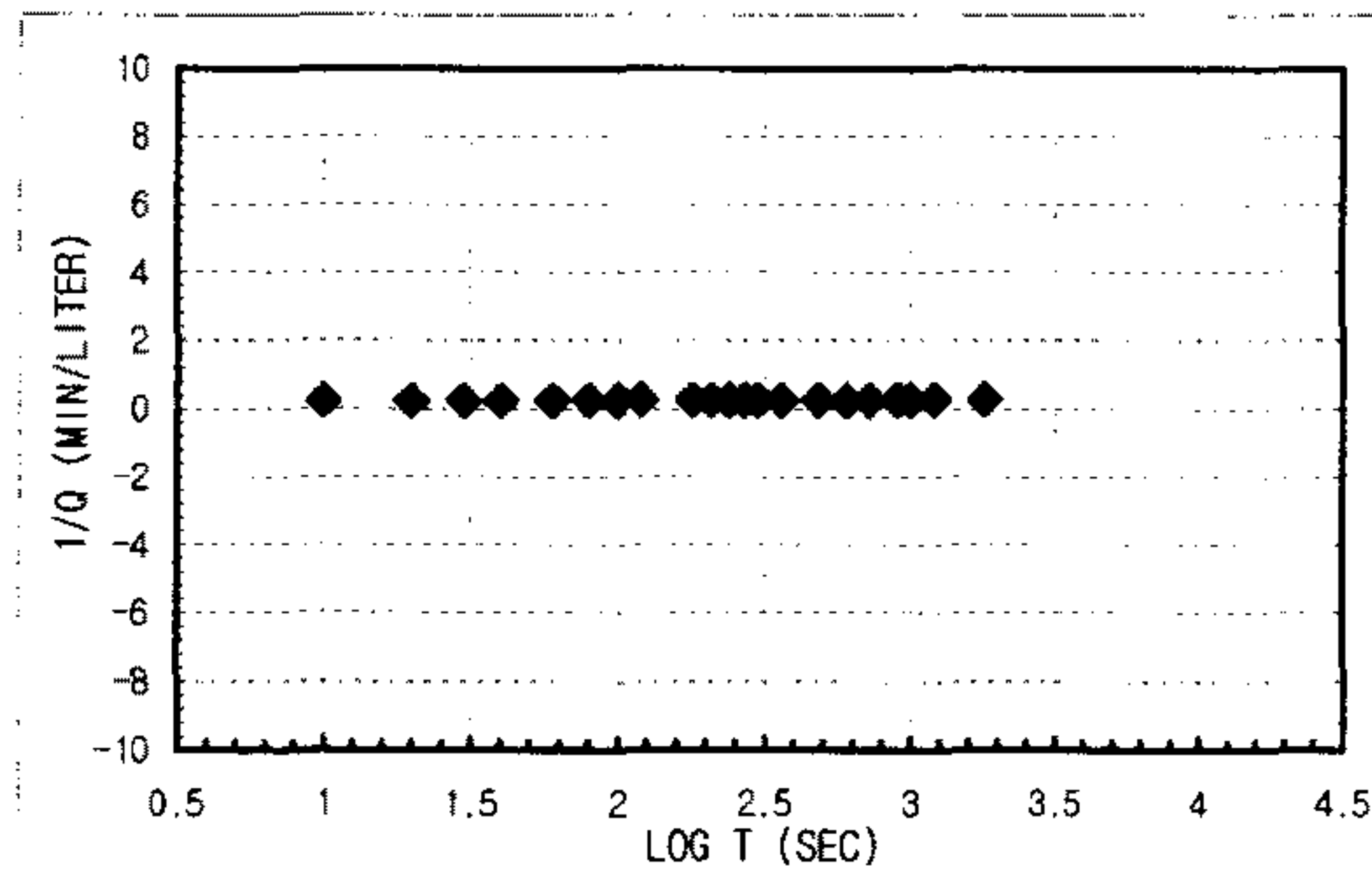
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d
 $m =$ r_w
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = 1.6667E-07$ h_{w0} = 33.46
 $m = 1.6667E-07$ r_w = 0.0375
 $K = 1.057E-08$ m/sec
 $S_s = 2.3614E-05$ m/sec

$K_{\text{steady state}} = 1.1647E-09$ m/sec Flow Type = Sublinear to spherical flow (0 < n < 3.0)

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-4-ALL		
TEST SECTION	6.5M-80M		
STATIC G/W LEVEL	5.16M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960607111300-960607114300		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16385.0-16497.6	TIME INTERVAL (MIN)	30
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	112.6

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.3	0.8929116	12.7	1 0.23255814	1	0.63346846	0.31622777	4.3
20	4.3	0.8929116	12.7	1.30103 0.23255814	1.30103	0.63346846	0.2236068	4.3
30	4.25	0.9983736	14.2	1.47712125 0.23529412	1.47712125	0.62838893	0.18257419	4.25
40	4.2	1.0405584	14.8	1.60205999 0.23809524	1.60205999	0.62324929	0.15811388	4.2
60	4.1	1.05462	15	1.77815125 0.24390244	1.77815125	0.61278386	0.12909944	4.1
80	4.1	1.05462	15	1.90308999 0.24390244	1.90308999	0.61278386	0.1118034	4.1
100	4.1	1.05462	15	2 0.24390244	2	0.61278386	0.1	4.1
120	4.1	1.05462	15	2.07918125 0.24390244	2.07918125	0.61278386	0.09128709	4.1
180	4	1.05462	15	2.25527251 0.25	2.25527251	0.60205999	0.0745356	4
210	4	1.124928	16	2.32221929 0.25	2.32221929	0.60205999	0.06900656	4
240	4	1.124928	16	2.38021124 0.25	2.38021124	0.60205999	0.06454972	4
270	4	1.124928	16	2.43136376 0.25	2.43136376	0.60205999	0.06085806	4
300	4	1.124928	16	2.47712125 0.25	2.47712125	0.60205999	0.05773503	4
360	4	1.124928	16	2.5563025 0.25	2.5563025	0.60205999	0.05270463	4
480	3.9	1.160082	16.5	2.68124124 0.25641026	2.68124124	0.59106461	0.04564355	3.9
600	3.9	1.160082	16.5	2.77815125 0.25641026	2.77815125	0.59106461	0.04082483	3.9
720	3.9	1.160082	16.5	2.8573325 0.25641026	2.8573325	0.59106461	0.0372678	3.9
900	3.8	1.195236	17	2.95424251 0.26315789	2.95424251	0.5797836	0.03333333	3.8
990	3.8	1.195236	17	2.99563519 0.26315789	2.99563519	0.5797836	0.03178209	3.8
1200	3.8	1.195236	17	3.07918125 0.26315789	3.07918125	0.5797836	0.02886751	3.8
1800	3.75	1.23039	17.5	3.25527251 0.26666667	3.25527251	0.57403127	0.02357023	3.75



1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$

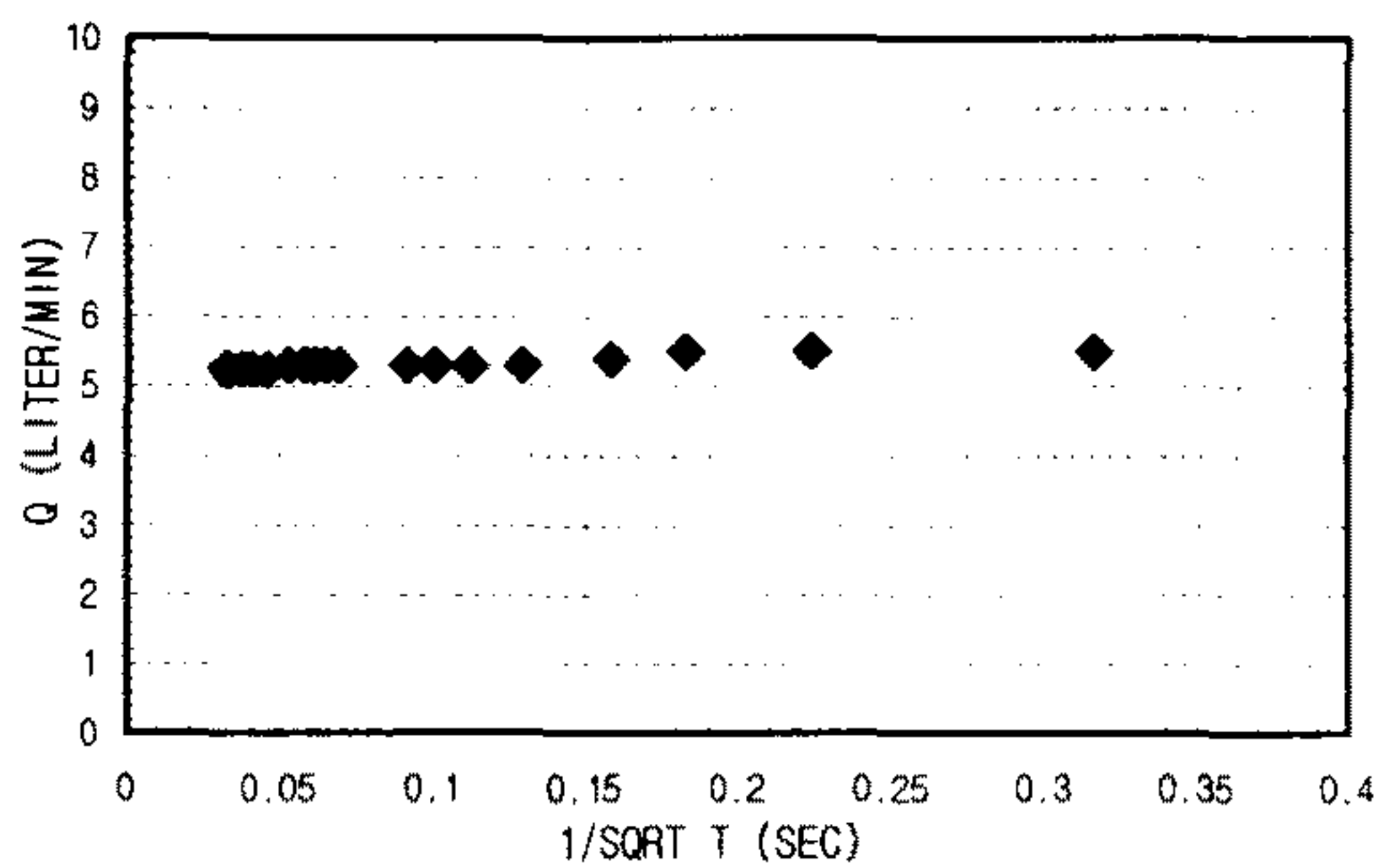
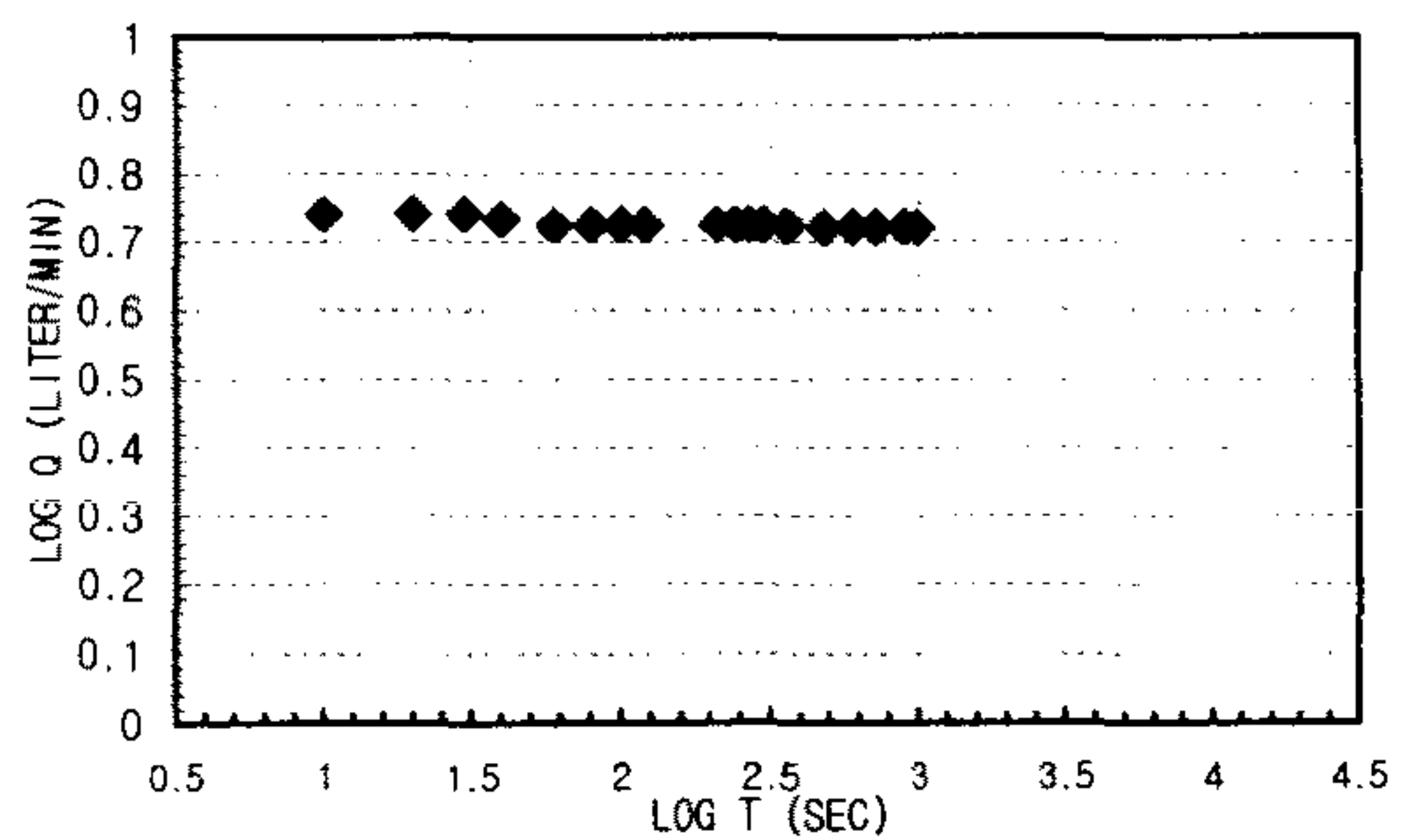
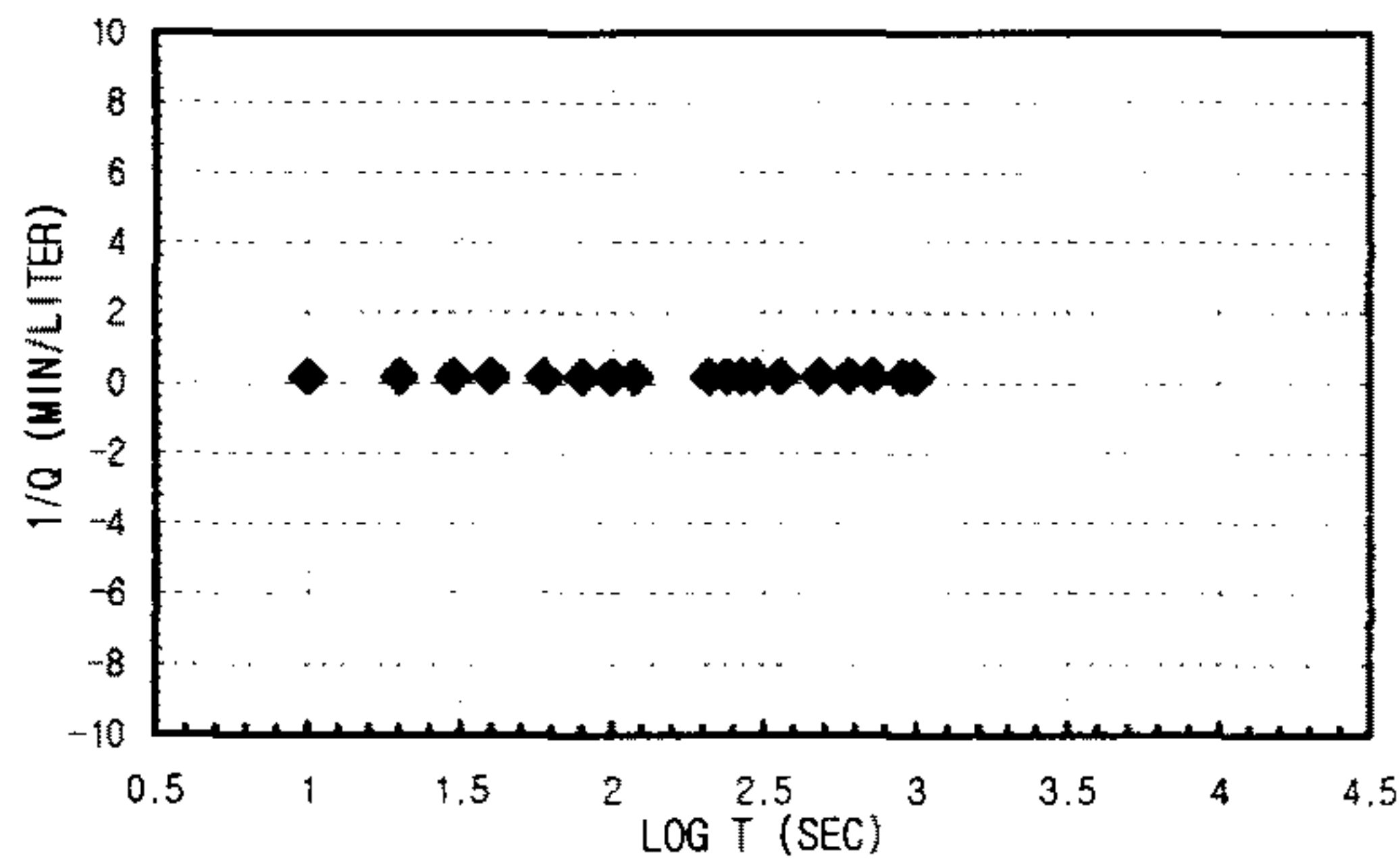
3. Spherical Flow
 $d = 5.8333E-05 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.000015 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 3.6996E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.00054649 \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	3.6066E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary to spherical flow (n>3.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-5-1		
TEST SECTION	5.2M-8.8M		
STATIC G/W LEVEL	5.25M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960612102500-960612104200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	16942.5-17027.5	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	85

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5.5	0.35154	5	1 0.18181818	1	0.74036269	0.31622777	5.5
20	5.5	0.35154	5	1.30103 0.18181818	1.30103	0.74036269	0.2236068	5.5
30	5.5	0.35154	5	1.47712125 0.18181818	1.47712125	0.74036269	0.18257419	5.5
40	5.4	0.35154	5	1.60205999 0.18518519	1.60205999	0.73239376	0.15811388	5.4
60	5.3	0.35154	5	1.77815125 0.18867925	1.77815125	0.72427587	0.12909944	5.3
80	5.3	0.35154	5	1.90308999 0.18867925	1.90308999	0.72427587	0.1118034	5.3
100	5.3	0.35154	5	2 0.18867925	2	0.72427587	0.1	5.3
120	5.3	0.35154	5	2.07918125 0.18867925	2.07918125	0.72427587	0.09128709	5.3
210	5.3	0.386694	5.5	2.32221929 0.18867925	2.32221929	0.72427587	0.06900656	5.3
240	5.3	0.421848	6	2.38021124 0.18867925	2.38021124	0.72427587	0.06454972	5.3
270	5.3	0.421848	6	2.43136376 0.18867925	2.43136376	0.72427587	0.06085806	5.3
300	5.3	0.4288788	6.1	2.47712125 0.18867925	2.47712125	0.72427587	0.05773503	5.3
360	5.3	0.4359096	6.2	2.5563025 0.18867925	2.5563025	0.72427587	0.05270463	5.3
480	5.25	0.4499712	6.4	2.68124124 0.19047619	2.68124124	0.7201593	0.04564355	5.25
600	5.25	0.457002	6.5	2.77815125 0.19047619	2.77815125	0.7201593	0.04082483	5.25
720	5.25	0.4640328	6.6	2.8573325 0.19047619	2.8573325	0.7201593	0.0372678	5.25
900	5.25	0.4780944	6.8	2.95424251 0.19047619	2.95424251	0.7201593	0.03333333	5.25
990	5.25	0.4780944	6.8	2.99563519 0.19047619	2.99563519	0.7201593	0.03178209	5.25



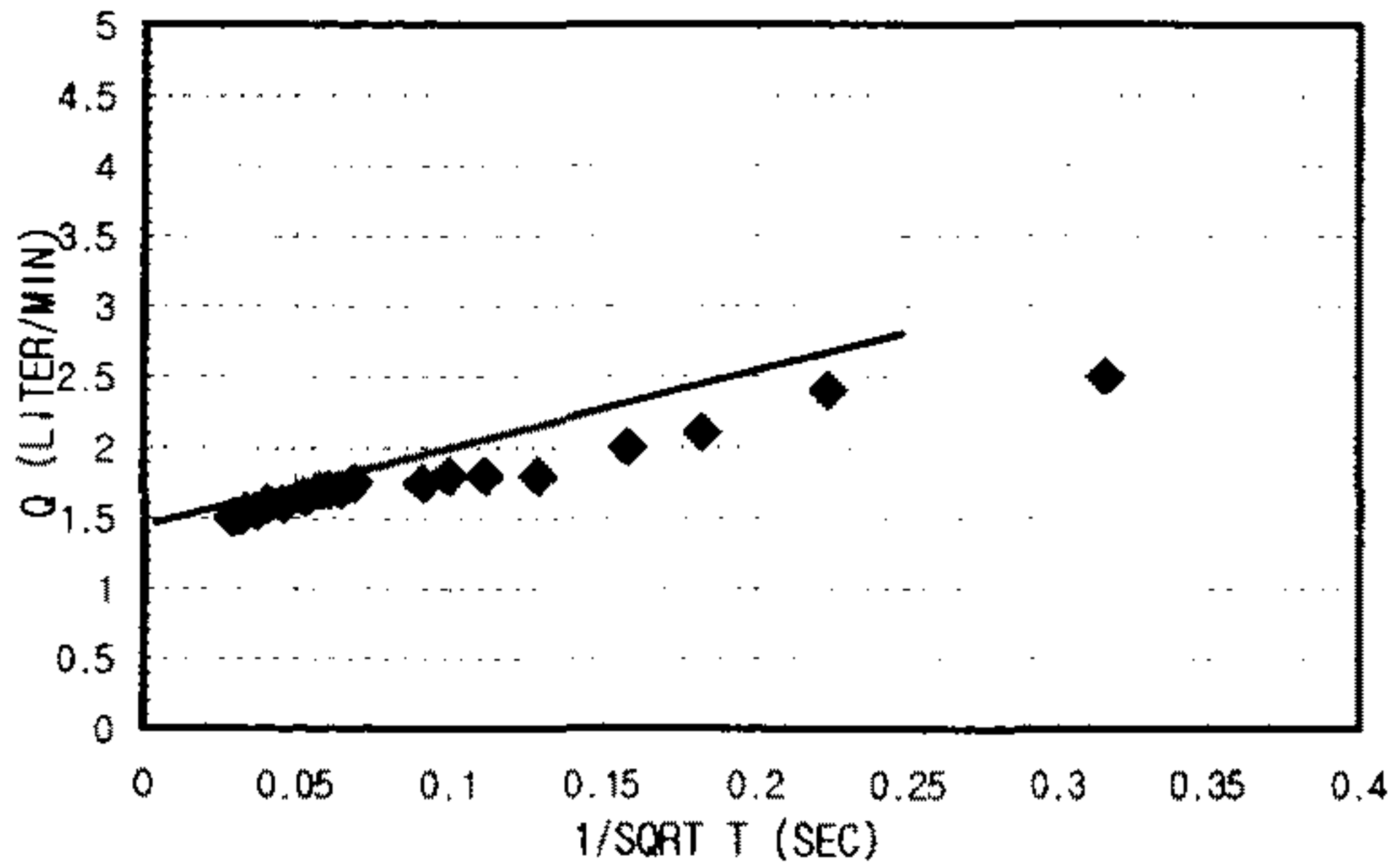
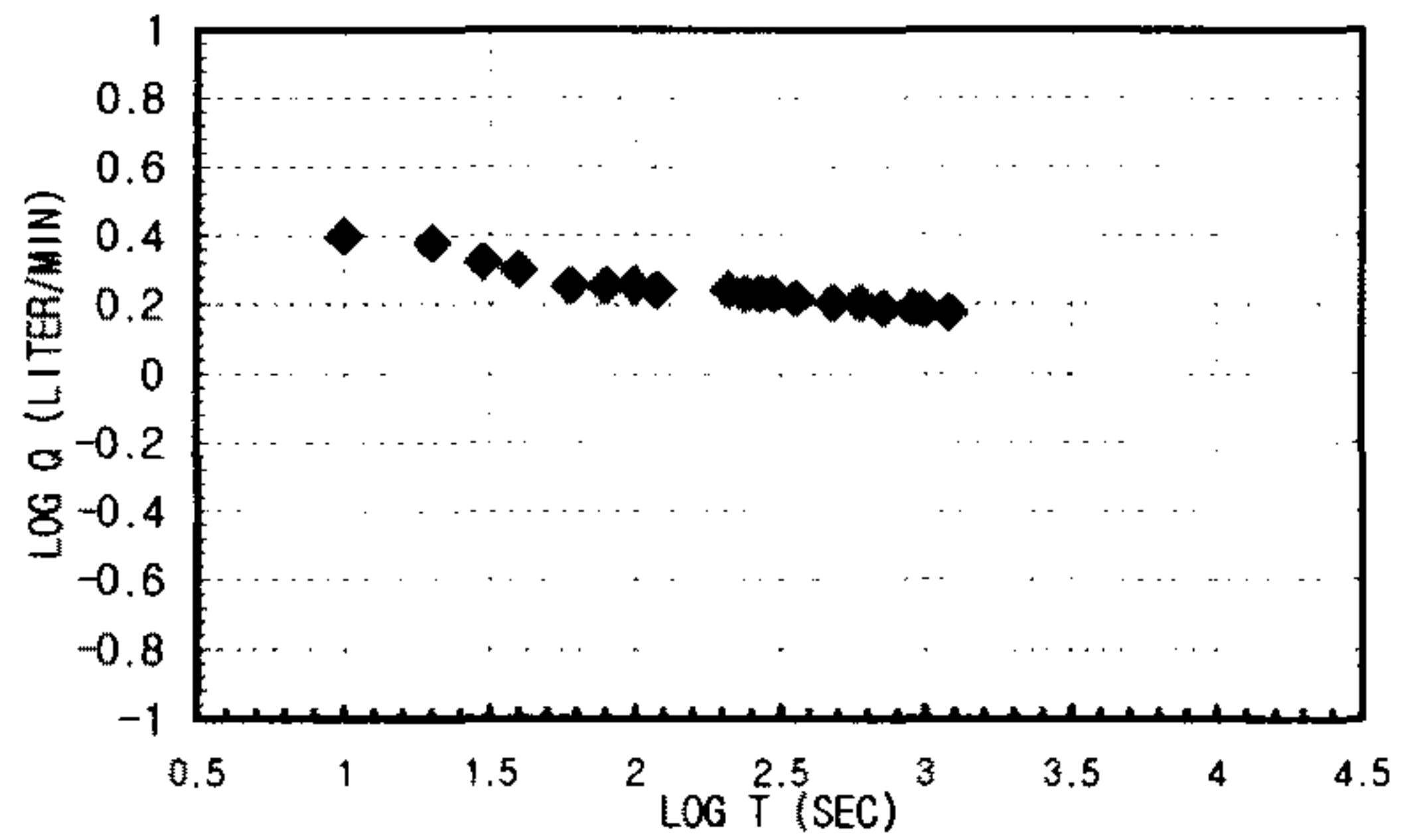
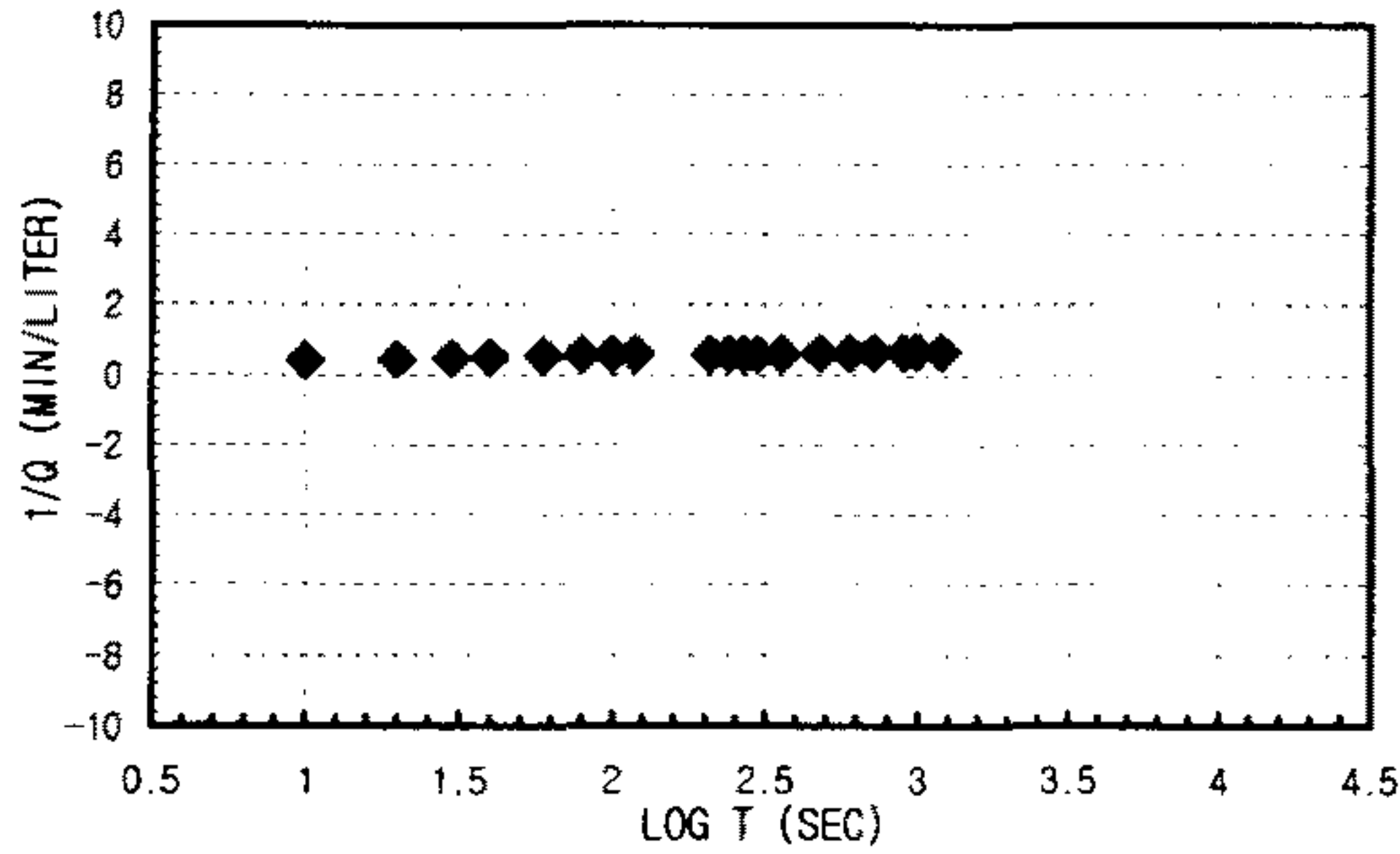
1. Linear Flow
 $q(t_0=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0} =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \quad \text{m/sec}$

K _{steady state} =	4.9501E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (n>4.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-5-2		
TEST SECTION	8.8M-12.4M		
STATIC G/W LEVEL	5.25M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHMMSS)	960612110200-960612112200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	17027.5-17066.0	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	38.5

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	2.5	2.320164	33	1	0.4	1	0.39794001	2.5
20	2.4	2.320164	33	1.30103	0.41666667	1.30103	0.38021124	2.4
30	2.1	2.390472	34	1.47712125	0.47619048	1.47712125	0.32221929	2.1
40	2	2.390472	34	1.60205999	0.5	1.60205999	0.30103	2
60	1.8	2.3975028	34.1	1.77815125	0.55555556	1.77815125	0.25527251	1.8
80	1.8	2.4045336	34.2	1.90308999	0.55555556	1.90308999	0.25527251	1.8
100	1.8	2.4115644	34.3	2	0.55555556	2	0.25527251	1.8
120	1.75	2.4115644	34.3	2.07918125	0.57142857	2.07918125	0.24303805	1.75
210	1.75	2.4396876	34.7	2.32221929	0.57142857	2.32221929	0.24303805	1.75
240	1.7	2.4537492	34.9	2.38021124	0.58823529	2.38021124	0.23044892	1.7
270	1.7	2.4537492	34.9	2.43136376	0.58823529	2.43136376	0.23044892	1.7
300	1.7	2.46078	35	2.47712125	0.58823529	2.47712125	0.23044892	1.7
360	1.65	2.46078	35	2.5563025	0.60606061	2.5563025	0.21748394	1.65
480	1.6	2.46078	35	2.68124124	0.625	2.68124124	0.20411998	1.6
600	1.6	2.4678108	35.1	2.77815125	0.625	2.77815125	0.20411998	1.6
720	1.55	2.4748416	35.2	2.8573325	0.64516129	2.8573325	0.1903317	1.55
900	1.55	2.4748416	35.2	2.95424251	0.64516129	2.95424251	0.1903317	1.55
990	1.52	2.4748416	35.2	2.99563519	0.65789474	2.99563519	0.18184359	1.52
1200	1.5	2.4818724	35.3	3.07918125	0.66666667	3.07918125	0.17609126	1.5



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $KS_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

2. Radial Flow
 $h_{w0} =$ d =
 $m =$ $r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

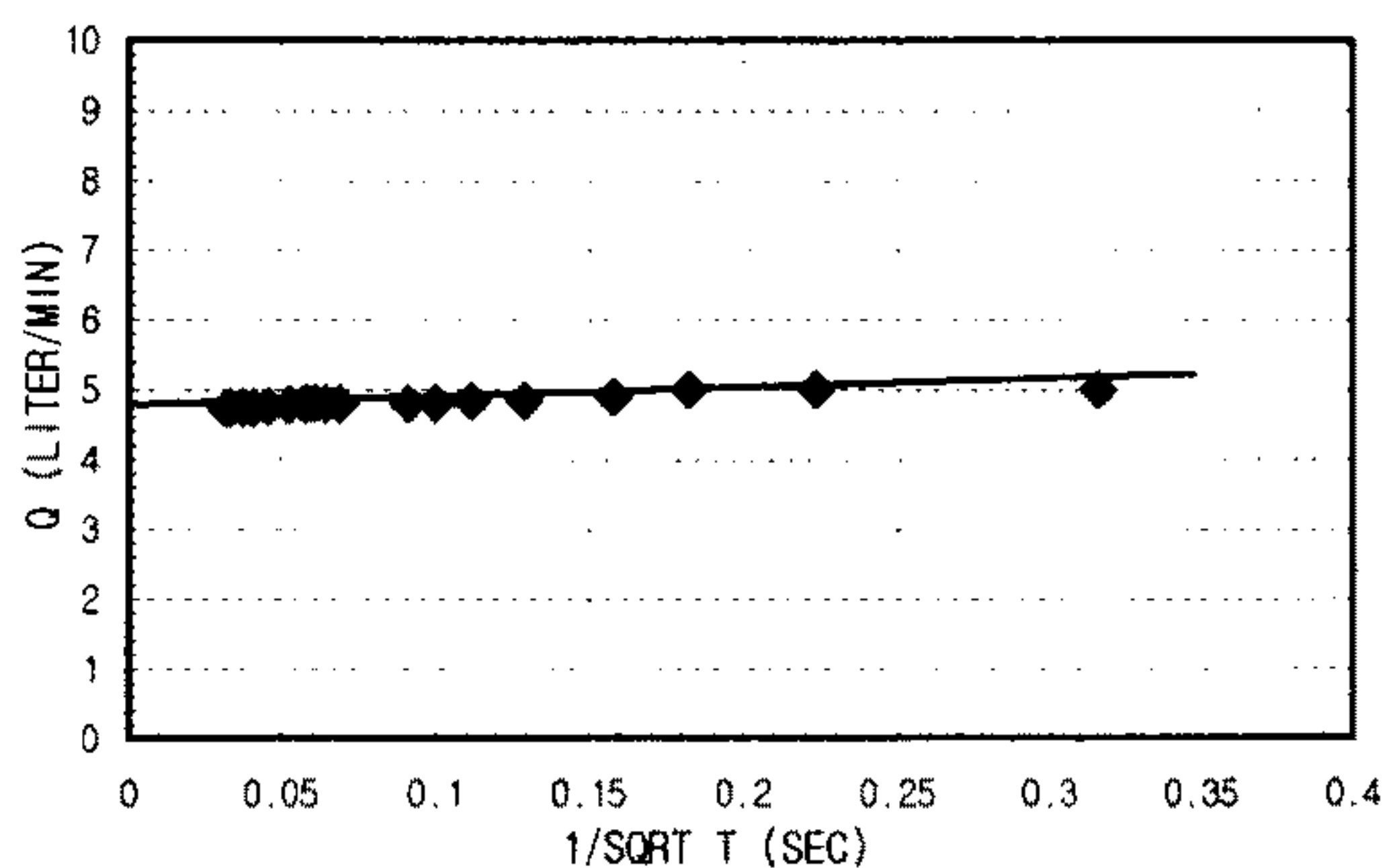
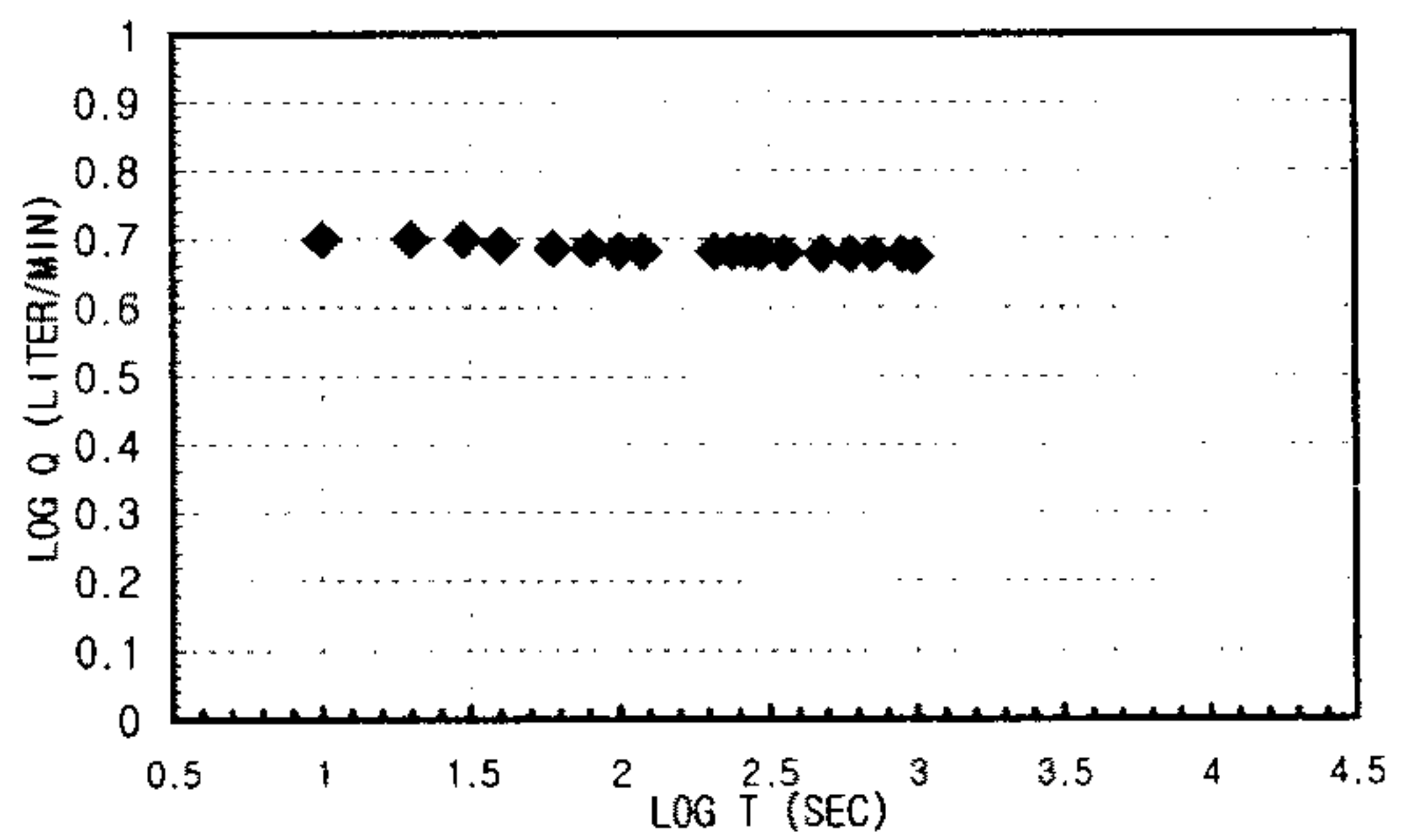
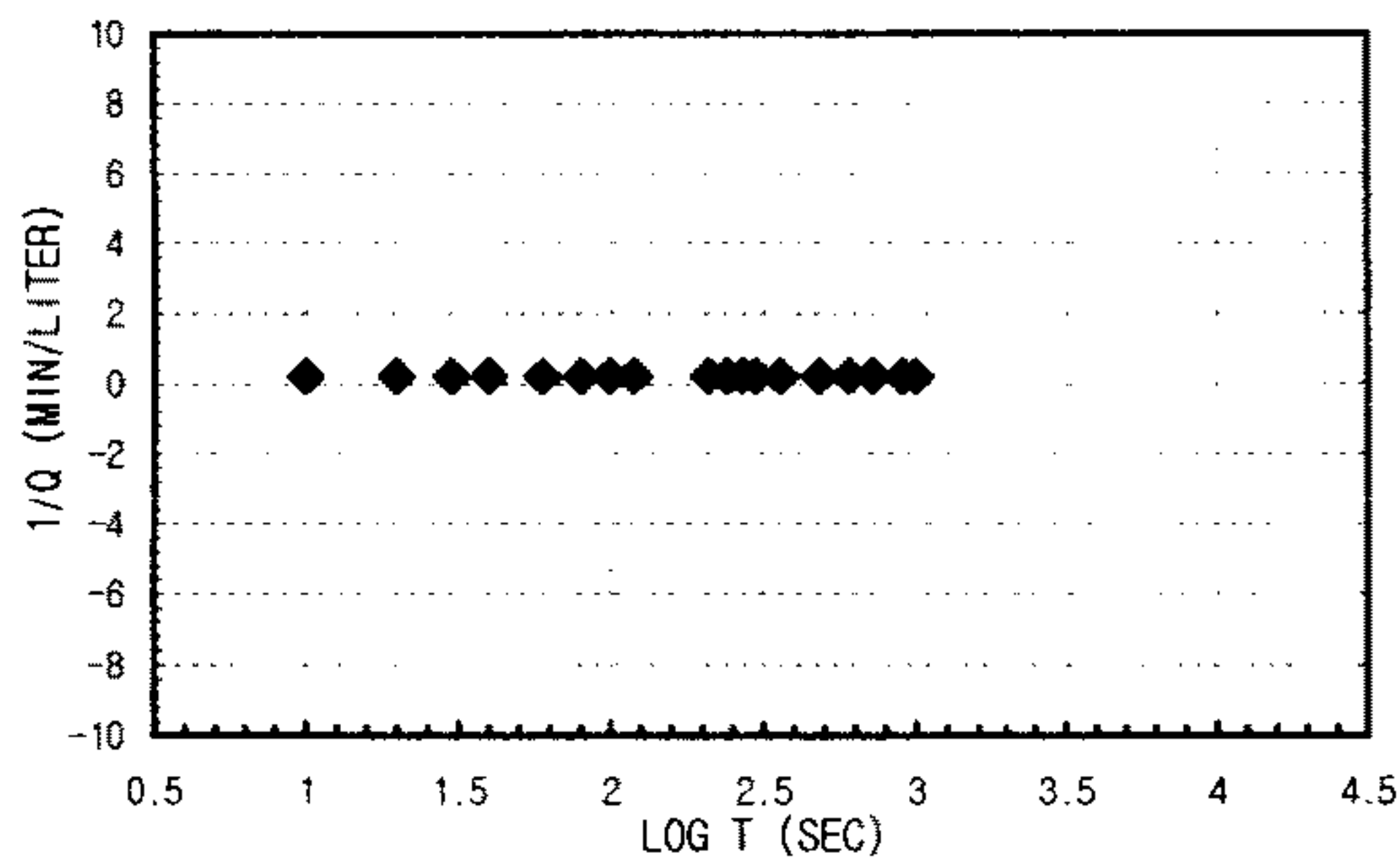
3. Spherical Flow
 $d = 2.1667E-05$ $h_{w0} = 33.46$
 $m = 0.00001$ $r_w = 0.0375$
 $K = 1.3741E-06$ m/sec
 $S_s = 0.00065393$ m/sec

$k_{steady\ state} =$	1.8497E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n>2.5)
-----------------------	------------------	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-5-3		
TEST SECTION	12.4M-16.0M		
STATIC G/W LEVEL	5.25M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960612114100-960612120100		
CUMMULATIVE Q(LITER)	17066.0-17158.8	TIME INTERVAL (MIN)	16.5
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	92.8

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5	0.632772	9	1	0.2	1	0.69897	5
20	5	0.70308	10	1.30103	0.2	1.30103	0.69897	5
30	5	0.70308	10	1.47712125	0.2	1.47712125	0.69897	5
40	4.9	0.7101108	10.1	1.60205999	0.20408163	1.60205999	0.69019608	4.9
60	4.85	0.7241724	10.3	1.77815125	0.20618557	1.77815125	0.68574174	4.85
80	4.85	0.738234	10.5	1.90308999	0.20618557	1.90308999	0.68574174	4.85
100	4.8	0.738234	10.5	2	0.20833333	2	0.68124124	4.8
120	4.8	0.7452648	10.6	2.07918125	0.20833333	2.07918125	0.68124124	4.8
210	4.8	0.773388	11	2.32221929	0.20833333	2.32221929	0.68124124	4.8
240	4.8	0.773388	11	2.38021124	0.20833333	2.38021124	0.68124124	4.8
270	4.8	0.7804188	11.1	2.43136376	0.20833333	2.43136376	0.68124124	4.8
300	4.8	0.7874496	11.2	2.47712125	0.20833333	2.47712125	0.68124124	4.8
360	4.78	0.7874496	11.2	2.5563025	0.20920502	2.5563025	0.6794279	4.78
480	4.76	0.8155728	11.6	2.68124124	0.21008403	2.68124124	0.67760695	4.76
600	4.75	0.8226036	11.7	2.77815125	0.21052632	2.77815125	0.67669361	4.75
720	4.75	0.8366652	11.9	2.8573325	0.21052632	2.8573325	0.67669361	4.75
900	4.75	0.8366652	11.9	2.95424251	0.21052632	2.95424251	0.67669361	4.75
990	4.73	0.8366652	11.9	2.99563519	0.21141649	2.99563519	0.67486114	4.73



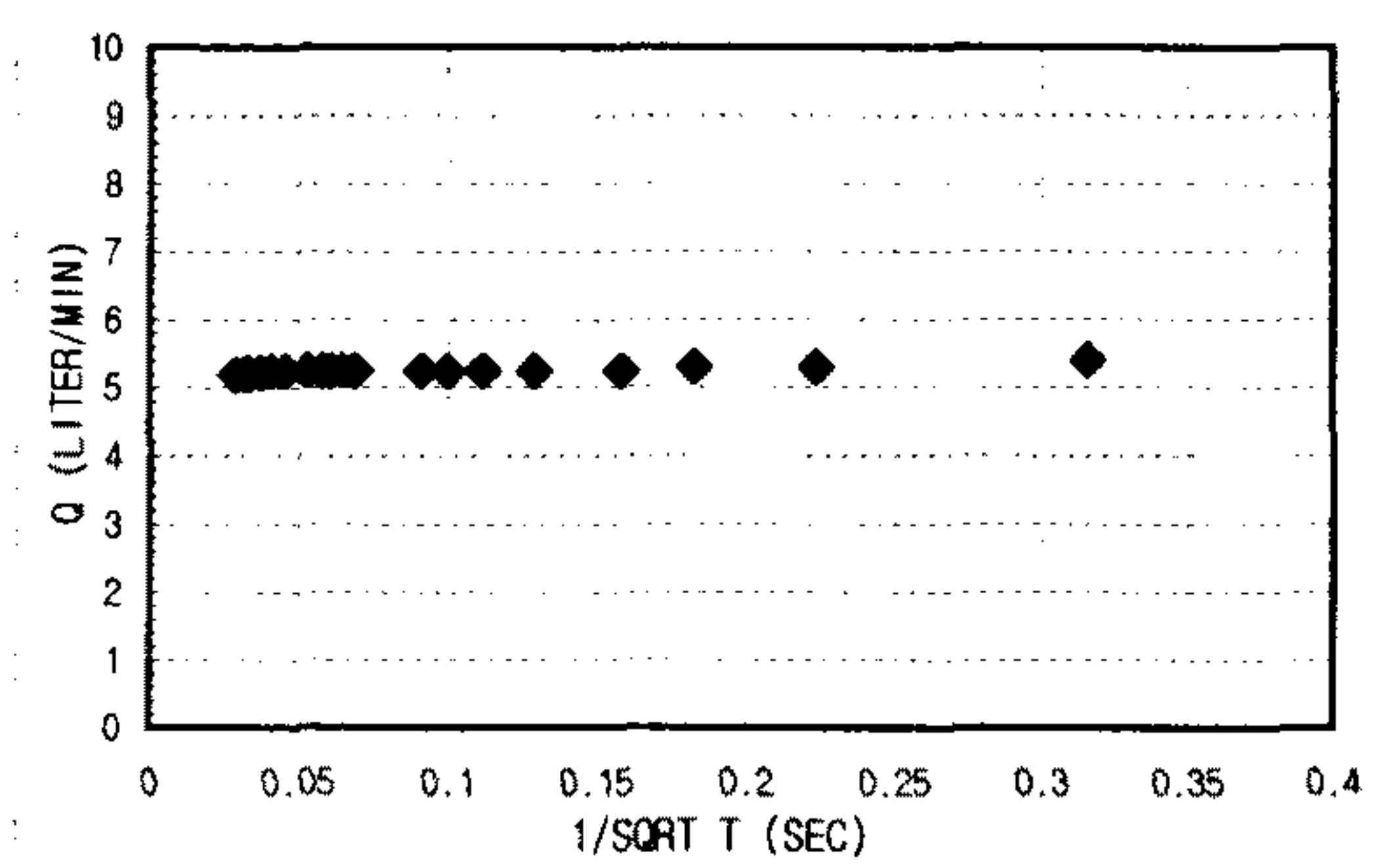
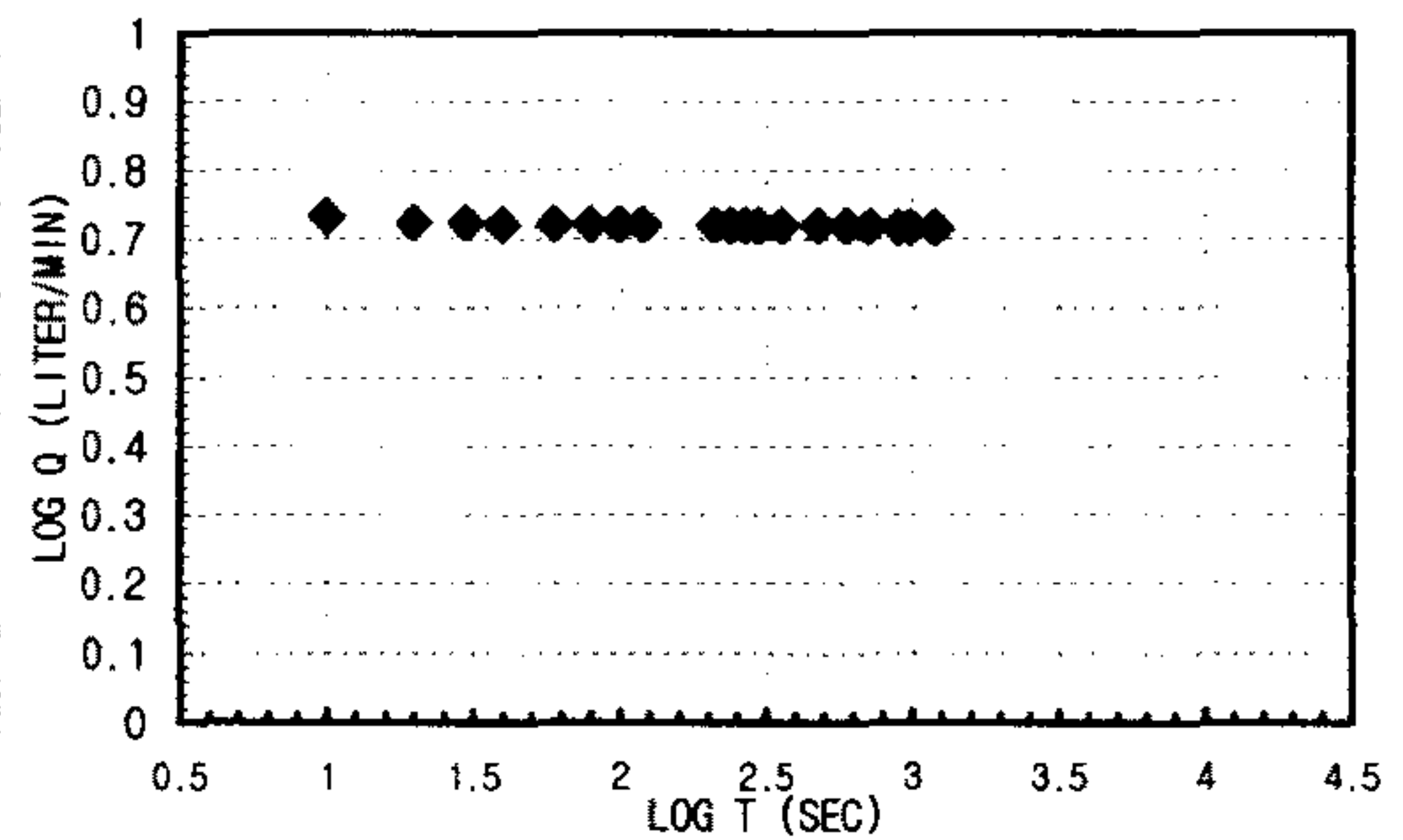
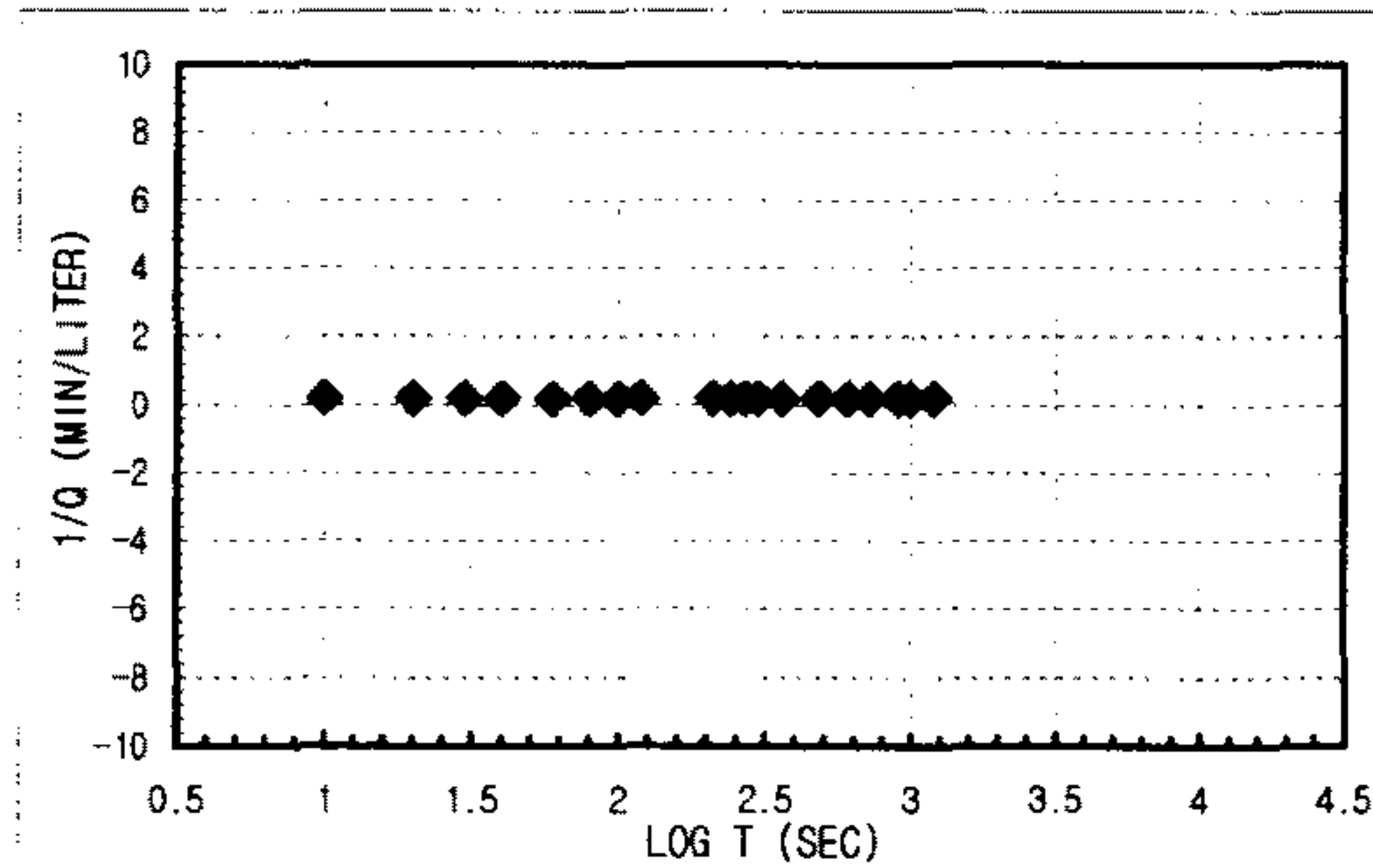
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 7.6667E-05 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.3333E-05 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 4.8623E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 0.00032854 \text{ m/sec}$

K _{steady state} = 5.4044E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n=3.0)
--	-----------------------------------

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-5-4		
TEST SECTION	16.0M-19.6M		
STATIC G/W LEVEL	5.25M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMMDDHHMMSS)	960612125200-960612131200		
CUMMULATIVE Q(LITER)	17158.8-17259.5	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	100.7

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	5.4	0.35154	5	1 0.18518519	1	0.73239376	0.31622777	5.4
20	5.3	0.3656016	5.2	1.30103 0.18867925	1.30103	0.72427587	0.2236068	5.3
30	5.3	0.3796632	5.4	1.47712125 0.18867925	1.47712125	0.72427587	0.18257419	5.3
40	5.25	0.386694	5.5	1.60205999 0.19047619	1.60205999	0.7201593	0.15811388	5.25
60	5.25	0.386694	5.5	1.77815125 0.19047619	1.77815125	0.7201593	0.12909944	5.25
80	5.25	0.386694	5.5	1.90308999 0.19047619	1.90308999	0.7201593	0.1118034	5.25
100	5.25	0.386694	5.5	2 0.19047619	2	0.7201593	0.1	5.25
120	5.25	0.3937248	5.6	2.07918125 0.19047619	2.07918125	0.7201593	0.09128709	5.25
210	5.25	0.4148172	5.9	2.32221929 0.19047619	2.32221929	0.7201593	0.06900656	5.25
240	5.24	0.421848	6	2.38021124 0.19083969	2.38021124	0.71933129	0.06454972	5.24
270	5.24	0.421848	6	2.43136376 0.19083969	2.43136376	0.71933129	0.06085806	5.24
300	5.24	0.4288788	6.1	2.47712125 0.19083969	2.47712125	0.71933129	0.05773503	5.24
360	5.24	0.4429404	6.3	2.5563025 0.19083969	2.5563025	0.71933129	0.05270463	5.24
480	5.24	0.457002	6.5	2.68124124 0.19083969	2.68124124	0.71933129	0.04564355	5.24
600	5.24	0.4780944	6.8	2.77815125 0.19083969	2.77815125	0.71933129	0.04082483	5.24
720	5.22	0.4780944	6.8	2.8573325 0.19157088	2.8573325	0.7176705	0.0372678	5.22
900	5.2	0.4851252	6.9	2.95424251 0.19230769	2.95424251	0.71600334	0.03333333	5.2
990	5.2	0.4851252	6.9	2.99563519 0.19230769	2.99563519	0.71600334	0.03178209	5.2
1200	5.19	0.492156	7	3.07918125 0.19267823	3.07918125	0.71516736	0.02886751	5.19



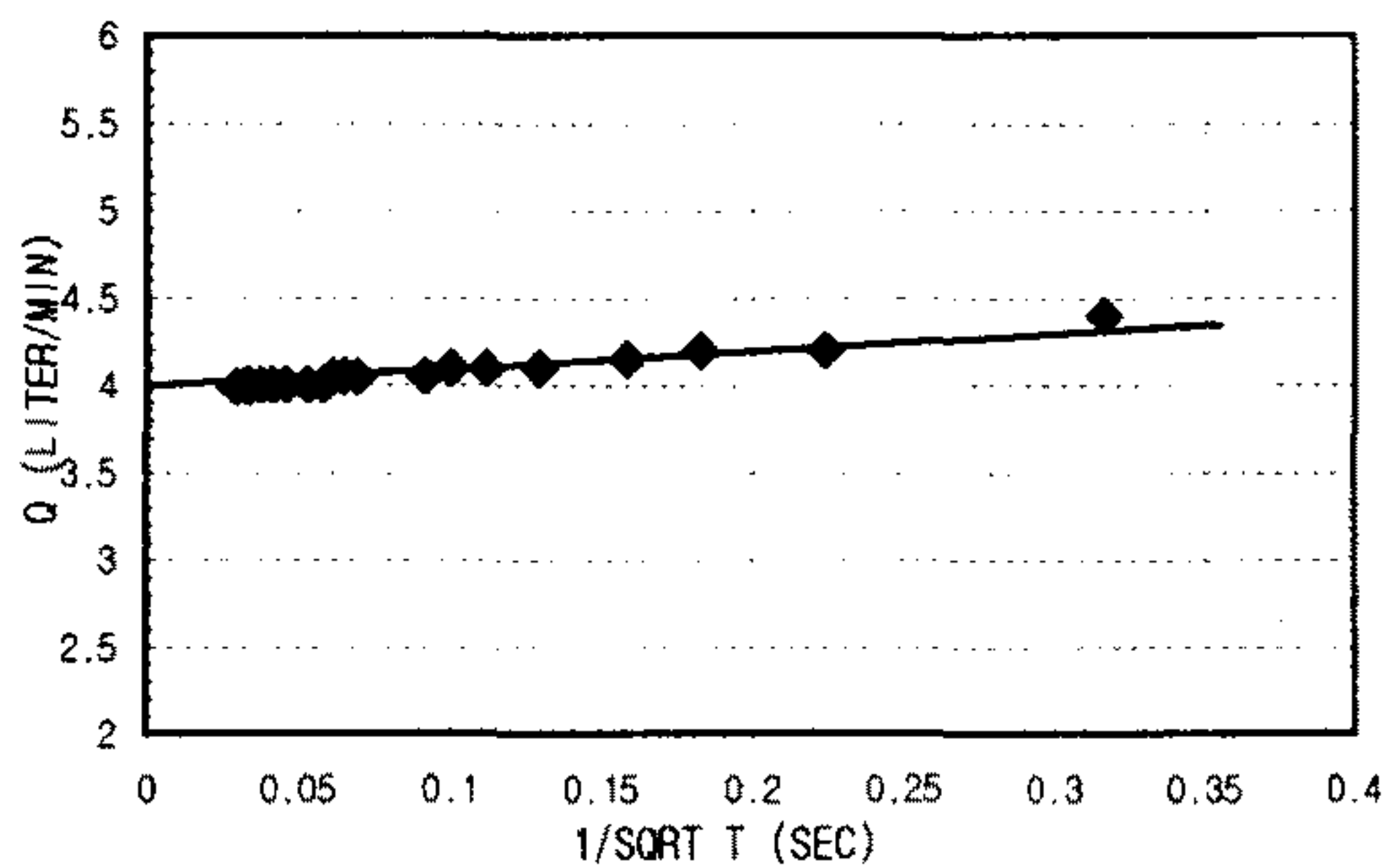
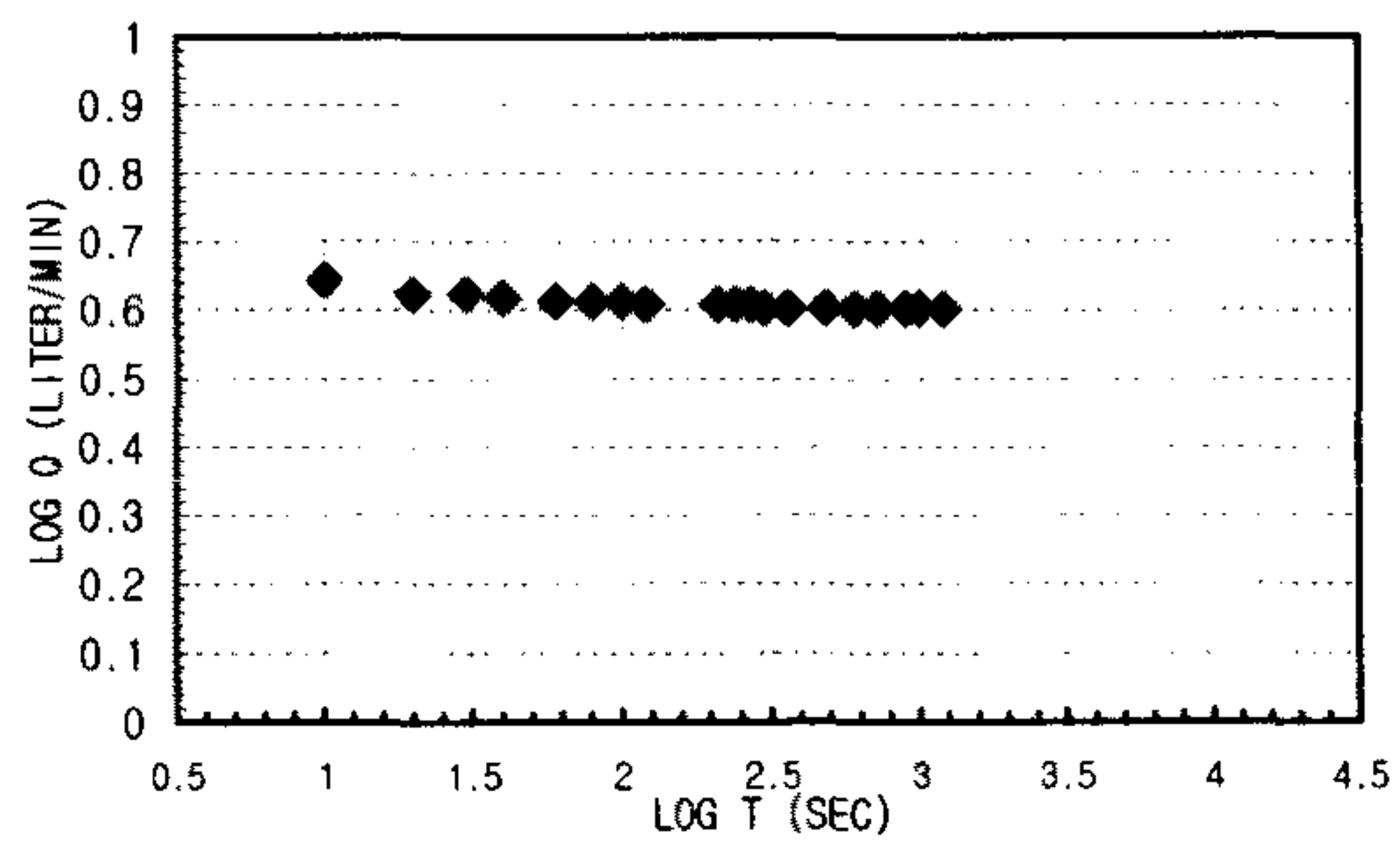
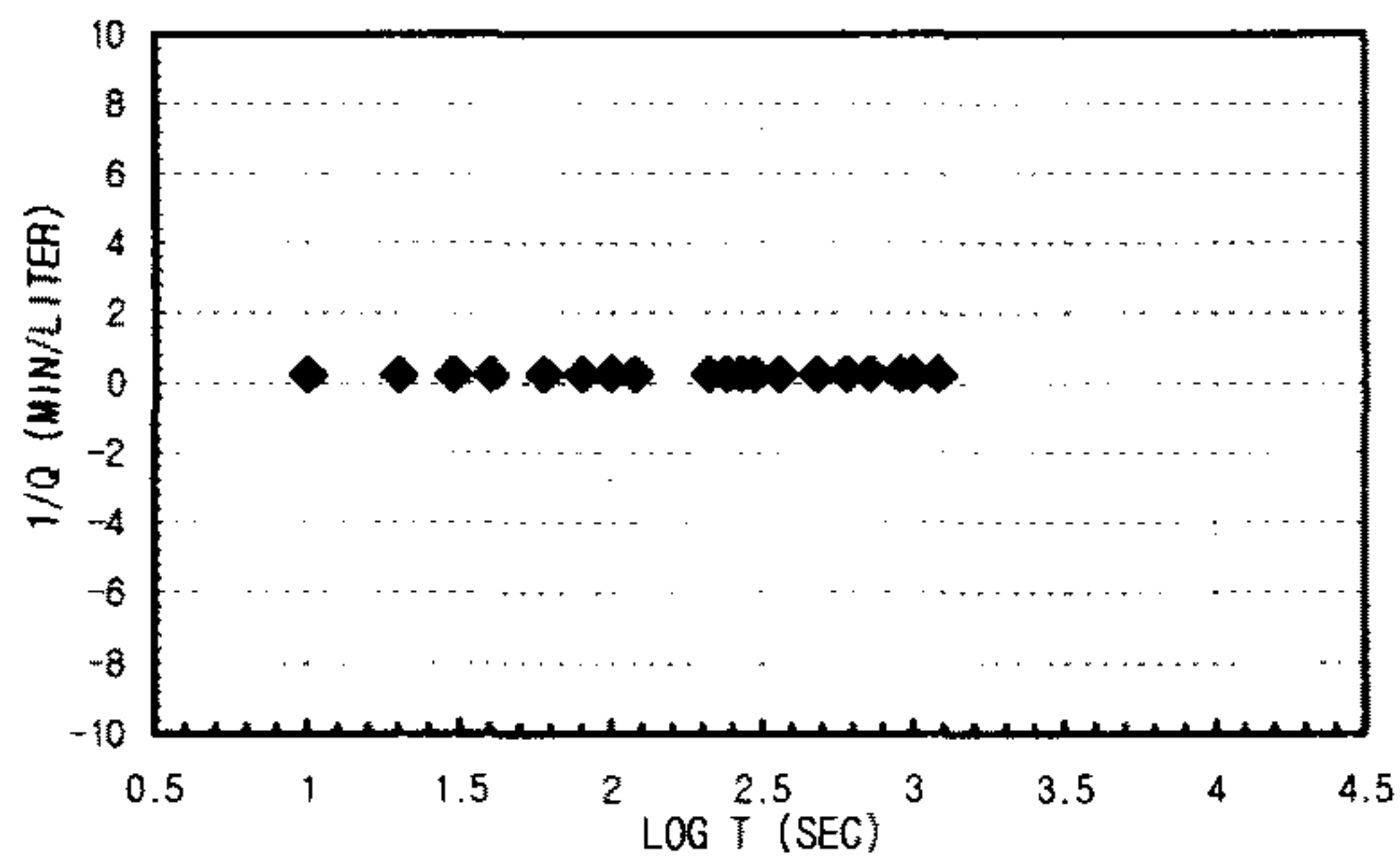
1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d$
 $m = r_w$
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
3. Spherical Flow
 $d = h_{w0}$
 $m = r_w$
 $K = \text{\#DIV/0!}$ m/sec
 $S_s = \text{\#DIV/0!}$ m/sec

K _{steady state} =	4.8382E-07 m/sec	Flow Type= Constant pressure boundary (n>4.0)
-----------------------------	------------------	---

CONSTANT INJECTION TEST SHEET

SITE	CHONGYANG-GUN UNGOK-MYEON SINDAE-RI SAMKWANG MINE		
HOLE NO	B-5-5		
TEST SECTION	19.6M-23.2M		
STATIC G/W LEVEL	5.25M		
LITHOLOGY	GNEISS		
INJECTION P(KG/CM2)	3.0Kg/cm ²		
TIME(YMDDHHMMSS)	960612132900-960612134900		
CUMMULATIVE Q(LITER)	17259.5-17331.5	TIME INTERVAL (MIN)	20
DESCRIBED BY	K.S.Kim	INJECTED Q(LITER)	77

T(S)	Q(L/M)	PRESSURE(KG/CM2)	LOG T(S)	1/Q(M/L)	LOG T(S)	LOG Q(L/M)	1/SQRT T(S)	Q(L/M)
10	4.4	1.195236	17	1 0.22727273	1	0.64345268	0.31622777	4.4
20	4.2	1.23039	17.5	1.30103 0.23809524	1.30103	0.62324929	0.2236068	4.2
30	4.2	1.265544	18	1.47712125 0.23809524	1.47712125	0.62324929	0.18257419	4.2
40	4.15	1.2725748	18.1	1.60205999 0.24096386	1.60205999	0.6180481	0.15811388	4.15
60	4.1	1.2866364	18.3	1.77815125 0.24390244	1.77815125	0.61278386	0.12909944	4.1
80	4.1	1.2866364	18.3	1.90308999 0.24390244	1.90308999	0.61278386	0.1118034	4.1
100	4.1	1.2936672	18.4	2 0.24390244	2	0.61278386	0.1	4.1
120	4.05	1.300698	18.5	2.07918125 0.24691358	2.07918125	0.60745502	0.09128709	4.05
210	4.05	1.3288212	18.9	2.32221929 0.24691358	2.32221929	0.60745502	0.06900656	4.05
240	4.05	1.3288212	18.9	2.38021124 0.24691358	2.38021124	0.60745502	0.06454972	4.05
270	4.05	1.3288212	18.9	2.43136376 0.24691358	2.43136376	0.60745502	0.06085806	4.05
300	4	1.3428828	19.1	2.47712125 0.25	2.47712125	0.60205999	0.05773503	4
360	4	1.3428828	19.1	2.5563025 0.25	2.5563025	0.60205999	0.05270463	4
480	4	1.3499136	19.2	2.68124124 0.25	2.68124124	0.60205999	0.04564355	4
600	4	1.3639752	19.4	2.77815125 0.25	2.77815125	0.60205999	0.04082483	4
720	4	1.3639752	19.4	2.8573325 0.25	2.8573325	0.60205999	0.0372678	4
900	4	1.3920984	19.8	2.95424251 0.25	2.95424251	0.60205999	0.03333333	4
990	4	1.3920984	19.8	2.99563519 0.25	2.99563519	0.60205999	0.03178209	4
1200	3.99	1.40616	20	3.07918125 0.25062657	3.07918125	0.6009729	0.02886751	3.99



1. Linear Flow
 $q(t_D=1) = A =$
 $h_{w0} =$
 $K S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
2. Radial Flow
 $h_{w0} = d =$
 $m = r_w =$
 $K = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
 $S_s = \text{\#DIV/0!} \text{ m/sec}$
3. Spherical Flow
 $d = 6.5833E-05 \text{ m} \quad h_{w0} = 33.46$
 $m = 1.6667E-06 \text{ m} \quad r_w = 0.0375$
 $K = 4.1752E-06 \text{ m/sec}$
 $S_s = 5.9782E-06 \text{ m/sec}$

K _{steady state} =	3.6995E-07 m/sec	Flow Type= Spherical flow (n=3.0)
-----------------------------	------------------	-----------------------------------

Appendix V: Measurements of EC for tracer tests

여 백

SE2000
Environmental Logger

Unit#101 Test 1

Setups:	INPUT 1	INPUT 2
-----	-----	-----
Type	Function	Function
I. D.	EC1	EC2

Linearity	0	0
Scale factor	20000	20000
Offset	0	0
Delay mSEC	15000	15000

Step 0 6/17/96 0:00 11:00:00 AM

Elapsed Time	EC (uS/cm)	
	INPUT 1	INPUT 2
0	100.909	109.114
10	95.439	103.644
20	2805.74	106.379
30	2209.53	100.909
40	984.288	100.909
50	691.652	100.909
60	543.966	109.114
70	478.328	144.668
80	396.28	207.571
90	357.992	382.606
100	311.498	590.46
110	273.209	885.831
120	240.39	1069.07
130	237.655	1129.23
140	215.776	1110.09
150	213.041	1080.01
160	218.511	1041.72
170	221.246	1058.13
180	223.98	1038.98
190	229.45	1028.04
200	232.185	1017.1
210	240.39	965.144
220	243.125	894.036
230	248.595	822.928
240	254.065	749.085

Tracer test 1:

Converted Cl- conc. (mg/L)					
			C/Cmax		
Time (min)	at 15m	at 30m	Time (min)	at 15m	at 30m
0	29.83	21.66	0	0.03	0.05
10	27.67	19.64	10	0.03	0.05
20	1094.45	20.65	20	1.00	0.05
30	859.78	18.64	30	0.79	0.05
40	377.53	18.64	40	0.34	0.05
50	262.34	18.64	50	0.24	0.05
60	204.22	21.66	60	0.19	0.05
70	178.38	34.77	70	0.16	0.09
80	146.09	57.97	80	0.13	0.15
90	131.02	122.53	90	0.12	0.31
100	112.72	199.18	100	0.10	0.50
110	97.65	308.11	110	0.09	0.77
120	84.73	375.69	120	0.08	0.94
130	83.65	397.88	130	0.08	1.00
140	75.04	390.82	140	0.07	0.98
150	73.96	379.73	150	0.07	0.95
160	76.12	365.61	160	0.07	0.92
170	77.19	371.66	170	0.07	0.93
180	78.27	364.60	180	0.07	0.92
190	80.42	360.56	190	0.07	0.91
200	81.50	356.53	200	0.07	0.90
210	84.73	337.37	210	0.08	0.85
220	85.80	311.14	220	0.08	0.78
230	87.96	284.92	230	0.08	0.72
240	90.11	257.68	240	0.08	0.65

Tracer test 4:

SE20 0
 Environmental Logger
 06/21 1 8:11

Unit# 101 Test 4

Setups:	INPUT 1	INPUT 2	INPUT 3
-----	-----	-----	-----
Type	Function	Function	Dual
I. D.	EC1	EC2	

Linearity	0	0
Scale factor	20000	20000
Offset	0	0
Delay mSEC	15000	15000

Coef. 0	-11.705
Coef. 1	797.93
Coef. 2	143.99
Coef. 3	0.5
Coef. 4	53510
Coef. 5	-991.7
Coef. 6	0
Coef. 7	2194.6
Coef. 8	0
Coef. 9	0

Step 0 06/19 11:26:47

Elapsed Time	INPUT 1	INPUT 2	INPUT 3
0	70.825	65.355	244.797
2	70.825	57.15	246.501
4	70.825	59.885	246.465
6	70.825	59.885	244.761
8	185.692	59.885	244.761
10	158.342	62.62	242.984
12	139.198	57.15	241.244
14	117.319	59.885	237.764
16	180.222	57.15	236.059
18	344.317	57.15	234.318
20	259.534	57.15	232.544
22	292.353	57.15	232.544
24	275.944	62.62	234.318
26	574.05	57.15	251.648
28	519.352	57.15	671.127
30	642.423	59.885	1335.79
32	281.414	57.15	1741.14
34	461.918	57.15	1820.89

36	902.24	57.15	1834.8
38	1345.29	57.15	1720.26
40	554.906	57.15	1586.08
42	1766.47	57.15	1396.68
44	2789.33	57.15	1252.1
46	3620.75	57.15	1145.98
48	5272.64	57.15	1022.61
50	1564.09	57.15	919.823
52	6224.39	59.885	845.138
54	4044.66	57.15	791.078
56	8354.89	57.15	745.842
58	12624.1	57.15	698.866
60	19650.1	57.15	664.068
62	4982.74	57.15	632.75
64	11248.4	57.15	606.741
66	11191	57.15	578.812
68	10217.3	57.15	557.932
70	3169.48	57.15	538.793
72	1613.31	57.15	521.393
74	1369.91	57.15	505.733
76	1178.46	59.885	493.553
78	1512.12	59.885	481.373
80	1323.41	59.885	469.193
82	1405.46	59.885	457.013
84	1307	59.885	448.313
86	1224.96	57.15	439.613
88	1038.98	57.15	432.653
90	1282.39	57.15	418.733

Time (min)	Converted Cl conc. (mg/L)		
	(probe2) B-4 (13m)	(probe1) B-4 (20m)	(probe3) B-1 (15m)
0	7.54	15.83	22.18
2	7.54	12.60	22.83
4	7.54	13.68	22.81
6	7.54	13.68	22.16
8	49.90	13.68	22.16
10	39.82	14.76	21.49
12	32.76	12.60	20.83
14	24.69	13.68	19.51
16	47.89	12.60	18.86
18	108.40	12.60	18.20
20	77.14	12.60	17.52
22	89.24	12.60	17.52
24	83.19	14.76	18.20
26	193.13	12.60	24.78
28	172.96	12.60	184.14
30	218.35	13.68	436.65
32	85.21	12.60	590.64
34	151.78	12.60	620.94
36	314.17	12.60	626.22
38	477.56	12.60	582.71
40	186.07	12.60	531.73
42	632.89	12.60	459.78
44	1010.12	12.60	404.85
46	1316.75	12.60	364.54
48	1925.97	12.60	317.67
50	558.26	12.60	278.62
52	2276.98	13.68	250.25
54	1473.09	12.60	229.71
56	3062.70	12.60	212.53
58	4637.19	12.60	194.68
60	7228.38	12.60	181.46
62	1819.05	12.60	169.56
64	4129.83	12.60	159.68
66	4108.66	12.60	149.07
68	3749.56	12.60	141.14
70	1150.32	12.60	133.87
72	576.41	12.60	127.26
74	486.64	12.60	121.31
76	416.04	13.68	116.68
78	539.09	13.68	112.05
80	469.49	13.68	107.43
82	499.75	13.68	102.80
84	463.44	13.68	99.49
86	433.19	12.60	96.19
88	364.60	12.60	93.54
90	454.37	12.60	88.26

Time (min)	Relative Conc. (C/Cmax)		
	B-4 (13m)	B-4 (20m)	B-1 (15m)
0	0.00	1.00	0.04
2	0.00	0.80	0.04
4	0.00	0.86	0.04
6	0.00	0.86	0.04
8	0.01	0.86	0.04
10	0.01	0.93	0.03
12	0.00	0.80	0.03
14	0.00	0.86	0.03
16	0.01	0.80	0.03
18	0.01	0.80	0.03
20	0.01	0.80	0.03
22	0.01	0.80	0.03
24	0.01	0.93	0.03
26	0.03	0.80	0.04
28	0.02	0.80	0.29
30	0.03	0.86	0.70
32	0.01	0.80	0.94
34	0.02	0.80	0.99
36	0.04	0.80	1.00
38	0.07	0.80	0.93
40	0.03	0.80	0.85
42	0.09	0.80	0.73
44	0.14	0.80	0.65
46	0.18	0.80	0.58
48	0.27	0.80	0.51
50	0.08	0.80	0.44
52	0.32	0.86	0.40
54	0.20	0.80	0.37
56	0.42	0.80	0.34
58	0.64	0.80	0.31
60	1.00	0.80	0.29
62	0.25	0.80	0.27
64	0.57	0.80	0.25
66	0.57	0.80	0.24
68	0.52	0.80	0.23
70	0.16	0.80	0.21
72	0.08	0.80	0.20
74	0.07	0.80	0.19
76	0.06	0.86	0.19
78	0.07	0.86	0.18
80	0.06	0.86	0.17
82	0.07	0.86	0.16
84	0.06	0.86	0.16
86	0.06	0.80	0.15
88	0.05	0.80	0.15
90	0.06	0.80	0.14

현장계측치와 실험실 분석치의 상관분석

	EC (uS/cm)	Cl (mg/l)
9606171 tracer soln	17640	6400
9606172 seepage wtr (bkg)	534	4.05
9606181 tracer soln	11340	3610
9606191 seepage wtr	286	3.85
9606192 tracer 1	1173	258
9606193 tracer 2	490	68.4
9606194 tracer 3	10030	3180

회귀 분석 출력:

상수	-185.869
Y 추정치의 표준 오차	203.7846
분산(R의 제곱)	0.994542
표본수	7
자유도	5
X 계수	0.3572984
X 계수의 표준 오차	0.0118368

Probe 1	Cl (mg/l)	회귀 분석 출력:
45.211	3.85 상수	-9.89429
683.447	258 Y 추정치의 표준 오차	6.688956
185.692	68.4 분산(R의 제곱)	0.998718
	표본수	3
	자유도	1
	X 계수	0.393649
	X 계수의 표준 오차	0.014103

Probe 2	Cl (mg/l)	회귀 분석 출력:
51.681	3.85 상수	-18.5779
746.35	258 Y 추정치의 표준 오차	5.934899
248.595	68.4 분산(R의 제곱)	0.998991
	표본수	3
	자유도	1
	X 계수	0.368788
	X 계수의 표준 오차	0.011721

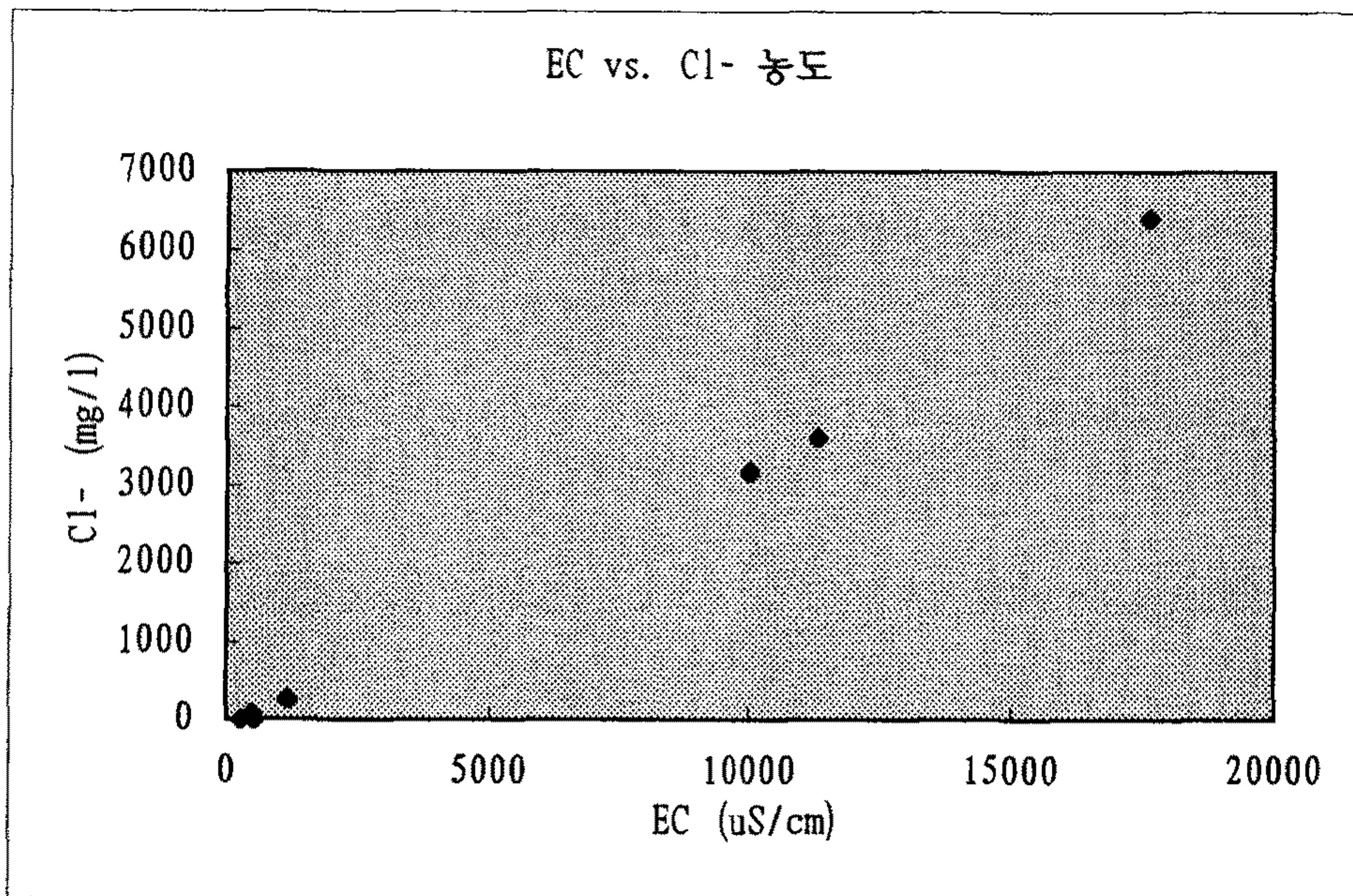
Probe 3	Cl (mg/l)	회귀 분석 출력:
178.625	3.85 상수	-70.822
857.318	258 Y 추정치의 표준 오차	12.46618
392.69	68.4 분산(R의 제곱)	0.995547
	표본수	3
	자유도	1
	X 계수	0.379885
	X 계수의 표준 오차	0.025405

* EC 관측치와 Cl 농도는 상관계수(r) > 0.99 의 뛰어난 상관성을 보임

청양지역 추적자 시험: EC vs. Cl⁻ 농도 분석 결과

Portable TOA Lab. Anal.

sample ID	Remark	EC (uS/cm)	Cl (mg/l)
9606171	tracer soln	17640	6400
9606172	seepage wtr (bkg)	534	4.05
9606181	tracer soln	11340	3610
9606191	seepage wtr	286	3.85
9606192	tracer 1	1173	258
9606193	tracer 2	490	68.4
9606194	tracer 3	10030	3180



각 검침 (probe) 의 EC vs. Cl 상관성 분석

Cl (mg/l)	Probe 1	Probe 2	Probe 3
3.85	45.211	51.681	178.625
258	683.447	746.35	857.318
68.4	185.692	248.595	392.69

