

보안과제(), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개()

과제번호 (2019-1-4)

2019년 과학기술종합조정지원사업

과학기술 정책 인큐베이팅 및 정책포럼 구성·운영

(A project on S&T policy incubation and operation of the policy forum)

한국과학기술기획평가원

과학기술정보통신부

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

이 보고서를 “과학기술 정책 인큐베이팅 및 정책포럼 구성·운영”과제의 보고서로 제출합니다.

2020. 2

주관연구기관명 : 한국과학기술기획평가원

주관연구책임자 : 최 창 택

참 여 연 구 원 : 이 도 형

최 동 혁

김 민 기

고 윤 미

홍 세 호

황 정 재

윤 지 희

오 아 름

보고서 요약서

과제고유번호		해당단계 연구기간	2019.2.11. ~2020.2.10	단계구분	(해당단계)/ (총단계)
연구사업명	중사업명	2019년 과학기술종합조정지원사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	과학기술 정책 인큐베이팅 및 정책포럼 구성·운영			
	세부과제명				
연구책임자	최동혁	해당단계 참여 연구원수	총: 9명 내부: 6명 외부: 3명	해당단계 연구비	정부: 100,000천원 기업: 천원 계: 100,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총: 9명 내부: 6명 외부: 3명	총연구비	정부: 100,000천원 기업: 천원 계: 100,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국과학기술기획평가원 과학기술정책센터			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
공동연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수: 177	

□ 목적 및 필요성

- 빠른 정책 환경변화에 대응하는 과학기술정책 수립, 국가 R&D시스템 혁신 등을 위한 정책이슈 및 정책과제의 상시적 발굴 및 구체화
 - 전문가 포럼 및 현장의견 수렴 등을 통해 정책 아이디어 및 추진과제를 발굴하고, 발굴된 과제가 정책에 반영할 수 있도록 추진방향 등 구체화할 필요

□ 주요 내용

- 과학기술계를 비롯한 다양한 혁신주체가 함께 이머징 이슈를 논의하고, 이를 통해 새로운 정책과제를 발굴하고, 구체적 방안으로 개발
 - 다양한 전문성과 경험을 가진 분야별 전문가들이 참여하는 포럼을 개최하여 과학기술계와 경제, 사회 등 분야와의 상호작용을 증진
- 정책 수립과정에서 간담회 개최 등을 통해 현장의견을 수렴하여 정책의 효과성을 높이고, 연구현장 안착에 기여
 - 과학기술 정책 현안에 대한 전문가 의견 교류를 증진시키는 논의의 장을 마련하여 향후 정책 파급효과 등을 검토

□ 결론 및 정책적 시사점

- 제안된 정책 아이디어와 현재 정책과의 차이점을 분석하고, 잠재적인 위험 요인 등을 사전에 논의함으로써 실현 가능성을 지닌 정책으로 구체화
- 논의결과를 바탕으로 새로운 정책과제를 발굴하여 과학기술기본계획 시행계획, 국가 R&D혁신방안 등 과학기술 정책 수립에 반영

색인어 (각 5개 이상)	한글	정책, 포럼, 정책 인큐베이팅, 연구개발사업, 출연연구소
	영어	Policy, Forum, Policy Incubating, R&D, Government-Funded Institute

요 약 문

I. 연구개발의 목적 및 필요성

- 과학기술 정책 수립 단계에서 고려해야할 환경 변화와 이슈가 급격히 증가 중
 - 4차 산업혁명을 주도할 혁신기술(AI, 빅데이터 등) 발전이 가속화되고, 이에 따라 경제·사회 다양한 분야에서 급격한 변화가 발생 중
 - 공유경제, 온디맨드경제, 개방형 혁신2.0 등 경제·산업·혁신의 패러다임이 변화하고, 새로운 비즈니스 모델이 등장
 - 고령화, 기후변화, 미세먼지 등 과학기술이 기여해야할 국내외 문제들도 지속 또는 심화 중
- 주요국들은 기술혁신을 통한 미래 성장기반 확보와 고령화·기후변화 등 문제해결을 위해 과학기술 혁신 정책을 수립하고 연구개발 투자를 확대 중
- 우리나라도 우리의 경제·사회적 상황(context)에 맞는 독자적인 과학기술혁신 정책 수립이 필요
 - 과학기술계 뿐만 아니라 다양한 경제·사회 혁신주체들의 의견 수렴과 논의를 통해 우리나라 현 상황에 맞는 정책과제를 발굴하고 실제 적용이 가능하도록 구체화할 필요

II. 연구개발의 내용

- 국내외 과학기술혁신 및 정책환경 변화 등을 검토하여 2019년 과학기술정책 방향 설정 및 그에 따른 포럼 주제 선정
 - 4차 산업혁명 및 미래기술 확산, 정부 주요 국정과제 및 정책 대응, 혁신성과 창출 가속화를 주요 분야로 설정하고 주요 논의 의제 도출
- 과학기술 분야 주요 현황 및 이슈분석 및 정책 발굴을 위한 전문가 포럼, 간담회 등을 개최
 - 과학기술·경제·사회·인문 등 다양한 분야의 전문가가 참여하는 과학기술 관련 포럼 개최
 - 수립 중인 과학기술 정책에 대한 연구현장의 의견수렴을 통해 정책 고도화
 - 과학기술혁신정책 추진 및 성과에 대한 산·학·연 전문가의 인식을 확인
- 전문가 자문 등을 통해 발굴된 아이디어가 정책에 반영되거나 별도 연구가 추진될 수 있도록 추진방향 등 구체화

III. 주요 연구개발결과

1. 과학기술 정책포럼 운영을 통해 정책 및 기술 분야별 의제 발굴

□ 2019년 과학기술정책 아젠다 발굴 및 논의 결과

<표> 정책 및 기술 분야별 주요 의제

분야	의제	논의 포럼
4차 산업혁명 대응	과학기술 발전에 따른 기술인력 직무변화 추세 및 대응	제1회 정책포럼
4차 산업혁명 대응	SF와 미래기술, 과학기술 미래예측 2040	제2회 정책포럼
4차 산업혁명 대응	과학기술 글로벌 혁신정책	제2회 정책포럼
국정과제 대응	지역 R&D 혁신방안	제4회 정책포럼
국정과제 대응	중소기업 R&D 현황과 전망	제4회 정책포럼
과학기술혁신 이슈 대응	기술금융의 역할과 효율화 방안	제7회 정책포럼
과학기술혁신 이슈 대응	기술규제 개선방안	제7회 정책포럼
과학기술혁신 이슈 대응	정부 R&D예산시스템의 진단과 개선방안	제8회 정책포럼
과학기술혁신 이슈 대응	정부 R&D예산 배분조정체계 현황 및 개선안	제8회 정책포럼
미래기술 확보	유럽의 도전적 연구방안 사례	제3회 정책포럼
미래기술 확보	동형암호와 미국 DARPA 추진사례	제3회 정책포럼
미래기술 확보	양자통신 및 양자컴퓨터	제5회 정책포럼
미래기술 확보	인공지능	제5회 정책포럼
미래기술 확보	바이오 연구동향	제6회 정책포럼
미래기술 확보	신약 연구개발 현황	제6회 정책포럼

- 4차 산업혁명 및 미래기술 확산에 따른 파급효과에 대응하기 위해 ‘과학기술 발전에 따른 직무변화’, ‘과학기술 미래예측’, ‘도전적 연구방향 및 DARPA사례’ 등에 대해 논의하고 효과적인 대응방안을 검토
- 이번 정부들어 중점적으로 추진되고 있는 ‘지역 균형 발전’, ‘중소기업 지원’ 등 국정과제에 대응하기 위해 ‘지역 R&D혁신방향’, ‘중소기업 R&D 현황과 전망’을 논의하고 향후 파급효과 및 대응방안을 검토
- 혁신 성과 창출을 위해 필수적인 기술금융 및 기술규제 개선, 정부 R&D예산배분 시스템의 개선 등 향후 정책 수립 및 과제 도출을 위한 방향과 정보를 축적
- 향후 경제·사회 및 혁신 분야에 크게 파급효과를 미칠 ‘양자통신’, ‘바이오’, ‘인공지능’, ‘신약개발’ 등 혁신기술 분야에 대해 논의하고 정부차원의 연구개발 정책 및 투자가 필요한 방향에 대해 논의

IV. 연구개발결과의 활용계획

- 포럼, 간담회 논의 결과를 바탕으로 새로운 정책과제를 발굴하여 과학기술기본계획 시행계획, 정부 R&D혁신방안 등 과학기술 정책 수립에 반영
- 과학기술계와 관련 경제·사회 분야와의 상호교류를 확대하여 4차 산업혁명, 인구구조 변화 등 급변하는 정책 환경에 대한 대응 역량을 제고
- 연구현장 전문가를 비롯한 다양한 분야 전문가들의 의견을 과학기술 정책에 수용하는 과정을 통해 기존 정책의 한계를 넘어서는 새로운 정책 수립에 기여
 - 과제를 통해 다양한 분야의 전문가들이 포럼, 간담회 등의 형태로 상호작용할 수 있는 기회를 확대하여 과학기술 정책 수립에 필요한 혁신 네트워크 생성에 기여

목 차

제1장 개 요	1
1. 연구개발의 필요성 및 목표	3
2. 연구개발 내용 및 추진방법	5
3. 연구개발결과의 활용방안 및 기대효과	6
제2장 과학기술정책 환경 변화 및 정책 포럼 운영 방향	7
1. 과학기술정책 환경 변화에 따른 국내외 정책 동향	9
2. 정책포럼 구성·운영의 방향	4
제3장 과학기술정책 주요 분야별 의제 발굴	5... 1
1. 4차 산업혁명 대응을 위한 주요 의제	71
2. 국정과제 대응을 위한 주요 의제	74
3. 과학기술혁신 이슈 대응을 위한 주요 의제	57
4. 미래기술 확보를 위한 주요 의제	18
제4장 결론 및 시사점	9
1. 과학기술혁신 정책 포럼 운영을 통한 정책적 시사점	11
2. 향후 시사점	162
참고문헌	163

표 목 차

<표 2-1> 주요국 과학기술정책	9
<표 3-1> 엔지니어와 공학기능사간 차이 (미국)	8..... 1
<표 3-2> 숙련도 및 정형화 정도에 따른 직무의 기술대체 가능성	8..... 1
<표 3-3> 제조업의 디지털 전환과 기술인력 직무 변화 전망	9..... 1
<표 3-4> 4차 산업혁명 주요국간 경쟁력 비교	0..... 2
<표 3-5> 국내 스마트공장 수준 및 구축 비중	1..... 2
<표 3-6> 지능형로봇 산업기술인력 부족인원(2017년 6월말 기준)	1..... 2
<표 3-7> 신산업분야 산업기술인력 충원방식	2..... 2
<표 3-8> 인공지능 R&D(연구·개발) 전략 중 대상별 계획 내용	3..... 2
<표 3-9> 국내외 데이터 관련 인력양성 중점정책 비교	3..... 2
<표 3-10> 엔지니어링기술자 정의: 기술계 엔지니어링기술자	5..... 2
<표 3-11> 산업기술인력양성사업 분류체계	6..... 2
<표 3-12> 신규 기술인력 시스템 추진과제	7..... 2
<표 3-13> 미래사회 전망 : 메가트렌드와 트렌드	3..... 3
<표 3-14> 주요 이슈(40개)	4..... 3
<표 3-15> 주요 이슈별 사회경제적·과학기술적 수요(예시)	4..... 3
<표 3-16> 주요 이슈 그룹별 미래기술(예시)	5..... 3
<표 3-17> 기술확산점 정의(예시)	6..... 3
<표 3-18> 기술확산점 도달시기	6..... 3
<표 3-19> 내용별 국제협력 유형	5..... 4
<표 3-20> 시기별 과학기술 국제협력 발전과정 요약	5..... 4
<표 3-21> 부처별 지역R&D사업 추진현황('19년)	8..... 4
<표 3-22> 부처별 지역R&D사업의 지역성(지역사업 기본요건 충족 여부)	9..... 4
<표 3-23> 부처별·기능별 지역혁신 추진체계	0..... 5
<표 3-24> 시·도별 주력산업 및 광역협력권산업 현황('19년 기준)	1..... 5
<표 3-25> 시도별 후속 주력산업 및 광역협력권산업 개편내용	2..... 5
<표 3-26> 타깃산업 유형별 핵심기술 확보전략(예시)	5..... 5
<표 3-27> 지역별 통합계획 수립 대상사업(예시, '20년 기준)	5..... 5
<표 3-28> RIS조직과 NIS조직(RIS기능 수행) 간 역할분담 방향(예시)	8..... 5
<표 3-29> 중소기업 비목별 연구개발비	1..... 6
<표 3-30> 기업유형별 연구원 수 추이	4..... 6
<표 3-31> 국가별 벤처캐피탈 활동 : GVC 의존성	6..... 7
<표 3-32> 시장실패 요인별 정부개입 및 한계	8..... 7
<표 3-33> 기술규제 용어별 정의 및 특징	4..... 8

<표 3-34> 해외 시험인증 분야 현황	3	9
<표 3-35> 2016년 부처별 정부 R&D예산 및 단위사업 수(인문사회연구개발사업 제외)	4	0
<표 3-36> 정부 R&D 사업의 집중도 분석	5	0
<표 3-37> 부처별 R&D 사업들의 유사성 분석 결과	7	0
<표 3-38> 올바르게 않은 R&D 사업구조의 부정적 영향	2	1
<표 3-39> 정부R&D예산 현황	4	1
<표 3-40> 정부-민간 R&D투자 현황	4	1
<표 3-41> 과학기술혁신본부 심의 정부R&D예산 현황	6	1
<표 3-42> 품목별 예산제도와 프로그램 예산제도 비교	8	1
<표 3-43> '19년도 정부R&D사업 예산항목	8	1
<표 3-44> 정부R&D사업 프로그램 유형화 항목(예시)	9	1
<표 3-45> 일몰대상사업 현황	1	2
<표 3-46> '15-'19년 정부 R&D 예산 및 사업 수 현황	1	2
<표 3-47> 지출한도 및 예산편성 금액	3	2
<표 3-48> DARPA Safeware팀 TA별 역할	9	2
<표 3-49> 기존 컴퓨팅/통신과 양자 컴퓨팅/통신의 비교	1	3
<표 3-50> 양자컴퓨팅 및 큐비트 관련 국외 연구그룹	2	3
<표 3-51> 양자컴퓨팅 및 큐비트 관련 국내 연구그룹	2	3
<표 3-52> 양자암호통신 관련 국외 연구그룹	2	3
<표 3-53> 양자 암호통신 관련 국내 연구그룹	3	3
<표 3-54> 양자알고리즘 및 양자머신러닝/양자인공지능 관련 국외 연구그룹	3	3
<표 3-55> 양자알고리즘 및 양자머신러닝/양자인공지능 관련 국내 연구그룹	3	3
<표 3-56> 선진국의 양자컴퓨팅 관련기술 지원사례	4	3
<표 3-57> 양자알고리즘/양자소프트웨어 관련 국외 연구중심 기업	7	3
<표 3-58> 바이오의약품 시장 전망	4	5
<표 3-59> 글로벌 의약품 매출순위 변화	7	5

그림 목 차

[그림 1-1] 기술혁신 속도 증가(출처, ASGARD)	3
[그림 3-1] 기술인력의 직무 영역별 주요 수행그룹	7
[그림 3-2] 기술도입에 따른 서비스 기능인력의 직무 변화	20
[그림 3-3] 과학기술인력 중요성 증대	2
[그림 3-4] 직무변화에 따른 기술인력 육성체계변화	4
[그림 3-5] 학력별 필요인력과 실제 취업한 인력	4
[그림 3-6] 우리나라 기술·기능분야 자격 체계	5
[그림 3-7] 기술인력정책 범위의 한계	6
[그림 3-8] 기존 신기술 대응 기술인력정책	7
[그림 3-9] 이공계 진로 경력지원 강화 방안	8
[그림 3-10] 추진절차	2
[그림 3-11] 화학분야 지식맵(예시)	5
[그림 3-12] 과학기술 장기비전 및 기본계획 연계방안	7
[그림 3-13] 기술확산점 및 미래기술 분석 결과	7
[그림 3-14] 미국의 리쇼어링 정책	9
[그림 3-15] 중국 가공무역·현지조달률 변화	10
[그림 3-16] 글로벌 가치사슬	10
[그림 3-17] 글로벌 과학기술 혁신정책 전략	11
[그림 3-18] 과학기술 국제화 사업 선진화 방안	2
[그림 3-19] 과학기술 국제협력 마스터플랜(2012)	3
[그림 3-20] 국제 공동저자 및 국제 공동발명 비율	4
[그림 3-21] R&D 투자 서비스업 비중	10
[그림 3-22] R&D 투자 둔화	11
[그림 3-23] 중소기업 1개사당 평균 R&D 현황	2
[그림 3-24] 규모별 중소기업 연구소 비중 및 1인당 평균 연구개발비	2
[그림 3-25] 중소기업 R&D 협력 현황	3
[그림 3-26] 중소기업 주력기술	3
[그림 3-27] 중소기업 연구원 현황	4
[그림 3-28] 2019년도 중소기업 경영환경 전망	5

[그림 3-29] 2019년도 중소기업 R&D 투자 계획	5	6
[그림 3-30] 중소기업 R&D 인력 신규채용 계획	6	6
[그림 3-31] 중소기업의 적정 수준 대비 R&D 인력 규모	6	6
[그림 3-32] 중소기업 R&D 인력수급 현황 및 전망	7	6
[그림 3-33] 국가연구개발사업의 중소기업 투자 현황	7	6
[그림 3-34] 연구·인력개발비 세액공제 실적 현황	8	6
[그림 3-35] 연구 및 인력개발 설비투자 세액공제 실적 현황	8	6
[그림 3-36] 중소기업 전문연구요원 현황	9	6
[그림 3-37] 중소기업 학위 및 편입률 현황	9	6
[그림 3-38] 기술보증 및 벤처캐피탈 투자 규모 현황	0	7
[그림 3-39] 기술금융의 관계성	7	7
[그림 3-40] 기술혁신과정상의 규제 예시	5	8
[그림 3-41] 기업활동 단계별 기술규제 분포	5	8
[그림 3-42] 정보비대칭성 하에서 정부 개입의 예	9	8
[그림 3-43] 규제지체 현상 예시	0	9
[그림 3-44] 우리나라 규제시스템의 특성	1	9
[그림 3-45] 혁신의 예 : 네스트	3	9
[그림 3-46] 혁신의 예 : 블루투스 전자저울	4	9
[그림 3-47] 바람직한 모습의 ‘기술혁신의 장’	7	9
[그림 3-48] 혼란스러운 R&D 프로그램 구조와 올바른 R&D 프로그램 구조	0	0
[그림 3-49] 정부 R&D 사업간 연관구조	8	0
[그림 3-50] 정부 R&D 사업간 연관구조(S/W 및 정보통신분야)	9	0
[그림 3-51] 정부 R&D 사업간 연관구조(농림수산분야)	9	0
[그림 3-52] 정부 R&D 사업간 연관구조(원자력/에너지분야)	9	0
[그림 3-53] R&D 사업들 간 연관구조가 혼란스러운 사례(예시)	0	1
[그림 3-54] 정부R&D 예산배분·조정 및 편성체계	5	1
[그림 3-55] 정부R&D사업 구분	6	1
[그림 3-56] 정부R&D 예산배분·조정 프로세스	7	1
[그림 3-57] 신규사업(예타/비예타)의 예산배분조정 프로세스	2	2
[그림 3-58] 총액배분자율편성예산제도	3	2
[그림 3-59] Pasteur’s Quadrant: DARPA’s Power Lane	7	
[그림 3-60] 양자 연구센터 진화과정	5	3
[그림 3-61] 선진국의 양자 기술센터	5	3

[그림 3-62] 연구인력 육성·보호 체계	631
[그림 3-63] 생명의 블랙박스	931
[그림 3-64] 바이오 비즈니스의 특성	041
[그림 3-65] 바이오 혁신 트렌드	141
[그림 3-66] 바이오 관련 주요국 정책 및 글로벌 기업 현황	2·4·1
[그림 3-67] R&D 패러다임의 변화	241
[그림 3-68] R&D 혁신 지원 통합 플랫폼	341
[그림 3-69] 바이오 분야의 Open Innovation	341
[그림 3-70] 신속의사결정모형	541
[그림 3-71] Design goals for the Open MTA	4
[그림 3-72] 바이오 부문간 통합화	641
[그림 3-73] 바이오 분야 산업구조 혁신	741
[그림 3-74] 바이오 분야의 패러다임 전환	741
[그림 3-75] 생명공학 패러다임 변혁	841
[그림 3-76] 생명공학 분야 트렌드의 변화	841
[그림 3-77] 인공생물학의 발전과 산업기술 수용 플랫폼	9·4·1
[그림 3-78] 미지의 대상이 산업화의 대상이 될 수 있는가?	9·4·1
[그림 3-79] 혁신 수용성을 높이는 기술과 규제 조화	0·5·1
[그림 3-80] 바이오 특성에 맞는 혁신 전략	051
[그림 3-81] 뉴 바이오과학의 시대	251
[그림 3-82] 글로벌 바이오시장 전망 및 시장 비중	3·5·1
[그림 3-83] 제약 시장 및 바이오신약의 경제가치	3·5·1
[그림 3-84] 투자대비 수익률 현황	451
[그림 3-85] 국내 제약사 매출 및 수출현황	551
[그림 3-86] 신약개발시 단계별 플랫폼 활용	651
[그림 3-87] 치료방식의 변화	651
[그림 3-88] 국내 바이오의약품 시장규모 및 주요 회사	7·5·1
[그림 3-89] 신약파이프라인의 확보 및 관리의 중요성	8·5·1
[그림 3-89] 신약파이프라인의 확보 및 관리의 중요성	2·7·1

제 1 장

개 요

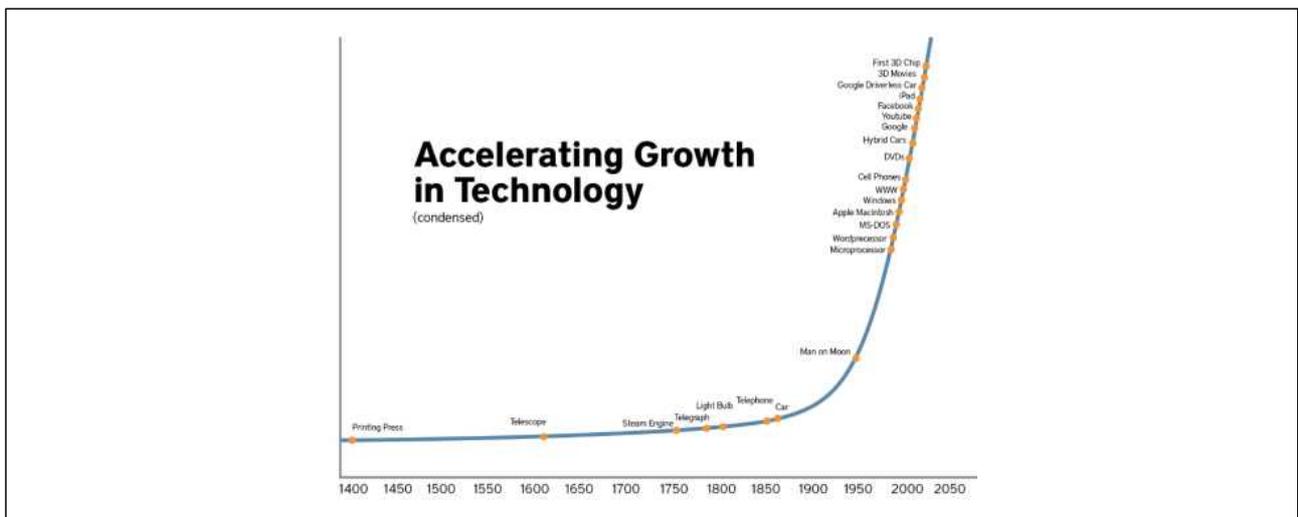
제1장 개요

1. 연구개발의 필요성 및 목표

가. 연구개발 필요성

□ 과학기술 정책 수립 단계에서 고려해야할 환경 변화와 이슈가 급격히 증가 중

- 4차 산업혁명을 주도할 혁신기술(인공지능, 빅데이터 등)의 발전이 가속화되고, 이에 따라 경제·사회의 다양한 분야에서 급격한 변화가 발생 중
- 기술혁신 주기도 빨리지고, 기술이 사회에 수용되는 패턴도 기존과는 다르게 급격하게 진행 되는 등 다르게 변화 중



[그림 1-1] 기술혁신 속도 증가(출처, ASgard)

- 공유경제, 온디맨드경제, 개방형 혁신2.0 등 경제·산업·혁신의 패러다임이 변화하고, 그에 따라 우리 실생활의 모습도 변화가 발생 중
 - 고령화, 기후변화, 미세먼지 등 과학기술이 기여해야할 국내의 문제들로 지속 또는 심화 중
- 과학기술 분야 간은 물론 경제, 사회, 문화 등 다양한 분야와 과학기술의 융복합화 현상이 가속화되는 중
- 인공지능 및 빅데이터 기술이 기반기술로 다양한 산업 및 서비스 분야에 활용되고, 점점 다양한 분야에 접목될 것으로 전망

- 과학기술혁신 정책 수립 과정에서도 기존과 다르게 보다 다양한 지식의 폭과 전문가의 참여가 필요
 - 다양한 분야의 전문가가 이머징 이슈 및 정책과제에 대해 토론하고 대응 방안을 마련하는 논의의 장이 필요
- 우리나라 과학기술은 투자, 연구인력가 확대되고, 주체가 다양해지면서 이해관계자가 다원화, 복잡화되어 새로운 정책 수립 단계에서 많은 고려가 필요
 - 연구개발 투자(2016년 기준 69조원), 연구인력 (2016년 기준 361,000명), 성과 측면에서 급속히 성장 중이며, 연구개발에 참여하는 부처도 30개 부처를 초과
- 과학기술의 정책범위가 경제·산업 발전에서 사회문제 해결까지 점차 확대되면서 연구자 뿐만 아니라 국민 등 다양한 주체의 의견 수렴이 필요
 - 기존 경제개발을 위한 산업분야의 기술개발 뿐만 아니라 국민생활 문제, 이번 정부들어 포용성 확대 등을 위한 혁신정책 수립 및 정책과제 발굴이 필요한 상황
- 주요국들은 미래성장과 난제해결을 위해 혁신정책을 수립·추진 중으로 우리도 우리의 경제·사회적 상황 (context)에 맞는 과학기술혁신 정책 수립이 필요
 - 주요국들은 기술혁신을 통한 미래 성장기반 확보와 고령화·기후변화 등 문제해결을 위해 과학기술 혁신정책을 수립하고 연구개발 투자를 확대 중
 - 과학기술계 뿐만 아니라 다양한 경제·사회 혁신주체들의 의견 수렴과 논의를 통해 우리나라 현 상황에 맞는 정책과제를 발굴하고 실제 적용이 가능하도록 구체화할 필요

나. 연구개발 목표

- 빠른 정책 환경변화에 대응하기 위해 정책 이슈·정책과제를 발굴 및 구체화하고, 이를 과학기술정책, 국가 R&D시스템 혁신 등에 지속적으로 반영
 - 다양한 분야의 전문가들이 참여하는 포럼 운영을 통해 과학기술 현안을 발굴하고, 해결을 위한 효과적인 대응방향을 논의
 - 경제·사회 패러다임 변화, 혁신기술의 확산 등 환경변화를 검토하고, 향후 과학기술혁신 정책이 핵심적으로 추진해야할 정책방향 및 과제를 탐색
 - 정책 아이디어 및 추진과제를 발굴하고, 발굴된 과제가 실제 정책에 반영할 수 있도록 세부 추진방향 등을 구체화
- 수립 중인 정책 및 과제에 대한 논의를 통해 정책의 성공적인 안착 및 이행을 위한 보완 작업 추진

2. 연구개발 내용 및 추진방법

□ 과학기술혁신 정책 동향 등을 반영하여 '19년 정책포럼 운영방향 설정

- 최신 정책수요, 국내 주요정책 수립현황, 주요국 정책 트렌드 등을 고려하여 '19년도 혁신정책 포럼 운영방향 설정
- 정책 및 기술분야별 주제발제, 포럼 구성 패널의 토론발제, 종합토론 등을 거쳐 분야별 주요 이슈 및 대응방안을 논의하고 정책적 시사점을 도출
- 대학·출연(연)·정책연구기관 등 다양한 배경 지식을 가진 전문가 집단과 과학기술 정책의 수립을 직접 담당하는 정책수립 공무원 등이 참여하는 포럼으로 구성
- 과학기술정책 발굴 및 기획 강화를 위해 포럼을 주기적으로 개최('19년 총 9회 개최)

□ 과학기술혁신 정책포럼 운영을 통해 주요 정책 및 기술분야 의제 발굴

- 4차 산업혁명 및 혁신기술 확산으로 영향을 받을 인력, 미래전략, 글로벌전략 등 정책분야에 대한 의제 발굴 및 논의
- 향후 경제·사회·혁신에 큰 파급효과를 미칠 미래기술인 양자, 인공지능, 바이오 등 유망분야에 대해 현황 및 미래전망을 논의
- 주요 국정과제 및 정책으로 추진 중인 균형발전, 중소기업 지원 등 분야를 뒷받침하기 위한 해당분야 R&D현황 및 이슈를 검토

□ 정책 및 기술분야별 현황·이슈 분석 및 대응방안 논의

- 발제 및 전문가 토론을 통해 분야별 현황 및 문제점을 종합적으로 검토하고, 효과적인 대응을 위해 정책 아이디어 및 추진과제를 발굴
- 기존 정책의 한계점과 보완방향을 논의하고, 새롭게 추진될 정책과제를 발굴
- 포럼에서 발굴된 정책아이디어가 정책에 반영되거나 별도 연구가 추진될 수 있도록 향후 추진방향을 구체화

□ 수립 중인 과학기술 정책에 대한 의견수렴 및 성과에 대한 인식확인

- 수립 중이거나 실행 예정인 정책과제의 현장 안착을 위해 산·학·연 연구현장의 의견을 수렴하고, 기존 정책 추진 성과에 대한 전문가의 인식을 확인
- 정책목표 수립과 의제 검토를 위해 필요한 전문가 협의채널 확보 및 운영

3. 연구개발결과의 활용방안 및 기대효과

- 포럼, 간담회 논의 결과를 바탕으로 새로운 정책과제를 발굴하여 과학기술기본계획 시행계획, 정부 R&D혁신 방안 등 과학기술 정책 수립에 반영
 - 다양한 전문가 및 연구현장의 의견이 과학기술 정책에 반영시켜 기존 정책의 한계를 넘는 새로운 정책 수립에 기여
 - 정책수립자와 정책수요자가 같이 논의하는 장 마련을 통해 정책의 효과성을 높이고, 현장에 안착하는 계기로 활용
- 과학기술계와 관련 경제·사회 분야와의 상호교류를 확대하여 4차 산업혁명, 인구구조 변화 등 급변하는 정책 환경에 대한 대응 역량을 제고
 - 과학기술 정책수립에 관여하는 이해관계자들의 관심을 제고하고, 다양한 의견을 효율적으로 수렴함으로써 정책수립·확산 역량을 극대화

제 2 장

과학기술정책 환경 변화 및
정책 포럼 운영 방향

제 2 장 과학기술정책 환경 변화 및 정책 포럼 운영 방향

1. 과학기술정책 환경 변화에 따른 국내외 정책 동향

가. 주요국 정책 동향

- 주요국은 기술혁신을 통한 미래 성장 기반 확보와 고령화·에너지·환경 등 각 국 문제해결을 위해 과학기술 정책을 지속 수립·추진 중

<표 2-1> 주요국 과학기술정책

구분	과학기술혁신 정책	주요 연구개발 분야
독일	하이테크전략 2025('18)	- 디지털화 대응, 지속가능한 에너지 생산·소비, 혁신을 창출하는 노동, 건강, 스마트한 교통·수송, 민간 안전 보장
영국	산업전략('17)	- AI, 빅 데이터 분석, 청정 성장, 이동성 미래, 고령화 사회
일본	제5기 과학기술기본계획('16.)	- 에너지, 차세대 인프라, 지역 자원, 건강·장수, 빅데이터 플랫폼, 뇌정보 시각화, 고기능 단백질 소재 개발
중국	과학기술혁신 제 13차 5개년계획('16~'20)	- 항공우주, 전자통신, 임상의학, 농경학, 생물학
미국	미국혁신전략 ('09, '11, '15년 개정)	- 국가 안전 보장·군사적 우위, 경제성장, 건강·보험, 에너지, 혁신적 기초 연구, 연구인력, 연구 인프라 현대화, 부처간 효율성

출처: 과학기술 & ICT 정책·기술동향 134호, 이슈분석 120호

- 미국의 주요 정책 및 기술 분야 이슈는 (1) 기술사업화, (2) STEM인력 양성, (3) 인공지능, (4) 양자과학 등으로
- 기술사업화 등을 지원하기 위한 '실험실에서 시장으로(Lab to Market)' 촉진방안 마련('18.12)
 - '18년 대통령관리외제(President's Management Agenda)에서 14개의 범부처 우선목표를 제시하고, 그 일환으로 '실험실에서 시장진출(Lab to Market)' 촉진방안 마련
 - 규제적 장벽 및 행정 개선 요소 파악, 민간 부문의 기술개발 전문가와 투자자 참여 촉진, 기업가 정신이 고양된 R&D 인력 양성, 기술이전 Toolkit 지원 강조
 - 규제개선 사항으로 정부사용 실시권 및 개입권(match-in right) 시행, 미국 제조산업에 대한 우대, 소프트웨어 저작권 개선, 영업비밀 이용, 연방 연구소 기술이전 강화 등을 제시
 - 과학기술 인력 경쟁력 제고를 위해 전주기 양질의 STEM 교육 제공을 위해 '국가 STEM 5개년 전략계획 수립('18.12) 마련
 - 프로젝트 기반 학습, 과학 박람회, 로봇 클럽, 발명대회, 게임 워크숍 등 문제를 선별하고 학생이 주도적으로 해결하도록 하는 범학제적 활동 촉진

- 디지털 기기 및 인터넷이 사회변화에 미치는 영향을 인식하고 이러한 변화를 활용할 수 있는 논리력 함양
- 인공지능 기술이 미국의 경제발전과 국가 안보에 미치는 중요성을 긍정적으로 평가하여 6대 부문별 인공지능 지원 정책을 마련(18.5)
 - 인공지능 R&D예산 우선지원, 규제 장벽 제거, 미래 인력 양성, 전략적 군사력의 우위 확보, 정부 서비스부문에서의 활용, 국제적 AI 협상 주도의 6대 부문별 정책 마련
- 양자정보 기술 확보를 위해 양자산업의 6대 중점추진의 전략을 수립하고, 향후 세부 계획을 추진할 예정(18.9)
 - (1) 과학 우선의 접근법 활용, (2) 미래 양자정보과학 인력 양성, (3) 양자 산업과의 교류 강화, (4) 중요 기반 시설 제공, (5) 국방 확립 및 경제 성장 촉진, (6) 국제적 협력 강화의 6대 정책
 - 향후 12억달러의 예산을 국가양자조정실 및 자문위원회를 통해 투자할 예정
- 일본의 주요 정책이슈는 (1)데이터연계와 (2) 미래기술(AI, 양자기술 등) 확보
 - AI를 활용한 데이터연계, 글로벌 데이터유통시장 창출을 목표로 '통합이노베이션전략-데이터연계 추진 계획' 제시(18.7)
 - 연구데이터의 관리·공개·검색을 촉진하는 오픈 사이언스 기반 시스템 운용
 - 대학, 연구개발법인 및 기업의 연구자를 대상으로 한 경쟁적 연구비 제도에 데이터를 관리·공유할 수 있는 시스템을 도입하여 데이터 공유 촉진
 - 전 산업분야에 AI기술을 본격적 도입하는 종합전략방향을 제시하고(18.9), 양자정보처리, 양자계측·센싱, 레이저가공 등 4대 연구분야에 대한 중점전략 발표(18.2)
 - 전 산업분야에 AI 기술의 본격적 도입을 위한 종합전략 방향을 제시하고(18.9), 교육개혁, 연구개발 사회변혁을 내용으로 하는 종합전략 완성 예정
 - 양자정보처리, 양자계측·센싱, 초단펄스레이저, 차세대 레이저가공 등 4대 연구분야에 대한 중점전략 발표(18.2)
- 독일 과학기술혁신 정책 주요이슈는 (1) 디지털화, (2) 보건, 에너지전략 등
 - 지속적인 경쟁력 유지를 위한 사회문제 대응, 개방형혁신, 미래경쟁력 강화를 위한 '하이테크 2025' 전략 수립(18)
 - 사람을 정책의 중심에 두고 건강과 보건, 에너지, 미래자동차, 도시개발, 안보, 경제 4.0 등 주요 사회 문제 대응에 초점
 - 데이터, 지식, 기술 접근성을 활용하고 효과적 분업체제를 통한 연구·혁신의 최고 수준 실현

- 새로운 '보건연구프로그램' 발표('18.11) 및 재생에너지 비중을 확대하는 '에너지연구프로그램' 수립('18.9)
 - 미래 에너지정책으로 실시간 에너지전환 실험실을 신규 구축하고 에너지 연구플랫폼을 통한 연구 투명성 제고하고 체계적 에너지 시스템 기반 연구프로그램 스펙트럼 확대
 - 에너지 연구 제도적 지원 및 EU 전략적 에너지 기술플랜(SET-Plan)에 참가

□ 중국의 주요 정책이슈는 (1) 기초과학연구 강화, (2) 대중창업·만중혁신 확대

- '50년까지 세계적 과학허브와 혁신거점 도약 등 기초연구 3단계 목표를 제시한 '기초과학연구 전면 강화 방안' 발표('18.1)
 - 기초연구분야의 전략적 배치, 높은 수준의 연구기지 구축, 인력그룹 양성 강화, 국제적 수준 향상 등 중점업무를 추진할 계획
 - 베이징, 상하이에 국제적으로 영향력 있는 기술혁신센터를 구축하고, 광둥·홍콩 지역에 국제혁신 센터를 설립하여 지역간 혁신 네트워크 강화
- 과학기술형 혁신창업을 촉진하기 위한 '대중창업, 만중혁신 업그레이드' 정책 발표('18.9)
 - 보다 수준 높은 차원의 대중창업과 만중혁신을 지원하고 혁신창업과 경제사회 발전 융합 강화
 - 중국과학원, 북경대, 칭화대를 포함한 800개 실험실, 공정기술센터 등을 대외에 개방하여 혁신 창업을 촉진

나. 우리나라 정책 동향

□ 4차 산업혁명의 본격화로 변화될 인재에 대한 수요에 대응하기 위한 인재성장 지원 계획, 이공계 청년 연구인력 지원 방안 등 마련

- 과학기술·ICT 인재 기반 I-Korea 4.0실현을 위한 '4차 산업혁명 대응 과학기술·ICT 인재성장 지원계획' 마련('18.11)
 - 기업현장에서 부족한 4차 산업혁명 대응 인재 확보를 위해 청년인재에 대한 실무·고급교육, 재직자 전환교육 등 지원('18~'22년, 5.6만명)
 - 4차 산업혁명 분야 대학(원)생, 여성, 고경력, 해외 인재의 역량을 제고하고 활용을 확대하기 위해 현장기반 지원을 강화('18~'22년, 3.9만명)
 - 4차 산업혁명 시대에 필요한 역량과 전문성을 갖춘 인재로 성장을 지원할 수 있도록 이공계 대학의 연구·교육 혁신을 가속화
 - 4차 산업혁명 관련 부처별 과학기술·ICT 인재성장 사업이 활성화되고, 성과가 제고될 수 있도록 범부처 차원의 관리·지원체계 구축

- 이공계 청년 연구인력의 성장단계별 지원과 인력수급상의 미스매치에 대한 문제해결을 위한 ‘2030년을 향한 중장기 이공계 청년 연구인력 성장지원 방안’ 마련(19.2)
 - 이공계 연구직업의 매력도 제고를 위해 ① 대학원생의 연구 몰입도와 안정성 확대, ② 이공계 진로 예측성과 경력개발 지원 강화, ③ 신진 연구자의 성장지원체계 내실화, ④ 청년 연구인력의 질 좋은 일자리 확대, ⑤ 국내 배출·성장 연구인력의 우대·육성
 - 인력수급 미스매치 해소를 위해 ⑥ R&D 인력양성 사업구조 체계화를 통한 전략적 투자, ⑦ 현장 수요에 대응하는 연구인력 성장지원 강화 과제 마련
 - 정책기반 확충을 위해 ⑧ 이공계 인력의 전주기 통계기반 확충 과제 마련
- 미래사회의 혁신적 변화를 주도할 미래기술 확보를 위한 국가R&D 도전성 강화 및 바이오헬스 산업 혁신전략 등 방안 마련
 - 정부 R&D(응용·개발 중심)의 도전성·전략성을 강화하고, 범부처·민간의 과학기술 역량을 결집하여 미래사회를 선도할 혁신적(Disruptive) 연구성과를 창출하고자 ‘국가R&D 혁신·도전성 강화방안’(19.5)
 - 공공·시장 수요주체의 참여를 바탕으로 도전적·임무 지향적 목표를 설정하고, 이를 지원하기 위한 기획·관리·평가·제도 전반의 혁신을 추진
 - 과학기술혁신본부가 총괄기획하여 관계부처와 함께 시행하는 ‘범부처 파괴적 혁신 선도 프로젝트’도 추진
 - 미래의료 패러다임 전환과 4차 산업혁명 기술혁신을 도약 기회로 적극 활용, 산업육성 정책과 R&D 투자 전략을 재정비를 위해 ‘바이오헬스 산업 혁신전략’(19.5) 마련
 - 4차 산업혁명과 인구고령화를 계기로 전 세계 바이오헬스 시장이 재편되는 시기로, 산업 정책의 근본적 혁신과 선제적 투자를 통해 우리나라와 같은 후발국이 선도주자로 급부상할 수 있는 전략으로 마련
 - 산업계 현장 및 전문가 의견수렴을 토대로 규제 합리화, 산업기반 확충을 통해 바이오헬스 산업 활력을 제고
- 지방 균형발전 등 국정과제 이행을 지원하기 위한 지역R&D 체계 개선방안, 중소기업 R&D혁신방안, 공공 연구기관 R&D혁신방안 등 마련
 - 지방분권과 균형발전의 국정기조에 따라 지역이 주도하고 중앙부처가 지원하는 분권형 지역R&D 체계를 구축하기 위한 ‘지역R&D 체계 개선방안’ 마련
 - 중앙·지방 어느 한 쪽에 치우치지 않은 합리적 역할분담이 필요하다는 인식 하에, △중앙과 지방간 수평적 협력체계 구축, △지자체 중심 연계·협력 거버넌스 강화
 - 지역주도 혁신 체계에 대한 본격적인 논의를 R&D 측면에서 먼저 시작한 것으로, 이후 산업·중소기업·인력양성 등의 분야를 포함한 지역혁신 전반에 대한 개선대책으로 발전·확대시킬 예정(균형위주관)

- 국정전략인 '중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장'을 뒷받침하기 위해 범부처 중소기업 R&D 사업의 지원체계를 혁신하는 '중소기업 R&D혁신방안'(19.12) 마련
 - 중소기업 현장에서 체감할 수 있는 혁신기업 성장 생태계 구축을 위해 중소기업 R&D 지원 사업의 목표에 따른 유형 분류, 유형별 맞춤형 평가·관리 및 범부처 연계지원 체계 등 마련
- 과학기술 분야 정부 출연연구소와 더불어 국가 R&D의 핵심 주체 중 하나인 국립연, 전문연에 대한 '공공연구기관 R&D 혁신방안'(19.12) 마련
 - 국립연(16개), 전문연(16개)은 매년 1조원 이상 정부R&D 예산을 사용하면서도 성과분석·환류체계 구축이 미흡한 점과 산업구조 변화 대응력 강화 필요성 등이 지적
 - 연구에 집중하는 R&D 체계로 개선하여 성과창출을 유도하고, 기관 설치 목적에 부합하는 성과관리 체계 구축을 통해 정부 R&D 예산 지원에 따른 책무성을 제고 계획

2. 정책포럼 구성·운영의 방향

- 기존 과학기술혁신 정책 분야 뿐만 아니라 최근의 혁신정책을 둘러싼 환경변화에 따른 이슈를 포괄하도록 주제 범위를 설정
 - R&D 예산배분, 기술규제, 중소기업 등 전통적인 과학기술혁신 정책 분야와 4차 산업혁명, 미래기술 확산 등 정책환경 변화에 따른 이슈를 포괄
 - 지역균형 발전, 주52시간 등 국정과제 및 주요 정부시책 등에 따른 변화를 고려
- 과학기술혁신을 둘러싼 환경변화와 국내외 정책수립 현황을 살펴본 결과, 아래와 같이 4가지 측면으로 2019년도 정책포럼에서 논의할 주제의 방향을 정리
 - 4차 산업혁명 본격화 및 경제·사회 패러다임 변화를 이끄는 혁신기술의 급격한 확산으로 인해 큰 영향을 받을 미래 인력 확보, 미래 지속 성장, 글로벌 경쟁력 확보 전략 등을 위한 정책 의제 발굴 및 검토가 필요
 - 문재인 정부 출범 2년을 맞아 과학기술혁신과 관련된 주요 국정과제로 추진 중인 지역 균형발전, 중소기업 지원 등 분야를 뒷받침하기 위한 정책방향 및 추진과제 검토 필요
 - 미래 환경변화 및 과학기술혁신환경변화에 따라 과학기술혁신정책에서 검토해야할 주요 이슈를 발굴하고 필요한 추진과제를 검토
 - 향후 경제·사회·혁신에 큰 파급효과를 미칠 미래기술에 대한 주요국 개발동향 및 확보전략을 살펴보고, 우리나라가 꼭 확보해야할 미래혁신기술(예, 양자, 인공지능, 바이오 등 유망분야)에 대한 검토 필요
- 4가지 정책방향 (1) 4차 산업혁명 본격화 대응, (2) 국정과제 대응, (3) 과학기술혁신 이슈 발굴, (4) 미래기술 확보에 따라 논의 주제를 선정
 - (1) 4차 산업혁명 본격화 대응을 위해, 과학기술 발전에 따른 기술인력 직무변화 검토, 과학기술 미래전략 수립, 글로벌 혁신정책 수립에 대해 논의
 - (2) 국정과제 대응을 위해, 지역 R&D 및 중소기업 R&D 현황 및 향후 정책방향, 주요 추진과제 등에 대한 논의 필요
 - (3) 과학기술혁신 이슈 대응을 위해, 최근 논의되고 있는 정부 R&D예산배분시스템의 진단과 개선, 기술 금융 및 기술규제에 대해 논의
 - (4) 미래기술 확보를 위해, 유럽 및 DARPA의 도전적 연구방안 사례, 양자통신, 인공지능, 바이오 및 신약 기술 분야에 대해 논의

제 3 장

과학기술정책 주요 분야별 의제 발굴

제 3 장 과학기술정책 주요 분야별 의제 발굴

1. 4차 산업혁명 대응을 위한 주요 의제

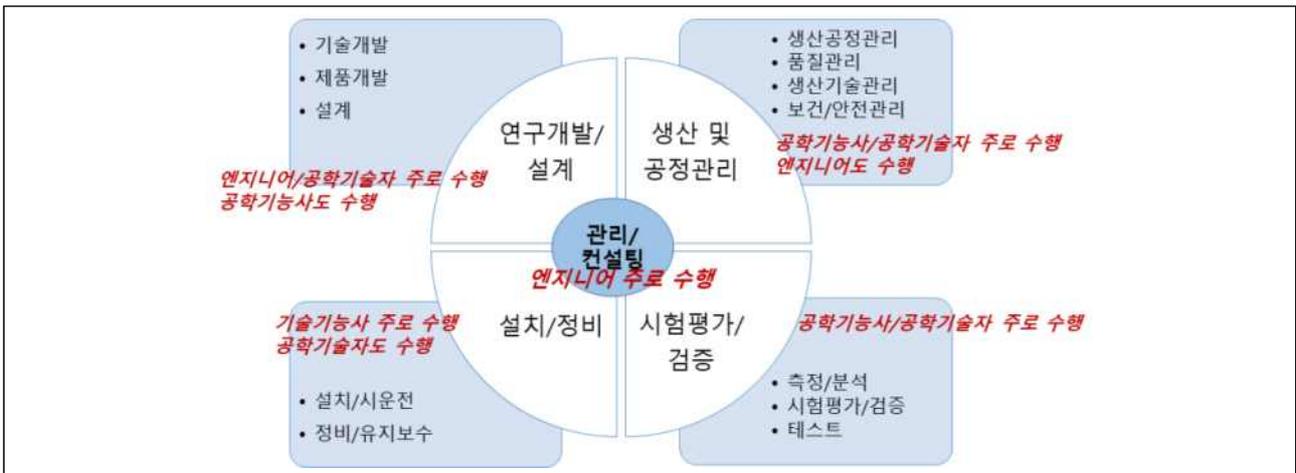
가. 과학기술 발전에 따른 기술인력 직무변화 추세 및 대응¹⁾

(1) 4차 산업혁명에 따른 기술인력 직무변화 전망

- 신기술 도입으로 제품변화 및 공정변화로 인해 기술인력 직무 변화와 전공구성의 변화 전망
- 기술인력(엔지니어)가 담당하는 설계, 분석 업무는 시뮬레이션 툴 활용 확대, 데이터기반 생산,공정관리 확대
- 유지보수는 원격, 선행적 정비 증가, 측정·분석 업무는 자동화 가능성
- 엔지니어 기술인력보다 기능 기술인력의 직무 전환이 보다 커질 것으로 전망

□ 기술인력 직무

- 과학과 기술, 연구 : 과학자와 엔지니어, 그리고 연구자
- 직무 수행에 필요한 Skill level에 따라 engineer, technologist, technician 등으로 분류



[그림 3-1] 기술인력의 직무 영역별 주요 수행그룹

출처) Engineers Canada & Canadian Council of Technicians and Technologists (2009)기반 재작성

1) 제1회 2019 과학기술정책포럼, STEPI 임미정 연구위원 발제자료

<표 3-1> 엔지니어와 공학기능사간 차이 (미국)

직업 명칭	요구 학력	임 금 (중앙값, 2016)*	책임 업무
엔지니어 (기계, 전자)	학사	\$84,190(기계엔지니어), \$94,210(전자엔지니어)	- 대체나 개선할 필요가 있는 제품관련 기계적 이슈 분석 - 전자시스템을 개선하거나 증기공급을 위한 새로운 방안 디자인 - 새로운 설계의 모델링과 테스트 - 일정, 예산 내에서 과제수행을 위한 과제관리자 업무수행
공학기능사 (기계공학, 전기&전자공학)	전문학사	\$54,480(기계공학기능사), \$62,190(전기&전자 공학기능사)	- 프로토타입 준비 - 이전 모델과의 수치, 사양과 비교하기 위한 새로운 프로토타입 스케치 평가 - 모델의 문제를 규정하고 해결책 제안 - 논의를 위한 새로운 틀이나 제품의 레이아웃과 디자인 준비
숙련공 (목공, 공예숙련공)	고졸, 견습	\$30,180 (목공), \$33,440 (공예숙련공)	- 청사진, 설계도(schematics), 건축 밑그림(architectural drafts) 해석 - 재료 및 인력 관련 예산 준비 - 모델, 삽화나 최종 제품을 위한 대략적인 이미지 창출 - 작업을 위한 적절한 틀이나 소재를 선택하고 준비

주) * U.S. Bureau of Labor Statistics

출처) https://study.com/articles/difference_between_engineer_technician_artisan.html (접속 2018.11.06.)

□ 4차산업혁명에 따른 직무변화

○ 통상적인 인식

- 4차 산업혁명은 전체적으로 일자리 감소를 유발
- 연구개발 및 엔지니어링 업무(공정관리, 설비 유지보수 등)는 기술변화에 따라 일자리 수가 없어지기 보다는 수행하는 직무 변화가 중요

<표 3-2> 숙련도 및 정형화 정도에 따른 직무의 기술대체 가능성

높음	<p><기술 대체 가능성 중간></p> <ul style="list-style-type: none"> ·고속련 업무 ·정형 업무 ·예시) 회계사무, 법률사무, 통번역, 임상병리, 영상의학분석 	<p><기술 대체 가능성 낮음></p> <ul style="list-style-type: none"> ·고속련 업무 ·비정형 업무 ·예시) 연구개발, 공정관리, 설비 유지보수, 법률전문가(변호사·판사·검사), 의료
	<p><기술 대체 가능성 높음></p> <ul style="list-style-type: none"> ·저숙련 업무 ·정형 업무 ·예시) 단순조립, 계산 및 출납, 요금수납, 시설안내, 창고관리 	<p><기술 대체 가능성 낮음></p> <ul style="list-style-type: none"> ·저숙련 업무 ·비정형 업무 ·예시) 정육가공(발골), 청소, 간병, 육아
낮음	업무 비정형화 정도	

자료: Frey and Osborne(2013), 한국직업자격학회(2017)에서 재인용, p.107

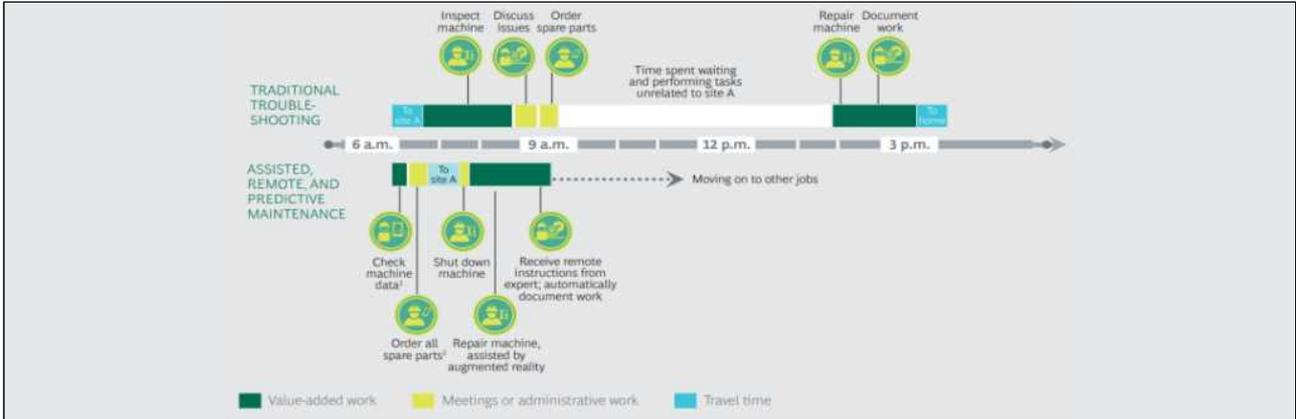
- 제품변화(제품의 지능화, IT화) → 전공구조 변화
- 공정변화 → 기술인력 직무변화, 전공구조 변화
- 공정변화에 따른 엔지니어 직무변화
 - 시뮬레이션 툴 확대
 - 데이터 기반 생산/공정 관리
 - 원격/선행적 정비/유지보수
 - 측정/분석/테스팅의 자동화

<표 3-3> 제조업의 디지털 전환과 기술인력 직무 변화 전망

단계	도입영역	디지털 전환내용	도입기술	기술인력 관련 감소 직무	기술인력 관련 신규/증가 직무
연구 개발	기획	빅데이터 기반 트렌드 추출, 패턴 인식	빅데이터, 인공지능	문헌연구 감소, 컴퓨터활용, 데이터 해석능력 확대	빅데이터 분석 AI
	실험	분자설계, 화학적 특성분석을 컴퓨터 시뮬레이션 실험으로 대체	빅데이터, 인공지능, 컴퓨팅 시뮬레이션	단순 실험업무 감소	컴퓨터 시뮬레이션, 가상증강현실시스템 운영,
	실험	피펫팅, 희석, 믹싱 자동화	로봇, IoT, 텔레메틱스	단순 실험업무 감소, 실험지원인력 감소	로봇작동 및 관리
생산 공정	생산공정 관리	생산프로세스 데이터 기반 예측적 분석 시스템으로 공정제어	빅데이터기반 예측적 분석시스템	품질관리 업무 감소	데이터기반 시스템 분석, 디지털공장 자동화 엔지니어링
	설비/불량 관리	설비,장비 센서 기술도입, 모니터링	센서기술, 인메모리 컴퓨팅기술, 예측적 분석시스템	장비관리 업무 감소, 시험평가/검증 업무 감소	데이터 기반 예측적 유지, 협동로봇 관리,
	재고/물류 관리	수요-공급 통합적 관리, 실시간 기반 공급망 구축, 자동 제품 관리	센서, IoT, 인공지능, 클라우드	구매 업무 감소	데이터 기반 공급 예측, 네트워크 관리
	제품관리	제품에 센서 부착으로 불량감소, 원격 관리로 고객 소비행태 모니터링	센서, IoT, 인공지능, 클라우드	정비, 유지보수 업무 감소	데이터 기반 내장형 제품 고장예측
	보건/안전	착용안경을 통한 현장 작업자 위치 추적, 원격지원 등 위험업무의 자동화	IoT, 웨어러블 장치, 모션센서	보건/안전업무 감소	원격지원시스템 관리
	지식관리 및교육	모바일 및 클라우드시스템	클라우드 플랫폼	연수업무 감소	지식 코드화 온라인 교육

자료: World Economic Forum(2017), p. 12; Cheong, Je-Ho(2016, October); Manpower Group & DMDII(2017) 등을 참조하여 연구진이 작성

○ 기능인력이 담당하는 설치,정비,영업 직무의 경우 간소화되거나 축소



[그림 3-2] 기술도입에 따른 서비스 기능인력의 직무 변화

출처) The Boston Consulting(2015)

(2) 한국의 4차 산업혁명 현황과 기술인력 정책

- 한국은 4차산업혁명 기술수준은 높은 편이 아니며, 도입 속도도 빠르지 않음. 따라서 기술인력의 직무전환이 빠른 속도로 진행될 것으로 예상되지 않음.
- 기업들은 일부 핵심분야 인력 대상으로 한 기존인력 재교육 및 경력직 채용으로 부족인력 대응
- 정부의 4차산업혁명 대응 기술인력정책은 1) 신산업분야 석박사급 양성, 2) 신기술분야 자격 및 교육훈련 신설, 확대에 집중
- 빠른 기술변화와 기술고도화에 대응하여 기술인력의 양성 및 계속교육 시스템에 대한 정비 필요

□ 우리나라의 4차산업혁명 추진 현황

- 제품의 IT와의 결합 : 스마트홈, 제조, 의료·건강 등

<표 3-4> 4차 산업혁명 주요국간 경쟁력 비교

구분	국가간 평가				
	한국	미국	독일	일본	중국
전기차·자율차	100	115	129	122	89
스마트선박	100	108	123	111	80
IoT가전	100	113	116	110	80
로봇	100	109	118	118	83
바이오헬스	100	112	118	110	72
항공·드론	100	124	119	113	96
프리미엄 소비재	100	108	110	109	75
에너지산업	100	112	120	109	84
첨단 신소재	100	113	122	114	84
AR, VR	100	118	113	112	88
차세대 디스플레이	100	102	99	107	80
차세대 반도체	100	115	113	113	78

자료) KOTRA 4차 산업혁명관련 신산업 해외 경쟁력 설문조사 분석

* 59개국 신산업분야 종사자 대상 주요국 신산업 경쟁력 및 향후 유망 신산업분야 조사 결과

○ 제조공정의 스마트화

<표 3-5> 국내 스마트공장 수준 및 구축 비중

구분	주요내용	구축비중
기초	생산정보 디지털화 및 제품의 생산이력 관리	76.4%
중간1	생산정보 실시간 수집·분석	21.5%
중간2	시스템을 통한 생산공정 제어	2.1%
고도화	맞춤형 유연생산 및 지능형 공장	-

자료 : 4차산업혁명위원회 및 관계부처합동(2018.03), "스마트공장 확산 및 고도화 전략", 제5차 산업혁명 위원회 의결안건 제1호

○ 원격 유지보수체계: 두산중공업, 효성, 현대중공업 등 전력기기, 선박 등

□ 기업의 신기술분야 기술인력 부족

<표 3-6> 지능형로봇 산업기술인력 부족인원(2017년 6월말 기준)

<단위: 명>

부족인원	합계	경력유무별		학력별				직무별						
		경력직	신입직	고졸 이하	전문대졸	대졸	석박사	연구개발	설계/디자인	시험평가/검증	생산기술/생산	품질&보증·정비	구매/영업	
전체	1,057	778	278	64	98	801	94	325	145	56	489	3	38	
(%)	(100)	(73.7)	(26.3)	(6.1)	(9.3)	(75.8)	(8.9)	(30.8)	(13.7)	(5.3)	(46.3)	(0.3)	(3.6)	
분야	제조	379	308	71	29	34	255	62	131	107	47	94		
	전문서비스	322	219	102	6	10	291	15	48	3	267		4	
	개인서비스	65	36	29		9	54	3	37		29			
	기반기술	291	215	76	29	45	202	15	110	35	9	100	3	34
규모	5인 미만	88	67	21	3	31	43	11	36	21	3	28		
	5~9인	148	105	43	11	18	113	6	65	39	5	28	3	9
	10~29인	189	161	28	28	18	134	9	79	17	12	64		16
	30~99인	407	275	132	23	14	357	14	56	23		324		5
	100인 이상	225	171	54		18	153	54	90	45	36	45		9

출처) 산업통상자원부·산업기술진흥원(2018), 산업기술인력수급실태조사 부가조사: 지능형로봇

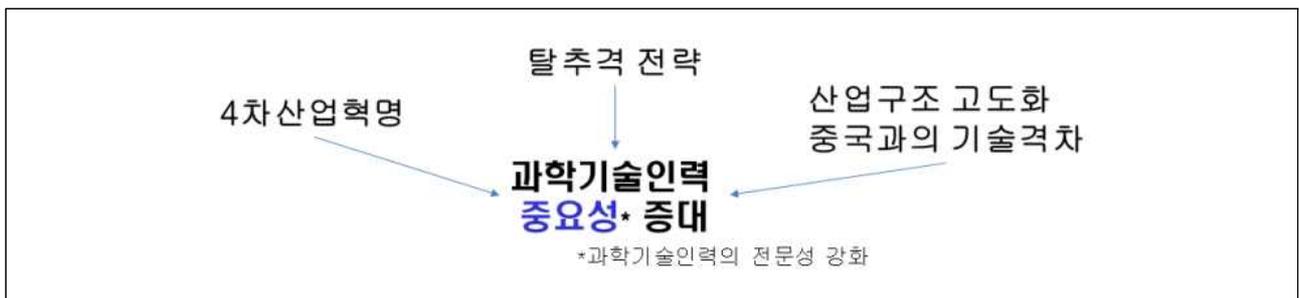
<표 3-7> 신산업분야 산업기술인력 충원방식

신산업 분야	분류	사례수 (개)	기존 재직자를 대상으로 신산업 관련 재교육을 통한 직무전환 실시(%)	신입직 채용 후 신산업 관련 자체 교육을 실시하여 투입(%)	신산업 관련 경력직 채용 (%)	대학과의 산학협력을 통해 해당 전공자 지원 요청(%)	기타 (%)
미래형 자동차	전 체	(211)	81.2	7.2	10.0	1.5	.0
	10~29	(137)	98.4	.0	.0	1.6	
	30~99	(25)	21.3	27.6	51.1	.0	
	100~299	(35)	67.2	15.0	17.9	.0	
	300~499	(5)	78.6	.0	21.4	.0	
	500인이상	(9)	44.4	33.4	11.1	11.1	
OLED	전 체	(127)	12.0	61.6	23.9	.0	2.5
	10~29	(65)	4.7	85.3	10.0	.0	.0
	30~99	(36)	.0	42.1	57.9	.0	.0
	100~299	(14)	43.7	27.3	7.1	7.1	14.9
	300~499	(5)	78.0	.0	22.0	.0	.0
	500인이상	(7)	32.9	53.5	13.6	.0	.0
친환경선박	전 체	(9)	45.9	.0	54.1	.0	.0
첨단신소재	전 체	(116)	61.7	13.5	18.9	5.9	.0
시스템반도체	전 체	(73)	14.3	28.9	21.6	32.2	2.9
IoT가전	전 체	(25)	16.3	29.0	54.6	.0	.0
지능형로봇	전 체	(85)	62.0	3.7	33.1	1.2	.0
에너지산업	전 체	(161)	16.5	34.2	44.0	3.7	1.6
고급소비재	전 체	(31)	14.0	40.1	30.8	15.1	.0
바이오헬스	전 체	(125)	27.4	40.9	30.9	.8	.0
항공드론	전 체	(31)	37.3	3.2	59.5	.0	.0
AR/VR	전 체	(56)	30.4	18.6	38.0	13.0	.0

출처) 산업통상자원부·산업기술진흥원(2018), 산업기술인력수급실태조사 부가조사

○ 기업 기술인력 수요의 복잡성

- 4차산업혁명 뿐만 아니라 중국과의 기술격차 문제, 탈추격 전략 등을 복합적으로 대응해야 함에 따라 신기술분야 인력 확충뿐만 아니라 내부 지식체계 및 역량을 고도화, 기술인력 경력체계 정비 등 다양한 대응책 모색



[그림 3-3] 과학기술인력 중요성 증대

□ 정부의 4차산업혁명 관련 과학기술인력정책

○ 신산업분야 인력양성책 : 석박사급 연구인력, 학사급 현장인력의 산업계 수요중심 교육 확대

<표 3-8> 인공지능 R&D(연구·개발) 전략 중 대상별 계획 내용

대상	추진내용
고급인력 (’22년까지 1,400명 규모 추진)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ (인공지능 대학원 신설) ’22년까지 AI 석박사급 세계적 선도연구자 350명을 양성하기 위한 대학원 신설 추진(’22년까지 6개) ▶ (글로벌 ICT 인재양성) 글로벌 역량을 갖춘 실무형 AI 인재 조기 양성을 위해 글로벌 AI 선도 기업, 기관의 ‘레지던시 프로그램’ 중심으로 ’22년까지 100여명 참가 지원 ▶ (국제공동연구 지원) 해외 AI 우수 기관과의 긴밀한 협력연구를 통해 ’22년까지 50여명의 국내 고급 AI 인재의 역량 향상 ▶ (대학연구센터 활용 고급인재 양성) ’22년까지 석박사급 고급인력 870여명 양성하기 위해 대학연구센터의 인공지능 분야 지원 확대
융복합 인재 (’22년까지 3,600명 규모 추진)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ (AI 프로젝트형 교육) 인공지능 분야 6개월 집중 교육훈련으로 ’21년까지 산업맞춤형 청년 인재 600명 규모 양성 추진 ▶ (AI 실무인력 교육) 기술수준별 교육과정 및 AI 특화 비즈니스 모델 개발과정을 운영하여 매년 300~750명 수준의 창업인력 양성 ▶ (MOOC 활용 융복합 양성) 양질의 AI 온라인공개강좌(MOOC) 개발 및 제공을 ’22년까지 총 70개 규모로 확대

출처) 과기정통부(2018), 「인공지능 R&D(연구·개발) 전략」

<표 3-9> 국내외 데이터 관련 인력양성 중점정책 비교

구분	한국	EU	영국	독일	네덜란드	미국	일본	싱가포르
교육 프로그램 운영	●	○	○	◎	○	◎	●	●
교육과정 개발	◎	●	●	◎	◎	○	○	◎
공유 인프라 구축	○	●	●	●	●	◎	◎	●
연구개발 지원	○	◎	◎	●	●	●	○	○
협력네트워크 조성	○	●	◎	◎	◎	●	●	◎

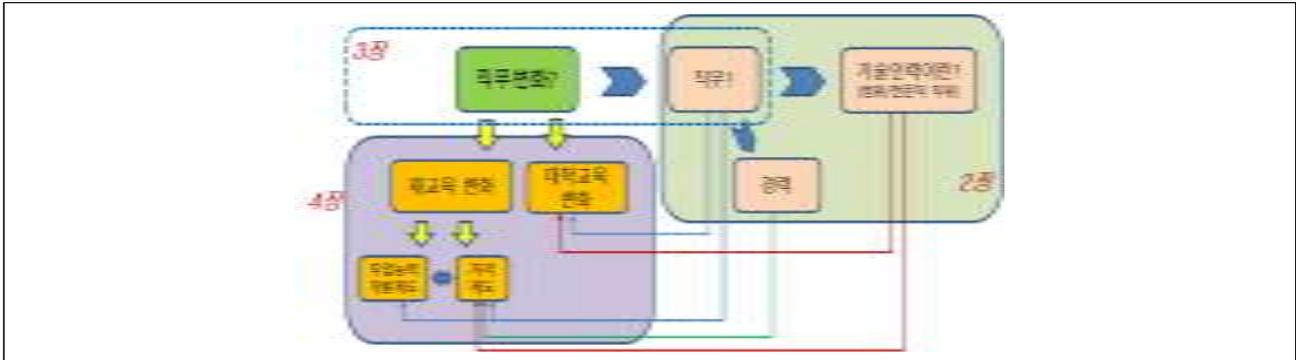
정책집중도 : ○ 약함, ◎ 중간, ● 강함

출처) 한국데이터진흥원(2016), [표 5-5] p.110

○ 직업훈련 교육체제 정비

(3) 그동안 놓치고 있었던 것들: 한국의 기술인력 육성체제

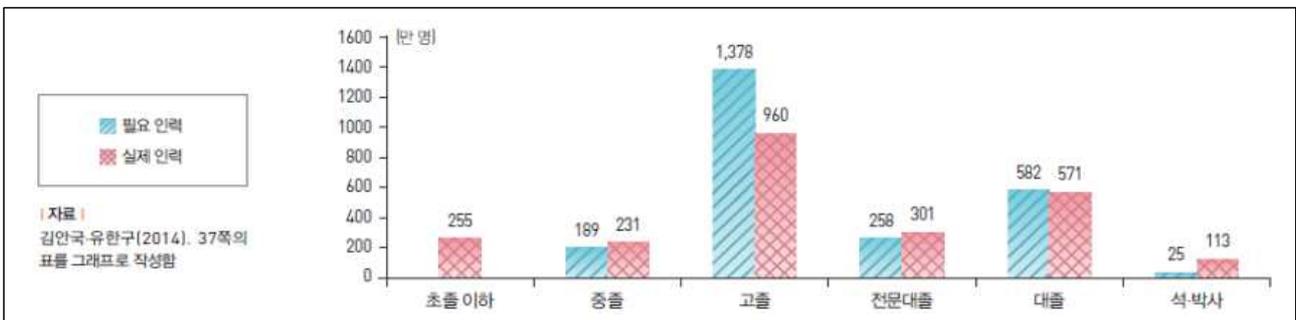
- 역사적, 산업적 특성으로 인해 통상의 인식이나 해외 경우와 달리 한국 기술인력 고유의 직무체계, 경력체계가 자리잡고 있음
 - 기업 내 직무·경력관리체계가 잘 정비되어 있지 않고 사회적으로 이를 인정할 수 있는 제도가 미비
 - 기술인력 관련 기관들은 기능별, 생애주기별로 분화되어 있고 상호 연계 노력도 부족
- 정부의 4차산업혁명 대응하여 기술인력의 교육, 경력, 계속교육을 아우르는 포괄적인 한국만의 기술인력 육성체제 마련 필요



[그림 3-4] 직무변화에 따른 기술인력 육성체계변화

□ 한국의 기술인력 현황 : 한국의 기술인력은 전문적인가?

- 직업분류체계 : 전문직과 준전문직 대분류 상 통합
- 기술인력의 직무체계, 직능수준별 분류체계 미정립
 - 생산직 엔지니어 역할 축소, 연구직 엔지니어의 역할 확대
 - * 생산직 엔지니어는 코디네이터 역할
- 고학력화, 직무영역 다각화
 - * CS 엔지니어 : 4년제 공대생 채용
 - * 공채시스템, 대기업의 공대 졸업생 채용 쏠림

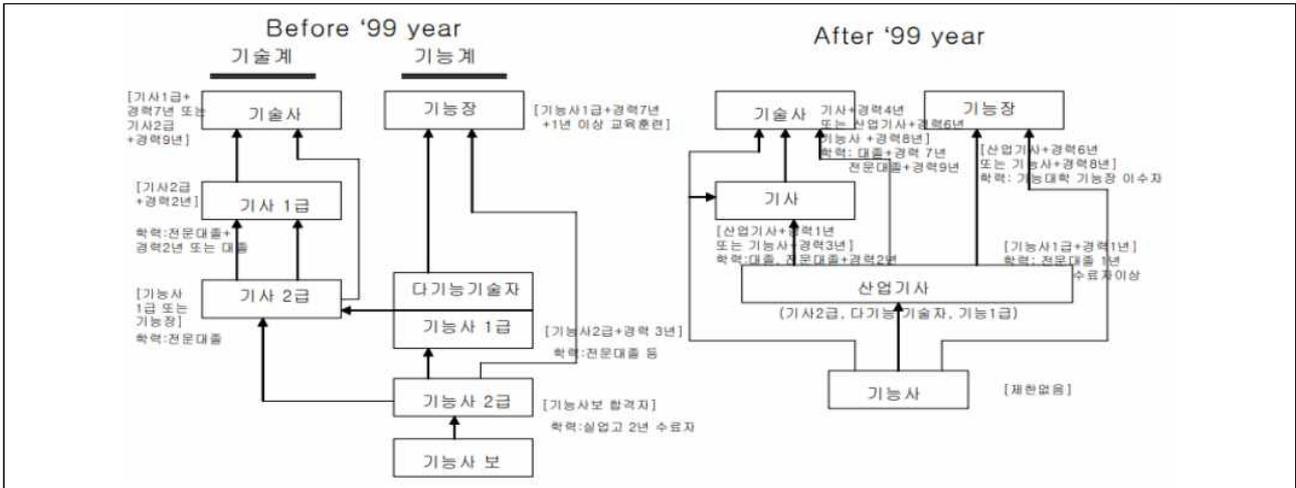


[그림 3-5] 학력별 필요인력과 실제 취업한 인력

출처) 원자료) 김안국·유한구(2014); KRIVET Issue Brief(2018)에서 재인용

○ 학력과 자격의 싸움: 현장 수요와 법적 보호체계의 격차

- 학력기반, 대학 수준 기반 기업의 채용
- 법적 보호체계 (자격제도) : 자격기반 보호체계, 수요와 괴리



[그림 3-6] 우리나라 기술·기능분야 자격 체계

출처) 원자료) 김상진 외(2003), 이상준(2006: p.150)에서 재인용

<표 3-10> 엔지니어링기술자 정의: 기술계 엔지니어링기술자

구분 기술 등급	국가기술자격자	학력자
기술사	해당 전문분야의 관련 기술사 자격을 가진 사람	
특급기술사	1) 해당 전문분야의 관련 기사자격을 가진 사람으로서 해당 전문분야의 관련 업무를 10년 이상 수행한 사람 2) 해당 전문분야 산업기사자격을 가진 사람으로서 해당 전문분야의 관련 업무를 13년이상 수행한 사람	
고급기술사	1) 해당 전문분야의 관련 기사자격을 가진 사람으로서 해당 전문분야의 관련 업무를 7년 이상 수행한 사람 2) 해당 전문분야의 관련 산업기사자격을 가진 사람으로서 해당 전문분야의 관련 업무를 10년 이상 수행한 사람	
중급기술사	1) 해당 전문분야의 관련 기사자격을 가진 사람으로서 해당 전문분야의 관련 업무를 4년이상 수행한 사람 2) 해당 전문분야의 관련 산업기사자격을 가진 사람으로서 해당 전문분야의 관련 업무를 7년 이상 수행한 사람	
초급기술사	1) 해당 전문분야의 관련 기사자격을 가진 사람 2) 해당 전문분야의 관련 산업기사자격을 가진 사람으로서 2년 이상 해당 전문분야의 관련 업무를 수행한 사람	1) 해당 전문분야의 관련 석사학위를 가진 사람 2) 해당 전문분야의 관련 학사학위를 가진 사람 3) 해당 전문분야의 관련 전문대학을 졸업한 사람으로서 3년 이상 해당 전문분야의 관련 업무를 수행한 사람

출처) 「엔지니어링산업진흥법 시행령」 제4조 [별표 2]

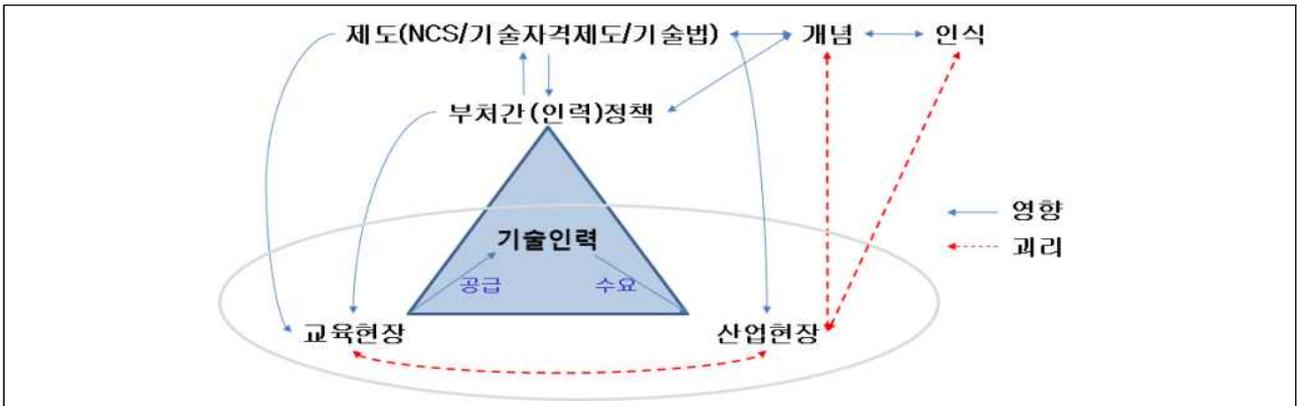
주) 2013년 1월 1일 이후에 적용되는 정의

- 기술인력 관련 거버넌스의 복잡성, 관 주도성, 분산형 구조의 한계
- 정부 기술인력양성 정책의 현황과 한계
 - 부처별 기술인력 직능 체계의 차이: 고용노동부와 기술관련 부처
 - * 우수인력, 전문인력, 고급인력 vs 실무인력, 현장인력
 - 기업 현장과 괴리된 기술인력 양성 직능체계
 - * 연구인력 = 석박사 인력?

<표 3-11> 산업기술인력양성사업 분류체계

대분류	중분류	세분류	비고
인력양성	양성	기능·기초인력	특성화고, 전문대, 대학생
		연구개발인력	대학원생
	향상	취업연계	구직자(졸업예정자 포함)
		직무역량향상	재직자
국제인력교류			외국인산업기술인력
인프라구축			

출처) 한국산업기술진흥원(2015), <표 4-1>, p.121



[그림 3-7] 기술인력정책 범위의 한계

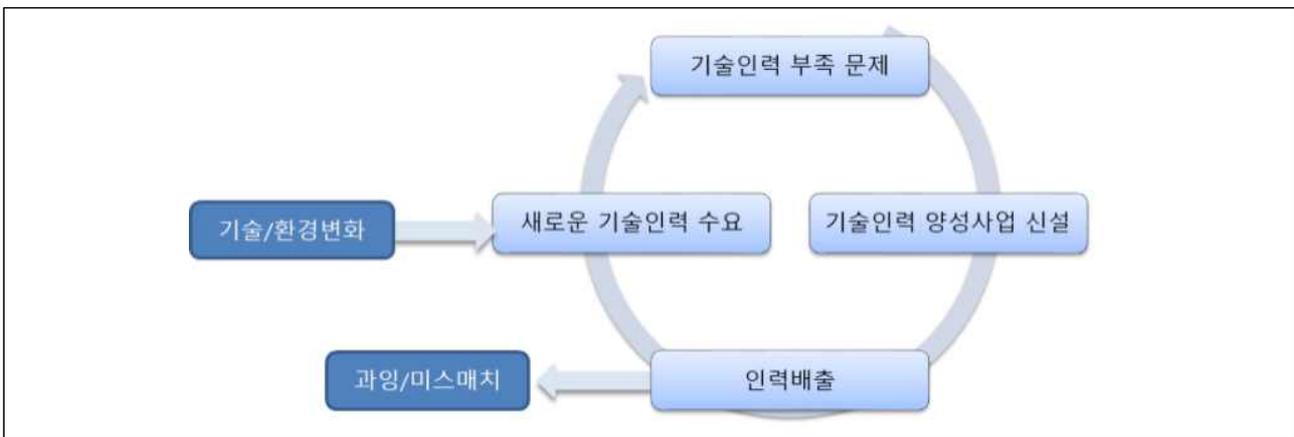
- 재교육 지원의 한계
 - 전문직 기술인력의 재교육 지원체계 부재 : 단가, 교육방식 문제 등
 - 기술인력 계속교육의 한계: 기술사 외 기술인력의 계속교육 부족

(4) 빠른 기술변화에 대응한 전문직 기술인력 육성체제 구축

- 전문직으로서 기술인력이 육성, 성장할 수 있는 체제의 구축이 과제
 - 전문직 요건은 진입요건, 계속교육(전문성 관리), 경력체계 등의 구축이 필요

□ 기술변화에 대응한 지속가능한 기술인력 육성체제 필요성

- 그동안의 신기술 대응 기술인력정책
 - 지속적인 분야별 기술인력양성사업 신설
 - 지속적인 인력부족영역 발생 및 기술인력 과잉 공급



[그림 3-8] 기존 신기술 대응 기술인력정책

□ [장기과제] 전문직으로서의 기술인력 육성 및 성장을 위한 전반적 시스템 재설계 필요

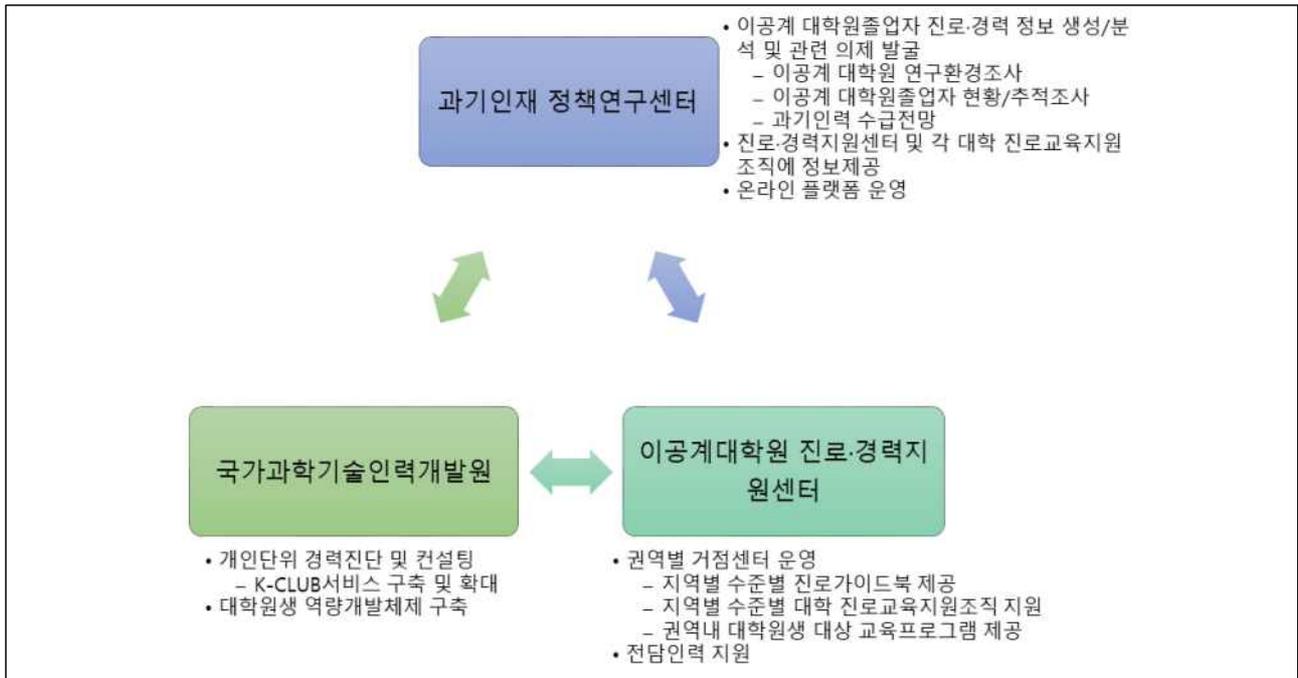
<표 3-12> 신규 기술인력 시스템 추진과제

추진 과제	
<p>(과제1) 기술인력 직무/경력 연구 확대 및 직능수준별 기술직 체계 정립</p> <ul style="list-style-type: none"> • (1-1) 기술인력 연구 확대 • (1-2) 직능수준별 전체 기술인력 표준용어 정립 및 정책 적용 체계 구축 	<p>(과제2) ‘전문기술직’ 육성체계 및 거버넌스 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> • (2-1) ‘전문기술직’ 거버넌스 설계 • (2-2) ‘전문기술직’ 육성체계 정비
<p>(과제3) 기술자격제도 개편</p> <ul style="list-style-type: none"> • (3-1) 기술자격제도 개편 및 관련 법 정비 • (3-2) 기술인력 관련 사업 정비 	<p>(과제4) 전문기술직 관련 제도 정비</p> <ul style="list-style-type: none"> • (4-1) 계속교육체계 설계 • (4-2) 기술인력 포함 개별법령 정비

□ [단기과제] 기술인력 활용 확대 및 전문성 제고 지원

○ 이공계 대학생, 대학원생의 진로, 경력지원 강화

- 기술변화에 따라 다원화되는 전공별 진로, 경력 관련 정보제공 확대
- (가칭) 이공계 대학원 진로·경력정보 지원센터 신설



[그림 3-9] 이공계 진로 경력지원 강화 방안

○ 직업능력개발제도 개편

- 단가, 교육훈련 기관 등이 기술인력 재교육에 부적합

○ 기술인력 용어체제 정립

- 기술인력 정책 수립 시 사용할 직능수준별 기술인력 표준 용어 설정
 - ‘engineer/technologist/technician’ 등으로 분류된 해외 사례와 견주와 한국에서 새롭게 분화되는 직무내용 및 수준 정의, 표준용어 정립
 - [예] engineer - ‘전문기술직’, technologist - 기술직, technician - 기능직
- 표준 용어 적용체제 마련
 - 국가연구개발사업 표준운영지침 및 예산 가이드라인 내 인력양성사업을 위한 표준 기술인력 용어 체계 포함
 - 법령 및 지침 내 기술인력 관련 용어 정비

(5) 정책토론 시사점

□ 인력정책 수립 시 기업현장에서의 변화, 부처별 인식의 차이 등에 대한 고려 필요

- 기업현장에서 공정자동화, 외국 노동자의 증가 등이 발생하고 있으므로 직무관련 정책수립 시 고려할 필요
 - 기술 인력의 소속(대·중소기업), 학위(학부·석사·박사)에 따라 인력 정책이 달라질 필요, 특히 중소기업은 전문학사 이하의 인력이 많으므로 대기업과는 상황이 많이 다름
 - 4차 산업혁명에 따라 모든 직군에서 변화가 일어나므로, 정책범위를 명확히할 필요
- 반면, 인력배출까지는 긴 시간이 소요되므로, 기업현장의 특정분야 인력수요를 모두 반영하기는 어려운 상황이나, 현재는 우수인력보다 인력 자체의 공급이 중요한 시점
 - 정부가 미래를 예상하기보다는 다양한 분야의 이력이 배출되도록 하는 것이 중요
- BK21사업의 경우 교육부는 석박사인력과잉으로 인식하고 있어 과기부의 인식과는 반대, 정책수립시 공감대 형성 필요
 - 교육부와 과기부 사이에 기술인력을 바라보는 인식차이가 존재, 공감대를 형성하지 않으면 정책 괴리 발생이 가능
- 학생을 근로자로 인식하기보다는 연구와 교육을 분리하는 정책도 필요 → 석박사 과정 학생 중심의 연구 인력 구조를 박사후 인력으로 전환할 필요
 - 연구는 수월성 중심으로 박사급 연구인력이 진행하는 것이 경쟁력 확보에 유리

나. SF와 미래기술, 과학기술 미래예측 2040

(1) SF와 미래기술²⁾

□ SF를 분석하는 것이 중요한 이유

- 영화를 보면서, 실제로 저런 기술이 미래에 도입될 것이라고 기대하게 됨
- 영화를 보는 사람들이 보여지는 장면을 기술적으로 익숙하다고 느끼고, 해당 기술이 접목되면 쓸 것 같다고 생각하는 사람들이 늘면 실제 기술이 구현되었을 때 저항감이 적어짐
 - * 예) Kinect가 처음 소개되었을 때, 간단히 이렇게 설명함 “그거 마이너리티 리포트에 나왔던 기술이잖아~”

□ 영화에서 나왔던 제품의 실제화

- 영화 ‘Star Trek : The Original Series(1966)’에 나온 휴대폰이 30년 만에 실제 개발되어 제품화됨

□ SF와 현실의 차이

○ SF

- 안개나 거울, 다양한 특수효과로 사용성, 비용, 자원인프라 등과 관계없이 보여줄 수 있음
- 보통 몇 초만 보여주면 됨

○ Reality

- 시장은 냉혹하므로, 지나치게 복잡하다고 느껴지면 그런 제품은 안팔림
- 한 번 쓸 대 몇 시간씩도 써야 하며, 몇 년 동안 두고 두고 써야 하는 경우가 많음

○ 그러나, 가능성 있는 미래지향적인 제품의 아이디어를 놓치면?

□ 투명 디스플레이 사례

○ 어째서 SF에는 투명 디스플레이가 자주 등장할까?

- 감독 입장에서 배우들이 스크린을 통해 보이기 때문에, 배우의 얼굴과 그들이 의도한 정보를 동시에 그려낼 수 있음
- 전문가들이 많은 정보에 접근해서 이를 금방금방 다룬다는 의미를 보여줄 때

○ 현실에서는?

- 사용자들의 주의를 끌 수 있는 중요한 정보는 불투명하거나, 투명도가 낮은 배경에...
- 투명도가 높아지면, 덜 중요한 정보를 그냥 훑어 지나가게 하는 용도

2) 제2회 2019과학기술정책포럼, 경희대 정지훈 발제자료

□ Dan Turner의 4단계 접근방법

- 발견(Discovery) → 테크트리 그리기(Draw the Tech Tree) → 테크트리 전반에 대한 탐구(Navigate the Tech Tree) → 가치를 디자인과 연결(Match Values to Design)

□ SF영화/소설을 이용하려는 세계동향

- 실제 기술개발이나 미래사회상을 반영하는데 도움, 대중성도 갖출 수 있기 때문에 SF영화와 소설을 적극적으로 활용하려는 활동들이 최근 활발해지고 있음

□ SF에 대한 우리의 현실

- 우리나라는 ICT와 ‘한류’ 콘텐츠 산업의 융합이라고 할 수 있는 SF영화나 TV드라마가 현재 명맥만 유지하는 수준에 있는 것이 현실
- 지난 2014년 국립과천과학관에서 최초로 열린 ‘SF어워드’에서 SF영상(영화, 드라마, 애니메이션) 부분은 대상작품의 부족으로 단지 주인공이 외계인이라는 이유로 선정된 TV드라마 ‘별에서 온 그대’가 우수작에 포함되어 시상될 정도로 부족한 저변을 나타내었음
- 이처럼 우리나라에서는 가장 중요한 융합분야라고 할 수 있는 과학기술과 문학/콘텐츠를 결합시킬 수 있는 SF영화 및 소설 장르의 체력이 취약하며, 이것은 미래에 대한 주도적 경쟁력 약화로 이어질 것

□ 미래는 예측하는 것이 아니라, 함께 만들어 나가는 것

(2) 과학기술미래예측 2040³⁾

□ 추진 목적

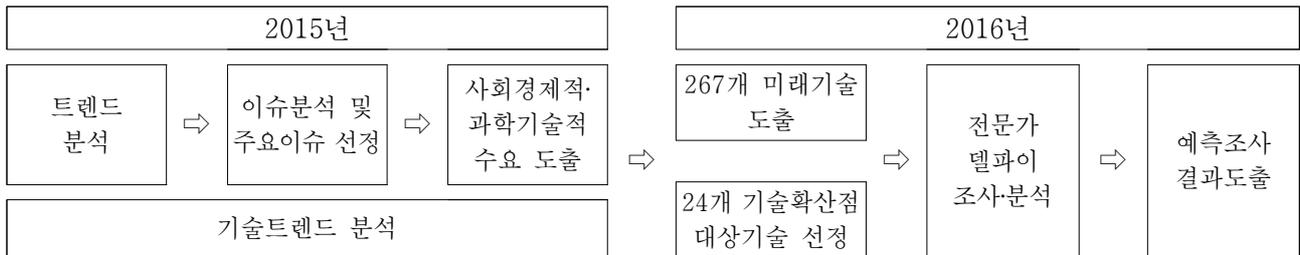
- 미래 전망을 바탕으로 미래사회에서 요구되는 과학기술을 예측하여 과학기술정책·전략 수립에 필요한 정보 제공
 - ※ 1994년 이래 4회의 과학기술예측조사와 1회의 수정·보완 수행(법적 근거 : 과학기술기본법 제13조와 동법 시행령 제22조)

□ 주요 내용

- 미래기술 실현시기 예측과 함께 혁신기술의 기술확산점* 예측을 추진
 - * 기술이 사회에 급속도로 확산되는 시점
 - 267개 미래기술을 대상으로 기술적 실현시기, 중요도, 필요한 정부 정책 등을 조사하여 정책수립의 기초자료로 제공
 - 24개 혁신기술에 대해 기술확산점을 예측하여 미래준비에 활용

□ 추진 절차

[그림 3-10] 추진절차



□ 미래사회 전망

- 국내외 최신 미래전망 자료를 수집·분석하여 5대 메가트렌드와 40개 트렌드 도출
- 트렌드 분석 결과를 토대로 우리 사회에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 미래이슈 100개를 발굴하고, 특히 중점적으로 관심을 가져야 하는 주요 이슈 40개 선정*
 - * 전문가 위원회 평가와 일반 대중 대상 온라인 설문 결과 반영(조사항목 : 우리사회에 영향을 줄 가능성, 우리 사회에서의 파급효과, 과학기술적 대응 가능성)

3) 제2회 2019과학기술정책포럼, KISTEP 최문정 발제자료

○ 주요 이슈의 해결을 위해 요구되는 사회경제적·과학기술적 수요 도출

<표 3-13> 미래사회 전망 : 메가트렌드와 트렌드

5대 메가트렌드	40개 트렌드
휴먼 임파워먼트	△ 기대수명 증가 △ 자아 중심 사회 △ 출산율 저하 △ 여성 임파워먼트 △ 인간 강화 △ 초고속 이동 △ 인공지능과 자동화 △ 새로운 소재 △ 우주 시대
초연결에 의한 혁신	△ 디지털 네트워크 사회 △ 초연결 기술 △ 네트워크 중심의 권력이동 △ 전자민주주의 가속화
환경 리스크 심화	△ 식량위기 악화 △ 에너지 수급 불균형 △ 물 스트레스 심화 △ 자연재난 증가 △ 생태계 파괴 심화
사회복잡성의 진화	△ 국제적 갈등 심화 △ 문화적 다양성 확대 △ 경제·사회적불평등 심화 △ 융합을 통한 창조 △ 기술발전예 따른 부작용 증가 △ 사회적 재난 증가 △ 건강 위협요인 증가 △ 통일 이슈 증가 △ 국제권력의 유동성 심화 △ 안보 위협요소의 진화
경제시스템의 재편	△ 글로벌 인구 이동 △ 도시화 확대 △ 세계 인구 증가 △ 글로벌 경제의 연결성 강화 △ 신흥국·개도국의 부상 △ 중국의 국제적 영향력 확대 △ 신경제 시스템의 확산 △ 일자리 구조적 변화 △ 선진국 저성장 위험 지속 △ 그리노믹스의 활성화 △ 제조업 패러다임 변화 △ 시장의 패턴 변화

<표 3-14> 주요 이슈(40개)

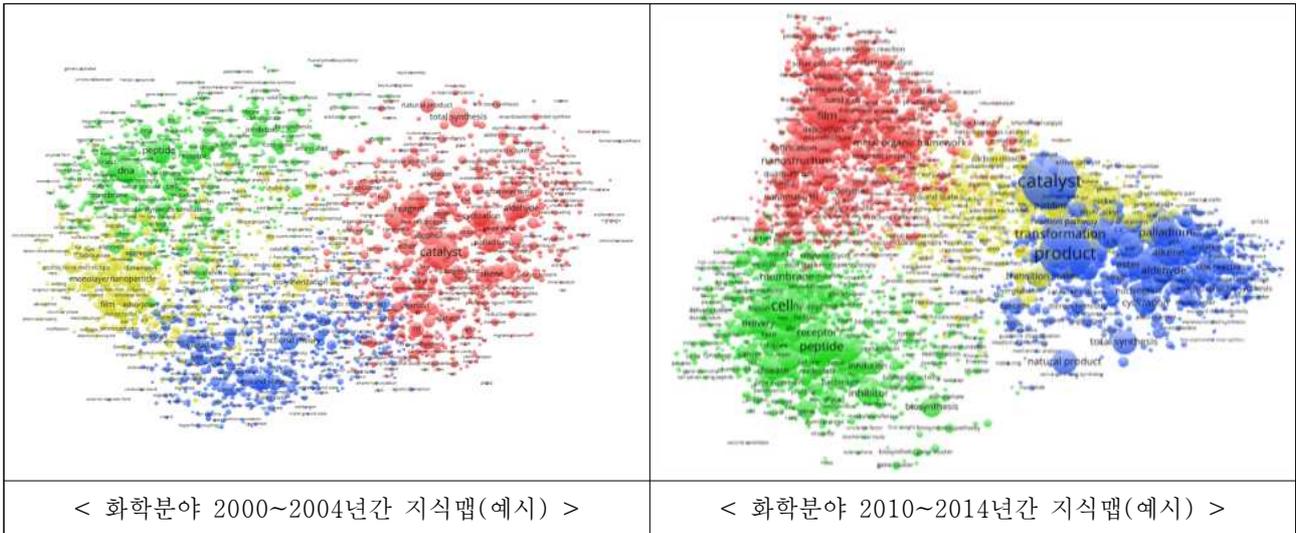
사회인프라 노후화로 인한 대형 재난 발생 가능성	가상 공간에서의 사람간 연결성 확대
공공안전 인프라에 대한 사회적 관심 고조	데이터의 빠른 확산 및 막대한 정보 유통
원자력 안전성	초연결 기반 빅브라더 출현
식품 안전성	IT 기술을 이용한 범죄
기후 변화로 인한 생태계 변화	교육 체계 개편
첨단 생명공학 기술 적용 범위	도시 집중화·거대화 문제
뉴로 정보의 활용	전통적 제조 방식의 전환
기후 변화 대응을 위한 물관리 고도화	고속련 정밀 제조 및 첨단 제조 기술의 중요성
친환경 산업구조로 재편	우주 항공 산업 성장
디바이스간 지능화된 의사소통	재해 피해 최소화를 위한 대응
무인로봇 부대 등 국방체계 변화	우리나라 주력 기술이 추월당할 가능성
가사 및 서비스 로봇의 대중화	산업간 및 기술간 융합 가속화
자동화 시스템의 확산과 부작용	신소재, 나노물질 등의 안전성 문제
무인 이동체로 인한 물류 및 교통 체계 개편	고령층 대상 산업 기회 확대
백신의 무기화	고품질 의료 서비스에 대한 수요 확대
초고속 이동을 위한 운송시스템 개편	불임 및 난임 문제
자원의 무기화	감염병 확산 속도 증가 및 신종 감염병 출현
식량의 무기화	남북한 격차의 지속적 심화
신재생 에너지 개발 보급 확대	양성평등 가치의 실현
새로운 非(비)전통 자원 탐색	자아 중심으로 거주 및 가족 개념 변화

<표 3-15> 주요 이슈별 사회경제적·과학기술적 수요(예시)

주요 이슈	수요
사회인프라 노후화로 인한 대형 재난 발생 가능성	<ul style="list-style-type: none"> - 노후 인프라 수명 연장 기술 - 노후 인프라에 대한 IoT 기반 모니터링 시스템 - 사회인프라에 대한 안전 규제 강화
초연결 기반 빅브라더 출현	<ul style="list-style-type: none"> - 비대칭성 축소를 위한 Open Source 확대 - 정보의 생성단계부터 개인정보를 보호하는 데이터 익명화 기술 - 데이터의 독점적 보유 및 활용 방지 정책
감염병 확산 속도 증가 및 신종 감염병 출현	<ul style="list-style-type: none"> - 국제적 감염병 데이터베이스 구축 - 감염병 상시 예측·모니터링 시스템 - 신종 감염병 출현시 체계적인 대응 시스템

□ 기술트렌드 분석

- 주요 과학기술저널 빅데이터에 대한 시계열 분석을 통해 연구 분야 간의 연관성, 발전 흐름, 급부상 기술 등을 파악하여 미래기술 도출 시 반영



[그림 3-11] 화학분야 지식맵(예시)

□ 미래기술 도출

- 주요 이슈 해결을 위한 미래사회 수요와 과학기술 발전에 의해 2040년까지 등장할 267개 미래기술 발굴

<표 3-16> 주요 이슈 그룹별 미래기술(예시)

주요 이슈 그룹	기술 개수	기술명(예시)
사회인프라	51	다양한 건축물 개보수 공사 시 최적화 기법지원을 위한 의사결정 소프트웨어
생태계친환경	59	원격탐사를 활용한 실시간 연속 지구 수질감시·관리 시스템
운송로봇	43	수중 인명 구조 로봇
의료생명	47	개인유전자 지도를 이용한 맞춤형 이종 인공장기 배양 시스템
정보통신	39	3차원 시각 및 촉각을 자극시키는 햅틱 홀로그램 기술
제조융합	48	대면적 플렉서블 기기 제작을 위한 고성능 전자소자 인쇄 기술
합계	287*	

* 미래기술 267개 중 20개 기술이 두 개 그룹과 연관되어 총합은 287개로 표기

□ 미래기술 조사·분석

- 267개 미래기술에 대하여 기술적 실현시기, 실현격차, 중요도, 부정적 영향, 필요 정부정책, 주도 연구주체 등을 전문가 델파이조사

- (실현시기) 243개 기술(91.0%)이 2021년부터 2030년까지 실현될 것으로 예측
 - ※ 실현시기가 가장 가까운 기술은 '인공지능형 농식품 소모량 예측 및 자동 주문 시스템'(2020년); 실현시기가 가장 먼 기술은 '실증용 핵융합실험로 건설 및 운영기술'(2039년)
- (혁신성과 불확실성) 혁신성이 높고 불확실성은 낮아 높은 성과가 기대되어 집중투자가 필요한 기술은 '인공지능과 빅데이터 클라우드 시스템을 이용한 스마트팜', '스마트 에너지그리드 구축기술' 등으로 예측

□ 기술확산점 도달 시기

- 첨단기술로 구현된 제품·서비스가 소비자들에게 수용되는 과정을 5단계로 분석한 '기술수용주기 모형' 활용
 - 초기시장에서 주류시장으로 확산되는 시점*을 기술확산점의 기준으로 하되, 기술별 특성에 따라 기술 확산점 예측방법을 다양화**
 - * 혁신수용자(2.5%)와 선각수용자(13.5%)를 합하여 전체 수요자의 약 16% 수준
 - ** 기존시장의 16% 대체 시점, 일정규모 이상의 이용자수 확보시점, 제품 최초 상용화시점 등

<표 3-17> 기술확산점 정의(예시)

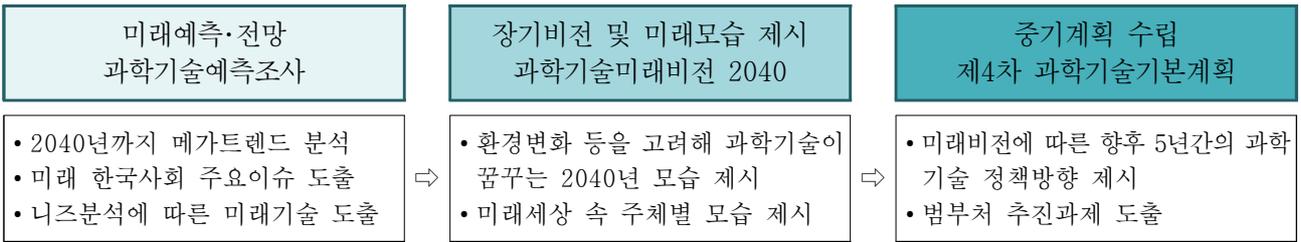
기술명	기술확산점 정의
롤러블 디스플레이	롤러블 컬러 디스플레이가 상용 모바일 제품에 최초로 적용되는 시점
만물인터넷	만물인터넷 서비스의 가정 보급률이 11%가 되는 시점
3D 프린팅	3D 프린터의 일반 가정 보급률이 3%가 되는 시점
인공장기	인체에 삽입되어 완전하게 독립적으로 기능하는 인공신장이 개발되어 인공신장 이식 건이 16%가 되는 시점

<표 3-18> 기술확산점 도달시기

기술	기술확산점 예상시기		기술	기술확산점 예상시기	
	세계	국내		세계	국내
멀티콥터 드론	2020년(미국)	2024년	자율주행 자동차	2023년(미국)	2028년
실감형 가상·증강 현실	2020년(미국)	2024년	포스트실리콘 반도체	2024년(미국)	2026년
스마트 팩토리	2020년(독일)	2025년	인지 컴퓨팅	2024년(미국)	2027년
만물인터넷	2021년(미국)	2023년	CO ₂ 포집·저장(CCS)	2024년(미국)	2028년
3D 프린팅	2021년(미국)	2024년	유전자 치료	2024년(미국)	2028년
빅데이터 활용 개인맞춤형 의료	2021년(미국)	2025년	줄기세포	2024년(미국)	2028년
스마트 그리드	2022년(미국)	2024년	지능형 로봇	2024년(미국)	2028년
초고용량 배터리	2022년(미국)	2024년	인공장기	2024년(미국)	2029년
극한성능용 탄소섬유 복합재료	2022년(일본)	2026년	양자 컴퓨팅	2025년(미국)	2031년
롤러블 디스플레이	2023년 (한국)		뇌-컴퓨터 인터페이스	2025년(미국)	2032년
회소금속 리사이클링	2023년(일본)	2026년	인공광합성	2026년(미국)	2030년
웨어러블형 보조 로봇	2023년(미국)	2027년	초고속 튜브 트레인	2028년(미국)	2033년

□ 결과 활용

○ 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)의 미래사회 변화 트렌드 분석, 중점과학기술 선정 등에 활용



[그림 3-12] 과학기술 장기비전 및 기본계획 연계방안

○ 기술확산점 분석 결과는 일반인 대상 가독성이 높은 책자* 형태로 제작·배포하여 미래사회 변화를 알리고 대비할 수 있도록 추진

* 책자 구성 : 기술의 발전과정과 개발 동향, 기술확산점의 도달 시기와 단계별 발전 전망, 미래사회 변화 전망, 기술확산 실현을 위한 과제

○ 미래기술 분석 결과를 바탕으로 초등 고학년 대상 스토리텔링형 책자*를 발간하여 미래기술의 역할과 변화되는 사회모습을 소개

* 미래기술들이 바꿔놓을 우리의 일상을 직업이라는 측면에서 서술; 1부에서는 10년 후, 2027년을 살아가는 6학년 아이들이 혼합현실 직업체험관에서 보낸 하루를 서술하고, 2부에서는 그로부터 15년 뒤인 2042년에 직장인이 된 후 직업의 모습을 서술



[그림 3-13] 기술확산점 및 미래기술 분석 결과

(3) 정책토론 시사점

- 미래기술이 개발되고 제품·서비스로 구현되기까지는 상상력 발현, 캐즘 극복, 고객수용성 확보, 산업혁신 등 다양한 단계를 거침
 - SF영화처럼 상상력에 기반해서 미래기술/제품/서비스가 창출됨, 따라서 원하는 미래(Prefered Future)를 그리는 작업이 중요함
 - 활용되기까지는 기술적 발전, 사회적 수용성, 비용과 혜택, 이해관계자 설득 등의 문제가 존재
 - 현재 혁신기술들도 초기에는 정책결정자, 고객, 산업계 등에게 거부감이 심했음
- 기업의 기존 플랫폼이나 비즈니스모델로는 미래기술이 제품, 서비스로 구현되기 어려움, 기업에서 보는 미래는 5년 정도로, 먼 미래까지는 상상하지 않음
 - 제조업에서도 새로운 패러다임 전환을 위해서는 벤처, 스타트업 등의 역할이 필요, 대기업은 TV의 경우 현재 2억대 규모로 규모의 경제가 중요해 새로운 시도가 어려움
 - 기술예측 등에서도 단편적 수치보다는 미래기술이 생활에 어떻게 활용될 수 있는지 구체적인 모습을 보여줄 필요

다. 과학기술 글로벌 혁신정책

(1) 미-중 무역전쟁 - 기술 패권과 Global Value Chain⁴⁾

○ 전쟁의 본질 - 무역? 기술 패권!

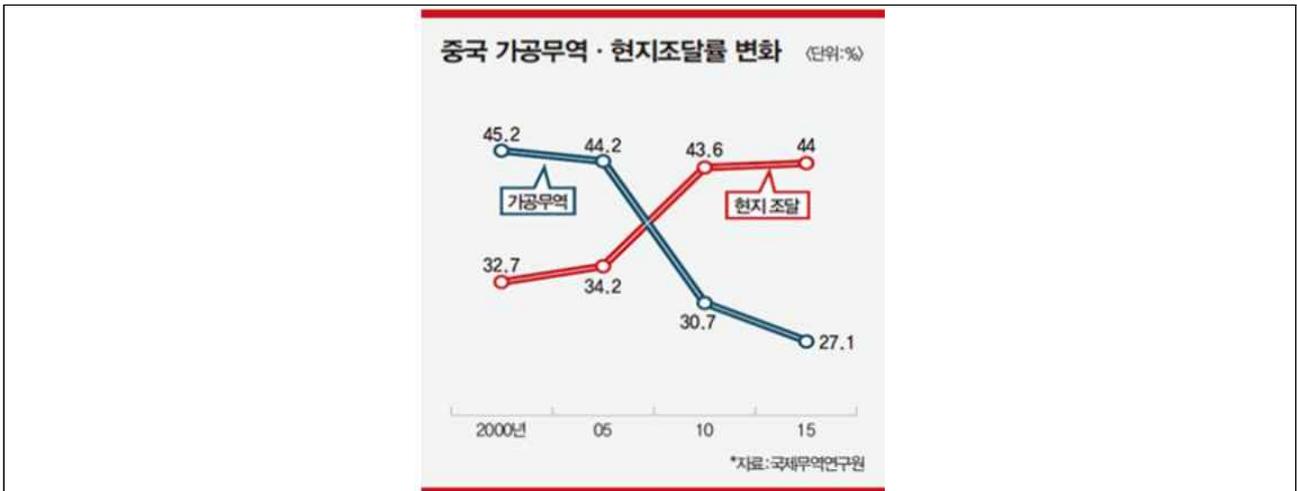
- 미-중 무역전쟁(Technology/Soft Power) vs. 미-소 냉전(군사력/Hard Power)
- 마윈(Jack Ma, Ma Yun) Co-founder & CEO of Alibaba Group
 - * '미국과 중국의 무역전쟁은 20년간 지속될 것이다' (JTBC 뉴스, 2018.12.02)
- 중국제조 2025 : 핵심은 반도체 그리고 5G
- FAANG vs BATJ



[그림 3-14] 미국의 리쇼어링 정책

- America First & 중국몽 모두 자국 중심의 수직적 글로벌 밸류체인(GVC) 추구
- 트럼프(Trump) 미국 대통령의 특명 '중국을 국제 무역 거래에서 몰아내라' (중앙일보)
- 한국 - 통상국가, 즉 글로벌 밸류체인 변화에 민감할 수밖에 없음

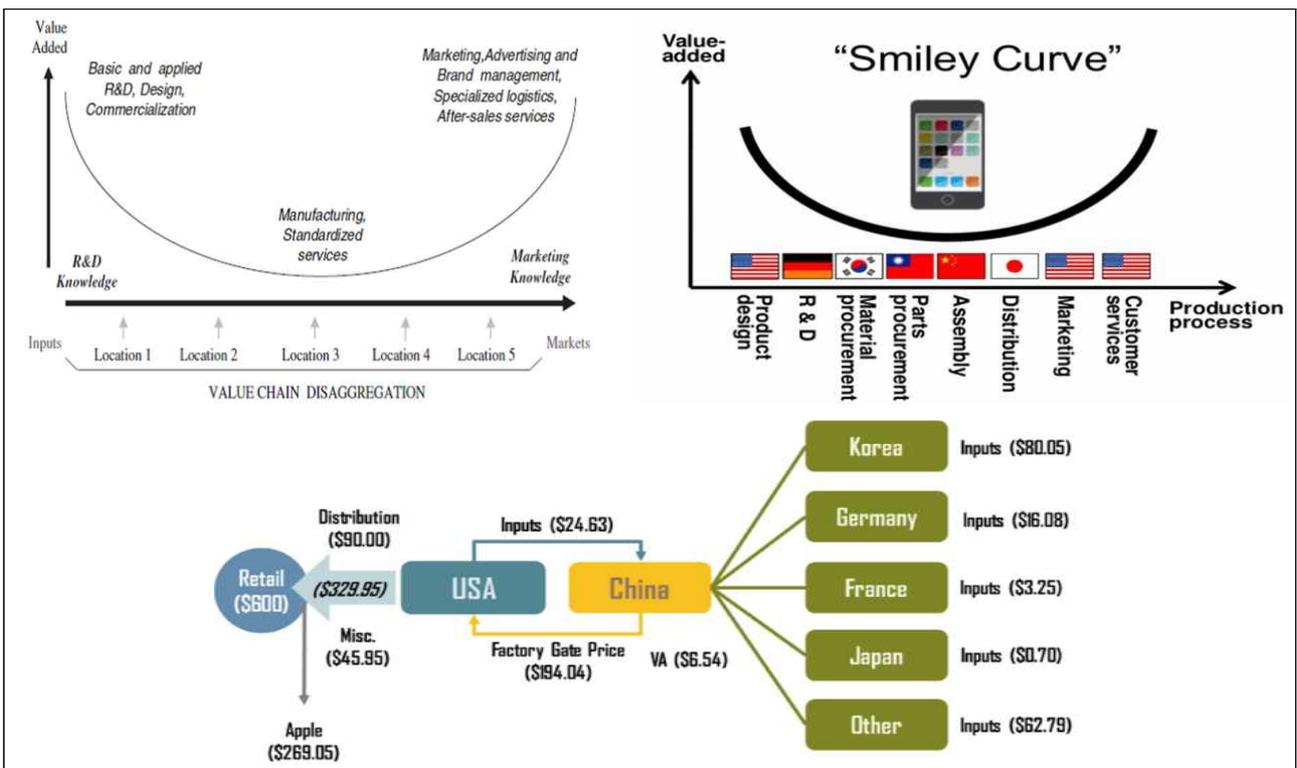
4) 제3회 2019 과학기술정책포럼 STEPI 송치웅 발제자료



[그림 3-15] 중국 가공무역·현지조달률 변화

- 생산부터 판매까지 중국 내에서 모든 것이 이루어지게 하라
- R&D 강화 - 기초연구에서부터 응용연구까지! (기술 굴기)

○ 글로벌 가치사슬



[그림 3-16] 글로벌 가치사슬

- 한국 - 어플리케이션 프로세서, 액정디스플레이, 배터리, 플래시메모리 공급

□ 우리의 대응방안? - 글로벌 혁신전략?

○ 미-중 무역전쟁 - 위기 or 기회?

- 중국과 미국은 우리의 최대 무역대상국
- 고래싸움에 끼어든 새우가 될 것인가?
- 두 마리 고래를 잡는 어부가 될 것인가?
- 기회와 위기의 공존 - 위기의 최소화 & 기회의 최대화 전략

□ 도전과 과제

○ 미국

- 세계 최고의 기술력 & 경제력
- 기술협력? 현지 투자/생산? 공동연구? Visa Quarter?

○ EU

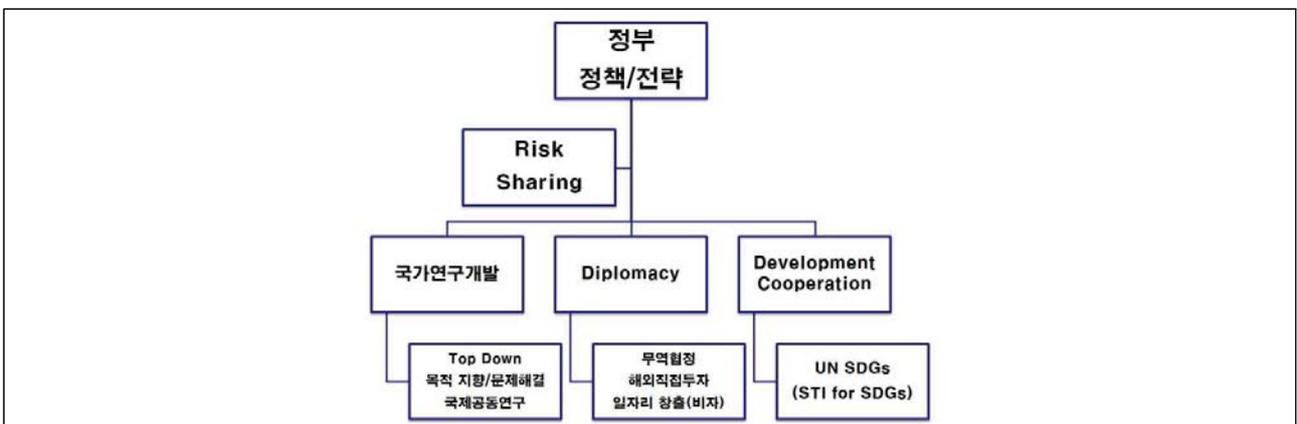
- 세계 최고 수준의 기술력 및 시장
- Japan/EU EPA(Economic Partnership Agreement)
- Horizon 2020 & 2030 참여 방안 (* KONNECT)

○ 중국

- 최대 무역 파트너 그러나 가장 위협적인 경쟁상대
- 홍색 공급망의 미래는? 중국 소비시장 개방과 한국의 기회

○ 북방(러시아 그리고 친구들) & 남방(ASEAN & 인도)

○ 아프리카, 중남미 및 아시아

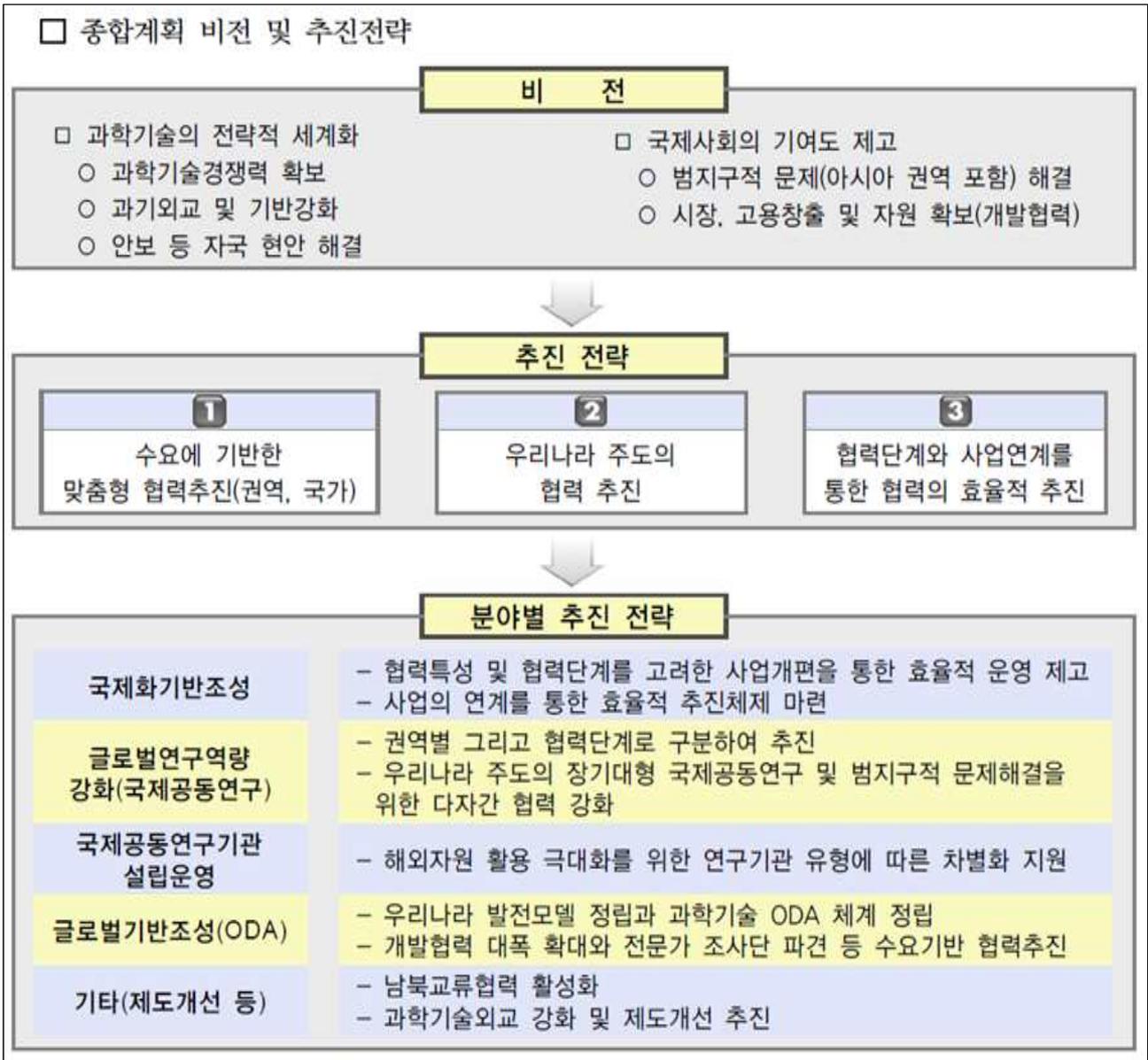


[그림 3-17] 글로벌 과학기술 혁신정책 전략

□ 과학기술 국제화 사업 선진화 방안(2010)

IV. 선진화 추진방향 및 중점추진과제			
목표	글로벌 과학기술경쟁력 확보를 위한 국제협력의 전략적 추진		
중점 추진방향	글로벌 과학기술 인재양성 시스템 확대	국제협력기반 확충 및 글로벌 과학기술 외교 강화	전략적 국제공동연구 추진
추진 전략	전략적 국제공동 연구강화	(1-1) 국제협력 중장기 로드맵 수립 (1-2) 과학기술 국제규범 및 국제표준에 대한 능동적 대응 (1-3) 전략분야·협력단계별 국제공동연구사업의 체계적 추진 (1-4) 기술원천지 연구거점 및 현지 진출형 국제공동연구 확대 (1-5) 국제기구 및 해외 우수 연구기관의 전략적 유치 및 활용 (1-6) 국제협력의 전략적 추진을 위한 지식정보 서비스 체계 구축	
	과학기술 협력 대상별 특화전략 추진	(2-1) Asia Research Platform 구축 (2-2) (선진국) 국별 특성을 반영한 양자간 협력추진 (2-3) (선진국) 글로벌 수준의 다자간 연구개발 프로그램 참여 (2-4) (개도국, 신흥협력국) 협력수요 대응체제 구축 및 호혜적 협력 추진 (2-5) 남북한 과학기술 교류·협력 확충	
	해외 우수 과학기술 인력교류 및 활용 촉진	(3-1) 해외 과학기술 고급인력 유치 활성화 (3-2) 대학 및 공공연구기관의 국제화 지원	
	과학기술과 교육의 연계 강화	(4-1) 초·중·등 교육단계부터의 글로벌 과학기술 인력 양성 (4-2) 국내 이공계 교육자 해외 파견 및 교류 활성화 (4-3) 국제적 인재 발굴·양성을 위한 교육 및 연수프로그램 확대	
	과학기술 국제화 예산 확충과 투자 효율성 제고	(5-1) 국제협력 투자의 전략적 확충 (5-2) 부처별 사업간 연계 강화를 위한 범정부 협의체 구성 (5-3) 국제협력사업 기획·관리·평가 및 성과활용 선진화	
	국제협력 관련 법·제도 정비	(6-1) 국제협력규정 제·개정 추진 (6-2) 국제협력사업 국민 이해도 제고	
	과학기술 외교 활동 강화	(7-1) 주한 교육과학기술 외교관 협력 네트워크 확충 (7-2) 우선협력국 교육과학관 파견 확대 (7-3) 과학기술 국제협력 전문가 양성	

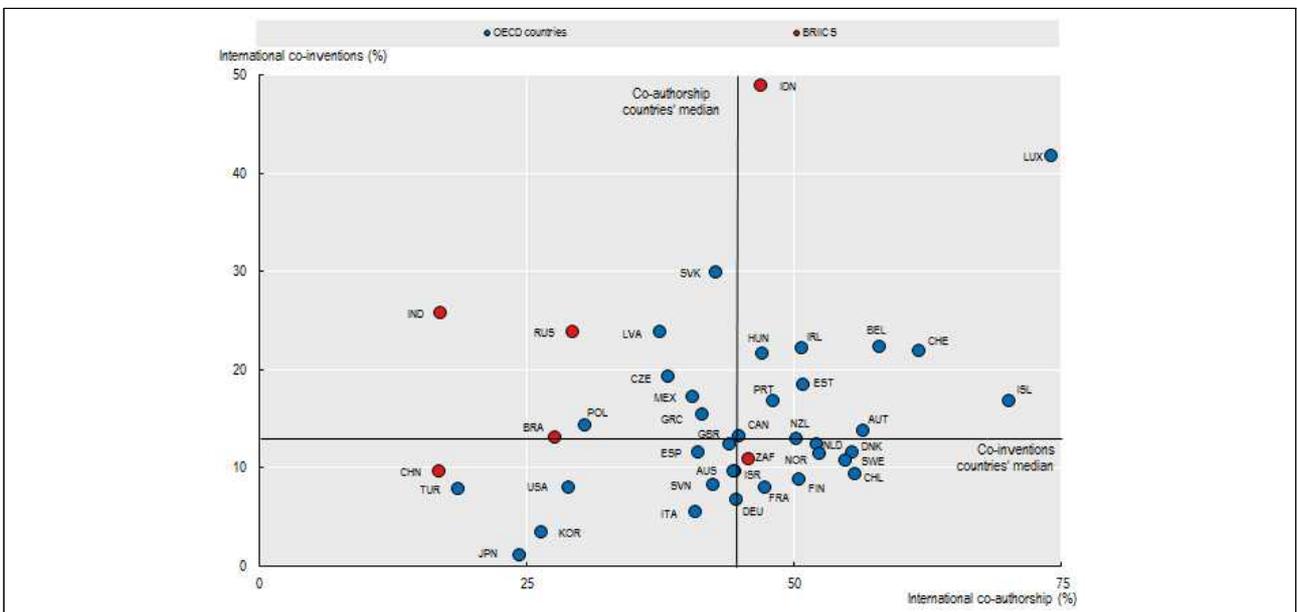
[그림 3-18] 과학기술 국제화 사업 선진화 방안



[그림 3-19] 과학기술 국제협력 마스터플랜(2012)

(2) 글로벌 사회가 바라보는 우리나라 R&D 현황⁵⁾

- GDP 대비 R&D 투자 비율: 이스라엘과 최고 (4.2%, 2015)
 - 기술: ICT 분야 등 일정 기술 개발은 주요 기여국으로 인정 받음
 - 과학: 창의적인 아이디어를 기반으로 한 도전적 연구는 부족
 - S&I 국제협력은 가장 낮은 국가 중 하나로 지속적으로 지적됨 (우리나라 연구자의 국외저자비율: 26.4% 공동발명: 3.4%)
- * OECD Science, Technology and Industry (STI) Scoreboard, 2017



[그림 3-20] 국제 공동저자 및 국제 공동발명 비율

□ 글로벌 우리나라의 과학기술 국제협력 정책 및 한계

- 컨트롤타워 및 협상력: 특정 기술분야의 우위로, 협상의 레버리지를 가지고 있음에도 불구하고, 국내에서 필요로 하는 첨단 과학이나 기술 습득을 위한 협상은 하지 못하는 상황 (예: 우주, 국방 등)
 - 정부: 부서간 파편적인 업무 수행, 전체적인 그림 파악 어려움
- 방향성/우선순위: ODA 등에 매몰, 선진국가 교류협력 고민 부족
- 재원 부족: 정부 재원 투자 지속적 감소 추세 (2012~2016년)
 - *전체 R&D 예산 4.5 % 증가, 국제협력분야 예산 -2.6%, 연구재단, 2018

5) 제2회 2019 과학기술정책포럼 표준연 김형하 발제자료

○ 상위 전략 및 국제협력 전문가 부족

- 과기공동위 유명무실: 장기적·전략적 수요발굴보다는 안건 급조, 행사 치르기
- 국제협력 (정책) 전문가 양성 부족: 부처 및 출연연 등 기관

<표 3-19> 내용별 국제협력 유형

협력내용	기술외교형	협력협정체결, 정상 및 각료급 회담, 실무회담, 국제기구·지역기구 등 다자간 협력체 참여, 국제회의 주관 및 참여
	자원교류형	인력교류, 해외연수 및 파견, 정보교류, 해외연구소 유치, 국제 세미나 개최, 단기기술자문 활용
	거점확보형	해외공동연구센터 설립, 해외사무소 설립, 대형 국제프로젝트 참여, 국제기구 참여
	공동연구형	국제공동연구, 해외위탁연구, 단기실용화 사업, 전략적 제휴
	기반조사형	기술조사단, 인프라 조사 사업, 해외전시회 참관

자료: 홍성범 외.(2000); 미래창조과학부(2015).

<표 3-20> 시기별 과학기술 국제협력 발전과정 요약

구분		주요 내용
1단계 (1960-1970년대)	역량구축을 위한 국제협력	- 과학기술 역량구축에 초점 - KIST, KAIST 등 과학기술 연구기관 및 고급 인력양성을 위한 대학 등을 설립 - 해외 한인 과학기술자 적극 유치 - 과학기술처 설치
2단계 (1970-1980년대)	기술습득을 위한 국제협력	- 기술 습득에 중점 - OEM, 기술훈련, 라이선싱 및 비공식 채널을 통해 선진 기술 습득 - 습득한 기술을 우리의 전략산업에 공급
3단계 (1980-1990년대)	기술추격을 위한 국제협력	- 기술 추격에 중점 - 공공 연구개발투자 확대 및 기업 연구개발활동 촉진 - 외국인직접투자(FDI) 규제 완화, 외국 기술 라이선싱 자유화 및 국제협동연구개발 프로그램 등 해외 선진기술 유입환경 조성
4단계 (2000년대 이후)	국제경쟁을 위한 국제협력	- 세계와의 경쟁을 위한 활동에 집중 - 상호 공동 출자를 통한 중대형 국제공동 연구개발사업 확대 - 기업의 해외 연구개발활동 적극 지원 - 연구개발 시스템의 국제화 및 글로벌 프론티어 연구개발사업 등 과학기술 국제협력 전개 - 과학기술 ODA 확대

자료: 홍형득 외.(2018); 한국연구재단.

□ 국제협력 모델 선진화: 동등한 과기협력 파트너

○ 국제협력 모델의 현대화: 국민 및 국가 이익을 위한 과기국제협력

○ 전략에 따라 선제적 의제 발굴 및 협상 필요

- 상대국 요청에만 맞추는 형식 탈피
- 기술격차보고서를 기반으로 타겟국 및 타겟 기술 발굴, 전략 수립 등

- 국제협력 정부 재원 점검 및 사업 체계화 및 전략적 투자
- 국제협력 파트너의 다변화
 - * European Research Council Lab과의 인력교류 등
- 기관 교류 창구 정리 필요
- 국제협력 롤모델 발굴: 우수기관, 우수사례 등 벤치마킹
 - * 외유성 국외출장, 화려한 행사 지양
- 비전문가/ 최초 국제협력 지원 필요성에 대한 고민

(3) 정책토론 시시점

- 과학기술 글로벌 협력전략의 방향성이 인바운드에서 아웃바운드로 전환할 필요
 - 과거 WCU, WCI 등 인바운드 정책이 지속 실패하였음, 정주여건개선 등이 진행되어도 해외 우수 연구자를 유치하기는 어려움
 - 그보다는 우리연구자가 해외로 나가 협력하는 아웃바운드정책을 중점적으로 추진할 필요
 - 우리가 아시아 주요국 협력에 허브로 작용할 수 있도록 할 필요
- 우리 주요기업들은 이미 글로벌화가 다 진행되었고, 다양한 협력(EU프로그램참여, 해외연구소설립, 해외연구자지원 등)을 수행하고 있으므로, 연구개발 국제협력에 참여시킬 필요
 - 한국 IT기업의 베트남 인력 활용이 확대되는 추세로, 향후 해외인력을 활용해야 연구·신산업 인력 확보가 가능해질 것
 - 우리나라는 인터넷 강국이나 중국에 비해 시장으로의 매력은 크지 않은 상황
 - 기업이 참여하는 국제협력의 경우 대상국의 주요주체가 모두 참여
- 연구개발 국제협력을 위한 글로벌 매니지먼트 기능 확대 필요
 - 아웃바운드의 경우 도덕적 해이가 발생할 가능성이 있어 매니지먼트 기능 확대가 필요

2. 국정과제 대응을 위한 주요 의제

가. 지역 R&D 혁신⁶⁾

(1) 지역R&D 현황

□ 지역R&D 개념 및 범위

- (협의) 국가균형발전정책의 효율적 추진을 위해 각 중앙부처가 균특회계* 재원으로 추진하는 R&D사업 (이하 '균특 R&D사업')
 - * 근거법령 : 「국가균형발전특별법」 제30조
- (협의+a) 균특 R&D사업 + 「국가균형발전 5개년계획(18~22년)」의 R&D사업*(국가재원(非균특회계) + 지자체재원)
 - * (한계) 지역사업으로서의 적격성에 대한 객관적 기준·검토 없이 (부처 및 지자체의 수요를 최대한 수용하는 방향으로) 대상 사업 결정
- (광의) ①(목적)균형발전, 지역혁신체계(RIS) 구축의 정책목표 달성을 위해, ②(사업)지역산업 육성, 지역 기업 혁신성장, 지역과학기술 진흥 등의 사업을 통해, ③(주체)지자체가 개입·참여(Bottom-up 기획)하고 지역기업·대학·연구소·지원기관이 사업·과제를 수행하여, ④(효과 국지성)해당 지역 중심으로 사업 효과가 실현되는 R&D사업
 - * (한계) 주관적 판단에 크게 의존할 수밖에 없어 지역R&D사업과 국가R&D사업의 명확한 경계 구분(즉, 지역 R&D 사업의 특정화) 곤란

⇒ “균특회계 R&D사업 = 지역R&D”의 개념 정립을 위해서는 균특회계 사업의 신규편입 시, 지역사업의 기본요건 충족 여부를 사전 검토하는 “(가칭)지역성(영향)평가” 제도의 도입 필요 (※균형위 검토중)

□ 지역R&D사업 추진현황 (※협의 기준)

- '19년 지역R&D사업은 과기부(9개, 1,478억원), 산업부(8개, 4,129억원), 중기부(6개, 1,653억원), 교육부(4개, 6,839억원) 등 총 1조 4,343억원 규모
 - * 국토부(1개, 63억원), 농진청(1개, 181억원)을 포함하여 총 29개 사업을 추진 중
- 과기부는 지역과학기술 진흥, 산업부는 지역산업 육성, 중기부는 지역기업 성장지원 및 창업생태계 조성 등 부처별로 고유한 균형발전 시책을 추진하기 위해 각종 지역R&D사업을 추진 중

6) 제4회 2019 과학기술정책포럼, 산업연 정종석 발제자료

<표 3-21> 부처별 지역R&D사업 추진현황('19년)

(단위 : 백만원)

부처	세부사업명	'19년예산	
과기부	연구개발특구육성★	73,377	
	지역연구개발혁신지원	9,864	
	산학협력 활성화 지원【일몰】	19,289	
	지역균형발전SW·ICT융합기술개발★	2,700	
	ICT융합Industry 4.0s(조선해양)	16,575	
	한국전기연구원 광주전력변환연구시험센터지원	3,612	
	중입자가속기구축지원	20,000	
	5G시험망기반테스트베드구축	400	
	해외통신 사업자 인증랩 구축	1,940	
산업부	소재부품산업거점기관지원【일몰】	('20년부터 스마트특성화기반구축(예타면제))	16,826
	시스템산업거점기관지원【일몰】		108,611
	창의산업거점기관지원【일몰】		40,292
	광역협력권산업육성★	71,089	
	권역별신산업육성사업	29,273	
	산업집적지경쟁력강화【일몰】	62,294	
	산학융합지구조성사업	21,000	
	지역혁신클러스터육성★	63,499	
중기부	산학연CollaboR&D	12,839	
	산학협력기술개발【일몰】	42,614	
	국가융복합단지 연계 지역기업 상용화 R&D 지원사업	12,300	
	지역기업 개방형 혁신바우처	21,000	
	지역기업 혁신성장 지원	30,000	
	지역특화산업육성★ ('20년부터 지역특화산업육성+(예타면제))	46,497	
교육부	산학협력 고도화 지원	292,515	
	사회맞춤형 산학협력선도전문대학 지원	93,787	
	전문대학 혁신 지원	290,786	
	학교기업지원사업	6,814	
국토부	국토교통기술지역특성화	6,345	
농진청	지역농업연구기반및전략작목육성	18,142	

★ 연계 非R&D사업(6개, 2,268억원) : 연구개발특구운영및인프라지원(256억원), 지역SW산업진흥지원(119억원), 광역협력권 산업육성(367억원), 지역혁신클러스터육성(89억원), 지역특화산업육성(834억원), 창업인프라지원(603억원)

(2) 지역R&D 문제점

1. 지역R&D의 개념·기준 부재 & (국가R&D 대비 사업목적·내용 측면의) 차별성 부족 → 지역R&D의 체계성·전략성 미흡

□ (현황) 균특회계 재원의 “R&D”사업이나, 사업목적·내용 기준으로 “지역”사업으로서의 기본 요건을 충족하지 못하는 사업이 일부 존재

○ 【지역사업 기본요건 미충족】 (과기부) 산학연협력활성화지원(공공기술사업화지원), 과학기술기반구축지원(출연연 지역분원의 연구장비 구축), (산업부) 권역별신산업육성(자율주행차, 수소연료전지차), (중기부) 산학연Collabo기술개발(지역적 고려 없음) 등

○ 【지역사업 기본요건 충족】 R&D과제의 성과목표·지원내용 기준으로는 (지역 소재 혁신주체로 지원 대상을 한정하고 있다는 점 외에는) 국가R&D사업* 대비 차별성 미흡

* (과기부·산업부·중기부의 국가R&D사업(비지역R&D사업) 中) 중소기업 성장지원R&D, 기술사업화지원R&D, 연구장비지원R&D 등

<표 3-22> 부처별 지역R&D사업의 지역성(지역사업 기본요건 충족 여부)

과기부	산업부	중기부
<ul style="list-style-type: none"> 연구개발특구(R&D, 운영및인프라지원) <ul style="list-style-type: none"> - 강소특구 지역연구개발혁신지원(연지단육성) <ul style="list-style-type: none"> - 지역수요맞춤형R&D지원(지역혁신역량강화 지원사업) 	<ul style="list-style-type: none"> 광역협력권산업육성(R&D, 비R&D) 지역혁신클러스터(R&D, 비R&D) <ul style="list-style-type: none"> - 국가혁신클러스터, 공공기관연계지역산업육성 지역산업육성 기반구축 <ul style="list-style-type: none"> - 창의/소재부품/시스템거점기관지원(일몰) → ('20년)스마트특성화기반구축(예타면제) 산학융합지구조성(계속) 산업집적지경쟁력강화('21년 일몰) 	<ul style="list-style-type: none"> 지역특화산업육성(R&D, 비R&D) <ul style="list-style-type: none"> - '20년부터 지역특화산업육성+(예타면제) 국가융복합단지연계지역기업상용화 R&D(a) 지역기업 개방형 혁신바우처(b) 지역기업 혁신성장 지원(c) <ul style="list-style-type: none"> * (a+b+c) 예산유지 목적의 임시성 사업 규제자유특구('19년부터, 4월말 선정예정)
<ul style="list-style-type: none"> 산학연협력 활성화 지원 과학기술기반구축지원 <ul style="list-style-type: none"> - 출연(연) 장비구축으로 대부분 종료단계 	<ul style="list-style-type: none"> 권역별신산업육성 	<ul style="list-style-type: none"> 산학연 Collabo기술개발 창업인프라지원(지식산업센터 포함)

* (점선 아래 사업) 지역사업으로서의 기본요건 미충족 → 사실상 국가사업 영역에 해당

□ (문제점) 지역성 부재 지역R&D사업의 경우, 지역사업 평가(균형위)에서 매년 지역성 관련한 지적·개선권고에도 불구하고 사업 자체의 태생적 한계 등으로 인해 지역사업으로서의 기본요건을 계속 未충족

* (참고) 지역사업 기본요건 - ①사업의 목적(지역간 형평성 증진, 지역별 특화발전 등), ②사업 대상의 지역구분, ③지역간 지원대상 차별화, ④지역간 지원기준 차별화, ⑤사업효과 지역성 중에서 최소 1개 이상 요건의 충족 필요

2. 지역R&D의 부처별 칸막이 지원체계 → (지역의 총괄기능 전담기관 부재 →) 지역의 집행기관별 개별 추진 → 유사·중복 및 성과미흡 초래

□ (현황) 지역산업정책(산업부), 지역중소기업정책(중기부), 혁신(과학기술)정책(과기부), 공간(거점)정책(산업부·중기부·과기부) 등이 각기 개별 추진되고 있을 뿐, 지역 단위에서의 부처·정책간 연계·통합적 추진체계 부재

○ 산업부(협력산업R&D, 장비시설, 투자, 산업단지), 중기부(주력산업R&D, 산학연협력R&D, TP·창조경제 혁신센터, 창업), 과기부(연구개발특구, 연지단) 등 관련 부처간 분절적 사업구조가 기존보다 더 심화
 * 특히, 공간(거점)정책 관련하여 산업부는 지역혁신클러스터(혁신도시 중심), 중기부는 규제자유특구, 과기부는 연구개발특구(강소특구 포함)를 각기 개별적으로 추진(※지역기업·혁신기관 집적지 중심의 특구 지정으로 공간적 중첩 불가피)

○ 지역R&D 집행기능을 수행하는 기관*이 다수 설립·운영되고 있으나, 이들 기관에 대한 총괄기능(정책 기획, 사업관리조정, 평가 등)은 TP정책기획단, 연구개발지원단, 지역사업평가단 등에 분산되어 있는 상황

* 産(지역기업), 學(지역대학), 硏(RIS기관 - TP, 지역특화센터, 지자체연구소, 연구개발특구본부, 지방과학기술진흥센터 등, NIS기관 - 출연연 지역분원, 전문연 등)

<표 3-23> 부처별·기능별 지역혁신 추진체계

구분		산업부	중기부	과기부	지자체
중앙	전담관리 기관	산업기술진흥원(KIAT)	중소기업기술정보진흥원 (TIPA)	연구재단(NRF) 과학기술기획평가원	-
지역	기획기관	- (TP 정책기획단 위주)	TP 정책기획단	연구개발지원단*	경제산업진흥원, 시도발전연구원
	집행기관	지역특화센터(TP 소속, 전문연/출연(연) 소속, 독립재단), 창조경제혁신센터, 창업보육센터 시도별 산업진흥원, 출연(연) 지역분원, 지자체연구소, 지역대학 등			
	평가기관	지역사업평가단(소관 산업부)		연구개발지원단*	지역사업평가단 또는 연구개발지원단

* 연구개발지원단의 기획 대상은 과기부 지역혁신사업보다는 지자체 차원의 R&D사업(예: 신규예타사업 제안용)임

□ (문제점) 사업별/기관별 분절적 추진, 그에 따라 (대규모 자금 투입에도) 사업성과 및 기관역량 축적 부족 → 지역R&D의 투자생산성 미흡

○ 지역R&D 관련 컨트롤타워 부재로 인해 지역별 R&D혁신역량 파악이 어렵고, 지역 차원에서 유사·중복 사업을 조정할 주체 또한 불분명

3. 지역별 타깃산업의 특화성·전략성 미흡 → 타깃산업별 투입재원의 분산 및 소액화 → 지역R&D 성과 (특히, 지역일자리) 미흡

□ (현황) '19년 기준, 산업부는 광역협력권산업(17개), 중기부는 주력산업(63개)·연고산업 등 지역별로 최대 8개 타깃산업을 육성 중

- 지자체 주도로 (광역협력권산업) 지리적 근접성보다는 산업생태계, 가치사슬 중심으로 시·도간 협력이 효과적인 산업, (주력산업) 시·도 단위에서 육성하여 지역 내 부가가치·고용창출과 지역경제 활성화에 크게 기여할 수 있는 산업을 선정

<표 3-24> 시·도별 주력산업 및 광역협력권산업 현황('19년 기준)

지역	주력산업('15~'19년)					광역협력권산업('18~'20년)			
충청	대전 (8)	무선통신 융합	메디 바이오	로봇 자동화	지식재산 서비스	금속 가공	바이오헬스 (강원)	에너지신산업 (강원)	
	충북 (8)	반도체	바이오 의약	전기전자 부품	태양광	동력기반 기계부품	에너지신산업 (제주)	프리미엄소비재 (제주·충남·전북)	
	충남 (8)	자동차 부품	인쇄전자 부품	동물식 의약	디지털 영상콘텐츠	디스플레이	바이오헬스 (세종)	첨단신소재 (세종·경남)	프리미엄소비재 (제주·충북·전북)
	세종 (3)	자동차 부품	바이오 소재				바이오헬스 (충남)	전기·자율차 (경남·충남)	첨단신소재 (경남·충남)
호남	광주 (8)	스마트 가전	생체의료용 소재부품	복합금형	디자인	조정밀 공작기계	에너지신산업 (전북)	전기·자율차 (울산·경북)	
	전북 (8)	기계부품	건강기능 식품	해양설비 기자재	경량소재 성형	복합소재 섬유	에너지신산업 (광주)	전기·자율차 (광주·부산)	프리미엄소비재 (제주·충북·충남)
	전남 (7)	금속소재·가공	석유화학기반 고분자소재	바이오 식품	에너지 설비		스마트·친환경 선박(부산)	첨단신소재 (경남)	
동남	부산 (8)	지능형 기계부품	조정밀 융합부품	금형 열처리	바이오 헬스	디지털 콘텐츠	스마트·친환경 선박(전남)	전기·자율차 (광주·전북)	
	울산 (8)	자동차	정밀화학	조선 기자재	에너지 부품	환경	스마트·친환경 선박(경남)	전기·자율차 (경북·세종)	첨단신소재 (대구·경북)
	경남 (8)	지능형 생산기계	기계소재 부품	항공	풍력부품	항노화 바이오	스마트·친환경 선박(울산)	첨단신소재 (세종·충남)	
대경	대구 (8)	정밀성형	스마트 분산형에너지	소재기반 바이오헬스	의료기기	스마트 지식서비스	전기·자율차 (경북)	첨단신소재 (울산·경북)	
	경북 (8)	모바일	디지털 기기부품	에너지 부품	성형가공	기능성 바이오소재	전기·자율차 (대구)	전기·자율차 (울산·세종)	첨단신소재 (대구·울산)
강원	강원 (6)	웰니스 식품	구조용 신소재	스포츠 지식서비스			바이오헬스 (대전)	에너지신산업 (대전)	
제주	제주 (6)	물응용	관광디지털 콘텐츠	웰니스 식품	풍력·전기차 서비스		에너지신산업 (충북)	프리미엄소비재 (충북·충남·전북)	

□ (최근 개편내용) 후속사업 추진을 위해 산업부 광역협력권산업은 1개, 중기부 시도주력산업은 4개 이내로 조정 함으로써 '21년 이후에는지역별로 최대 5개 타깃산업이 육성될 예정

- (광역협력권산업, '21~'25년) 산업부의 신산업 관련 중점 추진분야와 연관성이 확보되도록 5대 신산업*을 지역자율로 선정
 - * (수송기기, 바이오헬스, 스마트전자, 스마트제조, 에너지신산업 등 신산업별로 2개 이상 시도를 주관시도로 선정 (※주관시도와 참여시도 간 사전 지정 없이 타 시도 기업의 참여를 허용하고, 주관시도간 협력 과제를 구성하여 협력산업벨트 구성)
- (시도주력산업, '20~'25년) 융복합(제품+ICT, 제품+서비스) 중심 주력산업(63개 → 48개*)으로 구조조정 (※추가 구조조정 검토중)
 - * (제조+CT(7개→24개), 제조+서비스(7개→11개) 등 융복합 산업 확대)

<표 3-25> 시도별 후속 주력산업 및 광역협력권산업 개편내용

지역	주력산업('20~'25년)					광역협력권산업('21~'25년)
충청	대전 (4)	바이오 기능성소재	로봇 지능화	무선통신 융합		스마트의료기기(재활 의료서비스/기기) (대전·세종·충남)
	충북 (4)	바이오 헬스	스마트 IT부품	수송기계 소재부품		바이오치료제(진단·치료제) (강원·충북·제주)
	충남 (4)	바이오 식품	친환경 자동차부품	차세대 디스플레이		스마트의료기기(실버케어/의료식품) (대전·세종·충남)
	세종 (3)	정밀의료	첨단수송 기기부품			스마트의료기기(바이오소재/건강관리서비스) (대전·세종·충남)
호남	광주 (5)	디지털 생체의료	스마트 가전	광융합	복합금형	에너지(지능형 전력부품·시스템) (광주·전남)
	전북 (5)	농생명 소재식품	지능형 기계부품	해양설비 기자재	탄소· 복합소재	전기·자율차(안전부품) (대구·전북·경북)
	전남 (5)	바이오헬스 케어소재	첨단운송 기기부품	에너지 신산업	청색· 청정환경	에너지(융·복합소재) (광주·전남)
동남	부산 (5)	바이오 메디컬	지능형 기계부품	지능정보 서비스	클린 에너지	조선해양플랜트(가스&전기하이브리드시스템) (부산·울산·경남)
	울산 (5)	친환경 자동차부품	조선해양	첨단화학 신소재	친환경 에너지	조선해양플랜트(스마트선박) (부산·울산·경남)
	경남 (5)	항노화 바이오	지능형 기계	나노 융합부품	항공	조선해양플랜트(LNG기반) (부산·울산·경남)
대경	대구 (4)	의료 헬스케어	첨단 소재부품	분산형 에너지		전기·자율차(전장부품) (대구·전북·경북)
	경북 (5)	바이오 뷰티	기능성 섬유	지능형 디지털기기	하이테크 성형가공	전기·자율차(융합부품) (대구·전북·경북)
강원	강원 (4)	웰니스 식품	세라믹 복합신소재	레저휴양 지식서비스		바이오치료제(의약소재/진단기기) (강원·충북·제주)
제주	제주 (4)	청정 헬스푸드	지능형 관광콘텐츠	스마트 그리드		바이오치료제(코스메틱/AI서비스) (강원·충북·제주)

- (문제점) 지역혁신클러스터육성(1개) 및 스마트특성화기반구축(3~4개), 규제자유특구(1~2개) 등에서도 지역별 타깃산업을 별도 선정함에 따라 타깃산업 구조조정 효과 저감
 - 한편, 지역별 타깃산업을 미래 신산업* 위주로 선정 → 지역일자리 창출 및 지역경제 활성화 효과의 단기간에 실현 곤란
 - * 국가적으로도 단기간에 경제적 성과를 실현하기 어려운 산업(전기·자율차, 스마트선박, 스마트의료기기, 바이오 유전자치료제, 에너지신산업 등)
- 4. RIS기능 수행 NIS기관의 급속 증가 → 지역혁신기관 간 역할·기능의 중복 심화 → 지역혁신기관의 운영기반 약화 및 전문성 부족
 - (현황) 테크노파크(TP), 지역특화센터, 지자체연구소, 연구개발특구본부 등 다수의 RIS기관이 설치되어 있는 상황에서 출연(연)·전문연 지역분원 등 RIS기능을 수행하는 NIS기관이 크게 증가
 - 일부 NIS기관은 신규 설립 시 부지매입·건축 비용을 지자체에서 부담하였음에도 지역에서 필요로 하는 역할과 지원기능 미약
 - 일부 기관유형별로 신규 기관의 설립 제한, 성과관리 등이 시행되고 있으나*, RIS·NIS기관 전체를 대상으로 하는 통합적 관리체계, 지역사업의 특성을 고려한 지자체 차원의 성과관리체계 등이 부재한 상황
 - * '15년 출연(연) 지역분원의 신규 설립을 억제하기 위한 지침이 마련되었고, 지역분원 대상의 기관평가를 통해 미흡 기관의 통합운영 및 기능 재정립을 유도 중
 - * 테크노파크·지역특화센터는 기관 단위의 성과관리를 시행 중이나, 양적 성과(단순 실적건수) 위주로 관리하는 수준
 - (문제점) '11년 이후 기반구축사업(일반회계·균특회계)의 양적 확대 → 기반구축을 통해 기관별 '자기완결형 사업체계' 구축 → 기관 사업영역의 지속 확대 → 기관간 역할·기능 중복 확대로 이어지는 악순환 심화
 - NIS 목적(국가 차원의 신성장동력 발굴을 통한 미래시장 선점)과 RIS 목적(지역주력산업의 고부가가치화)의 기반구축사업 간 경계가 모호해지면서 기반구축 확대를 위한 NIS·RIS기관간 경쟁 심화
 - * NIS기관의 구축 장비는 대부분 연구용 장비 위주의 구축, 지역기업 수요와의 괴리 등으로 장비 활용도가 크게 미흡
 - 지역의 기반구축사업이 지역의 타깃산업(주력·협력산업)에 기반한 산업·과학기술 현장 중심의 종합적 검토 없이, (외형적 측면에서) 지역혁신지원기관들의 R&D기반 확충을 위한 민원성 사업으로 일부 추진
 - 기관간 연계·협력 활성화를 위한 각종 지원프로그램의 시행에도 불구하고, 기관간 기능조정에 따른 차별화가 전제되지 않아 형식적인 네트워크 구축(예: 산학연클러스터협의체 등)에 머물 뿐, 실효적 성과 미흡

(3) 지역R&D 혁신방향

1. 지역R&D의 기준 명확화 및 정체성 강화

- **【지역R&D 기준】** 국가균형발전정책(국가균형발전 5개년계획 등)의 추진을 위해 ①(목적) 균특회계 재원으로 ②(재원특성) 중앙부처가 지원하고 지자체가 주도적으로 기획·관리하는 ③(추진주체) R&D사업
- **【지역R&D사업의 정체성 강화】** ①지역성 강화(지역사업 기본요건 충족), ②국가R&D 대비 차별성 확대 등을 추진
 - (지역R&D사업의 지역성 강화) 균특회계 사업의 신규편성 시, 지역사업 기본요건*의 충족 여부를 사전 확인·점검하기 위한 “(가칭)지역성(영향)평가” 실시
 - * (지역사업 기본요건) ①사업의 목적(지역간 형평성 증진, 지역별 효율성 증진), ②사업 대상의 지역구분, ③지역 간 지원대상 차별화, ④지역간 지원기준 차별화, ⑤정책효과 지역성 등의 요건 중 → 최소 1개 이상의 요건을 구비한 사업
 - (국가R&D 대비 차별성 확대) 사업목적, 사업효과, 사업내용 모두 “지역”사업으로서의 요건 내지 특성을 명확하게 설정하여 추진
 - * (사업목적·목표 측면) ①사업 추진을 통해 해결하려는 문제·이슈의 균형발전 연관성, ②사업 성과목표·지표의 균형발전정책과의 부합성 등
 - * (사업효과 측면) ①균형발전 기여(영향), ②지역사회적 가치 창출 여부 등
 - * (사업내용 측면) 균형발전정책 목적(지역과학기술 진흥, 지역기업 혁신성장지원, 지역산업 육성 → 지역경제 활성화)과 긴밀히 연계되는 지원내용(예: 지역별 타깃산업 육성, 지역별 혁신주체의 역량 강화 등)을 사업화 성과(고용, 매출) 창출 중심으로 추진
- **【지역R&D사업의 추진방식 개편】** R&D사업화 성과를 획기적으로 제고할 수 있도록 지원방식 다양화 추진
 - (R&D과제) (非R&D사업과 연계하여) 시장수요형 신기술에 대한 개발타당성 분석, 시장성·사업성 조사 분석, 사업전략 수립, 리스크관리계획 등 사전기획(pre-R&D)에 대한 지원 확대
 - * ‘수요자 니즈 반영 → 디자인·기능 도출 → 필요기술 개발’의 Pull형 R&D과제 도출을 위한 기획, 사업화분야 R&D과제로서 시장성·사업성 조사·분석 및 사업화 기획 등에 필요한 자원, 정보, 방법론 등을 종합 지원
 - * 기술성 위주로 구성되어 있는 R&D과제 선정 평가항목에 경제적 성과, 비기술적 요인 관련 평가항목 및 배점을 대폭 확대
 - (非R&D과제) 시도별 지역기업 및 혁신주체 대상의 수요조사를 정기적으로 실시하고, 이에 근거한 체계적인 과제기획을 통해 수요자 관점의 종합지원체계 구축
 - * 지역기업의 성장단계, 기술역량수준 등을 고려한 맞춤형 지원서비스를 강화하고, 산업생태계 조성 차원의 패키지 지원을 확대
 - * ‘사업공고 → 사업계획서 평가 → 지원’ 등의 형태로 획일화되어 있는 공급자 중심의 지원프로세스를 지원효과 창출 중심으로 개편
- **【지역R&D 핵심기술 확보전략】** 타깃산업 유형별 성장가능성 및 관련 기술의 혁신성을 고려, 타깃산업별 핵심 기술 확보전략의 차별화

- (주력산업) 차세대 성장동력 확보를 위한 전략품목 및 핵심기술 위주로 지원하되, 핵심기술 유형(로열티 창출형, 신기술탐색형, 비용절감형)별로 차별화 지원 강화
 - * (로열티창출형) 선행특허가 없는 혁신도전적 기술로 원천특허 확보를 통한 기술매출이 가능한 기술 ⇒ 선도분야 최고 연구자의 선정 또는 지역간 협력R&D로 추진
 - * (신기술탐색형) 국내 최초로 도전하는 기술에 대한 성공 가능성 확인을 위해 선행 연구를 필요로 하는 기술 ⇒ 산학연협력R&D(소액 단기형)로 추진
 - * (비용절감형) 주력제품 개발에 필요한 핵심기술로, 로열티를 지불하고 확보할 수 있는 기술 ⇒ 기술개발과정에 해당 기술을 최종 사용하는 수요기업의 참여 의무화
- (미래신산업) 신시장 창출의 신속 추진을 위해 'R&D+인력+기반(실증)' 패키지형 지원을 통한 융합기술·혁신기술 확보

<표 3-26> 타깃산업 유형별 핵심기술 확보전략(예시)

구분	특징	타깃산업(예시)	핵심기술의 역할
주력 산업	글로벌 Top	반도체, 디스플레이 등	기술적 초격차·경쟁우위 유지
	성장정체	조선해양플랜트, 기계 등	고부가가치화를 위한 핵심기술 확보
미래 신산업	주력산업기반융합	전기차, 드론, 헬스케어 등	제조업 역량 기반 융합기술 확보
	혁신기술	자율차, 서비스로봇 등	신시장을 창출할 파괴적 기술 확보

2. 통합적 추진체계 구축 → 지자체 주도성·자율성 강화

- **【지역 주도의 통합계획 수립 → 통합협약 체결 → 통합 추진】** 부처별·사업별 칸막이 구조로 진행되고 있는 지역 R&D사업을 수요자인 지역 주도로 기획·추진할 수 있도록 각 지역이 통합계획을 수립토록 하고, 이를 토대로 통합협약* 체결하여 사업 추진
 - * "지역 주도의 통합협약"은 균특법(제20조)에 명시된 「지역발전투자협약」를 지역R&D 분야에 적용하여 추진
- (**【중앙】** 통합계획 수립대상 지역R&D사업 선정) 지역R&D사업 중 각 지역이 통합계획을 수립할 대상 사업을 전년도 예산신청 시(5월말)*, 균형위 심의·의결을 통해 확정
 - * 지역별 타깃산업, 지원대상 기업군, 공간범위(클러스터) 등이 일부 중첩되는 사업을 우선적으로 연계하고, 향후 중장기적으로 각 부처의 전체 지역R&D사업으로 확대

<표 3-27> 지역별 통합계획 수립 대상사업(예시, '20년 기준)

산업부	중기부	과기부	교육부/국토부
<ul style="list-style-type: none"> • 지역혁신클러스터육성 • 광역협력관산업육성 • 지역거점기관지원 • 스마트특성화기반구축 ('20년신규) • 산업집적지경쟁력강화 • 산학융합지구조성사업 	<ul style="list-style-type: none"> • 지역특화산업육성+('20년신규) • 규제자유특구육성('19년신규) • 지역기업혁신성장지원 • 국가융복합단지연계지역 기업상용화R&D지원 • 지역기업개방형혁신바우처 • 창업인프라지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 연구개발특구육성(강소특구) • 지역연구개발혁신지원 (연지단+지역수요맞춤형R&D) • 지역SW산업진흥지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 산학협력고도화지원 • 사회맞춤형 산학협력선도 전문대학 지원 • 학교기업지원사업
			<ul style="list-style-type: none"> • 국토교통기술지역특성 (R&D)

- (**【중앙】 통합계획 수립지침 제시**) 지자체가 각종 지역사업 內 지원프로그램을 자율적으로 통합 기획·연계할 수 있는 「범부처 지역R&D사업 통합계획 수립지침*」을 마련하여 지자체에 제시
 - * (내용적 범위) 대상사업의 범위, 예산지원방식, 통합계획 기획추진체계의 구성·운영방식, 중앙·지역의 역할분담 체계, 사업기간, 예산규모(안), 세부지침 등
- (**【지역】 지역별 통합계획 수립**) 지자체 책임 하에 여건·특성에 맞게 지역R&D 성과목표를 실현하기 위한 상향식(Bottom-up) 통합계획* 수립
 - * 통합계획은 ①총괄사업계획(총괄추진계획, 개별사업간 연계추진계획, 자체평가·환류계획, 사업여건개선계획 등)과 ②개별사업계획으로 구분하여 작성
 - * 지자체는 지역R&D사업 관련 수요조사, 지원프로그램 세부기획, 지원과제의 선정·관리 등을 주도적으로 시행 → 이에 근거하여 사업 및 지원프로그램의 예산배분안을 지역 자율로 결정
- (**【중앙】 통합계획 조정**) 균형위와 각 부처가 협력하여 지역의 기획단계에서 통합계획안의 타당성·적정성에 대한 검토, 컨설팅 및 조정 실시
 - * (균형위-부처 협력) ①지역산업 및 혁신여건 관련 통계자료 제공, ②자문단(관련 부처, 전문가 등)을 통해 지역별 통합계획의 완성도 제고를 위한 컨설팅 실시
- (**【중앙-지역】 중앙 통합공고 → 중앙-지역간 협약체결 → 지역별 통합 추진**) 해당 부처 및 지자체 장이 공동으로 통합계획 협약을 체결하고, 각 부처는 협약에 따라 지역이 주도하여 수립한 계획을 적극 지원
- (**【중앙】 종합성과 평가**) 사업 집행후, 균형위·부처 협력으로 각 지자체가 수립한 계획에 대한 실적 및 성과를 평가, 차년도 협약시 피드백
 - * 국가균형발전5개년계획('18~'22년)의 추진전략에 따라, 균형발전총괄지표(개발 중) 및 종합성과 평가결과에 근거한 지역별 예산 차등지원 방안 검토
- **【(지역)기획·평가 전담기관의 설치·운영】** 부처별 사업간 통합·연계 추진을 위한 지역 차원의 기반으로서 통합계획 수립을 전담 수행할 실무기관 설치
 - 지역별로 TP정책기획단·지역사업평가단·연구개발지원단을 통합→ 기획·평가기능을 총괄 수행하는 전담 기관을 설치 → 지역R&D 추진주체(지역혁신협의회, 지역과학기술위 등)의 전문성 지원
 - 총괄전담기관은 지자체 출연연(발전연구원)의 부설기관보다는 독립 재단법인*으로 설치
 - * 조사·연구 및 경영(인사·예산 등)의 자율성·독립성을 보장하고, 운영재원의 안정적 확보 등을 지원하기 위해 국비지원(기평비 포함) 필요
- **【(중앙)균형위-예산전문위 협력 강화】** 지역R&D 평가, 예산심의 등의 과정에서 균형위와 국가과학기술자문회의 간의 협력 강화
 - 균형위(균특회계 지원계정 지역R&D분야 평가자문단)와 국가과학기술자문회의(기계소재전문위 지역소위) 소속 전문위원으로 협의체 구성 → 지역R&D 투자방향 설정, 예산심의, 효율화방안 도출 등을 공동 수행

3. 지역별 타깃산업 조정

- **【지역별 타깃산업의 통합·단순화】** 지역의 산업여건 및 특성을 고려하되, 지역의 성장·혁신기반이 일정 수준 확보된 산업을 중심으로 타깃산업의 통합·단순화(※시도별 4개 내외)
 - * (통합·단순화 방법) ①(중앙)기존 지역별 타깃산업을 분석하여 ‘산업구성 표준모듈(100여개)’ 제시 → ②(지역) ‘산업구성 표준모듈’을 조합하여 지역별 타깃산업을 자율 결정(※전략성과 자율성을 동시에 만족)
- (지역주력산업) 스마트화, 전환촉진 등이 필요한 업종 중심으로 선정
 - * 주력산업 전환촉진 : 급격한 경기침체에 직면한 산업을 대상으로 업종전환, 다각화, 공급망(Supply-Chain) 다양화 등을 통해 연락처 및 회복력 강화 유도
 - * 주력산업 스마트화 : 제품의 고부가가치화 및 차세대 제품의 개발(제품혁신), 제조 공정의 디지털·지능화(공정혁신), 제조의 서비스화(新사업영역 확대) 등을 통해 제조업의 혁신성장 촉진
- (미래신산업) 지역의 성장기반이 취약한 점을 고려, 국가산업전략(8대 신산업, 13개 혁신성장동력분야 등)과 연계하여 시도별 2개 이내로 조정
 - * ‘국가적 미래신산업의 지역적 전개’ 관점에서 중앙과 지역간 협의·조정 필수
- **【지역R&D사업 구조개편】** ①상용화기술 → 산업원천기술, ②단기성과 기술 → 파괴적 혁신기술, ③개별업종 고유기술 → 업종간 융합·핵심공통기술, ④요소기술 → 플랫폼·시스템기술 등 4차 산업혁명에 전략적 대응이 가능한 사업구조로 전환
 - (지역R&D사업의 타깃산업 선정 단위) 기존 ‘개별산업 단위’ → 기존 개별산업들의 가치사슬 연계에 기반한 (미래 시장수요 대응에 적합한) ‘융합산업군(群) 단위’로 타깃산업 선정
 - (타깃산업별 발전전략 차별화) 융합산업군별 혁신역량 및 성장가능성을 고려하여 ‘신시장·신산업 선점형’, ‘미션·목적지향형’, ‘생태계육성형’ 등의 다원적(多元的) 사업구조로 추진

4. 지역혁신기관 역할·기능 조정 및 관리체계 강화

- **【지역R&D 관련 NIS·RIS기관 간 기능조정】** 중앙에서 제시한 기능조정 기본지침에 따라 지자체 자율로 기관간 기능조정 추진
 - (중앙) 지역혁신기관의 보유 자원, 역량, 특성 등을 종합적으로 고려하여 기관간 역할분담의 기본방향·원칙* 설정 → 각종 지역R&D사업의 운영지침에 반영하여 신규과제의 기획·추진시 적용 의무화
 - * 기관간 특화 핵심·보조기능(지원서비스)은 ‘서비스 제공의 공간적 범위’, ‘제공하는 서비스의 특성’, ‘서비스 전달 체계’, ‘지원대상 산업·연구자’ 등을 기준으로 설정
 - (지역) 기관 역량, 지원기업·연구자 특성, 지역여건, 추진사업 현황 등을 종합적으로 고려, 기관 특성화를 위한 기본방향 및 세부과제 도출

<표 3-28> RIS조직과 NIS조직(RIS기능 수행) 간 역할분담 방향(예시)

구 분	서비스 공간범위	서비스 특성	서비스 전달체계	서비스 지원대상
지역소재 NIS기관	전국 모든 지역을 대상으로 서비스 실시	선택형 서비스 (Ready-made service) 제공	선택형 서비스를 직접 개발·제공	모든 기업·연구자를 대상으로 지원
RIS기관	해당 지역을 대상으로 서비스 실시	지역 맞춤형 서비스 (Custom-made service) 제공	지역맞춤형 서비스를 직접 개발·제공	지역 타깃산업의 기업·연구자 대상으로 지원

- **【지역R&D사업 참여 NIS기관의 사전 선별】** NIS기관의 RIS성과, 수행기능에 기반한 기관 유형화* 등을 통해 지역R&D사업 참여 대상 NIS기관의 선별화 검토
- * R&D수행기관, R&D지원기관, 기존 주력산업 주도형 기관, 미래신산업 창출형 기관 등 NIS기관별 특성을 고려하여 NIS기관의 유형화 추진
- **【지역혁신기관간 연계·협력 강화】** 지자체 주도의 지역혁신기관 기능조정 이후, 기관별 성과관리, 기관간 연계·협력 확대 등과 관련한 지자체의 역할 및 책임성 강화
- (지역혁신기관에 대한 임무중심형 기관평가 실시) 지자체 주도의 통합 자체평가(지역사업평가단) → 자체 평가에 대한 중앙기관(산업부, 중기부, 과기부, 국가과학기술연구회 등)의 상위평가 절차를 통해 평가의 현장성 제고
- * NIS·RIS기관에 대한 지자체의 기관평가가 가능하도록 관련 법률(과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률(출연(연) 지역분원), 공공기관의 운영에 관한 법률(전문연) 등)의 개정 필요
- (지역혁신기관간 연계·협력 강화) 연계·협력(수평적 네트워크) 활성화를 위한 지원프로그램*을 확대하고, 지역별 산업·과학기술 여건, 기관간 관계특성 등을 고려하여 기관간 연계·협력체계의 유형화 추진
- * 지원사업 기반의 연계협력활동(회의, 워크숍, 세미나 등)과 관련한 예산의 적정화를 통해 제도적 연계협력체제(수직적 네트워크)의 단순·통합화 추진
- * 기관간 연계·협력 강화를 통해 지역기업에 대한 ‘연구개발 전과정(R&D기획)’, ‘연구개발실행단계’, ‘연구개발 후공정(기술사업화)’ 등의 전주기적 지원 강화
- (지역혁신기관 역량강화 지원) 기관별 특성화 분야 및 핵심기능의 역량 강화를 위한 (관련부처간 협업 사업을 통한) 특례지원 실시
- * 구조조정 이행 NIS·RIS기관 대상으로 연구장비의 성능업그레이드 및 유지보수비, 기관 전문인력의 역량강화를 위한 교육훈련비 등의 운영비를 특례 지원

(4) 정책토론 시사점

- 지자체의 자체재원 R&D확대를 위해 역매칭(지역1:정부2-3)을 활성화할 필요하나, 지역의 재정자립도를 보면 현실적으로 어려움
- 지자체의 연구관리기관, 혁신기관 등의 재조정, 역량강화 등은 어렵지만 필요한 일
 - 지자체 연구관리기관 통합 등을 통해 역량을 결집하여 지자체 자체 R&D의 기획·추진이 가능하도록 할 필요, 독일의 경우 연구소들이 지역화되어 있는 상황
- 지역 R&D 사업의 자율성, 주도권은 아직 시기상조로 해야한다면 명확한 성과평가가 필요, 또한 지역 R&D와 비R&D의 통합적 검토와 연계가 필요

□ 지역R&D에 대한 다른 생각)

- 지역R&D를 통한 지역발전 책임의 주체 명확화 필요 : 정부 vs. 지역(지자체)?
 - 현재는 정부가 지역발전의 책임과 의무를 지고 있는 형상
 - 다수의 지자체에서 과학기술 및 연구개발은 국가의 책임이라고 생각
 - ① (지역R&D의 책임은 정부) 보다 강력한 추진 필요(지역R&D예산 확대, 전담기관 설치, 지자체 평가에 반영 등)
 - ② (지역R&D 책임은 정부와 지자체 공동) 정부와 지자체가 공동의 목표를 설정, 협약, 성과에 대한 책임 분담 등 끈끈한 협업관계 속에서 공동 추진
 - ③ (지역R&D의 책임은 지역(지자체)) 지자체가 주도적으로 R&D를 추진하게 하고 정부는 마중물 지원(지역R&D예산을 지자체에 보조금으로 지급)
- 지역R&D 차별성, 부처 칸막이, 타깃산업의 특화/전략성 미흡 등 상기의 문제는 중앙정부의 지역R&D 담당부처에서 시작
 - 지자체의 경제발전 및 일자리정책과 지역R&D를 연계하는 것이 필요
 - 지역에서 필요한 것은 R&D과제 지원보다 지역의 혁신생태계 구축(첨단산업단지 조성 및 기업유치, 기술연구소 유치, 혁신주체 간 공동사업 추진 등)
- 예산과 사람(공무원), 권한 없는 지자체 주도·자율 지역R&D는 공허
 - 낮은 지자체 재정자립도, 지자체장이 정책적 의지로 쓸 수 있는 예산 소규모 → 중장기적 효과가 기대 되는 R&D사업에 상대적으로 낮은 관심(관심을 가지는 지자체장이 있더라도 일회성에 그치는 경향)
 - 지역R&D 투자규모(1조 4,300억 원) 대비 특별한 성과를 찾기 어려운 이유를 찾아야 할 것
- 현행 지역R&D 방식이 유지되어야 한다면 지자체가 지역혁신기관을 설립 또는 지정하고 정부의 지역

7) 제4회 2019 과학기술정책포럼, 경기도경제과학진흥우원 이연희 토론자료

R&D정책의 파트너 및 사업수행 기능을 담당

○ 과학기술의 분권화와 관련된 연구를 시작해야 할 때

- 지방분권정책의 연장선상에서 지자체가 주체적으로 지역경제, 일자리, 혁신역량 등을 책임질 수 있도록 방안 마련(선진사례, 구체적 실행방안 등)

나. 중소기업 R&D 현황과 전망⁸⁾

(1) 중소기업 R&D 투자현황

1. R&D 투자의 외연 확대(제조업→서비스업, 남성→여성)

□ 중소기업 R&D에서 서비스업 비중이 증가

○ 투자 : 16.6%(‘07) → 24.4%(‘17)/인력 : 26.3%(‘07) → 32.0%(‘17)



[그림 3-21] R&D 투자 서비스업 비중

□ 중소기업의 여성연구원 비중이 11.1%(‘07) → 17.2%(‘17)로 증가

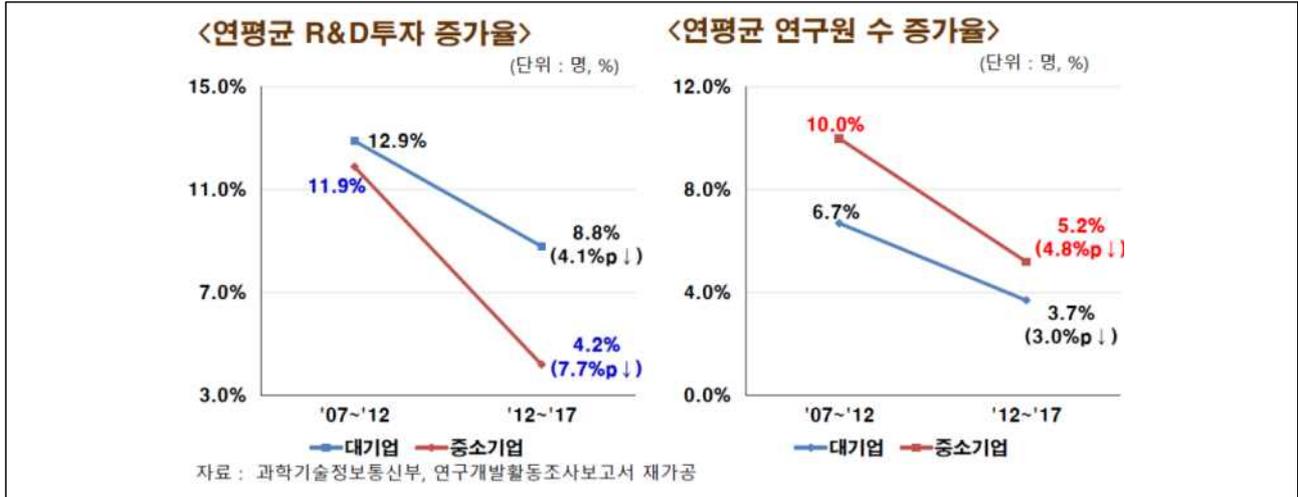
○ 대기업과의 격차 : 0.5%p(‘07) → 2.5%p(‘17) [2.0%p ↑]

8) 제4회 2019 과학기술정책포럼, 중소기업연구원 노민선 발제자료

2. R&D 증가세 둔화

□ 중소기업의 R&D 투자와 연구원 수 증가율 둔화

○ 투자 : 11.9%('07~'12) → 4.2%('12~'17)/인력 : 10.0%('07~'12) → 5.2%('12~'17)



[그림 3-22] R&D 투자 둔화

□ 중소기업은 연구개발비의 절반 이상(58.1%)을 인건비로 지출

○ 인건비 비중 : 50.3%('14) → 58.1%('16) (7.8% ↑)

<표 3-29> 중소기업 비목별 연구개발비

(단위 : 억원(%))

구분		2012	2017	증감
경상비	인건비	56,041(50.3)	79,610(58.1)	23,569 ↑ (7.8p ↑)
	기타 경상비	44,552(40.0)	47,229(34.5)	2,677 ↑ (5.5p ↓)
	소계	100,593(90.2)	126,839(92.6)	26,246 ↑ (2.4p ↑)
자본적 지출		10,927(9.8)	10,070(7.4)	857 ↓ (2.4p ↓)
전체		111,520(100)	136,910(100)	25,390 ↑ (-)

자료 : 과학기술정보통신부, 연구개발활동조사보고서 재가공

3. R&D의 영세성 심화

□ 중소기업 1개사당 R&D규모가 감소하는 추세(대기업 대비 비중↓)

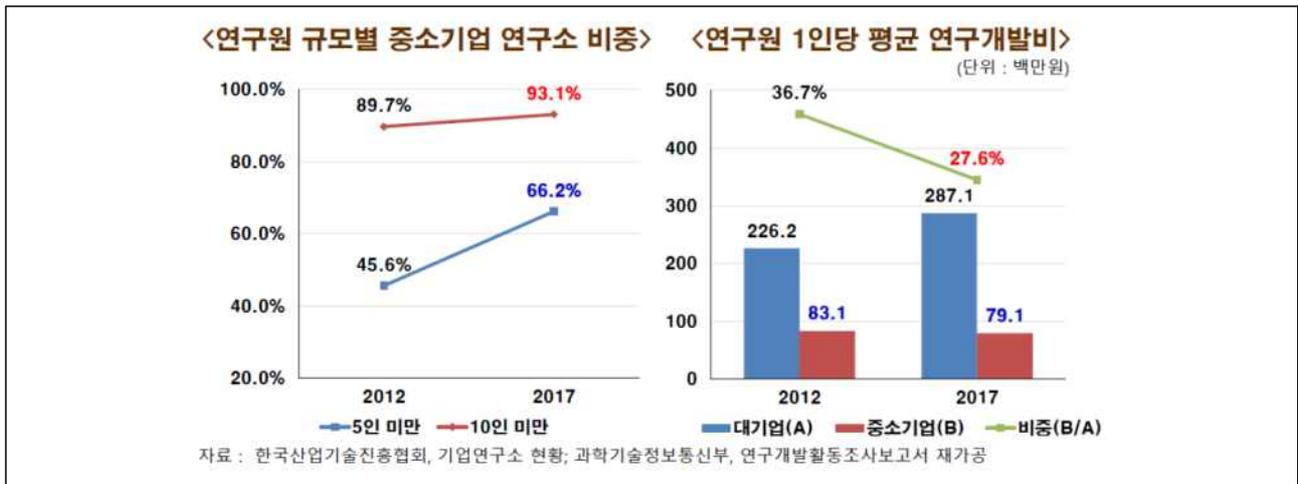
○ 투자 : 6.3억원('07) → 3.4억원('17)/인력 : 8.3명('07) → 4.3명('17)



[그림 3-23] 중소기업 1개사당 평균 R&D 현황

□ 중소기업에서 소규모 연구소 비중이 큰 폭으로 증가

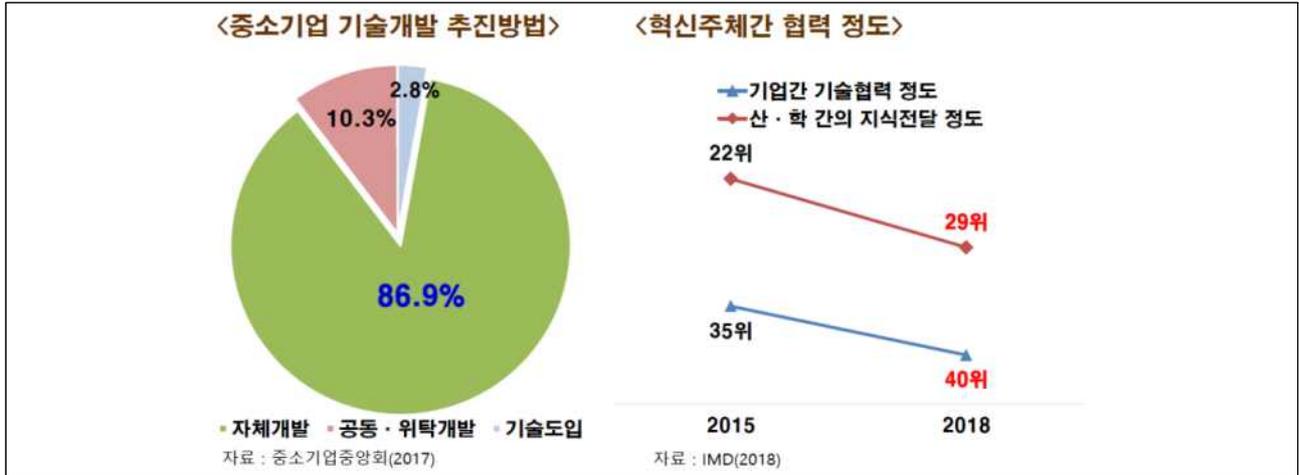
○ 연구원 1인당 연구개발비도 감소하고 있으며, 대기업 대비 27.6%에 불과



[그림 3-24] 규모별 중소기업 연구소 비중 및 1인당 평균 연구개발비

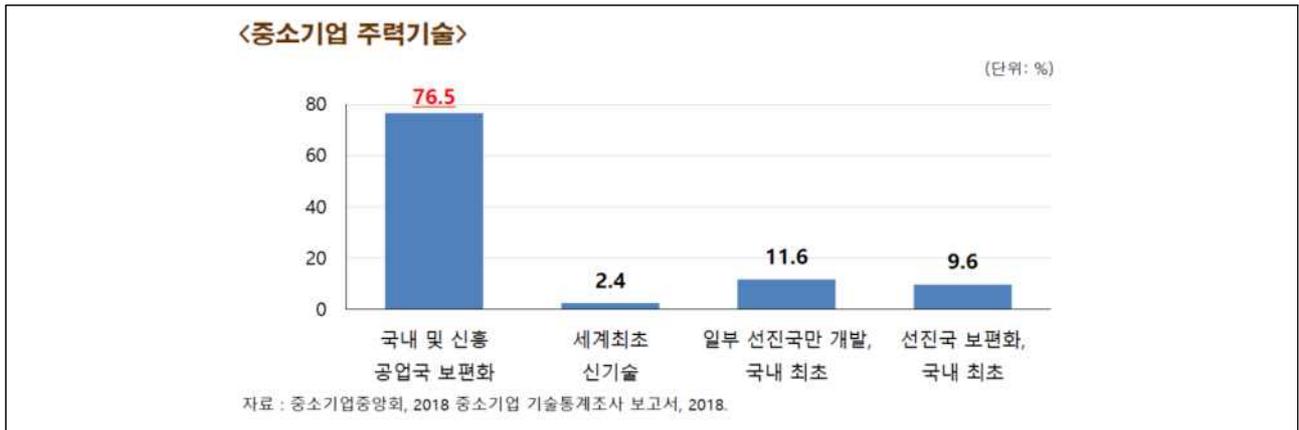
4. 혁신역량 부족

○ 중소기업 대부분이 자체적으로 R&D를 수행하며, 최근 R&D 협력 순위 하락



[그림 3-25] 중소기업 R&D 협력 현황

○ 지난 1년간 세계최초 신기술을 주력하여 연구개발한 비중은 2.4%에 불과
 - 이미 보편화된 기술의 비중이 76.5%로 가장 높게 나타남



[그림 3-26] 중소기업 주력기술

5. R&D 일자리의 중소기업 비중 확대(학사 이하와 40세 이상 중심)

□ 중소기업연구원 수(17만 3,168명)는 최근 10년간 연평균 7.6% 증가

○ 2015년부터 중소기업 연구원 수가 대기업보다 많아짐

- 기업 연구원 중 중소기업 종사 비중 : 44.8%('07) → 50.4%('17)

※ 중소기업 연구소 수 : 24,243개('12) → 37,696개('17) → 39,230개('19.3)

<표 3-30> 기업유형별 연구원 수 추이

(단위 : 명(%))

구분	2007	2012	2017	연평균 증가율 ('07~'17)
대기업	102,473(55.2)	141,775(51.4)	170,199(49.6)	5.2%
중소기업	83,160(44.8)	134,211(48.6)	173,168(50.4)	7.6%
합계	185,633(100)	275,986(100)	343,367(100)	6.3%

자료 : 과학기술정보통신부, 연구개발활동조사보고서 재가공

□ 중소기업 연구원의 40대 이상과 학사 이하 비중이 크게 증가

○ 40대 이상 : 19.8%('07) → 44.3%('17)/ 학사 이하 : 71.6%('07) → 76.8%('17)



[그림 3-27] 중소기업 연구원 현황

(2) 중소기업 R&D 투자전망

1. 경영환경

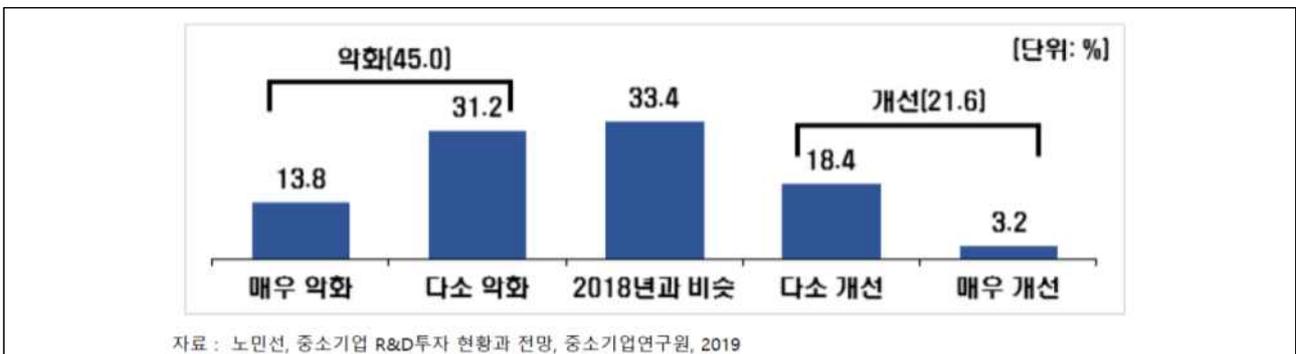
□ 중소기업의 45.0%는 2019년도 경영환경에 대해 전년 대비 악화 전망

○ 기업유형별 : 일반 중소기업(50.0%) > 혁신형 중소기업*(38.8%)

* 벤처기업, 기술혁신형 중소기업(이노비즈)

○ 업력별 : 7년 이상 기업(48.7%) > 7년 미만 기업*(39.3%)

* 「중소기업창업 지원법」상 창업자



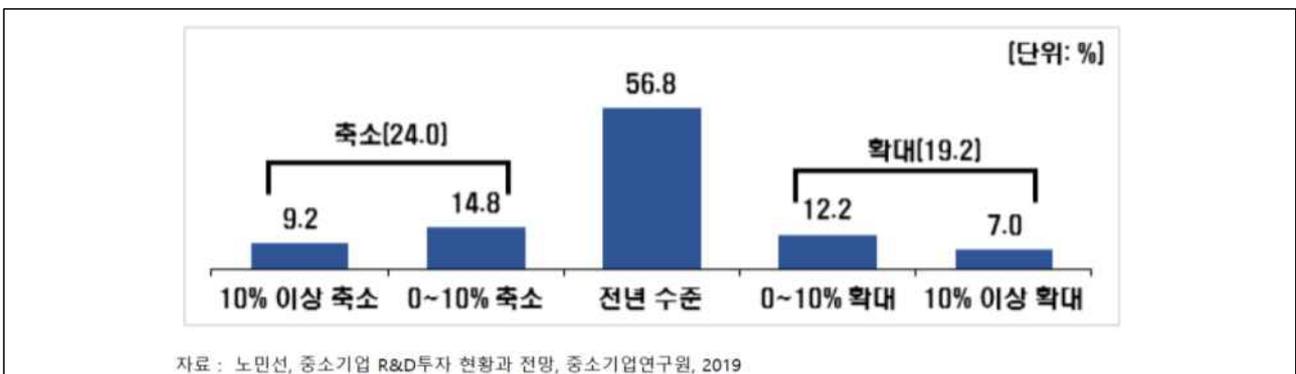
[그림 3-28] 2019년도 중소기업 경영환경 전망

2. R&D 투자

□ 중소기업의 56.8%가 2019년도 R&D 투자를 전년 수준으로 유지할 계획

○ 축소 전망(24.0%)이 확대 전망(19.2%)보다 많았음

* 유형별 : 일반(25.7%) > 혁신(21.9%) / 업력 : 7년 이상(25.6%) > 7년 미만(21.4%)

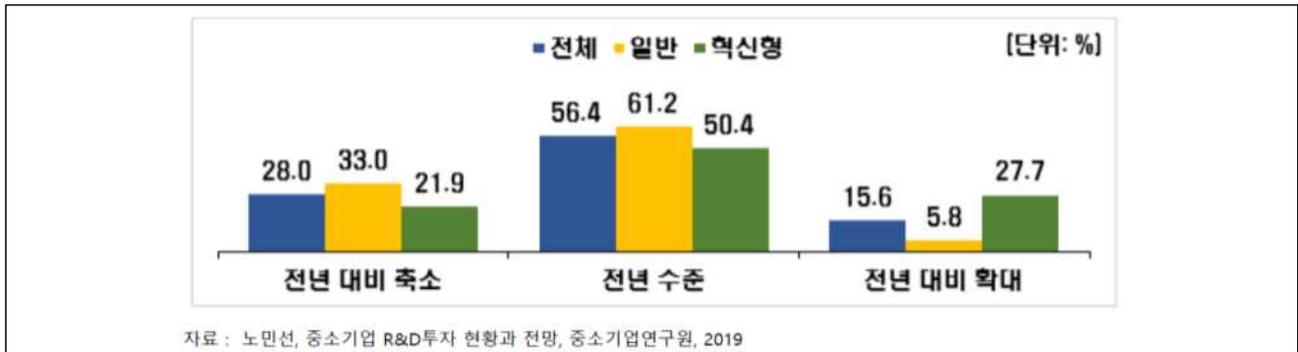


[그림 3-29] 2019년도 중소기업 R&D 투자 계획

3. R&D 인력

□ 중소기업의 56.4%가 2019년도 R&D 인력 수준을 전년 수준으로 유지하겠다고 응답, 축소 전망(28.0%)이 확대 전망(15.6%) 보다 많았음

○ 혁신형 중소기업보다 일반 중소기업이, 업력이 길수록 채용 전망이 부정적

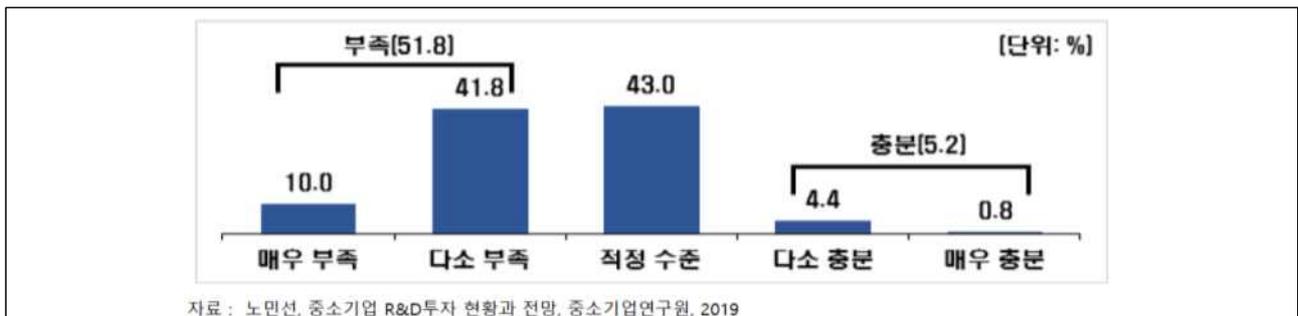


[그림 3-30] 중소기업 R&D 인력 신규채용 계획

□ 중소기업의 51.8%는 '적정 수준 대비 현재 R&D인력이 부족하다고 응답

○ 혁신형 기업에서 R&D인력 부족을 느끼는 비중이 높게 나타남

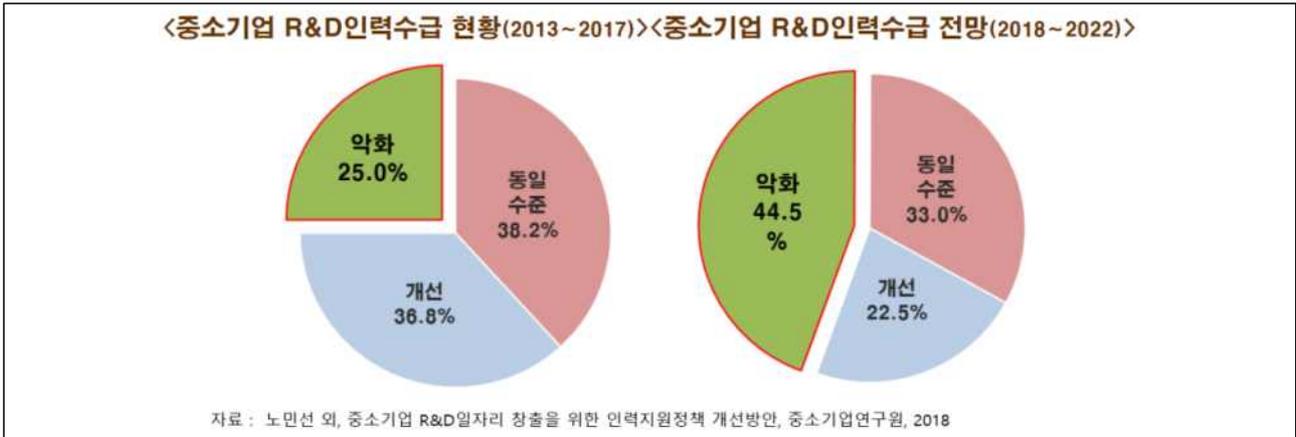
* 기업 유형별 : 혁신형 중소기업(54.9%) > 일반 중소기업(49.3%)



[그림 3-31] 중소기업의 적정 수준 대비 R&D 인력 규모

□ 중소기업의 44.5%가 향후 5년간 R&D인력 수급 악화 전망

○ 5년 전에 비해 악화 전망 기업 비중 19.5% 증가



[그림 3-32] 중소기업 R&D 인력수급 현황 및 전망

(3) 중소기업 R&D 지원실적

1. 국가연구개발사업

□ 국가연구개발사업을 통해 중소기업에 3.2조원을 투자

○ 중소기업 비중 : 13.0%(13) → 14.8%(15) → 16.3%(17)



[그림 3-33] 국가연구개발사업의 중소기업 투자 현황

2. R&D 조세지원

□ 최근 5년간 중소기업의 세액공제 금액이 증가(2,430억원)하였으나, 1개사당 지원실적은 감소(21백만원)

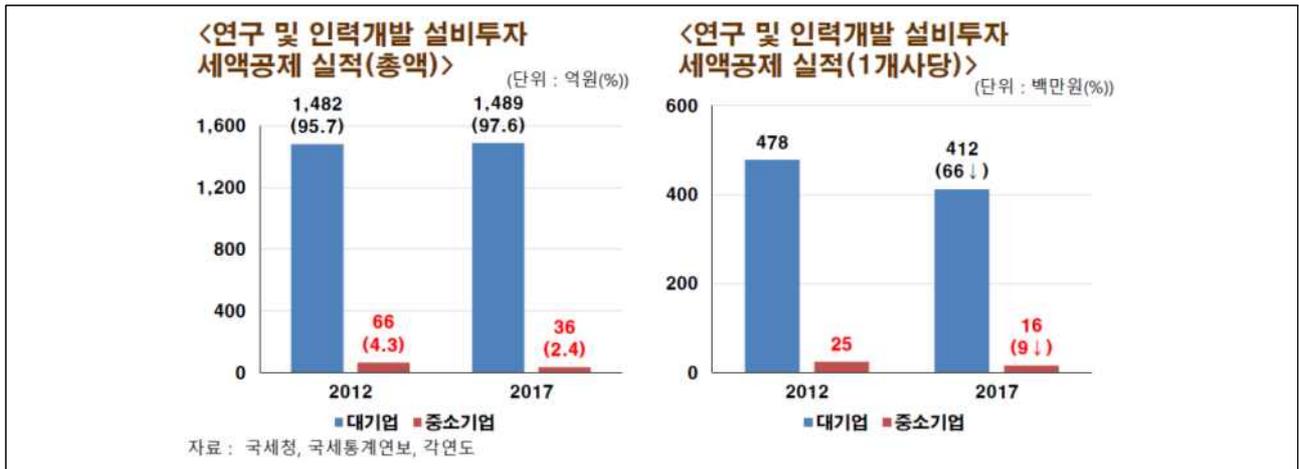
○ 총액(억원) : 9,702('12) → 12,132('17)/1개사당(백만원) : 67('12) → 46('17)



[그림 3-34] 연구·인력개발비 세액공제 실적 현황

□ 최근 5년간 중소기업의 세액공제 금액과 1개사당 지원실적 모두 감소

○ 총액(억원) : 66('12) → 36('17)/1개사당(백만원) : 25('12) → 16('17)



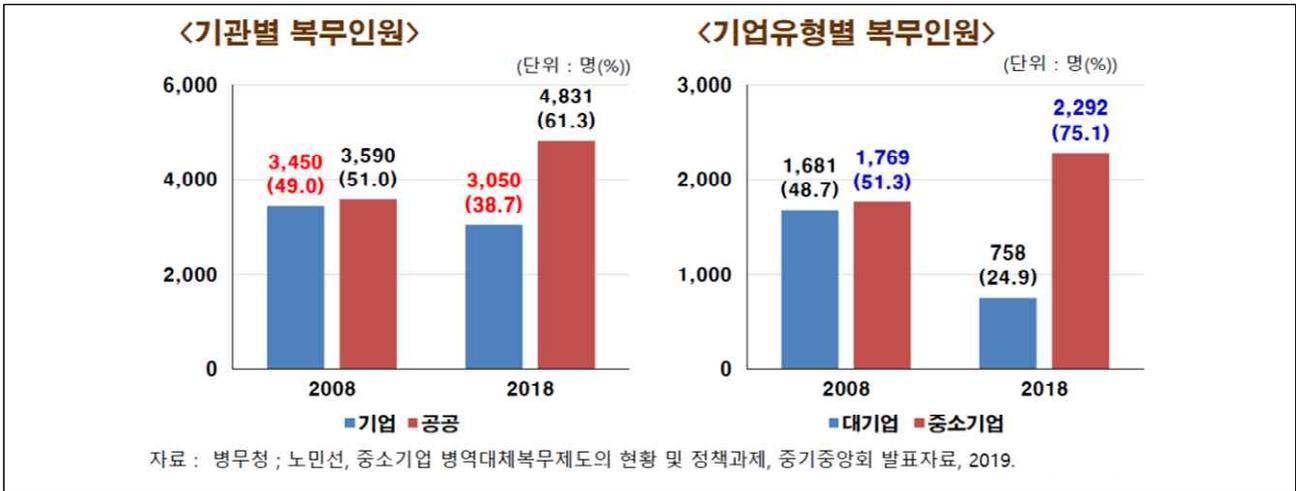
[그림 3-35] 연구 및 인력개발 설비투자 세액공제 실적 현황

3. 전문연구요원(병역특례)

□ 전문연구요원의 기업 복무 비중은 감소, 중소기업 복무 비중은 증가

○ 기업 복무 비중 : 49.0%(‘08) → 38.7%(‘18) (10.3% ↓)

○ 중소기업 복무비중 : 51.3%(‘08) → 75.1%(‘18) (23.8% ↑)

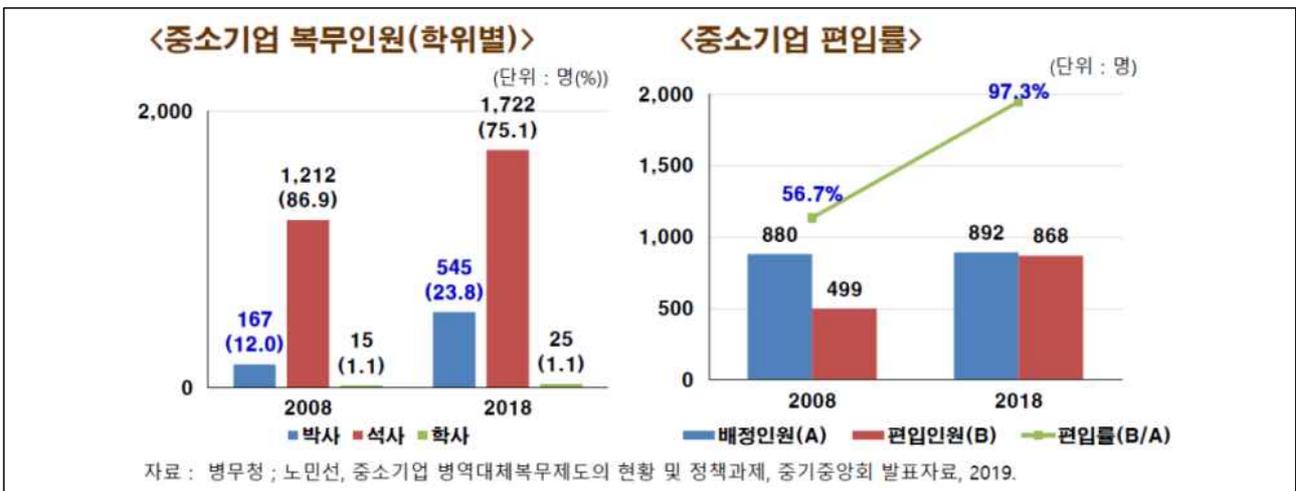


[그림 3-36] 중소기업 전문연구요원 현황

□ 박사학위 비중과 현역 편입률이 증가하는 추세

○ 박사학위 비중 : 12.0%(‘08) → 23.8%(‘18) (11.8% ↑)

○ 현역 편입률(편입인원/배정인원) : 56.7%(‘08) → 97.3%(‘18) (40.6% ↑)

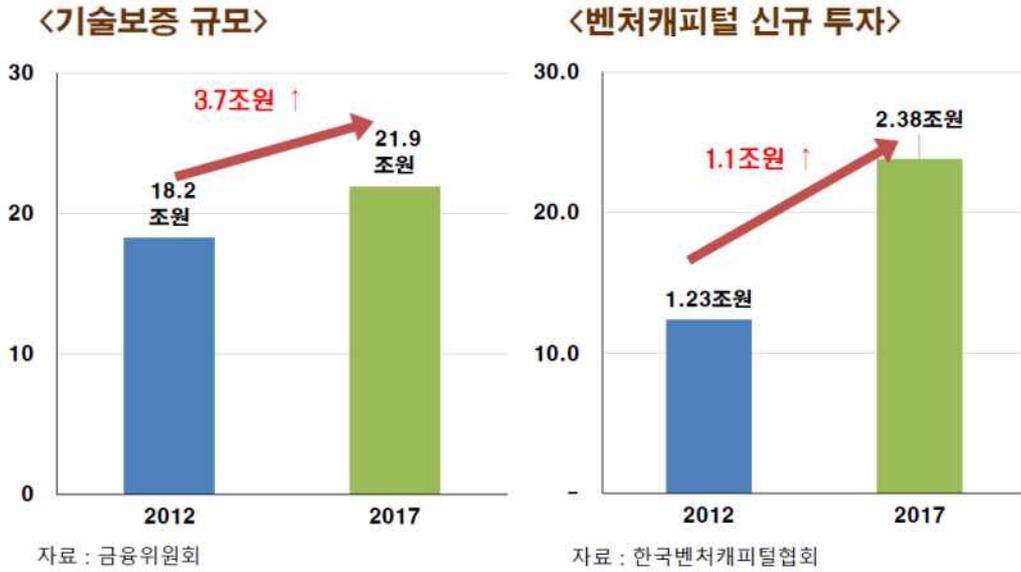


[그림 3-37] 중소기업 학위 및 편입률 현황

□ 최근 5년간 기술보증과 벤처캐피탈 투자 규모는 크게 증가

○ 기술보증 : 3.7조원 ↑, 벤처캐피탈 신규 투자 : 1.1조원 ↑

[그림 3-38] 기술보증 및 벤처캐피탈 투자 규모 현황



(4) 중소기업 R&D 활성화 정책과제

1. 중소기업 R&D 지원제도의 효율적 운영

(1) R&D 역량을 고려한 맞춤형 지원제도 도입

※ 기업연구소를 우수연구소와 일반연구소의 Two-Track으로 지원

□ 우수기업연구소 지정제도 도입 확산

○ 2017년 이후 기술혁신 역량이 우수한 기업연구소 13개 지정

○ 기술분야와 산업별 특성을 고려하여 지속적으로 확대

□ 우수기업연구소 지정과 중소기업 지원제도와의 연계 강화

○ 연구역량이 우수한 중소기업에 대한 과감한 지원

(예) R&D조세, 병역특례, 중소기업 R&D자금 지원 시 우수기업연구소 전용 Track 신설

○ 우수기업연구소를 '혁신형'과 '성장형'으로 구분하여 운영

(예) '혁신형'은 자금 및 판로지원, '성장형'은 인력 및 글로벌화 지원 중심으로 지원

(2) 패키지형 R&D 지원체계 구축

□ R&D 기획 단계부터 사업화 단계까지 연계한 통합 지원체계 구축

○ 제조업과 서비스업이 융합된 R&D지원사업 확대

※ 중소기업 R&D기획 지원사업의 경우 정부 자금 연계지원 기업의 사업화 성공률이 연계미지원 기업에 비해 높게 나타남(중기청)

○ 사업타당성 검토(Feasibility Study) → R&D → 사업화(Commercialization)의 단계별 연계(공공과 민간의 역할 분담)

□ 중소기업을 대상으로 한 R&D 지원사업 간 연계 강화

○ 부처 내 연계 뿐만 아니라 부처 간 연계 확대 방안 모색

2. 중소기업 R&D 확대를 위한 합리적 방안 모색

(1) 중소기업 R&D 투자 실적과 연계하여 R&D 지원 규모 확대

우리나라의 경우 기업 부문의 R&D 투자 대비 정부지원 비중이 감소하고 있으며, 주요국 대비 낮은 수준(OECD)

○ 정부지원 비중 : 12.27%('12) → 11.15%('14) → 8.35%('16)

○ 한국('16) : 8.35%, 프랑스('15) : 28.71%, 영국('15) : 22.47%, 미국('13) : 12.66%

R&D투자를 증가시키는 중소기업에 대한 인센티브 확대

○ 국가 R&D사업에서 R&D투자나 신규채용을 증가시키는 중소기업에 대한 우대

○ 중소기업 R&D 세액공제를 혼합형 공제방식으로 개선

- (현행) 당기분(총액)과 증가분 중에 선택, 중소기업의 경우 전년 대비 100% 이상 증가시켜야 증가분 세액공제 적용 가능

- (개선) 당기분을 기본공제로 하고, 증가분을 인센티브 형태로 추가 공제(혼합형)

(2) 개방형 혁신 촉진을 통한 중소기업의 혁신역량 제고

대기업 vs 중소기업

○ 대기업이 중소기업과 공동 또는 위탁 R&D를 추진하는 경우 해당 비용을 최저한세 적용대상에서 제외(조특법 제132조)

국내 vs 해외

○ 중소기업의 기술개발 애로를 해결하기 위한 글로벌 R&D 협력에 대한 지원 강화

자체 R&D vs 서비스 R&D

○ 서비스 R&D의 조세지원 대상을 자체 R&D에서 공동·위탁 R&D까지 확대

3. 전문연구요원제도의 안정적 운영(효율성 vs 형평성)

□ 대학과 중소기업이 연계한 전문연구요원 양성 프로그램 활성화

- 대학과 전문연구요원 지정업체인 중소기업들 간의 협약을 통해 예비 전문연구요원 양성을 위한 석사 학위 과정을 마련하고, 중소기업 계약학과 형태로 지원
- 학생에게 등록금과 장학금을 지원하고, 졸업 후 전문연구요원으로 복무

□ 이공계박사과정 재학생을 '예비 전문연구요원'으로 선정하는 방안

- 이공계 박사과정에 재학 중인 군 미필자가 졸업 후 전문연구요원 지정 중소기업에 복무할 것을 전제로 운영
- 예비 전문연구요원이 담당교수의 지도를 받아 중소기업과 공동으로 연구분야를 선정하여 논문 작성, 졸업 후 해당 기업에 전문연구요원으로 편입
 - 개인 역량 강화(SDL) 지원을 위해 등록금과 장학금 지급

(5) 정책토론 시사점

- 중소기업도 연구자 중심 지원프로그램을 통해 우수연구자를 유인하는 접근 필요
 - 반면, 기업입장은 연구자가 기업에 들어오면 철저히 기업 중심의 연구를 원함
 - 정부의 중소기업 지원 R&D는 기술을 개발하려는 연구자가 대상이 아닌 기업 중심이라 연구개발의 주체가 불분명
- 우리나라 중소기업은 분야마다 자동화 정도, R&D 레벨 등이 달라, 차별화된 지원 전략 필요
 - 대학들은 엔지니어와 연구자를 구분해서 양성하는 투트랙 전략이 필요
 - 비전을 가진 기업들에게 R&D지원이 집중될 필요
 - 중소기업의 외국인 인력 활용이 크게 늘어나고 있어(최근 5년간 7만명 확대), 직업교육과 연계해서 전문인력으로 활용할 필요
- 대학은 연구실적 등을 위해 기업이 선호하는 석사인력 양성에는 관심이 없음
 - 박사중심의 연구수월성 중심지원과 석사양성의 취업중심 지원이 구분될 필요

□ 추가적 제언⁹⁾

- 정책 대상인 중소기업R&D 실태 파악이 시급
 - 중소기업 수, 중소기업 부설연구소 수, 업종, 주요기술영역, 기술수준, 지역별 분포, 연구인력 현황 등 (설문에 의지하지 말고 기초통계 구축 필요)
 - 중소기업R&D에 대한 정책연구 필요(업종별, 지역별, 성장단계별 등)
- 중소기업 R&D 지원사업은 가능하면 단순하게 설계 필요
 - 중소기업이 주관, 필요시 대학, 출연연 등 개방형R&D 허용 등(대부분의 중소기업은 독자개발을 선호, 기술탈취에 대한 우려가 큰 편)
- 중소기업이 연구개발시스템을 갖추고 R&D성공이 사업화로 연계되도록 유도
 - 중기부/산업부 등 부처의 다양한 기업지원사업과 연계하는 것이 필요
- 연구인력 확보의 어려움 해소 방안 마련(자체 육성/교육 지원 등)

9) 제4회 2019 과학기술정책포럼, 경기도경제과학진흥우연 이연희 토론자료

3. 과학기술혁신 이슈 대응을 위한 주요 의제

가. 기술금융의 역할과 효율화 방안¹⁰⁾

(1) 기술사업화와 기술금융

- 기술 기반 부가가치 창출 및 성장(혁신성장)은 기본적으로 기술의 인큐베이션 및 기업의 인큐베이션을 통한 기술사업화 성공을 전제로 함
 - 기술의 인큐베이션 과정과 기술기반 기업의 인큐베이션 과정은 결과의 불확실성이 높아 적정 규모의 도전적 자본의 필요성이 크지만, 실제 투입자본은 제한적
 - ※ Hammerstedt & Blach(2008)에 따르면, (예산) 기초연구단계(30만 달러)→응용연구 단계(300만달러)→시제품 개발(800만 달러)→시장진출(800만달러)→시장 확대(500만 달러)
- 기술인큐베이션을 위한 후속/실증연구 등의 단계로 자본유입이 중요하지만, 1차성과 (output: 논문/특허 등) 도출 이후 사업화 Seed화를 위한 자본 유입은 제한적임*
 - * R&D평가지표, 중복성 심사, 주체들의 인식 및 인센티브 등의 한계
 - 금융이 갖는 보수성/경직성은 기술 및 기업의 불확실성이 일정 수준 제거된 이후 시점에 진입하는 것을 선호하여, 기술사업화 관점의 실질적인 기술금융은 미성숙

(2) 기술금융 현황

□ 기술금융의 개념

- (영문)Technology Investment, Technology Financing, Innovation Financing 등이 활용됨
 - 「신기술사업금융지원에 관한 법률」(‘86)은 기술을 개발하거나 이를 응용하여 사업화하는 중소기업 등에게 자금의 공급
 - 김광두, 정운찬(1992)¹⁾은 기업의 기술투자에 소요되는 자금을 정부가 금융기관을 통해 가용성과 금리면에서 지원함으로써 기술투자를 촉진시키려는 방법
 - OECD(2006)는 미래 이윤창출이 기대되는 기술과 아이디어 등에 대한 가치평가에 근거하여, 필요한 자금을 공급하는 행위
 - 금융위원회(2015)는 기술력있는 기업 또는 특허권 등 기술자체에 대한 평가를 기반으로 대출, 투자 등의 방식으로 자금을 공급하는 것
- 기술금융은 기술이 갖는 리스크(기술과 시장의 불확실성, 정보비대칭성 등)를 인지하고, 기술의 미래 가치에 대한 기대(정성적·정량적 가치평가)를 기준으로 기술과 시장을 연결하기 위해 투입되는 도전적 자본(손수정 외, 2018)

10) 제7회 2019 과학기술정책포럼, STEPI 손수정 발제자료

□ 기술금융의 도입과 성장

- 기술개발자의 필요자금 확보 니즈와 자본가의 투자처 발굴 니즈가 매칭되면서 하나의 자본 운영 시장으로 성장
 - 주요 거점 도시들은 벤처캐피탈, 엔젤투자 등이 벤처생태계 관점의 기술사업화를 위한 투자를 주도하면서 기술금융 시장이 성장
 - 한국은 정부R&D 연구생산성 제고의 필요, 벤처기업 역할(일자리 창출 등)에 대한 인식 등의 관점에서 정부 주도의 기술금융 시장이 성장

<표 3-31> 국가별 벤처캐피탈 활동 : GVC 의존성

구분	미국	영국	일본	프랑스	독일	이스라엘	한국	25개국 평균
GVC투자 비중(%)	19	24	36	45	44	13	62	26

주: '00-'08 기간동안 25개국 현황, GVC(Government-sponsored Venture Capital)

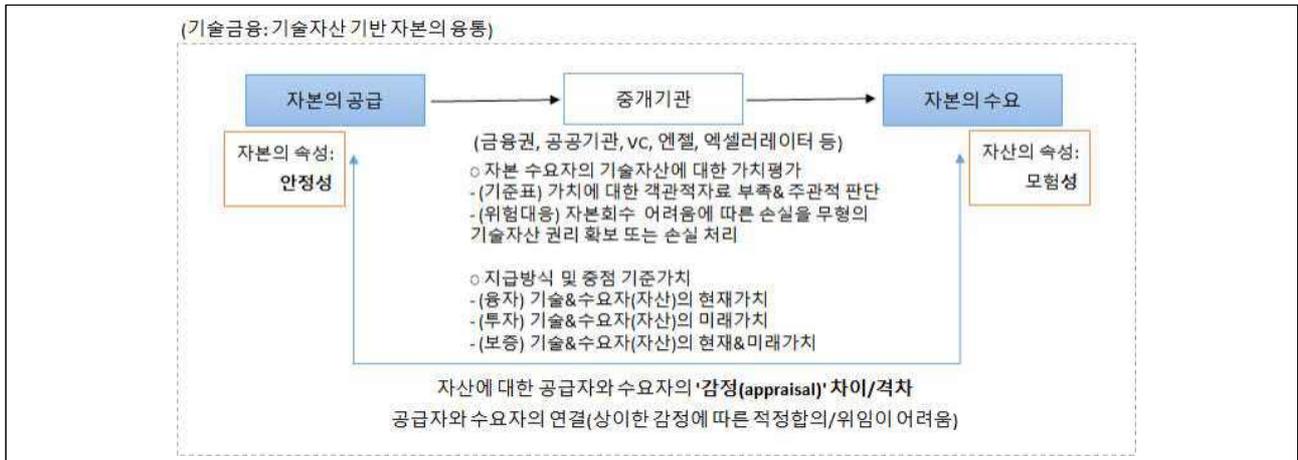
자료: Brander, et al.(2015), "The effect of GVC: International Evidence", Review of Finance 19, pp.571-618

(3) 기술금융의 시장실패

가. 시장실패요인

□ (실패요인 1) 자산과 자본의 속성 차이

- 자본 공급 주체의 자본은 안정성 추구인데 반해, 자본 수요 주체의 자산, 즉 기술의 속성은 모험성을 추구하는데 따른, 불안정/불일치 속성이 내재함
 - 유형자산과는 달리 기술을 활용한 제품이 진입하는 시장의 존재, 규모 등에 대한 정량적 데이터 또는 기준표에 의한 사전적 합의가능한 평가가 어려움
 - 결과적으로 자본의 공급 주체와 수요 주체 간 각자의 자산에 대한 감정(appraisal) 불일치로 인해 이들 간의 위임관계 형성에 어려움 존재



[그림 3-39] 기술금융의 관계성

자료: 손수정(2018), “기업벤처캐피탈(CVC) 기능에 대한 고찰과 정책적 시사점”

□ (실패요인 2) 주체간 정보의 비대칭성

- 투자주체들은 경험과 실사 등을 통해 정보 비대칭성을 낮출 수는 있지만, 정보비대칭성을 제거하는 것은 불가능함
 - 연구의 기획과 수행이 이루어지는 과학(연구)계와 연구성과를 기반으로 실제 사업화가 이루어지는 산업계의 상호 정보교류 및 이해, 신뢰관계 구축 등이 부족
 - 투자 받은 기업가의 도덕적 해이(moral hazard)의 가능성 존재

□ (실패요인 3) 기술의 불확실성

- 과학기반 산업은 단기 자본보다는 장기 자본 필요성이 높으나, 빠른 기술의 변화는 장기 자본 투입을 저해하고 단기 자본 수요처로 자본이 집중하는 경향을 보임
 - 하이테크 분야의 시드단계와 창업단계는 자본 조달을 위해 필요로 하는 가시적인 실적(track record)을 보유하지 않아 금융권 자본조달에 제한
 - 특히, 기술 융복합 및 기술/제품 구현의 빠른 변화로 인해 R&D 기획단계에 고려했던 시장 상황과 출시 단계에 직면하는 시장 상황이 다를 수 있다는 부담이 작용

□ (실패요인 4) 외부성

- 혁신제품 또는 기술은 쉽게 모방 가능하고 경쟁기업의 회피설계 등을 통해 유사 제품의 출시가 수월함
 - 국내 법제도상 침해행위에 따른 징벌적 손해배상 제도의 정도는 침해행위를 제한하는 데에 충분하지는 못한 것으로 평가
 - 정부개입/규제, 금융시장의 미성숙, 회수시장의 한계 등이 직간접적으로 기술금융시장을 위축시키고, 그 안에서 활동하는 참여자들의 행동을 수동적으로 제한

나. 정부의 개입

□ 정부 개입의 효과

○ 시장실패 해소를 위해 정부 정책이 개입되고 있으나, 전문성 제한, 시장 역할의 제약, 과도한 공공 의존성, 회수시장 부재 등의 한계로 인해 어려움이 지속됨

○ 정부개입의 견인효과

- 정부의 기술금융 개입 경로는 크게 직·간접 자본공급과 세제혜택, 투자 환경 관련 인프라 구축 등
- 직·간접 펀드는 시제품/검증 및 스타트업의 초기자본으로서 투입의 정당성을 확보
- 세제혜택은 고위험 하이테크 분야 기업들의 기술에 대한 투자 부담을 낮춤으로서, 보다 적극적인 비즈니스 활동을 유인

→ (긍정적 관점) 기술이 갖는 불확실성에 따른 금융권의 회피와 미성숙한 벤처캐피탈 시장 등에 따른 시드 캐피탈(Seed Capital)의 부족 분야에서 위험감수(risk-taking) 역할

○ 정부개입의 구축효과

- 정부의 투자활동은 경직적이고 보수적인 자본 운용, 인센티브 설계부족, 시장 중심의 지대추구 활동 제한 등의 한계에 노출
- 투자 중심이 아닌 대출 중심의 자본공급, 중간회수시장의 협소, 규정 및 감사 등의 규제는 협력 파트너 또는 촉진자/지원자 역할을 제한
 - ※ 현대경제연구원(2018)은 국내 기술금융의 문제점으로 i)기술 중심이 아닌 기술신용대출, ii)벤처투자의 높은 공공의존도를 지적

→ (부정적 관점) 정부가 특정목적에 갖고 자금의 배분과정에 개입하여 자금의 흐름을 인위적으로 조정하는 과정에서 관계자 전문성 부족, 구축효과 유발, 대리인의 지대 추구 등의 제한요인에 따른 기술금융이 갖는 근본적 목적 수행을 저해

<표 3-32> 시장실패 요인별 정부개입 및 한계

실패요인	유형	한계요인	관계 부처
자산성 충돌	보조금 모태펀드 성장펀드 (한국성장금융)	도전성 제한 민간금융시장 자생력 위축 손실최소화 보수적 접근 초기-중기단계 정책금융과 이어달리기 부재	다부처 (금융위원회)
정보의 비대칭성	TCB, TDB 보증기반 용자	기술가치평가 시장의 인위적 조성이 시장/기업에게는 부담으로 작용	금융위원회 중소벤처기업부
기술의 불확실성	인큐베이팅(TIPs 등) 공공-민간연계 파트너십	자본-보육 연계 미흡, 인식미흡, 적정규모 제한, 인센티브 제한, 전문가 부족	다부처
외부성	세제, 규제	시장을 유인하기에 부족한 규모 시장 전후방 효과를 동시에 고려한 통합적 규제 부족(과다 규제)	다부처

(4) 정부 지원 기술금융의 전개

□ 성장배경

○ 2000년대 이전

- 1974년 한국기술진흥금융주식회사(Korea Technology Advancement Corporation: KTAC) 설립으로 국내 첫 벤처캐피탈 모델이 도입
- 1984년 기술신용보증기금 설립을 통해 한국의 기술보증 모델 시작
- 1995년 중소기업청의 투자금융 지원 사업 시작
- 1998년 정보통신부 IT전문펀드 출시, 정보화촉진기금 등을 설계

○ 2000년대 이후

- 2000년 중기청은 500억원 출자하여, 모태펀드의 모태인 '다산벤처(벤처기업육성특별조치법 제4조의 3) 설립
- 2003년 산업부는 한솔창투와 국민창투에 100억씩 투자를 시작했으며, 과기부는 과학기술혁신펀드, 한국종합기술금융, 과학기술진흥기금 등 설계
- 2005년 한국벤처투자(KVIC: Korea Venture Investment Corporation)로 단일화(모태펀드)하고, 벤처기업특별육성법에 근거를 반영
- 2009년 산업부는 산업육성을 위한 리스크 투자 펀드에 대한 재인식으로 신성장동력 펀드 600억원 조성
- 2013년 금융위원회는 창업혁신기업을 위해 KDB, IBK, 은행권청년창업재단 등의 출자기관과 성장사다리 통합펀드를 결성
- 2015년 금융위원회는 기술기반 금융 활성화를 위해 기술정보, 시장정보 활용 시스템 TDB(Tech Data Base)를 구축, TCB(Tech Credit Bureau)가 TDB를 바탕으로 기술신용등급을 제공하는 서비스 시작
 - ※ (영향1. 2016)소득세법 제20조, 제21조 개정에 따라, 직무발명보상금은 근로소득/기타소득(퇴직 후), 비과세 소득 범위는 500만원 이하로 명시

→ 기술이전/사업화 적극성 축소, 연구자보상 비중 확대 요구 & 대학 기술사업화 투입재원 축소의 위험 존재

※ (영향2. 2018)산병협력단(복지부, '혁신성장 확산을 위한 의료기기 분야 규제혁신 및산업육성 방안)에 따라, 산병협력단 설립 및 산학협력단과 동일한 혜택 부여, 첨단기술지주회사 설립 기능기관으로 추가

→ 기술사업화 성과 및 투자가 주로 이루어지는 주요 BT 기술이 산병협력단으로 이동하여, 기존 산학협력단/기술지주회사의 역할 및 성과의 제한 가능성 존재

□ 유형 및 성격

○ 기술평가 기반 자금을 공급하고 이자 및 원금을 상환하는 형태의 '융자'

- 대표적인 사례로 舊 한국산업기술평가원에서 추진하였던 '기술담보대출제도', 기술평가서를 기반으로 은행에서 신용대출을 취급하는 '혁신형 중소기업 기술금융 지원사업', 산업은행의 '기술력담보대출' 등
- 산업은행의 '온렌딩(on-lending) 대출'과 한국은행의 '기술형창업지원' 등 공공부문이 수행하는 대출도 낮은 금리를 통해 기술 기반의 기업을 지원
 - * 기술사업성 평가기반의 기술금융('18) 규모는 4조 2,150억 원 규모
 - * 산업은행의 중소기업대출 잔액('17)은 약 24.7조원이며 그 중 기술신용대출 잔액은 약 4조 규모로 운용
 - * 한국은행의 총 25조원 대출 프로그램 중 기술금융과 연관 있는 '신성장·일자리지원 부문'은 6조원

○ 기술평가 기반 보증서를 활용하여 보증기관이 융자 제공하는 형태의 '보증'

- 기업이 보증기관에 보증을 신청하면 보증기관은 기술평가를 통해 금융기관(은행)에 보증서를 발급하고 은행은 해당 보증서를 매개로 대출을 제공
- 대표적인 정부 보증기관은 신용보증기금(1987)과 기술보증기금(1989)
- 기술보증기금은 1999년 2월 국내 최초로 기술력 및 사업성 등 미래가치 위주의 심사를 통해 보증 지원하는 기술평가보증을 도입
 - * 기보의 보증잔액('17)은 21조3천억원, 신보는 44조4천억원 규모

○ 기술 기반 기업의 주식 및 채권을 구입하는 직접금융 형태의 '투자'

- 공공의 대표적인 기술금융 투자는 '한국모태펀드'가 있으며, 중소벤처기업부의 '개발기술사업화자금', 'TIPS 프로그램' 등 다양한 직간접 모델
 - * 한국모태펀드는 벤처시장 공공재원의 65.7%를 차지하며, 전체 벤처생태계 투자자본의 약 26%를 차지할 정도로 큰 출자자의 역할
- 최근에는 민간의 투자공급을 확대하기 위해 민간이 투자한 벤처에 공공이 일정비율 자금을 공급하는 매칭펀드 프로그램도 증가
 - * 모태조합은 5조 3,067억 원 출자('17), 총18조 5,540억 원의 투자 자원 조성, 모태조합 출자액 중 34.4%인 1조 8,240억원 회수
 - * 투융자복합금융 예산은 2018년 1,700억 원에서 지속적으로 확대하여 2021년까지 5천억 원까지 확대해 나갈 계획
 - * TIPs는 2018년 2월 기준 1,062억원 예산, 총 38개의 운영사 선정, 운영사에 의한 투자 및 지원은 약845억원, 팀당 평균 2억원 규모 사업 예산

○ 투자환경 인프라 - TCB와 TDB

- 기술의 가치를 체계적으로 평가하기 위해 공신력 있는 기술신용평가기관(TCB: Technology Credit Bureau)을 지정, 기술 및 평가정보를 TDB(Technology Data Base)에 축적

(참고) 미국의 공공기술금융
<ul style="list-style-type: none"> • 직접적 공공펀드(DPF) <ul style="list-style-type: none"> - In-Q-Tel(CIA, '99), Army Venture Capital Initiative(육군, '02), Red Planet Capital(NASA, '06~'07), Alternative Agricultural Research and Commercialization Corporation(AARCC)(USDA, '96~'02) • 공공-민간 연계형 펀드(HPPF) <ul style="list-style-type: none"> - Rosettex Technology and Ventures Group(National Technology Alliance, NTA), Industry Partnership Fund(IPF, South Carolina Research Authority, SCRA), NYC Seed(뉴욕시) • 모태펀드(FOF) <ul style="list-style-type: none"> - 소기업투자회사(SBIC, '58), 주정부 소기업 크레딧 이니셔티브 (State Small Business Credit Initiative, SSBCI, '10)
(참고) 유럽의 공공기술금융
<p>* 유럽은 다양한 프로그램과 메커니즘 하에서 연구, 개발 및 혁신을 지원하기 위해 공공이 금융을 제공하는 오랜 역사를 보유</p> <ul style="list-style-type: none"> • InnovFin: 혁신가를 위한 EU 금융(EU Finance for Innovators) <ul style="list-style-type: none"> - 특성상 전통적인 투자보다 더 위험하고 금융에 대한 접근성이 낮은 활동들을 지원 - 수요 맞춤형으로 EIB 및 EIF의 대출과 보증, 기술지원과 자문서비스도 제공하며, InnovFin Emerging Innovators, InnovFin Technology Transfer, InnovFin Science, InnovFin Fund-of-funds, InnovFin Venture Capital 등의 프로그램 운영 * 2020년까지 InnovFin은 240억유로 이상을 혁신적인 기업들에게 제공하여 최종 480억 유로의 R&I 투자 • 유럽투자기금(European Investment Fund, EIF) <ul style="list-style-type: none"> - 유럽의 중소기업에게 리스크 파이낸스를 제공을 통해, 기업가정신, 성장, 혁신, 연구와 개발, 고용과 지역발전 등을 촉진 - 주로 벤처캐피탈과 성장형 펀드, 메자닌펀드 등을 지원하며 투자활동은 기술 이전과 비즈니스 인큐베이터도 포함 • 유럽기금(European Fund for Strategic Investments, EFSI) <ul style="list-style-type: none"> - EFSI는 EU의 현행 투자 갭을 극복하기 위해 도입되어, 개별 프로젝트와 투자플랫폼 모두를 지원 - 시장실패 극복을 위해 민간투자를 모아 시장 갭을 해결하는 것이 목적 * EFSI는 EU에서 2,600억 유로, EIB에서 750억유로 등을 받아 총 3,350억유로를 추가 투입하여 2020년까지 최소한 5,000억유로를 투자할 예정 • 유럽엔젤기금(European Angels Fund) <ul style="list-style-type: none"> - 비즈니스엔젤과 다른 비기관 투자자들에 대한 공동투자를 통해 혁신적인 중소기업에 자금을 제공하는 목적 - EAF는 비즈니스엔젤과 공동투자프레임워크협약(Co-investment framework agreements, CFAs)을 체결, 각 비즈니스엔젤은 사전에 투자액을 결정하고 EAF는 같은 비율로 동일한 액수만큼 보조금을 지원 - 독일, 스페인, 오스트리아, 네덜란드, 아일랜드, 덴마크 등에서 운영 중이며, 총 자금은 약 280백만유로, 150개 이상 기업에게 120백만 유로 투자

[참고] 시장 중심 기술금융의 전개

□ 벤처캐피탈(Venture capital: VC)

- 대표적인 위험금융(risk financing)으로, 하이테크 또는 혁신기업의 사업화 및 하이테크 스타트업들을 지원하는 '발명의 돈(money of invention)'
 - 법과 제도는 VC 활동을 제약할 수 있는데, 그 규제 방향은 VC의 선순환이 이루어질 수 있도록 유도할 필요
 - 펀드 관리자와 투자자 사이의 정보비대칭성으로 인해 관리자의 기회주의 행동을 제약하고 투자자에 대한 일정 수익 보장하는 방안에 대한 장치 필요

- 한국은 2005년 한국벤처투자 설립으로 시장수요를 반영한 자본 투자와 회수의 순환 기반 조성함
 - 1997년 외환위기 극복 과정에서 정부 주도 벤처캐피탈 시장이 형성되었고, 민간 참여의 확대에도 불구하고 여전히 연기금과 정책기관의 비중이 높음
- 벤처캐피탈은 일반적으로 독립벤처캐피탈(IVC: Independent Venture Capital) 유형과 모기업 기반 벤처캐피탈로 구분
 - 모기업 기반 벤처캐피탈은 기업기반(CVC), 정부기반(GVC), 은행기반(BVC) 등 (Colombo et al., 2016)
 - ※ 기업벤처캐피탈(Corporate Venture Capital: CVC)
- CVC는 벤처기업의 재무적 투자자 뿐 아니라 전략적 파트너 역할이 가능함
 - 벤처기업에게 자본만 투자하는 것이 아니라 대기업의 경영 및 생산 경험과 노하우, 제조 인프라 등을 기반으로 비즈니스 전반의 지원이 가능
- 1951년 Ford Motor에 의해 도입된 CVC는 2000년에는 전체 벤처캐피탈 투자의 15% 수준, 2017년 규모는 전년 대비 18% 증가
 - 1990~2000년 기간 Fortune 500 기업들 중 약 17%, 2008~2011년 기간에는 약 29%가 CVC 투자활동 수행(Mohamed & Schwienbacher, 2016)

□ 엔젤

- 1920년대 미국 브로드웨이에서 작품성은 있으나 자금 부족으로 어려움을 겪던 공연단에게 자금을 공급하던 후원자들을 ‘엔젤’이라 부른 것에서 시작됨
- 엔젤투자자는 공식영역과 비공식영역의 중간 단계에 위치하며, 최근에는 비즈니스 엔젤 네트워크(BAN) 결성을 통해 투자자와 창업가를 연결하려 노력함
 - 엔젤투자자들의 자금은 개인자본을 직접 투자하며, 창업 발아단계부터 성장초기 단계까지 비교적 광범위한 성장 단계에 투자
 - 엔젤투자자들은 자신의 자본을 기반으로 투자활동을 수행하며, 금융투자자나 정책결정자들에게 유용한 정보로서 기능

(5) 기술금융 방향

◇ 정부 주도 융자형(벤처마킹형) → 민간주도 투자형(한국형)

가. 자산성 층들의 완충장치

□ 벤처캐피탈의 시장 중심 인센티브 정착

- 정부 R&D 파트너로서 벤처캐피탈 선정 시 기술융합 기반 기술디자인 역량, 기술자체에 대한 이해도, 그리고 신뢰 관계 전반의 네트워크 역량 등 고려하고, 펀드 운용 vc 중심의 책임과 권한을 부여
 - VC의 참여 유인을 위해 경직적인 모태펀드 구조개선(복수화), 유연한 성과보수 모델 적용(보수적인 관리보수 운영과 과격적인 성과보수)
 - VC에 자금을 공급하는 개인투자자에 대한 과감한 세제우대정책을 설계
 - * 영국의 the venture capital trust(VCT)는 개인투자자 세제우대 정책으로, 개인투자자 투자 시 20만 파운드까지 최대 30% 세액공제 가능

□ 산업은행의 적극적인 기술투자

- 산업은행이 산업 육성 중심의 투자 전략을 수행을 위해 산업은행과 투자은행의 겸업을 허용하는 겸업 은행제도(universal banking system), SVB 등의 모델 수행을 검토

□ 기술보증기금의 벤처투자 확대

- 기술가치 평가, 기술기업의 성장 지원을 할 수 있는 기보의 기술 기업 투자 확대
 - * 현재 국내 벤처기업의 자금조달 방식에서 기술평가보증과 기술평가대출의 비중이 각각 79.1%와 11.2%
 - 기보의 벤처투자조합 결성의 자율권 부여 그리고 투자운용의 자율성 및 투자손실로부터의 자유성 부여가 필요
 - * 「기술보증기금법」제28조의4(보증연계투자) 조항에 따르면, 투자총액의 한도를 기금 기본재산 등의 20%로 명시하고 있으나, 실제 벤처투자시장에서 기보의 투자 비중은 '17년 1.8%, '18년 1.1% 수준

나. 정보의 비대칭성 완화

□ 장기·참여형 기술투자 확대

- 지분 참여형 장기 투자 위주의 기술금융 활성화(차등의결권 등 논쟁)
- 연구를 통해 도출된 1차성과(논문, 특허 등)의 사업화 관점의 성숙도 제고를 위한 후속과제로 시장적용을 위한 실증연구(MRL: Market Readiness Level 제고) 확대
 - 기술/산업 특성별* 시장적용/진입을 위한 실증연구의 모델은 차이가 있으며, 각 특성에 부합하는 유연한 프로그램 필요(유사사업: 교육부 브릿지사업, 산업부 사업화연계기술개발사업, 과기부 연구 산업육성(BZIP 등) 사업 등)
 - * 국방/에너지 등 타겟 중심의 R&D, 농식품 등 환경 영향력 큰 분야의 R&D, 기업 역할이 큰 분야의 R&D 등
 - 관련 전문인력(Prototype manager, Technician 등) 양성, 기존 사업화거점 연계 활용

(6) 정책토론 시사점

- 우리나라 금융은 리스크를 회피하려는 경향이 커 불확실성이 큰 기술에 대한 기술금융은 활성화되기 어려운 구조
 - 여전히 물적 담보가 중요해 TCB, TDB의 실효성에 대한 논란이 존재
 - R&D 자금 등과 연계해서 기술금융의 채널을 다양화할 필요
- 기술금융에 정부개입으로 일어나는 비합리성에 대한 개선 필요 (구축효과 유발)
 - 기술금융 각 주체들은 합리적 판단(이익극대화)을 하고 있지만, 국가차원에서는 비합리성이 존재
- 기술사업화나 기술금융이 되기 위한 양질의 기술 부재도 문제

나. 기술규제 개선방안¹¹⁾

(1) 기술규제의 현황과 문제점

(가) 기술규제 의 개념

□ 기술규제 관련 다양한 정의 및 활용

<표 3-33> 기술규제 용어별 정의 및 특징

용어	주요 사용 기관	정의	특징
기술규제 (TBT)	국가기술표준원	국가 간 통상에서 적용하는 기술적 요건	- 주요 통상무역 관련 비관세장벽에서 사용 - 시험·분석·인증·규격 요건 중심
기술규제 (Technological Regulation)	산업부	기업의 혁신활동을 저해하는 기술 관련 제도	- 기업 및 산업 중심 - 기술개발, 제품생산, 판매·마케팅 등으로 단계 구분
과학기술규제 (S&T Regulation)	과기정통부	혁신주체의 혁신활동을 촉진하거나 저해하는 과학기술 분야 규제	- 산·학·연 혁신주체로 범주 확장 - 연구개발, 사업화 및 창업, 인프라 등으로 단계 구분
기술규제 (Technological Regulation)	국무조정실	국민의 권리제한, 의무무과 또는 법적구속력을 갖게하는 기술기준과 적합성 평가	- 기술규제영향평가 시 적용 개념 - 행정적 절차 상 적용가능한 구체적 기준 명시

□ 기술규제 주체/근거/특징

- 주체 : 중앙부처, 지자체, 관리기관(agency), 전문기관 등
- 근거 : 각종 법규적 규제(법령, 조례)와 준준법규적 규제(지침, 절차, 요건 등)를 포함

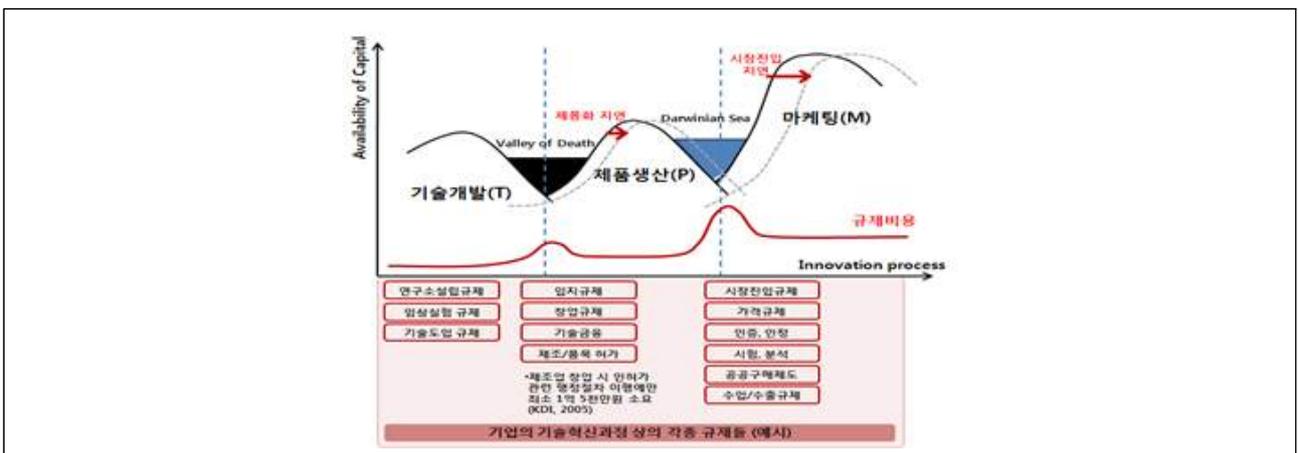
11) 제7회 2019 과학기술정책포럼, STEPI 이광호 발제자료

- 특징 : (+) 소비자 보호, 혁신유도, 유치산업/기업 보호
- (-) 창의성 저하, 해업비용 유발, 신기술/제품 출시 지연

(나) 기술규제 현황

□ 법령 전수조사 결과(2009)

- 기술규제로 추정되는 약 4천 건의 조항 발굴
- 법률 1,643건, 시행령 982건, 시행규칙 1,838건



[그림 3-40] 기술혁신과정상의 규제 예시

□ 기술규제 분포

- 기업활동 단계 중 '제품생산' 단계가 전체의 약 60%를 차지
- 기술규제 유형별로는 제조·품목허가(37.1%), 창업(20.3%), 인증(17.6%) 비중이 높음



[그림 3-41] 기업활동 단계별 기술규제 분포

(다) 기술규제로 인한 문제점

□ 기술개발 의욕 및 기업가 정신 저해

- 단일제품에 대해서도 목적별로 중복·상충되는 규제 존재
 - (사례) 연료전지 차량의 경우, 설계검사와 성능검사 인증 획득 필요, 검사항목 중 43개가 중복
- 소관기관 중첩 및 중복적 절차로 인한 규제순응 비용 상승
 - 설문조사결과 대기업 평균 246억원, 중견기업 19억원을 순응비용으로 지출 또한, 기술규제 대응을 위해서는 평균 17.7개월 소요

□ 높은 진입장벽 및 시장 고착화 초래

- 창업 및 제조/품목 허가 기술규제가 많음은 시장 진입장벽이 높음을 의미
 - 혁신기업의 시장진입이 어렵고, 기존 기업의 시장장악력 강화로 산업 자체 발전을 저해
- 기술기준 등의 고착화로 신제품을 개발하더라도 시장진입 곤란
 - 기술기준 고착화는 혁신기업의 창업을 저해하는 요소로 작용
 - 1인당 GDP 대비 창업비용 14.7% (OECD 평균 4.7%)
 - 다양한 융합 분야 기업의 창업 저해(핀테크, 모바일헬스케어 등)

□ 숨은 기술규제가 더 많고 재량권 남용 가능성

- 중앙정부, 지자체, 관리기관 중, 관리기관의 기술규제를 가장 많이 경험
 - 설문조사 결과, 480개 기업 중 33.4%가 경험
 - 하위 관리지침에 구체적 기술기준이 명시되고, 기업담당자의 대관업무가 관리기관에 집중

□ 특수성 반영 및 환경변화 대응 미흡

- 기업, 업종의 특수성을 고려하지 않은 규정으로 혁신 활동 저해
 - (사례) 무선심박계는 해외에서 스포츠용/교육용으로 각광, 우리나라는 의료기기로 규정
- 급속한 글로벌 환경변화에 긴밀한 대응이 필요한 신설규제 지체 (규제공백)
 - (사례) EU의 나노화장품에 대한 라벨링 의무화가 시작되었지만, 국내 대응은 미흡

(2) 규제 사례 : 융합/신기술 분야

(가) 교통

□ Smart Car

- 5.9GHz 국제표준 vs 국내 방송국 할당 주파수 대역
 - 미국연방통신위원회(FCC)는 스마트 하이웨이용으로 5.9GHz의 주파수대를 할당
- 사업자 성격 (자동차 제조사 vs 무선통신사업자)
- 사고 시 책임소재 (제조사 vs 통신사 vs 소유주)
- 보험제도 (보험 수가 산정)

□ Car Sharing

- Uber, Hailo 등 공유경제형 BM 출현
 - 기존 택시업계 등의 반발 및 정부 개입
- 정부 규제와의 충돌
 - 진입자격 문제 (운수사업법 제34조 유상운송금지 위배)
 - 차고지 확보기준, 재대여 금지, 운전자 알선 금지 등
 - 사고 시 책임귀속, 보험문제 등
- 규제 형평성 문제
 - 과세 문제, 기존 BM의 구조적 한계, free-riding

□ U-healthcare 산업

- 원격의료의 주체/범위/책임 문제
 - 현행 의료법, 약사법, 의료기기법 등의 경직성
 - '의료'와 '건강관리' 구분의 모호성 (모바일 웰니스 관련 기기 인허가 문제)
- 의료/건강 정보 활용 문제
 - 저장매체를 전제로 한 의료정보의 제한적 유통 (병원 내부 vs 병원 외부)
 - 의료정보의 2차 저작권 및 공공성 적용 문제
- 높은 의료수준 및 ICT 인프라에 비해 더딘 발전
 - 소비자의 높은 수용성 vs 의료계 및 시민단체의 반발
 - 미국, 중국 등 후발국의 급성장에 비해 국내는 치료(cure)에서 관리(care)로의 전환에 대한 대응 미비

□ 스마트 교육

○ 콘텐츠 저작권 문제

- 디지털 교과서 전자저작물 정의 부재, 국내외 표준화 문제
- 저작권 규정에 따라 공적 교육 활용 가능하지만, 온라인 평가는 위법
- 제도권 공교육에서만 허용, 다양한 비영리 사교육 및 대안교육과 차별

○ MOOC 부상에 따른 이해관계자 갈등

- 기존 사이버대학의 위상 문제
- 학점취득의 형평성 및 공정성 문제

○ 스마트 교육으로 인한 디지털 격차 문제

- 지역, 계층, 다문화 등에 의한 격차 발생
- 새롭게 등장하는 부작용(해킹, 불법복제 등)에 대한 대응 미비

□ 아바타 의류/패션 서비스

○ 온라인 쇼핑의 소비자 불만 해결 가능

○ 빅데이터 자체도 큰 가치

○ 원제품 소유권과 콘텐츠 소유권 충돌

- 2차 저작권 소유/활용 문제

□ 이미지 경매

○ 농수산물 유통의 역물류 문제 해결 가능성

- 네덜란드 사례

○ 이미지 경매 관련 품목, 형태, 방법 등 기준 미비

- 신뢰성 검증 시스템 부재

○ 기존 경매 이해관계자 반발

(3) 규제문제 발생 원인

□ 정보비대칭성 발달로 신뢰성 제고를 위한 정부개입이 필요

- 기술규제의 본질은 공급자와 소비자 간 정보비대칭성(information asymmetry)으로 발생하는 문제를 해결하기 위해 제3자인 정부가 개입하여 조정하는 것임
- 기술규제의 경우, 과학기술적 특성을 이해하기 위해 고도의 전문성이 요구되며, 일반 행정규제에 비해 정보비대칭성이 더욱 발달
- 정보비대칭성 발달로 인해 기술공급자가 이익극대화를 위한 부정, 편법 행위 개연성이 상존하고, 시장 실패로 인한 사회적 비용 부담 증가



[그림 3-42] 정보비대칭성 하에서 정부 개입의 예

□ 규제지체 현상의 발달

- 규제지체는 문화지체 현상에 대응되는 개념
- 빠른 기술발전 속도에 비해 규제는 사회적 합의의 산물이기 때문에 대응이 늦어질 수밖에 없으며, 이로 인해 개발주체가 어려움을 겪는 것을 의미
- 특히 최근 기술발전 속도가 가속화되고, 기술·산업 간 융합이 활발히 진전됨에 따라 기존 기술규제의 적용 범위를 뛰어 넘는 새로운 제품·서비스가 속속 등장
- 이럴 경우, 기존 기술규제를 그대로 적용하는 것이 현실에 맞지 않거나, 적용기준 자체가 모호해지는 경우가 발생



[그림 3-43] 규제지체 현상 예시

□ 중요성과 과급효과에 비해 인식과 대응이 취약

- 기술 발전의 가속화/복잡화로 기술공급자가 인식하지 못하는 경제/사회적 과급효과가 발생
- 현행 기술규제 관련 논의도 점차 확대되고 있는 상황 (EHS → ELSI)
- 기술규제는 국가 간 교역에서도 중요한 이슈로 부각되고 있으며, 국민의 안전과 건강에도 직접적인 영향을 미치지만, 기술개발 주체들은 제한된 범위에서의 정보만 획득/활용
- 특히 중소기업은 인식 자체가 취약하고 개별 문제 발생 시에만 수동적으로 대응

□ 기술규제의 영향력이 국제적으로 확대

- 우리경제가 글로벌경제에 편입됨에 따라 각종 기술규제도 글로벌 스탠다드 준수를 요구받고 있으며, 특히 수출주도형 경제체제를 갖고 있는 우리나라는 수출대상국의 규제 적용을 수용할 수밖에 없음
- 실제로 유럽을 중심으로 강화되고 있는 각종 기술규제는 실질적으로 우리기업에 큰 영향을 끼치고 있으며, 규제 대응역량이 취약한 중소기업에게 큰 부담으로 작용하고 있음
- 최근 미국, 유럽 등에 이어 중국으로까지 확대되고 있는 전방위적 FTA 체결은 기술규제의 중요성을 더욱 부각시키고 있음

□ 취약한 민간자율 규제시스템

- 선진국의 경우, 환경/안전/국방 분야를 제외하고는 민간자율 규제시스템이 발달하였으며, 정부는 시장 교란 행위에 대해 엄격한 패널티 적용 (사전규제보다 사후규제 강화)
- 민간자율 규제시스템 정착을 위해서는 수요자가 일정 수준 이상의 정보력, 분석역량 및 경험축적 필요
- 선진국은 발달된 민간자율 규제시스템을 체계화하여 글로벌 기준으로 활용 (시험/인증/표준 등)
- 우리나라는 규제시스템 자체가 자생적으로 발달하지 못하고 정부주도로 구축 (수출주도형 경제체제)



[그림 3-44] 우리나라 규제시스템의 특성

(4) 개선방안

(가) 혁신친화적 규제시스템 구축

□ 진입장벽 완화를 통한 시장경합성 제고

- 우리나라의 현재 기술/산업별 수직적 규제체계는 신기술의 발달과 융합으로 한계 노출
- 신규 비즈니스모델은 기존 규제시스템과 충돌하여 사회적 갈등을 야기하고 이해관계자의 반발 야기
- 인허가와 관련한 진입장벽을 완화하여 소비자 선택권 강화와 경쟁 촉진을 통해 더 큰 가치 창출 가능

□ 사회적 수요 충족을 위한 신규기준 제정을 통해 시장 확대 (규제공백의 해소)

- 공공시설 안전, 재난대응, 사생활 보호 등과 같은 사회적 문제 해결을 위한 기술규제의 제정 및 재정비
- Risk management 차원에서 신규 가이드라인 제정은 소비자 권리강화와 시장선택에 긍정적 영향

□ 신기술 융복합 영역에서 조건부 negative 규제시스템 도입 검토

- 기술/제품 간 융합에 대해 기존 규제시스템 적용 시 산업육성이나 글로벌 경쟁력 확보에 차질
- 전면적 전환이 어렵다면 안전/환경/국방 등 특수분야를 제외한 산업분야에서 단계적 혹은 조건부로 negative 규제시스템 도입을 적극적으로 검토

(나) 글로벌 스탠다드 지향

□ 국내 기술규제 시스템과 글로벌 스탠다드와의 조화

- 교역규모가 큰 현실을 반영하여 융합 및 신기술 분야에서 신규 기술규제는 가능한 국제기준과 조화
- 기존 기술규제도 글로벌 기술혁신 및 관련 규제제정과 부합하게 전략적으로 조정

- 규제 타이밍이 중요: 너무 이른 규제는 국내 개발주체의 혁신을 저해하며, 너무 늦은 규제는 소비자보호와 수출을 저해

□ 글로벌 기술규제 모니터링 및 대응체계 구축

- 교역 대상국 중심으로 국가별 기술규제 관련 정보 획득 및 관리 강화
- 전문기관의 지정 및 수요기업(특히 중소기업)에게 제공
- 글로벌 규제환경 변화와 관련한 이슈도출 및 선제적 대응체계 구축
- 규제예측(Regulation foresighting) 연구 지원과 관련 전문가 육성

(다) 미래 지향적 지원 인프라 구축

□ 기술규제 분야별 전문가 육성 및 교류 확대

- 다양한 분야의 기술규제 전문가를 지속적으로 육성
- 산/학/연/관 등이 함께 참여하는 포럼, 세미나, 학회 등을 지원
- 객관적이고 공정한 규제개혁을 위해 다양한 학제적 배경의 전문가 교류를 확대
- 기술규제 정보 축적 및 관리를 위한 ICT 시스템 구축과 접근성 강화

□ 패널티 시스템 구축과 제도적 지원기반 구축

- 네거티브 시스템 안착을 위해서는 시장교란 행위자에 대해 강력한 패널티 부여
- PL법 상 집단배상제도 도입이나 징벌적 배상제도가 병행되어야만 안착 가능
- 사회적 위험을 최소화하기 위한 융합/신기술 분야 보험제도 설계 및 시범사업 확대

(라) 민간참여 확대 및 기술규제 관련 산업 육성

□ 민간 자율규제 시스템 강화

- 소비자(수요자)의 기술규제 관련 정보 해석 역량 제고를 위한 지원 확대
- 단기적으로는 기업에게 부담이 되지만, 중장기적으로는 기업의 혁신역량 강화로 연결
- 민간협회 등의 자율권 행사에 대한 제도적 지원 강화
- 민간협회가 자율성과 전문성을 갖추고 업계 내부의 이해관계에 중립성을 확보하는 것이 선결요건

□ 기술규제 관련 서비스의 고부가가치 산업화

- 기술규제의 핵심분야인 시험/인증/표준 분야는 제조업의 안정적 성장을 위한 필수 서비스 산업
- 우리나라는 제조업 규모에 비해 동 분야의 규모와 경쟁력은 매우 취약하며, 의뢰과정에서 많은 비용 부담과 더불어 기술유출 위험이 상존
- 시험인증산업은 양질의 고용창출이 가능한 고부가가치 서비스산업이며, 고급 이공계 고용확대가 가능
- 전방위적으로 체결되고 있는 FTA에서 국내기업을 보호할 수 있는 제도적 장치로 활용 가능

<표 3-34> 해외 시험인증 분야 현황

기관	매출	종업원 수	해외지사 수
SCG(스위스)	7.7조원	9만 여명	1,400여개
BV(프랑스)	5.8조원	6.6만 명	1,000여개
Dekra(독일)	3.7조원	3.6만 명	600여개
국내 7대 시험인증기관	0.66조원	0.5만 명	20개 내외

□ 혁신 : 새로운 것을 만드는 것이 아니라 관점을 바꾸는 것

- 네스트(nest) : 자가학습형 온도조절장치
 - 2010년 창업
 - 2014년 구글이 32억달러에 인수
- 표면적 가치 : 가정의 에너지 절약, 편의성
- 실제 가치 : 에너지 사용에 대한 빅데이터



[그림 3-45] 혁신의 예 : 네스트

- 블루투스 전자저울 : 스마트 자동계량기
 - 2013년 창업
 - 2015년 ICT 특별법에 의한 임시허가 확보
- 표면적 가치 : 표면적 가치 : 농가의 노동력 절감, 편의성
- 실제 가치 : ???



[그림 3-46] 혁신의 예 : 블루투스 전자저울

(5) 정책토론 시시점

- 규제개선을 위해서는 총괄적인 거버넌스, 소비자집단, 규제프레임 자체에 대한 고민 등이 필요
 - 급격한 기술의 발전/변화 속도를 관료가 따라가기 어려운 측면존재, 시민사회의 역할을 확대할 필요
- 규제 거버넌스 (4차 해커톤, 기재부/총리실, 과기부 샌드박스)의 정리 및 합의된 사항에 대해서는 실행력을 확보할 필요 → 규제에 대해서 총괄할 부처가 필요
- 연구자들의 기술창업은 일차적으로는 자금, 이차적으로 규제문제에 봉착
 - 해외에서는 적정 단계에서 M&A를 통해 탈출하고 전문경영인이 맡는 반면, 우리는 부족
- 기술금융이나 기술규제에서 과기부(기술)의 역할은 제한적
 - 현재는 기술개발 발전, 변화속도가 너무 빠름, 시장/산업 이해관계자 충돌에서 관료의 역할이 적음, 기술변화 등에 대해 안전을 확보하려는 국민 안전에 대한 우려가 존재(보수적일 경향)
- 연구현장에서도 LMO, 연구자안전관리법 등 규제를 담당하기 위한 행정력 소비가 큰 상황

다. 정부 R&D 예산시스템의 진단과 개선방안¹²⁾

(1) 서론

□ 정부 R&D 예산시스템에 대한 진단을 통해 그 시사점을 얻고자 함

- 예산은 일종의 종합적 재무계획의 수립과 같음
 - R&D를 보다 빠른 바람직한 변화를 인위적으로 추구하는 혁신활동 중 하나라고 한다면, 정부 R&D 예산은 이러한 혁신활동을 지원하는 재무계획의 수립으로 정의됨
 - 이러한 재무계획에는 지식창출을 위한 R&D 활동들에 대한 것뿐만 아니라 지식활용을 위한 사업화 활동 등도 포함되어 있음
 - 정부 R&D 예산을 지식의 창출과 활용을 포괄하는 기술혁신을 지원하기 위한 국가적 재무계획 수립이라고 간주해도 무방

□ 지금까지 R&D 예산시스템을 구성하는 개별 요소들에 대해서만 연구들을 수행

- 총액배분·자율편성제도, 프로그램예산제도, 성과관리예산제도, 예비타당성조사제도, 예산배분조정체계, 평가제도 등이 그 예들임
 - 이들 연구들에서는 개별 제도들의 타당성 중심으로 연구가 이루어져 예산시스템이라는 전체적인 접근은 이루어지지 않았음
- 그 결과, 이들 연구들에서 개별 제도들에 대한 심층적 연구는 이루어졌지만, 예산시스템이라는 하나의 전체 속에서 이들 개별 제도들의 위상과 관계들에 대한 검토는 시도되지 못하였음

□ 여기에서는 시스템의 관점에서 정부 R&D 예산의 적절성을 평가하고자 시도

- 특히, R&D 예산시스템을 구성하는 구조적 측면에서의 적정성을 평가하고자 시도
 - R&D 예산에 대한 사업구조적 진단은 연구자들의 안정적 연구활동 보장 그리고 더 나아가 경제사회 문제해결 영역들에 대한 효과적 대응 여부 등에 대한 기초적이고 중요한 판단 기준을 제공
- 정부 R&D 예산시스템이라는 하나의 전체 속에서 핵심이 되는 요소들이 무엇인가를 파악하고, 이들 핵심 요소들과 시스템을 형성하는 개별 제도들의 관계를 살펴봄
 - 정부 R&D 예산시스템이 구조와 질적 속성들로 구성되어 있다고 전제한 후, 이 중에서 예산의 구조에 대한 현재 상태 진단과 이를 토대로 시사점을 도출하고자 시도

12) 제8회 2019 과학기술정책포럼, STEPI 안두현 발제자료

(2) R&D 예산시스템과 사업구조

(가) R&D 속성과 정부의 역할

1) R&D 속성 : 전문성의 원리

□ 전문성의 원리

- “사회의 경제적 문제 해결에 있어 시공간적 환경 변화에 대한 신속한 대응이 요구된다고 전제한다면, 궁극적인 의사결정은 이러한 환경변화에 익숙한 사람들에게 맡겨져야 한다. 이들은 환경변화 대응을 위해 즉각적으로 요구되는 노력들과 자원들에 대해 직접적으로 알 수 있는 사람들이기 때문이다. 이러한 문제는 이들이 갖고 있는 모든 지식을 통합시켜 조리 있게 상위자(또는 상위 위원회)에게 의사소통함으로써 해결될 것이라 기대할 수 없다. 어떠한 형식으로도 분권화를 통해 해결되어야 한다.”¹³⁾
- 위 글은 노벨경제학상을 받은 당시 런던대학 교수인 Hayek의 “사회에서 지식의 활용”이라는 제목의 논문에서 인용한 것
 - 여기에서 주장하고 있는 요점은 과학기술에 대한 투자, 즉 R&D 투자 관련 중요한 의사결정이 관련 지식을 직접적으로 갖고 있는 이른바 전문가들에게 위임되어야 한다는 이른바 전문성의 원리임

□ 전문성 중심의 분권화 원칙은 R&D 예산 배분에 있어 추가적 시사점이 있음

- 지식의 생산 및 활용을 통한 효과적 경제사회문제 해결에 있어서 1차적으로 중요한 것은 R&D 자원을 종합적인 차원에서 적절하게 배분하는 것이 아니라 현장의 개별지식을 보유한 전문가들에게 R&D 자원이 잘 도달되도록 보장해주어야 한다는 것에 있다는 사실임
- 이를 R&D 정책적으로 다시 기술하면, 국가 R&D 자원의 전략적인 배분에 앞서 연구자들의 기본적인 연구활동에 대한 보장이 우선 고려되어야 한다는 것임
 - 물론 이는 전문가들에 대한 무한한 신뢰를 전제로 한 것임
- 미국의 경우, Vannevar Bush 보고서¹⁴⁾에서 제안한 바대로 전문영역별 연구사업단들이 해당 분야에 대한 정책과 예산, 인력 그리고 연구의 방법과 범위의 결정을 그들 자체의 내부 통제에 의해 독립적으로 수행하고 있음
 - 이러한 전문성의 원리는 미국의 정부 R&D 조직화에 있어 극히(utmost) 중요한 원칙이 되고 있음

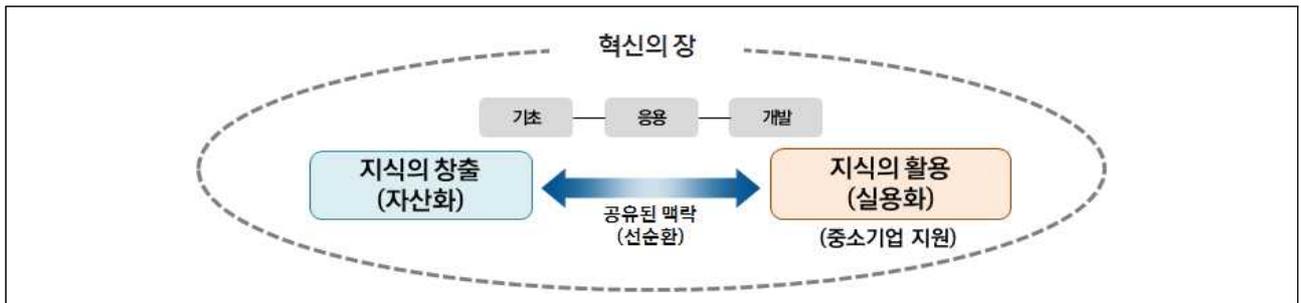
13) Hayek, F.A.(1945), The Use of Knowledge in Society, The American Economic Review, 35(4), pp. 519-530.

14) Vannevar Bush(1945), Science: The Endless Frontier, National Science Foundation, Washington, D.C.

2) 정부의 역할: 기술혁신의 ‘장(場)’ 형성

□ 정부 R&D 예산시스템의 목적 적합한 목표가 무엇이어야 하는가?

- 정부 R&D 예산시스템의 기본적 목표는 ‘지식 생산·활용의 장(場)’을 형성하는 것에 있어야 함
- ‘지식 생산·활용의 장(場)’은 개별 연구자들의 연구활동이 일정한 범위에서 시공간적 경계를 갖고 이루어질 수 있도록 하는 보다 확장된 개념으로 이해하면 됨
 - 왜냐하면 ‘적정한’ 범위에서 개별 연구자들의 연구활동이 서로 연관성을 가지며 이루어지는 것이 R&D 생산성에 긍정적 효과가 있을 수 있기 때문임
 - 그리고 이들 적정 범위에서 이루어지는 연구활동들이 기초와 응용개발로 경계를 지어 추진되는 것은 비효율성을 초래하여 지식의 생산·활용을 통한 선순환적 문제해결에 오히려 방해가 될 수 있기 때문임
- 정부의 기본적인 역할 중 하나는 R&D 예산시스템을 구성하는 경제성장 또는 사회문제 해결 관련 개별적 부분들, 즉 영역별로 기초와 응용개발 그리고 창출된 지식이 자산화되고 축적된 지식이 활용될 수 있는 이른바 선순환적 ‘혁신의 장’을 형성하고 이것이 효과적으로 작동될 수 있도록 지원하는 것이어야 함
 - 아래 [그림 1]은 바람직한 모습의 ‘혁신의 장’에 대한 개념도



[그림 3-47] 바람직한 모습의 ‘기술혁신의 장’

자료: 안두현 외(2018), 14쪽.

(나) R&D 예산 시스템

□ 시스템은 ‘하나의 전체’

- 시스템(system)이라는 용어는 여러 개의 부분들 또는 구성원들로 이루어져 있는 ‘하나의 전체’라는 개념에서 유래된 것임¹⁵⁾
 - 시스템을 하나의 전체로서 전제한다면, 시스템, 즉 하나의 전체로서 시스템은 이를 구성하는 구조적 부분들(parts, members)과 시스템을 작동시키는 기능적 속성들(attributes, qualities)로 구분지어 파악하는 것이 가능

15) <https://en.wikipedia.org/wiki/System>(검색일: 2018.6.7.)

- 시스템을 하나의 전체로서 파악한다면, 이러한 시스템에 어떤 특정한 의미를 부여하는 것이 필요
 - 만약 이러한 특정한 의미를 부여하지 않는다면 그 시스템은 그 자체로 자연에 존재하는 우리와 직접적인 관련성을 갖지 않는 하나의 공허한 시스템에 불과
 - 특히 그 시스템이 우리 인간의 문제 또는 사회의 문제와 직접적인 관련을 갖는 것이라면 그 시스템 자체에 특정한 의미를 부여하는 것이 중요
 - 일반적으로 이와 같이 하나의 시스템에 특정한 의미를 부여하는 것을 정책의 관점에서는 비전 또는 목표 설정이라고 부를 수 있음
- R&D는 보다 빠른 바람직한 변화를 인위적으로 추구하는 혁신적 활동들(innovative activities) 중 하나
 - 이러한 의미에서 정부 R&D 예산시스템은 R&D라는 혁신 활동을 효과적으로 수행 또는 지원하기 위한 정부 차원의 재무계획 시스템
 - 그리고 이러한 정부 R&D 예산시스템이 공허한 시스템이 되지 않기 위해서는 이른바 국가적 비전과 목표가 수립이 되어야 하는데 그것을 구성하는 핵심 내용은 주로 국가 경제사회발전과 국민 삶의 질 향상에 대한 것들이 될 것임
- 국가적 비전과 목표가 수립된 이후에는 이들을 달성하기 위한 정부 R&D 예산 사업들의 구조와 기능 및 내용들을 결정하는 것이 필요
 - 이러한 결정은 동시에 국가 차원의 R&D 조직화(organizing) 문제, 즉 R&D 사업들의 구조를 어떻게 형성하고 그러한 구조 속에서 어떻게 인력 등의 자원을 활용하고 운영할 것인가 하는 문제
 - 특히, 여기에서는 R&D 예산시스템의 문제 그리고 국가 차원의 R&D 조직화 문제를 특히 구조의 문제에 초점을 두어 살펴보고자 함
 - 예산 구조의 문제는 예산의 하드웨어와 형식들(forms)을 결정하고, 예산 기능 및 내용의 문제는 예산의 운영 소프트웨어와 개별적 내용들(contents)에 대한 전략을 결정하는 것과 같음

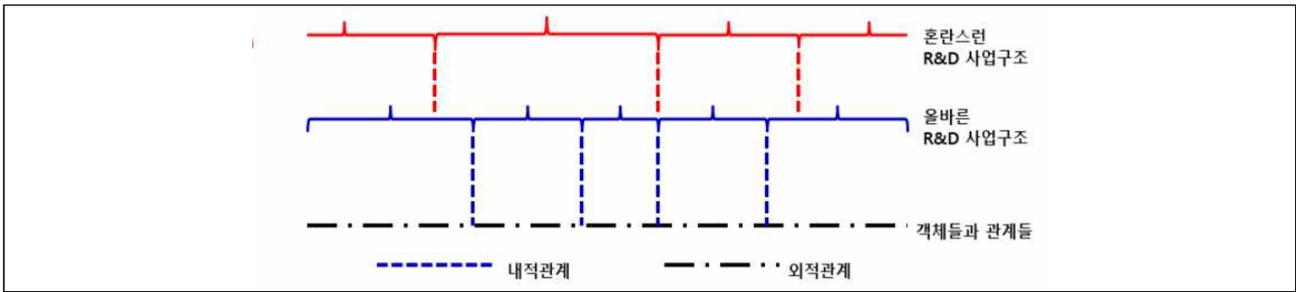
(다) R&D 사업구조

- 기존의 연구들에서는 R&D 예산시스템을 일련의 예산 과정으로 구분하여 파악하려고 시도
 - 정확한 의미에서 예산 과정은 시스템을 구성하는 부분들이 될 수 없음. 따라서 예산 과정을 통해 예산 시스템의 구조와 속성들을 파악하는 것은 시스템적 분석의 성격을 갖지 못함
 - 다른 한편, R&D 예산시스템을 예산 계정들, 즉 일반계정, 특별계정, 기금계정 등으로 파악하거나, 예산 결정 주체들, 즉 의회, 예산당국, 중앙정부, 지방정부 등으로도 파악할 수 있음
 - 이들 예산 계정들과 예산결정 주체들은 예산시스템을 구성하는 부분들로 예산시스템의 구조를 형성할 수 있으며 목적에 따라 시스템적 분석의 성격을 가질 수 있음

- 정부 R&D 예산시스템의 구조를 형성하는 가장 목적 적합한 부분들은 무엇이 되어야할까?
- 정부 R&D 예산시스템을 구성하는 가장 목적 적합한 부분들이란 R&D 예산시스템의 비전과 목표를 달성함에 있어 타당한 부분들이어야 함이 당연
 - 즉 예산시스템에 목적 적합한 요소들은 바로 개별 산업들, 개별 사회적 문제들 그리고 건강과 복지 문제들이 되어야 함
 - 정부 R&D 예산시스템이란 시스템이 추구하는 비전과 목표에 목적 적합한 부분들, 즉 산업들, 사회 문제들 등의 개별 요소들(elements)에 대한 혁신활동을 지원하는 합리적 재무계획들의 총합을 의미한다고 볼 수 있음
 - 이는 정부 R&D 예산시스템이 효과적이기 위해서는 이를 구성하는 부분들, 즉 개별 요소들에 대한 재무계획들의 효과성이 토대가 되어야함을 의미
 - 사실 이러한 내용은 일반적으로 알려지고 검증된 사실이기도 함. 왜냐하면 한국을 포함한 많은 국가들이 이미 프로그램 예산제도(program budgeting)를 도입하여 적용해오고 있기 때문
- R&D 예산시스템의 구조를 파악함에 있어 중요하고 어려운 또 다른 문제가 남아있음. 이는 R&D 예산시스템을 구성하는 개별 요소들, 즉 이른바 기본적 토대를 형성하는 R&D 프로그램들의 적절한 경계와 범위를 결정하는 문제임
- R&D 프로그램의 범위와 R&D 생산성은 “역U자”형 관계를 가짐. 이는 R&D 생산성이 최대화될 수 있는 최적 범위의 적정 R&D 프로그램이 존재할 수 있으며, 설정된 R&D 프로그램의 범위는 조직의 R&D 생산성에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 의미
 - 일반적으로 R&D 생산성에 영향을 미치는 요인으로는 R&D 프로그램의 규모와 범위, 해당 기술 및 산업의 속성, 해당 혁신조직 또는 기업의 속성, 사람, 포트폴리오와 같은 R&D 전략 등이 있을 수 있음
 - 실증분석 결과, 적정 범위에서의 R&D 프로그램 설계와 실행이 매우 중요한 것으로 평가되었음¹⁶⁾
- [그림 2]는 혼란스러운 R&D 프로그램과 올바른 R&D 프로그램의 예
- 올바른 R&D 프로그램의 경우 문제 대상들에 대한 내적 필연적 관계를 중심으로 유형화되어 있는 반면, 혼란스러운 R&D 프로그램은 내적 관계가 불분명하고 중복적이거나 무관한 것들이 함께 유형화되어 있음을 알 수 있음¹⁷⁾

16) Henderson R. and I. Cockburn(1996), Scale, Scope, and Spillovers: the Determinants of Research in Drug Discovery, *Rand Journal of Economics*, 27(1):32-59.

17) 안두현 외(2015a), 「R&D 분야 국가재정 효율화 방안」, 과학기술정책연구원.



[그림 3-48] 혼란스러운 R&D 프로그램 구조와 올바른 R&D 프로그램 구조

자료: Sayer(1999), 이기홍 역, 안두현 외(2014) p.2에서 재인용¹⁸⁾

(3) 분석 방법

(가) 개요

□ 2016년 NTIS 데이터를 이용해 정부 R&D 사업의 집중도, 유사성, 연관구조 등을 분석

- R&D 사업 간 연관구조는 네트워크 형태로 표현·분석하므로, 사업별 기술투자 현황을 네트워크 형태로 변환하는 방법임
- 이 과정에서 NTIS 데이터를 기초로 정부 R&D 사업 별 기술투자 현황을 파악하고, 투자현황 간 유사성을 측정하여 그 결과를 통해 연관구조를 네트워크로 표현
- 연관구조 네트워크는 개별 R&D 사업이 얼마나 유사한 기술에 투자하고 있는지를 나타내게 될 것이므로 이 결과를 통해 정부 R&D 사업의 배분구조를 전체적인 관점에서 조망할 수 있을 것임
 - 참고로 본 분석은 통계 분석 도구인 R 버전 3.4.1(R Core Team, 2017)에서 수행되었으며, 분석에 효율성을 향상하기 위해 추가 패키지 igraph(Csardi and Nepusz, 2006), ggplot2(Wickham, 2009) 등을 이용

□ 2016년에 수행된 552개 정부 R&D 사업 중 480개 일반연구개발사업을 대상으로 함

- 분석대상인 정부 R&D 사업에서 기술 영역을 기준으로 투자현황을 파악하여 유사성 측정에 활용
 - 기술영역에 대한 구분기준은 국가과학기술표준분류¹⁹⁾를 적용하며, 중분류 수준에서 확인한 투자 분포가 분석 대상
 - 중분류 수준을 적용한 이유는 대분류 수준에서 투자현황을 확인하면 하나의 항목에 너무 많은 과제가 포함되어 기술간 차이가 드러나지 않고, 반대로 소분류 수준에서 투자현황을 확인하면 항목에 포함되는 과제가 너무 적어 기술 간의 유사성을 드러내기 어렵기 때문.²⁰⁾

18) Sayer, A.,(1999), 「사회과학방법론: 실재론적 접근」, 이기홍 옮김, 과주: 한울; 안두현 외(2014), 「정부연구개발사업의 기획 시스템 개선 방안: R&D 아키텍처를 중심으로」, 과학기술정책연구원에서 재인용.

19) '12년에 개정·고시된 과학기술표준분류는 33개 대분류, 369개 중분류, 2899개 소분류의 3계층 분류체제로 구성됨

20) 양현채(2017), 국가전략기술간 연관구조 분석, STEPI Working Paper(2017-05)

- 투자내역은 기술분야별 정부투자 규모를 기준으로 구성

(나) R&D 사업들의 기술분야 집중도

- 정부 R&D 사업의 기술분야 집중도는 각 R&D 사업의 분야 수, 엔트로피(entropy) 지수, HHI(Herfindal-Hershman Index) 지수를 통해 분석
 - 기술분야 집중도는 개별 R&D 사업들 각각의 기술분야 집중도를 나타내며, 다음의 유사성은 R&D 사업들 간 유사성을 나타냄
 - 분야 수는 해당 R&D사업이 몇 개 분야에 걸쳐 있는지를 절대량으로 나타낸 것으로 다양성(variety)이라 불리기도 함(Mac Arthur, 1965)²¹⁾
- 엔트로피 지수는 그 값이 클수록 다양한 분야에 걸쳐 있음을, 즉 집중도가 낮음을 의미하는데, 이 지수는 물리학의 정보이론에서 정보의 안정된 송수신을 위해 개발된 지수(Shannon, & Weaver, 1962)²²⁾.
 - i 번째 기술에 대한 투자 비중을 p_i 로 두었을 때, 엔트로피 값은 $-\sum p_i \ln p_i$ 로 정의됨
- HHI 지수는 허핀달 지수라고도 하며, $\sum p_i^2$ 로 정의하고, 결과는 0과 1사이의 값으로 산출된다. 1에 가까울수록 한 분야에 대해서만 과제가 수행된 것으로 판단될 수 있음. HHI 지수는 사업 집중도를 측정할 때 주로 활용 (Rhoades, 1993)²³⁾

(다) R&D 사업간 유사성(연관성)

- 정부 R&D 사업 간 연관성은 사업 간에 얼마나 유사한 기술에 투자 즉, 기술기반을 공유하고 있는가를 수치화 하여 나타냄
 - R&D 사업 간 연관관계를 추적하기 위해 적용한 연관성 지표는 코사인(cosine) 유사도
 - n 개의 기술에 투자한 R&D 사업 A와 B의 유사도를 측정하기 위해 이들의 기술별 투자규모를 벡터로 가정하면, 아래와 같은 코사인유사도($\cos(\theta)$)를 측정할 수 있음

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}}$$

21) Mac Arthur, R. H.(1965), "Patterns of species diversity," 40(4), Biological Reviews.

22) Shannon, A. & Weaver, W.(1962), "The mathematical theory of communication," Urbana, IL: University of Illinois Press.

23) Rhoades, S. A.(1993), "The herfindahl-hirschman index," HeinOnline.

- 본 연구에서 측정하는 코사인 유사도는 0과 1사이의 값을 산출하도록 조정. 이 값은 두 사업이 완벽하게 동일한 기술에 투자했다면 코사인 유사도는 1의 값을 산출. 반면, 사업 간 투자영역에 공통점이 없을 경우 코사인 유사도는 0의 값을 보일 것임

(라) R&D 사업간 연관구조와 기술군 분할

□ 정부 R&D 사업 간 연관구조에서는 사업간 연관성을 네트워크 형태로 나타내어 그 구조를 분석

- 네트워크 형태로 변환하는 이유는 시각화와 구조 분석이 용이하기 때문임. 그렇다면, 네트워크를 구성할 결점과 연결을 결정해야 하는데, 본 분석에서 결점은 정부 R&D 사업의 투자내역이고, 사업 간 연관성이 연결과 가중치를 의미
 - 코사인 유사도에서 변환한 직후의 네트워크는 거의 모든 결점이 서로 간에 연결을 형성한 상태이므로 연결을 간소화하여 분석에 적용할 필요가 있음. 연결이 너무 많이 형성되어 있어 구조 파악이 용이하지 않기 때문
 - 이에 본 연구에서는 네트워크 기본 골격은 유지하면서 유사도가 높은 연결을 남기고 상대적으로 유사도가 낮은 연결을 분석에서 제외하는 방식으로 트리(tree)를 추출. 추출방법으로 Prim(1957)의 최소신장트리(MST: Minimum Spanning Tree) 알고리즘을 적용

□ 유사한 기술에 투자한 사업 그룹을 식별하기 위해 네트워크에서 인접한 결점을 그룹으로 분할하는 커뮤니티 탐지(community detection) 기법을 적용

- 그룹화 방법으로 Girvan과 Newman의 방식(Girvan and Newman, 2002)을 이용. 이 방법은 연결 밀집도를 기준으로 그룹을 식별해 내므로 사전에 선별될 그룹 수를 미리 정하지 않고 최적의 분할지점을 탐지

(마) 분석의 한계

□ NTIS 자료 활용의 한계

- NTIS 자료에서 R&D 예산 배분 구조의 목적 적합성을 평가할 수 있는 가장 좋은 방법은 R&D 예산의 경제사회목적별 투자현황을 분석하는 것임
- 현재의 경제사회목적별 투자현황은 대분류 수준에 머물러 있어 너무 포괄적
 - 제조업 관련 기술 대부분이 산업생산 및 기술이라는 하나의 분류 영역에 포함되어 있어 제조업을 구성하는 하위 산업들에 대한 분류 영역을 이용하는 것이 가능하지 않음
- 연구에서는 R&D 예산의 배분 구조 분석을 위해 현재 NTIS에서 제공하고 있는 과학기술표준분류상 대분류와 중분류 체계를 활용
 - 과학기술표준분류는 기본적으로 기술적 관점에 따른 분류이기 때문에 R&D 예산 배분 구조의 목적 적합성 분석에 한계를 가질 수밖에 없음

- 그러나 과학기술표준기술 또한 기반기술 영역을 제외하고는 많은 해당 기술이 응용되는 산업들과의 연계성을 고려하여 분류되었기 때문에 이러한 한계를 지니고 있지만 예산 구조의 목적 적합성 분석에 활용이 가능하다고 판단

□ 정부 R&D 예산을 구성하는 단위사업들의 범위와 수준의 일관성 부족

- 정부 R&D 예산을 구성하고 있는 500여개에 이르는 단위사업들은 그 범위와 수준에 있어 매우 다양한 것으로 나타남
 - 예를 들어, R&D 예산 크기의 차이와는 별개로, 어떤 R&D 사업들의 경우 해당 사업들을 구성하는 내역사업들이 단위사업들에 해당되는 범위와 수준에 상응하는 경우들이 있었음
 - 그럼에도 불구하고 모든 개별 단위사업들의 내용을 파악한 후 단위사업들의 범위와 수준 있어 일관성을 갖도록 NTIS 자료를 수정하는 것은 거의 불가능
 - 따라서 R&D 예산 배분 구조의 적합성 분석을 위해 NTIS에서 제공하는 단위사업들을 그대로 활용할 수밖에 없었음
- R&D 투자 의사결정이 단위사업들 중심으로 이루어지고 있다는 측면에서는, 오히려 이들 단위사업들 수준에서 분석하는 것이 R&D 사업들의 목적 적합성 분석에 적절할 수 있음

(4) R&D 사업구조 분석 결과

(가) 정부 R&D 사업 현황

- 전체 552개 R&D사업 중 인문사회연구개발사업을 제외한 일반연구개발(국방 포함)의 R&D사업수는 480개로 전체 예산 규모는 15조 7,806억 원
 - 일반연구개발사업 R&D예산에서 미래창조과학부가 전체 R&D예산의 약 40%로 가장 높은 비중을 차지하고 있고, 산업통상자원부(21%), 교육부(5.9%), 중소기업청(5.8%), 방위사업청(5.7%) 순서로 투자 비중이 높음
 - 상위 5대 중앙행정기관에서는 278개의 R&D사업을 운영하고 있으며 전체 R&D사업 수의 약 58%를 차지

<표 3-35> 2016년 부처별 정부 R&D예산 및 단위사업 수(인문사회연구개발사업 제외)

(단위: 개, 백만 원)

부처명	예산액(비중)	R&D 사업수(비중)	내역사업 수	과제 수
미래창조과학부	6,371,115 (40.37)	158 (32.92)	530	12,734
산업통상자원부	3,384,147 (21.44)	84 (17.50)	316	5,192
교육부	934,598 (5.92)	12 (2.50)	27	8,282
중소기업청	925,503 (5.86)	17 (3.54)	28	7,328
방위사업청	902,581 (5.72)	7 (1.46)	15	335
(상위 5대 소계)	12,517,945 (79.32)	278 (57.92)	916	33,871
농촌진흥청	622,083 (3.94)	29 (6.04)	93	4,578
해양수산부	560,066 (3.55)	27 (5.63)	75	968
보건복지부	518,269 (3.28)	37 (7.71)	81	2,451
국토교통부	441,879 (2.80)	15 (3.13)	49	627
환경부	273,479 (1.73)	22 (4.58)	61	718
농림축산식품부	193,673 (1.23)	12 (2.50)	35	1,914
기상청	163,644 (1.04)	14 (2.92)	30	187
산림청	102,530 (0.65)	7 (1.46)	20	269
범부처 사업	88,436 (0.56)	4 (0.83)	5	266
문화체육관광부	79,831 (0.51)	7 (1.46)	20	208
식품의약품안전처	78,859 (0.50)	8 (1.67)	30	599
국민안전처	67,255 (0.43)	10 (2.08)	23	174
원자력안전위원회	61,216 (0.39)	5 (1.04)	10	124
행정자치부	4,595 (0.03)	2 (0.42)	9	40
경찰청	3,579 (0.02)	1 (0.21)	3	15
기획재정부	3,350 (0.02)	2 (0.42)	2	2
총 합계	15,780,689 (100.0)	480 (100.0)	1,462	47,011

자료: 안두현 외(2018), 57쪽.

(나) R&D 사업의 집중도

□ 기술분야 집중도는 분야 수, 엔트로피 지수, HHI 지수를 통해 분석

- 분야 수는 해당 사업에서 지원된 연구과제들의 대분류 또는 중분류의 절대량으로서 그 수가 크면 다양한 분야에 지원, 그 수가 적으면 한정된 분야에 집중하여 지원한 것으로 판단
- 엔트로피 지수는 그 값이 클수록 다양한 분야에 지원한 것으로 판단할 수 있으며, HHI 지수 이른바 허핀달 지수는 0에서 1의 값을 갖는데 1의 값에 가까울수록 한 분야에 대해 지원을 집중한 것으로 판단

<표 3-36> 정부 R&D 사업의 집중도 분석

부처명	과학기술표준분류(대)			과학기술표준분류(중)		
	분야 수	entropy	HHI	분야 수	entropy	HHI
미래창조과학부	7.55	1.25	0.44	21.36	2.15	0.23
산업통상자원부	7.46	1.28	0.41	21.35	2.22	0.22
중소기업청	14.75	1.97	0.20	66.56	3.21	0.10
교육부	23.25	2.60	0.11	118.63	4.02	0.04
경찰청	8.00	1.93	0.16	9.00	2.03	0.16
국민안전처	5.13	1.19	0.39	7.50	1.44	0.33
국토교통부	4.00	0.60	0.71	10.77	1.68	0.31
기상청	4.33	0.60	0.73	8.33	1.51	0.31
농림축산식품부	5.90	0.62	0.71	19.90	1.93	0.28
농촌진흥청	4.24	0.39	0.81	16.00	1.84	0.28
문화체육관광부	3.00	0.51	0.72	6.60	1.16	0.45
방위사업청	5.20	1.06	0.45	16.20	1.46	0.39
보건복지부	3.96	0.55	0.71	12.26	1.73	0.27
산림청	4.75	0.64	0.69	10.75	1.55	0.35
식품의약품안전처	5.14	0.84	0.56	13.43	1.83	0.26
원자력안전위원회	5.00	0.80	0.57	12.00	1.67	0.28
해양수산부	4.44	0.88	0.55	8.17	1.45	0.34
행정자치부	6.50	1.27	0.46	10.00	1.51	0.44
환경부	2.83	0.43	0.76	9.00	1.67	0.29
범부처 사업	4.67	0.79	0.67	11.33	1.39	0.50
총 합계	7.08	1.11	0.50	22.31	2.07	0.25

자료: 안두현 외(2018), 63쪽.

- 분야 수 분포를 살펴보면, 모든 분야에 대한 기초연구 지원을 담당하고 있는 교육부는 대분류는 사업들 평균 23.25개, 중분류는 사업들 평균 118.63개로 나타나 거의 대부분의 과학기술분야를 지원하는 것으로 나타남(<표 2> 참조)
 - 과학기술표준분류 상 대분류에 있어 부처별 평균은 7.08개이다. 대부분의 부처들은 평균 집중도를 하회하고 있으나, 미래창조과학부와 산업통상자원부, 중소기업청 등의 이른바 종합지원부처들은 각각 7.55와 7.46, 14.75로 평균을 상회
 - 이러한 경향들은 엔트로피 지수와 HHI 지수에서도 유사하게 나타나고 있는데, 이는 부처들 각각의 특성 즉, 고유사업부처들의 특성과 종합지원부처들의 특성을 반영
 - 현재 종합지원부처들은 특정 산업 또는 기술분야들에 한정하지 않고 거의 대부분 분야들에 대한 R&D 사업들을 지원 관리하고 있기 때문
- 미래부 R&D 사업들 중 상대적으로 집중도가 높은 사업들에는 ICT 분야 사업들이 다수를 차지하고 있고 연구 장비, 의료기기, 핵융합, 위성개발, 원자력 등의 분야들이 일부 포함
 - 우선, ICT 분야 R&D 사업들이 상대적으로 목표로 하는 응용산업 및 기술분야 중심으로 R&D 사업들을 설계하여 관리되고 있는 것으로 간주될 수 있음
 - 즉, ICT 분야 R&D 사업들이 앞서 논의한 바와 같이, 상대적으로 올바른 사업 구조를 형성하고 있는 것으로 평가될 수 있음

- 이러한 경향은 단지 ICT 분야 고유의 속성에 따른 것으로 간주될 수 있음
 - 예를 들어 ICT 관련 산업 및 기술분야들이 타 산업 및 기술분야들에 비해 쉽게 차별화될 수 있기 때문인 것으로 해석될 수 있음
- 중분류 수준에서 살펴보면, 대분류 수준에서는 집중도가 높게 나타나는 반면, 중분류 수준에서는 집중도가 낮게 나타나는 사업들이 눈에 띈
 - 예를 들어, 전자정보디바이스산업원천기술개발, 방송통신산업기술개발, 정보통신방송표준개발지원, 정보통신연구기반구축 등의 사업들임
 - 이들 R&D 사업들에 대해서는 사업 범위의 적정성 그리고 이들 사업을 구성하는 내역사업들이 독립적 범위를 형성하여 추진되고 있는가 여부 등에 대한 검토가 필요할 수 있음
- 산업부 R&D 사업들 중 상대적으로 집중도가 높은 사업들에는 에너지, 자동차, 조선, 원자력 등 다양한 산업들에 대한 R&D 사업들이 포함
 - 이러한 경향은 미래부의 ICT 산업에서 나타나는 경향과 유사. 한편, 중분류 수준에서 집중도 낮게 나타나는 사업들이 발견됨
 - 예를 들어, 시스템산업기술개발기반구축, 시스템산업미래성장동력, 원자력핵심기술개발, 전력표준화 및 인증지원사업 등임
 - 이들 R&D 사업들에 있어 중분류 상에서 집중도가 낮게 나타나는 현상이 해당 분야 고유의 속성 때문인지 아니면 사업 범위의 적정성 부족 때문인지 검토할 필요가 있음
- 결과 검토 결과, 특정 산업 또는 경제사회적 문제 해결을 담당하고 있는 이른바 고유사업부처들에 비해 모든 산업 또는 경제사회적 문제 해결과 연관성을 가진 이른바 종합지원부처들의 집중도가 평균값에 비해 낮은 것으로 나타남
 - 분석 대상 전체 사업들 대비 R&D 사업 집중도가 평균을 하회하는(대분류 기준 엔트로피 2.00 이상, HHI 지수 0.2 이하) R&D 사업들의 수와 이들이 차지하는 비중은 미래부의 경우 19개(12.0%), 산업부의 경우 21개(25.0%) 정도인 것으로 나타남
 - 이는 정부 R&D 예산규모 측면에서도 많은 비중의 R&D 사업들의 집중도가 전체 평균값에 비해 낮을 수 있음을 시사함. 즉 다수의 정부 R&D 사업들이 다양한 산업 또는 기술분야들을 대상으로 한 다소 포괄적이고 횡단영역적인 사업들임을 시사함

(다) R&D 사업의 유사성(연관성)

- R&D 사업들의 집중도 분석 결과와 같이 미래부, 산업부, 중기청, 교육부 등 이른바 종합지원부처의 유사도가 타 고유사업부처들에 비해 높은 것으로 나타남

- 특히, 총 분석 대상 사업 480개 중 적어도 368개 이상의 R&D 사업들에서 유사성이 0.3을 상회하는 한 개에서부터 수십여 개에 이르는 동일 부처 내 또는 타 부처의 유사 R&D 사업들을 발견할 수 있었음
 - 예를 들어, 산업부의 “산업현장핵심수시개발” 사업(평균유사성 0.09)의 경우에는 48개, “R&D재발견 프로젝트” 사업(평균유사성 0.09)의 경우에는 38개의 유사성이 높은 사업들을 발견할 수 있었으며, 이 중에서 유사성이 0.5를 상회하는 사업들이 적지 않은 비중을 차지

□ 보건의료분야와 정보/통신분야 각각의 부처별 R&D 사업들 현황과 R&D 사업들 간 유사성을 예시적으로 분석

- 그 결과 전체 R&D 사업들 간 유사성에 비해 두 분야 모두에서 R&D 사업들 간 유사성이 한층 높아졌음
- 이러한 결과는 두 가지로 해석이 가능. 첫째, 대분류 기준으로 동일 분야내의 R&D 사업들을 비교하였기 때문에 이와 같이 유사성이 높아지는 것이 당연한 결과이며 둘째, 그럼에도 불구하고 유사성이 이와 같이 높아지는 것은 두 분야 모두에서 중분류 수준에서 R&D 사업들이 충분히 차별화되도록 설계되지 않았기 때문일 수 있음
- 한편, 정보/통신분야의 R&D 사업들 간 유사성이 보건의료분야에 비해 높았음

<표 3-37> 부처별 R&D 사업들의 유사성 분석 결과

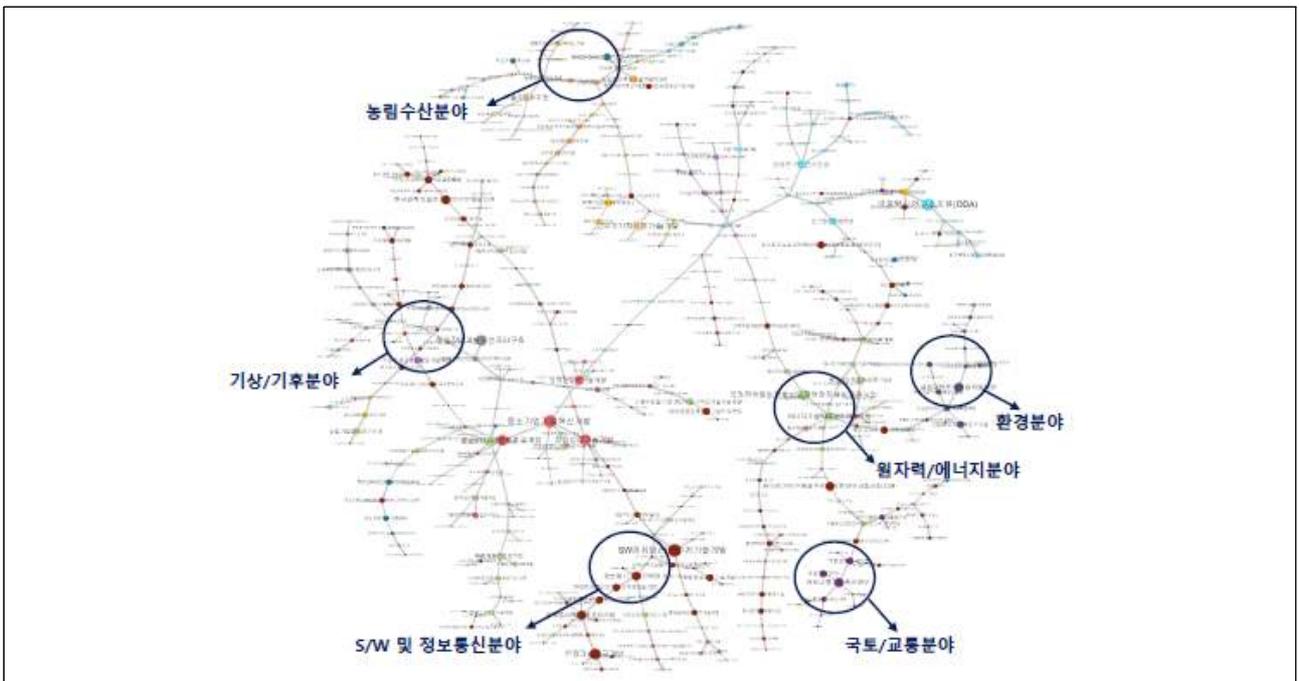
부처명	표준편차	평균 유사성	1사분위	평균 중앙값	3사분위
미래창조과학부	0.105	0.035	0.000	0.002	0.020
산업통상자원부	0.103	0.042	0.000	0.003	0.035
중소기업청	0.139	0.076	0.001	0.016	0.086
교육부	0.090	0.048	0.003	0.019	0.059
경찰청	0.039	0.014	0.000	0.000	0.010
국민안전처	0.082	0.019	0.000	0.000	0.005
국토교통부	0.067	0.016	0.000	0.000	0.003
기상청	0.083	0.012	0.000	0.000	0.001
농림축산식품부	0.092	0.028	0.000	0.001	0.014
농촌진흥청	0.119	0.030	0.000	0.000	0.004
문화체육관광부	0.068	0.013	0.000	0.000	0.002
방위사업청	0.089	0.020	0.000	0.002	0.009
보건복지부	0.141	0.047	0.000	0.000	0.014
산림청	0.110	0.018	0.000	0.000	0.006
식품의약품안전처	0.071	0.023	0.000	0.000	0.008
원자력안전위원회	0.085	0.016	0.000	0.000	0.001
해양수산부	0.085	0.019	0.000	0.000	0.006
행정자치부	0.059	0.023	0.000	0.000	0.019
환경부	0.071	0.015	0.000	0.000	0.001
기획재정부	0.171	0.037	0.000	0.000	0.000
범부처 사업	0.112	0.037	0.000	0.000	0.019
전 부처	0.102	0.034	0.000	0.003	0.020

자료: 안두현 외(2018), 72쪽.

(라) R&D 사업간 연관구조와 기술군 분할

□ [그림 3-49]는 전체 정부 R&D 사업들의 연관구조를 나타낸 것

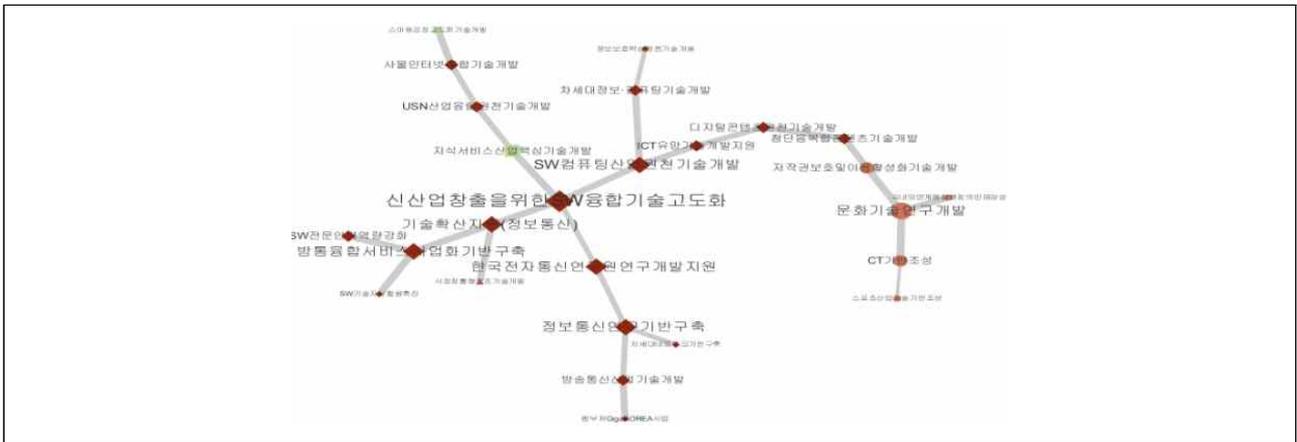
- 만약 정부 R&D 사업들이 목적 적합성을 갖도록 적정한 범위에서 올바르게 형성되었다면, 그림에서 나타나는 연관구조는 산업 또는 경제사회적 문제영역별 맥락성을 어느 정도 지니고 있어야 함
- 맥락성 여부를 파악하기 위해 [그림 3-49]에 대해 기술군별 분할을 시도
 - 그 결과 18개 정도의 기술군 분할이 가능하였는데 그 중에서 특정 산업 또는 문제해결 영역에 대한 맥락성이 나타나도록 기술군 형성이 이루어졌다고 해석될 수 있는 분야는 S/W 및 정보통신, 환경, 국토/교통, 농림수산, 원자력/에너지 관련 R&D 사업들 정도. 이는 [그림 3-49]에 원의 모양으로 표시되어 있음
 - 그림에서 알 수 있듯이, 맥락성을 어느 정도 형성하는 기술군들은 기술군 분할이 이루어진 전체 18개 영역들 중 일부분에 불과. 그리고 나름 맥락성이 있다고 판단되는 이들 분야들내에서도 타 분야 사업들이 일부 혼재되어 있는 경우가 많았음



[그림 3-49] 정부 R&D 사업간 연관구조

자료: 안두현 외(2018), 75쪽.

- 이하 [그림 3-50], [그림 3-51], [그림 3-52] 등이 타 기술군들에 비교하여 상대적으로 해당 기술영역의 맥락성을 파악할 수 있는 기술군 분할 결과들의 예임



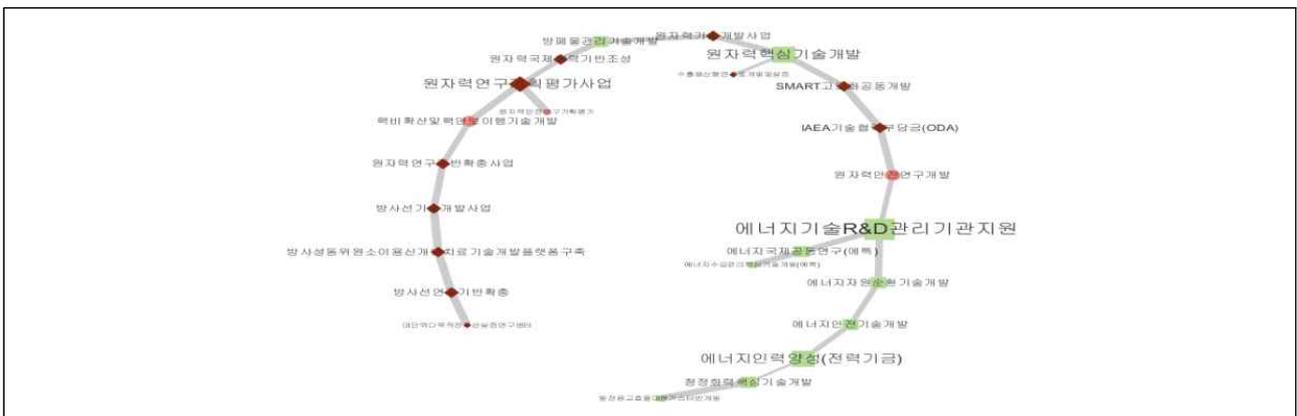
[그림 3-50] 정부 R&D 사업간 연관구조(S/W 및 정보통신분야)

자료: 안두현 외(2018), 76쪽.



[그림 3-51] 정부 R&D 사업간 연관구조(농림수산분야)

자료: 안두현 외(2018), 78쪽.



[그림 3-52] 정부 R&D 사업간 연관구조(원자력/에너지분야)

자료: 안두현 외(2018), 79쪽.

□ 정부 R&D 사업들의 연관구조 및 기술군 분할 분석 결과들을 통해 정부 R&D 사업 구조의 모습에 대해 다음의 내용들을 추론해볼 수 있음

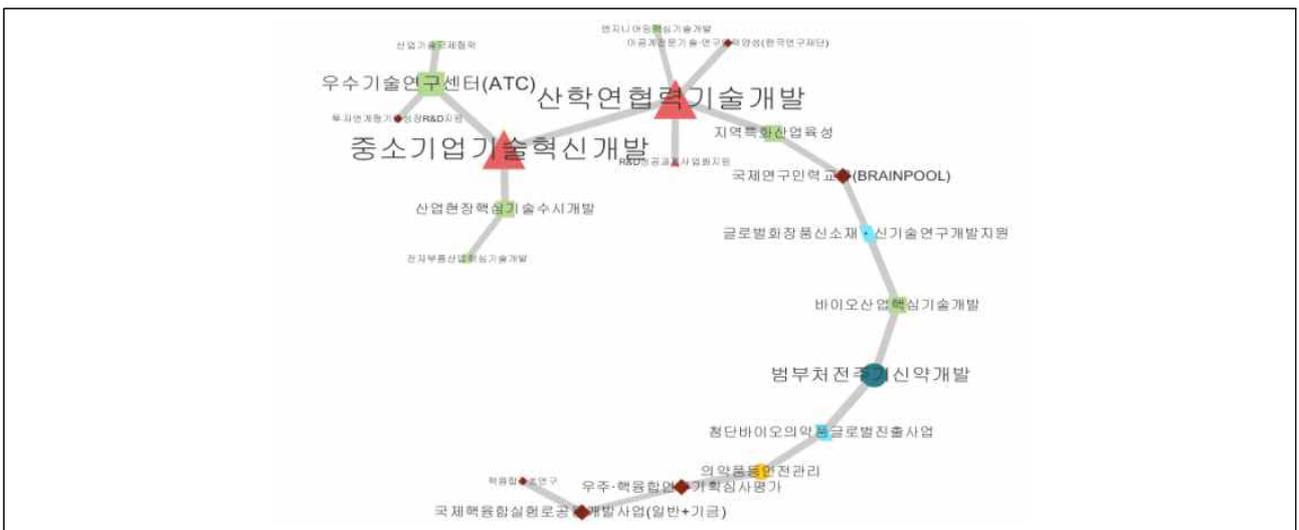
- 첫째, R&D 사업들 간 연관구조가 혼란스러운, 즉 기술분야 간 맥락성이 모호한 사례들이 자주 발견됨
 - [그림 3-53]은 그것의 한 예를 보여주고 있음. 예시된 기술군에는 중소기업기술혁신개발, 산학연협력 기술개발, 바이오산업기술개발, 우주, 핵융합 등 7개의 부처의 다양한 분야 R&D 사업들이 연결되어 있음

- 둘째, 어느 정도 올바른, 즉 맥락성을 갖춘 연관구조를 보이는 기술군들 상당수는 고유사업부처들의 R&D 사업들임

- 이들 기술군들에 포함된 R&D 사업들 대부분은 특정 부처 R&D 사업들이 그 중심을 형성하고 일부 타 부처 R&D 사업들이 여기에 연관되어 있다. 여기에 해당되는 기술군들로는 농림수산(농림수산부, 농진청, 산림청), 환경(환경부), 국토/교통(국토교통부) 등임

- 셋째, 미래부와 산업부의 R&D 사업들은 거의 전체 기술군들에 일부 또는 다수 사업들이 분산적으로 포함되어 있는 경우가 많음

- 두 부처가 차지하는 R&D 사업들의 수가 많고 또한 예산의 규모도 큰 것이 중요한 이유이지만 하지만 이러한 현상은 두 부처의 R&D 사업들이 타 부처 R&D 사업들과 중복적으로 추진되고 있을 가능성을 시사함



[그림 3-53] R&D 사업들 간 연관구조가 혼란스러운 사례(예시)

자료: 안두현 외(2018), 80쪽.

(5) 결론 및 시사점

- 본 연구에서는 NTIS 자료를 토대로 네트워크 분석 등의 방법을 활용하여 정부 R&D 예산의 배분 구조를 분석하고자 하였음
 - 정부 R&D 예산 배분 구조에서 분석의 초점이 되는 것은 정부 R&D 사업 구조의 목적 적합성과 사업 범위의 적정성 여부
 - R&D 사업들이 정부 R&D 사업의 기본 목적이라고 할 수 있는 경제사회적 문제 해결에 적합성을 갖도록 설계되어 있는지 그리고 범위의 경제효과 등을 통해 높은 생산성이 실현될 수 있도록 사업들의 범위가 적정한지를 살펴보는 것에 있음
 - 네트워크 분석 등의 방법을 통해 정부 R&D 예산의 배분 구조를 평가한 결과, 많은 R&D 사업들이 기술 분야 측면에서 유사성이 있어 사업들 간 중복 가능성이 있을 것으로 파악
 - 특히 과기정통부와 산업자원부, 그리고 중소기업부 등의 이른바 종합지원부처들과 보건복지부, 국토교통부, 환경부 등 고유사업부처들, 그리고 종합지원부처들 R&D 사업들의 유사성이 상대적으로 더 높은 것으로 나타났음
 - 이러한 결과는 정부 R&D 사업들이 올바르지 않은 구조를 가지고 있을 가능성이 높음을 시사하는 것
- 올바르지 않은 R&D 사업구조를 가지고 있다는 것은 연구자들이 해당 연구분야에서 안정적 연구활동을 수행하기에 적합하지 않은 환경에 처할 수 있으며, 더 나아가 정부의 중요한 역할 중 하나인 문제해결 영역별 기술 혁신의 장 형성을 효과적으로 지원하고 있지 않을 수 있음을 시사
 - <표 3-38>은 올바르지 않은 R&D 사업구조의 부정적 영향을 R&D 전략, 관리·평가 과정, 사람, 사업화 구분별 쟁점사항들을 구분하여 제시
 - 표에서 나타나듯이 이들 부정적 영향 효과가 매우 광범위한 쟁점사항들에 영향을 미치고 있음을 알 수 있음
 - 이러한 사실은 앞서도 언급한 바와 같이 R&D 사업구조의 올바른 형성은 R&D 생산성에 중요한 영향을 미치며 R&D 비효율성의 많은 측면들이 올바르지 않은 R&D 사업구조로부터 비롯될 수 있음을 시사

<표 3-38> 올바르게 않은 R&D 사업구조의 부정적 영향

주요 쟁점사항		바람직하지 않은 R&D 사업구조의 영향
R&D 전략	연구개발 추진의 일관성(맥락성)	(-)
	사업의 비전과 목표의 명확성	(-)
	환경변화에 대한 체계적 대응	(-)
관리·평가	사업기획 및 관리의 전문성	(-)
	평가제도의 효율성	(-)
	산·학·연 협력의 활성화	(-)
사람	지식의 축적 효율성	(-)
	인력의 양성 및 활용 효과성	(-)
사업화 등	사업화, 중소기업 지원의 효과성	(-)
	지역 R&D 거점 육성	(-)
	국제협력의 효율성	(-)

주: (-): 부정적 효과

자료: 안두현 외(2015b), 222쪽.

(가) 과제 1. R&D 예산에 대한 구조적 타당성 및 이의 영향 평가

- 구조적 타당성을 갖춘 R&D 사업들은 일부에 불과하고, 대다수 R&D 사업들은 보다 다양한 산업들 또는 기술 분야들을 대상으로 한 이른바 다소 포괄적인 정책 지향적인 R&D 사업들이므로 나타남
 - 이러한 R&D 사업구조 상의 특성으로 인해, R&D 사업들의 기술분야 기준 집중도가 전반적으로 높지 않았고, R&D 사업들의 유사성이 일정 수준 이상(예를 들어 R&D 사업들의 유사성이 0.3 이상)의 사업들도 개별 R&D 사업별로 다수 존재하는 것으로 나타났음
 - 현재 정부의 대다수 R&D 사업들이 다소 포괄적인 정책 지향적인 사업들로 구성되어 있고, 많은 R&D 사업들이 기술분야(과학기술표준분류 상 중분류 기준)상 다소 중복되어 있다는 사실이 반드시 R&D 생산성에 부정적인 영향을 미칠 것이라고 단정 짓기는 어려움
 - 그럼에도 불구하고, R&D, 즉 지식 생산·활용의 원리적 속성들과 외국의 사례들을 비교해 볼 때, 정부 R&D 사업들의 이러한 구조적 특성은 이들과 분명한 차이가 존재하는 것으로 나타났음
- 정부 R&D 사업들의 이러한 구조적 특성이 연구자들의 연구활동 및 국가 R&D 생산성에 부정적 영향을 미칠 가능성에 대한 면밀한 검토가 시급
 - R&D 사업들의 구조적 타당성 검토에서 주안점이 되어야 할 평가 대상과 목적 중의 하나는 현재 정부 R&D 사업들의 대다수를 차지하고 있는 다소 포괄적인 정책 지향적인 R&D 사업들의 타당성을 검토하는 일
 - 이 과정에서 중요한 평가요소는 첫째, 현재 한국의 경제사회적 상황에서 정부 주도 R&D 정책의 정당성 둘째, 정부 R&D 정책이 R&D 사업 구조 형성에 미치는 영향과 그것의 타당성 여부

(나) 과제 2-1. 부처중심 산업 도는 기술분야들 분할

- 현실적 한계인 부처중심 R&D 예산제도를 인정하는 전제하에서 R&D 사업의 구조를 어떻게 개선할 것인가에 대한 방안을 점진적으로 모색
 - 현재 정부 R&D 사업들에 대한 부처별 역할 구분이 기초, 첨단, 융합, 미래, 핵심, 사업화, 국제화, 인력양성 등의 단어(키워드)들 중심으로 이루어지고 있는 경향이 있음
 - 경제사회적 문제들 각각에 대한 효율적 '혁신의 장(場)' 형성을 위해서는 부처별 이러한 역할 구분의 기준을 개발 산업 또는 기술분야들 기준으로 변경하는 것이 바람직할 수 있음
 - 예를 들어, 과기부와 산업부 등도 기초와 응용개발 등의 기준을 활용하는 것이 아니라 특정 산업들 또는 특정 기술분야들별로 각각 주관 부처를 결정함으로써 역할을 구분
 - 그리고 필요에 따라 특정 산업들 또는 기술분야들을 담당하는 정부 연구기관들의 주관 부처 또한 이와 같이 결정된 부처별 역할 분담에 맞추어 재조정
- 기초연구, 국제화, 인력양성 등 특정 정책지향적 사업들을 독립적으로 설치 운영하기보다 지원사업 유형들에 대한 공통 가이드라인을 만들어 시행
 - 이러한 가이드라인에 따라 모든 산업분야 또는 기술분야 R&D 사업별로 유형별 지원이 해당 분야 특성에 따라 유연하게 이루어질 수 있도록 R&D 사업구조를 조정하는 것이 바람직

(다) 과제 2-2. 영본위예산제도(ZBB)를 한시적으로 운영

- R&D 예산에 대하여 이른바 영본위예산제도(ZBB)를 한시적으로 운영하는 것을 혁신적으로 검토
 - 영본위예산제도는 예산의 편성 시에 기존 사업들을 근본적으로 재검토하여 예산의 삭감은 물론 사업의 중단이나 폐지도 고려할 수 있는 예산 의사결정제도
 - 전체 정부 R&D 예산을 0의 수준에서 재검토하기란 쉽지 않으므로, R&D 예산 배정을 위한 임의적 기준을 설정하는 것이 편리할 수 있음
 - 현재 R&D 예산 시스템에서 의미를 부여할 수 있는 기준 중 하나는 NTIS 상에서 나타나는 과학기술표준분류에 따라 집계된 분야별 R&D 예산액임
 - 현재 R&D 예산의 지원 방식이 대부분 상향식(bottom-up)으로 이루어지고 있으므로, 집계된 분야별 R&D 예산액은 국내에 존재하는 분야별 R&D 인력들의 R&D 수요 정도와 규모 등을 어느 정도 반영하고 있다고 볼 수도 있음
 - 분야별 R&D 예산액이 절대적 기준이 될 수는 없겠지만, 이를 중요한 예산 배분 기준 중의 하나로 삼고 영본위예산제도를 도입한다면 급격한 변화에 따른 혼선을 어느 정도 줄이는 것이 가능

라. 정부 R&D 예산배분조정체계 현황 및 개선안²⁴⁾

(1) 정부R&D예산 현황 및 예산배분·조정 체계

(가) 정부R&D예산 현황

- 정부재정 지출이 확대되고 있음에도 불구하고, 정부재정지출 대비 R&D예산 비중은 낮아지고 있음
 - '18년 이후 정부재정지출 대비 5% 전후 비중이 무너짐
- 정부R&D예산 20조 시대가 '19년 시작되었으나, '14년 이후 정부재정 지출보다 낮은 정부R&D예산 증가율로 예산증가 규모 폭은 크지 않음
 - 특히 '16~'18년은 1%의 증가율 유지

<표 3-39> 정부R&D예산 현황

(단위: 조원, %)

구 분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	연평균 증가율(%)
○ 정부재정지출 (증가율, %)	264.3 (2.7)	279.5 (5.8)	294.3 (5.3)	302.0 (2.6)	325.4 (7.7)	344.2 (5.8)	355.3 (3.2)	400.5 (12.7)	428.8 (7.1)	469.6 (9.5)	6.6%
○ R&D예산 (증가율, %) (총지출대비, %)	13.7 (11.4) (4.7)	14.9 (8.7) (4.8)	16.0 (7.6) (4.9)	17.1 (7.0) (4.9)	17.8 (3.7) (5.0)	18.9 (6.3) (5.0)	19.1 (1.1) (4.9)	19.5 (1.9) (4.9)	19.7 (1.1) (4.6)	20.5 (4.4) (4.4)	4.6%

- GDP대비 국가연구개발비는 4.55%('17)로 세계 1위이나, 정부R&D보다는 민간의 투자 증가에 따른 효과
 - 최근 3년간 민간R&D 투자 증가율은 10%로 정부R&D 투자율을 크게 상회

<표 3-40> 정부-민간 R&D투자 현황

(단위: 억원, %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	연평균 증가율(%)	최근3년 연평균증가율(%)
총 연구개발비	554,501	593,009	637,341	659,594	694,055	787,892	7.3	9.3
정부·공공	138,221	142,417	152,750	162,935	164,100	177,371	5.1	4.3
민간·외국	416,280	450,592	484,591	496,659	529,955	610,521	8.0	10.9
(민간)	414,378	448,792	480,083	491,700	523,459	600,643	7.7	10.5
(외국)	1,902	1,800	4,508	4,959	6,496	9,878	39.0	41.1
GDP대비 비중	4.03	4.15	4.29	4.22	4.23	4.55		

* 자료 : KISTEP, 2017년 연구개발활동조사보고서('18.12)

24) 제8회 2019 과학기술정책포럼, KISTEP 김홍영 발제자료

(나) 정부R&D 예산배분·조정 체계

□ 예산배분·조정 법적 근거

- (법적근거)과학기술기본법 제12조의2의 규정에 의해 과기정통부(과학기술혁신본부)가 과학기술 주무부처로서 국가R&D사업 예산배분·조정 업무 수행
 - 개방·협력, 전문성, 창의성에 기반한 실효성 있는 R&D예산 배분·조정을 통해 연구개발 투자 효율성 극대화
 - 주요정책의 구체화 및 실행을 위한 관련 부처의 실질적인 참여와 협력을 유도함으로써 실천력 확보
- (예산편성과의 연계) 과기정통부 R&D예산 배분·조정결과는 기획재정부의 정부예산안 편성에 반영

□ 예산배분·조정 체계

- 국가과학기술자문회의 심의회의 7개 기술분야별 전문위원회의 심층검토 결과를 바탕으로 과기정통부가 R&D예산을 배분·조정한 결과를 반영하여 기재부에서 정부R&D예산(안)을 최종 편성
 - (과기정통부) 정부R&D 투자방향을 설정하고, 주요R&D 사업에 대한 예산배분·조정 결과를 자문회의 심의·확정후 기재부 통보
 - (기재부) 정부 재정여건 등을 감안하여 R&D 지출한도 설정 및 과기정통부의 예산배분·조정 결과를 반영한 정부R&D예산 편성



[그림 3-54] 정부R&D 예산배분·조정 및 편성체계

□ 과기정통부 예산배분·조정 대상사업

- 기초원천·응용·개발 등 과학기술 R&D, 출연(연)·국공립(연) 주요사업비·기관운영비, 국방 R&D 등 주요 국가연구개발사업



[그림 3-55] 정부R&D사업 구분

○ '18년 이후 과학기술혁신본부 예산배분·조정 예산규모 비중 확대

- '18년 예산부터 국방R&D 일부 및 '19년 예산부터 과기계 출연연 운영경비(인건비/경상경비) 주요 R&D 편입후 혁신본부 검토

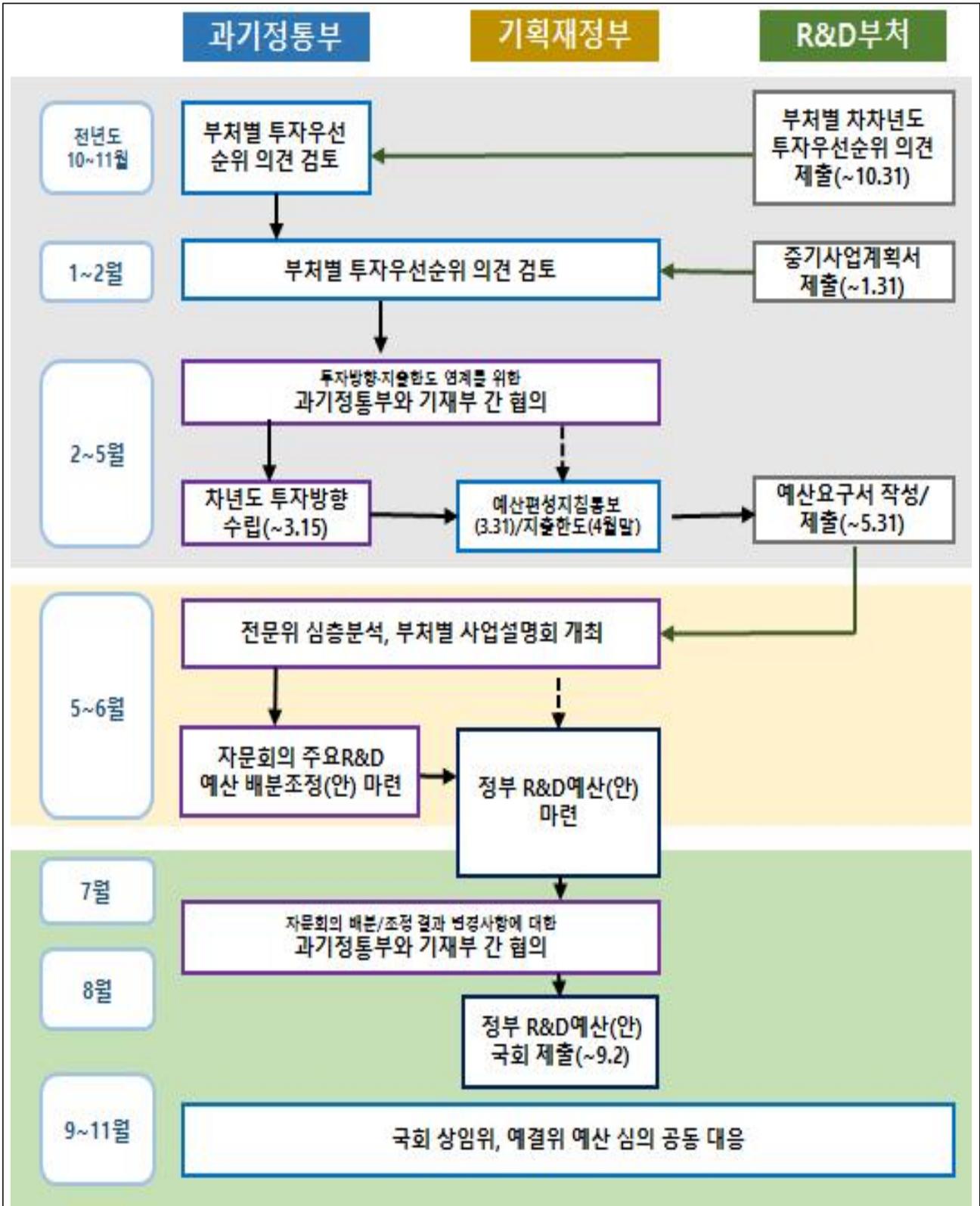
<표 3-41> 과학기술혁신본부 심의 정부R&D예산 현황

(단위: 억원, %)

구 분	2015	2016	2017	2018	2019	연평균증가율 (%)
정부R&D총지출	188,900	190,942	194,615	196,681	205,328	2.1%
(전년대비 증가율)	(6.3%)	(1.1%)	(1.9%)	(1.1%)	(4.4%)	
① 주요R&D	128,940	128,337	130,049	146,977	164,728	6.3%
② 일반R&D	59,961	62,606	64,566	49,704	40,600	△9.3%
주요R&D 비율	68.3%	67.2%	66.8%	74.7%	80.2%	

* '18년 국방R&D 일부 및 '19년 과기계 출연연 운영경비(인건비/경상경비) 주요R&D에 포함

□ 예산배분·조정 프로세스



[그림 3-56] 정부R&D 예산배분·조정 프로세스

(2) 정부R&D 예산배분·조정 체계 개선방안

(가) 정부R&D사업 구조 체계화 및 단순화

(현황분석 및 문제점)

우리나라는 프로그램 예산제도를 표방하고 있으나 다수의 R&D사업이 비체계적으로 추진됨에 따라 정책·예산·성과 연계 미흡

○ 프로그램 예산제도는 프로그램을 통해 정책과 예산을 연계하는 구조로, 전략적 자원배분과 효과 극대화를 위해 '07년부터 시행되었으나, 국가재정법*은 여전히 품목별 예산제도를 표방

* 現 국가재정법 제21조 제3항은 세출예산을 장·관·항으로 구별하고 있음

○ 정부 정책을 구현하는 수단인 예산이 프로그램 단위가 아닌 부처·세부사업 중심으로 추진됨에 따라 프로그램 예산제도 기본구조의 실효성 낮음

<표 3-42> 품목별 예산제도와 프로그램 예산제도 비교

품목별 예산제도 ('06)	장	관	항	세항	세세항	세목	목
	대기능	중기능	소기능	실·국	세부사업	지역사업 등	예산편성비목
프로그램 예산제도 ('07)	분야	부문	프로그램	단위사업	세부사업	내역사업	세부과제
	대기능	중기능	실·국별 정책사업	정책사업의 하위 단위사업	예산배분·조정 단위사업	-	조사·분석단위

※ 출처 : 국회예산정책처('10)

동일 정책목표 달성을 위한 프로그램단위가 부처별로 다양하여 설정되어 정책·사업(예산) 연계가 어려운 정부 R&D사업 구조

<표 3-43> '19년도 정부R&D사업 예산항목

구분	분야*	부문*	프로그램	단위사업	세부사업
항목별 사업유형	15	49	142	325	922

* 분야(16), 부문(69)

○ 정부R&D사업이 비체계적·경쟁적*으로 추진됨에 따라 연구자의 접근성이 저하되고 유사·중복성 문제가 빈번하게 지적

* 사업수: 721개('17년) → 922개('19년)

정책·예산·성과가 프로그램단위에서 연계될 수 있는 유형화된 정부R&D사업 예산구조 개선 필요

(개선방안)

□ 정부R&D사업 유형을 분석하여 프로그램 단위에서 정책목적별로 유형화할 수 있는 기준을 마련하고, 부처별로 사업사업구조 개편 유도

※ 사례 : 인력양성 사업 구조 효율화 방안(“2030년을 향한 중장기 이공계 청년 연구인력 성장지원 방안(안)”, 과기 관계장관회의, '19.2.22)

○ 세부사업단위에서 사업, 정책, 기술분야가 조합될 수 있는 유형으로 프로그램 단위 설정

<표 3-44> 정부R&D사업 프로그램 유형화 항목(예시)

구분	참고기준	예시
사업유형	국가연구개발사업 표준 성과지표(R&D사업 유형분류)	연구개발(기초연구, 단기산업기술개발, 중장기산업기술개발, 공공기술개발, 지역 연구개발, 국방기술개발) 연구기반조성(인력양성, 시설장비구축, 성과확산, 국제협력)
기술유형	투자방향, 국가과학기술표준분류체계, 부처별 기술분야 중장기 계획 등 고려	(17개유형) 우주·항공, 국방, 건설·교통, 재난, 해양, 생명·보건의료, 농림·식품·수산, ICT, 융합, 기계, 나노, 지역, 에너지, 원자력, 환경, 기상, 기타
정책유형	정부R&D 중장기 투자전략('19~'23)	주력산업, 미래·신산업, 공공·인프라, 삶의 질
정책유형		기술사업화, 기초연구, 중소중견, 인력양성, 지역, 연구기관육성, 국제협력, 공공 인프라, 순수연구개발

(기대효과)

□ 프로그램유형에 따른 차별화된 예산배분·조정 항목 및 절차 도입으로 사업특성에 맞는 예산배분·조정 시스템 구축 가능

○ 순수연구개발사업, 연구기반구축사업, 인력양성사업, 기관지원사업 등에 따른 차별화된 예산조정 기준 및 프로세스 도입 가능

<참고> R&D 인력양성 사업구조 체계화 개선방안 예시

- (사업구조 체계화) 각 부처에서 산발적으로 추진되고 있는 R&D인력양성 지원사업의 예산 체계를 부처별로 단순화·체계화 추진
 - 부처별 인력양성 지원사업을 체계화 모형에 따라 단위사업 또는 세부사업으로 통합하고, 지원유형별로 내역사업 구성
 - 체계화된 사업 구조 내에서 분석결과에 따라 신규사업을 기획하고, 정부재원이 필요한 곳이 누락되지 않도록 지원

❖ 부처별 R&D 인력양성사업 체계화구조화(예시)

현행 (A부처)			체계화 모형 (A부처)	
(단위)세부사업	내역사업		(단위)세부사업	내역사업
000기술개발	00기술개발	00전문대학원	0000 인재성장 지원사업	교육훈련지원
		000과제		연구지원
	00센터지원(인력양성)			현장연수지원
00전문인력양성	A분야 전문인력양성			인력활용지원
	B분야 전문인력양성			해외연계지원
000기술지역특성화	00기술개발			정책기반지원
	00사업화		생태계조성	
	00프로그램(인력양성)			

* “2030년을 향한 중장기 이공계 청년 연구인력 성장지원 방안(안)”, 과기관계장관회의, '19.2.22

* “2020년 정부연구개발 투자방향 및 기준”, 국가과학기술자문회의, '19.3.15

(나) 예타 비대상사업의 신규예산 검토 강화

(현황분석 및 문제점)

- 관행적 계속사업의 효율화를 위해 '15년부터 시행된 일몰제도*가 마무리 되면서 예산조정 프로세스 변화 필요
 - * 관행적 계속사업을 정비하여 정책·기술·산업환경 등의 변화에 전략적으로 대응을 위해 '15년 정부R&D사업 일몰 제도 도입

<표 3-45> 일몰대상사업 현황

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	계속지원	합계
당초 일몰시점	16	20	81	55	32	-	-	-	204
최종 일몰시점	16	11	53	51	54	10	1	8	204

- 일몰제도의 정책적 효과가 해당부처의 적기 대응 미흡 및 기존 예산제도, 예산조정 프로세스 한계로 신규사업 증가

- 일몰사업으로 확보된 재원을 혁신성장 및 국가전략분야에 투자한 긍정적인 효과도 있었지만, 예타면제 규모(총액연구비 500억 이하 사업) 신규사업 증가 유발

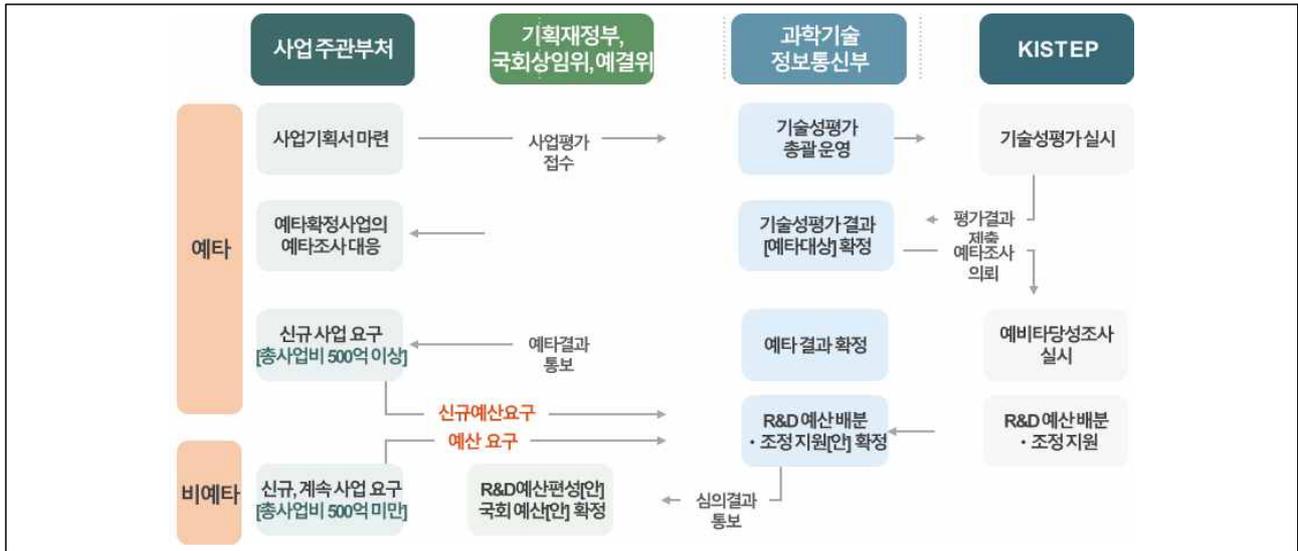
<표 3-46> '15-'19년 정부 R&D 예산 및 사업 수 현황

구분		2015	2016	2017	2018	2019	연평균(%)	
사업 수	1. 주요	467	443	477	525	694	10.4	
	2. 일반	272	252	244	230	228	△4.3	
	합계	739	695	721	755	922	5.7	
신규사업	1. 주요	예타*	3	1	11	2	2	
		비예타	15	9	32	71	185	
		합계	18	10	43	73	187	74.9
	2. 일반	예타*		-	-	-		
		비예타	1	-	-	-	9	
		합계	1	0	0	0	9	
	합계		19	10	43	73	196	74.8

* 예타 통과사업중에 세부사업의 내역사업으로 편성된 사업은 제외

- 연구현장에서는 신규사업 기획 여건 미흡 및 신규사업 추진을 위한 절차(예타 기준 및 절차)의 어려움으로 효율적 예산편성에 불만 제기
- 예타 대상사업은 6개월간에 걸친 기술성평가 및 본 예타 심의를 거친 후, 다시 예산배분·조정 프로세스를 통해 예산 편성
- 그러나, 총사업비 500억원 미만 사업은 촉박한 일정의 예산배분·조정 프로세스에서만 검토를 받으므로 심층적인 검토 한계 존재

- 혁신본부는 “찾아가는 컨설팅”을 통해 신규사업 기획 완결성 제고를 위해 노력하고 있으나, 예산 요구서 제출 시점(~5.31)에 제출하는 신규사업은 제외됨



[그림 3-57] 신규사업(예타/비에타)의 예산배분조정 프로세스

- 신규사업에 대한 효율적인 투자를 위해서는 예산배분·조정 과정 이전에 신규사업 검토가 가능한 예산배분·조정 프로세스 개선 필요

(개선방안)

- 사업수행부처의 신규사업은 예산요구서 제출(~5.31) 이전에 자문회의에서 사전 검토하여 검토결과가 소관부처에 피드백될 수 있는 예산배분·조정 프로세스 개선
 - 부처가 중기사업계획서 제출시(~1.31) 신규사업 기획보고서*를 제출하도록 하고, 자문회의에서 3개월 정도(~4.30) 검토하여 본 예산요구전에 부처가 보완할 수 있도록 컨설팅
 - * 정부R&D 신규사업은 사업기획보고서 제출 필수
 - 사업내용에 대한 컨설팅만 수행하고, 예산검토는 예산요구서 제출 후 검토
 - 부처는 자문회의 의견을 반영하여 지출한도내에서 신규사업 예산 요구

(기대효과)

- 본격적인 예산배분·조정 검토전에 심층적인 신규사업 검토를 위한 예산배분·조정 프로세스 구축
 - 신규사업의 사전기획 유도 및 자문회의 전문가의 사전 컨설팅을 통한 신규사업의 완결성 제고
 - 무분별한 신규사업 요청 방지 효과

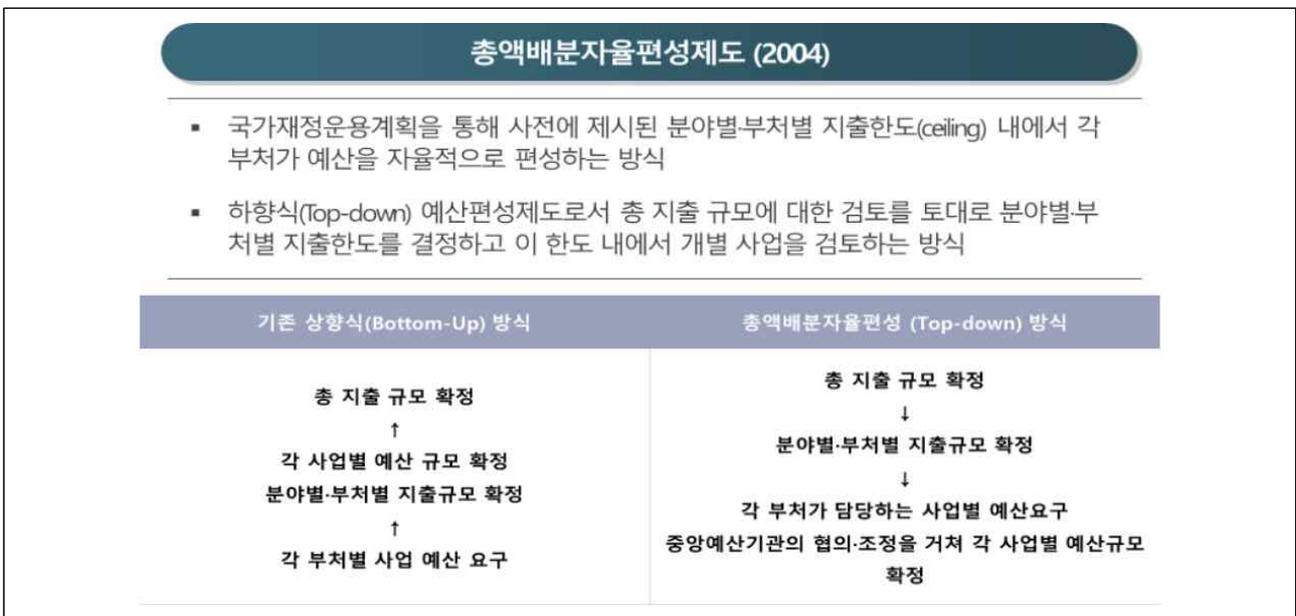
(다) 총액배분자율편성권 인정 및 지출한도 개선

(현황분석 및 문제점)

□ 총액배분자율편성예산제도*는 정책-예산연계의 한계를 극복하기 위하여 “지출효율성”, “재정운영의 자율성” 제고를 위해 도입

○ 재정당국이 예산편성지침과 지출한도를 통보하고, 각 사업부처는 부처의 정책의지를 최대한 반영하여 자율과 책임을 가지고 예산편성하는 하향식 의사결정방식(Top-down)

* 2003년 도입시기에는 사전배분방식, 사전자원배분제도 등으로 불리다가, 총액배분자율편성예산제도로 공식명칭 부여



[그림 3-58] 총액배분자율편성예산제도

□ 사업수행부처가 제출한 중기재정계획에 근거한 총지출한도를 배정 받았지만, 부처의 정책수요를 수용하기에는 부족

○ 따라서, 부처는 지출한도를 초과하는 한도의 요구를 통하여 추가 예산 확보 노력

○ 실질적으로 예산배분·조정 프로세스에서 지출한도 초과 예산이 편성됨

<표 3-47> 지출한도 및 예산편성 금액

구분	'18년			'19년		
	지출한도	정부안	국회확정	지출한도	정부안	국회확정
예산	194,579	196,338	196,681	193,811	203,997	205,328

- 지출한도내에서 편성된 사업예산은 부처의 자율성을 존중해야 됴에도 불구하고, 지출한도내 사업예산도 조정하는 사례 발생
- 지출한도 통보시기가 4월말로 부처가 자율적 예산편성을 위한 시간 부족
- 총액배분자율편성예산제도의 실효성 제고 및 지출한도의 효과성을 위해서는 부처의 자율예산 편성권과 국가 전략분야 예산지원을 위한 지출한도 설정 방식의 변화 필요

(개선방안)

- 계속사업에 대한 지출한도는 부처별로 설정하되, 신규사업 및 범부처사업, 국가전략분야에 대한 지출한도는 과학기술혁신본부에 배정하여 투자우선순위/정책우선순위에 따라 예산배분·조정으로 반영
 - 정부R&D예산 증액부분 및 종료사업 재원을 매년 지출한도 조정재원으로 별도 관리하여 재원 확보
- 지출한도 통보시기를 3월말*로 정례화하여 예산요구서 제출전에 부처에 충분한 예산자율편성 기간 부여
 - * 지출한도 통보시기는 명확히 정해진 일정은 없으나, 국가재정법 제29조에 의하면 예산편성지침 통보시(3.31일) 같이 할 수 있다고 명시되어 있음
- 총액배분자율편성제도의 취지를 고려하여 계속사업에 대한 부처의 자율편성은 존중하고, 신규 세부사업 및 내역사업 중심의 심층검토를 통한 예산배분·조정으로 개선

(기대효과)

- 총액배분자율편성예산제도 취지인 부처 자율예산편성권 인정 및 국가전략분야 투자를 위한 재원의 유연성 확보

(라) 정책토론 시사점

- 예산 단순화 및 분류체계 변경은 복잡한 예산 구조를 명확하게 파악하기 위한 것으로, 관리비용을 줄이는 방법의 일환
 - 반면, 단순화로 인한 부작용도 발생 가능
- 일몰제, R&D파이 등은 정부R&D의 효과성/효율성 등을 높이기 위한 새로운 시도로써 의미
- 나라마다 연구개발 예산구조가 다르고 우리나라는 혁신본부가 다른 부처 예산을 심의하는 독특한 형태지만, 연구개발예산이 다른 예산과 본질적으로 특화된 어려움
- 기업은 R&D를 비용으로 처리하고 성공을 가장 큰 척도로 판단하므로 정부R&D와는 다른 구조
- 응용/개발 연구의 경우 사업취지/목적에 맞게 운영되는지 검토해볼 필요
- R&D전략성, 정책지향성이 혼재되어 예산의 복잡성이 증가하는 상황으로 혁신본부가 부처별 영역/역할 구분 등에 리더십을 가질 필요

4. 미래기술 확보를 위한 주요 의제

가. 미국 DARPA의 도전적 연구

(1) DARPA의 모델 및 원칙²⁵⁾

□ DARPA 특징

- DARPA 모델은 신뢰, 자율성, 위험 감수 능력을 바탕으로 제한된 임기의 PM과 수평적 조직구조를 특징으로 함.
 - 2019년 DARPA 예산 요구안은 34.4억 달러였으며, 이는 2018년보다 367만 달러(12%) 늘어난 수치임.
- DARPA에는 200명 이상의 인력이 있으며, 여기에는 각 전담기관별로 약 30억 달러의 예산을 사용하는 100여명의 PM이 포함됨.
- DARPA의 성공요인은 다음의 네 가지로 정리할 수 있음.
 - ①신뢰와 자율성, ②PM 임기의 제한과 이로 인한 기간의 압박, ③미션에 대한 감각, ④위험 감수와 실패 용인
- 고용 및 계약의 유연성
 - 의회에서는 DARPA에 고용 및 필요한 제품·자금 지원에 유연성을 부여하는 추가적 권한을 승인했는데, 이는 DARPA의 모델과 성공에 중요한 요소였던 것으로 여겨짐.

□ “Special Forces” Innovation: How DARPA Attacks Problems

- DARPA 모델은 세 가지로 구성됨
 - ① 야심찬 목표
 - 현실의 문제를 해결하거나(ex. GPS)새로운 기회 창출을 가능하게 하는(ex. 스텔스 기술) 과학기술의 진보를 촉진할 수 있도록 설계됨.
 - 과학의 진보 없이는 해결할 수 없을 정도로 도전적인 문제설정을 해야 하며, 더 많은 인재들이 집중하고 자극받을 수 있도록 긴급성이 있어야 함.
 - 일시적 프로젝트 팀
 - 산업계·학계의 세계 최고 수준의 전문가들을 모아서 비교적 짧은 기간동안 진행함.
 - 팀은 해당 분야에 성취가 있거나 뛰어난 리더십이 있는 전문가들로 구성

25) 제3회 2019 과학기술정책포럼, KAIST 박현섭 발제자료

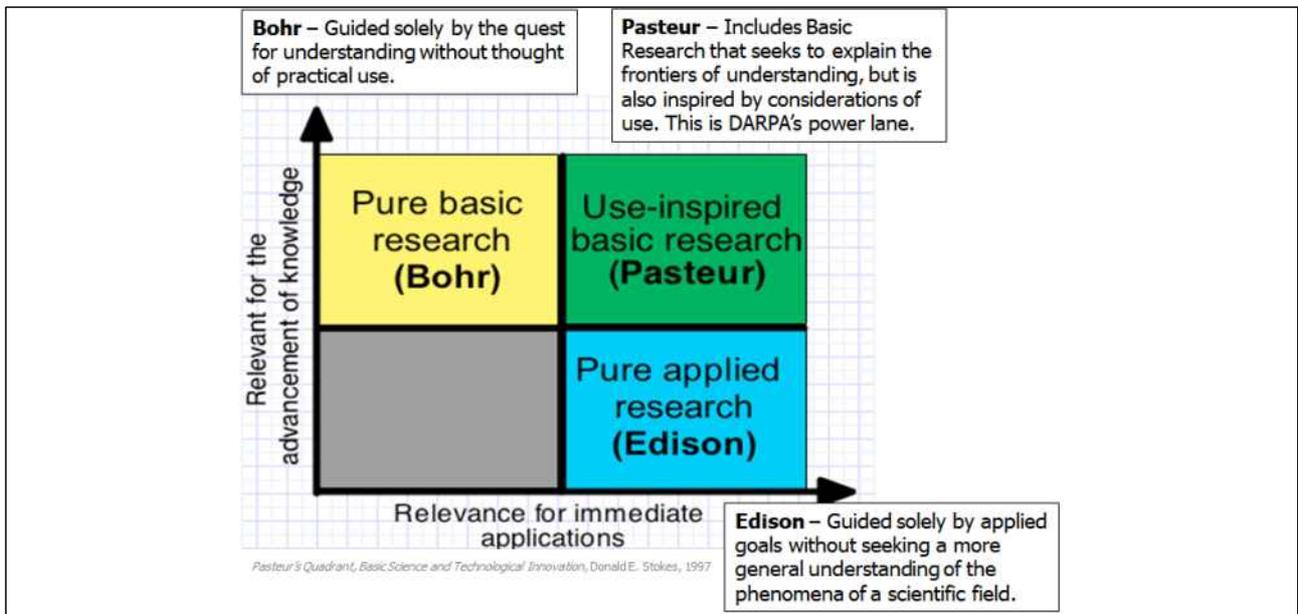
- 제한된 시간 안에 집중하여 문제를 해결하는 방식이 최고수준의 인재들에게 매력적으로 작용하며, 도전이 지닌 속성은 높은 수준의 협력을 이끌어 낸.

- 이를 달리 표현하면 위대한 사람이 다른 위대한 사람들과 함께 거대한 문제를 풀어내는 프로젝트

○ 독립성

- DARPA는 프로젝트의 선정과 운영에 있어 독립성을 명시적으로 인정받고 있음.

- 이는 신속한 움직임과 커다란 위험 감수를 가능하게 하며, 최고의 인재들이 참여할 수 있도록 함.



[그림 3-59] Pasteur's Quadrant: DARPA's Power Lane

□ Secrets of Darpa's Innovation Machine

○ 프로젝트 시작시 Heilmeyer Catechism이라는 질문을 하고, 이 질문들이 실용적인 면을 더해준

- 무엇을 하려고 하는가? 전문용어 없이 목표를 기술해 보라.
- 현 상황은 어떻게, 어떤 한계가 있는가?
- 제안하고자 하는 접근방법에는 어떤 참신함이 있으며 왜 성공할 수 있는가?
- 성공한다면, 누구에게 어떤 차이가 만들어질 것인가?
- 일의 위험성과 보상은 어떻게 되는가?
- 비용과 시간은 얼마나 들 것인가?
- 성공을 판단하기 위한 중간, 최종 평가는 무엇으로 할 것인가?

(2) DARPA의 추진체계²⁶⁾

□ DARPA 소개

○ Defense Advanced Research Projects Agency

- 미국 국방성의 연구, 개발부문 담당 부서
- 설립 목적 : 군사 관련 기술적 기습 방지

○ 이념 : 창의적으로 연구분야 선도

- “무한한 미래를 향해 창을 던져라” -- Franz Liszt in www.darpa.mil
- 단기적으로 결과를 내고 종료할 사업은 투자하지 않고, 장기 투자가 필요한 프로젝트에 역량 집중

○ 주요 실적

- 인터넷, 스텔스기, GPS
- ALASA: 저예산으로 지구 저궤도에 인공위성 발사
- FALCON project : 단거리 이륙 가능 초음속 전투기 개발 (현 F35)
- 뇌-기계간 신호교환 : 의체를 뇌신호로 제어, 감각 신호 재현

□ 과제진행방식

○ 프로그램 선정

- PM(Program Manager)임기는 2-4년
- PM은 임용후 한 달간 주제 탐색, 전문가 미팅으로 프로그램 계획
- 위원회 평가를 통해 프로그램으로 선정
- PM당 1-3개의 프로그램 관리 (집중 관리)
- 프로그램당 20-30M USD 예산 (PI가 한과제로 tenure 받기 충분)

□ 과제 운영

○ 과제는 최대 4년간 수행하며, 도중 중단 가능

- PM의 판단에 의해 수행중 즉시 중단
- PM 변경시 방향 변경 (실용성 확인이 중요)

○ 요구사항 : 발표전 사전 보고와 논문사사

- 과제보고: 3개월 마다 서면 보고, 6개월 마다 PI 미팅
- IP (Intellectual Property): 특허등 IP는 개발자 소유

26) 제3회 2019 과학기술정책포럼, 서울대 천정희 발제자료

- 기술이전 (IP transition) 장려: 국방부, 개인 기업 등
 - * 기술이전비는 DARPA가 관여하지 않고 개발자 소유

□ Safeware Program

- develop obfuscation technology that would render the intellectual property in software(e.g., proprietary algorithms)
 - * SW에 숨겨져 있는 민감 정보 보호
- 연구내용 : 프로그램 난독화 이론적 연구, 알고리즘 디자인 및 구현, 시제품 개발, 결과물 분석 및 피드백
 - * 기술이전비는 DARPA가 관여하지 않고 개발자 소유
- 참여기관 : MIT, Stanford, UCLA, UCSD, IBM, 서울대...

<표 3-48> DARPA Safeware팀 TA별 역할

TA1	TA2
역할 : 프로그램 난독화 이론적 연구 주요 연구원 : Amit Sahai (UCLA), Dan Boneh (Stanford), Daniele Micciancio (UCSD)	역할 : 알고리즘 디자인 및 구현 주요 연구원 : Vinod Vaikuntanathan (MIT), Zvika Brakerski (WIS)
TA3	TA4
역할 : 시제품 개발 주요 연구원 : Crag Gentry (IBM), Shai Halevi (Algorand)	역할 : 타 그룹 결과물 분석 및 피드백 주요 연구원 : David Archer (Galois), Nigel Smart (Univ. of Bristol), Huijia Lin (Univ. of Washington), 천정희 (서울대학교)

- Safeware Program 진행일정
 - 2015.08 과제 시작
 - * 2016.06 참여 요청(2년간 80만불)
 - 2018.01 임시 중단(실용성 우려)
 - 2018.03 재시작(일부팀 탈락)
 - 2019.07년 과제 종료 예정
- PM 변경
 - Michael Hsieh
 - Carey Schwartz
 - Joshua Baron

(3) 정책토론 시사점

- 미국(NSF, DARPA 등), 유럽 과제 기획·관리의 특징
 - DARPA의 경우 PM이 권한을 가지고 명확한 수요가 있는 목표를 설정하고, 과제를 기획하여 성과 창출이 가능, NSF도 PD가 권한을 가지는 도전적 프로그램 운영
 - 우리는 정부과제에서 실패가능성이 있는 도전적 목표를 추진하기 어려운 체계로, 사업의도-PM의자-과제연구자가 단절된 구조
- 바이오 등 기초연구 분야는 명확한 목표설정이 어렵고, 리워드(탑저널) 등이 DARPA형태와는 다름
 - 기초연구는 과도한 경쟁체계가 오히려 도전적 연구에 걸림돌
- 연구기획은 산업, 시장, 군(DARPA의 경우) 등 명확한 수요를 기반으로 해야 성과창출이 가능
 - 기획의 핵심은 PM이나, 우리나라 여건상 좋은 PM을 채용하기 어려운 구조임, 과거 정통부 시절 PM 구조가 초기엔 잘 운영되었으나, 지속되지 못함
- DARPA는 목적형, 응용개발, 면밀한 관리 중심으로 한국형 DARPA에 대한 연구자들의 오해 발생 가능
 - 우리나라 실정에 맞는 형태(구체적 문제 설정-중규모 연구)로 사업을 설정할 필요
- 우리가 도전해야할 명확한 문제들을 먼저 설정할 필요

나. 양자통신 및 양자컴퓨터

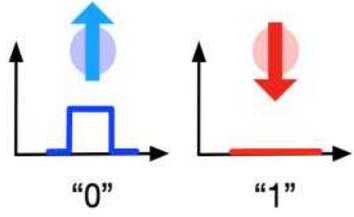
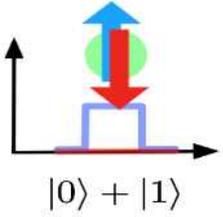
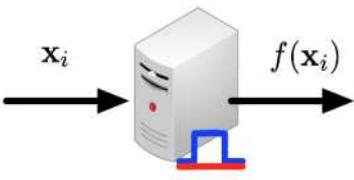
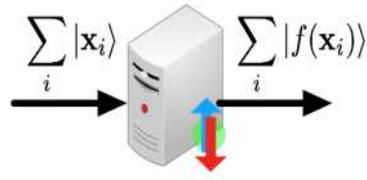
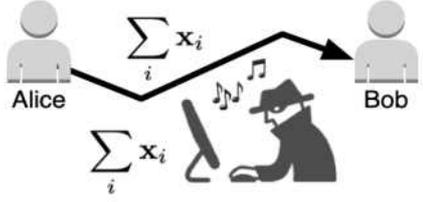
(1) 양자컴퓨터/통신 기본개념 및 관련기술개발 현황²⁷⁾

□ 양자컴퓨팅/통신 기반이론 및 동작원리

○ 기반이론 및 동작원리

- 양자물리학의 비수리적/비결정론적 논리 및 확률을 기반으로 동작하는 컴퓨팅/통신
- 양자컴퓨팅 : 양자중첩에 의한 양자병렬성 최대 활용
- 지수함수적 계산속도 향상 (e.g., 소인수분해, 양자선형알고리즘 등)
- 양자오류보정 기술이 적용 가능한 논리큐비트 → 범용 양자컴퓨팅 실용화에 필수
- 양자통신 : 양자복제불가성 및 양자비국소성 적극활용
- 양자보안성/device-independence 확보
- AI에 활용할 잠재성이 높은 분야

<표 3-49> 기존 컴퓨팅/통신과 양자 컴퓨팅/통신의 비교

기존 컴퓨팅/통신	양자 컴퓨팅/통신
 <p>결정론적 상태: 비트(Bit) 단위</p>	 <p>양자중첩 상태: 큐비트(Qubit) 단위</p>
 <p>(컴퓨팅) 단일입력 - 단일출력</p>	 <p>(컴퓨팅) 중첩입력 - 중첩출력 (양자병렬성)</p>
 <p>(암호/통신) 상태복제 - 해킹가능</p>	 <p>(암호/통신) 상태복제불가 - 해킹불가능</p>

27) 제3회 2019 과학기술정책포럼, 한양대 이진형 발제자료

□ 양자컴퓨팅/통신 국내/외 연구현황

○ 양자컴퓨팅 및 큐비트기술

- 국외 연구그룹

<표 3-50> 양자컴퓨팅 및 큐비트 관련 국외 연구그룹

범용 양자컴퓨팅을 위한 논리 큐비트 개발 (규모:초거대 / 전문가:다수확보)	
미국 (IBM)	<ul style="list-style-type: none"> 양자오류보정, 양자연산을 위한 초전도 칩 디자인 <ul style="list-style-type: none"> 초전도 큐비트 4개를 사각형 격자에 배치('15년) 5큐비트 양자컴퓨팅 클라우드 서비스 시작('16, 5월) 현재 16큐비트 운영('17.5월)
미국 (Google)	<ul style="list-style-type: none"> 범용성 양자컴퓨팅을 위한 결합허용방식의 양자컴퓨팅 개발 중 <ul style="list-style-type: none"> 2015년 9큐비트 양자컴퓨터 하드웨어를 공개 현재 내부적으로는 40~50큐비트 논리큐비트 구현(추정) 양자우위성 증명 적극 진행
미국	<ul style="list-style-type: none"> 범용성 LogiQ 프로젝트(2016~2021) 진행중 (이온포획 기반)
영국	<ul style="list-style-type: none"> Q20:20 엔진의 소자들 개발과 스핀-아웃 기술들을 생산 소자 성능 요구 조건 개발, 공학 디자인 통합과 Q20:20 엔진 로드맵
일본	<ul style="list-style-type: none"> 5큐비트의 실리콘 양자점 큐비트를 개발('16.6월) 광학격자 게이트 연산 기술을 개발, 99.9% 신뢰성을 입증('14.3월)
중국	<ul style="list-style-type: none"> 중국과학원의 Pan Jianwei 교수 연구팀 - 초전도 양자 프로세서 개발

<표 3-51> 양자컴퓨팅 및 큐비트 관련 국내 연구그룹

소규모 검증 실험 등이 가능한 물리 큐비트 (platform) 개발 (규모:중규모 / 전문가:소수확보)	
국내	<ul style="list-style-type: none"> 국내 양자컴퓨터의 개발은 초기단계로 학계와 연구계 주도로 진행 중이며, 2019년부터 5개 큐비트 양자컴퓨팅 관련 국책 사업 진행. 2 큐비트 초전도 큐비트 <ul style="list-style-type: none"> 단일 큐비트 신뢰도 99.5%, 2-큐비트 신뢰도 80% 수준의 양자게이트 구현(표준연, 2017) 서울대-SKT 협력연구로 이온트랩 소자 및 단일 이온트랩 큐비트 작동 시연 대학, 연구소를 중심으로 실험실 환경에서 고체기반 큐비트 기초기술 연구 중

○ 양자암호통신 기술

<표 3-52> 양자암호통신 관련 국외 연구그룹

실용적인 프로토콜 구현 및 장거리 실험 수행 (규모:초거대 / 전문가:다수확보)	
미국	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 6월 National Quantum Initiative (NQI) 발표 5년간 5억 달러 규모의 「양자혁신 연구실」(Quantum Innovation Labs) 설립추진
유럽	<ul style="list-style-type: none"> 유럽에서는 Quantum Manifesto 프로그램을 통해 2019년부터 10년간 1조원을 양자정보통신 분야에 투자할 계획
중국	<ul style="list-style-type: none"> 중국에서는 베이징-상해 사이에 2000 km 규모 세계 최대 유선 QKD 네트워크를 구축 2017년 발사된 목자(Micius)라는 위성을 활용하여 위성 QKD 실험을 성공적으로 수행
일본	<ul style="list-style-type: none"> 일본 국가정보통신기술연구소(NICT)에서는 기업체와 실용수준의 QKD 기술과 새로운 네트워크 application을 개발 중 2017년 7월 NICT는 통신 위성 '소크라테스(SOCRATES)'를 활용한 우주-지상 간 양자암호키 분배(QKD) 실험에 성공

<표 3-53> 양자 암호통신 관련 국내 연구그룹

초기모형의 양자키분배 구현 및 산업화 진입 (규모:중규모 / 전문가:소수확보)	
국내	<ul style="list-style-type: none"> • SKT, 원시이론모형을 기반으로 한 QKD 장비를 상용화 • KIST, 2013년 Pug-and-Play QKD 시연하고 다자간 QKD 시스템에 대한 연구 수행중 • 고려대, 2015년 ITRC로 선정된 스마트 양자통신센터를 중심으로 양자통신 이론연구 수행중 • 양자암호통신분야 QKD 표준기술을 위한 ETSI QKD ISG 국제표준회의에서 참여하고 있으며 TTA 양자암호통신 국내 표준으로 채택

○ 양자알고리즘 및 양자머신러닝/양자인공지능 등 연구개발현황

<표 3-54> 양자알고리즘 및 양자머신러닝/양자인공지능 관련 국외 연구그룹

양자소프트웨어/시스템 응용 (규모:대규모 / 전문가:다수확보)	
MIT S. Lloyd 교수 연구팀	양자알고리즘, *양자머신러닝 등에서의 이론연구
CQT 이론연구팀 (싱가폴)	양자계산복잡도, 양자알고리즘 등 이론 및 실험연구
ICTQT 양자계산연구팀 (폴란드)	양자오류보정 코드, 양자게임 등 이론연구
Google 양자인공지능 연구팀	*양자인공지능 및 양자컴퓨팅 이론/실험 전반연구
IBM 양자컴퓨팅 연구팀	양자컴퓨팅 최적화 및 *양자인공지능 이론/실험 전반연구
기타 독일, 캐나다, 중국	회로기반 양자컴퓨팅 최적화, 고전-양자 융합계산 등 연구

<표 3-55> 양자알고리즘 및 양자머신러닝/양자인공지능 관련 국내 연구그룹

양자알고리즘 및 양자머신러닝 등 기초 연구 (규모:매우작음 / 전문가:극소수)	
한양대 이진형 교수 연구팀	양자비국소성, *양자머신러닝 등 이론연구
고등과학원 양자정보팀	*양자머신러닝 및 양자정보 전반의 이론연구
서울대 정현석 교수 연구팀	광학기반 융합 양자컴퓨팅 구현 방법론 연구
서강대 손원민 교수 연구팀	양자비국소성 등에 대한 연구
ETRI 최병수 박사 연구팀	양자컴퓨팅/양자오류보정 등에서의 고전요소 최적화
KAIST 이준구 교수 연구팀	*양자인공지능 (최근 시작)

□ 양자연구 추진 필요성

○ 세계적으로도 진입 초기 단계의 최첨단 융합연구

- 양자기술은 컴퓨팅/통신기술 분야 전반에 활용 가능한 차세대 기술
- 양자기술을 선도하고자 국가 및 기업 간 치열한 경쟁 중
- 국가 및 기업의 원천기술 확립 및 기술선점을 위해 보호/육성에 나설 전망
- 최근 머신러닝 및 인공지능 분야에서 *지수함수적 양자이득을 증명
(*MIT의 S. Lloyd 연구팀, Google 양자인공지능 연구팀, IBM 연구팀 등 선도 IT 연구그룹/기업 등 중심)
- 양자정보기술 전반에 큰 파장 예상으로 양자인공지능 분야 급속히 성장 중

- 국내의 경우 소수대학 및 연구소 등에서 소규모 연구팀,
 - 연구인력 및 기술의 보호/육성을 위한 정부차원의 다각도의 연구지원이 시급하다.

□ 관련기술의 정부주도형 R&D 사업화

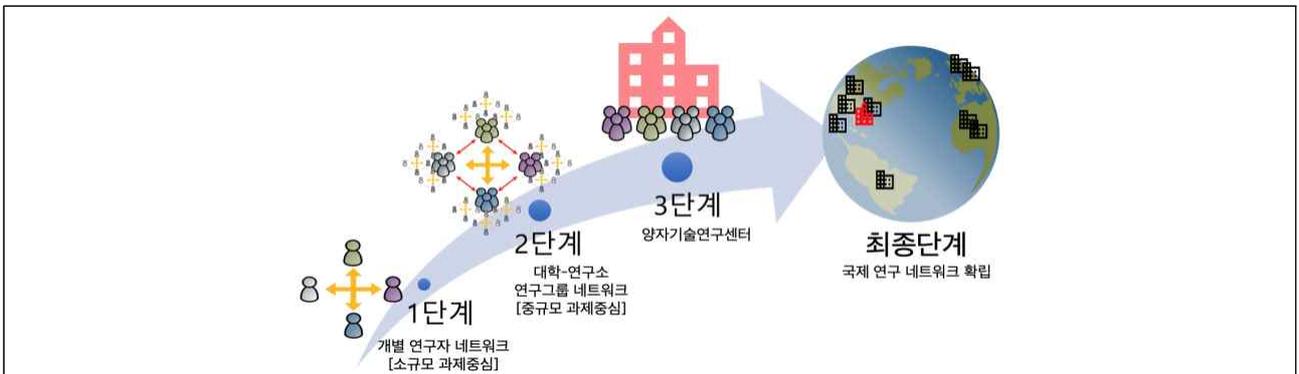
- 양자컴퓨팅 사업은 큐비트기술 및 소규모 양자시뮬레이터 구현 중심으로 진행 중으로, 점차 전문인력 양성 및 해외인력 유입을 통해 점차 사업 규모를 증대할 필요가 있다.
- 양자통신 사업의 경우, 현재 기술로도 실용성이 큰 만큼, 실용성이 강화된 사업을 지원할 필요가 있다.
- 양자 AI (양자머신러닝/양자인공지능)의 경우, 고도의 융복합 분야로 컴퓨팅은 물론 정보처리 전반으로 저변확대가 가능한 기술 잠재성을 지니고 있다.
 - 양자 AI관련 R&D 사업 및 지원 프로그램은 전무하다.
 - 현 시점에서 보호/육성이 시급하며, 정부주도의 [중장기] R&D 사업화가 필요하다.

<표 3-56> 선진국의 양자컴퓨팅 관련기술 지원사례

미국	<ul style="list-style-type: none"> • '08.12월 양자정보과학비전/연구개발 계획을 통합, 일관된 목표를 수립하는 등 양자정보기술개발을 위한 정책 마련 - 연구자 교육 및 연구결과의 공유·협력 강화를 위한 기반 구축 등 10년 이상의 장기간 집중 지원 체계 구축 • '16.7월 '발전하는 양자정보과학(백악관보고서)'는 기술발전을 저해하는 요인 분석 및 이를 토대로 한 미국의 추진 방향을 제시 • '양자컴퓨팅 연구법 2018' 법률(안)을 추진 중으로 상용 수준의 양자정보통신 기술을 개발하기 위해 5년간 8,000억 원 이상의 예산을 집중 투자 예정 <ul style="list-style-type: none"> * '국가 양자 이니셔티브(NQI)' 법률(안)도 추진 중이며, 이는 양자기술을 심화하고 연구인력을 양성하며 대규모 연구시설을 마련하는 등 제시한 5대 목표 달성을 통해 양자산업 육성 추진
유럽	<ul style="list-style-type: none"> • 양자혁명에 대비하기 위하여 EU회원국 간 선언적 합의문(Quantum Manifesto, '16.5월)을 체결하고 R&D 투자를 강화하여 2035년 이후까지 확보해야 할 양자정보통신 기술의 로드맵을 제시 • 양자기술 플래그쉽 프로그램 중간보고서('17.2월)를 통해 제2차 양자혁명의 최선두 그룹으로 유럽을 포함하기 위하여 양자기술을 향후 10년간의 전략적 연구 의제로 설정 • Quantum Flagship 프로그램을 통해서 '18년부터 10년간 10억 유로 규모의 양자기술 개발 프로그램 착수 <ul style="list-style-type: none"> * '17년 Quantum Flagship 프로그램은 EU의 FET(Future & Emerging Technology) 프로그램의 일부로 진행되며 Horizon 2020 등 다양한 재원을 마련할 계획 * 'Quantum Europe: Quantum Flagship' 컨퍼런스에서 1조 2,000억 원 규모의 구체적 투자계획 방안을 공개 • QuantERA 프로그램은 폴란드의 NSC에 의해 설계된 EU소속의 26개국 32개 연구기관 네트워크로 양자 기술 관련 국제 공동연구를 지원
중국	<ul style="list-style-type: none"> • 13차 5개년 국가 과학기술혁신 계획(2016~2020)에서 '국가 전략적 요구와 연관된 기본 연구'에 '양자 제어' 분야를 포함하여 양자 정보 과학에 대한 우선순위를 강화 • '20년까지 기존 컴퓨터에 비해 연산 능력이 100만 배 이상 빠른 양자 컴퓨터를 개발한다는 목표로 '국립 양자정보 과학연구소'를 설립하는 절차에 착수('17.8월, 약 14조원)
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 정보통신연구소(NICT) 내의 Quantum ICT Advanced Development Center에서 '35년까지의 중장기 기술로드맵을 제시하고 광 기반 양자 정보이론 및 측정 등에 관한 연구 추진 중 • '양자과학기술의 새로운 전개를 위한 추진방안('17.2월, 문무과학성)'을 통해 새로운 가치창출의 핵심 강점을 갖는 기반기술로서 '광·양자 기술'을 선정
싱가폴	<ul style="list-style-type: none"> • 연간 2000억 규모의 양자기술센터(CQT) 운영 (2007년) • 이미 200여명의 전문 연구인력(학생/연구원/교수)확보 • NUS, SUTD 등과 연계 프로그램을 구성, 양자기술 전반에 대한 투자확대

□ 양자기술 관련 연구센터 설립

- 국내 자연과학 및 컴퓨팅/엔지니어링 각 분야 연구에의 칸막이 해소기대
 - 양자기술, 인공지능 및 컴퓨팅 기술간의 협력연구 허브역할을 기대
- 연구기관은 물론 민간/기업과의 “양자정보이론 + 컴퓨팅/통신 + 인공지능” 기술개발을 위한 연구 협력 증대
- 국내/외 연구자 초빙 및 국제협력연구 활동을 위한 통로역할
- 전문가 및 연구인력 규모를 고려하여, 초기에는 거점대학 혹은 거점연구소 중심의 중/소규모 연구그룹의 연합 등으로 시작하여, 연구 네트워크를 확대, 차후 인력양성 계획 등과 연계하여 대규모 센터로 단계별 진화



[그림 3-60] 양자 연구센터 진화과정



[그림 3-61] 선진국의 양자 기술센터

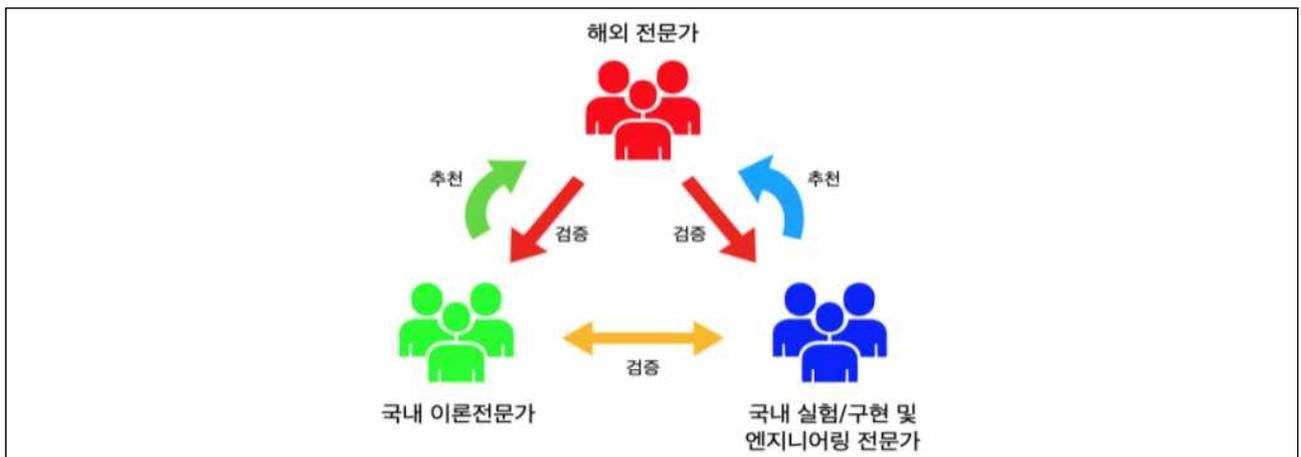
□ 연구인력 보호/육성 지원 및 전문가 인증강화

○ 석/박사 전문인력 양성

- 해당 연구의 성공적 수행을 위해서는 양자이론의 수준높은 이해와 활용도가 요구됨
- 자연과학 및 컴퓨팅/엔지니어링 분야의 긴밀한 협업체계가 필요
- 전공학생 최초선발-교육-진학/취업 등에 이르기까지의 관리/지원정책 필요
- 대학 내 관련학과(물리학과, 수학과, 컴퓨터공학과, 소프트웨어학과 등) 강의/교육 프로그램/수업 신설 (해당학교 및 학과 가산 부여)
- 교육 및 연구 교류 시스템 확충
 - * 문제&솔루션 탐색/협업주체 및 진행 - 캡스톤 디자인 등 교육정책활용
 - * 국내/외 학회 발표 지원 프로그램 [센터/협력연구]
- 졸업 후 [스타트업 및 기존]기업 및 [센터 및 협력연구기관]연구소 진출

○ 전문가 검증강화

- 비전문가의 과도한 유입으로 연구목적과 방향성이 훼손될 가능성이 있음
- 주도형 대형과제 연구책임자 및 PI급 전문가 검증을 강화할 필요가 있음
- (1) 국내 이론 전문가 그룹, (2) 국내 실험/구현 및 엔지니어링 전문가 그룹, (3) 해외 전문가 그룹.



[그림 3-62] 연구인력 육성·보호 체계

□ 관련법 제정 등을 통한 지원

○ 양자알고리즘/양자소프트웨어 연구중심 스타트업 기업 육성/지원

- 국외: 대규모 연구기관과 연계된 다양한 연구중심 기업 출현 (100여개 이상)

<표 3-57> 양자알고리즘/양자소프트웨어 관련 국외 연구중심 기업

A*Quantum (일본)	양자 소프트웨어 개발
Alpine Quant. Tech., GmbH (오스트리아)	이온포획 기반 양자컴퓨팅 개발
Xanadu (캐나다)	양자소프트웨어/양자머신러닝/양자컴퓨팅 개발
Bleximo (미국)	초전도기반 양자시뮬레이터/신약개발
GTN LTD (영국)	양자머신러닝 테크닉을 이용한 신약개발
Horizon Quantum Computing (싱가폴)	양자소프트웨어 개발 툴
IonQ (미국)	이온포획기반 양자컴퓨팅 개발
JoS Quantum (독일)	금융산업 적용 양자알고리즘/소프트웨어 개발
Anki.1 (미국)	양자소프트웨어 개발/클라우드 컴퓨팅 서비스

- 국내는 전무한 실정
- 정부는 물론 민간/대기업 등의 투자지원을 통한 스타트업 육성 및 연구에의 다양한 방양성 확립
- 석/박사급 인력 취업 포지션 제공

(2) 정책토론 시사점

- 양자컴퓨팅은 특정 분야에서 지수적인 성능 개선을 보이며 반도체, 신물질 개발 등의 분야에서 한계를 극복할 수 있는 방법론이기 때문에 중요
- 양자컴퓨터는 막대한 투자가 필요한 분야이며, 투자 규모나 인력면에서 first mover가 될 수는 없더라도 기술개발 생태계의 유지 필요
 - 범용 양자컴퓨터에 목매지 말고 특수목적 양자컴퓨터를 먼저 개발하여 사용하면서 범용 양자컴퓨터를 개발해 나가는 전략이 유효할 것
- 인력부족은 양자컴퓨팅 분야에서만 호소하는 문제가 아닌데, 미래기술 인력부족 해결을 위해서는 보다 장기적인 안목의 육성책 필요
 - 교육 수료로 끝나는 것이 아닌 연구와 연결된 인력 양성 필요
 - 양자컴퓨팅 분야에서는 기술의 우월성보다 사회적 파급효과를 기반으로 비전문가들을 설득할 수 있도록 고민해야 함

다. 인공지능

(1) 인공지능 R&D정책 및 성과평가²⁸⁾

□ R&D 정책

- AI 인력 수요의 수준이나 레벨이 다르므로 이를 고려한 정책이 필요 (AI를 활용하는 수준, 모델을 개발하는 수준, 플랫폼 및 production AI 시스템을 개발하는 수준, 수학적인 도전을 하는 수준 정도 등)
- 우리나라의 R&D는 주로 “**를 이용한 응용 연구”에 치우쳐 왔으며 이는 AI, 블록체인 모두 마찬가지이다. 100%는 아니더라도 새로운 AI 알고리즘, 플랫폼, 시스템 쪽으로 funding이 많이 되어야 한다. 결국 남는 것은 핵심 코어 기술이지 그 기술을 이용하는 것은 생명력이 매우 약하고 originality도 떨어진다. 핵심 코어 분야에서 난제를 발굴하고, 그런 난제를 풀어 세계적으로 기술을 리드할 수 있어야 한다.
- 정부 예산을 아끼지 말아야 하며 최소한 10년 이상의 꾸준한 정책이 필요 (연속성 부족, 정권 바뀌면 없어짐)
- 데이터 개방. 특히 프라이버시 같은 비식별 조치 관련된 부분을 좀 더 유연하게 해야 한다.

□ R&D 성과 평가

- 국내 여건상 COI를 피하다 보면 평가 위원들의 전문성 부족 심각
- 미래 가치를 보는 포텐셜이 있는 연구들 보다는 당장의 응용 위주의 전문성 없이도 평가가 용이한 연구들이 더 높이 평가 받음
- 정부 과제도 삼성미래재단 경우 처럼 외국 전문가, 석학들에게 서면 평가를 받는 등 과감하게 비용 투자 필요
- 발표 평가 보다는 서면 평가 중심, 핵심 기술 몇 개에 대한 심도 있는 가치 평가

(2) 정책토론 시사점

- 우리나라의 인공지능은 시스템 반도체에서 승부를 걸어야 할 것
 - 구글이나 IBM등이 놓치고 있는 부분을 파고들면 적은 비용으로도 한국형 인공지능이 경쟁력을 가질 수 있음
- 인공지능은 학습 기반이기 때문에 사회가 건전한 데이터를 많이 만들고 학습시키면 도움이 되는 방향으로 발전할 것

28) 제3회 2019 과학기술정책포럼, 한양대 이진형 발제자료

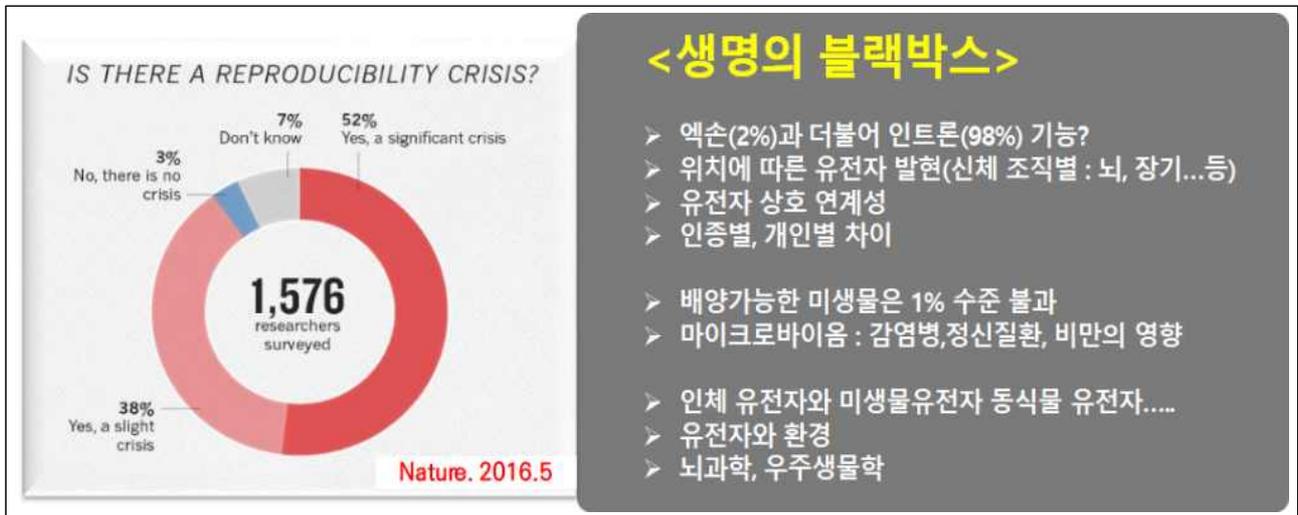
- 인공지능 관련 인력은 공급측면에서 원하는 연구인력과 수요측면에서 원하는 활용인력간 불합치가 존재하는데, 이에 대한 관계설정 필요

라. 바이오 혁신트렌드²⁹⁾

(1) 불확실성에 대한 투자

□ 생명의 블랙박스

- 우리는 생명체를 잘 모른다 - 현재 우리의 지식과 기술 수준으로 이해하기엔 생명체의 시스템이 너무 복잡
 - 1차적 불확실성 : 모른다는 사실 자체를 알지 못함

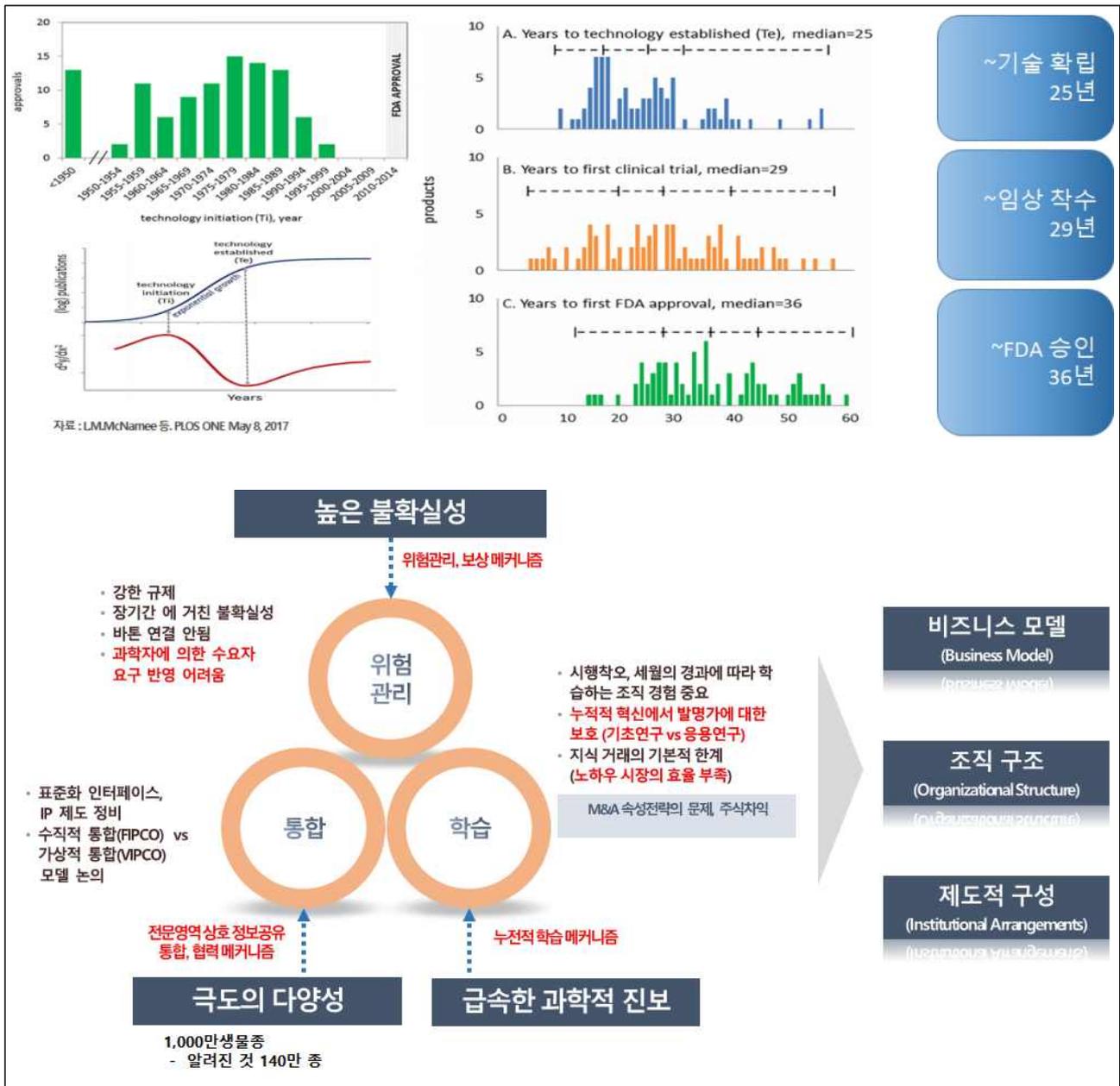


[그림 3-63] 생명의 블랙박스

- 2차적 불확실성 : 확률분포로 특징되는 불확실성(성공확률, 장기회임기간 등)
 - ※ 예) 신약개발 - 기술 착수 → 기술 정립 → FDA 승인

29) 제6회 2019 과학기술정책포럼, 생명공학정책연구센터 김홍열 발제자료

○ 바이오 비즈니스의 특성

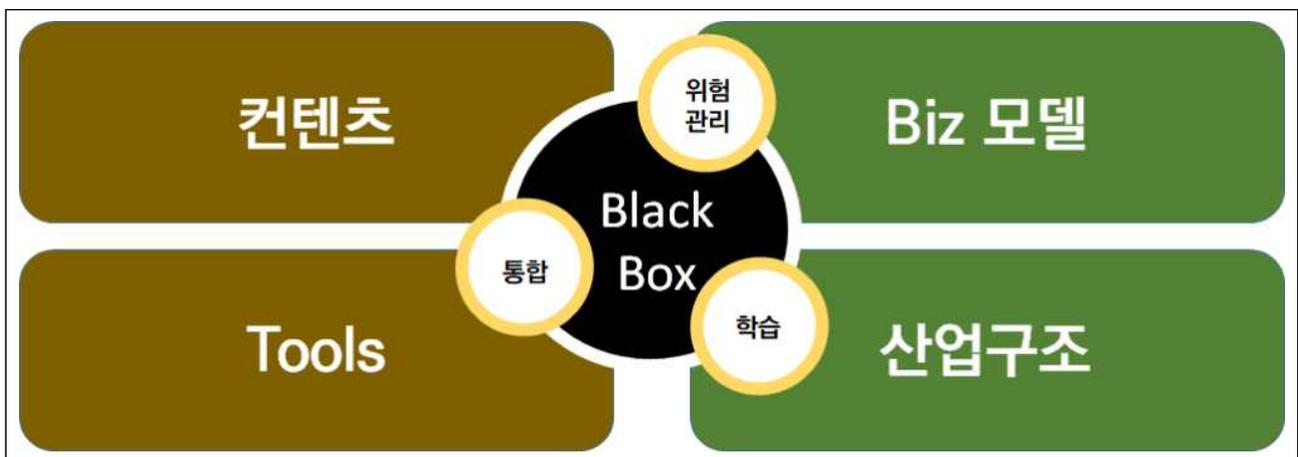


[그림 3-64] 바이오 비즈니스의 특성

(2) 바이오 혁신 트렌드

□ Story Line

- ① 유전체 혁신 → 콘텐츠 혁신
- ② 생산성 위기 → Biz모델 혁신
- ③ New Biology → Tools 혁신
- ④ 경계의 붕괴 → 산업구조 혁신



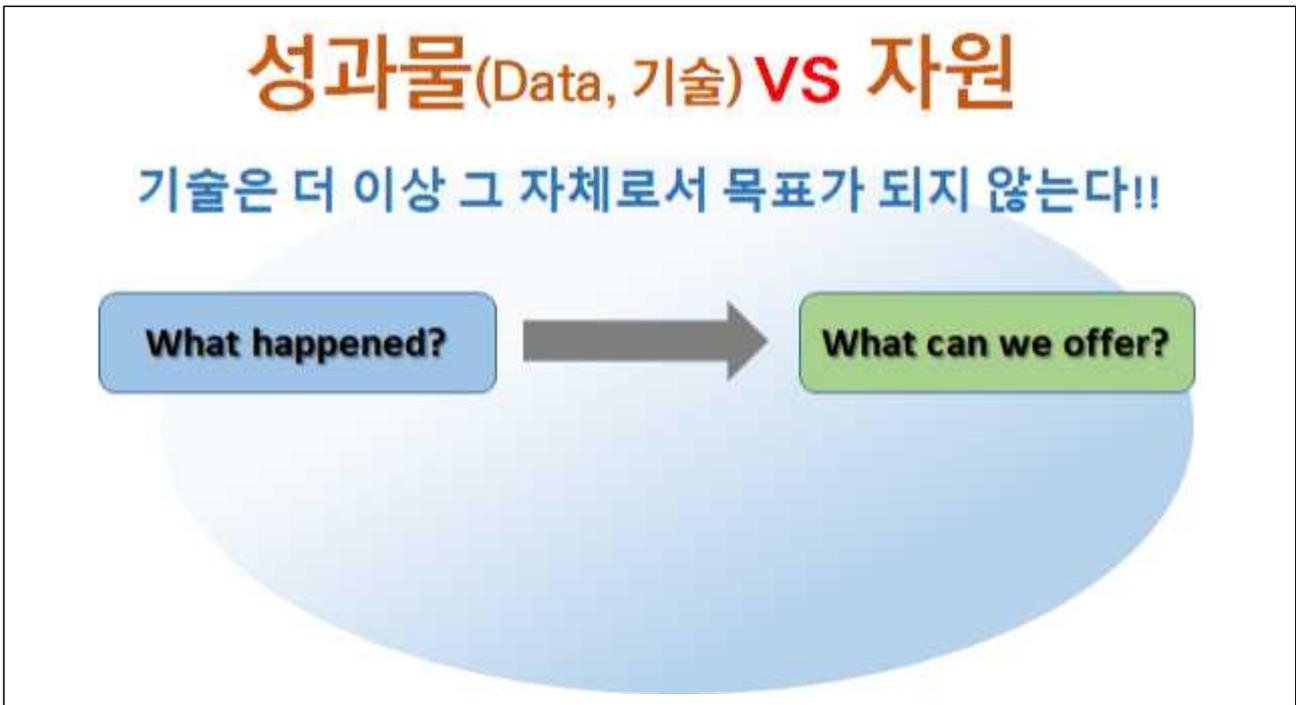
[그림 3-65] 바이오 혁신 트렌드

□ 유전체 혁신 - 생명과학의 디지털화

- My DNA. 관점 혁신 (예 : 미국, 블루버튼 계획)
 - 데이터활용 패러다임 변화 : 기관중심 → 개인중심
- 개인정보 보호 강화 (예 : 유럽 GDPR)
- 생태계 창출 (예 : 일본, 차세대의료기반법)
- 혁신의 방향성에 투자
 - 혁신의 지체에 따른 미래 손실(비용) vs 조기착수로 인한 시행착오로 생기는 비용?



[그림 3-66] 바이오 관련 주요국 정책 및 글로벌 기업 현황



[그림 3-67] R&D 패러다임의 변화

□ New Biology - R&D 현장의 DNA 혁신(Data, Network, AI)

○ NIH STRIDES(NIH STRATEGIC PLAN FOR DATA SCIENCE)

- 상용 클라우드 컴퓨팅의 기능을 활용(Googld Coud)하고 NIH의 바이오 메디컬 분야 연구자들이 사용 가능한 최첨단 비용 효율적인 컴퓨팅 인프라, 도구 및 서비스에 액세스할 수 있도록 하는 새로운 이니셔티브
- 연구-교육...도구 학습→표준 등 자연스러운 통합...가능성
 - * STRIDES를 출시함으로써 최첨단 클라우드 컴퓨팅 도구를 과학자들의 손에 주겠다 : Andrea T. Noris (NIH의 CIO)

○ NIH STRATEGIC PLAN FOR DATA SCIENCE

□ R&D 혁신 지원 통합 플랫폼 구축

○ 4차 산업혁명 - 롱테일의 경제학 창출...

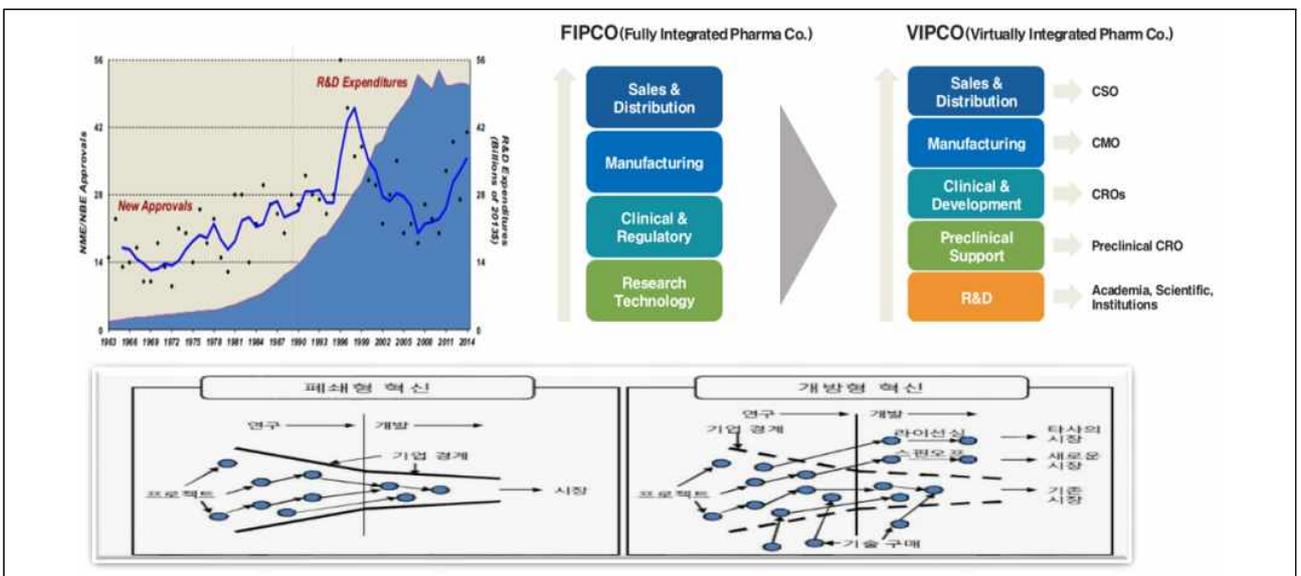
- 혁신 seeds 연구개발 성과물이 혁신 체제 내로 풍부하게 공급될 수 있도록 기초 및 발견연구를 촉진·장려
- 대형사업 국책사업 기획 사업부터 연구 빅데이터 창출 활용 방안 고려



[그림 3-68] R&D 혁신 지원 통합 플랫폼

□ 생산성 위기 - open Innovation

- 신약개발 생산성 하락
- 블록버스터 의약품 특허만료



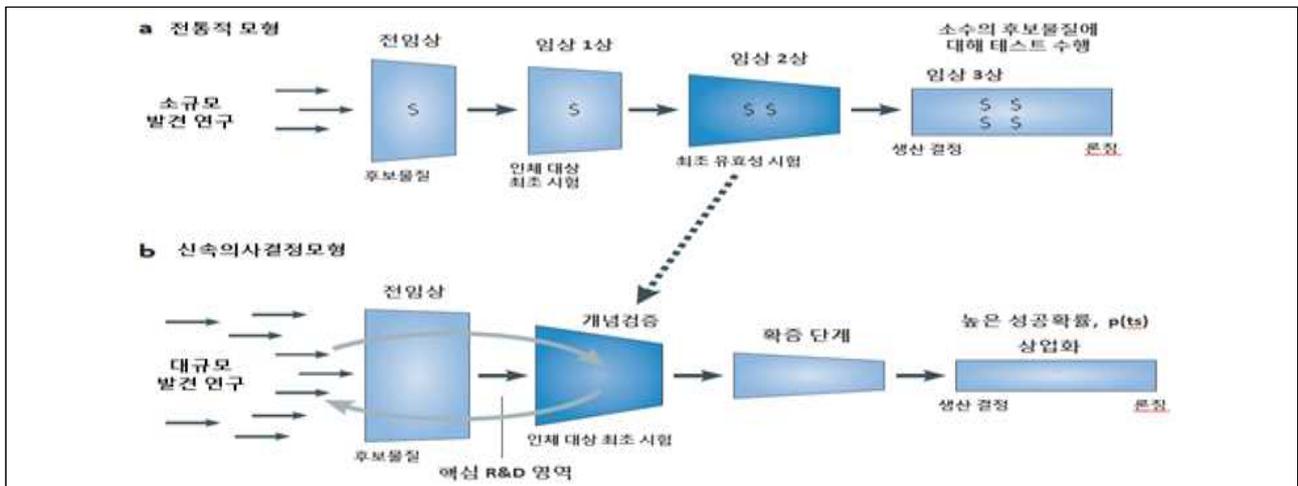
[그림 3-69] 바이오 분야의 Open Innovation

□ Open Innovation 중개연구 혁신 플랫폼 사례

- 기초연구가 강한 대학 내에 지역(글로벌) 과학 허브들을 구축
 - 기업과 대학이 실험실을 공동으로 소유
 - 기업의 자원과 시설을 학계 연구자들에게 자유롭게 이용할 수 있게 제공
- (기업주도) 초기 발굴 프로그램 (대표 사례)
 - 화이자 : 치료혁신센터(Centers for Therapeutic Innovation)
 - GSK : 트레스칸토스 오픈랩 재단(Tres Cantos Open Lab Foundation)
 - 릴리 : 표현형 신약개발 이니셔티브(Phenotypic Drug discovery Initiative)
 - 머크 : 세이지 네트워크(SAGE Bionetworks)
임상중개과학상 프로그램(Clinical and Translational Science Awards Program)
- (학계주도) 중개연구센터를 통해 학계에서 발굴된 물질 중 우수한 물질을 선별하는 것을 지원
 - 스탠퍼드 대학 : SPARK
 - 하버드대 : Catalyst program
 - 펜실베이니아주립대 : 중개의료치료제연구소(Institute for Translational Medicine and Therapeutics)
 - UCSF : QB3(UC샌프란시스코, UC버클리, UC서던캘리포니아 등 3개 대학이 공동으로 스타트업 육성을 위해 설립한 회사) 등
- (공공-민간 컨소시엄) 의약품의 안정성, 의약품 개발, 바이오제조 등으로 확대
 - MIT : 조직칩기술중개센터(Translational Center for Tissue Chip Technologies)
 - 국립제조혁신연구소(NIMBL) : 첨단포유류바이오제조혁신센터(Advanced Mammalian biomanufacturing Innovation Center)

□ (사례) 개방형 혁신 모델 개발 : 일라이 릴리 “chorus 플랫폼”

- R&D 혁신에서의 신속의사결정모형 - quick win, fast fail
- 일라이 릴리(Eli Lilly) → 자동실험 시스템 코러스(Chorus)* 구상하여 시험 가동
 - * 실패 확률이 높은 신약 후보물질 포트폴리오 중 ①성공가능성 ②후기 단계에서 살아남는지 여부에 대해 평가하는 시스템
- 신제품의 향후 전망을 평가하고 실패위험을 최소화하는 데에 집중하는 ‘초기 단계’에 집중
 - 유효성이 없는 프로젝트는 들인 비용이 낮은 단계에서 탈락할 수 있도록 주요정보를 조기에 확보
 - 탈락시점을 앞당김으로써 발생한 비용 절감 분을 핵심 R&D 영역에 재투자



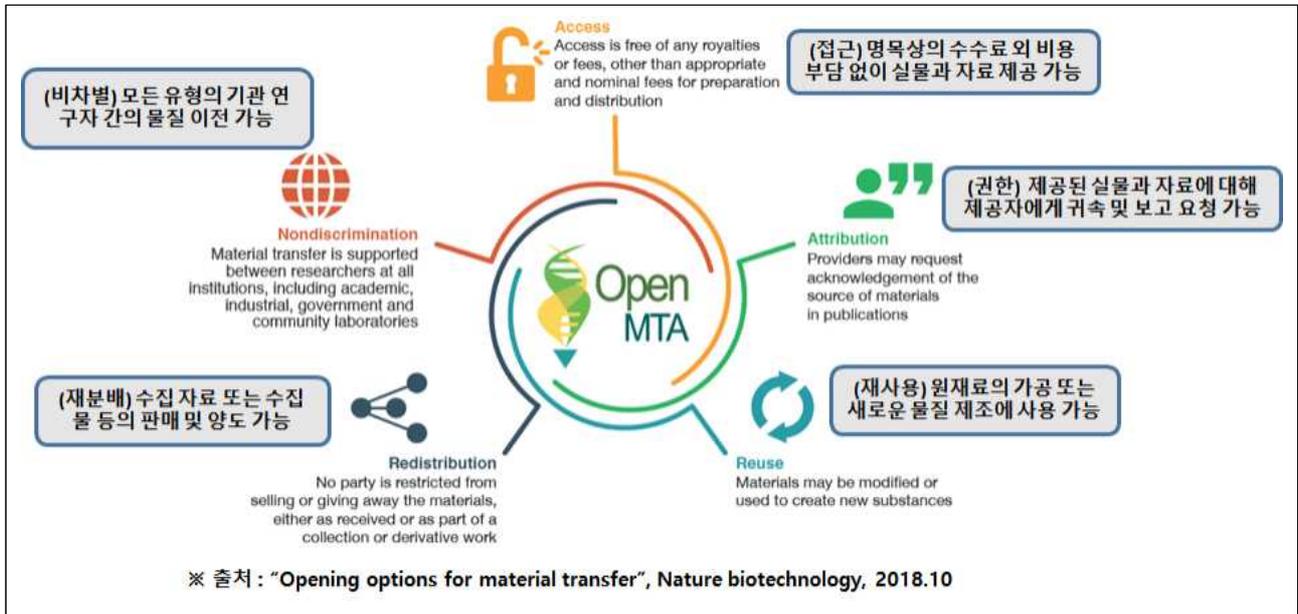
[그림 3-70] 신속의사결정모형

□ Open Source 촉진 : 네트워크 생태계의 거점화

- BRC의 대지털화 → 플랫폼 혁신 추진
- (문제점) 오프라인·암묵지 중심 관리 체계
 - 오프라인 중심·암묵지 중심 관리 체계 및 SOP, 표준, 인증 미비
 - 자원관리와 정보관리의 이원화, 상호참조·연계 부족
 - 생물자원과 전산화/데이터업무를 동시에 지원할 인력 부족
- (당면 과제) 국가 전략 기반 BRC 네트워크 구축
 - BRC 관리체계 과학화, 표준화 지원 및 표준/인증 중개기관 육성
 - 자원 및 정보관리절차의 디지털화 및 자동화 지원
 - 자원 및 정보관리체계간 연계, 연구과제 및 성과정보 연계 강화
 - 자원-정보-서비스 통합 제공 디지털 플랫폼 확충

□ (사례) OpenMTA : 연구자원 공유와 활용 개념 강화

- OpenMTA : 유용 연구자원*을 사용하는 생명공학 종사자들의 연구목적의 공유 및 사용을 가능하게 하는 물질이전 협약(BioBricks 재단 및 Open Plant Synthetic Biology 연구센터에서 공동 개발)
- * 환자 샘플, 동물 모델, 세포주, 박테리아, 플라스미드, 단백질, 의약품 및 기타 유용한 연구시약을 포함



[그림 3-71] Design goals for the Open MTA

□ 경계의 붕괴 - 바이오 부문간 통합화

- 바이오 기술 연구의 장점은 한 응용부문에서 생산된 지식이 “흘러 넘쳐” 다른 부문에서 일하는 학자들에 의해 채택될 때 극대화될 수 있음
- 학제간 긴밀한 협력, 정보 공유, 통합 등 공동 노력 필요



[그림 3-72] 바이오 부문간 통합화

□ 산업구조 혁신 - 바이오융합, 산업의 통합

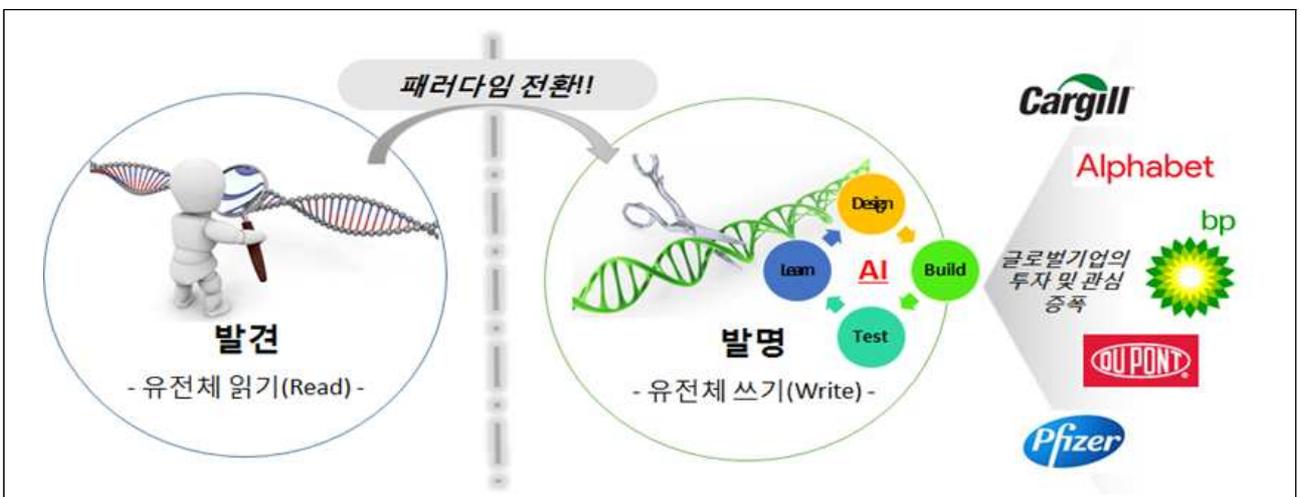


[그림 3-73] 바이오 분야 산업구조 혁신

(3) 새로운 지평

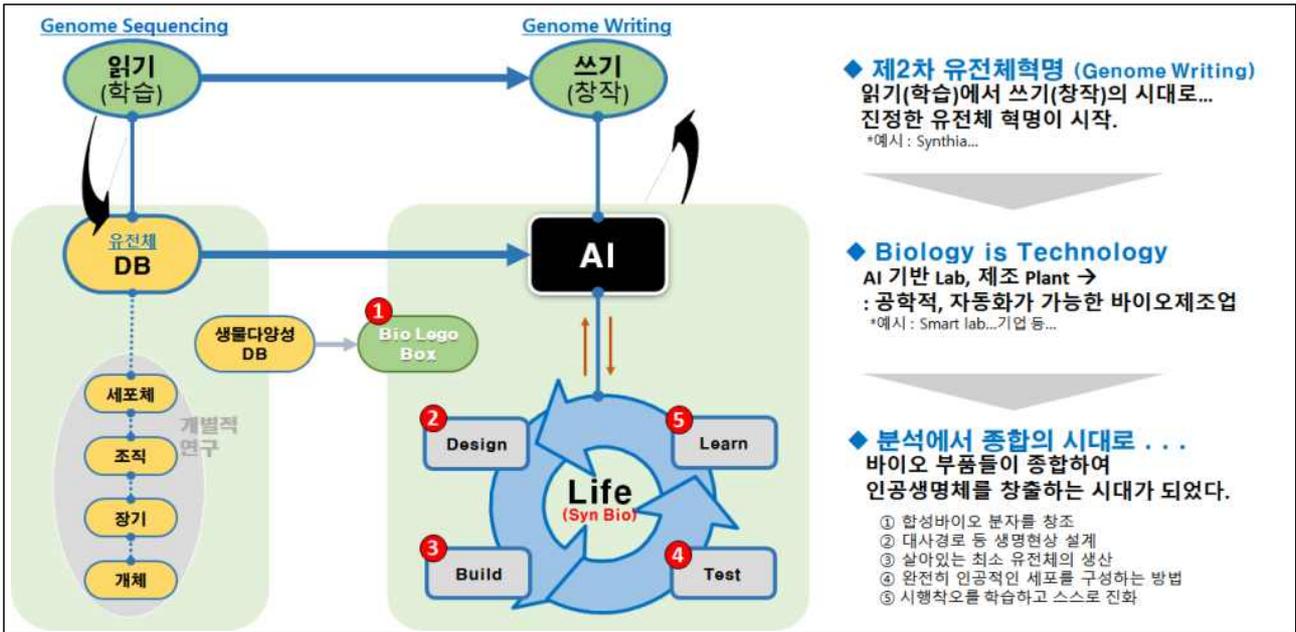
□ 새로운 도전 - "Biology is Technology"

- ① 100\$ 유전체 혁신 → 콘텐츠 혁신
- ② 생산성 위기 → Biz모델 혁신
- ③ New Biology → Tools 혁신
- ④ 경계의 붕괴 → 산업구조 혁신

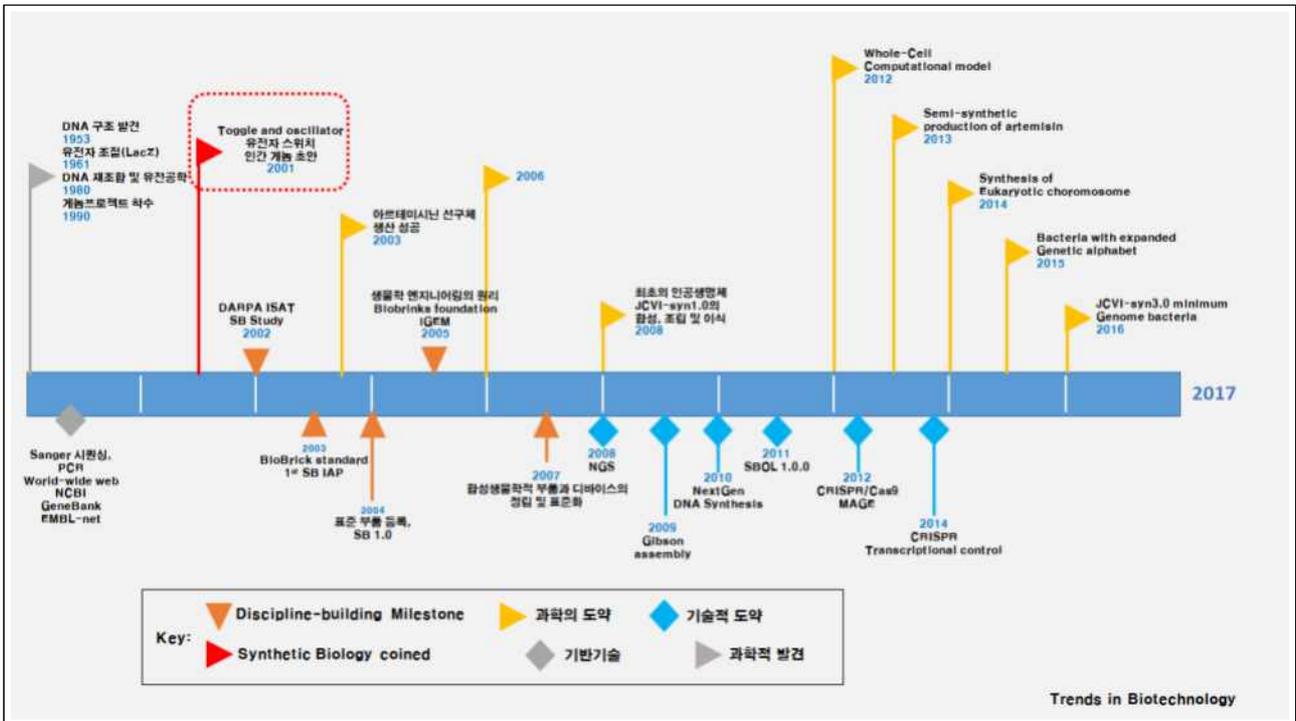


[그림 3-74] 바이오 분야의 패러다임 전환

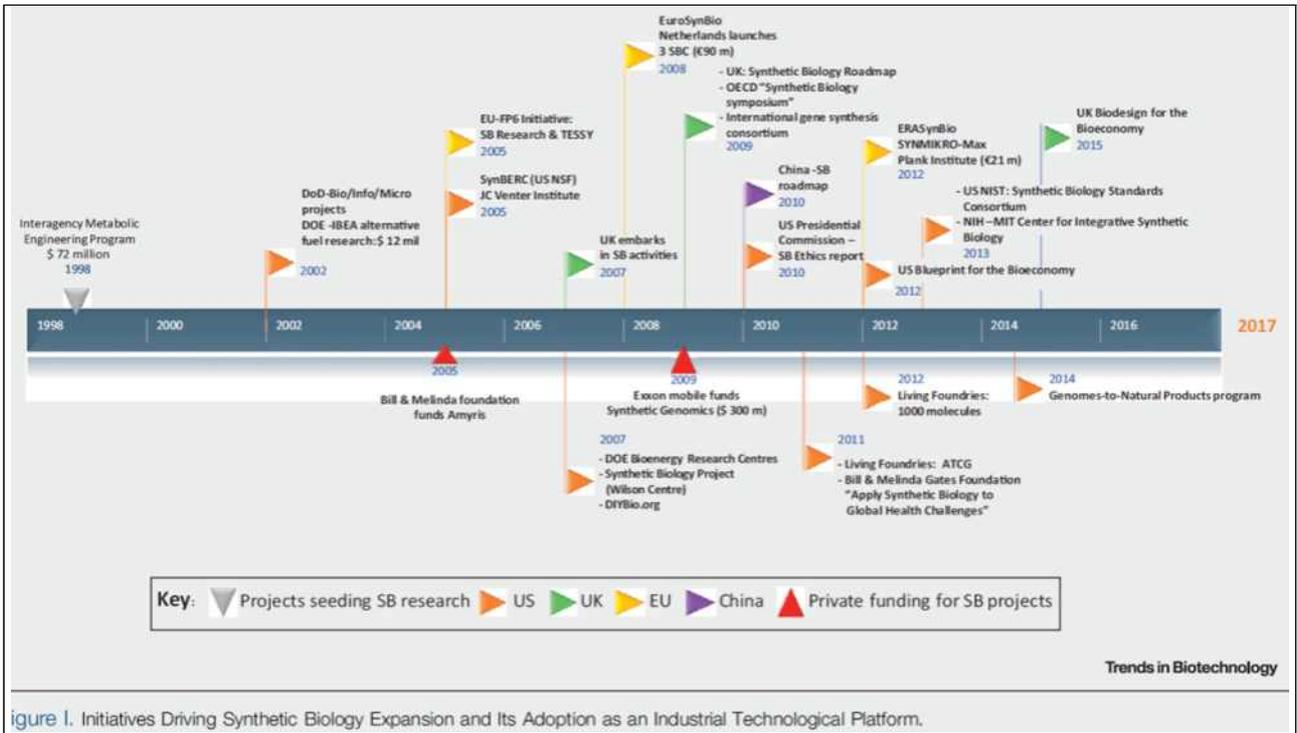
□ 생명공학 패러다임 변혁



[그림 3-75] 생명공학 패러다임 변혁

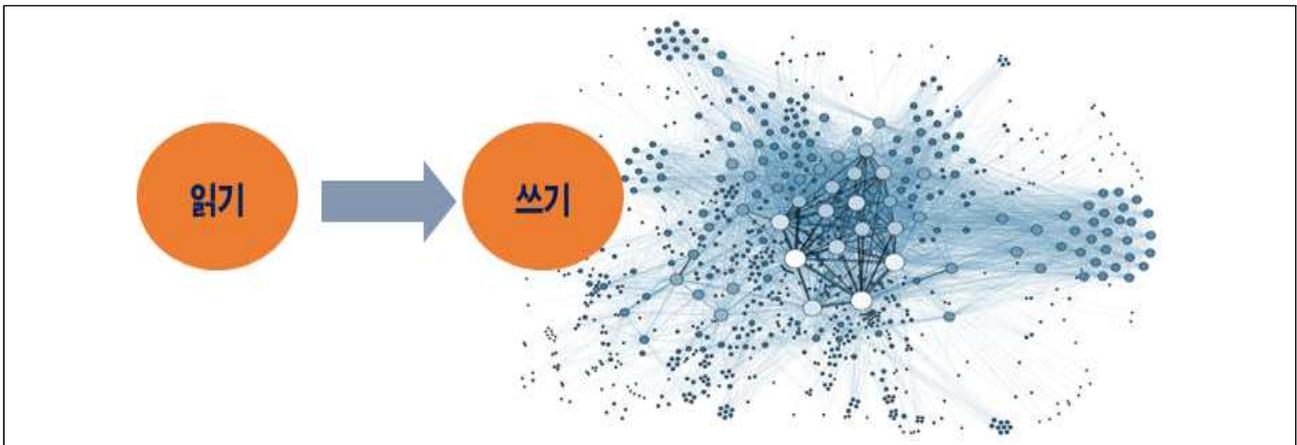


[그림 3-76] 생명공학 분야 트렌드의 변화



[그림 3-77] 인공생물학의 발전과 산업기술 수용 플랫폼

□ 규제합리화, 규제환경의 예측 가능성 제고



[그림 3-78] 미지의 대상이 산업화의 대상이 될 수 있는가?

- 신중한 경계
 - 동시규제: on-going monitoring 및 long-term follow-up, 위험커뮤니케이션 방식 등의 제도화
- 규제과학 육성
 - 바이오 분야 특성에 따라 보다 합리적인 규제를 위한 과학적 근거 창출

○ 과학-사회, 과학-정치의 상호작용 강화

- ELSI(Ethical, Legal, social Implication) 연구, 기술영향평가 제도 확립
- 미래 바이오 신기술의 법/제도에 대한 장기적 대응을 위한 법제연구 단위 마련(영, HeLIX)

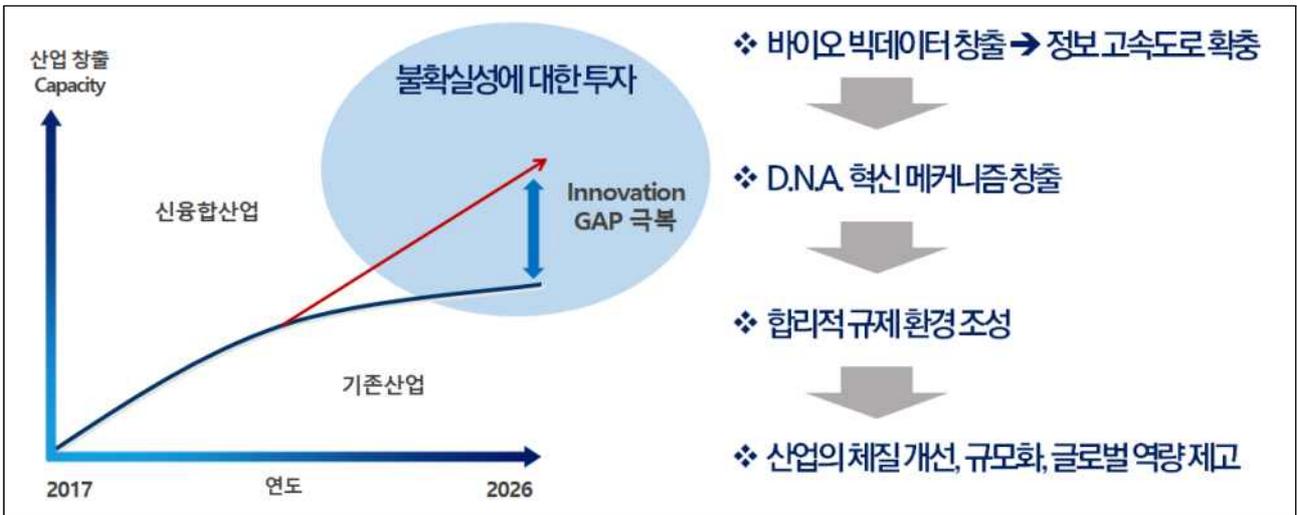


[그림 3-79] 혁신 수용성을 높이는 기술과 규제의 조화

□ 바이오 기술 특성에 맞는 전략

○ 미국 BIO 대표 - 미 하원에서 바이오혁신생태계에 대해 증언(2017.12)

- 미국의 뛰어난 과학자들, 영리한 기업가들, 세계 수준의 연구대학들, 실패로부터 배우는 문화, 생명을 구하는 치료법에 위험을 감수하고 돈을 걸려는 투자가들을 그 요인으로 제시



[그림 3-80] 바이오 특성에 맞는 혁신 전략

(4) 정책토론 시시점

- 지금까지 바이오 분야는 다른 분야에 비해 일관되게 많은 투자를 받아 왔는데, 이제 보다 전략적으로 접근 필요
 - 우리나라 현황을 고려할 때 과하게 투자한다는 우려 존재, 그간의 투자에 비해 가시적인 성과가 있는지 의문시되는 상황
 - 투자 대비 효율 측면에서는 단순매출 이외에도 고용 창출, 사회적 비용 측면도 고려 필요
 - 민간 투자와 공공 투자 간의 명확한 역할 분담, 집중 투자분야 설정 등의 차별화 필요
- 바이오 분야 인력 양성에 있어서는 중장기적인 안목이 필요
 - 바이오 분야는 인력 창출 효과가 커 투자 대비 성과 검토시 고려 필요
- 바이오 분야에서는 플랫폼적 시각이 매우 부족한 실정, 플랫폼화를 위한 법적, 제도적 정책 필요

바. 신약 연구개발동향³⁰⁾

(1) 신약개발

□ 생명공학은 정보기술을 대신할 새로운 세계 경제 엔진

- 우리는 산업시대에 공간을 정복했고, 정보시대에는 시간을 정복했으며 바이오테크 시대에는 물질을 정복할 것 (리처드 올리버, 바이오테크혁명)
- 기회의 창 : 생명공학의 선두가 되자 (엘빈토플러, 21세기 한국비전보고서, 2001)

□ New 바이오과학의 시대

- New Biology(바이오, IT, 공학 등 융합)를 통해 시급한 사회문제(식량, 에너지, 보건 등)를 해결한 새로운 Breakthrough 가속화

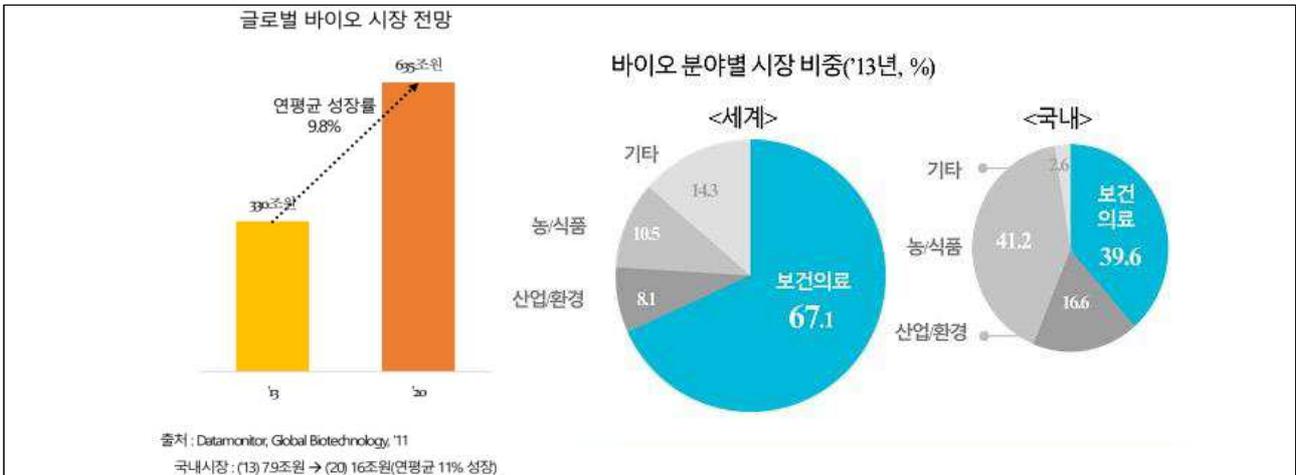


[그림 3-81] 뉴 바이오과학의 시대

□ 바이오 산업 시장현황과 전망

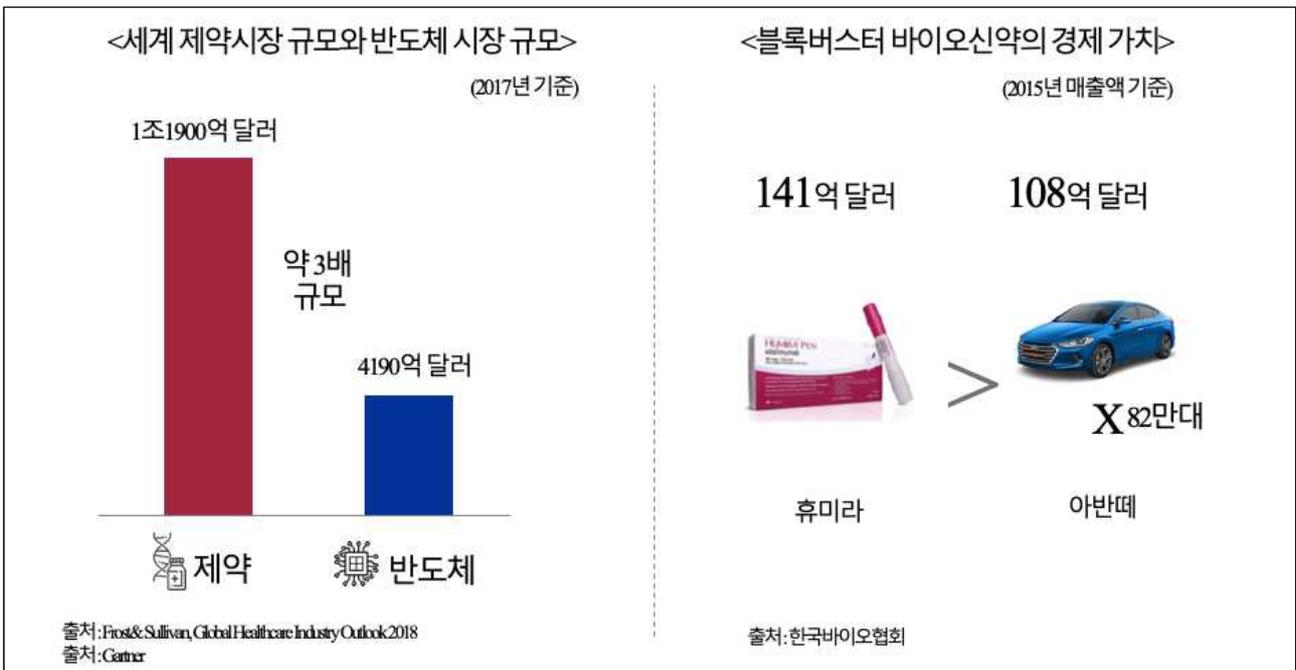
- 글로벌 바이오시장은 연평균 9.8%로 급격하게 성장 중이며, 세계 바이오산업은 곧 중요한 변곡점에 도달할 전망

30) 제6회 2019 과학기술정책포럼, 생명공학정책연구센터 김홍열 발제자료



[그림 3-82] 글로벌 바이오시장 전망 및 시장 비중

- 고령화 사회, 저성장 저고용시대, 바이오경제 시대가 도래할 전망
 - 2022년 바이오 의약품이 전체 의약품 시장의 30%를 차지할 것으로 봄
 - 상위 100개 품목에서 바이오 의약품이 52% 차지할 것으로 봄



[그림 3-83] 제약 시장 및 바이오신약의 경제가치

<표 3-58> 바이오의약품 시장 전망

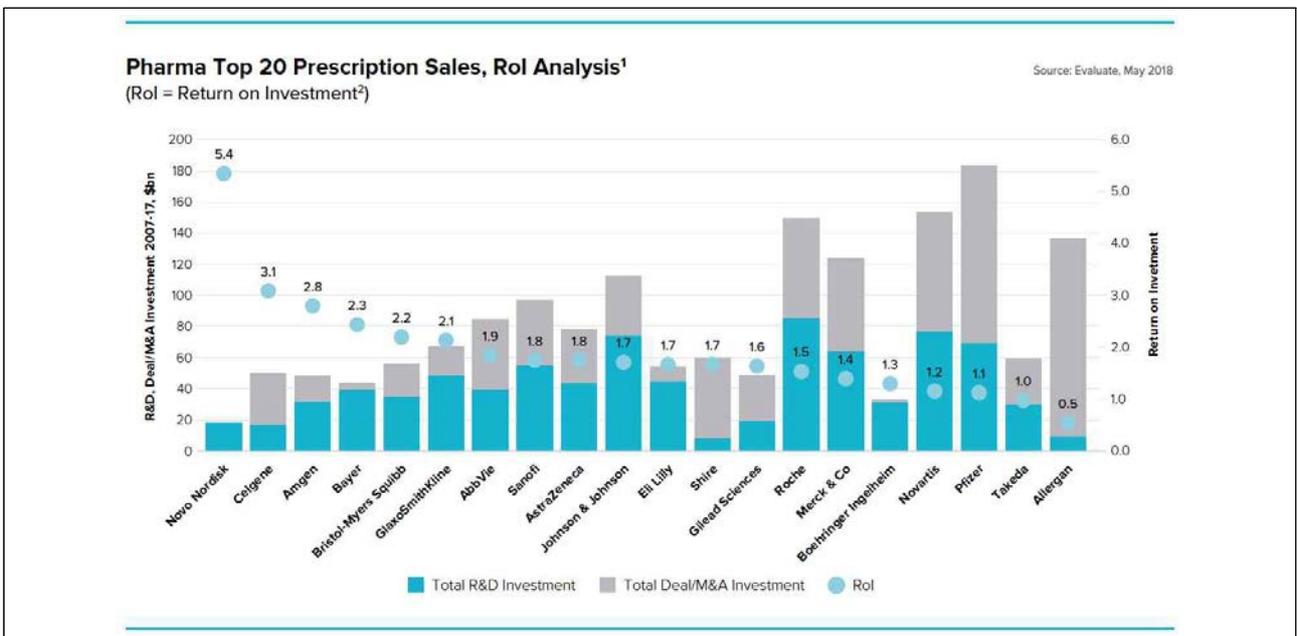
Worldwide Prescription Drug & OTC Sales by Technology (2010-2024)

Source: Evaluate, May 2018

Technology	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Biotechnology	17%	18%	19%	21%	21%	22%	24%	25%	27%	27%	28%	29%	30%	30%	31%
Conventional/Unclassified	83%	82%	81%	79%	79%	78%	76%	75%	73%	73%	72%	71%	70%	70%	69%
Total Prescription & OTC Sales	100%														

□ 신약개발 비용분석

- 2014년 51개, 2015년 56개, 2016년 27개, 2017년 46개신약이 허가됨.
- 전세계 의약품 연구비가 2022년에는 \$181 Billion으로 예상됨 (Roche가\$9.6 B로1위).
- 1개 신약이 나오는데 \$2.7B이 투입됨. 최근 임상 디자인의 개선으로 생산성이 증가 추세

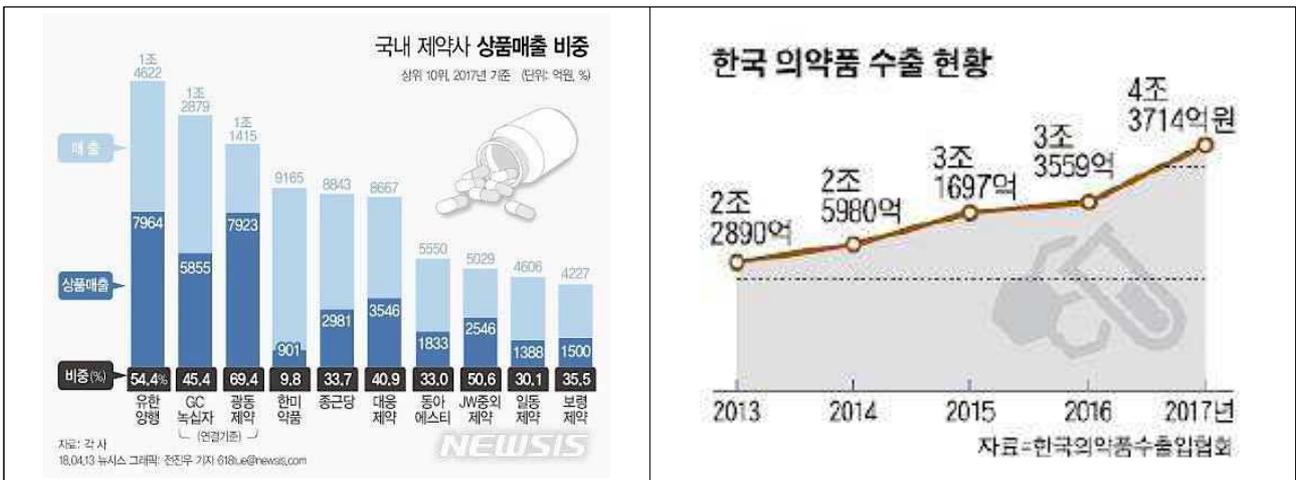


[그림 3-84] 투자대비 수익률 현황

□ 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오

- 최근 7년(2011년-2017년) 동안 총 2조 654억 원 투자(연간 평균 2,951억 원)
 - 2011년 2,887억 원에서 2017년 3,471억 원으로 연평균 3.1% 증가
 - BT2)분야 투자 대비 비중은 8.6~11.2%로 약 9.7% 수준 유지

- 보건복지부(8,431억), 과학기술정보통신부(6,342억), 산업통상자원부(2,316억) 순으로3개 부처에 투자 집중
 - 7년간 신약개발 과제에 보건복지부가 총 8,431억 원(전체의 40.8%)을 투자하여 부처 중 가장 많이 투자했고, 다음으로 과학기술정보통신부(6,342억 원, 30.7%), 산업통상자원부 (2,316억 원, 11.2%) 순으로 투자
 - 3개 부처의 투자 총액4)은 1조 7,089억 원으로 전체 투자의 82.7% 차지
 - 과학기술정보통신부, 농촌진흥청, 보건복지부, 식품의약품안전처는 각각 연평균 10.2%, 5.7%, 4.7%, 4.6% 증가한 반면, 해양수산부, 산업통상자원부는 감소(각각 - 26.2%, -18.6%)
- 2017년 3,471억 원 중 후보물질도출 및 최적화 단계에 가장 많은 1,138억 원(32.8%)이 투자되었고, 다음으로 인프라, 임상 순
 - 인프라 959억 원(27.6%), 임상 488억 원(14.1%), 타겟발굴 및 검증 384억 원(11.1%), 비임상 347억 원 (10.0%) 순으로 투자
 - 인프라 단계는 후보물질 발굴 플랫폼에 342억 원(35.7%)으로 가장 많이 투자되었고, 질환동물 플랫폼 (167억 원, 17.4%), 인·허가(139억 원, 14.5%) 순으로 투자5)
 - 임상 단계는 임상2상에 284억 원(58.3%)으로 가장 많이 투자되었고, 다음으로 임상1상(148억 원, 30.4%), 임상3상(55억 원, 11.3%) 순으로 투자
- 국내 제약사 매출은 2017년 기준 최고 1조 4천원 수준이며, 의약품 수출은 4조 3천원으로 지속 증가 중



[그림 3-85] 국내 제약사 매출 및 수출현황

- 신약개발시 정보탐색, 실험결과예측, 최적화자군 제시 등 단계마다 AI 및 빅데이터의 활용이 증가하는 추세



[그림 3-86] 신약개발시 단계별 플랫폼 활용

- 인공지능 및 데이터의 활용 등으로 Biomedical 연구패턴이 변화하면서 신약개발과 치료방식에도 변화가 발생하는 중



[그림 3-87] 치료방식의 변화

- 특허만료와 신규 바이오 신약의 시장진입으로 상위10위권 품목에서 합성의약품이 바이오의약품으로 많이 바뀌었음

<표 3-59> 글로벌 의약품 매출순위 변화

순위	2011		2012		2017		2022E	
	Product	Sales	Product	Sales	Product	Sales	Product	Sales
1	LIPITOR	12.5	Humira	9.6	Humira	18.4	Opdivo	14.6
2	PLAVIX	9.3	Enbrel	8.4	Rituxan	9.2	Humira	13.6
3	SERETIDE	8.7	Seretide	8.0	Revlimid	8.2	Revlimid	13.0
4	CRESTOR	8.0	Remicade	7.6	Enbrel	7.8	Xarelto	7.8
5	NEXIUM	7.9	Rituxan	7.1	Herceptin	7.4	Eylea	7.7
6	SEROQUEL	7.6	Crestor	6.8	Eliquis	7.4	Imbruvica	7.3
7	HUMIRA	7.3	Lantus	6.3	Remicade	7.1	Enbrel	7.2
8	ENBREL	6.8	Herceptin	6.2	Avastin	7.0	Prevnar 13	6.1
9	REMICADE	6.8	Januvia/J-met	6.2	Xarelto	6.3	Keytruda	6.0
10	ABILIFY	6.3	Avastin	6.1	Eylea	6.3	Januvia/Janumet	5.9

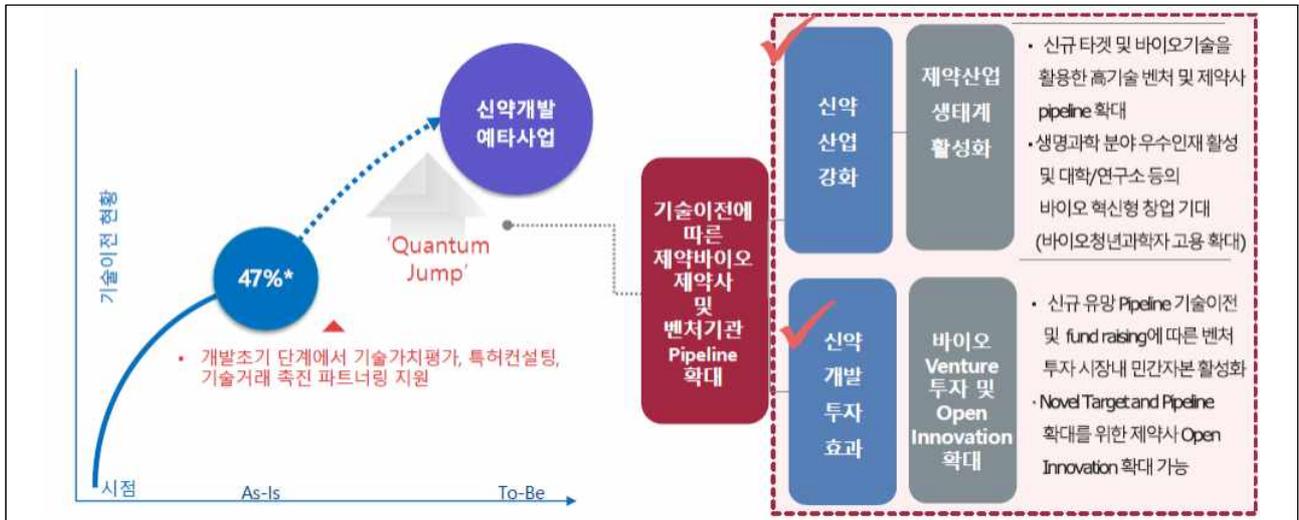
Source: Evaluate Pharma, Statista

- 국내 바이오의약품은 생산액, 수출액 등이 지속적으로 증가 중이며, 셀트리온과 삼성 바이오로지스틱스의 매출과 영업이익도 증가 중



[그림 3-88] 국내 바이오의약품 시장규모 및 주요 회사

- 2011년-2017년 국가신약개발 분야 725개 과제 성과조사에서 총 30건의 기술이전이 발생(4%), 이 가운데 파이프라인 관리 대상사업(18개)에서 14건이 발생(30건 중 14건, 47% 차지)



[그림 3-89] 신약파이프라인의 확보 및 관리의 중요성

○ 바이오분야 인력 미스매치 해결의 중요성

- 바이오 공정 등 산업적 공백 영역의 R&D 및 고급 연구인력 양성 필요
- 신규 세포주 개발, 배양·분리, 제형화 등 생물공정 분야 R&D 확대 및 인력 양성
- 바이오의약품 생산 경쟁력의 지속적 강화를 위해 바이오 공정 혁신 및 최적화, 품질관리, 생산시스템 개발 사업 추진
- 생산 분야 고급 연구인력 양성을 위한 (가칭) 바이오산업대학원 지정 검토

(2) 정책토론 시사점

- 신약 관련 예산이 년 2조인데, 이를 전략적으로 활용하는 방향에 대한 고민이 필요
 - 신약 분야 투자는 고령화 대응 등 사회적 비용 측면에서 접근할 필요도 있음
- 신약 분야에서도 전형적인 catch up 전략을 사용하고 있는데, 이에 대한 고민 필요
 - CRO 경쟁력이 해외에 비해 부족하여, 공공 CRO 등을 활용하여 인력을 양성하는 전략 필요
- 신약 분야는 리스크가 큰 만큼 엑시트(EXIT)가 중요한데, 스타트업이 어느정도 성장하면, 중견기업이나 대기업이 흡수해주는 환경 마련 필요

제 4 장

결론 및 시사점

제 4 장 결론 및 시사점

1. 과학기술혁신 정책 포럼 운영을 통한 정책적 시사점

- 4차 산업혁명 및 미래기술 확산에 따른 파급효과에 대응하기 위해 ‘과학기술 발전에 따른 직무변화’, ‘과학기술 미래예측’, ‘과학기술 글로벌 혁신정책’ 등에 대해 논의하고 효과적인 대응방안을 검토
 - 인력정책 수립 시 기업현장에서의 변화, 부처별 인식의 차이 등에 대한 고려가 필요하고, 학생을 근로자로 인식하기보다는 연구와 교육을 분리하는 정책도 필요 → 석박사 과정 학생 중심의 연구인력 구조를 박사 후 인력으로 전환할 필요
 - 미래기술이 개발되고 제품·서비스로 구현되기까지는 상상력 발현, 캐즘 극복, 고객수용성 확보, 산업혁신 등 다양한 단계를 거침, SF영화처럼 상상력에 기반해서 미래기술/제품/서비스가 창출됨, 따라서 원하는 미래(Preferred Future)를 그리는 작업이 중요함, 기술예측 등에서도 단편적 수치보다는 미래기술이 생활에 어떻게 활용될 수 있는지 구체적인 모습을 보여줄 필요
 - 과학기술 글로벌 협력전략의 방향성이 인바운드에서 아웃바운드로 전환하고 기업을 참여 시킬 필요, 우리 주요기업들은 이미 글로벌화가 다 진행되었고, 다양한 협력(EU프로그램참여, 해외연구소설립, 해외연구자지원 등)을 수행하고 있으므로, 연구개발 국제협력에 참여시킬 필요
- 이번 정부들어 중점적으로 추진되고 있는 ‘지역 균형 발전’, ‘중소기업 지원’ 등 국정과제에 대응하기 위해 ‘지역 R&D혁신방향’, ‘중소기업 R&D 현황과 전망’을 논의하고 향후 파급효과 및 대응방안을 검토
 - 지자체의 자체재원 R&D확대를 위해 역매칭(지역1:정부2-3)을 활성화할 필요 (→ 지역재정자립도를 보면 현실적으로 어려움, 지자체의 연구관리기관, 혁신기관 등의 재조정, 역량강화 등은 어렵지만 필요한 일
 - 중소기업도 연구자 중심 지원프로그램을 통해 우수연구자를 유인하는 접근 필요, 반면, 기업입장은 연구자가 기업에 들어오면 철저히 기업 중심의 연구를 원함, 박사중심의 연구수월성 중심지원과 석사 양성의 취업중심 지원이 구분될 필요
- 혁신 성과 창출을 위해 필수적인 기술금융 및 기술규제 개선, 정부 R&D예산배분 시스템의 개선 등 향후 정책 수립 및 과제 도출을 위한 방향과 정보를 추적
 - 우리나라 금융은 리스크를 회피하려는 경향이 커 불확실성이 큰 기술에 대한 기술금융은 활성화되기 어려운 구조, 기술금융에 정부개입으로 일어나는 비합리성에 대한 개선 필요
 - 규제개선을 위해서는 총괄적인 거버넌스, 소비자집단, 규제프레임 자체에 대한 고민 등이 필요, 급격한 기술의 발전/변화 속도를 관료가 따라가기 어려운 측면존재, 시민사회의 역할을 확대할 필요

- 예산 단순화 및 분류체계 변경은 복잡한 예산 구조를 명확하게 파악하기 위한 것으로, 관리비용을 줄이는 방법의 일환, R&D전략성, 정책지향성이 혼재되어 예산의 복잡성이 증가하는 상황으로 혁신분부가 부처별 영역/역할 구분 등에 리더십을 가질 필요
- 향후 경제·사회 및 혁신 분야에 크게 파급효과를 미칠 '양자통신', '바이오', '인공지능', '신약개발' 등 혁신기술 분야 및 미국의 DARPA 등 혁신적 연구개발 체계에 대해 논의하고 정부차원의 연구개발 정책 및 투자가 필요한 방향에 대해 논의
 - 우리는 정부과제에서 실패가능성이 있는 도전적 목표를 추진하기 어려운 체계로, 사업의도-PM의자-과제연구자가 단절된 구조, 연구기획은 산업, 시장, 군(DARPA의 경우) 등 명확한 수요를 기반으로 해야 성과창출이 가능
 - 우리나라의 R&D는 주로 "***를 이용한 응용 연구"에 치우쳐 왔으며 이는 AI, 블록체인 모두 마찬가지로, 핵심 코어 분야에서 난제를 발굴하고, 그런 난제를 풀어 세계적으로 기술을 리드할 필요
 - 지금까지 바이오 분야는 다른 분야에 비해 일관되게 많은 투자를 받아 왔는데, 이제 보다 전략적으로 접근 필요, 또한 바이오분야 인력 양성에 있어서는 중장기적인 안목이 필요
 - 신약 관련 정부R&D 예산이 년 2조인데, 이를 전략적으로 활용하는 방향에 대한 고민이 필요, 또한 신약 분야에서도 전형적인 catch up 전략을 사용하고 있는데, 이에 대한 고민 필요

2. 향후 시사점

- 다양한 분야의 전문가 참여를 통해 다양한 배경지식과 전문성을 융합하여 새로운 가치를 창출하는 정책과제 및 아이디어 도출
 - 4차 산업혁명 대응 이슈처럼 혁신기술의 등장과 그로인해 파급되는 경제·사회적 변화를 같이 논의하기 위해서는 다양한 분야의 지식이 융합될 필요
 - 기존 정책분야에서 논의되지 않은 새로운 시각에서 접근해서 정책의 패러다임 자체의 변화를 추진할 필요

참 고 문 헌

1. 과학기술정보통신부, KISTEP(2019), 과학기술 & ICT 정책·기술동향 134호 이슈분석 120호
2. 미국(2018), 국가 STEM 5개년 전략계획
3. 독일(2018), 하이테크 2025 전략
4. 중국(2018), 기초과학연구 전면 강화 방안
5. 과학기술정보통신부(2018), 4차 산업혁명 대응 과학기술·ICT 인재성장 지원계획
6. 과학기술정보통신부(2019), 2030년을 향한 중장기 이공계 청년 연구인력 성장지원 방안
7. 과학기술정보통신부(2019), 국가R&D 혁신도전성 강화방안
8. 산업통상자원부, 산업기술진흥원(2018), 산업기술인력수급실태조사 부가조사 : 지능형 로봇
9. 과학기술정보통신부(2017), 제5회 과학기술예측조사
10. 과학기술정보통신부, 연구개발활동조사보고서
11. 노민선(2019), 중소기업 R&D 투자 현황과 전망
12. 노민선(2019), 중소기업 병역복무제도의 현황 및 정책과제
13. Brander, et al(2015), The effect of GVC, Review of Finance 19
14. 손수정(2018), 기업벤처캐피탈 기능에 대한 고찰과 정책적 시사점