

「도시/산단용 전기차 배터리 재사용 기반
에너지 인프라 기술개발」
공동기획연구 보고서

2023. 1.

(주)날리지웍스

제 출 문

과학기술정보통신부장관 귀하

본 보고서를 「도시/산단용 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 기술개발 기획」에 관한 공동기획연구 보고서로 제출합니다.

2023. 01. 27.

기획연구기관명 :	(주)날리지웍스
기획연구책임자 :	손창수
참 여 연 구 원 :	이재희
참 여 연 구 원 :	류형근
참 여 연 구 원 :	방영민
참 여 연 구 원 :	박성준
참 여 연 구 원 :	남은혜
참 여 연 구 원 :	김혜인
참 여 연 구 원 :	이슬

요 약 본

1. 개요

□ 사업목적

- 동 사업은 안전하고 경제적이며, 도시 요구조건에 적합한 사용후 배터리 ESS기술을 개발하고 도시 적용성을 검증하는 것을 목표로 함

□ 다부처 사업 추진 필요성

- 사용후 배터리는 자원의 순환에 있어 배터리 제작-탈거-재사용/재활용-폐기단계까지 단계별 소관 부처가 상이한 상황
- 자원의 순환 단계별로 소관하고 있는 부처와 담당 분야가 상이하나, 상호연계가 이루어지지 못하고 부처별 별도의 기준으로 관리되고 있어 부처간 협의를 통한 통합 기준 마련이 필요한 상황임
- 기준과 규제는 안전성 제고 및 신뢰성 확보를 위한 연구개발 및 실증 결과를 기반으로 수립되며, 부처별로 관련 전문 기술분야가 산재해 있어 관계부처 공동연구 추진이 필요함
- 부처별로 산재되어 있는 사용후 배터리 관련 연구개발성과를 단일 사업으로 추진함으로써 부처간 중복투자를 줄이고, 사용후 배터리 산업 활성화 기반 마련이 기대됨

AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 기술 검증 사례 부재 ▪ ESS 화재사고 다수 발생으로 인한 시장 위축 및 관련 기준이 강화로 인한 사업성 저하 발생 ▪ 도시/산단 등 인명 거주지역 대용량 에너지 저장 인프라 설치 기준 부재로 인한 시장 정체 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 기술 도시/산단 내 실 검증을 통한 안전성 및 경제성 검증 ▪ 사용후 기반 대용량 에너지 저장 인프라 도시 기반시설 결정을 통해 수요 기업의 도시/산단 사업 진출 활성화
 <p>[기존 ESS 단지 전경]</p>	 <p>[대용량 에너지 저장 인프라 예상도]</p>

II. 사업목적 및 범위

- (목적) 도시/산단 수요처별 요구사항을 만족하는 대용량 에너지저장 인프라 상용화를 위해 안전하고 경제적인 ESS 기반기술 및 실증
 - 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 장치 최적 모델 설계·제작(용도, 설비, 진단장치 등)
 - 건축인허가 등 관련법 개정사항 도출 및 건축법, 국토계획법 등 환경영향평가 관련 검토기준(안) 제시



[사업 비전 목표]

- (사업범위) 전기차 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 전주기 기술개발, 화재안전 통합관리기술개발, 인프라 도시/산단 실증
 - 전기차 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 시스템 전주기 기술
 - 전기차 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 시스템 화재 안전 관리 통합 운영 기술
 - 전기차 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 실증
 - 기존 도시 에너지 인프라 연계, 기타 응용 인프라 활용 기술

III. 사업추진방향

□ 중점추진분야별 추진대상 기술을 선별하고, 체계화하여 총 3개 세부 과제, 10개 세세부과제로 구성하였음

- (중점추진분야 1) 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술
 - 사용후 배터리 활용 에너지 저장 인프라 설계 및 설비 제작, 운영·유지관리, 설치 기술
- (중점추진분야 2) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술
 - 화재안전 통합 관리 기술 및 화재 발생 사전 감지, 화재 발생 후 확산 방지 연구
- (중점추진분야 3) 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술
 - 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 도시/산단 실증 및 도시·산단 실증 기반 기존 도시 기반시설 연계방안 연구

(1중점) 도시/산단 에너지저장
인프라기술

- ◎ (정의) 전기차사용후배터리기반10MW급이상대용량에너지저장인프라및도시인프라연계에너지저장장치표준모델설계,시공, 운영·유지관리, 설비·기자재 전주기시스템기술
- ◎ (범위) 전기차배터리사용후기반에너지저장시스템 설계·제작/설치/운영·유지보수기술
- ◎ (주요내용) 사용후배터리기반에너지저장인프라설계및설비제작,건축인허가및도시구역내설치

(2중점) 도시/산단에너지저장
인프라안전관리기술

- ◎ (정의) 도시시설로서안전한대용량에너지저장인프라설치·운영을위한화재안전관련기술
- ◎ (범위) 화재통한안전관리및사전감지, 사후대응 등화재확산방지기술
- ◎ (주요내용) 화재안전통합관리기술,화재사전예측·감지기술,화재확산방지를위한소화및방화구획기술

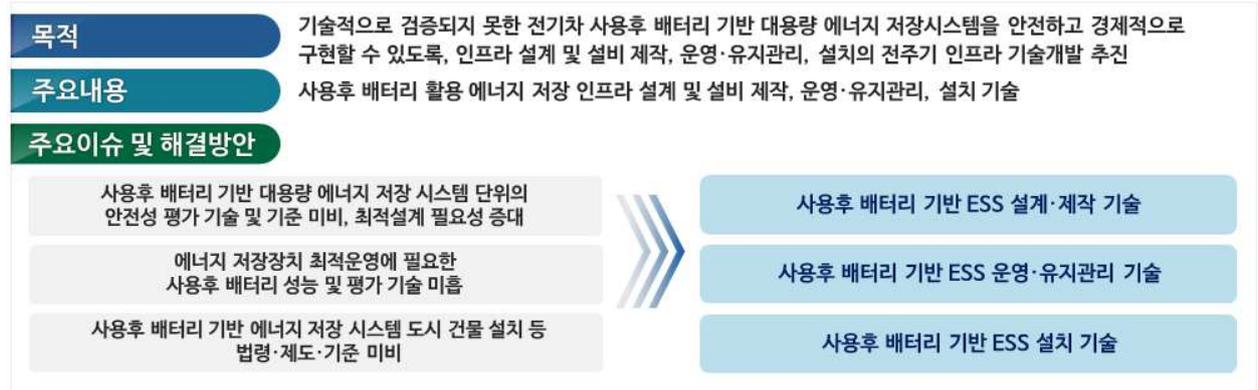
(3중점) 도시/산단에너지
인프라연계및실증기술

- ◎ (정의) 도시내보급확산을위한상용모델경제성확보및기존도시시설연계, 현장적용을위한평가기술
- ◎ (범위) 기존도시에너지인프라연계, 인프라·도시시설연계운영기술,기타응용인프라활용기술
- ◎ (주요내용) 도시·산단실증기반기존도시인프라연계방안,사용후배터리ESS인증제도,배터리재순환방안마련

[중점추진분야]

□ 중점추진분야 별 세부 과제

- (1세부) 사용후 배터리 기반 안전하고 경제적인 에너지 저장 인프라 구성을 목표로 하며, 에너지 저장 인프라 설계, 설비·기자재, 운영·유지관리, 설치 관련 전주기 기술을 개발함



세부기술명	주요기술 개발내용
· 사용후 배터리 기반 ESS 설계·제작 기술	· 전력변환 모듈 기술 및 ESS 요소기술 설계·제작 기술
· 사용후 배터리 기반 ESS 운영·유지관리 기술	· 고신뢰, 비용절감형 사용후 배터리 성능 및 잔존수명 평가기술
· 사용후 배터리 기반 ESS 설치 기술	· 대용량 ESS 설치 시 관계법령 및 건축 인허가 제도·기준연구

[1세부 과제 개요]

구분	'24	'25	'26	'27	'28	
(1세부) 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술	(1-1) 사용후 배터리 기반 ESS 설계·제작 기술	사용후 배터리 확보 및 성능·안전성 평가, 스마트 전력변환모듈 설계/알고리즘 개발	단위 별 ESS 제작·인증·최적 운영 알고리즘 개발, 이중배터리 관리 알고리즘 및 전력구조 최적화	재사용 배터리 기반 ESS 최적 설계, 전력변환 모듈 SW·HW 제작(kW급)	재사용 ESS 시스템 현장 구축 및 전력거래소 연계, 전력변환 모듈 HW 제작(MW급) 및 실증지 적용	안전결과 보증을 통한 운용플랫폼 최적화, 운전조건별 데이터 확보, 기술 검증
	(1-2) 사용후 배터리 기반 ESS 운영·유지관리 기술	사용후 배터리 SOH 추정 기술 설계	사용후 배터리 DB 수집 플랫폼 개발 및 하이브리드 SOH 추정 기술개발	사용후 배터리 장기 데이터 확보, SOH 추정 기술 고도화	사용후 배터리 SOH 추정기술 검증	사용후 배터리 건전성 관리 플랫폼 실증
	(1-3) 사용후 배터리 기반 ESS 설치 기술	설치환경을 고려한 건축물 기본설계 및 해외 ESS 건축물 사례연구	건축 인허가 협의, 건축기준(초안) 및 관련법 개정(안) 수립	실증건물 설사설계·인허가 관리, 인프라 공사 기반 제도 피드백	실증건물 공사·운영관리 및 수집 DB 기반 건축 관련 기준 수립	실증건물 운영관리 및 수집 DB기반 최종 기준·가이드라인 제시

[1세부 과제 로드맵]

- (2세부) 대용량 에너지 저장 인프라 도시적용을 목표로 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 설치 및 운영을 위한 도시계획, 화재안전관리 등 관련 기술을 개발함

목적	도시시설로서 대용량 에너지 저장 인프라 화재 예방 및 화재확산 방지 등 화재화재 피해 최소화를 목적으로 한 통합 화재 관리 기술개발
주요내용	화재안전 통합관리 기술 및 화재 발생 사전 감지, 화재 발생 후 확산방지연구
주요이슈 및 해결방안	<p>지속적인 ESS 화재사고가 발생함에 따라 이를 사전에 예방하고 대응할 수 있는 기술개발 필요성 증대</p> <p>과도한 ESS 소방설비 설치기준으로 사업성 악화 우려가 제기되므로, 소방설비 최소화를 위한 배터리 화재 특화 소방설비 기술개발 필요</p> <p>현재 ESS는 컨테이너로 구성되어 있으며, 화재 사고에 대응할 수 있는 특수한 설계 기준이 별도로 마련되어 있지 않음</p>

사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술

사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술

사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System)

사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재확산방지 구획화 기술(Passive System)

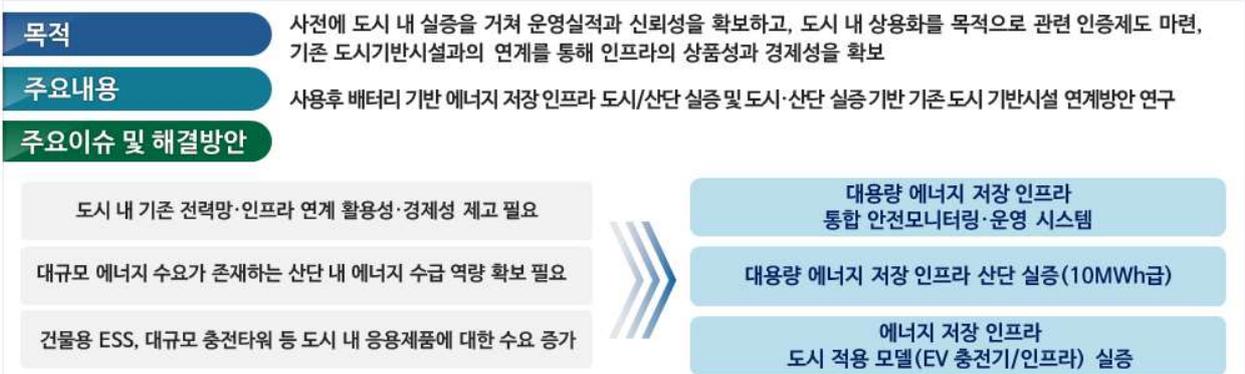
세부기술명	주요기술 개발내용
· 사용후배터리기반에너지저장인프라최적화안전플랫폼개발및유지관리기술	· 능동형 화재안전운영 통합관리시스템 기술 및 국가 표준화 연구
· 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술	· SI기반 화재 사전 예측, 감지/대응기술
· 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System)	· 급속 흡열소화제 및 소화제 분사를 통한 열폭주 진압기술
· 사용후배터리기반에너지저장인프라화재확산방지구획화기술(Passive System)	· 화재 확산방지를 위한 렉 및 방화벽 설계 기술

[2세부 과제 개요]

구분	'24	'25	'26	'27	'28	
(2세부) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전 관리 기술	(2-1) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술	사용후 배터리 안전관리 플랫폼 요소기술 개발, 안전 매뉴얼 개념설계	화재 안전관리 플랫폼 구축 및 시험평가 수행	플랫폼 국가 표준(안) 제각 및 안전 매뉴얼/가이드라인 개발	실증사이트- 화재안전관리 플랫폼 연동기술 개발, 모의 안전사고 시뮬레이션	안전관리 플랫폼 실증데이터 분석 및 개선점 도출, 매뉴얼/가이드라인 반영
	(2-2) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술	사용후 배터리 위험 요인·열 폭주 특성 분석 및 화재예측 빅데이터 구축 전략 수립	사용후 배터리 화재 전조 분석 기법 개발, 빅데이터 구축(계속)	SI기반 사용후 배터리 화재 전조 예측 및 감지(대응) 시스템 구축	사용후 배터리 화재 전조 예측 및 감지(대응) 시스템 성능 검증	사용후 배터리 화재 전조 예측 및 Test-bed 연계 시스템 성능 고도화
	(2-3) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System)	사용후 배터리 기반 ESS 화재 특성·위험요인·소화 기술·소재연구, 소화시스템 기본 설계	소재 선정 및 성능 평가, 분사장치 제각·평가, 화재 시뮬레이션, 소화시스템 상세 설계	시작품 제각(1차), 실규모 성능평가, 현장적용성 평가 계획 수립	시작품 제각(2차), 현장 적용방안 도출	시스템 실증현장 적용 및 운영, 평가 및 개선사항 도출, 시제품 설계도·현장적용 매뉴얼 등 도출
	(2-4) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재확산 방지 구획화 기술(Passive System)	구획기준 기반연구, 구획설계 및 화재실험 계획 수립, 보험요율 기반 연구	화재성상 실험, 방화구획 설계기준 연구, 보험요율 선정 로드맵 작성	방화구획 요구 성능 연구·성능 검증실험, 보험요율 적용 시뮬레이션 검증	방화구획 기준·ESS장치 배치 연구, 보험요율 선정 프로세스 타당성 검증	설계기준 및 방화구획 적용 실규모 검증 실험, 실증평가 위험성 분석 및 평가 방법론 정립

[2세부 과제 로드맵]

- (3세부) 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라의 도시 내 성공적인 보급확산을 목표로 상용모델 경제성 확보 및 기존 도시시설 연계,현장적용을 위한 평가·인증 관련 기술을 개발



세부기술명	주요기술 개발내용
· 대용량에너지 저장인프라통합안전모니터링·운영시스템	· 클라우드 네이티브 기반 지능형 ESS 통합 안전모니터링 운영 시스템
· 대용량에너지 저장인프라산단실증(10MWh급)	· 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 인프라 산단형 SMART VUES GRID 구축 및 실증
· 에너지 저장 인프라 도시 적용 모델(EV 충전기/인프라) 실증	· 사용후 배터리 기반 DC/DC변환및충전인프라-DC그리드연계기술및도시운영표준 플랫폼개발

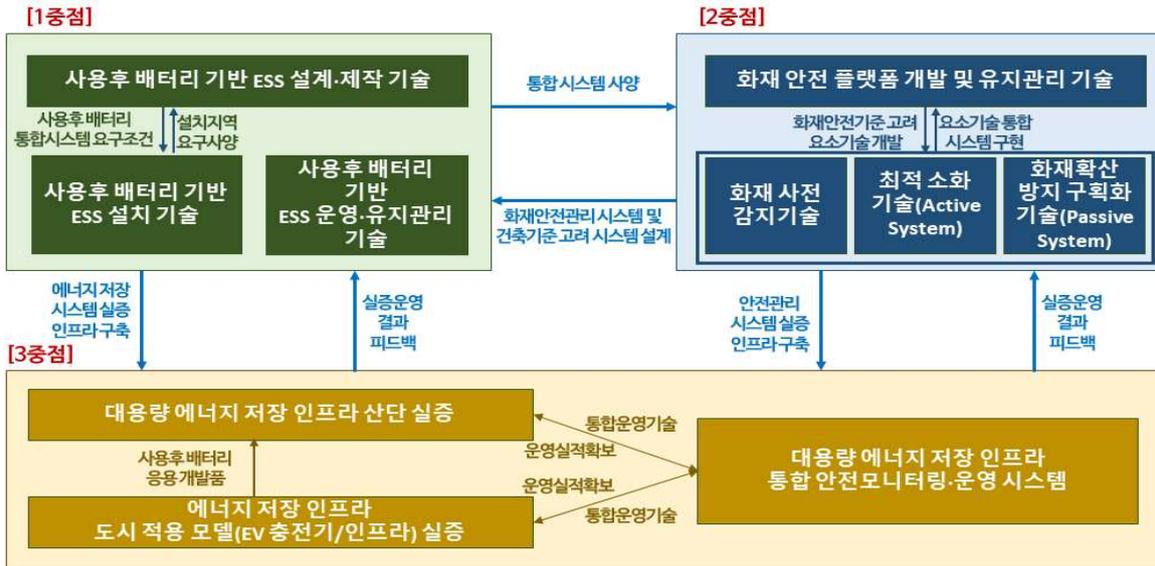
[3세부 과제 개요]

구분	'24	'25	'26	'27	'28	
(3세부) 도시 에너지 인프라 연계 및 실증 기술	(3-1) 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전 모니터링 운영 시스템	안전·실시간 설비 운영 등 데이터 공유 기술 개발, 인프라 실시간 운영 상태 모니터링 HMI	데이터 결합기반 보고서 구성 및 자동생성 기술 개발, 주요 설비 및 행위 위험도 예측 알고리즘 개발	인프라 안전 및 운영 상황 동시 파악을 위한 GIS와 BIM(3D)가 통합 Dashboard 개발	수집된 정보의 신뢰성·무결성을 점검할 수 있는 I/O 품질관리 기술 개발	개발된 통합 모니터링 및 운영 SW 실증 적용 및 운영·성능검증
	(3-2) 대용량 에너지 저장 인프라 산단 실증	실증 현장조사/프로젝트 표준 수립	실증 부지계획/인허가/EPCM 실행계획	실증플랜트 상세설계	재생에너지 확보 및 저장, 수용가 연계, FEMS 연결, 수용가 공장 탄소중립 시스템 구축	전력 스케줄링 모델 기반 도심-산단형 전력최적화 운영 알고리즘 개발 및 실증
	(3-3) 에너지 저장 인프라 도시 적용 모델 (EV 충전기/인프라) 실증	실증 현장조사/프로젝트 표준 수립, 실증 부지계획/인허가/EPCM 실행계획	양방향 충전기능을 갖는 충전기/인프라 개발, 거점별 DB 수집, 운영 플랫폼 개발	양방향 충전기 연계 Grid Forming 기술개발, 거점별 데이터 수집	DC-DC연계운영 기술개발, Grid Forming-충전인프라 연동기술 개발, 제품 시험 및 인증	V2G 모델 기반 도심형 전력최적화 운영 및 운영성과 확보

[3세부 과제 로드맵]

□ 세부 과제 간 연계

- 각 부처가 담당 기술을 개발하고 이를 하나의 시스템으로서 구동하며, 기술연구 내용과 운영실적을 바탕으로 관련 기준을 도출할 계획



[세부 과제 간 연계도]

□ 사업 최종 결과물

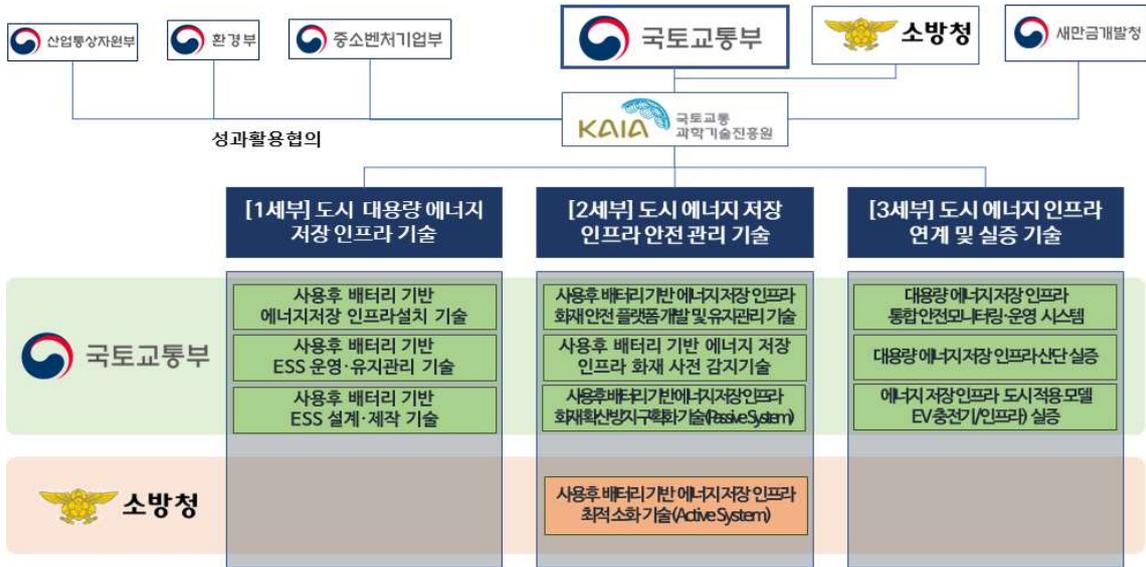
- 스마트 그린산단 10MWh급 이상 대용량 에너지 저장 인프라와 혁신 도시의 전기차 충전소 등 대용량 전력 소모시설의 피크부하 저감용으로 기술을 개발하고 실증할 계획임

인프라 구축대상지	스마트 그린 산단 <ul style="list-style-type: none"> • 전력수요가 커, ESS를 통한 에너지 효율적 이용이 요구되는 지역 • 실증지 주변에 거주하는 지역주민수가 적고, 주민수용성에 유리한 지역 	혁신도시 <ul style="list-style-type: none"> • 대용량의 전력부하를 요구하는 전기차충전소 등의 도시시설 계획 지역 • 상대적으로 실증지 확보에 유리한 혁신도시
설치목적	피크부하 저감용 <ul style="list-style-type: none"> • 산단지역의 특정 시간대 피크부하저감 용도 (사용후 배터리의 특성상 방전량의 급격한 변화대응이 어려워 주파수 안정화로 활용 불가) 	피크부하 저감용 <ul style="list-style-type: none"> • 도시지역 양방향 충전/방전기능을 통한 전력전달 용도
설치용량	10MWh급 이상 <ul style="list-style-type: none"> • 시장 진출을 고려한 용량 설정 - 스마트 그린산단(136.5MWh 추정) 과 시범도시(13.2MWh 추정) 전력사용량을 고려한 적정 에너지 용량 (피크시점 6시간 전력사용량 저장 고려, 공공기관 ESS설치 가이드라인) • 국가 산단 입주 기업 평균 전력 소모량 및 시범도시 내 수요 전력 추정치 	1MWh급 이상 <ul style="list-style-type: none"> • 전기차충전소 등의 전력공급에 필요한 MWh급 도시인프라 실증 • 도시내 다양한 형태와 유형의 건물에 적용할 수 있도록 표준 모델 개발
설치방식	지구단위 건물들의 에너지를 통합 저장소(건물)로 구축 <ul style="list-style-type: none"> • 클라우드 ESS개념으로 별도 에너지 저장시설로 구축 	기존 건축물내에 적용 <ul style="list-style-type: none"> • 부재한 건물내 적용 기준 수립을 위해 건물내 설치 시 안전성 검증

[사업 최종 결과물]

IV. 사업 추진체계 및 부처 간 협력방안

- 국토부, 소방청, 새만금개발청이 공동으로 연구를 추진하며, 국토부의 과제관리 전문기관인 KAIA가 전체 과제를 총괄 담당하여 RFP공고, 평가, 관리, 성과활용·확산 역할을 수행하는 체계로 추진할 계획



[사업 추진체계]

V. 투자계획

- (총연구비) 480억 이내(국고 300억 이내/민간 200억 이내), 비예타

세세부과제		'25	'26	'27	'28	'29	총계
〈1세부〉 도시/산단 에너지 저장 인프라 건설 기술	사용후 배터리 기반 ESS 설계·제작 기술	10.0	20.0	25.0	7.5	7.5	70.0
	사용후 배터리 기반 ESS 운영·유지관리 기술	5.0	10.0	15.0	5.0	5.0	40.0
	사용후 배터리 기반 ESS 설치 기술	5.0	5.0	3.0	3.0	2.5	18.5
	소계	20.0	35.0	43.0	15.5	15.0	128.5
〈2세부〉 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전 관리 기술	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술	10.0	15.0	10.0	10.0	5.0	50.0
	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술	5.0	5.0	5.0	3.0	2.0	20.0
	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System)	10.0	15.0	15.0	5.0	5.0	50.0
	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재확산 방지 구획화 기술(Passive System)	5.0	15.0	15.0	3.0	3.0	41.0
소계	30.0	50.0	45.0	21.0	15.0	161.0	
〈3세부〉 도시/산단 에너지 저장 인프라 연계 및 실증 기술	대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템	2.0	3.0	3.0	7.0	5.0	20.0
	대용량 에너지 저장 인프라 산단 실증(10MWh)	10.0	20.0	30.0	50.0	10.0	120.0
	에너지 저장 인프라 도시 적용 모델(EV 충전기/인프라) 실증	5.0	5.0	15.0	20.0	5.0	50.0
	소계	17.0	28.0	48.0	77.0	20.0	190.0
합계	67.0	113.0	136.0	113.5	50.0	479.5	

[사업 소요예산]

VI. 최종 성과물 활용계획 및 사업 추진 기대효과

최종 성과물 활용 계획

- 설계 및 운영 가이드라인 등을 도출하여 정부 또는 국토부 유사 사업 시 기준사항으로 활용할 수 있도록 반영
- 기술 수요처로 예상되는 지자체, 산단 전기사업자, ESS 제작사 등을 대상으로 성과공유
- 실증기간 종료 후 설치된 대용량 에너지 저장 장치는 설치구역의 지자체 또는 전기 운영사 등과의 협의 후 지속적 활용 예정

사업추진 기대효과

- 정책적 기대효과
 - 정부의 에너지전환 및 탄소중립 정책목표 달성에 기여
 - 부처 간 중복투자 방지 및 기술 연계활용도 증가
 - 사용후 배터리 사용 안전 기준마련 및 활용 생태계 구축 기반 마련
 - 배터리 회수율을 높여 매립 시 발생할 수 있는 환경오염 저감
- 기술적 기대효과
 - 사용후 배터리 안전 평가·운영·활용기술 확보
 - 사용후 배터리의 빠른 ESS 적용 및 각종 진단 및 설치 기술 표준화로 일관된 기준으로 기술고도화 기반 마련
 - 화재 예방기술개발로 인한 ESS 수명향상, 가동률 제한 해제를 통해 운용 효율성·신뢰성 확보
- 사회·경제적 기대효과
 - ESS화재사고 최소화를 통한 대상물 및 인근 재산피해 축소

- 배터리의 화재안전성 보강을 통해 화재 불안감을 해소하여 ESS 분야 내수 보급 확대 기여
- 전력피크시 전력수급 완화에 도움
- 신폼 배터리 대비 저렴한 비용으로 ESS 구축 가능

목 차(안)

제1장 다부처 공동 R&D 추진 필요성	1
제1절 사업 추진배경 및 필요성	1
제2절 관련 정책 및 인프라 현황	14
제3절 다부처 공동 R&D 추진 타당성	133
제2장 사업목표 및 내용	140
제1절 기술개발 추진방향	140
제2절 사업개념 및 목표	144
제3절 성과목표 및 지표	152
제4절 사업내용	153
제3장 사업 추진방법	312
제1절 사업 추진전략	312
제2절 사업 추진체계	359
제3절 사업 기간 및 소요예산	362
제4장 성과 활용방안 및 기대효과	364
제1절 사업 성과 활용 방안	364
제2절 기대효과	370

그림 목 차

[그림 1-1] ESS의 다양한 활용 분야	2
[그림 1-2] 전기차 사용후 배터리의 누적 발생량 예측	4
[그림 1-3] 미국의 주파수 조정용 ESS 도입 현황	16
[그림 1-4] 일본 ‘녹색성장전략’의 14대 중점 산업 분야	17
[그림 1-5] 배터리 2030+의 통합적 접근법	23
[그림 1-6] 유럽 배터리 연합과 유럽의 배터리 생태계	25
[그림 1-7] 유럽연합의 새로운 배터리 관련 규제 프레임워크	33
[그림 1-8] 신정부 분야별 국정목표	37
[그림 1-9] 2030 이차전지산업(K-Battery) 발전전략 비전 및 추진전략	38
[그림 1-10] 사용후 이차전지 2nd life 절차	39
[그림 1-11] 규제개선·지원을 통한 순환경제 활성화 기본 방안	40
[그림 1-12] 수소도시 구성	45
[그림 1-13] ‘2050 탄소중립 전략’에 따른 에너지 및 건물 부문 미래상과 기대효과	46
[그림 1-14] 세종 에너지자립 시범도시 구성도	47
[그림 1-15] 분산에너지 활성화전략 추진방향	49
[그림 1-16] ESS 구축 추진전략	50
[그림 1-17] 한국전지산업협회 제공 표준	57
[그림 1-18] ESS 설치 및 유지보수에 관한 운영지침	58
[그림 1-19] 공공기관 에너지저장장치(ESS)설치가이드라인의 내용 구성	60
[그림 1-20] ESS 추가 안전대책 개요	61
[그림 1-21] 글로벌 전기차 배터리 시장 및 폐배터리 재활용 시장 전망	70
[그림 1-22] 국내 전기차 판매 동향 (단위: 대)	73
[그림 1-23] 한국 폐배터리 배출개수 및 배출중량 전망	74
[그림 1-24] 국가종합실증연구단지 예상 배치도 및 조감도	78
[그림 1-25] 재규어랜드로버-프라맥, I-페이스 배터리 재사용 ‘에너지 저장 시스템’	82
[그림 1-26] Fluence 사의 신 형식 ESS	83
[그림 1-27] 디지털 트윈기술과 접목한 배터리 수명예측 기술	85
[그림 1-28] Hitachi 제공 원격 데이터분석 서비스 개요	86

[그림 1-29]	BLAST: Battery Lifetime Analysis and Simulation Tool Suite	87
[그림 1-30]	벨기에에 설치한 1.2MW/720kWh급 ESS 설치 프로젝트	88
[그림 1-31]	테슬라 옥타밸브	89
[그림 1-32]	Rosenbauer의 배터리 직접 냉각시스템	91
[그림 1-33]	에너지의 배터리 급속 대용량 방전장치	94
[그림 1-34]	민테크가 제공하는 민테크의 고전압 임피던스 측정기 및 분석기	95
[그림 1-35]	배터리 모듈용 AC 임피던스 스펙트럼 측정 장치 구성	96
[그림 1-36]	소프트웨어 나이퀴스트 플롯 디스플레이	97
[그림 1-37]	ESS 오프가스 감지장비 시제품	102
[그림 1-38]	KPC의 배터리 모니터링 소프트웨어	103
[그림 1-39]	압축공기포 점착 형상(좌) 및 열감응튜브 적용 형상(우)	103
[그림 1-40]	질식소화포와 와이어를 이용한 전기차 화재 진압 기술	105
[그림 1-41]	동신대 e스마트 모빌리티 캠퍼스 구축 계획	108
[그림 1-42]	SmartCity eBAB system 개념	108
[그림 1-43]	ESS 충전시스템 개념	109
[그림 1-44]	BMW사 전기차 폐배터리를 활용해 제주에 시범 설치한 ESS 충전소	110
[그림 1-45]	배터리 충방전 데이터 모니터링 시스템(좌)과 배터리 충방전기(우)	111
[그림 1-46]	재난정보 공동활용시스템	112
[그림 1-47]	솔루엠의 폐배터리를 재활용한 태양광 가로등	113
[그림 1-48]	아파트 건설현장에 설치된 ESS 연계 전력공급시설	114
[그림 1-49]	사용후 배터리 재사용 ESS 연계 V2G 전기차 충전시스템 사업	115
[그림 1-50]	양천솔라스테이션 전경	116
[그림 1-51]	한국건설기술연구원 화재안전연구소	126
[그림 1-52]	미래 폐자원 거점 수거센터(수도권 센터)	129
[그림 1-53]	전기차 배터리 산업화 센터	130
[그림 1-54]	공정 및 적재동 내부 개념도(1차년도 보고서)	130
[그림 1-55]	ESS 화재 안전성 검증센터 조감도	132
[그림 1-56]	시설물 배치도	132
[그림 2-1]	기술개발방향 도출과정	143
[그림 2-2]	비전 및 목표	149
[그림 2-3]	중점추진분야별 과제도출 프로세스	155

[그림 2-4] 1 중점추진분야 수요 기술아이템 및 최종 기술구성	161
[그림 2-5] 2 중점추진분야 수요 기술아이템 및 최종 기술구성	162
[그림 2-6] 3 중점추진분야 수요 기술아이템 및 최종 기술구성	163
[그림 2-7] 전세계 ESS 전망	166
[그림 2-8] 폐배터리 재사용 기반 비즈니스 주요 프로젝트 사례	170
[그림 2-9] 닛산·스미모토의 4R energy 상용화 추진	171
[그림 2-10] 닛산 리본 라이트 프로젝트	171
[그림 2-11] GM-ABB 가정용 ESS 프로젝트(좌)와 독일 BOSCH 배터리 재사용 프로젝트(우)	172
[그림 2-12] 미국 NERL xEV Battery Second Use Project(좌)와 독일 다임러AG 배터리 재사용 프로젝트(우)	173
[그림 2-13] BMW 재사용 배터리 가정/상업용 ESS 비즈니스 모델	173
[그림 2-14] BMW 대용량 ESS 구축 사례	174
[그림 2-15] 독일 뤼넨 13MWh급 ESS(좌)와 독일 Elveringsen 18.8MWh급 ESS(우)	174
[그림 2-16] 요한 크루이프 아레나 경기장 ESS 구축 사례	174
[그림 2-17] 국외 마이크로그리드 실증 사례	175
[그림 2-18] 해외 넷제로 커뮤니티 개념 및 실증사례	176
[그림 2-19] 권역별 미래폐자원 거점수거센터	177
[그림 2-20] 서울시 전기버스 배터리 재사용 사례	178
[그림 2-21] 제주 BMW 배터리 재사용 사례	178
[그림 2-22] 전라남도 ‘EV·ESS 사용후 배터리 리사이클링 산업화 추진’ 사업	179
[그림 2-23] 전국 사용 후 배터리 산업화센터	180
[그림 2-24] 국내 마이크로그리드 실증 사례	181
[그림 2-25] 주파수 조정용 ESS의 배터리 상태추정 및 진단기술 개발	195
[그림 2-26] 주요국 연도별 출원 동향 및 특허 점유율	197
[그림 2-27] 캘리포니아에 설치된 240MWh의 대용량 ESS	202
[그림 2-28] 캘리포니아의 모스 랜딩 ESS 시설(현재까지 세계에서 가장 큰 ESS 프로젝트)	203
[그림 2-29] 400MWh의 Alamos BESS 프로젝트(캘리포니아)	203
[그림 2-30] 국내 최초 8MWh급 ESS 시설(제주도 조천변전소)	204
[그림 2-31] 경남 창원시 LG스마트파크 내 구축된 ESS	204
[그림 2-32] 롯데월드타워 에너지센터(좌), 연료전지(우)	205
[그림 2-33] 에너지저장장치(ESS) 하이브리드 발전 신기술 개요도	205

[그림 2-34]	전남 신안군 안좌스마트팜안솔라시티 태양광발전소(좌), 동일시설 내 ESS(우)	206
[그림 2-35]	전남 영암 태양광발전단지 ESS 화재	206
[그림 2-36]	FSRI의 열폭주 관련 추가 실험 보고서 내용	222
[그림 2-37]	Honeywell의 오프가스 감지 장치	223
[그림 2-38]	Honeywell과 Nexceris사의 EV Safety를 위한 기술개발 내용	224
[그림 2-39]	JCI의 랙 모니터링 시스템 개요	224
[그림 2-40]	배터리 화재 사전 감지를 위한 신개념 BMS 관련 연구	226
[그림 2-41]	새롭게 제안되고 있는 BMS 유형	226
[그림 2-42]	Fluence사의 Modular 디자인 개념의 ESS	227
[그림 2-43]	ACCURE의 ESS 안전 관련 비즈니스 모델	228
[그림 2-44]	ACE Engineering 제작 ESS	230
[그림 2-45]	한국선급(KR) 선박용 배터리시스템 지침(2020)	230
[그림 2-46]	전기차 배터리 전용 보관랙	239
[그림 2-47]	호남대학교의 배터리 화재 안전 센서	240
[그림 2-48]	인셀의 오프 가스 센서를 적용한 밀폐형 Rack	240
[그림 2-49]	(주)오로라의 소공간용 고감도 공기흡입형감지기	241
[그림 2-50]	LS일렉트릭의 ESS화재예방 감지시스템	241
[그림 2-51]	한전 대구본부의 ESS 화재확산 예방 위한 배터리 열화진단·냉각시스템	242
[그림 2-52]	(주)유민에쓰티의 필름형 액체감지센서	243
[그림 2-53]	Off-gas 검출시스템 감지센서 설치개요도	246
[그림 2-54]	Off-gas 검출시스템에 의한 열폭주 회피	246
[그림 2-55]	아우디의 전기차 화재 예방 기술	247
[그림 2-56]	글로벌 전기차 누적 판매량 및 재사용배터리 누적 발생용량	252
[그림 2-57]	국내 전기차 누적 대수 및 폐배터리 누적 발생량 전망	252
[그림 2-58]	세계 ESS 고장 사례	253
[그림 2-59]	국내 ESS 화재 발생현황	254
[그림 2-60]	삼성SDI ESS 랙	256
[그림 2-61]	BA Energy 배터리 안전 시스템	256
[그림 2-62]	Noble Fire Systems ESS 소화시스템	258
[그림 2-63]	LI-ION TAMER 오프 가스 감지	258
[그림 2-64]	국내 보험요율 유관기관 전문위원회 구성	268

[그림 2-65] 현행 화재보험료 할인할증 프로세스	269
[그림 2-66] 방화구획 구조부재의 화재안전성능 검증 실험	270
[그림 2-67] 방화문 실험	271
[그림 2-68] 방화셔터 실험	271
[그림 2-69] 내화채움구조 실험	271
[그림 2-70] 방화담퍼 실험	271
[그림 2-71] 실규모 검증시험 예시	272
[그림 2-72] UI 예시 - HMI	277
[그림 2-73] UI 예시 - 설비 HMI 및 알람 시스템	277
[그림 2-74] UI 예시 - HAZOP 적용	277
[그림 2-75] UI 예시 - 데이터 공유	278
[그림 2-76] UI 예시 - 도면자료 관리, GIS&BIM(3D) 적용	278
[그림 2-77] UI 예시 - STPA 적용	279
[그림 2-78] 시스템 이론 프로세스 분석 방법 개념도	280
[그림 2-79] 안전관리 체계 모델	281
[그림 2-80] 장치 레벨 제어 시스템의 다이어그램	281
[그림 2-81] 사용후 배터리 순환체계 개념도	290
[그림 2-82] 클라우드시스템 운영 예시	292
[그림 2-83] 산단형 실증모델	293
[그림 2-84] V2G 시스템을 이용한 부하평준화	300
[그림 2-85] V2G 시스템 구성도	300
[그림 2-86] 한전의 V2G 개발 과정	300
[그림 2-87] 한전KDN의 전기차 충전인프라 운영시스템(EV-COS)	301
[그림 2-88] BMW의 I-Charge Forward Project	302
[그림 2-89] 폭스바겐의 EV 배터리를 전력망 일부로 사용하는 개념도	303
[그림 2-90] 네델란드 암스테르담 축구장에 구축된 V2G	304
[그림 2-91] 헬리옥스의 SprintCharge	304
[그림 2-92] 4R Energy의 순환형 절약 시스템 프로젝트 개념도	305
[그림 3-1] 냉난방이 효율적으로 이루어지는 에너지저장시스템 특허	315
[그림 3-2] 이동형 에너지저장장치의 성능시험 장치 특허	317
[그림 3-3] 셀프 에너지 밸런싱을 고려한 배터리 관리 시스템 특허	318

[그림 3-4] ESS 가연성 가스 감지 및 배출 시스템 특허	321
[그림 3-5] 에너지 저장 능동 관리 방법 특허	325
[그림 3-6] 재사용 배터리 기반 모바일 충전용 카트 시스템	330
[그림 3-7] 새만금 스마트그린산업단지 ESS	354
[그림 3-8] 나주 빛가람 혁신도시	355
[그림 3-9] 포항 블루밸리 국가산업단지	356
[그림 3-10] 국토부의 설비 시스템 업역 범위	359
[그림 3-11] 사업 운영체계	361

표 목 차

[표 1-1] 사용후 배터리 재사용 및 재활용 관련 연구 현황	7
[표 1-2] 일본 사용후 배터리 관련 제도 현황	19
[표 1-3] 중국 폐배터리 회수 정책	20
[표 1-4] 중국의 차량용 배터리 재사용 및 재활용 관련 기준	21
[표 1-5] 전기차 배터리의 재활용 추적관리 체계 구축을 위한 상세 의무사항	22
[표 1-6] 유럽의 배터리 전략 주요 연구내용	24
[표 1-7] 전략주제5에 대한 기대효과 핵심성과 지표 및 예산	27
[표 1-8] 전략주제6에 대한 기대효과 핵심성과 지표 및 예산	27
[표 1-9] 전략주제1: 원자재 확보 지속가능성 및 추적가능성	28
[표 1-10] 전략주제2: 배터리 소재의 지속가능한 추출 및 정화	28
[표 1-11] 전략주제3: 원자재 수명주기 평가 및 소재흐름 분석	28
[표 1-12] NFPA-855 옥내 ESS 설치 기준	29
[표 1-13] NFPA-855 옥외 ESS 설치 기준	30
[표 1-14] FMDS 5-33 에서 제시하는 ESS 관련 주요 기준	31
[표 1-15] 에너지저장장치의 설치 및 유지관리에 대한 해외 기술기준 주요 내용	35
[표 1-16] 수소도시 개념	45
[표 1-17] 스마트그린 산업단지 개념	45
[표 1-18] KFS-412와 NFPA-855의 ESS관련 안전관리기준의 주요 내용 비교	64
[표 1-19] 사용후 배터리 재사용 관련 규제샌드박스 현황	68
[표 1-20] 세계 전기자동차 폐배터리 재사용 및 재활용 시장전망	70
[표 1-21] 2025~2040년 폐배터리 재사용, 재활용 시장 규모 추이	70
[표 1-22] 국내 전기자동차 폐배터리 배출 추정치	73
[표 1-23] 현대차그룹의 ESS사업 추진현황	97
[표 1-24] 전국 전기에너지저장시스템 산업 사업체 수	117
[표 1-25] 전기에너지저장시스템 산업 종사자 규모	117
[표 1-26] 전기에너지저장시스템 산업 매출액 규모	118
[표 1-27] 동 사업 관련 기업	118
[표 1-28] 동 사업 관련 밸류체인별 연구기관	119
[표 1-29] 동 사업 관련 연구기관별 연구내용	119

[표 1-30] 동 사업 관련 연구 수행 대학	120
[표 1-31] 대학별 관련 학과	121
[표 1-32] 관련 산업기술인력 현황	122
[표 1-33] 전공별 석박사 연구원 수(2016년 기준)	123
[표 1-34] 전기에너지저장시스템 산업 종사자	123
[표 1-35] 전기에너지저장시스템 산업인력 주요 학력	124
[표 1-36] 동 사업 관련 연구기관별 인원	124
[표 1-37] 대학별 관련 학과 및 재학생 수	125
[표 1-38] 센터 내 검사장비 수요	131
[표 1-39] 재사용 배터리의 활용분야 및 최소 SOH 수요	131
[표 1-40] 부처협의 경과	139
[표 2-1] 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술분야의 수요 기술 목록	159
[표 2-2] 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술분야의 수요 기술 목록	160
[표 2-3] 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술분야의 수요 기술 목록	160
[표 2-4] 기타 수요 기술 목록	161
[표 2-5] 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 기술개발체계	163
[표 2-6] 해외 주요 전기자동차 생산업체의 재사용 시범 사례	176
[표 2-7] 국내 전기차용 중고·폐배터리 재사용 현황	178
[표 2-8] 기반시설의 종류	207
[표 2-9] 도시계획시설 결정방식별 해당 시설	208
[표 2-10] 사용후 배터리 시장전망	238
[표 2-11] 특허 기술동향	245
[표 2-12] 사용후 이차전지 산업화 센터 현황	288
[표 2-13] 국내 전기차 충전기 보급현황(누적)	297
[표 2-14] 국내 전기차 충전기 보급목표(누적)	297
[표 2-15] 국내 V2G 시장 규모 및 전망	298
[표 2-16] 해외 V2G 시장 규모 및 전망	299

제1장 다부처 공동 R&D 추진 필요성

제1절 사업 추진배경 및 필요성

1. 사업 추진배경

가. 탄소중립 이행을 위한 도시/산단 내 에너지 저장 인프라 구축

□ 전 세계적인 탄소중립 이행을 위해 우리나라 또한 국가차원의 탄소중립을 위해 범부처차원에서 다양한 노력을 기울이고 있으며, 핵심 전략으로써 에너지 전환을 적극 추진하고자 함

○ 국토교통부는 탄소중립 이행을 위해 국토·도시계획에 탄소중립 요소를 강화하여 탄소중립 도시, 수소도시, 스마트그린산단 조성을 추진 중¹⁾

- 도시 수준의 종합적 탄소중립 실현을 위해 도시의 탄소배출·흡수량을 진단하고, 탄소중립도시 전환 및 확산 지원을 추진하고 있음

- 주거·산업·교통 등에 사용되는 에너지를 수소로 전환한 수소도시, 에너지자립, 저탄소 물류 등을 지향하는 스마트그린산단을 조성하고 있음

○ 산업통상자원부는 2050 탄소중립 실현을 위해 저탄소 기술개발 및 탄소중립정책을 뒷받침하는 ‘2050 탄소중립 표준화 전략’ 협의회를 개최하고, 150개 표준화 아이템(안)을 발표²⁾

- 에너지 전환 표준화 분과에서는 신재생에너지 발전·저장·전송에 필요한 차세대 태양전지 성능을 평가

○ 환경부 역시 탄소중립 이행계획을 통해 경제구조의 저탄소화 실현을 위해 에너지 전환, 미래모빌리티, 순환경제 등 주제별 실천계획을 발표³⁾

- 환경자원을 활용한 재생에너지 보급, 무공해차 30만대 보급 및 편리한 충전인프라 구축, 재활용을 극대화하는 생산 구조, 순환 체계 확립 등

1) 국토교통부 탄소중립로드맵

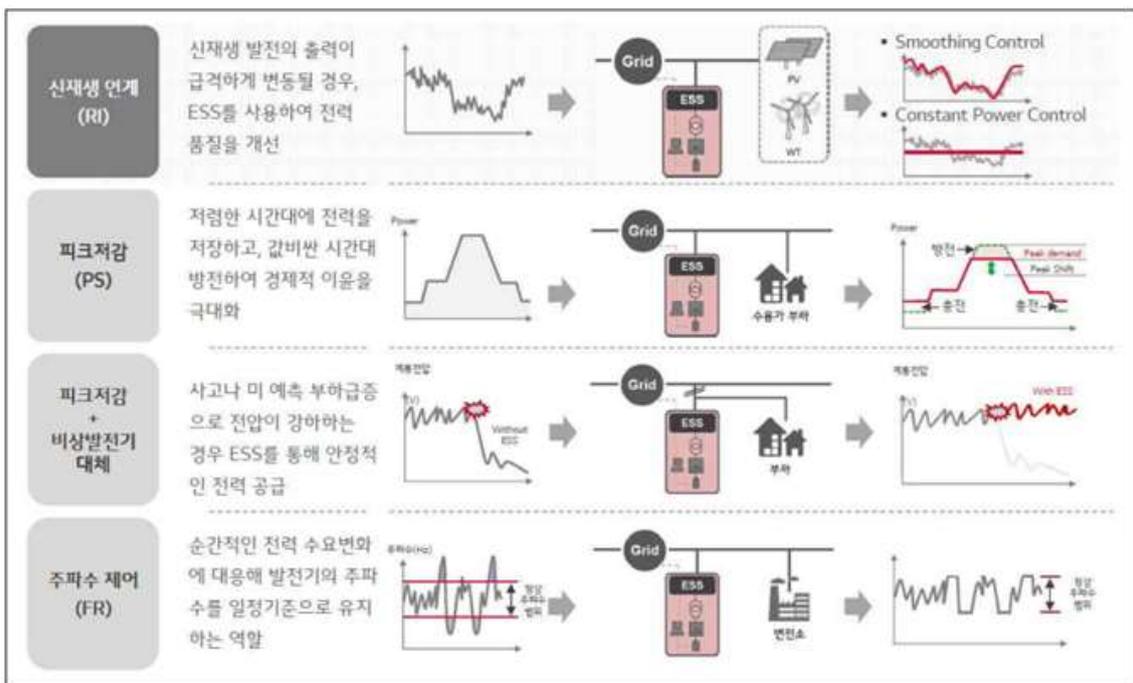
2) 산업통상자원부 보도자료, “국표원, 『2050 탄소중립 표준화 전략』 밀그림 공개”, 2021.06.25.

3) 환경부 탄소중립 이행계획

□ 에너지 전환의 핵심 추진전략인 신재생에너지 사용 및 분산형 전원 체계 확대 실현을 위해서는 신재생에너지 발전 간헐성, 전력 부하 등의 위험요인을 중화할 수 있는 ESS와 연계 발전이 필요

○ ESS는 재생에너지의 전력품질 개선, 피크 저감, 주파수 제어 등 여러 용도로 사용할 수 있어 도시·산단 등에 설치되는 대부분의 에너지시설과 함께 구축되어 효율성을 높일 수 있음

- 마이크로그리드와 신재생에너지, ESS, 전력 IT 등 첨단기술을 연동하여 전력시스템 신뢰성, 에너지 효율성, 에너지 보안 및 경제적 이익 창출 가능



[그림 1-1] ESS의 다양한 활용 분야

□ 특히, 도시나 산단 등 에너지 수요-공급이 큰 분야에서 재생에너지 전환에 따른 에너지 사용 부담 저감을 위한 대용량의 ESS 활용이 필요한 상황⁴⁾

○ 지구상 도시지역이 차지하는 비율은 2% 가량이지만 에너지 사용 등으로 인한 CO₂ 배출량은 세계 배출량의 75~80%에 달함

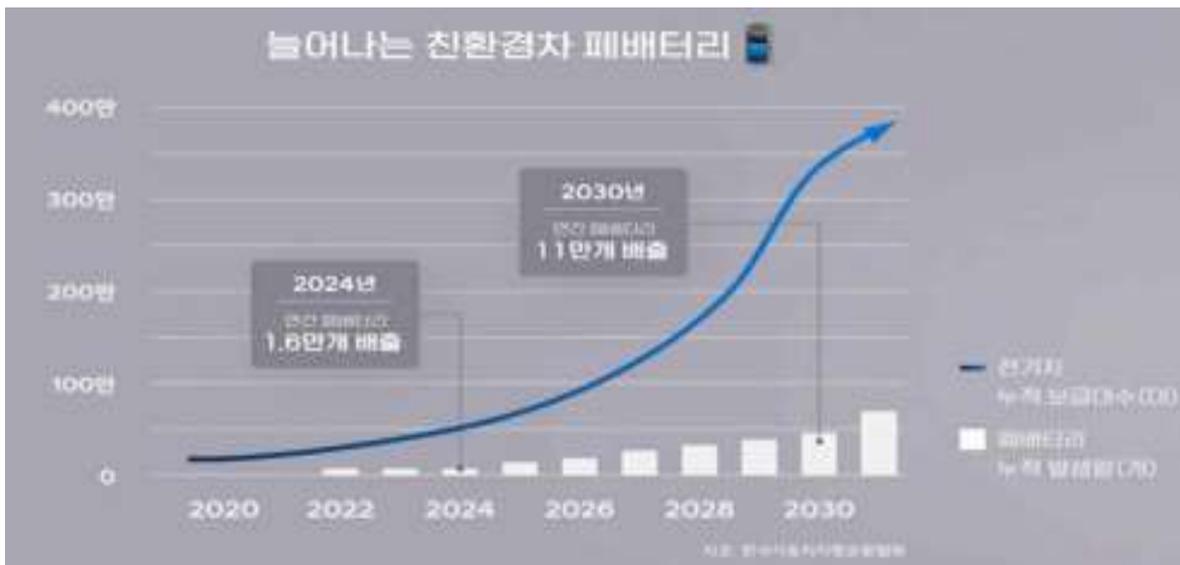
- 우리나라 역시 도시화율이 현재 90%에 이르고 있으며, 그 추세는 꾸준히 증가하고 있음

4) KDI, "한국 도시, '스마트그린시티' 로의 대전환 필요", 2016.

- 이러한 맥락에서 도시지역의 라이프스타일을 기후 긍정적인 방식으로 변화시킬 수 있는 도시 공간구조의 변화가 필요한 상황임
- 한편, 도시와 더불어 전력 사용량이 큰 산단의 탄소중립과 전력수요 변화를 동시에 대응할 수 있는 니즈 또한 존재
 - 대규모 에너지를 활용하는 공업단지 등 대부분의 산단은 전력사용량이 큼
 - ※ 국토면적의 1.36%를 차지하는 반면 타 국토 대비 22배 이상의 에너지를 소비
 - 또한, 산단 내 입주해 있는 기업들은 탄소감축에 대한 실적 제출이 필요한 상황으로, 이에 대응하기 위한 실질적인 탄소중립 전환 마련이 요구됨
- 위와 같이 탄소중립과 더불어 큰 에너지 수요 대응을 위해 재생에너지를 효과적으로 활용할 수 있는 ESS 기술이 필요
- 해외의 경우 역시, ESS 연구를 통해 전력안정과 시장 활성화를 동시에 도모하고 있음
 - ※ (독일) BMW사에서 10MWh규모의 대용량 ESS를 구축하여 지역 공장 부하 프로파일 최적화, 그리드 안정성/변동성 보상 등 사업성을 고려한 비즈니스 모델 개발중
 - ※ (호주) 에너지 저장 장치 관련 여러 실증을 통해 VPP 시장을 통한 전력계통 안정화와 시장 참여자들의 수익성 분석 진행, 2030년까지 분산발전 이용률 50% 전망

나. 전기차 보급 확대에 따른 재사용 배터리 활용 니즈

- 한편, 전기차 보급 확대에 따라 사용후 배터리 배출량이 증가하고 있으며, 배출된 배터리의 처리방안 중 하나로, 사용후 배터리를 ESS 등의 용도로 재차 활용하고자 하는 니즈가 증가하고 있음
- 전 세계 전기차 배터리 시장 규모는 '14년 13GWh, '20년 306GWh, '30년 2,143GWh로 연평균 40% 이상의 성장이 전망되며, 전기차 사용후 배터리는 '25년 290GWh, '30년 802GWh로 연평균 39% 이상의 성장이 전망됨
- 국내는 정부에서 '30년까지 전기차 누적 300만대 보급을 목표로 하고 있으며, 전기차 사용후 배터리는 '24년 1.6만개, '30년 11만개가 배출될 것으로 전망됨



[그림 1-2] 전기차 사용후 배터리의 누적 발생량 예측

* 출처: 한국자동차자원순환협회

- 전기차에서 배출된 사용후 배터리는 주로 ESS 등의 전원으로 재제조되어 재사용되고 있음
 - 특히, 자동차 제조사들 중심으로 전기차 사용 후 배터리를 활용한 전기차 충전기시스템, 대형 유틸리티용 ESS, V2G 연계 활용을 위한 실증연구가 진행 중
- ※ BMW은 Bosch 및 스웨덴 발전기업 Vattenfall과 공동으로 ESS 생산라인을 구축하고 자국내 전력망과 연계하여 시범운영 중⁵⁾

※ 현대차그룹은 '19년 OCI와 함께 전기차 재사용 배터리를 활용한 ESS 설비-태양광발전 사업모델을 발굴하였으며, 재사용 배터리를 활용한 ESS 관련 규제 샌드박스 국내 최초 승인을 통해 실증 추진 중⁶⁾

□ 전기차 사용후 배터리의 가격은 신품 대비 경제적이므로 ESS로 구축하였을 때 경제성 확보가 가능하다는 장점이 존재

- 전기차에 한번 사용하고 난 이후, 배출된 배터리는 잔존수명이나 배터리 건강상태(SoH: State of Health) 등에 따라 재사용될 수 있음
- 전기차 배터리의 성능 보증기간은 원 저장용량 대비 80% 수준 이하로 충전능력이 떨어지는 시점을 의미하며, 배터리 수명 자체는 그대로이기 때문에 타 용도로 지속 활용 가능⁷⁾
 - 순간적으로 고출력을 내야 하는 자동차의 특성상, 80% 수준 이하로 저장용량이 떨어지면, 자동차 운행상의 위험을 초래할 수 있음
 - 배터리의 이러한 안전마진은 순간적인 고출력이 필요한 자동차의 안전운행을 위한 안전장치이지만, 순간적으로 대규모 출력조정이 필요 없는 기타 용도로 활용할 경우, 남아있는 80%의 저장용량만으로 활용 가능
- 전기차 에너지 저장원으로 활용되었던 배터리를 ESS로 재사용할 경우, 새 배터리를 활용한 ESS에 비해 비용우위를 가지며, 사업을 경제적으로 추진할 수 있음
 - 10MW급 ESS 30년 이용 시 신품 배터리 대비 재사용 배터리로 구축한 ESS 설치 시 약 61억원의 비용 우위가 있는 것으로 나타남⁸⁾

□ 이러한 재사용 배터리를 활용한 ESS의 사회적·경제적 이점에도 불구하고, 현재는 도시/산단지역에 대용량 에너지 저장 인프라를 구축하기 위한 기술 및 기준들이 부재하여 시장이 활성화되지 못하고 있음

- 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라의 도시/산단 적용을 위한 기술적, 제도적 이슈를 파악하고, 해결을 위한 연구 필요

5) KDB미래전략연구소, “페리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황”
 6) 투데이에너지, “OCI·현대차그룹, 전기차 재사용배터리 ESS 실증사업 개시”, 2021. 01. 11.
 7) 전기차 사용후 배터리 거래시장 구축을 위한 정책연구, 에너지경제연구원 정책이슈페이퍼, 2019.
 8) 재사용 배터리를 활용한 ESS는 신품 대비 80%의 가용량을 가정, 신품배터리 ESS는 10년, 재사용 배터리 ESS는 5년을 교체주기로 가정, 재사용배터리 비용은 신품배터리의 30% 가정

- 이슈 해결을 위한 연구를 바탕으로 실증까지의 기술검증 과정을 거쳐 시장 활성화 도모 필요

☞ 국가적 탄소중립 및 에너지 수요 대응 차원에서 전기차 사용후 배터리를 재사용한 ESS 구축 및 이에 수반되는 요소기술/기준들을 연구할 수 있는 과제가 필요

2. 사업추진 필요성

가. 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 구성 기술 확보 필요

□ 사용후 배터리의 활용 니즈가 증가하고 있는 반면, 국내 사용후 배터리 관련 기준이 부재하고, 요소기술 단위에서 소용량으로 연구개발이 이루어지고 있음

○ 국가 R&D기준, 사용후 배터리 재사용 연구사례는 재활용 연구의 절반에 못미치는 수준임

[표 1-2] 사용후 배터리 재사용 및 재활용 관련 연구 현황

구분	사용후 배터리 재사용	사용후 배터리 재활용
국가 R&D	약 12건 (요소기술단위 R&D, 실증 단계 2건)	약 25건
사업화	규제특례를 통한 일부 시범운영(000kWh급)수준	삼성SDI, LG화학, SK이노베이션 등 대기업이 자체적으로 재활용시장에 참여하여 원자재 추출 사업 추진
관련 기준·법령	부재	(환경부) 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률, 전기·전자제품및 자동차의 자원순환에 관한 법률

○ 해외에서는 완성차 업체를 중심으로 배터리 사용후 사업을 위한 기술 실증이 활발하게 추진 되고 있음

※ Nissan은 2014년부터 전기자동차 전지 반납을 조건으로 교체 서비스를 시행 중이며, 이를 기반으로 2016년부터 Eaton Energy와 협력하여 가정용 ESS를 제작하고 있음

※ BMW은 Bosch 및 스웨덴 발전기업 Vattenfall과 공동으로 ESS 생산라인을 구축하고 자국내 전력망과 연계하여 시범운영 중

※ BMW는 또한 미국 PG&E와 협력한 DR 시범 프로젝트 ‘BMW i Charge Forward’ 를 위해 100KWh 규모의 ESS를 구축하고 운영 중

□ 또한, 사용후 배터리는 동일한 품질의 배터리로 구축되는 신품 ESS와 달리, 수거되는 배터리의 외형, 성능·품질, 수명이 상이하다는 이슈가 존재하기 때문에 이와 같은 기술적 모호함을 확실히 규명할 수 있는 연구가 필요

○ 현재 전기차에 탑재되어 시중에서 유통되고 있는 리튬이온 배터리의

종류는 파우치형, 각형, 원통형 등 다양한 형태를 보이고 있으며 유형에 따라 크기와 용량 등이 제각각임

- 또한, 사용후 배터리는 개별 사용자로부터 활용된 사용 이력과 노화 상태가 매우 다양하며, 이처럼 다양한 충방전 전력 특성에 능동적으로 대응할 수 있는 기술 확보 등이 필요한 상황임
- 이 외, 재사용 배터리를 이용한 ESS와 신제품 배터리를 이용한 ESS 대비, 설치에 요구되는 부지면적은 더욱 넓은 편으로 경제성 있는 ESS 활성화를 위한 공간 최적화 등 이슈 존재⁹⁾
 - 재사용 배터리를 활용한 ESS는 동일용량 기준 신제품대비 약 1.4배의 면적이 요구됨

☞ 사용후 배터리가 신제품배터리 대비 가지고 있는 특성과 대두되고 있는 이슈를 기반으로 사용후 배터리를 ESS로 활용하는 것에 대한 기술적 타당성, 안전성 등을 규명하기 위한 요소 연구 필요

9) 관련분야 전문가 인터뷰 내용 일부 발췌

나. 재사용 배터리 에너지 저장 인프라 화재안전 기술·기준 필요

□ 한편, 국내외에서는 ESS 화재 사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 전기차 에너지원으로 사용된 재사용 배터리의 경우, 사용과정에서 열화가 발생하므로 더욱 엄격한 안전관리 및 기준이 필요

- 최근 해외에서는 애리조나 변전소, 리버풀 배터리 스택, 베이징 쇼핑몰 태양광 ESS, 테슬라 배터리 등에서 화재가 발생¹⁰⁾
 - 특히, 테슬라가 호주 빅토리아주에 설치한 13톤 규모의 초대형 에너지 저장장치(ESS) ‘메가팩’에서 발생한 화재는 나흘이 지난 이달 2일에야 가까스로 진압
- 리튬이온배터리 방식의 ESS는 2017년 국내에서 본격적으로 쓰이기 시작한 시점부터 화재 사고가 연달아 발생하고 있으며, 잇따른 화재 및 안전 사고로 인하여 2021년 현재 ESS 사업과 시장은 정체상태에 있음
 - ’17년 8월 전북 고창 ESS 산업단지 화재 발생 이후, 현재까지(’23년 1월 기준) 총 40건의 화재사고가 발생함
 - 정부에서 제 1차 사고조사단을 구성하여 23건에 대해 사고조사를 실시한 결과, ①전기적 충격에 대한 배터리 보호시스템 미흡, ②운영환경 관리 미흡, ③설치 부주의, ④ESS 통합제어·보호체계 미흡을 주요 요인으로 밝힘
 - 추가 5건에 대해 제 2차 사고조사단을 구성하여 사고조사를 실시한 결과 자료에는 “배터리 충전율을 낮추어 운전하는 등 배터리 유지관리 강화하는 것이 화재 예방에 기여할 것으로 판단” 한다고 기술됨
 - ESS 화재사고 원인조사 보고서를 기반으로 ’22년 5월까지 국내에서 발생한 화재사고의 유형 분석 결과, 29건의 화재사고가 완전 충전 후 휴지 중 발생하였고, 대부분 충전율 90%를 초과한 상태에서 발생한 것으로 확인됨
 - ESS 화재사고 원인조사에서 “일부 배터리셀에서 제조결함이 발생되

10) 서울경제, “ ‘메가팩’ 나흘간 불타..배터리 화재, 진화방법 몰라 '속수무책' ”, 2021. 8.5.

었고, 이 상태에서 배터리 충·방전 범위가 넓고 만충상태가 지속 유지되는 경우 자체 내부단락으로 인한 화재 발생 가능성이 높아질 수 있다 “고 기술됨

- 전체 사고 건수 중에 태양광 연계용 ESS 화재가 가장 다수이며, 태양광 및 풍력연계용으로 대표되는 신재생 에너지 연계형 ESS의 사고 비율이 전체 사이트 대비 높은 수준으로 나타남

□ 그러나, 도시 및 건물 안전관리 측면에서 국내 전기안전관리 관련 장비는 대다수가 해외장비에 의존하고 있는 실정이며, 안전 분석 기술 또한 기 발생된 재난에 대응하는 수동적 측면의 기술개발이 이루어지고 있음¹¹⁾

- 에너지 설비의 경우 기술적 대응이 이루어지지 못하고 있으며 예방보전 부문의 기술개발 필요
- 전기안전 빅데이터 분석, 건축물 안전도 실시간 분석, 화재 초기 단계 예방 기술 등의 개발이 진행되고 있으나 기 발생된 재난복구에 중점을 두고 있음

□ 또한, 지속되는 화재사고로 인해 개정된 소방시설법에서는 필수 법정 소화설비를 증가시켰으며, 이에 따른 총 사업비용이 과도하게 증가하고있는 상황이므로, 배터리 화재에 대한 효과적인 대응기술 개발을 통한 구축비용 최적화 필요¹²⁾¹³⁾

- 20KWh 초과 리튬, 나트륨, 레독스플로우 계열 이차전지를 이용한 전기저장 시설(ESS)에는 소화기구, 스프링클러설비, 자동화재탐설비, 자동화재속보 설비를 의무 설치하도록 규정
- 스프링클러설비는 전기저장시설 소화에 적합하도록 ‘바닥면적 1㎡에 분당 12.2L 이상의 수량을 30분 이상 방수할 수 있어야 함
- 옥외형 전기저장시설로서 스프링클러 설비의 설치가 어려울 경우 ‘배터리용 소화장치’를 설치하거나, 공인된 시험기관에서 화재안전 성능을 인정받은 경우에는 스프링클러를 설치하지 않을 수 있도록 특례 조항
- 전기저장시설에 적합한 화재감지기의 종류를 정하고, 건축물과 분리되

11) 한국EMS협회, “에너지-안전 기반의 차세대 에너지통합 AI관리시스템 개발 및 실증” 공동기획연구보고서, 2020.

12) 인더스트리뉴스, “20kWh 초과하는 전기저장시설(ESS), 소화설비 의무화한다”, 2021. 08. 26.

13) 소방청 보도자료, “전기저장시설(ESS) 소방안전 강화한다”, 2022. 02. 04.

있거나 따로 설치된 옥외형 전기저장시설의 자동화재속보설비는 수신
반 없이 속보기에 감지기를 직접 연결하는 방식으로 설치 필요

- 소방대의 원활한 소방활동을 위해 전기저장시설은 지면으로부터 지상
22m 이내, 지하 9m 이내로 설치해야 하며, 벽체·바닥·천장은 건축물의
다른 부분과 방화구획조성 필요

☞ 사용후 배터리의 열화 특성이 규명되어야 하며, 이를 바탕으로
사용후 배터리 화재에 특화된 화재 대응 기술개발/기준마련을
통해 안전하고 경제적인 ESS 구축 기반을 마련해야 함

다. 기술 실증을 통한 도시 적용 신뢰성 확보 및 수요처 내 자생적 활성화 기반 연구 필요

□ 현재, 사용후 배터리 안전성 검증·활용 기준 등이 명확히 제시되지 않은 상태이기 때문에 관련 기업 자체적으로 현장 적용이 어려운 상황임

○ 상대적으로 특성 규명 등의 연구가 진행되지 못한 사용후 배터리의 기술적 이슈와 문제, 기술개발 리스크에 대한 민간주도의 한계를 극복하기 위해 정부주도 도시 및 산단지역에서의 실증연구가 필요

○ 일부 사용후 배터리에 특화된 초기 개발단계 기술은 아직 안전성 검증 등이 미흡한 경우가 많아, 사고 발생시 큰 피해로 이어질 수 있어 국가 차원에서의 선제적 기술검증 및 기준 마련이 필요

- 기술 상용화 및 시장 활성화를 위해 국가차원에서의 선제적 검증 및 기준 마련이 요구됨

□ 시장 창출 이후, 시범도시, 산단 등 ESS 설치상 사업성 확보를 위해 기존 인프라 연계, 통합 운영 등 다양한 보조서비스 및 운영 기술개발 필요

○ 수소도시/산단 등의 재생에너지 설비와 ESS 계통연계 활성화 방안 마련 필요

○ 기존 도시 설치 전력망 등과 ESS 연계방안을 통한 통합 전력 운영 방안 마련 필요

□ 또한, 대용량 에너지 저장 인프라의 도시 활용성을 높이기 위해 주거, 교통, 재생에너지 및 수소 등 기존 도시 인프라 연계, 주민수용성 제고, 자생적 활성화 기반 마련 필요

○ 스마트시티, 수소도시/산단 등의 재생에너지 연계 및 피크저감 등을 위한 다양 보조서비스 및 운영 방안 필요

- 스마트시티 플랫폼, 수소도시/그린산단 에너지관리시스템과 쉽게 연계될 수 있는 시스템 등

○ 최근 지속적으로 발생하는 화재사고 등에 대해 대한 대책을 마련하여

도시 내 설치에 대한 주민 수용성 확보 필요

- 도시 내 필요한 여러 인프라를 재사용 배터리를 활용·연계하여 에너지 자립, 제로에너지 등 도시 자생적 활성화 기반 마련 필요

☞ 사용후 배터리에 특화된 기술을 실 수요처에 적용하기 위해 실증을 기반으로 한 안전성이 반드시 확보되어야 하며, 향후 시장 활성화를 위한 자생적 활성화 방안 마련 또한 필요

제2절 관련 정책 및 인프라 현황

1. 정책동향분석

가. 국외 정책동향분석

(1) 국외 상위계획 및 사업

(가) 미국

□ 바이든 행정부는 주요 공급망에 대한 검토 결과를 통해 전기자동차 등 핵심분야의 공급망 격차를 줄이기 위해 동맹국의 광산 채굴 및 자국내 EV배터리 재활용을 적극 촉진 시키고자 함¹⁴⁾

○ 정부 보고서에 따르면 배터리 재활용 없이는 '40년까지 미국 내 800만 t의 자동차 배터리 폐기물이 발생할 것으로 추정

- 미국 내 전기차 판매량은 '21년 70만대로서 '25년에는 연간 100만대 이상으로 증가 전망

○ 이에 따라 연방정부 차원에서 배터리 재활용 인프라에 2,050만 달러를 투자하고, 전기차 및 배터리 관련 기업에 31억 달러 지원을 결정

- 이와 함께 미국 정부는 재활용 프로젝트에 대한 직접 투자와 배터리 화학 중금속 사용을 줄이기 위한 연구개발도 함께 진행

□ 미국에서의 ESS는 비교적 새로운 기술에 속하며, 미국은 주 정부 차원에서 에너지 저장장치 설치에 대한 목표를 설정하고 ESS 도입을 지원하고 있음¹⁵⁾

○ 캘리포니아는 2010년 제정된 법률에 따라 2020년까지 1,325MW의 추가 에너지 저장장치 설치 목표를 고안

- '20년 기준 캘리포니아에는 506MW의 에너지 저장장치가 운영되고 있으며 추가로 1,027MW 규모의 ESS 도입을 준비 중

- 캘리포니아는 재생에너지 전력 생산 비중이 높은 지역이기 때문에 ESS

14) 한국무역협회, “전기차 배터리 재활용 산업 동향 및 시사점 : 중국 사례 중심으로”, 2022.

15) 에너지정보 소통센터 홈페이지 자료 참고, “미국의 차세대 전력망 ESS 도입”, 2022. 01. 13.

수요가 많으며 '45년까지 탄소 제로를 목표로 하고 있음

※ 재생에너지의 생산 비중은 높이면서 석탄화력발전소를 활용한 전력 비중을 2007년 17%에서 2020년 2.7%까지 감축

- 뉴욕도 2030년까지 3,000MW의 추가 ESS 설치를 목표로 하고 있으며 '20년 현재까지 뉴욕은 93MW 규모의 ESS를 도입하였고, 1,076MW 규모의 ESS를 추가 도입하기 위해 준비 중
- 이 외 매사추세츠, 뉴저지, 버지니아, 오리건 등이 주 정부 차원의 ESS 도입 목표 제시

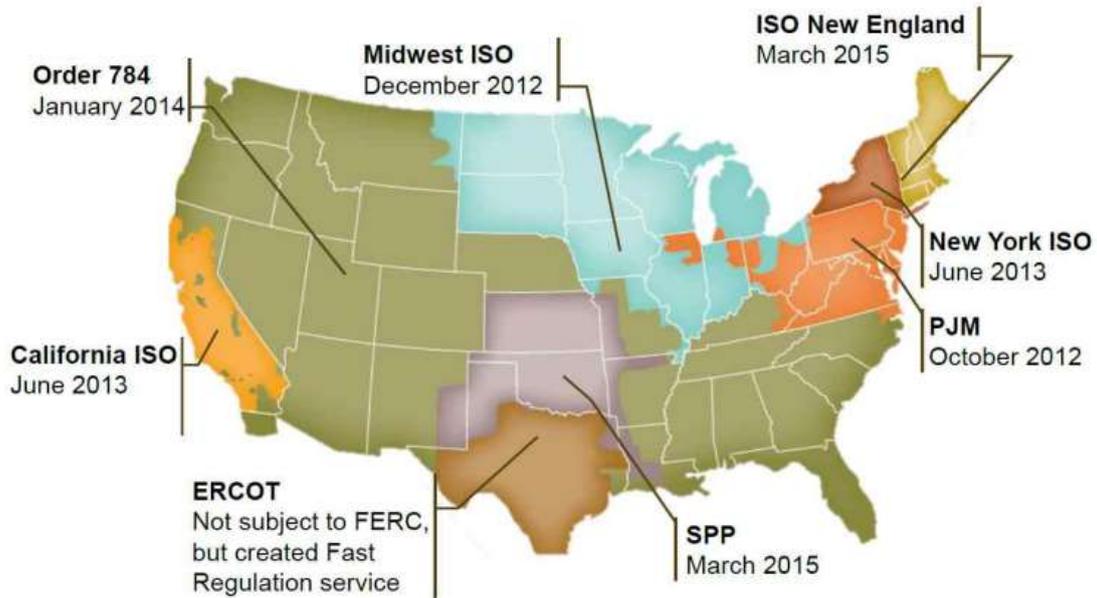
□ 미국은 재생에너지의 확대에 따른 전력망 안정화, 효율적인 전력망 운용, 경제성 개선 등의 목적으로 ESS를 보급확대 정책을 추진함

- 미국은 연간 태양광발전과 풍력발전의 설치 규모가 세계 2위일 정도로 재생에너지 보급이 확대되면서 전력망 안정화를 추구하고 있음
 - 넓은 국토에 구축된 노후화된 송배전망을 교체 시 천문학적인 투자비가 소요되므로 ESS를 설치하여 경제적이고 효율적으로 전력망을 운용하고자 함
 - 펜실베이니아, 뉴저지, 메릴랜드 지역은 세계 최대 규모의 전력시장으로 전력계통 보조서비스의 경제적 대응을 위한 목적으로 ESS에 주목하고 있으며 피크전력 수요의 이동에도 활용하고자 함

□ 미국 정부는 ESS를 주파수 조정용 전력시장에 참여 가능하도록 허용함

- ESS는 연방에너지규제위원회(FERC, Federal Energy Regulatory Commission)의 기존 규정에는 비발전자원으로 분류되었으나, FERC Order 755를 통해 2011년 12월부터 발전원, 마이크로그리드 분산자원 및 송배전 분야의 신기술로 인정됨
 - ESS는 FERC Order 755를 통해 주파수 조정 시장에 참여할 수 있게 되면서 '12년부터 펜실베이니아, 뉴저지, 메릴랜드 지역을 시작으로 미국 전역에서 ESS를 주파수 조정용으로 활용함
 - 미국에서 진행 중인 ESS 사업 중 50% 이상이 주파수 조정용으로 활용되고 있음

- ESS를 활용한 주파수 조정 시장에서 서비스 대상은 ISO/RTO 시장의 주파수 조정서비스 공급 업체들임
- ISO/RTO Council은 북미 10개 지역 계통 운영자 단체(ISO: Independent System Operator)와 지역 송전망 운영 단체(RTO: Regional Transmission Organization)로 구성되어 있는 협의회로 미국 전력 소비자의 2/3, 캐나다 인구의 1/2에 서비스를 제공함



[그림 1-3] 미국의 주파수 조정용 ESS 도입 현황

* 출처: Clean Energy Group, "Energy Storage in FERC Territories", 2015

(나) 일본

□ 일본 정부는 「녹색성장전략」(’20.12월 발표, ’21.6년 개정)에서 ’50년 탄소중립에 불가결한 중점 산업분야로 자동차, 배터리, 탄소재활용 등 14개 산업을 선정¹⁶⁾

○ 청정에너지 전략 검토 방향을 고찰한 2차 회의(’22.1.19)에 이어 이번 3차 회의에서는 「에너지 기반 산업의 녹색전환(GX)」 방향성을 중점 논의(2.14)



[그림 1-4] 일본 '녹색성장전략'의 14대 중점 산업 분야

○ 전고체 배터리, 차세대 배터리 등 새로운 기술 영역 선도 방안 및 안전성 등과 관련한 일본의 우위성 유지·강화 방안 마련을 주요 과제로 추진 예정

- 인화성 액체 전해액이 포함된 리튬이온배터리(LIB)는 발연·발화 위험성을 수반하며, 최근 연속적인 LIB 화재사고 발생에 따라 안전 대책이 중요 과제로 부각

○ 재생에너지의 안정적 공급에 불가결한 정치용 배터리시스템 도입 확대 및 지속가능한 배터리 생태계 구축 방향성 마련 예정

- 배터리의 재사용·재활용을 통한 순환형 시스템 구축은 지속가능한 배터리 산업 조성에 필수적인 요소

- 재활용 소재 등 재활용재(リサイクル財)로부터의 자원 확보 및 재사용

16) KIAT 산업기술정책 브리프, “일본 에너지 기반 산업의 녹색전환(GX) 방향성”, 2022. 03.

을 통한 배터리 가치 향상 등은 산업 경쟁력 향상에도 이바지

- 일본 정부는 정치용 배터리시스템 보급을 위한 환경 정비*, 국내 배터리 재사용·재활용 촉진 등을 지속 추진 중

* 도입 보조금, 법적 정비, 시스템 가격 저감 대책 등

< '21년도 일본 주요 배터리 지원 사업 >

- 국내 배터리 생산기반 확보를 위한 첨단 생산기술 도입·개발 촉진 사업(1,000억 엔)
 - 첨단 배터리·재료 생산 기술, 재활용 기술을 이용한 대규모 국내 제조 거점 구축 사업자를 대상으로 건물·설비 투자 및 관련 생산기술 등에 대한 연구개발 비용을 보조
- 재생에너지 도입 가속화를 위한 계통용 배터리 등의 도입 지원 사업(130.0억 엔)
 - '50년 탄소중립을 달성하기 위해서는 재생에너지 도입 가속화가 요구되므로, 전력계통에 직접 접속하는 대규모 배터리(계통용 배터리) 도입 사업자에 도입 비용의 일부를 보조
- 청정에너지 자동차·인프라 도입 촉진 보조금: 구입 보조 사업(250억 엔)
 - 「녹색성장전략」의 견실한 추진을 위해 전기차(EV), 플러그인 하이브리드차(PHEV), 연료 전지차(FCEV)에 대한 정부 구입 보조 사업을 추진
 - 전기차의 경우, 기존 40만 엔에서 80만 엔으로 구입 보조금을 2배 대폭 상향

□ 일본은 전기차 보급률이 최근 10년간 1%를 밀돌고 전기차 시장점유율이 한국과 중국에 비해 낮은 상황이나, 최근 '35년 이후 신형 내연기관 차량판매 금지를 발표함에 따라 전기차 배터리 수요가 급증할 전망

- 일본정부는 자동차 배터리 산업에서의 국제 위상 제고를 위해 1,000억 엔(8억 6,400만 달러) 투자와 보조금 지급 등 육성 프로젝트를 시작
- 민간기업 차원에서도 국내 전기차 배터리 재활용 생태계 구축을 위해 정부와의 협력을 진행 중
 - 배터리 및 부품업체 약 30개사가 BASC(배터리 공급망 협의회)를 설립('21년 4월)하고 배터리 공급과 재활용 생태계 구축에 대한 건의를 정부에 전달했으며 희귀금속 제련 및 재활용 규칙 제정을 추진 중

□ 일본의 경우 성능 규정에 관련 표준에 대해 일부만 제도화 하여 운영하고 있음

- 아직까지 전 세계적으로 표준이나 규정이 없으며, 다만 중국(자발적 규정), 일본(권고사항)은 마련하고 있음

[표 1-3] 일본 사용후 배터리 관련 제도 현황

구분	가정용/산업용	
	승인 사용	미승인 사용
배터리 시스템 또는 어셈블리 (예: 배터리 팩 또는 특수 보호기능이 있는 모듈)	사용 가능*	사용금지***
단일 배터리 (예: 특수 보호기능이 제거된 셀)	사용금지**	사용금지****

- * 리튬이온 배터리를 이용한 시스템의 안전성을 담보하기 위해 현재 리튬이온배터리(배터리시스템 포함)와 리튬이온 배터리를 이용한 기기는 1대1 조합 유지 필요, 1개 이상의 장치자 1대1 관계로 1개의 공동 전지를 구성하는 일반 용도로 시스템을 성립시키는 것은 가능
- ** 배터리 팩 또는 모듈을 단일 배터리로 분해하고 다시 재구성한 배터리 어셈블리로 승인 사용을 위해 시스템을 재구성하여 사용할 경우
- *** 배터리 팩 또는 모듈 상태를 유지하고, 미승인 사용 시스템을 재구성하여 사용할 경우
- **** 배터리 팩 또는 모듈을 단일 배터리로 분해하고 다시 재구성한 배터리 어셈블리로 미승인 사용을 위해 시스템을 재구성하는 경우

일본 기업이 전기사업법 개정안의 국회 통과 및 전력시장 정비 등을 배경으로 ‘계통용 ESS’ 사업에 참가하고 있음

○ 10MW 이상의 대규모 ESS를 송전선(계통)에 직접 연결한 ‘계통용 ESS’ 를 발전사업으로 규정한 전기사업법 개정안이 이번 국회를 통과 하여 '23년 4월부터 시행될 예정

- ESS가 전력 수급 악화에 대응할 수 있는 조정력으로서의 역할이 더욱 확대될 것으로 예상
- ESS사업이 발전사업으로 분류되면 일반송배전 사업자는 ESS사업자의 계통연계 신청에 의무적으로 대응할 필요가 있음에 따라 일본 기업이 2023년 계통용 ESS 사업 개시를 목표로 한 움직임을 보이고 있음

※ Sumitomo상사는 배터리 재활용공장에서 Nissan의 EV 리프 84만 대 분의 사용 후 배터리를 케이블로 연결하여 600kW(약 1,600kWh) 규모의 ESS시스템을 가동할 예정

※ 또한, Sumitomo상사는 리프 800대분 이상의 사용후 배터리를 홋카이도에 계통용 ESS시스템을 마련하여 2023년부터 가동을 개시하고 2024년에 수급조정시장에 참가하여 향후 도호쿠, 규슈 등 지역으로 확대하여 2026년까지 100MW 도입을 목표로 함

※ ENEOS는 2022년에 대규모 ESS를 제조하여 홋카이도에서 2023년에 가동할 것이며, 간사이전력은 Orix와 공동으로 개발한 대규모 ESS를 활용하여 2023년 이후 가동을 개시할 것

(다) 중국

- 중국의 전기차 배터리 재활용 산업은 '21년 양회 기간 발표된 정부 보고에서 전기차 배터리 재활용 시스템 구축을 가속화 할 것을 강조하는 등 적극적인 정책적 지원이 뒷받침되고 있음
- '16년부터 국가주도로 폐배터리 관련 법안을 제정해왔으며, 폐배터리 회수 관련 법률·규정 역시 선도적 위치에 있음
 - ‘전기자동차 배터리 회수 이용기술 정책’에서 처음으로 배터리 등록번호 제도 시행 및 니켈, 코발트, 망간의 종합 회수율 목표 98% 이상이 제시
 - 이후 각 부처가 공동으로 전기차 배터리 설계, 생산, 재활용에 대한 다양한 정책을 수립하고 전기차 배터리 재활용 시스템 구축

[표 1-4] 중국 폐배터리 회수 정책

연도	발표기관	규범	주요내용
'12년	국무원	에너지절약 및 전기차 산업 발전 규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 폐배터리 회수 이용 관리체계를 구축하고 각 정부기관의 책임, 권리, 의무 명확화 • 배터리 생산업체의 폐배터리 회수 및 재활용 독려
'16년	환경보호부	폐배터리 오염 방지 기술 정책	<ul style="list-style-type: none"> • '13년에 발표된 '폐배터리 오염 방지 기술 정책'의 개정으로 '17년까지 폐배터리의 회수 및 재활용률 90% 이상 달성이 목표
'18년	공업정보화부	전기차 배터리 소스 관리 플랫폼에 대한 잠정 규정	<ul style="list-style-type: none"> • 배터리 생산자 책임제 강화를 위해 전기차 배터리 관리 플랫폼 구축
'18년	국가에너지국 외	전기차 배터리 회수 및 이용 시범 작업에 관한 통지	<ul style="list-style-type: none"> • 징진지, 산둥성, 상하이시, 장쑤성, 저장성 등을 전기차 배터리 회수 시범지역으로 지정
'20년	국무원	14차 5개년 순환경제 발전규획	<ul style="list-style-type: none"> • 전기차 배터리 소스 관리 플랫폼을 통한 정부 관리 및 감독 강화

* KPMG, “배터리 순환경제, 전기차 폐배터리 시장의 부상과 기업의 대응전략”

- 재활용 관련 규정으로는 자동차 배터리 수집 및 재활용 지침과(국가 발전 개혁위원회, '16), 해체 및 재활용에 사용된 기술에 관한 국가 표준 (중국의 표준화 행정청, '17)을 발표하였음¹⁷⁾
- (자동차 배터리 수집 및 재활용 지침) 중국 국가 발전 개혁위원회에서 지난 2016년 1월에 발표한 것으로, ‘재활용 경제에 관한 법률’에 따라 전기 자동차 배터리의 정상적인 회수 및 활용, 개인 안전 보장, 환경 오염 방지 및 자원 재생 촉진을 목적으로 하고 있음

17) 환경부, “전기자동차 등 친환경차 배터리 재활용 촉진 및 적정처리를 위한 제도개선”, 2017

- 지침에 포함된 ‘전기 자동차 전력 배터리 재활용 기술 정책’의 내용을 살펴보면, 전기자동차 배터리 설계, 생산 및 폐전지회수, 사용 및 최종폐기 등에 관한 사항을 포함하고 있음
- '18년 ‘신재생에너지 자동차 동력 배터리 재활용 관리 잠정방법’을 통해 자동차 생산기업에게 전기차 배터리 재활용의 주체적 책임을 부여하는 ‘동력 배터리 재활용 생산 책임제’ 명시
 - '18년 7월부터 17개 지역에서 폐배터리 재활용 시범사업을 시행하고, 배터리 제조사, 중고차 판매상, 폐기물 회사와 공동으로 폐배터리 회수·재판매 시스템 구축
 - 저장·장시·후베이·후난·광둥성 지방정부에서는 전기차 폐배터리 회수·재활용 적합 기업 리스트를 발표
- 중국은 공공 안전, 지속 가능성 및 하이테크 관련 분야에 중점을 두고 주요 국가 표준을 발표하였으며, 지속가능성 분야에서는 차량용 배터리의 재사용 및 재활용을 중심으로 회수 및 이용 관리에 대한 규정들을 제정하였음

[표 1-5] 중국의 차량용 배터리 재사용 및 재활용 관련 기준

구분	폐배터리 재사용 관련 규정 명
-	신에너지 자동차 배터리 회수·이용 잠정 방법 (新能源汽车动力蓄电池梯次利用管理办法)
WB/T 1061-2016	폐배터리 회수관리 규정 (废蓄电池回收管理规范)
GB/T 26493-2011	배터리 폐기물 운송규범 (电池废料贮运规范)
GB/T 18386-2017	전기자동차 에너지 소비율 및 주행거리 시험방법 (电动汽车能量消耗率和续驶里程试验方法)
GB 38031-2020	전기자동차용 2차배터리 안전 요구사항 (电动汽车用动力蓄电池安全要求)
GB/T 38698.1-2020	차량용 배터리 회수이용 제1부 포장운송규범 (车用动力电池回收利用第1部分: 包装运输规范)
GB/T 34015.3-2021	차량용 배터리 회수이용 제3부 단계적 이용 요구사항 (车用动力电池回收利用 梯次利用 第1部分 梯次利用要求)

□ 중국 발전개혁위원회는 ‘14.5 순환경제발전규획(‘21.7.7.)’ 를 통해 전기차 폐배터리 재활용을 6대 중점 행동과제 중 하나로 제시하고, 전기차 배터리의 재활용 추적관리 체계 구축을 위한 상세 의무사항을 규정

[표 1-6] 전기차 배터리의 재활용 추적관리 체계 구축을 위한 상세 의무사항

구분	상세규정
전기차 배터리의 재활용 추적관리 체계 구축을 위한 상세 의무사항	신에너지차의 배터리 이력관리 플랫폼 구축
	신에너지차 배터리 재활용 이력 보완관리 체계 구축
	신에너지 자동차 생산기업과 폐배터리 재사용 기업이 자체 혹은 공동, 라이선스 계약을 통해
	표준화된 회수 서비스망 건설
	전기차 배터리 규범화를 통한 재사용 추진
	잔존 에너지 검사, 잔존가치 평가, 재이용, 안전관리 등의 기술 제고
	전기차 배터리 재활용과 재사용의 패키지화 및 첨단장비 보급 강화
	전기차 배터리 재활용 표준 체계 완비
폐전기차 배터리를 종합적으로 이용하는 대표기업을 육성하여 폐전기차 배터리 재활용 산업 발전 촉진	

□ 중국 국가발전개혁위원회(国家发改委)와 에너지국(能源局)이 ‘14차 5개년 계획 기간의 신형 에너지 저장 발전을 위한 실시방안(“十四五”新型储能发展实施方案)’ 을 발표함¹⁸⁾

- 중국 정부는 본 실시방안을 통해 에너지 저장 기술을 다층적으로 개발할 전망
 - 나트륨이온 배터리, 신형 리튬이온 배터리, 수소에너지 저장 등 핵심 기술과 장비 및 집적도 개선 설계 연구를 진행하고 초전도·슈퍼커패시터 등 에너지 저장 기술개발에 집중할 예정
- 중국 정부는 또한 실시방안에서 '25년까지 신형 에너지 저장 기술이 규모화 단계로 접어들 수 있도록 계획 수립 예정
 - '21년 하반기부터 에너지믹스 전환에 박차를 가하면서 신형 에너지 저장 분야의 정책을 지속적으로 추진
 - ‘신형 에너지 발전 가속화에 관한 지도의견(关于加快推动新型储能发展的指导意见)’ 에서 '25년까지 에너지 저장 관련 설비 용량을 3천만 킬로와트(kW) 이상으로 확대할 예정

18) CSF, “中 에너지 저장 기술 발전 세부 방침 발표”, 2022. 02. 28.

(라) 유럽

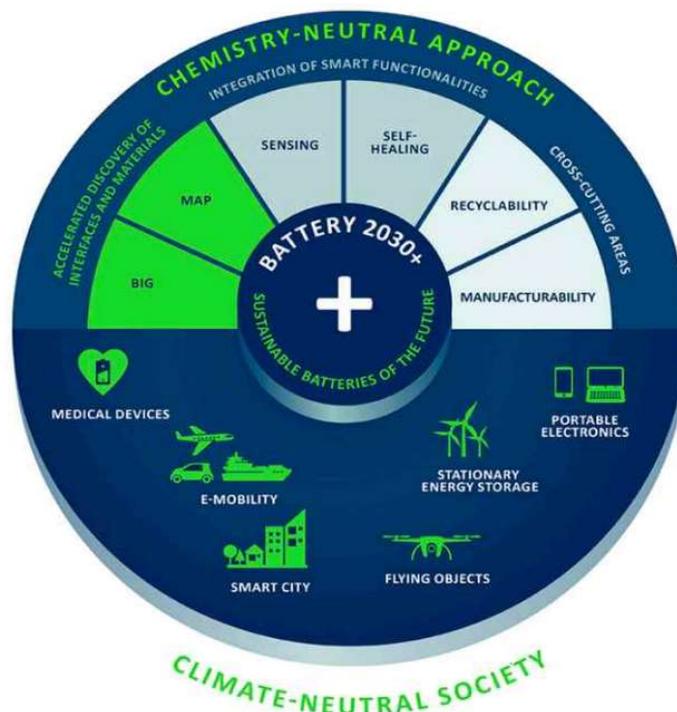
□ '18년 3월 유럽 배터리에 대한 유럽 전략 실행 계획(European Strategy Action Plan on Battery)을 발표를 통해 유럽 내 경쟁력 있는 배터리 산업의 발전 방향을 제시하였으며, 주요 행동조치에 관한 내용으로 배터리 2030+를 제시¹⁹⁾

○ EU 협의를 기반으로 하는 배터리 2030+ 로드맵은 핵심 조치들과 지속 가능한 친환경 고성능 배터리 개발을 위한 핵심 연구 항목을 포함

○ 배터리 2030+는 3개의 테마와 6개의 연구 영역에 초점을 두고 있으며, 화학 중립적 접근 방식을 통해 장기 연구 방향을 제시

- 사용된 배터리를 재차 활용하는 방향으로는 BIG-MAP을 사용한 새로운 재료의 발굴을 위해 재활용 가능성, 핵심 원료 및 독성 여부 등의 요소들을 함께 고려해야 함을 제시

※ 테마 III를 통해 새로운 재료 및 배터리 셀의 개발 가능성과 배터리 구성요소의 재활용 및 재사용 가능성과 기후 중립적 연구 접근 방식을 고려하도록 지원



[그림 1-5] 배터리 2030+의 통합적 접근법

19) KIAT ISSUE PAPER “유럽의 2030년+ 배터리 로드맵”, 2021. 04.

○ 주요 연구영역은 다음과 같음

[표 1-7] 유럽의 배터리 전략 주요 연구내용

연구영역	재활용성
단기(3년)	<ul style="list-style-type: none"> • 지속 가능성 및 분해 작업을 위한 통합 설계 • 배터리 팩과 모듈들을 분류하고 재사용 및 재가공을 위한 신기술의 시연 • 데이터 수집 및 분석을 위한 유럽 시스템 구축 • 배터리 셀의 자동 분해 기술 개발
중기(6년)	<ul style="list-style-type: none"> • 개별 구성 요소들로 분해되는 자동화 된 셀 분해를 시연 • 분말 및 구성 요소의 분류 및 회수 기술과 새로운 활성 배터리 등급 재료로 재생 과정을 시연하고 데이터 수집 및 분석을 위한 유럽 시스템의 구축 • 현재 프로세스들과 비교하여 핵심 재료의 상당히 개선된 회수율을 달성 • 배터리 애플리케이션에서 회수 된 재료의 테스트 • 재료의 재사용을 위한 예측 및 모델링을 위한 도구 개발
장기(10년)	<ul style="list-style-type: none"> • 직접 재활용을 위한 전체 시스템의 개발 및 인증

□ 유럽은 배터리 연구 및 관련 인프라 투자 중요성을 바탕으로 전략 연구 아젠다 EU(Strategic Research Agenda)를 제시함

- 유럽에서 제조된 배터리는 탄소 배출 최소화 최적화된 순환 경제 모델로 요약되는 지속 가능성을 핵심 경쟁력으로 제시
 - 경제 사회 및 환경 지속가능성 부문에서도 연구를 병행하여 소재 추출 처리, 셀·배터리 생산, 사용, 폐기 및 재사용 등의 전체 주기에 대한 이해를 기반으로 함
- 디지털화 배터리 기술의 잠재력을 다양한 분야에 확장시킬 수 있는 원동력(cross-cutting enabling role)이라고 간주하며, 소재 개발 배터리 시스템의 최적화된 사용 에너지 그리드 통합 최적화 등 배터리 부문 전반에 긍정적 영향을 미칠 것으로 예상
- 높은 경쟁력과 규모의 경제를 동시에 갖춘 배터리 산업 구축을 위해 선도적 수준의 연구 필요성을 제시
- 다가오는 배터리 산업의 단기 목표를 달성하고 년 배터리 시장에서의 차별화된 위치를 선점하기 위해 다음과 같은 배터리 스펙트럼 핵심 요소를 제시
 - 3세대(최적화 리튬이온, optimised Li-ion), 4a세대(고형 리튬 이온, solid state Li-ion), 4b세대(고형 리튬 금속, solid state Li-metal)에 높은 비중을 두고 있음

- ‘17년에 구성된 유럽 배터리 연합(European Battery Alliance)은 청정 에너지 전환과 혁신 선도, 디지털화, 탈탄소화 등 산업 도전과제를 효율적으로 조율하기 위해 다양한 이니셔티브 네트워크 및 프로젝트를 진행하고 있음²⁰⁾
 - 유럽 배터리 연합은 경쟁력 있고 지속 가능한 배터리 셀을 유럽에서 생산하여 연간 억 유로의 시장 가치를 확보하기 위해 유럽연합집행위가 제안한 협력 전략의 일환임
 - 혁신적이고 지속가능하며 경쟁력 있는 배터리 생태계 구축을 위해 다음과 같은 전략 및 액션플랜을 제시
 - 이차 전지 및 배터리의 재활용을 통해 합리적인 가격의 배터리 원자재의 지속가능성 확보
 - EU를 지속가능한 배터리 기술의 글로벌 리더로 자리매김
- ※ 채굴, 처리공정, 소재, 디자인, 이차전지 제조 및 재활용에 이르는 전 과정을 산업, 연구, 정책 및 금융계의 유기적 지원을 통해 배터리 산업의 수직 및 수평 생태계를 구축



[그림 1-6] 유럽 배터리 연합과 유럽의 배터리 생태계

20) KIAT ISSUE PAPER, “2020 EU 배터리 전략 연구 아젠다”, 2021. 07.

- 특히 배터리 재사용과 관련해서 글로벌 표준을 개발하고, 경쟁우위 확보를 위한 규제, 프레임워크 등을 정비하고자 함
 - 배터리의 지속가능한 생산 및 재활용, 재사용 부문에서 유럽의 기준과 기술력이 우위에 있기 때문에 가치사슬 상위 부문 연구의 자율성을 보장하고 가치사슬 하위 부문에도 적용할 수 있는 국제 표준 개발을 통해 많은 혜택을 기대할 수 있음
 - 이를 위해 유럽집행위와 회원국이 시장 진출을 지원하고 경쟁력과 혁신을 촉진할 수 있도록 가치사슬 부문별로 적용할 수 있는 기술 표준 개발을 권장
 - 원자재 및 재활용 재사용 솔루션에 대한 연구가 가장 대표적이며 관련 분야 상용화에 대한 경제적인 인센티브를 적극적으로 부여
- 대부분의 배터리 연구는 배터리 성능과 수명 개선을 목표로 하며, 제품 사용 과정에서뿐만 아니라 다음과 같은 배터리 가치 사슬의 전반적인 관점에서 고려
 - 배터리 안전이 소홀할 경우 전기 모빌리티 에너지 저장 기술에 대한 사회 전반의 신뢰 저하에 막대한 영향 줄 수 있음
 - 프로세스 자동화 및 로봇틱스 기술 등을 통해 제조, 해체, 조립 및 포장 등의 절차를 통해 차 재사용 가능 과정에서 자동화를 이루어내고, 인간에게 일어날 수 있는 피해를 최소화
- 디지털화 또한 지속가능성, 안전성 자원 대외 의존도를 줄이는 배터리 산업의 목표 실현을 지원할 수 있음
 - 머신러닝 알고리즘은 신소재 개발 및 인공지능 기반 배터리 셀 특성화 및 분석 시간을 최소화
 - 컴퓨터 기반 엔지니어링툴과 실험기법은 배터리의 성능 이해와 예측에 활용
 - 디지털 트윈스 개념은 배터리 성능 수명 안전성 양산 가능성 및 재활용 가능성 관련 연구개발에 적용

- 빅데이터 애널리틱스 기법은 디지털 트윈스에 필요한 정보 제공을, 사물 인터넷 기반 데이터 수집은 유지보수 주기 최적화에 기여
- 지속가능성 향상 및 전기자동차 배터리를 위한 재사용 애플리케이션, 중·대용량 에너지 저장 에너지 저장시스템 관련 전략주제를 선정하고, 기술개발을 위한 예산배정

[표 1-8] 전략주제5에 대한 기대효과 핵심성과 지표 및 예산

항목	내용
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> • 신뢰성 안전성 지속성이 보장된 배터리 재활용으로 저탄소 발자국 실현 및 순환 경제 구현 • 전지 재활용 애플리케이션을 통한 배터리팩 기술 경쟁력 향상과 전기자동차의 배터리 수요에 대한 대응
핵심 성과지표	<ul style="list-style-type: none"> • 2030년까지 재사용 배터리의 비중을 20% 달성 • 배터리 모든 종류의 재활용 효율성의 향상
예산	<ul style="list-style-type: none"> • 5천만 유로

[표 1-9] 전략주제6에 대한 기대효과 핵심성과 지표 및 예산

항목	내용
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> • 저비용(kWh 당 50유로 미만), 고에너지 사용 효율(70% 이상)의 조건을 만족할 수 있는 배터리 시스템은 신재생에너지원에서 확보한 에너지를 충분히 저장하여 그리드 혼잡을 막을 수 있음
핵심 성과지표	<ul style="list-style-type: none"> • 2030년까지 재사용 배터리의 비중을 20% 달성 • 배터리 모든 종류의 재활용 효율성의 향상 • 중용량 저장 설비 기준 자가방전률(SDR)은 월간 2% 이하 • 대용량 저장설비 자가방전률은 월간 0.5% 이하 • 수명 주기는 15,000회 이상 • 조정 저장 비용(levelized cost of storage, LCoS)은 10시간 이상
예산	<ul style="list-style-type: none"> • 6천만 유로

- '20-'30년까지 원자재와 순환경제를 위한 우선순위를 선정하여 지속가능한 배터리 처리 및 2차 재사용 활성화를 도모
 - 원자재 처리 과정에서의 무방류를 구현 (Zero Liquid Discharge)
 - 현재 공정 대비 흑연, 배터리, 화학 소재, pCAM(전구체) 처리 과정에서 에너지 소비를 25%까지 절감
 - 현재 공정 대비 이산화탄소 배출의 50% 감소
 - 유럽 내 원자재 및 제조업체가 생산하는 배터리의 재활용률을 25%까지 달성

[표 1-10] 전략주제1: 원자재 확보 지속가능성 및 추적가능성

기간	핵심주제
단기(~5년)	<ul style="list-style-type: none"> • EU 회원국 내 원자재 및 원자재 잔존량 예측을 위한 접근법 개발 • EU외 지역에서의 원자재 확보를 위한 지속 가능한 요구사항을 정립 • 글로벌 가치 사슬 내 책임성 있는 자원 확보와 투명성을 제고 • 원자재 추적 표기 및 디지털 원장 기술개발 및 평가
중기(5~10년)	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 가치 사슬 내 원자재 추적 및 표기 인증 체계의 구축

[표 1-11] 전략주제2: 배터리 소재의 지속가능한 추출 및 정화

기간	핵심주제
단기(~5년)	<ul style="list-style-type: none"> • 지속 가능한 리튬 가치 사슬 관련 솔루션 개발 • 현재 사용 중인 배치 처리 기법을 대체할 수 있는 전구체 처리기법을 개발 • 배터리 화학 공정 및 전구체 처리 과정에서 무방류 (케스케이드 및 증발) 실현 • 배터리 금속 리칭(leaching) 및 추출을 위한 새로운 시약을 개발 • 유럽 관점의 흑연 생산 • 배터리 생산의 수직 통합 • 공동 프로세싱 및 프로세스 통합을 위한 새로운 비즈니스 모델을 개발 • 수명 주기 분석을 포함한 환경 영향 평가와 결합된 프로세스 모델링 역량 강화
중기(5~10년)	<ul style="list-style-type: none"> • 산업 및 도심지 폐기물을 새로운 금속 및 화학 소재로 활용할 수 있는 기법 • 경제성을 갖춘 망간 발굴 기법 개발 • 석유 기반 흑연 원료 생산 대체 기법 개발 • 2차 제품 복구 기술(Secondary product recovery to attain a consensus flowsheet) • 배터리 소재 가공 및 확보 과정에서 화석 연료 대체와 신재생에너지원의 활용 • 새로운 실리콘 제품 개발(Si/C 합성 소재 비중 20%까지 확대) • 다공질 실리콘 등의 첨단 소재 개발을 통한 고 실리콘 밀도 양극 연구 (양극 밀도 이상 1200mAh/g)

[표 1-12] 전략주제3: 원자재 수명주기 평가 및 소재흐름 분석

기간	핵심주제
단기(~5년)	<ul style="list-style-type: none"> • 원자재 수명주기 정보에 대한 개방형 접근 • 배터리 친환경 표기(라벨) 개발 • 초기 설계 단계에서의 수명주기 평가 • 배터리 제조사로 하여금 원자재 탐색부터 최종 제품에 이르는 과정에서 사용된 에너지원 표기 • 배터리 소재 재료 흐름 분석 • 신뢰성 높은 원자재 수명 주기 정보 • 신뢰성 높은 재활용 수명 주기 정보 • 1개 지표에 국한되지 않는 종합적 관점에서의 지속 가능성 파악 • 1차, 2차 소재 정밀 조사 에너지 비용 환경 영향 등
중기(5~10년)	<ul style="list-style-type: none"> • 지역 단위 수명 주기 분석, 수명 주기 정보, 차세대 배터리 수명 주기 • 배터리 가치 사슬 및 개발 과정에서 사회적 수명 주기 평가(S-LCA) 기법 도입

(2) 국외 관련 제도 및 기준

(가) 미국

□ 미국은 리튬이온배터리를 중심으로 시설에 대한 화재안전기준 수립을 위하여 노력하였으며, IFC 1206, NFPA 855, FMDS 5-33 등과 같은 기준들을 개발하여 제공

○ International Fire Code

- IFC 1206, NFPA 855, FMDS 0533에서는 수계소화설비, 특히 스프링클러설비의 설치를 요구하고 있음
- IFC 1206과 NFPA 855 모두 NFPA 13의 규정에 따라 스프링클러설비를 설치할 것을 요구하며, NFPA 855와 FMDS 0533은 공통적으로 살수밀도 12.2 mm/m²을 규정하고 있음
- 수계 소화설비 요건은 NFPA 855가 가장 상세한 편으로, 스프링클러설비 외에도 수원이 설치될 것, 소화전이 설치될 것, 배터리/셀 보관실에는 물분무소화설비를 설치할 것을 요구

○ NFPA 855 Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems²¹⁾

- ESS를 설치하는 장소(옥내, 옥외, 옥상, 주차장, 모바일 등)에 따라 적용 기준을 달리함²²⁾

[표 1-13] NFPA-855 옥내 ESS 설치 기준

주요항목	주요내용	적용 여부	
		전용 건물	비전용 건물
일반사항	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ESS는 충돌을 예방할 수 있는 장소에 설치할 것 ▪ 차량 충돌 보호 장치를 설치할 것 	○	○
크기 및 이격	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 랙(그룹) 당 ESS의 최대 에너지는 50kWh ▪ 랙 간 및 벽과의 이격거리는 0.914m 이상 확보 ▪ 상기 조건은 실대규모 화재시험에 따라 완화 가능 	○	○
최대용량	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 리튬이온배터리의 최대 용량은 600kWh 이하 ▪ 위험성평가 & 실대규모 화재시험에 따라 완화 가능 	×	○
높이	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소방대의 접근이 가능한 위치에 ESS 설치 ▪ ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 관할 행정기관의 승인 필요 ▪ ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 전기실 내에 설치할 수 	○	○

21) 세계적인 화재 안전기준 제·개정기관인 NFPA(National Fire Protection Association)에서 제정

	없으며, 전기실을 지나지 않고 ESS실에 접근할 수 있어야 함		
구획	▪ ESS를 포함하고 있는 실이나 장소는 건물의 다른 구역과 2시간 이상의 내화 성능을 갖는 벽 등으로 구획할 것	N/A	○
화재감지	▪ NFPA-72에 따라 감지설비 설치	○	○
화재방호 설비	▪ 스프링클러의 살수 밀도는 방호구역(230m ² 미만)dp 12.2mm/min 이상일 것 ▪ 실대규모 화재시험에 따라 완화 가능 ▪ 실대규모 화재시험에 따라 다른 소화설비도 적용 가능	○	○
급수	▪ NFPA-855에 따라 수원이 필요한 경우 영구적인 수원 확보 ▪ 수원이 있는 경우 ESS를 위한 소화전 설치	○	○
표지판	▪ ESS 출입문 또는 인근 허가받은 장소에 표지 부착	○	○
점유 작업실	▪ ESS의 보조 장치와 같은 공간에 설치 가능 ▪ 권한이 있는 사람들만 접근할 수 있는 별도 설비실에 설치되지 않는 한 불연성, 잠금장치가 있는 캐비닛 또는 기타 인클로저에 보관되어야 함	허용 불가	○
추가방호	▪ 인증을 받은 장치 또는 방법을 통해 열폭주 방지	○	○

- 옥외에 ESS를 설치하는 경우는 먼 위치에 설치하는 경우(건물, 부지경계선, 공공도로, 가연성 물질 등으로부터 30.5m 이상 떨어진 위치)와 그렇지 않은 경우로 구분

[표 1-14] NFPA-855 옥외 ESS 설치 기준

주요항목	주요내용	적용 여부	
		먼 위치	가까운 위치
일반사항	▪ ESS는 충돌을 예방할 수 있는 장소에 설치할 것 ▪ 차량 충돌 보호 장치를 설치할 것	○	○
최대크기	▪ 공조설비나 기타 설비를 제외하고 컨테이너나 인클로저의 크기는 16.2m × 2.6m × 2.9m 이내로 하며, 이를 초과할 경우 ESS 옥내 설치 조건을 따를 것	○	○
이격거리	▪ 주차장, 공용도로, 건물, 가연물 저장소 등과 3.048m 이상 이격	N/A	○
피난로 이격	▪ 소방대의 접근이 가능한 위치에 ESS설치 ▪ ESS를 지면보다 낮은 위치에 설치하는 경우 관할 행정기관의 승인 필요 ▪ ESS를 지면보다 kw은 위치에 설치하는 경우 전기실 내에 설치할 수 없으며, 전기실을 지나지 않고 ESS실에 접근할 수 있어야 함	N/A	○
Walk-in Units	▪ ESS가 설치된 인클로저는 eSS와 보조설비의 검사, 유지 및 수리 시에만 출입 가능	○	○
초목관리	▪ 옥외 3m 이내 초목 및 가연물 정리	○	○
인클로저	▪ ESS 인클로저는 NFPA-70이 요구하는 내후성을 갖춘 불연재로 구성할 것	○	○
크기 및 이격	▪ 랙(그룹) 당 ESS의 최대 에너지는 50kWh ▪ 랙 간 및 벽과의 이격거리는 0.914m 이상 확보 ▪ 상기 조건은 실대규모 화재시험에 따라 완화 가능	×	○
최대용량	▪ 리튬이온배터리의 최대 용량은 600kWh 이하 ▪ 위험성평가 & 실대규모 화재시험에 따라 완화 가능	×	○

22) 연구개발특구진흥재단, “유망시장 이슈리포트-방화시스템”, 2021.

화재감지	▪ NFPA-72에 따라 감지설비 설치	○	○
화재방호 설비	▪ 스프링클러의 살수밀도는 방호구역(230㎡ 미만)dp 12.2mm/min 이상일 것 ▪ 실대규모 화재시험에 따라 완화 가능 ▪ 실대규모 화재시험에 따라 다른 소화설비도 적용 가능	○	○
급수	▪ NFPA-855에 따라 수원이 필요한 경우 영구적인 수원 확보 ▪ 수원이 있는 경우 ESS를 위한 소화전 설치	○	○
표지판	▪ ESS 출입문 또는 인근 허가받은 장소에 표지 부착	○	○
점유 작업실	▪ ESS의 보조 장치와 같은 공간에 설치 가능 ▪ 권한이 있는 사람들만 접근할 수 있는 별도 설비실에 설치되지 않는 한 불연성, 잠금장치가 있는 캐비닛 또는 기타 인클로저에 보관되어야 함	허용 불가	허용 불가
추가방호	▪ 인증을 받은 장치 또는 방법을 통해 열폭주 방지	○	○

○ FMDS 5-33 Electrical Energy Storage Systems

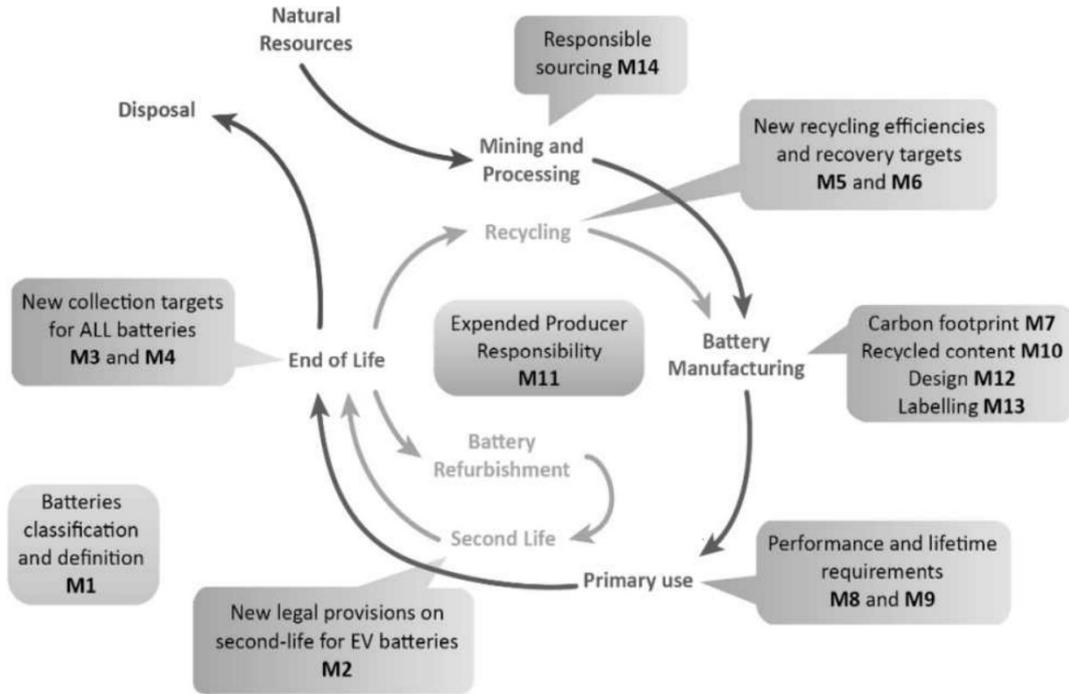
[표 1-15] FMDS 5-33 에서 제시하는 ESS 관련 주요 기준

주요항목	주요내용
조립 및 위치	<ul style="list-style-type: none"> • ESS는 주요 건물 또는 설비로부터 떨어진 실외에 설치할 것 • ESS enclosures(컨테이너 또는 이와 유사한 것) 간 이격거리는 6m 이상으로 할 것 • 6m 이상 이격할 수 없을 경우에는 ESS enclosures 사이에 1시간 정도의 내화방벽을 설치할 것 • 1시간 내화성을 갖는 바닥, 벽, 천장 등으로 구획할 것
방호	<ul style="list-style-type: none"> • 연기 감지기 및 소화기를 설치할 것 • 스프링클러를 설치하며 방호면적은 230㎡ 또는 구획실 면적 중 작은 것으로 하고, 살수 밀도는 0.3gpm/ft²(12mm/min) 이상으로 할 것
장치 및 절차	<ul style="list-style-type: none"> • 전기설비 보호: 서킷브레이커 등급 및 릴레이 세팅치 적합성을 확인하기 위한 단락 시험 수행 등 • BMS(Battery Management System) 고장 시 영향을 미칠 부품과의 자동 차단 (isolation) 기능 • 과부하 및 단락에 대한 과전류 보호장치 설치 • 과충전 및 과방전(over-discharging)에 대한 과전압 및 저전압(under-voltage) 보호 • 서지 보호기(surge arrestors) 설치 • DC 접지 오류 보호 장치 설치(DC ground fault protection for grounded battery systems)
운영 및 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> • 제조사 권장사항에 따라 설치, 운영 및 유지관리 • 커미셔닝 절차 시 모든 보호 및 모니터링 장치가 적절히 작동하는지 확인 • 장치 유지관리 • 다음 다항에 대한 온라인 상태 모니터링 실시 <ul style="list-style-type: none"> A. Charging and discharging voltage and current B. Temperature C. Internal ohmic (resistance) D. Capacity E. State of charge (SOC) F. State of health (SOH) G. Alarm or fault log • 매월 배터리 룸에 대한 육안 점검 실시(청결상태, 환경조건, 계측장치 상태 등)

	<ul style="list-style-type: none"> • 매년 모든 전기부품에 대한 적외선 검사 실시 • 노후 배터리에 대한 배터리 교체 프로그램 수립 • Emergency Power Disconnect : ESS에 대해 원격 및 수동으로 전원을 차단할 수 있는 방안 수립
교육	<ul style="list-style-type: none"> • ESS 장비 제조/공급자에 의해 교육 및 훈련을 받은 직원을 둘 것
인적요소	<ul style="list-style-type: none"> • 정리정돈(ESS enclosures 내 가연물 보관 금지) • 비상대응계획 수립

(나) EU

□ EU는 2022~2023년에 시행될 ‘새로운 배터리 규정(New Batteries Regulation)’ 을 통해 재활용 및 재사용 비율을 높이는 방안을 준비 중²³⁾



[그림 1-7] 유럽연합의 새로운 배터리 관련 규제 프레임워크

- 배터리 가치사슬에서 재활용원료 비율 강화, 라벨링, 배터리 수거 탄소발자국, 공급망 실사를 포함한 지속가능성 기준을 도입하고자 함
 - 수명이 다한 배터리는 재활용 또는 재사용하여 귀중한 원료를 경제에 다시 공급해야 함
- EU 시장에 출시된 모든 배터리(산업용, 자동차/전기자동차용, 휴대용)는 '24년부터 탄소발자국(상품을 생산하고 소비하는 전체 과정에서 발생하는 이산화탄소 총량)을 공개해야 함
- 현재 리튬이온 배터리 회수율은 50%로, 회수율 목표를 2025년부터 65%로, 2030년에는 70%로 상향 조정

* EU는 ‘배터리 지침(Batteries Directive(2006, 2013년 개정)’ 을 통해 2016년까지 시장에 투입된 배터리 물량의 45%를 회수하는 목표를 설정

23) 한국무역협회, “전기차 배터리 재활용 산업 동향 및 시사점 : 중국 사례 중심으로” , 2022.

- 전기차 각 배터리에 ‘배터리 여권(battery passport)*’ 을 만들어 폐 배터리 재사용이 용이하도록 지원할 계획
 - 배터리 여권: 공급 및 가치 사슬의 모든 이해 관계자가 배터리에 대한 정보와 이력을 공유하여 안전성을 극대화하고, 수명 주기 동안 배터리 사용을 최적화하며 수명이 다한 시점에서 책임 있는 재활용이 보장될 수 있도록 하는 기술 플랫폼

(다) 독일

- 독일 경제부는 유럽 최초로 배터리의 내용물과 탄소 발자국을 추적하는 배터리 여권을 개발할 예정²⁴⁾
 - 독일 정부가 추진하는 배터리 여권은 독일정부로부터 820만 유로(109억 원)를 지원받은 자동차 업체와 배터리 생산업체 등 11개 협력사가 컨소시엄을 구성해서 추진할 예정
 - 컨소시엄은 배터리 관련 데이터를 수집하고 공통으로 적용할 수 있도록 분류와 표준을 이미 개발한 상태

(라) 기타

- 독일, 프랑스, 이탈리아 등 기타 여러 국가에서는 리튬이온배터리 생산자 책임 재활용 제도 규정을 자체 개발하고 적용 중
 - (독일, BattG-2) EV에 전력을 공급하는 데 사용되는 모든 배터리의 수거, 처리 및 재활용이 생산자가 부담해야 함을 명시
 - (프랑스) 프랑스 역시 유사한 정책 프레임워크를 가지고 생산자가 LIB 폐기물의 수집, 처리 및 재활용 비용을 부담하도록 요구
 - (이탈리아) 생산자가 폐기 배터리 수집, 처리 및 재활용을 조직하고 자금을 조달하고 매년 국내 시장에 출시되는 배터리 및 축전지의 유형

24) IMPACT ON, “ ‘배터리 여권’ 을 주도하려는 독일, 먼저 움직인다” , 2022. 04. 26.

및 수와 함께 제거 및 폐기에 사용되는 방법을 등록하도록 하였음

□ 기타 해외 각 기준에서는 연기감지기의 설치를 요구하고 있으며, 구체적인 요구사항은 없고 IFC section 907.2, NFPA 727), FMDS 0548 등 기존의 자동화재탐지설비 기준을 적용할 것을 규정하고 있음²⁵⁾

○ IEC 62933-5-28)에서는 화재 감지 시스템, 청각 경보 및 시각 신호를 이용하는 화재경보기를 설치할 것을 요구하고 있으며, 수신기에 신호 위치를 전송할 것, 연동되는 소화설비의 작동 개시 등이 규정되어 있음

[표 1-16] 에너지저장장치의 설치 및 유지관리에 대한 해외 기술기준 주요 내용

항목	IFC 1206	NFPA 855	FMDS 0533	IEC 62933-5-2
수계 소화설비	스프링클러설비 NFPA 13 준수	스프링클러 설비 12.2mm/min	스프링클러 설비 12.2mm/min	-
대체(가스계) 소화설비	물 반응성 배터리의 경우 설치 가능	화재 시험결과에 따라 설치 가능	-	-
연기 및 화재감지	배터리에 연기 감지기 설치	ESS가 설치된 건물 모든 지역에 연기 감지기 설치	실내/외함에 연기 감지기 설치	화재감지기 화재경보 수신기 감시
OFF가스	리튬이온 배터리의 경우 대책을 요구하지 않음	폭연배출, 폭발 방지장치 필요 가스가 LFL의 25% 미만으로 제한될 경우 불필요	-	인화성가스 감지 설비 필요 환기설비 필요
방화구획	2시간/1시간(용도 별 차등)	2시간(비전용 건물에 설치된 경우만)	1시간	시간규정 없음 (격리될 것만 규정)

25) 화재보험협회, “ESS 화재 발생 현황과 화재대응기준 개발 방향”

나. 국내 정책동향분석

(1) 국내 상위계획 및 사업

(가) 신정부 120대 국정과제 및 주요 R&D 예산 투자상²⁶⁾²⁷⁾

□ 경제체질 선진화를 위해 에너지 안보를 확립하고 에너지 신산업 및 신 시장 창출 지원 예정

- 에너지 수요관리 혁신과 함께 재생에너지, 수소 등 다양한 에너지원의 확대를 통해 에너지 자급률 제고 및 산업·일자리 창출의 기회로 활용
- 전력시장·요금 및 규제 거버넌스의 독립성·전문성을 강화하고 경쟁과 시장원칙에 기반한 전력시장 구축
 - 안정적 전력공급을 뒷받침하는 미래형 전력망 구축
 - 에너지 취약계층 필수전력 지원 확대
- 도전적 탄소중립 목표에 따른 에너지 전환 달성을 위해 다양한 에너지 지원 간의 균형 확립
- 에너지 안보 기반 위에 태양광, 풍력, 수소, 수요관리 등 에너지 신산업 창출 효과 목표

26) “윤석열정부 120대 국정과제”, 2022.07.

27) 국가과학기술자문회의, “2023년도 국가연구개발사업 예산 배분조정”, 2022. 06. 28.

국민께 드리는 약속	4. 경제체질을 선진화하여 혁신성장의 디딤돌을 놓겠습니다	5. 핵심전략산업 육성으로 경제 재도약을 견인하겠습니다	6. 중소기업이 경제의 중심에 서는 나라를 만들겠습니다	7. 디지털 전환의 혁신금융 시스템을 마련하겠습니다	8. 하늘·땅· 바다를 잇는 성장인프라를 구축하겠습니다
	<ul style="list-style-type: none"> 규제시스템 혁신을 통한 경제활력 제고 성장지향형 산업전략 추진 역동적 혁신성장을 위한 금융·세제 지원 강화 가시경제 안정과 대내외 리스크 관리 강화 산업경쟁력과 공급망을 강화하는 新산업통상전략 에너지안보 확립 및 에너지 新산업·新시장 창출 수요자 지향 산업기술 R&D 혁신 및 지식재산 보호 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 제조업 등 주력산업 고도로 일자리 창출 기반 마련 반도체·배터리 등 미래전략산업 초격차 확보 바이오·디지털 헬스 글로벌 중심국가 도약 신성장동력 확보를 위한 서비스 경제 전환 촉진 글로벌 미디어 강국 실현 모빌리티 시대 본격 개막 및 국토교통산업의 미래 전략산업화 	<ul style="list-style-type: none"> 공정한 경쟁을 통한 시장경제 활성화 공정거래 법집행 개선을 통한 피해구제 강화 중소기업 정책을 민간주도 혁신성장 관점에서 재설계 예비 창업부터 글로벌 유·관·망까지 연결형 벤처생태계 구현 불공정거래 기술탈취 근절 및 대중소기업 동반성장 확산 	<ul style="list-style-type: none"> 미래 금융을 위한 디지털 금융혁신 디지털 자산 인프라 및 규율체계 구축 자본시장 혁신과 투자자 신뢰 제고로 모험자본 활성화 금융소비자 보호 및 권익향상 	<ul style="list-style-type: none"> 국토공간의 효율적 성장전략 지원 빠르고 편리한 교통 혁신 세계를 선도하는 해상교통물류 체계 구축 해양영토 수호 및 지속가능한 해양 관리
국 정 과 제 (26개)					

[그림 1-8] 신정부 분야별 국정목표

□ 중점투자분야 중 하나로 ‘2050 탄소중립’ 분야를 선정하였으며, NDC 및 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 온실가스 감축효과가 크고 산업계 신속 적용·확산이 필요한 핵심기술에 중점 투자할 예정임

○ (에너지 유통·저장) 신재생에너지 확대에 따른 전력계통의 안정성·유연성 확보 및 에너지 저장(ESS) 기술의 효율성·안전성 제고 지속 지원

- 전력네트워크: ’22년 1,239억원 → ’23년 1,339억원(9.7% 증가)

(나) 2030 이차전지산업(K-Battery) 발전전략('21)

□ 이차전지 산업의 급성장이 예상됨에 따라 국내 이차전지 산업의 한계를 극복하고 이차전지 선도국으로 도약하기 위한 전략 마련



[그림 1-9] 2030 이차전지산업(K-Battery) 발전전략 비전 및 추진전략

□ 재사용 배터리 활용 관련역량 확보를 위한 전략으로 인력양성, 시장활성화 제도 및 인프라 지원 등을 제시

- 수준 높은 연구·설계인력에 대한 산업계 수요증가에 따라 대학이 참여하는 석박사급 인력 양성 3배 확대(50→150명)
 - 사용후 이차전지(재활용·재사용) 전문인력 양성사업 신규 추진(50명) 예정
- 사용후 이차전지 시장 활성화를 위해 회수체계 등 제도를 마련하고, 산업화 센터 등을 통해 제품화 지원



[그림 1-10] 사용후 이차전지 2nd life 절차

- (회수체계 마련) 전국 4개 권역*에 거점수거센터를 구축하고, 사용후 이차전지 운송, 보관 등에 관한 기준 마련(' 21년, 환경부)
 - ※ 수도권(시흥), 영남권(대구), 호남권(정읍), 충청권(홍성)
- 전기차 폐차시 발생하는 사용후 이차전지 지자체 반납의무가 폐지(' 21년)됨에 따라 민간에서 재사용·산업화 할 수 있도록 제도 마련검토
 - ※ 예시) 사용후 배터리 성능 평가·재사용 의무 등 규정 마련 검토

(다) 규제개선·지원을 통한 순환경제 활성화 방안('22)

□ 규제혁신 및 제도정비, 인센티브 마련을 통해 순환경제 산업 생태계를 육성하고, 신규 투자를 촉진하여 탄소중립에 기여하고자 하였음

○ 환경규제 강화, ESG 경영 등에 따라 순환경제 산업이 부상하며 순환경제의 유망 분야 중 하나로 배터리에 주목하고 있으며, 특히, 전기차 확산에 따라 사용 후 배터리 시장이 확대되고 있음

○ 국내 관련 산업 경쟁력이 우수한 것으로 파악되나, 아직 초기단계로 규제개선·지원 등이 필요함에 따라 관계부처에서 순환경제 활성화를 위한 방안을 마련

- 산업계에서는 주요 기업에서 투자 검토·추진중이며, 우리나라 전기차·배터리 산업은 경쟁력을 보유하고 있으나, 운반·보관·유통 과정에서 각종 폐기물규제가 적용되며, 사용후 배터리 재사용·재활용을 위한 제도·인센티브가 미비한 실정



[그림 1-11] 규제개선·지원을 통한 순환경제 활성화 기본 방안

□ 초기 단계인 전기차 사용후 배터리 산업 활성화를 위해 규제 개선·제도 정비 및 지원 확대·기반확충을 추진할 예정

○ 전기차 사용후 배터리에 대한 폐기물 규제 면제

- 자원순환기본법 개정을 통해 순환자원 선(先) 인정제도를 도입*하고, 전기차 사용후 배터리를 순환자원 선 인정 대상으로 고시**하여 각종 폐기물규제 면제²⁸⁾

* (현재) “사업장” 단위(’21년 213개소)로 사전 승인받은 용도·방식에 한해 순환자원으로 인정 → (개선) 일정 “품목”에 대해 신청없이도 순환자원으로 先지정

** 순환이용의 용도·방법·기준 등은 산업부·국토부 등 관계부처 협의를 거쳐 고시

- 선 인정제도 도입 이전에도 폐기물 규제 면제가 용이하도록 현행 사업장 단위 신청에 따른 순환자원 인정기준 완화²⁹⁾(11개→4개)

○ 사용후 배터리 재사용을 위한 안전검사제도 마련 및 검사부담 완화

- ESS 등 제조 시 부품으로 활용되는 재사용 전지의 안전검사제도 마련³⁰⁾

※ 현재 사용후 배터리가 ESS·파워뱅크 등에 재사용되고 있으나 해당 재사용전지에 대한 안전기준이 부재하여 국표원에서 규제특례를 통한 예비안전기준을 마련(’21.2.)

※ 검사부담 완화를 위해 재사용 전지 제조업자의 자가검사도 허용*하고, S/W 검사 기법 도입으로 검사시간 단축**(~ ’22, 산업부)

* 검사자격 보유 제조업자의 경우 전문검사기관 활용없이 업체가 직접 검사 허용

** (현행) 40시간(모듈단위 검사) ~ 8시간(팩단위 검사) → 30분(S/W 검사 도입시)

○ 전기차 배터리의 독자유통 기반 마련

- 전기차 배터리의 임대-재사용 활성화를 위해 배터리가 전기차와 별개로 독자 유통될 수 있는 기반 마련

※ 전기차 등록 시 배터리를 별도로 등록·관리하는 체계 마련(자동차관리법 개정³¹⁾, ~’22, 국토부)

28) 자원순환기본법 개정(~ ’22)·고시제정(~ ’23上), 환경부

29) 자원순환기본법 시행령 개정안 입법예고중, ’22.8월-, 환경부

30) 전기생활용품안전법 개정(~ ’22) 및 안전기준을 하위법령에 반영(~ ’23), 산업부

31) 배터리 식별번호 관리체계 관련 연구용역(’22년, 국토부) 후, 이를 바탕으로 자동차관리법(’22.8월 발의) 및 하위법령 개정안 발의 및 관리시스템 구축 추진

○ 배터리 소유기 이력관리체계 구축 및 정보공유방안 마련

- 사용후 배터리 재사용·재활용시 해당 배터리에 대한 정확한 정보가 제공될 수 있도록 전기차 배터리 전주기 이력관리 체계를 구축하고, 업계 의견 수렴 및 관계부처 협의를 통해 구체적인 DB 구축방안 및 운영 법적근거 마련(~ '23), '24년 본격 구축·운영 추진(산업부·국토부·환경부) 예정

※ 전기차배터리 제작-등록-운행·탈거-재사용·재활용 등 전주기에 걸쳐 발생하는 이력정보를 축적하는 공공 DB 구축(산업부·국토부·환경부)

※ 배터리 제작(산업부), 등록·운행·탈거(국토부), 재활용(환경부), 재제조·재사용(산업부) 등 DB를 연계하여 통합 운영이 가능하도록 설계

< 이력정보 공공 DB 구축(안) >

- ▶ (제작) 배터리 제조사가 모델별 구성, 원자재 산지, 용량, 전압, 예상수명 등을 등록
- ▶ (등록) 자동차 등록시 별도 등록되는 배터리 정보를 DB와 연계
- ▶ (운행/탈거) 자동차 **운행시 정기검사**(1~2년 단위) 및 **폐차시 배터리 성능검사** 제도를 마련하고, **검사결과**는 DB에 등록(데이터 구축을 위한 R&D('23~'26년))
- ▶ (재사용·재활용) **재사용·재활용 사업자가 배터리 이력변경 관련 정보 등록**

※ DB에 축적된 정보 일부는 산업계·보험사 등에 공개할 예정이며, 정보 개방범위·방식은 업계 논의를 통해 결정

※ 사용후 배터리 진단·검사, 재사용제품(ESS 등) 제조 등에 활용할 수 있도록 배터리 내부제어시스템 정보 공유방안 마련(산업부·국토부·환경부, '22~) 예정

○ 민간 중심으로 사용후 배터리 통합관리체계를 구축을 위해 업계안을 바탕으로 전문가·이해관계자 검토 및 관계부처 협의를 거쳐 정부안을 확정하고 법제화 검토 예정

- 전기차 사용후 배터리 산업 활성화를 위해 민간 중심으로 통합관리체계 구축 방안 마련(~'23)

※ 업계 중심의 ' (가칭)배터리 얼라이언스 '를 출범('22.下내), 다음 원칙下 사용후 배터리 통합관리체계·지원방안 등에 대한 업계 초안 마련('23.上목표)

< 전기차 사용후 배터리 통합관리체계 구축 원칙 >

- ① 사용후 배터리 관련업계가 사용후 배터리 발생 이후 회수·유통·활용(재제조/재사용/재활용)에 대한 주도적 의사결정을 할 수 있는 구조 마련
- ② 사용후 배터리는 가급적 부가가치가 높은 재제조 및 재사용에 우선 활용하고, 이외 배터리들도 100% 재활용될 수 있는 '완결적 순환체계(closed-loop)' 지향
- ③ 배터리 고유 산업·공급망 특성을 고려한 관리체계 구축

○ 사용후 배터리 진단·평가 기술 고도화, 재제조·재사용·재활용 기술 개발 등을 위한 R&D 지원('22~, 산업부·환경부·국토부)

- ▶ (사용후 배터리 잔존가치·안전성 평가기술: 산업부) 배터리 안전진단시스템 개발('21~'24, 41억원), 실주행 기반 데이터플랫폼 개발('22~'24, 35억원)
- ▶ (고효율·친환경 재활용: 산업부) 중대형 페리튬이차전지 재활용기술 및 이차전지원료화 기술개발('20~'24, 154억원), 재생자원의 저탄소 산업원료화 기술개발('22~'26, 286억원) 등
- ▶ (사용후 배터리 재제조: 산업부) 저탄소·고부가전극 재제조 혁신기술개발('22~'26, 240억원)
- ▶ (재활용기술 개발: 환경부) 폐배터리 안전사고 대비체계 구축('22~'24, 31억원), 해체·파쇄 스마트화('22~'24, 41억원), 이차전지 함유 소형 폐전자제품 해체선별('22~'24, 33억원)

○ 신제품·기술 실증·상용화 지원을 위해 자원순환 클러스터, 사용후 이차전지 산업화 센터 등 확충 예정

- 사용후 배터리 재활용 기술개발·실증, 창업·교육 등을 지원하는 사용후 배터리 자원순환 클러스터 조성('22~'25, 포항, 환경부)

- ESS 등 재사용제품 개발 및 대규모 실증·상용화 지원을 위한 사용후 이차전지 산업화 센터 확충('22~'24, 산업부)

※ 현재 제주·나주('19.11월) 센터 운영중 → 울산(~'22년)·진천(~'24년) 센터 추가 조성

○ 사용후 배터리 친환경성 평가·인증 강화를 위해 전기차 배터리 전주기 탄소배출량 산정에 필요한 기초정보 DB를 확충하고, 평가기법 개발(~'23, 산업부·국토부·환경부)예정

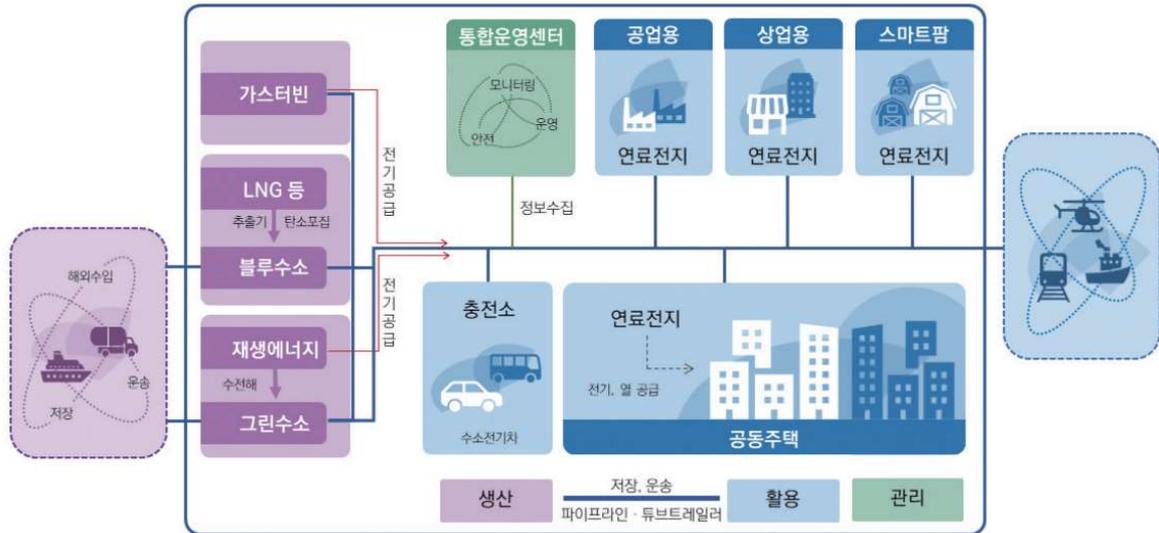
- 신제품 대비 탄소배출량이 적은 배터리 재제조·재활용을 촉진하고, 국내 기업의 강점기술(전고체 배터리 등)을 최대한 반영하여 국제기준·표준으로 선제 제안

(라) 제5차 국토종합계획

- 국토교통부는 국토·도시계획에 탄소중립 요소를 강화하여 5차 국토종합계획을 수정하고, 탄소중립 도시, 수소도시, 스마트그린산단 조성을 추진하고 있음
 - 건물·수송·에너지·흡수원·자원순환 등 도시 수준의 종합적 탄소중립 실현을 위해 도시의 탄소배출·흡수량을 진단하고, 탄소중립도시 전환 및 확산 지원을 추진하고 있음
 - 제로에너지 건축 의무화에 앞서 단지 단위로 시범 확산한 제로에너지 타운 조성을 추진하고 있음
 - 주거·산업·교통 등에 사용되는 에너지를 수소로 전환한 수소도시, 에너지자립, 저탄소 물류 등을 지향하는 스마트그린산단을 조성하고 있음
- 탄소중립 도시, 수소도시, 스마트그린산단에서 탄소중립 요소는 재생에너지 활용 확대 및 에너지 자립을 위한 에너지 저장·관리 등을 통해 이행되고 있음
 - 탄소중립을 위해 저탄소 분산형 에너지를 확산하며, 재생에너지 산업 생태계를 육성하는 ‘그린에너지’ 사업을 통해 태양광·풍력 설비를 대폭 확대할 계획임³²⁾
 - 수소도시는 재생에너지, 수전해를 활용한 그린수소 사용을 확대하는 도시의 기능을 갖고 있으며, 재생에너지의 간헐성 해소를 위해 수소기반의 장주기 에너지 저장시설과, 배터리 기반의 단주기 에너지 저장시설을 함께 구축함
 - 국토교통부의 ‘국토교통 2050 탄소중립 추진전략(안)’에 따르면 국토·도시 공간 중심으로 다양한 온실가스 감축수단이 종합되어야 하며, ‘수소도시조성 및 확산’은 이를 위한 주요 실천수단으로 제시하고 있음³³⁾

32) 대한민국 2050 탄소중립 전략, 2020.

33) 국내·외 수소도시 정책동향과 시사점, 국토연구원, 2021. 12.



[그림 1-12] 수소도시 구성

[표 1-17] 수소도시 개념

생산	· 신재생에너지, 수전해를 활용한 그린수소 사용 확대
저장·이송	· 튜브트레일러 활용, 파이프라인(배관망)을 설치, 도시 내·도시 간 대용량 저장·이송
활용	· 주거용 전기, 난방 에너지 등 공급, 충전소·수소차 등 수소기반 교통체계 구축

- 탄소중립 및 혁신 성장형 산업으로 스마트그린 산업단지를 조성하기 위해 대규모 재생에너지 공급 및 에너지저장시설 등을 활용하여 에너지 효율성을 제고하는 방향을 제시하고 있음³⁴⁾

[표 1-18] 스마트그린 산업단지 개념



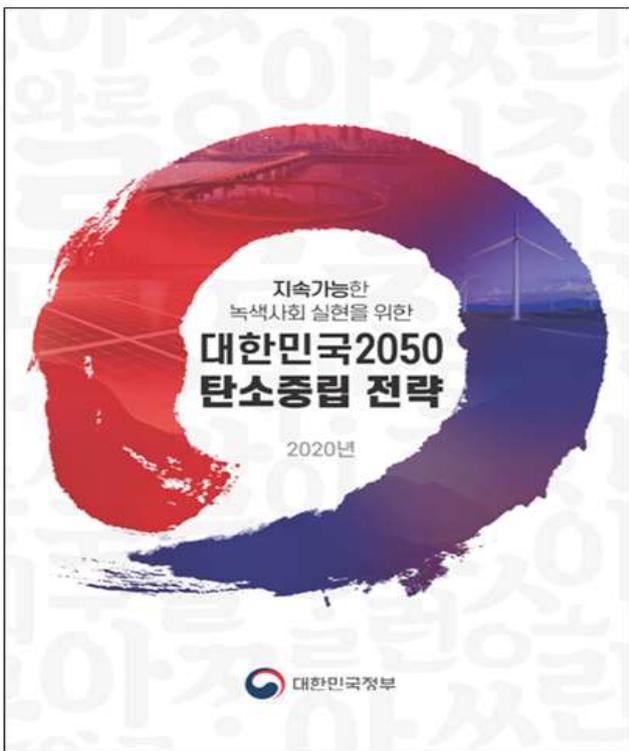
34) 스마트그린 산업단지 추진전략, 관계부처 합동, 2021. 4.

(마) 국토교통 2050 탄소중립 로드맵

□ 탄소중립추진전략에 따라 부문별 로드맵 수립계획이 발표되었으며, 국민의 생활터전이 되는 국토·도시, 건물, 교통 등의 분야에서 탄소중립 이행이 요구되고 있음³⁵⁾

○ 국가 온실가스 총배출량의 약 7%를 차지('17 기준, 간접 배출량 포함 시 24%)하는 건물부문은 건물 에너지 사용 최소화, 에너지 효율 극대화, 저탄소 에너지원 공급을 통해 비용 효과적으로 감축이 이루어져야 함

- 건물 부문의 경우, 직접 배출량은 2017년 기준 1990년보다 25% 감소하였지만, 간접 배출량은 1990년보다 약 8.8배 증가
- 건물 부문의 에너지 효율 개선을 위해 2020년부터 연 면적 1,000㎡ 이상인 공공건축물을 시작으로 2030년에는 연 면적 500㎡ 이상인 모든 공공·민간 건물까지 제로에너지건축물의 단계적 의무화가 이뤄질 예정
- 제로에너지건물의 보편화를 통해 에너지 자급자족의 실현과 에너지 비용의 감소 및 주거환경 개선 기대



별첨	'2050 탄소중립'의 미래상		
	현재 모습 (As-Is)	미래 모습 (To-Be)	기대효과
비전			<ul style="list-style-type: none"> ● 산업경쟁력 강화를 통한 경제성장 ● 국민 삶의 질 제고
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 화석연료 기반 에너지 생산 - 석탄·LNG 발전 비중 약 66% (19) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 신재생·동·친환경 기반 에너지 생산 - 신재생에너지+CCUS 기술 등 활용 	<ul style="list-style-type: none"> ● 친환경·정정에너지 중심 전력체계 전환 ● 친환경에너지 생산국 - 에너지 자립도 향상
에너지	[에너지 탄소중립 핵심전략] (214분기)		
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 탄소 집약적 산업구조 - 탄소 배출량 100% (19) (100.4 (100.5) (100.37) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 신규양산업 확산 ● 친환경·산업구조조편 - 2차전지, 바이오 등 저탄소 확산업 부상 	<ul style="list-style-type: none"> ● 글로벌 환경규제 적용 - 산업경쟁력 강화 ● 탄소중립 글로벌 핵심시장 선점
산업	[탄소중립 산업 대전환 추진전략] (214분기) [전통 중소기업 저탄소경영 지원방안] (214분기)		
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 내연기관 중심 수송체계 - 전차량 중 친환경차 등록비율 2.87% (20) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 친환경차 중심 생태계 조성 - 친환경차 글로벌 시장 점유율 1위 	<ul style="list-style-type: none"> ● 친환경 미래차 산업 글로벌 경쟁력 강화 ● 소재 부품·장비 등 전후방산업 동반성장
수송	[수송부문 미래차 전환전략] (214분기)		
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 에너지 다소비 건물 중심 - 15년 이상 노후 건축물은 전체 건축물의 74% (18) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 에너지 자급형 그린빌딩 확대 - 공공·민간 건물 100% 친환경·저지 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ● 제로에너지 건물 보편화 - 에너지 비용 ↓ 주거환경 ↑ ● 건물의 에너지 자급자족 실현
건물	[건물부문 2050 탄소중립 로드맵] (214분기)		

[그림 1-13] '2050 탄소중립 전략'에 따른 에너지 및 건물 부문 미래상과 기대효과

* 출처: 대한민국 2050 탄소중립 전략(대한민국정부), 2050 탄소중립 추진전략(관계부처 합동)

35) 국토교통 2050 탄소중립 로드맵, 국토교통부, 2021. 12.

(바) 스마트시티 국가시범도시 서비스로드맵 1.0('19)

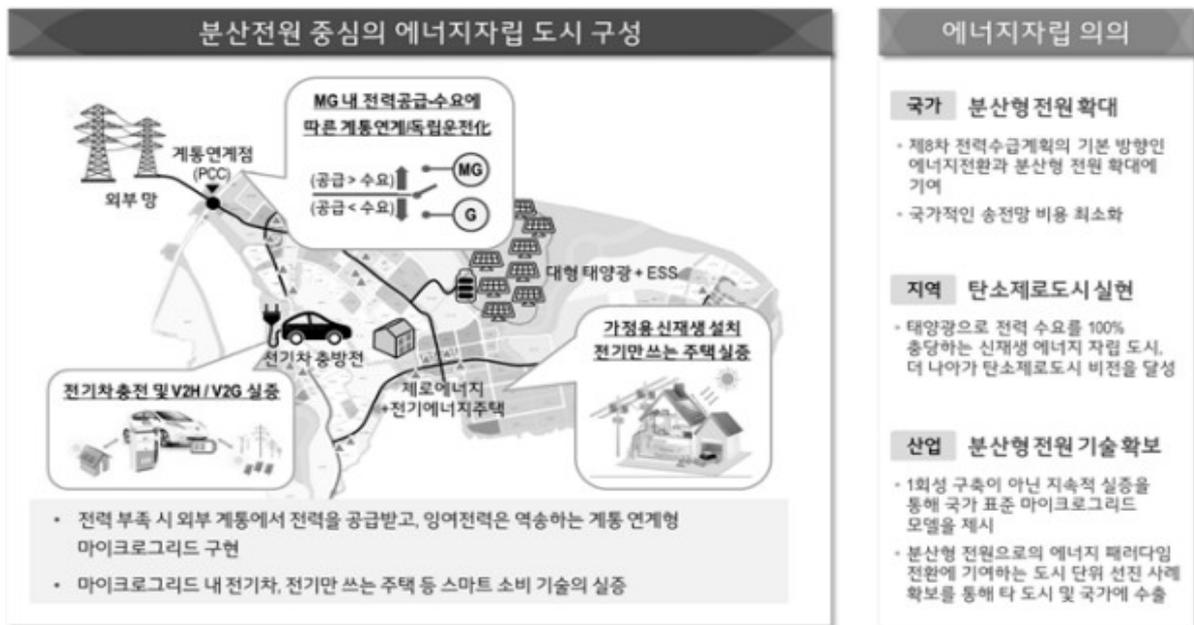
□ 국토부는 국가시범도시 시행계획('18.12)을 발표하고, 제시된 혁신요소의 도입을 위해 목표·계획·예산·기술요소 등 검토하고 추진계획을 명확화

○ 스마트 에너지 부문을 주요 추진 부문 중 하나로 채택하여 세종과 부산에서 실증하는 전략계획 수립

- 세종 생활권은 인공지능(AI)·데이터·블록체인 기반으로 시민의 일상을 바꾸는 스마트시티 조성을 목표로, 모빌리티·헬스케어·에너지 등 7대 서비스* 구현에 최적화된 공간계획 마련³⁶⁾

* ①모빌리티, ②헬스케어, ③교육, ④에너지·환경, ⑤거버넌스, ⑥문화·쇼핑, ⑦일자리

※ 에너지자립과 전력망 투자회피편익 극대화를 위해 주택, 상업용 건물, 도시 내 가용부지 등에 분산전원(태양광, 연료전지 등) 확산



[그림 1-14] 세종 에너지자립 시범도시 구성도

* 관계부처 합동 보도자료, “혁신의 플랫폼, 함께 만드는 스마트시티”, 2019.02.13

- 부산 에코델타시티(EDC)는 에너지공유 커뮤니티 실현을 위한 에너지플랫폼 기술개발 및 실증을 목적으로 2019년부터 ‘저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발사업(R&D)’ 을 총사업비 약 374억원 규모로 진행 중³⁷⁾

36) 관계부처 합동 보도자료, “혁신의 플랫폼, 함께 만드는 스마트시티”, 2019.02.13.

37) kharn 저널, “김태오 국토교통부 녹색건축과장 인터뷰”, 2022.05.08.

- ※ 에너지자립률 달성을 위해 태양광, 지열, ESS, 축열조 등과 관련한 최신 기술이 적용됐으며 커뮤니티 전체의 에너지활용률을 높이고자 에너지공유 및 거래가 가능한 플랫폼을 적용해 운영
- ※ 에너지저장·공유시스템 적용 및 실증을 통해 현재 화재 우려로 도입을 꺼리는 ESS(Energy Storage System)의 안전한 운영방식과 활용도를 제고하고 관련 제도개선에 필요한 점 도출
- 부산 에너지플랫폼 기술개발 및 실증 R&D 외, EDC보다 규모가 큰 지구단위 및 도시단위 제로에너지 개념확장을 위한 시범사업(성남북정지구, 수원당수지구 등)을 진행 중

(사) 스마트그린산단 실행 전략('20)

□ 한국판 뉴딜 10대 대표과제에는 스마트그린산단이 포함되어있으며, 산업부에서는 스마트그린산단 실행 전략을 발표하였음³⁸⁾

- 스마트그린산단 실행 전략 중 저탄소·고효율의 에너지혁신 전략으로서 전력망 과잉투자 방지를 위해 전력 자가생산 활성화를 위해 ESS 병행을 검토
 - 산단 내 대규모 자가용에 대한 RPS 의무부여 및 다소비 사업장에 비상전원용 연료전지·ESS 의무화 병행 검토
 - ※ (경남 창원 국가산단) 에너지 자립 실행계획의 일환으로 ESS를 도입
 - ※ (인천 남동 국가산단) 에너지 자립 실행계획으로 연료전지발전소와 ESS 구축을 추진
 - ※ (경북 구미 국가산단) LG화학배터리를 활용한 ESS의 DC그리드 실증으로 에너지 효율화 도모
 - ※ (대구 성서 일반산단) 분산전원/ESS 구축을 통한 전기절감 및 부하관리 추진
 - ※ (광주 첨단 국가산단) ESS클라우드 도입, VPP*(Virtual Power Plant) 사업실증 등 RE100 이행을 위한 인증시스템 구축 추진

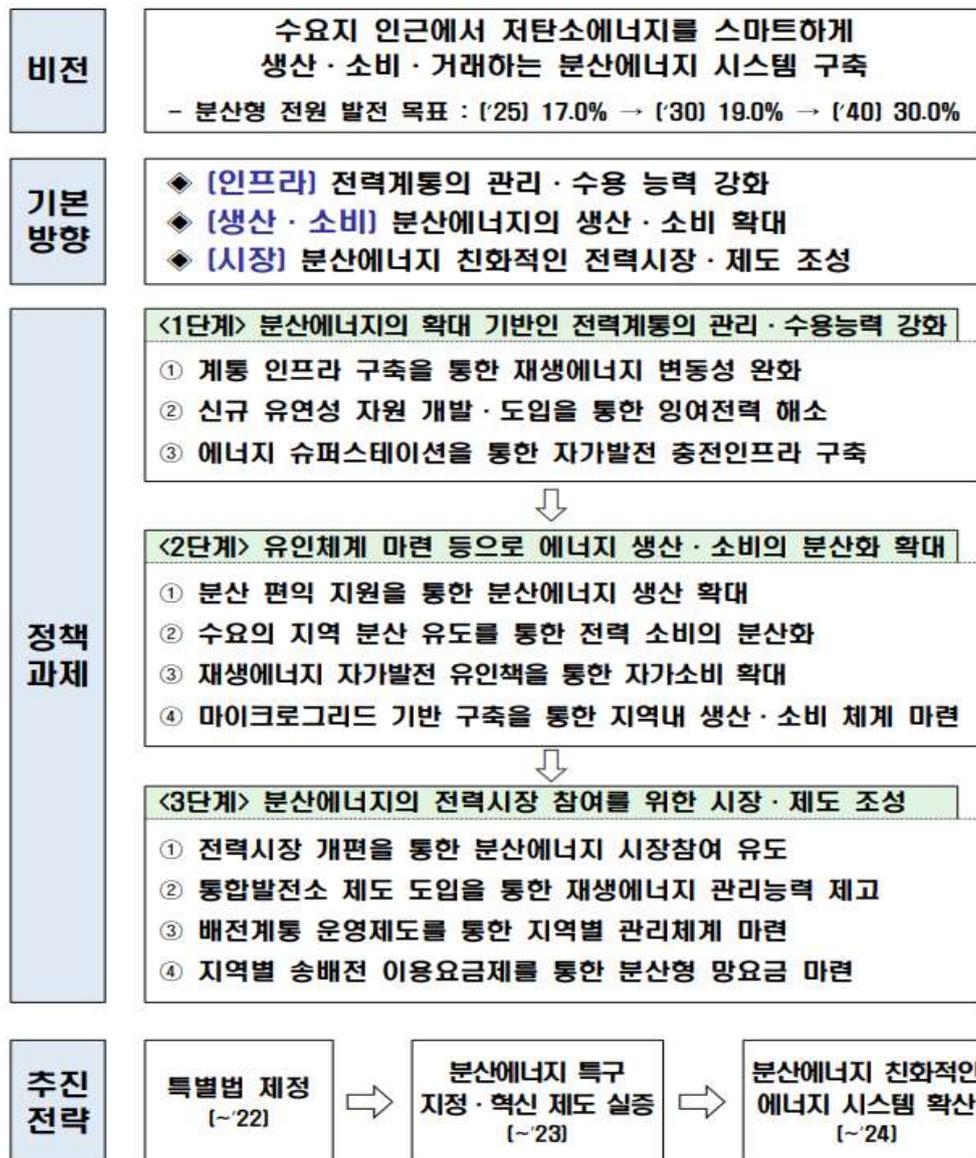
* 신재생에너지 전기를 가정과 기업ESS에 저장, 한 개 발전소처럼 관리

38) 산업통상자원부, “스마트그린산단 실행 전략” 2020.

(아) 분산에너지 활성화 추진전략('21)

□ 산업부는 분산에너지 활성화 추진전략을 통해 재생에너지 변동성을 완화할 수 있는 백업설비 인프라 필요성을 제시하며 ESS 구축을 추진³⁹⁾

- ESS는 속응성이 높아 즉각적인 동작이 가능함에 따라 재생에너지 출력변동성 완화에 필요
- 현재 재생에너지 확대에 따른 계통불안정성 대응을 위해 계통 안정화와 변동성 대응, 재생에너지 수용성 증대를 위해 계통불안이 가시화되는 지역에 공공주도 ESS 필요



[그림 1-15] 분산에너지 활성화전략 추진방향

39) 산업총상자원부, “분산에너지 활성화 추진전략”, 2021.

- (재생에너지 변동성 완화 추진방안) 계통불안이 가시화되는 지역에 공공주도로 ESS 구축
 - (계통안정화) 제주 지역에 재생에너지 150MW 추가 수용이 가능한 계통안정화 ESS 23MWh 구축 추진('21년, 393억원)
 - (변동성 대응) 재생에너지의 변동성 대응을 위해 예비력 확보 차원의 빠른 동작형(1분 이내) 백업설비 1,265MWh 구축(' 22~' 23년, 1조 1,202억원)
 - ※ 신남원변전소 등 예비력 확보가 긴요한 지역의 변전소 12개소에 설치
 - (재생에너지 수용 증대) 공용 송전망 과부하 지역에 ESS 500MWh를 설치하여 재생에너지 계통 수용능력 확보('23~' 25년, 3,100억원)
 - ※ 재생에너지 집중지역인 신안 등에 설치, 재생에너지 출력에 따른 송전망 과부하 해소



[그림 1-16] ESS 구축 추진전략

- (분산에너지 생산 확대 추진방안) 지역난방 집단에너지, 재생에너지 연계 ESS의 분산편익 지원
 - 재생에너지 연계형 ESS 계통안정화 편익 지원
 - ※ (지원대상) 재생에너지 발전량 예측제도 또는 재생에너지 입찰제도에 참여하는 재생에너지 연계형 ESS (태양광, 풍력 한정)
 - ※ (지원방식) 설치규모, 계통안정화 기여도 등을 종합 고려
 - ※ (예시) 재생에너지 발전량 예측·입찰제도 참여율, 미국 등 주요 시장내 ESS 기여도등을 고려, 보조서비스 시장 개설 전까지 한시적으로 편익 지원

(2) 국내 법·제도 및 기준

(가) 개요

- 국토부 사업추진근거를 검토하기 위해 선행연구 분석 및 전문가 회의를 거쳐 동 사업 범위 내 역할을 수행하는 부처를 조사하였음
 - 배터리 제조부터 재활용까지의 생애주기를 분석한 결과 관련부처는 국토부, 환경부, 산업부 세 부처가 각 생애주기마다 서로 다른 업무를 담당하고 있음을 확인
 - 배터리 제조부터 자동차 내부에 배터리가 내장되어있을 때까지 배터리에 대한 관리는 국토부가 수행
 - 배터리 수명이 다해 배터리를 분리하였을 때는 폐기물로 간주되어 환경부가 관련 업무를 수행
 - 배터리를 분해하여 내부 부속품들을 추출 또는 재조합하여 새로운 제품으로 활용하는 것에 대해서는 산업부가 관련 업무를 수행
 - ESS 설치를 위해 설계부터 설치까지 과정 분석 결과 국토부와 산업부의 허가와 역할 수행이 필요하다는 점을 확인
 - 건물 및 설비 설계, 도시구역 내 설치, 유지관리 등 역할은 국토부에서 관련 역할을 담당
 - 전기 및 에너지 사업 수행은 산업부에서 관련 업무를 수행

(나) 부처 법령검토

□ 관계 부처별 명확한 역할 범위와 규정 등을 파악하기 위해 국토부, 환경부, 산업부의 관련 법령을 검토

- 법령을 중심으로 유관 시행령, 세부기준 등을 함께 조사하여, 각 법령에서 명시하고 있는 범위와 연계성, 우선 적용 대상 등을 파악

① 국토교통부

□ 도시 대용량 에너지 저장 인프라 기술의 범위를 확인하고 구축 시 필요한 허가 등에 대해 분석하기 위해 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 건축법, 지하안전관리 특별법 등 관련 법률을 검토

- 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서는 제1장 총칙에서 도시·군 관리계획에 대한 역할을 국토부에서 수행하여야 함을 확인할 수 있음

- 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조1항4에 따르면 도시·군 관리계획에 관한 개발·정비 및 보전을 위하여 수립하는 토지 이용, 교통, 환경, 경관, 안전, 산업, 정보통신, 보건, 복지, 안보, 문화 등에 관한 기반시설의 설치·정비 또는 개량에 관한 계획을 포함

※ 기반시설이라 함은 ㉠유통업무설비, 수도·전기·가스공급설비, 방송·통신시설, 공동구 등 유통·공급시설을 포함하는 시설임

- 제56조(개발행위의 허가)에서 건축물의 건축 또는 공작물 설치를 하려는 자는 특별시장, 광역시장, 특별자치시장, 특별자치도지사, 시장 또는 군수의 허가를 받아야 하는 것으로 규정

- 해당 법령에 따르면 동 사업의 적용 장소로서 도시에 적용될 대용량 ESS의 현장 설치 관련 허가 등은 국토부의 역할이라는 점을 파악할 수 있음

- 「건축법」에서 또한 제1장 총칙을 통해 동 사업의 대상물이 되는 대용량 에너지 시설이 건축물로 인정되는 발전시설에 포함된다는 점과, 이에 따라 관련 기준, 용도, 안전 등 유관업무 수행 필요성을 확인하였음

- 「건축법」은 대지·구조·설비 기준 및 용도 등을 정하여 건축물의 안전·기능 등을 향상하는 것을 목적으로 함

- 「건축법」 제2조1항4에서의 건축물에 설치하는 전기설비를 건축설비에 포함하고 있으며, 제2조2항25에서는 발전시설(집단 에너지 공급시설 포함)을 건축물로 인정
- 제52조의2의1항은 건축물의 실내건축은 방화에 지장이 없고 사용자의 안전에 문제가 없는 구조 및 재료로 시공해야 함을 명시
- 제52조의2의2항에서는 실내건축의 구조·시공방법 등에 관한 기준을 국토교통부령으로 정할 수 있음을 명시
 - ※ 대통령령으로 정한 건축물에는 제1종 근린생활시설이 포함되며, 변전소, 에너지 공급시설 등은 제1종 근린생활시설에 해당하나 ESS는 아직 기반시설로써 지정되지 않음
 - ※ 제53조에 따르면 건축물에 설치하는 지하층의 구조 및 설비 역시 국토교통부령으로 정하는 기준에 맞게 설치해야 함
- 동 법령에 따르면 대용량 에너지 저장시설은 건축물로서의 지위를 가질 수 있으며, 건축물이 설치될 대지 선정, 건축물 내 설비, 유지관리 등의 업무는 국토부의 역할이라고 할 수 있음
- 「지하안전관리에 관한 특별법」 제2장 지하안전관리 기본계획의 수립 등, 제3장 지하개발의 안전관리에서 도시개발, 에너지 사업 등 지하개발에 대한 사업을 국토부에서 수행한다는 점을 확인
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」 제13조1항에 따르면 국토교통부장관은 대통령령으로 정하는 기관 또는 단체와 협약을 체결하여 지하안전에 관한 기술 및 기준에 관한 연구·개발사업을 추진할 수 있음
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」에서 지하 20미터 이상 굴착이 필요한 도시의 개발사업(제14조1항의1), 에너지 개발사업(제14조1항의3) 등은 지하안전평가를 실시해야 함
 - 동 법령을 통해 대용량 ESS가 건물 지하 등에 설치될 경우 국토부의 허가 및 안전평가를 거쳐 사업이 추진되어야 함을 확인할 수 있음

② 산업통상자원부

□ 대용량 에너지 저장 인프라 사업 수행을 위해 집단에너지사업법, 전기사업법, 전기생활용품안전법 등 산업통상자원부의 관련 법령을 분석

- 「집단에너지사업법」 제1장 총칙과 제2장 집단에너지공급의 관련 법령을 확인하였으며, 집단에너지시설의 설치·운영 및 안전에 관한 계획 운영에 대한 역할이 산업부 소관임을 확인하였음
 - 「집단에너지사업법」 제3조와 5조에서는 주택, 택지 산단 등 집단에너지 공급 타당성을 바탕으로 기본계획을 수립하고 공고해야 함을 명시하고 있음
 - ※ 「집단에너지사업법」은 집단에너지공급을 확대하고, 집단에너지사업을 합리적으로 운영하며, 집단에너지시설의 설치·운영 및 안전에 관한 사항을 정하여 기후변화에 대응하고 에너지절약과 국민생활의 편익증진에 이바지함을 목적으로 함
 - ※ 제21조에 따르면 산업통상자원부장관은 집단에너지시설의 설치 및 운영에 필요한 기술기준을 고시하여야 하며, 이에 따라 「집단에너지시설의 기술기준」이 고시되어있음
 - 동 법령에 따르면, 집단에너지시설의 설치·운영 및 안전에 관한 계획 등 운영은 산업부의 소관이지만 「집단에너지시설의 기술기준」에 폐배터리를 이용한 대용량 ESS에 대한 기술기준이 고시된 바는 없음
 - 한편, 집단에너지시설의 설치·운영 및 안전 등에 관련된 역할은 산업부가 수행할 수 있으나, 국토부의 「건축법」 역시 집단 에너지 공급시설에 필요한 유사 역할에 대한 영역을 명시하고 있으므로, 대용량 ESS 관련 기술기준이 부재한 현재, 국토부에서 해당 시설에 적용할 수 있는 기준 마련의 타당성이 있다고 간주할 수 있음
- 「전기사업법」에서는 제7장 전기설비의 안전관리를 확인하였으며, 해당 장에서는 원활한 전기공급 및 전기설비의 안전관리를 위하여 필요한 기술기준 수립이 산업부 소관임을 명시하고 있음
 - 「전기사업법」 제67조에서는 원활한 전기공급 및 전기설비의 안전관리를 위해 필요한 기술기준을 정해 고시해야 함을 명시

- ※ 「전기사업법」 제67조에 따라 도출된 「전기설비기술기준」 제53조3에서는 전기 저장장치는 사용 목적에 따라 전기를 안정적으로 저장·공급할 수 있도록 적절한 보호 및 제어장치를 갖추고 폭발의 우려가 없도록 시설하도록 하며, 전기저장 장치 화재에 대한 위해 방지를 명시
- ※ 전기안전공사에서는 「전기설비기술기준」에 대해 화재 확산 방지 내용을 포함하여 개정 준비 중
- 동 법령에 따라 「전기설비기술기준」이 제시되었으며, 해당 기술기준에는 전기공급설비 및 전기사용설비에 대한 상세 기술기준이 명시되어 있고 일부 세부 부품에 대한 기준은 산업부 기준에 준하여 적용할 수 있을 것으로 판단됨
- 그러나, ESS는 화재안전이 가장 큰 이슈로 대두되고 있으며, 동 기술기준에서 현재 폐배터리를 이용한 대용량 ESS 화재 안전에 대한 특별 기준 등에 대한 내용은 부재한 상황임
- ※ 건물에 적용할 수 있는 설비 기준으로서 건물 화재안전 관리를 위한 특수 조치, 특수 건축물에 대한 조치 등을 국토부에서 제안해볼 수 있을 것으로 판단됨
- 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」이 개정되어 2023년부터 전기차 배터리 재사용 관련 규정이 시행될 예정
 - 제2조(정의)에서 “안전성 검사”, “안전성 검사기관”, “안전성검사대상 전기용품” 등을 새로 정의함으로써 재사용전기용품에 대한 개념을 신설

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2022. 10. 18.>
 9의2. “안전성검사”란 제34조의2제1항에 따라 산업통상자원부장관이 지정한 기관(이하 “안전성검사기관”이라 한다)의 검사를 거쳐 안전기준에 적합한 것임을 확인하는 것을 말한다.
 15의2. “안전성검사대상전기용품”이란 구조 또는 사용 방법 등으로 인하여 화재·감전 등의 위해가 발생할 우려가 있는 **재사용전기용품(사용된 전기용품을 재사용 목적으로 제조한 것을 말한다)**으로서 안전성검사기관의 안전성검사를 통하여 그 위해를 방지할 수 있다고 인정되어 산업통상자원부령으로 정하는 것을 말한다.

- ※ 재사용전지 안전성검사 제도가 도입되어 제6장의2 부분이 신설되었고 ① 재사용 전지 제조업자의 안전성검사 의무, ② 안전성검사기관의 재사용전지 안전성검사 표시 의무, ③ 안전성검사표시가 없는 재사용전지의 판매·사용 등 금지, ④ 안전성검사기관의 지정, ⑤ 사용후 전지 정보의 공유·활용, ⑥ 재사용전지 제조업자의 손해배상책임 등을 규정

③ 환경부

□ 재사용 배터리의 회수·보관 등 연계를 위해 대기환경보전법, 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 등 환경부 관련 법령을 분석

- 「대기환경보전법」 제58조는 전기자동차 구매 시 보조금과 지원에 관한 사항과 보조금을 지원받은 자동차의 소유주가 지켜야 할 의무 이행기간 설정, 등록 말소 시 배터리 반납에 대해 규정하고 있음
 - 「대기환경보전법」 제58조제5항에 따라 「전기자동차 배터리 반납 등에 관한 고시」가 도출되었고, 동 고시에서는 배터리 반납, 보관, 분리처분에 관한 사항을 명시
 - 동 법령과 고시에서는 차체에서 배터리를 분리한 후 처분까지의 역할이 환경부 소관임을 명시하고 있으나, 용도에 따른 배터리 분류 기준 등에 대해서는 아직 규정된 바가 없으므로, 동 연구개발사업을 통해 대용량 ESS 설치에 적합한 배터리 기준 제안이 필요할 것으로 보임
- 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」 제20조의4에서는 전기자동차 폐배터리 등의 회수·보관·재활용을 위한 미래폐자원 거점수거센터를 설립하여 회수·보관·재활용, 성능평가 및 매각, 재활용 촉진을 위한 통계조사 및 연구개발업무 등을 수행할 수 있음을 명시
 - 동 법령의 시행령 제26조 별표7에 따라 「전기자동차 폐배터리의 분리·보관방법에 관한 세부규정」이 도출되었으며, 동 규정에 배터리의 분리 방법과 보관 방법 등 관한 상세내용이 명시되어 있음
 - 동 규정에서 역시 용도에 따른 배터리 분류 기준 등에 대해서 규정된 바가 없으므로, 연구개발을 통해 대용량 ESS 설치에 적합한 배터리 기준 제안이 필요
- 또한 전기자동차 「폐배터리의 분리·보관방법에 관한 세부규정」을 통해 자동차해체재활용업자가 전기자동차 폐배터리를 분리 및 보관하면서 준수하여야 하는 세부사항을 명시
 - 전기자동차 배터리의 분리기준, 분리방법, 폐배터리의 보관방법 등 사항을 규정

(다) 제도/규정/가이드라인

① 표준/사업화 관련 기준

- 한국전지산업협회는 배터리 에너지저장장치용 리튬이차전지-단전지 및 전지시스템 안전성시험(KBIA-10104-01), 배터리에너지저장장치용 리튬이차전지-단전지 및 전지시스템 성능시험(KBIA-10104-02) 표준을 제시
 - 고정형 또는 이동형에 관한 배터리에너지저장장치용을 다루며 배터리에너지저장장치의 전기에너지저장용으로 사용되는 리튬이차전지 단전지 및 전지시스템의 성능 시험방법 및 요구사항에 대한 표준 시험절차와 조건을 제공



한국전지산업협회
2015년 9월 16일 개정
<http://www.batteryenergy.org>

한국전지산업협회
2015년 09월 16일 개정
<http://www.batteryenergy.org>

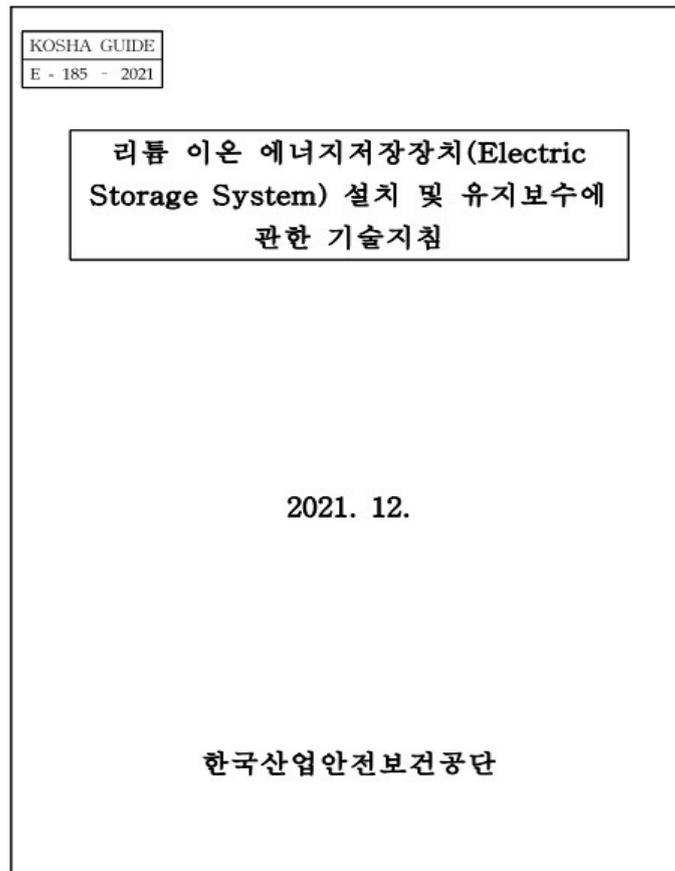
[그림 1-17] 한국전지산업협회 제공 표준

- 기술지침으로는 한국산업안전보건공단에서 리튬 이온 에너지저장장치 (Electric Storage System) 설치 및 유지보수에 관한 기술지침을 발간하였음⁴⁰⁾
 - 본 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제244조 방화조치에 따라

40) 한국산업안전보건공단, “리튬 이온 에너지저장장치(Electric Storage System) 설치 및 유지보수에관한 기술지침”, 2021. 12.

화학 공장등의 산업시설 내에서 에너지저장장치가 있는 시설의 설치와 설치 후 에너지저장시설에서 발생 가능한 화재 위험성을 제거하기 위해 발간되었음

- 구체적으로, 고압 전기 자체 위험성 외 배터리 화재 사고 예방 및 해당 설비의 피해 최소화와 인접 설비에 영향을 주지않기 위한 설계 및 유지보수에 대한 기술지침을 제시



[그림 1-18] ESS 설치 및 유지보수에 관한 운영지침

- 본 지침은 배터리를 기반으로 하는 저장 시스템(Battery energy storage system, BESS)에 관한 것으로 이하 ‘에너지 저장장치’ 혹은 ‘ESS’ 는 모두 BESS를 의미하며, 리튬 이온을 사용하는 에너지 저장장치(Energy storage system, ESS)의 설계, 운전, 방호, 검사, 설비보존 등에 적용
- 에너지 저장장치는 옥외에 단독, 독립건축물 또는 기존 건축물의 부속실에 설치할 수 있고 에너지저장장치는 배터리, 배터리충전시설, 배터

리 관리시스템, 온도 조절 장치와 관련 부속설비를 모두 포함

※ 단, 본 지침은 리튬 이온 배터리로 구성되었지만, 용량은 20kWh, 72MJ 미만인 시설과 90일 이상 일정 지역에서 고정적으로 설치되지 않는 이동식 ESS 전기저장시설에는 적용하지 않음

※ 또한 비리튬 이온관련배터리, 배터리 충전시설, 배터리 관리시스템, 온도 조절장치와 관련 부속설비도 포함하지 않음

□ 현재 공공기관의 ESS에 대해서는 「공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정」에 의거하여 한국에너지공단에서 “공공기관 에너지저장장치(ESS)설치 가이드라인” 을 두고 있음

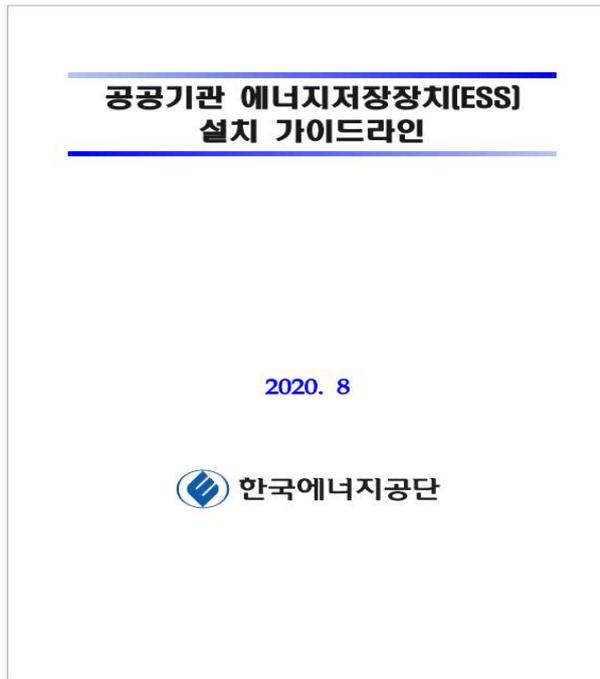
○ 동 가이드라인은 공공기관을 대상으로 ESS 설치 의무화에 따른 법령의 적용을 위한 해석과 적용대상, ESS설치를 위한 실무사항 등을 제공하기 위해 마련되었음

○ 가이드라인은 ESS에 대한 일반적인 사항, 설치를 위한 기술요건, 조달절차 등에 대한 제반 사항과 공공기관의 ESS 설치를 위한 사업공고에 참고할 수 있는 ESS 구매 기술 규격(예시)으로 구성되어 있음

- ESS 일반사항, 규정 해석, 설비 구축 방안, 조달절차, 예상질의 등

○ 동 가이드라인은 필요에 따라 수정·활용이 가능하며, 공공기관 이외에도 자유로이 활용할 수 있어, 현재 ESS설치에 대한 기준이 되고 있음

○ 도시의 에너지 저장시설로 도시입지별 사용 패턴과 대용량의 에너지 저장 인프라의 환경 및 요구조건을 고려할 때의 기술적 측면에서 충분한 검토가 되었는지 기존 가이드라인과 기준을 활용하더라도 문제가 되지 않는지 검토할 계획임



목 차	
I. 가이드라인 개요	1
가. 배경	1
나. 가이드라인 구성	1
다. 가이드라인 활용	1
II. 에너지저장장치(ESS) 개요	2
가. ESS의 이해	2
나. 설치목적	3
다. 기대효과	3
[참고] ESS 관련표준	4
III. 법령의 해석	5
가. 적용대상	5
나. 적용기한	7
IV. ESS 설비구축을 위한 기술규격	8
가. ESS 설비	8
나. PMS/EMS 설비 구축	14
다. PCS 설계조건	17
라. 배터리 설계조건	19
V. 공공기관 ESS 조달에 관한 사항 안내	21
가. 조달절차	21
나. 조달 참가 자격	21
다. 기타사항	22
VI. Q&A	23
별첨1. 구매 기술규격 [예시]	34

[그림 1-19] 공공기관 에너지저장장치(ESS)설치가이드라인의 내용 구성

② 안전관리기준

- 산업통상자원부는 「ESS 안전관리 강화대책('19.6.11)」 수립 이후 시행과정 중에 5건의 ESS 화재가 발생함에 따라, 조사단은 화재사고를 조사하고 조사결과 및 평가를 토대로 「ESS 추가 안전대책」을 마련하여 추진⁴¹⁾

41) 보도자료, “국민안전을 최우선으로 하는 「ESS 추가 안전대책」 시행”

✓ 「ESS 안전관리 강화대책」 수립 ('19.6.11~)

❖ ESS 설비 안전관리 제도개선

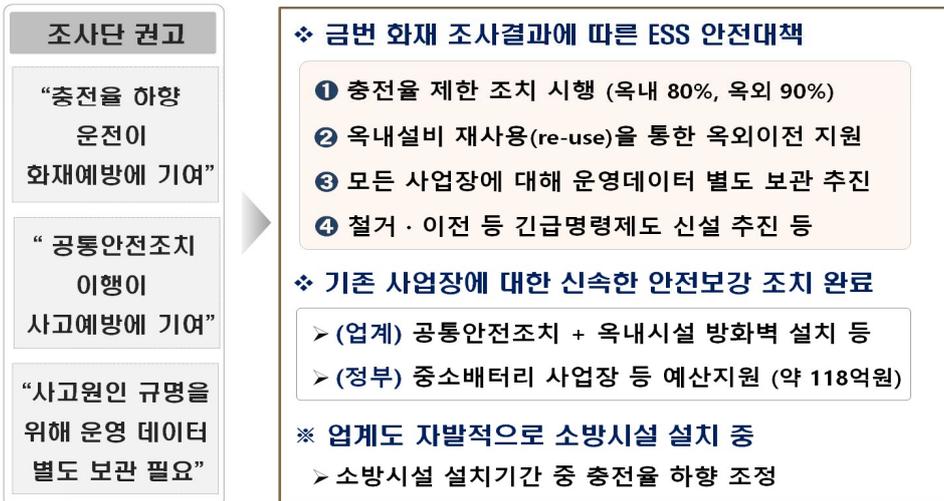
- (제조) 세계 최초 ESS 전체 시스템에 대한 KS표준 제정 ('19.5월)
배터리 및 전력변환장치(PCS)에 대한 KC인증 강화 등 ('19.10월)
- (설치) 옥내설치 엄격제한 등 강화된 설치기준을 전기설비기술기준 반영 ('19.11월)
- (운영) 정기검사 주기 단축(4년 → 1~2년), 공조설비 임의 개보수 방지 등
제도개선 추진 중 (~'20.3월, 전기사업법령 개정)
- (소방) ESS에 특화된 소방시설 설치 의무화 추진 중 (~'20.6월, 소방청)

❖ 기존 사업장 안전 보강조치

- (조사업장) 모든 사업장에 대해 4대 공통안전조치 이행
* ① 전기적보호장치 설치, ② 운영환경 관리, ③ 비상정지장치 설치, ④ 배터리 과충전 방지
- (옥내시설) 방화벽 설치 등 안전보강 조치 이행



✓ 5건 추가 화재 → 「ESS 추가 안전대책」 수립 ('20.2~)



[그림 1-20] ESS 추가 안전대책 개요

- 신규 ESS 설비는 설치장소에 따라 충전율을 80% 또는 90%로 제한하고, 기존설비는 충전율 하향을 권고하며, 재생에너지 연계용 ESS 운영기준 및 요금특례 제도를 개편
 - 신규 설비 중 일반인이 출입 가능한 건물 내 설치되는 ‘옥내 ESS설비’의 충전율은 80%로, 일반인이 출입하지 않는 별도 전용건물 내 설치되는 ‘옥외 ESS설비’의 충전율은 90%로 제한
- ※ 기존 ESS 설비에 대해서는 신규 설비와 동일한 충전율로 하향토록 권고
- 정부는 업계와 협력하여 일반인이 출입 가능한 건물 내에 소재하고 있는 ‘옥내 ESS설비’의 안전성 확보를 위해 공통안전조치, 소방시설

설치 및 방화벽 설치 등 안전조치를 추진하고 있지만 상기 안전조치 이행이 어렵거나 사업주 등이 옥외 이전을 희망하는 옥내 ESS 설비의 경우에는 옥외 이전을 추진하고, 정부가 지원

- 「ESS 안전관리 강화대책」('19.6.11) 이후 설치되는 ESS에 대해서는 운영 데이터 별도 보관조치를 의무화하였고, 그 이전에 설치된 ESS 설비에 대해서도 금번 조사단의 평가에 따라 운영 데이터 별도 보관(블랙박스 설치)을 권고할 계획
- ESS 설비의 화재가 발생할 우려가 현저한 경우 긴급점검을 실시하고, 그 결과 인명 및 재산피해 우려가 현저하다고 인정되는 경우에는 철거·이전 등 긴급명령이 가능하도록 제도를 정비할 계획
 - ESS설비의 법정점검 결과 등 안전관리에 관한 정보를 공개하는 정보공개 제도를 신설하고, 국가 R&D(' 19.6~' 21.11월)를 통해 산지·해안가, 도심형, 옥내 모델 등 입지별 특성을 고려한 표준설치모델을 개발·보급
 - ※ 위와 같은 입지별 표준설치 모델을 설치기준에 반영하여 ESS 설치 단계부터 입지 유형별 맞춤형 관리를 추진할 계획
- 현재 진행중인 안전조치를 신속하게 완료하고 중소기업의 부담 완화를 위한 지원 추진
 - 중소기업 부담완화를 위한 정부 지원을 통해 공통안전조치를 추진
 - ※ 공통안전조치: ①전기적 보호장치, ②비상정지장치 및 관리자 통보시스템 구축, ③온도·습도 등 운영환경 관리, ④배터리 만충 후 추가충전 금지
 - 전기안전공사의 60개 사업소별로 전담인력(60명)을 배치하여 공통안전조치의 이행을 지원·점검
 - 정부는 중소기업이 생산한 배터리를 활용하는 ESS 설비에 대해서는 공통안전조치 비용의 일부를 지원
 - '옥내 ESS설비' 는 시설별 특성에 따라 공통안전조치 외에 방화벽 설치 등 시설 보강조치를 추진 중이며, 옥내 ESS 설비의 소유자가 중소기업인 경우 방화벽 등의 설치비용의 일부를 지원

- ' 20년 상반기 중 ESS에 특화된 소방시설 설치 의무화를 추진하며, 중소기업이 생산한 배터리를 활용한 ESS 설비에 대해 소방시설 설치비용의 일부를 지원
- ESS 운영제도를 개편하고 효과적 활용을 통한 활성화 방안 추진
 - 현재 ESS 운영기준은 모든 ESS가 같은 시간대에 충전하고 방전토록 규정하고 있음
 - ※ 예시) 태양광 ESS : 10시 ~ 16시 충전, 이외 시간에 방전
 - 향후에는 계통별 혼잡 상황, 날씨 등에 따라 달라지는 재생에너지 발전량, 전력수요 등을 고려해 ESS 충·방전 시간 등을 유연하게 조정할 수 있도록 보완할 계획
 - 피크저감용 ESS는 전력피크 저감 효과를 보다 높이도록, ESS 할인 특례 개선방안을 검토할 계획
 - ESS 유지보수(O&M) 전문역량 강화, 이차전지 효과적 재사용·재활용, 화재 취약성을 개선한 고성능 이차전지 개발 등 시행방안을 마련하여 추진

[추가안전조치 가이드라인]⁴²⁾

1. 방화구획

- 화재시 화염이 일정구역 밖으로 확산되지 않도록 ESS실을 내화구조로 된 바닥, 벽, 천장 및 갑종방화문으로 구획

2. 내화구조물

- ESS실에서 외부로 화재확산을 방지하기 위해 방화구획에 준하는 내화구조물(방화벽 등)로 보강 및 갑종방화문 설치

3. 방화문

- (갑종방화문) KS F 2268-1 내화시험결과 비차열 1시간 이상

4. 자동소화설비

- 고체에어로졸 자동소화장치 권고량 약 220g/m³ 및 분말자동소화장치 권고량 약 160g/m³
- 방재시험연구원, 소방산업기술원 등 국가공인시험기관에서 ESS 모듈(또는 랙) 단위에서 시험성적서*를 득한 소화설비(자동소화장치)

* 배터리 내부 발화 등의 조건에서 화재 진압(소화) 가능 여부를 시험하여야 하며, 가안전조치 위원회에서 시험 조건 및 방법 검토 후 이행 확인 여부를 통보

42) 산업통상자원부, “에너지저장장치(ESS) 추가안전조치 이행 확인 공고”, 2021. 03. 05.

□ 산업통상자원부는 사용후 배터리의 ESS 활용을 위한 배터리 성능·안전성 검사기준 제도를 시행 예정

- 산업통상자원부 국가기술표준원에서 추진 중인 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 일부개정법률이 국무회의에서 의결됨에 따라 '23년 10월부터 사용후 배터리를 폐기하지 않고 ESS 등에서 재사용할 수 있도록 하기 위한 안전성 검사 제도 시행 예정
- 소프트웨어 검사방법 개발 등으로 검사시간 단축 및 비용 완화 등 사용후 배터리 관련 업계 부담 완화를 위한 고도화된 검사기법을 도입한 안전기준 시행 예정
- 안전기준에는 사용후 배터리 팩을 모듈 단위로 분해하여 검사하는 방법뿐만 아니라, 모듈 단위로 분해하지 않고 팩 단위로 검사하는 방법과 별도의 검사장비를 통해 배터리 팩의 배터리 관리 시스템(Battery Management System, BMS) 내 소프트웨어를 활용하여 배터리 팩을 검사하는 방법을 포함함
- 제도 시행에 따라 지정된 안전성 검사기관은 배터리 팩 단위 검사 및 소프트웨어 검사방법을 통한 검사 시 BMS 내 이력정보 확인 및 배터리 충·방전 검사를 위해 배터리 팩의 스위치(Relay)를 On/Off 할 수 있는 별도 검사 방법 마련 필요

□ 이 외 ESS 관련 안전관리기준으로는 해외 NFPA의 안전기준을 기반으로 화재보험협회에서 제정한 KFS-412가 있음⁴³⁾

- KFS 해외 선진 안전기준을 참고하여 국내 여건에 맞게 만든 민간 기준으로, 의무기준은 아님

[표 1-19] KFS-412와 NFPA-855의 ESS관련 안전관리기준의 주요 내용 비교

주요 내용	KFS-412	NFPA-855	전기설비기술기준 판단기준
기준 적용대상	20kWh ↑	○	○
최대 용량	600kWh ↓	○	○
용량 적용 제외	전용건물 내 설치	옥내 전용건물 내 또는 옥외 면 위치 설치	전용건물 내 설치

43) 연구개발특구진흥재단, “유망시장 이슈리포트-방화시스템”, 2021.

랙 및 벽체 간 이격거리	0.9m 이상	○	1m 이상
위치	공공소방대 사다리를 이용하여 접근가능	○	○ (지상 22m/지하 9m)
이격거리 등 제한 완화요건	실대규모 화재시험	실대규모 화재시험 & 위험성 평가	전용건물 내 설치
방화구획	1시간	2시간	1시간
스프링클러 살수밀도	12.2LPM/m ² ↑ (실대규모 화재시험을 통해 변경 가능)	○	별도 화재안전기준 제정 준비 중
가스계/포소화 설비	유효성이 입증된 경우 인정 (실대규모화재시험)	○	별도 화재안전기준 제정 준비 중
충돌보호	차량 충돌보호조치	○	○
이격	도로, 위험물 등과 3m 이상 이격	○	○
컨테이너 재질	불연성의 금속류&방수	○	-

③ 기타 제도/기준개선 현황

□ 재사용 배터리 ESS 재제조 시 검사 단계에서의 경제성 확보를 위해 BMS 프로토콜 정보 공유에 대한 합의 도출

- BMS 프로토콜 정보가 부재하면 배터리 팩을 분해하여야 성능에 대한 평가가 가능
 - 국토부에서 '17년 자동차관리법 시행규칙에 범용 고장 진단 데이터 프로토콜 정보 제공을 강제하였으나, 준수기업 부재
 - '22년 현대와 기아 등 국내 완성차 업체들은 자동차관리법에 따라 시행되는 검사 이후 배터리 진단 항목을 전기차 소유자에게 제공하기로 교통안전공단과 합의
 - 원활한 공유 시 완성차 업체들은 배터리관리시스템(BMS)을 통해 축적한 데이터를 공단과 공유하여 진단한 배터리 정보를 공단이 전기차 차주에 고지하게 됨

※ 전기차 차주에게 고지되는 정보는 배터리 제원*과 성능, 안전 점검 결과** 등임

* 배터리 타입과 용량, 전압이 표시되고 배터리 성능 정보에는 배터리 총 동작시간과 누적 충·방전량, 충전 상태, 열화 상태, 급속 충전 횟수 등 포함

** 고전압 부품 절연과 배터리 셀 간 전압편차, 모듈 온도 등 포함

□ 산업부에서는 전기차 등에서 나오는 사용후 전지를 폐기하지 않고 에너지저장장치 등에서 재사용할 수 있도록 하는 법적 근거를 마련하고 '23년 10월부터 시행할 예정⁴⁴⁾

○ 국가기술표준원은 '22년 9월 국회를 통과한 '전기용품 및 생활용품안전관리법' 일부개정법률 공포안이 국무회의에서 의결되었음을 발표

- 개정 법률안에는 안전성 검사 의무, 안전성 검사 표시, 안전성 검사기관 지정·사후관리, 사용후 전지 관련 정보 공유 요청 근거, 안전성 검사기관의 책임보험가입 의무화 등 사용후전지에 대한 안전성 검사 제도의 법적 근거가 포함될 예정

○ 국가기술표준원은 제도 시행에 따른 해당 기관의 검사업무가 원활히 수행될 수 있도록 안전성 검사기관 지정 기준, 지정 추진과 동시에 소프트웨어 검사방법 개발 등으로 검사시간 단축·비용 완화 등 업계의 부담을 완화할 수 있도록 예비안전기준보다 고도화된 검사기법을 도입한 안전기준을 마련할 예정

□ 사용후 배터리 ESS 재제조 시 검사 단계에서의 경제성 확보를 위해 BMS 프로토콜 정보 공유에 대한 합의 도출

○ BMS 프로토콜 정보가 부재하면 배터리 팩을 분해하여야 성능에 대한 평가가 가능

- 국토부에서 '17년 자동차관리법 시행규칙에 범용 고장 진단 데이터 프로토콜 정보 제공을 강제하였으나, 준수기업 부재

- '22년 현대와 기아 등 국내 완성차 업체들은 자동차관리법에 따라 시행되는 검사 이후 배터리 진단 항목을 전기차 소유자에게 제공하기로 교통안전공단과 합의

- 원활한 공유 시 완성차 업체들은 배터리관리시스템(BMS)을 통해 축적한 데이터를 공단과 공유하여 진단한 배터리 정보를 공단이 전기차 차주에 고지하게 됨

※ 전기차 차주에게 고지되는 정보는 배터리 제원과 성능, 안전 점검 결과 등임

44) 서울파이낸스, "내년 10월 사용후 배터리 ESS로 활용... 개정안 국무회의 의결", 2022. 10. 11.

* 배터리 타입과 용량, 전압이 표시되고 배터리 성능 정보에는 배터리 총 동작시간과 누적 충·방전량, 충전 상태, 열화 상태, 급속 충전 횟수 등 포함

* 고전압 부품 절연과 배터리 셀 간 전압편차, 모듈 온도 등 포함

□ 산업부에서는 전기차 등에서 나오는 사용후 전지를 폐기하지 않고 에너지저장장치 등에서 재사용할 수 있도록 하는 법적 근거를 마련하고 '23년 10월부터 시행할 예정⁴⁵⁾

- 국가기술표준원은 '22년 9월 국회를 통과한 ‘전기용품 및 생활용품안전관리법’ 일부개정법률 공포안이 국무회의에서 의결되었음을 발표
 - 개정 법률안에는 안전성 검사 의무, 안전성 검사 표시, 안전성 검사기관 지정·사후관리, 사용후 전지 관련 정보 공유 요청 근거, 안전성 검사기관의 책임보험가입 의무화 등 사용후전지에 대한 안전성 검사 제도의 법적 근거가 포함될 예정
- 국가기술표준원은 제도 시행에 따른 해당 기관의 검사업무가 원활히 수행될 수 있도록 안전성 검사기관 지정 기준, 지정 추진과 동시에 소프트웨어 검사 방법 개발 등으로 검사시간 단축·비용 완화 등 업계의 부담을 완화할 수 있도록 예비안전기준보다 고도화된 검사기법을 도입한 안전기준을 마련할 예정

□ 전기차 배터리 재사용 관련 규제 샌드박스(산업부)

- 2021년 규제샌드박스 실증특례 8건이 전기차 배터리 재사용과 관련⁴⁶⁾
- SK온·SK에코플랜트 컨소시엄과 현대자동차·한국에너지기술연구원 컨소시엄, 휴렘이 각각 전기차 사용후 배터리를 에너지저장장치(ESS)에 활용하기 위한 실증특례를 신청
- 현행 전기용품 및 생활용품 안전관리법에는 사용후 배터리의 매각 절차나 안전성에 대한 규정, 사용후 배터리를 활용한 에너지저장장치에 대한 검사 기준이 없음
- 규제특례 심의위원회에서는 이들 과제를 승인하면서 대신 국가기술표준원이 제시한 검사 기준에 따라 안전 검사를 실시한다는 등의 단서를 부가

45) 서울파이낸스, “내년 10월 사용후 배터리 ESS로 활용·...개정안 국무회의 의결”, 2022. 10. 11.

46) 한겨레(2021.11.15.). 폐배터리를 가로등에 재사용...산업부, 규제 샌드박스 14건 승인

[표 1-20] 사용후 배터리 재사용 관련 규제샌드박스 현황

연번	업체명	승인일	재사용분야	
1	엘지에너지솔루션, 현대글로비스, KST 모빌리티	`20.10.19.	ESS+전기차충전기	
2	현대차		ESS	
3	굿바이카		파워뱅크	
4	영화테크		ESS	
5	피엠그로우, 선진버스	`20.12.23.	ESS+전기차충전기	
6	SKT, 현대차, KTR, 에스피브이	`21.07.29.	이동형 ESS	
7	대은	`21.11.15.	ESS+전기차충전기	
8	대륜엔지니어링		농업용 고소작업차	
9	퀀텀솔루션		PM 및 전기이륜차	
10	SK온 SK에코플랜트		ESS	
11	휴램		가정용 ESS	
12	SK E&S		ESS+전기차충전기	
13	대은		태양광 가로등	
14	현대차, 한국에너지기술연구원		ESS	
15	솔루엠		`21.12.30.	태양광 가로등

* 자료 : 산업통상자원부

○ 관련 법령이 2023년 10월부터 발효되므로 연구진행 스케줄에 따라 유사 사례를 참고하여 규제샌드박스 활용 가능

- 특례 및 국가기술표준원이 제시한 기준에 따라 연구를 잠정 진행
- 동일·유사안전에 대해서는 심사절차를 간소화하여 전문위원회 검토를 생략하고, 규제특례심의위원회를 서면으로 개최함으로써 처리기간을 대폭 단축하는 패스트트랙 제도 활용(2~3개월 ⇒ 1개월)

※ 동일 사례의 경우 전문위 생략, 서면심의 원칙 적용 → 승인처리기간 단축

□ 한국스마트그리드협회는 전기에너지저장시스템과 관련하여 SGSF-025-5-1 전기에너지저장시스템 일반 요구 사항, SGSF-025-5-2 전기에너지저장시스템 시험방법에 대한 단체표준 제공

2. 시장동향분석

가. 국외 시장동향분석

(1) 사용 후 배터리 재사용 시장 전망

- 전기차 공급 확대에 따라 폐배터리 재사용 및 재활용 시장이 급성장할 것으로 예상되며, 폐배터리를 ESS로 활용할 경우, 경제적인 사업 추진이 가능하여 전 세계적으로 주목받고 있음⁴⁷⁾
 - 전기차 확산에 따라 글로벌 전기차 배터리 시장규모는 2020년부터 37%씩 성장하여 2030년 3,364GWh까지 증가할 전망이다
 - 글로벌 전기차 폐배터리 재활용 시장규모도 2025년부터 연평균 33%씩 성장하여 2030년에는 574억 달러(약 68조원)를 상회할 것으로 전망됨
 - 미국 프라운호퍼 연구소는 미국에서만 올해까지 약 5억개의 리튬이온 배터리를 폐기량이 발생하였으며, 국내의 경우, 폐배터리가 2024년에 1만여개, 2040년에는 245만여개까지 늘어날 것으로 전망하였음⁴⁸⁾
 - 중국은 폐배터리 재활용 시장규모가 2030년 18조 5,000억원에 달할 것으로 전망되는 가운데, 2016년부터 적극적으로 국가 주도의 폐배터리 관련 법안을 만들어 왔음
- McKinsey는 2025년까지 재사용 배터리가 신 배터리보다 30~70% 저렴해질 수 있다고 분석
 - 니켈과 잠재적인 코발트의 가격 인상으로 중기적으로 조달 비용과 재활용 비용 사이에 충분한 격차가 있을 것으로 예상
 - 장기적으로 새 배터리 가격 인하로 재사용 배터리 비용우위가 줄어들 우려가 있으나, 전문가 의견에 따르면 새 배터리의 가격 인하 한계로 인해 재사용 배터리 비용우위가 완전히 대체될 수는 없을 것으로 전망

47) 배터리 순환경제, 전기차 폐배터리 시장의 부상과 기업의 대응 전략, 삼성KPMG 경제연구원, 2022. 3.

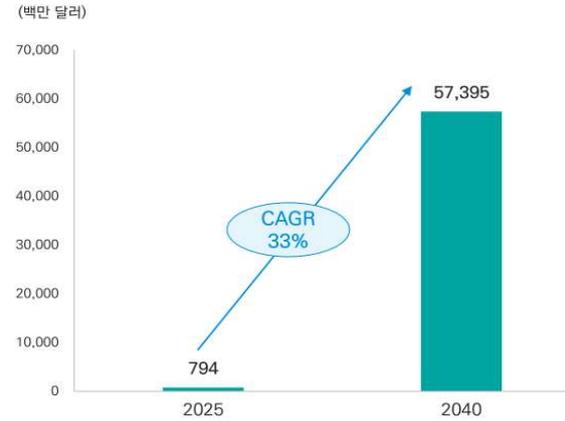
48) HelloT, "폐배터리 시장, 꼭 주목해야 하는 이유", 2021. 06. "

글로벌 전기차 배터리 시장 규모 전망



Source: SNE리서치, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

글로벌 전기차 폐배터리 재활용 시장 규모 전망



Source: SNE리서치, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

[그림 1-21] 글로벌 전기차 배터리 시장 및 폐배터리 재활용 시장 전망

* 출처: 삼정KPMG 경제연구원, “배터리 순환경제, 전기차 폐배터리 시장의 부상과 기업의 대응 전략”

□ 세계 전기자동차 폐배터리 재사용 및 재활용 시장규모는 2018년 61.5백만 달러에서 2025년 7,809백만 달러로 연평균 99.8%의 높은 성장세를 보일 것으로 전망

[표 1-21] 세계 전기자동차 폐배터리 재사용 및 재활용 시장전망

단위: 백만 달러/%

연도	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	
재사용시장	51.2	201.8	348.7	413.3	535.4	906.3	1,046.3	1,284.9	
재활용시장	10.3	96.0	281.8	557.9	1,004.0	2,060.9	3,618.5	6,524.2	
계	소계	61.5	297.8	630.5	971.2	1,539.4	2,967.2	4,664.8	7,809.1
	연평균 성장률	-	384.2	111.7	54.1	58.5	92.8	57.2	67.4

* ASTI MARKET INSIGHT 2021, “전기자동차 폐배터리의 재활용·재사용 산업 확대에 따른 기업의 사업기회와 추진전략”

○ 전기차 폐배터리 재사용 시장의 배터리 용량은 1,849GWh, 재활용 시장의 배터리 용량은 1,606GWh에 달할 것으로 예측⁴⁹⁾

[표 1-22] 2025~2040년 폐배터리 재사용, 재활용 시장 규모 추이

시장	기준	2025	2030	2035	2040
Reuse	배터리 용량(GWh)	16	187	776	1,849
	배터리 용량(GWh)	26	158	621	1,606
Recycling	무게기준(kton)	50	316	1,241	3,143
	금액기준(Mil USD)	794	5,558	22,579	57,395

* 출처: SNE 리서치 자료

49) 서울경제, “노다지로 탈바꿈한 '쓰레기 사업'..대기업, '폐(廢)경제'에 눈돌린다”

(2) ESS 시장 전망

- 글로벌 ESS 배터리 시장은 연간 44.4%의 높은 성장률을 기록, '21년 기준 200억 달러(약 22조 원)에서 2026년에는 1,060억 달러(약 120조 원)에 달할 것으로 전망되며, 해외 각국은 정부 차원에서 ESS 시장 육성을 적극 추진 중⁵⁰⁾
 - 중국비전산업연구원에 따르면 리튬이온배터리 등 전기화학 ESS의 세계 증설량은 중국과 미국이 각각 34%, 31%로 절반 이상을 차지하고 있으며 유럽이 23%로 3위를 기록
 - 중국은 '신형 ESS 발전 가속화 지도 의견'을 발표하며 2025년까지 국내 ESS 규모를 30GW 이상 끌어올리고, 2030년 신형 ESS의 전면 상용화 실현 계획을 발표
 - 중국 지방정부도 운영보조금을 지급하며 신재생에너지 저장 시간을 일정 수준 이상으로 설계할 것을 요구
 - Kotra 중국 우한무역관의 '중국 청정에너지의 주류, 에너지저장장치(ESS) 시장의 급성장' 보고서에 따르면, '21년 상반기 중국 ESS 신규 증설 규모는 전년 동기 대비 600% 증가한 10기가와트(GW)를 기록
 - ※ Kotra는 동우(东吴)증권 자료를 인용하며 중국 ESS가 2025년까지 34.4GW에 달할 것으로 예상하며, '21년부터 2025년까지 84%의 연평균성장률을 기록할 것으로 전망
 - 미국 ESS 시장 역시 '21년도 6.5기가와트시(GWh) 규모에서 2025년 약 9배 수준인 55.3GWh로 성장할 전망⁵¹⁾
 - 미국의 캘리포니아주는 2010년 세계 최초로 ESS 설치 의무화 법안을 제정했으며, 2011년에는 일부 ESS에 대해 전력시장 참여를 허용
 - 조 바이든 대통령 역시 당선 이후 '더 나은 재건(Build Back Better · BBB)' 법안 등 그린뉴딜에 많은 투자를 진행하고 있는 만큼 ESS 시장 성장이 예상됨

50) 조선비즈, '연 44%씩 커지는 ESS 시장... 한국은 안전 논란·지원 미비로 '고사 위기' ', 2021. 11.15.

51) 전기신문, "최악 한 해 보낸 ESS...올해에는 별 들까", 2021.12.30.

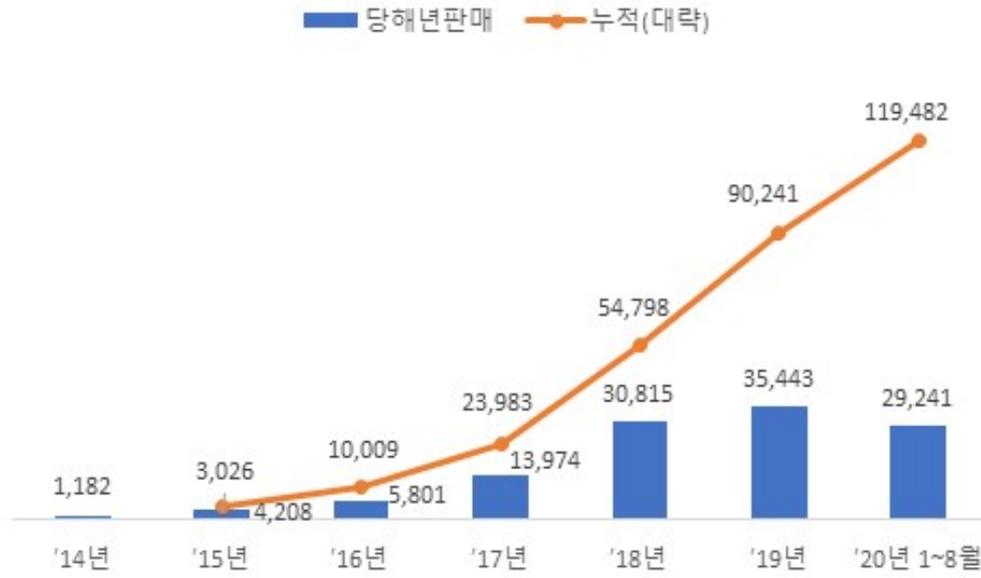
- ※ SNE리서치는 지난해 미국 전력망 ESS 시장 규모가 연평균 54%의 성장률을 보이며 2025년에는 현재의 약 9배 수준인 55.3GWh로 확대될 전망이라 밝혔고
- ※ 미국 에너지 관리청(Energy Information Administration)도 2023년까지 전력 회사들이 배터리 가격의 지속적인 감소로 인해 2019년 존재했던 용량의 10배인 10GW 전력을 생산할 수 있다고 전망

나. 국내 시장동향분석

(1) 사용 후 배터리 재사용 시장 전망

- 전기차 보급 확대에 따라 전기차용으로 수명이 다한 배터리의 배출량도 증가할 전망이며, 전기차 재사용 배터리를 이용한 에너지 저장 인프라 활용에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 전망되고 있음⁵²⁾
 - 국내외에서 전기차 보급 확대에 따라 전기차용으로 수명이 다한 배터리의 배출량도 증가할 것으로 전망됨
 - 국내 전기차(BEV) 누적 보급대수는 ‘20년 8월 기준 약 12만대로, 오는 2026년부터 전기차 사용후 배터리가 본격 배출(약 1만대 분량)되어 2030년까지 약 10만대 분량이 누적될 것으로 전망됨
- ※ 전기차 배터리의 수명은 품질 및 사용 패턴에 따라 달라지나 현재는 통상 10년 정도를 실사용 수명으로 간주하고 있으며, 현대차 기준 전기차 배터리 무상 보증기간은 10년/20만 km임

52) 新성장동력 시동 거는 전기차 사용후 배터리, 한국자동차연구원 산업동향, 2020. 10.



[그림 1-22] 국내 전기차 판매 동향 (단위: 대)

* 출처: SNE Research

□ 2029년까지 약 80,000개의 폐배터리가 발생할 것으로 전망되며, 국내 전기자동차의 폐배터리에서 회수되는 자원의 잠재적 잔존가치는 2029년 약 2천억 원에 달할 것으로 예상됨⁵³⁾

[표 1-23] 국내 전기자동차 폐배터리 배출 추정치

단위: 개, 톤, 백만 원

연도	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년
개수	440	1,099	2,355	4,831	8,321	17,426	29,508	51,500	78,981
중량	104	261	559	1,147	1,976	4,139	7,008	12,231	18,758
회수자원 가치	1,109	2,769	5,935	12,174	20,969	43,914	74,360	129,780	199,032

* 출처: ASTI MARKET INSIGHT 2021, “전기자동차 폐배터리의 재활용·재사용 산업 확대에 따른 기업의 사업기회와 추진전략”

53) ASTI MARKET INSIGHT 2021, “전기자동차 폐배터리의 재활용·재사용 산업 확대에 따른 기업의 사업기회와 추진전략”



자료: 에너지경제연구원, 하나금융투자

[그림 1-23] 한국 폐배터리 배출개수 및 배출중량 전망

* 출처: 에너지경제연구원, 하나금융투자

(2) ESS 시장 전망

- '21년 7월 국회에서는 신재생에너지의 효율적 사용을 위한 ‘분산에너지 활성화 특별법’ 이 발의되었으며, 이로 인해 ESS 시장 역시 확대될 전망이다⁵⁴⁾
 - 정부는 글로벌 ESS 시장의 성장을 감지, ESS 강화를 추진할 것으로 전망⁵⁵⁾
 - 지난 2015년부터 설치됐던 376MW 규모의 화력발전 주파수조정(FR) ESS가 주파수 안정에 기여하고 있다는 평가를 받고 있어 한전 주도 공공ESS 사업이 탄력을 받을 것으로 예상
 - 공공 ESS사업의 예비타당성조사가 진행되고있으며 규모는 1조1202억원, 1.4GW에 달하는 ESS 구축을 준비하고 있음
 - ※ '20년 제주 금악에서 시작된 공공ESS 사업은 '21년 500MW, '22년 900MW의 설치 예정
- 공공 외 민간에서는 해외시장과 ESS 용도 다각화를 노리고 있으며, 국내 대기업들은 해외 시장을 집중적으로 공략 중⁵⁶⁾
 - '20년 캘리포니아의 대형 ESS 프로젝트에 1.2GWh 규모 전력망에 ESS를 공급했던 LG에너지솔루션은 '21년 역시 미국을 중심으로 한 대규모 프로젝트 수주를 준비
 - '21년 규제샌드박스 실증특례 승인을 받은 이동형 ESS를 비롯해 선박용 ESS, ESS식 냉난방설비와 폐배터리를 활용한 ESS 등 새로운 비즈니스 모델도 등장
 - 이 외 전기차 시장으로 인한 충전소 확대, 기업들의 RE100 캠페인 참여로 인한 ESS 시장은 활성화될 전망

54) 인더스트리뉴스, “2022년 국내 ESS 산업, 분산에너지 설치 의무화에 ‘장미빛’ 전망”, 2022.01.15.

55) 전기신문, “최악 한 해 보낸 ESS...올해에는 별 들까”, 2021.12.30.

56) 전기신문, “최악 한 해 보낸 ESS...올해에는 별 들까”, 2021.12.30.

(3) 재사용 배터리 대용량 ESS 예상 활용 시장

□ 국내 재사용 배터리 대용량 ESS의 예상 활용처는 수소도시, 그린산단, 스마트시티 등과 같은 국가 시범도시/산단임

○ 현재 7개 스마트그린산단 조성을 통해 디지털 인프라 9개소, 그린에너지 지원인프라 9개 운영기반 확충하고 있으며, 이들은 그린뉴딜의 일환으로 에너지 혁신전략을 포함하고있어 ESS 연계진출의 가능성이 존재⁵⁷⁾

- 경기반월시화 스마트그린산단(38,010천㎡)

※ 산업단지 에너지관리시스템 구축을 통한 에너지 사용 효율화, 에너지 비용을 통한 입주기업 경쟁력 제고

※ 신재생 분산 에너지원 구축을 통한 친환경 에너지 자급률 제고, 에너지 거래지원 및 재생에너지 사용실적 인증 지원을 통한 저탄소 녹색산단 실현

- 경남창원 스마트그린산단(25,302천㎡)

※ 공공 수소연료전지발전소 구축('22), ESS 도입('20말) 및 실증데이터 제공으로 민간 투자를 유도하고 수소전기차 잉여전력 활용

- 인천남동 스마트그린산단(9,574천㎡)

※ 에너지정보 모니터링, 에너지관리시스템 도입, 연료전지발전소·ESS 구축, 신재생에너지 전력체계(마이크로그리드) 구축 등 추진

- 경북구미 스마트그린산단(24,230천㎡)

※ 5G기반 스마트 에너지관리시스템 보급(친환경에너지 포함), ESS의 DC그리드 실증으로 에너지 효율화

- 대구성서 스마트그린산단(11,457천㎡)

※ 기 구축된 스마트그리드, 마이크로그리드를 활용, FEMS(~'22, 73개) 중심 에너지효율화 통합관리체계(~'24) 구축 및 운영

※ 유희부지 및 공장지붕을 활용해 신재생에너지, ESS 등 인프라 확대(~'24, 20MW)로 실증 추진

57) Smart K-factory 스마트그린산단 페이지 참고

- 광주첨단 스마트그린산단(2,455천㎡)

※ 산단 및 인근 유휴부지(지붕, 주차장 등) 기부방식의 시민참여형 태양광발전소 구축(27개, ~'30)으로 에너지 자립화

※ RE100이행 인증시스템구축, 에너지효율관리시스템 보급, 복합전력거래 EMS구축을 통한 수요·공급 혼합형 VPP 사업실증 등으로 탄소제로화 추진

- 전남여수 스마트그린산단(32,550천㎡)

※ 산단내 화학기업 에너지 효율성 제고 및 온실가스 저감 등

○ 국토부는 '21년에 대구 울하 도시첨단산업단지, 전주 탄소 국가산업단지, 새만금 국가산업단지를 시범사업으로 추가 지정하고 '30년까지 전국 35개의 스마트그린산단을 조성할 예정⁵⁸⁾⁵⁹⁾

- (전주 탄소 국가산단) 65만 5000㎡ 사업부지, 3,171억원을 들여 태양광 등 신재생에너지 활용, 메가스테이션사업, 디지털 기업지원 및 통합관리시스템 구축, 천만그루 정원도시(도시숲) 등을 조성 예정('19.09. ~ '24.12.)

- (대구 울하 도시첨단산단) 165만 6000㎡ 사업부지, 1,218억원을 투입해 태양광 발전단지, 연료전지 발전시설, 에너지 효율을 위한 실시간 정보교환 설비 체계 구축, 스마트가로등·횡단보도, 스마트 그린공장 등을 조성 예정('17.12. ~ '22.12.)

※ 태양광발전과 연료전지발전, 분산전원과 클라우드ESS 구축 등을 통해 신재생에너지 기반의 에너지자립률을 32.6%(2026년 기준)까지 높이고, 이산화탄소는 44.5%(2026년 기준)까지 낮춘다는 계획⁶⁰⁾

- (새만금 국가산단) 그린에너지, 스마트그린 산단, 데이터센터, 친환경 미래 모빌리티 등 한국판 뉴딜 대표과제 진행⁶¹⁾

※ 스마트 그린산단 구축을 위해 에너지 자립화를 달성하고 탄소 의존적인 산단 에너지원을 신재생에너지로 확대할 계획

58) 에너지타임 뉴스, “대구·전주·새만금에 스마트그린산업단지 조성”, 2021.06.21.

59) 국토부 보도자료, “스마트그린산업단지 본격 시행! 대구, 전주, 새만금 탄소중립 산업단지 조성 첫걸음”, 2021.06.21.

60) 국토교통부, “대구울하도첨산단, 국토부 스마트그린국가시범산단 공모 선정”, 2021.06.22.

61) 관계부처 합동, “새만금 그린+디지털 뉴딜종합 추진방안”, 2021.04.07.

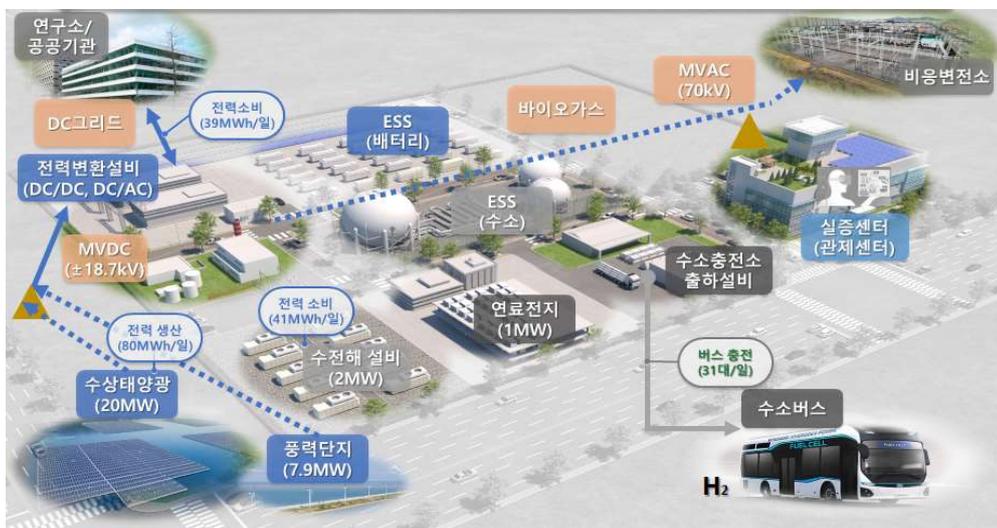
※ 산단 내 태양광(공장·주차장 지붕 등), 연료전지 등 설치 확대, 안정적 사용을 위해 공용ESS*(배터리, 수소저장시설[에너지⇔수소]) 설치

* 목적: 태양광 등 출력이 고르지 않은 전력의 안정적 사용, 값싼 심야전력 이용 등

- 그린수소 생산클러스터 조성 및 시범사업을 통해 연 1.5만톤 규모의 수소를 생산하는 수전해 설비를 구축하고 클러스터 기반 마련 중

※ 3MW 태양광, 수전해, ESS, 0.5MW 연료전지 등의 시설로 시범사업 추진

* 1단계: ~'23(예타 진행중) 수상태양광 및 ESS 설비, 연구단지 내 전력망, 전력변환 및 관제 시스템 등 실증연구를 위한 인프라 구축



[그림 1-24] 국가종합실증연구단지 예상 배치도 및 조감도

* 대영유비텍 “새만금 스마트그린 산업단지” 조성사업 기본컨셉 마련 정책연구 보고서”, 2020.12.

- 재생에너지 기반 RE100 단지 운영을 위해 스마트 그리드 구축사업 추진⁶²⁾

※ 대규모 재생에너지 발전시설, 공장별 소규모 발전시설, 일반전력망을 ESS, 수소 생산시설과 함께 스마트그리드로 연계

* 잉여 재생에너지는 ESS, 그린수소 변환으로 축적하고, 에너지 부족 시 ESS를 1차로 활용하고 추가 부족분은 일반전력망에서 해소

- 또한 인력 양성, 기술 평가, 연구 기반 등을 갖춘 그린에너지 산학연 집적단지를 조성할 계획

※ 동 계획의 일환으로 에너지산업융복합단지 지정('19.11)에 따른 에너지산업 종합지원센터를 구축하고 그린에너지 통합운영연구를 수행토록 예기연* 전북센터를 확대 추진 검토

62) 재정사업 설명자료, “새만금 스마트 그리드 구축방안”

* 재생에너지와 ICT 기반 에너지 네트워크, ESS 실증, 그린수소 생산·활용 핵심 연구기관인 한국에너지기술연구원의 새만금 조직 설치(~' 24) 검토

- 스마트시티로 조성되는 세종과 부산 역시 제로에너지건축을 핵심으로 하고 있으며, 추후 ESS 확대 가능성 검토도 고려해볼 수 있음
 - 부산 스마트시티 국가시범도시는 면적 2.2km²(66만 평), 계획인구 8,500명(3,380세대)규모
 - ※ 수열에너지, 태양광, 초고효율 에너지저장시스템(ESS) 도입, 수소 연료전지 등을 도입하여 에너지 자립률 100% 시범마을 조성 목표
 - ※ 전기자동차 보급을 확대하고, 이를 위한 충전 인프라 조성예정(사업비 40억원(100기 기준 보조금))
 - ※ 마이크로그리드 구축을 위해 에너지저장장치(335MWh)설치 예정 (사업비 총 1,675억원(민간 1,675))
 - 세종 스마트시티 국가 시범도시는 약 274만1,000m²(약 83만평)면적, 29만3,000명 생활권 규모
 - ※ 에너지통합관리시스템을 정비한 스마트그리드를 추진하며 태양광·신재생에너지, ESS를 도입하고 제로에너지빌딩을 적용해 도시의 부하를 낮추는 개념
 - ※ 에너지·환경부문 3,124억원, 공간계획 조성사업비 7,133억원
- 수소 시범도시로는 국토부가 ' 19년부터 경기 안산, 울산광역시, 전북 전주·완주 3곳을 선정하고 인프라 구축 중⁶³⁾
 - (경기 안산시) 노후화로 쇠퇴한 산업단지를 수소 생산 및 관련 산업을 통해 새로운 활기를 불어넣고, 조력발전과 연계한 그린 수소 생산을 통해 수도권의 친환경 도시모델로 육성
 - (울산광역시) 석유화학단지에서 발생한 부생 수소를 도심 내 건물과 충전소에 활용하기 위해 사물인터넷(IoT) 기술이 적용된 배관망을 구축하고 수소 지게차, 선박용 수소충전 실증 등 지역 특화산업과 연계성
 - ※ 수소 공급망 및 충전인프라 구축사업 추진(' 19~' 30) (사업비: 2,220억원)

63) 정책브리핑, "미세먼지 걱정 없는 수소시범도시, 뭐가 다를까", 2020.08.19.

- (전북 전주시·완주군)은 주거·교통 분야에서 수소를 에너지원으로 활용하고 지역특화 산업과 혁신기술 육성 등을 접목

□ 현재 폐배터리 재활용·재사용 시장은 경쟁보다는 기업 간 협업을 통해 진행되고 있음⁶⁴⁾

- 폐배터리 재활용·재사용 사업 추진에 있어 특정 기업이 공급망 확보 없이 단독으로 사업화할 경우 투자규모나 수익창출의 위험요인이 크기 때문에 폐배터리 회수에서 활용 단계까지 밸류체인을 형성할 수 있는 컨소시엄 등에 참여하고 있음
 - 기업들은 밸류체인 내 배터리 생애 주기 관리프로그램, 새로운 사업모델의 개발 및 폐배터리 진단이나 수명예측 부문에 주력하고 있음
 - 그러나, 아직까지 배터리 재사용 및 재활용 관련 인증이 정립되지 않은 상태이므로 관련 기업들은 산업통상자원부의 규제 샌드박스 실증 특례 승인을 통해 사업을 추진 중
- LG 에너지솔루션은 폐배터리 재사용(배터리 렌탈, ESS) 및 재활용(리튬, 코발트 등 원재료 추출 기술) 분야에 모두 주력하고 있음
 - 현대자동차, KST모빌리티 등과 폐배터리를 매입해 안전성·잔존가치 등을 분석 후 ESS로 제작하는 방안이 포함된 ‘전기택시 배터리 대여 및 배터리 재사용 실증 사업’을 위한 업무협약 체결
 - 롯데렌탈과 ‘전기자동차 기반 모빌리티 및 배터리 신규 서비스 사업 발굴’을 위한 업무협약 체결
 - GS칼텍스와의 협약을 통해 빅데이터를 활용한 배터리 특화 서비스 개발 중
 - 호주의 폐전지 재활용업체인 인바이로스트림과 협약을 통해 소형전지에 대한 Re-Cycling을 수행
- 삼성SDI는 피엠그로우, 성일하이텍 등 기업과 협력하여 폐배터리 재사용 및 재활용 사업을 추진 중

64) ASTI MARKET INSIGHT 2021, “전기자동차 폐배터리의 재활용·재사용 산업 확대에 따른 기업의 사업기회와 추진전략”

- 피엠그로우는 전기버스용 배터리에 대한 리스·관리를 하고, 사용기한이 된 배터리를 전기차 충전용 ESS로 전환하는 사업을 주로 수행
- 성일하이텍과 업무협약을 통해 내부에서 발생하는 소형전자 불량품 등으로부터 희유금속을 추출하여 재사용하고 있음
- SK이노베이션은 계열사 SK렌터카와 함께 전기자동차에 탑재된 배터리를 상시 모니터링하고 데이터를 분석하는 서비스를 구축하고 SK렌터카의 장기 렌탈 전기차에 시범적으로 탑재
 - 양사는 자동차 통합 관리 솔루션 (스마트링크)이 배터리 수명을 예측하고 과열 등 이상 징후를 감지, 안전하고 오래 쓰는 배터리를 만드는 데 기여할 예정
- GS엠비즈는 GS에너지, (주)민테크와 함께 ‘EV Battery Business’ 사업 영역 구축을 위해 3자 MOU를 체결
 - 전기차 고객들이 전국 GS엠비즈의 autoOasis 점포에서 편리하게 배터리 안전성을 점검받는 동시에 수리와 정비 등 EV 차량의 전체적인 관리를 진행할 수 있도록 ‘EV Maintenance’ 서비스를 구체화 할 예정
- 성일하이텍(주)는 폐배터리에서 자원을 회수하는 사업에 주력하고 있음
 - 배터리 업체로부터 불량품과 스크랩을 받아오거나 폐배터리 업체가 만든 파우더, 완제품 업체의 폐배터리 등을 구매

3. 기술동향분석

가. 국외 기술동향분석

(1) 도시/산단 대용량 에너지 저장 인프라 기술

□ 재규어 랜드로버 그룹은 전력공급회사 Pramac과 파트너십을 맺고 Off Grid Battery Energy Storage System을 발표⁶⁵⁾

○ I-페이스에 탑재된 90kWh 리튬이온 배터리를 재활용해 이동식 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, 이하 ESS)을 개발



[그림 1-25] 재규어랜드로버-프라맥, I-페이스 배터리 재사용 '에너지 저장 시스템'

○ 최상위 모델은 125KWh의 용량을 가진 휴대용/고정식 모델로 태양광 패널에 의해 충전이 진행됨

- 태양전지 패널로 충전되는 저장시스템은 양방향 컨버터에 연결된 배터리 시스템과 관련 제어 관리시스템으로 구성된 독립형 솔루션을 제공

65) 매일경제, “재규어랜드로버, I-페이스 배터리 재사용 '에너지 저장 시스템' 개발”, 2022. 03. 21.

- Pramac은 I-Pace의 85% 이상 성능의 배터리를 재사용하여 ESS를 제조하였으며, 나머지 자재는 다시 공급망으로 돌아갈 수 있도록 설계
 - ESS 용량은 최대 125kWh로 이는 재규어 I-페이스를 100% 충전하거나 일반 가정에 일주일 동안 전력을 공급하기에 충분한 수준
- 독일 Fluence 사에서는 컨테이너 방식이 아닌 사람이 들어갈 수 없고 폭발을 위쪽으로 발생하도록 하는 등 훨씬 작은 박스 형태로 개선된 ESS 설비를 개발⁶⁶⁾
- 용량은 1~500+MW.이며, 화재 감지(Fire Detection) 및 화재진압(배터리 화재진압용 아님), 기체 탐지(Gas Detection)[오프 가스(Off-Gas) 탐지용], 지락고장 검출(Ground Fault Detection), 방폭구 패널(방폭구; 폭발 방상구; Deflagration Panel), 액체 냉각(Liquid Cooling) 기능 포함



[그림 1-26] Fluence 사의 신 형식 ESS

- 부산광역시시는 단열, 방염, 충격 보호 등 기능이 탑재된 전기차 배터리 전용 컨테이너 개발

66) 소방방재신문, “미국 APS ESS 화재·폭발 사고로 알아보는 ESS 화재 대책- II”, 2022. 11. 21.

□ 일본의 4R Energy는 전기차 배터리 재활용을 위해 배터리 성능측정 및 잔존용량 예측, 해체 및 재구성 기술 등을 축적⁶⁷⁾

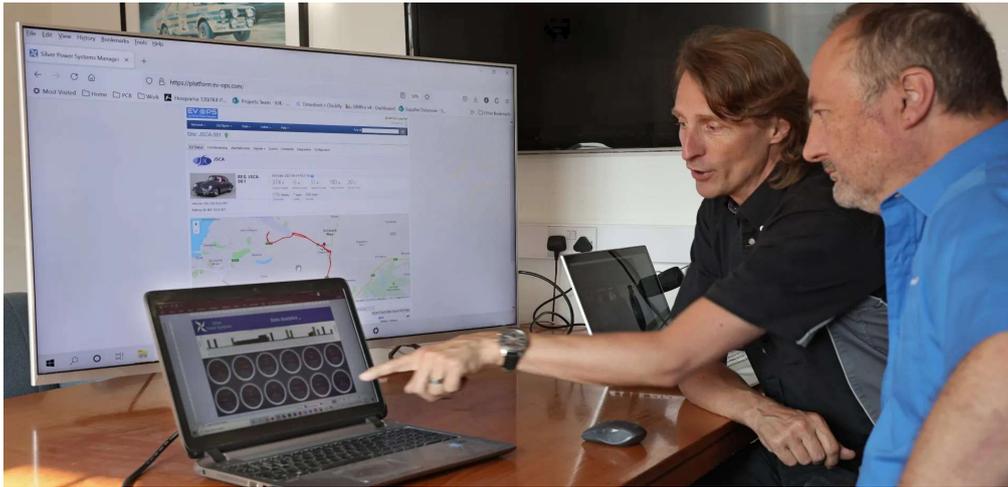
- 사용이 완료된 배터리의 성능을 단시간에 측정할 수 있는 기술과, 배터리 재사용시 잔존 용량을 예측하는 시뮬레이션 기술개발에 성공
 - 일반적으로 전기차 1대 배터리를 검사하는데 하루 이상 소요되지만, 4R Energy는 이를 4시간 안팎으로 줄이는 독자 체계를 완성
- 4R Energy는 배터리팩 회수 이후 과방전 등 이력 검사, 케이스 해체, 최대 셀단위까지 검사 가능한 모듈 검사, 모듈별 상태 분류, 팩·모듈 재조립, 최종 검사 등 과정을 거쳐 재사용 배터리팩을 생산
- 최초 과방전 이력 등 배터리관리시스템(BMS) 정보를 활용하고 SOC (충·방전량 상태)·SOH(열화정도) 등의 여러 기준을 적용해 약 10개 등급으로 모듈을 분류
 - 배터리를 10개 등급으로 분류하는 이유는 다양한 수요처 제품 특성을 고려한 조치로 예상
- 4R Energy는 또한 재사용 배터리의 판단 규정(UL1974)을 세계 최초로 취득

□ 영국의 배터리 관련 연구 컨소시엄은 REDTOP라는 프로그램을 통해 디지털 트윈 기술과 접목하여 배터리의 수명예측 기술을 검증 중⁶⁸⁾

- 약 50대의 EV 택시와 EV 스포츠카 주행 차량에 데이터 수집 IoT 장치를 부착하고 클라우드 기반 소프트웨어와 지속적으로 통신하며 Silver Power System의 기계 학습 기반 플랫폼 EV-OPS를 통해 데이터를 분석
- 위와 같은 디지털 트윈 기술은 실시간 배터리 성능과 건강 상태에 대한 보기뿐만 아니라 배터리 모델이 배터리 수명을 예측할 수 있도록 데이터를 축적하고 있음

67) 전자신문, “이미 후방산업 대비한 일본 전기차 산업”, 2018. 11. 22.

68) electrek, “A UK collective says it can now accurately predict an EV battery’s life span - here’s how”, 2021. 09. 22.



[그림 1-27] 디지털 트윈기술과 접목한 배터리 수명예측 기술

□ 유럽에서는 유럽 내 개별 연구 인프라들을 통해 배터리 충전 성능을 평가할 수 있는 방법을 연구하고 있음⁶⁹⁾

○ 배터리 의존도가 증가함에 따라 배터리의 품질, 안정성 및 수명 (Quality, Reliability, Life, QRL)을 높이기 위해 배터리 기능 상태를 정확하게 모니터링하는 기술이 필수적으로 요구됨

- 수년에 걸쳐 개발된 다양하고 독창적인 모니터링 접근 방식이 만들어졌으며, 다양한 센싱 기술을 다루는 수많은 특허들이 출원됨
- 배터리 모듈 및 시스템에 대한 다양한 센싱 기술이 시도 되었으며, 이 중 셀 수준에서 유망한 기술은 배터리 셀의 표면 온도에 관한 배터리 발열 관리 시스템(TBMS) 검증기술 등이 있음

※ 칭화대학교 연구진은 TBMS 모델의 통합을 제한하는 셀 내부에 관한 정보가 부족 문제를 해결하기 위해 25Ah 배터리 모니터링은 셀 내에 12개의 열전대를, 셀 표면의 같은 위치에 12개의 열전대를 추가하여 성공적으로 구현하는 연구를 수행하였음⁷⁰⁾

- 지속가능한 친환경 배터리 개발의 필요성 외에도 배터리에 대한 의존도가 증가함에 따라 안정성 보장을 위한 많은 노력이 이어져 왔음
- 비가역적 변화에 대한 센싱의 신뢰성을 보장하기 위해 셀이 손상을 자

69) KIAT ISSUE PAPER, “유럽의 2030년+ 배터리 로드맵”, 2021. 04.

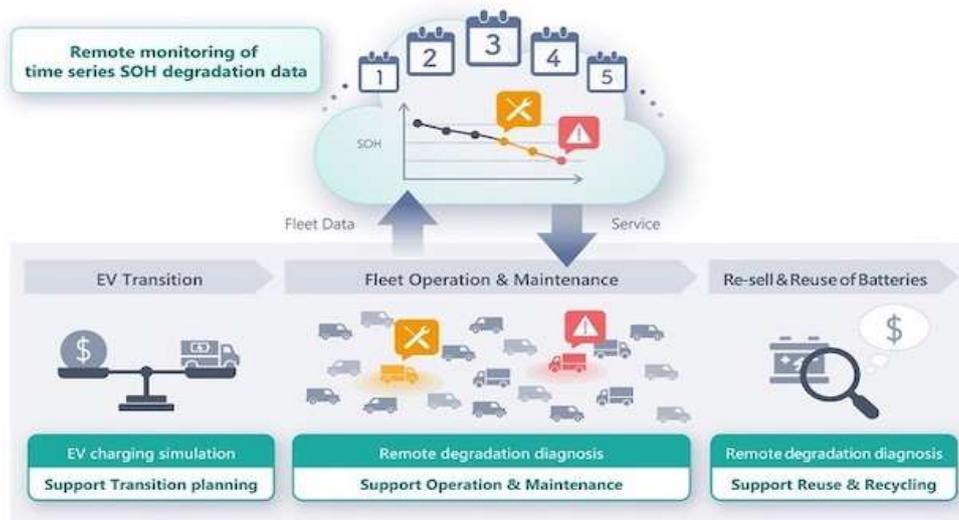
70) Li, Z. et al. Examining temporal and spatial variations of internal temperature in largeformat laminated battery with embedded thermocouples. J. Power Sources 241, 536-553 (2013).

동으로 센싱하고 전체 기능과 함께 원래 구성을 복원할 수 있는 기술 개발이 진행 중

※ 스탠포드 대학, 화중 대학 등에서 저항성 침전물을 용해시킬 수 있는 분자의 온디맨드(on-demand) 형 투여를 위한 도구를 배터리 내에서 개발하거나 자가 복원 기능을 주입하여 배터리 내의 결함 있는 전극을 복원할 수 있는 기술을 연구 중⁷¹⁾⁷²⁾

□ 일본 Hitachi 그룹은 리튬이온배터리의 성능저하 상태를 원격으로 실시간 진단하는 서비스를 개발⁷³⁾

- 수천 개의 리튬이온배터리와 상용 EV에서 원격으로 작동 데이터를 분석하여 리튬이온배터리 팩 및 셀의 SOH(State of Health) 열화를 정확하게 추정하는 기술개발
- 또한 데이터 기반 시계열 SOH를 추적하고 과거에서 현재까지의 변화를 모니터링 할 수 있음



[그림 1-28] Hitachi 제공 원격 데이터분석 서비스 개요

71) Sun, Y., Liu, N. & Cui, Y. Promises and challenges of nanomaterials for lithium-based rechargeable batteries. Nat. Energy 1, (2016).

72) Guo, K. et al. Smart supercapacitors with deformable and healable functions. J. Mater.Chem. A 5, 16-30 (2017).

73) gurufocus, "Hitachi High-Tech Develops the Service of Remote Degradation Diagnostic Systems for On-board Automotive Lithium-ion Batteries", 2022. 07. 25.

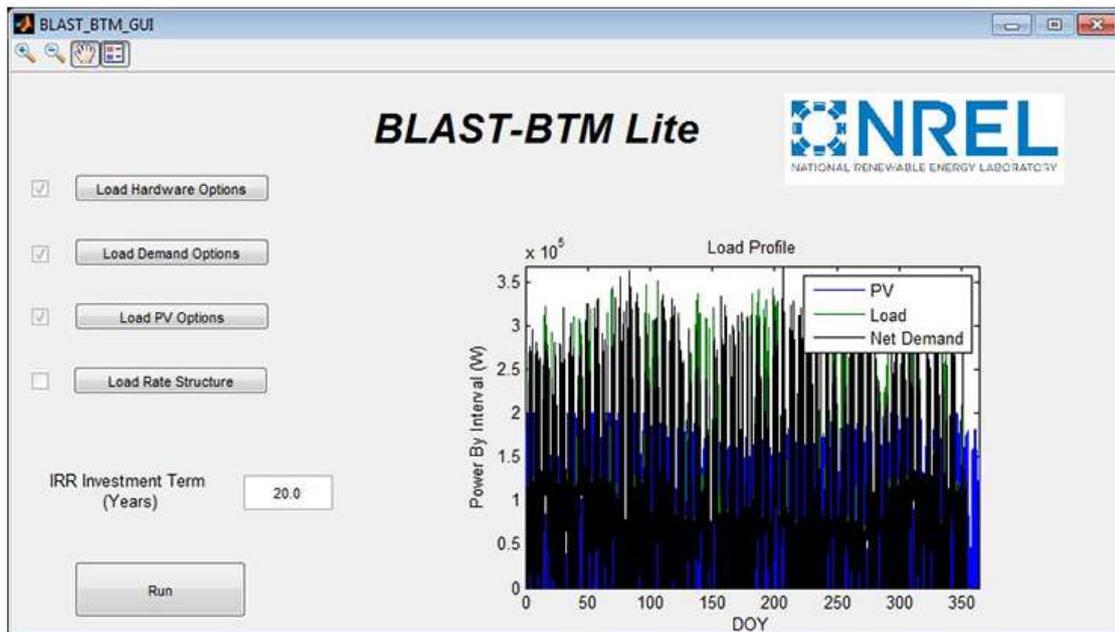
□ NREL은 배터리의 수명을 평가하고 장기적 성능을 예측할 수 있는 도구 BLAST: Battery Lifetime Analysis and Simulation Tool Suite를 개발⁷⁴⁾

○ BLAST 장치는 온도, 충전 상태 기록, 전류 레벨, 사이클 깊이 및 주파수 등의 요소를 고려하여 배터리 수명을 분석

- BLAST는 차량, 에너지 저장장치 등에 사용되는 배터리 등 유형에 대한 수명 분석이 가능

※ 사용자가 직접 시뮬레이션을 위해 자신의 배터리 사이클을 입력하여 다양한 배터리 크기, 열 구성, 기후 등의 영향을 평가할 수 있음

※ 또는 사용자는 특정 배터리의 시뮬레이션을 위해 최적 피크저감 제어 알고리즘을 건물, 변압기 또는 변전소와 같은 부하 장치에 적용할 수 있음



[그림 1-29] BLAST: Battery Lifetime Analysis and Simulation Tool Suite

□ 영국의 Connected Energy사는 ESS배터리 최적제어 소프트웨어를 개발하여 재사용 배터리를 활용한 ESS인 E-STOR 시스템 프로젝트를 추진⁷⁵⁾

○ Renault Kangoo EV 배터리 24개를 사용한 300kW/360kWh ESS를 구축하였음

74) NREL 홈페이지 참고

75) Energy Storage, "Successful reuse of EV batteries helps 'build confidence in 2nd life concept' ", 2020. 07. 17.

- E-STOR 시스템의 배터리 팩에는 자체 배터리 관리 시스템(BMS)이 있으며, 성능 저하 수준이 다른 각 배터리 팩의 개별 관리 및 에너지 소모에 따른 배터리 간 전환이 가능하도록 구성
- ※ 배터리 간 시스템 전환 시 해당 배터리가 일시적으로 오프라인 상태가 되므로 다른 배터리는 전환된 배터리가 다른 배터리로 교체될 때까지 더 많은 전력을 원활하게 공급
- ※ 이러한 방식을 통해 수 MW 시스템에서 수천 개의 배터리가 원활하게 작동 가능하도록 할 수 있음



[그림 1-30] 벨기에에 설치한 1.2MW/720kWh급 ESS 설치 프로젝트

- 테슬라는 '메인 통합 서버 시스템'을 활용하여 차량의 모든 데이터를 본 시스템에 저장하며 배터리 관련 정보를 관리⁷⁶⁾
 - 현대, 기아가 스탠드 얼론(차량 자체에 데이터 저장) 방식인 반면, 테슬라 통합 관제 시스템은 메인서버가 모든 데이터를 수집하고 관리
 - 테슬라는 또한 배터리의 팩 및 BMS(배터리 관리 시스템)를 직접 설계해 차량에 적용하고 있으며, 이는 메인서버와 연결되어 있음
- 배터리의 수명이 다해도 BMS 및 통신 기술을 ESS와 연동해서 관리할 수 있어 폐배터리용 BMS를 새로 개발하지 않고도 활용할 수 있음

76) 녹색경제신문, "테슬라, 전기차 폐배터리 팩 재사용하는 'ESS 센터' 구축 검토중", 2022. 08. 03.

□ 테슬라는 전기차 운행 중 배터리의 성능이 최대한 균등하게 떨어질 수 있는 자체 쿨링 시스템 옥타밸브를 개발하여 운영

○ 옥타밸브 기술은 배터리의 모듈을 독립적으로 관리함으로써 온도 조절의 효율을 극대화

- 이는 결국 배터리의 수명 연장에도 직접적인 영향을 주며, 전기차 배터리로서의 수명이 다한 경우에도 셀 각각의 잔량이 상대적으로 균일하기 때문에 재사용시 관리가 용이하다는 장점이 존재



[그림 1-31] 테슬라 옥타밸브

□ BMW는 i3 배터리를 활용하여 Storage Farm in Leipzig를 구축하여 최대 15MW의 대용량 에너지 저장시설을 운영 중⁷⁷⁾

○ 본 인프라의 특징은 i3에서 사용되던 배터리를 아무런 추가 작업없이 바로 Storage Farm 적용할 수 있다는 점

- 새로운 형태로 출시될 차세대 배터리도 추가적인 작업없이 ESS 시스템에 적용 가능함

○ 인프라는 4개 부분으로 나뉘져 있으며, 4개의 부분은 각각 독립적으로 제어가 가능하여 서로 다른 용도로 사용 가능

77) Wind Node, "BMW Battery Storage Farm Leipzig - Energy Optimisation in the Manufacturing Plant", 2020.

(2) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전 관리 기술

- 미국 플루언스(Fluence)는 최근 자사 신규 ESS 프로젝트와 기존 완공 사업장에 넥서리스(Nexceris)사의 오프가스(Off-gas) 모니터링 화재예방 시스템을 적용⁷⁸⁾
 - 배터리가 열폭주를 일으키기 전 외부로 방출하는 화학가스를 센서로 감지해 전면적인 ESS 화재를 예방
 - 현재 380MWh 필리핀 프로젝트와 20MWh 스위스 사업 등에 우선적으로 화재예방 시스템을 장착 중
- 독일 Continental사는 배터리 충격 감지 시스템(BID)이라는 전용 감지 시스템을 개발하였음⁷⁹⁾
 - BID 시스템은 압력 센서를 사용하여 차량 바닥에 가해지는 충격을 감지
 - 배터리 손상을 감지하면 사용자에게 경고하며, 배터리가 손상된 위치를 정확히 식별 및 해당 정보를 배터리 관리시스템에 전달하여 해당 영역 셀을 방전하여 화재 가능성을 방지
- 미국 안전 규격 개발 기관 UL은 재료 스크리닝 테스트 방법인 BETR(Battery Enclosure Thermal Runaway)를 도출⁸⁰⁾
 - 열 폭주 시나리오를 시뮬레이션하여 소재의 성능을 평가
 - 전체 배터리 생산공정에 대해 시험이 수행되므로 수지 제조업체와 재료 공급업체가 이 과정에서 시간과 비용을 절약할 수 있음
- 오스트리아의 소방 장비 제조업체인 Rosenbauer는 리튬 이온 배터리 화재 진압을 위한 소화 시스템을 출시
 - 소화 시스템은 피어싱 유형의 노즐로 배터리 상자에 구멍을 뚫고, 연결된 호스라인을 통해 물이 배출되어 배터리 장치 자체로 직접 흐르도록 설계
 - 본 시스템을 통해 배터리 모듈 또는 모듈 내에 있는 셀을 직접 냉각

78) 이투뉴스, “韓 ESS 자증지란 때 美는 화재안전 세일즈”, 2020.02.

79) AUTOCAR, “Tech talk: How to tell when your battery has been damaged”, 2022. 07. 25.

80) Clean Technica, “UL Introduces Safety Test For Battery Fire Protection”, 2022. 07. 24.

할 수 있으므로 회사에서 말하는 셀 연쇄 반응(우리의 열 폭주 시나리오)을 빠르게 중지할 수 있음



[그림 1-32] Rosenbauer의 배터리 직접 냉각시스템

(3) 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술

- 해외에서는 에너지·안전 분야에 대해 ICT기술 융합을 통해 다양한 제품과 서비스를 창출할 수 있는 융복합 산업으로 간주하고 적극적으로 관련 기술을 개발하고 있음⁸¹⁾
 - 미국, 일본, EU 등에서는 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등의 기술을 활용하여 원격전기안전관리 등 관련분야 융합기술을 개발 중⁸²⁾
 - 에너지 안전 분야의 예방 기술확보를 위해 대규모 정형·비정형 안전정보를 분석·예측할 수 있는 빅데이터 기술을 개발 중
 - IoT와 플랫폼 연계 전기화재 원격 모니터링시스템을 개발 및 상용화 중이며, IoT기술과 클라우드 컴퓨팅 기술 연계 전기화재 모니터링시스템 연구도 진행 중

81) 한국EMS협회, “에너지-안전 기반의 차세대 에너지통합 시관리시스템 개발 및 실증” 공동기획연구보고서, 2020.

82) 한국EMS협회, “에너지-안전 기반의 차세대 에너지통합 시관리시스템 개발 및 실증” 공동기획연구보고서, 2020.

나. 국내 기술동향분석

(1) 도시/산단 대용량 에너지 저장 인프라 기술

- ESS의 운영 및 설계 관련 연구는 현재 상당 부분 진행되었으나, ESS에 들어가는 전지의 안전성을 보장할 수 있는 시험 및 평가시스템 분야의 연구는 진행 중이며, 아직 대용량 시설에서의 안전성 검증은 부족 상황임⁸³⁾
 - KERI는 대용량 전지시스템의 안전성 및 신뢰도를 높이고자 리튬이온 전지용 BMS 평가기술을 개발⁸⁴⁾
 - HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation) 기반의 BMS 평가플랫폼에 평가절차 및 실시간 전지 모의모델을 탑재하며, 해당 플랫폼을 BMS와 연동하여 평가 수행
- 에너비는 전통적 배터리 방전기술이었던 습식방전, 회생방전이 아닌 전기분해공법에 의한 폐배터리 급속 대용량 방전기술 개발에 성공⁸⁵⁾
 - (주)에너비가 기존의 전통적 배터리 방전기술이었던 습식방전, 회생방전이 아닌 전기분해공법에 의한 획기적인 신개념 배터리 급속 대용량 방전장치를 개발
 - 국내 3개사(포엔, EMB, 이엘솔루션)와 전략적 컨소시엄을 구성하고 한국생산기술연구소와의 협업을 통한 약 2년간 연구개발 수행, 코나EV 폐배터리의 완전 방전 및 모듈단위 파쇄 공정 등의 실증 시험 후 제품화 성공

83) 한국전기연구원, “ESS 국내외 정책 및 비즈니스모델 구축사례”

84) KERI, “중대형 고신뢰성 리튬이온전지용 BMS 평가기술”

85) 전자신문, “에너비, 폐배터리 리사이클링 핵심기술인 급속 대용량 방전기술 개발 성공”, 2022. 03. 29.



[그림 1-33] 에너지의 배터리 급속 대용량 방전장치

- 배터리 잔량을 셀기준 0.1Vdc까지 방전하여 배터리 안정화 상태 유도를 통해 안전한 분해 및 파쇄 기술 상용화 실현
 - 동시에 최대 100kW를 방전할 수 있어 현대자동차 코나EV 5대분의 배터리 기준, 모듈 24개를 2시간 내 대량 완전 방전이 가능하며 스웰링(배터리 팽창 현상)이 없어 화재 가능성 또한 거의 없음
 - 방전기 내 발열이 예상되는 부품이 없어, 방전 장비 고장율이 현저히 낮으며 방전 후 폐수 발생 등 오염 물질이 없고 방전 중 포집된 가스를 재활용할 수도 있음

□ 민테크는 EIS(Electrochemical Impedance Spectroscopy) 기반 저비용, 단시간 배터리 분석기법과 진단 알고리즘을 개발함⁸⁶⁾

- 현재 배터리 검사방법으로는 시설투자 비용이 수 억원 가량 소요되며, 회당 백만원 이상의 검사비용, 15~20시간 이상의 검사 시간이 소요됨
- 민테크는 검사 비용 10만원 이하, 검사 시간 10분 이내로 줄이기 위한 배터리 검사·진단 기술 연구를 통해 EIS 측정, 분석기술 개발 및 진단 알고리즘 개발

86) 인더스트리뉴스, “민테크, 사용후 배터리 성능·안전성 진단... 혁신 기술 선보여”, 2022. 05. 10.

- 정확하고 안정적인 고전압 교류 임피던스 분석기를 개발하고, 안전하고 신뢰성 있는 배터리 검사 인터페이스와 프로세스를 수립해 EIS를 이용한 전기화학 기반의 정밀 분석 기술을 제공
 - ※ 교류 임피던스법은 적절한 고전압 임피던스 측정기를 적용할 경우, 검사 시간은 10분 이내로 고가의 충방전 장비가 없이도 가능한 기술
 - ※ 해외 제품의 경우 유사한 배터리 시험결과를 제공하지만, 배터리의 잔존수명 및 등급화를 위한 진단방법, 진단기준, 판정 알고리즘까지 제공하는 업체는 부재
- 이 외에도 배터리 복합진단시스템을 통해 정밀검사, 표준검사, 빠른 검사 기능을 제공해 20시간에 이르는 배터리 정밀검사와 더불어 15분 이내 배터리의 성능진단 가능



[그림 1-34] 민테크가 제공하는 민테크의 고전압 임피던스 측정기 및 분석기

- 영일테크는 폐배터리의 BMS정보를 활용하여 주요지표인 SOH, SOP, SOB, SOC를 효과적으로 진단하고, 성능 평가시간을 5분으로 단축할 수 있는 시스템 독자 개발⁸⁷⁾
- (주)영일테크가 개발한 CDS(Component Diagnostics Solution)는 고전압배터리 팩을 분해하지 않고 평가하는 방식을 개발하여 진단시간 및 작업자 안전 등에서 효과성이 높음

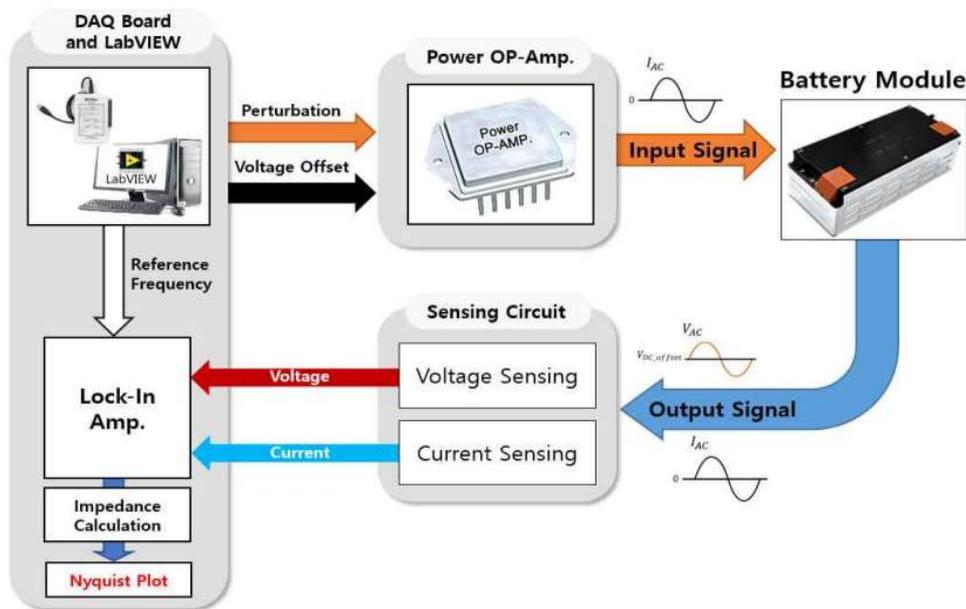
87) ENVINews, “국내 기업, BMS정보를 활용한 폐배터리 재활용 성능평가 최첨단 시스템 연구개발”, 2021. 10. 14.

- BMS정보와 신품배터리와의 비교와 설정해 놓은 알고리즘에 적용하여 배터리를 충방전 하지 않고 빠른 시간 내 결과를 도출할 수 있음

○ 현재 한국전기차리빌딩협회와 EVReady 협의체의 시험평가를 통해 높은 신뢰성을 확보하였음

□ 송실대학교 연구팀은 폐배터리 모듈의 잔존수명 평가를 위한 임피던스 스펙트럼 측정 장치 개발연구 수행⁸⁸⁾

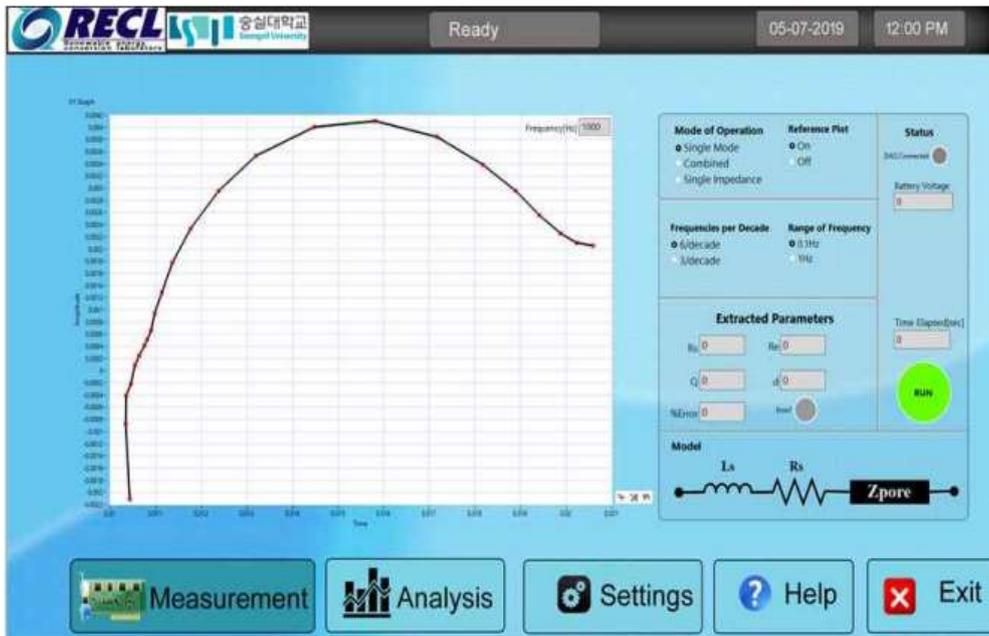
○ 폐배터리의 상태 및 잔존수명 평가를 위해 배터리 모듈의 임피던스 스펙트럼을 측정할 수 있는 장비를 개발



[그림 1-35] 배터리 모듈용 AC 임피던스 스펙트럼 측정 장치 구성

○ 폐배터리 모듈에 AC 섭동을 인가하고 이를 측정하여 임피던스 스펙트럼을 계산할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어를 개발

88) 전력전자학술대회 논문집, 2019. 7, 2 ~ 7. 4



[그림 1-36] 소프트웨어 나이퀴스트 플롯 디스플레이

- 개발 장비는 60V이하의 폐배터리 모듈의 임피던스 스펙트럼을 0.1Hz에서 1kHz까지 측정 가능하며, 측정 결과를 바탕으로 커브 피팅을 통해 등가회로의 파라미터도 계산할 수 있음
- 전기차 배터리 재사용/재활용 기술 관련 배터리 성능 및 잔여수명에 대한 연구가 진행되고 있으나, 명확한 정량적 지표는 아직 도출되지 못하였음
 - 현대차그룹은 한국수력원자력 및 OCI 등과 업무협약을 통해 전기자동차에서 발생한 폐전지를 활용한 ESS를 태양광 발전시스템에 접목하여 실증사업을 진행하고 있음⁸⁹⁾
 - ESS 대규모 보급사업에 필요한 안정적인 생산 시스템을 확보하고자 ESS 부품 및 설계업체인 파워로직스와 공동으로 청주에 Pilot 생산라인을 구축하여 가동 중임
 - 배터리의 성능과 수명을 평가하고 예측하는 기술을 개발 중에 있음

[표 1-24] 현대차그룹의 ESS사업 추진현황

협약기관	주요내용
한국수력원자력	전기차 폐배터리 재활용 에너지저장장치 사업 공동수행 협약 체결 양 기관은 신재생에너지 사업과 연계하여 2021년말까지 총 10MWh 규모의

89) KDB미래전략연구소, “페리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황”

	폐전지를 활용한 ESS 시범사업을 실시 2030년까지 수상 태양광과 도서지역 풍력사업 등 대규모 재생에너지 사업과 연계하여 3GWh급 세계 최대규모의 재활용 ESS사업 추진 계획
OCI	현대차그룹에서 개발한 ESS를 텍사스에 위치한 ICU 태양광발전소에 설치하여 공동 실증 분석 계획

○ 휴렘은 배터리 재활용을 위한 배터리 성능 및 잔존수명 분석시스템 개발을 추진하였으나, 잔존수명 추정 관련 정량적 지표는 제시하지 못하였음⁹⁰⁾

- 실제 사용 중인 전기차의 배터리 충/방전에 따른 실시간 배터리 상태정보를 취득하여 배터리 성능 및 유효 잔존용량 분석시스템 개발하여 배터리 재활용을 위한 배터리 성능진단 솔루션 제공하는 사업화 모델 수립

□ 한국생산기술연구원은 대경산전과 함께 ‘ESS 미세 아크(Arc) 감지 시스템’을 개발하여 에너지 전달 효율성을 개선을 시도하였음⁹¹⁾

○ 대경산전은 배터리와 커넥터 사이에 완충부를 추가하고, 미세 아크 신호의 포집률을 높이기 위해 배터리 트레이 상단 안쪽을 피라미드 엠보싱 형태로 제작해 미세 아크의 빛 반사를 통해 센서까지의 도달률을 높이는 의견 제안

○ 한국생산기술연구원에서는 전자기력을 이용해 각기 다른 소재끼리 200m/s 이상의 고속에서 충돌하면, 순간 유체처럼 변하면서 강하게 접합되는 원리를 이용해, 이종 소재인 구리와 알루미늄의 접합 문제를 해결

○ 피라미드 엠보싱 구조는 빛 반사를 통해 단 1개의 센서만으로도 미세 아크 신호를 80% 이상 포집할 수 있고 다량의 센서가 필요 없어 비용 절감 가능

□ 브이스페이스는 배터리의 수명과 상태를 고려하여 최적의 조건으로 운전하는 고효율 배터리 패키지 적용 BMS(Battery Management System) 기술을 개발함⁹²⁾

○ 배터리 전류, 전압, 온도 등의 상태를 실시간으로 모니터링하여 잔존

90) 연구개발특구진흥재단, “유망시장 이슈리포트-배터리 재활용”, 2021

91) 연구개발특구진흥재단, “유망시장 이슈리포트-방화시스템”, 2021.

92) 중소기업전략기술로드맵_드론(2021-2023).pdf

용량 및 교체시기를 예측하여 시스템 제어에 활용 및 배터리의 성능 균등제어를 6통한 시스템 수명을 확보함

□ 한국전자기술연구원은 실용화 단계의 이중배터리 복합운용기술 연구를 통해 에너지저장장치와 비상발전기 연계 운전 기술 및 최적 운용력을 확보하였음⁹³⁾

○ 건물 내부의 무정전 전원 공급을 위한 비상발전기의 운전 시 초기 기동에 대한 정전 경험을 해소할 수 있도록 ESS를 병렬로 연계하여 운전하는 기술과 ESS의 높은 초기 투자비용을 해소하기 위한 이중 배터리를 구성하여 운용하는 기술 및 차세대 흐름전지의 BOP(Balance Of Plant) 설계 및 운용기술 개발

- 에너지저장장치와 비상발전기 연계 운전 기술 및 최적 운용 기술 확보

※ 비상발전 시 ESS로 운전한 후 발전기를 운전하여 발전기 수명 개선, 환경오염 최소화 및 고품질의 전원 확보가 가능

- 하이브리드 ESS 설계로 배터리 수명 확보 및 전력변환기 최적화 설계

※ 배터리 수명을 고려한 이중 배터리의 운용, 전력변환 시스템 제어로 계통연계 모드와 정전을 대비한 독립모드 운전의 하이브리드 운용기술 확보

- 흐름전지의 특성을 고려한 BMS(Battery Management System)의 펌프 제어기 설계, 고정밀 SOC 계측 기술 및 수명개선을 위한 BOP 설계 기술

※ 흐름전지의 유로 내 전해질의 온도, 유량 및 온도의 정밀 계측을 하고 이를 위한 센서 적용 방법 등의 BOP 설계의 표준 제시

93) 한국전자기술연구원 홈페이지 참고

(2) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전 관리 기술

- 인셀은 배터리 화재발생 단계를 4단계로 분류하고 단계별로 원인을 분석해 화재를 예방할 수 있는 기술을 적용한 종합적인 화재 예방 솔루션을 제품에 적용 중⁹⁴⁾
 - (1단계) 배터리에 가해질 수 있는 스트레스를 제거하기 위해 충전율을 낮추는 등 보수적 운영 알고리즘과 ESS의 가혹한 환경(고온, Cycle 운전)에도 견딜 수 있는 ESS 전용 소형 셀을 적용해 안전품질 향상
 - 모듈 내부에는 습도센서를 부착해 결로나 습기에 의한 절연 저하로 발생할 수 있는 단락사고를 예방할 수 있도록 설계
 - (2단계) Off-gas 센서를 모듈마다 설치해, 배터리 셀 사고의 전조 증상인 Off-gas를 감지해 사전에 시스템을 전기적으로 격리해 잠재적 사고 진행 방지
 - 국내 최초로 개발해 제품에 적용한 배터리 전용 Off-gas 감지 시스템임
 - (3단계) 열폭주가 발생하더라도 주변 셀로 전이되지 않도록 불연소재로 셀을 보호해 연쇄발화를 방지
 - 모듈과 랙이 인접 모듈과 랙으로 확산되지 않도록 밀폐형으로 설계한 연쇄발화 방지 회로기술로 UL 1973 인증을 획득하였음
 - (4단계) 화재 진압 단계로 전 단계에서 감지하는 Off-gas 센서 신호와 특수 소화약제 투입을 동조시킴과 동시에 소화약제 투입 밸브에 장착된 온도감지 신호에 의해 자동적으로 분사시키는 특수 밸브회로 기술을 적용
 - 단계별 안전 설계의 특징은 이전 단계의 안전 기능이 실패하더라도 다음 단계의 안전보호 기능 수행에 영향을 주지 않는다는 점임
 - 위와 같은 국소 화재 진압 기술을 활용해 최근 UL 9540A 시험을 성공적으로 통과해 성능을 국제적으로 공인받은 바 있음

94) SORLAR TODAY, “인셀, 지난해 ESS 수출 300%↑ 국제 인증 바탕으로 북미·유럽·아시아 수출 순항 중”, 2022. 05. 13.

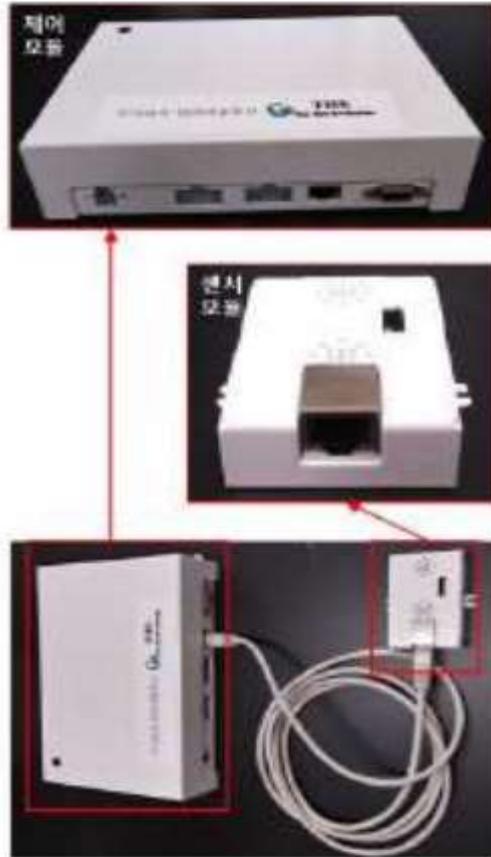
- 파이어킴은 간단한 설계지만 효과적인 소화 기능을 갖춘 ‘스틱(Stick)’ 과IoT(사물인터넷)를 접목해 모니터링 및 알림이 가능한 ‘센서플러스(Sensor+)’ 를 개발⁹⁵⁾
 - 센서플러스는 반도체장비, UPS, 네트워크장비 등 고가의 산업용장비에 적용이 가능하며 온도, 연기, 소화약제 누기에 대한 모니터링을 통해 사용자에게 실시간 알림을 제공하는 첨단 IoT 통신기술을 탑재하였음
 - 파이어킴의 제품은 셀 또는 모듈 내부에 화재진압 시스템을 탑재하여 배터리 폭발 시 발생하는 높은 온도의 열에너지 차단이 가능
- 풍성에너지는 열화상 카메라와 멀티온도센서 등을 활용해 에너지저장장치(ESS) 배터리 화재가 진행되기 이전에 이상을 미리 감지해 사전에 조치를 취할 수 있도록 해주는 솔루션을 개발⁹⁶⁾
 - 열화상카메라와 멀티온도센서 등 장치를 통해 배터리 관리 시스템(BMS)에서 각 배터리 모듈의 온도데이터와 전압데이터를 수집해 이상 상태를 감지하면 관리자에게 알람을 전송하고 자동으로 설비 정지 또는 전원 차단 등 조치
- 한국표준과학연구원과 (주)태희에볼루션은 ESS 화재 예방을 위한 리튬이온 배터리용 오프가스 감지장치를 개발하였음⁹⁷⁾
 - 리튬이온 배터리의 오동작 시 off-gas가 배출되며, 3~15분 후 열폭주가 시작됨
 - off-gas를 감지하여 배터리 셀의 전원을 열 폭주 전에 선제적으로 차단하는 기술을 개발
 - off-gas 감지장비는 제어모듈과 센서모듈 두 개의 부분으로 구성되어 있음
 - 센서모듈은 온습도 보정을 통해 off-gas를 정확하게 감지하여 제어모듈에 정보 전달
 - 제어모듈은 센서모듈에서 수집한 정보를 분석하여 오프가스 발생여부 판단

95) 연구개발특구진흥재단, “유망시장 이슈리포트-방화시스템”, 2021.

96) 연구개발특구진흥재단, “유망시장 이슈리포트-방화시스템”, 2021.

97) 국립재난안전연구원, “2020 재난안전기술개발 성과요약집”, 2020.

- 본 시제품은 off-gas 발생 후 10초 이내(@10ppm)의 감지성능을 확보하였음



[그림 1-37] ESS 오프가스 감지장비 시제품

- 본 기술로 화재 발생을 사전에 차단할 수 있어 확산이 우려되는 인구 밀집지역에 대용량 ESS 설치가 가능해질 것으로 예상
- 한국파워셀(KPC)은 인공지능(AI)과 ICT 기술을 접목하여 실시간 모니터링을 통해 배터리 불량과 화재를 사전에 예방할 수 있는 기술을 확보⁹⁸⁾
- KPC는 배터리마다 무선통신모듈을 달아 초단위로 전압, 전류, 온도 등을 실시간 수집하고 인공지능 분석을 통해 잔존수명과, 화재·불량 등의 발생 시점을 예측할 수 있는 기술개발
 - 이 기술을 통해 사용자는 배터리 문제를 사전에 확인할 수 있고 화재를 사전에 원천적으로 막을 수 있음

98) HelloDD, "'리튬배터리에 AI' 화재 걱정 뚫! 절대기술... '대기업 줄 선다'", 2021. 12. 08



[그림 1-38] KPC의 배터리 모니터링 소프트웨어

- 인셀은 모듈 내부 BMS에 온·습도 센서 및 Off-gas 센서 내장으로 절연 저하 및 열폭주 사전 감지하는 기술 특허 보유
- 방재시험연구원과 (주)스탠더스시험연구소는 액체가스 나노분말 소화약제를 첨가한 리튬이온배터리 화재 소화장치를 개발하였음⁹⁹⁾



[그림 1-39] 압축공기포 점착 형상(좌) 및 열감응튜브 적용 형상(우)

- ESS에 사용되는 리튬이온배터리는 화재발생 시 일반 화재와는 화재양상이 달라 일반적 소화시설로는 화재진압이 어려움
- ESS 리튬이온배터리 화재에 적용성 있는 소화설비를 연구하였음
 - ESS 리튬이온배터리 화재 소화설비 개발

99) 국립재난안전연구원, “2020 재난안전기술개발 성과요약집”, 2020.

※ 압력용기, 약제용기, 포혼합장치, 분배기 등 소화설비 핵심기술 개발

※ 공기포비 시험을 통한 최적 공기포비 선정

※ 화재감지, 진압시스템 모니터링이 가능한 통합 관제시스템 개발

- ESS 리튬이온배터리 랙/모듈단위 화재 소화기술개발

※ ESS 화재 구획화 및 구획 방출 기술개발

※ 열 감응튜브를 이용한 모듈단위 직접분사 기술개발

○ ESS 리튬이온배터리 화재 소화설비 검증

※ 통합 관제시스템을 이용한 ESS 리튬이온배터리 화재 소화설비 공인인증시험 수행

※ ESS 리튬이온배터리 화재 실증시험 수행

○ 본 기술은 재발화 방지가 가능한 ESS 리튬이온배터리 화재 소화설비임

- 초기 표면 화재, 열폭주에 의한 심부화재 진압능력이 우수하여 재발화까지 차단할 수 있음

※ 방출 시퀀스를 적용하여 2시간 이상 긴 방출시간을 보유

※ 물 사용을 최소화할 수 있는 압축 공기포를 사용하여 수손 피해 최소화 및 점착성을 이용하여 냉각효과 극대화 가능

※ 방출종료 → 압축 공기포 점착 → 배터리 표면 냉각 → 방출 시작 → 저온의 압축공기포 방출 → 고온의 압축 공기포 제거

□ 충남소방본부는 전기차 화재 진압에 필요한 소화수조를 신속하게 만들어 내는 '워터포켓' 기술 개발에 성공¹⁰⁰⁾

○ 질식소화포와 와이어를 이용해 크레인 등 중장비 없이 손쉽게 소화수조를 만들어 내는 방식

- 워터포켓에는 기존 질식소화포 4면에 얇은 철심 와이어를 이중으로 설치해 양쪽에서 당겨 신속하게 차량을 감싸 올리는 이중조임 방식이 활용되었음

- 기술개발 후 실증 6분 만에 워터포켓을 완성해 차량을 질식소화포로

100) 환경정처, "충남소방본부, 전기차 화재 잡는 '워터포켓' 기술 개발", 2022. 07. 08.

감싸올렸고, 2분 만에 3t의 소화수를 채워 넣는 데 성공

- 기존 조립식 수조를 완성하는 데 걸리는 시간은 40분 정도인 반면, 워터포켓의 경우 신속하게 화재 진압을 시도할 수 있다는 장점이 존재



[그림 1-40] 질식소화포와 와이어를 이용한 전기차 화재 진압 기술

- (LG에너지솔루션) SRS(Safety Reinforced Separator)를 통해 분리막 내온 특성 향상, 화재 초기 물을 직접 주수하는 직접 주수 시스템 적용 중
- (삼성SDI) 모듈/랙 퓨즈 및 고압보호장치 등 3중 안전장치를 구축하고, SPD(Surge Protection Device) 설치, 배터리 운반 중 충격 검출기, 모듈 내 소화시트 적용 중
- UNIST는 워터 인 배터리 시스템(WIB)를 통해 특수 방화물질이 포함된 물속에서 배터리 열을 낮춰 수명을 높이고, 열폭주 발생 시 방화물질이 침투해 산소와 열 차단 기술 개발
- ESS 내 재사용 배터리 화재가 ESS 전체로 퍼지는 것을 막기 위해 많은 국내 기업에서 화재방지 신기술을 개발하는 단계에 있으며, 아직 현장 실증은 이루어지지 못하였음
- 삼성 SDI는 ESS랙을 공장에서 미리 조합 후 드롭다운 형식으로 두고,

컨테이너 내에서 압력이 올라가지 않도록 댐퍼를 사용하는 등의 기술을 통해 열 폭주로 화재가 모든 셀에 전이되는 것에 대비¹⁰¹⁾

○ SK온은 최근 ESS 화재 확산 방지 실험에 성공하며 관련 기술을 확보¹⁰²⁾

- 통상 ESS에 불이 난 경우 문제가 된 배터리 셀(전지)에서 인접한 셀로 불이 옮겨붙는 데는 30초에서 5분이 소요
- SK온은 화재 확산을 원천적으로 막기 위해 열차단 패키징 기술을 적용하여 연소가 이뤄지는 주요 요인인 공기를 차단하고 셀을 격벽 형태로 막아 확산을 방지
- SK온이 신기술을 적용해 자체 실험에 나선 결과, 불이 붙은 셀 하나만 1~2시간에 걸쳐 연소됐고 나머지 셀들은 전압 이상 없이 정상적으로 작동

101) 전기신문, “끊이지 않는 ESS 화재...기술적으로 해결 가능할까?”

102) 매일경제, “ESS 최대 걸림돌, '火' 잡는 국산 기술 나온다” , 2022.01.

(3) 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술

- 국내 설치 사례로는 서울에너지드림센터가 선제적으로 건물 내 ESS 설치를 추진하였으며, 기존 태양광 설비로부터 얻을 수 있는 전력의 간헐성을 보완하여 에너지 자립을 실현하였음
 - 서울에너지드림센터는 재사용 배터리와 새배터리를 결합한 형태의 하이브리드 ESS로 에너지 자립건물을 조성¹⁰³⁾
 - 지하1층 인버터실에 조성된 ESS는 약 445kWh급 용량으로 남산전기버스에 사용되었던 배터리(10팩)를 활용한 재사용배터리(100kWh)와 새배터리(344.88kWh)로 구성된 하이브리드 형태로 조성
- 동신대학교는 국내 대학 최초로 전기자동차(EV)의 사용 후 배터리 재활용을 기반으로 한 e스마트 모빌리티 캠퍼스 구축 추진¹⁰⁴⁾
 - 전기차에서 사용한 잔존용량은 평균 70~80% 수준의 배터리로 에너지 저장 장치(ESS), 전기 자전거, 전기 오토바이, 전동 킥보드 등에 재사용할 수 있는 특성을 이용해 e스마트 모빌리티 캠퍼스를 구현할 예정
 - 동신대는 에너지클러스터 내 메이커스페이스의 시설과 장비로 지자체가 수거한 전기차 배터리를 e-모빌리티 기기에 사용하는 이차전지 재활용 상품으로 개발하고, 태양광 시설을 이용한 재사용 배터리 충전센터도 구축할 예정

103) 서울에너지드림센터 보도자료, "서울에너지드림센터, 하이브리드 ESS로 에너지자립건물 도약", 2018

104) 동신대, 전기자동차 폐배터리 활용 스마트 에너지 캠퍼스 구축, 환경산업, 2021. 03. 15

동신대학교 국내 대학 최초!
e스마트 모빌리티 캠퍼스 만든다



**사용후 배터리/차세대 전지
스마트에너지 캠퍼스 체험 코스 개발**

- 재생에너지의 시작부터 이차전지 재활용 라인 체험
- IoT 및 3D프린터를 활용한 에너지 신산업 메이킹 체험
- 자율주행 전동휠 세그웨이를 통한 에너지 캠퍼스 투어

사용후 배터리 기술 개발

- 고효율 이차전지 재활용 리튬 파일럿 라인 구축
- 이차전지 재활용 배터리 패키징 및 전용 BMS기술
- 이차전지 재활용 배터리를 활용한 재생에너지 저장 기술

**스마트 모빌리티
(차세대 전지)기술 개발**

- 자율주행 전동휠 세그웨이 개발(자동화수)
- 전동릭보드 센서 및 배터리 교체 센서, 주행도로 센서 개발

**안전은 책임지는
빅데이터&보안 기술 개발**

- WiFi6를 활용한 각종 에너지 센서 및 통합 모니터링 시스템 개발
- 에너지프로슈머를 위한 블록체인 과금시스템

[그림 1-41] 동신대 e스마트 모빌리티 캠퍼스 구축 계획

□ PUMPKIN은 ESS를 통해 스마트시티에 적용할 수 있는 충전 인프라 및 솔루션을 제공함¹⁰⁵⁾

○ ESS eBAB를 통해 고효율충전 시스템(ESS 및 폐배터리 연계) 솔루션을 제공함

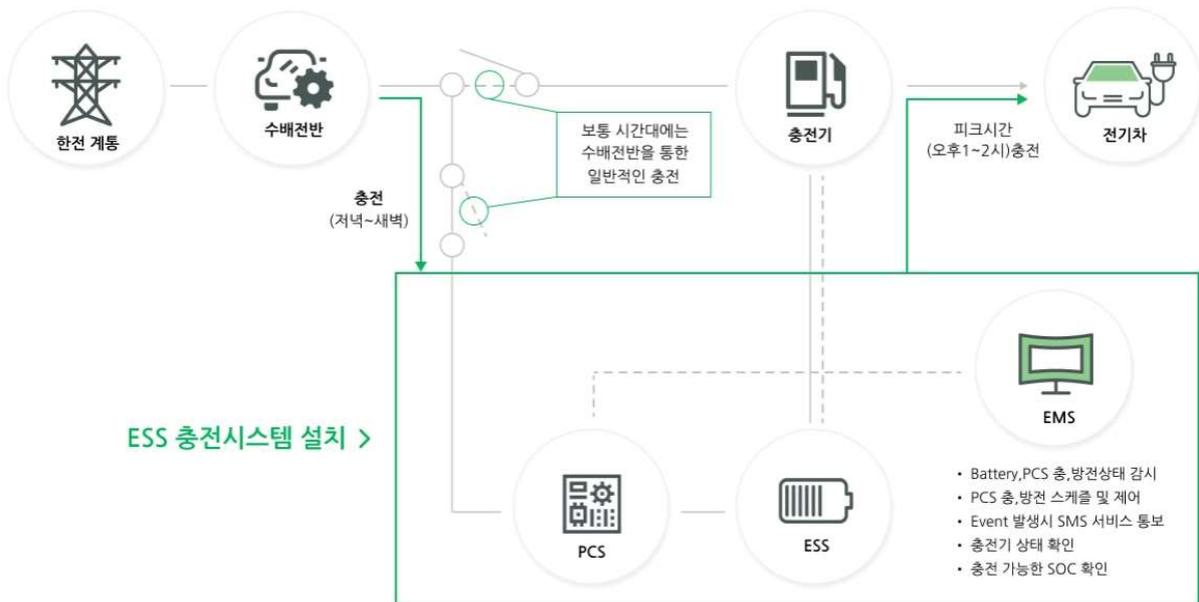


[그림 1-42] SmartCity eBAB system 개념

○ 폐배터리와 연계한 ESS 고효율 충전시스템 제공을 통해 전기요금이

105) <https://www.epumpkin.co.kr/business/smart-city/>

저렴한 시간대(저녁~새벽)에 ESS를 충전하여 피크시간대(오후 1~2시)에 ESS를 통한 충전으로 전기료 절감을 실현



[그림 1-43] ESS 충전시스템 개념

□ INTO-R은 다츠에너지와 협업하여 250kW급 수출용 주파수조정용(FR) ESS를 개발¹⁰⁶⁾

- 소프트웨어에 해당하는 운영프로세스와 제품 설계는 다츠에너지가, 하드웨어에 속하는 배터리 랙과 옥외용 외함 제작은 인투알이 제작
- 전력거래소처럼 계통운영기관의 시그널을 받아 이를 100% 추종하는 주파수조정용(FR) AGC(Automatic Generation Control) 운전 가능한 국내 유일 기술

106) 이투뉴스, “전기차 폐배터리로 '움직이는 ESS' 만든다”, 2021. 01. 01.



[그림 1-44] BMW사 전기차 폐배터리를 활용해 제주에 시범 설치한 ESS 충전소

- 다츠에너지는 특성이 서로 다른 전기차 배터리팩으로 ESS를 구성하더라도 항상 고르고 안정적인 출력을 내는 팩 단위 출력조절 운용기술을 확보하여 특허 출원 중
 - 본 기술을 활용하면 서로 다른 제조사의 폐배터리를 하나의 모듈로 엮어 ESS를 구성 가능
 - 팩 중 하나가 고장으로 사용할 수 없는 상황이 되어도 나머지 배터리팩으로 원하는 출력(방전력)을 낼 수 있음

□ LG화학에서는 전기차 폐배터리를 활용한 충전용 ESS를 오창공장에 실 적용하기 위한 연구를 수행하고 있음¹⁰⁷⁾

- 르노삼성자동차와 MOU를 체결하여 서울시 택시 배터리팩 공급 특약에 따라 교체된 배터리를 회수하였고 이를 활용하여 새로운 ESS 개발에 활용할 계획 수립
- Reuse 배터리 신규 사업모델 개발 TDR(Tear Down & Redesign)팀을 구성하여 ‘폐배터리 재사용 및 재활용’이라는 주제를 연구
 - TDR팀은 사업개발팀, ESS전지 상품기획, Cell/system 개발팀, 자동차 전지 상품전략, 셀/팩 개발, BPC/HW개발팀, 배터리 연구소

107) LG화학, “전기차 배터리, 그냥 버린다고요? 폐배터리를 활용해 ESS(Energy Storage System)로 만듭니다!”, 2020 .06. 09.

BMS(Battery Management System) 선행설계, DM 알고리즘팀 그리고 오창 공무기획팀 등 다양한 분야의 전문가들이 모여 구성

- 현재, 충전소 스펙 조율은 완료된 상황이며, 향후 실제 폐배터리를 활용한 전기차 충전기가 오창공장 내에 설치되기까지 어떤 안전 조건이 추가되고, 검토되어야 하는지 확인 중
- 또한 클라우드 EMS(Energy Management System) 시스템을 도입하여 모든 데이터를 실시간으로 점검하며 시스템 제어, 폐배터리 상시 모니터링 등 수행

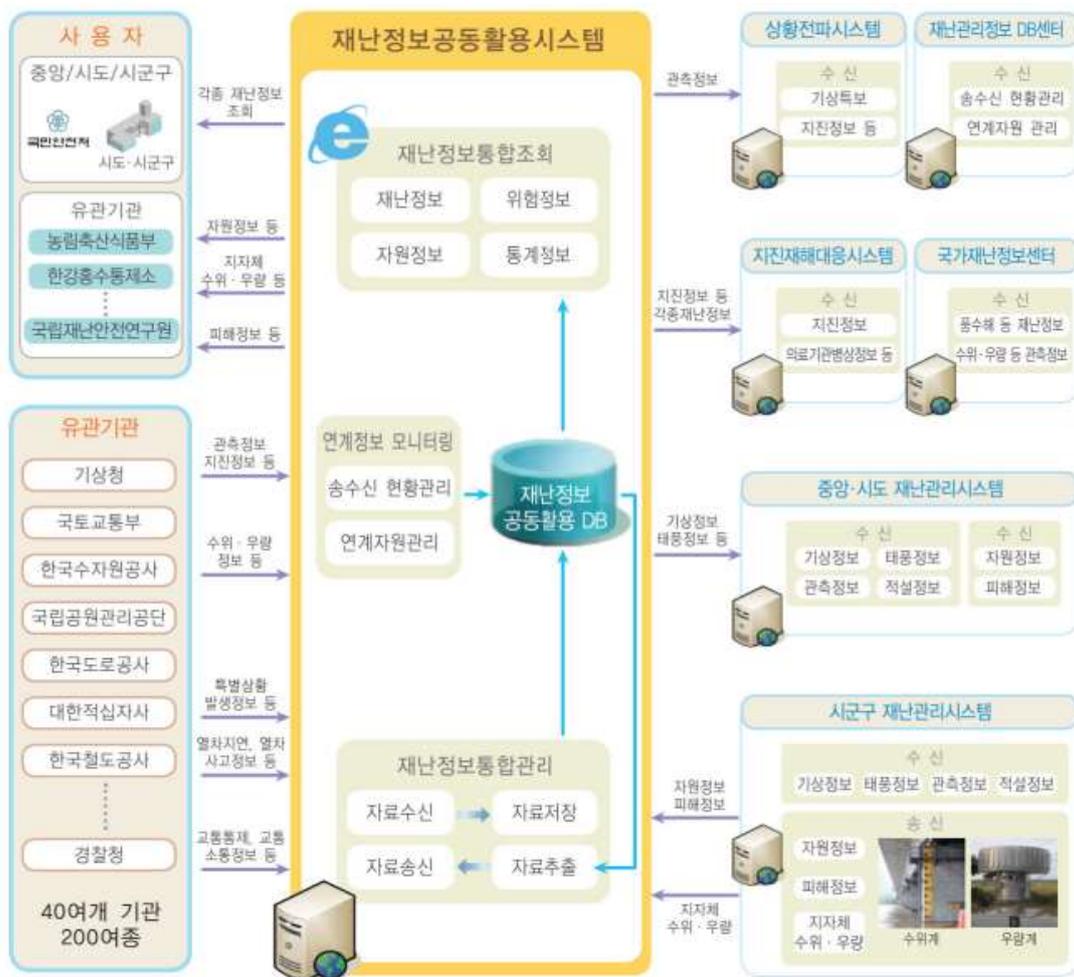


[그림 1-45] 배터리 충전 데이터 모니터링 시스템(좌)과 배터리 충전기(우)

- 사업 경제성 향상에 유리할 것으로 예상되는 폐배터리 잔존 수명 예측 정확도 향상 연구와 배터리의 퇴화를 최소화 할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 전망
- 국내에서는 국민안전처를 중심으로 재난관리정보시스템을 운영하는 등 ICT 기술의 활용이 확대되고 있음¹⁰⁸⁾
- 국민안전처에서는 국가재난관리정보시스템을 운영하여 재난의 예방, 대비, 대응, 복구업무 및 화재·구조구급 등 119 서비스의 전과정을 정보화하고 있음
 - 재난상황 전파시간 및 재난상황 파악시간을 단축하고, CCTV 재난영상 정보를 통합·연계하여 재난감지와 상황전파, 대응복구의 효율성을 향상

108) KISTEP ISSUE PAPER, “제4차산업혁명시대의 ICT융합형 재난안전 R&D 발전방향”, 2016.

- 국가재난정보센터(NDIC)와 재난안전데이터포털, 안전디딤돌 앱을 통해 온라인으로 국가 재난·안전데이터를 공개하고 이를 활용할 수 있는 OpenAPI를 제공
- 휴대폰 탑재를 의무화 한 재난문자방송시스템(CBS)을 통해 휴대폰의 위치 정보를 기반으로 맞춤형 긴급재난정보 제공
- 재난·안전사고 발생시 기상청을 비롯한 12개 유관기관의 31개 빅데이터와 실시간 SNS 정보를 통합 분석·표출할 수 있는 스마트 재난관리 플랫폼 스마트빅보드(Smart Big Board; SBB)를 개발



[그림 1-46] 재난정보 공동활용시스템

□ 솔루션은 '제6차 산업융합 규제특례심의위원회'에서 전기차 폐배터리를

재활용한 태양광 가로등 사업과 관련된 규제 샌드박스 실증 특례를 승인받은 바 있음¹⁰⁹⁾

- 솔루엠의 '폐배터리 활용 태양광 가로등'은 전기차에서 사용된 폐배터리 재사용 기술을 활용해 소형 에너지 저장 장치로 제작하고, 이를 태양광 가로등에 부착한 제품임



[그림 1-47] 솔루엠의 폐배터리를 재활용한 태양광 가로등

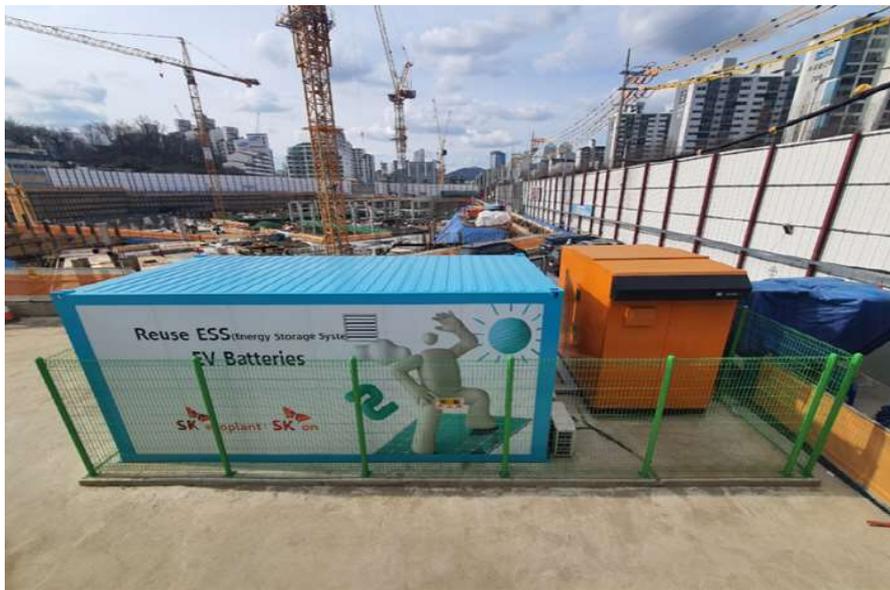
- 별도의 전력설비 구축이 필요 없으며 장기간 운영 시 비용 절감 효과를 얻을 수 있고 기존의 가로등 설치가 어려운 곳에도 설치가 가능하다는 장점 존재
- 폐배터리 재사용으로 폐기물로 인한 환경오염과 온실가스 배출을 절감하는 효과 발생
- 용인 일대 태양광 가로등 설치 등의 사업을 우선적으로 추진해 나갈 계획이며, 전력 보급이 원활하지 않은 아프리카, 동남아 지역 및 유럽 지역 태양광 가로등 시범 설치 및 대량 수주 협의 또한 진행할 예정

SK에코플랜트와 SK온은 국내 최초로 전기차 폐배터리를 재사용해 ESS

109) 뉴시스, “솔루엠, '폐배터리 활용 태양광 가로등' 규제 샌드박스 실증 특례 승인”, 2022. 01. 11

를 제작하여 건설현장에 에너지저장장치(Energy Storage System, ESS)를 연계한 전력공급 시설을 구축하였음¹¹⁰⁾

- '21년 SK에코플랜트와 SK온, 한국전기안전공사, KD파워는 건설현장에 에너지저장장치(ESS)를 연계한 전력공급시설을 구축하는 프로젝트를 추진 중
- SK에코플랜트와 SK온은 향후 2년 간 공동운영을 통한 실증사업을 진행할 계획



[그림 1-48] 아파트 건설현장에 설치된 ESS 연계 전력공급시설

- ESS를 연계한 새로운 전력공급시설을 이용하면 심야시간대 외부의 잔여 전력을 저장해 다음날 피크시간대(오후2시~4시) 장비 운영 등에 전기를 이용할 수 있음
- 시설구축을 통해 기대되는 연간 피크시간대 전기 사용 절감량은 약 11만6800kWh/년이며, 약 51.7톤(tCO₂e, 온실가스 톤)의 탄소배출 저감 효과가 있음
- SK온은 실증이 실제 사업화로 이뤄질 수 있도록 다양한 테스트를 거쳐 폐배터리 활용 안전기준 마련 예정

□ 브이피피랩은 사용 후 배터리를 활용한 ESS-V2G 전기차 충전 시스템

110) 매일경제, “SK에코플랜트-SK온, 폐배터리 ESS 국내 최초 건설현장 활용”, 2022. 05. 10

연계 규제샌드박스 승인을 통해 실증 추진 예정¹¹¹⁾

- 대경엔지니어링, 전기차배터리 플랫폼 전문기업 피엠그로우와 컨소시엄을 구성해 총 2년 간 사용 후 수명이 다한 배터리를 ESS로 재활용, V2G 충전기를 활용해 전기차와 양방향으로 충·방전이 가능한 시스템을 구축·운영할 계획을



[그림 1-49] 사용후 배터리 재사용 ESS 연계 V2G 전기차 충전시스템 사업

- 본 사업을 통해 사용후 배터리 재사용과 충·방전을 통한 안정적인 전력 공급으로 자원순환 및 친환경 에너지 공급률 제고에 기여할 수 있을 것으로 전망

□ 서울에너지공사는 전기차 폐배터리를 활용한 전기차 충전시설을 구축함¹¹²⁾

- 서울에너지공사는 목동열병합발전소 내 유휴부지에 전기자동차 폐배터리를 재활용해 ESS로 사용하는 전기차 충전소를 공개
 - 남산 도로를 운행하는 전기버스의 버려진 폐배터리를 재사용해 전기차 충전시설 중 하나인 ESS로 활용한 자원순환 모델임
 - 설치규모는 태양광 20kW, ESS 172kWh(재사용 배터리 활용)

111) 인더스트리 뉴스, “브이피피랩, 사용후 배터리 재활용 ‘전기차 충전’ ... 규제샌드박스 승인”, 2022. 05. 09

112) 서울에너지공사, 전기차 충전시설에 폐배터리 재활용, EPJ(Electric Power Journal), 2019. 11. 12



[그림 1-50] 양천솔라스테이션 전경

- 새로운 개념의 자원순환형 전기차 충전인프라란 점에서 미세먼지 대응에도 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대

4. 인프라 현황분석

가. 기관현황

(1) 기업

□ 전국 사업체 조사에 따르면 전기에너지저장시스템 산업 사업체 수는 '16년 841개 대비 '19년 937개 사로 10.24% 증가¹¹³⁾

- 전기에너지저장시스템을 구성하는 전력변환장치, 전력관리장치, 배터리관리장치 등 산업이 포함된 기타 전기변환장치 제조업체 증가가 주요 원인으로 작용

[표 1-25] 전국 전기에너지저장시스템 산업 사업체 수

구분	2016	2017	2018	2019
에너지저장장치 제조업	54	50	49	66
기타 전기변환장치 제조업	787	778	852	871
합계	841	828	901	937

* 출처: 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

□ 전기에너지저장시스템 산업 종사자의 규모는 10인 미만의 중소기업체가 60% 이상을 차지하고 있음¹¹⁴⁾

- 전기에너지저장시스템의 구성품 제조업과 시스템을 운영하는 소규모 업체의 비중이 높음

[표 1-26] 전기에너지저장시스템 산업 종사자 규모

구분	세부구분	2016	2017	2018	2019
에너지저장장치 제조업	1-4명	31	25	20	30
	5-9명	16	15	16	18
	10-19명	5	8	10	10
	20-49명	1	1	1	5
	50-99명	1	1	1	3
	500-999명	-	-	1	-
소계		54	50	49	66
기타 전기변환장치 제조업	1-4명	364	339	397	403
	5-9명	187	206	215	237
	10-19명	101	102	110	96
	20-49명	89	84	79	88
	50-99명	29	30	33	31
	100-299명	16	15	15	13
	300-499명	-	1	2	1

113) 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

114) 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

	500-999명	-	-	-	1
	1,000명 이상	1	1	1	1
소계		787	778	852	871
합계		841	828	901	937

* 출처: 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

□ 전기에너지저장시스템 산업은 제품제조, 서비스운영, 시공, 유지보수 등 산업으로 구성되어 있으며 서비스운영 부문 비중이 높음¹¹⁵⁾

- '18년 최고 매출액을 보였지만 ESS 화재로 인해 정부가 잠정 중단을 권고하여 하락세를 보이고 있음

[표 1-27] 전기에너지저장시스템 산업 매출액 규모

연도	매출액(억)
2020	3,926.09
2019	5,789.30
2018	9,141.67
2017	1,826.42
2016	1,653.80

* 출처: 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

□ 동 사업 관련 국정과제 참여 사업체 개수는 약 58개로 추정됨

- NTIS 유사과제 참여기업을 기반으로 동 사업 관련 사업을 영위하는 국내 기업을 대상으로 정리함
 - NTIS 검색 키워드 ‘ESS’, ‘재사용 배터리’, ‘폐배터리’, 최근 5개년(2017-2021) 정부출연금 10억원 이상 과제 대상

[표 1-28] 동 사업 관련 기업

사업	기업명
ESS	그리다에너지, 남도금형, 남전사, 넥스트스퀘어, 다쓰테크, 단일가스캠, 디에코에너지, 루트제이드, 미섬시스템, 보성파워텍, 비츠로셀, 서창전기통신, 선광엘티아이, 솔라플렉스, 시그넷에너지, 씨그널정보통신, 아이티맨, 아크로랩스, 안국엔지니어링, 에스케이텔레콤, 에이치엔파워, 에이치투, 에코다, 에코스, 에코앰넷, 에코케미칼, 엘시스, 엘에스일렉트릭, 엠이티솔루션, 옴니시스템, 윌링스, 유에너지, 유진기업, 유징테크, 이래에이엠에스, 이맥스시스템, 이오플로우, 이온, 일진머티리얼즈, 제이엔케이히터, 지필로스, 큐아이티, 포스코에너지, 포투원, 피스페이스 피앤이시스템즈, 피엔피에너지텍, 필즈엔지니어링, 한국전력공사, 한국전력기술, 한내포티, 한화디펜스, 호디, 휴노
재사용 배터리(폐배터리)	명신, 보성파워텍, 선광엘티아이, 성일하이텍, 스카이칩스, 에스케이텔레콤, 에코프로지이엠, 피앤이시스템즈

115) 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

(2) 연구기관

□ 동 사업 관련 연구를 진행하는 연구기관은 15개로 추정됨

- 동 사업 관련 유사과제 참여 연구기관을 NTIS 검색을 통해 분류하였으며, 명단은 아래 표와 같음

※ NTIS 검색 키워드 ‘ESS’, ‘재사용 배터리’, ‘폐배터리’, 최근 5개년 (2017-2021) 정부출연금 10억원 이상 과제 대상

[표 1-29] 동 사업 관련 밸류체인별 연구기관

구분	기관명
ESS	(재)한국건설생활환경시험연구원, (재)한국기계전기전자시험연구원, (재)한국화학융합시험연구원, 고등기술연구원연구조합, 한국건설기술연구원, 한국산업기술시험원, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전기안전공사 전기안전연구원, 한국전기연구원, 한국전자기술연구원, 한국전자통신연구원, 한국해양과학기술원, 한국화재보험협회부설방재시험연구원
재사용 배터리(폐배터리)	(재)한국건설생활환경시험연구원, 한국에너지기술연구원

- 연구기관별 주요 연구실과 연구분야 현황은 아래와 같음

[표 1-30] 동 사업 관련 연구기관별 연구내용

구분	연구실	연구내용
(재)한국건설생활환경시험연구원	배터리센터	- 전기자동차(xEV)용 사용 후 리튬이온 배터리의 재사용, 재제조 응용제품의 시장 활성화를 위한 성능 및 안전성 평가기술 개발
(재)한국기계전기전자시험연구원	에너지신산업연구소	- 대용량 이차전지 화재안전성 시험평가 기술개발 및 검증센터 구축
(재)한국화학융합시험연구원	전력에너지센터	- 대용량(1MWh 이상) VRFB-ESS 현장평가(SAT) 기술기준 및 시험평가 기기 개발
고등기술연구원연구조합	그린에너지&인텔리전스센터	- 액화공기 에너지 저장 기술을 활용한 전력 수요 대응 기술 개발
한국건설기술연구원	화재안전연구소	- 수소 충전소 형태별 누출 및 화재사고 최적 대응 기술 개발
한국산업기술시험원	전력신산업기술센터	- ESS용 2MW급 전력변환시스템 KC 인증 기반 구축 - ESS 사고원인 검증을 위한 배터리, PCS 및 시스템 실증 연구
한국생산기술연구원	친환경열표면처리연구부문	- 뿌리기술 기반 다차원 리튬박 음극소재 개발

구분	연구실	연구내용
한국에너지기술연구원	에너지ICT융합연구단	- BMS/PCS 일체형 전력모듈 개발 - 배터리 수명 향상과 모듈화가 가능한 다기능 ESS용 통합 운영 시스템 및 SW 고도화 기술 개발
한국전기안전공사 전기안전연구원	안전연구실 신재생연구센터	- 생애이력 관리를 통한 전기설비 안전관리기술 개발
한국전기연구원	스마트그리드연구본부 전력변환시스템 연구센터	- MMC타입 ESS 및 재생에너지 연계 고압형 허브스테이션 핵심기기 개발 - 대용량 전력저장용 레독스흐름전지(RFB) 시험인증센터 구축 - PCS-EES 연계시스템 이상징후 사전감지 및 위험요인 분석 핵심기술개발
한국전자기술연구원		- 그린에너지 ESS발전 전력거래 실증을 위한 인프라 구축 - 수용가용 저압직류 핵심기술 실증 인프라 구축 및 표준기술 개발 - 대규모 분산 에너지 저장장치 인프라의 안전한 자율운영 및 성능 평가를 위한 지능형 SW 프레임워크 개발
한국전자통신연구원	에너지·환경 ICT연구단	- 제로에너지타운 에너지클라우드 구현을 위한 융합기술 개발
한국해양과학기술원	연안개발·에너지연구센터	- 도서지역 적용 조류발전-ESS 연계형 융복합시스템 개발
한국화재보험협회부설방 재시험연구원	융합방재연구센터	- ESS 화재대응을 위한 자동소화시스템 개발

(3) 대학

동 사업 관련 연구를 진행하는 대학은 12개로 추정됨

- 동 사업 관련 유사과제 참여 대학을 NTIS 검색을 통해 분류하였으며, 명단은
아래 표와 같음

※ NTIS 검색 키워드 ‘ESS’, ‘재사용 배터리’, ‘폐배터리’, 최근 5개년
(2017-2021) 정부출연금 10억원 이상 과제 대상

[표 1-31] 동 사업 관련 연구 수행 대학

구분	대학명
ESS	가천대학교, 공주대학교, 금오공과대학교, 서울시립대학교, 연세대학교, 울산과학기술원, 전남대학교, 전북대학교, 중앙대학교, 포항공과대학교, 한국과학기술원, 한양대학교
재사용 배터리(폐배터리)	-

○ 각 대학별 관련 학과는 아래 표와 같음

[표 1-32] 대학별 관련 학과

대학명	학과
가천대학교	도시계획학전공, 건축공학전공, 설비·소방학과, 배터리공학과, 전기공학과, 에너지IT학과
공주대학교	건설환경공학부, 도시융합시스템공학과, 전기전자제어공학부, 건축학부 건축공학 전공, 전기전자응용공학과, 전기전자공학과
금오공과대학교	건축학부, 기계시스템공학과
서울시립대학교	건축학부, 도시공학과, 소방방재학과
연세대학교	전기전자공학과, 건축공학과, 도시공학과
울산과학기술원	도시환경공학과, 에너지화학공학과, 전기전자공학과
전남대학교	미래에너지공학융합전공, 에너지자원공학과, 건축학부, 전기공학과
전북대학교	건축공학과, 도시공학과, 자원·에너지공학과, 전기공학과
중앙대학교	건축학부 건축공학전공, 사회기반시스템공학부, 전자전기공학부
포항공과대학교	전자전기공학과
한국과학기술원	건설및환경공학과, 전기및전자공학부
한양대학교	건축공학부, 도시공학과, 에너지공학과, 전기공학전공, 건축공학전공, 스마트융합공학부 건축IT융합전공

나. 인력현황

□ 동 사업과 관련이 있는 우리나라 산업기술 석·박사학위 인력현황은 아래 표와 같음

[표 1-33] 관련 산업기술인력 현황

인력구분	고졸	전문학사	학사	석사	박사	계
건설 및 광업 관련 관리자	14	201	571	180	37	1,003
전기가스 및 수도 관련 관리자	19	84	397	139	109	748
기타 건설전기 및 생산 관련 관리자	5,288	3,715	6,872	246	30	16,151
건축공학 기술자	700	3,280	13,564	2,851	816	21,211
도시 및 교통 관련 전문가	13	371	1,775	474	218	2,851
전기공학 기술자 및 연구원	2,926	6,720	23,475	5,579	2,089	40,789
전기 및 전자공학 시험원	665	3,112	6,928	1,313	475	12,493
방재 기술자 및 연구원	32	195	423	455	174	1,279
소방공학 기술자 및 연구원	99	386	1,764	200	23	2,472
소방공학 시험원	15	83	166	5	0	269
발전 및 배전장치 조작용	7,244	1,258	1,208	51	1	9,762
전기 및 전자설비 조작용	6,932	5,796	3,709	149	3	16,589
전기부품 및 제품제조 기계 조작용	11,929	4,726	2,410	148	22	19,235
합계	35,876	29,927	63,262	11,790	3,997	144,852

* 출처 : 2020년도 산업기술인력수급실태조사

(1) 기업

□ 연구개발활동조사보고서에 따르면 국내 ESS 관련 전기전자·건축공학·시설관리 분야 연구개발인력은 약 55,293여명으로 조사됨

○ 22,293여명의 기술자 중 동 분야 석사 이상의 학위를 가진 기술자는 총 19,616명(35.0%)이며, 이들은 고급 인력으로 분류할 수 있음

[표 1-34] 전공별 석박사 연구원 수(2016년 기준)

	산업별	박사	석사	학사	계
기업	전자부품	1,906	5,404	12,049	19,359
	전기장비	1,103	3,763	10,411	15,277
	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	317	605	250	1,172
	건설업	764	1,332	5,296	7,392
	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술	950	3,048	6,602	10,600
	사업시설관리, 사업지원 및 임대서비스업	108	316	1,069	1,493
	계	5,148	14,468	35,677	55,293

* 출처 : KISTEP, 2021년도 연구개발활동조사보고서

□ 전국 사업체 조사에 따르면 전기에너지저장시스템 산업의 종사자는 '16년 12,942명 대비 '19년 13,921명으로 7% 증가함

○ 에너지저장장치 제조업의 경우 ESS화재로 인한 정부의 운영중단 권고 등 이슈로 큰 증감폭을 보이고 있음

[표 1-35] 전기에너지저장시스템 산업 종사자

구분	2016	2017	2018	2019
에너지저장장치 제조업	360	397	926	686
기타 전기변환장치 제조업	12,582	12,429	13,163	13,235
합계	12,942	12,826	14,089	13,921

* 출처: 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

- 산업기술인력수급 실태조사에 따르면 전기에너지저장시스템 산업의 주요 직종인 전기공학 기술자 및 연구원, 전기·전자 부품 및 제품조립원의 주요 학력은 고졸 이하로 62.21%를 차지

[표 1-36] 전기에너지저장시스템 산업인력 주요 학력

학력구분	고졸	전문학사	학사	석사	박사
전기공학 기술자 및 연구원	5,336	5,723	23,149	5,624	2,012
전기전자 부품 및 제품 조립원	108,468	18,389	11,664	2,081	461
합계	113,804	24,112	34,813	7,705	2,473
	62.21%	13.18%	19.05%	4.21%	1.35%

* 출처: 2021년 산업인력현황 보고서_전기에너지자원ISC

(2) 연구기관

- 동 사업 관련 연구를 진행한 연구기관들의 관련 부서 연구원 수는 '22년 기준 약 240여 명임

[표 1-37] 동 사업 관련 연구기관별 인원

구분	연구실	인원(명)
(재)한국건설생활환경시험연구원	배터리센터	21
(재)한국기계전기전자시험연구원	에너지신산업연구소	-
(재)한국화학융합시험연구원	전력에너지센터	18
고등기술연구원연구조합	그린에너지&인텔리전스센터	-
한국건설기술연구원	화재안전연구소	36
한국산업기술시험원	전력신산업기술센터	12
한국생산기술연구원	친환경열표면처리연구부문	52
한국에너지기술연구원	에너지ICT융합연구단	25
한국전기안전공사 전기안전연구원	안전연구실 신재생연구센터	20
한국전기연구원	스마트그리드연구본부 전력변환시스템 연구센터	14
한국전자기술연구원		-
한국전자통신연구원	에너지·환경 ICT연구단	-
한국해양과학기술원	연안개발·에너지연구센터	29
한국화재보험협회부설방재시험연구원	융합방재연구센터	13

(3) 대학

□ 동 사업 관련 연구를 진행한 대학들의 관련 학과 재학생 수는 '22년 기준 약 8,316명임

[표 1-38] 대학별 관련 학과 및 재학생 수

대학명	학과	재학생수 (2022년 기준,명)
가천대학교	도시계획학전공	164
	건축공학전공	157
	설비·소방학과	384
	배터리공학과	-
	전기공학과	388
	에너지IT학과	41
공주대학교	건설환경공학부	17
	도시융합시스템공학과	100
	전기전자제어공학부	181
	건축학부 건축공학 전공	198
	전기전자응용공학과	81
	전기전자공학과	102
금오공과대학교	건축학부	53
	기계시스템공학과	132
서울시립대학교	건축학부	183
	도시공학과	141
	소방방재학과	77
연세대학교	전기전자공학과	1,374
	건축공학	134
	도시공학과	103
울산과학기술원	도시환경공학과	11
	에너지화학공학과	22
	전기전자공학과	45
전남대학교	미래에너지공학융합전공	0
	에너지자원공학과	136
	건축학부	57
	전기공학과	236
전북대학교	건축공학과	331
	도시공학과	139
	자원·에너지공학과	86
	전기공학과	296
중앙대학교	건축학부 건축공학전공	155
	사회기반시스템공학부	144
	전자전기공학부	948
포항공과대학교	전자전기공학과	127
한국과학기술원	건설및환경공학과	18
	전기및전자공학부	672
한양대학교	건축공학부	213
	도시공학과	171
	에너지공학과	133
	전기공학전공	188
	건축공학전공	121
	스마트융합공학부 건축IT융합전공	57

다. 시험시설/장비 현황

(1) 한국건설기술연구원 화재안전연구소

- 국내 화재 관련 기술은 선진국의 30~40% 수준으로 낙후되어있으며, 국민의 생명과 재산피해를 최소화 하기위한 필요성에 따라 국가 차원의 화재공학 실험연구동 건설이 추진되었음



[그림 1-51] 한국건설기술연구원 화재안전연구소

- 건축기간 및 총 사업비: 2002~2005년, 199억 원
- 주요 시설 구성

실험동명	주요설비	비고
실물화재 실험동	Large Scale Calorimeter (10MW)	 [Large Scale Calorimeter]
	Single Burning Items (1MW)	
	Room Corner Tester (1MW)	
	건축물외장재 수직화재 확산	

고성능 내화 실험동	고성능 수평가열로 (10m, 7.5m, 6m, 4m)	 <p>[고성능 기둥가열로]</p>  <p>[고성능 수평 가열로]</p>
	고성능 기둥가열로(1000ton)	
	고성능 수직가열로(4*4m)	
	터널화재곡선구현 다목적 가열로	
재료성능평가 실험동	Dual Cone Calorimeter	 <p>[Dual Cone Calorimeter]</p>
	Smoke Density Chamber	
	표면연소 성능 평가 장치	 <p>[고온압축·인장강도 시험기]</p>
	고온압축·인장강도 시험기	
Thermal Conductivity Tester 외 7종		

재연배연 실험동	지능형 급기가압 제연설비	 [재연배연 실험동]
	Floor-to-Floor 화재층 제배연 시스템	
터널시험동	물분무설비	 [터널시험동]
	Water Mist 설비	

라. 기타 관련 인프라

(1) 미래 폐자원 거점수거센터

미래폐자원 거점수거센터의 운영업무를 한국 환경공단에 위탁

- 미래폐자원 거점수거센터를 경기 시흥 등 전국 4개 권역에 설치(경기 시흥(수도권), 충남 홍성(충청권), 전북 정읍(호남권), 대구 달서(영남권))



[그림 1-52] 미래 폐자원 거점 수거센터(수도권 센터)

- '21년 8월 준공하여 시범운영을 거친 후 2022년 1월부터 본격 운영
- 센터는 전기차 소유자가 정부에 반납하는 폐배터리를 회수하여 잔존 가치(남은 용량 및 수명)를 측정한 후 민간에 매각하는 등 재활용체계의 유통기반 역할 수행

(2) 전기차배터리 산업화센터

전기차 사용후 배터리를 에너지저장장치(ESS) 등으로 재사용하기 위한 인프라 및 기술력 확보 등 자원순환체계를 확립하기 위해 설립¹¹⁶⁾

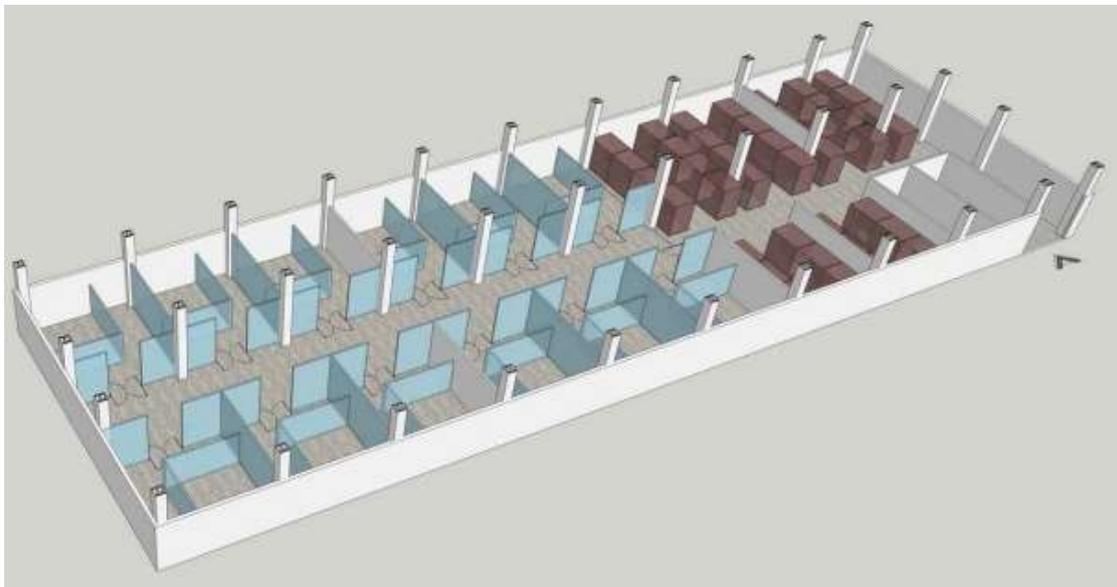
- 제주 전기차 배터리 산업화센터(국내 1호)

116) 국무조정실 보도자료, “다 쓴 전기차 배터리, 재사용 넘어 신산업으로 발돋움!”



[그림 1-53] 전기차 배터리 산업화 센터

- 목적: 제주 전기차 사용후 배터리 회수·보관 및 성능평가(연 1500대)
 - ※ 기업 연계 재제조 배터리 실증연구 및 활용처 발굴*, 배터리기반지역 에너지 연관 기업 지원
- 21.6월 기준 배터리 회수현황: 178대



[그림 1-54] 공정 및 적재동 내부 개념도(1차년도 보고서)

* 출처: 제주테크노파크, “EV 폐배터리 재사용 센터 구축(1차년도 연차보고서)”

[표 1-39] 센터 내 검사장비 수요

	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위	6순위
전처리 장비	3	3	4	13	6	-
팩 검사장비	5	11	8	3	2	-
모듈검사 장비	1	5	11	7	5	-
성능평가 장비	19	3	3	4	-	-
안전장비	5	6	2	1	15	-
기타	-	-	-	-	-	2

* 출처: 제주테크노파크, “EV 폐배터리 재사용 센터 구축(1차년도 연차보고서)”

[표 1-40] 재사용 배터리의 활용분야 및 최소 SOH 수요

	80%	70%	60%	50%	40%
산업용 ESS	8	12	9	-	-
신재생에너지용 ESS	8	15	4	1	1
가정용 ESS	3	9	16	1	-
전동 휠체어	2	11	8	8	-
기타	-	1	1	1	2

* 출처: 제주테크노파크, “EV 폐배터리 재사용 센터 구축(1차년도 연차보고서)”

(3) 대용량 이차전지 화재 안전성 검증센터¹¹⁷⁾

- 한국기계전기전자시험연구원(KTC)과 한국건설생활환경시험연구원(KCL)은 삼척 소방방재연구단지에서 ‘대용량 이차전지 화재안전성 검증센터’ 착공



[그림 1-55] ESS 화재 안전성 검증센터 조감도



[그림 1-56] 시설물 배치도

- 세계 최대 규모의 30MW급 화재열량 측정장치, 대규모 소화성능 시험장치 등 첨단시설 구비
- 2023년부터 국제공인시험기관 자격을 취득한 뒤 전문 인력, 인증 기준, 시험인증 기반 마련 예정
- 본 센터를 통해 국내에서도 ESS 화재안전 시험·인증 시스템을 보유하게 되었으며 제품 안전성 확보는 물론 ESS 보급 확산, 제조업체 수출 경쟁력 강화에 기여할 예정

117) EPJ, “KTC·KCL, ESS 화재 안전성 검증한다”, 2021. 10. 28.

제3절 다부처 공동 R&D 추진 타당성

1. 정부지원 필요성

□ 전기차 배터리 재사용 기반 도시 에너지 저장 인프라 기술은 전력공급 안정화, 도시의 안전과 친환경이라는 공공 목적 달성을 위한 기술로 정부주도의 기술개발이 이루어져야 함

- 중대형 ESS가 없는 상태에서 재생에너지를 통한 발전량이 전체 발전량의 10%를 상회할 경우, 국내 전력계통의 불안정성이 증가되고 이로 인해 전력품질에 심각한 손상과 산업계의 피해가 우려됨
- 재사용 배터리를 에너지 저장원으로 활용하는 ESS를 구축할 경우, 도시의 에너지 자립 및 효율화 달성, 경제적인 ESS시스템 구축, 폐배터리로 인한 환경문제를 해소할 수 있음
- 활용측면의 기술검증을 위해서는 도시 내 시설과 연계한 실증이 추진되어야 함
- 국가주도로 관련 도시 적용을 위한 시범사업을 추진하여 이해관계자들의 협조 및 합의를 유도하고, 이를 사업모델로 전국적인 확산이 필요함

□ 전기차 배터리 재사용 기반 도시 에너지 저장 인프라 기술 도입을 위해서는 안전성에 대한 검증이 이루어져야 하며, 도시실증이 요구되어 민간주도로 추진하기에 어려움이 있음

- 개발기술이 적용되는 대상은 도시와 건물 등 사람이 주거하는 공간이 되므로, 안전성에 대한 검증이 요구됨
- 따라서, 전력시설 인근에서의 실증으로는 공기액화 에너지저장시스템 활용측면의 기술 검증이 이루어지기 어려움
 - 시민들의 안전을 확보하면서도 도시 에너지의 효율적 이용을 위해 도시의 에너지 활용처 인근에 구축되어야 에너지 효율화를 도모할 수 있음
 - 시민들의 빈번한 에너지 이용과 저장, 비상전원 대응, 재생에너지 활용을 위해 에너지 활용처에 시설이 구축되어야 기반 인프라비용과 전력

손실을 최소화할 수 있음

- 활용측면의 기술검증을 위해서는 도시 내 시설과 연계한 실증이 추진되어야 함
- 국가주도로 관련 도시 적용을 위한 시범사업을 추진하여 이해관계자들의 협조 및 합의를 유도하고, 이를 사업모델로 전국적인 확산이 필요함

□ 정부 지원을 계기로 사업에 참여하였던 다수 중소기업들은 축소되는 정부지원으로 인해 사업 영위에 어려움을 겪을 것으로 예상

- 지속되고있는 ESS 화재사고로 정부지원이 일몰될 예정이며, ESS 장려 지원에 사업을 착수했던 기업들은 사업 지속에 어려움을 겪고 있음
 - ESS설치 지원정책은 '26년 3월부터 일몰되며, ESS 설치 수익을 보기 어려운 구조
- 초기, 정부 REC 지원 방식은 이용률을 기준으로 인센티브를 kWh, 충·방전횟수를 기준으로 지원하였음¹¹⁸⁾
 - kWh 이용률을 높이는 인센티브정책은 덩사이클 운전을 유도하여 화재 가능성을 높일 수 있으므로 재고가 필요하다는 의견 존재
- 현재 국내에서 ESS는 기본요금 특례할인과 REC 가중치 우대가 만료되어 국내 관련기업들이 사업을 포기하거나 축소하는 사례 증가
 - ESS업계에 따르면 '20, '21년 수주 실적이 전무하였으며, 제조, 시공, 운영 등 분야에 상관없이 지금까지 사업을 진행해온 기업 80% 가까이가 사업을 포기하거나 사업 물량이 없어 어려움을 겪고 있는 상황
 - 태양광발전 등 타 에너지원사업과 병행해 시장에 진입해온 기업들을 제외하고 국내에서의 매출 자체가 희박할 정도로 산업이 침체되었음
- 이 외에도 전기 요금 할인, 신재생에너지공급인증서(REC) 가중치 혜택 등이 축소된 상태¹¹⁹⁾

118) 이투뉴스, “ESS, 이대로 방치할 것인가”, 2021. 05. 03.

119) 한경 ESG, “돈 되는 폐배터리, 안정성 확보 과제 남아”, 2022. 03. 15.

- 재생에너지 이용 확대 추세에 따라 ESS를 기점으로 저탄소전원 중앙 계약시장 개설 등을 통해 기존 ESS의 효과성과 효율성을 개선하고자 하는 움직임 또한 증가하고 있으며, 이와 연계한 ESS 안전 실증 필요¹²⁰⁾
 - 화석연료 가격 상승과 재생에너지 이용 확대 이슈에 따라 전력시장 안정화 필요
 - 전력거래소는 기존 ESS의 한계를 해소하기 위해 저탄소 중앙계약시장을 ESS 분야부터 도입할 계획
 - 기존 태양광 설비 연계 ESS는 계통에 기여하지 못하고 설비 숫자만을 증가시켰으며, 현재까지 시장에서 원가 회수가 불가하였던 구조를 가지고 있음
 - 재생에너지의 발전시간과 전력수요시간 불균형 해소에 필수적인 ESS 수요에 따라, ESS가 계통 운영에 효과적으로 기여할 수 있도록 제도 개편 필요
 - 정책과 연계하여 재사용 배터리를 활용한 ESS 도입·실증을 통해 ESS 경제성 개선과 효과성 증대에 기여

120) 전기신문, 경제성 안 나오는 ESS...계약시장으로 돌파구 마련 ", 2022. 08. 30.

2. 다부처 사업 추진 필요성

□ 사용후 배터리는 자원의 순환에 있어 배터리 제작-탈거-재사용/재활용-폐기단계까지 단계별 소관 부처가 상이함

- 배터리를 제작하여 전기차의 에너지원으로 사용되는 동안 배터리에 대한 관리는 국토교통부에서 담당하고 있음
 - 국토교통부는 전기차 제작 시부터 전기차로 활용되고, 잔존용량 감소로 배터리가 탈거될 때까지 배터리의 안전, 인증, 검증 등의 기준을 담당하고 있음
- 전기차에서 탈거된 사용후 배터리에 대한 성능평가 및 매각은 환경부에서 담당하고 있음
 - 환경부에서는 미래폐자원거점수거센터를 통해 사용후 배터리를 수거하여 성능평가를 진행하고, 민간에 공급하는 역할을 담당
- 재사용을 통한 제품 활용 단계에서의 배터리는 산업통상자원부에서 관할하고 있음
 - 산업통상자원부에서는 전반적인 전기제품에 대한 안전관리 내용을 담당하고 있으며, 사용후 배터리 등급기준, 재제조 일부 품목에 대한 기준을 담당
- 사용후 배터리를 더 이상 재사용할 수 없을 경우 해체를 통해 재활용 단계로 넘어갈 수 있으며 환경부에서 관할하고 있음
 - 환경부는 재사용 불가능한 폐배터리 분해, 원자재 추출 등 재활용 활성화를 담당
- 전기차 배터리 이력관리에 대해서는 국토부에서 추진하고 있음

□ 자원의 순환 단계별로 소관하고 있는 부처와 담당 분야가 상이하나, 상호 연계가 이루어지지 못하고 부처별 별도의 기준으로 관리되고 있어 부처간 협의를 통한 통합 기준 마련이 필요한 상황임

- 사용후 배터리의 안전한 재사용을 위해 배터리의 성능정보를 파악이 필요하나, 국토부에서 관할하는 전기차 제작 시 배터리 운영 정보에 대한 공유를 명시하고 있는 법령 또는 기준은 부재
 - 전기사업, 자원순환, 국토허가 등 현재는 ESS 관련 각 부처별 관할 범위와 기준이 모두 다르고 구체적인 내용 또한 부재
- 재사용 단계 또한 용도와 목적이 상이한 수요처가 다양할 것으로 예상되나, 수요처별 환경특성과 사용후 배터리 재제조 품목의 연계를 통한 활용항목을 다루고 있는 기준은 부재
- 여러 부처에 산재된 관련 업무를 종합적으로 조율할 수 있는 기준의 부재로 인해서 부처 간 이해 충돌 발생 가능
 - 배터리 탈거 후, 환경부에서 배터리에 대한 성능평가가 이루어지고 있으나, 사용후 배터리 이용을 관할하는 산업부는 환경부의 성능평가 결과를 활용하지 않고, 별도의 평가 추진

□ 기준과 규제는 안전성 제고 및 신뢰성 확보를 위한 연구개발 및 실증 결과를 기반으로 수립되며, 부처별로 관련 전문 기술분야가 산재해 있어 관계부처 공동연구 추진이 필요함

- 도시 에너지 저장 인프라 기술로 개발하기 위해서는 도시에 이를 구축하는 과정에서 도시 계획, 도시 및 건물에 대한 안전관리, 사람이 거주하는 공간인 건축물의 구조적 성능을 충족시키기 위한 기술적 검토 필요
- 국토교통부의 도시, 건축 관련 기술과 산업부, 환경부의 ESS, 자원평가 등 기술 결합·실증을 통해 더욱 실용성 있는 R&D 추진 가능
 - 산업통상자원부에서는 이차전지기술에 대한 연구와 1MW급 전기차 재사용배터리 기반 ESS에 대한 연구를 수행한 바 있으며, 선행연구 성과를 연계 하여 동 사업을 통해 실증 필요

- 부처별로 산재되어 있는 사용후 배터리 관련 연구개발성과를 단일 사업으로 추진함으로써 부처간 중복투자를 줄이고, 사용후 배터리 산업 활성화 기반 마련이 기대됨
 - 개별 부처별로 연구개발을 추진할 경우, 부처별 목적성에 따라 유사 연구를 중복적으로 추진할 가능성이 높음
 - 국토교통부는 도시·산단용 대용량 에너지 저장 시설을 구축하는 과정에서 도시계획상 입지, 건축물의 화재안전관리, 도시인프라로서 요구되는 사항을 고려한 대용량 사용후 배터리 기반 ESS 연구개발 추진
 - 산업통상자원부는 사용후 배터리 기반 ESS의 안전성과 성능을 높이고, 산업활성화를 위해 사용기준을 수립하는 관점에서 사용후 배터리 성능 평가 등의 연구개발 추진
 - 소방청은 사용후 배터리 기반 ESS의 화재피해 확산방지를 위한 소화액 등 소방설비 관련 화재안전 연구개발 추진
 - 중복사업을 회피하는 과정에서 필요한 기술을 확보하지 못해 부처별 목적 달성이 어려워질 수 있음
 - 부처별로 추진하고 있는 관련 R&D 현황 공유와 더불어 공동연구 및 성과 이어달리기 등 각 부처의 성과물을 최대한 활용하여 협업 효과 극대화가 필요함
 - 산재된 도시·산단 사용후 배터리 이용 관련 기술, 기준 및 제도 등이 관련부처가 함께 마련함으로써 도시·산단에 사용후 배터리 이용 니즈가 있는 수요처의 활용확산 기반 마련

3. 부처간 협의 내용

- 다부처 공동 R&D추진을 위해 관련되는 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부, 소방청과 협의를 추진하였으며, 논의과정에서 추가적으로 새만금개발청과도 협의를 추진함

[표 1-41] 부처협의 경과

일시	참여부처	논의내용
2022. 10.	국토부	<ul style="list-style-type: none"> 다부처 기획 추진 설명 부처 내 검토 요청
2022. 12. 6.	KAIA(국토부), KEIT(산업부, 소방청), KEITI(환경부)	<ul style="list-style-type: none"> 부처별 과제관리 전문기관 설명회 부처별 기존 성과를 연계한 실증 대상 검토 부처 보고 요청
2022. 12. 28.	KEIT(산업부, 소방청)	<ul style="list-style-type: none"> 산업부는 공동연구 중복 검토 및 성과연계 협력 추진으로 결정 성과연계 대상 과제는 검토 중
2022. 1. 9.	KEITI(환경부)	<ul style="list-style-type: none"> 환경부는 공동연구 미참여 국토부-환경부 부처간 영역 중첩은 없는 것으로 검토
2022. 1. 10.	소방청	<ul style="list-style-type: none"> 다부처 기획 추진 설명
2022. 1. 11.	KAIA(국토부), 소방청	<ul style="list-style-type: none"> 소방청 개발대상 기술 중 겹치는 부분은 공동연구로 추진의사 희망 현재 구성된 기술로는 Active 소방 방재기술
2022. 1. 12.	TIPA(중기부)	<ul style="list-style-type: none"> 사업설명 공동연구 대상 기술 식별
2022. 1. 17.	KAIA(국토부), TIPA(중기부)	<ul style="list-style-type: none"> 공동연구 대상 기술 논의
2022. 1. 18.	KAIA(국토부)	<ul style="list-style-type: none"> 국토부 '25년 사업추진으로 전환 검토 사업참여/협력, 사업추진 시점 등에 대해 최종 합의를 위한 부처간 담당자 회의 추진 요청(2월 초)

제2장 사업목표 및 내용

제1절 기술개발 추진방향

- 환경분석결과를 토대로 주요 이슈를 도출하고, 이를 해결하기 위한 3대 기술개발 방향을 도출함
- (기술개발방향 1) 도시/산단용 재사용 배터리 기반 안전하고 경제적인 대용량 에너지 저장 인프라 건설기술 개발
 - 재사용 배터리를 사용한 도시/산단용 대용량 에너지 저장 인프라에 대한 안전기준 및 이를 고려한 설계기술은 현재 부재한 상황임
 - 현재 신품 배터리를 기반으로 하는 ESS 설치 기준과 가이드라인은 수립되어 활용되고 있음
 - ※ 인증된 신품 배터리를 기반으로 하는 ESS는 주로 전력소모량이 큰 산업시설, 재생에너지 단지 등에서 피크부하저감, 재생에너지 간헐성 문제 해소를 목적으로 사용되고 있음
 - 재사용 배터리를 기반으로 하는 ESS는 아직 안전에 대한 검증이 이루어지지 못해 규제 샌드박스를 이용한 소용량 실증사업이 추진되고 있음
 - 도시에서 요구하는 대용량 에너지 저장 인프라로 활용하기 위해서는 안전에 대한 연구 및 기준 수립과 이에 기반한 설계기술 확보가 이루어져야 함
 - 도시 입지요건과 건물요구조건에 부합하는 현장설치 기준은 미비한 상황임
 - 도시 기반시설로 에너지 저장시설에 대한 설치기준은 국토교통부에서 마련하고, 이를 근거로 대용량 에너지 저장 인프라 설치에 대한 인허가는 지자체의 역할임
 - ※ 과거에는 도시지역에 대용량 에너지 저장 인프라 설치에 대한 수요가 크지 않아, 별도 기준 마련이 이루어지지 못하였음
 - ※ 그러나, 탄소중립 이행을 위한 탄소중립도시로 수소도시, 스마트 그린산단 사업이 추진되면서 전력사용량이 큰 도시·산단 지역에 적합한 대용량 에너지 저장

인프라에 대한 니즈가 확대되고 기준 마련이 요구되고 있음

- 도시지역에 전기차 재사용 배터리 기반의 대용량 에너지 저장 인프라가 설치되기 위해서는 도시 입지요건과 건물요구조건에 부합하는 안전성에 대한 분석이 선행되고, 이를 근간으로 하는 기준 마련이 이루어져야 함

○ 도시/산단 전력사용 패턴에 따라 안전하고 효율적으로 재사용 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 운전기술은 부재함

- 대용량 에너지 저장 인프라를 구축·운영하는 데에 소요되는 비용보다 대용량 에너지 저장 인프라를 활용함으로써 절약되는 에너지 비용이 더 커야 의미가 있음
- 일정 기준 이상의 성능을 보이는 재사용 배터리를 기반으로 하므로, 배터리 모듈별 성능이 상이하며, 운영과정에서 비효율이 발생할 수 있음
- 이를 고려하여 배터리 모듈별 운영 최적화와 도시·산단 수요처별 전력패턴에 따른 운영 최적화를 동시에 달성함으로써 투자비용을 상쇄할 수 있는 운전기술이 필요함

□ (기술개발방향 2) 도시 계획 및 입지 안전 요구사항 고려 도시 대용량 에너지 저장 인프라 설치기준 및 관리기술 개발

○ 도시지역에 설치가 되는 에너지 저장관련 도시 기반시설의 설치는 도시계획 및 입지의 안전 요구사항을 충족하도록 이루어져야 하므로, 도시 대용량 에너지 저장 인프라 설치기준과 관리기준 마련이 선행되어야 하나, 현재 관련 기준이 미비함

- 국토계획법 및 도시 계획법 시설의 구조 및 설치기준에 관한 규칙에 따라 전기공급설비는 소음, 사고 등에 따른 재해를 방지할 수 있도록 인근 토지이용계획을 고려하여 설치하도록 되어 있음

※ 사람 주거공간인 도시지역은 높은 안전이 확보되어야 하며, 쾌적한 환경을 추구하는 주민들의 니즈를 충족해야 수용성을 확보할 수 있으며, 사업추진이 가능함

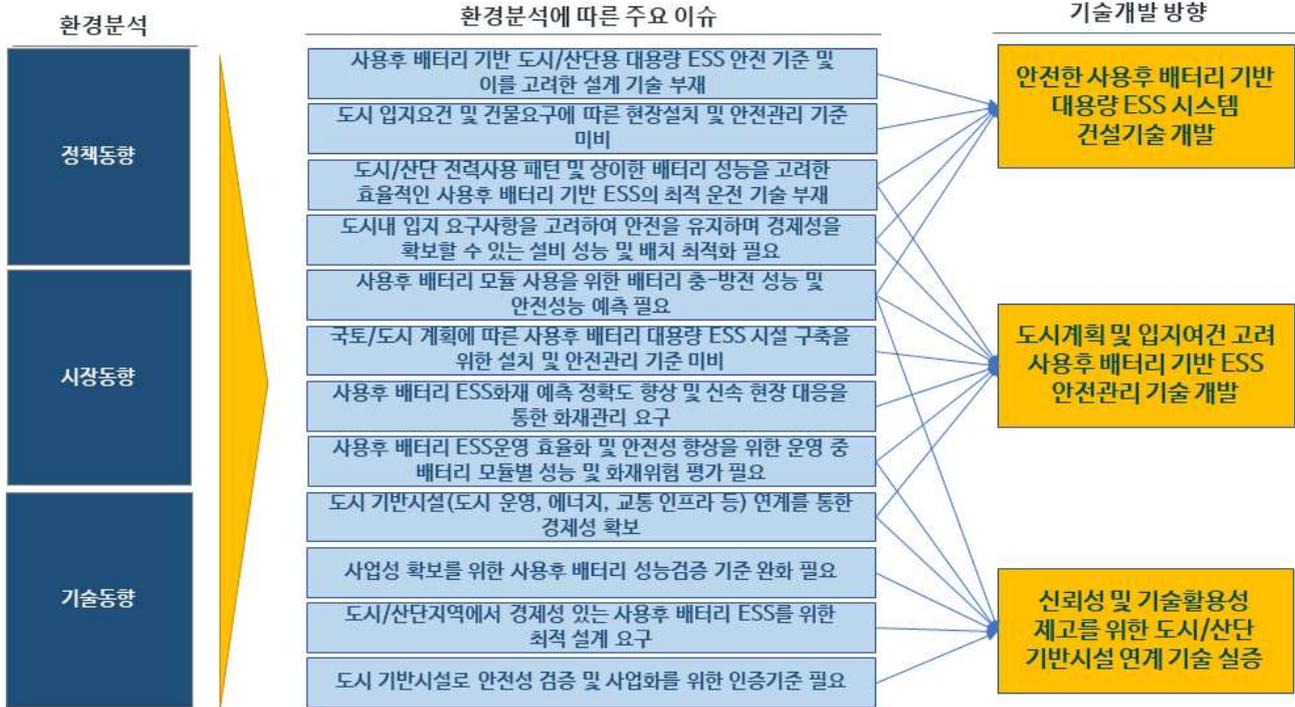
- 현재 아직 도시지역에 대용량의 에너지 저장 인프라가 설치된 사례가 없

는 관계로 관련 기준이 부재하며, 주민수용성을 확보할 수 있는 수준으로 기술의 검증이 이루어지고 이에 기반한 기준 마련이 시급한 상황임

- 재사용 배터리 모듈을 기반으로 하며, 도시 시설로 대용량의 배터리 모듈을 집적화하는 시설로 도시 및 건물 내에서의 화재 예측을 기반으로 하는 화재안전관리 시스템 구축이 이루어져야 함
 - 재사용 배터리 모듈별 성능이 상이한 가운데, 충·방전이 일어날 경우, 화재가 발생할 수 있으며, 화재 발생인자를 고려하여 화재를 예측하고, 사전에 화재를 예방할 수 있어야 함
- 도시내 입지 요구사항을 고려하여 안전을 유지하면서도 경제성을 확보할 수 있는 설비 성능 최적화 및 설비 배치 최적화가 필요함

□ (기술개발방향 3) 대용량 에너지 저장 인프라의 안전인증 및 도시 기반 시설 연계기술 실증과 사업화 기술 개발

- 전기차 재사용 배터리 기반의 대용량 에너지 저장 인프라는 소규모의 Pilot 수준에서 연구만 수행되었으며, 실제 상용화하여 도시기반시설로 활용하기 위해서는 기술의 실증을 통한 신뢰성 확보가 필요함
- 전기차 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 구축·운영 사업으로 이어지기 위해서는 신폼배터리와 동등한 수준의 인증체계가 확립되어 있어야 함
 - 현재 인증된 신폼배터리의 경우, 기업들이 관련 기준안에서 자유롭게 시스템을 설계 설치 및 운영 사업을 수행하고 있음
 - 인증된 에너지 저장 시스템에 대해서는 ESS 기준에 따라 지자체에서 사업에 대한 인허가가 이루어지고 있음
- 전기차 기반 대용량 에너지 저장 인프라 자체에 대한 경제성과 함께 관련되는 도시 기반시설과 연계를 강화함으로써 상호 시너지를 발생시키고, 에너지 저장 인프라의 상품성을 강화할 수 있음



[그림 2-1] 기술개발방향 도출과정

제2절 사업개념 및 목표

1. 사업개념

가. 사업 대상지 결정

□ 동 사업에서 개발하는 전기차 재사용 배터리 기반 에너지 저장 인프라는 스마트 그린산단과 혁신도시를 대상으로 함

- 국토교통부는 탄소중립 이행을 위해 탄소중립공간을 조성할 계획이며, 주거 산업 교통 등에 사용되는 에너지를 수소로 전환한 수소도시, 에너지자립, 저탄소 물류 등을 지향하는 스마트그린산단 조성을 추진함
- 동 사업은 국토교통부의 탄소중립 이행을 위한 도시 및 산단 에너지 수요-공급 부담 저감을 목적으로 하므로 대상을 스마트 그린산단과 탄소중립도시를 대상으로 함
 - 탄소중립도시의 대표사례로 수소도시를 제시하고 있으며, 수소도시 외에도 스마트시티, 제로에너지시티 등도 에너지 관리를 추진하며, ESS시설을 구축하므로, 탄소중립도시를 대상으로 함
 - 탄소중립도시는 현재 시범도시 사업을 통해 관련 신기술을 적용하며 실증하고 있으며, 기존 도시에는 신기술 적용이 어려우므로, 탄소중립도시 관련 시범도시를 대상으로 설정함

나. 대상물 활용목적 결정

□ 에너지 저장 인프라의 활용목적은 피크부하 저감과 비상발전 대체, 재생에너지 연계 등을 목적으로 함

- 에너지 저장 인프라는 주파수조정, 재생에너지 연계, 수요반응, 비상발전 등에 활용하여 전력피크 억제, 전력품질 향상 및 전력수급 위기 대응 용도로 사용됨
- 용도에 따라 에너지 저장 인프라를 구성하는 BMS, 배터리의 설비용량이

달라지게 되며 대상으로 하는 스마트그린산단, 탄소중립 시범도시는 재생에너지 연계, 수요반응, 비상발전 대체 등의 용도로 활용될 수 있음

- 스마트그린산단과 탄소중립 관련 시범도시에서는 주로 피크부하 저감, 비상발전 대체 용도로 사용되며, 스마트그린산단과 시범도시 내에 구축되는 재생에너지 단지와 연계하여 출력보정 용도로도 활용될 수 있음

※ 스마트그린산단과 탄소중립 관련 시범도시는 재생에너지 활용 확대를 도모하며 탄소기반 전력사용 최소화를 추구하고 있음

※ 특히 RE100 실현을 목표로 하는 새만금 스마트그린산단 등은 사용에너지의 100%를 재생에너지로 활용하므로, 재생에너지 연계를 통해 단속적인 풍력, 태양광 발전원의 출력보정 및 급전지시 응동 용도로 활용될 수 있음

다. 사업 대상물 용량 결정

□ 동 사업에서 개발하는 전기차 재사용 배터리 기반 에너지 저장 인프라의 용량은 10MW급을 대상으로 추진함

○ “공공기관 에너지저장장치(ESS)설치 가이드라인(‘20)”는 배터리용량에 대해 1일 6시간 전력사용량을 저장할 수 있도록 권고하고 있음

○ 스마트그린산단 1일 평균 전력사용량은 546MWh, 시범도시의 1일 평균 전력사용량은 52.8MWh로 추정함

- 광공업을 기준으로 호당 1일 전력사용량은 384.49kWh이며, 국산산단을 기준으로 산단별 가동 평균기업수는 1,420개 이므로, 국가산단의 평균 1일 전력사용량은 545.98 MWh로 추정함

※ 새만금 스마트그린산단 등 현재 스마트 그린산단으로 추진되는 산업단지의 80%는 국가산단으로, 국가산단의 평균 기업수를 토대로 스마트 그린산단의 전력사용량을 추정함

- 현재 에너지 관리기능이 있는 스마트시티로 추진되고 있는 시범도시의 평균 가구수를 토대로 시범도시의 평균 1일 전력사용량은 52.77MWh로 추정함

※ 현재 에너지 관리기능이 있는 스마트시티 시범도시로 부산 에코델타시티와 세종

스마트시티가 있으며, 각각 상업과 주거 총 호수는 11,400호, 3,380호로 평균 7,390호로 추정함

※ 상업지역의 호당 1일 전력사용량 11.90kWh, 주거지역 호당 1일 전력사용량 2.38kWh임을 고려하고, 스마트시티 시범도시의 상업지역 호수와 주거지역 호수가 동일한 것으로 가정하면 1일 평균 전력사용량은 52.77MWh임

- 1일 6시간 전력사용량 저장을 고려할 때, 스마트그린산단의 적정 에너지 저장 인프라 용량은 136.50MWh, 탄소중립 관련 시범도시의 적정 에너지 저장 인프라 용량은 13.2MWh로 추정됨

라. 사업 대상물 운영 형태 결정

□ 동 사업에서 구축하는 대용량 에너지 저장 인프라 인프라는 설치 용량 및 운영방식을 고려할 때, 별도의 에너지 저장 인프라 건물을 구축하고, 해당 건물 내에 설치되는 형태로 고려함

- 도시 및 산단에 구축되는 에너지 저장 인프라는 하나의 지역에 집중하여 설치될 계획임
 - 새만금 스마트 그린산단의 에너지 저장 인프라는 하나의 지역에 집중된 단일 시설로 구축될 예정임
 - 전기차 재사용 배터리의 저장가능 용량이 모듈당 50kWh 수준임을 고려할 때, 기존 건물 내에 설치하여 운영 및 관리하기보다는 별도의 지역에 일괄로 설치하고, 통합운영하는 것이 적절한 형태임
 - 도시/산단지역의 지대를 고려하여 컨테이너 형태보다는 독립된 건물 내에 재사용 배터리 모듈을 설치할 수 있는 트레이를 설치하고, 단위 면적 당 더 많은 용량의 배터리 모듈을 설치할 수 있도록 추진함
 - 컨테이너 형태로 설치하는 경우, 상부 이격거리를 고려할 때, 컨테이너 적층이 어려우며, 면적을 확대하기 위해서는 수평적 면적을 확장해야 함
- ※ 컨테이너의 경우, 적층하기 위해서는 컨테이너 간 상하 이격거리를 유지해야 하므로, 사실상 컨테이너 적층이 불가능함

- 건물 형태로 설치하는 경우, 지상 22m, 지하 9m 이내의 공간에 트레이를 설치하고, 재사용 배터리 모듈 설치가 가능하므로 수직적으로 대량의 재사용 배터리 모듈 설치가 가능하며, 단위면적 당 설치용량을 최적화할 수 있음

※ 소방청의 전기저장시설의 화재안전기준(‘22)에 의거하여 소방활동을 위해 지상 22m, 지하 9m 이내에 설치하도록 되어 있음

2. 비전 및 목표

가. 비전 및 목표 설정과정

□ 동 사업의 비전은 국토교통부의 상위계획의 정책방향과 도시 에너지 저장 인프라 개발방향을 고려하여 “안전하고 경제적인 도시 수요 맞춤형 전기차 재사용 배터리 에너지 저장 인프라 활용기반 마련을 통한 탄소중립 공간 조성”으로 설정함

○ 국토교통부는 “국토교통 탄소중립 로드맵(‘21.12.)”을 수립하며, 탄소중립 이행을 위해 수소도시, 스마트 그린산단 등 탄소중립공간 조성을 추진하고 있음

- “국토교통 탄소중립 로드맵”은 “국민의 생활터전이 되는 모든 공간과 이동수단의 탄소중립”을 비전으로 제시하며, 국토·도시계획에 탄소중립 요소를 강화하고, 탄소중립 공간을 조성 및 확대할 계획임

- 동 사업은 탄소중립공간 조성을 위해 대용량의 에너지를 충·방전할 수 있는 인프라 기술을 개발하고 도시 적용성을 높이는 기술을 개발 및 검증하는 연구개발임

○ 수소도시, 스마트 그린산단지역은 전력사용량이 크며, 전력수요 변화에 신속하고 효율적으로 대응하기 위해 대용량의 에너지 저장 인프라가 필요하며, 전기차 재사용 배터리를 활용할 경우 보다 경제적으로 구축 및 운영이 가능함

- 현재 에너지 저장 시스템으로 리튬-이온 기반 배터리가 주로 사용되고 있으나, 가격이 고가이므로 경제성 확보에 어려움이 있음

- 전기차 재사용 배터리는 에너지 저장 인프라 용도로 활용 가능하며, 가격은 신제품 배터리의 5~50% 수준으로 형성되어 있어 경제적인 측면에서 대용량 에너지 저장시설로 활용 가능성이 높음

- 도시지역은 사람이 주거하는 공간으로 안전성이 보장되어야 하며, 시민들의 불안감을 해소할 수 있도록 도시 적용 인프라의 신뢰성이 확보되어야 함

- 특히 전기차 재사용 배터리의 경우, 아직 대용량 에너지 저장 인프라로 기술이 상용화되지 않아 안전에 대한 검증 및 신뢰성 확보가 요구됨

□ 동 사업의 목표는 “도시/산단 요구사항을 고려한 도시 에너지 저장 인프라 핵심기술 개발 및 기준 수립”, “도시/산단 실증을 통한 기술 검증 및 사업화 기반 마련” 으로 설정함

- 사람이 거주하는 공간인 도시/산단에 사용후 배터리를 활용한 대용량의 에너지 저장 인프라를 구축하기 위해서는 사용후배터리에 대한 안전성과 도시/산단에서 요구사항을 고려하였을 때 운영효율성을 제고할 수 있는 기술이 확보되어야 하며, 이를 기반으로 관련 제도 및 기준 수립이 요구되므로, “도시/산단 요구사항을 고려한 도시 에너지 저장 인프라 핵심기술 개발 및 기준 수립” 을 목표로 설정함

- 현재 인증이 완료된 리튬기반 신제품 이차전지가 에너지 저장 시스템의 저장원으로 사용되고 있으며, 전기차 재사용 배터리는 아직 안전에 대한 신뢰성이 검증되지 못한 상황임

- 전기차 재사용 배터리에 대한 안전성이 검증되어야 사람이 주거하는 도시지역에 대용량 에너지 저장 도시기반 시설로 구축이 가능함

- 기술수요처에서 개발기술을 활용하여 사업을 수행하기 위해서는 사업에 대한 인허가가 이루어져야 하며, 화재안전사고 등 사업실패에 대한 우려를 하는 발주처 입장에서는 아직 기준이 마련되지 않은 신기술을 적용한 사업 발주를 추진하기 어려운 상황임

- 도시/산단 지역에 ESS시스템을 구축하는 기업입장에서는 아직 검증되지 못하여 기준이 부재한 사용후 배터리 활용 사업추진은 불가능함

- 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 기술이 확보되더라도 실적이 확보되고 충분한 사업성이 있어야 기술수요처에서 개발기술 활용이 가능하므로, “도시/산단 실증을 통한 기술 검증 및 사업화 기반 마련” 을 목표로 설정함
- 이번 연구개발사업을 통해 전기차 재사용 배터리를 에너지 저장원으로 하는 인프라 기술을 개발하고, 안전에 대한 신뢰성 검증을 추진함으로써 기술활용 기반을 확보할 계획임
- 전기차 재사용 배터리를 활용한 에너지 저장 인프라 기술이 실험실 수준 및 파일럿 규모에서 검증되더라도, 곧바로 기술이 활용되기에는 어려움이 있음
 - ※ 실제 상용급의 대용량 에너지 저장 인프라에서는 대량의 전력 충·방전이 빈번하게 발생하며, 이 과정에서 실험실 및 파일럿과는 다른 결과가 도출될 수 있음
 - ※ 대량의 전력 충·방전이 이루어지는 과정에서 더 높은 열이 발생하고, 부품의 손상 및 마모가 발생하여 안전상 문제가 발생할 수도 있음
- 실제 상용급 규모에서 안정적으로 운영된 실적이 확보되어야 발주처에서 전기차 재사용 배터리 기반의 대용량 에너지 저장 인프라 사업을 추진할 수 있음



[그림 2-2] 비전 및 목표

나. As-Is To-Be

AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 기술 검증 사례 부재 ▪ ESS 화재사고 다수 발생으로 인한 시장 위축 및 관련 기준이 강화로 인한 사업성 저하 발생 ▪ 도시/산단 등 인명 거주지역 대용량 에너지 저장 인프라 설치 기준 부재로 인한 시장 정체  <p data-bbox="347 887 611 918">[기존 ESS 단지 전경]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 기술 도시/산단 내 실 검증을 통한 안전성 및 경제성 검증 ▪ 사용후 기반 대용량 에너지 저장 인프라 도시 기반시설 결정을 통해 수요 기업의 도시/산단 사업 진출 활성화  <p data-bbox="900 887 1347 918">[대용량 에너지 저장 인프라 예상도]</p>

3. 사업 지원 범위

- 전기차 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 시스템 전주기 기술
- 전기차 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 시스템 화재 안전관리 통합 운영 기술
- 전기차 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 실증
- 기존 도시 에너지 인프라 연계, 기타 응용 인프라 활용 기술

4. 수혜 대상 및 이해관계자

(정부 및 지자체) 국가 탄소중립 목표 달성 기여 및 국민사회 안전 확보

- 재생에너지 활용성 극대화 및 피크저감 효과 등 전력의 효율적 활용
- 배터리 2차 사용 가능성 확보를 통해 탄소 배출 주기 연장
- ESS 화재 예방 및 초기진압으로 화재안전사고 불안감 축소 및 국민 재산 피해 절감

(기업) ESS 제작비용 절감 및 도시 내 제품 상용화 확대에 의한 경제적 효과 발생

- 배터리 화재에 효과적인 소방설비 구축 기준에 따라 ESS 제작비용 절감
- 재사용 배터리 기반 인프라 도시 내 구축 기준 수립을 통해 상용화 기반 확보

제3절 성과목표 및 지표

□ 사업 목표 달성여부를 확인하기 위한 성과목표와 성과지표를 설정함

사업목표	성과목표	성과지표	성과측정방법
도시/산단요구사항을 고려한 도시 에너지 저장 인프라 핵심기술 개발 및 기준 수립	사용후 배터리 기반 ESS 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 기반 ESS 시스템 제품 인증 	<ul style="list-style-type: none"> 개발 제품에 대한 KC인증, SIL인증서 확인
	사용후 배터리 ESS시설 도시계획/인프라 설치 기준 수립 및 법제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 ESS내용 반영 도시계획 기준(안), 교육환경보호 기준(안), 환경영향평가기준(안), 건축설계기준(안), 인프라설치 기준(안) 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 기준(안) 문건 및 기준(안) 관리기관 제안여부 확인
		<ul style="list-style-type: none"> 국토계획법 개정(안) 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 개정(안) 부처 제안여부 확인
	사용후 배터리 수명예측 정확도 향상	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 수명예측 정확도(%) 	<ul style="list-style-type: none"> 수명예측 결과와 배터리 수명실측치 비교분석 결과
	사용후 배터리 열폭주 억제	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 열폭주 억제율(%) 	<ul style="list-style-type: none"> 화재실물시험을 통해 기존 약재와 개발소화약재 열폭주 도달 비교
도시/산단실증을 통한 기술 검증 및 사업화 마련	사용후 배터리 기반 도시/산단 에너지 저장 실증 인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 기반 도시/산단 에너지 저장 실증 인프라 구축 건수(건) 	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 기반 도시/산단 에너지 저장 실증 인프라 준공보고서 확인
	개발제품 운영실적 확보	<ul style="list-style-type: none"> 개발제품 적용 실증 인프라 운영시간 	<ul style="list-style-type: none"> 실증 인프라 운영기록 확인

제4절 사업내용

1. 중점추진분야

- 사용후 배터리를 활용한 대용량 에너지 저장 인프라의 안전하고 경제적인 도시/산단 적용 목표달성을 위해 3개의 중점추진분야를 설정
 - 재사용 배터리를 적용하기 위한 최적 에너지 저장 시스템 구성 요소 기술, 화재 확산 방지를 위한 화재안전 통합관리 기술, 도시/산단 실증 목표달성을 위한 실증테스트베드 구축 등을 고려
 - 에너지 저장 시스템 구성, 화재안전 통합관리, 실증 테스트베드 구축 및 운영을 담당하는 3개 중점추진분야를 도출함
 - (중점추진분야 1) 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술
 - ※ 사용후 배터리 활용 에너지 저장 인프라 설계 및 설비 제작, 운영·유지관리, 설치 기술
 - (중점추진분야 2) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술
 - ※ 화재안전 통합 관리 기술 및 화재 발생 사전 감지, 화재 발생 후 확산 방지 연구
 - (중점추진분야 3) 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술
 - ※ 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 도시/산단 실증 및 도시·산단 실증 기반 기존 도시 기반시설 연계방안 연구

가. 중점추진분야 도출 및 중점추진분야별 과제구성

(1) 개요

- 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 구성기술별 R&D이슈를 발굴하고, 후보과제를 도출하여 R&D이슈별 해결과제에 대한 전문가 검토를 추진하고, 중점추진분야별로 과제를 구성함
 - Top-Down관점에서 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 기술을 구성하는 요소를 도출하고, 이슈분석을 통해 R&D가 필요한 영역을 발굴함
 - 환경분석, 특허분석, R&D 투자성과 분석, 전문가 인터뷰 등을 통해 R&D 필요 영역을 발굴
 - Bottom-Up관점에서 R&D가 필요한 기술요소에 대한 기술수요조사를 수행하고, 이를 후보과제화 함
 - R&D가 필요한 기술요소에 대해 외부 산학연 전문가 및 내부 기술분과위원회를 대상으로 기술수요조사를 통해 기술아이템을 발굴함
 - 기술수요조사 내용은 기술분과위원회에서 병합, 분할 등을 통해 동일한 위계에서 후보과제로 구성함
 - 전문가 검토를 통해 동 기획의 범위, 목표 부합성, 파급효과, 기술 실현가능성 등을 검토하여 추진대상 과제를 선정함



[그림 2-3] 중점추진분야별 과제도출 프로세스

(가) 중점 추진분야 도출을 위한 R&D 이슈 발굴

□ 선행연구에 대한 문헌 분석 및 분야별 전문가 조사를 통해 기술분야별 이슈를 도출하였으며, 전문가위원회를 통해 관련 내용을 검토 및 보완하였음

- 중점추진분야 각 기술분야별 이슈는 다음과 같음

중점추진분야	기술이슈	
도시/산단 에너지 저장 인프라 기술	법/제도/기준	<ul style="list-style-type: none"> 하나의 건물에 10MW급 이상의 배터리가 들어가는 대용량 에너지 저장시설에 대한 안전기준 부재(기존 ESS의 경우 용량이 커질수록 단위 컨테이너의 설치개수가 늘어나는 방식이므로 현재의 설치기준 및 안전기준으로 대용량 기준도 대응) 국토부에서 '17년 자동차관리법 시행규칙에 범용 고장 진단 데이터 프로토콜 정보 제공을 강제하였으나, 준수기업 부재 중견 기업 사업 참여유도로 중소기업을 리드해 나가는 형태로 구성 필요 배터리 프로토콜을 모르는 상태에서는 고장 진단 데이터 및 팩을 그대로 ESS로 재사용할 수 없음
	기술	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 배터리 기반 도시/산단용 대형 ESS에 연구 부재 재사용률을 높이기 위한 이차전지 연구 필요 재사용처(적용 Application)별 요구성능 분석 필요 다양한 종류 배터리 적용을 위해 이중 배터리 복합 연계기술 필요(설계측면) 도시지역 적용을 위한 고밀도 전력변환 인프라 설계 기술 부재 차세대 기술 도입에 대한 유연한 대응 가능성 동일용량 기준 상품대비 재사용 배터리의 요구면적 사양이 크다는 문제 존재

중점추진분야	기술이슈	
	사업	<ul style="list-style-type: none"> 전기차 배터리팩 재사용을 위해서는 BMS 프로토콜 공유 필요(수냉식 전기차의 경우 수냉에 대한 제어를 BMS가 제어하고 있으며 수냉팩을 활용하기 위해서 BMS 프로토콜 필요)
도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술	법/제도/기준	<ul style="list-style-type: none"> 국토계획법에 따르면 도시에 적용될 대용량 ESS의 현장 설치 관련 허가는 국토부 소관이지만 구체적 기준 미비로 지자체의 관련 사업 인허가 어려움 존재 ESS구성품 안전관리 강화, 전체 시스템 표준 제정, 재사용 배터리에 대한 설치 및 안전기준은 미비 민간에서 활용중인 화재보험협회 ESS설치 안전관리기준은 600kW급 현재 폐배터리 재사용 ESS는 사용처인 ESS 관련규정을 준용하고 있기 때문에 폐배터리를 활용하는 사업모델별로 관련 기준들에서 폐배터리를 수용하는 방식으로 기준의 업데이트가 필요 효과적인 사업 추진을 위해 국토계획법 및 도시계획시설 결정을 위한 관련 규칙에 대용량 에너지 저장 인프라를 포함하여 기반시설로서 종류와 기능에 따라 위치 및 면적 등의 설치기준을 마련할 필요가 있음 현행 대용량 ESS 주요 시험표준에 따른 시험/인증 시설과 폐배터리 활용시 예상 가능한 수요를 예측한 인증 체계 확립 (제도 및 시설 확보 방안)
	기술	<ul style="list-style-type: none"> 국내 ESS 화재안전성 확보 기술 및 폐배터리 회수 및 재사용을 위한 화재안전 기술 개발 미흡 기존 ESS 안전성강화 설치기술은 1MW급으로 도시용으로는 부족하며, 실증단계에는 미도달 최종 성능 평가를 위한 실규모 화재안전 실험(1MW급 이상)을 대체할 수 있는 벤치스케일 시험 또는 수치해석 기반 기술 개발 필요(열폭주 평가 시뮬레이션 기법 개발 - KC 62619 인증기반) ESS 개별 셀, 모듈, 랙, 뱅크 단위에 적합한 신개념 소화 시스템 및 평가 기술 필요 기존의 ESS 설치기준 외 보다 효율적이고 경제성 있는 TRL 3~5단계 정도의 기술아이템 도출 필요
	사업	<ul style="list-style-type: none"> 과도한 소방설비로 구축비용이 증가하여 사업성 확보에 어려움 존재(배터리 화재에 최적화된 소화 방법의 도출과 관련 시설 개발, 해외설비 도입 등) 절차나 제도개선에 많은 시간 소요가 예상되므로 규제샌드박스 제도 적극 활용 등 추가적 대응방안 마련 필요
도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술	법/제도/기준	<ul style="list-style-type: none"> 건축법 및 시행령에 따르면 건축물의 대상이 되는 대용량 에너지 저장시설 설치 대지 선정, 건축물 내 설비, 유지관리 등의 업무는 국토부의 역할이나, 재사용 배터리 및 대용량 에너지 저장 인프라에 대한 세부규정은 부재 전기설비설치기준 역시 설치 후 유지관리에 대한 상세한 내용을 규정하고 있지 않음 ESS 안전관리 가이드(KF 412)는 수립되어 있으나, 입지요건 및 건물요구에 따른 가이드는 부재함 재사용에 따른 탄소배출권 인센티브 제공 필요 현재 안전기준은 ESS를 위험물로 간주한 안전기준이므로, 공동주택 등에서의 적절한 기준마련이 필요 ESS가 설치되는 목적, 주위 여건, 건물 공간 등을 고려한 ESS 화재 적응성 소방시설 기술개발, ESS 전기저장용량 최적

중점추진분야	기술이슈	
		<p>화 연구 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 현재 기준 상 건물안에 ESS를 설치하기 어려운 조건으로 기준이 마련되어 있음 ▪ 도시계획적 측면에서 관련시설에 대한 기준과 관리주체를 제도적으로 명확히 규정 ▪ 관리 측면에서 설치, 공급방식, 이용실태, 성능 등의 기초 DB 구축 등의 기준마련 필요 ▪ 폐배터리의 열전이 등 사전 이상 감지시 경고 및 보호전압 등 안전레벨 규격화 및 국제표준 연계 연구 시도
	기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재사용 배터리 기반 ESS 효율적 운영 최적화 기술 부재 ▪ AI(딥러닝)/빅데이터기반 ESS 열폭주 예측 기술 등 선도적인 폐배터리 화재안전 과제 발굴 필요 ▪ 성능평가 결과와 실제 운영내용 기반 잔존수명의 결과 비교 데이터 확보 필요 ▪ 재사용 배터리의 에너지 관리와 위급상황(화재) 통합 모니터링 및 현장 대응 기술 필요(가칭, Energy & Emergency Management System) ▪ 다양한 종류 배터리 적용을 이용 이중 배터리 복합 연계기술 필요(운영측면) ▪ 재사용 배터리 그룹별 상태를 고려한 복합 최적 운전기술 확보 필요 ▪ 실시간 고정밀 내부 상태 추정 및 복합 위험도 평가기술 확보 필요
	사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ESS설치 지원정책이 26년 3월부로 일몰되며, ESS 설치 수익을 보기 어려운 구조 ▪ 지속적인 화재로 안전조치 추가가 계속되어 원가만 높아지는 상황 ▪ 재사용 배터리를 한번에 가장 많이 사용할 수 있는 사용처가 ESS인데 신제품배터리를 사용하는 ESS 시장조차 시장성 모호 ▪ 공급방식의 다양화를 위해 도시계획시설로서 관리운영 주체를 기존 공공에서 확대하여 민간에서의 시설 운영/관리를 위한 제도 기반이 선행되어야 함 ▪ 재사용 배터리의 유연한 연계를 위한 고신뢰-저비용 모듈형 전력변환장치 필요
기타		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폐배터리 회수 저장창고 기준마련을 통한 대규모 피해 대응책 마련 필요 ▪ 내화성능의 배터리를 개발 연구 필요(화재 인자를 제거하여 배터리 공정에 반영 등) ▪ 화재 등 피해 발생 시 피해를 보상해 줄 수 있는 보험과 연계가 필요(현재 ESS의 경우 화재 등의 위험으로 보험사가 보험인수를 꺼려하므로 이에 대한 리스크관리 및 보험인수에 대한 대비책 마련이 필요)

문헌분석, 전문가 검토를 거쳐 최종 중점추진분야는 아래와 같은 세 분야로 도출하였음

○ (중점추진분야 1) 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술

- 사용후 배터리 활용 에너지 저장 인프라 설계 및 설비 제작, 운영·유

지관리, 설치 기술

- (중점추진분야 2) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술
 - 화재안전 통합 관리 기술 및 화재 발생 사전 감지, 화재 발생 후 확산 방지 연구
- (중점추진분야 3) 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술
 - 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 도시/산단 실증 및 도시·산단 실증 기반 기존 도시 기반시설 연계방안 연구

2. 후보과제 발굴

□ 기술수요 및 선행기술아이템 조사를 통해 회수된 31건의 기술아이템 목록 중 동 사업 범위에 해당하는 기술아이템은 다음과 같음

○ 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술분야의 수요 기술 목록은 다음과 같으며, ESS 단위 시스템 관련 기술이 주로 제안되었음

[표 2-1] 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술분야의 수요 기술 목록

도시/산단에너지 저장 인프라 기술
재사용 배터리 연계 고신뢰성 전력공급 모듈 기술 개발
재사용 배터리 기반 BMS 통합형 스마트 전력 모듈 기술개발
전기차 재사용 배터리팩을적용한 카트리지형 에너지 저장시스템 개발
전기차 재사용 배터리 기반 대용량 에너지허브시스템 구축
UBESS 화재 예방 및 조기 진단·진압을 위한 대용량 ESS 실증 및 전주기안전 기술개발
단위 컨테이너 ESS 시스템의 안정적인 적층 기술 개발
차량 탑재상태의 배터리 잔존가치 평가기술 개발
배터리팩스캔 기반 전기차 재사용 배터리의 잔존수명 평가 기술개발
파우치 셀 기반 전기화학 및 DC/IR 데이터 베이스의 전이학습 모델 적용을 통한 팩 모듈 단위의 세대별 폐 배터리 잔존 수명 예측 모델 개발
건축법 관련 용도구분 및 관련 설치법령 기준 개발
대용량 에너지 저장 인프라 설치를 위한 제도 기술개발
안전기준에 기반한 대용량 재사용 배터리 시스템 통합 인증체계 구축

- 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술분야의 수요 기술 목록은 다음과 같으며, ESS 화재에 대한 사전/사후 대응 기술 등이 제안되었음

[표 2-2] 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술분야의 수요 기술 목록

도시/산단에너지 저장 인프라 안전관리 기술
재사용 ESS 능동형 화재 안전 운영 통합관리시스템 개발
재사용 배터리 시스템 화재안전관리 플랫폼 기술개발(표준화 연계)
재사용 배터리 대상 AI 화재 예측 및 감지(대응) 시스템 개발
리튬배터리벤딩감지를 통한 ESS 화재예방 기술개발
전원 프리 자동소화설비를 갖춘 재사용 배터리 전용 컨테이너 개발
대용량 ESS 내부 화재 및 폭발 전이 억제를 위한 급속 양생형 흡열소화 물질 및 화재 배터리 고립형 분사형 기술 개발
폐배터리를 활용한 ESS 설치 환경별소방시설 설치 기술 개발
전기차 재사용 배터리 기반 화재원천차단 에너지저장장치 개발 및 실증
전기차 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 방화구획 설계 및 시설 기준 개발
화재확산방지 렉설계 기술

- 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술분야의 수요 기술 목록은 다음과 같으며, 기존 도시 인프라 연계·운영 관련 기술 등이 제안되었음

[표 2-3] 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술분야의 수요 기술 목록

도시/산단에너지 인프라 연계 및 실증 기술 수요기술목록
클라우드 네이티브 기반 지능형 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템 개발
ReuseESS 및 DC변환기술 기반 수배전일체형 DC GRID 연계 충전시스템 개발
사용후배터리 리사이클을 활용한 VUES(Virtual Utility Energy Storage) 기반 탄소국경세(CBAM) 대응 도심·산단형 SMART VUES GRID 구축 및 실증
전력거래제도 개선방안 제안
태양광 설비와 연계한 가정용 소규모 전기에너지 저장시설 이용방안
전기차 재사용 배터리 기반 공동주택용 에너지저장장치 개발
수용성 확보를 위한 대용량 재사용 배터리 에너지 저장 인프라의 지하화 기술 개발

- 중점추진분야 상 포함되지 않는 기타 수요 기술 목록은 다음과 같으며, 1차 재사용 이후 배터리 재활용 관련 기술이 제안되었음

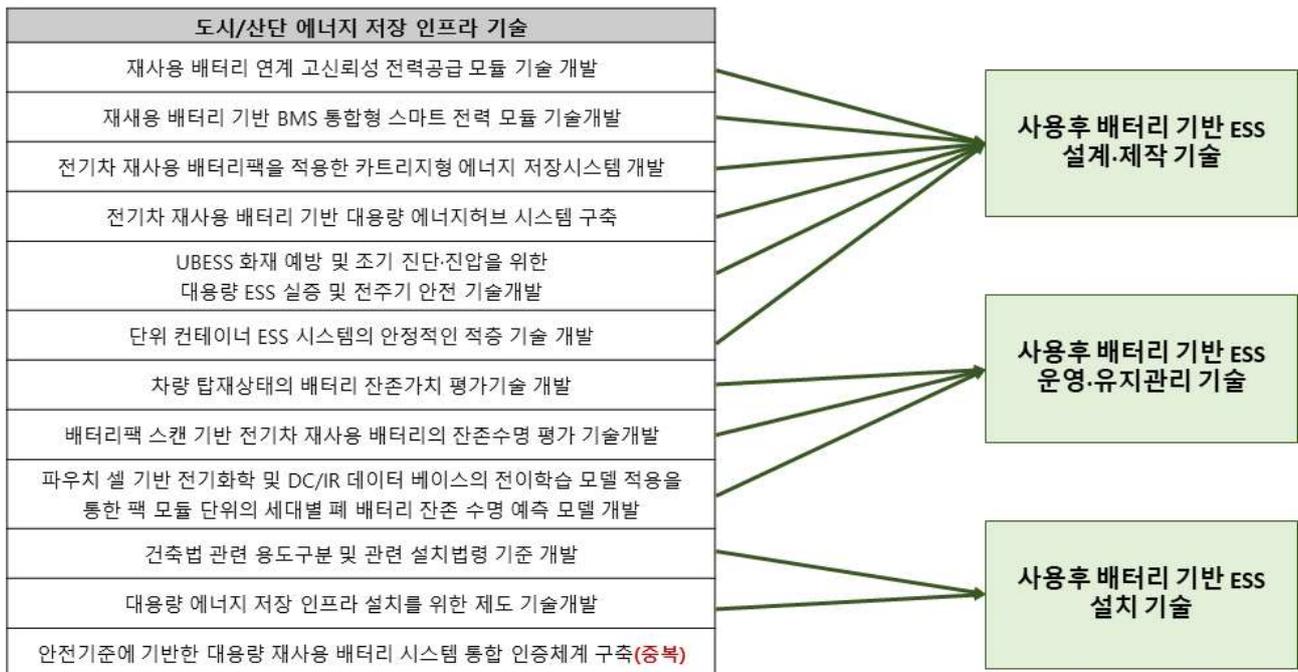
[표 2-4] 기타 수요 기술 목록

기타 수요기술
재사용한 폐배터리의 폐기에 따른 환경오염 방지 안
재사용 편의성을 고려한 배터리 신품 설계 기술 개발

□ 기술아이템 중 중복, 기 개발된 기술 등 이슈가 있는 4개의 아이템을 제외하고 27개의 아이템을 기반으로 세부 기술을 구성

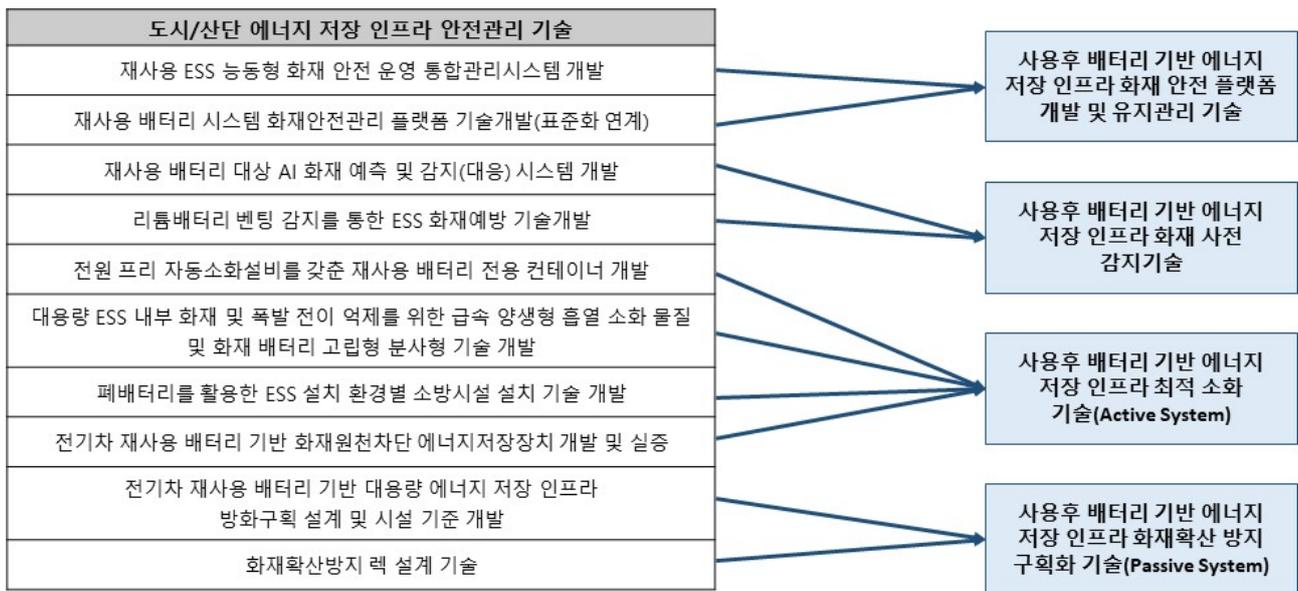
- (1중점) 도시/산단 에너지 저장 인프라 기술분야의 구성은 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 설계·제작, 운영·유지관리, 설치 기술 3가지로 구분되었음

- 1 중점추진분야의 기술 구성은 현재 타 기관 추진연구와 연구와 중복된 1개의 기술을 제외한 수요기술을 다 포함할 수 있도록 ESS 전주기 단계로 구성하였음



[그림 2-4] 1 중점추진분야 수요 기술아이템 및 최종 기술구성

- (2중점) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술분야의 기술구성은 사용후 배터리 기반 인프라 화재안전 통합플랫폼, 사전감지, 최적 소화, 화재 확산방지 구획화 기술 4가지로 구분되었음
- 2 중점추진분야의 기술 구성은 화재사고에 대한 전/후/상시 대응이 가능하도록 화재안전에 대한 종합적 체계를 포괄할 수 있도록 구성하였음



[그림 2-5] 2 중점추진분야 수요 기술아이템 및 최종 기술구성

- (3중점) 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술분야의 기술구성은 사용후 배터리 기반 인프라 통합 운영, 산단 실증, 도시실증 기술 3가지로 구분되었음
- 3 중점추진분야의 기술 구성은 동 기획의 목적인 도시 및 산단 각 모델 실증과 기존 도시 인프라 연계에 필요한 기술을 고려하여 구성하였음
- 도시에 적용할 수 있는 소용량 ESS 모델에 대한 기술아이템은 기 개발되어 상용화 완료된 내용으로 판단되어 개발기술 범위에서 제외
- 도시 내 수용성 확보에 도움이 될 것으로 예상되는 인프라의 지하화 기술은 연구내용 구체화에 어려움이 존재하여 개발기술 범위에서 제외하였음



[그림 2-6] 3 중점추진분야 수요 기술아이템 및 최종 기술구성

○ 중점추진분야 상 포함되지 않는 수요기술은 전문가 협의체 검토 후 개발기술 범위에서 제외되었음

□ 최종 전문가 검토를 통해 동 기획의 범위, 목표 부합성, 파급효과, 기술 실현가능성 등을 검토한 기술개발 체계는 아래와 같음

○ 위와 같이 동 기획과제의 최종 기술개발 체계는 아래와 같음

[표 2-5] 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 기술개발체계

중점추진분야	기술개발체계
도시/산단 에너지 저장 인프라 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 사용후 배터리 기반 ESS 설계·제작 기술 • 사용후 배터리 기반 ESS 설치 기술 • 사용후 배터리 기반 ESS 운영·유지관리 기술
도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술 • 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술 • 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System) • 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재확산 방지 구획화 기술(Passive System)
도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 저장 인프라 도시 적용 모델(EV 충전기/인프라) 실증 • 대용량 에너지 저장 인프라 산단실증 • 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템

3. 세부 사업내용

가. 도시/산단 대용량 에너지 저장 인프라 기술

(1) 배경 및 필요성

사용후 배터리의 대규모 도시/산단 적용을 위한 대용량 에너지 저장 인프라 전주기 기술 필요

- 사용후 배터리 기반 10MWh급의 대용량 에너지 저장 장치의 설비, 진단장치 등 구성 기술의 설계·제작 관련 선행연구가 제한적으로 이루어져 왔음
 - 특히, 형태 및 잔존수명 등 특성이 모두 다른 재사용 배터리의 안전한 전력 연계, BMS 등 기술개발이 요구됨
- 또한, 사용후 배터리를 적용한 에너지 저장 인프라의 운영 안전성 및 효율성 강화를 위한 잔존수명 평가, 최적 운영범위 연구 등 필요
- 한편, 에너지 저장 인프라가 도시 내 기반시설로써 건축 인허가 및 도시 내 설치 규정이 별도로 존재하지 않아, 관련 기준 등에 대한 연구가 요구됨

(2) 목표

10MWh 이상급 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 최적 모델 개발 및 건물 설치기준(안) 제안

- 사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 장치 최적 모델 설계·제작 (용도, 설비, 진단장치 등)
- 건축인허가 등 관련법 개정사항 도출 및 건축법, 국토계획법 등 환경영향평가 관련 검토기준(안) 제시

(3) 정의 및 범위

(정의) 전기차 재사용 배터리 이용 10MW급 이상 대용량 에너지 저장 인프라 설계, 시공, 운영·유지관리, 설비·기자재 전주기 시스템 기술

□ (범위) 전기차 배터리 재사용 기반 대용량 에너지 저장 시스템 설계 · 제작/설치/운영 · 유지보수 기술

- 도시 적용을 위한 재사용 배터리 연계 전력변환모듈 기술개발
- 사용중(ESS 운영 중) 실시간 재사용 배터리 잔존수명 평가 기술개발
- 재사용 배터리 활용 ESS 안전성 평가 기술개발
- 재사용 배터리 기반 ESS 최적 운영 · 유지관리 기술개발
- 도시 내 에너지 저장 인프라 설치를 위한 도시/건축 관련 법령 개정안 제시

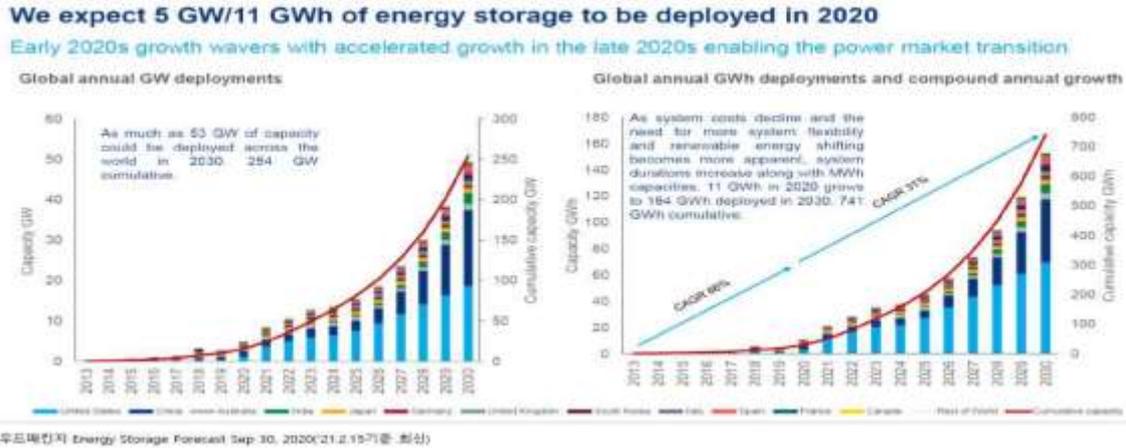
(4) 세부 기술내용

(가) 사용후 배터리 기반 ESS 설계 · 제작기술

① 배경 및 필요성

□ 신재생에너지 보급 확대 및 탄소중립에 따른 ESS의 필요성 대두

- 지정학적 이슈로 화석연료 가격 급등과 탄소중립 달성을 위해 유럽의 천연가스 의존도 낮추며 신재생에너지에 투자 확대
- EU를 중심으로 탄소배출 규제가 약한 국가나 기업에 관세를 부과하는 탄소국경세 도입(EU 기준 2026년 도입 예정)
- 재생에너지는 생산량을 조절할 수 없는 이슈로 발전원의 경제성과 가동률에 따라 수요에 맞는 전력 공급 불가능, 전력 수급 불균형을 맞추기 위해 ESS 운영 필요
- 가정, 기업, 산단에 전력공급 차질이 발생할 경우, ESS는 태양광발전소 등의 분산전원과 연동하여 안정적인 전력 공급이 가능하며, 제약조건이 존재하는 신재생에너지의 여러 가지 단점을 보완할 수 있음
- 2030년 ESS 총 설치 용량이 누적 741GWh에 이르는 등 ESS 시장 지속 성장 전망



[그림 2-7] 전세계 ESS 전망

- 2050 탄소중립 달성을 위해서는 전력사용량이 큰 도시 및 산업의 전력 수요 변화에 신속하고 효율적으로 대응할 수 있는 기술이 필요
 - 동일 산업이나 도시내에서 산업별, 업종별 전력소비 패턴이 상이하여 산업군 분포에 따라 전력소비 패턴이 다를 것으로 예상되기에 전력부하 평준화가 필요하며, 이를 위해서는 일정 단위별로 최적화된 에너지 저장인프라 구축 운영이 필요함
 - 산업/도시단위에 대규모 에너지 저장인프라를 구축/활용하여 전력사용량을 관리하면 전력 최적화 구현을 통한 직접적 효과 창출 가능
- 최근 신재생에너지가 설치가 증가되고 있으나 신재생에너지는 생산량을 조절할 수 없는 이슈로 수요에 맞는 전력 공급 불가능. 전력수급 불균형을 맞추기 위해 에너지 저장장치의 설치 및 운영이 필요
 - 재생에너지 비중이 높은 제주에서는 재생에너지 전력 과잉 공급에 따른 전력수급 불일치로 계통의 불안정을 방지하기 위해 재생에너지 출력을 제어하는 ‘출력제한’ 조치가 6년 사이에 300건에 달할 정도로 발령 중
 - 지속적인 신재생에너지 확산으로 전력망 과부하 현상이 예상되며 이를 해소하기 위해서는 송배전망 설비를 확충하거나 에너지저장장치의 설치를 통해 전력계통 안정화가 필요

- 산단이나 도시단위의 전력을 관리할 수 있는 대규모 에너지저장장치를 구축 운영할 경우 신재생에너지와 연동하여 빌딩, 공장 등에서 필요로 할 때 안정적인 전력 공급이 가능
 - 단위 지역내 전력사용 주체별로 전력사용량의 실시간 모니터링이 필요하며, 중앙의 에너지저장장치를 쉐어함으로써 전력 평준화를 유지할 수 있는 기술이 필요
 - 에너지저장장치에 대한 신뢰성, 안전성 확보 및 도시, 산단단위 연계를 위해서는 실증연구, 표준·인증, 설치시공 기준 등의 기반 구축이 시급
- 전기차 보급확대에 따라 폐배터리 배출량이 증가하여 폐배터리 시장이 활성화 될 것으로 전망되며, 이는 아직 전력을 저장할 수 있는 수명을 가지고 있어 에너지저장장치등으로 2nd Life 재사용이 필요
 - 전기차에서 수명을 완료한 배터리는 초기 용량대비 70~80% 수준에서 재사용 가능하며 ESS로 사용 시 5~10년간 추가 사용 가능
 - 자동차 제조사, 배터리 제조사, 재활용 업체 등이 경합하며 전기차 사용 후 배터리를 재사용하는 제품을 실증테스트 중이나 추후 쏟아지는 폐배터리 물량을 감당하려면 에너지저장장치로의 재사용이 가장 적합
 - 국내에서도 규제샌드박스 제도를 통해 많은 업체가 다양한 재사용·재활용 시도중
 - 1MWh를 초과하는 대규모 실증 사례는 없음
 - 다만, 최근 잇따른 ESS 화재발생에 따라 ESS에 대한 안전성이 지적되는바 사용 후 배터리를 재사용하여 ESS를 실증하는데 있어 안전성 확보방안 마련 시급
- 태양광과 풍력을 중심의 신재생에너지 보급과 동시에, 분산에너지가 확대됨에 따라, 지역/지구 단위의 계통신뢰도 향상, 신재생에너지 접속 활성화, 전력 공급범위 확대 등을 위해 에너지저장장치 및 이를 기반으로 VPP기반의 마이크로그리드 운영기술 도입이 필요
 - 산단, 도시 또는 그리드간의 상호운용성 확보를 위한 기능과 전력거래

정보 익명화, 소비자 친화적 정보제공 App 개발 및 거래 플랫폼 등의 개발이 필요

- 실증단지 데이터 수집·분석·최적화 및 요금분석, 발전량 예측, 이상 탐지 등 에너지 정보 분석시스템 구현 필요

□ **사용후 배터리 기반 ESS의 효율적 활용을 위해 고신뢰성 스마트 모듈형 전력변환시스템 기술 확보가 매우 중요함**

- 재활용 배터리 기반 ESS의 안정성 및 신뢰성 향상을 위해서는 구성 모듈별 상호간 원활한 정보교환을 위한 기능 융합형 분산 모듈 구조의 개발과 최적 운전 안정성 확보 기술의 개발이 반드시 필요
- 시스템 내부 이상 동작 및 운전상태 변화 등을 정확하고 빠르게 검출하고 고장 발생을 사전에 예방할 수 있는 기술의 시급한 확보가 필요함
- 융합형 분산 모듈 구조와 시스템 상태진단 및 최적운전을 위한 고지능화 기술의 개발을 통해 급격한 성장 및 변화가 예상되는 재활용 배터리 기반 ESS 시장에 선제적으로 대응할 수 있음
- ESS용 이차전지 시장의 경우 향후 다양한 등급의 신규 및 노후 배터리가 공급될 것으로 예상되고 있음
 - 특히, 전기차 등에서 1차 목표 수명 달성 후 ESS용으로 2차 재사용이 가능한 2nd Life 배터리 공급이 2030년 275GWh 수준으로 증가¹²¹⁾하여 ESS용 배터리 수요를 초과할 것으로 전망되고 있음
- 배터리 재사용 시 각 배터리별 노화 이력이 달라 배터리 활용에 제한 및 비효율적 운영이 발생할 수 있음
 - 이종의 배터리를 연계하기 위한 유연하고 통합 가능한 플랫폼이 없으며, 이는 효율성 뿐만 아니라 안정성 문제도 야기할 수 있음
- 사용 이력과 노화 상태에 대한 정밀한 추정이 어려운 재사용 배터리의 효율적 연계 및 운전 안전성 확보가 성공적 기술 확산을 위해 매우 중요함

121) Second-life Electric Vehicle Batteries 2020-2030, IDTechEx (2020)

- 대용량 ESS 구성을 위해 다양한 노화 특성의 재사용 배터리를 효율적이고 안전하게 활용할 수 있는 전력 변환 모듈 기술 확보 필요함
- 재사용 배터리팩과 BMS 간 전기적 제어를 위한 모듈형 전력변환시스템 적용 기술개발 필요함
 - 재사용 배터리팩은 각각 SOH(State of Health)에 따른 성능 상태가 모두 다르므로 이를 효율적으로 제어 및 활용하기 위한 기술의 개발이 중요함
 - 또한, 고효율 전력변환시스템 구현을 위해 차세대 반도체 소자의 적용, 토폴로지 개발 및 설계 기술의 고도화가 필요함
- 시장 환경 변화에 대응하여 낮은 가격으로 대량 공급이 가능한 2nd Life 배터리를 활용한 고 신뢰성 ESS 구현을 위해서는 다양한 등급 배터리의 노화 및 환경 특성을 실시간으로 정밀하게 분석하여 최적 운전방법을 제시할 수 있는 고지능화 기술의 선제적 개발이 필요함
- 차세대 ESS용 지능형전력모듈에 대한 선제적 기술개발을 통해 Tesla, BYD, Huawei 등 높은 세계시장 점유율을 바탕으로 국내 ESS 시장 진입을 활발히 추진하고 있는 외국계 기업에 대응할 수 있는 차별화된 기술 경쟁력을 확보할 수 있음

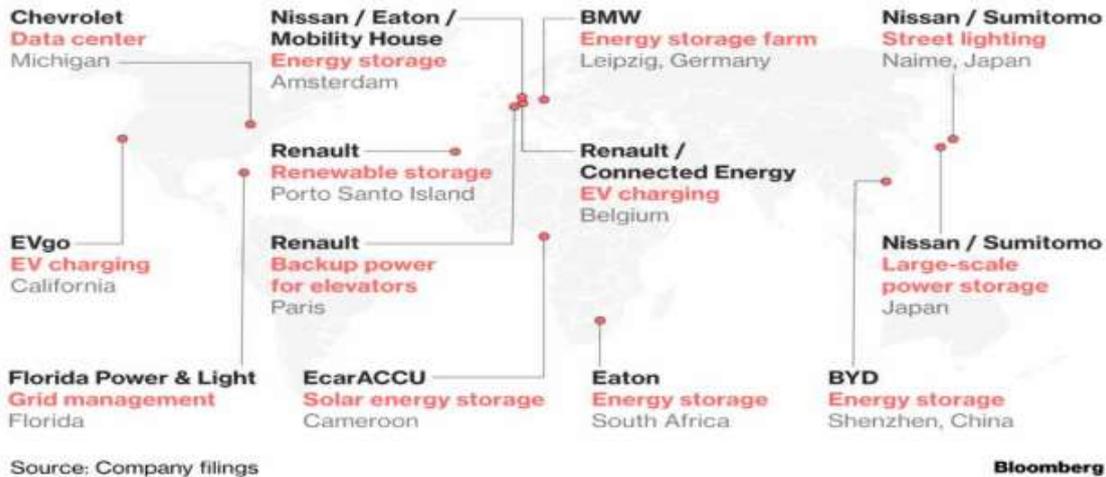
② 국내외 기술동향

□ 해외 기술동향

- 전 세계적으로 EV용 사용후 배터리 재사용·재제조에 대한 필요성이 대두되고 있으며 이를 활용한 응용제품 개발 및 실증 추진 중
 - 자동차 폐배터리 회수 및 재활용 의무가 있는 자동차 제조사 중심으로 배터리 재사용(B2U:Battery Second Use) 현황 검토 중이며, 가장 기본적인 사업모델은 가정용/상업용 에너지저장소(ESS) 제작 판매
 - ‘25년까지 수명이 다된 전기차 배터리의 60%가 에너지저장장치로 사용될 것으로 예측
 - 자동차 기업과 에너지·전력 기업의 협업을 통해 전기차 배터리를 활용한 가정용 ESS 상용화 및 그리드 안정화를 위한 실증 프로젝트 수행 중
 - 가정/상업용을 대상으로 하는 소규모 ESS부터 수요관리 시장에 참여하는 대형 ESS 프로젝트를 통해 실현가능성 및 사업성 확인 중

A New Lease on Life

Where electric-vehicle batteries are being used and tested for new roles



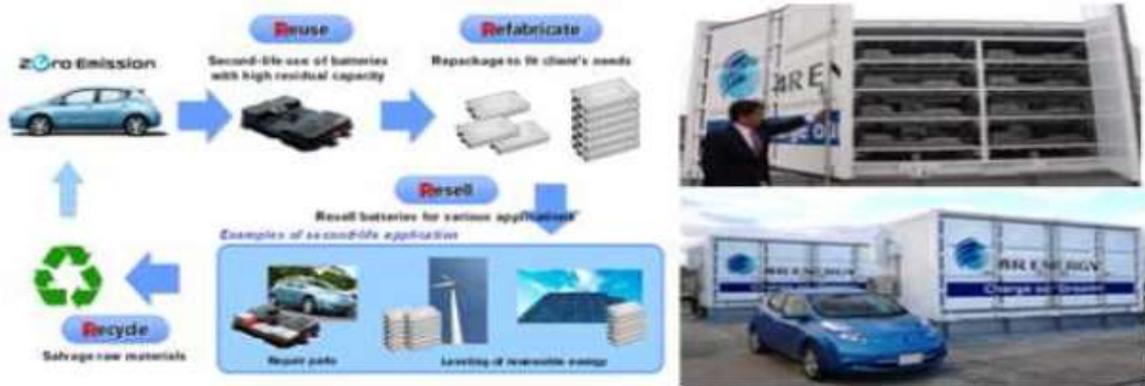
[그림 2-8] 폐배터리 재사용 기반 비즈니스 주요 프로젝트 사례

* 출처: Bloomberg, 2018

- (일본) ‘10년 닛산과 스미토모가 4R*에너지 법인을 설립, 자동차용 리튬이차전지 재사용, 재판매, 재제조, 재활용**을 통해 ESS로 상용화 추진 중

* 4R : Reuse, Resell, Refabricate and Recycle를 의미함

* 교환용 배터리, 지게차, 골프카트, 가로등 등에 재활용



[그림 2-9] 닛산·스미모토의 4R energy 상용화 추진

- (닛산) Leaf 폐배터리 적용 가로등 “Light Reborn” 프로젝트 진행, 태양열 패널에서 얻은 에너지를 배터리에 충전해 LED에 공급, 전력인프라가 설치되지 않은 오프그리드(off-grid) 지역 가로등에 폐배터리를 사용한다는 점에서 기존 시도와 차별화 됨

※ 나미에(Namie)에서 시범사업을 진행 후, 지역 전면 확대 시행 예정



[그림 2-10] 닛산 리본 라이트 프로젝트

- (닛산) '16년 전력관리 기업 Eaton Energy와 협력하여 가정용 ESS ‘xStorage’ 를 제작 판매하는 사업 개시

※ xStorage는 중고 Leaf 배터리 모듈 12개를 재가공하여 ESS 제작, Nissan Leaf 팩이 탈거되면, 탈거된 배터리 팩은 분리하여 모듈 및 셀로 분해하여 재조립 과정을 거치지 않고 바로 팩 자체에 의해서 가정용 저장소에 보관

- (GM-ABB) 제너럴모터스와 스위스 전기 회사인 ABB는 공동으로 쉐보레 전 기자동차 ‘볼트’ 수거 배터리를 가정용 ESS로 활용하는 프로젝트를 추진 중

- ※ 가정용, 상업용을 위한 예비전력으로 전기차 배터리를 세계 최초로 사용하여 가정 3~5가구에 2시간 동안 전력공급을 할 수 있는 독립형 ESS 프로토타입 제작
- (Bosch) 전기차 배터리 재활용 방안 마련을 위해 BMW, Vattenfall사와 협력 2차 배터리 연합(SLBA)을 발족
- ※ 함부르크에서는 BMW 100대 이상의 배터리팩을 활용하여 대용량 ESS를 구축, 2.8MWh의 설치 용량과 2MW의 출력을 가지는 저장설비를 구축하여 운영



[그림 2-11] GM-ABB 가정용 ESS 프로젝트(좌)와 독일 BOSCH 배터리 재사용 프로젝트(우)

- (미국, NREL) 폐배터리 발생량 예측 및 폐배터리의 성능유지 판단 모형을 개발하여 재이용 및 재활용 사례 연구 중
- ※ 캘리포니아대학교와 협력하여 마이크로그리드에서 폐배터리를 이용 B2U를 실증하는 테스트베드 구축 기술 최적화 연구 중
- (독일) 벤츠 자동차를 생산하는 다임러AG는 전기차, 플러그인 하이브리드 차량의 배터리를 재사용한 ESS 프로젝트를 진행 중
- ※ 전기차 배터리 1,000개로 구성된 13MWh급 ESS를 다임러AG 독일 배터리 공장에서 생산하여 뤼넨 전력망에 설치할 계획



[그림 2-12] 미국 NERL xEV Battery Second Use Project(좌)와 독일 다임러AG 배터리 재사용 프로젝트(우)

- (BMW) 중고 i3 배터리 활용한 가정/상업용 ESS 시장진출 계획 발표 ('16.6)

※ 22kWh, 33kWh 두 가지 용량의 제품 출시 계획으로, Beck Automation이 배터리가공 및 재조립을 담당



[그림 2-13] BMW 재사용 배터리 가정/상업용 ESS 비즈니스 모델

※ 700개 트레이를 통해 총 15MWh 규모의 재사용 ESS를 구축 현재 약 500개의 배터리를 수집하여 운영 중

※ 4기의 풍력발전 설비와 연계하여 에너지 저장 및 지역에너지 관리 최적화에 활용

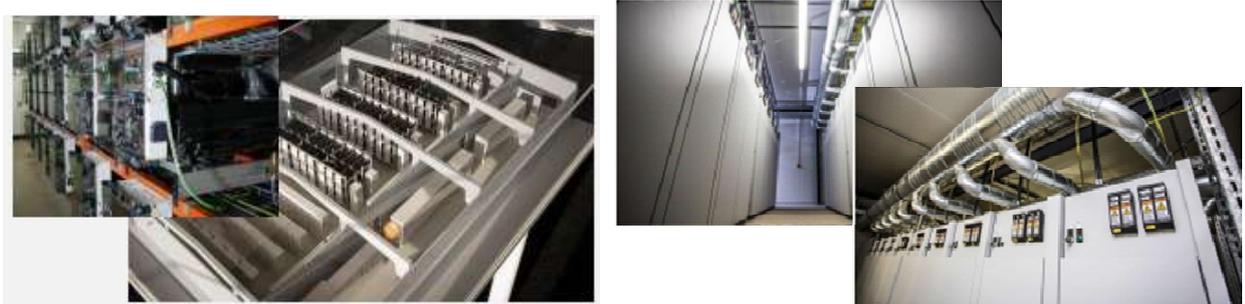


[그림 2-14] BMW 대용량 ESS 구축 사례

- (Daimler) 재사용 배터리 1,000여개로 구성된 13MWh급 ESS와 1,900여개로 구성된 18.8MWh급 ESS를 구축하고, 재생에너지 간헐성 문제 해결 및 전력 수급 안정화에 활용

※ 뤼넨지역에 전기차 사용 후 배터리 13MWh급 ESS를 구축 계통연계 운영 중

※ Elveringsen 석탄화력발전소에 18.8MWh급 ESS 구축하여 전력 균형 및 안정화 도모



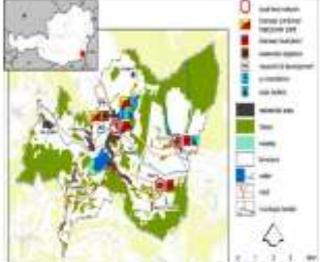
[그림 2-15] 독일 뤼넨 13MWh급 ESS(좌)와 독일 Elveringsen 18.8MWh급 ESS(우)

- (네델란드) ‘요한 크루이프 아레나’ 경기장에 니산 리프 전기차 사용 후 배터리를 활용해 3MWh급 ESS 설치하여 태양광 발전과 연계하여 운영 중



[그림 2-16] 요한 크루이프 아레나 경기장 ESS 구축 사례

- 분산에너지 확대에 따라 계통신뢰도 향상, 재생에너지 접속 활성화, 전력 공급범위 확대 등을 목적으로 마이크로그리드 도입 증가 추세
 - 글로벌 선도기업¹²²⁾은 현 단계 매출 비중은 많지 않으나, 분산에너지 확대, 전원과 수용가·그리드의 연계성을 고려하여 사업 추진중

구분	독일 펠트하임	오스트리아 귀싱	덴마크 삼쇠
개념도	 <p>*출처 : Steven Hille /Funkloch.me</p>	 <p>*출처 : ResearchGate</p>	 <p>*출처 : Nordregio</p>
인구 현황	인구 150명	인구 4,300명	인구 4,400명
주요 인프라	태양광, 풍력, ESS, 바이오가스, 바이오매스	바이오디젤, 바이오매스	태양광, 풍력 바이오매스

[그림 2-17] 국외 마이크로그리드 실증 사례

- 탄소중립 정책, RE100 캠페인과 연계하여 애플·구글 등 글로벌 대기업들의 신재생에너지·마이크로그리드에 대한 관심 증대
 - ※ '23년 1월 현재, RE100 가입 기업은 380개社로 증가(www.there100.org)
- 미국은 유틸리티 중심, 독일은 지역주도, 영국은 사업자 주도 넷제로 프로젝트 시행
 - ※ 커뮤니티 프로젝트 유형: ①가정에 재생에너지 설비 직접설치, ②발전소 공유 등을 통한 중·저소득층의 참여기회 부여

122) Ameresco, Bloom Energy, CleanSpark, Compass Energy, Concord Engineering Group, DCO Energy, Eaton, Enchanted Rock, HOMER Energy by UL, PowerSecure, PXiSE Energy Solutions, Schneider Electric(Microgrid Knowledge 홈 페이지)



[그림 2-18] 해외 넷제로 커뮤니티 개념 및 실증사례

- 위 사례와 같이 세계 주요 전기자동차 생산업체들은 전력관련 사업자와 협업을 통해 ESS 분야로 확대를 추진하고 있으며, 동 시장은 현재 시범사업 수준으로 해외와 국내 모두 초기 단계임

[표 2-6] 해외 주요 전기자동차 생산업체의 재사용 시범 사례

기업	주요 내용
BMW	<ul style="list-style-type: none"> · BMW i-Charge Forward Pilot Project 수행을 위한 ESS 설치 (PG&E 협업) · 재생배터리 연합 결성하여, 함부르크에 대규모 그리드 연계형 ESS 설치 (BMW&보쉬&바덴펠) · 구형 i3의 사용후 배터리로 가정용 ESS 제품 출시
Daimler	<ul style="list-style-type: none"> · 다임러는 독일(뤼넨, 하노버)에 자사 전기차인 스마트 포투(Smart Fortwo) 재생배터리를 활용한 대규모 ESS 설치
Renault	<ul style="list-style-type: none"> · Advanced Battery Storage Program을 통해 대규모 ESS 설치 · 사용후 배터리를 활용한 전기차 급속충전소 E-STOR 설치 (Connected Energy 협업)
GM	<ul style="list-style-type: none"> · GM과 ABB는 세계 최초로 전기차 사용후 배터리를 ESS로 재사용함
Nissan	<ul style="list-style-type: none"> · 구형 Leaf 배터리를 활용한 가정용/상업용 ESS 제품 제작·판매 · 일본 Namie(나미에) 시에 배터리 재제조 공장 설립 및 The Reborn Light 프로젝트 추진 · 유럽시장에 사용후 배터리를 활용한 V2G 모델 도입 추진 (Endesa 협업) · ESS 기반 다양한 시범 사업 도입
Toyota	<ul style="list-style-type: none"> · Toyota Battery Re-Purposing Pilot 시범사업으로 태양광 연계한 ESS 설치 · 폐배터리 활용 대규모 저장장치(10,000kW) 개발 검증 프로젝트 발표 (Chubu Electric Power 협업) · 폐배터리를 활용한 충전식 배터리를 세븐일레븐 매장에 설치, 태양광 발전 전력을 매장 운영에 공급할 계획

- (Tesla PowerPack) 전력변환장치의 용량 확장성 등의 효율성을 위해 국내를 포함한 일부 업체에서 모듈화를 시도하고 있으나, 단순 용량확장의 용도로만 활용하고 있음

- Tesla의 경우 13kWh급으로 모듈화와 배터리팩의 일체화를 시도하여 신뢰성 향상과 모듈화의 장점을 극대화 시키는 기술을 개발하고 있으며, 재사용 배터리의 적용 시에도 신뢰성 확보가 가능

□ 국내 기술동향

- (국내) EV 재사용 배터리를 활용한 ESS 시스템 기술개발 및 유효수명 예측과 관련된 R&D를 수행, EV 배터리 산업화센터 구축을 통해 배터리 재활용 생태계 조성 및 상용화 기반 마련

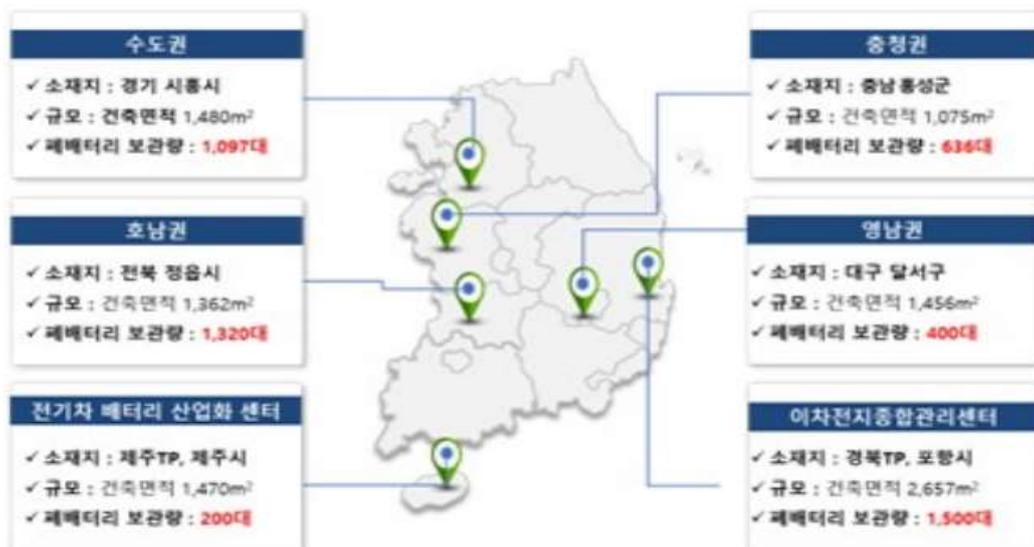
- 중소기업을 중심으로 BMS, 충방전 제어, xEV 배터리 모듈설계, 배터리 재분류, 재처리, 재구성 기술 개발과 잔존 유효수명예측 모델링 관련 R&D 수행 중

- 현대자동차는 핀란드 Wartsila社와의 기술 확보를 기반으로 “전기차 개발 및 판매-재활용 배터리 회수-ESS 개발 및 판매·유지·보수”로 연계되는 자원순환형 사업체계 가동 계획 추진 중

- 환경부는 ‘14년부터 EV 폐배터리 재활용 기술개발 추진

※ 성일하이텍, 한국지질자원연구원은 “대용량 페리튬 이차전지 재활용 상용화 기술 개발”을 추진, EV 폐배터리 재활용 기술 확보, 상용화 추진 중(`14.5)

※ 전기차 배터리 자원순환체계 지원을 위해 권역별 거점수거센터를 구축하여 지자체 반납대상 배터리 회수-보관-성능평가-매각의 역할을 수행 중



[그림 2-19] 권역별 미래폐자원 거점수거센터

- 산업통상자원부는 EV 사용후 배터리를 활용하기 위한 기술개발 추진

- ※ (2016년) 현대제철은 `xEV 폐배터리를 이용한 ESS(500kWh급) 기술개발 및 실증을 통하여 피크저감용 280kWh급 중고·폐배터리 ESS 구축·운영
- ※ (2017년) 제주TP(`17~`19)는 지역거점사업을 통해 “EV용 폐배터리 재사용 센터”를 구축으로 사용후 배터리 산업육성, 한국전지산업협회는 등급제, EV 사후관리 규정 조례신설 추진
- ※ (2018년) 서울시는 남산에서 운행하던 전기버스의 사용 후 배터리(100kWh)와 신제품 배터리(180kWh)를 연결한 280kWh의 ESS를 설치하여 재사용 배터리를 비상전원용으로 설치 운영 중
- ※ (2019년) BMW는 제주도에 i3 배터리 교체를 통해 전기차 충전기용 ESS를 설치하고, 서비스 중

[표 2-7] 국내 전기차용 중고·폐배터리 재사용 현황

사업장 및 용도	운영·발주처	구축시기	가용용량	배터리 소스
현대제철 당진제철소 ESS	현대제철	`17.10	250kWh	아이오닉 일레트릭 10대
현대차 이동식 충전 차량용 ESS	현대차	`17.11	50kWh/75kWh	아이오닉 일레트릭 5대
한라신제주 변전소 UPS	한국전력	`17.12	10kWh 2기	승용 전기차 1대
현대제철 당진공장 대용량 ESS	현대차	`18.11	1MW	아이오닉 약 40대
상암에너지드림센터 ESS	SK E&S	`18.12	200kWh	에빅 전기버스 5대
양천솔라스테이션 ESS	서울에너지공사	`18.12	100kWh	에빅 전기버스 1대
제주 e-고팍 충전소용 ESS	BMW코리아	`19.08	220kWh	i3 10대
SK주유소 충전소용 ESS	SK E&S	`19.10	200kWh	SM3 Z.E. 10대

* 전자신문, 2019



[그림 2-20] 서울시 전기버스 배터리 재사용 사례



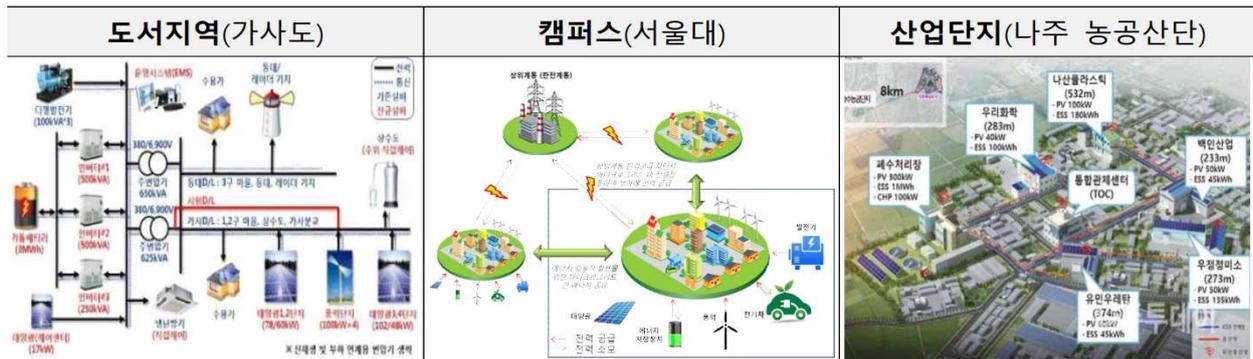
[그림 2-21] 제주 BMW 배터리 재사용 사례



[그림 2-23] 전국 사용 후 배터리 산업화센터

□ 마이크로그리드는 개별 사업모델 중심으로 도서(에너지자립섬), 캠퍼스, 산업단지 대상 실증이 추진되었으나, 지역적 에너지 자립도 등을 고려한 지역 기반의 실증, R&D는 미흡한 상황

- 한전 및 발전자회사를 중심으로 에너지자립섬 사업이 추진되었고, LS 일렉트릭은 캠퍼스·산업단지 실증에 주력
- KT·SKT 등 통신회사의 경우, FEMS 기반 에너지솔루션을 접목하는 형태로 산업단지 대상 마이크로그리드 사업화에 주력
 - ※ (KT) 스마트그리드 확산사업 참여('16~ '18), 산업단지 스마트전력 플랫폼 사업 참여 ' 20~) 등
 - ※ (SKT) 대구국가산단 마이크로그리드 사업 참여('16~ '18), 산업단지 스마트 전력 플랫폼 사업 참여(' 20~) 등
- 다양한 인프라·시스템 융합 기술의 특성상 운영시스템, 거래플랫폼, BM 기반 운영알고리즘, 효율 향상 등에 초점을 두고 기술개발 추진중
 - ※ 단, 적용 영역 및 대상의 특성에 따른 맞춤형 기술개발 위주로 진행되고 있어, 공통 적용이 가능한 기술규격 및 표준은 여전히 미흡한 상황



[그림 2-24] 국내 마이크로그리드 실증 사례

- (국내 ESS산업 경쟁력) ESS는 다양한 요소기술들이 결합된 시스템 기술로 배터리의 경우 국내 기업을 중심으로 글로벌 경쟁력을 가지고 있으나, PCS와 같은 전력처리모듈과 관리 및 운영과 관련된 SW 기술은 선진국의 80% 수준임
 - 최근 화재 등 안전성¹²³⁾ 문제로 통합운영 및 관리 시스템의 신뢰성이 더욱 요구되고 있는 실정
 - 고신뢰성 전력처리모듈 및 상태진단기술의 고도화를 통해 글로벌 경쟁력 강화를 위한 노력이 요구됨
- (전력변환모듈) 전력변환모듈은 배터리와 계통사이에 물리적으로 연결되어 원하는 전압과 주파수에 맞게 변환하여 양방향 전력전달 역할을 수행함
 - ESS는 그 규모가 수 kW에서 수 MW 까지 다양하여 용량에 맞도록 전력변환 장치가 설계되어야 하며, 단일 모듈의 경우 시간과 비용의 비효율성이 발생
- (주)큐아이티는 Seamless 기능이 적용된 50kW급 융복합형(PV + ESS) PCS를 개발하였음¹²⁴⁾
 - 에너지 효율 향상 및 전력계통의 안정적 운영을 높여 송전 제한을 최소화하여 신재생에너지의 활용성을 높여주는 시스템
 - 에너지 저장 시 기존 DC/AC 변환과 AC/DC 변환 과정이 생략되고 DC/DC로 변환하여 에너지 저장장치에 저장함으로써 생산량 대비 저장량의 손실을 줄임으로써 여유 전력에 대한 저장 효율을 높일 수 있음

123) ESS 사고원인 조사결과 및 안전강화 대책 발표, 산업통상자원부 (2019. 6./2020.2)

124) 중소벤처기업부, "Seamless 기능을 갖는 50kW급 융복합형(PV PCS + ESS PCS) PCS 개발", 2021. 04.

③ 연구개발 목표

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> 전기차 사용 후 배터리를 재사용하여 단위 시스템 구축/실증 - 소용량 중심 테스트 수준 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 산단과 연계한 대용량 전기차 사용 후 배터리 재사용ESS를 구축하고 산단규모의 전력부하평준화 달성
정량목표	기술수준(%)	▪ 86%	▪ 95%
	TRL(단계)	▪ 6	▪ 8
	전력부하평준화	▪	▪ 목표수준의 10%이내
	대규모 재사용ESS실증	▪ 1MWh급	▪ 10MWh급
	제작시스템의 KC인증(안전성)	▪	▪ KC인증
	BMS SIL 성적서	▪	▪ BMS SIL 시험성적서(Pass)
	ESS 수명예측 정확도	▪ 80% 수준	▪ 10% 이내
	Scalable 스마트 전력변환 모듈	▪ 10kW급 이하 실험실 수준 기초연구	▪ 1MW급 이상 전력변환(스마트 모듈당 100kW이상, 스마트 모듈병렬 연계, 지능형 모듈 관리 시스템)
	통합형 BMS	▪ -	▪ 3종 이상 재사용 배터리 통합 연계성능 확보
	재사용 연계 배터리 용량	▪ -	▪ 10MWh 이상 재사용 ESS 연계
	단일고장 정지율	▪ -	▪ 0.1% 이하 달성 (단일요소 고장에 의한 전체 시스템 운전정지)

④ 연차별 연구내용

□ 1차년도

- 전기차 사용후 배터리의 수급 방법 확보 및 실증대상 배터리 선정
- 최소 0.3_rate급을 만족하는 재사용 ESS 시스템 설계
- 실증지 전력 모니터링 시스템 구성방안 설계
- 실증지 및 재사용 ESS 운영효율화 방안 조사 및 설계
 - 다양한 용도의 UBESS 운영 알고리즘 연구
- 전기 안전진단을 위한 시스템 설계

- 사용후 배터리 최적 평가방안 도출
- 평가대상 전기차 사용후 배터리 성능평가 방안 수립 및 환경구축
 - 전기차 사용후 배터리의 성능 안전성 평가 방안 수립
- 사용후 배터리 화재특성 분석 연계
- 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 경제성 분석
- 스마트 모듈형 전력변환시스템 구성요소 별 핵심기술 설계
 - 지능형 스마트 전력변환 모듈 설계 구성
 - 물리-데이터 모델 기반 배터리팩 고정밀 상태 추정 알고리즘 개발
 - 양방향 고효율 Scalable 스마트 전력변환모듈 기초 구조 설계
 - 전력경로 자동 재설정 및 고효율 운전 대응을 위한 전력구조 설계
 - 고장 및 상태 특성 분석을 위한 모델 데이터 확보 기반 구현

□ 2~3차년도

- 선정 사용 후 배터리 수급 및 분석
 - 사용후 배터리 안전 검사제도에 따른 전수 검사 수행
- 사용 후 배터리 전용 BMS 개발 및 시험 연계
- 단위 재사용 ESS 시스템 제작 및 인증시험
 - 안전성 강화 UBESS 모듈 및 렉 개발
 - UBESS 운영 알고리즘 개발
- 전력품질 모니터링 시스템 구성 설계
- 재사용 ESS 전기안전진단 시스템 개발
- 평가대상 전기차 사용후 배터리 성능평가 수행 및 결과 분석
 - 성능 안전성 평가방안 개발 및 시험

- 평가대상 사용후 배터리의 ESS 적용을 고려한 수명예측 및 시험분석 연계
- UBESS 시뮬레이션 시스템 구축
 - UBESS 운영 시험을 위한 시뮬레이션 시스템 개발
 - 가혹운영 시나리오 설계 및 대응 시퀀스 개발
- 스마트 모듈형 전력변환시스템 개별 구성요소에 대한 기술 확보
 - 지능형전력모듈 실시간 고장 검출, 진단, 예지 및 회피 기술 개발
 - 이기종 배터리팩 대상 적응형 배터리관리 알고리즘 개발
 - 전력경로 자동 재설정 및 고효율 운전 대응을 위한 전력구조 최적화 개발
 - 실시간시뮬레이션(HILS) 연계 시스템 상태 성능 평가 기반 구현
- Scalable 스마트 전력모듈 기술 개발 I
 - 전력변환 모듈 자기진단 및 복구 알고리즘 개발 및 적용
 - 이기종 재활용 배터리 연계를 위한 적응형 BMS 소프트웨어 및 하드웨어 개발
 - DC/AC 복합계통 연계 기능의 고효율 양방향 전력변환모듈 개발
 - 100kW급 Scalable 스마트 전력변환 모듈 시작품 개발
 - 지능형 병렬 모듈 운전제어 관리시스템 기술 개발

□ 4차년도

- 재사용 ESS 시스템 현장 구축 및 실증 및 분석
 - 구축한 사용후 배터리 기반 에너지 저장 시스템에 대한 안전 검사와 사용 전 검사를 통한 실증 실효성 검증
 - 사용후 배터리 기반 에너지 저장 시스템 전주기 운영 정보 분석용 시스템 연계
 - 사용후 배터리 기반 에너지 저장 시스템 전주기 운영 정보 관리용 데이터 베이스 연계

- 로컬 EMS 및 통합 클라우드 서비스 플랫폼 연계
- 산단 내 기업 전력사용 모니터링 시스템 연계
- 실증사이트 기능 평가 연계
 - 신재생 에너지 연계형 ESS 운영 프로파일을 통한 충·방전 환경 검증
- 재사용 ESS 시스템 설치 매뉴얼
- 전력품질 모니터링 시스템 제작 및 실증적용
- 재사용 ESS 전기안전진단 시스템 실증적용
- 재사용 대상 전기차 사용후 배터리의 재사용 고려 수명사이클 평가 연계
- 사용후 배터리의 ESS 적용시 수명예측모델 연계
- Scalable 스마트 전력모듈 기술 개발 II
 - 이기종 재사용 배터리 연계 적응형 배터리관리기능 최적화기술 개발
 - 복수 모듈 병렬 전력모듈 가변 용량 확장 및 경로 재설정 기술 개발
 - 복수 모듈 병렬 전력모듈 연계 Power Routing, 고효율 운전제어 기술 개발
 - Scalable 스마트 전력변환 모듈기반 1MW급 전력변환시스템 시작품 개발
 - 지능형 병렬 모듈 운전제어 관리시스템 기술 최적화

□ 5차년도

- UBESS 시스템 제품화/사업화
- 모듈형 전력변환시스템 적용 대용량 ESS 실증
 - 시스템 통합 상태분석 기술 고도화 및 지능형전력모듈 연계 신뢰성 확보
 - 재사용 배터리 연계 실시간 배터리 관리기능 고도화 및 검증
 - Scalable 스마트 전력변환모듈 병렬확장을 통한 1MW/10MWh급 ESS 기술 실증
 - 운전조건별 신뢰성 시험 데이터 확보, 최적화 및 기술 검증

- 실증데이터 분석 및 운영 알고리즘 고도화
 - 실증데이터 기반 UBESS 운영 알고리즘 분석
 - UBESS 운영 알고리즘 최적화 및 고도화 개발
- UBESS 운영 알고리즘 평가
 - 신재생 에너지 발전량 예측 기능 평가
 - 계통 출력 안정화 기능 평가
 - 피크저감용 UBESS 운영 효율성 평가
 - 서비스 플랫폼의 VPP 기능 평가
 - 에너지허브 시스템 효용성 평가
- 재사용 ESS 운전 매뉴얼 작성
- 실증 운영 보고서 작성
- 전력품질 모니터링 시스템 고도화 및 제품화
- 재사용 ESS 전기안전진단 시스템 최적화
- 전기차 사용후 배터리의 재사용 고려 수명사이클 평가 지속 및 결과 분석
- 사용후 배터리의 ESS 적용 시 수명예측결과 비교 검증
- UBESS 기술지침 및 표준모델 개발
 - 실증데이터 기반 UBESS 경제성 평가
 - UBESS 안전기준안 개발
 - UBESS 성능평가 기준 개발
 - UBESS 유지관리 가이드라인 개발
 - UBESS 전주기 평가운영 지침 개발 및 단체표준 반영
 - UBESS 표준모델 도출

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
<p>재사용, 재제조 배터리를 활용한 신재생에너지연계 MWh급 ESS 기술개발 및 실증</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신재생 에너지 연계 ▪ 배터리를 모듈단위 재사용 ▪ 고장예측 로직 개발포함 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전성 평가기술 확인 ▪ 고장예측 알고리즘 활용 ▪ 실증시 애로사항 확인 및 해소
<p>(산업통상자원부/2021) ESS 설치공간의 화재예방·차단 시스템 및 유지관리 가이드라인 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 유사과제는 ESS 설치공간의 화재를 예방하고 차단하는 시스템과 관련 유지관리 가이드라인을 개발하는 내용 • 사용후 배터리 특성이 반영되지 않아 큰 차이가 있으며, 대용량 실증을 수행하지 않기 때문에 효용성 검토가 어려울 것으로 보임 • 본 과제는 UBESS의 기술/운영 지침을 개발하는 항목이 포함되어 있으며, 실증을 통해 대용량 UBESS 운영 알고리즘의 효용성을 입증할 것임 	<ul style="list-style-type: none"> • ESS 설치공간의 화재 예방기술, 차단 기술은 UBESS에도 적용이 가능할 것으로 기대되며, 연구개발 내용인 화재 이상징후 조기감지 기술 및 화재 진압 화재확산 방지 기술과 연계하여 고도화된 화재 대응시스템을 연구개발 할 수 있을 것으로 기대함 • ESS 유지관리 가이드라인을 참고한다면 본 과제의 운영지침을 개발하고실증 운영하는데에 도움이 될 것으로 보임
<p>(산업통상자원부/2021) 재사용, 재제조 배터리를 활용한 신재생에너지연계 2MWh급 ESS 기술개발 및 실증</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 유사과제는 2 MWh급 ESS 외함 및 시스템을 설계 • 현장설치를 위한 실증지 Site Survey 및 제품 차별성을 정립하며 지자체 조례 및 법률, 규제 등 인허가 검토 • 본 과제는 10MWh 이상의 UBESS 대규모 실증 기반 에너지허브 시스템을 구축하며 '23. 10월 도입 예정인 안전성 검사제도(KC) 전기적 검사(개방회로전압, 절연, 용량, 내부저항(a.c./d.c.), 자가방전) 수행 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용후 배터리의 시료 확보를 위해 지자체 및 기업을 통한 협력 방안 모색 • UBESS를 설계하기 위해 외함 설계 및 안전강화 방안을 모색하여 ESS의 안전성 확보

유사과제	차별성	연계방안
<p>(산업통상자원부/2021) 사용후 배터리의 성능검사 결과와 BMS 정보와의 상관관계 분석을 통한 최적의 성능 검사방법 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 유사과제는 BMS 정보를 통해 판단할 수 있는 검사 항목 식별 및 검사기법 절차서 개발 • 새 제품과 사용후 배터리의 성능검사를 통해 비교 분석하여 각 검사 항목의 부적합 허용 한도 설정 기준(안)을 마련 • 본 과제는 전기차 사용후 배터리를 활용한 ESS의 operation range(전압, 전류, 온도) 설정하고, 전기자동차 구동용 배터리와 재사용 ESS 제품 간 충전 환경 차이에 따른 충방전을 실증 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용후 배터리 안전 검사 수행 시 소프트웨어 검사 기법 등을 활용한 검사 시간 단축 기대 • 배터리 팩 단위 시험을 위해 Relay On/Off 제어 기능 구현 및 UBESS BMS 데이터와 충·방전기 연동을 통해 셀 전압 및 온도 데이터를 모니터링하여 셀 이상상황 발생 시 제어를 통해 검사 고도화 가능
<p>(중소벤처기업부/2021) 고안전 친환경 기반 사용후 배터리 종합관리 기술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 유사과제는 배터리 팩/모듈 등급분류 기술 및 절차 개발 • 전기차 차종별 배터리 안전 해체분리 기술 및 절차 매뉴얼 개발 - 전기차 3종에 대해 차종별 배터리팩 10식 해체 실시 • 본 과제는 팩 상태로 입고된 사용후 배터리를 ①모듈로 분해하지 않은 상태의 팩 단위와 ②배터리 팩 분해 후 모듈 단위로 재조립하는 방안 각각에 대해 효율성 및 안전성을 검증을 통한 최적의 활용방안 모색 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용후 배터리 안전분리 프로세스 구축을 통한 위험요소 사전 차단 및 보관·관리 측면에서 안전성 확보 • 향후 사용후 배터리 처리 문제에 대해 관리체계를 선구축하여 폭발 위험성을 제거·저장하고 관련 산업의 사용후 배터리 공급원으로서 안정적인 역할 수행
<p>PCS 경쟁력 강화사업(산업부, 2020-2024)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ESS용 전력변환장치의 신뢰성 향상 및 전기품질 유지, 위험요소 분석, 연계시스템 신뢰도 관련 실증 기술의 확보를 목표로 기술 개발에 중점 • 재사용 배터리 중심 기술개발은 고려되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 신뢰성 향상 방안 검토
<p>에너지신기술 표준화 인증 및 지원사업(산업부, 2020-2024)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ESS용 2MW이상 대용량 전력변환장치 KC 인증기반 구축, 안전강화를 위한 운전상태 실시간 모니터링 및 실증 등 기술 개발을 추진함. • 재사용 배터리 중심 기술개발은 고려되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 안전강화운전 방안 검토

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
10	20	25	7.5	7.5	70

⑦ 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 사용 후 배터리를 사용한 대규모 산단 연계를 통한 실증 검증
- 사용 후 배터리에 대한 운영 성능 검증 및 지속 운영 프로세스 정립
- 재사용 ESS의 전력품질 및 안전관리 기술 확보
- 사용 후 배터리 특성 및 성능 변화에 따른 운영 방안 도출
- 전기차 사용 후 배터리의 단위성능 및 수명특성 평가 결과 확보
- 다양한 전기차 사용 후 배터리 배출에 따른 다기종 배터리 평가 표준화 방안 확보
- 재사용 ESS 적용 전/후 데이터 분석을 통한 배터리 특성 변화의 빅데이터 확보
- 지속적으로 증가하는 사용후 배터리의 ESS활용을 통해 에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화에 기여
- 사용후 배터리의 화재 시험 데이터 및 특성 분석을 통하여 기존 ESS와의 시너지 효과 창출
- 안정성이 강화된 UBESS기반 에너지 허브시스템 구축을 통해 재생에너지의 생산량 조절 불가로 인한 전력수급 불균형(발전시간과 수요시간의 불균형)에 긍정적 기여
- 사용후 배터리의 재활용을 통해 화재시험 데이터 확보 및 배터리 안전상태 등급(BSSR; battery safety status rating)을 제정하여 안정성에 구체화
- 향후 중장기적으로 발전하는 전 세계 ESS시장에 발맞춰 사용후 배터리 활용 ESS는 선순환적 시스템 구축을 야기하고 세계시장에서 경제적인 기술력 활성화
- 지능형 알고리즘 연계형 적응형 BMS 및 배터리팩 컨트롤 시스템을 통

한 고효율 전력변환 구현으로 운용비용 절감 효과 증가

- 재사용 배터리 노화/종류/이력의 영향을 최소화하여 그 활용성, 연계성, 확장성을 높이는 에너지저장시스템 구축이 가능
- 실시간 모니터링 및 진단을 통해 재활용 배터리의 노화/타입/이력의 영향을 줄이고 최적운용기술을 통해 그 활용성, 연계성, 확장성을 높이는 시스템 구축 가능

□ 경제적 기대효과

- 대규모 산단의 전력부하 평준화 달성을 통한 참여기업의 전기요금 절감효과
- 배터리 회수율을 높여 단순 매립 시 발생할 수 있는 환경오염을 줄이는 효과 기대
- 단위 시스템 구성을 통한 표준화된 재사용ESS 시스템 구성으로 원가절감
- 전기차 사용 후 배터리 재사용을 통해 신제품 대비 가격경쟁력 확보 기대
- 2020년 전,후로 전기자동차 보급이 증가함에 따라 2040년에는 68조원까지 전기차 폐배터리 시장 확대될 것으로 예측. UBESS를 통해 ESS산업의 활성화에 기여
- 사용후 배터리를 통해 실증한 안정성 시험 데이터를 통해 해외 대비 화재로 인해 관심이 축소된 국내 ESS 산업에 활성화에 기여
- 배터리의 폐기시 발생하는 중금속처리에 따른 토양 및 지하수 오염 환경문제 재사용을 통하여 자원순환시켜 5~15년까지 사용기한을 늘림으로서 가치 부여
- 사용후 배터리를 매각해 사용함으로서 제품 생산액을 절감 가능하며, UBESS 유지관리 및 활용 방법에 따라 국내 중소 중견 기업의 상업화 기회 및 수익 창출
- 향후 개발 표준모델을 통해 에너지허브 실시간 관제용 클라우드 서비스 플랫폼으로 유지보수 비용 절감 및 탄소배출 저감 가능(1대당 48kg CO₂ eq. 배출량 저감)

- 재활용 배터리의 빠른 ESS 적용 및 각종 스크리닝 및 진단, 표준화 등으로 인한 시간과 비용 절감에 기여
- 전 세계적으로 전기차는 매우 빠르게 보급되고 있으나 아직 내연기관 대비 높은 가격이 걸림돌로 작용하고 있음
 - 전기차 비용의 약 50%를 차지하는 배터리의 2차 사용처를 확보함으로써 배터리의 실질적인 가격을 낮출 수 있으며 저가의 2차 배터리를 적용한 전기차 충전소 보급을 통해 전기차 보급을 확산시키는 선순환 구조가 가능함

□ 정책적 기대효과

- 대규모 산단과 연계, 수용가 특성에 따른 재사용ESS 구축 전략 도출
- 재사용ESS의 용량별, 용도별, B2B 사업 모델 수립
- 운영 데이터를 통해 향후 표준화 방안 수립 제안
- 전력품질, 전기안전, 사용 후 배터리 데이터를 기반으로 표준화 가이드라인 제공
- 전력계통의 불안정 문제 해결을 통한 재생에너지 사용 비중 달성
- ESS의 중앙급전 방식으로 계통 상황에 맞춰 계획적 운영 가능(출력제한 및 신뢰성 운영 가능)
- 정부 「ESS·EMS 융합시스템 보급사업」을 통한 피크감축 및 비상전원 대체
- 정부의 그린뉴딜 정책 및 2050 탄소중립 정책에 기여
- 국내 ESS 운영환경 관리에 대한 인증 및 표준 가이드 활용에 기여
- 사용후 배터리 기반 ESS 운전 신뢰성 향상을 통한 사회적 수용성 향상 기대
- 지능형 전력모듈의 경우 신재생발전과 에너지저장장치의 통합 운전 및 최적화에 핵심기술이므로 태양광, 풍력, 수소, 연료전지 시스템과 함께 고려되어야 함

- 태양광과 풍력의 경우, 현재도 ESS와 함께 활용되고 있으나 계통연계 기술의 고도화는 미비한 수준임
- 수소와 연료전지의 경우도 발전원의 특성상 에너지저장장치와의 연계가 필수기 때문에 중장기적으로 통합 시스템에 대한 연구를 통해 보급률 증대 및 성과 확산이 가능
- 수소분야의 경우 수전해 기술과 본 제안 기술의 투자 연계를 통해 부족했던 수소경제성과 제어 신뢰성 문제를 보완할 수 있음

(나) 사용후 배터리 기반 ESS 운영·유지관리(잔여 유효수명 평가)

① 배경 및 필요성

□ 신재생 분산 에너지원의 간헐적 출력 특성에 따른 계통 영향도 완화와 전력 수요-공급조절을 위한 목적으로 ESS 시장은 확대되어 왔으며, 관련 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망됨

○ 전기차 시장의 급격한 확대에 따라 2030년까지 ESS로 활용 가능한 전기차용 재활용 배터리 공급 규모가 시장 수요를 초과할 것으로 예상

- (이차전지) 글로벌 이차전지 시장규모는 '20년 \$461억에서 '30년 \$3,517억으로 CAGR 기준 연평균 23% 수준으로 빠르게 성장할 전망 (SNE 리서치)

- (재사용 배터리) '30년 기준, 재사용 배터리 시장의 규모는 연간 227GWh에 이를 전망 (McKinsey&Company). 글로벌 배터리 재활용 시장 규모는 '20년 4,000억원 수준에서 '40년 87조 규모로 급성장할 전망

- (ESS O&M) 평균적으로 설치비의 2.2% 수준으로 2020년 현재 기준으로 20GWh 수준의 전세계 ESS 보급 현황에 대해서 약 2억 달러 규모의 세계 ESS O&M 시장으로 평가할 수 있으며, 0.4GWh 수준의 국내 ESS 보급 현황에 대해서 약 4천만 달러 규모의 국내 ESS O&M 시장 규모를 산출할 수 있음

□ 최근 ESS 관련 안정성 및 신뢰성 이슈가 국내 시장을 중심으로 부각됨에 따라 관련 국내 산업의 활성화에 악영향을 미치고 있음. 또한, 국외 시스템 대기업의 ESS 시장 점유율이 전 세계적으로 급격히 증대되고 있는 상황

○ 재생에너지 수용성 증대를 위한 연계 계통 안정화, 스마트 인버터 및 EV 연계 V2G 관련 ESS 보급 확대를 위한 정책이 추진 중임. 다양한 서비스 및 운영 환경을 고려한 ESS 건전성 관리의 중요성이 증대되고 있으며, 정보 관측, 상태 (SOC, SOH) 진단·관리 뿐 아니라 고장·수명 예지를 포함하는 예지 (Prognostic) 기능의 중요성 증대

- 국내에서도 2017~2019년까지 발생한 총 28건의 ESS 화재사고 관련 원인 분석과 ESS 신뢰성·안전성 확보를 위한 신규 안전기준 (NFSC 607) 제정하는 등의 후속 조치가 진행되고 있지만, 고장 검출 및 보호 기술의 보강, 소프트웨어 결함 최소화 및 이차전지 셀 안정성 향상 등의 방향으로 에너지 저장 시스템의 기술적 문제점 보완 측면에 집중하고 있음

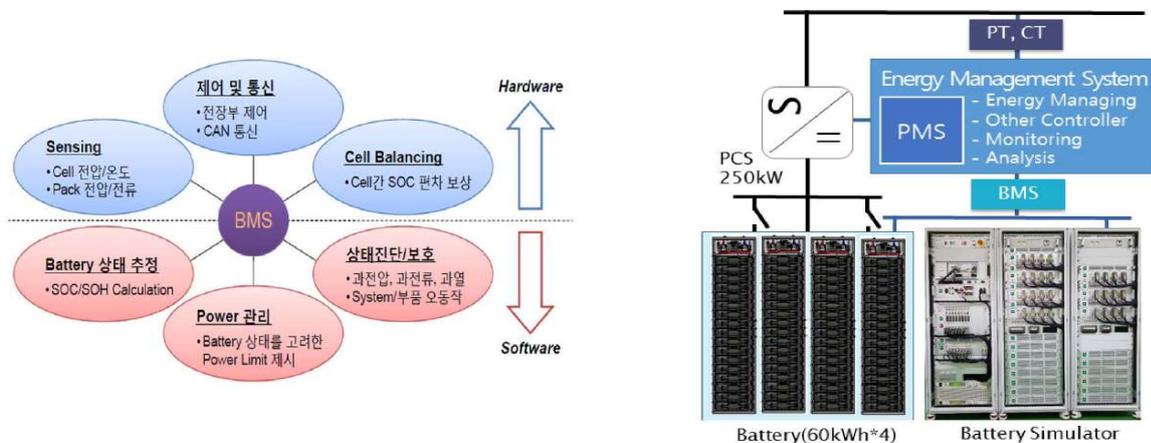
□ 시장 환경 변화에 대응하여 낮은 가격으로 대량 공급이 가능한 2nd Life 배터리를 활용한 고신뢰성 ESS 구현을 위해서는 다양한 등급 배터리의 노화 및 환경 특성을 실시간으로 정밀하게 분석하여 최적 운전방법을 제시할 수 있는 배터리 상태추정, 진단 및 예지기술 개발이 필요

- ESS 시스템의 이상 및 열화 상태 등을 정확하고 빠르게 검출하고 고장 발생을 사전에 예방할 수 있는 기술의 시급한 확보가 필요

② 국내외 기술동향

□ 국내 기술개발 현황

- (한국전력공사) 제주 조천 변전소 ESS 실증으로 송·변전급 대용량 ESS의 제어알고리즘, 시스템 연계, 성능 등을 실제 계통에서 검증하고, 주파수 조정용 ESS의 신뢰성 유지 실증 진행 중. ESS를 구성하는 배터리를 안전하게 모니터링하고 최적 수명관리를 수행하기 위해 대표적으로 SOC 및 SOH의 정보를 수집할 수 있는 알고리즘 개발을 수행하고 있음



[그림 2-25] 주파수 조정용 ESS의 배터리 상태추정 및 진단기술 개발

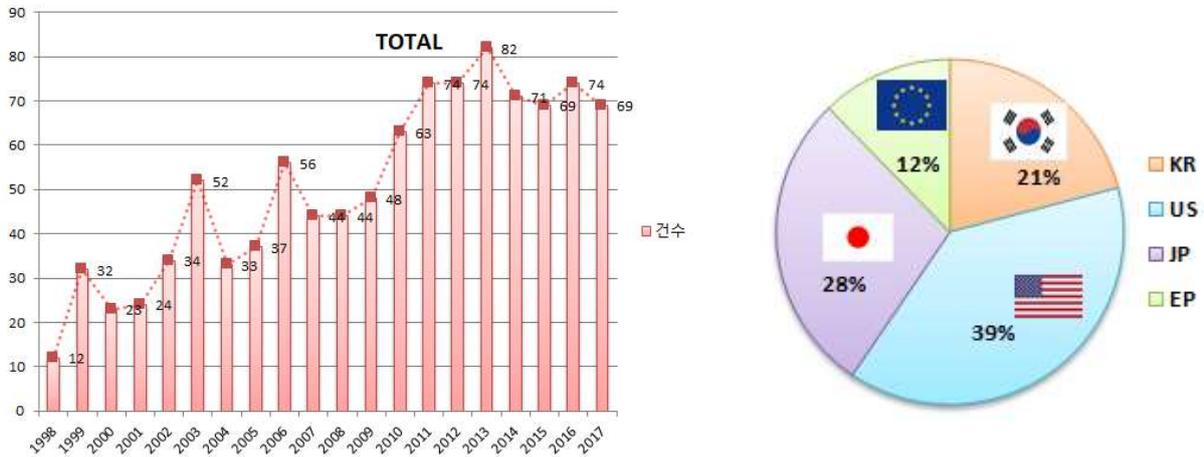
- (SK이노베이션) 전기차용 배터리 BMS용 SOC 추정 알고리즘을 실제 서비스 데이터를 활용하여 기술 개발함
 - Lithium-Polymer Battery의 용량을 정밀하게 측정하여 배터리 가용성을 개선함

□ 해외 기술개발 현황

- (미국, Above SAT) LiFePO₄ 배터리에 특화된 전기차용 BMS 개발과 ESS의 EMS 개발을 동시 진행
 - 클라우드 기반의 계통 보조서비스와 건물 내 부하자원을 제어하기 위한 개발을 추진 중
 - 특히, 배터리 BMS에서 전류 및 전압 보호, 셀 상태(용량) 측정, SOC 관리, 셀 밸런싱 등 배터리 운용에 최적화를 위한 기술들을 보유하고 있음
 - 또한, 배터리 팩을 구성하는 배터리 셀 온도 변화에 따른 SOC 및 전류 제한치가 알고리즘을 통해 실시간으로 가변되며 최적의 배터리 SOH를 유지하기 위한 온도 변화 모니터링 기술을 보유하고 있음
- (중국, CATL) 전기차용 LiFePO₄ 배터리 생산 및 개발기술 보유
 - 유럽과 미국에서 발전, 송전 및 유통을 위한 대규모 ESS 프로젝트 개발 사업 진출 사항에 대한 검토 중에 있음
 - 또한, ESS용 배터리와 자체 보유한 인공지능 및 IoT 기술을 통해 ESS 운용 데이터를 실시간으로 수집, 분석하여 ESS 효율성을 증대 시키고 이상 상황을 예방할 수 있는 인공지능 기반의 ESS 통합관리 플랫폼 개발을 진행 중
- (호주, New South Wales 大) Edge-AI 기반 전력선 화재의 원인인 High Impedance Fault(HIF)를 실시간으로 검출하는 기술개발을 시도 중
 - 미국 텍사스 대학의 경우 해당기술을 바탕으로 Remaining Useful Life (RUL) 산정 기술에 대한 연구를 진행 중

□ 국내외 특허 및 논문동향 분석

- ESS 건전성 관리기술 관련 전 세계적인 특허출원 건수를 살펴보면, 매년 꾸준히 증가하는 추세



[그림 2-26] 주요국 연도별 출원 동향 및 특허 점유율

- 본 기술 분야에 대한 특허출원의 점유율을 비교하면, 각 국가의 연구 투자와 시장의 규모를 상대적으로 비교할 수 있음
 - 미국의 점유율(39%)이 한국의 점유율(21%)의 두 배정도를 차지하고 있어, 한국에서의 연구투자가 상대적으로 미약하다는 것을 확인할 수 있으며, 시장적인 측면에서 미국 시장의 중요성을 확인
- 배터리 SOH 추정 기술은 전체적으로 논문 게재 건수가 증가하고 있으나 상태추정 기술을 활용한 최적 운전 및 관리와 관련한 연구는 부족한 실정으로 이와 같은 내용에 대한 연구를 집중적으로 수행한다면 본 분야에서 원천기술적인 연구결과를 창출할 수 있을 것으로 판단
- 재활용 배터리 분야의 논문 게재 건수는 미미한 수준이기 때문에 이와 같은 내용에 대한 연구를 집중적으로 수행한다면 본 분야에서 원천기술적인 연구결과를 창출할 수 있을 것으로 판단됨

③ 연구개발 목표

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		▪ 배터리 셀 단위 SOH 추정 기술개발	▪ 배터리 모듈 단위 잔여 유효수명 예측 기술개발 및 실증
정량목표	기술수준(%)	▪ 70%	▪ 90%
	TRL(단계)	▪ 4단계	▪ 7단계
	SOH 추정오차	-	▪ 5%
	배터리 열화상태 분류 정확도	-	▪ 90%

④ 연차별 연구내용

□ 1차년도

- 도시·산단에 적용된 전기차 재사용 배터리용 물리모델 기반 (Physics-Based) 기법을 활용한 배터리 SOH 추정 기술 설계
- 도시·산단에 적용된 전기차 재사용 배터리용 데이터 기반 (Data-driven) 기법 기법을 활용한 배터리 SOH 추정 기술 설계

□ 2차년도

- 전기차 재사용 배터리용 데이터 수집 플랫폼 개발
 - 셀/모듈 단위 통신 인터페이스, 주요 데이터 수집 및 저장을 위한 DB 설계 및 구축
- 도시·산단에 적용된 전기차 재사용 배터리용 하이브리드 배터리 SOH 추정 기술 개발
 - 최소 측정정보 (관측 시간, 입력 데이터)를 활용한 상태추정 및 예지 기술개발

□ 3차년도

- 유관기관을 통한 전기차 재사용 배터리 대상 장기 이력 데이터 확보 및 분석

- 랩 스케일 장기 열화실험 데이터와 실제 데이터간 상관관계 분석
- 데이터 증강 (Augmentation)을 통한 추가 DB 확보
- 도시·산단에 적용된 전기차 재사용 배터리용 SOH 추정 기술 고도화
 - 실시간 측정 데이터 기반 온라인 동작이 가능도록 알고리즘 고도화
 - 전기차 재사용 배터리의 열화 상태/등급별 분류 자동화 알고리즘 기술 개발

□ 4차년도

- 도시·산단에 적용된 전기차 재사용 배터리용 SOH 추정 기술 검증
 - 랩스케일의 재사용 배터리가 탑재된 ESS 운영을 통한 추정 알고리즘 운영 및 검증
 - 배터리 상태 추정을 위한 플랫폼 UI/UX 개발 및 어플리케이션 개발

□ 5차년도

- 전기차 재사용 배터리용 건전성 관리 플랫폼 실증
 - 실증 Test-bed 인프라 구축 및 실증 운전을 통한 검증
 - 재사용 배터리 건전성 관리 플랫폼 사업화 전략 및 비즈니스 모델 도출

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
전기자동차(xEV)용 사용 후 리튬이온 배터리의 재사용, 재제조 응용제품의 시장 활성화를 위한 성능 및 안전성 평가기술 개발 (한국건설생활환경시험연구원)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전기차용 재사용 배터리 건전성 관리를 위한 장기 열화실험 단계 포함 ▪ 용량 기반의 SOH 추정 뿐만 아니라 재사용 서비스에 대한 잔여 유효 수명 (예: 잔여 마일리지, 서비스 사이클 수 등)에 대한 직관적으로 해석가능한 건전성 지표 제공 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해당없음

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
5	10	15	5	5	40

⑦ 기대효과

기술적 기대효과

- ESS 배터리 시스템의 다양한 환경 요인이나 부하 조건에 따른 상이한 열화 특성을 고려할 수 있는 신뢰성 및 안전성 고도화 기술 확보를 통한 글로벌 기술 경쟁력 확보

경제적 기대효과

- ESS의 신뢰성 및 안전성이 확보된 배터리 상태 분류 및 잔존수명 예측 기술개발로 글로벌 ESS 시장 선점
- 미래 신산업으로서 ESS 산업의 지속 성장에 일조하며, 화재 사고로 위축된 ESS 산업의 성장 활력 확보

정책적 기대효과

- ESS 건전성 관리 기술개발을 통한 ESS 경제성 확보 및 화재 예방책 제시를 통한 ESS 관련 부정적 인식 개선. 정부의 재생에너지 보급 확대 정책을 성공적으로 견인하는 역할이 가능

(다) 사용후 배터리 기반 ESS 설계 및 인허가 기준

① 배경 및 필요성

□ 대용량 ESS의 도시지역 설치 시 애로사항 사전 예측

- 국토계획법 및 도시계획시설 결정을 위한 관련 규칙과 건축 인허가에 필요한 법령에 따른 종류와 기능에 따라 위치 및 면적 등의 설치기준 마련
- 건축인허가 진행을 위한 기준인 환경영향평가법, 교육환경 보호에 관한 법률 등 내에서 동작 가능한 시설인지 확인하고 필요 시 해당 기준 마련

□ 실증 시설의 배치 및 건축물 기획

- 건축기획을 통해 건축물의 도시지역 내 배치 및 설계상의 문제점 파악 및 관계법령 개선사항 도출
- 건축법상 용도구분의 방향 설정 : 건축법 제3조의5에 따른 용도별 건축물의 종류 중 17.공장, 19.위험물 저장 및 처리시설 또는 25.발전시설 중 하나로 ESS 저장시설 추가
- 실증과 연계된 현 연구방향 내에서 건축설계 방향을 수립하여 공공과 민간에 따른 발주방식, 예상 건설비, 건축물의 구조, 방화수준, 에너지 계획 등 필요한 사항을 기획

□ 탄소중립 이행을 위한 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 저장 인프라 기술개발 내용을 실증하기 위해서는 관련 법·제도적 개선이 필요함

- 탄소중립 이행을 위해 친환경 에너지 활용 기반으로 도시용 대용량 에너지 저장 인프라의 필요성이 대두되고 있으며, 관련 기술개발이 추진 중임
- 대용량 에너지 저장 인프라를 도시 내에 설치하여 실증 및 활용하기 위해서는 기존의 법제도적인 한계를 개선하기 위한 사전연구가 필요함
- 대용량 에너지 저장 인프라의 경우 현행법상 도시 기반시설의 종류에 포함되지 않아 시설설치 및 결정에 어려움이 예상되므로 이를 해결하기 위한 법제도적 개선이 필요함

□ 여건변화에 따른 도시계획시설로서 대용량 에너지 저장 인프라 공급관리 정책 방향 설정과 이에 따른 제도개선 방안 마련 필요

- 사회 전 부문에서 요구되는 지속 가능한 발전과 탄소중립을 위한 이행전략이 요구되고 있으며, 이에 따른 도시계획시설의 도시성장을 위한 효율적 공급과 지역 상황에 맞는 시설 내용 기준 등의 기준 등이 요구되고 있음
- 여건변화를 반영하여 도시계획시설로서 대용량 에너지 저장 인프라의 기능과 역할을 명확히 하고, 정의를 확립할 필요가 있음
- 시설 공급관리에 관련된 도시계획시설의 결정·설치 기준, 공급방식, 관리체계 등을 고려한 제도개선 방안 마련이 요구됨

② 국내외 기술동향

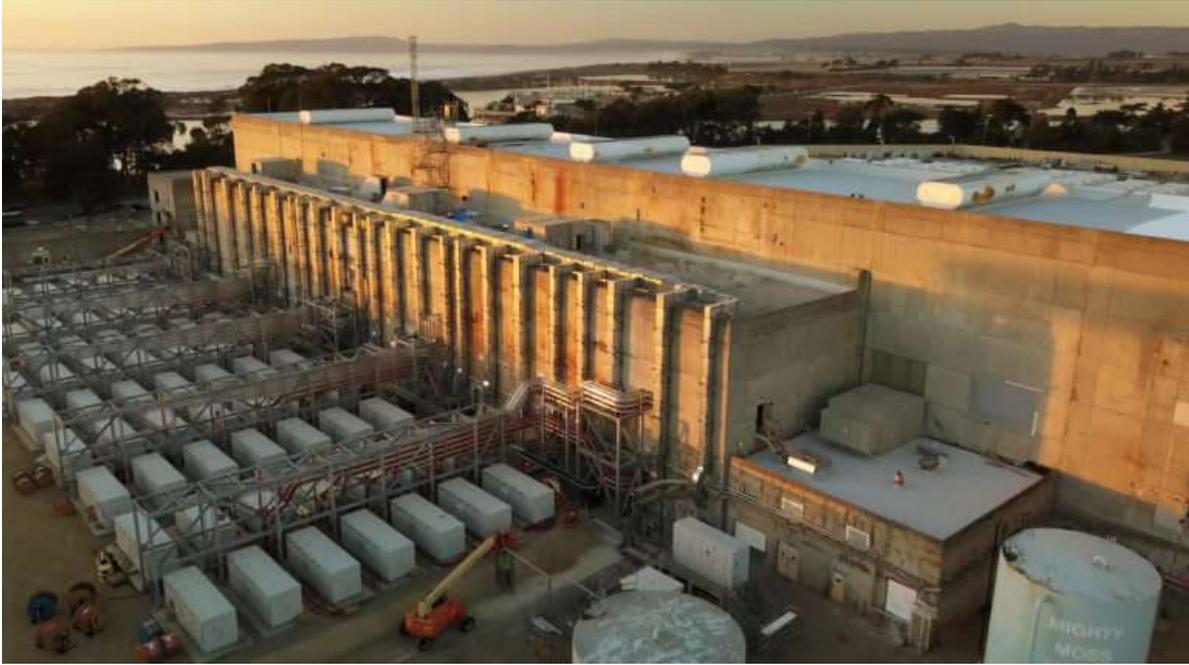
□ 대용량 ESS 설치 관련 동향

- 국외에서도 건물 형태보다 컨테이너 형태로 설치하는 경향이 높으며, 2021년을 계기로 규모의 확장 등 진행
- 대부분의 배터리 설비는 아시아에서 제작되어 컨테이너 형태로 설치



[그림 2-27] 캘리포니아에 설치된 240MWh의 대용량 ESS

* 출처: 코리아헤럴드 <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20170301000133>, 2017.3.1.)



[그림 2-28] 캘리포니아의 모스 랜딩 ESS 시설(현재까지 세계에서 가장 큰 ESS 프로젝트)

* 출처: 에너지스토리지뉴스, <https://www.energy-storage.news/year-in-review-2021-downstream-ess-players-burns-mcdonnell-recurrent-energy/>, 2021.12.22.)



[그림 2-29] 400MWh의 Alamosa BESS 프로젝트(캘리포니아)

* 출처: 에너지스토리지뉴스, <https://www.energy-storage.news/energy-storage-news-top-10-blogs-and-features-of-the-year-2021/>, 2021.12.29.

- 국내 역시 국외와 유사하게 넓은 대지에 컨테이너 형태로 설치하는 것이 현재까지 일반적



[그림 2-30] 국내 최초 8MWh급 ESS 시설(제주도 조천변전소)

* 출처: 에너지데일리, <http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=47694>, 2013.10.29.

- 최근 LG전자에서 창원 스마트파크 내 163MWh 용량의 ESS 준공, 국내 4인 가구의 하루 평균 전력소비량을 11.7킬로와트시(kWh)로 감안할 때(월평균 전력소비량 350kWh 기준) 1만4000여 가구가 하루 동안 사용할 수 있는 전기 저장



[그림 2-31] 경남 창원시 LG스마트파크 내 구축된 ESS

* 출처: 서울와이어 <http://www.seoulwire.com/news/articleView.html?idxno=490324>, 2022.12.27.

□ 유사설비인 대용량 연료전지 관련 설치동향

- 국외에서는 세계 제1무역센터에 최대 440kW를 생산하는 연료전지 6기 도입¹²⁵⁾하였으며, 영국의 국제컨벤션홀, 일본의 소프트뱅크 본사 건물 등에도 연료전지 도입하여 전기 및 온수 공급
- 국내 역시 롯데타워(880kW)¹²⁶⁾, 여의도 파크원 타워(900kW급) 등 초고층건물에 대용량 연료전지 도입하여 전기 및 온수 공급

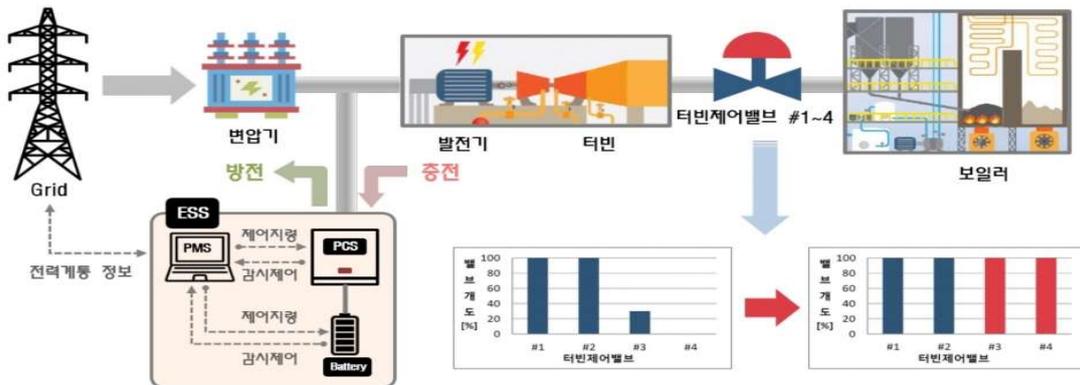


[그림 2-32] 롯데월드타워 에너지센터(좌), 연료전지(우)

* 출처: 칸, “세계적 랜드마크 롯데월드몰·타워…기계설비 ‘총망라’”, 2018.01.07.

□ 발전시설 관련 동향

- 한국서부발전에서 신재생에너지 설비가 아닌 화력발전소와 연계하는 ESS 신기술 개발



[그림 2-33] 에너지저장장치(ESS) 하이브리드 발전 신기술 개요도

* 출처: 그린포스트코리아, “서부발전, 화력발전과 ESS 연계… 세계 최초 ‘하이브리드’ 발전 기술 개발”, 2020.11.03.

125) 출처: 매거진한경, “수소 경제 심장 ‘연료전지’…올해 글로벌 시장 12조원”, 2019.10.15.

126) 출처: MTN뉴스, “국내 최고층 롯데월드타워 지하에 발전소가?...‘다재다능’ 건물용 수소연료전지 ‘주목’”, 2019.02.22.

- 전남 신안군 안좌스마트팜앤솔라시티 태양광 발전시설은 96MW급 태양광 발전설비와 국내 최대 340MWh급 ESS시설 보유. REC 가중치 폐지 이후, 추진 중인 2차 발전소 사업에서는 ESS설비 제외



[그림 2-34] 전남 신안군 안좌스마트팜앤솔라시티 태양광발전소(좌), 동일시설 내 ESS(우)

* 출처: 노컷뉴스, "불난다" "들쭉날쭉하다"...태양광의 '실현가능성'이란?", 2022.09.07.

□ ESS 운영 관련 동향

- 2022년 12월 27일 전남 영암 태양광발전단지 ESS에서 화재 발생. 국내 누적 39회, 2022년 6회째 화재로 ESS 설치 시 안전기준에 대한 이슈 지속적 발생



[그림 2-35] 전남 영암 태양광발전단지 ESS 화재

* 출처: 전기신문, "전남 영암에서 올 들어 6번째 ESS 화재 발생", 2022.12.29.

□ 국가시설 관련 동향

- 정부청사 ESS는 2019년 인천청사에 첫 설치, 2021년 세종청사, 대전청사에 추가 설치
- 2023년까지 7개 청사에 16,822백만원 투자하여 18대(9,300kWh) 설치 예정

구분	2019년(1대)	2021년(3대)	2022년(7대)		2023년(7대)
장소	인천1	세종2/대전1	세종5/과천1	신청사1	세종3/서울2/춘천1/고양1
용량	200(kWh)	700/1,600(kWh)	2,400/500(kWh)	500(kWh)	1,800/1,200/200/200(kWh)
예산	187백만원	3,434백만원	6,383백만원	650백만원	6,168백만원

□ 국내 법·제도에서의 도시계획시설 종류 및 관련 규정

- 국내 도시계획시설은 국토계획법 제2조 제6호에서 정의하고 있는 기반시설 중 ‘도시·군관리계획으로 결정된 시설’ 을 의미(동법 제2조 제7호)
 - 「도시계획법」 제정 초기에 도시계획시설 용어에 대한 정의 없이 도시계획내용에 포함되는 시설이었다가 1971년 개정된 도시계획법에서 도시계획시설이란 용어가 도입, 이후 2000년 7월 개정된 도시계획법에 도시기반시설이 정의, 2003년 개정된 국토계획법에 그 명칭이 기반시설로 변경

[표 2-8] 기반시설의 종류

구분	세부시설	개수
교통시설	도로·철도·항만·공항·주차장·자동차정류장·궤도, 자동차 및 건설기계검사시설	8종
공간시설	광장·공원·녹지·유원지·공공지	5종
유통·공급시설	유통업무설비, 수도·전기·가스·열공급설비, 방송·통신시설, 공동구·시장, 유류저장 및 송유설비	9종
공공·문화체육 시설	학교·공공청사·문화시설·공공필요성이 인정되는 체육시설·연구시설·사회복지시설·공공직업훈련시설·청소년수련시설	8종
방재시설	하천·유수지·저수지·방화설비·방풍설비·방수설비·사방설비·방조설비	8종
보건위생시설	장사시설·도축장·종합의료시설	3종
환경기초시설	하수도·폐기물처리시설 및 재활용시설·수질오염방지시설·폐차장·빗물 저장 및 이용시설	5종

- 도시계획시설을 결정할 때는 도시관리계획으로 추진되지만 일부 시설은 국토계획법 제52조 제1항 제2호에 따라 지구단위계획으로 결정
 - 지구단위계획으로 결정할 수 있는 시설은 각종 개발사업으로 설치하는 기반시설과 그 외 국토계획법 시행령 제45조 제3항에서 제시한 시설이며, 국토계획법 제2조 제13호에 의한 공공시설 중 일부에 대해 지구단위계획으로 결정할 수 있으며, 국토계획법 시행령 제46조 제1항에 따른 공공시설 등은 모두 지구단위계획으로 결정

[표 2-9] 도시계획시설 결정방식별 해당 시설

구분	지구단위계획으로 결정 가능	도시관리계획으로만 결정
공공시설	도로, 주차장, 광장, 공원, 녹지, 공공공지, 수도공급설비, 공동구, 하천, 유수지, 방화/방풍/방수/사방/방조설비, 하수도	철도, 항만, 공항, 운하, 전기/가스/열공급설비, 운동장, 저수지, 화장시설, 공동묘지, 봉안시설
공공시설 등	학교, 공공청사, 문화시설, 체육시설, 연구시설, 사회복지시설, 공공직업훈련시설, 청소년수련시설, 종합의료시설, 폐기물처리시설	-
그 외 시설	자동차정류장, 자동차 및 건설기계검사시설/운전학원, 유통업무설비, 시장, 장례식장, 수질오염방지시설, 폐차장	궤도, 유원지, 방송/통신시설, 유류저장 및 송유설비, 자연장지, 도축장

- 도시계획시설에 대해서는 국토계획법과 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(이하 도시계획시설 규칙)에서 규정
 - 도시·군관리계획 수립 지침도 도시계획시설 관련 세부 내용을 제시하고 있으며, 국토계획법은 도시계획시설에 대한 정의를 비롯하여 결정절차, 설치·관리, 개발행위, 실효 및 해제, 사업 시행 등 도시계획시설 결정과 사업에 대한 전반적인 사항을 규정하고 있음
 - 도시계획시설규칙은 국토계획법이 정의한 시설 종류별로 해당 시설을 규정하고 결정기준, 구조 및 설치기준 등을 정의, 규칙에서 규정하는 사항 이외의 내용은 시설별 관련법을 따르도록 하고 있음

□ **대용량 에너지 저장 인프라 관련 규정**

- 대용량 에너지 저장 인프라는 국내 현행 법제도상 도시계획시설에 포함되어 있지 않아 시설결정, 구조 및 설치기준이 마련되어 있지 않음
- 도시계획시설과 관련하여 제도개선 연구가 추진되어 왔으나 본 연구

에서 대상으로 하는 대용량 에너지 저장 인프라와 관련된 연구개발은 진행되지 않음

- 대용량 에너지 저장 인프라의 특성을 고려할 때 유통·공급시설 중 전기공급설비의 종류로 설정하고, 도시관리계획으로 결정하기 위한 기준 마련 필요

□ 특허 동향

○ 국내 특허 동향(등록 기준)

구분	IPC 코드	내용	수량(건)
직접	H01M	배터리관련	1,044
	H02J	전기에너지 저장 시스템	874
	직접 소계		1,918
간접	G01R	전기 변량 측정	371
	G01S	파류 사용 방식	167
	G06Q	관리 시스템	744
	H01L	반도체 및 회로	1,101
	H02M	전류 변환장치	225
	H05K	전기 부품 조립체 제조	120
	기타 간접		24,981
	간접 소계		27,709
총계			29,627

* 출처: KIPRIS, 키워드 'ESS', 2023.01.04.

○ 국내 특허 동향(미등록 포함)

구분	IPC 코드	내용	수량(건)
직접	H01M	배터리관련	2,366
	H02J	전기에너지 저장 시스템	1,622
	직접 소계		3,988
간접	G01R	전기 변량 측정	867
	G01S	파류 사용 방식	332
	G06Q	관리 시스템	2,130
	H01L	반도체 및 회로	4,147
	H02M	전류 변환장치	431
	H05K	전기 부품 조립체 제조	404
	기타 간접		66,515
	간접 소계		74,826
총계			78,814

* 출처: KIPRIS, 키워드 'ESS', 2023.01.04.

○ 국외 특허 동향(미등록 포함)

구분	IPC 코드	내용	수량(건)				
			미국	유럽	일본	중국	계
직접	H01M	배터리관련	1,196	311	1,224	35	2,766
	H02J	전기에너지 저장 시스템	-	165	289	59	513
	직접 소계		1,196	476	1,513	94	3,279
간접	G01R	전기 변량 측정	-	120	-	8	128
	G01S	파류 사용 방식	-	24	-	2	26
	G06Q	관리 시스템	-	40	464	10	514
	H01L	반도체 및 회로	-	98	3,060	2	3,160
	H02M	전류 변환장치	-	-	-	-	-
	H05K	전기 부품 조립체 제조	-	-	941	-	941
	기타 간접		215,853	7,913	64,526	261	288,553
	간접 소계		215,853	8,195	68,991	283	293,322
국가별 총계			217,049	8,671	70,504	377	296,601

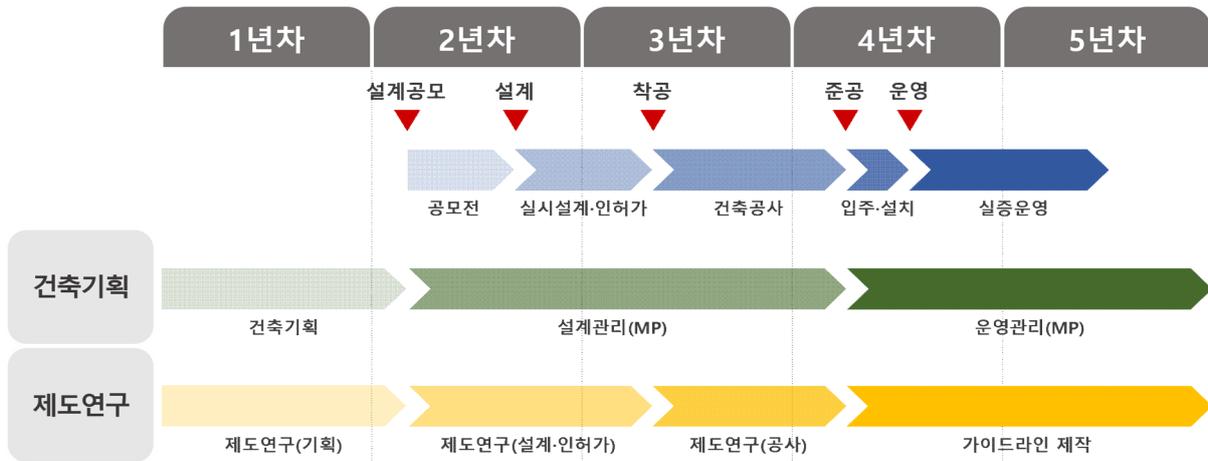
* 출처: KIPRIS, 키워드 'ESS', 2023.01.04.

③ 연구개발 목표

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS관련 법규 및 기준 미흡 대용량 ESS 설치방법 및 방향 미고려 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS 설치대상 및 설치비율 적정수준 도출 제안 대용량 ESS 설치 가이드라인 제안
정량목표	기술수준(%)	<ul style="list-style-type: none"> 30% 수준 	<ul style="list-style-type: none"> 70% 수준
	TRL(단계)	<ul style="list-style-type: none"> 3단계(기본성능 평가) 	<ul style="list-style-type: none"> 7단계(신뢰성 평가)
	인허가 관련 신청사항	<ul style="list-style-type: none"> 『공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정』에서 공공기관은 전력피크 저감 등을 위해 계약전력 1,000kW 이상의 건축물에 계약 전력 5% 이상 규모의 에너지저장장치(ESS) 설치 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS관련 인허가 신청 사항 정리 필요 선진국 기준 확보 및 활용
	도시계획 관련 기준	<ul style="list-style-type: none"> 『도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙』의 제 3절 전기공급설비는 전기 저장 시설에 대한 내용 미포함 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS관련 도시계획에 따른 설치기준 탑재 제안 선진국 기준 확보 및 활용
	교육환경보호 관련 기준	<ul style="list-style-type: none"> 『교육환경 보호에 관한 법률』에 따른 규모의 건축, 학교 주변 유해환경 등의 경우 교육환경평가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS관련 교육환경보호에 관한 법률에 다른 검토 필요사항 및 기준 정리 제안 선진국 기준 확보 및 활용
	환경영향평가 관련 기준	<ul style="list-style-type: none"> 『환경영향평가법』에서 에너지 개발사업 진행 시 환경영향평가의 대상에 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS관련 환경영향평가법에 따른 평가항목 및 기준 정리 제안 선진국 기준 확보 및 활용
	건축설계 방법 및 방향	<ul style="list-style-type: none"> 기계실 일부에 ESS 설치 장소구획 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS설치를 포함하는 건축설계 방법 및 방향 개발 화재안전을 고려한 ESS설치 방향 제안
	대용량 에너지 인프라 설치기준(안)	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none">
	국토계획법 개정(안)	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none">

④ 연차별 연구내용

□ 연차별 연구내용 개념도



□ 1차년도

○ 건축기획

- 연구내용에 적합한 건축물 배치 위치 검토 및 적정 규모 산정
- 건축물 기본설계 진행(건축, 기계, 전기, 소방)
- 설계와 연관된 환경, 안전, 사용성을 위한 건축기준 적절성 조절

○ 제도연구

- 유럽 및 미국의 ESS 건축물(시설물) 설치 기준 확보
- 관련 우수 국내·외 사례 조사(현장조사 포함)
- 연구단 및 산업통상자원부에서 기 연구된 건축분야 활용 가능한 자료 분석

○ 도시계획시설 결정 및 운영현황 분석

- 도시계획시설의 정의 및 분류 검토
- 도시계획시설제도 변화과정 검토
- 관련 법제도 검토

- 여건변화 및 기술개발 현황 분석
 - 사회적·경제적 여건변화 검토
 - 에너지 인프라 관련 기술개발 현황 분석
 - 여건변화 및 기술개발 현황을 반영한 정책방향 변화
- 에너지 저장 인프라 정의 및 법제도 개선방향 설정
 - 에너지 저장 인프라 정의 및 유형 설정
 - 법제도적 개선 기본방향 설정

□ 2차년도

- 건축기획
 - 건축 인허가 기관과 관련 내용 협의 및 정리
 - 설계공모 운영 지침관련 지원
 - 공모 당선작을 토대로 실시설계·인허가 진행관리
- 제도연구
 - 국내외 기준을 검토하여 안전, 사용성 등을 고려한 건축기준 초안 제시
 - 설치와 관련된 활용 가능한 연구단 연구내용 선별
- 국토계획법 개정(안) 도출
 - 에너지 저장 인프라의 정의와 유형(사용 및 형태, 규모, 기능, 적용 대상 등) 구분
 - 정의 및 유형에 따른 국토계획법 개정(안) 도출
- 에너지 저장 인프라의 시설결정, 구조 및 설치 기준(안) 도출
 - 적용 대상(예시 : 도시형, 산단형, 건물형)에 따른 시설결정, 구조 및 설치 기준(안) 도출

○ 전기사업법 등의 개별법 개선방안 도출

- 에너지 저장 인프라 설치를 위한 전기사업법, 집단에너지사업법 등의 개별법의 개선방안 제시

□ 3차년도

○ 건축기획

- 실시설계·인허가/실증건물 공사 과정을 기획에 따라 수행될 수 있도록 관리

○ 제도연구

- 실증건물 설계·인허가·공사 과정을 진행하며 획득한 피드백을 통해 제도 개선점 탐색

○ 실증 적용을 위한 추가적 법제도적 개선방안

- 기술개발 내용의 도시, 산단, 건물 등의 실증적용을 위한 추가적 법제도적 개선방안 제시

○ 에너지 저장 인프라 활성화를 위한 법제도적 개선방안

- 에너지 저장 인프라 활성화를 위한 시설 공급방식, 규제완화 등의 법제도적 개선방안 제시

□ 4차년도

○ 건축기획

- 실증건물 공사·운영관리 및 데이터 수집

○ 제도연구

- 기획·설계·인허가·공사 과정을 진행하며 획득한 데이터를 통해 건축 관련 기준 제작

□ 5차년도

○ 건축기획

- 실증건물 운영관리 및 데이터 수집

○ 제도연구

- 건축 관련 기준 및 가이드라인 최종 제시

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
ESS 산업 생태계 강화 지원정책 및 전략 개발 ¹²⁷⁾	▪ 대용량 ESS 건물 적용 시 기준 및 방법에 포커스	▪ 국내 지원정책을 기반으로 기준 및 방법도출
에너지신산업 관련 규제개선방안 마련을 위한 연구 ¹²⁸⁾	▪ 도시계획, 교육환경보호, 환경영향평가와 관련한 세부기준 제안	▪ 기 조사된 국외 허가제도 및 법제사례를 기반으로 관련 기준개발 연계
ESS 산업 현황분석 및 지속성장을 위한 정책연구 ¹²⁹⁾	▪ 도시계획, 교육환경보호, 환경영향평가와 관련한 세부기준 제안	▪ 정책방향 및 제도분석 연계

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
5	5	3	3	2.5	18.5

⑦ 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 향후 벌어질 건축 인허가에서의 혼선을 막아 사업 시행이 가능하도록 기반수립
- 건축물의 기본 개념을 정리하여 발주 가능한 방식 제시
- 에너지 저장 인프라 설치를 위한 명확한 기준 확보를 통해 도시계획 시설로서의 활용성 증대

127) 산업통상자원부, (주)INI R&C, 2017

128) 산업통상자원부, (주)I&I research, 2017

129) 산업통상자원부, 한국전기산업진흥회, 2020

□ 경제적 기대효과

- 각 건축계획 진행에 있어 사전 에너지저장시설의 안전성을 확보하고, 도시·건축법상에 애매한 부분을 해소하여 사회적 비용 최소화

□ 정책적 기대효과

- 관련 시설의 보급 활성화 기반을 구축하여 조기 시장 확대 여건 마련
- 에너지 저장 인프라 관련 연구개발 기술의 실증을 위한 법제도적 문제를 개선하고, 향후 사업추진을 위한 제도적 기반 마련

나. 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술

(1) 배경 및 필요성

- 화재사고 발생 시 큰 인명피해를 가져올 수 있는 도시/산단 내 대용량 에너지 저장 인프라 화재안전 관리 기술 필요성이 대두됨
 - 사용후 배터리의 경우, 1차 사용과정에서 열화가 발생하므로 신폼배터리 화재사고와의 차이점 규명 등을 통한 대응기술 및 관리표준 개발 필요
 - 대용량 에너지 저장 인프라의 전소 방지를 위해 화재 사전 감지 및 화재 발생 후 다양한 형태의 확산방지 기술개발 필요

(2) 목표

- 대용량 에너지 인프라의 안전한 사용 및 유지관리를 위한 표준 및 화재 사고 예방·대응 기술개발
 - 대용량 에너지 인프라의 안전관리 플랫폼 개발(화재안전운영 통합관리 시스템)
 - 대용량 에너지 인프라 화재 예측 및 감지(대응) 시스템 개발
 - 대용량 에너지 인프라 화재 확산 방지 소화설비/방화구획 기술개발

(3) 정의 및 범위

- (정의) 도시 시설로서 대용량 에너지 저장 인프라 설치·운영을 위한 도시계획, 화재안전관리 등을 고려한 설치 및 운영기준관련 기술
- (범위) 화재 안전관리 및 대응, 도시 입지별 재사용 배터리 대용량 에너지 저장 인프라 설치, 운영·유지관리 기준
 - 재사용 배터리 활용 ESS 화재안전 통합관리 시스템기술개발
 - 재사용 배터리 화재 전조현상 예측 기술개발
 - 화재 발생시 배터리 열폭주 및 화재 확산 방지 소화제 개발

- 에너지 저장 인프라 화재 확산 방지를 위한 최적 방화구획 설계
- 화재발생시 주변 텍으로의 확산을 방지하는 기술개발

(4) 세부기술 내용

(가) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술

① 배경 및 필요성

□ 리튬이온 전지를 사용한 ESS, EV 등에서 지속적 화재 발생으로 안전성 문제 대두

- 2017년 이후 현재까지 공식적으로 약 40회의 크고 작은 ESS 화재 발생하고 있음
 - 화재조사 위원회를 통한 조사 및 대책 발표가 수차례 있었으나 시장의 신뢰를 얻기에는 역부족 상태이고, 소방청의 NFSC 607(ESS 화재안전기준) 또한 명확한 해답을 제시하지 못하고 있는 상황
 - 2022년 10월 SK Data Center 화재가 다시 한 번 일어나며, 전국 150여 개 Data Center가 비상 상태에 놓여있음
 - ※ ESS와 달리 도심지에 위치하고 있어 화재 발생 시 금전적 손해는 물론 유독 가스에 의한 막대한 피해가 예상되어 신속한 화재 예방, 진압, 차단 및 폭발 방지가 필요함
- EV, E-BUS, PMD의 화재 또한 지속적으로 발생하고 있어 일부 APT와 같은 대규모 주거시설의 경우 공용 PMD의 단지 내 출입 및 충전을 제한하고 있는 상태
 - EV 충전이 이루어지고 있는 지하공간의 화재에 대한 우려가 심각한 수준으로 발전하고 있음
 - 마을 버스로 운행중인 E-BUS의 충전소의 경우 밀집 주차한 상태로 충전 및 출차 대기하고 있어 화재 발생 시 전 충전소 화재로 발전할 가능성이 있음

○ 이와 같은 배터리 화재사고는 단순 화재가 아니라 폭발, 유독 가스, 토양 및 수질 오염까지 검토할 단계로 인식되어야 하지만 시장축소 및 국가경제에 끼치는 부정적인 영향을 감안하여 소극적 정보공개에 그치고 있음

- 다른 나라의 ESS, EV 화재 사고에 대한 정보를 실시간으로 파악할 수 있기에 선진국 수준의 화재사건 보도를 상정하고 이에 대한 대책 마련에 집중할 필요가 있음

- 배터리 업계의 지속적인 노력으로 배터리 품질은 세계적 수준을 견지하고 있으나 1PPM 수준의 품질 관리를 하고 있다 하더라도, 대략 250MWh(4,000셀/MWh기준) 급 ESS라고 하면 불량 셀 1개가 있는 것으로 볼 수 있기 때문에 화재 사고는 필연적인 것으로 간주하고 대책이 필요

□ 재사용 배터리를 이용한 ESS 또한 화재 위험이 상존하고 있어 반드시 화재 사고 대응에 대한 한계 극복이 필요

○ 전기차 사용후 배터리 재사용과 관련된 이슈는 크게 잔존수명에 대한 보증, 안전확보, 신품 배터리 대비 경제성 확보로 나눌 수 있는데 화재 및 폭발에 대한 안전 확보가 가장 우선적으로 검토되어야 함

- 전기차 사용후 배터리를 이용하여 ESS를 만드는 경우 신규 배터리를 이용한 ESS 제작과는 달리 배터리 모듈 검사 및 재조립, 모듈 BMS 설계 및 제작, 랙 BMS 설계 및 제작, 랙 설계 및 제작 등이 추가적으로 요구되어 안전 확보에 공백이 생길 우려가 있음

- 전기차 사용후 배터리의 사용 이력에 관한 데이터가 없기 때문에 화재 위험성을 예측하기는 매우 어려운 상황

- 시장에서는 “새 배터리로 만든 ESS도 화재가 빈번한데 중고 배터리가 어떻게 안전을 확보할 수 있겠는가?” 하는 당연한 의구심을 갖고있고, 이를 해소하기가 쉽지는 않은 상황임

- 특히, 잔존수명(SOH) 예측이 거의 불가능 한 수준이기 때문에 화재를 예측하는 것이 거의 불가능할 것으로 보는 견해가 지배적이고, 반박할 만한 논리적 근거도 확보하기 어려운 상태

□ 기존의 BMS와 소방제어 사이에 비-보호영역이 존재하여 화재 및 전소는 필연적으로 발생할 수 있음

- ESS 화재는 셀 한 개로부터 시작되어 모듈, 랙, 전 공간으로 확대되는 특성을 가지고 있음
 - 하나의 셀이 비정상적인 상태로 사용되다가 임계점을 넘어가면 첫 번째 벤팅이 발생하고 이것이 검출·제어되지 못하면 열폭주로 이어지며, 열폭주가 한번 발생하면 제어하기 어렵기 때문에 단셀의 열폭주를 사전에 예방하는 것이 가장 중요한 단계임
- 기존의 BMS는 전압, 전류, 온도를 측정하여 배터리를 관리하고 있으나, 센서 자체의 오차, 측정의 오차, 통신상의 오차 등이 중첩되어 신뢰할 만한 수준의 데이터 수집 및 분석 판단 능력을 갖지 못하고 있어 단셀에서 발생한 이상이 열폭주로 발전하는 것을 제어하지 못하고 있음
 - 가장 빨리 동작하는 것으로 알려진 능동형 ASD(공기흡입식 연기감지기)조차도 단 셀에서 열폭주가 발생한 이후 충분한 연기가 발생한 후에 동작하기 때문에 인접 셀로 화재가 확산될 수밖에 없는 구조임
- 소화약제는 어떠한 것이든 연기감지기가 동작한 후에 투입되기 때문에, 약제의 성능을 평가하기 이전에 투입 시점을 최대한 빠르게 가져갈 수 있는 방안이 필수적으로 요구됨

□ 위와 같은 기술개발 필요성에 따라 단 셀의 열폭주 발생 이전에 감지, 예방할 수 있는 기술과 화재를 진압 차단하며 폭발을 방지하는 연구가 필요

- 배터리 화재와 비-배터리 화재를 구별하여 대응할 수 있도록 지원하는 이중의 센서시스템 개발 필요
- 배터리 단 셀의 열폭주를 예방 또는 조기에 검출할 수 있는 센서시스템 및 이를 수용한 신개념의 BMS 개발이 필요하고, 경우에 따라 랙 단위로 설치하여 기존 BMS 체계와 연동할 수 있는 센서시스템 개발 필요
- 배터리 단 셀의 열폭주를 예방하기 위한 센서시스템과 연동되는 시스템 인터페이스 개발 및 정립 필요(BMS 연동, HVAC 연동, 배기장치 연

동, 도어 개방 및 폐쇄 장치 연동 등)

- 배터리 단 셀의 열폭주 조기 검출 시 이와 연동되는 시스템 인터페이스 개발 및 정립 필요(BMS 연동, 배기장치 연동, 도어 개방 및 폐쇄장치 연동, 소화약제 방출 시스템 연동 등)
- 배터리 단 셀의 열폭주 차단에 실패할 경우 가스 농축에 의한 폭발 방지 기능 및 소화시스템 연동 기술 개발 및 정립 필요

② 국내외 기술동향

□ 국외기술 동향

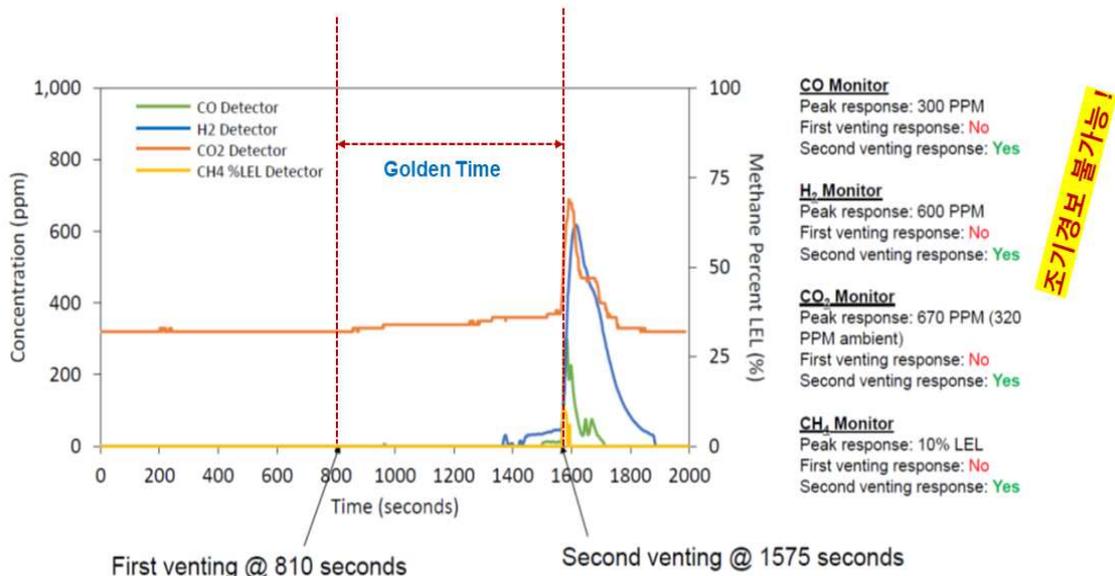
- 미국 및 EU의 16개 민/관 기관은 연합 DNV-GL이 발간한 “리튬이온 전지의 폭발위험 및 화재진압에 관한 연구” 보고서('19. 11.)는 다음과 같은 핵심 메시지를 담고 있음
 - Off-gas 센서 또는 고정밀의 연기감지기를 이용한 조기감지를 통하여 문제가 있는 배터리 셀을 열 폭주 발생 이전에 분리하면 화재를 막을 수 있음
 - 열폭주시 발생한 가스가 연소되면 폭발위험은 상당히 줄어들며 불꽃이 보이는 열 폭주가 발생한 셀은, 불꽃이 보이지 않거나 아주 작게 보이는 셀에 비하여 유독가스를 많이 배출하지 않음
 - 열폭주시 발생한 가스의 폭발 및 격실의 과압 위험을 줄이기 위해 적절한 배기가 필요하나, 많은 배터리 셀이 화재에 개입하면 배기만으로는 부족
 - 만약 4,000Ah의 배터리가 한번에 화재에 개입하면 100 ACH(Air Change per Hour, 시간당 환기횟수)의 급배기로도 폭발을 막을 수 없음
- 2019년 4월 발생한 APS(Arizona Public Service)의 2.5MWh급 ESS 화재 사고를 조사하는 과정에서 3개의 보고서*가 공개되었으며(2020년 7월), 세 보고서에서 공통적으로 아래와 같은 사항을 지적·권고하였음

* APS를 대신한 DNV-GL의 조사보고서, LGES를 대변한 Exponent의 조사보고서, UL의 연구소에서 발간한 보고서

- 제대로 훈련되지 않은 Hazmat팀(환경파괴물질, 위험물 처리 특별팀)
 - ESS 내 가연성 가스를 검출하는 기능 부재
 - ESS 통신시스템 고장으로 인한 Hazmat 팀에게 전달되는 정보 부족
 - 사고발생 이전에 사용 가능한 비상시 대응절차 부재
 - NFPA68/69(Passive Ventilation/Active Ventilation)에 대한 인식 부재
- UL의 FSRI(FireFighter Safety Research Institute)에서는 2020년 7월의 연구보고서 외에 9개월 후 추가 실험 보고서*를 공개하였으며(2021년 4월)해당 보고서에서는 다음의 사항을 지적하였음

* UL9540A Installation Level Test with Outdoor Lithium-ion Energy Storage System Mockup)

- 전통적인 검출장치(연기감지기, 가스검출 센서)가 열폭주 발생이전에 가스나 연기를 검출하지 못함(즉 열폭주(2nd Venting, Thermal Runaway) 이전에 발생하는 1st Venting을 검출하지 못함)
- H2, CO, LEL 그리고 연기감지기는 열폭주가 발생한 뒤 경보만이 작동되었음



[그림 2-36] FSRI의 열폭주 관련 추가 실험 보고서 내용

- Xtralis를 인수하여 VESDA라는 브랜드의 연기감지기 시장을 석권(국내 시장 M/S 80%)하고 있는 Honeywell은 “Li-ion Tamer, Lithium-Ion Battery Lack Monitoring System” 을 출시하였음
- 최근에는 “VESDA와 + Li-ion Tamer를 함께 묶은 통합 솔루션으로 “Data Center Solution” 과 대규모 배터리 공장의 잦은 화재를 예방하기 위한 “Gigafactory Solution” 을 공개



[그림 2-37] Honeywell의 오프가스 감지 장치

- 또한 Ohio주 Nexceris사와 EV의 Safety를 향상시키기 위한 협력을 강화
 - ※ 열폭주 이전에 발생하는 Cell의 1st Venting을 검출하는 것은 물론, 셀에서 전해질이 새어나오는 것을 검출하는 Cell Leakage 기능, 액체냉각방식의 ESS에서 종종 문제를 야기하는 배터리 Coolant의 Leaks 검출(Glycol과 물이 혼합된 Coolant가 기화되면 이를 가스 상태에서 검출) 기능 등을 확보, 실증을 끝낸 것으로 파악됨¹³⁰⁾

130) Nexceris사 홈페이지 공개 기술

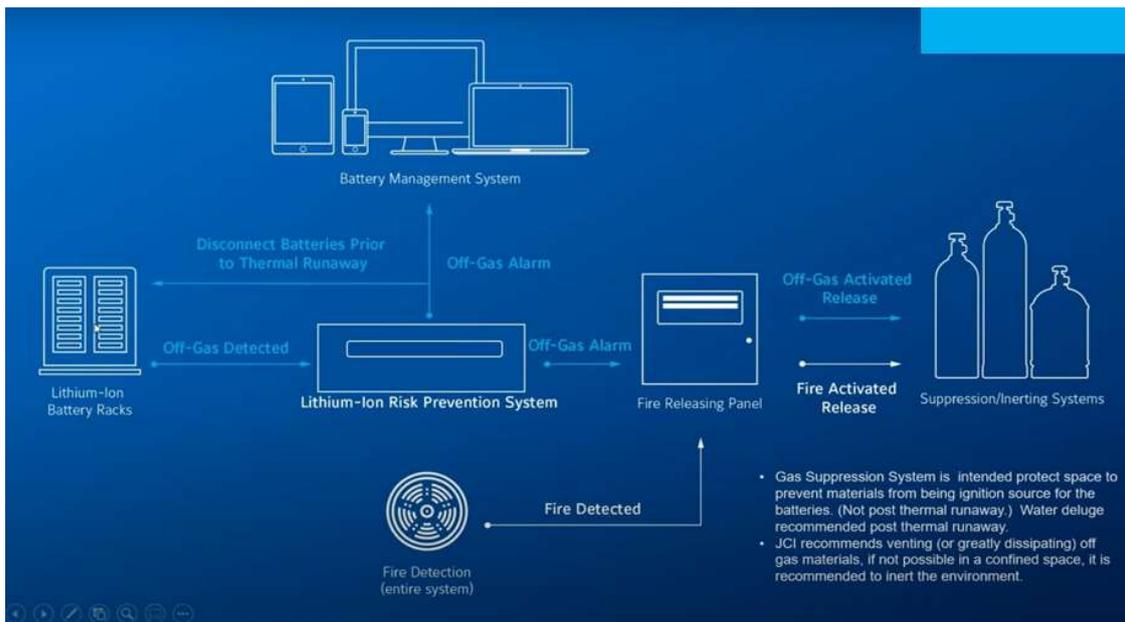
Product Comparison Chart

Detectability of Battery Failure Cases Prior to Thermal Runaway

Detection Feature	Sensor Type							
		H ₂	CO	CO ₂	BMS Voltage	BMS Current	BMS Temp	Aerosol/PM 2.5
Electrolysis	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Cell leakage	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
First venting	✓	✗	✗	Inconsistent	✗	✗	Inconsistent	✗

[그림 2-38] Honeywell과 Nexceris사의 EV Safety를 위한 기술개발 내용

- Honeywell의 경쟁업체인 JCI (Johnson Control International)는 Honeywell로부터 배터리 랙 모니터링 시스템인 “Li-Ion Tamer”를 OEM 방식으로 공급받아 소개하고 있음
- 배터리 랙의 화재와 관련하여 우선 Battery Fire와 Non-Battery Fire를 구별하여 대응할 것과, Battery Fire의 경우에도 열폭주가 발생하기 이전에 소화약제를 방출하는 적극적인 방안을 소개하고 있어 시장에서 많은 지지를 확보하고 있는 것으로 파악



[그림 2-39] JCI의 랙 모니터링 시스템 개요

- ※ 배터리 랙에 Off-gas 검출(1st Venting검출) 센서 (Honeywell은 Electrolyte Vapor Detection이라 칭하고 있음)를 설치하고, 전체 공간에 대해서는 (Non-Battery Fire를 대상으로 한) ASD(공기흡입식 연기감지기)를 설치
 - ※ 특기한 것은 배터리에서 1st Venting이 발생하면 센서가 동작하여 일종의 제어장치(Lithium-ion Risk Prevention System)에 알려주면, 제어장치는 BMS에 통신으로 알람을 내보내고 Fire Releasing Panel(소방제어판넬) 에도 알람을 보냄
 - ※ BMS는 배터리의 전원을 차단하는 1st Action을 취하고 이벤트가 발생한 랙을 상세하게 감시
 - ※ 만약 온도나 전압의 이상한 변화가 감지되면(배터리 분리 효과가 미비할 경우) 소화제어 판넬에 Confirm 명령을 하달하여 소화약제를 방출하는 것으로 추정
- 세계적 보험회사인 FM Global은 Property Loss Prevention Data Sheet 5-33 (Electrical Energy Storage System) 2-5 Equipment and Processes의 2-5-1 Mechanical Ventilation System에 대하여 다음과 같이 언급하고 있음
 - (2.5.5.2) Ventilation System은 가연성 가스 검출기를 구비하고, 가연성 가스가 검출되면 ESS를 Shut Down하고, Ventilation System을 full가동하여 배기하도록 함
 - (2.5.5.3) 위와 같은 가스검출에 의한 Shut Down 기능이 랙 단위로 설치된 센서와 BMS에 의하여 이루어진다면, 2.5.5.2에서와 같은 가스 검출 기능이 Ventilation System에 요구되지는 않음
 - NFPA 855, Standard for Installation of Stationary Energy Storage Systems 2023 버전에서는 화재 감지 및 억제, 폭발 제어, 배기 환기, 가스 감지 및 열 활주로에 대한 요건을 포함하여 개정되었음
 - EV 분야에서는 GB 38031-2020 같은 새로운 규정과 EVS-GTR (EV Safety-Global Technical Regulation)에서 논의되고 있는 “Warning for passengers at least 5 minutes before serious incidents” 에 관한 다양한 논의가 이루어지고 있으며, Christiane 외 연구진들은 새로운 BMS 개념을 도출하여 개발 시험을 진행하고 있음¹³¹⁾

131) Christiane et al., “Early Detection of Failing Automotive Batteries Using Gas Sensors” , MDPI

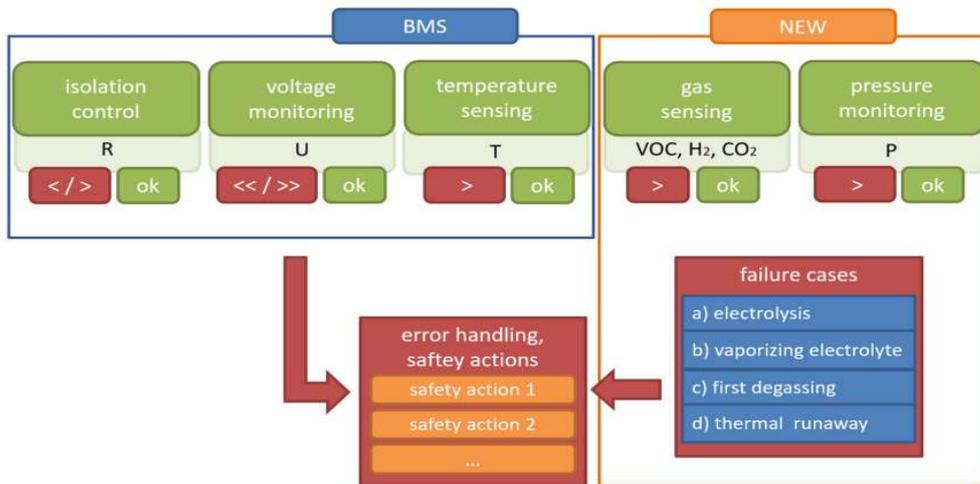
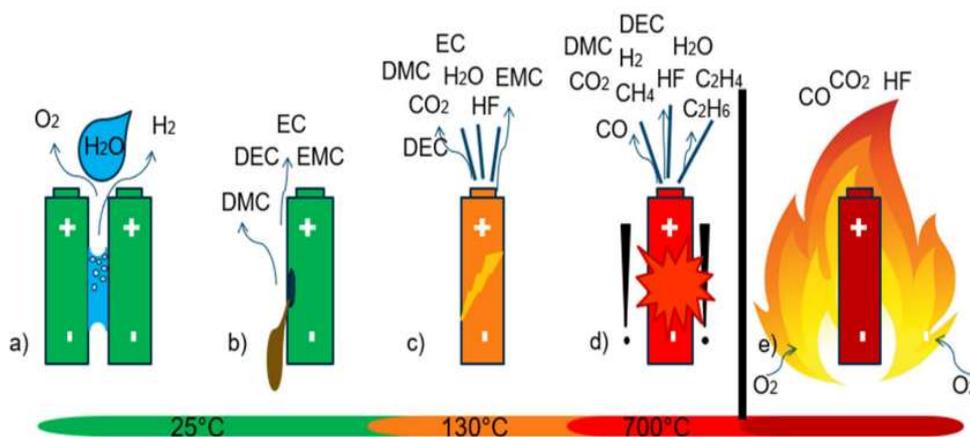


Figure 1. The proposed extended concept of early detection of battery failures is framed in orange and labelled "NEW".

[그림 2-40] 배터리 화재 사전 감지를 위한 신개념 BMS 관련 연구

- Gas 센싱(VOCs, H₂, CO₂등)과 Pressure 모니터링 기능을 추가한 새로운 개념의 BMS를 통해 배터리 고장을 조기에 발견하고자 하는 개념
- 본 논문에서는 가스가 발생하는 배터리 고장의 CASE를 5가지 형태로 구분하고 있으며, 그중 4가지를 새로운 개념의 BMS로 해결할 것을 제안하고 있음



[그림 2-41] 새롭게 제안되고 있는 BMS 유형

※ (a)는 예상치 못한 수분의 전기분해 (b)는 셀이 손상되어 전해질이 새어나와 전해 질 증기가 만들어진 경우 (c)는 고장난 셀의 1st Venting (d)는 열폭주 (e)는 배터리 화재인데 (a)~(d)를 신개념의 BMS로 대응하겠다는 개념임

- 세계 1위의 ESS 제조사인 Fluence (Siemens와 미국의 배터리 업체인 AES의 J/V)는 신개념의 Modular 디자인 개념의 ESS를 선보이고 있음



[그림 2-42] Fluence사의 Modular 디자인 개념의 ESS

- 특히 Gas Detection기능을 추가하였고, Emergency Shutdown기능과 연동하였음
 - 과거에는 Shutdown by smoke, sudden change in BMS data(전압, 온도 등)이었는데 Shutdown by gas를 추가하였음
 - 또한 Cube의 상부에 NFPA 68에 준하는 Deflagration Venting(폭연방출구, 배출설비)를 구비하였음
- 독일의 벤처기업인 ACCURE는 베를린의 E-BUS와 65,000대의 가정용 ESS에 대한 원격감시 제어를 수행하고 월단위로 사용료를 받는 비즈니스 모델을 소개하고 있음

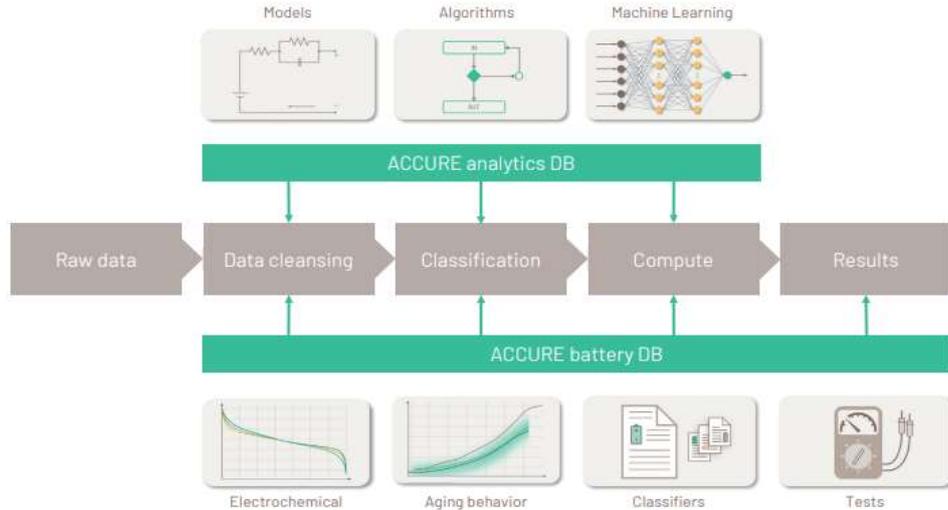


Figure 3: Schematic workflow of ACCURE's predictive diagnostics

[그림 2-43] ACCURE의 ESS 안전 관련 비즈니스 모델

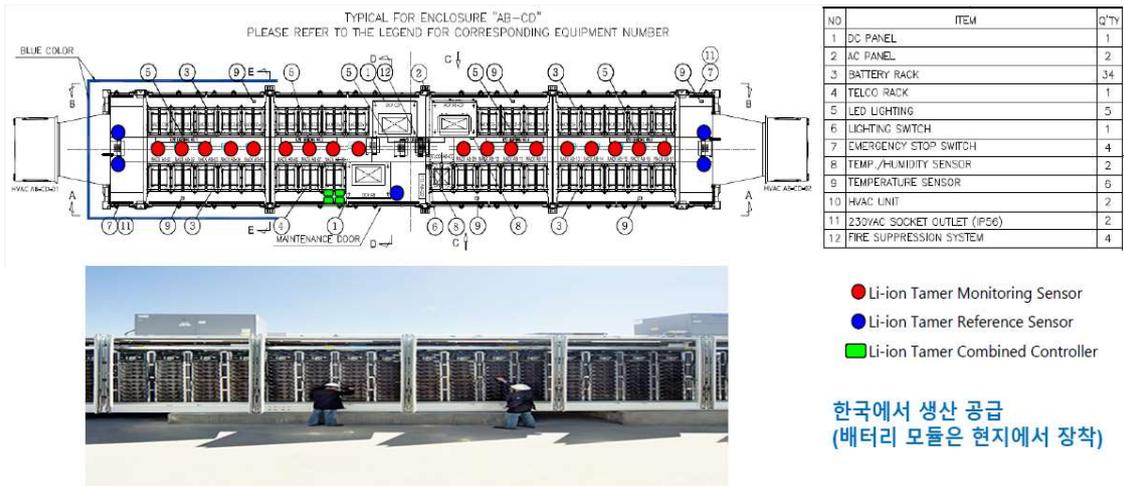
- 베를린 시내에 시범 운행중인 E-BUS 화재, 가정용 ESS 화재에 대응하기 위해 Cloud base의 서비스 모델을 제안하여 수행 중
 - ※ 가정용 ESS 및 E-BUS의 배터리 시스템에 특수한 장치를 부착(실시간 Raw data 수집, 전송, 원격제어 기능 수행으로 추정), 이상 발생시 Cloud에서 해당 ESS를 Remote Shutdown 시키고, 엔지니어를 파견하여 후속 작업 진행
- 기 가공된 데이터(최대, 최소, 평균값 등)가 아닌 방대한 양의 실제 배터리 데이터를 통하여 이미 학습을 완료하였으며 상당 수준의 정확도를 보이고 있는 것으로 알려져 있음

□ 국내기술 수준

- “ESS 설치공간의 화재예방·차단 시스템 및 유지관리 가이드라인 개발” 연구과제 진행 중(2021.11~2-2025년 6월)
 - 1st Venting 검출에 의한 예방 (1단계), 공기흡입식 연기감지기 동작에 의한 소화약제 방출 (2단계, Heat 센서 동작에 의한 고압 Water-Mist 방출로 폭발방지 (3단계) 등 종합적인 전략을 셀, 모듈, 랙 단위의 센서 테스트를 거쳐 입증하고
 - 1.5단계 대책으로 1st Venting을 검출한 후, 일련의 제어(Shutdown →

공간 Cooling --> 강제배기)를 수행한 후 BMS 데이터를 확인하여 이벤트가 발생한 렉의 온도나 전압 조건이 비 정상상태로 돌입하는 것으로 판단되는 경우, 연기감지기가 동작하기 이전에 소화약제를 방출하여 조기 진압에 돌입하는 방안 테스트 예정

- 1st Venting, 2nd Venting(열폭주)시 배출되는 가스 성분을 측정, 분석하기 위해 FTIR 장비를 도입하여 화재 테스트 시 적용할 계획이며(2023년~), 특히 파우치 셀의 Swelling 정도를 제한하여 배출되는 가스의 성분과 배출되는 정도 및 크기를 분석할 계획임
- 이를 통해 각 단계별 적용 가능한 센서의 종류를 선정할 수 있을 것으로 기대
- “MW급 리튬이온전지용 ESS의 안전성 강화를 위한 설계 및 설치공정 기술개발” 연구과제(2018.10월~2022년 3월)
 - 연구과제 기획단계에서는 전혀 고려하지 못했던 다수의 화재사고 발생으로 연구내용 일부 수정(VESDA, Off-gas 검출기 등을 추후에 고려)
 - 1, 2, 3차 사고조사 위원회의 조사결과를 최대한 반영하여 연구과제에 최대한 반영하였으나 종합적인 방안을 마련하기에 부족하였음
- 컨테이너 전문업체인 ACE Engineering은 Fluence, 국내외 EPC와의 다년간의 거래를 통해 안전을 확보하기 위한 방대한 경험을 축적하였음
 - Fluence와의 해외 프로젝트 수행시 한국산 배터리 모듈을 현지로 직접 납품하게 하고, 이를 제외한 모든 설비는 컨테이너와 일체형으로 한국에서 제작 납품받아 현지에서 배터리만 별도 설치하여 커미셔닝 완료



[그림 2-44] ACE Engineering 제작 ESS

- 한국선급(KR) 선박용 배터리 시스템 지침(2020)에 의하면, 제7절 위험성 평가시 고려사항(702)에서 다음과 같은 사항을 명시하고 있음
 - 즉, (9)배터리셀의 내부압력상승 등으로 인해 배터리셀에서 발생하는 오프가스(Off-gas)를 감지하기 위한 수단과 오프가스 방출시 제어 대책을 확인하도록 규정하고 있음

702. 위험성 평가 시 고려사항

1. 위험성 평가는 다양한 방법이 사용될 수 있으며, 최소한 아래의 위험요소에 대한 분석이 포함되어야 한다.
 - (1) 유독성, 인화성, 부식성 가스의 누출에 대한 위험성
 - (2) 화재 및 폭발의 위험성
 - (3) 감전의 위험성
 - (4) 위험도에 따른 감시·경보 및 환기시스템의 적합성
 - (5) 배터리 설치 구역 주변 환경의 위험요소(화재, 침수, 진동 등)에 대한 보호 대책
 - (6) 배터리 고장에 대한 보호 및 방지 대책
 - (7) 전기적 사고에 대한 위험성 (과방전, 과충전, 전자기적합성, 전기적인 쇼크, 외부요인에 의한 단락사고, 내부요인에 의한 단락사고, 과열 등)
 - (8) 소화시스템 및 소화 장비의 적합성
 - (9) 배터리셀의 내부압력상승 등으로 인해 배터리셀에서 발생하는 오프가스(Off-gas)를 감지하기 위한 수단과 오프가스 방출시 제어 대책 (2020)

[그림 2-45] 한국선급(KR) 선박용 배터리시스템 지침(2020)

- “사용 후 배터리를 이용한 ESS의 운영 소프트웨어 고도화 및 실증” (2022년 4월~2022년 12월)
 - 본 과제는 PMS 플랫폼을 고도화하는 것이 주요 목적이고, PCS 100KW, 사용 후 배터리 300KWh급으로 공사현장의 임시동력 제공 목적의 전력 설비와 연계하여 실증하였음

- 전기저장시설의 화재안전기준(NFSC 607)이 제정 공표되었으나 현장에서 그다지 많은 지지를 얻지는 못하고 있는 상태임

③ 연구개발 목표

□ 재사용 배터리의 작동상태 감시 및 분석정보 제공을 통하여 화재사고 예방 및 대응이 가능한 서비스 플랫폼을 개발하고, 플랫폼의 구성요소와 기능요건에 대한 국가표준(안)을 개발

○ 재사용 배터리 시스템의 안전관리 플랫폼 개발 (주요 요소기술 개발)

- 배터리의 작동상태 감시 및 분석정보 제공을 통한 화재예측 감지 기술개발

- ※ 배터리 스웰링 제한을 병행한 배터리 화재시험 및 벤팅 구별 기술 개발
- ※ 화학적 징후를 결합한 신개념의 모듈 BMS/ 랙 BMS/ 시스템 BMS 개발
- ※ BMS와 독립적으로 설치되어 배터리 이상을 검출하는 센서시스템 개발
- ※ BMS, 운전 및 환경 데이터를 Cloud로 전송하기 위한 Gateway 개발
- ※ Cloud 기반의 이상 징후 조기검출 및 화재예측 감지 알고리즘 개발

- 화재사고 예방을 위한 조기 대응 기술 및 현장대응 SOP 개발

- ※ 배터리 감시용 센서시스템과 전체 공간을 감시하는 연기감지시스템의 동작에 따른 초기 현장대응 SOP 개발 (비상정지, 냉각제어, Ventilation, 소방제어 패널 연동 등)
- ※ 배터리 감시용 1st Venting 검출 센서시스템의 오동작 방지를 위한 SOP 개발
- ※ 소화약제 시스템의 오동작에 대응한 오동작 방지를 위한 SOP 개발

- 화재발생 초기 진압기술 및 현장대응 SOP 개발

- ※ 배터리 화재 및 비-배터리 화재에 대응한 초기 진압기술 개발
- ※ 배터리 화재 및 비-배터리 화재에 대응한 현장대응 SOP 개발

- 화재 확산 차단 및 폭발 방지 기술 및 현장대응 SOP 개발

- ※ 배터리 화재 및 비-배터리 화재에 따른 확산 차단 및 폭발방지 기술 개발
- ※ 배터리 화재 및 비-배터리 화재에 따른 현장대응 SOP 개발

- 플랫폼의 구성요소와 기능요건에 대한 국가표준(안)을 개발
- 화재안전성 유지를 위한 시스템 관리 및 안전점검 매뉴얼/가이드라인 개발
 - 센서 시스템, 비상정지 시스템, 냉각제어 시스템, Ventilation 시스템, 소방제어 시스템, 소화시스템 등의 안전 운전을 확보하기 위한 관리 및 점검 매뉴얼/가이드라인 개발
 - 현장별 수집 데이터 관리, 추출 정보 관리, 제어결과 비교 분석 추적을 위한 관리, 현장별 정보 공유를 위한 도구 관리 등에 관한 매뉴얼/가이드라인 개발

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소규모 재사용 배터리 ESS 실증 ▪ 리튬배터리 특성 고려하지 않은 안전관리 시스템 ▪ ESS 화재 예측기술 전무 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재사용 배터리 ESS 특성 반영된 화재 예방 및 진압 설비 적용
정량목표	기술수준(%)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 40 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 80
	TRL(단계)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 - 모델링/설계기술확보 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 7 - 시작품의 신뢰성 평가
	재사용배터리 화재예방 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재사용 배터리 ESS 화재예방 기술 성능 평가
	재사용배터리 안전관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재사용 배터리 ESS 통합 안전관리 운영 플랫폼 성능 평가
	ESS 화재 안전관리를 위한 안전점검 매뉴얼 / 가이드라인	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1부

④ 연차별 연구내용

1차년도

- 재사용 배터리시스템의 안전관리 플랫폼 개념설계 및 주요 요소기술 개발
 - 화재예측 감지 기술 연계 배터리의 작동 상태 감시 및 분석정보 제공(화재 시험, 센서시스템 제작 테스트, BMS 개발 등 포함)

- 화재사고 예방을 위한 조기 대응 기술 및 현장대응 SOP(안) 개발
- 화재 발생 초기 진압기술 및 현장대응 SOP(안) 설계 및 개발
- 화재 확산 차단 및 폭발 방지 기술 및 현장대응 SOP(안) 설계 및 개발
- 플랫폼의 구성요소와 기능요건에 대한 국가표준(안) 설계 및 개발
- 화재안전성 유지를 위한 시스템관리 및 안전점검 매뉴얼/가이드라인 개념설계

□ 2차년도

- 재사용 배터리시스템 제작 및 안전관리 플랫폼 구축
 - 10KWh급, 30KWh급, 100KWh급 제작 구축
 - Cloud 기반의 안전관리 플랫폼 구축 및 시운전
 - 화재 전단계 이상 징후 모의 및 예측 감지 테스트
 - 1st Venting 모의(화재 전단계 모의) 및 조기대응 기술 및 현장대응 절차 테스트
 - 화재발생 초기 진압기술 및 현장대응 절차 테스트
 - 화재 확산 차단 및 폭발 방지 기술 및 현장대응 절차 테스트

□ 3차년도

- 플랫폼의 구성요소와 기능요건에 대한 국가 표준(안) 제작
- 화재안전성 유지를 위한 시스템 관리 및 안전점검 매뉴얼/가이드라인 개발
 - 센서 시스템, 비상정지 시스템, 냉각제어 시스템, Ventilation 시스템, 소방제어 시스템, 소화시스템 등의 안전 운전을 확보하기 위한 관리 및 점검 매뉴얼/가이드라인 개발
 - 현장별 수집 데이터 관리, 추출 정보 관리, 제어결과 비교 분석 추적을 위한 관리, 현장별 정보 공유를 위한 도구 관리 등에 관한 매뉴얼/가이드라인 개발

□ 4차년도

- 재사용 배터리 활용 ESS 대규모 실증사이트 구축 및 운영
 - 재사용 배터리 활용한 10MWh급 ESS 실증사이트 구축
 - ESS 화재안전성 유지를 위한 시스템 제작 및 실증 적용
 - ESS 화재안전성 유지장치 기능 검토 및 모의 안전사고 시뮬레이션
- ESS 안전관리 플랫폼 기능 검토 및 고도화
 - ESS 실증사이트와 ESS 안전관리 플랫폼 연동기술 개발
 - 실증 운영을 통한 ESS 안전관리 플랫폼 기능 검토
 - 미비된 기술 및 기능 디버깅 및 기술 고도화

□ 5차년도

- 실증운영 보고서 도출 및 개선사항 적용
 - 10MWh급 재사용 배터리 활용 ESS의 실증운영 보고서 제작
 - 실증 특이사항 및 안전관리 운영 개선사항 도출
 - 안전관리 플랫폼의 실증데이터 분석 및 운영 기술 개선점 도출
- 안전점검 매뉴얼/가이드라인에 개선사항 반영
 - ESS 화재안전성 유지 시스템의 실증데이터 기반 개선사항을 매뉴얼 및 가이드라인에 반영하여 개선
 - ESS 안전관리 플랫폼실증 데이터 기반 개선사항을 매뉴얼 및 가이드라인에 반영하여 개선

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
<p>(산업통상자원부/2020) PCS-EES 연계시스템 이상징후 사전감지 및 위험요인 분석 핵심기술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유사과제는 PCS-ESS 연계시스템에서의 화재 이상징후를 감지하고 위험요인을 분석하는 기술을 연구개발함 ▪ PCS-ESS의 화재 위험요인에만 초점을 맞추고 있음 ▪ 사용후 배터리의 특성이 반영되지 않아 큰 차이가 있으며, UBESS 활용 및 실증운영이 없음 ▪ 본 과제는 사용후 배터리의 특성을 분석, 반영하여 화재발생 예방, 초기진압, 확산 및 폭발을 방지하기 위한 기술 및 SOP를 개발하는 것임 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PCS 레벨의 이상징후 감지 및 위험요인 분석기술을 UBESS의 운영 알고리즘에 포함하여 운영 고도화를 이룰 것으로 기대
<p>(산업통상자원부/2021) ESS 설치공간의 화재예방·차단 시스템 및 유지관리 가이드라인 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유사과제는 ESS 설치공간의 화재를 예방하고 차단하는 시스템과 관련 유지관리 가이드라인을 개발하는 내용 ▪ 사용후 배터리 특성이 반영되지 않아 큰 차이가 있으며, 대용량 실증을 수행하지 않기 때문에 효용성 검토가 어려울 것으로 보임 ▪ 본 과제는 사용후 배터리의 특성을 분석, 반영하여 화재발생 예방, 초기진압, 확산 및 폭발을 방지하기 위한 기술 및 SOP를 개발하는 것이고, 비-전기적 특성을 검출하기 위한 센서기술을 BMS에 반영하여 새로운 Data Set을 축적하고, 여기서 전기적 특성의 유의미성을 확보하는 것을 특징으로 하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ESS 설치공간의 화재 예방기술, 차단기술은 UBESS에도 적용이 가능할 것으로 기대되며, 연구개발 내용인 화재 이상징후 조기감지 기술 및 화재 진압·화재확산 방지 기술과 연계하여 고도화된 화재 대응시스템을 연구개발할 수 있을 것으로 기대함 ESS 유지관리 가이드라인을 참고한다면 본 과제의 운영지침을 개발하고 실증 운영하는데에 도움이 될 것으로 보임 ▪ UBESS용으로 새롭게 개발되는 BMS와 실증 및 실험을 통해 축적되는 Data Set과 여기서 얻을 것을 예상되는 판단기준은 기존 과제에서도 사용될 가능성이 매우 큼
<p>(소방청/2022) 차량으로 운반/활용되는 이동형 리튬이온전지 ESS의 화재진압기술 및 대응 매뉴얼 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유사과제는 이동형 ESS 개발 및 화재진압기술과 매뉴얼을 연구개발하는 과제로, 사용후 배터리를 재사용하는 UBESS와는 크게 차이가 있음 ▪ ESS의 화재 감지기술보다 화재 진압 기술에 초점을 맞추고 있어 배터리의 전주기 화재 이상징후를 감지하려는 본 과제와 핵심 주제가 상이함 ▪ 본 과제는 UBESS의 전주기 안전성을 확보하고자 연구개발하는 과제로, 화재 진압 및 확산방지 기술도 중요하지만 화재 조기감지 기술도 중요 연구개발 항목임. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ UBESS 개발에 있어, 리튬이온전지 화재의 진압기술은 반드시 연구되고 적용되어야 하므로, 유사과제의 화재진압 기술 및 대응매뉴얼을 활용하고 연계하면 진압 기술 고도화를 이룰 수 있을 것으로 기대 이동형 ESS는 운영 안정성이 크게 중요하기 때문에, 유사과제의 ESS 개발자료는 UBESS를 설계하고 개발하는데에 있어 중요한 참고자료가 될 것으로 보임.

유사과제	차별성	연계방안
(소방청/2022) 차량으로 운반/활용되는 이동형 리튬이온전지 ESS의 화재진압기 술 및 대응 매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> 유사과제는 이동형 ESS 개발 및 화재진압 기술과 매뉴얼을 연구개발하는 과제로, 사용후 배터리를 재사용하는 UBESS 와는 크게 차이가 있음 ESS의 화재 감지기술보다 화재 진압기술에 초점을 맞추고 있어 배터리의 전주기 화재 이상징후를 감지하려는 본 과제와 핵심 주제가 상이함 본 과제는 UBESS의 전주기 안전성을 확보하고자 연구개발하는 과제로, 화재진압 및 확산방지 기술도 중요하지만 화재 조기감지 기술도 중요 연구개발 항목임 	<ul style="list-style-type: none"> UBESS 개발에 있어, 리튬이온전지 화재의 진압기술은 반드시 연구되고 적용되어야 하므로, 유사과제의 화재진압 기술 및 대응매뉴얼을 활용하고 연계하면 진압 기술 고도화를 이룰 수 있을 것으로 기대 이동형 ESS는 운영 안정성이 크게 중요하기 때문에, 유사과제의 ESS 개발자료는 UBESS를 설계하고 개발하는 데에 있어 중요한 참고자료가 될 것으로 보임

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
10	15	10	10	5	50

⑦ 기대효과

기술적 기대효과

- 지속적으로 증가하는 사용후 배터리의 ESS활용을 통해 에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화에 기여
- 사용후 배터리의 화재 시험 데이터 및 특성 분석을 통하여 기존 ESS와의 시너지 효과 창출
- 안정성이 강화된 UBESS기반 에너지 허브시스템 구축을 통해 재생에너지의 생산량 조절 불가로 인한 전력수급 불균형(발전시간과 수요시간의 불균형)에 긍정적 기여
- 사용후 배터리의 재활용을 통해 화재시험 데이터 확보 및 배터리 안전상

태 등급(BSSR; battery safety status rating)을 제정하여 안정성에 구체화

- 향후 중장기적으로 발전하는 전 세계 ESS시장에 발맞춰 사용후 배터리 활용 ESS는 선 순환적 시스템 구축을 야기하고 세계시장에서 경제적인 기술력 활성화

□ 경제적 기대효과

- 2020년 전,후로 전기자동차 보급이 증가함에 따라 2040년에는 68조원 까지 전기차 폐배터리 시장 확대될 것으로 예측. UBESS를 통해 ESS산업의 활성화에 기여
- 사용후 배터리를 통해 실증한 안정성 시험 데이터를 통해 해외 대비 화재로 인해 관심이 축소된 국내 ESS 산업에 활성화에 기여
- 사용후 배터리 재사용을 통해 자원을 선순환시켜 5~15년까지 사용기한을 늘림으로서 배터리의 폐기시 발생하는 중금속처리에 따른 토양 및 지하수 오염 환경문제 개선에 기여
- 사용후 배터리를 매각해 사용함으로서 제품 생산액을 절감 가능하며, UBESS 유지관리 및 활용 방법에 따라 국내 중소 중견 기업의 상업화 기회 및 수익창출
- 향후 개발 표준모델을 통해 에너지허브 실시간 관제용 클라우드 서비스 플랫폼으로 유지보수 비용 절감 및 탄소배출 저감 가능

□ 정책적 기대효과

- 정부 「ESS·EMS 융합시스템 보급사업」을 통한 피크감축 및 비상전원 대체
- 정부의 그린뉴딜 정책 및 2050탄소 중립 정책에 기여
- 러시아의 우크라이나 침공으로 인한 석유 가격의 증가 국가 경제적 부담에 기여
- 국내 ESS 운영환경 관리에 대한 인증 및 표준 가이드 활용에 기여

(나) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술

① 배경 및 필요성

□ 사용후 배터리 발생 예측 및 보관 현황

- 국내 전기자동차의 판매는 2012년부터 시작되어 정부의 지원사업 방침에 따라서 급격한 판매 상승률을 기록
- 2020년 기준 국내 전기자동차 누적판매량은 약 15만대로 집계되고 있으며, 향후 2024년까지 전기자동차의 판매량은 약 60만 대로 예측됨¹³²⁾에 따라서 사용후 배터리의 발생은 전기자동차 판매량과 비례하여 급격한 상승폭을 보일 것으로 예측

[표 2-10] 사용후 배터리 시장전망

단위: 대 수, 억 원, %

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
판매현황	31,696	46,966	84,150	132,115	207,421	325,651	511,272	57.0
국내 시장규모	15,848	23,483	42,075	66,057	103,710	162,825	255,636	

국내시장규모=판매현황(대 수) * 5,000만 원

* 출처: 국내 전기차 보급 추이, (환경부, 2020) 1대당 5,000만 원 매출 적용 국내 시장 추정

- 대부분의 사용후 배터리 보관실은 전용 보관실 및 보관랙(Rack)을 구성하여 랙크식 창고 형태로 개방된 공간에 배터리를 적재하여 보관하고 있음
- 이러한 보관방식은 공간에 최대한 많은 배터리를 보관할 수 있지만, 리튬이온배터리는 화재 특성상 소화가 매우 어렵고 인접한 배터리로 화재확산을 발생 시킬 수 있기 때문에 화재 대응 및 소화 대책이 마련된 공간에 저장하는 것이 필수적

132) 중소벤처기업부, 중소기업 전략기술로드맵(2021-2023)-전기·수소차(2020)



[그림 2-46] 전기차 배터리 전용 보관랙

* 출처: 뉴스프리즘 보도자료

- 배터리 화재의 경우 열폭주를 수반하여 짧은 시간 안에 고온으로 상승하고, 급속도로 화재가 확대되는 특성을 가짐. 이에 따라, 위험을 사전에 차단하거나 화재 발생시 즉각적인 감지(대응)가 가능한 기술 필요
 - 특히, 재사용 배터리는 사용전 전수검사를 통해 양품만 재사용하게 될지라도, 사용 중에 안전성이 저하되어 화재사고 가능성이 상존하기 때문에 배터리 재사용 요구량 증가에 따라 실제 위험도의 정성/정량적 평가 기술이 시급함
 - 또한, 재사용 배터리 시스템의 안전한 사용 및 유지관리를 위해 배터리 상태를 실시간으로 모니터링하고, 화재 발생시 현장에서 적절한 대응을 통해 피해를 저감시킬 수 있는 ICT 기반의 사전 예측 및 소화 기술 개발이 필요함

② 국내외 기술동향

□ 국내 배터리 화재감지 기술동향

- 가스 감지 기술
 - 호남대학교에서 개발한 '배터리 화재 안전 센서'는 배터리에서 발열과 함께 방출되는 다수 종류의 가스를 조기에 검출해 화재 여부를 판단함
 - ※ 또한 인공지능과 머신러닝을 통해 화재판별의 정확성을 높여 오작동방지 가능



[그림 2-47] 호남대학교의 배터리 화재 안전 센서

- 인셀(주)는 밀폐형 Rack에 ‘오프 가스 센서’ 를 내장하여 화재 예방하고 습도 센서는 습기나 결로로 인한 절연 저하 방지가 가능
- ※ 또한 프레임에 화염 방출 방지 설계 적용과 유해가스 방지 덕트를 설계함



[그림 2-48] 인셀의 오프 가스 센서를 적용한 밀폐형 Rack

- (주)오로라의 ‘소공간용 고감도 공기흡입형감지기’ 는 ESS 컨테이너, 분·배전반, 반도체 장비 등 소공간용으로 화재발생 빈도가 높은 공간에 설치 가능
- ※ 조기 연기 감지를 위해 인공지능을 적용한 공기흡입형 감지기임



[그림 2-49] ㈜오로라의 소공간용 고감도 공기흡입형감지기

○ 배터리 셀 온도 감지 기술

- LS일렉트릭의 ‘ESS화재예방 감지시스템’은 광(光) 기술을 활용해 배터리 셀 단위까지 실시간으로 온도를 측정하고, 이상 과열이 감지되면 ESS 가동을 중단시키는 시스템

※ 배터리가 정상적으로 작동하는 온도 실온 25℃를 기준으로 모니터링을 시작하고 이상 징후를 보이는 40℃ 직전부터 알람으로 위험 경고를 한 뒤 운영시스템을 강제 정지시켜 과열로 인한 화재와 배터리 모듈 및 셀 손상도 예방할 수 있음

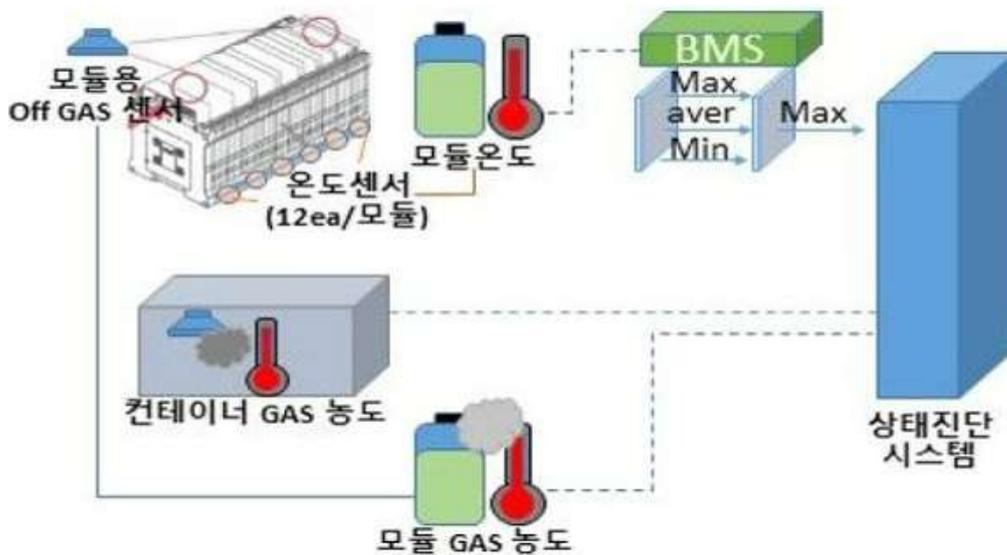


[그림 2-50] LS일렉트릭의 ESS화재예방 감지시스템

○ 열화진단 감지 기술

- 한전 대구본부의 'ESS 화재확산 예방 위한 배터리 열화진단·냉각시스템'은 리튬이온 배터리의 열폭주 전 발열반응에 의한 Off-Gas(수소, 일/이산화탄소, 산소 등) 농도를 감지센서를 통해 확인하고, 열화 때 배터리의 온도상승 패턴 등 열화진단을 통해 운전 중인 배터리의 이상징후를 검출하는 시스템임

※ 열화 배터리를 적기에 교체할 수 있고, 열화가 급속으로 진전되는 배터리에는 친환경 GAS(NOVEC 1230)를 지속적으로 분사함으로써 열폭주 전에 냉각시켜 화재 발생을 원천 차단할 수 있음



[그림 2-51] 한전 대구본부의 ESS 화재확산 예방 위한 배터리 열화진단·냉각시스템

○ 배터리액 누출 감지 기술

- (주)유민에쓰티의 '필름형 액체감지센서'는 2차전지의 전해질이 온도 변화에 따라 배터리 팽창이나 외부 충격으로 누액등 배터리 손상, 초기 화재 방지 가능

※ 유민에쓰티의 '필름형 액체감지센서'는 정유, 화학플랜트, 건설, IT, 발전소 등 액체를 사용하는 장소에 응용 가능



[그림 2-52] (주)유민에스티의 필름형 액체감지센서

□ 배터리 화재 감지 기술 관련 국내 특허 현황

- (자동차부품연구원) 리튬이온 배터리 화재 방지 장치 및 방법
 - 배터리 셀 내부에서 이상징후를 감지하기 위해 충격량 감지센서, 전압 감지 센서, 가스 감지 센서, 온도 감지부로 구성된 화재 방지 장치임
- (삼우산기 주식회사) 일반 화재와 리튬이온 배터리의 화재를 감지하는 적외선 불꽃 감지기
 - 리튬이온 배터리 내의 화재를 사전의 적외선 불꽃 감지기를 이용해서 열상 또는 연소를 감지하는 센서부, 감지신호를 프로세싱하는 제어부로 구성된 감지기임
- (한국전자기술연구원) 리튬이온 배터리용 화재감지 센서모듈 및 그를 포함하는 화재감지 시스템
 - 리튬이온 배터리 셀마다 상태를 감지하고 화재감지 센서모듈의 기준값을 초과하면 출력을 차단함으로써 배터리 화재를 미연에 방지할 수 있는 시스템임
- (주)હે스테크놀로지) ESS 안정성 향상을 위한 리튬이온 배터리의 열폭주 전조현상 감지 및 LN2를 이용한 소화 시스템
 - 리튬이온 배터리로 구성된 ESS 설비의 열폭주 전조현상을 온도로 감지

하고, 리튬이온 배터리의 온도 및 주변 온도를 급격히 냉각시켜 폭발, 화재로부터의 피해를 최소화할 수 있는 안정성 기반의 소화 시스템임

○ (주식회사 창성에이스산업) 에너지 저장장치(ESS) 화재 감지 및 확산 방지용 자동소화시스템

- 에너지 저장 시스템의 내부에 공기를 흡입하여 감지하는 연기감지모듈과 에너지 저장 시스템의 온도변화를 측정하는 적외선 카메라 모듈을 포함하는 화재전조감지부로 구성되며, 유선 또는 무선으로 통신이 가능한 시스템임

○ (이연호 이외 2명) ESS(Energy Storage System) 배터리팩의 화재감지 및 소화방법

- 소화약제 관련 배출배관 내부에 온도감지 센서, 연기감지 센서 또는 불꽃감지 센서로 어셈블리 되어, 배터리팩 내부에서 화재 발생 시 배출구를 통해 배터리팩 외부로 노출되는 열기에 의한 이상온도, 연기 또는 불꽃 중 하나를 센서 어셈블리가 자동으로 감지하는 방법임

○ (주인텍에프에이) 음향을 이용한 ESS 배터리의 화재 조기 감지 장치 및 방법

- ESS 배터리의 배터리 셀에서 발생하는 가스의 음향과, 화재 발생시 발생하는 광과 온도 변화를 센싱하여 각각 설정된 필터링 파라미터 정보들을 이용하는 감지 장치임

○ (주식회사 엘지화학) 차량 배터리 화재 감지 장치 및 감지 방법

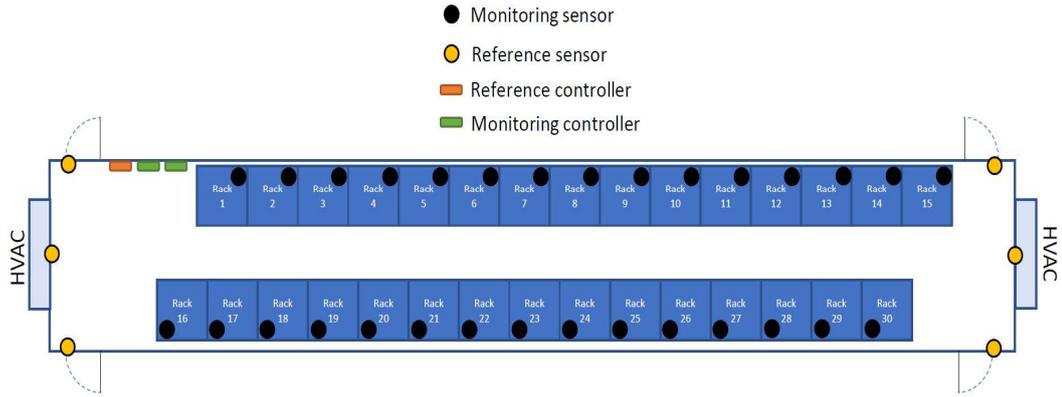
- 차량 배터리 팩의 가스배출부에서 배출되는 온도와 압력 센서가 팩 케이스 외측에 설치되어, 배터리 팩 케이스 내부에서 화재가 발생 시 신속 및 정확하게 탑승자에게 알려줄 수 있는 차량 배터리 화재 감지 장치 및 감지임

[표 2-11] 특허 기술동향

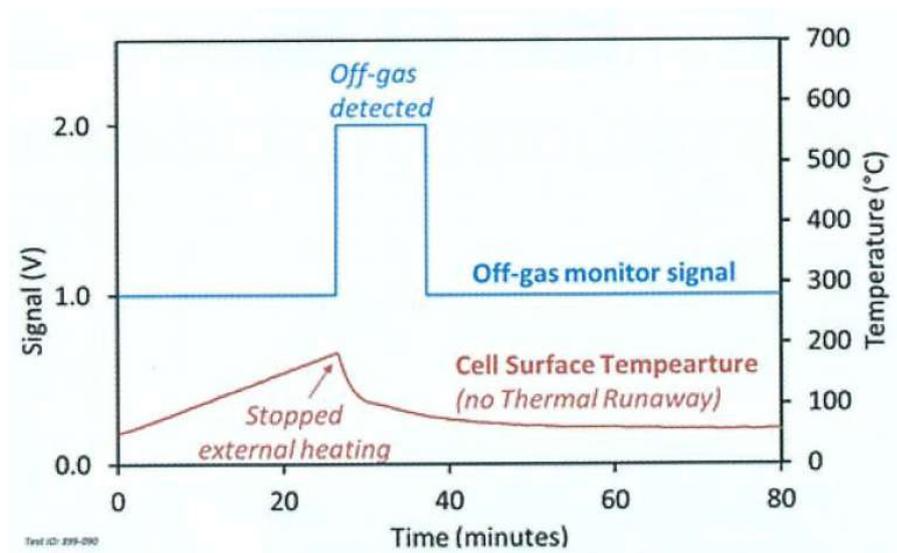
지식재산권명	지식재산권출원인	출원번호
리튬이온 배터리 화재 방지 장치 및 방법	자동차부품연구원	1020120131200
일반 화재와 리튬이온 배터리의 화재를 감지하는 적외선 불꽃 감지기	삼우산기 주식회사	1020200096164
리튬이온 배터리용 화재감지 센서모듈 및 그를 포함하는 화재감지 시스템	한국전자기술연구원	1020190165236
ESS 안정성 향상을 위한 리튬이온 배터리의 열폭주 전조현상 감지 및 LN2를 이용한 소화 시스템	(주)헤스테크놀로지	1020220060416
에너지 저장장치(ESS) 화재 감지 및 확산 방지용 자동소화시스템	주식회사 창성에이스산업	1020190029110
ESS(Energy Storage System) 배터리팩의 화재감지 및 소화방법	이연호 이외 2명	1020220041611
음향을 이용한 ESS 배터리의 화재 조기 감지 장치 및 방법	(주)인텍에프에이	1020200137005
차량 배터리 화재 감지 장치 및 감지 방법	주식회사 엘지화학	1020190129929

□ 국외 배터리 화재감지 기술동향

- Nexceries LLC 등은 off-gas 모니터링, 감지를 통해 화재 전조현상을 조기에 감지하여 Cell자체를 전원 및 부하로부터 분리하면 열폭주가 발생하지 않는 원리를 적용한 것임
- 여기에는 예방영역(Preventionative Region) 전략과 격납영역(Containment Region) 전략을 이용한 것으로서, 국내·외적으로 해당 기술의 관심이 높은 편임

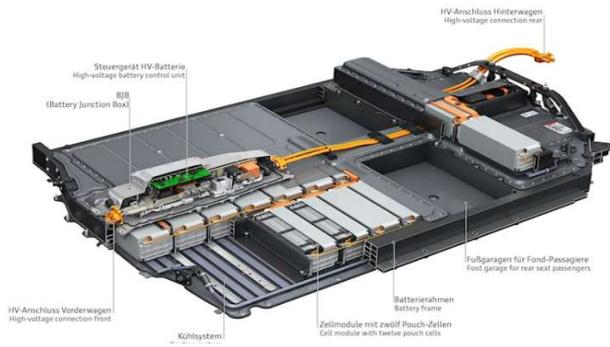


[그림 2-53] Off-gas 검출시스템 감지센서 설치개요도



[그림 2-54] Off-gas 검출시스템에 의한 열폭주 회피

- 아우디는 배터리 셀에 장착된 센서가 수집하고 데이터 처리한 정보를 기반으로 필요에 따라 개별 배터리 셀을 식별함으로써 문제를 해결하고 있음
- 아우디에서 제안하는 배터리 제어 시스템은 열 폭주 위험을 감지하면 실제로 화재가 발생하기 전에 배터리 팩의 내부 공간에 화염 소화제(건조 분말형 소화기)를 가득 채우는 방식



[그림 2-55] 아우디의 전기차 화재 예방 기술

③ 연구개발 목표

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> 국내외적으로 배터리 및 ESS에 관련 화재대응기술(감지 및 소화) 개발이 진행중에 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 배터리의 화재대응(감지, 예측 및 소화등)에 특화된 기술 개발 및 연구동향은 전무함
정량목표	기술수준(%)	<ul style="list-style-type: none"> 50%(일반적인 화재 대응 기술 대비 배터리 화재 대응 기술) 	<ul style="list-style-type: none"> 80% 이상
	TRL(단계)	<ul style="list-style-type: none"> TRL 3 	<ul style="list-style-type: none"> TRL 7이상(Test Bed 검증을 통한 실용화 진입 단계)
	화재감지시간	<ul style="list-style-type: none"> 화재감지시간 30 s 이하 	<ul style="list-style-type: none"> 화재감지시간 20 s 이하
	화재예측	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능을 활용한 화재감지 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능을 활용한 화재 전조 현상 예측 및 화재 감지

④ 연차별 연구내용

□ 1차년도

○ 재사용 배터리 화재 위험 요인 및 열 폭주 특성 분석

- 재사용 배터리의 화재 및 폭발 메커니즘 규명 I
- 재사용 배터리의 열폭주 전이 해석기술 고찰 및 전조현상을 예측을 위한 핵심 요소 인자 도출
- AI 기반 재사용 배터리의 화재 전조 현상 감지를 위한 학습 빅데이터 구축 전략 수립(국내외 연구, 실험, 수치해석 등)

□ 2차년도

- 재사용 배터리 화재 전조 현상 분석 기법 개발
 - 재사용 배터리의 화재 및 폭발 메커니즘 규명 II
 - 재사용 배터리 전주기 화재 조기 진단을 위한 센서 장치 개발
 - AI 기반 재사용 배터리 화재/폭발 전조 현상 예측 모델 (Beta ver.)
 - 재사용 배터리 화재 예측을 위한 학습 빅데이터 구축

□ 3차년도

- AI기반 재사용 배터리 화재 전조현상 예측 및 감지(대응) 시스템 구축
 - AI 기반 재사용 배터리 화재/폭발 전조 현상 예측 모델 개발
 - 배터리 재사용 국가 표준화 작업 및 화재 피해저감을 위한 현장 대응 SOP(매뉴얼) 개발
 - 재사용 배터리 화재 예측을 위한 학습 빅데이터 구축_계속

□ 4차년도

- 재사용 배터리 화재 전조현상 예측 및 감지(대응) 시스템 성능 검증
 - 실증 실험을 통한 재사용 배터리 화재 예측 시스템 성능 검증
 - 재사용 배터리의 화재 안전 국제 표준화 기반 조성 및 국제표준 추진을 위한 프로토콜 작성/제안
 - 재사용 배터리 화재 예측을 위한 학습 빅데이터 구축_계속

□ 5차년도

- 재사용 배터리 화재 전조현상 예측 및 감지(대응) 시스템 성능 고도화(TB)
 - Test-bed 운영을 통한 시스템 성능 고도화
 - 재사용 배터리의 화재 안전 국제 표준화 추진
 - 비즈니스 모델 개발(안전성 향상 기여수준 분석 및 보험료 연계를 통한 사업화 전략)

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
ESS 화재대응을 위한 자동소화시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ESS 화재발생 시 발생 가스를 조기에 검출하여 화재대응을 하는 연구로, 열폭주 전조현상을 예측하고 감지하는 기술개발 내용은 없음 따라서 배터리 열폭주 전조현상을 예측하고 감지하는 기술이 차별성이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 배터리 열폭주 조기 감지를 위한 화재감지 실험이나 비화재보 실험 등은 본 기술개발에서도 일부 적용하여 개발시스템의 성능 검증에 연계할 수 있음
차량으로 운반활용되는 이동형 리튬 이온 ESS의 화재 진압 기술 및 대응 매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> 이동형 리튬이온 ESS에 적합한 화재진압실험 시나리오 개발 및 Cell, 모듈 외부 가열 열폭주 유도를 통한 화재 메커니즘에 국한 연구와는 차별성을 가지며, 재사용 배터리의 불안정성에 기반한 화재 예측 및 대응 기술 개발로 차별성이 정의될 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 이동형 리튬이온 ESS의 열폭주 화재 위험을 해소하기 위한 방안 정립(리튬이온 배터리의 열폭주 화재 진압 기술 정립) 및 이동형 리튬이온 ESS의 화재 안전 방안 결과를 활용, 고도화하여 재사용 배터리의 학습 빅데이터 등에 연계 가능할 것임
(산업통상자원부/2020) PCS-EES 연계시스템 이상징후 사전감지 및 위험요인 분석 핵심기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 유사과제는 PCS-ESS 연계시스템에서의 화재 이상징후를 감지하고 위험요인을 분석하는 기술을 연구개발함 PCS-ESS의 화재 위험요인에만 초점을 맞추고 있음 사용후 배터리의 특성이 반영되지 않아 큰 차이가 있으며, UBESS 활용 및 실증 운영이 없음 본 과제는 사용후 배터리의 특성을 분석, 반영하여 UBESS 전주기의 화재 안전성을 확보하고자 하는 기술을 연구개발함 	<ul style="list-style-type: none"> UBESS 운영을 위해서는 PCS의 개선 개발이 필수이며, 유사과제에서 PCS 레벨의 화재 안전관리 솔루션을 채용한다면 UBESS 운영에 더욱 안전성이 확보 될 것으로 보임 PCS 레벨의 이상징후 감지 및 위험요인 분석기술을 UBESS의 운영 알고리즘에 포함하여 운영 고도화를 이룰 것으로 기대

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
5	5	5	3	2	20

⑦ 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 재사용 배터리 화재에 대한 화재의 예방과 조기 감지기술, 전조현상 감지 등 재사용 배터리에 대한 감지시스템을 중심으로 한 안전기술 개발·확보
- 특수목적물에 대한 화재안전 기술개발의 성공적 사례 구축을 통한 국내 소방기술 발전에 기여
- 재사용 배터리 분야 국내 기업들의 세계적인 기술력에 부합하는 안전기술의 확보를 통한 제품의 국제적 시장 확보
- 화재로 인해 주춤한 국내 배터리 시장성장에 기여
- 전조현상 감지나 감지분야의 IoT기술 응용은 4차 산업혁명적 기술로서 시대의 흐름에 부합하는 미래형 첨단기술 개발을 통해 국내 소방기술 수준 향상에 기여

□ 경제적 기대효과

- 국내 폐배터리시장 정상화를 통한 기업들의 매출 신장에 기여
- 폐배터리 안전기술 확보로 국외 시장 진출 확대에 기여
- 관련 국외 기술수입 및 사용 대체를 통한 외화 유출 최소화
- 신재생 에너지 보급을 통한 에너지 수입 대체 효과 증대

□ 정책적 기대효과

- 배터리 화재 방지를 통한 국민의 사회적 불안감 감소
- 친환경에너지 보급에 대한 사회적 요구 충족
- 배터리 화재에 대한 세계적 관심에 대해 첨단 기술로의 극복을 통한 국가적 이미지 제고
- 반복적으로 사용된 재사용 배터리의 열화 등 원인 규명을 통해 화재 조기 감지 안전대책 사회·정책적 반영

(다) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라의 최적 소화 기술
(Active System)

① 배경 및 필요성

□ 전기차의 사용 후 배터리 발생이 증가함에 따라 탄소중립 및 순환경제 구축을 위해 에너지저장시스템으로 재사용이 증가하는 추세로서 안정적인 보급 확대를 위해서는 화재안전기술이 확보되어야 함

○ 세계적으로 환경오염 문제를 해결하기 위한 다양한 정책 추진에 따라 전기 자동차 전환 및 개발의 가속화가 이루어지고 있으며, 전기 자동차의 핵심부품인 배터리의 주요 부품인 리튬 이차전지의 수요가 급증

○ 국제에너지기구는 전기차 시장이 EU 3,000만대를 포함해 2030년까지 최대 2억대까지, 글로벌 OEM사는 2025년까지 7,000만대까지 늘어날 것으로 예상하고 있음

- 국내 전기차는 지난 연말 기준으로 13만 5,000대(누적)로 현 추세라면 2025년 113만대로 예상

○ 세계적으로 전기차 판매 증대와 유사하게 사용 후 배터리 발생량이 증가하며 2030년에 약 1000 GWh 용량에 달할 것으로 예상

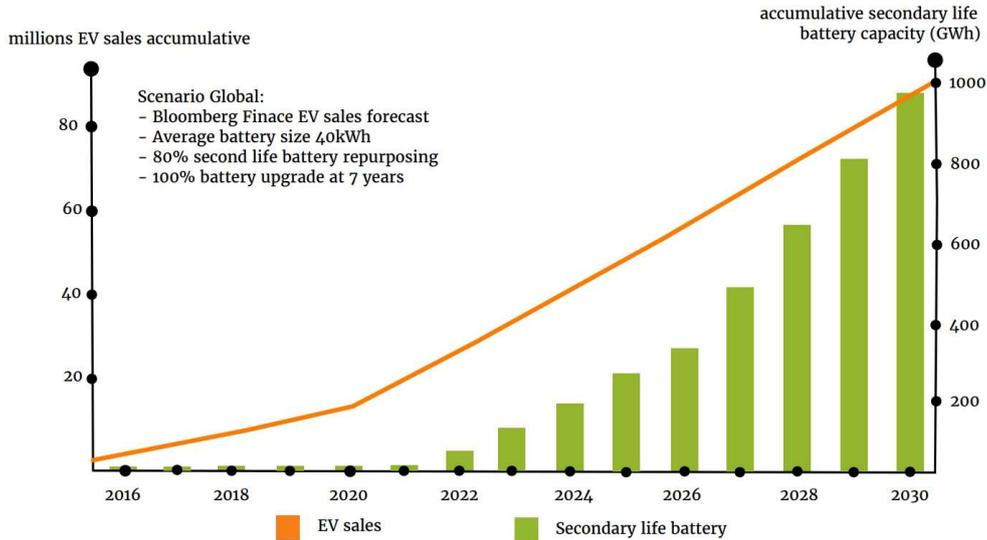
○ 우리 정부도 온실가스 감축과 글로벌 친환경자동차 시장 선점을 목표로 “제4차 친환경자동차 기본계획”에서 국내 친환경자동차 중 전기차를 약 300만 대 보급을 발표하였으며 이에 따라 전기차 사용 후 배터리 발생 규모 역시 크게 증가할 것으로 예상됨

○ 따라서 배터리 소재의 희귀성과 폐전지의 처리 문제 해결을 위해 재사용분야 발전 및 활성화가 매우 중요하며 전기차 사용 후 배터리의 경우 수거가 용이하고 높은 잔존용량으로 재사용 가치가 높아 에너지 저장시스템(ESS, Energy Storage System)으로 활용 증대

○ 미국, 유럽, 중국 등 사용 후 배터리 에너지자원의 선순환을 위하여 다양한 정책 및 지원을 통하여 수거/검사, 재제조, 전처리, 물질 회수 등 관련 기술 개발 및 상용화를 위한 노력을 하고 있음

- 궁극적으로는 재사용 배터리의 안전을 기반한 지속 가능성이 핵심 목표이며 이를 위해서 사용 후 배터리 에너지저장시스템(UBESS, Used Battery Energy Storage System)화재안전기술은 필수적임

Global accumulative sales of EV and second life batteries

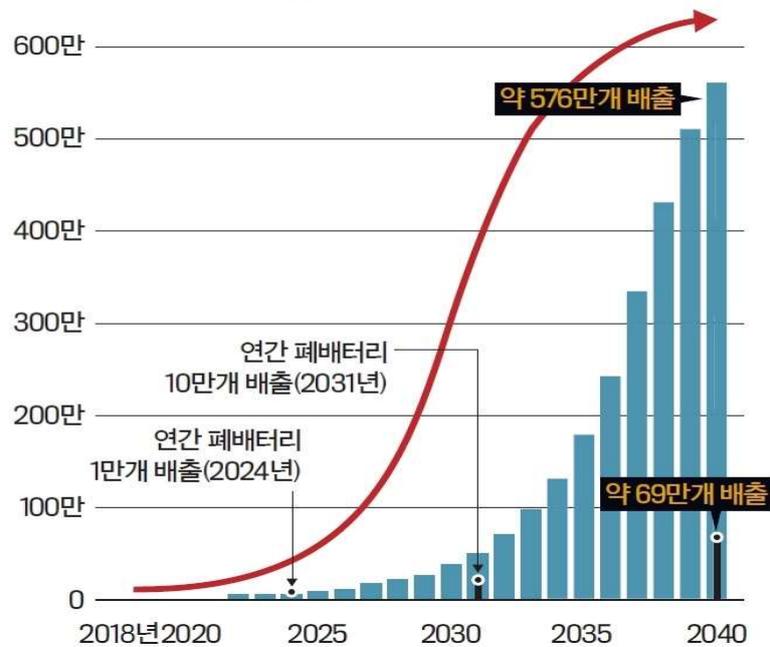


[그림 2-56] 글로벌 전기차 누적 판매량 및 재사용배터리 누적 발생용량

* 출처: Reid and Julve, 2016

늘어나는 친환경차 폐배터리

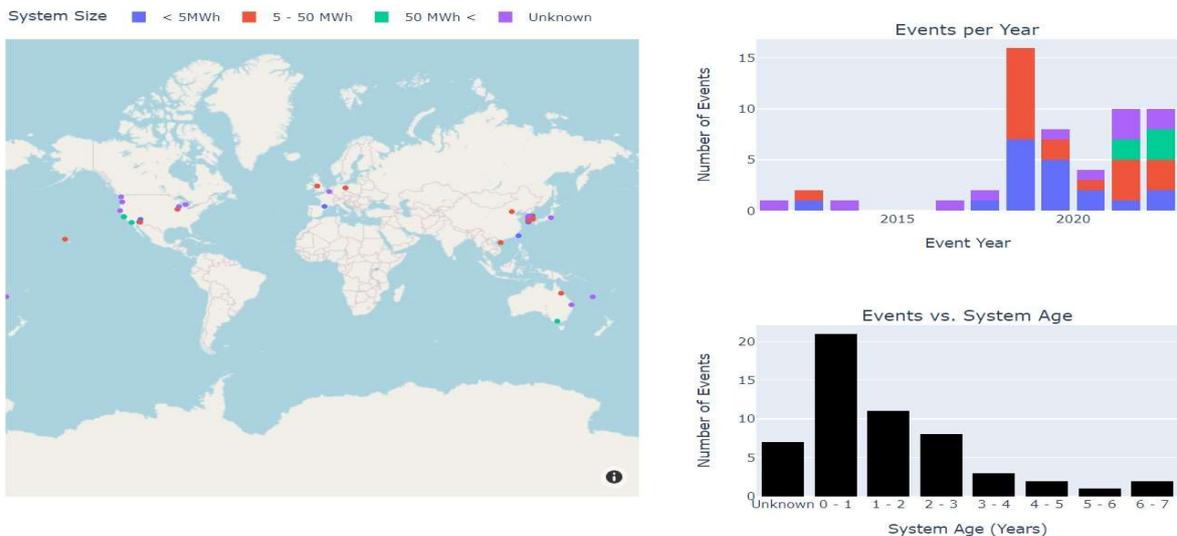
— 전기차 누적 보급대수(대) ■ 폐배터리 누적 발생량(개)



[그림 2-57] 국내 전기차 누적 대수 및 폐배터리 누적 발생량 전망

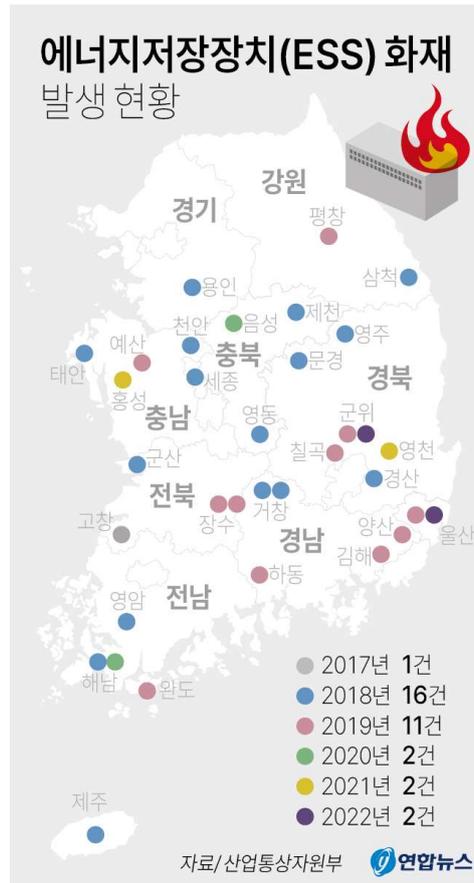
* 출처: 한국자동차자원순환협회, 2019

- 배터리 에너지저장장치 화재가 증가하고 있으나 적절한 소방시설의 부재로 화재 발생 시 폭발을 동반한 대규모 화재안전사고로 이어져 대규모 피해를 야기하기 때문에 UBESS 맞춤형 능동형 소화시스템 개발이 필수적임
- 탄소중립 달성을 위한 재생에너지 확대를 위해서는 에너지 수요 및 공급 불일치 해소, 전력망 안정화 등을 위해 에너지저장시스템은 필수적임
 - 이로 인해 세계적으로 ESS 시장이 확대됨에 따라서 ESS 화재가 잇따라 발생하고 있으며 화재 발생과 함께 폭발로 이어지며 큰 피해를 야기하고 있음
- 최근 EPRI(Electric Power Research Institute)에서 집계한 ESS 고장 중 절반 정도가 한국에서 발생된 사례이며 산업통산자원부에 따르면 2017년 8월부터 총 34건의 ESS화재가 발생하였으며 약 466억원 이상의 재산피해가 발생함
- 화재발생 사례분석 결과, 1)소화설비의 경우 고체에어로졸 자동소화장치, 캐비닛형 자동소화장치, 청정소화약제설비, 옥내소화전, 분말소화기 등 일관된 기준 없이 설치되어 있었으며 2)화재 발생 감지의 경우 인적감지가 많았으며 적절한 자동화재감지시스템이 부족하였음
- 기존 ESS 화재 발생시설에는 적절한 소화설비 구축 미흡, 초기 화재 감지 부족, 화재 성장 이후 소화설비 작동 등으로 화재 진압이 거의 불가능하였으며 이에 따라 열 폭주에 의한 폭발 및 화재 확산 이전에 화재를 자동 감지하여 ESS에 적응성이 우수한 소화약제를 통한 화재 진압이 필수적임



[그림 2-58] 세계 ESS 고장 사례

* 출처: EPRI, 2022



김영은기자 20220119

[그림 2-59] 국내 ESS 화재 발생현황

* 출처: 산업통상자원부, 2022

□ UBESS 화재 특성 대응형 친환경 흡열 용복합소재 기반 열 폭주 방지 국소분출 능동형 소화시스템 개발이 필요함

- 리튬 이차전지 발화, 폭발 사고가 빈번히 발생하는 데 반해, 그 소화 및 발화 방지 대책은 완벽하게 이루어지고 있지 않으며 현재는 대형 리튬 이차전지 발화가 일어났을 때, 물에 가두거나 큰 화재를 막기 위해 따로 발화를 유도하는 벽을 세우는 등 많은 폐자원을 발생시키는 방법을 사용
- 리튬 이차전지의 내부에는 발화의 3요소인 가연물, 산소, 발화원이 모두 있기 때문에 일반적인 소화 방법으로는 발화 및 폭발을 방지할 수 없음
- 특히, 리튬 이차전지는 그 특성상 사용 중에 과 사용, 과 충전이 일어나면 내부 온도가 상승하고 130℃~140℃까지 온도가 상승하면 주로 리튬 산화물로 이루어진 양극 물질에서 산소가 방출 되고 이는 배터리 내부 물질들과 반응하여 극도로 빠른 속도로 온도 상승, 발화에까지 다다르게 됨

- 따라서 UBESS 화재진압을 위해서는 배터리 고장 시 발생하는 열을 흡수하여 배터리 발화, 폭발 현상을 지연 및 방지하여 소화하는 것이 매우 중요함
- 본 사업에서는 최근 ESG 경영에 발맞추어 친환경 탄소 저감형 소재 개발이 요구됨에 따라 탄소 저감형 흡열 소재를 이용하여 배터리 내부에서 급속도로 온도가 상승하여 발화, 폭발로 이어지는 것을 원천적으로 방지하기 위한 소재 개발 및 열 폭주 방지 기술이 탑재된 UBESS 화재 대응 국소방출 능동형 소화시스템을 개발하고자 함
- 이를 통해서 UBESS 화재 및 폭발 사고 방지 및 향후 폐배터리 재활용에서의 순도 높은 리튬 화합물 확보를 통해 원가경쟁력과 기술차별성을 확보하고자 함

② 국내외 기술동향

□ 국내 배터리 화재 방지 대책

- (한국생산기술연구원) ESS 대형 화재를 방지하기 위하여 ESS 제조업체인 대경산전과 함께 ESS 과부화로 인해 발생하는 미세 아크를 피라미드 엠보싱 구조의 트레이를 제작하여 1개의 센서로도 미세 아크를 감지할 수 있는 ESS 미세 아크 감지 시스템을 개발
- (삼성SDI) ESS 화재 진압을 위하여 모듈 상부에 셀 벤트를 통하여 일정 온도 이상의 열이 발생되면 캡슐형 소화약제가 자동 분출되는 시스템 적용하였으나 고용량 배터리에는 적용성이 부족하여 액체소화약제를 고장이 발생한 배터리에 직접 주입하는 방식의 소화시스템을 적용
- (파이어킴) IoT 기술을 활용하여 온도, 연기, 소화약제 누기 등에 실시간 모니터링하고 화재 발생 시 소화약제(3M, Novec1230)를 이용하여 셀 또는 모듈 내부에 화재진압시스템을 탑재하여 소화할 수 있도록 함
- (풍성에너지) 열화상카메라와 배터리 모듈의 온도 및 전압을 측정하는 센서를 활용하여 모니터링 및 알람 기능을 통하여 자동으로 설비 정지 또는 전원을 차단하는 특허 기술 개발

- (에프디씨) 화재 폭발을 방지하기 위하여 외함 내부 압력 상승 시 폭발배기안정장치를 통하여 압력을 배출하여 폭발을 방지하는 기술 및 제품을 개발 중임
- (비에이에너지) 온습도 조절 공조시스템, 화재 확산 방지 3중 내화구조, 화재 초기 진압을 위한 자동 소화설비 및 스프링클러, 지능형 데이터 분석 기술 기반 안전제어를 갖춘 배터리 세이프티 시스템 제작
- (LG화학) 배터리팩을 내열성이 뛰어난 특수 난연 소재를 통해 일반적으로 배터리 팩으로 사용 되는 난연 플라스틱 대비 긴 시간 열을 차단해서 발화가 퍼지는 시간을 지연
- (SPM) 온도 제어형 보호회로 기술을 통해 온도에 따라 일정 수준 이상 온도가 상승 되면 배터리의 기능을 정지시켜 충전 및 방전을 통한 온도 상승을 방지
- (이엔플러스) 발열 갭 필링겔을 이용해 배터리팩의 가스 배출 장치에서 나오는 불꽃을 억제하고 이를 통해 연쇄 화재를 막음.
- (스탠더드시험연구소) 화재 억제를 위해 물과 소화약제, 압축공기포를 소화액에 활용하며, 물의 5배 이상 냉각 성능을 발휘 및 물 사용을 20분의 1로 감소시킴으로써 물로 인한 전기 및 전자기기 침수 등 추가 피해를 억제



[그림 2-60] 삼성SDI ESS 랙
* 출처: 이투뉴스

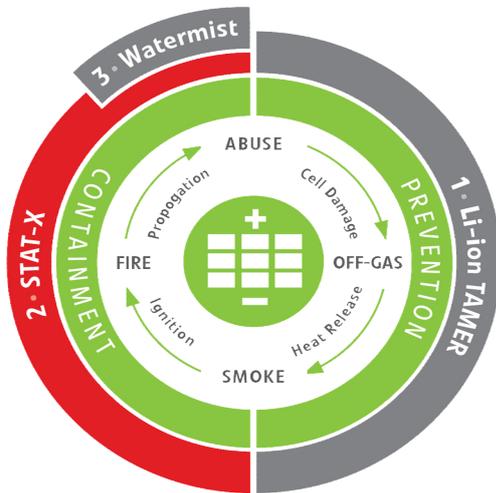


[그림 2-61] BA Energy 배터리 안전 시스템
* 출처: BA Energy

□ 국외 배터리 화재 방지 대책

- (노블파이어시스템, 영국) BESS 화재 발달에 따라서 오프 가스 조기 검출을 통한 예방시스템, 이후 에어로졸 소화설비를 통한 화재진압, 마지막 단계에서 미분무를 활용한 냉각 및 질식에 의한 소화시스템 적용 솔루션
- (마리오프, 미국) 배터리 화재 진압을 위해서 Marioff HI-FOG 미분무 화재진압시스템을 제안하였으며 모듈 레벨 뿐만아니라 격실 안에서도 냉각 및 가스 흡착 등에서 탁월한 효과가 있어 리튬이온 배터리 화재를 효과적으로 진압하는 것으로 보고
- (Li-ion테이머, 미국) BESS 운영 중 고장 시 전해질의 기화로 발생하는 오프가스를 감지하는 Li-ion Tamer를 이용하여 열 폭주 발생 이전에 이상을 감지하여 조기에 화재를 진압할 수 있도록 함
- (파이크, 미국) BESS 화재 발생 시 오프가스 또는 연기 감지장치, 미분무 소화시스템 또는 청정소화약제를 통한 화재 진압, 폭발배기패널을 이용한 압력 배출, 화재패널을 이용한 폭발 가스 배출 등의 기능을 활용하여 remote BESS 및 non-remote BESS에 적정 화재진압 솔루션을 제공함
- (파이어어웨이, 미국) 고정에어로졸소화장치인 Stat-X는 소화약제 화합물과 산화불록이 반응하고 냉각블록을 통과하여 Stat-X 약제(칼륨 등) 및 불활성가스가 방출되어 효과적으로 배터리화재를 진압하는 시스템
- (AF-X파이어블록커, 네덜란드) 칼륨 기반의 응축형에어로졸소화시스템을 통하여 리튬이온 배터리 화재를 진압하는 시스템
- (올셀 테크놀로지스, 타운센드 벤처스, 미국) 상변화 물질을 활용하여 배터리 열관리를 통하여 수명 연장 뿐만아니라 고장 시 과도한 열 발생을 낮춰 화재 및 폭발을 사전에 방지하는 기술 적용
- (헨켈, 독일) 배터리팩에 난연성 에폭시 기반 물질을 코팅하여 화재 지연 및 추가 확산을 억제 시켜 화재 진압에 필요한 시간을 제공

- (Advanced Fire Fighting Technology GmbH, 독일) 리튬 이차전지 화재 전용 소화 약제를 사용하며, 이는 가연성액체 또는 증기를 캡슐화하여 비가연성화 시켜 급속도로 냉각시킴과 동시에 산화반응을 억제하여 화재를 막음



[그림 2-62] Noble Fire Systems ESS 소화시스템

* 출처: Noble Fire Systems



[그림 2-63] LI-ION TAMER 오프 가스 감지

* 출처: LI-ION TAMER

③ 연구개발 목표

- UBESS의 열 폭주에 의한 화재 폭발 및 화재 전이 이전에 화재를 자동 감지하고 친환경 흡열 소재 기반 열 폭주 방지 기술을 활용한 국소방출 능동형 소화시스템을 개발함
 - 배터리 내부에서 급속도로 온도가 상승하여 발화, 폭발로 이어지는 것을 방지하기 위한 탄소 저감형 흡열 소재 및 분사기술 개발
 - 셀, 모듈 및 랙 단위 열 폭주 방지기술의 적용성을 평가하고 열 폭주 발생 억제율 90% 이상 (열 폭주 발생 지연시간 10초 이상 및 열 폭주 피크 온도 10℃ 이상 증가) 달성 목표
 - 열 폭주 방지 및 소화장치 작동을 위한 화재 조기 감지 시스템 개발로 열 폭주 발생 이전 화재감지 오작동을 10% 이하 달성 목표

- UBESS 화재 우수 적응성 소화약제 기반 국소방출형 소화시스템을 개발하고 폭발 방지를 위한 랙 단위 가연성 가스 폭발 및 과압 방지 기술 개발을 목표로 함
- 화재진압시스템의 UBESS 화재 적응성 실규모 평가 기술을 바탕으로 UBESS 화재 발생 시나리오에 따른 화재진압성능 3회 이상 시연을 목표로 함(랙 단위 화재 소화시간 1시간 이내)
- UBESS 화재안전 성능설계를 위한 화재예측 및 평가 기술을 고도화하고 리빙랩 운영을 통한 현장 적용성을 검증함. 이를 바탕으로 UBESS 안전기준 개정안 및 소화설비 설치 및 운영관리 가이드라인을 제시함

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> UBESS 화재, 폭발, 화재 확산을 원천적으로 차단하는 맞춤형 소화기술 부재 	<ul style="list-style-type: none"> UBESS 화재 맞춤형 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 개발
정량목표	기술수준(%)	<ul style="list-style-type: none"> 50% 	<ul style="list-style-type: none"> 100% (기술 선도)
	TRL(단계)	<ul style="list-style-type: none"> TRL2 	<ul style="list-style-type: none"> TRL6
	성능지표명1	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 발생 억제율 90% 이상 (열 폭주 발생 지연시간 10초 이상)
	성능지표명2	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 피크(peak) 온도 10 °C 이상 증가
	성능지표명3	<ul style="list-style-type: none"> 비화재보율 35% 	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 발생 전 화재감지 오작동율 10% 이하
	성능지표명4	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 발생 이전 UBESS 화재진압성능 3회 이상 시연
	성능지표명5	<ul style="list-style-type: none"> 소화 소요 시간 2~8시간 이상 (단위 랙 화재 기준) 	<ul style="list-style-type: none"> 소화 소요 시간 1시간 이하 (단위 랙 화재 기준)
	성능지표명6	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> UBESS 맞춤형 열 폭주 방지 기반 국소방출 능동형 소화시스템 설치 및 운영관리 가이드라인

④ 연차별 연구내용

□ 1차년도

- UBESS 구조, 화재 특성 및 위험요인 분석
- UBESS 적용 소화 기술 분석(화재감지, 소화약제, 소화설비 등) 및 적용안 도출
- 탄소 저감형 흡열 융복합 소재 기초 물성 평가 및 적용성 검토
- UBESS 화재 실험적 평가 선행연구 분석 및 실험평가방법 도출
- UBESS 화재 예측 시뮬레이션 선행연구 분석 및 모델링안 도출
- 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 개념설계

□ 2차년도

- 탄소 저감형 흡열 융복합 소재 선정, 최적화 및 셀·모듈 단위 성능 평가
- 탄소 저감형 흡열 융복합 소재 분사장치 설계·제작 및 평가
- 성능시험기반 UBESS 화재감지기술 성능평가 및 조기화재감지시스템 설계/제작 및 기본 성능 평가
- UBESS 배터리 셀·모듈 단위 시험기반 소화시스템 도출 및 성능 평가
- UBESS 배터리 모듈 및 랙 단위 화재 특성 실험 평가 및 분석
- UBESS 배터리 셀 단위 화재 특성 실험 평가 및 분석 및 UBESS 화재 모델링 입력인자 도출
- UBESS 배터리 모듈 단위 화재 시뮬레이션 분석
- 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 및 통합제어시스템 설계

□ 3차년도

- 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 및 통합제어시스템 제작(1차 시작품)

- 탄소 저감형 흡열 융복합 소재 분사시스템 실규모 성능 평가
- UBESS 화재 조기 감지시스템 실규모 성능 평가
- UBESS 배터리 실규모 시험기반 소화시스템 성능 평가
- UBESS 실규모 화재/소화 시뮬레이션 분석
- 소화시스템 현장적용성 평가 계획 수립

□ 4차년도

- 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 및 통합제어시스템 개선 설계 및 제작(2차 시작품)
- UBESS 실규모화재 실험을 통한 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 화재진압성능시험 및 평가
- 실용화를 위한 핵심요소기기 및 소화시스템 설계 가이드 제시
- 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 리빙랩 운영 및 현장 적용방안 도출
- 현장 적용성 검증을 위한 소화시스템 및 통합제어시스템 설계 및 제작

□ 5차년도

- 시스템 현장 적용성 검증을 위한 리빙랩 운영, 평가 및 개선사항 도출
- 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템 및 통합제어시스템 시제품 설계도
- 소화시스템 설계, 품질, 유지관리, 현장적용 매뉴얼 도출
- UBESS 안전기준 개정안 도출

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
ESS 화재대응을 위한 자동소화시스템 개발 (소방청)	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 발생 억제 및 지연 기술을 적용하여 UBESS 화재 폭발 및 화재 확산을 원천적으로 차단하고 국소방출 능동형 소화시스템을 통한 화재 진압 기술임. UBESS 구조 및 화재특성 맞춤형 소화 기술임. 	<ul style="list-style-type: none"> 현재 진행 중인 연구과제로서 ESS 화재 조기감지, 적응 소화약제 등에 관한 기술에 대해 적용성 평가 등을 통한 적용 고려 가능 성능평가 및 분석 기술 교류
ESS(에너지저장장치)에 특화된 하이브리드(나노미분무수+불활성 가스) 소화장치 개발 (중소벤처기업부)	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 발생 억제 및 지연 기술을 적용하여 UBESS 화재 폭발 및 화재 확산을 원천적으로 차단하고 국소방출 능동형 소화시스템을 통한 화재 진압 기술임. UBESS 구조 및 화재특성 맞춤형 통합 소화시스템임. 	<ul style="list-style-type: none"> 개발된 하이브리드 소화약제에 대한 적용성 평가를 통한 적용 검토 가능
대용량 이차전지 화재안전성 시험평가 기술개발 및 검증센터 구축 (산업통상자원부)	<ul style="list-style-type: none"> 열 폭주 발생 억제 및 지연 기술을 적용하여 UBESS 화재 폭발 및 화재 확산을 원천적으로 차단하고 국소방출 능동형 소화시스템을 통한 화재 진압 기술임. UBESS 구조 및 화재특성 맞춤형 소화 기술임. 	<ul style="list-style-type: none"> 시험평가기술에 관한 연구과제로서 개발 소화시스템 및 요소 기술 성능평가에 활용 가능

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
10	15	15	5	5	50

⑦ 기대효과

기술적 기대효과

- UBESS 화재 폭발 및 화재 확산을 막기 위한 유일한 방법인 ‘열 폭주 지연 및 억제’ 기술이 적용된 국소방출 능동형 소화시스템 개발로 최적의 화재 안전 시스템 및 관련 핵심요소기술 확보
- 친환경 탄소 저감형 흡열 융복합 재료를 활용한 ‘열 폭주 지연 및 억제’ 기술은 UBESS 화재안전 분야를 선도할 수 있는 원천기술을 확보하는 것임

- 신뢰성이 확보된 최적의 소방시스템 적용을 통하여 UBESS 화재 안전 확보와 함께 신재생에너지 발전시스템 분야에 안전운영기술로 활용 가능
- UBESS 화재 예측 및 특성 분석 기술 확보를 통해 화재 안전 연구 분야 기술적 성장
- 우리나라 과학기술의 발전은 한 분야에 대해서만 중점적으로 이루어지고 있는 실정이고, 최근 관련하여 융합하는 기술개발에 많은 R&D비용을 투자하고 있는 실정임
 - 이와 같은 상황에 신재생에너지와 건설재료의 융합으로 만들어진 본 기술은 그 파급력이 매우 크다고 판단됨
 - 특히, 전기생산과 신규 건설에만 관심을 가지고 연구하는 두 분야에 본 연구결과의 반영은 새로운 연구 패러다임을 제시할 수 있음

□ 경제적 기대효과

- UBESS 화재 안전 확보를 통하여 전기차 및 폐배터리 시장 활성화로 자원순환경제 체계 구축 및 관련 산업 선도
- UBESS 소화시스템 적용을 통한 화재발생 감소로 인한 인적 물적 피해 감소 뿐만아니라 소화원천기술 확보로 소방시장 활성화
- 최적의 소화시스템 개발로 UBESS 및 신재생에너지설비 확대 보급이 가능하여 관련 시장 활성화
- 전기차, 폐배터리, ESS, 신재생에너지설비 분야 활성화를 통한 일자리 창출 및 신산업 발굴 확대
- 우리나라는 물 부족 국가이고 도심에 많은 사람이 집중되어 거주하고 있으며, 이러한 상황에서 배터리 기반 인프라 시설 화재 발생으로 인한 다량의 물 사용과 2, 3차 재난 발생 시 그 경제적 손실을 이루 말할 수 없음
- 따라서 본 기술의 개발은 산업부산물의 재활용과 배터리 화재의 빠른 진화 기술로 경제적으로 발생하는 손실을 줄여주는 기술이 될 것으로 판단됨

□ 정책적 기대효과

- 전기차 사용 후 배터리의 화재 안전 확보를 통해 정부 지원 정책 활성화로 사용 후 배터리 시장의 세계 주도권을 확보
- UBESS 화재안전 확보로 에너지저장시설, 신재생에너지설비 등의 보급 확대를 통하여 국가 탄소중립 목표 달성에 이바지함
- 재생용 배터리 장치의 보급은 국민의 생활에 많은 편익을 제공할 뿐만 아니라 최근 관심이 급증하는 탄소저감과 신재생에너지 보급에 많은 영향을 미치는 기술이나, 최근 매스컴들에서 배터리 인프라의 화재에 관한 기사가 자주 보고되고 있으며, 관련 진화에 어려움이 있다고 보도됨
- 이에 본 연구의 결과를 적용 시 이에 대한 국민의 안전불감증을 해소할 수 있어 그 정책의 반영이 사회적 파급이 있어 본 연구는 매우 중요함

(라) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 화재확산 방지를 위한 구획화 기술(Passive System)

① 배경 및 필요성

□ 도시/건물에 적용하기 위해 에너지 저장 인프라를 고려한 화재관련 시설기준 미비

- 도시, 산단 등 인구 밀집지역에 구축되는 대용량 에너지 저장 인프라는 전기차 배터리의 가장 큰 이슈 중 하나인 화재발생에 대응한 기술기준 마련이 시급함.
- 전기저장시설의 화재안전기준(NFSC 607)에도 소방설비가 내용의 주를 이루고, 제12조(방화구획)에는 전기저장장치 설치장소의 벽체, 바닥 및 천장은 [건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙]에 따른다고 정하고 있음.
- [건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙]에는 일반건축물을 대상으로 한 규정으로 에너지 저장인프라에 대한 세부기준이나 사용성이 높은 사양구조 등이 제시되어 있지 않음.

□ 전기차 배터리 재사용 관련 국토부의 구체적 기준이 미비한 상황이며, 관련 연구 미비

- 국토교통부에서 관리하고 있는 [건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙]에는 에너지 저장 인프라에 대한 구분된 기준이 마련되어 있지 않아 사실상 기준이 부재한 상태임.
- 재사용 배터리 전용 BMS(Battery Management System)의 적용 및 재사용기준안에 맞는 검사방법으로 검증하는 등 화재발생에 대비하고 있으나, 전기적 시험으로 찾기 어려운 열화 및 내부손상 등의 원인으로 화재가 발생하는 사례가 있어 어떠한 원인으로 화재가 발생하더라도 주변으로 확대되어 화재가 커지는 것을 막을수 있는 방안 마련 및 관련 기술개발 필요

□ 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 보험요율 산정 프로세스 부재

- 전기차 배터리 재사용 구획실의 화재안전성에 대한 정량적 평가가 불가하여 보험사에서 현실적인 화재보험료 산정이 어려우며, 대부분의 경우 안전을 담보하기 어렵다고 판단하여 보험 인수를 거부하거나 대폭 할증하여 인수함.

② 국내외 기술동향

□ 건설분야에서의 방화구획 관련 연구현황

- 건설분야에서 배터리 저장고 관련 연구는 거의 없으며, 이와 연관된 방화구획 또는 화재안전 분야 연구현황을 간략히 정리하면 다음과 같음
 - 2011년~2012년 국토해양부에서 국책연구로 진행된 [건축물 법정내화구조 정비 및 제도개선방안]의 연구가 진행되어 ‘건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙’에서 정하고 있는 사양구조에 대한 검증시험을 실시하였으며, 이때, 일부 구조의 경우 사양구조가 건축법에서 정하고 있는 최고등급인 3시간 내화구조를 만족하지 못하는 것으로 확인 되었으나, 관련 법령 개정까지는 이루어지지 못하였음
 - 따라서, 현행 전기저장시설의 화재안전기준(NFSC 607)에서 인용한 ‘건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙’에 따를 경우 방화구획의 안전성 확보에 한계가 있음
- 이후 건설분야에서의 연구는 [초고층빌딩 화재안전기술 개발]과 같은 신기술에 대한 분야와 [방화구획 및 내화구조의 화재안전 성능유지를 위한 현장품질관리 기준 개발]과 같은 기준보다는 건설현장에 대한 적용연구가 주를 이루었음
 - 최근에는 [물류시설 화재 안전성 및 위험도 관리 기술 개발]과 같이 사회적 이슈로 화재안전성 보강이 필요한 연구를 정부차원에서 진행하고 있음

- 이에 전기차 배터리 재사용과 같은 시대적 요구와 배터리 화재와 관련된 기술기준의 필요성 등을 고려할 때, 정부차원에서 기술적, 제도적 기반조성이 필요한 연구임

③ 연구개발 목표

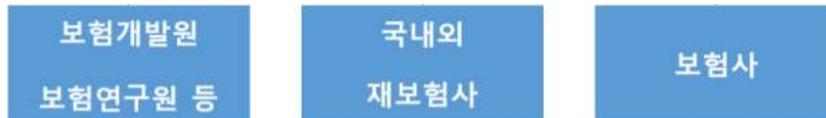
구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 화재안전대책 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 방화구획 및 화재확산방지구조 설계 기준 개발 ▪ 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 보험요율 산정 로드맵 ▪ 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 관련 법령 개정(안) <ul style="list-style-type: none"> - 구획설계 기준 및 안전도 평가기술 - 방화구획, 화재확산방지설비의 성능기준
정량목표	기술수준(%)	-	-
	TRL(단계)	▪ 3단계	▪ 7단계
	성능지표명1	-	▪ 방화구획 요구성능에 적합한 화재확산 방지설비 요소기술 개발

④ 연차별 연구내용

1차년도

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 구획기준 설정을 위한 기반 연구
 - 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 구획기준 설정을 위한 기술자료 수집 및 분석
 - ※ 국내외 화재시험기준 조사 및 국내외 구획 기준 조사·분석
 - ※ 사고사례 원인 및 유형 분석을 통한 화재확산 방지를 위한 개선점 도출
 - ※ 배터리 개체별 연소특성에 대한 기술자료 수집 및 분석

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 구획설정을 위한 단계 계획 수립
 - ※ 방화구획기준 설정을 위한 계획 : 화재성상 예측을 위한 배터리 화재실험 계획 및 분석계획 수립
 - ※ 방화구획 부재별 계획 : 벽, 슬래브 등 방화구획을 형성하는 단위부재의 성능기준, 사양설정 등을 위한 실험 및 분석계획 수립
 - ※ 화재확산방지구조에 대한 실험계획 : 방화구획의 개구부인 방화문, 방화셔터, 내화채움구조, 방화댐퍼 등에 대한 기준설정을 위한 실험 및 분석계획 수립
- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 저장 인프라 구획에 대한 전산모델링 계획 수립
 - ※ 전산모델링 변수설정을 위한 기초 화재 실험 계획
 - ※ 건축물내 대용량 에너지 저장 인프라 설치 위치에 따른 영향평가 방법 계획
- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 보험요율 산정 유관기관 전문위원회 구성
 - ※ 국내 보험요율 산정/적용 프로세스 분석에 대한 유관기관 전문가 협의체를 구성하여 현행 개선점을 파악

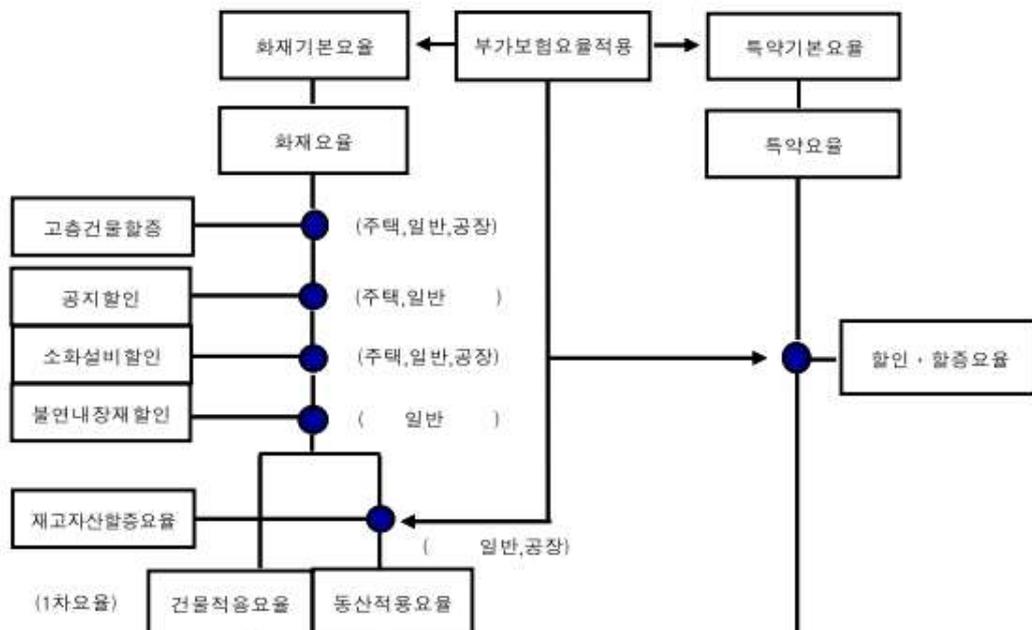


[그림 2-64] 국내 보험요율 유관기관 전문위원회 구성

□ 2차년도

- 재사용 배터리의 화재성상 및 저장방법에 관한 연구
 - 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 저장 인프라에 대한 화재성상분석 실험
 - ※ 저장용량별 화재시 구획실내 화재하중 및 화재성장을 추정 실험
 - ※ 화재지속시간 및 단위면적당 한계 저장용량 도출
 - ※ 배터리 저장실의 면적 및 저장용량에 따른 화재 위험도 등급 분류

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 저장 인프라에 대한 방화구획 설계 기준(저장용량, 구획크기, 구획방법 등) 연구
 - ※ 방화구획부재(벽, 슬래브) 및 화재확산방지설비 기본 요구성능 도출
 - ※ 저장공간에 대한 화재성상 전산해석 모델링 데이터 정립
 - ※ 저장용량, 구획크기, 구획방법 등 설계 기준 초안 작성
- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 보험요율 산정 로드맵 작성



[그림 2-65] 현행 화재보험료 할인할증 프로세스

□ 3차년도

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라의 방화구획 요구성능에 관한 연구
 - 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 방화구획 부재 및 설비의 성능기준 연구
 - ※ 화재시나리오(가열곡선, 화재지속시간) 설정 및 평가방법 도출
 - ※ 시뮬레이션 및 실험을 통한 각 부재 및 설비별 요구성능(내화시간) 기준 정립

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 방화구획 화재안전성능 검증실험
 - ※ 배터리 저장공간간 구획부재에 의한 열 및 화염전파 차단성능 검증실험
 - ※ 화재시나리오에 따른 벽, 슬래브 부재에 대한 내화성능 실험 : 사양구조 제시
 - ※ 배터리 화재 특성, 진압방법 등을 고려한 방화구획 부재(벽, 슬래브 등)의 적용성 평가
- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 보험요율 적용 시뮬레이션 검증



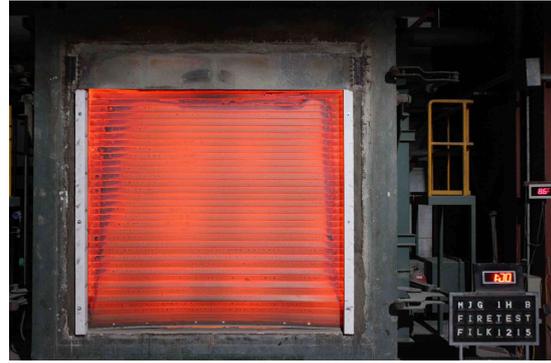
[그림 2-66] 방화구획 구조부재의 화재안전성능 검증 실험

□ 4차년도

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라의 화재확산방지설비 요구성능에 관한 연구
 - 대용량 에너지 인프라의 화재확산 방지설비를 고려한 방화구획 기준 연구
 - ※ 방화구획에 설치된 화재확산 방지설비(방화문, 방화셔터, 내화채움구조, 방화댐퍼 등)에 대한 기준설정
 - ※ 방화구획 요구성능에 적합한 화재확산 방지설비(방화문, 방화셔터, 내화채움구조, 방화댐퍼 등) 기술 개발
 - ※ 화재확산 방지설비가 적용된 방화구획에 대한 유효성 검증 실험



[그림 2-67] 방화문 시험



[그림 2-68] 방화셔터 시험



[그림 2-69] 내화채움구조 시험



[그림 2-70] 방화댐퍼 시험

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라의 배치계획 및 영향 연구
 - ※ 기존 건축물 또는 신설건축물에 따라 배터리실 배치시 안전성, 유지관리, 화재진압 용이성 등을 고려한 배치설계 검토
 - ※ 배터리실 배치에 따른 구조적 안전성, 방화구획, 유지관리 및 화재진압 등에 대한 유효성 검증 실험
- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 보험요율 산정 프로세스의 타당성 전문가 검증

□ 5차년도

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라의 방화구획 기준 개발 및 실규모 검증
 - 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 설계기준 및 방화구획 기준 개발
 - ※ 저장용량, 단위실의 규모, 설치위치, 추가설비 등에 대한 설계기준 정립

- ※ 구획부재와 화재 확산 방지설비에 대한 성능기준 및 설치에 대한 기준 제정
 - ※ 설계 및 방화구획 설치에 대한 체크리스트 정립
 - ※ 결과물 제도화를 위한 관련 법령 개정(안) 제출
- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라에 대한 설계기준 및 방화구획 적용 실규모 검증 실험
- ※ 기준안의 적용성 분석·평가를 위한 [기준 테스트베드]로 Case Study 수행



[그림 2-71] 실규모 검증시험 예시

- 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 실증평가 위험성 분석 및 평가 방법론 정립
- ※ 전산해석 등을 통한 해석 및 안전성 검증 방법 정립 : 조건 변경에 따른 방화구획기준 강화 또는 추가설비를 통한 방화구획기준 재평가시 활용

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

선행 유사과제 미확인

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
5	15	15	3	3	50

⑦ 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 고밀도 화재하중을 보유한 재사용 배터리의 최적 방화구획에 대한 표준 설계기술의 보급
- 도시, 산단에서 배터리 용량별/ 용도별/ 면적별 방화구획의 조합매트릭스 산출을 통해 건축주에게 안전 건축 설계 가이드라인 제시
- 재사용 배터리의 화재안전성 확보(화재확산방지설비 및 방화구획)를 통해 신재생 에너지 저장소로서의 도시, 산단 보급 확대를 견인

□ 경제적 기대효과

- 전기차 배터리의 화재위험성에 대한 부정적인 인식을 저감시켜 보급 및 확대에 기여
- 전기차 배터리 재사용을 적용된 안전 방화구획에 대한 보험요율 생성/ 보험료 인하를 통해 건축주로 하여금 사용성 장려

□ 정책적 기대효과

- 대용량 에너지 저장 인프라에 대한 맞춤형 방화구획 설계 및 설치기준을 마련함으로써 화재발생에 대한 안전성 확보가 가능
- 건축물 피난방화 규칙에 방화구획의 개정을 통해 배터리 재사용 건축물의 안전 사용을 위한 정책적 기류 조성

다. 도시/산단 에너지 인프라 연계 및 실증기술

(1) 배경 및 필요성

- 도시나 건물에서 전기차 사용후 배터리를 적용하기 위한 기준이 부재하여 수요기업의 시장 진출이 어려운 상황이며, 도시/산단 내 기술 실증 후 검증된 기술을 기반으로 관련 기준 마련 필요
 - 현재 사용후 배터리를 기반으로 한 에너지 저장 인프라 관련 기술들은 대부분 실험실 단위의 연구가 진행된 상태이며, 이를 대규모 현장 검증한 사례는 부재함
 - 현재의 ESS 설치기준은 용도구분이 별도로 이루어지고 있지 않으며, 도시/산단 등 거주 지역에 설치되는 만큼 사고예방을 위한 구체적 기준 마련 필요
 - 대용량 에너지 저장 인프라의 도시 활용성을 높이기 위해 주거, 교통, 재생에너지 등 수요처별 기존 인프라 연계 운영, 응용제품개발, 주민 수용성 제고 등 활성화 기반 마련 필요

(2) 목표

- 도시/산단 내 인프라 연계 운영기술 및 응용기술 개발, 도시/산단 설치법·제도 개선
 - 시범도시/그린산단 등 기존 도시 에너지관리시스템 통합 운영 SW 개발
 - 충전소, 공동주택용 소규모 ESS 등 기타 도시응용 인프라 및 주민 수용성 확보를 위한 지하공간 활용방안 개발
 - 대용량 에너지 저장 인프라 도시/산단 설치 관련 법·제도 개선
- 사용후 배터리 기반 10MWh급 대용량 에너지 저장 인프라 실증 운영실적 확보
 - 10MWh급 대용량 에너지 저장 인프라 실증 운영 및 운영실적 기반 Track Record 확보

(3) 정의 및 범위

- (정의) 도시 내 보급확산을 위한 상용모델 경제성 확보 및 기존 도시시설 연계, 현장적용을 위한 평가 기술
- (범위) 대용량 에너지 저장 인프라 실증운영, 기존 도시 에너지 인프라 연계, 기타 응용 인프라 활용 기술
 - 대용량 에너지 저장 인프라 통합 모니터링·운영 시스템 SW 구축
 - 사용후 배터리 기반 도시용 에너지 저장 인프라 실증기반 운영체계 구축
 - 사용후 배터리 기반 산업용 대용량 에너지 저장 인프라 실증기반 운영체계 구축

(4) 세부기술 내용

(가) 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템

① 배경 및 필요성

- 스마트 그리드의 중요성이 강조되고, 재생에너지의 비중이 높아짐에 따라 전력망의 안정성을 확보하고, 나아가 주파수제어를 통해 전력의 품질을 향상하기 위해 ESS 구축이 중요해지고 있음
 - 나아가 안전/운영적 측면의 효율성을 증진시키기 위한 지속적인 분석, 개선을 위한 시스템이 요구되고 있음
 - 도시 단위의 스마트 그리드 구축 및 운영을 위해서는 안전기준 충족과 최적화를 위한 운영 기술들이 필요함. 현재 개발 기술들은 열 폭주, 화재, 피크대응, 잔존 수명, 최적운영/운전, 위험도 평가 등 세부 목적을 달성하기 위하여 개별적으로 추진되고 있음
 - 대용량 에너지 저장 인프라의 운영 시스템은 이러한 기술의 집합체가 될 것이나, 단순히 이러한 기술들을 결합하는 방식으로는 기술 간 중복에 따른 간섭이 발생할 수 있고, 운영상의 비효율성이 증가하는 문

제가 발생

- 각 기술 및 핵심자산에 사용되는 데이터들의 시맨틱 정보를 구현하여, 안전·운영 데이터들의 효율적인 취득 및 관리가 가능하도록 온톨로지 기반 대용량 에너지 저장 인프라 구성정보 및 데이터 통합 기술 개발이 필요
 - 기술별로 상이한 형태를 가지고 있으나 실제로는 동일한 데이터가 중복 관리, 또는 방치되는 상황을 방지하며, 지속적인 분석 및 개선을 용이하게 할 수 있음
 - 더 나아가 수소도시/그린산단 등 타 통합 플랫폼과의 연계성을 용이하게 하여 시스템에 대한 중복 투자를 사전에 방지할 수 있음.

② 국내외 기술동향

□ 국내 기술동향

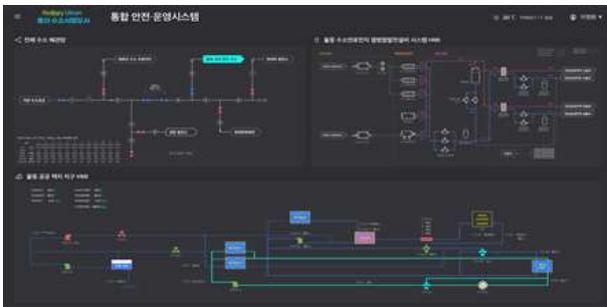
- 울산수소시범도시 통합안전관리운영센터 사례
 - 통합운영관리시스템 구성

구성요소	주요 내용	비고(특이사항 및 이슈 등)
1. 통합운영 안전관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소의 생산, 저장, 이송, 활용 등 전주기 과정에서 발생하는 데이터 수집, 분석, 상호연계를 통한 데이터 기반 서비스 형성 	-
2. 운영시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 생산, 배관, 연료전지, 수소충전소 별 제어 시스템 구축 ▪ 통합운영안전관리시스템 연계데이터 식별 및 데이터 연계 방안 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 통합 운영안전 관리 시스템은 다양한 데이터, 통신프로토콜을 지원할 수 있는 IoT 플랫폼 적용
3. 안전관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 생산, 배관, 연료전지, 수소충전소, 4세대 분산형 열병합시스템별 관제, 모니터링 및 원격제어, 차단, 경고 등 안전관리 핵심지표 개발 및 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기기 건전성, 배관 건전성을 분석하기 위한 데이터분석 모델 적용 기반 플랫폼 적용
4. 종합현황판	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 필수 KPI 및 요구사항에 따라 유연하게 적용가능한 Web 기반의 Dynamic UI/UX 적용 ▪ GIS 상에 종합 현황도식화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 디스플레이 사이즈 및 수량은 시스템 개발시 결정하여 시스템 구축 및 센터 건립시 적용
5. 유형별 시나리오	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 개발 시 관련 프로세스 설계 추진: 안전 및 운영 업무프로 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연동시스템 서비스수준 결정 (SLA), 안전 및 운영 모니터링 및 점검 항목 등

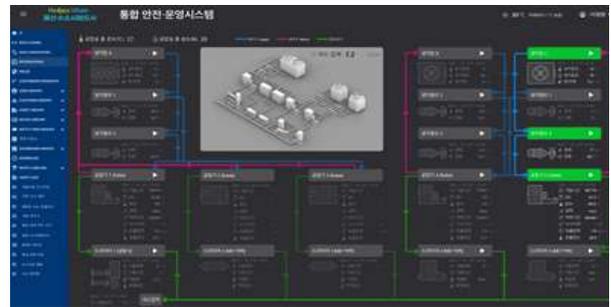
	세스 설계, 장애 관리 프로세스 설계	계통에 따른 장애 감지, 보고,수집, 처리절차, 통합운영센터 내 장애 감지, 보고, 수집, 처리 절차 등
6.기타	<ul style="list-style-type: none"> 지속적인 데이터 분석을 통한 알고리즘적용이 가능하도록 파일럿 알고리즘 개발 및 시범 적용 수소기반 가상발전소로 고도화가 가능하도록 기반 플랫폼 구축 	<ul style="list-style-type: none"> AI 등 데이터분석을 통한 지속적인 알고리즘 고도화를 위해서는 별도의 플랫폼이 필요 수소기반 가상발전소로의 고도화를 위한 비즈니스 모델은 개발

- 통합 안전·운영시스템 개발

※ HMI는 설비자산의 상태, 자산 관련 업무 상태, 위험 상태 등 운영 및 감독자의 주요 관심사에 대해 직관적으로 모니터링 할 수 있도록 구성



[그림 2-72] UI 예시 - HMI



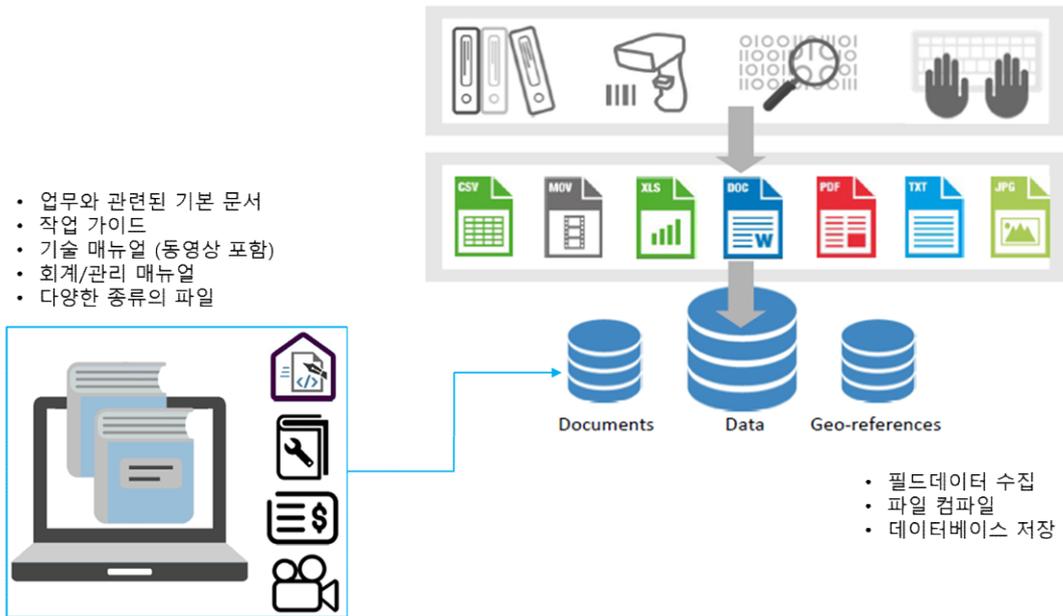
[그림 2-73] UI 예시 - 설비 HMI 및 알람 시스템



[그림 2-74] UI 예시 - HAZOP 적용

※ 업무와 관련된 모든 문서를 시스템에 관련 업무와 매핑하여 업로드 할 수 있음

※ 모든 자산 및 운영 데이터는 자산관리/IoT 플랫폼을 통해 필요에 따라 실시간/이벤트 발생 시 저장할 수 있도록 되어 있으며, 권한 부여에 따라 데이터 공유 이루어짐



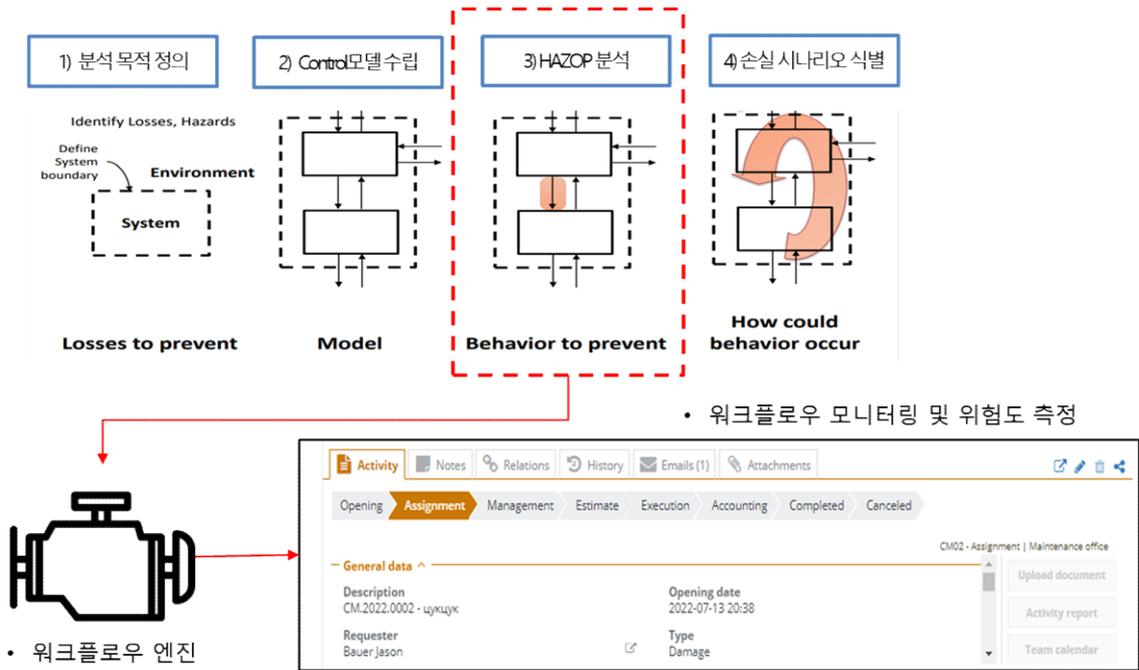
[그림 2-75] UI 예시 - 데이터 공유

※ 자산 각각의 속성데이터로 도면정보를 업로드하여 관리할 수 있음. 각 도면은 GIS 좌표와 BIM 표준모델로 업로드 할 수 있으며, 모델의 Configuration Rule 에 따라 체계적으로 관리할 수 있음



[그림 2-76] UI 예시 - 도면자료 관리, GIS&BIM(3D) 적용

※ 중요 안전관리이행에 대한 STPA(System Theoretic Process Analysis)를 워크 플로우로 구현하여, 위험 상황 발생 시 즉각적인 알람을 제공함

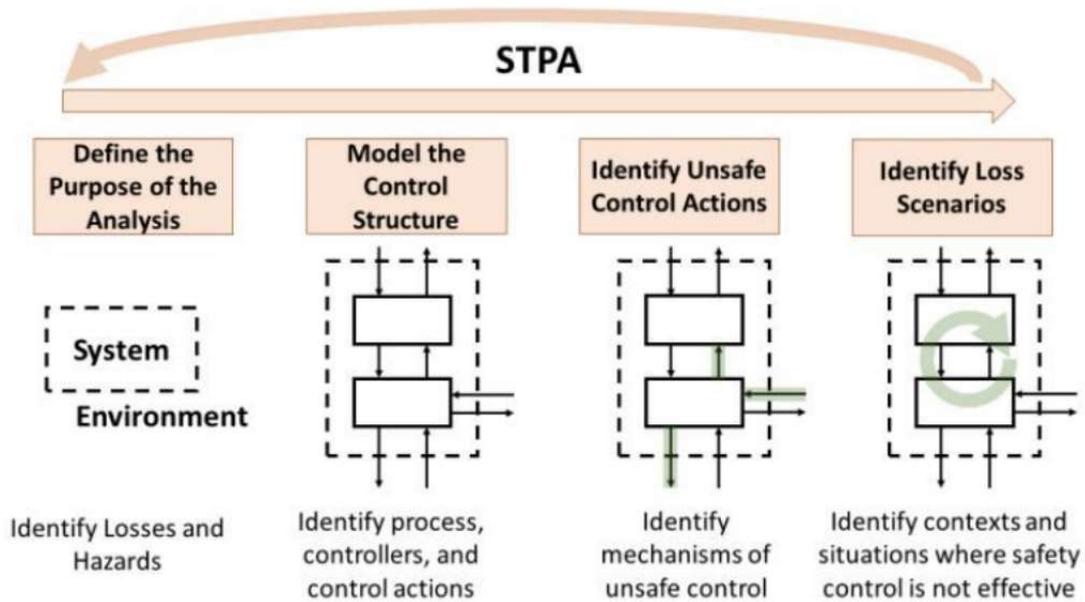


[그림 2-77] UI 예시 - STPA 적용

- ※ 설비의 유지보수에 필요한 사항을 사전에 규정하여, 지속적으로 예방 정비를 수행하도록 하며, 이를 시스템에 반영하여 그 상황을 추적 관리할 수 있도록 함
- ※ 예상되는 비상상황 시나리오에 따라 수립된 비상대응계획을 시스템에 업로드하여, 관련 담당자가 이를 준수하도록 하며, 필요시 정기적인 훈련을 수행하고, 그 이행 기록을 시스템에 저장

□ 해외 기술동향

- (미국) 샌디아 국립 연구소는 2020년 Grid-scale Energy Storage Hazard Analysis & Design Objectives for System Safety 보고서를 발간
 - 시스템 이론 프로세스 분석 (STPA) 방법을 활용하여 설비자산 간 복잡한 상호작용이 내포하고 있는 잠재위험을 파악하는 데 초점을 맞추고 있음

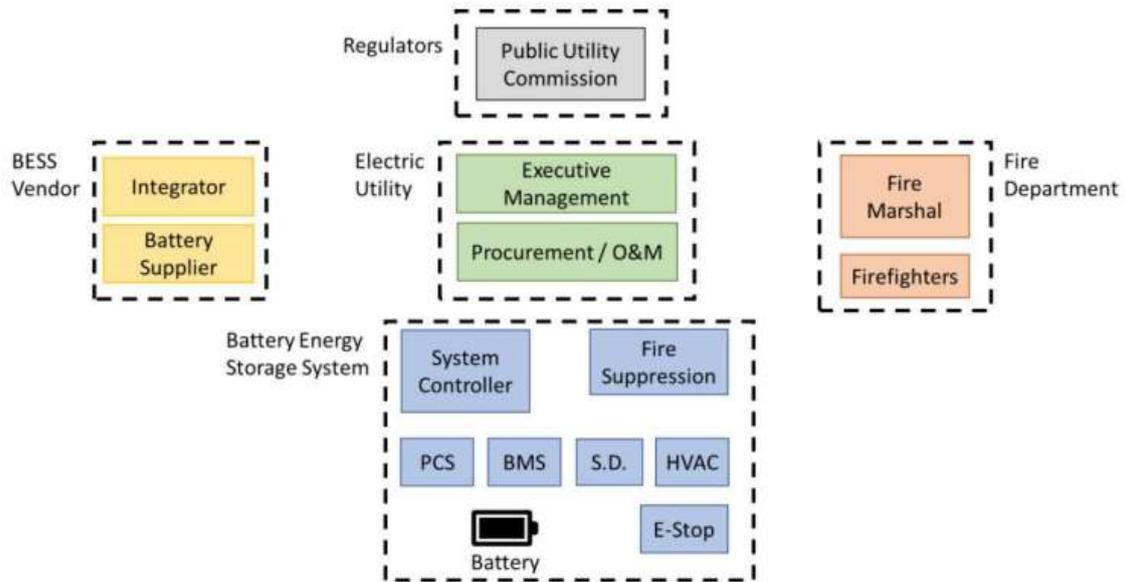


[그림 2-78] 시스템 이론 프로세스 분석 방법 개념도

- 리튬이온배터리시스템의 재해 및 폭발을 방지하기 위해 몇 가지 자산 손실 이벤트를 정의하고 있음
- ※ 열 폭주 전파: 배터리가 열 폭발로 고장나는 상황. 배터리 대용량에너지저장장치는 한 셀이 고장난 경우, 주변의 셀로 고장이 전파될 수 있음
- ※ 단일 셀의 열 폭주 상태는 다른 단일 셀이 열 폭주에 노출되는 조건을 생성하며, 전파가 진행되면 모듈 간 전파가 발생하는 조건을 생성함
- ※ 벤트 가스 폭발: 열 폭주가 발생할 경우 리튬 이온 배터리는 가연성 화합물을 포함한 가스를 배출함
- ※ 밀폐된 장소나 국소적인 장소에서는 이러한 가스의 폭발이 심각한 장비 손상을 발생시킬 수 있음
- ※ 부상 또는 사망 등 인적 손실: 재해 또는 폭발 상태에 노출되어 부상이나 사망 발생. 서로 다른 인적 자원 범주가 동일한 이벤트에 다른 방식으로 노출될 수 있음(예를 들어 연기 발생시 일반인과 소방관의 피해 정도는 상이)
- ※ 에너지저장장치 기능 상실: 안전하고 신뢰할 수 있는 전기 시스템 유지가 불가능한 상황
- ※ 일부 상황에서는 정전으로 인한 인명 손실을 초래할 수 있으므로, 기능을 유지하는 것이 중요함

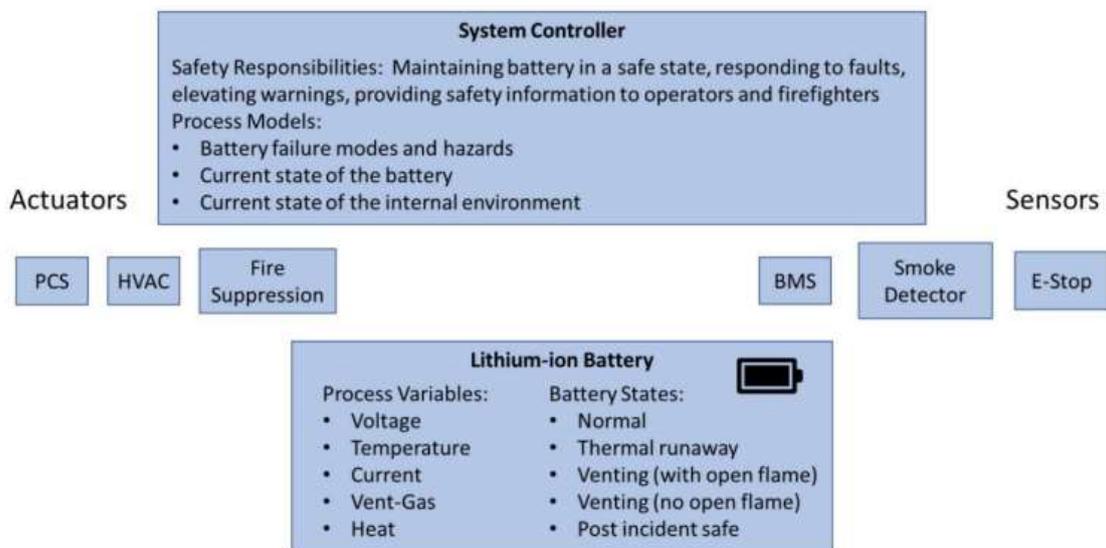
- 안전관리 체계 모델

- ※ 사회 기술 수준과 장치 수준 두 가지 수준에서 안전 제약을 적용함. 사회 기술적 제어 시스템의 다이어그램은 다음 그림과 같음
- ※ 해당 수준에서 제어 동작은 리튬 이온 배터리의 위험과 재해를 방지하는 방법에 대한 이해를 바탕으로 여러가지 결정을 통해 이루어짐



[그림 2-79] 안전관리 체계 모델

- ※ 장치 레벨 제어 시스템의 다이어그램은 다음과 같으며, 이 수준에서 시스템은 프로그래밍된 모델과 임계값을 기반으로 자동 결정을 내림



[그림 2-80] 장치 레벨 제어 시스템의 다이어그램

③ 연구개발 목표

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		<ul style="list-style-type: none"> 개별적인 안전 장치 및 운영 모니터링 	<ul style="list-style-type: none"> 통합적인 안전 예측 및 운영 최적화
정량목표	기술수준(%)	<ul style="list-style-type: none"> 선진 안전-운영 수용도 30% 	<ul style="list-style-type: none"> 선진 안전-운영 수용도 95%
	TRL(단계)	<ul style="list-style-type: none"> TRL 5 	<ul style="list-style-type: none"> TRL 8
	클라우드 네이티브	<ul style="list-style-type: none"> 단일테넌시 (single-tenancy) ABAC(Attribute-Based Access Control) 	<ul style="list-style-type: none"> 멀티테넌시 (Multitenancy) RBAC(Role-Based Access Control)
	온톨로지 기반 데이터 통합	<ul style="list-style-type: none"> 구성정보 기반 	<ul style="list-style-type: none"> 온톨로지 기반
	모듈형 알고리즘 관리	<ul style="list-style-type: none"> 알고리즘 이식 기반 - 위험 알고리즘 적용 시 별도 개발 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈형 알고리즘 기반 위험 알고리즘 관리
	위험평가 모델기반 위험도 예측	<ul style="list-style-type: none"> 개별 시스템의 위험도 예측 	<ul style="list-style-type: none"> 통합적 관점의 위험도 예측
	STPA 관리	<ul style="list-style-type: none"> STPA 미 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 워크플로우 STPA 구현
	3D 기반 관리	<ul style="list-style-type: none"> 지도/GIS 기반 	<ul style="list-style-type: none"> BIM/CAD 기반
	논문	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none"> 3건
특허	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none"> 6건 	

④ 연차별 연구내용

□ 1차년도

- 온톨로지 기반 대용량 에너지 저장 인프라 구성정보 및 데이터 통합 기술 개발
- 위험 평가 모델을 기반으로 주요 설비 및 행위에 대한 위험도 예측 알고리즘 개발
- 위험한 통제행위 식별을 통해 도출된 중요 안전관리이행 사항에 대한 시스템 워크플로우 구현 및 위험상황 발생 시 즉각적인 알람을 제공하는 기능 개발
- 설비의 유지보수에 필요한 사항을 사전에 규정하여, 지속적으로 예방 정비를 수행하고 추적관리할 수 있는 기능 개발

□ 2차년도

- 각종 안전·작업 가이드, 기술메뉴얼(동영상) 등 문서, 현장 점검일지, 점검·진단 보고서, 실시간 설비 운영 데이터, 지리참조 (Geo-references) 데이터를 공유할 수 있는 데이터 공유 기술 개발
- 각각의 설비 자산의 GIS좌표 정보와 속성데이터가 포함된 BIM(3D) 표준모델을 업로드하여 Configuration Rule에 따라 유지관리할 수 있는 기술 개발
- 예상되는 비상상황 시나리오에 따라 수립된 비상대응계획을 시스템에 업로드하여, 관련 담당자가 모의훈련을 수행할 수 있도록 하는 기능 개발
- 대용량 에너지 저장 인프라의 실시간 운영 상태, 자산관련 업무 상태, 위험 상태를 직관적으로 모니터링할 수 있는 HMI (Human Machine Interface) 기술 개발
- 대용량 에너지 저장 인프라의 안전 및 운영 상황을 한눈에 볼 수 있도록 GIS와 BIM(3D)가 통합된 Dashboard 개발

□ 3차년도

- 위험관리/자산관리 매뉴얼에 따라 작성해야 하는 작업/점검 일지 생성과 이 입력 내용과 시스템 데이터를 결합하여 필요한 보고서를 구성하고, 자동생성할 수 있는 기술 개발
- 업무 커뮤니케이션 효율을 높이기 위해 업무와 매칭된 채팅 기능 개발
- 수집된 정보의 신뢰성·무결성을 점검할 수 있는 I/O 품질관리 기술 개발

□ 4~5차년도

- 2개 이상의 사이트에 대해 적용 및 실증
- 주요 작업 활동의 상태를 파악할 수 있는 작업 상태 보고서 자동 생성 기능 개발
- 수소도시/그린산단 등 타 통합 플랫폼과의 연계

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
수소충전소 원격 모니터링, 진단 및 안전관리를 위한 디지털 솔루션 실증기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 모니터링의 대상을 특정 설비자산에 한정하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 통합 안전 측면에서 시스템 연계
이미지 기반 빅데이터를 활용한 ESS 장주기 성능관리 및 이상 감지 시스템 개발 기초 연구	<ul style="list-style-type: none"> 이미지 데이터 외, 각종 설비 데이터 통합 운영/분석 	<ul style="list-style-type: none"> 통합 안전·운영 시스템에 분석 알고리즘 연계

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
2	3	3	7	5	20

⑦ 기대효과

기술적 기대효과

- 리머테리얼(완전분해 및 화학적 재료 재활용)전단계의 적정 기술인 모듈단위 리유즈를 통해 높은 경제성을 활용하여 ESS 시스템을 구성
- 보급된 ESS의 실시간 상태 점검을 통한 제품개선 및 사전 유지보수 용이

경제적 기대효과

- 현재 높은 가격 때문에 시장에서 외면받는 ESS시장에 돌파구를 마련하여 주관사를 비롯한 ESS 시장에서의 PCS, BMS, 컨테이너 제작, 전기공사 등의 관련 회사의 신성장동력을 제공
- 신재생 변동성 대응 및 계통 안전성 보장에 필수인 실시간 반응 자원인 ESS를 저렴하게 보급하여, 에너지 시장에서의 ESS 지원을 원할 하게 함

정책적 기대효과

- (ESS-DR 연계시스템) 재활용 ESS를 통해 DR 수요자원 시장 참여 및 이를 통한 에너지 절감 효과 기대

- (통합 에너지 관리 플랫폼 구축) 공장(FEMS)-가정(HEMS)-지역(CEMS) 단위 에너지 관리 시스템과 ESS-DR-PV 등을 연계한 통합 에너지 관리 플랫폼으로 성장 기대
- (가상 발전소 VPP 구축) 클라우드 기반 재활용 ESS-DR 연계 등을 통해 가상의 발전소를 구축하여 전력 수요자원 관리 및 에너지 절감, 탄소 저감 등에 기여
- 각 설비자산의 고장예지 및 건전성 관리기술을 개발하고, 관련 산업 및 설비, 생산 시설, 안전 시스템 등 확대 적용 가능하며 안전관리 및 위험성 평가 방법론을 타 에너지 산업분야로 확장 가능함.
- 폐기물로써의 전기자동차 폐배터리를 상대적 저성능이 요구되는 산업용 배터리로써 재활용을 통해 폐기물 처리 부담 경감 및 자원 재활용을 통해 선순환 구조를 마련

(나) 대용량 에너지 저장 인프라 산단 실증(10MWh급)

① 배경 및 필요성

□ 현재 정부의 사용후 배터리 리사이클링 관련 정책은 SOH 80% 이상의 재사용이 가능한 배터리에 대한 정책이 주류를 이루고 있으며 약 5년 후 누적 42만 개에 달하는 SOH 80% 이하급 전기차 사용후 배터리에 대한 활용 및 산업화 준비는 미흡

- 특히, SOH 80% 이하급 전기차 사용후 배터리에 대한 재활용, 수거 공간 및 관리/폐기에 대한 준비가 없어 잠재적 자원활용 가치를 가지고 있는 SOH 80% 이하급 사용후 배터리에 대한 자원 재활용 및 사업화 측면에서 대책이 필요
- SOH 80% 이하급 전기차 사용후 배터리는 ESS 화재 등의 안전 이슈와 중대재해법 등으로 실내 등 위험요소가 있는 곳에 설치를 기피
- EV의 성장이 연평균 30%에 육박함에 따라 사용후 배터리, 미사용 배터리(ESS) 등의 환경·산업적 측면에서 처리 해결방안 필요함

□ 현재 중소기업은 글로벌 공급망 수요기업으로부터 “RE100 이행계획서”, “탄소감축 이행보고서” 등 탄소감축에 대한 보고서 제출을 요구받고 있어 이에 대응하기 위한 실질적인 탄소중립그리드 산단 추진 대안 마련이 필요

- 2021.7월 EUsms 탄소국경세 탄소국경세 도입을 내용으로 하는 EU “Fit for 55” 발표
- 현재 많은 기업들이 RE100, 탄소중립, 1.5도 시나리오 기준 온실가스 감축 목표 수립, 저탄소 제품 개발 등 다양한 요구에 직면
 - 현재 정부에서 일부 지원중인 탄소중립산단 프로젝트가 개별/단타지원 중심으로 전사적인 성과를 거두기에는 한계가 있으며 산단 전체를 체계적으로 탄소중립화하는 전략(탄소중립그리드 산단)이 필요한 시점임
 - 산단 전체를 지속적이고, 체계적인 탄소중립그리드 산단으로 유도하여

입주한 기업이 스스로 탄소중립그리드를 통하여 탄소중립에 참여할 수 있도록 대안 제공 필요

- 이러한 정책은 개별 기업이나 일부 단체(조합 등)이 자체적으로 추진하기는 어려우며 정부-지자체-산단-기업이 VUES기반 탄소중립 그리드 구축 필요
- 또한, 공장 옥상 태양광, ESS 구축 지원 및 FEMS 지원 사업이 각각 지원되거나 연계가 되어있지 않아 탄소중립에 효율적으로 대응 못하고 있음
 - 개별 공장에서 각 기업에 있는 ESS 및 태양광을 산단형 VUES(Virtual Utility Energy Storage) 산단 소각장이나 공용 폐수처리장 처럼 산단 전체 혹은 산단 내 기업 유형에 따라 블록 단위로 묶어, 산단 입주 기업 전체의 탄소중립, 탄소국경세 대응이 가능하도록 지원할 필요 있음
- 지자체의 산단 유치 지원 사업에 탄소중립/탄소국경세 대응 공용 VUES를 지원하여, 탄소국경세(CBAM) 대응 산단형 SMART VUES GRID K-산업단지 수출 모델 가능

② 국내외 기술동향

- 세계 전기차 시장은 향후 10년간 연평균 29% 수준의 급성장이 전망되며, 전기차 시장 성장에 따른 사용후 배터리 처리 문제가 환경·산업적 측면에서 이슈로 대두되고 있음
 - '21년말 기준 국내 전기차 등록대수는 23만 1,443대로 2020년(9만 6,481대) 대비 71.5% 증가(신규등록대수 대비 115% 증가)
 - 국내 전기차 폐배터리 발생량은 올해 1,099개, 25년 8,321개, 27년 2만 9,508개 등으로 예상되며 2030년까지 누적개수가 42만 개에 달할 것으로 예상됨
 - 이에 따른 폐배터리의 리사이클링 문제가 국가적으로 해결할 시급하

고 중요한 과제로 대두되고 있음

□ 이러한 시장·산업적 동향에 따라, 정부도 2차전지 자원순환 정책 등 폐배터리 리사이클링에 대한 사업을 추진 중

- (회수체계 마련) 환경부는 전기차 보급 확대로 늘어나는 폐배터리의 회수·재활용 체계를 지원하기 위해 전국 4개 권역(경기 시흥시와 충남 홍성군, 전북 정읍시, 대구 달서구)에 미래폐자원 거점수거센터를 준공하고 본격 운영
 - 보관시설 : 폐배터리 개별 관리코드를 부착, 파손이나 누출여부 등의 외관 상태를 검사한 후 안전조치
 - 성능평가실 : 충방전기로 잔존용량, 잔존수명 등을 측정해 재사용 가능성 판정, 결과는 매각가격 산정에 반영
 - 보관시설 : 물류자동화 설비를 도입해 입출고 관리효율을 높이고 능동적인 화재대응시스템 구축
- (활용기반) 산업부는 기업의 이차전지 선별(성능 안전성평가 등)을 지원하기 위해 제주·나주·울산·포항 ‘사용후 이차전지 산업화 센터’ 확대 구축
 - 울산광역시 : 전기차 사용배터리 재사용 산업육성을 위한 기반 구축
 - 전라남도 : (나주혁신산단) EV·ESS 사용후 배터리 리사이클링 센터
 - 포항시 : 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구
 - 제주도 : EV 폐배터리 재사용 센터

[표 2-12] 사용후 이차전지 산업화 센터 현황

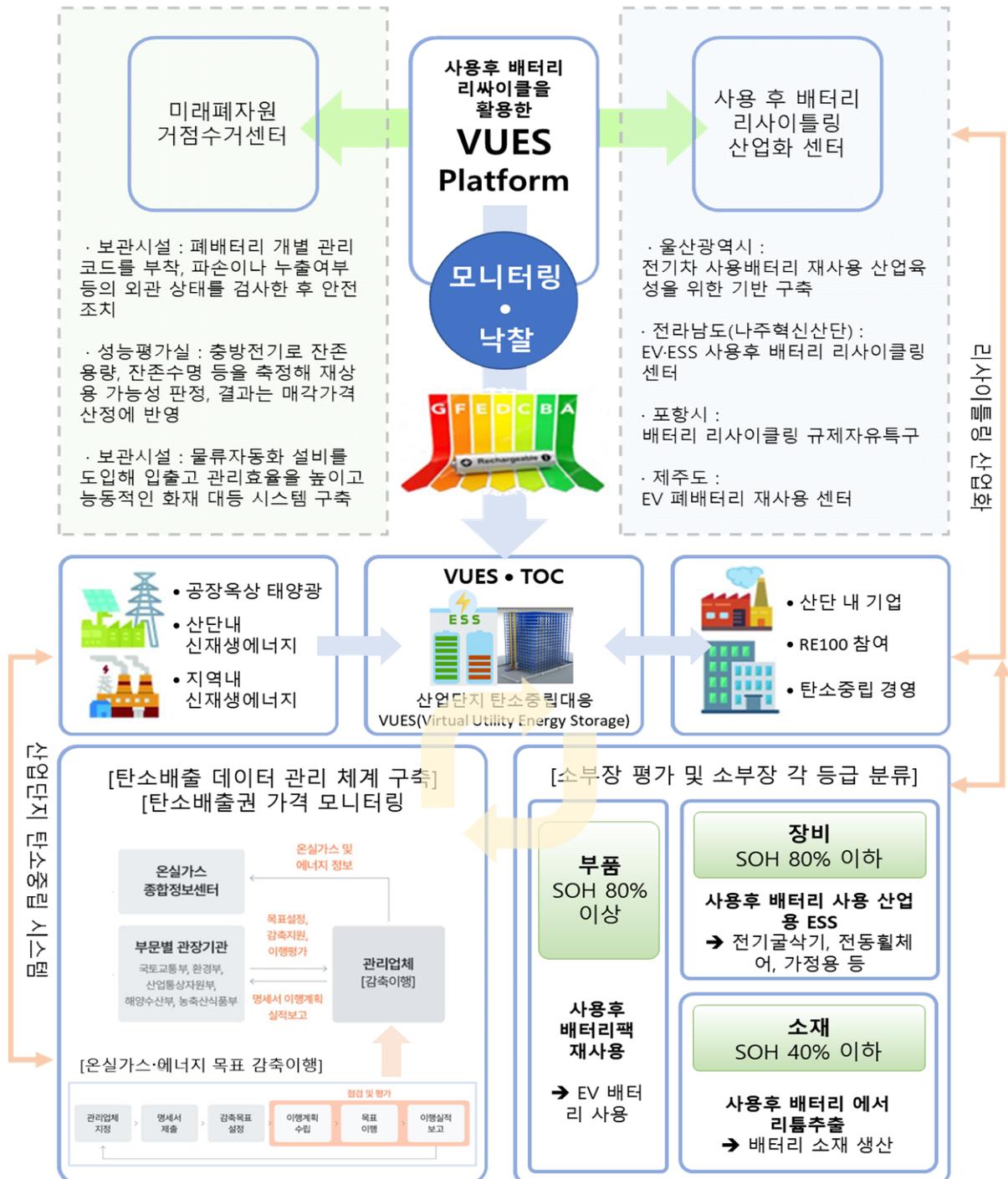
지역	제주	전남 나주	울산	경북 포항	충북 진천
구축	'19년 10월	'21년 12월	'21년 12월	'20년 9월	'20년 5월
연간 처리용량	(팩) 750대 (모듈) 6,000대	(팩) 1,250대 (모듈) 17,000대	(팩) 600대 (모듈) 1,400대	(팩) 2,400대 (모듈) 6,400대	(팩) 14,400대 (모듈) 14,400대

□ 잔존수명 별 기술적 활용범위

- (부품 : SOH 80% 이상) 사용후 배터리팩 재사용. 배출되는 배터리
→ 자동차용 배터리 사용
- (장비 : SOH 80% 이하) 사용후 배터리 사용 산업용 ESS. 배출되는 배터리
→ ESS, 전기굴삭기, 전동휠체어, 가정용 등의 용도로 재사용
- (소재 : SOH 40% 이하) 사용후 배터리 리튬을 추출
→ 리튬 추출 및 배터리 소재 생산

③ 연구개발 목표

□ 사용 후 배터리 리사이클을 활용한 VUES 기반 탄소국경세(CBAM) 대응 도심·산단형 SMART VUES GRID 구축 및 실증



[그림 2-81] 사용후 배터리 순환체계 개념도

- 배터리 재 목적화 (Repurposing) 공정 운영 관리 시스템 구축
- 클라우드 기반 배터리 팩/모듈/소재 진단 운영관리 시스템
 - 사용 후 배터리 충방전/안전진단/보관/재활용, 재제조/유통이력 관리 시스템 구축
 - 상기 2개 시스템 적용 도심·산단용 VUES 및 운영 플랫폼 구축
- 대규모 ESS인 VUES 운영중 지속적으로 팩/모듈/소재 진단으로 배터리 소부장 리사이클 운영관리
- 탄소국경세(CBAM) 대응 도심·산단형 SMART VUES GRID 구축
 - (재생에너지 확보 및 저장) 도심 및 산단 내, 주변 신재생에너지 설비 구축 및 연계
 - (수용가 연계, FEMS 연결) 공장 FEMS 연결. SVG등 기업내 에너지 효율 설비 구축
 - (수용가 공장 탄소중립 시스템 구축) 탄소배출 데이터 관리 체계 구축 등

평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
연동 통신 신뢰성	%	-	-	≥ 95
운영솔루션 성능검증	건	-	-	1
내전압시험	KV	미국/Midtronics 2	-	2
절연저항 시험	K/MΩ	미국/Midtronics 500/5	-	500/5
설치지역 에너지 절감량				기존 사용량 대비 15% 절감
사업화 매출액				투자 대비 30% 편익 효과
CO ₂ 감축량				기존 대비 10% 감축

④ 연차별 연구내용

□ 1차년도

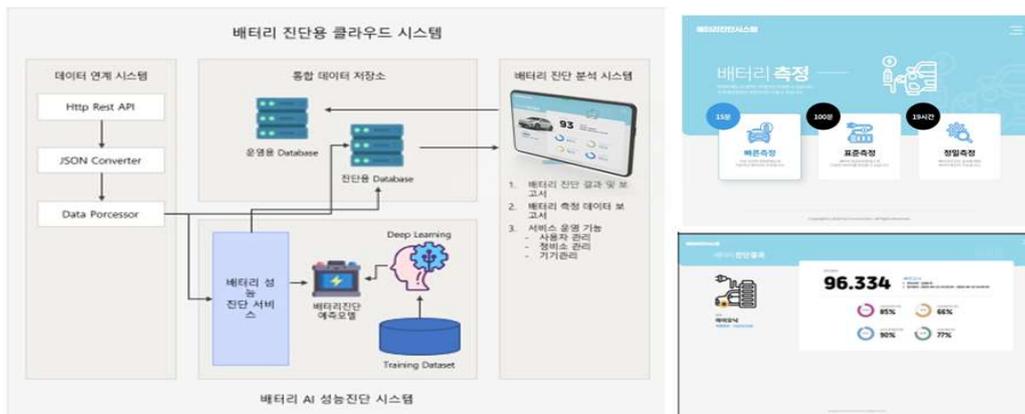
- 실증 현장조사/ 프로젝트 표준 수립
- 배터리 재 목적화(Repurposing) 공정 운영 관리 시스템 구축
- 배터리 재 목적화 보급 활용을 위한 팩/모듈 단위 공통 인터페이스 방식의 외장함 케이스 및 지능형 커플러 설계

□ 2차년도

- 실증 부지계획/ 인허가/EPCM 실행계획
- (산단 탄소중립-피크-DR 대응) 사용후 배터리를 활용한 도심·산단형 VUES 하드웨어 및 솔루션 개발

□ 3차년도

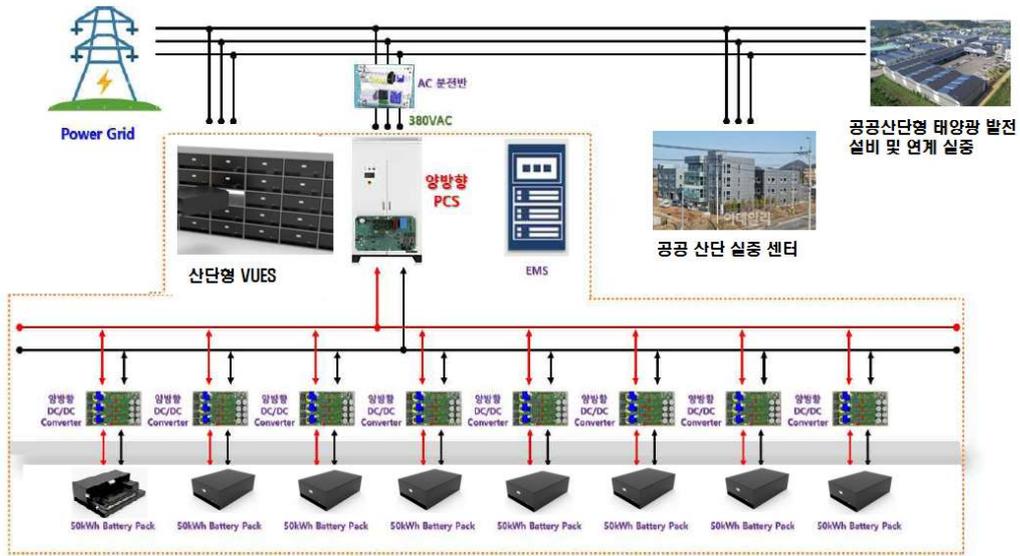
- 클라우드 기반 배터리 팩/모듈/소재 진단 운영관리 시스템 연계



[그림 2-82] 클라우드시스템 운영 예시

□ 4차년도

- 탄소국경세(CBAM) 대응 도심·산단형 SMART VUES GRID 구축
- (재생에너지 확보 및 저장) 도심 및 산단 내, 주변 신재생에너지 설비 구축 및 연계
- (수용가 연계, FEMS 연결) 공장 FEMS 연결, SVG등 기업 내 에너지 효율 설비 구축
- (수용가 공장 탄소중립 시스템 구축) 탄소배출 데이터 관리 체계 구축



[그림 2-83] 산단형 실증모델

□ 5차년도

- (실증운영) 전력 스케줄링 모델 기반 도심·산단형 전력최적화 운영
 - 신규건축물 : 충전빌딩 기반 산단형 모델 적용
 - 기존건축물 : VUES 설치공간 부족으로 팩단위

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

- 산업단지 연계 사용후 배터리 활용 유사사례 없음

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
10	20	30	50	10	120

⑦ 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 사용후 배터리의 안전한 사용과 소부장 리사이클링 기술 확보
- 이를 통한 각 분야 기반 산업 중소기업의 핵심 기술 보유 가능

□ 경제적 기대효과

- VUES 기반 도심·산단형 SMART VUES GRID 구축을 통한 사용 후 배터리 재활용으로 인한 탄소 저감
 - 신재생에너지 발전 및 저장을 통한 에너지 효율 극대화
 - VUES 공용 GRID로 피크절감, DR 대응으로 인한 저감 효과 등으로 탄소중립, 탄소국경세, RE100 산단 전체 기업이 공동 대응 가능
- 이에 따라 수출장벽을 극복하고, 신기술 도입에 따른 저비용 고효율 생산 가능으로 기업 및 국가 경쟁력 확보
 - 탄소중립 경영을 통한 ESG경영으로 기업 및 산단, 지역의 이미지 재고

□ 정책적 기대효과

- 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 20%, 누적 설비용량을 63.8GW까지 끌어 올리겠다는 정부의 재생에너지 3020 이행계획을 산업단지 내에서 실현
 - 산업단지 내 연간 에너지 총생산량은 11,121.8천toe(2018년)이며, IEA 기준 신재생에너지는 39.0C천 toe에 불과
- 탄소저감, 미세먼지 저감 등으로 쾌적한 주면 환경 조성 가능 등 환경적 정책에 기여

(다) 에너지 저장 인프라 도시 적용 모델(EV 충전기/인프라) 실증

① 배경 및 필요성

- 전기자동차 보급의 확산에 따라 수명을 다한 폐배터리의 발생량 증가, 폐배터리의 재활용·재사용 기술 및 사업모델의 출현에 따라 관련 산업 성장이 증가
 - 전기자동차의 보급이 늘어나면서 수명이 다하거나 성능이 감소하여 폐기되는 사용후 배터리가 점차 늘고 있는 상황
 - 성능이 저하된 배터리를 그대로 폐기할 경우 환경오염에 대한 우려가 큼
 - 전기자동차 1대 평균 70KWh의 배터리 탑재, 교체되는 사용후 배터리의 경우 평균 56KWh의 용량을 가지고 있음
 - 사용후 배터리가 재활용된다면 한 사람이 하루 평균 사용하는 전력의 양인 3KWh 기준으로 19명이 하루에 사용할 수 있는 전기를 얻을 수 있음
 - 환경과 경제적인 측면에서 사용후 배터리를 단순히 폐기하는 것보다 다시 가공하여 재활용하는 것이 전기 손실을 줄이는 등 경제적 측면 및 환경적인 측면 부분에 이득이 많기 때문에 사용후 배터리 재사용 시장이 빠르게 부상 중
 - 정부 ‘2030 이차전지 산업 발전전략’을 통해 사용 후 이차전지 시장 활성화를 위한 회수체계에 대한 제도 마련 및 산업화센터 등을 통해 제품화 지원방안 제시
 - 전기자동차 폐배터리가 증가 하고있는 추세에서 현실적으로 폐배터리를 제대로 회수되거나 폐기 절차가 이행되지 못하고 방치되는 사례가 점차 늘어나고 있는 상황
 - 이차전지의 필수 원재에 대한 해외 의존도가 높은 상황에서 폐배터리의 재활용을 통한 자원 회수 가능성이 높아지고 있음

□ 전기차 사용후 배터리를 이용한 에너지저장장치(ESS) 배터리로 재사용 가능성 확대

- 국내 전기차 판매량은 2018년 기준으로 57,289대 보급되었으며, 연평균 약 94%의 급격한 성장세 기록
- 정부는 「미래자동차산업 발전전략」 및 「2030년 국가 로드맵」을 통해 2030년에는 전기자동차 누적 보급대수 300만대 계획 발표
- 전기차 배터리는 통상 5~10년 사용 후 폐기되며, 폐전지 시장은 2028년 이후 본격화될 것으로 전망
- 에너지경제연구원은 2029년 국내 기준 전기차 폐전지는 약 8만 개가 배출될 것으로 추정
- 전기차 배터리의 용량은 초기 대비 80% 이하로 감소하면 충·방전 시간, 주행거리 등의 문제로 교체가 필요
 - 자동차는 폐차 신고 의무화로 전지 이력 추적이 가능하여 폐전지의 수거가 용이하고 잔존용량을 감안하면 ESS(Energy Storage System)로 재 활용 가치가 높아, 전기자동차 생산업체들은 폐전지를 통해 ESS로 재 사용하는 방안을 적극 검토 중

□ 정부에서는 친환경 자동차 보급 확대 정책을 수립하고, 사용자 편의성 향상을 위한 충전인프라 확충을 추진하고 있으며, 도심지 등 수요 밀집 지역 대상 충전인프라 확대 도입 중

- (전기·수소차 보급현황) 2030년까지 전기·수소차 판매 비중을 33%까지 늘릴 계획(2030 미래차 산업 발전전략, '19.10)이며, 전기차 보급 목표는 승용차 247.5만대, 버스 25천대, 화물 50만대 등 총 300만대(국내 전기 자동차 보급 정책)
- (전기차 충전인프라 보급현황) 국내 전기차 충전기는 전기차 보급 확대에 발맞춰 ' 21.6월 기준 누적 급속 충전기 1.2만기, 완속 충전기 5.9만기가 보급

- 운영기관별로는 민간 충전사업자가 60,690기, 공공 충전사업자가 16,025개로 민간 사업자의 비중이 높음

[표 2-13] 국내 전기차 충전기 보급현황(누적)

구분	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021.6월
급속	919	3,343	5,213	7,396	9,805	12,789
완속	1,095	10,333	22,139	37,396	54,383	59,316
합계	2,014	13,676	27,352	44,792	64,188	72,105

* 출처 : 전력거래소(전기차 및 충전기 보급 이용 현황분석)

○ (전기차 충전인프라 보급목표) 정부의 전기차 충전인프라 보급 계획은 '25년 기준 누적 51.7만기로 거주지·직장 등 생활거점 중심으로 50만기, 휴게소 등 이동거점 중심으로 1.7만기를 목표로 하고 있음

- 지금까지는 설치가 용이한 공공시설, 주차장, 공동주택 중심으로 설치되어왔으나, 2022년부터 개정된 친환경 차 법이 적용됨에 따라 신축뿐만 아니라 구축아파트, 기축 시설, 주거지 생활거점으로 확대될 전망
- 공동주택은 2025년까지 100세대 이상의 아파트(17,656단지, 1,073만명)에 주차 공간의 4% 이상 완속 충전기가 구축되어야 하며, 도심지역에도 2025년까지 상업/공공시설(43만 동, 475명)에 주차 공간의 3% 이상 완속 충전기가 구축되어야 함

※ 특히 충전기 설치가 권장이 아닌 의무화된 구역이 증가함에 따라 가파른 성장이 기대됨

[표 2-14] 국내 전기차 충전기 보급목표(누적)

구분	2020년	2021년	2025년
급속	0.98만기	-	이동거점(급속위주) : 1.7만기
완속	5.4만기		생활거점(완속위주) : 50만기
합계	6.4만기	9.6만기	51.7만기

* 출처 : 전력거래소(전기차 및 충전기 보급 이용)

○ (수요 밀집 지역 적용 한계) 친환경 전기자동차 보급 확대를 위해 다양한 수요를 충족할 수 있는 충전인프라 제공이 필요하며, 특히 도심지 등 수요 밀집 지역에 적용할 수 있는 충전서비스 확보 필요

- 장거리 운행 중 요구되는 충전은 급속 중심, 거주지와 근무지 등 주차 시간이 긴 장소는 완속 중심으로 충전인프라 확대 방안 도입 필요
- 다수의 전기자동차를 충전하기 위해 고전력이 필요하며, 충전 전력 확보 및 인근 지역의 전력공급에 영향이 없도록 전력 수급 방안 확보
- 여름·겨울철 전력수요 피크 및 전기자동차·전자기기 증가에 따른 블랙아웃 방지에 도움을 줄 수 있는 시스템에 수요관리 제도 적용

□ (Vehicle-to-Grid 시장) V2G 국내외 시장은 ‘19년도부터 ’ 25년도까지 연평균 4.5% 가량 증가전망에 있음

- 국내시장은 2019년 8,574억 원에서 연평균 4.5% 증가하여 2025년에 1조 1,166억 원 규모로 성장할 것으로 전망
- 국내 자동차 판매량 중 전기차 점유율이 꾸준히 증가하면서 앞으로 전기차 시장이 빠르게 성장할 것으로 예측
- 정부에서도 전기차 보조금, 세금 감면 혜택과 같은 정책들과 인프라 구축을 위한 투자를 늘리고 있음
- 전기차 충전기 인프라의 경우 50kw급 이상의 직류 급속 충전기의 경우 4,000여 대에서 2022년까지 10,000여 대까지 확대 계획

[표 2-15] 국내 V2G 시장 규모 및 전망

구분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
시장(억원)	8,754	8,960	9,363	9,784	10,225	10,685	11,166

* 출처 : 중소기업 기술로드맵(2021.04)

- V2G 세계시장은 ’ 19년 251억 2200만 달러에서 연평균 4.5% 증가하여 ’ 25년에 327억 1600만 달러 규모로 성장할 것으로 전망
- 전 세계적으로 전기 자동차의 판매량이 증가하면서 EV 충전 인프라에 대한 수요도 증가(CAGR 4.5%)
- 세계적으로 많은 정부는 탄소 저감을 위해 친환경 자동차에 대한 세금 혜택 지원과 정책들을 추진하고 있으며, 환경문제에 대한 대중들의 인

식 증가로 인해 V2G 산업의 성장이 가속화될 것으로 전망

[표 2-16] 해외 V2G 시장 규모 및 전망

구분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
시장(백만\$)	25,122	26,252	27,444	28,668	29,959	31,307	32,716

* 출처 : Industry Research(2021)

사용후 배터리 기반 ESS와 DC변환 기술 기반 수배전 일체형 DC Grid 연계 충전 시스템 개발 필요성

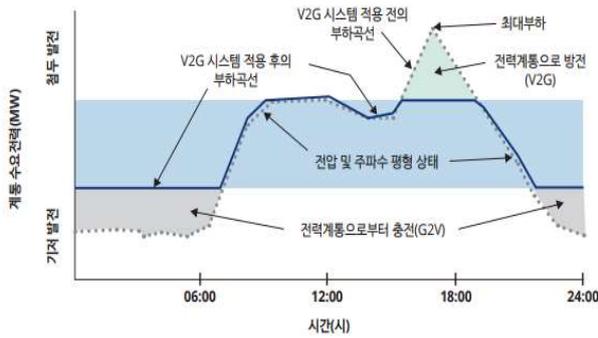
- 일반적인 대용량 충전소의 경우, 대용량 전력 수전설비, 변압기 설비, 수배전함 등 다양한 전력 설비를 갖추어진 상태에서 충전기를 설치하는 것이 일반적이나, 과정상 에너지 손실 등의 문제가 발생
- 전기자동차에서 회수된 폐배터리 및 한전 수전 시 특고압 전력을 DC로 변환하는 기술을 기반으로 전기차 충전기 운영 및 ReuseESS를 충전하는 기술을 개발하여, 전력 변환에 따른 에너지 손실을 최소화 할 수 있는 기술 개발 및 평가기술 필요

② 국내외 기술동향

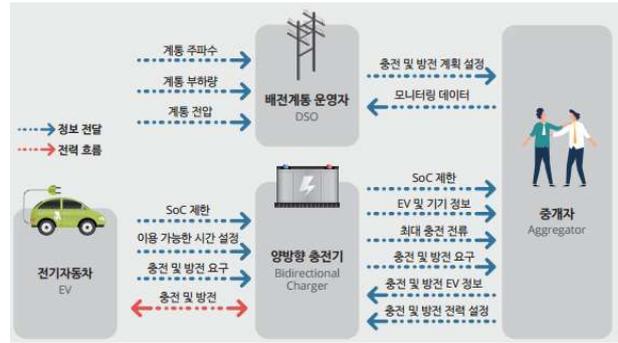
국내 기술 동향 및 수준

신재생에너지 2030 비전 등 국가에너지 전환 정책에 의해 신재생에너지의 발전 비율이 향후 지속적인 증가가 예상되며, 이에 따라 신재생 발전원의 수요공급 및 변동성에 대응하기 위한 다양한 기술이 개발되고 있음

- V2G(Vehicle-to-Grid)는 전기자동차가 계통에 연계되어 전기자동차 배터리에 충전을 하거나 저장된 전력을 계통으로 역송전하는 시스템으로 전기차를 이용하지 않는 시간에 에너지를 저장하고 전력부하가 높은 시간에 방전하여 에너지 효율을 높일 수 있음
- 자동차 10만 대는 500MW 화력발전소 규모로 V2G를 통해 전기차는 에너지 저장 장치의 역할을 수행하여 더욱 효율적으로 에너지를 사용할 수 있음



[그림 2-84] V2G 시스템을 이용한 부하평준화



[그림 2-85] V2G 시스템 구성도

* 출처: 전력연구원(2020)

- 국내에서는 한국전력이 여러 기업과 함께 양방향 충전기와 통신 모듈 등 기술을 개발하고 V2G를 이용한 비즈니스 모델을 탐색하고, 실제 전력시장에 적용할 수 있도록 V2G 실증사업을 추진 중

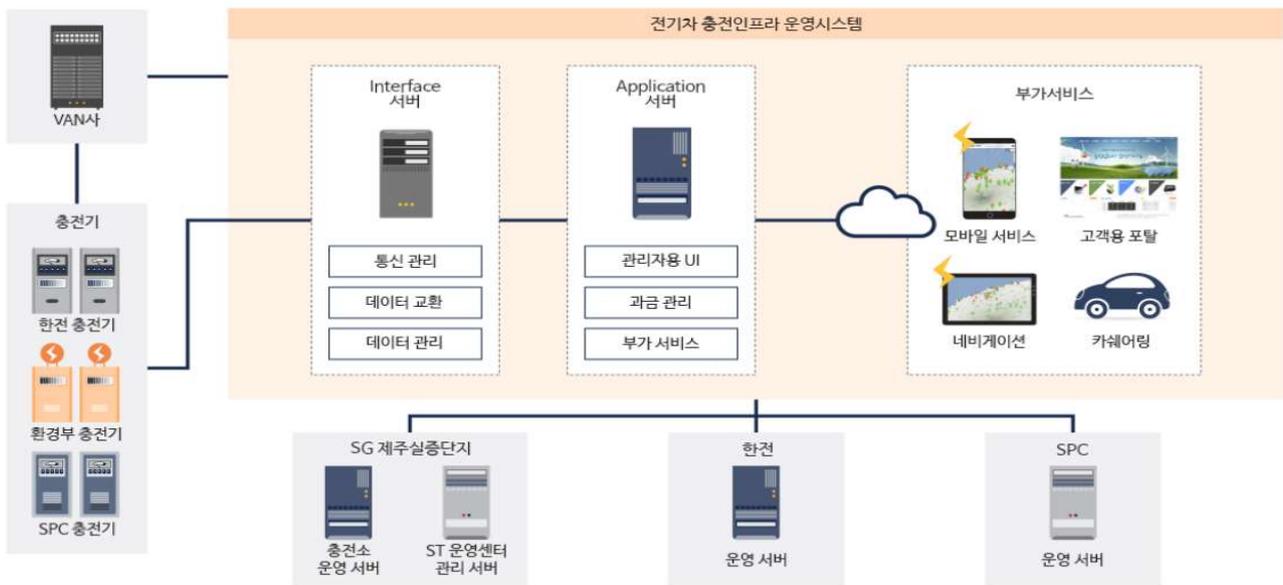


[그림 2-86] 한전의 V2G 개발 과정

- 현재는 충전기 중심으로 충전시스템이 구축되고 있으나 증가하는 수요와 다양한 사용자 요구에 맞추기 위해서 전기차 사용 후 배터리를 에너지저장장치 (ESS)로 재사용하고 수배전 용량 증가 없이 에너지 부하를 관리해 하나의 충전기로 여러 대의 전기차를 동시에 충전할 수 있고 완·급속 충전이 가능한 지능형 충전시스템의 개발이 이루어지고 있음
- 전기차 충전사업자를 위한 충전인프라 운영 및 회원관리, 결제정보 관리 등을 지원하고, 전기차 사용자의 충전 편의를 위하여 모바일 서비스, 네비게이션, 고객용 포털, 카쉐어링 등 다양한 부가서비스를 제공하는 다양한 플랫폼 개발이 진행되고 있음

- 한전 KDN은 실시간 정보 제공(전기차 충전인프라 상태 및 충전량 실적, 요금/결제 정보 실시간 모니터링), 고객용 포털 및 모바일 서비스 등을 통해 고객에게 편리한 서비스 제공 및 다양한 결제수단*을 지원하는 전기차 충전인프라 운영시스템을 개발

* 신용카드, 전기요금합산, 월별통합결제, 정액요금제 등 다양한 결제방식 지원



[그림 2-87] 한전KDN의 전기차 충전인프라 운영시스템(EV-COS)

* 출처: 한전KDN(2020)

- 전기차 사용 후 배터리를 태양광 연계용, 유틸리티용, 전력용, 전기차 급속 충전기용, 캠핑용 파워뱅크, UPS 등 다양한 제품으로의 개발 및 상용화가 되고 있음

가천대학교의 이상환 외 연구진은 EV의 계통 유연성 확보를 위한 V2G 통신 표준 관련 연구를 추진한 바 있음¹³³⁾

- V2G의 구현을 위한 통신표준으로 ISO/IEC 15118이 적용되고 있음
 - 통신 프로토콜에 기반을 두는 전기자동차의 충전량 제어 시에 필연적으로 충전량 실행까지의 시간지연이 발생하게 됨
 - 이러한 충전량 시간지연은 전력 유연성 공급 측면에서 제한적 요인이 됨
- 이에 따라 ISO/IEC 15118에 따른 V2G 에뮬레이터를 통해 충전량에 따

133) 한국정보통신기술학회논문지, "ISO/IEC 15118기반 V2G 환경에서 전기자동차 유연성 검토", 2021.

른 전역 유연성 시장 참여에 대한 기술을 개발하였음

- 전기자동차는 충전기와 최초 접속 시 인증 등에 최초 지연시간이 발생할 수 있음

※ Day-ahead Market과 Real-time Market에 포함되는 하루 전 시장과 15분전 시장과 5분전 시장의 참여 조건은 각각 하루, 15분 5분 기간 내에 응답하여야 함

※ Regulation과 Spinning reserve의 참여 조건은 각각 4초와 10분 이내에 응답할 수 있어야 함

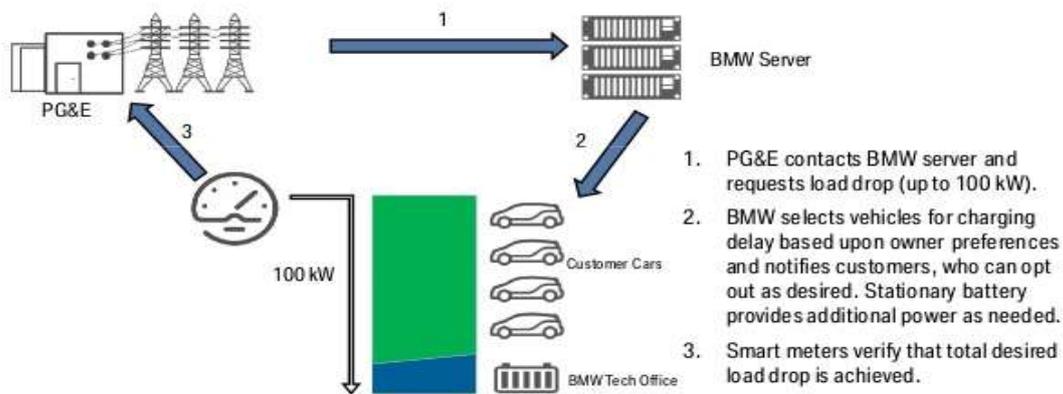
○ EV의 충방전 제어를 통해 Regulation Up&Down에도 활용이 가능하므로, 기술적으로는 모든 보조서비스 시장에 참여가 가능함

□ 국외 기술 동향 및 수준

○ 자동차 제조사들 중심으로 전기차 사용 후 배터리를 활용한 전기차 충전 기시스템, 대형 유틸리티용 ESS, V2G 연계 활용을 위한 실증연구가 진행

- BMW는 자사의 전기차인 MINI E의 사용 후 배터리를 활용하여 주택용 ESS, 태양광 발전 연계형 ESS, 전기차 급속 충전형 ESS, Peak Shaving 용 ESS, 마이크로 그리드용 ESS 등 수 kWh급 ~ 수 MWh급의 전기차 사용 후 배터리를 활용한 ESS의 개발 및 실증사업을 수행

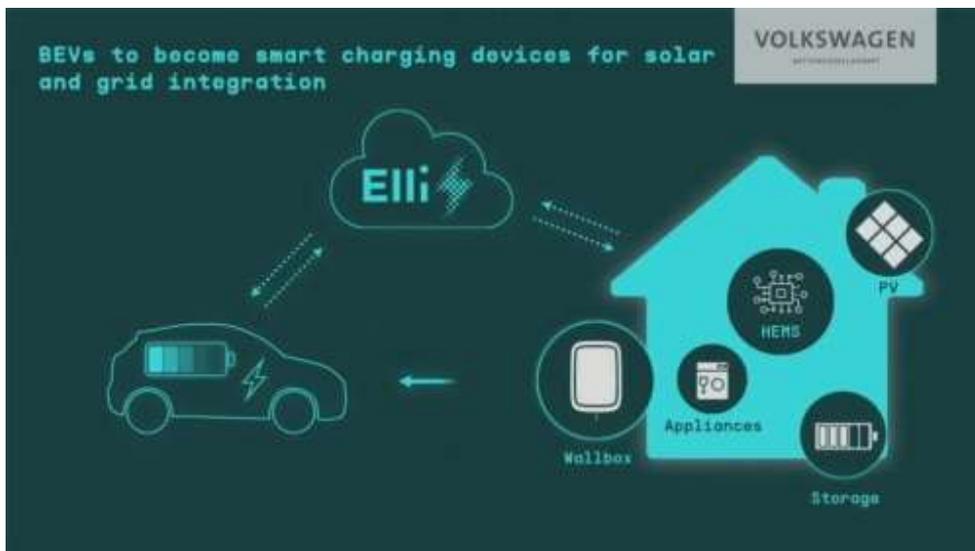
BMW i CHARGEFORWARD PROGRAM. TECHNICAL APPROACH.



[그림 2-88] BMW의 I-Charge Forward Project

* 출처 : BMW Group Technology Office Sustainable Mobility (2015.03)

- Daimler는 재생에너지와 연계하여 전력망의 안정화, 주파수 조정 등에 활용하는 13MWh 및 15MWh급 ESS 프로젝트를 진행함
 - ※ Daimler는 ACCUMOTIVE, Mobility House, GETEC 및 Remondis의 합작 투자 방식으로 전기차 사용 후 배터리를 이용한 ESS 프로젝트를 진행하여, 2019년 6월 독일 튀넨 지역에 13MWh 규모의 ESS 설치를 착공함
 - ※ Daimler는 자사의 2세대 Smart fortwo 전기차의 사용 후 배터리팩 1,000개를 활용하여 13MWh 규모의 ESS로 제작하여 재생에너지로부터 생산된 전력을 저장하였다가, 전력망에 전력을 공급시 전력의 출력 안정화(변동성과 간헐성을 완화)시키는데 활용됨
- 폭스바겐(VW)은 EV 가정용 충전용 월박스과 내부에 배터리를 탑재해 DC 급속 충전이 가능한 충전기, 이동식 충전 로봇 등 다양한 충전설비를 개발, 제공하고 있으며, 향후 EV를 전력망의 일부에 통합하는 스마트 충전을 계획하고 있음
 - ※ 폭스바겐이 개발한 전기차 사용 후 배터리로 이동형 전기차 충전기는 최대 360kWh의 전력을 저장하고, 최고출력은 100kW에 달함(폭스바겐은 독일 볼프스부르크 남부 잘츠가터에 배터리 재활용 공장을 건립)



[그림 2-89] 폭스바겐의 EV 배터리를 전력망 일부로 사용하는 개념도

* 출처 : 폭스바겐(2020)

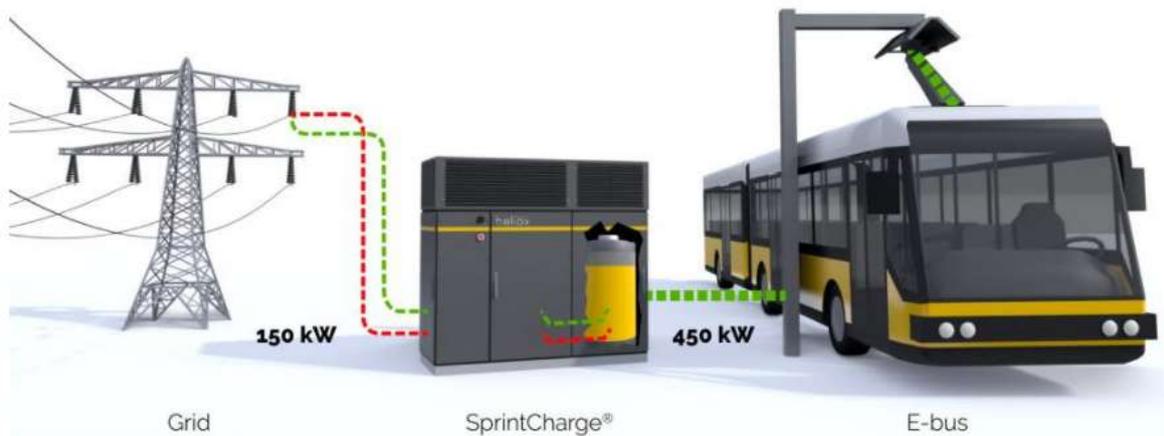
- 미국의 다국적 전력회사인 Eaton은 Nissan Leaf의 사용 후 배터리를 활용한 ESS로 전기차 충전용 시스템, V2G 연계 마이크로그리드 등 다양한 실증을 추진함



[그림 2-90] 네덜란드 암스테르담 축구장에 구축된 V2G

* 출처 : Energy storage(2019.12)

- 네덜란드 충전기 업체인 헬리옥스는 전기버스와 전기트럭 등을 위한 ESS를 활용한 대용량 충전스테이션인 SprintCharge를 개발

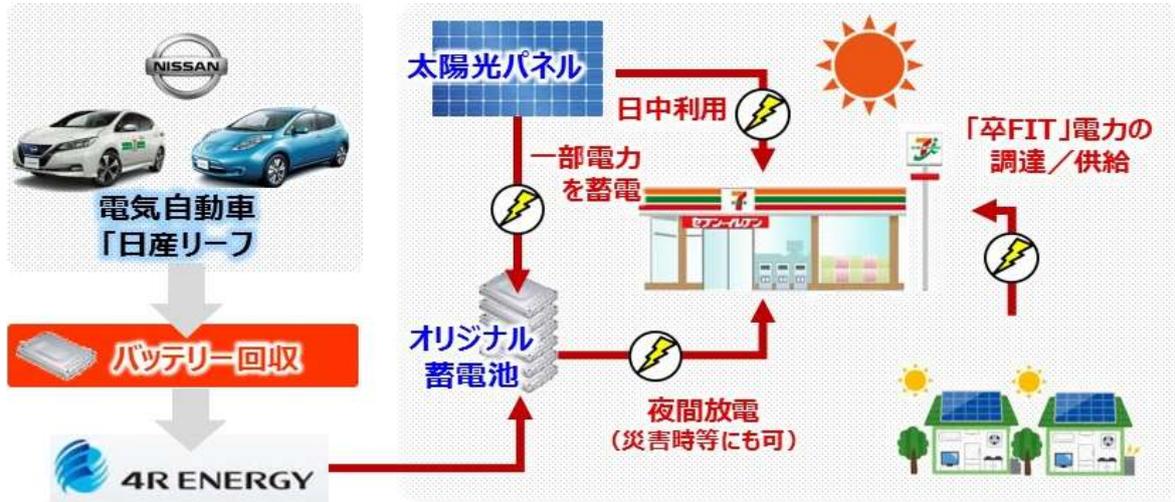


[그림 2-91] 헬리옥스의 SprintCharge

* 출처 : Hellox

- 일본의 4R Energy는 Nissan Leaf의 중고 배터리를 직접 등급분류 및 활용하여 전기차용/지게차용/골프카트용/AGV용 등의 모빌리티용과 가정용/건물용/유틸리티용/가로등/파워뱅크용 등의 ESS용으로 이용하고 있으며 이를 이용한 다양한 비즈니스 모델을 개발하고 있음

※ Nissan 자동차, 세븐일레븐 편의점과 협력하여 전기차 사용 후 배터리를 활용한 총 40kWh급 고정형 ESS를 적용하여 에너지의 순환형 절약 시스템 개발 프로젝트를 수행



[그림 2-92] 4R Energy의 순환형 절약 시스템 프로젝트 개념도

* 출처 : 4R Energy

③ 연구개발 목표

- 본 기술개발을 통해 에너지 효율 96% 이상의 Reuse ESS 기반 전기차 충전 기술 및 인공지능 기반 운영 플랫폼 구축

구분		현재수준	개발완료시점
정성목표		-	BM 및 부가서비스 BM 개발 (BM평가보고서)
		-	신규인력채용 (20명)
		-	특허출원 (4건)
		-	관련매출 (20억)
정량목표	기술수준(%)	50%	90%
	TRL(단계)	4단계~5단계	7단계~8단계
	BAT. 충방전효율	-	85% 이상 (폐배터리 잔량 대비)
	BAT. 안전시험	PASS	PASS
	에너지효율 (ESS충전)	-	96% (공인시험성적서)
	스마트충전기 고효율인증	94%	94%이상 (공인시험성적서)

스마트충전기 EMC Class B	-	만족 (공인시험성적서)
스마트충전기 출력	-	100kW (공인시험성적서)
스마트충전기 전압	-	1000V
스마트충전기 전류	-	200A
스마트충전기 역률	95%이상	99%
실증사이트 구축	-	1개소
충전시스템 GS인증	-	인증취득 (TTA시험인증연구원)
인공지능 학습용 데이터 구축	-	75%
인공지능 데이터 정확도	-	75%

④ 연차별 연구내용

1차년도

- 실증 현장조사/ 프로젝트 표준 수립
- 실증 부지계획/ 인허가/EPCM 실행계획

2차년도

- 재사용 배터리 확보
 - 폐배터리 확보를 위한 업무협약 체결 (미래폐자원거점수거센터 및 폐배터리산업화센터 등)
 - 폐배터리 자체 성능 평가(잔존용량, 잔존수명) 측정 장비 개발
 - 전기자동차 폐배터리 자체 방전 테스트 장비 개발
 - 폐배터리 상세 성능 분석 및 패키징 최적 산정 기술 개발

- Grid-forming 기능을 갖는 EV 충전기/인프라 개발
 - 양방향 충방전 기능을 갖는 충전기 개발(분리형/전력공유형, 동시충전 기능)
- 각 Point 별 데이터 수집 기술 및 제어, 운영 표준 플랫폼 개발
 - 폐배터리 기본 상태 데이터 수집
 - 폐배터리 평가 및 등급 분류 및 패키징 최적 산정 기술 개발
 - 수집된 데이터 기반 폐배터리 최적 구성 및 설계 기술 개발
 - 해당 단계별 인공지능(AI) 학습용 데이터 수집

□ 3차년도

- 사용후 배터리 활용 DC 연계 운영 기술 개발
 - 수배전 일체형 ESS와 전기자동차 충전기의 DC-DC 특고압 변환 연계 기술
 - ※ 수배전 일체형 ESS 기구설계, 시스템 설계, 제작, 개발, TEST
 - ※ 저압DC → 고압DC 변환 기술(컨버팅 기술)
 - ※ DC Grid기술을 활용한 전력효율 증대 기술
- Grid-forming 기능을 갖는 EV 충전기/인프라 개발
 - 양방향 충방전 기능을 갖는 충전기와 연계된 EV Grid Forming 기술 개발
- 각 Point 별 데이터 수집 기술 및 제어, 운영 표준 플랫폼 개발
 - ESS와 전기자동차 충전기의 DC-DC 특고압 변환 데이터 수집
 - V2G 충전 데이터 및 V2G와 연계된 충전기/인프라 연동 데이터 수집
 - 해당 단계별 인공지능(AI) 학습용 데이터 수집

□ 4차년도

- 사용후 배터리 활용 DC 연계 운영 기술 개발
 - 신뢰성 확보를 위한 각종 제품 시험 및 인증

- Grid-forming 기능을 갖는 EV 충전기/인프라 개발
 - EV Grid Forming 기술과 EV충전 인프라 연동 기술 개발
- 각 Point 별 데이터 수집 기술 및 제어, 운영 표준 플랫폼 개발
 - ESS 사용패턴(사용자별, 차량별, 시간대별, 계절별 등) 분석을 통한 인공지능(AI) 기반 표준플랫폼 개발
 - (사용자 분석 AI적용) 운영서버 개발, 운영APP개발
 - 수요자 편의를 고려한 플랫폼 개발
 - 신뢰성 확보를 위한 각종 제품 시험 및 인증

□ 5차년도

- (실증운영) V2G 모델 기반 도심형 전력최적화 운영
 - 충전설비와 DC GRID간 연계 운영 및 운영 성과 확보

⑤ 유사과제와 차별성 및 연계활용방안

유사과제	차별성	연계방안
전기자동차 리튬이온 폐배터리를 이용한 독립형 가정용 ESS 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 태양광 발전으로 생성된 전력을 저장하기 위한 배터리로 폐배터리를 연결 및 조립 후 안정적인 관리를 위해 BMS의 제어 회로 개발 설계 및 제작 ▪ 반면, 본 과제의 경우 Reuse ESS 및 DC 변환 기술 기반 수배전 일체형 DC Grid 연계 인공지능(AI) 기반 충전플랫폼 개발에 목적을 둠 	해당 없음
EV 폐배터리 재사용 센터 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전기자동차 보급에 따른 후방산업 활성화를 위하여 폐배터리 재활용 생태계 조성 및 배터리 반납/처리 체계 구축 ▪ 반면, 본 과제의 경우 사용후 배터리 활용 DC Grid 연계 BMS 기술 연동을 목적으로 둠 	해당 없음

유사과제	차별성	연계방안
전기차 폐배터리 기반 대용량 에너지저장장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 300kWh급 사용후 배터리 재사용 대용량 에너지저장장치(BESS) 개발 ▪ 본 과제의 경우, 사용후 배터리 재사용을 이용한 ESS 연계 충전 시스템 및 플랫폼 개발에 목적을 둠 	해당 없음

⑥ 연차별 소요예산

(단위 : 억원)

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	총액
5	5	15	20	5	50

⑦ 기대효과

□ 기술적 기대효과

- 전력망과 양방향 전력 사용이 가능한 EV 충전기/인프라 및 전력연계 기술 확보로 인한 도시 전력 부하 저감효과 창출 가능
 - ESS와 기존 도시 인프라 간 DC-DC 특고압 변환 연계 기술 확보
 - ※ 폐배터리의 대용량의 저압 DC → 전기자동차 충전용 고압 DC 변환 기술
 - ※ 보유하고 있는 DC Grid 기술을 적용한 전력효율 증대
 - EV Grid-Forming 기능을 갖는 EV 충전기/인프라 기술 확보
 - ※ V2G 기능을 갖는 충전 기술
 - ※ V2G 기능을 갖는 충전기와 연계된 EV Grid-Forming 기술
 - ※ EV Grid-Forming 기술과 EV 충전 인프라 구축 연동 기술
- 국내 최초 사용후 배터리 기반 ESS 플랫폼과 결합된 수배전 일체형 DC Grid 연계 전기자동차 충전시스템 요소기술 확보로 인해 사용후 배터리의 도시 활용성 확대

- 전력 변환을 최소로 진행하여 전력 변환 시 버려지는 에너지를 최소화
- 충전기의 효율을 높이기 위해 수배전반으로부터 충전 커넥터까지 전력 변환 효율을 높이는 일체형 구조의 전력배분, 다중 출력, 절연시스템 기술 확보
- 출력제한 동안 발생하는 잉여 전력을 저장하였다가 이용하는 대규모 전력 저장 시스템(ESS) 연계 기술 확보
- Charger 연동 충전 인프라, 제어관리시스템, 진단시스템 기술개발 및 사업화

□ 경제적 기대효과

- 폐배터리 활용을 위한 신규 BM모델 제시를 통한 폐배터리 활용 시장 확대 기여
 - 충전 설비 연계 ESS운영에 대한 표준 플랫폼 안 제시 및 최적 설계를 통한 설치 / 운영 비용 절감 기여
 - 전기차 사용후 배터리의 활용을 통한 ESS 시장 활성화 기여
 - 사용후 배터리를 이용한 전기충전기 사업 이외 다양한 ESS 응용 분야 촉진으로 ESS 시장 활성화에 기여
 - 사용후 배터리 - 전기차 충전기로 이루어지는 새로운 인프라 생태계 구축을 통해 신규 일자리 창출에 기여
 - 전력거래소의 재생에너지 잉여전력 발생 시 전력수요 관리사업자를 통해 저렴한 가격으로 잉여전력 사용자를 확보 발전사업자에 최소한의 보상이 이루어질 수 있도록 함
 - 사용후 배터리 관련 기업 사업성 확보에 기여
 - 유틸리티 설비 개보수, 신·증설에 따른 계통 안정 운영/ 계통연계 비용의 절감
- ※ 운전자 측면에서 충전시설이 전기차 이용의 가장 큰 불편함으로 이를 해소하기 위한 충전 서비스와 충전시스템 기술 개발

- 전력 저장 시스템의 경제성 및 불안정성 등으로 인해 활용 범위는 극히 제한적인 시장 현황 극복
 - ※ 전기차의 충전기 검색부터 완료까지 시간을 최소화하고 최적 요금에 충전할 수 있도록 충전기 상태정보를 사업자 간 공유하고 충전수요 예측을 통해 운전자 맞춤형 충전 서비스 개발 가능
 - ※ 예약 충전 등 원하는 시간대에 충전을 가능하도록 선호 요금에 맞춰 충전 시간, 충전 위치 등을 선택할 수 있도록 하고 충전 후 점거를 최소화할 수 있는 인센티브, 패널티 등 서비스 모델 구축

□ 정책적 기대효과

- 자원의 재순환을 통한 환경오염 방지에 기여
 - 전기차 사용 후 배터리의 재사용을 통한 자원 생태계 및 환경보호에 기여
 - 자동차 10만대는 500MW 화력발전소 규모로 V2G를 통해 석탄발전소 퇴출 또는 신규 발전소 건립 억제에 기여
- 신재생에너지 대응 계통 유연성 확보 가능
 - 신재생에너지 확대를 위해서는 신재생 전력의 활용을 재고하기 위한 에너지 저장 기술 확보 가능
 - 정부의 재생에너지 3020 이행계획인 2030년까지 재생에너지 발전 비중 20%, 누적 설비용량 63.8GW달성 등 실현에 기여

제3장 사업 추진방법

제1절 사업 추진전략

1. 기존 사업과 차별화 및 연계방안

□ 선행연구와의 중복 이슈는 용량, 용도, 활용처 등을 중심으로 제시하는 방향으로 차별성 확보 예정

○ 현재까지 재사용 배터리를 활용하여 실증된 ESS는 1MW 정도가 최대 용량이었으며, 설치 용도 및 활용목적 등에서 기 제시된 바 없음

○ 산단, 도시용으로 수요처의 요구조건이 고려되어 설계·제작·설치·운영이 이루어진다는 부분에서 차별성 확보

- 기존 연구는 수요처 요구조건에 대한 고려가 된 바 없는 요소기술 개발이었음

□ 동 과제의 연구 대상물은 사용후 배터리이며, 기존 연구 대상물이었던 신폼 배터리와의 기술개발 요소가 상이할 것

○ 특히 화재사고 분야에서 아직 국내에서 열폭주 과정의 세부 과정을 규명하거나, 기존 사용하던 소화설비 등이 재사용 배터리에도 동일하게 적용 가능할지 여부에 대해 명확하게 규명된 연구는 부재함

- 열폭주 과정의 세부 과정을 규명해주는 것 자체가 큰 의의가 있으며, 연구 결과 기반 정책적 제언 또한 유의미한 연구내용일 것

※ 열폭주 시간 등 세부 메커니즘이 신 배터리와 차이가 있을것으로 예상되며, 이에 따른 비교 검토 등의 연구는 의미 있을 것

가. 28MW급 BESS 시스템 실증적용 및 통합운영 제어기술 개발(산업부)

(1) 연구개요

- 본 과제는 ESS 계통계획 및 운용 기술을 확보와 더불어 ICT 융복합을 통해 국내 ESS 기술의 사업화 역량 제고를 실현하고자 하였음
 - 54MW급 BESS 계통 연계 설비 구축
 - 54MW급 BESS 계통연계를 위한 154kV 변압기 및 GIS 설비 구축
 - 배터리 및 PCS 구성을 위한 구조물 구축
 - LPMS(Local Power Management System) 운영 알고리즘 개발 및 검증
 - LPMS 탑재 운영 알고리즘(풍력안정화, 피크저감 등)의 개발 및 시뮬레이션 기반 검증
 - LPMS 운영 알고리즘의 구현을 위한 H/W환경 요구사항 반영 LPMS 설계
 - 다수 BESS의 통합제어시스템(TEMS) 운영 알고리즘 개발 및 시뮬레이션 기반 검증
 - DR반응 다수의 다용량 BESS 운영 알고리즘 검증

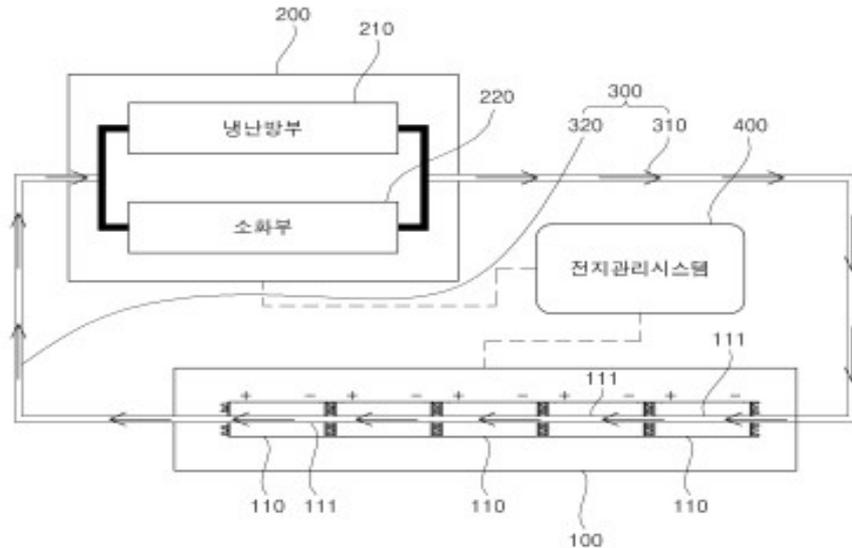
(2) 사업규모

- 사업기간 : 2014~2018(5개년)
- 사업규모 : 약 501억 원(정부: 약 180억 원)

(3) 사업성과

□ 특허출원

- (배터리 시스템 관리 장치 및 이의 동작 방법) 배터리 셀 또는 모듈의 고장으로 인한 교체 또는 수리 시에 고장 난 모듈을 제외하고 정상적인 모듈의 운영 중단을 회피하고 모듈 교체 시에도 운영의 중단 없이 교체 가능한 배터리 시스템 관리 장치 및 이의 동작 방법에 대한 특허 출원
 - 배터리 셀 또는 모듈의 고장으로 인한 교체 또는 수리 시에, 고장 난 모듈을 제외하고 정상적인 모듈의 운영 중단을 회피하고 모듈 교체 시에도 운영의 중단 없이 교체 가능
 - 대용량 에너지 저장장치는 배터리의 높은 가격으로 설비의 가동률이 낮아지면 설비 투자 및 운용의 경제성이 크게 저하되나, 본 성과로 인해 일 실시예에 따른 배터리 시스템 관리 장치 및 동작 방법을 적용할 경우, 에너지 저장 장치의 가동률을 수 % 개선시킬 수 있고 상기 장점에 의한 경제적 효과를 얻을 수 있음
 - 또한 설비 고장 시 교체 및 수리 등이 어려운 에너지 자립섬 등에 활용되는 에너지 저장 장치는 고장시 복구까지 많은 시간이 소요되므로 더욱 큰 경제적 효과를 발휘할 수 있음
- (에너지저장시스템) 복수개의 중공형 이차전지를 포함하는 배터리 모듈의 소화 또는 냉난방이 효율적으로 이루어질 수 있는 에너지저장시스템에 관한 특허 출원
 - 배터리 모듈과 공조기를 연동시키는 순환유로를 구성하여, 공조기로부터 공급되는 온기 또는 냉기가 다수의 중공형 이차전지에만 순환됨에 따라 공조 효율을 증대시킴은 물론 공조기 및 공조 운영의 비용을 절감할 수 있음
 - 화재감지기 및 벤트부를 포함하고 있어 배터리 모듈의 내부에 이상이 발생시 공조기를 통해 냉난방매체 및 소화매체 등을 배터리모듈 내부로 공급하여 화재 또는 발연시 배터리를 효율적으로 보호할 수 있음



[그림 3-1] 냉난방이 효율적으로 이루어지는 에너지저장시스템 특허

- (전력계통 해석을 위한 주파수조정용 BESS의 모의해석 프로그램) 전력계통 해석을 위한 주파수조정용 BESS의 모의해석 프로그램에 관한 것으로, 기존의 상용화된 PSS/E 프로그램의 API인 Python으로 4개의 신규모듈을 구현하여 주파수 조정용 BESS의 전력계통 모의해석을 수행하는 전력계통 해석을 위한 주파수 조정용 BESS의 모의해석 프로그램 특허 출원

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 28MW급의 대용량 ESS를 구축하고 실증을 통해 통신 연계 시험까지 수행하였으나, 재사용 배터리를 대상으로 한 연구는 수행되지 않음
- 전반적인 ESS 운영을 위한 요소기술을 개발하였으나, 목적별·용도별 환경을 함께 고려한 연구는 수행되지 못하였음

나. MW급 ESS의 신뢰성, 안정성 향상 기술 및 현장평가 기술개발(산업부)

(1) 연구개요

- 본 과제는 신재생에너지 및 분산발전과 연계된 하이브리드 시스템에 신뢰성과 안정성이 확보된 ESS를 적용하고자 하였음
 - 신뢰성 평가용 보호체계 알고리즘 및 설계, 100kW급 Proto-type ESS, ESS용 PCS 설계 제작
 - 하이브리드(열+전기) 에너지 관리 시스템 구축
 - 이동형 시험장치용 무진동 차량 일체형 ESS 시험장비 적재 컨테이너 설계
 - MW급 ESS용 성능 및 안전성 평가 이동형 시험장치 설계 및 제작
 - ESS용 SAT 시험절차서 및 ESS 분야 국내외 표준문건 가이드라인 작성 (IEC TC 120, SGSF, KS)
 - 30kW급 Prototype 이동형 시험장치 설계 및 제작
 - 이동형 시험장치용 자동화 운영 알고리즘, 기본제어전략, 자동화 운영 등 개발
 - PSCAD/EMTDC에 의한 이동형 시험장치의 모델링 및 시험장치의 기능별 해석

(2) 사업규모

사업기간 : 2017~2020(4개년)

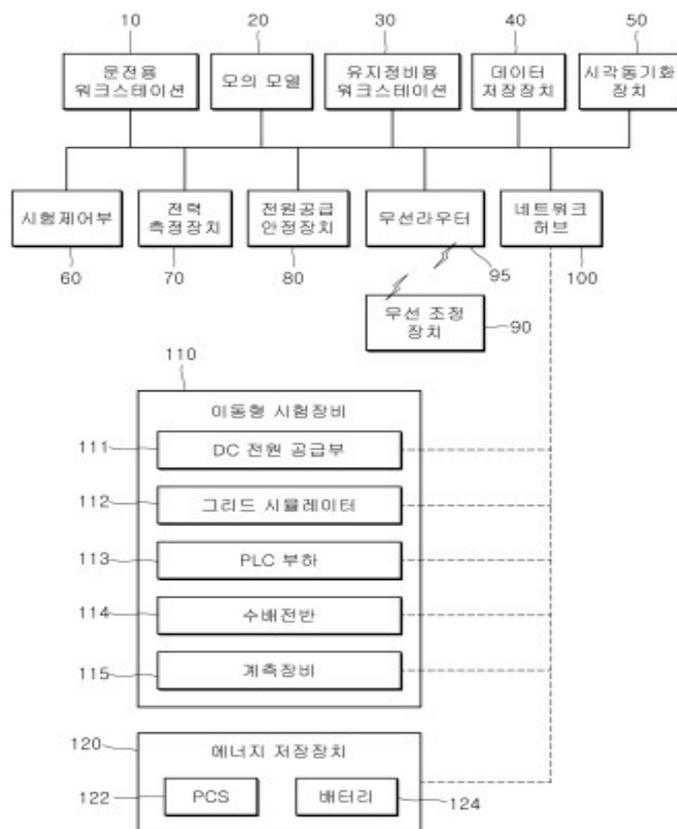
사업규모 : 약 109억 원 (정부: 약 78.8억 원)

(3) 사업성과

□ 특허출원

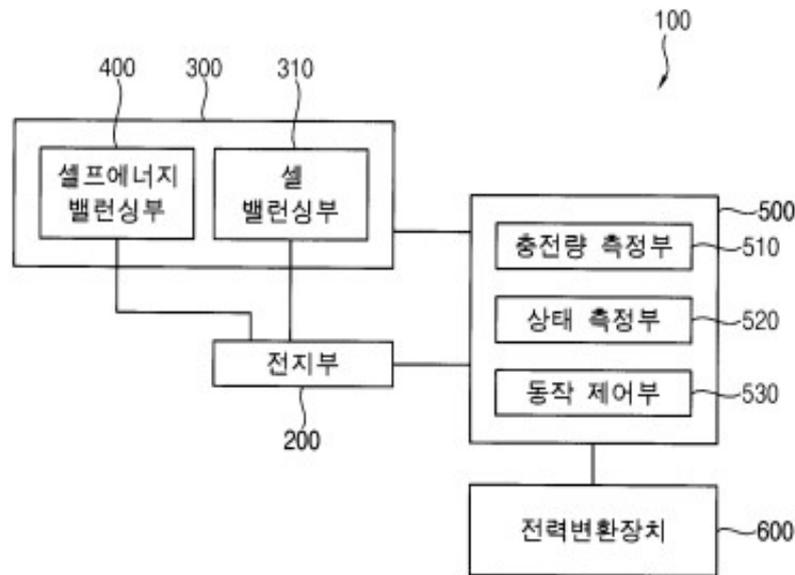
○ (에너지 저장장치의 성능시험 장치 및 그 방법) 이동형 시험장비 (MOTES; Mobile Test Equipment of ESS)를 통해 선택된 시험 항목에 대해 성능시험 알고리즘을 기반으로 자동으로 시험하는 에너지저장장치의 성능시험 장치 및 방법에 대한 특허 출원

- 선택된 시험 항목에 대해 성능시험 알고리즘을 기반으로 자동으로 시험함으로써, 시험을 위한 인력투입, 시험 기간과 비용을 절감할 수 있고, ESS에 의한 계통 안정운전 및 전력생산비를 절감할 수 있으며, 기존 설비의 정비 후 성능시험에 활용할 수 있음



[그림 3-2] 이동형 에너지저장장치의 성능시험 장치 특허

- (셀프 에너지 밸런싱을 고려한 배터리 관리 시스템 및 이를 이용한 배터리 관리방법) 전기저장장치의 화재를 유발할 수 있는 셀프 에너지 밸런싱 현상을 방지하기 위하여, 셀프 에너지 밸런싱 방지와 함께 셀 간 편차를 조절할 수 있는 셀프 에너지 밸런싱을 고려한 배터리 관리 시스템 및 이를 이용한 배터리 관리방법에 대한 특허 출원
 - 배터리 관리 시스템에서, 셀 밸런싱부를 통해 복수의 모듈들 사이에서의 충전 상태를 고려하여 과충전된 모듈의 방전을 통해 특정모듈에의 과부하를 감소
 - 셀프에너지 밸런싱부를 통해, 각 모듈 내의 복수의 배터리 셀들 각각에서 과전류가 흐르는지를 센싱하여 전류의 흐름을 차단함으로써, 동일한 충전상태의 모듈들 사이에서도 특정 배터리 셀에 과충전이 발생되어 열화됨으로써 화재 등의 문제 방지
 - 각 셀의 충전량의 측정시, 종래 AH-Counting 법만으로 추정하지 않고, 단자전압을 측정하여 배터리 셀의 방전그래프를 동시에 적용함으로써, 보다 정확하고 안정적으로 각 배터리 셀의 충전량을 측정할 수 있음



[그림 3-3] 셀프 에너지 밸런싱을 고려한 배터리 관리 시스템 특허

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- ESS 운영상 각 장치별 노후, 불안정성 등에 의한 화재 징후 등을 감시하고 이에 대한 신뢰성 개선을 위한 감시시스템을 중점적으로 연구 및 실증을 수행하였으나, 사용후 배터리 기반 ESS의 신뢰성 확보에 대한 연구는 수행되지 못하였음

다. MW급 리튬이온전지용 ESS의 안전성 강화를 위한 설계 및 설치
공정 기술 개발(산업부)

(1) 연구개요

- 본 과제는 ESS 구성요소 간 상호 운용성에 대한 성능 연구와, 사고 시 피해를 최소화할 수 있는 안전성 평가기술에 대해 연구하였음
 - 안전성 강화용 단일 또는 다수대 구성 방식에 의한 1MW급 PCS의 실증사이트 설치 및 특성시험
 - 1MW급 안전성 강화용 이차전지의 실증사이트 설치 및 특성시험
 - 이동형 시험장비에 의한 실증사이트의 SAT 전기적 시험 및 특성분석
 - 전기적 이상현상(서지, EMC) 보호장치 및 접지전위 측정장치 개발 및 운용

(2) 사업규모

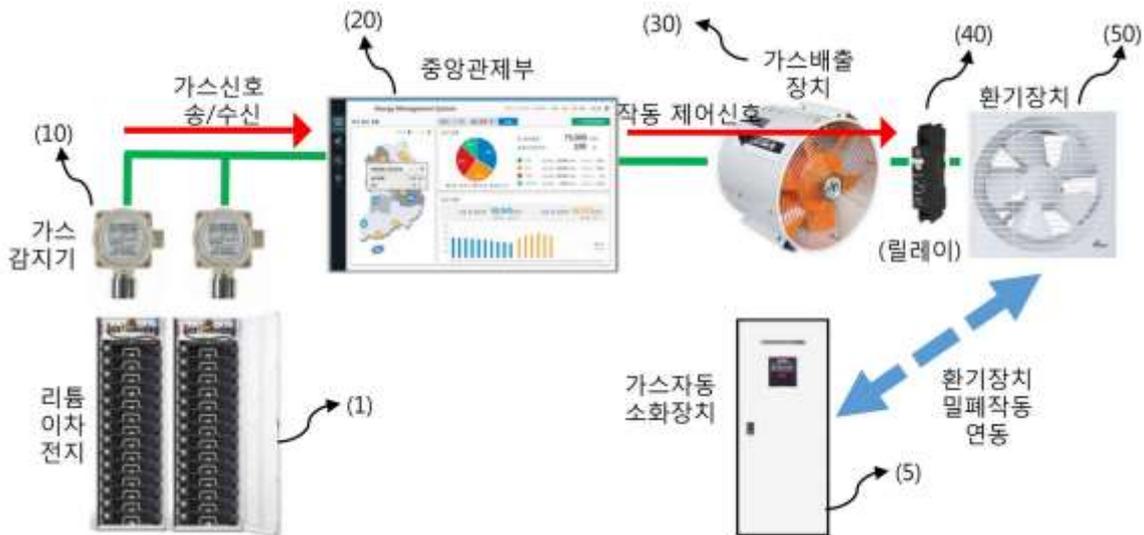
- 사업기간 : 2014~2018(5개년)
- 사업규모 : 약 43.4억 원 (정부: 약 33억 원)

(3) 사업성과

- (에너지 저장 장치의 리튬 이차 전지의 열 폭주 현상에 따른 가연성 가스 감지 및 배출 시스템과 그 운영 방법) 에너지 저장 장치 시스템 (Energy Storage System)에 사용되는 리튬 이차 전지의 외부 충격 또는 전기적 이상 현상 등에 의한 열 폭주 현상이 발생하는 비정상적인 상황에 의하여 가연성 가스 감지 및 배출 시스템
 - 가스 탐지기를 활용하여 가스를 사전에 탐지하고 동시에 가스 배출장치를 작동하여 가연성 가스를 배출
 - 추후 화재 발생시 가스 자동 소화 장치의 소화 기능을 극대화하기 위해

배출 장치 정지 및 환기 장치 밀폐의 작동을 순차적으로 수행하는 에너지 저장 장치 리튬이차 전지의 열폭주 현상에 따른 가연성 가스 감지

- 가스의 점화에 의한 폭발 현상을 방지하고 더 나아가 일반적으로 에너지 저장 장치 시스템에 구축되어 있는 가스 자동 소화 장치의 효율적 작동을 통해 리튬 이차 전지 기반의 에너지 저장 장치 시스템에 대한 화재 확산을 방지
- 에너지 저장 장치의 리튬 이차 전지의 가연성 가스 감지를 위한 중앙 관제 시스템의 모니터링을 통하여 시스템 사전 차단 및 현장 소방 대응 등 시스템의 추가 기능 구현 및 안전 관리 시스템 추가 구축 등을 통해 발화 및 폭발 전 화재확산을 미연에 방지



[그림 3-4] ESS 가연성 가스 감지 및 배출 시스템 특허

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 1MW급의 ESS 안전강화 설계 및 설치공정을 개발하였으나, 대용량 ESS에 대한 연구는 수행되지 않음
- 안전성을 고려한 기술개발은 이루어졌으나, 현장실증으로 이어지지 못함

라. ESS의 빅데이터를 활용한 배터리 성능최적화 및 화재예방을 위한 지능형 ESS 개발(과기부)

(1) 연구개요

본 과제는 빅데이터 기술과 연계하여 배터리의 성능을 최적화하고 아크 등 위험 상황 발생 시 화재 발생을 예방할 수 있는 ESS 기술을 개발

○ 태양광 ESS에서 발생하는 Raw 데이터를 빅데이터 서버로 수집하여 EMS에서 알고리즘을 통해 산출된 조건을 ESS에 적용함으로써 배터리 성능 최적화 및 화재 예방

- 지능형 EMS가 구축된 100kW급 ESS 테스트 환경 구축

- 배터리 수명 최적화 및 고장예방 알고리즘

- 빅데이터 수집을 위한 Gateway 단말기(PMS) 및 EMS 서버

- 지능형 EMS 프로그램(웹/Android 모바일)

- 배터리 단자 과열 감시용 열화상 카메라 부착형 단말기 및 프로그램

(2) 사업규모

사업기간 : 2019~2020(2개년)

사업규모 : 약 4.8억 원 (정부: 약 3.6억 원)

(3) 사업성과

제품개발

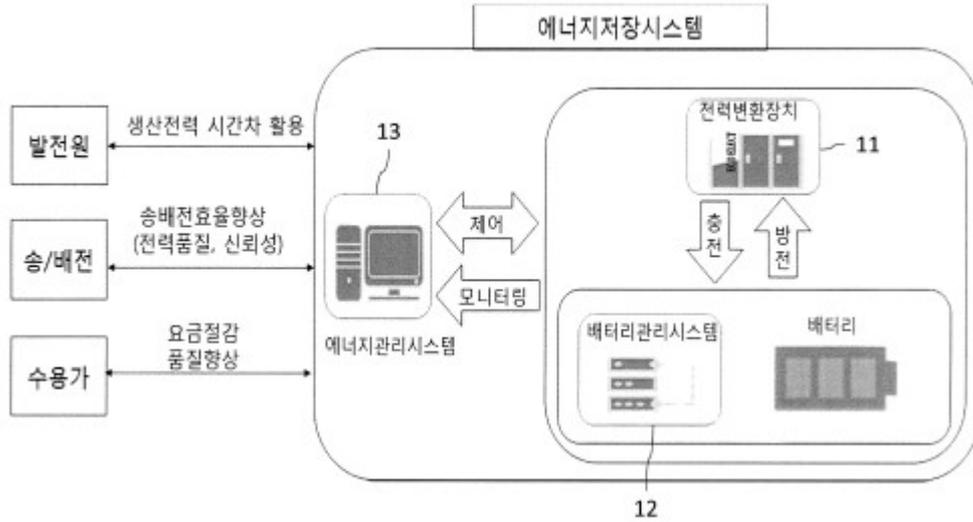
○ EMS(Energy Management System) 제품개발

- ESS(Energy Storage System)에서 획득 가능한 PV-PCS, ESS-PCS, BMS(Battery Management System) 등에서 생산되는 모든 데이터를 PMS 장비로 수집하고 수집된 데이터는 파일형태로 변환하여 EMS 서버로 주기적으로 전송

- 전송된 데이터를 활용하여 일정 시간 내 PV 발전량 추이를 분석하고 현재 발전량을 예측하기 위하여 시계열 데이터 예측 알고리즘을 EMS에 반영
 - 열화상 카메라를 활용하여 과열을 감지하고 컨테이너 내부 환경 데이터를 게이트웨이 단말기로 수집하여 EMS로 전송함으로써 화재 예방 및 즉각 대응이 가능한 EMS 시스템 구축
- ESS HMI 겸 Gateway용 PMS 제품개발
- PV-PCS, ESS-PCS, BMS의 데이터를 ModBUS TCP 또는 ModBUS Serial 통신을 통해 데이터를 수집하여 서버로 전송하고 충방전 컨트롤 및 충방전 스케줄, 전원 차단과 같은 컨트롤 데이터를 전달하는 SW개발 및 단말기(PMS)제작
 - 배터리실 환경에 따른 온습도 데이터를 획득하기 위해 온습도 모듈을 설치하여 데이터를 분석하고 해결함으로써 이상 현상 발생 시 즉각 대응 가능하도록 관제 시스템 구축
- 열화상 카메라(FPS-IR)를 활용한 화재예방시스템(FPS)
- FPS(Fire Prevention System)은 태양광발전 ESS의 배터리실 내부를 촬영한 열화상 데이터, 전자식 DC차단 장치의 게이트웨이 단말기로 수집된 데이터를 EMS(Energy Management System)에 전송하는 역할을 함
 - FPS-IR(Fire Prevention System-Image Recognition)은 자체 알고리즘을 통해 온도 값을 계산, 해당 정보를 열화상 이미지로 변환하여 FPS(Fire Prevention System)로 실시간 전송
 - FPS에서 수집된 데이터는 EMS서버로 전송함으로써 원격 화재 예측 및 즉각 대응이 가능하도록 하여 ESS 통합제어 보호체계를 설계
- 전자식 DC 차단장치 개발
- 열화상 카메라를 활용하여 과열을 감지하고 전원 차단 및 상태정보 전송기능을 담당하는 전력 전자스위치에 의한 전자식회로방식의 DC 차단장치를 개발

□ 특허출원

- (에너지저장관리시스템 및 이의 에너지 저장 능동 관리 방법) 배터리 랙의 이상 징후를 감지하여 전력변환장치의 충전 전력을 능동적으로 제어함으로써, 보다 안전하고 신뢰성 있는 시스템 운영이 가능하도록 하는 에너지저장관리시스템 및 에너지 저장 능동 관리 방법 관련 특허 출원
 - 에너지저장관리시스템이 전력변환장치와 배터리 관리시스템과의 상호 연동을 통해 이상 징후 발생을 즉각 감지할 수 있도록 하는 신재생 에너지저장시스템 및 운영 방법 개발
 - 이상 징후 해소를 위한 전력변환장치의 충전 전력 조정 동작을 수행함으로써, 보다 안전하고 신뢰성 있는 시스템 운영이 가능하도록 하는 신재생 에너지저장시스템 및 이의 운영 방법을 제공
 - 배터리의 모니터링 기능 및 보호 관리를 위한 배터리관리시스템의 기능을 보강하여 배터리의 효율적 충·방전을 유도하고 배터리의 안전성과 수명을 보장
 - 배터리의 충방전율을 제조사의 권장 수준으로 유지하면서 배터리로 인한 사고를 사전에 차단 예방
 - 태양광 발전량 데이터 기반으로 하는 예측 발전량 대비 추정 충전 전력과 배터리랙 총 충전 전력을 비교함으로써 배터리 랙의 오류 및 사고 발생 이전 또는 직후 에너지관리시스템에서 이상 징후를 즉각적으로 판단
 - 전력변환장치의 충전 전력을 제어함으로써 에너지 충전의 효율적인 운영 및 에너지저장시스템의 물리적 보안 사고를 예방
 - 배터리 랙들 중 이상 징후 발견 즉시 현재 각 배터리랙의 추정충전량을 분석하여 정상동작 중인 배터리 랙들의 각 충전량이 배터리제조사의 권고사항 이내의 C-rate를 초과할 경우 향후 추정충전량을 하향 조정하여 배터리 충전율을 유지
 - 각 배터리 랙의 균등 충전을 위한 밸런싱 효과가 있으며, 이는 배터리 랙의 각 배터리 셀들의 과충전 부하 스트레스를 완화시켜 배터리의 안정적인 충·방전 및 배터리의 수명 사이클을 보장



[그림 3-5] 에너지 저장 능동 관리 방법 특허

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 배터리 수명 최적화 등에 대한 연구가 수행되었으나, 재사용 배터리를 대상으로 한 연구는 수행되지 않음
- 100kW급 ESS 테스트 환경연구가 수행되었으나, 대용량 ESS 공간에 대해서는 연구가 수행되지 못함
- ESS 화재를 예방하기 위한 EMS 시스템 및 개별 장비연구가 수행되었으나, ESS 설비가 적용될 건물 자체에 대한 연구는 수행되지 않음

마. xEV용 폐배터리를 이용한 500kWh급 ESS 기술개발 및 실증(산업부)

(1) 연구개요

□ e-Bus용 폐배터리를 확보하여 배터리시스템 구조 설계 및 인터페이스 등 개발을 통해 250kWh급 프로토타입 ESS를 개발하는 과제를 수행

- xEV 폐배터리 활용 250kWh급 프로토타입 ESS 개발
- xEV 배터리 리유즈 비즈니스 플랫폼 개발
- 배터리 관리 분석 시스템 개발
- ESS 실증 운용 및 경제성 분석 시뮬레이션
- xEV 폐배터리 재분류, 재처리, 재구성 기술 개발
- 배터리 에이징, 그레이딩 기술 개발
- xEV 폐배터리 설계 인자 추정 기술 개발
- Active Balancing 기능 설계
- 폐전지별 가속 수명 실험 수행을 통한 예측 수명 실험
- 폐전지 성능 시뮬레이션 평가 시스템 적용 및 SOH 예측 정확도 향상 기술 개발 (< 7%)
- 폐배터리의 소재, 극판, 전지 레벨의 열화 현상 분석
- 폐배터리의 성능 열화 인자 도출 및 분석 DB화
- 대기비개방 xEV 폐배터리 계면분석을 통한 열화요인 규명
- ESS용 모듈단위 안전성 및 성능 시험 평가 방법

(2) 사업규모

사업기간 : 2019~2020(2개년)

사업규모 : 약 4.8억 원 (정부: 약 3.6억 원)

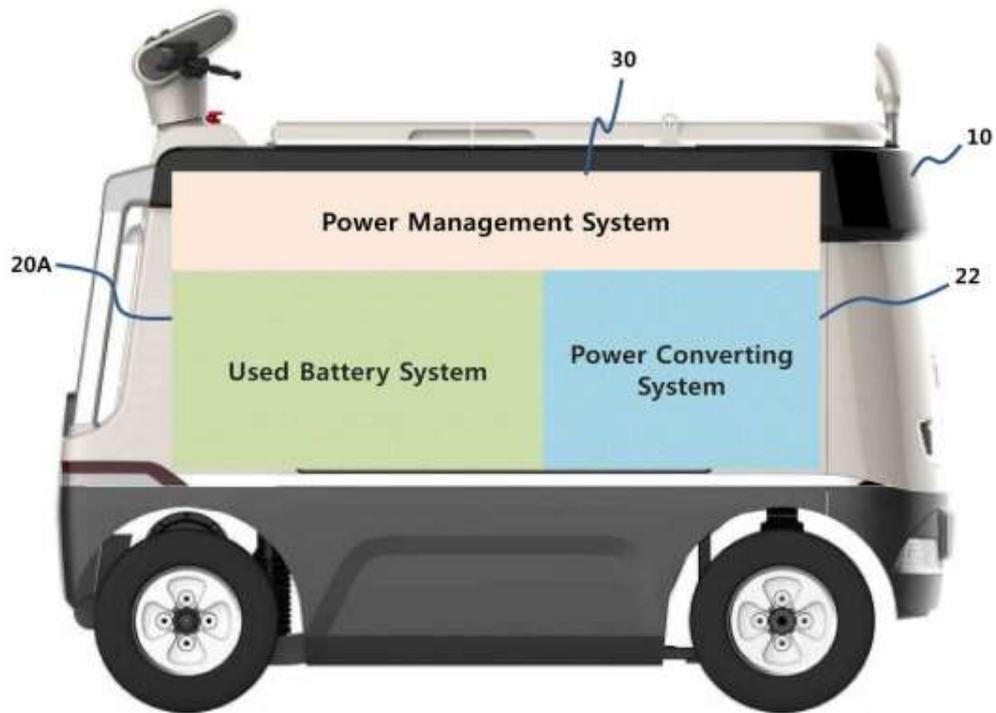
(3) 사업성과

제품제작

- Smart e-BUS 폐배터리 수집 체계 구성 및 수량확보
 - 승용 6종, 버스 2종의 배터리 수집, 분해, 분석 추진
 - 재사용 ESS 구성 후 향후 유지보수를 위한 방안으로 분해 과정에서 구성품을 정리하여 리스트업 및 향후 분해 작업 시 가이드라인 제시를 위한 팩 별 공정 프로세스 구축
 - 실증용 ESS를 구성하기 위한 팩을 선별하기 위해 전기적 성능평가 실시
 - 충전용량 0.2C, 0.5C, 1C / 방전용량 0.2C, 1C로 테스트하여 잔존용량 검증
- 계통연계형 250kWh급 배터리시스템 구조 설계 및 인터페이스 개발
 - 리튬 이온 Cell 형태 배터리 팩 RACK System, 전체 배터리 시스템 구성 설계
 - System Master BMS, Local Master BMS, Slave BMS, Junction Box 개발
- 계통연계형 250kw급 PCS 구성 및 인터페이스 개발 및 250kWh급 프로토타입 제작
- 모듈단위 재사용 ESS 성능검증을 위한 10kWh급 ESS 프로토타입 제작
- 제작 ESS 성능 및 Round Trip 효율 검증 테스트
 - 충전용량 255kW / 방전용량 258kW으로 설계 용량 만족
 - PCS 안전성 시험 결과 보호기능시험, 외부사고시험, 정상특성시험 PASS
- 배터리 관리 분석 시스템 개발

- 주요 기능 및 아키텍처, 프레임워크 및 데이터 베이스 , xEV 배터리 모듈 등 설계·제작
- xEV 폐배터리 재분류, 재처리, 재구성 기술개발
 - 재사용 성능 기준 분류표를 구성하고, DCIR, ACIR Spectrum Scan 기술을 추가하여 Regrading 후 용량과 저항(DCIR/ACIR)의 상관관계에 따른 등급분류 도출
 - 단위 셀, 모듈, 등 단계별 등급별 재구성 기술개발
- 배터리 에이징, 그레이딩 기술개발
 - 에이징, 그레이딩 폐배터리 등급 분류
 - ※ 단방향 단전지에 대해 Regrading 진행, 초기용량대비 Retention값에 ACIR값을 추가하여 4개의 등급으로 분류 진행
 - 에이징, 그레이딩을 통한 SOH 추정 알고리즘 개발
- xEV 폐배터리 설계 인자 추정 기술개발
 - 사용이력 분석과 배터리 해체, 분석, 평가
- ESS 실증운영을 위한 컨테이너 구성 및 배터리 거치 랙 설계 및 구성
- BCS 기능 구현 및 Master BMS와 연동시험
- Active Balancing 정밀 튜닝 및 성능 시험
- PC환경에서 시스템 모니터링 소프트웨어 개발
- Rack단위 전장류(배선, 릴레이, 분전반) 제작
- 폐배터리의 가속수명시험(accelerated life test)을 통한 등급 및 SOH 별 수명 실험법 조사를 통해 안정적인 DC/AC 저항 측정 진행
 - -35℃,45℃,55℃ 저장 특성 결과 도출
- SOH예측을 위한 데이터 기반 확보 및 폐전지 수명 예측에 필요한 시뮬레이션 시스템 구축

- 폐배터리의 소재, 극판, 전지 레벨에서의 열화 현황 및 인자 분석, 도출
- 대기비개방 xEV 폐배터리 표면 및 단면분석을 통한 열화요인규명
 - 대기비개방 SEI layer 정성/정량 분석
 - 대기비개방 SEI layer depth profile 분석
- ESS용 모듈단위 성능 및 안전성 시험 평가 수행
 - 재분류된 폐배터리 셀/모듈 시험 평가
- (전기자동차의 폐배터리를 이용한 모바일 충전용 카트 시스템 및 그 작동 방법) 전기자동차의 폐배터리를 사용하여 모바일 충전 서비스를 제공하는 모바일 충전용 카트 시스템 관련 특허 출원
 - 전기자동차의 폐배터리를 이용하여 모바일 충전 카트의 제작 비용을 크게 낮출 수 있을 뿐 아니라 모바일 충전 서비스를 통해 전기자동차 등의 소비자에게 이동 충전 서비스를 제공할 수 있음
 - 폐배터리의 자원 재활용 및 전기자동차 이용 고객의 불편함을 최소화 할 수 있는 이동 충전 서비스를 제공하고 더불어 충전의 불편함을 해소함으로써 친환경 차량 보급 확대의 기여할 수 있음
 - 모바일 충전 카트의 사용 장소에 따라 폐배터리의 충전 특성에 기초하여 배터리를 효과적으로 관리하고, 그에 의해 배터리 수명을 실질적으로 연장할 수 있음
 - 원격 시스템을 통해 모바일 충전용 카트 시스템을 관리함으로써 폐배터리를 사용한 전력 저장 시스템을 능동적으로 관리할 수 있고, 그에 의해 모바일 충전 서비스를 제공하는 카트가 단일 전력 저장 시스템을 탑재하고 이를 자체 구동원으로 이용하면서 다른 전기자동차나 수요 어플리케이션에 모바일 충전 서비스를 효과적으로 제공할 수 있는 장점 존재
 - 폐배터리 효율적 관리를 통해 배터리 수명을 보장하거나 실질적으로 연장할 수 있음



[그림 3-6] 재사용 배터리 기반 모바일 충전용 카트 시스템

- (배터리 재사용 수명 진단 방법) 배터리의 용량 수명과 파워 수명에 모두 관계되는 새로운 개념의 배터리의 재사용 수명을 진단할 수 있는 배터리 재사용 수명 진단 방법 관련 특허 출원
 - 배터리의 용량 수명과 파워 수명을 모두 고려하여 배터리 재사용 수명을 새롭게 정의하고 산정하기 때문에 사용자가 계획한 수명기간에 맞도록 배터리의 재사용 여부가 결정될 수 있음

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 선행연구는 500kWh급 프로토타입 ESS 개발연구를 진행한 반면, 동 사업은 대용량 ESS 실증을 목표로 함
- 선행연구는 ESS 실증 단계 연구까지 진행되지 못하였음

바. IoT 기술과 리튬배터리를 적용한 통신기기 백업전원용 ESS 시스템 사업화 개발(산업부)

(1) 연구개요

□ IoT 기술과 ESS 기술을 위한 애플리케이션과 원격서버를 활용 통합 관리하여 기존 모바일 백업전원용 배터리의 문제점을 해결하고, 서버를 통한 통합관리 운용 DATA를 활용하여 통신망 전원의 안정화 및 전력수급문제를 관리 할 수 있는 ESS 시스템 사업화 실현

- IoT 리튬팩 운용 알고리즘 개발 2.5KW 리튬팩 통합시험 및 실증
- IoT 센서모듈 및 통합제어 시스템 개발
- 통합관제시스템, 웹서비스 및 ESS EMS 서비스 시스템 개발
- 전력변환기 설계 및 제작 제품 신뢰성 시험 지원

(2) 사업규모

□ 사업기간 : 2016~2018(3개년)

□ 사업규모 : 약 22.7억 원 (정부: 약 17억 원)

(3) 사업성과

□ 제품개발

- 0.5KW, 1KW, 2.5KW급 리튬전지팩 시스템 운용 알고리즘 개발
 - 시스템 구조 설계 및 운용 알고리즘 설계제작
 - ※ 500W급 옥외용 리튬전지 함체 개발
 - ※ 리튬전지 연결 시스템 알고리즘 설계
 - 제어시스템 ProtoType 설계 및 제작

- ※ 500W급 리튬전지 BMS 개발
- ※ 통합시스템 합체 설계 및 제작
- IoT 리튬전지팩 모듈 제작 및 상용화
 - IoT&BoT센싱 모듈 개발
 - ※ UART 통신 규격
 - ※ BoT 모듈 제작
 - IoT&BoT알고리즘 개발
 - ※ 알고리즘 개발 및 적용
 - ※ BoT 서버 및 모니터링 시스템 제작
- 리튬전지팩 시스템 합체의 IP65등급 제작
- IoT 모듈 센서 설계 및 운용하여 웹서버 및 데이터 서버를 통한 관제 시스템 실증운용
 - 데이터 서버 구축 및 웹 서버 디자인
 - ※ 데이터 서버 구축 완료
 - ※ 1차 미들웨어 프로그램 설계 완료. 웹 서버 디자인 설계 완료
 - DataBase 연동 서버 구조 설계
 - ※ DB설계알고리즘 설계 완료
 - ※ 프로토콜 활용한 서버 연동 시험 완료
 - IoT 모의 시험 시스템
 - ※ 무선모뎀과 GateWay를 활용 IoT 무선 연동 시스템 개발 완료
- 0.5KW,1KW, 2.5KW 급 양방향 DC/DC 컨버터 개발하여 백업용 ESS 시스템 환경신뢰성 확보
 - 0.5kW급 양방향 DC/DC 컨버터 개발

※ 3 Level Buck-Boost 형 토폴로지 선정

※ 0.5kW급 양방향 DC/DC 컨버터 시제품 제작

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 배터리 에너지 효율 극대화 및 ESS의 원활한 전력 연계를 위한 IoT 연계 기술을 중점적으로 연구하였음
- IoT 센서 모듈 제작 및 통신 연계 시험 등 ESS 운영적 측면에 집중하여 연구를 수행하였음

사. 태양광 ESS 운영을 위한 에너지 IoT 프로토콜 기반 지능형 PCS 개발(산업부)

(1) 연구개요

□ 에너지 IoT 프로토콜 기반으로 ESS 시설 운영이 가능한 PCS를 개발하여 주거, 상업 및 산업시설별 에너지 수요와 발전시설의 환경에 따라 능동적으로 운영될 수 있는 에너지관제서비스 환경을 개발하고자 함

- 에너지 IoT 프로토콜 적용 ESS 발전시설 설계 및 통신장치 개발
- 배터리 충·방전 직접 제어를 위한 소프트웨어 및 보드 개발
- 신재생에너지 발전을 위한 PCS 운영 솔루션 개발
- 실시간 환경정보 기반 클라우드 환경 EMS 개발

(2) 사업규모

□ 사업기간 : 2017~2018(2개년)

□ 사업규모 : 약 2.9억 원(정부: 2.2억 원)

(3) 사업성과

□ 제품개발

- 에너지 IoT 프로토콜 적용 ESS 발전시설 설계 및 통신장치 개발
 - 각 모듈(Battery, PV, Wind, Inverter)단의 입력 및 출력 전압, 전류를 모니터링하여 MCU에서 값에 대한 Process를 처리하고 PMS 및 BPM에서 데이터를 통합 관리
- 배터리 충·방전 직접 제어를 위한 소프트웨어 및 보드 개발
 - (전력운영제어 모듈 개발) 각 전력 변환기 모듈(Battery, PV, Wind, Inverter) 단의 입력 및 출력 전압, 전류를 모니터링하며, Drive IC의

PWM 펄스를 발생하고 제어하는 기기를 개발

- 전체 전압 및 전류 측정하며 PWM 신호 발생하여 각종 sensor에서 들어오는 신호를 종합하여 시스템을 제어하기 위한 PCB 개발
- (전력운영제어 소프트웨어 개발) 계통 연계 모드, 독립운전 모드, 비상 정지 모드 등에 대한 전력 변환기 모듈에 대해서 제어를 진행하기 위해서 각 모드에 대한 전력운영제어 모듈에 대한 제어시퀀스를 포함한 소프트웨어를 개발
- (배터리 제어 솔루션)
 - ※ 각 배터리의 Bank BMS 상태에 따라 적절한 명령을 CAN 통신으로 내리고 다음 상태로 진행하며 최종적으로 배터리 초기화가 정상적으로 진행된 경우 Operation 상태로 진입하여 BMS에 계측 데이터를 주기적으로 요청하여 Client 명령을 대기하고 전송된 명령을 수행
 - ※ Bank BMS의 상태가 정상 상태(Normal, Power Saving, Manual)를 벗어나거나, 명시적인 Reset 요청이 발생한 경우 각각 Error 및 ResetReq 상태로 전이되어 이후에 배터리 초기화를 다시 수행하여 조정
- (BPM 설계 및 개발)
 - ※ 다수 설비에 따른 통신방식에 대응할 수 있는 RS232, CAN, RS485, Ethernet 을 지원하는 Port를 구성하고, Digital 신호의 입출력 Port를 구성하고 전원 noise를 저감을 위한 noise filter 및 isolated 소자로 구성된 PCB 개발
 - ※ Digital 신호와 Analog 신호의 분리를 통한 noise 저감 대책을 적용하고 EMI 시뮬레이션을 통한 EMI 저감 설계 진행함. 6층 기판 사용하여 Power, GND Plane 형성 및 임피던스 매칭 진행으로 개발
- 신재생에너지 발전을 위한 PCS 운영 솔루션 개발
 - (전력제어부 기능 개발) 태양광 발전 시설과 배터리 운영에 요구되는 전력 제어 기능을 모듈별로 개발하고 MCU 및 인버터 등의 장비로부터의 정보를 통합하여 PMS와 연계 운영될 수 있도록 구현함
 - (전력 운영제어 알고리즘 설계 및 개발)
 - ※ (전력 최적화 알고리즘 설계) 통합된 공통 데이터 모델을 기반으로, 다음과 같은

운전 모드를 사용자가 지정한 시간대 또는 임계 값을 통해 자동 충·방전 스케줄링 설정 및 자동 운전되도록 설계

- ※ (에너지 스케줄링 기능구현) 신재생에너지 발전시설과 계통을 연계하여 전력 스케줄링을 최적화할 수 있는 제어기능 구현함

○ 실시간 환경정보 기반 클라우드 환경 EMS 개발

- (충·방전 스케줄링 기능) PCS 제품은 신재생 연계, ESS 단독, Peak-cut 등의 다양한 제품으로 구성되므로 이러한 구성에 항상 유연하게 대응하기 위한 공통적인 전력 스케줄링 모델을 설계하고 이를 전력 최적화를 위한 알고리즘으로 활용할 수 있도록 구현

- (전력 스케줄링 기능 설계)

- ※ PV 측 출력(PV 측 계전기 순시 전력량)과 Value 차이만큼을 ESS 측 충전 지령 값으로 설정하며 PV 발전량에서 특정 Offset Value 만큼을 제외하고 배터리로 충전하는 동작을 수행

- ※ 계통에서 Value만큼 충전하거나 방전하는 단순한 충·방전 스케줄링 운전을 수행

- ※ Load 측 소비량(Load 측 계전기 순시 전력량)과 Value의 차이만큼을 ESS 측 방전 지령 값으로 설정하며 Load 소비량이 특정 Value를 초과할 경우 배터리로 방전하는 기능을 수행

- (실시간 환경정보 분석 모델) 발전시설의 환경정보를 비롯하여 시스템에 대한 정보를 취득하기 위한 기본 데이터 그룹을 분류하여 구성하고, EMS 상에서 정보 분석 리스트 작성과 분석 데이터베이스 구성을 위한 기본 분석 모델을 설계

○ 에너지 IoT 프로토콜 기반 발전 시뮬레이션 개발

- (에너지 IoT 프로토콜 적용 네트워크 구성) 에너지 IoT 프로토콜 기반의 센서 감지 환경을 구축하여 각종 환경 센서(온습도, 진동, 적외선)와 시스템 센서(지락 감지, 과충전, 등)에서 모니터링되는 데이터를 전력 운영시스템에 전송하고 긴급 상황에 따른 자동 대응 및 원격 기능을 제공 할 수 있도록 네트워크 환경을 구성

- (통신 게이트웨이 개발)

- ※ PCS의 제어에 있어서 배터리, PCS, 계전기, 등의 통신장치와 정보를 교환 해야 하는 하드웨어로서, 각 통신장치는 고유 프로토콜을 보유하고, 이러한 정보는 중심제어(IMB)부에서 모두 취합되기 위해 하나의 공통 데이터 모델을 구성하여 PCS 연동 네트워크를 적용하여 개발
- ※ 기본적으로 “작성-실행-리포트 생성” 을 관리하는 범용 테스트 지그 시스템 설계하고 테스트 작성을 테이블 형식으로 기술하고 웹 페이지 단위로 관리하고 개발 요구사항과 테스트를 연결, 관리함으로써 체계적인 품질 관리 활동을 지원

- (발전 시뮬레이션 기능 개발) PCS 및 ESS 가상제어를 통한 발전 시뮬레이션 기능을 통해 수집된 시스템 데이터 및 환경정보와 실제 전력 생산에 따른 수익률을 비교 분석할 수 있도록 데이터베이스를 구축하고 해당 내용을 온라인으로 확인할 수 있는 기능을 구현

○ 신재생 ESS 연계 발전을 위한 지능형 PCS 및 PMS 개발

- (PMS 데이터베이스 설계)

- ※ 발전소 내 모든 데이터는 Data Pump 프로그램에 의해 MongoDB로 저장되며, MongoDB는 발생한 모든 데이터를 보유 하며, Queue에 저장된 데이터는 모든 Subscriber에게 Event Driven 방식으로 전송
- ※ Data Puller는 MongoDB의 Queue를 수신하거나, MongoDB의 데이터를 조회 하여 사용하고, Data Pump 및 Data Puller는 커맨드 라인 옵션을 전달받아 설정 가능하도록 구현함

- (PCS HMI 개발)

- ※ 전력변환시스템의 주요 제어 기능과 모니터링 기능을 운영할 수 있는 프로세서로 구성된 HMI를 개발
- ※ 설치된 발전시스템의 운영솔루션을 현장에서 쉽게 조작할 수 있도록 터치 디스플레이(7인치, 12인치)를 포함하여 제품화

- (PCS/배터리 모니터링 기능 개발) PCS 연동을 위한 모니터링 기능 구현함. 에너지시스템 통합 운영관리를 위한 데이터 시각화 UI를 적용하며, 배터리 셀 단위 모니터링 기능 구현하여 1초 단위로 로그를 저장

- (PMS 개발) 기본적으로 PCS의 Dashboard 기능을 기반으로 구현하고 설치된 태양광 발전시설과 배터리 충/방전 지령을 수행할 수 있도록 사용자 인터페이스(UI)를 그리드 구조로 개발하여 설비의 증설이나 변경에도 손쉽게 적용할 수 있도록 개발하며, 운영솔루션은 크게 HMI와 BPM 장비에 설치할 수 있도록 개발하여 통신과 제어를 구분하여 특화되도록 구현

○ 통합에너지관제시스템의 테스트베드 및 실증 사이트 구축

- (실증 연구 시설 구축 및 테스트 수행)

- ※ 광주 ETRI 호남권 센터 내의 통합 시스템(제원: PCS 75kW / ESS 100kWh)을 구축
- ※ 한국전력의 ESS 시설의 사용 전 검사를 마친 이후로 실증 연구를 수행하고 해당 현장에서 통신 성능시험 및 소프트웨어 인증 등을 수행하여 획득

- (Cloud EMS 개발)

- ※ 개발된 EMS 접속 시 설비 모니터링 및 전력 판매량 중심으로 데이터가 구성되어 발전 사이트 정보를 실시간으로 제공하고 원격 제어 기능을 통한 유지보수가 가능한 환경으로 구축
- ※ 통합운영센터(TOC) 관리자에게 PCS, BMS, Inverter 등에서 실시간으로 계측되는 주요 지표에 대한 현황을 추가로 제공함으로써 설비 이상 여부에 대하여 사전 예측이 가능하도록 구성
- ※ 모바일 페이지를 추가로 제공하여 사용자의 사용성 향상을 추진하며, 최초 접속 경로를 회원사 별 페이지로 제공하고 운영관리 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 서비스함

- (에너지 플랫폼 구성 방안) 현재 실증 테스트를 위해서 구축된 설비를 바탕으로 PCS, PMS, EMS 등의 구성 요소들을 모두 지능화시키고 통합 운영 할 수 있는 에너지 플랫폼에 대한 구성 방안을 제언

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 신재생에너지 연계를 위해 ESS 요소기술 중 PCS 기술에 초점을 맞추었으며, 시작품 제작 이후 실증까지 이루어지지 않는 못하였음
- 사용 이력이 서로 다른 사용후 배터리 대한 PCS에 대한 연구는 이루어지지 못하였음

아. 중대형 ESS용 리튬이온배터리 팩의 안전관리를 위한 초고속 완전방전시스템 개발(중기부)

(1) 연구개요

본 과제는 이차전지 재사용 산업 부각·ESS, 전기차 보급확대 등에 따른 리튬이온 배터리의 안전관리 및 폐기를 위해 대용량, 초고속으로 방전할 수 있는 방전 장치에 대한 연구를 수행

○ 열 방전 구조를 도입하여 ESS 랙단위 방전을 3시간 이내에 가능하게 하며, DMS(Discharge management system)를 통해 안정성, 편의성 등을 갖춘 초고속 완전방전 시스템을 개발

- 건식, 정전류 방식의 리튬이온배터리용 초고속, 완전방전시스템 개발 (정전류 제어방식의 열 방전으로 최대 12개 모듈 동시 방전 구현, SOC 80%에서 SOC 20%도달까지 방전시간 1시간 30분 이내)

- 전자로더기, 염수방전 등 기존 방전장비 대비 방전용량, 방전소요시간, 안전성, 편의성 향상, 방전으로 인한 환경오염 물질 배출 없는 리튬이온 배터리 방전

- 자체 개발한 DMS 제어로 방전상태에 대한 모니터링과 방전제어, 외부 환경 충격에 대한 보호(리튬이온 배터리 방전에 충격을 줄 수 있는 온·습도 도달 시 자동 차단 기능)

(2) 사업규모

사업기간 : 2020~2021(2개년)

사업규모 : 약 3억 원(정부: 약 2.5억 원)

(3) 사업성과

□ 제품개발

- 중대형 ESS용 리튬이온배터리 팩의 안전관리를 위한 초고속 완전방전시스템으로, 모듈단위의 방전기와 거치대, 통합센서부의 결합형태로 설계 및 제작
- 최대 리튬이온배터리 12개를 동시 방전이 가능한 기술개발로, 대용량, 대전압 등 건식방전기로, 시간에 따른 리튬이온배터리의 전압차와 관계없이 일정한 속도로 방전하며, 열전도율이 높은 소재의 히터와 환풍기의 내부구조설계로 배터리 전력을 열로 전환 후 소비시켜 방전하는 기술을 개발
 - 동시 방전 모듈 수 (12개) 동시방전 가능 확인 (12개)
 - SOC 20% 미만 소요시간(3시간이내) SOC 20% 방전 도달 시간 (1:36:16)
 - 방전전류 ($40 \leq a \leq 47$) 방전전류 확인 (최소전류 : 40.4A, 최대전류 46.4A)
 - LiB 셀 전압릴레이 작동($3.0 \leq a < 3.6$) 셀 전압 3.4V 도달 시 차단 기능 동작 확인
 - 안전성(화재가능성- $70^\circ\text{C} \geq a$) 온도 70°C 도달 시 차단기능 동작 확인
 - 안전성(부식- $80\% \geq a$) 습도80% 도달 시 차단기능 동작 확인
 - 내구성 테스트 (추가항목) 방전기의 전원을 1000회 On/Off 후 동작 확인
- 리튬이온배터리-방전기-DMS(방전 관리시스템) 구성으로 안정성 및 범용성, 경제성을 확보
 - 리튬이온 배터리 방전 성능, 안정성 향상과 방전제어, 모니터링, 대용량 방전 구현 등에 중점을 두고 연구개발을 수행

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 배터리 재사용 전 성능평가, ESS 운영중 유지관리 및 향후 폐기 전 재처리 등을 위한 방전기술을 중심으로 연구하였음
- 각 배터리별 성능이 천차만별인 재사용 배터리 기반 ESS에 대한 총방전에 대한 연구는 수행되지 못함

자. 화재예방 기능을 가지는 리튬인산철이온 이차전지 20kWh급 All-in-One 에너지 저장장치(ESS) 개발(중기부)

(1) 연구개요

본 과제는 20kWh급 랙 보호용 DC스위치 및 Short 방지 랙 보호 시스템을 구비하여 저장된 에너지를 필요에 따라 계통장치에 공급기능을 가진 하이브리드 ESS시스템 개발하고자 하였음

○ 구체적으로 “동작전압 51.2V, ESS 용량 20kWh 이상, ESS 용량이용률 90% 이상 달성할 수 있는 화재 예방 기능을 가지는 리튬이온 이차전지 20kWh급 All-in-One ESS 시스템” 을 개발하고자 함

- 4.5kWh급 Tray 개발 및 제작
- 20kWh급 ESS 설계 및 제작
- 이중구조를 가지는 ESS 외함 설계 및 제작
- 20kWh급 ESS 시스템 개발

(2) 사업규모

사업기간 : 2020~2021(2개년)

사업규모 : 약 2.1억 원(정부: 1.7억 원)

(3) 사업성과

제품개발

- 4.5kWh급 Tray 개발 및 제작
 - 트레이 용량 : 4.5kWh급
 - 트레이 정격전압 : 51.2V

- 트레이 정격용량 : 88Ah
- 20kWh급 ESS 설계 및 제작
 - 랙 용량 : 20kWh급
 - 랙 정격전압 : 51.2V
 - 랙 정격용량 : 352Ah
- 20kWh급 ESS 시스템 개발
 - 20kWh급 ESS용 랙 BMS 개발
 - 20kWh급 ESS용 배터리 운용기술개발(PMS 제어 및 UI 개발)
 - 20kWh급 ESS용 PMS 운영모니터링 시스템 개발

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 선행연구는 에너지효율 제고를 위해 배터리 팩 연결 방식, BMS 등을 중점적으로 연구하였음
- 동 사업은 에너지 효율을 포함하여 화재 등 사고 예방 및 피해 저감 연구를 병행

차. 사용 후 배터리의 안정적 재사용을 위한 고안전성 배터리관리시스템 개발(중기부)

(1) 연구개요

□ 본 연구는 사용후 배터리의 안정적 재사용을 위해 고안전성 배터리관리시스템을 개발하고 사용 후 배터리가 내재하고 있는 위험요인을 제거하여 위험 사고를 방지하고자 함

○ 병렬집중화 운용 알고리즘 개발

- 셀 간 병렬 전압/전류 제어의 밸런싱 알고리즘 설계 및 개발
- CMS의 병렬 운용 알고리즘 최적화 설계 방안 연구

○ 폐배터리 기반 병렬집중화 전지시스템 외함 기구설계

- 용량 및 출력 특성에 따른 외함케이스 규격/치수설계
- 전지시스템 단자 방수 및 셀 체결 단자의 접촉저항 저하를 위한 단자 설계

○ GUI(Graphic User Interface) 및 PC 모니터링프로그램 개발

- 통신 프로토콜에 따른 병렬형(32/64/128) 셀 추가 확장성 GUI 설계 도출

○ 폐배터리 CMS 전지시스템 평가 및 공인인증시험 검증

- CMS 기반 전지시스템 평가 및 개선사항 도출 및 공인인증시험서 검증

○ 기능안전설계 기반 BMS 소프트웨어 및 펌웨어 개발

- 쿨롱카운트라고 불리는 기술인 배터리 안팎으로 흐르는 전류를 추적하여 주로 배터리의 충전 상태를 계산하는 알고리즘 설계 및 개발
- 개별 셀과 전체 팩의 상태를 관제 가능한 소프트웨어 구조 설계 및 개발

(2) 사업규모

- 사업기간 : 2020~2021(2개년)
- 사업규모 : 약 2.3억 원(정부: 1.9억 원)

(3) 사업성과

연구개발

○ 정성적 연구개발 성과

- 시스템 설계 산출물 (시스템 요구사항, 시스템 아키텍처 설계 사양)
- 소프트웨어 설계 산출물 (소프트웨어 요구사항, 소프트웨어 아키텍처 설계 사양)
- 안전분석(FMEA) 보고서
- SW 정적 분석 (MISRA-C Coding Rule)
- SW 동적 시험 (Statement Coverage, Branch Coverage)

○ 정량적 연구개발 성과

- 전류정확도 1.8%(기준 3% 이하)
- 전압정확도 0.8%(기준 3% 이하)
- 외부단락 제어기능 0.0628(기준 < 40sec)
- 과방전압 제어기능 1.725(기준 < 40sec)
- 과충전압 제어기능 1.975(기준 < 40sec)
- 과전류 충전제어기능 5.725(기준 < 40sec)
- 과열 제어기능 1.475(기준 < 40sec)
- 사용후 배터리 동시 제어 수 32(기준 32개)

- PFH Pass(기준 $\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$ h⁻¹)
- 정적 분석수준 93.93%(기준 90% 이상)
- 동적 시험 수준 100(기준 100%)

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 사용후 배터리의 안정적 재사용을 위한 BMS 연구를 중점 수행하였으나, 제품 실증을 통한 검증은 이루어지지 못하였음
- 대용량의 사용후 배터리 기반 ESS 적용을 목표로 연구가 수행되지는 않음

카. 전기차 배터리 재활용을 위한 배터리 성능 및 잔존수명 분석 시스템 개발(중기부)

(1) 연구개요

본 과제는 배터리 재활용을 위해 배터리 성능진단 솔루션을 제공하고자 실제 사용 중인 전기차의 배터리 충/방전에 따른 실시간 배터리 상태정보를 취득하여 배터리 성능 및 유효잔존용량(ERC) 분석시스템 개발하였음

- 전기차 배터리 상태정보 취득 시스템 개발
- 배터리 상태정보 모니터링 시스템 개발
- 배터리 기본 성능 및 유효잔존용량(ERC) 분석 시스템 개발
- 전기차 배터리 유효잔존용량 간이테스트기 시제품 제작

(2) 사업규모

사업기간 : 2017~2018(2개년)

사업규모 : 약 5.6억 원(정부: 약 3.6억 원)

(3) 사업성과

제품개발

- 전기차 배터리 상태정보 취득 시스템 및 모니터링시스템 및 유효잔존용량 분석시스템 개발
 - 전기차 배터리 상태정보 취득 시스템은 배터리 SOC, 전압, 전류, 온도 뿐만 아니라 SOH까지 취득
 - 배터리 상태정보 취득 시스템 신뢰도 : 99% 이상(공인시험) 만족
 - 전기차 충전 표본 데이터 수 : 50건 이상(자체평가) 만족

- 전기차 완충/방전 사이클 수 : 20건 이상(자체평가) 만족
- 배터리 잔존수명 분석을 위한 알고리즘 모델 수 : 2개(자문평가) 만족, 정확도 : 95%(자문평가) 만족
 - ※ 다양한 표본 셀 배터리 총방전 데이터 수집
 - ※ 표본 셀 배터리 잔존수명 예측 알고리즘 설계
- 최종 산출물로서 전기차 배터리 상태 간이진단기 시제품을 제작하였음
 - 전기차 배터리 상태 간이진단기 시제품은 기존 개발하고 있는 전기차 DAQ시스템과 잔존수명분석시스템을 연계하고, 전기차에 OBD2 모듈을 설치하지 못했을 경우를 대비하여 제작

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 전기차 탑재 상태에서 배터리 성능 및 잔존수명을 평가할 수 있는 기술에 초점을 맞추어 연구가 진행되었음
 - 전기차 탈거 이후 배터리에 대한 성능 또는 잔존수명 평가에 대한 연구까지는 이루어지지 않았음
- 재사용 전 배터리의 성능 진단을 위한 솔루션 제공을 목표로 연구가 진행되었음

타. 디지털 트윈 기반의 예측 및 능동대처가 가능한 화재 재난지원 통합플랫폼 기술개발 기획(과기부)

(1) 연구개요

□ 본 과제는 대형 재난에 의한 피해를 저감하고 재난안전 서비스를 제공하기 위하여, 재난안전관련 6대기술을 활용한 디지털 트윈 공간 기반 재난 확산 예측 및 화재재난 능동대응 통합플랫폼 관련 기술을 개발하였음

○ (디지털 트윈 기반 통합플랫폼) 디지털 트윈 기반 재난안전관리 통합플랫폼 개발

- 차세대 이동통신 기반 고신뢰·저지연 재난 빅데이터 수집·분석(수집/분석)
- 공간 미디어 기반 디지털트윈 공간 생성 및 관리(생성/관리)
- 디지털트윈 기반 3D 공간 통합 정보 가시화(표출)
- 재난 및 화재 전조감지 및 능동대응 상황 전달
- 디지털 트윈 기반 재난안전관리 통합플랫폼 공통 기술

○ (재난확산예측/대응) 디지털 트윈 기반 재난 전조 감지 및 확산예측 기술 개발

- 재난확산 예측 자율학습을 위한 재난 시나리오 자동생성 기술개발
- 강화학습을 활용한 디지털 트윈 기반 재난전조 감지 및 확산예측 기술개발
- 시나리오 기반 지능형 재난 확산예측 플랫폼 개발

○ (공간정보생성 및 연계 표준화) 디지털 트윈 공간생성 및 재난관리 기술개발

- 재난정보 수집단말*을 이용한 재난지역 공간정보 수집 관리 기술개발
- 재난(취약)지역 동적 공간 생성 및 재난정보 공간매핑을 통한 재난 디지털 트윈 공간 생성 기술개발
- 3D 동적 공간 및 재난정보 고속탐색을 위한 시계열 디지털 트윈 공간

관리 기술개발

- (화재재난 감지/구호) 화재재난 능동형 복합 감지/구호 요소기술 개발
 - 3D 실내공간정보 기반 감지/구조/대응 기술개발
 - 동적 대응을 위한 화재재난 확산예측 정보 기반 의사결정지원 및 능동 대응 구호기술개발
 - 감지 및 구호용 소형 LiDAR, 드론 등을 이용한 능동형 재난대응 적용 기술개발
- (현장적용) 디지털 트윈 기반 재난 확산예측과 화재재난 능동 대응 플랫폼 현장적용 및 실증 서비스

(2) 예상 사업성과

□ 제품개발

- 디지털트윈 환경에서 실제 다중이용복합시설 · 지하공동구의 객체정보를 바탕으로 소방 · 방재시설물의 점검관리 및 4D(시간) · 5D(비용)기반 객체속성 재난예방기술 개발
 - 디지털트윈 다중복합이용시설 · 지하공동구 재난예방 기술
 - ※ 방재설비(소화전, 스프링클러, 감지기 등) 디지털 객체화 기술- 방재설비 객체의 4D(시간) · 5D(비용) 디지털 레이어 구성 기술
- 재난대비의 일환으로 3차원 증강현실 기반 양방향 몰입형 재난대응 교육 · 훈련 및 NDMS 연계기반 재난 확산예측 디지털트윈 구동기술 개발
 - 재난대비 현실세계 기반 재난 확산예측 기술
 - ※ 증강현실 기반 재난대응안전한국훈련 · 화재진압교육훈련 모듈
 - ※ NDMS연계 기반 재난 예측 · 분석 알고리즘 디지털트윈 구동 기술
 - ※ 표준작전절차(SOP), 긴급구조대응계획 디지털트윈 활용 제도 마련
- 재난 현장환경 · 출동자원의 실시간 수집된 정형/비정형 데이터를 기반

으로 디지털트윈 공간 3C센터 구성 및 의사소통 중심 능동형 화재대
응기술 개발

- 가상공간 3C(통합지휘·조정·통제)센터 및 능동형 재난대응 기술

※ 3차원 홀로그램 기반 디지털 3C센터용 COP(common operating picture)모듈

※ 디지털 의사소통(사람↔사람, 사람↔기계, 기계↔기계)중심 능동형화재대응 기술

※ 재난 대응용 재난관리시스템 연계·연동 활용기술

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

□ 배터리 화재 사고 외 다양한 사회적 재난 대응에 대한 안전관리 모니
터링 등에 초점을 맞추어 연구가 진행됨

○ 배터리 화재는 일반 화재와 다른 양상으로 진행되기 때문에 별도의
기술개발 연구가 필요

파. 도시안전을 위한 폭발/누출 입체적 감시를 통한 통합방재 시스템 연구(소방청)

(1) 연구개요

본 과제는 인구 밀집 지역 인근 위험시설의 폭발/누출 입체적 감시 시스템을 구축하여 사고예방 및 긴급 대응을 포함한 안전감시 시스템에 대해 연구

- 도시안전을 고려한 입체적 감시 신기술의 적용화 연구
 - 광기술 적용을 통한 입체적 감시 시스템의 정보수집
 - 광 투과방식을 이용한 스펙트럼의 농도추출 알고리즘
 - 감시대상물질의 선정을 위한 유독물질의 분광학적 특성 조사 및 감시 채널 선정
- 폭발/누출 위험 분석을 위한 DB 구축 및 사고 분석/예측 프로그램 개발
- 폭발/누출에 의한 비상 단계별 대응 시나리오 개발

(2) 사업규모

사업기간 : 2006~2008(2개년)

사업규모 : 약 9.5억 원(정부: 9.5억 원)

(3) 사업성과

제품개발

- 도시지역가스누출감시시스템 개발
 - 위험물질의 물성을 정확히 예측하기 위하여 통계적인 기법인 신경망 이론을 기반으로 한 물성치 예측 방법론 개발

- 농도데이터를 바탕으로 위험물질의 확산을 예측하기 위한 역추적 알고리즘을 통계적인 기법인 신경망 방법에 적용하여 개발
- 현재 많이 사용되고 있는 가우시안보다 좀 더 정확성이 뛰어난 SLAB 모델을 분석하고, 센서 네트워크에 맞게 수정
- 암모니아 누출가스 탐지를 위한 광센서 시스템 개발
 - 감시대상유독물질(NH₃)의 분광학적 특성을 통한 감시채널선정
 - NH₃ 흡수채널대역의 흡수단면적 측정
 - 테스트용 측정기 이용 현장에서 직접 측정실험 수행
 - 현장 설치형 신 송수광기를 이용한 실제 적용 현장측정실험 수행

(4) 연구한계점 및 본 과제와의 차별점

- 도심지역 가스 관련 시설물의 위험요인을 분석하고, 폭발 위험 해석 및 평가 등 연구에 초점을 맞추었음
- 데이터 기반 SW 개발단계까지 진행되었으며, 실증연구까지는 진행되지 못함

2. 공동사업 성과 관리 및 과제 평가방안

□ 목표별 핵심성과지표를 설계하고, 목표달성도 관리를 통해 성과창출을 유도

- 사업목적 달성을 위하여 성과목표 및 이를 평가하기 위한 정량지표를 도출하여 관리
 - 세부과제별로 단계별 성과목표 및 달성을 확인할 수 있는 성과지표 제시
 - 각 세부과제 관리주체는 성과지표에 따라 연구개발을 충실히 이행하고 있는지 점검
- 세부과제별 성과목표 달성도를 점검하고, 목표 달성도가 미흡한 경우 원인분석 및 피드백을 통해 최종 목표달성에 차질이 없도록 진도 관리
 - 세부과제별 성과목표 달성도가 미흡한 원인분석은 세부과제 수행기관에서 수행
 - 세부과제 관리주체는 최종목표 달성에 차질이 없도록 관리를 수행

3. 성과확산을 위한 사용자 및 이해관계자 의견수렴 방안

□ 과제관리기관은 사업추진에 앞서, 사업설명회를 개최하여 동 사업을 홍보하며 타 산업분야의 참여가 이루어질 수 있도록 함

- 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 홈페이지에 사업설명회 개최를 홍보하는 한편, 타 산업분야의 협회 등을 활용하여 사업설명회 개최에 대한 공지를 추진
- 사업설명회에서 사업 참여를 희망하는 기관들을 대상으로 관심 과제를 확인하고, 해당과제의 주요 기관 담당자를 소개하여, 동 사업에 참여할 수 있는 정보를 제공
- 사업 참여의향서를 제출한 기업의 보유 인력, 매출규모, 국가연구개발사업 참여실적, 해외사업 수행 실적 등을 고려하여 참여기업 선정 예정

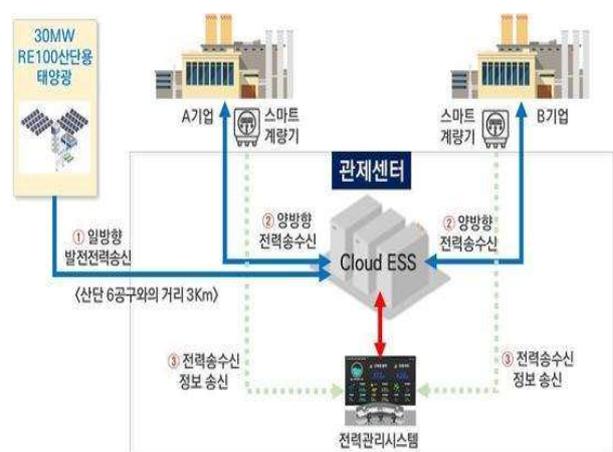
4. 실증 방안

□ 실증 후보지역

- 실증 후보지역으로 스마트 그린산단이 구축되는 새만금, 배터리 규제 자유특구로 지정되어있는 포항 블루밸리 국가산단 검토중
- 개발내용 실증에 유리한 지자체를 우선적으로 고려할 계획이며, 향후 관련 지자체 협의를 통해 참여의향 여부 확인 예정

- (실증 후보지1) 새만금 스마트그린산업단지 5공구

- ※ 새만금에는 클라우드 개념의 공용 ESS 설비 10MWh 구축이 예정되어 있음
- ※ 새만금 스마트그린산업단지가 구축되는 5공구는 현재 매립을 완료하고, 부지 조성 중에 있으며, 현재 구축중인 새만금 재생에너지단지로부터 3GW의 재생에너지 공급이 이루어질 예정(`25년 이후 완공 예정)
- ※ 국토교통부와 새만금개발청에 동 과제에 대해 설명하였으며, 산단 내 SK E&S 새만금 데이터산업 클러스터의 피크부하 저감용 ESS로 실증 추진 예정
- ※ 5공구·6공구 내 신재생 전원의 간헐성과 변동성 보완을 위해 ESS 기반 마이크로그리드 적용 예정
- ※ 동 과제에서 구축하는 실증단지는 5공구 내 SK E&S의 데이터센터 인근에 구축하는 것으로 논의 중임



[그림 3-7] 새만금 스마트그린산업단지 ESS

- (실증 후보지2) 나주 빛가람 혁신도시

- ※ 한전 등 전력 관련 연구기관이 밀집되어있는나주 빛가람혁신도시를 도시 인프라 연계 에너지 저장 장치 실증 후보지역으로 검토중
- ※ 나주 빛가람혁신도시는 에너지 신산업을 중점 목표로, 에너지 밸리 조성 등 에너지 특화산업 기반을 마련하고 있으며, 사용후 배터리 성능·안전성 시험센터 등 구축 연계가능



[그림 3-8] 나주 빛가람 혁신도시

- (실증 후보지3) 포항 블루밸리 국가산업단지

- ※ 포항 배터리 규제자유 특구의 사업자로 동 기획 전문가로 참여 중인 GS건설 에네르마, 피엠그로우, 포엔, 성일하이텍 등이 참여 중
- ※ GS건설 에네르마는 리콜된 현대자동차의 전기차인 코나 배터리를 구매하여 포항 시설에 비축하고 있으며, 이를 도시/산단용 전기차 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 구축에 활용할 계획
- ※ 전기차 사용 후 배터리의 이동거리를 최소화하여 물류비용을 줄일 수 있다는 이점 존재
- ※ 배터리 핵심 소재-완제품-재사용·재활용의 전주기 산업 생태계 구축에 기여 가능

5. 법·제도적 위협요인 및 대응방안

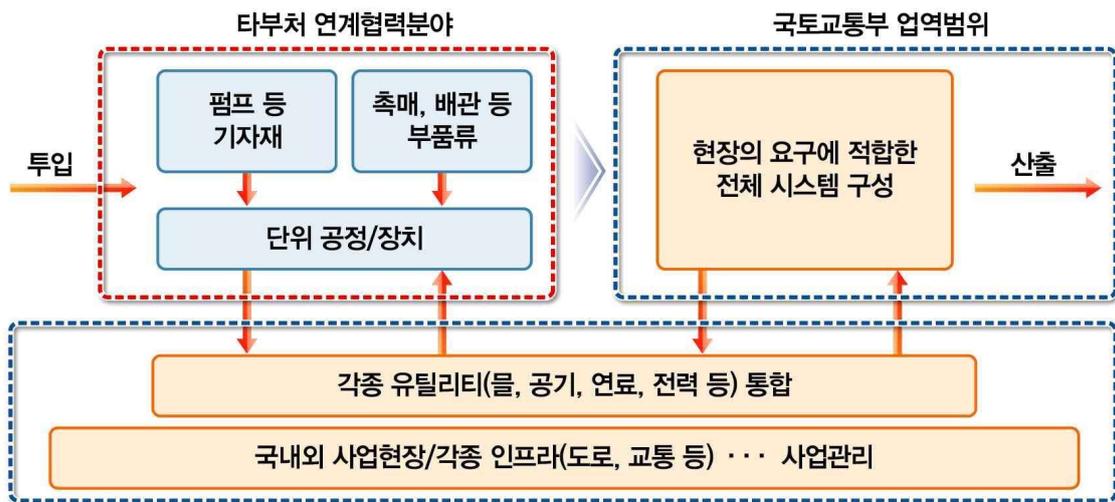
연구개발 과제	관련 기술규제		이슈	해결전략
	구분	내용		
재사용 배터리 기반 ESS 통합 시스템 기술	법령·고시 (가이드라인 포함)	(산업부) 전기용품 및 생활용품 안전관리법 시행규칙 - 제3조(안전관리대상제품의 범위)	- 재사용 배터리를 활용한 ESS 시스템에 대한 규제 전무	- 해당 시행규칙을 용량에 비례하도록 확대하여 대용량 ESS에 우선 적용 - 향후 기술 실증 데이터를 바탕으로 법령 개정안 제안
재사용 배터리 기반 ESS 장치 기술	법령·고시 (가이드라인 포함)	(산업부) 전기용품 및 생활용품 안전관리법 시행규칙 - 제3조(안전관리대상제품의 범위)	- 현행 기준 정격전압 직류 1천5백볼트 이하 리튬이온전지만이 해당되며 대용량에 대한 기준은 부재 - 재사용 배터리를 활용한 장치에 대한 규제 전무	- 해당 시행규칙을 용량에 비례하도록 확대하여 대용량 ESS에 우선 적용 - 향후 기술 실증 데이터를 바탕으로 법령 개정안 제안
재사용 배터리 ESS 화재안전관 리 통합 시스템	법령·고시 (가이드라인 포함)	(산업부) 에너지저장장치(ESS) 추가안전조치 이행 확인 최종 공고	- 지속적으로 발생하는 ESS 화재사고로 인해 운영 및 소방설비 기준이 점차 강화되고 경제성있는 사업 추진이 어려움	- 화재안전 기술 실증을 통한 ESS 운영기준 완화
		(소방청) 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 - 36조(소방용품의 형식 승인), 39조(소방용품의 성능 인증 등), 40조(우수품질제품에 대한 인증)	- 개발된 제품 승인기간의 지연으로 ESS 시스템 적용 또한 오랜 기간 연기될 수 있음	-
	표준·인증 규격	- KFS-412	- KFS-412 기준은 20kWh이상, 600kWh 미만의 ESS를 대상으로 하고있음 - 대용량 ESS에 대한 국가적 안전관리 기준 부재	- 국내외 가이드 및 과제를 통해 검증된 실증 결과를 바탕으로 국가적 가이드라인(안) 제안
재사용 배터리 ESS 도시안전 건축 설계/설치 기준	법령·고시 (가이드라인 포함)	(국토부) 건축법 - 제6조의2(특수구조 건축물의 특례) (국토부) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 - 제43조(도시·군계획시설의 설치·관리), 제56조(개발행위의 허가) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 - 제2조(기반시설)	- ESS는 화재 등 사고가 많이 발생하고있는 건축물이나, 관련 특수 설계 기준 등 규제는 부재함 - 도시적용용 ESS는 도시기반시설로서 규정되어있지 않기 때문에 도시설치를 위한 기준이 부재한 상황	- 유사 역할을 할 수 있는 전기공급설비, 변전소 등 기준 우선 활용 - 향후 기술 실증 데이터를 바탕으로 법령 개정안 제안
		표준·인증 규격	(산업부) 리튬 이온 에너지저장장치(Electric Storage System) 설치 및 유지보수에관한 기술지침	- 본 지침은 20kWh 미만인 시설을 기준으로 구성되었음
재사용 배터리 ESS	법령·고시 (가이드라인 포함)	(소방청) 화재예방, 소방시설 설치·유지 및	- 물과 스프링클러를 이용한 진압방식 외	- 기술개발과 시험 인증을 병행하여 추진함으로써

소방시설 기술	인 포함	안전관리에 관한 법률 - 36조(소방용품의 형식 승인), 39조(소방용품의 성능인증 등), 40조(우수품질제품에 대한 인증)	새로운 방식의 설비를 도입할 경우 ESS 적용에 적합한 설비 인증이 별도로 필요할 것으로 예상	시간 단축
도시계획 기반 재사용 배터리 에너지 인프라 실증	법령·고시 (가이드라인 포함)	(국토부) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 - 제43조(도시·군계획시설의 설치·관리), 제56조(개발행위의 허가) (국토부) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 - 제2조(기반시설)	- 재사용 배터리 활용 대용량 인프라 도시적용 기준 부재	- 유사 역할을 할 수 있는 전기공급설비, 변전소 등 기준 우선 활용 - 향후 기술 실증 데이터를 바탕으로 법령 개정안 제안
	인허가	-	- 현행 기준 규제샌드박스 승인이 있는 장치에 한해 실증이 가능	- 공공사업의 목적의 경우, 설치(인증, 승인 등)에 대한 절차 간소화 - 규제샌드박스 패스트트랙 제도 활용을 통해 실증 승인 기간 단축
도시 전력시설 및 에너지 관리 시스템 연계 운영	법령·고시 (가이드라인 포함)	(산업부) 전기사업법 - 제67조(기술기준) (산업부) 전기설비기술기준 - 제53조의3(전기저장장치의 시설)	-	- 준수 예정
전기차 배터리 기반 ESS 장치의 도시응용 제품 기술	법령·고시 (가이드라인 포함)	(국토부) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 - 제43조(도시·군계획시설의 설치·관리), 제56조(개발행위의 허가) (국토부) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 - 제2조(기반시설)	- 재사용 배터리 활용 인프라 도시적용 기준 부재	- 유사 역할을 할 수 있는 인프라 기준을 우선 활용 - 향후 기술 실증 데이터를 바탕으로 법령 개정안 제안
		(산업부) 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령 - 제18조의7(충전시설의 종류 및 수량 등)	- 재사용 배터리를 활용한 대용량 도시응용시설 허가에 대한 기준이 부재	- 안전기술 실증 기반 데이터 기반 법령 개정 제안
재사용 배터리 재 순환 기술	법령·고시 (가이드라인 포함)	(국토부) 자동차관리법 - 제33조의4(자동차결함정보시스템의 구축·운영) - 제69조의2(자동차이력관리 정보의 제공)	- 원활한 재순환을 위해 배터리 전주기 이력관리 필요성이 제시되며, 이에 따른 배터리 활용 정보가 필요하나, 정보 제공에 대한 규제 부재	- 배터리 전주기 이력 관리 관련 법령 개정 제안
		(환경부) 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 - 제20조의4(미래폐자원 거점수거센터의 설치·운영)	- 거점수거센터의 역할인 폐배터리 등 성능평가 및 및 매각 기준 등이 아직 명확하지 않아 폐배터리 재 순환을 위한 등급부여가 어려움	-

제2절 사업 추진체계

1. 부처 간 역할분담

- 국토부는 주관부처로 개발된 핵심기술의 통합 실증을 담당하며, 참여부처인 소방청은 사용후 배터리에 대한 화재안전 기술개발, 협력부처인 산업부는 성과연계, 새만금청은 실증부지 제공을 담당
 - (국토부) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 통합시스템에 대한 도시·산단 실증을 담당하며, 국토부 영역에 해당하는 핵심기술개발 등 주관부처로 역할 수행
 - 국토부는 국내외 건설사업 주무부처로서 단위 요소기술개발은 지양하고, 기 개발된 단위 요소기술의 연계·통합, 성능개선 등을 통해 실용화 가능한 시스템 구현에 집중



[그림 3-10] 국토부의 설비 시스템 업역 범위

- 핵심기술 중 국토계획법, 건축법 등에 의거 국토부 관리 및 R&D 영역에 해당하는 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라의 설치, 화재안전 관리 및 건물 방화벽 시스템, 도시 에너지관리 시스템 등에 대한 개발 담당
 - (소방청) 핵심기술 중 소방법에 의거 소방청 관리 및 R&D에 해당하는 화재확산 방지를 위한 사용후 배터리 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술, 화재 안전 플랫폼 및 유지관리 기술 등에 대한 개발 담당

- (산업부) 핵심기술 중 부품·소재 및 장비·단위설비, ESS장치 개발, 전기안전관리 등을 수행하는 산업부의 R&D영역에 해당하는 사용후 배터리 ESS, BMS, 전력변환모듈 등의 설계제작 관련 기술의 실증을 위해 산업부는 성과 연계에 협력
- (새만금청) 새만금 지역에 스마트그린산단을 조성하고, 새만금 사업지역에서의 행위허가에 관한 사무를 담당하는 새만금청은 실증부지 제공에 협력

2. 사업 추진 및 관리운영 체계

국토부 주관 하 3개의 세부과제가 추진되며, 1개 과제는 소방청 재원 분담 하에 추진될 예정

- 국토부의 과제관리 전문기관인 KAIA가 전체 과제를 총괄 담당하여 RFP공고, 평가, 관리, 성과활용·확산 역할을 수행하는 체계로 추진할 계획임
 - 소방청의 R&D를 전담하는 별도의 과제관리 전문기관이 부재하며, 소방청은 KAIA에서 과제를 총괄 담당하는 추진체계 구성 및 운영 희망
- 소방청은 소방청에서 담당하는 세부과제 수행에 소요되는 예산을 분담하고, 과제관리에 대한 부분은 KAIA에 일임



[그림 3-11] 사업 운영체계

□ 사업 목표달성을 유도할 수 있도록 고도화된 관리체계 마련

- 참여부처 간 공동성과목표·지표 설정 및 통합 평가 추진
 - 부처간 물리적 단순 참여를 넘어 부처간 긴밀한 협력으로 공동의 목표를 달성하는 단일 사업으로써 기획될 수 있도록 총괄 거버넌스 구축
 - 다부처 공동 성과목표 달성을 위해 일체화된 협업 추진에 적합한 공동 성과목표, 공동 성과지표를 개발하고 통합 평가 등 추진
- 부처별 사업별 특성을 반영하여 부처 간 협의로 설정하되, 통합적으로 관리할 수 있도록 추진

제3절 사업 기간 및 소요예산

1. 사업기간 및 추진일정

□ (1세부) 도시/산단에너지 저장 인프라 기술 로드맵

구분		'24	'25	'26	'27	'28
(1세부) 도시/산단에너지 저장 인프라 기술	(1-1) 사용후 배터리 기반 ESS 설계·제작 기술	전기차 사용후 배터리 확보방안 및 사용후 배터리 현황 분석·성능 및 안전성 평가	단위 별 재사용 ESS 시스템 제작 및 인증시험 및 최적 운영 알고리즘 개발	재사용 배터리 기반 ESS 최적 설계	재사용 ESS 시스템 현장 구축 및 전력거래소 연계	운전결과 보안을 통한 운용플랫폼 최적화
	(1-2) 사용후 배터리 기반 ESS 운영·유지관리 기술	재사용 배터리 열화실험 설계, SOH 추정 및 RUL 예측 알고리즘 설계	열화실험 데이터 확보, 데이터 수집 플랫폼 및 전용 BMS 개발, SOH 추정 및 RUL 예측 기술개발	열화실험 데이터 분석, 플랫폼을 통한 데이터 지속 확보, SOH 추정 및 RUL 예측 기술 고도화	도시/산단 연계 시스템 관리 플랫폼 구축 및 UI/UX, 어플리케이션 개발	실증 인프라 배터리 SOH 추정 및 RUL 예측 기술 적용 및 검증
	(1-3) 사용후 배터리 기반 ESS 설치 기술	설치환경을 고려한 건축을 기본설계 및 해외 ESS 건축을 사례연구	건축 인허가 및 설계관리, 해외 ESS 건축을 사례연구 기반 건축기준(초안) 수립	실시설계 인허가/실증건을 기획 관리, 실증 인프라 공사 기반 제도 피드백	실증건물 공사 운영관리 및 데이터 수집 기반 건축 관련 기준 수립	실증건물 운영관리 및 데이터 수집 기반 건축 관련 최종 기준·가이드라인 제시
		스마트 전력변환 모듈 구성요소 핵심설계 및 배터리 상태추정 알고리즘 개발	이중 배터리 팩 적용형 관리 알고리즘 및 전력구조 최적화 기술개발	전력변환 모듈 소프트웨어 및 하드웨어 제작(kW급)	전력변환 모듈 소프트웨어 및 하드웨어 제작 (MW급) 및 모듈형 전력변환시스템 실증지 적용	1MW/10MWh급 ESS 기술 실증 및 운전조건별 데이터 확보, 최적화 및 기술 검증

□ (2세부) 도시/산단에너지 저장 인프라 안전 관리 기술 로드맵

구분		'24	'25	'26	'27	'28
(2세부) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전 관리 기술	(2-1) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술	사용후 배터리의 성능·안전성 시험 및 화재특성 분석	화재 안전관리 플랫폼 구축 및 시험평가 수행	플랫폼 구성요소 기능 요건 국가 표준(안) 제작 및 화재안전관리 플랫폼 안전점검 매뉴얼/가이드라인 개발	ESS 실증사이트-화재안전관리 플랫폼 연동기술 개발, 모의 안전사고 시뮬레이션	안전관리 플랫폼 실증데이터 분석 및 운영 기술 개선점 도출 및 매뉴얼/가이드라인 반영
	(2-2) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술	재사용 배터리 화재 위험 요인 및 열 폭주 특성 분석 및 화재예측 빅데이터 구축 전략 수립	재사용 배터리 화재 전조 현상 분석 기법 및 예측모델(Beta ver.) 개발, 화재예측 빅데이터 구축(계속)	시기별 재사용 배터리 화재 전조현상 예측 및 감지(대응) 시스템 구축	재사용 배터리 화재 전조현상 예측 및 감지(대응) 시스템 성능 검증	재사용 배터리 화재 전조현상 예측 및 Test-bed 운영을 통한 감지(대응) 시스템 성능 고도화
	(2-3) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System)	재사용 배터리 기반 ESS 화재 특성·위험요인·소화 기술 분석, 소화제 소재연구, 소화시스템 기본 설계	소재 최적화 및 모듈 단위 성능 평가, 분사장치 제작·평가, 모듈 단위 화재 시뮬레이션, 소화시스템 상세 설계	열 폭주 방지 소화시스템 및 통합 제어시스템 시작품 제작(1차), 실규모 성능평가, 현장적용성 평가 계획 수립	시작품 제작(2차), 실규모 화재시험, 현장 적용성 검증을 위한 소화시스템 및 통합제어시스템 설계 및 제작	시스템 실증현장 적용 및 운영, 평가 및 개선사항 도출, 시제품 설계도 및 품질, 유지관리, 현장적용 매뉴얼 도출
	(2-4) 사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 확산 방지 구획화 기술(Passive System)	구획기준 설정을 위한 기술자료 수집 및 분석, 구획설계 및 화재시험 계획 수립, 보험요율 기반 연구	인프라 화재성상 실험 방화구획 설계기준(저장용량, 구획크기·방법 등) 연구, 보험요율 산정 로드맵 작성	방화구획 부재 및 설비의 성능기준 연구 및 성능 검증실험, 보험요율 적용 시뮬레이션 검증	방화구획 기준 연구, ESS정치 배치계획 및 영향 연구, 보험요율 산정 프로세스의 타당성 전문가 검증	설계기준·설치 기준 제정, 관련 법 개정(안) 제출, 실규모 검증 실험, 실증평가 위험성 분석 및 평가 방법론 정립

□ (3세부) 도시 에너지 인프라 연계 및 실증 기술 로드맵

구분		'24	'25	'26	'27	'28
(3세부) 도시 에너지 인프라 연계 및 실증 기술	(3-1) 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템	안전 가이드, 실시간 설비 운영 등 데이터 공유 기술 개발, 인프라 실시간 운영 상태 모니터링 HMI	각종 데이터 결합기반 보고서 구성 및 자동생성 기술 개발, 주요 설비 및 행위 위험도 예측 알고리즘 개발	인프라 안전 및 운영 상황 동시 파악을 위한 GIS와 BIM(3D)가 통합 Dashboard 개발	수집된 정보의 신뢰성, 무결성을 점검할 수 있는 I/O 품질관리 기술 개발	개발된 통합 모니터링 및 운영 SW 실증 적용 및 운영·성능검증
	(3-2) 대용량 에너지 저장 인프라 산단 실증	실증 현장조사/프로젝트 표준 수립	실증 부지계획/인허가/EPCM 실행계획	실증플랜트 상세설계	재생에너지 확보 및 저장, 수용가 연계, FEMS 연결, 수용가 공장 탄소중립 시스템 구축	전력 스케줄링 모델 기반 도심·산단형 전력최적화 운영 알고리즘 개발 및 실증
	(3-3) 에너지 저장 인프라 도시 적용 모델 (EV 충전기/인프라) 실증	실증 현장조사/프로젝트 표준 수립	실증 부지계획/인허가/EPCM 실행계획	양방향 충전 가능 EV 충전기/인프라 개발, 운영 표준 플랫폼을 위한 Point 별 데이터(재사용 배터리 평가, 등급) 수집	재사용 배터리 활용 ESS 연계 DC-DC 특고압 변환 연계, 양방향 충전 가능 EV 충전기/인프라 연계 EV Grid Forming, 충전기 DC-DC 특고압 변환·V2G 연동 데이터 수집	EV 충전기/인프라 제품 시험 및 인증, EV Grid Forming 기술-EV 충전 인프라 연동 기술 개발, 수집 데이터 기반 운영 표준 플랫폼 개발 및 시험 및 인증

2. 사업규모 및 투자계획

□ (총연구비) 479.5억원

○ 국고 287.7억원, 민간 191.8억원

세세부과제		'24	'25	'26	'27	'28	총계
<1세부> 도시/산단 에너지 저장 인프라 건설 기술	사용후 배터리 기반 ESS 설계·제작 기술	10.0	20.0	25.0	7.5	7.5	70.0
	사용후배터리 기반 ESS 운영·유지관리 기술	5.0	10.0	15.0	5.0	5.0	40.0
	사용후배터리 기반 ESS 설치 기술	5.0	5.0	3.0	3.0	2.5	18.5
	소계	20.0	35.0	43.0	15.5	15.0	128.5
<2세부> 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전 관리 기술	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술	10.0	15.0	10.0	10.0	5.0	50.0
	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 사전 감지기술	5.0	5.0	5.0	3.0	2.0	20.0
	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 최적 소화 기술(Active System)	10.0	15.0	15.0	5.0	5.0	50.0
	사용후 배터리 기반 에너지 저장 인프라 화재 확산 방지 구획화 기술(Passive System)	5.0	15.0	15.0	3.0	3.0	41.0
	소계	30.0	50.0	45.0	21.0	15.0	161.0
<3세부> 도시/산단 에너지 저장 인프라 연계 및 실증 기술	대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템	2.0	3.0	3.0	7.0	5.0	20.0
	대용량 에너지 저장 인프라 산단실증(10MWh)	10.0	20.0	30.0	50.0	10.0	120.0
	에너지 저장 인프라 도시 적용 모델 (EV 충전기/인프라) 실증	5.0	5.0	15.0	20.0	5.0	50.0
	소계	17.0	28.0	48.0	77.0	20.0	190.0
합계	67.0	113.0	136.0	113.5	50.0	479.5	

제4장 성과 활용방안 및 기대효과

제1절 사업 성과 활용 방안

1. 실용화·사업화 계획

- 설계 및 운영 가이드라인 등을 도출하여 정부 또는 국토부 유사 사업 시 기준사항으로 활용할 수 있도록 반영
 - (가이드라인) 한국건설기술연구원 국가건설기준센터 등록을 통해 정부, 국토부 차원에서 향후 유사사업에 활용될 수 있도록 국가 기준으로써 반영
 - ESS 전용 특수 화재안전 인프라 설계기준, 도시 내 시공·설치 관련 표준 시방서 등
 - (국토부 법령) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 내 재사용 배터리 에너지 저장 인프라를 도시 기반시설로서 고시할 수 있도록 개정 제안
 - 국토부 입법계획 수립 후 법제처 제출
 - (산업부 법령) 전기설비기술기준 내 대용량 ESS의 운용기준 및 필수 소화설비 용량 최적화 등 관련 내용 개정 제안
 - 산업부 입법계획 수립 후 법제처 제출
- 기술 수요처로 예상되는 지자체, 산단 전기사업자, ESS 제작사 등을 대상으로 성과공유
 - 전기차 충전 전력 수요관리, 주파수 조정, 도서, 산간 에너지 복지 보급용 등 대용량 ESS 시장 확대
 - 기타 기존 ESS 활용처 대치
- 실증기간 종료 후 설치된 대용량 에너지 저장 장치는 설치구역의 지자체 또는 전기 운영사 등과의 협의 후 지속적 활용 예정

2. 성과 활용 방안

□ 세부과제별 예상 성과물 및 성과활용방안은 다음과 같음

○ (1세부) 도시/산단 대용량 에너지 저장 인프라 기술

구분	최종성과물	성과 활용처	성과활용방안
(1세부) 사용후 배터리 기반 ESS설계·제작 기술	2MWh급 단위 재사용ESS 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 업체 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 설계 공유
	재사용ESS 랙단위 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 업체 	<ul style="list-style-type: none"> 랙 시스템 설계 공유 랙 시스템 공급/판매
	재사용ESS 전용BMS	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 업체 	<ul style="list-style-type: none"> 전용 BMS 기술이전
	최적운전제어 EMS 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 산단 관리공단 등 	<ul style="list-style-type: none"> FEMS 시스템연동 활용 산단 전력관리시스템으로 활용
	재사용 ESS 전기안전진단 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ESS EPC업체 	<ul style="list-style-type: none"> 안전시스템 공급/판매
	에너지허브 사업모델	<ul style="list-style-type: none"> 분산전원 운영관리자& 산업단지를 비롯한 대규모 전력 소비 구역 신재생 에너지 발전사업자 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생 에너지원과 연계된UBESS를 통하여 탄소배출을 줄이고 재생에너지 관련 정책을 실현할 수 있음 에너지 자립율을 높일 수 있을 것으로 기대하여 산단을 비롯한 대규모 전력 소비 지역의 계통 전력 안정화 효과
	특허	<ul style="list-style-type: none"> 과제 참여기관 ESS 연구개발 기관 	<ul style="list-style-type: none"> 특허 출원 및 등록을 통하여 과제 참여 기관의 지적재산권 확보에 도움을 주게 될 것임 특허를 활용하고자 하는 연구기관에게 상용화/사업화의 기회를 제공할 수 있음
	논문	<ul style="list-style-type: none"> UBESS 연구개발 기관 UBESS 설치납품 업체 사용후 배터리 어플리케이션 제작 업체 	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발 특허를 통하여 사용후 배터리를 활용하는 연구개발자와 사업자들에게 2차 가공 및 안전성 확보를 위한 가이드라인 을 제시하게 될 것
	100kW급 Scalable 스마트 전력변환 모듈	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 ESS용 전력변환 수전해 등 신재생 전련변환 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 ESS 구성을 위한 전력변환시스템 구성에 활용
	통합형 적용형 BMS 기술	<ul style="list-style-type: none"> 이기종 재사용 배터리 연계 범용 프로토콜 대응 BMS 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 종류의 재사용 배터리 연계를 위한 핵심기술로 활용
고신뢰성 전력변환 모듈 설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> 고안전성 기반 분산전원 구현 장기운전 요구 분산전원 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생 기반 분산 에너지원의 신뢰성 및 안전성 향상 기반기술 	
10MWh급 에너지저장시스템	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 배터리 기반 ESS 산업단지용 전력 안정화 	<ul style="list-style-type: none"> 도시 및 산업 기반시설용 전력안정화 기술로 활용 	
(2세부) 전기차 재사용 서비스	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 연계형 ESS 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 이종 배터리 모듈이 	

구분	최종성과물	성과 활용처	성과활용방안
부) 사용후 배터리 기반 ESS 운영· 유지관 리 기술	대상 잔존수명 예측이 가능한 측정 장비 (H/W) 및 운영 플랫폼	사업자 ▪ 재사용 배터리 기반 도시·산단 대상 수요관리 사업자 ▪ RE100 사업자	연계된 전기차 재사용 배터리 잔여유효 수명예측을 통해 안정적이고, 경제적인 사업화 가능 ▪ 재사용 배터리의 상태추정, 진단 및 예지기술의 친환경 모빌리티 분야 선도 기업으로의 기술전파 가능 ▪ RE100 기업의 재생에너지 기반 에너지 자립화를 위한 안정적인 플랫폼 개발을 위해 활용
(3세세 부) 사용후 배터리 기반 ESS 설계 및 인허가 기준	건축인허가 등 관련법 개정사항	▪ 인허가 담당 공무원 ▪ 인허가 진행 건축사사무소 ▪ ESS 설치 건물 시공사	▪ 대용량 ESS 설치 건물 공사를 위한 인허가 절차에 활용
	설치에 따른 검토 행정프로세스	▪ 인허가 담당 공무원 ▪ 인허가 진행 건축사사무소 ▪ ESS 설치 건물 시공사	▪ 대용량 ESS 설치 건물 공사를 위한 행정프로세스 절차에 활용
	관련 법률에 따른 검토기준(안)	▪ ESS 설치 건물 건축사사무소 ▪ ESS 설치 건물 시공사 ▪ ESS 생산 업체	▪ 대용량 ESS 설치 건물 설계 절차에 활용 ▪ 대용량 ESS 개발 및 생산에 활용
	실증 건축물 기획 기본설계	▪ ESS 설치 건물 건축사사무소 ▪ ESS 설치 건물 시공사	▪ 대용량 ESS 설치 건물 설계 절차에 활용
	국토계획법 개정(안)	▪ 국토교통부 도시정책과	▪ 도시계획시설로 결정하기 위한 법적 근거로 활용
	에너지 저장 인프라 시설결정, 구조 및 설치기준(안)	▪ 사업시행자	▪ 인프라 설치사업 시 활용

○ (2세부) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술

구분	최종성과물	성과 활용처	성과활용방안
(1세세부) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 화재 안전 플랫폼 개발 및 유지관리 기술	재사용 배터리시스템의 안전관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> 중소형 UBESS 개발업체 중소형 UBESS 사업개발업체 중소형 UBESS 연계 신재생, EV충전 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> Cloud 기반의 고장애측 서비스 활용으로 화재안전 신뢰 구축 보험료 절감 및 경쟁력 확보로 시장확대, 탄소발자국 저감
	배터리의 작동 상태 감시 및 분석정보 제공을 통한 화재예측 감지 기술	<ul style="list-style-type: none"> 중소형 UBESS 개발업체 중소형 UBESS 사업개발업체 BMS 개발업체 소방제어 관련업체 사용후 배터리 보관업체 	<ul style="list-style-type: none"> 배터리화재와 비-배터리화재 구분기능으로 손실 최소화 이상징후 조기발견 및 대응으로 수명연장, 경제성 확보
	화재사고 예방/ 화재발생 초기진압/ 화재확산 차단 및 폭발방지를 위한 조기 대응 기술 및 현장대응 SOP	<ul style="list-style-type: none"> 중소형 UBESS 개발업체 중소형 UBESS 사업개발업체 중소형 UBESS 연계 신재생, EV충전 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> 화재예방 및 피해 최소화 UBESS의 설치위치 및 용도에 따른 위험도에 따라 일부 또는 전부 설치 배터리화재/비-배터리화재를 구분하여 대응, 손실최소화 소방관에게 적절한 정보제공
	화재안전성 유지를 위한 시스템관리 및 안전점검 매뉴얼/가이드라인	<ul style="list-style-type: none"> 중소형 UBESS 개발업체 중소형 UBESS 사업개발업체 중소형 UBESS 연계 신재생, EV충전 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> 설비 유지보수의 효율화 O&M 비즈니스 모델 전개
	특허	<ul style="list-style-type: none"> 과제 참여기관 UBESS 연구개발 기관 중소형 UBESS 개발업체 BMS 개발업체 EV 관련 개발업체 	<ul style="list-style-type: none"> 리튬전지 관련 제품의 화재안전성 확보에 기여 탄소발자국 저감을 위한 비즈니스 개발에 기여(O&M)
	논문	<ul style="list-style-type: none"> UBESS 연구개발 기관/업체 BMS 개발업체 EV 관련 개발업체 	<ul style="list-style-type: none"> ESS, UBESS, EV등 리튬전지를 이용한 시스템의 BMS 개발 및 응용에 활용 리튬전지 화재 및 폭발방지관련 제품 및 기술기준 제정에 활용
(2세세부) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 화재 사전감지 기술	AI 기반 재사용 배터리 화재 예측 기술	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통부, 산업계 	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 배터리를 이용한 산업단지 조성등 대규모 ESS 적용 건축물(시설)등의 설계 및 운영시스템 고도화에 활용
	재사용 배터리 화재 대응 SOP(매뉴얼)	<ul style="list-style-type: none"> 행장안전부, 소방청 	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 배터리의 화재(폭발등)시 현장 출동 소방대원의 효율적인 진압 및 소방활동을 위한 현장 대응 매뉴얼 및 표준작전절차로 활용(소방대원 교육 교재등)
	재사용 배터리 화재대응 국제 표준	<ul style="list-style-type: none"> 국가기술표준원, 산업계 	<ul style="list-style-type: none"> 재사용 배터리 화재분야의 국제 표준 선도 및 관련분야 헤게모니 선점
(3세세부) 재사용	산업부사물 활용 UBESS 화재 진화 재료 개발 (시작품, 논문,	<ul style="list-style-type: none"> 소방서, 공공기관, 지차체, 중대형건물, 신재생에너지 발전소 등 	<ul style="list-style-type: none"> 소방관련 업체 기술이전 국제 학술발표 및 특허 기술 선도에 따른 기술이전

구분	최종성과물	성과 활용처	성과활용방안
배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라의 최적 소화 기술	특허)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 기술 선도 ▪ 산업부산물의 활용에 따른 탄소저감 ▪ 신규 일자리 창출 및 새로운 시장 확대
	UBESS 열 폭주 방지기반 국소방출 능동형 소화시스템시스템 (시작품, 논문, 특허, 설계도, 설계-품질-유지관리-현장적용 매뉴얼)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소방서, 공공기관, 지차체, 중대형건물, 신재생에너지 발전소 등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배터리 화재 안정성 확보 ▪ 대형 및 배터리 사용 기반시설 화재 진호 시스템 구축 ▪ 관련 산업의 활성화 ▪ 신규 일자리 창출
	UBESS 안전기준 개정안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전기준 관련기관, 소방산업체 등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ UBESS 화재특성 대응형 안전기준 적용 (UBESS 보급 확대 및 화재사고 감소)
(4세세부) 재사용 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라 화재 확산 방지를 위한 기획화 기술	배터리 저장시설 방화구획 및 화재확산방지구조 설계 기준	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전기차 배터리 재사용 기반 에너지 인프라 구축 기업 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배터리 저장시설에 대한 최적의 방화구획 및 화재확산방지구조 설계에 활용

○ (3세부) 도시/산단 에너지 저장 인프라 안전관리 기술

구분	최종성과물	성과 활용처	성과활용방안
(1세세부) 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니 터링·운영 시스템	클라우드 네이티브 기반 지능형 대용량 에너지 저장 인프라 통합 안전모니터링·운영 시스템 SW	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 각종 ESS 통합 운영 수요처 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ESS 안전·운영 플랫폼 적용 ▪ 기존 플랫폼 연계, 데이터 수집 및 분석, 운영 개선 활동 진행
(2세세부) 대용량 에너지 저장 인프라 산단 실증 (10MWh)	사용후 배터리 기반 대용량 에너지 저장 인프라(10MWh급)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설치지역 에너지 절감량 15% 절감, 사업화 매출액 투자 대비 30% 편익 효과, CO₂ 감축량 기준 대비 10% 감축
(3세세부) 에너지 저장 인프라 도시 적용 모델(EV 충전기/ 인프라) 실증	사용후 배터리 셀 밸런싱 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용후 배터리 활용 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수거된 폐배터리의 셀 밸런싱 후 공급 BM으로 활용
	V2G 연계형 EV 충전기	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용후 배터리 활용 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수거된 폐배터리의 셀 밸런싱 후 공급 BM으로 활용
	DC Grid 연계 운영 표준플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신규 전력 사업자 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소규모 전력사업자 BM으로 활용

제2절 기대효과

1. 과학·기술적 기대효과

사용후 배터리 안전 평가·운영·활용기술 확보

- 사용후 배터리의 빠른 ESS 적용 및 각종 진단 및 설치 기술 표준화로 일관된 기준으로 기술고도화 기반 마련
- 화재 예방기술개발로 인한 ESS 수명향상, 가동률 제한 해제를 통해 운용 효율성·신뢰성 확보

2. 사회·경제적 기대효과

ESS 제작비용 절감 및 도시 내 제품 상용화 확대에 의한 경제적 효과 발생

- 배터리 화재에 효과적인 소방설비 구축 기준에 따라 ESS 제작비용 절감
- 재사용 배터리 기반 인프라 도시 내 구축 기준 수립을 통해 상용화 기반 확보

지속적으로 발생하고 있는 ESS 화재 예방 및 대응역량 확보

- 동 사업을 통해 개발되는 화재 예방 및 대응 관련 소방설비, 화재 안전 특수 인프라 등을 통해 ESS 화재에 대한 사전 예방 및 확산방지 효과

축소되었던 ESS 시장 재활성화

- 과도한 ESS 운영 규제 완화 및 도시(산단) 내 설치기준 확보로 인해 수요처별 대응량 에너지 저장 인프라를 공급 확대 효과
- 재사용 배터리 이용을 통한 ESS의 초기 도입 비용 감소로 ESS 사업자의 수익성 향상과 도입 활성화 효과

3. 정책적 기대효과

- (정부 및 지자체) 국가 탄소중립 목표 달성 기여 및 국민사회 안전 확보
 - 재생에너지 활용성 극대화 및 피크저감 효과 등 전력의 효율적 활용
 - 배터리 2차 사용 가능성 확보를 통해 탄소 배출 주기 연장
 - ESS 화재 예방 및 초기진압으로 화재안전사고 불안감 축소 및 국민 재산 피해 절감

부 록

참고1

기획 추진 경과

일자	기획 활동	활동 내용
'22.05.25	1차 총괄위원회의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기획 관련 이슈 발굴 기반 사업 추진 방향성 논의 - 과제 추진상 제도적/기술적/사회적 이슈 검토 - 실증 추진지별 단계적 접근 필요성 논의(산단 우선 실증)
'22.09.28	기획 협약	-
~'22.09.15	1차 기술수요조사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발과제 수요 의견 수렴
'22.09.29	2차 총괄위원회의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업 추진 방향성 구체화 및 수요기술 아이템 검토 - 사업 비전/목표, 중점추진분야 도출 타당성 검토 - 1차 기술 수요 아이템 검토 및 추가 발굴 필요성 논의 - 실증지 내 대상물 구축 목적 구체화(피크저감)
~'22.11.11	2차 기술수요조사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발과제 수요 추가 의견 수렴
'22.11.29	기술규제 컨설팅	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 기술규제 식별/애로사항 및 해결전략 컨설팅
'22.11.29	관계부처 대상 설명회	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관계부처 대상 사업설명 및 참여의사 타진 - 산업부, 환경부, 소방청 부처 설명회 개최 및 공동참여 논의
'22.12.14	3분과 위원회의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도시/산단실증 분야 수요조사 결과 검토 및 사업추진 아이템 검토 - 분과특성 기반 수요기술 아이템 재분배 및 사업 추진기술 선정(기술아이템 스크리닝 및 통합여부 논의) - 선정 기술아이템 기반 세부 기술 체계 설정(3개 체계) - 도시/산단 개별 차별화된 모델 실증 필요성 논의 - 선행과제 중복성 검토
'22.12.19	2분과 위원회의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 화재안전 분야 수요조사 결과 검토 및 사업추진 아이템 검토 - 분과특성 기반 수요기술 아이템 재분배 및 사업 추진기술 선정(기술아이템 스크리닝 및 통합여부 논의) - 선정 기술아이템 기반 세부 기술 체계 설정(4개 체계) - 선행과제 중복성 검토
'22.12.21	1분과 위원회의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지 저장 시스템 분야 수요조사 결과 검토 및 사업추진 아이템 검토 - 분과특성 기반 수요기술 아이템 재분배 및 사업 추진기술 선정(기술아이템 스크리닝 및 통합여부 논의) - 선정 기술아이템 기반 세부 기술 체계 설정(3개 체계) - 선행과제 중복성 검토
'22.12.23	중간컨설팅	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업개념 및 개발내용 구체화 논의
'22.12.28	관계부처 전문기관 대상 논의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관계부처 대상 사업 참여여부 및 추진 범위 논의
'23.01.16	전문가 간담회	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기획 과제 공유 및 전문가 의견 수렴