

미래 항공 교통수단용 초경량 리튬황전지

KERI 한국전기연구원

연구팀명 차세대전지연구센터 이유진 책임



Contents

01 연구팀 소개

02 기술개발내용

1. 기술 개요
2. 세부기술내용
3. 실제실험내용

03 산업적 가치

한국전기연구원 이차전지연구단

연구인력 현황

· 총원 41명 (책임급 14명, 선임급 7명, 원급 20명)



연구책임자
엄승욱 단장

연구책임자 주요 이력

- 한국전기연구원 이차전지연구단장 ('23~현재)
- 한국전기연구원 차세대전지연구센터장 ('21~'23)
- UST-KERI 스쿨 대표교수 ('18~현재)
- 한국전지학회 부회장 ('21~현재)
- IEC SC21A WG4 Convener ('16~현재)
- 전지 표준전문위원회 대표전문위원 ('18~현재)
- 민관합동 ESS 안전관리위원회 위원 ('19~현재)

주요 시설 및 장비

전극 및 셀 제조 인프라



셀/전극 및 전극물질 제작용 저노점 실험실/장비 인프라



리튬황전지용 5인치/10인치 Roll-To-Roll 전극 제조 장비

이차전지 평가 인프라



이차전지 안전성 평가센터 (IEC/ISO 기준, 3,300 m²)



이차전지 성능평가 인프라

핵심 보유 기술

- 리튬황전지용 고에너지밀도 황 양극 및 셀 제조 기술
- 롤투롤 기반 극판 및 분리막 제조를 위한 소재 및 대면적 공정 기술
- 고체 전해질 저가 대량 합성 기술, 전고체 전지 셀 제조 공정 및 적용 기술

초고안전성 전고체전지 핵심 소재 및 플랫폼 기술 개발

- 황화물계 고체 전해질 저가 대량 합성 기술
 - 황화물계 고체 전해질 합성
 - 습식 합성법
 - 용액 합성법
 - 저가, 대량 합성
- 전고체 전지 상용화를 위한 제조공정 핵심 기술 개발
 - 전고체 전지 제조공정 핵심 기술 개발
 - 328 Wh/kg ASSB ('22)
 - 2 Ah & 350 Wh/kg Prototype ASSB (~'25)

경량/고에너지밀도 리튬황전지 기술 개발

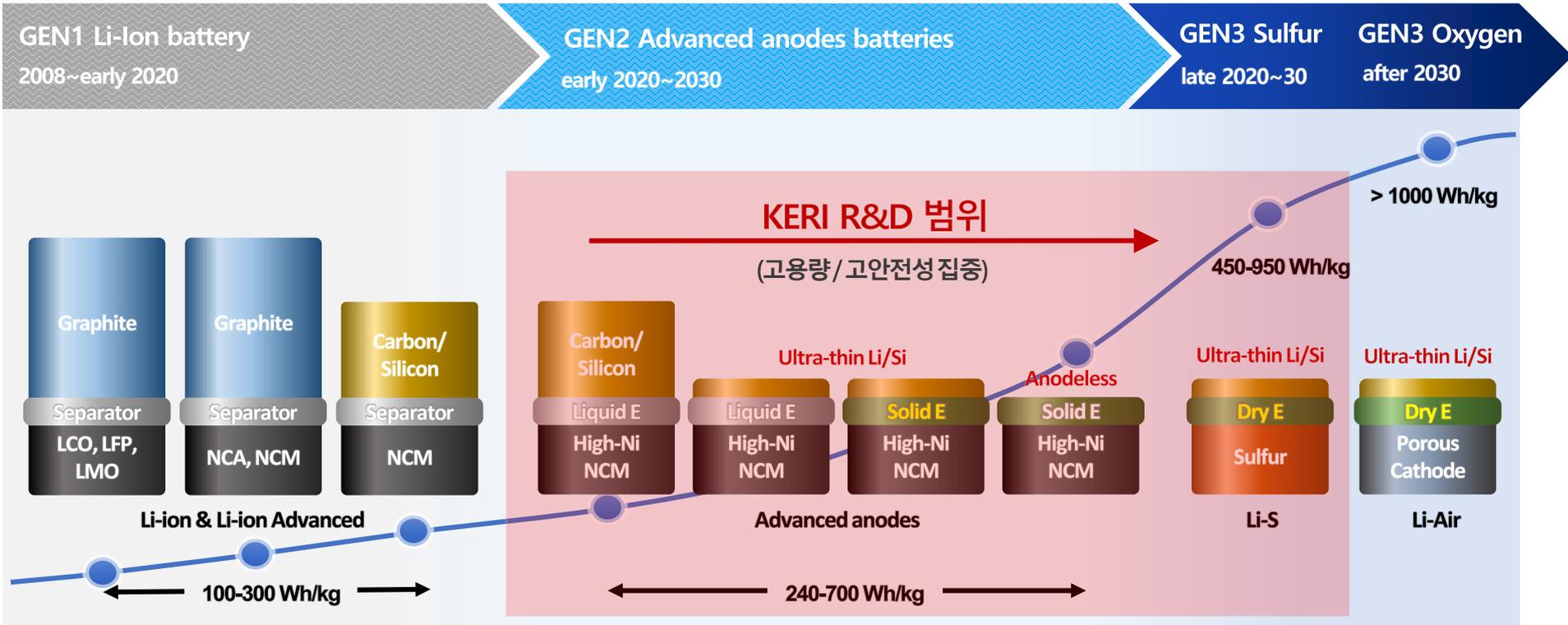
- 고에너지밀도 플랫폼을 리튬황전지 기술
 - 256 Wh/kg flexible LSB with 3D CNT@S electrode
- 고에너지밀도 리튬황전지 소재 및 셀 기술 (≥ 350 Wh/kg)
 - Manufacturing large-area 3D CNT@S cathodes
 - Separator and Li anodes for LSBs

주요 성과 (최근 3년)

- [특허] 등록 59건 (국내 57, 해외 2) / 출원 67건 (국내 59, 해외 8)
- [논문] 리튬황전지, 전고체전지 등 차세대 전지 기술 관련 상위 10% 국제 학술지 표지논문 6편 선정 등 총 78편의 SCI급 논문 게재
- [기술이전] 리튬황전지, 고체 전해질 소재 및 음극 등 관련 기술이전 통한 기술 상용화 주도 (기술료 총 47.3억원)
- 소부장 우수 국가연구실(N-Lab) ('21~) 및 과기부 장관상 수상 ('22)

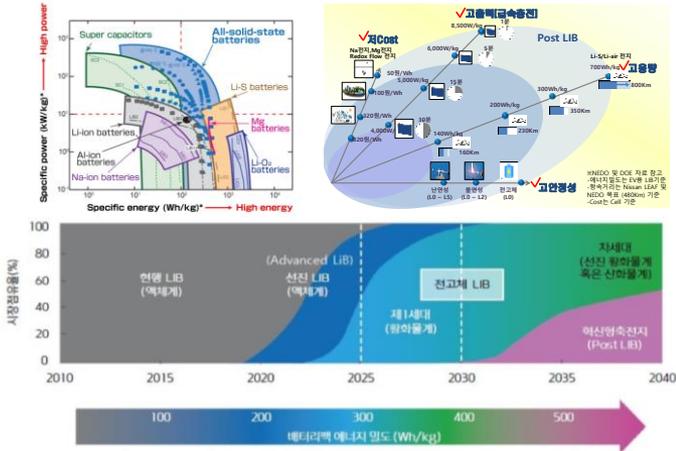


KERI 이차전지 개발 방향



Ref. McKinsey & Company, The battery conference (2022)

리튬황전지 개발 필요성



리튬황전지 기술

OXIS ENERGY
영국/OMSEnergyLiSpan
600Wh/kg and 900Wh/L by 2026

LG에너지솔루션
국내최초!
리튬황배터리 탑재한
무인기 비행 성공

BRIGHSUN
한 번에 2000km 주행하는
리튬황배터리 탄생

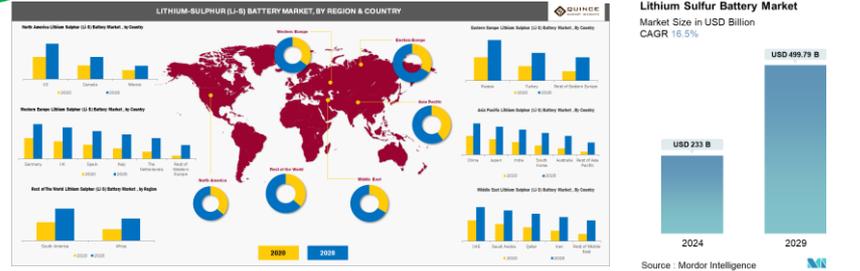
리튬황전지 기술 개발 현황

저가격,
고용량,
높은 에너지 밀도
화

HYUNDAI
현대차가 CES에서 공개한 수직이착륙이 가능한
반드론 비행기 모형, 현대차 (2022.02.02)

VOLOCOPTER
eVTOL의 배터리 교체 컨셉

UAM 시장 성장에 따른 초경량 배터리 수요 증가



리튬황전지 글로벌 시장 분포 및 시장 규모 예측

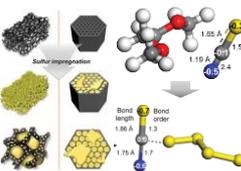
초경량 차세대전지 기술 선도 및 친환경 미래모빌리티 전원 시장 선점을 위한 핵심 기술

리튬항전지 개발 동향

국외 현황

OXIS Energy	Lyten	Zeta Energy
		
300~400Wh/kg 60~100cycles	(제시하지않음) >1400cycles	300Wh/kg (제시하지않음)
		
<ul style="list-style-type: none"> 15 Ah급 고용량 고에너지밀도 Li-S셀 제조 사이클수명 개선 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 그래핀 기술 기반 셔들 효과 방지 기술 2025/26년 Li-S 전지 생산 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 20Ah 300Wh/kg Li-S셀 기술 확보 2025년 450Wh/kg급 Li-S셀 출시 목표

국내 현황

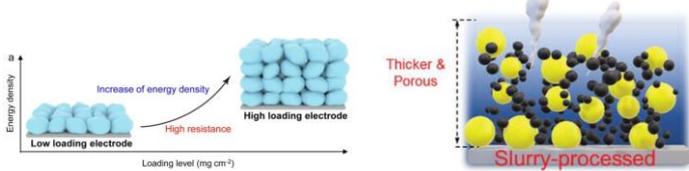
LG 에너지솔루션	KAIST	KERI
		
410Wh/kg (제시하지않음)	~300Wh/kg 100~1000cycles	300Wh/kg >100cycles
		
<ul style="list-style-type: none"> 410 Wh/kg Li-S셀 무인기 탑재 (2020) 2027년 500 Wh/kg급 셀 개발 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 황담지 구조체 기반 양극 기술 및 음이온 기반 전해질 기술 코인셀 기반 요소 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 300Wh/kg Li-S셀 기술 확보 고로딩 리튬항전지용 양극 원천 기술 확보

상용화를 목표로 한 400 Wh/kg급 셀 개발 중 → 수명 안정성 저하로 인한 상용화 한계

리튬황전지 개발 난제 및 해결 전략

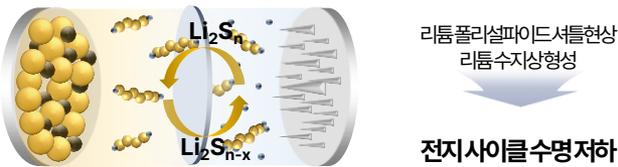
기술 난제 1 (소재)

고로딩 황 전극 구현 한계



기술 난제 2 (전지)

셔틀현상/리튬덴드라이트에 의한 낮은 수명



기술 난제 3 (공정)

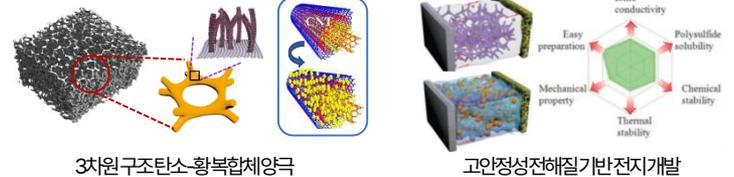
대면적 전극/셀 공정 부재



리튬황전지에
적합한
전극/셀공정
개발 필요

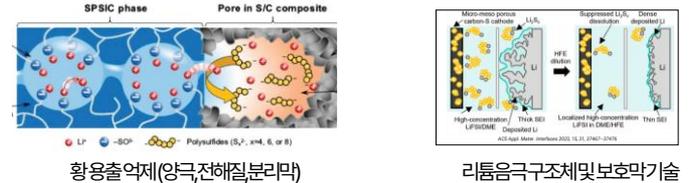
핵심개발기술 1 (난제 1&2)

신규 전극/전해질 핵심소재 개발



핵심개발기술 2 (난제 1&2)

전극/전해질 계면 제어 기술

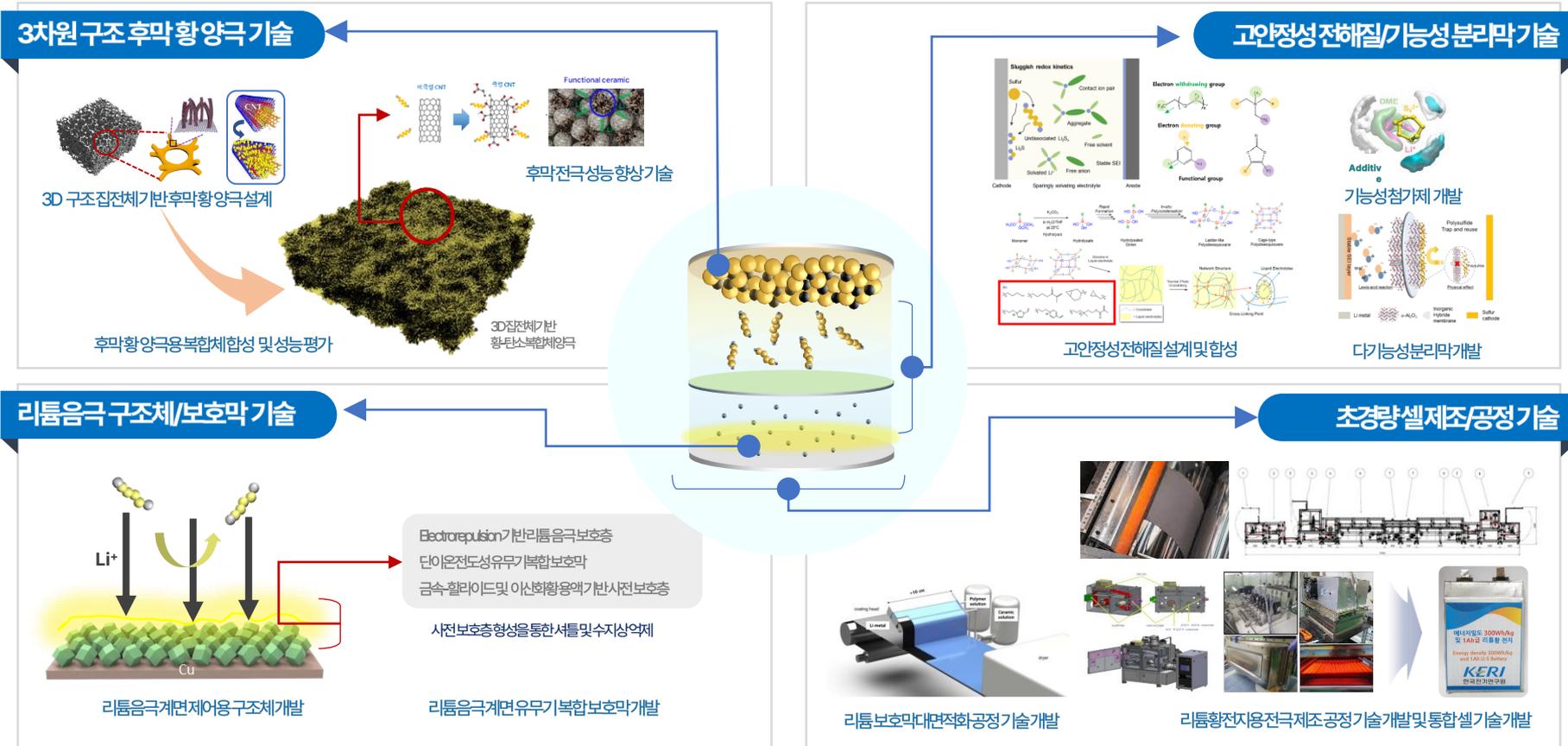


핵심개발기술 3 (난제 1-3)

통합 셀 기술 및 대면적 전극 연속 제조공정 기술 개발



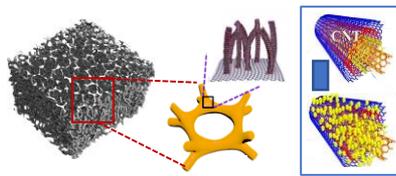
리튬황전지 개발 목표: 450 Wh/kg급 초경량 리튬황전지 개발



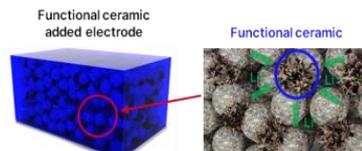
핵심개발기술 1 (난제 1&2): 신규 전극/전해질 핵심소재 개발

3차원구조탄소-황복합체기반고로딩황양극 소재기술개발

- 집전체/전극소재 및 구조 차별화를 통한 후막황양극 개발
- 후막 전극 내 리튬이온 및 전자전도도 확보 및 전해질 함침 개선

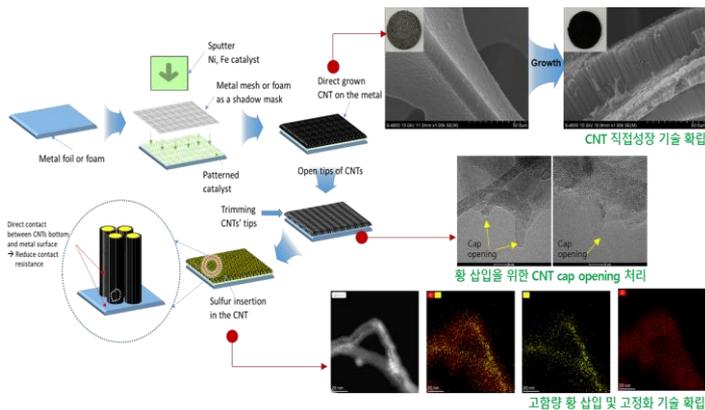


3D 구조 집전체 기반 후막 황양극 설계



후막 전극용 기능성 소재 기술 개발

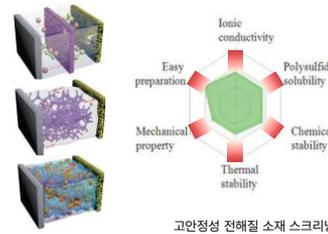
이온/전자전도도 개선 접착력 향상



고함량저용출황양극복합체합성 기술 개발

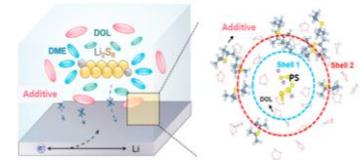
리튬황전지용 고안정성 전해질 소재 기술 개발

- 기능성 작용기 도입을 통한 고안정성 전해질 설계 및 합성
- 고기능성 다중복합형 전해질 개발을 통한 셔틀현상 및 덴드라이트 억제

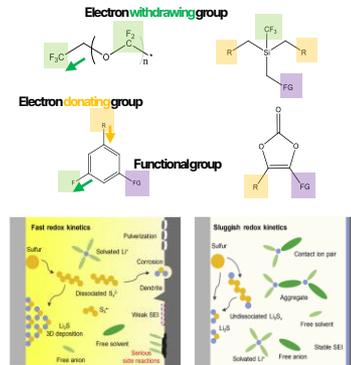


고안정성 전해질 소재 스크리닝

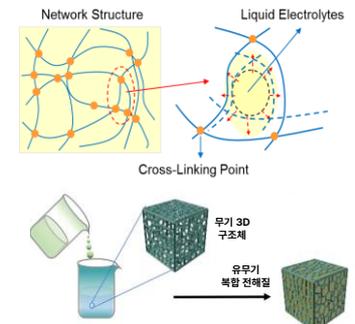
고안정성 전해질 및 첨가제 설계 및 합성 기술 개발



LiPSI 이온 환원반응 억제 첨가제 설계



리튬황전지용 기능성 용매 및 전해액 조성 개발

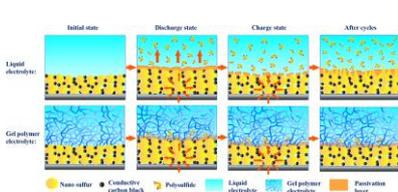


반고체 전해질 및 다중복합형 전해질 기술 개발

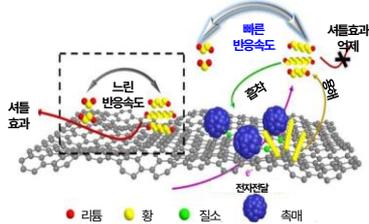
핵심개발기술 2 (난제 1&2): 전극/전해질 계면 제어 기술 개발

✓ 항용출억제 기술 개발

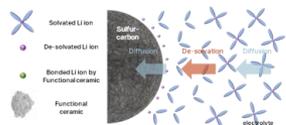
- 양극/전해질 계면 특성 분석에 따른 전략적 항용출 억제 기술 개발
- 리튬폴리설파이드 흡착/전환 가속화/차단을 통한 셔틀 현상 억제



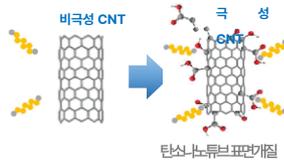
전해질종류에 따른 양극/전해질 계면 연구



양극재층에 도입을 통한 반응속도 개선 연구

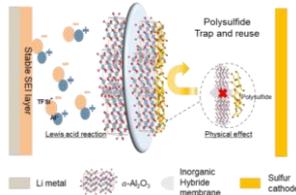


후막 양극용 기능성 첨가제 개발

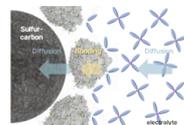


탄소-노류브 표면 개발

LPS 흡착 강화 용출 억제 기술 개발



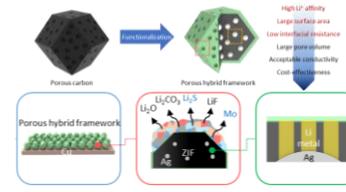
다기능성 비대칭 분리막 개발



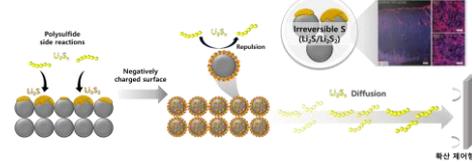
첨가제를 이용한 후막 양극 내부 리튬이온 확산 속도 개선

✓ 리튬음극 계면 제어 기술 개발

- 리튬전착 제어용 최적 구조체 및 보호막 소재 도출
- 리튬음극 구조체와 복합 보호막의 이중 전략을 통한 계면 제어



리튬전착 제어형 다차원 하이브리드 구조체 개발

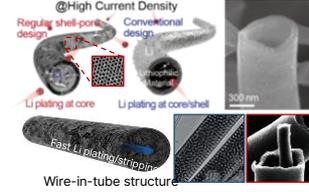


Electrorepulsion 기반 리튬 음극 보호층



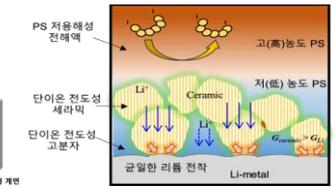
금속 할리다이드 및 이산화황 용액 기반 사전 보호층

리튬음극 계면 유기 복합 보호막 개발

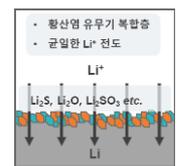


Wire-in-tube structure

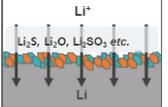
코어-셸 구조 리튬 저장 구조체 개발



단이온 전도성 유기 복합 보호막



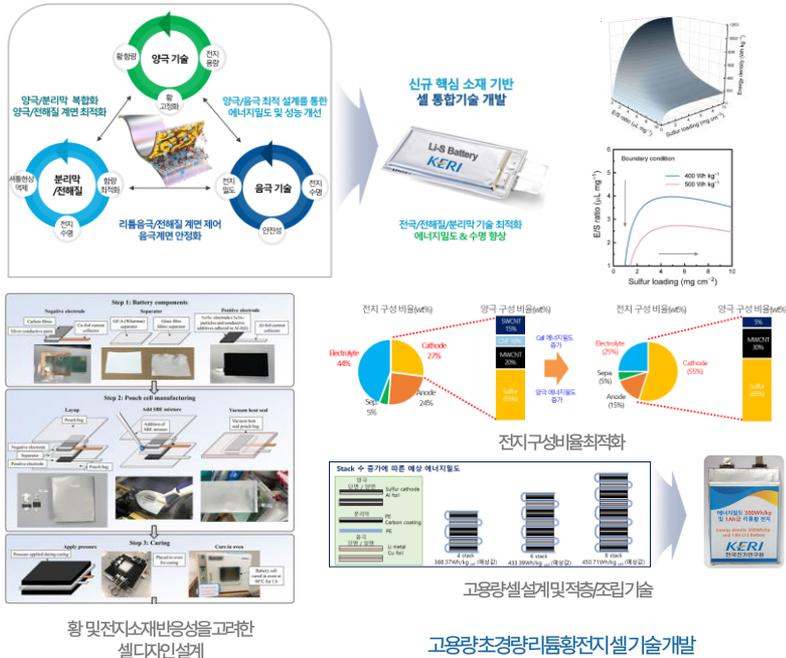
• 황산염 유기 복합층
• 균일한 Li+ 전도



핵심개발기술 3 (난제 3): 셀 기술 및 공정 기술 개발

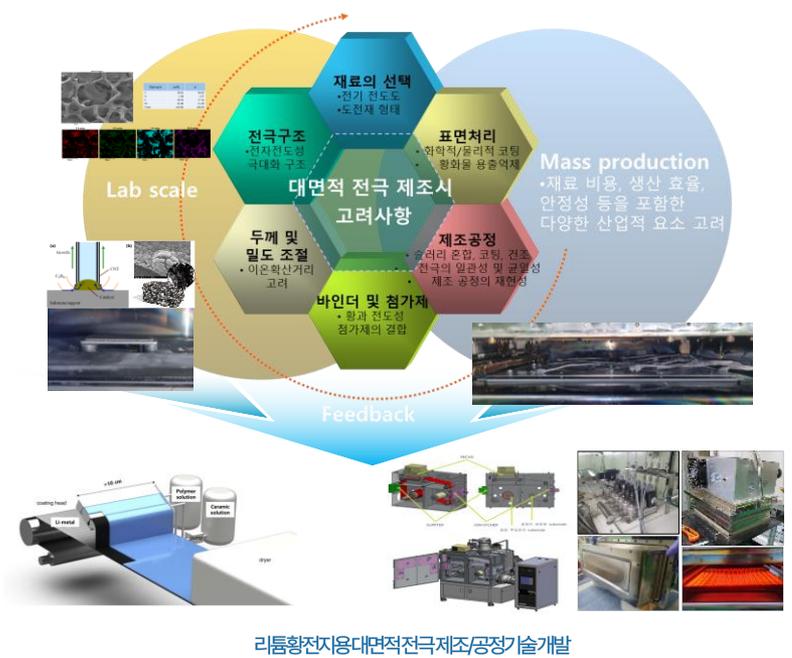
✓ 통합셀 기술개발

- 초경량전지 핵심소재 및 계면 반응을 고려한 통합셀 설계
- 고용량 초경량 리튬황전지 셀 구형 및 성능 검증

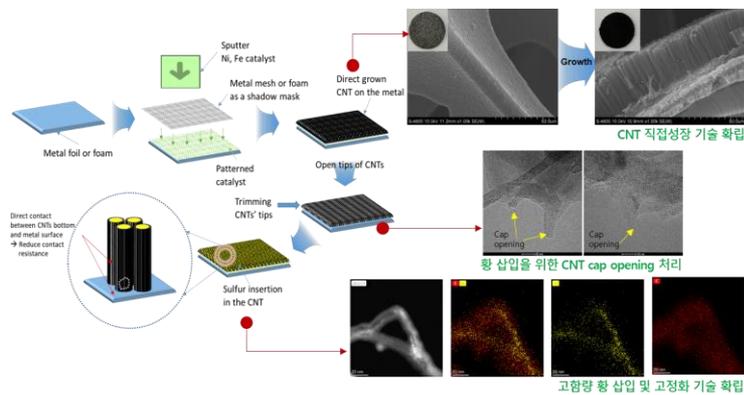


✓ 대면적전극 제조기술개발

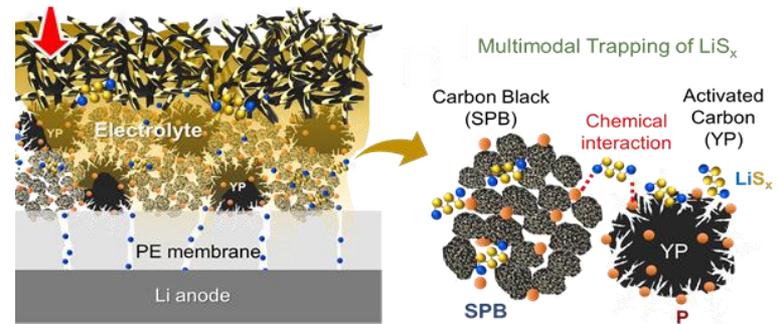
- 산업적요소를 고려한 리튬황전지용 대면적 전극 제조 공정기술개발
- 소재개발기관과의 협업을 통한 대면적 전극 공정 개선



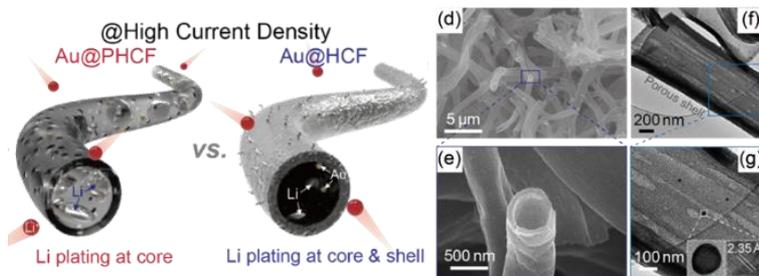
리튬황전지용 전극 및 분리막 소재 기술



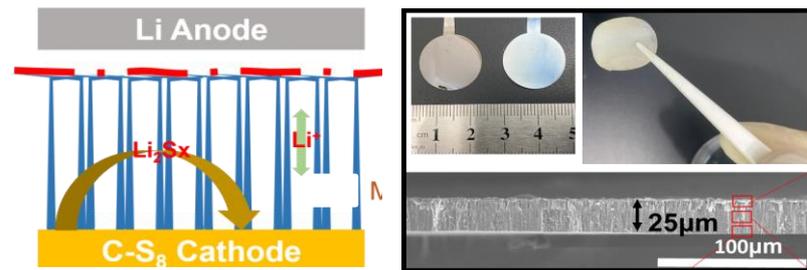
3차원구조 탄소나노튜브기반 황복합체기술



탄소계기능성 interlayer기반 분리막기술



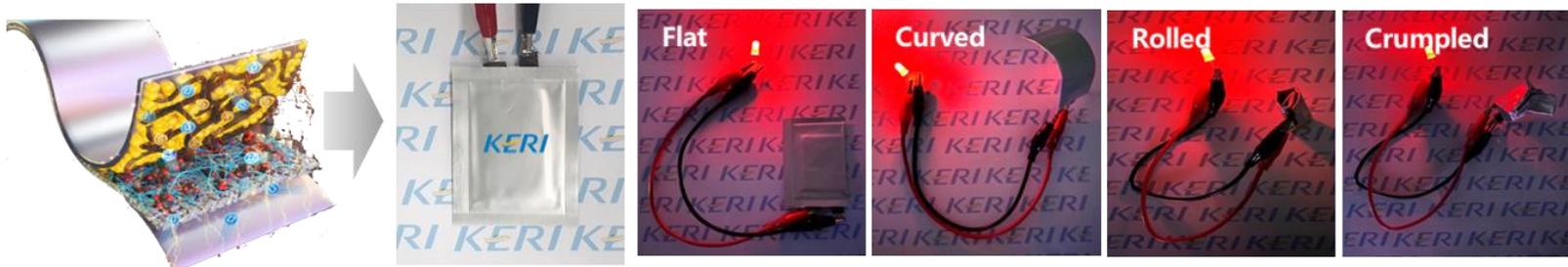
리튬금속저장체기술



TiO₂나노튜브기반 분리막기술

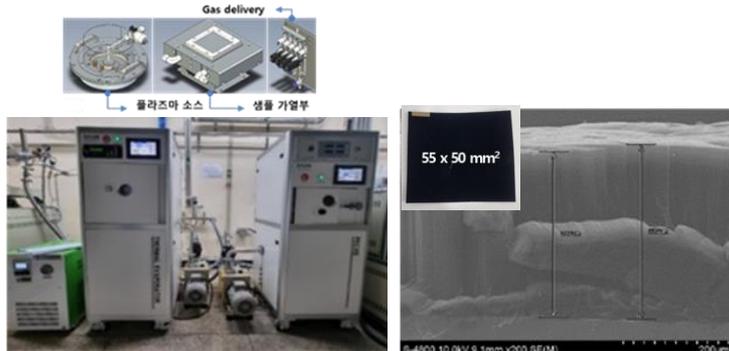
고에너지밀도 플렉시블 리튬황전지 기술

- 탄소나노튜브 기반 고용량 섬유형 플렉시블 황 양극 기술 개발
- 세계최고수준 고에너지밀도 리튬-황 전지 기술 개발 (전지에너지밀도 256 Wh/kg)



세계최고수준 플렉시블 리튬-황 전지 에너지밀도 256 Wh/kg 달성 및 성능 확보

리튬황전지용 대면적 전극 제조 기술

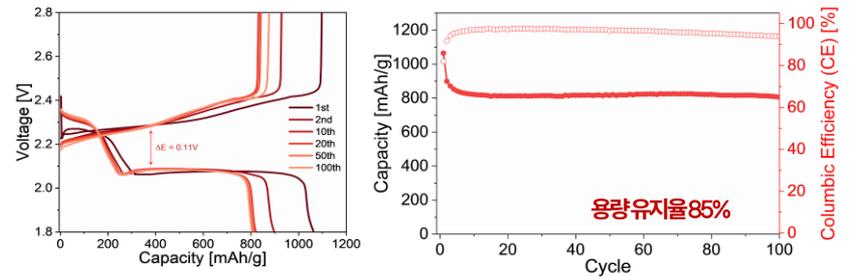
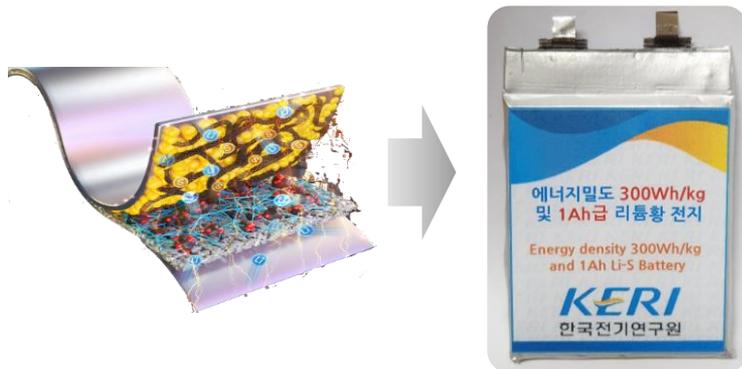


5인치급 전극제조장비 개발



10인치급 연속제조장비 개발

고에너지밀도 리튬황전지 셀 제조 기술



300Wh/kg급 고평량 리튬황전지구현 (308Wh/kg, 1.1 Ah)



친환경 미래 항공교통수단용
가벼운 이차전지 개발



- ✔ 초경량차세대이차전지기술 선점을 통한 신규 시장 개척
- ✔ 에너지 소재 경쟁력 강화, 소재부터 에너지 모듈까지의 전후방 산업 신시장 창출
- ✔ 새로운 공정기술에 대한 기술우위 확보를 통하여 핵심장비 및 부품의 국산화 기술 확보



- ✔ 미래항공교통수단용 핵심전원 적용을 통해 도시 교통체계 개선 및 온실가스 배출 저감에 기여
- ✔ 자율주행시스템, 로봇산업, 가상/증강현실 등 미래 고부가가치 산업과 연계 산업 확대

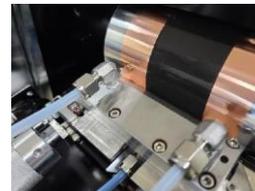
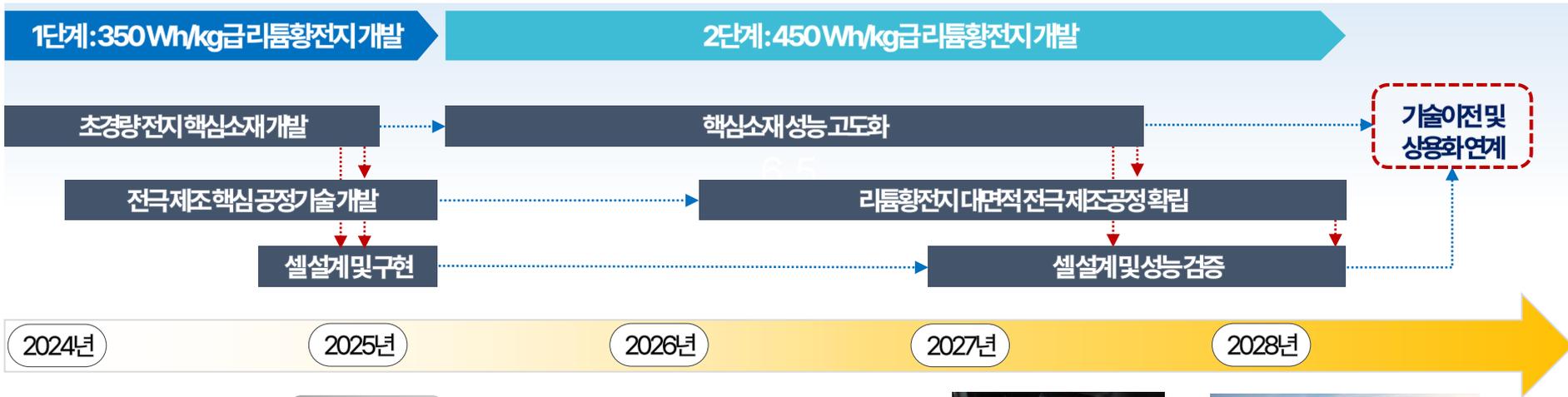


- ✔ UAM, 드론 산업 및 차량용 배터리 시장의 선점을 통한 시장 독점으로 매출 증대
- ✔ 전기차 생산 단가 하락 유도를 통해 시장 공급 및 수요 확대

03 산업적 가치 - 상용화를 위한 기술 로드맵

미래항공 교통수단용
초경량 리튬항전지

실용화가능시기
2029년 예상



리튬황전지 응용분야

- 항공·드론 등 경량 배터리 응용분야
- 전기자동차 경량화 및 주행거리 확대
- 고에너지밀도 특성이 요구되는 리튬이온전지 적용 분야 대체

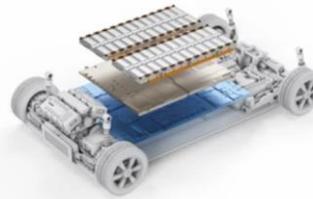
1

항공모빌리티



2

전기자동차



3

휴대용 전자제품

