

NTC: 시장선도형 차세대 이차전지 전략기술 개발

20Ah급 분리막 - free 반고체전지 생산기술개발

2024.09.25

장 덕 례



KITECH
한국생산기술연구원

목 차

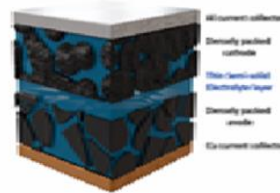
1. 반고체전지 개발 방안
2. 증온작동 반고체전지 개발
3. 상온작동 반고체전지 개발

GT5 : 과제 개요

- 과 제 명 : 20Ah급 분리막-free 반고체전지 생산기술개발
- 주 관 기 관 : 한국생산기술연구원 (장덕례)
- 공 동 기 관 : 한국화학연구원 (강영구), (주)덕산퓨처셀 (김용석), (주)에너지테크솔루션 (김상필)
- 위 탁 기 관 : 전남대학교 (박찬진), 한국과학기술원 (김희탁), 조선대학교 (손윤국)
- 개 발 기 간 : 2024년 6월 1일 ~ 2029년 5월 31일 (5년)
 - 1단계 : 2024년 6월 1일 ~ 2026년 5월 31일 (2년)
 - 2단계 : 2026년 6월 1일 ~ 2029년 5월 31일 (3년)
- 총 사 업 비 : 69.1억원 (1차년도 13.4억원)
- 연 구 목 표 : 20Ah급 분리막-free 반고체전지 생산기술 확보에 의한 조기 상용화

1단계 (1,2차년도)

반고체전지 핵심소재부품 요소기술

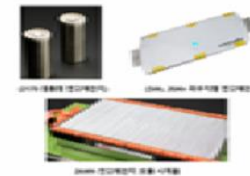


불-불지 않은 반고체전해질

다기능성 반고체전해질
고로딩 양극/음극 설계
1Ah 반고체전지

2단계 (3,4,5차년도)

반고체전지 생산공정기술개발



전극/반고체전해질 일체화 공정
대면적 반고체전지 생산공정기술
20Ah급 반고체전지 성능 및 안전성 확보

GT5 : 반고체전지의 개발 필요성/시급성

현황II

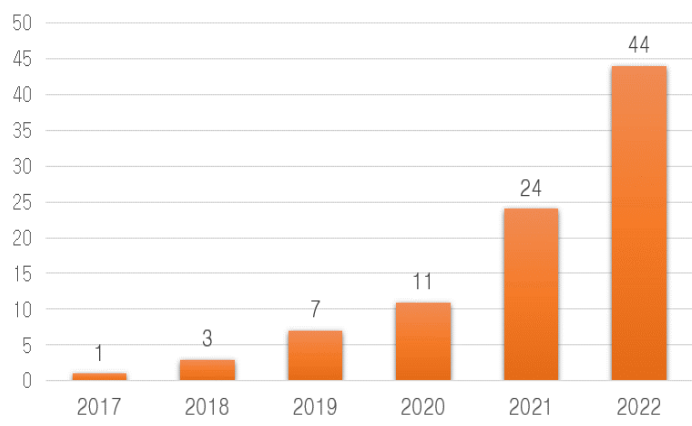
현 High Ni계 양극과 Si 함유 음극 적용 고용량 리튬이온전지의 **안전성** 한계: 빈번한 화재 발생
 화재발생이 없는 **안전성이 높은** 반고체전지 조기 상용화에 의한 시장 수요 대응 필요
 반고체전지의 제조공정기술 확보에 의한 **고안전성** 이차전지의 조기상용화 필요

반고체전지 개발 및 글로벌 이차전지 경쟁력 확보 반드시 필요 !!

> 반고체전지 조기상용화로 안전한 이차전지 시장선점

- ✓ 중대형 배터리의 **화재발생시 재산손실 및 인명피해** 등 사회적 손실 발생
- ✓ 배터리 에너지밀도 향상으로 **화재 및 폭발 규모 증가**

전기차 화재 발생동향



> 현황 및 전망

- ✓ 고안전성 차세대 이차전지 수요기대에 의한 선진국(미·중·일)의 반고체전지 조기 상용화 가속화



QuantumScape	\$100 MIO INVESTED & JOINT VENTURE	VW
solid energy	>\$70 MIO INVESTED BY GM+OTHERS	gm
ionic MATERIALS	>\$65 MIO INVESTED	HYUNDAI, RENAULT, NISSAN, A123 SYSTEMS
Sion Power	\$50 MIO INVEST BY BASF	BASF, AIRBUS
Solid Power		BMW, Mercedes-Benz, Ford, SAMSUNG, A123 SYSTEMS, SK
Bolloré	JD OF LITHIUM METAL POLYMER BATTERY	Mercedes-Benz
ProLogium	JOINT DEVELOPMENTS	NIO, NOVAT
Hydro Québec	JD OF POLYMER & CERAMIC ELECTROLYTE	Mercedes-Benz

반고체전지 조인트 벤처 투자 및 협동 연구개발현황

GT5 : 국내외 기술 수준 : 반고체전지 기술동향

국내 수준

주요 내용 및 기술 수준

황화물계 전고체전지에 집중투자하고 있으며, 반고체전지가 부상하면서 소재성능을 높이고 제조공정을 단순화하는 방향의 기술 연구 활발히 진행

LG 에너지솔루션 LG Energy Solution

- 2026년 반고체 전지상용화를 목표, 2023년 10월 반고체 생산기반을 충북 오창 에너지플랜트2에 6,0000억원을 투자, 반고체전지는 차세대를 대비하기 위한 전략배터리로 반고체전지 개발과 함께 전고체전지 개발을 위한 TWO TRACK 전략을 진행

현대차그룹(현대모비스) MOBIS

- 미국 반고체전지개발 SES사에 700억원 투자하여 2024년 하반기 가동목표로 반고체 기반 리튬메탈배터리 거점을 구축. 미래모빌리티 시장에 대응하는 목적으로 현대차그룹 플라잉카, 에어택시, 도심항공교통 등에 탑재가 예상

국내 기업	해외 투자업체 (고체전해질)	투자 금액
SK 온	미국 Solid power (황화물계)	2021.3,000만 달러 투자
	미국 조지아공대 (고분자계)	고분자계 전고체전지 개발 협력
현대그룹 (현대모비스)	미국 Ionic materials (고분자계)	2018년 53억원 투자
	미국 Solid power (황화물계)	2018년 32억원 투자
	미국 SES (반고체)	2021년 700억원 투자
	미국 Factorial (전고체)	2021년 투자
포스코 JK, 솔리드솔루션	대만 ProLogium (산화물계)	2022년 5,000만달러 투자

<국내기업의 반/전고체전지 투자>



美 SES의 반고체 배터리(리튬메탈배터리) 특징

- (자료: SES)
- 에너지밀도 ↑ 리튬이온배터리 대비 주행거리 30% 증가
- 12분만에 10%→90%까지 급속충전가능
- 충방전 800번 반복시 성능 80% 유지
- 중국 상하이·한국 충주서 A샘플 생산중, 2025년 상용화목표

<현대차 그룹 SES사 반고체전지 특성>

해외 수준

주요 내용 및 기술 수준

중국

- 반고체전지는 중국기업(CATL, NIO 등)에서 집중적으로 개발중에 있으며, 중국 배터리 업체들이 반고체 배터리 양산을 본격화한다고 선언

미국

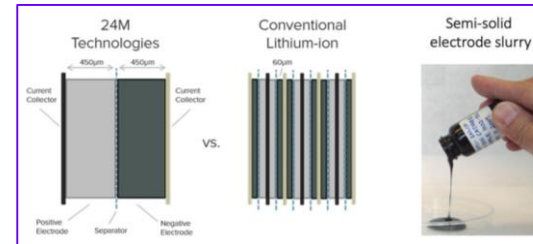
- 일본과 독일 기업이 출자한 미국 스타트업인 24M Technologies, Ionic materials, Solid Energy Systems 등 중심으로 반고체 배터리를 개발 및 양산 준비중

일본

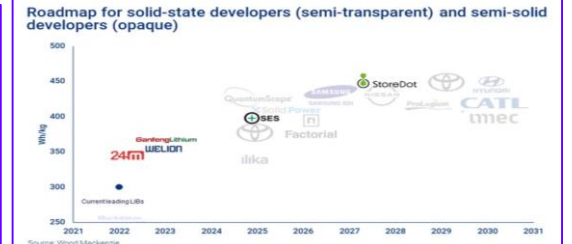
- 일본기업(Fuji film, Itochu, Kyocera 등)은 미국 24M 테크놀로지에 투자함. Kyocera는 2022년 말에 가정용 ESS용 200mW 규모의 반고체전지 양산을 발표함

유럽

- 반고체 전지업체로는 blue Solution(프), bolloré(프), Freyr(노르웨이)등이 있음. Freyr 사는 24M 테크놀로지와 반고체전지 라이선스를 계약하였고, 노르웨이 모이라나에 50GWh규모의 반고체전지 생산공장을 구축함



< 24M Technologies 반고체 전지 >



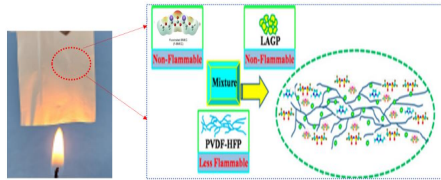
< 반고체 전지 개발 로드맵 >

반고체전지 개발 국내외에서 활발히 진행 중

GT5 : 연구개발기술의 난제 및 해결 전략

✓ 기술 난제 1 (핵심소재)

➤ 전기화학적 및 물성이 우수한 **반고체 전해질 설계 기술**

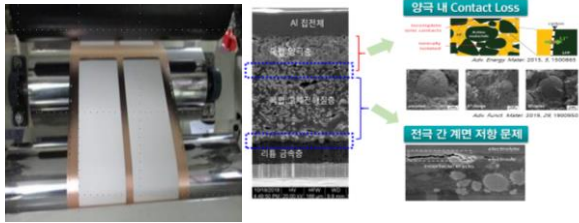


(고분자+무기소재+난연성 전해액) 유기 반고체 전해질

- > 높은 전해액 보유량/고강도 반고체 전해질 설계
- > 화재 억제 난연성 기능
- > 전극/전해질 계면 이온전달

✓ 기술 난제 2 (전극/전해질 접합기술)

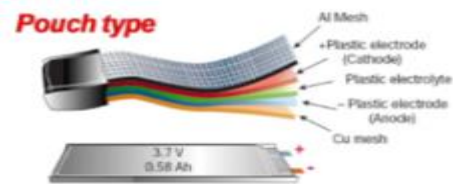
➤ 반고체전지용 전극/전해질 계면제어 및 제조공정기술



- > 전극/전해질 계면저항 증가
- > 고로딩 전극에서의 이온전달

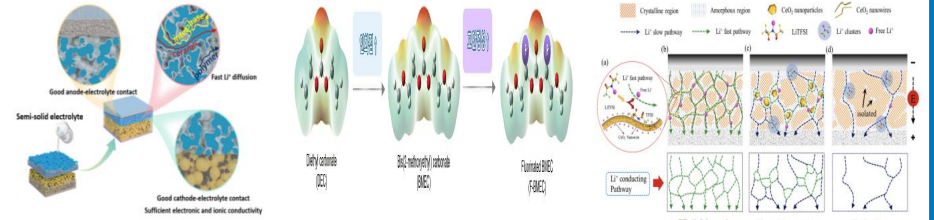
✓ 기술 난제 3 (반고체전지 설계)

➤ 반고체전지 셀 설계 및 수명특성 향상 패키징 기술



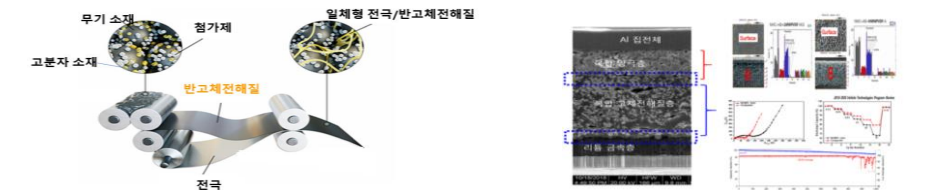
- > 반고체 전해질 적용 중대형 셀 설계 기술 부재
- > 반고체전지 수명특성을 위한 패키징기술 부재

✓ 핵심개발기술 1 (난제 1)



- 고이온전도성 유기소재 선정
- 난연성 전해액 합성기술
- 이온전달 메커니즘 규명

✓ 핵심개발기술 2 (난제 2)



- 전극/반고체 전해질 일체화 제조공정
- 전극/전해질 계면저항 제어기술

✓ 핵심개발기술 3 (난제 3)



- 원통형, 파우치형 반고체전지 설계 및 검증
- 반고체전지 수명특성 향상 패키징 기술



GT5 : 연구개발기술의 난제 정의 및 해결 전략

✓ 핵심개발기술 1 (난제 1: 다기능성 반고체전해질)

다기능성 Semi-고체전해질 설계

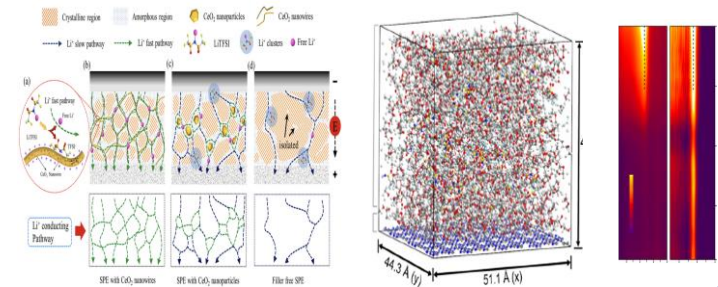
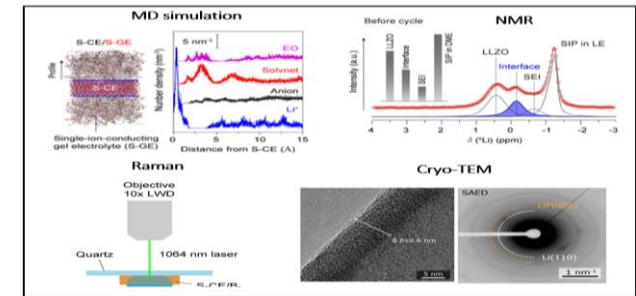
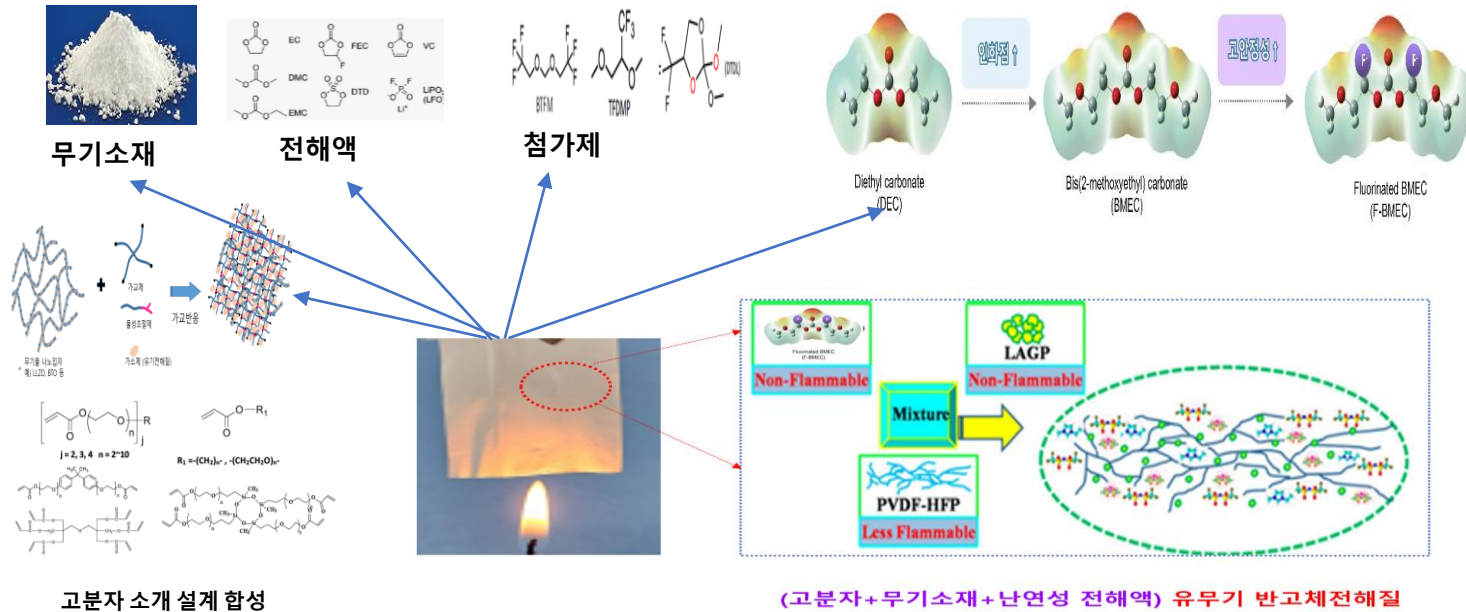
- 고분자소재+무기소재+전해액+첨가제 등 전기화학적 및 물리적 특성을 고려한 설계
- 반고체전지 고분자 전해질 소재 설계 및 합성
- 전해액 보유량 및 기계적 강도를 고려한 설계

난연성 전해액 개발

- 화재 억제를 위한 난연성 전해액 합성
- 고인화점 전해액 용매와 고전압용 전해액 화합물 합성
- 반고체전해질내 난연성 전해액 첨가기술

반고체전해질 특성 및 이온전달 메커니즘

- 유무기 소재 및 조성에 따른 이온전달 규명에 의한 이온전도성 향상기술
- 반고체전지 전해질 및 계면분석 플랫폼 구축
- 반고체전지 이온전도 메커니즘 규명

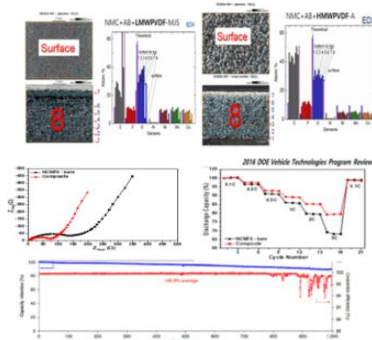
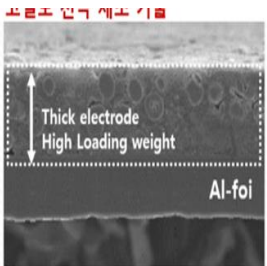
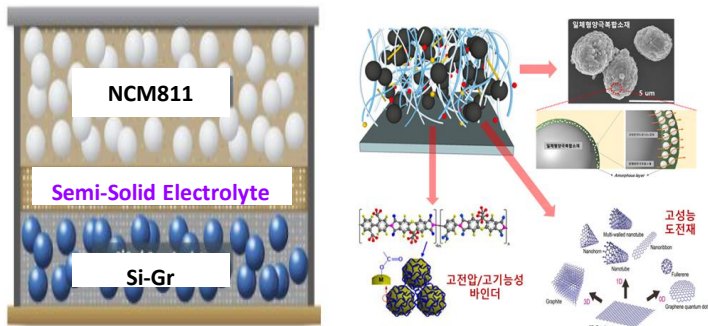


GT5 : 연구개발기술의 난제 정의 및 해결 전략

✓ 핵심개발기술 2 (난제 2: 전극/반고체전해질 계면제어 및 제조공정기술개발)

반고체전지용 양극/음극 복합화 기술

- 고용량/고전도성 양극 설계 및 반고체전해질과 접합성 검토
- Si-Gr 음극 설계 및 반고체전해질 접합성 검토



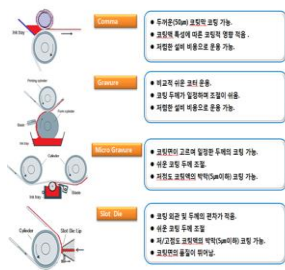
전극/반고체전해질 일체화 제조공정

- 전극위 반고체전해질 직접코팅에 의한 일체형 제조공정기술
- 반고체전해질 Sheet 제조 후 전극과 라미네이션 공정에 의한 일체형 제조공정

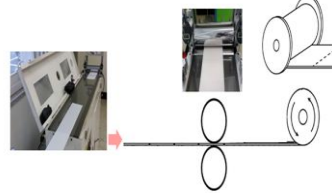
Pattern Coating Stripe Coating



- 코팅 공정 변수
- ✓ 슬러리 용액 혼합비
 - ✓ 슬러리 용액 점도
 - ✓ 코팅온도
 - ✓ 코팅속도 ..



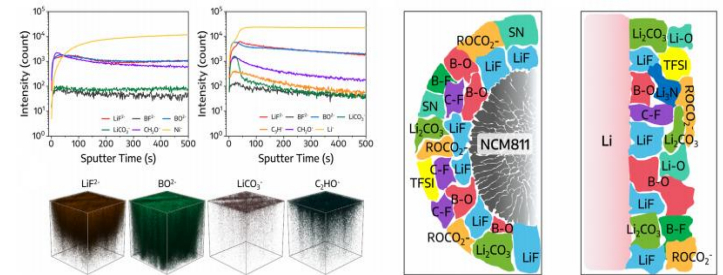
직접 코팅 방식에 따른 장단점



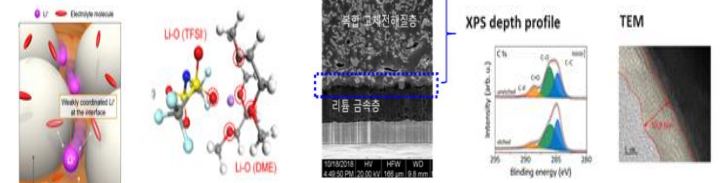
시트 타입 반고체전해질 제조 방법 예시

전극/반고체전해질 계면특성 분석

- 전극/반고체전해질 계면 특성 분석
- 전극/전해질 계면 desolvation 및 CEI/SEI 형성 메커니즘 규명



전해질/전극 계면 desolvation 및 CEI/SEI 형성 메커니즘 규명



GT5 : 연구개발기술의 난제 정의 및 해결 전략

✓ 핵심개발기술 3 (난제 3: 반고체전지 설계 및 성능 향상 기술)

반고체전지 제조공정 기술

- 양극/반고체 전해질, 음극/반고체 전해질 용매 건조 공정
- 양극/음극 라미네이션 공정

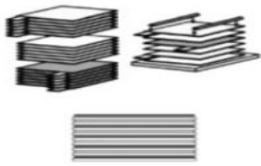
전극/반고체 전해질 건조공정



양극/음극 라미네이션 공정



셀 조립 선정



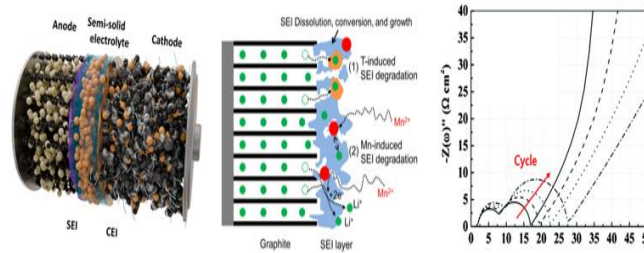
스태킹



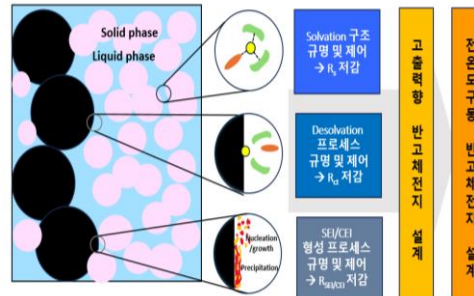
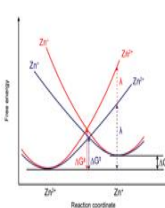
와인딩

반고체전지 성능 향상기술

- 대면적 일체형 전극 계면 열화거동규명
- 반고체전지 고출력 설계 기술 (저온/고온 출력 증폭)



반고체전지 출력 증폭 설계

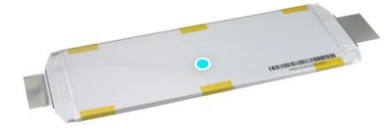


반고체전지 셀 설계 및 수명 패키징 기술

- 반고체전지 셀 설계 및 제작
- 반고체전지 수명특성 향상을 위한 패키징 기술



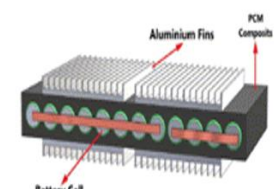
(2170 원통형 반고체전지)



(5Ah, 20Ah 파우치형 반고체전지)

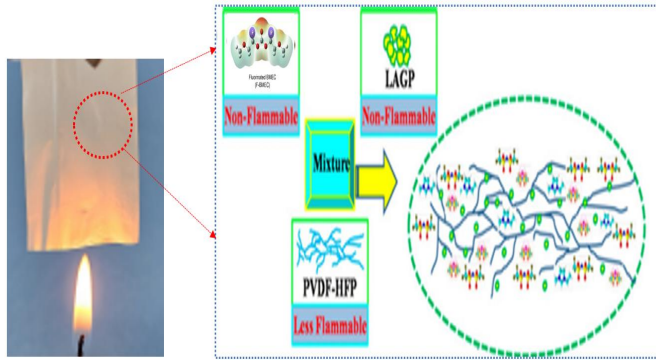


2kWh 반고체전지 모듈 시제품



고안전성 반고체전지 조기상용화를 위한 생산기술 확보

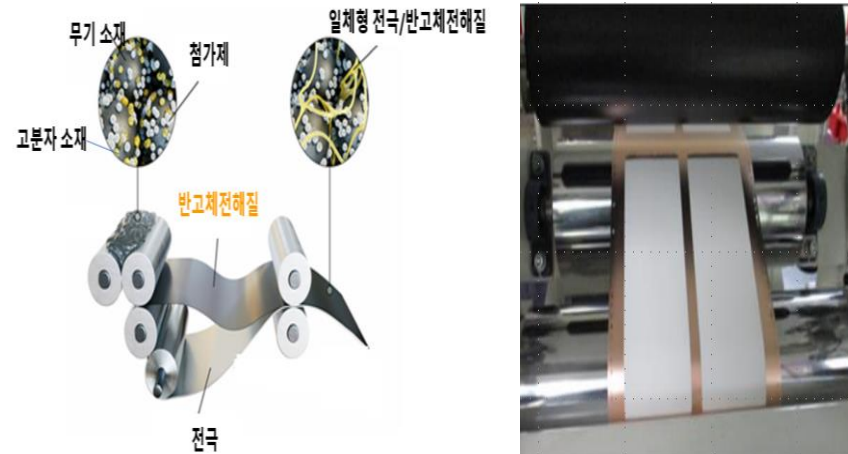
반고체전지 핵심소재부품 요소기술



(고분자+무기소재+난연성 전해액) 유기 반고체 전해질

- 다기능성 Semi-고체 전해질 설계기술
- 반고체전지용 양극/음극 복합화 기술
- 전극/반고체 전해질 계면제어기술

반고체전지 생산공정기술



- 전극/반고체 전해질 일체형 제조공정기술
- sheet 타입 라미네이션 대면적 생산공정기술
- 반고체전지 양산화를 위한 제조공정 Scale up 기술

반고체전지 제조 및 성능검증



(2170 원통형 반고체전지)

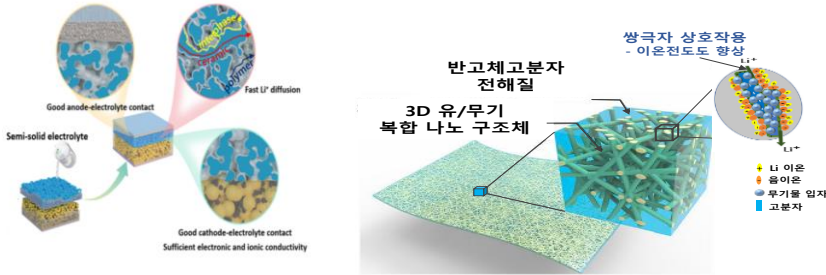


(5Ah, 20Ah 파우치형 반고체전지)

- 반고체전지 설계 및 제작
- 1Ah 및 20Ah 반고체전지 성능검증
- 수명특성 향상을 위한 패키징 기술

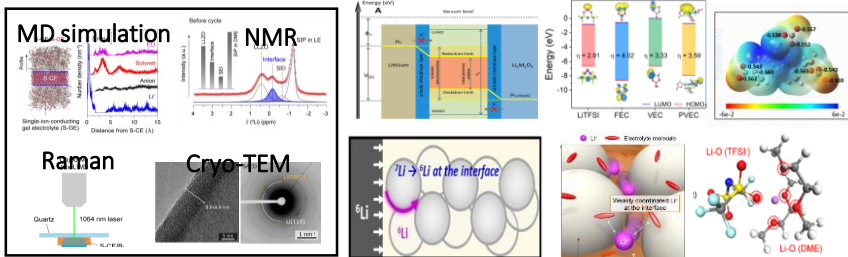
GT5 : 반고체전지의 상세 연구 구성

• 다기능성 Semi - 고체 전해질 소재 설계



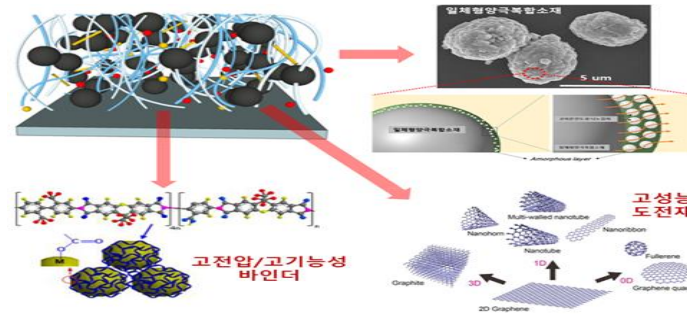
- 전기화학적 및 물리적 특성 저가 유무기 소재 선정
- 반고체 전해질 고분자 전해질 소재 설계 및 합성
- 화재발생 억제를 위한 난연성 전해액 합성 기술
- 유무기 반고체 전해질의 이온전도도 향상 기술

• 반고체전지 이온전달, 전극/전해질 계면 특성연구



- 반고체전지 유무기 소재 이온전도 메커니즘 규명
- 전극/전해질 계면 desolvation 및 CEI/SEI 형성 메커니즘 규명
- 반고체전지 전해질 및 계면 특성화 플랫폼 구축

• 반고체전지용 양극/음극 복합화 기술



- 고용량/고전도성 양극 설계 및 반고체 전해질 접합성
- Si 함유 음극 설계 및 반고체 전해질 접합성

목표 20Ah 분리막-free 반고체전지 생산공정기술 확보



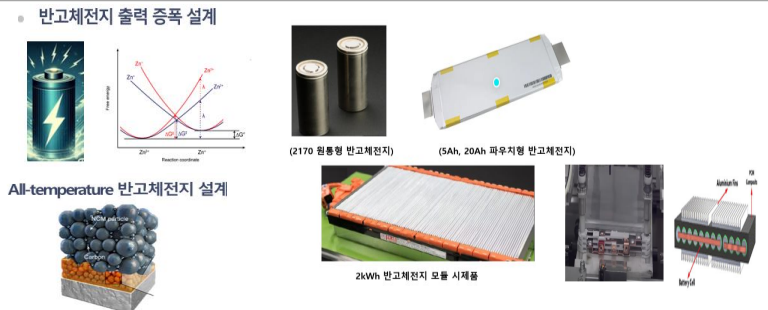
반고체전지

• 전극/반고체 전해질 일체형 제조공정기술



- 전극/반고체 전해질 일체형 제조공정 기술
- 대면적 전극/반고체 전해질 생산공정기술
- 반고체전지 양산화를 위한 제조공정 scale up 기술

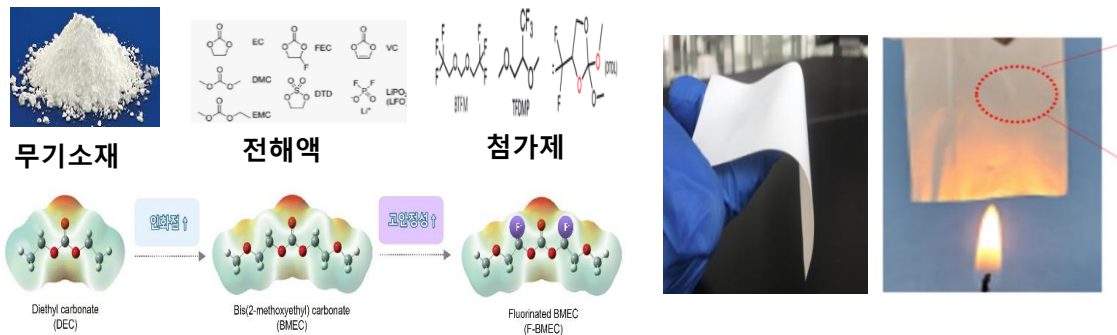
• 반고체전지 셀 설계 및 수명특성 향상을 위한 패키징기술



- 양/음극 라미네이션 공정에 의한 반고체전지 제조 기술
- 반고체전지 고출력 설계 (저온/고온 출력증폭)
- 반고체전지 적층형 module pack 제작 기술
- 20Ah급 반고체전지 제작 및 성능검증

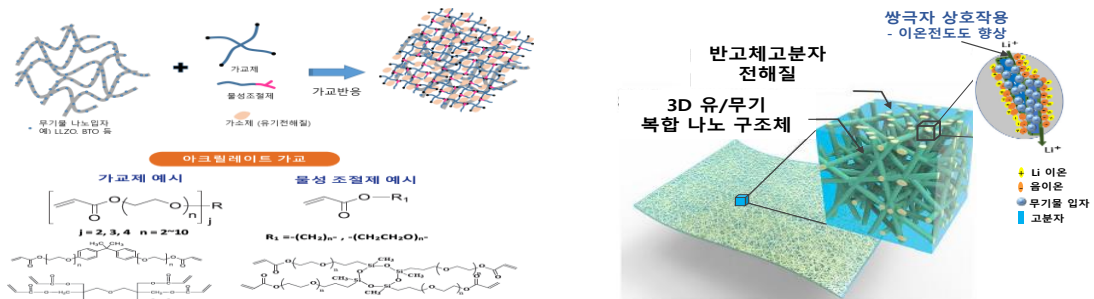
다기능성 Semi-고체전해질 설계

전기화학적 및 물리적 특성을 지닌 저가 반고체 전해질 설계 및 제조기술 (KITECH)



- 고분자+무기소재+전해액 +첨가제 등 저가 유무기 반고체전해질 설계
- 슬러리 유변학적 특성에 의한 전극/반고체전해질 접합성 검토

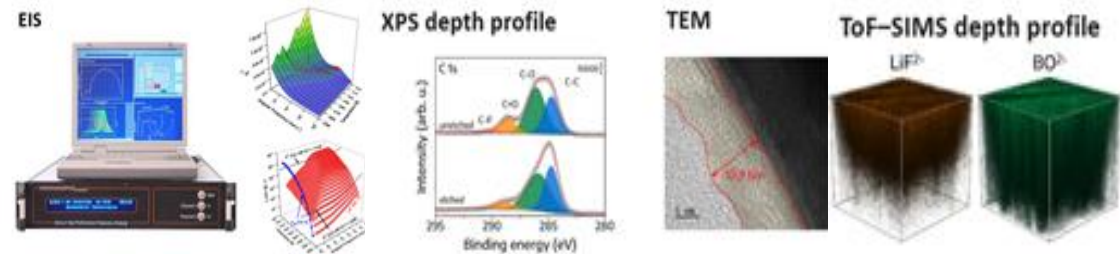
고분자 전해질 설계 및 반고체 전해질 제조기술 (KRICT)



- 직접 가교형 유무기 하이브리드 고분자 전해질 설계 및 제조기술
- 이온전도성 및 기계적 물성 향상을 위한 고분자 전구체 설계 및 scale up 합성 기술

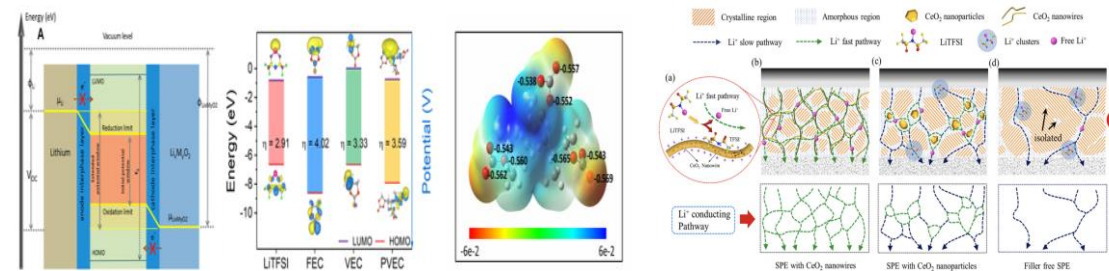
반고체전해질 이온전달, 전극/전해질 계면특성 연구

반고체전해질 조성에 따른 전극/전해질 계면특성 분석 (전남대)



- 전극/전해질 계면화학조성 및 미세구조분석기법 정립
- 전기화학적 임피던스 측정을 통한 계면저항 해석 기술 정립

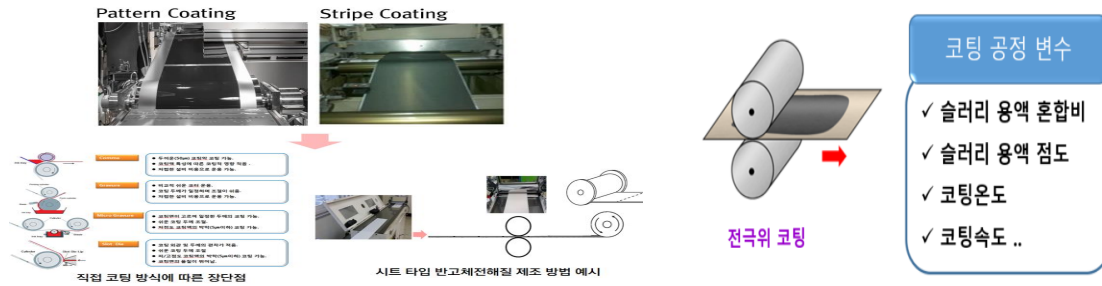
계산화학 기법을 이용한 계면층 형성 메커니즘 해석



- 계산화학기법을 이용한 반고체전해질 내 주성분의 전압별 분해거동 예측
- 반고체전해질 내 리튬이온의 이동 메커니즘 분석

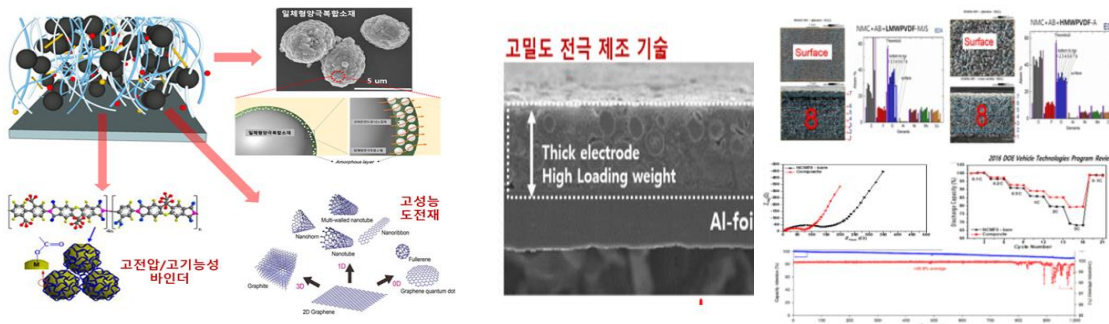
전극/반고체전해질 일체화공정기술

일체형 전극/반고체전해질 연속제조공정 기술 개발 (KITECH, 에너지테크솔루션, KIMM)



- 전극위 직접코팅에 의한 일체형 전극/반고체전해질 제조공정 기술
- 반고체전해질 Sheet 제조 후 전극과 라미네이션에 의한 일체화 공정 비교

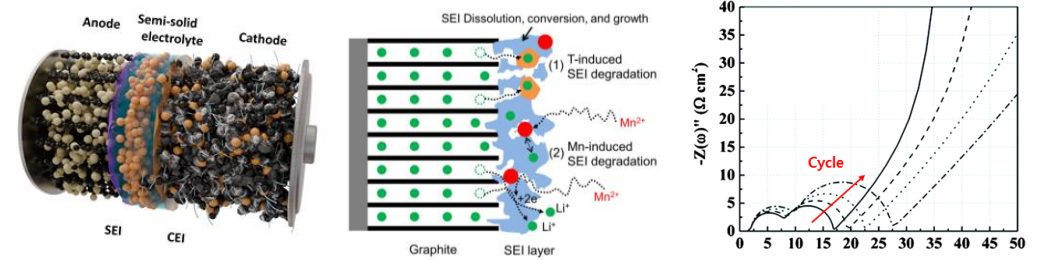
반고체전지용 양/음극 최적화 (KITECH, 조선대학교)



- 대면적 전극/반고체전해질 일체형 양산화를 위한 설계 인자 도출
- 전극/반고체전해질 일체형 제조공정 및 반고체전지 제조공정 최적화

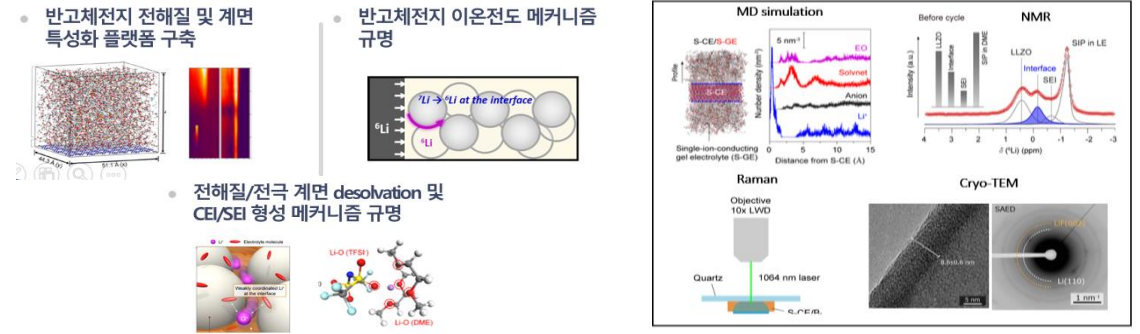
전극/전해질 계면특성연구

대면적 일체형 전극 계면 열화 거동 규명 (전남대)



- 전지구동 조건 및 용량에 따른 계면특성 분석
- 장기 구동 셀의 전극/전해질 계면 열화거동 분석 및 열화억제 방안 도출

반고체전해질 및 전극/전해질 계면특성화 플랫폼 구축 (KAIST)

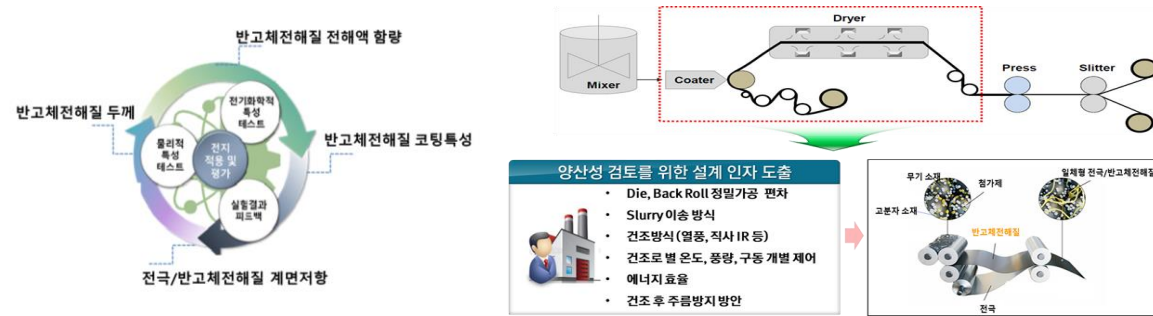


- 반고체전지 전해질 및 계면특성화 플랫폼 구축
- 전극/전해질 계면 desolvation 및 CEI/SEI 형성 메커니즘 규명

GT5 : 반고체전지 연구개발 상세 연구 내용

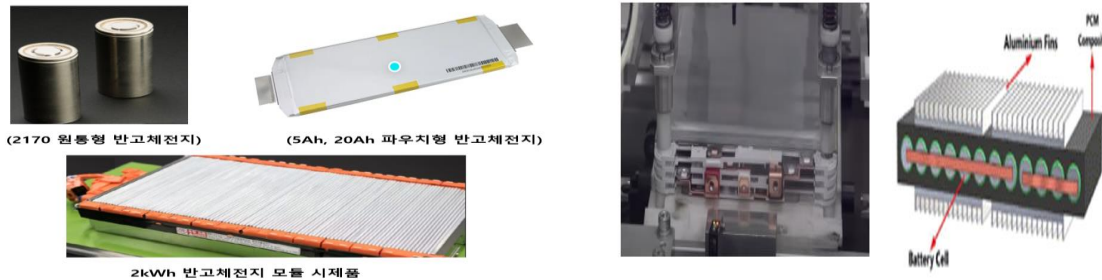
반고체전지 설계 및 제조 기술

반고체전지용 대면적 양산 scale up 인자 도출 (KITECH, 에너지테크솔루션)



- 반고체전지용 대면적 전극/전해질 제조공정 최적화
- 반고체전지 제조를 위한 전극/반고체전해질 라미네이션 공정 최적화

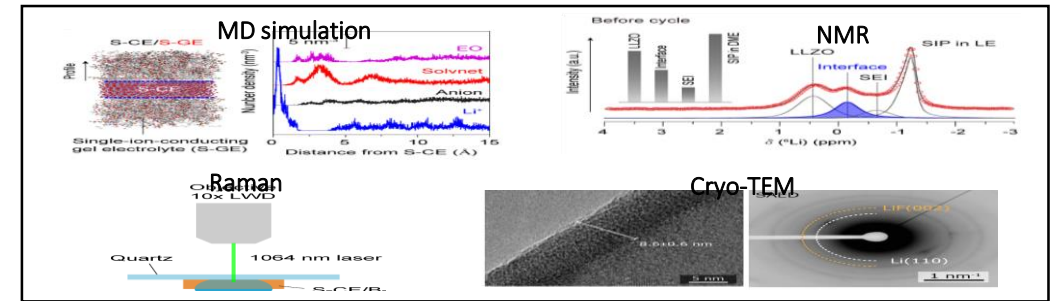
20Ah급 반고체전지 설계 및 제조 (KITECH, 덕산퓨처셀)



- 반고체전지 설계 (원통형, 파우치형) 및 제작
- 수명 특성 향상을 위한 패키징 기술 개발

반고체전지 출력성능 메커니즘 규명

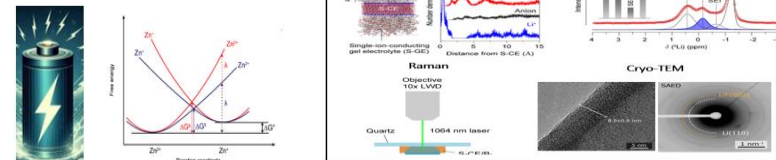
반고체전지 출력성능 메커니즘 규명 (KAIST)



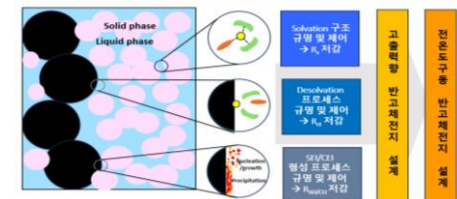
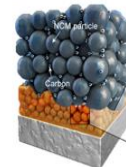
- 전지구동 조건 및 용량에 따른 계면 특성 분석
- 장기 구동 셀의 전극/전해질 계면 열화거동 분석 및 열화억제방안 도출

반고체전지 출력성능 메커니즘 규명 및 고출력 설계 (KAIST)

반고체전지 출력 증폭 설계



All-temperature 반고체전지 설계

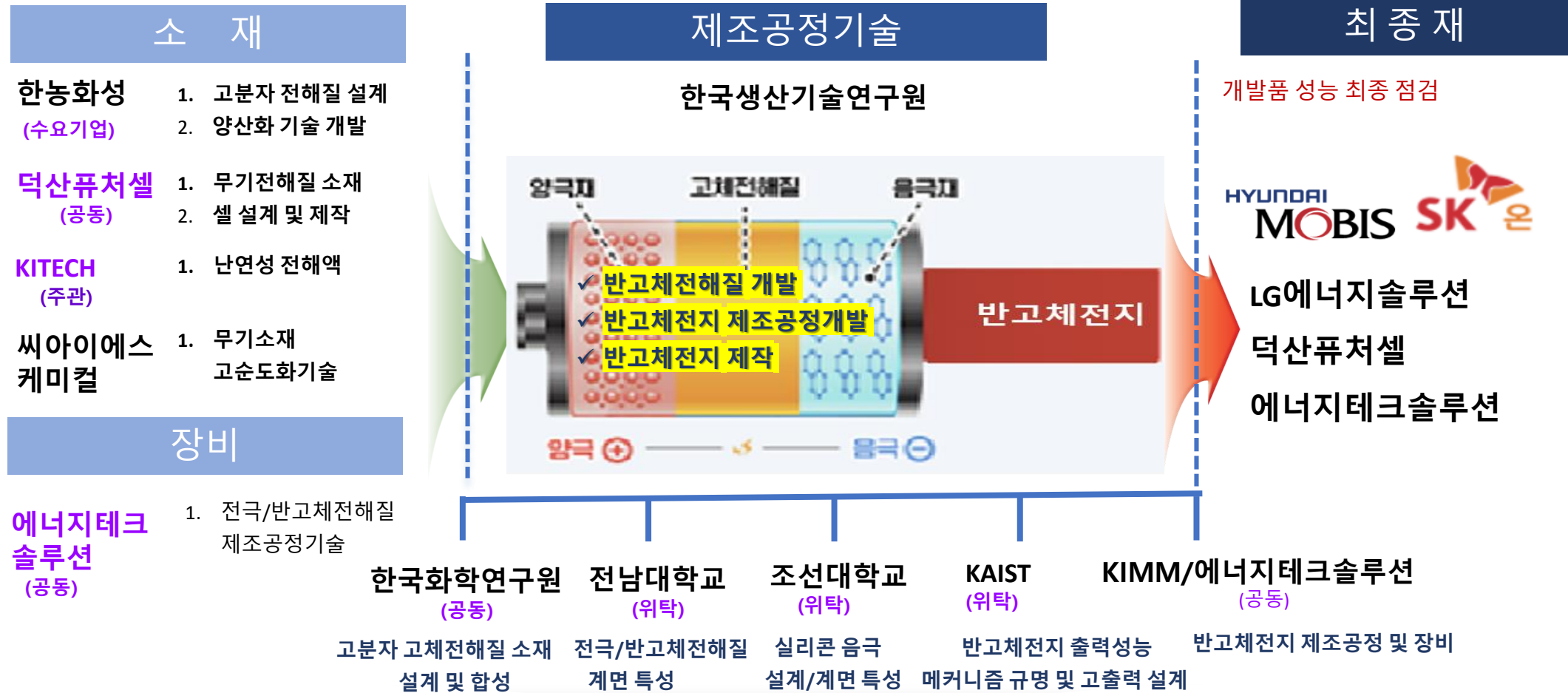


- 반고체전지 출력성능 메커니즘 규명

- 반고체전지 고출력 설계 (저온/고온 출력 증폭)

GT5 : 연구 협력 및 추진 체계

국내외 산·학·연의 유기적인 협력 → 기술적 해결 방안 도출

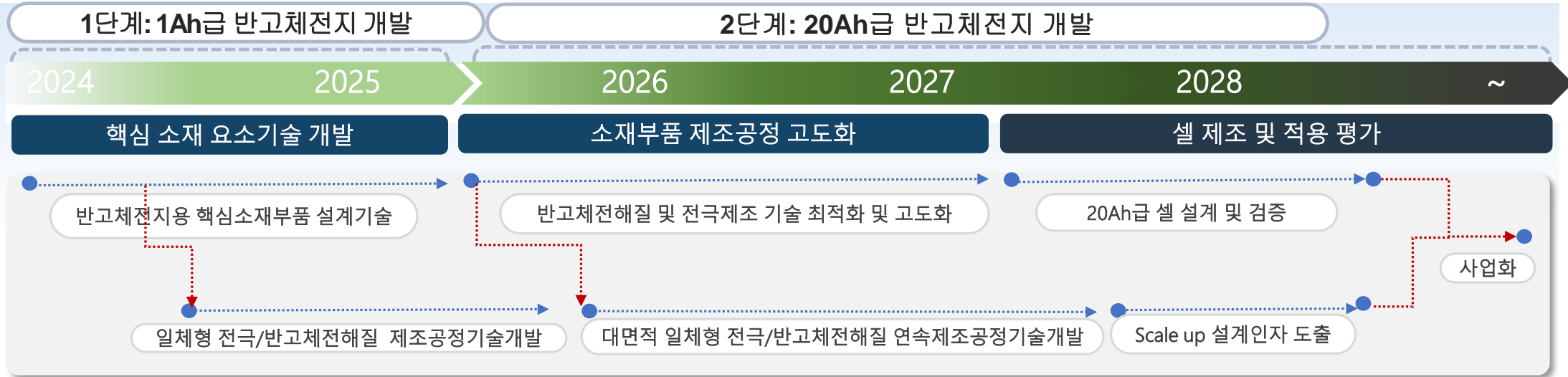


20Ah 분리막-free 반고체전지 생산기술개발

GT5: 기업연계 기술 개발 로드맵

수요기업 로드맵에 따른 연구개발 로드맵

5 세부
연구개발
Roadmap



수요기업
Roadmap



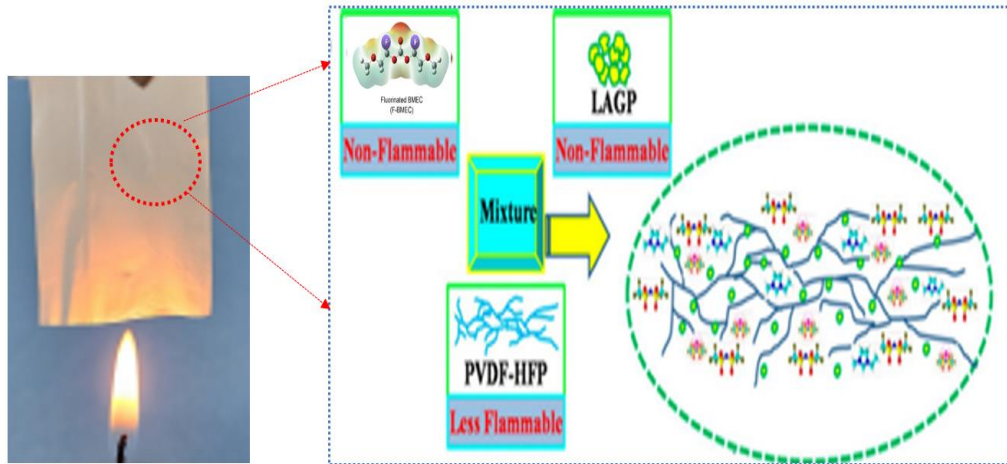
증온작동(@60°C) 반고체전지 개발

기술개발 결과 – 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

- 고분자소재, 무기소재, 고비점 전해액으로 구성된 반고체전해질 제조
 - ✓ 이온전도도, 기계적 강도, 내열성, 난연성, 전기화학적 안정성 등

유무기 반고체전해질 설계

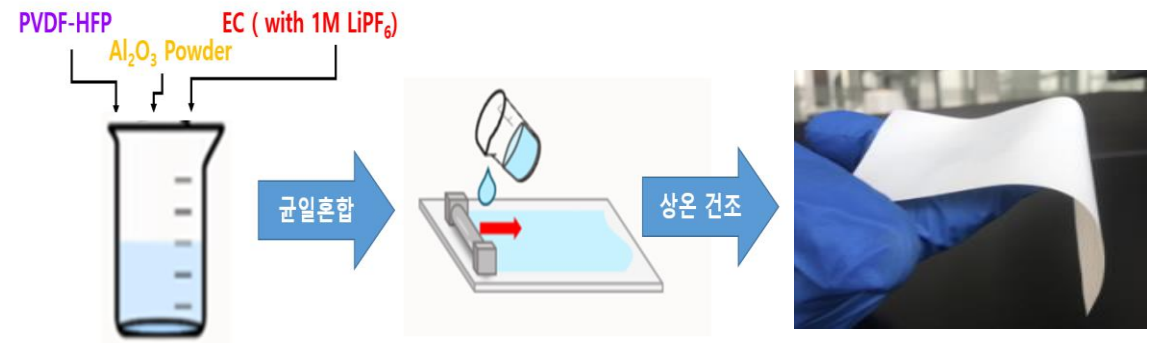
- 고분자 소재 : 유연성 및 계면저항, 전기화학적 안정성 전위창
- 무기 소재 : 열안정성, 이온전도성 향상
- 고비점 전해액 : 열안정성, 리튬이온전달
- 첨가제



(고분자+무기소재+난연성 전해액) 유무기 반고체전해질

PVDF-HFP 기반 반고체전해질 제조

- 고이온전도성 유무기 반고체전해질
- 고분자소재 (PVDF-HFP) + 무기소재(Al_2O_3) + 고비점 전해액(EC)

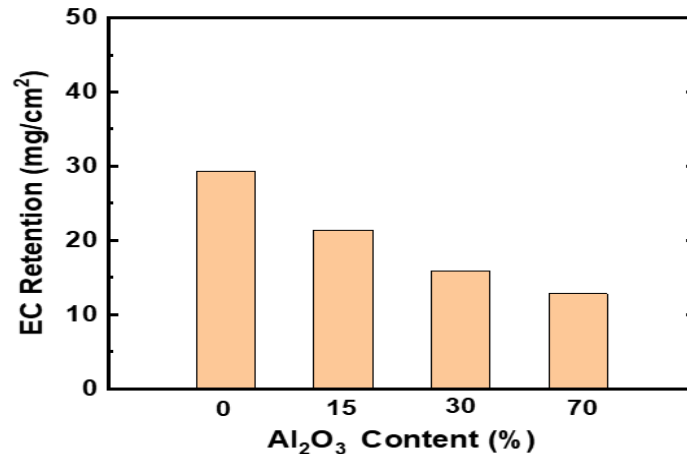
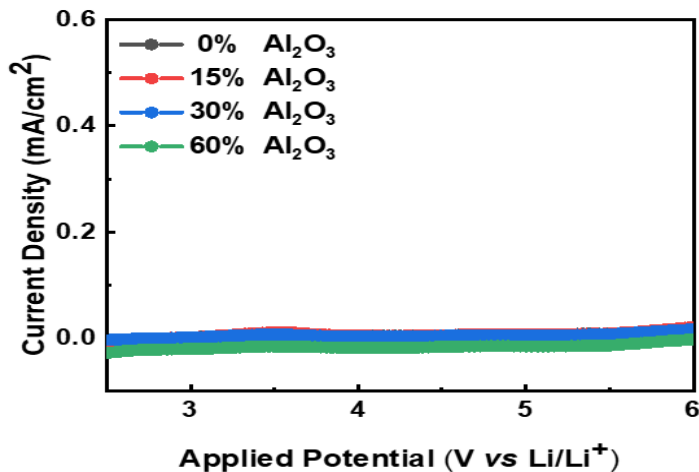
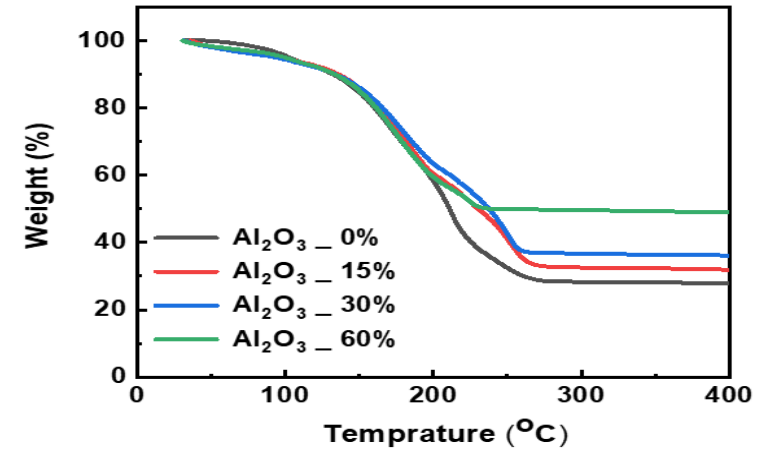
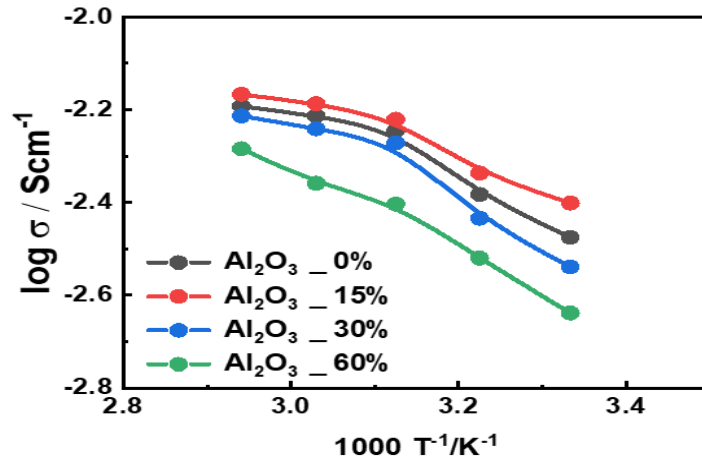
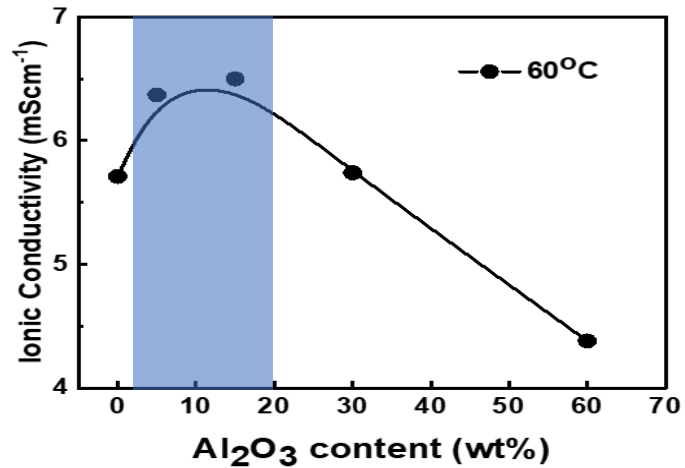


- Al_2O_3 첨가량에 따른 반고체전해질 특성
- 가소제 EC 첨가량에 따른 특성
- 반고체전해질 Sheet 제조 특성 및 두께에 따른 특성

기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

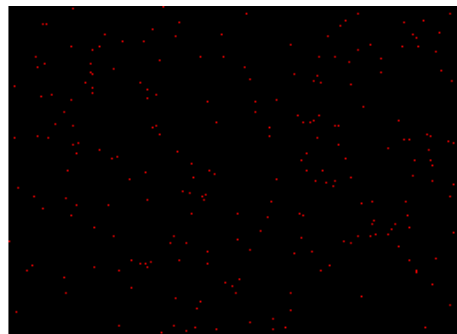
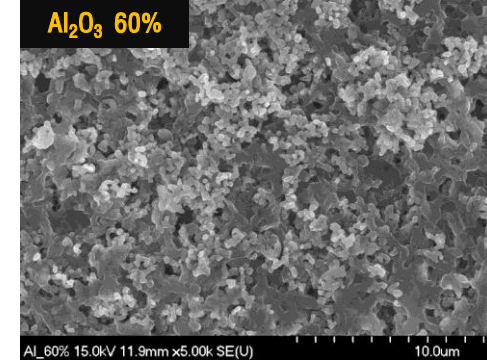
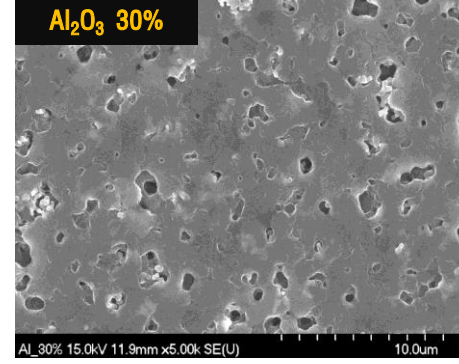
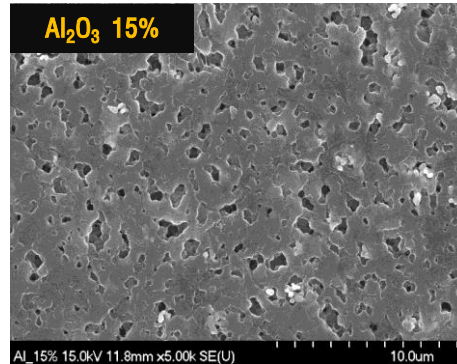
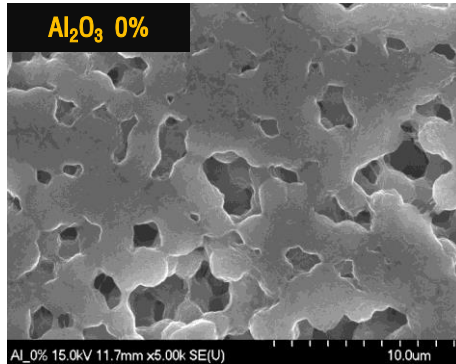
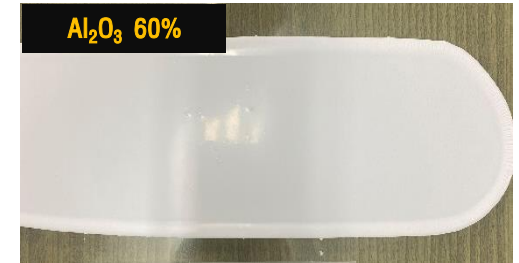
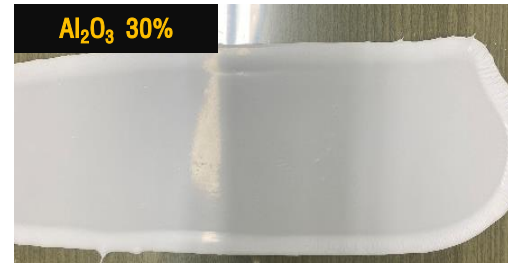
● PVdF-HFP/Al₂O₃/EC (in 1M LiPF₆) 기반 복합 반고체전해질 설계 및 특성

- 조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ : EC (in 1M LiPF₆) = 1 : 1-x : 3, (x=0, 0.15, 0.3, 0.6)

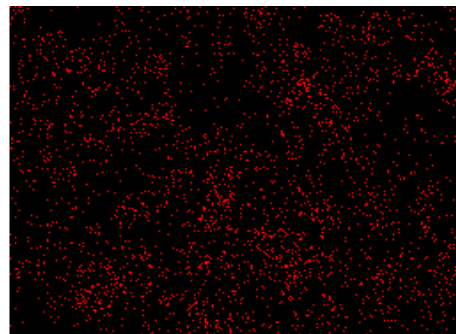


기술개발 결과 – 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

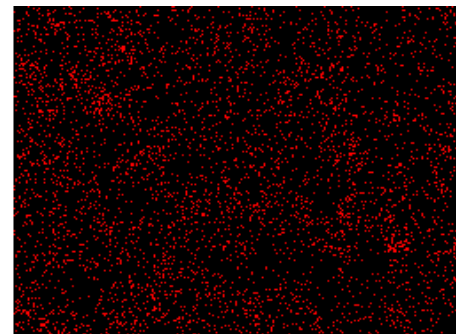
- PVdF-HFP/ Al_2O_3 /EC (in 1M LiPF_6) 기반 **알루미나 함량**에 따른 복합 반고체전해질 표면특성
 - 조성 : PVdF-HFP : Al_2O_3 : EC (in 1M LiPF_6) = 1 : 1-x : 3, (x=0, 0.15, 0.3, 0.6)



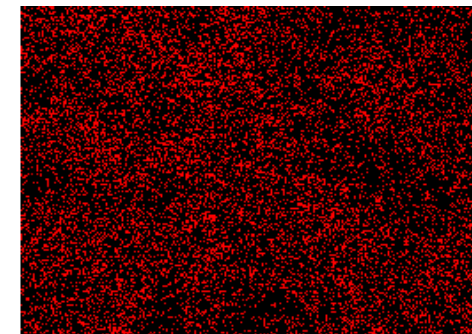
Al Kα1



Al Kα1



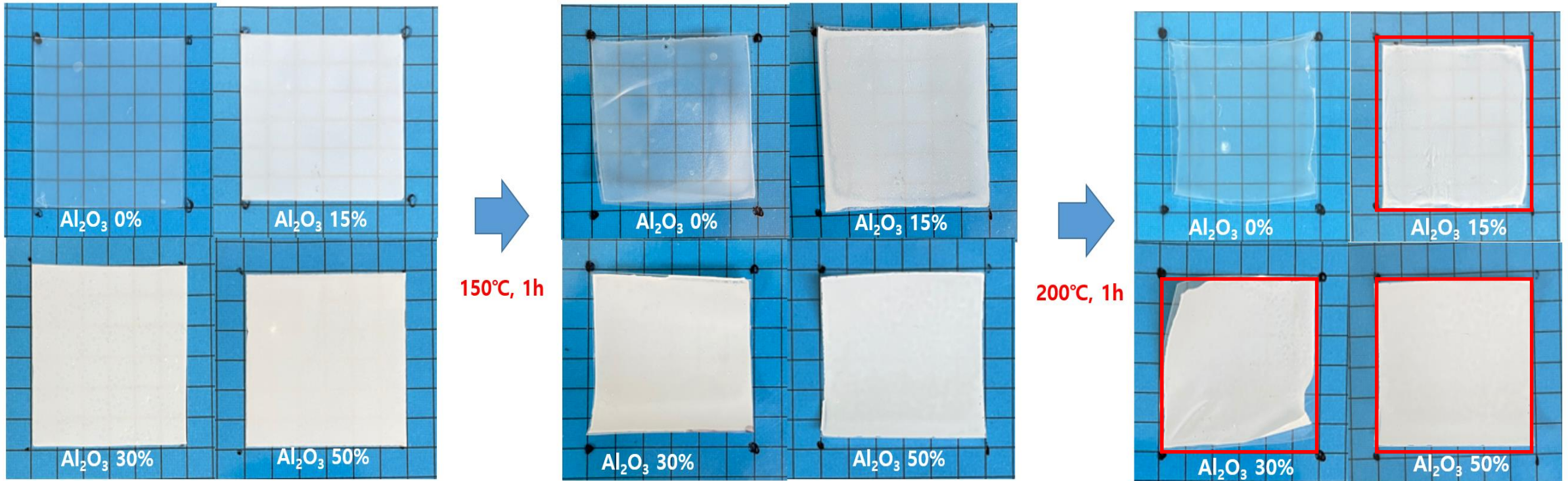
Al Kα1



Al Kα1

기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

- PVdF-HFP/ Al_2O_3 /EC (in 1M LiPF_6) 기반 복합 반고체전해질 열적 특성
 - 조성 : PVdF-HFP : Al_2O_3 : EC (in 1M LiPF_6) = 1 : 1-x : 4, (x=0, 0.15, 0.3, 0.6)

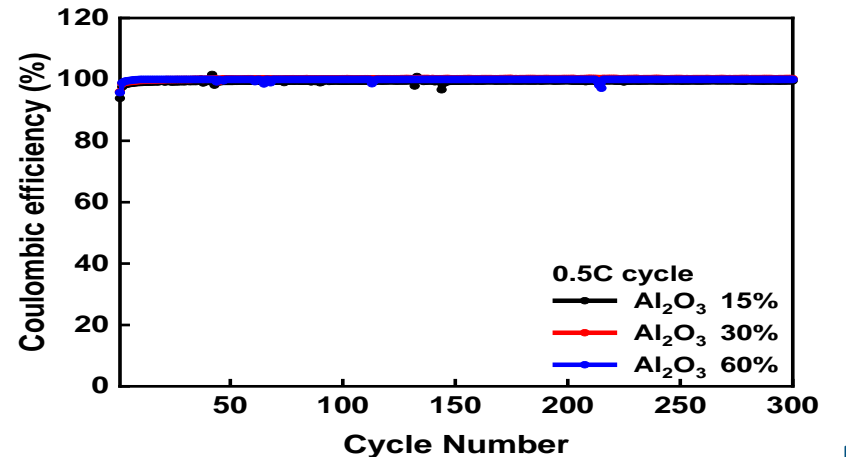
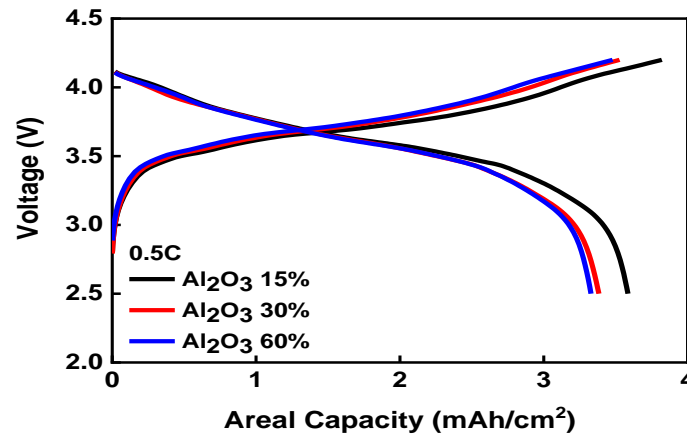
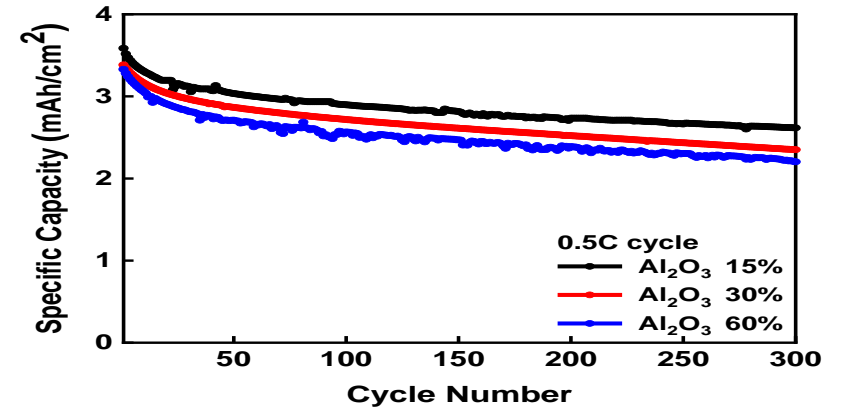
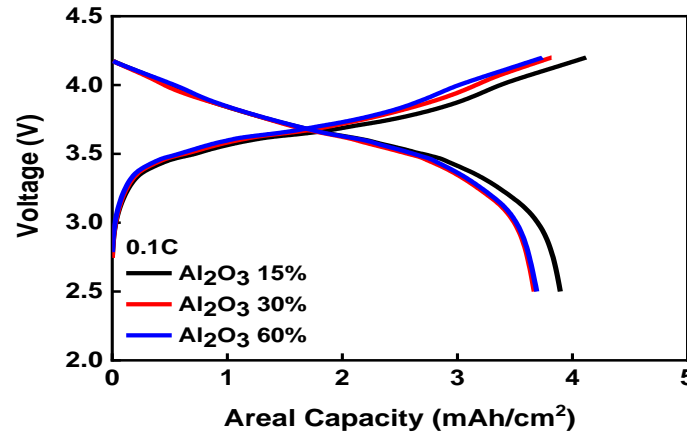
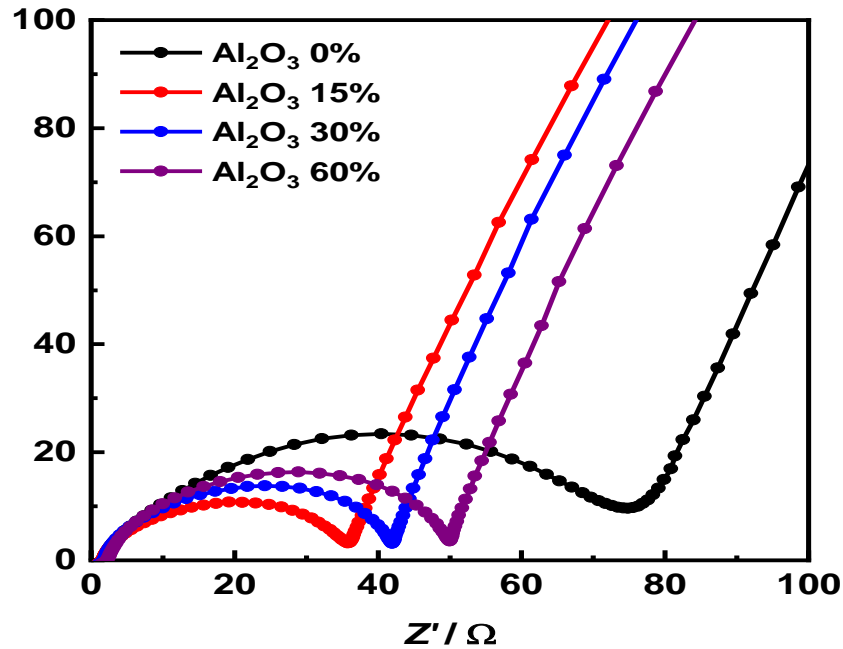


기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

● 반고체전해질 <알루미나 함량변화> 적용 풀셀 특성 (0.5C 충전/방전, 60°C)

- 반고체전해질 두께 ; 100um

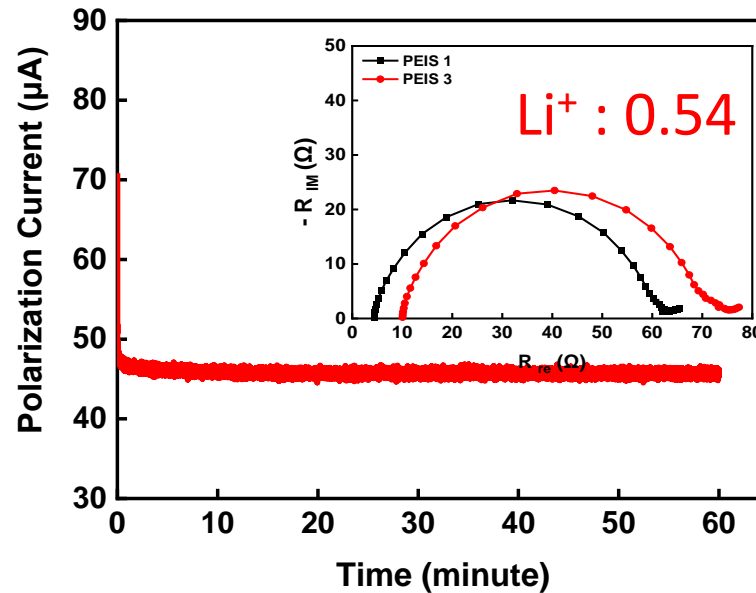
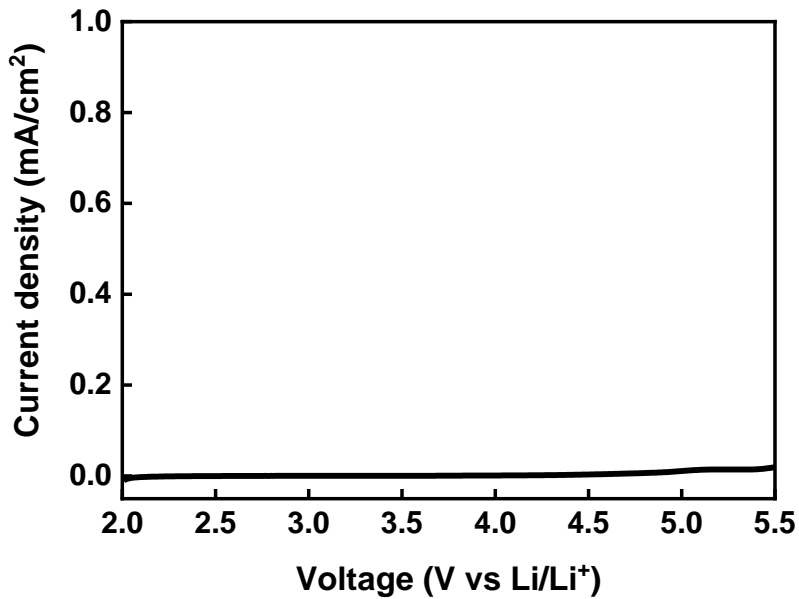
- 양극 : NCM622 (활물질 97%), 4.53mAh/cm², 음극 : SiOx (7%), 4.5mAh/cm²



기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

- 반고체전지에 적합한 반고체전해질 조성 최적화

- 최적조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ : EC (in 1M LiPF₆) = 85 : 15 +300% EC



- EIS 측정 : Amplitude = 0.01 V,

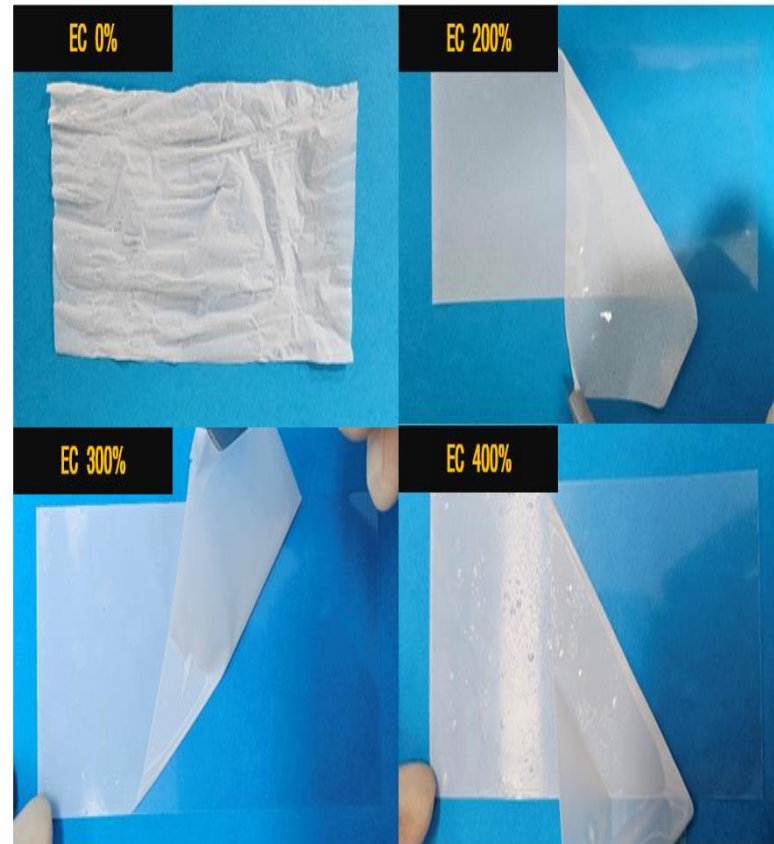
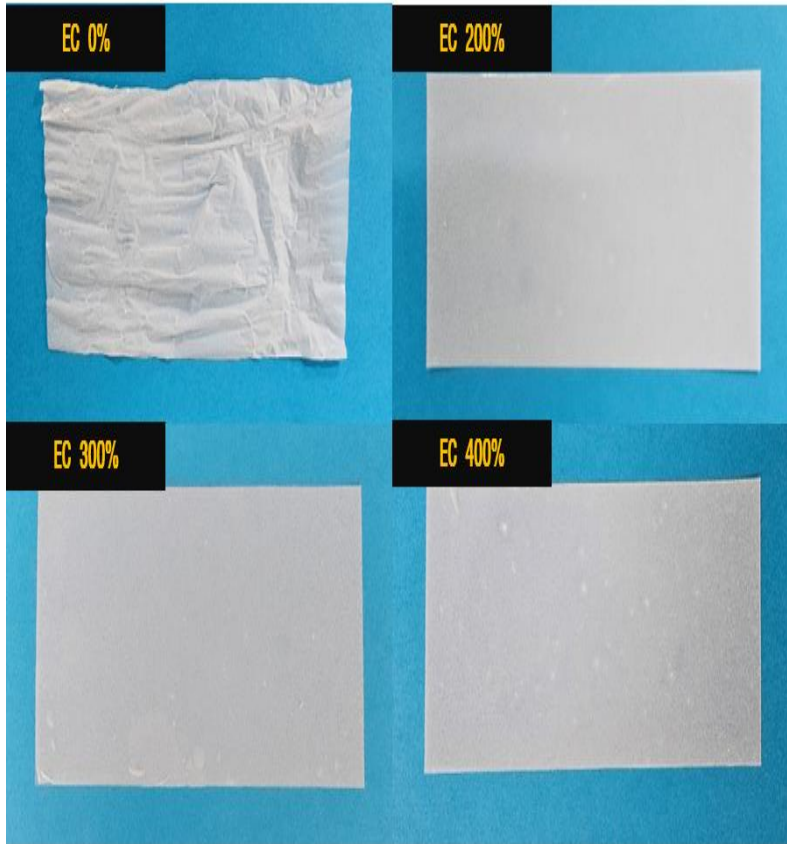
Frequency range = 200kHz ~ 100mHz



기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

- 반고체전지에 적합한 반고체전해질 조성 최적화

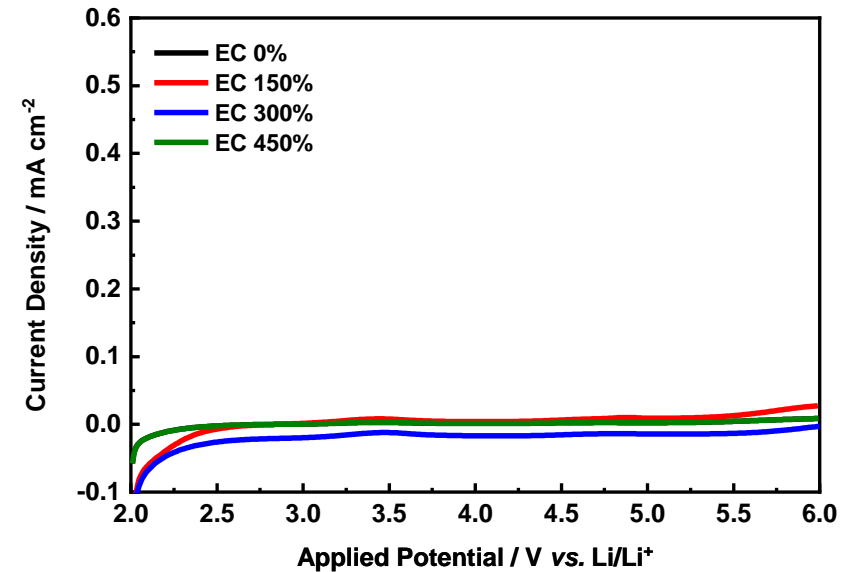
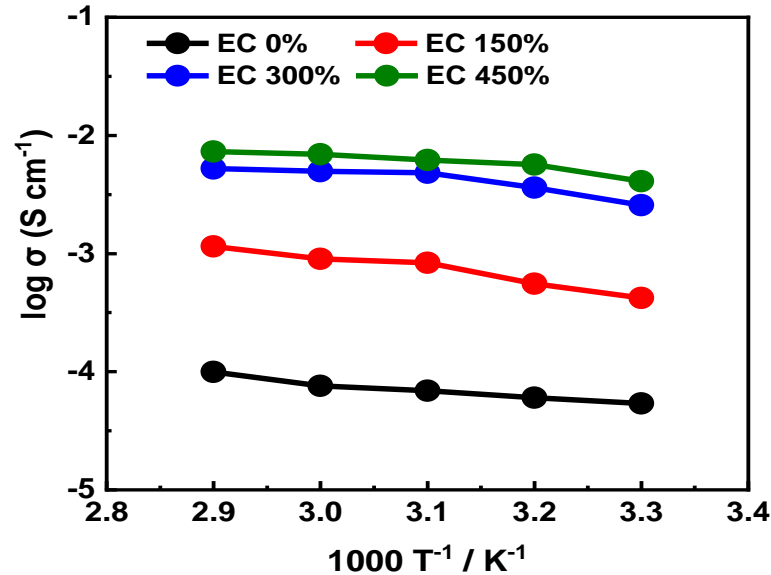
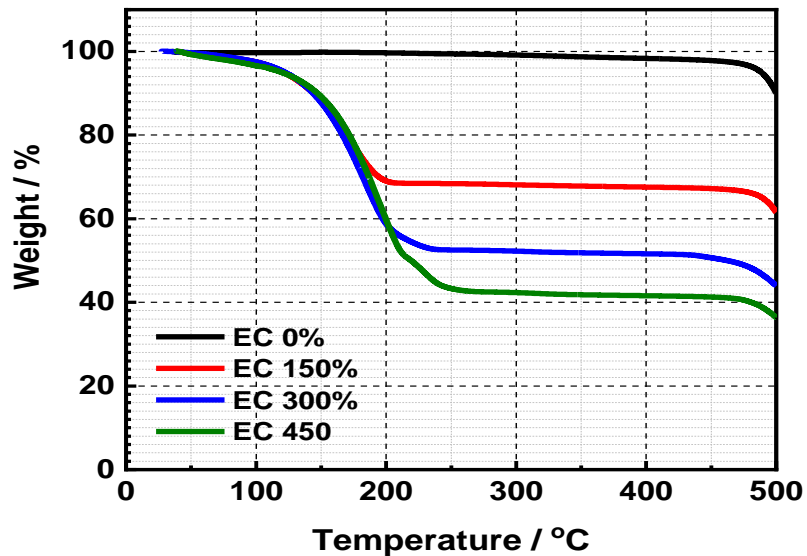
- 최적조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ : EC (in 1M LiPF₆) = 85 : 15 + x% EC, x=0, 200%, 300%, 400%



기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

반고체전지에 적합한 반고체전해질 조성 최적화

- 최적조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ : EC (in 1M LiPF₆) = 85 : 15 + x% EC, x=0, 200%, 300%, 450%



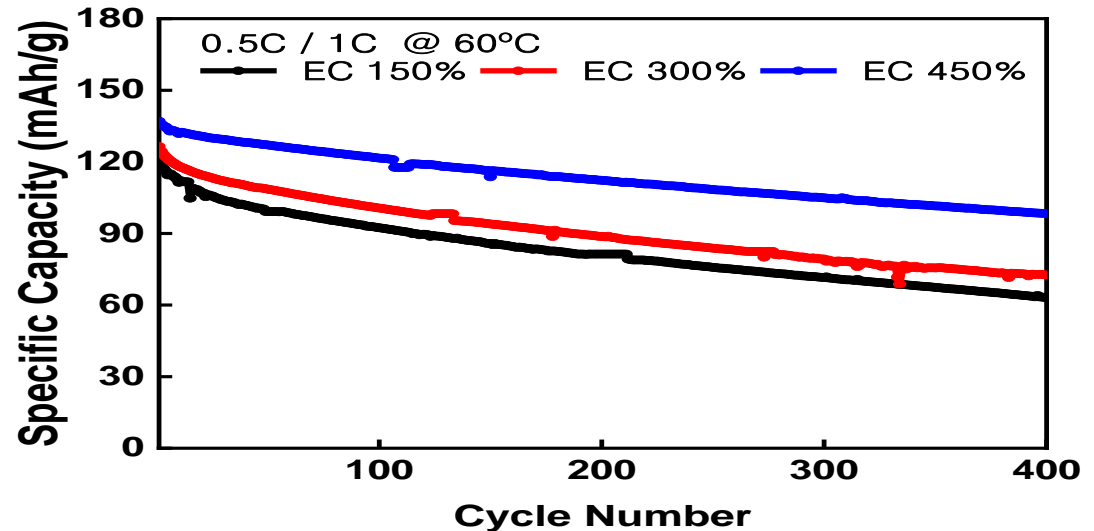
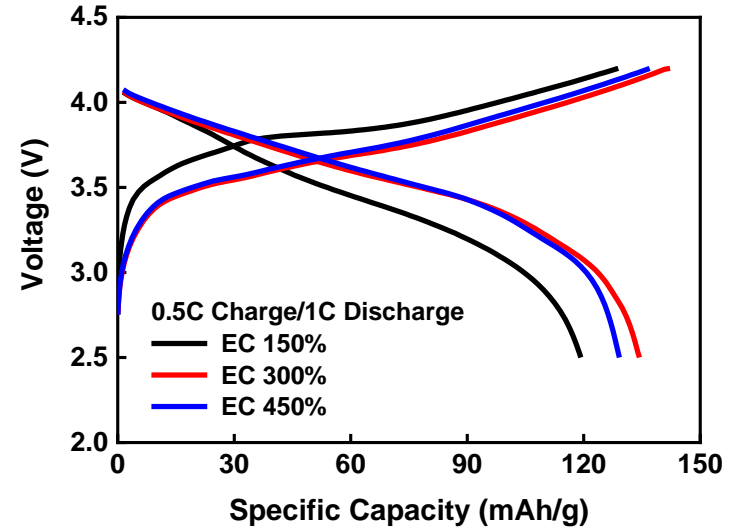
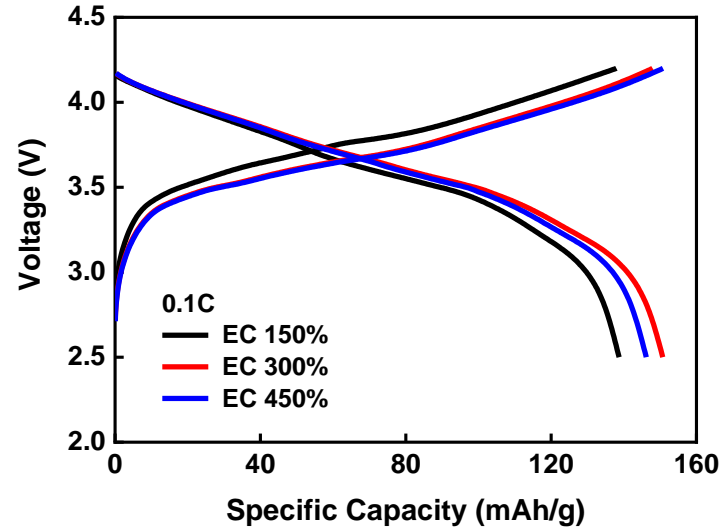
EC 함량(%)	0	150	300	450
반고체전해질내 보유량 (%)	0	32.5	48.4	58.4

기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전지 셀 특성

반고체전해질 <EC 함량변화> 적용 반고체전지 특성

- 양극 : NCM622 (활물질 97%), 4mAh/cm², 음극 : SiOx 7%, 4.5mAh/cm²

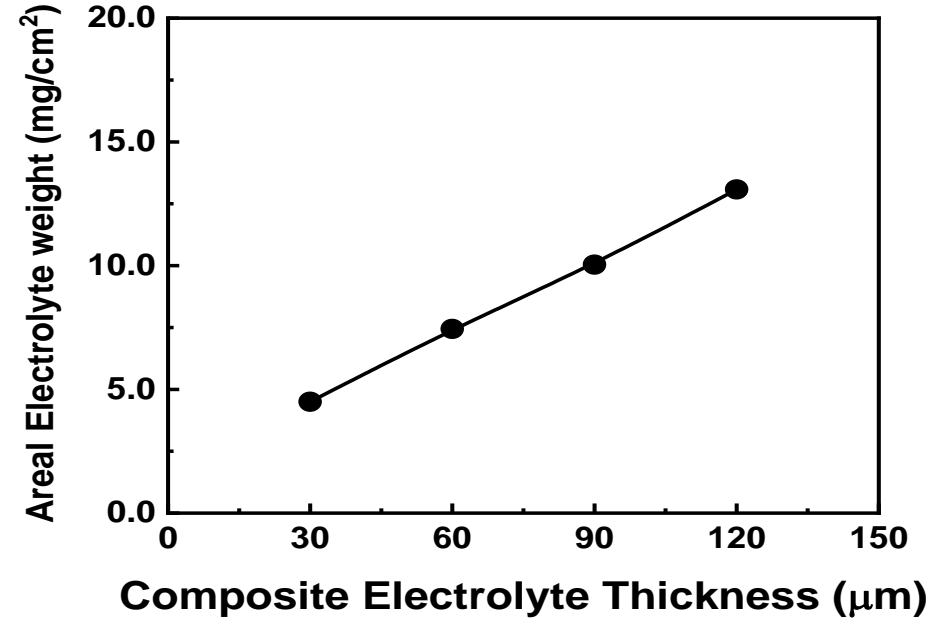
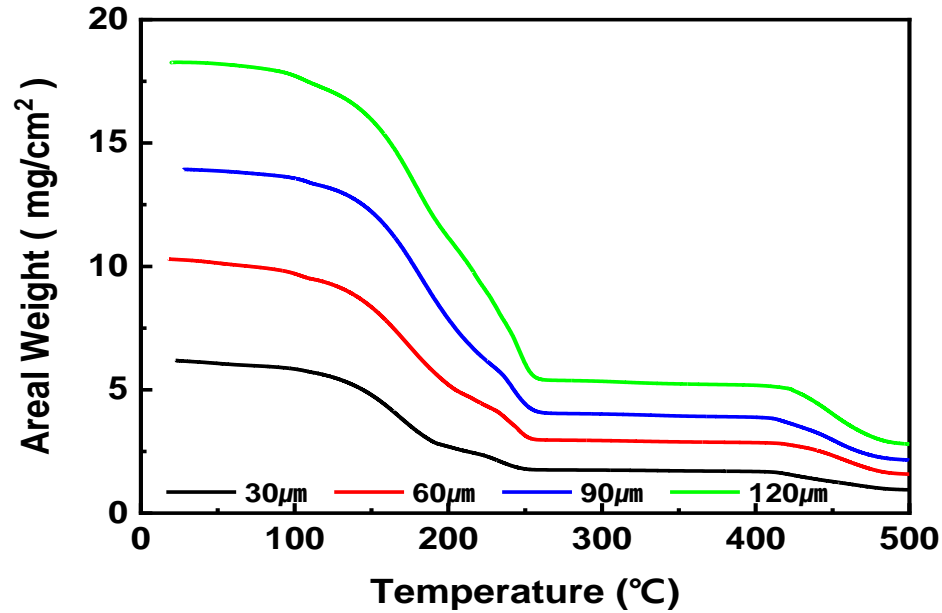
EC Contents (%)	EC Contents in CPL (%)
0	0
150	32.5
300	48.4
450	58.4



기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전해질 개발

반고체전해질의 두께 변화에 따른 전해액 보유량

- 조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ : EC (in 1M LiPF₆) = 85 : 15 + 300% EC



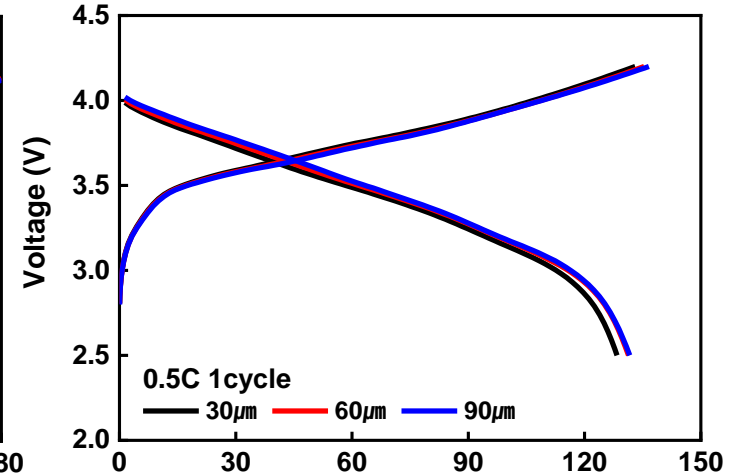
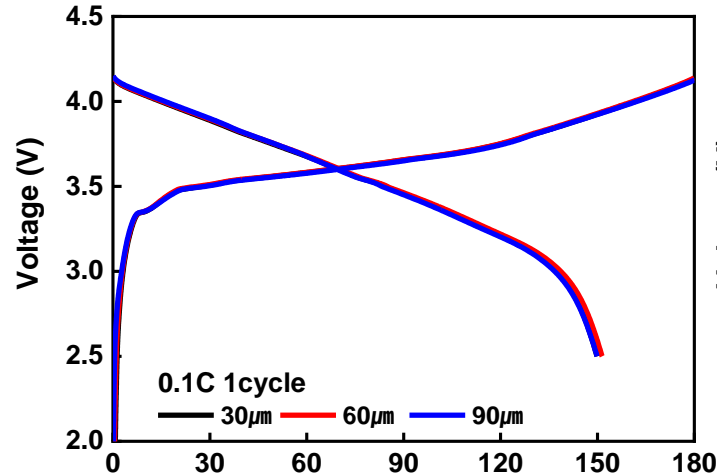
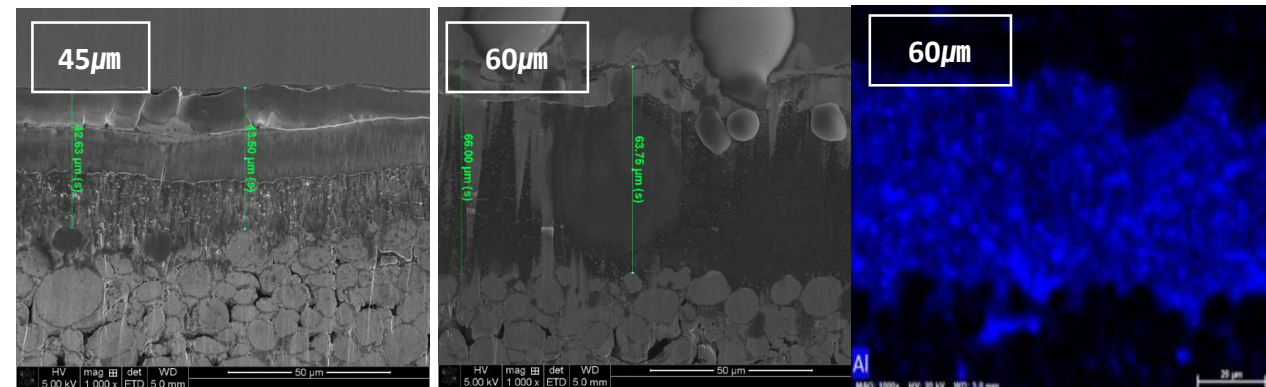
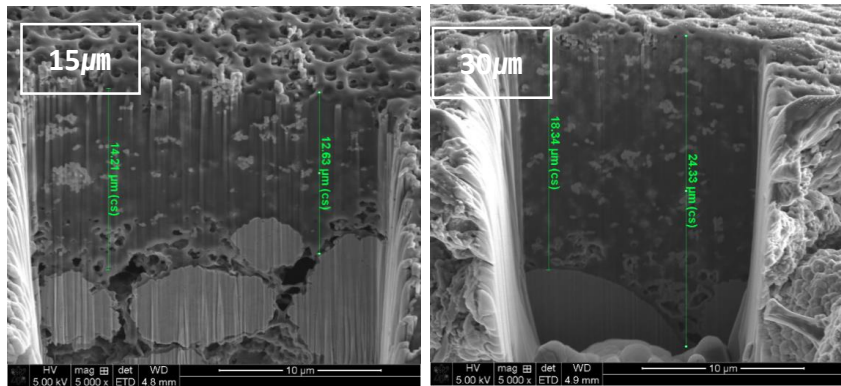
전해질 두께 (µm)	시료 무게 (mg)	시료 면적 (cm²)	Weight loss (%)	면적당 전해액의 양 (mg/cm²)	E/C ratio (g/Ah)
30	9.52	1.54	72.75	4.50	1.00
60	15.84	1.54	72.25	7.44	1.65
90	21.43	1.54	72.10	10.04	2.23
120	28.09	1.54	71.63	13.08	2.91

기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전지 셀 특성

- 반고체전해질을 전극위 직접 코팅에 의한 반고체전지 풀셀 특성 (반고체전해질의 코팅두께 변화)

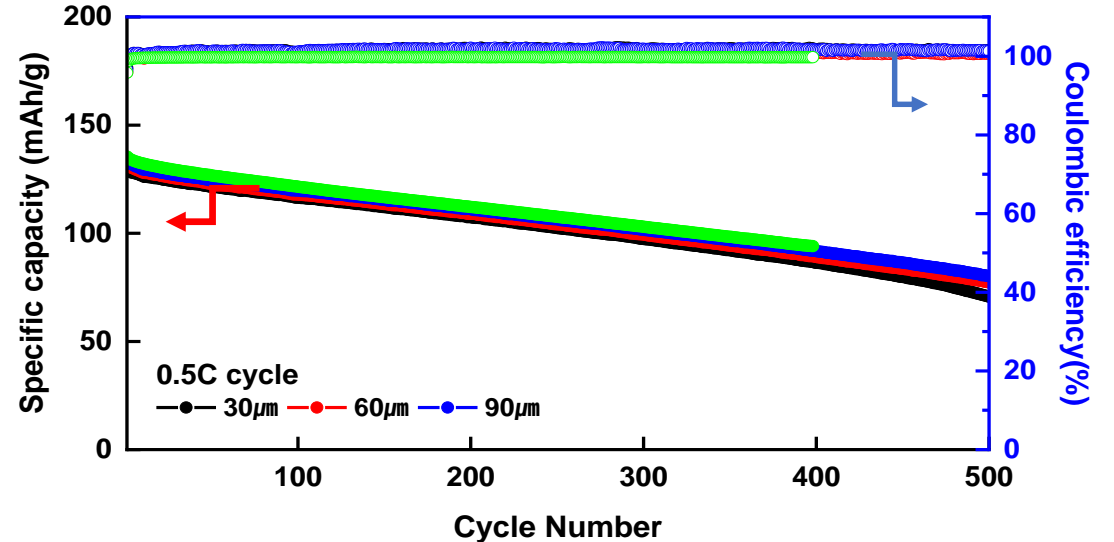
- 양극 : NCM622 (활물질 97%), 4.8mAh/cm², 음극 : SiO_x 7%, 4.5mAh/cm²

< 양극위 반고체전해질 코팅 단면사진 >



Specific Capacity (mAh/g)

Specific Capacity (mAh/g)

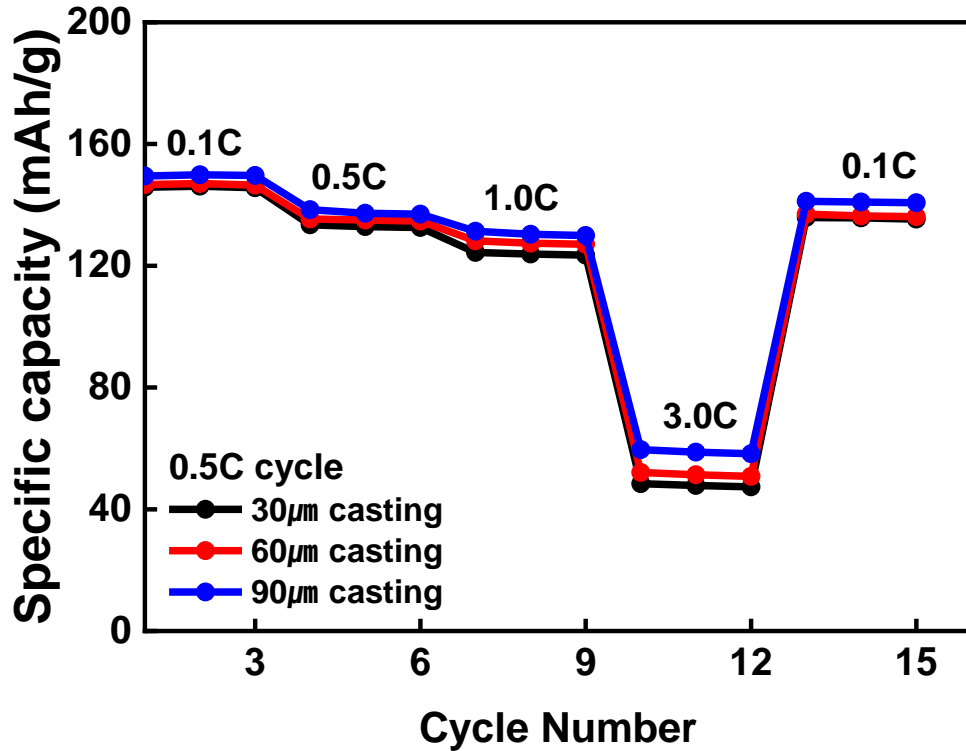


기술개발 결과 - 증온작동 (60°C) 반고체전지 셀 특성

- 반고체전해질을 전극위 직접 코팅에 의한 반고체전지 풀셀 특성 (반고체전해질의 코팅두께변화)

- c-rate 특성

- 양극 : NCM622 (활물질 97%), 4.8mAh/cm², 음극 : SiOx 7%, 4.5mAh/cm²

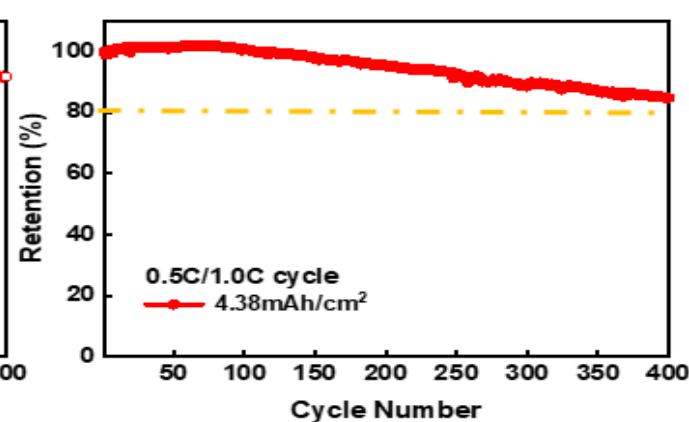
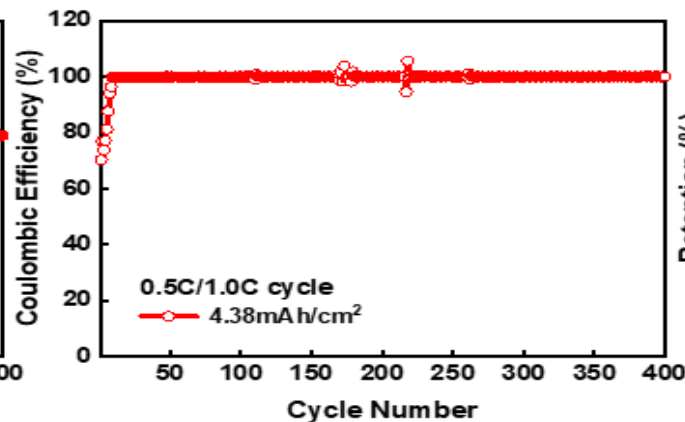
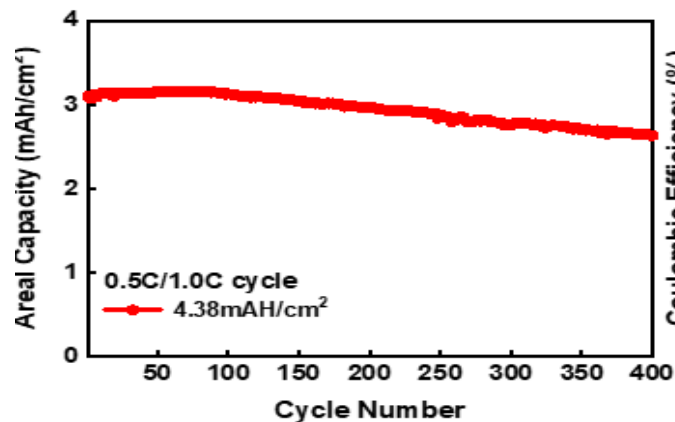
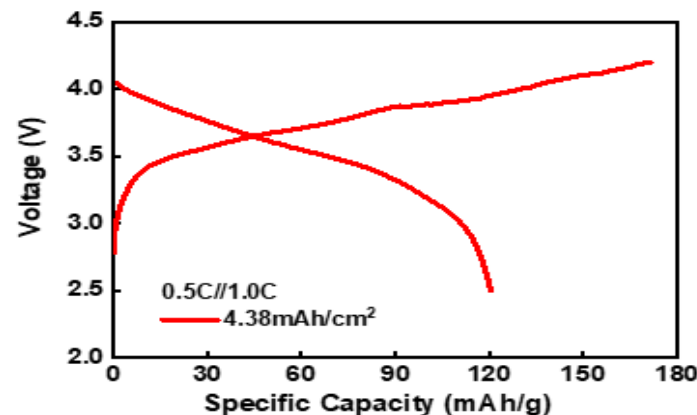
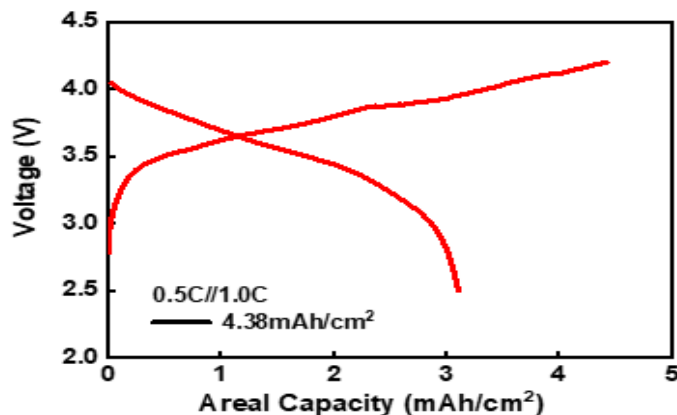


C-rate	용량 구현율 (%), Thickness		
	30μm	60μm	90μm
0.1C	100	100	100
0.5C	91.5	92.3	92.6
1.0C	76.4	87.4	87.9

기술개발 결과 - 증온작동(60°C) 반고체전지 셀 특성

● 반고체전해질을 전극위 직접 코팅에 의한 반고체전지 풀셀 특성

- 반고체전해질 두께 : 45um
- 양극: NCM622 97% (4.38mAh/cm²), 음극: SiOx 7% (3.0mAh/cm²)



기술개발 결과 - 증온작동(60°C) 반고체전지 셀 특성

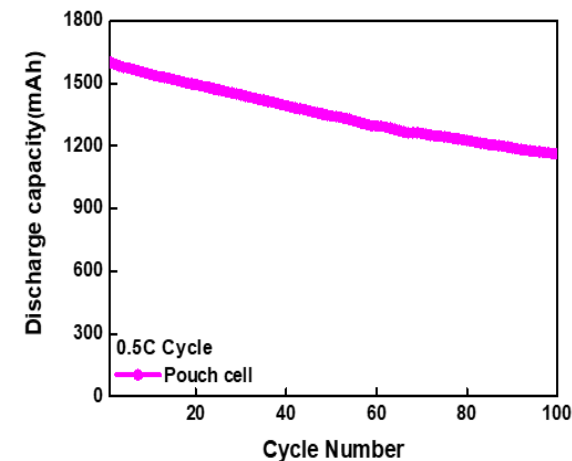
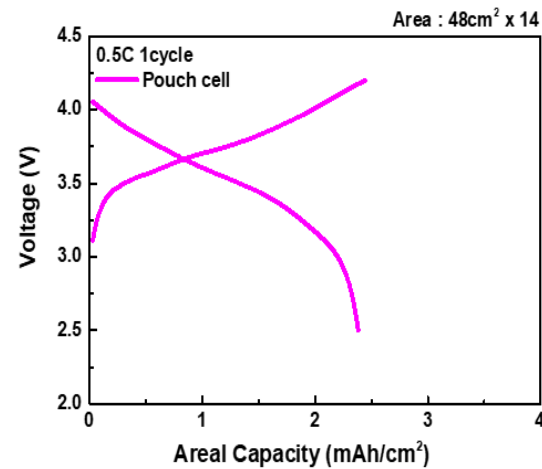
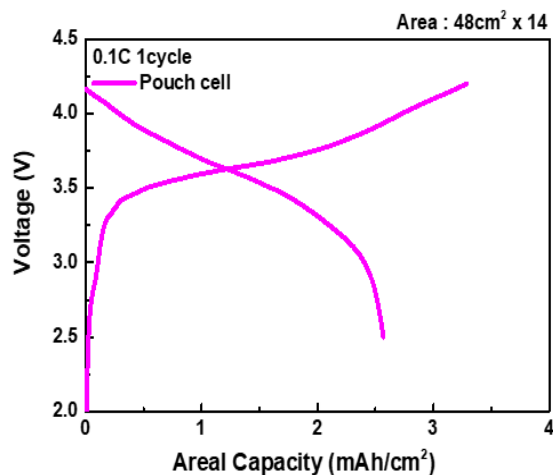
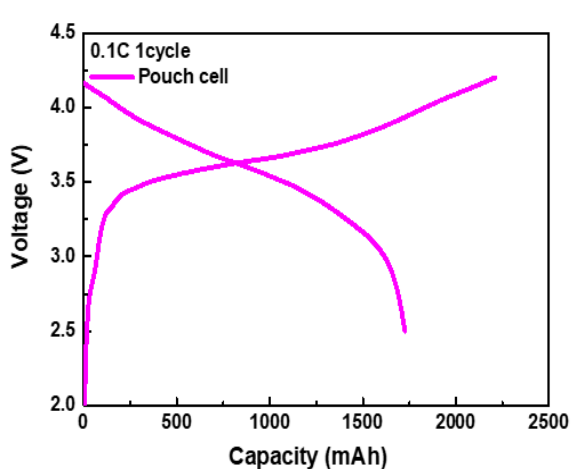
● 반고체전해질 sheet 라미네이션에 의한 Full cell (2Ah급) 특성

• 적층셀 설계/제조

	Cathode	Anode
AM capacity(mAhg ⁻¹)	170	450
AM ratio (%)	95	SiOx 7%
Thickness (μm)	57 x 2	36 x 2
Areal capacity (mAhcm ⁻²)	3.1	3.12
Area	48 (6x 8)cm ²	52 (6.2x8.4)cm ²
	4	5



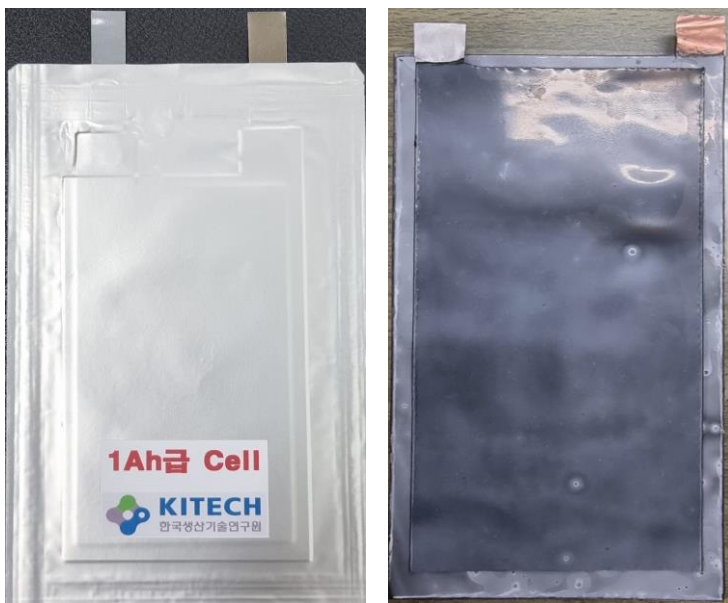
• 적층셀 충방전 특성



기술개발 결과 - 증온작동(60°C) 반고체전지 셀 특성

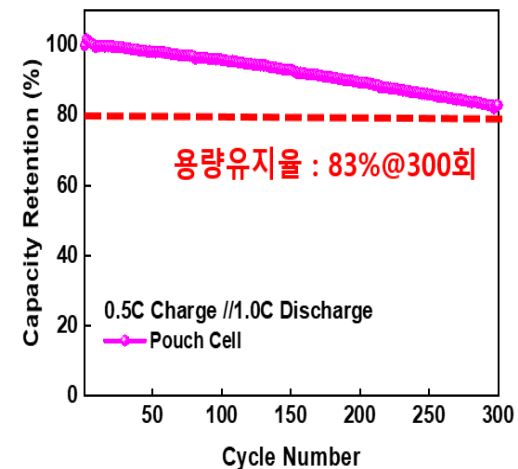
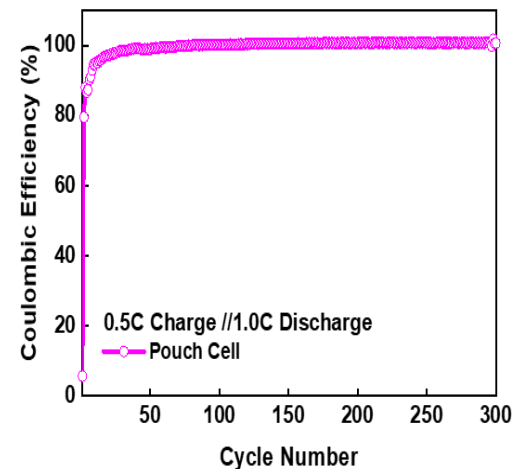
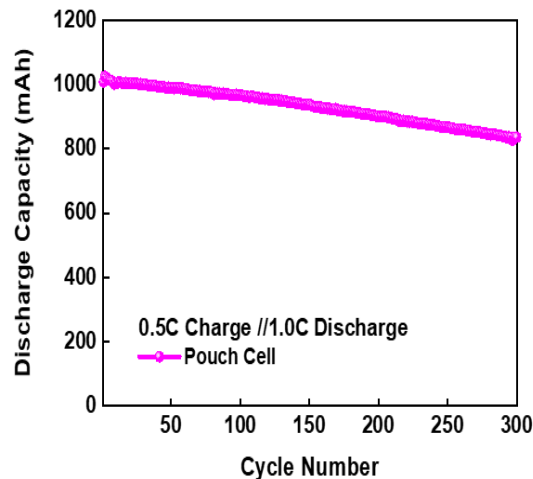
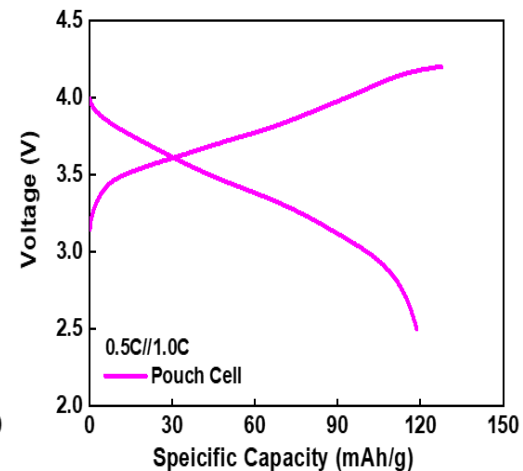
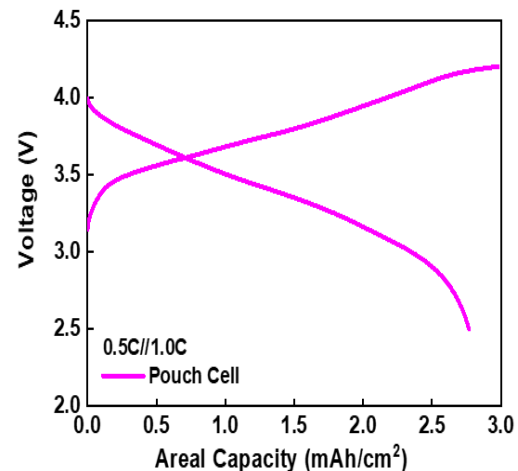
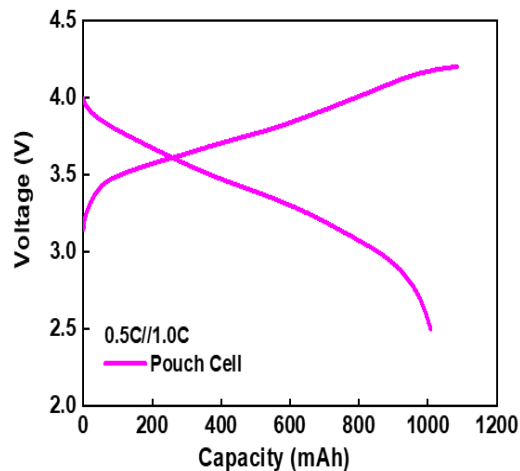
● 전극위 반고체전해질 직접코팅 의한 Full cell (1Ah급) 특성

- 양극 : NCM622 (활물질 97%), 4mAh/cm², 음극 : SiOx 7%, 4.5mAh/cm²



Cell Size

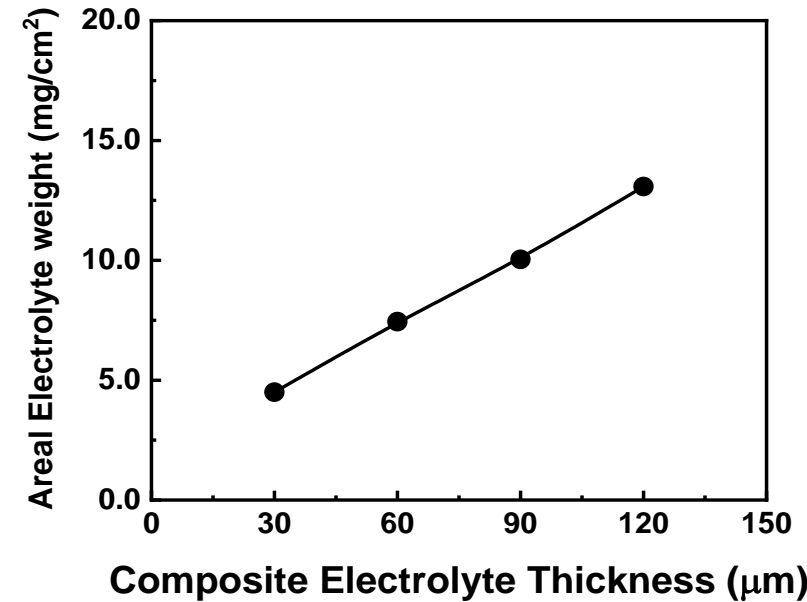
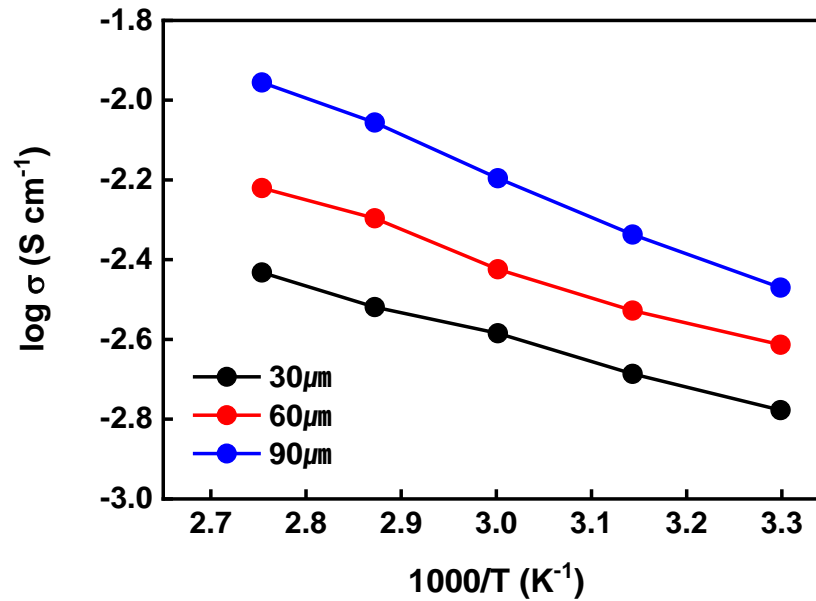
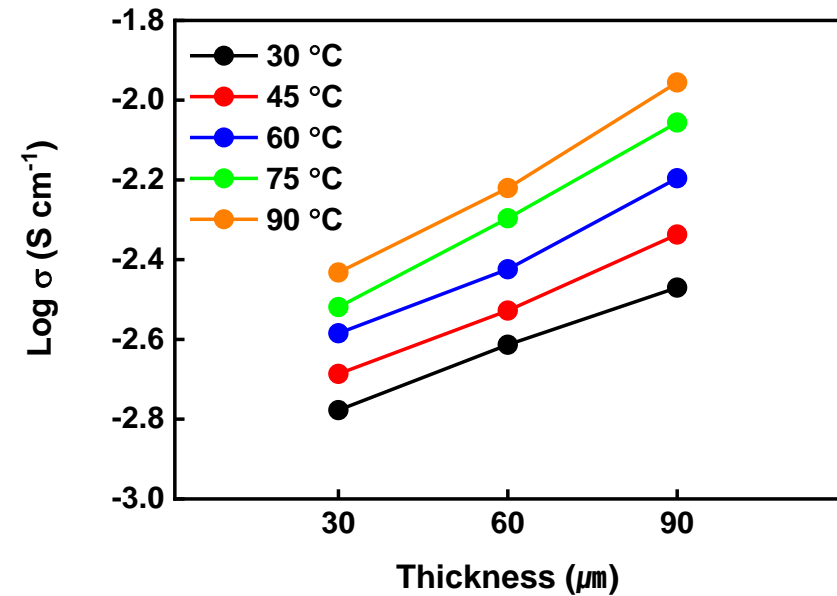
- 양극: 130mm x 70mm, 2장
- 음극: 140mm x 80mm, 3장
- 반고체전해질: 전극위 50um 반고체전해질 코팅



상온작동 반고체 전해질 설계

반고체 전해질의 두께 변화에 따른 전해액 보유량

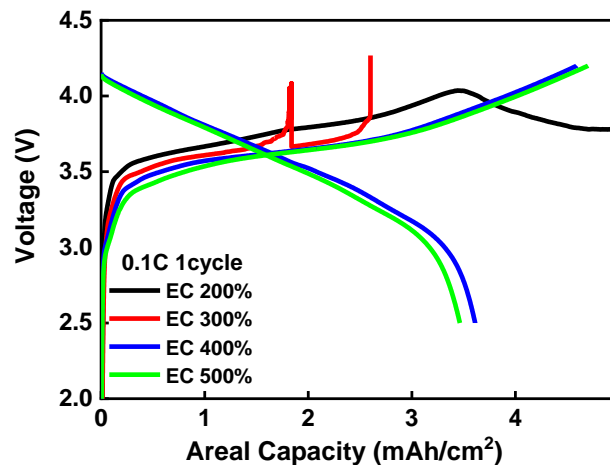
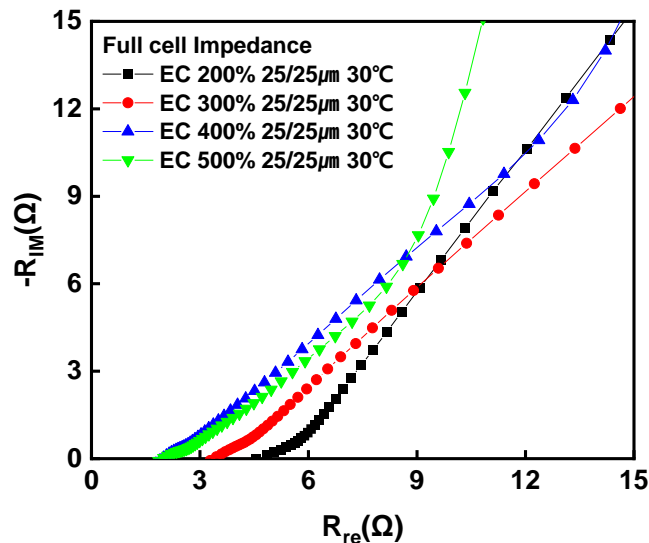
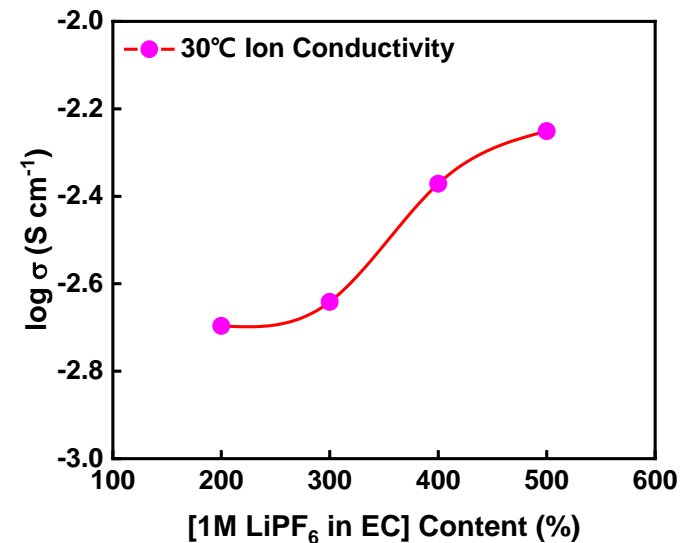
- 조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ : EC (in 1M LiPF₆) = 85 : 15 + 300% EC



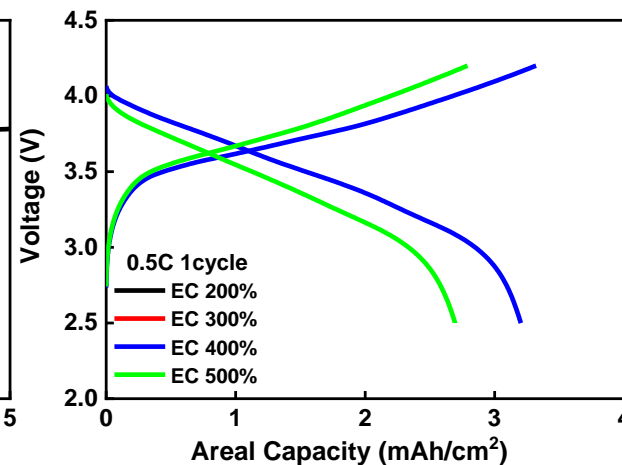
상온작동 반고체전지 셀 개발

전극위 반고체전해질 직접코팅 의한 Full cell 반고체전지 특성 (30°C)

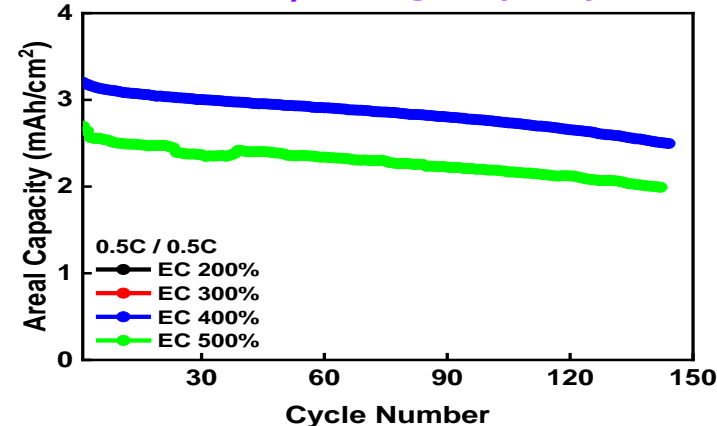
- 반고체전해질 조성 : PVdF-HFP : Al₂O₃ = 85 : 15 + (1.0M LiPF₆ in EC) 200/300/400/500%
- 양극: NCM622 97% (4.03mAh/cm²), 음극: SiOx 7% (4.5mAh/cm²)
- 양극/음극 위에 25um 코팅



< 총방전 곡선 >



< 0.5C 충전/0.5C 방전 수명특성 >



	두께 (μm)	벌크저항 (Ω)	이온전도도 (mS/cm)
EC 200%	62	2.00	2.01
EC 300%	62	1.77	2.28
EC 400%	61	0.93	4.25
EC 500%	68	0.79	5.61

대한민국의 미래 중소·중견기업!

기술의 중심 **KITECH**과 함께!



KITECH
한국생산기술연구원

감사합니다.

