iSSUE
BRIEFING

‘전고체 배터리’, 이차전지의 한계를 넘어서다.

연구책임 하의현 연구위원

이슈브리핑 vol.303

think 전북연구원

ISSUE BRIEFING
이슈브리핑
vol. 303

‘전고체 배터리’, 이차전지의 한계를 넘어서다.

요 약

○ 전고체 배터리(All-Solid-State Battery)는 전지의 주요 요소가 모두 고체로 구성되어 있는 전지 형태를 지칭하며, 안정성 향상, 공간 활용도 등 현재 리튬이온 전지가 가진 기술적 한계를 극복할 수 있는 잠재력이 매우 높음

○ 고체 전해질을 사용하는 전고체 배터리는 유기계 액체 전해질을 사용하는 이차전지와 달리 발화/폭발 현상이 거의 없고 분리막과 냉각장치가 필요 없기 때문에 공간 활용도와 에너지 밀도 향상에 유리하며, 전지 안정성을 위한 부품, 소재 적용이 줄어들어 소형화가 가능

○ 글로벌 전고체 배터리 시장은 2020년 6,160만 달러에서 2027년 4억 8,250만 달러로 연평균 34.2%, 국내 전고체 배터리 시장은 2020년 292만 달러에서 2027년 3,229만 달러로 연평균 41.0%의 성장률을 보일 것으로 전망

○ 전북특별자치도는 이차전지 산업 가치사슬 전반에 대한 기업 유치를 통해 전고체 배터리의 핵심역량 기반을 확보하였고 LQ지수는 2.65, NOHI는 0.0497로 나타나 전고체 배터리 산업에 집중되었다고 볼 수 있음

○ (정책 제언: R&D) ① 핵심 수요시장의 조기 상용화를 위한 맞춤형 R&D 추진, ② 제조기술 및 핵심 소재·부품·장비 요소기술 개발을 위한 대규모 R&D 과제 선정 및 지원, ③ 미래 경쟁력을 확보하기 위한 초격차 기술경쟁력 확보가 필요

○ (정책 제언: 생태계 확장) ① 전북특별자치도 핵심 산업을 고려한 선제적 대응체계 구축, ② 전고체 배터리 핵심 기업과 소재·부품·장비 기업의 성장과 기술력 확보를 위한 기업지원 확대, ③ 수요 기반 교육과정 개발 운영 및 현장형 인력 공급 체계 구축, ④ 초광역 프로젝트 발굴 등 지역간 협력 확대 필요

○ (정책 제언: 기반 확대) 초격차 기술확보와 글로벌·초광역 연계 인재양성, 기업지원 협업 플랫폼 등을 위한 핵심 기관 설립 및 운영이 필요

‘전고체 배터리’,
이차전지의 한계를 넘어서다.

1 이차전지 산업 개요

☑ 이차전지 개요

○ 이차전지(Secondary Battery)는 화학에너지를 전기에너지로 변환하면서 충전과 방전을 통해 반복 사용할 수 있는 장치로 정의(산업연구원, 2022)

- 이차전지는 반복적인 충·방전을 통해 반영구적으로 사용 가능한 전지로서 충전식 전지(Rechargeable Battery)로도 정의됨(한국과학기술기획평가원, 2020)
- 납축전지(1900년대), 니켈계전지(1950년대), 리튬이차전지(1990년대~) 등이 이차전지에 해당하며, 휴대전화, 전기차, 에너지저장시스템(ESS) 등에 사용

○ 이차전지는 양극재, 음극재, 분리막, 전해질로 구성되며, 전해질이 양극과 음극의 이온을 전달하고 산화와 환원 반응을 통해 화학에너지를 전기에너지로 전환(중소벤처기업부, 2022)

○ 이차전지는 크기, 용량에 따라 소형, 중형, 대형 전지로 구분(KOTRA, 2019)

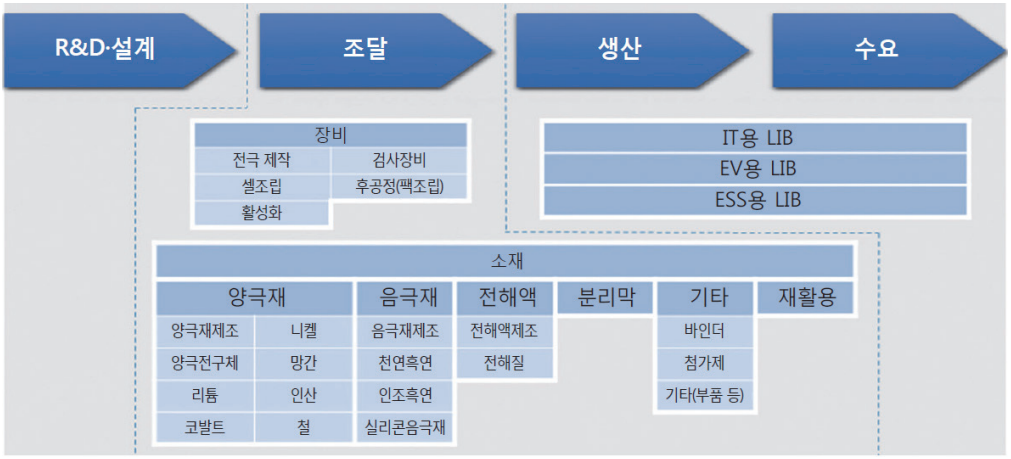
- 소형전지 : IT산업 에너지 고용량, 경량화, 소형화 수요에 부합하여 휴대폰, 노트북, 카메라 등에 널리 사용
- 중형전지 : 전기에너지를 구동 동력원으로 사용하는 수송기계(전기자동차, 전기자전거, 지게차 등)의 에너지원으로 사용
- 대형전지 : 전력 이용 효율을 향상시키고, 신재생에너지 활용도를 제고하며 전력 공급시스템을 안정화하는데 사용

☑ 이차전지 산업 현황 및 전망

○ 이차전지 산업의 가치사슬 구조는 R&D·설계 → 조달 → 생산 → 수요로 구성(산업연구원, 2022)

- 이차전지 산업은 전지를 구성하는 소재·부품(양극재, 음극재, 전해질, 분리막 등)과 장비 공급(기타 부품 및 소재, 제조·자동화 설비 산업 등)으로 구성
- 수요 산업은 에너지저장을 필요로 하는 제조업 대부분을 포괄하며, 큰 범위에서 볼 때 모바일 기기, 수송기계 및 에너지저장장치 등이 포함
- 최근 이차전지 원자재 수급의 불안정 및 이차전지의 환경적 측면 강화에 따라 폐배터리의 재활용 또는 재사용 산업이 이차전지 산업의 공급망 단계에 포함되고 있음

‘전고체 배터리’, 이차전지의 한계를 넘어서다.



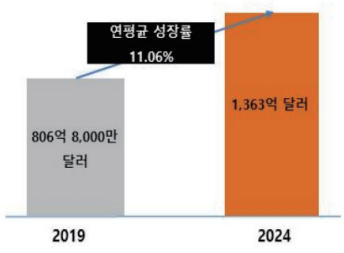
자료 : 산업연구원, 2022

〈이차전지 산업의 가치사슬 구조〉

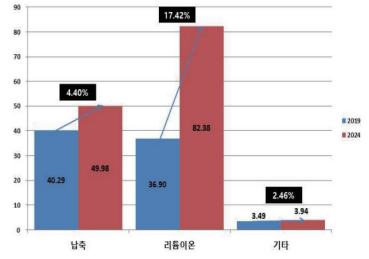
○ 전 세계 이차전지 시장은 2020년 461억 달러에서 2030년 3,517억 달러로 향후 10년간 8배 이상 성장할 것으로 전망(관계부처합동, 2021)

- 2024년 기준 기술별 시장에서는 리튬이온이, 용도별 시장에서는 자동차 배터리가 가장 높은 규모를 차지할 것으로 예상

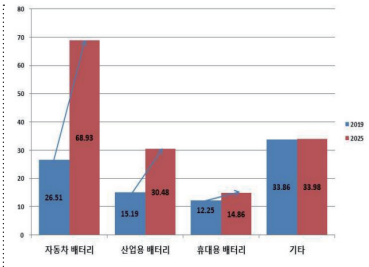
- 글로벌 전기차 판매 확대로 이차전지 수요가 증가함에 따라 이차전지 소재 시장은 2021년 282억 달러에서 2030년 1,231억 달러로 빠르게 성장할 것으로 전망



(시장 현황 및 전망)



(기술별 시장 규모 및 전망)



(서비스별 시장 규모 및 전망)

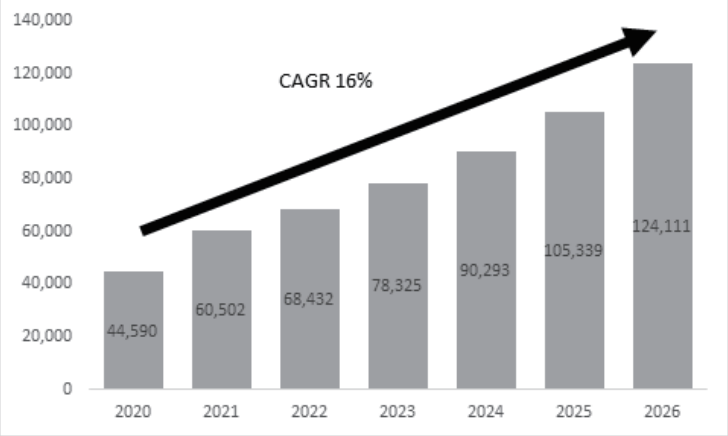
자료 : 연구개발특구진흥재단, 2021

〈글로벌 이차전지 시장 현황 및 전망〉

○ 2020년 기준 국내 이차전지 시장의 규모는 4조 4,590억 원으로 2026년에는 연평균 16% 성장한 12조 4,111억 원에 이를 것으로 전망(Markets and Markets, 2022)

- 우리나라의 이차전지 세계시장 점유율은 소형·대형 이차전지는 세계 1위, 전기차용 이차전지는 세계 2위 수준임

- 국내 리튬이온 배터리 시장은 2019년 2조 3,314억 원에서 2025년 6조 3,301원 규모로 성장할 것으로 전망



자료 : Markets and Markets, 2022

〈국내 이차전지 시장규모 및 전망〉

2 전고체 배터리의 개념 및 현황

☑ 전고체 배터리의 개념과 특징

○ 전고체 배터리(All-Solid-State Battery)는 전지의 주요 요소가 모두 고체로 구성되어 있는 전지 형태를 지칭

- 전고체 배터리는 액체 전해질을 사용하는 일반적인 이차전지와 같은 구조를 가지고 있지만, 구성 요소가 모두 고체로 이루어진다는 점에서 차이가 있음
- 전고체 배터리는 고체 전해질의 종류에 따라 황화물계(Sulfide), 산화물계(Oxide), 폴리머계(Polymer)로 구분

○ 전고체 배터리는 안정성 향상, 공간 활용도 등 현재 리튬이온 전지가 가진 기술적 한계를 극복할 수 있는 잠재력이 매우 높음

- 고체 전해질을 사용하는 전고체 배터리는 상대적으로 높은 온도에서 이용[1]할 수 있으며, 유기계 액체 전해질을 사용하는 이차전지와 달리 발화/폭발 현상이 거의 없음
- 분리막과 냉각장치가 필요 없기 때문에 공간 활용도와 에너지 밀도 향상에 유리하며, 전지 안정성을 위한 부품, 소재 적용이 줄어들어 소형화가 가능

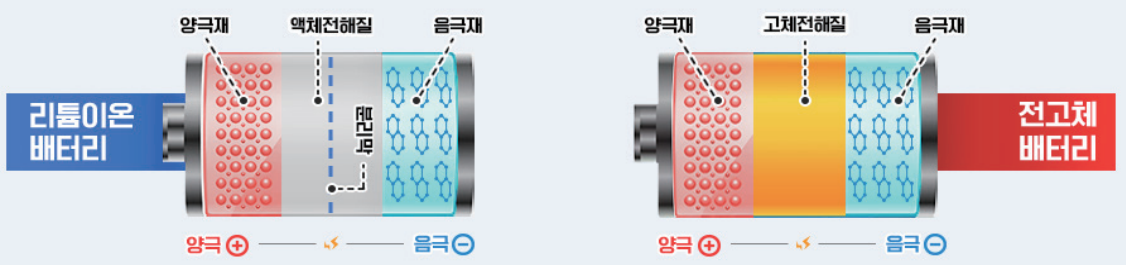
1) 일반적인 이차전지는 60℃ 이상에서 발화/폭발 사고가 발생할 확률이 높아 사용을 제한하지만, 전고체 배터리는 약 170℃(박막 전고체 배터리 기준)까지 사용 가능(한국과학기술기획평가원, 2022)

‘전고체 배터리’, 이차전지의 한계를 넘어서다.

〈전고체 배터리와 액체 전해질 기반 이차전지 구성 요소 비교〉

구분	전고체 배터리		액체 전해질 기반 이차전지	
전해질	고체	산화물, 황화물, 폴리머 등	액체	NMP+Li Salt 등
음극활물질	고체	Lithium, Carbon 등	고체	Carbon
양극활물질	고체	LCO, NCA, NCM 등	고체	LCO, NCA, NCM 등
분리막	없음	-	고체	폴리머

자료 : 한국과학기술기획평가원, 2022



자료 : 서인석, 2023

〈리튬이온 배터리와 전고체 배터리의 구조〉

☑ 전고체 배터리의 시장동향 및 전망

○ 글로벌 전고체 배터리 시장은 2020년 6,160만 달러에서 2027년 4억 8,250만 달러로 연평균 34.2%의 성장률을 보일 것으로 전망(Markets and Markets, 2020)

- 글로벌 전고체 배터리 시장은 아시아-태평양 지역이 연평균 41.2%로 가장 높게 성장할 것으로 예측되고 있음

○ 국내 전고체 배터리 시장은 2020년 292만 달러에서 2027년 3,229만 달러로 연평균 41.0%의 성장률을 보일 것으로 전망(Markets and Markets, 2020)

〈글로벌 전고체 배터리 시장 전망〉

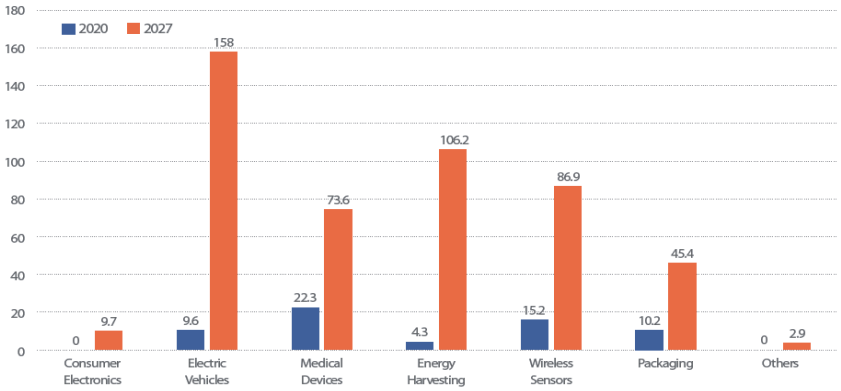
단위 : 백만 달러

구분	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2026	2027	CAGR
북미	22.4	21.4	21.9	23.8	26.3	60.7	88.7	140.8	30.9%
유럽	19.7	18.6	18.9	20.5	23.2	43.5	78.1	161.5	26.2%
아시아-태평양	15	14.5	15.1	16.8	22.1	53.4	91.3	162.6	41.2%
기타	7.1	7.1	7.6	8.6	10.7	3.1	7	17.6	13.9%
전체	64.2	61.6	63.5	69.8	82.4	160.7	265.1	482.5	34.2%

자료 : Markets and Markets, 2020

○ 전고체 배터리의 분야별 시장은 멀티셀 전고체 배터리가 연평균 52.3%로 가장 높은 성장률을 보일 것으로 전망

○ 응용분야별 시장규모는 전기차, 에너지 하베스팅, 무선 센서, 의료 기기 분야에 대한 수요가 크며, 전기차와 에너지 하베스팅의 크게 성장할 것으로 전망(한국과학기술정보연구원, 2022)



자료 : 한국과학기술정보연구원, 2022

〈응용분야별 전고체 배터리 시장 전망〉

☑ 전고체 배터리 정책 동향[2)]

○ 주요국은 전고체 배터리 관련 정책 수립 초기 단계로 기술경쟁력 확보를 위해 정부 차원에서 적극적으로 지원하고 있음

- (미국) 탄소중립과 세계 에너지 패권 경쟁에서 우위를 차지하기 위한 목적으로 차세대 배터리 관련 R&D 프로그램을 운영 중
- (중국) 「2020년 제14차 5개년 계획」에서 중국 과학기술부 첨단기술부서의 전고체 배터리 관련 특별 사업 3개를 배정하는 등 국가적인 차원에서 전고체 및 차세대 배터리 지원
- (일본) 경제산업성은 차량에 사용되는 배터리의 수요가 급증할 것으로 예측하고 ’22년부터 ’30년까지 차세대(전고체 배터리 포함) 축전지 모터 개발을 지원
- (EU) Horizon 2020을 통해 유럽의 배터리 가치사슬을 강화하고 전기자동차 시장 수요를 충족하기 위해 대량생산 가능한 전고체 배터리 재료, 구성 요소 및 아키텍처를 위한 프로젝트를 진행

○ 우리나라 정부는 이차전지를 주력 기술로 인식하여 단독 정책을 수립하는 등 산업 육성을 위한 정책을 적극적으로 추진하고 있음

- 전고체 배터리 기술개발·실증 로드맵(안)을 설계하여 ‘30년 ‘차량 실증’을 목표로 사용하는 분야에 맞는 전고체 배터리 R&D[3)]를 지원(2030 이차전지 산업 발전 전략)

2) KISTEP 브리프 50 기술동향 ‘전고체 배터리’ (한국과학기술기획평가원, 2022)를 참고하여 작성
3) EV/군사/우주에 사용될 배터리 무게가 가벼운 황화물계 전고체 배터리와 ESS용으로 사용할 고온 안전성이 우수한 산화물계 전고체 배터리 등으로 시장 맞춤형 기술개발 추진 예정

‘전고체 배터리’, 이차전지의 한계를 넘어서다.

- 차세대 배터리의 핵심 요소인 전극 소재, 고체 전해질, 제조 장비 등 소·부·장 관련 기술개발을 위한 R&D 기획
- 전고체 배터리를 포함한 차세대 배터리의 인프라 조성을 위한 ‘차세대 배터리 파크’ 및 인력 양성 지원
- 과기정통부는 「차세대 전지 초격차 R&D 전략」을 통해 에너지 밀도가 높은 전고체 배터리를 포함한 혁신 정책을 기획
- 산업부는 민·관 합동 「이차전지 산업 혁신전략」을 발표하여 차량용 전고체 배터리를 2026년까지 상용화 하는 것을 목표로 기술개발 추진

3 전북특별자치도의 전고체 배터리 산업 여건 및 경쟁력

☑ 전고체 배터리 산업 현황

○ 2022년 기준 「전국사업체조사」에 따르면 전고체 배터리와 관련된 전북특별자치도의 이차전지[4] 사업체는 17개 지자체중 1위, 종사자는 4위를 차지하고 있음

- 전고체 배터리와 관련된 전북특별자치도의 이차전지 사업체는 총 23,368개로 17개 지자체 중 가장 많은 사업체를 보유하고 있으며, 전국 대비 20.65%를 차지
- 전북특별자치도의 이차전지 관련 종사자는 총 39,501명으로 17개 지자체 중 4번째로 많은 종사자를 보유하고 있으며, 전국 대비 8.37%를 차지

〈지역별 이차전지 산업 및 전후방 연관산업 현황〉

단위 : 개, 명

구분	울산	충북	충남	전북	전남	경북
이차전지 산업 사업체수	1,148	7,241	13,502	23,368	13,446	15,102
(순위)	14	7	3	1	4	2
(전국대비 비중)	1.01%	6.40%	11.93%	20.65%	11.88%	13.34%
이차전지 산업 종사자수	29,022	34,073	34,593	39,501	26,434	37,756
(순위)	7	6	3	4	8	5
(전국대비 비중)	6.15%	7.22%	9.23%	8.37%	5.60%	8.00%

자료 : 전국사업체조사, 2022

○ 전북특별자치도는 전고체 배터리의 가치사슬 전반에 대한 기업 유치를 통해 전고체 배터리에 대한 핵심역량을 강화할 수 있는 기반을 확보하였음

- 전북특별자치도는 이차전지 4대 핵심소재부품과 동박, 케이스, 팩, 슈퍼커패시터를 포함하여 전고체 배터리 및 이차전지 산업의 전 범위의 기업들을 유치하였음

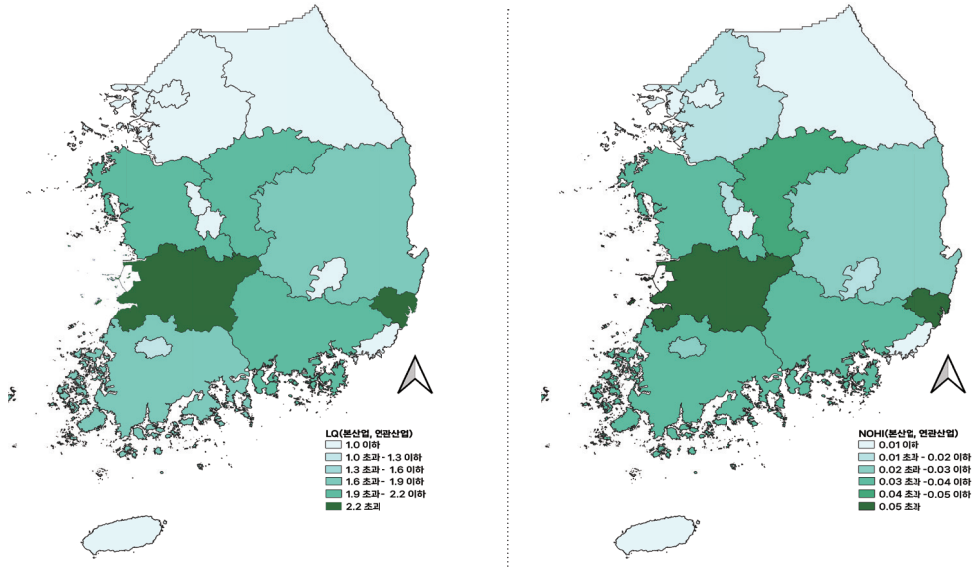
4) 이차전지 사업체의 10차 표준산업분류(KSIC)는 전지산업(6개)와 전후방 연관 산업(15개)로 구성

- 또한, 전기차, 전동 모빌리티, 농기계, ESS 등 전고체 배터리의 다양한 핵심 수요기업이 존재하고 있어 시장 확장 가능성이 높음

○ 전북특별자치도 이차전지 산업의 LQ지수는 2.65, NOHI는 0.0497로 나타나 이차전지 산업에 집중되었다고 볼 수 있음

- 전북특별자치도 이차전지 산업의 LQ지수는 2.65로 1보다 크게 나타남에 따라 이차전지 산업에 특화되었으며, 울산에 이어 2번째로 높게 나타났음

- 상대적 특화 여부를 의미하는 NOHI[5]는 0보다 크게 나타남에 따라 이차전지 산업이 상대적으로 집중되었으며, 울산에 이어 2번째로 높게 나타났음



(LQ지수) (NOHI)

〈지역별 이차전지 산업 특화도 현황〉

☑ 전고체 배터리 혁신 기반

○ 전북특별자치도 혁신기관은 총 50개로 도내 전략산업분야 연구개발 및 사업화 등의 지원업무를 수행

- (유형별) 지자체(도/시/군)출연 연구기관이 14개소(28%), 정부출연 연구기관 및 기타 비영리기관이 각각 10개소(20%), 공공기관 6개소(12%), 국공립연구기관 5개소(10%) 순

- (소재지별) 전주시 17개소(34%)로 혁신기관이 다수 위치하고 있으며, 군산시 7개소(14%), 완주군 6개소(12%) 순

5) NOHI(상대집중계수, Nam-Oh-Hong Index)는 특정 산업의 지역간 특화 정도와 해당 산업의 지역내 비중(규모)을 동시에 고려하는 상대적 특화 여부를 의미

‘전고체 배터리’, 이차전지의 한계를 넘어서다.

○ 전고체 배터리 분야[6] 기술개발, 시험, 생산지원, 인증/평가지원 등 핵심 9개 기관과 네트워크, 인력양성, 창업보육, 자금지원 등 산업육성을 위한 14개 기관 등 총 23개 기관이 소재하고 있음

○ 전북특별자치도내 7개 대학에서 전고체 배터리 관련된 신소재, 기계공학, 화학, 탄소 등의 전문인력을 육성하고 있음

〈전북특별자치도 전고체 배터리 관련 대학 현황〉

단위 : 명

대학명	관련학과	계	학부생	대학원		비고
				석사	박사	
계		1,266	1,116	85	65	
전북대	신소재공학부	170	170	-	-	전자재료공학
	에너지저장·변환공학과	30	-	14	16	대학원
	전자정보재료공학과	22	-	10	12	대학원
군산대	기계공학부	101	101	-	-	기계설계공학
	기계공학부	108	108	-	-	자동차공학
	기계공학과	43	-	27	16	대학원
원광대	화학융합공학과	198	198	-	-	
	탄소융합공학과	126	126	-	-	
	스마트자동차공학과	159	159	-	-	
	화학공학과	6	-	6	-	대학원
전주대	탄소나노신소재공학과	141	141	-	-	
	탄소융합공학과	46	-	26	20	대학원
우석대	에너지전기공학과	69	66	2	1	학부, 대학원
호원대	미래자동차공학과	35	35	-	-	
전주비전대	탄소융합기계과	12	12	-	-	

4 전북특별자치도 전고체 배터리 산업의 대응과제

○ 전고체 배터리의 초격차 기술 확보를 위한 R&D 추진

- 무게가 가벼운 황화물계 전고체 배터리, 고온 안전성이 높은 산화물계 전고체 배터리 등 핵심 수요시장의 조기 상용화를 위한 맞춤형 R&D 추진
- 전고체 배터리 제조기술 및 핵심 소재·부품·장비 요소기술 개발을 위한 대규모 R&D 과제 선정 및 지원
- 전고체 배터리의 고성능, 고안전, 생산성 제고 등 전고체 배터리 산업의 미래 경쟁력을 확보하기 위한 초격차 기술경쟁력 확보

6) 현재는 이차전지와 관련되었지만, 향후 전고체 배터리로 확장할 수 있는 기관을 제시하였음

○ 전북특별자치도 전고체 배터리 산업의 생태계 확장을 위한 전략 마련

- 전북특별자치도 핵심 산업을 고려한 전략적 투자유치 및 투자유인 등 선제적 대응체계 구축
- 전고체 배터리 핵심 기업과 소재·부품·장비 기업의 성장과 기술력 확보를 위한 투자자금 지원, 입지 확보, 세금 공제, 사업화 지원 등의 기업지원 확대
- 전고체 배터리 수요에 기반한 교육과정 개발 운영 및 현장형 인력 적시 공급 체계 구축
- 초광역 프로젝트 발굴 등 지역간 협력을 확대하여 전고체 배터리의 조기 상용화 및 안정적인 공급망 모색

○ 전고체 배터리 기반 확대를 위한 공동연구·인력양성 통합 기관 설립 및 운영

- 전고체 배터리의 초격차 기술확보와 글로벌·초광역 연계 인재양성, 기업지원 협업 플랫폼 등을 위한 핵심 기관 설립 및 운영
- 전고체 배터리 분야 글로벌 교육, 연구, 기술사업화, 창업 활동을 통한 국가경쟁력 강화 및 지역균형 발전 기여

〈참고문헌〉

Markets and Markets(2020), Bettery Materials Market
Markets and Markets(2022), Solid State Battery Market
KOTRA(2022), 이차전지 글로벌 시장동향 보고서
관계부처 합동(2021), 2030 이차전지 산업(K-Battery) 발전 전략
산업연구원(2022), 이차전지산업 공급망의 환경·사회 위험 동향, KIET 산업경제
산업연구원(2022), 이차전지산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책 방향, KIET 산업경제
서인석(2023), 전고체 배터리 개요 및 특징
연구개발특구진흥재단(2021), 이차전지 시장
중소벤처기업부 & 중소기업기술정보진흥원(2022), 중소기업 전략기술 로드맵 2023-2025
한국과학기술기획평가원(2020), KISTEP 기술동향브리프 ‘이차전지’
한국과학기술기획평가원(2022), KISTEP 브리프 50 ‘전고체 배터리’
한국과학기술정보연구원(2022), 전고체 전지, ASTI MARKET INSIGHT

iSSUE BRIEFING vol.303

Jthink
Jeonbuk State Institute

발행인_이남호　　발행처_전북연구원

※ 이 이슈브리핑의 내용은 연구진의 견해로 전북연구원의 공식입장과 다를 수 있습니다.
※ 지난 호 이슈브리핑을 홈페이지(www.jthink.kr)에서도 볼 수 있습니다.

OPEN 공공누리 출처표시 상업용금지 변경금지 공공저작물 자유이용허락

9 772508 688004 09
ISSN 2508-688X