

기술주권

차세대 이차전지

KISTEP 전략기술정책단 김선교



국가전략기술 기술주권 브리프: 차세대 이차전지

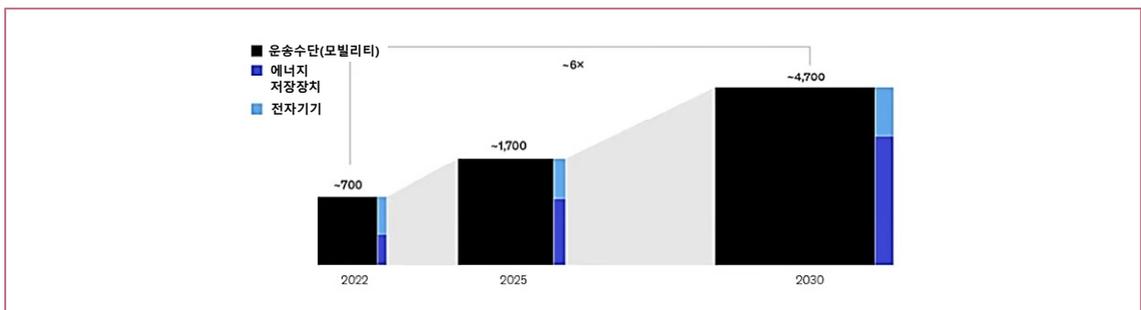
김선교

- I. 작성배경
- II. 글로벌 기술/산업/정책 동향
- III. 경쟁력 분석
- IV. 정책 제언

※ 기술주권브리프는 기술패권 경쟁 및 과학기술 정책의 안보화에 대응하기 위해 수립된 『국가전략기술 임무중심 전략로드맵』의 정책 지원의 일환으로 작성되었습니다.

I 작성배경

- 이차전지는 동력원(전자기기, 전기차 등)이자 저장원(에너지저장장치 등)으로 전동화(Electrification), 무선화(Codeless), 저탄소화(De-carbonization)의 필수 기술로 급부상
 - 이차전지 기술의 발전은 이차전지 자체 산업뿐 아니라 이차전지를 활용하는 신산업*, 국방** 등 다양한 전방 산업의 기술주권 확보에 큰 영향을 주는 핵심 기반 기술
 - * 이차전지의 기술 발전은 전기차는 물론 다양한 전자기기(스마트폰, 스마트워치) 상용화에 기여
 - ** 미래 전력체계 무인화 양상 → 차량, 드론 및 웨어플랫폼 등 이차전지 탑재 확대
 - 우리나라는 핵심광물·자원의 열세에 불구, 우수한 기술력에 기반하여 리튬이온전지 산업 강국으로 중국, 일본과 함께 세계시장을 주도
 - 우리나라 이차전지산업은 2010년대부터 전기차 이차전지 중심으로 빠르게 성장하였으며, 2022년 이차전지 3사(LG에너지솔루션·삼성SDI·SK온)의 중국 외 시장 점유율은 53.4%로 세계시장을 선도
 - 전기차, 에너지저장장치, 전자기기 등으로 대표되는 사물배터리(Battery of Things) 시대 지속 성장할 이차전지 시장은 우리나라 산업 경쟁력 강화에 매우 중요
 - 리튬이온전지에 대한 전세계 수요는 급증하여 2022년 700GWh에서 2030년 4.7TWh 이상으로 증가 전망
 - 전기자동차 및 운송수단이 수요의 대부분을 차지하며, 에너지저장 역시 재생에너지 증가에 따라 지속 성장



[그림 1] 이차전지 시장 전망

※ 자료출처: Mckinsey(2023)

- 우리나라 이차전지 셀·소재 업체들의 2022년 합산 매출액은 약 62조원을 기록하였으며 2025년 매출은 1670억 달러 규모로 메모리(1500억 달러)를 넘어서며 제2의 반도체로 국가 경제를 이끄는 핵심 산업으로 자리매김
 - 미국, EU 등 선진시장의 친환경적 정책 기조 강화에 따른 전기차 수요 확대에 따라 이차전지 분야 수출액은 '22년 99.9억 달러로 전년 대비 15.2% 증가하며 역대 최고치를 달성

■ 현재 이차전지 시장은 한·중·일 3국 과점체제 양상을 보이고 있으나 원재료, 소재부터 셀제조, 전기차에 이르는 가치사슬 전반에 중국의 영향력이 지배적

- 중국의 이차전지 산업은 정부의 전폭적 지원·보호를 통해 공급망 전 분야에서 경쟁우위를 구축하였으며, 전방산업(수요) 측면에서도 글로벌 이차전지 시장의 절반 이상을 차지

[표 1] 이차전지 한국, 중국, 미국 경쟁우위 비교

국가	공급 시장(후방산업)				수요 시장 (전방산업)
	업스트림 (Upstream)	미드스트림(Mid-stream)			다운스트림 (Down-Stream)
	핵심 광물	정제·가공	소재 제조	셀 제조	전기차
미국	○	○	○	●	★
중국	★	●	★	★	★
한국	○	○	●	★	●

※ 자료출처: 산업연구원(2022),
주: 공급망 경쟁우위 크기 순 ★ > ● > ○

- 현재 이차전지 셀 시장은 저가형 인산철(LFP) 시장을 장악한 중국이 선두를 차지하고 있는 가운데, 한국과 일본이 유럽과 북미에서 삼원계(NMC) 시장을 주도
 - 한국 제조업체는 삼원계 리튬이온전지 생산에 강점을 나타내고 있으나 CATL, BYD를 필두로 중국 업체가 탄탄한 내수시장을 바탕으로 전 세계 생산량의 75%를 차지
 - 삼원계 대비 20% 가량 저렴한 인산철 이차전지가 유럽과 북미 시장으로 점차 커지고 있으며, 한국 업체 역시 해당 시장으로 진출을 발표하고 있으나 가격경쟁력에서 열세
- * 美 테슬라, 포드는 CATL의 인산철 이차전지를 활용하고 있거나 공장을 건설할 계획이며, 한국 제조사들 역시 글로벌 자동차 제조사로부터 LFP 이차전지 공급을 요청받고 있는 상황

- 다만, 한국 업체들은 IRA를 통해 미국 내 이차전지 전반의 생태계를 구축해나가면서 미국 시장에서의 제조기반(공급용량) 확대에 집중하고 있는 상황
- 일본 역시 북미 지역 중심으로 생산능력을 확장하는 전략을 추진 중이며, 유럽은 역내 기업 육성과 제조시설 확보를 통한 생태계 구축을 위한 노력을 전개
- 미국 중심으로 중국의 의존도를 낮추고 역내 공급망을 강화하는 디리스크잉(De-risking) 전략이 전개되며 공급망 개편이 진행 중이며, 중장기적 관점에서 차세대이차전지 기술 확보 및 시장 선점을 위한 정책이 추진
 - 미국과 EU는 각각 IRA(인플레이션 감축법), CRMA(핵심원자재법) 시행으로 중국의 의존도를 낮추고 역내 한국, 일본 등 우방국의 제조시설을 유치하는 노력을 진행하고 장기적으로 차세대이차전지 기술·산업 경쟁력 확보를 통한 공급망 재편 노력을 강화
 - 일본은 한국, 중국에 리튬이온전지 시장에서 뒤쳐진 상황을 차세대전지 산업, 특히 전고체전지 기술 개발 및 시장 선점으로 극복하고자 역량을 집중
- 리튬이온전지 시장이 빠르게 성장함에 따라 미국, 유럽 등 수요지역 생산력 확장 경쟁과 함께 고성능 혹은 저가격 경쟁이 치열하게 전개되고 있음
 - (선진* 리튬이온) 한국·중국·일본 이차전지 기업들 중심으로 기존 소재 구성 변화, 설계·공정·패키징 개선 등을 통해 성능, 안전성, 가격경쟁력 등을 향상시키는 기술경쟁에 돌입
 - ①성능 개선(90% 이상 하이(high)-니켈 양극재, 실리콘 음극재), ②가격경쟁력 강화(하이-망간·코발트프리·LMFP 양극재, 건식공정), ③안전성 제고(BMS·설계 및 패키징 개선) 등을 통해 기술경쟁력을 확보하기 위한 경쟁이 점차 심화
 - * 리튬이온이차전지 기반에서 가격·성능을 향상시키는 기술을 선진(Advanced) 리튬이온전지로 총칭
- 리튬이온전지 중심의 기술 개선에도 개선의 물리적 한계에 점차 가까워지고 있으며, 기존 소재에서 벗어난 새로운 접근으로 성능한계를 극복하는 차세대이차전지(Post-Lib) 기술의 중요성이 부상
 - 차세대이차전지는 기존 리튬이온전지의 기술적·산업적 한계를 능가하며 조기 선점·상용화에 따라 기존의 리튬이온전지 시장 구도를 변혁할 수 있는 잠재력이 높음
 - (고성능) 현재 리튬이온전지 양·음극 및 제조 방식으로 300~350Wh/kg 수준에서 기술적 한계에 도달할 것으로 예상되며, 초고용량 소재 적용을 통한 차세대이차전지 기술 개발을 통한 신수요 창출이 요구

- (고안전) 이차전지 셀·팩 단위의 안전도 향상을 위한 노력이 이어지고 있으나 인화성 소재 활용에 따른 한계를 극복한 고체 전해질을 적용한 기술을 통한 근원적 해결이 모색
 - (저가·안정적 조달) 저가 재료(망간)의 활용, LFP 기술 강화 등 저가형 이차전지 기술·시장이 확대되고 있으나 자원이 풍부한 저가형 소재에 기반한 차세대전지 시장에 대한 요구 증폭
 - 저가시장 경쟁력 강화(중국), 전고체 시장 조기 선점(한국, 일본), 스타트업·자동차OEM 중심의 시장 구도 개편(미국, EU) 등 처한 환경과 강점에 기반하여 차세대이차전지 시장 선점을 위한 연구개발 및 시제품 검증단계에 돌입
 - (중국) 2023년 나트륨이온전지의 시장 출시와 관련된 진전상황을 대외적으로 발표하였으며 저가시장 창출 및 지배력을 강화하는 방향 중심으로 차세대이차전지 전략을 수립
 - (일본) 2010년 중반부터 전략적으로 전고체전지 개발 및 상용화에 집중하였으며, 전기차 탑재 시점이 지연되고 있으나 기술적 개선과 상용화 측면에서 누적된 역량과 다수의 특허 보유
 - (한국) 시험(Pilot) 생산라인 구축 등 전고체전지 개발·상용화 측면에서 일본과 경쟁 구도를 형성하고 있으며 리튬금속전지, 리튬황전지에도 다각적으로 투자
 - (미국, EU) 핵심 IP를 보유한 스타트업 중심으로 전고체전지, 리튬금속전지, 리튬황전지 등 고성능 분야에 강점을 가지고 있으며, 시제품 제작과 양산 검증 단계에 진입
 - '22년 10월 과학기술정보통신부에서 발표한 국가전략기술 50대 중점기술에는 차세대이차전지가 포함되어 있으며 이차전지 기술, 산업 경쟁력의 지속 유지·확대 위한 경쟁력 확보가 필수적
 - 차세대 이차전지 소재·셀 기술 분야 정부 R&D에 '23년 220억원이 지원되었으며, 전고체전지 등을 포함한 '친환경 모빌리티 차세대 이차전지 기술개발 사업' 예타 절차가 진행 중
- 본 고에서는 차세대이차전지(Post LiB)의 기술·산업·정책 동향을 분석하고 기술주권 강화와 경쟁력 확보를 위한 정책적 시사점을 제시하고자 함
- 국가전략기술 50대 중점기술 '차세대이차전지' 분야의 핵심 기술인 전고체전지, 리튬금속전지, 리튬황전지, 나트륨이온전지를 중심으로 공급망 관점에서의 분석
 - 국가전략기술 정책 수립에 참여한 전문가를 포함한 산·학·연 전문가 대면인터뷰, 설문조사, AHP 방법을 통해 우리의 차세대 이차전지 전반의 경쟁력을 확인하고 정책 방안을 도출

글로벌 기술/산업/정책 동향

1. 기술개요

■ 이차전지(Secondary battery)는 전기화학적 방법으로 저장·사용을 반복할 수 있는 장치로 ‘충전식전지(Rechargeable battery)’로 정의

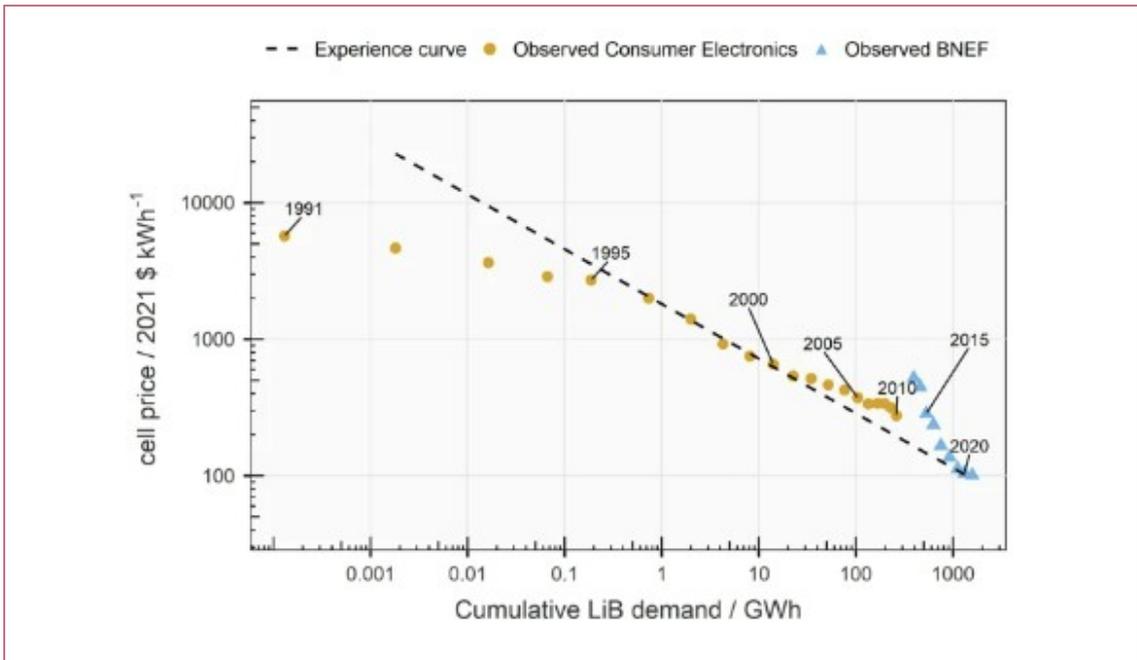
- 이차전지는 납축전지(1900년대~) → 니켈계전지(1948년~) → 리튬이온전지(1990년~)로 발전해왔으며, 리튬이온전지의 한계를 넘어서는 ‘차세대전지’가 상용화에 근접한 상태

전지분류				
발화시점	납축전지 1900년대	니켈계전지 1950년대	리튬이온전지 1990년대	차세대전지 2030년대(목표)
수요	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차 • 산업기기 	<ul style="list-style-type: none"> • 휴대용 전자기기 • 전동공구 • 하이브리드차 	<ul style="list-style-type: none"> • 휴대폰 • 태블릿, 노트북 • 전기차 • ESS 	<ul style="list-style-type: none"> • 모바일기기 • 초소형 전자기기 • 전기차 • ESS • UAM, 드론
요구 기능	<ul style="list-style-type: none"> • 기기에 상시 전원 공급 	<ul style="list-style-type: none"> • 전자기기에 이동성 부여 	<ul style="list-style-type: none"> • 고용량, 경량화, 소형화, 저가화 	<ul style="list-style-type: none"> • 고안전, 소형화, 장기수명, 저가화, 플렉서블

[그림 2] 이차전지 발전사

※ 자료출처: 삼성SDI(2023)에 기반하여 저자가 재가공

- 리튬이온전지는 1970년대 미국 과학자들이 발명하고 1991년 소니가 상용화했으며 5000달러/kWh('91년)에서 45.63달러/kWh(LFP, '23년 6월)로 99% 이상 하락하며 수요가 급증
 - 저비용, 고에너지밀도 리튬이온전지 셀은 2007년경 ‘스마트폰의 시대’를 열었으며, 2010년경 ‘전기차의 시대 개막’ 이후 리튬이온전지 수요는 30GWh('11)에서 512GWh('23F)로 증가
 - 리튬이온전지 평균 비용은 누적된 셀의 양이 두 배가 될 때마다 가격이 25% 하락했으며, 에너지 함량을 높이고 원재료 비용을 낮추는 소재를 채택하며 이론적 한계에 접근



[그림 3] 리튬이온전지 누적수요와 셀 평균가격 추세: 1991-2021

※ 자료출처: James T. Frith, et al.(2023)

■ 리튬이온전지가 상용화 이후 30년이 지난 현시점에서 △에너지밀도의 한계점에 도달 △안전성의 근원적 개선 △공급망 안정과 가격경쟁력 확보 △새로운 수요의 충족 및 수요의 다양화 등 기존 한계를 뛰어넘는 혁신기술인 차세대이차전지 대한 시장의 요구가 증가

● (공급망) 2021~2022년 동안 이차전지의 핵심 광물인 리튬과 니켈의 가격이 급등했으며, 수급 및 공급망 이슈로 불안정한 가격 변동이 지속

- 안정적이고 저렴한 가격으로 공급할 수 있는 풍부한 소재를 활용한 차세대전지 개발이 필수적

* (리튬 kg당 가격) ('21.1월) 48.5위안 → ('22.12월) 474.5위안

* (니켈 ton당 가격) ('21.1월) 17,334달러 → ('22.12월) 30,425달러

● (에너지밀도) 하이니켈·단결정 양극재, 실리콘 음극재 등 기술 개발로 리튬이온전지의 에너지밀도 향상이 시도되나 점차 이론적인 에너지밀도 한계(300~350Wh/kg)에 근접

- 기존 이론적 한계를 돌파하여 상용 수준에서 고에너지밀도를 구현할 차세대이차전지 기술경쟁력 확보가 필요

* 리튬이온전지의 초기 에너지 밀도는 80Wh/kg이었으며, 현재 260Wh/kg 수준에 도달

- (안전성) 리튬이온전지는 가연성 소재로 인한 화재 발생 시 빠르게 확산하는 열폭주 현상이 문제가 되며 시장 확대를 위한 선결 조건으로 안전성 확보가 필수
 - 기존 소재 개선과 셀·팩 및 BMS 개선 효과를 뛰어넘어 발화·폭발 위험성을 현저히 낮추는 새로운 형태의 차세대전지 기술경쟁력 확보 필요

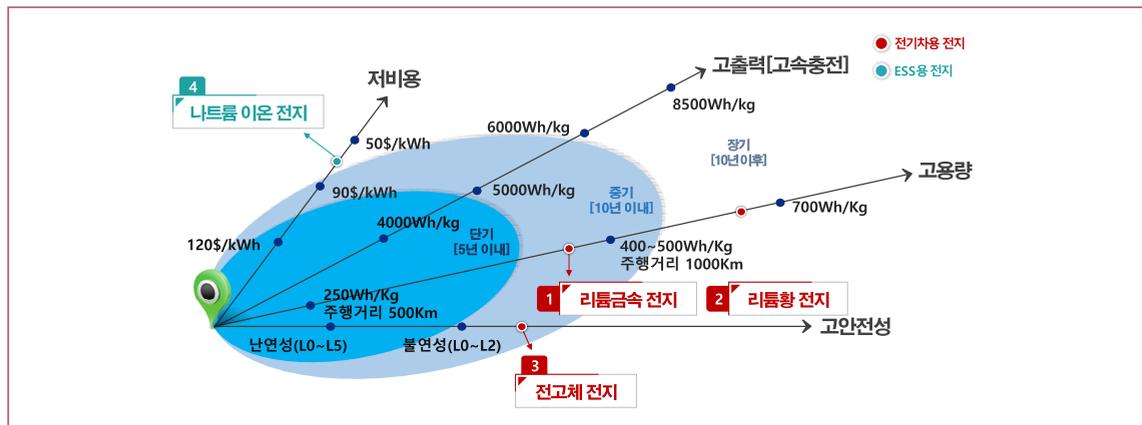
■ 본 고에서는 국가전략기술 차세대이차전지 분야의 핵심기술을 대상으로 한정하여 기술, 시장을 분석하고 정책을 제시

- 국가전략기술 이차전지 R&D 로드맵(23. 8)에서는 차세대이차전지의 핵심기술을 전고체전지, 리튬금속전지, 나트륨이온전지, 리튬황전지 등 4대 기술분야로 지정하였음
 - 4대 기술은 미래 이차전지 산업의 핵심영역 중 중요성이 높으며 2030년 전후 상용화가 가시적인 기술로 민·관에서의 전략적 집중이 필요한 분야를 의미

구분	IT기기용	내연기관 자동차용	EV 및 모빌리티용	ESS용
상용화 기술	▶ 리튬이온전지 ▶ 니켈수소전지	▶ 납축전지	▶ 리튬이온전지 ▶ 니켈수소전지	▶ 리튬이온전지
차세대 기술	▶ 전고체전지 ▶ 리튬금속전지		▶ 전고체전지 ▶ 리튬황전지	▶ 나트륨이온전지
차차세대 기술	▶ 다가이온전지		▶ 리튬공기전지 ▶ 다가이온전지	▶ 수계아연전지 ▶ 레독스흐름전지 ▶ 해수전지

※ 자료출처: 과학기술정보통신부(2022)

* 용도 구분은 기술 특성을 고려한 주요 활용범위를 의미하나 다른 범주로의 활용 가능성 역시 가능



[그림 4] 차세대이차전지 유형별 기술개발 방향

※ 자료출처: 과학기술정보통신부(2022)에 기반하여 저자가 재가공

2. 기술·산업 동향

2.1 전고체전지(All Solid State Battery)

[기술개요]

- 전고체전지는 기존 리튬이온전지의 가연성의 액체 전해질을 고체 전해질로 대체하여 발화·폭발을 원천적으로 차단할 수 있는 안전성이 매우 강화된 이차전지
 - 리튬이온의 이동경로인 전해질을 고체로 사용하여 구멍이 뚫리거나 구겨져도 화재의 위험이 낮고 전해액 누액이나 폭발 위험성을 획기적으로 저감 가능
 - 전해질이 고체로 고온 안정성이 높아 극한환경을 포함한 다양한 응용처에 적용 가능
 - 일반적인 이차전지는 60℃ 이상에서 발화·폭발할 수 있어 사용이 제한되나 전고체전지는 약 170℃(박막 전고체전지 기준)까지 사용 가능
 - 전고체전지는 리튬금속을 음극으로 적용했을 때 발생하는 덴드라이트 문제를 억제하고, 분리막과 냉각장치를 필요로 하지 않아 효율적 공간사용으로 고용량과 고안전을 동시에 실현할 수 있다는 측면에서 ‘게임 체인저(Game Changer)’로 큰 주목을 받고 있음

구분	전고체전지
특장점	<ul style="list-style-type: none"> • 전해질이 고체이기 때문에 발화·폭발 위험이 낮고 고온 안정성이 높음 • 높은 에너지 밀도(냉각장치가 필요 없으며 공간효율성이 높으며, 빈 공간을 통한 이차전지 용량 확대 가능, 리튬금속을 음극으로 사용하여 용량 확대) • 액체 전해질 대비 매우 낮은 자가 방전율(self discharge rate)
도전과제	<ul style="list-style-type: none"> • 박막형 전고체 배터리(구동 온도-40℃)를 제외하고 대부분 저온 구동에 제한적 • 고체 전해질의 낮은 이온 전도도 • 전해질/전극(양극, 음극) 계면 저항으로 인한 전기화학 특성 저하로 장주기 수명을 위한 개선 기술 확보 필요 • 고체전해질의 양산성을 확보하기 위해서는 일반 대기 중에서 합성 및 가공이 가능하게 하는 대기 및 수분 안전성의 확보 필요 • 높은 제조비용*을 낮추는 기술 개발 * 일본 과학기술진흥기구 추산으로 기존 리튬이온전지 대비 4~25배 정도 비싸다는 평가
관련 핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> • 복합전극(이온전달경로 효율적 형성) 및 바이폴라 전극제조 기술(에너지 밀도 향상) • 고체전해질 적용 복합양극, 전해질층, 복합음극(또는 금속음극) 전극을 이용한 셀 제조 기술 • 리튬 금속 음극의 전고체 전지 적용을 위한 기술

[기술·산업동향]

■ 관련 이차전지 제조사, 자동차OEM사는 2027년을 전후 전고체전지 양산 목표를 발표했으며, 프로토타입의 발표, 별도의 시범생산라인을 구축하며 양산 이전 준비단계로 돌입

- 일본의 토요타는 오랫동안 전고체전지 분야에 투자해왔으며, 최근 관련 소재의 획기적 진전을 주장하며, 2027년~2028년 대규모 생산이 가능할 것으로 전망
 - 토요타는 전고체전지를 전기차 후발주자에서 선두주자로 도약을 가능하게 할 파괴적 기술로 인식하고 있으며, 개발 일정을 지연시켰던 전례(예: 2021년 도쿄 올림픽 시연)에 따른 일부 회의론을 불식시키고자 구체적인 개발목표와 일정을 지속 공표
- 중국 1위 업체 CATL은 반고체전지로 추정되는 ‘응축전지’(23.4.)를 소개하였으며, 에너지 밀도를 500Wh/kg까지 달성했다고 발표
 - 중국 기업 중심으로 기존 리튬이온전지 생산공정을 활용할 수 있는 특징점을 지닌 반고체전지가 전고체전지로 이전의 징검다리 기술로 활용 가능성이 급부상
- 미국의 퀀텀스케이프(QuantumScape)는 24층 레이어셀에 대한 내부 테스트를 마쳤으며, 해당 시제품은 차량 인증 및 생산으로 이어지는 검증단계에 돌입했음을 시사
 - 상업적 생산 이전 시제품 검증의 시작 단계에 들어선 것으로 보이나 대량 양산으로 돌입할 수 있는 시점은 2027년을 목표하나 달성가능성에 대한 불확실성이 상존
 - * 퀀텀스케이프의 주가는 현재(23.11 기준) 고점(\$114.77, '20.12.24) 대비 95% 이상 하락한 \$5대를 기록
- 세계 최대 이차전지 소재 업체 중 하나인 벨기에 유미코어(Umicore)는 '23년 6월 벨기에 올렌에 전고체전지 소재 시제품 생산 시설을 구축했으며, '30년 10% 이상의 시장점유율을 전망
- GM, BMW은 전고체전지 스타트업 솔리드파워(SolidPower)에, 폭스바겐은 퀀텀스케이프에 투자하였으며, 파트너십을 통한 전고체전지 개발 및 활용을 지속적으로 추진
- 한국의 3사(LG에너지솔루션, 삼성SDI, SK온) 및 자동차OEM(현대·기아차) 모두 전고체전지 개발에 나서고 있으며 상용화를 위한 기반 인프라를 구축하는 중
 - LG에너지솔루션은 '30년까지 상용화를 목표로 R&D를 활발히 진행 중이며, SK온도 '24년 상반기 시제품 생산라인 가동, '28년 상용화 목표하고 있으며, 삼성SDI는 '23년 3월 시제품 생산라인을 구축하여 지난 6월 샘플 제작에 성공했으며 '27년 양산을 목표
 - 현대차는 의왕에 반고체 기반의 리튬금속 이차전지 거점을 '24년 하반기 목표로 구축하고 있으며, 자체적으로 전고체전지 기술을 확보하는 기술 내재화 전략을 추진

2.2 리튬금속전지(Lithium metal Battery)

[기술개요]

■ 리튬금속전지는 음극활물질로 기존 소재(흑연)가 아닌 리튬금속을 사용하는 기술로 리튬이온전지 대비 이론상 용량이 10배 이상 큰 장점으로 차세대이차전지 전반에 적용되는 플랫폼 기술

- 1980년대 캐나다의 몰리 에너지(Moli Energy)가 리튬금속전지를 상용화했으나 리튬 덴드라이트*에 따른 발화 사고로 파산(1990년)하며 리튬금속을 포함하지 않는 리튬이온전지 시장이 확장

※ 덴드라이트(Dendrite): 이차전지를 충전할 때, 양극에서 음극으로 이동하는 리튬이 음극 표면에 적체되며 나타나는 나뭇가지 모양의 결정체로 이차전지의 분리막을 훼손해 수명과 안전성이 낮아짐

- 1991년 소니(Sony)는 리튬이 원자가 아닌 이온형태로 양극활물질로 활용되어 안전성을 개선한 리튬이온전지를 개발하여 휴대용 IT기기에 적용하는 리튬이온시장을 개척·창출

- 리튬금속은 음전위(표준 전극 전위 $-3.04V$)가 크고, 비용량이 높아($3860mAh/g$), 에너지밀도적으로는 공극의 음극재로 고려되며, 덴드라이트 발생 문제를 개선·극복하면 높은 에너지밀도와 함께 긴 수명을 특징점을 갖춘 차세대이차전지 기술

- 덴드라이트 문제를 해결하기 위해 리튬금속 표면에 무·유기물 복합층을 코팅하거나 고분자 접착제를 박막으로 코팅해 분리막과 리튬금속을 일체화하는 연구가 진행 중이나 시제품을 넘어 양산을 위해서는 보다 많은 기술적 진전이 필요하다는 견해가 지배적

- 이에 따라, 덴드라이트를 완전히 해소한 제품 이전에 고에너지밀도가 요구되나 안전성·수명 등이 부차적인 특수목적용(군사용, 우주탐사용)으로 시장이 발화할 것이라는 전망도 상존

- 기존 리튬이온전지의 양극 및 리튬황전지, 전고체전지 등 다양한 이차전지에 적용되어 에너지밀도를 높이는 데 활용되는 핵심 요소(component) 기술로 중요성이 급부상

- 선진 리튬이온에서 고려되는 실리콘 함량이 높은 음극의 경우 새로운 액체 전해질의 활용이 필요하지만 리튬금속 음극은 호환성이 매우 우수한 특징점을 지님

- 음극측 전해질을 고체재료로 하는 반고체기술과 제조 시 리튬금속을 취급하지 않는 무음극기술* 기술이 비용·안전성 측면에서 중요 기술로 부상

※ 무음극기술(Anode free): 음극활물질에 리튬금속을 적용하나 제조시에 완전 방전 상태로, 모든 리튬이온이 양극에 있는 상태로 제조하는 기술로 제조비용 저감과 안전성 향상 측면에서 공극의 기술로 고려

- 리튬금속을 적용한 전고체전지는 안전성과 에너지밀도 특성이 모두 높다는 특징점을 지니며, 리튬황전지는 리튬금속 음극 적용을 기본적으로 가정하며 기술개발이 진행

구분	리튬금속전지
특장점	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 리튬이온전지 음극에서의 흑연을 리튬금속으로 대체함으로써 부피를 크게 줄일 수 있으며, 흑연 대비 이론 저장용량이 10배 가량 높은 특징점을 지님 • 리튬이온과의 호환성, 반응성이 뛰어나 충전속도를 비약적으로 높일 수 있음
도전과제	<ul style="list-style-type: none"> • 전극 표면에서 덴드라이트를 억제·방지하는 기술 개발 필요 • 리튬음극의 활용성을 극대화하는 얇은 리튬금속 가공 기술 확보 필요
관련 핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> • 덴드라이트 형성 억제를 위한 금속전극-전해액 계면 제어 기술, 전극 구조·패턴 형성 기술 • 비가역리튬 기술(쿨롱 효율, 리튬이용율, 사이클효율 개선기술 등) • 리튬 전극 대면적·박막 공정 기술

[기술·산업동향]

■ 리튬금속전지는 기술 기반의 스타트업 중심으로 R&D가 활발히 전개되고 있으며, 주요 시장인 전기차 시장 이외에 틈새시장으로 군사용 드론, HAPS(고고도 통신시스템) 등으로 상용화가 추진

- 미국의 리튬금속 스타트업 SES AI는 중국 상하이와 한국 충주에 구축한 3개의 시제품 라인을 구축했으며, 2025년 전기차 탑재를 목표로 시생산을 추진하는 중
- 미국의 엔파워 그린테크(Enpower Greentech)는 300Wh/kg의 특정 에너지밀도를 가진 리튬금속 전고체전지를 개발했으며 저궤도 위성용, 드론 등 틈새시장을 우선 공략
 - 리튬금속의 전기차 탑재를 위해서는 안전성, 장수명 등에 대한 4~5년의 검증이 필요하나 고에너지밀도·장거리 목적의 무인기기의 경우 안전·수명 기준을 낮춰 빠른 탑재가 가능
- 현대차는 남양연구소에서 리튬금속 음극재를 개발해 의왕연구소에서 평가하는 거점을 구축하고 있으며 전기차, UAM 등 다양한 미래 모빌리티 수요에 대응하는 전략을 수립
 - 현대차는 '21년 SES AI에 약 1억 달러를 투자하였으며, 이를 기반으로 리튬금속을 포함한 차세대전지 전반의 기술을 내재화하려는 노력을 지속적으로 추진
- 롯데케미칼은 미국 스타트업 소일렉트(SOELECT)와 조인트벤처 설립을 통해 '25년까지 2억 달러 규모의 리튬금속 생산시설을 구축을 추진
- 삼성SDI가 구축한 시제품 생산라인(S라인)은 고체전해질에 리튬금속 음극을 활용하여 에너지밀도를 높이는 기술을 구현·양산하는 접근방식을 채택

2.3 리튬황전지(Lithium Sulfur Battery)

[기술개요]

■ 리튬황전지는 양극소재로 황을, 음극소재로 리튬금속을 사용하며, 리튬이온전지 대비 3~5배 가량 높은 에너지밀도와 낮은 제조원가라는 장점을 갖춘 차세대이차전지 기술

- 1962년도 Herbert와 Ulam에 의해 황이 양극 소재로 활용되기 시작했으며 1989년 에테르 기반의 전해질 채용 후 2000년대 이르러 활발히 연구가 진행되었으며 최근 10년 동안 기술적 진전에 따라 2030년 전후 상용화를 목표로 기술개발이 진행 중
- 리튬황전지는 가역적으로 황(S)-리튬(Li) 설��파이드(Li₂S)로 변환되는 중 에너지를 저장하는데 중간 생성물로 리튬 폴리설��파이드(Li₂S₂, Li₂S₄, Li₂S₆, Li₂S₈)가 생성되고 유기계전해질에 용출되어 음극의 리튬금속과의 화학적 반응으로 수명성능이 저하되는 전기화학적 특성이 존재
 - (양극) 황의 낮은 전자전도도로 인한 성능 저하를 해결하기 위해 전도성 탄소 재료와 복합화하는 연구가 다수 보고되고 있으며, 최근에는 상용 리튬이온전지의 면적당 용량 수준을 달성하기 위해 황 조성을 높이는 연구가 활발히 전개
 - (전해질) 전해질에 노출된 황은 폴리설��파이드를 형성하여 음극으로의 이동(Shuttle effect)을 야기하기 때문에 이를 방지하기 위한 첨가제·전해질 개발에 R&D가 집중
- 리튬이온전지와 달리 다수 국가에서 양극 소재를 국내에서 조달할 수 있으며 기본적으로 저가 재료로 제조단가를 낮출 수 있는 경제성이 주요 특장점
 - 전극 구조의 최적화와 전해질 최소화를 통한 비에너지가 400Wh/kg 이상으로 커질 수 있으나 현시점 대규모 상업화의 어려움으로 우주·항공용 적용이 우선될 것으로 전망

구분	리튬황전지
특장점	<ul style="list-style-type: none"> • 리튬황전지는 가벼우면서 에너지 효율과 안전성을 높인 전지로 양극에 황, 음극에 금속리튬을 이용하는 기술로 에너지밀도가 2~5배 높음(1,675mAh/g, 2,600Wh/Kg) • 황은 단위 중량당 저장할 수 있는 에너지 용량이 크고 가벼우며 지구상에서 17번째로 풍부한 원소로, 공급망 안정화에 기여할 수 있으며 가격이 낮아 경제성이 높음
도전과제	<ul style="list-style-type: none"> • 양극재인 황이 비전도성 물질로 전기 전도도가 낮아 고속충방전 효율성이 낮은 특성을 극복 필요 • 충·방전 과정에서 황의 중간 생성물인 리튬 폴리 설��파이드가 전해액에 쉽게 녹아 전지의 용량 및 수명 손실이 발생하는 문제 해결 필요
관련 핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> • 황 양극의 전기전도도 향상 및 폴리설��파이드 제어 기술 • 전해액/황 비율 최소화 기술

[기술·산업동향]

- 일부 선도 기업 중심으로 시제품 생산과 상용화를 위한 기술개발이 이뤄지고 있으나 폴리설파이드 문제를 해소할 수 있는 기술 확보를 위해서는 지속적인 노력이 필요
 - 리튬황전지 선도 기업이었던 영국 옥시스 에너지(OXIS Energy)는 높은 비에너지 (450Wh/kg)를 갖는 폴리설파이드 제어기술을 확보하고 있었으나 재무적 위기로 존슨 매티(Johnson Matthey)가 인수('21.7.)
 - 제품개발에 필요한 투자금을 적시에 조달하는 데 실패하였으며, 이는 하이리스크 - 하이리턴 (high risk - high return)의 스타트업 실패 사례를 전형적으로 보여준 사례
 - 존슨 매티는 옥시스 에너지의 주요 인수목적은 '그린수소 사업의 규모 확장'으로 두고 있으며 리튬황전지 관련 기술 IP의 구체적 활용 계획은 밝히지 않음
 - 미국 스타트업 라이텐(Lyten)은 3D 그래핀을 활용한 리튬황전지 안정화 기술력을 인정받아 다국적 자동차사 스텔란티스(Stellantis)를 포함한 2억 달러 투자 유치(시리즈B)에 성공 ('23.9.)
 - 초기 상품은 대량생산이 어렵지만 드론 및 비행기체에 적용이 가능할 것으로 예상되며 틈새시장에 2023년 말 상업용 배터리 생산, 2024년 초부터 시장 공급하는 계획을 발표
 - 수명 및 안전성에 대한 기술력 확보 이후 주요 이차전지 시장인 전기차에 적용하는 전략적 방향을 수립하였으며 장기적으로 전 세계 전기차 시장을 넓힐 수 있는 핵심 요소라 주장
 - 일본의 닛산(Nissan)이 개발하는 전고체전지는 리튬황 양극소재를 활용한 기술이 고려되고 있는 것으로 보이며, 저가형 전고체전지의 개발을 목표로 하고 있는 것으로 알려짐
 - 일본 혼다(Honda) 역시 일본의 리튬황전지 기반 제조기업 GS 유아사(Yuasa)와 제휴하여 공동연구를 진행하고 있으며, 이는 전고체 리튬황전지 개발 착수를 의미
 - LG에너지솔루션은 주요 국내 제조 3사 중 유일하게 2027년 리튬황전지 상용화를 목표하고 있으며, 초기 적용 분야는 항공 분야를 우선 고려
 - 2020년, 리튬황전지를 무인기에 부착하여 성층권 고도에서 13시간 시험 비행에 성공한 바 있으나 상용화 목표 시점을 2025년에서 2027년으로 2년 가량 늦춘 셈
 - 리튬황전지는 무게와 가격에 강점을 가지고 있어 폴리설파이드라는 기술적 난제에도 안전도, 수명 기준을 낮춘 틈새시장 우선 적용되어 상용화를 지속 추진 중

2.4 나트륨(소듐)이온전지(Sodium-Ion Battery)

[기술개요]

■ 나트륨이온전지는 리튬이온 대신 나트륨(Sodium)이온을 이온 캐리어로 사용하는 전지로 가격 및 공급 안정성에 취약한 리튬을 대체하는 차세대이차전지 기술

- 나트륨이온전지는 1970년대부터 연구개발이 이루어져 왔으나 에너지밀도 등 성능 면에서 리튬이온전지보다 부족하여 상용화되지 못한 채 연구개발 단계에 머물러 있었음
 - 소니와 파나소닉의 1990년대 초반 리튬이온전지 양산을 시작으로 2010년대 중반부터 전기차 주도의 리튬이온전지 기술 확산으로 나트륨이온전지 기술은 주목을 받지 못함
 - 최근 3년간 리튬이온전지의 주요 광물인 리튬, 코발트, 니켈 가격의 급등과 큰 폭의 가격 변동으로 공급망 안보 관점에서 장기적인 안정적 공급에 대한 우려와 필요가 증폭
- 나트륨이온전지는 원자재 수급이 수월하고 가격경쟁력이 높으며 주기율표상 리튬과 같은 1족에 위치한 나트륨을 활용하기 때문에 리튬이온전지의 제조공정을 공유·활용할 수 있어 대량양산의 기술적·비용적 진입장벽이 낮음
 - 리튬은 상대적으로 희귀한 원료로 지구 지표면에 0.005%만 존재하며 매장 지역도 한정되어 있으나 나트륨은 500배 이상인 2.6% 존재하며 리튬 가격의 1~3%에 판매되는 저렴한 재료
 - 나트륨이온의 초기 가격경쟁 우위는 리튬가격이 좌우할 수 있으나 본격적으로 양산이 진행된 이후에는 △양극재료로 저렴한 재료가 많으며 △음극으로 하드카본을 사용할 수 있으며 △구리의 1/3 가격인 알루미늄박을 사용하여 LFP의 60% 이하까지 가격을 낮출 수 있는 저가 시장에서의 '게임 체인저' 기술로 급부상
- 나트륨이온전지는 저온 환경에서의 성능과 충전속도가 우수한 장점이 있으나 중량 에너지 밀도가 기존 리튬이온전지 대비 낮은 부분은 개선이 필요
 - 저가형 리튬이온전지인 LFP가 약 200Wh/kg 수준이나 나트륨이온전지는 160Wh/kg로 낮아 비용 효율성이 중요한 전동 이륜·삼륜, 저속 전기차, 에너지저장장치 등의 시장 중심으로 본격적인 상용화가 이뤄질 전망
 - ※ 최근 공개된 중국 최초의 나트륨이온평가 결과에 따르면 130Wh/kg까지 구현하는 데 성공(23.7)
 - 전기차용으로는 팩 단위에서 LFP와 혼용하는 형태로 초기 적용되는 방식이 고려되고 있으며, 에너지밀도 향상에 따라 적용되는 대상이 점차 확대될 것으로 기대

구분	나트륨(소듐)이온전지
특장점	<ul style="list-style-type: none"> • 나트륨은 리튬보다 1,000배 더 풍부하며, 추출 및 정제비용 역시 낮아 공급망 및 원자재 가격경쟁력을 강화할 수 있음 • 리튬과 전기·화학적 특성이 유사하여 리튬이온전지의 많은 공정을 공유할 수 있어 대량 양산화에 유리 • 음극재는 보통 하드카본이, 양극재로는 프러시안 블루·화이트 사용이 주를 이루며, 양쪽 전극에 모두 알루미늄 박을 사용할 수 있어 무게 및 비용 절감이 가능 • 안정성 측면에서 리튬에 비해 낮은 화학적 반응성을 가지고 있어 열폭주에 대한 리스크가 낮음
도전과제	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 산화·환원 준위 및 큰 이온 반경으로 낮은 에너지밀도와 출력 특성 등의 단점을 극복하는 기술 필요 • 나트륨 이온의 삽입·탈리 과정에서 상전리로 수명 특성에서 취약하며 이를 개선하는 기술 확보가 필요 • 재활용 측면에서 리튬이온전지 대비 간단한 공정을 가지게 되나 회수 금속의 가치가 낮아 수익성이 떨어지는 부분에 대한 해소 방안 마련 필요
관련 핵심기술	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 밀도 및 사이클 수명 연장을 위한 전극·전해질 조성 기술 • 나트륨이온의 가역적 저장·방출이 가능한 저전압 탄소계 소재(카본블랙, 하드 카본 등) 개발 • 전극 재료의 반응 메커니즘 및 동역학 개선 기술

[기술·산업동향]

- 일본의 토요타, 닛산, 스미토모화학 등은 이미 10년 정도 이전부터 나트륨이온전지 특허, 논문을 내고 있으며 연구적으로는 지속적으로 기반을 형성
 - 그러나 시제품 제작, 양산 계획을 구체적으로 밝힌 일본의 이차전지 제조사는 확인되지 않으며 전고체전지 대비 상대적으로 낮은 주목을 받고 있는 상황
- 인도 최대 그룹인 릴라이언스(Reliance)는 고에너지밀도 나트륨이온전지 구현에 강점을 지닌 영국의 파라디온(Faradion)의 지분을 1억 파운드를 주고 인수('23.1.)
 - 빠르게 확산 중인 전력저장장치·전기차용으로 나트륨이온전지를 활용하기 위한 목적이며, 인도 내 저가형 이차전지에 대한 잠재적인 폭발적 수요에 기반한 투자로 해석
- 중국의 CATL은 지난 '21년 1세대에 이어 '23년 하반기 2세대 나트륨이온전지 양산 및 자동차 탑재 계획을 발표했으며 BYD 역시 나트륨이온전지 대량 양산을 예고
 - 중국의 이차전지 제조사, 주요 소재사들은 저가시장 확장시킬 나트륨이온전지의 시대 개막을 준비하고 있어 2023~2024년이 시장 개화 측면에서 중요한 시점이 될 가능성이 커지는 중
 - * 중국 언론보도에 따르면, 불과 2~3년전 몇 곳에 불과했던 나트륨이온전지 관련 중국 기업이 현재 나트륨이온전지 공급망 전반에 걸쳐 150개사에 이르며, 그 절반 가까이가 양산을 준비
- 국내 이차전지 제조 3사는 나트륨이차전지 상용화를 추진하지 않고 있지만 대학·연구소에서의 소재연구와 함께 에너지11, 프리온(PRIONE) 등 스타트업에서 관련 사업을 전개 중

3. 정책동향

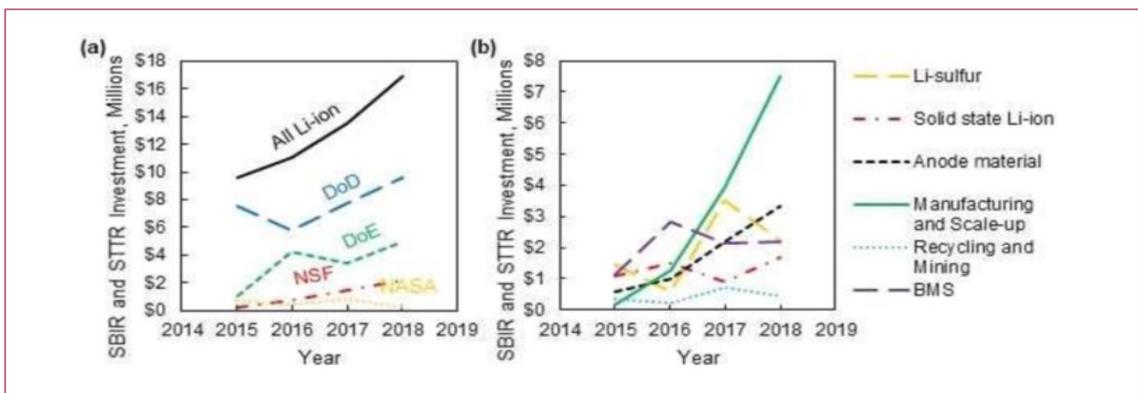
■ 주요국은 이차전지 기술을 국가경쟁력 확보를 위한 필수기술로 인식하고 있으며, 중국 의존도 완화·공급망 재편과 함께 차세대이차전지 기술 확보를 위해 적극적인 정책을 개발·지원

- (미국) 기후변화 대응 및 기술주권 확보 차원에서 중국의 이차전지 공급망 지배력을 견제하기 위한 목적으로 인플레이션 감축법(IRA)*을 재정(22.8.)하고 기술주도형 차세대이차전지 R&D 프로그램을 강화

※ 새액공제 등 혜택을 제공하여 이차전지 공급망 전반의 기업들의 미국 내 유치를 유인

- 전기차 세액공제 혜택 적용을 위해 전기차 최종 조립 조건 외 이차전지 관련 △이차전지 핵심광물 조건 △이차전지 부품 조건 충족 필요 등 자국 내 공급망 강화
- 에너지저장공동연구센터(JCESR)은 매년 2,400만 달러의 지원을 받으며 고용량 전기차용 이차전지와 에너지저장용 이차전지 신기술 개발을 위해 활용(2012~)
- 에너지부(DOE)는 차세대이차전지 상용화를 목표로 첨단배터리 컨소시엄(Advanced Battery Consortium)과 파트너십을 맺고 차세대이차전지 기초 연구개발에 750만 달러를 지원하여 ‘이차전지 500 연구 컨소시엄’을 운영(2015~)
- 중소기업혁신연구(SBIR*), 중소기업기술이전(STTR***) 프로그램은 대표적인 기업 연구개발 지원 프로그램으로 기술기반 스타트업을 지원하며 국방부, 에너지부, 국립과학재단, NASA 등을 통해 차세대이차전지를 포함한 다양한 혁신적 연구분야의 연구개발을 지원

* SBIR(Small Business Innovative Research), ** STTR(Small Business Technology Transfer)



[그림 5] (a)리튬이온전지를 키워드로 한 SBIR/STTR 프로그램 지원 금액, (b) 이차전지 기술 분야별 지원금액

※ 자료출처: 산업통상자원부·KIAT(2022)

- (유럽) 이차전지 공급망 전반의 역내 구축 및 차세대 이차전지 관련 대규모 연구·혁신 프로젝트 지원을 통해 이차전지 산업 역량 강화 추진
 - '15년 『전략적 에너지기술 계획(SET* Plan)』 발표했으며, 명시된 10개의 SET Plan 주요 활동 중 하나가 『e-모빌리티 가속화를 위한 글로벌 배터리 영역에서의 경쟁력 형성』으로 유럽 내 부재한 이차전지 셀 생산역량과 해소 방안에 대한 정책적 논의를 개시
 - * Strategic Energy Technology Plan
 - EU 배터리 연합(Battery Alliance)을 결성('17.10)하고 EU 내 이차전지 산업 육성과 생산 능력 증대(역내 기술 기반 셀 생산 기업인 노스볼트(Northvolt) 지원을 추진)를 목표로 정책 지원
 - EU 집행위원회는 『배터리 전략 실행계획(Strategic Action Plan for Batteries, '18.5)』을 통해 광물 - 핵심소재 - 셀 제조 - 전기차·에너지저장장치 - 재사용·재활용에 이르는 전체 공급망을 역내 구축하겠다는 목표를 수립하고 관련한 핵심 계획 및 이행 방안을 수립
 - '19년 2월, 기술 혁신 플랫폼인 『BattleRies Europe』의 출범을 발표하였으며, 유럽 이차전지 산업의 경쟁력 강화를 위한 연구혁신 기여를 위한 정책 활동을 전개

[표 2] EU 이차전지 기술 확보 관련 주요 R&D 프로그램·이니셔티브

구분	내용
호라이즌 유럽 (Horizon Europe) 『2021-2027』 (2021.4.~)	<ul style="list-style-type: none"> • EU 내 연구혁신에 투자하여 과학기술 기반의 경쟁력 강화와 글로벌 도전과제 해결을 목표하는 R&D 프로그램으로 7년 동안 총 955억 유로를 지원 • 차세대 이차전지에 대한 기술개발 지속 등 기후·에너지·모빌리티 분야에 약 15백만 유로를 지원
Battery 2030+ (2019.3.~)	<ul style="list-style-type: none"> • 이차전지 R&D 분야의 유럽 내 대형 연구 이니셔티브로 유럽 이차전지 산업에 친환경적이면서 안전하고 지속가능한 이차전지 관련 실용적인 연구성과 도출을 목적 • '23년 11월 기준 진행 중인 프로젝트 6개, 신규 6개 등 12개의 프로젝트를 가동 중에 있으며 차세대 이차전지와 관련된 주요 프로젝트는 아래와 같음 <ul style="list-style-type: none"> - (BIG-MAP) 새로운 이차전지 소재를 설계·합성하고 초고성능 이차전지 재료 발견의 속도 가속화와 함께 모든 영역에서의 데이터를 수집·처리·분석 고도화하는 프로젝트 - (HIDDEN) 리튬금속전지의 수명을 연장하고, 에너지밀도를 높이는 기술 개발하는 프로젝트 - (HEALING BAT) 자가복원 기능을 갖춘 리튬황이차전지 기술을 개발하는 프로젝트로 570만 유로 이상의 자금을 지원 받음 - (OPERA) 풍부한 소재를 바탕으로 한 차세대이차전지 기술과 함께, 무음극 기술의 적용을 위한 전기-화학-기계적 프로세스 전반을 연구하는 프로젝트

- 『핵심원자재법(CRMA)』 시행으로 △공급망 다변화 △역내 자급률 제고 △전략적 파트너십 강화 △재활용 강화 등 이차전지 산업을 포함한 EU전략산업에 필요한 핵심원자재를 안정적으로 확보하는 정책을 강화(’23.3.16. 발표, ’23.9.14. 본회의 통과)
- (중국) 중국 정부는 이차전지 기술 발전을 위해 자국 제조 제품 탑재 전기차 대상 보조금 지급, 신소재 개발 지원 및 에너지저장장치 기술 육성 등을 통해 세계를 선도하는 이차전지 산업을 육성했으며, 이를 바탕으로 차세대이차전지 기술 상용화에 전략적 집중
- (이차전지 전반) 『자동차 동력 이차전지 산업 발전 촉진을 위한 행동 프로그램(17.2.)』에 따라, 2025년 1,000GWh 생산 목표와 함께 에너지밀도 500Wh/kG로 규정함으로 차세대 이차전지 기술 개발을 독려

[표 3] 중국 정부의 나트륨이온전지 관련 정책 및 주요 내용

발표시점	관련 회의, 정책명	주요 내용
2009.1	에너지 절약 및 신에너지자동차 시범 촉진 재정보조금 관리 임시방안	베이징, 상하이, 충칭 등 13개 성시(省市)에서 시범적으로 에너지자동차 구입 시 보조금 지급
2016.12	신에너지자동차 촉진 응용 재정 보조 정책 조정	2016년 국가 최초로 에너지 밀도 기준을 신에너지 자동차 보조금 정책에 포함
2019.11	중점 신소재 1차 응용 시범 지도 목록 (2019년판)	Li3V2(PO4)3 등 신소재 양극재를 목록에 포함
2020.10	신에너지자동차 산업 발전 계획 (2021~2030년)	이차전지의 전체 공급망 발전 촉진 규정
2021.12	국가 공업 에너지 절약 기술 추천 목록(2021년)	사용자 측의 분산형 스마트 에너지 저장 핵심 기술을 추천 목록에 포함하고, 고효율 장수명 인산철 리튬 이온전지를 핵심으로 스마트 ESS 발전을 촉진

※ 자료출처: 한국무역협회(2022)

- (차세대·전고체전지) 『국가경제사회발전 5개년 계획 14차 계획(2021-2025)』에서 과학 기술부 첨단기술부서의 전고체전지 관련 특별 사업 3개를 배정하고, 중국 국무원은 『신에너지 자동차 발전계획(2021-2035)』에서 전고체전지, 전기구동시스템 등 기술개발 지원 전략을 수립
- * 『신에너지자동차 기술로드맵(’20.10.)』에서는 2025년 400Wh/kg, 2030년 500Wh/kg 등 차세대 기술개발 목표를 구체적으로 명시화하며 도전적인 연구개발 목표를 수립
- (에너지저장 기술) 『국가경제사회발전 5개년 계획(6차~14차)』에 첨단 이차전지 기술을 포함시켜 왔으며, 14차 계획에서는 에너지저장장치 비용을 30% 절감시키겠다는 목표를 수립

- * 해당 기술에는 선진리튬이온전지, 나트륨이온전지, 플로우전지, 압축공기, 수소 및 암모니아 등 다양한 에너지저장 기술이 포함
- (나트륨이온전지) '21년 8월 중국인민정치협상회의에서는 나트륨이온전지 산업에 대한 구체적기술개발, 실증·양산 지원 등이 수립되어 있으며, 이 계획에 따라 범국가적 기술개발이 진행
- 중국의 정책적 뒷받침, 기존의 저가형 시장 수요 기반 등 나트륨이온전지 산업 육성에 유리한 조건을 갖췄으며 주도권 경쟁에서 유리한 위치를 선점

[표 4] 중국 정부의 나트륨이온전지 관련 정책 및 주요 내용

발표시점	관련 회의, 정책명	주요 내용
2021.7	국가발전개혁위원회 국가능원국 신형 에너지저장 발전의 추진 가속에 관한 지도 의견	나트륨이온전지의 대규모 실증과 시범 사업 가속
2021.8	공업과 신식화부 정치협상회의 제13회 전국위원회 제4회 회의 제 4815호 제안에의 회답	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2025년까지 나트륨이온전지를 국가주도의 기술개발 계획의 대상으로 통합하여 대규모화, 저비용화 및 성능 향상을 통해 산업 발전을 도모 2. 연구개발 성과를 바탕으로 재생에너지, 모빌리티, 통신 기지국 중심으로 나트륨이온전지 실증과 상용화를 추진 3. 적절한 시점에서 나트륨이온전지 표준화를 추진 4. 초기 단계에서 나트륨이온전지 시장에 진출하는 기업이나 제품에 대해 기술개발과 비즈니스 모델 형성을 지원
2021.12	제 14-5 에너지 분야과기 창신 계획	차세대 에너지저장기술의 하나로 나트륨이온전지 연구 개발을 주력분야로 지정
2022. 3	제 14-5 신형 에너지 저장 발전 실시 방안	2025년까지 에너지저장 기술의 다양화를 위해 나트륨이온 전지의 핵심 기술, 관련 설비 및 시스템 연구를 가속화하고 실증을 실시
2022.3	에너지 저장 및 스마트그리드 기술 분야의 국가 중점 사업 응모 가이드 라인	2025년까지 100MWh급 나트륨이온전지 시스템을 개발하여 산업용 대규모 에너지저장장치 실증을 실시하고 하기 목표 달성을 지향 (기술목표) 셀 에너지밀도 150Wh/kg 이상, -40℃의 용량 유지율 80% 이상, 사이클 수명 10,000회 이상, 셀 비용 0.3위엔/Wh 등

※ 자료출처: SNE(2023)

- (일본) 경제산업성은 리튬이온전지의 생산능력을 확장하고 차세대이차전지 중 전고체전지의 조기 상용화·대량양산에 집중하는 이중전략을 추진('22.8., 축전지산업전략)
 - 리튬이온전지 기술을 최초로 상용화·상품화했으나 시장 경쟁에서 한국과 중국에 패배한 선례를 차세대전지 시장에서 반복하지 않겠다는 위기감에 기반한 전폭적 지원체계 수립
 - (차세대전지) NEDO는 '전기자동차용 혁신 이차전지 개발(RISING III) 프로그램에 166억 엔을 투자하며 차세대이차전지 관련 R&D를 지원(2021-2025)
 - (전고체전지) 전고체전지를 파급력이 가장 큰 기술로 인식하고 산학연관이 힘을 모아 기술 조기 상용화, 2030년 전후 실제 생산에 돌입할 수 있도록 정책적 지원*을 강화
- * 신에너지 및 산업기술개발기구(NEDO)는 '18년 '선진적이고 혁신적인 이차전지를 위한 재료개발'의 두번째 단계를 공표했고 9,000만 달러 규모 전고체전지 프로젝트를 지원
- (제조역량) 전고체전지 상용화 이전, 일본의 이차전지 산업의 시장 장악력이 뒤흔어지는 상황을 우려, 2030년까지 공공·민간이 15조 엔을 투자해 국내 150GWh, 국외 450GWh로 예상되는 전세계 수요 3000GWh 중 일본 기업 비중 20%를 달성하는 것을 목표로 수립
- ※ '23년 4월 28일 혼다자동차가 일본 20GWh 규모의 이차전지 공장을 설립할 때, 최고 1587억엔의 보조금을 지급하기로 결정

[표 5] 일본 경제산업성 축전지산업전략 주요 내용(2022. 8. 31.)

목표		실행 방안
목표1 리튬이온이차전지 제조기반 확립	2030년까지 이차전지·원재료의 일본내 제조기반 150GWh/년 확립	총 3.4조 엔 투자(정부 2.3조 엔, 민간 1.1조 엔) - 부품제조 1.3조 엔, 전지제조 2.1조 엔 * 정부투자(보조금, 세제우대, 금융지원 등)
목표2 글로벌 상류자원 확보	2030년까지 글로벌 시장에서 600GWh/년 제조능력 확보 * 2030년까지 세계시장이 3,000Gwh/년까지 확대될 경우 점유율 20%	총 5년간 2.2조 엔 투자(정부 13.조 엔, 민간 0.9조 엔) * 정부투자(보조금, 세제우대, 금융지원 등)
목표3 차세대이차전지 시장 확보	2030년까지 전고체전지 상용화, 2030년 이후 일본의 기술 리더 입지 확보	NEDO 그린이노베이션 기금 등 활용 - 사업규모: 약 2,132억 엔 - 지원규모: 상한 1,205억 엔 * 인센티브 금액 포함, 향후 사업 진척 상황에 따라 변경 가능

※ 자료출처: 일본 경제산업성(2022 축전지산업전략), 전경련(2023), 연합뉴스(2023) 재인용

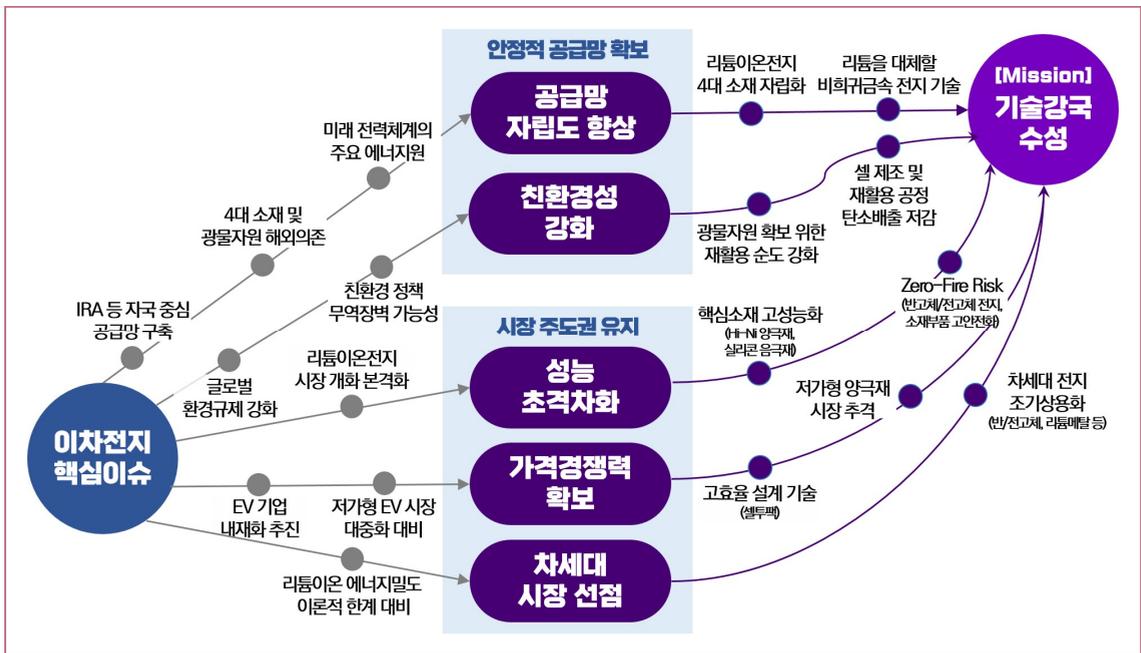
- 우리나라는 그간 전자·전기산업의 부품 중 하나로 인식되던 이차전지를 부품이 아닌 주력 기술로 전환하여 단독 정책을 수립하는 등 핵심기술로의 산업적 경쟁력 확보에 집중
 - 『이차전지 R&D 고도화 전략(21.6)』에서는 고용량·안전도 향상을 위한 전기차·에너지저장 장치용 7대 차세대 소재* 개발 전략을 제시
 - * (전기차용) 고체전해질, 리튬금속 음극재, 리튬황 양극재 등, (ESS용) 나트륨이온 양극재, 레독스 커플 등
 - 『2030 이차전지 산업(K-Battery) 발전 전략(21.7)』에서는 민관 대규모 R&D 추진·생태계 조성·수요시장 창출 등 3가지 추진전략 마련으로 이차전지 종합전략을 수립
 - △차세대 이차전지 1등 기술력 확보를 위한 대규모 R&D 추진 △글로벌 선도기지 구축을 위한 연대·협력 생태계 조성 △이차전지 시장 확대를 위한 수요시장 창출 등 리튬이온 및 차세대이차전지를 포괄해서 경쟁력을 확보하는 전략 방향을 제시
 - 『새정부 소재·부품·장비산업 정책방향(22.10)』에서는 소부장 핵심전략기술 중 이차전지에 상용 리튬이온전지 중심에서 고성능, 고안전 차세대 전지용 기술로 개편 및 차세대 전지용 고체 전해질 제조 기술 추가
 - 『이차전지 산업 혁신 전략(22.11)』에서는 △이차전지 핵심광물 확보를 위한 ‘배터리 얼라이언스’ 구축 △사용후 이차전지 시장 선점을 위한 순환체계 구축 △이차전지 혁신허브 구축 △인력양성, 강소기업 육성 등 국내 생태계 강화 등 산업 관점의 정책을 제시
- 「국가전략기술 육성방안(22.10.28.)」에서는 경제·외교·안보를 좌우하는 국가차원의 12대 전략기술을 지정하였으며 기술주권 확보 관점에서 집중 육성이 필요한 50개 핵심기술을 제시
 - 이차전지는 12대 전략기술에, 차세대이차전지는 세부 50개 핵심기술에 포함되었으며 2030년 까지 달성해야 할 임무를 설정하고 기술별 확보 전략을 마련
 - 『국가전략기술 임무중심 전략로드맵(안)(23.8.29.)』의 차세대이차전지 분야에서는 △초격차 성능 확보 △초안전 소재 확보 △원료·소재 자립화라는 세부 목표를 제시

<p>차세대 이차전지</p>  <p>전고체·리튬금속 등 차세대 전지 조기 상용화 * 전략기술 프로젝트 추진</p>	<p>초격차 성능 확보</p> <p>리튬금속, 리튬황 등 성능 고도화 관련 주요 소재 및 안정화 기술 * 리튬금속 표면 안전화 음극, 황 전극 상용화 기술 확보</p>
	<p>초안전 소재 확보</p> <p>고체 전해질 등 화재위험성을 원천적으로 저감하는 차세대 기술 * 대면적 적용형 반-전고체전지 기술 확보 및 조기 상용화</p>
	<p>원료·소재 자립화</p> <p>매장량이 한정된 리튬을 대체할 풍부한 원료 활용 * 나트륨이온전지 고성능화 관련 소재 및 제조 기술 확보 (차세대 원천기술 투자 병행)</p>

[그림 6] 국가전략기술 임무중심 전략로드맵(안) 中 차세대이차전지 내용

※ 자료출처: 과학기술정보통신부(2023)

- 이차전지 핵심이슈를 △안정적 공급망 확보 △시장주도권 유지 등 2가지 축으로 구분하여 비희속금속 전지기술로 나트륨이온전지, 리튬황전지를 성능 초격차화 기술로 전고체전지, 리튬금속전지 기술을 배치하여 단계별 추진 전략을 로드맵에 제시



[그림 7] 국가전략기술 임무중심 전략로드맵(안) 中 핵심 이슈 기반 임무·목표

※ 자료출처: 과학기술정보통신부(2023)

경쟁력 분석

분석 개요

3장에서는 공급망 분석, R&D역량 및 종합역량 분석 및 AHP(전략적 중요도, 기술 우선순위)분석을 수행하고, 공급망 변화 시나리오별 기술주권 확보를 위한 전략을 모색

※ 특허분석 관련 문헌(논문, 보고서 등) 분석과 함께 국가전략기술 이차전지 R&D전략로드맵 수립에 참여한 전문가 5인을 포함한 11인 대상(산업계 6인, 학계 3인, 연구계 2인)으로 심층인터뷰, 설문조사 등을 통해 역량 분석 및 AHP 분석을 수행

■ (현재 공급망 분석) 리튬이온전지 가치사슬 전반의 시장 동향과 관련된 주요 이슈를 분석

- (원재료 추출·가공) 리튬이온전지의 수요 증가는 리튬, 코발트, 니켈 등 특정 광물에 대한 수요의 급증으로 이어지는 가운데 중국의 높은 의존도에 따른 리스크가 증가
 - 콩고(코발트 공급의 70%), 아프리카·남미(망간), 동남아(니켈), 호주·중국·칠레(리튬 생산의 87%) 등 광물이 풍부한 국가에 대한 의존도가 높아지고 있는 상황

[표 6] 이차전지 주요 광물 국가별 생산 비중(2021년)

구분		주요 국가(비중%)
리튬	부존	칠레(41.8), 호주(25.9), 아르헨티나(10), 중국(6.8), 미국(3.4), 짐바브웨(1), 브라질(0.4)
	생산	호주(52.5), 칠레(24.8), 중국(13.4), 아르헨티나(5.9), 브라질(1.5), 짐바브웨(1.4)
니켈	부존	인도네시아(22.3), 호주(22.3), 브라질(17), 러시아(7.9), 쿠바(5.9), 필리핀(5.1), 중국(3), 캐나다(2.1)
	생산	인도네시아(46.4), 필리핀(17.2), 러시아(8.5), 뉴칼레도니아(8.3), 호주(6.8), 캐나다(5.2), 중국(4.4)
코발트	부존	민주콩고(45.8), 호주(18.3), 인도네시아(7.8), 쿠바(6.5), 필리핀(3.4), 러시아(3.3)
	생산	민주콩고(79.2), 러시아(5.0), 호주(3.7), 필리핀(3.0), 캐나다(2.8), 쿠바(2.6)
망간	부존	남아공(42.9), 호주(18.1), 브라질(18.1), 우크라이나(9.4), 가봉(4.1), 중국(3.6), 인도(2.3)
	생산	남아공(38.7), 가봉(14.1), 중국(14), 호주(8.7), 인도(6.1), 가나(5), 우크라이나(3.6)

※ '23(예상) 주요 광물 중국 비중은 리튬(18%), 니켈(13%), 코발트(1%), 망간(8%), 흑연(65%)

※ 자료출처: USG(2022), KISTEP(2023), FT(2023)

- 음극재의 핵심 원재료인 흑연의 경우, 중국이 생산의 65.4%, 정제의 90%를 차지하고 있으며, 중국이 '23년 12월부터 흑연 수출 통제를 발표하며 실제적 위협을 가시화
- 정·제련의 경우, 타지역에서 채굴된 광물이 낮은 환경기준과 저렴한 생산비를 갖춘 중국으로 운반된 후 화합물로 제련되는 비중이 매우 높아 이차전지 공급망의 약한 고리를 형성

[표 7] 이차전지 주요 광물 화합물 중국 비중(2023 예상, 점유율 기준 %)

구분	합성흑연	구상흑연	전해망간	황산니켈	정제코발트	리튬화합물
중국비중	73%	98%	97%	70%	76%	63%

※ 자료출처: FT(2023)

- (주요 소재) 중국이 주요 소재에서 차지하는 비중이 50%가 넘으며, 특히 음극재의 경우 중국 비중이 85%를 초과하며 의존도가 매우 높음
- 이차전지의 4대 소재 전반에서 걸쳐 한·중·일 3국이 시장 대부분을 차지하고 있는 가운데, 중국의 점유율이 압도적인 상황

[표 8] 이차전지 주요 소재 생산 중국 비중(2022, 시장금액 기준)

구분	양극재	음극재	전해액	분리막
중국	58%	86%	59%	56%
한국	28%	5%	18%	23%
일본	9%	8%	22%	19%
기타	5%	1%	1%	2%

※ 자료출처: SNE(2023)

- (셀제조 - 지역) 리튬이온전지 셀제조 74%('22년 기준)가 중국에서 생산되고 있으나 미국, 유럽의 역내 제조기반 확대 기조에 따라 중국 의존도가 점차 완화되는 추세
- (중국) 중국은 글로벌 리튬이온전지 생산 용량 성장을 주도하나 미국의 디리스크링 정책 기조 강화로 점유율은 점차 하락·정체될 것으로 전망
- (북미·유럽) 2022년부터 2030년까지 유럽은 16%, 미국은 22% 정도의 연평균 성장을 이뤄낼 것으로 보이며 북미의 경우 대부분 미국에 생산 용량이 추가될 전망
- * 표 9의 미국 수치는 Mckinsey의 전망치나 spglobal('23.6) 업데이트된 전망에 따르면 북미의 제조 역량이 1GWh를 초과될 것으로 예상
- * 2030년 EU 내 생산능력은 독일(414GWh), 헝가리(170GWh), 스웨덴(111GWh), 이탈리아(110GWh), 폴란드(107GW) 순이며 독일은 테슬라, 헝가리는 중국의 CATL, EVE 에너지가 생산 용량 증가를 주도

- (인도) 현재 18GWh의 제조용량을 2030년 145*GWh까지 증가시켜 헝가리에 이은 세계 5위 시장으로 부상할 것으로 전망

* 해당 수치는 제조업체의 발표된 계획에 기반했으며, 인도정부의 생산 능력 확대 계획 및 지원 정책에 따라 증가할 수 있음

[표 9] 글로벌 리튬이온 전지 수요와 공급 현황과 전망 (단위 GWh(%))

	2022		2025(전망)		2030(전망)	
	공급	수요	공급	수요	공급	수요
전체	1,840(100)	700(100)	5,350(100)	1,700(100)	6,450(100)	4,700(100)
중국	1,200(74)	399(57)	3,650(68)	800(47)	4,000(62)	2,000(43)
EU	130(11)	161(23)	700(13)	400(23)	1,250(19)	1,100(23)
북미	110(8)	91(13)	700(13)	200(12)	800(13)	700(15)
기타	130(7)	49(7)	300(6)	300(18)	400(6)	900(19)

Mckinsey, GT Insight, IEA(2023)를 참고해 저자 재구성

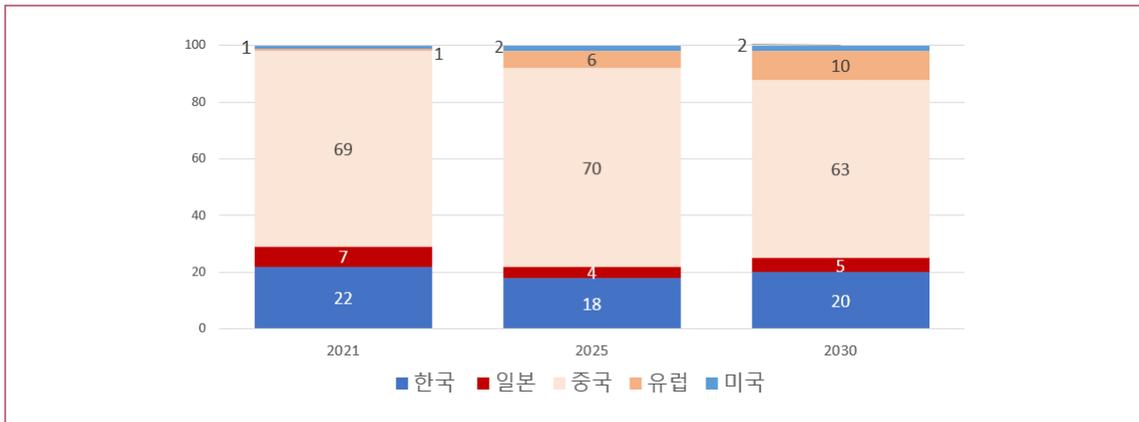
- (셀제조 - 기업) 생산업체 간 경쟁은 중국의 CATL이 글로벌 선두를 차지하고 있는 가운데 한국의 LG에너지솔루션, 중국 BYD, 일본 파나소닉 등 한중일 3국이 사실상 지배
- 중국은 자국 수요 기반으로 경쟁력을 강화하고 있으며, 글로벌 1위 셀 제조기업 CTAL은 유럽에서도 27.47%(22년)를 차지하며 중국 제외 시장에서도 1위 등극 초읽기에 돌입

[표 10] 이차전지 주요 기업별 셀 제조 용량 현황과 전망

기업명(국가)	2022		2025(전망)		2030(전망)	
	생산력(GWh)	비중(%)	생산력(GWh)	비중(%)	생산력(GWh)	비중(%)
CATL (중국)	161	16.2	646	15.9	1285	15.6
LGES (한국)	140	14.1	420	10.4	778	9.4
Svolt (중국)	5	0.5	378	9.3	632	7.7
CALB (중국)	29	2.9	398	9.8	619	7.5
Guoxuan (중국)	35	3.5	174	4.3	523	6.3
SKon (한국)	40	4.0	177	4.4	465	5.6
BYD (중국)	80	8.0	285	7.0	425	5.2
EVE (중국)	57	5.7	170	4.2	422	5.1
SDI (한국)	29	2.9	116	2.9	374	4.5
AESC (중국)	23	2.3	120	3.0	309	3.7
Panasonic (일본)	52	5.2	126	3.1	228	2.8

※ 자료출처: SNE(2023)

- 한국의 제조 3사는 중국 제외 시장에서 50% 가량을 차지하고 있으나 중국의 점유율이 점차 커지며 순위가 뒤집힐 전망



[그림 8] 이차전지 업체 국적별 생산능력 전망(%)

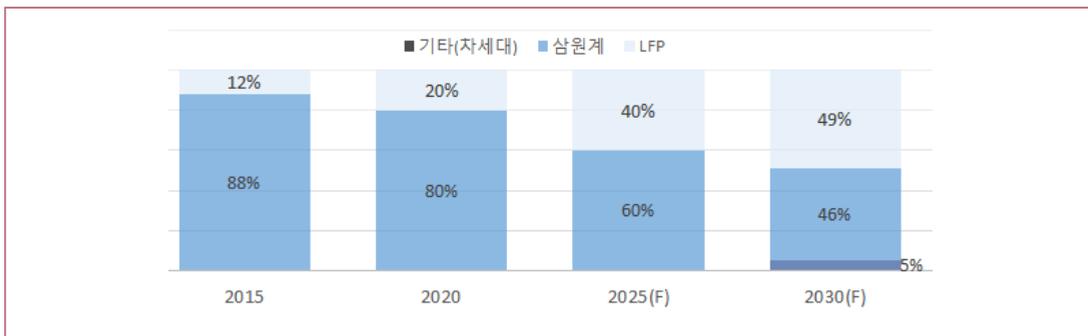
※ 자료출처: SNE(2022)

- 이차전지 공급망에서 가장 큰 리스크는 공급망 전반에서 중국의 영향력이 크다는 점이며, 미국·EU는 이를 완화하기 위해 광물 - 소재 - 제조에 걸친 공급망 강화 정책을 추진 중
- 국가적으로는 역내 수요 기반의 제조시설 확충과 자국 기술 기반의 기업 육성을 적극적으로 지원하고 있으며, 산업에서는 수요기업인 자동차OEM사가 내부 경쟁력을 높이는 전략을 추진 중
- 탄소중립과 공급망 안보 차원에서 재사용·재활용 정책이 강화되고 있으며, 차세대 이차전지는 기술우위의 시장 창출과 공급망 재편성의 관점에서 범국가적 정책이 강화

이차전지 공급망 관련 주요 이슈	
1	이차전지 전반의 높은 중국 의존도를 완화시키려는 디리스팅 정책·전략 강화 이차전지 수요는 전 세계적으로 증가하나 대부분의 생산은 아시아, 특히 중국에서 이뤄지고 있는 상황에서 미국, 유럽 내 제조역량을 높이고 공급망 전반의 디리스팅 기조가 강화되는 중
2	후방(Up-stream)으로 확장하는 가치사슬 강화와 수직통합 자동차 제조사(Tesla), 배터리 셀 제조사(CATL) 등 선도 기업을 중심으로 이차전지 조달의 안정성, 경제성 강화를 위해 원재료 추출 및 가공까지 사업 영역을 확장
3	재사용·재활용 의무화 강화 및 관련 시장 확장 이차전지 시장의 가파른 확장으로 이차전지 수요가 공급을 앞지를 가능성에 대한 우려와 환경 정책 강화 기조에 따라 주요 원자재 확보의 필요성으로 재활용·재사용 기술 개선과 대규모 시장 형성의 필요 보다 강화된 정책으로 이어지는 중
4	보다 혁신적인 차세대이차전지 기술 개발 경쟁 심화 리튬이온전지의 생산력, 기술력 경쟁이 한계에 도달하는 시점이 다가오는 가운데, 시장의 확장 혹은 새로운 시장의 형성 관점에서 경쟁우위 판도를 바꿀 수 있는 차세대이차전지 조기 상용화를 위한 경쟁이 심화되는 중

※ [참고] 리튬이온전지 주요 기술(삼원계·LFP) 및 시장 현황·전망

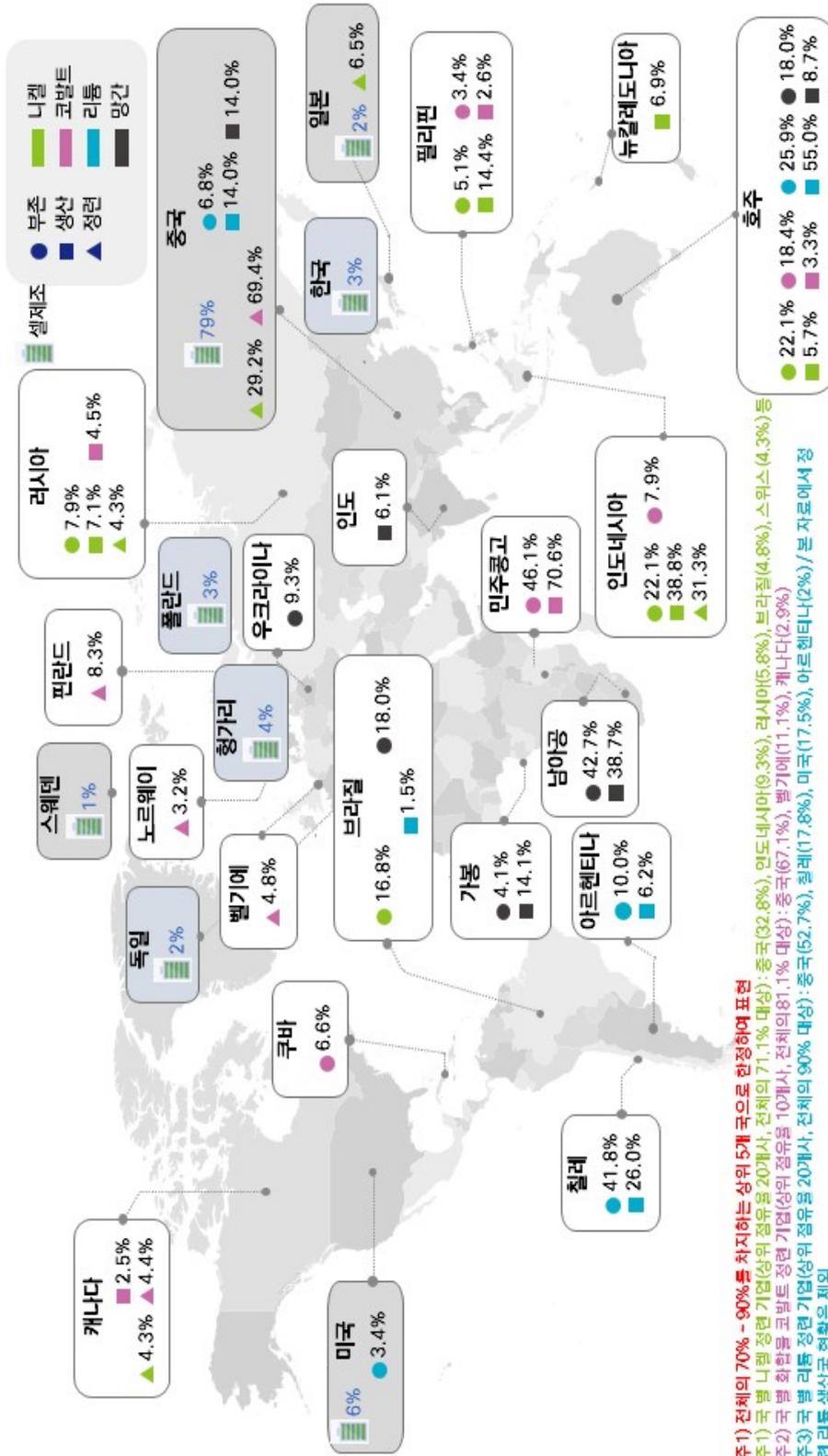
- 리튬이온전지 시장은 삼원계와 LFP 등 두 가지 양극 소재 구성으로 구분
 - (삼원계) 양극재에 리튬 코발트 산화물(LCO)을 기본으로 NCM(니켈·코발트·망간), NCA(니켈·코발트·알루미늄) 등으로 구분되며 에너지밀도가 길고 충전속도가 빠름
 - (LFP) 니켈, 코발트 대신 철을 사용하는 리튬·인산·철이 주재료인 이차전지로 가격이 삼원계 대비 30% 가량 낮으며, 안전성이 높음
 - 한국 제조 3사는 삼원계에 중국 기업(CATL, BYD 등)은 LFP에 강점을 지님
 - 한국 기업은 미국·유럽의 장거리 주행 특성에 적합한 삼원계 제조에 강점이 있으나 관련 글로벌 시장 점유율은 중국이 75%를 차지
 - 중국은 LFP 이차전지 시장의 99%를 차지하며 독보적인 입지를 차지, 중국 시장의 LFP 점유율은 지난 3년 동안 18%에서 60%로 급증했으며 중국 외 시장으로 빠르게 확장 중
- * 한국 제조 3사는 모두 LFP 시장 진출을 선언했으며, 미국·EU의 스타트업 역시 독자적인 LFP 기술개발에 나서고 있는 상황



[그림 9] 이차전지 유형별 시장 점유율 추세·전망(용량 기준)

Source: Rystad Energy, FT(2023) 재인용

- 리튬이온전지 시장이 빠르게 성장하면서 경쟁이 심화되고 있으며 NCM은 니켈과 망간의 비중 증가, LFP는 망간 추가 등으로 가격·성능 경쟁이 진행되는 추세
 - 미국, EU 등 주요 수요 국가들은 중국이 공급망 전반에서 수직통합으로 높은 가격경쟁력을 구축한 상황에서 의존도 완화와 저렴한 비용 사이의 균형점을 모색하는 상황
 - 한국, 일본은 미국, EU의 공급망 재편이 중단기적으로 생산 거점·용량을 확장할 기회가 되고 있으나 장기적으로 중국의 기술·가격 우위에 따른 위협이 커지고 있는 중



[그림 10] 국기별 이차전지 주요 광물 및 셀 제조 생산시설 현황

■ (미래 공급망 분석) 차세대이차전지 시장이 개화된 이후 상황을 전문가 11인 심층 면접, 설문조사 등을 통해 리튬이온전지 시장 상황과 비교하여 공급망의 변화와 이슈를 도출

- (기준) BNEF는 원자재, 제조, ESG, 산업·혁신·인프라, 전방수요 등을 고려하여 30개국 대상으로 글로벌 이차전지 공급망을 평가(22.12.)
 - 중국은 공급망 전반에서 1위로 평가받고 있으나 ESG 지표에서 높은 석탄발전 비중과 낮은 환경기준으로 17위를 차지
 - 우리나라는 종합 6위로 제조(2위), 산업·혁신·인프라(6위), 전방수요(5위) 등에 강점을 지니고 있으나 원자재 조달(17위) 측면에서 높은 취약성을 가지고 있다고 평가

[표 11] BNEF 글로벌 이차전지 공급망 평가(2022)

국가	원자재조달	이차전지 제조	ESG	산업·혁신·인프라	전방수요	종합순위
중국	1	1	17	9	1	1
캐나다	3	8	6	4	10	2
미국	6	4	16	5	2	3
핀란드	9	15	2	1	11	4
노르웨이	18	10	1	3	7	5
독일	21	6	4	7	2	6
한국	17	2	10	6	5	6
스웨덴	21	9	3	2	8	8
일본	13	3	8	12	8	9
호주	2	15	9	13	11	10

※ 자료출처: BNEF(2023)

- (분석 개요) 차세대이차전지 시장이 형성되었을 때, 공급망경쟁력을 나타내는 구성지표 및 종합순위가 어떻게 변화하는지를 전문가 설문, 심층면접을 통해 조사·분석
 - * 5점 척도 기준으로 1점(매우 악화), 2점(악화), 3점(유지), 4(개선), 5(매우 개선) 등으로 평가
 - (공급망 전반) 차세대이차전지 시장이 형성되었을 때, 기술별 공급망은 리튬이온전지 대비 크지는 않으나 전반적으로 개선되는 것으로 평가*
 - ※ 종합순위 점수에서 전고체(3.6), 리튬금속(3.5), 나트륨이온(3.4), 리튬황(3.3) 등 유지기준(3)을 초과
 - (전고체전지) 원자재조달, ESG 측면에서는 리튬이온전지와 큰 차이가 없으나 셀 제조와 완성차 제조기반의 우수성이 제조, 전방수요 측면에서 기존 대비 개선될 여지가 있음
 - * 전고체전지: 원자재조달(3.1), 이차전지제조(3.7), ESG(3.2), 산업혁신인프라(3.4), 전방수요(3.6), 종합순위(3.6)

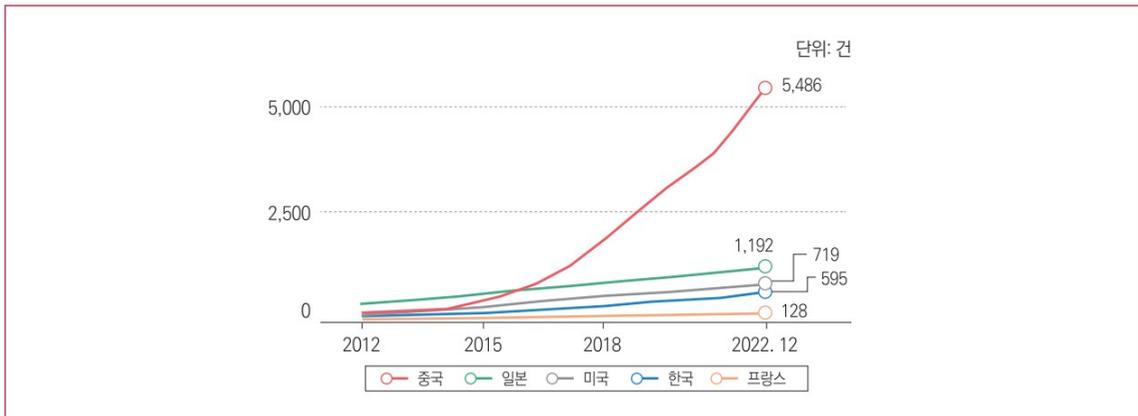
- (리튬금속전지) 전방수요 측면에서 국방·항공 및 전기차 제조기반을 갖추고 있으므로 기존 리튬이온전지 대비 개선될 여지가 있는 것으로 분석
 - * 리튬금속전지: 원자재조달(2.9), 이차전지제조(3.2), ESG(3.3), 산업혁신인프라(3), 전방수요(3.5), 종합순위(3.4)
- (리튬황전지) 전반적으로 리튬이온대비 공급망 경쟁력이 개선되는 가운데, 이차전지 제조 기반과 ESG 측면에서의 개선 가능성이 다소 높다고 평가
 - * 리튬황전지: 원자재조달(3.2), 이차전지제조(3.5), ESG(3.4), 산업혁신인프라(3.3), 전방수요(3.3), 종합순위(3.8)
- (나트륨이온전지) 보다 보편적 광물인 나트륨을 사용하기 때문에 원자재조달의 경쟁력이 커질 수 있으며, ESS 제조 측면에서 전방수요 경쟁력도 개선되는 것으로 조사
 - * 나트륨금속전지: 원자재조달(3.9), 이차전지제조(2.9), ESG(2.9), 산업혁신인프라(2.9), 전방수요(3.3), 종합순위(3.3)



[그림 11] 차세대전지 시장 형성 시 공급망 변화

■ (R&D 역량 분석) 차세대이차전지 관련 특허를 다룬 문헌 조사를 통해 R&D 역량을 조사·분석

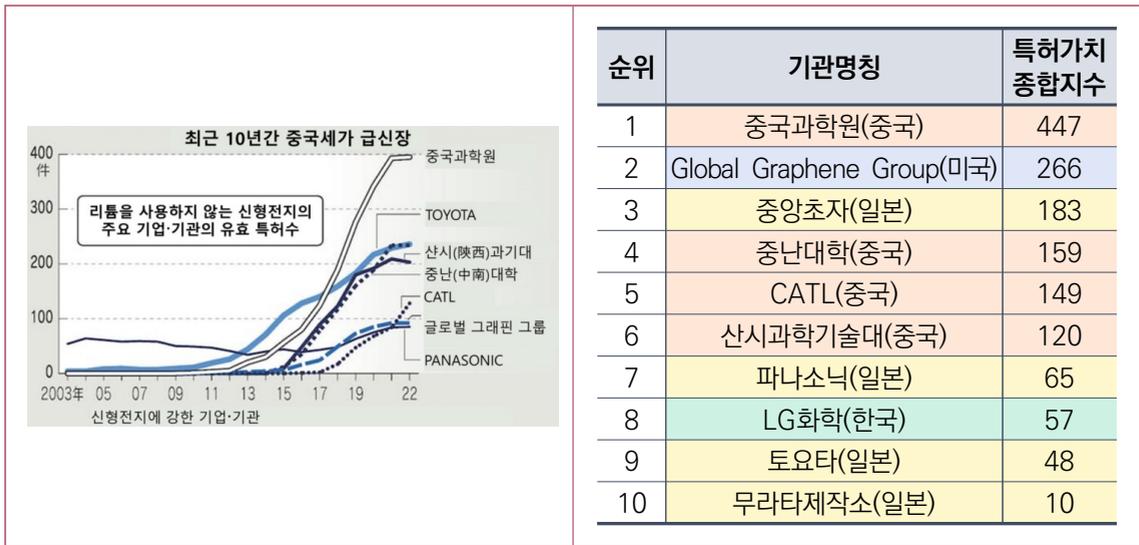
- (차세대 전반) 일본경제신문(Nikkei)이 미쓰이물산전략연구소와 차세대이차전지 특허분석을 실시한 결과 지난 10년간 중국이 가파른 성장세를 보이며 1위를 차지(23.4.4.)
 - 중국(5,486건), 일본(1,192건), 미국(719건), 한국(595건) 순이며 질적 평가에서도 중국(4,930점), 미국(2,630점), 일본(2,260점) 순으로 중국이 양과 질 모두에서 차세대전지 분야를 선도하고 있는 것으로 조사



[그림 12] 차세대이차전지 분야 특허 출원동향 분석

※ 자료출처: Nikkei(2023), 중국산업경제브리프 재인용(2023)

- (전고체전지) 유럽의 특허분석기관 위더스 & 로저스(Withers & Rogers)의 분석에 따르면, 일본 기업이 미국과 유럽에 전고체전지 기술 관련 가장 많은 특허를 출원한 것으로 조사
 - 토요타(841개 특허군), 파나소닉(618개 특허군), 삼성(205개 특허군)의 순으로 일본 기업이 전고체전지 기술 상용화에 주력·선도하고 있다고 볼 수 있음
 - 그러나 프랑스의 분석기관 노우메이드(KnowMade)에 따르면, 2022년 전고체전지 특허 출원은 중국(62%), 일본(12%), 한국(8%) 순으로 중국의 비약적인 성장이 관측
 - 2022년 320개의 신규 출원인이 진입했으며, 그 중 75%가 하나의 특허군만 출원했으며 대부분 중국으로 조사되었으며, 이는 향후 중국이 전고체전지 분야에서도 높은 경쟁력을 갖출 수 있는 잠재력을 가졌음을 시사
 - 중국 이외 한국과 미국의 스타트업과 한국의 이차전지 소재기업이 2022년 전고체전지 특허환경에 새롭게 진입하였으며, 이는 해당 국가에서의 전고체전지에 대한 기술, 시장의 기대가 점차 커지고 있다고 볼 수 있음
- (나트륨이온전지) 중국은 저가형 차세대이차전지인 나트륨이온전지를 포함한 공급망 안보에 기여하는 탈리튬전지 기술 분야에서 다른 국가들을 압도
 - 나트륨이온 전지 특허 평가*에서 상위 10개 중 4개 중국 기관으로 질적으로도 우수
 - 우리나라는 LG화학이 나트륨이온전지 특허 지수에서 8위를 차지



[그림 13] 탈리튬전지 특허 추세(左) 및 기관별 특허가치 비교(右)

※ 자료출처: SNE(2023)

■ (종합역량 분석) 전문가 11인 심층면접, 설문조사를 통해 R&D, 산업 및 종합역량을 평가·분석

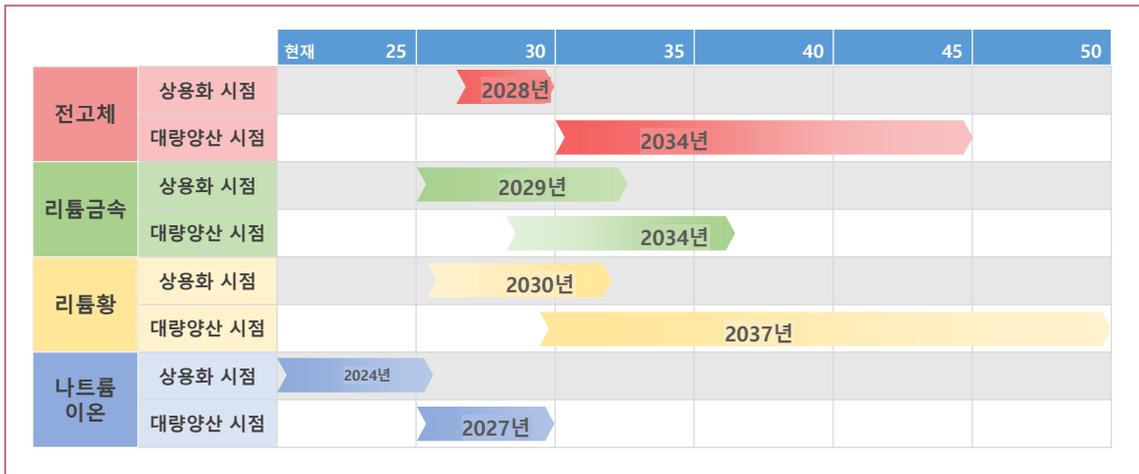
- 우리나라의 차세대이차전지 R&D 역량은 리튬황(95.9), 전고체(90.4), 리튬금속(87.7), 나트륨이온(85.3) 순으로 조사
 - * 최고수준을 100으로 두고 90(1~2년 격차), 80(3~4년 격차), 70(5년 이상 격차) 척도로 평가
 - 리튬황전지는 LG에너지솔루션이 세계 최고 수준의 경쟁력을 가지고 있으며, 전고체전지는 제조 3사가 별도의 생산공정을 구축하고 특허 출원에서 경쟁력이 높다고 평가
 - 리튬금속과 나트륨이온 선도국 대비 상대적으로 뒤쳐져 있지만 R&D 역량의 큰 격차가 없으며 기술 진전에 따라 도약할 수 있는 잠재력을 갖추고 있다고 평가
- 제조·산업 기반 역량에서는 리튬황(98.18) 전고체(91.8), 리튬금속(88.5), 나트륨이온(83) 순으로 R&D 역량과 유사한 결과가 도출
 - 차세대이차전지 생태계 역시 제조 역량이 뛰어난 3사가 주도하고 있으나 나트륨이온전지의 경우 중국 대비 산업계의 구체적인 실행 계획·전략 및 계획이 부재한 상황

[표 12] 차세대전지 기술별 종합역량, 난이도, 파급력 평가 결과

기술	R&D 역량		제조·산업 역량		종합역량		도전과제 난이도**	진척상황†	시장 파급력‡
	선도국	한국수준	선도국	한국수준	선도국	한국수준			
전고체전지	일본	90.4	일본	91.8	일본	91.7	4.3	2.2	4.4
리튬금속전지	미국	87.7	미국	88.5	미국	88.7	4.5	1.8	3.5
리튬황전지	미국	95	미국	98.2	미국	96.7	4.3	1.6	2.8
나트륨이온전지	중국	85.3	중국	83	중국	83	3	3.5	3.9

* 한국수준은 전문가 응답의 평균값을, 선도국은 40% 응답이 넘는 국가를 의미
 ** 도전과제 난이도는 매우낮음(1), 낮음(2), 보통(3), 높음(4), 매우 높음(5)을 의미하며, 2030년 전후 상용화에 도달할 수 있는지를 기준으로 두고 판단한 척도 기준
 † 진척상황은 기초·소재연구(1), 시제품제작(2), 양산검증(3), 양산대기(4), 양산(5)을 의미
 ‡ 시장파급력은 상용화 이후, 기존 이차전지 시장 침투 잠재력 측면에서 매우낮음(1), 낮음(2), 보통(3), 높음(4), 매우 높음(5)을 의미하며 점수가 높을수록 리튬이온전지 시장을 대체할 가능성이 높음을 의미

- 종합역량 역시 리튬황(98.18), 전고체(91.7), 리튬금속(88.7), 나트륨이온(83) 순으로 R&D, 제조·산업 기반과 유사한 결과가 도출
 - (전고체전지) 종합역량이 높고 시장파급력이 높은 중요 기술이나 상용화, 양산을 위한 도전과제 난이도가 높으며 시제품제작 수준에서 주요 소재 개선을 위한 노력이 필요
 - (리튬금속전지) 종합역량이 높은 편이며 차세대전지 전반의 요소기술로 파급력도 크나 렌드라이트 문제 해소를 위한 기초·소재연구의 지속적 개선이 요구
 - (리튬황전지) 종합역량이 다른 차세대전지 대비 높으나 전방수요가 현 시점에서 시장성이 높은 전기차보다는 우주, 항공 무인기 등에 한정되어 있으며, 기술적 난제(폴리설파이드) 해소를 위해 지속적인 연구·개발이 요구되는 상황
 - (나트륨이온전지) 1년 이내 상용화·양산 목표 수립한 중국 대비 종합역량이 뒤쳐져 있는 것으로 평가되나 시장 형성 시 저가시장에서의 파급력이 높다고 볼 수 있으며 기술 및 시장 진척 상황에 따라 전략적으로 집중, 추격이 필요

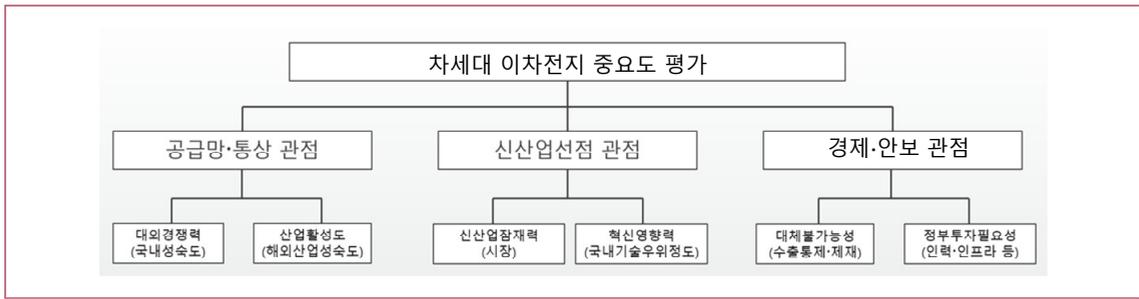


[그림 14] 차세대이차전지 기술별 상용화, 대량양산 시점(전문가 평가 결과)

- * 상용화는 전기차, ESS, 항공기체 등 대상기술에 각 기술을 탑재하여 양산검증을 받은 시점을 대량양산을 상용화 이후 시장에서 상품으로 생산되어 구매되는 시점을 의미
- ** 각 화살표가 차지하고 있는 범위는 전문가가 응답한 시점들이 포함된 영역을 의미하며 화살표 위의 숫자는 평균값을 의미

■ (AHP 분석) 차세대이차전지 AHP 평가 및 기술별 5점 척도 평가 진행

- 공급망, 산업현황 및 기술수준 등 분석과 함께 화합물 전력반도체의 중요도 평가를 위해 계층화분석(AHP: Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용하여 분석
 - 시장·통상(대외경쟁력, 산업활성도), 신산업선점(신산업잠재력, 혁신영향력), 공급망·안보(대체불가능성, 정부투자필요성) 관점(1계층)에서의 6개 지표(2계층)에 대한 중요도 비교
 - * 전고체전지, 리튬금속전지, 리튬황전지, 나트륨이온전지 등 4개의 기준으로 구분하여 중요도 평가를 각각 실시
 - 실무경력 10년 내외의 차세대이차전지 관련 전문가 11명(산(7), 학(1), 연(3))을 대상으로, 차세대이차전지의 중요도 평가 지표 6개에 대한 주관적인 중요도를 조사
 - 차세대이차전지 기술 각각에 대해 원료·재료, 주요소재, 제조기반 및 재사용·재활용 등 4개 기술에 대해 5점 척도 조사를 시행하고, 6개 지표의 상대적 중요도를 종합적으로 고려한 기술 우선순위를 선정



[그림 15] 차세대이차전지 중요도 평가 AHP 계층

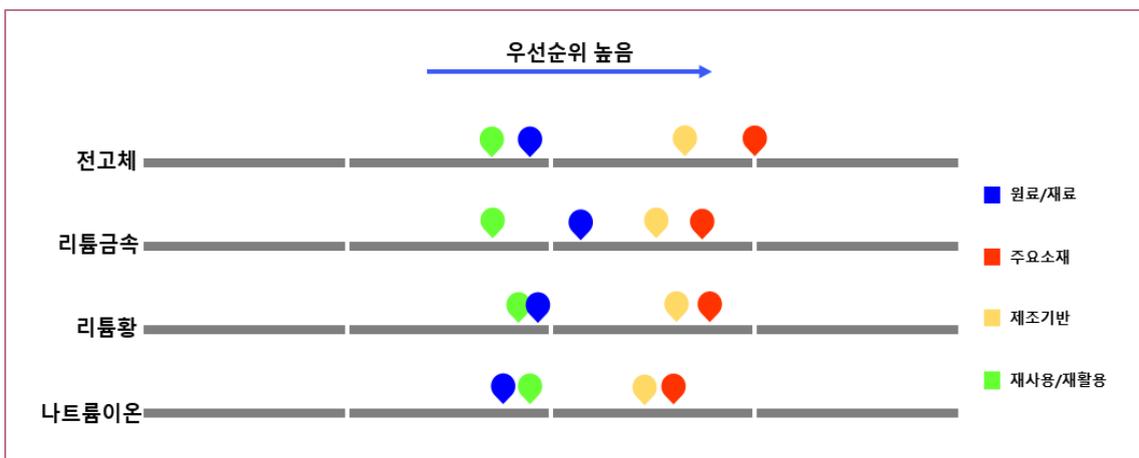
- 1계층인 시장·통상, 신산업 선점 및 공급망·안보 관점에서의 중요도는 3개 항목이 비슷하게 중요하며, 2계층의 중요도는 차세대이차전지 4개 기술별 상이하게 전문가가 판단
 - 1계층의 경우, 모든 기술에 대해 신산업 선점, 시장·통상, 공급망·안보 순으로 중요도를 판단했으며 차세대전지가 상용화 이전 단계라는 상황이 반영된 것이라 볼 수 있음
 - 2계층의 경우, 기술별 특징점에 따라 중요도가 다양하게 도출되는데, 전고체전지와 리튬금속 전지는 혁신영향력(국내기술우위정도)이, 리튬황은 신산업잠재력(시장)을 나트륨이온전지는 산업활성도(해외산업성속도)가 가장 중요하다고 판단
 - 이는 기술별 진척상황이 다른 특성에 기인한 것으로 보이는데, 가령 전고체전지의 경우 상용화에 있어 경쟁국가(일본) 대비 기술경쟁력이 중요하고 나트륨이온전지의 경우 중국 주도의 기술·시장 진전 상황이 중요하다고 볼 수 있음

[표 13] 차세대이차전지 지표별 AHP 평가 결과

	전고체	리튬금속	리튬황	나트륨이온
대외경쟁력(국내성속도)	0.187	0.171	0.162	0.169
산업활성도(해외산업성속도)	0.122	0.129	0.117	0.222
시장·통상	0.309	0.300	0.279	0.391
신산업잠재력(시장)	0.193	0.231	0.277	0.175
혁신영향력(국내기술우위정도)	0.252	0.242	0.218	0.166
신산업선점	0.445	0.473	0.495	0.341
대체불가능성(수출통제·제재)	0.091	0.081	0.074	0.093
정부투자필요성(인력·인프라)	0.155	0.146	0.156	0.178
공급망·안보	0.245	0.227	0.230	0.270



[그림 16] 차세대이차전지 기술별 6개 지표 그래프

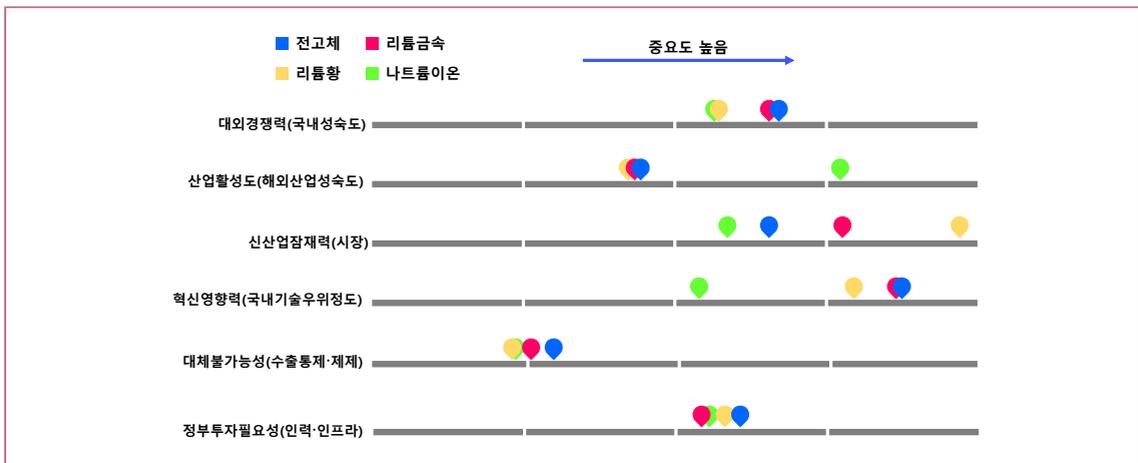


[그림 17] 차세대이차전지 공급망 기술별 우선순위

- 표 13, 그림 16의 지표별 가중치 결과를 고려한 공급망 구성 기술의 우선순위는 나트륨이온 전지를 제외하고 주요소재, 제조기반, 원료·재료, 재사용·재활용 순서이며 나트륨이온전지의 경우, 재사용·재활용이 원료·재료보다 우선순위가 높음(그림 17)

* 각 기술별 5점 척도 결과와 지표별 AHP 값을 서로 곱하여 4분면 그래프에 투영

- 차세대이차전지 기술의 상용화, 양산화를 위해서는 주요 소재에 대한 기술개발이 중요하며, 시장 발화 이후에도 지속적인 개선을 통한 성능 개선이 필요하다고 볼 수 있음
- 나트륨이온전지의 경우, 원재료가 리튬 대비 풍부하고 낮은 가격의 조달이 가능하나 재사용·재활용 측면에서 가치가 낮아 높아질 환경기준에 부합하는 기술 확보 노력이 중요하다고 평가

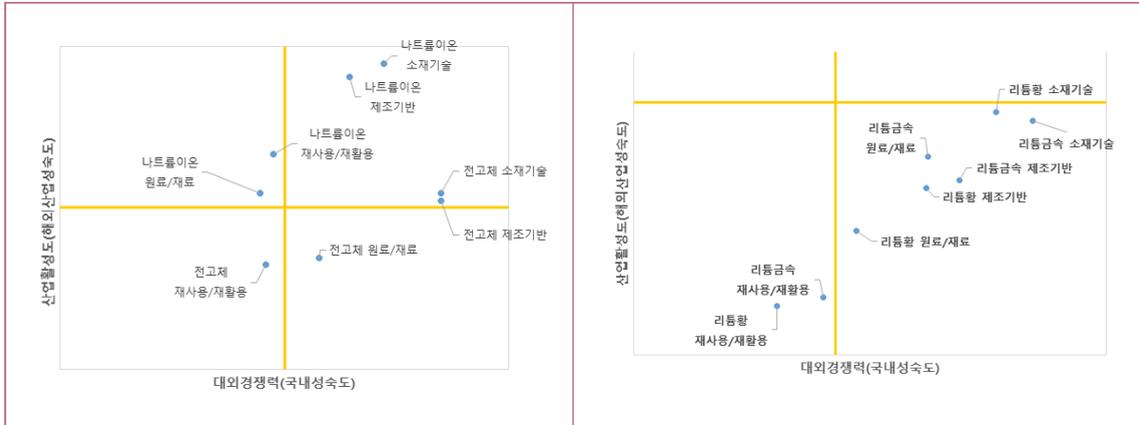


[그림 18] 차세대이차전지 6개 지표 그래프

- 차세대이차전지의 6개 기술에 대한 지표별 중요도는 기술별 특성, 진척 상황, 경쟁력, 시장파급력 수준에 따라 상이하게 나타남(그림 18)

- (대외경쟁력) 전고체, 리튬금속, 리튬황, 나트륨이온 순으로 중요도가 나타나며, 국내 기술 수준과 상용화 시점이 앞선 기술이 대체로 중요도가 높음
- (산업활성도) 나트륨이온의 경우, 국내 기술·산업의 활성화 정도가 낮아 선도국가(중국)의 진척 상황이 시장발화 및 산업 관점에서 중요하며, 나머지 3개 기술을 보통수준으로 평가
- (신산업잠재력) 리튬황, 리튬금속, 전고체, 나트륨이온 순으로 상용화 시점이 늦을수록 순위가 높은 결과가 도출
- (혁신영향력) 국내 여건이 미흡한 나트륨을 제외 나머지 3개 기술은 모두 중요도가 높음

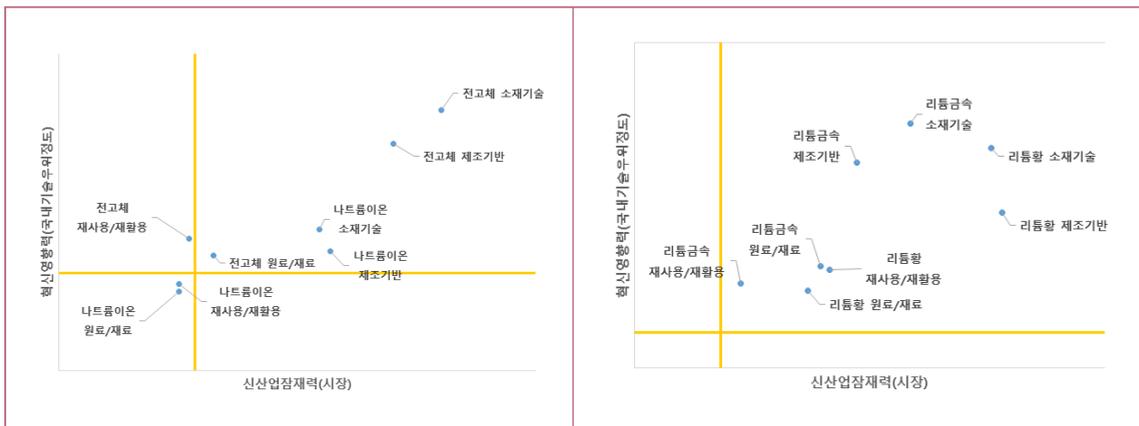
- (대체불가능성) 4개 기술 모두 아직 상용화·양산화 이전 단계로 중요도가 낮음
- (정부투자필요성) 4개 기술 모두 중요도가 보통보다 약간 높은 수준으로 나타남



* 시장발화 예상 시점 기준으로 나트륨이온/전고체전지(2027년 내외), 리튬금속/리튬황전지(2030년 내외)를 구분해서 사분면에 표기

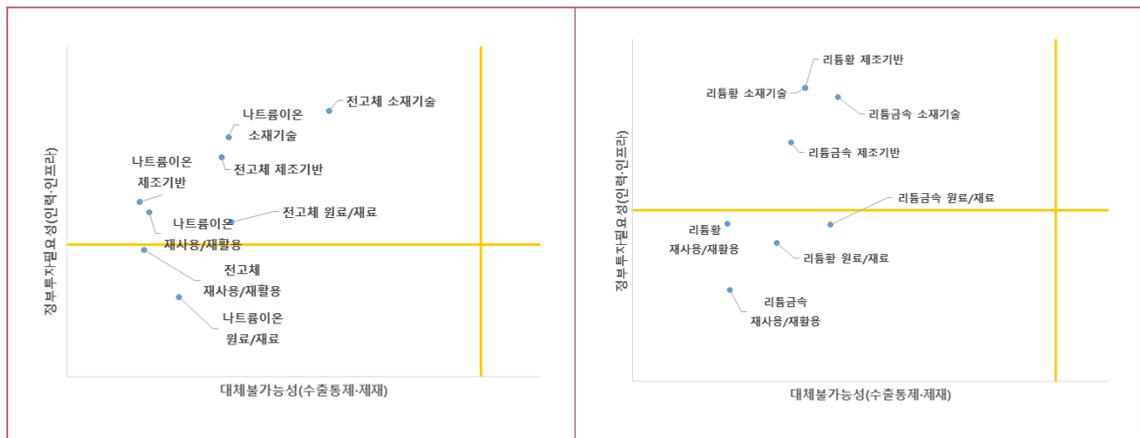
[그림 19] 시장·통상 관점 사분면 그래프

- 시장·통상 관점에서 종합적으로 우선순위가 높은 기술은 나트륨이온 제조기반 및 소재 기술로 확인되었으며 이는 중국의 기술·시장 진척이 빠르게 이루어진 상황을 반영(그림 19)
- 반면, 나머지 3개 기술(전고체, 리튬금속, 리튬황)의 재사용·재활용 기술은 현시점에서 우선순위가 높지 않으며 이는 현시점에서 상용화를 위한 도전과제 해결이 급선무이기 때문
- 리튬황, 리튬금속, 전고체전지의 소재기술은 산업활성도 측면에서 우선순위가 높으며, 상용화를 위해서는 주요소재의 개선·개발이 필수적이기 때문으로 해석



[그림 20] 신산업 관점 사분면 그래프

- 신산업 관점에서는 전고체전지의 경우 소재, 제조기반 기술과 리튬금속전지, 리튬황전지의 소재 기술의 우선순위가 높음(그림 20)
- 고성능 기술인 전고체, 리튬금속, 리튬황전지 기술의 상용화, 양산화를 달성하기 위해서는 소재의 개선과 함께 제조 관점에서의 설비 및 인프라 역량이 중요
- 나트륨이온전지의 경우, 중국이 주도하고 있으며 제조공정이 기존 리튬이온전지와 유사한 특성이 고려되어 다른 기술대비 신산업 관점의 중요도에서 높지 않음



[그림 21] 공급망·안보 사분면 그래프

- 공급망·안보 관점에서는 모든 기술이 우선순위가 높지 않은 것으로 조사되었는데, 이는 현재 차세대이차전지 기술의 시장 경쟁구도 상황이 아직 불명확하기 때문으로 해석 가능
- 시장 발화, 경쟁구도 상황에 따라 공급망·안보의 우선순위는 변동가능성이 높음

■ 공급망, 종합역량에 대한 분석과 AHP 분석결과를 기반으로 각 기술별 추진 전략을 도출

- (전고체전지) 종합역량이 최고수준인 일본 대비 격차가 크지 않은 수준(91.7)이며, 2030년 전후 상용화가 가시적인 기술분야로 소재분야 혁신을 위한 정책 추진이 중요
- 국내 주요 제조기업 모두가 전략적으로 집중하고 있는 기술 분야로 상용화를 위한 시험설비 구축 단계에 이른 것으로 평가되나 주요 시장인 전기차 용도 활용을 위한 기술적 완성도 제고를 위해서는 다소 시간이 소요될 전망
- 전고체전지의 경쟁력 확보를 위해서는 소재, 제조 기반 기술의 확보가 필수적이며 이를 위해서는 이차전지 주요 대기업부터 중견·중소·연구 등 생태계 전반의 활성화가 필요

- (리튬금속전지) 소재의 특성에 따른 도전과제(텐드라이트) 해소를 위한 난도가 높은 기술이나 기존 리튬이온 및 차세대이차전지 전반에 활용될 수 있는 범용성이 큰 플랫폼 기술
 - 국내 종합역량은 최고 수준과 크게 벌어지지 않았으며(88.7), 주요소재 기술력 확보가 높은 우선순위를 지니고 있음
 - 리튬금속을 음극에 적용하기 때문에, 원재료 측면에서 ‘리튬’의 확보가 지속적으로 중요
 - 글로벌 경쟁구도가 명확하게 형성되지 않았기 때문에 혁신영향력 관점에서 국내 기술력 확보가 중요하며, 대학·출연연 연구활성화 및 스타트업 육성 등의 산업 초기 단계의 정책 지속 추진이 필요
- (리튬황전지) 도전과제 난도가 높으며, 진척 상황이 상대적으로 미진한 기술이나 종합역량에서 세계 최고 수준으로 기술우위 기반의 산업 주도 관점의 정책 추진이 필요
 - 신산업잠재력 측면에서 중요도가 가장 높은 기술로 글로벌 기술·시장 선도 관점에서 혁신적 소재 및 제조 기반 기술력 강화가 필수적
 - 리튬금속전지와 마찬가지로 기초·기반 및 실증 단계에서의 혁신적 연구 활성화가 필수적이며 중장기적 관점의 생태계 조성·강화가 필요
- (나트륨이온전지) 비희귀·저가금속인 나트륨을 주요 소재로 활용하는 탈리튬기술로 도전과제 난도가 낮고, 상용화 시점이 앞선 기술이나 국내 산업·제조 측면에서 진척이 미진하여 기술·시장 진척 상황에 따른 전략적 집중과 빠른 추격을 위한 정책 지원이 필요
 - 종합역량 측면에서 상대적으로 뒤떨어진 수준(83)이나 기술 난도가 높지 않아 중국의 진척상황에 따라 빠른 추격이 필요한 기술 분야
 - 기존 이차전지 공정 기반을 활용할 수 있다는 점에서 국내의 높은 제조 역량을 활용한다면 기술·산업적 경쟁력 확보가 가능하나 ‘저가화’ 측면에서 중국과 질적 측면에서의 차별화가 필요

IV

정책 제언

■ (공급망) 차세대차전기 기술 분야에서도 ‘핵심 광물’ 확보는 필수적이며 △안정적 확보 △특정국 의존도 완화 △재자원화 등의 정책을 지속적으로 강화 추진 필요

- 차세대차전지는 크게 ①고성능 기반(전고체, 리튬금속, 리튬황)과 ②가격 저가화(나트륨이온)으로 구분할 수 있으며, 탈리튬이온전기 유형인 나트륨이온 전지를 제외하면 ‘리튬’의 중요도는 유효하다고 볼 수 있음
- 정부는 『핵심광물 확보전략(’23.2)』을 발표하여 안정적 핵심광물 확보와 의존도 완화를 위한 정책을 마련하였으며 △위기대응능력 강화 △핵심광물 확보 다각화 △체계적인 핵심광물 인프라 구축 등 정책 기반을 형성
 - 장기적 관점에서 광물 확보전략을 지속 강화할 필요가 있으며, 국가 주도형 자원개발을 통해 실효성 높은 정책 실행과 성과 도출 필요
 - 공급망 안보, 경쟁력 확보 차원에서 이차전기 재사용·재활용 기술력 확보와 도시광산 관점에서의 국내 생태계 조성이 필수적이며 관련 정책 지속 강화 필요

■ (정부) 장기적, 지속적 관점에서의 차세대차전기 기술·산업 육성 정책 추진

- 차세대차전기 상용화 시점은 기술별 차이가 존재하나 대체로 2030년 전후해서 발화될 전망이다며 기존 기술 대체 관점보다는 틈새시장 진입 관점에서 개시 예상
 - 전고체전지는 프리미엄 자동차, 리튬금속·리튬황전지는 드론, 항공기체 등 제한된 시장에서 시장발화가 예상되며, 시장 초기형성 후 지속적인 기술 개선과 저가화가 주류 시장으로의 확장을 위해서는 필수적
 - 일본이 리튬이온이차전기 기술을 최초로 실용화했음에도 시장을 한국, 중국에게 빼앗긴 전례를 교훈 삼아 첨단기술의 상용화 이후 기술경쟁력 기반의 산업경쟁력 강화가 차세대차전기 정책 추진에서 가장 중요한 요소 중 하나
 - 대기업·중견·중소기업 등 이차전기 전반의 생태계 활성화가 필수적이며 시장발화 이후 지속적 기술 개선에서의 경쟁 우위를 위한 장기적 관점의 육성·지원 정책이 필요

- 『국가전략기술 전략로드맵』에서는 장기적 관점으로 핵심소재·원천기술에 대한 산·학·연 협동 연구를 지원하고, 산업계와 함께 상용화를 위한 초기 실증 지원에 집중
 - (단기) 차세대 이차전지 시장 선점이 가능한 핵심 소재 및 원천 기술 관련 산·학·연 협동연구 지원 및 소재 기술 개발 추진
 - (중장기) 개발된 소재를 이용해 산업계와 함께 전지 상용화 가능성 검증 및 협동연구를 통한 상업화 기술 개발 지원
- 차세대이차전지 기술 관련 시장 발화 이후 『국가전략기술 전략로드맵』 기반한 세부 정책 추진·실행이 필요하며 기술별 도전과제를 기술·시장상황에 맞춰 재정의하여 관련 기술 산업 생태계 육성 관점의 정책 마련이 필요
 - 차세대이차전지 기술별 국·내외 진척상황, 국내 경쟁력 수준에 따라 차별적인 도전과제 재설정이 필요하며 장기·지속적인 정책 추진·실행으로 실제적 경쟁력 강화가 필요
 - 차세대이차전지 미래 선점 및 기술력 강화를 위한 도전적 목표 기반의 R&D 프로젝트 강화가 필요하며 민관이 함께 참여하여 실효성을 높이는 전략 수립 필요
 - 차세대이차전지 기술의 조기 상용화라는 목표 설정과 달성이 중요하나 그 이후의 지속적 개선이 본격적 경쟁의 개시 시점이 될 가능성이 높으며, 중장기적 관점의 정책 추진이 필수적
 - 차세대이차전지 4개 기술 이외 다가이온, 리튬공기, 레독스 플로우 전지 등 차차세대 이차전지 기술에 대한 기초원천기술 확보 지속 강화를 위한 지원 필요

■ (산업) 도전적 과제 해결을 위한 혁신생태계 활성화를 위한 연구·기술 기반 스타트업 활성화

- 차세대이차전지 상용화, 상업화를 위해서는 제조 기술뿐만 아니라 기초·소재에 대한 혁신적 기술 확보가 필수적이며 이를 위해서는 차세대이차전지 중심으로 다양한 기술을 시도하고 기술적 진보를 이끄는 연구·기술 기반 스타트업 활성화가 필수적
- 차세대이차전지 기술 전반에서 추월이 어려운 기술 장벽을 지닌 스타트업은 아직 등장하지 않은 상황이며, ‘하이 리스트-하이 리턴’ 관점에서 도전적 연구를 주도하며 기술 혁신을 지속하는 국내 기반 형성이 필요
 - 제조기반이 미흡한 미국과 유럽이 차세대이차전지 스타트업 육성으로 핵심 IP 기반의 경쟁력 강화를 추진하고 있다는 측면에서, 국내 제조기반과 연계한 스타트업 육성의 전략적 필요성이 높음

- 국내 제조기업이 차세대전지 기술력 확보를 위해 해외 스타트업에 투자하는 흐름을 국내 산업 생태계 안으로 내재화하는 전략이 필요하며 산업계와 연계한 국가 R&D사업·과제 지속적 추진과 세제혜택 및 제도 정비를 통한 스타트업 활성화 정책 마련 필요

■ (인재) 차세대이차전지 소재·제조기술 전반에 걸친 고급인력 양성 사업 추진

- 현재, 대부분의 산업인력은 리튬이온전지 개발 및 사업화에 투입되고 있으며 차세대이차전지 기술 분야의 기초·소재 분야의 고급인력은 대학교·출연연에 집중
- 산업 조성 관점에서 대학교·출연연의 연구를 기업과 연계하고 실험실 창업을 유인하여 차세대이차전지 상용화 및 도전과제 해소를 위한 실용적 연구 지원 확대 필요
 - 급변하는 산업계 여건과 기술별 진척 상황에 맞춰 필요 기술별 고급인력 수요를 지속적으로 모니터링하고 차세대이차전지에서 우선순위가 높은 소재, 제조 기술에 대한 인력양성 노력 추진 필요
- 『국가전략기술 전략로드맵』에서는 ‘산업맞춤형 양성 및 데이터 기반 인력분석 강화’를 인재 양성의 기본 방향으로 설정하였으며 △산업 맞춤형 핵심인재·현장인력 교육 프로그램 구축 △데이터 기반 글로벌 인력현황 분석 및 국제 교류 강화를 추진 전략으로 수립
 - 현재 이차전지 산업을 주도하는 리튬이온전지 관련 인력뿐만 아니라 차세대이차전지에 차별적으로 필요한 기술별 인력 수요에 부합하는 구체적 인재 양성 전략 마련 필요
 - 인재 확보 측면에서 경쟁국인 중국과 양적 경쟁이 어려우며, 기술별 진척 상황, 산업 여건 등 종합적 역량에 기반한 선택과 집중의 인재 양성 전략 추진이 필요
- 주요 기업별 개별 경쟁을 넘어, 범국가적 협력 생태계 구축을 통한 R&D 인력 확보 마련 필요
 - '22년 기준 중국 1위 회사 CATL의 R&D 인력은 18,000명을 초과하는 수준이나 국내 1위 회사 LG에너지솔루션의 R&D인력은 4,000명 수준으로 개별 경쟁을 통한 기술 우위 확보가 어려운 상황
 - 차세대이차전지 인적자원 경쟁력 강화를 위해서는 범국가적 관점에서의 전략적 제휴, 협력이 필수적이며 정부는 이를 위한 협력 플랫폼 구축 노력이 필요

참고 문헌

- 과학기술정보통신부, 「국가전략기술 임무중심 전략로드맵(I) - 기술패권 경쟁분야」, 2023.8.28.
- 산업통상자원부·KIAT (2022), 「이차전지 기술동향 및 공급망과 미국의 관련 정책」, GT Insight 2022-GT-DC-009, 2022
- SNE (2023), 「탈리튬 전지 시대 도래 1·2부」, 2023
- KISTEP (2020), 「이차전지」, KISTEP 기술동향브리프 2020-03, 2020
- KISTEP (2022), 「전고체배터리」, KISTEP 브리프 50, 2022.12.
- KISTEP (2022), 「고성능 차세대 이차전지 상용화 기술개발 사업」, 2021년도 예비타당성조사 보고서, 2022.6.
- KISTEP (2022), 「전기차 사용후 배터리 산업 생태계 활성화 방안」, KISTEP 이슈페이퍼 통권 제335호, 2022.12.
- KEMRI (2022), 「글로벌 리튬이온 배터리 시장 현황」, 2021.1.20.
- KIAT (2021), 「차세대 이차전지 산업경쟁력 확보를 위한 정책시사점」, KIAT 에자일 2021년 제12호, 2021.12.23.
- KIAT (2021), 「유럽의 2030년+ 배터리 로드맵」, KIAT ISSUE PAPER GT2021EU02, 2021.4
- 산업은행 (2019), 「리튬 이차전지 시장 및 기술동향 분석과 대응 방향」, 산은조사일보 제762호, 2019.5.
- 산업은행 (2021), 「전기차용 이차전지의 시장 트렌드 및 기술 개발 동향」, 산은조사일보 제790호, 2021.9.
- 산업은행 (2023), 「전기차용 이차전지 초격차 기술개발 동향」, 산은조사일보 제807호, 2023.2.
- KOTRA (2021), 「리튬이온전지 시장 현황과 활용방안 진출 전략」, Global Market Report 21-045, 2021.12.
- 삼정KPMG (2023), 「배터리 생태계 경쟁 역학 구도로 보는 미래 배터리 산업」, Samjong Insight Vol.84, 2023
- CHERIC (2017), 「초고용량 차세대 이차전지 연구 동향」, 2017
- 특허청·KISTA (2019), 「특허 빅데이터를 활용한 산업혁신전략 차세대전지 산업」, 2019.12
- 에너지기술연구원 (2017), 「차세대 이차전지 핵심원천 기술」, KIER-B72418, 2017.12.31.

- KIEP (2023), 「중국 LFP 배터리 공급망 분석 및 시사점」, KIEP 세계경제 포커스 Vol.6 No.9, 2023.4.27
- KB금융지주 경영연구소 (2023), 「차세대 배터리 동향 및 전망」, 2023.8.
- 중소벤처기업부·TIPA (2021), 「중소기업 전략기술로드맵 2021-2023 이차전지」, 2021
- KEIT (2022), 「고성능 리튬이차전지 실리콘계 음극소재 기술」, PD ISSUE REPORT VOL 22-3, 2022.3.
- KIET (2022), 「중국 이차전지 기술개발 동향 및 전망」, 중국산업경제 브리프 5-6월 통권 95호, 2022.6.30.
- KIET (2022), 「중국 이차전지산업의 공급망 강화 전략과 시사점」, 중국산업경제 브리프 5-6월 통권 95호, 2022.6.30.
- KIET (2023), 「미·중 경쟁 속 중국의 차세대 배터리 기술개발 동향과 시사점」, 산업경제 브리프 2023년 2월호, 2023.2.28.
- KOTRA (2022), 「일본 친환경 전동차 산업의 경쟁력 분석과 전략 변화」, Global Market Report 22-025, 2022.8.
- 산업통상자원부·한국무역협회·KOTRA (2023), 「공급망 뉴스 더하기」, 글로벌 공급망 인사이트 제52호, 2023.4.6.
- 신영증권 (2022), 「이차전지 산업」, Industry Report, 2022.5.30.
- 하나증권 (2023), 「2차전지 Overweight」, Equity Research, 2023.6.2.
- 키움증권 (2021), 「차세대 배터리」, 산업분석, 2019.4.22.
- 하이투자증권 (2022), 「이차전지 산업 현황 및 전망」, 2022.11.
- 삼성증권 (2022), 「지정학 패러다임 변화와 산업 - 지경학과 배터리 밸류체인」, 2022.9.6.
- TIPA (2022), 「고에너지 밀도를 갖는 전고체 전지 (중소기업기술로드맵 이차전지, 2022~2024)」, 2022.01.31.
- 전성훈 외 4인 (2023), 「고성능 이차전지 양극 소재의 연구 동향 및 전망」, KIC News, Volume 26, No. 1, 2023.
- BATTERY 2030+ (2022), 「INVENTING THE SUSTAINABLE BATTERIES OF THE FUTURE」, 2022.2.
- IEA (2022), 「Global EV Outlook 2022」, 2022.5.

- IEA (2023), 「Global EV Outlook 2023」, 2023.4.
- IEA (2022), 「Global Supply Chains of EV Batteries」, 2022.7.
- Deloitte (2022), 「China Lithium Industry Deloitte POV 2.0: “Battery of the Time」, 2022.4.
- UK Research and Innovation (2023), 「Faraday Battery Challenge Projects」, 2023.6.
- 최윤희 외 1인 (2023), 「리튬 이차전지 기술 동향」, 전자통신동향분석 제38권 제5호, 2023.10.
- 고원석 외 4인 (2022), 「나트륨 이온전지 양극활물질 연구 개발 동향」, CERAMIST 2022, 25(1): 76-89, 2022.3.31.
- Wang, R., et al. (2020), 「Lithium metal anodes: Present and future」, Journal of Energy Chemistry 48: 145-159.
- James T. Frith, et al. (2023), 「A non-academic perspective on the future of lithium-based batteries」, Nature Communications volume 14, Article number: 420 , 2023.1.26.
- Fraunhofer. (2022), 「Development perspectives for lithium-ion battery cell format」, 2022.11.
- Jonathan Lyons. et al. (2023), 「THE FUTURE IS ELECTRIC: ROLE OF VISEGRAD COUNTRIES IN THE EV BATTERY SUPPLY CHAIN」, 2023. 3.
- <https://www.mckinsey.com/featured-insights/sustainable-inclusive-growth/chart-of-the-day/the-highest-form-of-battery>, The highest form of battery (2023.11.13. 확인)
- <https://www.hansbiz.co.kr/news/articleView.html?idxno=657332>, [삼성SDI와 함께하는 ‘배터리 이야기’]⑥ 2차전지 발전史, 납축전지에서 리튬이온 배터리까지 (2023.11.13. 확인)
- <https://www.ft.com/content/6224f235-568c-4e2f-8247-e7dacf0ef20c>, Toyota nears mass production of solid-state batteries (2023.11.13. 확인)
- <https://www.ft.com/content/dcfaeb86-0de1-4d94-a98d-e02dfde95c81>, Battery material groups expect use of solid-state technology to accelerate before 2030 (2023.11.13. 확인)
- <https://www.ft.com/content/67abc929-db1a-43c3-b03a-259a4316fd76>, Rival battery technologies race to dominate electric car market (2023.11.13. 확인)
- <https://www.ft.com/content/34c6c191-a803-495a-938d-e1328d53d77c>, The search for winners in the new battery era (2023.11.13. 확인)

- <https://post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=31295431&memberNo=547531>, 기원전부터 시작된 배터리, 그리고 미래를 바라보는 2차전지 (2023.11.13. 확인)
- <https://www.yna.co.kr/view/AKR20230123029700003>, “배터리 종주국 회복나선 일본, K배터리도 전략 수정·보완해야”, (2023.11.13. 확인)
- <https://www.autoelectronics.co.kr/article/articleView.asp?idx=4649>, 리튬메탈과 차세대 배터리 기술 패널 토론 (2023.11.13. 확인)
- <https://zrr.kr/ofdm>, 크기 줄이고 용량 늘린 ‘초고밀도’ 차세대 전지 ‘리튬금속’ 전지의 현재와 미래 (2023.11.13. 확인)
- https://www.ibs.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR_000000000735/selectBoardArticle.do?nttId=15477, 수명 길고 저렴한 이온 전지용 음극 소재 개발 (2023.11.13. 확인)
- https://www.sneresearch.com/en/insight/release_view/86/page/36?s_cat=%7C&s_keyword=, LIB 4 Major Materials Market Outlook: Expected to Grow from US\$ 54 billion in 2022 to US\$ 147.6 billion in 2030 (2023.11.13. 확인)
- <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/research/lithium-ion-battery-capacity-to-grow-steadily-to-2030>, Lithium-ion battery capacity to grow steadily to 2030 (2023.11.13. 확인)
- <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/battery-demand-by-region-2016-2022>, LBattery demand by region, 2016-2022 (2023.11.13. 확인)
- https://www.sneresearch.com/kr/insight/release_view/80/page/48?s_cat=%7C&s_keyword=, 리튬이차전지 4대소재 시장 2022년 70조원에서 2030년 200조원 육박 예상 (2023.11.13. 확인)
- <https://www.transportenergystrategies.com/2022/03/02/mapped-ev-battery-manufacturing-capacity-by-region/>, Mapped: EV Battery Manufacturing Capacity, by Region (2023.11.13. 확인)
- https://csf.kiep.go.kr/newsView.es?article_id=50963&mid=a20100000000, 中 나트륨 배터리 평가 결과 공개 (2023.11.13. 확인)
- <https://now.k2base.re.kr/portal/trend/mainTrend/view.do?poliTrndId=TRND000000000050666&menuNo=200004&pageUnit=10&pageIndex=2>, 중국, 차세대 배터리 개발 경쟁 미국·일본 제치고 선두 질주 (2023.11.13. 확인)
- <https://about.bnef.com/blog/chinas-battery-supply-chain-tops-bnef-ranking-for-third-consecutive-time-with-canada-a-close-second/> (2023.11.13. 확인)

필자 소개

□ 김선교

- 한국과학기술기획평가원 전략기술정책단 부연구위원
- 043-750-2491 / sunkyo@kistep.re.kr

※ 본 기술주권브리프는 필자의 개인적인 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

[KISTEP 브리프 발간 현황]

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
57 (23.01.06.)	MZ세대를 위한 미래 기술	지수영·안지현 (KISTEP)	미래예측
- (23.01.20.)	KISTEP Think 2023, 10대 과학기술혁신정책 아젠다	강현규·최대승 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제341호)
58 (23.02.02.)	세계경제포럼(WEF) Global Risks 2023 주요내용 및 시사점	김다은·김유신 (KISTEP)	혁신정책
59 (23.02.07.)	미국의 「오픈사이언스의 해」 선포와 정책적 시사점	이민정 (KISTEP)	혁신정책
- (23.02.21.)	‘데이터 보안’ 시대의 10대 미래유망기술	박창현·임현 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제342호)
60 (23.03.06.)	연구자산 보호 관련 주요국 정책 동향 및 시사점	유지은·김보경 (KISTEP)	혁신정책
61 (23.03.20.)	美 「과학적 진실성 정책 및 실행을 위한 프레임워크」의 주요 내용 및 시사점	정동덕 (KISTEP)	혁신정책
- (23.03.29.)	우리나라 바이오헬스 산업의 주력산업화를 위한 정부 역할 및 지원방안	홍미영·김주원 안지현·김종란 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제343호)
62 (23.03.30.)	2021년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
63 (23.03.30.)	2021년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석	강유진·김종란 (KISTEP)	통계분석
- (23.04.03.)	국방연구개발 예산 체계 진단과 제언	임승혁·안광수 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제344호)
64 (23.04.06.)	2023년 중국 양화의 주요 내용 및 과학기술외교 시사점	강진원·장지원 (KISTEP)	혁신정책
65 (23.04.10.)	2023 인공지능 반도체	채명식·이호윤 (KISTEP)	기술동향
66 (23.04.13.)	생성형 AI 관련 주요 이슈 및 정책적 시사점	고윤미·심정민 (KISTEP)	혁신정책

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
- (23.04.17.)	STI 인텔리전스 기능 강화 방안 -12대 과학기술혁신 정책 이슈를 중심으로-	변순천 외 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제345호)
67 (23.04.17.)	「OECD Science, Technology, Innovation Outlook 2023」의 주요 내용 및 시사점	홍세호·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.04.19.)	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언	박노언·기지훈·김현오 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제346호)
68 (23.05.02.)	전기차 배터리 핵심공물	이승필·여준석·조유진 (KISTEP)	기술동향
- (23.05.03.)	기업 혁신활동 제고를 위한 R&D 조세 지원 정책 연구 : 국가전략기술 연구개발 기업을 중심으로	구본진 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제347호)
69 (23.05.04.)	하위·조작정보 대응을 위한 OECD 원칙 및 과학기술 시사점	배용국·정미나 (KISTEP)	혁신정책
70 (23.06.08.)	OECD MSTI 2023-March의 주요 결과	정유진 (KISTEP)	통계분석
71 (23.06.09.)	2022년 지역 과학기술혁신 역량평가	한혁·안지혜 (KISTEP)	통계분석
72 (23.06.23.)	일본 『사이언스 맵 2020』의 주요내용 및 정책적 시사점	이미화·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.06.27.)	국가연구개발 성과정보 관리체계 개선 제언	김행미 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제348호)
- (23.06.28.)	신입과학기술인 직무역량에 대한 직장상사-신입간 인식 비교 분석	박수빈 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제349호)
73 (23.06.30.)	2021년도 국가연구개발사업 내 여성과학기술인력 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
74 (23.07.03.)	2022년 국가 과학기술혁신역량 분석	김선경·한혁 (KISTEP)	통계분석
- (23.07.05.)	기술패권경쟁시대 한국 과학기술외교 대응 방향	강진원·김진하 (KISTEP). 이정태(KIST)	이슈페이퍼 (제350호)
- (23.07.06.)	학문분야별 기초연구 지원체계에 대한 중장기 정책제언 (국내외 지원현황의 심층분석을 기반으로)	안지현·윤성용·함선영 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제351호)

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
75 (23.07.14.)	美 2023 국방과학기술전략서(NDSTS)의 주요 내용 및 시사점	유나리·최충현·임승혁· 한민규(KISTEP)	혁신정책
76 (23.07.27.)	2023년 IMD 세계경쟁력 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
77 (23.07.27.)	2021년 미국 박사학위 취득자 현황 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
78 (23.07.26.)	제 5차 과학기술기본계획과 과학기술분야 중장기계획 간 연계현황 및 시사점	홍정석·심정민 (KISTEP)	혁신정책
79 (23.08.01.)	일본 『통합혁신전략 2023』의 주요 내용 및 시사점	양은진·심정민 (KISTEP)	혁신정책
80 (23.08.21.)	일본 『2023 우주기본계획』의 주요 내용 및 시사점	최충현·문태석·이재민· 강현규(KISTEP)	혁신정책
81 (23.08.29.)	미국의 R&D와 혁신 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
82 (23.08.30.)	2023년 유럽혁신지수 분석과 시사점	한용용 (KISTEP)	통계분석
83 (23.09.01.)	희토류 화수 및 재활용 기술	박정원·문윤실·이현경 (KISTEP)	기술동향
84 (23.09.20.)	화합물 전력반도체	유형정·김기봉 (KISTEP)	기술주권
85 (23.09.21)	『OECD Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research』의 주요 내용 및 시사점	정하선·심정민 (KISTEP)	혁신정책
86 (23.09.22)	우주쓰레기 제거 기술	문성록·최충현·한민규 (KISTEP)	기술동향
87 (23.10.04)	2023년 The Global AI Index 결과 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
- (23.10.17)	중소기업 경쟁력 강화를 위한 고경력 과학기술인 활용 조사 및 시사점	김인자·김가민·이원홍 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제352호)
88 (23.10.24)	스마트양식	이선명 (KISTEP)	기술동향

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
89 (23.10.25)	지구관측위성	최충현 (KISTEP)	기술동향
90 (23.10.31)	2023년 세계혁신지수(GII) 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
91 (23.11.02)	2022년도 국가연구개발사업 집행 현황	김한울·한혁 (KISTEP)	통계분석
92 (23.11.02)	2022년도 국가연구개발사업 협력 현황	한혁·김한울 (KISTEP)	통계분석
93 (23.11.10)	최근 전쟁 양상 분석을 통한 국방 R&D 시사점 제언	김상준·한민규 (KISTEP)	혁신정책
94 (23.11.16)	국내 과학기술 전공 학생 현황 분석	김가민·박수빈 (KISTEP)	통계분석
- (23.11.20)	대학의 기술사업화 전담 조직 현황진단과 개선 방안	이길우·방형욱(KISTEP) 정영룡(전남대학교) 김성근(부산대학교) 이지훈(서울과학기술대학교) 김태현(과학기술사업화진흥원)	이슈페이퍼 (제353호)
95 (23.11.21)	일본 지역 과학기술혁신정책의 발전 및 시사점 - 『과학기술혁신백서 2023』을 중심으로 -	김다희·심정민 (KISTEP)	혁신정책
96 (23.11.22)	차세대 이차전지	김선교 (KISTEP)	기술주권