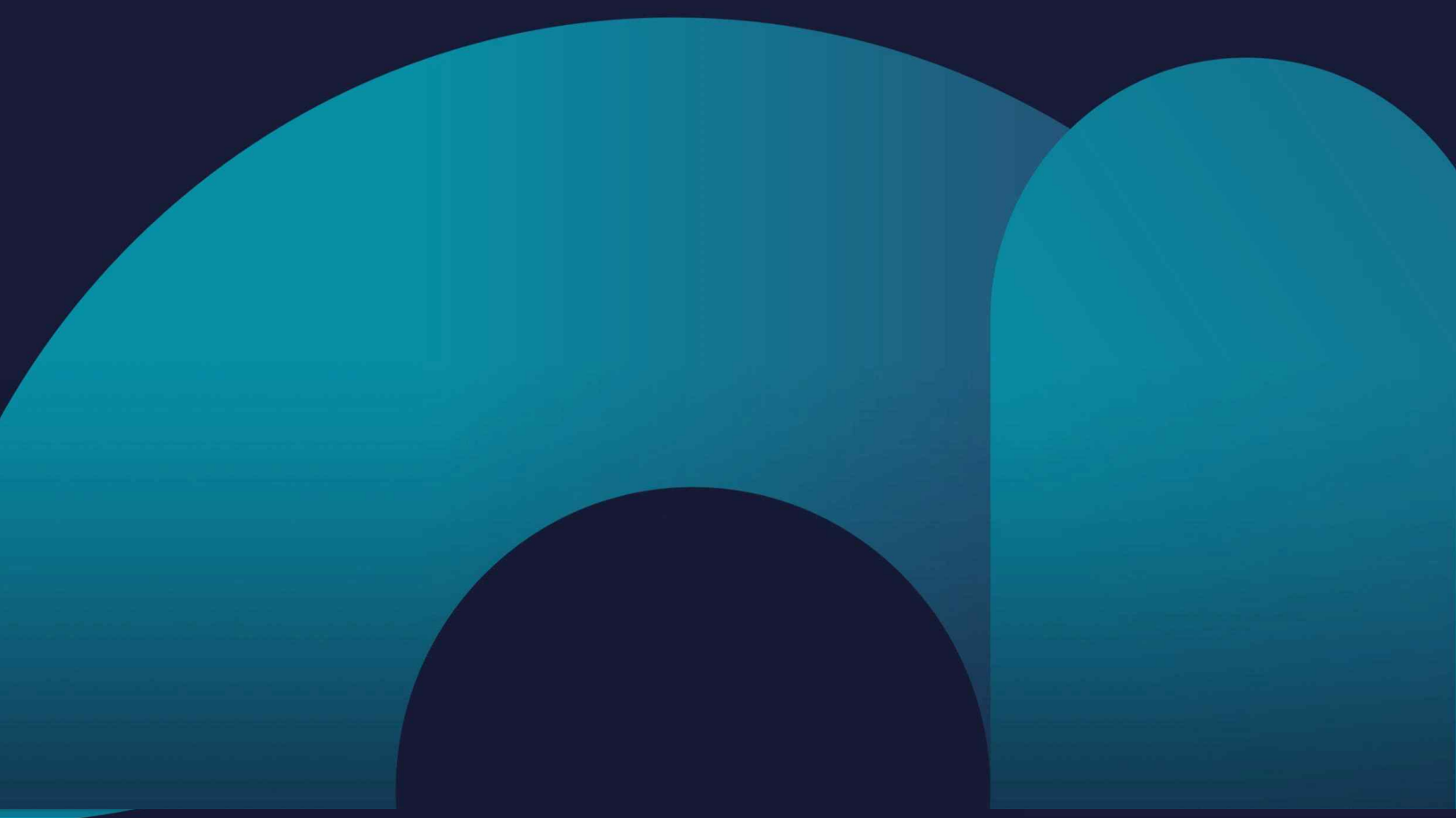

STI Brief

- 이차전지 기술 -



CONTENTS

I. 이차전지 개요	3
1. 배경 및 필요성	3
2. 기술의 정의 및 범위	4
3. 이차전지 동향 요약	7
II. 이차전지 정책 동향	8
1. 전기차용 이차전지	8
2. ESS용 이차전지	14
III. 이차전지 시장 · 산업 동향	16
1. 전기차용 이차전지	16
2. ESS용 이차전지	26
IV. 이차전지 기술 동향	31
1. 리튬이온전지	31
2. 차세대 이차전지 소재·셀	46
참고 문헌	56

I. 이차전지 개요

1 배경 및 필요성

□ 이차전지의 역할 및 필요성

- (탄소중립 달성을 위한 최전선 기술) 탄소중립 달성을 위해 전 세계적으로 전기차 및 에너지 저장장치(ESS) 보급 확대 중
 - (전기차) 내연기관차와 비교하여 50~60%의 CO₂ 배출 저감 가능, 생애주기에서 내연기관차는 평균 258 g/km*의 CO₂ 발생, Tesla Model 3(75 kWh)의 경우 128 g/km**의 CO₂ 발생¹⁾
 - * 내연기관차 주행 시 CO₂ 발생량(g/km) : 차량제조시 46 + 연료조달시 47 + 운행중 165
 - * 전기차 주행 시 CO₂ 발생량(g/km, 유럽) 차량제조시 38 + 배터리제조시 50 + 충전시 40
 - (ESS) 태양광·풍력 등 재생에너지는 환경에 의한 전력 공급 변동성의 문제가 있어 많은 양의 전력을 안정적으로 공급할 수 있는 ESS 연계가 필수, ESS를 통해 현재 안정적인 주파수 유지용 예비력을 위한 석탄화력발전설비의 출력 증가 가능²⁾
 - 전력망 계통연계, 에너지 수요관리, 태양전지, 해상풍력 시스템 등 역시 모두 이차전지 기술과 연계한 전력공급의 연속성, 효율성, 고품질화를 통해 기술의 완성이 가능
- (신산업 패권의 게임체인저) 미래 산업의 발전 방향인 전동화·무선화를 달성하기 위해 배터리가 핵심 동력원으로 사용된다는 측면에서 배터리 산업의 주도권이 향후 기술패권 경쟁에서의 핵심
 - 배터리는 전기차 외에도 ESS, 스마트폰, 태양광, 인공위성 등 충방전이 필요한 다양한 분야에서 광범위하게 활용되어 시장 성장성이 높을 뿐 아니라 향후 창출가능한 부가가치가 막대함을 의미
 - 최근 자국 중심의 공급망 강화 정책이 강화되는 시점에서 각 국가는 이차전지 산업의 패권을 차지할 수 있는 고성능·저가차세대 이차전지 개발에 박차를 가하는 중
 - 리튬, 코발트, 니켈 등 소재 가격 변동, 러시아-우크라이나 전쟁, 미-중 무역갈등 등 각국 및 기업의 배터리 기술 내재화 수요 증가

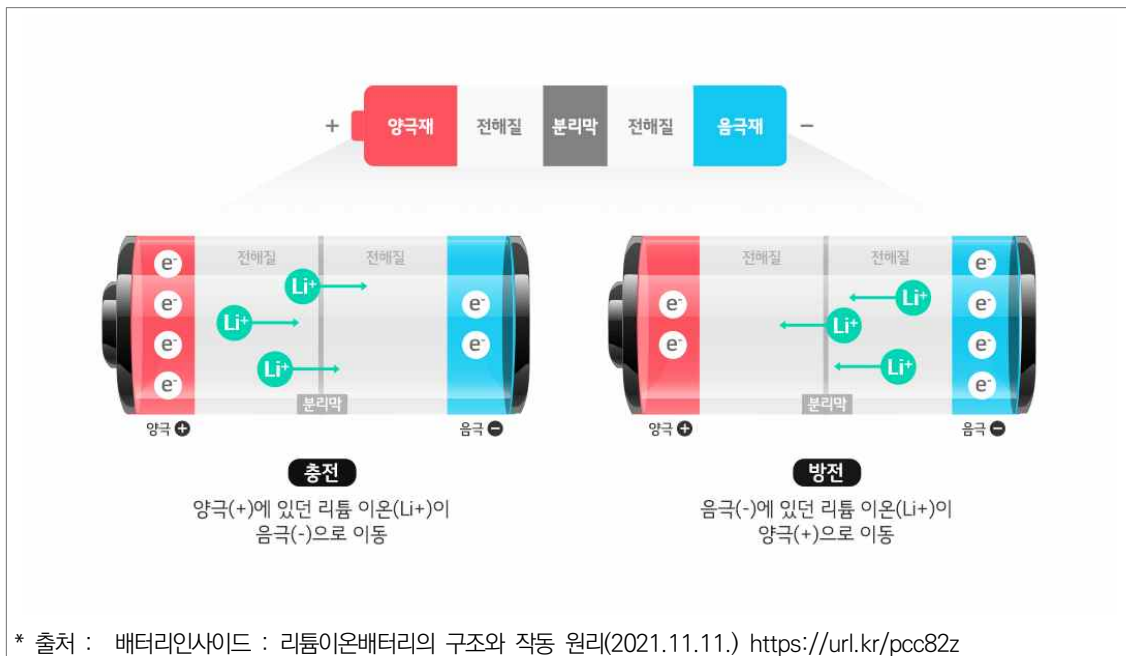
1) 박재범. (2020). 배터리 소재, 원료 및 폐배터리 추출 소재 시장전망. K-BATTERY SHOW 컨퍼런스 자료.

2) 배터리인사이드. 리튬이온배터리의 구조와 작동 원리(2021.11.11). <https://url.kr/pcc82z>

2 기술의 정의 및 범위

□ 이차전지 기술의 정의 및 작동원리

- 한 번 사용 후에도 충전을 통해 재사용이 가능한 전지로, 외부의 전기 에너지를 화학 에너지의 형태로 바꾸어 저장(충전)해 두었다가 필요할 때에 전기를 만들어내는(방전) 장치
 - 리튬 이온이 양극재와 음극재 사이를 이동하는 화학적 반응을 통해 전기 생산, 양극의 리튬 이온이 음극으로 이동하며 배터리가 충전되고 음극의 리튬 이온이 양극으로 돌아가며 에너지를 방출, 방전³⁾
 - 본 브리프에서는 기술수명주기상 쇠퇴기에 진입한 ‘납축전지’와 ‘니켈계 전지(니켈카드뮴, 니켈수소 등)’는 분석 범위에서 제외하고 성숙기에 해당하는 ‘리튬이온전지’ 및 도입·성장기에 해당하는 ‘차세대 전지’에 초점을 맞춤



〈 이차전지 작동원리 〉

3) 배터리인사이드. 리튬이온배터리의 구조와 작동 원리(2021.11.11). <https://url.kr/pcc82z>

□ 이차전지 기술의 범위

- (분류기준) 12대 국가전략기술* 중 이차전지 기술에 해당하는 4개 세부 중점기술을 기준으로 이차전지 기술의 범위를 설정
 - ① 리튬이온전지 및 핵심소재, ② 차세대 이차전지 소재·셀, ③ 이차전지 모듈·시스템, ④ 이차전지 재사용·재활용
- * 정부는 공급망·산업·외교안보 관점에서 전략적 가치가 높은 12대 기술분야를 선정(국가과학기술자문회의, '22.10.27)하고 해당 기술을 중심으로 예산 집중 투자 및 기술 개발 로드맵 수립 추진
- (① 리튬이온전지 및 핵심소재) 현 리튬이온전지의 에너지밀도 극대화(350 Wh/kg급) 및 가격경쟁력·공정 친환경화 확보를 위한 리튬이온전지 소재 및 공정기술
- (② 차세대 이차전지 소재·셀) 반·전고체, 리튬금속, 리튬황(이상 400 Wh/kg 목표) 및 나트륨이온전지(220 Wh/kg 목표) 등 기존 리튬이온전지의 기술적·산업적 한계를 능가하여 고에너지밀도, 고안전성, 가격경쟁력 등 응용분야별 맞춤형 특성 확보가 가능한 차세대 소재·전지제조 기술
- (③ 이차전지 모듈·시스템) 전기 모빌리티 및 에너지저장장치(ESS)의 성능·안전도·수명 향상 위한 모듈·팩·시스템 기술 및 지능형 관리 기술
- (④ 이차전지 재사용·재활용) 사용후 배터리의 고안전·고효율 재사용 및 고순도·친환경 자원회수·재활용 관련 기술
- 본 브리프에서는 재활용 이전의 밸류체인 단계인 ①, ②, ③ 기술을 대상으로 동향을 조사하였음

□ 이차전지 구성 요소

- (소재·셀) 이차전지 단위 셀은 양극, 음극, 양극과 음극의 내부 물리적 접촉을 차단하지만 이온은 이동이 가능한 분리막, 이온이 원활하게 이동하기 위한 매개체인 전해질로 구성⁴⁾
 - (양극재) 배터리의 성능에서 중요한 '용량'과 '전압'에 관련된 구성요소, 리튬이온전지의 경우, 리튬 비중이 높을수록 배터리 용량이 증가, 양극의 구조에 따른 전위차는 배터리 전압에 영향을 미침
 - (양극의 구성요소) 리튬이온전지의 경우, 리튬이온을 포함하고 있어 실제 전극반응에 관여하는 물질인 '활물질(리튬산화물 등)', 활물질의 전도성을 높이기 위해 넣는 '도전재', 위 두 물질과 양극의 틀을 잡고 전류 전달 역할을 하는 알루미늄 집전체와의 접착제 역할을 하는 '바인더'로 구성

4) Memory Archive. 2차전지의 구성(Cell, Module, Pack)과 종류(2020.12.13). <https://url.kr/gl5eg5>

- (음극재) 양극에서 나온 리튬이온을 저장 후 다시 양극으로 방출하는 동시에 외부회로를 통해 전자를 이동시킴으로써 회로에 전류가 흐르게 하는 역할, 리튬이온전지의 경우, 음극재가 저장 가능한 리튬이온의 양이 많을수록 배터리 수명이 증가, 리튬이온을 보다 잘 얻을수록 충전시간이 감소
- 리튬이온전지의 경우, 다량의 이온을 안정적으로 저장할 수 있는 흑연을 주로 사용, 이온 저장·방출 과정이 반복되면서 흑연 구조의 변화로 인해 저장 가능한 이온의 수가 감소하면서 배터리 수명 저하
- (분리막) 양극과 음극 사이에 위치한 얇은 필름 형태의 전기절연 특성을 가진 미세다공성 막으로 배터리의 내부 단락을 방지하고, 이온만 이동 가능, 배터리 안정성에 기여
- (전해질) 양극과 음극 사이에서 이온을 이동할 수 있도록 하는 매개체로 전자는 이동하지 못하며, 이온전도도가 배터리 출력과 충전속도에 영향을 미치므로 전해질로는 이온전도도가 높은 물질이 주로 사용됨, 차세대 배터리로 연구되는 '전고체배터리'의 경우 고체 전해질을 사용

○ (모듈 시스템) 단위 셀들의 결합형태로 최종 제품 구성⁵⁾

- (폼팩터, Form Factor) 배터리의 형태, 유형으로 정의하며 원통형, 각형, 파우치형으로 구분
- (모듈, Module) 다수의 배터리 셀을 결합하여 하나의 프레임에 넣은 조립체 형태로 이차전지의 출력을 높이고 외부 환경으로부터 보호
- (팩, Pack) 다수의 배터리 모듈을 연결하고 열 및 전기 관리 시스템인 BMS(Battery Management Sysyem)을 추가한 최종 완성품 형태
- (시스템) 배터리 구조 및 냉각설계와 고전압 전장품, 배터리 관리 시스템(BMS) 하드웨어 및 소프트웨어 등을 포함, 최근 잇따른 배터리 화재발생으로 인하여 시스템의 안전성 확보 기술 개발이 핵심⁶⁾

5) 이태경. (2020). xEV 배터리 셀-모듈-팩-시스템 연구개발 동향. Auto Journal, 2020(8).

6) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

3 이차전지 동향 요약

□ 리튬이온전지

- 현재 이차전지 시장의 주류인 리튬이온전지는 이미 시장이 형성되어 국가별·기업별 경쟁이 치열한 상황
 - 전기차의 긴 주행거리, 빠른 충전속도, 경제성, 긴 수명을 목표로 이차전지의 에너지밀도, 출력, 열화율 등의 성능 및 가격저감을 위한 기술개발에 중점
 - 이차전지 기업 각 사의 개발 철학과 전략에 따라 이차전지 소재·셀 단위의 성능을 보완하고 장점을 극대화하는 모듈팩 설계를 통해 배터리 시스템 개발 진행, 고에너지밀도, 경제성 확보가 핵심

□ 차세대 이차전지

- 리튬이온전지의 성능 향상, 가격저감을 중심으로 기술개발이 진행되었으나, 기술적 한계와 안정성의 문제로 소재 및 구조의 변화를 통한 차세대 이차전지 개발이 주목받는 중
 - 특히 최근 발생한 리튬배터리 제조공장 화재, 아파트 지하주차장 전기차 화재 등 대형 규모의 화재사건이 발생하면서 리튬이온전지의 태생적 한계인 리튬, 부피가 팽창하는 음극 소재, 액상 전해질 등의 안정성 문제가 대두
 - 차세대 이차전지는 양·음극 활물질, 고체전해질 등 주로 소재 및 구조의 변화를 통해 안정성을 확보하고 리튬이온전지보다 월등한 성능, 대등한 가격경쟁력을 갖추기 위한 연구 개발이 활발히 진행 중

□ 이차전지 모듈·시스템

- 리튬이온전지가 기술적 성숙기에 도달함에 따라, 배터리 자체의 성능 향상보다는 모듈과 시스템 단위의 혁신을 통해 이차전지 시스템의 효율을 제고하는 방향으로 기술개발이 진행
- 셀-모듈-팩으로 구성되어있던 기존 배터리 구조에서 벗어나, 모듈이나 팩 단계를 생략하고 셀을 바로 팩으로 조립하거나 전기차 구조의 일부로 사용하는 혁신 기술 개발 중

II. 이차전지 정책 동향

1 전기차용 이차전지

- 전기차 시장이 성숙기에 진입함에 따라 각국은 보조금을 단계적으로 축소하는 추세⁷⁾이나, 여전히 전기차 보급의 중요성을 강조하며 다양한 보급 확대 정책을 지속적으로 추진
 - 최근 러시아-우크라이나 전쟁, 미-중 무역갈등 등으로 자국 중심의 공급망 강화 및 배터리 기술 내재화를 위한 정책 추진 중

〈 국가별 전기차 보조금 정책 변경 내용 〉

		기존	변경
보조금 폐지	독일	2024년 말까지 4만 유로 미만 전기차 4,500유로 지급	1년 앞당겨 2023년 12월 보조금 지급 중단
	영국	3만2천파운드 미만 전기차 최대 1,500파운드 지급	2022년 보조금 폐지
	노르웨이	전기차 세제 공제 (부가가치세, 중량세 면제)	2023년 세제 혜택 폐지
	중국	2017년부터 최대 6만 위안에서 점차 축소 지급	2023년 보조금 폐지
보조금 축소	한국	2023년 기준으로 580만~680만 원 지급	2024년부터 약 100만 원씩 축소
	미국	IRA 기준 최대 7,500달러 지급	2024년 전기차 보조금 대상 전기차 43→19종 축소
	프랑스	소득 수준에 따라 최대 7,000유로 지급	고소득자 지원 보조금 20% 축소

자료: 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략, 삼일PwC경영연구원(2024.9)

- (미국) 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA, '22)을 통해 전기차에 대한 지원을 강화하고 자국 중심의 기술개발과 제품 생산 규정을 통한 공급망 강화⁸⁾
 - 북미에서 최종 조립 및 생산된 전기차에 한하여 '23년부터 1대당 7,500달러의 세액공제, 충전시설 및 중고친환경차에 대한 보조금 지급
 - 배터리제작에 사용되는 핵심광물의 최소 40%를 미국이나 미국의 FTA 체결 국가 내 채굴

7) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

8) 대륙아주. EU 배터리 규제 관련 주요 이슈(2024).

<https://www.draju.com/ko/sub/newsletters.html?type=view&bsNo=2446>

가공제품으로 제한, 요건을 만족할 경우 전기차 1대당 3,750달러 세액공제

- 배터리 주요 부품의 50% 이상이 북미에서 제조·조립될 경우 세액공제

※ 광물 및 주요부품 비율은 매년 10% 증가, 광물은 '27년 80%, 부품은 '29년 100%

○ (IRA 보조금 지원 조건 축소) '우려 외국 기업' 생산 부품에 대한 세액공제 제외 발표

- '23년 12월에는 '우려 외국 기업'을 정의하고 세액공제 제외대상으로 발표, 중국을 포함한 우려 외국기업이 제조하거나 조립한 부품이 포함된 배터리를 사용하는 차량은 세액공제 받을 수 없음
- 적격 전기차 모델의 수는 '23년 하반기 40개 이상에서 '24년 1월 초 27개로 감소, '25년에는 제한이 확대되어 우려 외국 기업이 채굴, 가공 또는 재활용한 핵심광물이 배터리에 포함된 경우 전기차 세액공제 자격 획득이 어려울 수 있음

○ (IRA 보조금 지원 지속 여부 불확실) 최근 도널드 트럼프 미국 대통령 당선인은 IRA에 따른 전기차 보조금 폐지를 계획한 바 있어 자동차 및 배터리 업계에 대한 불확실성이 커지고 있는 상황

- 다만 IRA 혜택을 받기 위해 외국 업체들이 공장을 지은 곳이 공화당을 지지하는 미시간, 오하이오, 조지아 등 러스트벨트(Rust belt, 쇠락한 공업지대) 지역으로 전기차 보조금 전면폐지 여부 역시 불확실

□ (유럽) 유럽연합 내 전기차 도입 확대 및 유럽 전기차 산업의 경쟁력 강화를 위한 공급망 강화 정책 추진⁹⁾

○ (Fit for 55, '21.7) EU배출권거래제와 연계하여 '26년부터 역내 수입품에 탄소국경제 (CBAM) 도입, 전기차 산업 육성 의지 선언

- '35년 유럽에서 판매하는 신차의 온실가스 배출량 '0' 목표, 즉 내연기관차 판매 금지, 유럽 전역 고속도로에 60km당 최소 1개 이상의 전기차 충전소 설치

○ (탄소중립산업법, NZIA '24.2) 미국 IRA 법안에 대응하고 글로벌공급망 위기에서 유럽의 입지를 공고히 하기 위한 EU차원의 공급망·청정에너지 구축 산업 대책

- 배터리 및 에너지저장 기술을 포함한 19개 탄소중립 기술을 선정하고 '40년까지 세계 생산의 15% 달성 목표

9) 한국배터리케미칼솔루션. EU의 배터리 2030 전략(2023). <https://battkcs.tistory.com/entry/EU의-배터리-2030-전략을-통해본-유럽의-배터리-개발-전략>

- (유럽 핵심 원자재법 CRMA, '24.3) 배터리 생산에 핵심적인 주요 광물(리튬, 니켈, 망간, 코발트, 흑연 등)을 핵심 전략 원자재 목록에 포함시킴으로써 안정적 수급과 배터리 산업 내 유럽의 입지 강화 목적
 - (EU 배터리 규정, '23.8) 유럽그린딜 목표 달성을 위해 배터리의 전 수명주기를 다루는 단일법률
 - 배터리산업의 사회적·환경적 영향을 최소화하기 위해 유해물질 사용, 공급망 실사, 폐배터리 관리기준 등 규제 마련¹⁰⁾, 탄소발자국, 배터리여권, 생산자책임회복제도 등을 통해 배터리 공급망 투명성과 추적성 강화
 - 유럽연합은 그린딜, 순환경제실행계획, 유럽 신산업전략 등을 통해 배터리 산업 혁신을 추진해왔으나 현행 EU 배터리 지침은 새로운 기술개발이나 외부 환경 변화를 반영하고 있지 못하다고 판단, 배터리 규정을 개정하여 EU 산업경쟁력을 강화하고자 함¹¹⁾
 - (보조금) 전기차 구매 시 프랑스에서는 차량 당 7,000 유로(약 9,000 달러)의 보조금이 '24년부터 4,000 유로(5,100 달러)로 감소 예정, 독일은 4,500 유로(5,800 달러)의 보조금 지원 중단
 - (중국) 전기차 경쟁력 강화를 위한 정부 주도의 전기차 산업 육성, 다수의 도시에서 전기차 분야 산업 확대¹²⁾
 - 중국 정부는 막대한 지원을 통해 자국의 전기차 산업 육성에 총력전을 펼치는 중
 - 정부 주도로 전기차 시장을 확대하면서 수요시장 형성, 보조금 지원을 통해 공급시장을 육성하면서 폭발적으로 성장¹³⁾
 - 미국 국제전략문제 연구소(CSIS)에 따르면 '09~'23년 동안에만 2,309억 달러의 보조금과 기타 지원이 투입된 것으로 추산¹⁴⁾
- ※ '21년 201억 달러, '22년 458억 달러, '23년 453억 달러의 보조금 지급, '18 ~ '23년 CATL에만 총 18억 달러 투입, 보조금은 '22년까지 주로 구매자 리베이트(62%) 중심, '23년부터 판매세 면제 비중 확대(87.4%, 396억 달러)
- 자국 기업을 보호·육성하기 위해 보조금 지급 추천 리스트인 화이트리스트에 외국계는 제외하는 배타적 정책 추진

10) KOTRA. (2023). EU 배터리 규정 Q&A.

11) KOTRA. (2023). EU 배터리 규정 Q&A.

12) 한국무역협회. (2022). 최근 중국 리튬 이온 배터리 시장 동향.

13) 인천연구원. (2023). 중국 배터리 산업의 발전전략과 전망.

14) KIAT. (2024). 중국 전기차 및 배터리 산업의 혁신 현황 분석.

- 최근 CATL, BYD 등 중국 배터리 및 자동차 관련 6개사 대상 전고체 배터리 연구개발에 60억 위안(1조 1,300억 원) 규모의 지원금 조성 및 투입 발표¹⁵⁾
- (중국제조 2025, '15.5) 배터리와 연관된 '에너지 절약 및 신재생에너지 자동차' 포함 10개 제조업 분야 선별, 국가 주도 집중 육성¹⁵⁾
 - 중국의 배터리 원가를 Wh당 0.8위안으로 낮추고 배터리 관련 부품의 중국화
 - '25년까지 신차 판매의 20%를 전기차로 할당, 배터리 산업 활성화를 위해 기업 보조금 지원, 외국자본 유치 노력
- (신에너지차 산업 발전계획('21~'35, '20.12) 과학기술부는 6개의 R&D 프로그램을 통해 첨단 배터리에 대한 27개 프로젝트 공식화, 총 18.4억 위안의 정부 투자
 - 자국 내 전기차 도입을 '25년 20%, '30년 30%, '35년 50% 목표, '25년까지 신에너지차 판매 비중 20% 목표, 신에너지차 평균 전비 12 kWh/100 km 달성 등¹⁶⁾
 - '35년까지 신에너지차 핵심기술을 글로벌 수준으로 향상, 공공부문 자동차의 전면 전동화, 수소전기차 상용화 추진
- (중국 정보산업부, 리튬배터리 사업 새 가이드라인 시행, '24.6) 배터리 산업 전략을 '양에서 '질로 전환¹⁷⁾
 - 그간 국가 차원의 집중 지원을 통해 글로벌 시장에 공급과잉을 초래할 정도로 물량 공세를 펼쳐 충분한 가격경쟁력과 시장 점유율 확보
 - 이러한 위협에 최근 미국과 유럽을 중심으로 관세가 인상됨과 동시에, 내수시장을 넘어 글로벌 수주 확대를 위해 자국의 배터리 산업 방향을 품질 경쟁력 확보로 전환
 - CATL과 BYD 등은 주행거리를 증가시킨 신형 배터리 및 차세대 배터리 연구개발에 집중

15) 삼성KPMG 경제연구원. (2023). 배터리 생태계 경쟁 역학 구도로 보는 미래 배터리 산업. 삼성인사이트.

16) KISTEP. (2022). 고성능 차세대 이차전지 상용화 기술개발 사업 2021년도 예비타당성조사 보고서.

17) 비즈니스포스트. 배터리 시장동향(2024). https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=356140

□ (일본) 기존 전고체전지 위주의 연구개발에서 최근 리튬이온전지 시장에 진입하기 위한 정책 방향 수정

- 경제산업부(METI)는 '30년까지 일본 내 이차전지 총 생산량을 150 GWh까지 확대하는 것을 목표로 공장 신설 및 전고체 배터리 연구개발에 보조금 8.5억 달러(한화 1.9조원) 투입(24)
- (신 2050 탄소중립 녹색성장전략, '21) 배터리와 자동차 산업을 14대 핵심발전산업 중 하나로 선정
- (신 배터리 산업전략, '22, 경제산업부) '12년 수립한 배터리 전략 이후 외부환경변화를 고려하여 신 버전 발표¹⁸⁾
 - 최근까지의 정책은 전고체전지 개발에 집중되었으나 세계적으로 리튬이온배터리 시장이 급속도로 확대되고 전고체전지 상용화 시점이 지연되면서 최근 정책 방향을 리튬이온전지, 전고체전지 개발 투트랙으로 전환
 - 자국 내 전방위적 협력을 통해 150 GWh 규모 생산 목표 배터리 시스템 통합연구 추진

□ (한국) 중국과의 배터리 주도권 확보 경쟁에 따라 배터리 분야 투자 확대, 전기차 보조금 지급은 축소, 화재로 인한 배터리 안전성 강화 정책 마련

- (국가전략기술 육성방안, 국과위 '22.10) 기술패권 경쟁에 대응하고 초격차 기술확보에 국가역량을 집중하고자 12대 국가전략기술 선정, 전후방 파급효과가 큰 국가경제·산업 버팀목 기술인 혁신선도 유형에 이차전지 포함
- (반도체·디스플레이·차세대전지 3대 주력기술 초격차 R&D 전략, 관계부처합동, '23.4) 세계 기술패권 경쟁이 심화되는 3대 주력기술 분야 우위 선점 및 신시장 창출을 위해 초격차 기술확보 및 신격차 창출 R&D 전략 수립
 - 리튬메탈/리튬황/비리튬이온계 기반 전고체 및 수계/나트륨이온전지/다가이온전지 등 14개 핵심기술 도출 및 핵심 연구·산업인력 양성, 주요국 기술동맹 및 민관협력 강화
- (2030 이차전지 산업(K-Battery) 발전전략, 관계부처합동, '21.7)
 - 이차전지 분야 글로벌 주도권 강화를 위해 민관 대규모 R&D 추진, 안정적 공급망 기반 생태계 조성, 수요시장 창출 전략 수립
 - 전고체('27)·리튬황('25), 리튬금속('28) 등 차세대 이차전지 조기 상용화 추진 및 수요-

18) UN383MCM. 일본 배터리 정책(2024).

<https://ko.un383mcm.com/news/japanese-battery-policy-interpretation-of-the-new-edition-of-battery-industry-strategy/>

공급기업 연계 및 산학연 협력 토대로 요소기술개발 추진, 차세대전지 연구 및 성능 평가를 종합 지원하는 '차세대 배터리 파크' 구축

- 4대 핵심소재(양극재, 음극재, 전해질, 분리막) 외 7대 차세대소재(고체전해질, 리튬금속 음극재, 리튬황 음극재, 리튬공기양극재, 듀얼·다가이온 전지소재, 레독스 커플, 나트륨 이온전지 양극재) 선정, 원천기술 개발 지원 확대
- 리튬이온전지의 고성능·고안전·생산성 제고 위한 하이니켈 양극재(Ni 90%, Co 3% 이하), 실리콘(10% 이상) 음극재, 지능형 이차전지, 친환경·스마트 공정 등 초격차 기술 확보, 전극소재, 전해질, 제조장비 등 소부장 요소기술 개발에 중점

※ 주행거리 450→600 km 향상, 충방전횟수(수명) 500회→1,000회 향상 등

- (이차전지 산업 혁신전략, 민관합동, '22.11) '30년 이차전지 세계 최강국을 목표로 핵심 광물 확보를 위한 국내 기업 중심 KOREA team을 구성, 5년간 3조원 규모 금융공급, 프로젝트 공동 발굴·추진
 - 배터리얼라이언스 출범(공급망 분과, 배터리 규범 분과, 산업경쟁력 분과)을 통해 민·관이 협력한 핵심과제 해결 추진
 - '30년까지 1조원 규모의 정부 R&D 투자를 통한 현 상용화 기술, 차세대전지 기술 등 부문의 초격차 기술 확보, 세계 최초 기술이 적용된 최첨단 생산기지 구축 목표
 - '30년까지 50조원 이상의 국내 투자 및 세제/금융, 특화단지 지정 등 전방위적 지원 강화
- (전기차 화재 안전관리 대책, '24.9) 배터리 제조사, 제작기술 등 주요정보 의무공개, 전기차 정기검사 시 배터리 검사항목 대폭 확대, 사업자 책임강화, BMS 무료 설치업데이트를 통한 배터리 안전성 확보, 주차장 및 건물 안전관리 강화 등
 - (배터리 안전성 인증제, '24.10 시행, 국토부) '03년부터 제작사가 자체적으로 시행하던 '자기인증제'에서 한국교통안전공단 자동차안전연구원의 안정성 시험으로 강화

2 ESS용 이차전지

- 주요국은 ESS 보급을 확대하기 위해 설치의무화, 보조금, 전력시장참여 유도 등 다양한 정책 추진 중¹⁹⁾²⁰⁾
 - ESS는 현 시장환경에서 경제성이 낮으므로, 보급확대를 위해 정책적 지원 필요
- (미국) 기술개발, 설치의무화, 전력시장 참여 등 전방위적 지원
 - (목표) 10년 이내 10시간 이상 충방전가능한 ESS의 균등화저장비용 90%인하(Long Duration Storage Shot(DOE, '21.7))
 - (설치의무화) 캘리포니아, 오레건, 메사추세츠, 뉴욕, 뉴저지등 5개 주에서 ESS 설치의무화
 - (보조금) '22년 8월 IRA 도입 이후 ITC(Investment Tax Credit)를통해ESS 설치 투자비에 대한 세액공제 비율 및 지원대상 확대
 - 세액공제 비율은 최대 60%(기존 30%)로, 지원대상은 기존 재생에너지 연계 ESS에서 독립형 ESS까지 확대 적용
 - (전력시장 참여) ESS가 전력도매시장에 진입할 수 있도록지침제정(FERC, Order 841)
 - (PJM) ESS가 에너지시장, 용량시장, 보조서비스 시장에서의 거래를 통해 수익 창출
- (중국) 재생에너지 연계용 ESS 설치의무화 등 보급확대로 시장 급성장
 - (목표) '25년까지 설비규모 30GW 이상, ESS 비용 30% 감축목표(신에너지저장설비 성장 촉진에 관한 지도의견('21.7), 신에너지저장산업 발전 시행방안('22.2))
 - (설치의무화) 신규 유틸리티 규모의 재생e 발전설비에 ESS 연계의무화
 - (보조금) 설비기준을 충족하는 ESS 설비에 대해 지방정부에서 보조금지급
 - 지방정부마다 보조금 지급기준이 상이하며, ESS 설치에 대한 보조금(150~230위안/kW) 혹은 방전출력에 대한 보조금(0.3~0.9위안/kWh)을 지급

19) TMS미디어. 배터리 산업동향(2024). <https://www.tmsnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=223>

20) 산업통상자원부. (2023). 에너지스토리지(ESS) 산업 발전전략.

□ (일본) 배터리 제조능력 확대와 연계하여 ESS 설치 확대 추진

- (목표) '30년까지 배터리 국내 연간 제조능력 150GWh, 글로벌시장에서 연간 배터리 제조능력을 600GWh로 확대(배터리 산업전략(경제산업성, '22.8)
- (보조금) 상업용 및 주거용 ESS 설치에 대해 지방정부에서 보조금지급 * 지방정부에서 수용가용 ESS 설치에 대해 kWh당 1~2만엔/kWh 보조금을 지급

□ (유럽) ESS의 수익성 확보 및 보급 확대를 위한 가이드라인 발표(Recommendation on Energy Storage, '23.3)

- (독일) 전기요금을 절감하기 위한 가정용 ESS 위주로 보급되어있으며, 태양광 연계 ESS 설치에 대해 보조금 지원 및 주파수 시장 운영
- (영국) 장주기 기술개발 지원 프로그램 및 보조서비스 시장 활성화

□ (한국) 에너지저장장치 확대 추진(에너지스토리지(ESS) 산업 발전전략('23.10.))

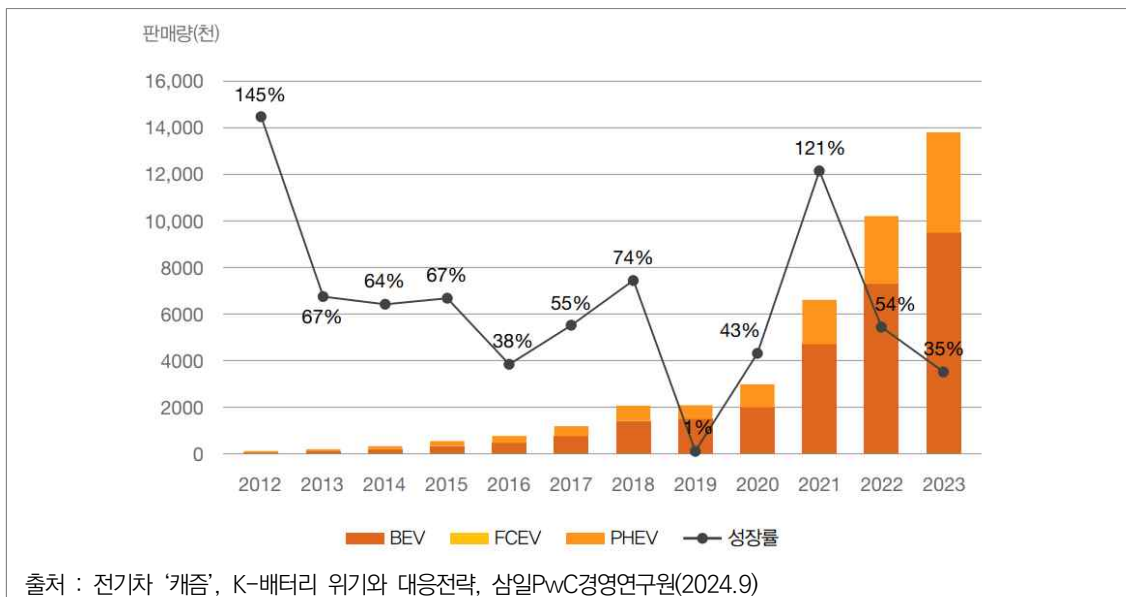
- (목표) '30년까지 총 3.7GW의 에너지 저장설비 확보를 위해 '25년부터 연 600MW씩 도입 예정
 - 재생에너지 과잉 발전으로 계통 안정이 시급한 호남권에 대해 '26년까지 1.4GW를 조달하여 국내 ESS 시장의 투자 활성화를 유도할 예정
 - 삼원계 리튬전지의 기술 우위를 유지하면서, 리튬인산철(LFP) 전지의 양산을 추진

Ⅲ. 이차전지 시장·산업 동향

1 전기차용 이차전지

□ 전기차 판매량 및 배터리 수요

- '23년 신차판매의 약 20% 규모인 총 1,400만대의 전기차가 판매, 전년대비 35% 증가²¹⁾²²⁾
 - 이 중 90% 이상이 중국, 유럽, 미국에 집중, '22년 대비 35% 증가
 - 전체 시장에서 전기차가 차지하는 비중은 '18년 2%, '22년 14%, '23년 18%로 점차 증가
 - '24년 글로벌 전기차 판매 성장은 일정 수준에 이른 기술 성숙도, 국가별 보조금 지원 축소 등의 이유로 20% 정도로 둔화 예상



〈 글로벌 전기차 판매량 추이('12-'23) 〉

- 전 세계 전기차 수요는 '19년 232만 대에서 연평균 33%씩 성장, '30년 약 5,568만대로 급격한 증가 예상²³⁾

21) International Energy Agency. (2024). World Energy Investment 2024.

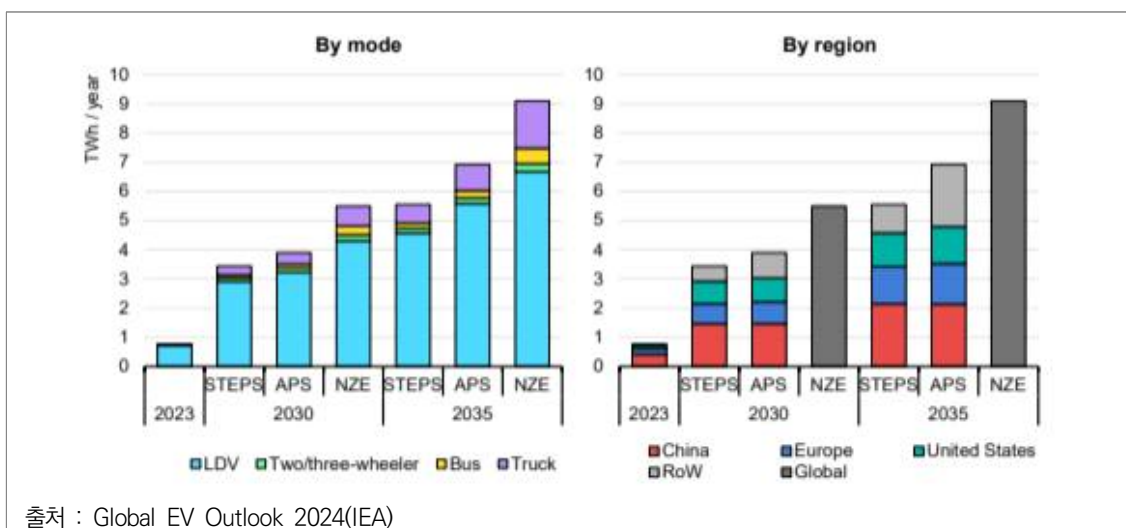
22) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

23) 삼정KPMG 경제연구원. (2023). 배터리 생태계 경쟁 역학 구도로 보는 미래 배터리 산업. 삼정인사이트.

- '35년까지 글로벌 전기차 보급이 12배 증가하여 현재 정책 기준으로 전기차 보급률은 30년 2.5억만 대, 35년 5.25억만 대로 도로 위 차량 4대 중 1대가 전기차 예정²⁴⁾
- '23년 글로벌 배터리 수요는 643~750GWh를 기록하며 전년 대비 37~40% 증가, '30년 3,647 GWh로 증가할 것으로 전망
 - 이중 전기차용 배터리가 전체 수요의 95%를 차지하며, '19년 118 GWh에서 연평균 37%씩 성장 전망, 수요 증가의 95%는 전기차 판매 증가에 기인



〈 글로벌 전기차 및 전기차용 배터리 수요 전망 〉



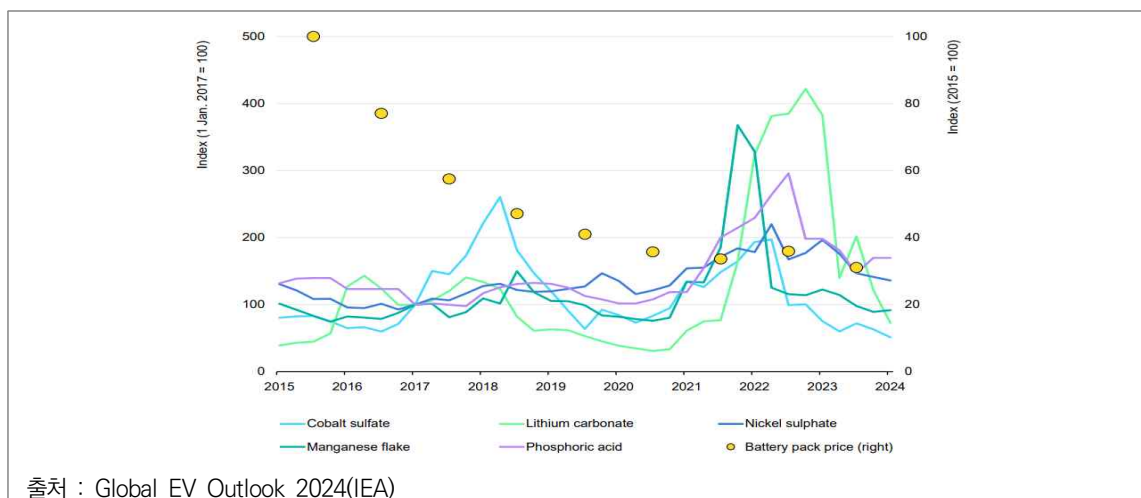
〈 2023-2035년 자동차용 배터리 수요(시나리오별, 지역별) 〉

24) International Energy Agency. (2024). Global EV Outlook 2024 (STPES시나리오).

- (시장별 배터리 수요분석) 지역별로는 중국이 415GWh(55%)로 가장 큰 비중을 차지, 유럽 185GWh(25%), 미국 100GWh(13%), 기타 지역 50GWh(7%)
- 중국/유럽/미국이 현재 배터리 수요의 90%에서 30년에는 85% 하회, 35년에는 약 80% 전망, 감소하는 원인은 인도/동남아/남미/멕시코 등 국가들의 배터리 수요 증가
- ESS 역시 '30년 전기차 배터리 수요의 12%에 해당하는 400GWh 수요 전망

□ 배터리 가격 추이²⁵⁾

- (배터리 핵심 광물 수요 및 가격) 과거 높은 수익성을 바탕으로 한 광산 투자 확대로 인해 주요 원자재의 공급이 수요를 상회하여 리튬은 10% 이상, 코발트는 6.5%, 니켈은 8%의 초과공급 발생, 배터리 가격의 하락과 관련 기업 재정 악화에 영향
- '21년 급등 이후 '23년 크게 하락, 리튬 가격은 75% 폭락, 다운스트림 부문(배터리 셀 및 양극재 등)의 재고 과잉, 예상보다 낮은 배터리 수요 증가, 즉 전반적인 공급 증가가 가격 하락에 기여
- (배터리 가격) '23년에는 주요 금속 가격 하락으로 배터리 팩 가격도 전년 대비 약 14% 하락
- '22년 주요 배터리 금속 가격 급등으로 리튬이온 배터리 팩 가격이 '21년 대비 7% 증가
- 코발트, 흑연, 망간 가격은 2015-2020년 평균치보다 낮은 수준을 기록했으나, 리튬 탄산염 가격은 여전히 2015-2020년 평균 대비 50% 높은 수준을 유지



〈 (좌) 배터리 금속 및 (우) 리튬이온 배터리 팩 가격 변화 추이('15-'24) 〉

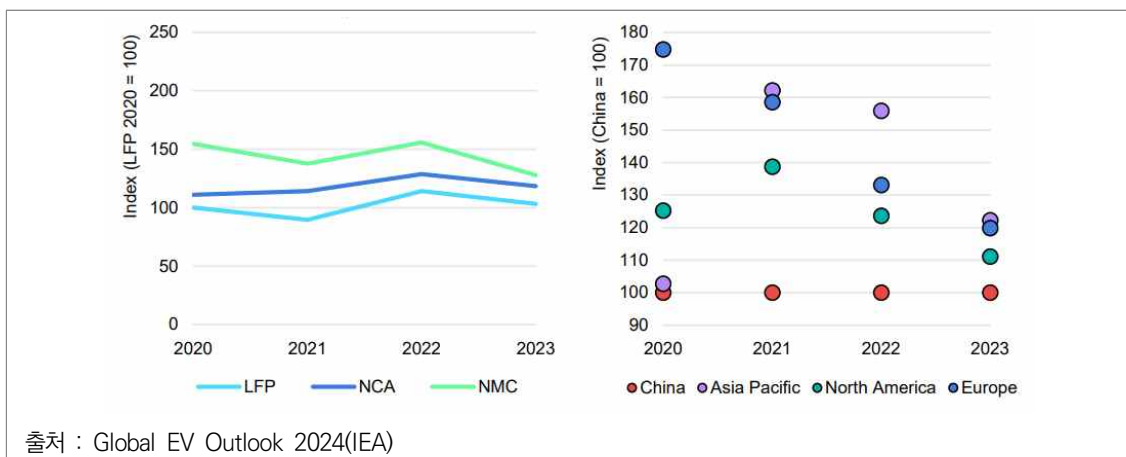
25) International Energy Agency. (2024). Global EV Outlook 2024.

- 배터리 가격은 중국 < 북미 < 유럽 < 아시아-태평양(한국, 일본 등) 순, 최근 지역 간 격차가 줄어들 수렴 중

* 중국은 NMC 대비 생산비용이 20% 저렴한 LFP 위주(LFP : 리튬인산철, NMC : 리튬니켈망간)

- '23년 NMC 배터리는 LFP 대비 25% 높은 가격이지만 '21년 50% 프리미엄이 있었던 것을 감안하면 크게 감소한 수준

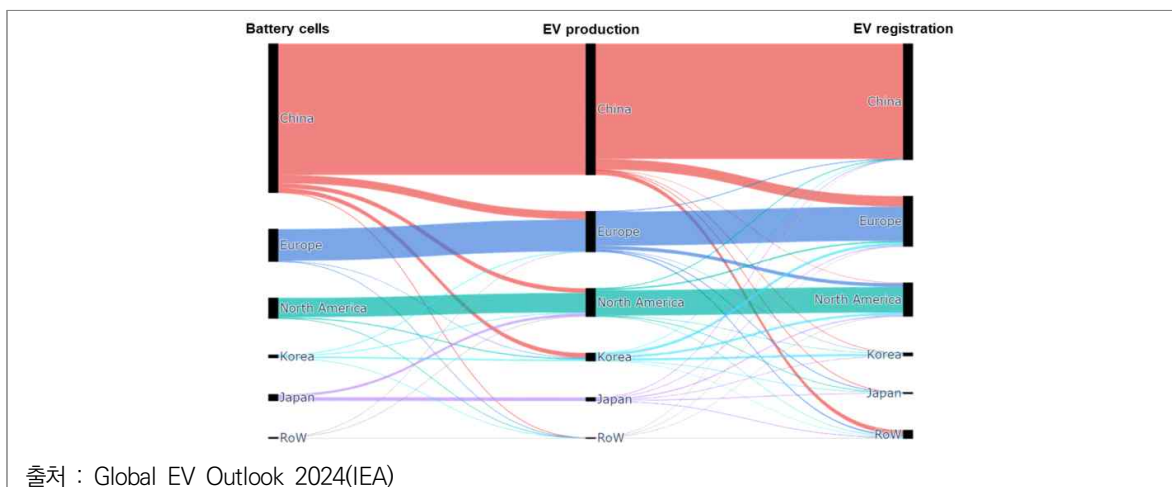
- LFP 배터리는 NMC보다 상당히 저렴한 수준으로 최근 가격이 빠르게 하락하는 추세



< (좌) 타입별, (우) 지역별 평균 배터리 가격('20-'23) >

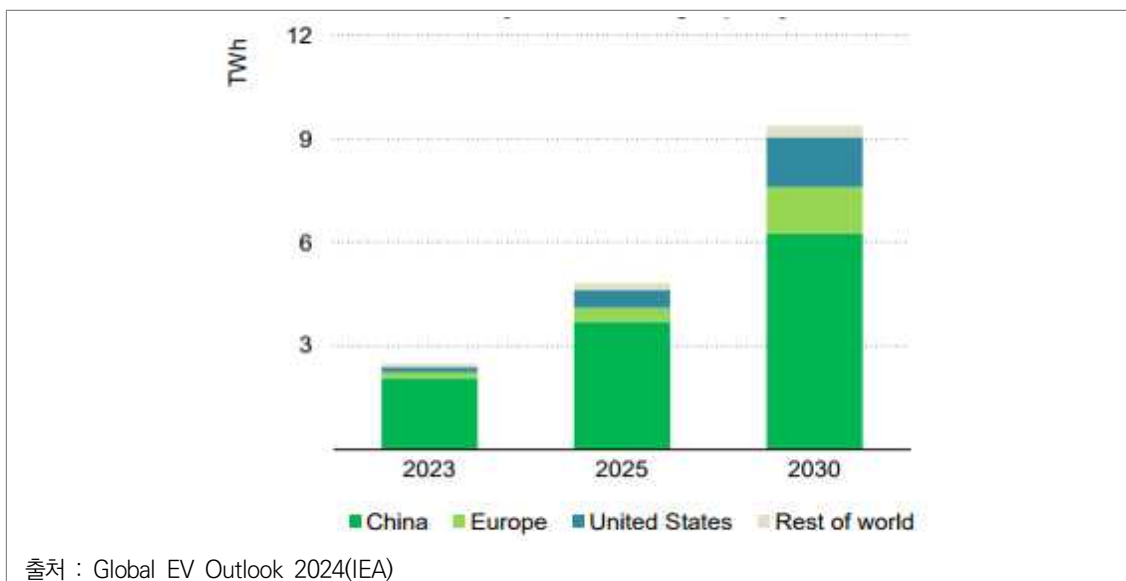
□ 배터리 생산 현황 및 전망

- (배터리 생산능력) 중국은 가장 큰 전기차 배터리 셀, 양극극 수출국으로 배터리 생산 주도권 유지 중



< 리튬이온배터리와 전기차의 세계 수출·입 흐름 >

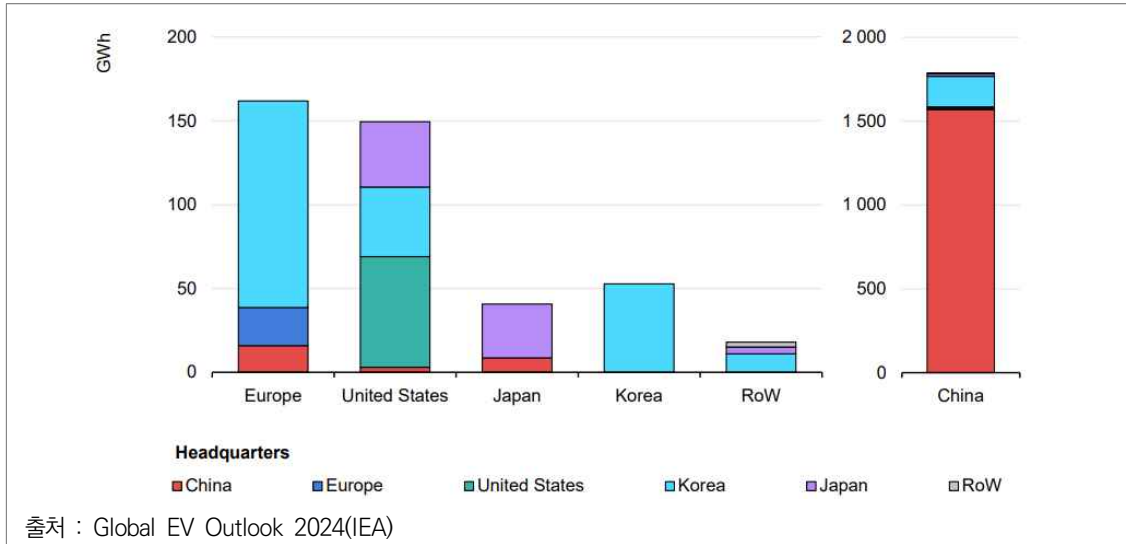
- '23년 배터리 생산규모는 '22년 대비 중국과 미국 각각 45% 이상, 유럽은 약 25% 증가, 현재까지 발표된 계획들에 의하면 '30년까지 글로벌 배터리 제조 용량은 9TWh를 초과할 것으로 전망되며 이 중 70%는 이미 가동 중 또는 가동이 확정된 상태
- 배터리 수요 증가에 따라 배터리 생산 규모 역시 빠르게 확대, '23년 기준 배터리 제조 규모는 2.5TWh, '22년 대비 780GWh(25%) 증가
- 양극 활물질 제조 규모의 90%, 음극 활물질 제조 능력의 97% 이상은 중국에서 생산, 한국(9%), 일본(3%) 순, 중국은 LFP 생산 규모의 100%, NMC 생산 규모의 75% 이상 차지, 한국은 NMC 생산 규모의 20% 차지
- 중국은 최대 셀 생산량의 40% 미만을 사용하고 나머지는 수출(휴대용 전자기기 제외), 양극/음극 활물질 제조 규모는 '23 글로벌 전기차 셀 수요의 4배, 9배에 이릅니다
- '23년 유럽과 미국은 각각 110 GWh와 70 GWh의 전기차 배터리 생산, 유럽에서 가장 큰 배터리 생산국은 폴란드($\geq 60\%$), 헝가리($\geq 30\%$) 순



〈 권역별 배터리 생산 용량 전망 〉

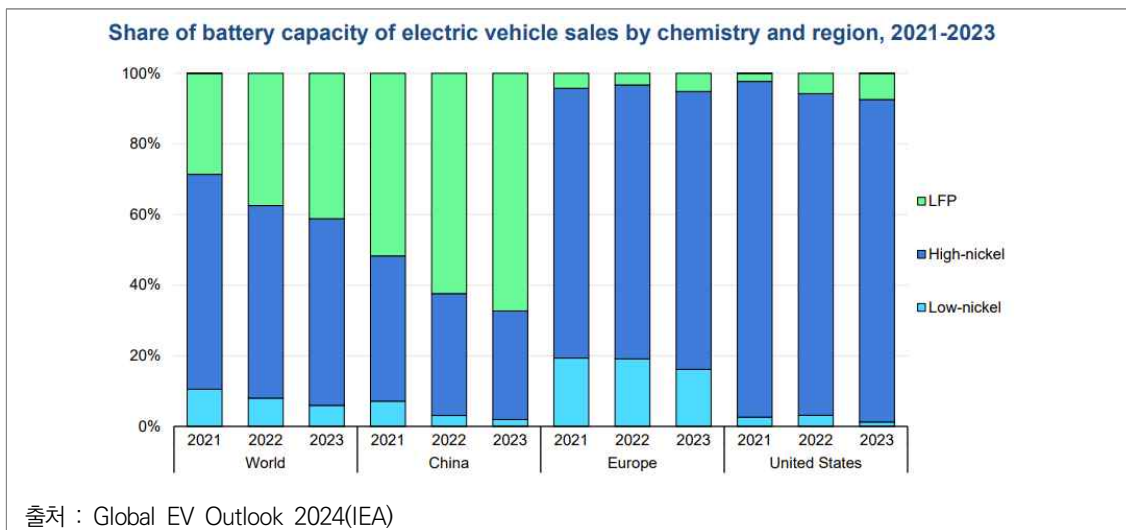
- 유럽과 미국에서 추가로 설치되는 전기차 배터리 제조 규모는 주로 아시아에 본사를 둔 외국 기업 소유
- 자국 외 지역 기준 한국 기업들은 350 GWh 이상, 일본 기업들은 57 GWh, 중국 기업들은 30 GWh 미만의 제조 능력 보유, 유럽 제조 규모의 약 75%는 한국 기업 소유, LG에너지솔루션은 단독으로 폴란드 전체 배터리 제조 규모의 50% 비중

- 미국의 배터리 생산 능력은 테슬라, 파나소닉, SKI, LG 등 4개 기업이 주도, 중국은 CATL, BYD, Gotion 등 3대 생산업체가 국내 생산 능력의 약 50% 차지



〈 배터리 제조기업 본사 위치에 따른 국가별 리튬이온 배터리 셀 제조 설비 규모 〉

- (LFP 배터리) '23년 규모 기준으로 전 세계 전기차 수요의 40% 이상 공급, 주로 중국에서 생산되며 중국에서 판매된 전기차의 약 75%에 탑재된 반면, NMC 배터리 위주의 유럽과 미국에서 판매된 전기차 배터리의 10% 미만



〈 글로벌 권역별 배터리 타입별 용량 비중 〉

□ 자동차용 배터리 시장·산업 이슈

- (전기차 생산 투자 확대) 배터리 및 전기차 제조사들은 미국과 EU 등 주요 시장들이 전기차 도입 확대 정책을 발표함에 따라 생산규모 확대를 위한 수십억 달러의 투자 계획 수립

※ '22년과 '23년에 발표된 투자 계획만 전기차 분야 2,750억 달러, 배터리 분야 1,950억 달러를 초과하였고, 이 중 1,900억 달러는 투자 확정

* IRA가 법제화된 '22년 9월부터 '23년 말까지 미국의 전기차 제조, 충전, 배터리 등 전기차 산업 지원을 위한 600억 달러 이상의 투자 발표, 80% 가량이 배터리, 전기차 관련 50억달러 투자

- 온쇼어링(Onshoring, 자국 내 제조 역량 확보) 목적의 정책들(미국의 IRA, 유럽의 CBAM 등)이 발효되면서 중국 외 지역의 전기차 생산 투자 증가 예상

- (중국의 생산 과잉) 중국은 이미 확정된 배터리 제조 규모의 2/3만으로도 '30년 자국 내 전기차 판매에 필요한 수준을 충당 가능하므로 잉여 생산규모에 대해 EU 등 수출 전략에 집중

- 주요 배터리 기업들의 수익률은 '21년 최고치를 달성한 후, 배터리 공급 과잉, 수요 감소 등의 이유로 '24년 현재 다소 감소한 상황

- (내연기관차 생산 폐지) 완성차업체들은 단계적으로 내연기관 차량 생산을 폐지할 예정

- 재규어는 '25년, 롤스로이스는 '30년대 초, 렉서스는 '35년, 랜드로버는 '36년, 혼다는 '40년부터 내연기관 차량을 단계적으로 폐지할 예정

- (한-중 배터리 기업 경쟁) 미국의 인플레이션 감축법 시행으로 북미 진출이 어려워지고 자국 내 공급과잉으로 인해 중국 기업들이 유럽 시장 공략에 집중하면서 한-중 배터리 기업 간 경쟁이 치열

- 중국 이차전지 기업의 EU 시장 점유율은 '19년 12%에서 '23년 42%로 3배 이상 성장²⁶⁾, '25년 이후 다수의 신규 공장 가동 계획

- 30년까지의 유럽 내 생산능력은 한국이 856GWh로 선두를 유지할 것으로 예상되며, 중국 465GWh, 유럽 현지 기업 408GWh, 일본 130GWh, 테슬라 100GWh가 그 뒤를 이을 것으로 전망

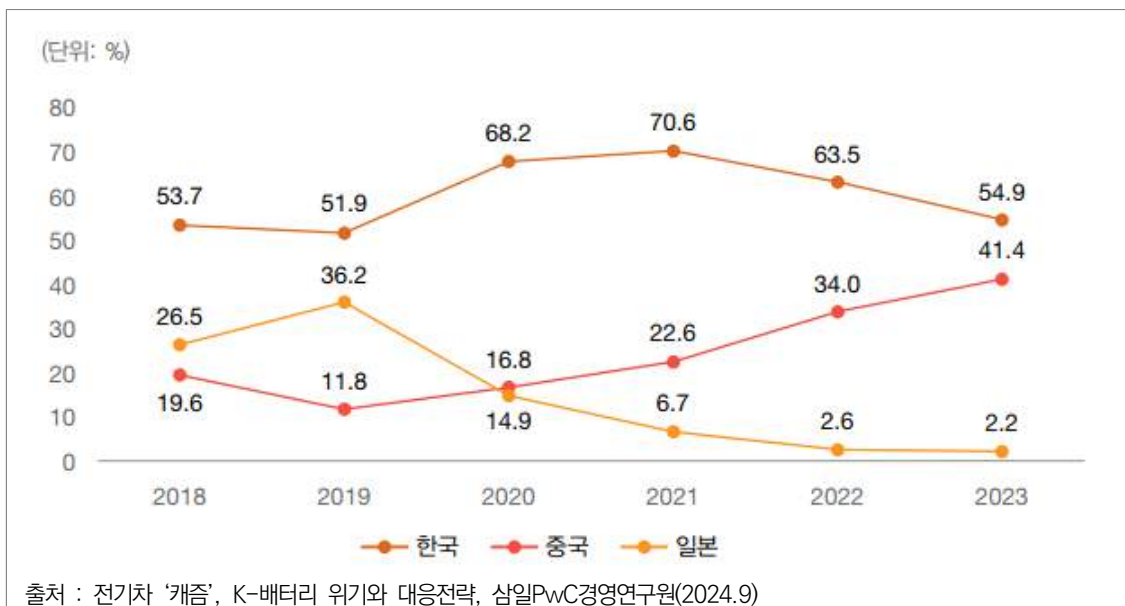
- 특히 LFP 배터리를 위주로 생산하던 중국이 유럽 시장에서는 한국과 동일한 삼원계 NMC 배터리를 공급함으로써 점유율을 향상시켜 온 결과 한-중 경쟁 심화 예정

※ 유럽향 CATL 배터리(삼원계) 채택 완성차 업체 : MG Motor, Volkswagen, KIA, Polestar, BMW, Opel, Citroen, MINI, Volvo, Skoda, Mercedes, Peugeot, Audi, Vauxhall²⁷⁾

26) 전자신문. 전기차 배터리 시장동향(2024). <https://www.etnews.com/20240604000210>

27) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

- 배터리 원가에서 양극재가 차지하는 비중이 48%에 이르는 상황에서 중국은 글로벌 삼원계 전구체 시장의 85% 이상을 차지하는 소재 강국, 양극재의 핵심 원료인 수산화 리튬과 삼원계 전구체의 공급망 장악
- 특히 CATL은 원료 조달부터 배터리 생산까지 이어지는 수직계열화를 통해 배터리 생산에 있어 안정적 공급망 구축
- 국내 배터리 3사(LG에너지솔루션·SK온·삼성SDI) 세계 시장 점유율은 2021년 30.2%에서 2022년 23.7%, 2023년 23.1%로 불과 2년 만에 7.1%p 하락²⁸⁾
 - 특히 EU시장에서 '21년 70.6%로 시장을 압도하던 점유율이 '22년 63.4%, '23년 54.9%로 급격히 하락 중
 - 중국 기업 점유율이 41.4%까지 상승하였으며 최대 배터리 기업 CATL이 가격 경쟁력을 무기로 유럽 시장을 적극적으로 공략한 것이 최대 원인
 - EU 배터리 규정에 대한 국내 기업의 선제 대응 요구



〈 EU 전기차 배터리 국가별 점유율 추이 〉

28) 전국경제인연합회. 배터리 산업동향(2024).

https://www.fki.or.kr/main/news/statement_detail.do?bbs_id=00035789&category=ST

- (IRA 보조금 지원 조건 축소) ‘우려 외국 기업’ 생산 부품에 대한 세액공제 제외 발표
 - 미국에서는 IRA(인플레이션 감축법)를 통해 북미 내 차량조립 및 핵심광물과 배터리 부품요건을 충족하는 차량에 대해 최대 7,500달러의 세액공제 가능
 - '23년 12월에는 ‘우려 외국 기업’을 정의하고 세액공제 제외대상으로 발표, 중국을 포함한 우려 외국기업이 제조하거나 조립한 부품이 포함된 배터리를 사용하는 차량은 세액공제 받을 수 없음
 - 적격 전기차 모델의 수는 '23년 하반기 40개 이상에서 '24년 1월 초 27개로 감소, '25년에는 제한이 확대되어 우려 외국 기업이 채굴, 가공 또는 재활용한 핵심광물이 배터리에 포함된 경우 전기차 세액공제 자격 획득이 어려울 수 있음
- (IRA 보조금 지원 지속 여부 불확실) 최근 도널드 트럼프 미국 대통령 당선인은 IRA에 따른 전기차 보조금 폐지를 계획한 바 있어 자동차 및 배터리 업계에 대한 불확실성이 커지고 있는 상황
 - 다만 IRA 혜택을 받기 위해 외국 업체들이 공장을 지은 곳이 공화당을 지지하는 미시간, 오하이오, 조지아 등 러스트벨트(Rust belt, 쇠락한 공업지대) 지역으로 전기차 보조금 전면폐지 여부 역시 불확실
- (핵심광물 확보 경쟁) 기업 및 투자자들은 전기차 공급망 중 업스트림(Up-stream, 배터리 제조에 필요한 핵심 원자재 확보 단계)에 투자집중, 완성차 업체들은 배터리 제조사 및 광물 채굴·가공 기업과의 거래 모색
 - ※ (Stellantis) 아르헨티나 구리 수요 확보를 위해 1.55억 달러 투자, (VW, Glencore, Chrysler) 니켈/구리 자산 운영 특수목적인수회사에 각각 1억 달러 투자, (Tesla, LG에너지솔루션, SK이노베이션) 리튬 공급을 위해 칠레 정부 기관과 협의, (AustralianSuper, 호주 최대 연기금) 향후 5년간 리튬 주식 투자 2배 확대 계획
- (LFP배터리 경쟁) 최근 글로벌 자동차 제조사들은 전기차 시장의 격화되는 가격 경쟁에서 경쟁력을 확보하기 위해 LFP 배터리 도입을 확대하고 있으며, LFP 배터리의 시장침투율도 '21년 20%, '23년 37%로 증가, '26년 42% 전망
 - ※ Volkswagen, BMW, Mercedes-Benz, Stellantis, Toyota, 현대차, GM, Ford 등
 - 주로 entry급 모델에 적용될 것으로 예상되며, 에너지밀도가 낮고 저온성능이 떨어진다는 단점이 있으나 기술개발로 이러한 단점을 개선 중이며, 가격 측면에서 큰 장점
 - Tesla는 이미 전 차종에 LFP배터리 채택, 포드는 머스탱 마하-E 모델에 도입 결정, 폭스바겐은 주요 주주로 있는 Gotion High Tech의 LFP 배터리와 CATL 배터리 도입 예정

- ※ (GM) LFP 배터리 기술력을 가진 스타트업 '미트라컴'에 투자, (Stellantis) 유럽 출시 전기차에 LFP 배터리 채택 예정, (현대차) 신형 레이, 캐스퍼에 LFP 배터리 채택, (TOYOTA) '26~'27년 LFP 배터리 사용 예정, (Mercedes-Benz) '24년부터 EQA, EQB 시리즈에 LFP 배터리 채택
- (전기차 · 배터리 캐즘) 최근 배터리 및 핵심소재의 공급망 이슈, 배터리 러-우 전쟁 이후 핵심광물의 가격변동, 완성차 및 배터리 업체들의 경쟁심화, 잇따른 전기차 화재사고, 관련 기술의 성숙도 등 다양한 요인으로 인해 전기차-배터리 산업의 캐즘(Chasm, 일시적 수요 둔화) 도래
 - (차세대 배터리) 나트륨이온배터리는 리튬을 포함하지 않는 배터리로 가격 경쟁력 측면에서 이점이 있어 '23년 BYD, Northvolt, CATL 등 주요 배터리업체는 나트륨이온 배터리 개발 계획 발표

2 ESS용 이차전지(29)30)31)

□ ESS용 이차전지 수요 및 전망

- 인공지능(AI) 산업의 급속한 성장으로 데이터센터의 중요성이 부각되면서, 이를 운영하기 위한 친환경 에너지 활용이 확대되고 안정적 전력 공급을 위한 백업 시스템으로서 ESS의 필요성 증가
 - 전기차는 제한된 차량 공간 내 고성능 배터리가 필수이나, ESS는 설치 공간의 제약이 상대적으로 적은 가정과 상업시설에 주로 설치되므로 에너지밀도는 다소 낮더라도 경제성이 뛰어난 LFP 배터리를 활용하기에 적합
- (시장전망) 재생에너지 확대에 따른 적극적 ESS 보급으로 글로벌 시장 급성장 전망
 - (설비규모) ESS 설비규모(양수 제외)는 '22년 43.8GW/91.5GWh에서 '30년 508GW/1,432GWh으로 연평균 23%의 증가율로 10배 이상 확대 전망(BNEF, '23)
 - (시장규모) 글로벌 ESS 연간 시장규모는 '22년 152억불에서'30년 395억불로 성장 전망('21~'30년 누적 2,620억불)



〈 (좌) 글로벌 ESS 누적설치량 전망, (우) 글로벌 ESS 연간 시장규모 〉

- (국가별) 미국과 중국이 글로벌 ESS 보급량의 50% 이상을 점유, 주요 독일, 인도, 호주 등 주요국에서 보급량이 지속적으로 증가할 전망(BNEF, '23)
 - 미국의 ESS 시장 규모는 23년에 686억 달러를 넘어섰고, 24년부터 32년까지 연평균 15.5% 성장하여 그 가치가 2,493억 달러에 달할 것으로 예상

※ 호주는 '30년까지 발전량 중 재생에너지 비중 82% 확대 정책에 따라 ESS 시장 급성장 예상

29) 산업통상자원부. (2023). 에너지스토리지(ESS) 산업 발전전략.

30) 이대연. (2023). 해외 에너지스토리지(ESS) 지원정책 동향 및 시사점. 에너지경제연구원.

31) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

- (용도별) 전력이 남을 때 저장하였다가 전력이 부족할 때 판매하는 에너지이동용(54%)과 전기요금 절감 목적의 주거용(23%)이 주된 용도
 - 향후 에너지이동용 비중은 재생에너지 발전설비와의 연계 수요 증가에 따라 '30년까지 66%로 증가하며, 주거용 비중은 14%로 다소 하락
- (기술별) ESS 시장은 리튬전지 기반이 95% 이상을 차지하며, 향후리튬인산철(LFP) 전지 기반의 ESS 보급 확대 전망
 - ※ 리튬전지 외 5%는 흐름전지, 압축공기저장 등이 차지('22년 기준, 양수 제외)
 - '22년을 기점으로 리튬인산철(LFP) 전지가 ESS 시장에서 차지하는 비중이 삼원계(NMC, NCA) 리튬전지를 추월하여, '30년까지 글로벌ESS 시장을 주도할 것으로 전망
 - ※ 인산철전지는 가격, 화재안전성, 수명 등의 측면에서 경쟁력을 보유
 - 향후 리튬전지 외에 양수, 흐름전지, NaS전지 등 장주기 에너지저장기술의 보급 확산 예상

□ 국내 ESS 현황

- (설치 규모) '22년 기준 세계 4위 수준의 ESS 설비 규모 보유 중
 - ESS 신규 설치량은 '18년 최대, '22년 1/15 규모로 축소, 공공 분야 중심으로 보급되는 추세
- (시장현황) 재생에너지 연계 ESS에 REC 가중치 부여, 충전요금할인, 설치비 지원 등 보급 정책이 축소됨에 따라 시장은 침체 상황
 - ※ REC 가중치 및 ESS 충전 전기요금 50% 할인 제도 일몰, ESS의 피크 감축량에 대한 기본요금 할인 1배로 축소('20)
 - 특히, '17년 이후 총 50건의 화재사고 발생(23.9 기준)으로 인하여 시장이 급속도로 위축

□ ESS용 이차전지 기업 현황

- (미국) 미국은 테슬라를 중심으로 상업용·유틸리티용 비즈니스 모델을 확대하고 있으며, 한국 배터리 3사는 ESS용 배터리 생산을 위한 관련 투자 강화하고 있으며, 테슬라, GE는 에너지 저장 산업을 새로운 비즈니스 모델로 하여, 중국 이외 기업과의 합작을 통해 시장 진출
 - (테슬라) ESS 배터리를 디자인·개발·생산·판매하고 있으며, '15년 가정용 ESS인 파워월(PowerWall) 출시 후 상업용·유틸리티용 ESS인 파워팩(PowerPack), 유틸리티용 ESS인 메가팩(MegaPack) 판매, 메가팩의 경우 단일 저장용량이 3.9MWh에 달하는 대형 ESS로 대규모 프로젝트에 활용 중

- '23년 4분기 실적 기준 ESS 부문의 연간 설치량이 14.7GWh로 전년 대비 2배 이상 증가
 - '23년 4월 중국 상하이에 연간 1만대의 메가팩 생산이 가능한 공장 착공, 미국 네바다주에 새로운 메가팩 공장 설립 계획
 - (GE) '18년 전력망 규모의 에너지 저장 솔루션인 'GE 리저버(GE Reservoir) 출시, 각 모듈은 1.2MW의 출력, 4MWh 저장용량 제공, '18년 ESS 시장 진출 후 루이지애나주(7.4 MW)와 뉴욕주(123 MWh)에 ESS 설치
- (중국) 이차전지 기업, PCS 기업, EMS 기업, 시스템 인프라에 걸쳐 다수 기업이 ESS 분야에서 활동³²⁾
- 이차전지 분야는 CATL, Guoxuan Hi-Tech와 같은 리튬전지 제조사, Shandong Sacred Sun Power와 같은 리튬전지 ESS 제조사로 구성
 - 시스템 분야는 BYD, Zhongtian Technology, Paineng Technology와 같은 모든 링크를 통합하는 기술을 제공하는 제조사로 구성
 - CATL은 '24년 4월, 5년간 성능저하가 없고 6.25MWh의 대용량을 가지는 ESS 신제품 '텐형(天恒)' 발표, '23년 8월 10분 충전으로 약 400km, 완전 충전 시 최대 700km 주행 가능한 '선싱(Shenxing)' 공개
 - CATL은 '22년 8월, 헝가리 데브레첸에 약 10조 3,700억원을 투자하여 유럽 최대 규모인 연간 100GWh 규모의 공장 건립 계획 발표
 - Guoxuan Hi-Tech는 '23년 3월 일본의 에디슨파워와 협력 중, '23년 9월 미국 일리노이주에 약 20억 달러 투자, 연간 40GWh 규모의 리튬이온 배터리 셀 및 10GWh의 배터리 팩 생산이 가능한 기가팩토리 건설 발표, '24년 생산 시작 예정
- (일본) 정부와 기업 중심으로 ESS 투자 및 산업 확대 중³³⁾
- 일본 중기계 전문 제조기업인 스미토모중공업(Sumitomo)은 홋카이도·도호쿠지역 등에 ESS망 정비를 위해 2030년까지 최대 2,000억 엔을 투자할 계획, 도쿄가스는 '30년까지 홋카이도·규슈지역에서 7만 가구에 전력을 제공할 수 있는 수준의 ESS 용량을 확보할 계획
 - Kyocera는 '24년 말까지 사가현 내 ESS 공장에 약 100억 엔을 투자해 생산능력을 2배로 늘릴 예정

32) KOTRA. (2022). 이차전지 글로벌 시장동향 보고서.

33) 산업뉴스. 배터리 산업동향(2024). <https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=55321>

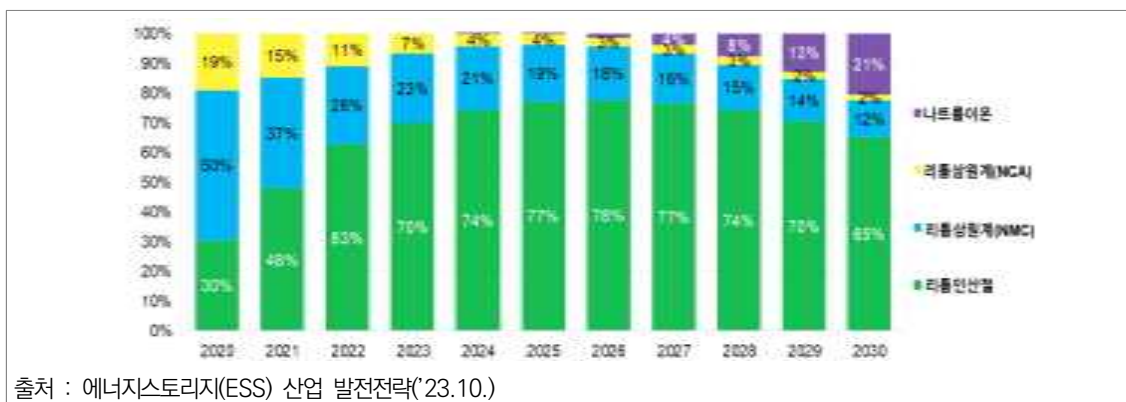
- Panasonic은 리튬이온배터리 기반 ESS 생산, 미국 네바다 주 기가팩토리에서 생산 중
- GS Yuasa, 스미모토전기공업(Sumimoto Electric Industries), 미쓰비시(Mitsubishi Electric), Hitachi 등 ESS 제품 생산 중
- (한국) LG에너지솔루션, 삼성SDI 등 한국 기업들을 중심으로 ESS용 이차전지 산업에서 셀 제조 및 배터리 모듈 팩 조립 부문에 대한 투자 강화
 - (LG에너지솔루션) 주택용 ESS 신제품 'RESU FLEX' 출시, '24년 11월 미국 법인인 버테크(Vertech)는 미국 재생에너지 기업 테라젠(Terra-gen)과 최대 8GW 규모의 ESS 공급 계약 체결
 - '21년 비스트라(Vistra)의 1.2 GWh 규모(단일 ESS 사이트 세계 최대 규모) ESS 프로젝트에 TR1300 배터리 공급
 - 미국 애리조나 주에 43GWh 규모의 신규 원통형 및 ESS용 LFP 배터리 공장 건설 중, '26년 ESS LFP 배터리 양산 목표
 - 최근 시스템통합 분야(ESS SI)로의 확장* 및 ESS용 LFP전지 생산 계획 등을 계획
- * 미국 ESS SI 업체 'NEC에너지솔루션(NEC Energy Solutions)'을 인수하여 시스템통합(SI) 분야 경쟁력 확보('22년 2월)
- (삼성SDI) '21년 기준 ESS 매출액은 1조 6,890억 원(전체 매출액 대비 12.5%)으로, 캘리포니아 지역 전력 공급망 구축 프로젝트에 참여해 전체 규모의 약 70%인 240 MWh의 ESS 배터리를 공급
- '24년 6월 '인터배터리 유럽 2024'에서 차세대 전력용 배터리 'SBB 1.5' 공개, 기존 제품 대비 에너지밀도 37% 향상, 총 5.26MWh 용량
- 미국 인디애나주에 GM과 함께 연간 27GWh 규모의 전기차 배터리 합작 공장 건설 예정, '27년 생산 목표, 36GWh까지 규모 확대 계획
- '24년 미국 최대 전력기업인 넥스트에라 에너지(NextEra Energy)에 1조원 수준의 총 6.3GWh 용량의 ESS용 배터리 공급 계약 체결

□ ESS용 배터리 시장·산업 이슈

- 장주기 ESS분야는 기술개발 초기 단계로 최근 중국이 가격이 저렴한 LFP 기반 ESS용 배터리 생산에 집중하고 있어 성능 및 가격 측면에서 경쟁력 확보가 필요한 상황

- 국내 보급 ESS 99%가 리튬전지이며, 장주기 기술은 기술성숙도 및 상용화가 낮으므로 소재·부품 국산화 및 차세대 ESS 기술개발을 통한 시장경쟁력 확보 시급
 - 미국의 IRA 등 ESS 배터리에 대한 현지 생산 요구 증가에 따른 대응 필요
 - ESS 폭발 및 화재사고에 대한 불안함 해결 필요
 - ESS를 활용한 태양광발전의 REC(신재생에너지공급인증서) 가중치가 '20년 이후 축소되면서 ESS 설치의 경제성 악화, 보급 확대를 위해서는 REC 가중치 재조정 또는 추가 인센티브 제공 필요
- (공급망) 리튬전지 ESS는 소재·부품, SI(시스템통합), EPC 및 대중소기업 협력 분야에서 안정적인 공급망 확보중

* 부품(PCS, PMS 등), SI(시스템 설계, 응용 S/W 등), EPC(엔지니어링, 설치 등)



〈 이차전지 종류별 ESS 비중 전망 〉

IV. 이차전지 기술 동향

1 리튬이온전지

가. 리튬이온전지 4대 핵심기술

□ 양극재

○ 양극재는 구성 성분에 따라 NCM(니켈-코발트-망간), NCA(니켈-코발트-알루미늄), LFP(리튬-인산철) 등으로 구분

- 제품의 요구사항에 따라 높은 에너지밀도가 필요한 전기차 등 고성능 제품에는 NCM, NCA가 주로 적용되고 ESS 또는 저가형 전기차에는 LFP가 주로 적용

- 니켈-코발트-망간(NCM) 또는 니켈-코발트-알루미늄(NCA) 기반 삼원계 리튬이온 배터리의 경우, 양극 활물질 내 니켈 함량을 높이고, 음극 활물질의 실리콘 비중을 높이는 방향으로 연구개발 중, 니켈 함량을 높이면 에너지밀도가 증가하고 코발트의 사용량을 감소시킴으로써 가격 저감이 가능³⁴⁾

• (하이니켈, High Ni) 양극재 내 니켈 비중을 높일수록 에너지밀도는 증가하지만, 안전성과 수명은 취약해지기 때문에 이를 최소화하기 위한 하이니켈 양극재 기술개발에 주력, 최근 잇따른 배터리 화재로 인해 안전성이 확보된 고성능 양극재 개발에 중점

※ 양극재 성분의 비율에 따라 NCM811(Ni 80%, Co 10%, Mn 10%), NCM9½(Ni 90%, Co 5%, Mn 5%) 등으로 구분

○ (중국) CATL, BYD 등 대표 배터리 기업은 High Ni NCM 대비 LFP 배터리 개발에 집중

- (CATL) 역시 하이니켈 NCM811 배터리 개발을 완료했으나 NCM 보다는 LFP 배터리 개발 쪽에 집중

- '21년 LFP와 NCM 중간 성능을 목표로 한 1세대 인산망간(M3P) 양극재* 개발, '23년 성능을 업그레이드하여 2세대 M3P 양극재 개발 발표

* LFP(160Wh/kg)와 NCM(250Wh/kg) 중간 수준의 성능인 약 210Wh/kg의 에너지밀도, 가격은 LFP에 근접

- 3세대 CTP(Cell to PAck) 기술을 적용한 Qilin 배터리 패키징 기술을 통해 NCM 기준 255Wh/kg(10분 충전 400km 주행 가능), LFP 기준 160Wh/kg 에너지밀도 달성('22년)

34) 이태경. (2020). xEV 배터리 셀-모듈-팩-시스템 연구개발 동향. Auto Journal, 2020(8).

- (BYD) LFP 중심의 개발 및 생산, 칠레에 약 3,800억 원을 투자하여 리튬 배터리를 양극재 공장을 건설할 예정, 연간 5만 톤 규모의 양극재 생산 계획('23 발표)
 - (Ningdo) '21년부터 하이니켈 양극재 생산 확대, NCM811 양극재 생산에 주력, '22년에는 단결정 NCM 양극재 개발
- (미국) 양극재 개발 초기단계인 자국 내 기업보다는 IRA의 영향으로 미국에 공장을 설립한 외국 기업 중심의 양극재 및 배터리 생산 활발
- (Redwood Materials) 미국기업으로 '21년 네바다 주에 양극재 생산공장 건설 발표, '22년부터 연간 100GWh 규모의 생산시설 가동 계획, '23년에는 배터리 재활용과 연계한 양극재 생산 시작
 - (Ascend Elements) 미국기업으로 '22년 88억 달러를 투자하여 조지아 주에 공장 건설을 발표, '24년까지 연간 70GWh 규모의 생산 목표
- (유럽) BASF와 Umicore 중심의 삼원계 양극재 개발 및 생산, BASF는 아시아 및 유럽 합작법인을 통한 공장 건설 및 양극활물질 생산 중
- (BASF)가 '23년 독일의 NCM 1.5만톤/년 규모의 양극 활물질 생산공장 (Schwarzheide) 준공, 고니켈 NCM 생산 중, '23년에는 배터리 재활용과 연계한 생산 체제를 구축, 일본의 TODA 및 중국의 Human Shanshan Energy와 합작하여 생산 진행, 캐나다 퀘벡 주에 3만톤/년 규모의 양극재 공장 건설 중이며 '25년부터 생산 예정
 - (Umicore) '21년 폴란드 공장 가동 시작, '22년 저코발트 NMx 기술 개발, 연간 160GWh 규모로의 증설 계획
- (일본) 삼원계 NCM 양극재 및 LFP 배터리 개발 및 생산
- (스미토모금속광산) '21년 NCMA 양극재 개발, '22년에는 니켈 함량 90% 이상의 하이니켈 양극재 개발, '23년에는 전고체전지용 양극재 개발에 주력
 - (아사히카세이) '21년 단결정 NCM을 개발, '22년 고성능 LFP 양극재를 개발, '23년에는 차세대 양극재 기술 개발을 진행 중

- (국내) 배터리 3사는 니켈 함량을 높인 하이니켈 배터리 개발 및 양산에 집중
 - (LG에너지솔루션) 최근 니켈 함량을 50~60%로 조절하고 망간함량을 높여 안전성을 강화한 고전압 미드니켈 NCM 배터리 개발
 - 에너지 밀도 670Wh/L를 달성, 기존 하이니켈 배터리 대비 셀 안정성을 30% 이상 높이고 가격을 약 8% 절감할 것으로 예상, 2025년 내 양산 목표
 - 이 외에도 니켈 함량 90%의 하이니켈 NCMA 배터리 상용화, 기존 NCM622(Ni 함량 60%), NCM811(Ni 함량80%) 대비 20~30% 향상된 700~750Wh/L 에너지밀도(GM의 Ultium 배터리 시스템에 적용)
 - (삼성SDI) 하이니켈 NCA 46파이 배터리 양산을 '24년 말까지 완료할 예정
- 최근 북미 투자를 대대적으로 확장하여, 한국 배터리 업계가 계획한 미국 설비투자 규모는 540억 달러(약 77조 4900억 원)에 달함³⁵⁾, 최근 라우 전쟁, 글로벌 경기 둔화 등과 함께 트럼프 정부의 전기차 세액공제 폐지 여부 결정을 앞두고 신중한 입장
 - 배터리 3사(삼성SDI·LG에너지솔루션·SK온)는 미국 내 15개 공장 건설 발표, 이 중 절반은 '22년 IRA 발효 이후 발표,
 - (LG화학) 미국 테네시주에 최대 12만톤/년 규모의 NCMA 양극재 공장 착공('23), 세계 최대 석유·에너지기업 엑슨모빌과 미국 텍사스 주 생산 탄산리튬 공급 계약 체결 등 미국 시장에 총력전³⁶⁾
 - (포스코퓨처엠) 한국 배터리 제조사들이 북미에 대규모 공장을 건설하면서 소재공급 매출 확장, 매출 비중은 양극재 얼티엄셀즈(LG에너지솔루션즈와 GM의 합작공장) 35.3%, 삼성SDI 11.3%, LG에너지솔루션 11.1%³⁷⁾
 - 포스코퓨처엠은 제너럴모터스(GM)와 캐나다에 짓고 있는 양극재 합작 공장을 통해 '24년부터 양극재 생산 예정이었으나 트럼프 대통령 취임을 앞두고 전기차 세액공제 제도의 불확실성으로 인하여 완공 일정을 연기
 - (LG에너지솔루션) GM과 '19년 합작공장인 얼티엄셀즈 설립, 오하이오와 테네시에 각각 연 35GWh 규모의 배터리셀 생산 공장 건설
 - (삼성SDI)는 스텔란티스와 합작법인 StarPlus Energy를 설립, 미국 인디애나주에

35) 서울경제. 배터리 산업전망(2024). <https://www.sedaily.com/NewsView/2DI1ZBL5WW>

36) 아시아타임즈. 배터리 기술동향(2024). <https://www.asiatime.co.kr/article/20241121500318>

37) 포스코퓨처엠. 배터리 소재개발 현황(2024).

<https://www.poscofuturem.com/pr/view.do?num=567><https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2024121315382030383>

33GWh/년, 34GWh/년 규모의 2개 공장 설립 예정, 1공장은 '25년, 2공장은 '27년 가동 예정

- (단결정화) 장주행을 위한 다결정 기반 기술(1세대)에서 장주행과 장수명을 동시에 만족하는 단결정 기술개발에 주력, 특히 단결정 양극 분말에 대한 다양한 연구개발 진행 중
 - 다결정 양극 분말은 알루미늄 극판 위에 양극 소재 분말을 코팅한 후, 압연(Press)하는 과정에서 부서지면 부반응을 일으키는 문제점이 존재하나, 단결정 분말은 부서지지 않고 부반응도 일으키지 않는 것이 장점
- (양극재용 탄소나노튜브 도전재) 에너지밀도를 향상시키기 위하여 기존 도전재인 카본블랙 대비 사용량을 1/5 수준으로 줄이고 NCM, NCA와 같은 양극활물질의 비중을 높여 에너지밀도 향상이 가능한 탄소나노튜브(CNT) 도전재 기술개발 중
 - (유럽) OCSiAI가 리튬이온전지용 도전재 시장을 선도하며 유럽 주요 배터리 제조사와 협력 중, (미국) Nano-C, Cabot Corp. (일본) Showa Denko K.K.는 Panasonic, Toyota와 협력, (중국) Shenzhen Sinuo Industrial Development는 CATL, BYD 등 중국 주요 배터리 제조사와 협력

□ LFP 배터리³⁸⁾

- LFP 배터리는 양극재로 리튬인산철(LiFePO₄)을 사용하는 리튬이온배터리로 구조적 안정성이 높고, 열적 안정성이 우수한 것이 특징
 - NCM이나 NCA 등 다른 리튬이온배터리에 비해 에너지 밀도는 낮지만, 긴 수명, 높은 안전성, 상대적으로 저렴한 가격이 장점

〈 NCM과 LFP 배터리 특성 비교 〉

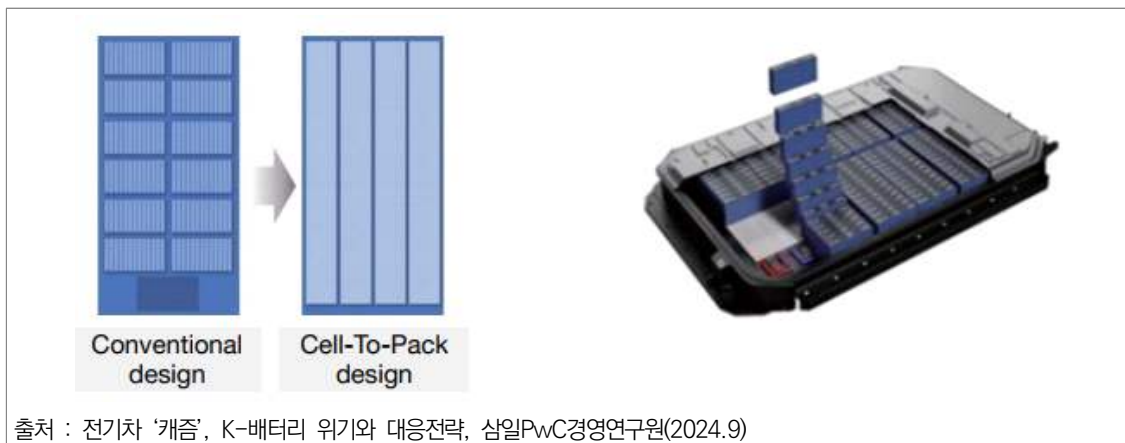
	NCM	LFP
주요 원료	니켈, 코발트, 망간	리튬, 인산, 철
에너지 용량	140~220 mAh/g	150 mAh/g
안정성	다소 높음	매우 높음
수명	중간	높음
가격	높음	저렴
주행거리	400 km이상	300~400 km
주요 기업	LG에너지솔루션, SK온, 삼성SDI	CATL, BYD

자료: 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략, 삼일PwC경영연구원(2024.9)

38) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

- NMC, LFP 두 배터리 모두 셀투팩(Cell-to-Pack, CTP, LFP에서는 기 채택), 셀투채시(Cell-to-chassis)와 같은 최근의 배터리 팩 구성*을 통해 추가적인 배터리 성능 혁신 중³⁹⁾

* 일반적으로 전기차에 사용되는 배터리 팩은 여러개의 배터리 셀로 구성된 모듈의 집합체로 구성되는데, 셀투팩은 모듈을 사용하지 않고 배터리 셀을 조립하여 팩을 구성하는 방식, 비활성 물질의 필요성을 줄여 에너지밀도를 높이고 배터리 무게와 비용을 줄이는 구성, 셀투채시는 배터리 셀을 미리 배터리 팩으로 조립하지 않고 전기차 구조의 일부로 사용하는 구성



〈 (좌) CTP 기술개념도, (우) CTP배터리팩(각형) 〉

- CATL은 LFP 배터리의 중량과 부피 단점을 극복하기 위해 CTP 기술을 도입, 현재 선도기업으로 '23년 10분 충전으로 400km 주행 가능한 240Wh/kg 에너지밀도의 '선싱(Shenxing)' 배터리 개발완료, '24년 4월 Shenxing PLUS 버전 공개, 15분 (4C) 충전으로 1,000km 이상 주행거리 달성한 세계 최초의 LFP배터리
- 이 외에도 망간 함량 증가를 통해 낮은 비용을 유지하면서 고에너지 밀도 확보(LFP) 혹은 높은 에너지밀도를 유지하면서 낮은 비용 확보(NMC) 목표
- 삼원계 배터리 개발에 집중했던 국내 배터리 업체는 '23년부터 LFP 배터리 개발을 가시화하며 LFP 배터리 분야에서 글로벌 주도권을 기 확보한 중국에 도전장
- (LG에너지솔루션) '23년 말부터 중국 난징공장에서 에너지저장장치(ESS)용 리튬인산철 (LFP) 배터리 생산 중, 내년 하반기부터 전기차용 LFP 배터리 양산 계획
 - 국내에서는 볼모지와 다름없던 유럽시장 르노에서 전기차용 LFP 배터리 공급계약 수주
 - 전기차 약 59만대에 탑재 가능한 39GWh 공급규모를 확보한 우치 CTP 형태의 LFP 롱셀 배터리는 폴란드 브로츠와프 공장에서 생산
 - 모듈 단계를 제거한CTP(Cell-to-pack) 구성을 통해에너지효율 향상및 가격저감, 검증된열전이방지기술을 통해안전성 확보

39) International Energy Agency. (2024). Global EV Outlook 2024.

- (삼성SDI) 최근 전기 상용차에 최적화된 LFP+ 배터리를 개발하여, 2024년 9월 독일 하노버에서 열린 'IAA Transportation 2024'에서 공개, 기존 리튬인산철(LFP) 배터리 대비 에너지 밀도를 10% 이상 향상시켰으며, 20분 만에 80%까지 충전이 가능한 급속 충전 기술을 적용,
 - '26년 ESS용 LFP 배터리 양산 목표, 전기차용 양산 시점은 미정
- (SK온) 국내 배터리 3사 중 최초로 전기차용 LFP 배터리 시제품 공개(23. 3), '26-'27년 양산 목표, 완성차 업체와 공급 논의, ESS용 LFP 배터리 개발 계획은 없음

□ 음극재

- (실리콘 음극재) 음극재는 양극재와 달리 자체적인 에너지밀도 향상이 제한적이며, 700 Wh/L 이상 달성을 위해서는 실리콘 소재가 필수적
 - 실리콘은 탄소 대비 10배 높은 에너지밀도를 보유하고 있으나, 충방전 시 최대 400%에 이르는 실리콘 음극재의 부피 변화를 최소화하기 위해 탄소기반 활물질을 혼합하는 등 부피 팽창, 낮은 효율과 수명 등의 기술적 과제 해결이 필요⁴⁰⁾

〈 주요 배터리 제조사의 음극재 개발 현황 〉

구분	개발완료	개발중
LG 에너지솔루션	흑연 + SiO	흑연 + pre-lithiated SiO*
삼성 SDI	흑연 + SCN(Si 2.2%)**	흑연 + SCN(Si 10%)
SK 이노베이션	흑연 + SiO	흑연 + SiO
CATL(중국)	흑연 + Si	흑연 + Si
BYD(중국)	탄소(90%) + Si(10%)	탄소(80%) + Si(20%)

* 실리콘에 전처리를 통해 리튬이온을 삽입하는 기술(전-리튬화 기술)

** 삼성SDI의 고유 기술로, 실리콘과 탄소를 나노화한 복합체

자료: 전기차용 이차전지의 시장 트렌드 및 기술 개발 동향(신유리, 2021.9)

- (음극재용 탄소나노튜브 도전재) 음극재용 CNT 도전재는 수계 용매 사용에 따른 균일 분산의 어려움이라는 기술적 과제 존재
 - 미국과 유럽이 분야 선도, 기술적으로 선도하고 있으며, 배터리의 안정성 요구로 인해 신규 진입과 소재 적용에 높은 기술 장벽이 존재
 - 주요 기업으로는 (미국) Cabot Corp., Applied Nanotech, Inc., Nano-C, (유럽)

40) 이태경. (2020). xEV 배터리 셀-모듈-팩-시스템 연구개발 동향. Auto Journal, 2020(8).

OCSiAl, Arkema, Nanocyl, (일본) Showa Denko K. K., 국내에는 나노신소재, 제이오, 동진세미켄 등이 존재

□ 전해질⁴¹⁾

- 전해질은 높은 이온전도도를 통한 신속하고 안정적인 충방전 성능, 긴 수명, 안전성, 다양한 전압/온도 조건 대응을 위한 설계 유연성, 그리고 상용화가 수월해야 함
- 현재 리튬이온전지에서 가장 많이 사용하는 액체 전해질은 리튬염(Lithium Salt)을 유기 용매(Organic Solvent)에 녹여 만든 것, 대표적으로 LiPF₆가 있음
- 전해질 시장은 한일 주도에서 중국 기업들의 급성장으로 판도가 변화되어, 현재는 중국 업체들이 시장 상위 3개사를 점유
 - 액체 전해질 산업은 이미 기술적 성숙기에 도달하여, 대량생산을 통한 원가 절감에 주력
 - (중국) Tinci, Guotai-Huarong, Capchem 등이 시장 지배, 일본의 경우 Mitsubishi Chemical에서 개발 중
 - (국내) 동화일렉트로라이트와 솔브레인, 엔켄 등이 리튬이온 이차전지 주요 3사(삼성SDI, LG에너지솔루션, SK온)에 전해질을 공급 중
 - 전해질의 핵심 성분인 리튬염의 경우, 국내에서는 후성이 범용 리튬염(LiPF₆)을, 천보가 특수 리튬염(LiFSI, LiPO₂F₂, LiDFOP, LiBOB)을 양산 공급 중
- 현재 리튬이온전지에서 사용하는 액상 전해질은 발화 및 폭발, 전해질 열화로 인한 수명 한계, 온도 민감성, 수지상 생성, 고체 대비 낮은 에너지밀도 등의 한계를 보유, 특히 최근 발생한 화재사고들로 인해 화재 위험성이 낮은 고체 전해질 개발이 가장 큰 이슈
 - 이를 해결하기 위해 가연성 문제와 누출 위험이 없는 고체전해질, 액체와 고체 전해질의 장점을 결합한 겔 전해질, 비가연성 특성을 가진 이온성 액체, 안정성을 높이기 위한 첨가제 관련 연구 진행 중
 - (고성능 전해질 첨가제) SEI(solid-electrolyte interphase) 보호막 형성, 과충전 방지, 전도특성 향상 등을 위한 첨가제 사용, 천보, 캬트로스 등이 개발
 - (차세대 리튬염) 기존의 LiPF₆ 전해질의 낮은 열적 안정성과 수분과 반응하여 HF를 생성하는 단점을 개선하기 위해 LiFSI 등의 차세대 리튬염 개발 중
 - (고전압 및 고에너지밀도 전해질) 에너지 밀도를 높이기 위해 고전압에서 안정적으로 작동할 수 있는 전해질, 니켈 함량이 높은 NCM, NCA 등의 고용량 양극재와 호환되는 전해질

41) GII코리아. 리튬이온배터리 전해질 기술동향(2024).

<https://www.giikorea.co.kr/report/sne1343611-lithium-ion-battery-electrolyte-technology-trend.html>

- 현재 젤 폴리머 전해질(액체와 고체 전해질의 장점 결합)은 액체전해질의 개선된 형태로 개발이 진행되는 반면, 완전한 고체전해질의 상용화는 예상보다 더디게 진행

2. 분리막⁴²⁾

- 상용화된 분리막은 리튬이온전지의 에너지밀도와 안전성에 중요한 영향, 현재 상용화된 분리막은 일반적으로 약 10~12 μ m 두께, 9 μ m 이하로 더 얇게 만드는 박막화와 고투과성, 고내열성, 전극 접착성 향상을 위해 새로운 폴리머 소재 개발이 진행 중
 - 분리막 두께가 얇아지면 같은 부피에서 활성물질의 양을 늘릴 수 있어 에너지밀도 증가, 이온이 통과하는 거리가 줄어들어 전기화학적 저항 감소, 다만 분리막이 얇을수록 기계적 강도와 열적 안정성이 감소할 수 있어 소재개발 및 코팅기술 연구도 병행 중
 - 일본의 Asahi Kasei는 리튬이온 배터리 분리막 시장에서 선도적 위치, Toray Industries 등은 역시 박막화와 내열성 향상에 중점을 두고 개발 중
 - 국내 롯데케미칼은 분리막 코팅 소재 제조기술을 최초로 개발, SK아이이테크놀로지는 리튬이온 배터리 분리막을 독자개발하여 생산
 - 분리막 제조는 습식과 건식 공정으로 구분, 균일한 기공 구조와 박막화에 유리한 습식 공정이 '20년 기준 66% 시장 점유⁴³⁾
 - 안전성 강화를 위해 습식분리막에 세라믹 코팅을 적용하여 고온변형 문제를 해결하고 있으며 '21년부터 전기차용 각형 전지에 도입, 일본의 Asahi Kasei에서는 '23년부터 일부 제품에 수제 세라믹 코팅 기술 적용 중

□ ESS용 이차전지

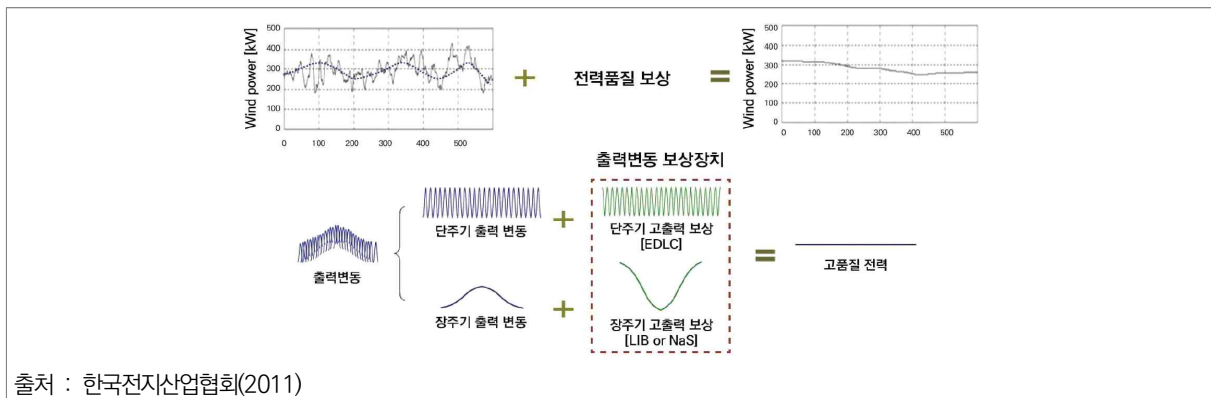
- ESS는 충방전 시간에 따라 재생에너지의 불규칙한 출력을 안정화하는 4시간 이하의 단주기 ESS, 주간 및 계절 간 전력 수급 변동에 대응하는 4시간 이상의 장주기 ESS로 구분
 - * 에너지저장시스템은 직/병렬로 연결된 대용량 이차전지, 기구부, 열관리 및 BMS(Battery Management System), PCS(Power Conditioning System) 등으로 구성
 - (단주기 ESS) 재생에너지 발전의 순간적 변동성에 대응하여 전력품질을 안정화하는 시스템으로, 화석연료에서 재생에너지로의 전환 과정에서 계통 안정성을 확보
 - (장주기 ESS) 허브형 대용량 저장 시스템으로, 다양한 규모의 재생에너지 발전원들의

42) SNE Research <2021> 리튬이차전지 분리막 기술동향 및 시장전망 (~2030)

43) SNE Research <2021> 리튬이차전지 분리막 기술동향 및 시장전망 (~2030)

출력을 통합 관리하며, 발전-수요 간 시간적 불일치를 해소하는 버퍼 기능을 수행

- ※ (장주기용 ESS) 기저부하의 유효전력을 이용함으로써 전력계통의 효율성·안정성 증대
- ※ (단주기용 ESS) 스마트그리드의 순간 정전 방지, 재생에너지원의 단주기 출력변동 완화, 전력계통의 안정적 운영을 위한 주파수 조정



〈 재생에너지용 대용량 장주기 에너지저장장치(ESS) 〉

- 미국, 유럽, 일본 등을 중심으로 대용량 ESS 개발·실증이 활발히 추진되고 있으며, 현재 사업화 단계, 국내 기업들은 글로벌 대규모 프로젝트에 참여 중
- (미국) 캘리포니아 지역의 재생에너지 목표 달성을 위해 Vistra Energy사는 '21년부터 총 400MW, 1,600MWh 규모의 모스 랜딩(Moss Landing) 프로젝트를 운영(순수 ESS 프로젝트)
 - 캘리포니아 주 모하비 사막에서는 Nextra Energy Resource사가 '24년부터 태양광 발전(875MW 규모)과 ESS(3,287MWh 규모) 복합 프로젝트인 Edwards & Sanborn Solar + Storage Project (에드워즈&샌본 태양광 및 ESS 프로젝트) 운영 중
 - 캘리포니아 지역의 전력망 안정화를 위해 SCE(Southern California Edison)는 100 MW/400 MWh의 ESS를 설치하여 '21년부터 운영 중
 - 캘리포니아의 지역발전 사업자가 연합하여 500 MW 출력에서 최소 8시간 이상 지속 방전이 가능한 장주기 대용량 ESS 프로젝트를 발주, 최소 8시간동안 4 GWh 전력공급이 가능한 ESS가 '26년 6월에 운전 개시 예정, 이후 뉴욕, 텍사스 등에서도 8시간, 10시간 이상 방전하는 ESS사업 시작
 - 워싱턴 주 PNNL 내 7,500만달러 규모의 'Grid Storage Launchpad' 운영을 통해 그리드 에너지 저장 기술 개발 및 테스트 진행 중('24 기준 초기 파일럿 프로젝트 시작)

○ (일본) 다양한 실증 및 상용 프로젝트 진행 중

- 홋카이도 미나미하야키타군 프로젝트('15~) : 스미모토전기공업은 15 MW/60 MWh급 바나듐레독스흐름전지를 적용한 ESS 실증을 마치고 '19년부터 상업 운영 중
- 홋카이도 도마마에 실증 프로젝트('22~) : 위 프로젝트의 후속으로 스미모토전기공업 주관 240MWh 레독스 플로우 배터리 기반 ESS 실증
- 가나가와현 ESS 프로젝트('21~) : 도쿄전력 주관 3MW/7.5MWh 규모의 상용 프로젝트, 배전망 안정화 및 피크부하 대응 목적
- 오사카 ESS 프로젝트('23~) : 간사이전력과 미쓰비시전기, 소프트뱅크가 협력하여 5MW/20MWh 규모의 가상발전소를 연계한 ESS 상용 프로젝트
 - 2조엔 규모의 Green Innovation Fund를 조성('21~'30)하여 장주기 저장시스템 개발 지원 중
- 미야자키현 히로하라 배터리에너지저장시스템(BESS) 프로젝트('24~) : Eku Energy가 개발한 30MW/120MWh ESS 기반 '26년 운영 예정, 도쿄가스에 20년 공급 계약

○ (미국·일본 연계) 스미모토전기공업은 미국 캘리포니아 주 샌디에이고에 2MW/8MWh 규모의 레독스 플로우 배터리 기반 재생에너지 연계 그리드 안정화 실증완료('17~'21)

○ (중국) 다수의 대규모 ESS 프로젝트 진행 중

- 다롄 프로젝트('16~) : Rongke Power 주관, 총 200MW/800MWh 규모의 바나듐레독스플로우 배터리 기반 ESS 실증
- CATL이 주관하여 총 100MW/400MWh 규모의 ESS 설치 및 운영을 위한 장쑤성 프로젝트('22~), 총 160MW/640MWh 규모의 칭하이성 재생에너지 프로젝트('21~) 등이 진행 중
- 특히 Rongke Power는 재생에너지 연계를 위한 다수의 바나듐레독스흐름전지 프로젝트 추진

* (Liaoning) 200 MW/800 MWh, (Jiansu) 200 MW/1,000 MWh, (Hubei) 10 MW/40 MWh

○ (독일) 재생에너지 기반 화학공장 가동을 위한 산업용 대규모 ESS 프로젝트인 BASF/RWE 프로젝트(250MW/400MWh 규모) 진행 중('23~), 프라운호퍼는 풍력발전과 연계한 2MW/20MWh 규모의 바나듐레독스플로우배터리 기반 RedoxWind 프로젝트 진행 중

- (영국) 100MW/200MWh 규모의 Shell/Centrica Gateway 프로젝트 진행 중(22~), 이 외 Pivot Power는 Energy Superhub 프로젝트로 옥스퍼드, 코번트리, 버밍엄 등에서 진행 중
 - ※ LG에너지솔루션은 '21년부터 캘리포니아 모스 랜딩(Moss Landing) 프로젝트에 참여 중, 400MWh 규모 ESS 배터리 공급, 1.1GWh 규모의 텍사스 Jupiter 프로젝트에도 참여 중
 - ※ 삼성SDI 역시 모스 랜딩(Moss Landing) 프로젝트에 참여 중이며 SK온은 '22년부터 미국 ITC와 조지아주 전력망 안정화 ESS 실증 중
- 국내 재생에너지 연계 ESS는 리튬이온전지 중심으로 상용화되었으나, 화재 사고로 인한 시장 침체를 극복하기 위해 안전성 강화 기술개발이 진행 중
 - 레독스흐름전지는 주로 전기요금 절감 목적으로 건물 등에 설치하여 상업 운전 중(재생에너지 연계 아님)이나 용량이 200 kW/1.5 MWh의 소규모 수준이며, 연구기관 및 대학을 위주로 개발중이나 기업에서는 사업화 실패로 아직 산업 생태계가 미미한 상태
 - 레독스흐름전지 중 ZnBr전지는 롯데케미칼에서 R&D 및 실증을 추진하였으나 사업화는 실패
 - NaS 및 NaNi 전지의 경우 RIST(포스코)에서 R&D를 추진하였으나 사업화는 실패

3. 모듈·시스템

□ 배터리 폼팩터

- 배터리 폼팩터(타입)는 각형, 파우치형, 원통형으로 구분, '22년 기준 시장 점유율은 각각 55%, 26%, 19%
- 미국은 Tesla의 영향으로 원통형 및 파우치 배터리의 사용이 높은 편, Tesla는 4680 원통형 배터리를 탑재한 '모델Y' 양산('22년)
 - 이에 맞추어 국내 3사 역시 원통형 생산라인 증대
 - 유럽은 폼팩터에 따라 다양한 배터리 업체가 경쟁 중, 완성차 업체까 다수의 배터리 업체 공급망을 사용(노스볼트-폭스바겐, 볼보 등)
- (원통형) 배터리 구성요소를 일정한 압력으로 감아 만든 젤리롤 1개를 원통형 캔에 밀봉한 형태
 - 와인딩, Tab용접, 전해액 주입, 전지 밀봉으로 제작되며, 양면 코팅 전극을 활용하므로 2개의 분리막 필요
 - 직경과 길이에 따라 다양한 규격으로 구분, 대표적으로 4680(지름46mm, 높이 80mm), 18650, 21700 등이 있음
 - LG에너지솔루션은 충북 오창공장에서 4680 규격의 원통형 배터리 양산 중, 기존 2170 배터리 대비 용량 5배, 출력 6배 향상, 주행거리 16% 향상⁴⁴⁾
 - 삼성SDI 역시 천안공장에서 지름 46mm에 높이가 다양한 원통형 배터리 개발 중, 25년 초 양산 목표
 - Tesla는 자체적으로 4680 배터리를 개발('23) 하여 일부 모델에 적용, 이 외에도 BYD, CATL 개발 중
- (각형) 사각형의 케이스에 구성요소를 담은 형태의 배터리로 모듈팩 단계에서 간소화 가능
 - 와인딩, Tab용접, 레이저용접, 전해액 주입, 전해액 주입구 밀봉으로 제작
 - 삼성SDI는 각형 배터리의 선두주자로 다양한 전기차 모델에 각형 배터리 공급, 대표적으로 BMW i3에 탑재된 120Ah 용량, 약 250Wh/kg의 에너지밀도를 갖는 배터리로 260~300km 주행이 가능
 - CATL은 255Wh/kg의 에너지밀도로 기존 제품 대비 용량이 13% 향상된 Qilin 배터리, 160Wh/kg의 LFP 각형 배터리, 200~240Wh/kg의 NCM 각형 배터리 개발
- (파우치형) 외부 케이스를 얇고 가벼운 알루미늄 필름으로 제작하여 내부구조가 단순하고 에너지밀도를 높이기 쉬움
 - ※ 파우치 성형, 젤리롤 제조, 전해액 주입, Degassing으로 제작
 - LG에너지솔루션은 GM의 얼티엄(Ultium) 플랫폼 기반 전기차 및 현대차, 포드 등 주요 자동차 제조사의 전기차 모델에 셀투팩(Cell-to-pack) 기술을 적용한 NCM811 양극재 기반 300 Wh/kg 이상의 배터리 탑재
 - SK온은 포드 전기차 탑재용 NCM91/21/2 기반 파우치형 배터리 개발

44) 배터리인사이드. 차세대 전기 이동수단의 동력원 원통형 배터리(2024.04). <https://inside.lgensol.com/2024/04/차세대-전기-이동수단의-동력원-원통형-배터리의-모/>

- CATL은 NCM 및 LFP 기반 파우치형 배터리를 EV와 ESS에 모두 공급하고 있으며, 에너지밀도는 약 300Wh/kg, 주요 고객사는 테슬라, BMW, 다일러 등
- 이 외에도 폭스바겐, BMW에 배터리를 공급(250~280Wh/kg)하는 Northvolt, 메르세데스벤츠 등에 배터리를 공급하는 Farasis Energy(250~280Wh/kg) 등이 있음

〈 배터리 폼팩터별 비교 〉

구분	장점	단점	사진
원통형	▶ 표준화된 크기·디자인 ▶ 대량생산 가능 ▶ 높은 안정성	▶ 낮은 에너지 밀도 ▶ 짧은 수명	
파우치형	▶ 높은 에너지 밀도 ▶ 형태 변경 용이 ▶ 출력 성능 우수	▶ 낮은 생산성 ▶ 약한 내구성 ▶ 모듈, 팩 구성시 개발 난이도 높음	
각형	▶ 대량생산에 용이 ▶ 높은 내구성	▶ 낮은 에너지 밀도 ▶ 무거운 무게 ▶ 형태 변경이 어려움	

○ 배터리 제조 공정은 ‘와인딩(Winding)’과 ‘스태킹(Stacking)’ 방식으로 구분

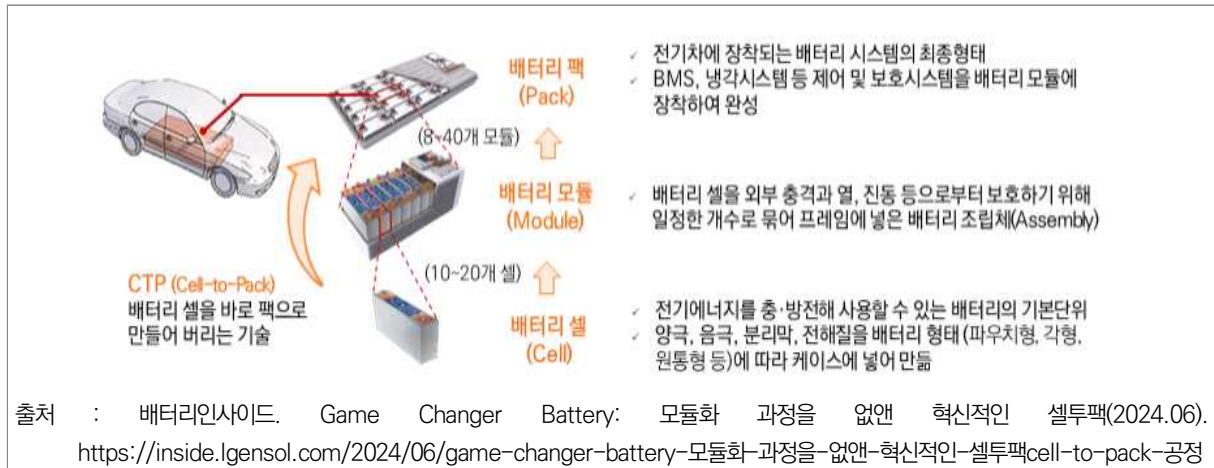
- 와인딩(Winding): 양극재, 분리막, 음극재 등 배터리 소재를 돌돌 말아 조합물을 형성(젤리롤), 원통형에 적용되며 파우치나 각형에 비해 생산속도가 빠름
- 스태킹(Stacking): 배터리 소재를 일정한 길이로 절단(노칭(Notching))한 후 차곡차곡 쌓아 올리는 방식, 각형 및 파우치형에 적용

□ 배터리 모듈·팩 통합기술

- 배터리는 셀(Cell)-모듈(Module)-팩(Pack)로 구성되어 있으나 최근 중국의 LFP 배터리 제조사를 중심으로 배터리 셀을 모듈화하지 않고 팩 내부에 직접 조립하는 CTP기술이 상용화⁴⁵⁾
 - (모듈 대형화·경량화) 소형 모듈을 대형 모듈로 통합하는 방식(CATL ‘기린 배터리’ 등)
 - (모듈 리스) 모듈을 완전하게 제거하는 방식(BYD ‘블레이드 배터리’ 등)

45) 배터리인사이드. Game Changer Battery: 모듈화 과정을 없앤 혁신적인 셀투팩(2024.06).

<https://inside.lgensol.com/2024/06/game-changer-battery-모듈화-과정을-없앤-혁신적인-셀투팩cell-to-pack-공/>



〈 배터리 셀-모듈-팩 구성 및 디자인 〉

- CTP(Cell-to-Pack) 기술은 배터리 셀을 바로 팩으로 만드는 기술로 (장점) 모듈 케이스가 차지하는 공간을 셀로 채울 수 있어 팩 내 전장품 비중*을 20~40% 저감 가능

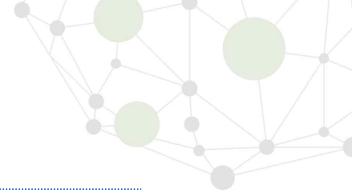
- 간단한 구조를 통해 증가한 공간을 셀로 채우면서 주행거리가 증가하고, 제어가 용이하며 안전성 향상

※ 기존 방식은 배터리 팩 내부에서 전장품이 차지하는 비중이 50~60% 차지

- CTC(Cell-to-Chassis) 기술은 모듈과 팩을 생략하고 셀을 차량 새시에 부착하는 방식으로 CTP와 마찬가지로 부품 수 및 차량 무게가 감소하고 공간효율성이 극대화되면서 주행거리 증가(완성차 업체와 협업 필요)

※ Tesla, CATL, BYD, Leapmotor 등이 CTP·CTC 기술 선도

- (미국) Tesla는 CTC 기술을 모델 Y에 적용하여 부품 수 370개 감소, 차량 무게 10% 감소, 주행거리 14% 증가시킴, '23년 CTC 기술을 적용한 4680 원통형 배터리 개발 및 모델 Y 탑재
- (중국) LFP 배터리를 생산하는 CATL에서는 CTP 기술을 적용한 '블레이드 배터리 (Blade Battery)' 개발 및 '25년 상용화 예정, BYD는 3세대 CTP 기술을 적용하여 부피 활용 효율을 72%까지 높여 10분만에 80% 충전이 가능한 '기린 배터리(Qilin battery)' 개발, CATL은 주행거리를 1,000km 이상으로 늘리고 100km 당 전력소비를 12kWh 미만으로 줄이는 것을 목표로 CTC 기술 개발 중
- (한국) 국내 배터리 3사는 삼원계 배터리를 대상으로 하는 CTP, CTC기술 개발 중
 - (LG엔솔) 니켈 비중이 60% 이상인 하이니켈 파우치형 배터리 대상으로 CTP 기술을 개발 완료하고(2024 인텔 배터리 공개), '25년부터 양산 제품에 적용 예정



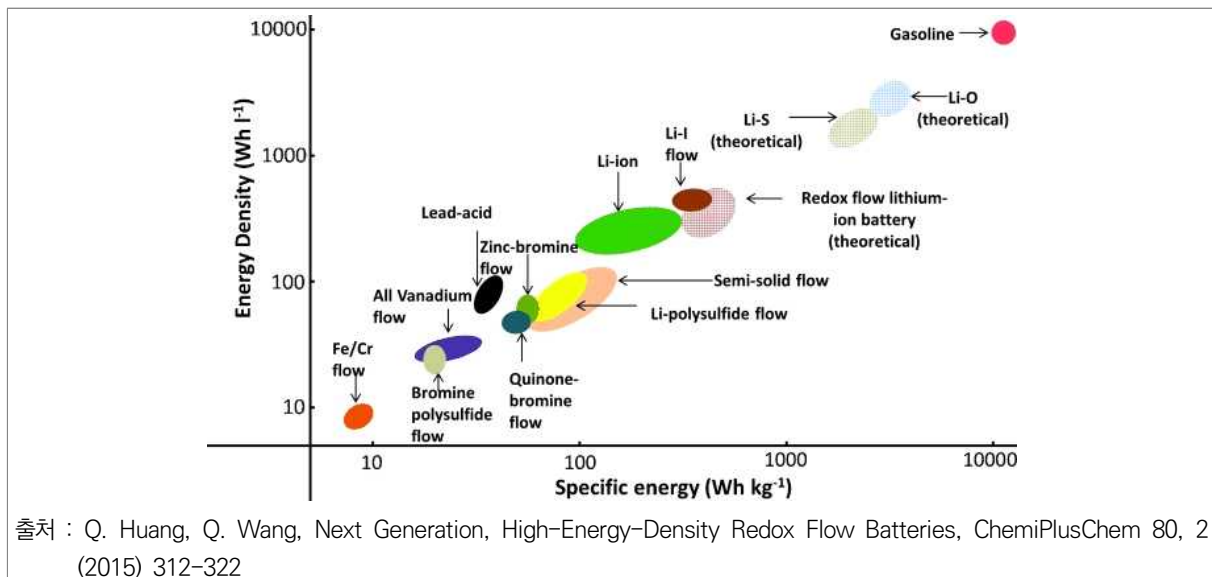
※ 각형 CTP에 비해 무게당 에너지 밀도를 약 5% 수준으로 높게 설계

- (SK온) 열이 배터리 팩 전체로 확산되지 않도록 하는 기술을 적용한 'S-Pack' CTP 기술개발 중
- (삼성SDI) 각형 CTP 기술을 적용한 '뉴 컨셉 EV팩' 발표(2023 CES 공개), 공간활용도 25% 증가, 부품수 35% 감소, 무게 20% 이상 감소, 최대 100kWh의 용량, 800V 고전압 충전이 가능

2 차세대 이차전지 소재·셀

□ 리튬이온전지의 성능과 안정성 문제를 해결하기 위한 차세대 이차전지 기술 및 소재 개발이 활발히 진행 중

- 주요 완성차 및 부품 기업들은 수년 안에 리튬이온전지의 용량이 한계에 도달할 것으로 예측
- 리튬이온전지는 액체 또는 겔 타입 전해질 사용 특성상 발화 및 폭발 위험성, 충격에 취약하다는 치명적 단점 보유
- 차세대 이차전지 기술은 리튬이온전지 대비 성능·안전성 향상 및 가격경쟁력 확보를 목표
 - 전고체, 리튬황, 리튬금속, 리튬공기, 나트륨이온, 레독스플로우, NaS, 다카이온 전지 등이 있으며, 기술별 특성에 따라 에너지밀도, 가격, 충방전 속도 등 성능의 차이를 보임
 - 리튬이온전지의 성능 한계와 안전성 등의 불안요소를 극복하는 동시에 소비자의 니즈에 부합하는 다양한 방향에 맞춰 많은 기업·연구소·대학이 차세대 이차전지 개발 중
- 아직 상용화 단계에 진입한 차세대 전지는 없으며 전고체전지를 중심으로 리튬황·리튬금속 전지가 상대적으로 빠르게 상용화 될 것으로 예측되나, 양산단계에서의 많은 기술적 보완이 필요하여 리튬이온전지의 시장을 점유하기까지는 상당한 시간이 걸릴 것으로 예측



〈 차세대 이차전지 종류별 이론 에너지밀도 〉

- 차세대 이차전지는 적용 소재를 기준으로, 음극재에 리튬금속을 적용한 리튬황·리튬금속 리튬공기 전지, 양극재를 다른 금속으로 대체한 나트륨·다가이온 전지, 액체 전해질을 고체 전해질로 대체한 전고체전지로 구분

〈 차세대 이차전지 종류별 구조 및 특성 〉

종류	구성요소			설명	장점 (LIB 대비)	단점	적용분야
	양극	음극	전해질				
전고체 (All Solid State)	기존 양극, 금속/화합물	기존 음극(흑연, 실리콘 등), 금속/화합물	고체(세라믹(황화물/산화물), 고분자, 복합체)	· (전해질) 액체 전해질을 고체 전해질로 대체 · 전지 구성요소 모두 고체	· 높은 안전성(발화·폭발 위험 현저히 저감)	· 높은 계면저항 · 유해가스 황화수소 발생(황화물계) · 저온특성(고분자) · 낮은 이온전도도	초소형 전자기기~전기차, ESS, 플렉서블 등
리튬황 (Li-S)	황	리튬 금속	유기계/고체 전해질	· (양극) 황과 (음극) 리튬이 결합하여 LiS₂를 형성하며 전기 저장	· 고에너지밀도 · 가격 경쟁력 · 기존공정 활용가능 · 친환경적	· 지속적인 충·방전 시 양극재(황) 감소로 수명저하 · 황에 의한 제조 설비 부식	소형 전자기기, 항공용, 전기차, ESS, 플렉서블 등
리튬금속 (Li-Metal)	기존 양극 등	리튬 금속	유기계/고체 전해질	· (음극) 리튬금속	· 고에너지밀도	· 리튬수지상 형성에 따른 단락 · 부반응물 용출로 인한 수명저하	전기차, ESS, 플렉서블 등
리튬공기 (Li-Air/O ₂)	공기(다공질탄소)	리튬 금속	유기계/고체 전해질	· (양극) 공기중 산소 · (음극) 리튬금속	· 단순한 셀 구조 · 고에너지밀도 · 경량화 가능	· 고순도 산소 필요 · 산소여과장치, Blower 등 추가 장치로 인한 부피 증가	전기차, ESS, 무선IT
나트륨이온 (Na-ion)	나트륨 화합물	기존 음극 등	유기계/고체 전해질	· (양극) 나트륨(음극) 탄소 · 기존리튬이온전지와 대부분 동일, 리튬을 나트륨으로 대체하여 나트륨이온이 이동	· 가격경쟁력(공급안정성)	· 양극재 후보 물질 부족 · 긴 충·방전 시간	ESS, 무선IT
레독스 플로우 (Redox-flow)	산화상태가 각각 다른 활물질이 저장되어있는 전해액(주로 바나듐수용액) 탱크로 구성	· 타 전지(전극 산화·환원)와 달리 전해액에 포함되어있는 활물질의 산화·환원으로 충·방전	· 긴 수명 · 가격경쟁력 · 높은 안전성	· 큰 부피로 소형화 어려움 · 다소 낮은 에너지밀도	ESS, 무선IT		
NaS	황	나트륨	고체전해질	· (양극) 용융황 · (음극) 용융나트륨	· 대용량화 · 가격경쟁력 · 상대적으로 높은 안전성	· 용융상태 유지를 위한 작동온도 300~350℃	ESS, 무선IT
다가이온	다가이온 화합물	기존 음극 등	유기계/고체 전해질	· (양극) 이온화 과정에서 2개 이상의 전자를 이동시키는 다가이온 금속(Mg, Al, Zn 등)	· 고에너지밀도(이동 전자수 2배)	· 긴 충·방전 시간	ESS, 무선IT

□ 전고체 배터리 기술개발 현황⁴⁶⁾

현재 이차전지 시장은 고성능 프리미엄 배터리를 주도하는 한국 기업들과 경제성이 높은 LFP 배터리를 생산하는 중국 기업들로 양분되어 있으나 차세대 배터리인 전고체 배터리의 경우 한·중·일 업체가 모두 개발에 박차를 가하는 중

- 리튬이온 배터리는 혁신을 거듭하면서 핵심성능지표인 에너지밀도가 높아질수록 효율성이 증가하는 동시에 안전성 측면에서는 위험요소 증가 우려가 있음
 - 물리적 충격, 과도한 충전이나 방전, 내부 온도 상승, 외부 열원 노출 등 다양한 요인으로 인해 안전사고 발생 가능
- 전고체 배터리는 기존 리튬이온전지의 액체 또는 고분자 겔 형태의 가연성 전해질을 안정적인 고체 형태로 대체함으로써 안전성 향상, 에너지밀도 증가, 출력 개선, 넓은 작동온도, 분리막 불필요, 단순화된 구조 등 장점으로 고성능을 유지하면서도 리튬이온 배터리 대비 화재 위험성이 현저히 낮음
 - 리튬이온의 이동 경로인 전해질로 고체를 사용하는 전고체전지는 구멍이 뚫리거나 구겨져도 화재나 폭발의 위험성이 거의 없어 안전성이 우수하고 바이폴라 구조로 적층에 따른 높은 에너지밀도 구현이 가능하며, 고출력과 사용온도 범위가 넓음
 - 온도제어나 외부 충격으로부터 보호하기 위한 추가 장비가 불필요해 부품을 감소시킴으로써 단위부피당 에너지저장능력이 향상되어 효율적인 배터리 시스템 구축 가능
- 차세대 이차전지 중 가장 빠르게 상용화될 것으로 예상되며 요소기술의 개발도 상당히 진행되었으나 상용화 단계에서 발생하는 기술적 이슈들로 인해 상용화 시점이 지속적으로 연기 중
 - 고체전해질은 기존 액체전해질 이차전지 구조의 전해액과 분리막의 특성 모두를 대체해야 하므로 소재의 특성이 중요할 뿐 아니라 소재의 증착(또는 도포) 공정 개발이 중요하여 소재 선택에서 검증, 공정 선택에서 검증, 셀 완성 단계에서의 검증과 파일럿, 양산단계에 이르기까지 5~8년 정도 소요
 - 전고체전지의 상용화에 걸리는 기술적 문제를 해결하는 데 다소 시간이 걸릴 것으로 예상되어 액체와 고체의 중간형태인 하이브리드 전해질을 적용한 반고체전지 개발 역시 활발히 진행되어 상용화 단계
- 기존 리튬이온전지의 단점을 극복할 수 있는 게임체인저가 될 것으로 모두가 인식하고 있어 향후 전고체 배터리 양산에 성공하는 업체가 다음 시장을 석권할 가능성이 크다고 판단됨

46) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

- 차세대 이차전지 모두 고체 전해질 개발을 전제로 경쟁력과 상용화 가능성이 높아질 것으로 예상되며, 이러한 측면에서 양극재, 음극재, 전해질의 상호 보완적 특성을 고려한 설계 필요
 - 고체 상태의 전해질은 리튬 이온의 이동이 액체보다 제한적이므로 이온전도도가 낮고, 이로 인해 배터리 출력이 감소하고 현재 주류인 삼원계나 LFP 배터리 대비 생산 비용이 높아 당분간은 고가의 프리미엄 전기차 시장에서만 활용될 것으로 전망
- 전고체전지는 고체 전해질의 종류에 따라 크게 황화물계(Sulfide), 산화물계(Oxide), 고분자(폴리머)계(Polymer)로 구분
- 이 중 다른 고체 전해질에 비해 소재의 기술적인 특성이 우수하고 대량 양산화에 유리한 황화물계에 연구개발 집중, 도요타, 삼성SDI 등 국내외 기업들이 우선적으로 상용화 전제로 연구⁴⁷⁾

〈 전고체전지의 전해질 유형 〉

종류	장점	단점
황화물계	• 높은 리튬이온 전도도 • 기계적으로 부드러운 특성이 있어 전극/전해질간 접촉 계면 형성 용이 • 대량 양산화 유리 • 산화물계에 비해 순응성이 높아 처리가 쉬움(소결X)	• 수분, 산소 반응성이 높아 독성물질 생성이 가능해 공기 중 안전성 취약 • 낮은 수명 • 공간전하층 형성에 따른 전극 전해질 계면의 높은 저항층 발생 • 고밀도 양극 활물질과 낮은 호환성
산화물계	• 공기중 안전성 우수 • 높은 기계적·화학적 안정성 • 비교적 높은 리튬이온전도도	• 높은 고체 전해질 입계 저항, • 전극/전해질간 접촉 계면 형성 어려움 • 상대적으로 낮은 이온전도도 • 높은 소결 온도(1,000℃ 이상) • 대면적 셀 구동 어려움
고분자계 (폴리머)	• 전극계면과 밀착성 우수 • 기존 리튬이온전지 공정 대부분 적용 가능	• 낮은 이온전도도 • 낮은 기계적 강도 • 고전압 고체전해질 산화분해 발생

- 고체전해질의 낮은 이온 전도도와 활물질/전해질 경계의 높은 계면 저항, 수지상(dendrite) 형성으로 인한 출력·수명 저하, 상용화를 위한 제조 공정 개발이 미흡하여 상용화 직전 단계에서 연구개발 진행 중
- 주요국의 기업들은 시장 선점을 위한 전고체전지 상용화 중심의 연구개발 진행 중이나, 업계 예측에 따르면 전고체전지 상용화 시점은 최소 '27~'28년으로 전망
 - (미국) QuantumScape, Solidpower 등 스타트업을 중심으로 배터리 상용화 목전
 - (일본) 리튬이온전지 경쟁에 참여하기보다는 전고체전지 개발 및 상업화에 집중함으로써 전 세계에서 전고체전지 기술개발 선도

47) 아시아경제, 배터리 산업전망(2023.12). <https://www.asiae.co.kr/article/2023122115405213915>

- (유럽) 리튬이온전지 기술의 내재화에 집중하여 전고체전지 분야는 미국 스타트업 기업과 협업 중
- (중국) 정부의 공격적인 투자를 기반으로 민간기업에서 전고체전지 개발 중
- (한국) 배터리 기업 및 완성차 업체에서 전고체전지 개발에 집중하고 있으나 아직 개발 초기단계

〈 국가별 주요기업 전고체전지 개발 현황 〉

기업	내용
미국	▶ (QuantumScape퀀텀스케이프) 리튬금속 음극 및 세라믹 기반 고체전해질을 적용한 전고체 배터리 B 샘플인 'QSE-5 B'의 소량 생산 시작('24.10), 에너지밀도 800Wh/L, 15분 충전으로 배터리 용량 10%→80% 충전 가능, 전고체배터리 대량생산이 가능한 세라믹 분리막 생산 공정 '코브라(Cobra)' 초기 운영 시작('24.12), '25년부터 B 샘플 대량생산 예상, 폭스바겐이 주요 투자자 ▶ (Solid Power솔리드파워) 실제 차량 적용이 가능한 NCM 기반 20Ah 전고체 배터리 셀 샘플 생산 시작, 협력사인 BMW, 포드에 A 샘플 제공, 평가 진행 중, 콜로라도 주 더글라스 카운티에 전고체배터리 파일럿 생산라인 구축 및 소량생산 테스트 진행 중, SK온에 황화물계 고체전해질 공급 계약 체결('24.1), 실리콘 음극 미 리튬금속 음극 적용 전고체배터리 상용화 계획
일본	▶ (Toyota도요타) 차량용 황화물계 전고체전지 시제품 출시('21.6) 및 시험 운행 진행, 에너지밀도 800Wh/L, 10분 이하의 충전시간, 주행거리 1,200km, '27~'28 전고체전지 탑재 전기차 상용화 목표, Panasonic과 공동 개발, '30년까지 차량용 전고체전지 개발에 16조원 투자 예정 ▶ (Maxell맥셀) 1cm 크기의 황화물계 전고체 배터리 세계최초 상용화, 소형 전자부품에 사용가능 ▶ (Nissan닛산) 요코하마 공장에 파일럿 생산 공개('24.4), 에너지밀도 400Wh/kg, 충전시간 15분 성능의 전고체배터리 '28년 양산 목표
유럽	▶ (폭스바겐) '21년부터 Quantumspace와 협력, A-샘플 1,000회 이상 충전사이클 완료, 95% 용량 유지, B 샘플 소량 생산 시작, '25년 전고체전지 탑재 차량 출시, '26년 본격 양산 목표 ▶ (BMW) Solid Power와 협력, A샘플 제작 및 테스트 중('23.11), '25년 시제품 차량 테스트, '30년 본격 양산 목표
중국	▶ (Guoxuan High-Tech) '25년 양산 목표로 에너지밀도 350~400Wh/kg의 전고체(반고체) 배터리 개발 중 ▶ (CATL) '24년 하반기, 20Ah 용량의 전고체 배터리 시험 생산에 성공, 기존 리튬이온 배터리 대비 40% 이상 에너지밀도 향상, 27년 상용화 목표⁴⁸⁾ ▶ (BYD) CATL 등과 함께 '중국 전고체 배터리 산학연 협동 혁신 플랫폼(CASIP)'을 출범하여 전고체 배터리의 상용화 추진

〈 국내 주요기업 전고체전지 개발 목표 〉

기업	내용
삼성SDI	▶ '24.3 '인터배터리 2024'에서 업계 최고 수준의 에너지 밀도인 900Wh/L를 구현한 전고체 배터리의 양산 준비 로드맵을 공개 ▶ '27년 전기차용 전고체전지 양산 목표로 자체 개발 프로젝트 및 일본 연구소 등과 기술개발 협력 ▶ SDI연구소에 약 2,000 평 규모의 파일럿 라인(S라인) 착공('22년)
LG엔솔	▶ '21년 상온에서 빠른 속도로 충전 가능한 장수명 전고체전지 기술 개발(美 UCSD 공동) ▶ '27년 이후 전고체-리튬황전지 상용화 목표, 고분자계 '28년 800 Wh/L, 황화물계 '30년 900 Wh/L
SK온	▶ 美 솔리드파워와 공동으로 '30년 에너지밀도 1,000 Wh/L 이상의 리튬메탈 전고체전지 개발 추진

48) 글로벌모터스, 전기차 배터리 동향(2024.11).

https://www.globalmotors.co.kr/view.php?ud=20241107141811152243a4b3e13b_5

□ 리튬황전지 기술개발 현황⁴⁹⁾

- 리튬-황 배터리는 양극에 황 또는 황 화합물을, 음극에 리튬금속을 사용하는 차세대 배터리로 기존 리튬이온전지 대비 높은 이론 에너지밀도와 경량화 기능, 기존 생산 공정 적용이 가능하고 풍부한 황 자원으로 인한 가격경쟁력 확보 가능

※ 이론 에너지밀도 : 리튬이온전지(370 Wh/kg), 리튬황전지(2,600 Wh/kg)

- 리튬-황 배터리는 경량 전극 소재 사용으로 리튬이온전지 대비 무게당 에너지밀도가 1.5배 높아 장기 체공 드론과 개인용 항공기 같은 미래 운송수단의 핵심 동력원으로 주목, 현재 드론의 90%가 사용하는 리튬-폴리머전지를 대체하기 위한 연구가 진행 중
- 리튬-황 배터리 시장은 2030년 4%, 2035년 8% 수준으로 성장이 전망
- 리튬-황 배터리는 황의 낮은 전기 전도도와 함께 충방전 과정에서 생성되는 리튬다황화물이 전해액에 용해되는 단점 보유
- 배터리의 용량과 수명을 저하시키는 주요 원인이 되어 특히 황을 사용하는 양극재의 낮은 내구성 문제 해결을 위한 핵심기술 개발이 진행 중

〈 국가별 주요기업 리튬황전지 개발 현황 〉

기업	내용
미국	▶ (PolyPlus Battery) 450Wh/kg의 에너지 밀도를 달성('23), 현재 미국 에너지부와 함께 수중 드론용 리튬-황 배터리 개발을 진행 중 ▶ (Lyten Inc.) 실리콘밸리에서 리튬황 배터리 파일럿 라인 시운전, 국방, 물류, 자동차, 위성 분야의 초기 고객을 대상으로 상용 배터리 셀 공급 시작 계획('23)
일본	▶ (Adeka) 에너지 밀도 100Wh/kg에서 5,000사이클 이상, 450Wh/kg에서도 200사이클 이상의 성능을 가진 리튬황전지 프로토타입 개발('22), 803Wh/kg의 세계 최고 수준의 중량 에너지 밀도를 가진 리튬황 전지 프로토타입 셀 제작, 자동차 제조회사에 샘플을 제공하는 등 상용화 노력 중('23) ▶ NEDO와 소프트뱅크가 '23년부터 고고도 플랫폼 스테이션(HAPS)용 리튬-황 배터리 개발 진행 중, 700Wh/kg 이상의 에너지 밀도 달성 목표, '25년 상용화 계획
유럽	▶ (Stellantis)는 Lyten에 투자하였으며, Lyten은 2024년 후반까지 약 20개 이상의 기업에 리튬황 배터리 샘플을 출하할 계획 ▶ (Theion) '700Wh/kg의 에너지 밀도를 가지는 황화물 기반 전고체 배터리 개발 중, '24년 시제품 생산 계획 ▶ (Oxis Energy)가 '22년 500Wh/kg의 에너지 밀도를 달성했으나 현재는 파산
한국	▶ (LG에너지솔루션) '27년 상용화 목표, 리튬황전지 프로토타입 시현, 410 Wh/kg 성능의 리튬황전지 탑재한 무인기 시험비행 성공

49) 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.

□ 리튬금속전지 기술개발

- 리튬금속전지는 음극에 리튬금속을 사용하는 전지들의 총칭이며, 양극 물질에 따라 리튬 황전지(황 사용), 리튬공기전지(공기 중 산소 사용), 기타 기존 양극 물질을 사용하는 리튬 금속전지로 구분, 전해질의 종류에 따라 전고체전지로도 분류 가능
 - 리튬금속 음극은 높은 에너지밀도를 제공하는 장점이 있으며, 특히 고체전해질과 결합할 경우 에너지밀도와 안전성을 동시에 확보할 수 있어 활발한 연구가 진행 중
- 전고체전지의 음극을 리튬금속으로 적용하려는 연구들이 다양하게 진행 중
 - 리튬 석출로 인한 분리막 관통과 단락 현상, 그리고 충방전 과정에서 발생하는 반응물로 인한 전압감소와 수명 저하 등의 기술적 과제들이 남아있어 여전히 원천기술 개발 단계
 - 현재 SES가 리튬금속을 음극으로 사용하는 반고체전지로 상용화에 가장 근접해 있으며, 그 외에는 대부분 연구기관과 학교를 중심으로 요소기술 개발이 진행 중

〈 국가별 주요기업 리튬금속전지 개발 현황 〉

기업	내용
미국	▶ (SES(SES AI Corporation)) '23년 리튬메탈 음극과 하이브리드 전해질(액체 전해질과 고분자 격리막)을 적용한 리튬금속 배터리 Apollo(107Ah, 417Wh/kg) 셀 샘플 생산, '25년 상용화 목표, GM과 B샘플 공동개발 협약 체결, 현대차와 리튬금속 배터리 개발 공동 진행 ▶ (QuantumScape) '23년 리튬금속-고체전해질 배터리로 단일충 셀에서 800회 이상의 충방전 사이클 달성 ▶ Cornell Univ., Univ. of Houston, PolyPlus Battery Company 등 다양한 대학 기업에서 연구개발 중
유럽	▶ (Blue Solutions) '23년 리튬금속-폴리머 배터리 개발, 전기버스에 적용 테스트 진행
한국	▶ (GIST) 리튬 덴드라이트 형성을 억제하고, 충·방전 성능과 안정성을 개선하여 전지의 수명을 1,000 시간 이상 연장하고 용량 보유율을 30% 향상시킨 리튬금속전지 개발 ▶ (KAIST) 리튬이온 전도도가 높은 고분자 전해질 기반 410 Wh/kg 전고체전지 개발 ▶ (DGIST) 3차원 구조체의 리튬금속 음극을 적용한 배터리성능 유지 기술 개발

* 전고체전지, 리튬황전지 개발내용과 중복되는 내용은 제외

□ 리튬공기전지 기술개발

- 리튬공기전지는 산소를 양극으로, 리튬금속을 음극으로 사용하며, 전해질 종류에 따라 유기계, 수계, 고체형, 하이브리드형으로 구분, 현재는 구조가 단순하고 높은 에너지 밀도를 가진 유기계 분야의 연구가 활발히 진행
 - 대기 중 산소를 양극 활물질로 사용하여 전지 무게가 가볍고, 이론적 에너지 밀도가 기존 리튬이온전지의 10배에 달하는 장점, 높은 안전성과 친환경성 보유
- 불용성 반응물 생성으로 인한 수명 저하, 리튬금속 음극 사용에 따른 안전성 문제, 공기극의 높은 분극 저항으로 인한 성능 저하 등의 기술적 과제 존재, 일본과 미국을 중심으로 위 과제 및 양극의 산소 확보와 불필요한 기체 유입 방지 연구 진행 중
 - (일본) 세계 최고 에너지밀도 수준의 리튬공기전지 개발, 성능 보완 연구 중
 - (미국) 랩스케일-프로젝트 수준의 원천기술 확보를 위한 연구 진행 중

〈 국가별 주요기업 리튬공기전지 개발 현황 〉

기업	내용
미국	▶ (UIC & ANL) 복합 전해질 기반의 리튬공기전지 개발, 특히 보호피막을 적용해 양극과 산소와의 반응을 방지하여 열화를 막아 일반 대기 중에서 750회 이상 충·방전이 가능한 셀 설계('18) ▶ (NASA) 배터리 내 수분 및 이산화탄소 유입 방지를 위한 분리막, 단일촉매 기반 금속공기전지 개발 중 ▶ (아르곤 국립연구소(ANL)) '23년 충방전 효율을 95% 이상 향상시킨 리튬공기전지 개발, ▶ (IBM) '23년 해수를 전해질로 사용하는 새로운 개념의 리튬공기전지 연구 진행 중
유럽	▶ (울리히 연구소) '23년 이중구조 공기극을 기반 리튬공기전지 개발, 500회 이상 충방전 달성 ▶ (캠브리지 대학) '23년 그래핀 기반 촉매를 적용한 리튬공기전지 연구 진행 중
일본	▶ (NIMS-소프트뱅크) 세계 최고 에너지밀도 500 Wh/kg 리튬공기전지 개발, '18년부터 100회 이상의 충·방전 가능한 리튬공기전지 개발 및 5~10년 후 상용화 목표로 연구개발 중 ▶ (Toyota) '23년부터 리튬공기전지 연구 진행
한국	▶ (KIST) '23년 다공성 카본 기반 공기극을 적용한 리튬공기전지를 개발했으며, 700Wh/kg의 에너지 밀도 달성 ▶ (서울대학교) '23년 새로운 구조의 이중층 전해질을 적용한 리튬공기전지 개발 중

- (레독스흐름전지) 레독스흐름전지는 전해액에 포함된 활물질의 산화/환원 반응을 통해 전기에너지를 저장하는 시스템으로, 기존 이차전지와 달리 전극 자체가 아닌 전해액에 에너지를 저장
 - 배터리는 산화상태가 다른 두 활물질을 저장하는 전해액 탱크로 구성되어 있어, 에너지

저장용량과 전력 출력을 독립적으로 설계 가능, 따라서 유연한 모듈식 설계가 가능하고 확장성이 뛰어나며, 유지보수 비용이 저렴하고 수명이 긴 장점

- 안전성, 친환경성, 효율적인 확장성, 경제성 측면에서 대용량 에너지 저장에 적합하여 ESS용으로 개발되고 있으나, 리튬이온전지보다 낮은 에너지밀도가 보완되어야 할 과제
- 현재는 에너지밀도가 상대적으로 높고 이온투과현상의 영향이 적은 바나듐 수용액을 전해액으로 주로 사용하며, 상용화에 근접한 수준의 연구가 진행 중, 실증 단계의 연구와 함께 에너지밀도 향상을 위한 요소기술 개발도 계속 진행 중

〈 국가별 주요기업 바나듐 레독스흐름전지 개발 현황 〉

기업	내용
미국	▶ (San Diego Gas & Electric) 출력 2 MW, 용량 8 MWh 전지로 66가구 5시간 전력 공급 실증('22.1) ▶ (Central Coast Community Energy) '26년 가동 목표, 출력 16MW, 용량 128MWh 프로젝트 계획('21.11) ▶ (ZBB Energy) Zn-Br 흐름전지의 상용화 추진 위한 500kWh 규모의 빌딩 연계 실증 실험 진행 ▶ (Pacific Northwest 국립연구소(PNNL)) '23년 새로운 수계 바나듐 전해질 개발, 에너지 밀도 향상 ▶ Lockheed Martin은 2023년 코발트 기반의 새로운 화학조성을 적용한 레독스흐름전지를 개발 중
캐나다	▶ (VRB Energy) 중국 상양 시 출력 100 MW, 용량 500 MWh 바나듐-레독스흐름전지 설치 중('21.9)
유럽	▶ (Funktionswerkstoff Forschungs & EntwicklungsGmbH) 200kW급 모듈 개발, 태양광 발전과 연계한 에너지 저장 시스템 실증
중국	▶ (China Energy Storage Alliance) 출력 100 MW, 용량 400 MWh, 2단계에서 출력 200 MW, 용량 800 MWh를 목표(1단계)로 하는 바나듐-레독스흐름전지 프로젝트 계획('22.7)
일본	▶ (Sumitomo Electric) 스미토모전기공업이 2023년 홋카이도에 240MWh 규모의 바나듐 레독스 흐름전지를 설치하여 실증 운영 중 ▶ (후지필름)은 2023년 독자적인 이온 교환막을 적용한 레독스흐름전지 개발을 진행
한국	▶ (현대중공업) '23년 바나듐 레독스흐름전지 실증 진행 중 ▶ (한국에너지기술연구원) 저가/장수명 비올로겐 기반의 레독스 흐름전지 활성물질 개발('24.6), 에너지 밀도가 기존 바나듐 레독스 흐름전지 대비 2배 이상 높고 200회 충·방전 후에도 99.4%의 쿨롱 효율과 92.4%의 용량 유지율 ▶ (울산과학기술원UNIST·KAIST) 철-크롬 및 철-망간 기반의 새로운 레독스 흐름전지 개발('23.8), 500회 이상의 충·방전 후에도 99% 이상의 쿨롱 효율과 1.5V 이상의 전압을 달성하여 기존 대비 1.3배 이상의 에너지 밀도 확보 ▶ (한국전기연구원(KERI)·부산대학교) 하이브리드형 아연-망간 레독스 흐름전지 개발('23.1), 기존 바나듐계 전지보다 높은 2.52V의 전압 구현, 에너지 효율 10% 이상 향상

- (나트륨이온전지) 나트륨이온전지는 리튬과 유사한 물리·화학적 특성을 가진 나트륨의 이온 이동을 통해 전기 저장
- 나트륨은 리튬 대비 원재료 가격이 1/75 수준이고 지구상 매장량이 400배 이상 많으며 전 세계적으로 고르게 분포되어 있어, 자원 안정성과 가격 경쟁력이 우수, 15분 만에 80% 급속 충전이 가능하고 영하 20℃에서도 90% 이상의 에너지 밀도를 유지하는 장점
 - 집전체 소재 면에서도 리튬이온전지가 음극에 고가의 동박을 사용하는 반면, 나트륨이온전지는 상대적으로 저렴한 알루미늄박을 사용 가능
 - 나트륨 원소 질량은 리튬의 3.3배이므로 나트륨이온전지의 에너지밀도는 160 Wh/kg 수준으로 리튬이온 배터리의 500 Wh/kg 대비 약 1/3 이고 음극소재의 원자 단위 결합이 구조적 문제로 이어져 충방전 수명이 2,000회로 리튬이온전지(3,000회)보다 짧은 한계
 - 최근 리튬이온전지의 양극음극보다 비슷하거나 상회하는 성능을 보이는 다양한 소재 개발 중
 - 중국을 중심으로 이러한 한계를 극복하기 위한 연구개발이 진행 중, 특히 리튬이온전지의 양극음극재보다 우수한 성능을 보이는 다양한 소재 개발 중
 - 당장은 저가 모델용 리튬이온전지의 보조 역할이 예상되나, 풍부한 자원과 가격 경쟁력, 넓은 작동 범위 등의 장점을 활용하여 전기차 적용을 위한 성능 향상에 초점을 맞춘 연구 진행 중

〈 국가별 주요기업 나트륨이온전지 개발 현황 〉

기업	내용
미국	▶ (Natron Energy 나트론에너지) 노스캐롤라이나에 연간 24GW 규모의 기가팩토리 설립, 그러나 나트륨배터리는 개발 초기 단계 ▶ (아르곤 국립연구소) '23년 프루시안 블루 유사체를 양극재로 사용한 나트륨이온전지 개발 ▶ (Pacific Northwest 국립연구소) '23년 프루시안 화이트 기반의 양극재를 개발, 160Wh/kg의 에너지 밀도를 달성
유럽	▶ (프랑스 원자력청(CEA)) '23년 충상 산화물 양극재를 사용한 나트륨이온전지 개발, 140Wh/kg의 에너지 밀도 달성
일본	▶ (Toshiba) '23년 티타늄 기반 음극재를 적용한 나트륨이온전지 개발, -10℃에서도 90% 이상의 성능 유지 ▶ (Panasonic) '23년 하드카본 음극재를 사용한 나트륨이온전지 개발 진행 중
중국	▶ (CATL) '24년 11월, 2세대 나트륨이온 배터리 개발, '27년 이후 대량생산 예상⁵⁰⁾
인도	▶ (RNESL) 나트륨이온전지 업체 파라디온(英)을 1억 파운드에 인수('22년 1월)하여 나트륨이온전지 개발을 완료하고 생산 준비 중
한국	▶ (서울대학교) '23년 신규 음극재 소재를 개발, 3,000회 이상의 충방전 수명 달성 ▶ (POSCO케미칼) '23년 하드카본 음극재 개발에 성공, 양산 준비 중

50) 임팩트온. 배터리 기술개발 현황(2024). <https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=13163>

참고 문헌

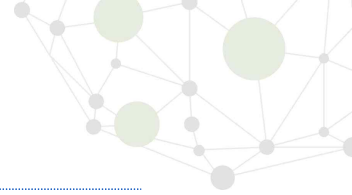
- [1] 박재범. (2020). 배터리 소재, 원료 및 폐배터리 추출 소재 시장전망. K-BATTERY SHOW 컨퍼런스 자료.
- [2] 배터리인사이드. 리튬이온배터리의 구조와 작동 원리(2021.11.11). <https://url.kr/pcc82z>
- [3] Memory Archive. 2차전지의 구성(Cell, Module, Pack)과 종류(2020.12.13). <https://url.kr/gl5eg5>
- [4] 이태경. (2020). xEV 배터리 셀-모듈-팩-시스템 연구개발 동향. Auto Journal, 2020(8).
- [5] 삼일PwC경영연구원. (2024). 전기차 '캐즘', K-배터리 위기와 대응전략.
- [6] 대륙아주. EU 배터리 규제 관련 주요 이슈(2024). <https://www.draju.com/ko/sub/newsletters.html?type=view&bsNo=2446>
- [7] 한국배터리케미칼솔루션. EU의 배터리 2030 전략(2023). <https://battkcs.tistory.com/entry/EU의-배터리-2030-전략을-통해본-유럽의-배터리-개발-전략>
- [8] KOTRA. (2023). EU 배터리 규정 Q&A.
- [9] 한국무역협회. (2022). 최근 중국 리튬 이온 배터리 시장 동향.
- [10] 인천연구원. (2023). 중국 배터리 산업의 발전전략과 전망.
- [11] KIAT. (2024). 중국 전기차 및 배터리 산업의 혁신 현황 분석.
- [12] 삼정KPMG 경제연구원. (2023). 배터리 생태계 경쟁 역학 구도로 보는 미래 배터리 산업. 삼정인사이드
- [13] KISTEP. (2022). 고성능 차세대 이차전지 상용화 기술개발 사업 2021년도 예비타당성조사 보고서.
- [14] 비즈니스포스트. 배터리 시장동향(2024). https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=356140
- [15] UN383MCM. 일본 배터리 정책(2024). <https://ko.un383mcm.com/news/japanese-battery-policy-interpretation-of-the-new-edition-of-battery-industry-strategy/>
- [16] TMS미디어. 배터리 산업동향(2024). <https://www.tmsnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=223>
- [17] 산업통상자원부. (2023). 에너지스토리지(ESS) 산업 발전전략.
- [18] International Energy Agency. (2024). World Energy Investment 2024.
- [19] International Energy Agency. (2024). Global EV Outlook 2024 (STPES시나리오).

- [20] 전자신문. 전기차 배터리 시장동향(2024). <https://www.etnews.com/20240604000210>
- [21] 전국경제인연합회. 배터리 산업동향(2024).
https://www.fki.or.kr/main/news/statement_detail.do?bbs_id=00035789&category=ST
- [22] 이대연. (2023). 해외 에너지스토리지(ESS) 지원정책 동향 및 시사점. 에너지경제연구원.
- [23] KOTRA. (2022). 이차전지 글로벌 시장동향 보고서.
- [24] 산업뉴스. 배터리 산업동향(2024).
<https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=55321>
- [25] 서울경제. 배터리 산업전망(2024). <https://www.sedaily.com/NewsView/2DI1ZBL5WV>
- [26] 아시아타임즈. 배터리 기술동향(2024). <https://www.asiatime.co.kr/article/20241121500318>
- [27] 포스코퓨처엠. 배터리 소재개발 현황(2024).
<https://www.poscofuturem.com/pr/view.do?num=567>
- [28] GII코리아. 리튬이온배터리 전해질 기술동향(2024).
<https://www.giikorea.co.kr/report/sne1343611-lithium-ion-battery-electrolyte-technology-trend.html>
- [29] SNE Research. (2021). 리튬이차전지 분리막 기술동향 및 시장전망 (~2030).
- [30] 배터리인사이드. 차세대 전기 이동수단의 동력원 원통형 배터리(2024.04).
<https://inside.lgensol.com/2024/04/차세대-전기-이동수단의-동력원-원통형-배터리의-모/>
- [31] 배터리인사이드. Game Changer Battery: 모듈화 과정을 없앤 혁신적인 셀투팩(2024.06).
<https://inside.lgensol.com/2024/06/game-changer-battery-모듈화-과정을-없앤-혁신적인-셀투팩-cell-to-pack-공/>
- [32] 아시아경제. 배터리 산업전망(2023.12). <https://www.asiae.co.kr/article/2023122115405213915>
- [33] 글로벌모터스. 전기차 배터리 동향(2024.11).
https://www.globalmotors.co.kr/view.php?ud=20241107141811152243a4b3e13b_5
- [34] 임팩트온. 배터리 기술개발 현황(2024).
<https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=13163>
- [35] 임팩트온. CATL, 2세대 나트륨 배터리 발표(2024).
<https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=13163>
- [36] 연합뉴스. 배터리 열풍에 나트륨 이온 배터리, '게임체인저' 될까(2024). <https://www.yna.co.kr>
- [37] 연합뉴스. 안전성·내구성 높은 차세대 리튬금속전지 기술 개발(2024). <https://www.yna.co.kr>

- [38] Mordor Intelligence. 리튬황 배터리 시장 규모 및 점유율 분석(2024).
<https://www.mordorintelligence.kr>
- [39] 한국일보. 니오, ES6 통해 '전고체 배터리' 선보인다(2024). <https://www.hankookilbo.com>
- [40] ZDNet Korea. 中 전기차 스타트업 니오, 반고체 배터리 양산 시작(2024).
<https://www.zdnet.co.kr>
- [41] 비즈니스포스트. 중국업체 '전고체 배터리' 최초 양산 주장(2024). <https://www.businesspost.co.kr>
- [42] 데일리카. 전고체 배터리 개발 성과 낸 폭스바겐(2024). <https://www.dailycar.co.kr>
- [43] 이투데이. 일본 막셀, 세계 최초 산업용 전고체 배터리 양산(2024). <https://www.etoday.co.kr>
- [44] 뉴시스. 日, '꿈의 배터리' 전고체 세계 특허의 절반 차지(2024). <https://www.newsis.com>
- [45] 연합뉴스. SK이노, 솔리드파워와 전고체 배터리 공동 개발(2024). <https://www.yna.co.kr>
- [46] SK이노베이션 뉴스룸. SK온, 美 솔리드파워와 협력 강화(2024). <https://www.skinnonews.com>
- [47] BASF. 바스프, 독일 최초 양극활물질 생산시설 및 재활용 공장 구축(2024).
<https://www.basf.com>
- [48] 조선비즈. 그룹 캐시카우였던 롯데케미칼, 어디서부터 꼬였나(2024). <https://biz.chosun.com>
- [49] 한스경제. 실적 부진에 고심 깊은 석유화학 업계(2024). <https://www.hansbiz.co.kr>
- [50] 포인트경제. 롯데인프라셀, 獨 컨스텔리움과 양극박 원재료 장기공급계약 체결(2024).
<https://www.pointe.co.kr>
- [51] 롯데케미칼. 롯데케미칼, 미국 내 최초 양극박 생산기지 건설(2024). <https://www.lottechem.com>
- [52] 연합뉴스. 中BYD, 칠레에 3천800억원 규모 양극재 공장 건설(2024). <https://www.yna.co.kr>
- [53] 서울경제. 블룸버그 '한국 배터리기업, 77조 대미투자 연기·중단'(2024). <https://www.sedaily.com>
- [54] 포스코퓨처엠. 포스코케미칼, GM과 전기차 배터리용 양극재 합작사 북미에 설립(2024).
<https://www.poscofuturem.com>
- [55] 머니투데이. 포스코퓨처엠 양극재, 트럼프 2기 출범에도 북미 시장 '정중동'(2024).
<https://news.mt.co.kr>
- [56] 아시아타임즈. LG화학 '美시장' 총력전...배터리 소재로 불황 넘는다(2024).
<https://www.asiatime.co.kr>
- [57] 연합뉴스. LG화학, 북미 최대 2차전지 양극재 공장 착공(2024). <https://www.yna.co.kr>
- [58] CATL. 혁신적인 기술(2024). <https://www.catl.com>

- [59] 글로벌모터스. CATL, 전고체 배터리 개발 박차(2024). <https://www.globalmotors.co.kr>
- [60] 인터스트리뉴스. 日, 전력시장 변화에 ESS 폭발적 성장 '예고'(2024).
<https://www.industrynews.co.kr>
- [61] Eku Energy. Eku Energy, 일본 최초 배터리 저장 프로젝트 발표(2024).
<https://www.ekuenergy.com>
- [62] 연합뉴스. LG엔솔, 한화큐셀 미국법인과 4.8GWh 규모 ESS 공급계약 체결(2024).
<https://www.yna.co.kr>
- [63] 조선일보. 배터리 업계가 뒤집혔다... 머스크가 만든 '원통형' 뒤흔들(2024).
<https://www.chosun.com>
- [64] 배터리인사이드. Game Changer Battery: 모듈화 과정을 없앴 혁신적인 '셀투팩' 공정(2024).
<https://inside.lgensol.com>
- [65] 과학기술정보통신부 보도자료(2022.10.28), 12대 국가전략기술, 대한민국 기술주권 책임진다
- [66] 관계부처 합동(2021.7), 2030 이차전지 산업(K-Battery) 발전 전략
- [67] 국가과학기술자문회의(2022.03.04), 탄소중립 기술혁신 전략도르맵- I (안)
- [68] 김영배(2022), 전기차 폐배터리 2030년 10만개... 10년 더 쓸 수 있다면?
- [69] 김철후, 윤홍식, 김형배(2022), 폐배터리 재활용 산업 글로벌 동향과 시사점
- [70] 김태년(2022), 미-중 기술전쟁과 배터리 공급망 재편: 한국의 국익과 전략
- [71] 김희영(2022), 전기차 배터리 재활용 산업 동향 및 시사점: 중국 사례 중심으로
- [72] 민관합동(2022.11.1), 이차전지 산업 혁신 전략
- [73] 민테크(2022) (<https://www.g-mintech.co.kr/kor/main/>)
- [74] 비에이에너지(2022) (<http://baenergy.co.kr/>)
- [75] 산업통상자원부(2021.06), 고성능 차세대 이차전지 상용화 기술개발 사업
- [76] 삼성증권(2022), EV 배터리가 핵심이 될 E-Waste 시장
- [77] 삼정KPMG(2022), 배터리 순환경제, 전기차 폐배터리 시장의 부상과 기업의 대응전략 발표자료
- [78] 신유리(2021.09), 전기차용 이차전지의 시장 트렌드 및 기술 개발 동향
- [79] 에스아이셀(2022) (http://www.sicell.co.kr/default/menu02/menu02_cont01.php?sub=201)
- [80] 유진투자증권(2022), Cell to Pack Battery
- [81] 장윤서(2022), 솔루엠 배터리 재사용 사업 본격 추진

- [82] 정은지(2022), [단독] 테슬라, 전기차 폐배터리 팩 재사용하는 'ESS 센터' 구축 검토중
- [83] 조운상(2019), 폐리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황
- [84] 중소벤처기업부(2020), 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023 이차전지
- [85] 키움증권 리서치센터(2019.04.22), 차세대 배터리
- [86] 포스코케미칼 김정한(2022.9), TECH KOREA 2022 발표자료 재구성
- [87] 한경산업(2022), 'K배터리 텃밭' 유럽시장 전운...中 CATL, 2위로 치고 올라와
- [88] 한국과학기술기획평가원(2020), KISTEP 기술동향브리프 이차전지
- [89] 한국무역협회(2022), 최근 중국 리튬 이온 배터리 시장 동향
- [90] 한국산업기술진흥원(2022), 산업기술 동향 위치(2022-05호) 재인용
- [91] 한국산업기술평가관리원(2021.08) 리튬-황 차세대 이차전지의 기술 동향 및 전망(KEIT PD Issue Report)
- [92] 한국전지산업협회, 세계 이차전지 산업현황
- [93] 화학공학소재연구정보센터, 레독스 흐름전지의 연구 동향 및 기술 분석
- [94] 화학공학소재연구정보센터, 리튬공기전지의 연구 동향
- [95] 환경부(2018), 전기차 폐배터리 재활용 방법 및 기준 마련 연구
- [96] 현대자동차그룹(2021), 전기차 폐배터리의 가치를 높이는 재활용 솔루션, UBESS
- [97] 현대자동차그룹 뉴스룸(2022), 현대글로벌비스, 전기차 사용후 배터리 활용한 ESS 사업 추진
- [98] Choe, Jin-Hyeok, and Ji-Hun Im. ESS 용 2차 전지 기술현황 및 전망
- [99] Germany Trade and Invest(2022) (<https://www.gtai.de/en/invest>)
- [100] IEA(2022), Energy Technology RD&D Budgets: Overview
- [101] Imarc(2022), Secondary Battery Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022-2027, Market report
- [102] INNOPOLOS(2021.06) 유망시장 Issue Report – 이차전지
- [103] KDB미래전략연구소(2019), 폐리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술 현황
- [104] KOTRA(2022), 이차전지 글로벌 시장동향 보고서
- [105] KOSEN(2020) 레독스 흐름전지 연구 동향과 기술적 한계
- [106] MarketsandMarkets(2020), Lithium-ion Battery Market



- [107] Mark Kane(2020), Renault Hints At New MWh-Scale ESS Projects
- [108] Mordor Intelligence(2022), SECONDARY BATTERY MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS (2022 – 2027), Market report
- [109] PwC(2022), 순환경제로의 전환과 대응전략
- [110] SNE Research(2021), LiB4 대 부재 SCM분석 및 시장 전망
- [111] SNE Research(2022), K-trio's Market Shares Recording 25.2% in Global EV Battery Usage From Jan to September in 2022
- [112] The Business Research Company(2022), The Business Research Company's Secondary Batteries Global Market Report 2022 – Market Size, Trends, And Global Forecast 2022-2026, Market report