

# KEIT ISSUE PICK

## 2024.9.

이달의 주제

### 지속가능한 미래- 전기수소차와 이차전지

전기차 초고속·고효율 무선충전기술 동향

이봉현, 이상택, 정진범

전기자동차(EV) X in 1 통합화 기술

이봉현, 김진홍

이차전지 음극 고용량화 및 저가화 기술 동향

이정두, 김승민

전고체 전지 기술 동향

이정두, 김동욱

(특집) Science Fiction – 노인을 위한 차량은 없다

전윤호



# KEIT ISSUE PICK

## 2024.9.

이달의 주제 **지속가능한 미래-  
전기수소차와 이차전지**

전기차 초고속·고효율 무선충전기술 동향	이봉현, 이상택, 정진범
전기자동차(EV) X in 1 통합화 기술	이봉현, 김진홍
이차전지 음극 고용량화 및 저가화 기술 동향	이정두, 김승민
전고체 전지 기술 동향	이정두, 김동욱
(특집) Science Fiction – 노인을 위한 차량은 없다	전윤호

# CONTENTS

기관장 인사말	5
(특집) Science Fiction - 노인을 위한 차량은 없다	6
산업기술 뉴스	14
산업/기술 동향	22
1 전기차 초고속·고효율 무선충전기술 동향	24
2 전기자동차(EV) X in 1 통합화 기술	38
3 이차전지 음극 고용량화 및 저가화 기술 동향	56
4 전고체 전지 기술 동향	68
*KEIT NEWS - PD's Talk	82

KEIT

ISSUE PICK



1884년 런던의 거리에서 이미 전기차가 달리고 있었다고 합니다. 당시 영국의 토마스 파커가 개발한 전기차는 시속 12~14km의 속도로 수십 킬로미터의 거리를 달릴 수 있었으며, 일회용이 아닌 다회 충전이 가능한 납축 배터리를 사용하였습니다. 당시 파커는 석탄 연료로 인한 대기 오염을 우려하였으나, 배터리의 낮은 에너지 밀도, 긴 충전 시간, 높은 가격 등의 문제로 전기차는 상용화되지 못하였다고 합니다.

내연기관의 급속한 발달로 잊혀졌던 전기차는, 2012년 테슬라가 ‘모델 S’를 출시하면서 본격적인 대중화의 전환점을 맞이했습니다. 특히 2016년 네바다에 구축한 ‘기가팩토리(Gigafactory)’라는 대규모 배터리 생산 시설은 생산 효율성증가와 함께 규모의 경제가 실현되며 차량의 가격을 낮추어 전기차의 대중화에 중요한 역할을 하였습니다.

선도기업들의 혁신적 움직임과 함께 기후변화라는 전 세계적인 문제도 전기차 산업의 성장에 큰 영향을 미쳤습니다. 2016년 체결된 파리협정으로 각국 정부는 탄소 중립 목표를 달성하기 위해 다양한 규제를 도입하였으며, 내연기관차량에서 친환경 자동차로의 전환이 촉진되고 있습니다. 그리고, 이 전환을 가능하게 하는 핵심은 바로 배터리 기술입니다.

고효율 배터리 및 고속 충전 기술의 발전은 전기차 보급을 가속화하는 핵심 요소입니다. 이번 KEIT 이슈픽 9월호에서는 전기차 대중화를 위해 필수적인 ①전기차 초고속 고효율 무선충전 기술 동향, ②전기자동차 부품 통합화 기술을 다루어보았습니다. 또한 전기차 성능을 좌우하는 ③이차전지 음극 고용량 기술 동향과 차세대 배터리라 불리는 ④전고체 전지의 기술 동향도 함께 살펴봅니다.

최근 전기차와 이차전지 산업은 캐즘(Chasm) 현상이라는 도전 과제에 직면해 있습니다만, 지속 가능한 미래를 위한 친환경으로의 전환은 피할 수 없는 길일 것입니다. 정부와 민간이 협력해 기술과 정책 문제들을 해결하여 전기차 대중화의 길을 닦는다면, 우리는 친환경 모빌리티 시대를 앞당길 수 있을 것입니다. 이번 9월호가 우리 사회에 가져올 변화와 가능성을 살펴보기에 유용하길 바라며, 다음 10월호 주제인 ‘산업기반기술 - 세라믹과 철강 소재’에도 많은 관심 부탁드립니다.

[특집] 노인을  
위한  
차량은  
없다

전운호



“형님, 이제 그 차 부품은 중고도 구할 수 없어요. 저도 정비소 폐업하려고요.” 박 사장의 말에 화가 나서 전화기를 집어던져 버렸다. 내가 자동차 회사 다닐 때 밑에서 일하던 녀석이었다. 차량 전동화로 인한 구조조정 때 같이 회사를 나왔고, 이 동네에서 유일하게 내 오래된 차를 수리해 주는 정비소를 운영하고 있었다. 그럼 내 차는 어찌라고? 직장 선배이자 단골인 나에게 그렇게 무책임해도 되나? 다시 전화해서 욕이라도 해 주려 했지만, 전화기가 산산조각 난 후였다. 이게 다 전기차만 타는 놈들 때문이다.

“노벳, 이제 더는 못 참아. 안전한 차를 탈 권리를 지키고 멍청한 놈들에게 경각심을 일깨워 줄 거야.”

‘로봇’ 아니냐고? 나라에서 나 같은 노인에게 그런 비싼 기계를 줄 리 있겠어? 이 녀석은 ‘노인의 벗,’ 옷깃에 달고 다니는 AI이다. 이름부터 후진 데다 멍청하고 고집도 세다. 그래도 나를 내가 원하는 이름으로 불러주니까 반납하지는 않았다.

“조지 클루니 형님, 저는 인공지능으로서 위험한 일은 도울 수 없습니다.”

“위험하긴 전기차가 위험하지. 나는 그걸 사람들에게 알리려는 거야.”

“통계에 의하면 전기차는 매우 안전합니다. 전기차의 화재 발생 빈도는...”

“나한테 일어나면 내게는 백퍼잖아? 넌 AI이면서 확률의 기본 정리도 모르냐? 베이스(base), 우리말로 기본 정리 말이야.”

“베イズ(Bayes)<sup>1)</sup> 정리는 그런 게 아닌데요? 베이즈 정리에 대해 설명드릴까요?”

“됐고! 옆집 김 교수 손자가 내일 수학여행 가는데, 김 교수가 새로 산 전기 차로 공항에 태워다 줄 거라고 했거든. 무선 충전을 방해하는 요인에는 뭐가 있을까? 혹시라도 아침에 충전이 안 되어 있으면 큰일이니까 내가 대신 점검해 주려고 그래.”

멍청한 노벳으로부터 필요한 정보를 얻었다. 매주 수요일 저녁이면 김 교수는 어울리지도 않게 젊은 사람들 모임에 다녀와서 바로 쓰러져 잠든다는 걸 알고

1) Bayes' theorem: 두 확률 변수의 사전확률과 사후확률 사이의 관계를 나타내는 정리. 주인공의 주장  $P(\text{firefire})=1$ , 즉 “화재가 발생했을 때의 화재확률은 1”이라는 명제는 베이스 정리와 관계없고, 화재가 발생할 사전확률에 관한 아무런 정보를 제공하지 않는다.

있었다. 그 집의 불이 켜졌다가 다시 꺼질 때까지 기다린 후 지하 주차장으로 내려갔다. 사각지대를 통해 CCTV로 다가가 긴 막대기로 밀어 천장을 바라보도록 했다. 주변에 아무도 없다는 걸 확인한 후 김 교수의 차를 찾았다. 재활용 쓰레기장에서 주워 온 스테인리스 쟁반을 김 교수의 못생긴 차와 무선 충전 패드 사이에 밀어 넣었다. 화려한 불꽃과 매콤한 연기를 기대했건만, 그런 일은 일어나지 않았다. 다만 충전 패드와 연결된 충전기에서 빨간 불이 깜빡이더니 “이물질이 감지되어 충전을 중지합니다”라는 안내와 함께 충전 표시가 꺼졌다.

“됐어! 김 교수가 골탕 좀 먹겠군.”

“그렇지 않습니다. 저 차량은 이미 공항을 다녀오기에 충분할 만큼 충전되었습니다. 굳이 김 교수님을 깨우지 않으셔도 됩니다.”

아차! 노벳을 꺼내야겠다고 생각만 하고 깜빡했다.

“네가 그걸 어떻게 알아?”

“충전 시작 일시와 충전기 용량을 조회했습니다<sup>2)</sup>. 저 무선충전기는 이 차량을 한 시간에 80퍼센트까지 충전할 수 있습니다.”

유선도 아닌 무선 충전이 그렇게 빨랐나?<sup>3)</sup> 밤새도록 충전할 줄 알았는데. 하지만 이렇게 그만둘 순 없었다. 곧 다른 타깃을 찾기로 했다. 오랜만에 지하 주차장을 둘러보니 별별 이상하게 생긴 차가 많았다. 내 멀쩡한 차를 두고 매연이 발생한다면서 덥고 춥고 새똥 맞는 지상 주차장으로 내몰더니 이곳은 휠체어와 오토바이 사이에서 태어난 혼종부터 바퀴 달린 숙박 캡슐까지 다양한 탈 것들의 동물원이 되어 있었다<sup>4)</sup>. 최 여사의 장난감 같은 차가 눈에 띄었다. 맨날 나한테 폐차하라고 악담하는 못된 여자인데, 물증은 없지만 까나리 액젓으로 내 차를 테러했던 범인도 그 여자이리라 확신해 온 터였다. 그런데 최 여사의

2) 한국환경공단 전기차 충전소 정보 공개 API는 충전기 상태, 마지막 충전 시작과 종료 일시, 충전 방식과 용량 등의 정보를 제공한다.

3) 1. 전기차 초고속·고효율 무선충전기술 동향(⇒p.24)

4) 전기차의 핵심 부품이 통합되고 배터리가 소형화되면서 자율주행, SDV(software defined vehicle), 모듈러 차량, 인 휠 모터 등이 상용화되면 지금보다 훨씬 다양한 형태의 차량이 등장할 것이다. (2. 전기자동차(EV) X in 1 통합화 기술⇒p.38)

차에는 배터리가 들어 있을 만한 공간이 없어 보였다. 전기차가 맞긴 한가? 노벳에게 물어봤다.

“이 소형 차량은 실리콘 음극재 기반의 고밀도 배터리가 바닥에 깔려 있고, 5분 충전으로 300킬로미터를 주행할 수 있습니다.”

“그래? 그런 배터리가 들어 있으면 꽤나 비싸겠군. 최 여사 카푸어(car poor)가 됐겠어?”

“반도체 생산 과정에서 발생하는 실리콘 슬러지를 활용<sup>5)</sup>하기 때문에 가격은 비싸지 않...”

노벳을 꺼버렸다. 솔직히 그렇게 빨리 충전되고 가격도 낮아진 줄 몰랐다. 하지만 위험하다면 그게 다 무슨 소용인가? 예전에 전기차 화재로 아파트 주차장이 홀랑 타버리는 바람에 한참 고생한 적이 있었다. 물론 내가 그런 일을 저지르겠다는 건 아니다. 이 차는 주변이 비어 있었고, 차의 크기도 작았다. 무엇보다 요즘은 스프링클러의 성능이 강화되고 점점도 철저하게 하기 때문에 큰 화재로 번질 우려가 없다는 것쯤은 알고 있었다. 하지만 온 아파트에 검은 연기가 퍼지면서 주민들이 화재 경보에 놀라 자다가 뛰쳐나오고 스프링클러로 주차장이 물바다가 되면 최 여사는 욕을 실컷 먹을 거다.

나는 휴대용 가스 토치를 바퀴 달린 카트 위에 부착했다. 토치가 위를 향하도록 각도를 조정한 후 불을 붙이고 조심스레 카트를 최 여사의 차량 밑으로 밀어 넣었다. 차 밑으로 기어들어 가서 파란 불꽃이 배터리에 닿는 것을 확인했다. 몇 미터 떨어져서 카트에 연결된 줄을 잡고 기다렸다. 바로 불붙어 폭발할까 봐 급하게 기어 나오다가 머리를 부딪히기까지 했는데, 생각보다 불이 빨리 붙진 않았다.

마침내 가스 한 통을 다 쓰고서야 연기가 솔솔 피어나기 시작했다. 줄을 잡아당겨 카트와 토치를 회수했다. 이제 불길의 치솟길 기다리는데, 무언가 다가오는 소리가 들렸다. 커다란 로봇 청소기 같은 녀석이 나타나더니 웅웅거리면서 차량 밑으로 쑥 들어갔다. 이어서 ‘칙칙’ 소리가 들렸다.

호기심에 바닥에 엎드려 무슨 일이 벌어지고 있는지 살펴봤다. 자동차 공

5) 3. 이차전지 음극 고용량 및 저가화 기술(⇨p.56)

장에서 오랫동안 일했던 기계쟁이라 로봇이 뭘 하는지 바로 이해할 수 있었다. 로봇은 워터제트<sup>6)</sup>로 배터리 케이스에 구멍을 뚫고 있었다. 그리고 그 속으로 물 같은 것을 분사했다<sup>7)</sup>. 순식간에 하얀 증기가 뭉게뭉게 뿜어져 나왔다. 동시에 멀리서 사이렌 소리가 들렸다. 나는 뒤돌아보지도 않고 도망쳐 왔다.

\*

박 사장이 새로운 사업을 시작했다면서 한번 놀러 오라고 했다. 간판에는 ‘레트로핏 센터’라고 적혀 있었다.

“이 녀석 멋지지 않아요?”

박 사장이 번쩍이는 기계 덩어리를 쓰다듬으며 말했다.

“흠... 모터에 감속기가 붙어 있는 거구먼?”

“모터와 감속기뿐만 아니라 배터리 관리 시스템, 전력 변환 장치, 중앙 제어 장치, 온보드 충전기 등 전기차에 필요한 대부분의 기능이 통합된 거예요.”

나도 모르게 침을 꿀꺽 삼켰다. 은퇴한 기계쟁이지만 여전히 정교하게 잘 설계된 기계를 보면 가슴이 설렌다.

“그래봐야 크고 무거운 배터리가 필요하잖아?”

박 사장은 옆에 있는 배터리를 가리켰다.

“그것도 이젠 옛날 얘기일 뿐이죠. 드디어 전고체 배터리 가격이 싸졌거든요. 게다가 형님이 좋아하시는 드라이브스루 가게에 줄만 잠깐 서 있어도 무선으로 충전되고 햄버거와 함께 자동으로 결제되는 시대라고요. 어딜 가나 알아서 충전되니 요만한 배터리면 충분해요. 게다가 전고체 배터리는 화재 염려도 전혀 없고요.”

“그래서 이걸로 바퀴 달린 소파 같은 거라도 만들게? 요즘 차들은 도대체 차같이 생겨 먹질 않았단니까.”

6) Waterjet Cutting: 고압의 물을 작은 노즐로 강하게 분사해 소재를 절단하는 가공법.

7) 리튬이온 배터리의 화재는 산소를 차단하는 것만으로는 진화하기 어렵고, 겉에 물을 뿌리는 방식으로는 내부의 셀을 냉각하는 데 한계가 있다. 이에 드릴이나 워터제트로 차체 하부와 배터리 팩에 구멍을 뚫고 물을 내부에 주입하는 진화 장비가 상용화되고 있다.

“아뇨. 형님 차를 레트로핏<sup>8)</sup> 해 드리려고요.”

“뭘, 레트로핏?”

전기차 출시 초기에 회사에서는 기존 차량을 전기차로 개조하는 사업을 검토한 적 있었다. 배터리 때문에 실내가 좁아지는 데다 용량도 작아서 멀리 가지 못했다. 각종 부품을 모두 바꾸고 연동하는 것도 큰 문제였다. 하지만 저렇게 통합된 시스템과 작은 배터리라면 기존 차량에도 어렵지 않게 넣을 수 있을 것 같았다. 주차장에서 본 전기차들의 형태가 다양한 것도 그 덕분이었을 것이다. 고백하자면 전기차와의 대결 이후에 전기차에 관심이 가진 했었다. 내 생각이 틀렸다고 인정하긴 싫었지만.

“형님이 고리타분해서 전기차를 싫어한 게 아니었잖아요? 여전히 멋진 클래식 카에 최신 심장을 넣어드릴게요.”

노뱃이 끼어들어 맞장구를 쳤다.

“조지 클루니 이미지에 잘 어울리겠어요!”

“흠. 박 사장이 새 사업을 한다는데 안 도와줄 수도 없고... 정 그렇다면 한번 생각해 볼게.”

나는 표정을 관리하려 했지만 입꼬리가 절로 올라가는 걸 숨길 수 없었다.

---

8) Retrofit: 구형 시스템을 새로운 부품이나 기술로 업그레이드하는 것. 여기서는 내연기관차를 전기차로 개조하는 것을 의미한다.

# 산업기술 뉴스

반도체

---

로봇

---

배터리

---

디스플레이

---

전기차

---

조선

---

바이오

---

화학산업

---

철강

---

방산

---

## 반도체—①

### ‘국가 보조금’ 명시한 반도체법 나온다

(2024년 9월 11일 서울경제)

집권 여당이 정부와 협의를 거쳐 반도체 산업에 보조금을 지원할 수 있는 반도체 특별법을 발의한다. 입법이 완료되면 미국과 유럽연합(EU), 일본처럼 거대 반도체 클러스터 구성에 정부의 재정 투입이 가능해진다.

특별법의 핵심은 정부가 반도체 클러스터의 인프라 조성 및 운영, 생산 시설 구축, 연구개발 등에 보조금을 지원할 수 있다는 내용이다. 입법 완료 시 한국이 열세를 보이는 팹리스와 시스템반도체, 파운드리 분야의 경쟁력 강화에 획기적인 전기가 마련될 것이라는 평가가 나온다. 여당은 반도체 산업 시설·장비 투자와 R&D 세액공제 일몰 기한을 폐지하고 최대 30년간 유예하는 내용은 추후 조세특례제한법 개정 과정에서 논의할 방침이다.

## 반도체—②

### 미 “한국기업 HBM, 중국에 팔지 말라”(2024년 9월 12일 한겨레)

(2024년 9월 12일 한겨레)

미국 상무부 차관이 한국 기업이 만드는 고대역폭메모리(HBM)의 중국에 대한 수출 통제 가능성을 언급했다. 앨런 에스테베즈 미국 상무부 산업안보차관은 ‘한-미 경제안보 컨퍼런스’에서 “새로운 전장의 승패는 우리가 오늘 개발하는 기술이 좌우할 것”이라며 대중 수출 통제에 대한 동맹국들의 참여가 중요하다고 말했다. HBM은 여러개의 D램을

수직으로 쌓아 올린 고성능 메모리로 AI가속기를 만드는 데 필요하다. HBM은 한국의 SK하이닉스와 삼성전자, 미국의 마이크론만이 만들고 있다. 에스테베즈 차관의 발언은 한국 기업들이 미국과 협력을 유지하면서 중국에 대한 수출은 통제할 필요성이 있다는 취지로 받아들여진다. 국내 반도체 업계는 입장을 내놓지 않았지만, 대선을 앞두고 있는 미국이 반도체 등 수출 규제를 강화할 가능성이 있어 촉각을 곤두세우고 있다.

## 로봇

### 사람처럼 다림질도... 내년 가정용 AI로봇

시대 열린다 (2024년 9월 9일 경제종합)

지난 7일 독일 베를린에서 열리고 있는 유럽 최대 가전 박람회 IFA 2024. 중국 가전업체 하이센스가 마련한 전시관 한쪽에 어른 무릎 정도 키의 인공지능 로봇 ‘할리’가 있었다. 기자가 할리 얼굴에 손가락을 대 건강체크 앱을 실행시키자 할리는 10초간 얼굴을 응시하며 심박수, 혈압, 산소포화도, 스트레스를 측정하였고 이 정보를 냉장고로 보냈다. 냉장고는 문에 달린 스크린으로 건강 상태에 맞는 음식을 추천했다. 연어 스테이크를 선택하니 옆에 있던 오븐이 조리를 위한 세팅까지 마쳤다. 삼성전자 ‘볼리’는 작은 노란색 공모양으로 두 바퀴가 달려있어 민첩하게 움직인다. 시연자가 볼리에게 베를린 명소를 찾아 달라고 하자, 브란덴부르크문과 베를린 장벽 기념관 등 유명 관광지 사진을 바닥에 빔 프로젝터로 쏘서 보여줬다. 볼리가 “더 자세하게 알려드릴까요?”라고 되묻고, 시연자가 “좋아”라고 말하자 방 안의 빈 벽으로 이동해 더 큰 빔 프로젝터 화면으로 세부 정보들을 자세히 알려줬다. 내년 AI 가정용 로봇 출시가 본격적으로 시작되는 건 ‘생성형 AI’의 발전과 맞물려 있다.

## 배터리

### 탈중국 넘어, ‘탈리튬’ 꿈꾸는 배터리

(2024년 9월 10일 머니투데이)

전기차 배터리 밸류체인 내 리튬의존도를 낮추기 위해, 최근 ‘탈리튬’이 거론되기 시작했다. 리튬 대신 나트륨, 마그네슘 등을 사용하는 배터리는 개발 초기단계를 지나고 있다. 니켈·코발트·망간 등 광물을 섞어 만든 전구체에 리튬을 더하면 양극재가 되는데, 자원이 미국, 중국, 호주, 칠레, 아르헨티나 등에 한정돼 있어 가격 변동성도 크다. 특히 중국이 전세계 리튬 제련의 65% 가량을 담당하는 것으로 파악된다. 저렴한 인건비, 느슨한 환경규제 등을 앞세워 배터리 밸류체인의 한 축을 중국이 장악한 것이다. ‘탈중국’ 리튬 확보가 배터리업계의 화두가 된 가운데, 나트륨이온배터리(SIB)가 등장하고 있다. 에코프로비엠은 충북 오창 사업장에 국내 최대규모의 나트륨배터리 양극재 전용 파일럿 생산라인을 구축했다. 마그네슘이온배터리와 아연공기배터리기술도 연구된다. 배터리업계 관계자는 “당장 리튬이온배터리 위주의 시장을 뒤집긴 힘들 것”이라면서도 “대안 배터리 기술검토 역시 반드시 해야 한다”고 말했다.

## 디스플레이

### “中, 2028년 한국 OLED 생산능력 추월”

(2024년 9월 11일 디지털타임스)

중국의 유기발광다이오드(OLED) 생산능력(캐파)이 오는 2028년 한국을 추월할 것이라는 전망이 나왔다. 중국 1위 디스플레이 업체인 BOE가 폴더블 스마트폰에 탑재되는 플렉서블 OLED 생산능력 면에서 삼성디스플레이를 앞설 것이라는 관측도 제기됐다. 시장조사업체 DSCC에 따르면 OLED 생산능력의 경우 중국이 2023년부터 2028년까지 연평균 8%의 성장률을 기록해 한국의 연평균 성장률(2%)보다 4배 빠른 성장세를 보이며 한국을 추월할 것으로 예상했다. 나아가 DSCC는 플렉서블 OLED 생산능력과 관련해 “삼성디스플레이가 모바일·정보기술(IT)용 OLED를 생산하는 A2 생산라인으로 BOE를 앞서고 있다”며 “하지만 2028년에는 BOE가 자사의 8.6세대 IT용 OLED 생산라인(B16)에 힘입어 삼성디스플레이를 추월할 것”이라고 밝혔다.

## 전기차

### 배터리제조사 빠르면 11월부터 명시

(2024년 9월 10일 머니투데이)

빠르면 오는 11월부터 모든 전기차에 탑재된 배터리제조사 등 관련 핵심정보 공개가 법제화된다. 특히 자동차등록증에는 배터리셀 정보와 전압, 출력 등 각종 세부내용까지 담도록 규정한다. 국토부는 전기차배터리정보공개 의무화를 위해 ‘자동차관리법 시행규칙’, ‘자동차등록규칙’ 개정안을 다음달 21일까지 입법 예고한다고 밝혔다. 입법예고안은 자동차제조사와 수입사가 전기자동차를 판매할 때 소비자에게 배터리와 배터리셀의 정보를 제공하는게 골자다. 배터리셀의 정보는 배터리 용량과 전격전압, 최고출력도 명시하도록 했다. 정부는 또 기존 건물에 대해 내년 1월부터 시행할 예정이던 전기차 주차구역·충전시설 확대(2%) 의무이행은 1년간 유예키로 했다.

## 조선

### “16년 암흑기 되풀이 안한다”...빅3, 사업 다각화 전념 (2024년 9월 11일 한국경제)

2005~2008년 ‘조선 슈퍼사이클’ 당시 선박 수리를 하던 기업들이 선박 건조업체로 변신했고, 조선업과 무관한 기업도 소형 조선소를 인수한 뒤 공격적으로 설비를 확장했다. 이런 과잉 공급은 조선업 침체가 시작되자 부메랑으로 돌아왔다. 조선 3사는 과거의 실수를 되풀이하지 않기 위해 독에 투자하기보다 미래 기술 개발과 신사업에 힘을 더 준다. HD 한국조선해양은 산하 미래기술연구원에 그린에너지연구그룹을 최근 신설했다. 부유식 소형모듈원자로(SMR)을 비롯해 수소, 탄소포집 등 회사가 추진하고 있는 미래사업 역량을 끌어올리기 위해서다. 삼성중공업은 부산에 대규모 연구개발센터를 구축하며 해양플랜트 수주를 통해 다각화에 나섰다. 해양플랜트는 발주 건수는 작지만 대당 가격이 비싸 고부가가치 선종으로 꼽힌다. 한화오션은 특수선 분야에 집중하며 미국 방산 시장 진출을 위해 필리조선소를 인수했고 지난 달엔 국내 조선사 최초로 미 해군 군수 지원함 유지·보수(MRO)사업을 수주했다.

## 바이오

### 美하원, 생물보안법 통과... ‘中 바이오 제재’ 본격 드라이브 (2024년 9월 11일 동아일보)

생물보안법은 미국 국민 유전자 데이터와 자국의 주요 바이오의약품 기술이 중국으로 유출되는 것을 막기 위해 중국 바이오 기업과의 거래를 제한하는 내용을 담은 법안이다. 법안이 적시돼 미국과 거래가 제한된 중국 바이오 기업은 세계 3위 위탁개발생산(CDMO) 기업 우시바이오로지스, 우시애펙, BGI그룹, MGI텍, 컴플리트 제노믹스 등 5곳이다. 특히 제재 대상이 된 우시바이오는 세계4위 삼성바이오로직스가 맹추격하고 있는 곳이다. 우시바이오는 전체 매출 중 북미 매출이 48%를, 우시애펙은 66%를 차지하고 있다. 미국에서 CDMO 사업중인 SK팜테코 관계자는 “우시바이오와 겹치는 사업 영역이 있어 신규 유입 가능성을 고려하고 있다”며 “올해 4, 5월부터 주요 글로벌 제약사들이 SK팜테코를 포함해 비(非) 중국계 CDMO 기업들을 찾는 움직임이 있었다”고 했다.

## 화학산업

### 석화시장 부진 지속... ‘스페셜티’ 유무에 분위기 엇갈린 1·2위 업체

(2024년 9월 10일 아주경제)

석유화학(석화)업계가 3분기에도 부진을 면치 못할 거라는 전망이 나오는 가운데, LG화학과 롯데케미칼의 분위기는 다소 엇갈렸다. ‘전문소재(스페셜티)’ 유무가 두 회사의 반응을 가른 것으로 보인다. 롯데케미칼의 매출 중 기초소재 사업 비중은 68.7%다. 기초소재는 에틸렌이나 프로필렌 등 여러 소재에 쓰일 수 있는 ‘범용 소재(코모디티)’를 말한다. 반면 LG화학은 석화 소재 전체 매출 중 코모디티에 해당하는 NCC 비율이 29%에 불과하다. NCC는 나프타를 분해해 코모디티 제품을 주출하는 공정을 말한다. 나머지 매출은 고부가 합성수지(ABS), 폴리올레핀 엘라스토머(POE) 등 스페셜티가 차지했다. 스페셜티는 코모디티를 기반으로 만들기 때문에 시황이 악화돼 제품 단가가 저렴해질수록 경쟁력이 올라가는 특성이 있다.

## 철강

### “IMF때 보다 더 심각” 시멘트업계, 공장 부분 가동중단 검토

(2024년 9월 12일 파이낸셜 뉴스)

11일 한국시멘트협회에 따르면 올 상반기 시멘트 출하량은 2284만t으로, 전년 동기보다 12.3% 감소했다. 날씨가 추워지는 하반기는 출하량이 상반기보다 적을 가능성이 크고, 업계는 현재 추세면 연간 출하량이 4000만t 아래로 떨어질 수 있다고 우려하고 있다. 시멘트협회 관계자는 “연간 출하량 4000만t은 IMF 외환위기 때에도 경험한 적이 없다”며 “초유의 상황”이라고 말했다. 시멘트협회 관계자는 “연간 1억t이 넘는 일본 시멘트 내수가 이제는 4000만t 이하로 추락했듯 국내 시멘트 내수도 떨어질 것을 감안한 ‘컨틴전시(만일의 사태를 대비한 계획) 플랜’이 필요한 상황”이라고 설명했다.

## 방산

### 천궁-2, 이라크에도 수출한다...내주 3조5000억 계약 (2024년 9월 12일 중앙일보)

### ‘한국판 패트리엇’ 천궁-2, 이라크에 3.5조원 규모 수출 (2024년 9월 12일 동아일보)

한국이 자체 개발한 중거리 지대공 요격 미사일 ‘천궁-II’가 연내 이라크에 수출될 전망이다. 규모는 약 3조5000억원 상당으로, 이르면 다음주 LIG넥스원과 26억 달러 규모의 계약이 마무리될 전망이다. ‘한국판 패트리엇(PAC-3)’으로도 불리는 대공 방어 체계인 천궁-II는 항공기와 지상 등에서 발사된 탄도 미사일을 모두 잡아낼 수 있는 첨단 방어 무기 체계다. 2012년부터 국방과학연구소(ADD) 주관으로 LIG넥스원이 미사일 발사체를 개발했다. 레이더는 한화시스템, 발사대와 차량은 한화에어로스페이스가 각기 맡아 제작한다. 가격 경쟁력도 뛰어나다. 성능은 좋으면서 미국의 대공 방어 체계인 패트리엇에 비해선 상대적으로 저렴하다. 이번 천궁-II 수출계약이 성사되면 4월 폴란드로의 다연장로켓 ‘천무’ 수출 계약(2조 2500억원)과 7월 루마니아로의 K9자주포 및 탄약운반차 등의 수출계약(약1조3828억 원)에 이어 올해 세 번째 조 단위 ‘K무기’ 수출계약이 된다. 수출 금액 기준으로는 올해 최대 규모다.

# 산업/기술 동향

1 전기차 초고속·고효율  
무선충전기술 동향

---

2 전기자동차(EV)  
X in 1 통합화 기술

---

3 이차전지 음극 고용량화 및  
저가화 기술 동향

---

4 전고체 전지 기술 발전 전략

---

# 전기차 초고속·고효율

## 무선충전기술 동향

이봉현 전기수소차PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 미래자동차실  
이상택 센터장 / 한국전자기술연구원(KETI) 스마트전장연구센터  
정진범 수석 / 한국자동차연구원(KATECH) 전기동력기술부문

### 요약

- 전기자동차 초고속·고효율 무선충전기술 개발 배경
  - 전 세계적으로 환경 규제와 온실가스 관련 규제가 강화되면서 내연기관 차량의 대체 수단으로 전기차가 급속히 보급되는 실정이다.
  - 전기차 사용에 대한 불편사항으로 1회 충전 주행거리, 충전 시간, 충전 안전, 인프라 편의성 등이 언급되고 있으며, 이는 전기차 대중화의 걸림돌로 작용하고 있다.
  - 사용자 편의성이 높고 안전성 확보가 용이한 전기차 무선충전기술은 최근까지 다양한 연구개발과 상용화 시도가 진행되어 왔으며, 초기 단계에서 성숙 단계로 진행되는 과도기에 해당된다.
  - 향후 지속적인 전기차 보급 추진과 다양한 충전 인프라 구축을 통한 사용자 맞춤형 충전 서비스 시대의 도래를 고려할 때 충전 편리성, 시스템 고효율성 및 안전성이 확보된 급속충전 수준의 무선충전기술 개발은 전기차 캐즘 극복과 충전 인프라에 대한 사용자 신뢰도를 개선할 수 있는 추가적 요소기술이 될 것이다.
- 시사점 정책 제언
  - 기존의 무선충전기술은 유선충전 대비 상대적으로 느린 충전 속도와 전력 전달 효율로 인해 충전 인프라 보급에 불리한 점이 있었다. 그러나 최근 다음 세대 유선 완속충전과 유사 수준인 22kW급 무선충전기술이 개발되고 있으며, 추가적으로 충전 시간 단축을 목적으로 유선 급속충전 수준인 50~100kW 이상급 무선급속충전기술 개발 요구도 지속적으로 대두되고 있다.
  - 현재 상용화 초기 단계에 머물러 있는 무선충전기술의 장점인 사용자 충전 편리성과 안전성을 보다 부각시키고 표준화 대응과 차량 호환성 검증 등을

통해 무선충전기술 상용화로 글로벌 시장 선도가 가능하도록 해야 한다. 이를 위해서는 SAE, ISO/IEC 등의 국제 무선충전 표준화 적극 참여, 외국 기업의 독점적 특허 지위 대응 방안 마련, 무선 충전 중 인체/차량 안전성 확보기술 개발 등 선제적이고 지속적인 기술/정책 대응이 필수적이다.

- 향후 자율주행기술과 연계된 무선충전기술로 전기차 시장 성장 촉진과 대중화 시대를 견인하고, 충전 서비스 분야의 새로운 비즈니스 모델 발굴과 글로벌 선도가 가능한 초격차/신격차 기술 실현을 위해서는 초고속·고효율 무선충전기술 개발에 대한 투자가 시급하다.

### 1. 무선충전기술의 개요

### 기술 개념 및 등장 배경

전기차 무선충전기술은 전자기유도 현상을 기반으로 전력 송신부와 수신부 사이에 자기장을 형성시켜 충전 전력을 전달하는 구조다. 송신부에는 충전 전력 전송을 위해 코일에 교류 전류를 인가하여 자기장을 발생시키고, 발생된 자기장이 수신부 코일에서 유도 전압을 생성시킴으로써 무선으로 전력이 전송되는 개념이다.

그림 1  
전기차 무선충전의 개념도  
출처: SAE International



무선충전 송신부와 수신부의 코일 크기 및 권선 수, 송신부와 수신부 간 거리, 그리고 전력 전송 주파수 등이 무선충전의 용량과 효율 성능 등을 결정하는 핵심적 요소에 해당하며, 특히 전력 전송 주파수 대역은 무선충전의 안전성에 큰 영향을 끼친다.

현재 주로 사용되는 85kHz와 20kHz 대역은 각각 고출력 충전과 저출력 충전에 적합하다. 고출력 충전은 높은 전력 전달이 가능해 충전 속도가 빠르지만

전자기장 노출이 우려되고, 반면에 저출력 충전은 소비자와 환경 안전성이 상대적으로 높다.

무선충전기술은 물리적 접촉 없이 전력을 전달할 수 있어 편리성과 안전성이 높으나 충전 전력 상향에 따른 전자기장의 인체/차량 노출, 비정렬 상태에서의 충전 효율성 저하, 차량/충전기 간 호환성 등의 문제를 해결하기 위한 추가적인 기술개발이 필요한 실정이다.

전기차 무선충전 대비 유선충전은 충전커넥터를 사용자가 직접 다루야 하므로 감전에 대한 잠재적 위험성 우려가 크고, 충전커넥터의 무게와 유연성이 낮은 충전 케이블로 인한 조작의 불편함 때문에 무선충전기술이 등장하게 되었다. 특히 사용자 부주의로 인한 충전커넥터 낙하와 파손으로 유지보수 비용 증가, 우천 시 충전 불편성 증가 등의 문제가 사용자의 불편사항(Pain point)으로 대두됨에 따라 사용자 편의성과 안전한 충전방식에 대한 요구가 높아지고 있다.

그림 2  
유선충전 대비 무선충전기술의 등장 배경 이슈

출처: 「전기학회논문지」(2023.08)



## 기술의 범위

전기차 무선충전시스템은 크게 무선충전 제어기와 충전 전력 송신부가 포함된 GA(Ground Assembly), 충전 전력을 수신하고 차량에 장착되는 VA(Vehicle Assemble)로 구분된다.

GA는 무선충전을 위한 전력 변환/제어 기능의 무선충전기와 자기공진을 이용하여 무선충전 전력을 송신하는 GA 코일로 구성된다. VA는 차량에 장착되어

무선충전 전력을 수신하는 VA 코일과 수신된 전력을 정류하여 전기차 배터리를 충전하는 정류기 및 정전압기로 구성된다.

그림 3  
전기차 무선충전시스템의 구성

출처: 「전기학회논문지」(2023.08)

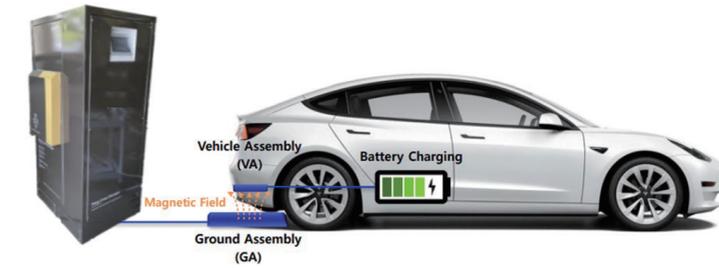
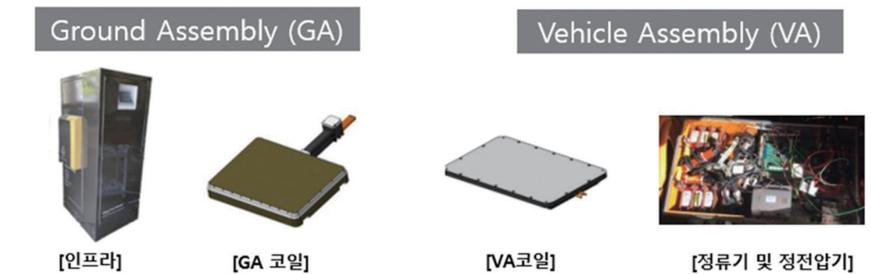


그림 4  
전기차 무선충전 시스템의 GA와 VA

출처: 「전기학회논문지」(2023.08)



GA는 전력을 공급한다는 의미에서 급전시스템이라 불린다. 상세 구성으로는 전력 품질인 역률(PF, Power Factor)과 고조파왜곡(THD, Total Harmonic Distortion)을 조정하여 무효전력을 최소화하고 높은 전력 품질을 제공하는 입력필터(Line Filter), 역률보상(PFC, Power Factor Correction)회로, 역률보상회로의 직류 출력을 입력으로 받아 교류 형태의 전력으로 변환시켜 송신 GA 코일에 공급하는 인버터(Inverter)가 있다. GA 코일(송신 또는 급전 패드)은 인버터로부터 공급받은 교류 전력을 코일에 인가하여 패러데이 법칙에 의한 교류 자기장을 형성한다.

VA는 수신부 또는 전력을 수집한다는 의미에서 집전부라고도 지칭된다. 구성품인 VA 코일(수신 또는 집전 패드)은 송신 패드로부터 공급되는 교류 자기장이 쇠교하면 패러데이 법칙에 따라 수신 패드에 교류 전력이 생성되고, 수신 패드 후단의 회로로 연결된 정류기 및 정전압기가 교류 전력을 정류하여 직류 전력으로 변환 후 전기차 배터리에 공급함으로써 배터리를 충전하게 된다.

최근에는 큰 부피와 무게를 차지하면서 그에 따라 비용 부담도 적지 않은 정전압기를 다른 시스템의 전기 회로를 활용해 제거한 차량 경량화 기술의 개발도 진행되고 있어서 수신 패드와 정류기만으로 구성되는 VA도 있다.

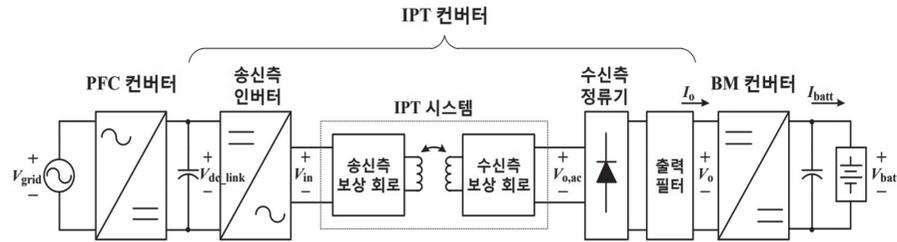
## 무선급속충전의 핵심기술

전기차의 무선충전기술은 크게 자기유도방식과 자기공진방식으로 분류된다. 자기유도방식은 패러데이 전자기유도를 이용하는 전력 전송 방식으로 거리가 멀어질수록 전송효율이 급격히 떨어지는 문제가 있어서 전기차에 적용하기에는 비효율적이다. 반면에 GA-VA 코일 간 공진 현상을 이용한 자기공진방식은 전력 전송 거리가 길어 전기차의 무선 전력 전송 방식으로 주목받고 있으며, 대다수 기업은 자기공진방식을 적용한 무선충전기술 개발에 주력하고 있다.

전기차 무선충전시스템용 전력변환회로의 구성은 역률 개선 및 정류를 위한 PFC(Power Factor Correction) 컨버터, 무선 전력 전송을 위한 IPT(Inductive Power Transfer) 컨버터, 차량 내 충전 전력 제어를 위한 BM(Battery Management) 컨버터로 구성된다.

그림 5  
전기차용 무선충전시스템의  
전력변환회로 구성도

출처: 「전기학회논문지」(2023.08)



무선충전시스템용 전력변환회로 기술 개발의 주된 방향으로서는 손실을 최소화하고 효율을 극대화하기 위한 차세대 반도체 소자 적용, 고효율 회로 설계, 고성능 냉각기술의 적용 등이 있다. 전력변환기의 크기와 무게를 줄이는 소형화로 차량 내 공간 효율성을 높이기 위한 고집적 회로와 고밀도 실장 기술 등도 적용된다.

추가적으로 전기차의 고출력 충전 요구사항을 충족하기 위해 전력변환기의 출력 용량을 높이는 고출력화 기술과 이를 위한 고전압, 대전류회로 및 소자 기술 등이 개발되고 있다.

무선 충전 전력 상향을 통한 급속충전을 위해서는 IPT 컨버터의 대용량화가 필수적이며, 고효율 전력변환회로의 개발, 고밀도 송신코일 및 수신코일 소형화·경량화 기술 개발 등이 요구된다.

특히 차량에 장착되는 수신부인 VA의 무게와 크기는 연비 및 차량 설계에 직결되기 때문에 소형화·경량화를 위한 전기적·회로적 기술뿐만 아니라 고방열 냉각 소재, 고내열성 부품, 고안전성 전자파 차폐기술 등 다양한 융합기술의 개발이 요구된다.

표 1  
충전 용량에 따른 충전 시간 예시

충전 용량	11kW	22kW	50kW
충전 시간 (SOC 10%~80%, 70kWh 배터리 기준)	약 5시간	약 2.5시간	약 1시간

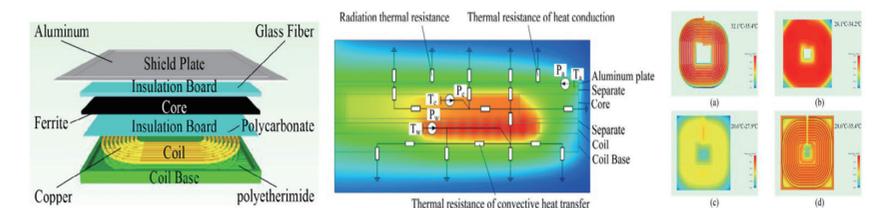
무선충전에 대한 관심이 고조되면서 고효율, 고밀도, 고안전 특성을 만족하기 위한 다양한 구조의 VA 코일이 제안되고 있다. 주로 시스템 결합계수, 오정렬 허용 오차, 누설 필드 저감, 전달효율 등을 개선하기 위한 목적의 코일 위치, 권선 수, 다극 권선, 권선 간 간격, Ferrite 패드의 크기/위치 관련 연구가 수행되고 있다. 코일의 크기와 구조에 대해서는 SAE(Society of Automotive Engineers)의 J2954 규격을 참조하여 제안하는 것이 일반적이다.

무선충전시스템의 대용량화로 인해 VA 코일과 차량 장착 부품의 크기는 점차 커지는 반면, 전기차 내 제한된 공간에 VA를 장착해야 하므로 콤팩트한 VA 구조 설계가 필수적이다.

이를 위해 VA는 다른 부품들과 일체화하여 소형화·경량화하는 기술의 개발이 요구된다. 일체화 시 열해석을 통한 최적의 냉각구조 설계도 매우 중요한 해결 과제이므로 지금까지의 코일 단품 위주의 열해석과 방열 연구에서 나아가 향후 VA와 일체화되거나 인접한 부품의 열적 안정성까지 종합적으로 고려하는 열관리 기술의 개발도 필요하다.

그림 6  
무선충전 코일의 열해석 사례 예시

출처: IEEE Access(2020.09)



지속가능한 미래 -  
전기수소차와 이차전지

산업/기술 동향

전기차 초고속·고효율 무선충전기술 동향

29

## 무선충전 관련 국내외 표준화 및 안전성 기준 현황

전기차와 관련된 국제표준은 크게 IEC와 ISO에서 다루고 있다. IEC는 배터리 셀, 전기 부품, 충전시스템, 무선충전 GA 표준화와 연관된 반면, ISO는 전기차의 전기적 안전, 연비, 배터리 팩, 전기구동시스템, 무선충전 VA 측 전자장치의 표준화 등에 연관되어 있다.

2019년까지만 해도 전기차 무선충전 국제표준은 IEC 61980-1이 유일했으나, 현재는 무선충전 관련 국제표준이 다양한 형태로 발전되고 있다. 무선 전력 전송의 표준으로는 IEC 61980 시리즈가 있다(IEC 61980-1, 2, 3은 제정 완료되었으며, IEC 61980-4, 5, 6은 현재 제정을 위한 절차를 진행 중).

표 2  
무선충전 IEC 61980 표준 및 범위

출처: 「전기학회논문지」(2023.08);  
산업통상자원부 보도자료(2021.04)

표준번호	표준명	범위
IEC 61980-1	Electric vehicle wireless power transfer(WPT) systems-Part 1: General requirements	무선 전력 전송 일반 요구사항
IEC 61980-2	Electric vehicle wireless power transfer(WPT) systems-Part 2: Specific requirements for MF-WPT system communication and activities	자기장 무선 전력 전송 시스템의 통신과 활동에 대한 특정 요구사항
IEC 61980-3	Electric vehicle wireless power transfer(WPT) systems-Part 3: Specific requirements for magnetic field wireless power transfer system	자기장 무선 전력 전송에 대한 특정 요구사항
IEC 61980-4	Interoperability and safety of high power wireless power transfer(H-WPT) for electric vehicles	급속 무선 전력 전송의 상호 운용성 및 안전성
IEC PAS 61980-5	Interoperability and safety of dynamic wireless power transfer(WPT) for electric vehicles	동적 무선 전력 전송의 상호 운용성 및 안전성
IEC 61980-6 (IEC 63381)	Electric vehicle wireless power transfer(WPT) systems - Part 6: Specific requirements for magnetic field dynamic power transfer(MF-D-WPT) system communication	자기장 동적 무선 전력 전송 시스템의 통신과 활동에 대한 특정 요구사항

전기승용차 및 전기상용차 관련 무선충전 표준으로는 VA와 관련된 ISO 19363과 ISO/DIS 5474-4, 6 등이 있으며, 미국 규격인 SAE(국제자동차기술협회)의 SAE J2954/1, 2, 3이 있다.

표 3  
전기승용차 및 전기상용차 무선충전 표준과 범위

출처: 「전기학회논문지」(2023.08);  
산업통상자원부  
보도자료(2021.04)

표준번호	표준명	범위
ISO 19363	Electrically propelled road vehicles – Magnetic field wireless power transfer–Safety and interoperability requirements	자기장 무선 전력 전송이 가능한 전기승용차의 안전성과 상호 운용성의 요구사항
ISO/DIS 5474-4	Electrically propelled road vehicles – Functional requirements and safety requirements for power transfer – part 4: Magnetic field wireless power transfer – Safety and interoperability requirement	자기장 무선 전력 전송을 위한 전기승용차의 기능 요구 사항 및 안전 요구사항
ISO/CD PAS 5474-6	Electrically propelled road vehicles – Interoperability and safety of dynamic wireless power transfer(D-WPT) for electric	동적 무선 전력 전송을 위한 전기승용차의 요구사항과 작동
SAE J2954/1	Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology	전기승용차의 상호 운용성, 전자기 호환성, EMF, 최소 성능, 안전 및 무선 전력 전송 시험에 대한 기준 정의
SAE J2954/2	Wireless Power Transfer for Heavy-Duty Electric Vehicles	전기상용차에 필요한 더 높은 전력 범위에서의 전력 전달 레벨 정의
SAE J2954/3	Dynamic Wireless Power Transfer for both Light and Heavy Duty Vehicles	전기승용차와 상용차의 동적 무선 전력 전송에 대한 상호 운용성, 전자기 호환성, EMF, 최소 성능, 안전성 및 시험에 대한 기준 정의

무선충전은 자기장을 활용한 전력 전달로서 주변기기의 오동작 방지 및 인체 안전을 위한 전자장/자기장에 대한 인체 노출 해결책이 필요하다. 무선 전력 전송의 전자장/자기장 인체 노출 평가 방법과 관련된 표준 등은 다음과 같다.

표 4  
무선 전력 전송 전자장/자기장 인체 노출 평가 방법 표준

출처: 「전기학회논문지」(2023.08);  
산업통상자원부  
보도자료(2021.04)

기구/위원회	표준번호	표준명
ISO	IEC TR 62905	Exposure assessment methods for wireless power transfer systems
ISO	IEC PAS 63184	Assessment methods of the human exposure to electric and magnetic fields from wireless power transfer systems – Models, instrumentation, measurement and numerical methods and procedures(frequency range of 1kHz to 30MHz)
SAE	IEC TR 63377	Procedures for the assessment of human exposure to electromagnetic fields from radiative wireless power transfer systems – Measurement and computational methods(frequency range of 30MHz to 300GHz)
ISO	IEC/IEEE 63184	Assessment Methods of the Human Exposure to Electric and Magnetic Fields from Wireless Power Transfer Systems – Models, Instrumentation, Measurement and Computational Methods and Procedures(Frequency Range of 3kHz to 30MHz)
SAE	IEC/IEEE 63480	Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields from Radiative Wireless Power Transfer Systems: Measurement and Computational Methods(Frequency Range of 30MHz to 300GHz)

국내에서의 전기차 충전 관련 표준은 한국스마트그리드협회(KSGA)와 한국자동차공학회가 주로 담당하고 있다. 각각 스마트그리드 표준화포럼과 표준위원회를 두어 국내 전기차 충전 관련 표준화를 수행하고 있으며, 전기차의 무선충전과 관련된 국가표준은 다음과 같다.

표 5  
전기차 무선충전의 국내표준

출처: 「전기학회논문지」(2023.08);  
산업통상자원부 보도자료(2021.04)

표준 개발 협력기관	표준번호	표준명
KSGA	KS R IEC 61980-1	전기자동차 무선 전력 전송(WTP) 시스템-제1부: 일반 요구사항
KSGA	KS R IEC TS 61980-2	전기자동차 무선 전력 전송(WPT) 시스템-제2부: 전기자동차(EV)와 인프라 간 통신을 위한 특정 요구사항
KSGA	KS R IEC TS 61980-3	전기자동차 무선 전력 전송(WPT) 시스템-제3부: 자기장 무선 전력 전송 시스템의 특정 요구사항

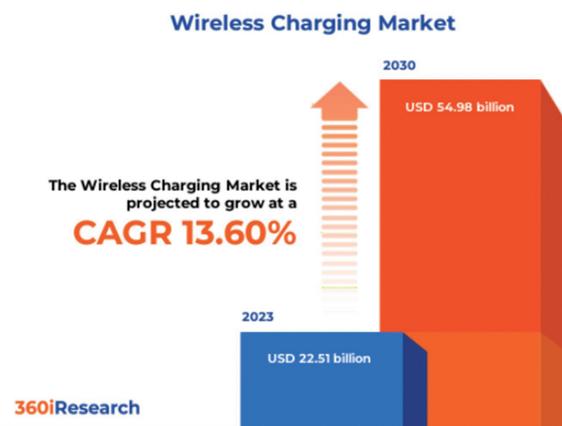
## 2. 시장동향

### 무선충전 국내외 시장 동향

360iResearch의 무선충전 시장보고서에 따르면 2023년 세계 시장 규모는 225억 1천만 달러로, 연평균성장률(CAGR, Compound Annual Growth Rate) 13.6%로 급성장하여 2030년까지 549억 8천만 달러에 이를 것으로 예측된다.

그림 7  
무선충전의 세계 시장 규모

출처: 360iResearch(2024.02)

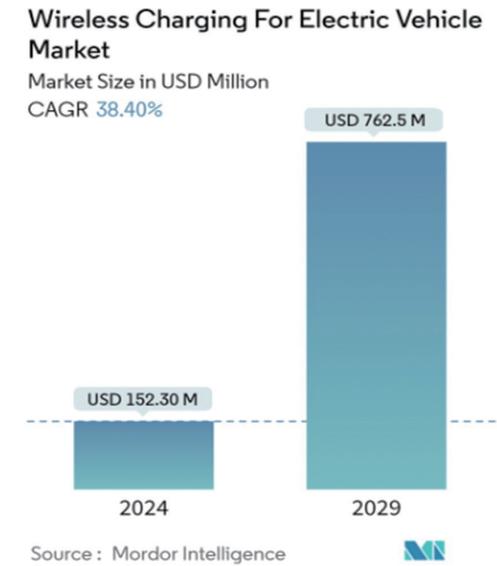


Mordor Intelligence의 전기차용 무선충전 시장보고서에 따르면 무선충전 세계 시장 규모는 2024년에 1억 5,230만 달러로 추정되며, 연평균성장률 38.4%로

급성장하여 2029년까지 7억 6,250만 달러에 이를 것으로 예상된다. 또 대용량, 고효율, 고안전 전기차용 무선충전 기술 개발을 통하여 충전 시간 단축, 충전 편의성 향상, 설치 간소화를 달성한다면 전기차 충전 솔루션으로서의 시장 규모는 더욱 크게 성장할 것으로 전망된다.

그림 8  
전기차용 무선충전 세계 시장 규모

출처: Mordor Intelligence(2024.06)



## 3. 국내외 전기차 무선충전기술 개발 동향

### 해외 동향

WiTricity는 2007년 설립된 무선충전 업체로 전기차 무선 전력 전송과 관련된 다양한 기술 확보 및 표준화에 나서고 있는 선도업체로서 다수의 전기차 제조업체와 협업을 통해 무선충전기 개발 사업을 주도하고 있다. 2019년 2월 퀄컴과 퀄컴 테크놀로지스의 기술 플랫폼 일부와 관련 지재권을 인수함으로써 자기공명방식으로 대표되는 특허와 특허 애플리케이션을 1,500건 이상 보유하고 있다.

그림 9  
WiTricity의 무선충전기

출처: 중소기업기술정보진흥원(2022)





그림 10  
Qualcomm-Halo IPT 무선충전기  
출처: 중소기업기술정보진흥원(2022)

Electreon은 전기차용 무선충전솔루션 공급업체로 달리면서 충전할 수 있는 독자적인 무선충전기술과 무선충전도로 시스템을 제안했다. 주행 중 무선충전으로 1,206마일(약 1,940km) 주행에 성공하여 2021년 11월 「TIME」지의 'THE BEST INVENTIONS OF 2021'로 선정되었다.

그림 11  
Electron의 주행 중 무선 충전 시스템  
출처: 오토캐스트(2023.06)



Volvo는 2022년 새로운 무선충전기술을 실제 도시환경에 적용과 실증을 시작했다. 3년에 걸쳐 유럽 최대의 택시사업자인 '카본라인' 택시로 스웨덴의 예테보리에 있는 여러 장소에서 무선충전 실증 사업을 추진한 바 있다.

그림 12  
Volvo Cars의 무선충전  
출처: 오토트리뷴(2022.03)



## 국내 동향

그림 13  
HKMC의 제네시스 전기차 무선충전 시스템

현대기아차(HKMC)는 전기차 무선충전 서비스에 대한 실증 특례를 부여받아 고급 브랜드 차종인 제네시스 전기차 전용 충전소를 개소했다. 무선충전 서비스 시험사업의 운영을 위해 제네시스 전기차(GV60)를 대상으로 11kW급 무선충전기를 시험 적용한 바 있고, 최근에는 자율주행기술과 접목한 무선충전 시범사업을 추진 중에 있다.

출처: 뉴스투데이(2023.05)



KG모빌리티는 CES 2024에서 무선충전 플랫폼 상용화 기술이 탑재된 토레스 EVX를 공개했으며, 2024년 하반기 제품화를 목표로 하고 있다. 미국 무선충전 글로벌기업인 WiTricity의 자기공진방식을 적용하여 토레스 EVX 기반 전기픽업트럭(O100)에 무선충전기술을 최초로 탑재했다.

그림 14  
KG모빌리티의 무선충전 플랫폼이 탑재된 토레스 EVX

출처: 뉴스저널리즘(2024.01)



OLEV는 2009년부터 자기유도방식의 온라인 전기차 무선충전기술을 개발했으며, 도로에 매설된 급전코일과 버스에 내장된 집전코일을 통해 20cm의 거리에서 최대 83%의 전송 효율로 100kW급의 전력을 전달하여 전기버스 배터리를 충전하는 기술을 개발했다.

## 4. 시사점

전기차 무선충전기술은 자율주행기술과 더불어 전기차산업과 관련 충전 인프라 전반에 걸쳐 중요한 변화를 야기할 것으로 전망된다. 특히 유선 충전과 유의미한 경쟁이 가능한 수준의 무선급속충전기술은 단순히 충전 속도와 충전 편의성만을 향상시키는 것이 아니라 전기차 대중화와 자율주행 전기차의 시장 형성 촉진에 새로운 기회를 제공할 것이다.

현재 상용화 초기 단계에 머물러 있는 무선충전은 사용자의 충전 편의성이 높고 다양한 충전 서비스 연계 비즈니스 모델 창출이 가능한 방식이다. 글로벌 표준화 대응 및 관련 지식재산권에 대한 해소 방안만 수립된다면 미래 모빌리티에 대한 충전 방식으로 선호될 전망이며, 향후 기술과 시장 성장에 대한 선도적 지위 확보가 가능한 분야에 해당된다.

무선급속충전기술은 아직 급속 핵심 부품의 고밀도화, 충전효율 극대화를 위한 신소재의 개발, 열적 해결을 위한 냉각기술, 전자기파 안전성 검증 등과 관련된 기술적 난제의 해결이 필요할 뿐만 아니라 안전성을 보장하기 위한 철저한 시험/검증 체계, 다양한 실제 환경에 대한 신뢰성/안정성 확보, 규격화된 인증체계, 인프라 보급을 위한 법적 규제 해소 등 여러 가지 검토와 제약 해소가 필수적이다. 반면에 이러한 기술적·정책적 한계가 해소만 된다면 글로벌 초격차/신격차 확보가 가능한 신기술이므로 선제적이고 지속적인 국가 R&D 지원이 시급하다.

향후 전기차 대중화 시대를 선제적으로 준비할 수 있도록 편리하면서도 빠른 충전 인프라 확장과 신뢰도 높은 충전 인프라 운영을 통해 사용자 PP(pain point)를 제로화(zero化)할 수 있는 무선급속충전기술의 개발과 신 비즈니스 모델 발굴에 적극적인 투자가 필요하다.

## 출처 및 참고자료

1. Jennifer Shuttleworth, "New SAE Wireless Charging standard is EV game-changer", SAE International, 2020.10.; [www.sae.org/news/2020/10/new-sae-wireless-charging-standard-is-ev-game-changer](http://www.sae.org/news/2020/10/new-sae-wireless-charging-standard-is-ev-game-changer)
2. 이영달, "전기차 무선충전 기술과 상용화 방향", 「전기학회논문지」, 제72권 제8호, pp. 919-928. 2023.08.
3. 우동균, "전기자동차용 무선충전 시스템 최적 설계", 「전력전자학회지」, 제23권 제5호, pp. 68-74. 2018.10.
4. Ce Liang; Guang Yang, et. al., Modeling and Analysis of Thermal Characteristics of Magnetic Coupler for Wireless Electric Vehicle Charging System, IEEE Access, Vol. 8. pp. 173177-173185. 2020.09.
5. "전기차 무선충전 기술, 우리나라가 국제표준 주도", 산업통상자원부 보도자료, 2021.04.
6. "Wireless Charging Market by Technology(Inductive, Radio Frequency, Resonant), Implementation(Receivers, Transmitters), Application-Global Forecast 2024-2030", 360iResearch, 2024.02.
7. "Wireless Electric Vehicle Charging Market Size & Share Analysis-Growth Trends & Forecasts(2024-2029)", Mordor Intelligence, 2024.06.
8. "전기자동차 충전인프라", 『중소기업 전략기술로드맵: 전기·수소차』, 중소벤처기업부·중소기업기술정보진흥원, 2022.
9. 임상현, "달리면서 충전하는 전기차 시대(?)...1900km 테스트 성공", 오토캐스트, 2023.06.02.; [autocast.kr/article/view/atc202306020005](http://autocast.kr/article/view/atc202306020005)
10. 김예준, "EV도 이제는 무선 충전 시대 개막? 볼보, 스웨덴서 전기차 무선 충전 테스트 시작", 오토트리뷴, 2022.03.13.; [autotribune.co.kr/news/articleView.html?idxno=6689](http://autotribune.co.kr/news/articleView.html?idxno=6689)
11. 최봉, "[현대차그룹 전기차/자율주행차 상황 점검 (7)] 제네시스, 그린파워 손잡고 무선충전 기술 상용화 시도", 뉴스투데이, 2023.05.29.; [news2day.co.kr/article/20230527500003](http://news2day.co.kr/article/20230527500003)
12. 권진욱, "KG모빌리티, 전기차 무선충전 플랫폼 선배 [CES 2024]", 뉴스저널리즘, 2024.01.10.; [ngetnews.com/news/articleView.html?idxno=429917](http://ngetnews.com/news/articleView.html?idxno=429917)



# 전기자동차(EV)

## X in 1 통합화 기술

이봉현 전기수소차PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 미래자동차실

김진홍 센터장 / 한국전자기술연구원(KETI) 전력제어시스템연구센터

### 요약

#### ▪ 목적

- 전기차 전환 시대를 맞아 전기자동차의 성능은 비약적인 발전을 이루었고 핵심 부품에 대한 기술은 성숙 단계에 접어들었다. 이에 따라 전기자동차의 핵심 부품들에 대한 통합화 기술 현황에 대해 알아보고 세계 시장 대응 및 시장 경쟁력 향상을 위한 통합화 전략에 대한 방향을 제시하고자 한다.

#### ▪ 주요 현황

- 전기차 시장의 60%를 차지하는 중국을 중심으로 X in 1 통합화 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.  
- 기존에는 전력변환장치 및 전기추진 구동계를 중심으로 2~3개 내외의 핵심 부품에 대한 통합화가 진행되었다. 그러나 최근 BYD, 화웨이 등의 중국 기업을 중심으로 기존 전력변환장치와 전기추진 구동계 및 VCU, BMS, PDU 등을 포괄하는 통합화 기술이 적용된 8 in 1 통합 시스템이 개발되고 있다.

#### ▪ 시사점 및 정책 제언

- 단순히 여러 부품의 하우징만 공유하는 통합화는 성능과 비용 개선 효과가 미미하고 시장에 유연하게 대응하기 어려울 수 있다.  
- 공용 전력변환 부품과 토폴로지를 활용한 통합화 효과의 극대화 및 비즈니스 모델 전략을 고려한 X in 1 통합화 연구개발 투자가 필요하다.

## 1. 전기차 시장 현황

### 전기차 시장의 지속적인 확대

2023년 전 세계 전기차 판매량은 약 1,400만 대로 2018년 200만 대 대비 약 7배 증가했다. 등록되어 운행되는 전기차는 2018년 500만 대에서 8배 성장한 4,000만 대에 이른다.

- 2024년에는 약 1,700만 대에 도달할 것으로 전망되며, 이는 전 세계에서 판매되는 자동차의 20%를 차지한다.
- 2023년 전 세계 판매 자동차 중 전기자동차의 비중은 약 18%로 2022년의 14%와 2018년의 2%에 비해 크게 증가했다.
- 배터리 기반 전기차는 2023년 등록된 전기자동차의 70%를 차지하고 있다.
- 배터리 핵심 원료의 가격 변동성, 높은 인플레이션, 전기차 구매 보조금의 단계적 폐지 등으로 인한 전기차 시장 성장의 우려에도 불구하고 시장 경쟁 및 성능 향상, 통합화를 통한 가격 저감 등 기술혁신을 통한 지속적인 성장이 전망된다.

그림 1  
연도별 EV 판매 대수

출처: IEA(2024.04)

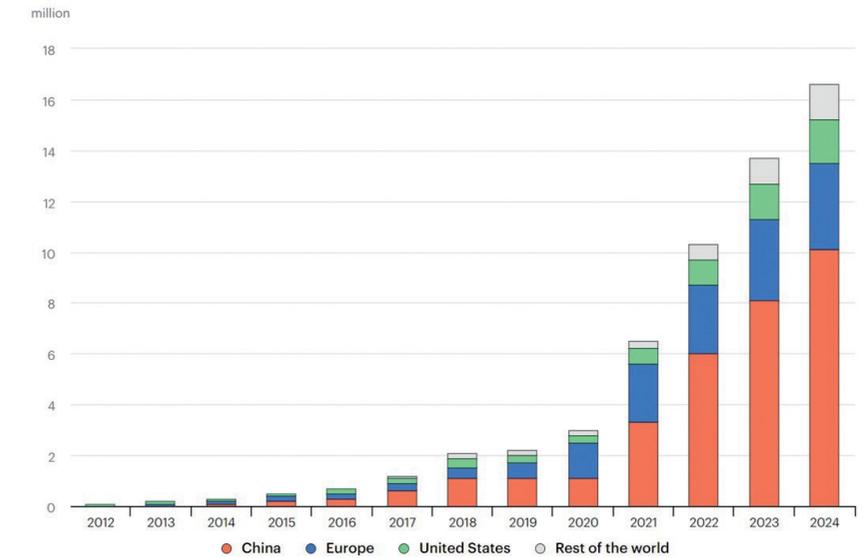
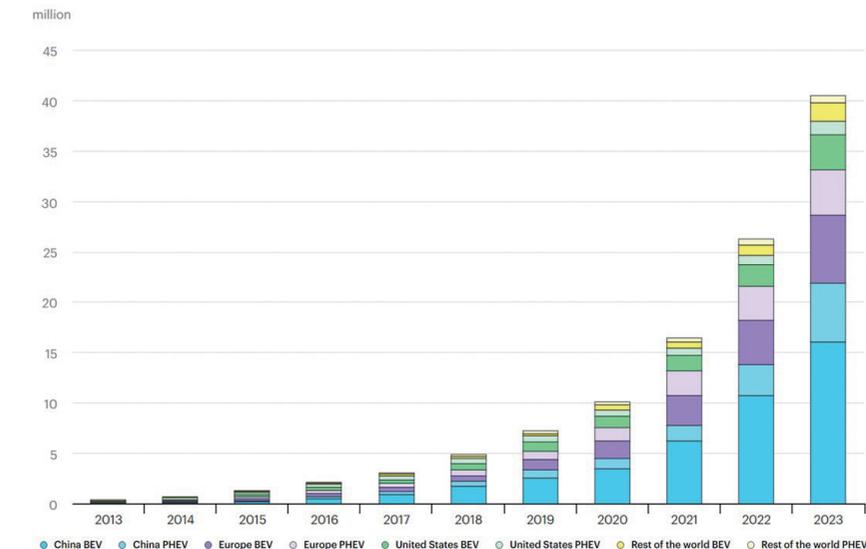


그림 2  
연도별·지역별 글로벌 EV 등록 대수

출처: IEA(2024.04)



## 전기차의 주요 시장 현황

2023년 지역별 전기차의 판매 비중은 중국 60%, 유럽 25%, 미국 10%로 전 세계 전기차 판매의 95%를 차지하며, 신차 등록 중 전기차 비중은 중국 33%, 유럽 20%, 미국 10%로 자동차 시장에서 큰 비중을 차지한다.

- (중국) 내연기관차 시장은 전년 대비 8% 축소되었으나 전기차 판매 증가로 전체 자동차 시장은 5% 성장했다.
  - 2023년에 EV 구매보조금이 폐지되었음에도 불구하고 전년 대비 35% 증가한 850만 대의 신규 전기차가 등록되었다.
  - 2023년 세계 최대 자동차 수출국이 되었으며, 400만 대 이상의 자동차 수출 중에서 120만 대가 전기차로 수출량 80% 증가했다.
  - 전기차 시장이 가장 활발히 성장하는 지역으로 가격 경쟁이 치열해지는 단계로 접어들고 있다.
- (유럽) 2023년 신규 전기차 등록이 320만 대로 2022년 대비 약 20% 증가했다.
  - 독일은 50만 대의 배터리 기반 전기차 등록을 기록한 세 번째 국가가 되었으며, 자동차 판매의 18%를 BEV이고 6%를 PHEV가 차지했다.
  - 프랑스와 영국에서 판매된 자동차의 약 25%가 전기차이며, 네덜란드 30%, 스웨덴 60%, 노르웨이 95%의 전기차 판매점유율 기록 중이다.
- (미국) 2023년 신규 전기차 등록이 140만대로 2022년 대비 40% 이상 증가했다.
  - 「인플레이션 감축법(IRA)」에 따른 세액 공제 제도와 주요 모델의 가격 인하가 성장세를 촉진했다.

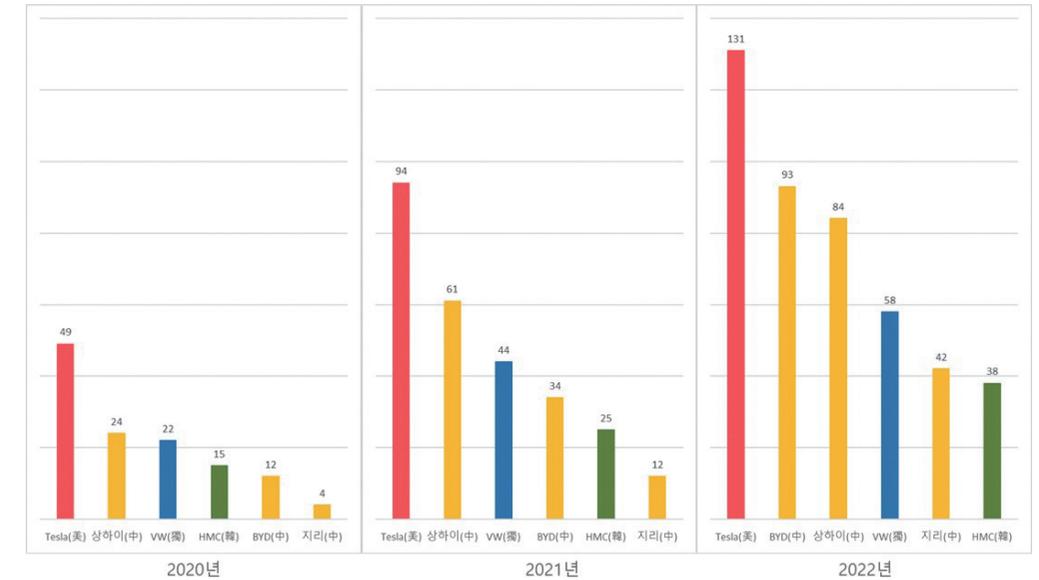
## 전기차 시장 경쟁 심화

전기차의 부품은 내연기관차와 비교하여 약 30% 수준으로 적으며, 핵심 부품에 대한 외주가 가능해지면서 진입장벽이 낮아져 시장 경쟁이 심화되고 있다.

- 전기차 시장의 집중도(상위 3개 기업의 점유율)가 2015년 37.2%에서 2021년 33.9%로 하락하였으며, 중간 점유율 확보를 위한 경쟁이 심화되고 있다.
- 내수 전기차 시장을 기반으로 중국 기업의 전기차 시장 점유율이 크게 증가했다.
- 2022년 전기차 판매량 1~3위(Tesla, BYD, 상하이기차)를 제외한 기업들의 점유율 차이가 크지 않으며, 전기차 시장 선점을 위한 제조사들의 경쟁이 치열할 것으로 전망된다.
- 글로벌 전기차 제조업체에는 2016년 65개에서 2020년 149개로 급증했다. Tesla의 독주 체제 속에서 글로벌 완성차 업체(GM, VW, HMC 등)와 중국 자동차업체(BYD, Nio, SAIC 등)가 치열하게 경쟁 중이다.

그림 3  
글로벌 BEV 판매량 순위

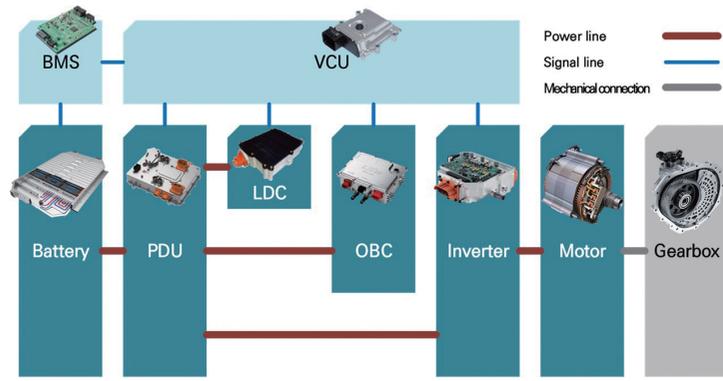
출처: SNE리서치(2024.02)



## 2. 전기차의

### 주요 핵심 부품

그림 4  
전기차 주요 부품의 전력 계통도



### 배터리

전기차에 장착되는 배터리는 이차전지로서 전기에너지를 저장하는 부품이며, 전기자동차의 주행거리, 가격, 충전 시간에 직접적인 영향을 끼치는 핵심 부품이다.

- 배터리 셀은 양극재, 음극재, 분리막, 전해액으로 이루어진 기본 단위이며, 이러한 셀 여러 개를 직렬이나 병렬로 연결하여 배터리 모듈을 구성하고, 같은 방식으로 여러 개의 모듈을 연결하여 배터리 팩을 구성한다.

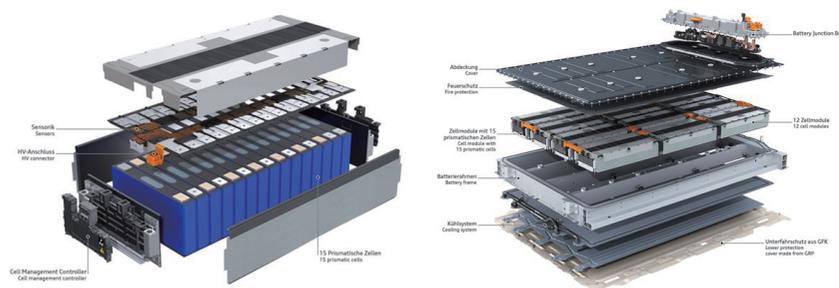
### BMS

‘Battery Management System’의 약자로 배터리를 관리하는 시스템이며, 전기차에 탑재된 배터리의 전류, 전압, 온도 등을 센서를 통해 측정하고 미리 파악하여 배터리가 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 제어하는 시스템이다.

- 배터리 팩에서 BMS가 차지하는 가격 비중은 4~5% 수준이나 배터리의 최적 성능, 수명 및 안전성을 보증하는 핵심 부품이다.
- 배터리 화재나 폭발 사고가 증가함에 따라 필요성이 더욱 대두되고 있으며, 상태 추정 기술, 고장 진단 기술, 셀 밸런싱 기술, 배터리 최적 상태 유지 기술, 시스템 안전 운영을 위한 경고 및 사전 안전 예방 조치 등을 제공한다.

그림 5  
Audi Q6 e-tron 배터리 모듈 및 배터리 팩

출처: 아우디미디어센터



### PDU

‘Power Distribution Unit’의 약자로 정선박스(Junction Box)로도 불린다. 배터리 전원을 차량의 각 전장 부품에 배분하고 공급하는 동시에 회로를 보호해 안전을 확보하는 역할을 수행한다.

- 일부 선진사를 중심으로 신뢰성 및 장수명 확보에 한계가 있는 기계식 릴레이와 퓨즈를 대체하여 전자식 PDU의 핵심 부품인 e-Relay, e-Fuse 개발이 진행 중이다.

### LDC

‘Low Voltage DC-DC Converter’의 약자로 고전압 배터리에서 저전압 배터리로 강압하여 저전압 전장품(전조등, 와이퍼, 펌프, 제어보드 등)의 전원 공급 및 저전압 배터리의 충전을 수행한다.

- 운전 효율 향상을 위한 경부하 효율 향상 연구 및 고밀도화를 위한 고주파 동작, Planar 변압기, 통합 자성체 토폴로지 등에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

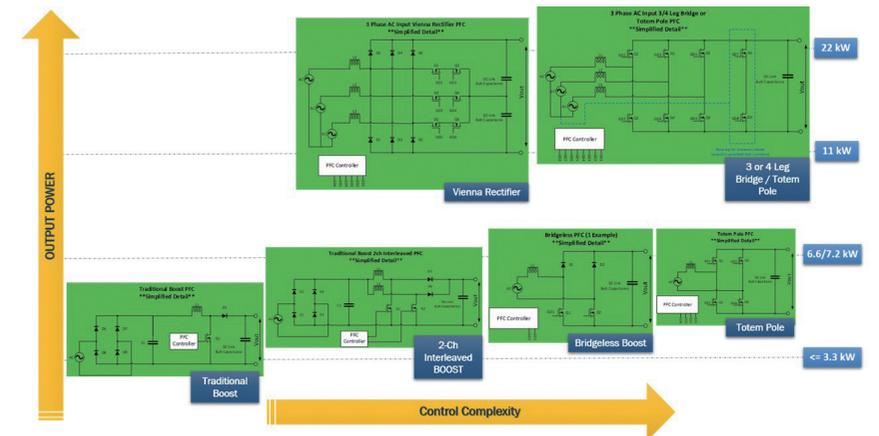
### OBC

‘On-Board Charger’의 약자로 교류(AC) 전원으로부터 배터리 팩을 충전할 수 있도록 차량 내부에 설치된 충전 장치이다.

- 기존에는 3.3kW에서 6.6kW급 범위의 OBC가 적용되었으나 배터리 용량 증가 및 충전 속도의 향상을 위해 지속적으로 용량이 증가하여 최근에는 11kW 및 22kW급으로 전환되고 있다.

그림 6  
일반적인 PFC 토폴로지와 OBC 시스템의 출력 비교

출처: All4Chip(2021.12)



지속가능한 미래 -  
전기수소차와 이차전지

## VCU

‘Vehicle Control Unit’의 약자이며, 차량을 전반적으로 총괄하는 중앙제어장치로서 여러 전장 부품을 모니터링하고 제어를 수행한다.

- 모터 제어, 회생제동 제어, 공조 부하 제어, 전장 부하 전원 공급 제어, 배터리 정보 등 차량의 전력 제어와 관련된 대부분을 수행한다.

## 인버터(Inverter)

직류(DC) 전원을 자동차 주행을 위한 모터를 구동하기 위해 교류 전원으로 변환시켜 주는 전력변환장치로서 구동모터를 제어하는 부품이다.

- 주행거리 향상을 위한 인버터의 고효율화를 위해 2017년 Tesla의 SiC 적용 이후 완성차 업체들의 SiC 도입이 확대되고 있으며, 2025년 SiC 채택률은 60% 이상으로 전망된다.
- 800V의 배터리 전압 시스템 적용을 통한 발열 저감, 와이어 부피/무게 절감, 충전 시간 단축 등의 장점으로 인해 고전압 시스템화로 전환 중이다.

## 구동용 모터(Motor)

전기를 이용하여 구동력을 발생하는 부품이며, 모터 축에 감속기나 변속기를 연결하여 적절한 회전력을 바퀴에 전달하고 차량을 구동시키는 부품이다.

- 효율, 출력 등 성능과 경량화 측면에서 유리한 매입형 영구자석 동기모터(IPMSM)가 주를 이루고 있으며, 탈 희토류와 가격 경쟁력 측면에서 강점을 가지는 유도모터(IM), 권선형 동기모터(WFSM)가 일부 차량에 적용되고 있다.

## 감속기(Gearbox)

모터의 회전수를 줄여서 토크를 높여주는 역할을 수행하는 부품이다.

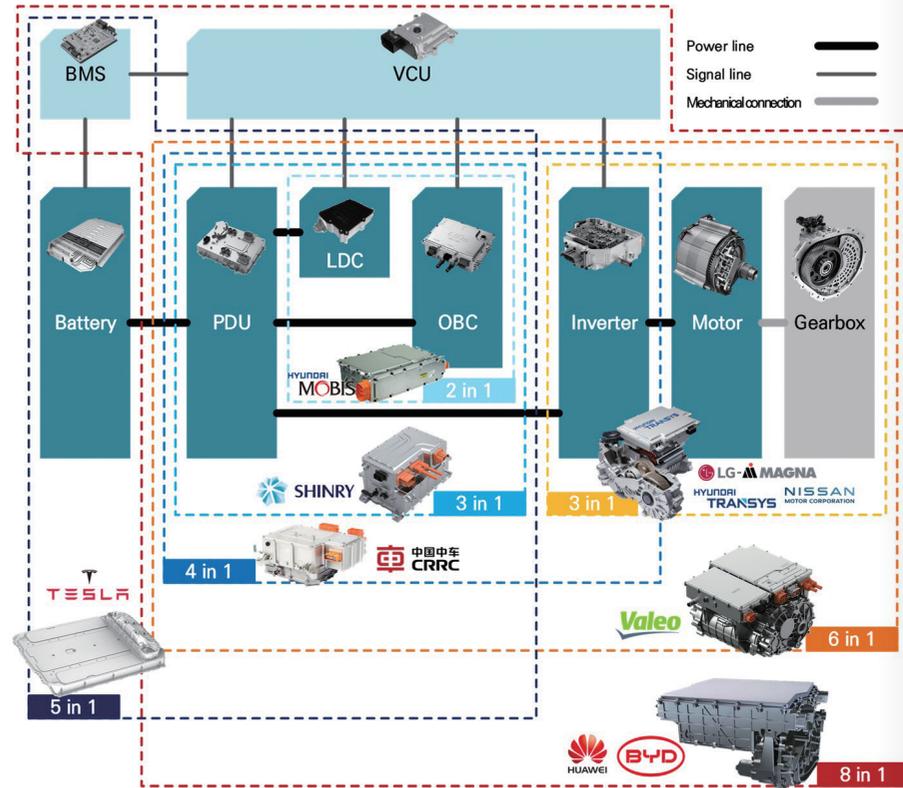
- 대부분 전기차에서는 1단 감속기어를 적용하고 있으나, Tesla 모델S는 감속비가 다른 두 개의 모터를 사용하고 있으며, Porsche의 Tycan은 2단 변속기를 적용하고 있다.

표 1  
주요 제조사의  
전기차 개발 현황

	파워트레인/인버터	모터 최대출력 (전/후륜) (kW)	전력 반도체	배터리 전압 시스템
Tesla		137/194	SiC	355V
	Model 3			
GM		150/-	IGBT	340V
	Bolt EUV 2022			
Volks wagen		80/150	IGBT	352V
	ID.4 AWD 2021			
Lucid		-/320	SiC	800V
	Air RWD 2023			
BYD		163/200	IGBT/ SiC	569V
	Han BEV			
Toyota		80/80	SiC	355V
	bZ4X 2023			
HMC		74/155	IGBT/ SiC	697V
	EV6 AWD 2022			

### 3. X in 1 통합화 기술

그림 7  
전기차의 X in 1 통합화 현황



전기차의 부품을 통합하여 비용, 중량, 부피 절감을 실현할 수 있어 전기차 제조사 및 부품사에서는 다양한 방법으로 통합화를 구현하고 있다.

- LDC와 OBC 기반의 전력변환장치 통합화와 Inverter, Motor, Gearbox 기반의 전기추진 구동계 통합화를 기본적으로 채택하고 있다. 일부 선진사를 중심으로 전력변환장치와 전기추진 구동계를 통합한 6 in 1과 8 in 1이 출시되었다.
- 통합화는 다양한 차량 모델에 대한 대응에는 유연성 측면에서 불리할 수 있어 전기차 제조사의 비즈니스 모델 전략 등을 고려하여 X in 1 통합화 방식이 결정된다.
- 전기차 부품사에서는 다양한 전기차 제조사의 모델에 대응하기 위해 전력변환장치, 구동장치 등 2~3개 내외의 통합화를 통하여 시장에 유연하게 대응하고 있다. Tesla와 같이 모델 수가 한정적인 경우 되도록 많은 부품의 통합화를 통해 비용과 무게 절감 등을 실현하고 있다.

### 2 in 1(LDC + OBC)

고전압에서 저전압으로 전력변환을 수행하는 LDC와 고전압 배터리 충전을 위한 OBC의 통합화이며, 대부분의 제조사와 부품사에서 제공하는 통합화 방식이다.

- 제조사에 따라 ICCU(Integrated Charging Control Unit), IPU(Integrated Power Unit) 등으로도 불리며, 하우징, 제어기, 공용 부품 적용 등을 통해 높은 전력밀도를 실현하고 있다.
- 하우징, 제어기, 공용 부품의 통합 여부에 따라 구분된다.
  - Option 1: 전기차 시장 초창기에 주로 적용되는 형태로 LDC와 OBC가 독립적으로 구성
  - Option 2: LDC와 OBC의 하우징을 공유하는 형태로 냉각 구조를 독립적으로 구성하는 형태와 공유하는 형태로 구분됨
  - Option 3: 하우징뿐만 아니라 제어기까지 통합하는 구성
  - Option 4: 전력반도체 및 자기 부품 등을 공유하는 구성으로 전력밀도 향상 및 비용 절감에 유리하나 복잡한 제어 알고리즘이 요구됨

그림 8  
LDC와 OBC의 통합화 구성 방안

출처: Texas Instrument(2020.05)

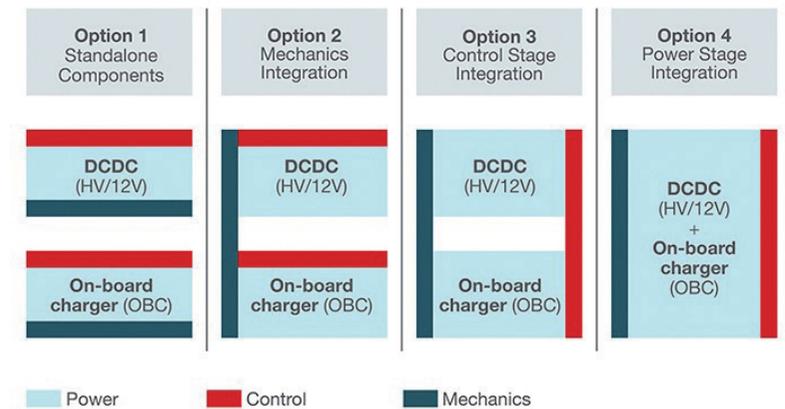
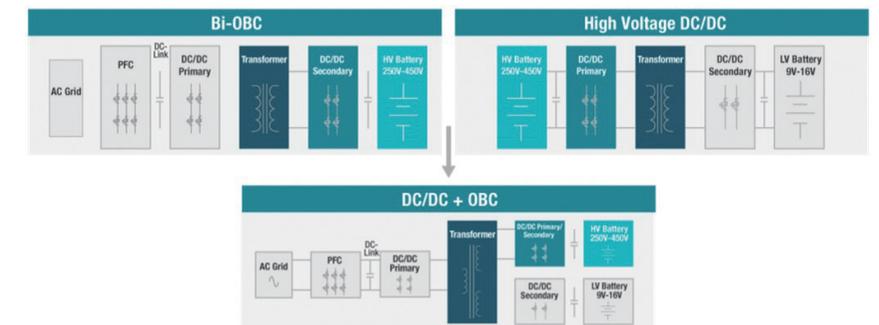


그림 9  
전력반도체와 자기 부품의 공유를 통한 LDC와 OBC의 통합

출처: Texas Instrument(2020.05)

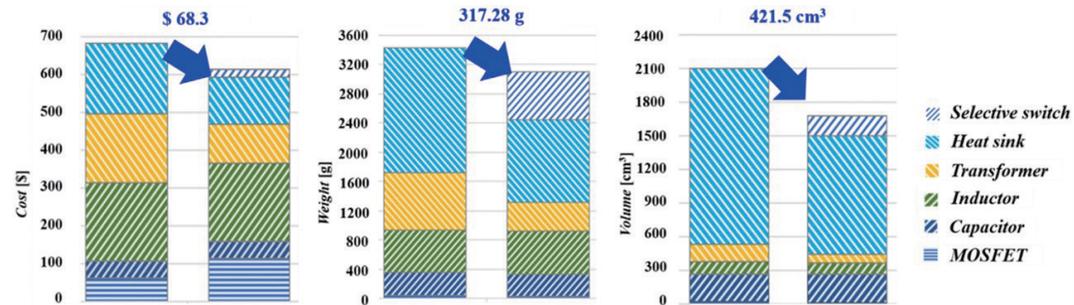


지속가능한 미래-  
전기수소차와 이차전지

그림 10  
LDC와 OBC 통합에 따른 비용,  
무게, 부피 비교

출처: JPE(2023.08)

- LDC와 OBC의 통합화에 따라 비용과 무게는 10%, 부피는 20% 축소 가능하다.
- LDC와 OBC의 용량과 통합화 구성 방식에 따라 그 효과는 다를 수 있으나, 제어기 통합을 통한 마이크로프로세서 등의 전자부품 절감, 일체형 하우징 적용, 공용 전력변환 부품 적용 등을 통해 비용과 무게 절감이 가능하다.



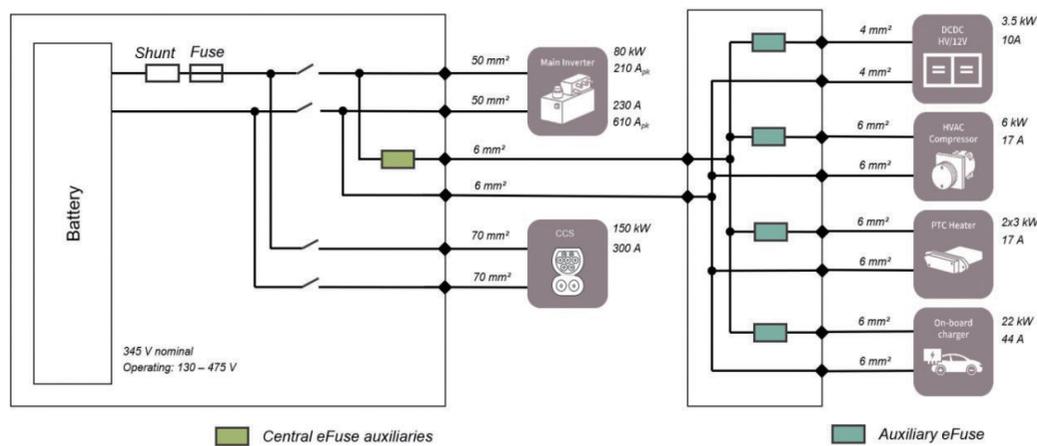
### 3 in 1(PDU + LDC + OBC)

LDC와 OBC의 통합에 PDU를 추가하여 일체화한 것으로 Shinry, Eaton 등에서 출시되었다.

그림 11  
eFuse를 적용한 전기차 전력  
계통의 구성

출처: Infineon(2022.12)

- PDU는 기계식 릴레이와 퓨즈가 적용되어 LDC와 OBC의 회로적인 결합보다는 일체형 하우징을 통하여 통합화를 실현했다.
- 전력반도체 회사를 중심으로 e-Relay와 e-Fuse 개발이 진행 중이며, 전자식 PDU의 개발에 따라 보다 효과적인 PDU의 통합이 실현될 수 있다.



### 4 in 1(PDU + LDC + OBC + Inverter)

전기차를 구성하는 전력변환장치인 PDU, LDC, OBC 및 Inverter를 통합한 것으로 CRRC에서 출시되었다.

- 인버터는 모터와 결합되어 3상 출력 와이어 하네스 비용 및 손실 저감, 일체형 냉각 구조 등의 효과로 전기추진 구동계로 통합되는 경우가 일반적이나 LDC, OBC 및 Inverter를 통합하는 경우 용량별 전력변환부 개발로 다양한 차량 모델에 대응이 가능하다.

표 2  
CRRC의 4 in 1 통합  
인버터 모델

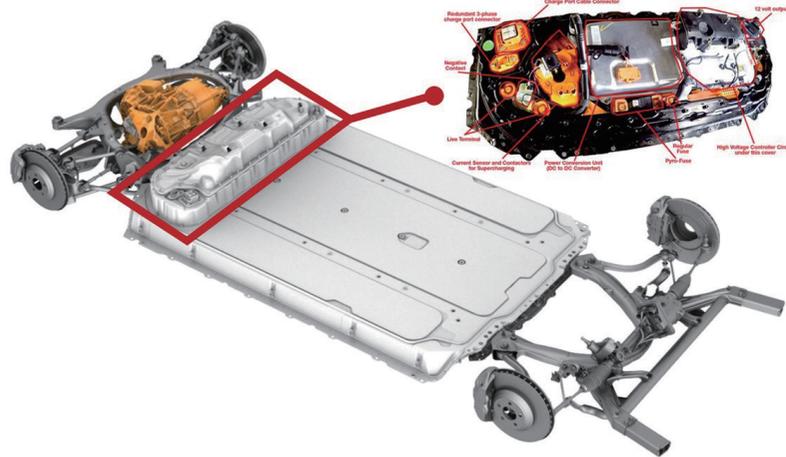
	DM3011	DM3029	DM3016
Operation temperature range (°C)	-40~85	-40~85	-40~105
Operation voltage range (V DC)	240~450	210~450	250~450
Rated current (A)	140	225	140+200
Peak current@s (A@s)	260@30	520@30	280@30+520@30
Rated output power (kW)	30	85	30+80
Peak Output Power@s (kW@s)	60@30	170@30	70@30+150@30
Dimension (mm)	426×381×186	426×381×186	260×275×201
Protection Grade	IP67	IP67	IP67
Cooling	coolant	coolant	coolant
Weight (kg)	12	9.5	10

## 5 in 1(Battery + BMS + PDU + LDC + OBC)

전기차 배터리 팩을 중심으로 전력변환장치와 통합된 형태로 Battery, BMS, PDU, LDC, OBC를 통합하였으며, Tesla의 Model 3에 적용되고 있다.

- 배터리 뒤쪽에 BMS 및 전력변환장치가 통합되었으며, 통합화를 통해 차량 내 와이어 하네스 길이를 1,500m로 절감했다(기존 Model S에서는 3,000m의 와이어 하네스를 사용).

그림 12  
Tesla의 통합형 배터리 팩



## 3 in 1(Inverter + Motor + Gearbox)

전기추진 구동계인 Inverter, Motor, Gearbox를 통합하는 기본적인 형태로 대부분 제조사 및 부품사에서 제공하는 통합화 방식이다.

- eAxle, eDrive, eDrivetrain, ePowertrain 등으로도 불리우며, 일체형 하우징, 일체형 냉각 구조, 와이어 하네스 절감 등을 통하여 높은 전력밀도를 실현했다.
- Nissan은 EV용 3 in 1(Inverter + Motor + Reducer)과 HEV용 5 in 1(Inverter + Motor + Reducer + Generator + Increaser)을 개발 중이며, 차세대 X in 1의 개발을 통하여 비용과 부피 30% 절감을 기대하고 있다.

그림 13  
Nissan의 차세대 X in 1 전기 파워트레인

출처: Nissan; 글로벌오토뉴스

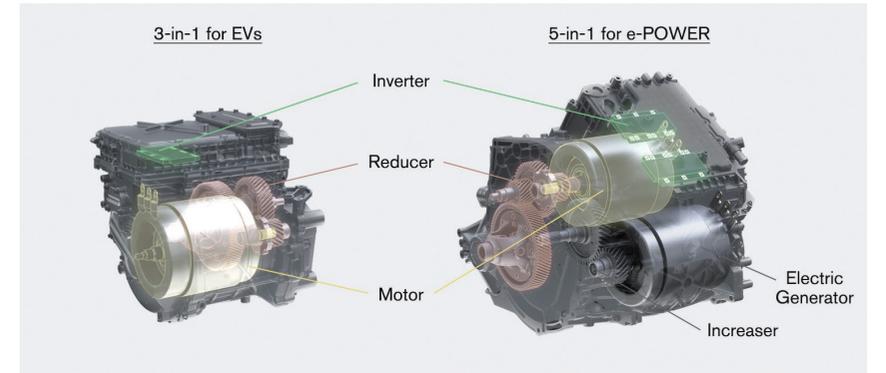
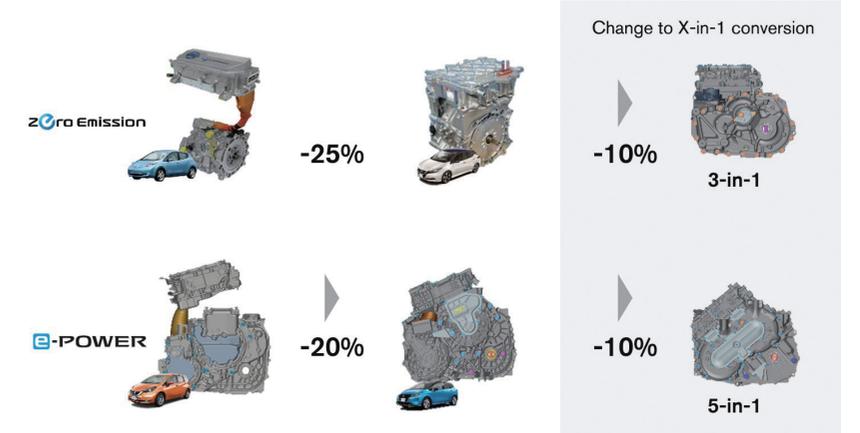


그림 14  
3 in 1 통합화를 통한 부피 감소 효과

출처: Nissan



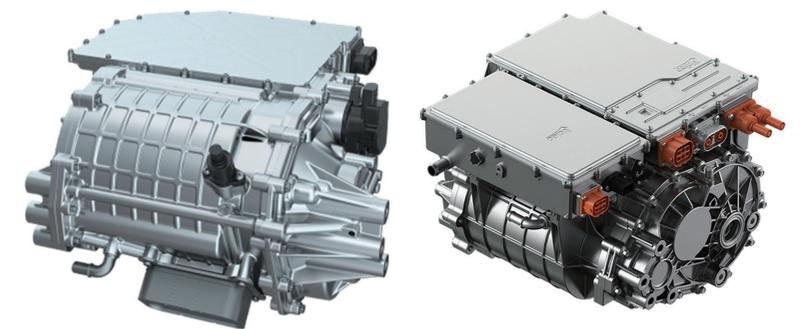
## 6 in 1(PDU + LDC + OBC + Inverter + Motor + Gearbox)

PDU 및 전력변환장치인 LDC, OBC와 전기추진 구동계인 Inverter, Motor, Gearbox를 통합한 형태로 Valeo에서 개발 중이다.

- 3 in 1으로 구성된 이전 세대 제품과 비교하여 무게 10%와 부피 20%를 감소시킬 수 있으며, Inverter의 SiC 적용으로 효율 5%와 전력 밀도 40% 향상이 기대된다.

그림 15  
Valeo의 기존 3 in 1 eAxle 및 차세대 6 in 1 eAxle

출처: Valeo



지속가능한 미래-  
전기수소차와 이차전지

산업/기술 동향

전기자동차(EV) X in 1 통합화 기술

## 8 in 1(BMS + VCU + PDU + LDC + OBC + Inverter + Motor + Gearbox)

차량을 전반적으로 총괄하는 중앙제어장치인 VCU를 포함한 BMS, PDU 및 전력변환장치(LDC, OBC) 그리고 전기추진 구동계인 Inverter, Motor, Gearbox를 통합한 형태이며, 화웨이 및 BYD에서 출시되고 있다.

- BYD의 8 in 1 통합 전력변환장치는 단순히 다른 기능을 하는 부품들을 하나의 하우징으로 결합하는 것이 아닌 기능적으로 중복되는 부분을 공유했고, 고전압 케이블과 커넥터를 제거하여 비용, 무게, 부피를 획기적으로 개선했다.
  - 인버터는 1,200V급 6-pack SiC 모듈을 적용하였으며, LDC와 OBC는 Discrete 타입의 SiC와 MOSFET를 각각 탑재했다.
  - 시스템 공간을 최적화하여 구성했으며, 절연 시트와 수냉 시스템을 사용하여 효율적인 열관리 솔루션을 구현해냈다.
  - 11개의 PCB 보드로 구성되며, 4개는 인버터에서 사용되고 나머지는 LDC와 OBC에서 사용된다.
  - 공간 활용도를 높이기 위하여 일부 LDC와 OBC 서브보드의 경우 수직으로 연결된다.

그림 16  
BYD의 통합전력변환장치의  
파워부 구성

출처: Yole Group(2023.12)



그림 17  
BYD의 통합전력변환장치의  
PCB 보드 구성

출처: Yole Group(2023.12)

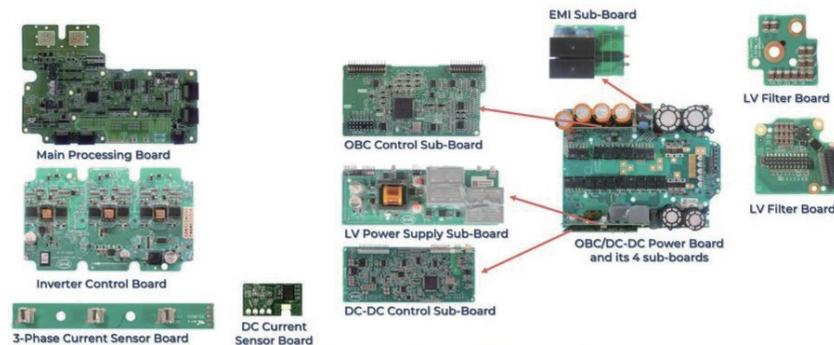
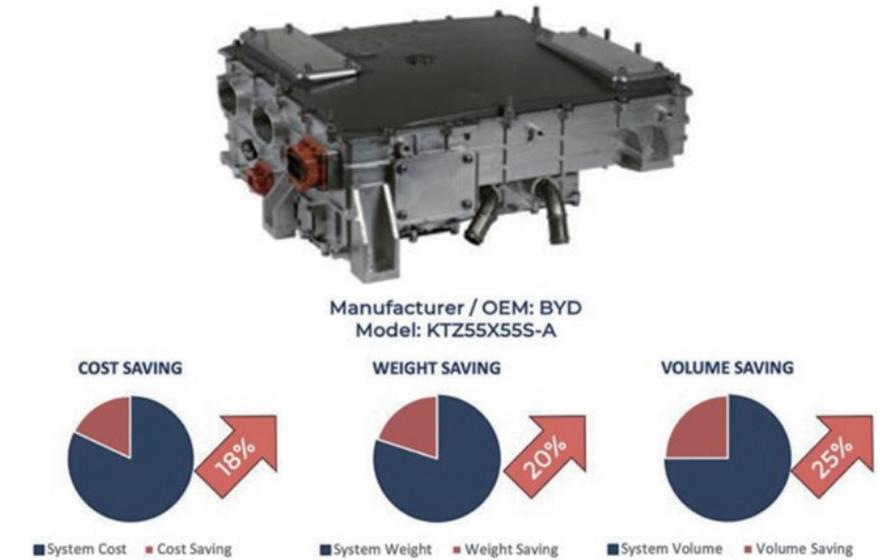


그림 18  
BYD의 8-in-1 통합 시스템의 효과

출처: Yole Group(2023.12)

- BYD의 8 in 1 통합 시스템은 이전 독립형 시스템에 비해 비용 18%, 무게 20%, 부피 25%가 획기적으로 개선되었다.



## 4. 시사점

- 세계 각국의 친환경 정책, 전기차 기술의 성숙 및 다양한 전기차 라인업을 바탕으로 시장의 수요가 확대되고 있다.
  - 고출력 모터, WBG 적용, 배터리 대용량화 및 고전압화 등의 기술 개발로 전기차 성능의 비약적인 발전을 이루었다.
  - 전기차의 부품은 내연기관과 비교하여 약 30% 수준으로 적으며, 핵심 부품에 대한 외주가 가능해지면서 진입장벽이 낮아져 시장 경쟁이 심화되고 있다.
  - 최근 출시되는 전기차는 주행거리 500km 내외, 150kW 이상의 모터 출력으로 내연기관차와 유사한 수준의 성능까지 도달했다.
  - 완전 전기차로의 전환은 국가별로 차이는 있으나 대부분 2030~2040년에 완전히 전환될 계획으로 치열한 경쟁이 전망된다.
- 보다 높은 수준의 성능과 가격 경쟁력 확보를 통한 전기차 시장의 주도권 확보를 위해 전기차의 주요 핵심 부품에 대한 다양한 통합화 기술 개발이 진행 중이다.
  - 전기차 부품사들은 전력변환장치 및 전기추진 구동계 등을 중심으로 소수 부품에 대한 통합을 이뤄내 다양한 제조사의 전기차 라인업에 대응하고 있다.

- 전기차 제조사의 경우 전기차 플랫폼을 기반으로 되도록 많은 핵심 부품의 통합을 통한 라인업을 단순화하여 성능 향상 및 비용 절감을 추진하고 있으며, 특히 중국 제조사들이 다양한 방식으로 시도하고 있다.

▪ 전기차 제조사 및 부품사의 비즈니스 모델을 고려하여 통합화 기술이 개발되어야 한다.

- X in 1 통합 시스템은 통합되는 부품 수가 늘어날수록 비용과 무게 절감의 장점이 있으나, 다양한 전기차 라인업에 대응하는 유연성이 떨어지고 A/S에 있어 불리할 수 있다.

- 단순히 여러 부품의 하우징만 공유하는 통합화는 성능 개선 효과가 미미하고 시장에 유연하게 대응하기 어려울 수 있다.

- 전기차 제조사 및 부품사의 비즈니스 모델에 맞춘 전기차 모델 라인업 전략 설정 및 사용자의 A/S 등을 고려한 공용 핵심 부품의 X in 1 통합화 기술 개발이 필요하다.

## 출처 및 참고자료

1. “Electric car sales, 2012-2024”; “Global electric car stock, 2013-2023”, Global EV outlook 2024, IEA, 2024.04.
2. 자동차 산업 통계집, SNE리서치, 2024.02.
3. “전력기반차(xEV) 구동용 모터의 기술 현황 및 전망”, 「PD 이슈리포트」, 2015-11호-이슈 4, KEIT, 2015.11.
4. “EV/ESS용 배터리관리시스템(BMS) 기술현황 및 전망”, SNE리서치, 2024.05.
5. 윤한신, “하이브리드 및 전기자동차 등 환경차 전장 부하용 LDC 시스템의 기술 동향”, 「전력전자학회지」, 25권 2호, pp. 32-36. 2020.04.
6. 마크 브라켄, “차량용 온보드 충전기의 기능과 동향”, All4Chip, 2021.12.: [all4chip.com/archive/report\\_view.php?no=13652](http://all4chip.com/archive/report_view.php?no=13652)
7. Benjamin Pussat, “What’s in the box? BYD’s 8-in-1 electrification system at a glance”, YOLE Group, 2023.10.
8. “Implementing EV combo box architecture by integrating powertrain systems”, Texas Instrument, 2020.05.
9. Dae-Ho Heo, et al., Power conversion system integrating OBC and LDC using tapped transformers for weight, volume, and cost reductions in electric vehicles, Journal of Power Electronics, 23, pp. 1262-1271. 2023.08.
10. “Automotive high-voltage electronic fuse demonstrator”, Infineon, 2022.12.
11. Yole SystemPlus, “Automotive teardown tracks”, Yole Group, 2023.12.
12. <https://audi-mediacycenter.com>
13. <https://teic.crrczic.cc>
14. <https://www.hyundai-transys.com>
15. <https://www.nissan-global.com>
16. <https://cti-symposium.world/valeo-6-in-1-eaxle>
17. <https://www.shinry.com>
18. <https://digitalpower.huawei.com>
19. <https://valeo.com>

## 이차전지 음극 고용량화 및 저가화 기술 동향

이정두 이차전지 PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 배터리디스플레이실  
김승민 센터장 / 한국과학기술연구원(KIST) 탄소융합소재연구센터

### 요약

이차전지 시장은 전 세계적 전기자동차 시장의 확대에 따라 2030년까지 지속적으로 성장할 것으로 예상된다.

성장하는 전기자동차 시장에 대응하기 위해서는 1회 충전당 주행거리를 늘릴 수 있는 이차전지의 고에너지밀도화 기술과 충전 시간 단축을 위해 급속 충전이 가능한 이차전지 기술 개발이 필요하다.

고에너지밀도 구현을 위해 하이니켈 양극 소재 개발 및 실리콘 음극 소재 적용 등이 핵심 기술로 부각되고 있다. 그러나 하이니켈 양극 소재의 경우 기술 성숙도가 비교적 높아 안정적으로 전지에 적용되고 있어 향후 양극 성능 개선을 통한 에너지밀도 상승은 한계점에 도달했다. 향후 추가적인 에너지밀도 상승을 위해서는 음극에서의 실리콘 소재 적용량 증가가 필요한 상황이다.

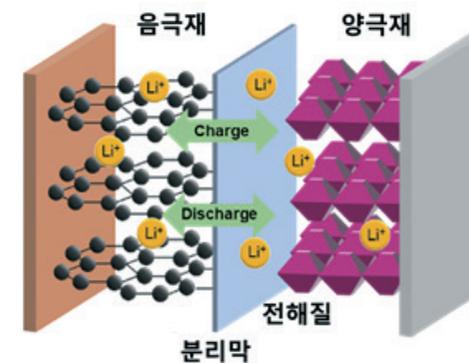
음극 내 실리콘 함량의 증가는 고에너지밀도 구현뿐 아니라 음극판 두께를 감소시킬 수 있으며, 이로써 전극 내 리튬이온의 전달 현상을 개선하고 전지의 급속 충전 성능을 향상시킬 수 있다.

음극 내 실리콘 활용 증대를 위해서는 실리콘 활용에 따른 다양한 문제를 해결할 수 있는 기술 개발뿐 아니라 소재 가격의 경쟁력 확보도 중요한 이슈이다. 이에 대한 해결책으로 국내 대형 산업인 반도체와 태양광산업에서 대규모로 배출되는 실리콘 슬러지를 활용한 이차전지 실리콘 소재 제조 방안이 실리콘 음극재의 가격 경쟁력 확보 방안으로 대두되고 있다.

실리콘 슬러지의 업사이클링 기술 개발은 경제적 측면뿐 아니라 환경적인 측면에서도 큰 이점이 있다.

## 1. 이차전지 음극재의 종류와 개요

그림 1  
리튬이온전지의 개략도 및  
4대 핵심 소재



현재 이차전지에 활용되거나 향후 차세대 이차전지에 활용될 가능성이 있는 상용화된 음극재의 종류와 특성은 아래와 같다.

- 흑연(탄소계) 음극재: 현재 상용화된 리튬이온전지에 가장 널리 활용되는 음극재로 충·방전 시 리튬이온이 흑연층 사이로 삽입되고 탈리된다.
  - 장점: 높은 전기전도도, 안정적인 수명, 상대적으로 저렴한 가격
  - 단점: 낮은 에너지밀도
- 실리콘 음극재: 실리콘은 흑연보다 훨씬 많은 리튬이온을 저장할 수 있어 이론적으로 매우 높은 에너지밀도를 가질 수 있는 음극재이다. 따라서 실리콘 음극재는 이차전지의 용량을 대폭 늘릴 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 현재 차세대 음극재로 가장 유망한 소재이다.
  - 장점: 높은 에너지밀도, 매우 풍부한 부존량, 상대적으로 낮은 충전 전압
  - 단점: 충·방전 시 큰 부피 변화로 인한 음극재의 박리 및 수명 저하 문제
- 합금계 음극재: 합금계 음극재는 충전 시 리튬과 쉽게 합금을 형성하는 금속(주로 주석, 알루미늄, 비스무스 등)으로 구성된다. 실리콘과 유사하게 높은 에너지밀도를 제공할 수 있지만, 충·방전 시 큰 부피 변화 문제가 발생한다.
  - 장점: 높은 에너지밀도 및 다양한 조합을 통한 성능 최적화 가능
  - 단점: 충·방전시 큰 부피 변화로 인한 음극재의 박리 및 수명 저하 문제

- 리튬 금속 음극재: 리튬 자체를 음극으로 사용하는 방식으로 이론상 가장 높은 에너지밀도를 제공하지만, 충전 시 발생하는 리튬 덴드라이트 형성 문제 등이 상용화에 큰 걸림돌로 작용하고 있다.
  - 장점: 매우 높은 에너지밀도
  - 단점: 안전성 문제(덴드라이트 형성으로 인한 단락 및 화재 위험), 수명 저하 문제
- 탄소-실리콘 복합음극재: 실리콘과 흑연을 복합화한 음극재로, 실리콘의 높은 용량과 흑연의 안정성을 결합하여 성능을 향상시킨 음극재이다. 현재 전지 회사에서는 최고 사양의 제품에 적용되는 것으로 알려져 있다.
  - 장점: 흑연보다 높은 에너지밀도, 실리콘의 부피 변화 문제 일부 완화
  - 단점: 복합화에 따른 비용 증가 및 제조 공정의 복잡성

국내 이차전지 3社를 비롯한 해외 이차전지 기업들은 흑연을 대체할 현실적인 차세대 이차전지 음극재로 흑연-실리콘 복합음극재 연구에 박차를 가하고 있다. 따라서 본고에서는 복합음극재 내 실리콘 함량 증가를 통한 음극 고용량화 기술 동향, 그리고 반도체와 태양전지 제조 공정에서 발생하는 실리콘 슬러지에서 실리콘 원료 회수를 통한 음극 저가화 기술 동향에 대해 주로 다루고자 한다.

## 2. 이차전지산업의 시장 동향

### 이차전지산업의 동향

- 이차전지는 동력원(전자기기, 전기차 등)이자 저장원으로서 전동화·무선화·저탄소화의 필수 기술로 급부상하고 있다.
- 우리나라는 핵심 광물·자원 열세에도 불구하고, 우수한 기술력에 기반하여 리튬이온전지 산업 강국으로 중국, 일본과 함께 세계 시장을 주도하고 있다.
- 전기차, 에너지 저장장치, 전자기기 등으로 대표되는 사물배터리 시대에 지속 성장할 것으로 예상되는 이차전지 시장은 우리나라 산업 경쟁력 강화에 매우 중요하다.
- 이차전지 시장이 빠르게 성장함에 따라 미국, 유럽 등 수요 지역의 생산력 확장 경쟁과 함께 고성능 또는 저가격 경쟁이 치열하게 전개된다.
- 리튬이온전지 기술에서도 점차 개선의 물리적 한계에 가까워지고 있으며, 기존 소재에서 벗어난 새로운 접근으로 성능한계를 극복하는 차세대 이차전지 기술의 중요성이 부상하고 있다.

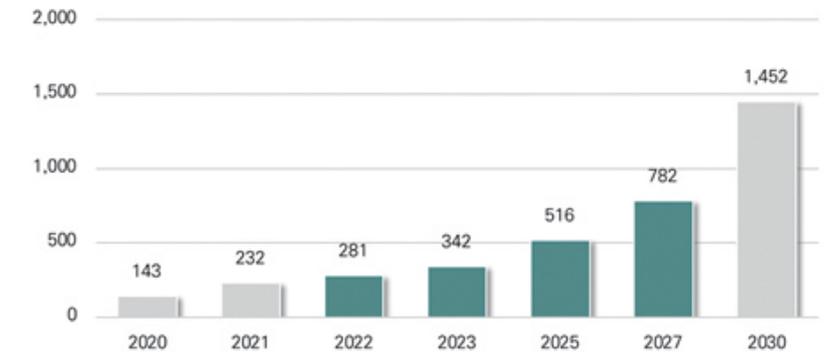
- 저가 시장 경쟁력 강화(중국), 전고체 시장 조기 선점(한국, 일본), 스타트업·자동차 OEM 중심의 시장 구도 개편(미국, EU) 등 처한 환경과 강점에 기반하여 차세대이차전지 시장의 선점을 위한 연구개발 및 시제품 검증단계에 돌입하고 있다.

### 이차전지의 시장 전망

- 리튬이온전지 기반 이차전지 시장은 2022년 281억 달러에서 2027년에는 782억 달러의 규모를 형성할 것으로 전망된다.
- 세계 리튬이온전지 기반 이차전지 시장의 2022~2027년 연평균성장률(CAGR)은 22.7%로 2027년에는 782억 달러, 2030년에는 1,452억 달러까지 성장할 것으로 전망된다.

그림 2  
2020~2030년 리튬이온전지 기반 세계 이차전지 시장 전망

출처: MarketsandMarkets(2022)



(단위: 억 달러)

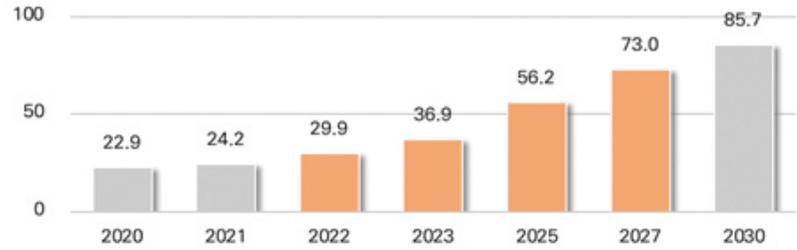
구분	2020	2021	2022	2023	2025(e)	2027(e)	2030(e)	CAGR (2022~2027)
리튬이온 이차전지	143	232	281	342	516	782	1,452	22.7%

### 이차전지 실리콘 음극재의 세계 시장 전망

- 이차전지 실리콘 음극활물질 시장은 2022년에 30억 달러에서 2027년에는 73억 달러의 규모를 형성할 것으로 전망된다.
- 세계 이차전지 실리콘 음극 활물질 시장의 2022~2027년도 연평균성장률은 19.6%로 전망되며, 연평균성장률을 기반으로 2027년에는 73억 달러, 2030년에는 86억 달러로 시장 규모가 확대될 것으로 전망된다.

그림 3  
2020~2030년 이차전지 실리콘  
음극재의 세계 시장 전망

출처: MarketsandMarkets(2021)



(단위: 억 달러)

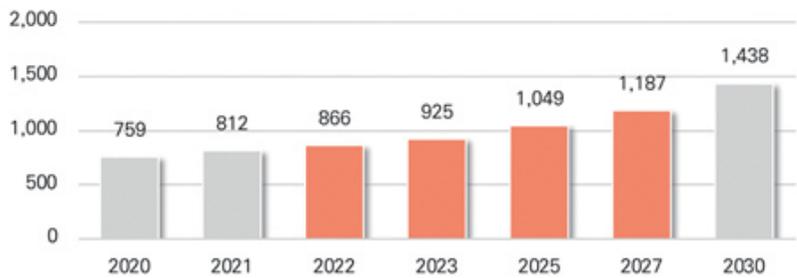
구분	2020	2021	2022	2023	2025(e)	2027(e)	2030(e)	CAGR (2022~2027)
리튬이온 이차전지 실리콘 음극 활물질	23	24	30	37	56	73	86	19.6%

▪ 이차전지 실리콘 음극재의 국내 시장 전망

- 국내 이차전지 실리콘의 음극 활물질 시장은 2022년에 866억 원에서 2027년에는 1,187억 원의 규모로 형성될 것으로 전망된다.
- 국내 이차전지 실리콘의 음극 활물질 시장의 2022~2027년도 연평균성장률은 6.5%로 연평균성장률을 기반으로 2027년에는 1,187억 원, 2030년에는 1,438억 원으로 시장 규모가 확대될 것으로 전망된다.

그림 4  
2020~2030년 이차전지 실리콘  
음극재의 국내 시장 전망

출처: MarketsandMarkets(2021)



(단위: 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2025(e)	2027(e)	2030(e)	CAGR (2022~2027)
리튬이온 이차전지 실리콘 음극 활물질	759	812	866	925	1,049	1,187	1,438	6.5%

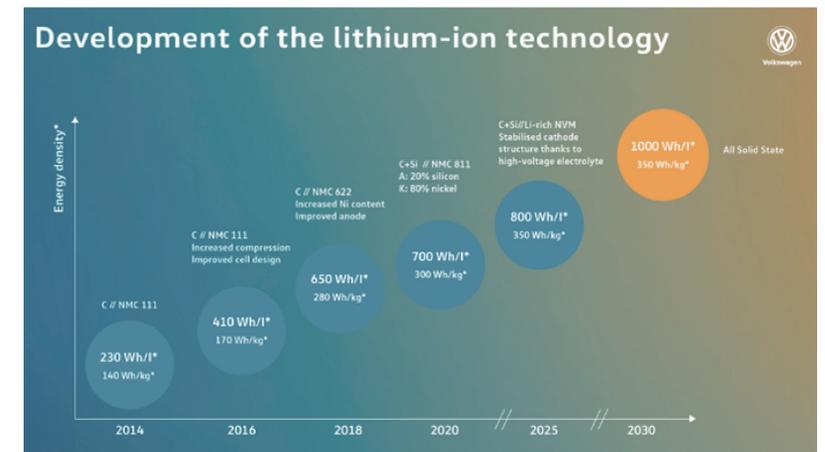
### 3. 이차전지 음극재 고용량화 기술 동향

▪ 최근 현황 및 필요성

- 최근 전기차 시장의 성장에 힘입어 전기차용 이차전지가 이차전지 시장과 기술 개발을 주도하는 상황이다. 내연기관 자동차와 동등한 수준의 주행거리 확보를 위해 에너지밀도가 높은 고성능 소재에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있으나, 파괴적인 기술의 부재로 인해 기술 개발의 한계에 다다른 상황이다.
- 현재 상용화된 리튬이온전지의 에너지밀도는 280~300Wh/kg(부피당 650~700Wh/L) 수준으로 향후 리튬이온전지가 구현 가능한 최대치인 350Wh/g(~800 Wh/L)을 달성하기 위해 전 세계가 활발히 연구개발 진행 중이다.

그림 5  
리튬이온전지 에너지밀도 개발 로드맵

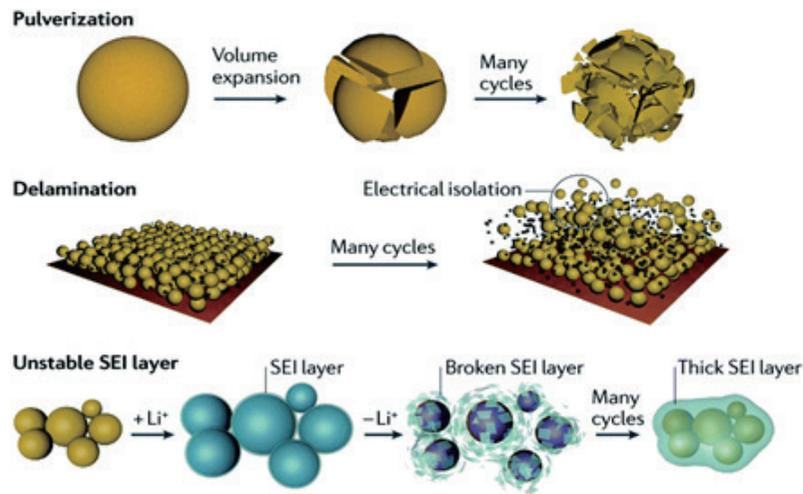
출처: Volkswagen



- 전기차 사용자들의 충전 편의성이라는 주요한 요구 사항을 해결하기 위해 기존 리튬이온전지의 충전 시간을 획기적으로 줄일 수 있는 급속 충전 전지 기술에 대한 필요성이 급격히 증대되고 있다.
- 전기차 주행거리는 이차전지 에너지밀도의 지속적인 향상으로 점차 증가하고 있으나 한계에 다다른 것으로 보이며, 상충 관계에 있는 충전 시간도 새로운 문제점으로 대두되고 있다.
- 대부분 전기차에 약 250~280Wh/kg의 이차전지가 적용되고 있으며, 이때의 전기차 충전 시간은 약 20~30분 수준이다. 따라서 전기차 보급에서 문제점으로 제시되는 충전 시간에 대해 고속 충전에도 안정적인 고에너지 이차전지 및 급속 충전 기반 기술의 개발이 시급하다.

▪ 고에너지밀도화의 문제점

- 현재 고에너지밀도 구현을 위해 하이니켈 양극 소재, 실리콘 음극 소재의 첨가, 고로딩-고밀도 전극 기술 등이 핵심 기술로 적용되고 있다.
- 하이니켈 양극 소재의 경우 기술 성숙도가 비교적 높아 안정적으로 전지에 적용되어 현재까지의 고에너지밀도화에 큰 기여를 하고 있다. 하지만 양극 성능 개선을 통한 에너지밀도 상승은 한계점에 도달하였으며, 향후 추가적인 에너지밀도 상승을 위해서는 음극에서의 실리콘 소재 적용량 증가가 필요한 상황이다.
- 실리콘은 흑연보다 10배 이상 높은 이론용량을 갖고 있다. 이러한 고용량 특성은 음극의 두께를 줄일 수 있어 고용 충전 성능에 영향을 미치는 전극 저항, 전극 내 리튬이온 이동, 리튬 금속 석출 등의 문제를 해결할 수 있는 환경을 제공한다.
- 하지만 전기 전도도가 낮고 리튬이온의 삽입과 탈리 시 300% 수준의 부피 변화를 수반하게 된다. 반복적인 충·방전 시 발생하는 큰 부피 변화는 실리콘 소재의 구조 붕괴, 표면에 형성된 solid electrolyte interface(SEI) 층의 파괴와 재형성으로 인한 가역 리튬의 지속적인 손실, 전극과 집전체 계면의 단락 등에 의해 열화가 가속화된다. 결국 단기간에 셀의 수명이 단절되는 문제가 발생된다.



- 이처럼 급격한 열화 특성으로 인해 실리콘계 소재의 사용은 흑연계 소재 기반에 일부를 첨가하는 수준으로 제한되고 있다. 또 에너지밀도 향상을 위한 실리콘 소재의 본격적인 활용을 위해서는 급격한 열화 특성을 극복할 수 있는 소재와 극판 개선 연구가 필수적인 상황이다.

그림 6  
실리콘 소재 열화 기구 모식도

출처: Nature Reviews Materials(2016)

- 현재 흑연 기반 음극에 10% 미만의 실리콘 활물질이 투입되고 있으며, 이때 에너지밀도는 300Wh/kg(700Wh/L)에 해당된다. 투입되는 실리콘 활물질의 용량과 초기효율은 1300~1500mAh/g, 80~85% 수준이다. 최근 들어 실리콘 함량을 10%를 넘어 20%까지 끌어올려 에너지밀도를 추가적으로 향상시키는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 실리콘 함량 증대 시 발생하는 다양한 문제점을 해결하기 위한 기술 개발도 다각도로 진행 중이다.

▪ 음극 실리콘 함량 증대를 통한 급속 충전의 성능 확보

- 이차전지의 급속 충전 성능은 에너지밀도 성능과 상충 관계에 있다. 이차전지 에너지밀도 상승에 필요한 주요 기술로는 전극 활물질의 고용량화 외에도 전극의 로딩 및 밀도의 증가가 큰 영향을 미친다. 하지만 전극의 로딩과 밀도가 증가할수록 전극 내 리튬이온 전달 특성이 저하되어 고속 충전 시 저항 증가 문제점을 일으켜 충전 시간 단축의 어려움이 있다.
- 특히 음극 내에서 급격한 리튬이온 농도의 감소와 그로 인한 저항 증가로 인해 전지 성능의 급격한 열화를 일으킬 수 있다. 뿐만 아니라 리튬 금속 석출의 문제가 발생하여 화재/폭발로 이어질 수 있는 안정성 이슈가 발생된다.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 음극 내 실리콘 함량을 증가시키는 연구개발이 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 실리콘 함량의 증가는 흑연보다 비교적 속도론적으로 유리한 실리콘 소재의 적용과 아울러 음극판의 두께를 줄일 수 있다. 이로 인해 전극 내 리튬이온의 전달 현상을 개선하여 전지의 급속 충전 성능을 향상시킬 수 있다.
- 하지만 앞서 언급한 바와 같이 실리콘 소재의 태생적인 팽창/수축의 문제는 실리콘 고함량 음극일수록 보다 심각하게 나타난다. 이를 해결하기 위해서는 새로운 극판 설계 및 제조 기술이 필요하다.

▪ 음극 실리콘 함량 증대를 위한 기술 개발 방향

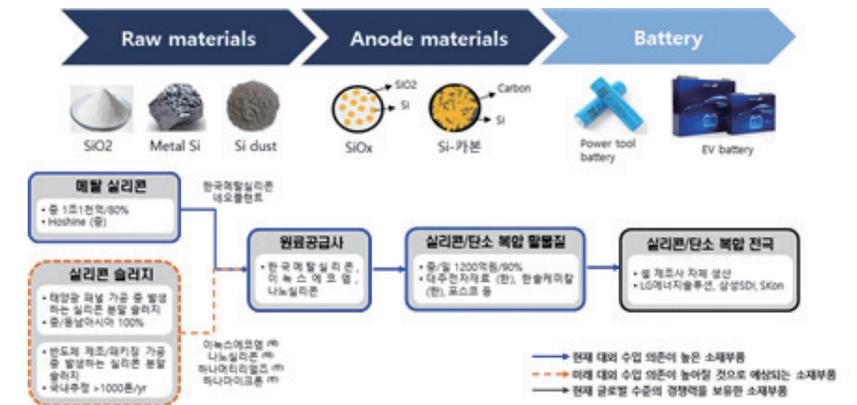
- 기존 실리콘계 소재 대비 높은 초기효율과 가역용량을 구현하는 신규 소재를 개발하고 이를 통해 전극의 로딩량(두께)을 최소화하여 전지의 급속 충전 및 에너지밀도를 극대화하는 기술 개발
- 음극의 부피 변화를 최소화할 수 있는 신규 고분자계 바인더 소재 및 이를 적용한 전극 제조 기술이나 새로운 고강도 전극 복합체 설계 및 제조 기술 개발

- 단일벽 탄소나노튜브 적용 등 네트워크화된 1-D 도전재의 적용, 도전재 분산 기술 개발과 적용을 통한 음극 부피 변화의 최소화, 부피 변화 발생에도 성능을 유지할 수 있는 음극 제조 기술 개발
- 고품량 실리콘 음극의 부피 변화로 인한 계면 성능 불안정성을 해결할 수 있는 계면 안정화 유도 전해액 개발
- 고에너지밀도/급속 충전 동시 구현을 위한 고로딩/저저항 양극판 설계/제조 기술 개발

#### 4. 이차전지 음극재의 저가화 기술 동향

- 실리콘 슬러지를 이용한 실리콘 음극 제조 기술의 필요성
  - 실리콘을 이차전지 음극 소재로 적용하는 연구는 지속해서 이루어지고 있으나, 기존 흑연 음극 소재 대비 낮은 초기 효율, 부피 팽창 등의 소재 이슈, 그리고 높은 생산 비용과 낮은 생산량 등의 경제적 이슈로 상용화가 더딘 상태이다.
  - 이에 전 세계적으로 많은 양이 발생하는 실리콘 슬러지를 이용한 이차전지용 실리콘 음극재 제조 기술이 실리콘 음극재 저가화 방안으로 대두되고 있다.
  - 2022년 전 세계 실리콘 생산량은 880만 톤으로 반도체와 태양전지 제조 과정에서 필연적으로 실리콘 슬러지가 발생한다.
  - 국내 반도체산업은 세계 반도체 파운드리 용량의 약 12%를 차지하고 있으며, 이는 세계 3위의 매우 많은 생산량을 가지고 있다.
  - 국내 태양광 패널 제조 분야 역시 세계 8위의 생산량을 가지고 있으며, 추후 계속 증가할 예정이다.
  - 실리콘 슬러지에 포함된 실리콘은 고순도 재료로서 활용이 가능하며, 재활용을 통한 고부가가치화가 시급하다.
  - 코로나 이후 원자재 가격 급등에 따라 실리콘 가격은 2배 이상 상승했으며, 대부분 수입에 의존하고 있어 공급망 불안 해소를 위한 업스트림으로의 확장은 불가피하다.
  - 반도체산업에서 발생하는 공정 슬러지 실리콘은 서브미크론의 미세한 입자 형태로, 기존 설비로는 포집효율이 낮아 일반 슬러지와 함께 폐수 라인을 따라 배출되고 있기 때문에 많은 처리 비용과 시간이 소요될 뿐 아니라 환경오염을 불러올 수 있어 현재까지도 폐기물 처리에 어려움이 존재한다.
  - 공정 슬러지가 함유한 많은 양의 실리콘을 단순 건설자재로 활용하거나

그림 7  
실리콘 음극재 밸류 체인



- 실리콘 슬러지를 활용한 저가 실리콘 음극재 제조 기술의 개발 방향
  - 국내 반도체 및 태양광산업에서 발생하는 실리콘 슬러지에 대해 양산성 있는 포집 기술 개발
  - 실리콘 음극재의 사양에 맞는 원료 정제 업사이클링 양산 기술의 개발
  - 자연발화 억제를 위한 실리콘 원료 안정화 공정 기술의 개발
  - 국내 재활용 원료를 활용한 실리콘계-저차원 탄소 기반 음극 복합재(Si-alloy, SiOx, Si/C 등) 개발
  - 재활용 실리콘계 음극의 수명/성능 개선을 위한 활물질 계면 안정화/저팽창 소재 기술의 개발
  - 재활용 원료 기반 실리콘 음극재를 활용한 고용량 실리콘-탄소 전극 구조 설계 및 셀 공정 기술 개발
  - 전극 내 부피 팽창에 의한 전극 변형과 이에 따른 수명 열화를 완화할 수 있는 저팽창 탄소첨가제 및 바인더 기술의 개발

지속적으로 성장할 것으로 예상되는 전기자동차 시장을 선점하기 위해서는 이차전지산업의 경쟁력 확보가 필수적이다. 특히 이차전지 에너지밀도를 향상시키기 위해서 다양한 연구 개발이 이루어지고 있으나, 음극 용량 증대를 통한 에너지밀도 향상이 가장 현실적이고 가능성이 높은 방안이다.

음극 고용량화는 실리콘-흑연 복합 전극 내의 실리콘 함량 증가를 통하여 구현되고 있으며, 실리콘 함량 증가에 따라 발생하는 다양한 문제점을 새로운 기술 개발을 통해 해결하는 국가나 기업이 향후 이차전지 시장을 선도해 나갈 것으로 판단된다.

음극 내 실리콘 활용 증대에 따라 실리콘 원소재 및 가격 경쟁력 확보가 향후 큰 이슈가 될 가능성이 높다. 현재 국내 실리콘 원소재는 대부분 수입에 의존하고 있는데, 이를 극복하기 위하여 국내 대형 산업인 반도체와 태양광산업에서 대규모로 배출되는 실리콘 슬러지를 활용한 이차전지 실리콘 소재 제조 방안이 실리콘 원소재 및 가격 경쟁력 확보의 방안으로 대두되고 있다. 이러한 실리콘 슬러지 업사이클링 기술 개발은 경제적 측면뿐 아니라 환경적인 측면에서도 반드시 확보되어야 할 기술이다.

본고에서 소개한 음극 고용량화 및 저가화 기술 외에도 최근 이슈가 되고 있는 이차전지의 안전성 확보를 위하여 소재 개발 단계부터 고용량화에 따른 안전성 이슈를 반드시 확인해야 한다.

1. "Battery Materials Market", MarketandMarket, 2022. 배터리 재료 시장 내 리튬이온 전지 시장 재가공.
2. "Indoor Farming Technology Market", MarketsandMarkets, 2021. 2021~2026년 데이터 기반 연평균성장률을 활용하여 연장 추정.
3. J. W. Choi and D. Aurbach, Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities, Nature Reviews Materials, 1, 16013, 2016.
4. G. F. I. Toki, et al., Recent progress and challenges in silicon-based anode materials for lithium-ion batteries, Industrial Chemistry & Materials, Issue 2, pp. 226-269. 2024.
5. Zelalem Bitew, et al., Nano-structured silicon and silicon based composites as anode materials for lithium ion batteries: recent progress and perspectives, Sustainable Energy & Fuels, Issue 4, pp. 1014-1050. 2022.
6. Alaina Ali Beg, Lithium Reserves in India: Insights from source to Lithium metal batteries, The Indian wire, 2021.02.

## 전고체 전지 기술 동향

이정두 이차전지 PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 배터리디스플레이실  
김동욱 책임 / 한국화학연구원(KRICT) 에너지융합소재연구센터

### 요약

전고체 전지는 기존 리튬이온전지 대비 안전성이 크게 향상된 차세대 이차전지로서, 최근 빈발하는 전기차 배터리 화재 사고를 대폭 줄이고 전기차에 대한 불안감 해소 및 신뢰성 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

황화물, 산화물, 고분자, 하이브리드 등 다양한 전고체 전지 유형이 경쟁적으로 개발될 것이며, 2027년부터 양산이 시작되어 황화물계를 중심으로 시장이 확대될 것으로 전망된다.

전고체 전지의 가장 큰 수요시장은 전기차이며, 그 외 도심항공모빌리티(UAM), 웨어러블 디바이스 등도 전고체 전지에 적합한 수요시장으로 주목받고 있다.

계면저항 최소화, 안정성 향상, 소재 가격 절감, 전지 양산 공정 확립 등 전고체 전지의 기술적 이슈를 해결하고 상용화를 달성하기 위하여 세계 주요국들은 종합적 지원 대책을 수립하고 있다.

우리나라도 전고체 전지를 조기 상용화하고 전기차 시장을 선점하기 위해서 산학연의 혁신적 연구개발 아이디어가 효율적 양산화로 연결될 수 있도록 핵심 요소기술 및 양산화기술 개발에 대규모 R&D 지원 대책이 필요한 시점이다.

### 1. 전고체 전지의 개요

#### 기술의 개념

전고체 전지는 액체 전해질 대신 고체 전해질을 사용하여 기존의 리튬이온전지 대비 안전성이 크게 향상된 차세대 이차전지이다.

현재 상용화된 리튬이온전지는 카보네이트계 용매 기반의 액체 전해질을 사용하고 있어 사용 중 용매 누출, 발화 및 폭발이 일어날 수 있으며, 안전성 측면에서 취약함을 지니고 있다.

전고체 전지는 전기차 화재 사고를 대폭 줄이고 전기차에 대한 불안감 해소 및 신뢰성 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다. 전 세계 배터리와 전기차 업체들은 조기 상용화를 목표로 연구 개발을 진행하고 있다.

표 1  
리튬이온전지와 전고체 전지의 비교

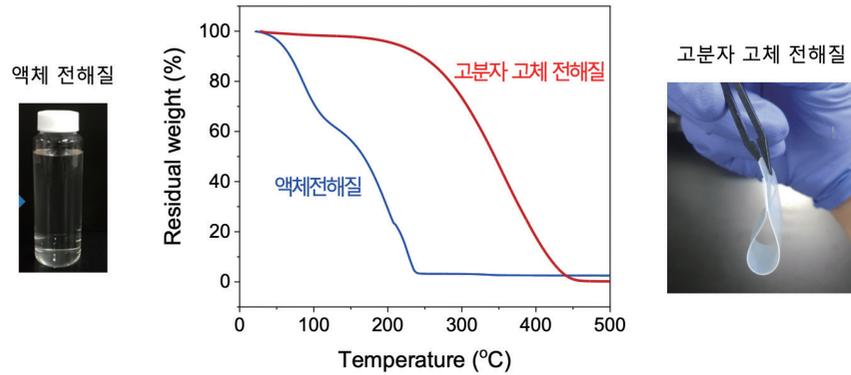
	리튬이온전지	전고체 전지
전지 구조		
양극재	금속산화물(삼원계, 인산철)	금속산화물(삼원계, 인산철)
음극재	흑연	리튬 금속, 실리콘
전해질	액체(카보네이트계)	고체(황화물, 산화물, 고분자계)
분리막	고분자 필름	불필요
발화/폭발	가능	매우 낮음
상용화/개발	상용화	개발 진행

#### 기술의 필요성

- 우수한 안전성
  - 기존 리튬이온전지는 인화성 용매를 기반으로 하는 전해액을 사용하기 때문에 열폭주 등에 의한 화재와 폭발 가능성이 높다는 단점이 있으나, 전고체 전지는 발화 가능성이 매우 낮은 고체 전해질을 사용하므로 안전성이 매우 우수하다.
- 넓은 사용온도 대역
  - 기존 리튬이온전지는 고온에서는 기화나 발화 등의 위험으로 인해 불안정하고 저온에서는 이온전도도가 급격히 낮아져서 전지 성능이 떨어진다.
  - 전고체 전지는 고온에서도 안정적인 뿐 아니라 저온에서도 이온 전달 특성이 상대적으로 우수한 고체 전해질을 사용하므로 넓은 온도 대역에서 전지 사용이 가능하다.

그림 1

액체 전해질과 고분자 고체 전해질의 열안정성 비교 시험. 고체 전해질은 200°C 이상에서도 중량 감소 없이 안정적인 반면, 액체 전해질은 50°C 이하의 낮은 온도에서도 기화에 의한 중량 감소가 관찰된다.



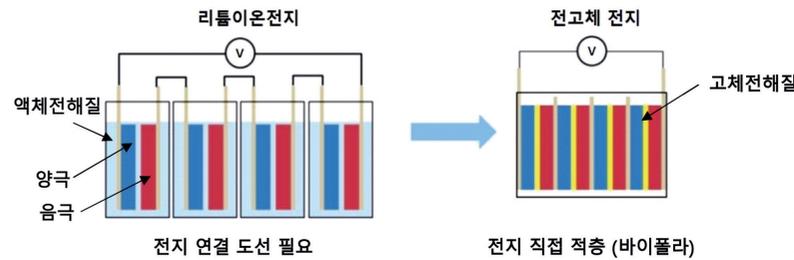
출처: 한국화학연구원

### 높은 에너지밀도

- 기존 리튬이온전지에 사용하는 흑연계 음극에 비해 10배 이상 높은 용량을 지닌 리튬 금속을 음극으로 사용할 수 있는 전고체 전지는 높은 에너지밀도의 구현이 가능하다.
- 전고체 전지는 배터리 내부 공간을 효율적으로 구성할 수 있는 바이폴라 구조-전지의 직렬 연결의 경우 전지들을 연결하는 외부 도선 없이 전지들을 직접 적층하는 방식-를 구현하여 에너지밀도 향상이 가능하다.

그림 2

전지 간 연결 도선이 필요한 리튬이온전지에 비해 전지들을 직접 적층하는 바이폴라 구조의 구현을 통해 에너지밀도 향상이 가능한 전고체 전지



## 2. 관련 시장 동향

전고체 전지는 2027년부터 양산이 시작되어 2035년에 전체 배터리 시장의 10~13%를 차지할 전망이다.

황화물, 산화물, 고분자, 하이브리드 등 다양한 유형의 전고체 전지가 서로 경쟁할 것이며, 황화물계를 중심으로 시장이 확대될 것으로 전망된다.

전고체 전지의 가장 큰 수요시장은 전기차이며, 그 외 도심항공모빌리티(UAM), 웨어러블 디바이스 등도 전고체 전지 수요시장으로 주목받고 있다.

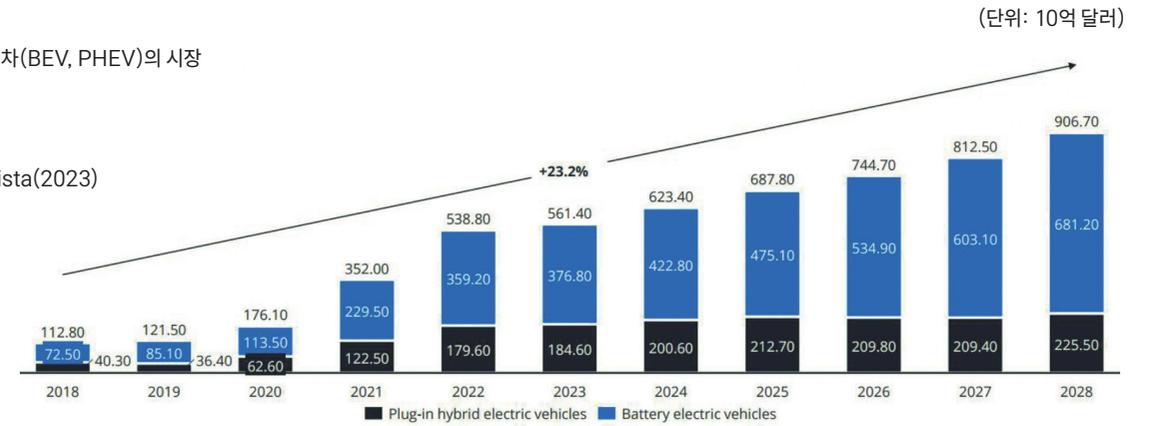
## 전기차

전기차는 전고체 전지의 가장 큰 수요시장이다. 세계 전기차(BEV, PHEV) 시장 규모는 연평균 23.2% 성장률을 보이며, 2028년 9,067억 달러 규모로 확대될 전망이다.

그림 3

글로벌 전기차(BEV, PHEV)의 시장 규모 전망

출처: Statista(2023)



## 도심항공모빌리티(UAM)

드론이나 플라잉카 등과 같은 도심항공모빌리티(UAM, Urban Air Mobility)는 화재나 추락 위험이 없어야 하며, 극도로 엄격한 안전 기준을 만족해야 한다.

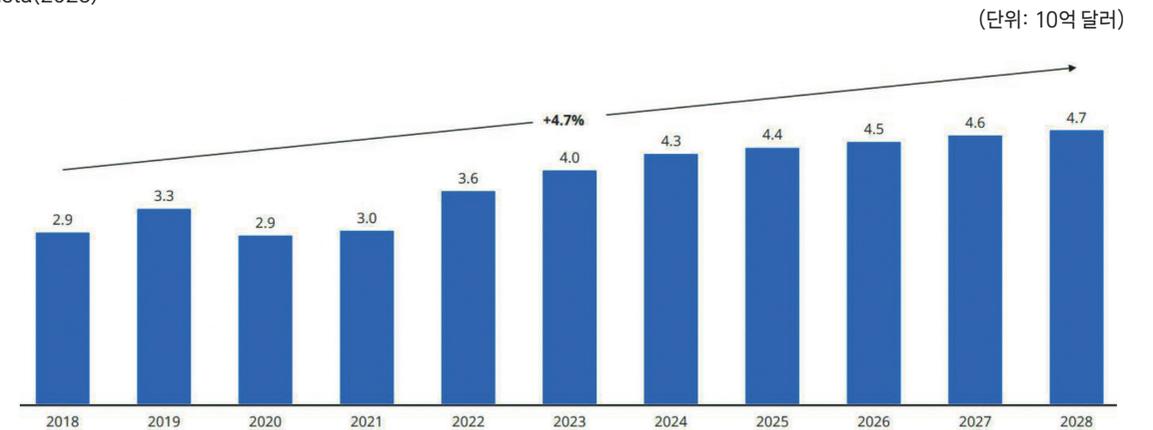
안전성과 신뢰성이 매우 우수한 전고체 전지는 UAM의 안전 기준에 적합하다고 할 수 있다. 또한 전고체 전지는 바이폴라 셀 구조로 고출력화가 가능하기 때문에 UAM 분야에서 중요한 기술이 될 전망이다.

세계 드론 시장의 규모는 2018년 29억 달러에서 이후 연평균 4.7%씩 성장률을 나타내고 있으며, 2028년 47억 달러 규모까지 확대될 전망이다.

그림 4

세계 드론 시장 규모 전망

출처: Statista(2023)



## 웨어러블 디바이스

TWS 이어폰, 스마트워치, 스마트 밴드 등 웨어러블 디바이스는 몸에 밀착하여 착용하는 기기이므로 배터리의 안전성이 중요하다.

기존 리튬이온전지는 안전성에 대한 불안감이 있어 웨어러블 디바이스에 가장 적합하다고 기대되는 전원 공급원은 전고체 전지이다.

특히 고분자계 전고체 전지는 특유의 유연성을 기반으로 인체 굴곡에 맞도록 다양한 형태의 배터리 디자인이 가능하므로 웨어러블 디바이스에 적합하다.

세계 웨어러블 디바이스 시장은 2021년 849억 달러에서 2026년 1,515억 달러로 증가할 전망이다.



그림 5  
웨어러블 디바이스  
글로벌 시장 현황 및 전망

출처: 360iResearch(2022)

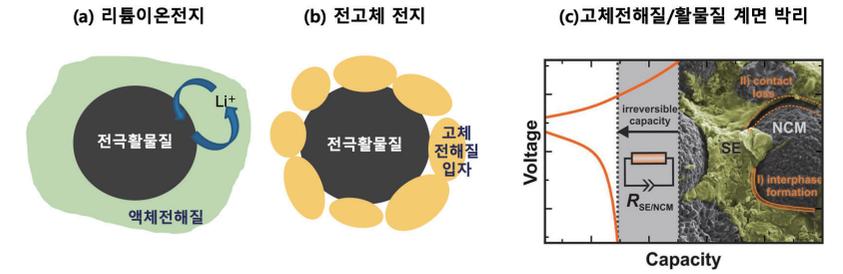
## 3. 전고체 전지의 기술 및 정책 동향

### 전고체 전지의 기술 이슈

- 전극/전해질 계면저항
  - 기존 액체전해질은 젖음성이 우수하여 전극활물질 입자 계면을 완전히 감싸기 때문에 리튬이온 전달 면적이 넓고 액체를 통한 리튬이온의 이동이 원활하여 계면 저항이 낮다. 이에 비해 전고체 전지는 전해질과 전극 물질이 모두 고체 입자이므로 고체-고체 간 접촉 면적이 작고 고체 내 리튬이온의 이동에 저항이 걸려 이온 전달이 원활하지 않다.
  - 또한 리튬이온이 전극활물질 입자 내에 들어가고 나오는 충·방전 과정에서 활물질 입자의 부피 변화에 따라 고체전해질/전극활물질 계면이 벌어지는 박리 현상이 일어날 수 있다.
  - 전극 입자 표면 코팅 및 개질, 바인더와 버퍼 소재를 적용한 복합 전극 제조 등을 통하여 고체전해질/전극 입자의 계면저항을 최소화하고 계면 박리를 억제하는 연구가 진행 중이다.

그림 6

(a) 리튬이온전지의 전극/전해질 계면 형성, (b) 전고체 전지의 전극/전해질 계면 형성, (c) 충·방전 사이클 과정에서 일어난 고체전해질/전극활물질의 계면 박리



출처: Chemistry of Materials (2017)

- 고체전해질의 대기 및 수분 안정성
  - 황화물계 고체전해질은 대기에 노출될 경우 수분과 반응하여 유독 가스인 황화수소를 발생한다. 즉 전고체 전지 사용 중에 외부 충격 등에 의하여 외장재가 파손되고 수분에 노출되면 유독가스에 의한 안전사고가 발생할 수 있다.
  - 수분에 보다 안전한 고체전해질 조성을 개발하거나 제올라이트처럼 황화수소나 수분을 흡수할 수 있는 물질을 고체전해질에 추가하는 등의 연구 개발이 진행 중이다.
- 소재 및 공정 비용
  - 황화물계 고체전해질은 액체전해질 대비 가격이 100배 이상 높게 형성되어 있다. La, Zr 등의 고가의 금속 원소를 사용하는 산화물계 고체전해질도 액체전해질 대비 가격 경쟁력 확보가 어렵다.
  - 산화물계 전고체 전지는 원활한 성능 확보를 위하여 1,000°C 이상의 고온 소결 공정이 요구되며, 황화물계 전고체 전지는 고체전해질/전극입자 계면 형성을 위하여 3,000~5,000기압의 가압 공정이 필요하다. 이에 따라 전지 양산을 위한 공정 비용의 증가가 수반된다.
  - 소재 조성 제어, 합성 방법 및 양산 공정의 최적화 등을 통해 고체전해질 소재의 대량 생산과 소재 가격의 저감 연구가 진행 중이다. 또한 롤투롤 공정에 의한 전고체 전지 제조가 가능하도록 전지 제조 공정 연구도 진행 중이다.

표 2  
전고체 전지의 기술별 제조 공정 비교

출처: Chemical Reviews (2020)

황화물계	산화물계	고분자계
가압 공정	고온 소결 공정	롤투롤 공정
3,000~5,000 기압의 압력 인가로 제조	1,000°C 이상의 고온 챔버 안에서 제조	롤투롤 공정으로 제조

지속가능한 미래-  
전기수소차와 이차전지

산업/기술 동향

전고체 전지 기술 동향

## 전고체 전지의 기술 동향

전고체 전지는 사용되는 고체전해질의 종류에 따라 황화물계, 산화물계, 고분자계로 구분할 수 있으며, 황화물계 전고체 전지의 성능이 가장 우수하여 상용화에 대한 기대가 높다.

표 3  
전고체 전지 종류별 특성 비교  
(○: 우수, △: 보통, X: 열위)

	황화물계	산화물계	고분자계
이온전도도	○	△	X
계면저항	△	X	○
수분 안정성	X	△	○
고온 안전성	○	○	X
고전압 안정성	△	○	X
대면적/후막화	△	X	○
양산성	△	X	○
주요 업체	토요타, 삼성SDI, 솔리드파워 등	퀀텀스케이프, 폭스바겐 등	블루솔루션, LG에너지솔루션 등

### · 황화물계 전고체 전지

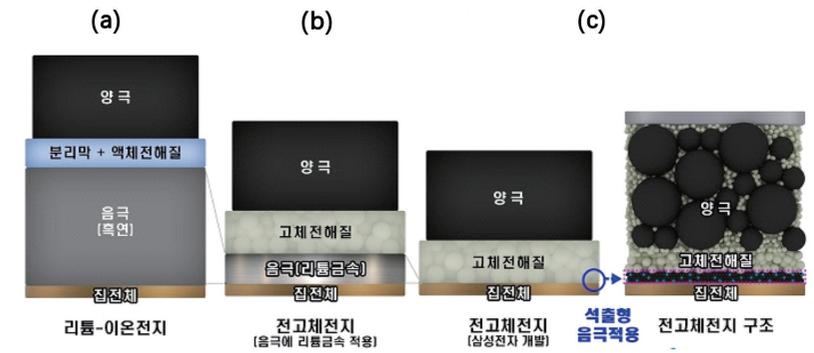
- 황화물계 고체전해질의 이온전도도는 상온에서 1~10mS/cm를 나타내어 산화물계 및 고분자계에 비하여 가장 우수하다. 또한 비교적 양호한 연성을 지니고 있어 상온 가압 공정만으로 고체전해질/전극입자 간 원활한 계면 형성이 가능하고 대면적 및 후막 전지 구현이 가능하다는 장점을 지니고 있다.
- 그러나 전지 제조나 사용 중 대기 노출 시에 수분과의 반응으로 유독 황화수소가 발생한다. 현재 황화물계 고체전해질의 핵심 소재인 황화리튬의 가격이 고가이므로 저가 합성 및 대량 생산 공정 등 기술 개발이 필요한 상황이다.
- 또한 전지 제조에 3,000기압 이상의 가압 공정이 필요하므로 이에 적합한 양산 공정 개발이 중요하며, 전지의 원활한 작동을 위한 외부 압력 인가 장치도 필요하다 보니 배터리 시스템의 에너지밀도가 떨어지는 문제점을 안고 있다.

- 황화물계 전고체 전지는 다른 전고체 전지에 비하여 성능이 우수하고 대량 양산화에 유리하므로 최근 많은 업체들이 전고체 전지 양산을 목표로 개발하고 있다. 대표적으로 일본의 토요타, 한국의 삼성SDI, 미국의 솔리드파워 등이 시제품과 함께 개발 로드맵을 제시하면서 전고체 전지 상용화를 서두르고 있다.
- 삼성SDI는 전고체 배터리 “900Wh/L ASB” 양산 로드맵을 공개하고 화재 위험성을 획기적으로 줄이면서 주행거리를 늘리고, 현재 양산 중인 리튬이온전지 대비 약 40% 정도 높은 에너지밀도를 지닌 전고체 전지를 개발하여 2027년 양산을 목표로 하고 있다.

그림 7

(a) 기존 리튬이온전지, (b) 리튬금속 음극을 사용한 전고체 전지, (c) 삼성SDI에서 개발하는 전고체 전지의 구조

출처: 삼성SDI



- 일본 토요타는 전고체 전지를 2027~2028년에 상용화할 계획을 발표했다. 전고체 전지 탑재 전기차는 10분 만에 완충할 수 있고 주행거리는 기존 전기차 대비 2배에 달하는 1,000km를 지향한다. 특히 토요타는 이데미츠코산(出光興産株式会社)과 전략적 협업을 통하여 고체전해질 양산기술 개발, 생산성 향상 및 공급망 구축에 힘을 계획이다. 두 기업은 전고체 전지와 그 재료인 황화물 고체전해질의 특허 건수에서 세계 최고 수준을 자랑하여 협업을 통하여 세계 표준을 선점하려고 하고 있다.

그림 8

토요타의 배터리 개발 로드맵

출처: 토요타

### TOYOTA'S BATTERY TECHNOLOGY ROADMAP

	TODAY		NEXT-GENERATION		FURTHER EVOLUTION	
	2023	2026	2026-2027	2027-2028	2027-2028	TBD
	Battery for bZ4X	Performance	Popularisation	High-Performance	Solid-State 1	Solid-State 2
	Monopolar		Bipolar		N/A	N/A
Electrolyte type	Liquid			Solid		
Chemistry	Li-Ion		LiFePO <sup>4</sup> *		Li-Ion	
Driving range (WLTP)	500km	> 800km	> 600km	> 1,000km	> 1,000km	> 1,200km
Cost	-	-20% vs bZ4X	-40% vs bZ4X	-10% vs NIG performance version	TBD	TBD
Fast charge time**	~30 min.	~20 min.	~30 min.	~20 min.	~10 min.	TBD

\* Lithium iron phosphate \*\* SoC = 10-80% NOTE: Established driving range includes aerodynamic and vehicle weight improvements

지속가능한 미래-

전기수소차와 이차전지

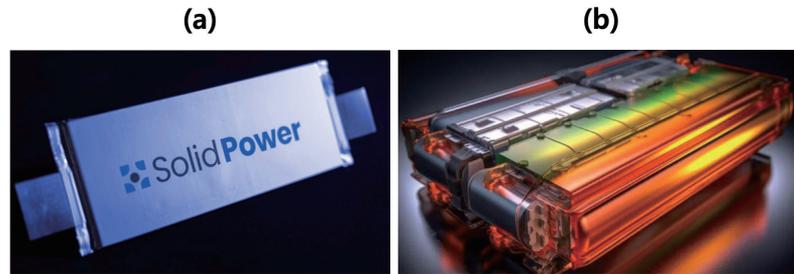
산업/기술 동향

전고체 전지 기술 동향

- 미국 솔리드파워는 황화물계 전고체 전지를 개발하고 있다. 현대차, BMW, SK온 등으로부터 투자와 제휴를 맺고 있다. BMW는 2025년 이전에 솔리드파워 기술을 기반으로 하는 데모 차량을 출시할 것이라고 밝혔다.

그림 9  
(a) 솔리드파워의 전고체 전지와  
(b) BMW의 EV용 전고체 전지 팩

출처: Solid Power, BMW



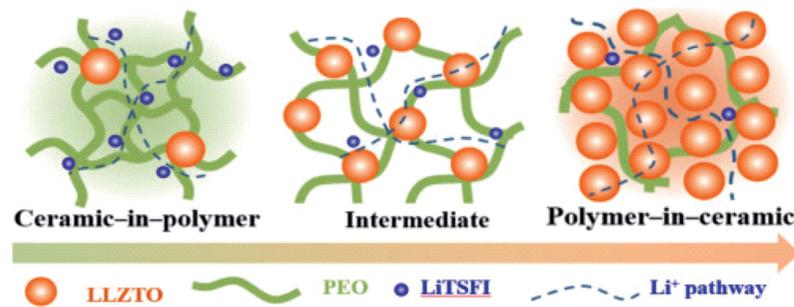
▪ 산화물계

- 산화물계 고체전해질은 대기 안정성이 우수하고 높은 열적·전기화학적 안정성을 지니고 있다. 기계적 강도가 매우 뛰어나 리튬 덴드라이트 형성 및 성장 억제가 가능할 것으로 기대된다.

- 그러나 산화물계 고체전해질의 강성이 매우 커서 고체전해질/전극입자 간 접촉 계면 형성이 매우 어렵고, 대면적 셀과 후막 전극 구현이 까다롭다. 이에 따라 원활한 계면 형성과 양산성을 위하여 산화물-고분자 하이브리드 고체전해질 형태로 많은 연구 개발이 진행 중이다.

그림 10  
산화물-고분자 하이브리드 고체전해질

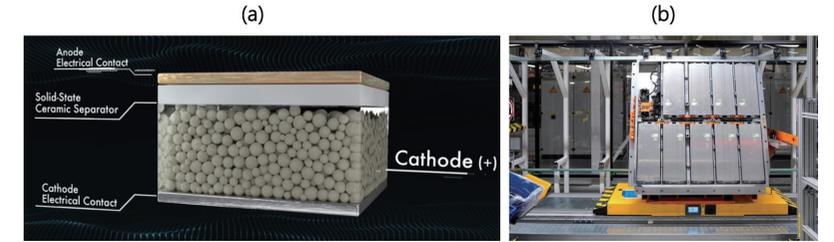
출처: Nano Energy(2018)



- 산화물계 전고체 전지를 연구 개발 중인 업체로는 폭스바겐 등이 투자한 미국의 퀀텀스케이프가 있다. 퀀텀스케이프는 2022년 12월 전고체 전지 시제품을 전기차 업체에 테스트용으로 납품했다고 발표했다. 2024년 1월 폭스바겐은 퀀텀스케이프가 개발한 전고체 전지를 폭스바겐 차량에 적용하여 1,000회 이상 충·방전을 반복해도 셀이 95%의 용량을 유지하는 등 우수한 수명 특성을 유지한다고 발표했다.

그림 11  
(a) 퀀텀스케이프의 전고체 전지 셀과  
(b) 폭스바겐의 전고체 전지 테스트

출처: QuantumScape Corp.,  
Volkswagen



▪ 고분자계

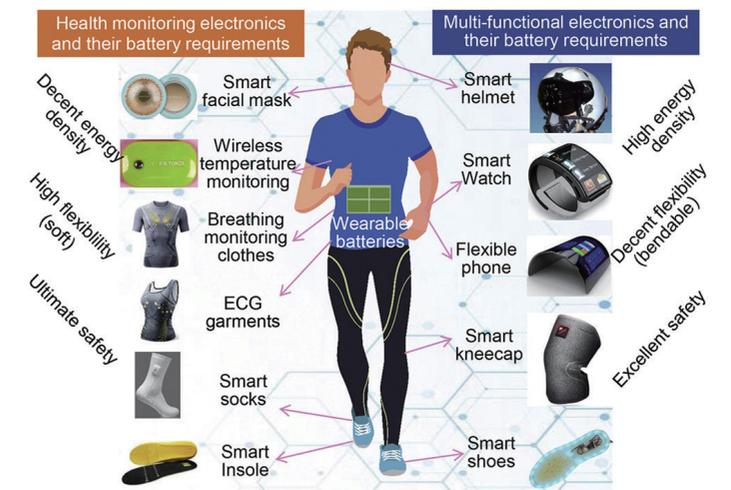
- 고분자계 전고체 전지는 유연성이 매우 우수한 고분자 전해질을 사용하므로 전해질/전극 계면 형성이 용이하며, 충방전 과정에서 일어나는 전극 물질의 부피 변화를 잘 수용할 수 있다. 또한 대기나 수분 접촉에서 안정적이고 롤투를 공정으로 대량 생산이 가능하다는 장점을 지니고 있다.

- 그러나 상온에서의 이온전도 특성이 낮아 고온 작동이 필요하다는 단점을 지니고 있다. 또 고전압에서는 전기화학적 특성이 떨어지고 낮은 기계적 물성으로 리튬 덴드라이트 성장 억제가 쉽지 않아 전지 특성의 열화가 일어날 수도 있다.

- 고분자계 전고체 전지는 특유의 유연성을 바탕으로 다양한 형태와 디자인 구성이 요구되는 인체 밀착형 웨어러블 디바이스에 적용하는 것이 좀 더 효과적일 수 있다. 특히 웨어러블 디바이스는 항상 인체에 밀착하여 사용하므로 대기 및 수분 안정성이 우수하고 인체 유해성이 훨씬 낮은 고분자계 고체전해질의 특성에 잘 맞는다고 할 수 있다.

그림 12  
다양한 종류의 인체 밀착형  
웨어러블 기기

출처: Matter(2021)

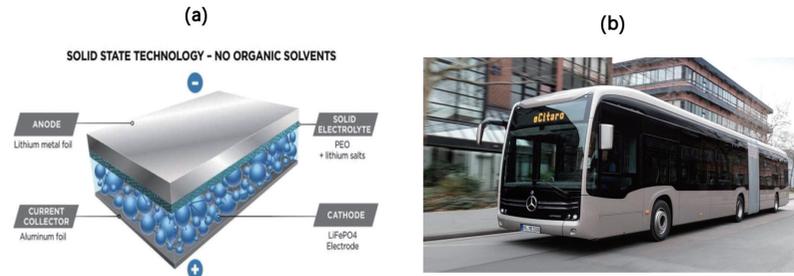


- LG에너지솔루션은 2026년 고분자계 전고체 전지 양산을 목표로 연구 개발을 진행 중이다.

- 2012년 프랑스 볼로레 그룹의 자회사인 블루솔루션(Blue Solutions)은 고분자계 전고체 전지를 개발·양산하여 카쉐어링 블루카에 탑재하고 운영해 왔다. 리튬금속 음극, 리튬인산철 복합 양극 및 리튬염 함유 폴리에틸렌옥사이드 고분자 전해질로 구성된 전고체 전지가 사용되었으며, 60~80°C 온도에서 작동했다. 또한 2020년 441kWh 용량의 전고체 전지를 메르세데스-벤츠 전기버스에 장착하여 운영 중이다.

그림 13

(a) 블루솔루션에서 개발한 고분자계 전고체 전지와 (b) 전고체 전지를 탑재한 메르세데스-벤츠의 전기버스



출처: Blue Solutions, Mercedes-Benz

### 주요국별 정책 동향

- 일본 - 경제산업성은 리튬이온전지의 생산 능력을 확대하고 전고체 전지의 조기 상용화 및 대량 생산에 집중하는 투트랙 전략을 추진하고 있다(2022년 8월 축전지산업전략).
  - NEDO는 전기차용 혁신 이차전지 개발 프로그램에 166억 엔을 투자하여 차세대 이차전지 관련 개발을 지원하고 있다.
  - 경제산업성은 전고체 전지를 파급력이 가장 큰 기술로 인식하고 산학연관이 협력하여 기술 조기 상용화 및 2030년 전후 양산할 수 있도록 정책적 지원을 강화할 예정이다.

표 4

일본 경제산업성 축전지산업전략의 주요 내용(2022년 8월)

	목표	실행 방안
목표 1 리튬이온전지 제조 기반 확립	2030년까지 이차전지·원재료의 일본 내 제조 기반 150GWh/년 확립	총 3.4조 엔 투자 (정부 2.3조 엔, 민간 1.1조 엔)
목표 2 글로벌 입지 확보	2030년까지 글로벌 시장에서 600GWh/년 제조 능력 확보 *2030년까지 세계 시장 점유율 20%	총 5년간 2.2조 엔 투자 (정부 1.3조 엔, 민간 0.9조 엔)
목표 3 차세대 이차전지 시장 확보	2030년까지 전고체 전지 상용화, 2030년 이후 일본의 기술 리더 입지 확보	NEDO 그린이노베이션 기금 등 활용 - 사업 규모: 약 2,132억 엔 - 지원 규모: 상한 1,205억 엔

- 중국 - 2024년 1월 CATL, CALB, BYD, NIO 등 배터리 기업과 자동차 기업이 참여하는 전고체 전지 개발과 공급 체인의 구축을 지향하는 컨소시엄(CASIP, China All-Solid-State Battery Collaborative Innovation Platform)이 결정되었다.
  - CASIP의 설립 목적은 중국 내 업계의 공통 문제를 해결하고 기업 특화 기술을 발전시킴으로써 전고체 전지의 혁신과 발전을 촉진하기 위함이다. 전고체 전지의 빠른 상업화와 양산화를 실현하고 2030년에는 국제적으로 경쟁력 있는 공급 체인을 구축하는 것을 목표로 한다.
- 독일 - 2022년 1월 독일 연방교육부는 2018년부터 추진된 전고체 전지 역량 클러스터 사업인 'FestBatt'를 최근 2차 사업으로 확대하고 연장하기로 결정했다.
  - FestBatt 2차 사업에 투입된 예산은 2,300만 유로로 1차 사업 기간 총 예산 1,600만 유로 대비 약 44% 증가한 규모이다. 독일 전역의 12개 연구소와 21개 연구 그룹이 참여 중이며, 민간 기업도 파트너십으로 참여한다.
- 한국 - 2023년 4월 산업통상자원부는 "이차전지 산업경쟁력 강화 국가전략"을 수립하여 전고체 전지 세계 최초 상용화를 목표로 민관이 2030년까지 20조 원을 함께 투자하기로 했다. 세계 최초로 차량용 전고체 전지 양산 기술 확보를 목표로 안전성을 높인 전고체 전지, 주행거리를 늘린 리튬 금속 전지, 무게를 줄인 리튬황 전지 등 유망 이차전지 개발에 대한 지원을 밝혔다.

그림 14

이차전지 산업경쟁력 강화 국가전략:  
차세대 전지 개발을 통한 기술 초격차 확보

출처: 산업통상자원부(2023.04)



지속가능한 미래 -  
전기수소차와 이차전지

## 4. 시사점 및 결론

전고체 전지는 최근 빈발하는 전기차 배터리 화재 사고를 대폭 줄이고 전기차에 대한 불안감 해소 및 신뢰성 향상에 크게 기여할 것으로 기대되므로 전 세계 배터리 기업과 전기차 업체들은 조기 상용화를 목표로 연구 개발을 진행하고 있다.

전고체 전지의 가장 큰 수요시장은 전기차이며, 그 외 엄격한 안전 기준이 필요한 도심항공모빌리티(UAM)와 인체에 대한 안전성 확보가 중요한 웨어러블 디바이스 등도 전고체 전지에 적합한 수요시장으로 주목받고 있다.

전 세계 주요국들은 전고체 전지를 유망한 차세대 이차전지 산업군으로 인식하고 상용화를 위한 다양한 산학연 연구 개발 지원 대책을 수립·발표하고 있다.

우리나라도 핵심 요소기술과 양산화 기술에 대한 맞춤형 R&D 지원, 대학/연구소의 다양한 혁신 아이디어가 민간의 양산화기술로 연결될 수 있는 협업 연구 지원 등 전고체 전지 조기 상용화와 시장 선점을 위한 정부 차원의 대규모 지원 대책 및 실질적 가교 역할 수행이 그 어느 때보다 중요한 시점이다.

## 출처 및 참고자료

1. 『전고체 배터리 및 고체 전해질 개발 전모 및 향후 전망』, IRS Global, 2024.04.
2. Chen, R., et al., Approaching Practically Accessible Solid-State Batteries: Stability Issues Related to Solid Electrolytes and Interfaces, Chemical Reviews, Vol. 120 Issue 14, pp. 45713-45723. 2020.04.
3. Koerver, R., et al., Capacity Fade in Solid-State Batteries: Interphase Formation and Chemomechanical Processes in Nickel-Rich Layered Oxide Cathodes and Lithium Thiophosphate Solid Electrolytes. Chemistry of Materials, Vol. 29 Issue 13, pp. 5574-5582., 2017.06.
4. 『이차전지(LFP, 리튬이온, 전고체)와 4대 핵심소재 기술개발 동향과 시장 전망』, IRS Global, 2023.07.
5. Chen, L., et al., PEO/garnet composite electrolytes for solid-state lithium batteries: From “ceramic-in-polymer” to “polymer-in-ceramic”, Nano Energy, Vol. 46, pp. 176-184. 2018.04.
6. “Wearable Market Research”, 360iResearch LLP, 2022.
7. 『사물배터리(Battery of Things) 시대의 핵심, 이차전지, 연료전지, 태양전지 기술개발 동향과 시장 전망』, IRS Global, 2024.06.
8. 김선교, 「국가전략기술 기술주권 브리프: 차세대 이차전지」, KISTEP 브리프 96, 2023.11.
9. Banerjee, A., et al., Interfaces and Interphases in All-Solid-State Batteries with Inorganic Solid Electrolytes, Chemical Reviews, Vol. 120 Issue 14, pp. 6878-6933. 2020.06.
10. Yang, Q., et al., Categorizing wearable batteries: Unidirectional and omnidirectional deformable batteries, Matter, Vol. 4 Issue 10, pp. 3146-3160. 2021.10.

한국화학연구원 내부 자료

“Electric Vehicles market data & analysis”, Statista, 2023.

Drones-market data & analysis, Statista, 2023

Wearable Market Research, 360iResearch LLP, 2022.

Chemistry of Materials, 2017.

Chemical Reviews, 2020.

Nano Energy, 2018.

Matter, 2021.

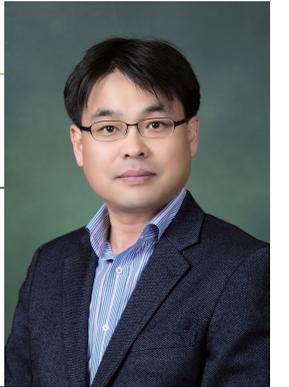
기업 자료: 삼성SDI, 토요타, BMW, Volkswagen, Mercedes-Benz

### 이봉현 전기수소차 PD 소개

2001.04 한국자동차연구원 그린카연구본부장

2022.03 KEIT 입사

(현) 한국소음진동공학회 부회장, 한국자동차공학회 이사



**전기수소차 PD로 일하시면서 힘들었던 점이나 뿌듯했던 일 등 가장 기억에 남는 일이 있으신가요?**

PD의 주요 업무는 예산 내에서 과제를 기획하는 것입니다. 이 과정에서 산업 현황 및 트렌드를 정확히 판단하고, 정부에서 지원할 필요가 있는 과제를 선정하는 것이 중요합니다. 그러나 제한된 예산으로 인해 산업 발전에 필요한 기술이 지원에서 제외되는 것을 볼 때 큰 아쉬움을 느꼈습니다.

**올해 전기수소차 분야에서 제일 이슈되는 내용을 하나만 뽑는다면?**

자동차산업에서 가장 이슈가 된 키워드는 “전기차 화재”라고 생각합니다. 전기차 시장이 급성장하던 중 “전기차 캐즘”이라는 단어까지 유행하면서 전기차 시장이 많이 위축되었습니다. 이는 산업이 성장하기 위한 과정이라고 생각되며 이를 극복하기 위해 배터리시스템 내 센서 고도화, BMS 알고리즘 고도화, 전기차 화재 전조 현상에 대한 원인 규명 등 다양한 R&D를 기획하고 있습니다.

**앞으로 PD로 재임하시는 동안 어떤 R&D를 지원하고 싶으신가요?**

전기수소차산업 발전에 가장 중요한 것은 인프라와 가격경쟁력 확보입니다. 인프라는 여러 변수가 있지만 성능을 향상시키면서 가격경쟁력을 확보하는 것은 기술적으로 해결해야 할 과제입니다. EREV 전기차 관련 기술, 고성능 다중구동시스템 기술, 대형 차체부품 공정기술, 차세대 배터리시스템 차량 적용 개발, LCA 대응 소재 기술, 차세대 열관리시스템 기술 등을 적용하여 전기수소차 산업의 발전에 기여하고자 합니다.

**자동차 분야 연구수행자분들께 하고 싶은 말씀이 있으시다면?**

정부 지원 R&D는 기업의 기술력이 높다고 해서 지원되는 것이 아닙니다. 정부 차원에서 왜 이 과제를 지원해야 하는지를 이해하는 것이 중요합니다. 국가 차원에서 육성해야 하는 기술이나 규제, 공급망 대응 등에 R&D 예산이 투입된다는 점을 반드시 인식해 주시기 바랍니다.

### 이정두 배터리 PD 소개

2002.09 ~ 2022.10 삼성 SDI 근무

2022.11 ~ 한국산업기술기획평가원 배터리 PD



#### 배터리 PD로 일하시면서 힘들셨던 점이나 뿌듯했던 일 등 가장 기억에 남는 일이 있으신가요?

배터리 PD로서 여러 도전이 있었지만, 가장 기억에 남는 순간은 친환경 모빌리티용 차세대 배터리 개발과 관련된 예타 사업이 통과되었을 때입니다. 예타 사업이 통과되었을 때 우리나라가 미래 배터리 기술을 선도하고 신규 시장을 선점할 수 있는 기반을 마련하게 되어 매우 뿌듯했습니다. 기술 경쟁이 치열한 이 분야에서 의미 있는 성과를 낼 수 있었다는 점이 큰 보람으로 남아 있습니다.

#### 올해 배터리 분야에서 제일 이슈되는 내용을 하나만 뽑는다면?

올해 배터리 분야에서 가장 큰 이슈는 배터리 발화 및 화재 관련 사건인 것 같습니다. 최근 언론에서도 많이 다뤄지고 있는데, 이는 전기차 판매 둔화와 맞물려 더욱 주목받고 있습니다. 한동안 전기차 판매가 '캐즘'에 빠졌다는 얘기가 있었고, 이후에는 '포비아'라는 단어까지 등장하며 전기차뿐만 아니라 배터리 안전성까지 부각되었습니다. 이러한 사건들이 시장에 영향을 미치고 있어 매우 중요한 이슈로 다루어지고 있습니다.

#### 앞으로 PD로 재임하시는 동안 어떤 R&D를 지원하고 싶으신가요?

배터리 산업은 빠르게 성장하고 있으며, 기술 발전 속도 또한 매우 빠릅니다. 또한, 중국과의 경쟁이 치열해지고 있기 때문에, 점유율을 지키고 기술적 우위를 확보할 수 있는 연구 개발 사업을 지속적으로 발굴하고 싶습니다. 이를 통해 우리 기업들이 글로벌 시장에서 경쟁력을 강화할 수 있도록 지원하고자 합니다.

#### 마지막으로 올해 하반기 기획이나 선정공고 등 계획이 있으실까요?

소부장 사업 중 마지막으로 "슈퍼울 사업"이 자유 공모 형태로 진행되고 있습니다. 이와 관련해서 배터리 분야에서도 많은 지원이 있을 것으로 기대하고 있으며, 이 사업을 통해 시장을 선도할 수 있는 기술이 발굴되고, 이를 바탕으로 소부장 강소 기업이 많이 등장하길 기대하고 있습니다.

# KEIT ISSUE PICK

---

발행일 2024년 9월  
발행 번호 Vol. 2024-09  
발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤종  
발행처 한국산업기술기획평가원(KEIT)  
주소 대구본원 (41069) 대구광역시 동구 첨단로 8길 32(신서동 1152)  
Tel. 053) 718-8114  
대전본원 (35262) 대전광역시 서구 문정로 48길 48(탄방동 647)  
계룡빌딩 3층 Tel. 042) 712-9300~5  
서울사무소 (04513) 서울특별시 중구 세종대로 39 상공회의소회관 4층  
Tel. 02) 6050-2100  
웹사이트 [www.keit.re.kr](http://www.keit.re.kr)

ISSN 2234-3873

이 책자의 저작권은 한국산업기술기획평가원에 있습니다.  
무단전재와 복제를 금합니다.

\*KEIT ISSUE PICK 원문은 KEIT 웹사이트([keit.re.kr](http://keit.re.kr))의  
홍보관 ⇨ 간행물 탭에서 다운로드 받으실 수 있습니다.



---

디자인 구김종이 [gu.kim.zong.i@gmail.com](mailto:gu.kim.zong.i@gmail.com)  
일러스트 묘지 [www.instagram.com/myo\\_ji/](https://www.instagram.com/myo_ji/)

제작 (사)장애인동반성장협회 동반사업장  
서울시 금천구 가산디지털1로 33-33 대륭테크노타운2차 505-2  
Tel. 02) 464-5565

판형 189mm × 266mm  
종이 표지: 스노우지 250 g/m<sup>2</sup> 내지: 스노우지 100 g/m<sup>2</sup>  
서체 프리젠테이션 Freesentation  
이슈 픽 Issue Pick

1 전기차 초고속·고효율 무선충전기술 동향	이봉현 전기수소차PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 미래자동차실 이상택 센터장 / 한국전자기술연구원(KETI) 스마트전장연구센터 정진범 수석 / 한국자동차연구원(KATECH) 전기동력기술부문
2 전기자동차(EV) X in 1 통합화 기술	이봉현 전기수소차PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 미래자동차실 김진홍 센터장 / 한국전자기술연구원(KETI) 전력제어시스템연구센터
3 이차전지 음극 고용량화 및 저가화 기술 동향	이정두 이차전지 PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 배터리디스플레이실 김승민 센터장 / 한국과학기술연구원(KIST) 탄소융합소재연구센터
4 전고체 전지 기술 동향	이정두 이차전지 PD / 한국산업기술기획평가원(KEIT) 배터리디스플레이실 김동욱 책임 / 한국화학연구원(KRICT) 에너지융합소재연구센터
* (특집) Science Fiction - 노인을 위한 차량은 없다	전윤호