



2021. 06

# 유망시장 Issue Report

## 전기자동차 배터리

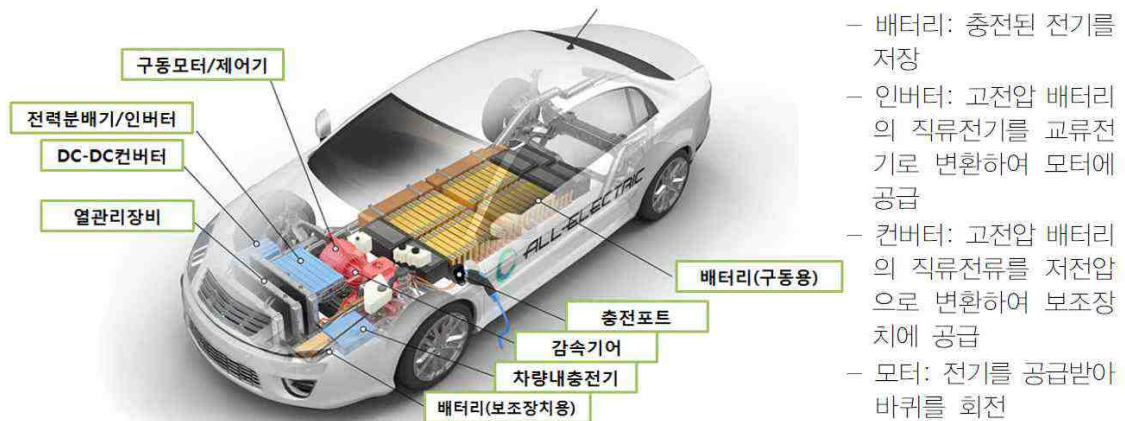
# 목 차

|                   |    |
|-------------------|----|
| I . 개요 .....      | 01 |
| II . 정책 동향 .....  | 06 |
| III . 기술 동향 ..... | 17 |
| IV . 시장 동향 .....  | 29 |
| V . 산업 동향 .....   | 35 |

## I. 개요

### 1. 아이템 개요

○ 전기자동차(xEV, Electrically Propelled Vehicle)는 전기에너지를 구동 동력원으로 사용하여 주행하는 자동차로 정의



[그림] 전기차(BEV)의 구조 및 핵심부품의 역할

※ 출처 : 자동차 부품산업 국내외 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2018

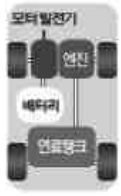
○ (동향·전망) 전기차는 주요 국가들의 구매보조금 등의 지원 정책과 테슬라 등 선도업체들의 기술혁신에 힘입어 빠르게 성장 중

- 2017년 전기차 판매는 77만 대로 세계 자동차 판매의 1.3% 수준이나, 2025년 1천만 대, 세계 자동차 판매량의 9.5%까지 성장 전망 (EV Sales)

○ (주요이슈) 가장 중요한 이슈는 제조 원가절감 관련 이슈로, 현재 전기차는 배터리 등의 높은 원가로 인해 제조사가 적자인 구조 형성

- 현재는 정부 보조금으로 가격경쟁력을 보유하고 있으나, 향후 주요 국가들의 보조금이 축소될 것임을 감안 시 제조 원가 절감 필수
- 배터리는 전기차 제조 원가의 30% 이상 차지함에 따라 향후 기술개발을 통한 배터리 원가절감이 전기차 제조 원가 절감에 중요 변수로 작용

○ 전기자동차는 전기에너지가 구동에 기여하는 방식과 정도에 따라 구분되는데 본 보고서는 EV 전기자동차에 사용되는 배터리를 다룸

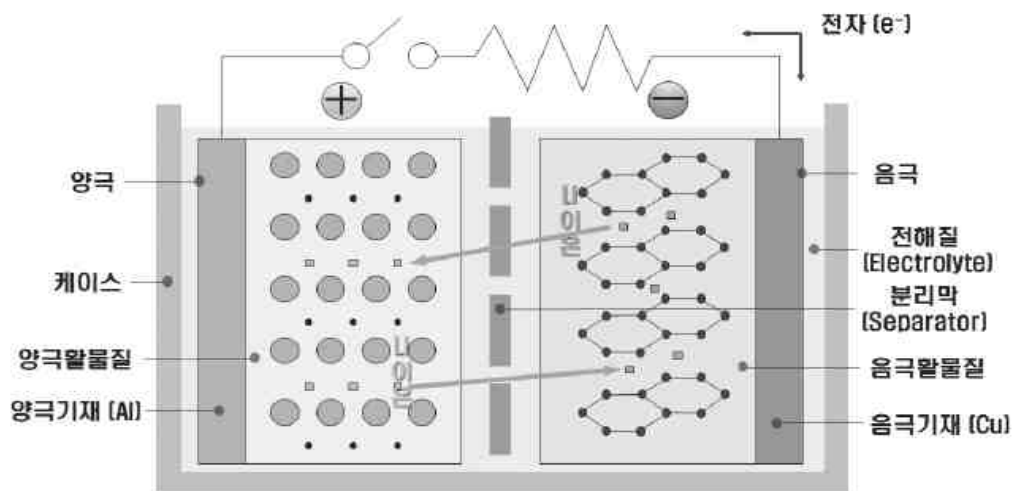
|      | 하이브리드<br>자동차(HEV)                                                                 | 플러그인 하이브리드<br>자동차(PHEV)                                                           | 전기 자동차(EV)                                                                          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 구동원  | 엔진+모터(보조동력)                                                                       | 모터,엔진(방전시)                                                                        | 모터                                                                                  |
| 에너지원 | 전기,화석연료                                                                           | 전기,화석연료(방전시)                                                                      | 전기                                                                                  |
| 구동형태 |  |  |  |

[그림] 전기자동차 시스템 구성 예

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

○ 전기자동차 에너지저장시스템은 xEV의 에너지원으로 사용되는 전기에너지를 저장할 수 있는 충·방전이 가능한 이차전지와 배터리 관리 장치 등으로 구성된 시스템임

- 리튬이온 이차전지는 방전(放電) 및 충전(充電) 과정에서 전지 내부에서 리튬이온이 이동하고, 전지 외부에서 전자가 이동하는 이차전지로서 전기차(xEV)용 에너지저장시스템에 널리 사용되고 있음
- 리튬이온 이차전지는 양극(금속+양극활물질), 음극(금속+음극활물질), 분리막, 전해질 등 4대 핵심소재와 케이스 등으로 구성되어 있음



[그림] 리튬이온 이차전지 작동원리

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

- 리튬이온전지(Lithium-ion Battery)는 대표적인 이차전지 중 하나로 1991년 일본 SONY에 의해 최초로 상업화
- 타 이차전지에 비해 에너지 밀도와 출력이 높아 소형 IT 기기에서 대형 에너지 저장장치까지 폭넓게 활용됨
  - 방전 후 재사용이 불가능한 일차전지와 달리 방전된 후에도 충전을 통해 재사용이 가능한 전지로, 납축전지와 리튬이온전지가 대표적

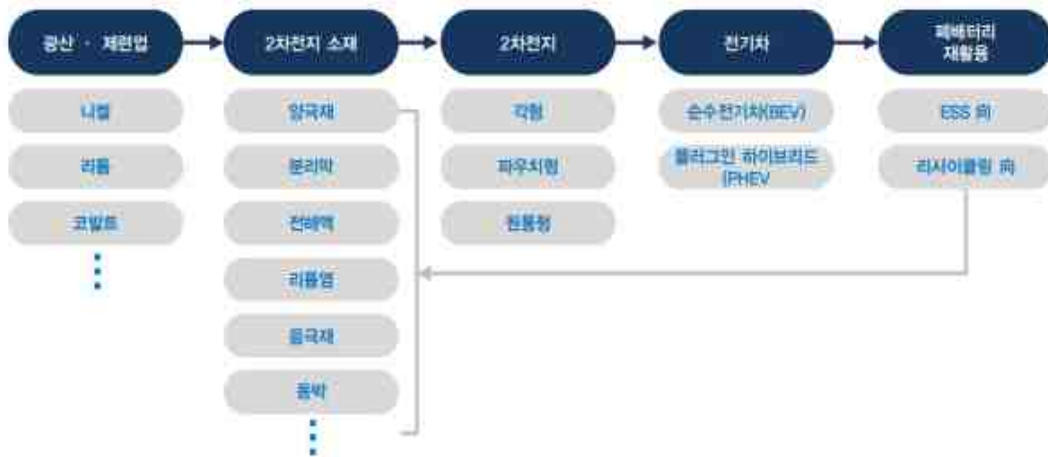


[그림] 이차전지 산업 발전과정

※ 출처 : 차량용 2차전지 산업 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2019

## 2. Value Chain

- 가장 후방 산업인 광산·제련업부터 → 양극재, 음극재 등을 만드는 이차전지 소재 산업 → 소재를 활용해 리튬이온전지를 만드는 이차전지 산업 → 이차전지를 활용해 완성차를 만드는 전기차 제조업 → 수명이 끝난 이차전지에서 니켈, 코발트, 리튬 등 희귀 금속을 추출하는 폐배터리 재활용 산업 등이 있음



[그림] 전기자동차 배터리 Value chain

※ 출처 : 전기차 밸류체인 돈은 누가 언제 버는가, 대신리서치, 2019

- **(광산·제련)** 자본 집약적인 성격, 환경 문제, 국가별 다양한 정치 상황들 때문에 진입장벽이 매우 높아 산업의 상위 집중도가 높은 편
- 수익을 발생시키는 구조는 변동이 심한 금속 가격에서 비교적 안정적인 채굴 비용을 차감한 마진을 금속 판매를 통해 얻는 것
  - 긴 ‘lead time’ 때문에 금속 가격의 cycle의 하락과 상승 구간이 길게 형성
- **(이차전지 소재)** 폐배터리 재활용 산업 외 전체 value chain에서 가장 영세하여 전기차 시장 성장에 맞춰서 생산시설 투자가 일어나지 못했고 이차전지 소재는 초과수요가 발생하며 전조한 수익성을 창출
- 전체 배터리 셀 생산 비용에서 차지하는 대략적인 비중은 양극재 (43%), 분리막(17%), 전해액(13%), 음극재(7%)임
  - 진입장벽은 음극재 < 분리막 < 전해액 < 양극재 순으로 높은 것으로 파악

○ (이차전지) 높은 기술력 요구, 자본 집약적 성격 때문에 과점화되고 있음

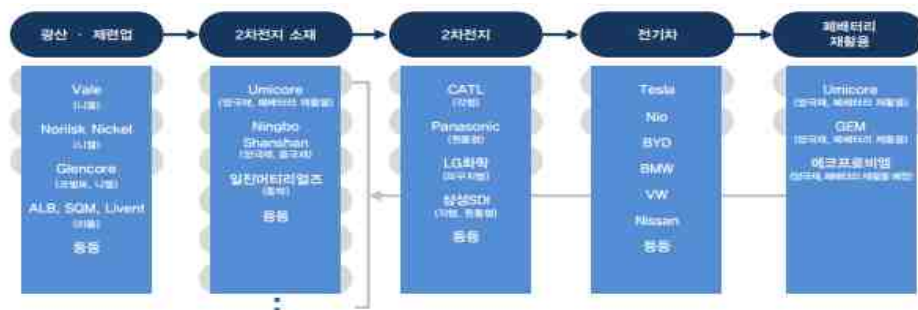
- 과거에는 높은 투자지출로 인한 과도한 고정비가 적자를 발생시킨 주원인이었으나, 현재는 매출 확대에 따른 규모의 경제로 고정비 부담보다는 높은 변동비가 적자의 원인이 되고 있음
- Boston Consulting Group에 따르면 이차전지 cell 기준 고정비의 비중이 70%였지만, 계속되는 대규모 투자로 인해 고정비의 비중은 점차 감소하고 있으며 원료 가격 변동 등으로 인한 변동비의 비중이 점차 증가 중

○ (전기차) 내연기관 차와의 가격 경쟁으로 인해 높일 수 없는 가격, 높은 투자 지출로 큰 고정비 부담 등으로 아직은 크게 적자 상태인 산업

- 전기차 출하량 확대, 제조공정에서의 혁신적인 비용 감축 등이 흑자 전환을 위한 중요 요인
- 비교적 저렴한 내연기관차와의 가격 경쟁, 환경규제로 인해 전기차 차량의 생산이 필수적인 상황, 규모의 경제 필요성 등으로 수요에 맞춰 생산량을 조절할 수 있는 상황이 아닌 것이 저수익성의 원인

○ (폐배터리 재활용) 이차전지의 수명이 5~10년이라는 점, 전기차용 이차전지 시장이 전체 이차전지 시장에서 중요해진 시점이 2018년이라는 점 등 때문에 아직은 규모의 경제가 나타나고 있지 않은 산업

- 1위 업체인 Umicore(시장점유율 7% 수준)만 해당 산업에서 20% 수준의 영업이익률을 기록하고 있고, 대부분 업체들이 BEP 수준의 수익성을 보임
- 다만, 이차전지 소재에 사용되는 금속들의 매장량이 희귀하다는 점을 감안했을 때 전체 Value chain에서 가장 중요한 역할을 맡을 것으로 예상됨



[그림] 전기자동차 Value chain 별 주요 상장사

※ 출처 : 전기차 밸류체인 돈은 누가 언제 버는가, 대신리서치, 2019

## II. 정책 동향

### 1. 국내 정책 동향

- 에너지기본계획 및 에너지기술개발계획 등을 중심으로 이차전지 기술 개발 목표·내용을 구체화하고 정책적 지원을 강화
  - 제4차 에너지기술개발계획(2019~2028년) 이행을 위한 중점투자기술로서 계통안정화·수요대응형 배터리 셀 안전성 시험 및 화재 대응 기술 등을 도출
  - 중대형 이차전지의 시험인증평가 시설 및 실증 테스트베드 구축 지원 등을 통해 이차전지 실용화 연구를 위한 기반 강화
- 전기자동차 배터리는 전방산업인 전기차 정책에 영향을 받으며 현재 다양한 전기차 보급 확산 정책으로 인해 이차전지의 수요가 급증하고 있음

#### 가. 배터리리스 시험사업 추진

- 전기차 부품 중 가장 큰 금액을 차지하는 부분인 전기차 배터리 금액 부담 완화를 위해 배터리리스 사업 추진
  - 택시 20대를 활용하여 전기차 초기구매 비용을 절반 수준으로 인하하는 배터리리스 시범사업 추진
  - 소상공인 지원 효과가 큰 1t 트럭 대상으로 중소기업이 생산한 전기트럭을 배터리리스를 통해 판매하는 시범사업 추진

#### 나. 전북 및 포항 규제자유특구 지정

- 전북 친환경 자동차 규제자유특구
  - 전북 친환경 자동차 규제자유특구 지정을 통해 국내 최대 친환경 자동차 거점지역으로 조성하기 위해 2019년 9월 4년간 지정
  - ①LNG 중대형 상용차 운행실증, ②거점형 이동식 LNG충전 사업 실증, ③초소형 전기특수자동차 운행실증 진행
  - 초소형 전기특수자동차 운행 실증으로 인한 전기차 배터리 소형화 기술 개발 필요

○ 포항 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구

- 배터리 리사이클링 규제자유특구는 배터리 관련 기준을 실증특례 적용 등으로 정비하여 신사업 육성을 지원하기 위해 2019년 7월 4년간 지정
- ①전기차 사용 후 배터리 종합관리 실증, ②전기차 사용 후 배터리 재사용 실증, ③재사용 불가 배터리 재활용 실증 등 구체적으로 3개 사업에 대한 규제특례가 적용

다. 친환경차 관련 투자 및 보급 확대

○ (산업통상자원부) 미세먼지 관리 종합대책 및 자동차 부품산업 활력 제고 방안의 일환으로 친환경차 관련 투자 확대 및 보급목표 상향 설정

- (보급 확대) 2022년까지 공공기관 친환경차 의무구매율 확대 등을 통한 국내 보급목표 대폭 상향 조정과 충전 인프라 구축 추진

[표] 친환경차 및 충전 인프라 보급 목표

| 구 분  |       | 2018년(누적) | 2022년(누적) | 비고             |
|------|-------|-----------|-----------|----------------|
| 친환경차 | 전기차   | 5.6만 대    | 43만 대     | 목표 상향 (12만 대↑) |
|      | 수소승용차 | 923대      | 6.5만 대    | 목표 상향 (5만 대↑)  |
|      | 전기버스  | 281대      | 3,000대    | -              |
|      | 수소버스  | 2대        | 2,000대    | 목표 상향 (1천 대↑)  |
| 충전소  | 수소차   | 15개       | 310개      | -              |
|      | 전기차   | 3,800기    | 10,000기   | -              |

※ 출처 : KOSME 산업분석 Report : 자동차, KOSME, 2019

- (예산확대) 대당 지원금액은 줄어드나 전체 보조금 예산은 확대편성

[표] 전기차 보급 및 충전인프라 구축사업 보조금 추이(국비기준)

| 구 분       |     | 2018년        | 2019년      | 2020년      | 2021년      |
|-----------|-----|--------------|------------|------------|------------|
| 총예산       |     | 2,910억 원     | 4,620억 원   | 9,107억 원   | 11,226억 원  |
| 대당<br>지원금 | 초소형 | 450만 원       | 420만 원     | 400만 원     | 400만 원     |
|           | 승용  | 1,200만 원(최대) | 900만 원(최대) | 820만 원(최대) | 800만 원(최대) |

※ 출처 : KOSME 산업분석 Report : 자동차, KOSME, 2019

## 라. 친환경 자동차 국내 보조금 지원 제도 변화

### ○ (보조금) 전기자동차 보급 및 충전 인프라 구축사업으로 전기차 구매 시 보조금 지원

- (보조금 구성) 중앙정부의 국고 보조금과 지자체의 지방비 보조금으로 구성되어 있어 지자체별 보조금 액수에 차이가 있음
- 지방보조금을 추가로 지원하는 경우 관할 지자체 내 거주 등 자격조건 부여 가능
- (보조금 대상) 중앙행정기관을 제외한 개인, 법인, 공공기관, 지방자치단체, 지방공기업 등이 전기자동차 보조금 지원 대상 자동차를 신규로 구매하여 국내에 신규 등록한 경우
- 전기자동차 제조·판매사가 자사 차량을 구매 시, 연구기관이 시험·연구를 목적으로 구매 시, 동일 개인이 2년(의무운행기간) 내 2대 이상의 차량을 구매할 경우는 보조금 미지원
- 단, 개인사업자가 사업 활동을 위해 2대 이상의 차량 구매가 필요한 경우, 지자체에서 사업장 확인 등을 거쳐 보조금 지원 가능

### ○ (보조금 지급차종) 전기차, 수소자동차, 플러그인하이브리드차에 보조금을 지급하고 있으며, 2019년부터 일반 하이브리드 차량에 대한 보조금 지급은 중단한 상태

- (국고보조금) 전기승용차 및 승합차의 경우 배터리 용량 등 자동차 성능에 따라 차량 모델별로 보조금을 차등 지원함으로써 관련 업체의 성능개선을 독려 중이며 모든 지자체에 동일 금액으로 지원
- (지방비보조금) 지원금액은 지자체별(도, 시, 군, 구)로 편차가 있으나, 동일 차급 내에서 성능에 따른 차이 없이 동일 금액을 지원

### ○ (수요 확대) 다수차량 보유사업자 중심으로 대량 수요 발굴·확산

- (버스) 수소버스 중심으로 대중교통 친환경차 보급을 확대하고, 운수사업자 선정 시 수소버스 운행 우대 등으로 수요 창출
- (택시) 수소택시 2019년 10대, 2020년 20대 시범운행 後 전국 확산 (2022년~)

- (트럭) 대형 물류업체·프랜차이즈 등에 전기화물차 등 구매를 권고하고, 구매실적 공표 및 의무구매 비율 설정 추진
- (자율주행 운송) 향후 자율주행차량(버스 셔틀 택시 등)을 수소차, 전기차 기반으로 개발하여, 공공수요·대중교통 등으로 확산

## 2. 해외 정책 동향

- 글로벌 환경 문제에 따라 기존 배기가스 규제와 함께 연비규제에 의한 벌금 부과가 예상되면서 친환경 자동차 보급이 가속화
  - 각국 정부의 환경, 연비, 안전규제 강화 정책에 따라 화석연료를 사용하는 내연기관에서 전기동력으로 동력원이 변화
- 전기자동차 관련 시장의 성장은 여전히 지원 정책 환경에 의해 주도되는 양상을 보임
  - 효과적인 정책 조치는 전기자동차가 소비자에게 더 매력적이면서도 투자자의 위험을 줄이며 생산 및 투자 증대에 긍정적인 영향을 미침
  - 전기자동차 생태계 구축을 지원하기 위해 전 세계 국가들이 주로 채택하는 지원 정책의 대표적인 예로는 공공 조달 프로그램, 보조금 지급 및 세금 감면과 같은 재정적 인센티브 제공 등이 있음

[표] 주요 국가별 전기자동차 정책지원 현황

| 국가 | 주요 정책                                                                                                                                               | 기타                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 미국 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일정 요건배터리 용량을 갖춘 전기차에 대해 소득세 공제 인센티브 제공 (상한액은 7,500달러)</li> <li>▪ 주 정부의 소득세 추가 감면, 보조금 등 인센티브 제공</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기본 417달러 감면 (5kWh 이상), 초과 1kWh당 417달러 추가</li> <li>▪ 업체별로 20만 대 이상 판매 시, 단계적 폐지 적용</li> </ul> |
| 유럽 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 탄소 배출량에 따라 부담금 부과 또는 보조금 지원</li> <li>▪ 세금 감면, 무료 충전, 전용 주차장 지원 등</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 보조금 지급 외 시장참여 유도 정책 병행</li> </ul>                                                            |
| 중국 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1회 충전시 주행거리에 따라 보조금 차등 지급</li> <li>▪ BEV(80km 이상), PHEV(50km 이상) 구매세 면제 등 세금감면 혜택</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 보조금 단계적 지급 축소 (2020년 폐지 계획이었으나 최근 코로나로 인해 연장)</li> </ul>                                     |
| 일본 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 동급 내연기관 차량 대비 비용 추가분을 기준으로 지정된 모델 별 보조금 지원 (최대 85만 엔)</li> <li>▪ Nissan Leaf(30kWh) 기준 33만 엔 지원</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지방 정부가 독자적으로 병용할 수 있는 보조사업 진행</li> </ul>                                                     |
| 한국 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 순수 전기차 대당 1,400만 원 정부보조금 지급, 지자체별 300~1,200만 원 지원</li> <li>▪ 세제 혜택, 충전요금 인하 등</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 개별소비세 감면 한도 200만 원</li> <li>▪ 교육세 감면 한도 60만 원</li> <li>▪ 취득세 감면 한도 200만 원</li> </ul>         |

※ 출처 : 전기자동차 핵심 밸류체인별 시장동향과 주요이슈, 삼성KPMG, 2018

## 가. 미국

- 미국 연방정부와 주정부의 온실가스 배출규제 및 신재생에너지 보급 확대 등으로 인해 분산전원인 이차전지의 수요가 증가
- 에너지정책법(2005년), 에너지 독립 및 안보법(2007년), 청정전력계획(2014년) 등을 통해 자동차 연비, 건물에너지, 화력발전소의 온실가스 배출 등 규제 강화
  - 2017년부터 2025년까지 온실가스 배출을 연간 3~6% 저감하고, 자동차 연비를 2005년 대비 47~62%(2025년 기준) 향상시키기 위한 기후변화 액션플랜을 발표(2013년)
- ‘EV Everywhere(2012년)’를 통해 2030년까지 50%의 자동차 석유 사용량 감축 목표
  - 80억 달러 규모의 전기자동차 지원 강화 방안 발표(2011년)
  - 전기자동차 구입 시 1인당 최대 7,500달러(차), 2,000달러(충전장치) 세제 혜택 및 보조금 지급, 배터리 용량에 따른 세금 감면, 관용차 50% EV·PHEV 의무 구매
  - 전기자동차 관련 R&D 222억 6,000만 유로 투자(~2015년)로 동 분야 투자 2~10위 나라의 총투자비(93억 9,100만 유로) 대비 2.4배 이상
- 정부 차원의 전기차 세제지원 및 판매 의무화, 인프라 구축 지원 등을 통해 전기차 보급이 확대되고 있으며, 이는 전기차의 에너지원인 이차전지 수요 증가를 전인
  - 정부 주도의 전기차 합동 구매, 소득세 공제(상한 \$7,500), 주정부의 소득세 추가 감면 및 보조금 지원 등 전기차 구매에 대한 세제 혜택 제공
- 캘리포니아 등 10개 주에서 2019년부터 무공해차 의무판매제를 실시하였으며, 의무할당량을 2025년까지 22%로 확대 예정
  - 의무판매제 (Zero Emission Vehicle Mandate, ZEV Mandata): 2만 대 이상을 판매하는 업체는 연간 판매량의 4.5%를 무공해차로 판매하도록 규제

- 에너지부(DOE)는 ‘Workplace Charging Challenge’ 프로그램을 통해 약 350개의 산·학·연이 참여하는 ‘주거지 및 직장 내 충전 인프라 구축을 위한 기술 개발’을 추진 중이며, 충전시설이 설치된 건물에 세제 혜택을 주는 등 전기차 인프라 구축을 주도

#### 나. 유럽

- 자동차 탄소배출규제 및 연비규제 강화에 따라 전기차 수요가 확대되고 있으며, 전기차로의 전환이 이차전지에 대한 정책적·재정적 지원을 가속화
- 유럽연합(EU)은 CO<sub>2</sub> 배출을 2050년까지 80%(1990년 대비) 감축하기로 합의하면서 자동차 탄소배출규제와 연비규제를 강화하였고, 2025년 노르웨이와 네덜란드를 시작으로 영국, 독일, 프랑스 등에서도 내연기관 차량의 판매를 금지할 계획
- EU 집행위원회(European commission)는 2017년 10월 European Battery Alliance(EBA)를 설립하여 유럽 전지 개발 및 생산에 관한 고위급 회의를 정기적으로 주최하고 있으며 이차전지 분야의 실행계획(Action plan)을 수립
  - 이차전지 분야의 혁신과 기술력 확보 및 생산역량 강화를 위해 회원국 간 프로젝트 연계 시 연구비 및 시범 설비 건립 등을 지원
- 독일과 프랑스 정부는 배터리 셀 생산을 위한 공동선언문을 발표(2018년)하고, 양국이 협력하여 관련 업체들의 기술개발과 시장진입 활동을 촉진하고 경쟁력 있는 배터리 셀 생산이 가능하도록 정부 차원의 지원을 확대하기로 합의
- 코로나19 발생 이후 경기침체와 유가 폭락이 이어지면서, 유럽 내 경기 회복을 위해 기존 유럽연합의 엄격한 환경규제 정책 완화가 있을 거라는 예상과 달리 유럽 국가들은 친환경 정책을 가속화를 추진
  - 프랑스는 2020년 자동차 산업에 대한 지원 정책을 발표하였는데 기존보다 전기차 보조금을 상향 조정하고 주행거리에 따른 보조금을 신설

- 독일은 2020년 대규모 경기부양패키지 발표 시 전기차 지원금액을 대당 6천 유로로 기존의 2배로 확대

[표] 프랑스 친환경 정책 강화 내용

|           | 정책 발표 내용                                                                                                                                                          |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 총액        | ▪ 총 80억 유로 자동차 부양책                                                                                                                                                |
| 보조금 상향    | ▪ 상향 6월 1일~ 12월 말까지 친환경차 (BEV, FCV) 보조금 대당 7,000유로로 상향 (기존 6,000유로)                                                                                               |
| 추가 보조금    | ▪ 대량 구매자 대상 추가 보조금 5,000유로 (기존 3,000유로 / 4만5천 유로 이하 차량, 4만5천~ 6만 유로는 부분 지급, 6만 유로 이상 해당 없음)<br>▪ 하이브리드 차량의 경우 주행거리에 따른 신규 보조금 2,000유로 신설 (5만 유로 이하, 주행거리 50km 이상) |
| 공공 충전소    | ▪ 충전소 공공 충전소 올해 말까지 35,000~40,000대 설치 (2021년까지 10만 대 목표)                                                                                                          |
| 친환경 차량 전환 | ▪ 기존 내연기관 차량을 저공해 차량으로 전환 시 3,000유로<br>▪ 신규 전기차 전환 시 5,000유로 지원                                                                                                   |
| 적용 기준 완화  | ▪ 프랑스 전체 가구의 75% 적용 가능 (기존 50%)                                                                                                                                   |
| 차량 생산 목표  | ▪ 2025년까지 1백만 대 전기차 생산 지원                                                                                                                                         |

※ 출처 : SECTOR UPDATE : 2차전지, 삼성증권, 2020

[표] 독일 친환경 정책 강화 내용

|        | 정책 발표 내용                                                                                               |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 총액     | ▪ 1,300억 유로 규모의 부양책 발표 전체                                                                              |
| 자동차 관련 | ▪ 정부 보조금 대당 최대 3,000유로에서 6,000유로로 상향 (4만 유로 이하 차량 부가세 19%에서 16%로 하향)<br>▪ 충전소 및 배터리 셀 공장을 위해 25억 유로 투입 |
| 비고     | ▪ 중고차 교환 프로그램 도입 논의 있었으나, ICE 차량 포함 논란으로 제외                                                            |

※ 출처 : SECTOR UPDATE : 2차전지, 삼성증권, 2020

#### 다. 일본

- 에너지 및 환경 문제 대응을 위해 안정·효율적인 친환경 에너지로의 전환 정책을 수립하고 전기차 기술 개발 및 보급을 지원하는 등 이차전지 응용 저변 확대

- 에너지·환경 문제 대응을 위해 ‘3E+S\*’ 기반의 ‘4차 에너지기본계획(2014년)’을 수립하였으며, 글로벌 에너지 정책 흐름에 부응함과 동시에 자국의 에너지시스템 혁신을 통한 에너지 시장 활성화 및 경쟁력 강화 추진

\* 3E+S는 안정성(Safety), 안정공급(Energy security), 경제효율성(Economic efficiency), 환경적합(Environmental conservation)을 의미

○ 일본 환경부는 저오염 배출 프로그램과 환경개선 프로젝트를 통해 전기차 도입 시의 전기 수요를 측정하고 구매보조금을 지원하며, 국토교통부는 저공해 자동차 촉진 대책 보조금을 통해 전기차수소차 세금의 50% 감면 추진

- 에너지 환경 혁신을 위한 유망 기술 연구개발을 강화하고 온실가스 배출량의 대폭적인 감축을 위해 차세대 지열발전, 이차전지 등 8대 분야에 주력하여 온난화 대책 마련과 경제성장 병행을 도모
- 2030년까지 신차 비율의 50~70%를 전기차 등 차세대 자동차로 전환하기 위해 전기차 주행거리 연장을 위한 전지 개발 지원

○ 글로벌 전기차 시장의 급성장에 따라 일본 정부는 자국 자동차 및 배터리 업계에 대한 파격적인 지원 추진

- 자동차(혼다, 닛산, 도요타 등) 및 배터리(아사히카세이, 도레이 등) 관련 업체의 차세대 전고체 전지 공동개발을 적극적으로 지원
- 경제산업성(METI)은 기술연구조합인 ‘리튬이온전지재료평가연구센터(LIBTEC)\*’에 16억 엔 지원(2018년)

\* LIBTEC: 2010년 NEDO 지원으로 설립되어 전지 소재와 완성품 회사 사이의 가교 역할 수행

○ 글로벌 이차전지 산업을 주도하기 위해 자국 중심의 전략적 국제 표준화 시도

- 하이브리드 전기차(HEV) 기술을 일찍이 확보하고 90년대 초반에 전기차 관련 표준을 개발하였으며 산업계 연합체인 CHAdeMO\*를 결성하여 급속 충전의 통일 규격을 제정

\* CHAdeMO : Charge와 Move의 합성어로서 도쿄전력 주도로 도요타, 닛산, 미쓰비시, 후지중공업이 가세한 급속 충전기 표준화 그룹

- 전지 성능·안전성 평가기법 및 충전 커넥터·시스템의 국제 표준화와 더불어 표준화 관련 민관협력 검토체제 강화와 인재육성 추진

## 라. 중국

- 전기차 보급 확대 계획 및 의무생산제 도입에 따라 이차전지 산업이 급성장하고 있으며 자국 기업 육성 중심의 지원 정책 추진
- 중국 자동차 기술 관련 단체인 중국자동차공정학회(China Society of Automotive Engineers)는 지난 27일 ‘에너지 절약·신에너지 자동차 기술 로드맵 2.0’을 발표
  - 로드맵은 2035년까지 일반 내연기관 자동차 생산을 중단하고 현재 중국 자동차 생산의 5%를 차지하고 있는 전기차를 비롯한 신에너지차 비중을 2025년 20%, 2030년 40%, 2035년 50%로 늘리겠다는 계획

|            | 2019년 | 2025년 | 2030년 | 2035년 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| 전통 내연기관    | 95%   | 40%   | 15%   | 퇴출    |
| 하이브리드차     |       | 40%   | 45%   | 50%   |
| 신에너지차(전기차) | 5%    | 20%   | 40%   | 50%   |

[그림] 중국의 친환경차 보급 로드맵

※ 출처 : 중국, "2035년 내연기관 자동차 퇴출" 공식 선언, 조선비즈, 2020

- 2019년 친환경 신에너지차 의무생산제가 실시되어 중국 시장에 진출한 글로벌 자동차 기업들의 전기차 생산이 의무화됨에 따라 이차전지 시장은 더욱 커질 것으로 전망
- 2015년 ‘전기차 이차전지 산업 규범 요건’을 발표하여 매년 합격 업체를 공시하나, 외국계 기업은 배제하여 중국산 이차전지를 탑재한 전기차에만 보조금을 지급하는 등 자국 기업 중심의 폐쇄적 육성 정책 추진
  - 합격 업체의 이차전지 이용이 보조금 수령 요건으로 인식되면서 전기차 업체들은 이차전지 공급사를 대부분 자국 로컬업체로 교체
  - 전기차 보조금은 2021년 전면 폐지될 예정이었으나 코로나로 인한 2020년 자동차 소비 급감으로 연기

○ 중국 전기차 보조금 폐지가 연기된 가운데, 최근 2021년 중국 전기차 보조금 정책이 발표

- 2020년 12월 31일 재정부, 공업정보화부, 과학기술부, 발전개혁위원회가 공동으로 「신에너지자동차 보급·응용을 위한 재정보조정책」을 발표
- 중국의 전기차 보조금 정책은 전기차 구매 시 소비자가 지불해야 할 일부 금액을 정부재정으로 제조사에 지급하는 기준을 주로 다루고 있음
- 코로나19의 영향으로 2020년 상반기 자동차 소비가 급감하면서, 2020년 4월 중국 중앙정부는 2020년 연말까지 폐지 예정이었던 전기차 보조금 정책을 2022년까지 연장

### Ⅲ. 기술 동향

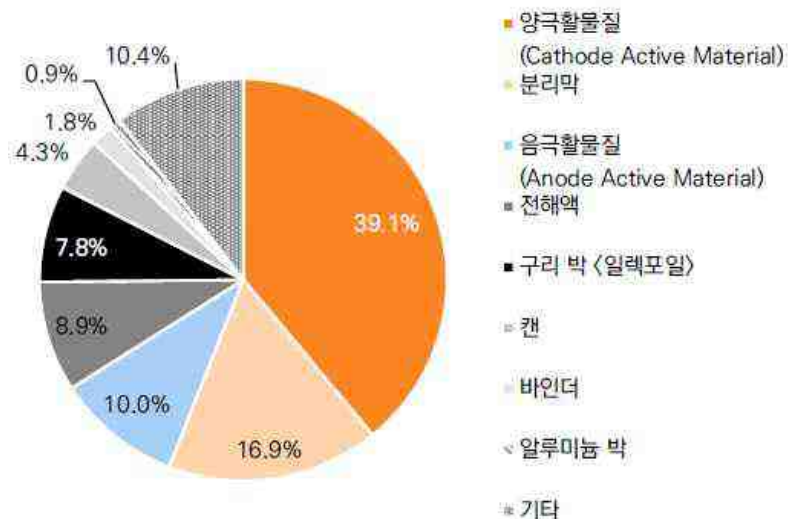
#### 1. 기술범위 및 특징

○ 전기자동차(xEV, Electrically Propelled Vehicle)는 전기에너지를 구동 동력원으로 사용하여 주행하는 자동차로 정의할 수 있으며, 에너지저장시스템은 전기자동차의 에너지원으로 사용되는 전기에너지를 저장할 수 있는 충·방전이 가능한 이차전지를 의미

- 이차전지는 양극활물질과 음극활물질의 종류에 따라 리튬이온전지, 납축전지, Ni-Cd전지, Ni-MH전지 등이 있으며, 충전과 방전 과정을 통해 재사용이 가능한 전지를 의미함
- 리튬이온 이차전지는 방전(放電) 및 충전(充電) 과정에서 전지 내부에서 리튬이온이 이동하고, 전지 외부에서 전자가 이동하는 이차전지로서 전기차(xEV)용 에너지저장시스템에 널리 사용되고 있음

○ (구조) 리튬 이온이 양극과 음극 사이를 이동하면 동시에 전자가 외부 회로를 통해 이동하면서 충전과 방전을 반복

- (소재) 재료비의 70% 이상을 차지하는 양극재, 음극재, 분리막, 전해질과 함께 동박(음극재), 알루미늄박(양극재), 캔, 바인더 등이 사용됨



[그림] 이차전지 소재별 원재료비 비중

※ 출처 : 차량용 2차전지 산업 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2019

○ 각 소재별 재료비 비중은 원통형 리튬이온 이차전지 기준으로 양극재(39%), 음극재(10%), 분리막(17%), 전해액(9%)임

- (양극재) 리튬 이온을 공급하는 소재로 배터리의 비용과 성능(용량 및 전압)을 결정하며 리튬과 함께 사용되는 금속염의 성분(니켈, 망간, 코발트, 철 등) 비중에 따라 다양한 제품이 생산됨
- (음극재) 충전 시 양극에서 방출된 리튬 이온을 저장했다가 방전 시 방출하는 역할을 하며, 활물질로는 구조가 안정적이면서 가격이 저렴한 흑연을 주로 사용
- (분리막) 양극과 음극이 닿지 않도록 가로막되 미세한 기공을 통해 리튬이온만 이동할 수 있도록 하여 과전류를 차단하는 안전장치로, 건식막, 습식막, 강화막으로 구분
- (전해질) 리튬 이온의 전달 매개체로 리튬염을 유기용매에 용해하여 사용하며, 액체 유기용매를 주로 사용했으나 누출로 인한 발화 위험을 방지하고자 최근에는 폴리머 가소제 사용 및 고체 전해질 개발 추세

○ (특징) 높은 에너지밀도와 출력, 환경 친화성, 긴 수명주기 등이 장점이나, 고밀도로 인해 충격에 위험하고 온도에 민감

- (고출력 · 고밀도) 출력전압과 에너지 밀도가 높을 뿐 아니라 가벼운 리튬 금속을 사용하여 경량화 · 소형화 가능
- (긴 수명주기) 다른 이차전지에 비해 충전 시간은 짧지만 더 많은 충 · 방전이 가능하며, 잔량이 남은 상태에서 충전 시 가용 용량이 줄어드는 ‘메모리 효과(memory effect)’가 없음
- (온도에 민감) 최적온도는 5~35℃로, 낮은 온도에서는 이온 이동속도가 감소하면서 성능이 떨어지며, 온도가 높아지면 용량(수명) 감소
- (환경 친화적) 카드뮴, 납, 수은 등의 유해물질이 없음

[표] 리튬이온전지와 기타 이차전지 비교

| 구분       | 납축전지                  | 니켈-카드뮴 전지              | 리튬이온전지                 |
|----------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 공칭 전압    | 2.0V                  | 1.2V                   | 3.7V                   |
| 체적 에너지밀도 | 98mWh/cm <sup>3</sup> | 100mWh/cm <sup>3</sup> | 537mWh/cm <sup>3</sup> |
| 중량 에너지밀도 | 47mWh/g               | 38.2mWh/g              | 185mWh/g               |

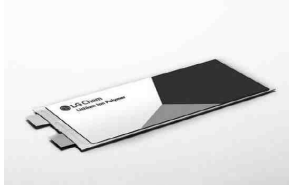
| 구분     | 납축전지                 | 니켈-카드뮴 전지      | 리튬이온전지       |
|--------|----------------------|----------------|--------------|
| 가격     | 83원/Wh               | 595원/Wh        | 337원/Wh      |
| 메모리 효과 | 있음                   | 매우심함           | 전혀없음         |
| 충전 특성  | 12~13시간@0.1CmA       | 14~15시간@0.1CmA | 2~3시간@0.5CmA |
| 수명     | 300회 이상<br>(유지보수 필요) | 500회 이상        | 500회 이상      |
| 자기방전율  | 10% 미만/월(온도민감)       | 30% 이상/월       | 10% 미만/월     |
| 환경친화도  | 나쁨(납, 황산 등)          | 나쁨(중금속-카드뮴)    | 좋음           |

※ 출처 : 차량용 2차전지 산업 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2019

○ (종류) 원통형 전지는 모바일 IT기기 등에서 가장 널리 사용되는 형태로서 기술적 성숙도가 높으며, 대량 양산체제가 구축되어 있어 상대적으로 가격이 저렴하고 안정성이 우수하고 수급이 용이함

- 각형 전지는 금속 캔 형태 제작되어 파우치형과 비교하면 상대적으로 에너지 밀도가 낮으나, 금속 캔으로 내부물질을 보호하고 있어 내구성이 뛰어나고 상대적으로 안정성이 우수함
- 파우치형 전지는 알루미늄 포일로 만들어진 파우치에 배터리 구성물들이 싸인 형태로서 높은 설계 자유도를 가지나, 각형과 비교하면 상대적으로 내구성 및 안정성 측면에서 불리함

[표] 전기자동차용 리튬이온 이차전지 종류

| 구분  | 원통형                                                                                                                        | 각형                                                                                                            | 파우치형                                                                                                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 형태  |                                         |                           |                                      |
| 특징  | <ul style="list-style-type: none"> <li>원통형 캔의 형태로 가격이 저렴하고 수급이 용이</li> <li>작은 사이즈로 인해 전기차에 적용하기 위해 다량의 이차전지가 필요</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>금속캔에 이차전지를 담은 형태로 내구성이 우수</li> <li>생산비용이 파우치와 비교하여 상대적으로 저렴</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>파우치형은 알루미늄 포일에 배터리 구성물들이 싸인 형태</li> <li>높은 설계 자유도를 가지고 있어 다양한 크기로 생산 가능</li> </ul> |
| 제조사 | <ul style="list-style-type: none"> <li>파나소닉, 삼성SDI, LG화학</li> </ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>삼성SDI, LEJ, BYD</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>LG화학, SKI, AESC</li> </ul>                                                         |

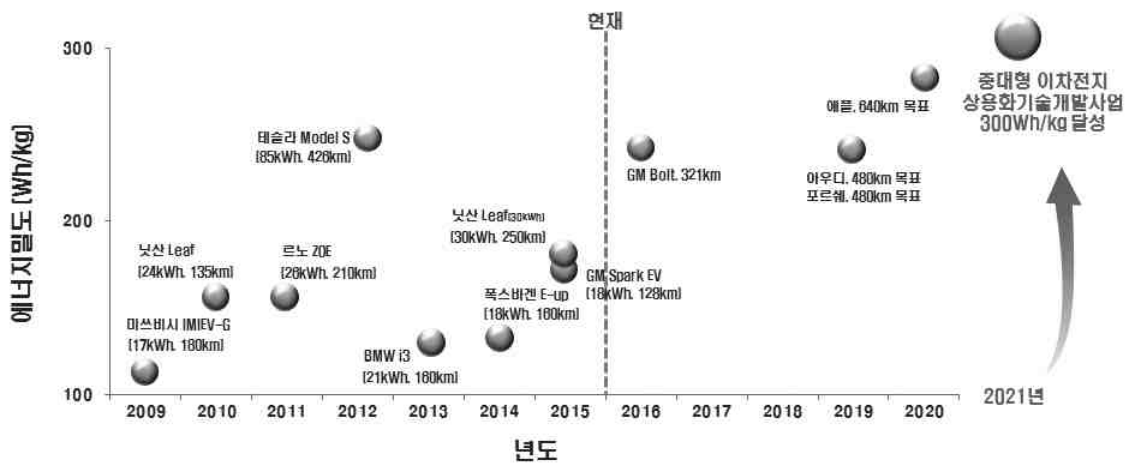
| 구분         | 원통형                                                                               |                                                                                   | 각형                                                                                |                                                                                    | 파우치형                                                                                |                                                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 탑재된<br>전기차 |  |  |  |  |  |  |
|            | Model S                                                                           | Model X                                                                           | BMW i3                                                                            | BYD Tang                                                                           | Nissan Leaf                                                                         | GM Volt                                                                             |

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

## 2. 국내/외 기술 Trend

○ 출시되는 전기자동차의 종류가 다양해지고, 소비자 수용성 제고를 위한 주행거리 향상 요구가 대두됨에 따라 배터리의 에너지 밀도 향상을 위한 기술개발이 지속적으로 이루어지고 있음

- 초기 1세대 전기자동차용 배터리의 에너지 밀도는 약 150Wh/kg 수준
- 일회충전 주행거리 향상을 위한 지속적인 에너지 밀도를 향상 기술개발을 통해 현재 양산되고 있는 전기자동차에는 약 240Wh/kg의 에너지 밀도를 갖는 전지가 탑재됨



[그림] 전기자동차 주행거리와 에너지 밀도

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

○ 전기자동차용 리튬이차전지는 1회 충전 주행거리의 증대와 가격경쟁력 제고를 위해 지속적인 기술개발 추진 중

- 지속적인 기술개발의 결과로 향후 일회충전으로 500Km 이상 주행할 수 있는 3세대 전기자동차에는 240Wh/kg의 에너지 밀도를 갖는 전지가 탑재될 것으로 예상됨
- 에너지 밀도 향상을 위해 극판과 분리막의 두께를 최소화하고, 양·음극 소재에 대한 연구개발에도 집중적으로 투자하고 있으며, 전해액의 전도성을 높이기 위한 노력이 이루어지고 있음
- 이차전지 가격 인하 요구에 대응하기 위해 모든 전지 기업이 부품 및 공정의 단가를 낮추기 위한 공정 프로세스 혁신을 추진 중인 것으로 알려졌다

- 현재 전기자동차에 탑재된 이차전지의 kWh당 주행거리는 평균 약 6km 정도이며, 일회충전 주행거리 향상을 위한 탑재량 증대 기술개발이 활발히 진행 중
- 전기자동차의 일회충전 주행거리는 차량의 중량, 크기, 형상 및 시스템 효율 등 종합적 요인에 의해 결정됨
- 전기자동차에 탑재되는 에너지량은 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 이를 효과적으로 구현하기 위한 다양한 방안이 강구되고 있음

[표] 전기자동차 주행거리와 배터리 탑재량

|                           | 전지제조사        | 전지탑재량<br>(kWh) | 주행거리<br>(km) | 배터리효율<br>(km/kWh) |
|---------------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------|
| BMW i3                    | SDI(韓)       | 21.3           | 130          | 6.1               |
| Nissan Leaf<br>(30kWh)    | AESC(日)      | 30.1           | 172          | 5.7               |
| Hyundai ioniq<br>electric | LGC(韓)       | 28.3           | 200          | 7.0               |
| GM Bolt                   | LGC(韓)       | 60.0           | 383          | 6.4               |
| Tesla Model S<br>(85kWh)  | Panasonic(日) | 85.0           | 426          | 5.0               |

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

#### 가. 배터리 소재 기술 개발 동향

- 향후 배터리 소재업체들의 기술개발은 ‘에너지밀도 향상, 수명 개선, 충전시간 단축, 저온성능 개선’을 위한 방향으로 추진
- (양극재) High-nickel 양극활 물질과 CNT(Carbon nanotube) 도전재를 적용해 에너지 밀도를 높이는 방향으로 개발될 것으로 예측
- (음극재) 기존 흑연 음극활물질에 실리콘 음극활물질 5wt%~15wt%를 섞는 형태로 리튬이온의 저장 용량을 높이고 충전 시간을 개선할 것으로 예상
- (전해액) LiPF<sub>6</sub>, LiFSI(F전해질), LiPO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>(P전해질) 등의 범용 전해질에 더해 LiDFOP(D전해질), LiBOB(B전해질) 등을 첨가해 배터리 수명, 저온성능 및 충/방전 효율을 개선시키는 방향일 것으로 예측

[표] 전기자동차 소재별 기술 변화 방안

| 구분                   |        | 소재 개발 방안                                   | 국내 관련 업체                                        |
|----------------------|--------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 주행 거리<br>&<br>배터리 가격 | 양극재    | High-nickel,<br>High-Mn                    | 에코프로비엠, 엘앤에프, 포스코케미칼,<br>LG화학, 코스모신소재           |
|                      |        | CNT 도전재                                    | 나노신소재, 동진세미켐, LG화학                              |
|                      | 음극재    | Si 음극활물질<br>첨가+CNT 도전재                     | 대주전자재료(LGES)/BTR(삼성SDI)<br>+나노신소재(음극용)          |
|                      | 양극판    | Al foil 극판 두께 얇게                           | 롯데알루미늄                                          |
|                      | 음극판    | Cu foil 극판 두께 얇게                           | 일진머티리얼즈, SK넥실리스, 솔루스첨단소재                        |
| 고속 충전                | 양극재    | CNT 도전재                                    | 나노신소재, 동진세미켐, LG화학                              |
|                      | 음극재    | Si 음극활물질<br>첨가+CNT 도전재                     | 대주전자재료(LGES)/BTR(삼성SDI)<br>+나노신소재(음극용)          |
|                      | 전해액(질) | LiPO2F2, LiDFOP,<br>LiBOB, 전해액 첨가제         | 전해액: 동화일렉트로, 솔브레인<br>전해질: 후성, 천보, 캠틀로스, 덕산테코피아  |
| 안정성<br>향상            | 분리막    | 고강도, 내열성                                   | SK아이이테크놀로지, WCP(W-Scope 자회사)                    |
|                      | 전해액(질) | LiPO2F2, LiDFOP,<br>LiBOB, 전해액 첨가제         | 전해액: 동화일렉트로, 솔브레인<br>전해질: 후성, 천보, 캠틀로스, 덕산테코피아  |
| 저온 특성                | 전해액(질) | LiFSI(Lithium<br>bis(fluorosulfonyl)imide) | 전해액: 동화일렉트로, 솔브레인<br>전해질: 후성, 천보, 캠틀로스, 덕산테코피아  |
| 수명 향상                | 양극재    | CNT 도전재                                    | 나노신소재, 동진세미켐, LG화학                              |
|                      | 전해액    | LiFSI, LiPO2F2,<br>LiDFOP, 전해액 첨가제         | 전해액: 동화일렉트로, 솔브레인, 전해질:<br>후성, 천보, 캠틀로스, 덕산테코피아 |

※ 출처 : [이차전지] 2021 모든 것이 예상을 뛰어넘는다, 하이투자증권, 2020

|                      | 2017                                   | 2018 | 2019                                                             | 2020 | 2021                         | 2022 ~ 2025                       | ~ 2030                       |                                       |                                  |
|----------------------|----------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Cell Energy Density  | ~200 Wh/kg<br>(250~350km)              |      | 200~220 Wh/kg<br>(350~450km)                                     |      | 220~280 Wh/kg<br>(450~550km) |                                   | 280~320 Wh/kg<br>(550~650km) | 전고체 배터리<br>(700km~)                   |                                  |
| 양극(Cathode)          | NCM(Ni 5X%)                            |      | NCM(Ni 60%~)                                                     |      | Ni(70%~)                     |                                   | High-nickel<br>(80%~)        | High-Nickel(Ni: 90%~)<br>NCM/NCA/NCMA | 기존 양극재 혹은<br>Composite electrode |
| 음극(Anode)            | 흑연(Graphite)                           |      |                                                                  |      |                              | 흑연+Si 5wt%,<br>Si 10wt%, Si 15wt% |                              | 기존 음극재<br>혹은 Li metal                 |                                  |
| 전해질<br>(Electrolyte) | LiPF <sub>6</sub>                      |      | ① LiPF <sub>6</sub> + F/P/D/B 전해질, ② LiPF <sub>6</sub> + 전해액 첨가제 |      |                              |                                   |                              | Solid electrolyte                     |                                  |
| 분리막<br>(Separator)   | Polymer Membranes+PVDF Ceramic Coating |      |                                                                  |      |                              |                                   |                              | -                                     |                                  |

[그림] 주요 배터리 업체들의 소재별 기술 변화 Road-map

※ 출처 : [이차전지] 2021 모든 것이 예상을 뛰어넘는다, 하이투자증권, 2020

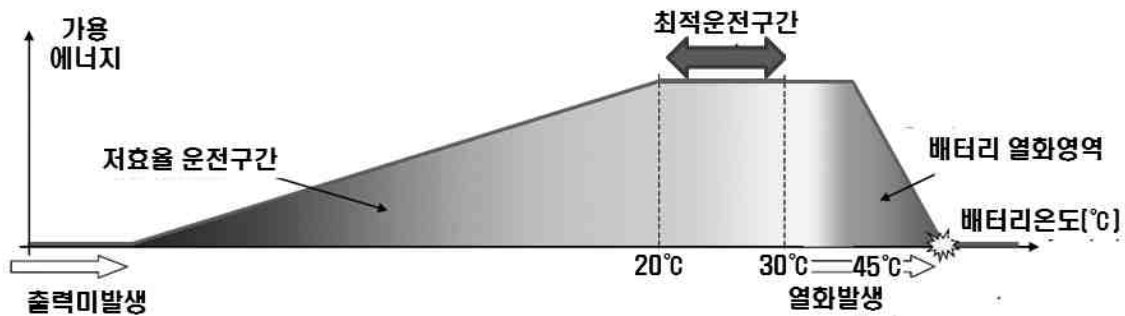
## 나. 배터리 종류별 기술 개발 동향

- 각형과 파우치형으로 대별되는 중·대형전지의 경우 형태별 장점 극대화과 단점 보완을 위한 기술개발이 집중적으로 수행되고 있음
  - 각형 전지는 견고한 특성을 기반으로 용량 증대를 위한 새로운 소재를 적극적으로 채용하고 있으며, Dead Space 최소화과 부품의 단순화에 집중하고 있음
  - 파우치형 전지의 경우 각형 셀보다 에너지 밀도 측면에서 유리하므로 다소 낮은 용량의 안정적인 소재 채용이 가능하고, 이를 통한 가격경쟁력 확보에 강점을 가질 수 있음
- 차량용 소형 원통형전지는 테슬라 전기자동차의 판매 호조에 따라 수요 확대가 전망되며, 이에 따른 전지 기술 개발도 활발히 진행되고 있음
  - 파나소닉 및 LG화학, 삼성SDI 등은 원통형전지에 대한 기술개발을 진행하여 양산을 준비 중이며, 양극 소재로 NCA 또는 Ni-rich NCM을 사용하고, 음극으로는 Gr-Si 혼합 소재를 사용하는 것으로 알려져 있음
- 전기자동차 시스템 구성 형태에 따라 이차전지에 요구하는 특성이 상이하며, 이에 따라 다양한 전지 설계 기술개발이 진행되고 있음
  - HEV 시스템용 리튬이차전지 팩은 트렁크 등 상대적으로 장착 위치에 대한 제약이 커서, 이에 대응하기 위한 설계기술이 중요한 요소로 고려되고 있음
  - PHEV, BEV는 상대적으로 탑재되는 셀의 수가 많기 때문에 팩의 부피가 커져 차체 하부에 배치되며, 각 제조사가 팩의 최적화와 연계하여 개발을 진행 중임

## 다. 이차전지 팩 관련 연구 동향

- 이차전지 팩은 차량 장착성 등을 고려하여 효과적인 냉각 및 안정성 확보를 위한 연구개발을 집중적으로 진행 중임
  - 셀의 중량, 부피 에너지 밀도의 차이에도 불구하고 최종 성능은 모듈 및 팩 구현기술에 의해 결정될 수 있음

- 주행거리 증대를 위해 이차전지 용량을 증가시키는 방향으로 전기자동차 개발이 이루어지고 있고, 이차전지 최적 효율 운전을 확보하기 위한 배터리팩 적용 열관리 기술에 대한 중요성이 커지고 있음
- 외부 운전 환경 변화로 인한 저효율 구간에서의 운전(혹한) 및 내구성 저하(혹서) 대응을 위한 이차전지 열관리 시스템을 전기자동차에 적용하고 있음



[그림] 전기자동차 이차전지 열관리시스템의 중요성

※ 출처 : HV Battery Thermal management for PHEV & EV, Int. Scientific Conf. on HEV and EV, Peugeot Citroen, 2011

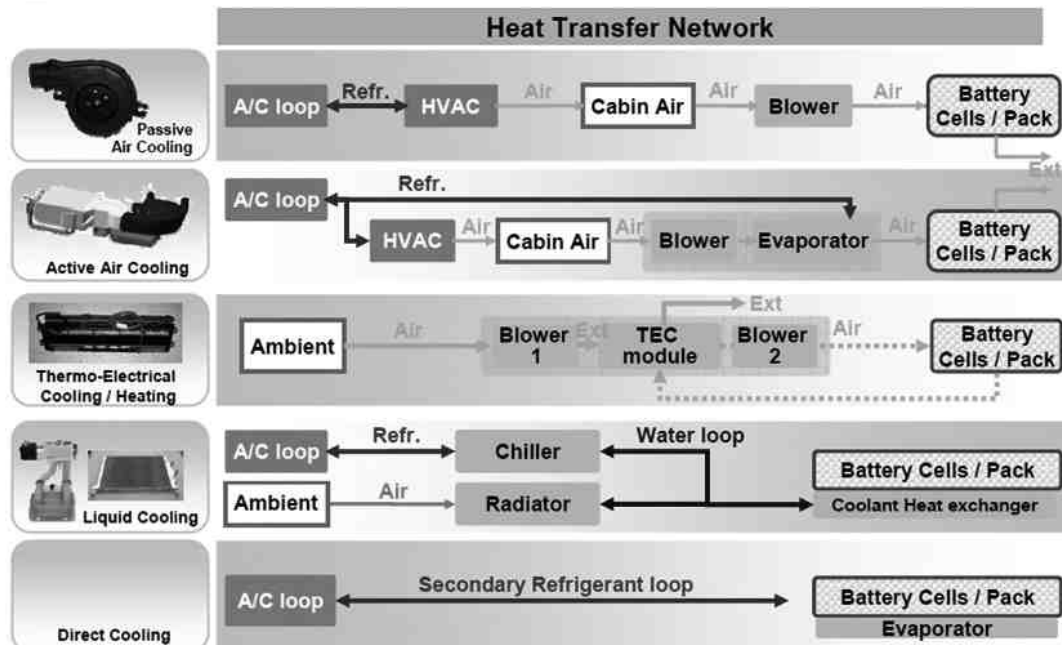
- 전기자동차의 이용효율 제고를 위해 이차전지 시스템을 최적 효율 구간에서 사용하기 위한 이차전지 냉각/히팅용 열관리 시스템을 채용하고 있음

[표] 양산형 전기자동차 이차전지 열관리시스템 적용 예

| 차종<br>(제조사)        | 국내              |                       | 해외           |              |                         |             |                    |
|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------------------|-------------|--------------------|
|                    | Ray EV<br>(KIA) | Ioniq EV<br>(Hyundai) | Volt<br>(GM) | Bolt<br>(GM) | Fluence ZE<br>(Renault) | i3<br>(BMW) | Model S<br>(Tesla) |
| 형상                 |                 |                       |              |              |                         |             |                    |
| 열관리<br>방식          | 공기<br>냉각        | 공기<br>냉각              | 냉각수<br>냉각/가열 | 냉각수<br>냉각/가열 | 공기<br>냉각/가열             | 냉매<br>냉각    | 냉각수<br>냉각/가열       |
| 배터리<br>용량<br>(kWh) | 16.4            | 28.3                  | 21.3         | 60.0         | 22.0                    | 21.3        | 65.0               |

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

- 이차전지 용량, 전기차 작동환경, 배터리팩 설계 주안점에 따라서 열관리에 사용되는 냉각 유체와 시스템의 종류가 결정되고, 최적 제어기술이 적용



[그림] 이차전지 열관리 시스템 방식

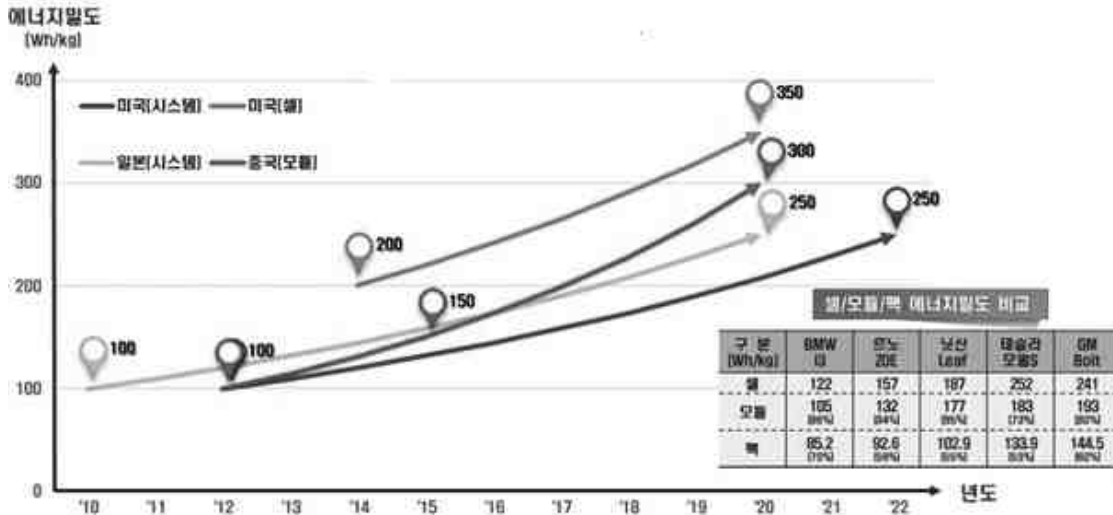
※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

[표] 이차전지 열관리시스템 장단점 비교

|         | Fan-Forced Convection (공기) | Thermo-electric (공기) | Air conditioner (냉매) | Cold plate (냉각수) |
|---------|----------------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| 시스템 구조  |                            |                      |                      |                  |
| 열관리 성능  | 나쁨                         | 보통                   | 좋음                   | 좋음               |
| 셀온도 균일도 | 나쁨                         | 보통                   | 좋음                   | 좋음               |
| 사용 용이성  | 좋음                         | 보통                   | 보통                   | 보통               |
| 실차 적용성  | 좋음                         | 보통                   | 보통                   | 보통               |
| 유지 보수성  | 좋음                         | 보통                   | 보통                   | 보통               |
| 내구성     | 좋음                         | 나쁨                   | 보통                   | 보통               |
| 초기 비용   | 좋음                         | 나쁨                   | 보통                   | 보통               |
| 유지 비용   | 좋음                         | 보통                   | 보통                   | 보통               |

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

- 우리나라를 비롯하여 일본, 중국, 미국 등 전 세계적으로 이차전지 에너지 밀도 향상을 위해 기술개발로드맵을 수립하여 R&D를 지원 중임



[그림] 이차전지 열관리 시스템 방식

※ 출처 : 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018

#### 라. 전고체 배터리 관련 연구 동향

- 차세대 배터리로 불리는 전고체 배터리는 최근 논문상으로 혁신적인 연구개발이 이루어지고 있지만 실제 전기차에 적용되는 시기는 적어도 2027~2030년 이후일 것으로 전망
  - 향후 상용화가 되더라도 시장은 배터리 양산성을 고려한 가격 대비 성능비가 중요할 것으로 판단
  - 현시점에서 볼 때 전기차용 배터리 방식이 현재 리튬 배터리의 기본 구조에서 크게 바뀔 가능성 존재
- 전고체 배터리는 기존의 리튬이온 배터리보다 에너지 밀도가 월등히 높아 전기차의 주행거리를 늘리는데 유리하고, 충전 시간도 기존 순수 전기차의 1/3 수준으로 대폭 짧아질 수 있다는 장점을 확보하고 있어 리튬이온 배터리 가진 기술적 한계를 극복할 수 있는 차세대 배터리
- 이론적으로는 리튬이온 배터리의 에너지 용량이 300~400Wh/l 가 한계인

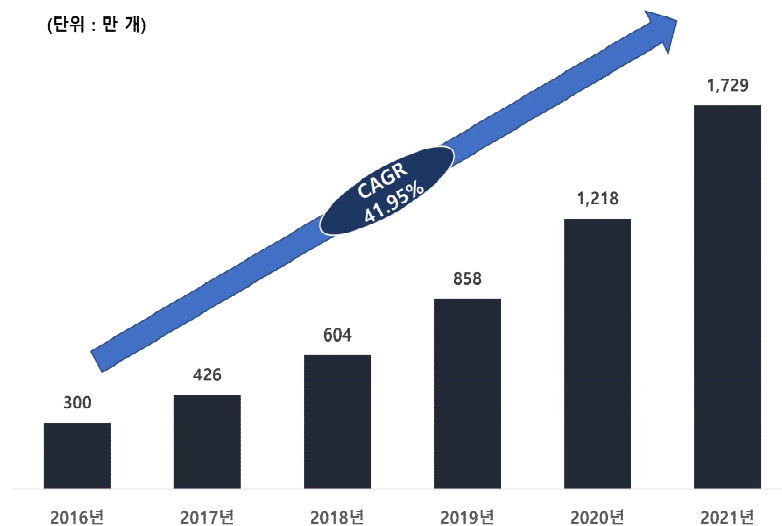
- 반면 전고체 배터리는 700~800Wh/l 수준까지도 에너지 특성 구현 가능
- 특히 액체 전해액이 고체 전해질로 대체되면서 전기 화학적 안정성이 낮고, 고열과 외부 충격에 의해 부피 팽창, 화재 등의 위험 요인이 존재하는 리튬이온 배터리 대비 안정성이 크게 향상
- 국내외 전기차 배터리 관련 업체는 차세대 전지인 전고체 전기 관련 연구를 추진 중
- (도요타) 최근 현지 언론에 따르면 2021년 전고체 배터리를 장착한 전기차 시제품을 공개할 계획인 것으로 보도
  - (삼성SDI) 2025년에 전고체 배터리 시제품 공개 후 2027년부터 양산할 계획
  - (QuantumScape) Microsoft 창업자 Bill Gates와 전 세계 1위 완성차 업체인 폭스바겐이 투자한 미국 Start-up 업체인 QuantumScape는 15분 만에 80% 까지 충전할 수 있는 전고체 배터리를 개발 중이며 2024~2025년부터 본격 양산 계획
  - (현대자동차) 전고체 배터리를 탑재한 전기차를 2025년 시범 생산하고 2030년 본격 양산할 예정
  - (한농화성) LG화학, 한국화학연구원 등과 함께 '리튬금속고분자전지용 전고상 고분자 전해질 소재 합성 기술 및 상용화 기술 개발' 국책사업을 통해 전고체 배터리 핵심소재인 전해질을 개발 중
  - (씨아이에스) 에코프로비엠, KETI, 한양대, 성균관대, LG화학과 함께 고체 전해질 소재 개발을 위한 국책 연구를 수행 중
  - (이지) 한국화학연구원, 충남대, 한양대 등과 함께 전고체 전지용 음극 기술 개발을 위한 국책 과제를 3년간 수행
  - (브이티지엠피) 2021년 한국전기연구원의 전고체 전지 양극재 관련 기술 지적 사업화를 위해 에디슨모터스, 에디슨테크, 한국전기차협동조합과 공동사업 협약을 체결
- 전고체 배터리 기술 변화에도 리튬을 생성하는 역할을 하며 배터리 용량과 평균 전압을 결정하는 배터리의 에너지원인 양극재(NCM/NCA) 사용은 계속될 것으로 예상

## IV. 시장 동향

- 전기자동차(EV) 배터리 시장은 전기자동차(EV) 판매에 전적으로 의존하고 있으며, 새로운 기술과 배터리 가격의 하락으로 인해 2010년부터 전기자동차(EV) 판매가 증가하고 있음
- 전기자동차(EV) 배터리는 고밀도 및 긴 수명을 가지므로 전기자동차(EV) 시장 성장을 촉진함
  - 한편, 환경오염 배출에 대한 엄격한 정부 규제에 의해 제조업체는 친환경 자동차로 판매 방향을 전환할 수밖에 없음

### 1. 글로벌 시장

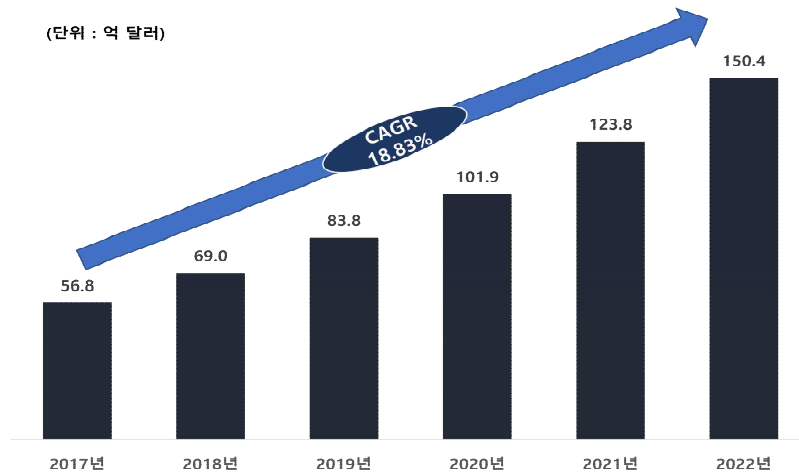
- 전 세계 전기자동차(EV) 배터리 시장은 2016년 300만 개에서 연평균 성장률 41.95%로 증가하여, 2021년에는 1,729만 개에 이를 것으로 전망됨



[그림] 글로벌 전기자동차(EV) 배터리 시장의 판매 규모 및 전망

※ 출처 : Global Electric Vehicle Battery Market, TechNavio, 2017

- 전 세계 전기자동차(EV) 리튬이온 배터리 시장은 2017년 56억 8,000만 달러에서 연평균 성장률 21.50%로 증가하여, 2022년에는 150억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망됨

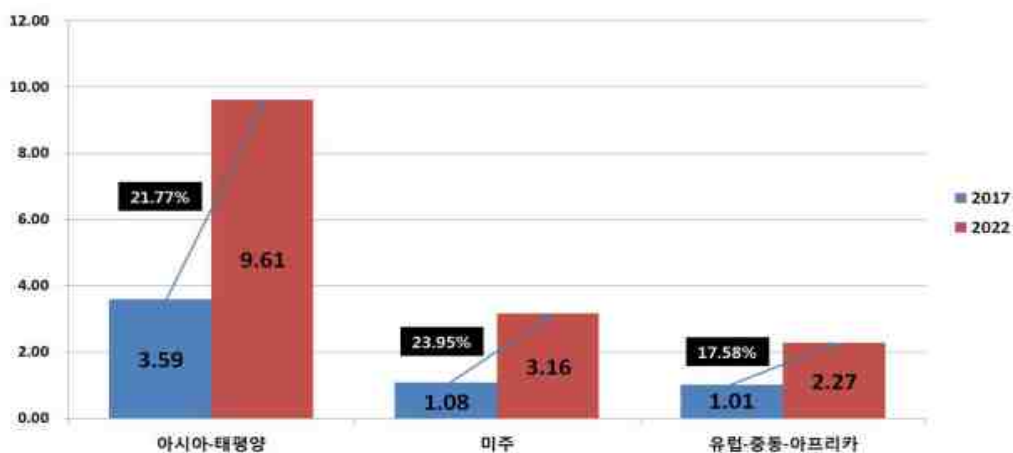


[그림] 글로벌 전기자동차(EV) 리튬이온 배터리 시장 규모 및 전망

※ 출처 : Global EV Li-ion Battery Market, TechNavio, 2018

○ (지역별 현황) 전 세계 전기자동차(EV) 리튬이온 배터리 시장을 지역별로 살펴보면, 2017년을 기준으로 아시아-태평양 지역이 63.20%로 가장 높은 점유율을 나타내었음

- 아시아-태평양 지역은 2017년 35억 9,000만 달러에서 연평균 성장률 21.77%로 증가하여, 2022년에는 96억 1,000만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 미주 지역은 2017년 10억 8,000만 달러에서 연평균 성장률 23.95%로 증가하여, 2022년에는 31억 6,000만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 유럽-중동-아프리카 지역은 2017년 10억 1,000만 달러에서 연평균 성장률 17.58%로 증가하여, 2022년에는 22억 7,000만 달러에 이를 것으로 전망됨

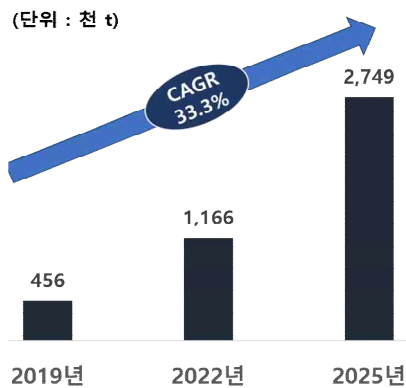


[그림] 글로벌 전기자동차(EV) 리튬이온 배터리 시장의 지역별 시장 규모 및 전망 (단위: 십억 달러)

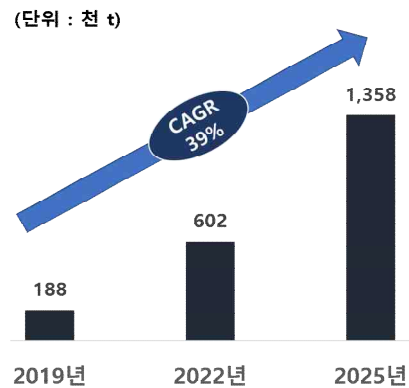
※ 출처 : Global EV Li-ion Battery Market, TechNavio, 2018

○ (소재별 현황) 전 세계 주요 배터리 시장을 소재별로 살펴보면, 전기차 배터리용 동박 시장이 연평균 성장률 41%로 가장 빠르게 성장할 것으로 예상됨

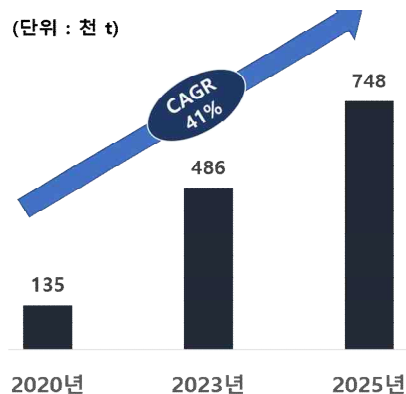
- 이차전지 양극활물질 시장은 2019년 45.6만 톤에서 연평균 성장률 33.3%로 증가하여, 2025년에는 274.9만 톤에 이를 것으로 전망됨
- 이차전지 음극활물질 시장은 2019년 18.8만 톤에서 연평균 성장률 39%로 증가하여, 2025년에는 135.8만 톤에 이를 것으로 전망됨
- 전기차 배터리용 동박 시장은 2020년 45.6만 톤에서 연평균 성장률 41%로 증가하여, 2025년에는 74.8만 톤에 이를 것으로 전망됨
- 이차전지 분리막 시장은 2019년 2,807백만 m<sup>2</sup>에서 연평균 성장률 38%로 증가하여, 2025년에는 19,263백만 m<sup>2</sup>에 이를 것으로 전망됨



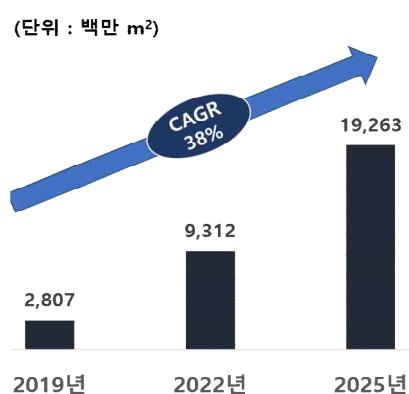
[그림] 글로벌 이차전지 양극활물질 시장 규모 및 전망



[그림] 글로벌 이차전지 음극활물질 시장 규모 및 전망



[그림] 글로벌 전기차 배터리용 동박 시장 규모 및 전망



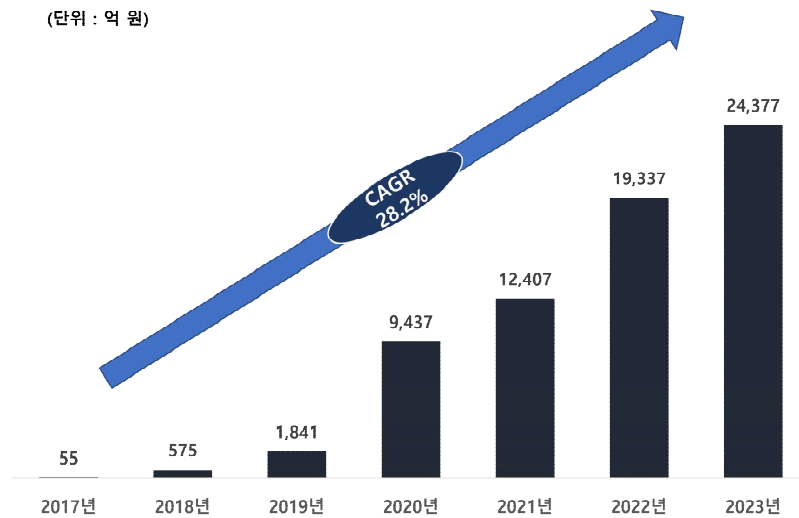
[그림] 글로벌 이차전지 분리막 시장 규모 및 전망

※ 출처 : [이차전지] 2021 모든 것이 예상을 뛰어넘는다, 하이투자증권, 2020

- **(특징)** 리튬이온전지 산업은 전기차 시장 확대에 힘입어 급성장하고 있으며, 각국의 이차전지 시장 주도권 확보를 위한 점유 경쟁이 과열되고 있는 상황
  - 세계 자동차 시장에서 전기차 판매 점유율은 지속 성장(2013년 0.23% → 2018년 2.03%)하여 2040년에는 57%에 이를 것으로 예상되며, 이에 따라 전기차에 탑재되는 중·대형 전지 시장은 용량 기준으로 10년간(2020~2030년) 15배 이상 성장할 전망
  - 전기차 시장점유율은 일본 Panasonic이 Tesla 독점 납품으로 점유율 1위를 차지하고 있었으나, 독점 구도의 와해 및 중국 기업의 해외 수주 경쟁에 참여로 경쟁은 과열 양상
  - EU는 2017년 European Battery Alliance를 출범하고 Strategic Action Plan을 발표(2018년)하였으며, 미국의 Tesla는 Panasonic과 합작하여 2020년까지 전기차용 이차전지 생산을 위한 65GWh급 기가팩토리 준공을 계획

## 2. 국내 시장

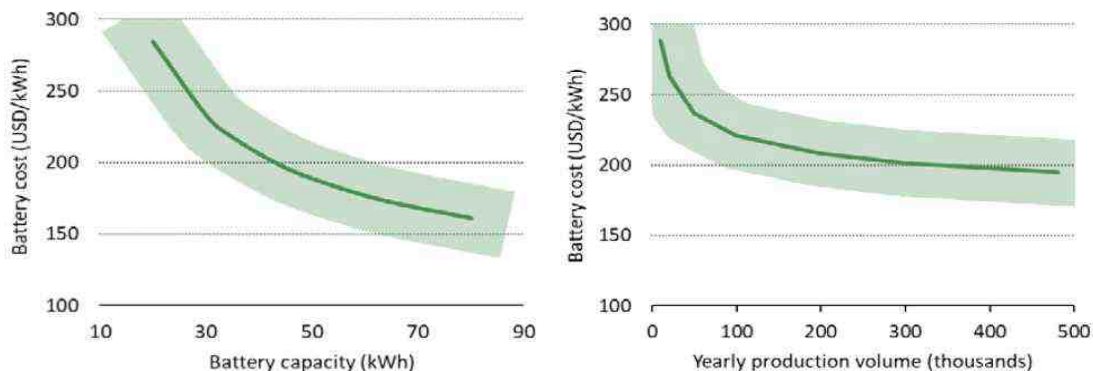
- 전기자동차 배터리로 이용되는 국내 수송기계용 중형 리튬이온전지 시장 규모는 2017년 58억 원에서 연평균 성장률 28.2%로 증가하여, 2023년에는 2조 4,377억 원에 이를 것으로 전망됨



[그림] 국내 수송기계용 중형 리튬이온전지 시장규모 및 전망

※ 출처 : Global 전기자동차 시장 및 Battery 공급 전망, SNE Research, 2017

- 전기차 판매가격에 직접적인(약 40% 차지) 영향을 미치는 배터리 가격은 표준화를 통한 대량생산 및 기술개선에 의한 하락세가 유지될 것으로 보이나 하락폭이 크게 둔화될 전망
  - 수요 급증 및 시장점유율 증대를 위한 제조사의 저가 수주로 2010~2018년 사이 배터리 가격의 약 85% 하락



[그림] 배터리 용량 및 연간 생산량에 따른 가격 변화

※ 출처 : 차량용 2차전지 산업 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2019

- 국내 주요 자동차 배터리 제조사들은 원재료 가격 상승, 배터리 수요 급증, 수익성 확보를 이유로 2019년 최초로 공급가를 약 10% 인상했으며, 대규모 생산능력을 확보할 향후 2~3년간 인상 기조 유지 전망

## V. 산업 동향

### 1. 글로벌 산업 동향

가. 기후 협약과 친환경차 수요 증가로 인한 배터리 수요 증가

- 세계 각국이 2015년 파리기후협약 체결 후 국가별 탄소 배출 감축 목표 이행을 위한 우선 과제로 자동차 시장의 내연기관 판매 금지, 연비 규제 등 친환경차 보급 확대 정책을 추진 중
- 선두주자인 EU는 2050년까지 탄소 순배출 총량 제로를 목표로 ‘European Green Deal’ 을 추진 중이며, 환경규제 준수를 코로나19 지원기금(7,500억 유로) 집행을 위한 기본 원칙(이행 조건)으로 설정
  - 2030년부터 유럽 지역을 중심으로 내연기관의 자국 내 생산 및 판매 금지가 본격적으로 시작될 예정
- 중국은 완성차 업계에 차량 판매의 일정 비율을 신에너지차로 채우게 하는 ‘신에너지차 의무생산제(New Energy Vehicle Credit)’ 를 실시 중이며 올해 12%에서 2025년까지 25%로 확대 예정
- 일본은 2050년까지 자국 내 내연기관 차량의 추가 유입(생산·수입)을 전면 금지할 계획

나. 배터리 성능 개선 및 가격 하락

- 배터리 에너지 밀도 향상으로 배터리 용량 및 주행거리 증가
  - 2013년 130Wh/L, 2016년 300Wh/L 수준이던 리튬이온 배터리 셀의 에너지 밀도는 현재 800Wh/L까지 개선
  - 2016년 전기차 주행거리 중윗값은 134km였으나, 최근에는 670km를 넘어서는 차량이 개발(테슬라)되는 등 가솔린 차량 수준까지 근접

○ 원자재 조합 및 생산 공정의 효율화, 규모의 경제로 배터리 단가 인하

- 2016년 연간 리튬이온 전기차 배터리팩 평균 가격은 1kWh당 156달러로 2010년 1,000달러 대비 84.4% 하락
- 비싼 원료인 코발트 대신 니켈과 망간의 비율을 높이는 한편, 글로벌 수요 증가에 힘입어 공장 증설 등 대량 생산 기반 마련



[그림] 전기차 배터리팩 연도별 평균 단가 추이 (단위 : kWh당 달러)

※ 출처 : 한·중·일 배터리 삼국지와 우리의 과제, 한국무역협회, 2020

다. 글로벌 합종연횡 및 생산 현지화 가속

○ 완성차 업체와의 공급 계약 체결 및 합작사 설립

- 배터리 업체는 향후 안정적 배터리 판매처 확보를 위해 완성차 업체와 장기 공급 계약을 체결하는 한편, 완성차 업체는 단가 하락을 유도하기 위해 공급선을 다변화하는 중
- 또한, 최근 다국적 기업 간 합작법인 설립이 협업 모델로 부상하고 있으며, 이를 통해 투자 리스크 분산 및 목표 생산·판매량 도달이 용이해짐
- (사례1) 美 테슬라는 일본의 파나소닉과의 독점적 거래에서 벗어나 지난해 LG화학 및 중국의 CATL과 계약을 체결하였고, 국내에서는 현대차와 배터리 3사(LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션) 간의 공급 계약이 논의됨

- (사례2) 2019년 9월 폭스바겐은 스웨덴의 배터리팩 기업인 노스볼트와 합작사를 설립하였으며, GM 역시 2019년 말 LG화학과 50대 50 지분율로 합작사를 설립

○ 현지 생산 기지 확충을 통한 글로벌 시장 점유율 확대 경쟁

- 미국, 중국, 유럽 등 주요 시장의 점유율 확대를 위한 생산 현지화 추진
- (사례) 중국 배터리 업체인 CATL은 2019년 10월 독일 튀링겐주에서 첫 해외 공장 기공식을 개최하였으며, 우리 기업들은 미국, 중국, 헝가리, 폴란드 등에 현지 공장을 가동 중

[표] 글로벌 배터리 제조사의 생산 현지화

| 제조사     | 주요 내용                                                           |
|---------|-----------------------------------------------------------------|
| CATL    | 독일 공장 건설에 24억 유로를 투자하였으며, 2025년까지 100Gwh 생산 목표                  |
| 파나소닉    | 미국 네바다에 테슬라와 합작으로 기가팩토리 공장 건설<br>중국 대련 공장에 1천억 엔을 투자해 각형 배터리 생산 |
| LG화학    | 중국 난징(제1,2공장), 폴란드, 미국 미시간, 오하이오 등에 현지 공장 설립                    |
| 삼성SDI   | 중국 시안, 헝가리, 오스트리아, 미국 미시간 등에 현지 공장 설립                           |
| SK이노베이션 | 중국 창저우, 헝가리, 미국 조지아 등에 현지 공장 설립                                 |

※ 출처 : 한·중·일 배터리 삼국지와 우리의 과제, 한국무역협회, 2020

라. 완성차 업체의 배터리 수직계열화 움직임

- 향후 배터리 공급 부족 현상이 예상되면서 글로벌 완성차 업체들도 배터리 자체 생산을 검토
  - 전기차 양산 시기가 앞당겨지면서 기존 배터리 업체만으로는 공급이 수요를 따라가지 못하리라는 전망도 있음
- 글로벌 완성차 업체들이 배터리 자체 개발에 뛰어들면서 배터리 업계와 경쟁 구도 형성
  - BMW는 자체 배터리 개발을 위해 지난 4년간 2억 유로를 투자해왔으며, 최근 독일 뮌헨에 '배터리 셀 경쟁력 센터'라는 R&D 시설을 설치하고 200여 명의 연구 인력을 채용

- 도요타 역시 일본 후지산 인근 연구소에 1조 5,000억 엔을 투자하여 자체 배터리를 개발 중
- (사례) 테슬라는 ‘로드러너’ 라는 이름으로 독자적 리튬 이온 배터리 설계 및 대량 생산 시스템을 구축 중이며 배터리 셀 제조 기술을 가진 미국의 ‘맥스웰 테크놀로지스’와 캐나다의 배터리 제조 업체인 ‘하이바 시스템즈’ 를 인수

## 2. 국내 산업 동향

### 가. 국내 배터리 업계 동향

- 원자재 가격은 급등하는 반면, 배터리 판매가격이 지속 하락하면서 수익성이 악화
- 중국 정부가 세계 최대의 배터리 시장으로 부상한 자국 시장을 보호하기 위해 규제를 강화
- 테슬라, 도요타 등 글로벌 전기차 완성 업체들이 수직계열화 전략을 앞세워 배터리 직접 생산에 돌입
- (LG화학) 꾸준한 투자와 판매처 다변화로 시장 변화에 능동적 대응
  - 연간 1조 원 이상의 연구개발비 중 30% 이상을 배터리 부문에 매년 투자 (1만 6,000건 이상의 관련 특허 보유)
  - 일본의 파나소닉과 중국의 CATL이 각각 미국의 테슬라와 중국 내수시장에 치우친 반면, LG화학은 폭스바겐, 포드, 르노, 볼보, GM 등 글로벌 완성차 업체에 고루 납품하면서 안정적 수요를 확보
  - 파우치형 배터리에서 원통형 배터리까지 주력 제품군을 확장하는 한편, 기술 유출 우려로 그간 협력을 꺼려했던 중국 완성차 업체와도 합작법인을 설립하는 등 시장 변화에 유연하게 대응
- (삼성SDI) 선택과 집중을 통한 내실화와 안정적 수익 추구
  - 주요 타겟 시장을 중국과 유럽으로 설정하고, 무리한 저가 수주 대신 안정적 수익을 내는 계약 위주로 사업 추진
  - 투자 역시 급격히 생산시설을 늘리기보다는 차세대 배터리 및 양극재 생산 등 기술력 확보에 주력할 전망

- (SK이노베이션) 빠른 기술력 제고 및 공격적 수주 전략을 통한 급속 확장
  - 국내 배터리 3사 중 후발주자에 속하지만 8년간 10조 이상을 투자하며 기술력을 확보하였고, 현재 분리막 등 배터리 소재 내재화도 추진 중
  - 2019년 폭스바겐에 납품 단가 인하, 배터리 공장 건설 제안 등으로 미국 현지 배터리 공급 계약을 따내는 등 수주 물량 확보에 적극 노력

#### 나. 전기차용 배터리 업계의 수익성 악화

- 전기차용 배터리의 핵심 원자재는 탄산리튬과 인조 흑연인데, 스마트폰에 이어 전기차 시장 확대에 수요가 급증하면서 가격이 급등세
- 반면, 전기차용 배터리 판매가격은 몇 년 사이 급격히 하락했는데, 이는 100곳 이상의 중국 업체가 난립하면서 공급 과잉 상황이 지속되고 있기 때문임
  - 중국의 전기차 보조금이 2022년 폐지될 경우 일시적 수요 감소가 예상되므로, 미국, 유럽 등 타지역의 신규 수요를 미리 확보 필요
  - 또한, 완성차 업체의 배터리 생산이 본격화될 경우 과공급 현상 및 중국 업체의 단가 인하 현상이 심화될 것으로 보여 가격경쟁력 확보가 더욱 중요해질 전망

#### 라. 글로벌 전기차 완성차 업체들의 배터리 직접 생산 돌입

- 일반적으로 전기차 제조 원가 중 배터리가 차지하는 비중은 약 30% 이상이며, 부피가 크기 때문에 자동차 외관 디자인에 결정적인 영향을 미침
  - 이에 따라, 최근 전기차 업체들은 배터리를 외부에서 조달하는 방식에서 벗어나 자체 생산하는 수직계열화 전략을 내세우고 있음
- 테슬라는 '배터리데이' 이벤트에서 음극 생산 단순화를 위한 북미 배터리 음극 공장을 건설 및 코발트를 사용하지 않는 배터리의 개발 계획을 발표
  - 또한, kWh당 100달러 배터리와 2만 5,000달러 수준의 보급형 전기차 출시, 현재의 85배에 달하는 연간 3TWh(3,000GWh)의 배터리 생산 등에 관한 내용을 발표

- 일본의 닛산과 도요타도 자회사인 AESC와 PEVE를 통해 배터리를 자체 조달하고 있고, 중국 BYD도 직접 배터리를 제조
  - 독일 폭스바겐은 중국 내 세 번째 전기차 공장 건설을 2021년 착수하였으며 신공장을 포함해 약 50만㎡ 부지를 활용해 배터리와 전기차 부품 생산시설 건설 예정

## [참고문헌]

- 무공해차 보급물량을 대폭 확대하고 성능·환경성, 중심으로 보조금 체계 전면 개편, 기획재정부 보도자료, 2021
- KISTEP 기술동향브리프 : 이차전지, 한국과학기술기획평가원, 2020
- [이차전지] 2021 모든 것이 예상을 뛰어넘는다, 하이투자증권, 2020
- 한·중·일 배터리 삼국지와 우리의 과제, 한국무역협회, 2020
- SECTOR UPDATE : 2차전지, 삼성증권, 2020
- 차량용 2차전지 산업 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2019
- 전기차 밸류체인 돈은 누가 언제 버는가, 대신리서치, 2019
- 미래자동차 산업 발전 전략, 관계부처 합동, 2019
- KOSME 산업분석 Report : 자동차, KOSME, 2019
- 방향과 속력의 천칭, 유안타 증권, 2019
- 자동차 부품산업 국내외 동향 및 경쟁력 분석, 한국무역보험공사, 2018
- 전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향, KEIT, 2018
- 전기자동차 핵심 밸류체인별 시장동향과 주요이슈, 삼정KPMG, 2018
- Global EV Li-ion Battery Market, TechNavio, 2018
- 전기동력·자율주행자동차산업의 현황 및 전망, KIET, 2018
- 연구개발특구기술 글로벌 시장동향 보고서 : 리튬-이온 배터리 시장, 연구개발특구진흥재단, 2017
- Global Electric Vehicle Battery Market, TechNavio, 2017
- 주간 에너지 이슈 브리핑, 한국에너지공단, 2016
- HV Battery Thermal management for PHEV & EV, Int. Scientific Conf. on HEV and EV, Peugeot Citroen, 2011