

# 글로벌 시장동향보고서

••••

전기 모빌리티 배터리  
(eMobility battery)





# 글로벌 시장동향보고서

## 전기 모빌리티 배터리 (eMobility battery)



### 목차

<b>1. 개요</b> .....	<b>2</b>
1.1. 현황 및 핵심 자원 보유량 .....	2
<b>2. 리튬이온 배터리</b> .....	<b>3</b>
2.1. 리튬이온 배터리의 특징 .....	3
2.2. 리튬이온 배터리 개선을 위한 연구 .....	3
<b>3. 배터리 성능 비교</b> .....	<b>4</b>
3.1. 배터리 성능 비교 .....	4
<b>4. 기술 개발 동향</b> .....	<b>5</b>
4.1. 고체 전지 .....	5
4.2. 알루미늄이온 배터리 .....	5
4.3. 리튬-황 배터리 .....	6
4.4. 스마트 멤브레인 .....	6
4.5. 그래핀 기반 슈퍼커패시터 .....	7
<b>참고문헌</b> .....	<b>8</b>

## 1 개요

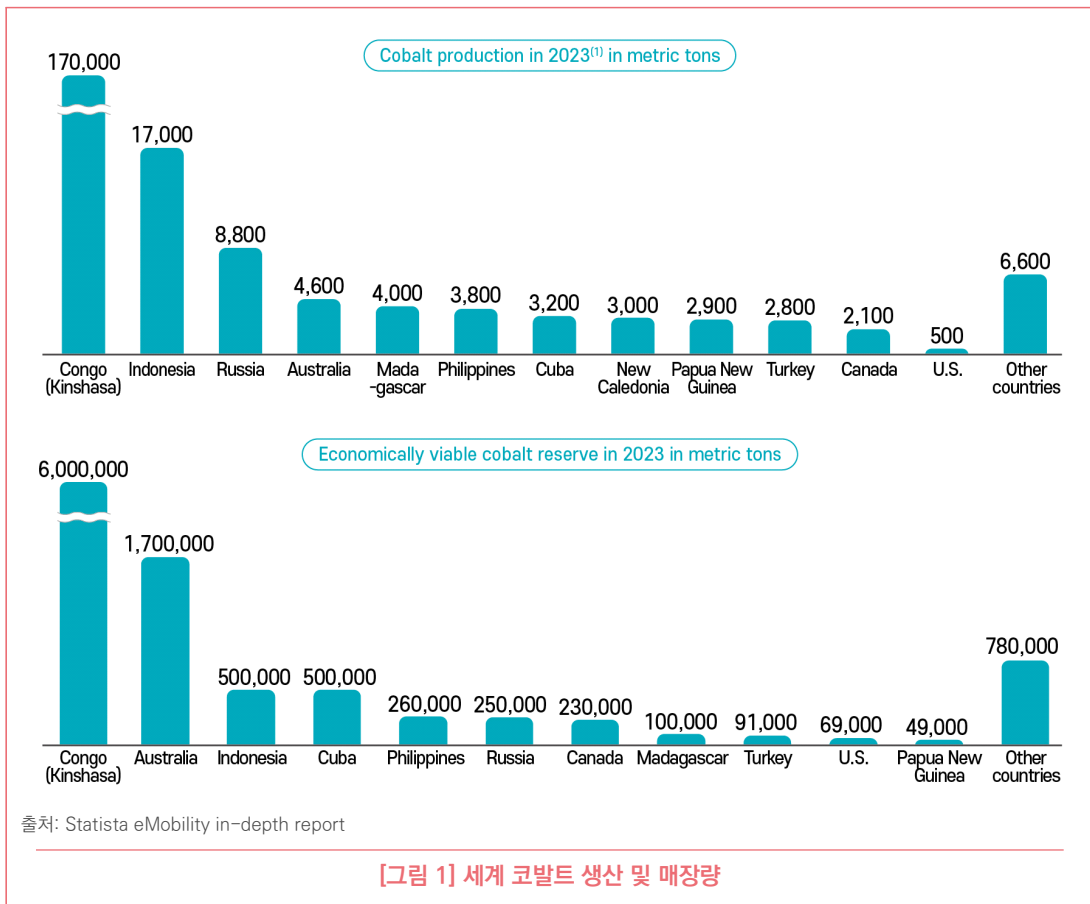
### 1.1. 현황 및 핵심 자원 보유량

#### ▶ 전기자동차(EV) 시장의 급성장과 함께 배터리 기술은 핵심 동력으로 부상

- 리튬이온 배터리는 여전히 전 세계 전기차 시장을 주도하고 있지만, 고비용과 자원 제한, 충전 시간 등의 문제로 인해 새로운 대체 기술에 대한 연구개발 필요
- 배터리 제조업체가 직면한 가장 중요한 과제 중 하나는 배터리를 만드는 데 들어가는 핵심 요소인 리튬과 코발트의 세계적 매장량의 제한된 수량

#### ▶ 세계 코발트 생산 및 매장량

- 콩고는 가장 높은 코발트 생산량을 가지는 동시에 매장량도 가장 많아 전략적으로 중요한 생산지
- 그러나 콩고는 정치적으로 불안정하여 사업 수행 예측이 어렵고 생산 과정이 비윤리적이기에 제조업체 난항



## 2 리튬이온 배터리

### 2.1. 리튬이온 배터리의 특징

- ▶ 리튬이온 배터리는 현재 이용 가능한 다른 모든 기술에 비해 최저 비용으로 최대 주행거리를 제공하여 전 세계적으로 전기 자동차에서 가장 널리 사용되는 에너지 저장 시스템이며 다음과 같은 장점을 가짐
  - 높은 순환성
  - 낮은 유지보수 비용
  - 낮은 자가방전율
  - 광범위한 채택으로 인한 빠른 기술 발전
- ▶ 리튬이온 배터리는 리튬-코발트 산화물 또는 리튬 인산철로 만든 양극과 일반적으로 탄소로 만든 음극을 포함하며, 양극과 음극 사이의 전해질은 액체이지만 안정성이 더 높은 고분자 전해질에 대한 새로운 연구 추진 중

### 2.2. 리튬이온 배터리 개선을 위한 연구

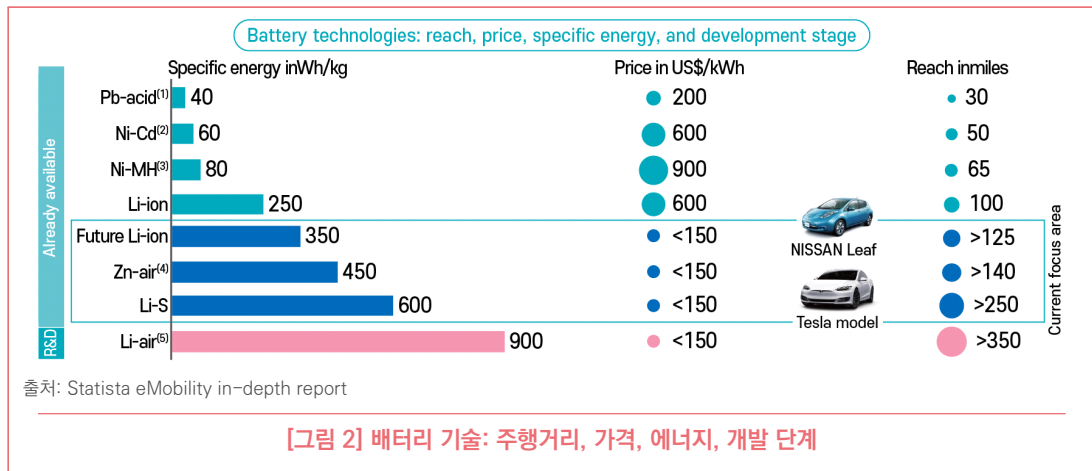
- ▶ 리튬이온 배터리의 성능 개선을 위한 기술 개발 동향
  - 화웨이는 고온에서도 작동 가능하여 일반 리튬 배터리보다 두 배 오래 작동 가능한 그래핀 지원 리튬이온 배터리(graphene-assisted lithium-ion battery)를 개발(2016)
  - 도시바는 티타늄 니오븀 산화물이라는 새로운 음극재를 사용하여 6분 초고속 충전으로 기존 배터리의 세 배 거리(320km)를 주행 가능한 차세대 리튬이온 배터리(next-generation lithium-ion battery)를 구현(2017)
  - 미국 에너지부의 아르곤 국립 연구소는 액체 대신 고체 전해질을 사용하여 배터리의 에너지 밀도를 최대 4배까지 높이는 리튬-공기 전지(lithium-air battery) 개발을 발표 (2023)
  - 라이스 대학은 더 많은 리튬이온과 결합하기 위해 기존 음극재를 실리콘으로 대체하여 배터리 수명을 최대 44%까지 연장(2023)
  - 워릭 대학은 리튬이온 배터리를 현재 한계보다 최대 5배 빠르게 충전할 수 있는 새로운 기술을 개발(2020)
  - 텍사스 A&M 대학은 리튬 금속 배터리 전극에 탄소 나노튜브를 도입하여 충전 시간을 획기적으로 단축(2020)
  - 캘리포니아 대학은 액체 전해질을 황화물 기반 고체 전해질로 대체함으로써 변동성이 높아 불안정한 실리콘 음극의 단점을 극복할 수 있는 방법을 발견(2021)
  - 도시바는 5V급 코발트 프리 양극 소재를 사용하여 성능 저하 가스가 발생하는 부작용을 효과적으로 줄인 새로운 리튬 이온 배터리를 출시(2023)

### 3 배터리 성능 비교

#### 3.1. 배터리 성능 비교

##### ▶ 최고의 배터리 사양을 갖춘 테슬라 모델S

- 현재 주목하고 있는 배터리 기술은 미래 리튬이온 배터리, 아연-공기 배터리, 리튬-황 배터리이며, 그 중 리튬-황 배터리가 가장 우수한 수준을 나타냄
- 리튬-공기 배터리는 리튬-황 배터리보다 우수한 스펙을 보여주고 있으나 아직 연구개발 단계



##### ▶ 배터리 팩 성능 요소 비교

- 고체 전지 및 리튬-황 배터리는 리튬이온 배터리보다 에너지 밀도도 높고 가격도 낮으며 불연성을 가짐
- 알루미늄이온 배터리는 가장 높은 에너지 밀도와 배터리 수명을 가짐

Battery	Energy density in Wh/kg	Costs in US\$/kWh	Avg. lifespan in # discharge cycles	Safety
Lead-Acid	30-40	250-260	500-800	Environmental concerns
Nickel-metal hydride	60-140	-	180-2000	Environmental concerns
Lithium-ion	100-265	273	Ca. 400-1200	Flammable materials, requires careful disposal
Solid-state	2x that of lithium-ion batteries	N/A (cheaper than li-ion)	ca. 10 years	Nonflammable
Aluminum-ion	1,060	250	>7,500	Nonflammable, non-hazardous
Lithium-sulphur	500	NA (cheaper than li-ion)	>1500	Nonflammable

출처: Statista eMobility in-depth report

**[그림 3] 배터리 팩 성능 요소**

## 4 기술 개발 동향

### 4.1. 고체 전지

▶ 고체 전지는 리튬이온 배터리에 사용되는 액체 전해질 대신 고체 물질을 사용하여 아래와 같은 이점을 가짐

- 전해질 누출 및 화재 가능성 감소
- 배터리 수명 증가
- 냉각 시스템의 필요성 감소

▶ 고체 전지의 기술 개발 동향

- 하버드 대학은 최소 10,000회 충전 및 방전이 가능한 리튬 금속 고체 전지를 개발함. 이 기술은 배터리를 교체하지 않고도 전기 자동차의 수명을 약 10~15년으로 연장가능하며, 10~20분 이내에 완전 충전 가능(2021)
- 오사카 메트로폴리탄 대학교는 전고체 전지의 중요한 재료인  $\text{Li}_3\text{PS}_4$ 의 고온 상 안정화를 달성하여 상온에서도 이온 전도도 크게 향상(2023)
- 시카고 대학교는 음극이 없는 나트륨 고체 전지를 개발하여 환경 친화성, 리튬이온 배터리 대비 경제성, 급속 충전 능력 개선(2024)

### 4.2. 알루미늄이온 배터리

▶ 알루미늄 이온 배터리는 기존 리튬 이온 배터리 대비 안전성, 충전 시간 및 배터리 수명 측면에서 많은 장점 제공

- 스탠포드 대학교의 첨단 배터리 팩 연구팀이 화재 발생 가능성을 줄이고 빠른 충전 기능, 더 긴 수명 주기, 환경 오염을 방지하는 기능을 갖춘 알루미늄 이온 배터리를 개발(2015)
- 에너지 밀도가 낮은 단점을 가져 전기자동차에서 사용이 어려웠으나, 중국 연구팀이 리튬이온 배터리와 비교하여 생산비용이 50% 절감되는 동시에 1.3~2.0배 높은 비밀도 및 1.6~2.8배 높은 에너지 밀도를 가지는 알루미늄 흑연, 이중 이온 배터리(AGDIB)를 개발(2016)
- 호주 기업 Graphene Manufacturing Group(GMG)은 리튬이온 배터리보다 60배 더 빠르게 충전되고 알루미늄 기반 전지보다 3배 더 많은 에너지를 보유할 수 있는 그래핀 알루미늄 이온 전지를 개발(2021)

### 4.3. 리튬-황 배터리

▶ 리튬-황(Li-S) 배터리는 무독성이고 안전하며 저렴하다는 장점을 가지고, 리튬이온 배터리 대비 에너지 밀도가 두 배이며 한 번 충전으로 280마일의 주행 거리 제공

- 배터리가 쉽게 열화된다는 단점이 있었으나, 캘리포니아 로렌스 버클리 연구소에서 그래핀 산화물을 전해질로 사용하여 배터리의 수명이 열화 없이 최소 1,500 사이클로 향상됨

▶ 리튬-황 배터리의 기술 개발 동향

- OXIS Energy는 400Wh/kg 이상의 테스트를 성공적으로 수행하며 리튬-황 배터리의 상업적 개발에 상당한 진전을 이룸(2016)
- 케임브리지 대학교는 리튬이온 배터리의 최대 5배에 달하는 에너지 밀도를 제공하는 리튬-황 셀을 사용하는 새로운 프로토타입 배터리 개발(2016)
- 모나시 대학교는 전체 용량이나 성능 저하 없이 더 높은 스트레스 부하를 수용할 수 있도록 황 양극의 설계를 재구성하여 전기 자동차가 최대 620마일을 주행할 수 있는 가능성 확보(2020)
- 텍사스 대학교 콕렐 공과대학은 배터리 내부와 리튬 금속 위에 텔루륨을 포함하는 인공 층을 만들어 배터리 수명 4배 연장(2020)
- 브리썬 뉴에너지는 배터리의 황 양극에서 폴리설파이드가 생성되는 것을 방지하여 배터리 기능을 방해하는 수지상 성장을 억제하는 기술을 개발하여 이를 적용한 리튬-황 배터리는 1,700회 사이클 후에도 초기 용량의 91% 유지 가능(2020)
- 미국 아르곤 국립 연구소는 덴드라이트 파괴로부터 재료를 보호할 수 있는 다공성 황 함유층을 배터리 내에 제작하여 리튬-황 배터리의 방전 사이클을 700번 까지 늘려 배터리 수명을 개선(2023)

### 4.4. 스마트 멤브레인

▶ 배터리가 시간이 지남에 따라 방전되는 것은 충전을 수행하고 양극과 음극을 물리적으로 분리하는 멤브레인이 충전 누출을 방지하지 못하기 때문

- 오하이오 주립대학은 충전식 배터리를 사용하지 않을 때 방전되는 것을 방지하면서 동시에 빠른 충전을 가능하게 하는 스마트 멤브레인을 개발(2016)
- 스마트 멤브레인은 체내 단백질을 효율성을 잃지 않고 운반하는 살아있는 세포막의 특성에서 영감을 받았으며 배터리 내부의 전하 흐름을 제어함
- 스마트 멤브레인은 ‘리독스 트랜지스터 배터리’의 개발로 이어질 것으로 전망하며, 해당 배터리 팩은 사람들이 연료를 채우듯 리필할 수 있는 액체 전해질에 에너지를 저장하는 방식
- 미시간 대학교는 전기 자동차 배터리의 충전 용량을 최대 400%까지 늘릴 수 있는 생물학적 영감을 받은 멤브레인을 개발했으며, 이 멤브레인은 세포막과 유사한 구조의 나노섬유 네트워크로 변환되는 재활용 케블라를 사용하여 제조함(2022)

## 4.5. 그래핀 기반 슈퍼커패시터

- ▶ 전기화학적 이중층 커패시터(electrochemical double layer capacitors, EDLC)라고도 하는 슈퍼커패시터는 중간에 전해질 층이 있는 두 층의 그래핀으로 구성
  - 그래핀 기반 슈퍼커패시터 필름은 원자 두께가 하나에 불과해 공간을 많이 차지하는 일반 배터리와 달리 차량의 여러 영역에 적용 가능함
  - 기존 배터리 대비 더 빠른 충전 시간, 더 긴 수명 주기, 저온에서 최적으로 작동하는 장점을 가진 반면, 기존 리튬이온 배터리의 5% 수준의 낮은 저장 용량을 가짐
  
- ▶ 그래핀 기반 슈퍼커패시터의 기술 개발 동향
  - 삼성은 배터리 용량을 최대 45%, 충전 속도를 500%까지 향상시킬 수 있는 ‘그래핀 볼’을 사용하는 기술을 개발(2017)
  - 청정에너지기술센터의 통합 나노시스템연구소(INSys Lab)는 그래핀, 그래핀 산화물, 탄소 나노튜브와 같은 탄소 기반 전극 재료와 함께 액체 전해질을 제조하여 누수가 발생하기 쉬운 슈퍼커패시터의 에너지 저장 성능을 향상(2020)
  - 임페리얼 칼리지 런던 및 유니버시티 칼리지 런던은 제지 산업에서 파생된 바이오 기반 부산물인 리그닌을 사용하여 더 저렴하고 지속 가능하며 에너지 밀도가 높은 슈퍼커패시터용 전극 소재를 개발(2021)
  - 인도 과학 연구소는 2차원 재료인 그래핀과 이황화 몰리브덴( $\text{MoS}_2$ )을 사용하여 제곱센티미터당 1.8밀리파라드( $\text{mF}/\text{cm}^2$ )의 용량을 갖는 가장 작은 마이크로 슈퍼커패시터를 개발(2023)
  - 호주 기업 EnyGy는 활성탄 전극과 첨단 전해질을 탑재하여 3볼트의 전력을 공급하는 새로운 슈퍼커패시터인 EnyGcap 출시 계획(2023)

## 참고문헌

- Statista. (2024.10). eMobility: in-depth market analysis