

## 전기자동차 시장 및 배터리 관련 기술 연구 동향

김양화<sup>1</sup> · 임재완<sup>2</sup> · 박규열<sup>3</sup> · 임옥택<sup>3,†</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 대학원 기계공학부, <sup>2</sup>울산대학교 대학원 경영학과, <sup>3</sup>울산대학교 기계공학부

## Electric Vehicle Market and Battery Related Technology Research Trends

YANGHWA KIM<sup>1</sup>, JAEWAN LIM<sup>2</sup>, GYUYEOL PARK<sup>3</sup>, OCK TAECK LIM<sup>3,†</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan 44610, Korea

<sup>2</sup>Graduate School of Business Administration, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan 44610, Korea

<sup>3</sup>School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan 44610, Korea

†Corresponding author :  
otlim@ulsan.ac.kr

Received 2 July, 2019  
Revised 23 August, 2019  
Accepted 31 August, 2019

**Abstract >>** Electric vehicles contribute greatly to energy conservation, CO<sub>2</sub> reduction and energy security through high fuel economy and various electric sources. Electric cars have a huge economic impact. More than 14 million hybrid electric cars have been sold worldwide. More than 3 million plug-in electric vehicles have been sold worldwide. The environmental impact depends greatly on the amount of national power generation, and as the electric grid becomes more and more carbon-intensive, countries are increasingly adopting hybrid and electric vehicles. Electricity is expanding beyond cars. Electric buses, trucks, and ships have similar benefits.

**Key words :** EV stock scenarios (EV 재고 시나리오), EV market (EV 시장), Battery R&D(배터리 R&D), Extreme fast charging(급속 충전), Cobalt(코발트), Battery recycling(배터리 재활용)

### 1. 서 론

Electric vehicle (EV)은 에너지 효율을 높이고 연료의 직접 연소를 필요로 하지 않는다. 또한, 가장 다양한 에너지 운반체인 전기에 의존함으로써 다양한 운송관련 정책 목표 달성에 기여한다. 여기에는 저탄소 발전과 함께 에너지 보안 강화, 대기 질 개선, 소음 감소, 온실가스 배출량 감소 등이 포함된다. 또한 자동차 분야에서 가장 혁신적인 클러스터 중 하나인 EV는 경제 및 산업 경쟁력을 향상시키고 주요 시장

의 개발에 대한 투자를 유치할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

### 2. 전기자동차의 현재 상황

#### 2.1 2018년 판매 현황 및 2030년 판매 예상

International Energy Agency (IEA)의 예측에 의하면 EV의 재고는 매년 빠르게 증가할 것이며 그중 유럽, 미국, 중국이 주를 이룬다. 특히 일본은 시장의

크기에 비했을 때 높은 EV 재고 비율을 나타낸다 (Fig. 1).

2030년까지 계속되는 EV에 관한 정책과 Total Cost of Ownership (TCO) 절감은 EV의 시장 점유율을 크게 증가시킬 것으로 예상된다. 기존 정책을 고려한 새로운 정책 시나리오에서는 2030년까지 도로 위의 EV의 수가 1억 2천 5백만 대에 도달한다. EV30@30 시나리오에서와 같이 기후 목표 및 기타 지속 가능성 목표를 달성하기 위한 정책 목표가 지속적으로 증가한다면, 도로 상의 전기 light-duty vehicle (LDV)의 수는 2030년에 2억 2천만 대에 이를 것으로 예상된다<sup>1)</sup>.

비록 현재 대부분의 지역에서 전기 이륜차가 주요 정책 초점이 되지는 않지만 상당한 성장을 이룰 것으로 예상된다. 모든 경제적, 환경적 이익을 극대화하기 위해 추가적인 규제 압력이 가해진다면, EV30@30 시나리오에서 2030년까지 세계의 50% 점유율을 달성할 수 있다<sup>1)</sup>.

또한 시내버스는 높은 자본 비용과 도시의 충전 인프라 설치의 복잡성과 같은 어려움에도 불구하고 중국과 유럽에서는 전기 버스로의 전환을 주도하고

있다<sup>1)</sup>.

## 2.2 EV 시장 및 잠재적 성장 가능성

중국과 유럽은 두 시나리오 모두 거의 모든 모드에서 EV의 가장 빠른 발전을 보이는 지역이다. 새로운 정책 시나리오에서 EV는 모든 모드(이륜차와 삼륜차 제외)를 고려할 때 2030년까지 중국에서 26%, 유럽에서 23%의 시장 점유율(또는 판매 점유율)을 달성할 것으로 전망한다. EV30@30 시나리오에서 2030년까지 중국은 전기 LDV, 버스 및 트럭의 총 시장 점유율이 40%에 이르고, 유럽은 35%에 달하는 EV 시장 점유율을 가지고 있다<sup>2-4)</sup>.

일본은 밀집된 도시화로 인해 다른 지역보다 포괄적인 충전 인프라 네트워크를 보다 쉽게 배치할 수 있다. 그럼에도 불구하고 일본은 환경 정책에는 경량 차량에 대한 battery electric vehicle (BEV) 및 plug in hybrid electric vehicle (PHEV)에 대한 규제 요건이 명시적으로 포함되지 않고, 전기 버스에 보조금을 지급하지 않기 때문에 중국과 유럽보다 새로운 정책 시나리오에서 약간 낮은 EV 점유율을 가지고 있다<sup>5)</sup>.

미국 EV30@30 시나리오에서 전기 LDV의 시장 점유율은 중국, 유럽 및 일본과 유사한 수준에 도달하는 반면 전기 버스의 점유율은 낮다. 이는 연료 세금이 유럽보다 낮은 수준으로 유지될 것으로 예상되기 때문에 BEV 도시 버스의 원가 경쟁력이 떨어지기 때문이다<sup>6)</sup>.

인도는 새로운 정책 시나리오에서 2030년까지 11%의 EV 시장 점유율(이륜차 및 삼륜차 제외한 모든 모드에 대해)을 달성한다<sup>7,8)</sup>.

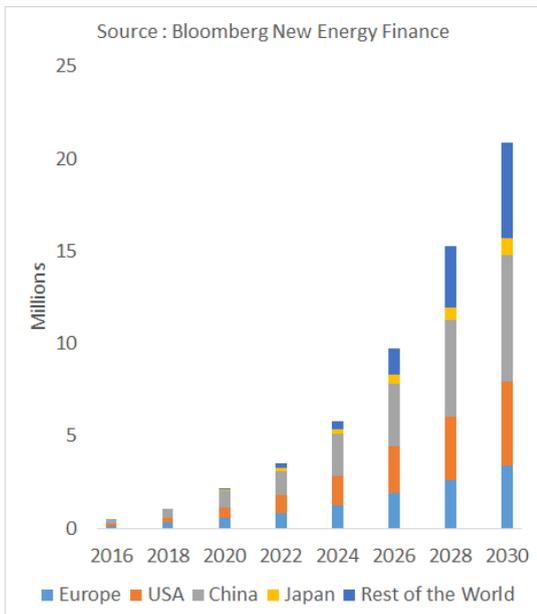


Fig. 1. EV inventory forecast<sup>11)</sup>

## 3. 배터리 기술 및 시장

### 3.1 배터리 비용 절감 가능성

가전제품용 배터리의 개발은 리튬이온 전지의 생산에 중요한 경험이 되었다. 이 경험은 생산 증가를 촉진하고 연구 개발에 대한 상당한 투자를 정당화하

여 상당한 비용 절감 및 성과 개선으로 이어졌다. 최근 몇 년간 배터리 성능을 향상시키고 비용을 절감하기 위해 이루어진 인상적인 발전으로 인해 자동차 분야에서 리튬이온 배터리를 사용할 수 있게 되었으며, 더욱 발전시킬 수 있는 기회가 열리게 되었다<sup>9)</sup>.

리튬이온 배터리의 추가 개선을 위해 확인된 주요 비용 및 성능 드라이버에는 배터리 화학, 에너지 저장 용량, 제조 규모 및 충전 속도가 포함된다. 몇몇 리튬이온 기술은 성능 향상 및 추가 비용 절감 가능성을 보여주지만 현재의 기술 준비 수준은 여전히 낮다.

대규모 배터리 제조 시설에 대한 투자 발표로 인해 전기 이동수단의 미래에 대한 신뢰도가 높아지고 있으며 생산 능력이 향상되면 배터리 비용이 더욱 절감될 수 있다. EV 및 내연 기관 차량의 TCO를 분석한 결과 배터리 비용 절감은 차량 구매 결정을 내리는 개인에게 큰 도움이 된다.

배터리 생산을 위한 산업 시설의 규모 확장은 대규모 생산으로 비용 절감에 도움이 된다. IEA의 분석에 따르면 현재의 전형적인 공장 용량은 약 0.5 GWh/year에서 8 GWh/year까지이지만, 대부분의 대형 공장은 약 3 GWh의 용량을 가지고 있다. 전형적인 배터리 용량 범위인 20-75 kWh를 고려할 때, 이 공장의 용량은 연간 생산량이 6,000-400,000팩으로 계산된다.

배터리 제조 능력에 대한 다양한 가정과 함께 BatPaC 모델을 사용하면 연간 생산량이 10,000팩에서 50,000팩으로 증가하면서 배터리 비용이 9% 감소할 수 있는데 이는 배터리팩 100,000팩에서 500,000팩까지 증가하면 배터리 비용이 12%까지 감소할 수 있다는 것을 의미한다<sup>1)</sup>.

### 3.2 급속 충전

현재 충전 속도는 고속 충전기로 약 40-60분 내에 80% 충전이 가능하다. 이러한 충전 속도는 현재 배터리 설계에 대한 문제가 되지 않는다. 충전 방식은 전 세계적으로 다르지만 충전 속도를 최대한 높이면

(300-400 kW) 내연기관차량과 EV의 성능 격차를 줄일 수 있기 때문에 바람직한 기능이다. 초고속 충전을 위한 배터리 설계는 설계의 복잡성을 증가시키고 수명을 단축시킨다(Fig. 2).

빠른 충전을 수용하려면 전극의 두께를 줄이는 것과 같은 특정 배터리 설계 고려 사항이 필요하다. 이러한 추가 설계 제약은 배터리 비용을 증가시키고 에너지 밀도를 감소시키는 경향이 있다.

적절한 설계와 적절한 크기의 열 관리 시스템을 사용하면 급속 충전의 증가가 배터리의 수명에 영향을 미치지 않을 것으로 예상된다. 반면에 미국 에너지부에서 실시한 분석에 따르면 400 kW 충전을 수용하도록 배터리 설계를 변경하면 셀 비용이 거의 두 배가 될 것이라고 한다<sup>10)</sup>.

### 3.3 리튬이온 배터리의 2차사용

Plug-in electric vehicle (PEV) 배터리의 상당수는 초기 용량의 70%로 차량 수명이 끝날 때까지 사용할 수 있다. EV 배터리 2차사용 연구에 따르면 EV 배터리는 몇 가지 2차사용에서 10년 더 지속될 수 있으며 20-50 \$/kWh의 수익성을 가진다. 2차사용 구현 시 당면하게 될 과제로는 수익성 있는 비즈니스 모델, 새 배터리의 용도 변경 및 가격 인하 비용, 보증 문제 및 소유권 문제, 2차사용에서의 예상 수명 예측, 수

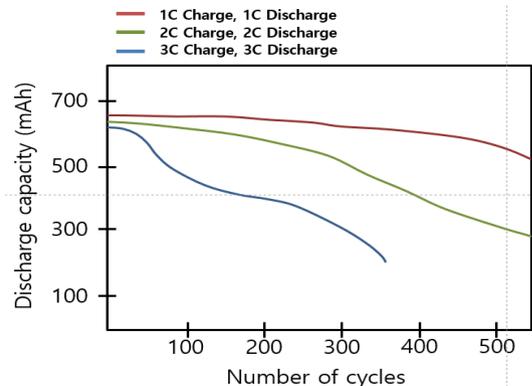


Fig. 2. Performance cycle of Li-ion using 1C, 2C, 3C charge and discharge. Charging and discharging Li-ion above 1C will shorten the lifetime<sup>10)</sup>

명이 끝난 배터리 폐기 규정 부족이 있다(Fig. 3)<sup>11)</sup>.

### 3.4 리튬이온 배터리 재활용 문제

리튬이온 배터리는 주로 다양한 양극재로 인해 재활용에 어려움을 겪고 있다.

배터리 재활용 혁신은 물질 부족이나 가격 상승을 완화할 수 있고 주요 재료의 비용을 절감한다. 연구에 따르면 재활용 양극 재료(NMC)는 비용을 25 \$/kg에서 10 \$/kg으로 줄일 수 있다<sup>11)</sup>.

리튬 공급이 충분한가를 결정하기 위한 연구가 수행되었다. 리튬은 리튬 배터리의 배터리 중량의 3%

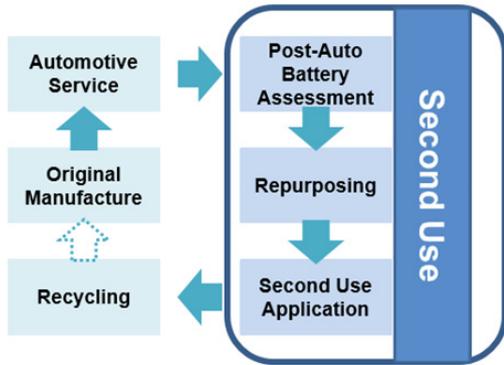


Fig. 3. Second-use of Li-ion EV Batteries<sup>11)</sup>

Cell component	Pb-acid	Lithium-ion
	98% Recycled	3% Recycled
Cathode	$PbO_2$	LCM, NCM, LEP, NCA or LMO
Cathode plate/foil	$Pb$	Al
Anode	$Pb$	graphite
Anode plate/foil	$Pb$	Cu

Fig. 4. Lithium-ion battery recycling challenges<sup>11)</sup>

에 불과하다. Chevy volt에서 나오는 450 kg의 배터리 팩에서는 리튬을 약 13 kg 함유하고 있다(Fig. 4).

현재 리튬이온 배터리 재활용에는 리튬이 회수되지 않고 있다(Fig. 5). 경제적인 문제는 존재하나, 기술적으로는 문제가 되지 않는다. 비용이 계속해서 상승할 경우에는 재활용 업체에 의해 리튬이 회수될 가능성이 있다<sup>11)</sup>.

### 3.5 EV 배터리 재료: 코발트 생산과 가공

코발트는 현재 니켈과 구리의 부산물로 채굴되고 있으며 시장 규모가 제한적이다. 이것은 오늘날 코발트 공급이 다른 재료의 시장과 구조적으로 연결되어 있으며 EV에서 예상되는 수요 증가에 신속한 대응 가능성이 떨어진다는 것을 의미한다. 현재 코발트 생산량의 60% 가량이 콩고민주공화국(DRC)에 집중되어 있다. 콩고민주공화국은 분쟁지역이기 때문에 생산이 안정적이지 못하다.

게다가, 원료 코발트를 정제하고 가공하는 능력은 중국이 90%를 차지하고 있기 때문에 코발트의 공급을 위태롭게 할 수 있다<sup>12)</sup>.

### 3.6 미래 배터리 기술의 잠재력과 중요 재료에 미치는 영향

Fig. 5은 코발트와 리튬의 수요 전망과 새로운 정

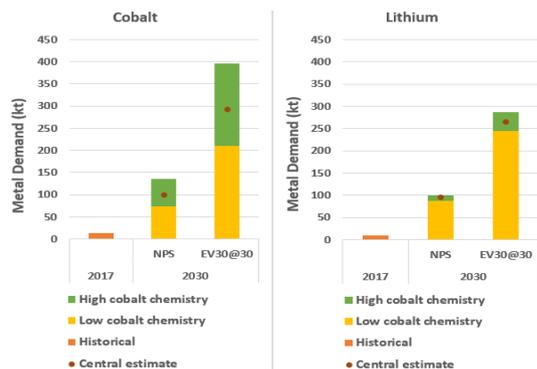


Fig. 5. Cobalt and lithium demand, 2017 and 2030<sup>12)</sup>

책 및 EV30@30 시나리오의 EV 배치 비율을 보여준다. 이 예측은 향후 10년 동안 차량에 장비하기 위한 배터리의 화학물질 변화 가능성으로 인한 민감성을 설명한다.

또한 Fig. 5는 코발트와 리튬의 수요가 향후 10년 간 크게 증가할 것으로 예상됨을 보여준다. 이것은 공급 병목 현상의 위험을 줄이기 위해 생산에 대한 투자가 필요하다는 것을 지적하는 중요한 신호이다. 또한 코발트와 리튬에 대한 향후 수요가 다음 두 가지 유형의 불확실성에 영향을 받는 것을 나타낸다. 첫 번째 불확실성은 전기자동차의 판매율이며, 두 번째 불확실성은 배터리에 사용할 화학물질의 선택이다.

2030년에 양극재의 시장 점유율이 NMC 811 50%, NMC 622 40% 및 10%의 NCA로 추정된다. 이 가정에 따르면, 2030년의 코발트 수요는 새로운 정책 시나리오에서 101 kt/year이며 리튬 수요는 91 kt/year에 이른다. EV30@30 시나리오에서 이러한 값은 훨씬 높아서 2030년에 291 kt/year, 263 kt/year에 달한다. 2030년에 NMC 811 양극이 보급된다면 리튬에

대한 수요는 코발트에 대한 수요보다 높을 것으로 예상된다. EV30@30 시나리오에서 리튬 수요가 크게 증가하는 주된 이유 중 하나는 주로 LFP 양극 화학을 기반으로 하며 코발트 수요에 영향을 주지 않는 것으로 가정된 대형 차량의 수요가 추가된다는 점이다.

또한 Fig. 5에 나타난 결과는 양극재의 변화가 리튬보다 코발트 수요에 상당한 영향을 미친다는 것을 시사한다. 이것은 NMC 111에서 NMC 622 및 NMC 811 양극으로 전환함으로써 전지 제조업체의 연구 및 개발 노력으로 전지의 에너지 밀도를 높이는 것이 코발트에 대한 수요에 큰 영향을 미친다는 사실을 반영한다.

코발트와 리튬의 수요가 급격히 증가하는 것에 대비하기 위해서는 원자재 공급에 대한 투자가 필요하다. 그러나 수요에 대한 불확실성이 높기 때문에 자재 공급 업체는 투자를 하지 않을 수도 있다. 잠재적인 수단은 코발트에 대한 수요가 향후 10년 안에 감소할 가능성이 거의 없다는 점을 고려하면 공급 업체와 제조 업체 간의 장기계약을 사용할 수 있다. 이

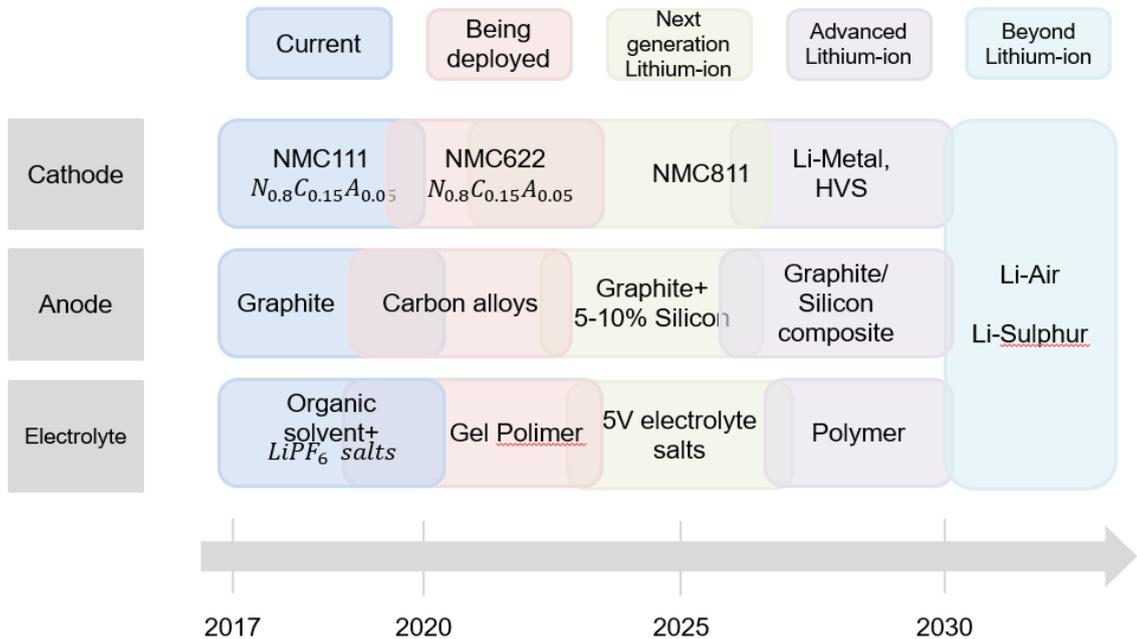


Fig. 6. Battery technology expected to be commercialized<sup>1)</sup>

러한 맥락에서 공공 정책의 주요 역할은 도로 교통의 전기화에 대한 명확한 비전을 제시함으로써 전기 자동차 판매의 미래 불확실성을 줄임으로써 투자를 촉진하는 것이다<sup>12)</sup>.

### 3.7 차세대 배터리 기술 발전

최근 배터리 기술 평가 결과에 따르면 리튬이온은 향후 10년 동안 사용될 기술로 남아있을 것으로 예상된다(Fig. 6).

향후 몇 년 내에 배치될 가능성이 있는 전지 기술의 주요한 발전은 다음과 같다.

양극의 경우 2020년까지 현재의 NMC111에서 NMC622로의 발전이다. 또한 현재 NCA 배터리의 니켈 80% 및 코발트 15%에서의 비용 절감 및 에너지 밀도 증가를 목표로 기존 양극재의 코발트 함량을 줄이는 것이다<sup>13-15)</sup>.

음극의 경우, 흑연 구조가 더욱 개선되어 충전 속도가 더 빨라진다<sup>13)</sup>.

전해질의 경우 젤 형태의 전해질 물질의 개발이 이루어질 것이다<sup>13)</sup>.

차세대 리튬이온 배터리가 2025년경 대량 생산 시장에 진입하면 NMC811 양극, 낮은 코발트 함유량 및 높은 에너지 밀도를 가지고 있을 것으로 예상된다.

실리코는 흑연 음극에 소량으로 첨가하여 에너지 밀도를 최대 50%까지 증가시킬 수 있으며, 고전압에도 견딜 수 있는 전해질 염이 성능 향상에 기여할 것이다<sup>13)</sup>.

2025-2030년 동안 상당히 높은 에너지 밀도를 보장하는 기술은 시장에 진입할 가능성이 높으며 리튬이온 배터리의 한계를 뛰어 넘을 것이다. 예를 들어 리튬 금속 양극은 리튬이온 배터리의 대한 유망한 방법이다. 실리코 합성물로 제조된 음극에 의존하지 않고 향상된 성능이 디자인에 도입될 수 있다. 또한 이 기간 동안 고체 상태의 전해질을 도입하여 에너지 밀도 및 배터리 안전성을 더욱 향상시킬 수 있다.

리튬이온 기술은 더 높은 이론적 에너지 밀도와 더 낮은 이론적 비용을 자랑하는 다른 배터리 설계

에 의해 추월될 수 있다. 예를 들면 Li-air와 Li-sulfur 배터리가 있다. 그러나 기술 수준은 매우 낮고 실제 성능이 아직 테스트되지 않았으며, 리튬이온의 성능에 대한 이점 또한 아직 입증되지 않았다<sup>13)</sup>.

실질적으로 디자인이 다른 배터리 셀이 2030년에 출시될 예정이더라도 생산 능력을 구축해야하기 때문에 시간 지연으로 인해 이러한 첨단 기술에 대한 시장에서의 가용성이 크게 지연될 것이다.

## 4. 결론

1) EV는 높은 연비와 다양한 전기 공급원을 통해 에너지 절약, CO<sub>2</sub> 저감 및 에너지 보안에 크게 기여한다. 이러한 특징으로 인하여 운송, 배기가스 관련 정책 목표 달성에 유리하기 때문에 높은 발전 가능성을 지니고 있다.

2) 전기 자동차는 경제적으로 큰 영향을 미친다. 전 세계적으로 1,400만 대가 넘는 hybrid electric vehicle (HEV)과 300만 대 이상의 PHEV가 판매되었으며 판매량은 앞으로 계속 증가할 전망이다.

3) EV의 판매량이 증가함에 따라 배터리 수요 또한 높아질 것이며, 배터리 기술발전과 2차사용을 통해 생산비용을 절감하고 생산량을 높이는 것이 필요하다.

4) 배터리 수요가 증가함에 따라 배터리의 핵심 재료인 코발트와 리튬에 대한 수요도 증가한다. 코발트와 리튬의 안정적인 공급을 위하여 관련 대책을 수립해야하며, 정제기술과 재활용 또한 논의되어야 한다.

5) 리튬 이온은 향후 10년 동안 사용될 기술로 남아있을 것으로 예상되지만, 가까운 미래에 이론적으로 더 높은 에너지 밀도와 더 낮은 비용의 다른 배터리 설계에 의해 추월될 가능성이 존재한다. 그러나 실질적으로 다른 배터리 설계가 출시되더라도 생산 라인 구축과 상용화로 인한 시간 지연 때문에 시장에서의 가용성이 크게 지연될 것이다.

## 후 기

이 논문은 산업통상자원부가 지원한 ‘혁신도시 공공기관연계 육성사업’으로 지원을 받아 수행된 연구 결과이다(과제명: 전지·ESS기반 에너지산업 혁신생태계 구축사업).

본 과제는 에너지기술평가원의 ‘2019 에너지 글로벌기술협력교류(하이브리드/전기차 프로그램 관련 연구개발 협력활동 프로그램 참여 및 다자간 연구협력 준비)’의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

1. International Energy Agency (IEA), “Global EV Outlook 2018: Towards cross-modal electrification”, IEA, Paris, 2018, doi: <https://doi.org/10.1787/9789264302365-en>.
2. International Energy Agency (IEA), “Global EV Outlook 2016: Beyond one million electric cars”, OECD Publishing, Paris/IEA, Paris, 2016, doi: <https://doi.org/10.1787/9789264279469-en>.
3. Marklines, “China's technology roadmap: Targets for energy-saving and new energy vehicles in 2030”, Marklines, 2017. Retrieved from [www.marklines.com/en/report\\_all/rep1558\\_201612](http://www.marklines.com/en/report_all/rep1558_201612).
4. EC, “Proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans, 2018. Retrieved from [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/proposal\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/proposal_en).
5. METI, “Auto Vehicle Industry Strategy 2014”, 2014. Retrieved from [https://www.meti.go.jp/english/press/2014/1117\\_01.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2014/1117_01.html).
6. EPA, “Environment and Energy Coalition to Pruitt: Maintain EPA Vehicle Emissions Standards”, United States Environmental Protection Agency, 2017. Retrieved from [https://doi.org/10.1163/9789004322714\\_cclc\\_2017-0016-047](https://doi.org/10.1163/9789004322714_cclc_2017-0016-047).
7. Government of India, “EESL to issue tender for procurement of 10,000 electric cars Per kilometer cost for an electric car is just 85 paisa against Rs 6.5 for normal cars”, Press Information Bureau, Government of India, Ministry of Power, 2018. Retrieved from <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=177134>.
8. Society of Indian Automobile Manufacturers (SIAM), “White paper on electric vehicles: adopting pure electric vehicles – Key policy enablers”, SIAM, 2017. Retrieved from [www.siam.in/uploads/filemanager/114SIAMWhitePaperonElectricVehicles.pdf](http://www.siam.in/uploads/filemanager/114SIAMWhitePaperonElectricVehicles.pdf).
9. O. Schmidt, A. Hawkes, A. Gambhir, and I. Staffell, “The future cost of electrical energy storage based on experience rates”, *Nature Energy*, Vol. 2, No. 8, 2017, p. 17110, doi: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>.
10. U.S. DOE, “Enabling Fast Charging: A Technology Gap Assessment. Washington, D.C”, U.S Department of Energy, 2017, doi: <https://doi.org/10.2172/1416167>.
11. J. F. Miller and U. Muntwyler, “International Cooperation on Public Policies and Strategies for Hybrid & Electric Vehicles under the International Energy Agency”, *World Electr. Veh. J.*, Vol. 8, No. 4, 2016, pp. 842-845, doi: <https://doi.org/10.3390/wevj8040842>.
12. E. A. Olivetti, G. Ceder, G. G. Gaustad, and X. Fu, “Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals”, *Joule*, Vol. 1, No. 2, 2017, pp. 229-243, doi: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2017.08.019>.
13. M. Meeus, “Review of status of the main chemistries for the EV market”, 2018. Retrieved from [www.iea.org/media/Workshops/2018/Session1MeeusSustesco.pdf](http://www.iea.org/media/Workshops/2018/Session1MeeusSustesco.pdf).
14. N. Nitta, F. Wu, J. T. Lee, and G. Yushin, “Li-ion battery materials: present and future”, *materialstoday*, Vol. 18, No. 5, 2015, pp. 252-264, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.10.040>.
15. J. Chung and J. Lee, “Asian battery makers eye nickel top-up as cobalt price bites”, *REUTERS*, 2017. Retrieved from [www.reuters.com/article/us-southkorea-battery-cobalt/asianbattery-makers-eye-nickel-top-up-as-cobalt-price-bites-idUSKBN1AJ0S8](http://www.reuters.com/article/us-southkorea-battery-cobalt/asianbattery-makers-eye-nickel-top-up-as-cobalt-price-bites-idUSKBN1AJ0S8).