

2020-01
정책연구

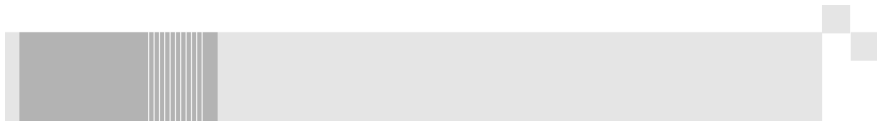
강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안

국립중앙도서관 출판시도서목록(CIP)

강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안
/ 엄기중 [지음].--춘천:
한국기후변화연구원, 2020
p. ; cm. -- (정책연구 ; 2020-01)

참고문헌 수록
ISBN 978-89-97562-61-9 93530 : 비매품

전기차, 전기차 사용후 배터리, 산업화 센터, 산업기반 조성,
강원도형 비즈니스모델, 디지털 통상 플랫폼



목차

연구요약	vii
제1장 서론	1
제1절 연구 개요	1
제2절 연구 흐름도	5
제3절 연구 한계점	6
제2장 전기차 글로벌 보급 현황	10
제3장 전기차 사용후 배터리 활용 동향	17
제1절 시장 현황	17
제2절 전기차 사용후 배터리 활용 관련 이슈	19
제4장 전기차 사용후 배터리 활용 국내 동향	52
제1절 환경부	52
제2절 산업부	54
제3절 민간기업	56

제5장 강원도 전기차 사용후 배터리 활용 방안	59
제1절 강원도 배터리 산업화 센터 설립	59
제2절 사용후 배터리 활용관련 장비 구축	62
제3절 사용후 배터리 활용 기술개발	64
제4절 사용후 배터리 활용 제도 및 산업화 기반구축	66
제6장 결 론	71
제1절 요약	71
제2절 향후 정책방향	80

참고문헌

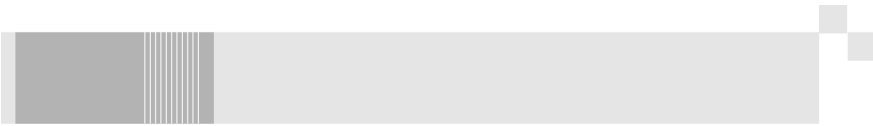
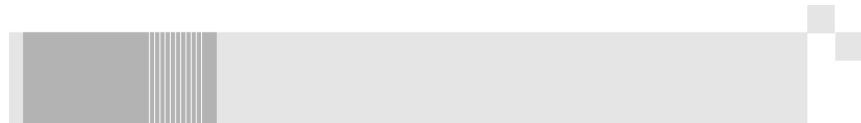


표 목 차

<표 2-1> COVID19 이후 추가된 유럽의 전기차 지원정책	11
<표 4-1> 미래 폐자원 거점 수거센터 구축	53
<표 5-1> 2차 전지의 안전규격에 관한 시험평가	62
<표 5-2> 전기차 사용후 배터리 시험의 안전 표준	63
<표 6-1> 강원도 이모빌리티(free track) 전략산업 선정과 지원	84



그림목차

<그림 1-1> 연구 흐름도	5
<그림 2-1> 세계 전기차 판매 추이	10
<그림 2-2> 세계 리튬이온 배터리 판매 추이	13
<그림 3-1> 전기차 폐기물 관리 위계도 및 리사이클링 선택의 범위	18
<그림 3-2> 염수로부터 Li2CO3 생산까지 공정 흐름도	19
<그림 3-3> 3가지 유형의 배터리 셀, 모듈, 및 팩	23
<그림 3-4> 전기차 사용후 배터리의 분해시 어려운 점 모식도	29
<그림 3-5> 리튬배터리 재사용 및 재활용 공정 순서도	36
<그림 4-1> 전남 영광 폐배터리 재활용 순환 센터	56
<그림 5-1> 황성 우천산단의 지리적 여건 모식도	60
<그림 5-2> 강원도가 현재 계획하고 진행중인 황성우천일반산업단지 종합도	61
<그림 6-1> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업조성에 참여 가능한 기업 목록	72
<그림 6-2> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 센터 (영국 예시)	74
<그림 6-3> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업클러스터 구상(안)	75
<그림 6-4> 강원도 전기차 사용후 배터리 규제혁신 (제주도 예시)	76
<그림 6-5> 규제혁신 3종 세트 (제주도 예시)	77
<그림 6-6> 규제 자유 특구	77
<그림 6-7> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 TF 구성(안)	80
<그림 6-8> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 추진 로드맵	81
<그림 6-9> 환경부가 추진하는 미래폐자원 거점수거센터	82
<그림 6-10> 캐나다 휘슬러 퍼스널모빌리티 활용 관광상품	86
<그림 6-11> 사용후 배터리를 활용한 퍼스널모빌리티 리빙랩 사업	87
<그림 6-12> 강원도 사용후(폐) 배터리를 활용한 BM개발 모형	88
<그림 6-13> 사용후 배터리를 활용 강원도 비즈니스 모델(예시)	89
<그림 6-14> 이스라엘 ALGOLiON社의 홈페이지	91



강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안

전기차 시장이 확대됨에 따라 폐차, 노화교체 등으로 폐배터리(이하 사용후 배터리) 증가 및 처리 문제가 대두되고 있다. .

충·방전을 반복하는 딥사이클(Deep-cycle) 특성의 전기차 배터리는 일반적으로 잔여용량이 70~80% 가량에서 교체된다.

교체되는 전기차 사용후 배터리를 재사용하는 기술을 개발하고 실증함으로써 효율적인 자원순환체계를 구성하는 것은 매우 중요한 현안으로 떠오르고 있다..

강원도에서의 전기 자동차 보급 현황을 살펴보면, 2011년 7대를 시작으로 2019년 998대가 판매되는 등 매년 그 보급이 증가추세에 있다.

비록 현재 강원도에서 보급된 전기자동차 중 배터리가 한계수명에 도달한 경우의 수는 적지만 전기자동차 시장 규모가 커질수록 비례하여 향후 증가할 것으로 보인다.

2020년 9월17일에 정부는 정부 보조금을 지원받은 전기차를 사용한 뒤 배터리를 지방자치단체에 반납하게 한 기존의 대기환경보전법의 규정을 없애고 민간에 매각을 허용하기로 결정하였으나, 강원도에서 발생하는 전기차 사용후 배터리를 민간시장에 모두 맡기기 보다는 지자체 광역 차원에서 지역발전의 동력산업으로 육

성할 필요가 있다.

강원도는 2017년부터 횡성 우천 산단에 이모빌리티 특구사업을 추진해왔으며, 2020년 10월20일에 산업통상자원부는 상생형 지역일자리 선정 심의위원회를 열고 강원도의 강원형 일자리사업(횡성 전기차 클러스터) 모델을 최종 선정하였다.

전기차 관련 7개 중소기업이 모여 이익과 리스크를 공유하는 협동조합을 결성하고 총 742억 원을 투자해 초소형 전기화물차를 생산하게 된다.

다양한 이모빌리티 제품의 설계에서부터 제조 및 판매까지 이모빌리티 산업 생태계 전분야를 보유하고 있는 지자체로서 강원도는 전기차 사용후 배터리 활용분야에서도 클러스터화 집적단지를 조성할 필요가 있다.

강원도에서 발생하는 전기차 사용후 배터리를 활용한 산업을 육성하기 위해서는 강원도내 소재하고 있는 유관기관(광역, 기초 지자체, 연구원), 기업 및 대학 등으로 구성된 TF (Task Force)팀을 구성할 필요가 있다.

강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 추진 TF 팀은 사용후 배터리 산업화센터 구축 및 사용후 배터리 산업 생태계 조성에 있어서의 단계별 목표제시와 목표를 이루기 위한 사업예산 확보에 최선을 다하여야 한다.

강원도에서는 전기차 사용후 배터리를 활용한 비즈니스 모델 시범사업 추진 및 기술 개발에 있어서 재사용에서 출발하고 배터리 용량이 작은 제품부터 안전을 기반으로 추진하되 장기적으로는 유가금속을 회수하는 리사이클링 산업 육성도 고려해야 한다.

▮ 키워드 : 전기차, 전기차 사용후 배터리, 잔존가치, 배터리 산업화 센터, 비즈니스모델, 규제 혁신, 강원도형 상생형 일자리, 디지털 통상 플랫폼, 배터리 재활용 센터

제 1 장

서 론

- 제 1 절 연구 개요
- 제 2 절 연구 흐름도
- 제 3 절 연구 한계점

제 1 장

서 론



제1절 연구 개요

1.1. 연구 배경 및 필요성

- 국내외적으로 온실가스 감축 및 미세먼지 저감 정책수단으로써 전기차 보급이 확대되고 있으며 EU를 중심으로 한 환경규제 강화 등으로 전기차 보급이 지속적으로 증가할 전망
- 전기차 사용후 배터리는 수명이 종료되더라도 초기 용량의 7~80% 정도가 남아 있어 비록 자동차를 견인하는 동력용으로는 부적합할지라도 다른 용도로 재사용이 가능함.
- 재사용이 가능한 분야는 소규모 가정용 ESS(에너지저장시스템), UPS(무정전 전원장치, Uninterruptible Power Supply system)로 사용되거나 전기자전거 또는 전기스쿠터 등 퍼스널모빌리티 등이 있음.
- 배터리는 전기자동차의 핵심 부품으로 전기차 총 생산원가의 4~50%를 차지하며 그 수명은 제조사별, 소재별 등에 따라 다르지만 최대 15년 정도라 할 수 있음.
- 또한 전기차의 사용후 배터리는 납축전지와 마찬가지로 양극재, 양극재코일,

음극재, 음극재코일, 전해액, 세퍼레이터, 셀 케이스 등으로 구성되어 있으며 전 부품의 재활용이 가능함.

- 사용후 배터리 재활용은 네가지의 사업 영역이 있음. 사용후 배터리를 수집하는 단계, 분해하는 단계, 재활용을 하는 단계, 그리고 핵심 고가 소재들을 추출하는 단계임.
- 향후 리튬이온 배터리의 가장 큰 시장은 EV(전기차) 배터리 재활용 분야가 될 전망이며, 사용 후 배터리의 잔존가치 평가기술이 가장 중요한 기술이 될 전망.
- 가장 난이도가 높은 기술은 양극재에서 고가의 소재를 추출하는 기술임. 배터리에 사용되는 소재는 철, 구리, 알루미늄, 그라파이트, 망간, 니켈, 코발트, 수산화리튬 등으로 모두 분리 추출이 가능함.
- 본 연구에서는 강원도의 전기차 사용후 배터리를 효율적으로 활용하기 위한 현황조사, 사용후 배터리 산업화 센터구축 방안, 비즈니스모델 개발 등 신장 동력사업 도출방안을 마련코자 함.
- 강원도에서의 전기 자동차 보급 현황을 살펴보면, 2011년 7대를 시작으로 2019년 998대가 판매되는 등 매년 그 보급이 증가추세에 있음.
- 비록 현재 강원도에서 보급된 전기자동차 중 배터리가 한계수명에 도달한 경우의 수는 적지만 전기자동차 시장 규모가 커질수록 비례하여 향후 증가할 것으로 보임.
- 정부는 정부 보조금을 지원받은 전기차를 사용한 뒤 배터리를 지방자치단체에 반납하게 한 기존의 대기환경보호법의 규정을 없애고 민간에 매각을 허용

하기로 결정하였음 1)

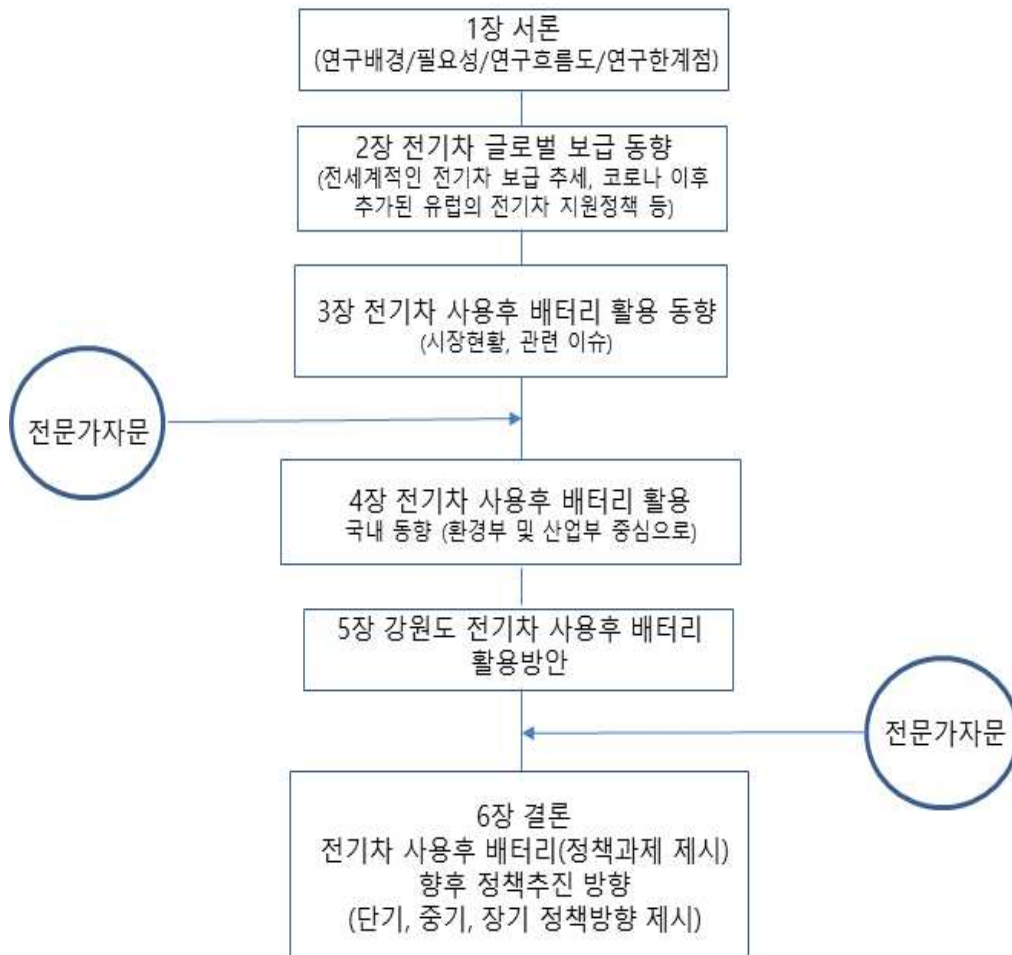
- 환경부는 또한 2020년내 경기도 시흥을 시작으로 내년 6월까지 대구와 홍성(충남), 정읍(전북) 등 모두 4곳에 전기차용 배터리센터를 구축하여 수명이 다된 전기차 배터리의 활용방안을 모색함.
- 수명이 다한 전기자동차 배터리에는 유해물질이 포함 2)되어 있을 뿐만 아니라 안전장치없이 적재할 경우 배터리 셀내부의 열폭주(thermal runaway)로 화재 위험성이 있어 안전하게 처리할 수 있는 센터가 없다면 장기적인 차원에서 지속가능한 친환경 운송수단의 확대 보급이 불가능할 수 있음.
- 한계수명에 도달한 사용후 배터리는 안전한 후속처리가 우선되어야 하지만 이제 부터는 시장의 수요와 공급에 맡겨진 전기자동차 사용후 배터리의 활용에 대한 신중한 접근이 필요함.
- 전기자동차 사용후 배터리의 재사용(reuse) 및 재활용(recycling)은 리튬 및 코발트와 같은 중요 배터리 재료의 해외 공급에 대한 의존도를 줄임으로써 국가 안보를 개선 할 수있다는 대의명분이 분명함.
- 그러나 이윤창출을 기본으로하는 기업에서 볼때 전기차용 배터리 센터 구축은 여전히 초기비용이 과다하므로 강원도의 전략적인 마중물 시범사업으로 전기차 사용후 배터리 센터 구축 지원이 필요함.
- 또한 지속가능한 지역의 성장 발전동력을 확보하는 차원에서의 수익성 제고 방안, 즉 비즈니스모델 개발이 필요함.
- 이에 본 연구에서는 (가칭) 강원도 배터리 산업화 센터 구축 방향과 강원도 배터리 산업화 센터에서 추진해야 할 사업에 대한 비즈니스 모델을 개발하고자 함.

1.2. 연구 내용

- 강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안 마련을 위한 본 정책과제는 총 6장으로 구성되어 있음.
- 1장은 서론으로써 연구배경 및 필요성, 연구내용, 연구수행을 위한 추진 체계인 연구흐름도, 그리고 연구의 한계점 등으로 구성되었음.
- 2장에서는 전세계적인 전기차 보급현황에 대해 다루었으며, COVID19상황 하에서도 추진되고 있는 EU의 전기차 보급정책에 대해 소개하였음.
- 3장에서는 전기차 사용후 배터리 활용에 관련된 전세계적인 시장현황 및 기술수준 등에 대해 다루었음. 전기차 사용후 배터리 활용과 관련된 주요 이슈는 Nature 저널에 소개된 Gavin Harper 등의 리뷰 논문을 주인공 자료에서 발췌하였음.
- 4장에서는 전기차 사용후 배터리 활용에 대한 정부 유관 부처인, 환경부와 산업부별 동향에 대해 살펴보았음. 민간기업이 추진하는 사업에 대해서도 조사하였으나 비슷한 지역에서 중복으로 추진되기 때문에 사실의 진위여부를 판단할수 없어 자세한 내용은 다루지 않았음.
- 5장에서는 강원도에서 추진할 수 있는 전기차 사용후 배터리 활용 관련 정책추진 방향에 대해 다루었음. 크게 4가지의 주요 시책추진 방향을 하드웨어적인 측면과 소프트웨어적인 측면으로 나누어 제시함.
- 6장은 결론과 아울러 강원도가 전기차 사용후 배터리를 활용하여 지역성장 발전을 위해 실제로 취해야 할 시책안을 단기, 중기, 그리고 장기적인 측면에서 나누어 제안하였음.



제2절 연구 흐름도



<그림 1-1> 연구 흐름도



제3절 연구 한계점

- 현재 전기차 사용후 배터리의 회수 및 관리체계에 대한 법적 제도가 미흡한 편으로, 보조금이 지급된 전기차의 사용후 배터리의 경우, '대기환경보전법'에 따라 지자체에 반납하도록 하고 있으나 이후 관리체계가 부재함. 이러한 사항은 정부에서 마련해야 하는 부분으로 본 정책과제에서는 다루지 않았음.
- 비록 2020년 9월17일에 정부는 정부 보조금을 지원받은 전기차를 사용한 뒤 배터리를 지방자치단체에 반납하게 한 기존의 대기환경보전법의 규정을 없애고 민간에 매각을 허용하기로 결정하였으나, 전기차 배터리 재사용 및 재활용 시장규모가 아직 작기 때문에 민간시장에 모든 것을 맡기기 보다는 지자체 광역 차원에서의 통합관리체계가 필요하다는 관점에서 연구를 진행하였음.
- 전기차 배터리의 경우 100kg이 넘어가는 경우가 대부분으로 손상 혹은 파손 등으로 전해질이 누출될 경우 화재, 폭발에 대한 위험이 있으며 이에 대한 방지기술 및 대응 제도에 대한 내용은 본 정책과제 연구범위에서 제외함.
- 전기차 사용후 배터리의 재사용 및 재활용 촉진을 위해서 장기적으로는 EPR(생산자책임재활용제도)편입을 검토할 필요가 있으며 사용후 배터리를 지정폐기물로 지정해야 하는 등의 자세한 내용은 본 연구에서 다루지 않았음.

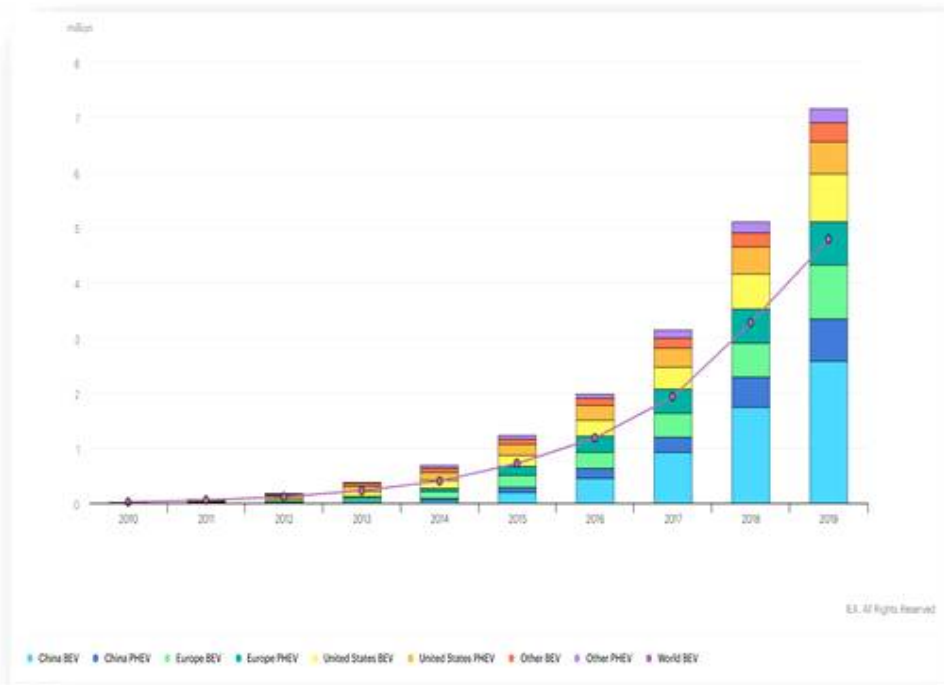
- 전기차 사용후 배터리는 리튬이차전지의 특성이 반영된 수거 및 보관방법이 없기 때문에 사용후 배터리의 안전취급을 위한 지침이 있어야 하며 사용후 배터리 성능평가 및 인증을 담당할 정부 산하기관이 필요하지만 본 연구에서 자세한 언급을 하지 않았음.
- 향후 전기차 등 중대형 사용후 배터리의 유기금속 회수 촉진을 통한 수입 대체 효과는 증가할 것으로 예측되며 광물의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 국내 기업의 여건을 감안하면 다양한 제품의 사용후 리튬이차전지의 자원순환체계가 조속히 마련되어야 하나 본 연구에서는 전기차 사용후 배터리에 집중하여 활용방안을 모색하였음.
- 본 정책연구에서는 전기차 사용후 배터리의 활용기술의 세세한 부분을 다루기 보다는 강원도가 추진해야 할 정책적인 측면을 강조하여 다루다 보니, 기술적인 측면에서는 피상적인 언급만 하였음.
- 전기차 사용후 배터리 활용에 관한 국내동향을 다룰 때, 전기차 사용후 배터리 처리에 관한 관할 부처인 환경부와 산업부의 정책추진 방향에 대해 기술했으며, 민간기업이 추진하는 사업에 대해서는 자세히 언급하지 못하였음.
- 강원도에서 2017년부터 본격적으로 추진했던 이모빌리티 전략산업 육성정책과 마찬가지로 전기차 사용후 배터리 활용 분야 산업생태계 조성은 단기 간내에 이루어질 수 없는 사안으로 긴 호흡을 가지고 접근할 필요가 있으며 강원도는 이와 관련하여 기본 인프라가 부족하기 때문에 고도의 선택과 집중이 필요하지만 이에 대한 자세한 내용을 다루지 못하였음.

제 2 장

전기차 글로벌 보급현황

전기차 글로벌 보급현황

- 온실 가스 배출량을 줄이고 도시의 대기질을 개선하기 위해 전세계적으로 개인 운송 수단의 탈탄소화(decarbonization)를 추진해 왔으며 2016년에 전기 자동차 판매는 처음으로 연간 백만대를 돌파하였음.



출처: IEA analysis based on country submissions, complemented by ACEA (2020)

<그림 2-1> 세계 전기차 판매 추이

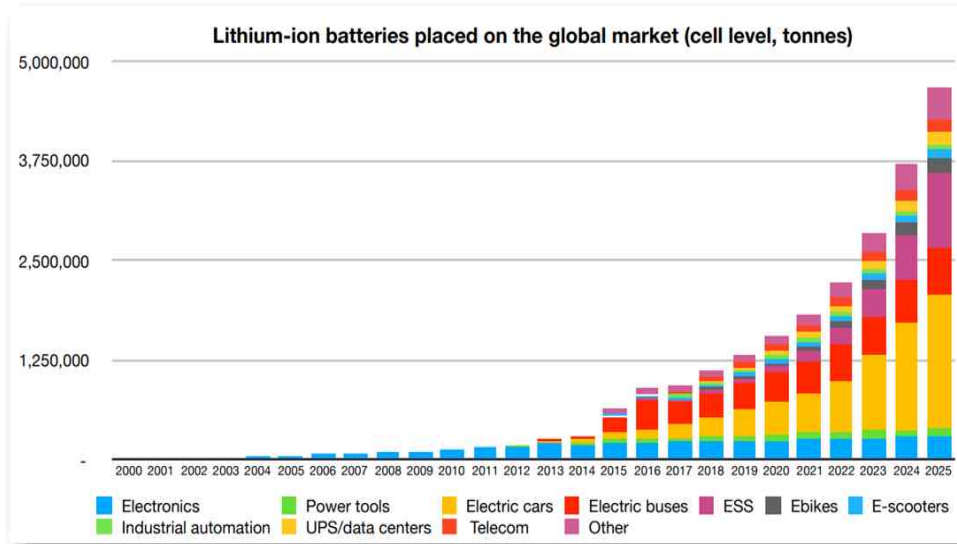
- 이어 전세계적으로 2019년에는 210만 대를 돌파하였으며, 이는 전년 대비 40%의 판매량이 증가한 것을 의미함.
- 또한 이륜차, 버스, 트럭의 전기화 기술이 날로 발전하고 전기차 시장이 성장함에 따라 전기자동차가 크게 확대 보급될 것으로 전망되고 있음.
- 최근 몇 년간 전세계 주요 자동차 제조회사들이 자동차 시장에 전기 자동차 출시를 촉진하는 야심찬 정책 발표가 이어졌음.
- 한편, 2019년에 각 국가들이 전기차에 대한 지원정책을 직접 보조금 지불하는 것에서 무공해 차량 제조 법규제정 및 연비 기준을 포함한 규제 강화 조치를 취하는 등 보다 구조적인 측면에서 조치를 취해 장기적인 전기차로의 전환시그널을 제시하였음.

<표 2-1> COVID19 이후 추가된 유럽의 전기차 지원정책

구분	지원 정책 내용
독일	전기차구매 정부보조금 3천에서 6천유로로 인상(4만유로 이하의 차에 적용) 기업보조금까지 합산하면 전기차 최고 구매보조금은 대당 9천유로 부가세 19%에서 16%로 하향
프랑스	전기차 보조금 대당 6천유로에서 7천유로로 상향(4.5만유로 이하의 차에 적용) 기업구매자들 5천유로/2천유로 보조금(5만유로 이하차, 주행거리 50km 이상차) 중고차 구매 프로그램 대당 5천유로/내연기관차에서 3천유로(20만대까지 지원)
영국	중고차 교환 프로그램, 내연기관차에서 전기차로 교환시 최대 6천 파운드 지원
네덜란드	전기차 구매 보조금 신차 4천유로/중고차 2천유로 6월부터 2025년 7월까지 적용, 1.2~4.5만유로, 주행거리 120km 이상차에 적용
스페인	중고차 교환 프로그램 도입 10년 이상의 차 연비향상 신차 구매시 4천유로 까지 지원 연비에 따라 차등해 전기차로 구매 유도

출처: 유진투자 증권, 2020

- COVID19 팬데믹 이후 유럽에서는 추가로 전기차 지원정책을 추진하여 전기차 보급에 앞장서고 있음.
- 블룸버그에 따르면 2020 전기차 판매량은 COVID 19 충격으로 지난해 보다 18% 감소한 170만대에 그칠 것으로 예상하고 있음.
- 하지만 향후 폭발적인 성장세를 예상하여 블룸버그 자료는 글로벌 전기차 연간 판매량을 2025년 850만대, 2030년 2600만대, 2040년 5400만대로 내다보고 있음.
- 블룸버그는 신흥국들에선 전기차 보급이 늦어질 것이라 예상하면서도 유럽·중국 중심으로 전기차 판매시장이 급성장할 것이라 전망하여 전기차 시장규모(누적판매량)가 2030년에 1억1600만대에 이르러, 이 시기의 전세계 승용차 운행대수(14억대 전망) 가운데 8%를 차지하고, 2040년이면 그 비중이 31%까지 높아질 것으로 봄.
- 블룸버그 전망에서 신차 판매 기준으로 흥미로운 시점은 2036년으로 이해에 글로벌 승용차 신차 판매 점유율에서 전기차와 내연차가 50%씩 분점(1% 안팎으로 점쳐지는 수소차 제외)하게 되고 이후에 전기차는 내연차를 앞서가는 '특이점'이 나타날 것이라고 예측함.
- 한편, Circular Energy Storage에 의해 발행된 "The lithium-ion battery end-of-life market 2018-2025" 보고서에서는 리튬이온 배터리 시장(셀규모)예측에서 전기차 보급 확대가 리튬이온 배터리를 견인할 것으로 전망하였음.



출처: Circular Energy Storage Research and Consulting (2018). The lithium-ion battery end-of-life market 2018-2025.

<그림 2-2> 세계 리튬이온 배터리 판매 추이

- 현재 진행중인 △배터리 기술의 발전 △각국 정부의 막대한 구매보조금 △세계 주요 도시의 환경규제 정책은 전기차 보급 속도를 끌어올리는 가속 페달 역할을 하지만, 코로나에 따른 글로벌 가계의 구매력 급감과 낮은 가격수준을 오래 지속할 공산이 큰 국제 유가는 저항 브레이크 역할을 할 것으로 전망됨.
- 블룸버그의 전망에서는 2036년에 신차판매 기준으로 전세계적으로 전기차 (electric car)와 내연차(internal combustion engine car)가 50%씩 분점 (1% 안팎으로 점쳐지는 수소차 제외)하게 되고 이후에는 전기차가 내연차를 앞서가는 ‘특이점’이 나타날 것이라고 예측하고 있음.

제 3장

전기차 사용후 배터리 활용 동향

제 1 절 시장현황

제 2 절 전기차 사용후 배터리 활용 관련 이슈

제3장

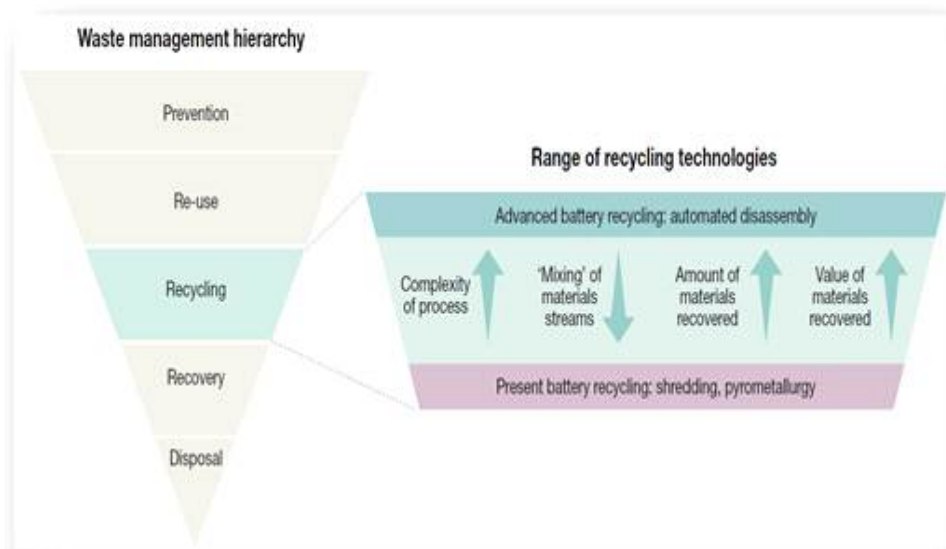
전기차 사용후 배터리 활용 동향



제1절 시장 현황

- 이러한 전기차 시장의 확대 흐름과 더불어 수명이 다하게 될 전기차의 배터리 재활용 시장규모도 동반하여 증가할 전망.
- EV 배터리 재활용 시장 규모는 '18년 73억5천만 USD에서 '25년 112억 8천만 USD(연평균 6.31%)로 증가 예상 ('20, Bloomberg)
- 배터리 재활용 시장이 성장하는 이유로는 귀금속 및 희토류 고갈에 대한 우려 증가, 재활용 배터리 및 기타 재료에 대한 수요 증가, 그리고 엄격한 법적인 규정 및 지침 시행(예를 들면 미국 EPA의 지침) 등이 있음.
- 또한 배터리 재활용 기술이 발달됨에 따라 귀금속 및 희토류의 유한자원 (finite metal resources)의 활용성이 높아져 전기차 사용후 배터리 활용시장은 지속적으로 성장이 예상됨
- 또한 재활용 제품 및 재료에 대한 수요가 증가하고 세계적인 중산층 고용 시장이 확대됨에 따라 시장 성장이 탄력을 받을 것으로 예상됨.

- 전기차 제조의 환경 발자국은 주로 리튬이온 배터리 생산과 원재료 추출에 의해 크게 영향을 받게되며 수명이 다한 전기차는 시스템의 해체에서부터 구성성분의 추출에 이르기 까지 다양한 수요에 맞추어 활용될 수 있음.
- 제조된 리튬 이온 배터리(LIB)에는 상당한 가치가 내장되어 있기 때문에 재료 사용 및 수명주기 영향을 최적화하기 위해서 애플리케이션 계층 구조를 통해 관리되어야 함.



출처: Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles (2019).

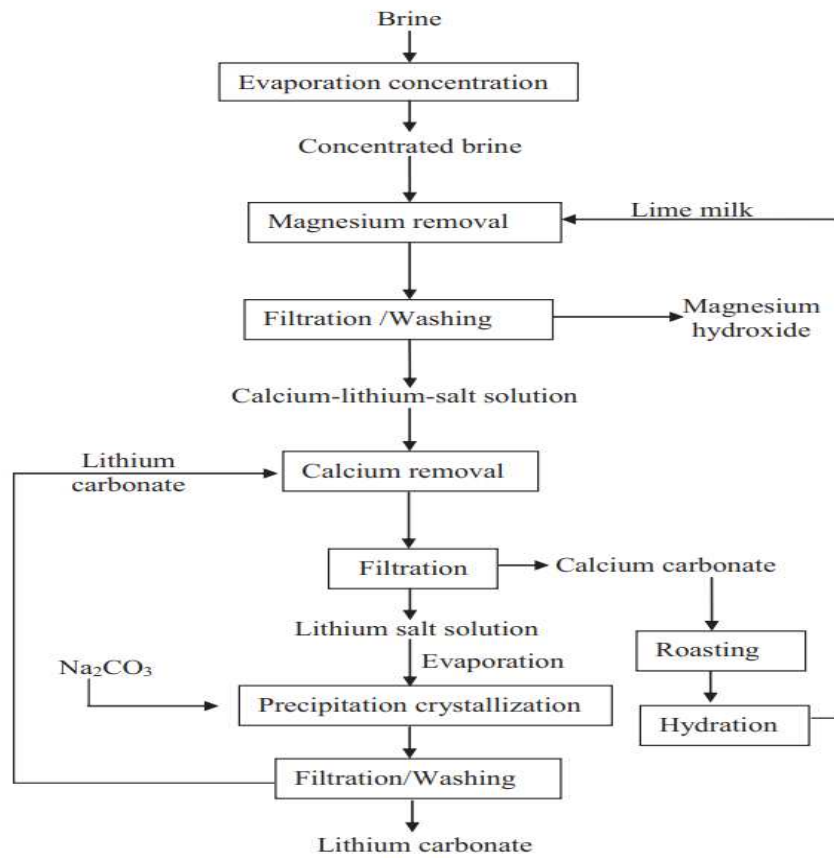
<그림 3-1> 전기차 폐기물 관리 위계도 및 리사이클링 선택의 범위



제2절 전기차 사용후 배터리 활용 관련 이슈

2.1. 리튬이온 배터리의 사회적/환경적인 영향

- 리튬 배터리의 원료가 되는 1톤의 리튬을 생산하기 위해서는 250 톤의 채굴된 spodumene, 또는 750 톤의 미네랄이 풍부한 염수(brine)가 필요함.



출처: P. Meshram et al. / Hydrometallurgy 150 (2014) 192-208

<그림 3-2 > 염수로부터 Li₂CO₃ 생산까지 공정 흐름도

- 또한 다량의 원료를 처리하면 공정자체가 환경에 상당한 영향을 미칠 수 있음. 예를 들어, 염수에서 생산하려면 소금 평지에 구멍을 뚫고 미네랄이 풍부한 용액을 표면으로 펌핑해야 함. 이러한 채굴 활동으로 물이 고갈될 수 있음.
- 리튬 생산의 주요 중심지 중 하나인 칠레의 Salar de Atacama에서는 지역 물의 65 %가 채광 활동으로 소비되는 실정임.
- 이러한 활동은 다른 지역에서 물을 수입해야 하는 지역의 농부들에게 영향을 미치고 있으며 이러한 방식으로 리튬을 생산할때는 엄청난 물이 필요하며 리튬 1 톤을 추출하는데 들어가는 물의 양은 대략 1,900 톤임.
- 이와는 대조적으로 사용후 배터리에서 1톤의 리튬을 생산하기 위해서는 단지 28톤의 중고 LIB (전기차 LIB8 사용 약 256 개) 만 필요함.
- 수명이 다한 LIB에서 더 많은 재료를 가능한 한 사용 가능한 형태에 가깝게 회수 할 수만 있다면 LIB 생산에서 환경에 미치는 순 영향을 크게 줄일 수 있음.
- 더 큰 즉각적인 우려는 지리적으로 집중된 코발트 매장지임. (코발트 매장지가 정치적으로 불안정한 콩고 민주 공화국에 있음).
- 이들은 단기적인 가격 폭등은 차치하고라도 광산 채굴에 있어서 아동들의 노동을 사용하는 등 채굴과 관련하여 다양한 사회적, 윤리적 및 환경적 우려를 불러 일으키고 있음.

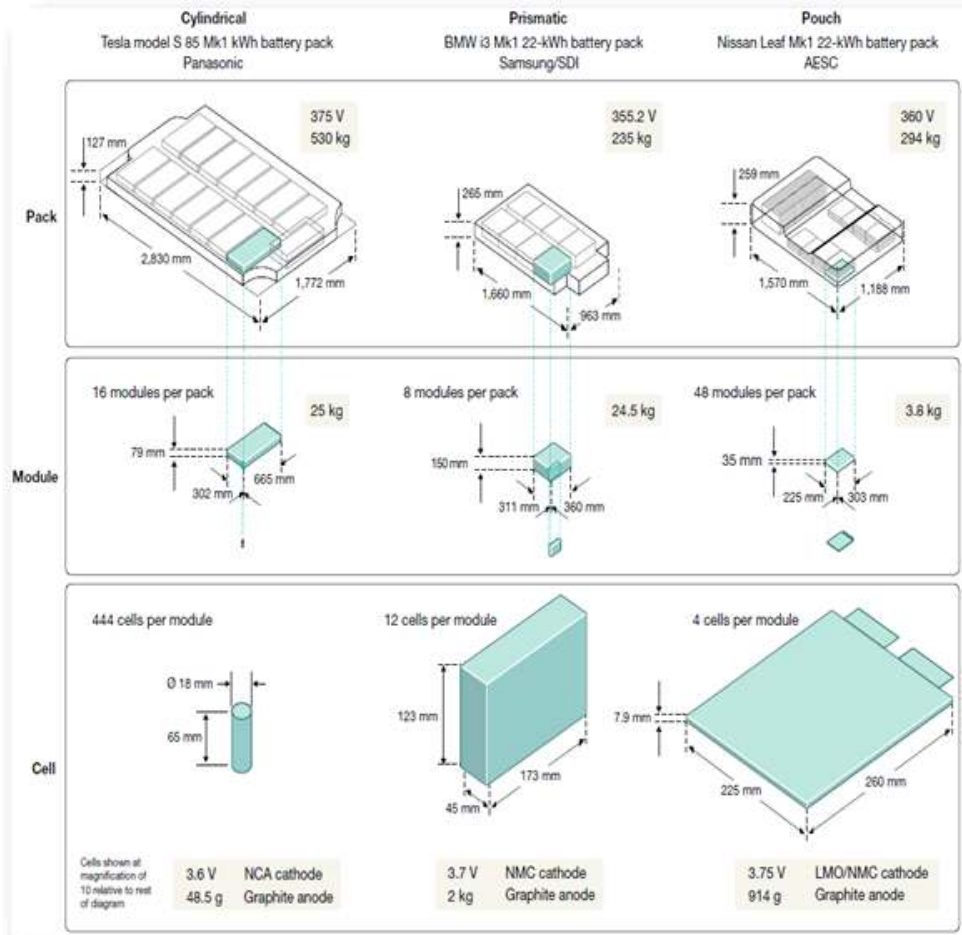
2.2. 사용후 배터리 잔존가치 평가 및 해체

- (배터리 팩, 모듈 및 셀의 진단) 'SOH'는 배터리가 초기 설계 사양을 어느정도 충족하고 있는 가를 나타내 주는 정도임. 시간이 지남에 따라 배터리 성능이 저하됨에 따라 성능은 초기 상태와 다르게 됨.
- 단위는 백분율 %이며 100 %는 설계 사양을 충족하는 새 배터리의 상태와 동일한 상태를 나타냄. (일부 새 배터리는 설계 사양에서 벗어나 100 % 미만의 상태로 출고 될 수 있음.)
- 'SOC'는 배터리가 충전 또는 방전된 정도를 나타내 줌. 단위는 백분율 %이며 0 %는 비어 있음을 나타내고 100 %는 가득 충전되었다는 것을 나타냄.
- 사용 후 배터리의 용도 변경 - 충전소 및 고정식 에너지 저장 장치와 같은 다른 제품의 팩, 모듈 및 셀 재사용 - 을 위해서는 그 배터리가 재사용에 적합한지(그렇다면 어떤 용도에)를 체크하기 위해서는 SOH에 대한 정확한 평가가 필요함.
- 또한 일부 재활용 프로세스에서 안전상의 이유로 충전 상태를 분류하기 위해 SOC에 대한 정확한 평가가 필요함.
- 처리량이 많은 배터리 분류 및 게이트웨이 배터리 테스트의 경우 최적의 접근 방식은 사용중인 셀을 모니터링하여 가능한 셀 교체 및 모듈 또는 팩 재조정에 대한 사전 경고를 가능하게하는 현장 기술을 활용하는 것임.
- 단지 몇 개의 cell이 고장나 SOH가 낮다고 해서 배터리 전체를 용도 변경

하는 것보다는 고장난 cell의 핀포인트 수리를 통해 SOH를 높이는 것을 고려해야 함.

- 전기 화학적 임피던스 분광기(Electrochemical impedance spectroscopy)는 cell, 모듈, 팩의 SOH 및 리튬 도금과 같은 노화 메커니즘을 나타내 줄 수 있음.
- 이러한 전기화학적 임피던스 분광기의 측정결과는 사용후 배터리의 재사용 또는 분해 및 처리를 위한 의사 결정 매트릭스에 중요한 정보를 제공할 수 있으며, 보다 중요하게 다운 스트림 처리에 추가 결과를 초래할 잠재적 위험을 미리 식별 할 수 있게 해 줌.
- 많은 전기 자동차 제조업체는 현장에서 결함이 있는 모듈을 식별하고 교체하여 전기 자동차 배터리 팩을 관리하고 유지하기 위해 유사한 기술을 사용하고 있음.
- 향후 이 분야의 기술이 발달하여 프로세스의 대부분 또는 완전히 자동화 될 수 있다면 비용, 안전 및 처리 시간에 상당한 이점이 있을 것으로 예상된다.
- **(배터리 팩, 모듈 해체의 문제점)** 전기차 제조업체마다 차에 전력을 공급하는 방식이 다르며, 시장에 나와있는 전기 자동차는 다양한 물리적 구성을 하고 있으며 셀 유형 및 셀 화학성분도 제각각임.
- 이러한 다양성은 전기차 사용후 배터리의 재활용에 많은 어려움을 초래하

고 있음.



출처: Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles (2019).

<그림 3-3 > 3가지 유형의 배터리 셀, 모듈, 및 팩

- 2014 년식부터 시장에서 주로 유통되는 대표적인 전기 자동차의 셀, 모듈, 팩에 대한 모양이 <그림 3-3>에 나타나 있음.
- 세 대의 자동차는 매우 다른 모양을 가지고 있으며 이들을 해체할 때도 다른 접근 방식이 필요하다는 것을 알수 있음.
- <그림 3-3>에서 다양한 분해 규모에서 서로 다른 구성 요소의 형식과 상대적 크기가 다르므로 자동화에 문제가 있음을 알 수 있음.
- cell의 화학(chemistry)도 다양하여 재료 재생에 대한 다양한 접근 방식을 필요로하며 전체적인 재활용(recycling)의 경제성에 큰 영향을 미치게 됨.
- **(자동 배터리 해체)** 로봇에 의한 자동화 공정의 배터리 분해는 인간 작업자에게 해를 끼칠 위험을 제거 할 수 있으며 자동화가 증가하면 비용이 절감되어 잠재적으로 재활용이 경제적으로 가능하게 해줄 수 있는 장점이 있음.
- 전세계적으로 이러한 여러 연구 프로젝트가 시범으로 운영되고 있음.
- 중요한 것은 자동화가 재료 및 구성 요소의 기계적 분리를 개선하여 분리된 재료의 순도를 향상시키고 다운 스트림 분리 및 재활용 프로세스를보다 효율적으로 만들 수 있다는 것임.
- 그러나 자동차 배터리 분해 자동화 공정에는 다양한 어려움이 존재하고 있음. 이는 제조 부문의 로봇 공학과 자동화가 고도로 구조화된 환경에 의

존하기 때문임.

- 이 환경에서는 로봇이 고정된 위치에 있는 정확히 알려진 물체에 대해 재 프로그래밍된 반복 작업을 수행함. 이외는 대조적으로 다양한 물체로 일반화하고 불확실성을 처리 할 수있는 로봇 시스템의 개발은 인공 지능 연구 분야의 주요 과제로 남아 있음. 이러한 관점에서 차량 배터리 분해의 복잡성을 고려하는 것이 중요함.
- 현재 배터리 팩 설계에 대한 표준은 없으며 자동차 부문의 모듈 또는 셀 등의 표준화도 가까운 장래에 일어날 것 같지 않을 것으로 보임.
- 지난 20 년 동안 배터리 공장에서 조립의 대부분은 작업자가 수행하며 자동화되지 않은 상태로 남아 있음. 그들의 분해 및 폐기물 처리는 일반적으로 제조 조립 라인보다 훨씬 더 불확실한 구조를 가지게 됨.
- 그럼에도 불구하고 자동화를 향한 일부 진전이 있었음. 예를 들어, Optisort 시스템은 컴퓨터 비전 알고리즘을 사용하여 배터리의 레이블을 인식한 다음 공압 액추에이터를 사용하여 화학 유형에 따라 배터리를 다른 빈으로 분리해내고 있음.
- 그러나 Optisort는 현재 AA 및 AAA 배터리로 제한되어 있으며 Optisort 기계에 들어가기 전에 혼합된 폐기 배터리 배치에서 분리하기 위해 많은 양의 사전 분류가 필요한 실정임.
- 미국의 자동차 엔지니어 협회와 일본의 배터리 협회는 전기 자동차 배터

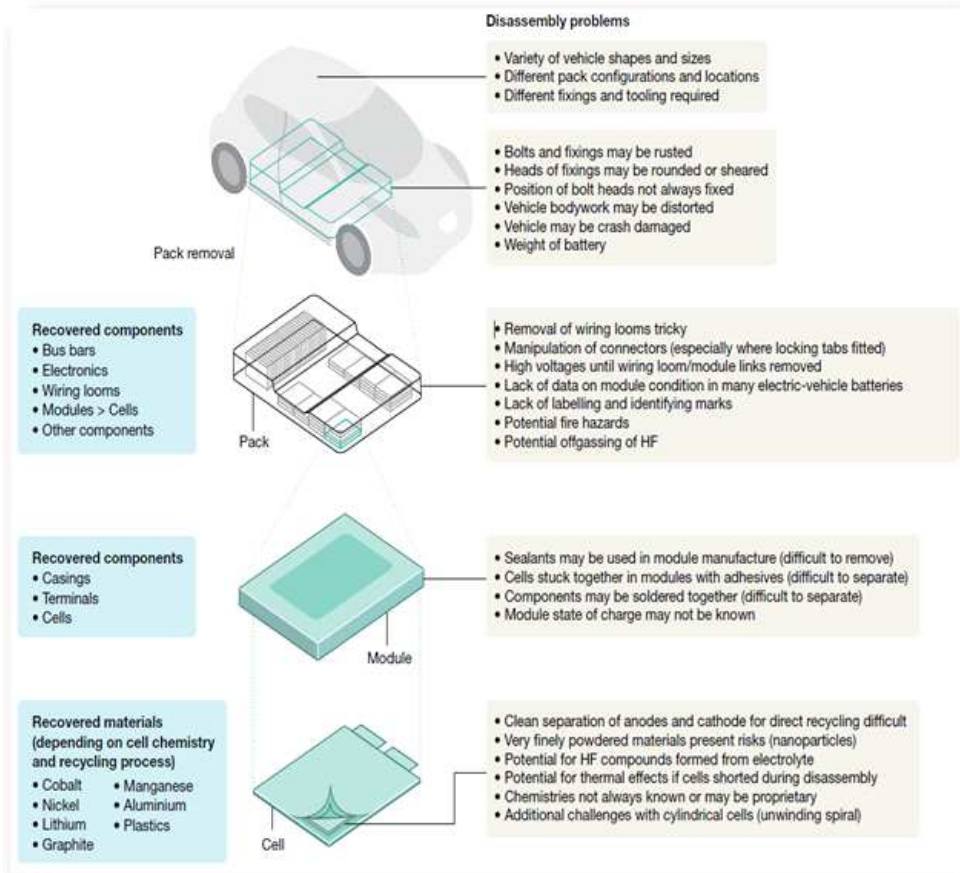
리에 대한 권장 라벨 표준을 모두 가지고 있음.

- 컴퓨터 비전 연구의 최근 알고리즘에는 크기, 모양, 색상 및 질감과 같은 기능을 기반으로 물체와 재료를 인식하는 기능이 있음. 그러나 제조업체가 주요 배터리 구성 요소 및 하위 구조에 라벨, QR 코드, RfID 태그 또는 기타 기계 판독 가능 기능을 포함한다면 재활용에 유리할 수 있음.
- 이들이 외부 데이터 소스에 대한 참조를 제공하는 경우 재활용 프로세스를 지원하는 유틸리티는 해당 데이터의 접근성 및 형식에 따라 달라짐.
- 독점적이고 비공개 인 경우 이러한 데이터는 제한적으로 사용되지만 표준화 및 개방형 데이터 형식으로 이동하려는 이니셔티브가 있을 수 있음.
- 많은 회사가 출처, 윤리적 공급망, 배터리 상태 및 이전 사용에 대한 정보와 투명성을 포함하여 배터리 재료의 전체 수명주기 추적을 제공하기 위해 블록 체인 기술을 고려하고 있음.
- 전기 제품의 자동 분해는 다른 부문에서도 어느 정도 구현되었음. 예를 들어, Apple은 연간 120 만대의 휴대폰을 처리 할 수 있는 iPhone 641 용 자동 분해 라인을 구현했으며 이 라인에는 컨베이어 시스템에 연결된 22 개의 스테이션이 있으며 11 초만에 iPhone을 분해 할 수 있음.
- 그러나 이 시스템은 iPhone 6 모델만 처리 할 수 있으며 이 정확한 모델의 온전한 전화기는 분해 라인의 시작 부분에 위치해야 하며, 그런 다음 21 개의 서로 다른 셀에있는 29 개의 로봇의 사전 프로그래밍 된 동작을

사용하여 전화기를 8 개의 개별 부품으로 분해함.

- 배터리를 제자리에 고정하는 접착제를 가열하여 LIB를 제거하며 잠재적인 화재 위험으로 인해 이는 열 화상 시스템을 사용하여 배터리를 모니터링하는 동안 열 이벤트 보호 시스템 내부에서 이루어져야 함.
- 안타깝게도 연간 120 만 대의 휴대 전화가 바다로 떨어지고 있으며 Apple 분해 라인은 기존의 산업 자동화 방법을 사용하여 만들어 졌기 때문에 유연성이 떨어지고 새로운 모델과 다양한 휴대 전화에 적용할 수 없음.
- 그러나 유연하고 적응 가능한 로봇 분해 라인을 구축하는 데 엄청난 비용이 들 필요는 없음. 문제는 저렴한 하드웨어를 만들 수 있는 제어 알고리즘과 소프트웨어를 만드는 것임. (로봇 암의 비용은 수천에서 수만 달러에 불과하며 비용은 꾸준히 감소하고 항상 작동하며 매우 긴 서비스 수명을 가짐).
- 엄청나게 복잡한 분해 문제를 지능적으로 처리함. 이러한 인공지능 문제를 해결할 수 있다면 새롭고 변화하는 모델에 대응하는 데 필요한 자본 투자를 현저히 낮게 유지할 수 있음. (주로 소프트웨어 업데이트가 필요함).
- 로봇이 지능적으로 작동하도록 만드는 것은 센서에 크게 의존하여 고급 로봇 인식, 특히 재료 및 배터리 전문가의 맞춤형 센서와 결합된 3 차원 RGB-D 이미징 장치를 사용하는 컴퓨터 비전을 가능하게 함. 로봇은 로봇과 분해되는 재료 간의 강력한 상호 작용의 복잡한 역학 문제를 처리하기 위해 촉각 및 힘 감지 기능이 필요함.

- 자동차 배터리 팩의 복잡성으로 인해 새로운 세대의 힘에 민감한 '코봇'로봇 암을 사용하여 인간과 로봇이 협업 할 수있는 가능성이 제안되었음.
- 기존의 산업용 로봇과 달리 이 코봇은 작업 공간을 인간과 안전하게 공유 할 수 있으며, 로봇이 볼트 풀림과 같은 작업을 학습 할 수있는 반면 인간은인지적으로 더 복잡한 작업을 처리 할 수 있음.
- 그러나 이 접근 방식은 작업자를 배터리 위험으로부터 보호하지 못하며 볼트를 찾고 도구를 움직여서 연결하고 나사를 풀고 제거하는 작업은 로봇 공학과 머신 비전에서의 최첨단 연구가 필요함.
- 팩 제거, 팩 분해, 모듈 제거 및 셀 분리와 같은 다양한 분해 규모에서 자동화에 대한 다양한 과제와 장벽이 존재함.
- 이들 중 일부는 <그림 3-4>에 나와 있음. 다양한 폐기물과 물체를 식별하고, 복잡하고 어수선한 장면에서 물체를 안정적으로 추적하고, 로봇 팔의 동작을 동적으로 안내할 수있는 컴퓨터 비전 알고리즘이 개발되고 있음.
- 컴퓨터가 디지털 이미지나 비디오로부터 높은 수준의 이해를 얻을 수 있는 방법을 다루는 학제간 과학 분야인 컴퓨터 비전에서의 눈에 띄는 발전도 전기차 사용후 배터리의 자동 분해 등에 적용될 예정임.
- 딥 러닝을 사용하여 이미지 처리 및 분석 시스템을 안내하는 신경망을 형성한 후 충분한 교육을 받은 컴퓨터 비전 모델은 사물을 인식하고 사람을 감지하거나 인식하며 움직임까지도 추적할 수 있을 전망이다.



출처: Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles (2019).

<그림 3-4> 전기차 사용후 배터리의 분해시 어려운 점 모식도

- (사용후 배터리의 안정화) LIB가 재활용을 위해 지정되면 관련된 세 가지 주요 프로세스는 안정화(stabilization), 개봉(opening) 및 분리(separation)로 구성되며 개별적으로 또는 함께 수행 될 수 있음.

- LIB의 안정화는 염수(brine) 또는 옴 방전(Ohmic discharge)을 통해 달성할 수 있음. 그러나 개봉하는 동안 공정 중 안정화는 비용을 최소화하기 때문에 현재 업계에서 선호하는 경로임.
- 이것은 질소, 이산화탄소 또는 이산화탄소와 아르곤의 혼합물과 같은 불활성 가스에서 배터리를 분쇄하는 것으로 구성됨.
- 대규모 유럽 공정은 현재 cell을 분해하기 전에 안정화 기술을 사용하지 않고 대신 이산화탄소 또는 아르곤의 불활성 대기 (분자 산소 4 % 미만)에서 개봉하는 것을 선택함.
- 이산화탄소 아래에서 개방하면 노출된 리튬 금속에 탄산 리튬의 부동 태화 층(passivating layer)이 형성됨. Retrieval 프로세스는 여는 단계에서 물 스프레이를 사용한다는 점에서 유럽 프로세스와 다르며 물은 노출된 리튬을 가수 분해하고 방열관 역할을하여 개봉 중 열 폭주를 방지함.
- 소금 용액 또는 '염수'(이전에 해수를 사용)를 통한 방전은 내부 cell 화학을 부동 태화하는 cell의 부식 및 후속 물 침출을 통해 세포를 안전하게 만드는 대체 방법임.
- 할로젠화 염의 수용액은 배터리 단자 끝에서 상당한 부식을 일으키는 것으로 나타났으며, 인산 나트륨과 같은 알칼리 금속염은 물 침투없이 부식을 훨씬 적게 생성하여 cell을 평가하고 재사용 할 수있는 가능성을 제공함.

- 이것은 해수를 사용하는 것보다 훨씬 더 안전한 방전 방법을 나타내지만 경쟁하는 전기 화학 반응이 발생시킴.
- 산소, 수소 및 염소와 같은 기타 가스 (염수에 포함 된 염에 따라 다름)가 양극 및 음극 단지에서 형성되고 잠재적으로 수집 될 수 있지만 이와 관련된 위험과 어려움을 과소 평가해서는 안됨.
- 완전 방전 시간은 염의 용해도와 용액의 전도도에 따라 달라지지만 온도를 높이면 방전 시간도 단축됨.
- 방전이 완료되면 셀 구성 요소를 강철 캔 또는 적층 알루미늄, 분리막, 양극 (흑연, 구리, 전도성 첨가제), 결합제 및 음극 (활성 물질, 알루미늄, 카본 블랙, 결합제)과 같은 다양한 재료 스트림으로 분리 할 수 있음.
- 염수 방전 방법은 높은 전기 분해 속도와 발생하는 가스의 격렬한 방출로 인해 고전압 모듈 및 팩에 적합하지 않음.
- 그러나 전기 분해를 보다 세심하게 제어 할 수있는 저전압 모듈 및 셀 (또는 일단 고전압 팩이 구성 요소로 분해 된 경우)의 경우 원칙적으로 수소가 방출되는 방전 방법을 제공 할 수 있음.
- 산소는 다른 응용을 위해 회수 될 수있어 공정의 비용 효율성을 더할 수 있는 장점이 있음.

- 그러나 단점은 세포 내용물의 오염이 다운 스트림 화학 공정을 복잡하게 만들거나 처리된 물질 흐름의 가치를 손상시킬 위험이 있다는 것임.
- 소금 용액 사용에 대한 대안은 로드 베어링 회로(load-bearing circuit)를 통한 배터리의 직접 음 방전(direct Ohmic discharge)임.
- 방전하는 동안 전기를 회수할 수 있다면 추가 처리 비용의 일부를 상쇄할 수 있음.
- LIB 셀은 다양한 충전 상태에서 파쇄될 수 있으며, 상업적 관점에서 방전된 모듈이나 전지를 이런 방식으로 처리해야 하는 경우 파쇄 전에 방전하면 프로세스에 비용이 추가됨.
- 또한 최적의 방전 수준이 정확히 정해져 있지 않음. 전지의 화학적 성질과 방전 깊이에 따라 전지가 과방전되면 구리가 전해질에 용해 될 수 있음.
- 이 구리의 존재는 음극과 분리를 포함한 모든 다른 물질 흐름을 오염시킬 수 있기 때문에 물질 재생에 해로울 수 있음.
- 전압이 다시 증가하거나 '정상'작동이 재개되면 구리가 셀 전체에 재 침전되어 단락 및 열 폭주 위험이 증가하므로 위험 할 수 있음.
- 현재의 LIB 처리 기술은 수명이 다한 배터리를 분쇄기 또는 고온 반응기에 직접 넣어버림으로써 이러한 문제를 근본적으로 해결하고 있음.

- 산업용 분쇄 기술은 배터리를 직접 부동 태화 할 수 있지만 회수된 배터리 재료는 사용 가능한 재료 스트림을 생성하기 위해 복잡한 물리적 및 화학적 공정 세트를 필요로 함.

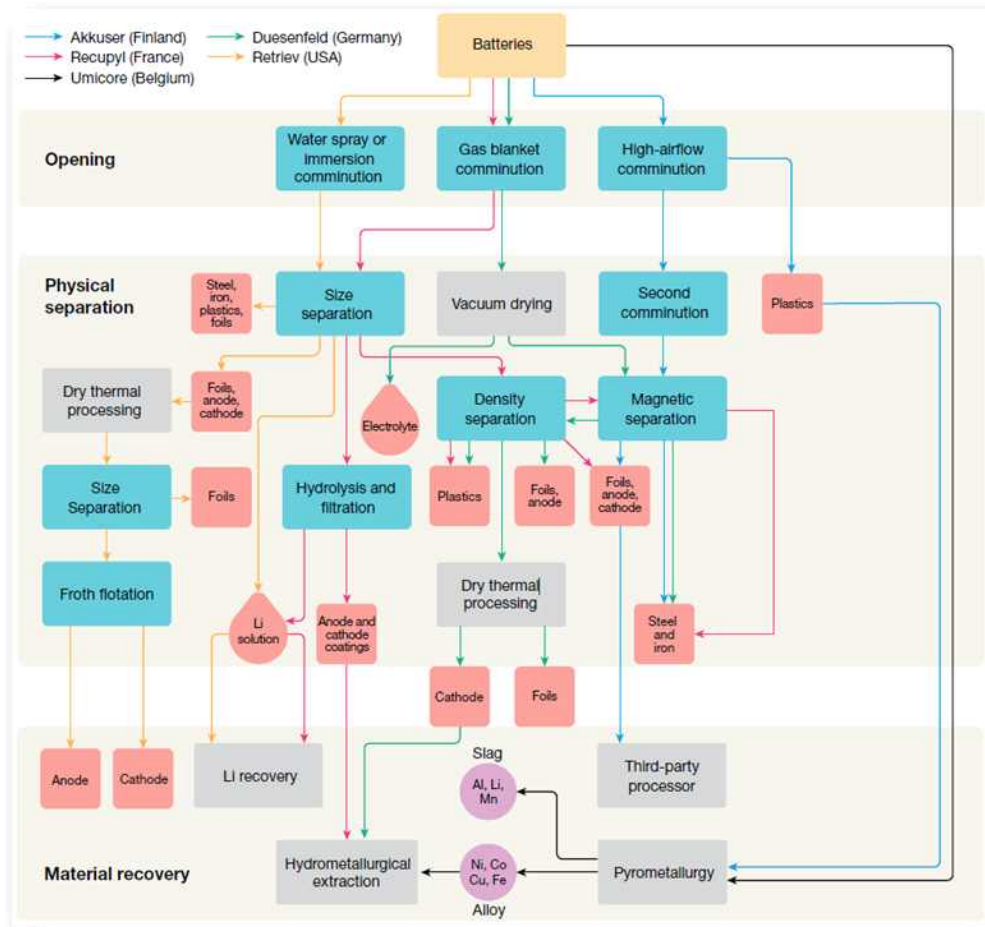
2.3. 리사이클링 방법

- **(Pyrometallurgical process)** 용융에 의한 금속 회수는 고온 용광로를 사용하여 구성 요소 금속 산화물을 Co, Cu, Fe 및 Ni 합금으로 환원함.
- 고온으로 배터리가 '제련'된다는 것을 의미하며, 다른 유형의 배터리에 사용되는 프로세스로서 자연스럽게 소비자 LIB 용으로 상업적으로 확립되었음.
- 현재 불완전하게 분류된 셀 공급 원료에 맞춰져 있는 일반 소비자 LIB의 재활용에 특히 유리함. (실제로 배터리는 열역학 및 얻은 제품을 개선하기 위해 다른 유형의 폐기물과 함께 처리 될 수 있음). 이러한 점은 전기차 LIB와 관련하여서 중요함.
- 현재 금속 수집가들이 이 제련공정을 지원하기 때문에 이 기술은 사전 패시베이션 단계없이 전체 셀 또는 모듈과 함께 사용할 수 있다는 장점이 있음.
- 용융에 의한 금속회수 공정의 주산물은 금속 합금 조각, 슬래그 및 가스임.
- 더 낮은 온도 (<150 ° C)에서 생산된 기체 주산물에는 전해질 및 결합제

성분에서 나오는 휘발성 유기물을 포함하고 있음.

- 더 높은 온도에서 폴리머는 분해되어 타 버리게 되며 금속 합금은 습식 공정을 통해 개별 구성 금속으로 회수되고 슬래그에는 일반적으로 금속 알루미늄, 망간 및 리튬이 포함되어 있으며, 이는 추가로 재생 될 수 있음.
- 셀과 모듈이 모두 금속 재생용 환원제 (전극 호일 및 포장재의 알루미늄) 를 사용하는 극도로 높은 온도로 이동하기 때문에 위험 요소가 공정 내에 포함되어 상대적으로 안전 위험이 거의 없음.
- 또한 전해질과 플라스틱의 연소는 발열을 일으키고 공정에 필요한 에너지의 소비를 줄여 주는 역할을 함.
- 따라서 용융에 의한 금속 회수 공정에서는 일반적으로 전해질 및 플라스틱 (배터리 중량의 약 40-50 %) 또는 리튬 염과 같은 기타 구성 요소의 재생은 고려하지 않음.
- 환경적 단점 (포집 또는 개선해야하는 독성 가스 생성 및 습식 제련 후 처리 요구사항), 높은 에너지 비용 및 제한된 수의 재료 회수에도 불구하고 코발트 및 니켈과 같은 고가 전이 금속추출에 자주 사용되는 공정으로 남아 있음.
- **(물리적인 재료 분리)** 분쇄 후 매립을 위해 회수된 물질은 입자 크기, 밀도, 강자성 및 소수성과 같은 특성의 변화를 활용하는 다양한 물리적 분리 공정을 거칠 수 있음.

- 이러한 공정에서는 체(sieves), 필터, 자석, 웨이커 테이블 및 무거운 매체가 리튬이 풍부한 용액, 저밀도 플라스틱 및 종이, 자기 케이스, 코팅된 전극 및 전극 분말의 혼합물을 분리하는 데 사용됨.
- 물리적인 분리 공정 결과 얻는 것은 미세한 물질은 전극 코팅제이며 조도가 큰 물질들은 플라스틱, 케이스 재료 및 금속 호일 등임.
- 조도가 큰 물질은 자기 분리 공정을 통해 강철 케이스와 같은 자성 물질을 제거하고 밀도 분리 공정을 통해 플라스틱을 호일에서 분리 할 수 있음.
- 미세한 물질은 '블랙 매스'라고하며 전극 코팅 (금속 산화물 및 탄소)으로 구성되고 탄소는 거품 부유에 의해 금속 산화물로부터 분리 될 수 있으며, 이는 탄소의 소수성을 이용하여 보다 친수성인 금속 산화물로부터 분리함.
- Recupyl (프랑스), Akkuser (핀란드), Duesenfeld (독일) 및 Retriev (미국 / 캐나다) 프로세스가 여러 회사에서 사용되며 이에 대한 개요가 <그림 2-7>에 나타나 있음.
- 각각의 공정은 상업적으로 운전되고 있으며, 전기차 사용후 배터리의 순환 경제 라이프 사이클내에서 활용되고 있고 예측되고 있는 단위공정을 결합하여 만든 공정 흐름도임.



출처: Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles (2019).

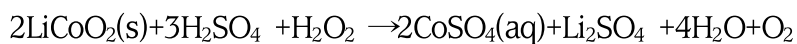
<그림 3-5> 리튬배터리 재사용 및 재활용 공정 순서도

- 종종 구리 및 알루미늄 집전장치에서 흑연과 금속 산화물을 제거하기 위해 '검은 덩어리'구성 요소의 폴리머 바인더를 제거해야 함.

- 공개된 경로에는 N-methyl-2-pyrrolidone(NMP) 또는 dimethylformamide (DMF)와 같은 용매에서 초음파 처리를 사용하여 알루미늄 집전 장치에서 음극을 분리하거나 바인더를 분해하기위한 열 처리를 행함.
- 그러나 이러한 공정은 종종 고온 (60-100 °C)을 필요로 하고 상대적으로 느림. (3 시간).
- 초음파는 더 빠른 박리(1.5 시간)를 유도 할 수 있지만, 연속 흐름 공정과 필요한 용매를 사용하기에는 여전히 너무 느리며 10 : 1의 용매:고체 질량 비는 상업적 규모에서는 경쟁력이 떨어짐.
- 최근의 cell 분해 동향은 제조업체가 불소 결합제에서 멀어지고 있음을 나타냄.
- 수용성인 카르복시 메틸 셀룰로오스 (CMC)와 수용성은 아니지만 사용후 분리가 더 쉬운 에멀전으로 적용되는 스티렌 부타디엔 고무 (SBR)와 같은 음극재 대체 바인더로 이동하고 있음.
- 양극재를 위한 수성 바인더 시스템에 대한 개발 노력도 있었지만 어려운 것으로 입증되었으며, 다른 연구에서는 셀룰로오스 및 리그닌 기반 결합제를 사용했지만 이들 중 상당수가 아직 실험실 수준에 머무르고 있을 뿐 상업적으로 이용되기에는 시기 상조인 것으로 보임.
- **(Hydrometallurgical Metal 회수)** Hydrometallurgical 처리는 음극 물

질에서 원하는 금속을 침출하기 위해 수용액을 사용하는 것을 포함하고 있음.

- 보고된 시약의 가장 일반적인 조합은 H_2SO_4 / H_2O_2 이며 최적의 침출 속도를 얻기 위한 가장 효율적인 조건 세트를 결정하기 위해 많은 연구가 수행되었음.
- 여기에는 침출 산의 농도, 시간, 용액 온도, 고체 대 액체 비율 및 환원제 첨가가 포함됨.
- 대부분의 연구에서 H_2O_2 를 첨가하면 침출 효율이 향상되는 것으로 나타났음.
- H_2O_2 는 반응을 통해 불용성 Co (III) 물질을 가용성 Co (II)로 전환시키는 환원제 역할을 하는 것으로 이해되고 있음.



- 사용가능한 침출산 및 환원제에 대한 조사가 광범위하게 진행되어 왔음. 침출된 용액은 또한 후속적으로 유기 용매로 처리되어 용매 추출을 수행할 수 있음.
- 일단 침출되면, 용액의 pH를 조정하여 수많은 침전 반응을 통해 금속을 회수 할 수 있음.

- 코발트는 일반적으로 황산염, 옥살산 염, 수산화물 또는 탄산염으로 추출되며 리튬은 Li_2CO_3 또는 Li_3PO_4 를 형성하는 침전 반응을 통해 추출될 수 있음.
- 대체 재활용 방법으로는 전극 재료를 염소화합물 또는 착화제로 분쇄하여 물로 세척하여 불용성 분획과 분리할 수 있는 코발트의 수용성 염을 생성하는 재료의 기계 화학적 처리가 있음.
- 대부분의 현재 재활용 공정은 '시약 회수'라는 대분류에 속하며 충분한 순도를 가진 재료는 원래의 음극 재료를 재 합성 할뿐만 아니라 CoFe_2O_4 합성과 같은 다양한 다른 응용 분야에서도 재사용 할 수 있음.
- LiCoO_2 의 침출 및 재생에 초점을 맞춘 초기 연구 이후, 일반적인 연구는 여러 전이 금속 (예 : $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Co}_y\text{O}_2$, NMC)을 포함하는 새로운 세포 화학에 대한 전략으로 이동했음.
- 이러한 경우 금속이 음극재에서 침출되면 순차적 침전을 사용하여 개별 금속을 회수하거나 NMC를 회수하는 작업과 같은 음극의 직접 재 제조를 목표로 함.
- 이 작업에서는 음극에서 금속을 침출 한 후 용액 내 다양한 금속의 농도를 측정하고 목표 물질의 농도와 일치하도록 조정함. (NMC-111의 경우 1 : 1 : 1 Ni : Mn : Co).
- 같은 그룹은 금속 함량이 다양한 NMC에 기술을 적용하고 음극의 원하는

최종 조성에 따라 x, y 및 z가 다양한 전구체 수산화물 $\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z(\text{OH})_2$ 의 생산을 통해 이러한 NMC 물질을 성공적으로 재 합성하였음.

- 다른 그룹에서는 추가 용매 추출 단계, 젓산 또는 우레아를 황산 (추가적으로 재 합성을 촉진 함)의 대안으로 수정한 유사한 회수 방법을 발표하고 재 합성 물질에서 마그네슘의 효과를 조사하였음.
- 모든 solvo-metallurgical 프로세스에서 해결해야 할 큰 문제는 필요한 용매의 양, 박리 속도, 중화 비용 및 재료의 교차 오염 가능성 등임.
- 파쇄는 배터리 재료를 안전하게 만드는 빠르고 효율적인 방법이지만, 재활용 프로세스 시작시 양극과 음극 재료를 혼합하면 다운 스트림 처리가 복잡해짐.
- 기계적 또는 용매 기반 분리 전에 양극 및 음극 어셈블리를 분리 할 수 있는 방법은 재료 분리를 크게 향상시킬 수 있음.
- 이는 수명이 다한 재활용을 위한 설계가 실질적인 영향을 미칠 수있는 몇 가지 핵심 영역 중 하나이지만 바인더로 PVDF (Polyvinylidene fluoride)를 포함하는 배터리의 역사적 백로그는 여전히 처리해야 함.
- 현재의 전지 설계는 재활용을 매우 복잡하게 만들고 있으며, 침출 및 용융 방법이 현재 배터리용 폐쇄 루프 시스템에 쉽게 공급 될 수있는 물질의 순수한 흐름으로 이어지는 경로를 제공하지 않고 있음은 분명함.

- **(Direct Recycling)** 재생산된 LIB에서 재생 및 재사용을 위해 전극에서 음극 또는 양극 물질을 제거하는 것을 Direct Recycling(직접 재활용)이라고 함.
- 원칙적으로, 혼합된 금속-산화물 음극 물질은 활성 물질의 결정 형태에 최소한의 변화를 주어 새로운 음극 전극으로 재결합 될 수 있음.
- 일반적으로 배터리 사용 중 물질의 열화로 인한 손실을 보상하기 위해 리튬 함량을 보충해야하며 음극이 완전히 리튬화 된 상태에서 완전히 방전된 상태의 배터리에서 물질이 회수되지 않을 수 있기 때문임.
- 지금까지이 분야의 작업은 주로 재활용에 사용할 수있는 배터리 양이 많은 노트북(laptop) 및 휴대폰 배터리에 초점을 맞추고 있음.
- 이 재활용 경로가 어떻게 작동 할 수 있는지에 대한 예가 최근에 개괄되었음.
- 사용한 배터리를 해체 한 후 얻은 음극 스트립은 초음파 처리를 하기 전에 NMP에 담금. 분말은 새로운 Li_2CO_3 를 첨가하여 간단한 고체 합성을 통해 재생되거나 어닐링 전에 LiOH / Li_2SO_4 를 포함하는 용액으로 열수 처리됨.
- 리튬 코발트 산화물 (LCO)과 같은 고 코발트 음극의 경우 기존 고온 용융 습식 침출 제련의 경우 재활용 공정은 음극 값의 약 70 %를 회수 할 수 있음.

- 그러나 코발트가 풍부하지 않은 다른 음극 화학 물질의 경우, 이 수치가 현저하게 떨어짐.
- 예를 들어 2019년 648-lb Nissan Leaf 배터리는 6,500 ~ 8,500 달러의 새 배터리이지만 음극 재료의 순수 금속 가치는 400 달러 미만이고 NMC (대체 음극재료)의 4,000 달러 정도임.
- 따라서, 충분한 가치를 회복하기 위해서는 음극 물질을 직접 재활용 (또는 업 사이클)해야한다는 점을 인식하는 것이 중요함.
- 직접 재활용은 길고 값 비싼 정제 단계를 피할 수 있으므로 LiMn_2O_4 및 LiFePO_4 와 같은 저가 음극에 특히 유리할 수 있음.
- 또한 직접 재활용은 원칙적으로 모든 배터리 구성 요소가 추가 처리 후 (분리막 제외) 회수 및 재사용 될 수 있다는 장점이 있음.
- 폐 LIB에서 음극 성분의 재활용에 관한 많은 문헌이 있지만 흑연 양극의 재활용에 대한 연구는 낮은 회수율로 인해 그 수가 제한적임.
- 그럼에도 불구하고, 사용한 배터리에서 기계적으로 분리된 흑연 양극의 성공적인 재사용이 입증되었으며, 깨끗한 흑연과 유사한 특성을 가지고 있음.
- 그러나 직접 재활용의 잠재적인 이점에도 불구하고 실질적인 현실이 되기 전에 극복해야 할 상당한 장애물이 남아 있음.

- 직접 재활용 프로세스의 효율성은 배터리의 상태와 관련이 있으며 충전 상태가 낮은 경우에는 유리하지 않을 수 있음.
- 또한 다양한 조성의 금속 산화물을 처리하기 위한 이러한 경로의 유연성에 잠재적인 문제가 있음.
- 효율성을 극대화하려면 직접 재활용 공정을 특정 음극 포물레이션에 맞게 조정해야 하므로 다양한 음극 재료에 대해 서로 다른 공정이 필요함.
- 직접 재활용은 출처가 알려지지 않았거나 제대로 특성화되지 않은 원료를 수용하는 데 어려움을 겪을 수 있으며, 제품 품질이 영향을 받을 경우 상업적으로 재료 재사용을 꺼릴 수 있음.
- 음극 코팅의 직접 재활용 경로는 또한 알루미늄과 같은 다른 금속에 의한 오염에 매우 민감하여 전기 화학적 성능이 저하될 수 있음.
- 특히, 높은 수준의 분쇄를 수반하는 추가적인 물리적 또는 화학적 분리를 위한 물질을 회수하는 방법은 전극 코팅에서 분리하기 어려운 Al 및 Cu의 미립자를 형성함.
- 이러한 이유로, 전극 호일에 기계적으로 스트레스를 주지 않는 공정은 직접 재활용에 선호되며, 기계적 분류 전에 재료 흐름을 분리하는 것이 바람직함.

- 그러나 전극 바인더를 제거하는 방법 (일반적으로 열분해 또는 용해)은 PVDF 바인더의 열분해로부터 HF와 같은 유해 부산물을 생성하거나 용해를 위한 용매로 고독성 NMP를 사용하는 것과 같은 추가 문제를 제기함.
- **(Biological Metals Reclamation)** 박테리아를 이용하여 귀중한 금속을 회수하는 Biorecovery는 광산업에서 성공적으로 사용되었음.
- 이것은 LIB 재활용 및 금속 재생을 위한 새로운 기술이며 현재 금속 추출에 사용되는 습식 제련 및 고온 제련 공정을 잠재적으로 보완 할 수 있음.
- 특히 코발트와 니켈은 분리하기 어렵고 추가적인 용매 추출 단계가 필요함.
- 이 공정은 미생물을 사용하여 음극에서 금속 산화물을 선택적으로 소화하고 이러한 산화물을 환원시켜 금속 나노 입자를 생성함.
- 그러나 지금까지 수행된 연구의 수는 상대적으로 적으며 이 분야에 대한 추가 조사 및 연구가 필요함.
- (새로운 성장동력원 발굴기회) 전기차 혁명은 자동차 산업을 근본적으로 변화시킬 것이며, 가장 중대한 변화 중 일부는 필연적으로 수명이 다한 전기차량의 관리 및 해체와 관련 될 것임.
- 가장 큰 관심사는 복잡한 하이테크 파워 트레인, 특히 LIB에 있음. 이러한 관점에서 살펴보면, 현재 전 세계 자동차 차량의 2 %만 전기화되어 지구

주위로 뿔어 나갈 수 있는 자동차 라인 (그리고 당연히 수명이 다한 폐기물)을 나타냄.

- 환경 및 안전상의 이유로 수명이 다한 전기 자동차 배터리의 비축 (또는 매립) 및 도매 운송은 매력적인 옵션이 아니며 수명이 다한 전기 자동차 폐기물 관리를 포함한 지역에서의 솔루션이 필요함.
- 폐기물 관리 계층에서는 최대 경제적 가치를 추출하고 환경 영향을 최소화하기 위해 재활용보다 재사용이 선호되는 것으로 간주됨.
- 전 세계 여러 지역의 많은 기업들이 이미 다양한 에너지 저장시스템 응용 분야에 전기 자동차 LIB를 두 번째로 사용하고 있음.
- 고급 센서와 개선된 현장 배터리 모니터링 방법 및 수명 종료 테스트를 통해 개별 수명 종료 배터리의 특성을 제안된 2차 사용 애플리케이션에 더 잘 맞출 수 있으며 수명, 안전 및 시장에서 수반되는 많은 이점이 있음.
- 그러나 두 번째 사용의 모든 이점이 실현 되더라도 재활용 (매립이 아닌 경우)은 모든 배터리의 필연적인 운명임을 기억해야 함.
- 최근의 일부 수명주기 분석에 따르면 현재의 전기 자동차 LIB 세대에 현재 재활용 프로세스를 적용한다고해서 모든 경우에 1차 생산에 비해 온실 가스 배출이 감소하지는 않을 수 있음.
- 현재 코발트 함량에 크게 의존하고있는 재활용의 환경적 및 경제적 실행

가능성을 모두 개선하기 위해 보다 효율적인 공정이 시급히 필요함.

- 그러나 경제적 및 기타 이유로 음극의 코발트 양이 감소함에 따라 현재의 방법을 사용하여 재활용하는 것은 회수되는 물질의 가치가 낮아 유리하지 않게 될 것임.
- 현재 재활용이 필요한 전기 자동차 배터리의 양은 적어 규모의 경제를 이루는데 어려움이 있음.
- 특히 용융제련(Pyrometallurgical) 경로는 높은 자본 비용으로 어려움을 겪고 있으며 LIB의 완전한 재활용성을 달성하려면 가장 경제적으로 가치있는 구성 요소 만 재활용하는 대체 방법이 시급히 필요한 실정임.
- 미래의 LIB 재활용 산업이 매우 성공적인 납축 배터리 재활용 산업으로부터 배울 수 있는 많은 교훈이 있음.
- 기술로서 납 축전지는 상대적으로 표준화되고 분해 및 재활용이 간단하여 비용을 최소화하고 납의 가치를 재활용으로 이끌고 있음.
- 안타깝게도 전기차 LIB와 같이 빠르게 발전하는 기술의 경우 이러한 이점이 조만간 적용되지 않을 것임.
- 더 나은 분류 기술, 전극 재료 분리 방법, 더 큰 공정 유연성, 재활용을 위한 설계, 배터리의 제조업체 표준화 강화 등 전기 자동차 LIB 재활용 프로세스를 경제적으로 더 효율적으로 만들 수 있음.

- 자동화된 분해, 다양한 배터리의 스마트 분리, 사용된 배터리의 지능형 특성화, 평가 및 재생산, 재사용 및 재활용을 위한 스트림으로 '분류'를 통해 배터리 복구에 대한보다 정교한 접근 방식을 선택할 수있는 분명한 기회가 있음.
- 이것의 잠재적인 이점은 많으며 비용 절감, 회수된 물질 흐름의 더 높은 가치, 인간 노동자에 대한 위험의 제거가 포함됨.
- 현재 배터리 팩의 디자인은 쉽게 분해 할 수 있도록 최적화되어 있지 않음. 접착제, 결합 방법 및 고정물의 사용은 손이나 기계로 쉽게 분해 할 수 없음.
- 현재보고된 모든 상업적 물리적 cell 파괴 공정은 부품 재료의 후속 분류와 함께 파쇄 또는 밀링을 사용함. 이로 인해 사전 분류된 경우보다 구성 요소 분리가 더 어려워지고 폐기물 흐름의 경제적 가치가 상당히 감소됨.
- 재 제조, 재사용 및 재활용에 대한 많은 문제는 설계 프로세스 초기에 고려할 경우 해결할 수 있음.
- 회수된 물질의 순도가 요구되는 직접 재활용의 경우, 분해 단계에서 구성 요소 오염이 적은 공정이 중요함.
- 이것은 모든 구성 요소의 혼합물을 생산하는 것이 아니라 구성 부품으로 분해하기 전에 세포 구성 요소 화학, 충전 상태 및 cell의 건강 상태를 분석하는 것에서 도움이 될 것임.

- 현재 이 분리는 실험실 규모에서만 수행되었으며 일반적으로 경제적으로 확장하기 어려운 수동 분해 방법을 사용함. 더 큰 자동화 및 로봇 분해로의 이동은 이러한 장애물 중 일부를 극복할 것으로 보임.
- 바인더와 관련된 문제는 여전히 해결되어야 하며 산, 알칼리, 용제 및 열 처리는 모두 긍정적이고 부정적인 영향을 미침.
- 재료 재생을 위한 셀 디자인은 저비용 수용성 바인더가 매우 매력적임.
- LIB 재활용 산업의 '시스템 성능'은 수집, 운송, 보관의 특성과 같은 다양한 비 기술적 요인에 의해 크게 영향을 받을 수 있음.
- 수명이 다한 전기 자동차 배터리를 재활용하는 것은 여러 가지 이유에서 필수적으로 이루어져야 함.
- 현재로서는 실질적인 성공적인 연구 개발없이 모든 유형의 현재 및 미래 유형의 전기 자동차 LIB에 대해 수익성있는 프로세스가 구축될 것이라는 희망이 거의 없으므로 재활용의 필요성은 주로 매립을 피하고 확보하려는 욕구에서 비롯 될 것임.
- 많은 국가에서 배터리에 포함된 요소와 재료를 사용할 수 없으며 안정적인 공급망을 보장하려면 자원에 대한 액세스가 중요함. 전기 자동차는 중요한 재료에 대한 귀중한 보조 자원이며 전기 자동차 배터리 제조 및 재활용에 사용되는 자원을 신중하게 관리하는 것이 미래 자동차 산업의 지속 가능성에 대한 열쇠가 될 것임.

제 4 장

전기차 사용후 배터리 활용
국내동향

- 제 1 절 환경부
- 제 2 절 산업통상자원부
- 제 3 절 민간기업

전기차 사용후 배터리 활용 국내 동향



제1절 환경부

- 전기차 사용후 배터리는 환경적으로 볼때 '유독물질'로 볼수 있고, 이에 따라 국립환경과학원은 2018년 유독물질의 지정고시에서 전기차 폐배터리를 산화코발트, 리튬, 망간, 니켈 등을 1%이상 함유한 유독물질로 분류하고 있음.
- 특히, 외부 노출 때 화재와 폭발, 급성독성 및 수생환경에 유해한 환경적 위해성을 내포하고 있음.
- 이에 환경부는 전기차 사용후 배터리, 태양광 폐패널 등 미래폐자원을 수거하여 안전하게 보관하기 위한 '미래폐자원 거점수거센터'를 구축하기 시작했다.
- 미래폐자원 거점수거센터는 4개 권역(수도권, 영남권, 호남권, 충청권)에 설치되며, 민간의 수거 및 재활용 체계가 활성화되기 이전 배출되는 태양광 폐패널과 전기차 사용후 배터리 등을 다룰어 부정적인 매립을 예방할 예정이다.

<표 4-1> 미래 폐자원 거점 수거센터 구축

권역	수도권	영남권	충청권	호남권
대지위치	경기 화성군 봉담읍 주석로 1074	대구 달서구 대전동 900-1	충남 홍성군 송암리 53-4	전북 정읍시 하북동 849-2
대지면적	8,440㎡	40,870㎡	11,027㎡	17520㎡
건축규모 (층수, 연면적)	지상1층 1,100㎡	지상1층. 2,053㎡	지상1층. 약 900㎡	지상1층. 약 1,700㎡
주요공정	신축	기존건축물 리모델링	신축 및 기존건축물 보수, 공작물 설치 등	신축
건축물 용도	전기차 폐배터리 및 태양광패널 저장공간 및 보관장소사무실 및 화장실	전기차폐배터리 및 태양광패널 보관창고 · 사무실 · 검사실 · 화장실 등	전기차폐배터리 및 태양광패널 보관창고 · 사무실 · 검사실 · 화장실 등	전기차폐배터리 및 태양광패널 보관창고 · 사무실 · 검사실 · 화장실 등
용도지역	생산관리지역	도시지역·준공업지역	계획관리지역	일반공업지역

출처: 환경부, 2020

- 지자체에 반납되거나 폐차장에서 임시 보관하고 있는 전기차 폐배터리도 ‘거점수거센터’에서 수거하여 기초검사를 거쳐 안전하게 보관하거나 재활용 업체에 공급될 예정
- 환경부는 전기차 폐배터리·태양광 폐패널에 대한 재활용 방법·기준 등 제도적 기반을 마련할 예정이며, 태양광폐패널은 「전기전자등자원순환법」 하위법령 개정하여 태양광 폐패널에 대한 EPR 도입, 2023년 부터 생산자 책임재활용제(EPR) 도입하였음.
- 환경부는 또한 자동차 EPR 도입을 통해 폐배터리 회수·평가·재활용비용을 생산자가 부담하도록 하여 민간 재활용시장 활성화할 예정임.



제2절 산업부

- 전기차에서 나오는 배터리를 효율적으로 활용하기 위해서 산업통상자원부(이하 산업부)는 전기차 사용후 배터리가 잔존가치에 따라 다양한 산업에 활용(재사용)이 가능하고, 제품으로 재사용이 어려울 경우에는 니켈, 코발트, 망간 등 유가금속 회수(재활용)가 가능해 전후방 산업연계 가능성이 높다는 점을 강조함.
- 이에 산업부는 전기차 배터리 재사용·재활용을 포함한 배터리산업 생태계를 육성하고, 환경부는 유가금속 회수 등 재활용체계를 구축하며, 제주도·경상북도·현대자동차는 지역경제 활성화를 위한 사업 모델을 발굴하는 등 협력체계를 구축기로 함.
- 산업부는 환경부, 제주도, 경상북도, 현대자동차와 함께 전기차 사용후 배터리의 재사용, 재활용 체계 구축을 위한 업무협약(MoU)을 체결하였으며 전기차 배터리 순환체계 구축을 위한 구체적이고 상징적인 사업으로 '제주도 배터리산업화센터'를 제주도와와의 협업으로 구축하였음.
- 2017~19년(3년간) 총 예산 188.8억원 중 산업부 82.75억원, 제주도가 98.55억원을 투입하여 설립한 제주도 배터리산업화센터에서는 1. 전기차 사용후 배터리 잔존가치 및 성능평가, 2. 전기차종별 사용후 배터리 DB구축, 3. 재사용 배터리 활용연구 및 실증 등을 통해 배터리 재사용, 재활용 산업 기반을 제공할 계획임.

- 산업부는 또한 ‘전기자동차(EV)·에너지저장장치(ESS) 사용 후 배터리 리사이클링 산업화 추진’ 공모사업을 통해 나주 혁신산단에 배터리 리사이클링 센터를 건축하고 사용 후 배터리의 성능·안전성 평가 장비를 구축, 사업화 모델을 발굴하고자 함.
- 2019년에서 부터 2024년까지 5년간 231억 원(국비 98, 지방비 108, 민자 25)의 사업비가 투입되며 전지협회를 중심으로 전지연구조합, 전자부품연구원, 녹색에너지연구원 등 6개 기관이 참여해 기반 구축, 사용 후 배터리 해체와 분류공정 확립, 제도적 기반마련을 담당할 예정임.
- 전라남도는 후속 사업으로 ‘사용 후 배터리 응용제품 기술개발 및 실증사업’(2021~2025년 220억 원)을 이미 기획 완료했으며, 이차전지 플랫폼 구축을 위한 선도사업으로 ‘이차전지 소재부품 시험평가 기반 구축사업’(2020~2022년 280억 원)도 추진할 계획임.
- 현재는 설계단계이며 앞으로 2022년 초 실증장비를 활용한 사업화를 시작할 예정으로 전기자동차 보급확대에 따른 사용후 배터리 발생 대책의 일환으로 추진함.
- 전라남도의 이러한 이차전지 플랫폼 구축을 위한 선도사업은 배터리 가격의 하락, 시험평가 시장 성장, 국내외 새로운 시장 발굴 등의 다양한 환경적 요인과 결합하여 배터리 공급문제를 해결해줄 수 있을 뿐만 아니라 ESS 연계 신재생에너지 응용 산업 활성화도 가능해 500여개 이상의 지역 일자리 창출효과를 기대하고 있음.



제3절 민간기업

- (주)어스택은 전남영광 대마산업단지 내 총 부지 24,111 m²에 연간 5000대 전기차를 처리할 수 있는 폐배터리 재활용 순환센터를 구축할 예정임.



<그림 4-1> 전남 영광 폐배터리 재활용 순환 센터

- 2020년 3월까지 1단계 그리고 2021년 이후 2단계 공사를 통해 차량으로 부터 배터리를 탈거, 보관, 분해, 모듈 분석, 등급화/재구성, 검사/인증, 재판매/재출하가 가능한 사업을 전개할 예정임. (유가금속 회수 재활용은 미 포함)

제 5 장

강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안

- 제 1 절 강원도 배터리 산업화 센터 설립
- 제 2 절 사용후 배터리 활용관련 장비구축
- 제 3 절 사용후 배터리 활용 기술개발
- 제 4 절 사용후 배터리 활용 제도 및 산업화 기반구축

제5장

강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안



제1절 강원도 배터리 산업화 센터 설립

- 환경부에서 추진하고 있는 미래폐자원 거점수거센터(전기차 사용후 배터리 수거 도 포함)의 전국적인 지형도를 고려할 때, 강원도와 충청북도 및 수도권 일부를 커버할 수 있는 거점수거센터의 건립이 필요함.
- 강원도에 보급된 총 누적 전기차 수는 2019년 기준 2283대로 강원도내에서 처리되지 못하고 외부로 이송된다면 운송에 드는 탄소발자국(Carbon Foot Print)가 높아질 뿐만 아니라 소중한 자원을 외부에 유출하는 꼴이 됨.
- 전기트럭 및 이모빌리티의 설계, 제조, 판매 등 일관 공급망 유닛(Supply Chain Unit)을 보유하고 있는 지자체가 소중한 자원을 재이용이나 재활용하지 못하고 결정권을 외부에 맡기는 것은 바람직하지 못하고 희토류 클러스터를 조성하여 소재산업을 육성하고자 하는 도정의 방향과도 부합하지 않음.

- 이모빌리티 특구 구성에 힘을 쓰고 있는 횡성군에서는 전기차 사용후 배터리 산업화 센터를 설립하는 것에 대해 매우 긍정적으로 검토하고 있으며 실제로 부지확보등의 노력을 기울이고 있음.
- 현재 조성되고 있는 이모빌리티 복합단지인 원주 자동차부품산업 미니클러스터와도 근접해 있어 전기차 사용후 배터리 산업화 센터가 추가로 자리를 잡으면 다양한 시너지효과를 가져올 것으로 전망되고 있음.



<그림 5-1> 횡성 우천산단의 지리적 여건 모식도

- 강원도에서도 현재 횡성우천일반산업단지내 퍼스널모빌리티 분야와 전기차 분야의 구획이외에 전기차 사용후 배터리 활용 산업분야도 포함해서 각종 정책을 추진할 필요가 있음.



출처: 횡성군, 2020

<그림 5-2> 강원도가 현재 계획하고 진행중인 횡성우천일반산업단지 종합도

- 전남 영광군 대마산단 이모빌리티 특구내 폐배터리 재활용 순환센터가 (주) 이노텍에 의해 설립되고 있는 것은 이모빌리티 생산 및 유통과 폐배터리 재활용 센터는 전체적인 자원 순환경제서클 안에서 서로 상생의 시너지효과를 만들 수 있기 때문이며 횡성군 우천산단 이모빌리티 복합단지내에도 전기차, 퍼스널 이모빌리티 분야와 함께 할 수 있는 사용후 배터리 산업화 센터의 구축이 필요함.



제2절 사용후 배터리 활용관련 장비 구축

- 강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안을 도출함에 있어 관련 산업화 센터를 설립하는 것과 더불어 하드웨어(Hardware)적으로 추진해야 하는 사업이 사용후 배터리 활용관련 필요한 장비구축사업임.
- 전기차 사용후 배터리를 효율적으로 활용하기 위해서는 수거된 사용후 배터리에 대한 시험평가가 필요하며 다음과 같은 항목의 2차 전지의 안전규격에 관한 시험평가를 실시할 수 있는 장비구축이 필요함.
- 한가지 장비가 여러개의 시험 및 평가를 할 수 있으며 일반적으로 성능시험, 라이프 사이클 시험, 신뢰성 및 저항성 시험, 그리고 가스 분석 및 가연성 분석을 통한 평가를 내릴 수 있음.

<표 5-1> 2차 전지의 안전규격에 관한 시험평가

성능시험	라이프 사이클 시험	신뢰성 및 저항성 시험	평가
<ul style="list-style-type: none"> • 지속적 방전을 위한 충전용량 시험 • 출력시험 • 에너지 효율성 시험 • 자가 방전 시험 • 고온/저온에서 스타트업 시험 	<ul style="list-style-type: none"> • 가속 수명 시험 • EV 사이클 시험 • Dew 축합 시험 	<p style="text-align: center;">전기시험</p> <ul style="list-style-type: none"> • 과충전 시험, 회로 단락 시험, 과방전 시험 • 부분 단락 시험, 분리의 섣다른 완전성 시험 • 충전/시스템 적합성 시험 • 불안정 충전 시험, 리버스 충전 시험, 내전압 시험 • 절연 저항 시험, 비정상적 동작시험 • 내부 저항력 측정, 급속 충전시험 <p style="text-align: center;">기계적 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> • 충돌시험, 침투시험, 낙하시험 • 이머전 시험, 낙하 시뮬레이션 시험 • 기계적 충돌 시험 • 펄스 시험, 고도 시뮬레이션 시험 <p style="text-align: center;">열 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> • 열 안전성 시험, 가상열로 화력 시험 • 고온 변환 시험, 히팅 사이클 시험 • 히팅 사이클 시험 (전기 성능 시험 포함) • 수동적 전파 저항 시험 • 변칙적 열 시험, 발사체 시험, 열충격 시험 	<ul style="list-style-type: none"> • 특징시험 • 가스 분석 • 가연성 분석

- 전기차 사용후 배터리(2차 전지) 시험의 안전표준은 다음과 같은 표로 정리될 수 있음.

<표 5-2> 전기차 사용후 배터리 시험의 안전 표준

번호	내용
IEC 61959:2004	포터블 2차전지셀 및 배터리를 위한 기계적 시험을 충족시키는 필요조건
IEC 61960:2005	포터블 어플리케이션을 위한 리튬 싱글 셀 및 배터리를 위한 성능시험, 지정, 마킹시험, 규모 외 다른 요구조건
IEC 62133:2002	밀폐형 포터블 2차 셀 그리고 이로 인해 만들어진 배터리의 포터블 어플리케이션에 사용하기 위한 안전조건
IEC 62281:2004	1차 및 2차적 리튬전지 및 배터리의 운반시 안전
IEC 62660-1:2011	전기차 추진을 위한 2차 전지 관련, 파트1: 리튬 이온 전지의 성능시험
IEC 62660-2:2011	전기차 추진을 위한 2차전지 관련, 파트2: 리튬이온 전지의 신뢰성 및 가혹시험
JIS C 8712:2006	밀폐형 2차적 포터블 셀과 이로 인해 만들어진 배터리를 포터블 어플리케이션에 사용하기 위한 안전조건
JIS C 8714:2007	밀폐형 포터블 2차 셀 및 배터리를 위한 기계적 시험
JIS C 8714:2007	포터블 전자 어플리케이션에 사용하기 위한 포터블 2차 리튬이온 안전성 시험
UL 2054:2004	가정용 및 산업용 배터리
UL 1642:2005	리튬 배터리
UL subject 2580	전기차에 사용되는 배터리
ISO 12405-1	전기로 추진되는 차량-리튬이온 트랙션 배터리 시스템을 위한 시험조건, 파트1-고 파워 어플리케이션
DENAN	전자기구 및 재료 관련 안전인증 (PSE)
SAE J 2464:2009	전지 및 하이브리드
FreedomCAR	전기 및 하이브리드 차량 어플리케이션을 위한 에너지 저장 시스템 가혹 시험 매뉴얼
VDA	하이브리드 전기 차량 1.0을 위한 리튬 배터리 시스템 시험 조건
DIN V VDE V 5100-11	하이브리드 차량 및 핸드폰 어플리케이션에 들어가는 2차리튬 배터리를 위한 안전조건
TUV	전기 에너지 저장 시스템 가혹 시험 매뉴얼 (S마크)
QC/T 743:2006	중국 전기 차량 규격-전기 차량을 위한 리튬 이온 배터리
UN Manual of Tests and Criteria Part 3-383	리튬 배터리
BASTO	배터리 안전성 단체
SBA	배터리
UN-ECE R100(REESS)	전기 파워 트레인의 조건과 연관된 차량 승인에 대한 규정
파트2	안전과 관련된 충전기능 에너지 저장 시스템에 관한 조건



제3절 사용후 배터리 활용 기술개발

- 전기차 배터리 활용 기술을 재사용(Reuse)와 재활용(Recycling)으로 나눌 수 있음.
- 전기차 배터리의 재사용 기술은 전기차가 폐차하게 되면 차체로 부터 전지를 분리하여 세척 및 외관검사를 마친 후 잔존용량 및 안전성 등에 대한 분석을 실시하는 것과 관련 있음.
- 이때 필요한 기술은 사용후 배터리에 대한 분석기술이며 이후 배터리 팩에서 모듈로 분해하여 용량 및 보호회로 등에 대한 평가를 마친 후, 일정 평가등급 이상의 사용후 배터리는 ESS 등으로 재사용됨.
- 재사용은 전기차의 사용후 배터리 팩 단위로 이루어질 수도 있지만 그 보다 하위단위인 모듈로 분해하여 각각의 단위에 맞게 재사용할 수 있음. 배터리 팩단위로 재사용되기 위해서는 제조사가 동일한 형태로 만든 팩으로 구성될 때 가능하며 일반적인 경우는 다양한 제조사별 제품들이 동시다발적으로 폐차처리되기 때문에 제품으로 적용이 제한적일 수 있음.
- 배터리 셀 단위까지 분해한 후 재조립하면 다양한 크기와 용도 맞는 디자인으로 재구성할 수 있는 장점이 있으나, 수명이 다한 배터리 셀 내부의 상태를 정확히 평가하고 객관적인 측정을 할 수 있는 기술이 필요함.
- 전기차 배터리의 재활용 기술은 유가금속을 회수하는 것으로 사용후 배터리의 폭발위험을 제거하고 파쇄하는 전처리와 화학용액을 활용하여 유가금

속을 회수하는 후처리 공정으로 이루어짐.

- 후처리 공정은 습식(Hydrometallurgical)과 건식(Pyrometallurgical) 회수 공정(recovery process)으로 대별되며, 습식회수공정에서 가장 난이도가 높은 단위공정은 황산용액의 농도조절과 전해정련을 통한 유기금속 회수임.
- 건식회수공정에서는 추출(회수)하고자 하는 유기금속보다도 산소에 대한 친화력이 강한 환원제를 가하여 고온으로 가열하게 되는데, 이를 위해서 환원제와 연료를 겸한 cokes가 널리 사용됨.
- 유기금속 산화물을 cokes로 부터 발생하는 고온의 탄소 또는 일산화탄소를 이용해 금속을 환원할 때 적절한 반응조건에서 벗어나면 목적 이외의 부반응이 일어나기 때문에 금속의 회수율이 낮아지고 또한 유기금속의 불순물의 함유량이 많아지게 되기 때문에 반응조건에 세밀한 기술적 제어가 필요함.
- 따라서 강원도에서 추진할 전기차 사용후 배터리 활용 기술개발은 황성군 우천산단에서 개발되고 있는 이모빌리티 설계, 생산 및 판매 등과 시너지를 낼 수 있는 재사용 또는 Second use(재이용)에 우선 집중할 필요가 있음.
- 전기차 배터리의 관리시스템(BMS, Battery Management System), 충방전 제어, 폐배터리 모듈 설계, 폐배터리 재분류, 재처리, 재구성 등은 중소기업이 잘할 수 있는 분야로 배터리 성능시험, 검사장비 구축 등이 선행될 필요가 있음.



제4절 사용후 배터리 활용 제도 및 산업화 기반구축

- 강원도 전기차 사용후 배터리 활용과 관련된 산업 기반구축을 위해 강원도는 3가지의 요소를 고려해야 함.
- 첫번째로 기업지원 체계 구축임. 일시적이고 한시적인 기업의 지원은 기업과 지역, 강원도에 득이 되기 보다는 득이 될 수도 있다는 사실을 인지해야 함.
- 미약하지만, 지속가능한 기업지원 플랫폼을 구축하여 기업의 실질적인 수요를 반영한 효율적인 지원을 해 주어야 함. 전기차 사용후 배터리 활용 시장은 있는 시장에 진출하는 것이 아닌 없는 시장을 만들어 생태계를 조성해야 하는 측면이 강한 만큼 세심한 디자인이 필요함.
- 두번째는 인력양성으로 볼수 있음. 지역내 신규인력을 채용하여 인재를 양성하는 시스템을 구축해야 함. 제주도의 대대적인 마이크로 그리드 시범사업 후 대부분의 시설이 방치되고 사업이 끝난 후에 지역에는 그 어떤 혜택이 주어지지 않는 시범사업의 폐해에 빠지지 않기 위해서는 무엇보다도 사람, 인력의 양성을 핵심 목표로 해야 함.
- 인력양성은 전기차 사용후 배터리의 경우, 이차전지 장비활용 교육, 재사용, 재제조 배터리 안전성 확충 장비 활용 교육, 배터리-BMS-PCS-시스템 장비 연계교육, TYPE/FAT/SAT표준 시험 평가 교육 등을 통해 건강한 생태계를 조성하고 인구감소로 인한 지역소멸을 미연에 방지해야 함.

- 한라대학교 LINC 사업단에서는 강원도내 퍼스널모빌리티 유관 기업 및 한국전기차협동조합 등과 함께 지역 신성장동력 스마트모빌리티 확산을 위한 인력양성을 추진하고 있음.
- 강원형 상생일자리 지정이 확정됨에 따라 퍼스널모빌리티를 포함한 초소형전기차 개발과 생산에 따른 경쟁력 강화를 위한 인력개발을 추진하고 있는데 사용후 배터리 활용분야도 포함할 필요가 있음.
- 한편, 전기차 사용후 배터리를 활용한 산업육성을 위해서는 기술개발도 필요하지만 정책적인 제도 개선이 이루어져야 함. 전기차 사용후 배터리의 비즈니스모델 후보들 중에 유력한 것이 ESS분야임.
- 하지만, 현재 ESS분야는 전국에 설치된 일부 ESS에서 화재사고 발생하여 공공기관 ESS 설치 의무화 이행률이 20.5%에 불과함. 화재사고가 난 ESS는 대부분이 태양광, 풍력 연계용과 주파수 조정용이었을 뿐 건물용 ESS에는 사고가 한건도 발생하지 않았음.
- 그럼에도 불구하고 공공기관에서는 ESS를 일절 사용하지 않고 있는 등, 에너지이용 합리화와 에너지신산업을 위해 공공기관의 선도적 역할을 하지 못하고 있는 실정임.
- 정책적으로 공공기관들의 이행계획 마련 여부 및 향후 이행상황 등을 철저히 관리할 수 있는 법적, 제도적인 장치마련이 되어야 하며, 전기저장시설의 화재안전기준 제정안 등에 전기차 사용후 배터리를 사용하는 항목도 추가하여 ESS분야에서 전기차 사용후 배터리가 사용될 수 있는 제도적 장치가 필요함.

1. 요약
2. 향후 추진 방향

제6장

결론



제1절 요약

- **(강원도 전기차 사용후 배터리 활용 관련 산업군 업체 리스트)** 전기차 사용후 배터리를 활용한 기술 개발 및 제품 개발, 더 나아가서 실증사업을 추진하기 위해서는 다양한 기술검증이 필요하기 때문에 기업들 간 협력을 촉진하고 기술 호환성을 높일 수 있는 기회를 확대하는 것이 요구됨.
- 일단, 강원도내 상주하고 있거나 긴밀한 관계를 통해 전기차 사용후 배터리 시범사업이나 공동기술 개발사업에 참여가 가능한 기업들을 살펴보면 다음과 같음.
- 전기차 사용후 배터리 유관 기업과 기관을 전기차 배터리 관련한 업체(수배전, 인버터, PMS, BMS 등 제어시스템 등)를 Tier 1 그룹과 전기차 사용후 배터리를 활용하여 제품에 적용할 수 있는 업체(이모빌리티 제품 제작 기업 등 포함)를 Tier 2 그룹으로 정하였음.



<그림 6-1> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업조성에 참여 가능한 기업 목록

- 전기차 사용후 배터리를 활용한 기술 및 제품 개발을 추진하기 위해서는 시작 초기부터 엄격한 평가기준을 세우고, 배터리 보유사, 설비제작사, 에너지기업, 성능 및 안전평가 기관 등 가치사슬에 참여할 수 있는 모든 업체가 철저한 사전기획을 수립하여야 함.
- 이 사전기획에는 사용후 배터리의 안전성을 보장할 수 있는 수거 장소, 시점, 절차 등을 구체적으로 제시한 규정을 마련해야 함.
- 또한 사용후 배터리의 재사용 활용 여부를 결정할 수 있는 신뢰할 만한 잔존가치 평가 및 성능평가 인증기준 마련에 역점을 두어야 하며 강원도의 경우, 배터리의 규모에 따라 다르겠지만 횡성 이모빌리티 기업지원센터 내 입주자 확정된 인증기관(KCL, 한국건설생활환경시험연구원)과의 긴밀한 협업이 이루어져야 함.

- 배터리 규모가 큰 경우는 ESS분야 인증 및 성능평가를 전담하고 있는 KTR(한국화학융합시험연구원)과 업무협약을 맺고 사업을 추진할 필요가 있음.
- 무엇보다도 전기차 사용후 배터리를 활용한 산업육성을 위해서는 많은 전문가들이 예상하는 바와 같이 ESS가 대표적인 사용후 배터리 활용 후보사업이기 때문에 ESS시장이 원활히 성장할 수 있도록 지원하는 제도적인 전환이 필수적임.
- 현재, 열폭주(Heat Runaway)로 인한 화재발생 사례 발생으로 정지되어 있는 공공기관 ESS 구축사업과 같은 경우도 화재예방 시스템 및 셀의 극한 접힘, 절단불량, 활물질 코팅불량 등 제조결함을 보완하여 가혹한 조건 하에서도 안전한 ESS 시스템을 구축한 후, 보급사업을 재개할 수 있도록 제도를 개선할 필요가 있음.
- **(강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 센터 구축)** 전기차 사용후 배터리 활용과 관련된 다양한 업체가 참여하여 공동 연구, 기술 및 제품개발하기 위해서는 전기차 및 배터리 제조사가 비대칭적으로 가지고 있는 정보를 먼저 공유해야 함.
- 전기차 사용후 배터리 활용 관련 중요 기술을 표준화하고 중소기업들이 참여할 수 있는 여지를 확대할 수 있는 개방형 참여 구조로 사업을 추진해야 하며 초기에는 여러가지 이해를 조율할 수 있는 TF팀을 만드는 것이 필요함.

- 이러한 정책결정, 의사결정, 이해당사자간 의견조율, 정보공유 및 사업의 방향설정 등 소프트웨어적으로 사업을 진행하는 것과 별도로 전기차 사용후 배터리를 수거운반하여 보관할 수 있는 물리적인 공간이 필요함.
- 이를 위해 현재 횡성군 이모빌리티 특구내 부지를 확보(횡성군 기업경제과로 부터 긍정적인 검토 확인) 하여 전기차 사용후 배터리 산업화센터를 설립할 필요가 있음.



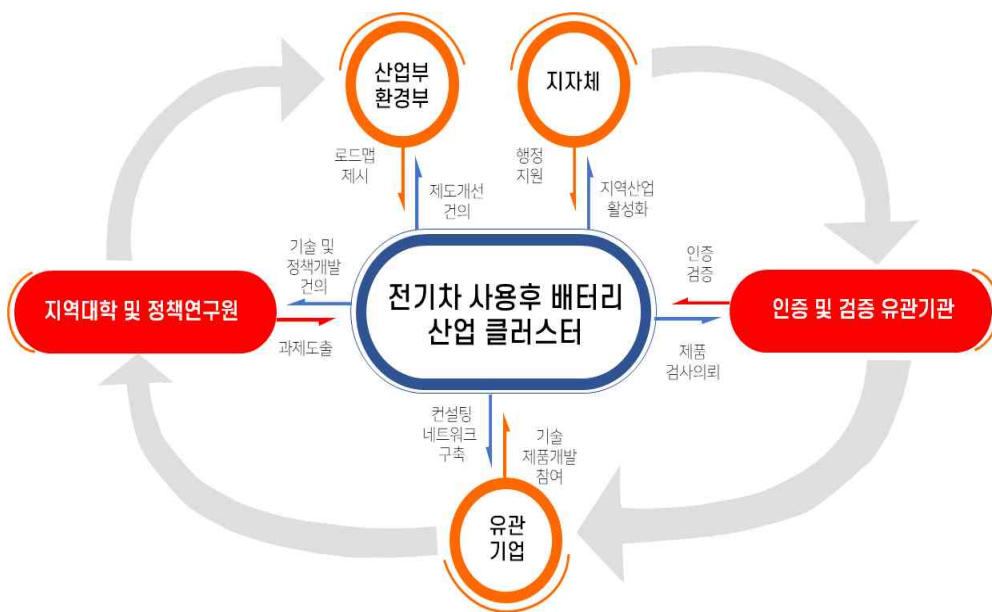
- 사용후배터리활용 제품 개발
 - * 제품성능, 안전성 확보, 표준공정 개발
- 이차전지 시험·인증 장비구축
 - * 잔존가치평가, 셀, 모듈, 랙 시험 장비 등
- 인력양성
 - * 재사용·재제조 배터리 안전성 확충 장비 활용교육
 - * 배터리-BMS-PCS-시스템 장비 연계교육
 - * TYPE/FAT/SAT 표준/시험평가 교육
- 기업지원 체계 구축
 - * 이차전지 장비활용교육
- 제도적기반 구축

출처: www.ukbic.co.uk

<그림 6-2> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 센터 (영국 예시)

- **(강원도내 전기차 사용후 배터리 지원사업의 클러스터화)** 다양한 이모빌리티 제품의 설계에서 부터 제조 및 판매까지 이모빌리티 산업 생태계 전 분야를 보유하고 있는 지자체로서 강원도는 전기차 사용후 배터리 활용분야에서도 클러스터화 집적단지를 조성할 필요가 있음.

- 한라대학교의 기계자동차공학부(재사용 배터리 활용방안), 한국전기연구조합 및 KCL(재사용 배터리 표준인증), 한국자동차연구원(평가 검증기준) 등 사용후 배터리 활용 산업을 지원하고 육성할 수 있는 클러스터를 조성해야 함.
- 강원도내 단일 기관의 산업 활성화를 위한 기업 지원장비 및 시설확보의 어려움이 존재하므로 도내 지원 사업의 Cluster화를 통한 장비, 시설 및 연구 실험 인프라 연계 지원이 필요함.



<그림 6-3> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업클러스터 구상(안)

- (규제혁신을 통한 전기차 사용후 배터리 산업기반조성) 전기차 사용후 배터리 활용에 대해서는 인증 및 검증체계와 법적인 규제 장치가 없기 때문에 규제 혁신 3종세트에 근거하여 사업을 추진하여야 함.
- 정부의 포괄적인 네가티브 규제정책 드라이브(즉, 법률이나 정책으로 금지된 것이 아니면 모두 허용하는 규제이며, 포괄적인 네가티브 규제란 신제품이나 신기술의 시장 출시를 먼저 허용한 후 필요하면 규제하는 선허용-후규제 방식임)에서 규제하지 않는 것은 일단 시도할 수 있는 정책) 규제 혁신은 법령에 근거가 없거나 적합하지 않은 경우 일정한 조건하에서 신제품이나 서비스에 대한 사업기회를 갖는것을 말함.
- 정부는 포괄적인 네가티브 규제와 함께 규제 샌드박스를 도입하여 어린이에게 자유롭게 놀 수 있는 모래 놀이터를 제공하는 것처럼, 사업자에게 신제품이나 신기술의 사업성을 판단할 수 있도록 관련 규제 일부 또는 전부를 면제해 주는 제도를 도입하였음.

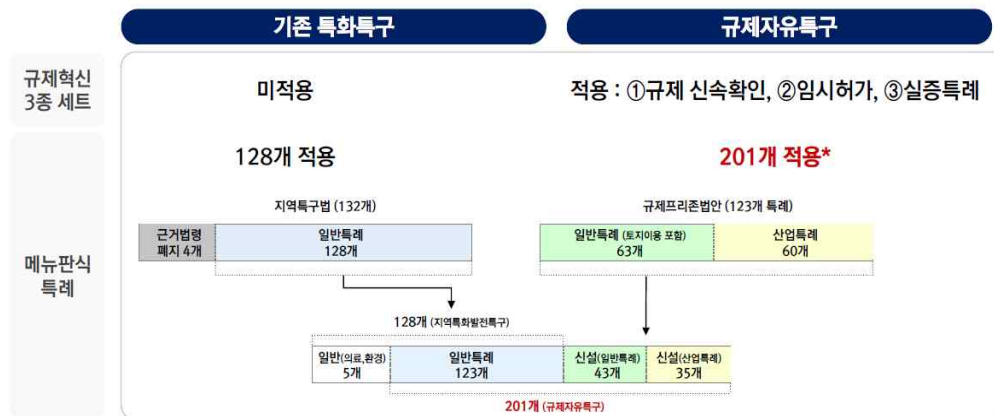


<그림 6-4> 강원도 전기차 사용후 배터리 규제혁신 (제주도 예시)



<그림 6-5> 규제혁신 3종 세트 (제주도 예시)

- 강원도에서 추진하는 전기차 사용후 배터리를 활용한 시범사업은 규제 혁신 3종세트로 추진하되 일정 규모가 되고 상당한 수준의 생태계 조성이 되었을때는 규제자유특구 신청을 통해 사업을 추진할 필요가 있음.
- 규제자유특구는 식당의 주문 메뉴판처럼 미리 준비된 기존 법령 201개의 규제가 유예 또는 면제되어 적용되는 것을 말함.



<그림 6-6> 규제 자유 특구

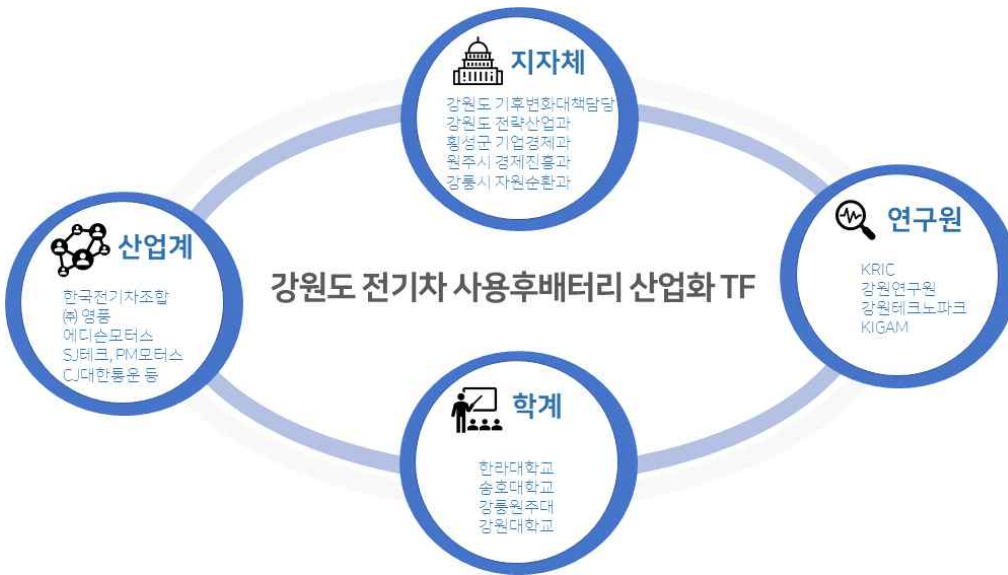
- **(해당 강원도 기업 역량강화 및 인력양성)** 강원도에서 추진하게 될 전기차 사용후 배터리 사업은 제주도에 추진되었던 스마트그리드 테스트베드 사업을 반면교사로 삼아 사업 시작 전부터 시행착오를 줄일 필요가 있음.
- 제주도는 이명박 정부때 '녹색성장'의 대표사업으로 스마트그리드 실증단지를 구축하였음. 2009년부터 2013년까지 사업비 2395억원(정부 685억원, 민간 1710억원)을 투자해 제주시 구좌읍 일대 6000가구를 대상으로 스마트그리드 기술 개발 및 전력망 연계를 실증하는 사업을 추진하였음.
- 사업의 일환으로 설립되었던 스마트그리드 홍보관(한국전력이 2010년 93억원을 들여 도유지에 조성) 마저도 폐관이 되어 4년째 방치되고 있어 용두사미에 그치고 말았음.
- 기본 인프라가 부족한 제주도에 대규모 정부지원 사업이 시작되자 많은 대기업과 중소기업들은 분배동맹을 결성하여 시설 구축비조로 사업비를 챙겨 갔을 뿐 정작 제주도에 필요한 스마트그리드 산업생태계가 조성되지는 않았음.
- 강원도에서 전기차 사용후 배터리를 활용한 사업을 펼칠때에는 선택과 집중을 통해 강원도 특성에 맞는 로드맵을 그려나가고 그 동력인 탄탄한 거버넌스를 구축하여 지속가능한 사업추진이 되어야 함.
- 남는 것은 결국 강원도 기업의 역량강화로 이루어질 산업생태계이며 이러한 생태계에서 양성된 우수한 인재들뿐임. 실효적인 사업추진을 통해 보여주기식의 하향식 보조금이나 국비지원에 전적으로 기대기 보다는 도민사회와 거버넌스를 통해 전략적으로 장기적인 차원에서 접근해야 함.

- (이모빌리티 특구내 전기차 사용후 배터리 활용 우수기업 유치) 황성군은 이모빌리티 기업지원센터 건립예정지인 황성을 목계리 옛 군부대를 포함하는 속칭 남촌마을 주변지역의 10개년 종합개발을 위한 ‘황성 이모빌리티 복합단지 종합개발’의 로드맵을 마련
- 옛 군부대 탄약고 부지에는 오는 2023년까지 전기차 성능인증센터 연구단지 등을 갖춘 ‘이모빌리티 기업지원센터’가 조성될 예정
- 더불어 2028년까지 카레이싱 체험장, 이모빌리티 전시판매장 및 체험장 등으로 구성된 테마파크를 건립할 계획이다. 특히 지역관광자원으로 활용할 화훼공원을 비롯 국내 이모빌리티 관련 공공기관 유치를 추진
- 남촌마을 복합단지 개발예정부지는 이모빌리티 기업지원센터 26만8093㎡, 테마파크 15만3451㎡ 등 총 65만4560㎡에 달함.
- 황성군은 전기차 사용후 배터리 활용관련 우수 기업을 적극적으로 유치하기 위해 기업투자유치 촉진조례를 개정, 기업지원을 강화해 전기차 사용후 배터리 분야 우량 기업을 유치할 필요가 있음.
- 이를 통해 신규 일자리를 확보하고 황성군만의 특성을 살린 황성 이모빌리티 테마파크 개발에 박차를 가해야 함.
- 군은 투자기업이 계획하는 사업이 원활히 추진될 수 있도록 관계법령이 허용하는 범위 내에서 행정·재정적 지원을 해야하며, 이주하는 기업은 황성군과의 상생발전을 위해 지역인력 우선채용 및 지역을 위한 다양한 인프라 구축에 협력할 수 있는 개방형 플랫폼을 구축하여야 함.



제2절 향후 정책방향

- **(단기: TF 운영)** 강원도에서 발생하는 전기차 사용후 배터리를 활용한 산업을 육성하기 위해서는 강원도내 소재하고 있는 유관기관(광역, 기초 지자체, 연구원), 기업 및 대학 등으로 구성된 TF(Task Force)팀을 구성할 필요가 있음.
- 가칭, '강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 추진 TF' 팀에서는 정기, 비정기(비대면도 가능) 회의를 개최하여 현안을 논의할 수 있으며 강원도 전기차 사용후 배터리를 활용한 산업 생태계 조성을 위해 장,단기적인 로드맵을 수립할 필요가 있음.



<그림 6-7> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 TF 구성(안)

- 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 추진 TF 팀은 또한 산업 생태계 조성에 있어서의 단계별 목표제시와 목표를 이루기 위한 사업예산 확보에 최선을 다하여야 함.
- 추후 '강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 추진 TF' 팀에서 결정하면 될 사안이긴 하지만, 강원도 사용후 배터리 산업생태계 조성은 크게 1단계: 기반구축단계(2021~), 2단계: 실증단계 (2021~2023), 3단계: 고도화 단계 (2023~)로 나누어 추진할 필요가 있음.



<그림 6-8> 강원도 전기차 사용후 배터리 산업화 추진 로드맵

- 1단계에서는 잔존가치(residual value) 평가 시스템 구축 및 전기차 사용후 배터리를 활용한 제품 개발을 주요 사업안으로 추진할 필요 있음. 2단계에서는 전략적인 수요발굴, 시제품 제작 및 테스트 등으로 제품성능을 고도화하고 판매망도 확충해야 함. 3단계에서는 확산형 모델로 규모를 확대하고 전기차 사용후 배터리의 재사용 및 이차사용 뿐만 아니라 유가금속을 회수하는 Recycling까지 포함하는 것을 고려해야 함.

- 잔존가치 평가시스템 구축을 위해서 사용후 전기차 배터리의 분류 등급기준안을 마련하고 사용후 배터리 잔존가치 판단 DB를 구축하며 전기차 사용후 배터리의 발생-회수-보관-검사의 단계별 매뉴얼을 구비할 필요가 있음.
- 현재 환경부는 2019년부터 주요 특색사업으로 미래 폐자원 거점수거센터를 구축해오고 있음. 미래폐자원 거점수거센터는 수요가 늘고 있는 태양광 폐모듈 및 전기차 폐배터리 등을 회수 보관하는 곳으로 아직까지 동(同) 폐기물의 수거체계 및 처리 기준이 없고 재활용 기술이 부족해 관련 산업이 활성화 될때까지 보관할 예정.



<그림 6-9> 환경부가 추진하는 미래폐자원 거점수거센터

- 환경부는 또한 신재생에너지, 전기차 보급 활성화에 따라 미래폐자원으로 부각된 전국의 태양광 폐패널과 전기차폐배터리 등의 안전보관 및 관리를 위하여 현재 추진 중에 있는 수도권 외 3개권역에 거점수거센터를 설치할 예정.
- 강원도는 소형전기차의 설계에서부터 제조 및 판매 등 전기차 산업 생태계 전과정을 보유한 몇 안되는 지자체로서 전기차 보급에 따른 사용후 배터리 관리 및 자원화에 대한 강원도의 적극적인 대응을 담은 조례를 제정할 필요가 있음.
- 미세먼지 및 기후변화 대응을 위해 전기차 보급이 급속도로 증가하는 상황에서 7년~10년 주기로 교체하는 전기차 사용후 배터리 처리 및 활용에 대한 정책이 부재한 실정임.
- 전기차 사용후 배터리에는 중금속과 독성 전해질이 함유되어 있어 수명이 다한 EOL(End of Life) 배터리는 환경적인 문제와 사회적인 이슈에 직면할 수 있음.
- 따라서, '전기차 사용후 배터리의 산업화 센터'의 설치 등 관리와 활용을 위한 체계 구축, 사용후 배터리의 전후방산업 육성과 연계한 산업생태계 구축, 사용후 배터리 재활용 등을 위한 강원도의 조례제정이 필요함.
- 전기차 및 이모빌리티 산업의 동향에 맞추어 강원도에서는 2018년 부터 본격적으로 이모빌리티를 전략산업으로 육성하고자 도 차원에서 적극적인 지원을 해 왔음.

- 강원도는 이모빌리티를 주력산업으로 선정하고 2018년 부터 R&D 및 비 R&D 사업에 대하여 지역산업진흥사업 예산을 편성하여 지원하고 있음.

<표 6-1> 강원도 이모빌리티(free track) 전략산업 선정과 지원

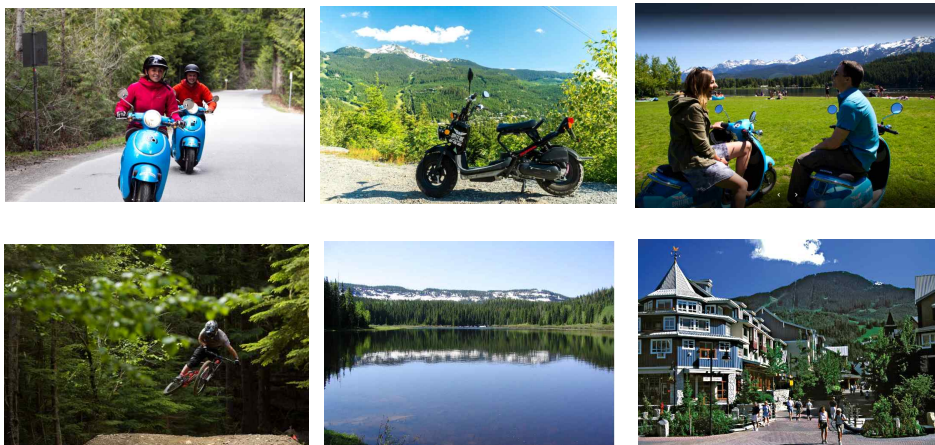
구분		기존(2015~2017)		개편(2018~2020)
지역 산업	경제 협력	의료기기	⇒	바이오 헬스케어(주관)
		바이오 활성소재		에너지 신산업(참여)
		휴향형 MICARE		*대전과 협력권 사업 추진
	주력	웰니스 식품	⇒	웰니스 식품
		세라믹 신소재		세라믹 복합 신소재
		스포츠 지식 서비스		레저 휴양지식서비스
				이모빌리티(free track)

- 2018년도 이모빌리티(free track) R&D 사업에는 S사, D사, P사가 주관기관으로 구성된 3개의 컨소시엄에서 참여하고 있으며, 서로 다른 TRL(개발 기술의 성숙도, Technology Readiness Level) 수준의 연구성과물이 도출 될 것으로 보임.
- S사 및 D사가 주관기관으로 구성된 컨소시엄에서는 이모빌리티 산업육성에 필요한 기초 기반 인프라구축에 필요한 연구성과물이, P사가 주관기관으로 있는 컨소시엄에서는 시장에 출시할 수 있는 완성품을 제작할 수 있을 것으로 보여짐.
- 전기차 사용후 배터리를 활용한 다양한 산업군도 이모빌리티 산업이라는 전체적인 큰 틀에서 사용후 배터리 산업에 대한 R&D 투자와 비R&D분야의 지원이 병행되어 추진되어야 함.

- 횡성군은 최근(2020년 7월17일) '횡성이모빌리티 복합단지 조성 및 주변지역 종합개발 기본구상안'을 마련하고 군의회에 보고하였음.
- 2030년까지 10개년 계획으로 이모빌리티 기업지원센터 건립예정지인 횡성을 목계리 옛 군부대를 포함한 속칭 남촌마을 9개리 전역을 대상으로 추진될 예정임.
- 이모빌리티산업의 각종 인증시설을 갖춘 기업지원센터(26만8093㎡),이모빌리티 관련 공공기관 및 연구소(4만1284㎡),각종 체험시설을 갖춘 테마파크 및 화훼공원(15만3451㎡),숙박 및 주거단지(2만8366㎡) 등 총 65만4000여 ㎡ 규모로 조성될 예정.
- '횡성이모빌리티 복합단지 조성 및 주변지역 종합개발' 지역내 전기차 사용 후 배터리 산업화센터를 추가하여 명실상부한 총체적인 이모빌리티 특구로서의 면모를 갖출 필요가 있음.
- 해당지자체와 강원도는 이모빌리티 복합단지 조성 및 주변지역 종합개발 시, 효율적인 예산활용을 위해 전기차 사용후 배터리 산업화 센터구축도 포함하여 전체적인 사업을 추진할 필요가 있음.
- [중기: 강원도형 비즈니스 모델(BM) 발굴] 전기차 사용후 배터리를 활용한 강원도형 비즈니스모델(BM)을 현 단계에서 예측하는 것은 쉬운 일이 아님.
- 전기차 사용후 배터리를 활용하여 어떤 기업이 어떤 제품을 생산할 수 있

을지 알고 있어야 하며 시장의 수요도 예측해야 하고 무엇보다도 비즈니스 환경의 변화가 시시각각이루어지고 있기 때문임.

- 하지만, 현재 강원도가 가지고 있는 자산(asset)과 전기차 사용후 배터리를 활용할 수 있는 기업의 입주 상황, 강원도의 전략산업 육성 방향 등을 고려하여 다소 주관적인 판단으로 향후 강원도형 전기차 사용후 배터리의 BM을 제시하고자 함.
- 몇가지 원칙은 세울 필요가 있음. 첫째로, 전기차 사용후 배터리의 안전성 평가가 이루어지고 품질이 보장된 상태라는 것을 가정한다면, 강원도에서는 대형 ESS 시스템 구축보다는 보다 안전하고 쉽게 다룰 수 있는 소형 제품으로 시작할 필요가 있음.
- 둘째로, 전기차 사용후 배터리를 활용한 BM은 강원도 관광 및 레크레이션 자원과 결합한 상품을 우선 생각해 볼 필요가 있음.



<그림 6-10> 캐나다 휘슬러 퍼스널모빌리티 활용 관광상품

- 따라서 우선 강원도 관광지역 퍼스널모빌리티 리빙랩 사업에서 전기차 사용후 배터리를 활용할 수 있음.



<그림 6-11> 사용후 배터리를 활용한 퍼스널모빌리티 리빙랩 사업

- 강원도에서 추진할 수 있는 사용후 배터리를 활용한 비즈니스모델은 다음과 같은 모형을 활용하여 개발되어야 함.



<그림 6-12> 강원도 사용후(폐) 배터리를 활용한 BM개발 모형

- 이후, 강원도내 산재해 있는 61개 골프장과 10개 스키장 그리고 발전소와 시멘트 공장 등 대규모 산업시설에서 운반용 수단으로 활용될 수 있는 전기카트를 포함한 고효율 다목적 저속형 전기카트(<= 30 km/h)와 연계된 사업을 추진할 필요 있음.
- 장기적으로는 전기차 사용후 배터리의 안전성 평가가 이루어지고 품질이 보장된 상태라고 가정하고 ESS 사용에 대한 제도적인 장치가 마련된다면, 가정용과 기업용 그리고 공공기관의 ESS 설치에도 영역을 넓힐 필요가 있음.



<그림 6-13> 사용후 배터리를 활용 강원도 비즈니스 모델(예시)

- (장기 1: 강원도 디지털 통상 플랫폼을 통한 해외시장 개척) 장기적으로 강원도는 전기차 사용후 배터리 활용 기술개발 및 관련 제품 수출로 타 지자체와는 차별화된 정책추진을 할 필요가 있음.
- 제품 수출의 구체적인 방법 중 하나가 가칭 '강원도 디지털 통상 플랫폼'을 활용하는 것임.
- 강원도는 2013년부터 GTI¹⁾ 회원국이 주축이 되어 기업의 기술과 제품을 널리 알리는 홍보 마케팅의 기회를 제공하고, 국내·외 유력바이어 및 소비자들에게는 동북아 지역 우수기업들의 제품을 한자리에서 만날 수 있는 동

1) GTI(Greater Tumen Initiative): 동북아지역 경제개발을 위한 정부간 협의체인 광역두만강개발계획

북아지역의 대표 박람회를 개최하여 왔음.

- 8회차인 올해 COVID19 Pandemic의 영향으로 강원도와 GTI 박람회 주최 측은 전국 최초의 가상전시와 쇼핑몰, 온라인 수출 시스템 등을 갖춘 온라인으로 진행하였음.
- 박람회 개막식은 온라인 GTI박람회 메인 스튜디오에서 열렸으며 사회적 거리두기 1단계 하향으로 내빈과 주요 기업·경제분야 단체장 등 50명만 오프라인으로 참석하고 박람회 참가 기업 및 기업경제인 등 100여 명은 온라인 화면으로 초청했음.
- 3D 가상 전시와 쇼핑몰이 연계된 1년 내내 박람회로 새로운 이정표를 만드는 소중한 기회였음. 약 4백만명이 클릭 및 접속하여 구매상담 51675건 (구매계약추진 32084만원) 온·오프라인 판매액 13억77473천 원, 화상수출 계약 2949억원의 성과를 올릴 수 있었음.
- 강원도는 기 추진하고 있는 공공외교센터 설립과 시너지 효과를 만들기 위해 외교와 통상을 접목한 '강원도 디지털 통상 플랫폼'을 구축하여 강원도산 제품 및 기술의 해외진출을 도모할 예정으로 있음.
- 가까운 장래에 강원도의 전기차 사용후 배터리 활용 산업이 활성화된다면, Off-line과 On-line을 병행하는 '강원도 디지털 통상 플랫폼'을 활용하여 해외진출을 모색할 필요가 있음. 강원도가 지속적인 관계를 맺고 있는 자매 도시를 비롯하여 새로운 신흥시장(emerging market)으로 떠오르는 동남아시아나 아프리카를 대상으로 준비할 필요가 있음.

- 현재 중동 평화프로세스(아브라함 합의)에 뒤를 이을 남북 강원도의 평화 프로세스 구축을 위한 강원도/독일/이스라엘/UAE 사이의 공공외교 플랫폼도 충분히 활용하여 외교와 통상, 그중 전기차 사용후 배터리의 기술 및 제품에 관한 통상을 추진할 필요가 있음.

91

- 이스라엘의 경우, 전기차 사용후 배터리의 잔존가치 측정 및 비즈니스 모델 개발에 선도적인 기술을 보유한 나라로 강원도 이모빌리티 기업과 이스라엘 사용후 배터리 활용 전문기업과의 국제공동 R&BD를 추진할 필요가 있음.



<그림 6-14> 이스라엘 ALGOLiON社의 홈페이지

- 이스라엘 ALGOLiON社는 세계적인 배터리 안전 소프트웨어 개발업체로 임베디드 소프트웨어, 리모트 모니터링 클라우드 서비스 및 리사이클링 품질 관리 및 유지보수 진단 툴을 만드는 기업임.
- ALGOLiON社는 이미 Siemens, Renault, TUV Sud, Bosch 등과의 국제적인 시범사업을 성공리에 마친 트랙레코드를 보유하고 있음.
- (장기 2: 유가금속회수를 포함한 사용후 배터리 재활용 센터 구축) 전기차 사용후 배터리의 생애주기 관리를 위해서는 궁극적으로는 유가금속회수를 위해 사용후 배터리 Recycling 시설구축을 고려해야 함.
- 환경부에서는 신재생에너지, 전기차 보급 활성화에 따라 미래폐자원으로 부각된 태양광패널과 전기차 사용후 배터리의 안전보관 및 관리를 위해 전국 4개 권역별 거점수거센터를 구축하고 있음.
- 수도권 미래폐자원 거점수거센터는 올해 말에 착공할 예정으로 있으며 나머지 3개권역(영남, 충청, 호남)도 거점센터 구축사업의 기본 및 실시설계 과업이 발주된 상태로 내년에 착공할 예정임.
- 미래폐자원 거점수거센터 운영을 통해 전기차 사용후 배터리의 재사용으로 고부가 가치가 창출이 되고 유해물질이 친환경적으로 관리가 될 수 있을 것으로 기대되고 있음.
- 미래폐자원 거점수거센터로 운반된 전기차 사용후 배터리는 잔존가치 및 유해물질 검사 및 안전성 테스트를 거쳐 배터리 재제조업체로 운반되어 재

사용될 예정임. 현재 미래폐자원 거점수거센터는 일정한 금액을 받고 넘기는 원칙을 세우고 있음.

- 한편, 강원도는 전국에 향후 설치될 4개의 미래폐자원 거점수거센터에서 사업 범위에서 배제된채, 나름대로의 해결책을 강구해야할 입장에 놓여 있음.
- 강원도에서 배출되는 전기차 사용후 배터리가 수도권으로, 충청권으로, 영남권으로, 호남권으로 운반되어 처리될 수 있다곤 하지만, 신성장동력 사업 추진의 기회를 고스란히 다른 이해당사자에게 넘길 수 밖에 없는 상황으로 몰리고 있는 실정임.
- 2020년 9월에 발표된 정부보조금 지원받은 전기차의 배터리를 지방자치단체에 반납하게 한 규정을 없애고 민간매각을 허용함으로써 인해 시장에 맡겨진 전기차 사용후 배터리의 비용효과적이고 전략적인 시책마련이 시급함.
- 장기적인 전략수립 차원에서는 현재 강원도가 추진중인 강원형 그린뉴딜 저탄소 신산업의 일환으로써의 강릉 옥계 희토류 클러스터 조성 지구내에 전기차 사용후 배터리 리사이클링 산업단지를 조성할 필요가 있음.
- 희토류 클러스터 조성의 의의는 우리나라가 전량수입에 의존하고 수급 및 가격 변동 위험에 노출되어 있어 핵심소재의 확보를 통한 소재의 안보(security)를 높이는 것이라고 볼 때 유가금속회수를 위한 전기차 사용후 배터리 재활용 센터 구축은 도정의 방향과도 일치함.

참고문헌

- 김명수 (2018). 「전기자동차 폐배터리 재활용 방안 강구」. 국회도서관 법률정보실
- 김석중 외. (2019). 「강원도의 신성장동력 이모빌리티 산업, 추진성과와 차별화 전략」. 강원연구원.
- 김유탍 (2018). 「글로벌 전기자동차용 배터리 시장 및 배터리 재사용, 재활용 전망」. 2019 친환경 전기자동차 핵심기술 이슈 및 미래전략 세미나 발표자료.
- 김재경 (2018). 「전기차 사용후 배터리 거래시장 구축을 위한 정책연구」. 에너지경제연구원.
- 박수향 (2017). 「전기차가 견인하는 ESS시장」. 에너지포커스 2017 봄호. 에너지경제연구원.
- 성일하이텍 (2018). 폐리튬이온배터리 재활용 필요성 및 업계동향. SNE KEV2018 발표자료.
- 조지혜 외 (2017). 「이차전지의 폐자원흐름 분석 및 자원순환성 제고방안」. 한국환경정책평가연구원.
- 한국산업기술평가원 (2018). 「전기자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술동향」.
- Asian Development Bank. (2019). 「E-Mobility Options For ADB Developing Member Countries」.
- Gavin Harper *at et.* (2019). 「Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles」 Nature 2019.
- Josko Deur *at et.* (2016). 「An Electric Scooter Sharing System for Urban Mobility」. CIVITAS FORUM 2016.



연구책임 | 엄기중 한국기후변화연구원 연구위원

정책연구 20120-01
강원도 전기차 사용후 배터리 활용방안

- * 인 쇄 _ 2020년 12월
- * 발 행 _ 2020년 12월
- * 발 행 인 _ 김상현
- * 발 행 처 _ 한국기후변화연구원
- * 주 소 _ (24239) 강원도 춘천시 수변공원길11
- * 홈페이지 _ www.kric.re.kr

ISBN _ 978-89-97562-61-9 93530