

2021. 06

유망시장 Issue Report

배터리 재활용



목 차

I . 개요	01
II . 정책 동향	05
III . 기술 동향	15
IV . 시장 동향	22
V . 산업 동향	27

I. 개요

1. 아이템 개요

○ 한 차례 사용한 후 분리, 배출된 배터리를 통상 못 쓰게 되거나 필요가 없어졌다는 의미에서 폐기된 배터리, 즉 폐배터리라고 지칭

- 폐배터리 처리 방식은 재활용(Recycling), 재사용(Reuse), 이차사용(Second use) 등이 있음

○ (배터리 재활용) 배터리 재활용 시장은 신재생에너지 분야에 속하는 기술로, 배터리 재활용은 사용한 배터리의 재사용 및 재처리 활동

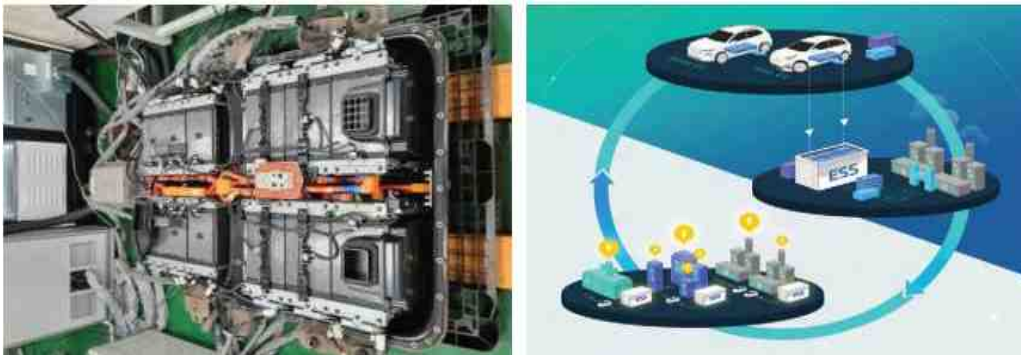
- 재사용이 불가능한 소형 폐배터리를 분해하여 전량 수입에 의존하는 희유금속인 니켈, 코발트 등을 추출하는 것을 의미하며 이를 통해 안정적인 재료 확보를 통한 수입대체가 가능
- 현재 시장에 유통되고 있는 전지는 리튬 이차전지로, 리튬이온과 기타 금속을 이용해 전기화학적 반응을 통해 에너지를 저장하며 이러한 금속과 배터리 자체를 재활용
- 폐배터리 모듈 내 미세전류 방전시스템 및 플라스틱 재질의 부산물을 희유금속과 선별하여 파쇄할 수 있는 공정 기술이 필수



[그림] ESS 사용후 배터리 2nd Life

※ 출처 : 산업통상자원중소벤처기업위원회, 산업통상자원부

- (배터리 재사용) 주로 전기자동차(BEV, PHEV 등)에 사용되는 중·대형 리튬 이차전지 중 초기 용량대비 70~80% 수준으로 감소된 폐배터리를 대상으로 하며 이를 주로 ESS(에너지 저장장치) 등의 전원으로 재제조하는 것을 의미
 - 전기차 배터리는 잔여 용량이 초기 대비 70~80% 수준이 되면 잦은 충전이 필요하고 일 주행거리가 짧아지는 요인으로 교체 대상으로 분류되는데 전기차의 경우 IT 기기와 달리 폐배터리 수거가 용이하고 잔존용량이 높아 재사용 가치가 높음



[그림] 전기자동차 사용후 배터리(좌) 및 폐배터리 ESS 순환 체계도(우)

※ 출처 : 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구 동향과 시사점, 한국은행 포항본부, 2021

- (재활용의 목적) 배터리 재활용은 고형 폐기물 또는 재료 폐기물로 폐기되는 사용된 배터리의 수를 줄이는 것을 목표
 - 이차전지 재활용의 핵심 요소는 경제성이며, 가능한 고부가가치 제품의 재활용을 목표로 함
 - 배터리 재활용은 사용한 배터리에서 귀중한 재료와 금속을 회수할 뿐만 아니라 폐기물을 효율적으로 관리하는 데 도움이 됨
- 전 세계가 사용하는 이차전지 생산의 큰 비중을 차지하는 우리나라는 늘어나는 수요에 따른 전지 원료의 사용량도 급격히 증가하는 상황
 - 그러나 양극활물질로 사용되는 리튬, 코발트, 망간, 니켈 등은 전략금속으로 대부분 수입에 의존하고 있어 자원 보유국의 자원민족주의 대두와 안정적 원료 확보 상충

- 이에 대한 해결책으로서 이차전지 제조공정에서 발생하는 스크랩의 재활용 및 폐리튬 이온 이차전지를 재활용하여 다시 이차전지 전극 물질로 공급하는 기술이 주목받고 있음
- 전기차 배터리는 기존의 물질 재활용 방법을 채택하여 안전한 해체기술과 고효율 금속추출기술을 적용함으로써 사업화하는 구조로 국내에서는 이미 사업화 진행
 - 최근 화석연료를 대신하여 자동차의 동력원으로 이차전지가 사용되면서 리튬 이차전지의 사용량이 급증하고 있으며 신재생에너지 공급의 간헐성 해소 차원에서의 이차전지 산업이 활성화
- 리튬 이차전지는 현재 수소 에너지와 더불어 친환경 에너지 미래 기술로서 가장 중요한 주제 중 하나
 - 꾸준히 성장하고 있는 전기자동차 산업과 더불어 휴대폰, 노트북을 포함하는 전자 모바일 장치 등 다양한 분야에서 리튬 이차전지 사용량은 꾸준히 증가
 - 리튬 이차전지를 생산하는 양·속도와 재활용하는 양·속도에는 차이가 있으며 수요에 대응하기 위해 배터리 생산 능력이 더 성장할 필요가 있겠지만, 수명이 끝난 배터리를 회수하여 재활용하는 기술을 개발하는 것 역시 필요
- 배터리는 일정 횟수 이상 충방전을 반복하면 최대 용량이 감소하며 수명이 다한 리튬 배터리는 중금속이 다량 포함되어 있음
 - 사용한 리튬 이차전지 4,000t에는 코발트, 니켈, 구리 등 총 1,100t의 중금속과 200t 이상의 유독 전해질이 포함되어 있음
 - 셀, 카드뮴, 코발트, 구리, 아연, 알루미늄, 은 등과 같은 희유금속은 2차 원료로 재활용 가능
- 리튬 이차전지의 재활용 문제점은 상이한 공급원료 요구사항, 배터리 제품의 다양성·복잡성, 화학적 재료 차이에 의한 공정의 다양성 등이 있음

- 운송·가공은 사람과 환경을 보호하기 위해 규제되고 있으며, 시장에서의 제품 표준화가 중요

○ 단순 재활용의 목적이 아닌 탄소배출 감소, 에너지 절약, 폐기물 관리, 비용 절감, 자원 보존 등의 수단으로 활용

○ 납축전지 재활용은 미국에서 납축전지의 약 98%가 수집되어 재활용되고 있으며, 역수송에 의해 생산자에게 반환되는 시스템

- 납축전지의 높은 재활용 가능 요인은 높은 수익성, 폐기 불법화, 표준 형식, 간단한 디자인, 단일 화학 및 재활용 과정 간소화

[표] 납축, 니켈-수소, 리튬이차차전지 재료

Cell component/ battery type	Pb-acid	Ni-MH	Li-ion
Cathode	▪ PbO ₂	▪ Ni(OH) ₂	▪ LCO, NCO, LFP, or LMO
Cathode plate/foil	▪ Pb	▪ Ni foam	▪ Al
Anode	▪ Pb	▪ NH(AB ₃)	▪ graphite
Anode Plate/foil	▪ Pb	▪ Ni-plated steel	▪ Cu
Electrolyte	▪ H ₂ SO ₄	▪ KOH	▪ Organic solvent + LiPF ₆
Separator	▪ PE or PVC + Silica	▪ polyolefin	▪ PE/PP
Cell case	▪ PP	▪ Stainless steel	▪ Metar or laminate

※ 출처 : 글로벌기술협력기반육성사업(GT)심층분석보고서, 미국의 전기차용 이차전지 Recycling, 한국에너지기술평가원, 2018

2. Value Chain

- 전기차 배터리 재활용 가치사슬은 총 4단계(수거 및 검사, 재제조, 전처리, 물질회수)로 구성



[그림] 폐배터리 재활용업 가치사슬 단계별 내역

※ 출처 : 녹색산업 글로벌가치사슬 분석 및 발전과제 도출 연구, 한국환경산업기술원, 2020

- 전기차의 대폭적인 증가에 따라 폐전지 처리에 대한 우려가 커지고 있으며 이차전지 소재에 사용되는 금속들의 매장량이 희귀하다는 점을 감안했을 때, 전기차 폐배터리 재활용업은 전기차 배터리 전체 가치사슬에서 매우 중요한 역할을 맡을 것으로 예측

- 배터리 가격이 차량의 절반을 차지함에 따라 완성차 업체와 배터리 제조사 간 기술개발/생산 제휴 확대 등 배터리 가치사슬 통합 전략이 가시화되고 있으며, 폐배터리의 경우 재제조와 물질 회수 방식으로 구분되어 서로 다른 가치사슬이 형성될 전망

II. 정책 동향

1. 국내 정책 동향

- 환경부는 2018년 원료 중 중금속 또는 폭발성 물질을 포함하고 있는 미래 폐자원의 적정처리 및 재활용을 위하여 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」 및 「폐기물관리법」을 개정
 - 제품 전과정에 걸쳐 환경 영향을 줄이고 폐제품(폐전기, 폐전자제품 및 폐자동차) 발생량 증가에 따른 환경오염 및 폐기물 처리문제를 해결하며, 폐제품의 재활용 촉진 목적
 - 이미 정부는 2007년 4월부터 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」을 공포하고, 2008년부터 전기·전자제품 및 자동차 생산 시 유해물질 사용제한 및 재활용 촉진 등을 제도화한 환경성 보장제를 시행 중
 - 전기·전자제품 및 자동차에 유해물질 사용을 억제하고, 재활용 촉진함으로써 효율적인 자원 활용으로 자원순환체계를 구축하여, 환경 보전 및 국민 경제 발전에 이바지
- 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」 및 「폐기물관리법」 하위법령 개정의 폐배터리 관련 주요 내용
 - 전기자동차 구매 시 중앙정부와 지자체로부터 보조금을 지급받은 소유자는 법에 따라 폐차 처리 시 배터리를 지자체에 반납하여야 하는 의무를 지님
 - 보조금 없이 전기자동차를 구매했을 경우에는 전기자동차 소유자가 배터리를 지자체에 반납할 의무가 없음
 - 전기자동차 제조사나 배터리 제조사의 경우 연구·실험용 등으로 상당량의 폐배터리가 발생하지만, 이들 폐배터리도 지자체 반납의 의무가 적용되지 않음
 - 이때 전기자동차 최종 소유자는 폐차장 또는 자동차 정비소를 통해 배터리를 배출하며, 제조사의 경우 재활용(재사용 또는 물질재활용)을 하려는 자에게 직접 배출할 수 있음

- 지자체는 보조금을 지급한 전기자동차에 한하여 폐배터리를 회수하게 되며, 그 외의 경우에는 폐차업자·정비업자가 성능검사기관 또는 재활용업자와의 계약 등에 따라 전문 회수업자를 통해 회수
- 성능검사 단계에서는 전기자동차 폐배터리의 외관검사, 전기 흐름 검사 등을 실시하는 단계로 폐배터리의 이상 유무 및 잔존 용량 등을 판단하여 재사용과 재활용을 결정
- 성능검사는 전문 검사기관은 물론 전기자동차 폐배터리의 성능을 검사할 수 있는 설비 및 관리 기준을 갖춘 자라면 일반 소비자, 폐차업자, 정비업자, 재활용업자 등 모두 가능

○ 리튬 이차전지를 제외한 전지 6종(수은전지, 산화은전지, 니켈·카드뮴 전지, 리튬 일차전지, 망간·알칼리전지, 니켈수소전지)은 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따라 생산자책임재활용(EPR: Extended Producer Responsibility)의 의무대상 품목으로 지정

- EPR은 제품 생산자나 포장재를 이용한 제품의 생산자에게 그 제품이나 포장재의 폐기물에 대하여 일정량의 재활용 의무를 부여하고 이를 이행하지 않을 경우, 재활용에 소요되는 비용 이상을 생산자에게 부담하는 제도

○ 소형 IT 기기용 폐전지의 경우, 보조금 지급이 없기에 반납 의무가 없으며 일부 폐전지만이 재활용을 통해 회유금속 회수로 활용

가. 거점 수거센터 구축

○ 정부는 2020년부터 총 171억 원의 예산을 투입하여 ‘미래폐자원 거점 수거센터’를 통한 공공 수거체계 구축 추진

- 민간의 수거·재활용 체계가 활성화되기 이전 배출되는 태양광 폐패널과 전기차 폐배터리 등 미래 폐자원을 회수하고 보관, 평가, 매각하는 등 폐기물처리 전 과정을 관리하는 역할을 할 예정
- 환경공단의 유희부지를 활용해 수도권과 영남, 호남, 충청 등 총 4곳에 건설
- 거점수거센터에서는 가정에서 배출된 태양광 폐패널은 지자체 책임

으로 수거하고, 태양광 발전소에서 배출되는 폐패널은 발전사업자 책임으로 수거하여 재활용되도록 함

- 지자체에 반납되거나 폐차장에서 임시 보관하고 있는 전기차 폐배터리도 거점수거센터에서 수거하여 기초검사를 거쳐 안전하게 보관하거나 재활용업체에 공급 추진
- 전기차 폐배터리나 태양광 폐패널의 재활용 체계가 미구축된 상태에서 센터가 구축되면 폐배터리의 경우 에너지저장시스템(ESS)이나 개인형 교통수단(PM) 등으로 재활용하고, 재사용이 어려운 폐배터리는 분해해 리튬 등 주요 물질을 회수하는 방식으로 처리될 것으로 전망

○ 제주도에서는 국내 최초 전기차 배터리 산업화센터를 구축하여 환경부·산자부·경북·현대차 등과 MOU 체결



[그림] 전기차배터리 산업화센터 프로세스

※ 출처 : 전기차배터리산업화센터

나. 미래 폐기물 재활용 체계 구축

○ 전기차 폐배터리, 태양광 폐패널의 안전하고 친환경적 재활용의 방법·기준을 마련하는 등 미래 폐기물 재활용 체계를 구축

- 폭발성 물질(유기용제)과 유독물질(산화 리튬 등)을 함유하고 있는 전기차 폐배터리를 지정폐기물로 지정하고, 분리·보관·운반 방법·기준 제시 추진
- 또한, 유해성 논란에 따라 적절한 처리가 필요한 전기차 폐배터리가 안전하고 친환경적으로 처리되도록 허용되는 재활용 유형과 재활용의 방법 및 기준을 제시 추진

다. 미래 폐기물 재활용 기준 제시

- **(폐배터리 재활용 기준)** 폐배터리 지정폐기물 지정 및 재활용 방법·기준 (폐기물관리법 시행규칙 개정), 분리·보관 방법 마련(자원순환법 시행령 개정 및 고시 신설)
 - 폐배터리 구성 요소별 해체, 분리·보관, 인계, 처리 방법 마련
 - 해체 재활용업체 등의 보관 및 해체 표준화 매뉴얼 보급
 - 폐배터리의 회수 및 해체 단계별 안전관리 지침 마련
 - 폐배터리 성능검사(평가) 방법 및 기준 마련
 - 폐배터리 전처리·회수·성능검사·재활용에 관한 시설·장비 기준
 - 폐배터리 잔존 가치 및 에너지저장장치(ESS) 관리 인력 및 설비 기준 마련
 - 폐배터리 재사용, 재활용 방법 및 기준 마련
 - 제조사별 표준화 재활용 방법 및 기준 제시

라. 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구

- 배터리 리사이클링 규제자유특구는 배터리 관련기준을 실증특례 적용 등으로 정비하여 신사업 육성을 지원하기 위해 2019년 8월 부터 4년간 지정
 - 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구에 선정된 포항시는 2023년까지 규제자유특구사업을 통해 관련 기준을 마련하여 배터리 리사이클링 생태계를 구축하는 한편 배터리 핵심소재를 확보하는 등의 신사업을 육성할 계획
 - 정부는 2020년 약 92억 원을 차세대 배터리 사이클링 규제자유특구에 배정
- 포항 블루밸리 국가산업단지와 영일만 일반산업단지 중 약 0.93km² 규모 부지가 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구로 지정되었으며 총 15개 업체가 특구사업자로 참여
- 전기차 사용 후 배터리 종합관리 실증, 전기차 사용 후 배터리 재사용 실증, 재사용 불가 배터리 재활용 실증 등 구체적으로 3개 사업에 대한 규제특례가 적용될 예정

- **(전기차 사용 후 배터리 종합관리 실증)** 전기차 사용 후 폐기되는 배터리를 재사용하거나 분해 후 금속을 추출(재활용)하기 위해서는 폐배터리 반납대행자 선정 및 이를 재사용과 재활용으로 분류할 등급분류 평가기준이 필요함에도 이에 대한 명확한 법령이 없는 상황
 - 규제샌드박스 제도를 통해 규제자유특구 내에서 실증특례를 적용하여 차종별, 제조사별 배터리 분리체계와 성능평가 및 등급 분류기준을 마련하여 관련 인허가 규정을 보다 정교화할 예정

- **(전기차 사용 후 배터리 재사용 실증)** 배터리는 전기차 제조비용의 약 50%를 차지하며 수명이 다 된 이후에도 ESS 등으로 재제조가 가능하여 경제성이 높으나 폭발 등의 위험으로 이와 관련된 구체적인 안전기준 및 세부 관리 지침이 필요
 - 따라서 신규 사업자가 시장에 용이하게 진입하게 할 수 있도록 구체적인 안전기준 및 재사용 관리 지침 등을 마련할 예정이며 그 외에도 재사용 ESS 에너지 효율등급 인증 등의 실증특례를 적용할 예정

- **(재사용 불가 배터리 재활용 실증)** 재사용이 불가능한 폐배터리의 경우 희유금속 추출가공 기술개발 및 상용화를 하는 것이 향후 비약적으로 성장할 2차전지 시장에서 부가가치를 높이는 방법이나 재사용이 불가능한 배터리의 매각 대상 및 기준마련을 위한 법령이 부재한 상황
 - 따라서 배터리 분리해체 및 폭발방지를 위한 모듈 내 미세전류 방전 시스템, 소재추출가공 및 고순도화, 재사용 불가 배터리 매각 대상 및 기준 마련 등의 실증특례가 적용될 예정

- **(메뉴판식 규제특례)** 시도지사가 반납된 전기차 사용 후 배터리를 특구 사업자에게 매각 시 지역특구법 제49조에 따라 실증기간 내 특구사업자를 대상으로 한 수의계약 규제특례를 허용

- 규제자유특구 사업을 통해 구체적인 안전기준 등이 정립되어 재활용 배터리의 보급 및 활용이 확대된다면 전기차의 가치도 상승할 것으로 전망
 - 노후화된 전기차 배터리를 재활용해 ESS를 만들고 이러한 ESS를 이용해

새로운 전기차를 만드는 선순환 구조가 형성되면 전기차 제조 비용을 상당폭 절감하여 상품 가치 또한 높아질 것으로 기대

- 총 3개의 세부사업과 관련된 실증특례(5건) 및 메뉴판식 규제특례(1건)를 모두 적용한 배터리 리사이클링 규제자유특구 실증사업 체계도는 아래와 같음



[그림] 배터리 리사이클링 규제자유특구 실증사업 체계도

※ 출처 : 한국은행 포항본부 보도자료, 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구 동향과 시사점, 한국은행 포항본부, 2021

2. 해외 정책 동향

가. 미국

- 미국은 2019년 배터리 재활용 인프라에 2050만 달러를 투자하였으며 배터리 수거 및 재처리율을 5%에서 90%로 확대할 계획을 밝힘
- 바이든 정부의 친환경 정책 기조와 전기자동차 시장 성장세에 맞물려 리튬 이차전지와 그 재활용에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있으며 아시아 태평양 지역 다음으로 큰 시장을 형성하고 있음
- 운송과 규제 문제에 있어 유럽은 규정을 정립하여 재활용률을 높이고 있으나 미국은 연방정부 차원이 아닌 주정부 차원의 규제 존재

나. EU

- EU는 2006년 배터리 관련 법안인 EU 배터리 지침(Directive 2006/66/EC) 발표

[표] 2006 EU 배터리 지침 주요 내용

구분	세부내용
주요 내용	▪ 배터리와 폐배터리가 가져올 수 있는 부정적 효과 최소화 ▪ EU 시장의 배터리 관련 요구사항 통일 ▪ 유해한 물질이 들어간 배터리의 판매 금지 - 수은: 배터리 무게의 0.0005% 이상 포함 금지 - 카드뮴: 배터리 무게의 0.002% 이상 포함 금지 * 비상 시스템, 비상 휴대램프, 의료기기 등 예외 ▪ 배터리 수거와 재사용에 대한 기준 명시 ▪ 배터리 라벨링에 관한 규정과 기계로부터 배터리를 제거할 수 있는 기준 명시
폐배터리 수거 관련	▪ 휴대용 배터리 수거 장소를 일반 시민이 접근 가능한 거주지 근처에 설치하고, 소비자가 폐배터리를 버릴 때 비용 부과 금지 ▪ 2012년 9월 26일까지 모든 EU 국가의 수거율 25% 달성, 2016년 9월 26일까지 45% 달성할 것(이를 지키기 위해 매년 수거비율 모니터)
폐배터리 재활용 관련	▪ EU 국가들의 폐배터리 재활용 기술 개발 지원을 지침에 명시

※ 출처 : 유럽연합의회, KOTRA 뮌헨 무역관

- EU 배터리 지침(Directive 2006/66/EC)이 잘 시행되고 있는지 유럽연합 의회는 자체적으로 평가를 한 후 그에 관한 평가 보고서를 2019년 4월 9일에 발표
 - 이 평가 보고서를 작성하면서 유럽연합 의회는 EU의 배터리 사용량이 크게 증가했다는 점과 재생에너지에 대한 수요 역시 꾸준히 상승하고 있다는 점을 중요하게 여김
 - 같은 맥락 하에 폐배터리 수거와 폐배터리 재활용 물질의 효율성 측면에서 EU 배터리 지침(Directive 2006/66/EC)이 가지고 있는 한계 (1. 폐배터리 수거 관리에 EU 국가들의 법적 의무가 없음, 2. 폐배터리 재활용 물질에 대한 구체적인 목표 부재)를 지적

- 유럽연합 의회는 지금까지 배터리 지침이 긍정적인 효과를 내고 있으나 한계점을 보완해야 할 필요가 있다고 판단했으며, 같은 맥락 하에 2020년 12월 10일 새로운 배터리 규제안(Batteries Regulation)을 발표
 - 새로 발표된 배터리 규제안의 골자는 EU 시장에서 거래되는 배터리들이 안전해야 함과 동시에 지속 가능해야 한다는 점이며, 이는 유럽 그린 딜(European Green Deal)의 목표를 위한 핵심

- 배터리 규제안 주요 내용
 - EU 시장에 출시된 배터리는 전체 수명주기 동안 지속 가능하고 성능이 뛰어나며 안전해야 함(수명이 다한 배터리는 재활용 또는 재사용하여 귀중한 원료를 경제에 다시 공급해야 함)
 - EU 시장에 출시된 모든 배터리(산업용, 자동차/전기자동차용, 휴대용)는 2024년부터 탄소발자국(상품을 생산하고 소비하는 전체 과정에서 발생하는 이산화탄소 총량)을 공개해야 함
 - 배터리 주재료의 일정 부분을 재활용 원료 사용해야 함
 - 2030년 1월부터 배터리에 사용하는 코발트는 12%, 리튬은 4%, 니켈은 4% 등 반드시 재활용 원료를 쓰도록 제안 (2035년 1월부터는 코발트 20%, 리튬 10%, 니켈 12%로 강화될 전망)
 - 재료 재활용 비율을 높이기 위해 폐배터리 수거 비율도 높일 계획(현재 수거율 45%를 2025년 65%, 2030년 70%로 높일 예정)

다. 중국

- 중국 정부는 2018년부터 폐배터리 재활용 시범사업을 시행하고 가이드라인을 제공하는 한편 화이트리스트 업체 명단도 발표

- 중국은 2018년 7월부터 17개 지역에서 폐배터리 재활용 시범사업 시행
 - 각 지방에 배터리 재활용센터를 세우고 배터리 제조사, 중고차 판매상, 폐기물 회사와 공동으로 폐배터리 회수·재판매가 가능한 시스템을 구축
 - 자동차 제조사에 배터리 회수와 재활용 네트워크 구축 책임을 지우고 배터리 추적 시스템을 갖추도록 하는 내용도 포함

- 폐배터리 회수, 재활용 가이드라인 제시
 - 중국 정부는 “신에너지자동차 배터리 회수·이용 잠정 방법(新能源汽车动力蓄电池利用管理暂行办法)”을 발표하고 2018년 8월 1일부로 시행
 - 신에너지자동차 배터리 회수·이용 잠정 방법은 자동차 및 배터리 제조사, 폐차 회수 및 분해기업들이 폐배터리 회수 및 재활용 시스템 구축에 참여하는 것을 독려

Ⅲ. 기술 동향

1. 기술범위 및 특징

- 배터리 재활용은 폐배터리에 내장된 리튬, 니켈, 망간, 코발트 등 희귀 금속을 재활용하는 것을 의미

- 사용된 배터리는 사용된 배터리 수거 및 검사, 재활용에 적합한 배터리 분류, 배터리 재활용, 금속 회수, 최종 제품 분리 및 매립 또는 소각을 통한 잔여 배터리 및 기타 폐기물 관리를 포함하는 일련의 재활용 프로세스를 거침

- (습식 제련 공정) 습식 제련 공정에는 기계적 단계와 화학적 단계 포함
 - 기계적 단계에서 배터리는 금속, 종이, 플라스틱 및 블랙매스(Black Mass)를 분리하기 위해 파쇄되며, 이중 블랙매스는 용해된 금속을 분리하기 위해 전기분해나 침출 용액을 생성하기 위해 추가로 화학적으로 처리됨

- (열 야금 공정) 건식야금(PyrometAllurgy) 또는 폐기물처리를 위한 열 사용에는 제련 및 로스팅이 포함되며 폐기물을 정제할 수 있는 형태로 전환하기 위해 1,500℃ 이상의 온도에서 용광로에서 가열
 - 산화물 폐기물은 코크스 또는 석탄 형태의 탄소와 같은 환원제로 가열
 - 금속의 산소는 탄소와 결합하여 이산화탄소 가스로 제거
 - 비금속 부품의 폐기물은 가열될 때 슬래그를 형성하기 위해 플럭스 물질에 의해 제거

- (수은 증류 공정) 배터리에 함유되는 수은의 양은 계속 감소했으며 이미 많은 브랜드에서 전혀 사용하지 않고 있음
 - 그러나 일부 배터리에는 매우 적은 양의 수은이 포함되어 있어 폐배터리 발생이 급증할 것을 고려할 때 수은은 반드시 재활용 필요
 - 수은 증류 공정은 수은이 증발하는 진공 기반 열처리 방법이며, 낮은 온도에서 응축시켜 금속 형태의 수은을 회수

- (카드뮴 회수) 묽 증기는 물 미스트로 냉각된 큰 튜브에 붙어 넣어 증기가 응축되어 9.95%의 순수한 카드뮴을 회수

- (납 회수) 납은 야금 공정 전에 배터리를 구성하는 다양한 물질을 분리하여 회수하거나 공정이 끝날 때 금속이 회수되는 용광로에서 열처리를 통해 완전하게 회수할 수 있음
- (니켈 카드뮴 배터리) 니켈 카드뮴 배터리는 철강 생산을 위해 카드뮴과 철-니켈을 회수하는 유사한 열 기술을 통해 회수
 - 니켈 금속 수소화물 배터리는 수소의 유출을 방지하기 위해 진공 챔버에서 개별 물질을 기계적으로 분리하며 이 공정에서 생산된 니켈은 스테인리스강 제조에 사용될 수 있음
- (리튬 이차전지) 리튬 이차전지는 열분해를 통해 회수
- (아연-탄소/공기 및 알카라인-망간 배터리) 아연-탄소/공기 및 알카라인-망간 배터리는 금속 함량, 특히 아연을 회수하기 위한 제련 및 기타 열 야금 공정을 포함하는 다양한 방법을 사용하여 회수할 수 있음

○ 전기자동차 산업에서 폐전지 탈거 및 해체는 노동집약적 기술

- 전기자동차의 폐전지 탈거 및 해체 방법은 자동차 생산업체별, 차종별 구조가 상이해 각 자동차 생산업체별 탈거 및 해체 매뉴얼 제공
- 전기자동차의 배터리 팩과 모듈 등의 해체 시스템에는 Hoist, 컨베이어 벨트 등이 갖추어져야 하며, 해체 중 발생할 수 있는 유독가스에 대비한 공기정화 및 화재 발생에 대비한 소방설비 등이 확보되어야 함

[표] 폐전지 해체 처리 시스템 구성

세부 시스템	주요 설비 내용
배터리 팩 해체 시스템	중량물(500kg) 이상 지탱 가능한 천정 Hoist 등
배터리 모듈 해체 시스템	컨베이어 벨트 폭 1M, 길이 7M 이상으로 설치 등
단자 분리 처리 시스템	배기시설을 확보하고 부산물의 수집이 용이하도록 설계
방전 후 보관시설	분리된 셀을 방전후 화재 방지시설을 갖춘 케이스에 적재 및 보관

※ 출처 : 대용량 폐전기자동차 재활용 상용화 기술개발에 관한 연구, 환경부, 2016

- 전기자동차의 생산업체, 차종 등에 따른 다양한 내부구조 및 디자인 등으로 배터리 팩 역시 다양한 형태로 설계되어 탈거와 해체작업은 작업자의 수작업으로 진행될 수밖에 없는 노동집약적인 기술로 자동화 및 기타 기술적 발전이 진행되기에 한계가 있음

- 따라서 배터리 팩 또는 모듈 해체 이후 용량과 안전성을 보증할 수 있는 평가 지표를 개발하여 국제표준으로 공인받는 것이 핵심사항



[그림] 전기차 폐배터리 재사용 과정

※ 출처 : 전기차 폐배터리 재활용 방법 및 기준 마련 연구, 환경부, 2018

○ 배터리 재활용을 위한 배터리 상태 및 수명 진단 시스템 필요

- 전기자동차 배터리 교체 시기가 다가오며 국내외에서 폐배터리 관련 활용방안을 모색하고 있음
- 배터리는 사용자의 사용 패턴에 따라 배터리 성능 및 잔존수명에 많은 차이를 보여 수거된 폐배터리의 상태를 예측할 수 없음
- 수거되는 폐배터리를 재사용하기 위해 폐배터리의 경제성 분석 및 성능시험, 인증시험, 재사용을 위한 재포장 등의 부수적인 가공 필요

2. 국내/외 기술 Trend

가. 희유금속 회수 위주

○ 배터리 재활용은 소형 IT 기기용 폐전지의 양극활물질로부터 고가의 희유금속을 추출하는 것으로, 소형 리튬 이차전지인 LCO계를 중심으로 수행되고 있음

○ 리튬 이차전지 내 희유금속 회수공정은 ① 폐전지 폭발 위험 제거 및 파쇄하는 전처리와 ② 화학용액을 활용하여 희유금속을 회수하는 후처리 공정으로 구분

- 기술적 난이도가 높은 단계는 후처리 공정으로 황산용액(H_2SO_4)의 농도조절과 전해정련을 통한 희유금속 회수가 핵심기술이며, 공정을 수차례 반복적으로 수행하면서 99.9% 이상의 순도로 정제함

구분	공정명	공정 세부내용	최종제품
전처리	폐전지 방전	폐 리튬 2차전지 방전을 통한 폭발위험 제거	투입원료 LCO계 : 40% NCM계 : 50% NCA계 : 10%
	폐전지 파쇄	폐전지를 분쇄기에 장입하여 파쇄	
	자성 및 비중선별	자석 및 무게로 외장캔, 분리막 및 음·양극 등 분류	
후처리	CoSO ₄ 및 MnSO ₄ 회수	황산(H_2SO_4)용액으로 황산코발트(CoSO ₄) 및 황산망간(MnSO ₄) 회수	CoSO ₄ 분말 MnSO ₄ 분말
	Ni 회수	전해공정으로 니켈(Ni) 회수	Ni 금속
	Co, LiPO ₃ 회수	각 용액으로부터 고체 상태의 고순도 Co, Ni 회수	Co 금속, LiPO ₃ 분말

[그림] 배터리 재활용 공정도

※ 출처 : 페리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황, KDB미래전략연구소, 2019

○ 세계적으로 폐전지 재활용을 통한 희유금속 회수가 가능한 업체는 국내의 성일하이텍, Umicore(벨기에), Brump(중국) 및 GEM(중국) 등이 있음

[표] 세계 폐전지 재활용 주요 업체 비교

구분	성일하이텍	Umicore	Brump	GEM
Capacity	1,000ton/yr	7,000ton/yr	3,000ton/yr	5,000ton/yr
생산제품	코발트, 니켈, 리튬, 망간	코발트, 니켈	코발트, 니켈, 리튬, 망간	코발트, 니켈, 리튬, 망간

※ 출처 : 각사 홈페이지 참고

나. 전기자동차 보급 증가에 따른 폐배터리 증가

- 전기차용 배터리에는 여러 가지 고가의 희유금속이 함유되어 있어, 희유 자원보전 및 자원 순환성의 관점에서 재활용과 재사용이 필수적
 - 폐배터리의 충전능력이 초기 대비 70% 정도를 유지할 수 있을 경우 대용량 에너지저장장치(ESS) 등으로 재사용이 가능
 - 수명이 종료된 폐배터리는 니켈, 코발트, 리튬 등 희유금속의 보고



[그림] 전기차 폐배터리 처리절차

※ 출처 : 전기차 폐배터리, 가정용 ESS로 재활용 추진, 이투스, 2019

- 폐배터리의 원료인 코발트, 니켈 등은 단순 매립 시 환경에 치명적인 영향을 줄 수 있기 때문에 적정처리가 필수
 - 국립환경과학원은 전기자동차 폐배터리에 함유된 산화코발트·리튬·망간·니켈 등을 유독물질로 분류
 - 전기차 배터리는 외부 노출 시 화재와 폭발, 급성독성 및 수생 환경에 유해한 환경 위해성을 내포

[표] 전기차 폐배터리가 인체 건강 및 환경에 미치는 영향

성분	출처	특성	건강영향	환경영향
니켈	- 니켈 카드뮴 배터리 - 니켈-철 배터리 - 니켈-아연 배터리 - 니켈 수소 배터리	매우 독성	- 니켈카보닐은 폐암과 비강 암의 원인 - 가려움증 및 작열감과 같은 피부 질환 및 피부가 건조하고 바늘이 생기는 경향 - 니켈로 오염된 물은 단백질과 같은 신장 손상을 유발 - 면역학적 문제: 바이러스 및 감염원에 대한 내성 감소	- 니켈 노출은 식물의 녹색 색소 결핍을 유발하며 인간의 철분 결핍과 유사한 영향을 미침 - 콜로이드 니켈은 동물에게 악영향을 미침
리튬	- 리튬 이차전지 - 리튬 폴리머 배터리	무독성	- 신체의 수분 균형에 심각한 장애 - 갑상선 호르몬 합성을 차단 - 졸음, 언어장애, 떨림, 불안정한 걸음걸이, 근육 경련, 근 긴장 증가, 발한 및 발열을 유발 - 영향을 받은 어린이는 체중 증가, 구토, 두통, 메스꺼움 및 떨림으로 고통 - 급성 및 만성 신부전을 일으킬 수 있음 - 임산부에 대한 부작용 - 리튬에 감염된 영아는 얇은 호흡, 긴장 저하, 무기력	- 탄수화물 대사의 간섭과 설치류의 성장 및 뇌하수체 호르몬 변화 - 전염병으로 이어지는 생리학적 및 면역학적 불규칙성 - 구개열, 골격 기형 및 외노와 같은 선천적 장애 - 시험 동물의 뇌 성장 장애
망간	- 리튬-이산화망간 배터리 - 아연-망간 이산화물 배터리 - 리튬 이온-망간 산화물 배터리 - 알카라인 망간 배터리	무독성	- 노출시 기침, 복통 및 메스꺼움을 유발 '망간 광기' 또는 '파킨슨병' 등 신경 정신병 장애 유발	- 가연성의 미세 분산 입자는 공기 중에서 폭발성 혼합물을 형성 - 해양 무척추동물의 면역 체계에 영향을 미침 - 일부 조류에서 철분 결핍을 유도하여 엽록소 합성을 억제 - 목화의 주름진 잎과 감자의 줄기 괴사와 같은 일부 작물에 장애를 유발

※ 출처 : 미래폐기물 재활용 및 적정처리, 환경부, 한국환경산업기술원, 2020

다. 국내 기술 경쟁력

- 폐배터리 재활용 기술과 관련된 우리나라의 특허는 영향력 지수가 매우 낮은 수준으로, 전극소재, 배터리 셀 및 팩, 전기차 부분도 특허 출원량은 매우 우수하지만, 특허의 영향력은 경쟁국가 중 최하위 수준에 가까운 것으로 파악

[표] 전기차 배터리 제조업 가치사슬 단계별 및 국가별 특허 영향력 지수(200년 이후 누계)

구분	국가	영향력 지수	주요기업	영향력 지수	국내 기술수준
폐배터리 재활용	독일	13.74	-	-	출원이 많지 않은 가운데, 독일, 미국, 일본 등의 영향력이 높음
	미국	8.87	GM Global Technology Operations LLC	3.00	
	일본	13.74	Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha	2.91	
	중국	1.20	-	-	
전극소재	미국	5.58	Ford Global Technologies, LLC	0.84	출원량은 3위 수준이나 특허의 영향력은 미국의 12% 수준으로 최하위 수준
			GM Global Technology Operations LLC	3.77	
			Johnson Controls Technology Company	0.81	
	중국	5.16	-	-	
	일본	1.96	Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha Kabushiki Kaisha Toshiba Nisan Motor Co., Ltd.	1.38 1.90 2.37	
	독일	1.49	Robert Bosch GmbH	0.39	
전기차	미국	10.37	LG Chem. Ltd.	0.82	한국은 출원량 세계 4위 수준이나 특허 영향력은 세계 최하위 수준
			Samsung SDI Co., Ltd.	0.56	
			Hyundai Motor Company	0.70	
	중국	3.35	-	-	
	일본	5.56	Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha Honda Motor Co., Ltd. Nisan Motor Co., Ltd.	4.94 3.97 7.44	
	독일	3.51	Robert Bosch GmbH Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft ZF Friedrichshafen AG	1.82 3.07 3.56	
배터리 셀/팩	미국	9.61	Hyundai Motor Company Kia Motors Corporation LG Chem, Ltd.	1.62 1.00 2.08	출원량은 세계 3위 수준이나 영향력은 최상위 국가의 10%, 일본의 30% 수준이며 중국이나 대만에 비하여도 못 미치는 수준
			-	-	
			-	-	
	중국	3.34	-	-	
	일본	3.30	Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha Nisan Motor Co., Ltd. Kabushiki Kaisha Toshiba	3.38 2.67 1.89	
	독일	1.85	Robert Bosch GmbH	1.15	
배터리 셀/팩	미국	9.61	Robert Bosch GmbH	1.15	출원량은 세계 3위 수준이나 영향력은 최상위 국가의 10%, 일본의 30% 수준이며 중국이나 대만에 비하여도 못 미치는 수준
			LG Chem. Ltd.	1.01	
			Samsung SDI Co., Ltd.	1.72	
	한국	1.28	Hyundai Motor Company	1.38	

※ 출처 : 녹색산업 글로벌가치사슬 분석 및 발전과제 도출 연구, 한국환경산업기술원, 2020

IV. 시장 동향

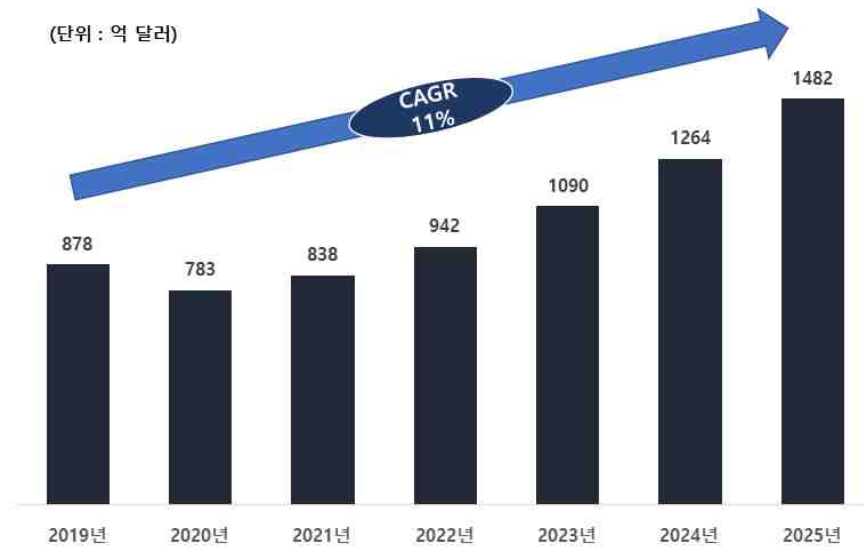
- 귀금속 및 희토류 고갈에 대한 우려 증가, 재활용 제품 및 재료에 대한 수요 증가, 지방 및 주 정부의 엄격한 규정 및 미국 환경보호국(EPA)의 지침 등은 글로벌 배터리 재활용 시장의 성장을 촉진하는 요인
 - 그러나, 사용한 배터리의 보관 및 폐기와 관련된 안전 문제 등은 글로벌 배터리 재활용 시장의 성장을 억제하는 요인임

- 환경 및 경제적 편익을 고려할 때 폐배터리 재활용은 성장잠재력이 높은 시장
 - 폐배터리 재활용을 통해 유해물질을 회수하여 환경오염을 방지하고, 리튬, 니켈, 망간, 코발트 등의 핵심 원료를 안정적으로 확보할 수 있음
 - 양·음극 활물질은 배터리 원가의 50%를 차지하며 대부분 수입에 의존
 - 폐배터리 재사용·이차사용은 배터리 생산을 억제함으로써 배터리를 생산하는 과정에서의 환경오염을 방지할 수 있음
 - 따라서 전기차 시장이 확대되는 가운데 폐배터리 시장은 환경 및 경제적 편익 등의 강점을 토대로 새로운 먹거리로 부상할 수 있을 것으로 예상

- 도시광산 영위 기업과 자동차 제조사들이 시장 성장을 견인할 전망
 - 세계적으로 표준화된 전기차 폐배터리에 대한 평가와 재활용 기준은 없는 상황으로 폐배터리 산업이 성장하기 위한 여러 가지 제약요인 존재
 - 그러나 폐배터리 재활용 등은 자원순환성 제고, 원가 절감 등의 긍정적인 부분이 존재하기 때문에 주요 기업들의 시장 진출이 활발해질 전망
 - 대표적인 국내 폐배터리 재활용업체인 성일하이텍과 해외의 Umicore (白耳義), Rrunp(中國), GEM(中國) 등이 도시광산 비즈니스를 영위
 - 폐배터리 재사용·이차사용은 현재 실용화보다는 연구단계 수준으로 BMW, GM, Toyota, Nissan 등 주로 자동차 제조사들이 주도하고 있음

1. 글로벌 시장

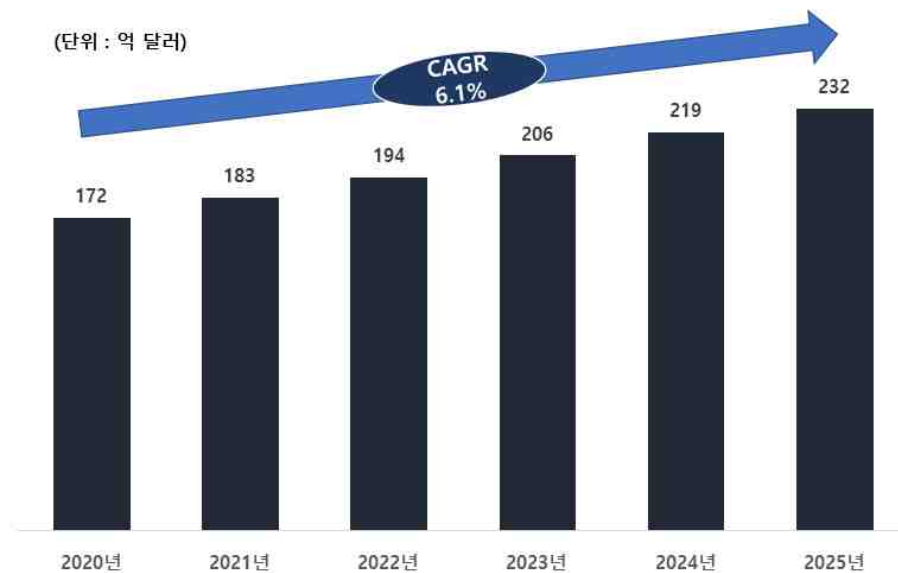
- 글로벌 이차전지 시장은 2019년 878억 달러에서 연평균 성장률 11%로 증가하여, 2025년에는 1,482억 달러에 이를 것으로 전망



[그림] 글로벌 이차전지 시장 규모 및 전망

※ 출처 : GLOBAL SECONDARY BATTERY MARKET, Mordor Intelligence, 2020

- 글로벌 배터리 재활용 시장은 2020년 172억 달러에서 연평균 성장률 6.1%로 증가하여, 2025년에는 232억 달러에 이를 것으로 전망



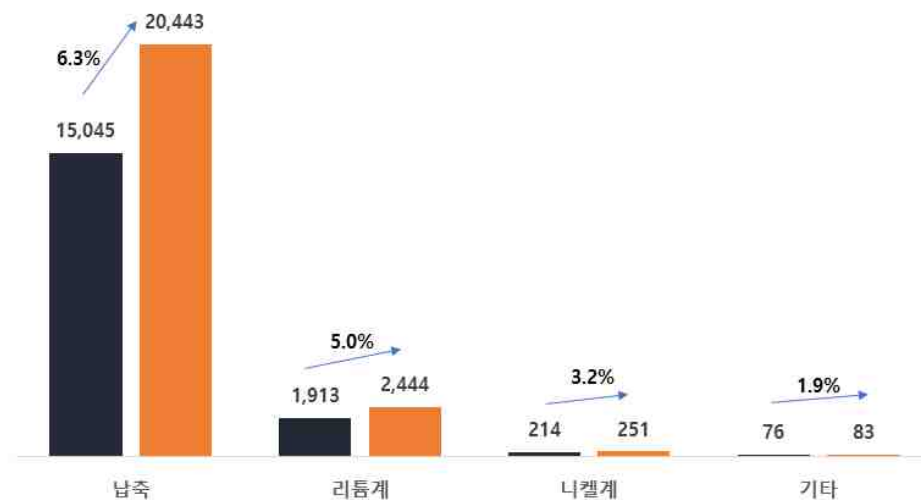
[그림] 글로벌 배터리 재활용 시장 규모 및 전망

※ 출처 : Battery Recycling Market, Marketsandmarkets, 2020

○ 전 세계 배터리 재활용 시장은 화학적 성질에 따라 납축, 니켈계, 리튬계, 기타로 분류

- 납축은 2020년 150억 4,500만 달러에서 연평균 성장률 6.3%로 증가하여, 2025년에는 204억 4,300만 달러에 이를 것으로 전망
- 리튬계는 2020년 19억 1,300만 달러에서 연평균 성장률 5.0%로 증가하여, 2025년에는 24억 4,400만 달러에 이를 것으로 전망
- 니켈계는 2020년 2억 1,400만 달러에서 연평균 성장률 3.2%로 증가하여, 2025년에는 2억 5,100만 달러에 이를 것으로 전망
- 기타는 2020년 7,600만 달러에서 연평균 성장률 1.9%로 증가하여, 2025년에는 8,300만 달러에 이를 것으로 전망

(단위 : 백만 달러)



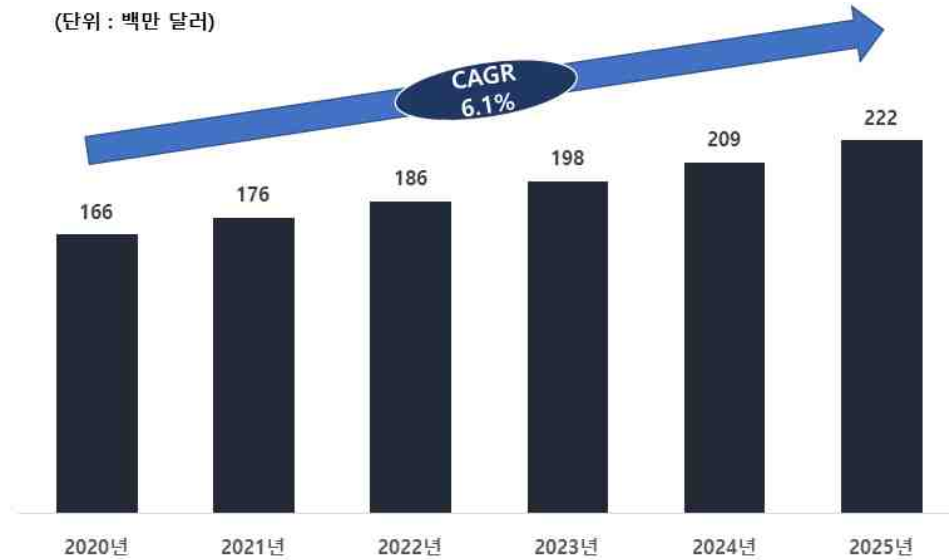
[그림] 글로벌 배터리 재활용 시장의 화학적 성질별 시장 규모 및 전망

※ 출처 : Battery Recycling Market, Marketsandmarkets, 2020

○ 유럽과 미국 등지에서는 배터리에 존재하는 물질들을 처리하기 위한 엄격한 규범과 표준을 도입 중에 있으며 앞으로 리튬 이차전지의 재활용은 선택이 아닌 필수가 될 가능성이 높음

2. 국내 시장

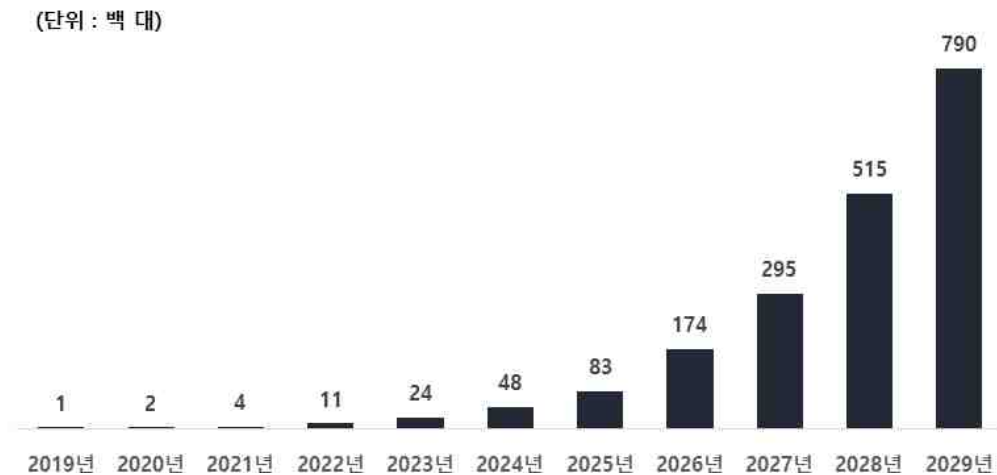
- 국내 배터리 재활용 시장은 2020년 166백만 달러에서 연평균 성장률 6.1%로 증가하여, 2025년에는 222백만 달러에 이를 것으로 전망



[그림] 국내 배터리 재활용 시장 규모 및 전망

※ 출처 : Battery Recycling Market, Marketsandmarkets, 2020

- 국내 전기차 폐배터리 배출은 2019년 1백 대에서 2029년 79천 대로 증가할 것으로 추정

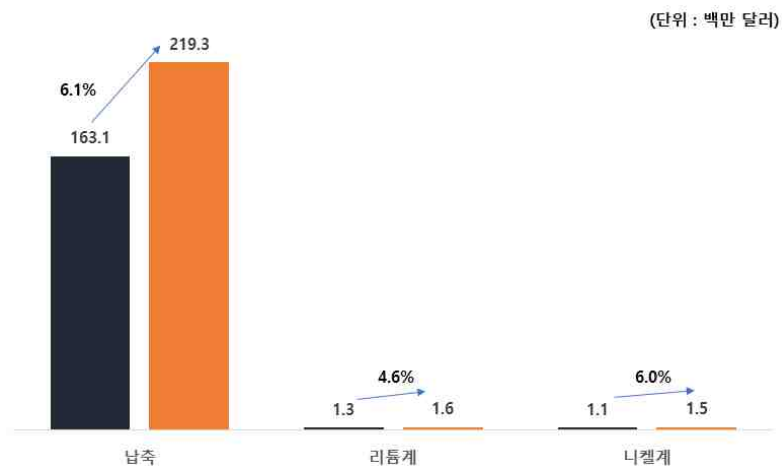


[그림] 국내 전기차 폐배터리 배출 추정치

※ 출처 : 전기차 사용 후 배터리 거래시장 구축을 위한 정책연구, 에너지경제연구원, 2018

○ 국내 배터리 재활용 시장은 화학적 성질에 따라 납축, 니켈계, 리튬계로 분류

- 납축은 2020년 1억 6,310만 달러에서 연평균 성장률 6.1%로 증가하여, 2025년에는 2억 1,930만 달러에 이를 것으로 전망
- 리튬계는 2020년 130만 달러에서 연평균 성장률 4.6%로 증가하여, 2025년에는 160만 달러에 이를 것으로 전망
- 니켈계는 2020년 110만 달러에서 연평균 성장률 6.0%로 증가하여, 2025년에는 150만 달러에 이를 것으로 전망



[그림] 국내 배터리 재활용 시장의 화학적 성질별 시장 규모 및 전망

※ 출처 : Battery Recycling Market, Marketsandmarkets, 2020

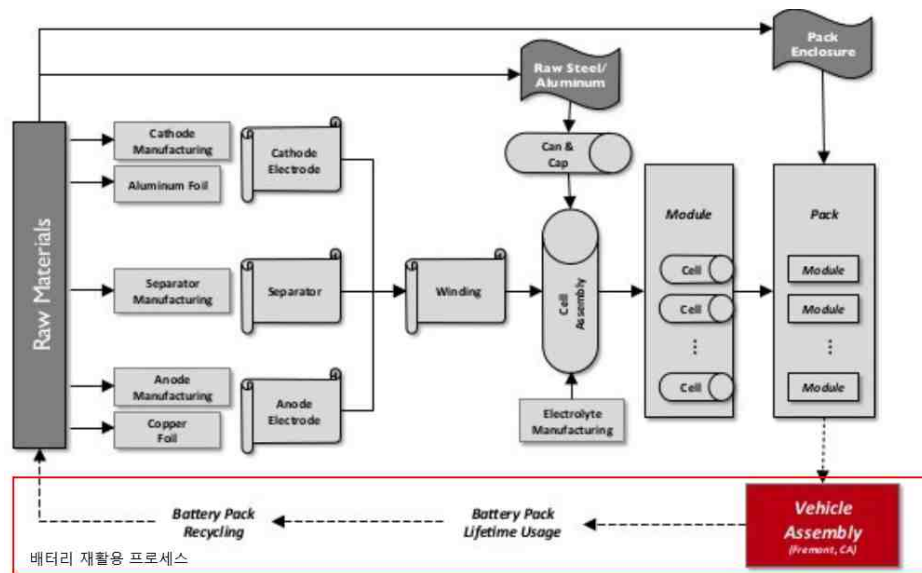
V. 산업 동향

1. 글로벌 산업 동향

- 각국이 친환경 정책 기조를 내세우면서 내연기관 자동차들에 대한 투자가 줄어들고 전기자동차가 각광 받기 시작하면서 전기자동차의 핵심 동력인 리튬 이차전지에 대한 수요가 증가하고 있음
 - 세계 리튬 이차전지 시장은 전기자동차용과 IT용이 대부분을 차지
 - 리튬 이차전지는 현재 스마트폰, 노트북, 전기자동차 등 생활과 산업 분야 전반에서 널리 사용되고 있으나 수명이 길지 않고 다양한 중금속과 화학 약품 등이 쓰여 폐기 시 환경오염을 유발
 - 폐전지 재활용을 통해 전지 폐기 비용 절감 및 환경에 끼치는 악영향을 감소시키고 수요가 높은 리튬과 코발트 등의 원재료 수급을 원활히 할 수 있음

가. 미국

- 아직 초기 단계에 있는 이차전지 재활용 기술의 활성화를 위해 기술적, 정책적 도전과제 및 연구 분야 탐색, 로드맵 구성 추진
- (Li-cycle) 북미 최대 리튬 이차전지 재활용 회사 Li-cycle이 SPAC과의 거래를 통해 뉴욕 증권 거래소에 상장되었고 뉴욕에 1만t 규모 재활용 공장 단지를 설립하는 등 빠르게 규모를 확대해나가고 있음
- (테슬라) 테슬라는 재활용 배터리 생태계 구축의 선두주자로 2019년 4월 자체 배터리 재활용 설비 계획을 발표
 - 폐기된 전기차나 배터리 셀 등으로부터 회수한 재료를 재활용·재유통하는 식으로 순환적인 공급망을 구축해 니켈, 구리, 코발트 등 전기차 배터리 원료 물질의 채굴 수요를 줄일 계획
 - 중국 상하이 기가팩토리에 배터리 재활용 시설을 추가할 계획



[그림] 테슬라 기가팩토리 프로세스

※ 출처 : 테슬라

나. 유럽

- 유럽의 경우 2006/66/EC 지침에 따라 축전지 및 배터리와 폐기물 처리를 의무화하였고 2030년에 이르면 총 132kt의 리튬 이차전지를 재활용할 전망
- (2006/66/EC 지침) 배터리 및 축전지 내 유해물의 제한에 관한 유럽 연합 법령

- (벨기에, Umicore N.V) Umicore N.V는 건식제련(Pyrometallurgy)과 습식제련(Hydrometallurgy) 기술을 결합하여 리튬 이차전지를 재활용하는 기술 보유

- Umicore는 배터리의 제작과 재활용을 대표하는 유럽 기업으로, 양극재 및 배터리 재활용 분야의 핵심 역량을 바탕으로 새로운 비즈니스 모델을 개발하고 자원을 효율적으로 재활용하기 위한 인프라 구축 추진

- (독일, BASF) BASF는 전 세계 전기자동차용 배터리 생산 업체에 양극 활물질(Cathode Active Materials, CAM) 공급을 선도하고 있고, 현재 건립 중인 독일 슈바르츠하이데 양극재 공장에 전기자동차 폐배터리로부터 리튬이온을 회수하는 시설을 추가하여 2022년 가동할 예정

- (독일, Duesenfeld GmbH) Duesenfeld은 자체적으로 리튬 이차전지 재활용 기술 리더라 평가
 - 지속적인 연구개발 및 습식제련 기술을 통해 재료 재활용률 72%를 달성했으며, 배터리 셀 수준에서 90% 이상의 재료 재활용률을 달성하였다고 보고
- (독일, Accurec Recycling GmbH) ACCUREC Recycling GmbH는 리튬 이차전지에 대한 통합 재활용 프로세스 서비스를 제공
 - 리튬 이차전지 재활용 프로세스는 수동 분류 단계, 하청 업체에 의한 플라스틱 및 휘발성 내용물을 제거하기 위한 열분해 단계, 비철 및 철 분리를 기계적으로 분리하기 위한 프로세스 및 외부 업체에 의한 후속 야금 제련 공정을 기반으로 함
- (핀란드, Akkuser Oy) Akkuser Oy는 자체 건식 제련 기술을 기반으로 습식 제련 기술을 결합하여 배터리를 재활용하는 기술을 연구
- (스웨덴 Northvolt, 노르웨이 Norsk Hydro) 스웨덴 배터리 개발사 Northvolt가 알루미늄 회사 Norsk Hydro와 함께 배터리 재활용 합작회사인 Hydro Volt를 설립하였고, 노르웨이 Fredrikstad에서 폐배터리를 재처리
 - 2022년에는 스웨덴 Skellefteå에 대형 배터리 재활용 시설 건설을 계획
 - 2030년까지 회수한 재활용 물질의 50% 이상을 새로운 배터리 셀 생산에 활용하는 것을 목표
- (스위스, Batrec Industrie AG) Batrec은 스위스 베른 주 wimmis에 위치한 Veolia Group의 회사이며 재활용 서비스를 전문으로 하며 전지, 수은이 함유된 제품, 활성탄 필터, 폐 촉매 등을 전 세계 고객을 대상으로 가공하고, 고순도 수은을 원료로 공급
 - 스위스에 있는 배터리 재활용 업체로 자주 소개되지만, 실제로는 수은 재활용, 회수 및 전환이 주된 재활용 사업

- 환경 보호 및 안전과 관련하여 가장 높은 기준을 적용

다. 중국

○ 중국 정부는 전기 자동차 제조사를 대상으로 배터리를 수거하고 전문 재활용업체로 이전할 수 있는 재활용 채널 및 서비스 아울렛을 설치하도록 요구

○ (BYD) 중국의 대표적인 배터리, 전기차 제조기업인 BYD는 수요 증가에 따라 연간 배터리 생산 용량을 늘릴 계획

- BYD의 배터리는 인산철 소재를 기반으로 하는 제품으로 재활용을 포함 수명은 30년까지 사용 가능
- BYD의 제품은 전 세계 2,500대 이상의 버스와 35,000대의 전기 자동차 및 PHEV에 적용 중
- 수명이 짧은 전기버스 배터리를 재사용으로 활용한 ESS 제품 개발 추진



[그림] BYD 배터리

※ 출처 : BYD 홈페이지

○ (Camel) 중국의 납축전지 기업인 Camel은 리튬 이차전지 제조업체인 Camel New Energy를 2007년에 설립하여 납축전지 재활용 기술을 접목한 제품 개발 중

- 평균 전기자동차 배터리는 10년 사용 후 용량의 70% 이상의 성능을 유지하므로 자동차 비용의 40%를 차지하는 작동 중인 배터리의 재사용은 재활용보다 경제성이 높음
 - 중국의 저비용 노동력은 재사용 산업을 위한 중요한 장점
 - 중국에서 재사용 배터리의 가치는 USD 4/kg이며, 재활용 배터리는 USD 1.5/kg으로 예상
 - 배터리의 용도변경에 소요되는 비용은 2018년 기준 USD 49/kWh

2. 국내 산업 동향

- 국내에서 발생하는 배터리 폐기물은 연간 1,418t이며, 이중 배터리 기업에서 발생하는 공정스크랩은 1,130t으로 90% 이상을 차지
 - 추가로 해외수입을 통한 1,341t이 재활용 대상으로 국내 관련 기업에서 분해, 분쇄, 산화공정을 거쳐 코발트 분말 1,746t, 황산코발트 642t, 니켈금속 297t, 황산망간 479t을 생산 중
- 기존의 재활용은 대부분 소형 리튬 이차전지를 통해 회수되고 있으며, 최근 전기자동차에 대한 배터리 재활용 기술개발 추진 중

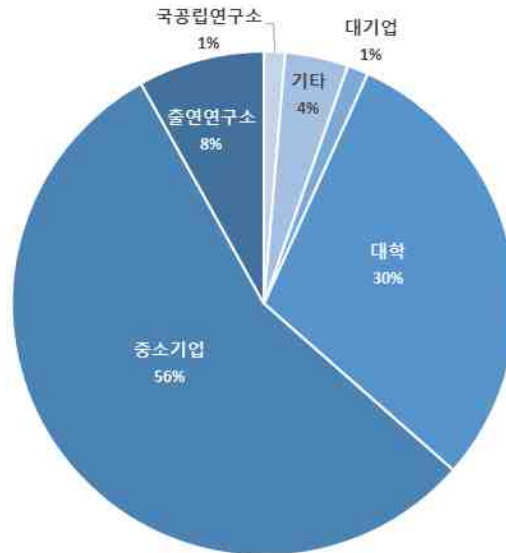


[그림] 제품별 재활용 공정

※ 출처 : 글로벌기술협력기반육성사업(GT)심층분석보고서, 미국의 전기차용 이차전지 Recycling, 한국에너지기술평가원, 2018

○ 최근 3년간(2018년~2020년) 국내 연구기관과 기업에서는 총 74개의 배터리 재활용 관련 정부 과제를 수행 (NTIS 등록 과제 기준)

- 연구 수행 주체가 중소기업인 과제가 41건으로 가장 큰 비중을 차지(56%)



[그림] 연구 수행 주체별 2018-2020년 배터리 재활용 관련 정부과제 비율

※ 출처 : NTIS, 내비온 재구성, 2021

○ **(세기리텍)** 세기리텍은 2010년 11월에 설립되어 폐배터리를 재활용해 자동차 배터리의 주원료인 순연, 칼슘합금연, 안티모니합금연 등 각종 연괴를 배터리 제조사에 공급

○ **(휴렛)** 배터리 재활용을 위한 배터리 성능 및 잔존수명 분석 시스템 개발 추진

- 실제 사용 중인 전기차의 배터리 충/방전에 따른 실시간 배터리 상태 정보를 취득하여 배터리 성능 및 유효 잔존용량 분석시스템 개발하여 배터리 재활용을 위한 배터리 성능진단 솔루션 제공하는 사업화 모델 수립

○ **(셀젠)** 전기자동차 배터리 재활용을 위한 종합 프로세스 개발 추진

- 셀젠 (한국)의 리튬 회수기술과 Aurelius (영국) 의 폐배터리 전처리기술을 결합하여, 사용 후 배터리에 대한 평가와 폐배터리의 분해 및 유가금속 회수 공정을 파일럿플랜트 규모로 개발함으로써, 경제성 있는 배터리 재사용과 재활용이 가능한 자원회수 시스템 개발 목표

- **(현대차)** 현대차그룹은 한국수력원자력 및 OCI 등과 업무협약을 통해 전기자동차에서 발생한 폐전지를 활용한 ESS를 태양광 발전시스템에 접목하여 실증사업을 진행
 - ESS 대규모 보급사업에 필요한 안정적인 생산 시스템을 확보하고자 ESS 부품 및 설계업체인 파워로직스와 공동으로 청주에 Pilot 생산라인을 구축하여 가동

[표] 현대차 그룹의 실증사업 추진 내용

협약 기관	주요 내용
한국수력원자력	▪ 「전기차 폐배터리 재활용 에너지저장장치 사업 공동수행」 협약 체결 ▪ 양 기관은 신재생에너지 사업과 연계하여 2021년 말까지 총 10MWh 규모의 폐전지를 활용한 ESS 시범사업 실시 ▪ 2030년까지 수상 태양광과 도서지역 풍력 사업 등 대규모 재생에너지 사업과 연계하여 3GWh급 세계 최대규모의 재활용 ESS 사업 추진 계획
OCI	▪ 현대차그룹에서 개발한 ESS를 텍사스(美)에 위치한 OCI 태양광발전소에 설치하여 공동 실증 분석 계획

※ 출처 : 페리툼 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황, KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터, 2019

- **(삼성SDI)** 국내 재활용 업체인 성일하이텍과 업무협약을 통해 내부에서 발생하는 소형전지 불량품 등으로부터 희유금속을 추출하여 재사용
- **(LG화학)** 호주의 폐전지 재활용업체인 인바이로스트림과 협약을 통해 소형 전지에 대한 재활용 수행
- **(SK이노베이션)** 삼성SDI·LG화학과 달리 자체적으로 재활용을 수행하여 희유금속을 회수할 수 있는 기술을 개발하고 있으며, 전기자동차용 폐전지와 관련되어 렌탈(Rental)방식의 사업화 검토
 - 렌탈(Rental)방식은 기존의 자동차 회사 앞 전지 판매방식과 달리 일정 기간 전지를 대여하는 방식으로, 폐차 시 대여한 전지를 수거

[참고문헌]

- 대용량 페리튬이차전지 재활용 상용화 기술개발에 관한 연구, 환경부, 2016
- 글로벌기술협력기반육성사업(GT)심층분석보고서, 미국의 전기차용 이차전지 Recycling, 한국에너지기술평가원, 2018
- 전기차 사용 후 배터리 거래시장 구축을 위한 정책연구, 에너지경제연구원, 2018
- 전기차 폐배터리 재활용방법 및 기준마련 연구, 조동욱, 환경부, 2018
- 기차 폐배터리, 가정용 ESS로 재활용 추진, 이투뉴스, 2019
- 쏟아지는 폐배터리는 어디로?, 임상현, 에너지설비관리, 2019
- 미래폐기물 재활용 및 적정처리, 환경부, 2019
- 페리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황, KDB미래전략연구소, 2019
- Battery Recycling Market, Marketsandmarkets, 2020
- GLOBAL SECONDARY BATTERY MARKET, Mordor Intelligence, 2020
- 녹색산업 글로벌가치사슬 분석 및 발전과제 도출 연구, 한국환경산업기술원, 2020
- 한국은행 포항본부 보도자료, 차세대 배터리 리사이클링 규제자유특구 동향과 시사점, 한국은행 포항본부, 2021
- 유럽의 배터리 규제안과 독일 배터리 재활용 동향, KOTRA 해외시장뉴스, 김유준, KOTRA, 2021
- 美 리튬 이온 배터리 재활용 시장 현황, KITA 해외시장 뉴스, KITA, 2021