

폐배터리 재활용 산업 글로벌 동향과 시사점

김철후, 윤홍식, 길형배

- ❶ 서론
- ❷ 폐배터리 재활용 관련 시장 동향
- ❸ 폐배터리 재활용 관련 정책 동향
- ❹ 폐배터리 재활용 관련 기술 동향
- ❺ 결론 및 시사점

폐배터리 재활용 산업 글로벌 동향과 시사점

김철후, 윤홍식, 길형배

- ❶ 서론 / 1
- ❷ 폐배터리 재활용 관련 시장 동향 / 4
- ❸ 폐배터리 재활용 관련 정책 동향 / 12
- ❹ 폐배터리 재활용 관련 기술 동향 / 16
- ❺ 결론 및 시사점 / 23

기계기술정책 원문 찾아보기

- ☐ 한국기계연구원 홈페이지-새소식-기계기술정책
- ☐ 웹페이지 : https://www.kimm.re.kr/pr_policy

※ 웹페이지에서 다운로드 시, 정기구독을 신청하시면 이메일로 받아보실 수 있습니다.

Exclusive Summary

□ 고성장 중인 배터리 시장과 폐배터리 리사이클링

- 전기차, ESS(Energy Storage System) 산업의 확대로 배터리(이차전지) 활용 범위 및 시장의 폭발적 성장과 더불어 폐배터리 발생량도 급격한 증가가 예상
- ESG 정책 기조로 배터리 산업에서도 CO₂ 관리가 핵심요건으로 부상하며 주요국 및 기업들은 제조공정 내 재생에너지 활용과 리사이클링 확대를 추진
 - Tesla(美), CATL(中), LGES(韓) 등 글로벌 기업은 물론 배터리 제조 전문기업들도 폐배터리 시장에 뛰어들고 있으며, 그 결과 글로벌 폐배터리 리사이클링 시장이 연평균 33%(CAGR) 성장하여 '40년에는 규모가 약 68조원에 달할 것으로 예상

□ 폐배터리 재활용 관련 유망기술 분야(안)

- 관련 유망기술로는 ▲폐배터리용 전처리 통합형 저온감압 열분해 파쇄공정 개발, ▲흑연 회수 및 고부가 가치화를 위한 공정 개발, ▲미세기포 활용 고농도 탄산 Acid stripping 활용 용매추출법 개발 및 ▲레독스 반응 기반 다중채널 모듈을 통한 유가 금속 이온 분리/농축 공정기술 등을 고려 가능

□ 우리나라 폐배터리 재활용 산업 활성화를 위한 제언

- 폐배터리 재활용 관련 차별화된 기술 확보를 위해 산업부, 환경부 등 대규모 범부처 연구개발 프로그램 기획 및 분야별 산학연 역량 결집 필요
- 폐배터리 재활용을 통해 발생하는 자원의 소유권 및 수익구조 명확화를 통한 관련 기술개발 투자 활성화 유도 추진
- 사용 후 배터리의 제도적 절차 및 안전성 검증 방안 마련을 통해 재활용 시 발생 될 수 있는 배터리 화재, 불량 등의 문제 진단 및 사전 예방 필요
- 장기적으로는 국내 배터리 소재산업 생태계 강건화를 위해, 재생에너지 확대를 통한 저탄소 전력 공급 등 친환경 경쟁력 확보를 위한 실질적 지원정책 추진 필요

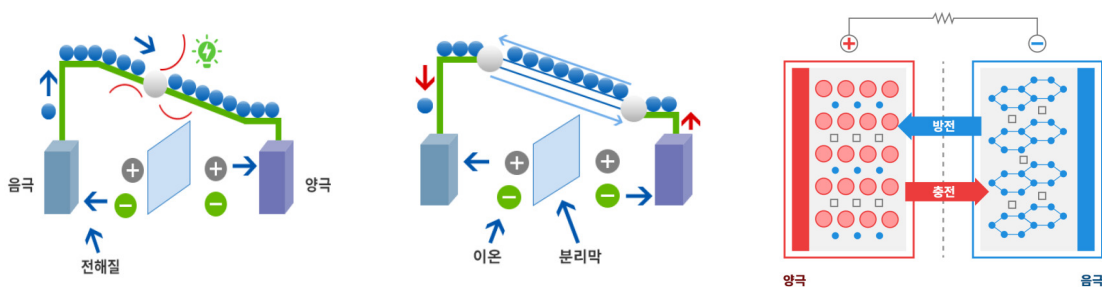
1. 서론

□ 산업과 실생활 전반에 필수인 배터리

- 배터리는 실생활뿐만 아니라 산업 전반에 걸쳐 다양한 기계 및 장치에 전원을 공급하는 용도로 활용됨
 - 배터리는 일반적으로 일차전지와 이차전지로 분류되며, 일차전지는 재충전할 수 없어 배터리 수명이 다한 후에 교체해야 하나 이차전지는 허용된 범위 내에서 충·방전이 가능하여 배터리 수명까지 지속적으로 사용이 가능함
 - * 일차전지는 알카라인 일차전지, 리튬 일차전지, 탄소 아연 전지로 분류되며, 이차전지는 여러 화학 물질로 제공되나 최근에는 리튬이온 전지가 폭넓게 활용됨
 - IoT, AI, 전기차 등으로 대표되는 첨단기술의 발전을 통해 많은 장치들이 소형화·휴대화되면서, 반영구적 충·방전이 가능한 이차전지의 수요가 증대
- 본 지에서는, 가장 폭넓게 이용되는 리튬이온 이차전지의 리사이클링 방법 중 ‘재활용’에 초점을 두고 관련 산업·정책 동향과 세부기술에 대해 살펴보고자 함

□ 배터리(이차전지) 개요

- (기본원리) 서로 다른 양극·음극 소재의 전압 차이를 이용하여 전기를 저장 및 발생
 - 방전(전기 발생) 시 음극 → 양극으로 전자가 이동하고, 충전(전기 저장) 시에는 양극 → 음극으로 전자가 이동



<그림 1> 배터리 사용(좌) 및 충전(중)에 따른 개념도 및 리튬이온 배터리 구조도(우)
(출처: 한국전지산업협회 및 POSCO 홈페이지)

- 대표적 이차전지인 리튬이온 전지의 경우 양극은 Li(리튬)방전(전기 발생) 시 음극 → 양극으로 전자가 이동하고, 충전(전기 저장) 시에는 양극 → 음극으로 전자가 이동

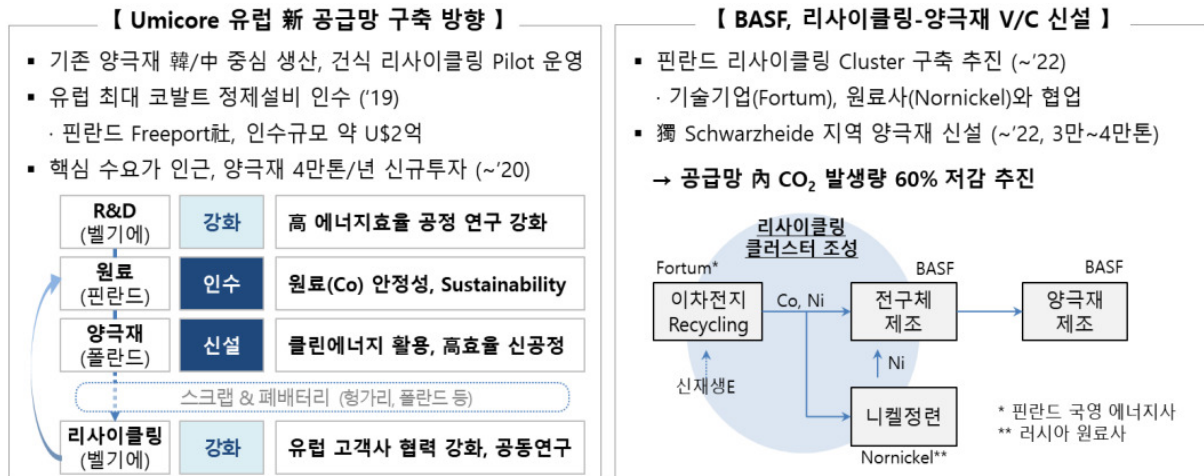
- 배터리 시장 공급망(Supply Chain)은 원자재, 소재·부품, 제품(배터리), 사용(수요처) 및 리사이클링으로 구성



<그림 2> 글로벌 배터리 시장 가치사슬(출처: 에너지플랫폼뉴스)

□ 탄소중립과 폐배터리 리사이클링

- 탄소중립이 글로벌 어젠다로 부상하며, 배터리 산업에서도 CO₂배출 관리가 핵심 경쟁요건으로 부상하는 모습
 - CO₂배출량은 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 관점에서 산출되기 때문에 '원료-소재-부품'을 포함한 쉘 단계의 저감이 선행될 필요
- 배터리 제조만을 기준으로 하면 CO₂의 20% 정도가 셀 제조단계에서 발생하며, 양/음극재, 전해액, 분리막 등 주요 원료/소재 단계에서 80%가 발생
 - 제조국 및 원료 공급지역의 에너지믹스에 따라 배출량의 차이가 발생 됨에 따라, 석탄발전 비중이 높은 중국의 경우 많은 양의 CO₂가 발생하는 것으로 평가
 - 이로 인해 코발트/니켈 등 중국산 금속원료 사용 시 탄소발자국*이 증가하는 경향
 - * (탄소발자국: Carbon Footprint) 제품 및 서비스의 원료채취, 생산, 수송·유통, 사용, 폐기 등 전 과정에서 발생하는 탄소(온실가스)가 기후변화에 미치는 영향을 계량적으로 나타낸 지표
- 주요 기업들은 재생에너지와 리사이클링 원료의 확대 도입 계획을 수립하고 있으며, 특히 유럽의 소재 기업들은 원료 수급 및 리사이클링에 연계하여 배터리 밸류체인을 새로 구축하려는 시도
 - 유럽 등 배터리 산업 후발국들은 이러한 저탄소 트렌드를 역내 산업 기반 확대 및 지역 패권 장악을 위한 기회로 활용하려는 모습
 - * 유럽 양극재 기업에서는 유럽지역을 기반으로 '원료-소재-리사이클링'의 순환형 공급구조를 선제적으로 구축 중



<그림 3> 유럽 양극재 기업(Umicore, BASF) 공급망 재구축 사례(출처: POSRI 보고서)

□ 폐배터리 리사이클링 관점에서의 재사용, 재제조 및 재활용 개념

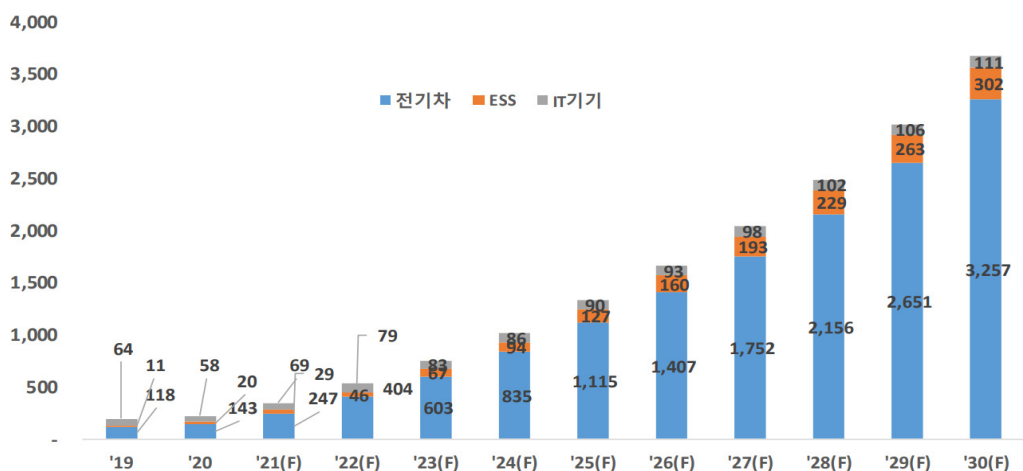
- (재사용: Reuse) 효율이 감소한 폐배터리를 ESS(Energy Storage System) 등의 전원으로 다시 사용
 - 전기차용 배터리는 효율이 초기 용량대비 70% 이하로 감소하면, 주행거리 감소, 충전 속도 저하 및 안전성 위험 증가 등 운행상 문제로 교체 필요
 - 효율이 다소 열위한 배터리라 할지라도 잔존용량을 고려하면 지속적인 충·방전이 가능하기에, ESS로 재사용 시 자원 선순환 생태계 구축 가능
- (재제조: Refabrication) 폐배터리를 모듈 단위로 해체하고 성능 및 안전성 평가를 거쳐 새로운 배터리관리시스템(BMS)과 연결하여 모듈 단위의 시스템을 제조
 - 재제조를 통해 다시 제작된 배터리는 캠핑용, 무정전 전원공급 장치(UPS), 태양광 가로등, 골프 카트, 농사용 기기 등에 적용
 - 다만, 배터리 제조사마다 배터리 제조 공정이 달라 배터리를 모듈 단위로 해체하는 것이 어려움
- (재활용: Recycle) 더 이상 활용이 힘든 폐배터리의 양극활물질로부터 해체, 파쇄, 연소 등 공정을 거쳐 고가의 희유금속을 추출하여 다시 활용
 - 배터리에 사용되는 대부분의 희유금속*은 수입에 의존하고 있어, 전지 재활용을 통해 안정적 재료 확보가 가능
 - * (희유금속: Rare Metal) 매장량이 극히 부족하거나 추출이 어려운 금속, 또는 매장 및 생산이 일부 국가 편중되어 있어 공급이 원활하지 않은 금속을 지칭하며, 리튬 이차전지 양극활 물질 중 리튬(Li), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn) 등이 여기에 해당

- 재사용 및 재제조를 통해 다시 활용되는 배터리도 궁극적으로 폐배터리를 배출한다는 점에서 재활용을 통한 전지의 자원화 기술개발이 매우 중요
- 본 지에서는 3가지 폐배터리 리사이클링 방법 중 '재활용(Recycle)'에 대한 관련 산업 및 연구개발 동향에 초점

2. 폐배터리 재활용 관련 시장 동향

□ 배터리(이차전지) 글로벌 시장 동향

- 배터리 시장은 전기차용 배터리를 중심으로 '30년까지 연평균 32%의 고성장이 예상¹⁾
- '20년 글로벌 배터리 출하량은 221GWh로 집계되었으며, 연평균 32% 성장하여 '30년에는 3,670GWh에 이를 전망
- 용도별로는 전기차용 배터리의 비중이 '20년 65%에서 '30년 89%로 확대되어 해당 수요가 시장 성장을 주도할 것으로 예상



(단위: GWh, %)

	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	성장률
전기차	118	143	247	404	603	835	1,115	1,407	1,752	2,156	2,651	3,257	36.7
ESS	11	20	29	46	67	94	127	160	193	229	263	302	31.2
IT기기	67	58	69	79	83	86	90	93	98	102	106	111	6.7
계	196	221	345	529	753	1,015	1,332	1,660	2,043	2,487	3,020	3,670	32.4

* 주: 2021~2030년은 전망치(F), 성장률은 2020~2030년 연평균성장률(CAGR)

<그림 4> 배터리 용도별 출하량 현황 및 전망(출처: KDB산업은행 및 SNE Research)

1) 전기차용 이차전지의 시장 트렌드 및 기술 개발 동향(2021.9., KDB산업은행) 및 LiB 4대 부재 SCM 분석 및 시장 전망(2021, SNE Research)

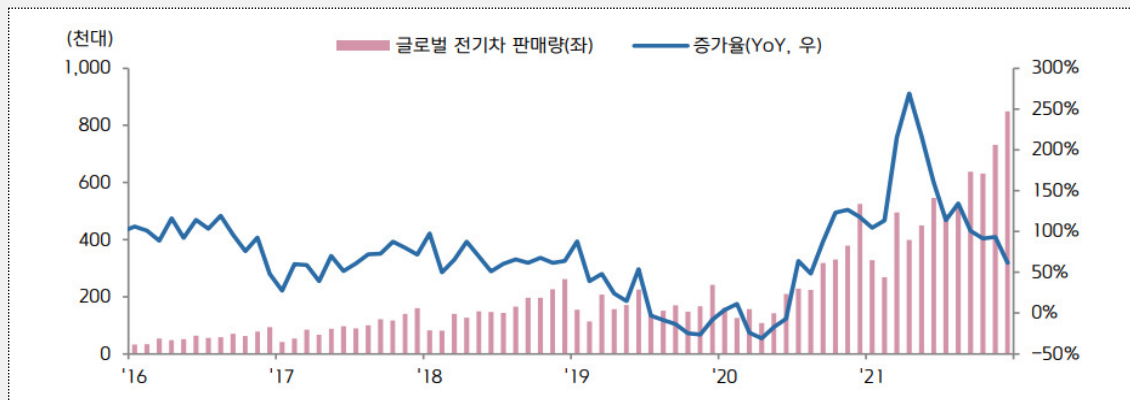
○ 특히 전기차 시장이 고성장함에 따라 배터리 수요가 확대

- 배터리는 전기차의 가장 중요한 핵심요소로, 차량의 주요 기능인 주행거리와 모터의 회전수 등 추진 출력을 결정

(참고) 전기차 글로벌 시장 동향

○ 2021년 글로벌 전기차(승용차 기준, PHEV 포함) 시장은 118% 성장한 635만대로 집계

- 이는 '20년 성장률인 42%를 크게 상회하는 수치로 코로나19 확산, 차량용 반도체 수급 이슈 등 악재 속에도 불구하고 이례적인 고성장을 기록²⁾
- 전통적인 자동차 생산업체들의 CO₂ 규제 이행을 위한 전기차 생산량 증설 및 대표 전기차 생산업체인 Tesla(美)에 맞서 시장 선점 경쟁을 위하여 전기차를 우선 생산한 결과
- 글로벌 전기차 침투율은 '20년 3.7%에서 '21년 7.8%로 상승했고, '21년 12월에는 11.5%에 달할 정도로 전기차 시장이 급성장 중



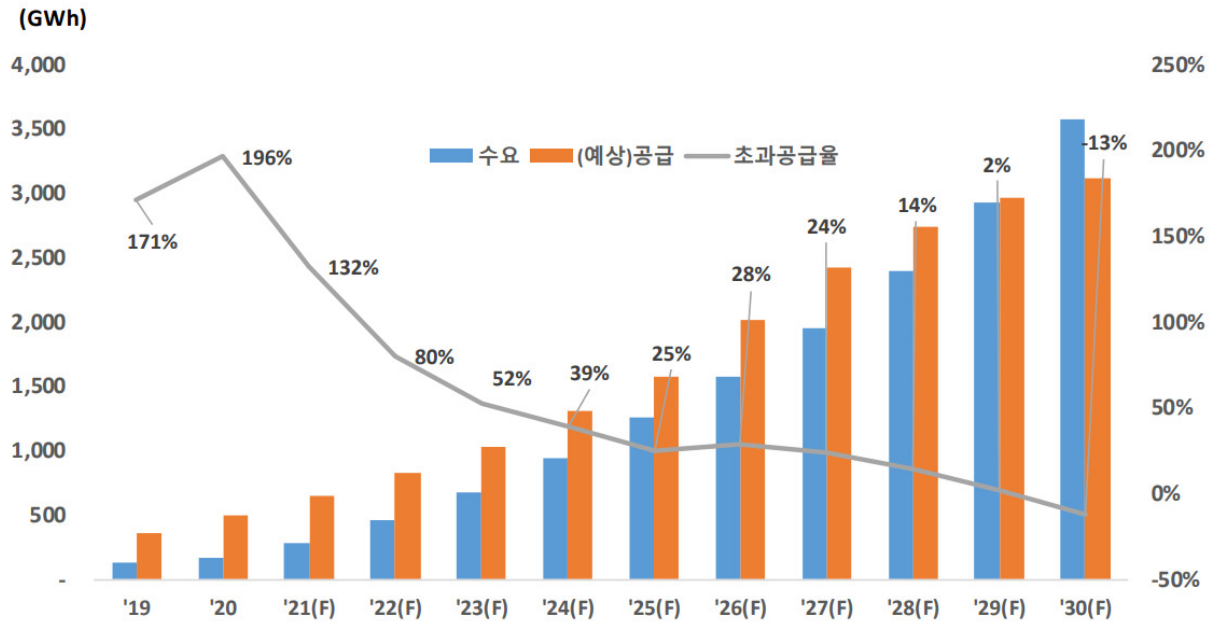
<그림 5> 글로벌 전기차 판매량 추이(출처: 키움증권 및 MarkLine)

- ▲전기차보급 확대 정책, ▲코로나19 경기극복을 위한 전기차 관련 인센티브 추가 도입, ▲전기차 모델 확대 및 배터리 비용 하락 등에 힘입어, 전기차 시장은 '30년까지 누적 4,600만대까지 꾸준히 확대될 전망

- 배터리는 전기차 원가의 40%를 차지할 정도로 전기차 산업에서 큰 경제적 비중을 차지하고 있으며, 원료 가공부터 완성품 제작까지 공급망 전체에서 다양한 부문의 경제적 파급 효과를 창출
- 전기차·ESS에 사용되는 중·대형 리튬이온배터리의 경우, 시장 수요는 165GWh('20년)에서 3,568GWh('30년)까지 연평균 36% 성장이 전망되며, 공급은 489GWh('20년)에서 3,112GWh('30년)로 연평균 20% 증가 전망³⁾
- 우리나라 정부에서도 '21년 3대 세제 혜택 산업 중 하나로 배터리 산업을 선정하고, 관련 연구개발·생산을 위한 인적·물적 투자를 적극적으로 유도

2) 2021년 전기차 및 배터리 시장 결산(2022.2.9., 키움증권 산업브리프)

3) 2021.1H Global 전기자동차 시장 및 Battery 수급 전망(2021.3., SNE Research)

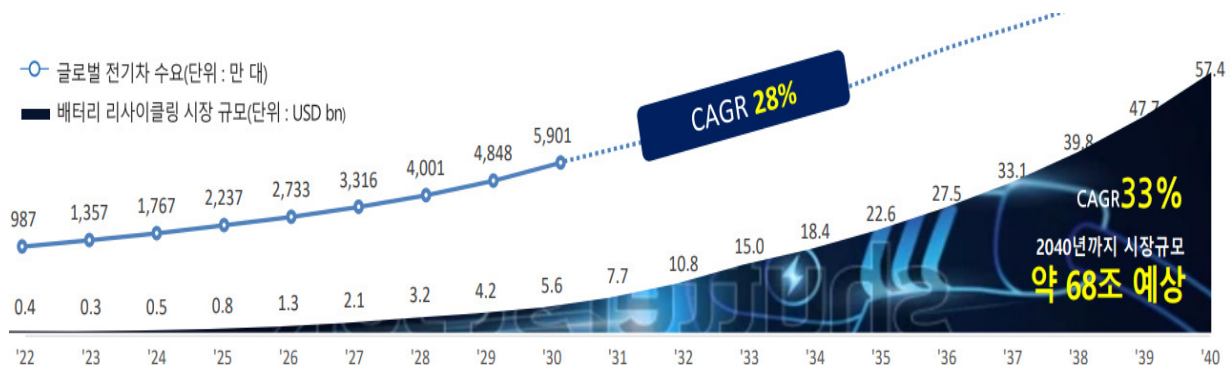


* 주: 2021년 이후 공급(F)은 배터리 시설능력의 70% 가동을 가정한 수치임

<그림 6> 글로벌 중·대형 배터리 시장 수요·공급 전망(출처: KDB산업은행 및 SNE Research)

□ 폐배터리 리사이클링 관련 시장 동향

- 전기차와 하이브리드차의 확대에 따라 폐배터리 발생량이 기하급수적으로 증가하고 있으며 이에 따른 관련 시장이 급성장
- 전 세계적으로 전기차 수요 증가에 따른 폐배터리 리사이클링 시장이 연평균 33%(CAGR) 성장하여 '40년에는 규모가 약 68조원에 달할 것으로 예상⁴⁾



<그림 7> 글로벌 전기차 수요 및 폐배터리 리사이클링 시장 전망
(출처: 성일하이텍 및 SNE Research)

4) 2021.1H Global 전기자동차 시장 및 Battery 수급 전망(2021.3., SNE Research)

- 기존의 배터리 관련 글로벌 기업들도 폐배터리 리사이클링 관련 사업을 추진⁵⁾ 중에 있으며, 특히 리사이클링 유형 중 배터리 원자재와 관련된 재활용에 집중하는 경향

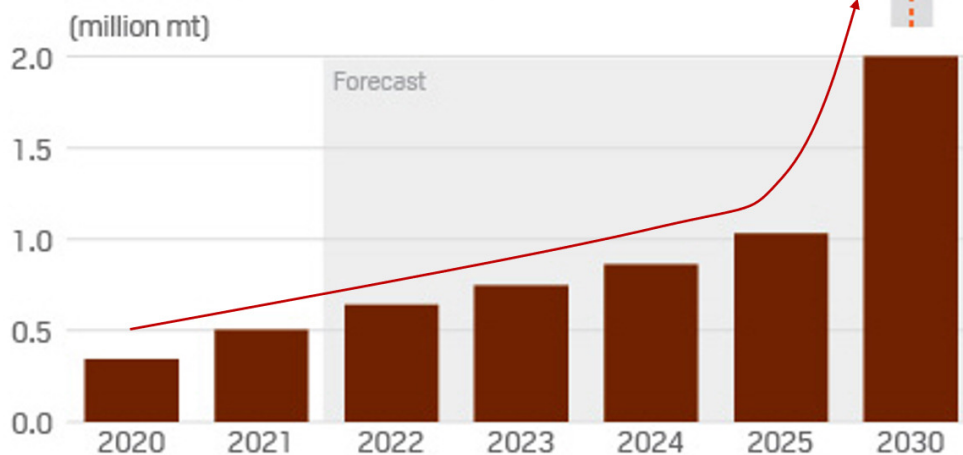
기업명	폐배터리 리사이클링 관련 주요 동향	유형
 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 배터리 셀 제조에서 발생하는 폐기물을 최대 100%까지 재활용하기 위해 Li-Cycle(美)과 협력하여 총 600억원 규모의 지분투자 	재활용
 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 네바다 공장(Nevada plant)에서 EV 배터리 재사용을 위해 노력하고 있으며, 상하이에도 재활용 시설을 갖춘 기가 공장을 고려 중 	재사용
 (벨기에)	<ul style="list-style-type: none"> 폐배터리에서 원재료 회수 및 재활용하는 '폐쇄 루프 비즈니스 모델'을 개발 및 보유 	재활용
 (스웨덴)	<ul style="list-style-type: none"> 폐배터리 재활용을 위한 공장 Revolt Ett를 건설 중 	재활용
 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 2019년, 잔존용량을 예측하는 시뮬레이션 기술 등 다수 기술개발에 성공하였으며 후쿠시마 현에 배터리 재활용 관련 제품 공장을 설립 2021년, 약 1,500개의 EV 폐배터리를 처리 용량을 약 3배로 늘릴 계획 	재사용 재제조 재활용
 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 2023년까지 일본 내 재활용 시설을 구축할 계획이며, 연간 7,000톤의 분쇄 배터리를 처리할 수 있는 용량을 갖출 예정 	재활용
 (중국)	<ul style="list-style-type: none"> 6조원 규모의 배터리 제조 산업단지 프로젝트에 투자해 인광, 원료, 전구체, 양극재, 폐배터리 재활용 능력까지 갖춘 종합 생산기지를 건설할 계획이며 2025년에 생산 예정 	재활용
 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> GM과의 합작법인인 얼티엄셀즈(Ultium Cells)가 북미 최대 배터리 재활용 업체인 Li-Cycle(美)과 배터리 제조과정에서 발생하는 폐배터리의 재활용 계약을 체결 	재활용
 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> 2021년 천안 및 울산사업장 공장에서 발생하는 스크랩 순환체계를 구축하여 국내 재활용 전문업체를 거쳐 황산 코발트로 재생산하고 이를 소재 업체가 전달받아 삼성SDI의 원부자재로 일부 재투입 중 	재활용
 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> 니켈함량이 80%이상인 하이니켈 NCM 양극재에 들어가는 니켈, 코발트, 망간을 리튬이온 배터리에서 추출해 다시 양극재 소재로 공급하는 재활용 사업을 진행할 계획 1,200억원을 투자한 배터리 재활용 생산라인이 2021.8월 착공, 2022.7월 준공 예정 	재활용
 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> 2008년부터 전처리 공장 가동, 모든 종류 이차전지 스크랩 처리 가능하였으며, 2011년부터 습식제련 공장 가동 → 이차전지 주요 금속 회수(Co, Ni, Mn, Li, Cu, Al)를 진행 재활용한 배터리 원료로 재공급하는 자원순환 모델을 구축 	재활용

5) 전기차 배터리 재활용 산업 동향 및 시사점: 중국 사례 중심으로(2022.6.2., 한국무역협회)

□ 폐배터리 재활용 관련 배터리 원자재(희유금속) 시장 동향

- (리튬: Li) 우리나라는 가용한 리튬 매장량이 없어 리튬 물질을 100% 수입에 의존하고 있으며, 전 세계적으로 전기차 및 ESS 시장의 성장으로 리튬 공급이 수요에 못 미치는 현상이 발생할 것이라고 예상
 - 국내에서 수입되는 탄산리튬의 양은 지속적으로 증가하는 추세이며, '11년 이후로는 1만 톤 이상 수입
 - * 주요 리튬광산을 중국 업체에서 독점하고 있어 원자재 관리 리스크가 존재
 - 주요 사용처는 세라믹, 유리, 윤활제 및 리튬이온전지 제조이며, 최근 전기차 및 ESS 시장의 확대로 리튬이온전지 시장이 대폭 성장함에 따라 리튬 원자재 가격이 크게 오르는 추세
 - 글로벌 탄산리튬 가격은 '21.2월 톤당 9000달러에서 '22.2월 5만5000달러로 511% 급상승하였으며, 동 기간 수산화리튬 가격도 380% 증가⁶⁾
 - 리튬 가격의 상승세 요인으로 유럽·중국 등의 전기차 생산 및 판매 확대와 이로 인한 배터리 수요 증가 대비 공급이 따라오지 못하고 있기 때문으로 분석

LITHIUM DEMAND FORECAST

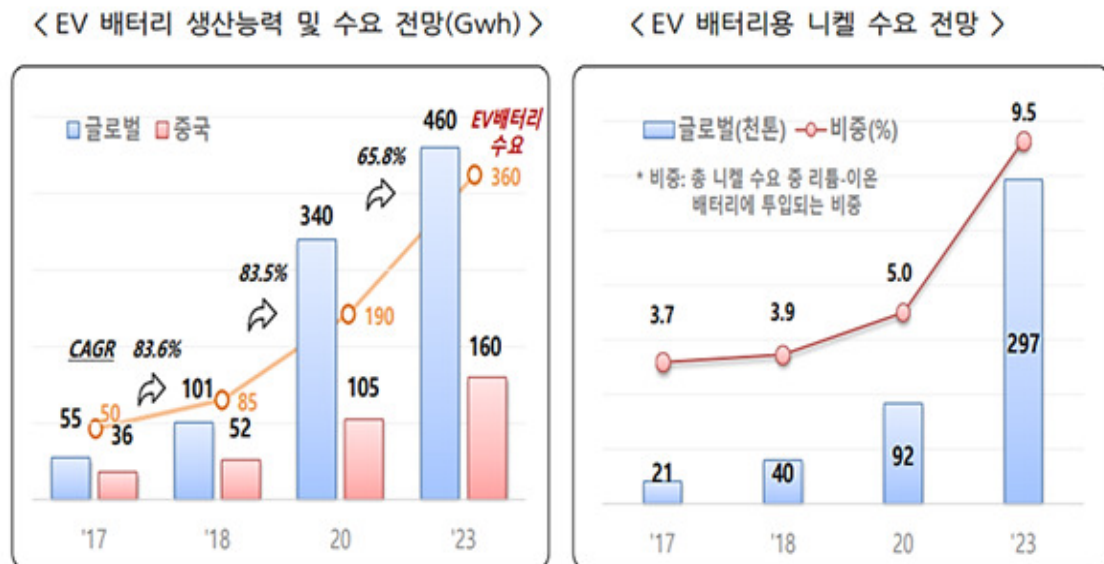


<그림 8> 글로벌 리튬 수요 전망 (출처: S&P Global Platts)

- 향후에도 세계적으로도 지상 매장량이 1,300만톤 정도로 한정되어 있어 리튬 고갈이 예상되는 상황이며, 한정된 리튬자원 확보를 위한 재활용 기술 크게 요구

6) 2022년 에너지 전망보고서(2022.1., S&P Global Platts)

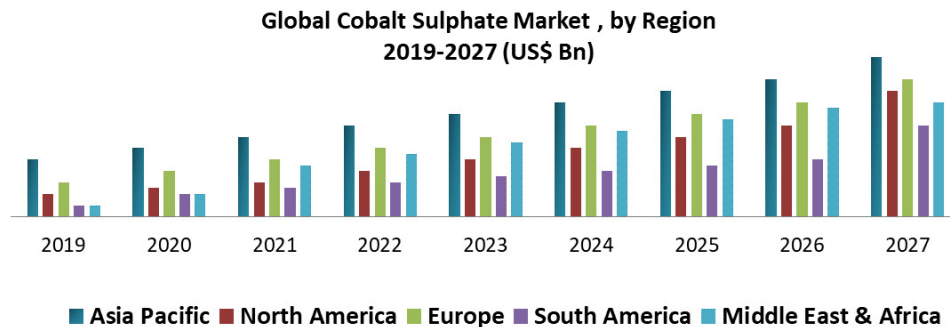
- (니켈: Ni) 2000년 이후 전 세계 스테인리스강(STS) 수요가 빠르게 증가하면서
 톤당 1만달러를 하회하던 니켈 가격이 '07년 5만달러까지 급등
 - 이러한 급등세는 ▲중국 등 글로벌 STS의 생산증가, ▲전기자동차 배터리용
 니켈 소비 증가, ▲최대 수출국인 인도네시아 원광 수출 금지 정책으로 인한
 니켈 공급 제한 현상 등으로부터 기인
 - 최근 니켈 수요는 STS 제조용이 약 60%, 전기차 배터리는 4%이며, STS의
 생산이 연평균 3.5% 증가할 것으로 예측됨에 따라 향후 니켈 수요도 지속적으로
 증가할 것으로 예측
 - 리튬이온전지용 니켈 수요는 '18년 40천톤 → '23년 297천톤으로 연평균 50%
 증가(CAGR)될 것으로 전망



<그림 9> 리튬전지용 니켈 수요 전망 (출처: CNGR, Battery University, IEA, DBS 등)

- 우리나라의 차기 주요 산업 및 급격한 시장 확대가 전망되는 배터리 산업의
 성장을 위해, 니켈의 안정적 확보는 우리나라의 지속가능한 경제 발전을 위해
 매우 중요한 요소로 고려 필요

- (코발트: Co) 배터리 원자재 중 가장 고가의 소재이며, '21년 톤당 약 5만달러
→ '22년 약 8만달러로 56.8% 상승



<그림 10> 리튬전지용 코발트 수요 전망 (출처: Maximize Market Research)

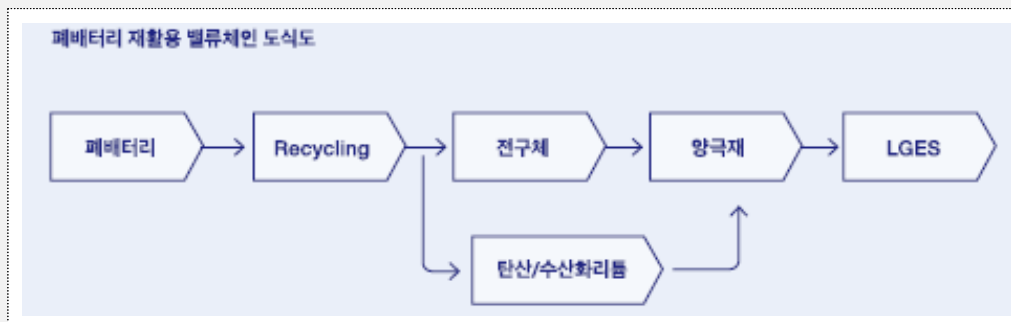
- 코발트 국제가격 상승은 ▲이차전지 시장 확대에 따른 코발트 수요 증가, ▲뚜렷한 공급 확대 방안 부재 및 ▲코발트 수급불균형 지속 가능성에 기인
- 전기차 시장 규모가 기하급수적으로 증가할 것으로 예측되는 가운데 배터리 관련 시장의 규모 또한 연평균 성장률 35%이상으로 증가될 것으로 전망되어 코발트 수요 또한 그 증가세를 유지할 것으로 기대
 - 수요의 약 50%를 배터리 제조용이 차지하고 있으며, 향후 62%까지 증가할 것으로 전망
- 더불어 코발트 공급과 수요의 불균형이 지속될 것으로 전망되고 있어, 코발트의 가격 상승 추세는 유지될 것으로 예상
 - 코발트는 니켈의 부산물 생산을 통해 공급되고 있어 생산량의 급격한 증가가 어려울 뿐만 아니라, 특히 최대 생산국인 콩고민주공화국의 코발트 로열티 인상 및 국내 정세 불안에 따른 공급 불안정성 확대로 코발트 가격이 지속 상승 예상



<그림 11> 주요 배터리 원자재(희유금속) 글로벌 시장 동향
(출처: 블룸버그 및 이베스트투자증권 리서치센터)

(참고) ESG관점에서의 폐배터리 재활용

- 이차전지의 수요가 증가됨에 따라 리튬·코발트 등의 주요 금속재료의 수요가 폭발적으로 확대
 - 콩고민주공화국, 남미 등에서 주로 채굴되어 이용되고 있으며 친환경 에너지라는 이차전지의 이미지와는 달리 채굴과정에서 환경파괴, 인권착취 등의 문제가 발생
 - 리튬 채굴의 경우 소금호수에서 18~24개월 동안 태양광에 수분을 증발시킨 후 나온 추출물에서 리튬을 생산
 - * 리튬 1kg을 생산하는데 평균 2,200L의 소금물이 필요하며 주변 농지나 습지의 건조화로 환경파괴도 진행⁷⁾
 - 특히 중국 기업들의 코발트·리튬 광산의 50% 이상을 독점하고 있으며 이로 인한 자원 무기화, 공급망 불안정 등의 이슈가 존재
 - 환경·공급망 이슈 대응을 위해 폐배터리의 자원회수기술의 필요가 증가하고 있으며 국내외 주요 배터리 제조사를 중심으로 ESG관점에서의 폐배터리 활용사업이 진행되고 있음
- (사례1) LG에너지솔루션⁸⁾
 - 배터리 생산과정에서 환경적 영향을 최소화하고 순환경제 이행에 따른 투자자 및 정부 규제에 대응하고자 배터리 원재료의 소비-폐기에 이르는 자원순환체계를 구축하고자 함
 - 2022년 중국 사업장의 재활용 체계를 구축하고 2025년까지 한국, 유럽, 미국 등 전 세계 사업장에서도 자원 재순환 시스템 구축 예정



<그림 12> LG에너지솔루션의 폐배터리 재활용 밸류체인

- (사례2) SK이노베이션⁹⁾
 - 독자 개발한 리튬 회수 기술을 활용해 리튬·니켈·코발트 등의 금속을 회수하는 Battery Metal Recycle(BMR) 사업화를 추진
 - 하이니켈(High Nickel) 양극재에 사용 가능한 배터리용 고순도 수산화리튬(LiOH)의 직접 회수가 가능하여 광산, 염호방식 대비 이산화탄소 절감효과가 높음
 - * 개발기술 적용 시 이산화탄소 저감량: 광산 대비 74%, 염호 대비 41% 저감

7) 고갈, 남미의 리튬광산의 폐해(2022., 美천연자원보호협회(NRDC))

8) LG에너지솔루션 지속가능성장보고서(2021., LG에너지솔루션)

9) SK이노베이션 지속성장가능보고서(2021., SK이노베이션)

3. 폐배터리 재활용 관련 정책 동향

□ 폐배터리 리사이클링 관련 주요국 정책 현황

- 주요국들은 기하급수적으로 증가하는 폐배터리 발생에 대응하기 위한 폐배터리 리사이클링 관련 정책을 확대하는 추세¹⁰⁾
 - (미국) ▲배터리 리사이클링 확대 계획 수립(5% → 90%), ▲배터리 재활용 인프라에 2백만달러(약 260억원) 투자, ▲전기차/배터리 기업에 31억 달러(약 3조9,700억원) 지원 및 ▲'21년 배터리 리유즈 및 리사이클링 인센티브 확립
 - (유럽) ▲배터리 정보/이력관리를 위한 '배터리 여권제도 도입', ▲'24년부터 탄소발자국 공개 의무화 및 리사이클링 원료사용 의무화, ▲배터리 수거 비율 상향 추진 및 ▲'새로운 배터리 규정' 시행으로 리튬이온배터리 회수율을 ('22년) 50% → ('25년) 65% → ('30년) 70% 상향 추진
 - (중국) ▲배터리 핵심소재 회수율 목표 제시(니켈·코발트·망간 98%, 리튬 85%, 기타 97%), ▲'18년부터 자동차 생산기업에 전기차 폐배터리 재활용 주체적 책임을 부여하는 '동력배터리 재활용 생산 책임제' 실시 및 ▲베이징, 상하이 등 17개 주요지역 내 폐배터리 재활용 시범사업 시행
 - (일본) ▲배터리 및 부품업체 약 30개사가 BASC(배터리 공급망 협의회)를 설립하였으며, 민간을 중심으로 ▲미쓰미시 자동차의 폐배터리 수거 → 축전지 활용, ▲동일본 여객철도의 철도 건널목용 전원으로 폐배터리 활용 등 주로 폐배터리 재사용 산업이 활성화



<그림 13> 미국 Li-cycle社의 폐배터리 선별(좌) 및 일본 4R-Energy社 폐배터리 재사용을 위한 잔존용량 측정(우)

10) 매년 10만개 전기차 폐배터리... “재사용·재활용 기준도 없다”(2022.6.13., 머니투데이, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022061223010428065>)

□ 우리나라의 폐배터리 리사이클링 관련 정책 및 법제도 현황

- 우리나라는 환경부 주도로 폐배터리 수거 및 활용을 위한 ‘미래 폐자원 거점 수거 센터’가 운영되고 있으며, 특히 전기차 폐배터리 관련 처리 규정 마련이 중점적으로 추진되고 있음
- 우리나라의 전기차 폐배터리 발생량은 ‘20년 275개 → ‘30년 107,520개로 급속히 증가하는 추세이며, 누적합계 42.5만개에 달할 것으로 예상됨¹¹⁾



<그림 14> 전기차 폐배터리 발생 전망(출처: 환경부 및 현대성우저널)

- 우리나라의 폐배터리의 리사이클링 관련 법안은 배터리의 ‘원 사용처’에 따라 차이가 있음
- 전기차용 폐배터리의 경우, 환경부에서 관리하는 「수도권 대기 환경 개선에 관한 특별법」과 「대기환경 보존법」에 의거하여 관리
 - * EV 배터리의 보조금 지급, 반납의무 및 재활용에 관련한 사항을 주로 다룸
- 전자제품, 의료기기 등 소형기기에서 발생하는 폐배터리는 재활용을 위한 구체적인 기준이 부족한 현실
 - * 최근, 환경부에서 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 시행령」의 일부 개정령안을 입법하는 등 관련 법제도 확충에 노력 중

11) 환경부 보도자료 및 현대성우저널 홈페이지(2021.5.31., http://www.hdswwjournal.com/Infotainment/MobilityTrend/Detail?info_seq=46)

구 분	수도권 대기 환경 개선에 관한 특별법	대기환경 보존법
목적	<ul style="list-style-type: none"> 대기오염이 심각한 수도권 지역의 대기환경 개선을 위하여 종합적인 시책을 추진하고, 대기오염원을 체계적으로 관리하여 지역민의 건강을 보호하고 쾌적한 생활환경을 조성 	<ul style="list-style-type: none"> 대기오염으로 인한 국민건강이나 환경에 관한 위해를 예방하고 대기환경을 적정하고 지속가능하게 관리보전하여 쾌적한 환경에서 생활토록 보존
조항 별 중점 사항	<p>제24조</p> <ul style="list-style-type: none"> 전기자동차 구매시 보조금과 같은 재정적 지원에 관한 사항 규정 <p>제26조</p> <ul style="list-style-type: none"> 보조금을 지원받은 소유자가 지켜야 할 의무 운행기간 및 등록말소 시 배터리 반납 등에 대한 규정 	<p>제58조</p> <ul style="list-style-type: none"> 전기자동차 구매시 보조금과 지원에 관한 사항과 보조금을 지원받은 자동차의 소유주가 지켜야 할 의무운행 기간 설정, 등록 말소 시 배터리 반납 등에 규정
세부 내용	<ul style="list-style-type: none"> 대기오염으로 인한 국민건강이나 환경에 관한 위해를 예방하고 대기환경을 적정하고 지속가능하게 관리보전하여 쾌적한 환경에서 생활토록 보존 	<ul style="list-style-type: none"> 환경부 보조금 지원 대상의 전기자동차인 경우 폐차 시에 배터리를 시도지사에 반납하도록 하고 있으며, 시도지사는 회수된 배터리의 성능을 검토하여 재활용하도록 하고 있음

□ 우리나라 폐배터리 리사이클링 관련 정책 이슈

○ 사용 후 배터리의 안전성 확보를 위한 표준화된 평가방법 및 기준 미미

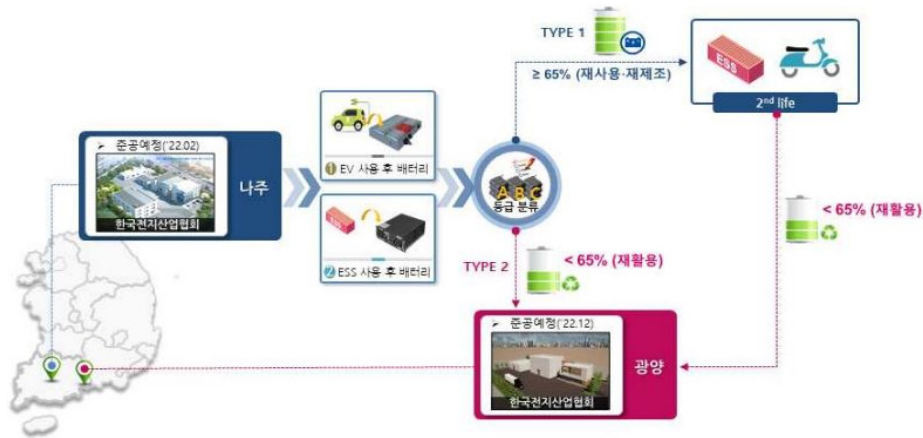
- 리사이클링 시 발생될 수 있는 배터리 화재*, 불량 등의 문제 진단 및 사전 예방 요구

* 기존 배터리에서 화재가 발생하지 않았어도 재제조/재활용 시 내구성 미확보, 셀 불량 등의 이유로 발화가 될 수 있음

- 지역별로 거점센터를 구축하여 재사용·재제조 배터리 팩의 성능 및 안전성 시험 평가 기준을 마련하는 정책이 추진¹²⁾ 중이나, 아직까지 구체적인 제도 및 법령이 부족

* 제주, 나주(전남), 포항(경북), 울산 등에 배터리 재활용 센터를 구축하고 배터리 활성화에 따른 등급을 구분하여 활용방안 다변화 추진

12) <https://theccce.kr/2056>, 기후변화 경제 기사(한국전지산업협회)



<그림 15> EV/ESS 사용 후 배터리 재사용/재활용 거점센터 운영 계획

○ 급증하는 폐배터리 발생량 대응을 위한 평가방법 개선

- 현재는 각 센터로 입고된 폐배터리의 정확한 성능평가를 위해서는 10시간 내외가 소요되는 정밀검사 진행이 요구
- 급증하고 있는 폐배터리 발생량에 대응할 수 있도록 전기차 배터리관리 시스템 (BMS)/온보드진단기(OBD)의 정보 활용 및 통계적 특성을 반영한 효율적 평가 방법의 개발이 요구
 - * 배터리 제조사, 완성차 업체별로 BMS, OBD 시스템이 상이하여 일괄적인 기준을 마련하기 어려운 상황

○ 사용 후 배터리의 제도적 절차 및 안전성 검증 방안 미미

- 부처별로 관련 법령과 정책이 산재하여 있고 안전성 검증 기준이 부재한 상황으로 정책 추진이 어려운 상황
- 중고휴대폰, 중고의료기기, 중고자동차 등 중고제품의 전반적인 재활용 유통에 관한 법령 및 기준 마련이 요구
 - * 폐배터리의 경우 배터리 해체, 성능/안전검사, 활용, 폐기에 관한 법령이 부재

○ 폐배터리 재활용 기준 구체화

- 폐배터리의 수거 후 매각의 기준은 환경부 소관이지만, 아직까지 재사용/재활용의 구체적 기준이 미미
- 국가표준원의 검사기준과 환경부의 등급분류기준의 유사성으로 인한 중복검사의 해소 및 일원화된 기준 마련이 요구됨

○ 배터리 재활용을 위한 관련 기술 연구개발 지원 확대 검토

- 현재 산업통상자원부, 환경부 등에서 일부 소규모 연구비의 과제가 진행 중이지만 관련 기술의 특성상 연구개발에 대규모의 연구개발비가 소요
- 안전성 확보(폭발 방지 등), 환경 규제(폐기물 발생 등), 기술 고도화 등을 고려할 때, 사업 규모가 큰 범부처 사업 발족이 요구
- 더불어 폐배터리의 형태(원통형, 파우치형, 각형 등), 구성(NCM계, LFP계 등)에 적합한 기술 확보를 위한 편셋형 연구개발 지원 검토
- * 그간의 연구개발 과제는 재활용될 폐배터리에 대한 특징이 이루어지지 않고 진행되어, 다양한 형태의 배터리 대응에 한계가 있음

4. 폐배터리 재활용 관련 기술 동향

□ 폐배터리 재활용 관련 기술 및 주요 기업 동향

○ 폐배터리 재활용 공정 기술 개요

- (정의) 폐배터리의 양극활물질로부터 고가의 희유금속을 추출하는 기술
- 현재는 소형 리튬 이차전지인 LCO(리튬코발트산화물)계를 중심으로 연구개발이 수행되고 있으나, 점차 전기차용 중대형 이차전지인 NCM(니켈코발트망간)계를 중심으로 변화 중
- 폐배터리 재활용(희유금속 회수공정)은 <그림 16>와 같이 ▲전처리 공정인 폐전지 폭발위험 제거 및 파쇄, ▲후처리 공정인 화학 용액을 활용하여 희유금속을 회수하는 공정으로 구분

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 ₂ SO 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 16> 전기차 폐배터리 재활용 공정도(출처: 산은조사월보¹³⁾)

13) 폐리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling산업 및 기술현황(2019, 산은조사월보)

- 기술적 난이도가 높은 단계는 후처리 공정이며 주로 용매추출법(Solvent extraction)을 활용
 - 후처리 공정에서 용매추출법과 전해 정련을 반복적으로 수행하면서 코발트 및 니켈과 같은 희유금속을 회수 및 99.9% 이상의 순도로 정제
 - ※ 국내기업 중 폐배터리 재활용 전문기업인 성일하이텍이 해당 기술에 대한 역량 보유
- 전처리 기술은 상대적으로 기술적 난이도는 후처리 기술 대비 낮지만, 후처리 기술의 성능 향상을 위해서 고도화 개발이 진행 중

○ 폐배터리 재활용 해외 기업 동향

- (Toxco(美)) 리튬일차전지 재활용 공정으로서 액체 아르곤을 이용한 냉각-파쇄공정 개발, 페리튬 일차전지를 -195 ℃까지 냉각 후 파쇄
- (AEA Technology(英)) 비활성 분위기*에서 건식으로 커팅 후 유기용매를 이용하여 전해액 회수, 전기분해를 이용하여 수산화리튬을 회수하고 잔유물은 세척하여 산화코발트 회수
 - * (비활성 분위기) 화학적인 반응이 일어나지 못하도록 형성한 환경
- (Batreco(土)) 파쇄(분위기 조절), 중화, 금속별 회수 공정으로 구성되어 있으며 코발트 분말, 니켈스크랩, 비철금속 스크랩 별로 분류하여 판매
- (Canada-Toxco(加)) 물리적 처리공정 시 화재, 폭발을 방지하기 위하여 물을 분무하는 방법을 도입, 슬러리 상태로 얻어지는 코발트 농축물을 코발트 금속회수업체로 판매
- (Umicore(白)) 해체, 파쇄 등의 전처리 없이 환원성 분위기의 용융로에 투입하여 리튬은 슬래그로 이동, 코발트는 니켈, 철, 구리 등과 합금으로 제조 후 염화법을 이용하여 코발트만을 염화물로 증발 회수하였으나, 현재는 침출-용매추출을 통해 코발트, 니켈, 리튬을 분리 회수

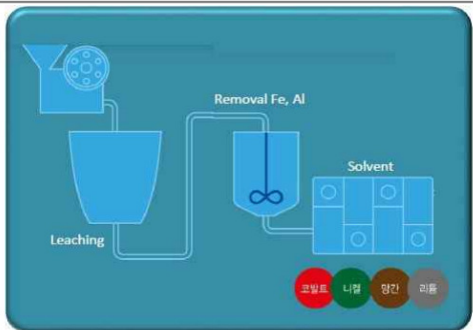
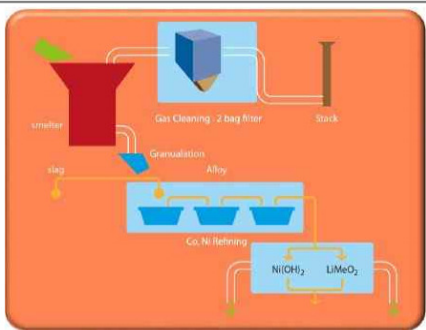
○ 폐배터리 재활용 국내 기업 동향

- (성일하이텍) 용매추출 기반의 폐배터리로부터 코발트, 니켈 회수, 소재화 기술 원천 특허를 보유 및 황산니켈 연속냉각화 결정화 기술을 통해 부가가치 제고
- (에코프로) 차세대 전극 양극재 개발 선도 개발업체로 폐배터리로부터 재활용을 통한 Value Integration을 통해 확고한 업계 선도적 지위를 구축하며 최근 글로벌 생산거점을 확보를 추진
- (두산중공업) 열처리 기반 전기흡착 방식을 통한 리튬 추출 공정을 개발 중이며, '21년 하반기부터 연간 1,500톤 규모의 폐배터리를 처리할 수 있는 설비 실증을 거쳐 순도 99%의 탄산리튬을 생산하는 등 본격 사업화 추진

- (SK 이노베이션) 독자 개발한 리튬 회수 기술을 통해 사용 후 배터리에서 수산화리튬 및 니켈, 코발트 등 금속 자원을 회수, 이를 다시 배터리용 양극재 제조에 활용하는 공정 개발을 진행 중
 - * '21년 초 자사 배터리 금속 재활용기술 친환경성을 미국 DOE 산하 국가 지정 연구기관인 아르곤 국립 연구소의 배터리 생애주기 평가(LCA, Life Cycle Assessment)를 통해 검증
- (LG에너지솔루션) GM(美)과 합작한 법인 '얼티엄셀즈'를 통해 재활용 업체인 리-사이클(Li-Cycle, 美)과 협력하여 배터리 재활용 사업을 시작('21.)
- (삼성SDI) '19년 국내 배터리 솔루션 기업 피엠그로우에 지분 투자를 하는 등 배터리 재활용에 관심을 보이며, 성일하이텍과 업무협약을 통해 내부에서 발생하는 소형전지 불량품 등으로부터 희유금속을 추출하여 재사용

(참고) 폐배터리 재활용 핵심 기업 기술 현황

- 세계적으로 폐배터리 재활용을 통한 희유금속 회수가 가능한 기업은 국내의 **성일하이텍(韓)**을 포함하여 **Umicore(白)**, **Brump(中)** 및 **GEM(中)** 4개 업체가 대표적
- 희유금속 회수는 습식 또는 건습식 혼합법이 활용
 - (습식) 방전 등의 전처리 공정 후 침출(Leaching)을 통해 철과 알루미늄 등을 분리한 이후에 녹여서 금속 추출
 - * 성일하이텍, GEM, Brump 등에서 해당 방식을 활용
 - (건식+습식) 폐배터리를 제련소에 넣어서 녹인 후 매트와 슬래그로 구분한 후 매트에서 금속 추출
 - * Umicore에서 해당 방식을 활용

	습식처리공정: 성일하이텍(주), GEM사, Brump사	건식+습식처리공정: Umicore사
공정도		
회수금속	코발트, 니켈, 망간, 리튬	코발트, 니켈
전처리 공정	필요함	필요하지 않음
설비비	낮음	높음
처리용량	소용량 처리가능	대용량 처리에 적합

<그림 17> 국내외 폐배터리 재활용 기술 비교 및 장단점

(출처: 케이프투자증권 리서치본부)

□ 폐배터리 재활용 고도화를 위한 주요 연구개발 동향

○ 전처리 공정 관련 연구개발 동향

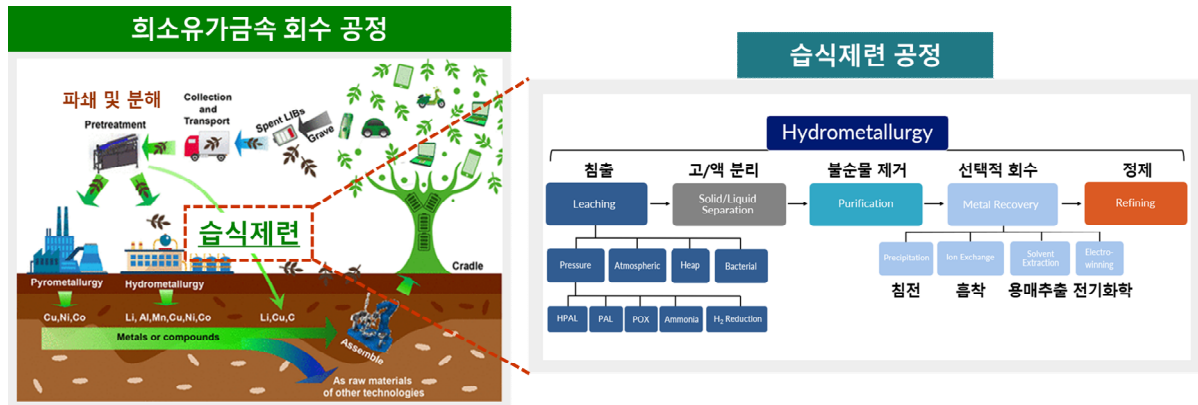
- 기존 복잡한 전처리 과정(폐전지 선별/분리, 방전, 파쇄 및 건조 등)을 통합한 전처리 기술 고도화가 필요
 - 특히, 전기차용 배터리의 경우 폭발성이 높기 때문에 파쇄 단계에서 각별히 유의가 필요하므로, 안전성 측면에서의 고도화 요구
 - 이를 위해 ▲방전 후 파쇄 기술, ▲전해질 분사 중 파쇄 기술, ▲불연성 가스 주입 중 파쇄 기술 및 ▲진공 파쇄 기술 등을 개발 필요
- 또한, 전처리 중 발생하는 폐기물(폐플라스틱, 금속 스크랩 등) 회수를 위한 기술이 요구되고 있으나, 해당 분야에 대한 연구개발이 미진한 현실
 - 관련하여 국내기업인 이알(韓)에서 무방전 파쇄 및 저온감압열분해 기술을 통해 선별 분리와 방전이 없는 파쇄공정을 개발
 - 더불어 비금속(플라스틱 등) 및 금속스크랩(구리, 알루미늄 등) 회수를 동시에 진행하는 기술도 개발 완료



<그림 18> 국내 폐배터리 재활용 전처리기술 고도화 예시(출처: (주)이알)

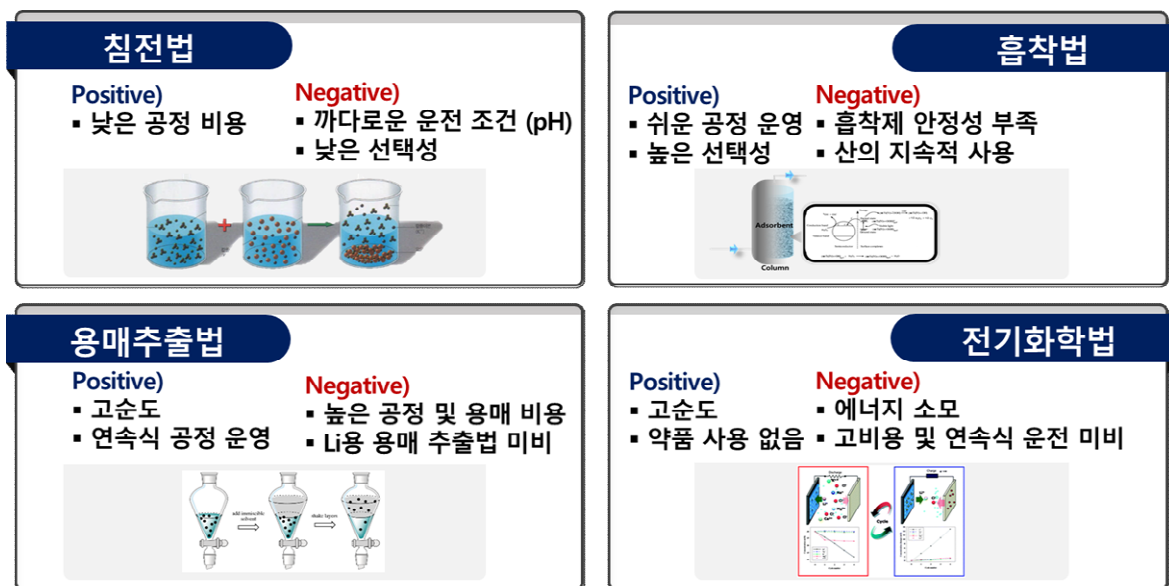
○ 후처리 공정 관련 연구개발 동향

- 후처리 기술은 습식제련을 중심으로 개발되고 있으며, 습식제련 공정은 ▲산침출, ▲고액분리, ▲선택적 분리 및 ▲고형화로 구성



<그림 19> 폐배터리 재활용 공정(출처: ACS Sustainable Chem. Eng.)¹⁴⁾

- 이중 가장 기술적 난이도가 높은 기술은 선택적 분리 기술이며, 세부기술로는 ▲침전법, ▲흡착법, ▲전기화학법 및 ▲용매추출법이 있음



<그림 20> 습식제련 중 선택적 분리기술들의 장단점(Chem. Soc. Rev.)¹⁵⁾

- 이중 용매추출법이 가장 폭넓게 이용되고 있으며, 이는 ▲추출 단계 (Extraction step)와 ▲산 스트리핑 단계(Acid stripping step)로 구성
 - (추출 단계) 폐배터리 산침출수와 특정 금속 물질 (Co 또는 Ni 등) 선택적 추출제가 포함된 유기용매를 접촉시킴으로써 선택적으로 금속 이온을 분리

14) ACS Sustainable Chem. Eng. 2018, 6, 1504-1521

15) Chem. Soc. Rev., 2018, 47, 7239-7302 및 Chem. Rev. 2020, 120, 7020-706

- (산 스트리핑 단계) 금속 이온이 함유된 유기용매를 고농도의 산과 접촉함으로써 금속을 수계(산 용액)로 추출
- 용매추출법의 기술개발은 경제적 측면 및 환경적 측면 개선을 위해 약품 및 황산 사용 저감 개발이 필요
- 폐배터리 내 금속 이온 중 코발트와 니켈에 대해서는 용매추출법이 순도 및 회수율 측면에서 우수하나, 리튬에 대해서는 용매추출법 뿐만 아니라 침전법, 흡착법, 전기화학법이 경합
- (침전법) 선택적 흡착제 및 pH 조절을 통해 폐배터리 산침출수 내 리튬을 선택적으로 침전시키는 기술로, 지속적 약품 사용과 선택성이 다소 떨어지는 단점을 수반
- (흡착법) 리튬 선택성을 갖는 흡착제를 사용함으로써 폐배터리 산침출수 내 리튬 이온을 선택적으로 분리하는 기술로, 흡착제 재생시 고농도 산이 지속적으로 필요하다는 한계를 수반 및 흡착제의 수명 개선이 필요
- (전기화학법) 리튬 선택적인 전극 물질을 사용함으로써 폐배터리 산침출수 내 리튬 이온을 선택적으로 분리하는 기술로, 흡탈착 시 전기 에너지가 소모되므로 에너지 소비 효율 개선이 필요
- 선택적 분리기술 외에 산침출, 고액분리, 고형화 기술은 상대적으로 기술적 난이도가 낮은 편이지만, 최근 ESG 측면 개선 압력으로 인해 친환경성 향상에 대한 기술개발이 요구
- 예를 들어, 산침출에서는 산 사용 저감, 고액분리 기술에서는 흑연 회수 및 재활용, 고형과 기술에서는 분말화를 위한 증발 에너지 저감이 요구

(참고) 폐배터리 재활용 관련 국내 기술 수준

○ 최고기술 보유국(미국) 대비 국내 기술 수준은 81.1%이며, 기술격차는 3.7년으로 평가¹⁶⁾

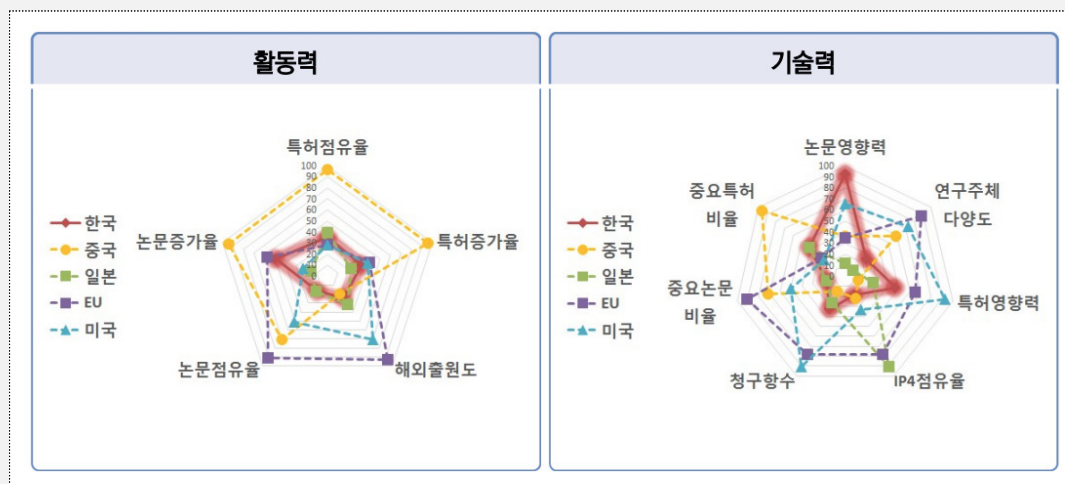
- 폐자원 분야(환경/기상분야 포함) 국가별 평가는 미국(100%), EU(99.2%), 일본(90.0%), 한국(81.1%), 중국(75.5%) 순이며 한국은 최고기술 보유국인 미국 및 EU와 기술격차가 높은 것으로 분석

폐배터리 자원화 분야	한국		중국		일본		EU		미국	
	'18	'20	'18	'20	'18	'20	'18	'20	'18	'20
기술수준 (%)	76.6	81.1	71.4	75.5	90.1	90.0	98.7	99.2	100.0	100.0
기술격차 (년)	4.1	3.7	4.9	4.6	1.9	2.0	0.3	0.3	0.0	0.0
기술수준 그룹	추격	추격	추격	추격	선도	추격	선도	선도	최고	최고

- 18년 대비 국내 기술수준은 4.5%p가 증가(76.6% → 81.1%)하고, 기술격차는 0.4년 감소(4.1년 → 3.7년)

○ 논문 및 특허 등 정성 평가는 한국의 활동력은 폐자원 재활용 분야(환경·기상 분야 포함)의 논문 증가율(195.4%) 및 특허 점유율 (11.3%)은 주요 5개국 중 2위로 평가

- 특허 증가율(14.4%)은 3위로 분석되었으며, 논문 영향력(9.3), 중요특허 비율(20.4%), 특허 청구항수(9.0)로 본 기술력은 주요 5개국 중 3위로 평가



<그림 21> 폐리튬자원화 분야(환경/기상포함) 논문/특허 기반 활동력 및 기술력
주요국별 상대적 위치(출처: 과학기술정보통신부)¹⁷⁾

- 전반적으로 폐리튬자원화 분야의 국내 논문 및 특허 집중도와 영향력은 경쟁국에 비해 상대적으로 높은 것으로 평가
- 다만, 기술의 공공성 특성상 기술 실증 및 검증을 위한 인프라구축, 기관별 연구 역량 집중 및 연계체계 확보, 연구 데이터 및 자료의 공유 및 확산을 위한 플랫폼 구축의 부족으로 기술 격차가 발생하는 것으로 분석

16) 2020년 기술수준 평가(2021.3., 과학기술정보통신부)

17) 각 평가지표 값은 원 계산값에 비교의 편의를 위해 각 지표당 최고점 100점 기준으로 환산한 값임(정규분포 적용)

5. 결론 및 시사점

□ 우리 생활에 필수가 되어버린 배터리와 폐배터리 발생

- 휴대용 기기, 전기차에서 주로 사용되는 리튬이온 이차전지는 제품 표준화를 통한 대량생산과 기술개발을 통해 가격을 낮추고 성능을 더욱 안정화하여 점점 활용처가 확대되어 가는 추세
- 최근 전기차 시대의 본격적인 도래를 앞두고 있으며, 신재생에너지 활용의 극대화를 위해 필수적인 ESS 산업의 생태계 역시 조성되어 가면서 향후 이차전지 활용 범위 및 시장의 폭발적인 확대가 예상
- 이에 따라 폐배터리 발생량도 급격히 증가 되고 있으며, 주요국 및 기업들은 폐배터리 리사이클링 관련 산업을 확대하고 있음
 - Tesla(美), CATL(中), LGES(韓) 등 글로벌 기업은 물론 배터리 제조 전문기업들도 폐배터리 시장에 뛰어들고 있으며, 그 결과 글로벌 폐배터리 리사이클링 시장이 연평균 33%(CAGR) 성장하여 '40년에는 규모가 약 68조원에 달할 것으로 예상

□ 배터리 원자재(희유금속) 수급과 폐배터리 재활용

- 이차전지의 수요가 증가 됨에 따라 리튬·코발트 등의 주요 금속재료의 수요가 폭발적으로 확대
 - 배터리 원자재는 콩고, 남미 등에서 주로 채굴되고 있으며 친환경이라는 이차전지의 이미지와는 달리 채굴과정에서 환경파괴, 인권착취 등의 문제가 발생
 - 특히 중국 기업들은 코발트·리튬 광산의 50% 이상을 독점하고 있으며, 이로 인한 자원 무기화, 공급망 불안정 등의 이슈가 존재
- 공급망 문제 및 ESG 이슈 대응을 위해 폐배터리의 자원 회수기술이 요구되고 있으며, 관련하여 국내외 주요 배터리 제조사들은 폐배터리 재활용 사업을 확대 중
 - 폐배터리 재활용을 통해 희유금속의 안정적 확보를 기대할 수 있으며, 나아가 재사용 및 재제조를 통해 다시 활용되는 배터리도 궁극적으로 폐배터리를 배출한다는 점에서 재활용을 통한 전지의 자원화 기술개발이 매우 중요

□ 폐배터리 재활용을 위한 R&D 투자 확대를 통한 역량 확보 필요

- 향후 10년간 2,000조원 이상의 거대 시장이 열리는 만큼, 국가별 중점 육성 분야에 대한 차별화된 기술 확보를 위해 분야별 산학연 역량 결집이 필요
 - 차별화된 R&D 후보분야로는 ▲폐배터리용 전처리 통합형 저온감압 열분해 파쇄공정 개발, ▲흑연 회수 및 고부가 가치화를 위한 공정 개발, ▲미세기포 활용 고농도 탄산 Acid stripping 활용 용매추출법 개발 및 ▲레독스 반응 기반 다중채널 모듈을 통한 유가 금속 이온 분리/농축 공정기술 등을 고려 가능
 - 나아가, 관련 기술 및 산업 융·복합적인 점을 고려하여 산업통상자원부, 환경부 등을 통한 대규모 범부처 연구개발 프로그램 기획 검토 필요
- 폐배터리 재활용을 통해 발생하는 자원의 소유권 및 수익구조 명확화를 통한 관련 기술개발 투자 활성화 유도
 - 지자체, 배터리 생산자, 전기차 생산자, 폐배터리 재활용 업체 등 관계 기관 중 폐배터리 재활용을 통해 발생하는 희유금속 및 유가 자원에 대한 소유권 및 수익구조를 명확히 하여 관련 기술개발 활성화 유도 필요

□ 폐배터리 재활용 산업 활성화를 위한 관련 정책 제언

- 급증하는 폐배터리 발생량 대응을 위한 표준화된 평가방법 개선
 - 전기차 배터리관리 시스템(BMS)/온보드진단기(OBD)의 적극적인 활용과 폐배터리의 안전성 확보를 위한 표준화된 평가방법 개발을 통해 재활용 시 발생 될 수 있는 배터리 화재, 불량 등의 문제 진단 및 사전 예방 필요
- 사용 후 배터리의 제도적 절차 및 안전성 검증 방안 마련 필요
 - 중고 휴대폰, 의료기기, 자동차 등 중고제품의 전반적인 재활용 유통에 관한 법령 및 기준 마련 필요
- 장기적으로는, 국내 소재산업 생태계 강건화를 위한 저탄소 전력 공급 등 친환경 글로벌 경쟁력 확보를 위한 실질적 지원정책 고민 필요
 - 국내 대기업 배터리 제조사들의 미국·유럽 시장 진출이 본격화된 가운데 소재 기업의 동반 진출도 증가하는 추세
 - 국내에서 배터리 제조·소재 산업의 친환경 경쟁력이 확보되지 못하면 관련 기술과 산업을 내재화하기 힘들기 때문에, 지속적인 관심과 지원이 필요

참고문헌

- Lv, Weiguang, et al., 'A critical review and analysis on the recycling of spent lithium-ion batteries.' ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6.2 (2018): 1504-1521.
- Zhang, Xiaoxiao, et al, 'Toward sustainable and systematic recycling of spent rechargeable batteries.' Chemical Society Reviews 47.19 (2018): 7239-7302.
- Fan, Ersha, et al., 'Sustainable recycling technology for Li-ion batteries and beyond: challenges and future prospects.' Chemical reviews 120.14 (2020): 7020-7063.
- KISTEP/과학기술정보통신부, '2020년 기술수준 평가', 2021.4.
- LG에너지솔루션, '2021 LG에너지솔루션 지속가능성장보고서(ESG Reprt)', 2022.7.
- S&P Global Platts, '2022년 에너지 전망보고서', 2022.1.
- SK이노베이션, '2021 SK이노베이션 지속성장가능보고서(ESG Reprt)', 2022.7.
- SNE Research, '[2021.1H] Global 전기자동차 시장 및 Battery 수급 전망(~2023)', 2021.3.
- SNE Research, 'LiB 4대 부재 SCM 분석 및 시장 전망(~2030)', 2021.6.
- 관계부처 합동, '2030 이차전지 산업(K-Battery) 발전 전략', 2021.7.
- 김미송, 김충현, '전기차 폐배터리 끝장내기!', CAPE Research Division, 2022.02.17.
- 김수린, 김창훈, 'IEA의 세계 전기차 시장 현황 보고 및 전망', Wold Energy Market Insight 제21-14호, 2021.7.12.
- 김지산 외 5인, '배터리 백서: 로드맵과 생태계', 키움증권 리서치센터 산업분석, 2021.10.5.
- 김지산, 김소정, '2021년 전기차 및 배터리 시장 결산', 키움증권 산업브리프, 2022.2.9.
- 김희영, '전기차 배터리 재활용 산업 동향 및 시사점: 중국 사례 중심으로', TRADE FOCUS 2022년 11호, 2022.6.2.
- 머니투데이, '87조원 시장이 열린다..."전기차 폐배터리는 황금알 낳는 거위"', <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022061015000864565>, 2022.6.12.(방문: 2022.10.18.)
- 박수향, '탄소중립, 이차전지도 피해갈 수 없다', POSRI 이슈리포트, 2021.10.13.
- 산업기술리서치센터 산은조사월보 제790호, 2021.9.
- 신유리, '전기차용 이차전지의 시장 트렌드 및 기술 개발 동향', KDB미래전략연구소 연구개발특구진흥재단, '이차전지 시장', 글로벌 시장동향보고서, 2021.6.

연구개발특구진흥재단, '전기자동차 배터리 시장', 글로벌 시장동향보고서, 2021.6.
에너지플랫폼뉴스, '화재 빈번한 ESS 폐배터리 가정서 재활용?', <http://www.e-platform.net/news/articleView.html?idxno=52826>, 2019.4.5.(방문: 2022.10.19.)
이안나, 'EV배터리 2022', 이베스트투자증권 화학/신소재 뺏속시리즈, 2021.11.30.
장우석, '전기자동차용 배터리 과학·기술·산업 분석', KISTI R&I Report, 2021.12.31.
장진영 외 2인, '전방산업 변화로 본 이차전지 산업의 미래', 삼성KPMG 경제연구원
ISSUE MONITOR 제76호, 2017.12.
조운상, '페리튬 2차전지의 Re-Use와 Re-Cycling 산업 및 기술현황', KDB미래전략
연구소 산업기술리서치센터 산은조사월보 제768호, 2021.11.
조지혜 외 3인, '다부처 정책 연계성 확보를 통한 순환경제 정책 로드맵 연구-전기차
배터리를 중심으로', KEI 정책보고서 2020-04, 2020.10.31.
성일하이텍(주) 홈페이지, <https://www.sungeelht.com/>(방문: 2022.9.30.)
한국전지산업협회 홈페이지, 'EV 폐배터리 재사용 얼라이언스 추진', <https://thecce.kr/2056>, 2021.11.13.(방문: 2022.9.30.)
현대성우저널 홈페이지, '두근두근 배터리 시그널! 전기차의 심장, 배터리', http://www.hdswjournal.com/Infotainment/MobilityTrend/Detail?info_seq=46, 2021.5.31.(방문: 2022.9.30.)

기계기술정책 발간 목록

제 목	작성 연월
73. 기계산업 2013년 성과 및 2014년 전망	2013.12.
74. 2014년 기계산업이 주목해야 할 트렌드 분석과 시사점	2014.02.
75. 우리나라 기계산업 품목별 수출 시장 점유율 분석과 시사점	2014.04.
76. 우리나라의 TPP 참여에 대비한 기계산업 품목별 관세 전략 수립	2014.09.
77. 2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점	2014.11.
78. 기계산업 2014년 성과 및 2015년 전망	2014.12.
79. 최근 기계산업 대일무역역조 개선의 원인과 시사점	2015.06.
80. 기계산업의 빅데이터 활용 동향 분석과 시사점	2015.10.
81. 우리나라 해양플랜트 산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2015.12.
82. 기계산업 2015년 성과와 2016년 전망	2016.01.
83. 건설기계산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2016.05.
84. 4차 산업혁명과 기계산업의 미래	2016.11.
85. 기계산업 2016년 성과와 2017년 전망	2017.02.
86. 신기후체제에 대응한 농촌 바이오가스플랜트 사업의 기회	2017.07.
87. 해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석	2017.11.
88. 산업용 로봇 시장 동향과 대응	2017.12.
89. 기계산업 2017년 성과와 2018년 전망	2018.01.
90. 새로운 시대 소통 역량: 4차 산업혁명 연계기술	2018.07.
91. 국방분야 생존성 향상 기술 동향	2018.08.
92. 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점	2018.09.
93. 기계산업 2018년 성과와 2019년 전망	2019.02.
94. 중국제조 2025 주요 제조장비 개발 계획과 대응 전략	2019.06.
95. 한·중·일 공작기계 및 기계요소 수출경쟁력 분석 및 제언	2019.07.
96. 미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점	2019.12.
97. 기계산업 2019년 성과와 2020년 전망	2020.01.
98. 글로벌 농기계산업 동향 분석	2020.02.
99. 포스트 코로나(Post COVID-19), 유망 기계기술 및 제언	2020.06.
100. 우리나라 제조장비기업의 성장·혁신·수익 패턴 분석과 시사점	2020.08.
100(특집호). 기계산업 데이터 활용 및 분석 방법 제언	2020.08.
101. 탄소중립 글로벌 동향과 기계기술 제언	2021.01.
102. 기계산업 2020년 성과와 2021년 전망	2021.01.
103. 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망	2021.05.
104. 인체 증강 기계의 동향과 전망	2021.08.
105. 미국 바이든 정부의 기후변화 정책과 기계산업 시사점	2021.12.
106. 기계산업 2021년 성과와 2022년 전망	2022.02.
107. 일본 제조기업의 디지털전환 특징과 시사점	2022.04.
108. 무탄소 에너지원으로서 암모니아 기술의 부상 및 시사점	2022.07.
109. 폐배터리 재활용 산업 글로벌 동향과 시사점	2022.11.

기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 109. 폐배터리 재활용 산업 글로벌 동향과 시사점

| 발행인 | 박상진

| 발행처 | 한국기계연구원

| 발행일 | 2022.11.

| 기획·편집 | 기계기술정책센터

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156

| 전화 | (042) 868-7640