



2024.3.25.

국회미래연구원 | 국가미래전략 Insight | 91호

배터리 순환경제 기술·산업 미래전망 및 발전방향



김은아(혁신성장그룹장)



국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

ISSN

2733-8258

발행일

2024년 3월 25일

발행처

국회미래연구원

서울시 영등포구 의사당대로 1

Tel 02-786-2190 Fax 02-786-3977

「국가미래전략 Insight」는 국회미래연구원이 정책고객을 대상으로 발행하는 단기 심층연구결과물로, 내부 연구진이 주요 미래이슈를 분석한 내용을 토대로 국가의 미래전략을 제시합니다.

Contents

01	03	02	08	03	11
배터리 산업 성장에 필요한 순환경제 요소		지속가능한 배터리 생산에 필요한 순환경제 기술요소		주요국의 배터리 순환경제 기술·산업 영향력 비교	
04	17	05	19		
배터리 순환경제 기술·산업 미래전망		정책적 함의			



요약

■ 배터리 산업 성장에 필요한 순환경제 요소

- 녹색전환을 위해서는 배터리의 빠른 보급과 동시에 지속가능한 배터리 생산 방식으로의 전환 필요
 - 이를 위해 ① 생산비용 절감, ② 탄소배출 저감, ③ 천연자원 채굴 최소화, ④ 산업 현장의 인권·안전 보장 필요
 - 배터리 전주기(생산-사용-폐기)에 순환경제 전략[※]을 적용함으로써 ①~③의 환경·경제·사회적 이슈에 대한 문제해결에 기여, ④ 문제 해결에는 간접적인 기여 가능
- ※ 순환경제 전략: 재활용(물질 회수), 재사용, 전기차 공유, 수리/재정비, 중고거래
- 순환경제 적용 기대효과: 경제적 가치 \$35백만, 전기차 충전인프라 비용 90% 저감, 온실가스 34Mt 감축, 천연자원 채굴량 저감, 핵심원자재 가격변동성 대응력 강화 등

■ 배터리 순환경제 기술·산업 현황과 미래전망

- 지금까지 투자가 집중되고 있는 사용후 배터리 순환경제 산업은 물질 재활용, 특히 양극재에 포함된 유가금속을 회수하는 기술 부문임
 - 중국과 일본이 특히 규모면에서, 미국과 유럽이 기술 내용 면에서 영향력이 높음
 - 전고체배터리등 차세대 배터리가 널리 상용화되는 미래에 해당 배터리 재료를 분리·회수하는 기술이 현재의 리튬이온 배터리 재활용 기술을 대체하게 될 것으로 전망
 - 향후 음극재, 분리막, 배터리 셀 외부 물질 재활용 기술을 통해 회수 가능한 물질 영역이 확대될 것으로 전망
- 전기차 사용후 배터리 발생량이 급증함에 따라 재사용·재제조 공정에 투자가 증가될 것으로 전망
- 배터리여권 도입은 환경·사회적으로 지속가능성이 낮은 방식으로 생산되는 배터리 원료·부품·소비재 생산활동을 저감하는 방향으로의 전환 동력으로 작용할 것으로 전망됨
 - 저가 원자재 공급 중심의 공급망에서 지속가능성이 반영된 후방산업으로 점진적 개편 전망, 배터리 주요 소재 점유율이 낮은 한국에게 틈새를 제공, 기회요인으로 작용할 수 있음



■ 정책적 함의

- 배터리 생산 경쟁력은 상당 부분 가격경쟁력이 결정적인 요소로, 배터리 재활용을 통한再生资源 사용이 경제적인 선택이 되기 위해서는 기술의 공정효율 극대화와 품질인증 등의 요소가 선행될 필요가 있음
- 특허기반 국내 기술 영향력 분석결과 양적 성장은 존재하되 글로벌 시장확장 잠재력 및 영향력이 주요국 대비 최하위로 드러나 미래 수요 증가가 예상되는 기술영역[※]에 집중 투자 필요
 - ※ 차세대 배터리 및 음극재/분리막/셀 외 소재 재활용, 배터리 폭발 위험성 및 유해물질 노출 저감 등
- 사용후 배터리 재활용 산업의 안정적 운영을 위하여 폐자원 공급 안정성이 확보되어야 하며, 이에 폐기물의 국가 간 이동을 규제하는 바젤협약 준수 여건 조성 및 전주기 안전성 확보가 필수적
- 배터리 회수, 해외 제도변화 대응, 인증·허가 등 제도가 미비한 영역을 보완하고 수거부터 재제조까지 순환 공급이 원활하게 이루어질 수 있도록 유관 업체 간의 정보 공유가 가능한 데이터관리 시스템 구축 필요

이차전지 산업은 2025년 메모리반도체보다 중요한 위치를 차지하게 될 것으로 전망(IHS Markit), 현재 우리나라는 시장점유율에서 글로벌 탑 수준²⁾으로 평가받고 있다(관계부처합동, 2021). 그러나 배터리 수요가 급증하면서 **원자재 공급 리스크**가 커지고, **지속가능하고 책임있는 생산이 강조되는 미래 시나리오에서 국내 기업이 경쟁력을 유지·향상할 수 있는 발전방향을** 모색할 필요가 있다. 본 브리프는 ① 아직 본격화되지 않은 배터리 이슈를 해결할 수 있을 것으로 기대되는 순환경제 전략 요소를 분석하고, ② 그 영향을 극대화하는 데에 핵심적인 기술경쟁력을 진단, 글로벌 정책환경 변화 등을 종합적으로 고려하여 ③ 배터리 순환경제의 미래를 전망하고 국내 기술개발 및 정책 방향에 대하여 제언한다.

1) 국회미래연구원 연구보고서 2023-06호 「순환경제 글로벌 혁신전략: 표준화, 기술개발, 해외투자, 국제협력」와 연구보고서 2022-10호 「순환경제 미래산업 전략」에서 배터리 순환경제 기술과 산업에 초점을 둔 브리프형 보고서임
2) 2020년 기준 한국 44%, 중국 33%, 일본 17%이며, 한국은 품질관리 수준에서 경쟁력을 가지고 있으나, 원료·소재·부품 해외의존도가 높아 공급망 안정성이 취약함

01

배터리 산업 성장에 필요한 순환경제 요소

1. 배터리 이슈

■ 환경 및 자원공급 제약

- 원자재 공급 리스크: 배터리 생산량 증가는 광물자원 채취/가공 및 활물질(active materials) 공급이 뒷받침되어야 하며, 이에 따른 생물다양성 손실 및 환경오염 문제가 발생 가능
 - 2030년까지 배터리 셀 생산이 2018년 대비 19배³⁾ 증가하는 시나리오(WEF, 2019)에서 공급망 단계별 요구되는 생산량 증가율을 [표 1]에 요약함

표 1 배터리 생산량 급증 시나리오에서 요구되는 원자재 생산량 증가율

원자재 구분	광물자원	정련·제련된 광물자원	활물질
2018년 대비 2030년 증가율(배)	4~40 ⁴⁾	14	15

출처: WEF(2019) p. 25 그림을 참고하여 정리함

- 온실가스배출: 배터리는 전기자동차 사용 등을 통해 제품 전주기 단위에서 온실가스 감축에 기여하나, 여전히 광물자원 채굴부터 배터리팩 생산까지 전체과정에서 배출되는 온실가스가 상당함
 - 기본 시나리오(base case scenario)에서 2030년 182⁵⁾ MtCO_{2e} 배출(WEF, 2019)

■ 경제부문 이슈

- 가격경쟁력: 배터리를 사용하는 제품(예: 전기차)은 그것의 대체품(예: 디젤차)과 가격경쟁을 가지기 위하여 배터리 생산단가를 낮춰야하는 압박이 존재함
 - 따라서 생산단가가 낮은 광물자원 및 가공품과 활물질 등을 공급할 수 있는 국가 또는 업체 의존성이 높음([표 2] 참조)

3) 2018년 기준 최대 규모 셀 생산 공장 120개 추가 가동 필요

4) 광물 종류에 따라 편차 존재하며, 2030년 한 해 300개의 대피라미드 규모의 광물자원 채굴 필요

5) 2020년 한국 총배출량의 28%, 네덜란드 총배출량 수준

- 또한, 이차전지 원가에서 재료비는 70%(관계부처합동, 2021)이상으로 큰 비중을 차지하며, 금속자원 등 원자재가격의 높은 변동성은 가격경쟁력이 있는 배터리 생산에 리스크 요인임

표 2 배터리 4대 소재의 주요 국가 점유율(%)

	양극재	음극재	전해질	분리막
중국	58	86	59	56
한국	28	5	18	23
일본	9	8	22	19
기타	5	1	1	2
합계	100	100	100	100

출처: 한국산업기술진흥협회 (2023)가 SNE리서치의 2022년 시장금액 기준 자료를 정리한 내용임

- 공급망 편중: 광물자원 가공부터 배터리 셀/팩 생산, 사용후 배터리 재활용까지 배터리 공급망 전체에서 중국이 차지하는 비중이 압도적임
 - 2030년 배터리 생산으로 발생하는 경제적 가치는 중국(42%) > 유럽연합(11%) > 미국(9%) 순서로 전망되며(WEF, 2019)
 - 특히 단일국가(중국)의 의존성이 높은 공급망 단계는 활물질(63%), 재활용(73%)으로 전망됨

■ 사회적 리스크

- 광물자원 채굴 및 가공은 주로 아프리카, 남미 등 개발도상국 또는 중국에서 이루어지고 있으며 해당 산업에서 열악한 산업안전 환경 및 아동노동 등의 사회적 이슈가 보고된 바 있음
 - 일례로 코발트 주요 생산지인 콩고에서 열악한 노동환경에서 오는 인권문제가 존재함

2. 배터리 산업 성장과 순환경제

- 배터리 산업 성장에 따라 예상되는 환경·경제·사회적 이슈는 순환경제 전략을 통하여 상당 부분 해결가능할 것으로 예상됨

- '전기차 전주기' 온실가스배출 이슈는 주로 배터리 포함 완제품 '사용' 단계에서의 순환경제 요소를 도입하여 완화될 수 있을 것으로 기대되며, 생산 및 재활용 단계에서도 일부 기여 가능⁶⁾
 - 배터리 생산, 사용, 재활용 단계에서 순환경제 전략을 도입하는 경우 2030년 내연기관 온실가스 배출량 대비 전기차 배출량이 추가적으로 18%⁷⁾ 저감 가능

6) 순환경제 전략요소 도입을 통한 전기차 전주기 온실가스배출 저감 기여율은 차량 공유 64%, 배터리 재사용 11%로 사용 단계가 차지하는 비중이 높으며, 그 외 생산단계 혁신 24%, 재활용 1% 기여(WEF, 2019)

- ‘배터리 전주기’ 온실가스배출 이슈는 재사용, 재활용 순환경제 전략을 도입하여 천연 자원을 이용한 원자재 생산을 최소화함으로써 완화될 수 있을 것으로 기대
 - 2018년 기준 광물자원 채굴부터 활물질 제조까지 원자재 생산단계가 전체 온실가스 배출량의 64%⁸⁾를 차지함
- 온실가스배출 외의 이슈는 광물자원 채굴부터 활물질 생산과 같이 ‘원자재 생산’ 단계와 관련성이 높으며, 원자재 생산량 급증 및 생산 지역의 편중에 따라 리스크가 증가할 것으로 전망됨
- 따라서 천연자원 채굴량을 최소화하고 신규 원자재 수요량을 저감하는 방향의 전략이 요구되며, 이는 자원 사용을 최소화하는 생산 단계의 순환경제 전략과 맞닿아 있음
 - [표 3]은 배터리 공급망 단계에서 적용 가능한 순환경제 전략 요소를 개괄적으로 보여줌
 - 사용후 배터리 재활용을 통한 구성물질(블랙파우더, 외장 캔 등) 회수는 광물자원 채굴, 가공(정련·제련), 활물질 생산 활동을 저감하는 데에 기여할 수 있으며, 원자재 공급안정성 강화에 기여할 수 있음
 - 배터리 셀/팩 재사용, 완제품 공유/수리/재정비/중고거래, 재활용 등은 배터리와 배터리 포함 완제품 가격경쟁력을 높이고 수요 증가에 일부 대응 가능: 2030년 배터리 생산단가 약 17%⁹⁾ 저감 가능

표 3 배터리 공급망 단계별 적용 가능한 순환경제 전략 요소

공급망 단계	순환경제 전략 요소
광물자원 채굴	사용후 배터리 구성물질 재활용(물질 회수)
광물자원 가공	
활물질 제조	
배터리 셀 제조	배터리 셀/팩 재사용
배터리 팩 제조	
배터리 포함 완제품 생산	전기차 공유 , 에너지 저장장치로 재사용 , 수리/재정비, 중고거래

출처: WEF(2019) p. 31 그림을 참고하여 정리함

7) 중간 사이즈 중국 전기차 기준(WEF, 2019)

8) 세부 단계별 배출량은 활물질 제조(28%)>배터리 셀 생산(27%)>광물자원 채굴(21%)>광물자원 가공(15%)>배터리팩 생산(9%)>사용후 배터리 재활용(1%) 순서임

9) WEF(2019) 자료에 기반하여 순환경제 부문 기여분을 합산함

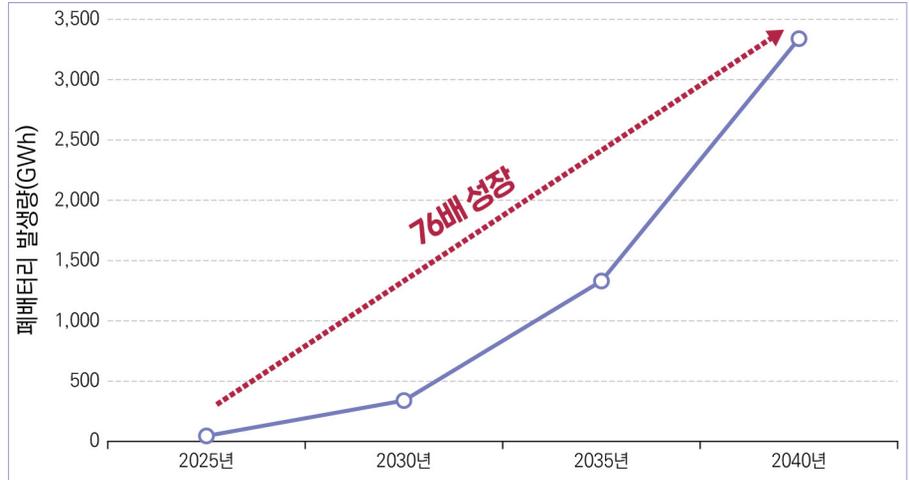
3. 배터리 공급망 재편 가능성: 해외 제도 변화 현황

- 배터리여권 도입은 환경·사회적으로 지속가능성이 낮은 방식으로 생산되는 배터리 원료·부품·소비재 생산활동을 저감하는 방향으로의 전환 동력으로 작용할 것으로 전망됨
 - 배터리여권을 통해 배터리 제조업체는 제품/생산자 정보, 물질함량, 탄소발자국, 공급망 실사정보, 자원순환성, 성능/내구성 등의 정보를 소비자에게 공개해야 함
 - 글로벌배터리연맹은 최근 탄소발자국 산정 방법과 인권 및 아동노동에 관한 지표산정 기준 발간
- 미국 인플레이션감축법의 전기체 세액공제 요건에서 배터리 핵심광물 공급에 관한 해외우려 기관 단서조항 존재(김은아 외, 2023)
 - 2023년 12월 해외우려기관에 대한 해석규칙(안)이 발표되었으며, 우려국 정부에 중국이 포함됨
 - 핵심광물 추출, 가공, 재활용 단계에서 중국이 지배권을 25%이상 보유하거나 기술제휴 등을 통해 유효통제권을 행사하는 경우 세액공제 대상에서 제외(조성대, 고성은, 2023)
- 유럽은 지속가능한 배터리 생산 및 핵심원자재 공급안정성 강화를 위하여 배터리규정에서 재생원료 함량 목표와 사용후 배터리 수거율 목표를 제시
 - 재생원료 함량 목표(2036년): 전기차 배터리, 산업용 배터리, 시동/조명/점화 배터리 내 코발트 26%, 납 85%, 리튬 12%, 니켈 15%
 - 사용후 배터리 수거율 목표(2030년): 휴대용 배터리 73%, 전기자전거 배터리 61%
- 이상의 대외여건 변화는 배터리 주요 소재 점유율이 낮은 한국에게 틈새를 제공, 기회요인으로 작용할 수 있음

4. 사용후 배터리 공급 전망

- 사용후 배터리 재활용 등 순환경제 전략은 발생량 수준에 따라 전체 원자재 공급에 기여하는 수준이 결정됨
 - 배터리 수요증가는 주로 전기차(2030년 기준 전체의 83%)에서 발생할 것으로 전망되며, 배터리의 수명을 고려했을 때 5~10년 이후 사용후 배터리로 시장에 진입됨 (유진투자증권, 2022)
 - 따라서 배터리 수요곡선이 5~10년 이동한 형태의 사용후 배터리 공급 그래프를 예상 가능
 - [그림 1]은 전기차 사용후 배터리 발생량 전망을 보여주며, 2040년 발생량은 2025년의 76배로 재활용 시장 규모가 급성장할 것으로 전망됨

그림 1 2025~2040
사용후 배터리
발생량(배터리
용량 기준) 전망



데이터 출처: SNER리서치 (2023)

- 국내 발생 사용후 배터리 양 증가에는 한계가 존재하며, 재활용 산업의 안정적 운영을 위하여 해외로부터 폐자원 공급 안정성 확보 필요
 - 여기에 폐기물의 국가 간 이동을 규제하는 바젤협약 준수 여건 조성이 필수적
 - 또한, 배터리 수거, 이동, 분리 작업 중에 폭발 및 유해물질 노출 등 안전성 문제 해결 필요

이상에서 배터리 이슈의 핵심으로 원자재 공급 안정성과 지속가능성 확보가 제시되었다. 여기에 공급망 재편에 관한 여건 변화를 고려할 때에, 우리나라는 ‘지속가능하고 책임있는 배터리 순환경제 산업’의 기회요인을 인식하고 이에 필요한 경쟁력 확보 전략을 전개해야한다. 최근 재사용·재활용된 배터리 산업에서의 경쟁력 제고를 위하여 국내 제도 개선이 빠르게 진행되고 있으며,¹⁰⁾ 규제 완화를 통하여 배터리 재활용 산업을 촉진하였다(조지혜, 고인철, 2023). 그러나 **기술경쟁력, 사용후 배터리 순환공급 안정성, 전주기 안전성**에서 극복해야할 과제가 존재한다. 아래 2~3절에서는 에서는 **기술경쟁력**을 중심으로 주요국의 현황을 보여주고, 4~5절에서는 이슈 및 현황 분석에 기반한 미래전망과 정책적 함의를 제시한다.

10) 2020~2022년 대기환경보전법, 폐기물관리법, 전자제품등자원순환법, 전기자동차 배터리 반납 등에 관한고시 개정 2030 이차전지 산업 발전 전략, K-순환경제 이행계획, 규제 개선·지원을 통한 순환경제 활성화 방안, 이차전지 산업 혁신전략 등(조지혜, 고인철, 2023)

02

지속가능한 배터리 생산에 필요한 순환경제 기술요소

1. 배터리 순환경제 기술

- 배터리 재활용 및 재사용은 원자재 공급 안정성과 원가절감 측면에서 미래 파급효과가 큰 기술임
 - 사용후 배터리 공급량이 급증하는 미래(그림 1)에는 재활용 산업에서 규모의 경제가 가능
 - 핵심원자재 가격변동성이 큰 미래 시나리오에서 안정적인 공급원으로 재생원료의 중요도가 높아짐
- 사용후 배터리 순환경제 기술은 크게 재활용과 재사용(재제조)으로 구분
 - 재활용과 재사용의 선행공정으로 수거·선별·검사, 전처리 등이 존재하며, 이들을 별도의 기술요소로 구분하기도 함
 - [표 4]는 순환경제 기술요소에 포함되는 공정과 결과물을 단순화하여 보여줌

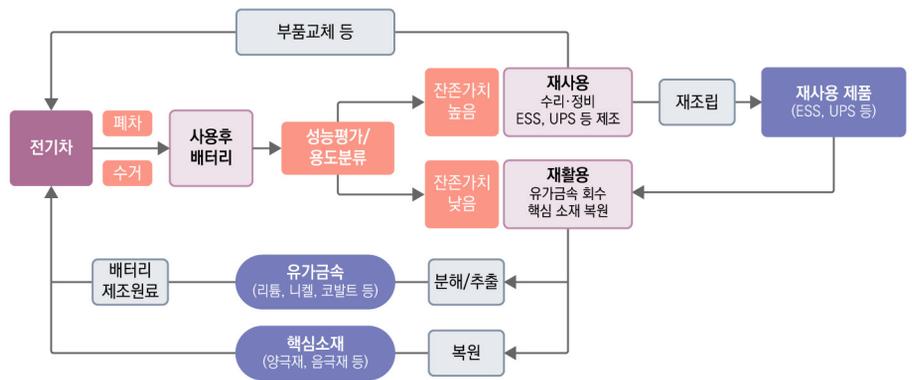
표 4 배터리 순환경제 단계별 기술요소

구분	수거 및 검사	재사용(재제조)	기계적 전처리	재활용(물질회수)
공정	<ul style="list-style-type: none"> • 지정업체 수거 • 배터리팩 세척/외관검사 • 잔존용량/안전성 검사 • 분류, 분해 • 성능검사, 등급 분류 	<ul style="list-style-type: none"> • 수리, 정비 • 재조립 	<ul style="list-style-type: none"> • 배터리 방전 • 사용후 배터리 분해, 파쇄 • 자력선별 	<ul style="list-style-type: none"> • 건식공정 • 습식공정
공정 결과물	<ul style="list-style-type: none"> • 셀, 팩, 모듈 단위 사용후 배터리 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지저장장치, 전력 보조장치 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 배터리 파우더 	<ul style="list-style-type: none"> • 니켈, 망간, 코발트, 리튬
글로벌 주요기업	<ul style="list-style-type: none"> • Umicore(벨기에) • Brunp(중국) 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaton Energy(영국) • ABB(스위스) • Vattenfall(스웨덴) • Bosch(독일) 	<ul style="list-style-type: none"> • Umicore(벨기에) • Brunp(중국) • GEM(중국) 	<ul style="list-style-type: none"> • Umicore(벨기에) • Brunp(중국) • GEM(중국)
국내기업	<ul style="list-style-type: none"> • 인선모터스 • 한국전지재활용협회 	<ul style="list-style-type: none"> • 피엠그로우 	<ul style="list-style-type: none"> • 성일하이텍 • 지엠텍 	<ul style="list-style-type: none"> • 성일하이텍 • 지엠텍 • SK이노베이션

출처: 한국환경산업기술원(2020) p. 14 그림을 참고하여 정리함

- 사용후 배터리 재사용 공정은 배터리 팩 또는 그 구성요소(모듈, 셀) 단위로 해체된 후 다른 용도의 제품으로 재조립되는 일련의 과정을 의미함
 - 재사용은 주로 모듈, 팩 단위의 중대형 전지를 활용
 - 모듈 및 팩 단위 배터리를 작은 단위(셀)로 해체하는 경우 불량 셀을 제거하여 고성능 ESS로 재사용 가능하나 해체 난이도가 높고 많은 비용이 요구되며, 분해 과정에서 화재·폭발 위험이 있음
 - 해체된 배터리는 재구성/재조립 하여 에너지 저장장치(ESS) 및 전력 보조장치(UPS) 등에 활용
 - 재사용에 수반되는 프로세스에는 고도의 기술력보다는 사용후 배터리 수거, 분리/해체 및 운반시 안전성 확보, 진단에 필요한 표준 등 기술 외 요소가 뒷받침되는 여건 조성이 관건임

그림 2 전기차 사용후 배터리 재사용, 재활용 과정 모식도



출처: 우중제(2023) 사용후 배터리 재사용·재활용 산업 이슈 및 활성화 전략

- 사용후 배터리 재활용은 기계적 전처리 후 습식 또는 건식제련으로 물질을 회수하는 공정(그림 3)
 - 현재 재활용은 주로 소형배터리를 활용하며, 양극재에 포함된 금속화합물을 회수하는 공정이 대부분
 - 배터리 셀 또는 모듈의 물리적 전처리는 두 제련법에서 공통적으로 선행되는 공정이며, 주요 산물인 중간체(black mass) 외 부산물로 알루미늄, 구리 등이 회수됨(PwC, 2022)
 - 물리적 전처리로 생성된 중간체는 건식제련을 거쳐 합금, 매트, 슬래그, 비산재가 만들어지며, 이후 습식제련 과정을 거쳐 코발트, 구리, 니켈, 리튬 화합물이 회수됨(PwC, 2022)
 - 건식제련 공정을 거치지 않고 중간체가 바로 습식제련을 통하여 코발트, 니켈, 망간, 리튬, 흑연이 회수될 수도 있음(PwC, 2022)

그림 3 사용후 배터리 재활용 공정 모식도



출처: 삼성증권 (2022), 원자료: Dominish et al., 2021

03

주요국의 배터리 순환경제 기술·산업 영향력 비교

특허는 선제적으로 미래에 상용화를 통한 부가가치 생성이 기대되는 기술을 선언하는 기능을 가지고 있어 잠재적 성장 가능성을 진단하기에 유용한 데이터를 제공함. 여기에서는 배터리 순환경제 관련 기술의 특허 출원 현황을 분석함으로써 기술 영향력이 높은 국가, 출원인을 식별하고 앞절과 연계하여 향후 개발 잠재력이 높은 기술영역을 알아보고자 함.

1. 대상 산업 및 기술 정의

- 배터리 재사용과 재활용에 해당하는 기술은 특허청이 제공하는 산업기술-특허 연계표에서 추출
 - 자원순환-금속자원회수, 자원순환-재제조에 해당하는 특허코드(IPC)가 메인코드에 포함되어있는 특허들 중 배터리 제조와 관련된 특허코드(IPC)가 코드에 포함되어있는 특허를 추출하여 정제
 - 이후 발명의 명칭을 검토하여 배터리 순환경제와 관련성이 낮은 기술 그룹 제거, 2018-2022년 출원된 특허 중 2024.3.8. 검색일 기준 등록 상태이거나 PCT¹¹⁾ 출원된 총 634개 특허를 분석 대상으로 정의함
 - 동일 특허 코드 안에 다양한 기술요소를 포함하고 있어 이후 기술 구분은 발명의 명칭에 존재하는 키워드를 기준으로 [표 5]와 같이 구분하였으며, 유기물 회수에 해당하는 기술을 물질별로 구분하여 [표 6]에 정리함
 - 유기 금속을 회수하는 기술이 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 그 중 리튬을 회수 대상으로 하는 기술 내용이 대다수를 차지함
 - 유기물 회수 기술에 관한 특허는 습식/건식 제련과 같은 금속 추출 공정과 그 후에 이루어지는 불순물 제거 공정이 혼재되어있는 경우가 다수 존재하여 공정 프로세스 단위로 특허를 구분하기는 어려움
 - 한편, 재사용 또는 재제조에 해당하는 기술은 물리적 전처리 기술(분해, 해체 등)에 포함되어 처리됨

11) Patent Cooperation Treaty 특허는 국제특허로 이 특허를 근거로 하여 이후 특허협력조약에 가입한 다수의 국가를 대상으로 출원 가능

표 5 배터리 순환경제 기술 구분

기술구분	포함 키워드	특허 건수
물리적 전처리	방전, 분류, 분리, 분쇄, 분해, 선별, 수거, 압출, 이송, 절단, 파괴, 파쇄, 해체, 회수	110 (17%)
유기물 회수 ¹²⁾	리튬, 코발트, 납, 망간, 니켈, 백금, 스칸듐, 지르코늄, 유가, 금속, 합금, 분리막	477 (75%)
기타	-	47 (8%)

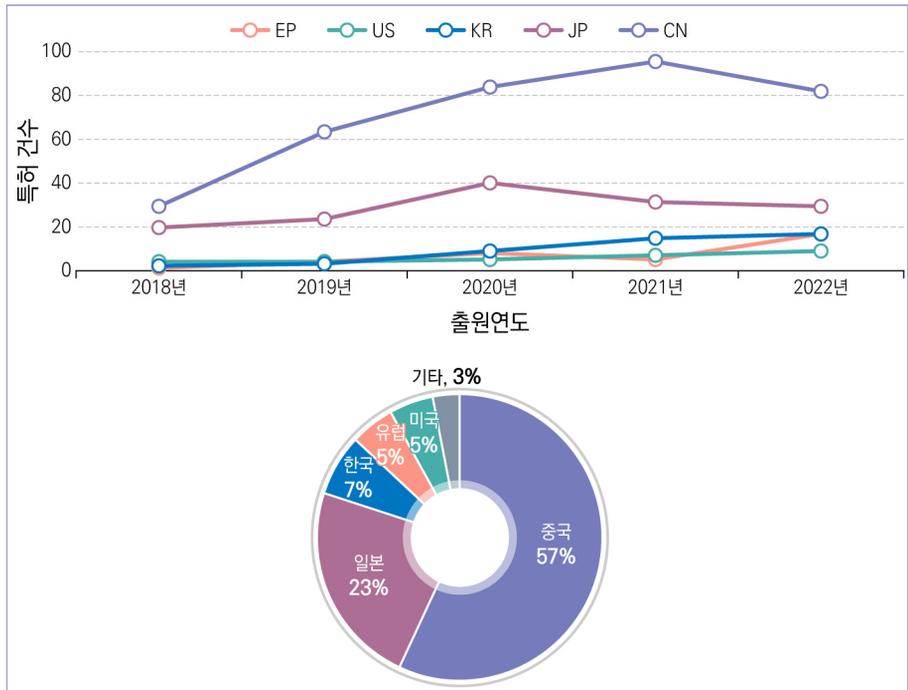
표 6 유기물 회수 기술 세부 구분 및 해당 기술 특허 건수

물질 구분		특허 건수
금속 ¹³⁾	리튬	285
	코발트	47
	납	28
	망간	23
	유가금속(기타, 미지정)	114
비금속	분리막	11
	기타	42

2. 주요 특허 출원국 분석결과

- 전 세계 배터리 순환경제 기술 특허출원 및 등록 규모¹⁴⁾는 지속적으로 증가하고 있으며, 중국의 비중이 높음
 - 한국과 유럽¹⁵⁾의 경우 전체에서 차지하는 비중은 중국과 일본보다 낮은 수준이나 2021년부터 증가율이 가장 높은 반면 일본의 특허 규모는 성장이 둔화되는 추세를 보임

그림 4 주요 5개국 배터리 순환경제 특허규모 변화



12) 물리적 전처리에 해당하는 특허를 제거한 후 유기물 회수 관련 키워드가 포함된 특허
 13) 동일 특허 내에 2개 이상의 금속 물질이 다뤄지는 경우가 존재하며, 이 경우 각 물질 별 1건으로 산정함
 14) [그림 4]에 보여주는 수치는 해당 연도에 중국, 일본, 한국, 유럽, 미국 특허청에 출원되어 2024.3.8.일 기준 등록상태인 것과 PCT 출원이 된 것의 합집합을 보여줌
 15) 특허 출원인 국가코드가 EP인 경우와 함께 유럽특허청(EPO) 회원국이 출원한 경우도 유럽으로 그룹핑함

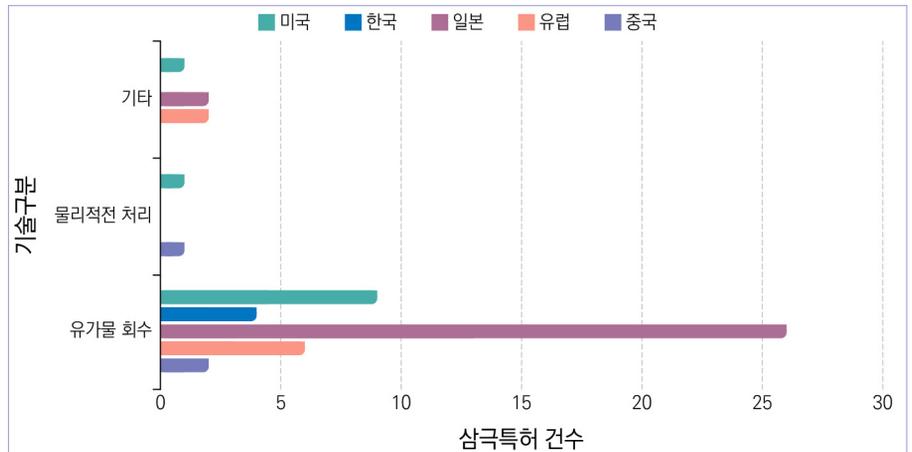
- 패밀리특허¹⁶⁾ 현황 분석 결과는 출원국별 잠재적 해외 시장 확장 영향력을 보여줌([표 7])
 - [그림 4]와 [표 7]을 비교하면 중국이 전체 패밀리 국가 수에서 차지하는 비중이 총 특허 규모에 비해 크게 적으며, 일본과 한국은 유사한 수준, 유럽과 미국이 출원한 총 특허 규모에 비해 패밀리국가 수가 차지하는 비중이 큼
 - 이는 특허 기술에 기반한 잠재적 해외 시장 확장성 측면에서 특허의 영향력을 보여주며, 한국이 출원한 특허의 해외 시장 확장 잠재력이 주요 5개국 중 가장 낮은 가능성을 시사함
 - 단, 이는 국가 차원의 평균에 해당하며 해외 시장 확장 등은 개별 기업의 역량이 중요한 요소로 작용하므로 주요 출원인 분석결과와 가격경쟁력 등을 종합적으로 고려할 필요가 있음

표 7 주요 출원국이 패밀리특허(국가 수 기준)에서 차지하는 비중과 특허 건당 패밀리 국가 수

주요 출원국	패밀리국가 수 비중	패밀리특허 건당 패밀리국가 수
중국	38%	1.4
일본	28%	3.0
유럽	14%	5.6
미국	10%	4.8
한국	6%	1.7

- 삼극특허(triadic patent)¹⁷⁾ 분석결과는 영향력이 높은 특허 기술을 출원한 국가의 비중을 보여줌([그림 5])
 - 유가물 회수에 삼극특허가 집중되어 있으며, 일본이 압도적으로 높은 비중을 차지함
 - 일본을 제외한 국가의 삼극특허 출원 비중은 대동소이하며 미국>유럽>한국>중국 순서임

그림 5 배터리 순환경제 기술별 주요국의 삼극특허 비중 (2018-2022 누적 건수)



16) 최초 출원한 기술에 기반하여 관련 특허를 시리즈로 출원하거나 동일한 기술을 2개 이상의 대상국에 출원할 수 있으며, 이들 특허를 패밀리특허로 정의함. 여기에서는 EPO 패밀리 ID를 기준으로 중복을 제거함

17) 미국, 일본, 유럽 특허청에 모두 등록된 특허로 OECD가 지식재산권 영향력 비교를 위하여 개발함(OECD, 2009)

3. 고영향 특허출원인 및 특허 내용

- 영향력이 높은 특허로 삼극특허 중 패밀리 국가 수가 높은 특허(Harhoff et al., 2003; OECD, 2009) 내용을 [표 8]에 정리함
 - 유미코어는 개별 특허 단위에서 영향력이 가장 높은(삼극특허이면서 패밀리 국가 수가 최대) 특허로 리튬 추출 기술을 보유함
 - 미국, 유럽, 호주에 소재한 기업이 영향력이 높은 특허를 보유한 사례가 다수 존재함
 - [표 8]에 정리된 고영향 특허의 반 이상이 PCT 출원 상태이며, 향후 개별국 대상 등록절차를 거쳐 국제적 영향력을 더욱 확장할 가능성이 있음

표 8 2018~2022년 출원된 배터리 순환경제 고영향 특허 내역

패밀리 국가 수	출원 연도	출원국	대상국	출원인	발명의 명칭
22	2020	유럽	PCT	UMICORE	리튬 전지 음극용 전구체 화합물 제조 공정
20	2021	독일	일본	DUESENFELD GMBH	충전식 사용후 배터리를 처리하는 재활용 방법 및 배터리 처리 설비
12	2018	미국	일본	LARRY LIEN	산 용액으로부터의 리튬의 회수 방법
12	2019	호주	PCT	A.C.N. 630	배터리 재활용 공정
10	2020	미국	PCT	PYROTEK	용융 납 스크랩 침수 장치
9	2018	미국	미국	RSR TECHNOLOGIES	자성을 이용한 전기 화학 전지 재료의 분리
9	2020	영국	PCT	AURELIUS ENVIRONMENTAL	납 함유 폐기물의 재활용
9	2021	미국	PCT	UT-BATTELLE	지지된 막 용매 추출을 가진 수명 종료 리튬 이온 배터리로부터 임계 요소의 회수

- 특허 보유 규모 기반 고영향 특허 출원인은 중국과 일본의 광물제련, 재활용 업체로 나타남
 - 기업 또는 기관은 다수의 관련 특허를 보유함으로써 기술경쟁력을 확보할 수 있으며, 아래 [표 9]는 주요 출원인의 특허출원 현황을 보여줌
 - 중국의 Brunp 재활용은 중국의 대표 배터리 회사인 CATL의 자회사로, 물리적 전처리와 유가물 회수 두 부문에서 가장 높은 특허 출원 규모를 보여줌
 - 스미토모와 JX는 금속 채굴 및 제련을 하는 대기업으로, 주요 산업에서 보유한 기술을 사용후 배터리 제련 기술로 확장 적용함
 - 양적인 특허기술 보유 현황으로 봤을 때 주로 중국과 일본의 기업이 높은 영향력을 가지고 있는 것으로 나타남
 - 유럽에서 사용후 배터리 재활용 부문 대표 기업인 유미코어는 2018~2022년 누적 특허 건수 5건(유가물 회수 4건, 기타 1건)으로 양적 기준으로 상위 10위에 포함되지 못함

표 9 배터리 순환경제 기술 주요 특허출원인 현황(2018-2022) 누적

출원인	출원국	총 특허 건수	기술 구분		
			물리적 전처리	유가물 회수	기타
Brupn(광둥, 후난) Recycling Technology	중국	51	7	42	2
Sumitomo Metal Mining	일본	44	2	42	0
JX Nippon Ming & Metals	일본	33	4	27	2
Central South University	중국	21	3	18	0
Dowa Eco-system	일본	13	1	6	6
Asaka Riken	일본	12	0	12	0

- [표 9]의 주요 출원인이 보유한 특허 중 삼극특허 여부 및 패밀리특허 규모(국가 수/문헌 수) 기준 고영향 특허를 [표 10]에 정리함
 - 삼극특허를 보유한 출원인은 스미토모, JX, 도와, 아사카이며, 출원인별 패밀리특허 규모가 가장 큰 특허를 추출함
 - 중국 소재의 주요 출원인은 삼극특허를 보유하지 않았으며 [표 10]에는 패밀리특허 규모가 가장 큰 특허를 정리함
 - [표 10]에 정리된 특허 또한 리튬 회수 기술에 집중되어 있다는 점이 특징적이며, PCT 특허 외 등록 상태인 특허의 대상국에 한국이 존재한다는 점에 주목할 필요가 있음

표 10 주요 출원인의 배터리 순환경제 고영향 특허 내역(2018-2022년 출원 건)

패밀리 국가 수	출원 연도	출원국	대상국	출원인	발명의 명칭
8	2018	일본	한국	JX Nippon Ming & Metals	리튬 회수 방법
8	2021	일본	PCT	Sumitomo Metal Mining	유가금속을 회수하는 방법
7	2022	일본	PCT	Asaka Riken	페리튬이온 전지의 처리방법
7	2021	일본	PCT	Dowa Eco-system	유가물의 회수 방법
8	2022	중국	PCT	Brupn Recycling Technology	폐전지 분말의 침출 및 수소 농도 조절 가능한 안전한 반응기
2	2021	중국	PCT	Central South University	페리튬전지의 양극재 처리 방법

4. 국내 기술개발 계획 ■ 국내에서는 중소벤처기업부에서 사용후 배터리 재활용 및 재사용 기술개발 로드맵을 제시하였으며 아래의 핵심기술 영역을 중심으로 투자 예정(중소벤처기업부, 2021 & 2022)

표 11 국내 사용후 배터리 재활용 및 재사용 핵심기술 영역

재활용 기술(2022~2026)	재사용 기술(2023~2027)
<ul style="list-style-type: none"> - 이차전지 수집 및 해체 기술 - 리튬염 선택적 추출 기술 - 금속염 선택적 추출 기술(리튬 제외) - 폐배터리 상태 모니터링 - 재활용 소재 정제 기술 - 재활용 소재와 기존 소재 블렌딩 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 사용 후 이차전지 진단 기술 및 장비 - 재사용 가능한 사용 후 배터리 팩 분리 및 회수 시스템 기술 - 재사용 전지의 최적운영 및 BMS 기술 개발 - 재사용 전지의 이차사용 팩 설계 및 제조기술

- [표 11]의 기술개발 로드맵에는 틈새 기술 및 성장 잠재력이 큰 기술 포괄
 - 특허분석에서 해외 주요 출원인이 보유하고 있는 리튬 중심의 유기금속 회수 기술 외에 다양한 기계적 전처리 및 재사용 기술을 포함하고 있음
 - 선제적으로 기술 경쟁력을 확보하는 경우 향후 배터리 순환경제 기술·산업 영향력 향상 기대
- 재사용·재활용 전처리 및 재활용 공정에서의 폭발 제어, 유해물질 노출을 저감하는 공정기술 등 안전성 강화에 필요한 투자 보강 필요

04

배터리 순환경제 기술·산업 미래전망

- 배터리여권(WEF, 2023) 도입은 환경·사회적으로 지속가능성이 낮은 방식으로 생산되는 배터리 원료·부품·소비재 생산활동을 저감하는 방향으로의 전환 동력으로 작용할 것으로 전망됨
 - 배터리 재활용을 통해 생산된 재생원료의 수요를 확대함으로써 재활용 산업성장 촉진
 - 재생원료 포함기준을 만족하기 위한 것과 환경·인권 관련 글로벌 기준에 부합하지 않은 개발도상국 원자재 생산업체로부터의 공급을 대체하는 것이 주요 동력으로 작용할 것임
- 지금까지 투자가 집중되고 있는 사용후 배터리 순환경제 산업은 물질 재활용, 특히 양극재에 포함된 유가금속을 회수하는 기술 부문임
 - 국내에서는 성일하이텍, 지엠텍, SK 이노베이션 등에서 블랙파우더에서 습식으로 금속화합물을 추출하는 기술을 보유하고 있으나 한국이 보유한 특허의 영향력이 주요국 대비 최하위 수준임(한국환경산업기술원, 2020)
 - 본 연구에서 분석한 결과에서 한국의 배터리 재활용 특허 출원 양은 특별히 주요국에 뒤지지 않으나 영향력이 높은 특허를 보유하지 못한 것으로 나타남
 - 벨기에 유미코아, 독일 뒤젠펠트 와 미국의 재활용 업체가 사용후 배터리 재활용 기술을 선도하고 있으며, 일본과 중국 소재의 일부 대기업 또한 특허 규모 면에서 앞서고 있음
 - 유미코어는 건식제련과 습식제련 공정을 결합하여 구리, 아연, 망간, 니켈, 코발트, 리튬 등의 회수된 유가금속을 니켈수소전지, 리튬이온전지 원료로 활용
 - 전고체배터리 등 차세대 배터리가 널리 상용화되는 미래에 해당 배터리 재료를 분리·회수하는 기술은 현재의 리튬이온 배터리 재활용 기술을 대체하거나 영향력이 커질 것으로 전망됨
 - 향후 음극재, 분리막, 배터리 셀 외부 물질 재활용 기술을 통해 회수 가능한 물질 영역이 확대될 것으로 전망됨
- 지금까지는 재활용 공정에서 물질회수 단계 이전 기계적 전처리에 해당하는 기술개발 및 투자가 상대적으로 적으나 안전성이 강화된 전처리 기술은 향후 영향력이 높아질 것으로 전망

- 전기차 사용후 배터리 발생량이 급증함에 따라 재사용 방식의 공정에 투자가 증가될 것으로 전망
 - 아직은 사용 연한이 지난 배터리 양이 적고 관련 기술이 성숙되지 않아 사업화 사례가 적음
 - 안정성이 높은 해체기술이 확보되는 경우 부가가치가 높은 업사이클 제품 생산이 가능할 것으로 전망됨
 - ESS 사용후 팩, 모듈 단위의 배터리는 셀 이하의 단위로 분해되어 물질 재활용에 활용될 수 있으며, 이 때 해체/분리 과정에서 폭발을 방지하는 안전 기술이 고도화 될 필요가 있음
 - 2017년 현대자동차가 사용후 배터리를 재사용하여 ESS 제조한 사례 존재(PwC, 2022)
 - 일본의 닛산자동차는 2014년부터 구형 배터리를 반납하는 조건으로 배터리 교체 서비스를 시행, 회수된 배터리를 사용하여 ESS 제작, 태양광 발전과 연계한 전기저장과 부전력 저장장치 개발(시사저널e, 2016)
 - 혼다자동차는 페리튬이온전지를 회수하여 일정 조건 충족시 ESS로 활용, 조건이 충족되지 않는 경우 해체-선별 과정을 거쳐 희소금속 추출에 이용(에너지데일리, 2020)

- 사용후 배터리 재활용 산업의 안정적 운영을 위하여 폐자원 공급 안정성이 확보되어야 하며, 이에 폐기물의 국가 간 이동을 규제하는 바젤협약 준수 여건 조성이 필수적
 - 사용후 배터리 수출, 수입업자 모두 바젤 퍼밋을 획득해야 하며, 관련 절차가 까다로우므로 여러 국가를 대상으로 퍼밋을 보유하고 있는 회사를 인수하거나 국내외 관할 부서 사전동의(퍼밋 발급)를 받는 과정을 적시에 진행할 필요가 있음
 - 또는 수요가 집중된 국가를 중심으로 글로벌 거점 수거 및 전처리 시설에 투자하는 방법 고려

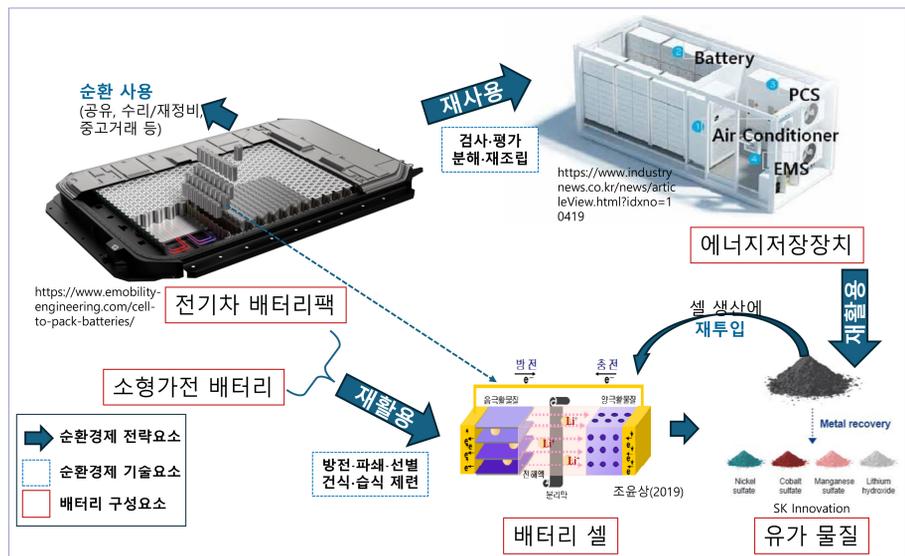
05

정책적 함의

- 순환경제 전략 및 기술은 배터리 생산-사용-폐기 전주기에 걸쳐 적용되어([그림6] 참조) 배터리 산업 성장에 따라 예상되는 환경·경제·사회적 이슈를 저감할 수 있을 것으로 기대
 - (경제적) 배터리 셀 원가의 70%는 재료비에서, 리튬이온전지 재료비의 44%가 양극활물질에서 기인하며(PwC, 2022), 재사용시 신제품 대비 30~50% 원가 절감 가능 (유진투자증권, 2022)
 - (경제적) Vehicle to Grid 전략을 통해 전기차 충전인프라 구축 비용 90% 저감(WEF, 2019)
 - (경제적) 배터리 주요 구성물질인 핵심광물자원은 가격 변동성이 크며, 일부 지역에서의 공급에 의존성이 커 배터리 물질 재활용 기술은 이러한 원자재 공급안정성 확보에 기여할 것으로 기대
 - (환경적) 전기차 사용후 배터리 재활용을 통하여 2040년까지 천연자원 수요를 25%~55% 저감 가능할 것으로 기대(Dominish et al., 2021): 천연자원 채굴량 감소에 기여함으로써 생물다양성 파괴 및 채굴과정에서 발생하는 환경오염 저감
 - (환경적) 배터리는 독성이 큰 금속물질을 포함하고 있어 부적절하게 폐기되어 환경에 노출되는 경우 인간과 환경에 미치는 해가 크며, 사용후 배터리를 지속가능한 방식으로 재활용하는 경우 이러한 부정적 영향을 저감할 수 있음
 - (환경적) 전기차 사용 전주기(배터리 생산단계 포함) 온실가스 배출량은 화석연료 기반 자동차에 비해 적으며, 여기에 순환사용 전략요소(공유, 수리/재정비, 중고거래 등)를 적용하는 경우 추가 18% 저감 가능
 - (사회적) 현재 배터리 원료로 사용되는 핵심원자재 채굴 및 가공은 대부분 산업현장에서 환경·안전 여건이 열악한 개발도상국에서 이루어지며, 물질 재활용 확대는 이러한 지속가능성이 낮은 생산활동을 저감할 수 있을 것으로 기대
- 배터리 생산 경쟁력은 상당 부분 가격경쟁력이 결정적인 요소로, 배터리 재활용을 통한 재생원료 사용이 경제적인 선택이 되기 위해서는 기술의 공정효율 극대화과 품질인증 등의 요소가 선행될 필요가 있음
 - 이러한 가격경쟁력 요소는 최근 진행 중인 공급망 개편과 국제환경규범 강화에 따른 무역 장벽 요소가 부각되면서 일부 상쇄될 가능성이 있음

- 최근의 대외여건의 변화에서 한국이 비교우위를 가질 수 있는 여지가 있으며, 이러한 기회요소를 극대화 하기 위해서는 원자재 공급 안정성(소재부품 국산화 또는 공급 다각화)을 확보하고 공백기술 및 성장잠재력이 높은 기술을 선제적으로 확보할 필요가 있음
- 최근 배터리 재활용 관련 국내 기업의 투자가 급격히 증가하고 있으나 특허기반 기술 영향력 분석결과 양적 성장은 존재하되 글로벌 시장확장 잠재력 및 영향력이 주요국 대비 최하위로 드러나 미래 수요 증가가 예상되는 기술영역에 집중 투자 필요
 - 차세대 배터리 재활용, 음극재/분리막/셀 외 소재 재활용, 유해물질 노출 저감 공정 등 현재 공백이 존재하는 기술영역에 주목할 필요가 있음
 - 사용후 배터리 재사용을 통한 ESS 사용 확산을 위해서는 폭발 위험성을 낮출 필요가 있으며, 이에 관한 기술투자가 요구됨
- 한편, 배터리 순환경제는 기술 외에 제도적 개선을 통한 경쟁력 향상이 가능한 부분이 존재함
 - 배터리 순환경제를 촉진하기 위해서는 사용후 배터리 글로벌 공급망을 확충할 필요가 있으며, 이에 관한 바젤협약 및 배터리어권 대응 등 글로벌 표준 및 인증·허가 관련 정부 지원 필요
 - 국내에서 사용된 배터리의 일부만 회수되고있어 생산자책임재활용 제도의 지정 품목 확장을 고려할 필요가 있음
 - 배터리 순환경제 관련 소관 부처는 환경부와 산업부로 분리되어있어 수거·재활용 단계 (환경부 소관)와 성능 평가, 인증 등의 업무(산업부 소관)로 구분되며, 배터리 분해는 완제품 업체에 의존하는 구조로(조운상, 2019) 재활용 업체의 정책대응 및 시장진입이 어려운 실정임
 - 따라서 제도가 미비한 영역을 보완하고 수거부터 재제조까지 순환 공급이 원활하게 이루어질 수 있도록 유관 업체간의 정보 공유가 가능한 데이터관리 시스템 구축 필요

그림 6 배터리 생산-사용-폐기 전주기에 걸친 순환경제 전략 및 기술 요소



참고문헌

관계부처합동(2021) K-배터리 발전전략

김은아, 박성준, 차정미(2023) 핵심원자재 공급 안정성 강화 중장기 전략, 국회미래의제 23-08호

우중제(2023) 사용후 배터리 재사용·재활용 산업 이슈 및 활성화 전략, 기술과 혁신 vol. 462

유진투자증권(2022) 폐배터리 산업, 2023 Outlook

조성대, 고성은(2023) 美 IRA ‘해외우려기관(FEOC) 해석지침(안) 내용과 시사점, 통상이슈브리프

조윤상(2019) 페리튬 2차전지의 Re-use와 Re-cycling 산업 및 기술현황, 산은조사월보 제 768호, KDB 산업은행 미래전략연구소

조지혜, 고인철(2023) 배터리 순환경제 구축을 위한 주요 이슈 및 정책과제, KEI 포커스

중소벤처기업부 (2021) 전략제품 현황분석: 폐배터리 재활용(Recycle)

_____ (2022) 중소기업 전략기술 로드맵 2023-2025: 이차전지

한국산업기술진흥협회(2023) K-battery 산업의 확장성, 기술과혁신 vol. 462

한국환경산업기술원(2020) 녹색산업의 글로벌가치사슬 분석 및 발전과제 도출 연구

Harhoff, D., Scherer, F. M., & Vopel, K.(2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. Research policy, 32(8), 1343-1363.

OECD(2009) OECD Patent Statistics Manual

PwC(2022) 순환경제로의 전환과 대응전략-플라스틱과 배터리를 중심으로, 삼일회계법인

SNE리서치(2023) Recycling/Reuse 기술동향 및 시장전망

Dominish, E., Florin, N., Wakefield-Rann, R.(2021) Reducing new mining for electric vehicle battery metals: responsible sourcing through demand reduction strategies and recycling.

World Economic Forum (WEF)(2019) a vision for a sustainable battery value chain in 2030, Insight Report

WEF(2023) Digital battery passports: an enabler for sustainable and circular battery management

웹사이트

시사저널e (2016. 11. 2.) 전기차 중고 배터리, ESS 시장서 각광
(<https://www.sisajournal-e.com/news/articleView.html?idxno=159910>)

에너지데일리 (2020. 9. 4.) 일본 기업, 전기차 폐배터리 재활용 사업 '돈 된다'
(<https://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=111415>)

이 자료는 **국회미래연구원 홈페이지**(www.nafi.re.kr) 및
열린국회정보(open.assembly.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.

