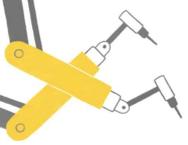


기술동향

전기차 배터리 핵심광물

KISTEP 성장동력사업센터 이승필 · 조유진
KISTEP 거대공공사업센터 여준석





Contents

 제1장 개요	1
 제2장 공급망 동향	6
 제3장 기술동향	21
 제4장 정책동향	24
 제5장 R&D 투자동향	29
 제6장 결론	34



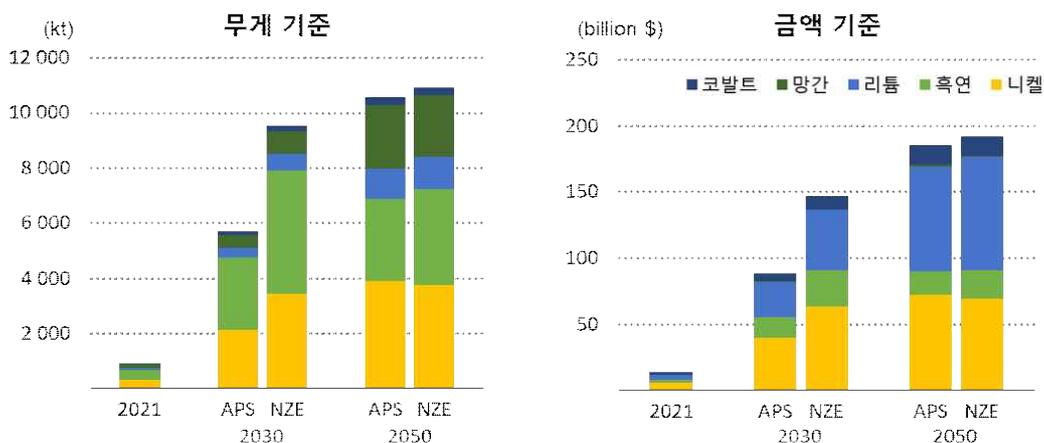
제1장 개요

1.1. 작성 배경

☞ 탄소중립을 위한 에너지 및 산업의 친환경·전기화는 기존 화석연료 기반 에너지 패러다임을 원자재(광물) 중심으로 전환하여 특정 광물 자원의 수요를 촉진

- 태양광, 풍력, 수소, 배터리 등 청정에너지 기술 보급의 확대에 따라 IEA에서는 '20년 대비 '50년 기준 석유수요는 1/4로 줄어드는 반면, 구리, 리튬, 니켈, 코발트 등의 광물 자원 수요는 4배 이상 증가할 것으로 전망
- 특히, 배터리의 경우 전기차 및 에너지 저장시스템(ESS) 보급 확대에 따라 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연 등에 대한 수요는 '21년 약 0.9백만 톤에서 '50년 약 10.9백만 톤으로 10배 이상 늘어날 것으로 전망됨(넷제로 시나리오 기준)

※ 금액 기준으로는 '21년 139억 달러에서 '50년 1,922억 달러로 증가할 전망



[그림 1] 배터리 핵심광물 수요 현황 및 전망

* APS(목표선언 시나리오), NZE(넷제로 시나리오), 출처 : IEA(2021) 저자 재가공

☞ 급격한 광물 자원 수요 확대에 더불어, 특정국 자원 편재성, 자원민족주의, 비탄력적 공급 구조, 환경규제 등이 광물 자원의 가격 상승 및 공급망 불안을 가중

- 배터리 핵심광물은 특정 소수국에 매장 및 생산*이 집중되어 있고, 정·제련 등 가공단계 이후 공급망은 중국이 장악**

* (리튬) 호주 50%, (니켈) 인도네시아 30%, (코발트) 콩고 70%, (망간) 남아공 38% 수준

** (리튬) 52.7%, (니켈) 32.8%, (코발트) 67.1%, (망간) 90% 수준

- 자원 보유국들은 핵심광물 국유화, 수출 통제, 외국기업 생산설비 투자 유도 등 핵심광물을 자국의 경제적·정치적 수단으로 활용

- 멕시코는 리튬 국유 재산화 및 국영 기업(리티오멕스) 설립, 아르헨티나-볼리비아-칠레 중심 남미 리튬 부국들은 '리튬판 OPEC' 결성 계획 발표

- 인도네시아는 니켈 최대 생산국 지위를 활용하여 중간재부터 완성차까지 자국 내 외국기업 생산시설 및 투자 유치

- 중국은 리튬 화합물(정·제련) 시장의 우월적 지위를 활용하여 국제 거래 기준통화 위안화 설정, 배터리 소재 반값 계약(CATL-완성차 업체) 등으로 배터리 시장 패권 강화 추진

- 글로벌 핵심광물 수요 증가에 따라 신규 공급원이 적시에 확보되어야 하나, 신규 광산 개발은 성공률이 낮고 리드타임*이 길어, 광물 수요에 즉각적으로 대응하기 어려움

* 광물 발견부터 생산까지 평균 리드타임 : 약 16년(탐사 및 사업성평가 12.5년, 건설 계획 1.8년, 건설-생산 2.6년) (출처 : IEA)

- 광물 채굴 및 정·제련 시 발생하는 다량의 이산화탄소, 수자원 소비, 화학물질로 인한 환경 파괴 등에 따라, 유럽 등 선진국에서는 환경규제를 강화하고 있음. 이는 비용 증가와 함께 공급망 불안 가중시킬 수 있음

핵심광물 대부분을 수입에 의존하는 우리나라의 경우, 배터리 산업 경쟁력 유지·확대를 위해 안정적인 핵심광물 확보 전략이 긴급

- 양극재 기술 경쟁력은 확보하였으나, 2022년 기준으로 주요 원재료인 수산화 리튬(87.9%) 전구체(95.3%) 대부분을 중국에 의존(한국무역협회, 2022)

- 연평균 30% 고성장이 전망되는 배터리 시장에서, 국내 기업의 경쟁력 유지·확대를 위해 핵심광물의 안정적 공급망 구축 전략이 필요한 상황

본고에서는 배터리 핵심광물 분야 국내외 공급망 현황 진단, 관련 기술 및 정책동향 파악 등을 통해 안정적 핵심광물 확보 및 기술대응 전략을 위한 시사점을 도출하고자 함

〈참고〉 배터리&핵심광물&재활용 수요 전망

※ 출처 : Battery Metals Outlook(~2030), 2022 Recycling Reuse 시장전망, SNE Research

 (배터리) 글로벌 배터리 시장은 전기차 수요를 중심으로 '19년 222GWh에서 '30년 3,872GWh로 연평균 29.7% 성장할 전망

〈표 1〉 용도별 배터리 시장 전망(GWh)

용도	2019	2022	2025	2028	2030	CAGR(%)
ESS	11	52	147	262	345	36.8
Bus	15	17	44	78	103	19.1
Truck	6	14	82	223	393	46.3
Pick-up	0	17	87	195	319	75.7
Passenger	96	359	912	1,696	2,548	34.7
IT	94	110	126	146	164	5.2
총계	222	569	1,398	2,600	3,872	29.7

 (핵심광물) 글로벌 배터리 핵심광물 수요는 연평균 25.2% 성장하여 '30년에 약 6백만 톤에 이를 것으로 전망

〈표 2〉 배터리 핵심광물 수요 전망(백만 톤)

용도	2021	2023	2025	2027	2030	CAGR(%)
망간	0.07	0.12	0.17	0.24	0.38	20.7
코발트	0.11	0.18	0.25	0.35	0.57	20.1
니켈	0.26	0.51	0.84	1.31	2.37	27.8
리튬(LCE)	0.36	0.67	1.04	1.57	2.74	25.3
총계	0.8	1.48	2.3	3.47	6.06	25.2

 (재활용) 글로벌 재활용 시장은 연평균 32%로 성장하여, '21년 513백만 달러에서 '40년 57,395백만 달러로 성장할 전망

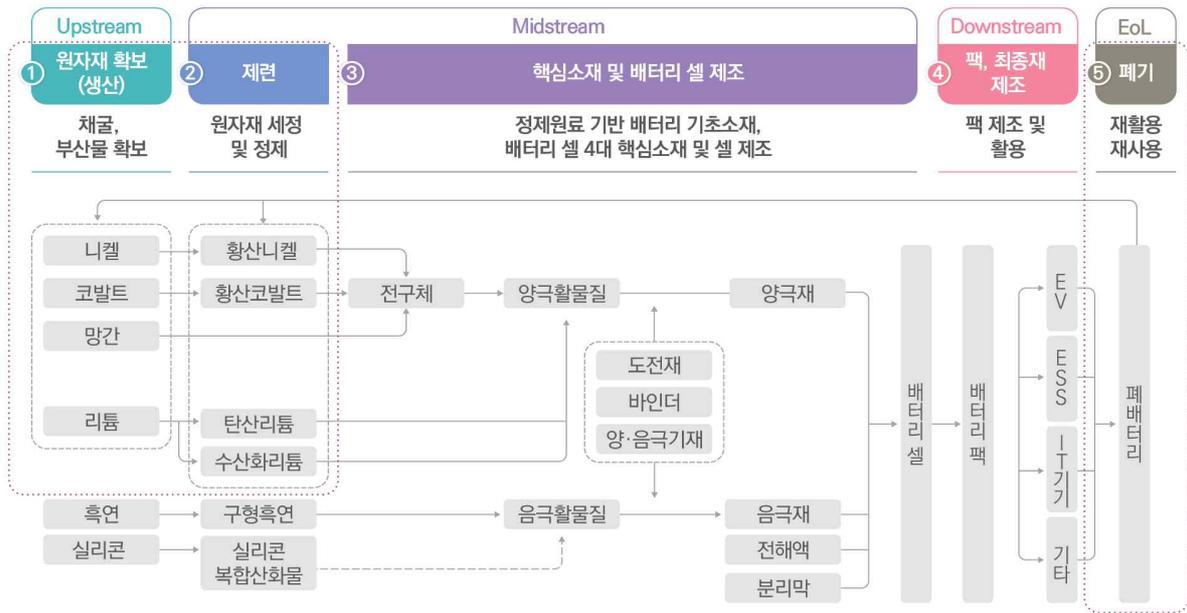
〈표 3〉 배터리 재활용 시장 전망(리튬, 니켈, 구리, 알루미늄, 코발트, 망간 포함) (백만 달러)

용도	2021	2026	2031	2036	2040	CAGR(%)
중국	498	833	3,993	12,282	23,702	29
유럽	13	169	1,702	6,728	13,868	40
미국	1	198	1,511	6,668	15,612	42
한국	1	71	184	617	1,292	23
기타	0	55	328	1,180	2,921	37
총계	513	1,326	7,718	27,475	57,395	33

1.2. 기술의 정의 및 범위

전기차 배터리 벨류체인은 크게 원자재 탐사(채굴) → 정·제련 → 배터리·전기차 생산 → 배터리 재활용·재사용으로 구분되며, 본고에서는 핵심광물에 집중하기 위해 탐사(채굴), 정·제련, 재활용(자원회수)에 대해 중점적으로 다룸

※ 논의의 확장을 위해 Midstream의 전구체, 재활용 전처리 분야도 일부 포함



[그림 2] 전기차 배터리 벨류체인 및 본고 작성범위(이미지 출처 : 삼성KPMG 경제연구원(2023))

광종의 경우, 경제적 가치가 높고 공급망 이슈가 큰 양극재 핵심광물(리튬, 니켈, 코발트, 망간)에 대해 중점적으로 분석함

〈표 4〉 배터리 주요 소재 및 구성요소

4대 소재	비용 비중*	원자재	비고
양극재	42.3%	리튬, 니켈, 코발트, 망간, 알루미늄, 철	LFP, NCM, NCA 등
음극재	8.1%	흑연, 실리콘	-
분리막	9.9%	PE	-
전해액	4.5%	리튬	리튬염 형태

※ 자료원 : Battery Metals Outlook (~2030), SNE Research

*기타 소재, 감가상각, 인건비, 연구개발비, 관리비 등의 비용 비중이 34% 수준

- (리튬) 현 배터리 산업 필수 광물로, 배터리(71%), 도자기 및 유리(14%), 윤활제(4%), 폴리머생산(2%) 등에 사용됨

- 호주에 분포한 경암형에서 채굴한 리튬의 정·제련을 통해 탄산리튬(LFP 배터리용) 및 수산화리튬(삼원계 배터리용)이 모두 생산되며, 남미에 분포한 염호형에서는 탄산리튬이 주로 생산
- 탄산리튬은 추가 공법을 통해 수산화리튬으로 변환이 가능
- (니켈) 스테인리스(68%), 저합금 고장력강(8%), 비철합금(8%), 전기 도금(7%), 배터리(5%) 등에 주로 사용됨
 - 브라질, 캐나다, 러시아에 주로 분포한 황화광 타입을 정·제련하여 고품위 Class 1 니켈을 생산하며, 배터리 제작용으로 활용
 - 인도네시아, 필리핀, 서호주 등에 주로 분포한 산화광 타입을 정·제련하여 저품위 Class 2 니켈을 생산하며, 주로 스테인리스강을 제작하는 데 활용되나 일부는 고압침출법 등 추가 공정을 통해 배터리용으로도 활용 가능
- (코발트) 배터리(50%), 촉매 및 도료(21%), 무선기기(13%), 초합금(11%) 등에 주로 사용됨
 - 광산에서 생산되는 코발트의 60%가 구리의 부산물로, 38%가 니켈의 부산물로 생산되며, 민주공고의 구리벨트가 대표적인 코발트 부존지
 - 배터리 제조용으로는 수산화코발트, 황산코발트가 사용되나, 대부분 중국에서 가공
- (망간) 제강용으로 90%가 사용되며, 배터리 제조용으로 사용되는 양은 미미함
 - 주요 생산국은 남아공, 호주, 브라질, 가봉 등 다양하나, 정·제련 및 합금 생산은 중국에서 대부분을 독점
 - 망간 광석 및 금속에서 황산망간을 추출하여 배터리 전구체 원료로 사용
 - 현재 망간으로 인한 지정학적 이슈는 미미한 수준이나, 향후 코발트를 대체하는 하이망간 배터리 개발 시 망간의 무기화 예상

제2장 공급망 동향

2.1. 주요 광물 부존/생산/정·제련 동향

2.1.1 리튬

☞ (부존) 리튬 가채광량은 2021년 말 기준으로, 칠레(41.8%), 호주(25.9%), 아르헨티나(10.0%), 중국(6.8%), 미국(3.4%) 등 5개국이 88%를 점유

- 리튬은 부존 형태에 따라 염수형과 경암형으로 구분되며, 남미는 주로 염수형, 호주/캐나다/유럽/아프리카는 주로 경암형이며 중국 및 미국은 모두 부존되어 있음
 - 염수형에서는 LFP 배터리에 사용되는 탄산리튬이, 경암형에서는 삼원계 배터리에 사용되는 수산화리튬이 생산되며, 추가 공정을 통해 상호 간 변환이 가능
- 특히 남미 3개국은 리튬 삼각지대로 불리며, 볼리비아 우유니, 아르헨티나 옴브레 무에르토, 칠레 아타카마 등 염호에 리튬이 대량 매장되어 있음

〈표 5〉 국별 리튬 주요 부존현황(2021)

순위	국명	가채광량(kt)	점유율(%)	형태
1	칠레	9,200	41.8	염수
2	호주	5,700	25.9	경암
3	아르헨티나	2,200	10.0	염수
4	중국	1,500	6.8	경암/염수
5	미국	750	3.4	경암/염수
6	짐바브웨	220	1.0	경암
7	브라질	95	0.4	경암
8	포르투갈	60	0.3	경암
9	기타	2,700	12.3	
총계		22,000	100	

※ 자료원 : USGS, Mineral Commodity Summaries 2022

☞ (생산) 전기차용 배터리 수요의 확대로 인해 최근 리튬 생산이 급증하는 추세로, 2021년에는 2020년 대비 26.9% 증가

- 리튬 생산은 호주(52.5%), 칠레(24.8%), 중국(13.4%) 등 3개국이 약 90%를 점유

〈표 6〉 국별 리튬 생산 현황(2019 ~ 2021)

(단위 : kt, %)

순위	국명	2019	2020	2021	
				생산	비중
1	호주	45	39.7	55	52.5
2	칠레	19.3	21.5	26	24.8
3	중국	10.8	13.3	14	13.4
4	아르헨티나	6.3	5.9	6.2	5.9
5	브라질	2.4	1.42	1.5	1.5
6	짐바브웨	1.2	0.42	1.2	1.4
7	포르투갈	0.9	0.35	0.9	0.9
8	캐나다	0.2	-	-	-
총계		86.1	82.59	104.8	100

※ 자료원 : USGS, Mineral Commodity Summaries 2019~2022

☞ (가공) 호주 및 남미에서 리튬염 또는 스포듀민 광석으로 생산된 리튬은 대부분 중국에서 탄산리튬, 수산화리튬 형태로 제조하여 세계시장에 공급

- 리튬 기업은 일부 다변화 되어있는 것으로 보이나, 미국기업의 제련 공장이 중국에 소재하며, 칠레 SQM의 지분 일부도 중국 소유

〈표 7〉 국별 주요 리튬 가공 기업(Top 20) 보유 현황(2021)

순위	국명	점유율(%)	기업(점유율(%))
1	중국	52.7	Ganfeng Lithium(13.2), Tianqi Lithium(6.1), Zhiyuan Lithium(5.3), Nanshi Group(4.0), Yahua Group(3.8), Lanke Lithium(3.6), Yibin Tianyi Lithium(2.2), Shandong Ruifu(2.2), General Lithium(2.1), Jiangxi SE(2.0), Qinghai Lithium(1.9), Yongxing New Energy(1.8), Feiyu New Energy(1.3), Zangge Holding Limited(1.2), Minmetals(1.1), sichuan Si Te Rui Technology(0.9)
2	칠레	17.8	SQM(17.8)
3	미국	17.5	Albemarle(10.5), Livent(7.0)
4	아르헨티나	2	Allkem(2.0)
총계		90	

※ 자료원 : Wood Mackenzie, Battery & raw materials - Strategic planning outlook to 2050(22.6)

(자원 확보) 호주에서의 프로젝트 개발과 배터리/자동차 사 및 중국 자본의 리튬 확보를 위한 경쟁이 치열

〈표 8〉 리튬 확보 동향(2021)

구분	기업명	내용
투자	Huayou(중)	짐바브웨 리튬 개발 회사인 Prospect Lithium Zimbabwe 인수 계획
	Gangfeng Lithium(중)	멕시코 Bacanora Lithium사 인수, 아르헨 Cauchari-Olaroz 리튬 프로젝트 46.7% 보유, 아르헨 Arena Minerals사 개발 자금조달 사모투자 참여
	Zijin(중)	캐나다 Neo Lithium사 인수
	Eramet(프) / Tsingshan(중)	아르헨 리튬광구 개발
	Lithium Americas(캐)	캐나다 Millennial Lithium사 인수
	CATH(중)	민주콩고 Manono 리튬, 주석, 탄탈 프로젝트 지분 24% 인수
	ARMZ(러)	러시아 이루쿠츠크 지역 리튬 광산 개발
	Prospect Resources(호)	짐바브웨 아카디아 리튬 광산 개발
	BMW(독)	리튬추출기술개발 스타트업 미 Lilac Solutions사에 투자
	Tianqi Lithium(중) / IGO Ltd(호)	호주 Kwinanan 내 최초 수산화리튬 공장 생산 개시
	Piedmont Lithium(호) / Sayona Mining(호)	캐나다 North American Lithium 인수, 캐나다 Moblan 프로젝트 인수
	Liontown Resources(호)	서호주 경암형 리튬 프로젝트 1년 조기 추진
	Livent(미)	'22년 3Q, 미국 내 수산화리튬 5kt 증설, '23년 말 아르헨 탄산리튬 10kt 증설
	Rio Tinto(호)	아르헨 Rlcon 리튬 프로젝트 인수
	포스코(한)	호주 필강구라 리튬 광산(31만5000톤/연) 투자
포스코인터네셔널(한)	옴브레 무에르토 소금 호수 채굴권 확보	
계약	LG에너지솔루션(한)	캐나다 Sigma lithium사와 브라질산 리튬정광 계약, 칠레 SQM과 탄산 공급 계약
	Tesla(미)	미 북가주 Piedmont Lithium과 리튬 스포듀민 정광 5년 공급계약 체결, 중국 Ganfeng사 수산화리튬 3년 공급계약 체결
	Stellantis(네)	미 캘리포니아 및 독일 염수 프로젝트와 공급 MOU 체결
	Renault(프)	독 Vulcan Energy사와 리튬 공급 MOU 체결

※ 자료원 : SNE Research, Battery Metals Outlook (~2030) (2022)

2.1.2 니켈

☞ (부존) 니켈의 전 세계 가채광량은 2021년 말 기준으로 인도네시아(22.3%), 호주(22.3%), 브라질(17.0%) 등 3개국이 61.6%를 점유

- 니켈은 부존 형태에 따라 산화광과 황화광으로 구분되며, 산화광은 인도네시아, 필리핀 등 적도지역에, 황화광은 러시아, 캐나다, 호주 등 극지역에 주로 분포
- 전기차 배터리에 사용되는 니켈은 순도가 높은 황화광 타입이며, 산화광 타입도 추가 공정을 통해 배터리 원료로 활용이 가능

〈표 9〉 국별 니켈 주요 부존현황(2021)

순위	국명	가채광량(kt)	점유율(%)	형태
1	인도네시아	21,000	22.3	산화광
2	호주	21,000	22.3	황/산
3	브라질	16,000	17	황화광
4	러시아	7,500	7.9	황화광
5	쿠바	5,500	5.9	산화광
6	필리핀	4,800	5.1	산화광
7	중국	2,800	3.0	황화광
8	캐나다	2,000	2.1	황화광
9	미국	340	0.4	황화광
10	기타	13,060	14	
총계		94,000	100	

※ 자료원 : USGS, Mineral Commodity Summaries 2022

☞ (생산) 세계 니켈 생산량은 2021년 기준으로 인도네시아(46.4%), 필리핀(17.2%), 러시아(8.5%), 뉴칼레도니아(8.3%), 호주(6.8%) 등 5개국이 87.2% 점유

- 2017년까지는 필리핀이 세계 최대 니켈 생산 국가였으나, 인도네시아의 대대적 시설확충 및 원광 수출금지 정책으로 인해 2018년부터 1위 국가로 도약
- 최근 전기차 배터리를 위한 니켈 수요가 급증하여 2021년 생산량은 2020년 대비 9.6% 증가

〈표 10〉 국별 니켈 생산 현황(2019 ~ 2021)

(단위 : kt, %)

순위	국명	2019	2020	2021	
				생산	비중
1	인도네시아	864	781	1,043	46.4
2	필리핀	341	329	386	17.2
3	러시아	226	233	190	8.5
4	뉴칼레도니아	208	200	186	8.3
5	호주	159	169	153	6.8
6	캐나다	193	158	116	5.2
7	중국	105	105	99	4.4
8	브라질	56	77	75	3.3
9	과테말라	32	50	65	2.9
10	쿠바	46	50	50	2.2
11	핀란드	39	41	42	1.9
12	콜롬비아	41	36	38	1.7
13	남아공	44	35	32	1.4
14	파푸아뉴기니	33	34	32	1.4
15	마다가스카르	34	10	29	1.3
16	기타	116	138	149	6.6
총계		2,152	2,052	2,248	100

※ 자료원 : WBMS, World Metal Statistics Yearbook 2022

 (가공) 니켈 광석은 주로 인도네시아, 필리핀에서 생산 및 수출되나, 정련니켈로의 가공은 중국과 인도네시아에서 대부분이 이루어짐

- 니켈 함유량 및 용도에 따라 Class I(\geq Ni 99.8%)와 Class II($<$ Ni 99.8%)로 구분되며, Class I은 주로 황화광의 건식제련을 통해서, Class II는 산화광의 건식제련을 통해서 생산
- 배터리용 니켈 수요의 급증에 따라 산화광의 경우도 고압산침출법(HPAL) 방식을 통해 Class I 니켈로 생산되는 비중이 증가하는 추세
 - 부산물로 코발트를 획득할 수 있어 코발트 공급 부족에 대응하는 수단 중 하나로 부각

〈표 11〉 국별 주요 니켈 가공 기업(Top 20) 보유 현황(2021)

순위	국명	점유율(%)	기업(점유율(%))
1	중국	32.8	Tsingshan Group(12.7), Jiangsu Delong Nicekl(9.9), Jinchuan(5.5), Shandong Xinhai Technology(2.7), Huayou Cobalt(1.1), Nickel Resources Int(0.9)

순위	국명	점유율(%)	기업(점유율(%))
2	인도네시아	9.3	PT Bintang Delapan(3.9), PT Gunbuster Nickel Ind(2.7), PT Aneka Tambang(1.8), Harita Group(0.9)
3	러시아	5.8	Nornickel(5.8)
4	브라질	4.8	Vale(4.8)
5	스위스	4.3	Glencore(4.3)
6	프랑스	4.1	Eramet(4.1)
7	호주	3.5	BHP Group(2.2), South32(1.3)
8	일본	2.8	Sumitomo Metal Mining(2.8)
9	영국	1.9	Anglo American Plc(1.9)
10	뉴칼레도니아	1.0	SMSP(1.0)
11	도미니카공화국	0.8	Falcondo(0.8)
	총계	71.1	

※ 자료원 : Wood Mackenzie, Global nickel strategic planning outlook Q1 2022

☒ (자원 확보) 니켈 자원 확보를 위해 인도네시아 및 호주 프로젝트에 투자 및 계약이 활발히 진행 중

〈표 12〉 니켈 확보 동향(2021)

구분	기업명	내용
투자	Sumitomo Metal Mining(일)	필리핀 Coral Bay Nickel 니켈 제련소 지분 인수
	Sibanye Stillwater(남아공)	브라질 Santa Rita 니켈 광산 매입
	panoramic Resources(호)	호주 Savannah 니켈 프로젝트 재가동
	포스코(한)	호주 RNO 광산 지분투자(7.5천톤/연)
	Mincor Resources(호)	서호주 프로젝트 재가동
	Poseidon Nickel(호)	서호주 Black Swan 광산 및 제련 공장 재가동
	LG에너지솔루션(한)	중 Greatpower사 투자, 호주 QPM 지분 투자(7천톤/연)
	Chengtum(중)	인니 니켈 매트 벤처 PT ChengMach Nickel 투자
	Huayou, Tsingshan, China Molybdenum(중)	인니 HPAL 프로젝트 공동투자
계약	Toyota Tsusho(일)	호주 BHP 황산니켈 구매 계약 체결
	LG에너지솔루션(한)	호주 Australian Mines사 Sconi 프로젝트 구매 계약
	LG 에너지솔루션, 포스코(한)	호주 QPM 투자
	CNGR(중)	중국 무역회사 Xiamen Xiangyu와 니켈, 코발트 공급계약 체결
	Tesla(미)	Talon Metals와 니켈 공급 계약 체결

※ 자료원 : SNE Research, Battery Metals Outlook (~2030) (2022)

2.1.3 코발트

☐ (부존) 전 세계 가채광량은 2021년 기준으로 민주콩고(45.8%), 호주(18.3%), 인도네시아(7.8%), 쿠바(6.5%) 등 4개국에 78.4%를 점유

- 코발트가 1차 광물로 산출되는 지역은 모로코 및 캐나다 일부지역 뿐이며, 대부분 구리(60%) 또는 니켈(38%)의 부산물로 산출

〈표 13〉 국별 코발트 부존현황(2021)

순위	국명	가채광량(kt)	점유율(%)
1	민주콩고	3,500	45.8
2	호주	1,400	18.3
3	인도네시아	600	7.8
4	쿠바	500	6.5
5	필리핀	260	3.4
6	러시아	250	3.3
7	캐나다	220	2.9
8	마다가스카르	100	1.3
9	중국	80	1.0
10	미국	69	0.9
11	파푸아뉴기니	47	0.6
12	모로코	13	0.2
13	기타	610	8.0
총계		7,649	100

※ 자료원 : USGS, Mineral Commodity Summaries 2022

☐ (생산) 전세계 코발트 생산량이 중앙아프리카 동 광화대에 집중되어 있으며, 이 중 품위가 높고 생산비용이 낮은 민주콩고에서 79%를 생산

- 민주콩고 외 러시아, 호주, 필리핀, 캐나다 등에서 코발트가 생산

〈표 14〉 국별 코발트 생산 현황(2019 ~ 2021)

(단위 : kt, %)

순위	국명	2019	2020	2021	
				생산	비중
1	민주콩고	100	98	120	79.2
2	러시아	6.3	9	7.6	5.0
3	호주	5.74	5.63	5.6	3.7
4	필리핀	5.1	4.5	4.5	3.0
5	캐나다	3.34	3.69	4.3	2.8

순위	국명	2019	2020	2021	
				생산	비중
6	쿠바	3.8	3.8	3.9	2.6
7	파푸아뉴기니	2.91	2.94	3	2.0
8	마다가스카르	3.4	0.85	2.5	1.7
9	모로코	2.3	2.3	2.3	1.5
10	중국	2.5	2.2	2.2	1.5
11	인도네시아	1.1	2.1	-	-
12	미국	0.5	0.6	0.7	0.5
13	남아공	2.1	-	-	-
14	기타	6.32	7.64	6.6	4.4
총계		130.59	128.41	151.4	100

※ 자료원 : USGS, Mineral Commodity Summaries 2019 ~ 2022

☞ (가공) 주로 민주콩고에서 얻어진 정광, 수산화 코발트를 중국이 수입하여 황산 및 산화코발트를 제조 후 세계시장에 공급

- 세계 1위 코발트 화합물 기업은 중국 Huayou Cobalt로 2021년 기준 21.1%를 점유하고 있으며, 이 외 GEM, JNMC, Hezong 등 다수 코발트 정련기업이 중국 소유의 기업

〈표 15〉 국별 주요 화합물 코발트 가공 기업(Top 10) 보유 현황(2021)

순위	국명	점유율(%)	기업(점유율(%))
1	중국	67.1	Huayou Cobalt(21.1), GEM(19.4), JNMC(5.6), Hezong(5.4), Greatpower(5.3), Guangdong Dowstone(4.1), Tengyuan(3.7), Chengtun Mining(2.5)
2	벨기에	11.1	Umicore(11.1)
3	캐나다	2.9	New era group(2.9)
총계		81.1	

※ 자료원 : Wood Mackenzie, Battery & raw materials - Strategic planning outlook to 2050(June 2022)

☞ (자원 확보) 최대 생산지인 민주콩고 내 중국기업의 자원 확보가 활발하게 진행 중

〈표 16〉 코발트 확보 동향(2021)

구분	기업명	내용
투자	Wangbao(중)	민주콩고 Pumpi 구리-코발트 광산에서 첫 수산화 코발트 생산
	Jervois(호)	미국 Idaho Cobalt Operations 첫 생산 전망
	Sun Mirror AG(스)	핀란드 코발트 채광회사 Latitude66 인수
	Electra Battery Materials(캐)	'22년 4분기 5ktpa 수준 황산코발트 북미 최초 생산 계획
	CMOC(중)	미국 Freeport-McMoRan사로부터 KFM 및 TFM 구리-코발트 광산 매입

구분	기업명	내용
	Huayou(중)	인니 내 HPAL 공장 건설 중 민주콩고 구리-코발트 광산 PE527 투자
	CHengtun(중)	자회사인 CCM을 통해 민주콩고 코발트-구리 생산시설 건설 중
	Wanbao(중)	민주콩고 Pumpi 구리-코발트 광산에서 첫 수산화코발트 생산
	Ganzhou Tengyuan(중)	민주콩고 Kolwezi에 코발트-구리 제련소 2단계 건설 진행
	LX인터내셔널(한)	호주 코발트블루 지분투자(시제품 생산 중)
계약	밀탐(한)	민주콩고 UBC 사 공급 계약 체결

※ 자료원 : SNE Research, Battery Metals Outlook (~2030) (2022)

2.1.4 망간

☐ (부존) 가채광량은 2021년 말 기준으로 남아공(42.7%), 호주(18.1%), 브라질(18.1%), 우크라이나(9.4%) 등 4개국이 88.3%를 점유

〈표 17〉 국별 망간 부존현황(2021)

순위	국명	가채광량(kt)	점유율(%)
1	남아공	640	42.9
2	호주	270	18.1
3	브라질	270	18.1
4	우크라이나	140	9.4
5	가봉	61	4.1
6	중국	54	3.6
7	인도	34	2.3
8	가나	13	0.9
9	카자흐스탄	5	0.3
10	멕시코	5	0.3
총계		1,492	100

※ 자료원 : USGS, Mineral Commodity Summaries 2022

☐ (생산) 전 세계 망간 생산량은 2021년 기준으로 남아공(38.7%), 가봉(14.1%), 중국(14.0%), 호주(8.7%) 등 4개국이 75.5%를 점유

〈표 18〉 국별 망간 생산 현황(2019 ~ 2021)

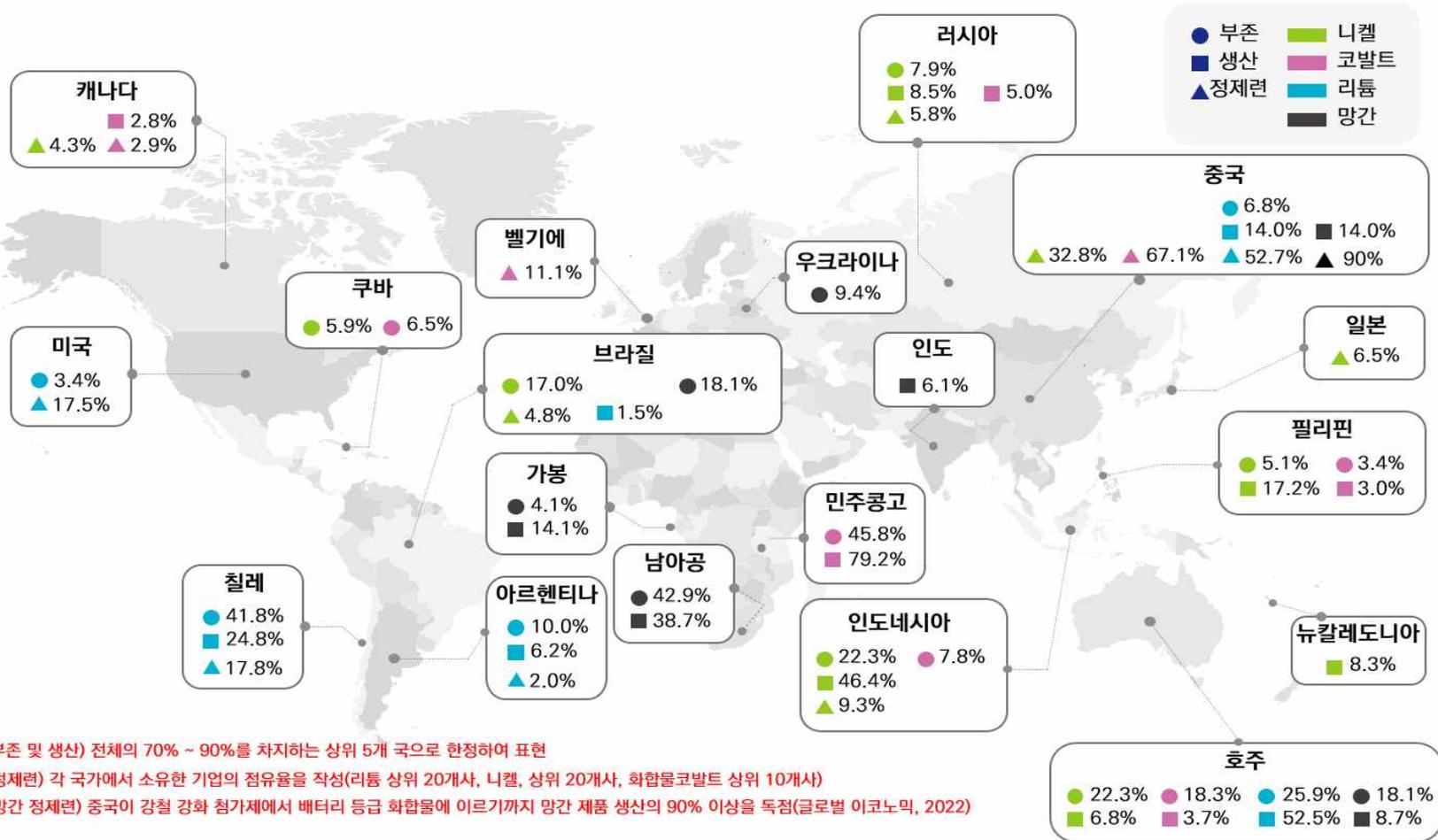
(단위 : kt, %)

순위	국명	2019	2020	2021	
				생산	비중
1	남아공	17,002	16,199	19,157	38.7
2	가봉	4,766	5,803	7,000	14.1
3	중국	5,000	6,087	6,946	14.0
4	호주	6,089	6,025	4,284	8.7
5	인도	2,974	2,216	3,036	6.1
6	가나	5,383	2,358	2,466	5.0
7	우크라이나	1,854	1,946	1,806	3.6
8	카자흐스탄	1,142	814	1,189	2.4
9	코트디부아르	1,182	1,326	905	1.8
10	말레이시아	1,366	864	568	1.1
11	미얀마	1,076	634	515	1.0
12	기타	3,117	2,154	1,631	3.3
	총계	50,951	46,426	49,503	100

※ 자료원 : WBMS, World Metal Statistics Yearbook 2022

-  (가공 및 자원 확보) 망간 가공의 위험성, 환경오염 등으로 인해 전 세계 가공 제품 90% 수준을 중국에서 점유하고 있으나, 망간 수요의 약 90%가 제강용으로, 배터리 관련 망간 확보 동향은 타 광종 대비 미미한 수준

(출처 : USGS(2022), WBMS(2022), Wood Mackenzie(2022) 기반 저자 재작성)



[그림 3] 국별 부존, 생산, 가공 현황

2.2. 국내 공급망 동향

[HSK 코드 분류]

- 리튬 : 수산화리튬(2825202000), 탄산리튬(2836910000)으로 구성
- 니켈 : 황산니켈(2833240000), 수산화니켈(2825402000), 니켈중간제품(7501209090)으로 구성
- 코발트 : 황산코발트(2833292010), 산화코발트(2822001091), 코발트중간제품(8105202000)으로 구성
- 망간 : 황산망간(2833293010), 탄산망간(2836991031)으로 구성
- 전구체 : 금속수산화물(2825902090), 기타금속수산화물(2825901090), NCA 산화물(2825901040), NCM 수산화물(2825902050)

출처 : 한국무역협회 전문가 자문

한국 배터리 산업은 핵심소재 이후 단계에서 다수 기업이 포진되어 있고 글로벌 경쟁력을 확보하고 있으나, 이전 단계에서는 소수 기업만이 일부 사업 영위



[그림 4] 글로벌 배터리 산업 밸류체인 (출처 : 삼성KPMG(2023))

한국은 양극재를 제조하기 위한 전구체 및 리튬화합물을 전량 해외 수입에 의존하고 있으며, 최근 전구체 공정 내재화를 추진 중

- 원료 화합물 대부분을 중국에서 수입하고 있으며, 일부 품목에 한해 타 국가로 다변화
 - ※ 황산망간의 경우 중국의 수입에 의존하다 최근 벨기에로 수입 다변화 추진
- 양극재 수요 급증에 대응하기 위해 최근 전구체 공정의 내재화를 추진하고 있으며, 이에 따라 전구체 생산에 투입되는 황산니켈, 황산코발트 등의 국내 생산이 증가 추세
- 한국 기업이 제조하는 삼원계 배터리의 경우 수산화리튬을 사용하고 있으나, 장거리 운송이 어려워 대부분 중국(87.9%)에서 수입
 - ※ 탄산리튬 →수산화리튬 전환이 가능하나 국내 수산화리튬 전환 설비가 크게 부족한 상황

〈표 19〉 양극재 원료 화합물의 수입 현황

(단위 : 천 달러, %)

광물명	화합물	22년 수입액	수입 1위국	1위국 비중
리튬	수산화리튬	3,660,745	중국	87.9
	탄산리튬	1,740,524	칠레	78.5
니켈	황산니켈	42,061	핀란드	68.2
	니켈중간제품	78,423	인도네시아	42.7
코발트	황산코발트	13,435	중국	100
	산화코발트	195,656	중국	77
	코발트중간제품	105,348	공고	78.2
망간	황산망간	841	벨기에	71.9
전구체	금속수산화물	810,377	중국	98.6
	기타금속산화물	742,269	중국	99.9
	NCA산화물	32,289	중국	100
	NCM수산화물	2,313,180	중국	92.6

*자료원 : 한국무역협회 kstat(2022)

2.2.1 국내 기업 공급망 다변화 동향

- 미국 IRA, 유럽 CRMA 대응을 위해 국내 기업은 주요 광물 조달-제련-전구체 제조에 대한 중국 수입 의존성 탈피를 위한 공급망 다변화 노력을 진행 중
- 배터리 소재 기업 중심으로 자회사 및 기업합작을 통해 전주기 수직계열화를 통한 자체적 공급망 구축

- 해외 자원 거래업체와의 협력을 통해 니켈정광을 조달하고, 이를 자회사를 통해 황산니켈을 제조한 후 LG화학과의 합작법인인 한국전구체를 통해 양극재 전구체를 생산 (고려아연)
- 에코프로머티리얼즈에서 전구체 제조, 에코프로이노베이션은 오프테이크 방식으로 미국 ioneer로부터 탄산리튬 조달 및 탄산리튬→수산화리튬 전환 공정을 자체적으로 확보 중 (에코프로)
- 광물 조달~가공 및 양극재 제조까지 전주기 수직계열화 (포스코홀딩스)
 - (리튬) 아르헨티나 염호, 호주 광석을 통해 리튬을 직접 조달하여 수산화리튬으로 가공
 - (니켈) 니켈 자회사 SNNC를 통해 배터리용 고순도 제련을 위한 국내 생산 시설 구축
 - (양극재) 중국으로부터 전구체를 공급받아 포스코케미칼에서 양극재를 제조 중이나, 국내 전구체 제조 공장 설립도 병행
- 코발트 원광으로부터 황산 코발트를 자체기술로 생산 (코스모화학)

배터리 제조사에서도 해외 주요기업과의 협력을 통해 광물자원 공급선 다변화에 노력

- 인도네시아 현지에서 니켈 제련 사업을 추진 중이고, 새만금 지역에 전구체 제조공장 구축 계획을 발표하였으나, 부족한 제련기술 보완을 위해 중국의 거린메이와 협력 (SK온)
- 호주(vulcan energie, Liontown), 캐나다(SIGMA, AVALON), 칠레(SQM) 등 미국 FTA 체결 국가의 주요 제련 기업과 협력을 통해 주요 광물자원들을 다변화 중 (LG에너지솔루션)

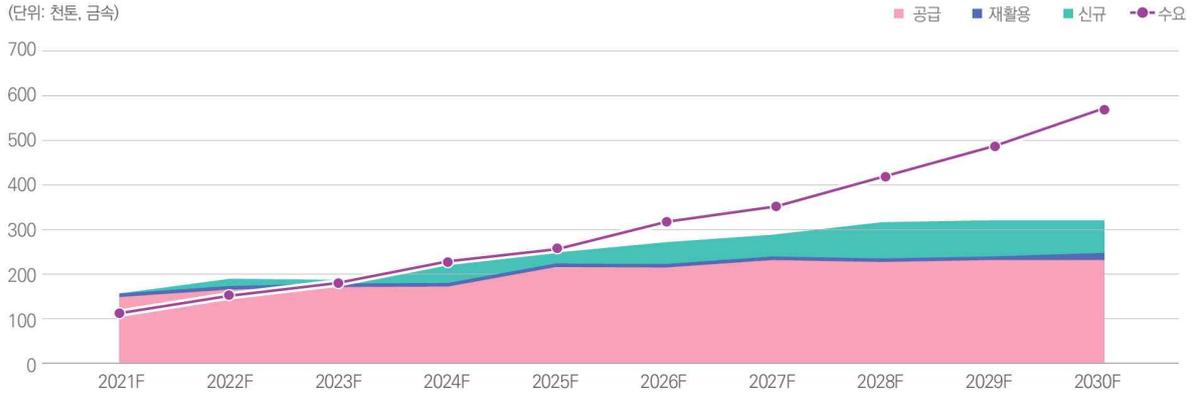
2.3. 수요-공급 전망

(수요-공급) 망간을 제외하고, 대략 '25년을 기점으로 공급 부족 현상이 심화될 전망¹⁾

- 망간 수요의 약 90%가 제강용으로 배터리 관련 망간 수요 대비 공급은 원활한 편
- 배터리용 니켈을 생산하는 황화광의 부족 등으로 인해 '24년 이후 황산니켈의 공급 부족 현상이 심화될 것으로 전망
- 코발트의 경우의 '24년부터 공급 부족이 전망됨. 다만, 배터리 내 코발트 함량 감소 추세와 니켈 제련 부산물 형태로 획득이 가능하다는 점을 고려했을 때 공급 부족 현상이 다소 완화될 것이라는 전망도 혼재

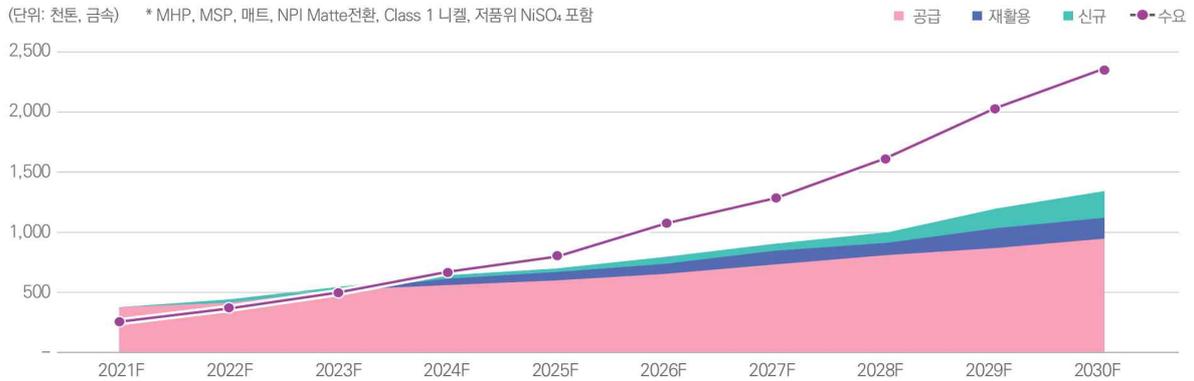
1) "Battery Metals Outlook (~2030), SNE Research", "2022 Recycling Reuse 시장전망, SNE Research" 참고하여 작성

- 최근 리튬 광산의 개발 및 확장 프로젝트가 활발해지고 있으나, 개발 기간(4~7년 후) 및 급격한 수요 증가를 고려했을 때 '25년 이후 부족 현상이 심화될 것으로 전망



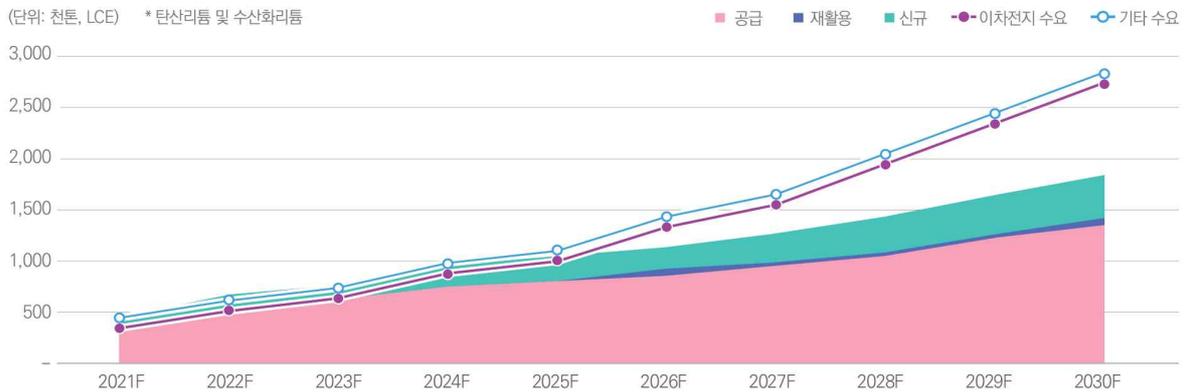
(출처 : SNE research)

[그림 5] 황산니켈 수요-공급 전망(MHP, MSP, 매트, Class 1 니켈, 저품위 황산니켈 포함)



(출처 : SNE research)

[그림 6] 화합물 코발트 수요-공급 전망



(출처 : SNE research)

[그림 7] 리튬 화합물((탄산리튬 및 수산화 리튬) 수요-공급 전망)

제3장 기술동향

3.1 탐사 및 정·제련 동향

 (탐사) IoT 접목 및 원격/무인 탐사 기술 첨단화 추진으로 정확도를 높이고, 심부자원 및 인프라 열악지역에 대한 자원개발 R&D 추진

- (미국) Geometrics사의 magarrow 등 탐사의 정확성과 효율성을 높이기 위해 드론 중심 무인항공시스템을 활용하여 자원탐사 시스템 고도화
- (EU) 기초 지질, 해양 지질, 광물 자원 등 범유럽 지질 DB를 구축하였으며, 환경친화적 기술개발 및 현장 실증, 심부탐사 및 심부채굴을 위한 스마트 기술, 열악지역 탐사를 위한 로봇 기술 활용 등에 대한 R&D 추진
- (한국) 무인항공시스템 활용 탐사시스템 개발. 인공지능 등 스마트기술 활용 탐사 R&D를 추진 중이나 일부 특정 광물에 한정

 (정·제련) 배터리 주요 광물들의 수요 급증에 대응하기 위해 고품위화, 생산시간 단축 등에 대한 기술개발이 중점적으로 추진 중

- (일본) 니켈 제련법 중 하나인 HPAL(High Pressure Acid Leaching)기술을 도입하여 상대적으로 부존량이 많은 산화광으로부터 Class 1 니켈을 제련하는 기술을 확보
- (한국) 염호에서 첨가물로 인산리튬을 추출한 후 가공공정을 통해 탄산리튬으로 전환하는 침전 인산리튬 추출 기술 개발
- (프랑스) 금속 수산화물 또는 산화물층에 삽입된 리튬을 추출하는 이온 교환 추출 기술 개발
- (기타) 용매를 사용해 희석시킨 물에서 리튬을 회수하는 용매 추출 방식, 나노기술을 이용해 리튬을 회수하는 나노필터 추출 방식 등을 개발

3.2 재활용 동향

재활용 기술은 상용화된 제련기술을 기반으로 하는 노하우 산업으로, 최근 해체 자동화, 회수율 향상 등 경제성 향상을 위한 연구개발이 중점적으로 진행

- (한국) 기업/출연연 중심으로 사용후 배터리 재활용 기반을 갖추고 글로벌 경쟁력을 확보하고 있으나, 향후 이슈가 될 팩 해체 자동화, LFP 배터리 재활용, 저가 유용자원 회수 등에 대한 기술개발은 미미하게 진행 중
 - 사용후 배터리의 유가금속(코발트, 니켈, 리튬, 망간, 구리 등) 회수 기술은 상용화 단계에 진입하였으며, 자동해체에 대한 연구를 실험실 수준으로 기술 확보(성일하이텍)
 - 배터리 해체시스템, 방전, 파쇄 공정, 화학적 처리공정 등 사용후 배터리 재활용에 대한 전주기적 연구를 진행 중(지질연)
 - 친환경적 건식·용융기술을 통한 메탈 파우더 생산으로 現 10~15일정도 소요되는 블랙 파우더 공정을 단순화하였고, LFP 배터리의 리튬 및 구리를 경제적으로 확보하기 위한 연구개발을 추진 중(영풍)
 - 사용후 배터리의 탄산리튬을 추출하기 위해 열처리 후 증류수를 활용하여 리튬을 선택적으로 분리 뒤 전기흡착식으로 결정화하는 기술을 개발(두산중공업)
 - 영국 Aurelius의 폐배터리 전처리기술을 활용하여 사용 후 배터리에 대한 평가와 분해 및 유가 금속 회수 공정을 파일럿 플랜트 규모로 개발(셀젠)
- (중국) 사용후 배터리 세계 1위 시장임은 물론 배터리 재활용에 대한 압도적인 기술 경쟁력과 생산 capa.를 확보하고 있으며, 주도권 유지를 위한 미래 기술에 대한 투자도 활발히 진행 중
 - 주로 습식제련 공정을 도입하고 있으며, 최근 LFP 배터리 재활용, 팩 단위 재활용 등 차세대 재활용 기술개발을 진행 중 (BRUNP/화유코발트/GEM)
 - 로봇을 이용한 사용후 배터리 팩 자동해체 기술을 확보하여 데모 버전으로 시연 (화유코발트)
- (유럽) 업력이 깊은 주요 제련 기업을 중심으로 다수의 기업들이 사용후 배터리 주도권 확보를 위해 사업을 추진 중
 - 리튬, 니켈, 코발트 등 유가금속을 회수하고, 슬래그의 경우 건설재료로 활용하거나 추가 공정을 통해 희토류를 회수할 수 있는 건·습식 복합 제련 공정 기술 확보 (벨기에, Umicore)

- 재활용 프로그램인 리볼트(Revolt)를 통해 사용후 배터리 재활용 사업을 진행 중이며, 2021년 재활용 금속이 신규 채굴된 금속과 동등한 성능을 낼 수 있음을 입증 (스웨덴, 노스볼트)
- 전처리 장비가 탑재된 이동식 컨테이너를 이용하여 현장에서 분쇄 후 블랙파우더 형태로 운송하는 방식을 채택하고 있으며, 양극재는 물론 흑연 및 전해질을 포함하여 최대 96%까지 재활용을 하기 위한 연구개발을 추진 중 (독일, Duesenfeld)
- (미국) 미국의 경우 Li-cycle, Redwood Materials 등 스타트업 중심으로 기술력을 확보하고 있는 단계

〈표 20〉 재활용 분야 대표 기업 현황

국명	기업명	주요 내용		
		설립연도	공정	capa.
중국	Brunp	2005년	습식	12만t/y
	GEM	2001년	습식	20만t/y
	Huayou Cobalt	2002년	습식	6만5천t/y
한국	성일하이텍	2000년	습식	6만t/y
	에코프로CNG	2020년	습식	2만t/y
유럽	Umicore	1805년	건식, 습식	7천t/y
	Glencore	1974년	건식	7천t/y
미국	Li-cycle	2016년	습식	3만t/y
	Redwood Materials	2017년	건식, 습식	2만t/y

※ 자료원 : SNE Research, 2022 Recycling Reuse 시장전망

제4장 정책동향

4.1 주요국 정책동향

(미국) 미·중 패권경쟁 격화에 따라 자국 핵심광물 생산역량 확대, 경제·산업 우방국 중심 공급망 구축 등 핵심광물 공급 안정화 정책 추진

- 2010년 중국 희토류 수출규제 강화조치 등에 따라 주요 광물 안정적 확보가 정책 의제로 부상하였으며, 오바마 정부에서는 핵심 전략광물 공급망 소위원회(CSMSC)*를 설립하여 핵심 광물 공급 안정화 정책 기반을 마련

* Critical and Strategic Minerals Supply Chains

- 2018년 내무부 및 지질조사국(USGS)*에서는 미국 경제·안보 중요성 및 공급망 리스크 등에 따라 핵심광물(Critical Minerals) 35종을 선정하고, 핵심광물 목록 및 평가 방법에 대해 2020 에너지법에 따라 최소 3년 주기로 재평가 및 관리 추진

* United States Geological Survey

- 2022년 지질조사국에서는 산업구조 변화 및 핵심광물 기준 변경 등에 따라 핵심광물 목록을 기존 35종에서 50종으로 수정하여 발표

※ 니켈, 아연 등이 추가되었으며 연료광물인 우라늄은 제외됨

- 바이든 정부에서는 2021년 4대 산업(반도체, 배터리, 의약품, 희토류)에 대한 공급망 검토를 추진한 바 있으며, 핵심광물안보파트너십('22.6. 출범), 미 인플레이션 감축법('22.8. 발효) 등을 통해 탈중국 및 자국 중심 산업·광물 공급망 강화 추진

- 핵심광물안보파트너십(MSP)*은 국제협력 파트너십으로 미국 우호국 중심 핵심광물 공급망 안정화 및 투명성 제고를 목적으로, 한국, 캐나다, 일본, EU 등이 참여

* Minerals Security Partnership

- 미 인플레이션 감축법(IRA)*을 통해 배터리 제조에 사용되는 핵심광물의 일정 비중 이상을 미국 또는 미국 우호국에서 추출 또는 가공된 경우에 한해 세액공제 추진

* Inflation Reduction Act

〈참고〉 미 인플레이션 감축법 세부지침('23.3.) 내 핵심광물 관련 주요내용

 IRA Section 13401에 따르면, 북미 지역에서 최종 조립된 전기차에 한해 최대 7,500달러(1대당) 세액공제가 가능하며, 배터리 핵심광물(최대 3,500달러) 및 부품(최대 3,500달러) 세부 조건을 각각 충족해야 함

 (핵심광물 조건) 핵심광물 40% 이상* 미국 또는 미-FTA 체결국에서 추출 또는 가공** 되거나, 북미 지역에서 재활용

* 연도별 비중 증가 : (~'23) 40% → ('24) 50% → ('25) 60% → ('26) 70% → ('27~) 80%

** 미국-FTA 미체결 국가에서 생산한 광물이라도 미-FTA 체결국에서 가공되어 50% 이상 부가가치를 창출한 경우라면 '적격 핵심광물(qualifying critical minerals)'로 인정

● (핵심광물 범위) 배터리 부품으로 사용되기 직전의 '구성소재(constituent materials)*' 까지 핵심광물로 인정

* 핵심광물이 함유된 배터리 부품 제조에 직접 사용되는 소재

→ 양극활물질, 음극활물질 등도 핵심광물에 포함

→ 구성소재 제조과정도 핵심광물 가공과정으로 인정

● (비중 산정 기준) 미국 및 미-FTA 체결국 추출·가공 비율 산정시, 개별 광물이 아니라 전체 광물의 가치를 기준으로 판단

※ 핵심광물의 총 가치(total value of critical minerals)에서 '적격 핵심광물'이 차지하는 비중을 계산

● (부가가치 기준) 추출 또는 가공 중 한 과정에서만 50% 이상의 부가가치를 미국 및 FTA 체결국에서 창출할 경우 '적격 핵심광물'로 인정

※ '50% 부가가치 기준'은 '23~'24년에만 적용하고, '25년부터 보다 높은 기준 적용 검토

● (FTA체결국 기준) 미국과 FTA를 체결한 국가뿐만 아니라 배터리 핵심광물 관련하여 미국과의 협정을 체결한 국가도 포함

→ 최근 미국과 핵심광물협정(Critical Minerals Agreement)을 체결한 일본이 포함

→ 인도네시아(니켈), 아르헨티나(리튬) 등은 현재까지 미포함

 (우려대상기관 제외 조건) 2025년부터 우려대상기관(국가)에서 추출, 가공 또는 재활용된 핵심광물이 포함될 경우 세액공제 대상에서 제외

※ 미국 재무부에서 추후 상세 가이드라인 발표 예정

 (중국) 2008년부터 5년 단위 '전국광산자원규획' 정책을 통해 자국 광물 관리를 강화했으며, 정부(국유기업) 중심으로 해외자원개발도 적극 추진

- 2016년 '전국광산지원규획('16~'20)을 통해 24종의 핵심광물을 지정하였으며, 개발 촉진 필요 광산(광물)과 수출입 통제 필요 광산(광물)을 구별하여 자원관리 정책 추진
 - 우라늄 등 에너지 광물 중심의 '국가규획광산(267개)'의 경우 개발 확대를 추진하고, 희토류, 텅스텐 등의 '중요경제가치광산(28개)'은 사업 전반을 국가가 통제
- 2021년 '전국광산자원규획('21~'25)에서는 자원 탐사 확대 및 자원정보 관리 강화* 추진 계획을 공표
 - * 전국 지질답사 관리서비스 플랫폼 구축('21.12~)
- 해외자원개발의 경우, 자원개발 공기관을 중심으로 글로벌 광물자원 개발사업 적극 추진
 - 남미의 구리와 리튬, 아프리카의 코발트와 철광석, 인도네시아 및 필리핀의 리튬에 집중
 - 특히, 코발트의 경우 민주콩고에 인프라 연계 및 자원외교 프로그램 운영 등을 통해 국영 자원개발 기업의 대규모 투자 지속
- 최근('21.10.) 정부 지원 하에 중국 망간 정제업체들 간 '망간 이노베이션 연합'을 결성하고 시장에 공동 영향력을 행사하는 등 망간 공급망도 통제하기 시작
 - ※ 중국의 망간 생산량은 미미하나, 정·제련 단계의 중국 글로벌 점유율은 90%에 육박함
- 폐배터리 재자원화의 경우, 2016년부터 재활용 관련 정책 추진 및 기술 표준 정립을 추진 중이며 현재 세계 최대 재활용 설비용량과 시장을 보유하고 있음
 - 전기차 제조업체가 배터리를 회수해 관리하는 '배터리 재활용 생산책임제' 시행('18년~) 하고 있으며 시범지역(17개 지역) 및 시범사업을 시행
 - 또한, 전기차 폐배터리 자원 회수율 및 재활용 원료 사용을 규범화
 - ※ 신재생에너지 자동차 폐배터리 종합이용 산업규범조건(2019) : 전기차 폐배터리 자원 회수율 목표 → 니켈(98%), 코발트((98%) 망간(98%), 리튬(85%)
 - ※ 자동차제품 생산자 책임연장 시범사업 실시방안(2021) : 2023년까지 핵심부품 재활용 원료 5% 이상 사용

 (유럽) 2010년 이전부터 유럽위원회를 중심으로 'Critical Raw Materials Initiative(2008년)' 등을 통해 체계적 핵심광물 관리 정책을 추진

- 2011년에 'Critical Raw Materials(CRM)' 14종을 선정 및 발표하였으며, 3년 주기로 개정하여 2020년 이후에는 30종에 달함

- EU 내 CRM에 대한 투자를 활성화하기 위해 '20.9월 유럽위원회는 유럽원재료연맹 (European Raw Materials Alliance, ERMA)을 출범
- ERMA에는 기업·협회 및 정부 등 300개 이상의 이해관계자가 참여하고 있으며, 광물자원 생산부터 폐기물 회수까지 공급망 전 단계에 대한 전략 모색 및 투자 등을 협의
- '19.3월 유럽위원회는 EU 배터리산업의 지속적인 성장과 세계적 선도를 위한 전략적 실행 계획인 'Strategic Action Plan for Batteries(SAP)' 수립
 - 원자재 R&D, 자금 조달 및 투자, 표준화, 공정 무역 등에 대한 주요 전략을 제시함
 - 후속 조치로 '20.12월 유럽위원회는 배터리 R&D 및 혁신을 위한 'European Battery Innovation' 프로젝트 지원 승인
- 2022년 확정된 신배터리규제를 통해 2024년부터 재활용 비중, 이산화탄소 배출량, 윤리적 원료 사용, 배터리 여권 등 광범위한 사항을 단계적으로 의무화하여 기준에 부합하는 제품만 EU 내 유통을 허가 예정
 - ※ 재활용 원료 사용을 '35년 코발트 20%, 리튬 10%, 니켈 12%로 강제
- '23.3월에는 핵심원자재법(CRMA, European Critical Raw Materials Act) 초안을 발표
 - 유럽 시장경제의 녹색전환·디지털 전환트랜지션 촉진을 위해 중소기업 지원, 인력부족 대응, 핵심원자재(CRM)의 공급망 탄력성 및 다양화 강화 추진
 - 2030년까지, EU 역내 채굴 10%, 제련과 정제 40%, 재활용 15%까지 확대하고 특정 국가에 대한 수입 의존도 65% 이하를 목표로 제시
 - CRM의 우선순위 및 목표 설정, 모니터링·리스크·관리·거버넌스 개선, CRM 공급망 강화, EU 내 시장에서 지속가능한 경쟁환경 조성 추진

(기타) 인도네시아, 중남미 등 자원 부국에서는 배터리 관련 핵심광물에 대한 수출입 통제 강화

- 인도네시아는 2022년부터 니켈광석 수출금지 및 제련소 자국 내 설치 의무화 정책 등을 통해 자국 내 외국 투자 및 산업 유치 전략 시행
- 볼리비아는 리튬 염호 개발 및 관련 공급망은 국가가 100% 관리할 계획이며 멕시코는 2022년 리튬 자원의 국가 독점을 위해 광업법을 개정함
 - 칠레, 아르헨티나, 볼리비아 등 중남미국은 '리튬 삼각지대'로 자원 카르텔 형성을 위해 리튬 협의기구 결성을 논의 중

4.2 국내 정책동향

☞ (핵심광물 확보전략, '23.02.) 산업부에서는 33종 핵심광물 및 10대 전략 핵심 광물을 선정하고, 2030년까지 특정국 의존도 50%대로 완화 및 재자원화 20%대로 확대를 추진

- (핵심광물) 경제적 영향 및 공급 리스크 등을 기준으로 33종의 핵심광물을 선정하고 이 중 전기차, 배터리, 반도체 분야 공급망 안정화에 우선 필요한 10대 전략 핵심광물을 선정

〈표 21〉 33종 핵심광물 및 10대 전략 핵심광물

구분	광물명
10대 전략 핵심광물	리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연, 희토류(5종)* * 네오디뮴, 디스프로슘, 터븀, 세륨, 란탄
이외 핵심광물	니오븀, 구리, 알루미늄, 규소, 마그네슘, 몰리브덴, 바나듐, 백금족(2종)*, 주석, 타이타늄, 텅스텐, 안티모니, 비스무스, 크롬, 연, 아연, 갈륨, 인듐, 탄탈륨, 지르코늄, 스트론튬, 셀레늄 * 백금, 팔라듐

- (확보전략) 안정적 핵심광물 공급망 확보 및 첨단산업 강국 도약을 위해 2030년 추진목표* 설정 및 3대 부문 7개 세부전략을 제시
 - * ① 특정국 의존도 50%대로 완화, ② 재자원화 20%대로 확대
 - R&D의 경우, 선광·제련 고도화(고순도 재자원화 포함), 핵심광물 대체 기술, ESG 기반 탐사·채광 기술 개발 추진

〈표 22〉 핵심광물 확보전략 주요내용

구분	세부 전략
위기대응능력 강화	① (수급지도 개발) 글로벌 광산지도 및 핵심광물 수급지도(Map) 개발 ② (조기경보시스템 구축) 수급상황 진단체계 및 조기경보시스템 구축
핵심광물 확보 다각화	③ (자원협력 강화) 양자·다자협력 확대 ④ (국내·외 자원개발 활성화) 민간주도, 공공지원 개발체계 확립 ⑤ (재자원화 기반조성) 핵심광물 순환모델(회수-재자원화-유통) 구축 ⑥ (비축 확대) 핵심광물 비축확대 및 유사시 신속대응 능력 강화
체계적인 핵심광물 인프라 구축	⑦ (법·제도 정비) 핵심광물 확보·관리 제도적 기반 마련 ⑧ (인력양성 및 기술개발) 전문 인력양성 및 기술개발 확대

제5장 R&D 투자동향

5.1. 국외 R&D 투자동향

 (미국) 인프라투자 및 일자리법(IIJA)*에 따라 탐사 및 지질자원 연구기관 설비 투자, 광물자원 지질 정보 구축 등에 대규모 예산 지원

* Infrastructure Investment and Jobs Act

- '26년까지 USGS 에너지·광물 연구시설 확장에 167백만 달러, 국가 지질&지구물리학 데이터 보존 프로그램 운영에 24백만 달러, 미국 내 자원지도 작성 및 현대화, 지역탐사 등*에 320백만 달러 지원 예정

* Earth Mapping Resources Initiative

- 배터리 제조 및 재활용 관련 프로그램(시설구축 중심)에 30억 달러를 투자하고 재사용 및 재활용 R&D에도 2억 달러를 지원할 예정

 (EU) 역내 CRM 정보 구축 및 생산 확대를 위해 스마트 탐사기술 투자

- 기초 지질, 해양지질, 광물자원 등 다양한 주제에 대해 범유럽 맵핑 정보와 레이어드 맵, 3D 지질 모델용 데이터베이스 제공
- 공동 관심 분야 중요 프로젝트(IPCEI)의 배터리 공급망 프로그램을 통해 배터리 핵심광물 탐사 지원 추진('19년 32억 유로, '21년 29억 유로)

* Important Projects of Common European Interest

- Horizon 2020을 통해 친환경 기술 개발 및 현장 실증, 심부탐사 및 심부채굴을 위한 스마트 기술, 해저자원을 위한 로봇 기술 등에 투자하였음

- 후속인 Horizon Europe('21-'27)에서는 심부 부존 CRM 탐사 및 지속가능한 탈탄소 채굴 기술, 정·제련 등에 투자할 예정

☐ (캐나다) 핵심광물 탐사 활동 유인 및 선풍·제련 등 상류 및 중류 기술개발과 재활용 기술개발에 집중 지원

- 캐나다 핵심광물 전략('22.12.)*에서는 정책목표 달성을 위해 핵심광물 탐사부터 정·제련, 재활용까지 전방위적 R&D 투자계획을 발표함

* The Canadian Critical Minerals Strategy

- 광산 매장량 평가 방식 개선을 위해 공공주도 지구과학 및 탐사에 7,920만 캐나다 달러
- 니켈, 리튬, 코발트, 흑연, 구리, 희토류, 바나듐, 우라늄 등 특정 광물 탐사에 30% 세액 공제 추진
- 캐나다 연구소 핵심광물 탐사 R&D에 4,770만 캐나다 달러 지원
- 상류·중류 부문 R&D 및 기술 보급을 위해 1억 4,440만 캐나다 달러 지원
- 전략혁신기금(SIF)*를 통해 핵심광물 관련 프로젝트에 총 15억 캐나다 달러를 지원하며 제조 및 가공과 재활용에 중점 투자

* Strategic Innovation Fund

5.2. 국내 R&D 동향

※ 이차전지 핵심광물 관련 탐사 및 정·제련 R&D관련 R&D 과제는 미미한 수준

※ 재활용 R&D는 NTIS 키워드 검색을 통해 과제 단위로 분석(기간 : '18 ~ '21년)

〈탐사 및 정·제련 사업 동향〉

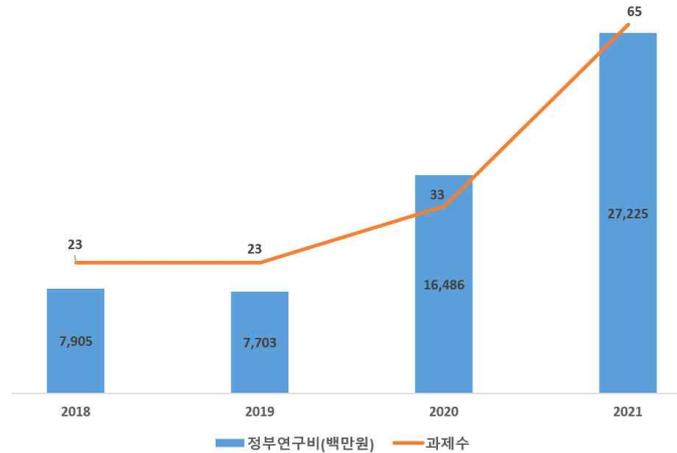
☐ 산업부 중심으로 다양한 광물 탐사 및 정·제련 관련 R&D사업이 추진되고 있으며, 이차전지 핵심광물의 경우 세부과제 3개를 통해 R&D가 추진되고 있음

- 음극재용 흑연광에 대한 AI 기반 탐사/개발 및 원료화 기술 개발('22~'26, 98억 원)
- 연속건식제련기술 기반 저품위 니켈 산화광의 고농도 니켈 중간물 생산기술 개발('22~'25, 50억 원)
- 국내부존 레피돌라이트로부터 리튬자원 회수를 위한 선풍/제련 실증기술 개발('21~'23, 35억 원)

〈재활용 과제 동향〉

☞ 사용 후 배터리 재활용 및 기반기술에 대한 우리나라의 정부투자는 최근 4년 간 약 593억원으로, 연평균 약 148억원 규모임

- 최근 사용후 배터리 산업 육성에 대한 필요성이 급증하면서, 관련 정부 R&D 예산이 급증

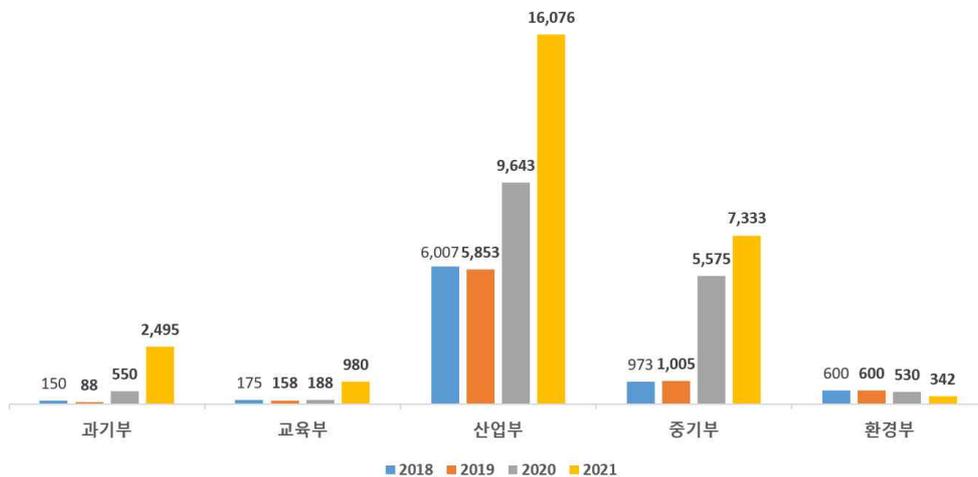


[그림 8] 사용후 배터리 재활용 관련 정부연구비 및 과제 수('18~'21)

☞ 부처별 예산으로 살펴보면, 산업부 및 중기부를 중심으로 연구가 추진 중

- 과기부 및 교육부의 기초연구 사업에서 일부 연구들이 진행되고 있으나, 사용후 배터리 전처리 소관부처인 환경부의 연구 집행은 미진한 상황

(단위 : 백만원)



[그림 9] 사용후 배터리 재활용 관련 부처별 예산 집행 현황

연구개발단계별 분석 결과, 기술적으로 성숙한 사용후 배터리 산업의 특성상 기초연구는 축소, 응용/개발연구 중심으로 확대됨

- 특히 기업 지원을 위한 기반구축 예산이 대부분을 차지하는 기타 단계의 예산이 눈에 띄게 급증

(단위 : 백만원)

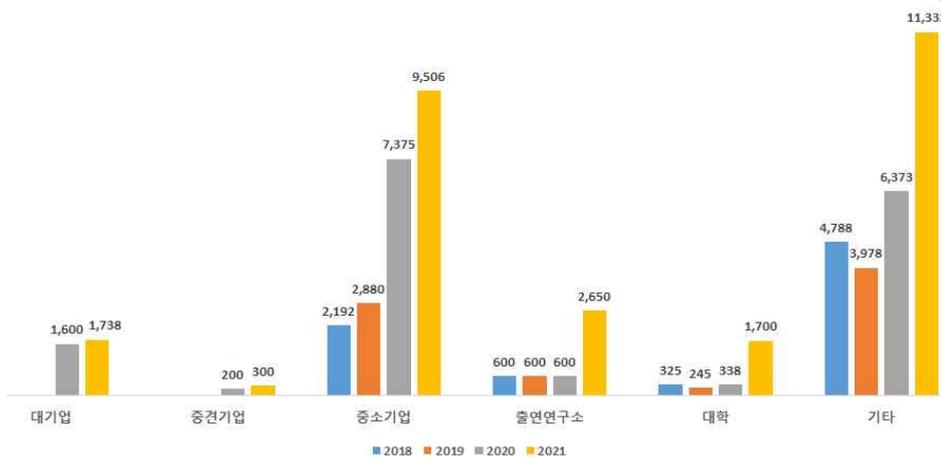


[그림 10] 연구개발단계별 정부R&D 투자 추이('18~'21)

수행주체별 분석 결과, 대기업 중심 산업의 파생산업의 특성상 주로 중소기업에서 대부분의 연구개발을 진행 중

- 기반 구축을 주관하는 지역 테크노파크 등이 속한 “기타” 주관이 큰 비중을 차지

(단위 : 백만원)



[그림 11] 연구수행주체별 정부R&D 투자 추이('18~'21)

기술분야별 분석 결과, 기반구축, 재활용, 진단/평가, 운송/전처리 순으로 투자가 이루어짐

- 재활용 연구의 경우 대부분 공정 최적화 및 자원 회수율 향상을 중심으로 연구
- 신속/정확한 사용후 배터리 진단평가를 위한 R&D가 최근 급증하고 있으며, 전처리 분야의 안전성 향상 및 자동화를 위한 연구도 일부 진행

(단위 : 백만원)



[그림 12] 기술분야별 정부R&D 투자 추이('18~'21)

제6장 결론

6.1. 요약 및 정리

☞ 탄소중립을 위한 친환경화·전기화로 인해 배터리 및 주요 핵심광물의 수요가 대폭 촉진될 것으로 전망

- IEA에 따르면 '20년 대비 '50년 기준 석유 수요는 1/4로 줄어드는 반면, 구리·리튬·니켈·코발트 등의 광물자원 수요는 4배 이상 증가할 것으로 전망
- SNE Research에 따르면 미국, 중국, 유럽을 중심으로 한 글로벌 배터리 시장은 '19년 222GWh → '30년 3,872GWh로 연평균 29.7% 성장할 전망

☞ 폭발적인 수요에 비해 주요 핵심광물들은 특정 국가에 편중되어 있고, 정·제련 산업은 중국이 독점하고 있으며, 특히 리튬과 니켈의 공급망 문제가 심화될 전망

- 리튬은 칠레/호주/아르헨티나 3개국에 약 77%가 부존, 호주/칠레/중국에서 약 90%가 생산되고 중국/칠레/미국 기업이 약 88%를 정·제련
 - 배터리의 필수적인 광물이고, 대부분이 배터리에 사용되어 친환경차 수요 급증에 따라 광물 수요가 급증할 것으로 보이며, 부존/생산/가공의 편재성이 가장 큼
- 니켈은 인도네시아/호주/브라질에 약 60% 부존, 인도네시아/필리핀/러시아/뉴칼레도니아/호주에서 약 87.2%가 생산되고, 중국/인도네시아/러시아 기업이 약 47.9%를 정·제련
 - 최근 니켈의 사용이 급증하고 있으나, 배터리로의 사용이 미미하고 차세대 배터리에서 제외될 여지가 있으며 부존/생산/가공의 집중도가 다소 다변화되어 있음
- 코발트는 민주콩고/호주/인도네시아에 약 71.9% 부존되나 민주콩고에서 약 79.2%가 생산되고, 중국 기업이 약 67.1%를 정·제련
 - 다만, 하이니켈 배터리에 대한 수요가 급증하면서 코발트의 포함 비중이 줄어들고 있으며, 산화광 니켈의 정·제련 부산물로 코발트를 획득 가능

- 망간은 남아공/호주/브라질/우크라이나에 약 88%가 부존, 남아공/가봉/중국/호주에 약 76%가 생산되나, 망간 제품의 약 90% 수준을 중국이 점유 중
 - 다만, 망간 수요의 약 90%가 제강용으로 배터리 관련 망간 확보 동향은 타 광종 대비 미미한 수준

 최근 글로벌 각국에서는 IoT/AI기반의 스마트 탐사 기술, 친환경·고효율·저비용 정·제련 및 재활용 기술개발을 추진하여 중장기적 관점에서의 ESG 대응 및 핵심광물에 대한 공급 확대와 정·제련의 특정국 의존도 완화를 추진

- (탐사) IoT 접목 및 원격/무인 탐사 기술을 접목하여 생산성·안전성·정확도를 높이고, 심부 자원 및 인프라 열악지역에 대한 자원개발 R&D 추진
- (정·제련) ESG에 대한 사회적 요구 증대로 저탄소배출 기반의 친환경·고효율·저비용 기술, 저품위 광석/휴광산 광물찌꺼기/슬래그 등 미이용 또는 폐자원 활용 등에 대한 R&D 추진
- (재활용) 성숙한 제련기술 기반의 산업으로 최근 경제성 향상을 위한 해체 자동화, 친환경 및 회수율 향상 등에 대한 연구개발이 중점적으로 진행 중

 중국의 광물자원 확보 정책 추진 하에 미국 및 유럽은 중국을 배제한 광물 공급망 재편을 위한 정책을 추진 중이고, 기타 자원 부국들의 경우 자국의 자원을 활용하여 산업을 육성시키기 위한 전략을 추진 중

- (중국) 2008년부터 5년 단위 ‘전국광산자원규획’ 정책을 통해 자국 광물 관리를 강화했으며, 정부(국유기업) 중심으로 해외자원개발도 적극 추진
- (미국) 2010년 중국 희토류 수출규제 강화조치 등에 따라 광물 공급망이 주요 정책의제로 부상하였으며, 최근 미·중 패권경쟁 격화에 따라 자국 핵심광물 생산역량 확대, 경제·산업 우방국 중심 공급망 구축 등 핵심광물 공급 안정화 정책 추진
- (유럽) 2010년 이전부터 유럽위원회를 중심으로 체계적 핵심광물 관리 정책을 추진하고 있으며, 최근 핵심원자재법 초안을 발표하여 특정국가 의존도 65% 이하를 목표로 제시
 - 특히 유럽은 탄소발자국, 공급망 실사제도 등을 통해 주요 광물 채굴의 환경오염을 규제
- (기타) 인도네시아, 중남미 등 자원이 풍부하게 부존되어 있는 국가들은 광물 자원을 통해 자국의 산업을 육성하기 위한 수단으로 관련 정책들을 추진 중

핵심광물에 대한 중국의존도가 심한 한국의 경우 기업차원에서의 다변화 움직임이 활발히 진행 중이며, 정부에서도 R&D 지원 및 관련 정책을 마련

- 탄산리튬(칠레, 78.5%), 황산니켈(핀란드 68.2%), 니켈중간제품(인도네시아, 42.7%), 코발트중간제품(콩고, 78.2%), 황산망간(벨기에, 71.9%)를 제외하면 모든 원료화합물의 수입국 1위가 중국이고, 특히 전구체는 전량 중국에서 수입
- 중국 의존도 탈피를 위해 주요 소재 기업들은 자회사 설립 및 해외 기업과의 협력을 통해 니켈, 리튬 등의 조달을 다변화하고 있으며, 국내 전구체 생산을 위한 제조공장 설립을 추진 중
 - 다만, 부족한 제련기술 및 전구체 제조기술을 보완하기 위해 중국기업과의 합작형태로 추진되는 경우가 다수
- 최근 핵심광물 확보전략을 통해 2030년까지 특정국 의존도 50%대로 완화 및 재자원화 20% 확대를 목표로 국내외 자원개발 활성화, 비축 확대, 관련 R&D 추진을 발표
- R&D 지원이 최근 확대되고 있으나, 대부분 사용후 배터리 재활용 회수율 향상에 관련된 내용으로, 원천적 중국 의존성 탈피를 위한 탐사(채굴) 및 정·제련 R&D는 미미한 수준

〈표 23〉 핵심 광종별 공급망 현황 및 이슈

구분	주요 부존국(%)	주요 생산국(%)	주요 정·제련국(%) *기업 소유 기준	한국 수입 의존국(%)	한국 다변화 동향	정부 R&D 동향	이슈***
리튬*	- (염수형) 칠레(41.8), 아르헨티나(10) - (경암형) 호주(25.9)	호주(52.5), 칠레(24.8), 중국(13.4)	중국(52.7), 칠레(17.8), 미국(17.5)	- 수산화리튬 : 중국(87.9) - 탄산리튬 : 칠레(78.5)	- 아르헨티나, 호주 등 리튬 직접 조달 - 국내 탄산리튬 → 수산화리튬 전환공장 설립	재활용(자원 회수율 향상 및 기반구축) 중심으로 R&D 추진 중	국내 수산화리튬 전환 공장 부족, 고순도화 제련기술 미흡
니켈**	- (산화광) 인도네시아(22.3), 호주(22.3) 등 다수 - (황화광) 호주(22.3), 브라질(17.0) 등 다수	인도네시아(46.4), 필리핀(17.2), 러시아(8.5) 등 다수	중국(32.8), 인도네시아(9.3), 러시아(5.8), 브라질(4.8) 등 다수	- 황산니켈 : 핀란드(68.2) 니켈중간제품 : 인도네시아(42.7)	- 니켈 자체 조달 및 정·제련 - 산화광을 활용한 황산니켈 제련공장 설립		- 중국의존을 탈피한 것으로 보이나, 국내 생산 시 고압산침출법 등 고순도화 제련 기술 부족으로 중국기업과 협업 중
코발트	민주콩고(45.8), 호주(18.3), 인도네시아(7.8)	민주콩고(79.2)	중국(67.1)	- 황산코발트 : 중국(100) - 코발트중간제품 : 콩고(78.2)	한국 자체 기술력으로 황산코발트 생산		- 한국 자체 기술력이 있고, 하이니켈 배터리 사용으로 코발트의 사용이 점차 줄어들 전망 - 니켈 산화광의 제련 부산물로 코발트 획득이 가능
망간	남아공(42.9), 호주(18.1), 브라질(18.1)	남아공(38.7), 가봉(14.1), 중국(14.0)	중국(90)	벨기에(71.9)	-		하이망간배터리 상용화 시 중국 의존 예상
전구체	-	-	중국	중국(97.8)	국내 전구체 제조공장 설립		정·제련 기술 부족으로 중국 기업과 협업

*리튬 : 수산화리튬은 장거리 운송이 불가하여 중국에 의존. 염수형에서는 LFP용 탄산리튬, 경암형에서는 삼원계용 수산화리튬이 생산되나 탄산리튬 → 수산화리튬 전환 가능

** 니켈 : 배터리용으로는 황화광이 사용되며, 산화광의 경우 추가 공정을 통해 배터리 원료로 활용 가능

*** 현재는 미국 IRA 법안의 친환경차 보조금을 지급받는데에 문제가 없으나 '25년 이후 중국기업과의 협업 여부가 규제 대상이 될 여지가 있음

6.2. 정책제언

 자원 탐사·개발 산업을 육성하기 위해 IT·AI 기술을 접목한 R&D 지원은 물론, 인력양성을 포함한 비R&D 분야의 지원이 필요하나, 전반적 생태계가 미약하므로 단계적 지원 확대 전략이 유효

- 생산량 증대, 원가 절감, 안전성 확보 등을 위해 IoT 기반의 디지털 마인 기술, AI 기반 미개발 오지 광체 탐사 기술, 자동화·무인화 기술 등에 대한 R&D를 중점적으로 지원
- 민간 회사들이 적극적으로 해외 투자에 나설 수 있도록 투자여건조사, 기초탐사, 지분인수 타당성 조사 등 비R&D적 지원을 확대하여 투자 리스크를 저감시켜주고, 기술 인력양성을 병행
- 광물 발견부터 생산까지 평균 리드타임이 16년으로, 단기적인 성과 없이 지속적인 자금 투입이 필요한 분야이므로 장기적인 관점에서 지원하고, 전반적으로 생태계가 미흡한 산업이므로 단계적으로 지원을 확대해 나가는 전략이 유효

 부가적 원료 조달 수단인 사용후 배터리 재활용 산업 육성 및 글로벌 경쟁 우위 선점을 위해 정부 R&D 지원 방향성의 일부 전환이 요구됨

- 사용후 배터리는 국가 간 운송이 불가하므로 전체 시장의 90% 이상을 차지하는 미국, 유럽, 중국 등 해외 선진시장 진출이 필수적
※ 배터리 파·분쇄한 후 발생하는 블랙파우더의 경우 국가 간 운송이 가능하나, 추후 규제할 가능성이 존재
- 해외 선진시장 진출을 위해 저탄소 배출, 폐액처리, 안전 파분쇄 등 친환경성·안전성을 기반으로 한 재활용 기술이 확보되어야 하나, 현재 자원회수율 향상, 기반 구축을 중심으로 정부 R&D가 지원되고 있으므로 일부 전환이 필요
- 또한, 배터리 재활용은 경제성이 미확보된 산업으로, 정부에서 해체 자동화 등에 대한 R&D 지원과 규모의 경제 달성을 위해 사용후 배터리의 원활한 조달에 대한 정책·제도적 지원이 병행되어야 함

 배터리 원료 산업의 중국 의존도 탈피를 위해 국내 제조공장 설립의 제도적 지원과 함께 정·제련 및 전구체 제조 기술력 고도화를 위한 R&D 지원 필요

- 국내 기업들은 공급망 다변화를 위해 적극 노력 중이나, 정·제련 및 전구체 제조를 여전히 중국기업에 의존 중이므로, 향후 IRA 법안의 규제 확대 시 큰 피해가 우려
- 거의 전량 중국 수입에 의존하는 전구체, 수산화리튬의 경우 전구체 제조공장 및 탄산리튬
 - 수산화리튬 전환 공장을 설립을 적극 유도하고, 관련 세제 및 금융 지원 확대 필요
 - ※ 칠레 등으로부터 탄산리튬을 수입하여 수산화리튬으로 전환이 가능
- 기존 정·제련 기술의 최적화는 물론, 원료 조달 다변화를 위해 저품위 원료의 고품위화 및 대체자원 발굴 등에 대한 R&D를 적극 지원하여, 중국에 대한 의존성을 완화하고 더 나아가 그간 중국이 독점하고 있던 정·제련 산업을 한국의 새로운 성장 동력으로 발돋움
 - 또한, 광물 채굴·제련 과정에서 발생하는 다량의 탄소 및 환경 유해물질에 대한 규제에 대응하기 위해 친환경 공법에 대한 중점적인 R&D 지원이 필요

참고문헌

문헌자료

- IEA, Global Supply Chains of EV Batteries(2021)
- 한국무역협회 kstat
- 삼성KPMG경제연구원, 배터리 생태계 경쟁 역학구도로 보는 미래 배터리 산업(2023)
- SNE Research, Battery Metals Outlook (~2030)
- SNE Research, 2022 Recycling Reuse 시장전망
- USGS, Mineral Commodity Summaries 2019~2022
- Wood Mackenzie, Battery & raw materials - Strategic planning outlook to 2050
- WBMS, World Metal Statistics Yearbook 2022
- Wood Mackenzie, Global nickel strategic planning outlook Q1 2022년
- FCAB, National Blueprint for Lithium Batteries 2021-2023
- 한국무역협회, 주요국의 핵심광물 확보전략과 시사점(2022)
- 한국무역협회, 핵심원자재의 글로벌 공급망 분석 : 니켈(2022)
- 한국무역협회, 배터리 핵심 원자재 공급망 분석 : 리튬(2022)
- 한국무역협회, 워싱턴 통상정보 : 인플레이션감축법 시행지침 주요 내용(2023)
- 산업통상자원부, 첨단산업 글로벌 강국 도약을 위한 핵심광물 확보전략(2023)
- 한국과학기술기획평가원, 전기차 사용후 배터리 산업 생태계 활성화 방안(2022)
- 손호상, 리튬의 제련기술, 한국자원리사이클링학회(2022)
- 한국경제, <https://www.hankyung.com/finance/article/202303134131i>
- 한국경제, <https://www.hankyung.com/finance/article/2022120298046>
- 한국경제, <https://www.hankyung.com/realestate/article/202303239669i>

| 저자 소개 |

이 승 필

한국과학기술기획평가원 성장동력사업센터 부연구위원

Tel: 043-750-2566 E-mail: feel86@kistep.re.kr

여 준 석

한국과학기술기획평가원 거대공공사업센터 연구위원

Tel: 043-750-2475 E-mail: susuky@kistep.re.kr

조 유 진

한국과학기술기획평가원 성장동력사업센터 연구원

| 편집위원 소개 |

전 승 수 연구위원

진 영 현 연구위원

정 두 엽 부연구위원

한국과학기술기획평가원 사업조정본부

Tel: 043-750-2728 E-mail: dooyupjung@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

[KISTEP 브리프 발간 현황]

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
57 (23.01.06.)	MZ세대를 위한 미래 기술	지수영·안지현 (KISTEP)	미래예측
- (23.01.20.)	KISTEP Think 2023, 10대 과학기술혁신정책 아젠다	강현규·최대승 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제341호)
58 (23.02.02.)	세계경제포럼(WEF) Global Risks 2023 주요내용 및 시사점	김다운·김유신 (KISTEP)	혁신정책
59 (23.02.07.)	미국의 「오픈사이언스의 해」 선포와 정책적 시사점	이민정 (KISTEP)	혁신정책
- (23.02.21.)	‘데이터 보안’ 시대의 10대 미래유망기술	박창현·임현 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제342호)
60 (23.03.06.)	연구자산 보호 관련 주요국 정책 동향 및 시사점	유지은·김보경 (KISTEP)	혁신정책
61 (23.03.20.)	美 「과학적 진실성 정책 및 실행을 위한 프레임워크」의 주요 내용 및 시사점	정동덕 (KISTEP)	혁신정책
- (23.03.29.)	우리나라 바이오헬스 산업의 주력산업화를 위한 정부 역할 및 지원방안	홍미영·김주원 안지현·김종란 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제343호)
62 (23.03.30.)	2021년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
63 (23.03.30.)	2021년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석	강유진·김종란 (KISTEP)	통계분석
- (23.04.03.)	국방연구개발 예산 체계 진단과 제언	임승혁·안광수 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제344호)
64 (23.04.06.)	2023년 중국 양화의 주요 내용 및 과학기술외교 시사점	강진원·장지원 (KISTEP)	혁신정책
65 (23.04.10.)	2023 인공지능 반도체	채명식·이호윤 (KISTEP)	기술동향
66 (23.04.13.)	생성형 AI 관련 주요 이슈 및 정책적 시사점	고윤미·심정민 (KISTEP)	혁신정책

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
- (23.04.17.)	STI 인텔리전스 기능 강화 방안 -12대 과학기술혁신 정책 이슈를 중심으로-	변순천 외 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제345호)
67 (23.04.17.)	「OECD Science, Technology, Innovation Outlook 2023」의 주요 내용 및 시사점	홍세호·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.04.19.)	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언	박노언·기지훈·김현오 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제346호)
68 (23.05.02.)	전기차 배터리 핵심명물	이승필·여준석·조유진 (KISTEP)	기술동향