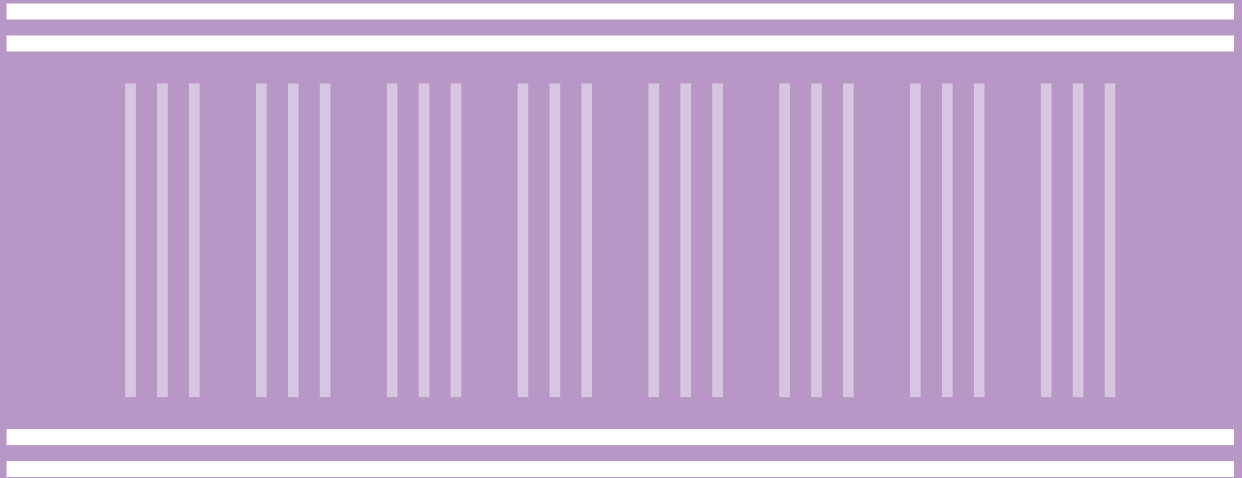




2023.11.20.

국회미래연구원 | 국회미래의제 | 23-08호

핵심원자재 공급 안정성 강화 중장기 전략



김은아, 박성준, 차정미



국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

핵심원자재 공급 안정성 강화 중장기 전략

김은아 혁신성장그룹장

박성준 부연구위원

차정미 부연구위원

요약

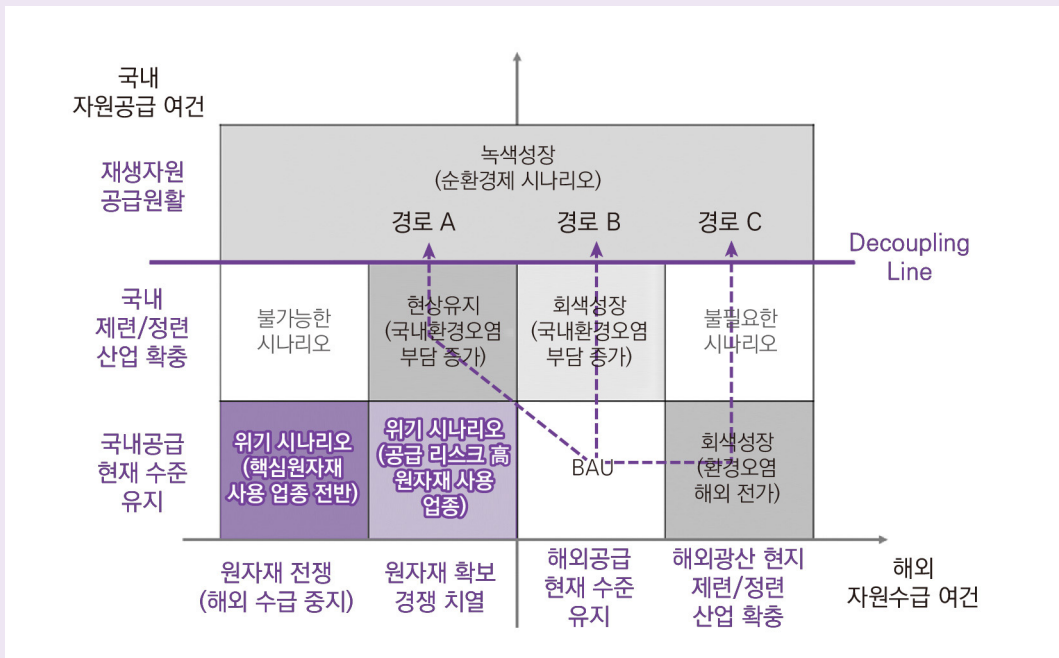
- 미래의제로서 핵심원자재 공급 안정성
- 미래산업과 핵심원자재 공급 현황
- 핵심원자재 전략경쟁과 경제안보에의 도전
- 원자재 공급 안정성 강화를 위한 글로벌 기술경쟁력
- 핵심원자재 공급 안정성 강화 정책 제언

참고문헌

요약

■ 미래의제로서 핵심원자재 공급 안정성

- 전 세계적으로 첨단산업의 발전을 위한 핵심광물에 대한 수요가 급증하면서, 이러한 광물의 공급 안정성이 중요한 이슈로 부상하고 있음
- 그러나 한국은 이러한 핵심원자재의 주요 수입국으로 중국을 두고 있으며, 일부 원자재에 대한 특정국 의존도가 90%를 초과함. 이는 국가전략산업의 안정적 발전을 위한 큰 잠재적 리스크로 작용할 수 있음
- 따라서, 글로벌 핵심원자재 공급망 이슈와 그에 따른 국내 산업의 취약성을 진단하고, 이를 완화하는 방안을 마련하는 것이 필요하며, 이를 통해 국가의 경제안보를 확보하고, 미래산업 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대함
- 본 연구는 중장기적으로 녹색성장 시나리오로 수렴하는 주요국 정책 트렌드를 반영하여 핵심원자재 수요가 크게 증가할 것으로 전망되는 미래에 국내 또는 해외로부터 원자재 공급량이 늘어날 수 있는 경로 A~C를 도출함(아래 그림 참조)
 - 이에 따라 전환단계에 요구되는 국가 전략을 고찰하고, 전환단계 및 녹색성장 단계에서 사용할 수 있는 기술개발 현황에 기반하여 전략을 도출하고자 함



국내외 핵심원자재 수급여건별 경제성장 시나리오 & 핵심원자재 공급 안정성 전략별 시나리오 변화 경로(A, B, C)

요약

■ 미래산업과 핵심원자재 공급 현황

- 핵심원자재는 미래산업의 성장 및 지속가능성에 결정적이며, 미-중 간의 갈등에서 핵심원자재의 통제와 확보는 큰 이슈로 부상함
- 현재 중국은 다양한 핵심원자재의 주요 생산국으로 핵심원자재 생산 점유율 대부분에서 세계 1위를 차지하고 있으며, 채굴 단계보다 가공 단계에서 핵심원자재 공급에 독보적인 우위를 점하고 있음
- 중국의 핵심원자재 공급 점유율 외에도 많은 핵심원자재 주요 생산 국가들이 정치적 불안정성이나 제도적인 문제를 가지고 있어 공급망의 안정성에 우려가 있음

■ 핵심원자재 전략경쟁과 경제안보에의 도전

- 중국은 녹색 전환에 필요한 핵심 원자재에 대한 통제와 영향력을 강력하게 확보하고 있으며, 이는 중국의 전략적 비전과 국가의 중장기 계획에 명확하게 반영되어 있음
 - 특히 향후 30여년간 지속적으로 수요가 급증할 것으로 전망되는 리튬, 니켈, 코발트 등의 중요한 원자재에 대한 중국의 가공 및 소유 비율이 높음
- 다른 국가들이 환경적 제약으로 인해 채굴을 제한하는 상황에서 중국은 이를 기회로 삼아 핵심 원자재의 대다수를 독점하고 있는데, 이러한 상황은 녹색전환의 중요성이 점차 중요해질 것으로 전망되는 미래산업 경쟁력 확보를 위하여 다른 국가들에게도 원자재 공급 안정성 강화 전략이 필요함을 의미함
- 해외 주요 국가들은 중국에 대한 핵심원자재 의존도를 리스크로 인식하며, 이에 따른 공급 리스크 대응 전략과 제도를 강화하고 있으며, 이에 대응하여 중국 또한 핵심광물과 원자재 공급망에 대한 국가전략의 중요성을 더욱 부각시키고 있음
 - EU는 핵심원자재의 안정적 공급을 위한 다양한 대응 전략을 개발하고 있으며 최근 핵심원자재법 (CRMA) 초안을 공개함
 - 미국과 한국 또한 핵심광물의 공급 안정화를 위한 법제도 및 국제 협력 강화의 필요성을 인식하고, 이를 구체화하는 방안을 모색하고 있음
 - 중국은 핵심광물과 원자재의 안보를 강화하기 위해 전략적 중요성을 격상시키는 동시에 공급망과 산업망 안보에 중점을 둬

요약

■ 원자재 공급 안정성 강화를 위한 글로벌 기술경쟁력

- 원자재 공급망 안정화 전략은 원자재 공급망 다변화와 같은 대외경제정책과 함께 원자재의 역내생산 및 재활용 전략과 깊은 연관성이 있으며, 이를 위한 기술력이 뒷받침되어야 함
 - 단기적으로는 원자재의 효율적인 생산 방법을 모색하고, 중장기적으로는 환경 부담을 최소화하는 재활용 기술의 경쟁력을 강화하는 전략이 요구됨
 - 특허출원 데이터를 분석한 결과 중국은 특허의 양적성장이 가장 두드러진 나라이나 아직까지는 미국과 유럽의 기술영향력이 우세한 것으로 드러남
- 그러나 중국의 중점 패밀리특허 대상인 PCT 특허를 기반으로 미래의 잠재적 시장 영향 범위를 확장할 수 있는 가능성을 보여줌
 - 한국이 출원한 특허의 경우 양적으로 미국과 유럽을 앞서는 것으로 드러났으나 피인용 및 패밀리 네트워크의 중심성에서 주요 5개국 중 최하위로 평가되어, 글로벌 경쟁력 강화를 위한 추가적인 연구 및 전략 개발이 필요한 상황인 것으로 진단됨

■ 핵심원자재 공급 안정성 강화 정책 제언

- 공급망 다변화 및 안정화: 핵심원자재의 공급 안정성을 확보하기 위해 개발도상국과의 협력 확대 및 다양한 국가와의 공급망 협력이 필요하며, 새롭게 정비되는 미국과 유럽의 글로벌 기준을 고려하여 해외 투자와 협업 전략을 결정할 필요가 있음
- 국제협력: 미중 기술경쟁과 함께 영향력 경쟁이 심화되는 상황에서 미국, 유럽 등과 중국 의존도를 낮추기 위해 유사입장국 전략대화 및 협력을 강화할 필요가 있음
- 기술개발: 한국은 전세계적으로 특허를 많이 출원하였으나, 피인용 및 패밀리 네트워크 중심성이 낮아 글로벌 기술 영향력 강화 차원에서 기술 네트워크 확장전략 및 지식재산권 확보전략이 수립될 필요가 있음
- 재활용 및 국제표준화 대응: 중장기적 대응력 향상을 위하여 재활용 및 재제조 기술의 향상이 중요하며, 이러한 기술의 상용화에 핵심적인 국제표준화 준비 과정에 적극적으로 대응할 필요가 있음

(2) 핵심원자재 공급 여건 및 대응 전략에 따른 미래 시나리오

- 한국의 국가전략산업은 전세계적으로 수요가 급등할 것으로 전망되는 핵심원자재를 사용
 - 한국은 2023년 3월 「국가전략기술육성법」을 제정, 국가전략기술을 “외교·안보 측면의 전략적 중요성 및 국민경제 및 연관 산업에 큰 영향을 주는 신기술·신산업 창출 기술”¹⁾로 정의
 - 2022년 10월, 과학기술정보통신부는 이차전지, 첨단 이동수단, 수소, 첨단 로봇·제조 등 12대 기술을 국가전략기술로 선정 및 발표²⁾
 - [표 1]은 국가전략기술에 포함되어있는 주요 미래기술에 필요한 핵심원자재 수입현황 분석결과 중 [그림 1]에 포함된 핵심원자재에 해당하는 내용을 재정리한 결과를 보여줌
 - 한국은 국가전략기술이 필요로하는 핵심원자재 순(純) 수입국이며, 특히 중국이 주요 수입국인 규소, 리튬, 희토류의 경우 의존도가 50% 이상으로 높음

[표 1] 한국 국가전략기술이 필요로 하는 핵심원자재별 수입 의존도

핵심 원자재	주요 미래 기술				우리나라 수입 현황(2022년 기준)		
	배터리	연료전지	견인전동기	로봇공학	순수입 여부	주요 수입국 ³⁾	비중
구리	○	○	○	○	-	-	-
규소	○	○	○	○	Y	중국	56%
백금		○		○	Y	독일	21%
니켈	○	○		○	Y	호주	18%
코발트	○	○		○	Y	콩고	31%
흑연	○	○		○	-	-	-
리튬	○	○		○	Y	중국	64%
희토류		○	○	○	Y	중국	50%

1) 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」 제1조(시행 2023. 9. 22.).

2) 과학기술정보통신부 보도자료(2022.10.28.), 「12대 국가전략기술, 대한민국 기술주권 책임진다」.

3) 순수입국 여부는 박성준(2023, p. 17)을 참조함

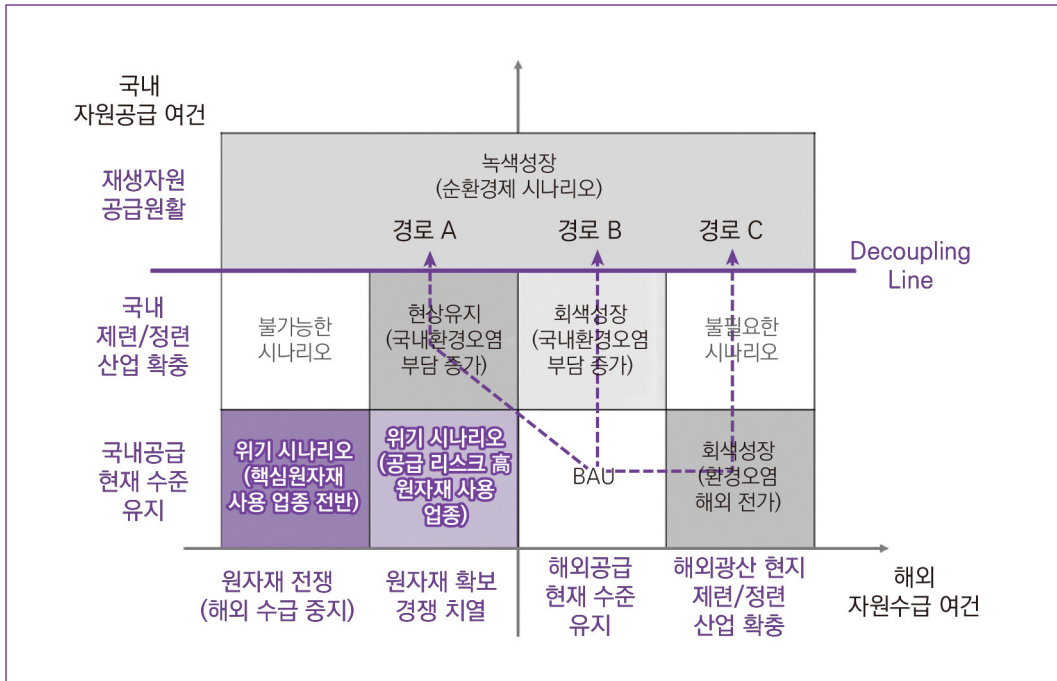
- 중국의 압도적인 핵심원자재 시장 점유율에 대응하여 세계 주요국은 중국에 대한 의존도 감소 및 다양한 공급망 구축 전략 개발 중
 - 중국은 「중국제조2025(中国制造2025, Made in China 2025)」 정책⁴⁾을 일관성 있게 진행하며, 원유 생산국과 같은 우호 동맹국을 늘리고 핵심원자재를 비롯한 가공소재, 경제적 첨단 제품 등으로 세계 시장을 점유하려는 전략을 추진
 - 최근 유럽연합(EU)과 미국은 중국에 대한 의존도를 낮추는 것을 주목적으로 핵심 원자재의 안정적 공급을 위한 다양한 법률과 정책을 개발하고 있음
 - 한국 또한 2023년 2월 특정국 수입 의존도가 80% 이상인 핵심광물 33종을 선정하였으며, 전략산업에 필요한 10대 전략 핵심광물의 의존도를 2030년까지 50%대로 낮추겠다는 목표를 설정함
 - 해외 의존도를 낮추기 위한 중장기 대응 전략으로 핵심광물의 재자원화 비중을 20%대로 증가시키겠다는 목표를 제시
- 이상의 대외여건과 국내 전략산업 육성 전략 등을 종합하였을 때, 핵심원자재 공급 안정성은 중장기적으로 핵심적인 제약조건이 될 수 있으며, 이에 따라 국내산업 성장 관점에서 아래와 같은 미래 시나리오⁵⁾를 도출함
 - 순환경제 시나리오 또한 광물 확보 과정에서 환경오염 부담이 발생하나 자원 채굴 → 제련 → 정련 전과정과 비교하였을 때 상대적으로 환경오염 부담이 적다는 의미에서 ‘녹색’ 시나리오로 분류함
 - Decoupling Line 아래는 전환단계(transition phase)에 해당하고, 중장기 시나리오는 녹색성장 시나리오로 수렴하는 주요국 정책 트렌드를 반영하였음
 - 재생자원 공급 관련 기술 및 산업 경쟁력이 확보되는 시점에 따라 전환단계에 소요되는 시간이 결정될 것이며, 그에 따라 전환단계에 필요한 국내외 제련/정련 산업 투자 집중도가 결정될 필요가 있음
 - 경로 A~C는 현재보다 미래에 핵심원자재 수요가 늘어날 것이라는 수요 전망에 따라 국내 또는 해외로부터 원자재 공급량을 확충하는 전략이 반영된 시나리오임

4) 中国 国务院(2015.05.29.).

5) 해외 자원수급 여건 변화 중 원자재 확보가 치열해지거나 수급이 중지는 상황은 국내 전략과 무관하게 주어지는 외생변수이며, 국내에서 아무런 전략적 대응을 하지 않는 경로(위기시나리오 봉착)는 그림에 표시하지 않음

- 본 연구는 전환단계에 요구되는 국가 전략을 고찰하고, 전환단계 및 녹색성장 단계에서 사용할 수 있는 기술개발 현황에 기반하여 핵심원자재 공급 안정성 강화 전략을 도출하고자 함

[그림 2] 국내외 핵심원자재 수급여건별 경제성장 시나리오 & 핵심원자재 공급 안정성 전략별 시나리오 변화 경로(A, B, C)



(3) 본 연구의 필요성 및 목적

- 중국은 핵심원자재 공급망 이슈를 촉발시키고 있는 핵심 국가로, 주요국과의 경쟁과 갈등관계에 있다는 현상적인 분석을 넘어서 그러한 현상을 일으키는 근본적 배경인 중국의 자원확보 전략과 이의 경제안보적 영향을 분석할 필요가 있음
- 중국을 포함한 특정국 의존도를 채굴과 가공(제련) 단계로 구분하여 핵심원자재 공급 안정성의 리스크 여건을 분석하고, 국내 미래전략 산업에 리스크 요인이 될 원자재 공급망 단계와 이에 따른 취약 산업을 식별하는 것을 일차적 목적으로 함
- 핵심원자재 공급 안정성 리스크를 완화하는 방안으로서 기술개발 전략을 이끌어내어, 선행 연구에서 소홀하게 다뤄진 핵심광물의 생산 및 재활용에 필요한 기술을 중심으로 삼는 기술경쟁력 강화 전략을 마련하고, 관련 법제도 개선을 위한 시사점을 도출하고자 함

(1) 핵심원자재 주요 생산⁶⁾국

■ 현재 국제정세와 핵심원자재

- 최근 몇 년 동안 미국과 유럽연합을 중심으로 하는 서구 민주주의 국가들과 중국, 러시아를 중심으로 하는 권위주의 국가들 사이의 갈등이 점점 심화되고 있음
- 핵심원자재는 미래산업의 성장과 지속가능성에 있어 결정적인 역할을 하는 생산요소로, 여기에는 다양한 고급 기술 및 제품의 제조에서 필요한 주요 원료들이 포함됨
- 따라서 핵심원자재 확보는 경제안보의 핵심적인 영역으로 자리잡고 있으며 미-중 국가 간의 갈등 및 경쟁의 관점에서 핵심원자재의 통제와 확보가 큰 이슈로 부상함

■ 국내 핵심원자재의 분류

- 산업통상자원부에서는 2023년 2월에 핵심원자재를 정의⁷⁾하며, 총 33종의 핵심광물을 지정하였으며([표 2] 참조), 특히 10대 전략 핵심광물로는 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연 및 희토류 5종(네오디뮴, 디스프로슘, 터븀, 세륨, 란탄)을 지정함

[표 2] 우리나라 핵심원자재 목록

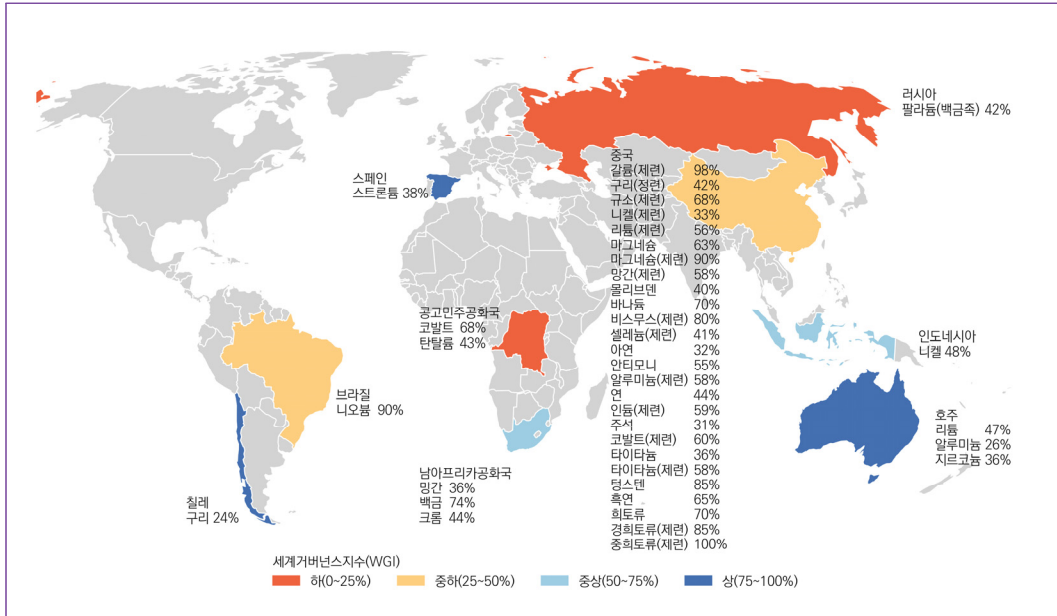
핵심 원자재	구리, 규소, 니오븀, 니켈, 리튬, 마그네슘, 망간, 몰리브덴, 바나듐, 백금족 2종(백금, 팔라듐), 비스무스, 셀레늄, 스트론튬, 아연, 안티모니, 알루미늄, 인, 주석, 지르코늄, 코발트, 크롬, 타이타늄, 탄탈륨, 텅스텐, 팔라듐, 흑연, 희토류 5종(네오디뮴, 디스프로슘, 터븀, 세륨, 란탄)
-------------------	--

출처: 산업통상자원부(2023.2)

6) 여기서 '생산' 단계는 광물채굴과 가공 단계만은 포함하며, 이후 소재, 부품으로 생산하는 단계는 원자재를 '활용'하는 단계로 보고 포함하지 않음(국내외 일부 자료에서는 소재·부품·완제품을 포함하여 공급 의존성을 산정함)

7) 핵심원자재는 경제적 영향력과 공급리스크를 기준으로 선정함

[그림 3] 주요 핵심원자재 생산국



자료: USGS (2023), European Commission (2023)
 주: 세계거버넌스지수(WGI)의 출처는 Kaufmann and Kraay(2023).

[표 3] 주요 핵심원자재 생산량과 매장량

광물	생산량(채굴)	생산량(제련)	매장량
구리	칠레(24%)	중국(42%)	칠레(21%)
니오븀	브라질(90%)		브라질(94%)
니켈	인도네시아(48%)	중국(33%) ¹	인도네시아(21%), 호주(21%)
리튬	호주(47%)	중국(56%) ¹	칠레(36%)
마그네슘	중국(63%)	중국(90%)	러시아(34%)
망간	남아프리카공화국(36%)	중국(58%) ¹	남아프리카공화국(38%)
몰리브덴	중국(40%)		중국(31%)
바나듐	중국(70%)		중국(37%)
백금족	백금	남아프리카공화국(74%)	남아프리카공화국(90%)
	팔라듐	러시아(42%)	
스트론튬	스페인(38%)		중국 ²
아연	중국(32%)		호주(31%)
안티모니	중국(55%)		러시아(19%), 중국(19%)

광물	생산량(채굴)	생산량(제련)	매장량
연	중국(44%)		호주(44%)
주석	중국(31%)		인도네시아(17%)
지르코늄	호주(36%)		호주(71%)
코발트	콩고민주공화국(68%)	중국(60%) ¹	콩고민주공화국(48%)
크롬	남아프리카공화국(44%)		카자흐스탄(41%)
타이타늄	중국(36%)	중국(58%)	중국(27%)
탄탈륨	콩고민주공화국(43%)		중국 ²
텅스텐	중국(85%)		중국(47%)
흑연	중국(65%)		터키(27%)
희토류	중국(70%)	경희토류: 중국(85%) ¹ 중희토류: 중국(100%) ¹	중국(34%)
희토류	네오디뮴		중국(85%) ¹
	디스프로슘		중국(100%) ¹
	터븀		중국(100%) ¹
	세륨		중국(85%) ¹
	란탄		중국(85%) ¹
갈륨		중국(98%)	-
규소		중국(68%)	-
비스무스		중국(80%)	-
셀레늄		중국(41%)	-
알루미늄	호주(26%) ³	중국(58%)	-
인듐		중국(59%)	-

자료: USGS(2023), European Commission(2023)

주: ¹로 표시한 자료의 출처는 European Commission(2023)이며, USGS(2023) 자료와 European Commission(2023) 자료 간에는 약간의 차이가 있음. 표는 USGS(2023)를 기준으로 작성하였으며, European Commission(2023)에 추가적인 정보가 있는 경우에 별도로 표시.

² 전 세계 매장량 정보 없음.

³ 알루미늄의 원료인 보크사이트(Bauxite) 기준. 알루미늄의 전 단계이며 보크사이트를 가공하여 얻는 알루미나(Alumina)의 생산량은 중국이 약 54%를 차지.

■ 핵심원자재의 주요 생산국

- [표 3]은 미국 지질조사국 자료(USGS, 2023)와 유럽연합 집행위원회 자료(European Commission, 2023)을 토대로 핵심원자재의 생산량(채굴, 제련)과 매장량을 정리하였으며, 다음과 같은 특징이 나타남
 - 중국이 핵심원자재의 전 세계 공급에서 차지하는 비중이 전반적으로 매우 크게 나타나는데, 특히 제련 생산량에서 압도적인 비중을 차지
 - 여러 광물에서 매장량과 생산량(채굴, 제련)의 순위가 일치하지 않으며, 특히 중국은 대다수 광물에서 매장량이나 생산량(채굴) 순위보다 생산량(제련) 순위가 높는데 이는 중국이 그동안 전략적으로 핵심원자재의 확보와 제련(정련) 산업의 육성에 힘써왔음을 보여줌
 - 10대 전략광물 가운데 흑연과 희토류는 중국의 비중이 가장 높으며, 니켈, 리튬, 망간 역시 제련 기준으로는 중국의 비중이 가장 높음

■ 핵심원자재의 국제 공급망 리스크

- 핵심원자재 주요 생산 국가들 중 많은 국가들이 정치적 불안정성이나 제도적인 문제점을 가지고 있어, 핵심원자재의 공급망의 안정성에 대한 우려가 제기되고 있음
 - 유럽연합은 원자재를 공급하는 국가의 제도의 수준을 공급망의 취약성 평가에 반영하며, 이를 위해 세계은행이 구축하는 세계거버넌스지수(WGI)⁸⁾를 활용함(European Commission, 2023)
 - 세계거버넌스지수는 6개의 항목으로 이루어지며, [그림 3]에서는 국가별로 6개 항목의 평균을 구한 후 이를 하(0~25%), 중하(25~50%), 중상(50~75%), 상(75~100%)으로 분류하여 표시함
 - 그림에 나타난 바와 같이 상당수 핵심원자재의 주요 공급 국가는 정치적 불안정성이나 제도적인 문제를 가지고 있음
- 미중 패권경쟁에 따른 공급망 리스크
 - 미중 패권경쟁에 따라 전 세계적으로 공급망 리스크가 증가하고 있는데, 핵심원자재는 주요 미래산업에 필수적이기 때문에 전략적으로 활용될 우려
 - 제련에 필요한 기술 수준이 크게 높지는 않지만, 선진국에서는 환경오염에 대한 우려와 규제로 인해 상대적으로 제련 산업이 발달하지 못하였으며, 최근에서야 관련 입법을 추진

8) <https://www.govindicators.org/>

- 핵심원자재 개발을 위한 국제협력 가능성
 - [표 3]에 나타난 바와 같이 핵심광물 매장량이 큰 국가 가운데 아직 이를 개발하지 않은 국가가 상당수이며, 최근 핵심원자재의 중요성에 대한 인식이 높아지면서 국제사회가 함께 이를 개발하여 안정적인 공급망을 형성하려는 움직임이 있음
 - 미국이 주도하는 광물안보파트너십(Mineral Security Partnership, MSP)은 이를 반영하는 대표적인 사례이며, 2023년 5월 G7 정상회의에서도 국제사회가 협력하고 자원 보유국을 지원하여 안정적인 원자재 공급망을 구축하는 방안을 발표
 - 인도-태평양 경제 프레임워크(Indo-Pacific Economic Framework, IPEF)에서도 핵심원자재 공급망과 관련된 논의가 일부 진행
 - 핵심광물의 매장량 또는 채굴량이 큰 국가들은 채굴뿐만 아니라 경제성이 높은 제련 산업을 육성하고자 하는 유인이 강하므로 국제사회와의 협력을 통한 공급망 구축 가능성이 열려 있음

(2) 미래산업 관련 핵심원자재 공급 리스크

■ 미래기술과 관련된 핵심원자재 수입 의존도

- [표 4]에서 미래기술과 연관된 핵심원자재를 표시하고, 그에 대한 우리나라의 수입액을 정리함
- 미래기술과 핵심원자재의 관계는 European Commission(2020)을 참고하였고, 우리나라의 수입액은 한국지질자원연구원(2022), 한국지질자원연구원(2023)의 자료 중 원재료 항목(정광, 금속, 합금, 화합물, 스크랩)을 정리함. 산업통상자원부는 희토류 중 5종만 핵심원자재로 지정하였으나, [표 4]에서는 전체 희토류를 모두 포함함)
- 일반적으로 세계시장 점유율과 우리나라의 주 수입국이 항상 일치하는 것은 아니라는 점을 [표 3]과 [표 4], [그림 3]의 비교를 통해 확인할 수 있음
 - 리튬, 희토류: 세계에서 가장 큰 점유율을 차지하는 중국이 우리나라로의 수입액이 가장 큼
 - 망간, 니켈: 2022년 기준으로 호주의 점유율이 두드러지게 큼
 - 코발트: 2021년에는 중국이 주요 수입국이었으나, 2022년에는 콩고민주공화국의 비중이 상승함
- 다수의 광물에서 특정 국가로부터의 수입이 높은 비중을 차지하므로 이에 대한 개선이 필요

9) 우리나라의 교역 자료에서 희토류는 HSK 10단위에서 정의되나 희토류에 포함되는 광물별로 분류되는 것이 아니라 몇 가지의 광물이 하나의 HSK 10단위 코드로 분류되기 때문에 각 광물의 교역액을 파악하기에는 무리가 있음

[표 4] 미래기술과 핵심원자재

	미래기술									우리나라 수입액(원재료)			
	배터리	연료 전지	풍력 터빈	건인 전동기	태양광 발전	로봇 공학	무인기	3D 프린팅	ICT	2021년		2022년	
										수입국	비중	수입국	비중
희토류(REEs)		○	○	○		○	○		○	중국	54%	중국	50%
마그네슘(Mg)		○				○	○	○	○	중국	85%	중국	84%
니오븀(Nb)	○		○				○	○		브라질	93%	브라질	91%
스트론튬(Sr)		○				○	○			독일	73%	독일	56%
코발트(Co)	○	○	○			○	○	○	○	중국	40%	콩고	31%
팔라듐(Pd)		○				○	○		○	러시아	32%	일본	34%
백금(Pt)		○				○	○		○	폴란드	17%	독일	21%
흑연	○	○				○	○		○				
바나듐(V)		○				○	○	○	○	중국	54%	중국	61%
리튬(Li)	○	○				○	○			중국	58%	중국	64%
텅스텐(W)						○	○	○		중국	66%	중국	65%
타이타늄(Ti)	○	○				○	○	○	○	일본	26%	일본	27%
갈륨(Ga)					○	○	○		○	미국	51%	미국	46%
규소(Si)	○	○		○	○	○	○	○	○	중국	48%	중국	56%
망간(Mn)	○	○	○			○	○	○	○	남아공	41%	호주	35%
크롬(Cr)		○	○			○	○	○	○	남아공	34%	남아공	32%
지르코늄(Zr)		○				○	○	○	○	미국	43%	미국	43%
니켈(Ni)	○	○			○	○	○	○		호주	23%	호주	18%
구리(Cu)	○	○	○	○	○	○	○	○	○				

자료: 1) 미래기술과 핵심원자재는 European Commission (2020)의 Figure 6를 참고하여 정리

2) 수입액은 한국지질자원연구원(2022), 한국지질자원연구원(2023)의 자료를 정리

주: 1) European Commission (2020)에서는 희토류를 경희토류(LREEs)와 중희토류(HREEs)로 구분하였으나, 표에서는 이를 하나로 통합하여 희토류(REEs)로 표기하였음. European Commission(2020)에 따르면 경희토류와 중희토류가 사용되는 주요 미래 기술은 거의 같지만, ICT에는 경희토류만 사용됨.

2) 우리나라의 광물 수입 현황은 한국지질자원연구원(2022)의 교역 통계 중 원재료만을 대상으로 함. 원재료는 정광, 금속, 합금, 화합물, 스크랩을 포함.

(1) 중국의 원자재 확보전략 역사 및 글로벌 공급망 영향

가. 녹색전환과 중국의 핵심원자재 강국화

■ 배터리산업 성장과 중국의 영향력

- 전세계 리튬이온 배터리의 4분의 3은 중국에서 생산되며, 다른 국가의 배터리 부품도 중국산이 대다수임
- EU와 미국의 강력한 투자에도 불구하고 2030년까지 전체 배터리 생산의 70%가 중국에서 발생할 것으로 예상되며, 이는 리튬, 니켈, 코발트, 구리 및 희토류 공급에서 중국의 지배적 위치 때문¹⁰⁾
- 중국은 전체 희토류 생산량의 80%를 통제하고 있으며, 다른 나라들이 환경적 이유로 채굴에 제한을 둔 상황에서 중국은 주요 원자재 공급을 독점하고 있음
 - 베트남, 브라질, 인도, 호주, 미국도 상당한 매장량을 보유하고 있고, 스웨덴, 핀란드, 스페인, 그리스 등 여러 유럽 국가에서도 채굴할 가치가 있는 매장지를 보유하고 있지만 환경에 미치는 영향이 주요 장애물로 작용하고 있음¹¹⁾

■ 리튬

- 금세기 중반까지 탄소 중립을 달성하려면 리튬 공급이 향후 20년 내에 40배 더 증가해야 함
- 호주와 칠레는 전세계 전 세계 리튬 매장량의 3분의 2를 차지하고 있으며 채굴 능력을 빠르게 확대하고 있음: 호주에서 약 50%, 칠레에서 약 10% 생산함
- 그러나 60%의 리튬 정제는 중국에서 이루어짐
- 또한 중국 기업인 Tianqi Lithium은 세계 최대 리튬 광산인 호주 Greenbushes의 지분 대부분을 소유하고 있음¹¹⁾

10) 배터리 생산에서 리튬, 니켈, 코발트, 구리 및 희토류가 핵심인데, 희토류 원소 생산을 포함하여 주요 광물 생산의 대부분은 현재 중국이 통제하고 있으며, 생산과 정제에 있어 거의 독점권을 갖고 있음

11) "Green tech geopolitics: China and the global energy transition," January 28, 2023
<https://www.foreignbrief.com/analysis/green-tech-geopolitics/>

■ 코발트

- 콩고민주공화국(DRC)이 전세계 70%를 생산, 러시아, 호주, 필리핀, 캐나다, 쿠바, 중국도 훨씬 적은 양이지만 코발트를 채굴함
- 그러나 코발트 광물의 3분의 2가 중국에서 가공됨
- 또한 콩고민주공화국의 19개 주요 코발트 광산 중 15개가 자금을 조달했거나 중국 기업이 전액 소유하고 있음

■ 니켈

- 현재 니켈의 30%가 인도네시아에서 조달되고 있고, 향후 3년 동안 전 세계 니켈 생산량 증가의 절반이 인도네시아에서 나올 것으로 전망됨
- 그러나 이러한 성장의 대부분은 중국 합작 투자를 통해 이루어짐

■ 이와 같이 중국은 글로벌 녹색전환에 필요한 핵심원자재의 글로벌 공급망을 통제하고 있으며, 미중 첨단기술 디커플링에도 불구하고 중국은 이러한 녹색전환 원자재 공급망의 필수적 부분으로 남게 될 것으로 전망됨¹¹⁾

나. 핵심원자재에 대한 중국의 인식과 전략

■ 중국은 핵심광물이 강대국간 경쟁의 초점이 되고 전세계에 영향을 미치는 주요이슈가 될 것으로 전망함¹²⁾

- 핵심원자재가 신에너지, 차세대 정보기술, 인공지능 등 첨단산업에서 대체불가하고 중요한 요소이며, 산업 업그레이드를 위한 핵심 물질 기반이라고 강조, 핵심원자재는 4차 산업혁명의 질적 변화를 주도할 것으로 봄
- 첨단기술 산업이 확대될수록 핵심광물에 대한 의존도가 증가하므로, 핵심광물은 전략산업 성장의 핵심이라고 간주

■ 중국은 국내 경제 고속발전, 국가경제안보, 국방과 전략성 신흥산업 발전을 위해 광물확보전략을 주요한 요소로 인식

- 2011년 《광물확보를 위한 돌파성 행동요강(找矿突破战略行动纲要)》(2011—2020年)을 발표: 전략성 신흥산업이 필요로 하는 다이아몬드, 고순도 석영, 결정 흑연 등을 “3대 희귀광물(“三稀”矿产)”을 규정¹³⁾

12) 中华人民共和国商务部, “全球博弈新战场, 这些关键矿产已是战略产业命脉!” 2023.04.04.
<http://www.cacsmofcom.gov.cn/article/flfwpt/jydy/cgal/202304/176229.html>

13) 稀金网, “资讯 | 关键矿产, 在新兴产业发挥“四两拨千斤”的关键作用,” 2022.01.13.

- 2016년 '전국광물자원 계획(全国矿产资源规划, 2016~2020)'에서 전략광물 24종¹⁴⁾ 발표
- 천충시(陈从熹)와 같은 중국학자들은 희토류(17가지 희토류 금속 포함)가 포함된 35가지 유형의 첨단 광물¹⁵⁾을 전략광물로 강조
- 중국은 「중국제조2025」에서 고급기초소재, 필수전략소재, 핵심전략소재 자급률을 각각 90%, 70%, 85%이상 달성 목표를 제시
- 「중국 5개년 원자재 산업발전 계획」¹⁶⁾은 중국 정부가 처음으로 산업별 계획이 아닌 원자재 산업 전체를 통합해 제정한 것으로, 석유 화학공업, 비철금속, 건축 자재, 신소재 산업의 원자재 자급 및 관련 산업 경쟁력 강화를 위한 전략을 다룸

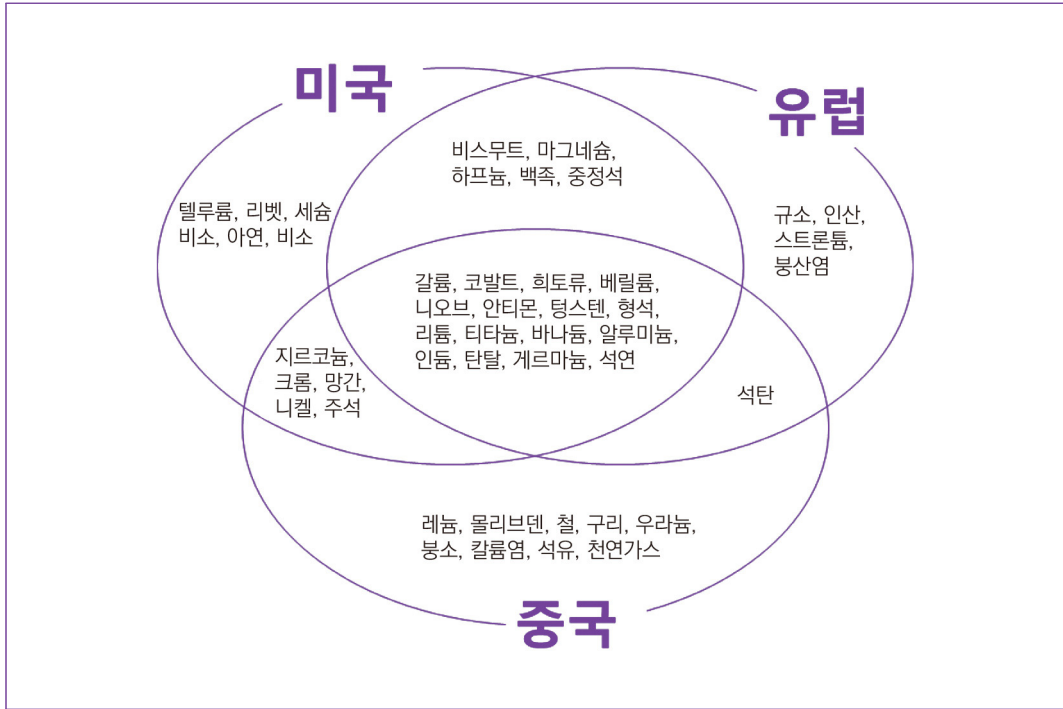
다. 미중경쟁과 중국의 핵심광물 전략화, 안보화

- 중국은 국가방위산업, 고급제조업, 신흥전략산업의 발전에 필수적인 핵심광물이 강대국 경쟁의 중요한 초점이 되고 있다고 인식
 - 중국, 미국, 유럽연합의 전략적 핵심광물 리스트가 높은 수준의 중복을 보이고 있음(그림 4 참조)
 - 왕안젠(王安建)과 위안샤오징(袁小晶)은 중국과 미국은 전략적으로 중요한 광물의 21가지 유형(범주)이 중복되어 있다고 분석하면서 상당수 광물이 중국 내 심각한 부족상태에 있어 미래 잠재적 경쟁은 더 심화될 것으로 전망함(왕안젠과 위안샤오징, 2022)¹⁷⁾
 - 중국은 핵심광물 공급망 및 산업망 안보를 강화하여 중국의 현대화 추진을 지원하는 것을 지속강조

<https://xueqiu.com/4102511601/208865432>

- 14) 본 계획서에 명기된 24개 전략광물은 석탄층 메탄, 우라늄, 금속 광물 철, 크롬, 구리, 알루미늄, 금, 니켈, 텅스텐, 주석, 몰리브덴, 안티몬, 코발트, 리튬, 희토류, 지르코늄, 비금속 광물 인, 칼륨, 결정성 흑연, 형석이다. 中华人民共和国商务部, “全球博弈新战场, 这些关键矿产已是战略产业命脉!” 2023.04.04.
- 15) 희토류, 17가지 희소 금속, 9가지 산재 금속, 백금족 원소, 크롬 및 붕소, 흑연, 형석, 고순도를 포함
- 16) 중국의 14차 발전계획에 포함된 내용으로 2021.12. 29. 중국 공업정보화부가 과학기술부, 자연자원부와 공동으로《14차 5개년 원자재 산업 발전 계획(“十四五”原材料工业发展规划)》을 발표하고 구체적인 목표를 제시함.
- 17) 최근 몇 년간 미국, 영국, 유럽연합, 일본, 캐나다, 호주 및 기타 국가 등이 핵심광물리스트를 발표하고, 미국이 백악관과 에너지부, 국방부, 상무부 등에서 관련 전략과 정책을 반복적으로 관여하고, 특히 트럼프와 바이든 정부 6년간 핵심광물의 공급망, 산업망 안보를 위한 대통령령을 4차례 연속 발표하는 등의 상황이 핵심광물의 가치와 중요성을 보여주고 있다고 강조함

[그림 4] 미, 중, EU의 전략성 핵심광물



출처: 王安建 and 袁小晶 (2022)

- 중국은 미국과 서방 국가들이 다양한 자원동맹, 공급망 동맹을 형성하면서 중국에 대한 공급망 취약성에 초점을 맞춰 위협의 근원이라고 지적하는 것을 비판함
 - 미국 등의 공급망 탈동조화가 광물문제를 복잡하게 하면서 미래 국제환경의 불확실성이 커지고, 중국의 발전을 위한 대외환경은 더욱 복잡하고 엄중해질 수 있으므로 중국 또한 전략핵심광물 안보에 대한 유의가 필요하다고 강조
- 중국은 광물 안보를 국가전략으로 격상
 - 2021년 11월 18일, 중국 공산당 중앙 정치국은 ‘국가 안보 전략(国家安全战略, 2021~2025)’을 검토하고, 에너지와 광물 안보 보장을 명확히 제안했으며, 광물 안보를 처음으로 국가전략으로 격상

- ‘중국과학원 회보’는 ‘국가 과학 싱크탱크의 핵심 매체’라는 입지를 바탕으로 ‘중국의 전략적 중요 광물자원 안보에 관한 연구’라는 특별 주제를 특별히 기획, 편성함
- 왕안젠과 위안샤오징 (2022)은 중국은 핵심광물 안보 강화의 필요성을 인식하며, 이를 위해 광물 공급망 전반의 분석 및 강화가 필요하다고 강조함¹⁸⁾

(2) 대(對)중국 리스크 저감 정책의 형성¹⁹⁾

- 해외 주요 국가들은 핵심원자재 중국 의존성이 미래 산업의 핵심 리스크로서 인식하기 시작
 - 중국은 핵심원자재의 주요 공급국가로서 미국과 유럽 등의 주요국에서 공급 리스크 대응 정책 및 제도를 형성하는 데서 가장 중요하게 고려하는 국가임
 - 주요 수입국은 입법을 통하여 공급망 리스크를 저감하려는 노력을 기울이고 있으며, 기술개발 및 국제협력 등의 다각화된 전략을 준비하고 있음
 - 대외 여건 변화에 따라 중국, 캐나다, 호주, 인도네시아는 핵심원자재 공급 국가로서의 전략을 수정하고 있으며, 캐나다와 호주는 광물 탐사와 개발 과정에서 지속가능성을 높이는 ESG 전략을 강화하는 동시에 공급망 취약성이 높은 국가와의 전략적인 파트너십을 구축하고 있음

가. 유럽연합(EU)

- EU는 2008년부터 핵심원자재 공급 리스크를 지속적으로 관리하고 있음
 - EU는 핵심원자재의 역외 의존도가 매우 높음: 특히 중국에서 들어오는 마그네슘과 중희토류의 수입률은 각각 97%, 100%임²⁰⁾
 - 코로나19 팬데믹과 러시아-우크라이나 간 지정학적 이슈로 인해 핵심원자재의 공급망 확보가 절실한 문제로 대두됨
 - 최근 「핵심원자재법(CRMA, Critical Raw Material Act)」 입법안을 발표하는 등, 실질적 대응력을 높이기 위한 제도를 마련하고 있음
 - 원자재 리스크에 대처하기 위한 유럽의 대응 과정을 아래 [표 5]에 정리함

18) 중국의 자원안보를 해결하기 위해 가공, 제련, 가공, 소재 연구개발, 제품 제조, 자원 재활용 링크의 약점과 취약성을 분석하고, 전략적 핵심광물 공급 위험의 출처, 유형 및 수준을 분석하며, 재료, 핵심 부품 및 산업 체인 중하위 영역의 중요 장비 제조, 기술 병목 현상 및 프로세스 어려움, 전략적 핵심광물 공급망 구축, 산업 체인 추적, 모니터링, 분석, 평가, 다양하고 복잡한 상황에 대처하는 중국의 자원 안보 역량을 강화하기 위한 조기 경보 및 대응 메커니즘을 구축하는 등 광물 공급망 전체를 분석하는 데 중점을 두어야 한다고 강조

19) 3-(2), 3-(3)에 요약한 국내의 정책 동향은 서울대학교 변효진의 자료조사 내용에 기반하여 작성됨

20) CSF중국전문가포럼(2023.03.20.), 「뉴스브리핑 EU ‘핵심원자재법’ 발표... 中 의존도 낮춘다」, 대외경제정책연구원.

[표 5] EU의 원자재 리스크 대응 과정

연도	마일스톤	주요 내용
2008	원자재 이니셔티브 (Raw Materials Initiative)	<ul style="list-style-type: none"> • EU 차원의 통합된 원자재 정책 필요성을 제시 • 비(非)에너지 원자재에 대하여 무역 왜곡을 제거하고, 원자재 공급을 촉진하는 전략을 수립 • 전 세계적으로 공정하고 지속 가능한 원자재 공급망을 확보하기 위한 전략을 마련
2011	핵심원자재 최초 지정	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 중요성과 공급 리스크를 고려하여 14개의 핵심 원자재를 처음으로 지정 • 이후로 3년 주기로 핵심 원자재 목록과 선정 기준을 갱신
2013	유럽 원자재 혁신 파트너십(EIP-RM) 출범 ²¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> • 「원자재 이니셔티브」를 실행하기 위한 다양한 파트너십을 형성 • 이를 통해 원자재 응용에 필요한 혁신기술을 촉진하고 민간-공공 협력을 강화함
2015	원자재 종합정보 시스템(RMIS) 구축	<ul style="list-style-type: none"> • EU의 핵심 원자재에 대한 다양한 정보를 수집, 저장, 분석, 배포하는 원스톱 스텝을 구축함
2020	핵심원자재 복원력 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 핵심 원자재 목록을 갱신하고, 원자재 관련 연구 및 EU 역내 광물 탐사 프로젝트를 진행 • EU 역외 국가들과의 전략적 파트너십을 체결함
2020	유럽원자재동맹(ERMA) 출범	<ul style="list-style-type: none"> • 전기자동차, 청정 기술, 수소 장비 등의 순환 경제를 구현하기 위해 유럽의 원자재 산업 역량을 지원하는 동맹을 구성함
2023	핵심원자재법 입법안 발표	<ul style="list-style-type: none"> • 역내 생산량 확대(2030년까지 EU 연간 수요 대비 역내 채굴 10%, 역내 가공 40%, 재활용 15% 이상)²²⁾ • 수입국 다양화(특정국 수입 의존도 EU 연간 수요 대비 65% 이하) • 기타 공급위험 대비를 위한 모니터링, 가치사슬 강화

■ EU의 핵심원자재 공급 리스크 완화 전략의 변화

- 2020년 이전까지 유럽의 핵심원자재 리스크 대응 전략은 주로 모니터링에 집중됨
- 2020년 이후에는 동맹국가 결성 등과 같은 대외 전략 및 실질적인 공급 안정성 향상을 위한 완화전략에 집중됨
- 특히 완화전략에 포함된 원자재 채굴 및 가공/재활용 프로젝트의 인허가 기간 단축과 더불어 재활용률을 높이는 순환경제 전략을 적극 도입할 것으로 전망됨

21) 안재용 외(2023), 「EU 핵심원자재법과 원자재 관리정책」, 대한무역투자진흥공사.

22) 한국무역협회(2023), 「EU Trade Brief, EU 핵심원자재법 주요 내용」

■ EU의 핵심원자재 공급 리스크 완화 전략에 대한 중국의 대응

- 중국은 2023년 8월부터 핵심 및 전략 원자재인 갈륨과 게르마늄의 수출을 제한하고 있음: 중국은 현재 전 세계에서 생산되는 갈륨과 게르마늄의 각각 80%, 60%를 생산하고 있어(이효진, 2023) 해당 원자재 수출 제한은 중국 원자재 의존도가 높은 국가의 첨단 반도체 생산에 차질을 줄 수 있음²³⁾

나. 미국

■ 미국은 최근 핵심원자재 공급 리스크 관리 수준을 높이고 있음

- 미국 에너지부의 「핵심원자재 평가서(Critical Materials Assessment)」에서는 청정에너지 기술과 관련된 13가지 핵심광물을 선정함²⁴⁾
- 미국은 「인플레이션감축법(IRA: Inflation Reduction Act of 2022)」을 통하여 북미지역에서 조립된 전기차에 대해 핵심광물과 배터리 부품요건 충족시 세액 공제 혜택 제공하기로 함
 - 여기서 핵심광물과 배터리 부품 요건으로서 일정 비율의 핵심광물이 미국 또는 미국과 FTA를 체결한 국가(배터리 부품의 경우 북미로만 제한)에서 생산, 가공되었거나 북미에서 재활용된 것이어야 하며, 그 비율을 점진적으로 늘려야 한다는 조건을 달고 있음
 - 또한 미국에서 또는 미국 소유의 청정에너지 기술 부품을 생산할 경우 세액 공제가 가능하며, 여기서 일컫는 부품 범위에 핵심광물도 포함함
- 미국의 「국방물자생산법(DPA: Defense Production Act of 1950)」은 미 대통령에게 중요 물품 생산 지시 권한을 부여하며, 법이 적용되는 대상으로 배터리어용 광물(리튬, 니켈, 코발트, 흑연, 망간)을 포함하도록 확장²⁵⁾

■ 미국의 핵심원자재 공급 리스크 완화 전략에 대한 중국의 대응

- 생산지 조건을 우회하기 위하여 미국과 FTA를 체결한 한국 기업에 투자 또는 합작회사를 설립하고 있으며 유럽 시장 진출을 적극적으로 추진하고 있음

23) 따라서 이러한 원자재 수출 제한은 EU의 「핵심원자재법(CRMA)」에 대한 직접적인 대응이라기보다는 첨단 반도체 기술에 대한 견제가 목표라는 해석도 존재함

24) 이 보고서에 따르면 2025년까지의 단기적인 관점에서 핵심광물로 디스프로슘, 코발트, 갈륨, 흑연, 이리듐, 네오디뮴, 테르븀을 지목하였다. 또한 2025년부터 2035년까지의 중기적인 관점에서는 단기 핵심광물 7종에 더해 리튬, 니켈, 백금, 마그네슘, 탄화규소, 프라세오디뮴 등 추가적으로 6종이 핵심광물로 꼽혔다. 이 외에도 준 핵심광물로 우라늄, 백금, 구리 등을 선정함

25) Presidential Determination Pursuant to Section 303 of the Defense Production Act of 1950, as Amended, 87 FR 19775.

(3) 국내 정책 동향

가. 핵심광물 확보전략(산업통상자원부, 2023)

- 한국 또한 최근 핵심원자재 공급 리스크 관리 수준을 높이고 있음
 - 특정 국가들이 광물자원을 독점하고 무기화하여 공급 불안이 발생함에 따라 첨단산업의 지속 가능한 발전을 위해 정부는 핵심광물을 확보하기 위한 전략을 마련함
 - 전략 핵심광물로 전기차, 이차전지, 반도체 분야의 10가지 광물(리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연, 희토류 5종)이 선정됨
 - 국제전략: 해외 광산 정보와 핵심광물의 공급망 분석을 통합한 수급지도 개발, 수급 안정화 지수와 조기 경보 시스템을 구축하여 리스크를 조기에 파악, 국가별 협력 전략 수립 및 전략 협력국 선정, 장기 공급계약 및 광산 투자 지원, FTA를 활용한 공급망 협력 강화
 - 국내 투자전략: 금융과 세제 지원 확대, 중소·중견기업 재자원화 실증센터 구축·운영, 회수-재자원화-유통-비축 클러스터 조성, 인증제도 도입, 재자원화 업체 금융·세제 지원 등
 - 기술전략: 기존의 탐사와 개발 중심 전략에서 선광과 제련 및 재자원화 중심 전략으로 전환, ESG 맞춤형 핵심광물 스마트 탐사 및 친환경 채광기술 개발 진행
 - 제도 개선: 비축량 확대 제도 등에 관한 법제도 개선, 인력 양성 제도 시행

[표 6] 국제협력 대상 국가 확대 추진 경과

발표일자	대상국가	협력 내용	관할 부처
2023.07.13.	스웨덴	핵심광물 협력 강화 논의	대통령실
2023.07.13.	캐나다	양국 기업 간 핵심광물 공급망 협력 양해각서(MOU)	산업통상자원부
2023.06.23	베트남	핵심광물 공급망 센터 설립 계획	대통령실
2023.06.01.	캐나다 브리티시 컬럼비아(BC)주	핵심광물 분야에 관한 MOU 체결. BC주 내 핵심광물의 지속가능한 개발을 위해 정보와 지식, 경험을 교환.	산업통상자원부 (한국광해광업공단)
2023.05.17.	캐나다	핵심광물 공급망 부문 협력 강화	외교부/산업통상자원부
2023.04.26	미국	핵심광물 분야 양국 기업 기관 MOU체결	산업통상자원부
2023.04.14	카자흐스탄	광물자원 협력 확대 논의	산업통상자원부
2022.11.17	사우디	국내 기업과 사우디 국부 펀드 수소와 암모니아 생산 공동 추진 파트너십 구축	산업통상자원부
2022.11.15	인도네시아	핵심광물 협력 공동성명서 체결	산업통상자원부
2022.10.12.	칠레	지속가능한 광업 및 광물자원 밸류체인 협력 MOU 체결; 리튬 등 핵심광물 공동 탐사 개발 프로젝트 발굴, 광물 탐사, 재자원화, 광해복구, 제련소 현대화 등에 관한 공동 연구 개발 등에서 협력	산업통상자원부 (한국광해광업공단)
2022.02.07	영국	핵심 공급망 협력 MOU 체결	산업통상자원부
2021.12.13.	호주	핵심광물 공급망 협력 양해각서(MOU) 체결	산업통상자원부

나. 법제도

- 국내에서도 핵심원자재의 공급 안정성을 강화하기 위한 「국가자원안보에 관한 특별법」안이 2022년부터 현재까지 총 3건²⁶⁾이 발의되었으며, 3건의 법안에 공통적으로 포함된 내용을 정리하면 아래와 같음
 - 핵심자원의 정의: 국민 생활과 국민경제에 중요한 자원(예: 석유, 천연가스, 우라늄, 수소, 재생에너지 설비 소재부품²⁷⁾, 산업통상자원부 장관이 정하여 고시하는 광물 등)을 포함.
 - 자원안보²⁸⁾ 추진 체계: 5년마다 자원안보 기본계획 수립, 관련 심의·의결·시행·지원 기관 설치, 통합 정보시스템 운영.
 - 자원안보 관리: 국가자원안보 진단 및 평가, 공급망 취약성 진단.
 - 공급 및 수요 관리: 핵심자원 공급망 강화, 핵심자원의 재자원화 촉진.
 - 자원안보 위기 시 대응: 자원안보 위기 경보 발령, 가격 안정화를 위한 대책.
 - 특례: 자원안보 활동 관련 특례(예: 조세 감면).
 - 기타: 국제 협력, 연구개발 지원, 인재양성 등.
- 개별 법안의 주요 내용
 - 세 개의 법률안 내용 중 주요 항목을 아래 [표 7]에 정리함

[표 7] 자원안보 특별법안 비교표

법안명	국가자원안보에 관한 특별법안	국가자원안보 특별법안	국가자원안보에 관한 특별법안
제안 일자	2022. 8. 26.	2022. 12. 15.	2023. 3. 9.
주요 개별 사항	<ul style="list-style-type: none"> • LNG 제3자 판매 허용 • 핵심자원 공급기관 권고 사항 수행 시 소요 비용 우대·지원 • 미준수 시 최대 3년 이하의 징역 또는 벌금 1억원 • 핵심 공급기관의 장은 정기적으로 자원안보 위기 대응 훈련 필수 	<ul style="list-style-type: none"> • LNG 제3자 판매 허용 • 산업통상자원부 장관이 핵심자원의 국내 매장량 및 광산 현황 정보 요청 가능 • 비축계획에 관해서는 다른 법률이 있는 경우 본 법률 적용하지 않음 • 미준수 시 최대 3년 이하의 징역 또는 벌금 3천만원 	<ul style="list-style-type: none"> • LNG 제3자 판매 불가 • 핵심자원 공급기관 권고 사항을 수행 시 소요 비용 우대·지원 • 핵심자원 공급국의 다원화 정책 시행 • 핵심자원 대체 물질의 개발, 재자원화 촉진 정책 시행 • 미준수 시 최대 3년 이하의 징역 또는 벌금 3천만원

26) 황운하의원 등 14인, 제2117037호(2022.08.26.). 제399회 국회(임시회), 양금희의원 등 16인, 제2118958호(2022.12.15.). 제401회 국회(임시회), 김한정의원 등 12인, 제2120534호(2023.03.09.). 제404회 국회(임시회)

27) 현재 자원안보특별법 관련 최대 쟁점 사항은 비축의무 부과에 따라 개별 사업장의 부담이 증가한다는 부분에 있으며, 관련하여 핵심자원의 대상에 재생에너지 소재·부품을 제외해야 한다는 업계 의견이 제시됨

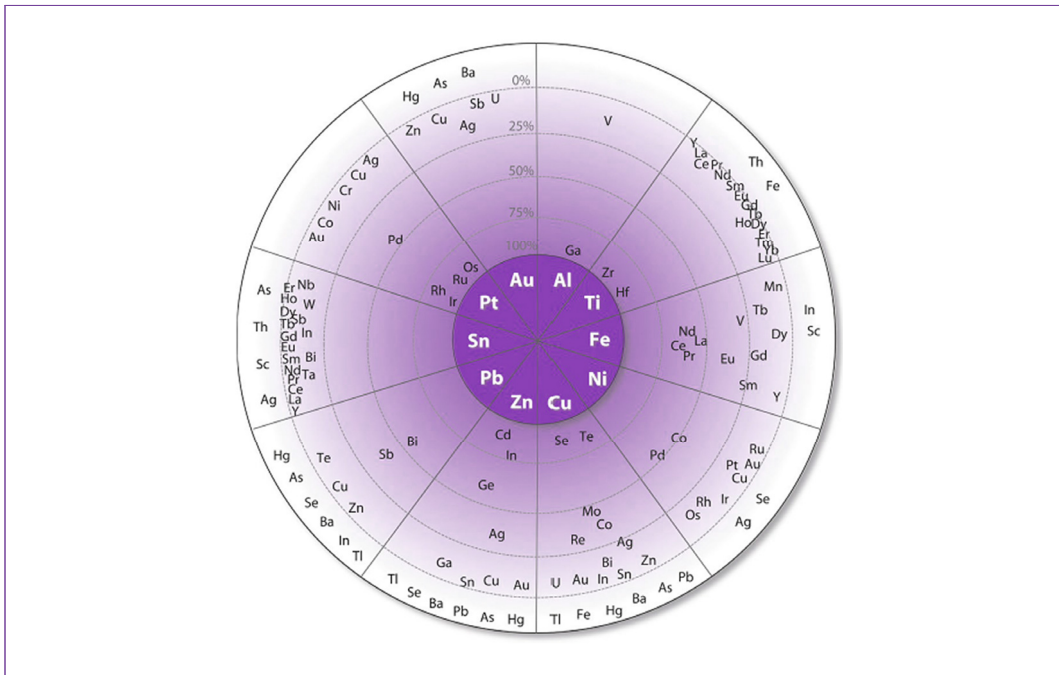
28) 여기서 '자원안보' 개념은 핵심원자재를 포함하는 포괄적인 범주를 다루는데, 자원안보 관점에서 연계되는 요소가 산재해 있어 여기서는 자원 종류를 구분하지 않고 전체 내용을 정리함

4

원자재 공급 안정성 강화를 위한 글로벌 기술경쟁력

- 핵심원자재 공급망 안정화를 위해서는 핵심원자재 역내생산 및 재활용이 중요한 전략이며, 이와 관련한 기술력이 뒷받침되어야 하나 이에 관한 국내 연구가 부족함
 - 단기적으로 원자재를 효율적이면서 지속가능한 방식으로 생산(채굴, 제련/정련)하는 기술이 요구됨
 - [그림 5]는 광석상태에서 주 광물과 부산물 금속 간의 관계를 보여주며, 희유금속은 별도의 광석으로 존재하지 않고 주 금속(그림 5의 중간 원에 포함된 금속) 광물에 일부 포함되어 있음
 - 따라서 공급 점유율 확보를 위해서는 희유금속이 포함된 주 광물(2종 이상 존재 가능)을 확보하는 것과 동시에 희유금속을 높은 효율과 순도로 추출하는 정련 기술 수준이 뒷받침되어야 함
 - 또한 희유금속과 공존하는 광석에 수은(Hg), 비소(As) 등 독성이 강한 금속 부산물이 제·정련 공정 중에 발생하므로 노동자의 건강을 보호하고 환경오염을 최소화하는 안전·환경 기술 및 지침이 요구됨

[그림 5] 주 금속(principal host metal)과 부산물(byproduct elements) 간의 관계
(주 금속은 안쪽 원에 포함된 원소, 부산물은 바깥쪽에 위치함, 바깥쪽으로 갈수록 함량이 낮음)



출처: U. S. Geological Survey (2023)

- 중장기적으로는 천연자원 채굴에 의한 환경파괴와 제·정련 공정에 의한 오염물질 배출을 최소화할 수 있도록 희유금속이 포함된 제품 재활용을 통한 재생원료 생산 및 재제조 등의 순환경제 기술 경쟁력 강화가 필요함
- 본 연구에서는 핵심원자재 공급 안정성 강화에 필요한 단기/중·장기 기술 요소를 포괄적으로 정의하고, 이에 해당하는 기술의 국내외 개발 현황을 특허출원 데이터를 통하여 해석하고자 함

(1) 분석방법

■ 기술 분류체계 구축

- 원자재 공급 안정성 강화에 필요한 기술·산업은 크게 두 가지로 구분함
 - ① 광물 탐사·채굴 및 제련/정련 기술
 - ② 광물자원 재생, 부품 재제조, 제품디자인 관련 순환경제 기술
- ①은 천연자원 채굴이 필요한 지금까지의 원자재 생산 방식에 해당하고, ②는 자원 채굴 및 가공이 용이하지 않은 국가에서 공급 안정성을 강화할 수 있는 대안적 기술에 해당
- ①과 연계된 기술은 광물 제련 및 정련 기술 전체로 구성되었으며, 여기서 한국이 보유한 부존자원의 종류와 양을 고려했을 때 천연 광물자원의 탐사·채굴은 중요도가 낮다고 판단하여 이후 분석에서는 포함하지 않음
- ②와 연계된 기술은 금속자원 재생과 재제조에 공통으로 포함될 수 있는 전후 처리공정에 해당하는 기술군과 실제 자원 재생 및 재제조 공정에 해당하는 기술군, 두 가지 영역으로 세부 구분함
- 특허청이 제공하는 산업기술-특허(IPC29) 연계표30)에서 기술군 소분류 항목이 광물자원-광물생산, 광물자원-광물고부가가치화, 광물자원-광물기타서비스와 연계된 IPC 코드를 '광물 제련/정련' 분류에, 자원순환-금속·자원회수, 자원순환-재제조와 연계된 IPC 코드를 '자원 순환' 분류에 배정함
 - 한국표준산업분류(KSIC)상 자원순환-재제조, 자원순환-금속자원 회수와 연계된 IPC 특허코드를 메인코드로 하는 특허를 대상으로 함.

29) 국제특허분류(International Patent Classification, IPC)는 국제적으로 통일되게 사용되는 특허 분류체계이며, 출원된 특허를 7만여 개의 기술영역으로 구분함 (특허청, 2023.04.28.)

30) 특허청 기술-품목-특허 연계표 <https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200273> (특허청, 2023.09.14.)

- 이와 같이 배정된 특허코드에서 세부 내용이 금속자원 생산과 거리가 있는 코드는 제외하였으며, 자원순환으로 분류된 IPC 코드 중 기술 간 공통요소에 해당하는 전·후처리 공정은 별도의 기술 분류로 그룹화함
- 두 개 이상의 기술 분류에 중복 포함된 IPC 코드는 관련성이 상대적으로 높은 기술 그룹에 배정하여 중복 산정되지 않도록 처리함

[표 8] 분석 대상 기술 분류체계

기술 분류	기술코드
광물 제련/정련	MSR (metal smelting and refining)
자원순환-전·후처리	PRS (pre/post-processing)
자원순환-재생원료 생산	RMR (recovering and remanufacturing resource)

■ 특허 데이터 분석방법

- 분석의 대상 데이터: 이상의 분류체계 작업 결과 [표 8]에 매칭되는 특허코드를 메인 코드로 하는 공개된 특허 중에서 최근 10년(2014~2023년) 간 주요 국가(한국, 미국, 중국, 일본, 유럽)에 등록 및 등록 예정인 특허를 대상으로 함
- 여기서 유럽에 해당하는 특허는 국가코드를 EP로 하거나 유럽특허청(EPO) 회원국 국가 코드를 가지고 있는 특허의 합집합임
- 데이터베이스는 주요국 특허 DB를 보유하고 있는 윈텔립스(Wintelips)를 사용했으며 검색일 2023년 09월 11일을 기준으로 공개된 특허 중에 최신 상태의 문서에서 중복 건을 제거하여 분석함
- 기술 부문별 지식재산권 영향력 분석: 기술 부문별 지식재산권 영향력이 높은 국가를 식별하기 위하여 피인용 네트워크 중심성을 분석함
 - 순환경제 기술 특허를 대상으로 피인용 정보를 데이터 테이블화하고 전방 인용(forward citation) 관계 네트워크를 구축하였다. 데이터 분석에는 R Studio 프로그램 버전 2022.07.1.+554를 사용하였으며, 네트워크 분석 및 시각화에는 igraph 패키지를 이용함
- 패밀리 특허 규모는 유럽특허청(EPO)에서 제공하는 출원 기준의 패밀리 문헌 수 데이터를 활용하였으며, 피인용 네트워크 분석 방법과 동일하게 출원국 → 지정국 관계 네트워크를 구축함

(2) 분석 결과

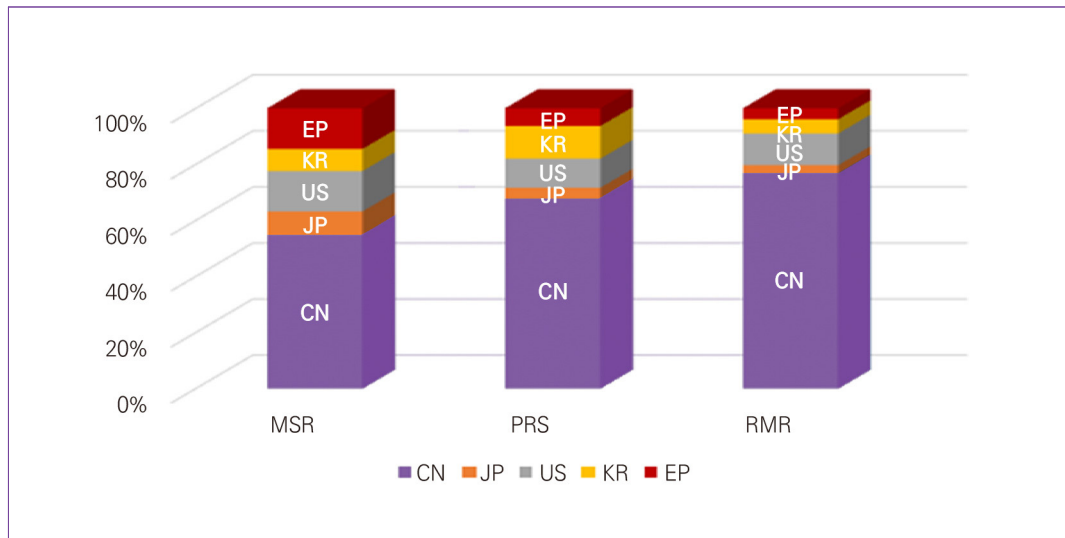
핵심원자재 공급 안정성과 관련된 기술별로 최우선출원국가³¹⁾(이후 출원국가로 표기)를 주요 분석 대상으로 하여 기술별, 국가별 특허출원 전반의 현황을 살펴보고 국가 간의 관계성 분석을 통하여 특허기술의 경쟁력과 해외시장 진출 여건을 진단한 결과를 정리함

가. 주요국의 출원인, 기술영역 변화

■ 핵심원자재 공급안정성 관련 기술 특허출원의 양적 성장

- 특허의 건수 자체가 기술 경쟁력, 시장 지배력 등을 직접적으로 보여주기보다는 해당 기술의 시장 진출 잠재력에 대한 국가의 기대 수준을 간접적으로 보여줌
- 대상 기술의 특허가 검색일인 2023년 9월 11일 기준으로 공개된 특허이므로 2023년의 일부만 산정할 수밖에 없으며, 2023년까지 출원은 되었으나 등록되지 않은 특허 또한 통계에 포함되지 않으므로 최근으로 갈수록 출원 수가 적어지는 경향을 보이는 것은 자연스러운 현상임
- 전체 출원 건에서 중국이 출원한 특허의 비중이 모든 기술 영역에서 50% 이상으로 나타났으며, 중국의 특허출원 건수가 RMR > PRS > MSR 순서로 지배적 영향을 줌

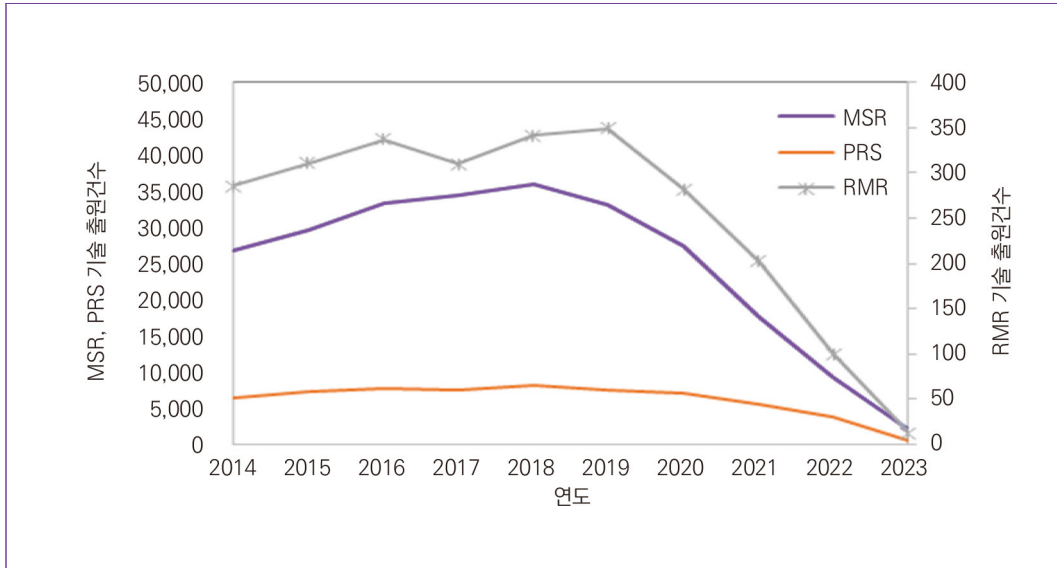
[그림 6] 기술군(MSR: 광물 제련/정련, PRS: 자원순환-전·후처리, RMR: 자원순환-재생원료 생산)별 출원국가별 핵심 원자재 공급 안정성 관련 특허출원 건수 분포



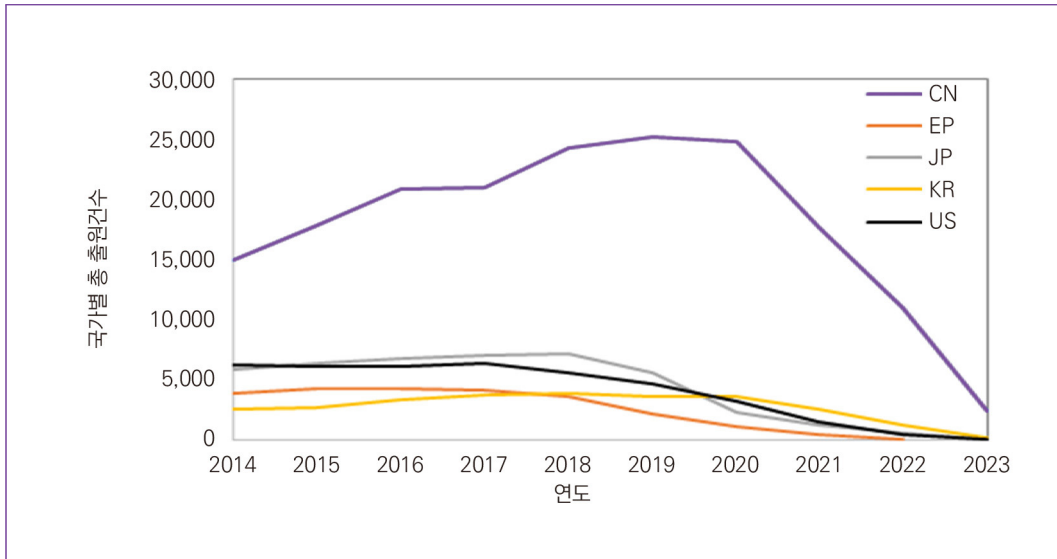
31) 출원하고자 하는 기술이 해당 국가 특허청에 최초로 출원된 특허 건의 출원 국가에 해당함.

- 2020년까지 한국과 중국은 전체 출원 건수가 증가 추세를 보였던 것과 반대로 미국, 일본, 유럽은 전반적으로 출원 건수가 감소하는 추세를 보였으며, 특히 미국은 2014년부터 지속적으로 감소하는 경향을 보임

[그림 7] 기술군별 핵심원자재 공급 안정성 관련 특허출원 건수 변화(2014~2023년)



[그림 8] 출원국가별 핵심원자재 공급 안정성 관련 특허출원 건수 변화(2014~2023년)

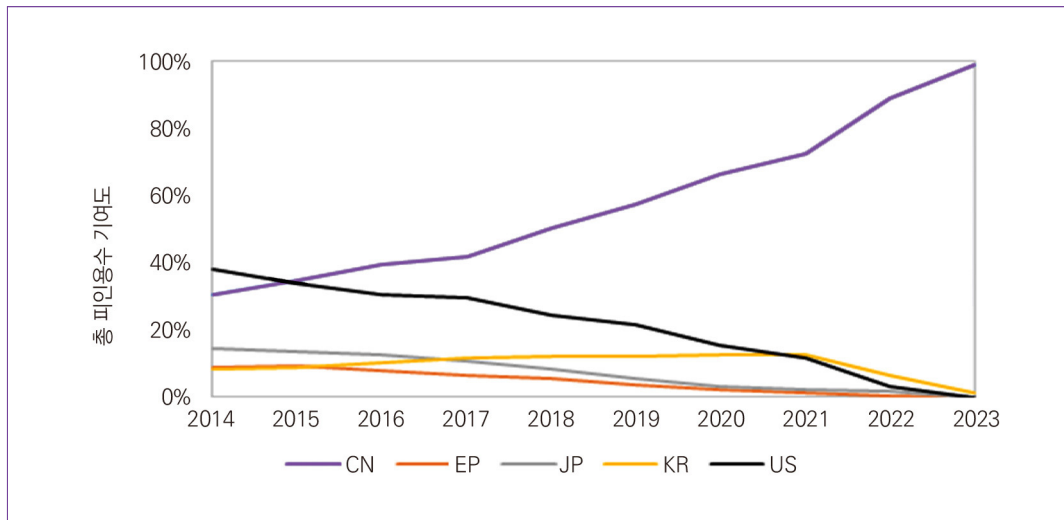


나. 특허 영향력 분석 결과

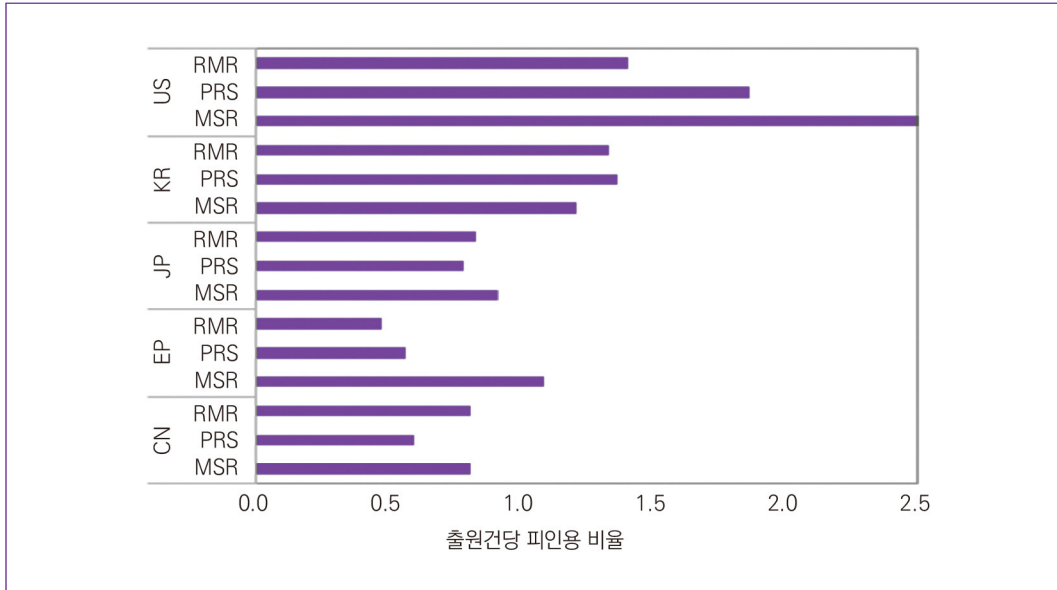
■ 핵심원자재 공급안정성 관련 기술 특허출원의 피인용도 분석 결과

- 특허 내용의 가치와 중요도를 판단하는 기준으로 피인용 건수와 피인용된 출원의 기술영역의 다양성을 중요하게 고려함(Harhoff et al., 1999; Hall et al., 2005; 추기능, 2018): 피인용 건수는 영향력의 크기를 반영하고 기술영역의 다양성은 기술의 확장성을 반영함
- 중국의 총 출원건수가 급격하게 증가함에 따라 총 피인용수 또한 전반적으로 증가하는 경향을 보여주고 있으며, 미국은 그와 정반대의 변화 경향을 보여줌
- 한국의 경우 중국을 제외한 주요 국가의 경향성과는 달리 2021년까지 다소 증가하는 경향을 보여주며, 2022년부터 미국보다 소폭 앞서감
- 이러한 경향은 양적 특성 분석결과와 마찬가지로 중국과 한국의 핵심원자재 공급 안정성 관련 기술이 가진 시장 진출 잠재력에 대한 국가 기대 수준이 점차 증가해왔음을 시사함
- 그러나 미국이 출원한 특허는 전 영역에서 다른 주요국이 출원한 특허에 비해 건당 피인용되는 정도가 높으며 한국의 최우선 출원 특허는 미국 다음으로 피인용도가 높음: 이를 통해 미국과 한국이 출원한 특허 내용의 영향력이 상대적으로 높을 가능성을 시사하나 영향력을 주는 대상 국가 분포를 함께 고려할 필요가 있음
- 한국은 자원순환 부문의 전·후처리 기술(PRS)의 피인용도가 타 기술군 영역에 비해 높은 것이 특징적이며, 이 기술 영역의 경쟁력을 진단하기 위해서 해당 기술의 시장경쟁력을 심층 분석할 필요가 있음

[그림 9] 연도별 총 피인용 문헌수에서 출원국가가 기여하는 비율의 변화(2014~2023)



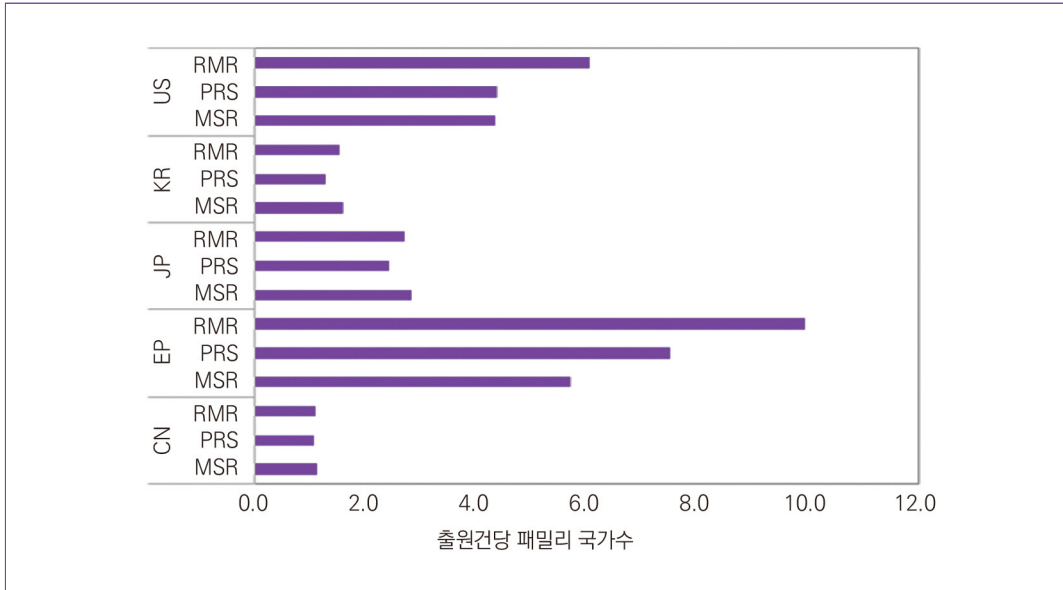
[그림 10] 총출원(기술별, 출원국가별) 건당 평균 피인용 문헌 수



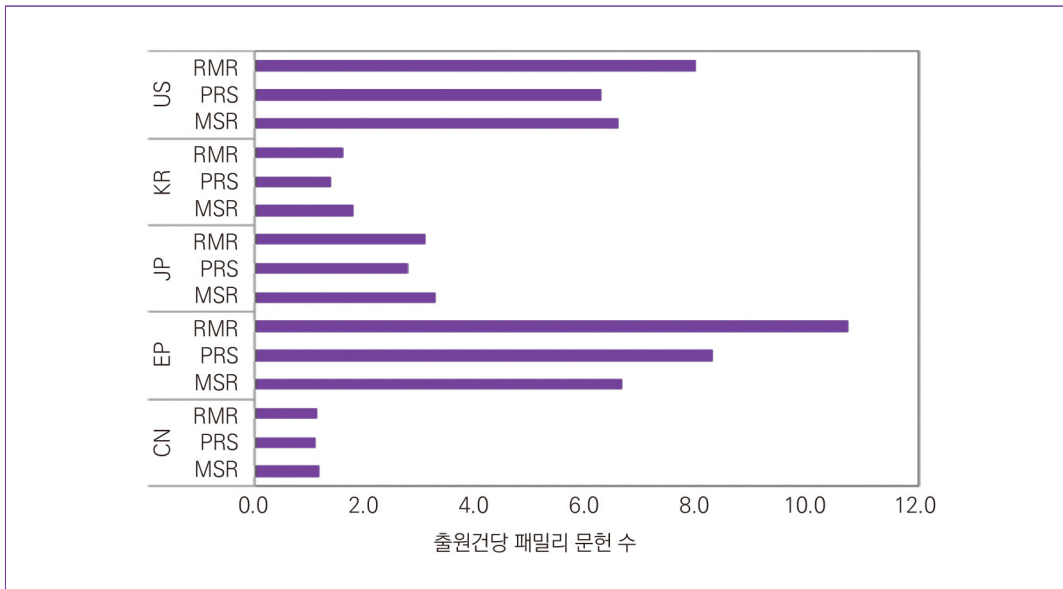
■ 핵심원자재 공급안정성 관련 기술 특허출원의 패밀리특허 분석 결과

- 패밀리 특허는 시장 점유율과 밀접한 관련 있음(Kabore and Park, 2019): 패밀리 특허의 규모는 지역적인 규모(패밀리 국가 수)와 내용적인 규모(패밀리 문헌 수)로 구분할 수 있음
- 유럽은 출원 건수와 총 피인용도가 적으나 출원 건당 패밀리 국가수와 패밀리 문헌 수에서 가장 높은 수준을 보여줌: 이는 유럽이 많은 수의 특허를 출원하지 않았으나 출원을 하는 경우 지역적으로나 내용적으로 시장 확장성을 확보하는 데에 유리한 특성을 보여주는 것으로 해석할 수 있음
- 재활용 기술 및 산업에서 우위를 보인다고 알려진 유럽과 미국의 자원순환-재생원료 생산(RMR) 기술 영역의 패밀리 특허 규모가 타국에 비해 압도적으로 높은 수준을 보여준다는 점에 주목할 필요가 있음
- 반면 총출원 건수 및 피인용도에서 우위를 보였던 한국 특허는 패밀리 규모가 중국과 유사하게 낮은 수준을 보임: 이는 한국과 중국이 출원한 특허가 해외시장보다는 국내시장 또는 제한된 범위의 시장을 타깃으로 하는 경우 발생할 수 있는 경향성으로, 아래 네트워크 분석 결과에서 해당 내용을 확인할 수 있음

[그림 11] 총출원(기술별, 출원국가별) 건당 평균 패밀리 국가 수



[그림 12] 총출원(기술별, 출원국가별) 건당 평균 패밀리 문헌 수



다. 네트워크 기반 중심성 분석 결과

■ 핵심원자재 공급안정성 관련 기술 영향력 중심의 분석 개요

- 이상의 특허 양적 특성 분석 결과와 피인용도³²⁾는 기술의 파급력 또는 중요도를 판단하는 기초정보를 제공하나 국가 간의 기술 이동 특성을 살펴보는 데에는 네트워크 분석이 유용할 수 있음(Trajtenberg, 1990; Mariani et al., 2019)
- 출원 기술의 글로벌 경쟁력을 진단하기 위해서는 출원국과 지정국이 동일한 특허의 내용은 상대적으로 중요도가 떨어지므로 본 연구에서는 출원국 → 지정국으로 방향성이 존재하는 네트워크에서 출원국과 지정국이 다른 해외출원만을 대상으로 출원 기술 간의 피인용 관계, 패밀리 관계를 살펴봄

■ 피인용 네트워크와 패밀리특허 네트워크 분석 결과

- 한국은 피인용 및 패밀리특허 네트워크의 중심성 분석결과 주요 5개국 중 최하위로 나타남
- [표 외에 따르면 한국, 일본, 중국은 주요 5개국 중 미국이 잠재적 시장으로서 중요도가 상대적으로 가장 높은 국가이나, 미국은 유럽과 주요 5개국 이외의 시장 중요도가 높은 것으로 나타남
 - 특허 건당 평균 패밀리 국가 수와 패밀리 문헌 수가 높았던 유럽과 미국은 주요 5개국 이외의 국가(ETC)를 패밀리 국가에 포함하는 비중이 높았는데, 이는 미국과 유럽이 출원한 기술의 잠재적 시장이 특정 국가에 편중되기보다 지리적으로 넓은 범위를 포함하고 있음을 의미함
 - 한국을 제외한 주요 출원국에서 한국을 지정국으로 하는 비중이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이는 한국이 핵심원자재 공급 안정성 기술 관련 잠재적 시장으로 중요도가 낮을 가능성을 시사함
 - 중국을 중심(출원국)으로 하는 네트워크에서 PCT(Patent Cooperation Treaty) 특허를 패밀리로 지정한 경우가 타국에 비해 특히 두드러지게 나타난다는 점³³⁾을 고려했을 때 중국은 아직 지정국을 특정하지 않았으나 향후 PCT 출원된 특허의 우선권을 주장하여 특허 협력조약에 가입된 전체 국가를 잠재적인 시장으로 삼아 영향 범위를 확장할 수 있음을 주목할 필요가 있음

32) 앞선 분석에서는 출원국과 지정국이 동일한 특허도 포함하여 산정함

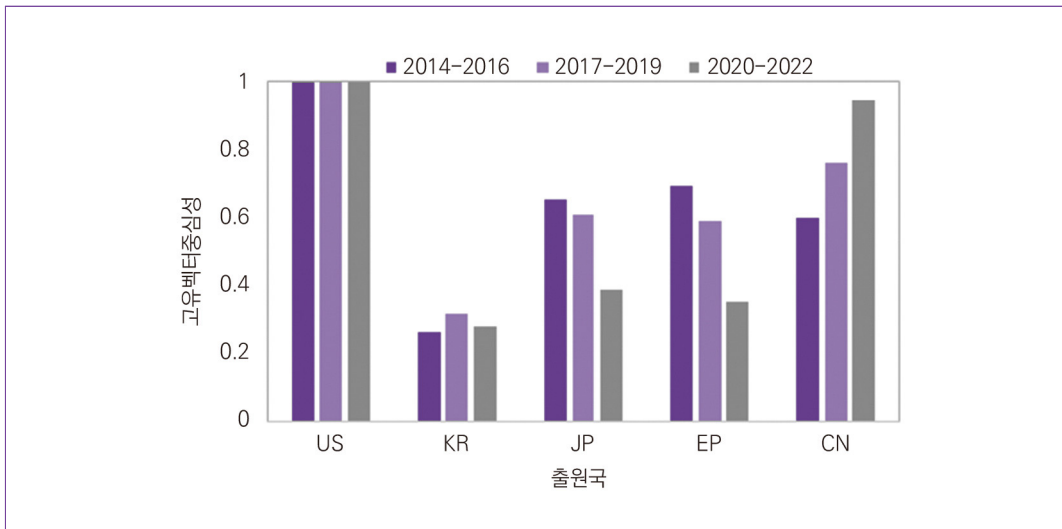
33) PCT와의 고유벡터중심성이 미국의 것보다 높게 나타남

- 최근 10년간의 분석 결과 피인용 중심성이 미국이 가장 크고 다음 중국과 일본으로 이어지는 순서였으나, 중국의 피인용 중심성은 빠르게 증가하여 2021년부터 미국을 추월함
 - [그림 9](연도별 총 피인용 문헌수에서 출원국가가 기여하는 비율 변화)에서 2015년에 이미 중국이 미국을 추월했는데, 이는 출원국과 지정국이 동일한 특허의 양적 성장이 먼저 나타난 후 해외 국가로의 기술 영향력이 확장된 것으로 해석할 수 있음
- 중국의 패밀리 중심성은 지속적으로 성장하는 추세지만 아직까지는 미국이 압도적인 중심성을 보이고 유럽과 일본 또한 일정 수준을 유지하고 있는 것으로 나타남

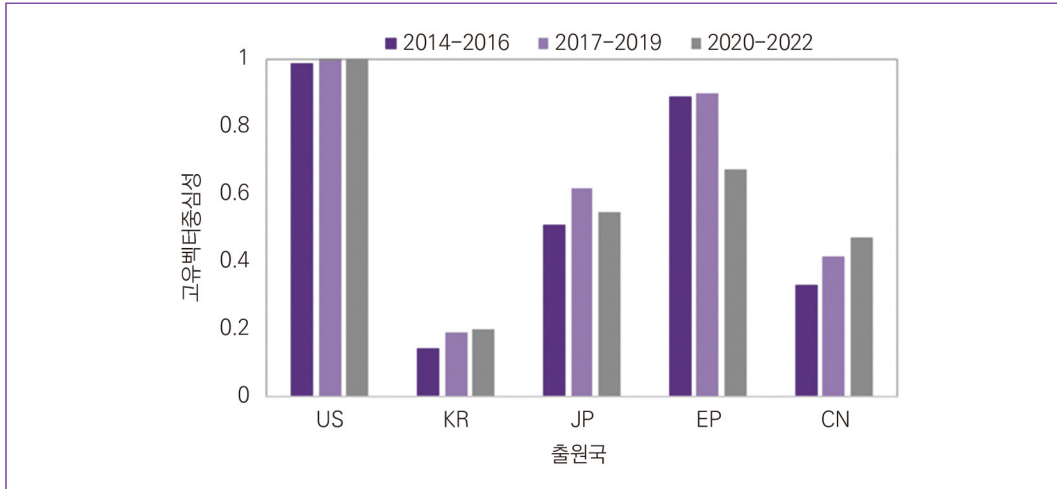
[표 9] 출원국가별 패밀리특허 지정국이 차지하는 비중(2014~2023)

		패밀리특허 지정국					
		CN	EP	JP	KR	US	ETC
출원국	CN	-	15%	9%	3%	26%	47%
	EP	13%	-	9%	4%	19%	55%
	JP	19%	22%	-	6%	24%	30%
	KR	17%	18%	10%	-	26%	28%
	US	12%	20%	11%	5%	-	51%

[그림 13] 피인용 네트워크에서 출원국의 중심성 변화(2014~2022년)



[그림 14] 패밀리특허 네트워크에서 출원국의 중심성 변화(2014~2023년)



■ 국내 기술개발 전략 관점에서의 특허분석 결과의 함의

- 한국의 출원 건당 평균 피인용도가 미국 다음으로 높았던 것과 달리 네트워크 분석결과 피인용 중심성은 주요 5개국 중 최하위로 나타났으며, 패밀리 중심성 또한 건당 패밀리 문헌 수와 패밀리 국가 수에서 최하위였던 중국보다도 낮은 수준으로 나타남
- 이것은 한국 특허가 피인용된 문헌에서 한국을 지정국으로 하는 비중이 상대적으로 높기 때문에, 즉 해외 시장을 대상으로 하는 특허에 영향력이 낮기 때문으로 볼 수 있음
- 중국의 급속한 양적 성장에도 한국의 피인용 네트워크에서의 중심성이 일정 수준을 유지³⁴⁾한 것은 기술의 양과 내용 면에서 한국이 최우선 출원한 기술의 성장 속도가 지속적으로 증가했음을 시사하나 패밀리 네트워크에서 한국의 중심성이 지속적으로 하위를 유지하는 것은 한국이 출원한 특허의 영향력이 시장 지배력 차원으로 이어지지 못함을 드러냄

34) 일본과 유럽의 최근 3년 중심성이 급감한 것과 대조됨

■ 공급망 다변화, 안정화

- 핵심원자재 공급 안정성 확보를 위해서는 단기적으로 공급망 다변화 전략이 우선 고려되고 있으며, 이때 대상국의 광물자원 보유량 뿐만 아니라 광산개발 및 이후 공정(제련, 정련 등) 시설이 들어서는 과정에서 장애가 되는 제도적 여건 및 환경오염 시설 입지에 대한 주민의 수용도 등의 사회·문화적 여건 형성 여부가 중요하게 고려되어야 함
 - A, B, C 전략 시나리오(그림 2)에서 국내 제련/정련 산업 확충은 환경·경제적으로 한계가 존재하므로 핵심원자재 수요량을 충족시키기 위해서는 해외 공급량 확보를 위한 다변화(경로 C)가 현실적인 단기·중기 전략이 될 수 있음
 - 희유금속 공급 점유율 확보를 위해서는 그것이 포함된 주 광물을 확보하는 것과 동시에 희유금속을 추출하는 정련 기술 수준과 해당 시설 신설을 가능하게 하는 사회적·제도적 환경이 뒷받침되어야 함
 - 미국의 광물안보파트너십은 환경, 노동, 인권 등의 기준을 만족하는 지속가능한 생산 방식에 기반한 원자재 공급망을 형성하는 것을 중장기적 방향으로 설정함에 따라 지속가능성을 해치면서 저가에 공급하는 핵심원자재 생산지에서의 인식 제고 필요성이 높아짐
- 미국의 인플레이션감축법, 유럽의 핵심원자재법 등 산업-환경-무역이 복합적으로 얽혀있는 법의 세부적인 제약조건³⁵⁾을 고려하여 해외 기업과의 합작 투자시 컨소시엄 구성 국가와 공장의 위치를 신중하게 결정할 필요가 있음
- 유사입장국 전략대화 및 협력 강화: 미중 기술경쟁과 함께 영향력 경쟁이 심화되는 상황에서 미국 유럽 등이 중국 의존도를 낮추기 위한 유사입장국 협력을 강조하는 만큼 한미, 한-EU, 한-호주 등 양자간의 원자재 공급망 협력 대화는 물론 인도태평양경제프레임워크(IPEF) 등 다자체제를 활용한 공급망 다변화 안정화 전략 모색 필요
- 공급망 다변화를 위한 개발도상국 협력 확대: 중남미, 아프리카 등 자원부국과의 원자재 전략대화 활성화를 통한 협력방안 구체화 필요. 한국의 녹색기술과 개발도상국의 원자재 교류가 개발도상국의 녹색전환과 한국의 공급망 다변화에 동시 기여 가능

35) 인플레이션감축법에서는 2024년부터 이차전지 부품을 대상으로, 2025년부터 핵심광물을 대상으로 해외우려기관에서 조달하는 경우 세액공제 대상에서 제외된다고 규정함

■ 기술개발

- 기술 네트워크 확장: 한국이 출원한 특허의 경우 양적으로 미국과 유럽을 앞서는 것으로 드러났으나 피인용 및 패밀리 네트워크의 중심성에서 주요 5개국 중 최하위로 평가되어 글로벌 기술 네트워크 확장의 필요성이 제기됨
 - 예를 들어 핵융합과 같이 에너지 지정학에 근본적 변화 초래할 수 있는 원천기술, 파괴적 기술(disruptive technologies) 관련 미국, 유럽 등 기술혁신국과 공동실험실을 구축하는 것과 같이 파괴적 기술혁신 네트워크의 중심에 위치하기 위한 전략적 기초과학 협력망 구축화 필요
- 한국은 기술의 잠재적 시장으로서 주요 5개국 중 중요도가 가장 낮은 것으로 드러나 외국인투자 등의 과정에서 장애가 되는 환경 요인을 진단³⁶⁾할 필요가 있으며, 해외시장 정보조사에 기반한 지식재산권 전략이 수립될 필요가 있음
- 친환경 제련, 정련 기술: 현재의 공급망 구조에서는 핵심원자재에 포함되어있는 금속 및 미네랄 광물이 매장되어있는 국가 또는 환경규제가 상대적으로 약한 개발도상국가 원자재 생산(채굴, 제련/정련)하여 공급하고 있어 해당 생산 기술 및 생산 과정에서 발생하는 환경오염 물질 처리 기술 고도화를 위한 투자는 상대적으로 저조함. 핵심원자재 공급의 지속가능성을 확보하기 위해서는 희유금속 생산 수율 향상기술과 함께 추출 과정에서 발생하는 환경오염물질 배출 저감기술 고도화가 요구됨
- 대체물질 사용 기술: EU는 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 등을 통하여 영구자석에 사용되는 희토류(디스프로슘 등)를 대체하는 물질을 개발하고 있음. 희토류 가격 급등에 대응하여 수요 증가가 예상되나 공급 리스크가 높은 핵심원자재를 대체하는 기술이 개발될 필요가 있음
- 재활용, 재제조 기술: 산업화가 진전된 국가의 산업 구조 변화를 최소화하는 전략으로 잠재력이 큰 재생원료 사용 및 재제조 기술 경쟁력 향상이 필요함. 단기적으로는 핵심원자재 함유 소재 정제 효율 향상을 통하여, 중장기적으로는 에코디자인을 통하여 재활용·재제조 전반의 공정 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대함.
- 국제표준화 대응: 재활용, 재제조 기술의 상용화를 위해서는 재생원료의 품질 신뢰성 확보가 담보되어야 하며 이를 위해서는 품질인증을 위한 표준화 작업이 선행되어야 함. 현재 희토류 채광, 정제, 가공, 재활용, 공급망 추적, 시험·분석방법 관련 국제표준화³⁷⁾ 작업이 진행중이며, 국내 산업계의 비교 우위 선점을 위한 표준화 과정에 적극적으로 대응할 필요가 있음

36) 1990년대 외국인투자 유치에 관한 국가적인 관심이 높았으나 이후 국내 기술개발 수준 향상 및 경제환경 변화가 반영된 연구 결과를 찾기 어려움

37) 중국이 의장국 및 간사국 역할을 하면서 워킹그룹 전반에 적극적으로 참여하고 있으며 한국은 재활용부문 워킹그룹을 주도하고 있음

- 현재 계류중인 자원안보 관련 법안에는 공통적으로 기술개발 관련 조항을 포함하고 있어 해당 법이 통과되는 경우 핵심원자재 공급안정성 강화에 필요한 기술개발 전략이 강화될 수 있을 것으로 기대함

참고문헌

- 김지훈(2022), 「Trade Focus 배터리 핵심 원자재 공급망 분석: 리튬」, 한국무역협회.
- 박가현 외 (2022), 「Trade Focus 주요국의 핵심광물 확보전략과 시사점」, 한국무역협회.
- 박성준(2023), 「국제질서의 변화와 공급망 전략」, 『국가미래전략 INSIGHT』, (71), 국회미래연구원.
- 산업통상자원부(2023), 「첨단산업 글로벌 강국 도약을 위한 핵심광물 확보전략」.
- 안재용 외(2023), 「EU 핵심원자재법과 원자재 관리정책」, 대한무역투자진흥공사.
- 전기차 배터리를 중심으로」, 한국환경정책평가연구원.
- 추기능(2018), 「특허의 질적 특성에 특허인용이 미치는 효과 분석 : 한국 특허의 전후방 특허인용관계를 중심으로」, 『한국혁신학회지』, 21(3), pp. 1127~1154.
- 한아름(2023) 「통상리포트: EU 핵심원자재법 주요 내용과 영향」, 한국무역협회.
- 한국지질연구원(2022), 「희유금속 원재료 교역 분석」.
- 한국지질연구원(2023), 「희유금속 원재료 교역 분석」.
- Carrara, S. et al.(2023), "Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU-A foresight study: JRC Science For Policy Report", European Commission Joint Research Centre.
- Daniel Kaufmann and Aart Kraay (2023). Worldwide Governance Indicators, 2023 Update (www.govindicators.org), Accessed on 2023. 11. 2.
- Francois P. Kabore and Walter G. Park(2019), "Can patent family size and composition signal patent value?", Applied Economics, 51(60), pp. 6476-6496.
- Hall, B. H., Jaffe, A., and Trajtenberg, M.(2005), "Market Value and Patent Citations", The RAND Journal of Economics, 36(1), pp. 16-38.
- Harhoff, S. et al.(1999), "Citation Frequency and the Value of Patented Inventions", The Review of Economics and Statistics, 81(3), pp. 511-515.
- Kabore, F. P., and Park, W. G.(2019), "Can patent family size and composition signal patent value?", Applied Economics, 51(60), pp. 6476-6496.
- Kowalski, P. and Legendre, C.(2023), "Raw materials critical for the green transition: Production, international trade and export restrictions",
- Mariani, M. S.(2019), "Early identification of important patents: Design and validation of citation network metrics", Technological Forecasting and Social Change, 146, pp.

644-654.

The White House (2021) “Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth”

Trajtenberg, M.(1990), “A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations”, The RAND Journal of Economics, 21(1), pp. 172-187.

Eu Commission(2020), Study on the EU's list of Critical Raw Materials

European Commission (2020), “Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: A Foresight Study.”

European Commission(2023), “Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023”.

U.S. Department of Energy (2023), Critical Materials Assessment

U. S. Geological Survey (2023), “Mineral commodity summaries 2023”.

中国 国务院(2015.05.29), 〈国务院关于印发《中国制造2025》的通知〉, 《国发》, 2015(28)

온라인 자료 및 보도자료

CSF중국전문가포럼“이효진”(2023.07.14), 「[동향세미나] 중국의 갈륨 및 게르마늄 수출 통제 배경 및 전망」, 대외경제정책연구원.

CSF중국전문가포럼(2023.03.20.), 「뉴스브리핑 EU ‘핵심원자재법’ 발표... 中 의존도 낮춘다」, 대외경제정책연구원.

KOTRA해외시장뉴스(2023.03.28.), 미 「재무부 IRA 원산지 요건 공개 발표 임박... 핵심 광물 규정에 관심 집중」.

핵심원자재 공급 안정성 강화 증장기 전략

인 쇄 2023년 11월 20일
발 행 2023년 11월 20일
발 행 인 김현곤
발 행 처 국회미래연구원
주 소 서울시 영등포구 의사당대로 1
전 화 02-786-2190
팩 스 02-786-3977
홈페이지 www.nafi.re.kr
인 쇄 처 (주)명진씨앤피(02-2164-3000)

©2023 국회미래연구원

ISSN 2983-4392

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

