POLICY BRIEFING
ISSUE 17 / 2024. 12.

OPEN 공공누리 출처표시 상업용금지 변경금지 공공저작물 자유이용허락

연구자료
연구교육 2024-20-396

청정에너지 전환을 위한 광물 자원의 동향

청정에너지 전환과 지속 가능한 광물 자원 관리의 중요성

광물 자원은 현대 산업과 에너지 기술의 근간을 이루는 중요한 요소로 청정에너지 전환에 필수적이다. 특히 전세계적으로 탄소중립 이행이 가속화되면서 6대 핵심 광물[1] 자원의 중요성은 그 어느 때보다 높아지고 있다. 핵심 광물은 전기차, 태양광 패널, 풍력 터빈 등 청정에너지 기술의 확산과 직결되어 있으며, 이러한 기술은 기존 화석연료 기반 시스템보다 훨씬 많은 양의 광물 자원을 필요로 한다는 특징이 있다.

광물 자원에 대한 수요 증가는 지속 가능한 발전과도 밀접하게 연결되어 있다. 광물의 채굴과 가공 과정은 환경적, 사회적 문제를 야기할 수 있으며 자원의 안정적인 공급망 확보가 중요한 과제로 대두되고 있다. 따라서 광물 자원을 효율적으로 관리하고 재활용을 촉진하며, 순환경제를 도입하는 것이 필수적이다. 이를 위해서는 국제적인 협력과 정책적 지원이 반드시 필요하다.

본 브리핑에서는 핵심 광물 자원의 현황, 청정에너지 전환에서 중요성, 그리고 지속 가능한 광물 자원 관리 방안에 대해 개괄적으로 동향을 살펴보고자 한다.

핵심 광물 자원의 현황과 청정에너지 전환에 대한 함의

탄소중립 실현을 위한 청정에너지 전환에는 신·재생에너지[2] 기술이 핵심이며 리튬, 니켈, 코발트 등의 광물이 필수적으로 사용된다. 이와 같은 광물들은 배터리, 신에너지, 재생가능에너지 및 수소기술에 필수적이며, 이에 따라 수요가 급증한 광물 자원을 '6대 핵심 광물'이라고 부른다. 간략히 소개하자면, 리튬은 이차전지의 필수 재료로 배터리 및 전지에서 중요한 역할을 하며, 니켈은 배터리와 전지뿐만 아니라 촉매 및 도금 등 다양한 산업 분야에서도 사용된다. 코발트는 리튬 이온 배터리의 양극재로 기능하며, 백금은 수소 생산에 필수적인 촉매로 대체 불가능한 역할을 한다. 흑연은 뛰어난 이온 저장 능력과 안정성 덕분에 중요한 자원으로 평가되며, 희토류 원소들은 영구자석, 레이저, 합금 등 첨단 산업의 핵심 자원으로 사용된다. 특히 6대 핵심 광물은 이차전지, 배터리의 양극재와 음극재, 촉매, 전기차 등 탄소중립을 이끌 기술에 필수적인 자원이기 때문에 전 세계적으로 핵심 광물의 엄청난 소비 급증이 예상된다. 이에 따라, 핵심 광물의 수요 예측은 탄소중립 이행과 지속 가능한 자원 사용을 위한 중점 사항으로 떠오르고 있다.

국제에너지기구(IEA)[3] 예측에 따르면 2040년까지 전 세계 광물 수요가 2020년 대비 최소 4배, 특정 시나리오에서는 6배까지 증가할 것으로 예상된다[4]. 특히 리튬, 니켈, 코발트와 같은 배터리 관련 광물의 수요는 전기차와 에너지 저장 장치의 발전과 함께 20배에서 40배 증가할 것으로 예상하고 있다. 또한, 전력망 확장에 따른 구리 수요는 2배 이상 증가하고, 저탄소 발전 부문에서의 광물 수요는 3배까지 증가할 것으로 보인다. 수소 시장의 성장과 더불어 수전해용 니켈 및 지르코늄과 연료전지용 백금족 금속에 대한 수요도 늘어날 것으로 예상되며, 희토류 수요는 2040년까지 최대 7배 증가하고 특히 전기차 관련 광물 증가세가 두드러질 것이다. 이처럼 미래 친환경 에너지 기술은 기존 화석연료보다 핵심 광물을 포함한 금속에 대한 의존도가 매우 높을 수밖에 없다.

1) 리튬(Li), 니켈(Ni), 코발트(Co), 흑연(Graphite), 희토류(REEs), 백금족(PGMs)
2) 신에너지와 재생가능에너지를 포함하여 부른다.
3) 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)는 1974년에 설립된 국제기구로 에너지 정책 협력을 통해에너지 안보, 경제 성장, 환경 보호를 촉진하는 것을 목표로 한다.
4) 2021년 5월 기준

<표1> 6대 핵심 광물의 수요·공급 동향

탄소중립 전략	핵심광물	주 수요처	2030 예상 수요 (2020년 대비)	특정국가 의존도	
				광석생산	처리
친환경차량, 전기에너지 저장	리튬	배터리 양극재	42배 증가	호주, 칠레(77%)	중국(58%)
	코발트		21배 증가	DRC(71%)	중국(64%)
	니켈		19배 증가	인도네시아(32%)	중국(34%)
	흑연	배터리 음극재	25배 증가	중국(70%)	
수소경제	백금족	촉매, 연료전지	3배 증가	남아공(75%)	남아공(NA)
고효율 기기, 신재생에너지	희토류	모터(전기차), 발전기(풍력)	7배 증가	중국(60%)	중국(85%)

출처: 한국지질연구원(2021) 자료

더욱이 탄소중립 시대로 전환이 본격화됨에 따라 앞으로 핵심 광물의 수요는 더욱 급증할 것이다.

하지만 광물 자원은 세계적으로 매장량이 특정 국가에 편재되어 있으며, 주요 생산국과 소비국의 경제 수준이 불균형하게 분포되어 있다는 점이 문제이다. 예를 들어, 리튬은 주로 남미의 칠레와 호주에서 생산되며, 코발트도 콩고민주공화국에서 세계 생산량의 약 70%를 차지한다. 중국은 흑연과 희토류의 60% 이상을 생산하고, 정제 과정의 80% 이상을 독점하고 있다. 더욱이 중국은 리튬, 코발트, 니켈의 정제 과정에서도 최대 70% 수준을 차지하는 등, 핵심 광물의 공급망에서 결정적인 역할을 차지하고 있다. 때문에 이들 국가에서 광물 공급의 차질, 무역 제한 또는 주요 정책 변화와 같은 문제는 곧 글로벌 시장에서 광물 자원의 안정적인 수급에 영향을 미칠 수 있음을 암시한다.

또한 프랑스 석유 에너지 연구소(IFPEN)[5]의 분석에 따르면, 광물 자원의 수요뿐만 아니라 채광 속도도 크게 증가할 전망이다. IFPEN에 따르면 2050년까지 지구의 온도 상승을 섭씨 4도 이하[6]로 유지하려면, 현재 확인된 코발트의 62%, 구리의 82%, 니켈의 48%를 채굴해야 한다. 하지만 대량 채굴은 다양한 환경적, 사회적 문제를 일으킬 수 있다. 광물 프로젝트 개발의 긴 리드타임도 자원 생산을 빠르게 늘리기 어렵게 만든다. 평균적으로 채굴 프로젝트는 탐사 단계부터 첫 생산까지 16년 이상이 소요되며, 이는 수요 증가에 신속하게 대응하는데 구조적인 어려움을 나타낸다.

주요 생산지의 자원 품질 저하와 같은 문제는 생산 효율성 감소와 비용 상승을 초래할 수 있다. 더욱이 광물 생산은 높은 환경적, 사회적 영향을 수반하기 때문에 물 스트레스가 높은 지역에서 구리와 리튬 생산 시 이러한 문제가 심화된다. 문제는 주요 광물 자원들이 주로 매장된 지역들은 기후변화에 취약한 지역이 많다. 예를 들어, 코발트 주요 생산지인 콩고민주공화국은 극심한 기후변화로 인해 자원 생산에 어려움을 겪고 있으며 열대우림과 이탄지 개발로 탄소 저장 능력을 감소시켜 악순환이 가속화되고 있다.

과도한 자원 채굴은 토양 침식과 수자원 오염을 심화시키고 이는 농업 생산성 감소로도 이어질 수 있다. 또한 광산 주변 지역 주민들은 채굴로 인한 건강 악화와 생활환경 불안정성으로 사회적 갈등이 발생할 가능성도 존재한다. 앞으로 기후변화와 대량 채굴이 진행될수록 기후 취약지역에서 자원 채굴과 공급망 안정성은 더욱 위협받을 것이다. 이러한 문제들은 글로벌 시장에도 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 기후와 자원 채굴의 상호작용을 고려한 전략이 시급히 필요하다.

지속 가능한 광물 자원의 관리 방안

지금까지 살펴본 바와 같이 광물 자원의 관리는 곧 탄소중립 이행과 직결되며 지속 가능한 성장을 위한 필수 과제로 주목받고 있다. 이에 따라 국제사회에서는 핵심 광물과 청정에너지 전환에 관한 다양한 회의와 협력을 추진하여 공급망 다변화와 안정

5) 프랑스 석유 에너지 연구소(Institut Français du Pétrole Energies Nouvelles, IFPEN)는 프랑스의 주요 에너지 연구 기관으로, 에너지, 교통, 환경 분야에서 연구와 교육을 수행하고 있다.

6) 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 온도 상승이 1.5도 이상일 경우 기후변화의 영향을 완화하기 어려운 수준에 이를 수 있다고 경고했다. 또한, 2도 상승 시 생태계, 경제, 인간의 삶에 심각한 영향을 주는 대규모 재앙이 발생할 것이라고 보고하였다.

성 강화를 위한 방안을 모색하고 있다. 지금까지 논의된 몇 가지 주요 협의를 소개하자면, 먼저 2022년 6월 미국의 주도로 핵심 광물 공급망의 안정성과 다변화를 위해 핵심 광물 안보 파트너십(Minerals Security Partnership, MSP)[7] 국제 협력체가 출범하였다. 2024년 9월, 한국은 MSP 의장국으로서 첫 수석 대표 회의를 주재하였으며 첨단 산업 발전과 청정에너지 전환에 필수적인 핵심 광물의 안정적인 공급망 구축이 최우선 과제임을 강조하였다. MSP는 'MSP 포럼'을 설립하여 회원국이 아닌 광물 보유국들도 참여할 수 있는 계기를 마련하여 지속 가능한 광물 공급망 다변화에 기여하고 있다.

IEA 또한 청정에너지 전환과 핵심 광물에 대한 중요성을 인식하고, 이를 위한 다양한 협의체와 회의를 개최해 왔다. 특히, 2023년 9월 프랑스 파리에서 열린 'IEA 핵심 광물·청정에너지 고위급 회의'에서는 전 세계 주요국들과 함께 핵심 광물 공급망 강화를 위한 협력 방안을 모색하였다. 이 회의에는 미국, 일본, 호주 등 에너지 담당 장관들과 IEA 사무총장, 프랑스 경제부 장관 등이 참석하여 핵심 광물의 안정적인 공급을 위한 기술 혁신, 재자원화, 일자리 창출의 중요성을 논의하였다. 한국도 회의에 참석하여 핵심 광물 공급망 안정화를 위한 공조 확대를 위한 노력을 지지하고 기술 혁신과 재자원화의 중요성을 강조하였다.

유럽 배터리 연합(European Battery Alliance, EBA)은 2017년 유럽연합(EU) 집행위원회가 주도하여 설립한 이니셔티브로, 유럽 내 배터리 산업의 경쟁력 강화와 지속 가능한 공급망 구축을 목표로 다양한 전략을 추진하고 있다. 특히, 배터리 생산에 필수적인 리튬, 코발트, 니켈 등 핵심 광물 자원의 지속 가능한 관리 방안[8]을 모색하며 에너지 전환과 탄소중립 목표 달성에 기여하고 있다. 경제협력개발기구(OECD)[9]도 책임 있는 광물 공급망 구축을 위해 다양한 포럼을 개최하고 지침을 마련해왔다. 특히, '분쟁지역 광물의 책임 있는 공급망에 대한 OECD 실사 가이드'는 광물 자원 관리에 있어 인권 유린이나 분쟁에 연루되지 않도록 지침을 제공한다. 해당 가이드라인은 기업과 국가가 공급망에서 발생할 수 있는 사회적, 환경적 위험을 식별하고 관리하는 데 도움을 주며, 국제적으로 적용 가능한 기준을 제공한다. 같은 맥락에서 세계은행(World Bank)의 기후 스마트 광업(CSM) 이니셔티브[10]는 지속 가능한 광물 생산을 촉진하고 개발도상국이 청정에너지 전환에 따른 기회를 최대한 활용할 수 있도록 지원하는 효과적인 접근 방안으로 평가된다. 이와 같은 국제사회의 노력은 광물 자원의 책임 있는 활용과 청정에너지 전환을 촉진하는 데 긍정적인 동기를 부여하고 있다.

요약하자면, 핵심 광물은 청정에너지 전환과 탄소중립 목표 달성을 위한 중요한 요소로 자리잡고 있다. 이에 따라, 안정적인 광물 자원 공급망을 구축하고, 환경적·사회적 책임을 다하는 방식으로 광물 자원을 관리하는 것이 시급한 과제가 되었다. 이를 해결하기 위해 국제협력과 정책적 대응이 반드시 필요하다. 예를 들어, OECD, IEA, World Bank 등 국제기구들은 핵심 광물의 책임 있는 채굴과 지속 가능한 자원 관리를 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 이는 청정에너지 전환을 촉진하고, 기후변화 대응을 위한 중요한 동력이 될 것이다. 특히, 핵심 광물의 생산과 처리가 특정 국가에 집중되어 있어, 관련 국가들은 국제기구와 다자간 협의체를 통한 광물 이니셔티브에 적극적으로 참여하며 공동 대응 방안을 마련해야 할 것이다.

하지만 기후 취약 지역에서 자원 생산은 점점 더 어려워지고 있으며, 사회적 불평등과 환경적 부담이 심화될 우려도 함께 존재한다. 따라서, 광물 자원의 효율적 관리, 재활용, 순환 경제 도입을 통해 지속 가능한 발전을 이루기 위한 국제적 노력이 더욱 강화되어야 한다. 결국, 핵심 광물의 안정적인 공급은 단지 에너지 전환의 문제를 넘어서 지속 가능한 발전과 기후변화 대응을 위한 필수 불가결한 범과제로 다뤄질 필요가 있다. 각국과 국제사회는 이에 대한 책임을 다하기 위해 다양한 채널을 통한 협력에 앞장서며, 지속 가능한 자원 관리와 청정에너지 기술의 발전을 동시에 추구해야 할 것이다. 이러한 노력들을 통해서 광물 자원을 지속 가능하게 관리하고, 궁극적으로 청정에너지 전환을 성공적으로 이루어낼 수 있을 것이다.

KOICA ODA연구교육원

7) 2024년 11월 기준 한국, 미국, 영국, 일본, 캐나다, 스웨덴, 프랑스, 호주, 핀란드, 독일, 노르웨이, 이탈리아, 인도, 유럽연합(EU), 에스토니아 15개 회원국이 참여하고 있다.

8) 주요 전략으로 통합 공급망 구축, 투자 지원 및 R&D 촉진, 인력 양성, 지속가능성 강화가 있다.

9) 경제협력개발기구(Organization for Economic Co-opertaion and Development, OECD)는 1961년에 설립된 국제기구로, 경제 성장, 무역 확대, 삶의 질 향상을 위해 회원국 간 정책 협력과 연구를 진행하고 있다.

10) 기후 스마트 광업(Climate-Smart Mining, CSM) 이니셔티브는 핵심 광물의 채굴과 공급망 관리에서 기후변화 대응, 지속 가능성 강화, 재활용과 순환경제 증대, 책임 있는 공급망 구축을 고려한 광업을 운영하는 것을 목표로 하고 있다.

[참고문헌]

- Deloitte. 2024. Tracking the trends 2024: Navigating global challenges and opportunities in mining and metals
- International Energy Agency. 2021. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions
- Mckinsey & Company. 2024. Global Materials Perspective 2024
- OECD. 2016. OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas
- World Bank. 2019. Minerals for Climate Action: The mineral Intensity of the Clean Energy Transition
- 윤진수 외. 2023. "광물 기반의 지속가능한 발전, 그 이면의 맹점", 대학생신재생에너지기자단. https://renewableenergyfollowers.org/4170
- 한국지질자원연구원. 2021. 한 눈에 보는 6대 핵심광물 이슈 분석