

전환광물: 지속가능한 전환을 위한 과제

목 차

- I. 서론: 기후위기와 광물 수요 증가의 시대
 - II. 전환광물이란 무엇인가?
 - III. 전환광물 확보 과정에서 발생하는 환경·기후·사회적 영향
 - IV. 전환 광물 대응을 위한 다양한 접근
 - V. 정책 제언
 - VI. 결론
- 참고문헌

I. 서론: 기후위기와 광물 수요 증가의 시대

1. 글로벌 탄소중립 목표와 에너지 전환에 따른 광물 수요 증가

■ 전 세계적으로 기후위기 대응을 위해 탄소중립을 목표로 삼고, 재생에너지 기반의 에너지 전환을 가속화하고 있음

- 이 과정에서 저탄소 기술 확산으로 주요 광물 자원의 수요가 급격히 증가하고 있음
 - 국제에너지기구(IEA)*의 탄소중립(NZE)** 시나리오에 따르면 2040년까지 리튬 수요는 약 8배, 흑연은 약 4배, 니켈·코발트·희토류는 약 2배, 구리는 약 1.5배 증가할 것으로 전망됨¹
- *International Energy Agency
- **Net Zero Emission: 2050년까지 탄소 순배출 제로를 달성하여 지구 평균 온도 상승을 1.5°C 이내로 제한하기 위한 이행경로 제시 시나리오
- 특히 청정에너지 기술 부문이 주요 광물 수요 증가를 견인하고 있으며, 전기차 및 에너지 저장 분야가 전체 리튬 수요의 90% 이상을 차지할 것으로 예상됨
- 에너지 전환은 광물 자원 수요 구조를 근본적으로 재편하는 중요한 변곡점이 되고 있음

2. 광물 자원 확보를 위한 지정학적 경쟁 구도의 심화

■ 주요국들은 핵심광물 공급망을 확보하기 위해 자원 개발, 수출 통제, 공급망 다변화 등 전략을 추진하고 있음

- 중국은 2008년부터 「전국광산자원규획」을 통해 전략적 광물 관리를 강화하고, 국유기업 주도로 해외 자원 개발과 정제 단계까지 공급망 지배력을 확대해왔음
 - 전 세계 희토류의 약 60%는 중국에서 채굴되며, 정제(refining) 단계에서도 희토류(90%), 리튬·코발트(60~70%)를 처리하는 등 압도적인 영향력을 보유하고 있음²
 - 최근에는 미국의 관세 조치에 대응하여 가돌리늄, 디스프로슘, 사마륨 등 희토류 수출을 전략적으로 통제하고 있음
- 미국은 바이든 정부하에서 2022년 「핵심광물안보파트너십(MSP)」*, 「인플레이션 감축법(IRA)」** 등을 통해 동맹국과의 협력을 확대하고 공급망 다변화를 추진했으나, 트럼프 2기 행정부 출범 이후 해외 자원 확보를 위한 직접적 경쟁과 외교적 압박 전략을 강화하고 있음

*Minerals Security Partnership: 미국 주도로 캐나다, EU, 한국, 일본 등이 참여하여 핵심광물 공급망 안전성과 투명성 강화를 목표로 설립된 국제 협력 파트너십

**Inflation Reduction Act: 배터리 생산에 사용되는 핵심광물이 일정 비중 이상 미국 또는 동맹국에서 채굴·정제된 경우, 세액 공제 등의 인센티브를 제공하는 미국 연방 법률

1 IEA, Global Critical Minerals Outlook 2024.

2 IEA, Energy Technology Perspectives 2023: Clean Energy Supply Chains Vulnerabilities.

- EU는 2024년 공식 발효된 「핵심원자재법(CRMA)」*을 통해 2030년까지 역내에서 핵심 원자재 채굴(10%)·정제(40%)·재활용(25%) 비중을 각각 확대하고, 특정국가 의존도를 65% 이하로 제한하여 공급망 강화를 추진하고 있음

*European Critical Raw Materials Act

- 인도네시아는 막대한 니켈 생산 역량을 기반으로 원광 수출을 금지하고, 자국 내 제련(smelting) 및 완성차 제조 시설 유치와 산업 고도화 적극 추진하고 있음
- 중남미 주요 리튬 생산국들도 국유화, 민관합작 기업 설립 등을 통해 자원 주권을 강화하는 정책을 추진하고 있으며, 아르헨티나, 칠레, 볼리비아, 브라질 등은 '리튬판 OPEC' 결성을 통해 공동 생산 조정과 가격 협의 등 시장 영향력 강화를 모색하고 있음

3. 광물 수요 증가에 따른 환경·사회적 영향

■ 광물 채굴 및 생산 과정에서의 환경·사회적 영향

- 광물 채굴 및 생산 과정은 산림파괴, 수질·토양 오염, 폐기물 발생 등 심각한 환경 훼손과 함께 지역사회 권리 침해, 노동권 침해 등 다양한 사회적 문제를 초래하고 있음
 - 채굴지 주변 생태계 파괴, 수질 악화, 탄소흡수원(산림) 감소 문제가 광범위하게 발생하고 있음
 - 제련 과정에서는 대기 오염 및 온실가스 증가가 심각한 문제로 지적되고 있음
 - 채굴 및 사업 추진 과정에서 토착민과 지역사회의 권리가 침해되고 있으며, '자유로운사전인지동의(FPIC)'* 원칙이 무시되는 사례가 빈번함

*Free, Prior and Informed Consent: 토착민의 권리, 토지, 영토, 자원 및 생계에 영향을 미치는 결정에 토착민의 완전하고 효과적인 참여를 보장하기 위한 원칙

- 일부 지역에서는 아동노동, 강제노동 등 심각한 노동권 침해 문제 발생하고 있음
- 광산 개발로 인한 지역사회 이주 및 생계기반 파괴 역시 주요 사회적 쟁점으로 부각되고 있음

■ 광물 공급망 전반의 투명성과 책임성 한계

- 글로벌 공급망이 복잡하게 얽히면서, 채굴부터 최종 제품에 이르기까지 환경·사회적 영향을 추적하고 검증하기 어려운 구조가 형성되고 있음
- 공급망 내 인권 침해 및 환경 파괴 이슈가 은폐되거나 책임소재가 불분명해지는 문제 발생하고 있음
- 유엔 사무총장 주재 '에너지 전환 광물 패널'은 "에너지 전환의 긴급성이 광물 공급망에서 무책임한 관행을 정당화할 수는 없다"고 강조하며, 공급망 전 과정에 걸쳐 인권, 환경, 포용성을 보장하는 원칙을 제시함³
- 이러한 국제적 문제의식은 에너지 전환 과정에서 확대되는 광물 수요와 그에 따른 환경·사회적 위험에 대응하기 위한 체계적인 접근이 필요함을 보여줌

- 본 브리프는 광물 수요 증가로 인한 환경·사회적 문제를 진단하고, 이를 해결하기 위한 주요 대응 전략을 검토한 뒤, 수요 관리와 공급망 지속가능성 강화를 중심으로 책임 있고 통합적인 정책 방향을 제안하고자 함

3 UN Secretary-General's Panel on Critical Energy Transition Minerals, Resourcing the Energy Transition: Principles to Guide Critical Energy Transition Minerals Towards Equity and Justice, 2024.

II. 전환광물이란 무엇인가?

1. 전환광물의 정의와 주요 광물의 기술적 용도

■ 화석연료 기반 에너지에서 재생에너지로 전환하는 과정에서 필수적으로 요구되는 광물을 '전환광물(transition mineral)'이라 함

- 국제적으로 전환광물에 대해 통일된 정의는 없으나, 주로 국제기구와 학계, NGO에서 에너지 전환 과정에서 필요한 광물을 지칭하는 데 사용됨
- 유엔환경계획(UNEP)*은 전환광물을 "자연에 존재하는 물질로, 주로 암석에서 발견되며 재생 기술에 사용하기에 이상적인 물질"로 정의하고 있음⁴

*United Nations Environment Programme

■ 에너지 전환 과정에서 도입되는 저탄소 기술은 화석연료에 기반한 에너지 생산보다 훨씬 더 많은 광물을 필요로 하여, 광물 집약적 (mineral-intensive) 특성을 가짐⁵

- 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연: 배터리의 성능, 수명, 에너지 밀도 향상에 필수적
- 희토류: 풍력 터빈과 전기차 모터에 필수적인 영구자석 제조에 핵심적
- 구리, 알루미늄: 전력 수요 증가에 대응한 송·배전망 확충에 필수적이며, 특히 구리는 모든 전기 관련 기술의 핵심 자원으로 사용됨

<표 1> 에너지 전환을 위해 필요한 광물

자원	태양전지	풍력	전기차/배터리	수력	수소연료전지	지열
보크사이트	○	○	○	○	○	
크로뮴		○	○	○		○
코발트			○		○	
구리	○	○	○	○	○	○
인듐	○					
철	○	○	○			
납	○	○	○	○		
리튬			○			
망간		○	○	○		○
몰리브덴	○	○		○		○
니켈	○	○	○	○	○	○
희토류		○	○		○	
은	○					
티타늄				○	○	○
아연	○	○	○	○		

출처: Roche et al. (2023)

4 UNEP, What are energy transition minerals and how can they unlock the clean energy age?, 2024.

5 World Bank, Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition, 2020.

2. 핵심광물 vs 전환광물 용어 논쟁의 정치경제학

■ 각국 정부는 전략적으로 중요한 산업에 필수적인 광물을 '핵심광물(critical mineral)'로 지정해 관리하고 있음

- 핵심광물 지정 기준은 국가별로 상이하나, 일반적으로 수입 의존도 및 공급 위험도, 대체 가능성, 글로벌 생산 집중도 등을 종합 고려하여 선정함
- 대부분의 국가에서 재생에너지 전환에 필요한 광물은 핵심광물로 포함되지만, 군수 산업에 필요한 광물 또한 핵심광물로 지정되는 경우가 많음
 - 트럼프 행정부는 핵심광물 확보 정책을 추진하며 희토류를 전략적으로 관리했는데, 이는 군수산업 수요를 염두에 둔 것으로 평가됨⁶
- 한국에서는 산업통상자원부가 「핵심광물 확보 전략」을 통해 리튬, 니켈, 코발트, 희토류 등 33종의 광물을 핵심광물로 지정하여 관리하고 있음

■ 핵심광물 vs 전환광물 용어 차이

- 핵심광물이라는 용어는 정부와 산업계에서 주로 사용하며, 공급망 확보의 긴급성과 중요성에 초점을 맞춤
- 반면, 학계, 인권·환경운동 진영 및 IEA, UNEP 등 일부 국제기구에서도 전환광물이라는 용어를 적극적으로 사용하고 있음
 - '핵심'이라는 표현이 광물 채굴 과정에서 발생하는 인권·환경 문제를 은폐하거나 축소할 수 있다는 비판이 제기됨
 - 토착민 단체 연대체인 SIRGE Coalition*에서는 전환광물이라는 용어 사용을 권장함⁷

*Securing Indigenous People's Rights in the Green Economy Coalition

■ 용어 사용이 정책 방향에 미치는 영향

- 핵심광물 용어는 국가 안보, 산업 전략 중심의 광물 정책을 정당화하는데 활용되기 쉬움
- 전환광물 용어는 에너지 전환 과정에서의 환경·사회적 책임 문제를 부각시키는 데 기여함
- 따라서 어떤 용어를 사용하는가는 광물 정책의 우선순위를 결정하는데 중요한 정치적 의미를 가짐

3. 전환광물별 소비 수요 증가 전망

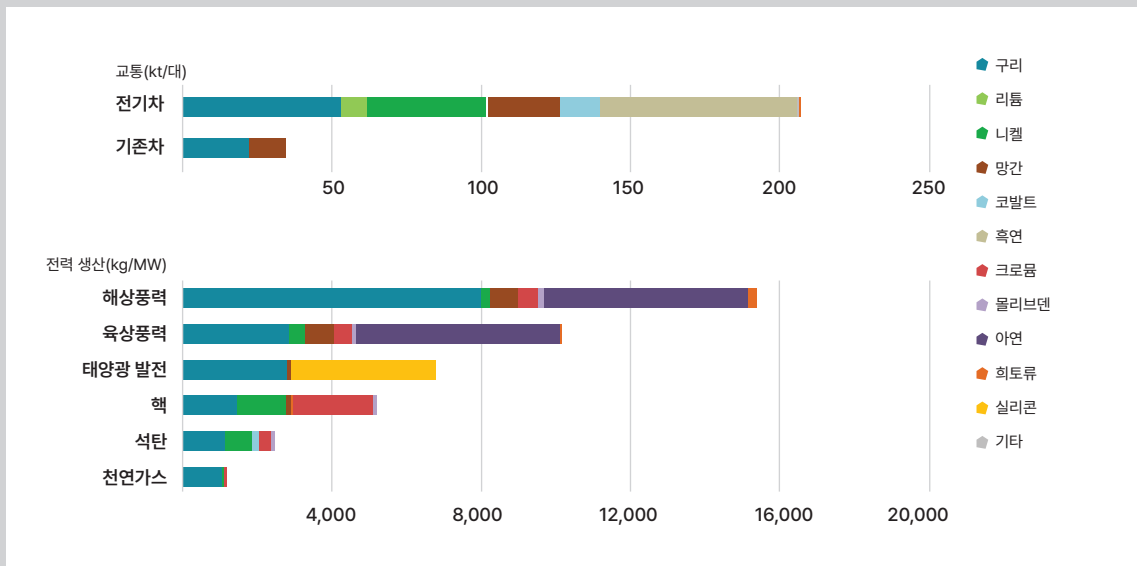
■ IEA(2022)에 따르면, 전기차는 내연기관차보다 약 6배, 육상풍력 발전소는 가스 발전소보다 9배 더 많은 광물을 필요로 함

청정에너지 기술 확산에 따라 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연, 구리, 아연, 실리콘, 희토류 등 다양한 광물의 수요가 급증할 것으로 전망됨

6 Global Witness, Critical minerals were once for renewables. Now they're for war, 2025.

7 Mongabay, "Energy transition minerals: questions, consent and costs are key", April 9, 2024.

[그림1] 청정에너지 기술에 사용되는 광물량

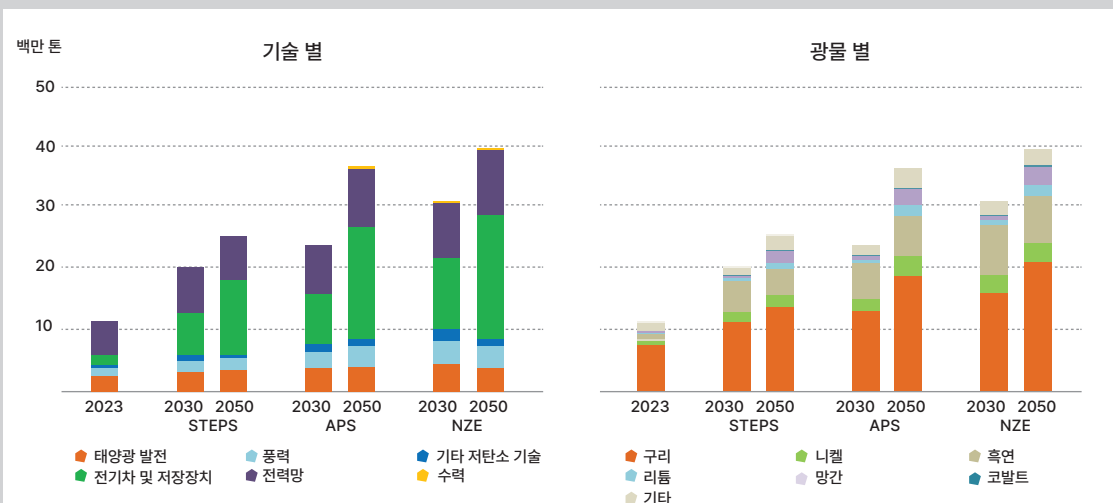


출처: IEA(2022)

■ IEA(2024)의 탄소중립(NZE) 시나리오에 따르면 청정에너지 기술을 위한 광물 수요는 2030년에는 2023년 대비 약 3배, 2050년에는 2023년 대비 약 4배 증가할 것으로 예측됨

- 특히, 전기차 생산은 광물 수요 증가에 가장 큰 요인으로 작용할 것으로 보이며, 2050년에는 전체 청정에너지 광물 수요의 약 50%를 전기차가 차지할 것으로 전망됨

[그림 2] 시나리오별 청정에너지 기술에 필요한 광물량



주: 다양한 청정에너지 기술에 사용되는 대부분의 광물을 포함하나 철과 알루미늄은 포함하지 않음.

STEPS*

*STEPS(Stated Policies Scenario: 명시된 정책 시나리오, 오늘의 정책 및 정책 발표에 대한 부문별 분석을 기반으로 에너지 시스템의 향후 방향을 보여주는 지표

APS*

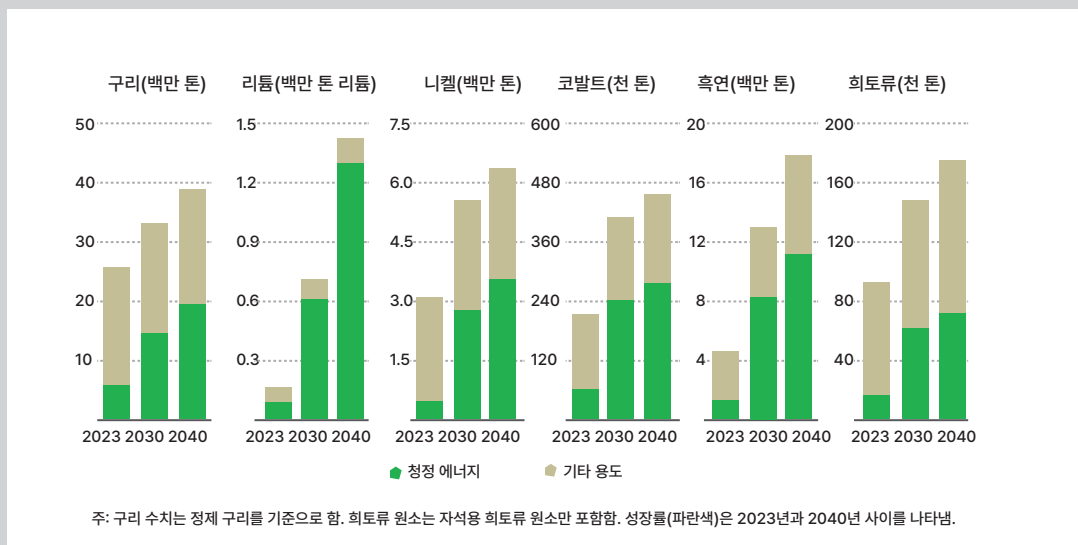
*Announced Pledges Scenario (APS): 발표된 공약 시나리오, 정부가 장기 순 제로 배출 목표 및 국가별 기여(NDC) 공약 등 기후 관련 공약을 완전 이행할 경우의 지표

출처: IEA(2024)

■ NZE 시나리오 하에서 구리, 리튬, 니켈, 코발트, 희토류 등의 주요 광물의 수요량은 모두 급증할 것으로 예상

- 리튬: 2040년 수요가 2023년 대비 약 8.7배 증가할 것으로 예상되며, 이 중 약 91%가 전기차 수요에 의해 발생
- 니켈·코발트·흑연: 2040년 수요가 2023년 대비 각각 약 2.1배, 약 2.2배, 약 3.9배 증가할 것으로 전망
- 희토류: 전기차 모터 및 풍력 터빈 수요 증가로 인해 2040년 수요가 2023년 대비 약 2배 증가할 것으로 예측
- 구리: 전기차, 태양광, 풍력, 송·배전망 등 모든 청정에너지 기술에 필수적이며, 2040년 수요가 2023년 대비 1.5배 증가할 것으로 전망

[그림 3] 탄소중립(NZE) 시나리오에서 주요 전환광물의 수요 예측



출처: IEA(2024)

III. 전환광물 확보 과정에서 발생하는 환경·기후·사회 영향

1. 생태계 훼손과 환경오염

■ 산림파괴와 생태계 훼손

- 2001~2020년 사이 전 세계에서 광산 개발로 약 140만 헥타르의 산림이 소실되었으며, 이 중 상당 부분이 열대우림과 토착민 지역공동체의 토지에 해당⁸
- 전환광물 수요의 증가로 인도네시아 니켈 광산,⁹ 필리핀 구리 광산¹⁰ 등에서 대규모 산림 파괴 사례 발생

■ 수질 오염

- 채굴·제련 과정에서 사용된 화학물질과 중금속이 강, 호수, 지하수 오염 초래
- 중국 남부와 미얀마 접경지역에서 화학 침출(in-situ leaching) 방식*으로 희토류를 채굴하며, 황산암모늄과 옥살산을 사용으로 인근 수역, 토양, 대기 오염됨¹¹

*화학 침출: 흙 속 화합물 상태의 희토류를 추출하기 위해 화학물질을 지하에 주입해 용액으로 모은 후 회수하는 방식

■ 수자원 고갈

- 전환광물 광산, 매장지 및 광구의 최소 16%가 물 스트레스*가 높은 곳에 위치¹²
- 전 세계 리튬 매장량의 약 70%가 집중된 아타카마 고원지대에서는 염수형 리튬 생산으로 인해 담수 고갈, 지표면 열, 싱크홀 등의 문제가 발생

*물 스트레스: 사용 가능한 수자원 대비 물 사용량이 과도해 인간과 생태계의 수요를 충족시키기 어려운 상태

■ 해양 생태계 교란

- 해안가에 근접한 광산 개발과 부두 건설로 퇴적물 유입, 수질 오염, 서식지 파괴가 발생하여 산호초, 어류 등 해양 생태계 전반에 장기적인 피해 유발
- 인도네시아 술라웨시에서는 니켈 광산에서 흘러나온 퇴적물이 해안가 산호초를 뒤덮고, 채굴지 인근 부두 건설로 추가적인 해양 오염 발생¹³

8 World Resources Institute, Mining Is Increasingly Pushing into Critical Rainforests and Protected Areas, 2024.

9 Mighty Earth, From Forests to Electric Vehicles, 2024.

10 Global Witness, The 'Green' Transition's Dirty Bootprint, 2024.

11 Global Witness, Fuelling the Future, Poisoning the Present: Myanmar's Rare Earth Boom, 2024.

12 World Resources Institute, More Critical Minerals Mining Could Strain Water Supplies in Stressed Regions, 2024.

13 Steven Brown, Nickel Powerhouse, 2023.

■ 대기 오염과 건강 피해

- 채굴·운송·가공 과정에서 발생하는 비산먼지, 유독성 물질, 온실가스가 광산 인근 지역의 대기질 악화
- 인도네시아 니켈 산업단지 석탄발전소에서는 다량의 미세먼지와 아황산가스 배출로 호흡기 질환과 피부 질환 환자 증가¹⁴

■ 생물다양성 손실

- 이미 개발되었거나 개발 예정인 전환광물 광산의 75%가 생물다양성 보전이 필요한 지역에 위치¹⁵
- 니켈 채굴은 세계적인 생물다양성 중심지인 왈레이시아 지역의 고유 생물종을 심각한 멸종 위기에 처하게 하고 있음¹⁶
- 필리핀에서는 전환광물 채굴 예정지의 4분의 1이상이 보호지역, 중요 생물다양성 지역 또는 람사르 습지에 해당하여 생물다양성 감소 우려 제기¹⁷

■ 광업폐기물과 광미땀 붕괴 위험

- 전환광물 채굴로 발생하는 폐석과 광미* 등 광업 폐기물은 수질과 토양 오염을 유발하며, 광미땀 붕괴와 산성 광산 배수** 등으로 생태계 파괴와 지역 주민 건강 악화 문제 심화
 - *광미(tailings): 유용 광물을 추출한 후 남은 찌꺼기로, 중금속·유해 화학물질을 포함할 수 있어 엄격한 관리가 필요한 산업폐기물
 - **산성 광산 배수(acid mine drainage): 황화광물이 공기·물에 노출되어 발생하는 산성 폐수
- 구리-코발트 벨트가 위치한 잠비아와 콩고민주공화국에서는 광미땀 유출로 인한 수질, 토양, 대기 오염 보고¹⁸
- 2019년 브라질의 브루마디뉴 광미땀 붕괴 사고로 289명이 사망하고, 중금속 폐기물이 강과 토양을 심각하게 오염시켜 지역 생태계와 공동체에 치명적인 피해 초래

14 Mongabay, "Disease surges in Indonesia community on frontline of world energy transition", February 6, 2025.

15 S&P Global Sustainable1, Rocks and hard places: The ecosystem risks of mining for energy transition minerals, 2024.

16 Steven Brown, Nickel Powerhouse, 2023.

17 Global Witness, The Green Transition's Dirty Bootprint, 2024.

18 Křibek, B et al., Impact of Mining and Ore Processing on Soil, Drainage and Vegetation in the Zambian Copperbelt Mining, 2023.

2. 기후에 미치는 영향

■ 에너지 집약성과 온실가스 배출

- 광업 부문은 전세계 산업 에너지의 약 38%, 전기 사용량의 약 15% 차지하며, 대부분 화석연료에 의존¹⁹
- 제련·정제 과정에서 막대한 에너지를 소비하며 온실가스 대량 배출
- 인도네시아에서는 전체 석탄 사용량의 약 15%가 니켈 등 광물 제련을 위한 산업단지 석탄발전소에서 소비되고 있으며, 2020년 이후 석탄 사용량 증가²⁰

■ 광물 품위 저하에 따른 에너지 소비 증가

- 구리, 니켈 등 주요 광물의 품위가 저하로 채굴·가공에 필요한 에너지 소비 증가
- 인도네시아의 니켈 원광은 고압산침출법(HPAL)*을 사용해 제련되며, 특히 높은 에너지 소비를 초래

*High-Pressure Acid Leaching: 니켈 원광에 황산을 첨가해 고온·고압을 가해 니켈 순도를 높이는 습식제련 방법

■ 산림 훼손과 온실가스 배출

- 열대우림, 맹그로브숲, 이탄지 훼손은 이산화탄소 및 메탄 방출 유발하여 온실가스 배출 증가
- 인도네시아 할마헤라 니켈 광산 개발로 최소 5,331헥타르의 열대우림이 개간되어 2.04 메트릭톤의 탄소 배출 추정²¹

3. 토착민과 지역공동체, 노동자 권리 침해

■ 토착민 권리 침해 및 FPIC 원칙 위반

- 전환광물 개발 사업의 절반 이상이 토착민과 소농의 영토 또는 인접 지역에서 이루어짐²²
- 토착민의 토지권은 법적 등록 여부와 관계없이 보장되어야 하며, 사업 진행 시 반드시 '자유로운 사전인지동의(FPIC)' 원칙이 준수되어야 하지만, 위반 사례 다수 보고
- 이로 인해 토지강탈, 강제이주 등의 사례 발생(인도네시아, 페루, 필리핀 등)
- 전환광물 채굴이 '자발적 고립 및 초기 접촉 중인 토착민들'*의 영토에서 이루어질 경우, 이들의 생존에 심각한 위협을 초래

*자발적 고립상태 및 초기 접촉 중인 토착민들(Indigenous Peoples in voluntary isolation and initial contact): 외부 사회와 정기적으로 교류하지 않고 대부분 스스로를 차단하거나, 매우 최근에 주류 사회와 초기 교류를 시작한 토착민을 지칭

- 인도네시아 할마헤라섬에서는 자발적 고립 및 초기 접촉 중인 토착민인 홍가나 마나와(Hongana Manyawa)가 이들의 영토에서 진행되는 니켈 개발로 영토를 상실하고 생존권을 위협받고 있음²³

19 Igogo T et al., Integrating renewable energy into mining operations: Opportunities, challenges, and enabling approaches, 2021.

20 Mongabay, "Indonesia's coal burning hits record high and 'green' nickel is largely why", July 3, 2023.

21 Climate Rights International, Nickel Unearthed, 2024.

22 John R. Owen et. al, Energy transition minerals and their intersection with land-connected peoples, 2023.

23 Mongabay, "BASF, Eramet drop \$2.6b Indonesian nickel project that threatens isolated tribe", July 1, 2024.

■ 건강 피해와 식량권 침해

- 광산 인근 지역 주민들은 오염된 물과 공기에 노출되어 건강 악화와 식량권 침해 경험
- 콩고민주공화국의 구리-코발트 벨트에서는 심각한 수질오염으로 인해 주민들이 각종 질병에 시달리고 있으며, 특히 여성들의 생식 건강 문제가 보고됨²⁴

■ 노동권 침해와 강제노동, 산업재해

- 콩고민주공화국에서는 코발트 광산 노동자의 78%가 강제노동에 노출되어 있으며, 특히 수공 및 소규모 광업 (ASM)*부문에서는 아동노동이 광범위하게 발생²⁵

*Artisanal and Small-scale Mining: 개인, 가족, 지역사회가 최소한의 장비 또는 장비 없이 수행하는 광업

- 유해 화학물질 사용으로 노동자들에게 다양한 질환이 발병하고, 사망 사고도 발생
- 인도네시아 모로알리 산업단지의 니켈 제련소에서는 반복적인 폭발 사고로 다수의 사망 및 부상 사례 발생

■ 인권·환경옹호자에 대한 위협

- 전환광물 채굴에 반대하는 인권·환경 옹호자들은 협박, 괴롭힘, 범죄화, 살해 위험에 노출
- 전환광물 개발로 발생한 인권·환경 분쟁 중 약 4분의 1이 인권·환경 옹호자에 대한 박해 사례에 해당²⁶
- 광업은 인권·환경 옹호자 살해를 가장 많이 초래하는 산업으로, 2023년 한 해 동안 최소 25명이 광업 관련 활동에 반대하다 살해당함²⁷

24 RAID, Beneath the Green: A critical look at the environmental and human costs of industrial cobalt mining in DRC, 2024.

25 United States Department of Labor, Forced Labor in Cobalt Mining in the Democratic Republic of the Congo, 2023.

26 Business and Human Rights Resource Centre, Transition Mineral Tracker: 2024 Analysis, 2024.

27 Global Witness, Missing voices: The violent erasure of land and environmental defenders, 2024.

IV. 전환 광물 대응을 위한 다양한 접근

1. 책임있는 채굴 및 주요 인증제도

■ 광업 부문은 광산 현장에서의 환경·사회적 영향을 최소화하기 위해 책임있는 채굴 접근을 도입하고, 이를 지원하기 위한 자발적 인증제를 실행하고 있음

- 인증을 받은 광산은 글로벌 공급망 진입, 투자자 신뢰 확보, ESG 리스크 관리 등에서 실질적인 이점을 얻음
- 테슬라, BMW, 애플, 구글 등 주요 글로벌 기업들은 니켈, 코발트, 구리 등 핵심 광물 공급망에서 인증 취득을 요구하거나 선호하고 있음

■ 현재 광업 분야에서 널리 활용되고 있는 주요 인증제는 다음과 같음

- IRMA (Initiative for Responsible Mining Assurance), ICMM (International Council on Mining and Metals), TSM (Towards Sustainable Mining), Copper Mark 등
- 이들 인증제는 주로 인권, 환경 보호, 생물다양성 보전, 토착민 권리, 기후변화 대응 등을 기준으로 기업을 평가함
- 인증 과정은 독립적 '제3자 심사(Third-Party Audit)'를 기반으로 하며, 이행 여부에 따라 인증이 부여됨

■ 공통된 핵심 원칙은 회피(Avoidance) → 완화(Mitigation) → 복구(Restoration) → 상쇄(Offsets)의 단계적 접근임

- 먼저 환경·사회적 피해 발생 자체를 회피하고
- 불가피한 경우 피해를 최소화하며
- 이미 발생한 피해에 대해서는 복구를 추진하고
- 최종적으로 불가피하게 남은 손실에 대해서는 상쇄 조치를 요구함

■ 인증제의 한계와 개선 필요성

- Lead the Charge(2024), Mighty Earth & Rainforest Foundation Norway(2024) 등에 따르면, 현재 광물 인증제는 다음과 같은 공통적 한계를 가지고 있음

- 산림파괴 및 토지이용변화 회피 조항 부족: 산림파괴 명시적 금지나 회피 최우선 원칙이 미흡하여 중요생물다양성지역(KBA)* 보호에 한계

*Key Biodiversity Area: 생물다양성의 보전에 핵심적인 기여를 하는 중요 지역. 고유종 및 멸종위기종의 서식 분포, 생태계 위협 수준 등 과학적 기준에 따라 지정되며 국제자연보전연맹(IUCN), WWF 등으로 구성된 KBA 파트너십이 이를 주도

- 이해관계자 참여 미흡: 민간 기업 중심 운영, 토착민·노동자·지역사회 참여 제한, 다자 거버넌스 약화

- 투명성 부족: 감사 결과 공개 미흡, 정보 비공개 또는 부정확, 사후 구제 체계 미비
- 장기적 모니터링 부재: 대부분 단기적 감사에 그치고, 기업 자가진단 의존도가 높아 신뢰성 저하
- 이러한 한계를 보완하기 위해, 인증제는 보다 강력한 회피 최우선 조항, 이해관계자 참여 확대, 독립적이고 투명한 감사 체계 강화가 필요함

2. 공급망 인권·환경 실사 제도

■ 자발적 인증제의 한계를 보완하기 위해, EU를 중심으로 법적 구속력을 갖춘 공급망 인권·환경실사(human rights and environmental due diligence)* 제도가 확산되고 있음

*기업이 공급망 전반에서 이해관계자의 참여를 통해 인권·환경 리스크를 사전에 식별하고, 예방·시정 조치를 의무적으로 수행하는 제도

- 공급망 실사는 일반적으로 다음과 같은 절차로 구성됨:
 - 식별(Identify): 사업 활동, 공급망, 자회사 등에서 인권 및 환경에 해를 끼칠 수 있는 위험요소를 찾아냄
 - 예방 및 완화(Prevent and Mitigate): 위험이 확인되면, 인권 침해나 환경 파괴를 예방하거나 이미 발생한 피해를 최소화
 - 모니터링(Monitor): 위험 관리 조치 작동 여부를 지속적으로 평가 및 검토
 - 공개 및 소통(Communicate): 인권·환경 실사 활동을 투명하게 공개하고 이해관계자와 소통
 - 구제(Remedy): 인권 침해나 환경 파괴 발생 시 피해자에게 구제 제공
 - 이 모든 과정에서 이해관계자(피해 당사자, 시민사회, 투자자 등)의 의견 청취 및 소통 필수

■ 국내 공급망 인권·환경 실사 제도 현황

- 국가인권위원회는 공공기관 경영평가에 인권경영 반영을 권고하여 제도화를 시도했으나, 형식적 인권영향평가, 이해관계자 참여 부족 등 한계 존재
- 이에 2023년 8월, 「기업의 지속가능경영을 위한 인권환경보호에 관한 법률 (안)」(이하 공급망 실사 법률안)이 발의되었으나 최종적으로 폐기됨

■ 해외 공급망 실사 제도 현황

- EU 기업 지속가능성 실사지침 (CSDDD)*
 - 기업 자체 운영 뿐만 아니라 공급망 내 주요 비즈니스 관계(chain of activities) 전반에 대해 인권·환경 실사 의무 규정
 - EU 역내 기업은 직원 수 1,000명 이상이면 전 세계 순매출액이 4억5,000만 유로를 초과할 경우, EU 역외 기업은 직원 수 관계 없이 EU 역내 순매출액이 4억 5,000만 유로를 초과할 경우 공급망 전반에 대한 인권·환경 실사 의무 부과됨
 - 경영진 책임, 제재 조항, 민사소송 가능성이 포함되며, 각국은 2027년 7월까지 국내법을 도입해야 하고, 2028년부터 단계적 적용 예정
 - 2025년 2월 EU 집행위가 발표한 옴니버스 패키지**에 따라 일부 규제 조항이 삭제 또는 완화될 가능성 제기되고 있음

*Corporate Sustainability Due Diligence Directive

**옴니버스패키지(Omnibus Package): EU의 주요 ESG 규제(기업 지속가능성 실사 지침(CSDDD), 기업지속가능성 보고 지침(CSRD), 탄소국경조정제도(CBAM), EU 탄소노미 등)의 적용 시기 연기 및 의무 완화를 주요 내용으로 하는 입법안

○ EU 배터리 규정 (Battery Regulation)

- 코발트, 리튬, 니켈, 천연흑연 등 배터리 핵심광물에 대해 공급망 실사 의무 부과
- 배터리 제조사, 수입업자, 유통업자 등 관련 기업들은 해당 광물에 대해 정책 수립, 위험 평가, 완화 계획, 외부 검증 및 보고 의무를 이행해야 함
- 재활용률 및 탄소발자국 정보 제출 요구도 포함
- 이 규정은 2023년에 발효되었으며, 공급망 실사 관련 조항은 2025년부터 단계적으로 적용될 예정

○ 프랑스 「모기업 및 대표기업의 실천감독 의무에 관한 법 (Law on the Duty of Vigilance of Parent and Lead Companies)」

- 2017년부터 시행, 프랑스 본사 소재 대기업에 공급망 전반의 인권·환경 리스크 식별, 실천감독 계획 수립 및 이행 의무 부과
- NGO 및 노조를 포함한 이해관계자가 기업에 실천감독 의무 이행 요구 가능, 미이행시 법원을 통해 이행 촉구 가능
- 향후 CSDDD 시행 이후 통합 또는 상호 보완적 운영 여부는 조율 예정

○ 기타 국가

- 독일 공급망 실사법(LkSG)는 향후 CSDDD로 대체될 예정이나, 즉시 폐지된 것은 아니며 과도기적으로 병행될 가능성 있음
- 스위스, 노르웨이 등도 유사한 공급망 실사 법제 도입을 완료하거나 추진 중이며, 대부분 OECD 실사지침 기반 자율 이행과 병행하여 규제를 설계하고 있음

■ 공급망 실사의 한계와 과제

○ 제도 도입이 확대되고 있지만, 실질적 이행력 확보 및 현장 효과성 검증은 여전히 주요한 과제로 지적됨

- 복잡한 글로벌 공급망 구조, 정보 비대칭, 현장 접근성 제약으로 인해 실질적인 리스크 식별 자체가 어려움
- 토착민 권리, 생물다양성 보호 등 현장 맥락을 반영한 실사 기준은 여전히 부족함
- 형식적인 보고나 자가진단에 그치지 않도록, 지속적인 모니터링, 공개 및 독립 감사, 피해자 접근성 보장, 이해관계자 참여 확대 등이 병행되어야 함

3. 순환경제: 재사용·재활용 체계 구축

■ 신규 채굴 의존도를 낮추고 환경·사회적 영향을 최소화하기 위해, 순환경제 기반의 재사용·재활용 체계 구축이 필수적으로 요구되고 있음

- IEA(2024), UNEP(2023) 등은 일관되게 재사용·재활용 체계 강화를 주요 정책 과제로 제시하고 있으며, 주요국들은 관련 규제 정비, 인프라 확충, 세제 혜택 등 인센티브를 제공하고 있음
- EU는 「배터리 규정(Battery Regulation)」을 통해 배터리 내 핵심광물의 재활용률 및 재활용 원료 함량 의무를 설정하고, 「핵심원자재법(CRMA)」을 통해 전반적인 순환경제 기반 확충과 역내 재활용 역량 제고 병행 추진

<표 2> EU 배터리 내 핵심광물 재활용 도달 목표

법안	항목	목표치
배터리 규정	폐배터리로부터의 회수율 목표(Recovery Targets)	
	리튬	50% (2027년 말) → 80% (2031년 말) * 공급·시장·기술 여건에 따라 조정 가능
	구리, 코발트, 납, 니켈	90% (2027년 말) → 95% (2031년 말)
	신제품 배터리 내 재활용 함량 의무(Minimum Recycled Content)	
	코발트	16% (2031년) → 26% (2036년)
	리튬	6% (2031년) → 12% (2036년)
	니켈	6% (2031년) → 15% (2036년)

출처: IEA, EU Sustainable Batteries Regulation, 2024. IEA Policy Database

- 미국은 「인플레이션 감축법(IRA)」 하에서 자국 내에서 제조 또는 재활용된 배터리 소재를 ‘국산(American-made)’ 원료로 간주하여 보조금 지급 대상에 포함하고 있으며, 재활용 원료 사용 비율이 일정 기준 이상일 경우 기본 30% 투자세액공제(ITC)*에 추가로 10%의 보너스 세액공제(총 최대 40%) 제공

*Investment Tax Credit

- 한국은 「핵심광물 확보 전략」을 통해 재자원화 비중을 20% 이상으로 확대하겠다는 목표를 제시하고, 「사용후 배터리 산업 육성 지원법」(2025년 발의)을 통해 수거·유통·활용을 포함한 통합관리체계 및 공공 거래 시스템 구축을 제도화할 수 있는 기반 마련

■ 재사용·재활용 체계 구축은 폐기물 처리 차원을 넘어, 제품 설계 단계부터 자원 효율성을 고려하는 방향으로 발전하고 있음

- 배터리, 전자제품 등 주요 부품의 설계 단계에서부터 재활용 용이성(design for recycling)을 반영하는 것이 점차 중요해짐
- 제조 단계에서 재생원료 사용 확대와 사용 후 제품의 수거·분류 체계 개선은 EU를 중심으로 이미 제도화가 추진되고 있으며, 디지털 제품 여권(DPP)* 도입 등 구체적인 이행 절차도 마련되고 있음

*Digital Product Passport: 제품별 자원·에너지 정보, 재활용 가능성 등을 디지털 방식으로 기록·관리하는 체계로, 제품의 환경성과 지속가능성을 추적·평가하는 도구로 활용됨

■ 순환경제 전환을 위한 과제

- 리튬, 코발트, 니켈, 희토류 등은 대부분 합금 또는 복합물 형태로 사용되기 때문에 물리·화학적 분리와 정제가 기술적으로 매우 어려워, 재활용률이 낮은 수준에 머물러 있음
- 현재의 재활용 기술은 환경 안전성 측면에서도 한계를 보이고 있음
 - 건식 공정(고온소각·용해)은 회수되는 금속에 비해 에너지 투입이 과도하고, 이산화탄소 등 온실가스 배출이 불가피 함
 - 습식 공정(산·알칼리 용액 이용)은 상대적으로 회수율은 높지만, 독성 폐수와 고형 폐기물, 유해가스 발생 등으로 수질 오염과 유해물질 처리 문제가 있음
- 재활용의 기술적 한계를 보완하기 위해 사용후 배터리를 에너지저장장치(ESS)*로 전환하는 등의 재사용 전략이 주목받고 있음
 - *Energy Storage System
 - 다만, 재사용 역시 수명·성능 불균등, 안전성 확보, 표준화 부족 등 구조적 한계가 존재함
 - 재사용 배터리의 잔존 수명 평가, 품질 인증 체계 구축, 활용처 확대 등의 정책적 보완이 필요함
- 각국 정부는 재사용·재활용 기술 투자, 표준화 제정, 수거·분류 체계 마련 등 구조적 전환을 지원해야 함
- 기업 역시 설계 단계에서 순환경제 원칙을 반영하고 인프라 구축에 적극 참여해야 함

4. 자원 수요 감축 전략

- 공급망 다변화와 재사용·재활용에 의존하는 것을 넘어, 자체 수요를 구조적으로 줄이는 전략이 중요 과제로 부상하고 있음

- 광물 수요 감축은 채굴·생산 과정에서의 환경·사회적 영향을 원천적으로 줄이고, 자원 안보 및 공급망 리스크를 완화하는 핵심 수단으로 평가됨

- 국제기구들도 수요 관리의 중요성을 강조하며, 고탄소·고자원 집약형 소비 패턴 전환을 주요 정책 방향으로 제시하고 있음

<표3. 주요 국제기구 자원 수요관리 접근 방식>

기관	수요관리 접근 방식
국제에너지기구 (IEA)	기술 효율성, 제품 생애주기 관리, 자원 사용 최소화, 자원 효율적 사용과 재활용, 제품 설계 개선 등 공급 효율화 전략에 중점
국제자원패널 (IRP)	물질 사용량의 절대적 감축(absolute reduction), 순환경제, 자원 생산성 향상, 제품 재설계 등 시스템적 접근을 통한 자원 총량 감축 전략 강조
유엔환경계획 (UNEP)	지속가능한 소비와 생산을 핵심 프레임으로 설정. 소비 행태 변화, 교육·행정적 개입, 재사용·재제조·공공 조달 등 수요관리 정책의 중요성 강조

자료원: IEA(2024), IRP(2020), UNEP(2024)

- EU와 주요 회원국, 시민사회는 수요 감축을 위한 구조적 전환과 정책 수단을 점차 구체화하고 있음

- EU는 「지속가능한 제품을 위한 에코디자인 규정(ESPR)」* 등을 통해 제품의 경량화, 내구성 강화, 수리·재사용 촉진 등 수요관리 중심의 정책을 제도화하고 있음

* Ecodesign for Sustainable Products Regulation

- 독일, 프랑스 등 주요 회원국은 에코디자인* 도입, 재제조 및 공유경제 활성화 정책 등을 통해 제품의 전체 수명 주기를 연장하고 있으며, 특히 프랑스는 전 세계 최초로 미개봉 신제품의 파기를 금지하는 법적 조치를 도입함

* 제품의 설계 단계에서부터 환경 영향을 최소화하고, 내구성·수리 용이성·재활용성·경량화 등 지속가능성을 강화하는 접근

- 유럽의 환경단체들은 기술적 효율 개선을 넘어서 '지속가능한 자원 관리'*와 '절제(sufficiency)**' 개념을 정책 핵심으로 제안²⁸

*인간의 필요를 충족시키되 지구의 한계를 넘지 않는 방식으로 자원을 사용하는 것 의미

**인간의 웰빙을 보장하면서 자원과 에너지 수요를 사회 전체적으로 줄이기 위한 가치 중심의 삶의 방식과 정책 접근

28 Sufficiency Coalition & Resource Use Reduction Taskforce, Take Action Now: Reduce Resource Use for a Fairer, Cleaner, and More Resilient Europe, 2024.

- 이를 위해 물질발자국 법적 한계 설정(예: 2050년까지 1인당 5톤 이하)*제안

*2022년 기준 유럽의 1인당 평균 물질발자국은 14.8톤으로, 저소득 국가의 6배에 달했음

- 소유 중심 소비에서 서비스 중심 소비로의 전환, 공공 기반 수리 서비스 확대, 시민 총회를 통한 정책 공동설계 등, 생활양식 변화와 제도 설계를 함께 추진하는 접근 지향

■ 수요 감축 전략의 과제

- **기술적 제약:** 제품 경량화 및 고효율화에 필요한 신소재 개발, 재제조·재사용 제품의 성능 및 안전성 확보 등 기술 혁신은 여전히 필수적
- **시장 수용성:** 절제 기반 제품(예: 내구성과 수리 가능성이 높은 설계 제품)과 서비스(예: 차량 공유)에 대한 소비자 인식 전환과 수요확대가 관건이며, 이를 위한 가격 유인, 라벨링, 공공조달 등 정책적 수단이 보완되어야 함
- **통합적 정책 설계:** 재사용·재활용, 순환경제 전략뿐 아니라 자원 총량 감축을 목표로 한 수요관리 정책을 통합적으로 설계해야 하며, 산업·에너지·도시계획 등 부문 간 연계 정책 체계화 필요
- **정치적 우선순위 확보:** 효율성 중심의 기술투자와 달리, 수요 감축은 정치적 설득과 사회적 공감대 확보가 필요한 영역이므로, 시민참여 기반 논의구조와 법제화를 통한 제도적 뒷받침이 중요

5. 종합적 접근의 필요성

■ 책임있는 채굴, 공급망 실사, 순환경제, 자원 수요 감축은 각각 중요한 대응 전략이지만, 어느 하나만으로는 광물 수요 증가로 인한 구조적인 환경·사회 문제를 해결하기에 충분하지 않음

- 인증제는 자율성의 한계, 실사제도는 이행력 부족, 재활용은 기술적 제약과 환경오염 및 안전성 취약성, 재사용은 성능 불균등과 표준화 미비, 수요감축은 사회적 수용성 부족과 제도화 미비라는 각각의 과제를 안고있음
- 이처럼 각 전략은 고유의 한계를 지니므로 상호보완적으로 작동해야 하며, 채굴부터 소비, 폐기에 이르기까지 전 주기를 아우르는 종합적 접근이 필수적임
- 이를 위해 정부, 기업, 국제사회는 각 전략의 연계성과 시너지를 고려한 정책 설계와 실행 전략 마련이 요구됨

V. 정책 제안

■ 본 장에서는 전환광물 확보 및 사용 과정에서 발생하는 환경·사회 문제에 대응하기 위해 정부와 기업이라는 주체별로, 공급망 전 주기(업스트림-미드스트림-다운스트림)를 아우르는 정책 방향을 다음과 같이 제안

1. 정부의 역할: 제도 기반 마련과 정책 유도

① 수요관리 및 순환전환 전략 강화

- 전환광물의 재사용·재활용 확대를 위한 정량적 목표 설정 및 단계별 이행관리 로드맵 마련
- 배터리 및 주요 제품에 대해 재사용·재활용성 고려 설계 의무화 및 관련 표준 지침 제정
- 제품 수명 연장, 경량화 설계, 공유경제 모델 등을 통한 광물 수요 자체 감축 전략 추진
- 사용후 배터리의 재사용 확대를 위한 전국 단위 실증사업* 추진 및 인프라 구축

*현장에서 기술·시스템 적용 가능성을 시험·검증하는 사업

② 공급망 지속가능성 확보 및 실사 제도화

- 공급망 전반에 대한 인권·환경 실사법 제정 및 이행 의무화
- 보조금 및 공공조달 지원과 연계한 실사 이행평가 체계 구축
- 원산지 추적 시스템 구축 및 기업 정보공개 강화를 통한 책임 조달 체계 확립
- 피해자 접근 가능한 구제 시스템 마련 및 이해관계자(토착민·노동자·시민사회 등) 참여 보장

③ 지역 기반 순환경제 생태계 조성

- 지역 단위 재사용·재활용 거점 구축 및 전처리 시설, 수거 인프라 등 확대를 통한 지역 순환경제 기반 마련
- 배터리 등 주요 제품의 순환정보를 관리하기 위한 디지털 제품여권(DPP) 시스템 도입 및 데이터 공유 체계 강화

2. 기업의 책임: 공급망 전 주기에서의 이행과 투명성 확보

① 채굴 및 조달 단계 (업스트림)

- 원시림, 고탄소 저장산림(HSC)*, 고보전가치지역(HCV)**, 중요생물다양성지역 등에서의 채굴 중단
 - *High Carbon Stock Forest: 탄소 저장량과 생물다양성 가치가 높은 자연림으로, 신규 농장·플랜테이션 개발은 물론, 광산 채굴 등 토지이용 전환을 수반하는 개발을 위해 훼손되어서는 안 되는 보호 대상 지역
 - **High Conservation Value Area: 생태·사회·문화적으로 중요한 보전 가치를 가진 지역
- 자발적 고립 및 초기 접촉 중인 토착민들의 영토에서 채굴을 중단하고, 해당 영토를 광물 채굴이 영구적으로 금지된 구역(no-go zones)으로 지정
- 토착민의 핵심 권리인 자유로운사전인지동의(FPIC) 원칙의 철저한 이행
- 지역사회 구성원에 대한 공정한 보상 및 정보접근권 보장
- 공급망 전반의 인권·환경 리스크를 식별하고 환경 영향이 발생한 지역을 복구하고, 채굴 작업이 종료된 후에는 지속 가능한 복원 작업을 수행

② 가공 및 제조 단계 (미드스트림)

- 제련 및 정제 과정에서 화석연료 사용 제한 및 재생에너지로 전환 추진
- 고효율성과 재사용성 고려한 제품 설계 확대 및 순환경제 기술 투자 강화
- 공급망 실사 결과 및 위험 대응 조치에 대한 정기적 정보 공개

③ 소비 및 순환 단계 (다운스트림)

- 재사용 가능한 부품 설계 및 제품 수명 연장 기술 도입
- 사용 후 배터리 및 주요 제품의 회수·분류 체계 구축을 위한 국제 협력 및 인프라 투자
- 재활용 원료 사용 비율 확대, 인권·환경 실사에 기반한 공급망 관리 책임 강화

■ 정부와 기업은 각자의 역할을 명확히 하면서도, 전환광물 공급망을 지속가능하고 정의로운 방향으로 전환하기 위해 긴밀히 연계된 조치를 추진해야 함

- 공급망 전 주기에 걸친 문제 대응, 법적 구속력을 갖춘 제도 마련, 투명한 정보 공개, 국제사회와의 협력이 필수적임
- 자원의 순환과 책임있는 조달을 넘어서, 광물 자원 소비 자체를 줄이기 위한 구조적 전환과 사회적 합의 또한 병행되어야 함

VI. 결론

1. 에너지 전환 과정에서의 채굴 논리 재고

■ 에너지 전환은 환경·인권 위기를 가속화하지 않는 방식으로 추진되어야 함

- 열대우림, 토착민 토지 등에서 무분별한 채굴이 확대되며 생물다양성 훼손과 사회적 갈등이 심화되고 있음
- 기후 위기 대응을 위한 에너지 전환이 또 다른 불평등을 정당화하지 않도록, 개발 방식 자체에 대한 성찰과 재구조화 필요

2. 기술 중심 대응을 넘어 구조적 수요 관리로의 전환

■ 광물의 종류는 달라질 수 있으나 자원 채굴로 인한 환경·사회적 영향은 지속됨

- 신기술이 야기하는 자원 수요의 전이
 - 나트륨 이온 배터리와 같은 기술 혁신은 리튬, 코발트 등 특정 광물에 대한 의존도는 줄일 수 있으나, 트로나 등 탄산나트륨 함유 광물이나 알루미늄의 주요 원광인 보크사이트와 같은 대체 자원의 채굴 수요를 새롭게 유발할 수 있음
- 자원 채굴 수요를 줄이기 위한 기술 도입과 함께, 자원 사용 총량 자체를 감축하는 구조적 수요 관리 정책이 병행되어야 함

3. 정의롭고 지속 가능한 전환을 위한 정책적 우선순위 재조정

■ 공급 확장 위주의 기존 정책에서 구조적 전환을 중심으로 한 새로운 정책 방향 전환이 요구됨

- 수요 총량 감축 전략 강화
 - 제품 수명 연장, 경량화, 공유경제 활성화 등을 통해 자원 소비 자체를 줄여야 함
- 순환경제 기반 강화
 - 재사용·재활용 확대와 함께, 자원의 순환 정보를 추적하고 공유할 수 있는 제도적 체계 마련이 필요함
- 공급망 전 주기에 걸친 실사 및 책임 이행 확보
 - 인권·환경실사 제도의 법제화 및 피해자가 접근 가능한 구제 체계 마련이 핵심

4. 국제적 연대와 공동 대응 체계 구축

■ 전환광물 공급망의 정의로운 전환은 글로벌 협력 없이는 불가능함

○ 생산국-소비국 간 환경·사회적 부담의 비대칭 해소를 위한 연대

- 에너지 전환을 위한 광물 수요 확대 과정에서 일부 생산국, 특히 개발도상국에서는 환경 파괴와 사회적 부담이 심화되는 반면, 소비국은 녹색전환의 이익을 누리는 불균형이 발생함
- 이를 해소하기 위해 생산국의 환경·사회적 피해를 줄이고 지역 공동체의 권리를 보장하는 협력 구조가 필요함

○ 공급망 감시, 정책 대응, 피해자 보호 등 다층적인 감시·대응 메커니즘을 국제적으로 구축하고, 시민사회와 지역사회 의 실질적 참여를 제도적으로 보장해야 함

[참고 문헌]

- Business and Human Rights Resource Centre, *Transition Mineral Tracker: 2024 Analysis*, 2024.
- Climate Rights International, *Nickel Unearthed*, 2024.
- Global Witness, *Fuelling the Future, Poisoning the Present: Myanmar's Rare Earth Boom*, 2024.
- Global Witness, *Missing Voices: The Violent Erasure of Land and Environmental Defenders*, 2024.
- Global Witness, *The Green Transition's Dirty Bootprint*, 2024.
- Global Witness, "Critical Minerals Were Once for Renewables. Now They're for War," 2025.
- Igogo, T. et al., *Integrating Renewable Energy into Mining Operations: Opportunities, Challenges, and Enabling Approaches*, 2021.
- International Energy Agency, *Energy Technology Perspectives 2023: Clean Energy Supply Chains Vulnerabilities*.
- International Energy Agency, *Global Critical Minerals Outlook 2024*.
- International Energy Agency, *Recycling of Critical Minerals: Strategies to Scale Up Recycling and Urban Mining*, 2024.
- International Energy Agency, "EU Sustainable Batteries Regulation," 2024. IEA Policy Database.
- International Energy Agency, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, 2022.
- International Resource Panel, *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*, United Nations Environment Programme, 2020.
- John R. Owen et al., "Energy Transition Minerals and Their Intersection with Land-Connected Peoples," 2023.
- Křibek, B. et al., "Impact of Mining and Ore Processing on Soil, Drainage and Vegetation in the Zambian Copperbelt Mining," 2023.
- Lead the Charge, *An Assessment of Third-Party Assurance and Accreditation Schemes in the Minerals, Steel and Aluminum Sectors: A Tool for Automakers and Other Supply Chain Stakeholders*, 2024.
- Lindsey Roche et al., "The Social Impacts of Resource Extraction for the Clean Energy Transition: A Qualitative News Media Analysis," 2023.
- Mighty Earth & Rainforest Foundation Norway, *BRIEF: Biodiversity and Deforestation in Mining Standards*, 2024.
- Mighty Earth, *From Forests to Electric Vehicles*, 2024.
- Mongabay, "Disease Surges in Indonesia Community on Frontline of World Energy Transition," February 6, 2025.
- Mongabay, "BASF, Eramet drop \$2.6b Indonesian nickel project that threatens isolated tribe", July 1, 2024.
- Mongabay, "Energy Transition Minerals: Questions, Consent and Costs Are Key," April 9, 2024.

Mongabay, "Indonesia's Coal Burning Hits Record High — and 'Green' Nickel Is Largely Why," July 3, 2023.

RAID, *Beneath the Green: A Critical Look at the Environmental and Human Costs of Industrial Cobalt Mining in DRC*, 2024.

S&P Global Sustainable¹, *Rocks and Hard Places: The Ecosystem Risks of Mining for Energy Transition Minerals*, 2024.

Steven Brown, *Nickel Powerhouse*, 2023.

Sufficiency Coalition & Resource Use Reduction Taskforce, *Take Action Now: Reduce Resource Use for a Fairer, Cleaner, and More Resilient Europe*, 2024.

UN Secretary-General's Panel on Critical Energy Transition Minerals, *Resourcing the Energy Transition: Principles to Guide Critical Energy Transition Minerals Towards Equity and Justice*, 2024.

United Nations Environment Programme, *Circularity, Equity, and Responsibility in the Quest for Energy Transition Minerals*, 2023.

United Nations Environment Programme, *Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a Liveable Planet as Resource Use Spikes*.

United States Department of Labor, *Forced Labor in Cobalt Mining in the Democratic Republic of the Congo*, 2023.

World Bank, *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*, 2020.

World Resources Institute, *Mining Is Increasingly Pushing into Critical Rainforests and Protected Areas*, 2024.

World Resources Institute, "More Critical Minerals Mining Could Strain Water Supplies in Stressed Regions," January 10, 2024.

전환광물: 지속가능한 전환을 위한 과제

발행일 : 2025년 5월

저자 : 김혜린

기후해양정책연구소 코리 자원보전연구실장

정신영

공익법센터 어필 미국변호사

발행 단체 : 기후해양정책연구소 코리



공익법센터 어필



국문본과 영문 번역본 간 내용이 불일치할 경우, 국문본을 기준으로 합니다.