중국의 핵심광물 수출통제와 미국의 기술패권 경쟁의 상호작용이 글로벌 공급망에 미치는 영향: 흑연과 희토류를 중심으로

US-China Rivalry over Technology and Critical Minerals: Graphite and Rare Earths

박준혁*, 조성준**

국문초록

이 연구는 경제 안보의 확보는 개별 국가 차원의 체계적인 전략에 더하여, 잘 설계된 국제협력으로 보완될 때 비로소 가능하다고 주장한다. 이러한 전제 위에 경제 안보 국제협력의 조건을 탐색하고, 이에 기반한 한국의 경제 안보 협력 전략을 위한 제언을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 지정학적 리스크가 초래하는 영향과 주요국들의 경제 안보 전략의 다양성과 차별성에 대한 검토와 분석이 필수적이다. 이 연구는 이를 위해 두 가지 차원의 접근을 시도한다. 첫째, 주요국의 경제 안보 전략에 상당한 다양성에 대한 검토를 바탕으로 공통의 이익에 기반한 정책 동조화가 가능한 분야를 우선 파악한다. 둘째, 전략적 상호보완성과 경제적·기술적 상호보완성 사이의 균형이라는 차원에서 경제 안보 협력을 가능하게 하는 조건을 규명한다. 이를 토대로 한국의 경제 안보 협력 전략을 공급망과 첨단기술 분야를 중심으로 제시한다.

❖ 핵심주제어: 핵심광물, 희토류, 흑연, 공급망, 미-중 기술패권

❖ JEL 번호:

* (주저자) 한국지질자원연구원 광물탐사개발연구센터
** (교신저자) 한국지질자원연구원 광물탐사개발연구센터

Ⅰ. 서 론

2018년 미국의 대중 관세 부과로 촉발된 미중 갈등은 단순한 무역수지 불균형 문제를 넘어, 핵심기술과 핵심광물이라는 두 전선을 중심으로 확전되었다. 이 과정에서 양국의 경쟁은 무역정책 차원을 넘어 경제안보(Economic Security)의 영역으로 전면 이동하였다(Council on Foreign Relations, 2025). 미중 갈등의 본질은 이제 시장 점유율 경쟁이 아니라, 첨단산업의 가치사슬을 구성하는 병목지점을 누가 장악하느냐의 문제로 전환되고 있다.

미국은 2018년 「수출통제개혁법(Export Control Reform Act, ECRA)」을 제정하여 첨단기술 수출을 국가안보 관리 범주에 포함시키며 제도적 기반을 마련하였다. 이를 토대로 2022년 「CHIPS and Science Act」를 제정해 반도체 산업의 리쇼어링을 추진하고, 같은 해 10월에는 반도체 장비 및 AI 칩 수출통제를 발동하여 중국의 기술 발전을 직접적으로 억제하였다(US Congressional Research Service, 2025). 이러한 미국의 기술주도형(tech-centric) 통제정책은 명시적으로 경제정책이면서 동시에 안보정책으로 작동하며, 기술봉쇄를 핵심 전략으로 삼고 있다.

중국 역시 이에 대응하여 2020년 「수출통제법(Export Control Law, ECL)」을 제정하며 통제체계를 제도화하였다. ECL은 군용 및 이중용도 품목뿐만 아니라, 국가 이익을 해칠 수 있는 모든 물자, 기술, 서비스를 통제 대상으로 규정하며, 미국의 EAR에 대응하는 포괄적 역외적용 조항을 포함한다(NPC, 2020). 이후 중국은 자국이 압도적 점유율을 가진 핵심광물을 전략 자산화하여, 2023년 갈륨·게르마늄 통제를 시작으로, 2023년 흑연, 2024년 안티모니·텅스텐, 그리고 2025년 희토류·인조흑연·초경합금용 인조 다이아몬드에 이르는 연쇄적 조치를 시행하였다(IEA, 2025). 이로써 미중 간 경쟁 구도는 미국의 기술주도형 통제와 중국의 자원주도형(resource-centric) 통제가 맞서는 대응적 구도로 진화하였다(최동준, 2021).

이러한 국면에서 미국의 반도체·AI 통제는 중국의 기술적 추격을 차단하려는 시도이며, 중국의 광물 통제는 미국의 산업정책(CHIPS Act, IRA) 자체를 겨냥한 전략적 대응이다. 갈륨·게르마늄은 반도체 소재로, 흑연은 전기차 배터리 음극재로, 희토류는 영구자석과 방산소재로 각각 핵심적 역할을 한다. 본 연구는 이러한 국면을 단순한 보복적 통제로 해석하기보다는, 이를 공급망 병목지점에 대한 지배 경쟁으로 확장하여 분석한다. 미국이 공급망의 하류(downstream: 설계·장비)를 통제한다면, 중국은 상류(upstream: 채굴·정제)를 통제함으로써 대응하는 구조이다(Zhang, 2025).

이에 따라 본 연구는 다음 두 가지 핵심 질문에서 출발한다. 첫째, 미국의 기술 통제와 중국

의 자원 통제라는 상이한 수단이 어떻게 시기적·전략적으로 연동되며 글로벌 공급망 구조를 재편하는가? 둘째, 특히 배터리 음극재의 핵심 소재인 흑연과 영구자석의 핵심 소재인 희토류에 대한 중국의 통제가 미국 중심의 기술 블록 형성에 어떤 전략적 함의를 갖는가?

이 질문에 답하기 위해 기술–자원 결합형 통제가 글로벌 공급망 안정성과 경제안보 구조에 미치는 영향을 규명하고, 공급망 지배 경쟁이 향후 국제질서의 구조적 변화를 이끄는 핵심 변수임을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 미중 기술패권 경쟁과 핵심광물

미중 간의 전략적 경쟁은 단순한 무역 마찰을 넘어, 각각 기술 중심(tech-centric)과 자원 중심(resource-centric)이라는 상이한 축을 기반으로 전개되고 있으며, 상호 자극과 대응을 통해 일정한 동조화 패턴을 형성하고 있다.

〈표 1〉 미국의 기술통제와 중국의 자원통제 조치 연혁

(연도는 정책 발표 시점)

연도	미국의 기술통제 조치	중국의 자원통제 조치	전략적 연관성
2018.8.	「수출통제개혁법(Export Control Reform Act, ECRA)」제정	–	美: 첨단기술 통제의 법제 기반 마련
2020.10.	–	「수출통제법(Export Control Law, ECL)」제정(12.1. 시행)	中: 자원·기술 통합통제의 법적 틀 구축
2022.8.	「CHIPS and Science Act」 및 「IRA」 제정	–	美: 반도체·배터리 공급망 내재화 및 FEOC 규정 도입
2022.10.	1차 반도체 장비 수출규제 (EAR/FDPR)	–	美: 첨단 공정·장비 수출 제한으로 기술봉쇄 개시
2023.8.	–	갈륨, 게르마늄 수출허가제 도입(8.1. 시행)	中: 반도체 소재 통제로 미국 기술규제에 맞대응
2023.10.	2차 반도체 통제 확대 (AI 칩 및 우회공급 차단)	흑연 수출통제 (10.20. 발표→12.1. 시행)	美: AI 기술봉쇄 강화 ↔ 中: 배터리 산업으로 전선 확대 (3일 시차 대응)
2023.12.	–	희토류 가공기술 수출금지	中: 물질 → 기술 및 노하우 통제로 수위 격상
2024.7.	–	안티모니 수출허가제 도입	中: 군수·전자 핵심소재에 대한 전략통제 강화
2025.10.	AI 및 고성능 칩 통제 확대 (AI Diffusion IFR)	–	美: AI 모델 및 연산 인프라를 포괄하는 기술통제 심화
2025.2.	–	텅스텐, 텔루륨, 비스무트, 몰리브덴, 인듐 수출통제	中: 방산, 재생에너지 소재 패키지 통제 → 산업 전반 압박
2025.4.	–	7종 희토류 및 자석 수출통제	中: 희토류를 전략적 보복 및 협상 수단으로 활용
2025.9.	반도체·AI 장비 대상 FDPR 적용 제3국으로 확대	–	美: FDPR 확대를 통해 우회 공급망 봉쇄
2025.10.	–	희토류 추가 5종 및 관련 기술 통제, 역외적용 확대	中: 미국 FDPR을 모방한 역외통제 도입

자료: 저자 작성.

미중 기술패권 경쟁은 2018년 미국의 「수출통제개혁법(Export Control Reform Act, ECRA)」 제정으로 제도적 기반이 마련되면서 본격화되었다(U.S. Congress, 2018). 미국 상무부는 ECRA를 통해 기존의 수출관리규정(EAR)에 상위 법률적 근거를 부여하고, 신흥 및 기초 기술을 포함한 첨단산업 전반을 포괄적으로 통제할 수 있는 권한을 확보하였다. 이는 단순한 무역제재를 넘어, 첨단기술을 안보 영역으로 편입시킨 첫 사례로 평가된다. ECRA는 향후 대중국 수출통제의 법적 근거로, 미국의 기술주도형 통제의 출발점이 되었다.

ECRA는 2020년 5월 화웨이(Huawei)를 대상으로 한 해외직접생산품규칙(Foreign Direct Product Rule, FDPR) 적용을 통해 구체적으로 집행되었다(BIS, 2020). 미국은 해당 규정을 근거로 TSMC, 삼성전자, SK하이닉스 등 제3국 기업이 생산한 반도체를 화웨이에 공급하는 것을 금지하였으며, 이와 더불어 희토류 기반 부품 및 전자소재의 대중 수출까지 제한하였다. FDPR의 발동은 미국이 직접 관할권을 넘어 글로벌 공급망 전체를 통제 범위에 포함시킨 첫 사례로, 이후 역외통제(extraterritorial control)의 모델이 되었다.

중국 역시 이에 대응하여 제도적 장치를 구축하였다. 2020년 10월 제정, 공포된 「수출통제법(Export Control Law, ECL)」은 군용·이중용도 물자뿐 아니라 국가안보와 이익을 해칠 수 있는 광범위한 품목과 기술을 통제 대상으로 규정하였다(NPC, 2020). 이 법은 2010년대 희토류 분쟁 당시 사용된 환경보호나 자원보존 명분을 탈피하고, 보다 포괄적이고 자의적인 국가안보를 통제 근거로 삼음으로써 사실상 전 산업 분야에 적용 가능한 법적 기반을 마련했다. 특히 ECL은 미국의 EAR과 유사하게 역외적용 조항을 포함하고 있어, 중국 영토 밖에서 생산된 제품이나 기술이라도 자국 안보에 영향을 미친다면 제재할 수 있는 법적 근거를 부여하였다.

바이든 행정부 출범 이후 미국은 기술 중심의 통제전략을 산업정책과 연계하여 제도화하였다. 2022년 8월 제정된 「반도체지원법(CHIPS and Science Act)」은 반도체 제조 및 연구개발을 위해 총 520억 달러 규모의 재정지원을 규정하며, 중국 내 첨단 설비의 증설을 금지하는 가드레일 조항을 포함하였다(U.S. Congress, 2022a). 같은 달 제정된 「인플레이션감축법(IRA)」은 우려국 기업(FEOC, Foreign Entity of Concern) 배제 규정을 통해, 중국에서 생산·가공된 핵심광물(흑연, 리튬, 니켈, 코발트 등)을 공급망에서 배제하도록 설계하였다(U.S. Congress, 2022b). 이는 기술통제(CHIPS)와 자원공급망 통제(IRA)를 결합한 형태로, 미국의 기술주도형 통제가 산업정책과 연동된 사례로 판단된다.

같은 해 10월, 미국 상무부는 중국의 반도체 굴기를 견제하기 위해 1차 반도체 장비 수출통제(EAR/FDPR)를 발표하였다(BIS, 2022). 2022년 10월 7일 공표된 이 규제는 14나노미터 이하 공정장비, EUV·DUV 노광기, 첨단 GPU·메모리칩, 관련 소프트웨어 및 인력을 포함하여, 중국의 첨단 반도체 제조 능력을 직접적으로 제한하였다. 이어 2023년 10월 17일 발표된 2차 반도체 통제 개정안은 AI 반도체, 고성능 연산장비, 제3국을 통한 우회 공급까지 통제

범위를 확대하며, 기술봉쇄의 범위를 AI 생태계 전반으로 확장하였다(BIS, 2023).

이에 대응하여 2023년 8월, 중국 상무부와 해관총서는 반도체 소재인 갈륨(Ga)과 게르마늄(Ge)에 대한 수출허가제를 시행한다고 발표하였다(MOFCOM, 2023a). 이는 미국의 반도체 장비 통제 조치(2022년 10월) 이후 약 9개월 만의 조치로, 반도체 공급망의 필수 원소를 전략자산으로 활용한 대응이었다. 이어 같은 해 10월 20일에는 배터리 음극재의 핵심소재인 흑연에 대한 수출통제 조치를 공표하였다. 미국이 10월 17일 AI 반도체 통제(2차 FDPR 개정)를 발표한 지 불과 사흘만에 이루어진 조치라는 점에서, 중국이 이미 통제조치를 사전에 준비해 두고, 미국의 기술정책을 트리거로 활용한 전략적 대응으로 보인다.

이어 2023년 10월 20일에는 리튬이온 배터리 음극재의 핵심 소재인 흑연에 대한 수출통제 조치를 발표하였다(MOFCOM, 2023b). 주목할 점은 미국이 10월 17일 AI 반도체에 대한 2차 규제 조치를 발표한 지 불과 사흘 만에 이루어졌다는 것이다. 이는 중국이 이미 통제조치를 준비해 두고, 미국의 기술조치에 즉각 대응한 전략적 행위로 평가된다.

중국의 자원통제는 이후 점차 기술·노하우 영역으로 확장되었다. 2023년 12월 21일, 중국은 희토류 자석 제조에 필요한 정제·가공기술을 수출금지 기술목록에 추가하며(MOFCOM, 2023c), 통제대상을 단순한 물질에서 기술과 노하우로 확대하였다. 2024년 7월에는 군수(탄약) 및 전자산업의 핵심소재인 안티모니(Sb)에 대한 수출허가제 시행(MOFCOM, 2024), 2025년 2월에는 텅스텐(W), 텔루륨(Te), 비스무트(Bi), 몰리브덴(Mo), 인듐(In) 등 5종의 전략금속에 대한 패키지 통제가 발표되었다(MOFCOM, 2025a). 이어 같은 해 4월 4일, 중국은 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 테르븀(Tb), 디스프로슘(Dy), 루테늄(Ru), 스칸듐(Sc), 이트륨(Y) 등 7종의 희토류 및 희토류 자석에 대한 수출통제를 추가로 발표하였다(MOFCOM, 2025b).

2025년 9월 30일, 미국 상무부가 반도체 및 AI 장비에 대한 FDPR의 적용 범위를 제3국으로 확대하자(BIS, 2025b), 중국은 불과 열흘 뒤인 10월 9일, 자국판 FDPR 조치를 발표하였다(MOFCOM, 2025c). 희토류 추가 5종(홀뮴(Ho), 어븀(Er), 툴륨(Tm), 유로퓸(Eu), 이터븀(Yb)), 인조흑연, 초경합금용 인조 다이아몬드 등이 새롭게 수출통제 품목으로 지정되었으며, 수출통제의 적용범위를 해외 생산품까지 확대하는 역외적용(extraterritorial control)이 시행되었다. 해외 기업이 중국 기술을 활용하거나 중국산 희토류(함량 0.1% 이상)를 사용하여 만든 영구자석이나 반도체를 제3국으로 수출하거나, 제3국에서 수입하는 경우 중국 상무부의 허가를 받아야 한다. 이는 미국의 FDPR을 사실상 미러링한 조치로, 중국이 자원통제의 범위를 국경 밖으로 확장하면서 미중 무역갈등의 수위가 높아졌었다. 다만, 미중 정상회담(2025년 10월 말, 서울 개최)에서 양국은 일시적 긴장 완화를 위해 해당 조치의 1년간 유예에 합의하였다.

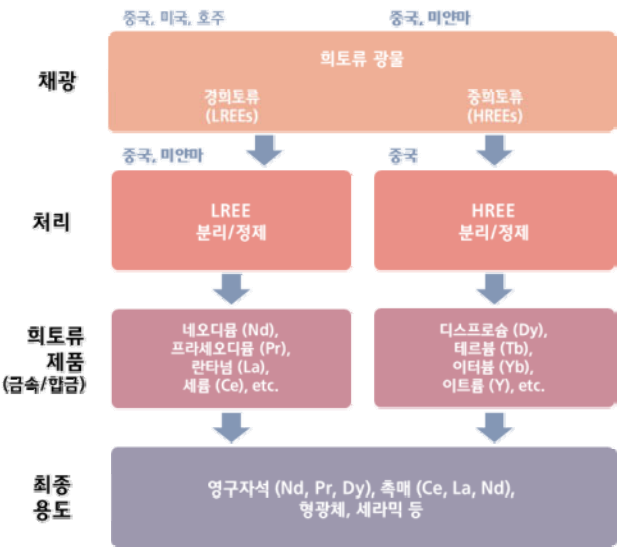
이러한 중국의 자원주도형 공세에 맞서, 미국은 ECRA를 통한 기술 유출 방지와 더불어 「방위생산법(DPA, Defense Production Act)」을 통한 자국 내 생산 촉진이라는 이중 전략을 병행하고 있다. DPA는 본래 군수물자 생산을 독려하기 위한 법안이었으나, 바이든 행정부는 2022년 이를 핵심광물 공급망 확보로 확대 적용하여 리튬, 니켈, 코발트, 흑연, 망간을 DPA Title III의 공식 적용 대상에 포함시켰다(White House, 2022). 이는 미국 내 관련 광물의 정제·가공 시설에 대한 보조금 및 대출 지원의 법적 근거가 되었다.

구체적인 사례로, 미국 유일의 희토류 광산인 캘리포니아 마운틴패스(Mountain Pass) 광산·정제시설은 DPA에 근거해 2022년 3,500만 달러를 지원받았으며, 2025년 7월에는 미 국방부(DoD)가 4억 달러를 직접 투자하고 생산물량에 대한 최저가격(USD 110/kg)을 보장하는 등(US DoD, 2025), 공급망 내재화를 위한 적극적인 정부 개입이 이루어지고 있다.

Ⅲ. 희토류(REEs)의 공급망과 산업적 중요성

희토류(Rare Earth Elements, REEs)는 이름과 달리 지질학적으로 희귀한 자원은 아니다. 란탄족 15개 원소에 스칸듐(Sc)과 이트륨(Y)을 포함한 총 17개 원소를 지칭하며, 일부 원소(예: 세륨)는 구리보다 매장량이 많다. 그러나 이들 원소는 화학적 성질이 매우 유사하여, 서로를 분리·제련하는 미드스트림(midstream) 공정이 극도로 복잡하고 비용이 많이 들며, 환경 오염 위험도 높다. 이러한 기술적·환경적 제약으로 인해 서방 국가들은 1980년대 이후 희토류 제련 및 가공 산업을 점차 포기하고, 생산을 중국으로 이전하였다.

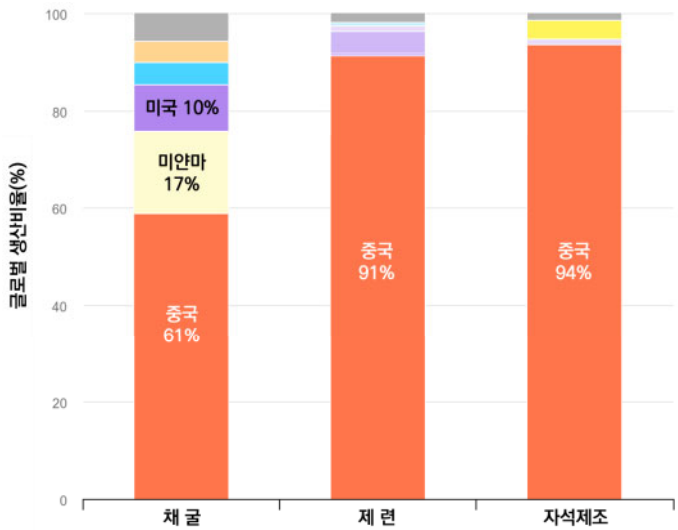
〈그림 1〉 희토류의 공급망 구조(modified from IEA 2021)



자료: 저자 확인.

현재 영구자석용 희토류의 공급망은 〈그림 1〉과 같이 광석채굴(mining), 희토류 산화물 추출 및 분리(refining/separation), 자석 제조(magnet fabrication)의 세 단계로 구성된다. 경희토류와 중희토류를 합한 기준에서 중국의 공급망 점유율은 〈그림 2〉와 같이 채굴 부문 61%, 제련·분리 91%, 자석 제조 94%에 달한다. 즉, 희토류 공급망 전주기에서 중국은 기술적·산업적 병목지점을 포괄적으로 장악하고 있는 유일한 국가이다.

〈그림 2〉 중국의 글로벌 희토류 생산비율(IEA, 2025)



자료: 저자 확인.

희토류는 경희토류(Light REEs, LREEs)[1]와 중희토류(Heavy REEs, HREEs)[2]로 구분되며, 〈표 2〉와 같이 다양한 산업분야에 활용되고 있다. 경희토류(란탄, 세륨 등)는 상대적으로 매장량이 많고, 촉매제·연마제 등 일반 산업용으로 활용된다. 반면, 진정한 전략적 가치는 중희토류(디스프로슘, 테르븀 등)에 있다. 예를 들어, 고속으로 회전하는 전기차 모터나 풍력발전기 터빈 내부는 작동 온도가 150℃ 이상에 이르는데, 이때 네오디뮴 영구자석(NdFeB)의 자성을 고온에서도 유지하게 해주는 핵심 첨가물이 바로 디스프로슘(Dy)과 테르븀(Tb)이다. 따라서 중희토류는 전기차, 방산, 재생에너지 등 전략산업 전반의 필수적 소재로 간주된다.

1) 경희토류는 상대적으로 가벼운 희토류로 란타넘(La), 세륨(Ce), 프라세오디뮴(Pr), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm), 유로퓸(Eu)을 포함하며, 전 세계 희토류 생산량의 대부분을 차지

2) 중희토류는 상대적으로 무거운 희토류로 가돌리늄(Gd), 터븀(Tb), 디스프로슘(Dy), 홀뮴(Ho), 어븀(Er), 툴륨(Tm), 이테르븀(Yb), 루테튬(Lu), 이트륨(Y)을 포함하며, 생산량이 매우 적고 분리가 매우 어려움

〈표 2〉 희토류의 사용 분야(modified from IEA 2021)

원소번호	분류	원소명	사용 분야
57	경희토류	란타넘(La)	니켈수소전지, 석유화학촉매, 유리 연마제
58		세륨(Ce)	강화유리, 촉매, 세라믹, 배기가스 저
59		프라세오디뮴(Pr)	영구자석(NdFeB), 레이저, 광섬유
60		네오디뮴(Nd)	영구자석(NdFeB), 강화유리, 광학섬유
61	기타	프로메튬(Pm)	원자력전지 (인공원소로 거의 쓰이지 않음)
62	중희토류	사마륨(Sm)	영구자석(SmCo), 중성자흡수제
63		유로퓸(Eu)	형광체(TV, LED), 보안잉크
64		가돌리늄(Gd)	MRI 조영제, 중성자 차폐, 자성 냉각제
65		터븀(Tb)	NdFeB 자석 고온 안정화 첨가제, 형광체
66		디스프로슘(Dy)	NdFeB 자석 고온 안정화 첨가제, 자성재료
67		홀뮴(Ho)	핵분열 제어봉, 레이저
68		어븀(Er)	광섬유 증폭기, 레이저
69		툴륨(Tm)	X선 방출원, 형광체
70		이터븀(Yb)	합금첨가제, 레이저, 응력측정센서
71		루테튬(Lu)	석유화학촉매, 강화유리
21	기타	스칸듐(Sc)	알루미늄합금, 레이저, 연료전지 안정화재
39		이트륨(Y)	형광체, 초전도체

자료: 저자 작성.

현재 희토류 공급망에서 주목해야 할 것은 경희토류가 아니라 디스프로슘, 터븀과 같은 중희토류이다. 경희토류의 경우 여전히 중국 의존도가 높지만, 미국·호주·캐나다 등에서 상업적 개발이 가능한 신규 광산이 다수 추진되고 있다. 반면, 중희토류는 중국 남부와 미얀마 북부의 이온흡착형(ion-adsorption type) 점토 광상(deposit)[3]에 거의 전적으로 의존하고 있으며, 중국이 전 세계 중희토류 생산의 약 99%를 점유하고 있다. 이러한 구조는 단기간에 변하기 어렵다. 그 배경에는 지질학적 요인 외에도, 중국 정부의 신속한 광산개발 인허가 및 재정 지원, 저비용 제련 인프라 등이 작용하고 있다.

2025년 트럼프 행정부의 복귀와 함께 추진된 반기후 정책 기조는 중국의 희토류 통제 강화에 새로운 명분을 제공하고 있다. 트럼프 행정부는 에너지 전환 정책 폐기와 IRA 보조금 축소를 예고하며 전기차,풍력, 배터리 등 친환경 산업에 대한 연방 지원을 줄이고 있다.

그러나 이러한 정책 변화는 역설적으로 핵심광물의 전략적 중요성을 국방, 반도체, AI 등

3) 광물이 경제적으로 채굴 가능한 농도로 집중된 지질학적 산물로, 해당 광상을 기반으로 광산(mine)을 개발하여 채굴하게 됨

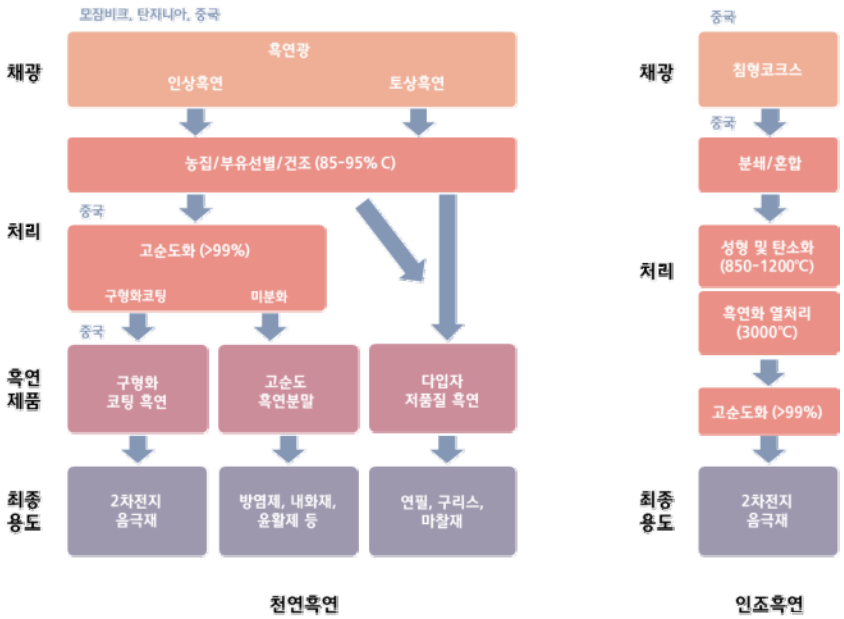
안보 분야로 급격히 이동시키며 미국 방산 및 첨단 제조 공급망의 불안정성을 심화시켰다. 희토류는 단순한 친환경 산업 소재를 넘어 전투기, 이지스함, 유도미사일, 위성통신장비 등 방위산업의 핵심 전략자원이기 때문이다.

특히 중국이 첨단 무기체계의 핵심 기능을 구현하는 중희토류 공급망을 사실상 독점하고 있다는 점이 문제다. 이에 따라 중국은 민수와 군수에 모두 쓰이는 이중용도(dual-use) 품목이자 고부가 자원인 디스프로슘, 테르븀, 홀뮴 등에 대한 통제 수위를 높이는 것이 대미 갈등 국면에서 가장 실효적인 전략이라고 판단하고 있는 것으로 보인다.

Ⅳ. 흑연(Graphite) 공급망과 산업적 중요성

흑연은 리튬이온 배터리의 4대 핵심 소재(양극재, 음극재, 분리막, 전해질) 중 음극재(Anode)의 필수 원료이다. 배터리 원가에서 차지하는 비중은 약 10~15%로, 양극재(약 50%)보다는 낮지만, 현재 상용화된 리튬이온 배터리에서 흑연을 대체할 수 있는 실질적 대안 소재가 존재하지 않는다. 따라서 흑연 공급망의 안정성은 배터리 산업 전체의 지속가능성을 결정짓는 핵심 요인으로 평가된다.

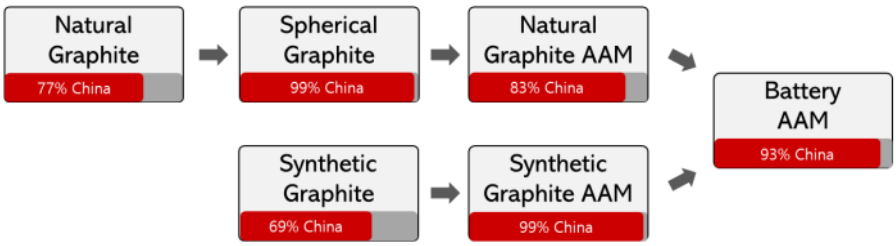
〈그림 3〉 흑연의 공급망 구조(modified from IEA 2021)



자료: 저자 확인.

흑연 공급망에서의 중국의 지배력은 희토류보다도 더 크다. 흑연은 광상에서 직접 채굴되는 천연흑연과, 석유계 코크스를 원료로 하는 인조흑연으로 구분된다(그림 3). 2024년 기준으로 〈그림 4〉와 같이 중국은 전 세계 천연흑연 생산의 약 77%를 차지하고 있으며, 인조흑연 역시 약 70%가 중국에서 생산된다.

〈그림 4〉 흑연 공급망의 중국 점유율(Park et al., 2025)



자료: 저자 확인.

그러나 더 중요한 병목은 가공(정제 및 구형화) 단계에 있다. 천연흑연을 배터리용 음극재로 사용하기 위해서는 불순물을 제거하고 입자를 구형화(spheronization)하는 고도 정제공정이 필요하다. 이 단계에서 중국은 전 세계 구형흑연 시장의 99% 이상을 독점하고 있으며, 이어지는 음극재 제조 공정 또한 90% 이상을 장악하고 있다(Park et al., 2025). 즉, 중국은 채굴뿐 아니라 가공·제조 단계까지 포함한 전체 흑연 공급망을 지배하고 있다.

이러한 공급망 집중은 한국을 포함한 주요 배터리 생산국의 구조적 취약성을 심화시키고 있다. 국내에서는 포스코퓨처엠(POSCO Future M) 등 일부 기업이 음극재 내재화를 추진하며 구형화 및 정제 기술의 국산화를 시도하고 있으나, 현실적으로 중국산 흑연 의존도를 단기간에 줄이기 어렵다. 그 이유는 첫째, 중국의 저가 가공비용과 규모의 경제로 인한 가격경쟁력, 둘째, 인조흑연 생산 과정에서 발생하는 탄소배출 및 환경오염 문제로 인해 국내 가공시설의 확장이 제약받고 있기 때문이다(Park et al., 2025).

V. 정책제언

비록 2025년 10월에 발표된 중국의 희토류 가공 기술 수출금지 조치가 1년 유예되었으나, 만약 즉각 시행되었다면 그 파급효과는 글로벌 공급망에 심대한 타격을 입혔을 것이다. 이 유예 기간은 안도할 시간이 아니라, 시급한 대책 마련을 위한 골든타임으로 인식되어야 한다.

본 연구는 리튬, 니켈, 코발트 등 배터리 핵심광물과 달리, 희토류는 시장 주도적 정책만으로는 공급망 안보를 달성하기 어렵다는 점을 지적하고자 한다. 배터리 광물은 IRA와 같은 대규모 보조금을 통해 수요를 창출하고 시장을 형성하는 것이 가능하지만, 희토류는 시장 규모 자체가 협소하고 방위산업 등 특수 목적으로 소량 사용되는 폐쇄적 구조를 띠고 있어 시장 기제만으로는 공급망 다변화가 불가능하기 때문이다.

따라서 본 연구는 중국의 지배력이 높은 두 광물, 즉 희토류와 흑연에 대해 서로 다른 이원화된 전략을 제언한다.

첫째, 희토류는 철저히 비시장적 접근을 통해 정부 주도의 안보 자산으로 관리해야 한다. 민간 기업이 수익성을 이유로 진입을 꺼리는 희토류 채굴 및 제련 단계에 정부가 직접 개입하여 플레이어를 육성하고 비축량을 확대해야 한다. 이를 위해 미국의 국방물자생산법(DPA)과 같이 정부가 구매를 보장하는 과감한 투자 지원이나, 국제 시세가 하락해도 일정 가격을 보장해 주는 최저가격보상제 등의 제도적 장치가 필수적이다. 이는 위기 시 국가가 최소한의 협상 레버리지를 확보하기 위한 안보 비용으로 간주되어야 한다.

둘째, 흑연은 시장 친화적 지원을 통해 민간의 공급망 다변화를 유도해야 한다. 물론 흑연도 큰 규모의 시장이 형성된 것은 아니지만, 희토류에 비해 교역량이 풍부하고 범용성이 큰 만큼 정부가 직접 개입하기보다는 민간 기업이 특정국 의존도를 낮출 수 있도록 유인책을 제공하는 것이 효율적이다. 구체적으로는 수입선 다변화를 추진하는 기업에 대한 물류비 지원 및 세액 공제, 천연 흑연을 대체할 수 있는 인조 흑연이나 실리콘 음극재 생산 기술에 대한 기술개발 지원, 그리고 제3국 광산 개발을 위한 금융 지원 등을 통해 기업 스스로 리스크를 분산할 수 있는 환경을 조성해야 한다.

Ⅵ. 결 론

본 연구는 중국의 수출통제와 미국의 기술패권 경쟁이 글로벌 공급망 재편에 미치는 영향을 분석하였으며, 이를 통해 서두에서 제기한 두 가지 핵심 질문에 대해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 미국의 기술 통제와 중국의 자원 통제라는 상이한 수단은 시기적·전략적으로 어떻게 연동되며 글로벌 공급망 구조를 재편하는가?

분석 결과, 양국의 통제는 표면적으로는 상이한 수단을 사용하나, 시기적으로는 상호 대응하고 전략적으로는 동조화되는 메커니즘으로 작동하고 있음이 확인되었다. 2018년 이후 미국의 ECRA와 중국의 ECL이라는 제도적 기반 위에서, 미국은 반도체·AI 등 첨단 기술 봉쇄를 통해 패권 유지를, 중국은 갈륨, 게르마늄, 흑연, 희토류 등 핵심광물의 공급 조절을 통해 생산 기반을 압박하는 전략을 취해 왔다. 이러한 양국의 상호작용은 단순한 보복을 넘어 공급망의 상하류 양단에서 동시에 작용하는 이중 통제 구조를 고착화시켰다. 그 결과, 글로벌 공급망은 효율성과 비교우위라는 경제적 논리에서 벗어나, 안보와 지정학적 리스크를 중심으로 재편되는 구조적 변동기에 진입하였다. 기술과 자원이 상호 보완적인 무기로 활용되는 현 체제는 국제무역의 분절화를 가속화하고 있으며, 동맹 내 공급망 구축과 선별적 자립이 각국 생존 전략의 핵심으로 부상하였다.

둘째, 흑연과 희토류에 대한 중국의 통제가 미국 중심의 기술 블록 형성에 갖는 전략적 함의는 무엇인가?

중국의 흑연 및 희토류 통제는 미국 주도의 기술 블록 형성을 저지하는 구조적 제약 요인으로 작용하고 있다. 중국은 전기차 배터리 음극재의 핵심인 흑연 공급망의 중류 단계를 장악함으로써, 미국·일본·한국이 주도하는 배터리 공급망 전체를 원자재 조달 리스크에 노출시켰다. 또한 반도체·방산의 필수 소재인 희토류에 대해 수출허가제, 기술 수출 금지, 역외 적용 등 포괄적 통제 조치를 취함으로써 이를 단순한 자원 규제가 아닌 공급망 전체에 대한 전략적 억제 수단으로 활용하고 있다. 결론적으로 향후 글로벌 공급망의 안정성은 기술 혁신의 수준을 넘어 광물의 접근성과 대체 가능성에 의해 좌우될 것이며, 이는 광물 공급망을 매개로 한 새로운 형태의 경제·무역 안보 블록화를 더욱 촉진할 것으로 전망된다.

사사

본 연구는 한국지질자원연구원 기본사업(GP2025-005)의 재원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 국내문헌

· 최동준(2021), “최근의 미국과 중국의 수출통제제도 강화경향에 대한 비교연구- 미국수출통제개혁법(ECRA) 및 중국수출통제법을 중심으로”. 「법학논집」, 25권 3호, 23-52면.

2. 해외문헌

· BIS (2020), “Foreign Direct Product Rule (FDPR) *Amendment for Huawei Technologies and Its Non-U.S. Affiliates*”, Federal Register, Vol. 85, No. 98, Bureau of Industry and Security, U.S. Department of Commerce, May 19, 2020.

· BIS (2022), *“Implementation of Additional Export Controls: Certain Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items; Supercomputer and Semiconductor End Use; Entity List Modification”*, Federal Register, Vol. 87, No. 197, Bureau of Industry and Security, U.S. Department of Commerce, October 13, 2022.

· BIS (2023), *“Export Controls on Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items; Updates to the Entity List; Supercomputer and Semiconductor End Use”*, Federal Register, Vol. 88, No. 207, Bureau of Industry and Security, U.S. Department of Commerce, October 17, 2023.

· BIS (2025a), *“AI Diffusion Interim Final Rule (IFR)”*, Federal Register, Vol. 90, No. 14, Bureau of Industry and Security, U.S. Department of Commerce, January 18, 2025.

· BIS (2025b), *“Expansion of the Foreign Direct Product Rule to Third-Country Entities Related to Semiconductor and AI Equipment”*, Federal Register, Vol. 90, No. 190, Bureau of Industry and Security, U.S. Department of Commerce, September 30, 2025.

· Council on Foreign Relations (2025), “*The U.S.-China Trade Relationship*”, October 31, 2025, available at

https://www.cfr.org/backgrounder/contentious-us-china-trade-relationship

· CSIS (2025), "*China's New Rare Earth and Magnet Restrictions Threaten U.S. Defense Supply Chains*", October 9, 2025, available at https://www.csis.org/analysis/chinas-new-rare-earth-and-magnet-restrictions-threaten-us-defense-supply-chains

· DoD (2025), "*Defense Production Act Title III Investments in Domestic Critical Minerals Supply Chain*", Press Release, U.S. Department of Defense, July 2025.

· IEA (2021), "*The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*", International Energy Agency, Paris, France.

· IEA (2025), "*With New Export Controls on Critical Minerals, Supply Concentration Risks Become Reality*", International Energy Agency, Paris, available at https://www.iea.org/commentaries/with-new-export-controls-on-critical-minerals-supply-concentration-risks-become-reality

· MOFCOM (2023a), "*关于对镓、锗相关物项实施出口管制的公告(Announcement on the Implementation of Export Controls on Gallium and Germanium-Related Items)*", Announcement No. 23 [2023] from Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, July 3, 2023 (Effective August 1, 2023).

· MOFCOM (2023b), "*关于石墨相关物项实施出口管制的公告(Announcement on the Implementation of Export Controls on Graphite-Related Items)*", Announcement No. 39 [2023] from Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, October 20, 2023 (Effective December 1, 2023).

· MOFCOM (2023c), "*禁止出口的技术目录修订稿(Draft Revision of the Catalogue of Technologies Prohibited or Restricted from Export)*", Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, December 21, 2023.

· MOFCOM (2024), "*关于锑及超硬材料实施出口许可证管理的公告(Announcement on Export License Management of Antimony and Superhard Materials)*", Announcement No. 26 [2024] from Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, July 5, 2024.

· MOFCOM (2025a), "*关于钨、碲、铋、钼、铟等战略金属出口管制的公告(Announcement on Export Controls on Tungsten, Tellurium, Bismuth, Molybdenum, and*

Indium)", Announcement No. 08 [2025] from Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, February 12, 2025.

· MOFCOM (2025b), "*关于7种稀土及永磁体实施出口管制的公告(Announcement on the Implementation of Export Controls on 7 Rare Earth Elements and Permanent Magnets)*", Announcement No. 21 [2025] from Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, April 4, 2025.

· MOFCOM (2025c), "*关于稀土及相关技术出口管制与域外适用的公告(Announcement on Export Controls and Extraterritorial Application of Rare Earths and Related Technologies)*", Announcement No. 61 [2025] from Ministry of Ministry of Commerce, People's Republic of China, October 9, 2025.

· NPC (2020), "*出口管制法(Export Control Law, ECL)*", Order No. 59 of the President of the PRC, Adopted October 17, 2020 (Effective December 1, 2020).

· Park, J., Cho, S. J., Shin, S., Kim, R., Shin, D., & Shin, Y. (2025), "*Overview of Graphite Supply Chain and Its Challenges*", Geosciences Journal, Vol. 29, No. 3, pp. 329-341.

· U.S. Congress (2018), "*Export Control Reform Act of 2018 (ECRA)*", Public Law No. 115-232, Subtitle B, Part I, §1751-1781, Enacted August 13, 2018.

· U.S. Congress (2022a), "*CHIPS and Science Act of 2022*", Public Law No. 117-167, Enacted August 9, 2022.

· U.S. Congress (2022b), "*Inflation Reduction Act of 2022 (IRA)*", Public Law No. 117-169, Enacted August 16, 2022.

· U.S. Congressional Research Service (2025), "*U.S. Export Controls and China: Advanced Semiconductors*", September 19, 2025, available at https://www.congress.gov/crs-product/R48642

· White House (2022), "*Presidential Determination Pursuant to Section 303 of the Defense Production Act of 1950, as Amended, on Critical Minerals for Large-Capacity Batteries*", March 31, 2022.

· Zhang, H. (2025), "*Resilience of Critical Transition Minerals Supply Chain in the Context of Strategic Rivalry: Implications for the National Policy and Regulatory Frameworks*", Journal of Energy & Natural Resources Law, pp. 1-27.

| Abstract |

US-China Rivalry over Technology and Critical Minerals: Graphite and Rare Earths

Park, Junhyeok*, Cho, Seong-Jun**

This study examines how the U.S.–China rivalry has evolved beyond trade frictions into an economic security regime linking U.S. technology controls and China's resource controls. Using the US Export Control Reform Act and China's Export Control Law as institutional baselines, it defines the US strategy as tech-centric, focusing on semiconductors and AI, and China's as resource-centric, centered on minerals such as gallium, germanium, graphite, and rare earth elements (REEs). A chronological and structural analysis of export control measures shows that these asymmetric tools are strategically synchronized through the control of critical chokepoints in upstream and downstream supply chains. Focusing on graphite and REEs, the paper argues that techno-resource coupling is becoming a key force shaping critical mineral security, allied supply-chain coordination, and the emerging bloc formation of the global economic order.

❖ Key words : US-China rivalry, critical minerals, rare earth elements, graphite, supply chain
❖ JEL Code :

* (Lead Author)
** (Corresponding Author)