희토류 생산 및 부존 현황

DOI: 10.3938/PhiT.28.032

임경묵·한준희·박승연

Mine Production and Reserves of Rare Earths

KyoungMook LIM, Junhee HAN and SeungYeon PARK

Rare-earth elements are known by several names, rare-earth metals, rare earths, or simply REEs because they are very rare and difficult to collect in nature. In terms of chemistry, REEs are a group of 17 elements that comprise 15 elements of the lanthanide series from atomic number 57 to atomic number 71, as well as the scandium (Sc) and yttrium (Y). Now is the time to give attention the rise in the importance of the rare earths as critical raw materials. Rare earths are necessary and essential materials for more than 200 products across a wide range of applications, especially high-tech products, such permanent magnets used in the electric/hybrid automobiles, flat-screen displays and smartphones. Recently, as the actual demand for rare earths has been as growing rapidly and globally and as China has shown signs of restricting rare-earth exports, we report on the current status of rare earths and recent issues related to ore deposits of the rare earths.

희토류의 개요

‘자연계에 매우 드물게 존재하는 금속원소’라는 의미로 희토

저자약력

임경묵 박사는 포스텍 신소재공학과 공학박사(2003)로서, 포스텍 항공재료 연구센터(2003-05), 한국생신기술연구원 수석연구원(2005-17)을 거쳐 현재 동연구원 한국희소금속산업기술센터장으로 재직 중이다. (mook@kitech.re.kr)

한준희 박사는 LeibnizInstitute for Solid State and Materials Research 박사(2014) 학위를 취득하고 LeibnizInstitute for Solid State and Materials Research 연구책임자(2014-2018)를 거쳐 2018년부터 현재 한국생신기술연구원 한국희소금속산업기술센터 선임연구원으로 재직 중이다.

박승연 연구원은 인하대학교 금속공학과 석사(2013)로 현재 한국생신기술연구원 한국희소금속산업기술센터 연구원(2013-)으로 재직 중이다.

류 금속 또는 단순히 영어 표기 Rare earth elements의 줄임 말인 REE 등의 이름으로 알려져 있는 희토류는 화학적 정의에 따라 원소 주기율표(Periodic table of elements)에서 원소 번호 57번부터 71번까지의 란탄 계열(Lanthanides) 원소 15개와 함께 스칸듐(Sc) 및 이트륨(Y)을 포함하는 17개의 원소 그룹을 일컫는다. 일반적으로 많은 사람들이 희토류에 대해 들어 본 적이 없거나 아마도 “주기율표 아랫단에 있는 원소들”로 알고 있으나, 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 휴대폰, 컴퓨터, 디스플레이와 같은 각종 전자기기에서부터 영구자석, 배터리, 에너지 산업, 그리고 미사일이나 레이더 시스템과 같은 국방 분야에 이르기까지 희토류의 쓰임새는 매우 광범위하다.^[1] 그 화학적 성질이 독특하여 대체물질이 없고, 각종 첨단산업에서 필수적으로 사용된다는 점 때문에 ‘산업의 비타민’이라고도 불린다.^[2] 또한 각종 고부가가치 산업은 물론이고 군사 및 항공/우주, 신재생에너지 산업에서도 필수적으로 사용되어 일국의 경제 및 군사안보에도 영향을 미치기 때문에 희토류는 ‘필수 원자재(critical raw materials)’ 혹은 ‘전략자원(strategic minerals)’으로도 분류된다.

실제로는 넓은 응용 분야를 가진 희토류 금속들은 2009년까지도 일반인들에게는 다소 생소한 존재였다. 하지만 2010년 중국과 일본 사이의 센카쿠/다오위다오 지역을 둘러싼 영유권 분쟁에서 중국은 대일 희토류 금수조치와 새로운 환경 법규 시행, 그리고 연간 50천 톤 가량이던 희토류 수출쿼터를 약 40% 감소시킨 30천 톤 수준으로 삭감시키는 등의 희토류 정책 변화에 따라 2011년 국제 희토류 가격이 최대 16배까지 치솟으며 국제사회에 위협이 된 사례가 있었다. 이후 희토류 가격의 상승폭은 곧 잦아들었으며 결국 10년 이상 시행되었던 희토류 수출쿼터제도와 수출관세는 2015년 철폐되었으나, 2019년 중국 정부는 미국의 대중 무역관세 인상과 중국 통신

REFERENCES

- [1] Humphries, Marc., “Rare Earth Elements: The Global Supply Chain”, CRS Report for Congress, 7-5700, R41347 (2013).
- [2] DongHwan Kim, *Rare Earth Resource War* (Seoul, Window of Futuristic, 2011).

The Periodic Table of the Elements

Fig. 1. Periodic table of the elements.

장비업체 화웨이에 대한 거래 제한 조치에 대응해 희토류 수출 제한을 검토하는 조짐을 보이며 사실상 세계시장에 독점적인 공급지위를 가지고 있는 희토류 자원을 또다시 무기화할 가능성을 보이고 있다. 2010년부터 시작되어 “희토류 위기”라고 알려진 이 기간 동안 전 세계의 많은 사람들이 이 독특한 원소 그룹이자 전략자원인 희토류의 중요성을 인식하게 되었다.

희토류 특성

희토류 원소들은 2개의 최외각전자를 가지고 화학적 특성이 서로 비슷하며, 중성자수가 다른 원소들에 비해 많기 때문에 강한 자성을 가지는 화학적 특성을 가진다. 최외각전자들은 산소와 쉽게 결합되어 산화물 형태를 이루고 있어 희토류 광물들은 자연 상태에서 안정하게 존재하기 때문에 희토류 원소를 추출해내고 분리하는 것이 매우 어렵다. 그러나 정제된 희토류 원소들은 전자전이가 쉽게 되고 열전도성이 우수하며 다른 원소들에 비해 전기적 성질, 자성, 발광 특성이 탁월하여 하드 디스크 드라이브, 스마트폰, 디스플레이, 배터리(가정용 및 자동차 용), 에너지 절약형 램프 및 레이저, 발전기용 영구 자석, 유리 연마제 등 오늘날 흔히 사용되는 첨단 기술에 필수적인 원소로서 미래 신산업의 핵심적 재료이다.

희토류의 주요 응용분야

희토류의 가장 큰 응용분야는 희토류 영구자석으로, 전기가동차 한 대를 움직이는 데 필요한 영구자석에는 순수 희토류 원소가 약 1kg 정도 포함되어 있다. 영구자석의 합금조성은 네오디뮴-철-붕소(Nd-Fe-B)계 및 사마륨-코발트(Sm-Co)계가 주를 이루고, 가격이 저렴한 철계 자석에 비해 자기적 특성이 매우 우수하여 부품의 소형화와 경량화가 가능한 장점이 있다. 최근, 코발트(Co) 가격이 급격하게 증가하면서 사마륨-코발트

Table 1. Types and uses of rare earth elements.

원자 번호	이름	기호	용도
21	스칸듐	Sc	항공우주용 경량 Al-Sc 합금, 수은(Hg)
39	이트륨	Y	레이저, 마이크로파 필터, 고온초전도체
57	란타넘	La	고굴절 유리, 발화합금, 수소 저장, 특수 광학 유리
58	세륨	Ce	화학적 산화제, (유리와 세라믹의) 착색제, 연마제
59	프라세오디뮴	Pr	고강도 Mg 합금 첨가제, 희토류 자석, 레이저
60	네오디뮴	Nd	희토류 자석, 레이저, 착색제, 고체 레이저
61	프로메튬	Pm	원자력 전지
62	사마륨	Sm	희토류 자석, 레이저, 중성자 흡수제
63	유로퓸	Eu	형광체(적색과 청색), 레이저, 형광 유리
64	가돌리늄	Gd	중성자 흡수제, 레이저, 녹색 형광체
65	터븀	Tb	녹색 형광체, 희토류 자석, 레이저
66	디스프로슘	Dy	희토류 자석, 레이저
67	홀뮴	Ho	레이저, 착색제, 원자로 제어봉
68	어븀	Er	레이저, 바나듐(V) 합금의 첨가제
69	툴륨	Tm	휴대형 X-선 방출원, 청색 및 녹색 형광체
70	이트븀	Yb	철(Fe)계 합금의 첨가제, 레이저
71	루테튬	Lu	석유화학 촉매, 고굴절 렌즈, 양전자 단층촬영

(Sm-Co)계 자석보다 비교적 저렴한 철(Fe)을 사용하는 네오디뮴-철-붕소(Nd-Fe-B)계 자석이 더 널리 이용되고 있다. 이 밖에도 컴퓨터용 하드디스크, 풍력발전, MRI 등에 사용하는 영구자석의 제조에 희토류가 필수적으로 사용되고 있으며, 전 세계 희토류 가격 상승에 가장 크게 기여한 응용분야이다. 네오디뮴(Nd)계 자석에는 네오디뮴(Nd)뿐만 아니라 첨가물로 디스프로슘(Dy), 프라세오디뮴(Pr), 터븀(Tb) 등의 희토류가 사용되며, 특히 네오디뮴(Nd)과 디스프로슘(Dy)이 자기적 특성을 결정하는 중요한 원소이다. 최근 전기자동차의 시장 확대와 함께 필수 부품인 모터용 자석의 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이는 희토류 산업 확대와 가격변동에 가장 큰 영향을 주고 있다.

특정 희토류 원소는 에너지를 얻은 후 방출할 때 청색, 적색, 녹색과 같은 가시광선을 방출하는 특징을 가지는데 이러한 성질을 바탕으로 형광체 소재에 응용되고 있다. 기존의 컬러 TV 브라운관에는 1대당 약 0.5~1g 정도의 유로퓸(Eu)이 사용되었고, 유로퓸(Eu)을 비롯 가돌리늄(Gd), 세륨(Ce), Tm(툴

Fig. 2. Uses of rare earth elements.

뮴), Tb(터븀) 등은 LCD 후방조명(Back light)의 핵심 부품인 냉음극형광램프(CCFL), LED 조명의 칩(Chip)에 사용되는 등 현대에 널리 사용되는 첨단 조명 장치 및 디스플레이 산업에 필수적인 원소이다.

이외에도 석유화학분야에서 유체분해용 촉매(Fluid Cracking Catalyst, FCC)로 루테튬(Lu), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm) 등을 사용하고 있으며, 탄화수소 분해, 수소화 등을 위한 강력한 촉매로 사용되고 있다. 산화세륨(Ce_2O_3)은 자동차 배기가스 성분으로 유독한 일산화탄소(CO)를 이산화탄소(CO_2)로 산화시키는 촉매로 이용된다.

희토류 자원의 편재성

희토류는 다시 경희토류(Light Rare Earth Elements, LREEs)와 중희토류(Heavy Rare Earth Elements, HREEs)로 구분된다. 경희토류는 중희토류에 비해 부존량이 10배 가까이 많고 전 세계에 많이 분포되어 있으며 채굴이 비교적 쉽기 때문에, 보통 중희토류의 가격이 더 높은 편이다.^[2-4] 반면 무거운 중희토류는 현재 중국에서만 생산이 가능하다. 흥미로운 점은 경희토류 역시 중국에서 주로 생산되는데, 중국을 제외한 다른 나라의 경우 희토류 채굴을 위해 땅을 파야 하지만 중국의 경우 희토류가 지표면에 분포되어 있어 채굴비용 측면에서 경제성이 없어 중국을 견제할 수 없는 점이다. 또한, 일부 희토류 부존 국가들과 달리 중국은 중희토류와 경희토류를 모두 풍부하게 보유하고 있다. 이처럼 중국이 가지는 희토류 생산에 대한 독점적 지위는 희토류 금속의 편재성에 크게 기인한다. 중국은 세계 최대의 희토류 매장국으로 2018년 기준 약 44,000천 톤

Fig. 3. World rare earths mine production and reserves. (U.S. Geological Survey, 2019)

(36.7%)에 달하는 매장량을 보유하고 있다. 그 뒤를 이어 브라질과 베트남이 각각 22,000천 톤(18.3%)의 매장량을 보유하고 있으며, 러시아(12,000천 톤, 10.0%), 인도(6,900천 톤, 5.8%) 그리고 호주(3,400천 톤, 2.8%)순으로 희토류 매장량을 보유하고 있다.^[5]

REFERENCES

- [3] BooYong Kim and JongHyuk Oh, "Impact and implications of the strengthening of China's rare earth industry regulations", KIEP 11(23) (2011).
- [4] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2014).
- [5] USGS (U.S. Geological Survey, 2019).

Table 2. World rare earths mine production and reserves. (U.S. Geological Survey, 2019)

	2017 생산량	2018 생산량	매장량(단위: 톤)
미국	-	15,000	1,400,000
호주	19,000	20,000	3,400,000
브라질	1,700	1,000	22,000,000
미얀마	-	5,000	-
부룬디	-	1,000	-
중국	105,000	120,000	44,000,000
인도	1,800	1,800	6,900,000
말레이시아	180	200	30,000
러시아	2,600	2,600	12,000,000
태국	1,300	1,000	-
베트남	200	400	22,000,000
기타	-	-	4,400,000
전 세계	132,000	170,000	120,000,000

희토류 광물은 바스트나사이트(bastnasite), 모나자이트(monazite) 등이며, 희토류의 매장량은 적지 않으나 채굴 가능한 광산이 적고, 채광 후 원광으로부터 화합물을 제조하고 유독한 산성용액을 사용하여 수많은 단계를 거치는 분리정제 과정을 거쳐야 하는 기술적/환경적인 문제로 인해 주로 중국에서만 생산이 이루어지고 있다. 국내 서해안에도 매장되어 있으나 경제성이 없어 국내 생산은 전무한 상황이다. 이렇기 때문에 희토류는 대부분 중국에서 생산되며 생산량의 측면에서 보면 중국의 희토류 패권은 더욱 여실히 드러난다. 중국은 1992년 처음으로 최대 희토류 생산국가가 된 이래로 그 비중을 늘려 2008년에서 2015년까지 세계 희토류 수요량의 90% 이상을 공급하였고 2018년을 기준으로 여전히 70% 이상을 공급하며 독보적인 위치를 지키고 있다.^[5]

세계 주요 희토류 부존 국가 개발 현황

1. 중국의 희토류 개발 현황

최근 미국과 무역전쟁을 치르고 있는 중국 정부는 사실상 세계에서 독점적인 공급 지위를 가지고 있는 희토류를 자원 무기화 가능성을 시사하였고, 미국의 대중 무역 관세 인상과 중국 업체에 대한 거래 제한 조치에 대응하기 위해 희토류 수출 제한을 검토하였다. 중국은 2010년 센카쿠 열도 분쟁 시 일본을 상대로 희토류를 국제 분쟁의 해결 수단으로 사용한 전력이 있다. 이처럼 중국이 희토류를 자원 무기화할 수 있는 것은 세계 공급의 90% 이상을 생산하는 중국의 독과점적 공

Table 3. China's rare earth policy.

연도	정책 또는 대책	주요 내용
1991	국가광물자원법 제정	-희토류, 텅스텐, 몰리브덴, 안티몬, 주석을 보호광종으로 지정, 국가에서 생산량과 수출량 관리
2002	수출량 제한	-단계적으로 텅스텐, 안티몬 등의 수출량 제한
2003	희토류 수출증치세 환급률 축소	-(기존) 15~17% → (변경) 13% → 11% -'04년) 8%로 축소 → ('05년) 환급 폐지
2004	수출장려 세금보전 철폐	-희토류에 대한 세제혜택 철폐로 수출 간접 제한
2006	수출관세 부과	-희토광석 및 화합물에 대한 수출관세 10% 부과
	위탁가공무역 금지	-금속자원의 위탁가공무역 금지, 국내 우선공급
2007	수출관세 인상	-희토금속, 산화테르븀, 산화디스프로슘 수출관세 10% -희토광석 수출관세 인상: 10% → 15%
	외국인 투자산업 지도목록 개정	-희소금속 자국 광산개발에 외국자본 참여 금지 *텅스텐, 몰리브덴, 주석, 안티몬, 형석, 희토류
2008	수출관세 인상	-희토금속 및 중희토류(Dy, Tb 등) 수출관세 25%
2009	희토공업산업 발전 정책	-희토산업 구조조정, 희토 생산쿼터, 외국자본 진입 통제, 수출관세부과 등 수출통제 등 규정
2010	비축물자 대상 광종 선정	-희토류, 텅스텐, 안티몬 등 희소금속 10종 선정
2011	수출관세 인상 및 항목 신설	-네오디뮴, 염화란탄 수출관세 인상: 15% → 25% -중량 10% 이상의 희토원소 함유 철 합금 등에 대한 수출관세 25% 부과
2015	희토류수출쿼터제 폐지	-〈2015년 수출하기중 관리상품〉 공개 희토류 수출쿼터제 포함 -희토류 생산총량제 수립, 대형 국유기업 중심으로 통폐합

급구조와 특별한 대체 소재가 없다는 점 때문이다. 중국이 독과점적 희토류 생산 지위를 얻은 것은 세계 1위의 희토류 매장량과 정부의 희토류 전략자원 정책, 자국 내 낮은 환경 의식이 결합한 결과이다. 중국의 희토류자원 무기화에 대하여 UNCTAD(국제연합무역개발협의회)는 첫째 희토류를 대체할 물질이 없다는 점, 둘째 재활용 비용이 현저히 낮다는 점, 마지막으로 소수의 국가만이 생산·공급하고 있다는 점을 들어 희토류의 전략적 중요성을 강조였다. 하지만 이러한 중국의 희토

류 자원무기화 정책이 오히려 각국의 생산재개, 대체 및 재활용 기술개발의 촉매로 작용하고 있어, 중국의 희토류 수출 제한 조치로 인해 단기적으로 가격 상승 영향은 있겠지만 세계 각국의 대응으로 과거처럼 큰 파급효과를 낼지는 미지수로 중국 입장에서는 양날의 검이 될 수도 있다.^[6]

중국은 자국 내 희토류 산업의 부흥을 위하여 2012년 4월 희토산업협회를 설립한데 이어 2012년 6월 중국 희토류 현황 및 정책 백서를 발간하였다.^[7] 이는 중국 정부가 공식적으로 발표한 희토류 관련 백서로서 중국의 희토류 현황 및 정책, 발전 목표 등에 관한 내용을 포괄적으로 소개하고 있다. 당시 백서에 따르면 중국은 전 세계 희토류 부존량의 23%를 보유하고 있다고 발표하였다. 이러한 중국의 발표는 당시 미국 USGS(U.S. Geological Survey) 자료 수치와 상이할 뿐만 아니라 그간 중국 내 기관 등에서 발표한 수치와도 큰 격차를 보이는데, 이는 중국 내 희토류 시장의 증가와 무분별한 채굴 등으로 희토류 매장량이 큰 폭으로 감소했기 때문이라고 주장하였다.^[8] 2018년 매장량을 기준으로 중국의 점유율은 37% 수준으로 추정되고 있다. 2018년 채굴량을 기준으로 전 세계 희토류 생산량은 170천 톤이며, 중국의 생산량은 71%인 120천 톤 수준이다.^[9] 채굴량과 별개로 희토류의 분리-정제 작업은 환경 이슈로 인해 중국, 말레이시아 등 개도국에서 수행되기 때문에 세계 희토류 공급의 90% 이상이 중국에서 이루어지고 있다.

2. 미국의 희토류 개발 현황

미 지질조사국(US Geological Survey, USGS)의 2019년에 발표한 보고서에 따르면, 미국의 희토류 부존량은 전 세계의 1.1%인 1,400천 톤으로 전세계 부존량 대비 미미한 수준으로, 현재 거의 90%에 달하는 희토류 자원을 외국에서 수입하고 있으며, 2014~2017년 기준으로 수입량은 대부분 중국 80%에서 편중되어 있다.^[5] 1998년 USGS의 보고서를 보면 캘리포니아의 Mountain pass 광산이 운영될 당시, 미국은 국내에서 필요한 모든 경희토류를 생산하고 있었고, 일부 중희토류만을 수입하고 있었을 뿐이었으며, 세계 최대의 희토류 생산국이었다. 그러나 미국에 존재하는 희토류는 한 지역에 집중적으로 분포하지 않아 생산의 경제성이 약한데다 환경규제와 중국의 저가 판매에 의해 채산성이 떨어지면서 2002년 Mountain pass가 폐광되었고, 이후 모든 희토류를 수입하는 상황이 되었다. 그러나 최근 중국의 희토류 자원무기화 정책에 대응 및 중국 의존도를 낮추기 위해 폐쇄되었던 Mountain pass 광산을 2018년부터 재가동하는 한편, 텍사스 지역에 신규 생산설비 투자를 진행 중이다.

미 지질조사국(US Geological Survey, USGS)에서 실시한 미국

내 희토류 자원에 대한 분석 결과에 따르면, 미국 내 희토류는 캘리포니아를 비롯하여, 알래스카, 콜로라도, 아이다호, 미주리, 뉴욕, 와이오밍 주 등 다수의 주에 걸쳐서 분포하고 있다. 미국의 희토류는 갈럼석(Allanite), 바스트네사이트(Bastnasite), 유크세나이트(Euxenite), 모나자이트(Monazite), 제노타임(Xenotime) 등의 광물에서 주로 발견된다. 이 중 대부분의 희토류 원소는 바스트네사이트(bastnaesite)와 모나자이트(monazite)에 존재하고 있다. 미국에서는 Th를 함유하고 있어 방사능 오염의 위험이 있고, 토륨을 처리하기 위해 많은 비용이 필요한 모나자이트를 거의 사용하지 않고 있으며, 주로 La, Ce, Nd를 함유하고 Th를 거의 함유하고 있지 않는 바스트네사이트를 희토류의 원광물로 사용하고 있다.^[9]

3. 러시아의 희토류 개발 현황

2018년 기준 CIS(독립국가연합) 지역을 포함한 러시아의 희토류 매장량은 약 12,000천 톤으로 세계 매장량의 약 10%에 해당하며, 러시아 지역만의 매장량은 약 5,200천 톤으로 추정되고 생산량은 미미한 수준이다.^[5] 러시아 지역의 희토류는 사하공화국(Sakha Republic), 코미공화국(Republic of Komi), 무르만스크 주(Murmansk region), 이르쿠츠크 주(Irkutsk region) 등 7개의 주 및 공화국에 분포되어 있으며, 주요 매장지로는 사하 공화국의 세리지 다르스코예, 이르쿠츠크 주의 베로 지민스코예 매장지 등 약 18개 매장지가 있다. 러시아 희토류 매장량의 82%는 인회석(Apatite)에 함유되어 있으며, 이 중 70%는 무르만스크 주 하빈스키 광산지대의 인회석-하석(Apatite-Nephelite) 퇴적 광상에 분포하고 있어, 무르만스크 지역에는 러시아 희토류 매장량의 약 75%가 집중되어 있다.^[9]

러시아에서 생산되는 희토류 포함 광물의 희토류 산화물 함유량은 평균 1% 미만으로 평균 약 5%를 함유하고 있는 중국의 광물에 비해 매우 낮은 수준이다. 최대 희토류 매장지인 무르만스크 주 하빈스카야 광산의 광물에 포함된 희토류 산화물의 함유량은 평균 0.4% 이하이며, 광물로부터 희토류 선광조차 하지 않고 있다. 비교적 경제성이 있다고 판단되는 무르만스크 주의 로보제르스키 광산에서 채굴되는 광물의 희토류 산화물 함유량은 1.12%이며, 세륨을 많이 포함하고 있다. 로보제르스키 광산은 현재 러시아에서 희토류를 채굴하는 유일한

REFERENCES

- [6] HyunSun Hong, Ceramic Korea 10, 66 (2014).
- [7] Situation and Policies of China's Rare Earth Industry (Information Office of the State Council, 2012).
- [8] JongHyuk Oh, "Future Prospects on China's Rare Earth Status and Policy White", KIEP 3(8) (2012).
- [9] KyoungMook Lim, Ceramic Korea 11, 55 (2014).

광산이다. 톱스크 주와 사하공화국의 희토류 광산이 희토류 산화물 함유량 7.98 ~ 12.8%에 달하고, 이트륨을 0.5% 함유하는 고품위 희토류 광물을 보유하고 있으나, 겨울철의 혹독한 기후 조건과 인프라 부족으로 인해 미개발 상태로 있다.^[9]

4. 호주의 희토류 개발 현황

2018년 호주의 희토류 생산량은 약 20천 톤으로 세계 생산량의 1.2%이고, 매장량은 약 3,400천 톤 규모로 전 세계 매장량의 2.8%이다.^[5] 호주는 2010년 이후 개발되고 있는 전 세계 약 150개의 희토류 개발 지역 중 비교적 개발 가능성이 높은 지역을 많이 가지고 있다. 또한, 희토류를 생산하고 있음에도 호주 국내에서는 분쇄의 과정만을 거치고 최종 상품화의 공정은 거치지 않고 있으며, 말레이시아, 중국 등으로 최종 제품으로 만들기 위해 수출되고 있다. 호주의 희토류 자원 개발은 Lynas Corp., Arufura Resources, Greenland Minerals and Energy 3개사에 의해 주로 이루어지고 있다. Lynas Corp 사는 호주에서 가장 매장량이 풍부한 Mount Weld (Western Australia)에 희토류 광산을 보유하고 있다. Mount Weld 지역은 희토류 산화물을 2.5% 이상 함유한 고품위의 희토류가 REO(Rare Earth Oxides) 기준으로 약 1500천 톤이 매장되어 있는 광산지역으로서, 2011년에 채굴을 시작하였다.

5. 북한의 희토류 개발 현황

미국의 USGS 자료에는 집계되지 않지만 북한의 광물 및 광산 자원현황은 총 42광종의 광물자원과 총 728개의 광산을 보유하고 있으며, 국토의 약 80%가 광물자원 분포지역이다(탄광산 241개, 금속광산 260개, 비금속광산 227개). 주로 마그네사이트, 희토류, 석탄, 금, 은, 텅스텐, 아연 등 세계 10위권 이내의 자원을 다수 보유하고 있으며, 보고에 따라 차이는 있으나 경제적 가치는 약 10조 달러(약 1경1,000조 원) 수준인 것으로 알려져 있다. 희토류의 경우, 매장량은 전희토산화물(total rare earth oxide, TREO) 기준으로 최소 20,000천 톤으로 추정되며, 이는 세계 희토류 매장량 1위인 중국의 44,000천 톤에 이어 브라질, 태국과 비슷한 규모이다. 희토류 광물을

포함한 각종 금속의 주요 광산은 북한 자체 탐사 결과 청단 20,000천 톤, 정주 17,000천 톤, 평강/김화 11,000천 톤으로 나타났으며, 호주 지질 자문업체 HDR Salva의 탐사에서는 정주 216,170천 톤의 매장량이 추정되었다. 희토류 광물들의 경제적 가치는 최소 3,460억 달러, 최대 4조6천200억 달러 규모로 추산되며, 광석품위 수준은 경제성 기준인 2%를 상회하는 3.56%(평균)으로 나타났다. 세계적으로도 매우 많은 매장량과 경제적 가치이지만 희토류 제련 및 기반기술 낙후로 고순도화가 어려워 첨단 기술에 적용 가능한 소재화 기술이 전무한 실정이며, 희토류 광석 및 정광으로부터 극소량의 희토류 산화물 분말을 생산하여 금속, 기계공업, 유리, 도자기 등 전통 산업 분야에 사용되고 있다.^[11]

나오는 글

희토류는 자동차 산업의 각종 핵심 부품뿐만 아니라, 촉매, 분말야금, 에너지, 합금 산업 등의 모든 산업에 걸쳐 다양한 용도에 적용되므로 현대산업의 비타민이라고 불리기도 한다. 세계 희토류 생산량의 90%를 중국이 장악하고 있는 현실점에서 중국 정부의 자원 무기화 정책 등 희토류 수급의 불안 요인에 대비한 장기적인 대책 마련이 시급하다.

최근 4차 산업혁명 및 미-중 무역 갈등, 일본의 수출규제 등으로 소재 및 자원관련 문제들이 이슈화되고 있다. 또한, 자원은 산업과 기술의 문제만이 아니라 국가와 사회 발전 및 인간의 삶의 질 향상에도 매우 중요하게 작용될 수 있다. 현 시점은 한국의 희토류 관련 산업 또한 미래를 위해서 산업의 특성을 이해하고 그 중요성을 면밀히 검토해야 하는 중요한 시기이다. 희토류의 안정적인 공급 방안과 아울러 희소금속을 응용한 새로운 기술 개발을 통한 관련 산업발전에 정부, 산업계, 연구소 및 학계의 장기적인 관심과 노력이 필요하다.

REFERENCES

- [10] Myunggoo Kang, *Rare Earth Production Status and Prospect in Russia* (KDB Economic Research Institute, 2011).
- [11] Kyoungmook Lim, *Ceramic Korea* 09, 52 (2018).