

국가전략소재로서의 희유금속

이수영 · 지울권 · 최한신 · 김용환 · 이진규 · 김택수*
 한국생산기술연구원

Rare Metal as a National Strategic Material

Soo Young Lee, Yul Kwon Ji, Han Shin Choi, Hwan Yong Kim,
 Jin Kyu Lee and Taek-Soo Kim*

*Eco-materials & Processing Department, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH),
 7-47 Songdodong, Incheon 406-840, Korea*

1. 서 론

희유금속(稀有金屬, rare metal)은 ① 지각 내에 존재량이 적거나 추출이 어려운 금속자원중 현재 산업적 수요가 있고 향후 수요 신장이 예상되는 금속원소, ② 극소수의 국가에 매장량과 생산이 편재되어 있거나 특정국에서 전량을 수입해 공급에 위협성이 있는 금속원소로 정의하며 국내에서는 56개 원소를 희유금속으로 분류하고 있다.

이는 학술적 기준이 아닌 산업적 기준이어서 희유금속으로 분류되는 원소는 국가 혹은 시대에 따라 대상이 변화될 수 있는데, Rare Metal Hand Book은 48개 원소, 미국은 41개 원소, 그리고 일본은 55개

원소로 정의하고 있다.

희유금속은 소재 제조시 소량씩 첨가되어 소재의 다양한 기능을 결정하는 요소물질로의 역할을 수행하므로 첨단산업에 없어서는 안 되는 핵심기초소재이다. 광석화합물금속 등 가공단계별로 제품이 다양하게 사용될 뿐만 아니라, 미래 신기능 소재로서 무한대의 개발 가능성을 갖고 있다. 더군다나, 산업의 다양화와 첨단화가 진행 될수록 핵심소재로서의 산업적 혹은 안보적 중요성을 갖게 되어, 이러한 이유로 국가적 차원의 기술개발 지원과 안정 확보를 위한 수급관리가 필요하다[1-2].

한국처럼 희유금속 광물자원이 부족한 일본의 경우에는 산업화정책 추진이 본격화됐던 80년대 ‘희유

Table 1. The classification of industrial metal

금속소재의 분류		원 소	원 소 수
철계금속		철(Fe)	1
범용 비철금속		구리(Cu), 알루미늄(Al), 납(Pb), 아연(Zn)	4
귀금속		금(Au), 은(Ag)	2
비철금속	희유금속	알칼리/알칼리토 금속 : Li, Mg, Cs, Be, Sr, Ba	6
		REE(희토류 원소) : III _A 족 원자번호 57~71(15원소), Sc, Y	17
		IV _A ~VII _A 족 원소(고융점금속) - Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re	11
		철족 원소(Co, Ni)	2
		백금족 원소(Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt)	6
		II _B ~III _B 족 원소(Cd, Ga, In, Tl)	4
		반금속 원소(B, Ge, P, As, Sb, Bi, Si, Se, Te, Sn)	10

주-1) 귀금속중 백금족은 희유금속 분야로 분류

*Corresponding Author : [Tel : +82-32-850-0409; E-mail : tskim@kitech.re.kr]

금속 종합대책 특별위원회'를 구성, 산학연 공동의 기술혁신, 산업 활성화, 경제안정 보장을 위한 국가 기술개발 프로그램의 성공적 추진으로 최근까지 전자 부품소재 분야에서 세계 최고의 산업경쟁력을 유지하고 있다. 게다가 최근의 희유금속의 국제적인 가격 폭등과 수급안정성 위기상황에서도 지난 30년 이상이 희유금속 자원의 관리와 기술개발을 진행해온 일본이 가장 빠르고 적극적으로 움직이고 있다. 해외 탐광개발의 실시와 자원 외교를 포함해서 발생 억제·리사이클의 추진, 대체 재료 개발, 희유금속의 비축, 통계의 정비·인재육성 등 희유금속의 안정적 확보를 위한 전 방위 노력을 기울이고 있는 것이다.

희유금속(희토류금속 포함) 광물자원은 미국·구소련·중국·호주 캐나다 인도 등 상위 5개국이 세계 총매장량의 80%를 차지하고 있으며 또, 선진국인 일본, 미국 등이 제련, 정련, 소재화 가공기술을 독점하고 있다. 게다가 정보기술(IT)산업의 급격한 변동으로 희유금속의 공급불안 및 가격폭등이 주기적으로 반복되고 있다.

그림 1은 2001년 이후 희유금속 가격의 급상승 추세를 나타낸 것이다. 많은 금속이 최근 수년 동안 2~3배, 그중에는 인듐등과 같이 5~6배 이상이나 가격이 상승하여, 그야말로 국제적인 금속상장 전체가 급등하고 있다. 희유금속의 대두되는 문제점은 가격 변동이나 광산의 국가적 편재 등 경제성·정치성이

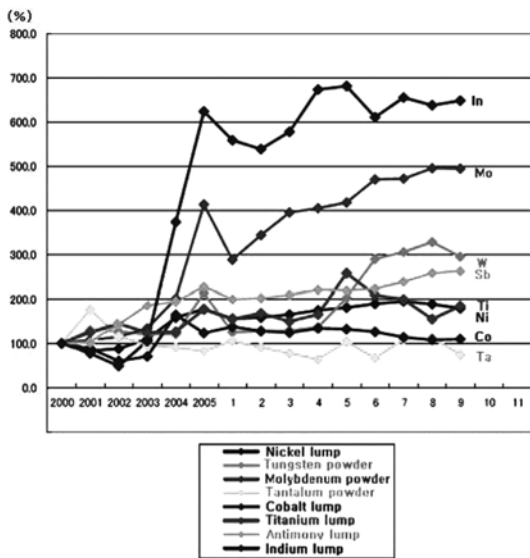


Fig. 1. Recent price spikes trend of rare metal.

강한 공급양식에 관계되는 측면과 자원의 희소성 및 고갈 등 자원 그 자체에 관계되는 측면이 있다. 본고에서는 후자에 역점을 두고 기술하고 이 문제에서 벗어나게 되는 장기적인 방향성에 대하여 서술하고자 한다.

2. 희유금속의 고갈성 분석

그림 2는 각 금속의 연간생산량과 이때의 소비물질 총량을 도표화하여 금속의 희소성을 나타내고 있다. 여기서 말하는 금속 희소성이라는 것은 금속 1t을 얻기 위해서 지구 자원을 몇 t을 채굴해야 하는가를 말하는 것이다. 이것은 독일 Wuppertal 연구소 Sdhmidt-Bleek에 의해 '생태적 배낭(Ecological Rucksack: 특정 제품 하나를 만드는 과정에 관련된 물질 전체 무게에서, 그 제품의 무게를 뺀 값, 즉 1 kg짜리 그릇 하나를 굽는 데 사용된 재료가 흙 2 kg과 석유 9 kg 이라면 그릇하나의 생태적 배낭은 10 kg이 된다. 이 수치가 커질수록 그 제품의 생산으로 인해 자연이 떠안게 되는 부담이 커진다고 해석되며, 한마디로 우리

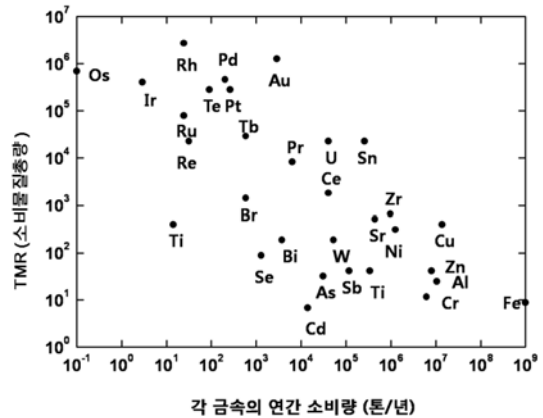


Fig. 2. The relationship of the metal and the total amount of material involved.

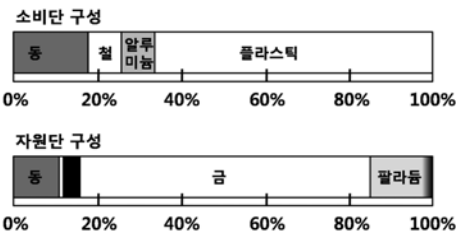


Fig. 3. Substances involved in cell phone.

가 반짝이는 금반지를 끼는 대가로 애꿎은 자연이 무거운 배낭을 짊어져야 한다는 것을 의미한다.)'으로 제안됐으며, 여기에서는 소비물질총량(TMR : Total Material Reurement)으로 각 금속에 대해 산정된다. 예를 들면 텅스텐의 경우 TMR은 거의 200으로, 1 kg의 텅스텐 제품을 만들기 위해서는 0.2톤의 물질이 소비되는 것을 의미하고, 그것이 Pd일 경우에는 1 g의 제품에 대해서 1톤의 물질이 있어야 한다는 것을 의미한다[3].

그림 3은 이것을 휴대전화의 예로 나타낸 것이다. 상부가 소비단 즉, 휴대전화를 분해했을 경우 소비자가 얻을 수 있는 중량으로 플라스틱, 동, 철, 알루미늄 등이 주체가 된다. 이것을 자원단으로 TMR로 표시한 것이 하측 그림이며, 소비단중량적으로는 극히 미량인 금이나 팔라듐 등이 자원적으로 보면 큰 비율을 차지하게 된다. 이런 사실을 보면 휴대전화를 재활용하여 금속을 회수하는 것이 이치에 맞는다는 것을 알 수 있다.

다시 그림 2를 보면 촉매, 전자부품, 자석 등의 용도증가가 전망되는 분야에 이용되는 금속의 회소성도 강하다는 것을 알 수 있다.

다음은 BRICs(BRICs : 2000년대를 전후해 빠른 경제성장을 거듭하고 있는 브라질 · 러시아 · 인도 · 중국 등 신흥경제 4국을 일컫는 경제용어) 나라들의 GDP와 인구 예측을 적용시켜 금속 소비를 예측했다.

철선그래프가 연간 금속 소비를 예측한 것이며, 봉 그래프는 그 누적량이다. 또한 봉 그래프 하부의 짙은 색 부분은 지금까지의 소비량 누적값이며, 아래의 파선은 현유매장량, 그 상부에 있는 파선은 경제 한계를 무시한 매장광량인 매장량 베이스를 나타낸 것이다.

그림 4에서 알 수 있듯이, 비교적 자원이 풍부해 보이는 철 및 백금조차 현유매장량을 거의 다 소비하는 자원소비가 예측되고, 동은 현유매장량을 능가하며 매장량 베이스조차 초과하는 자원소비가 예측된다. 그림 5에서는 각 금속에 대한 이런 경향을 한 눈에 볼 수 있도록 나타내었다. 봉 그래프 중 하향 부분이 지금까지의 소비량을 누적한 값인데 반해, 상측이 2000년부터 2050년에 걸친 누적소비량을 나타냄으로써 각각의 금속 현유매장량을 1로 하여 비교하기 쉽게 나타내었다. 또 짧은 가로 바는 매장량에 대한 매장량 베이스 양을 나타낸다. 대부분의 금속이

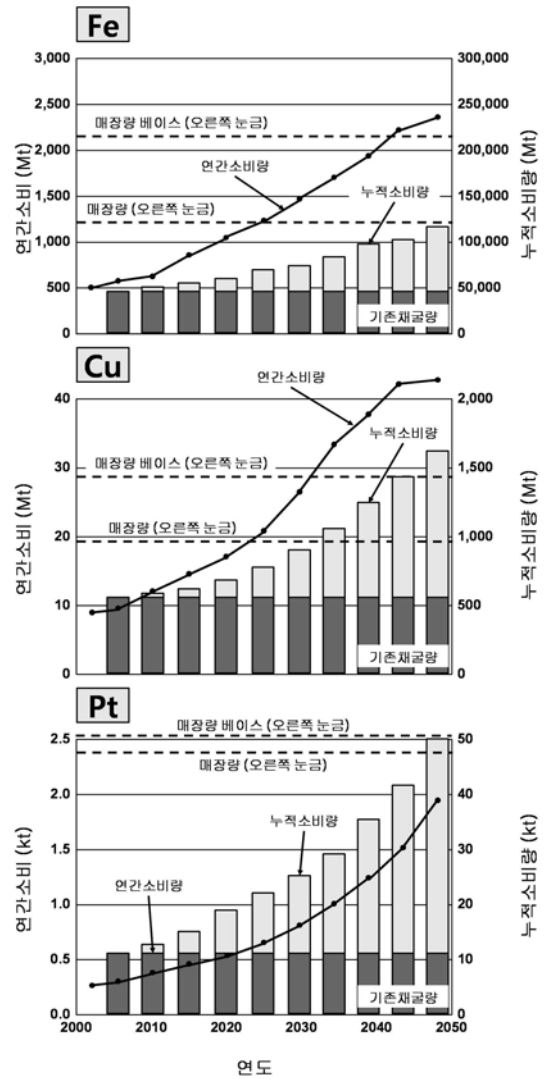


Fig. 4. The deposits and the consumption of the metal resource.

현유매장량을 초과하는 소비량이 전망되어, 탐색 및 리사이클 그리고 사용량의 대폭삭감이 요구되는 것을 알 수 있다. 이런 경향은 금, 납, 아연 등 일상적인 금속에서 현저하게 나타나 그 사회적 영향이 크다고 하겠다. 이와 같이 귀중한 자원의 공급리스크에 직면한 배경에는, 기본적으로 자연계가 생성하는 자원의 분포와, 우리가 현 시점에서 빈번하게 사용하는 자원의 분포가 다른 것에 기인한다. 철이나 알루미늄은 시장규모도 크고 지각존재도도 높지만, 백금, 은, 아연, 인듐, 희토류 등은 지각 존재도에 비하여 시장

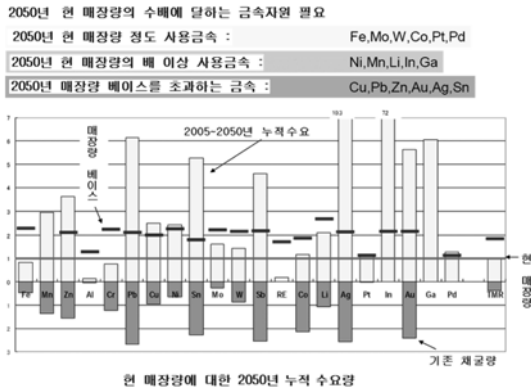


Fig. 5. Until 2050 the cumulative current demand for reserves.

규모가 훨씬 크기 때문에, 공급리스크가 쉽게 증대되는 것을 알 수 있다[3-5].

3. 우리나라의 희유금속 산업 및 기술현황

우리나라의 경우 전후 50여 년 동안은 정부주도의 단기 압축을 통해 성장하였고, 이 기간 동안의 산업화는 주로 인력에 기초하여 국외 원천소재, 원천기술을 도입함으로써 부를 창출하는 모방자적 전략이 유효하였다. 하지만 90년대에 들어 반도체, 디스플레이, 휴대폰 등의 산업분야에 집중적인 투자를 통해 현재 9대 주력산업분야에서 세계 경제를 리드하는 선도적 지위에 도달함에 따라서, 경쟁국가의 심한 견제와 후발국가의 도전에 직면해 있다.

현 국내 시장과 기술을 분석해 보면 희유금속의 국내시장규모는 약 165억불, 105만 톤('08년)으로 추정되나 합금철을 제외한 고부가가치 희유금속소재는 대부분 수입(85% 이상)에 의존한다.

그림 6은 첨단제품의 발전과 더불어 수입이('02년) 29억불에서('08년) 120억불로 급증하는 모습을 보여 주고 있다. 희유금속 국내생산은 망간, 니켈, 폴리브덴 등 합금철 분야에서 생산 23억불, 수출 9억불로 자급률이 비교적 높은 수준이나 인듐·카드뮴·비스

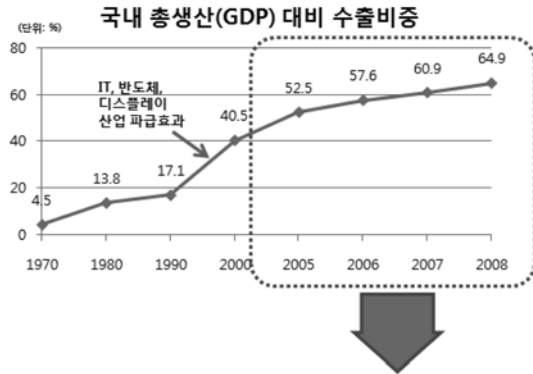


Fig. 6. Korea's export growth of the rare metal imports.

무스·셀레늄·백금등 고부가가치 희유금속은 대부분 수입에 의존하여 부담을 증대 시키고 있다. 특히 우리나라의 전반적인 산업구조를 보면 LCD등 수요 산업 분야의 글로벌 시장 점유율이 높으나 희유금속 산업 공급사슬(supply chain) 구조가 취약하여 해외 의존도가 증대해가고 있다.

표 2은 국내의 주요 희유금속 생산업체의 매출을 나타내었는데 이는 다른 희유금속 경쟁 국가에 비해 매우 미비하다.

한편으로 희유금속의 국내기술력을 보면 선진국 대비 40~60%수준이다. 미국·일본등 선진 소재강국이 자원순환·제련기술 및 소재가공기술을 독점하고 있고 이를 추격하기 위해서는 국내의 연구설비, 전문인력, 산업통계등 국내 인프라가 확고히 자리 잡아야 하는데 현재는 매우 취약한 실정이다. 다음 그림 7은 희유금속분야의 특허공보별 점유율 및 특허건수 추

Table 2. Primary rare metal manufactures ('08년 매출, 억 원)

제련(부산물)	합금철(Mo, Ni 등)	소재화전문	기타
고려아연(970) LS니꼬(420)	동일산업(4,835) · 심팩ANC(2,342), 코리아니켈(4,560), 평양합금철(1,610)	희성금속(4,058) 삼성코닝(1,000)	9digit(83)

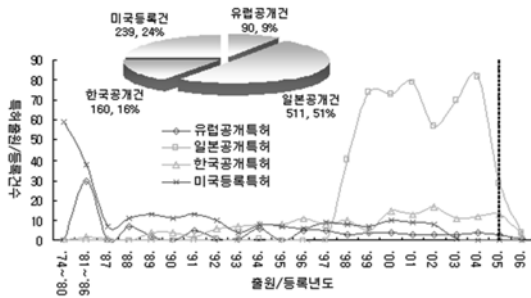


Fig. 7. Public license share and the number of license transition in the field of rare metal.

이를 나타낸 것이다. 전 세계 희유금속 분야 특허공개 건수가 일본 511건으로 51%를 차지하는데 비해 한국은 160건으로 16%에 그치는걸 알 수 있다[5-7].

한·일 양국은 공통적으로 천연자원빈국이고 희유금속 다소비형 산업구조를 가지고 있으나 일본은 세계최고의 소재기술(제련, 신소재)을 바탕으로 희유금속산업 전 단계(제련-소내-부품/제품-재활용)에서 고부가가치 산업경쟁력을 확보하고 있으나 한국은 자동차·IT 등 신성장동력산업 급성장으로 수요급증 추세이나 공급산업 부재 및 낮은 기술자립도로 해외의 의존도가 커지고 있다. 후발 주자인 중국 또한 풍부한

자원을 바탕으로 천연자원의 무기화정책을 강화해가고 있어 한·중·일 3국 경쟁구도에서 한국의 포지셔닝 트랩 위험이 고조되어 가고 있다.

다음 표 3는 한·중·일 희유금속 산업을 비교한 것이다.

위에서 기술되었듯이 희유금속 소재의 기술력제고와 기반 자원의 안정적 수급구조가 확고히 자리잡지 않는다면 자원보유국과 소재선진국의 2重 종속 산업구조로 고착화될 우려가 있어 희유금속 산업경쟁력 확보를 위해 선진국 경험을 살려 정부의 리더쉽과 함께 기업의 적극적 투자와 노력을 이끌어 내고 수요산업의 글로벌 경쟁력과 대학·연구기관 등 우수한 인력을 바탕으로 꾸준히 노력하여야 할 것이다 [1, 5, 8].

4. 희유금속의 안정적 공급기반 구축 방안

우리나라는 먼저 그림 8에서 보여주듯이 ‘소재화’ 영역을 집중적으로 지원하여 “자원-소재화-제품-재활용”의 국내 물질흐름 선순환 루프를 완성해야 한다. 현재 추진중인 희유금속 관련 국내외 광산 및 도시광산 개발 노력도 희유금속 ‘소재화 기술’확보 없이

Table 3. Compare rare metal industry of Korea, China and Japan

	천연자원	소재	부품/제품	자원순환	비고
중국	희유자원부국 생산위 : 13종	Low-end 기초소재중심	세계의 공장 생산1위 : 460종	제련연계 순환 폐자원 세계70%	자원무기화
한국	자원빈국 119.4억불('07)	Mid-end 페로합금	IT강국 디스플레이 1위(39%)	순환자원 수출국 순환도입기	포지셔닝 트랩
일본	자원빈국 203억불('07)	High-end IT소재세계(66%)	신산업강국	도시광산 세계최고기술(60%)	기술무기화

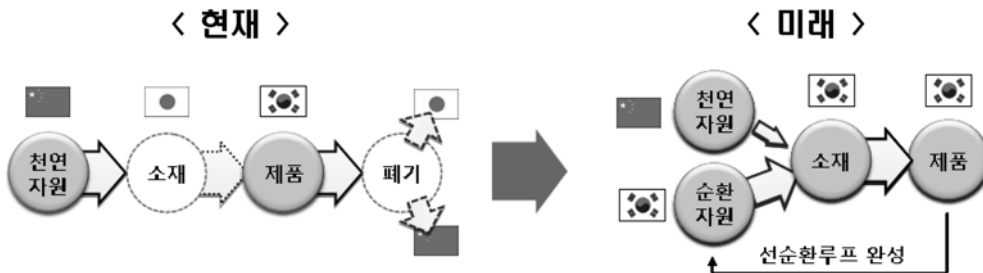


Fig. 8. The circulation of material flow loop.

는 의미가 반감된다. 즉 모든 희유금속 산업에 가장 기초가 되는 것이 제련·정련 등 소재화 기술을 통해 가치가 창출되는 것이다.

또한 소재화 핵심기술 개발과 병행하여 안정적 공급기반도 확보해 나가야 한다. 이는 자원순환형 산업 구조를 구축하고 전략적 비축 규모를 확대, 광물자원 개발을 확대함으로써 해결될 수 있다. 우선 자원순환형 산업구조를 구축하기 위하여 제도적 개선이 필요하다. 현재 제도를 보면 공정부산물은 폐기물관리법(시행령 3조, 7조)상 일괄적으로 폐기물로 분류되어 재활용사업자 산업단지 입주 및 설비 확대에 제약이 있어 별도의 제외기준 마련이 필요하다. 또 원료재생업의 경영환경으로 제조업과 동등 수준 이상으로 제고하여야 한다. 원료재생업은 표준산업분류상 '하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원산업'에 해당되어 '제조업'과 달리 산단입주 및 세제(재산세 등)의 지원 대상에서 제외된다. 이 뿐 아니라 폐PCB 등 원료재생 폐기물 수입관세 철폐 등 재활용 환경변화에 따른 순환사업 활성화 제약요소를 제거해야 한다. 이와 동시에 도시광산내 전략금속 회수를 위한 연구개발 지원 확대, 부산물 자원화를 통한 오염 저감 자원순환 네트워크 확산 등 희유금속 순환기술 확보 및 사업화 지원을 확대해야 할 것이다.

위 자원 순환형 산업 구조를 구축하는 것과 병행하여 공급 불안 요인이 상존하는 희유금속 인 리튬·갈륨·희토류 등 미래 신수요 소재로 부상중인 희유금속의 비축을 확대해야 한다.

희유금속 스크랩도 국내 자원 순환 및 외부 유출에 대비하고자 지자체와 연계하여 비축하는 것도 한 방안이다. 한편으로 광물자원 개발을 확대해야 한다. 민관합동 자원개발을 통해 희유금속 광산개발 투자를 유도하고 자원외교를 통해 기업들의 희유금속광 개발을 지원해야 한다. 또 해외 광산개발 뿐만 아니라 텅스텐, 몰리브덴 등 국내 부존자원이 있는 희유금속 광석에 대해 국내 광업육성자금등을 지원하여 국내 부존광산을 채굴해야 할 것이다.

5. 맺음말

기술 집약형 고부가가치 제품의 생산에는 핵심 기능성 소재가 산업경쟁력 확보에 있어 필수적 요소가

되고 있지만, 국내의 경우 그 핵심원료가 되는 희유금속 원재료 수요의 거의 전량 수입에 의존하고 있다. 즉, 가격과 공급안정성 측면 모두 구조적 문제점을 갖고 있는 것이 현실이다.

현재 한국의 IT로 대표되는 첨단기술이 세계일류에 도달해 있지만 그 기반이 되는 희유금속 원재료 산업과 기술은 매우 낙후되어 있다. 국내 제조업의 산업구조를 기술 집약형 고부가가치의 부품소재산업으로 전환하기 위해서 이를 뒷받침하는 각종 기능성 신소재, 소자 제조기술이 필요하고 여기에 사용되는 희유금속 원재료는 국내 기술로 제조되어 공급의 안정성을 보장해야 한다.

희유금속 소재는 광석 화합물 금속 등 가공단계별로 제품이 다양하게 사용될 뿐만 아니라 신기능 소재로서 무한대의 가능성을 갖고 있는 첨단산업의 핵심이다.

우리의 노력 여하에 따라 지속가능한 산업사회를 위한 필수 소재이자 미래 대한민국의 블로오션으로 전환시킬 수 있을 것이며, 실제 그렇게 되도록 노력해야 할 중요한 시기라는 점도 동시에 지적되고 있다.

참고문헌

- [1] Korea Institute of Industrial Technology: Planning report of Raremetal (2008).
- [2] Department of Steel Chemistry: Industry development strategy of Raremetal (2009).
- [3] Harada Komei: The state of resources risk and the way of risk reduction (2008).
- [4] M. K. Han, K. S. Choi, U. J. Lee: Manufacturing technology of high purity raremetal trend analysis of the patent, Journal of the Korean society for geosystem engineering, **45** (2008) 208.
- [5] J. S. Kim: Satus and prospects of domestic raremetal industry, JICS (2008).
- [6] K. S. Choi: Ultra-high purity raremetal research and development of the domestic status and future direction, 3rd Raw material manufacturing technology symposium of raremetal (2006) 65.
- [7] Domestic of supply and demand analysis, CMRI (2007).
- [8] Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources: Supply of rare earth metal mineral resources (2007).
- [9] Japan Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology: Research and development projects of Japan Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology.