

## ISO TC 298에서의 희토류 분야 표준화 현황과 우리나라의 전략 및 과제

엄누시아<sup>a</sup> · 사다르 아바스<sup>a,b</sup> · 무하마드 아닉<sup>a,b</sup> · 무하마드 자라르<sup>a,b</sup>  
이미혜<sup>a</sup> · 김범성<sup>a</sup> · 김택수<sup>b,c</sup> · 이 빈<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, <sup>b</sup>과학기술연합대학교 희소소재 및 반도체패키징공학과,  
<sup>c</sup>한국생산기술연구원 한러혁신센터

### Standardization of Rare Earth Elements in ISO TC 298 and Korea's Standardization Strategy

Nu Si A Eom<sup>a</sup>, Sardar Farhat Abbas<sup>a,b</sup>, Haq Muhammad Aneeq<sup>a,b</sup>, Rasheed Mohammad Zarar<sup>a,b</sup>,  
Mi Hye Lee<sup>a</sup>, Bum Sung Kim<sup>a</sup>, Taek-Soo Kim<sup>b,c</sup> and Bin Lee<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Korea Institute for Rare Metal, Korea Institute of Industrial Technology, Incheon 21999, Republic of Korea

<sup>b</sup>Critical Materials & Semi-Conductor Packaging Engineering, University of Science & Technology,  
Daejeon 34113, Republic of Korea

<sup>c</sup>Korea-Russia Innovation Center, Korea Institute of Industrial Technology, Incheon 21999, Republic of Korea

(Received June 17, 2019; Revised June 21, 2019; Accepted June 21, 2019)

**Abstract** Since the ISO decided to deal with rare-earth elements at the 298<sup>th</sup> Technical Committee (TC) in 2015, Korea has participated in four plenary meetings and proposed four standards as of June 2019. The status of ISO TC 298, the standards covered by the TC, and the standardization strategies of Korea are summarized. Korean delegations are actively engaged in WG2, which deals with recycling, proposing four standards for fostering the rare-earth recycling industry. However, the participation of domestic experts is still low compared with the increase in the number of working groups and the number of standards in TC 298. The aim of this article is to summarize the current status of ISO international standards related to rare-earth elements, to encourage relevant experts to participate in standardization, and to develop international standards that accurately reflect the realities of the industry.

**Keywords:** ISO TC 298, Rare earth elements (REE)

### 1. 배 경

희토류(Rare earths)는 스칸듐(Scandium, Sc)과 이트륨(Yttrium, Y) 및 란탄족(Lanthanide)의 15개 원소를 포함한 17개 원소를 의미한다[1]. 희소금속, 희귀금속, 전략금속 등 매장량, 산업구조상의 이유로 관리가 필요한 원소들의 구분이 국가별로 상이한 것과 달리, 희토류는 국제 순수 및 응용화학 연맹(International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC)에서 지정된 17개의 원소를 의미한다.

우리나라는 2009년 산업통상자원부(당시 지식경제부)에서 35종 56개의 희소금속 원소를 지정하였으며, 17개 희토류 원소는 희소금속에 포함되어 있다.

최근 미중 무역분쟁에서의 중국 측 경제 보복 수단으로 희토류가 부각되어, 이에 대한 관심이 다시 집중되고 있다. 중국이 희토류에 대한 수출입 제한을 외교적 사안의 수단으로 이용한 것은 처음이 아니다. 2010년 중국과 일본이 센카쿠 열도(중국명은 댜오위다오) 를 사이에 두고 영토 분쟁이 벌어졌을 때 중국이 희토류 수출 제한 카드를 꺼

- 엄누시아: 포스트닥터, 사다르 아바스·무하마드 아닉·무하마드 자라르: 학생, 이미혜: 기술원, 김범성·김택수: 수석연구원, 이 빈: 선임연구원  
\*Corresponding Author: Bin Lee, TEL: +82-32-458-5114, FAX: +82-32-458-5120, E-mail: lbin@kitech.re.kr



상황이다.

본 기고문의 목적은 2019년 6월 현재 희토류 관련 국제 표준 현황을 분석하고, 우리나라의 표준화 전략을 정리하여 관련 전문가들의 표준화 참여를 독려하여, 우리 산업 현실을 정확히 반영한 국제 표준을 개발하기 위함이다.

## 2. ISO TC 298의 구성

ISO TC 298의 의장 및 간사국은 중국이 맡고 있다. 연구반은 2019년 6월 현재 4개가 형성되어 표준안을 개발하고 있으며, 의장자문그룹(Chairman’s Advisory Group, CAG)은 2017년에 형성되어 TC의 운영 방향을 결정하고 있다. TC에 참여하고 있는 P-member(Participating members)는 9개국으로, 대한민국을 비롯해 덴마크, 러시아, 미국, 인도, 일본, 중국, 캐나다, 호주 등이 활동하고 있으며 O-member(Observing members)는 25개국이 있다.

진행 중인 표준안에 대해 소개하기 위해, 용어에 대한 정의가 필요하다. ISO 국제 표준의 제정은 크게 다섯 가지 단계로 나뉜다. 표준안을 제안하는 NP(New Proposal) 단계, 주로 연구반에서 초안을 작성하는 WD(Working Draft) 단계, TC 수준에서 표준안을 다루는 CD(Committee Draft) 단계, 최종 표준의 초안이 도출된 DIS(Draft International Standard) 단계, 및 투표를 거쳐 국제규격의 최종 초안인 FDIS(Final Draft International Standard) 단계를 거치면 최종적으로 IS(International Standard)

로 발간되게 된다. 아래 연구반별 표준의 소개에서 표준의 번호 앞에 붙은 용어가 표준의 단계를 의미하며, AWI(Approved working item)의 경우 투표를 통해 NP가 개발될 표준으로 선정되게 되었음을 의미한다.

### 2.1. WG1. Terms and definitions

WG1은 두 번째 총회(2017년, 캐나다)에서 설립이 결정되었다. WG1에서는 희토류 관련 용어와 그 정의를 다루고 있다. 중국에서 의장(convenor)를 맡고 있으며, 다른 연구반에서 개발할 표준의 근간이 되어야 하기 때문에 각국의 협의 하에 가장 빠른 표준화 단계로 추진되고 있다. WG1에서 다루고 있는 두 건의 표준을 아래 표 1에 정리하였다.

### 2.2. WG2. Elements recycling

WG2 역시 캐나다에서 2017년 열린 두 번째 총회에서 설립이 확정되었다. 현재 우리나라 한국생산기술연구원 김택수 수석연구원이 의장을 맡고 있으며, 한국 측에서 주도적으로 표준화를 수행하고 있다.

지속가능한 희토류 산업 생태계 구축을 위해 필수적인 재활용 관련 표준을 다루고 있다. 표준화는 기 성장한 산업의 체계를 정립하여 효율성을 꾀하는 것이 일반적이다. 이에 반해, 희토류 관련 산업은 체계가 잡히지 않은 상태이기 때문에 초기 단계의 산업을 육성하는데 그 목적이 있어 표준화 개발에 어려움이 있다. WG2에서 다루고 있

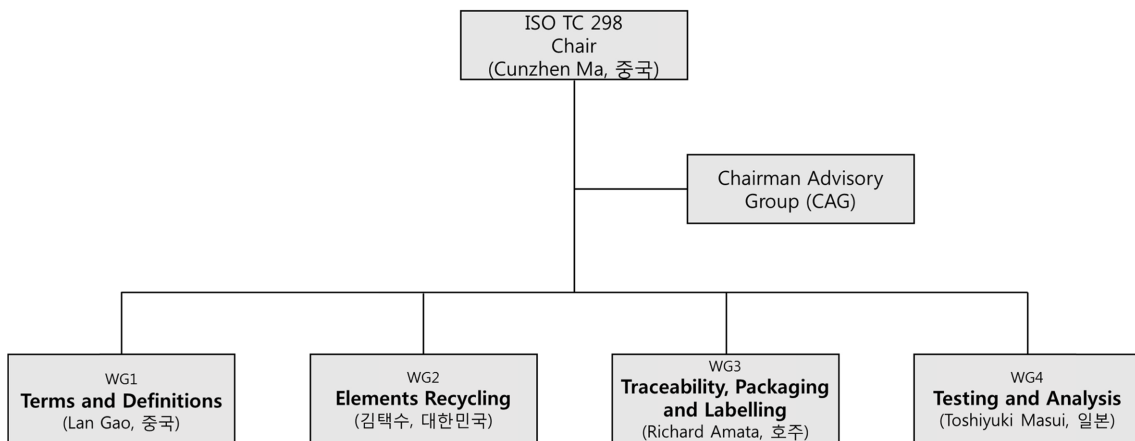


Fig. 2. Chairman and working group structure of ISO TC 298 (as of June 2019).

Table 1. Standards being developed in WG1. Terms and definition (as of June 2019)

표준번호	표준 제목	표준 제안국	표준 내용
ISO/CD 22444-1	Rare earth – Terms and definitions – Part 1: Minerals, oxides and other compounds	중국	희토류 관련 광물, 산화물 및 화합물에 대한 용어 및 정의
ISO/CD 22444-2	Rare earth – Terms and definitions – Part 2: Rare earth metals and their alloys	중국	희토류 금속 및 합금에 관련된 용어 및 정의

**Table 2. Standards being developed in WG2. Elements recycling (as of June 2019)**

표준번호	표준 제목	표준 제안국	표준 내용
ISO/CD 22450	Rare earth – Elements recycling – Communication formats for providing recycling information on rare earth elements in by-products and industrial wastes	대한민국	희토류 관련 물질의 재활용을 위한 함량 표기법 및 분류 체계
ISO/WD 22451	Rare earth – Elements recycling – Measurement method of rare earth elements in by-products and industrial wastes	대한민국	희토류가 포함된 산업 폐기물 및 공정 부산물의 함량을 측정하기 위한 측정법 (Technical specification, TS로 전환 예정)
ISO/WD 22453	Rare earth – Elements recycling – Method for the exchange of information of rare earth elements in by-products and industrial wastes	대한민국	희토류 재활용 관련 성분 및 함량 정보 교환법
ISO/AWI 22928	Measurement method for magnet scraps containing rare earth elements	대한민국	폐 희토류 영구자석의 분류를 위한 측정법

**Table 3. Standards being developed in WG3. Traceability, packaging, and labelling (as of June 2019)**

표준번호	표준 제목	표준 제안국	표준 내용
ISO/AWI 22927	Rare earth – Packaging and Labelling	중국, 일본	희토류 관련 제품의 포장 및 라벨링 관련 표준
ISO/AWI 23664	Traceability of rare earths in the supply chain from mine to separated products	캐나다	희토류 원소의 채광시점부터 제품단계까지의 흐름에 관련된 표준

**Table 4. Standards being developed in WG4. Testing and analysis (as of June 2019)**

표준번호	표준 제목	표준 제안국	표준 내용
ISO/AWI 23596	Rare earth – Determination of rare earth content in individual rare earth metal and their oxides – Gravimetric method	중국	Gravimetric method를 이용한 희토류 함량 측정법
ISO/AWI 23597	Rare earth – Determination of rare earth content in individual rare earth metal and their oxides – Titration method	중국	Titration method를 이용한 희토류 함량 측정법
ISO/AWI 24181	Rare earth – General rules for abbreviated determination of rare earth elements and impurities in individual rare earth metals and their oxide	일본	희토류 금속과 산화물에서 희토류 및 불순물 함량을 측정하기 위한 일반적인 측정법

는 우리나라에서 추진중인 재활용 관련 표준에 대해서는 다음 챕터에 후술하도록 하겠다.

### 2.3. WG3. Traceability, packaging and labelling

채광부터 시작하는 희토류 원소의 흐름에 관련된 추적, 희토류 관련 물질의 포장 및 이의 라벨링(Labelling)은 표준화가 되어야 할 중요한 이슈로 인정받아 2018년 호주에서 열린 세 번째 총회에서 설립되었다. 2018년 설립 당시부터 2019년까지 캐나다에서 의장으로 활동하였으며, 2019년 5월, 일본에서 개최된 네 번째 총회에서 호주의 전문가로 의장이 변경되었다.

WG3에서는 실제 희토류의 채광을 수행하거나 산화물, 화합물 등의 소재 관련 제품을 생산하고 있는 중국과 캐나다를 중심으로 표준이 개발되고 있다. WG1과 WG2에 비해 직접적인 이해관계가 적용될 수 있어 표준 개발에 난항이 예상된다.

### 2.4. WG4. Testing and analysis

총회에서 확정된 앞선 세 개의 연구반과 달리, WG4의 경우 2019년 ISO 시스템을 통한 투표로 신설되었다. 일본에서 의장을 맡았으며, 희토류 측정법은 난이도가 높기 때문에 활발한 표준안 제정 활동이 예상된다.

중국 및 일본에서 기 보유하고 있는 측정법 노하우를 바탕으로 한 표준화가 예상되며, 국내외 산업 환경 및 측정장비 보유여부 등을 고려한 전략적인 표준화 활동이 요구된다.

### 2.5. 추후 설립 예정 연구반

전략사업계획에 따르면, 방사능, 환경, 인체 등에 미치는 영향에 관련된 표준안이 제시되어 있으나, 아직 구체적인 일정은 정해지지 않았다.

## 3. 총회 결과 소개 및 의결 사항

2019년 6월 현재 네 차례의 총회가 열렸다. 2020년 5월에는 우리나라에서 5번째 총회가 개최될 예정이다.

### 3.1. 1회 중국 회의(2016년 10월, 베이징)

2016년 10월에 열린 첫 번째 ISO TC 298 회의에서는 전략사업계획에 대해 논의하고, TC의 방향에 대해 논의하였다. 채광, 정련, 제련, 분리, 변환(화합물화, 합금화 등)에 있어 안전하고 환경친화적인 절차가 수행될 수 있는 표준화 제정에 합의하였다. 총 7건의 예비 업무항목(Preliminary work item, PWI)이 발표되었으며, 우리나라에서 이 중 3건의 재활용 관련 표준을 제안하였다.

### 3.2. 2회 캐나다 회의(2017년 6월, 토론토)

의장자문그룹(CAG)이 설립되었으며, 우리나라의 김범성 박사(한국생산기술연구원)가 포함되었다. WG1과 WG2가 2회 총회에서 신설되었다. 이 때 김택수 박사가 WG2의 convenor로 추천받아 현재까지 활동 중이다.

### 3.3. 3회 호주 회의(2018년 5월, 시드니)

WG3가 신설되었고, 용어 및 정의를 다루는 22444-1, 22444-2 및 재활용 정보 표기 표준을 다루는 22450 등의 표준이 처음으로 WD 단계에서 CD 단계로 진척하였다. 우리나라의 김택수 박사가 WG2 convenor로서 CAG 멤버로 추천되었다.

### 3.4. 4회 일본 회의(2019년 5월, 도쿄)

지난 2019년 5월 열린 일본 회의에서는 WG4의 첫 회의가 열렸다. 본 회의에서는 ISO/TC 102/SC1(Iron ore and direct reduced iron – Sampling), ISO/PC 308(Chain of custody – General terminology, concepts, requirements and guidance) 및 IEC/TC 111(Environmental standardization for electrical and electronic products and systems)와 유관기관 협의(Liasion) 를 맺기로 결정했다. IEC/TC 111 대상의 TC 298측 대표로 김택수 박사가 추천되었다. 또한 차기 2020년 총회 개최지로 우리나라가 추천되었다.

## 4. 재활용 관련 한국측 제출 표준안 및 전략

우리나라는 재활용 관련 연구반인 WG2에서 활발한 활동을 수행하고 있다. 현재 한국생산기술연구원, 한국기계전기전자시험연구원 및 성신여자대학교의 희토류, 표준화 및 자원순환 전문가들이 표준화 활동을 주도하고 있다. TC의 규모가 점점 커지고 WG가 차례로 신설됨에 따라 더 많은 연구계, 산업계 전문가들이 참가하여 각 연구반에서 목소리를 내는 것이 필요하다.

자원 빈국인 우리나라는 지속적인 관련 산업 무역 적자 해소를 위해 재활용을 통해 원료 및 소재에 대한 수입을 일부라도 대체해야 한다. 희토류의 경우 가격의 등락이 크

고(네오디뮴 산화물 99.5% 기준, 2011년 약 195 \$/kg 및 2017년 50 \$/kg)[8, 9], 현재까지는 시장의 규모가 제한되어 있어 정책적 지원을 통한 산업의 육성이 필요하다.

재활용 산업이 활성화되지 않는 이유는 (1) 희토류 관련 물질 재활용의 기술적 난이도가 높고, (2) 재활용 대상 희토류의 함량에 대한 정보가 제한되어 사업성에 대한 평가가 어려우며, (3) 재활용 대상 물질의 수집 관련 정책이 없기 때문으로 분석된다.

재활용 기술적 문제의 경우 활발한 연구가 수행되고 있어 표준의 영역이 아니며, 현재는 산업 폐기물 및 공정 부산물 등에서의 희토류 함량에 대한 정보를 정확하고 효율적인 방법으로 측정하고 교환할 수 있는 표준의 제정에 힘쓰고 있다. 이후 휴대전화 전지 등에서의 정책을 참고하여 수집 관련 표준을 추진할 계획이다. 아래에 현재 한국측에서 제출한 재활용 대상 물질의 희토류의 정보 교환 관련 표준에 대해 간단히 정리하였다.

### 4.1. ISO/CD 22450 Rare earth – Elements recycling – Communication formats for providing recycling information on rare earth elements in by-products and industrial wastes

희토류 관련 산업 부산물과 공정 폐기물 관련 분류 체계와 이에 포함된 희토류의 정보를 표기하기 위한 표(table) 형태의 포맷을 제공하는 표준이다. 어떤 희토류 원소를 포함해야 하는지, 포맷에 포함된 희토류 함량이 어느 정도까지 자세하게 기입되어야 하는지 등에 대한 토론을 거쳐 지속적인 표준 개발이 이뤄지고 있다. 희토류 재활용 표준의 중심점 역할을 하고 있으며, 상기 했듯, 산업 체계 확보를 위해 재활용 대상 물질의 분류 코드를 함께 개발하고 있다. Project leader는 김범성 박사이다.

### 4.2. ISO/WD 22451 Rare earth – Elements recycling – Measurement method of rare earth elements in by-products and industrial wastes

ISO/WD 22451에는 앞선 ISO/CD 22450에서 제시된 포맷에 함량에 대한 정확한 정보를 기입하기 위해 XRF와 ICP-OES 등을 이용한 간단한 측정법이 제시되었으며, Project leader는 김택수 박사이다. 재활용 관련 사업을 추진하고자 하는 사업자가 관련 시장의 수익성, 규모 등을 예측하기 위해 필요한 표준의 영역이다. 재활용을 다루는 WG2에서 다루고 있었으나, 이후 설립되어 측정법을 다루는 WG4와의 중복성 문제가 제기되었다. 논의 끝에 2019년 5월 회의에서 국제표준(International standard, IS)보다는 기술규격(Technical specification, TS) 형태의 개발로, 전환이 결정되었다.

### 4.3. ISO/WD 22453 Rare earth – Elements recycling – Method for the exchange of information of rare earth elements in by-products and industrial wastes

앞선 두 표준을 통해 획득할 수 있는 산업 부산물과 공정 폐기물에 포함된 희토류의 종류 및 함량에 대한 정보를 용이한 방법으로 교환할 수 있는 표준안이 제안되었다. QR코드 혹은 바코드 등의 방식을 통해 데이터가 원활하게 순환할 수 있는 기반을 제시한 표준이다. 데이터의 관리와 관련되어 있어, WG3에서 다루는 원소의 흐름에 관련된 추적(Traceability)과 연결이 필요하다는 의견이 제시되었다. 하지만 채광에서 제품을 제조하기까지의 과정과 재활용은 사실상 분리된 공정이기 때문에 이의 융합에는 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. Project leader는 김범성 박사이며, 현재 Traceability와 관련된 사항의 각국 의견을 취합하는 중이다.

### 4.4. ISO/AWI 22928 Measurement method for magnet scraps containing rare earth elements

희토류 자석은 크게 네오디뮴계 자석(NdFeB)과 사마륨-코발트계(SmCo) 자석으로 나뉜다. 두 종류의 자석은 추출해야 할 원소가 다르기 때문에 재활용의 전략과 방향이 근본적으로 달라진다. 또한, 네오디뮴계 자석도 사용환경에 따라 디스프로슘(Dysprosium, Dy), 터븀(Terbium, Tb) 등의 원소가 첨가될 수 있다. 특히 디스프로슘의 경우 2010년 미국 에너지부에서 장단기 친환경에너지 중요도와 공급불안성이 가장 높은 원소로 선정되는 등 산업적 활용성이 높은 원소로[10], 보유 여부에 따른 재활용 전략이 상이하다. 따라서 재활용업자의 사업 포트폴리오 구성을 용이하게 하기 위해, 희토류 영구자석이 보유하고 있는 희토류 원소의 종류를 효율적으로 파악하기 위한 간단한 수준의 측정법이 제안되었다. XRF를 활용하여 네오디뮴계, 사마륨-코발트계 자석을 분류하고, 추후 필요하다면 ICP-MS 등의 방법을 통해 디스프로슘의 보유여부를 측정할 수 있는 측정법 관련 초안 작성을 각국 전문가들과 함께 수행 중이다. 본 표준안은 한국기계전기전자시험연구원의 한문환 수석연구원과, 한국생산기술연구원의 사다르 아바스(Abbas Sardar Farhat) 연구원이 공동 project leader로 제안하였다.

## 5. 희토류 표준화 관련 앞으로의 과제

희토류 관련 산업의 중요성을 인정받아 연구반이 4개까지 증가하는 등 중국, 일본, 호주를 중심으로 한 각국 전문가의 참가가 점차 증가하고 있다. 우리나라는 현재 재활용 관련 표준화에 집중하고 있어, 적극적 참여기관인 한국

생산기술연구원, 한국기계전기전자시험연구원 및 성신여자대학교가 주축이 되어 TC 활동을 수행 중이다. 하지만 연구반의 증가와 프로젝트(표준안)의 급격한 증가로, 현재 활동 중인 인원으로는 표준안의 상세한 대응에 어려움이 있다.

희토류 재활용 관련 표준화에는 실제 산업의 목소리를 제시할 수 있는 산업계의 목소리가 필요하다. 일본의 경우 미쓰이금속광업, 쇼와덴코, 소지쯔, 히타치금속, 신에츠화학, 토요츠 머테리얼, 라이너스 일본지사, 니폰덴코, 미쓰비시 등이 실제 회의 참석 여부와는 별개로 전문가로 등록되어 있다. 캐나다(로저스, 광산·광물·금속 거래소), 덴마크(그린포스), 중국(그리렘, 네이밍구 바오테우 철강 희토류, 귀안동 희토류) 등 산업계의 참여가 활발하다.

WG4가 신설되면서 희토류의 측정법 관련 다수의 표준안이 제시될 계획인데, 이 과정에서 발생할 수 있는 우리나라 산업계의 불이익을 방지하기 위한 희토류 분석·측정법 관련 전문가도 적극적인 활동을 수행해야 한다. 뿐만 아니라, 전기자동차, 세탁기 등 희토류 자석의 최종 수요업체 겸 최종제품 생산기업 역시 추후 Traceability 표준화 진행 과정이 우리나라 산업에 유리한 방향으로 진행될 수 있도록 적극적인 참여가 필요하다. WG2 convenor를 수행하고 있고, 매 회의에서 주도적인 역할을 수행하는 등 TC 내 리더쉽 확보에는 성공한 상황으로 여겨진다. 각 분야의 전문가 참여를 통해 국가 산업 발전에 기여할 수 있는 표준화 활동을 수행할 수 있기를 기대한다.

## 6. 결 론

2019년 6월 현재, ISO TC 298에서 다루는 희토류 관련 표준화 현황에 대해 정리하였다. 용어 및 정의, 재활용 등 네 개의 연구반이 운영되고 있으며, 우리나라는 재활용 관련 연구반의 의장을 맡고 있고, 진행 중인 11개의 표준 중 3개를 우리나라에서 제출하는 등 활발한 활동을 수행 중이다. 하지만 TC가 확대되고, 연구반이 증가하며 다루는 표준의 범위가 넓어지면서, 전문가의 충원을 통한 적극적인 대응이 필요한 상황이다. 2020년 5번째 총회의 우리나라 개최가 확정되었고, 이를 계기로 우리나라 희토류 표준화 및 관련 산업 저변 확대의 기회가 되길 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 국가기술표준원 및 한국산업기술평가관리원의 국가표준기술개발 및 보급 사업의 일환으로 수행하였음.[10053618, Green ICT 기반 조성을 위한 희소금속 재활용(Recycling) 국제표준 연구 개발 및 10078264, 지속 가능한 국내 희토류 산업 활성화를 위한 국제 표준 개발]

## References

- [1] S. Massari and M. Ruberti: Resour. Policy, **38** (2013) 36.
- [2] J. Wubbeke: Resour. Policy, **38** (2013) 384.
- [3] K. M. Goodenough, F. Wall and D. Merriman: Nat. Resour. Res., **27** (2018) 201.
- [4] T. S. Kim: KATS Technical Report, **101** (2017) 4.
- [5] B. S. V. Gosen, P. L. Verplanck, R. R. S. II, K. R. Long and J. Gambogi: U. S. Geological Survey Chapter 0, USGS, Virginia, (2017) 02.
- [6] ISO TC 298: Strategic Business Plan of ISO/TC 298, ISO, China, (2019) 5.
- [7] S. B. Castor: Can. Mineral., **46** (2008) 779.
- [8] J. Gambogi: Mineral Commodity Summaries, USGS, Virginia, (2016) 134.
- [9] J. Gambogi: Mineral Commodity Summaries, USGS, Virginia, (2019) 132.
- [10] S. Chu: Critical Materials Strategy, U.S. Depart. Energy (DOE), (2010) 8.