

ISO TC 298에서의 희토류 재활용 관련 국제 표준화 현황

이미혜^{a,1} · 송요셉^{a,1} · 온지선^a · 윤승환^b · 한문환^c · 김범성^{a,d} · 김택수^{d,e} · 이 빈^{a,d*}

^a한국생산기술연구원 한국희소금속산업기술센터, ^b국가기술표준원 기계융합산업표준과,
^c한국기계전기전자시험연구원 스마트혁신지원센터 ^d과학기술연합대학원대학교 산업소재·스마트제조공학,
^e한국생산기술연구원 뿌리기술연구소

Standardization Status of Rare Earth Elements Recycling in ISO TC 298

Mi Hye Lee^{a,1}, Yosep Song^{a,1}, Ji Sun On^a, Seung Hwan Yoon^b, Munhwan Han^c, Bum Sung Kim^{a,d},
Taek-soo Kim^{d,e} and Bin Lee^{a,d*}

^aKorea Institute for Rare Metal, Korea Institute of Industrial Technology, Incheon 21999, Republic of Korea

^bMachinery & Materials Standards Division, Korea Agency for Technology and Standards,
Chungcheongbuk-do 27737, Republic of Korea

^cKorea Testing Certification Institute, Smart Innovation Support Center, Gyeonggi-do 15809, Republic of Korea

^dConvergence Manufacturing System Engineering, University of Science & Technology, Daejeon 34113, Republic of Korea

^eResearch Institute of Advanced Manufacturing & Materials Technology, Korea Institute of Industrial Technology,
Incheon 21999 Republic of Korea

(Received April 5, 2022; Revised April 22, 2022; Accepted April 27, 2022)

Abstract Rare earth elements, which are important components of motors, are in high demand and thus constantly get more expensive. This tendency is driven by the growth of the electric vehicle market, as well as environmental issues associated with rare-earth metal manufacturing. TC 298 of the ISO manages standardization in the areas of rare-earth recycling, measurement, and sustainability. Korea, a resource-poor country, is working on international standardization projects that focus on recycling and encouraging the domestic adoption of international standards. ITU-T has previously issued recommendations regarding the recycling of rare-earth metals from e-waste. ISO TC 298 expands on the previous recommendations and standards for promoting the recycling industry. Recycling-related rare earth standards and drafts covered by ISO TC 298, as well as Korea's strategies, are reviewed and discussed in this article.

Keywords: ISO TC 298, Rare Earth Elements

1. 배 경

국제 순수 및 응용화학 연맹(International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC)에서 지정된 17개의 원소를 의미하는 희토류 원소(Rare earth elements)는 스칸듐(Scandium, Sc)과 이트륨(Yttrium, Y) 및 란타늄족(Lanthanide, 원자번호 57~71)의 15개 원소를 포함한다[1]. 유사한 화학적 구조를 가지고 있어 자연에서 함께 존재하는 경향 때

문에 17개 원소를 하나의 그룹으로 묶어 '희토류'라는 용어로 함께 관리된다. 국가 차원의 관리를 위해 정해진 56개 원소를 의미하는 산업적 용어, '희소금속'과는 구분되는 용어로, 우리나라에서는 희토류가 희소금속에 포함된다.

화학적 특성이 비슷하며, 17종이 자연에서 함께 발견된다는 점은, 분리, 정련, 제련 등의 공정을 통해 개별적인 희토류 원소를 추출하기 어렵다는 것을 의미한다. 강한 산(acid) 등을 활용하여 환경오염을 유발하는 침출 공정이

- 이미혜: 기술원, 송요셉: 포스트닥터, 온지선: 기술원, 윤승환: 연구사, 한문환: 센터장, 김범성: 단장, 김택수: 연구소장, 이 빈: 수석연구원
-1: Co-1st author : M. H. Lee, Y. Song

*Corresponding Author: Bin Lee, TEL: +82-32-458-5114, FAX: +82-32-458-5120, E-mail: lbin@kitech.re.kr

수반되는 희토류의 분리공정 특성상 국가 차원의 산업 육성 동력이 높고 관리와 통제가 용이한 체제를 보유한 중국에서 전 세계 생산량 중 약 60%를 차지하고 있다[2].

전기차, 풍력발전 등 고성능 모터가 활용되는 첨단 및 친환경산업의 확대로 2010년경부터 네오디뮴(Nd), 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb) 등 희토류 영구자석을 활용한 모터 사용량이 급증하면서 희토류 가격이 10배 이상 급등했고(산화네오디뮴 가격 `10.01 기준 22,250 \$/ton 및 `11.08 기준 337,500 \$/ton, 한국자원정보서비스)[3], 희토류 자원과 이를 활용한 제품에 대한 관심이 크게 증가하게 되었다. 특히 상기 언급한 채광, 정련 및 제련 과정에서의 환경오염 문제, 희토류 채광시 동반되는 방사성 물질들에 대한 관리, 시장 규모의 확대에 의한 무역 관점 등 표준화의 필요성이 제기되어, 2015년 중국을 주도로 ISO TC 298 Rare earths 위원회가 설립되었다.

International Organization for Standardization의 약자인 ISO는 IEC(International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회), ITU(International Telecommunication

Union, 국제전기통신연합)과 함께 3대 국제 표준화 기구로, 통신, 전파, 방송 등을 제외한 전 분야의 국제 표준의 개발 및 발간과 관련된 업무를 수행하고 있다[4]. ISO 기구 설립과 이를 통한 표준 개발의 목적은 상품과 서비스의 국가간 교류를 용이하게 하고, 산업의 협력 체계 구축을 위함이다[5].

ISO에는 TC(Technical Committee)라는 명칭으로 기술위원회가 운영되고 있다. 기술위원회 산하에는 SC(Subcommittee, 분과위원회) 및 WG(Working Group, 작업반)가 구성되어 있다. 희토류를 다루는 TC 298의 경우 298번째로 설립된 기술위원회이며, SC는 구성되지 않았고, 대신 5개의 WG가 구성되었다. 용어 및 정의를 다루는 WG1(Terms and definitions)의 경우 희토류 관련 주요 용어를 정의하는 2개의 표준을 개발한 후 현재는 운영하지 않는 상태이다.

ISO TC 298의 현재 조직도를 Fig. 1과 같이 나타내었다. CAG로 표시되어 있는 의장자문그룹은 Chairman's advisory group의 약어로, WG의 설립, TC의 방향성 논의 등 기술

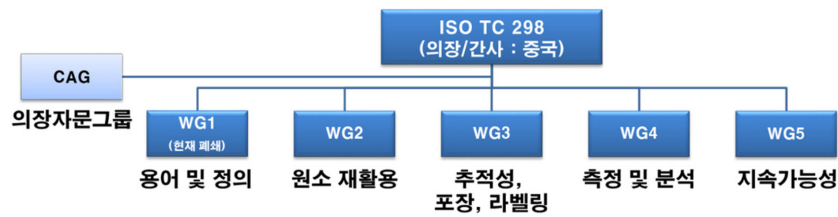


Fig. 1. Chairman and working group structure of ISO TC 298 (as of March 2022).

Table 1. Standards being developed in ISO TC 298 (as of March 2022)

No.	Working Group	Standard number	Title	Date (Nation)
1	WG1 용어 및 정의 (Terms and definitions)	ISO 22444-1	희토류 - 용어 - 1부: 미네랄, 산화물 및 기타 화합물 (Rare earth - Vocabulary - Part 1: Minerals, oxides and other compounds)	2020-10 (중국제안)
2		ISO 22444-2	희토류 - 용어 - 2부: 금속 및 합금 (Rare earth - Vocabulary - Part 2: Metals and their alloys)	2020-10 (중국제안)
3	WG2 재활용 (Elements recycling)	ISO 22450	희토류 원소의 재활용 - 산업 폐기물 및 폐기 제품에 대한 정보제공 요구사항 (Recycling of rare earth elements - Requirements for providing information on industrial waste and end-of-life products)	2020-10 (한국제안)
4		ISO/TS 22451	희토류 원소의 재활용 - 산업 폐기물 및 폐기 제품의 희토류 원소 측정방법 (Recycling of rare earth elements - Methods for the measurement of rare earth elements in industrial waste and end-of-life products)	2021-05 (한국제안)
5		ISO 22453	산업 폐기물 및 폐기 제품의 희토류 원소 정보 교환법 (Exchange of information on rare earth elements in industrial wastes and end-of-life cycled products)	2021-06 (한국제안)
6	WG3 추적, 포장 및 라벨링 Traceability, packaging, and labelling	ISO 22927	희토류 - 포장 및 라벨링 (Rare earth - Packaging and labelling)	2021-06 (일본제안)
7		ISO 23664	광산에서 제품까지의 희토류 공급망 추적 (Traceability of rare earths in the supply chain from mine to separated products)	2021-10 (호주제안)

위원회의 주요 안건을 다룬다. 2022년 2월 기준 WG2~WG5까지 4개의 작업반에서 희토류 관련 표준 개발을 수행 중이다. 현재 ISO로 제정 완료된 7종의 표준을 Table 1에 요약하였다.

상기 Table 1에서 ISO TS 22451의 경우 “TS”가 명기되어 있는데 이는 ISO 국제표준에 비해 시급성이 부족하거나 현 시점에서 합의 도출이 어려운 표준 형식의 문서에 대해 기술시방서(Technical Specification)의 형태로 제정된 것으로 자세한 내용은 후술하도록 하겠다.

우리나라는 WG2 재활용 분야에서 활발한 활동을 하고 있고, 이는 우리나라의 희토류 관련 밸류체인과 무관하지 않다. 자원빈국이지만 손꼽히는 제조업 국가인 우리나라는 전량 해외 수입에 의존중인 희토류 자원 및 소재 관련 산업생태계의 개선이 필요하다. 이를 위해 수송기기, 발전설비, 가전기기 등에 활용되는 희토류 모터를 포함한 국내 발생 폐자원을 재활용하여 순환소재화하는 것이 가장 현실성 있는 전략이다.

본 기고문에서는 ISO TC 298에서 다루고 있는 희토류 재활용 관련 표준화 현황에 관해 논하고자 한다. 현재 재활용과 관련된 표준은 기 제정된 3건 및 현재 개발중인 2건이 있으며 각 표준에 관한 소개와 표준화의 전략을 다루도록 하겠다. 이를 위해, 개인용 전자기기 내 ‘희소금속’의 재활용을 위한 표준화를 다뤘던 ITU-T의 사례를 일부 소개하고 ISO TC 298에서 개발되거나 개발중인 표준을 상세히 설명하도록 하겠다. 본 기고문의 목적은 희토류 재활용 관련 표준화 동향의 보급을 통해 산업계의 이해를 돕고, 전문가의 참여를 독려하기 위함이다. 저작권상의 문제로 인해 관련 표준문서의 표와 그림은 재구성하였다.

2. 희소금속 및 희토류 관련 재활용 관련 국제 표준화 동향

2.1. ITU-T에서의 희소금속 재활용 관련 표준화 로드맵 및 성과

우리나라는 한국생산기술연구원과 한국기계전기전자기

술연구원의 주도로 3건의 희소금속 재활용 관련 표준을 ITU-T에 제정한 바 있다. 관련 내용은 한국분말야금학회지 23권 4호의 “희소금속 재활용을 위한 ITU-T 국제표준 개발현황” 논문에 자세히 설명되어 있다[6]. ITU-T는 UN 산하 표준기구인 국제전기통신연합(International Telecommunication Union)에서 전기통신 표준(Telecommunication Standardization Sector)에 대한 연구 및 표준화를 수행하는 기관이다. 이중 SG5(Environment, climate change and circular economy) 연구반(Study group, SG)에서는 환경과 기후변화에 관련된 전기통신 또는 전기통신기기 관련 표준을 다루고 있다.

ITU에서는 권고안(Recommendation)의 형태로 표준이 개발되는데, ITU-T L.1000~L.1199의 경우 전자폐기물과 순환경제(E-waste and circular economy) 관련 표준을 개발하고 있고, 이 중 정보통신 전자기기의 재활용과 직접적으로 관련된 표준안은 5개가 개발되었다. 이 중 L.1030과 L.1032는 전자기기의 전반적인 재활용에 대해 다루고 있다. 희소금속의 재활용에 초점을 맞춘 표준은 L.1100, L.1101 및 L.1102로, 상기 기술했듯 우리나라에서 제출한 3개의 표준이다.

희소금속의 재활용이 원활히 이뤄지지 않는 이유에 대해 ①전자폐기물(정보통신 제품) 내 희소금속의 종류 및 함량의 정보가 명확하지 않고, ②이를 측정하기 위한 산업적 가이드라인이 없으며 ③취득된 정보를 교환하는 플랫폼이 부재했기 때문으로 분석했고, 이를 돕기 위한 산업적 권고안을 제시하였다.

ITU-T L.1100 표준에서는 정보통신 제품의 희소금속 정보공개와 관련된 내용을 담고 있다[7]. 먼저, 정보통신에 함유된 희소금속 재활용의 중요성을 강조하고, 재활용을 위한 일반적인 절차를 소개했다. 이어서 스마트폰과 노트북 등 특정 정보통신 제품에 포함된 희소금속의 정보를 제공하기 위한 포맷의 예시가 있다. 제조사, 모델명, 모델 번호를 제시하도록 권장하며, 희소금속의 함량을 포기하는 표의 예시가 함께 제공되었다. 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 백금(Pt) 등의 ‘백금족’, 란타늄(La), 네오디뮴(Nd), 디스프

Table 2. ITU-T recommendations for recycling rare metals from e-waste

No	Recommendation number	Title	Year and month of approval
1	ITU-T L.1030	E-waste management framework for countries	2018/06
2	ITU-T L.1032	Guidelines and certification schemes for e-waste recyclers	2019/08
3	ITU-T L.1100	Procedure for recycling rare metals in information and communication technology goods	2012/02
4	ITU-T L.1101	Measurement methods to characterize rare metals in information and communication technology goods	2014/03
5	ITU-T L.1102	Use of printed labels for communicating information on rare metals in information and communication technology goods	2016/07

로슘(Dy) 등 ‘희토류’와 같이 희소금속의 범주를 나누고, 희소금속의 함량을 ppm 단위로 표시하는 포맷이다.

상기 포맷을 완성하기 위해 정보통신 제품 내 함유된 희소금속의 정량 분석 표준이 필요한데, 이 내용은 ITU-T L.1101에 담겨 있다[8]. X선 형광분석기(X-ray fluorescence, XRF)와 유도결합 플라즈마 질량분석기(Inductively coupled plasma – mass spectrometry, ICP-MS)를 이용해 제품 내 희소금속을 정량화하기 위한 샘플 준비법과 측정 예시를 담고 있다. 특히 체계적이고 안전한 측정을 위해 제품의 해체, 물리적/화학적 시편 준비법 등을 기술하였다. Appendix에는 본 표준의 방식으로 실제 스마트폰과 노트북의 희소금속의 함량을 측정된 값을 함께 제공한 결과가 포함되어 있다.

희소금속의 함량을 측정하고, 이를 표기하는 방법이 표준화가 되어있더라도, 방대한 양의 정보통신 폐제품의 희소금속 재활용 활성화를 위해서는 전산화를 통한 상기 정보의 용이한 교환과 관리가 필요하다. ITU-T L.1102 표준은 QR코드와 바코드 등의 방식을 통해 상기 L.1100과 L.1101에서 생성된 정보와 포맷을 데이터베이스하기 위한 정보 교환법을 담고 있다[9].

일련의 세 가지 정보통신 폐제품의 재활용 관련 표준은 2010년대 초반 스마트폰 폐제품의 발생이 급격히 시작하는 시점에서 아직 재활용 산업이 활성화되지 않은 원인을 파악하고, 이를 극복하기 위한 표준이다. 기존 ‘생산자-소비자-재활용 사업자’로 연결되는 불투명한 기존의 물질과 정보의 흐름에서, 상기 표준의 권고를 따라 공공성격의 인증기관(Management body)이 제품 내 희소금속의 정성-정량 정보를 파악하고 데이터베이스를 관리하는 방식으로의 전환이 이상적이다. 생산자, 폐기물 취급자 또는 인증기관에서 희소금속의 함량을 관리하고 공개하여 재활용 산업에 진출하고자 하는 사업자가 사업의 포트폴리오를 구성하는데 도움이 될 수 있다. 2012년(L.1100), 2014년(L.1101) 및 2016년(L.1102) ITU-T를 통해 제정된 세 건의 표준을 통해 정보통신 폐제품의 재활용을 위한 산업적 기틀을 마련하였다.

2.2. ISO TC 298에서의 희토류 재활용 관련 표준화 동향

상기 서론에서 기술했듯, 희토류를 다루는 ISO TC 298에서, 재활용 관련 표준은 주로 WG2에서 개발되고 있다. 2022년 3월 현재, WG2의 의장 역할인 컨비너(convenor)는 한국생산기술연구원의 김택수 수석연구원이 수임 중으로, 우리나라에서 연구반의 리더십을 보유하고 있다. 이와 함께 WG2를 통해서 기 제정된 3개의 표준을 우리나라의 주도로 제정하였고, 신규 개발중인 1개 표준 역시 중국과의 공동개발을 진행하고 있다.

상기 ITU-T에서의 정보통신 제품 내 희소금속 재활용 산업 활성화를 위한 문제의식과 해결 방안을 ISO TC 298 희토류 폐제품의 순환자원화 관련 전략에 도입하고자 하였다. 전기차용 모터 등 희토류 영구자석 기반 응용 산업이 급성장한 희토류의 경우 제품들의 폐기 시점을 어느 정도 예측할 수 있다. 따라서 현재 재활용 산업은 아직 활성화 되어있지 않지만, 산업 활성화를 위한 전략적 표준 개발을 통한 사전 준비 목적의 표준 개발이다.

유사한 로드맵을 기반으로 표준화를 수행했기 때문에 ITU-T L.1100은 ISO 22450과, ITU-T L.1101은 ISO TS 22451과, ITU-T L.1102는 ISO 22453과 맥락적으로 유사한 점이 있다. 다만 희토류 물질과 희토류를 포함한 제품의 경우 정보통신 제품처럼 규격화 되어있지 않고, 17개 원소의 유사한 화학적 특성으로 측정 분석의 난이도가 높은 특징을 바탕으로 산업과 물질의 특성에 맞춰 표준화를 수행하였다. 이밖에 재활용시 정밀한 함량 측정을 위한 XRF 기반의 NdFeB 자석 정량 측정법인 ISO/WD(working draft) 22928, 희토류 폐자석의 분류법이 담긴 ISO/WD 24544를 간단히 소개하고자 한다.

2.2.1. ISO 22450:2020. Recycling of rare earth elements – Requirements for providing information on industrial waste and end-of-life products[10]

본 표준에서는 희토류 관련 산업 폐기물(industrial waste)과 사용후 제품(end-of-life products)에 포함된 희토류의 함량을 표기하는 ‘표’(table) 형태의 포맷을 제공하고 있다. 스칸듐(Sc)-루테튬(Lu)까지의 17개 각 희토류 원소가 어느 정도 함량을 포함하고 있는지를 제시하도록 하고 있으며, 제조사, 제조국, 재활용 대상물질의 형태 등을 명기하도록 하였다. 희토류 자석, LED 형광체, NiMH 배터리, 연마재, 촉매 등에 대한 포맷을 각각 예시로 제공하였다. 각각의 표에는 희토류 물질과 관련된 code를 입력하게 되어 있는데, 본 ISO 22450 표준에는 희토류 관련 폐기물의 분류와 각 분류의 코드를 함께 제안하였다. 예를 들면 WRE01xx의 경우 희토류 자석과 관련된 폐기물이며, 이

Table 3. Classification of rare-earth related industrial waste and end-of-life products

Classification	Details
WRE01xx	REE magnets
WRE02xx	LED phosphors
WRE03xx	NiMH batteries
WRE04xx	Polishing agents
WRE05xx	Catalysts
WRE06xx	Laser crystals
WRE99xx	Other REE waste products

중 WRE0101은 Nd 계열 희토류 자석, WRE0102는 Sm 계열 희토류 자석을 의미한다. WRE는 01~06로 분류되며 이에 속하지 않는 희토류 폐기물의 경우 WRE99 및 WRE9999로 표기하여 분류하도록 하였다.

2.2.2. ISO/TS 22451:2021. Recycling of rare earth elements – Methods for the measurement of rare earth elements in industrial waste and end-of-life products[11]

재활용 대상 희토류 물질을 수집하고, 이를 재활용하는 사업의 포트폴리오 구성에 있어, 꼭 필요한 절차는 재활용 대상물질에 함유되어 있는 희토류의 함량을 측정하는 것이다. 하지만 유사한 화학적 특성을 지닌 17개의 원소군을 의미하는 ‘희토류’는 함량 정량화의 난이도가 높다. ISO/TS 22451의 개발에 있어, 산업적 필요성을 위한 개략적인 측정과 과학적인 의미의 정교한 측정 중 어느 쪽에 비중을 두어야 하는지에 대한 논의가 있었다.

또한 측정과 분석을 전문으로 하는 WG4(Testing and analysis) 연구반이 설립되고, XRF, ICP-OES(Inductively coupled plasma – optical emission spectroscopy, 유도결합플라즈마 발광 분석법), 수분 측정 등 정밀 분석과 관련된 개별 표준들이 개발되고 있는 시점에서 희토류 재활용 물질에 대해 XRF, ICP-OES, ICP-MS 등의 측정에 관한 전반적인 내용을 모두 포함하는 본 표준의 당위성에 대한 의문이 제기되었다. 논의 끝에 ISO TC 298은 본 표준안을 현 시점에서 International Standard(IS)로 진행하기 보

다는 기술시방서(TS, Technical Specification) 형태로 제정하기로 합의하였다. 기술시방서의 경우 발간 후 3년 안에 국제표준(IS) 단계로 진입 여부를 재논의해야 한다.

ISO/TS 22451에서는 가공부산물, 스크랩 등 산업 폐기물과 희토류 폐자석, NiMH 폐배터리, 형광체 등 사용후 제품 내에 있는 희토류의 함량을 정량적으로 분석하는 XRF, ICP-OES, ICP-MS의 측정법을 설명하고 있다. 일반적인 개요와 샘플을 준비하고, 장비를 보정하고(calibration) 큰 오차가 없는 범위에서 희토류 함량을 정량 분석하여 재활용 대상 물질에 포함된 대략적인 희토류 함량을 파악하는데 도움을 주는 표준안이다.

2.2.3. ISO 22453:2021. Exchange of information on rare earth elements in industrial wastes and end-of-life cycled products[12]

상술한 ITU-T L.1102와 유사하게, 희토류 함량 정보는 전산적으로 활용할 수 있어야 하며, 정보의 교환이 용이해야 한다. ISO 22453에서는 ISO 22450, ISO/TS 22451 및 ISO 22453을 활용하여 희토류 재활용 산업을 육성하기 위한 로드맵과, 그 중 하나의 요소기술인 QR code를 통한 정보교환 관련 정보의 생성법과 QR code를 통해 제공해야 할 표준화된 정보 목록을 담고 있다. 그 정보에는 재활용 대상 물질의 형태, 무게, 재활용 대상 물질의 발생 국, WRE code 등 ISO 22450 표준에서 제공하기로 합의한 정보들을 포함한다.

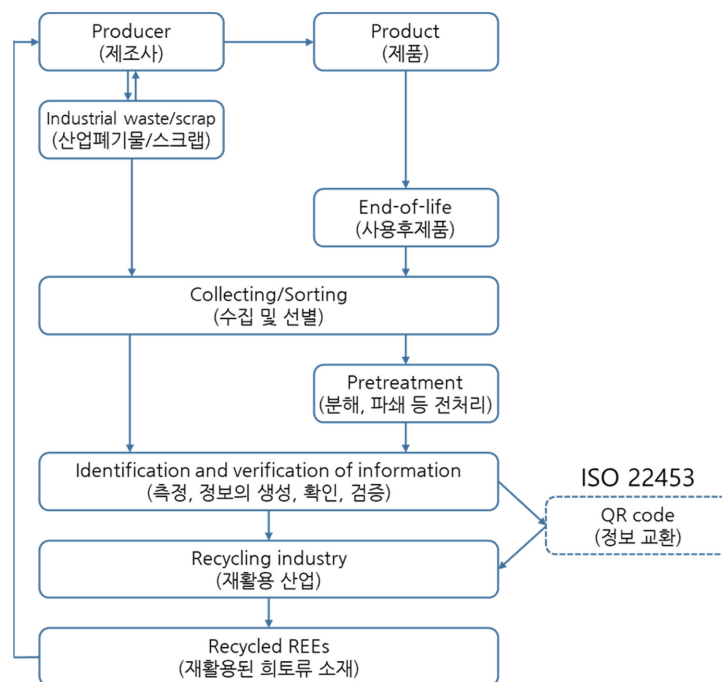


Fig. 2. Process of recycling rare earths-related products.

2.2.4. ISO/WD 22928. Measurement method for magnet scraps containing rare earth elements

정밀한 측정과 분석을 목표로 하는 WG4의 신설과 함께 재활용 대상 물질에서의 희토류 정밀 측정법의 표준화가 함께 수행되었다. ISO/WD 22928의 경우 당초 WG2(원소 재활용)에서 시작했으나 WG4(측정 및 분석)의 설립으로 연구반을 옮겨 표준 문건 개발이 진행 중이다. 해당 표준은 XRF를 통한 희토류 폐자석의 정밀 측정법을 포함한다. NdFeB계 자석 및 Sm-Co계 자석의 XRF 측정법을 ICP-OES와의 교차검증 및 Round robin test(시험소 간 측정 검증)를 통한 희토류 자석 내 희토류 및 기타 원소의 함량을 XRF를 통해 정밀 분석하는 법을 제공하고 있다. 아직 개발 중인 표준으로, 문건의 완성을 통해 재활용을 위한 희토류 폐자석의 함량 표준화된 정밀 측정법의 개발이 기대된다.

2.2.5. ISO/WD 24544. Rare earth – Neodymium iron boron (NdFeB) magnet scraps – Classification, general requirements and acceptance conditions

희토류 자석 중 가장 시장점유율이 높고 산업적 중요도가 높은 자석은 NdFeB계열 영구자석이다. 제조형태에 따라 소결자석(sintered magnet), 본드자석(bonded magnet) 등으로 나뉘며 사용 후 제품, 가공 스크랩, 가공 슬러지 등 다양한 물리적 형태가 존재한다. 또한 사용 후 자석의 경우 코팅 유무에 따라 재활용의 방식에 대한 차이가 존재하여 분류가 필요하다. 희토류 자석 관련 폐기물(waste, 사용 후 제품, 가공 스크랩, 가공 슬러지 등을 모두 포함)의 분류 체계 마련은 이의 재활용 산업 육성에 도움을 줄 수 있다. 중국과 우리나라의 주도로 제안된 본 표준은 WG2에서 '22년 3월 현재 working draft(WD) 단계에서 논의되고 있으며, 연구반 내에서의 합의를 거쳐 Committee draft(CD) 단계 진입을 목표로 하고 있다.

본 표준안은 기본적으로 ISO 22450에서 제안된 WRE code 체계를 기반으로 하고 있다. ISO 22450에서 NdFeB 자석의 경우 WRE0101로 분류되어, WRE0101의 뒤에 category, class 및 특징 등을 의미하는 4자리 code를 추가하여 희토류 자석 관련 폐기물을 분류하는 방향으로 논의 중이다. 추후 전기차, 소형 가전(헤어드라이어 등), 대형 가전(냉장고, 세탁기 등), 풍력발전기 등에서 발생할 자석 폐기물의 형태가 매우 다양하기 때문에 이의 분류 체계 마련은 재활용 공정을 용이하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 희토류 재활용 관련 우리나라의 표준화 전략

서론에서 2010년 이후의 희토류 가격 급등에 대해 논했지만, 최근에도 수요의 지속적인 증가로 희토류 소재의 가

격은 증가 추세에 있다. 한국자원정보서비스(KOMIS)에 따르면 NdFeB 희토류 영구자석의 주요 원소인 산화네오디뮴의 가격이 '19년 3월 기준 44,900 \$/ton에서 '22년 3월에는 185,000 \$/ton으로 네 배 이상 급증한 것을 확인할 수 있다[3].

가격이 증가할 뿐 아니라 우리나라 수요도 점차 증가 추세이다. 희토류 자석은 HS code 기준 8505119000의 '영구자석과 자화한 후 영구자석으로 사용하는 물품(Other)' 품목에 포함되어 분류된다. 한국무역협회에 따르면 해당 품목은 2015년 총 1,499 ton을 수입하였는데, 2021년에는 5,789 ton을 수입하여 네 배 가까운 수입량 증가가 확인되었다. 해당 통계에서 희토류 영구자석만을 산출한 양은 HS code상 따로 분류되지 않아 집계하기 어렵지만 증가 추세인 것만큼은 분명하다.

위와 같은 희토류 가격의 증가와 국내 수요의 증가로, 희토류의 공급은 지속적으로 어려워지고 있어, 국내 발생 폐자원의 재활용(재자원화를 포함)을 통한 희토류 원소의 자급도를 일부라도 향상시키는 것이 매우 중요하다.

재활용 산업 육성을 위한 여러 가지 방법이 있으나, 상기 ISO에서 개발 중인 재활용 관련 표준을 적극 도입하여 KS 표준화 하고, 표준에서 제시된 국가 차원의 인증기관(Management body) 등을 두어 희토류 폐자원의 함량, 정보 등에 대한 관리와 신뢰성 확보를 도울 수 있다. 현재 수거기업, 재활용 물질 발생 기업, 재활용 기업 등 소수지만 희토류 재활용 관련 산업이 형성되고 있는 시점이다. 따라서 산업계의 적극적인 의견 수렴을 통해, 제도를 정착시킬 수 있는 표준안을 개발하여 발생량 급등이 예상되는 희토류 폐자원의 저가 해외반출을 막고 국내 순환 자원화할 수 있도록 선제 대응 하는 것이 중요할 것으로 보인다.

4. 결론 및 제언

희토류 산업의 현황과, 희토류 재활용 관련 국제 표준화 동향 및 우리나라의 희토류 재활용 산업 육성을 위한 표준화 전략에 대해 살펴보았다. 국가기술표준원에서는 표준의 주요 기능으로 사회·경제적인 효율을 향상시키는 수단 및 산업발전의 기반을 꼽았다. ISO TC 298 WG2에서는 세계 각국의 전문가들이 희토류 폐자원의 순환자원화를 활성화하기 위해 수 년간 ISO 표준 개발을 위해 노력했고, ISO 22450, ISO/TS 22451, ISO 22453 등 일련의 표준으로 승인되었다. 표준화 기반 재활용 산업의 활성화를 위해 국제 표준의 국내 부합화, 우리나라 산업 맞춤형 신규 표준의 개발 등의 과제가 남아있어, 관·산·학·연 각계 전문가들의 적극적인 참여를 통한 전략적 로드맵 기반의 표준화가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 국가기술표준원 및 한국산업기술평가관리원의 국가표준기술개발 및 보급 사업의 일환으로 수행하였음[20017133, 전기차 모터용 희토류 표준화 및 국제협력 기반 조성].

References

- [1] S. Massari and M. Ruberti: Resour Pol., **38** (2013) 36.
- [2] D. J. Cordier: Mineral Commodity Summaries, U.S. Geological Survey, Virginia, (2022) 135.
- [3] KOMIS, <https://www.kores.net/komis/price/mineralprice/minormetals/pricetrend/minorMetals.do>
- [4] K. M. Seo: KSA, KSA Policy Study **024** (2017) 5.
- [5] KSA, Easily Catch up with International Standardization (2015) 12.
- [6] M. H. Lee, W. J. Choi, S. J. Seo and B. S. Kim: J. Powder Mater., **23** (2016) 325.
- [7] ITU-T L.1100: Procedure for Recycling Rare Metals in Information and Communication Technology Goods, (2012).
- [8] ITU-T L.1101: Measurement Methods to Characterize Rare Metals in Information and Communication Technology Goods, (2012).
- [9] ITU-T L.1102: Use of Printed Labels for Communicating Information on Rare Metals in Information and Communication Technology Goods, (2014).
- [10] ISO 22450: Recycling of Rare Earth Elements - Requirements for Providing Information on Industrial Waste and End-of-life Products, (2020).
- [11] ISO/TS 22451: Recycling of Rare Earth Elements - Methods for the Measurement of Rare Earth Elements in Industrial Waste and End-of-life Products, (2021).
- [12] ISO 22453: Exchange of Information on Rare Earth Elements in Industrial Wastes and End-of-life Cycled Products, (2021).