J. of Korean Inst. of Resources Recycling
Vol. 27, No. 1, 2018, 14-21
https://doi.org/10.7844/kirr.2018.27.1.14
pISSN : 1225-8326 eISSN : 2287-4380

≫ 연구논문 ≪

코발트와 팔라듐 폐금속자원의 흐름분석을 통한 자원순환 활성화 방안

이희선 · 이정민 · §이소라

한국환경정책 · 평가연구원

Resource Circulation Plan using Material Flow Analysis of Waste Metals of Cobalt and Palladium

Hi Sun Lee, Jeongmin Lee and §Sora Yi

Korea Environment Institute

요 약

희유금속이 포함된 제품의 소비 급증으로 이를 재활용을 통해 자원화하는 것이 매우 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 폐금속자원 중 코발트와 팔라듐의 폐자원흐름분석을 통해 자원순환 활성화 방안을 각 단계별로 모색하였다. 자원순환 활성화를 위해서 배출/수입단계에서는 대상금속이 포함된 폐기물을 자원으로 분류하는 것이 필요하며, 해당 폐금속자원에 대해 할당관세를 적용할 것을 제안하였다. 수거/폐기단계의 가장 큰 문제는 스크랩 원료 확보의 불안전성으로, 이를 해결하기 위해 현재의 입찰 시스템 개선과 같은 수급안정화 방안의 모색이 필요하다. 전처리 단계에서는 기술 개발 지원, 물질재활용 효율 향상 방안 등의 기술적 부분과 친환경 설계 의무 강화, 클로즈드 리사이클링에 대한 인센티브 부여, 재활용 방법과 기준의 강화 등 제도적 개선이 추진되어야 할 것이다. 자원회수 단계에서는 대기업과 중소기업의 경쟁력 확보를 위해 대·중소기업 상생방안이 마련되어야 할 것이다. 마지막으로 제품생산/수출단계에서는 폐금속자원의 국외 반출량 억제를 위해 코발트와 팔라듐이 포함된 폐자원 수출에 대한 관세를 부과하여야 할 것이다.

주제어 : 코발트, 팔라듐, 폐금속자원, 폐자원흐름분석, 자원순환 활성화

Abstract

The rapid increase in the consumption of products that contain rare metals has highlighted the importance of recycling and recovering resources from these products when they enter the waste stream. Among various metal resources that can be recovered, this study analyzes the waste streams of cobalt and palladium to determine how their waste resource circulation can be improved at each stage of the waste stream. The findings of this study point to improvements and strategies that can be made at individual stages. First, at the discharge/import stage, the implementation of tariff quotas for specific recycled metal resources is suggested to allow the systemic categorization of waste metals as resources. At the collection/discarding stage, a major problem is the instability in the supply of scrap metals, which may be better managed by changing the bidding process for the scrap metals. At the pretreatment stage, possible areas for improvement are uncovered concerning technical areas, such as technological development and improving the efficiency of material recycling, as well as policy-wise, for instance, expanding the regulation for manufacturers to produce products that are designed to facilitate resource recovery, increasing incentive for closed recycling, and refining the guidelines and standards for recycling. At the resource recovery stage, as the waste metal recycling

· Received : August 29, 2017 · 1st Revised : September 19, 2017 · 2nd Revised : December 7, 2017 · Accepted : December 18, 2017
§ Corresponding Author : Sora Yi (E-mail : sryi@kei.re.kr)
Environmental Policy Research Group Division of Resource Circulation, Korea Environment Institute, 824, Bldg, B 370, Sicheong-daero, Sejong-si, 30147, Korea
ⓒThe Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

industry consists of businesses that vary in size, policies to promote cooperation and coexistence between large and smaller enterprises will benefit the industry in the long-run. Lastly, at the product production/export stage, a tariff on exporting waste resources that contain cobalt and palladium will help control the amount of waste metals that are shipped abroad.

Key words : Cobalt, Palladium, Waste metal resource, Waste resources circulation flow, Resource circulation

1. 서 론

최근에 IT산업 및 첨단산업에 필수적으로 사용되는 자원 중 하나인 희유금속은 소량의 사용으로 제품의 성능 및 품질의 향상이 가능하다. 희유금속의 소비는 급증하는데 비해 금속의 희소성 및 매장량은 특정 국가에 편중되어 있어 공급측면에서 가격불안정이 야기되고 있다. 특히 우리나라는 자원빈국으로 금속자원의 대부분을 수입에 의존하고 있기 때문에 희유금속이 포함된 제품의 재활용을 통해 이를 자원화하는 것이 매우 중요하다[2]. 뿐만 아니라, 금속자원의 공급 불안정은 우리나라의 산업 경쟁력에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 금속자원 확보 및 산업 경쟁력 강화를 위한 자원순환 활성화 방안 마련 연구가 시급하다.

기존의 선행연구에서는 희유금속의 발생, 수거 및 처리, 회수에 대한 국내외 기술 검토와 각국의 정책 동향 분석을 통해 폐금속자원의 활성화 방안을 마련한 사례가 있다[1]. 또한, 희유금속이 포함된 제품을 폐전기·전자제품과 같은 도시폐기물로 한정하여 기술적·제도적 지원방안을 마련한 연구도 있다[3]. 하지만 폐금속자원 재활용 확대를 위해서는 가정 또는 사업장에서 발생하는 대상금속이 포함된 제품의 폐기된 이후 실질 물질흐름분석을 통해 재활용 가능자원 및 최종적으로 매립되는 자원을 파악하여 대책을 마련하는 것이 매우 중요하다. 물질흐름분석 선행연구 분석 결과, 원료채취에서 제품의 사용에 관한 상부물질흐름(up-stream)에 관한 연구는 체계적으로 이루어졌으나, 제품의 재사용, 재활용, 재제조 등의 순환성에 대한 하부물질흐름(down-stream)은 최근에 니켈, 구리 등의 일부 품목 및 희토류에 대해 수행된 것으로 나타났다[2,4-6]. 최근 하부물질흐름분석 연구에 따르면 제품의 폐기 이후의 흐름을 폐자원흐름분석이라고 명명하고, 배출/수입-수거/폐기-전처리-자원회수-제품생산/수출 등의 단계를 제시하였다[2].

본 연구에서는 가정과 사업장에서 발생하는 코발트와 팔라듐이 포함된 제품의 폐기 이후 흐름을 배출-수거/폐기-전처리-자원회수-제품생산으로 구분하여 분석하였다. 5단계 폐자원흐름분석 결과를 바탕으로 폐자원흐름분석의 각 단계별 활성화 방안을 도출하였다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1. 연구 대상 및 범위

본 연구의 대상 금속은 전략 재활용 금속 중요도 우선순위[7]와 최근에 수행된 폐금속자원 흐름분석[8]을 고려하여 코발트와 팔라듐으로 선정하였다. 코발트와 팔라듐은 전략 재활용 금속 중요도 우선순위가 각각 8위, 9위로, 이미 폐자원흐름분석이 추진된 구리(1위), 니켈(6위)[1]와 귀금속을 제외하고 가장 높은 순위의 전략 재활용 금속이다.

본 연구의 범위는 폐자원흐름분석을 통해 파악한 코발트와 팔라듐이 포함된 폐금속자원의 재활용 계량적 자료 및 설문조사를 바탕으로 「폐금속자원 재활용 대책」에 필요한 제도적 개선방안을 도출하는 것이다.

2.2. 연구 방법

코발트와 팔라듐의 폐자원흐름분석 결과를 토대로 제도 개선이 필요한 부분을 파악하기 위해 폐자원흐름분석 및 희유금속 대상 제도적 지원방안 연구 등 관련 선행연구에 대한 문헌조사를 실시하였다. 또한, 코발트와 팔라듐의 폐자원흐름분석 각 단계별로 정부 유관기관 및 업계 실무자, 학계 및 연구소의 전문가를 대상으로 면담, 현장조사, 전화인터뷰 등을 실시하였다.

3. 코발트와 팔라듐의 폐자원흐름분석

3.1. 코발트의 폐자원흐름분석

Fig. 1은 선행연구[2,8]에서 수행된 배출/수입, 수거/폐기, 전처리, 자원회수, 제품생산/수출 5단계별 코발트 폐자원흐름분석 결과를 STAN 2.6을 활용하여 도식화한 것이다. 해당 품목 및 업체에서 처리되는 코발트의 양을 파악 가능한 범위 내에서 정량적으로 나타내었으며, 추정이 어려운 값에 대해서는 흐름만 표시하였다.

코발트가 포함된 제품이 폐기되는 배출원은 다원소량배출원인 폐휴대전화, 소원다량배출원인 리튬이온전지,

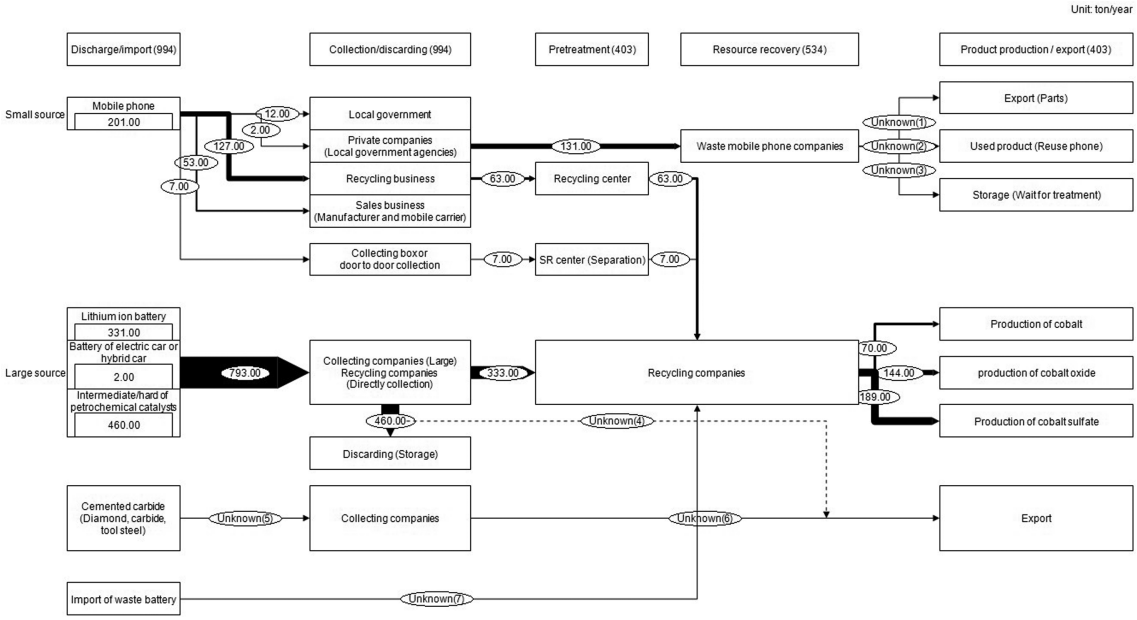

Fig. 1. Summary of the Waste Resource Circulation Flow Analysis of Cobalt(2012).

하이브리드 및 전기자동차의 배터리, 석유화학 촉매 등으로 나타났다. 그 외 배출원으로는 초경합금 스크랩과 국외 폐전지의 수입 등이 있는 것으로 추정된다.

초경합금 스크랩은 재활용 기술이 취약하여 중간 고물상에서 수거한 뒤 대부분 선진국으로 수출되는 실정이며, 재활용을 목적으로 국외에서 폐전지를 수입하여 처리를 한다고 알려져 있지만 구체적인 통계는 없다. 코발트 및 V, Mo, Pt, Pd 등 유가금속이 함유된 석유화학촉매는 재활용 과정에서 필요한 유가금속만 회수되고, 나머지 460톤의 코발트는 수거/폐기 단계에서 폐기되거나 전량 해외 수출되는 것으로 나타났다.

다원소량배출원에서 배출된 폐휴대전화는 일부 SR센터에서 설치한 수거 BOX에 의해 직접 수거되기도 하지만, 대부분 지자체, 민간업체, 재활용사업자, 판매업자를 통해 수거 후 중고품 또는 부품으로 판매나 수출이 이루어지고 있다. 전처리 단계에서 코발트를 포함한 폐제품이 파쇄 및 분류 작업을 통해 크기에 맞게 분류되어 재활용업체로 공급되었다. 소원다량배출원인 리튬이온전지, 전기자동차 및 하이브리드 자동차 배터리와 석유화학촉매를 통해 배출된 코발트를 포함하는 폐기물의 경우, 리튬이온전지와 석유화학촉매 내의 코발트는 수거업체 또는 재활용 업체를 통해 직접 수거되어 유가금속 회수 후 코발트가 포함된 나머지는 폐기하거나 보관하는 것으로 각각 나타났다. 일부 폐휴대전화에서 회수한 코발트 및 리튬이온전지가 함유한 코발트는 재활용업체에 공급되며, 자원회수 단계를 거쳐 자물쇠, 스피커 제조의 원료로 활용되는 코발트, AlNiCO와 타이어 제조에 활용되는 산화코발트, 배터리 제조에 활용하는 황산코발트로 생산되는 것으로 나타났다. 자원회수, 제품생산/수출 단계의 코발트 양의 차이는 폐휴대전화를 통해 회수된 131톤이 재활용되는 양을 정확하게 파악할 수 없는 한계로 인한 것이다.

3.2. 팔라듐의 폐자원흐름분석

팔라듐 대상 배출/수입, 수거/배출, 전처리, 자원회수, 제품생산/수출 5단계의 폐자원흐름분석 결과를 STAN 2.6을 활용하여 도식화하면 Fig. 2와 같다[2,8]. 해당 품목 및 업체에서 처리되는 팔라듐의 양을 파악 가능한 범위 내에서 정량적으로 나타내었으며, 추정이 어려운 값에 대해서는 흐름만 표시하였다.

팔라듐의 배출원도 코발트와 동일하게 다원소량배출원과 소원다량배출원으로 구분 가능한 것으로 나타났다. 다원소량배출원은 폐전기·전자제품 중 냉장고, 세탁기, 에어컨, 폐휴대전화이며, 소원다량배출원은 석유화학촉매, 자동차폐촉매, 의료기기 등으로 나타났다.

다원소량배출원인 냉장고, 세탁기, 에어컨은 물류센터,

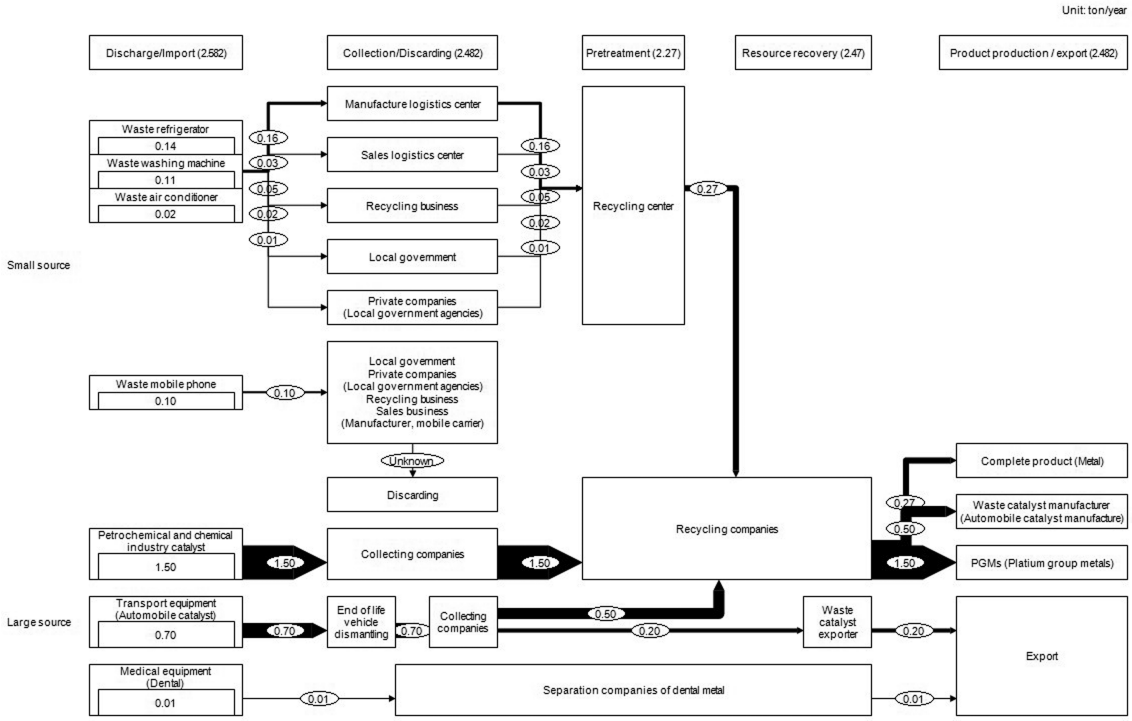

Fig. 2. Summary of the Waste Resource Circulation Flow Analysis of Palladium(2012).

지자체, 재활용사업자, 수집업자 등을 통해 수거되며, 제조물류센터를 통한 수거가 가장 많은 것으로 나타났다. 냉장고, 세탁기, 에어컨은 수거된 후 전량 리싸이클링센터에서 재활용업체로 공급되었으며, 재활용업체에서 수작업에 의한 해체, 파쇄, 선별을 통해 재질별로 나눈 후에 철, 비철금속, 플라스틱수지 제조업체 등으로 판매하였다. 폐휴대전화는 코발트와 마찬가지로 지자체, 민간업체, 재활용사업자, 판매업자에 의해 수거되나 팔라듐의 함유량이 극소량인 것으로 나타나 전량 폐기하는 것으로 조사되었다. 소원다량배출원 중 석유화학촉매는 전량 외부로 위탁처리되어 재활용업체로 공급되었으며, 자동차 촉매는 전국의 폐차장에서 수거하여 보관한 뒤 수거업체에 공급하며 재활용업체와 수출업자에게 각각 공급되었다. 석유화학촉매와 자동차 촉매는 폐촉매제조업체에 공급되어 재활용되거나 폐촉매 수출업자에게 공급되어 전량 수출되었다. 의료기기(덴탈)은 수거업체를 거치지 않고 덴탈금속분리업체에서 전처리 자원회수과정을 거친 뒤 전량 일본으로 수출되는 것으로 조사되었다.

4. 자원순환율 향상 방안

코발트와 팔라듐의 폐자원흐름분석을 바탕으로 배출/수입, 수거/폐기, 전처리, 자원회수, 제품생산/수출의 각 단계별 자원순환율의 향상 방안을 제시하였다. 코발트와 팔라듐의 폐자원흐름분석 후 단계별 자원순환율 향상 방안 마련을 위해 전문가 및 현장 관계자 인터뷰 등을 수행하였다.

4.1. 배출/수입단계

4.1.1. 폐금속자원의 할당관세 적용

우리나라는 폐금속자원의 재활용 물량이 부족하며, 국내에 공급된 물량에 대해서도 경쟁이 치열하기 때문에 대부분의 재활용업체들이 해외에서 재활용 물량을 수입하고 있는 실정이다. 정부는 특정물품에 대하여 정부가 정한 일정 수입량에 대해서 저세율의 관세를 부과하고 그를 초과하는 수입량에는 고세율을 부과하는 이중관세율 제도인 할당관세제도를 시행 중이다. 「관세법 제71조(할당관세)」에 의해 할당관세가 적용되는 조건은

다음과 같다[9].

1. 원활한 물자수급 또는 산업의 경쟁력 강화를 위하여 특정물품의 수입을 촉진할 필요가 있는 경우

2. 수입가격이 급등한 물품 또는 이를 원재료로 한 제품의 국내가격을 안정시키기 위하여 필요한 경우

3. 유사물품간의 세율이 현저히 불균형 하여 이를 시정할 필요가 있는 경우

할당관세 제도를 통해 국내 물가를 낮추는 것과 더불어 국내 산업을 보호할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 현재 할당관세가 적용되고 있는 동이나 아연 등은 대부분 대기업에서 수입하고 있는 품목이기 때문에 특정 수입품의 기본 관세율에 40%를 감하여 관세를 부과하는 할당관세의 특혜가 대부분 대기업에게 돌아가고 있는 실정이다. 또한 폐자원을 수입하면 관세를 지불해야 하는데, 이 경우 1차 가공 후 다시 수출을 하면 세금을 환급받을 수 있기 때문에 폐자원을 다시 수출할 수밖에 없는 상황에 놓여있다. 이는 할당관세 제도가 순수 금속에 한정되어 있으며, 재활용 목적으로 수입되는 스크랩 등에는 할당관세가 미적용되어 중소기업 입장에서는 스크랩 재활용을 통한 이익이 없으니 수입한 스크랩을 다시 해외로 수출하는 상황이 발생하게 된다. 따라서 수입한 광석으로 금속을 생산하여 제품을 제조하는 것, 수입한 금속으로 제품을 제조하는 것, 수입한 폐금속으로 금속을 생산하여 제품을 제조하는 것 모두 국내 산업계에 금속을 공급하는 방법들임을 고려할 때, 대기업에게 일방적으로 특혜가 돌아가는 현재 제도의 구조를 개선하고, 재활용 중소기업을 보호 및 육성하기 위해서는 할당관세가 적용되는 품목에 자원 재활용을 위한 금속을 일정량 이상 함유하는 폐금속 자원을 추가하는 것이 필요하다.

4.1.2. 대상금속 폐기물의 자원으로의 분류

대상금속 물량의 이동, 보관, 처리, 거래 과정에 있어서 폐기물 지정을 좀 더 세분화한다면 대상금속의 자원 순환율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 현재는 각 폐기물 형태별(분진, 광제, 폐수처리 오니, 공정오니 등), 처리 단계별(배출, 수거, 중간처리, 최종처리, 제품생산), 환경적 위해성(높음, 보통, 낮음), 산업의 활용도(높은, 보통, 낮음)에 따라서 스크랩을 폐기물로 규제하기 보다는 대상금속의 폐기물을 자원으로 분류하여 재활용을 증진시키는 제도가 필요하다. 대상금속 재활용업체를 대상으로 인터뷰를 실시한 결과 보관 일수 및 방식에 대한 변경 요청이 대다수였다. 팔라듐의 배출/수입 단계 활성화 방안 검토 결과 자동차 폐촉매는 환경적 유해성이 거의 없고, 백금족 금속을 다량 함유하고 있는 고부가가치의 재활용자원임에도 불구하고 국내 폐기물관리법 상 '사업장폐기물'로 분류되어있다. 이에 따라 자동차 폐촉매 재활용업도 '폐기물 중간 처리업'으로 분류되어 폐기물 처리와 관련된 규제 및 제약으로 인해 경영에 문제점이 있는 실정이다. 일본의 경우 자동차 폐촉매는 폐기물이 아닌 '유가물' 개념의 재활용 자원으로 해외에서도 물량을 수입하여 백금족 금속으로 회수한 후 일본 내에 공급하거나 높은 가격으로 다시 수출하고 있다[2]. 따라서 새로운 용어로 통합이 필요하겠지만 현재는 폐기물로 취급되고 있는 대상금속의 스크랩을 중간처리 단계 이후에 환경적 위해성이 낮고 산업의 활용도가 높을 때는 특정 단계 이후에는 폐기물을 아닌 재활용 자원으로 분류할 수 있는 법률의 개정이 필요하다.

4.2. 수거/폐기 단계

4.2.1. 수급안정화

국내시장에 유통되는 스크랩 물량보다는 수입 스크랩의 비중이 높고 스크랩 유통업체들이 물량을 확보하기 위해 매년 입찰에 응해야하기 때문에 장기적인 수급이 불안정한 상황이다. 한국환경공단에서 발표한 자료에 따르면 2012년의 금속류 재활용업체는 390개였으나, 2015년에는 703개 업체로 3년 동안 업체 수가 80% 증가하였다[10-13]. 매년 입찰을 통해 물량이 공급되기 때문에 업체 수 증가에 따른 과다 경쟁으로 스크랩이 가격이 상승하고 있는 것이 현실이다. 또한, 대부분의 스크랩 업체들의 영세화로 유통시키는 스크랩 물량이 제한적이며, 최종처리업체에서 원하는 물량과 납기를 맞추는 것이 어려운 실정이다[14]. 따라서 입찰주기를 매년이 아닌 2년, 3년 이상 등 중장기적인 주기로 변경과 함께 입찰에 응할 수 있는 업체의 자격 기준을 강화하여 일정 수준의 규모를 갖춘 업체들에게 물량이 집중된다면 수급불안정 문제의 해결에 도움이 될 것으로 판단된다.

4.3. 전처리 단계

폐자원흐름분석 결과 전처리 공정의 문제점은 코발트와 팔라듐의 전처리 공정에만 해당되는 것이 아닌 일반적인 재활용 산업의 전처리 공정에 해당되었다. 물질재활용 효율 향상, 전처리 기술 개발 지원, 제품의 친환경 설계 의무 강화, 제품의 제조시 클로즈드 리싸이클링에 대한 인센티브 부여, 재활용 방법과 기준 강화 등을 통

해 일반적인 재활용 과정에서 전처리 공정의 개선이 필요하다.

4.3.1. 전처리를 통한 물질재활용 효율 향상 방안

천연자원의 고갈과 온실가스의 감축으로 인한 기후변화 문제에 대응하기 위해 폐기물의 자원화의 중요성이 높아지고 있다. 또한 최근에는 그동안의 단순한 양적인 재활용의 확대에서 탈피하여 회수한 재생자원의 가치를 높이는 질적인 재활용을 추구하는 업사이클링(Upcycling)의 중요성이 높아지고 있다. 전처리의 목적은 재사용 부품회수, 자원회수율 향상과 선별잔재물의 감량, 회수자원의 순도 향상과 귀금속 등의 회수, 클로우즈드 리싸이클의 추진, 유해물질의 제거로 환경오염 방지 등이다.

수작업에 의한 전처리에는 많은 인력이 소요되어 해체 비용이 증가할 수 있기 때문에, 이를 방지하기 위해 해체업체 해체전문가와 제조업체의 설계자가 해체의 용이성을 높이고, 해체한 소재의 순도를 높일 수 있는 의견을 교환하여 설계에 반영되도록 해야 한다. 또한, 폐제품의 해체와 선별은 숙련도가 낮은 인력을 고용할 수 있으므로 노인이나 지적 장애인 등을 활용하여 일자리 창출과 비용절감을 추구하는 것도 필요하다. 다만, 재제조를 위한 부품의 해체 및 성능테스트 등을 위해서는 숙련된 인력이 필요하므로 이를 위한 인력 양성은 필요하다.

4.3.2. 전처리 기술 개발 지원

폐전기·전자제품으로부터 희유금속을 회수하기 위해 쓰이는 기술로는 전처리기술, 고온회수기술, 습식회수기술 등이 있으며, 이는 회수하고자 하는 금속에 따라 달라지기 때문에 금속 성분의 단체 분리 및 선별 기술이 확보되어야 하는 현실적인 어려움이 있다. 그러므로 폐전기·전자제품의 전처리 기술 개발 과정에서 기술과 장비의 동시개발이 필요하다. 수작업과 기계작업을 조합한 기술의 개발도 중요하다.

4.3.3. 제품의 친환경설계 의무 강화

현재 폐가전제품에 대하여 실시하고 있는 제품의 제조사가 설계시 해체와 선별이 쉽도록 하는 친환경설계 의무를 다른 제품으로 단계적으로 확대하는 것이 필요하다. 제품의 제조자는 설계시부터 부품의 재사용과 물질재활용, 에너지재활용 등을 고려하고, 제품판매시 해체, 선별 방법 등 수작업에 의한 전처리 방법과 그 후의 기계적 처리방법을 제시하고, 이를 통하여 달성할 수 있는 재활용률을 제시하도록 하면 수작업 등에 의한 전처리가 쉬워지고, 그 비용도 절감할 수 있어서 재사용 및 재활용률이 향상될 것이다.

또한, 이를 위해 제품 제조사의 설계자가 재활용업체의 해체기술자와 공동으로 해체와 선별기술을 개발하고 이를 쉽게 할 수 있는 소재와 구조의 선택방안에 대한 연구를 수행할 여건을 조성하는 것이 필요하다. 이를 위한 제품군별로 제조자로 구성된 협회 등에서 공동으로 해체와 선별 등 전처리기술에 대한 연구비 지원이 필요하다.

4.3.4. 제품의 제조시 클로즈드 리싸이클링에 대한 인센티브 부여

가전제품 등의 재활용률을 산정할 때 동일한 폐제품에서 회수한 부품과 소재를 동일한 용도로 사용하는 경우 및 동일한 제품의 동일한 부품이나 다른 부품을 소재로 사용하는 경우에 회수 의무율 산정에 가점을 부여하거나 강제적으로 달성해야할 비율을 정하면 수작업 등에 의한 전처리가 촉진될 수 있을 것이다. 미래에 가장 바람직한 재활용 개념은 클로즈드 리싸이클링이므로 정책적으로 이를 강화해 나갈 필요성이 있다.

4.3.5. 재활용 방법과 기준 강화

전처리 기술이 개발되고 활용되기 위한 제품군별 재활용 방법 및 기준의 강화가 필요하다. 현재 생산자책임재활용제도에서는 TV는 65% 이상, 냉장고 70% 이상, 세탁기 80% 이상, 에어컨 80% 이상 등의 목표를 설정하고 있다[15]. 현재 설정된 가정제품의 재활용 목표는 가전제품 내 구성 비율이 높은 플라스틱, 고철 등의 재활용만으로도 대부분 목표달성이 가능하기 때문에 희유금속 회수까지 진행할 가능성이 낮은 것으로 판단된다. 따라서 EU가 상기 4대 가전제품의 재활용 목표를 80%로 부여하고 있는 것과 가전제품 내 구성 비율이 낮은 희유금속 회수율 향상을 위해 재활용 방법과 기준 강화가 필요하다.

4.4. 자원회수 단계

4.4.1. 대기업과 중소기업의 상생방안[16]

폐금속자원 재활용업은 대기업, 중소기업, 영세기업이 함께 공존하고 있는 업계로 대기업은 정·제련 단계에 집중하고 있으며, 중소기업과 영세기업은 수집 및 운반, 수출, 전처리 공정을 주로 담당하고 있다. 중소 및 영세기업은 대기업에 비해 기술적, 경제적 어려움이 존재하

며, 대기업과 중소기업이 경쟁을 통해 사업을 이어가고 있다. 하지만 대기업 제련업체는 중간처리업체를 통하지 않고 직접 물량을 확보하기 위해 중소기업과의 M&A에 적극적이며, 이를 통해 대기업은 폐자원 수집, 수입, 수출 및 제련을 담당하고 중소기업은 수집 및 수입된 폐자원을 대기업 제련업체에 판매한다. 이 과정에서 대기업과 중소기업 사이의 입장차이로 폐자원 단가, 물량 확보 부분에서 많은 갈등이 발생하여 폐자원을 해외로 수출하고 있는 상황이다. 대기업은 특정금속에 특화되어 있기 때문에 경쟁력을 가지는 반면에, 중소기업은 금속 회수에 있어 기술적, 경제적, 환경적으로 열악한 상황에 놓여있기 때문에 서로 경쟁이 어려운 것이 현실이다. 중소기업은 대기업 제련업체와의 물량확보 경쟁 및 M&A 압력으로 불안한 상태이며, 확보된 물량의 해외 수출에 주력하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 대기업과 중소기업의 상생방안이 필요하다. 첫째, 기존과 같이 시장의 자율성을 보장하고 경쟁 구도 속에서 대기업의 M&A와 자회사 설립을 통해 폐금속자원 재활용 산업의 규모를 키우는 것이 필요하다. 둘째, 폐금속자원 재활용 산업에 속한 중소기업에 대하여 대기업의 지원 또는 투자로 공동의 성과를 창출하여 공유하는 방법과 같이 통해 기술 및 연구개발로 대기업과 중소기업 모두 경쟁력을 확보하는 방안이다. 셋째는 시장의 자율이 아닌 정부가 개입하여 「대·중소기업 상생협력 촉진에 관한 법률」, 「대·중소기업 동반성장 추진대책」에 의해 동반성장위원회에서 결정하는 중소기업 적합업종으로 폐금속자원 재활용산업을 포함시키는 것도 하나의 방안일 것으로 판단된다.

4.5. 제품생산/수출 단계

4.5.1. 폐자원 수출에 대한 관세 부과

코발트와 팔라듐이 포함된 제품 중 완제품 상태로 수출이 가능한 제품은 자동차 폐촉매이며, 현재 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매의 약 20~30%에 해당하는 물량이 해외로 수출되고 있는 상황이다. 자동차 폐촉매는 전략자원인 백금족 금속을 다량 포함하고 있는 고품위 재활용 자원이며, 국내에서 백금족 금속을 회수할 기술이 충분히 확보된 상황이기 때문에 전략자원 확보 측면에서 자동차 폐촉매의 해외 반출을 억제할 정책 마련이 필요하다. 중국은 특정 폐기물에 대하여 수출 관세를 부과하여 중국 외의 국가로 고부가가치를 지닌 폐기물의 해외 유출을 방지하고 있다. 마찬가지로 자동차 폐촉매를 해외로 수출할 때 수출 관세를 부과하여 국내 처리 물량의 증가를 기대할 수 있으므로 국내 폐촉매 처리 산업의 활성화도 유도할 수 있는 효과적인 정책으로 판단된다.

5. 결 론

코발트와 팔라듐이 포함된 제품의 배출이후 흐름을 (1) 배출 및 수입, (2) 수거/폐기, (3) 전처리, (4) 자원회수, (5) 제품생산 및 수출로 구분한 5단계의 폐자원흐름분석을 통해 코발트와 팔라듐 폐금속자원의 발생원 및 처리 주체를 구체화하였다. 이를 통해 물질흐름상의 문제점들을 파악하여 폐자원흐름분석 각 단계별로 아래의 정책제안을 제시하였다.

배출 및 수입 단계에서는 폐기물을 자원으로 분류하면, 할당관세 적용이 가능하므로 대상금속이 유통과 처리과정에서 물량의 이동, 보관, 처리, 거래가 활성화되어 대상금속의 자원순환율을 제고할 것으로 판단된다. 또한, 폐자원에 대해서 할당관세를 적용하여 대기업에 일방적으로 특혜를 주는 것이 아닌 재활용 중소기업을 보호하고 육성할 수 있을 것으로 보인다.

수거 및 폐기단계에서는 유통업체의 입찰 주기의 변경 및 입찰 참가 업체의 자격 강화를 통해 과다경쟁 및 수급불안정의 문제를 해소하여 각 업체들의 처리 물량이 안정화 될 것으로 판단된다.

전처리단계에서는 물질재활용 공정에서 전처리의 중요성, 전처리 기술의 확보 등을 제안하였으며, 전처리의 목적은 (1) 재사용 부품회수, (2) 자원회수율 향상과 선별잔재물의 감량, (3) 회수자원의 순도 향상과 귀금속 등의 회수, (4) 클로우즈드 리싸이클의 추진, (5) 유해물질의 제거로 환경오염 방지 등이다. 전처리 기술의 확보를 위해서는 선별시스템 설계기술 개발에 대하여 업계와 정부의 투자가 필요하며, 소형가전제품에 대한 개별 제품의 특성에 맞거나 범용으로 사용할 수 있는 파쇄기 개발과 파쇄한 것에 대한 선별기술을 개발하는 것이 필요하다.

자원회수단계에서는 현재 대기업의 시장 확장으로 중소 재활용 기업들이 물량확보 등에서 어려움이 있는 것을 감안하여 대기업과 중소기업들의 상생방안이 마련되어야 한다.

제품생산 및 수출단계에서는 폐자원 수출에 대해 관세를 부과하여 자동차 폐촉매와 같은 백금족 고품위 폐자원의 해외유출을 억제하는 정책을 추진해야 한다.

코발트와 팔라듐 폐금속자원의 폐자원흐름분석 단계

별로 정량화된 물질흐름을 살펴보면 전처리 단계가 bottle neck으로 나타났다. 코발트와 팔라듐 같은 희유금속을 다량으로 수거한 후 전처리 단계의 기술적 문제가 개선되지 않으면 자원으로써 활용하지 못하고 폐기될 가능성이 높았다. 따라서 추후 코발트와 팔라듐 등 희유금속의 회수율 향상을 위해서는 전처리 기술 확보가 우선시되어야 한다. 본 연구에서 도출한 결과는 코발트와 팔라듐의 재활용산업 현황을 파악하고 금속자원의 순환율 향상을 위한 제도개선에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 환경부 및 한국환경정책·평가연구원의 물질흐름분석을 통한 금속자원의 순환률 향상방안 연구(2013-038)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Lee, H. S., et al., 2011 : *Study on Institutional and technical Supporting Plans to Activate Resource Recirculation of Rare Metals of Waste Metal resource (Cu, Ni)*, Korea Environment Institute.
2. Lee, H. S., et al., 2014 : *Study of the improvement of metal resources through material flow analysis (Co, Pd, Ti)*, Ministry of Environment.
3. Kim, K. W., et al., 2010 : *Study on Institutional and Technical Measures to Promote Recycling of Metals from Waste Electric and Electronic Equipments*, Korea Environment Institute.
4. Lee, H. S., et al., 2012 : *Study of the improvement of metal resources through material flow analysis (Cu, Ni)*, Ministry of Environment.
5. Heo, T., et al., 2010 : *Study of the improvement of resource productivity of metal resources through material flow analysis (Zn, Pb, Mo)*, Ministry of Environment.
6. Jo, J. H., 2015 : *The Study on Activation of Resource Recycling through Flow Analysis of Neodymium-Based Rare Earth Magnets*, J. of Korea Society of Waste Management, 32(5), pp.500-508.
7. Son, J. S., et al., 2010 : *Study of future-driven waste resources recycling technology development*, Ministry of Environment.
8. Lee, H. S., et al., 2016 : *Analysis of Waste Resources Circulation Flow to enhance the Circulation of Metal Resource: Cobalt and Palladium*, J. of Korea Society of Waste Management, 33(3), pp.674-682.
9. Korea Customs Service, 2012 : Customs duties assigned in the application of accordance with Article 71 of the Regulation
10. Korea Environment Corporation, 2012 : Waste recycling performance and company status
11. Korea Environment Corporation, 2013 : Waste recycling performance and company status
12. Korea Environment Corporation, 2014 : Waste recycling performance and company status
13. Korea Environment Corporation, 2015 : Waste recycling performance and company status
14. Lee, H. S., et al., 2014 : *The Activation Plan of Resource Circulation of Copper through Analysis of Waste Resources Circulation Flow.* J of Korean Inst. of Resources Recycling, 23(2), pp.26-36.
15. Lee, H. S., et al., 2016 : *Activation Plan for Waste Electronic and Electrical Equipment (WEEE) Upcycling based on Analysis of waste resource circulation flow*, Korea Environment Institute.
16. Lee, H. S., et al., 2014 : *A Study on Win-win Measures for Large, Medium and Small Enterprises to Strengthen Global Competitiveness of Waste Metal Resources Recycling Industry*, Korea Environment Institute.

이 희 선

• Ecole Polytechnique 금속공학 박사
• 현재 한국환경정책·평가연구원 정책연구본부 자원순환연구실 명예연구위원

이 정 민

• 부산대학교 환경공학전공 석사
• 전) 한국환경정책·평가연구원 정책연구본부 자원순환연구실 위촉연구원

이 소 라

• 일본 도쿄대학교 도시공학 박사
• 현재 한국환경정책·평가연구원 정책연구본부 자원순환연구실 부연구위원