

## 국내 도시광산산업 현황 조사·분석

김령주 · 신호정 · \*강홍윤

한국생산기술연구원 자원순환기술지원센터

### Investigation and Analysis for the Status of Urban Mining Industry in Korea

Lyung-Joo Kim, Ho-Jung Shin and \*Hong-Yoon Kang

Center for Resources Information and Management, Korea Institute of Industrial Technology

#### 요 약

도시광산산업 통계는 도시광산산업을 체계적으로 육성하기 위해서 가장 기본적으로 필요한 자료이며 산업현황을 이해하는데 중요한 수단이다. 본 연구에서는 국가통계를 활용하는 Top-down 방식과 개별 기업현황 조사를 하는 Bottom-up 방식을 병행한 통계 조사 방법을 통하여 도시광산 제자원화 규모 및 업체 현황을 조사하였다. 그 결과 도시광산 제자원화 규모는 19.6조 원으로 국내 금속수요의 약 22%를 도시광산에서 공급하고 있었다. 또한 도시광산 업체는 917개로 수도권과 경상권에 대다수 분포하고 있었으며, 약 58%의 업체가 10인 이하의 소기업으로 조사되었다. 2009년 도시광산 업체 현황 조사결과와 비교하였을 때, 도시광산 업체 수는 전반적으로 증가하였고, 특히 희소금속 관련 기업 수의 증가 폭이 컸다. 본 연구는 기존의 간접적인 도시광산 통계 결과와 달리 실제 도시광산 업체에서 생산되는 금속자원 규모 및 관련 업체에 대한 통계자료를 산정하여 제시했다는 점에서 연구의 차별성 및 의의를 지닌다.

**주제어** : 도시광산, 도시광산산업, 희소금속, 제자원화, 시장규모

#### Abstract

Statistics on the urban mining industry is the essential information to develop the urban mining industry systematically and the prerequisite way to understand its related trends. Status on domestic urban mining industry was thus investigated through the integrated method which uses both the top-down way based on the national statistics utilization and the bottom-up way based on field data gathering. Results indicated that the scale of metal resources produced through domestic urban mine was 19.6 trillion won, which corresponds to approximately 22 percent of metal demand in Korea. The number of firms for urban mining was 917, and they are mostly placed in metropolitan area and Gyeongsang province. It was also found that about 58 percent of urban mining firms was in small business level less than 10 employees. Compared to the results in 2009, the number of urban mining companies in 2014 generally increased, and that of rare metal companies grew up significantly. This study is particularly different from the conventional statistics investigation on the point of the actual scale findings of metal resources based on the field data.

**Key words** : Urban Mining, Urban Mining Industry, Rare Metal, Recycling, Market Size

· Received : August 9, 2016 · Revised : September 7, 2016 · Accepted : September 19, 2016

\*Corresponding Author : Hong-Yoon Kang (E-mail : kanghy@kncpc.re.kr)

Center for Resources Information and Management, Korea Institute of Industrial Technology, Hanshin Intervalley24 East B/D 18F, 322 Teheran-ro, Gangnam-gu, Seoul 06211, 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.

## 1. 서 론

전기·전자, IT, 우주항공 등의 첨단산업 발전에 따라 제품의 경량화, 고성능화 및 다기능화 등을 위하여 희소금속 사용량이 증가하고 있다. 하지만 희소금속은 부존량이 적을 뿐 아니라 일부 국가에 편중<sup>1)</sup>되어 있기 때문에 가격변동성이 크고 수급 불안 요인이 존재한다<sup>2,3)</sup>. 특히 세계적인 금속소비국이지만 천연광석의 99.3%를 수입<sup>4)</sup>에 의존하고 있는 우리나라의 경우, 2015년 희소금속의 무역역조량 규모가 약 35억 달러로 조사<sup>5)</sup>되었다. 따라서 정부는 2009년 「폐금속자원재활용대책」<sup>6)</sup>에서 폐금속자원화전략을 통해 2019년까지 무역역조를 12.5억 달러/년 이상 개선하겠다는 정책을 발표하였다. 즉, 희소금속을 안정적으로 확보하고 무역역조 현상을 극복할 수 있는 주요 정책 중 하나로 도시광산산업 육성을 선택한 것이다.

이러한 도시광산산업을 체계적으로 육성하기 위하여 가장 기본적으로 확보해야 할 자료가 도시광산산업에 대한 기초 통계자료이다. 하지만 도시광산산업은 한국 표준산업분류상에서 별도의 도시광산산업이라는 분류가 존재하지 않기 때문에 관련 통계자료를 확보하기 어렵다. 도시광산 기업들 중 금속을 추출하는 기업은 한국 표준산업분류에서 '1차 금속 제조업(코드번호 24)'에 해당하고, 금속을 추출하기 전까지의 공정을 담당하는 기업은 '폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업(코드번호 38)'에 해당<sup>7)</sup>할 뿐 아니라 기타 산업 분류로도 신고하는 경우도 있기 때문에 도시광산산업에 해당하는 업체 수를 통계청 자료로 파악하는 것은 거의 불가능하다. 또한 도시광산 기업들의 전체 매출액 중 도시광산에 해당하지 않는 사업부문의 매출액을 포함하는 경우가 많기

때문에 정확한 도시광산산업의 금속 재자원화 규모 파악도 쉽지 않다. 이러한 기초 통계 부족에 대한 문제점을 해결하기 위하여 정부는 폐금속자원재활용대책의 세부과제로 전략금속에 대한 물질흐름분석(Material Flow Analysis, MFA)을 추진하고 있다. 63개 금속에 대한 물질흐름분석을 통해 금속별 재활용 관련 데이터가 축적<sup>8)</sup>되면서 비로소 도시광산산업에 대한 기초 통계자료를 객관적으로 추정할 수 있는 기반이 구축되었다.

따라서 본 연구에서는 2014년까지 구축된 국가통합자원관리시스템의 물질흐름분석통계<sup>9)</sup>를 기반으로 국내 도시광산 생산규모를 산정하고, 기타 자료(한국환경관리공단, 한국광물자원공사, 한국무역협회 등)를 활용하여 도시광산에 관련된 기초 통계 값을 추정하고자 하였다. 이러한 통계 조사는 국내 산업계에서 재자원화되는 금속량 및 경제적 가치를 정량화하여 도시광산산업의 현재의 위치를 파악하고, 향후 도시광산 관련 정책 및 전략 수립 시 기초자료로 활용될 수 있도록 하는 데 그 목적이 있다. 또한 2009년에 조사된 도시광산 업체의 개수 및 특성 비교를 통하여 지금까지 도시광산산업의 변화 및 성장 현황을 확인하였다.

## 2. 조사방법

본 연구에서 국내 도시광산산업에 대한 현황조사는 2014년 말까지 조사된 국가통계를 기반으로 하여 Fig. 1 과 같이 크게 두 가지로 나누어 진행하였다. 첫 번째는 '도시광산 재자원화 규모 조사'로 국가통합자원관리시스템의 물질흐름분석통계, 한국철강협회 철강스크랩 정보, 한국환경기술지원센터 내부 자료, 유선 및 이메일 확인, 한국자원정보서비스, 미국 USGS 자료, 환율정보, 한국무역협회 수출입 통계

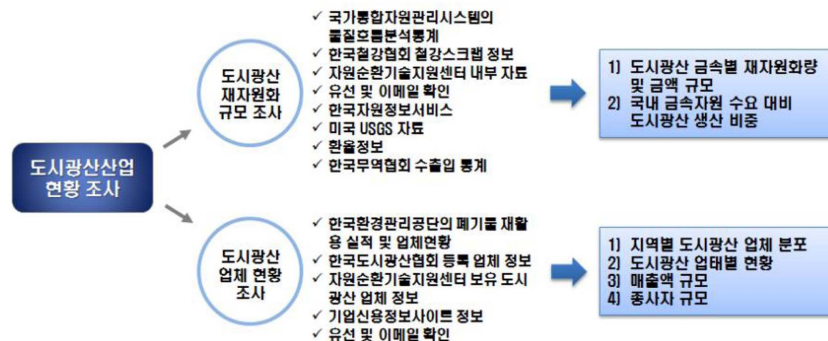


Fig. 1. Framework for the investigation of domestic urban mining industry status.

사소의 Mineral commodity summaries 2014, 환율 정보 및 한국무역협회의 수출입 통계 자료 등을 활용하여 “도시광산 재자원화 금속, 도시광산산업의 금속 생산량 및 생산규모 등”을 산정하였다. 두 번째는 ‘도시광산 업체 현황 조사’로 한국환경관리공단의 폐기물 재활용 실적 및 업체현황을 토대로 한국도시광산협회 및 한국생산기술연구원 자원순환기술지원센터의 도시광산 업체 정보와 한국기업데이터(주)의 자료를 활용하여 “업체 수, 소재지, 업태, 매출액, 종사자 수, 기업 규모 등”을 조사하였다.

2.1. 도시광산 재자원화 규모

도시광산 재자원화 규모 조사는 Fig. 2와 같이 금속별 재자원화량을 조사한 후 금속별 연평균 단가 및 환율을 적용하여 도시광산 재자원화 규모에 대한 경제적 가치를 산정하였고, 계산된 도시광산 규모와 국내 자원수요 규모를 비교하여 도시광산산업의 국내 산업으로의 기여도를 분석하였다.

조사 단계를 세부적으로 살펴보면 첫째, ‘금속별 재자원화량 조사’ 단계에서는 먼저 국가통합자원관리시스템의 물질흐름분석통계에서 재자원화량이 제공되고 있는 Table 1의 26개 금속에 대한 재자원화 실적을 확보하였다. 물질흐름분석통계는 매년 모든 금속에 대한 데이터를 조사·갱신하지 않기 때문에<sup>9)</sup> 가장 최신에 구축된 데이터를 2014년에 대한 재자원화량이라고 가정하여

계산하였다. 예를 들어 2013년에 물질흐름분석통계 자료가 조사된 안티모니의 경우 2014년에 갱신이 이루어지지 않았기 때문에 2014년 안티모니의 재자원화 추정치는 2013년에 조사된 재자원화량과 동일하다고 가정하였다.

위의 가정을 적용하여 계산할 경우, 2014년의 도시광산산업에서 실제 재자원화한 값과의 오차가 발생하는 것을 피할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 계산 값의 정확도 하락을 최소화하기 위하여 철, 바나듐 등 8개 금속에 대한 보정 값을 적용하여 산정하였다. 먼저 다른 금속에 비해 재자원화량이 큰 철의 경우는 매해 통계량이 제공되는 한국철강협회의 철강 스크랩 통계자료<sup>10)</sup>를 활용하여 보정하였다. 물질흐름분석통계에서 철의 재자원화량은 자가발생량에 의한 재자원화량을 제외하였는데 반하여 본 연구에서는 산업 전체에서 재자원화되는 규모를 파악하기 위하여 자가 발생되어 재자원화되는 스크랩도 포함하여 재자원화 규모를 산정하였다. 또한 물질흐름분석통계에서 재자원화량이 조사되지 않은 석유탈황촉매에서 바나듐 회수량은 관련 도시광산 업체에 직접 문의하여 재자원화량을 확보하였고, 은, 주석, 인듐, 마그네슘, 타이타늄, 코발트 등은 자원순환기술지원센터에서 자체 보유하고 있는 최신 데이터를 활용하여 보정하였다.

둘째, ‘도시광산 재자원화 경제적 가치 산출’ 단계에서는 식 (1)과 같이 이전 단계에서 조사된 금속별 재

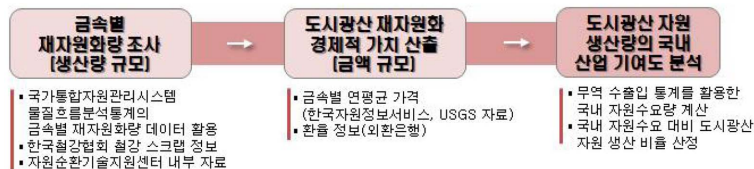


Fig. 2. Procedure for the estimation of metal resources recycled in domestic urban mine industry.

Table 1. 27 Metals targeted for estimating domestic recycled quantities and economic values

구분	물질흐름분석 통계자료를 통한 재자원화 금속	물질흐름분석통계 구축 후 추가 조사한 재자원화 금속	계
철	철	-	1
주요 범용비철	구리, 아연, 알루미늄, 납	-	4
귀금속	금, 은	-	2
희소금속	백금, 팔라듐, 로듐, 게르마늄, 구소, 니켈, 리튬, 마그네슘, 망간, 몰리브덴, 비소, 안티모니, 인, 인듐, 주석, 카드뮴, 코발트, 타이타늄, 크롬	바나듐	20
합계(개)	26	1	27

자원화량을 2014년 기준 연평균 금속단가 및 환율을 적용하여 회수되는 금속의 경제적 가치를 추정하였다. 이 때, 금속 가격과 환율은 국제 시장 현황에 따라 변동이 크기 때문에 한국자원정보서비스<sup>11)</sup>와 환율정보에서 제공하는 연 평균값을 사용하였다. 또한 한국자원정보서비스에 금속 가격정보가 제공되지 않는 인과 요소는 미국 지질조사소의 Mineral commodity summaries 2014 자료에 수록된 금속 가격 값을 활용하였다.

$$\text{도시광산 재자원화 규모} = \sum_{j=1}^n (A_{ij} \times C_{ij} \times E_i) \quad (1)$$

$A_{ij}$ ,  $i$ 년도의  $j$  금속의 도시광산 재자원화량, 단위(ton)

$C_{ij}$ ,  $i$ 년도의  $j$  금속의 연평균 가격, 단위(USD/ton)

$E_i$ ,  $i$ 년도의 연평균 환율, 단위(원/USD)

셋째, ‘도시광산 자원 생산량의 국내 산업 기여도 분석’ 단계에서는 국내 금속자원의 수요 규모와 도시광산 재자원화 규모를 비교하여 도시광산 산업의 국내 산업으로의 기여도를 정량적으로 추산하였다. 이 때, 국내 금속자원의 수요 규모는 식 (2)와 같이 국내 금속자원의 수입액과 도시광산 재자원화 규모를 합한 값으로 추정하였다. 국내 금속자원의 수입액은 한국무역협회 수출입통계자료<sup>12)</sup> 데이터를 활용하여 계산하였다.

$$\text{국내 금속자원 수요 규모} = \sum_{j=1}^n I_{ij} + U_{ij} \quad (2)$$

$I_{ij}$ ,  $i$ 년도의  $j$  금속자원 수입액, 단위(원)

$U_{ij}$ ,  $i$ 년도 도시광산산업에서  $j$  금속의 재자원화 규모, 단위(원)

식 (3)의 도시광산 자원 생산량의 국내 산업 기여도는 식 (1)에서 계산한 도시광산 재자원화 규모와 식 (2)에서 구한 국내 금속자원의 수요 규모를 활용하여 계산하였다. 이 비율은 앞서 서론에서 언급한 국내 천연광

석에 대한 수입 의존도를 도시광산 산업에서 회수한 금속으로 얼마나 대체하고 있는지를 정량적으로 파악하여 무역역조 현상에 어느 정도 기여하는지 확인할 수 있다는 점에서 의의를 지닌다.

도시광산 자원 생산량의 국내 산업 기여도(%)

$$= \frac{\text{도시광산재자원화규모}}{\text{국내금속자원수요규모}} \times 100 \quad (3)$$

## 2.2. 도시광산 업체 현황

국내 도시광산 업체 현황 조사는 Fig. 3과 같이 ‘사전 조사 대상 업체리스트 작성’, ‘대상 업체별 정보수집 및 검토’, ‘도시광산 업체 현황 분석’ 순으로 진행하였다.

첫째, ‘사전 조사 대상 업체리스트 작성’ 단계에서는 현재까지 조사된 국가 통계정보 등을 활용하여 도시광산 업체를 선별하였다. 도시광산산업에 해당되는 업체를 파악하기 위해 가장 기본적으로 활용한 자료는 한국환경공단에서 제공하는 2014년 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’이다. 본 자료에서는 총 7,015개의 중간·최종·종합 재활용업 허가를 받은 업체에 대한 정보(주소, 연락처, 재생제품명, 처리방법 등)가 명시되어 있다. 이 중 재생제품명과 처리방법을 확인하여 실제 금속을 재자원화하는 업체 424개를 선별하였다. 또한 도시광산 업체 중 고철 등을 수집하는 업체는 현행 「폐기물관리법」상 신고업체에 해당되기 때문에 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료의 신고업체로 조사된 357개 업체를 추가하여 총 781개 업체 정보를 확보하였다. 그리고 ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’의 대상 업체 선별과정에서 폐액, 폐유 및 폐촉매 등에서 금속 또는 금속화합물을 생산하는 도시광산 관련 기업의 누락에 대한 오류를 방지하기 위하여 한국도시광산협회에 등록되어 있는 도시광산 업체 회원사 40여개를 추가하였다. 또한 한국생산기술연구원 자원순환기술지원센터에서 보유하고 있

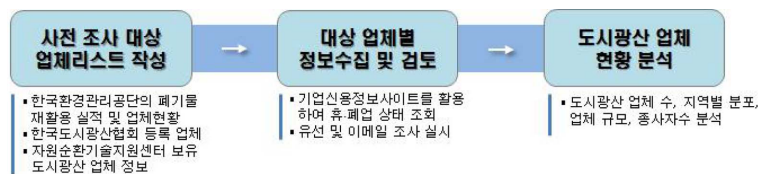


Fig. 3. Procedure for investigating the status of urban mining companies.

는 도시광산 업체 리스트 860개를 추가하여 대상 업체에 대한 누락 가능성을 최소화하였으며, 마지막으로 중복 조사된 업체를 제거하여 조사대상 업체 리스트 작성하였다.

둘째, ‘대상 업체별 정보수집 및 검토’ 단계에서는 한국기업데이터(주)의 기업신용정보사이트<sup>13)</sup>를 활용하여 휴·폐업 상태, 업체의 소재지, 재생제품명, 종사자 수 등의 정보를 확보하였다. 앞 단계에서 작성된 도시광산 업체에 대해 ‘14년 말 기준으로 기업신용정보사이트에서 업체상태를 확인하여 휴·폐업된 175개 업체를 제거하였고, 홈페이지 확인 및 유선통화로 기업명 변경 및 업종변경이 이루어져 도시광산업을 하지 않는 135개 업체를 제거하였다. 또한 업체의 정보가 누락된 경우 기업신용정보사이트에서 업체명 검색을 통해 정보를 추가하였으며, 기업신용정보사이트에서 업체의 정보 확보가 어려운 소기업 등은 직접 유선상으로 연락하여 업체의 정보를 파악하였다. 이러한 과정을 거쳐 ‘14년 기준으로 총 917개 도시광산 업체에 대한 업체명, 소재지, 연락처, 종사자 수, 매출액 등의 정보를 확보하였다.

마지막으로 ‘도시광산 업체 현황 분석’ 단계에서는 최종적으로 도시광산업에 속하는 업체에 대하여 세부적인 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 도시광산 원료 처리 공정에 따른 업체 수 변화를 2009년 결과와 비교하기 위하여 Table 2와 같이 수집, 전처리, 금속 제·정련 및 기타 등 4개 분류로 정리하였다.

도시광산 ‘수집 업체’의 경우 금속자원이 포함된 제품이나 금속자원이 포함된 폐가전제품, 공정부산물 등 도시광산 원료 폐기물을 수집·운반하는 업체를 수집업체로 분류하였으며, 수집된 도시광산 원료폐기물을 대상으로 해체, 파·분쇄, 선별 등을 행하는 업체를 ‘전처리 업체’로 분류하였다. ‘제·정련 업체’는 수집 및 전처리 업체를 통해 회수된 도시광산자원으로부터 금속을 추출하거나 순도를 높여 산업원료로 제공급하는 업체로 분류하였으며, 금속을 재활용하는 업체이나 정확한 업

태를 파악할 수 없는 경우에는 ‘기타 업체’로 분류하여 현황조사를 실시하였다. 또한 도시광산 업체의 연간 매출액 및 종사자 수를 조사하여 도시광산산업의 규모적인 특징을 파악하고자 하였다.

### 3. 결 과

#### 3.1 도시광산 재자원화 규모

Table 3은 국내 도시광산 업체의 상용화 공정을 통해 실제 재자원화되고 있는 금속의 재자원화량과 금속 가격 및 환율을 고려하여 식 (1)에 따라 산정된 재자원화 경제적 규모를 나타낸 것이다. 구리, 아연, 알루미늄, 백금, 크롬 등 19개 금속 재자원화량은 물질흐름분석통계에서 제공하는 데이터를 사용하였으며, 그 외 철, 은, 주석, 인듐 등 8개 금속의 재자원화량은 물질흐름분석통계 값을 보완하여 적용하였다.

보완된 내용으로는 철의 경우 물질흐름분석통계에서 누락된 일반 고철스크랩 및 스테인리스강 스크랩의 자가발생 재활용량을 한국철강협회의 철강스크랩 통계를 활용하여 추가하였다. 자가발생 재활용량을 추가한 이유는 국내 산업계 전체에 투입되는 재자원화 금속량 및 경제적 가치를 정량화하는데 본 연구의 가장 큰 목적이 있기 때문이다. 은의 경우 2011년 기준 물질흐름분석통계에서 얻어진 326.0톤과 자원순환기술지원센터의 자체 조사 값인 379.6톤을 비교하여 더 큰 값을 채택하였다. 더 큰 값을 채택한 이유는 금속 재자원화 통계 조사 과정에서 발생하는 대부분의 오차는 해당 업체를 누락시키는 것에서 비롯되기 때문이다. 또한 주석, 인듐, 마그네슘, 타이타늄, 코발트의 경우, 2009년에 조사된 물질흐름분석통계 자료를 대신하여 2011년에 자원순환기술지원센터 자체 조사된 최신 재자원화량 결과로 대체하였다.

마지막으로 바나듐의 경우에는 물질흐름분석 통계자료를 바탕으로 재자원화량을 추가 조사하였다. 바나듐의 재

Table 2. Classification of urban mining companies based on their roles in the entire recycling process

No.	구분	내 용
1	수집 업체	· 금속자원이 포함된 폐가전제품, 금속스크랩 등 사용 후 제품 및 공정부산물을 수집하는 업체
2	전처리 업체	· 수집된 도시광산 자원을 분해·해체, 파·분쇄, 선별 등 물리적 가공을 행하는 업체
3	제·정련 업체	· 금속자원을 포함하고 있는 전처리된 도시광산 자원으로부터 금속을 추출하거나 불순물을 제거하여 순도를 높여 산업원료로 제공급하는 업체
4	기타 업체	· 도시광산 업체이지만 정보제공 거부로 인하여 정확한 업태를 파악할 수 없는 업체

Table 3. Metal quantity and economic values recovered from urban mine in 2014

금속별 분류	재자원화 금속	재자원화량 <sup>9)</sup> (ton)	재자원화 경제적 가치* (백만원)	재자원화량 조사연도 (년)	비고(출처) <sup>가)</sup>
철 (1)	철(Fe)	31,809,413	9,511,014	2014	한국철강협회
	소 계		9,511,014		
주요 범용 비철 (4)	구리(Cu)	353,534	2,555,035	2014	물질흐름분석통계
	아연(Zn)	41,057	93,595	2014	물질흐름분석통계
	알루미늄(Al)	1,037,426	2,039,924	2014	물질흐름분석통계
	납(Pb)	308,646	681,338	2014	물질흐름분석통계
	소 계		5,369,892		
귀금속 (2)	금(Au)	58.397	2,489,500	2011	물질흐름분석통계
	은(Ag)	379.629	245,297	2011	별도 업체조사
	소 계		2,734,797		
희소 금속 (20)	주석(Sn)	266	6,133	2011	별도 업체조사
	인듐(In)	160	121,365	2011	별도 업체조사
	백금(Pt)	1.703	79,967	2010	물질흐름분석통계
	팔라듐(Pd)	2.597	70,871	2010	물질흐름분석통계
	로듐(Rh)	0.2	7,818	2010	물질흐름분석통계
	마그네슘(Mg)	5,300	14,847	2011	별도 업체조사
	타이타늄(Ti)	75	334	2011	별도 업체조사
	코발트(Co)	210	7,017	2011	별도 업체조사
	크롬(Cr)	97,600	289,180	2012	물질흐름분석통계
	안티모니(Sb)	840	8,310	2013	물질흐름분석통계
	카드뮴(Cd)	43	4	2013	물질흐름분석통계
	니켈(Ni)	20,460	363,464	2014	물질흐름분석통계
	몰리브덴(Mo)	1,400	25,143	2014	물질흐름분석통계
	망간(Mn)	508,995	971,529	2014	물질흐름분석통계
	리튬(Li)	1.6	10	2009	물질흐름분석통계
	게르마늄(Ge)	8	2,240	2013	물질흐름분석통계
	인(P)	2,894	3	2014	물질흐름분석통계
	비소(As)	17.31	30	2013	물질흐름분석통계
	규소(Si)	461,879	268	2013	물질흐름분석통계
	바나듐(V)	1,800	40,964	2011	별도 업체조사
소 계		2,009,497			
합 계			19,625,200		

\* 환율은 2014년도 연 평균값으로 계산(1,053.21원/US\$)

가) 별도업체조사의 경우 자원순환기술지원센터가 자체적으로 조사한 값으로 금속별 재자원화량 조사업체는 다음과 같다. ①은 : 울산 K사, 울산 L사, 인천 H사 등, ②주석 : 경기 P사 등, ③인듐 : 부산 G사, 인천 H사 등, ④마그네슘 : 강원 H사, 경북 C사, ⑤타이타늄 : 인천 N사, 인천 M사 ⑥코발트 : 경남 M사 등 ⑦바나듐 : 울산 E사, 경북 U사, 경북 Y사 등)

자원화량을 추가 조사한 이유는 국내에서 재자원화되는 바나듐이 석유 원유에 함유된 불순물에서 얻어지기 때문이다. 물질흐름분석통계는 금속자원의 소과정 흐름에 대한 분석이 이루어지기 때문에 원료 및 기초소재 단계에서 국내 산업의 원료로 투입된 양을 토대로 물질수지를 맞추게 되어있다. 따라서 원료에 함유되어 있는 불순물 등은 고려하지 않는다. 그러나 현재 국내 도시광산 업체를 통해서 재자원화되는 바나듐의 경우, 석유 원유 불순물로 함유되어 있는 바나듐이 탈황과정에서 촉매로 농축된 바나듐을 회수하기 때문에 포함이 되지 않은 것이다<sup>14)</sup>. 따라서 이러한 바나듐의 재자원화량은 자원순환기술지원센터가 2011년 자체적으로 조사한 결과 값인 40,964톤을 사용하였다.

도시광산 재자원화 규모 산정 결과 국내 도시광산산업에서 회수하는 금속의 경제적 가치는 2014년 기준 약 19.6조 원으로 산정되었다. 금속별 재자원화 규모를 살펴보면 철 9.5조원(48%), 범용비철 5.4조 원(28%), 귀금속 2.7조 원(14%), 희소금속 2조 원(10%)으로 구성되었다. 이 중 철의 재자원화 규모는 전체 도시광산 재자원화 규모의 약 절반을 차지하고, 구리, 금, 알루미늄이 경제적 가치가 2조원 이상으로 조사되었다.

본 연구를 통하여 얻어진 도시광산 재자원화 규모 결과(19.6조 원)는 기존 과거 보고서에서 도시광산의 경제적 규모를 생활계 폐기물(폐자동차, 폐휴대폰 등) 및 사업장계 폐기물(고철 스크랩, 폐기계설비 등)의 잠재가치 추정을 통하여 간접적으로 추정하는 방법과 달리 도시광산 업체가 직접 회수한 금속의 경제적 가치를 계산하였다는 점에서 가장 큰 차별성을 지닌다. 2011년에 보고된 삼성경제연구소의 국내 도시광산의 잠재가치는 최소 50조 원이고, 희소 금속의 잠재가치는 약 2.8조 원 수준이라고 조사되었다<sup>14)</sup>. 이 결과는 2010년 보급된 전기·전자 제품(EPR 10종 185백만 대), 자동차(18백만 대) 등 생활계 폐기물의 가치를 약 20조 원으로, 사업장계 폐기물의 가치를 약 30조 원으로 추정하여 얻은 결과이다. 하지만 이 보고서에서 계산된 도시광산 잠재가치 50조 원은 현재 국내 존재하는 전기·전자제품, 자동차, LCD패널 등에 잔존하는 금속자원의 경제적 가치를 의미하는 것일 뿐 도시광산산업의 경제적 규모와 직접적인 상관성은 약하다는 단점을 지닌다. 이러한 접근 방법이 상관성이 낮은 이유는 2010년에 보급된 자동

차 18백만 대가 언제 도시광산산업의 원료로 투입되는지에 대한 시기의 불확실성이 존재할 뿐 아니라 국내에서 재자원화가 이루어진다는 장소의 불확실성도 존재하기 때문이다. 따라서 물질흐름분석통계 자료에 근거하여 도시광산산업의 재자원화 규모를 직접적으로 계산한 본 연구결과가 현재의 통계자료를 활용하여 계산할 수 있는 가장 객관적인 방법이라고 할 수 있다.

하지만 현재 물질흐름분석통계에서 매년 재자원화되는 모든 금속에 대한 조사가 이루어지지 않고 있기 때문에 본 연구결과에서 얻어진 도시광산 재자원화 규모가 가장 정확한 수치는 아니다. 만약 중요한 전략금속에 대한 물질흐름분석통계가 매해 갱신되어 제공될 경우, 현재 계산된 도시광산 재자원화 규모보다 훨씬 더 신뢰성 높은 값의 도출이 가능하고, 금속별 재자원화 추이 분석을 통하여 더 많은 정보를 얻을 것으로 예상된다.

본 연구를 통하여 조사된 국내 재자원화 금속은 총 27개 금속으로 2012년에 조사<sup>15)</sup>된 19개 금속보다 8개 금속(크롬, 망간, 안티모니, 리튬, 게르마늄, 규소, 비소, 인)이 추가적으로 국내에서 재자원화되고 있음을 확인하였다. 또한 루테튬, 갈륨, 텅스텐의 경우, 국내 재활용 상용화 기술을 보유하고 있으나 실제 업체에서 재활용되는 양을 조사하지 못하여 본 연구의 도시광산 재자원화 규모 산정 시 제외하였다. 따라서 2014년 기준으로 국내 도시광산 재자원화 보유기술을 통하여 국내에서 재자원화가 가능한 금속은 30개로 파악되었다.

Table 4는 국내 금속자원 수요 대비 도시광산 생산 비율을 결과를 나타낸 것이다. 한국무역협회 수출입통계 자료를 토대로 계산한 결과 2014년 기준 국내 천연 금속자원의 수입액은 약 69.9조 원으로 계산되었다. 또한 국내 금속자원의 총 수요 규모는 89.5조 원으로 추정되었으며, 이는 식 (2)에 따라 조사된 도시광산산업의 경제적 규모인 19.6조 원과 국내 천연금속자원 수입액 69.9조 원을 합하여 산정된 결과다. 국내 금속 자원 수요 대비 도시광산 자원 생산 비율은 식 (3)에 따라 계

**Table 4.** Production rate from urban mine relative to domestic metal demand

국내 천연금속자원 수입액(A, 조 원)	69.9
도시광산으로부터 자원생산액(B, 조 원)	19.6
국내 금속자원 사용 총액(C=A+B, 조 원)	89.5
국내 자원수요 대비 도시광산 생산 비율(B/C*100, %)	21.9

<sup>14)</sup>만약 이 과정을 통하여 회수되는 바나듐을 고려하여 물질수지를 맞추기 위해서는 석유원유에 함유되어 있는 바나듐의 불순물 함량을 원료 및 기초소재 단계부터 고려해야 함.



산된 결과 국내 산업의 금속 수요 중 21.9%를 도시광산을 통하여 산업계로 공급되는 것으로 파악되었다.

3.2. 도시광산 업체 현황

국내 도시광산 업체의 지역별 분포 현황은 Fig. 4에 나타내었다. 2014년 기준으로 국내 도시광산 업체는 총 917개로 조사되었으며, 이 중 소재지가 파악된 업체는 884개였다. 소재지가 미파악된 33개 업체는 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료에서 폐기물 처리허가를 받은 업체이지만 해당 업체의 연락처, 주소 등 세부정보가 나와 있지 않아 소재지 파악이 불가능하였기 때문에 본 연구의 지역별 분포 현황 분석에서는 제외하고 분석하였다. 전국 시도 중 도시광산 업체가 가장 많은 지역

은 서울, 경기, 인천의 수도권 지역으로 전체의 38.7% (342개)를 차지하는 것으로 조사되었다. 다음으로 경상권 329개(37.2%), 충청권 105개(11.9%), 전라권 89개(10.1%), 강원권 16개(1.8%), 제주 3개(0.3%)의 순으로 도시광산 업체가 분포하고 있었다.

Table 5는 2008년과 2014년에 조사된 도시광산 업체 분류별 비교 결과이다. 「폐금속자원재활용대책」에서 제시된 2008년 기준으로 조사된 도시광산 업체 수는 363개로 2014년에 조사된 598<sup>다)</sup>개와 비교하여 연평균 약 10%의 업체 수가 증가하였다. 2009년에 조사된 363개 업체 중 전처리 업체는 219개(60%), 제·정련 업체는 144개(40%)로 나타났다. 2014년에 조사된 전처리 업체는 293개(49%), 제·정련 업체는 305개(51%)로 지난 6

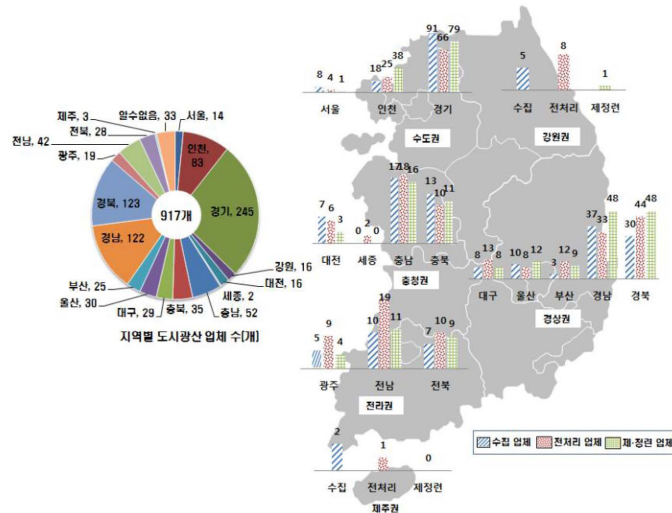


Fig. 4. Distribution of domestic urban mining companies.

Table 5. Comparison of status for classification of urban mining companies, 2008 vs. 2014

구분	2008년 결과 <sup>6)</sup> (개)			2014년 결과*(개)			증가율 (%)
	전처리 업체	제·정련 업체	합계	전처리 업체	제·정련 업체	합계*	
철강	95	7	102	129	46	175	71.6
범용비철	113	78	191	104	137	241	21.2
귀금속	5	45	50	26	63	89	78
희소금속	6	14	20	34	59	93	365
합계	219	144	363	293	305	598	64.7

\*도시광산 원료 수집 업체 제외

다) 2014년 기준으로 조사된 917개 업체 중 도시광산 원료 수집업체는 제외



**Table 6.** Classification of urban mining companies by their sales figures

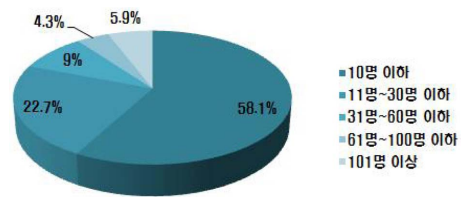
구분	매출액별 분류			
	50억 원 이하 (소기업)	50억 원 ~ 100억 원 (중기업)	100억 원 ~ 1,500억 원 (중견기업)	1,500억 원 초과 (대기업)
수집 업체	102 개	27 개	39 개	0 개
전처리 (파·분쇄)	103 개	32 개	52 개	8 개
제·정련 업체	107 개	29 개	103 개	28 개
합계	312 개	88 개	194 개	36 개

년간 전처리 업체보다 제·정련 업체들의 비중이 증가하였음을 확인할 수 있었다.

금속별 변화를 살펴보면 가장 큰 변화가 있는 금속 분류는 희소금속이고, 변화가 가장 적은 분야는 범용비철 분야였다. 2008년 도시광산 업체 조사결과, 범용비철 재활용업이 절반 이상(53%)이고, 희소금속 재활용업은 20개(6%)에 불과했다. 그러나 2014년까지 희소금속은 연평균 60% 이상 업체 수가 증가한 반면 범용비철 업체수의 증가율은 연평균 4% 이하에 그쳤다. 특히 희소금속 제·정련 업체가 14개에서 59개로 급증하였는데 그 이유는 2008년까지 귀금속만을 제·정련하던 업체들이 지난 6년 동안 기술개발을 통하여 희소금속 회수, 정제 및 고순도화 기술 등을 확보한 것으로 파악된다.

도시광산 업체에 대한 업체별 매출액 현황은 Table 6에 나타내었다. 도시광산 업체의 매출액 현황은 업체가 파악된 88개 업체 중 매출액에 대한 정보를 알 수 있었던 630개 업체를 대상으로 조사하였고, 영업상의 이유로 매출액 정보 제공을 하지 않은 업체는 제외하였다. 매출액에 따른 도시광산 업체 규모 분류기준이 없기 때문에 본 연구에서는 ‘중소기업법’과 ‘중견기업 성장촉진 및 경쟁력 강화에 관한 특별법’의 각 시행령 별표 6을 참고로 하여 4개 규모로 분류하여 조사하였다. 분류된 매출액 기준으로 50억 원 이하인 업체는 312개(49.5%), 50~100억 원 업체 88개(14%), 100~1,500억 원 업체는 194개(30.8%), 1,500억 원 초과 업체는 36개(5.7%)로 조사되었다. 따라서 절반 이상의 도시광산 업체들이 매출액 100억 이하의 소규모 업체라는 것을 확인할 수 있었다. 또한 매출액 기준으로 도시광산 업체 규모를 분류한 결과 대기업의 경우 대부분 제·정련 업체에 해당하는 반면에 수집 업체는 존재하지 않는 것으로 조사되었다.

도시광산 업체에 종사하고 있는 종업원 수는 특별한 분류 기준이 따로 없기 때문에 10명 이하, 11명 ~ 30명,



**Fig. 5.** Distribution of urban mining companies by the number of employees.

31명 ~ 60명, 61명 ~ 100명, 101명 이상의 5개 구간으로 분류하였으며, 결과는 Fig. 5와 같다. 도시광산 업체의 종업원 수가 파악된 업체는 총 832개였으며, 이 중 종업원 수가 10명 이하인 업체는 483개(58.1%), 종업원 수 11명 ~ 30명 업체 189개(22.7%), 31명 ~ 60명 이하 업체 75개(9%), 61명 ~ 100명 이하 업체 36개 업체(4.3%), 101명 이상 업체 49개(5.9%)로 나타났다. 그 중에서도 전체 도시광산 업체 중 약 58%에 해당하는 업체가 종업원 수 10명 미만이 일하는 영세업체인 것으로 조사되었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 국가통합자원관리시스템에 구축된 물질흐름분석통계를 기반으로 도시광산 재자원화 규모를 산정하였고, 한국생산기술연구원 자원순환기술지원센터의 내부자료와 한국환경관리공단, 한국광물자원공사, 한국무역협회 등 기타 자료를 활용하여 2014년 도시광산산업의 현황을 조사하였다. 체계적인 도시광산산업 육성을 위한 기초자료 확보 차원에서 수행된 본 연구에서는 국가통계를 활용하는 Top-down 방식과 개별 기업현황 조사를 하는 Bottom-up 방식을 병행한 통합 방법론적 통계조사 방법이 사용되었다.

본 연구를 통하여 산정된 도시광산산업의 재자원화 금

속자원 규모는 총 27개 금속에 대하여 약 19.6조 원으로 국내 금속 수요금액 89.5조 원의 약 22%에 해당한다. 파악된 도시광산산업 관련 업체 수는 2014년 기준 총 917개였으며, 지역적 분포 특성을 살펴보면 수도권과 경상권에 각각 38.7%, 37.2%로 분포하고 있는 지역 밀집형 산업특징을 지니고 있었다. 도시광산 업체의 규모는 매출액을 기준으로 50억 원 이하인 업체가 312개(49.5%), 도시광산 업체 종사자 수 10인 미만의 기업이 58%로 아직은 소기업 중심으로 구성되어 있음을 확인할 수 있었다. 2009년 도시광산 업체현황 조사 결과와 비교할 경우 도시광산 업체 수는 전반적으로 증가하였으며, 특히 희소금속의 회수 기술 개발을 통한 고부가가치 창출 가능성을 확인하면서 대상 금속이 철/범용비철/귀금속에서 희소금속으로 확대되고 있음을 알 수 있었다. 또한 도시광산 업체를 통하여 재자원화가 이루어지는 금속의 종류도 19개('12년 조사)에서 27개('14년 조사)로 증가되었다.

본 연구에서 통계치의 산정 과정에 일부 조사연도가 몇 년 경과된 금속의 재자원화량을 활용한 경우가 있어 기준년도(2014년) 통계로서 신뢰도가 완벽하다고 주장하기는 어렵다. 하지만 기존의 도시광산산업 통계가 폐기물 내 금속의 잠재가치 추정을 통한 간접적인 통계 결과와 달리 실제 도시광산산업에서 생산되는 금속자원의 규모 및 업체 수에 대한 통계자료를 제시하였다는 점에서 기존 연구와의 차별성 및 의의를 지닌다. 앞서 언급한 문제점 해결을 위해서는 주요 금속에 대한 물질흐름분석통계 데이터의 매년 조사 갱신이 필요하고, 이러한 갱신 데이터가 확보될 때 도시광산산업에 대한 통계자료의 정확도는 더욱 향상될 것으로 기대한다.

### 감사의 글

본 연구의 일부는 산업통상자원부 “자원생산성 기반 구축 사업”의 지원으로 수행된 것입니다.

### References

1. United States Geological Survey, 2014 : *Mineral Commodity Summaries 2014*, U.S., Geological Survey, pp6-13, U.S. Department of the Interior, U.S.
2. Hwang, Y. G., Kil, S. C., Kim, J. H., 2014 : *Technical Trends of Rare Metal Recycling in the Next Generation Automobile*, Journal of Koran Institute of Resources Recycling, Vol. 23, No. 2, pp.3-16.
3. Ahn, J. G., Lee, K. M., Lee, J. R., 2009 : Properties and Recovery Technologies for Rare-Platinum Group using Patent Information, Journal of Korean Institute of Resources Recycling, Vol. 18, No. 4, pp.3-13.
4. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 2014 : *Mineral Commodity Market Statistics DB*, <https://mici.kigam.re.kr>
5. Korea Institute of Industrial Technology, Korea Institute for Rare Metals, 2016 : 2016 import and export statistics on rare metal, pp.38.
6. Interagency partnerships(The Ministry of Knowledge Economy, Ministry of Education, and Science Technology, Ministry of National Defense et al.), 2009 : *Waste Metal Resources Recycling Measures*, pp.1-32.
7. Shin, H. J., Kang, H. Y., Chung, W. J., 2013 : *Importance of Technology Development for Urban Mining Industry and Future Directions*, Korean Journal of Metals and Materials, Trends in Metals and Materials Engineering, Vol.26, No.2, pp.4-13.
8. Kang, H. Y., 2016 : *Profile of Metal Resources Flow Analysis and Trend of Urban Mining Industry*, Symposium for Profile of Metal Resources Flow Analysis and the Enhancement of Urban Mining Industry, pp.11-34, Korea Institute of Industrial Technology Center for Resources Information & Management, The-K Hotel, 6 June 2016, Printed in Korea.
9. Korea Institute of Industrial Technology, Center for Resources Information & Management, 2016 : *Korean National Material Flow Analysis*, <http://k-mfa.kr>
10. Korea Iron & Steel Association, 2015 : *Steel Statistical Yearbook*, <http://www.kosa.or.kr>
11. Korea Mineral Resources Information Service, 2016 : *Mineral Prices Information*, <http://www.kores.net>
12. Korea International Trade Association, 2016 : *K-stat*, <http://stat.kita.net>
13. Korea Enterprise Data, 2014 : *Cretop*, <http://www.cretop.com>
14. Jeong, S. S., Kim, H. Y., Choe, M. H., 2011 : *Evaluation of Potential Value for Rare Metal in Urban Mining*, Samsung Economics Reserch Institute, pp. 8-10.
15. Inha University, The Ministry of Knowledge Economy, 2012 : *A Study of Status Analysis and Development Measures for Urban Mining Industry in Korea*, pp.28-76, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong.



김령주

- 한양대학교 건설환경공학과 석사
- 현재 한국생산기술연구원 연구원



신호정

- 포항공과대학교 신소재공학과 학사
- 포항공과대학교 신소재공학과 석사
- 포항공과대학교 신소재공학과 박사
- 현재 한국생산기술연구원 수석연구원



강흥윤

- 현재 한국생산기술연구원 자원순환기술지원센터 센터장

### 學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外의 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.