

## 재활용 현황파악을 위한 공공 자료별 국내 납 물질 흐름 상호 확인

§이상훈 · 김정은

계명대학교 환경학부 환경과학전공

### A Cross-check of Domestic Lead Material Flow in Public Database Sets for the Recycling Status Analysis

§Sang-hun Lee and Jungeun Kim

*Dept. of Environmental Science, Keimyung University, 1095 Dalgubeol-daero, Daegu 42601, Korea*

#### 요 약

폐기물에서의 납 회수 및 재활용을 통해 원료공급 안정화와 환경오염 예방을 동시에 도모할 수 있고 실제로도 최근 폐납축전지 위주의 재활용을 통해 납 원자재 공급 측면에서 긍정적인 효과를 보고 있다. 다만 향후 납 회수 및 재활용의 효과를 극대화하기 위해서 납의 물질 흐름의 현황을 효과적으로 파악할 필요가 있는데, 배출원 등의 복잡성과 다양성으로 인해 관련 조사가 번거로울 수 있다. 이 경우 편의상 인터넷 공개자료를 통한 예비 조사의 선수행이 효과적일 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 공공기관 공개자료를 통해 국내 납의 흐름을 파악하여 향후 납 회수/재활용에 효율성을 기여하고자 한다. 이에 본 연구에서는 UN Comtrade와 국내 화학물질배출·이동량 사이트 자료를 이용하여 납의 수입량 및 배출·이동량을 파악하고 이를 국가통합자원관리시스템에서 제시된 납의 흐름과 비교하였다. 그 결과 폐납축전지 등 주요 항목별 관련 납의 흐름이 각 사이트 간에 대략적인 일치율을 보였다.

**주제어 :** 납, 폐납배터리, 폐기물, 금속, 물질흐름

#### Abstract

Supply deficit of lead commodities and environmental pollution can be simultaneously resolved through the recovery and recycling of waste lead. The recent recovery of lead through recycling of the lead battery waste is a positive development. To maximize the effect of lead recovery and recycling in the future, the updated status of the lead material flow should be recognized. However, such an analysis at the preliminary stages may be cumbersome owing to the complexity and diversity of emission sources and material streams. At this stage, a preliminary screening by domestic lead flow using public information should be feasible. Therefore, in this study, using the data from the UN Comtrade and domestic PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) databases, the amounts of lead import, emission, and transfer were identified and cross-checked with the domestic lead flow described in the National Material Flow Analysis database. The lead flow for major categories such as waste lead-acid batteries showed a rough consistency between the databases.

**Key words :** Lead, Waste lead battery, Waste, Metal, Material flow

· Received : May 10, 2021 · Revised : June 3, 2021 · Accepted : June 7, 2021

§ Corresponding Author : Sang-hun Lee (E-mail : shlee73@kmu.ac.kr)

Department of Environmental Science, Keimyung University, Osan Hall 303, 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 42601, 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

납은 연성, 전성 및 내부식성이 뛰어나 축전지, 관, 케 이블, 피복, 방사능 차단제 등 다양한 용도에 많이 쓰이는 중요한 자원이다<sup>1)</sup>. 납은 다양한 용도를 지니고 있는데 특 히 (납)축전지 등 배터리의 음극으로 많이 쓰인다. 가장 일반적인 납축전지 형태는 플라스틱 케이스 내 납 합금 그리드를 내장하고 있는 형태로 이루어져 있는데<sup>1)</sup>, 그리 드의 재질은 납 합금이며 합금에는 안티몬 등이 첨가되어 있다. 그리드 내 공간은 주로 Paste 물질로 채워지는 데 이 것도 산화납으로 구성되어 있다<sup>1)</sup>. 이와 같이 납축전지는 상당부분이 납으로 구성되어 있으며 본 연구에서는 중량 기준 전체 납축전지(15-30 kg)의 60%가 납으로 이루어져 있다고 가정한다<sup>2,3)</sup>. 납산 축전지는 SLI (Start-Lighting-Ignition) 축전지, 지게차용 축전지(Traction battery), 거 치형 축전지로 대별된다<sup>1)</sup>. SLI 축전지는 자동차나 트럭내 시동/발화/전화를 위한 것으로 납축전지의 가장 일반적인 형태이다<sup>1)</sup>. 최근 전기차 축전지의 발달로 인해 납축전지 시장의 성장세는 많이 둔화되었지만, 향후에도 개발도상 국의 경제성장에 따른 자동차 배터리 부문의 수요로 인해 일정 수준의 납 소비량 유지가 예상되며, 이에 우리나라 의 축전지 등의 생산을 위한 납 소비량도 상당 규모를 유 지할 것으로 생각된다<sup>1,4)</sup>.

그럼에도 다른 유가 금속과 마찬가지로 납의 국내 자체 생산량이 소비량에 비해 부족하여 상당량 수입에 의존하 는 실정이다. 그런데 최근 납 광상의 고갈과 광산환경문 제 및 인건비 상승 등에 따라 1차 납 원료 수급이 여의치 않다<sup>1,4)</sup>. 이에 폐배터리나 스크랩 등 주로 산업폐기물 내 에서의 납 회수 즉 일종의 자원순환 과정을 통한 2차 생산 을 통해 상당량의 납 원료를 공급하고 있다<sup>1,4)</sup>. 이러한 폐 자원회수를 통한 자원순환은 전술한 산업적/경제적 측면 외에도 환경보건적 측면에서 긍정적이다<sup>1,4)</sup>. 사실, 금속 함유 폐기물이 재활용되지 않고 폐기되어 환경매질내 잔 류시 환경오염문제가 되는 경우가 흔하다<sup>1)</sup>. 특히 납은 장 기간 동안 환경내 생태계나 인체내 지속적으로 잔류하면 서 특유의 독성 및 화학적 특성으로 인해 인체 유입시 발 암이나 중독증상 유발 등 여러 피해를 끼친다<sup>1)</sup>. 물론 버려 진 폐기물내 납 등의 유해 금속 성분은 직접적으로 인체내 유입되지 않더라도 배출 폐기물내 잔류된 물질이 생태요 소내에 축적되면서 먹이 사슬을 통해 인체에 악영향을 미

칠 수 있다<sup>5,6)</sup>.

이러한 납 자원순환의 현황을 제대로 파악하려면 물질 흐름 분석이 효과적일 수 있다. 이 경우 주요 폐자원관리 및 배출업체를 직접 방문하여 사업장내 유해성 유가금속 함유 폐수 및 폐기물 관리나 배출 실태를 상세히 파악해야 하며, 이를 위해서 주요 금속배출 업체/사업장/업종, 폐수/ 폐기물, 성분 등을 개략적이고 신속하게 스크리닝할 필요 가 있다<sup>7)</sup>. 문제는 국내 금속 배출업체가 전국에 산재되어 있고, 유가 금속 및 배출폐기물 종류도 다양하여 전술한 초기 현황 파악 절차가 번거로울 수 있다. 또한 기존 폐기 물 분류 방식은 주로 가연성/ 불연성 등 전통적 처리법 혹 은 유해성을 기준으로 분류한 경우가 많아 자원순환 목적 현황파악에는 적용이 불충분하다<sup>7,8)</sup>. 초기 현황조사 이후 방문조사시에도 방문 대상 업체의 정보공개 범위 및 협력 여부도 불확실하다<sup>7)</sup>. 이러한 초기 현황조사의 효율성 및 간편성 제고를 위해, 본 연구에서는 인터넷 공공자료를 활용, 폐납산배터리를 위주로 한 납 함유 폐기물의 수출 입과 국내 물질흐름과 관련 폐수/폐기물의 현황을 파악하 고자 한다.

## 2. 연구방법

우선 주요 납 함유 폐자원의 최근 수출입현황 파악을 위해 국제연합의 온라인 무역통계자료인 UN Comtrade 사이트의 자료를 활용하였다<sup>8)</sup>. UN Comtrade에서는 주로 HS (Harmonized System) 분류 코드(최대 6자리)를 통해 각국의 수출입 현황을 검색할 수 있으며 무역당사자 국을 단/복수로 지정할 수 있다. 이후 한국회소금속산업기술센 터 주관 국가통합자원관리시스템에서 제공된 납의 생애주 기(유입, 생산, 유통, 폐기, 회수/재자원화) 물질흐름을 파 악한다<sup>9)</sup>. 특히 여기서 폐납의 재자원화율에 중점을 둔다. 또한 화학물질 배출×이동량(PRTR: Pollutant Release and Transfer Register) 정보공개 사이트에서 납을 포함한 다 양한 성분의 배출업체/업종이나 폐수/폐기물내 배출량 등 을 파악할 수 있다<sup>10)</sup>. 여기서 납 함유 대기/폐수 혹은 폐기 물 배출량이 많은 업체를 적절한 기준에서 후보군을 스크 리닝할 수 있고 이후 관련 업체정보(업체 홈페이지나 경 영/환경 보고서)등을 통해 관련 폐수/폐기물의 성상과 이 에 따른 회수현황 등을 개략적으로 추측할 수 있다. 조사 대상연도는 국가통합자원관리시스템 및 화학배출이동량

**Table 1.** Overall lead material flow of Korea in 2018 (unit: 1000 tonnes)<sup>9)</sup>

	Input				Output			
	Into	Import	from Prev.	Recycling	Into	Export	Collection	to Next
Raw or feedstock materials	417	562	3	421	420	356		630
Primary processed products		16	629			4		641
Intermediate products		34	642			417	10	248
Finished products		5	152			39		117
Use & Accumulation			213				160	
Collection		254	170			1		422
Recycling			422					422
Disposal				1				
Total		871	2231	422		817	170	2480

사이트의 가장 최신 연도인 18년도로 하였다. 상기 사이트의 업데이트가 늦은 이유는 Value chain별 혹은 물질/업종/업체별 보고자료를 취합/정리하는데 시간이 필요한데서 기인한다고 사료된다.

원자재 단계로 공급되었고 약 1.1 천톤 정도가 최종 처분되어 실질 재자원화율이 100%에 가까운 것으로 보인다. 본 문단에서 거론한 납의 전반적 물질흐름을 Table 1에 도시하였다.

### 3. 결과 및 토의

#### 3.1. 납의 전반적인 물질흐름

국내 납 원료 또는 기초소재의 경우 2018년도 수입/수출량이 각각 561 천톤 및 356 천톤이며 세부항목은 납광석, 납 함유 아연부산물과 납 금속 피로 구분된다. 이 중 광석은 수입량이 납 금속 피는 수출량이 압도적으로 많았다. 특이한 점은 납 금속 피의 납 원료 상당부분이 폐축전지 등 재활용품에서 회수된 납이라는 점이다. 1차 가공제품 단계에서는 대부분 금속 1차제품(플레이크, 분말, 필름 등)에 약 594 천톤의 납이 사용되었고 그 외 약간의 납이 무기화합물 제조에 소비되었다. 다음 중간제품 단계에서는 1차 가공제품에 함유된 약 556 천톤의 납이 전지제조에 사용되었고 그 외 약 100 천톤 정도의 납이 다른 중간제품(주로 전기장치나 전자부품)제조에 사용되었다. 납 함유 중간제품의 상당부분은 수출되었고 나머지는 운송장비 등 최종단계 제품의 부품으로 사용되거나 소비자에게 공급되었다. 그리고 중간제품에서 발생한 약 10 천톤 정도의 공정부산물은 별도로 수집되었다. 수집된 납의 출처는 방금 언급한 약간의 공정부산물 외 주로 폐납배터리나 수입폐기물내 납이 대부분을 차지하였다. 사용 후 회수/처분 단계에서는 대부분의 납이 재활용을 통해 다시

#### 3.2. 납 함유 물품의 수출입 흐름

UN Comtrade 사이트에 공개된 자료를 분석한 결과, 2018년 전세계에서 국내로 수입되는 납 관련 물품은 중량 기준으로 납 광석 혹은 납 정광(HS 2607)이 약 64 만톤으로 가장 많고 그 다음이 폐전지 혹은 전지스크랩(HS 854810)으로 수입량은 약 47 만톤이었다. 다만 여기서 후자의 경우 수입 폐전지 중 대부분이 납축전지(중량기준 90% 가정)이고 또 납축전지내 상당부분이 납으로 구성되어있다고 하면(중량기준 약 60% 가정) 상기 폐전지/전지스크랩 중 납 중량이 약 23 만톤으로 추정된다고 본다<sup>3,11)</sup>. 이에 반해 전자의 경우 통상적으로 정광내 납이 일부(본 연구에서는 50%로 가정)라는 점을 감안하면 수입된 납 광석 혹은 정광내 납의 중량은 32 만톤 정도로 추정된다<sup>1)</sup>. 이는 국가통합자원관리시스템에서 국내로 폐자원 수집단계로 수입되는 납폐기물(대부분 폐납전지 및 관련 스크랩)이 약 25 만톤 정도에 이른다고 보고되었던 점과 비교했을 때 상기 수출입 자료 기반의 추정치와 상당히 근사함을 알 수 있다(Table 2 참조). 폐납축전지 다음으로 많은 납 수입항목인 납 광석/정광의 경우에도 UN Comtrade가 약 32만톤(납함량 50%로 가정), 국가통합자원관리시스템이 약 36만톤으로 비슷한 수치를 보였다. 납 피의 경우 UN comtrade에서는 금액으로만 표기되어 당시 평균 납 가격

**Table 2.** Comparison of the domestic lead flow described in each database set (unit: tonnes)<sup>8-10)</sup>

UN Comtrade <sup>8)</sup> (tonnes)	PRTR <sup>10)</sup> (tonnes)	Lead Flow <sup>9)</sup> (tonnes)	Implications
Waste lead batteries 232,606* Lead battery 17,315**		Waste lead batteries 253,606	- Very high similitude between the imported lead amounts of (waste) lead batteries, assessed in UN Comtrade versus Korean National Material Flow Analysis <sup>8,9)</sup> . - The difference between the amounts probably resulting from the slightly underestimated lead content in the batteries assumed in this study with the UN comtrade data.
Lead ore or concentrate 320,139*** Lead oxide, etc. 143*** Lead slag, sludge, ash, etc. 5,420***		Lead ore or concentrate 358,556 Zn byproducts 59,691	- High similitude between the imported lead amounts of lead ores, oxide, slag, etc. assessed in UN Comtrade versus Korean National Material Flow Analysis <sup>8,9)</sup> . - The difference between the amounts probably resulting from (1) the underestimated lead content in the imported ores, oxide, slag, etc. batteries assumed in this study with the UN comtrade data; (2) different categorization in specification of lead goods between the two datasets.
Bulk lead 153,659****		Bulk lead 143,614	- High similitude between the imported bulk lead amounts, assessed in UN Comtrade versus Korean National Material Flow Analysis <sup>8,9)</sup> . - The difference between the amounts probably resulting from slightly overestimated lead price of the bulk lead, assumed in this study with the UN comtrade data.
	Transfer to treatment facilities 13,504	Process byproducts 10,008	- Similitude between the collected waste lead amounts, assessed in Korean PRTR versus Korean National Material Flow Analysis <sup>9,10)</sup> . - The difference between the amounts probably resulting from different categorization in specification of lead wastes between the two datasets.
	Discharge to environment 19	Discharge (to environment?) 1,103	- Huge difference between the discharged waste lead amounts, assessed in Korean PRTR versus Korean National Material Flow Analysis <sup>9,10)</sup> . - The difference between the amounts probably resulting from the limited inclusion of waste lead only from industrial sources by PRTR.

(Note) \* Lead content is assumed to be 60% inside waste lead batteries, and 90% of all the imported waste batteries are assumed to be waste lead(-acid) batteries.

\*\* Lead content is assumed to be 60% inside the lead batteries, and the weight of each imported lead battery is assumed to be 15 kg.

\*\*\* Lead content is assumed to be 50%.

\*\*\*\* The price is assumed to be \$ 2534/ton

(톤당 \$ 2534)을 적용한 결과 약 15 만톤이 수입된 것으로 추정된다<sup>1)</sup>. 이는 Table 2에서 나타낸 바와 같이 국가통합 자원관리시스템 상에 기술된 약 14 만톤과 비슷한 값이다.

다른 납 관련 수입물품도 있지만 이들 중량은 전술한 항목내 물품에 비하면 총 합에 기여하는 영향이 상대적으로 미미하다. 예를 들어 납 함유 슬래그/재/잔류물(HS 262029)의 경우 약 1.1 만톤인데 이 중 50%가 납이라고 가정해도 5.5 톤 정도에 불과하다, 납 산화물(화학약품으로 추정; HS 2824)의 경우 수입 중량은 약 285 톤에 불과하였다. 이외에 국내 수입된 (폐기물이나 스크랩 형태가

아닌) 납축전지(HS 850710)도 약 40 만개 정도 수입된 걸로 보고되었는데 이에 대한 중량은 UN Comtrade 사이트에 미포함되어 알기 힘들지만 축전지 1기의 중량이 대략 15 ~ 30 kg 정도라고 하고 이 중 60%가 납이라고 해도 납 축전지 40 만개에 해당되는 총 납 중량은 2 만톤 미만으로 추정된다. 이는 상기 1-2 위 항목의 10% 정도에 불과하다. 따라서 국내 납 원자재 공급원은 대략 납 원광+정광+괴상 그리고 폐납축전지 및 관련 스크랩으로 대별된다고 볼 수 있다. 비록 납 흐름량의 절대치는 다르지만 국가통합자원 관리시스템 상에서도 방금 언급된 추세가 동일하게 관측

되는데 타금속 부산물(약 1 천톤), 혹은 수입 (중간 및 최종)가공제품내에 함유된 납의 중량(약 5.5 만톤)은 폐축전지나 광석(금속 껍 포함) 등에 포함된 납에 비해 매우 소량이었다.

### 3.3. 국내 사업장내 납의 배출 및 이동량

환경부 산하 화학물질 배출·이동량 정보공개 사이트에서 발췌한 국내 사업장 배출 폐납 및 관련 화학물 관련 정보를 취합하였다. 본 정보는 각 발생원별로 폐납의 배출 및 이동을 항목별로 분류하였다. 예를 들면 이동량은 폐수와 폐기물 이동량으로 구분되는데, 이들은 해당 사업장 폐수나 폐기물이 각각 별도의 폐수처리 혹은 폐기물업체로 위탁/이동된 경우 이동 폐수 혹은 폐기물내 함유된 납(화합물 포함)을 연간 배출량 형태로 표시한 것이다. 이는 업체내 제품 생산 및 운반, 저장 공정 혹은 시설에서 나오는 폐수나 폐기물이 포함된다. 물성 측면에서는 폐액, 케이크(Cake), 분진, 폐흡착제, 슬러지 및 폐고형물 등 다양한 성상으로 존재 가능하다<sup>8)</sup>.

2018년 한 해 동안 국내에서 (대기, 수계 혹은 토양 환경으로 직접) 배출 또는 위탁업체로 이동된 납의 양은 각각 약 18.5 톤 및 약 13,504 톤 정도로 보고되었다. 배출된 납은 거의 대부분 대기로 배출된 반면, 수계로 배출된 납은 연간 1 톤 이하로 미미한 수준이었다. 토양으로 (직접) 배출되거나 자가 매립된 납은 사실상 없는 것으로 보고되었다. 한편 이동된 납은 거의 대부분 폐기물에 포함되어 위탁폐기물업체로 이동되었으며 극히 일부(5 톤 이하)는 폐수에 포함되어 위탁폐수처리시설로 이동되었다. 2009년부터 보고된 10 년간의 자료에도 2018년과 대체로 유사한 추세가 지속되었다. 즉 배출+폐기 납의 거의 대부분은 위탁폐기물업체로 이동되었다(Fig. 1 참조). 단, Fig. 1B에서 나타난 바와 같이 2009년부터 2017년까지 연간 약 200톤 이하의 납이 자가 매립되었으며 특히 2017년에는 2개 업체로 인해 그 해에만 자가 매립량이 약 1,200 톤에 달하였다.

화학물질배출·이동량 사이트에서 2018년 1년간 납 배출 및 이동량을 업종별로 보면 납 배출+이동량이 두드러지게 많은 업종은 전기장비제조업(산업분류코드 28)으로 보고되었다. 이 업종의 납 배출량은 약 2.7 톤으로 거의 전부가 대기로 배출되었으며, 납 이동량은 무려 1 만톤이 넘고 대부분 위탁폐기물업체로 이동되었다. 전기장비 제

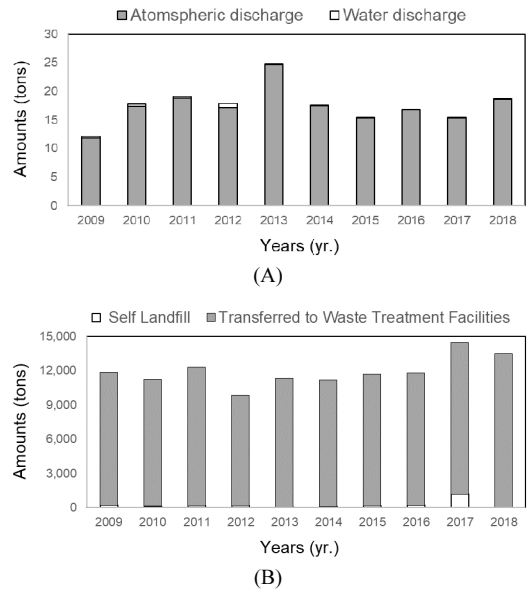
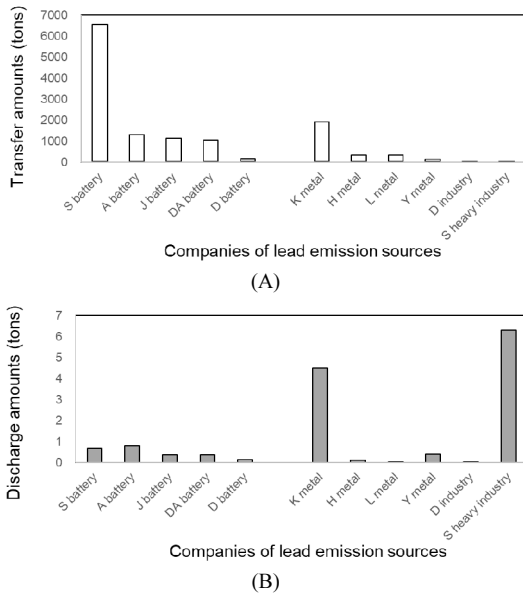


Fig. 1. Domestic annual amounts of waste lead to be discharged into environments (A) and to be transferred into separate treatment facilities (B); the raw data were obtained from the domestic PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) system<sup>10)</sup>.

조분야에서 납 배출이 많은 이유는 납 사용 및 폐기량이 압도적인 납축전지 제조분야(산업분류코드 28202)가 전기장비 제조분야에 포함되어 있기 때문이다. 상기 업종외 다른 업종에서는 1차 금속제조업(산업분류코드 24; 2018년 총 배출량 및 이동량 각각 약 8톤 및 3094 톤), 화학제품제조업(분류코드 20; 총 배출량 및 이동량 각각 약 0.2 톤 및 39 톤), 금속가공제품제조(분류코드 25; 총 배출량 및 이동량 각각 약 7톤 및 16 톤) 및 운수업(분류코드 30; 총 배출량 및 이동량 각각 약 0.1 톤 및 22 톤) 등이다. 정리하면 납 이동량의 경우 납축전지 제조 분야가 포함된 전기장비 제조분야와 1차 금속제조업종이 대부분을 차지하며 납 배출량의 경우 1차 금속제조, 전기장비제조, 금속가공제품 순으로 많이 발생되고 거의 대기배출이며 다른 분야에서는 상대적으로 배출량이 미미한 것으로 나타났다. Fig. 2는 각각 업체별 2018년도 납 이동량 및 배출량을 나타낸 것으로, 당해년도 납 이동량+배출량 혹은 배출량이 높은 업체만을 별도로 선별하여 표기하였다. 그 결과 납의 이동량 및 배출+이동량 총합은 (납축)전지업체가 많았으며 1차 금속제조업체, (화학)산업 및 증공업 업체에서



**Fig. 2.** Major domestic sources of waste lead to be transferred to separate treatment facilities (A) and to be discharged into environment (B).

도 배출 혹은 이동량 존재를 관측하였다. 전반적으로 납의 배출량보다는 이동량이 압도적으로 많고 전지 혹은 금속 업종의 소수 업체에 배출 혹은 이동량이 집중되어 있음을 알 수 있다.

2018년 폐기된 납을 포함한 국내 전반적인 납의 흐름은 국가통합자원관리시스템을 통해서도 확인할 수 있다. 국내 Value chain에 한하여 수집된 폐납은 대부분 사용 혹은 축적(저장된 물품으로 추정) 후 폐기된 물품에 포함된 납으로 보인다. 여기서 물품은 거의 폐배터리(혹은 미사용 납배터리)이며 여기에 포함된 납은 16만톤에 가까운 것으로 산정되었다. 폐배터리 이외에는 폐가전제품에 포함된 납이 약 1,500톤 정도였다. 국내 제조과정 단계에서 발생한 폐납으로는 중간제품제조 단계에서 약 1 만톤이 전지공정부산물로 발생하였다(Table 2 참조). 그리고 국내발생 및 수입된 납 함유 폐기물(거의 폐납축배터리 혹은 관련 스크랩) 약 42만톤을 재활용하고 남은 약 1100톤 정도의 납이 최종폐기된 것으로 나타났으며 나머지는 납원료로서 국내 Value chain의 Upstream에 유입된다.

UN Comtrade 사이트의 경우와 마찬가지로 2018년 국가통합자원관리시스템과 화학물질배출이동량 사이트의 정보의 상호 비교 및 검증도 흥미로운 것이다. 비교가 가

능한 세부항목은 Table 2에서와 같이 폐기 혹은 재활용 단계로 유입되는 납의 흐름이 될 것이다. 화학물질배출이동량 사이트에서 보고된 폐납의 배출/이동량을 비교해 보면 전지의 중간제조단계에서 발생한 전지공정부산물내 함유된 납 약 1 만톤, 그리고 후자에서 산정된 납 배출량과 이동량의 총합이 약 13,500톤 정도가 어느 정도 유사하다는 점을 발견할 수 있다. 이는 후자의 폐납 배출+이동원이 대부분(납축)전지제조공정이라고 본다면 이해할 수 있다. 이를 보다 상세히 확인하기 위하여 화학물질배출이동량 사이트내 배출/이동량 발생원(업체)의 업종을 일차 전지 및 축전지 제조업(업종분류코드 282)로 한정시키면 폐납 배출량은 약 2.7톤 이동량은 약 10,254 톤으로 산정되었다. 이는 국가통합자원관리시스템상에 보고된 전지공정부산물내 납 약 10,000톤과 더욱 근사하였음을 알 수 있다. 반면, 2018년 최종폐기된 납의 경우 해당 양이 국가통합자원관리시스템에는 1,103 톤으로 표기되어 있는데 비해 화학물질배출이동량 사이트에서는 이와 유사한 관련한 정보를 찾기가 어렵다. 해당 사이트내 2018년에 위탁업체로의 이동량이 아닌 환경(대기 등)으로 배출된 납은 총 18.5 톤이며 여기에 폐기물수집/운반/처리/재생 업종(분류코드 38)에서 배출되거나 별도 위탁업체로 이동된 납의 양(약 8.4톤)을 모두 합해도 약 27톤에 불과하다. 이는 아마도 국가통합자원관리시스템에서 기술된 납의 최종폐기가 사업장 외의 시설에서 배출될 수도 있지만 정확한 내용은 추가 확인이 필요할 것으로 보인다.

#### 4. 결 론

UN Comtrade 사이트의 정보를 통해 폐납축전지 등에 포함되어 있는 납의 국내 수입증량을 확인할 수 있었다. 그러나 일부 항목(납괴상 등)은 순수 납의 함량이 기입되어 있지 않거나 단위가 중량이 아닌 물품개수 혹은 가격으로 기입되어 해당 항목의 대표 납 함량 혹은 물품/가격당 대표증량을 문헌조사를 통해 가정하여 증량을 추정할 수 있었다. 화학물질배출·이동량 사이트 정보의 경우 위탁처리시설로 이동되거나 대기 등 환경으로 배출되는 납의 증량을 공개하며 본 사이트의 장점은 이러한 배출·이동량이 업종이나 업체별로 상세 분류가 가능하다는 점이다. 상기 두 사이트의 자료를 국가통합자원관리시스템 상의 납 물질흐름량과 비교/검증하였으며 UN Comtrade 자료

와는 폐납배터리, 납 피상 및 납 광석/정광 유입량이 대체로 일치한 것으로 보인다. 또한 화학물질배출·이동량 사이트의 자료와는 해당 이동량과 물질흐름 자료의 공정부 산물자료가 근사한 것으로 보였다. 그러나 정합성은 납 흐름의 특성상 납배터리 등 소수 항목이 물질흐름의 대부분을 차지한 데서 기인한 것으로도 보이며 향후 다른 금속의 흐름을 통해 추가 조사를 할 필요가 있다. 이를 통해 이들 사이트 간의 항목별 조정을 통한 일치나 항목별 비교표 등을 작성하여 정합성을 제고하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원 주요 사업(사업번호 GP2020-013) 과제와 대구녹색환경지원센터(과제번호 B20160140-20200149)의 지원으로 수행되었습니다.

### References

1. KORES, 2021 : Lead (Total). KOMIS annual report.
2. URL: [https://www.concordia.ca/content/dam/concordia/services/safety/docs/EHS-DOC-146\\_LeadAcidBatteries.pdf](https://www.concordia.ca/content/dam/concordia/services/safety/docs/EHS-DOC-146_LeadAcidBatteries.pdf)

3. Sullivan, J.L., Gaines, L., 2010 : A review of battery life-cycle analysis: state of knowledge and critical needs. Argonne National Laboratory report (ANL/ESC/10-7).
4. Lee, H-S., Cho, Y-A., Um, N-I., et al., 2018 : Comparison and analysis of import & export status and regulations on waste lead-acid batteries, J. Korea Soc. Waste Manag., 35(1), pp.84-94.
5. Azimi, A., Azari, A., Rezakazemi, M., et al., 2017 : Removal of heavy metals from industrial wastewaters: A review, Chem. Bio. Eng Rev, 4(1), pp.1-24.
6. Mulchandani, A. and Westerhoff, P., 2016 : Recovery opportunities for metals and energy from sewage sludges, Bioresour Technol, 215, pp.215-226.
7. Lee, S-H., 2020 : Preliminary status analysis methodology on hazardous and valuable metal recovery in industrial wastes using public database, J. of Korean Inst. of Resources Recycling, 29(2), pp.48-54.
8. UN comtrade URL: <https://comtrade.un.org/>
9. Korean National Material Flow Analysis URL:<https://k-mfa.kr/>
10. Pollutant release and transfer register URL: <https://icis.me.go.kr/prtr/main.do>
11. Korean Ministry of Environment, Presentation on a management strategy for hazardous waste export-import. June, 2020.

---

### 이상훈

- 퍼듀대학교 Biological Engineering 박사
  - 현재 계명대학교 환경학부 환경과학전공 조교수
  - 당 학회지 제27권 6호 참조
- 

---

### 김정은

- 현재 계명대학교 환경학부 환경과학전공 석사과정
-