

# 정수슬러지의 토양오염물질 함유량에 대한 분석

임 병 현, 김 다 니 엘, 김 동 욱†

공주대학교 환경공학과

## Analysis of soil pollutant content of water purification sludge

Byung Hyun Lim, Daniel Kim, Dong-Wook Kim†

Kongju National University Department of Environment Engineering

정수장 43개소의 유역 및 공정별 조사 후 정밀연구(7개소)의 비소를 포함한 유해 중금속 조사와 발생 원인을 분석하였다. 정수슬러지 연구 결과 비소(As)는 1지역 기준(25 mg/kg)을 초과하는 정수장은 20개소로 나타났으며 2지역 기준(50 mg/kg)을 초과하는 정수장은 3개소로 나타났다. 구리(Cu), 니켈(Ni), 납(Pb), 아연(Zn), 크롬(Cr<sup>6+</sup>), 수은(Hg), 시안(CN)은 1지역 기준은 초과하는 정수장은 없었다. 벤젠 1, 2지역 기준(1 mg/kg)을 초과하는 정수장은 2개소로 나타났으며 벤젠 검출량이 2.4mg/kg 으로 높게 분석되는 정수장도 존재하였다. 불소(F)는 1, 2지역 기준(400 mg/kg)을 초과하는 정수장은 13개소로 나타났으며 3지역 기준(800 mg/kg)을 초과하는 정수장은 1개소로 분석되었다.

### 1. 서론

2021년 기준 연간 정수슬러지 발생량은 전국 기준 약 46만 톤/년, 2022년 기준 13.9만톤/년으로 조사되었으며, 정수장의 정수슬러지 처리 비용은 톤당 약 68,000원으로 연간 총 처리 비용이 95억원에 달하며 이는 2018년 70억원 대비 약 28% 증가한 상황이다. 현재 정수장에서 발생하는 정수슬러지는 주로 점토 성분과 알루미늄 계열의 응집제 성분이 섞인 토양 Base의 물질로, 사업장 일반 폐기물로 분류되어 「폐기물처리법」에 따라 성·복토재, 시멘트원료, 기타(제품제조, 토질개선) 등으로 처리되고 있다[1]. 정수슬러지는 「폐기물관리법」상 사업장 일반폐기물에 해당되어 토양오염우려기준을 만족할 필요가 없으나 정수슬러지의 최종 처리·처분이 시멘트원료, 성·복토재, 매립, 탈취제 등으로 재활용 되어 토양에 투입될 수도 있기에 토양오염우려기준에 대한 조사를 하였다.

### 2. 연구 방법

#### 2.1 정수슬러지 조사 방법

##### 2.1.1 시료 채취 및 분석

연구를 위한 시료를 채취·전달 받았고, 풍건(風乾) 및 전처리를 통해 총 22개 항목에 대한 토양오염우려기준을 토양오

염전문분석기를 사용하여 분석하고 22개 항목을 토양 오염물질의 복원 또는 폐기물을 토양에 재활용 되게 하기 위하여 1 지역, 2지역, 3지역으로 나누어서 구분하였다[2]. 정수장 총 44개소에 대한 정수슬러지 토양오염우려기준 22개 항목을 연구 하였고, TPH는 유기물 간섭에 의한 분석 오류 가능성으로 본 연구 결과에서 배제하였다.

##### 2.1.2 정밀 연구 방법

정수지점은 착수정, 배슬러지(침전슬러지), 농축슬러지, 방류수, 탈리여액, 탈수케익, 정수를 대상으로 실시하였고 이에 따른 4계절 중금속 분석을 통해 물질수지를 수립하고 문헌 조사에 기초한 이론을 바탕으로 정밀연구 결과 등을 분석하였다. 물질수지식은 취수원 및 정수장별 특성(정수처리약품, 정수처리 공법, 탈수 약품 등)을 고려하여 정밀연구 대상(7개소) 정수장별로 제시하였다. 물질수지식 수립에는 각 정수장의 “기술진단보고서” 및 “실시설계”의 물질수지에 사용된 평균유량 및 평균탁도의 유량 값을 준용하였고, 중금속 농도는 실제 연구결과를 사용 하였다.

[표 2.1] 공정 시료 상태에 따른 분석방법

구분	분석방법	항목	분석방법
정수슬러지 전수조사	토양오염공정시 험기준	As	EPA 3050(열판 전처리 +산)
정밀조사		Cd	
착수정	EPA3050(열판 전처리+산) +수질오염공정 시험기준	Ni	
배슬러지(침전 슬러지)		Pb	
농축슬러지		Cu	
방류수		Zn	
탈리여액		Cr6+	
탈수케익	토양오염공정시 험기준	Hg CN	수질오염공 정시험기준 (EPA 3050에 없는 항목)
정수	수질오염공정시 험기준	수은	

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 정수슬러지 연구 결과

##### 3.1.1 정수슬러지 연구 결과

토양오염우려기준의 1가지 항목이라도 기준에 만족하지 않으면 그 지역 기준을 만족하지 못함에 따라 정수장 정수슬러지를 토양오염우려지역 기준으로 구분하였을 때 44개 정수장 중 1지역 기준 만족 정수장 14개소, 2지역 기준 만족 정수장 21개소, 3지역 기준 만족 8개소, 3지역 기준 초과 1개소로 분석되었다. 22개 항목 중 간섭물질 영향을 받아 제외된 항목 (1), 불검출인 항목(9), 검출되었으나 1지역 기준 이하인 항목 (9)인 총 19항목을 제외하면, As, F, B(벤젠) 3가지 항목만 토양오염우려기준을 초과한다고 볼 수 있으나, 정수슬러지가 폐기물처리업체를 한번 더 거쳐 토양에 투입될 것으로 가정하여 해당 3개 항목이 기준을 초과한다고 위해성이 있다고 볼 수 없었다.

##### 3.1.2 정밀 연구 결과

정밀연구 결과 원수에서 유입된 비소(As)는 배슬러지로 164.4% 제거·농축되어 농축조에서 62.0%로 나타났고, 탈리여액 2.3% 순환, 방류수 0.5%, 탈수케익 26.2%로 제거되고, 정수로 약 20.8% 배출되는 것으로 분석되었다. 카드뮴(Cd)은 배슬러지로 44.0% 제거·농축되어 농축조에서 36.7%, 탈리여액 0% 순환, 방류수 0%, 탈수케익 7.3% 제거되고, 정수로 약 3.7% 배출되는 것으로 분석되었다. 구리(Cu)는 배슬러지로 57.5% 제거·농축되어 농축조에서 22.6%, 탈리여액 0.5% 순환, 방류수 0.2%, 탈수케익 6.7% 제거되고, 정수로 약 27.2% 배출되는 것으로 분석되었다. 니켈(Ni)은 배슬러지로 79.9% 제거·농축되어 농축조에서 28.5%, 탈리여액 0.6% 순환, 방류수 1.0%, 탈수케익 18.9% 제거되고, 정수로 약 25.5% 배출되

는 것으로 분석되었다. 납(Pb)은 배슬러지로 78% 제거·농축되어 농축조에서 28.9%, 탈리여액 0.5% 순환, 방류수 0.1%, 탈수케익 20% 제거되고, 정수로 약 7.1% 배출되는 것으로 분석되었다. 아연(Zn)은 배슬러지로 56.8% 제거·농축되어 농축조에서 19.9%, 탈리여액 0.6% 순환, 방류수 0.1%, 탈수케익 5.9% 제거되고, 정수로 약 17.5% 배출되는 것으로 분석되었다.

### 4. 결론

대부분의 정수장이 취수원에서 중금속이 유입되는 것으로 분석되었고 이는 토양(탁질) 및 취수원에 용출된 중금속이 유입되는 것으로 판단되었다. 기존의 응집제는 콜로이드성 물질과 점토 등의 탁도물질을 제거하기 위해 양이온계 응집제를 사용하므로 양이온을 띄고 있는 중금속의 제대로된 응집·침전을 기대하기는 어려운 것으로 판단된다. 유의미한 결과로 일반공정, 고도, 막 공정 정수장의 중금속 평균 제거율(원수, 정수)을 분석한 결과 고도처리공정(95.0%), 막 공정(75.7%), 일반처리 공정(72.3%)로 분석되어 고도처리공정의 중금속 제거율이 높은 것으로 분석되어 고도처리공정이 원수의 중금속 제거에 유리한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] 2021년 전국 폐기물 발생 및 처리 현황 (2022) 환경부
- [2] 토양환경보전법 시행규칙 (2022) 법제처