

# 하수처리장 방류수 미규제 금속류의 검출 특성

김보은 · 조은미 · 홍경지 · 우현정 · 강주민 · 권수경 · 홍성준 · 한혜경 · 정지수 · 최현경

산업폐수과

- 하수처리장 방류수 중 미규제 금속류의 검출 특성 파악
- 금속류의 실태조사 및 수질관리 항목 추가에 대한 정책 자료로 활용

## 1. 조사개요

- 조사목적 : 하수처리장 방류수 중 미규제 금속류의 검출 특성 파악  
금속류의 실태조사 및 위해성 검토로 감시항목 지정의 기초자료 확보
- 조사기간 : 2025년 3월 ~ 10월
- 조사대상 : 공공하수처리장 방류수
- 조사항목 : pH 등 30개 항목
  - 일반항목(8항목) : pH(수소이온농도), DO(용존산소), EC(전기전도도), SS(부유물질), BOD(생물화학적산소요구량), T-N(총질소), T-P(총인), TOC(총유기탄소)
  - 일반 금속류(12항목) : Sb(안티몬), As(비소), Cd(카드뮴), Cr(크롬), Cu(구리), Fe(철), Pb(납), Mn(망간), Ni(니켈), Se(셀레늄), Sn(주석), Zn(아연)
  - 미규제 금속류(8항목) : Be(베릴륨), Co(코발트), Li(리튬), Mo(몰리브덴), V(바나듐), Sr(스트론튬), Tl(탈륨), Ti(타이타늄)
  - 무기성분(3항목) : Ca(칼슘), Mg(마그네슘), P(인)

## II. 조사사업

### 2. 조사방법

- 조사방법
  - 시료 채취 : 월 1회
  - 현장 측정 : pH, DO, EC(전기전도도)
  - 기기분석 및 항목별 실험 : 수질오염공정시험기준에 따라 분석
- 조사지점 : 하수처리장 4개소(포항, 경산, 경주, 영천)

표 1. 조사지점 현황

지점번호	지점명	시설용량(m <sup>3</sup> /일)	처리방법	운영일자	소재지	운영주체
1	포항	232,000	Bio-SAC	1998.08.01	남구 형산강북로 203	민간대행
2	경산	40,000	2단 혐기호기법 NPR	2000.12.20	대정동 137	민간대행
3	경주	110,000	AO	1995.08.23	천북면 신당리 1362-2	자체
4	영천	31,000	A2O	1994.02.20	도남동 713	자체

### 3. 조사결과

- 일반항목 분석 결과

방류수의 일반항목은 기준 이내 수준을 유지하였으나, 일부 항목(EC, T-P, DO 등)의 경우 지점별 편차가 크고 계절적 영향이 확인되었다. TOC, SS와 금속류 간 상관성이 관찰되어, 일반항목이 유해물질 예측의 기초지표로 활용될 수 있음이 확인되었다.

  - pH : 모든 조사 지점에서 pH는 6.7 ~8.2 범위로 방류수 기준(5.8~8.5)에 적합하였으며, 공정 안정성이 전반적으로 유지되고 있는 것으로 판단됨
  - DO(용존산소) : DO는 평균 7.9 mg/L, 최소값 5.4 mg/L, 최대값 9.4 mg/L,로 나타남

- SS(부유물질) : SS는 대부분 지점에서 기준 이내였으나, 4월에 영천지점에서 최대값 7 mg/L로 높게 나타남
- BOD, TOC : BOD는 평균 3.6 mg/L, TOC는 6.7 mg/L로, BOD/TOC 비율은 약 0.5 수준으로 유기물의 상당 부분은 생분해성이며, 난분해성 유기물의 비중은 크지 않은 것으로 확인됨
- T-N, T-P : 모든 지점에서 기준 이내였으나, T-N의 경우 영천 지역의 평균값이 11.46 mg/L으로 높게 나타났으며, 3~5월에는 방류수 수질기준(20 mg/L)에 근접할 정도로 평상시보다 2배 정도 높게 나타나 이는 평소와 다른 하수가 일시적 유입이 있었던 것으로 사료됨

## ○ 일반 금속류 검출 특성

- Mn, Zn, Fe, Ni, Cu계열의 비철금속류의 검출률 및 검출 빈도가 높게 나타남
- 특히, Mn은 검출률이 높고 최대값이 WHO 음용수 기준(0.4 mg/L)에 근접하거나 초과하여 장기적 노출에 대한 우려가 있음
- As, Cd, Pb 등 주요 발암성 금속은 본 시료군에서는 검출되지 않았음
- Mn, Ni 등은 제련 공정 또는 슬러지와 재순환수 유입에 가능성을 두고 공정 검정과 오염원 확인이 필요함

표 2. 일반 금속류 항목별 농도 분포(mg/L)

항목	국외기준(먹는물)		유해성 (발암등급)	검출률(%)	최소값	최대값
	WHO	EPA				
Sb	0.02	0.006	2B	0.0	-	-
As	0.01	0.01	1	0.0	-	-
Cd	0.003	0.005	1	0.0	-	-
Cr	0.05	0.1	1	0.0	-	-
Cu	2.0	1.3	3	6.3	0.006	0.029
Fe	2.0	0.3	-	62.5	0.007	0.126
Pb	0.01	0.01	2A	0.0	-	-
Mn	0.4	0.3	2B	93.8	0.002	0.449
Ni	0.07	0.1	1	15.6	0.021	0.070
Se	0.01	0.01	-	0.0	-	-
Sn	-	-	-	0.0	-	-
Zn	3.0	5.0	-	81.3	0.002	0.022

## II. 조사사업

### ○ 미규제 금속류 검출 특성

- Li, Sr, V은 지속적인 검출군으로 전 지점 조사기간 모두 검출되어 배경 수질 또는 특정산업 또는 지질영향의 상시성을 암시함
- Mo는 중간 검출군으로 특정공정(금속가공, 합금, 윤활유첨가제, 석유화학)에서 주기적으로 배출되는 항목임
- Be, Co, Ti, Tl 등은 비검출군으로 해당 공정의 사용량이 낮거나 배출저감이 충분하거나 자연 배경농도가 매우 낮은 것으로 파악됨
- Sr과 Li는 최대값이 국제기준 근접 수준까지 도달해 장기적 모니터링이 필요함
- Mo는 일부 시료에서 WHO기준을 초과하여 향후 관리 대상으로 고려해야 함

표 3. 미규제 금속류 항목별 농도 분포(mg/L)

항목	국외기준(먹는물)		유해성 (발암등급)	검출률(%)	최소값	최대값
	WHO	EPA				
Be	-	0.004	1	0.0	-	-
Co	0.005	-	2B	0.0	-	-
Li	0.07	-	-	100.0	0.005	0.070
Mo	0.07	0.1	-	56.3	0.002	0.127
Sr	-	4.0	-	100.0	0.002	0.855
Tl	0.001	0.002	-	0.0	-	-
Ti	0.2	-	3	0.0	-	-
V	0.03	-	-	100.0	0.002	0.013

### ○ 무기이온 분석 결과와 EC의 상관성

- Ca, Mg는 EC 상승에 중요한 주요 양이온으로 매우 높은 양의 상관성을 나타냄
- 지점 간 EC 차이는 Ca, Mg 농도 차이가 그대로 반영됨
- 포항의 EC가 가장 높은 것은 지질적 특성(석회질, 금속광물) 또는 산업폐수의 영향으로 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> 농도가 높기 때문으로 판단됨
- 경산, 경주, 영천은 생활하수 중심으로 무기이온과 EC 모두 낮게 나타남

표 4. 무기이온과 EC 농도 분포

지점명	Ca(mg/L)	Mg(mg/L)	EC(ug/cm)
포항	71.3	46.8	1,950
경산	36.4	8.1	724
경주	23.3	5.2	708
영천	31.1	6.4	660

## ○ 지점별 특이사항

- 포항지역은 금속류 전반이 높아 산업과 지질 영향으로 보이며, 경산지역은 Li가 특이적으로 높게 나타났으며, 영천과 경주 지역은 대부분 배경농도 수준으로 환경영향이 적고, 경주지역은 모든 항목별 농도가 가장 낮아 향후 대조지점으로 활용 가능함

## 4. 활용방안

- 미규제 금속류가 상시 검출되는 경향을 확인함에 따라, 방류수 수질기준 확대 및 관리항목 추가를 위한 정책 마련의 기초자료로 활용
- 집중적으로 검출된 특정 금속류에 대해 산업단지 내 배출원 조사 및 업종별 배출 특성 분석을 통해 관리대상 항목 선정에 활용
- 공정별 제거효율이 낮은 항목에 대해 하수처리공정 개선 및 신기술 도입 검토의 근거자료로 활용
- 방류수 내 미규제 금속류의 생태계 영향 가능성을 정량적 제시함으로써 향후 수생태계 보전 및 환경관리 정책수립의 기초 자료로 활용

