한국지하수토양환경학회 추계학술발표회
2004년 9월 9~10일 전 주 대 학 교

폐금속광산 하류하천에서의 수변식물내 중금속의 축적에 관한 연구

김주선, 이재영*, 최상일**

*(주) 다산컨설턴트, *서울시립대학교 환경공학부, **광운대학교 환경공학부 (envds@chollian.net)*

Abstract

This study is to study accumulation of the heavy metals by riparian vegetation throughout analysis of the heavy metal concentration in riparian vegetation, water, and sediment near mine drainage. According to analyzing concentration of the heavy metals in riparian vegetation, water, and sediment, the heavy metal was indicated at the leaf significantly. Compared with the concentration of sediment soil, the maximum concentration of the As, Cd, CN, Pb, Zn was higher 2.6, 2.6, 2.5, non-detect, and 1.5 times in leaf. Also those concentration have 9.6, 16.6, 2.5, 1.6, and 2.5 times in root. As the results, the author can know the sediment has a very relative to vegetation in mine drainage, because the increasing of concentration of heavy metal in sediment gives the more accumulative concentration of heavy metal in vegetation. Compared with the concentration of contaminated site and non-contaminated site. As, Cd, CN, Pb, Zn the maximum concentration in sediment soil was higher 5.7, 258.1, 10.9, 370.0, and 298.3 times respectively. In case of vegetation, the maximum concentration of the As, Cd, CN, Pb, Zn was higher 5.6, 62.3, 5.0, non-detect, and 30.6 times in leaf. Also those concentration have 8.5, 63.3, 2.6, 60.7, and 62.1 times in root. In this study, the author can surmise that there indicated a lot of adsorption with the heavy metal concentration in contaminated mine drainage.

key word : vegetation, riparian vegetation, heavy metal, abandoned metal mine, sediment

1. 서 론

우리나라 금속광산의 경우 전국적으로 900여개, 석탄광의 경우 330여 개의 광산들이 휴·폐광하게 되어 약 97%정도가 채광을 중단하게 되었다. 광산활동이 중단되면서 휴·폐광의 환경보호조치가 미흡하여 방치된 폐갱도, 채굴석, 광미사나 폐석 등의 광산폐기물, 채광 및 선광제련 시설물 등이 잔존하여 광해의 요인으로 작용하게 되었다. 이러한 광해의 발생은 중금속을 함유한 산성배수의 유출로 인접 수로와 농경지 등의 토양 및 지하수를 오염시키고 있으며, 광미사 및 분진의 비산으로 지역 주민의 생활환경과 자연환경을 오염시키고 주변지역에 집적되어 오염권을 확산시키기도 하며, 지반의 침하 등으로 인하여 주요 시설물의 파손, 도로 및 철도 등의 변형 내지는 파손, 유수의 고갈 등이 발생된다. 따라서

이러한 폐광주변 토양 및 수질의 오염원인을 파악, 분석하여 오염방지 및 복원대책을 수립, 토양 및 수질오염으로 인한 자연재해를 감소시킬 필요성이 대두되었고 산업자원부와 환경부 및 지방자치단체에서 광해방지사업 또는 광산주변 오염실태조사 등을 통하여 오염방지사업이 추진되어 왔다. 그러나 지금까지의 조사는 대부분 광미 및 주변 토양에 대하여 조사가 한정되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 폐금속광산지역 하류 하천의 수질, 저질 및 수변식물체내의 중금속 농도를 분석하여 수변식물에 의한 중금속 축적정도를 조사하는데 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 연구대상

본 연구에서는 폐금속광산 토양오염실태 일제조사(강원, 경기, 전북, 전남권역)에서 조사된 자료를 기초로 복구 1순위로 선정된 전라남도 나주시의 덕음광산을 대상지역으로 선정하였다. 주 오염원인 광미는 적치량 650,000㎥이 선광시설 전방에 방치되어 있으며 적치장과 접하여 농경지가 조성되어 있다.

2.2 조사지역

조사지점은 광미 적치장을 중심으로 저질(6개소), 하천수(5개소), 하천내 식물체(4개소)로 구분하여 조사를 실시하였다. 식물체의 경우 침출수 유출지점 및 4번 지점의 경우 식물체가 서식하지 않았으며, 3번 지점의 경우 2종류가 서식하고 있어 각각 종류별로 조사대상으로 선정하였다. 대조지점은 광미장 상류의 사암제 상류하천 2개소(Fig.1 ⑦, ⑧)를 선정하였고, 식물체는 조사지역 하천내에 서식하는 종 중에서 우점하는 종인 여뀌과의 고마리와 벼과의 돌피를 선정하였다.

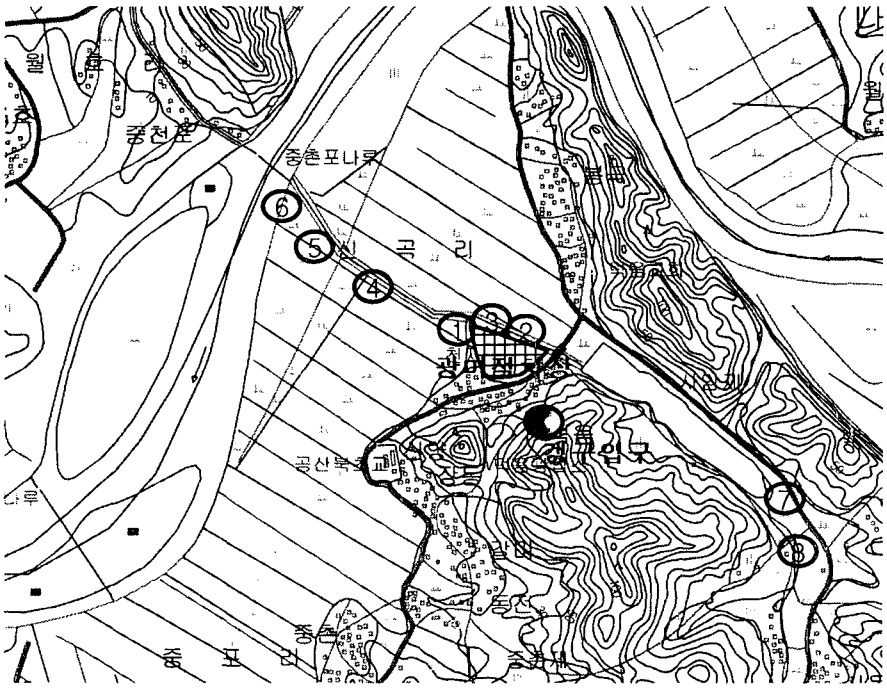

Figure 1. Sampling sites located downstream from mine tail dam

2.3 실험방법

2.3.1 저질

시료는 일정량을 채취한 후 풍건시켜 분쇄한 후 100mesh 체로 체걸음하여 적당량의 시료를 분석용 시료로 취하였다. Cd, Pb, Zn의 분석은 산분해법으로 전처리 한 후 원자흡광광도법(AAS)으로 분석하였으며, CN은 피리딘피라졸론법, As는 디에틸디티오카르바민산은법으로 분석하였다.

2.3.2 수질

수질오염공정시험방법에 의거, 원자흡광광도법(또는 중금속 측정)을 위한 용매추출법으로 전처리 한 후 원자흡광광도법(AAS)으로 분석하였다.

2.3.3 식물체

식물체의 시료는 뿌리부분과 잎부분으로 구분하여 채취한 후 실험실로 운반하여 화학분석법의 식물체 분석방법 중 건식회화법을 이용하여 전처리한 후 원자흡광광도법(AAS)으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 저질분석결과

저질분석결과 Cd 항목의 1, 5지점, Pb 항목의 1, 2, 3, 5, 6지점에서 토양오염우려기준을 초과하였으며 Cd 항목의 2, 3, 4, 6지점, Pb 항목의 4지점, Zn 항목의 전지점에서 토양오염대책기준을 초과하는 것으로 분석되었다. 대조지점(S-7, S-8)의 경우 모든 항목에서 기준치보다 낮게 측정되었다.

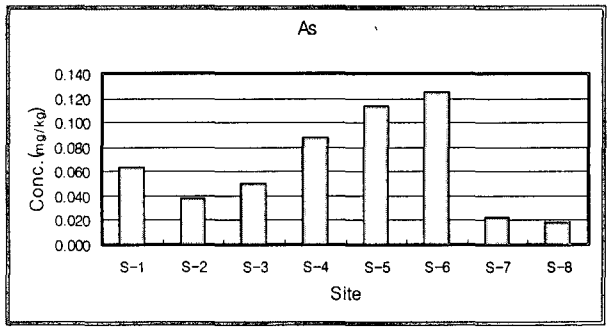

Figure 2. Result of heavy metal concentration in sediment (As)

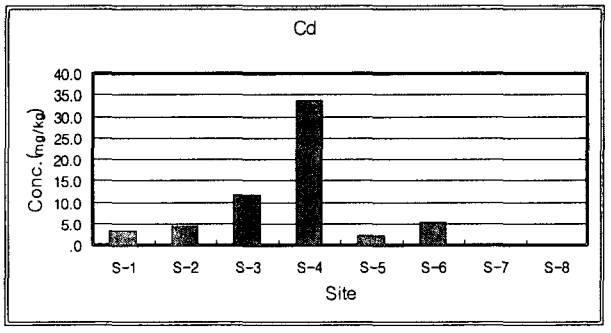

Figure 3. Result of heavy metal concentration in sediment (Cd)

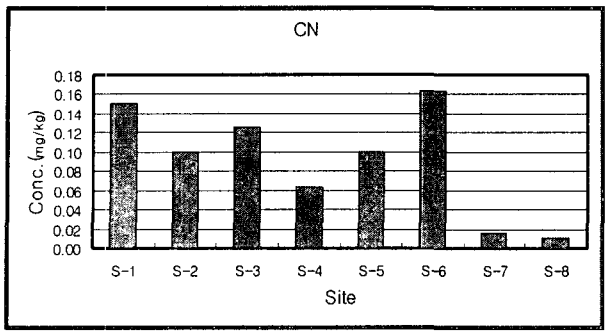

Figure 4. Result of heavy metal concentration in sediment (CN)

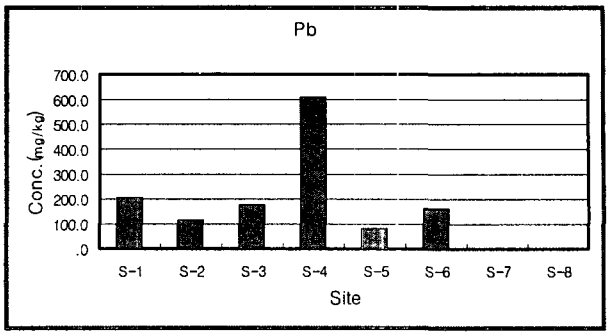

Figure 5. Result of heavy metal concentration in sediment (Pb)

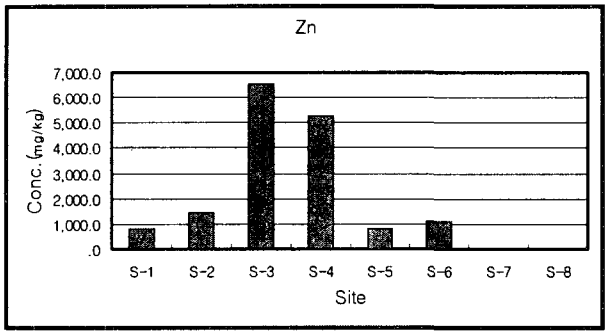

Figure 6. Result of heavy metal concentration in sediment (Zn)

Table 1. Heavy metal concentration in water (㎎/ℓ)

구분	As	Cd	CN	Pb	Zn
W-1	0	0.034	0	0.189	15.000
W-2	0	0	0	0	0.616
W-3	0	0	0	0	0.680
W-4	0	0	0	0	0.620
W-5	0	0	0	0	0.680
W-6	0	0	0	0	0.620

3.2 수질분석결과

수질분석결과 1지점의 Cd, Pb, Zn 항목에서 일부 검출되었으며, Zn 항목은 전지점에서 검출되었으나, 저농도로 검출되었다. 이외의 항목 및 지점에서는 검출되지 않았다 (Table 1).

3.3 식물체 분석결과

5개 항목 대부분 식물체의 잎과 뿌리에서도 고농도의 중금속이 검출되었으며, 뿌리부분에서는 저질에서보다 많은 양의 중금속이 검출되었다. 잎과 뿌리에서의 중금속농도는 3~10배정도 뿌리에서의 중금속 농도가 높게 검출되었다. 특히 뿌리에서는 저질에서보다 높은 농도의 중금속이 검출되었다.

3.4 상 · 하류비교

상류(2,3지점)와 하류(5,6지점)의 저질 및 식물체의 중금속 농도를 비교한 결과 As, Cd, CN은 상류에 비해 하류의 농도가 높았으나 Pb, Zn은 하류지역이 높은 농도를 보였다. 상류와 하류의 저질토 및 식물체내의 농도증감여부를 구분하기 어려운 것은 유출된 광미가 조사지역 전체 하천 내 축적되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

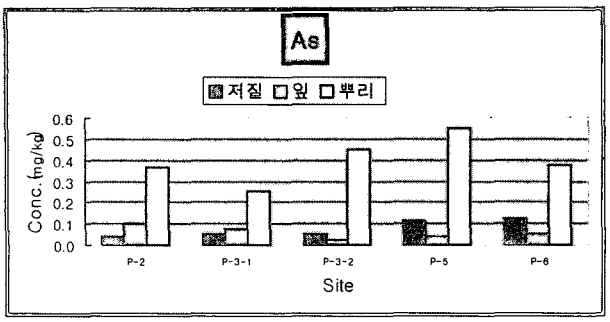

Figure 7. Result of heavy metal concentration in sediment and vegetation (As)

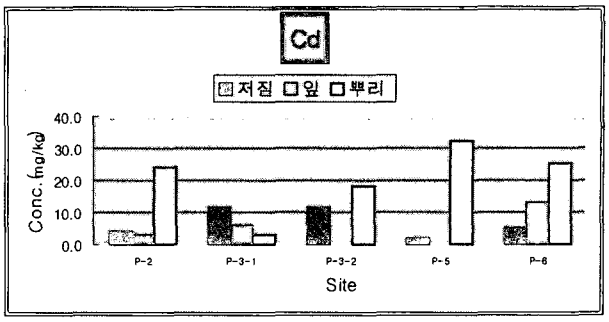

Figure 8. Result of heavy metal concentration in sediment and vegetation (Cd)

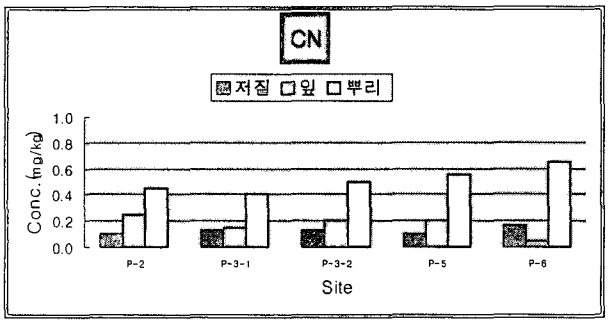

Figure 9. Result of heavy metal concentration in sediment and vegetation (CN)

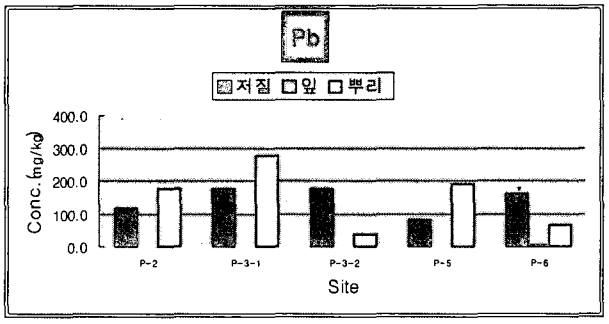

Figure 10. Result of heavy metal concentration in sediment and vegetation (Pb)

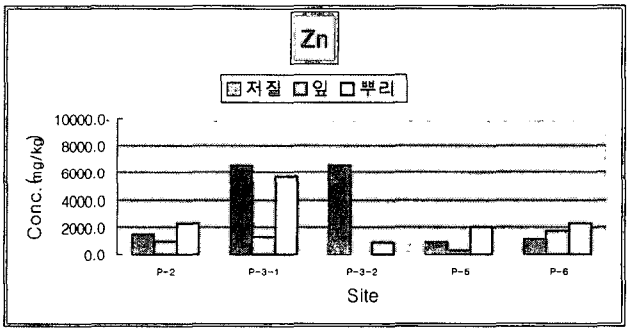

Figure 11. Result of heavy metal concentration in sediment and vegetation (Zn)

주) P-2,3-1,6 지점 : 고마리, P-3-2,5 : 돌피, 대조지점 : 고마리

3.5 저질토중 중금속 농도 비교

대조지점과 대상지역의 농도를 비교해본 결과 오염되지 않은 지역에 비해 광미적치장 하류지역 저질토의 중금속 오염이 매우 심한 것으로 조사되었다.

Table 2. Heavy metal concentration in sediment of contamination area and non-contamination area (mg/kg d.w.)

구 분	As	Cd	CN	Pb	Zn
일반지역	0.022	0.130	0.015	1.650	22.000
오염지역	0.125	33.550	0.163	610.500	6,562.500
농 도 차	5.7배	258.1배	10.9배	370.0배	298.3배

3.6 식물체내의 중금속농도 비교

대조지점과 대상지역의 농도를 비교해본 결과 오염되지 않은 지역에 비해 광미적치장 하류지역 식물체에서도 저질토와 마찬가지로 중금속농도가 높게 분석되었다.

Table 3. Heavy metal concentration in vegetation of contamination area and non-contamination area (mg/kg d.w)

구	분	As	Cd	CN	Pb	Zn
잎	일반지역	0.018	0.210	0.050	-	54.625
	오염지역	0.100	13.090	0.250	2.619	1,672.830
	농 도 차	5.6배	62.3배	5.0배	-	30.6배
뿌 리	일반지역	0.065	0.510	0.250	4.550	90.830
	오염지역	0.550	32.277	0.650	275.958	5,643.091
	농 도 차	8.5배	63.3배	2.6배	60.7배	62.1배

4. 결 론

본 연구는 중금속으로 오염된 폐금속광산지역 하류하천의 수질, 저질 및 수변식물체내의 중금속 농도를 분석하여 식물체내의 중금속 축적정도를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 폐금속광산 하류의 저질 및 식물체의 중금속 농도를 분서한 결과 식물체내 중금속 농도가 저질토보다 높으며 식물체내의 중금속 농도는 식물체의 뿌리부분이 잎부분에 비해 높은 것으로 분석되었다.

2. 저질내 중금속 농도가 높을수록 식물체내의 중금속 농도도 높은 것으로 조사되어 저질의 중금속 농도와 관계가 깊은 것으로 분석되었다.

5. 참고문헌

- 강경홍, 김인성, 고마리를 이용한 중금속 처리, 한국토양환경학회지 Vol.5, pp.33~43, 2000
- 김휘중, 양재의, 이재영, 전상호, 휴·폐광산지역에서 폐재내 중금속의 존재형태 및 용출특성에 관한 연구, 한국지하수토양환경학회지 Vol.8, pp.457~54, 2003.
- 이도경, 정덕영, 이규승, 구봉광산 주변 중금속의 분포양상 및 인근 농경지와 하천수계에 미치는 영향, 한국토양환경학회지 Vol.2, pp.69~80, 1997.
- 환경부, 폐금속광산 토양오염실태 정밀조사, 2002
- 환경부, 폐금속광산 토양오염실태 일제조사, 2003
- Markert, B. Plant as biomonitors - Potential adventages and problems. In D.C. Andriano, Z.S Chen, S.S Yang (eds), Biochemistry of Trace Elements. Science and Technology Letters. Northwood, NY. pp. 601-613, 1994
- Mitch M. Lasat, The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil, American Association for the Advancement of Science Environmental Science and Engineering Fellow