

다덕광산 주변 환경오염 조사 사례 연구

- 예비조사 결과를 중심으로 -

정영욱, 민정식, 이승길*, 최광호*, 최수일*

한국자원연구소 자원개발연구부

*코오롱엔지니어링 환경기술연구소

1. 서론

국내 금속광산 중 상당수의 광산들은 현재 휴·폐광된 상태로서 휴·폐광지역에는 광산 개발 시 발생한 광산폐기물(폐석 및 광미사)과 폐갱구, 폐시설물, 폐공가 등이 그대로 방치된 경우가 흔하다. 특히 광미적치장에 적치된 일부 광미에는 인간의 건강에 유해한 중금속이 함유되어 있고 폐갱구에서는 산성광산배수(Acid Mine Drainage)가 유출되기도 한다.

그러나 광산폐기물은 폐광 이후 유지 및 관리 부재로 방치되면서 비산과 침식 등에 의해 광미 자체가 농경지 및 수로 등 주변환경으로 확산되어 왔으며 또한 침출수 유출로 광산폐기물 주변 하천을 오염 시키고 있다. 따라서 이들은 폐광산 주변의 환경을 오염시키는 요인으로 작용하고 있다(민정식 등, 1995, 1996).

본 연구는 경북 봉화군에 소재한 폐광산인 다덕광산 주변의 광미적치장, 경작지 및 인근 수계를 대상으로 오염 현황을 조사하는 것으로 본 내용은 예비 조사에서 얻어진 결과이다.

2. 다덕광산 개관

다덕광산은 경북 봉화군 봉성면 우곡리에 소재한 폐 금속광이다. 다덕광산 주변지질은 각섬석 화강암 및 춘양화강암으로 구성되어 있다. 다덕광산은 각섬석 화강암, 춘양화강암중의 열극을 충진한 석영맥으로서 수반광물로는 황철석, 황동석, 심아연석, 방연석, 유비철석 등이다.

3. 연구 방법

3-1 광산현장 조사

현장조사(1차 조사)는 1997년 3월 24일부터 1997년 3월 26일 수행되었다. 조사는 예비조사 및 정밀조사로 구분하였고 1차 조사는 향후 정밀조사의 기초로 활용되도록 하였다. 1차 조사 당시 폐광산 주변의 폐갱도, 광산시설물(선광장, 광미적치장) 등 광산개발 흔적이 조사 되었고 시료 채취는 주로 광미적치장 광미, 주변 경작지, 그리고 수계 등이었다(그림 1).

3-2 시료 채취

현장에서 채취된 시료는 크게 광미, 논토양, 밭토양, 풍화 잔유토(이상 고체 시료) 및 수계 물 시료등이었다. 광미 및 토양 시료는 오거 및 꽃삽등으로 채취하여 비닐 백에 넣어 실내로 이동하였다. 시료 채취방법은 Clustering/Random Sampling 형식을 취했으며(정덕영, 1997), 특히 광미

적치장의 경우 심도를 달리하여 시료채취가 수행되었다. 시료 채취 위치가 변경될 때 마다 토양 시료채취기에 의해 이전 시료에 의해 오염되지 않도록 세심하게 주의 하였다.

현장에서 수행된 수질조사 항목은 pH 였다. 실내 화학분석을 위한 물 시료 채취는 다음과 같은 방법에 의하였다. 현장에서 0.45 μ m의 공극크기를 갖는 필터(Millipore; 지름 4.7 cm)를 이용 부유고체를 제거하고 여과수를 약 0.5L 채수하였다. 무균채수병(1L)에 여과수를 담은 후 농질산을 첨가하여 중금속이 시료병에 흡착되는 것을 방지하였고 실험실로 운반하였다. 동일한 방법으로 물을 여과한 후 SO₄²⁻ 분석용으로 0.5L를 채수하여 Ice Box에 보전하여 실험실로 운반하였다. 시안 용 분석시료도 상기 방법으로 여과한 후 NaOH를 첨가하여 Ice Box에 보전하여 실험실로 운반하였다.

3-3 화학분석 방법

광미, 경작지 토양 및 풍화토 등 고체시료에 대해서는 토양오염 공정 시험법에 준하여 전처리 및 화학 분석 되었다. 화학 분석된 성분은 총 7 개 성분으로 Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr⁶⁺ 및 시안 등이었다. Cr⁶⁺ 및 시안은 분석중에 있다.

물 시료에 대해서 Cd, Cu, As, Mn, Pb, Cr, Fe, Zn 및 SO₄²⁻ 등이 분석 되었다.상기 금속 원소들은 원자흡수 분광기(AAS; Atomic Absorption Spectromery, Perkin Erlmer 5100) 등에 의해서, SO₄²⁻는 이온 크로마토그래피(IC: Ion Chromatography, DIONEX사)에 의해서 분석되었다.

4. 조사 결과 및 요약

토양오염 공정시험법에 의한 광미 및 토양에 대한 화학분석 결과가 표 1 및 표 2 에 나와 있다. 광미의 경우 모든 시료에서 As 함량이 공장,산업지역의 토양오염 대책 기준인 50mg/kg을 초과하고 있다. 또한 시료번호 4-2 및 6-2의 Cd 농도 또한 우려기준 및 대책기준치에 초과하고 있는데 광미적치장 내부에서 깊이별로 이들 성분의 함량차이가 (4-1, 6-0, 6-1 참조) 나타나는 것으로 조사되었다(표 1).

한편 경작지의 화학분석 결과(표 2)에 의하면 조사된 논토양 및 밭토양중의 As 함량이 농경지 토양오염 대책 기준치(15mg/kg)를 초과하고 있다. 한편 38번 도로 절개지에서 채취된 광산개발과는 무관한 풍화토(마사토)에서 As의 함량 또한 8.8mg/kg을 나타내 우려기준치를 초과 하였다. 즉, 토양오염공정 시험법에 의해 분석된 자연적인(지질학적인) 배경치가 농경지의 토양오염 우려기준치(6mg/kg)을 초과하여 현재 예비조사 단계에서 볼 때 이지역은 지질학적으로 As가 높게 함유된 지역일 가능성이 있다.

수질자료의 경우(표 3) 배출허용기준과 비교해 볼 때 기준치를 초과하는 주요 수질 항목은 시료 번호 W-3(광미적치장 내부) 및 W-4(광미적치장 방류수)의 pH 및 Zn을 들 수 있다. W-3 및 W-4는 광미적치장 광미와 접촉한 물 시료로서 광미적치장으로 유입되는 시료인 W-2와 비교할 때 pH가 산성(pH; 5.8 →4.1 및 4.5)으로 Zn은 1.5mg/l 농도가 9.6 및 7.4mg/l로 수질이 악화되는 것으로 나타났다. 또한 Cd, Cu, As, Mn, Fe, SO₄²⁻ 등의 성분들도 유입수에 비해 방류수에서 농도가 높게 나타나고 있다. 즉, 광미적치장으로 물이 유입, 통과하면서 광미적치장으로부터 방류되는 수질은 중금속이 함유된 산성수로 변화됨을 알 수 있다.

이상의 결과를 요약하면 1) 토양오염 공정 시험법에 의한 광미 및 토양 화학분석 결과 As 및

Cd이 토양오염 우려 기준치를 초과하고 있다. 또한 광미적치장 내부를 통과하는 방류수(침출수)에서도 As 및 Cd 성분이 유출된다. 2) 광산현장과 떨어진 이지역 기반암 풍화 잔유토에서 As이 8 mg/kg 로 나타나 자연적인 배경치를 나타내었다. 또한 광미적치장의 광미는 심도별로 독성원소 함량차이가 크게 나타내었다. 3) 향후 정밀조사시 심도별 토양오염물질의 분산 패턴, 자연적인 배경값을 조사하여 폐광에 따른 환경 오염범위 및 정도가 파악될 예정이다.

<참고문헌>

1. 민정식, 정영욱, 이현주, 송덕영, 1995, 광산지역 광해 대책 연구, 자원연구소 연구보고서 (KR-95(C)-37, p.5-156
2. 민정식, 정영욱, 이현주, 이동남, 1996, 광산지역 광해조사 및 대책 연구, 자원연구소 연구보고서 (KR-96(C)-41, p.5-374
3. 정덕영, 1997, 토양오염 유발시설물 정밀조사 지침(안), 미발표

표 1 광미에 대한 화학분석 결과

시료구분 (11개)	함량(단위: mg/kg)					기타
	Cd	Cu	As	Hg	Pb	
	공장.산업지역					
	농경지					
	1.5/4	50/125	6/15	4/10	100/300	
1-1	0.2	10.2	1020	0.0	9.1	광미
1-2	0.1	4.9	4900	0.0	3.8	광미
1-3	0.2	11.1	1320	0.0	14.0	광미
3	0.2	8.0	1170	0.0	35.0	광미
4-1	0.2	12.2	2160	0.0	2.9	광미
4-2	12.6	72.0	315	0.0	83.5	광미
5-1	1.4	73.5	2530	0.0	31.8	광미
5-2	0.4	21.3	3000	0.0	1.8	광미
6-0	1.4	29.2	3130	0.0	5.2	광미
6-1	1.1	21.2	3020	0.0	8.9	광미
6-2	31.0	39.2	950	0.0	49.5	광미

주: 1) 토양오염우려기준/토양오염대책기준

표 2 논토양, 밭토양 및 풍화잔유토 분석결과

시료구분 (8개)	합량 (단위: mg/kg)					기타
	Cd	Cu	As	Hg	Pb	
	공장.산업지역					
	12/30	200/500	20/50	16/40	400/1,000	
	농경지					
539-1	1.0	20.4	14.2	0.0	47.0	논토양
539-1-1	0.7	24.8	22.6	0.0	76.5	논토양
723-1	1.1	41.7	35.7	0.0	98.0	논토양
549-2	0.9	17.5	18.3	0.0	59.5	논토양
2-0	0.1	3.7	27.0	0.0	21.2	밭토양
2-1	0.1	4.0	21.0	0.0	19.5	밭토양
2-2	0.2	3.5	15.9	0.0	16.2	밭토양
7	0.0	0.5	8.8	0.0	2.4	풍화토

주: 1) 토양오염우려기준/토양오염대책기준

표 3 다덕광산 주변 물 분석 결과

시료구분 (5개)	농도 (단위: ml/l, pH 제외)										기준치
	pH	Cd	Cu	As	Mn	Pb	Cr	Fe	Zn	SO ₄ ²⁻	
W-1	6.27	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.28	271	
W-2	5.87	0.00	0.05	0.00	3.20	0.00	0.00	0.07	1.51	184	
W-3	4.11	0.03	0.42	0.01	4.15	0.00	0.00	2.00	9.60	228	① 초과
W-4	4.53	0.02	0.27	0.01	5.87	0.00	0.00	2.11	7.40	185	
W-5	5.61	0.01	0.07	0.00	7.18	0.00	0.00	0.04	4.00	235	

기준치 ① : 수질환경보전법 시행규칙 제 8조 별표 5 <배출허용기준: 가지역>

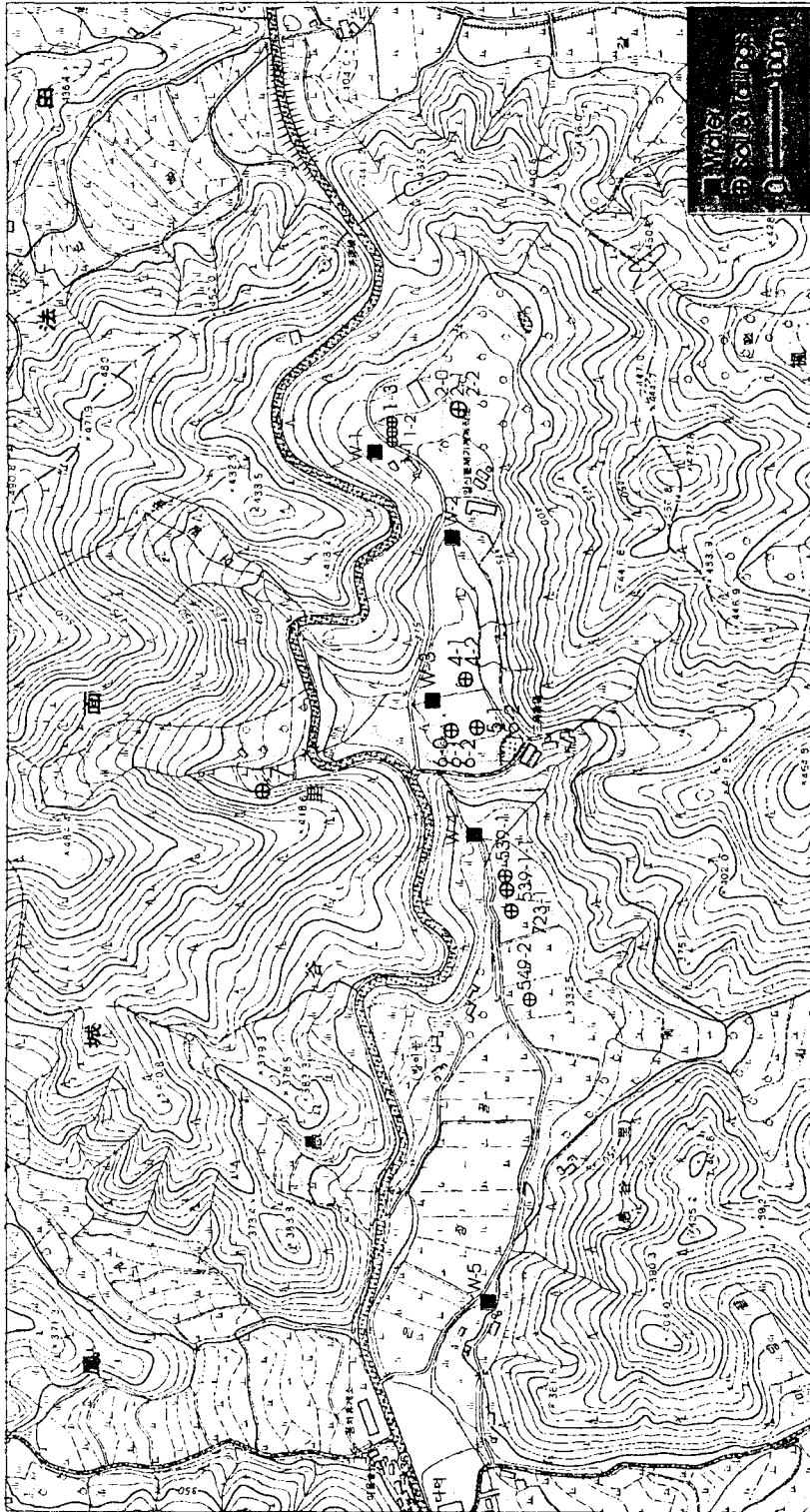


그림1. 경북 봉화 다덕광산 주변 시료채취도