

## 충북지역 폐금속광산 주변 토양오염도 평가

정명채 · 강만희 · 지한구\* · 황범순\*\* · 박정구\*\*\* · 정현석\*\*\*

세명대학교 자원환경공학과, \*(주)동명엔터프라이즈 토양지하수사업팀, \*\*(주)지오그린21, \*\*\*환경관리공단  
jmc65@semyung.ac.kr

### 요 약 문

This study has focused on investigation on As and heavy metal contamination derived from metalliferous mining activities in the Choongbuk Province in Korea. Soil, mine effluent, surface water and ground water samples were taken in and around 27 abandoned metal mines, and analyzed for As, Cd, Cu, Ni, Pb and Zn using AAS and anions in water samples using IC. In general, the heavy metal concentrations in soils decreased with increasing distance from the each mine audit. Tailings and mine waste soils from several mines contained over the guideline of Soil Conservation Act in Korea. Soil samples from the Seobo, Honga, Daehwa, Jeungjadong, Youngbo and Munbaek mines contained over the action levels of the metals due to intensive mining activities. Therefore, a proper remediation work needs to control the metal dispersion around the mines.

**key word** : heavy metals, abandoned metal mines, environmental remediation, Choongbuk Province

### 1. 서론

국내에는 906개의 휴/폐광 금속광산이 전국에 산재되어 있으며, 이들의 일부 지역에서는 우기의 집중강우에 의해 광미가 유실되고 있으며, 적절한 처리없이 방치된 이들 광미와 폐석에서 인체 및 동식물에 유해한 비소 및 중금속의 용출 현상이 자주 보고되고 있다. 특히 2004년도에는 경남 고성지역의 한 광산에서는 다량의 중금속이 유출되어 주변 농경지에 영향을 주기도 했다. 이외에도 다수의 광산에서의 중금속 오염에 대한 연구가 진행된 바 있다. 하지만 아직도 많은 광산들에 대한 정량적인 오염도 조사 및 원인 해결을 위한 방안 수립이 부족한 실정이다.

이에, 환경부에서는 국내에 산재된 906개의 폐금속광산 중에서 158개 광산을 중점조사대상 광산으로 지정하여 지난 1997년부터 2005년까지 개황조사 및 정밀조사를 수행하고 있다. 2000년도까지는 지방의 환경청을 중심으로 매년 10여개의 광산에 대한 정밀조사가 수행되었으며, 2001년도에는 부산, 경남, 대구 및 경북지역의 광산, 2002년도에는 경기, 강원, 전남 및 전북지역의 광산에 대한 조사가 수행되었다. 그리고 2003년도에는 충북지역 27개 광산에 대한 조사가 수행되었으며, 2004년도에는 충남지역 23개 광산에 대한 조사가 지금까지 진행되고 있다.

이 연구에서는 충북지역 27개 광산의 조사 결과를 기초로 오염도의 평가 및 적절한 처리 방안에 대해 보고하고자 한다.

## 2. 연구방법

연구대상지역은 충청지역에 산재된 27개 광산으로서 각 광산의 위치는 Fig. 1에 도시되어 있다. 각 광산의 갱구를 시점으로 하류 방향으로 1.5km이내의 표토와 심토를 채취하여 개략적인 오염도를 평가하였다. 또한 갱내수 유출지역의 경우 시료를 채취하였으며, 주변의 하천수와 지하수를 채수하였다. 채취된 시료는 공정시험분석법을 적용하여 As, Cd, CN, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 등의 함량을 AAS를 활용하여 분석하였다. 물시료의 경우, 현장자료와 함께, 양이온은 ICP-AES로 음이온은 HPLC(IC)로 분석하였다. 또한 조사, 분석 결과 오염도가 높거나 오염 개연성이 확인된 광산에 대해서는 정밀조사를 수행하였다. 즉, 갱구에서 4.0km이내 지역을 대상으로 지역별로 40지점이상의 토양을 채취하여 정량적인 분석을 실시하였다. 대표적으로 문백광산에 대한 시료채취도를 Fig. 2에 도시하였다.

조사 결과를 기초로, 복원우선순위 결정을 위한 다각적인 방법을 적용하였으며, 그 결과를 기초로 일부 광산에 대한 적정 처리 방안을 제시하였다.

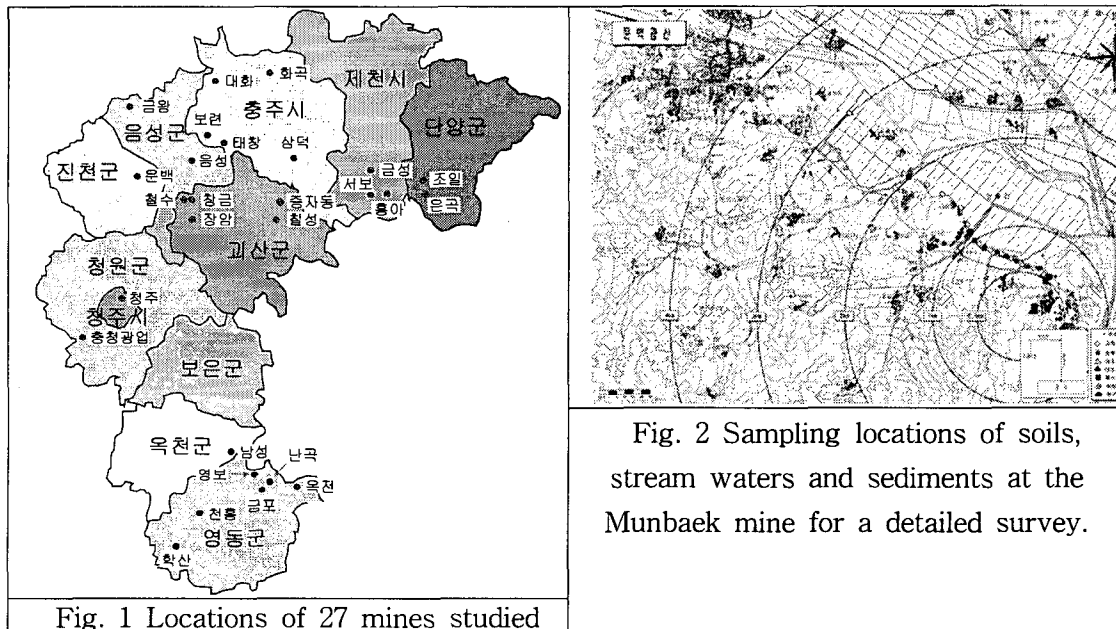


Fig. 1 Locations of 27 mines studied

Fig. 2 Sampling locations of soils, stream waters and sediments at the Munbaek mine for a detailed survey.

## 3. 연구 결과

### 3.1 토양오염도 조사 결과

27개 광산에 대한 개황 조사 결과 총 240개 토양시료에서 6개 광산에서 15점이 토양오염 우려기준을 초과하였고 문백광산, 영보광산 및 홍아광산 등 3개 광산에서 7점이 토양오염 대책기준을 초과하였다. 한편, 14개 정밀조사지역에서 채취된 588개 토양시료를 분석한 결과, 토양오염 우려기준 초과 점수는 총 128점이며, 대책기준을 초과 점수는 15점으로 조사되었다. 이들을 토지용도별로 보면, 128점 중에서 63점은 전(田), 46점은 임(山) 16점은 답(畓)으로 조사되었다(표 1). 특히, 14개 정밀조사지역에서 채취된 588개 토양시료를 분석한 결과, 오염물질별 기준초과 현황을 요약하면, 토양오염 우려기준 초과물질은 총 128점으로서 니켈(56점) > 카드뮴(42점) > 아연(23점) > 구리(5점) > 비소(1점) = 납(1점) 순서이었으며, 대책기준을 초과물질은 총 15점으로서 카드뮴(5점) > 납(4점) > 비소(3점) > 아연, 구리, 니켈(각 1점) 순서였다(표 2).

### 3.2 수로저질토 분석 결과

개황조사 결과 27개 광산에서 토양오염 기준을 초과하는 수로저질토는 없었으며, 정밀조사에서는 33개 시료를 분석한 결과, 은곡광산 1개 시료에서만 카드뮴이 토양오염 우려기준을 초과하였다.

표 1. 토지용도별 우려기준 및 대책기준 초과 점수

광산명	채 취 시료수 (저질토)	우려기준초과						대책기준초과						비고	
		토지용도						토지용도							
		임 (山)	답 (畓)	전 (田)	기타	저질토	소계	임 (山)	답 (畓)	전 (田)	기타	저질토	소계		
금성(기린)	42(2)														
서보	42(2)	20		6			26	4						4	
홍아(수산)	42(2)	8		11			19	1						1	
대화	42(2)			13			13			1				1	
보련	42(2)														
태창	42(2)	3		1			4								
증자동	42(2)	5	3	6			14	1						1	
은곡(은광)	42(2)	2	2	12			16								
조일(상곡)	42(2)	1	5	1			7								
영보(가리)	42(3)	4		2	1		7	5		2				7	
옥전(옥매)	42(3)		1	1	2		4								
학산	42(3)														
문백(유창)	42(3)	1	5	10			16			1				1	
충청광업	42(3)	2					2								
계	588(33)	46	16	63	3		128	11		4				15	

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 중복 계산함

표 2. 오염물질별 기준 초과 현황

구 분	각 성분별 토양오염기준 초과현황							합 계
	카드뮴	비스	납	아연	구리	니켈		
우려 기준 초과	금성(기린)							
	서보	2	1		9	2	12	26
	홍아(수산)	1				2	16	19
	대화	12			1			13
	보련							
	태창				2		2	4
	증자동	2					12	14
	은곡(은광)	15			1			16
	조일(상곡)	4			3			7
	영보(가리)	2		1	3	1		7
	옥전(옥매)						4	4
	학산							
	문백(유창)	3			3		10	16
	충청광업	1			1			2
소계	42	1	1	23	5	56	128	
대책 기준 초과	서보	3				1		4
	홍아(수산)				1			1
	대화	1						1
	증자동						1	1
	영보(가리)	1	3	3				7
	문백(유창)			1				1
	소계	5	3	4	1	1	1	15

※ 동일 시료에서 여러 원소들이 환경기준을 초과한 경우 중복 계산함

### 3.3 물시료 분석 결과

개황조사에서는 문백광산 갱내 유출수에서 Cd, Cu, Pb 등이 먹는 물 수질기준과 하천수 수질기준을 초과하였다. 정밀조사에서는 총 10점이 먹는 물 수질기준을 초과하였으며, 이 중에서 8점은 납이며 비소와 아연이 각각 1점씩 기준을 초과한 것으로 조사되었다

### 4. 결론

본 사업의 조사대상은 충청북도내 시·군별로 제천시(3), 청주시(1), 충주시(5), 괴산군(5), 단양군(2), 영동군(6), 옥천군(1), 음성군(2), 진천군(1), 청원군(1)에 소재하는 27개 폐금속광산에 대한 개황조사 및 정밀조사를 수행한 결과를 검토하여 도출된 결론은 다음과 같다.

예비조사 결과를 종합적으로 고찰한 결과 27개 광산 중에서 토양오염 우려기준 또는 대책기준을 초과하는 7개 광산과 환경기준 이내지만 오염 가능성이 있는 7개 광산 등 총 14개 광산을 정밀조사 대상 광산으로 선정하여 조사하였다. 기존의 경우 토양환경 기준을 초과한 항목에 대해서만 정밀조사를 실시하였지만, 이번 조사에서는 7개의 기본 성분을 모든 정밀조사 대상광산에 적용하여 오염 여부를 종합적으로 조사하였다.

개황조사 결과, 7개 광산에서 25점이 토양기준을 초과하였으며 정밀조사에 따르면 총 128점이 토양오염 우려기준을 초과하였으며, 15점이 대책기준을 초과하였다. 우려기준을 초과하는 토양을 토지용도별로 구분하면 전(田)이 가장 많고(49%), 다음으로 임(山)이 38%, 답(畓)이 10% 등으로 조사되었다. 또한 대책기준을 초과하는 토양의 토지용도별로는 임(山)이 73%이며 전(田)이 27%로 조사되었고 답은 대책기준을 초과하는 지점이 없었다.

원소별로 살펴보면, 우려기준을 초과하는 토양의 44%는 Ni로 조사되었다. 이는 Ni의 직접적인 오염확산의 영향보다는 낮은 토양환경 기준에 기인하는 것으로 판단되며, 이에 대한 자세한 연구는 향후 계속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 다음으로 Cd이 33%, Zn이 17% 순이며, 일부 시료에서 구리, 비소, 납 등이 우려기준을 초과하였다. 대책기준을 초과하는 시료는 총 15점이었으며 카드뮴 5점, 납 4점, 비소 3점, 아연, 구리와 니켈 등이 각각 1점으로 조사되었다. 이들은 서보광산, 홍아광산, 대화광산, 증자동광산, 영보광산 및 문백광산 등 6개 광산에 집중적으로 나타났으며 그 외의 광산에서는 낮은 원소함량을 보였다.

이와 같은 자료를 종합하여, 충북지역 27개 광산에 대한 광해복구 우선순위를 도출한 결과, 대화광산, 서보광산, 영보광산, 은곡광산, 문백광산 및 홍아광산 순서로 조사되었다. 이 중에서 서보광산의 경우 이미 광미와 폐석장에 대해 사방공사 및 복토공사가 수행되었으며, 은곡광산의 경우 오염 처리를 위해서는 도로의 건설과 주변 생태계의 교란 등이 발생할 우려가 있을 뿐만 아니라 광해에 의해 직접적으로 영향을 받을 수 있는 인가와 떨어져 있어 우선순위를 후순위로 둘 필요가 있다. 또한 홍아광산 역시, 현재 광미와 폐석의 대부분이 유실되어 일부 지역을 제외하고는 복구가 긴급하지 않아 적극적인 복원보다는 지속적인 오염확산 모니터링이 필요한 것으로 판단하였다. 이러한 현장 조건을 고려한다면, 충북지역의 27개 광산 중에서 충주시의 대화광산, 영동군의 영보광산 그리고 진천군의 문백광산 등의 3개 광산을 대상으로 우선적으로 정비사업 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

### 5. 참조

본 조사에 대한 종합보고서는 환경부 홈페이지에서 확인하실 수 있습니다.