

## 상동중석광산 광미에 함유된 중금속의 수직분포도 조사

정명채 · 강만희 · 정문영 · 최연왕\*

세명대학교 자원환경공학과 (E-mail: jmc65@semyung.ac.kr) · \*세명대학교 토목공학과

### <요약문>

The objective of this study is to investigate the vertical variation of heavy metals in tailings from the Sangdong W mine. Tailings samples were taken at 6 drilling sites with 50cm intervals up to 21 meters in depth and dried at room temperature. The pH value, loss-on-ignition and water contents were measured. In addition, chemical compositions of the samples were determined by AAS after 0.1N HCl leaching and ICP-AES after aqua regia leaching. The pH values were in the range of 7.2 to 8.5 due to chemical reactions of carbonate minerals. The ranges of heavy metals (mg/kg) extracted by 0.1N HCl were from 0.17 to 0.93 for Cd, 0.04 to 4.39 for Cu, 0.03 to 10.9 for Pb and 0.06 to 14.1 for Zn and those extracted by aqua regia were 3.10~10.5, 23.61~251, 63.7~337 and 42.6~134 for Cd, Cu, Pb and Zn, respectively. Generally, the metal concentrations in tailings do not change with depth, whilst they have a tendency to decrease with depth in some case.

**Key word** : vertical variation, heavy meals, tailings, Sangdong W mine

### 1. 서론

국내에는 금속광산(906개), 석탄광산(379개) 및 비금속광산(1173개)을 포함하여 총 2,500개소의 크고 작은 광산들이 산재되어 있으며, 이들 중에서 약 80%가 휴광 또는 폐광된 광산이지만 휴/폐광 이후 적절한 환경복원시설을 설치하지 않아 주변 생태계가 위협받고 있다. 특히 폐금속 광산에서는 과거 채광이나 선광·제련과정 등의 광산 활동으로 인하여 배출된 광산폐기물들(폐석, 광미, 광산폐수 등)이 광산 주변에 그대로 방치되어 있어 집중강우나 강풍에 의해 광산하부로 이동·분산되어 주변의 농경지와 수계의 환경오염이 발생되고 있다. 특히 국내의 많은 휴·폐광 광산에 있어서, 다량의 중금속을 함유하고 있는 광미더미가 강수에 의해 중금속들이 침출되어 지하수로 유입되어 토양과 암반층을 지나면서 다양한 화학적 반응을 일으키게 되고, 자연수 순환경로를 따라 주변 환경을 오염시켜 주변의 수계로 이동 분산되며 심각한 환경오염을 유발할 수 있다(정영욱 등, 1999; 정명채, 2002).

이에 이 연구에서는 상동중석광산 구광미장에 적치된 400만톤의 광미를 대상으로 중금속의 오염형태에 대한 정확한 파악과 수직적인 중금속함량을 조사함으로써 중금속 원소의 분산양상을 규명하기 위하여 구 광미장내 광미시료를 심도별로 채취하여 분석을 실시하고, 이들의 지구화학적 이동 및 분산을 수직적으로 고찰하였다.

## 2. 연구방법

시료의 채취는 총 400만톤이 적치된 구 광미적치장에서 21m 심도로 총 6개 지역의 시추를 실시하였다. 수직시추를 통해 1.5m 간격에서 상중하로 3개 시료를 코어형태로 회수하여 각 공에서 40개씩 총 240개의 시료를 회수하였다. 채취한 시료는 실내에서 자연 건조하였다. pH값은 -10mesh 입도의 광미시료 10g을 취하여 100ml의 삼각플라스크에 넣고 증류수 50ml를 넣어 1시간 교반 후에 orion 1230 pH meter로 측정하였다. 작열감량은 -10mesh 입도의 광미시료 10g을 사기도가니에 놓고 105℃에서 1시간 건조시킨 후, 이 시료를 다시 6시간동안 450℃로 가열한 후, 데시케이터에서 냉각시킨 후 감량을 측정하였다. 채취한 시료의 화학분해는 0.1N HCl으로 추출하는 공정시험분석법과 왕수로 추출하는 방법을 모두 적용하였다. 0.1N HCl로 추출한 시료는 원자흡광분광광도계(AAS)를 활용하여 Cd, Cu, Pb, Zn 등을 분석하였으며, 왕수로 추출한 시료는 유도분극원자흡광광도계(ICP-AES)를 활용하여 주성분, 부성분 및 미량원소 등 총 18개 원소를 분석하였다.

## 3. 결과 및 토론

각 시추시료에 대한 pH변화, 수분함량 및 작열감량 결과를 Fig. 1에 도시하였다. pH값은 모암에 함유된 방해석 등의 탄산염암의 영향으로 7에서 8.5 전후의 염기성을 띠고 있으며, 심부로 가면서 증가되는 양상을 보인다. 수분함량은 15~25% 전후로써 비교적 높은 값을 보이고 있다. 그러나 광미적치 결과 유기물의 활동이 극히 제한되어 작열감량은 2~3% 전후의 낮은 값을 보이고 있다.

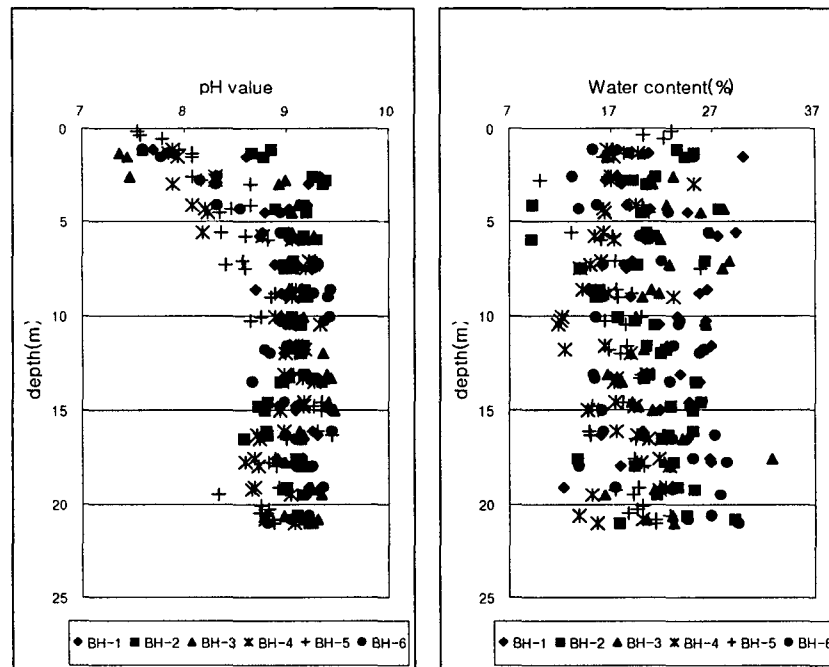


Fig. 1 Vertical variation of pH values and water contents in tailings from the Sangdong W mine.

또한, 0.1N HCl과 왕수로 추출 후 분석한 결과를 Fig. 2와 Fig. 3에 각각 도시하였다. 원소들의 함량의 수직 변화에서는 큰 변화 없이 일정한 패턴을 보이고 있으며, 일부 시료에서는 다량의 중금속이 검출되고 있다. 즉, 0.1N HCl로 추출후 화학분석한 원소의 함량(ppm)은 Cd(0.17~0.93), Cu(0.04~4.39), Pb(0.03~10.87), Zn(0.06~14.11) 값을 보이며, 왕수로 추출후 화학분석한 원소의 함량(ppm)은 Cd(3.10~10.52), Cu(23.61~251.14), Pb(63.86~337.15), Zn(42.63~134.44)의 값을 보인다. 하지만 수직적인 변화는 미약하다.

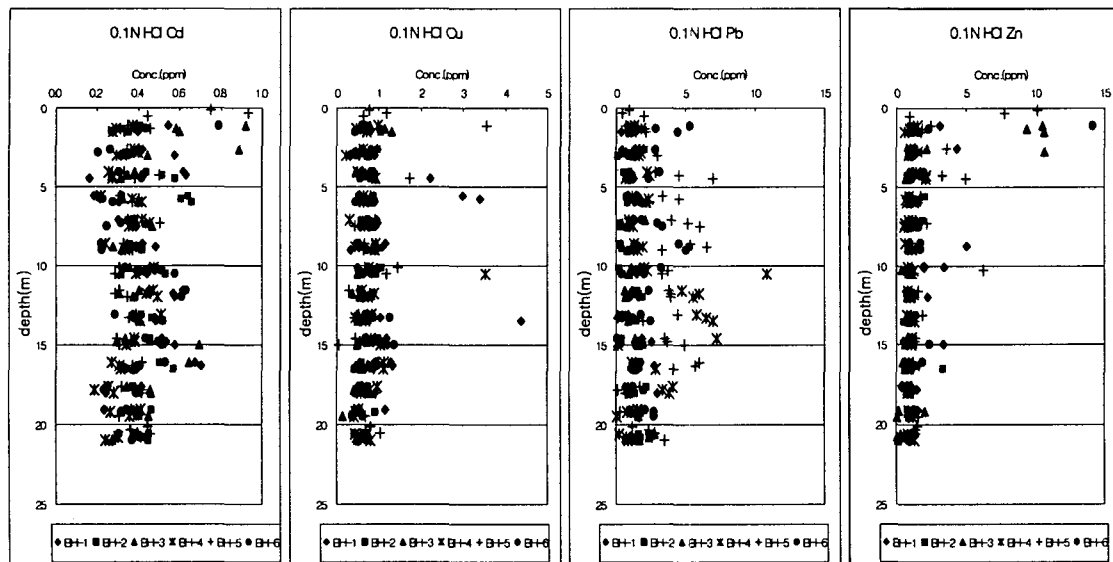


Fig. 2 Vertical variations of Cd, Cu, Pb & Zn extracted by 0.1N HCl in tailings from the Sangdong W mine.

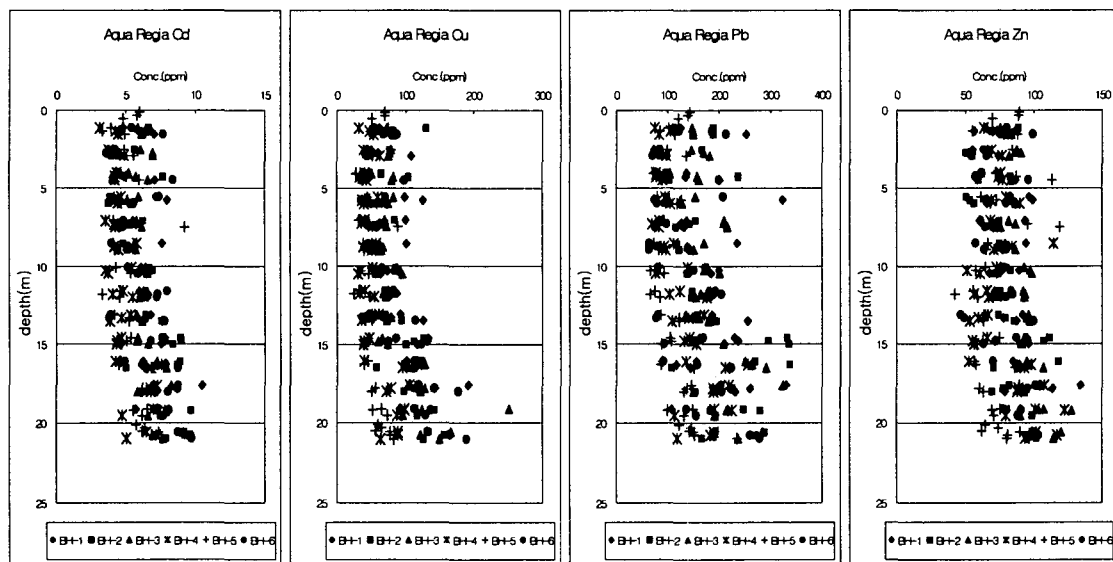


Fig. 3 Vertical variations of Cd, Cu, Pb & Zn extracted by aqua regia in tailings from the Sangdong W mine.

#### 4. 결론

이 연구에서 광미내 중금속의 수직분포비율을 조사하기 위해 국내의 대표적인 광산인 상동중석광산 구 광미장 (총 400만톤 적재)을 대상으로 6개 지점을 선정하여 1.5m의 간격으로 지표에서 지하 21m

깊이 까지 시추하여 채취한 시료를 활용하였다. 이들 자료의 수직적인 변화를 요약하면 다음과 같다.

1) 광미의 pH값은 중성~염기성의 특성을 보이며, 지표에서 심부로 가면서 그 값이 증가되는 경향을 보였다. 이는 광미에 함유된 탄산염암과 수분의 반응에 의한 것으로 판단된다. 수분의 함량은 심도에 따라 다양한 변화를 보이고 있지만 광미의 크기가 평균 50 $\mu$ m 전후의 매우 작으므로 상부에서의 물이 매우 느리지만 하부로 계속 이동한 것으로 판단된다. 입도의 영향으로 시추과정에서 지하수면은 확인되지 않았다. 즉, 20m 하부에 지하수면이 위치하는 것으로 판단된다. 그리고 작열감량은 광미의 특성에 의해 매우 낮게 조사되었다.

2) 광미에서의 중금속 함량은 여타의 지역과 유사한 경향을 보이며, 모든 시료에서 토양오염우려기준을 초과하지는 않았다. 다만 일부 시료에서 다량의 Cd과 Pb이 검출되기도 하였다. 이 연구에서 확인하고자 했던 중금속의 수직적인 분포변화의 폭은 크지 않았다. 이는 채광 이후 선광 과정에서 비교적 균질한 물질이 배출되어 심도에 따른 물성, 화학적 특성 및 광물학적 특성이 큰 변화가 없는 것으로 판단된다.

## 5. 참고문헌

정영욱, 민정식, 권광수, 김옥환, 김인기, 송원경, 이현주, 전효택, 안주성, 오석영, 1999, 광산폐기물 관리기술 개발 연구, 과기부 '98 기관고유사업 연차보고서, 한국자원연구소, 213p.  
정명채, 2002, 광산개발에 의한 환경오염 현황, 2002 광해방지 정책 및 기술심포지움, 한국지질자원연구원, p.37-53.

## 6. 사 사

이 연구는 한국과학재단의 목적기초연구지원사업의 특정기초연구지원(R01-2002-000-00357-0)으로 수행되었습니다.