탄광폐석으로부터 산성배수 발생 실증시험

정영욱[1], 김옥환[1], 이현주[1], 김인기[1], 민정식[1]

1. 서론

본 연구는 탄광지역에서 가장 대표적인 환경오염원인 산성광산배수가 갱도뿐 만 아니라 폐석장으로부터 유래할 수 있음을 현장 시험을 통해서 증명하고자 하였다. 이를 위해 탄광 현장에서 폐석을 차수막 위에 적치한 후 강수가 유입되어 자연 배수시켜 수질을 평가 분석하였다. 이러한 실증시험 결과는 가행광산의 경우 폐석 관리의 중요성을 그리고 폐광지역 광해복구사업시 폐석의 산성 침출수의 생성 방지를 위한 조처의 필요성을 제시한다.

2. 연구 방법

2-1. 시험포 설치 및 폐석 적치

시험포 설치 장소는 강원도 고한읍에 소재한 탄광 폐석적치장 이었다. 폐석장 평지에 폐석으로 직사각형의 둑을 만들고 내부에 HDPE(1.5㎜) 차수막을 쳐서 물의 누수가 없도록 하였다. 이 시험포는 HDPE 및 판자등으로 양분하여 두 개의 구획으로 나누워 2 종류의 폐석이 적치되도록 하였다. 2개의 구획에 PVC(Ø5㎝) 유공관을 각 구획별로 차수막 바닥에 설치하여 시험포 밖에 시료채취용 탱크에 연결하였다. 시험포에 적치된 폐석은 경석장에서 수년동안 적치되었던 폐석 A와 선탄장에서 버려지는 폐석 B 이었다. 폐석 B는 폐석 A 보다 입도가 작았다. Fig. 1 에 시험포의 설계 내용이 나와있다.

2-2. 수질분석

폐석 시험포의 폐석 A 및 폐석 B 에서 물시료를 3차례 채수하였다..

- 1차 시료채취 (2개), 1998, 10월 1일(강우 직후)
- 2차 시료채취 (2개), 1998, 10월 15일(강우 직후)
- 3차 시료채취 (2개), 1998, 11월 25일

분석원소는 Fe, Mn, Al, Ba, Ca, Cr, Cu, K, Li, Mg, Na, Cd, Co, Ni, Se, Si, Pb, Sr, Zn 등의 양이온 이었으며 Perkin-Elmer ICP(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer) 에 의하였다.

3. 연구결과

3-1 폐석 A 유출수

주요어: 탄광폐석, 산성광산배수, 시험포, 광해복구사업

1) 한국자원연구소 자원연구부

폐석 A 유출수의 pH는 3.16에서 3.62로 측정되어 산성수로 나타났다. Eh는 519mV에서 588mV 로 측정되어 pH-Eh 관계로 볼 때 유출수 수질은 산화 환경임을 지시해 준다. 한편 DO(용존산소)는 최소 1.97㎎/ℓ에서 4.37㎎/ℓ로 나타나 DO 농도가 매우 낮았다. 한편 TDS 는 775㎎/ℓ에서 1872㎎/ℓ의 범위를 나타내 수질에 용존물질이 상당량 존재하는 것으로 나타났다. Al의 경우 최소 36㎎/ℓ에서 143㎎/ℓ, Fe는 최소 10㎎/ℓ에서 36㎎/ℓ로, Mn은 3.7㎎/ℓ에서 8.6㎎/ℓ의 농도로 용출되었다(정영욱 등, 1998). 이들 3성분에 대하여 3차례 분석값을 더해보면 총 346㎎/ℓ에 달하였다.

3-2 폐석B 유출수

폐석 B에서 유출된 침출수의 pH는 최소 2.85에서 최대 3.54로 나타나 역시 산성수가 폐석에서 배출되었다. Eh 값 역시 500mV 이상을 나타내 산화환경을 지시해 준다. DO의 경우 용존산소가 매우 낮았고 TDS 는 1300㎎/ℓ이상을 나타내었다. 폐석 B에서 Al의 경우 최소 109㎎/ℓ에서 최대 205㎎/ℓ까지, Fe의 경우 최소 36㎎/ℓ에서 56㎎/ℓ까지 그리고 Mn의 경우 최대 10.4㎎/ℓ 농도를 보였다. 폐석 B 유출수에서 상기 3 성분 농도 합을 계산하면 608㎎/ℓ로 나타나 폐석 종류에 따라서 금속 배출량이 달랐다.

3회에 걸쳐 분석된 양이온 함량의 합을 백분율로 환산하여 Fig. 2 에 도시하였다. Fig 2에서 알 수 있듯이 폐석 A 에서 유출된 성분 중 Ca 가 37%로 가장 많이 배출되었다. 그 외에 Al(30%) 그리고 Mg(10%), Si(10%), Fe(7%), Mn(2%) 기타 순으로 나타났다. 폐석 B의 경우 Ca(41%), Al(28%), Mg(12%), Fe(8%), Si(7%), Mn(2%) 순으로 배출되었다.

4. 요약 및 결론

탄광지역에 적치된 폐석이 금속을 함유하는 산성수를 배출하는가를 증명하기 위하여 현장 실증시험을 하였다. 강우가 폐석더미로 유입되어 배수된 물이 Fe, Al, Mn 등으로 오염된 산성수로 나타나 폐석 적치장은 수질오염원으로 작용할 수 있음을 증명하였다.

탄광에 적치된 폐석에 대한 metal speciation 분석 결과에 의하면 Fe, Al, Mn 등의 성분은 교환성 형태로 매우 높은 농도로 존재하는 것으로 보고되고 있다(정영욱 등, 1998). 따라서 폐석으로 부터 유출되는 Fe, Al, Mn 등은 폐석에 교환성 상태로 존재해서 강수에 의해 용출되는 것으로 판단된다. 산성수의 원인은 폐석중의 황철석등이 산화되면서 폐석 자체가 산도를 갖고 있다가 강수와 접촉하면서 수소이온이 용출되는 것으로 판단된다. 폐석의 관리 및 유실방지 사업시 강수 혹은 지하수의 제어가 매우 중요함을 알 수 있다.

참고문헌

1. 정영욱, 민정식, 권광수, 김옥환, 김인기, 송원경, 이현주, 1998, "광산폐기물관리기술개발", 한국자원연구소 연구보고서, p. 213

사 사:

분석에 협조해준 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 환경지질•응용지구화학실험실에 감사를 드린다.

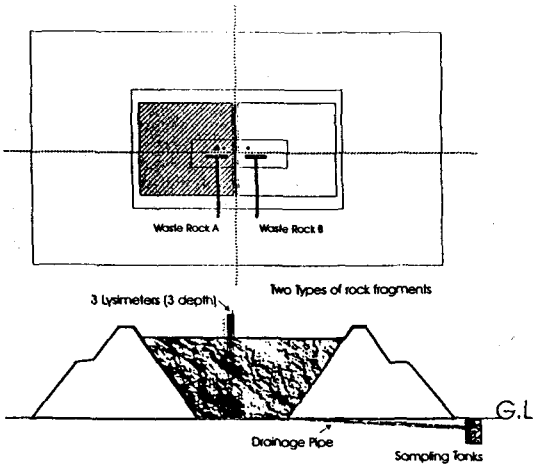

Fig. 1 Configuration of acid rock drainage test plot

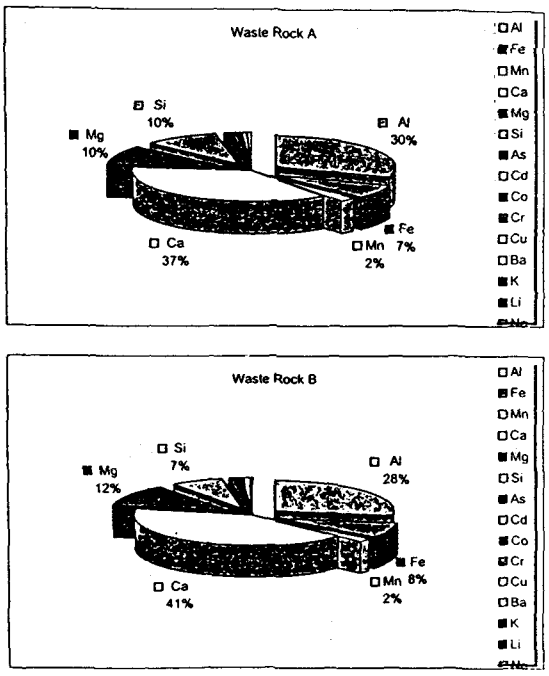

Fig. 2. Comparison of total concentration of some elements in leachate