

일광 폐광산 토양의 중금속원소 오염과 존재형태

홍영국, 지세정
(한국자원연구소)

경남 일광면에 위치한 일광광산은 과거에 동-중석을 주로 채광하였으나 현재는 폐광상태에 있다. 이 연구의 목적은 폐금속광산 일대를 대상으로 유해중금속에 의한 주변의 토양의 오염실태를 파악하고, 토양내의 유해중금속원소의 존재형태와 지화학적 거동을 밝히는데 있다. 특히 토양내에 존재하는 유해중금속원소의 경우 연속추출법에 의하여 분석하였다. 토양시료의 경우 일광광산에서 산출되는 광물의 성분을 고려하여 Cd, Cr, Cu, Mo, Pb, W, Zn 등 7개의 유해원소를 선정하여 추출하여 분석하였다.

일광 폐광산 주변의 토양은 폐석 및 광미의 야적장을 중심으로 Cu와 Pb의 두 성분이 최고 2,000 ppm, Zn는 500 ppm 까지 오염기준치를 훨씬 초과할 정도로 심하게 오염되어 있다. Cu와 Zn는 주변 500 m내의 저지대인 주거지와 농경지역까지 확산되므로 방지대책이 시급한 실정이다. 요인분석의 결과 Cu-Zn-Cd은 지표토양과 표층시료에서 요인 1의 높은 적재량을 보이며, 농도변화가 거의 일정하여 이들 원소의 이동도와 확산거동은 유사할 뿐만 아니라 오염이 계속 진행중임을 보인다.

각 토양시료에 따른 유해중금속원소의 존재형태가 다양한데 이는 각 성분의 이상분포대 및 분산과 관련성이 매우 높다. 비오염지역의 토양에서는 residual fraction이 가장 높은 비율을 차지하며, 야적장에서는 토양의 산성환경에 따라 탄산염에 흡착된 fraction 과 exchangeable fraction의 비율이 높으나 유기물에 흡착된 fraction의 비율은 매우 낮다. 각 토양시료에 따른 유해 중금속원소의 존재형태의 백분율은 각 성분 함량의 이상분포대 및 분산과 매우 관련성이 높은 것으로 나타난다.

유해 중금속원소들은 시료마다 존재형태의 다양함을 보여준다. 비오염지역의 시료들은 대체로 "residual fraction"의 비율이 높은 반면에, 야적장의 시료에서는 "탄산염광물에 흡착된 fraction"의 비율이 비오염지역의 시료보다 높다. 이는 광산에서 맥석광물로 산출되어 야적장에 쌓인 방해석에 주로 기인되는 것으로 Cd의 용탈작용과 이동도는 탄산염광물의 양과 CO₂/H₂S의 활동도에 영향을 받는다. 한편, 특정시료는 exchangeable fraction의 비율이 높는데 이러한 원인은 산성도가 높은 갭내수가 야적장으로터 유출되어 일부 토양을 산성화시킴으로써 Cd와 Zn를 함유하는 황화광물(섬아연석 등)의 용해되기 때문인 것으로 사료된다.

Cr의 경우는 비오염지대보다 야적장 및 야적장 인근지역의 시료가 탄산염에 흡착되는 존재형태로 나타나는 fraction의 비율이 매우 높다. 반면 비오염대에서는 residual fraction의 백분율이 높다. Cu는 비오염지역 및 야적장의 맑은 시료에서 exchangeable fraction과 탄산염에 흡착된 fraction의 비율이 높으며, 일부는 유기물과 흡착된 fraction (<20%)으로 존재하기도 한다. 야적장 인근지역의 산성 하천에 의하여 영향을 받은 일부 토양에서는 Cu가

탄산염과 유기물 및 황화물에 흡착된 fraction이 매우 높은 비중을 차지하고 있다. Mo은 야적장 인근지역에서 산성 하천 주변의 시료들은 90%이상의 exchangeable fraction 을 함유하는 것이 특징이다. Mo는 pH가 3 이하의 낮은 환경에서 용해도가 매우 크기 때문에 산성도가 높은 갯내수 주변의 토양에서는 Mo의 exchangeable fraction의 비율이 높아질수 있다. 반면에 비오염지대나 야적장의 갯내수와 관련없는 토양에서는 탄산염에 흡수되는 fraction의 비율이 높다.

Pb는 용해도가 낮기 때문에 가장 이동도가 낮은 원소로 알려져 있다. 본 지역의 전체 시료에서도 residual fraction의 비율이 높은 것은 이를 잘 반영해 주고 있다. 비오염지역의 토양은 야적장 지역과 비교하여 탄산염과 유기물에 흡착되는 비율이 높다. 이는 암석의 풍화작용과 유기물질에 의한 영향으로 생각된다. W의 경우도 Pb의 경우와 매우 유사한 양상을 보여준다. Zn는 Cu와 함께 하천 주변의 토양에서 residual fraction의 비율이 작아지는 반면 탄산염에 흡수되는 fraction의 비율이 증가한다. 이러한 사실은 토양내 유해 중금속원소의 존재형태 비율이 토양의 산성도와 매우 밀접한 관계가 있음을 입증해 준다.

일광 폐광산 주변의 토양내 유해 중금속원소는 Tesseir등(1979)이 제시한 5가지 형태의 다양한 백분율로 존재하는데, 비오염지역의 유해 중금속원소는 주로 residual fraction의 비율이 높으며, 야적장의 토양은 산성 갯내수의 영향에 따라서 residual fraction과 탄산염에 흡착된 fraction 및 exchangeable fraction이 비율이 달라진다. 이러한 연구결과는 이 지역에서 유해 중금속원소의 이동 및 분산에 영향을 주고 있기 때문에 각 토양시료에 따른 유해 중금속원소의 존재형태의 백분율은 각 성분 함량의 이상분포대 및 분산과 매우 관련성이 높은 것으로 나타난다.