

길곡 금은광산 주변지역의 중금속오염 평가

전효택¹⁾ · 김주용²⁾ · 안주성¹⁾ · 제현국¹⁾

1. 서론

지표환경에서 발생하는 중금속의 오염원은 광화작용을 받은 암석, 도시 및 산업폐기물, 금속 또는 비금속광물의 채광·선광 및 제련, 비료 및 살충제, 자동차 배기 물질 그리고 화석 연료의 소각 등이 있다(Adriano, 1986). 특히 금속 또는 비금속 광물의 채광, 선광 및 제련에 의한 토양의 중금속 오염은 심각한 국면에 처해 있다(Alloway, 1995). Nriagu와 Pacyna (1988)의 연구에 의하면, 전세계에서 1983년에 대기로 방출된 중금속의 50% 이상이 폐광산 및 가행광산에서 발생되었다고 알려져 있다. 또한 국내의 금속광산들은 개발 이후 적절한 환경처리를 실시하지 않아 주변의 토양과 하천을 오염시키고 있으며 주변에서 재배되고 있는 작물의 중금속 농축이 나타나고 있다.

이 연구의 목적은 상대적으로 중금속 오염도가 높다고 알려진 폐금속광산 주변지역의 토양오염실태 및 그 영향을 정밀조사하여 토양오염방지 뿐만 아니라 복원사업의 기초자료로 활용함에 있다.

2. 연구지역 특성

연구대상지역은 강원도 홍천군 남면 화전리에 소재한 길곡 금은광산 일대이다. 길곡광산은 일제시대부터 가행되었으나 해방 후 뚜렷한 생산실적없이 생산타당성만 점진하다 약 25년전 폐광되었다. 채광이 활발했을 때의 품위가 Au 24.7 g/t 이하, Ag 47 g/t 이하인 것으로 알려져 있으며(대한광업진흥공사, 1987), 생산실적에 대한 자료는 나타나 있지 않다.

연구지역 내에서 과거의 광산활동으로 인해 발생된 광미 및 폐석적치장, 그리고 갱구 등은 길골 계곡과 방골 계곡의 두 지역에서 발견되며 이들은 적절한 유실방지 시설이 없이 방치되어 있는 상황이다.

3. 시료채취 및 분석

시료채취는 1998년 8월 1차에 정밀조사, 1998년 11월에 2차 정밀조사의 순으로 이루어졌다. 1차 정밀조사에서는 비교적 큰 규모의 광미(1,800 m³) 및 폐석적치장(480 m³)이 존재하고 있는 길골지역에 한정하여 중점적으로 시료채취를 실시하였으며, 2차 정밀조사에서는 길골지역뿐만 아니라 1차 정밀조사시 확인한 바 있는 3개의 갱, 2개의 광미적치장 및 2개의 폐석적치장이 존재하는 방골지역까지 연구지역을 확장하여 시료를 채취하였다. 시료는 광미, 산토양 및 경작지 토양, 작물, 자연수 및 하상퇴적물을 대상으로 하였다.

주요어 : 길곡금은광산, 광미 및 폐석적치장, 중금속 오염

- 1) 서울대학교 지구환경시스템공학부
- 2) 광주과학기술원 환경공학과

광미 및 토양시료의 경우 왕수를 이용한 분해법을 통해 Cd, Cr, Cu, Pb 및 Zn의 총합량을 측정하였으며, 아울러 토양환경보전법에 제시된 산가용성 침출법을 통해 Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 및 As의 함량을 측정하였다. 자연수의 경우 현장에서 pH, Eh 및 전기전도도를 측정하였으며, ICP-AES 및 AAS를 이용해 양이온을, IC를 이용해 음이온을 분석하였다. 또한 발작물과 벼시료에 대해 Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 및 As 함량을 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

길골지역 광미 내 중금속 함량을 두차례에 걸쳐 조사한 결과 1차 정밀조사에서 Cd, Cu 및 Zn 총합량이 각각 14, 274, 1,040mg/kg으로 토양오염 허용한계값을 초과하고 있으나 0.1N 염산으로 추출한 함량은 농경지 토양오염 우려기준보다 낮은 것으로 나타나 중금속의 용출정도는 낮은 것으로 판단된다. 시안 및 Cr, Pb, Hg의 함량은 광미 시료에서 불검출되거나 극히 낮은 값을 보여 토양오염 우려기준에 크게 못미치는 것으로 나타났다. 그러나 As의 경우 표층에서 평균 147.3 mg/kg, 심부층에서 평균 45.5 mg/kg의 값을 보여 심부에 비해 표층에 부화되어 있으며 최고 332.5 mg/kg까지 나타났다.

방골지역 광미장 및 폐석장에서 채취한 시료의 중금속 함량을 조사한 결과 표층에서 Pb 및 Zn의 평균 총합량이 각각 363 및 334 mg/kg으로 토양오염 허용한계값을 초과하고 있으나 0.1N 염산으로 추출한 Pb 함량은 57.8 mg/kg으로 토양오염 우려기준에 못미치는 것으로 나타났다. 시안 및 Hg의 함량 역시 표층 및 심부시료에서 낮은 값을 보여 토양오염 우려기준에 못미치는 것으로 나타났다. 그러나 As의 경우 표층에서 평균 235.1 mg/kg, 심부층에서 평균 208.5 mg/kg으로 높게 나타났다.

길골지역 및 방골지역의 산토양 및 경작지 토양에서 산가용성침출법으로 추출된 Cd, Cr, Cu, Pb 및 Zn 함량이 농경지에 대한 토양오염 우려기준에 비해 크게 낮은 것으로 나타났으며, 중금속에 의한 종합적인 오염양상을 평가하기 위해 도출한 오염지수 역시 1이하의 값을 보여 이들 중금속에 의한 토양오염 가능성은 매우 희박하다. 그러나 길골지역의 광미적치장 500m 이내의 일부 토양에서 As 함량이 토양오염 우려기준과 대책기준을 초과해 As 오염에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

연구지역에서 채취한 식물시료에 대한 분석 결과 벼이삭의 경우 Cd 평균 함량이 0.07 mg/kg으로 현미의 Cd 함량 허용 기준치인 1.0 mg/kg보다 매우 낮은 값을 나타냈으며, 기타 중금속의 함량 역시 식물 내 배경값과 유사한 수준으로 나타났다. 배추, 고추, 깻잎 등의 발작물의 경우 식물 내 자연배경값을 다소 초과하는 시료가 일부 발견되나 외국의 연구 사례에서 제시한 독성을 미칠 수 있는 함량에는 훨씬 못미치는 것으로 나타났다. 일부 토양에서 오염현상을 보였던 As의 경우 대부분의 식물시료에서 측정한계인 0.03 mg/kg 이하로 나타났다. 길골지역 광미적치장 하류방향 500 이내에서 채취한 고추에서 0.64 mg/kg으로 가장 높았지만 자연배경값인 1 mg/kg보다 낮다.

길곡개의 갯내수와 갯내 침출수를 대상으로 한 화학분석 결과, pH는 중성의 범위에 도시되었으며, TDS에 기여하는 주요 원소는 Ca, SO_4^{2-} 로 나타났는데, SO_4^{2-} 의 함량은 우리나라 먹는 물의 수질기준인 200mg/l 이하로 나타났다. 이밖에 잠재적 독성원소인 As, Cd, Co, Cr(total), Hg, Pb, Zn 등 원소함량은 불검출되거나 혹은 분석한계치 부근의 낮은 함량으로 조사되었으며, 인근 하천수 및 지하수에서도 모든 이온의 함량이 먹는 물의 수질기준 이하인 것으로 조사되었다.

하상퇴적물 시료를 대상으로 한 화학분석 결과, 갯내수와 접촉하고 있는 시료에서 Cu와 Zn의 높은 함량이 관찰되었으나, 거리별로 퇴적물 중 중금속함량을 도시해본 결과, 이러한 부화현상을 매우 짧은 거리내에 국한되어 일어나며, 인근 하천수의 하상퇴적물중 원소의 함량은 매우 낮은 것으로 조사되었다.

5. 결론

연구지역에 대한 두차례의 정밀조사 결과를 바탕으로 연구지역에 대한 적절한 복원대책을 제안하면 다음과 같다. 미폐쇄된 길곡갱의 경우 안쪽은 봉락되어 있으며 입구지점만이 개방된 상황이므로 안전사고 등을 고려하여 완전히 폐쇄할 필요가 있다. 길골지역의 길곡갱 주변에 방치되어 있는 광미와 폐석에 대해서는 유실방지과 안전사고 예방을 위해 옹벽을 설치하고 비오염 토양으로 도포할 필요가 있다. 광미내 오염물질은 As을 제외하고 우려할만한 수준이 아니므로 별도의 차수벽 시설은 필요하지 않을 것으로 판단하며 As의 경우도 광미내에 매우 불균질하게 분포하고 있으므로 별도의 처리보다는 매립을 제대로 실시하여 더 이상의 유실을 방지한다면 주변지역의 토양오염 방지를 충분히 이룰 수 있을 것으로 본다. 방골지역에 방치되어 있는 광미와 폐석은 그 양이 수십 m³ 정도로 소량이므로 굴착 후 길곡갱 인근의 광미와 같이 매립할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 대한광업진흥공사, 1987, "한국의 광상 제10호 금은편", p.1012.
2. Adriano, D.C., 1986, "Trace elements in the terrestrial environment", Springer-Verlag, New York, p.533.
3. Nriagu, J. O. and Pacyna, J. M., 1988, "Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals", *Nature*, Vol.333, pp.134-139.