

## 폐금속광산에서의 독성 원소들의 인체위해성 평가

이진수<sup>1\*</sup> · Ben Klinck<sup>2</sup> · Yvette Moore<sup>2</sup> · Hyo-Taek Chon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 (e-mail:chon@plaza.snu.ac.kr)

<sup>2</sup> British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, U.K. (e-mail:bakl@bgs.ac.uk)

본 연구에서는 폐금속광산에서의 독성 원소들이 인체에 미치는 영향을 평가하기 위하여 경상북도 봉화군에 위치한 다덕 Au-Pb-Zn 광산 주변 지역에서 광미, 토양, 농작물 및 자연수를 채취하여 화학분석을 실시하였다. 또한 토양내 독성 원소들이 인체로 흡수되는 비를 측정하기 위하여 SBET(Simple Bioavailability Extraction Test) 분석을 실시하였으며, 이들 화학분석 결과들은 인체위해성 평가 모델링을 위해 투입되어졌다. 인체위해성 평가(Human Risk Assessment)라는 것은 유해 환경에 노출된 인간의 건강에 미치는 악영향을 평가하는 과정이라 할 수 있으며, 이는 3 단계로 나뉘어진다. 1단계는 오염원을 파악하여 인간이 이 오염원에 노출되는 경로에 대한 개념적 모델을 구성하는 것이고, 2단계는 각각의 노출경로에 따라 노출평가(exposure assessment)을 실시하는 것이다. 마지막으로 3단계는 독성원소들의 위해성 평가(dose-response assessment)을 실시하는 것이다.

다덕광산 주변 지역에 거주하는 주민들이 독성원소들에 노출되는 경로는 관개용 수나 식수로 사용되는 오염된 지하수, 호흡이나 더러운 손에 의해 섭취하게 되는 토양과 오염토양에서 재배되는 농작물 등이다. 따라서 토양, 지하수, 음식(쌀과 김치)의 노출 경로에 따른 각각의 독성원소들의 노출평가는 ADD(average daily dose) 식을 이용하여 계산되어지며, 이 결과에 의하면 As은 쌀알의 노출경로를 통해, Cd과 Zn는 배추의 노출경로를 통해 그 섭취량이 가장 많은 것으로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 인체위해성 평가를 실시한다. 인체위해성 평가는 2가지의 hazard로 구분되는데, 하나는 독성위해성(toxic risk)이고, 다른 하나는 발암위해성(carcinogenic risk)이다. 독성위해성은 H.Q.라는 지수로서 표현되며, 이 지수가 1 이상이면 독성위해성이 존재한다. 발암위해성은 확률로서 언급되며, 독성원소들의 노출로부터 암을 얻을 수 있는 확률을 나타낸다. 먼저 독성위해성을 나타내는 H.Q. 지수를 3가지 노출경로를 통해 각각의 원소들에 대해 구해보면, As의 H.Q.가 27로 나타나 독성위해성이 상당히 높다는 것을 알 수 있다. 다음으로 발암위해성의 확률을 구해보면, 이 지역 주민들이 계속해서 오염된 토양에서 재배된 쌀을 섭취하면 As에 의해 암이 발생할 수 있는 확률은 천명중의 7명으로 나타났으며, 이는 US-EPA에 제시한 risk의 기준치인 백만분의 1보다도 훨씬 높게 나타났다. 그러나 인체위해성 평가 모델링에 투입된 원소들의 함량은 최대치를 이용하였고, 각 계산에 투입된 파라메타나 특정 factor에 대한 지식 등이 부족하므로 위의 결과는 다덕광산 지역에 대한 독성원소들의 인체위해성 평가에 대한 기초자료를 제공한다. 따라서 앞으로 보다 체계적인 지구화학적 자료 수집과 정보 수집 후에 risk assessment의 재계산이 필요하다고 사려되어진다.

**주요어 :** 인체위해성 평가 모델링, SBET, ADD, 독성위해성, 발암위해성