

## OPB2) 불소오염 지하수 정화 최적 공정개발을 위한 기술 분석

윤영한 · 이종훈

한국건설기술연구원 국토보전연구본부

### 1. 서론

아프리카 대륙의 많은 국가에서 고농도의 불소가 검출되는 지하수층이 존재한다. 특히 동아프리카 열곡대(The East African Rift Valley)는 자연적으로 불소농도가 높은 지역으로서 이 지역에 거주하는 8천만 명 이상의 사람들이 다양한 불소증 증상을 보이고 있어 국가적으로 해결해야 하는 숙원사업 중의 하나이다. 아프리카 지역에 적용이 가능한 지속가능한 공정개발을 위하여 적용할 수 있는 현재 개발되어 있는 기술을 분석함으로써 적정기술을 제안하고자 한다.

### 2. 자료 및 방법

개별공정만으로는 수중의 불소를 완전히 제거하는 것은 어렵고 특히 국제보건기구인 WHO에서는 먹는물에 1.5 mg/L 이하의 불소농도를 권장하고 있으며 고농도의 불소에 장기간 노출되면 불소증(Dental or skeleton fluorosis)에 의한 골격장애, 반상치, 암 등의 질병에 의한 국민건강에 위협이 될 수 있어 반드시 정화가 요구된다. 전 세계적으로 불소로 오염된 오페수를 대상으로 불소를 일정농도로 제거하거나 자원회수를 위한 공정은 다양한 방법으로 제안되어 왔다. 가장 보편적으로 제안되는 단위공정으로는 화학적 흡착/침전, 전기응집, 이온교환, 역삼투막과 같은 멤브레인 기술 등이 여기에 속한다. 국내외 특허와 연구논문 및 국제공동연구 보고서의 사례분석을 통하여 지속적으로 적용가능한 불소제거 최적공정을 검토하고자 한다.

### 3. 결과 및 고찰

가장 보편적인 불소제거 방법으로는 화학적 응집/침전 기술이 있다. 화학적 응집제(Alum, 명반)를 주입하여 표면화학적반응으로 불소를 불용성 형태(CaF<sub>2</sub>)로 변화시킨 후에 입자크기를 증가시켜 중력에 의한 침전으로 제거하는 방법이 있다. 가장 간단하고 복잡한 장치를 요구하지 않아 아프리카 지역의 마을단위 또는 가정에 보급되어 있는 방안이다. 그러나 부족한 응집제 주입에 의한 불소증 유발 문제, 과량의 응집제 주입시 Al<sup>3+</sup> 이온에 의한 알츠하이머 유발 및 침전슬러지 발생문제 등의 문제가 있다. 흡착 및 이온교환 기술은 불소제거 효율이 매우 높고 운전이 용이하며 운전 및 설치비용이 낮아 선호하는 방법이다. 지하수내 불소제거는 나노여과 및 역삼투막을 이용한 멤브레인을 이용한 방안도 제안되고 있다. 급수에 압력을 가하여 반투과막을 통과시켜 용해성 오염물을 제거하는 물리적 공정으로 가압을 위한 에너지가 다량 소모되기 때문에 태양열 또는 태양광에 의한 자연에너지 이용을 하는 많은 연구가 수행되었다. 전기응집은 일정한 전류를 불소오염수로 통과시켜 전극판에서 수산화 알루미늄 플록을 생성시켜 불소를 응집 제거하는 방법이다. 수중의 pH 및 알칼리도, 음이온의 공존 여부가 운전제어에 매우 중요한 제어인자이다.

아프리카에는 관망, 전기, 배관 등의 인프라가 부족하기 때문에 중앙집중식 처리보다는 지역 분산식 형태의 처리가 선호되므로 현지의 상황과 조건에 맞는 적정기술의 도입이 필요하다. 가급적 현지에서 조달 가능한 기재를 도입한 공정개발도 방안이 될 수 있다.

### 4. 참고문헌

- Kimambo, V., Bhattacharya, P., Mtalo, F., Mtamba, J., Ahmad, A., 2019, Fluoride occurrence in groundwater systems at global scale and status of defluoridation—state of the art. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100223.
- Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman Jr, C. U., Mohan, D., 2016, A Review of fluoride in African groundwater and local remediation methods, *Groundwater for Sustainable Development*, 2, 190-212.

### 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호: 20200562).