

# 낙동강 사질대수층내 Cd 흡착 및 이동특성

이상훈<sup>1)</sup> · 정현석<sup>1)</sup>

## 1. 서론

양질의 지표수 자원이 부족해짐에 따라 강변여과수를 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 강변여과수는 하천수를 유역의 사질대수층을 통해 자연 여과함으로써 양질의 물을 경제적으로 얻으려는 방법으로 독일을 비롯한 일부 국가에서 활용하고 있다 (ref). 국내에서도 지표수 오염이 심한 낙동강 주변지역의 대수층을 대상으로 타당성 조사가 시작되어 가까운 시일내에 적용될 것으로 예상된다. 사질층은 모래, 실트층으로 주로 구성되어 투수성이 좋은 양호한 대수층물질이다. 그러나 투수성이 좋은 반면 외부 오염물질 인입시 오염물질의 이동속도가 빨라 오염에 취약한 특성도 함께 가진다. 사질대수층에서의 오염물질 이동은 대수층물질 특성에 크게 좌우되며 대수층내 원소들의 확산 및 희석과정은 흡/탈착, 용출/침전 및 이온간의 경쟁 등의 과정에 의해 진행된다. 이중 지하수내 오염물질의 농도가 비교적 낮은 경우 용출/침전보다는 흡/탈착에 의해 원소거동이 영향을 받는다.

본 연구는 낙동강 사질 대수층의 특성을 파악하며 특성에 따른 Cd의 흡착특성과 분배계수의 차이를 알아보고자 한다. 즉, 모래가 우세한 층 (사질층)과 실트성분이 우세한 (실트층) 두가지 다른 물질에 대해 Cd 흡착특성을 규명하고 특성을 비교하였으며 각각의 물질에서 이온세기와 Cd 농도변화에 따른 흡착특성을 이해하고자 하였다. 지금까지 점토나 철/망간 산화물 등에 대한 중금속의 흡착에 관한 연구는 비교적 많이 있었으나 대수층 물질을 대상으로 한 연구는 상대적으로 적다. 본 연구를 통해 낙동강 사질대수층의 원소희석과 결과적인 오염완충능력을 파악하고자 하며 장기 취수간 하천수질 변화와 강변여과수의 상관관계 규명을 통해 유역내 지하수 오염 영향 정보를 얻고자 한다. Cd은 다른 중금속에 비하여 이동성이 좋은 원소이며 매우 적은 양으로도 인체 유독성이 큰 원소이다. 연구는 실내 회분식 및 주상식 시험으로 진행되었으며 본고는 회분식 시험 결과를 우선 다루고자 한다.

## 2. 실험 및 분석

연구에 사용된 대수층 물질은 2가지로 물리, 화학적 특성을 Table 1에 기술하였다. 두 시료 모두 낙동강 유역지역 (경북 창령군 남지읍 월하면)에서 오거드릴을 이용한 지하수 관정 굴착을 통하여 채취하였다. 채취된 시료는 실험실에서 자연건조 후 2mm 체로 거른 후 사용되었으며 토양 pH, 강열감량, 토양화학분석 (XRF, Spectro Analytical Instruments, X-lab 2000) 및 광물분석 (XRD, Siemens D5005)을 실시하였다.

회분식 시험은 1) 시간, 토양: 용액비율: 흡착평형속도 2) pH: Cd 흡착특성변화를 파악 후 용액의 이온세기에 따른 Cd의 흡착경쟁관계를 중심으로 실시하였다. 원심분리기용

---

**주요어:** Cd, 흡착/탈착, 사질대수층, 강변여과수, 지하수오염

1) 가톨릭대학교 생명과학부(slee@catholic.ac.kr)

1) 가톨릭대학교 생명과학부(hyuns503@hotmail.com)

50ml 튜브에 토양 1gr에 대해 다양한 용액비율 (1:5, 1:10, 1:20)에 Cd 0.01mmol로 조정 한 후 시간을 10에서 60분으로 적용한 결과 모두 20분이내에 평형에 도달하였다. pH 변화에 따른 시험은 토양 1gr과 10ml의 0.01M KNO<sub>3</sub> 바탕용액에 Cd농도를 0.01mM로 하여 pH를 3에서 10으로 변화시키며 회전교반기를 이용하여 8rpm의 속도로 60분간 교반하였다. 실트 층과 모래층 모두 pH 5에서 9사이에서 흡착율의 변화가 없었으며 pH 5이하에서 흡착정도가 급격히 감소하였으며 반대로 10이상에서 대부분의 흡착이 일어났다.

이 결과를 바탕으로 이온세기는 0.1M KNO<sub>3</sub>, 0.01M KNO<sub>3</sub>, 0.1M Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 0.01M Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>로 조정후 각각에 대해서 Cd 농도를  $5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$  mM로 조정하여 24시간 회전교반기에 같은 속도로 교반하였다. 이 때 용액의 pH는 5.5에서 5.9사이를 나타내었으며 Cd 농도는 PHREEQC를 이용한 결과 포화지수 아래로 실험간 흡착이외에 침전은 일어나지 않는 범위로 제어되었다. Cd 농도는 AAS (Shimadzu 6610F)를 이용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 토의

사질층과 실트층 모두 Cd의 흡착등온선은 선형이었으며 Freundlich 흡착등온선을 적용할 수 있었다. 실트층은 사질층에 비하여 모든 바탕용액에서 더 많은 Cd을 흡착하였다. 바탕용액의 이온세기에 따른 차이를 뚜렷이 관찰할 수 있었는데 흡착정도는 0.01 M KNO<sub>3</sub> > 0.1M KNO<sub>3</sub>, > 0.01M Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> > 0.1M Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 의 순서로 감소한다.

이온의 세기가 증가함에 따라 Cd과의 흡착 경쟁이 커지며 Cd의 흡착정도가 감소한다. 또한 경쟁이온의 원자반경과 전하량이 다른 K<sup>+</sup>와 Ca<sup>2+</sup>간을 비교할 경우 상대적으로 Ca<sup>2+</sup>의 존재가 Cd 흡착을 감소시킨다.

낙동강 유역은 대부분 경지로 이용되고 있으며 산업지역과 농업지역이 혼재된 지역이다. Cd은 산업활동이나 농경활동으로 인한 비료, 농약 등을 통해 공급될 수 있는 물질이다. 하천수에 유입된 Cd의 경우 주변 인간활동으로 인해 용액의 세기가 증가할 경우 사질대수층 물질내 Cd의 이동성이 증가될 것으로 생각된다. 지표에서 유입된 Cd의 경우 토양뿌리 지역을 포함한 표면에 주로 농축되며 사질층의 경우 표면의 Fe/Mn 산화물에 의해 주로 흡착이 일어날 것으로 추정된다. 하부로 가면서 환원환경이 우세해지면서 Fe/Mn 산화물의 양이 적어지며 흡착에 의한 Cd 지연이 감소하며 역시 인간활동으로 인한 염류 방출에 의해 이동성이 더욱 좋아질 것으로 예상된다.