

마그네슘 이온 교환 법에 의하여 측정된 회동 수원지 저니토에 함유된 중금속의 깊이별 분포에 대한 연구

주 여 정 · 김 영 복 · 정 종 학 · 정 기 호
부산대학교 화학과

서론

우리 환경 주변에서 볼 수 있는 토양, 저니토, 및 제 등의 고체 시료에는 중금속들이 존재하고 있다. 이들 고체 시료는 매우 복잡한 조성을 가지며, 유해 물질에 대한 반응도 다양하여 일단 오염되면 그 영향이 장기간 지속된다. 특히 중금속은 인위적으로 제거하지 않는 한 반영구적으로 유지된다. 대부분의 중금속들은 대기, 수질, 및 폐기물 등의 2차 오염으로부터 고체 시료에 유입되고, 이들 시료의 복잡한 조성으로 인하여 불균일하게 분포한다. 수계에서 저니토는 오염원으로서 뿐만 아니라 오염 물질의 운반 통로의 역할을 하는 것으로도 알려져 있다. 금속들은 저니토 중에 영구히 고정되는 것이 아니라 수층과 저니토 사이에서 생물학적 및 화학적 작용에 의하여 순환되고 있다. 자연수에서 미립자들은 유기성 미립자, 박테리아나 조류와 같은 생 세포 그리고 금속 산화물, 수산화물, 탄산염, 및 점토와 같은 무기 고체의 형태로 대부분 존재하고 있다. 수계나 저니토에서 특정 원소의 분포는 유기, 및 무기 용해성 리간드와의 착물 형성, 산화 상태의 변화, 침전 용해, 흡착, 탈착 및 이온 교환 등에 의하여 결정된다. 표층 저니토는 미량 금속이 내려가기에 알맞게 되어 있는데 이러한 현상은 특별한 결합자리가 있는 유기물과의 착물 형성을 통하거나 또는 가수된 금속 산화물과 같은 광물질과의 흡착 등을 통하여 일어난다. 중금속의 이동은 입자 표면의 성질, 결합 길이와 종류, pH, 및 염도(salinity)와 같은 외부적인 조건, 그리고 유기, 및 무기 착물 형성제에 의하여 결정된다. 이런 조건들은 퇴적 후 굳어지는 속성 작용을 할 때뿐만 아니라 물질의 이동에 의해서 바뀔 수 있다. 서로 다른 상에서 상대적인 결합 세기는 순차적 추출 과정을 이용하여 구할 수 있다. 저니토의 화학적 추출은 특정한 형태로 결합되어 있는 미량 금속과 수계와 복잡한 관계를 보인다.

저니토에 존재하는 중금속은 다양한 화학적 형태로 존재하고 있다. 저니토 중에 함유된 금속의 총량보다는 물과 이온 교환 과정을 통하여 물 속으로 침출 가능한 중금속의 양이 그 위의 수질에 더 직접적인 영향을 미칠 것이다. 이번

실험에서는 회동 수원지 저니토의 깊이에 따라 수계의 마그네슘 이온과 교환되는 중금속의 양 및 마그네슘 이온과 교환된 중금속 양과 왕수 분해법에 의한 총 중금속 양과의 상관 관계를 비교하였다.

실험 방법

부산 광역시 회동 수원지 저니토를 호수 유입 경로를 따라 50 m 간격으로 3개 지점을 선정하고 갈수기에 수원지 바닥이 드러났을 때 각 지점에서 5 cm 간격으로 깊이 100 cm까지 공정 시험법에 따라 시료를 채취하였다. 각 시료를 전기 건조기에서 건조시킨 후 분쇄하여 눈금 간격 2 mm 표준체에 통과시켜 분석 시료로 하였다. 분석 시료 5 g을 칭량하여 1M MgCl₂ 50 ml와 혼합하여 실온에서 1시간 동안 진탕하여 여액을 분리시켜 유도 결합쌍 플라즈마 원자 방출 분광법으로 Cr, Cu, Cd, 및 Pb 등에 대하여 마그네슘 이온과 교환되는 중금속의 양을 측정하였다.

결과 및 고찰

시료 채취지역 1과 2에서 깊이에 따라 마그네슘 이온과 상호 교환된 중금속 양(mg/kg)을 같은 깊이별로 평균하여 나타내었다. 마그네슘 이온과 상호 교환된 Cr, Cu, Cd, 및 Pb의 양은 각각 $0.11(\pm 0.02)$, $0.76(\pm 0.08)$, $1.8(\pm 0.3)$, 및 $0.31(\pm 0.02)$ mg/kg이며, Cu를 제외한 나머지 중금속의 양은 깊이에 따라 표면으로 올라올수록 감소하는 경향을 나타내었다. 전체적으로는 깊이에 따라 마그네슘 이온과 교환되는 중금속이 분포하는 모양은 일정한 경향을 보이지는 않고 있다. 그러나 Cd를 제외하면, 마그네슘 이온과 교환되는 중금속의 양에 대한 깊이별 분포는 증가하거나 감소하는 경향이 전체적으로 유사하게 나타났다. 약 40 cm 정도의 깊이로부터 최근까지 퇴적된 저니토 중의 이온 교환 가능한 중금속의 양은 Cd를 제외하면 일반적으로 감소하는 경향을 보인다. 다시 말하면, 수중에 침출 가능한 중금속의 양은 점점 감소하는 추세에 있다고 할 수 있다. 60~85 cm 깊이에 퇴적된 저니토는 다른 깊이에 있는 저니토보다 교환 가능한 중금속의 양이 현저히 작은 경향을 보인다. 이러한 경향은 깊이에 따라 존재하는 마그네슘 이온과 교환 가능한 중금속의 양이 퇴적 당시의 오염 상태와 저니토의 특성에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 또한, 왕수 분해법에 의해 측정된 저니토 중 40 cm 정도의 깊이로부터 최근까지 퇴적된 저니토의 총 중금속 양은 표면으로 올라올수록 증가하는 경향을 나타내고 있다. 저니토 중에 존재하는 중금

속은 저니토에 물리적으로 흡착된 중금속 이온, 탄산염, 금속 산화물, 유기물의 결합, 및 고형체 등 다양한 화학적 형태로 존재한다. 이 중에서 흡착된 중금속 이온 성분만이 중성 조건에서 마그네슘 이온과 교환 가능하다. 그러므로 총 중금속 양과 이온 교환 가능한 성분의 양 사이에는 아무 상관 관계가 없을 것이다. 저니토의 중금속 오염도를 논의할 때 이온 교환 가능한 중금속의 분율은 저니토에 함유된 중금속의 화학적 형태가 가장 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다. 왕수 분해법으로 측정된 총 중금속의 양에 대한 마그네슘 이온과 교환된 중금속 양에 대한 분율은 Cr, Cu, Cd, 및 Pb에 대해 각각 0.7, 1.2, 5.9, 및 5.8 %이며, Cd을 제외하면 저니토에 존재하는 총 중금속 양에 대한 마그네슘과 이온과 교환된 중금속 양의 분율 역시 깊이에 따라 증가하거나 감소하는 경향이 전체적으로 같은 경향으로 나타난다. 깊이 40 cm 정도로부터 최근까지 퇴적된 저니토에 대하여 왕수 분해법으로 측정된 총 중금속의 양에 대한 마그네슘 이온과 교환된 중금속 양의 분율은 감소하는 경향이 나타난다. Cd은 저니토의 깊이에 따라서 마그네슘 이온과 교환되는 양이 거의 일정하게 나타난다.