

PC32) 황토에 의한 용존 중금속 제거특성

이진원·김석휘¹⁾·황갑수

군산대학교 환경공학과, ¹⁾고등기술연구원 플랜트엔지니어링 본부

1. 서론

전체의 30-70%가 점토광물로 구성되어 있는 황토는 미립성, 가소성, 이온교환성, 흡착성, 촉매성, 현탁성 등 주변 환경에 대한 높은 반응성으로 유·무기 오염물질 제거용 흡착제로써 많은 연구가 진행되어 왔다. 점토광물에 대한 중금속 흡착 메커니즘은 크게 두 가지로 설명되는데, (i)물속에서 양전하를 갖는 중금속은 점토광물 표면에 존재하는 영구 음전하와의 반응으로 양이온교환에 의해 제거되며, (ii)광물 가장자리에 위치한 silanol(Si-O-) 및 aluminol (Al-O-)그룹을 통해 금속이온이 inner sphere complex를 형성함으로써 수중에서 제거된다. 하지만, 이들 두 반응은 모두 pH에 매우 민감하게 반응하며, 높은 pH 조건에서는 금속 이온들의 용해도는 급격하게 낮아져 금속수산화물로 침전 제어된다. 이에, 많은 연구자들은 높은 pH 조건에서 중금속의 제거기작을 설명함에 있어, 흡착과 수산화물에 의한 공침은 분리되어 해석해야만 함을 지적한바 있다. 본 연구에서는 황토의 중금속 제거특성을 파악하기 위하여 다양한 pH 조건에서 반응시간에 따른 pH 변화 및 용존 중금속 농도변화를 함께 관찰하였다. 또한 상용 활성탄과 비교하여 반응시간에 따른 pH 변화를 관찰함으로써 황토의 금속수산화물 형성 및 중금속 제거 가능성을 확인하고자 하였다. 연구결과, 소성황토는 물과의 반응에 의해 높은 pH 조건을 야기하는 것이 확인되었으며, 이러한 결과는 용존 중금속이 주로 금속수산화물 형태로 침전/제어될 수 있음을 시사한다.

2. 재료 및 방법

채취된 황토시료는 반죽하여 절단하고 일정한 형태를 유지할 수 있도록 성형단계를 거쳤으며, 유기물 및 불순물 제거를 위해 500°C의 전기로에서 가열처리하였다. 중금속 흡착실험은 Cd, Cu, Cr, Pb, 그리고 Zn 등 총 5종을 대상으로 반응용액의 초기 pH는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8로 각각 고정하여 수행하였다. 각 금속이온의 농도는 모두 25 mg/L를 기준으로 제조하였으며, 황토에 대한 중금속 흡착실험은 모두 1:10의 비율로 혼합/교반하였다.

3. 결과 및 고찰

용존 중금속에 대한 황토의 흡착능력은 금속항목에 따라 정도의 차이를 보이긴 하나, Cr을 제외하고 반응 초기(<30분)에 제거효율이 90% 이상으로 우수하게 나타났다. 반응 5분 후의 금속별 제거양상을 보면 Pb>Cu ≈Cd>Zn>Cr의 순서를 보였고, 반응 30분 후에는 Cr을 제외하고 Pb, Cu, Cd, Zn 모두 제거율이 100%를 보였다. 또한, 반응시간에 따라 높은 중금속 제거율과 함께 수용액의 pH 역시 뚜렷하게 증가되는 경향을 보였다. 이러한 양상은 반응용액의 초기 pH에 관계없이 관찰되며, 반응용액-소성황토의 반응에 의해 pH가 증가됨을 의미한다. 특히, 반응시간에 따른 용존 중금속의 제거율과 pH 변화는 중금속이 높은 pH 조건에서는 이들 중금속이 금속수산화물로 침전/제어될 수 있음을 시사하는 것으로 생각된다. 또한, 활성탄과의 비교실험결과, 비소성황토 및 활성탄과는 달리, 소성황토는 반응초기 pH가 급격히 증가하여 반응 60분 이후부터는 pH=9.0을 유지하였다. 이처럼 소성황토에서만 두드러진 pH 증가현상은 현재로서는 원인이 명확하지는 않으나, 비소성황토와 비교하였을 때, 열처리 과정에 따른 물리적 성상변화와 밀접하게 관련되어 있는 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 군산대학교 환경건설연구소 및 나노융합2020사업(과제번호: R201502310)의 지원을 받아 수행되었음.