

황토(풍화토)의 입도 분리에 따른 물리화학적 특성

박현진^{1*}, 황진연¹, 양경희¹, 김준식², 조원모², 강수원², 안병석²

¹부산대학교 지구환경시스템학부 (phjin@hyowon.pusan.ac.kr)

²축산기술연구소 중축개발부

1. 서론

우리 나라에서 적갈색 풍화토인 황토는 가옥의 바닥 및 벽재, 짚질방, 황토침대, 사료, 양어용, 의약용, 적조제거용 등 다양하게 이용되고 있다. 한문자의 글자가 같아서 풍성 퇴적물인 황토(Loess)와 혼동하는 사람이 많지만, 우리 나라에서는 암석이 풍화작용을 받아 변질되어 토양화된 황색 내지 적갈색의 풍화잔류토(풍화토)를 황토라고 부르고 있다. 우리 나라에서 여러 용도로 이용되는 이러한 황토인 적갈색 풍화토를 대상으로 입도분리에 따른 특성을 검토하여 그 결과를 기술한다. 황토의 다양한 이용에 비하여 학술적인 검증은 미흡한 채 경험적으로 다양한 용도가 개발되고 있다. 이러한 황토의 활용은 근본적으로 황토를 구성하는 광물의 성질에 기인하는 것이다. 따라서 황토의 특성을 증가시키기 위해서는 유용광물을 분리하는 것이 필요하다. 그러나 황토의 성분에 대한 이해부족으로 인하여 자연상태의 황토를 그대로 사용하든지, 황토자체를 그냥 분쇄하여 미분화시켜 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 황토의 유효한 특성을 증대시킬 수 있는 정제방법인 입도 분리의 효과적인 방법을 제시하고, 입도별로 분리된 시료에 대하여 구성광물 및 화학적 특성을 밝히고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에는 전북 익산지역에 넓게 분포하는 중생대 류라기 화강암을 모암으로 하는 풍화잔류토인 적갈색의 황토를 사용하였다. 채취한 황토 시료는 실내에서 풍건 시킨 후 표준채를 이용하여 자갈 및 모래를 분리하고, 그 이하의 입도에 대해서는 분산제를 이용하여 분산시킨 후에 수중침강법에 의하여 입도분리를 하였다. 각 입도로 분리된 시료에 대해서 X-선회절분석, 화학분석, 적외선분광분석, 시차열분석 등을 통하여 성분 및 특성을 검토하였다. 또한 산, 알카리에 의한 용출 실험과 pH에 따른 중금속의 흡착실험을 행하였다.

3. 결과 및 토의

황토시료를 입도 분석한 결과, gravel과 sand에서는 주로 석영과 장석이 다량 함유되어 있어 가축사료 등으로 사용할 때에는 이러한 조립분을 제거하는 것이 필요한 것으로 나타났다. 천연 황토의 pH는 산성으로 보통물에서는 분산이 잘되지 않으므로, 황토의 현탁성을 향상시키기 위해서는 탄산나트륨과 인산나트륨을 분산제로 사용하는 것이 필요한 것으로 나타났다. 분산 실험 결과, 황토 100 g에 대해 탄산나트륨용액의 최적분산농도는 1.56 g/l 이고, 인산나트륨은 1.0 g/l 인 것으로 나타났다.

실험에 사용한 황토 중의 구성광물에 대한 분석 결과, 석영 및 장석 이외에 카오린광물, 일라이트, 수산화층간버미클라이트(HIV) 등의 점토광물이 주성분이며, 이 중에서도 카오린광물이 다량 함유되어 있는 것으로 나타났다.

입도별 주성분원소의 분석 결과, 구성광물성분과 조화적으로 나타났다. Fine clay에서 가장 높은 Fe함량을 보이고 진한 적갈색을 나타내어 산화철광물이 주로 여기에 포함되는 것으로 나타났다. 입도가 증가함에 따라 석영의 함량이 증가하므로 Si의 함량은 증가하고, K-feldspar의 영향으로 K가 sand에서 가장 많은 함량을 나타낸다. Al이 미립분일수록 함량이 많은 것은 점토광물에 의한 것으로 생각된다. 미량성분원소의 분석 결과, Co, Cu, Zn, Rb, Y, Zr, Lu, Hf, U은 대체로 입자의 크기가 미립 일수록 그 함량이 증가하는 경향을 보인다. 즉, 이들은 미립의 점토광물 내에 포함되어 있을 가능성이 크다. Co, Nb, Cs, Ba은 coarse clay에 비해 fine clay에서 그 함량이 감소한다. 이것은 비교적 큰 입자의 점토광물 내에 상대적으로 많이 함유하기 때문이다. Nb, La, Pb은 silt에서 그 함량이 커지는데, 이것은 운모와 운모점토광물의 영향으로 보인다. Fine clay에서 비교적 높은 함량을 보이는 원소는 Ni, Cu, Y, Hf, U이다. 이것은 산화철광물과 미립 점토광물에 포함되는 것으로 사료된다. 희토류원소의 분석 결과는 Ce이 가장 많은 함량을 보이며, 특히 실트분과 미립 점토분에서 많다. 다른 원소들에서 입자의 크기가 감소할수록 희토류원소의 함량이 증가하는 경향성을 보인다. 이것은 미립의 점토 입자 내에 희토류원소가 많이 함유되어 있는 것으로 생각된다.

황토의 금속이온에 대한 흡착능은 pH가 높아질수록 증가하였다. 본 연구에서는 특히, pH=6에서 가장 흡착능이 높았고, 점토광물의 함량이 많은 미립분일수록 금속이온의 제거율은 높았다. 금속이온 중에서도 Pb의 제거율이 가장 높았고, clay에서 가장 높은 제거율을 보였다. 전체적인 흡착능은 $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$ 순이다. Coarse clay에 대한 등온 흡착 특성 분석 결과, Freundlich 흡착식에 의한 $1/n$ 값이 0.16~0.27로서 Freundlich 흡착식에 잘 적용되어 흡착제로서의 이용가능성도 나타났다. 이와 같은 황토의 금속이온에 대한 흡착능 분석 결과는 적조제거, 폐수처리 등 황토가 지니는 흡착성을 이용해서 황토를 사용할 경우에 유용한 자료로 이용될 수 있다.

이상과 같은 황토의 입도 변화에 따른 여러 실험 결과를 볼 때, 거의 모든 분석 결과가

입도 변화에 따른 일관된 경향성을 보여주었다. 이것은 황토의 광물학적, 물리 화학적 특성으로 보아 황토가 나타내는 여러 특성의 근본이 구성광물, 특히 점토광물의 특성에 가장 크게 좌우되는 것으로 생각된다. 왜냐하면 점토광물은 다른 광물에 비해 가장 활성도가 높고 가소성, 이온교환성, 흡착성, 축매성, 현탁성, 높은 비표면적 등의 다양한 성질을 가지고 있기 때문이다. 그러므로 황토에 대한 올바른 이해와 효과적인 이용을 위해서는 구성광물에 대한 검토 및 연구가 필요하다. 이상과 같이 황토에 포함된 점토광물의 성질을 이해하고 황토를 사용한다면 황토가 지닌 여러 특성을 극대화시킬 수 있을 것이다.

3. 결론

황토의 정제는 분산제를 사용한 수중침강법으로 미립입도로 분리하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 미립으로 분리된 시료에는 카오린광물, 일라이트, HIV 등의 점토광물이 다량 포함되며, 흡착성, 이온교환성 등의 특성이 크게 향상되는 것으로 나타났다. 주 화학성분 및 미량성분도 입도에 따라 변화를 보여 구성광물에 크게 기인되는 것으로 나타났다. 산, 알칼리에 의한 용출 실험 결과, 입도가 감소할수록 Al, Na, Si, Ca, Fe의 용출량이 증가하여 결정도가 낮은 점토광물의 구조분해가 비교적 용이한 것으로 나타났다. 중금속의 흡착실험 결과, pH가 높아질수록 흡착능은 증가하였으며, 전체적인 흡착능은 $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$ 순으로 나타났다. 이러한 연구의 결과, 황토의 활용에 있어서 천연상태의 황토를 그대로 사용하는 것보다는 입도 분리를 통한 정제과정을 거쳐서 clay, silt 등과 같은 미립분을 사용한다면 황토의 가소성, 흡착성, 흡수 및 탈수성, 현탁성, 이온교환성 등의 특성을 극대화시킬 수 있을 것으로 생각된다.