

정정운*, 정운, 박흥재, 최규성¹, 이봉헌²

인제대학교 환경시스템학부

¹경남대학교 정밀화학공학부²부산대학교 화학과

I. 서론

현대 산업사회가 발전함에 따라 우리들의 생활 수준이 질적으로 향상됨에 따라 무공해 연료와 쾌적한 환경에 대한 인식이 점차 높아지고 있으며, 또한 환경오염 문제가 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 따라서 발생하는 생활 쓰레기, 음식물 쓰레기, 오·폐수 등을 단순 처리하는 방법이 아니라, 에너지와 자원의 소비를 줄이면서 오염물질의 발생을 원칙적으로 없애거나 극소화 하는 방법으로 환경문제를 해결해야 한다고 생각한다. 특히 음식물 쓰레기 중에서 폐 소뼈가 폐기물로 배출되고 있어 이것을 처리하는데, 많은 곤란을 겪고 있는 실정이다. 이 폐 소뼈를 음식물 쓰레기와 함께 매립하면 침출수가 용출되어 지하수를 오염시키며, 최근에는 도시 소각장에서 소각하면 분진이나 각종 산성 유해 가스가 발생되며, 이 중에서 dioxin도 함께 배출되게 되는데, 이에 따라 입자상과 가스상 물질의 제거를 위한 흡착제 개발에 관심을 가지게 된다. 흡착제의 용도는 탈취제나 유기물 흡착 등에 사용되어지며, 흡착제가 갖추어야 할 가장 중요한 특성은 비 표면적과 흡착물질에 대한 친화력이며, 공기중의 기체 분자가 고체표면에 화학적, 물리적으로 결합 할 때 기체분자를 피 흡착제(adsorbate), 고체를 흡착제(adsorbent)라 한다. 이때 흡착 질과 흡착제와의 결합이 강하면 이 결합은 비가역적이 되며, 이것을 비가역적 흡착을 화학흡착(chemisorption)이라 한다. 반면에 형성된 결합이 약하면 Van der Waals force 에 의한 것과 같아서 이 결합을 가역적이 되는데 이것을 가역적 흡착을 물리 흡착(physisorption)이라 한다. 소뼈의 구조는 크게 뼈 표면을 싸고 있는 흰색의 심유성 막인 골막과 뼈의 표층을 차지하는 견고하고 치밀한 부분인 치밀질, 양골단부에 얇은 판상의 골질이 복잡하게 짜여져서 수많은 갯숨모양으로 이루어진 해면질, 그리고 수강이나 수소실에 들어 있는 연한 조혈 조직인 골소등으로 구성되어 있다. 소뼈는 유기질인 골기질에 무기염이 침착된 것이며, 약 1/3의 유기질과 2/3의 무기질로 구성되어 있다. 소뼈의 조성은 $Ca_3(PO_4)_2$ 이 전체 성분의 1/2이상을 차지하고 있으며 유기질, $CaCO_3$, $Mg_3(PO_4)_2$ 의 순으로 나타난다. 유기물은 약 30%로 탈회 과정을 거친 후 골막과 치밀질 그리고 해면질만 남게 되는데 골막 내부의 해면질에 포함된 유기물질이 빠져 나오면서 해면질은 표면적이 큰 미기공 물질로 변화하여 기공확산 저항이 감소하게 된다.

따라서 본 연구에서는 폐기물의 자원 재활용 측면과 환경오염방지를 목적으로 폐기물로 발생하는 칼슘계 소뼈를 물리· 화학적인 특성을 조사하고 온도와 소성시간에 따른 최적 소성조건을 연구하여 이 결과를 바탕으로 하여 기존 도기질 타일 제작용 소지에 소

성한 소뻘를 첨가하여 도기질 타일을 제작하여 기존 타일의 물리적 특성을 비교함으로써 장차 폐기물의 재활용과 환경오염 방지라는 측면에서 음식물 쓰레기의 폐기물인 소뻘을 재활용하여 도기질 타일이 건축자재와 선택적인 흙착제로서의 이용 가능성을 제시하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

2.1 연구재료

실험에 사용한 폐 소뻘은 경남 김해시에 소재한 음식점에서 폐기물로 발생하는 소뻘을 수집하여 사용하였다. 수집한 시료는 방해요소인 유기물과 염분을 제거하기 위하여 먼저 물로 세척하고 철술로 시료 표면의 유기물들을 제거하였고, 잔존하는 유기물과 방해물질들을 제거를 위하여 1차 증류수로 24시간 중탕시켰다. 중탕이 끝난 시료를 여과한 후 건조기에 넣어 100℃에서 72시간 건조시켜고, potmill로 분쇄하여 표준시료로 사용하였다. 시료의 크기는 80-140mesh로 선택하였다. 시료의 소성은 전기로에서 600-950℃의 공기 분위기 속에서 각 단계별로 온도를 설정하여 소성하였다.

2.2 방법

일차적인 시료 성분 분석은 XRD(Rikaku PMG-S2)를 이용하여 PD(Power Diffraction)Fill에서 peak을 찾아 각 시료의 정성분석을 하였으며, 여과와 건조시킨 일정량의 시료를 취해 열분해에 따른 시료의 소성특성을 파악하기 위한 열중량분석기(TGA, Perkin Elmer TGA-7 Series)를 이용하여 질소 가스하에서 1000℃까지 승온하여 실험하였고, 시료의 알갱이 형태와 크기 등의 구조분석을 위해 SEM(HITACHI S-4200)을 1000배와 5000배의 배율로 주사하여 온도변화에 따른 상 변화를 관찰하였다. 그리고 제작된 타일의 용출로 인한 중금속 및 유해물질의 특성을 조사하기 위하여 용출하거나 잔존하는 중금속 및 각종 유해물질을 분석하기 위하여 유도결막 플라즈마(ICP, Perkin Elmer Optima 3000DV)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

TGA 곡선은 소뻘을 고온 소성 시킨 것으로 소뻘의 경우 100℃까지는 결정수의 증발로 인한 무게 변화를 보이고 있으며, 약 300℃까지는 결정수의 증발과 유기물의 분해가 서서히 진행되어졌다. 약 300-600℃까지는 유기물이 완전분해 되어져 급격한 기울기를 보이며, 열분해에 의해 시료 전체 무게의 약 20%가 유기물 분해 과정에서 제거되어 무게 감량을 나타내고 있다. 소뻘에서 보여지는 TGA 곡선으로 보아 폐 소뻘의 경우 전처리 과정에서 유기물을 제거하는 과정이 중요시되어야 할 것으로 판단되며 특히 폐 소뻘은 시료 선정시 단골과 연골부분을 시료에서 제외시키고, 장골 부분을 선택하였을 때 기계적 강도가 상당히 높아 소성 반응이 다소 느리게 진행되는 것으로 나타나며, 결정구조 자체가 다소 안정되어 있어 반응 진행에 따라 popcorn effect와 decrepitation과 같은 외형의

변화가 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다. 소성전 소뼈의 XRD Spectrum을 보면 peak의 top intensity가 순수 성분에 비해 상당히 떨어지는 것을 알 수 있으며 peak의 폭 또한 상당히 넓게 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은 소뼈의 성분 중에서 불순물이 상당량 함유되어 있고, 시료의 주성이 국부적으로 불균일 하여 농도가 다른 고용체가 존재하거나 격자 상수가 조금 다른 동형물질의 혼합에 의한 간섭효과로 보여진다. 소성후 소뼈의 특성은 원시료에서 peak 값이 소성 후에도 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ 의 주 peak 값만이 나타나고 있음을 알 수 있고 회절선의 분열 현상이 저감된 것을 볼 수 있다. 이것은 조성이 같은 변형물질이나 격자 상수가 조금 다른 동형물질의 형태가 주성분과 동일화되어졌거나 시료의 조성이 국부적으로 불 균일하여 농도가 다른 고용체의 존재가 사라진 것으로 판단되어진다. 소성전의 소뼈의 SEM 사진은 마치 시멘트를 바른 벽면이 일부 떨어져 나간 모양으로 내부에 골소와 같은 유기물이 상당량 함유되어 있으며, 소성후의 SEM 사진은 상당히 작은 알갱이들로 응집되어져 있다. 원시료가 소성 되면서 일정한 크기의 알갱이가 형성된다. 기존 소지에 소성 소뼈를 배합하여 도기질 타일의 특성에서 팽창율을 조사하면 기존타일은 0.06647%로 나타났고, 여기에 시료를 5%첨가한 타일은 비슷하였으나 소지의 첨가비율이 증가할수록 팽창률이 감소하였다. 꺾임강도 측정값(kgf/cm)은 1050℃에서 시료를 5-25% 첨가하여 제작 도기질 타일은 꺾임강도 값이 모두 KS 기준(1.23kgf/cm이상)에 적합하게 나타났다. 또한 흡수율은 시료의 첨가 비율에 따라 불규칙한 값을 나타내고 있으며 기존 타일의 흡수율이 시료를 20%까지 첨가한 타일보다 높게 나타났다.

시료를 5-20%까지 첨가한 타일은 KS 기준(18%)에 적합하였으나, 25%에서는 18.07%로 나타났다. 중금속이온의 흡착 실험에서는 기준용액 150g속에 타일을 24시간 후 타일의 질량을 100g 으로 기준 하여 중금속 이온을 검출하였더니 기존 타일은 Cd 이온이 0.25mg, As 이온이 0.178mg으로 4가지 중금속이온이 비슷하게 흡착되었으며, 소성 소뼈가 20% 첨가한 타일은 100g을 기준으로 할 때 As 이온이 0.283mg이 가장 적게 나타났고 크롬 이온은 0.418mg, Cd은 0.573mg으로 기존 타일 보다 높게 나타났으며 특히 Pd 이온이 상대적으로 높게 흡착력을 나타내었다.

4. 결론

음식물의 폐소뼈를 도기질 타일 제작에 첨가하여 재활용함으로써 폐소뼈로 인한 환경오염을 줄일 수 있으며, 소성 소뼈를 첨가한 도기질 타일은 대기중의 분진, 유해가스의 흡착력이 예상되어, 흡착재로써의 내장 타일용으로 활용이 가능하다.

소성 소뼈를 5-20%까지 첨가한 타일의 꺾임 강도, 흡수율, 뒤틀림, 색상 등이 기존 타일보다 우수하였다. 마지막으로 폐기물을 이용함으로써 타일의 제작 단가를 낮출 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 목영선, 남인식, 저온 플라즈마 공정을 이용한 질소산화물의 산화반응, 배연탈황, 탈질

동시 처리 워크샵, 한국전력연구원, 대전, pp. 75-88 (1998).

2. 송영훈, 최연석, 김한석, 신완호, 길상인, 정상현, 최갑석, 최현구, 김석준, 장길홍, 저온 플라즈마 탈황탈질 공정의 운전전력 절감을 위한 실험연구, 대기보전학회지, 12(4), 487-494 (1996).

3. 박영성 외 8명, IGCC용 고온 건식 탈황 시스템 개발, 한국전력공사 기술연구원, 1992, ; 1~21.

4. 문병현, 폐 굴 껍질을 이용한 침적형 생물막법과 활성 슬러지법의 유기물 제거의 비교 연구, 창원대학교 환경문제 연구소 논문집, 1995, 제4권, ; 129~137.