

폐수/폐기물-P3 양생을 이용한 하수 슬러지 소각재의 재활용 연구

이기환, 이태호^{1*}, 전기석

공주대학교 화학과, ¹(주)한생화장품

1. 서론

1993년 일본의 경우 발생하는 전체 도시 쓰레기들 중 육상 매립에 의한 처분 비용은 평균 46,280 ¥t⁻¹이 소요되었다(Sambongi, T. et al). 특히, 일본에서는 1988년부터 하수 슬러지 자원 모델 사업을 창설하고, 하수 슬러지 제품을 하수도 건설사업에 적극적으로 이용할 것을 권장하고 있으며, 1993년 현재 10개 도시에서 11개 사업소가 운영되고 있다. 하수 슬러지를 자원으로 하여 만드는 제품으로는 블록, 경량블럭, 경량콘크리트, 인터럭킹 브릭, 타일, 벽돌, 경량골재, 도관 등이 있다. 또한 독일의 경우 하수 슬러지의 약 60 %를 육상 매립, 약 20 ~ 25 %를 농토에 이용하고, 약 10 %를 소각으로, 그리고 약 3 ~ 4 %를 배합 및 복합토로 처분하고 있다(Bergs, C. G. and K. H. Linder). 향후 각국의 하수 슬러지 처분방법에서 육상 매립은 점차 감소할 것으로 예상되며, 농토로의 이용과 소각이 증가할 것으로 추정된다. 하수 슬러지 처분 방법들 중 소각은 부피의 최소화와 안정화 및 재활용 측면에서 매우 바람직한 방법중 하나이다(Lee, H. T. et al). 하수 슬러지의 소각과 소성방법은 소각재를 벽돌, 경량 골재, 시멘트 원료 및 복토재로 이용이 가능한 것으로 잘 알려져 있다(Lee, K. H. et al).

본 연구에서는 하수 슬러지의 소각에 따른 최종 부산물의 처리 문제를 건축 자재로의 재활용 방법으로 해결하고자 한다.

2. 재료 및 실험 방법

충남 지역 환경 사업소들 중 유입수가 생활 하수인 곳을 대상으로 2001년 1월 말경 탈수기에서 배출되는 하수 슬러지를 채취하였다. 하수 슬러지는 함수율과 강열감량을 측정하였으며, DT-TGA 분석을 통하여 전기로에서 600℃의 온도로 완전 소각하여 소각재를 얻었다. 하수 슬러지와 소각재는 폐기물 공정시험법에 명시된 방법으로 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, JY-38Plus, Jobin Yvon, France)를 이용한 중금속 용출 시험을 수행하였으며, X-ray Diffraction; XRD (PW1710, PHILIPS, NETHERLANDS)와 X-ray Fluorescence; XRF (PW1400, PHILIPS, NETHERLANDS)를 사용하여 광물 조성 및 화학성분을 조사하였다. 또한, 하수 슬러지 소각재를 이용한 건축자재로 가능성을 확인하기 위하여 시멘트와 binder 등을 첨가하여 양생하는 방법을 이용하였으며, 각각의 첨가제에 따른 압축 강도 등의 변화를 검토하였다. 특히, 건축자재로의 재활용이 가능한 물성을 가지는 배합 조건과 첨가제들을 면밀하게 검토하였다.

3. 결과 및 고찰

하수 슬러지의 함수율은 약 80 % 정도였으며, 휘발성 고형물인 유기물 함량은 전체 고형물 함량의 약 50 % 정도로 조사되었다. 하수 슬러지의 주요 구성 광물은 실리카-알루미나 ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$)계 광물인 α -quartz (SiO_2)와 muscovite ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 그리고 albite ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) 등이 주요 구성광물로 조사되었다. 한편, 소각재에서는 황토색을 나타내는 광물로 잘 알려진 hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)도 관찰되었다.

하수 슬러지 소각재의 재활용 가능성을 위한 압축 강도 실험에서는, 시멘트 및 첨가제의 종류, 그리고 양생 조건 등에 따라 약 100 ~ 200 $\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 의 압축 강도를 가지는 것으로 조사되었다. 이것은 이미 본 연구자들에 의해서 선행된 소성에 의한 건축 자재의 물성(Lee, K. H. et al)과 비교하여 압축 강도와 같은 물성은 다소 미흡하지만, 경제적인 면이나 작업의 용이성 등과 같은 처분 방안의 산업화측면에서는 소성의 방법보다 더 큰 가능성이 있을 것으로 사료된다.

4. 요약

본 연구는, 생활 하수 슬러지가 대부분인 충남 지역에서 발생하는 하수 슬러지의 물리·화학적 성질을 기초로 하여 소각재의 안정적인 처분과 재활용을 위한 가능성을 확인하여 하수 슬러지 소각회의 적절한 처분방안과 제반 문제점 등을 제시하고, 그 문제점들의 해결방안을 모색하였다. 그 결과 하수 슬러지의 함수율은 약 80 % 정도 되며, 유기물이 고형물의 50 % 정도로 관찰되었다. 그리고 비휘발성 고형물인 무기물은 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 가 주성분으로 관찰되었으며, 주요 광물은 하수 슬러지가 소각 온도 및 소성 온도에 따라 변화하는 것으로 나타났다. 그리고, 이러한 변화는 소각재의 최종 처분시 고려되어야 하는 중요한 요인으로 작용한다. 또한 하수 슬러지 소각재에 시멘트 및 첨가제의 종류, 그리고 양생 조건 등에 따라 약 100 ~ 200 $\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 의 압축 강도를 가지는 것으로 조사되어, 소각에 따른 최종 부산물인 소각재의 재활용 가능성이 매우 높다는 것을 확인할 수 있었다.

헌기록글

본 연구는 공주대학교 자원재활용 신소재 연구 센터(RRC/NMR)와 2002년도 산·학·연 공동기술개발 지역컨소시엄사업의 지원 연구비로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Sambongi, T., T. Hara, M. Tanaka, et al., 1996. Waste Management in Japan 1996. Tokyo, Japan: Ministry of Health & Welfare.
- Bergs, C. G. and K. H. Linder, 1997, Sewage sludge use in the Federal Republic of Germany, *European Water Pollution Control*, 7(2), 47-52.
- Lee, H. T., G. T. Jin, I. C. Lee and H. Jung, 1995, Study on the liquefaction of sewage and wastewater sludge, *J. Kor. Solid Wastes Eng. Soc.*, 12(5), 612-617.
- Lee, K. H., T. H. Lee, H. Y. Cho and K. S. Han, 2000, Characteristics of sewage sludge, its incineration ash, and sintering pellet, *Bull. Korean Environ. Sci. Soc.*, 4(4), 215-220.