인산 석고 폐기물의 방사성 핵종 제염 특성

정종헌, 원휘준, 문제권, 이근우, 이주영, 오원진
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nchjung@kaeri.re.kr

1. 서론

인산비료를 생산하기 위한 인광석의 황산 습식처리 공정 중 부산물로 발생하는 인산석고는 석고보드, 시멘트 경화억제제, 포장도로나 매립지의 커버물질 혹은 인공어초 등의 건자재나 시멘트 부자재 등으로 활용하는 등 재활용가치가 높은 폐기물이다. 그러니 인광석 자체에 함유된 라듐, 우라늄 및 토륨 등과 같은 방사성핵종 때문에 폐 인석고중 이들 방사성 물질의 제염없이는 일반산업용재로 재활용하기는 어려운 실정이다. 또한 신설되는 생활주변 방사선관리법에 따라 생활 환경에 영향이 없도록 별도 공간을 통한 보관을 하거나 처분방법을 고려할 수 있지만 현실적으로 비경제적인 방법이다. 따라서 단순보관이나 처분보다는 규제기준을 만족하는 정도까지 방사성 핵종을 제거하여 대부분의 인산석고를 재활용하고 처리 후 발생하는 소량의 폐기물만 방사성 폐기물로 처분하는 것이 경제적으로도 효과적인 방법이다. 기존 폐석고중 라듐핵종 제거 기술은 최종 처리된 핵종의 농도가 규제기준을 만족하지 못하는 기계적 분리방법이거나 고농도의 제염제를 사용함으로써 제염제의 소요비용과 후속 폐액처리 비용이 높고 고농도 화학제 사용으로 인해 인산석고의 재생 회수율이 낮으며 장치부식에 기인한 재료건전성과 고농도 무기산의 취급 안전성이 취약한 문제점이 있는 화학적 방법이다.

본 연구에서는 저농도의 제염제를 사용함으로써, 제염제의 소요비용과 발생된 제염폐액 처리비용을 낮추고 재생 인산석고의 회수율을 높이며, 장치의 재료건전성과 적용 안전성을 증진시킨 인산석고 중 라듐핵종 제염처리 방법을 조사하였다.

2. 실험 및 결과

국내 인산석고 발생 현장에서 수집한 인산석고를 사용하여 실험에 사용하였다. 저농도 질산을 기반으로 한 제염제에 인산석고 시료를 반응시킨 후 여과지를 사용하여 고액분리를 통해 얻어진 고체성분을 48시간 동안 충분히 건조하여 방사성 핵종농도를 측정하였다. 제염 전과 제염 후의 방사성 핵종은 HASL-300 Ga-01-R(1997) 시험법으로 EG&G 감마 spectrometry system (Dispec plus)과 HPGe detector를 사용하여 측정하였다. 핵종분석 결과 Ra-226이 주요 핵종이었으며 Th-232와 K-40 등의 핵종이 미량 검출되었다. 본 연구에서는 방사성 인산석고의 제염제로 저농도 질산을 기반으로 산화제와 Ra 핵종 분리제를 첨가한 제염제를 사용하여 얻어진 제염실험 결과와 최근 미국에서 보고된 고농도 질산을 사용한 제염법을 사용한 실험 결과를 비교하여 그림 1에 나타내었다. 고농도 질산을 사용한 경우 62%의 Ra 제거율을 나타낸 반면, 이보다 제염제의 농도를 1/100로 희석하여 미량의 산화제가 첨가된 제염제 (KAERI-I 제염제)를 사용한 경우 64%의 Ra 제거율을 나타내었다. 또한 산화제와 함께 핵종 분리제가 미량 첨가된 제염제 (KAERI-II 제염제)를 사용한 경우 제거율은 72%까지 증가하였다. 따라서 KAERI 제염제를 사용한 경우, Ra 핵종 제거율이 증가할 뿐만 아니라 저농도 제염제를 사용함으로써 주 제염제의 사용량과 2차 폐기물인 제염폐액의 발생량 저감으로 인한 비용절감과 장치의 건전성, 운전 및 취급의 안전성을 높일 수 있는 등 여러 가지 장점을 가질 수 있다. 이와 함께 저농도 제염제를 사용함으로써 10% 이상의 인석고 회수율을 증가시킬 수 있다.

용액중으로 용출된 Ra핵종의 처리는 침전-복합 흡착방법을 사용함으로써 기존 방법보다 제염효율을 증진시킬 수 있었다. Zeolite-ACF (Actavated carbon fiber)의 복합 흡착법을 적용한 경우의 용액중 Ra 핵종 제거율은 Zeolite 흡착법만으로 처리한 경우에 비해 10% 이상 높은 98%의 제거율을 나타내었다.

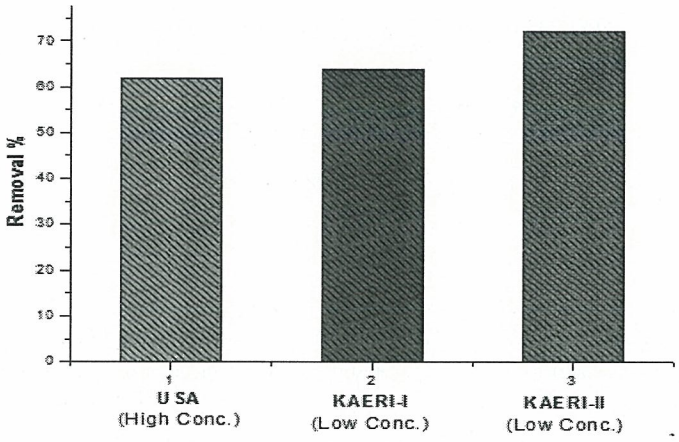

Fig.1. Comparison of Ra removal % for chemical decontamination of phosphogypsum.

3. 결론

인산비료의 생산과정에서 부산물로 발생하는 인산 석고를 재활용하기 위해 인석고 중 라듐핵종 제염처리 방법을 조사하였다. 고형 인산석고의 제염제로 기존 고농도 대신에 1/100의 저농도 제염제를 사용하고 산화제와 Ra 분리 촉진제를 첨가함으로써 제염효과는 약 10% 증진시키면서 주 제염제의 사용량과 추가 생성 폐기물량을 저감함에 따라 경제성과 취급 안전성을 제고할 수 있었다. 신설되는 생활주변 방사선관리법의 시행에 따라 보다 효율적인 인산석고 제염 적용기술 개발을 위해서는 인산석고의 aging 및 이력이 상이한 다양한 인산석고에 대한 추가 특성 연구가 수행될 필요가 있다.