원자력 연구시설에서 발생된 해체 콘크리트 폐기물의 고도화 분리공정에 의한 방사성핵종제거

민병연*, 김계남, 최왕규, 이근우
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
bymin@kaeri.re.kr

1. 서론

세계적으로 1950년 말부터 시작된 원자력 발전 사업은 50년이 경과함에 따라서 많은 원자력 관련 시설이 노후화되어 1980년대 말부터 해체를 시작하게 되었고 향후 해체 대상 시설의 수는 계속 증가할 것으로 예상된다. 원자력을 초기에 시작하였던 미국, 영국, 프랑스 및 독일에서는 상업용 원자력 발전소를 비롯한 많은 수의 원자력 시설이 해체되었으며 그 외 대부분의 선진국들은 연구용 시설을 해체하고 있으며 EC(European Commission)의 보고서에 의하면 2060년까지 원자력 시설의 해체에 따라 유럽에서만 약 500만 톤의 콘크리트 폐기물이 발생할 것으로 예상하고 있다. 방사성 콘크리트 폐기물은 부피감용비가 낮으며, 발생장소 및 위치에 따라 오염의 준위가 매우 다양하기 때문에 잔류방사능 측정에 시간과 비용이 많이 들며 잔류 방사능이 균일하지 않을 경우에는 더 많은 계측과 더 엄격한 허용기준이 요구되므로 폐기물 처리 시 처리비용이 매우 높다. 보통 콘크리트의 30% 는 다공성의 시멘트이고 나머지 70%는 석영이나 석회암 같은 농후한 집합체로 이루어져 있으며 오염핵종의 대부분은 콘크리트 표면에 주로 오염되어있다. 해체 콘크리트 폐기물의 부피감용 및 자체처분 제한치 이하로 방사선농도를 떨어뜨리기 위해서는 방사성 물질이 농축되어 있는 미분말을 분리하는 것이다. 해체 콘크리트 폐기물로부터 방사성 물질을 제거하기 위해서는 골재의 표면에 부착된 시멘트 모르타르나 페이스트를 제거하는 것이 핵심적인 요건이다. 이 콘크리트 표면을 제거하면 나머지 오염되지 않은 부분은 재활용 할 수 있고 상당량의 콘크리트 폐기물을 감용 할 수 있다. 보통 콘크리트의 30% 는 다공성의 시멘트이고 나머지 70%는 석영이나 석회암 같은 농후한 집합체로 이루어져 있다. Fig. 1에 콘크리트 구성 성분을 단면으로 도식화 하였다 오염된 콘크리트를 시멘트와 골재 (석영이나 석회암)로 분리 시 방사성 폐기물의 상당량을 감용 할 수 있으며 경제적, 환경적 측면에서 볼 때 커다란 이익이 된다. 가열분쇄 및 마쇄기술에 의한 고도화 처리기술은 콘크리트 해체 폐기물의 감용 및 오염된 핵종의 분리시 콘크리트 폐기물 표면 및 내부에 존재하는 방사성 핵종을 분리시켜 균일하게 희석시킴으로써 콘크리트 모재의 비방사능을 감소시켜 제염의 역할을 하며, 궁극적으로는 처분대상 폐기물을 감용하고 생산된 골재는 원자력시설내 제한적으로 재활용하는 기술이다. 따라서 본 연구에서는 원자력 시설 해체 시 발생된 연구로 2호기와 우라늄 변환 시설에서 발생된 오염된 콘크리트 해체폐기물을 사용하여 콘크리트 폐기물로부터 방사성 핵종을 분리하여 방사성폐기물 감용과 원자력 시설내에서 제한적으로 재활용 할 수 있는 골재를 회수하고자 가열분쇄공정을 사용하여 방사성 핵종의 분배특성을 고찰을 통해 실증규모 장치의 성능과 연구로 및 우라늄 변화시설 해체 콘크리트 폐기물의 자체처분 및 원자력 시설의 제한적 재활용이 가능한지를 살펴보았다.

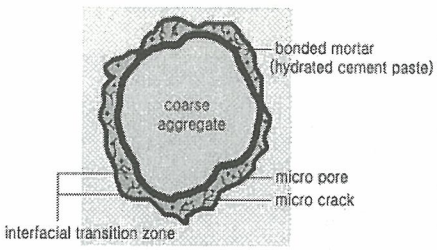

Fig. 1. The schematic of concrete waste

2. 실험 및 결과

본 연구에서 수행한 실험은 Fig. 2와 같다. 연구로 해체 현장에서 채취한 오염된 중량콘크리트와 경량콘크리트는 일차적으로 실험실 규모의 조크러셔를 사용하여 40 mm 이하로 1차 분쇄하였으며 파쇄된 해체 콘크리트 80kg을 일체형 가열분쇄 복합공정장치에서 500℃로 40분 처리한 후 패들형 회전충격기를 구비한 조밀분쇄 공정장치에서 30분 동안 처리하여 생산된 골재를 체분리 한 후 골재 분포율과 비방사능을 측정하였다. 본 공정장치를 사용하여 회수한 골재(굵은골재+잔골재)의 회수율은 실험실 규모의 실증실험에 의한 우라늄변환시설의 일반 경량 콘크리트의 골재 회수율과 비교적 유사하였으며, 방사성콘크리트 오염 폐기물 골재와 유사한 골재의 회수율을 나타내었으며 그 결과는 Fig. 3과 4에 수록하였다.

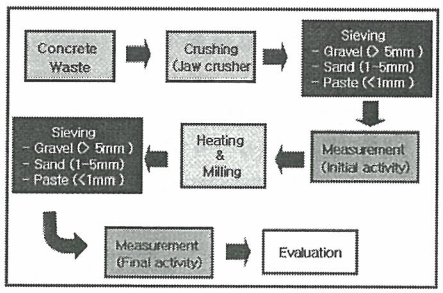

Fig. 2. Experimental procedure

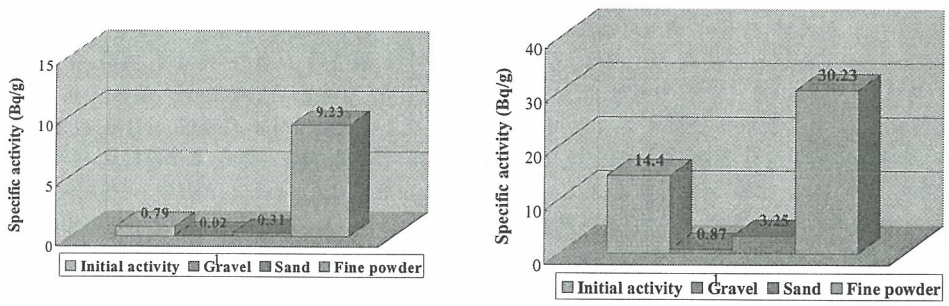

Fig. 3. Specific activity and distribution of aggregated of KRR-2 concrete waste

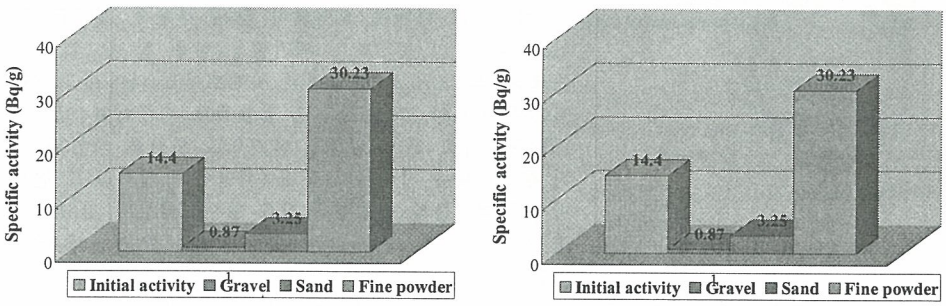

Fig. 4. Specific activity and distribution of aggregated of UCP concrete waste

3. 결론

원자력 연구시설 해체시 방사성 중량 콘크리트와 우라늄 변환시설 해체로부터 발생한 경량 콘크리트 폐기물에 대한 고도처리 실증실험을 통해 해체 콘크리트 폐기물의 65% 이상을 자체처분 대상 폐기물로 분리 감용이 가능할 것으로 사료되며 연구로 및 우라늄변환시설 콘크리트 해체폐기물의 감용 및 자체처분 사업에 직접 적용가능한 기술 성능을 확보하였다.