

장반감기 고준위폐기물 복합 처분방식 개발

최희주, 이종열, 이민수, 조동진, 국동학, 정종태
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
hichoi@kaeri.re.kr

1. 서론

지구촌이 마주하고 있는 화석에너지 고갈과 지구 온난화를 동시에 해결할 수 있는 에너지원으로서 지속적인 원자력 이용과 관련된 최대 이슈는 사용후핵연료를 포함한 고준위폐기물 처분에 관한 것이다. 고준위폐기물 처분관 관련된 해외의 현황으로는 현재 핀란드가 처분장 건설에 착수하였으며, 미국은 인허가 서류가 제출되어 검토 중이며, 스웨덴은 2009년에 최종 처분부지가 확정되어 처분사업이 진행 중이다. 또한 부지 조사를 마친 프랑스도 조만간 최종 부지 발표가 예상되고 있으며, 일본의 경우 관련 법안이 정비되어 후보부지를 공모하고 있는 중이다. 이와 같이 원자력 이용이 비교적 활발한 국가들의 경우 최종 처분방안을 준비하며, 지속적인 원자력 이용에 대비하고 있다.

국내에서는 사용후핵연료 부피 감축과 핵연료 물질 재활용을 동시에 해결하기 위한 방안으로서 새로운 핵주기에 대한 연구 개발이 진행 중이며, 이와 관련하여 지난 254차 원자력위원회에서는 미래원자력 시스템의 개발을 승인하였다. 사용후핵연료를 파이로 공정을 통해 처리하게 되면, 처분대상 고준위폐기물 부피 및 질량, 방사능 등은 감소하게 되나, 매우 다양하고 특성이 충분히 파악되지 않은 장반감기 고준위폐기물이 발생하게 된다. 따라서 새로이 발생된 폐기물 특성을 파악하고, 이에 따른 처분용기, 완충재와 같은 공학적방법의 설계가 요구된다.

본 논문에서는 한국원자력연구원의 지하처분연구시설로부터 생산된 다양한 암반 물성을 바탕으로 선진핵연료 주기로부터 예상되는 고준위폐기물뿐만 아니라 국내에서 발생하는 모든 장반감기 고준위폐기물(CANDU 사용후핵연료 포함)을 처분할 수 있는 복합 처분시스템의 개념설계를 수행하였다. 설계 목표 중의 하나인 처분밀도 향상에 초점을 두어 연구결과를 나타내었다.

2. 복합 처분시스템 개념

국내 원자력의 이용에서 예상되는 장반감기 고준위폐기물은 CANDU 사용후핵연료, 하나로 사용후핵연료, PWR 사용후핵연료 혹은 이를 파이로 공정을 통해 재활용할 경우 예상되는 금속폐기물과 세라믹 폐기물, 원전 해체로부터 예상되는 해체폐기물이다. 고준위폐기물 처분시스템을 설계하기 위해서는 고준위폐기물에 포함되어 있는 방사성 물질들의 특성을 분석하는 것이 필요하다. 사용후핵연료 특성 분석은 일반적으로 ORIGEN 계열의 프로그램을 이용하여 비교적 수월하게 수행되고 있으나, 현재 개발 중인 파이로 공정으로부터의 폐기물 특성과 원전 해체로부터 예상되는 폐기물 특성 분석은 간단하지 않아 별도의 프로그램을 개발하여 수행하였다. 처분장 설계는 그림 1에 나타난 바와 같이 KURT(KAERI Underground Research Tunnel) 암반 자료를 특성화하고, 이를 바탕으로 파이로 공정 폐기물 특성을 분석하고, 처분용기, 완충재, 처분터널 등을 설계하고, 설계 결과에 대해 성능평가, 안전성평가 등의 수행을 통해 이루어졌다.

CANDU 사용후핵연료는 처분밀도와 회수성 향상을 위하여 CANDU 사용후핵연료 60개를 담고 있는 바스켓을 4개 넣을 수 있는 처분용기 개념을 도출하였고, 이를 바탕으로 처분공에 2개의 용기를 처분함으로써 처분공당 CANDU 사용후핵연료 420개(기존 297개[1])를 처분할 수 있도록 하였다. 2가지 종류의 하나로 사용후핵연료는 모두 처분용기 1개에 60개 번들(36봉/번들)을 넣고, 처분공에는 하나로 사용후핵연료 처분용기 3단 적재를 하도록 설계하였다. 그림 2에는 이와 같이 처분용기를 결정할 경우 예상되는 처분터널 등을 요약한 것이다. 파이로 공정 분석에 따르면 장반감기 고준위폐기물로 분류되는 폐기물은 그림 2에 나타난 바와 같이 2가지이다. 주로 핵연료봉 피복재로부터 발생하는 금속폐기물의 경우 열이 거의 발생하지 않으나 장반감기 핵종들을 포함하고 있다. 이들 폐기물은 압축하여 저장용기에 넣고 그림 2에 나타난 바와 같은 형태의 처분용기에 9개씩 넣어 처분터널에 처분한다. 지하수와 처분용기의 접촉을 억제하기 위하여 폴리머 콘크리트 재질의 구조물과 벤토나이트 완충재를 이용하여 차단한다. 원전 해체로부터 발생하는 금속폐기물도 동일한 방법으로 처분할 예정이다. 파이로 공정의 전해, 정련 공정으로부터 발생하는 세라믹폐기물은 열 발생이 높을 뿐만 아니라 장반감기 핵종들도 포함

하고 있어, 처분터널에 일정기간 보관하며 붕괴열이 낮아지면, KPEM(KAERI Prefabricated Engineered Module)에 넣어 그림 2에 주어진 바와 같이 처분하도록 하였다.

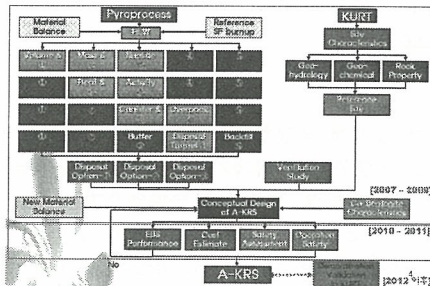


그림 1. 처분시스템 개발 절차.

구분	CANDU SF	HANARO SF	금속핵폐기물/정형핵폐기물	세라믹핵폐기물
처분 용기				
공백적용역				
안정성				
시상논의				

그림 2. 복합 처분 방식.

3. 결론

국내에서 예상되는 다양한 종류의 고준위폐기물-CANDU 사용후핵연료, 하나로 사용후핵연료, 파이로 공정 폐기물(금속폐기물, 세라믹폐기물)에 대한 특성 분석과 KURT 주변 암반 특성을 기반으로 복합 처분시스템을 개념설계하였다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

참고문헌

1. Jongyoul Lee et al., Concept of a Korean Reference Disposal System for Spent Fuels, J of Nuclear Science and Technology, Vol. 44, pp 1565 (2007).