

고준위폐기물 한국형처분시스템 개발 현황 및 향후 계획

최희주, 이종열, 최종원

한국원자력연구원, 대전 유성구 덕진동 150

hjchoi@kaeri.re.kr

국내에서 운전 중인 20기의 원자력발전소로부터 발생하는 사용후핵연료 관리에 대한 정부 정책이 아직 결정된 바 없다. 2016년이 되면 현재 발전소에서 확보하고 있는 저장시설이 포화될 것이라는 막연한 예측만 하고 있으며, 정부는 사회적 공론화 과정을 거쳐 중간저장 대책을 수립하겠다는 정도의 의지를 표명한 바 있다. 그러나 원자력의 확대를 반대하고 있는 시민·환경 단체들은 원자력의 지속적 이용에 대한 전제 조건으로 사용후핵연료 관리 정책 수립을 요구하고 있다. 이와 같이 정부의 뚜렷한 정책 표명이 없는 상황에서 국내에서 고려할 수 있는 사용후핵연료에 대한 정책은 극히 제한적이며, 유일하게 고려할 수 있는 방안은 사용후핵연료의 직접 처분이다.

한국원자력연구소에서는 1997년부터 원자력중장기연구개발 사업을 통해 국내 대표 결정암질 지층에 사용후핵연료를 직접 처분하는 시스템을 개발하였으며, 최근 한국형기준처분시스템의 개발을 완료하였다. 처분시스템을 구성하는 공학적방벽 설계 및 성능평가 기술을 확립하고 이를 이용하여 국산 칼슘벤토나이트를 이용한 완충재를 설계하고, 그 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 개념을 제안하였다. 또한 스웨덴에서 구상하고 있는 구리-주철 처분용기를 국내 자연환경을 고려하여 더욱 경량화한 KDC-1 처분용기를 개발하였으며, 이를 더욱 개량한 개념의 KDC-2 처분용기를 개발하였다. 개발된 공학적방벽을 바탕으로 처분공 및 처분터널 간격을 결정하고 처분장 배치 및 심도 등을 결정하였다. 본 논문에서는 한국형처분시스템의 특성 및 결과를 요약하였다.

최근 원유 수요의 폭증에 따른 원유가격의 급등과 심각한 지구온난화의 진행은 원자력발전의 필요성을 새롭게 부각시키고 있다. 또한, 2050년대에는 가능할 것으로 예상하였던 핵융합 에너지의 활용이 여의치 않을 경우에 대비하여, 각국은 필요한 에너지 확보를 위해 원자력의 지속적 사용을 적극적으로 검토하고 있다. 원자력의 지속적 사용에 따른 사용후핵연료 발생량 증가 문제를 해결하기 위하여 각국은 새로운 개념의 핵연료주기를 연구하고 있으며, 국내에서도 이에 대한 기술 개발 및 타당성을 검토하고 있다. 국내에서 연구하고 있는 고온전해환원(Pyroprocess)-소듐냉각고속로(SFR)를 이용한 폐쇄형 핵연료 주기에서는 PWR 사용후핵연료 대신 새로운 형태의 고준위폐기물의 발생이 예상된다. 이와 같이 새로운 형태의 고준위폐기물이 발생할 경우 사용후핵연료의 직접처분을 대상으로 개발한 기존의 한국형처분시스템을 개선하는 것이 필요하다.

사용후핵연료 혹은 고준위폐기물 유리고화체의 지층 처분 방식은 미국에서 계획하고 있는 불포화 지층에의 처분방식과 스웨덴, 핀란드에서 고려하고 있는 지하수 포화 지층에 처분하는 방식이 있다. 고준위폐기물을 고려하고 있는 대부분의 국가들은 자국 내에 적절한 불포화 지층의 확보가 어려우며, 따라서 스웨덴, 핀란드에서 고려하는 바와 유사한 개념의 포화 지층에서의 처분시스템을 고려하고 있다. 그러나 1970년대 후반 스웨덴에서 제안한 수직공 혹은 수평공 처분방식은 처분공 내에 처분용기를 적치하고 그 주변을 완충재로 충전하는 방식을 따르고 있어, 처분된 사용후핵연료를 회수하는 것이 매우 어렵다. 각국은 이와 같은 처분방식의 단점인 회수성을 향상시키려는 노력을 기울이고 있다. 또한, 원자력의 지속적 이용에 따른 사용후핵연료 발생량 증가를 적절히 대처하기 위한 처분밀도(densification factor)를 향상시키기 위한 노력을 기울이고 있다.

처분시스템의 개발은 이와 같은 지층처분 시스템을 구성하는 자연방벽과 공학적방벽을 설계하고, 설계된 처분시스템에 대한 성능 및 안전성평가를 수행하여 그 시스템의 건전성을 규명하는 것이다. 본 연구에서는 처분시스템의 설계를 제한하여 다루었다. 한국형기준처분시스템 개발을 통해 이룬 공학적방벽(처분용기, 완충재)의 설계 특성 및 개발 방향에 대해 소개를 하였으며, 향후 발생될 것으로 예상되는 새로운 고준위폐기물 특성에 맞추어 새로운 공학적방벽의 개념에 대해

언급하였다. 새로운 고준위폐기물의 가장 중요한 특성은 장반감기 핵종의 분류에 따른 반감기와 열 발생의 감소이다. 본 논문에서는 이러한 특성에 맞추어 새로운 개념의 처분시설을 도입하였으며, 이에 대한 설계 방향을 소개하고자 하였다. 즉, 새로이 예상되는 핵주기로부터 발생이 예상되는 폐기물 종류와 그 특성에 맞는 처분시스템 특성에 대해 소개하며, 이에 대한 토의를 본격적으로 하고자 하는 것이 본 논문의 주된 목적이다.