

## 사용후 핵연료 관리 관련 국내의 연구개발 전망

김병태, 문철웅, 임관석

선광원자력안전(주), 대전광역시 대덕구 신일동 1696-4번지

[btkim1397@hotmail.com](mailto:btkim1397@hotmail.com)

사용후 핵연료 관리 정책의 큰 방향은 사용후 핵연료를 재처리하여 재활용하는 방안과 사용후 핵연료 자체를 폐기물로 간주하여 궁극적으로 직접 처분하는 방안으로 나눌 수 있다. 어떤 관리 방안을 채택할 것인가는 그 나라의 에너지 정책, 경제성, 환경문제, 국민의 수용태세 등 국내의 제반사항 뿐만 아니라, 핵 확산 문제와 관련된 정치 외교적 요소 등 국제적 상황까지 고려하여 의사결정을 해야 하는 등 매우 복잡한 양상을 지니고 있다. 원자력 발전을 하는 세계 모든 나라는 정부가 사용후 핵연료 관리 정책을 결정하고, 필요 법안을 만들고, 규제하고 하는 실질적 리더 역할을 하고 있다. 이런 면에서 정부가 주도하는 사용후핵연료관련 국가 정책은 발전소 부지 내에서 또는 발전소 부지 외부에서 사용후 핵연료를 중간 저장하는 관망정책(Wait and See Policy)을 채택하여 중간저장용량을 늘리는 것으로 일관하고 있다 이 관망 정책은 사실 원자력을 하고 있는 많은 나라에서 채택하고 있는 방안이며 관망이라는 것은 좋은 계기가 온다면 어떤 방향이라도 결정을 하겠다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 사용후 핵연료 저장에 대한 최근의 기술개발 동향을 살펴보았다. 현재까지 국내 사용후 핵연료의 실질적인 관리라고 할 수 있는 습식저장의 경우는 실증 경험이 풍부한 방식이므로 인허가를 위한 시설 안전성 분석 기술보다는 구성 시스템의 신뢰도를 증진시키고 경제성을 향상시키기 위한 최적화 설계 기술을 확보하려는 노력들이 시도되고 있다. 건식저장의 경우는 핵연료 및 구조물의 건전성 확보 기술, 밀봉기능 및 이의 감시 기술, 사고해석 기술 및 냉각계통 신뢰성 향상 등 안전성 분석을 지원하기 위한 연구들이 중점적으로 이루어지고 있다.

향후 사용후 핵연료 관리와 관련한 연구개발방향을 전망하면 습식에서는 밀집저장, 고밀도저장대 사용 등 저장용량을 확장하는 기술들이 계속 진행될 것으로 보인다. 고밀도저장대는 지금까지 주로 단기간 저장하는 발전소 부지 내(AR) 저장조에 사용되어져 왔으나 비교적 장기간 저장하는 부지 외부의 중간저장시설(AFR)에도 응용될 것이며 이를 위해 더욱 경제성이 있고 수명이 긴 새로운 렉의 개발이 이루어질 것으로 전망된다. 또한 핵연료 표면에 나타나는 scratches의 영향, crud 처리문제 등 기술적인 문제와 경제성 향상을 위한 연구개발이 더욱 필요할 것으로 전망된다. 현재 세계적으로 핵연료의 고연소화 추세에 있으므로 고연소도 핵연료의 장기 저장 영향 규명, 장기 저장시 핵연료의 산화거동에 대한 연구 및 장기 저장후 핵연료 회수(retrievability)에 미치는 영향 규명 등과 같은 분야에 활발한 연구가 이루어질 것으로 전망된다. 또한 MOX형 원자로, 고전환로, 고속증식로, HTGR 등 원자로 형태가 다양화됨에 따라 저장 대상 핵연료도 확대될 것으로 전망됨으로 이러한 특수 핵연료의 저장에 관한 연구도 확대될 것으로 보인다. 또한 현재 미국과 독일에서만 부분적으로 수행되고 있는 수송/저장/처분겸용 용기 개발도 국내에서 수행할 수 있는 연구개발 분야라고 전망된다.

한편 앞으로 장기적인 관점에서 바람직한 후행 핵연료주기 기술로서 원전사업자가 관심을 가질 수 있는 분야는 건식 재처리(Pyro-reprocessing)법과 소멸처리 방법이 있으며, 건식 재처리법은 습식재처리 방법보다 훨씬 더 간편하고 핵 비확산 적이며 핵임계사고 가능성이 더 적다. 후행 핵연료주기 사업중 중요한 분야가 바로 고준위 방사성폐기물의 처분인데 고준위 방사성폐기물 처분 시 고려해야 하는 두 가지 문제점이 있다. 하나는 minor actinide와 같은 장수명 핵종의 처리이고 다른 하나는 스트론튬(strontium)이나 세슘(cesium)처럼 많은 열을 발생시키는 핵종들의 처리이다. 따라서 재처리 신기술을 개발해서 사용후 연료에서 스트론튬과 세슘을 분리해내 별도 처리를 하고 장수명 핵종을 분리해서 이를 단수명 핵종으로 바꾸어주는 소멸처리를 할 수 있다면 후행 핵연료주기 사업을 원활하게 추진하는 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.

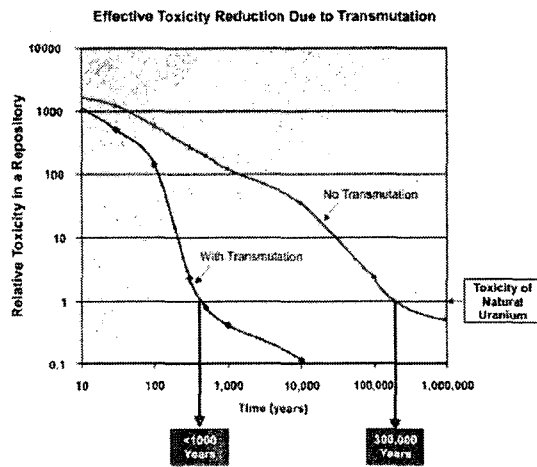


그림 1. 소멸처리 적용시의 장수명 핵종 방사능 독성 변화(출처 원자력연구소 홈페이지)

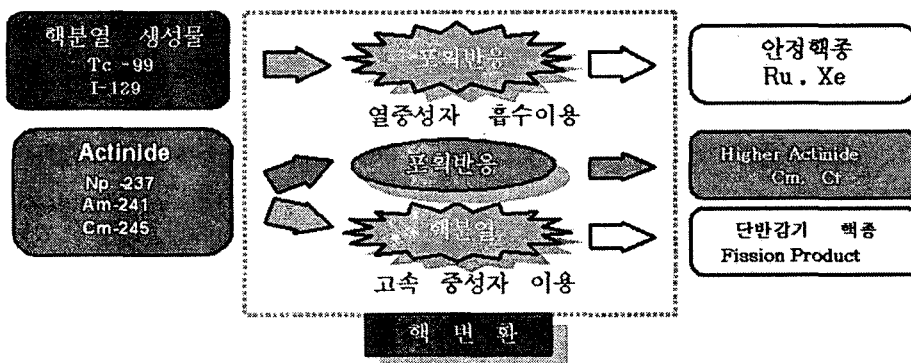


그림 2. 핵변환을 이용한 장수핵종의 소멸처리 개념도