

선진핵주기 처분안전성 평가 현안

황용수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

yshwnag@kaeri.re.kr

1. 서론

건설재활용 공정은 현재 연구개발이 지속적으로 추진되고 있는 상태로 아직까지 정확한 material balance가 정립되지 못하고 있으며 기초 연구 단계에 있으므로 정확한 핵종 재고량 정보를 구할 수 있는 없으며 각 공정별 목표치를 기준으로 한 핵종 재고량 정보만 존재한다. 이러한 한계점에도 불구하고 이들 발생 폐기물에 대한 처분 개념을 도출하고 그 방사선적 안전성을 평가하는 것은 건설재활용 기술 개발의 타당성을 검증한다는 측면에서도 매우 중요하다. 한국원자력연구원에서는 아래와 같이 건설재활용 핵연료주기로부터 발생하는 폐기물량을 산정하고 이를 관리하기 위해 분류하였다.

표. 10톤 사용후핵연료 당 발생 방사성폐기물 량

	Long-Lived Waste			Interim decay Waste	
	Metal	Ceramic	Vitrified	Ceramic	Vitrified
		LiCl+KCl	LiCl+KCl	off-gas+LiCl	LiCl
Major nuclide	NM+U+TRU+RE	Cs+a	Sr+TRU+RE	Cs	Sr
Weight (kg)	3,158.53	0.65	936.21	600.94	67.99
Volume (L)	470.7	0.3	419.8	231.8	30.5
Heat (W)	-	0.9	4,200 (49.3 after 100 yrs)	12,500 (6.72 after 300 yrs)	6,000 (4.23 after 300 yrs)
Container	①	②	③	④	⑤
Disposal Depth	200	500	500	200	200
Disposal Methods	Silo or Tunnel	With waste	KRS or Cavern	Tunnel Storage and then final disposal	Tunnel Storage and then final disposal

상기 표에 나타난 바와 같이 건설재활용 폐기물 영구 처분 개념을 도출하는 연구 프로젝트에서는 폐기물 처분 심도를 200, 500 미터로 구분하여 경제성을 높이고자 하고 있다. 또한 처분 방식도 사일로 형태와 터널 형태를 현단계에서는 함께 고려하고 있다. 향후 이러한 복층 처분 개념 도입에는 엄격한 안전성 평가가 향후 선행되어야 할 것이다. 본 논문에서는 이와 같은 건설 재활용 개념에 대한 안전성 평가에 있어 현안들을 조망해 보고자 한다.

2. 안전성 평가 현안

현재 안전성 평가에 있어 현안은 각 고화체의 특징에 대한 구체적인 자료가 없다는 것과 처분 터널에서의 공학적 방벽 미비 등 처분 개념 상의 문제와 함께 비교적 저심도에 위치할 일부 처분 시설의 개념 평가가 상대적으로 복잡한 것이다. 예를 들어 현재 고화체의 특성을 유리 고화체의 특성과 동일하게 가정하면 방사성 핵종들의 유출이 상당히 증진되게 된다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 관련 프로젝트에서 건전성이 보다 강화된 폐기물 특성 자료를 순차적으로 생산하는 것이 중요하다.

처분장 안전성 평가에 있어 사일로 개념을 도입하는 것은 안전성 평가 분야에 있어 상당량의 후속 연구 개발이 되어야 한다. 가장 보수적인 방법론으로는 사일로 안에 거치된 각종 방사성폐기물들을 한 덩어리의 균일 물질로 가정하고 이러한 균일 폐기물이 유출되는 현상을 규명하는 것인데 이러한 접근 방법론은 사일로에 거치된 폐기물 자체적인 방벽 역할을 제외하는 것으로 상당히 보수적인 방안이다. 따라서 실제 설치될 공학적 방벽의 credit을 부여하기 위해서는 사일로 내 각 폐기물 용기별 상호 반응 등을 고려하는 상세 평가 방법론이 향후 개발되어야 할 것이다. 사일로 건설 시 차수 효과를 극대화하

기 위해 지오멤브레인이 도입되고 있다. 이러한 지오멤브레인은 차수 효과로 인해 궁극적으로는 방사성 핵종의 유출을 저감시킨다. 하지만 현 상태에서는 정확한 차수 효과에 대한 정량화 시도 및 지오멤브레인의 평균 수명률 및 불량률 등 공학적 특성을 규명하는 구체적인 자료가 없어 실제 현상과 달리 보수적으로 사일로로의 지하수 유입량을 평가하고 이에 따라 방사성 핵종의 유출량도 실제보다 높게 예측된다. 향후 본격적으로 건식재활용 폐기물 처분장에서 사일로가 도입되기 위해서는 이러한 공학적 특성들을 계량하는 연구 개발 프로그램이 추진되어야 할 것이다.

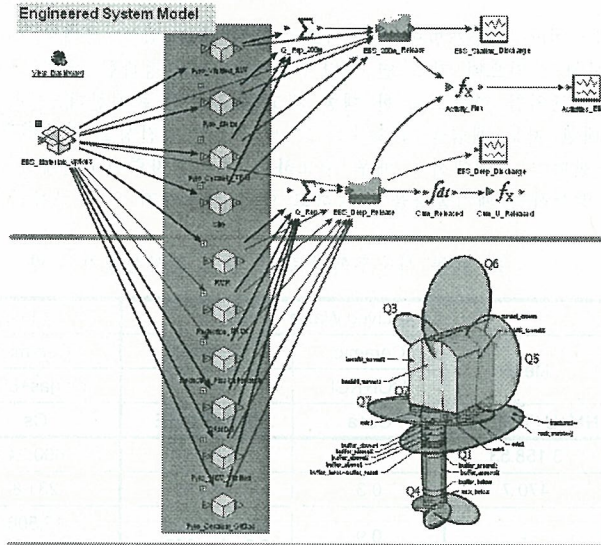


그림. 건식재활용 처분장 안전성 평가를 위한 체계

200 미터 심도에 처분장을 건설하는 방식은 인간 침입의 한 양태인 우물 굴착 시나리오 적용 개연성을 상당 부분 증진시킨다. 현재 월성환경관리센터 인허가에서 적용되는 형태의 우물 굴착 시나리오를 적용하는 경우 사일로나 처분 터널로부터 우물까지 방사성핵종 이송 거리 및 시간이 단축되기 때문에 기존 사용후핵연료 직접처분 안전성 평가에서 나타나지 않았던 단반감기 핵종들로 인한 안전성 저해 현상이 나타날 수 있다. 이를 해소하기 위해서는 공학적 방벽 도입과 보수적인 안전성 평가 접근 방안이 아닌 보다 구체적이고 현실적인 평가 방안이 도출되어야 하는데 이와 같은 공학적 방벽 도입과 안전성 평가 방안이 구체적으로 인정을 받기 위해서는 많은 노력이 수반되어야 하므로 전체 사업 측면에서 잘 고려되어야 할 것이다. 또한 장기적 지질 안정성을 고려하는 것이 중요한데 실제 스웨덴 KBS-3 처분 개념에서 처분 심도가 공학적인 측면만 고려하면 지하 300 미터 심도에 처분장이 위치하더라도 문제가 없지만 장기 지질 안정성 측면에서는 스웨덴의 경우 백만년 동안 약 200 미터의 침식이 보수적인 관점에서 가능할 수 있어 이 두 인자를 고려해 최종 심도를 500 미터로 결정했다는 교훈을 우리도 고려해야 할 것이다.

또 하나의 문제는 생태계 문제이다. 일부 핵분열생성물들의 천부 환경에서의 분배계수와 연관된 불확실성은 전체 처분 안전성에 결정적인 영향을 미친다는 것이 최근 국내의 연구 결과이다. 따라서 천부 환경에서의 핵종 분배계수에 대한 심층적 이해와 이들 핵종들의 곡물 등으로의 전이 현상에 대한 이해는 연간개인선량을 평가하는데 있어 시급히 추진되어야 할 과제이다.

사 사

본 연구는 교과부와 KOSEF, KETEP이 지원한 관련 연구개발 프로젝트들의 일환으로 추진되었습니다.