

사용후핵연료 및 파이로공정 발생 고준위폐기물 복합 처분시스템 개념

이종열, 정종태, 조동건, 국동학, 이민수, 최희주
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nivlee@kaeri.re.kr

1. 서 론

우리나라에서 상업용으로 운영 중인 원자력발전소는 4개 부지에 가압경수로형(PWR)과 가압 중수로형(PHWR:CANDU) 2가지 종류로 이들 발전소로부터 생산하는 전력은 전체의 40 % 정도를 차지한다. 원자력발전소에서 전기를 생산하고 난 후에는 다양한 종류의 방사성폐기물이 발생되며, 사용후핵연료의 관리는 지속적인 원자력발전에 의한 에너지 공급을 위하여 매우 중요한 요소이다. 사용후핵연료 관리는 국가정책에 따라 사용후핵연료를 적절하게 처리하는 과정을 거쳐 유용한 물질을 회수하여 재활용하는 순환주기 관리와 사용후핵연료를 직접 처분하는 비순환주기 관리로 구분한다. PWR 사용후핵연료는 농축 우라늄을 사용하는 핵연료로 적절한 처리공정으로부터 재활용 가능물질을 회수하는 재순환주기에 대한 고려가 가능하지만, 천연 우라늄을 그대로 사용하는 CANDU 사용후핵연료는 재활용 가능성이 낮아 직접처분하는 것을 고려하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 현재 우리나라에서 개발하고 있는 PWR 사용후핵연료에 대한 핵비확산성 건식 재활용기술인 파이로 공정으로부터 발생하는 다양한 폐기물과 CANDU 사용후핵연료 및 연구로에서 발생하는 사용후핵연료를 처분하는 것을 고려한 복합처분시스템 개념을 설정하였다.

2. 복합폐기물 처분시스템

2.1 처분대상 폐기물 종류 및 특성

가. 사용후핵연료

직접 처분대상 사용후핵연료는 월성부지에서 운영중인 CANDU형 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료와 연구로인 하나로에서 발생하는 사용후핵연료이며, 처분을 위한 기준사용후핵연료에 대한 특성은 표 1과 같다.

표 1. 처분대상 사용후핵연료 종류 및 특성

구 분	연소도	번들 무게	번들당 U	비고
CANDU 사용후핵연료	100 GWD/MtU	. 36 봉-19.6 kg . 18 봉-12.7 kg	. 36 봉-2.193 kg . 18 봉-1.257 kg	- 30년 냉각 기준
HANARO 사용후핵연료	8,100 MWD/MtU	19.0 kg		

나. 파이로공정 발생 폐기물

10 tU의 PWR 사용후핵연료를 파이로 처리를 하면, 표 2에 나타낸 5 가지 종류 폐기물이 발생할 것으로 예상된다. 이들 폐기물 중 세라믹 폐기물(Monazite)은 고발열성 고준위폐기물로서 심지층처분이 요구되며, 나머지 폐기물은 그 특성에 맞춘 장기관리가 필요하다.

표 2. 파이로공정 발생 폐기물 종류 및 특성

항 목	Long-Lived Waste			Interim decay Waste	
	Metal	Monazite (LiCl + KCl)	Filter (Off-Gas)	SAP (LiCl)	Fly ash (Off-Gas)
Key Nuclides	U, TRU	RE, TRU	I, Tc	Sr, Cs	Cs
Mass (kg)	3,136.4	664.9	455.5	2,845.7	318.7
Heat density(W/L)	-	1.59	0.0002	2.16	27.97

2.2 복합폐기물 처분개념

직접 처분대상 사용후핵연료인 CANDU 및 하나로 사용후핵연료와 파이로공정으로부터 발생하는 TRU 포함 폐기물과 금속폐기물 처분은 폐기물 특성에 따라 처분심도를 달리하여 처분하는 동굴처분 시스템개념을 설정하였다. 복합폐기물 처분시스템을 위한 폐기물 발생원 및 종류는 그림 1에 나타내었으며, 처분대상 폐기물에 대한 처분개념은 표 3과 그림 2에 나타낸 바와 같다.

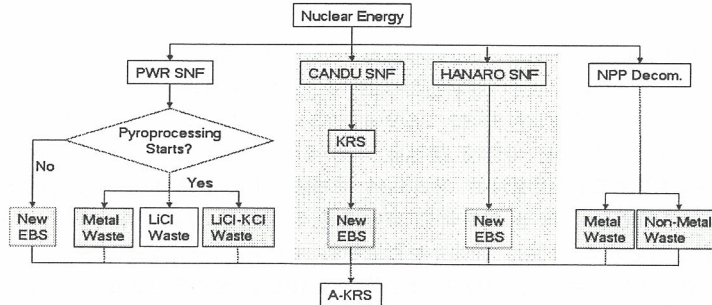


그림1. 폐기물 발생원 및 종류

표 3. 파이로공정 발생폐기물 종류 및 처분방안

폐기물 종류	처분방안		비고
	방법	심도(m)	
금속(Metal) 폐기물	초고압 압축 후 콘크리트 처분용기에 포장하여 동굴처분	200	
세라믹고화(Monazite) 고준위 폐기물	방사능/열발생 특성 및 구조적 건전성/내부식성을 고려하여 설계한 처분용기에 포장하여 심지층 처분	500	

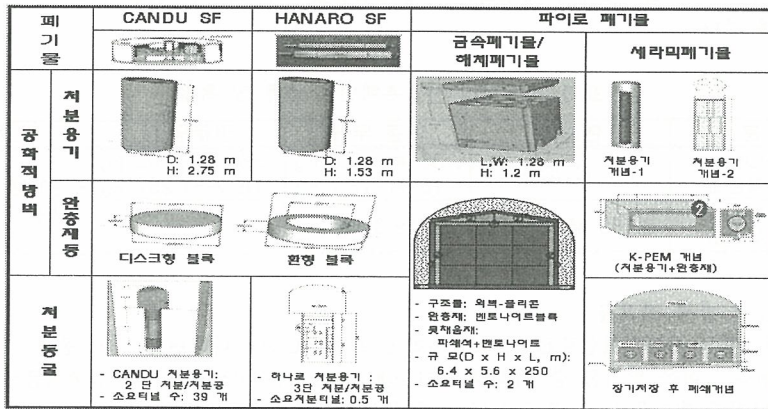


그림 2. 폐기물 종류별 처분개념

3. 결 론

본 연구에서는 CANDU 사용후핵연료와 HANARO 사용후핵연료 직접 처분을 위하여 처분용기를 설계하고, 개선된 파이로 공정 폐기물 특성을 재분석하여, 금속폐기물과 정련폐기물을 대상으로 처분용기를 설계하였다. 또한, 각 폐기물 특성에 맞춘 복합폐기물 처분시스템을 위한 처분 단위 모듈 설계 등 예비 개념설계를 수행하였다.

향후 처분시스템 개념을 보다 구체화하여 처분터널, 처분공, 완충체에 대한 전체 시스템설계가 필요하며, 이는 PWR형 사용후핵연료 재활용공정에서 발생하는 폐기물에 대한 처분시스템과 함께 복합폐기물 처분시스템을 개발하는데 있어 참고자료로 활용할 예정이다.