

방사성폐기물 발생량으로 비교해 본 핵연료주기

김병대, 문철웅, 임관석

선광원자력안전(주), 대전광역시 대덕구 신일동 1696-4번지

btkim1397@hotmail.com

1. 서론

우리나라에는 현재 경수로형 원자로 16기, 중수로형 원자로 4기, 합계 20기의 원자로가 상업 가동중이고, 경수로형 원자로 2기, 중수로형 원자로 2기가 건설중에, 경수로형 원자로 2기가 계획중에 있다. 향후 우리나라의 실정에 적합한 원자로형의 선택과 핵연료 주기 정책을 위하여 여러 가지 형태의 핵연료주기별 방사성폐기물의 발생량을 추정하여 다음세대에 부담을 가장 적게 줄 수 있는 핵연료주기 방안을 검토해 보는 것은 충분히 가치 있는 일이다.

또, 우리나라에는 경수로형과 중수로형이 동시에 가동되고 있기 때문에 경수로에서 연소되고 나온 사용후 핵연료를 중수로형 원자로에서 핵연료로 사용한 다음 처분하는 DUPIC핵연료 주기도 전 세계에서 유일하게 고려할 수 있는 이점을 가지고 있다.

2. 비교대상 핵연료주기 방안

비교대상 핵연료주기방안은 우리나라에서 적용가능성이 있는 모든 핵연료주기를 고려하여 선정하였다.

- 경수로형 핵연료 직접처분 방안(PWR Once - Through Cycle Option : PWR-OT)
- 경수로형 핵연료 재처리 방안(PWR-MOX)
- 중수로형 핵연료 직접처분 방안(PHWR Once - Through Cycle Option : PHWR-OT)
- DUPIC(Direct Use of Spent PWR Fuel in CANDU) Option
- 경수로-중수로 Once-Through Cycle(PWR-CANDU-OT)

3. 방안별 방사성 폐기물 발생량 추정

핵연료주기시설별 방사성폐기물 단위발생량은 표1과 같으며, 이 단위발생량을 기준으로 핵연료 주기방안별 방사성폐기물 발생량을 추정하였다.

○ 정련폐기물

mill tailing으로 나오는 폐기물량은 PWR-OT Option이 PHWR-OT Option보다 높은 것으로 나타났다. 천연 우라늄을 사용하는 중수로형 핵연료는 저농축우라늄을 사용하는 경수로형 핵연료보다 천연우라늄 활용도가 높다. PWR-MOX Option이 mill tailing면에서 보면 가장 좋은데 PWR-OT Option보다 35%정도 적게 발생되는 것을 알 수 있다.

○ 저준위 폐기물

발전소 운전 및 해체 폐기물의 대부분은 저준위 폐기물이다. 중수로 직접처분방안(PHWR-OT)에서 발생하는 저준위 폐기물의 양이 경수로 직접처분방안(PWR-OT)보다 약간 높은데 발전소 운전 중에는 더 적게 발생되지만 해체폐기물이 많기 때문이다.

○ 중준위 폐기물

중준위 폐기물은 PWR-MOX Option에서 가장 많이 발생 되는데, 이것은 대부분 재처리시설에서 발생된다. PWR-OT Option에서 중준위 폐기물이 가장 적게 발생되고 DUPIC Option에서도 PWR-MOX Option보다는 훨씬 적게 발생된다.

○ 고준위 폐기물과 사용후 핵연료

고준위 폐기물은 PWR-MOX Option의 재처리시설과 DUPIC Option의 DUPIC 시설에서 발생되는데 PWR-MOX Option에서 훨씬 많이 발생된다. 또한 고준위 폐기물을 처분할 때 아주 중요한 고려인자인 붕괴열(Decay heat)면에서 보면 재처리시설에서 발생된 고준위 폐기물이 DUPIC시설에서 발생된 고준위폐기물보다 훨씬 높다. 사용후 핵연료의 발생량은 PHWR-OT Option이 가장 높고, DUPIC Option이 가장 낮다.

표1. 핵연료주기시설의 방사성폐기물 단위발생량

구 분		경수로 연료	MOX 연료	중수로 연료	DUPIC 연료
채광/정련 (milling tailings, m ³ /Mg U ₃ O ₈)		254	-	254	-
변환 (LLW, m ³ /MTU)		0.15~0.52	-	0.08~0.26	-
농축 (LLW, m ³ /TSWU)		0.50	0.42(REU)	-	-
성형가공 (m ³ /MTU or MTHM)	LLW	0.12~0.35	1.27	0.12~0.35	2.11
	ILW	-	3.35	-	0.20
	HLW	-	-	-	0.13
발전소 운전 (m ³ /GWe-yr)	LLW	86~130	86~130	68.5	68.5
	ILW	1.1~33	1.1~33	1.6~33	1.6~33
중간저장/재처리/ 유리화/처분 (m ³ /MTHM)	LLW	0.008	2.7~3.7	0.008	0.008
	ILW	0.077	0.84~1.81	0.077	0.077
	HLW	-	0.08~0.15	-	-
사용후 핵연료/ 고준위 폐기물 처분 (m ³ /MTHM)	LLW	0.008	0.008	0.008	0.008
	ILW	0.2	0.2	0.2	0.2
	HLW	-	0.115	-	-
	S/F*	1.5	1.5	1.5	1.5
변환시설 해체 (LLW, m ³ /MTU)		0.43	-	0.22	-
농축시설 해체 (LLW, m ³ /TSWU)		0.04	-	-	-
발전소 해체 (m ³ /GWe-yr)	LLW	175~230	175~230	387.7	387.7
	ILW	9	9	15.3	15.3
가공/재처리/ 유리화시설 해체 (m ³ /MTHM)	LLW	0.13~0.38	0.25	0.13~0.38	0.06
	ILW	-	0.15	-	0.12

각 방안별 전체 주기동안 발생하는 방사성폐기물의 양은 표2와 같다.

표2. Waste Volume for Each Option in m³/GWe-yr

Fuel Cycle Options		Waste Types				
		tailings	LLW	ILW	HLW	SF
PWR-OT	volume	52,578	434~610	17~49		37
	(%)*	100	100~100	100~100		100
PWR-MOX	volume	36,576	466~649	42~94	4~6	5
	(%)	64	153~106	247~171		14
PHWR-OT	volume	40,386	534~627	54~85		200
	(%)	77	123~103	318~173		541
DUPIC	volume	38,354	471~599	22~53	2	27
	(%)	73	109~98	129~102		73
PWR-PHWR-OT	volume	49,378	453~605	27~58		81
	(%)	94	104~99	159~118		219

4. 결론

- PWR-MOX Option은 정련폐기물과 사용후 핵연료 발생량이 모든 Option중에서 가장 적지만 중준위 폐기물과 고준위 폐기물을 다량으로 발생시키고 있어 바람직한 방안은 아니다.
- PWR-OT Option은 저준위 폐기물과 중준위 폐기물 발생량이 모든 Option중에서 가장 적지만 정련폐기물과 사용후 핵연료 발생량이 높은 문제점을 가지고 있다. 더 적어서 환경적인 면에서 바람직한 방안으로 간주된다.