소각재 폐기물의 고형 안정화 처리

김완석, 황두성, 이기원, 문제권, 최휘경
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
zickim@kaeri.re.kr

1. 서론

소각처리는 폐기물의 양을 80%정도 줄일 수 있으며, 소각과정에서 발생되는 에너지를 재활용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 가연성 방사성 폐기물의 소각 처리 시 발생하는 소각재는 일반 매립 및 지정폐기물로 처리가 불가능하다. 따라서 원자력관련시설에서 발생되는 모든 방사성 폐기물은 물리 화학적으로 안정한 형태로 안정화시켜 일정 용기에 포장한 후 방사성폐기물처분장에 영구 처분한다. 방사성폐기물처분장에 반입되는 방사성 폐기물은 처분적합성 여부를 판단하는 기준이 요구되며, 이러한 기준을 고려하여 처분장에서 설정한 것이 처분장 폐기물 인수기준(Site Specific Waste Acceptance Criteria)이다.[3]

본 논문에서는 소각재를 시멘트 고형화의 최적 조건을 만족하며, 인수기준에 준하기 위한 압축강도 시험, 침수 시험/압축강도 시험, 방사선조사 시험/압축강도 시험, 침출시험, 열순환 시험/압축강도 시험의 계획을 설정 하였다.

2. 본론

2.1 소각재 시편 제조 방법

시편을 제조하기 위한 소각재는 J시의 쓰레기 소각재 중 바닥재(bottom Ash)를 사용하며, A사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한다. ICP 분석을 통해 소각재와 시멘트의 화학적 조성 성분을 분석한다. 시편 제조는 KS F2403에 준하는 방법으로 하고, 소각재의 혼합 시, 소각재의 양이 많이 들어가면 소각재에 함유되어있는 Na_2O와 K_2O 등의 산화물이 수화반응 시 가스를 발생시켜 팽창현상에 관계되어 있는 것으로 추측하고 있다. 이것을 화학식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Na_2O + 3H_2O \rightarrow 2Na(OH)_2 + H_2 \quad (1)$$

$$K_2O + 3H_2O \rightarrow 2K(OH)_2 + H_2 \quad (2)$$

따라서 본 실험은 물의 비율을 고정시켜 시멘트와 소각재의 비율만을 변화를 주어 시험에 수행할 것이며, KS L ISO 679에 준하는 용량 5L의 혼합기로 시멘트 모르타르를 만들고, KS F2801에 준하는 Φ50mm × H100mm 원주 몰드에 각각의 조건대로 3개 이상씩의 시편을 제작하여 방사성 폐기물 인수기준 준하는 시험에 임할 것이다.

2.2 방사성 폐기물 고화체 시험 절차

방사성처분장 폐기물 인수기준에 관한 시험방법은 Table.1에 나타내었고, 다음과 같은 시험 요건을 만족해야한다.

Table 1. Test methods of solidfied waste form[3].

Requirement	Test item	Criteria	
		Rigid form[2]	Flexible form[3]
○ Structural Stability	Compressive strength	KS F2405	KS F2351
	Immersion	NRC「Technical Position on Waste Form, Rev.1」	
	Thermal Cycle	ASTM B553	
	Irradiation	NRC「Technical Position on Waste Form, Rev.1」	
○ Leaching	Leach	ANS 16.1	
○ Free Standing Liquid[4]	Real size(drum)	ANS 55.1와 유사한 방법 적용	
	Specimens/Misc. waste	EPA Method 9095B (Paint Filter Liquid Test)	

주 1) 고화체 및 비고화체 폐기물에 적용한다.
2) 응력-변형 관계에서 취성을 갖는 물질(시멘트, 열경화성 수지 등)
3) 응력-변형 관계에서 소성변형을 갖는 물질(아스팔트, 열가소성 수지 등)
4) 시편의직경 : 50mm ~ 100mm, 높이/직경 - 2(경질), 1(연질)

1) 압축강도 시험 KS F2405에 준하여 수행할 것이다. 압축강도 시험에 사용되는 시편의 표준크기는 Φ50mm × H100mm 로 하고 힘을 가하는 속도는 평균속도가 5 ± 2%/min에 적합한 일정한 속도를 원칙으로 한다. 압축강도는 시멘트 등과 같은 경질 고화체의 경우 압축강도는 3.44 MPa (500 psig), 연질 고화체의 경우 0.41 MPa (60 pisg) 이상이

어야 한다[7].

2) 침수 시험/압축강도 시험은 고화체가 물에 대한 안정성(내수성)을 거쳐 그 후 압축강도를 통해 방사성처분장인수기준에 준하는지 알아보는 시험이다. 이 때 고화체의 시편은 최소 90일 이상 침수 시험을 수행하고, 침수 시험 후 압축강도는 요건 1)을 만족하여야 한다[7].
3) 방사성 조사/압축강도 시험은 방사성 열화에 대한 저항성이 있는지 알아보는 시험이다. Co-60 선원에 의한 τ선 외부조사로 조사선량율은 10^5~10^6 R/hr로 조사선량은 10^8 R이상을 한 후 요건 1)을 만족하여야 한다[7].
4) 침출시험은 ANS 16.1에 준하는 시험으로써 방사성 핵종 누출이 처분장의 안정성을 보장하기 위해 충분히 낮아야 하며 시편에 대한 주핵종은 Cs, Co, Sr으로 한한다. 침출지수는 Cs, Sr, Co 핵종에 대하여 6 이상이어야 한다. 본 시험은 침수시험과 동시에 수행할 수 있다[7].
5) 열순환 시험/압축강도 시험은ASTM B553에 준하는 방법으로 시험을 수행한다. 고화체는 정장 또는 운반 및 처분시 계절변화 및 밤낮의 온도변화에 대한 저항성이 있어야한다. 열순환 시험 후 요건 1)을 만족하여야한다[7].

3. 결론

본 연구에서는 소각시설 가동 시 발생되는 소각재 폐기물의 안정성을 확보하고, 방사성폐기물 처분장의 인수기준에 만족하는 안정화된 소각재 고화체 를 제조하는 계획을 수립하였다. 이는 향후 가연성폐기물 처리 후 발생하는 최종폐기물의 안정화 처리 공정의 기초 자료로 제공될 것이다.

4. 참고문헌

[1] 중·저준위 방사성폐기물 인수기준 개발 최종 보고서, 한국수력원자력 방폐물기술처(2007).
[2] 한국열분해용융공학회, 2001 춘계학술대회, pp.76-88, 2001.
[3] J. of the Korean Radioactive Waste Society, Vol.6(4), P. 347-356, Dec. 2008.
[4] 한국환경과학회지 제19권(제5호), P. 639-646, 2010.
[5] 대한위생학회지 제18권 제2호, Vol. 18, No. 2, pp34-41, 2003.
[6] 중·저준위 방사성폐기물의 특성평가를 위한 표준 시험법 비교평가 보고서, 원자력연구원, 2008.
[7] 방사성 폐기물 고화공정 프로그램 개발 보고서, 한국전력공사 기술연구원, 1989.