

Soxhlet 침출시험법을 이용한 방사성폐기물 유리고화체의 침출특성 평가

김천우, 박종길, 황태원

한국수력원자력(주) 원자력환경기술원

대전광역시 유성구 덕진동 150번지

cheonkim@khnp.co.kr

방사성폐기물 유리화(vitrification) 공정을 통하여 발생된 유리고화체는 최종 처분장에서 화학적으로 견고하기 때문에 안정화가 시급한 고준위 방사성폐기물 처리 분야에 1970년대 후반부터 전 세계에서 상업운영을 해오고 있으며 1990년대 이후로는 중·저준위 방사성폐기물 처리에도 적극적으로 적용하기 위하여 노력하고 있다. 유리화란 방사성물질들을 포함한 유해성물질들을 유리구조안에 화학적으로 결합시키고 이 유해성물질들을 환경과 인간에게 영향이 없도록 영구적으로 가두는 환경 친화적인 처리기술이다. 많은 재료 가운데서도 유리가 방사성폐기물의 처리 매질로 선정된 가장 큰 이유는 방사성물질을 환경에 누출시키지 않을 뿐만 아니라 장기적으로 보존하여 중국에는 방사선을 감쇄한 후 자연에 무수히 존재하는 유리고화체로 전환할 수 있기 때문이다. 일반적으로 처분장에 있는 유리고화체는 그 자체만으로도 주변 환경에 대하여 충분한 화학적 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가 받고 있다. 따라서 유리고화체에 함유된 방사성물질이 처분장에 스며드는 지하수, 빗물 등으로부터 침출 저항력이 어느 정도인지 검증 및 평가 받을 필요가 있다. 본 연구에서는 국제적으로 인증된 침출시험법인 Soxhlet 시험법을 이용하여 원자력환경기술원이 개발한 중·저준위 방사성폐기물 유리고화체의 침출특성을 평가하였고 고준위 방사성폐기물 유리화에서 적용되고 있는 자료와 그 결과를 비교하였다. Soxhlet 침출시험 수행은 독일 칼스루헤 연구단지내 INE 연구소에서 수행 하였으며 그 결과는 독일 고준위 방사성폐기물 유리고화체 2종과 상호 비교 하였다.

Soxhlet 침출시험 수행에는 원자력환경기술원이 그 동안 개발한 4종(AG8W1, AG8W2, IG1W2, & DG2)의 유리를 적용하였다. AG8W1은 저방사성(RWB) 폐수지와 제올라이트, 가연성잡오체(DAW)가 일정하게 혼합된 폐기물 처리용 유리이며 AG8W2와 IG1W2는 RWB와 고방사성(CVCS) 폐수지, 제올라이트 및 DAW가 일정한 비율로 혼합된 폐기물 처리용 유리이며 DG2 유리는 10여종으로 구성된 DAW를 유리화하기 위해 개발한 유리조성이다. Soxhlet 침출시험은 용출액이 연속적으로 흐르는 기능을 가진 유수형 장치를 사용하는 것으로 일정한 유속조건에서 시험하는 동적(dynamic) 침출시험방법이다. 이 동적 침출시험법은 용출액을 일정한 유속으로 유리고화체에 흘려보내어 시간대별 질량손실이 얼마만큼 발생 하는지를 나타내 준다. Soxhlet 침출시험을 위하여 4종의 유리고화체는 각각 5×5×10mm 크기의 직육면체로 제조되었으며 이를 용기에 넣은 후 98℃의 온도로 일정하게 유지하였다. 그런 다음 증류수를 약 200ml/h의 유속으로 시료에 연속적으로 흐르게 하였다. 시험기간은 1, 3, 6, 10, 17, 30일 동안 수행하였고 각 유리고화체의 시료들은 건조 후 질량손실률을 측정한다. 최종 30일 동안 유리고화체 시료의 질량손실률을 비교해 본 결과(표 1. 참조) DG2 후보유리의 질량손실이 322.4g/m²로 가장 컸으며 IG1W2는 164.4g/m², AG8W2는 117.2g/m²이며 AG8W1은 106.8g/m²로 나타났다. 각 시간에 따른 질량손실률을 그림 1에 나타내었다. 침출시험 수행결과 독일 고준위방사성폐기물 유리화를 위해 개발한 유리 2종의 결과(GP WAK1 : 150g/m², GG WAK1 : 460g/m²)와 비교 하였으며 원자력환경기술원이 개발한 4종 유리의 화학적 견고성은 유사 하거나 상대적으로 우수함을 알 수 있었다.

표 1. 각 후보유리별 시간대별 질량 손실률(g/m^2 , $g/m^2.d$)

AG8W2			IG1W2		
Time(days)	Weight Loss Rate		Time(days)	Weight Loss Rate	
	(g/m^2)	($g/m^2.d$)		(g/m^2)	($g/m^2.d$)
1	4.05	4.05	1	5.62	5.6
2.96	9.6	3.2	2.96	15.45	5.22
5.8	21.8	3.75	5.8	30.44	5.25
9.67	38.1	3.9	9.67	50.6	5.2
14.54	60	4	14.54	77.74	5.3
20.42	80.2	3.92	20.42	110	5.4
30.3	117.2	3.86	30.3	164.4	5.4
AG8W1			DG2		
Time(days)	Weight Loss Rate		Time(days)	Weight Loss Rate	
	(g/m^2)	($g/m^2.d$)		(g/m^2)	($g/m^2.d$)
1	4.84	4.84	1	14.6	14.6
2.96	11.1	3.75	2.96	42.1	14.2
5.8	21.6	3.74	5.8	85.1	14.7
9.67	35.3	3.65	9.67	134.4	14
14.54	54.7	3.76	14.54	184	12.6
20.42	73.2	3.6	20.42	243.5	11.9
30.3	106.8	3.5	30.3	322.4	11

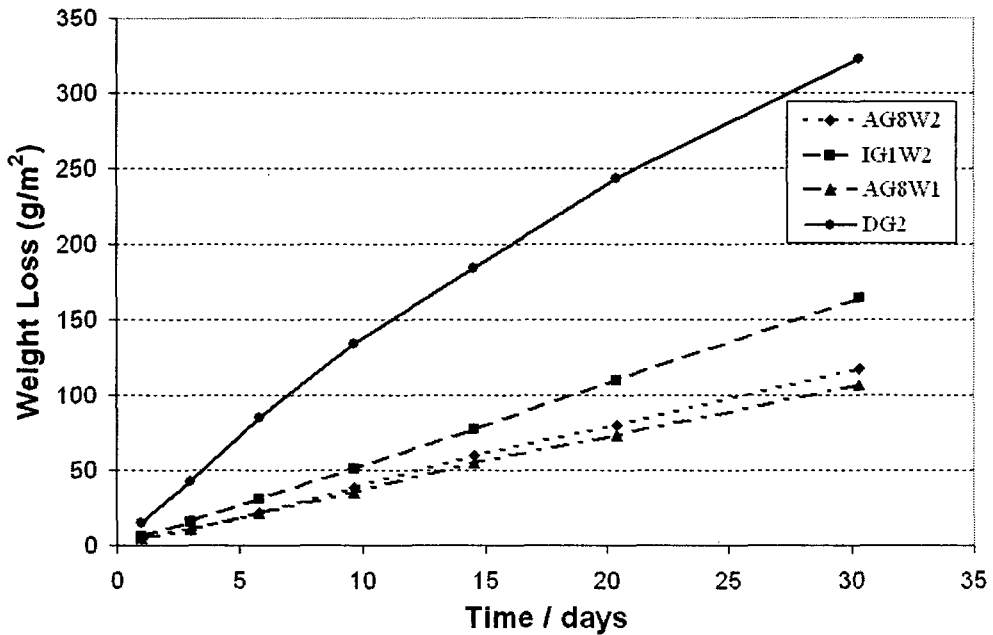


그림 1. Soxhlet 시험법을 이용한 각 후보유리별 시간변화에 따른 질량손실률(g/m^2) 변화 그래프