

원자력발전소 유기성폐액, 슬러지 고화제 입증시험

김동균, 이세엽, 김군열, 전호동

(주)한국원자력엔지니어링, 경기도 성남시 분당구 야탑동 145번지 분당테크노파크 C동 504호
kdk5109@hanmail.net

I. 서론

원자력발전소의 1차계통에서 발생하는 방사성폐기물인 폐윤활유 및 탱크와 집수조의 슬러지를 고화처리하기 위한 고화제와 고화설비의 개발을 목적으로 한 각종 유기성폐액 및 슬러지 처리방법에 대한 R&D[유기성 폐액, 슬러지 고화제 및 고화설비 개발('05.12.26 ~ '07. 3.25)]의 결과 중·저준위 방사성 폐기물 인도규정(과기부 고시 제2005-1호) 및 방사성 폐기물 인도기준 시안(한국수력원자력)을 만족하는 고화제개발과 평가결과 고화처리 용역('07.12.19 ~ '08.11.30)이 진행 중에 있으며 본 논문에서는 각 원자력발전소에서 발생한 유기성폐액 및 슬러지를 현장 적용에 맞게 개발된 고화제의 입증시험과 입증된 고화제를 이용하여 현재 진행중에 있는 유기성폐액 및 슬러지의 고화현황과 고화시편에 대한 검증을 수행함으로써 고화작업의 신뢰성을 확보하고자함.

표1. 고화폐기물에 대한 관련 시험 규격

시험항목	관련 규격
압축강도	경질의 경우 : KS F 2405
침수시험	시험조건 : ANSI/ANS 16.1 시편제조 및 압축강도 시험 : KS규격
침출시험	ANSI/ANS 16.1
열순환시험	ASTM B533
방사선조사	NRC <Waste Form Technical Poistion Rev.1>
유리수 측정	ANSI/ANS 55.1

표2. 시험 항목별 입증의뢰 기관

시험항목	한국화학 시험연구원	표준과학 연구원	그린 피아	한국건설 시험 연구소	자체
함수율 및 흡수율	○	○	-	-	-
압축강도	○	○	-	○	-
침수시험	○	○	-	-	-
침출시험	○	○	-	-	-
열순환시험	○	-	-	-	-
GAS 시험	-	○	-	-	-
인화성시험	-	-	-	-	○
방사선조사	-	Co-60(γ), Cs-137(γ), Sr-90(β)	○ 10 ⁸ rad	-	-

표3. 본부별 고화처리 대상 폐기물량

(단위 : 드럼)

구	분	농축폐유	방사성슬러지	합 계	
				발전소	본부
영광본부	제1발전소	6	24	30	62
	제2발전소	3	3	6	
	제3발전소	13	13	26	
고리본부	제1발전소	20	25	45	76
	제2발전소	4	27	31	
울진본부	제1발전소	14	24	38	53
	제2발전소	10	5	15	
월성본부	제1발전소	13	21	38	51
	제2발전소	12	1	13	
합 계		70	121	242	242

II. 본론

1. 대표시료 고화확인 기준(시편)

가. 시료채취용 플라스틱 병(1,000ml)을 준비

- 나. 대표시료를 채취(약 1,500ml)
- 다. pH를 측정 pH가 6.0 이하인 경우 중화등으로 pH를 6.0~9.0으로 조절
- 라. 채취한 시료를 고화 시험장소로 이송혼합
- 마. 육안으로 시료혼합물이 균일하게 혼합되어 있는지 확인
- 바. 대표시료 혼합 직후 표면 상층액(Free Water)이 2~4mm 이내 유지
- 사. 시료생성 24시간 경과 후 표면에 균열이 없어야하며 상층액이 1%이상 잔존해서는 안 됨
- 아. 압축강도 시험은 관련 기준이 정하는 규정에 적합(500psi이상)

2. 생성드럼 고화입증

- 가. 유기성 폐유함유 슬러지 및 페슬러지를 고화 처리시 고화처리 매개변수를 적용
- 나. 대표시료를 채취(약 1,500ml)
- 다. 고화처리 작업시 생성 드럼에서 대표시료를 채취 시편 제조(최도인자등으로 활용)
- 라. pH를 측정 pH가 11이하임을 확인
- 마. 시편의 고화입증이 되지 않을 경우 고화 매개변수를 변경 대표시료 고화처리 작업진행
- 바. 생성드럼은 시간경과에 따른 고화 상태변화를 관찰
- 사. 고화 시험결과를 기록보관

3. 기준시료 고화시험결과 및 만족여부

구분		영광본부						고려본부		울진본부		월성본부
		3발전소		2발전소		1발전소		2발전소		2발전소	1발전소	1발전소
		슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지	슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지	폐유 슬러지
7 일 압축강도 (kg/cm ²)	기준 시료 (표준)	95.05 (1,352)	60.42 (1,093)	35.63 (507)	48.94 (696)	102.35 (1,456)	100.28 (1,426)	130.78 (2,205.14)	130.65 (2,203.17)	65.45 (930.96)	69.3 (985.68)	61.93 (880.85)
	기준 시료2 (+5%)	71.97 (1,024)	81.35 (1,429)	59.64 (848)	44.73 (636)	104.54 (1,487)	90.49 (1,287)	131.26 (2,211.76)	130.88 (2,206.77)	58.49 (831.89)	52.77 (750.57)	62.11 (883.41)
	기준 시료3 (-5%)	85.54 (1,216)	79.97 (1,137)	60.72 (864)	-	103.62 (1,781)	80.66 (1,147)	130.57 (2,201.86)	132.29 (2,228.62)	70.38 (1,001.04)	62.91 (894.74)	61.70 (877.58)
유리수 상태	혼합 직후	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족
	1hr후~7hr후	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족	기준치 만족
	24hr후~48hr후	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음
고화기준 만족여부	만족	만족	만족	만족	만족	만족	만족	만족	만족	만족	만족	만족

주) () 단위 : psi

III. 결론

본 입증시험은 중·저준위 방사성폐기물의 내용물에 대한 영구처분인도기준을 만족하는 고화재를 개발을 위해 기준시료를 채취하여 양생한 후 고화 압축강도시험결과 고화처리에 적합한 압축강도 500psi 이상이 됨이 입증되었고 또한 중·저준위 방사성폐기물 처분기준 만족을 위한 각종시험 중 필수적으로 수행해야할 시험인 폐유슬러지 고화재 침출시험은 pH5.6의 증류수를 사용하였고 전기전도도 1.2µmS/cm, TOC 0ppm으로 2시간, 7시간, 24시간, 2일, 3일, 4일, 5일 19일, 47일, 90일간 실시하고 중요 성분으로 양이온인 Al, Ca, Fe, Mg, Si과 음이온인 Cl, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺ 및 CO₃²⁻에 대해서 분석하였으며 또한 γ 방출체인 방사성동위원소 Cs-137과 Co-60에 대한 침출시험은 물론 β 방출체인 Sr-90에 대해서도 침출시험을 수행하여 모두 침출지수 6.0을 초과됨을 입증하였다. 이런 일련의 과정을 통해 개발된 고화공정프로그램으로 현재 각 발전소에서 발생된 유기성폐액 및 슬러지 고화처리 작업을 수행함으로써 고화작업의 신뢰성을 한층 높이는 데 크게 기여하고 있다.