

중저준위 방사성폐기물 시료채취 및 특성분석

안홍주, 송병철, 표형열, 손세철, 한선호, 지광용
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
ahjoo@kaeri.re.kr

원전별 방사성폐기물 척도인자를 구하기 위해서는 현장시료의 채취가 우선되어야 한다. 국내 원전에서 발생하는 중저준위 방사성폐기물은 기체, 액체, 고체 폐기물로 크게 구분하지만, 향후 방사성폐기물 처분장으로 이송될 고체 폐기물에 제한을 두어 시료를 채취하였다. 고체폐기물은 기체 및 액체폐기물 처리에 사용했던 여과재, 이온교환수지, 폐액증발기의 농축찌꺼기, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 공구, 휴지 등이다. 중저준위 방사성폐기물은 1978년 고리 1호기 상용 운전을 시작으로 현재까지 총 20기의 원전으로부터 2008년 2월기준으로 약 77,000 드럼이 드럼에 포장되어 각 발전소 내 임시 폐기물저장고로 이송되어 저장 중에 있다. 이때 척도인자 도출을 위한 중저준위 방사성폐기물 시료채취는 드럼 포장 이전, 즉 현재 발생된 폐기물 시료를 의미하며, 향후 처분장 건설과 함께 드럼내 핵종재고량 평가를 위한 척도인자는 과거 2002년 이전에 발생된 약 60,000여 드럼과는 별도로 2002년 이후 발생 폐기물드럼에 대해 적용할 예정이다.

본 논문에서는 향후 2008년말에 도출될 척도인자를 위하여 월성을 포함한 전원전을 대상으로 2004년부터 총 677종의 중저준위 방사성폐기물 시료를 일정간격으로 채취하였다. 채취된 시료는 로형별 또는 폐기물 유형별로 구분하여 채취시료 적절성 및 유효성 등을 평가하였다.

- 중저준위 방사성폐기물 시료채취

국내원전에서 발생하는 중저준위 방사성폐기물 중 드럼핵종분석용 척도인자 도출을 위해 채취된 폐기물 유형은 농축폐액, 고방사능폐수지, 저방사능폐수지, 폐필터, 가연성잡고체, 사용후연료 저장랙 등이며, 계획에 따라 발생된 후 3개월이전에 원전현장을 방문하여 필요한 량의 시료를 채취하였다. 원전에서 60% 이상의 발생비율을 차지하는 가연성잡고체는 2,000톤의 초고압 압축기로 최종 압축하여 잡고체 드럼을 생성되어 보관하므로 드럼을 파괴하여 시료를 채취하기는 불가능하므로 보조건물에 수집된 잡고체를 10회이상 부분 절단하였고, 이를 혼합하여 시료를 조제하였다. SRDS 설비를 통하여 탈수 및 건조된 고방사능폐수지는 1200 Liter 고건전성용기(HIC)에 넣고, 완전밀폐시키므로 시료채취는 HIC로 이송할 때 일정량을 채취하였다. 고방사능 폐수지 채취시료의 대표성을 확인하기 위하여 HIC 높이별로 일정간격으로 시료를 채취하였다. 농축폐액 시료는 CWDS 설비에서 파라핀 고화직전에 채취되었다. CWDS 설비로부터 고화된 농축폐액 드럼은 최소 3 ~ 4드럼 발생되며, 대표성을 확인하기 위하여 발생드럼별로 시료를 채취하였다. 폐필터 시료는 작업자의 피폭저감을 위하여 가급적 낮은 선량의 시료를 선정하여 채취하였다. 채취된 폐필터 시료는 경수로(PWR)원전의 경우 1차계통 및 사용후연료 저장조계통 필터를, 중수로(PHWR)원전의 경우 열수송계통 및 감속재계통 필터를 주로 채취하였으며, 대표성을 확인하기 위하여 상/중/하에서 각각 시료를 채취하였다. 사용후연료 저장 조밀랙 교체를 통해 발생된 저장랙은 통계적 유의성을 통한 드럼을 선정하고, 시료를 채취하였다. 저방사능 폐수지는 베치별로 일정량을 채취하였다.

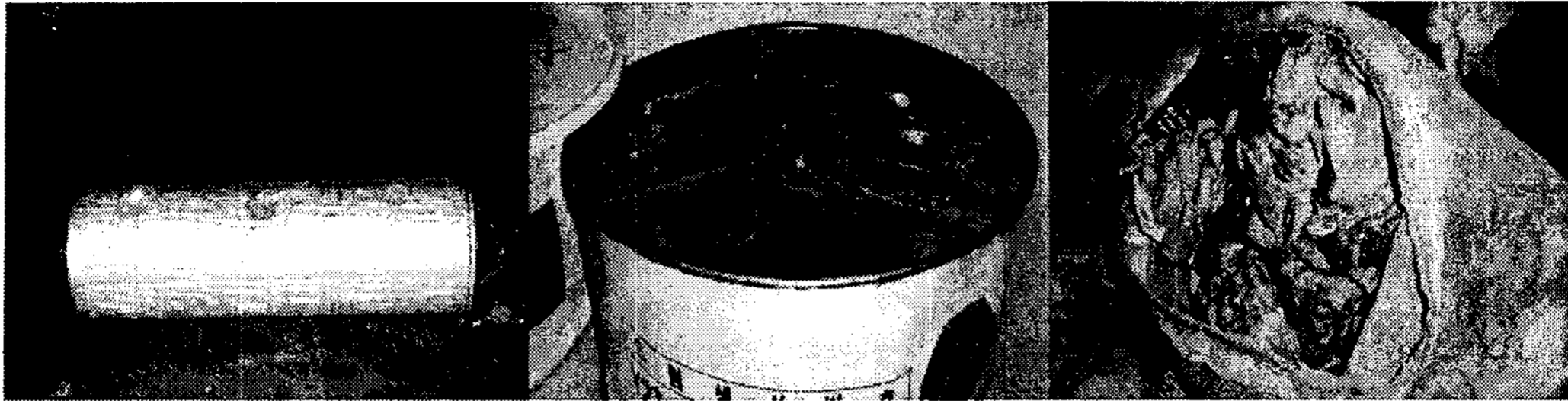


Figure 1. Low & intermediate level wastes generated from NPPs

Table 1. Sampling point and sample weight in NPPs

폐기물 유형	채취대상 시료	채취량	횟수*	채취시점
폐수지	고방사능 폐수지	5~10g	5	SRDS로부터 HIC 이송시점
	저방사능 폐수지	50~100 g	5	저방사능 폐수지 탱크 또는 드럼
농축폐액	농축폐액 분말	100 g	5	CWDS 가동직후
가연성 잡고체	면/종이/비닐류	500~1,000 g	5	경상/계획예방정비 기간 내
비가연성 잡고체	사용후연료저장랙/배관류	100~500 g	5	철재류 드럼 포장 전후

* 발전소 또는 호기별 (1 주기당)

- 시료채취 적절성 및 유효성 검증

폐기물 유형별 시료채취 적절성 및 유효성을 검증하기 위하여 각 폐기물에서 3회 이상 시료를 채취하였고, 이로부터 방사화학적 시료전처리 및 화학분리를 통해 개별핵종을 분석하였다. 대표성 검증을 위한 핵종은 주로 ⁶⁰Co 및 ¹³⁷Cs의 감마핵종이며, 폐기물스트림에 따라 방사화생성핵종 또는 핵분열생성핵종의 비로써도 대표성을 확인하였다. 이들 분석결과는 평균값과 분산 및 상대표준 편차의 주기적 분포로 상한신뢰구간(UL, upper limit) 및 하한신뢰구간(LL, lower limit)을 설정하여 시료채취 대표성 오차요인을 분석하였다. 또한 폐기물 유형별 다양한 채취위치에서 분석된 핵종농도의 비교를 통해 95% 신뢰구간에서 t-값을 평가하여 대표성을 검증하였다.

- 결론 및 향후 계획

2008년말 도출될 척도인자를 위하여 유형별로 폐기물특성을 분석하였고, 이를 바탕으로 일정량의 대표시료를 채취하였다. 채취된 시료의 정확성 및 적절성 등을 확인하기 위하여 화학분석결과를 바탕으로 채취시료에 대해 주기적인 품질관리를 수행하였고, 평균 및 분산의 t-값 분포를 통해 95% 신뢰구간에서 폐기물 유형별 대표성을 입증하였다.