

경수로 정상운전 중 격납건물 압력방출 ^{14}C 방출량 평가

강덕원, 양양희, 이명우*, 김현구*, 정현주*
한전 전력연구원,*(주)한일종합산업

E-mail: dwkang@kepri.re.kr

중심어 : 격납건물, 방사성탄소(^{14}C), 압축장치, 배기구, 방출화학형

서론

원자력발전소의 격납건물 압력방출은 설정 압력을 초과하면 안전 운전 및 격납건물내의 출입여건 등을 충족시키기 위해 주기적인 퍼지를 실시한다. 이러한 격납건물의 압력방출 시에는 제한구역 밖에서 방사성 물질의 농도가 방출중의 방출관리 기준을 초과하지 않도록 압력방출 전 시료를 채취해 방사능 농도 및 방출 총량을 평가한 후 일정 부피를 배기구를 통하여 방출한다. 공기시료 중 극미량의 ^{14}C 분석을 위해서는 탄산염 형태의 시료를 확보해야 한다. 그러나 경수로 원전의 경우, 격납건물의 압력방출은 순간적인 Batch 방출(방출유량: $2,548.8\text{m}^3/\text{hr}$)로서 격납건물내의 방사능 농도 및 예상 방출량 평가에 따라 방출시간을 정하여 최소한의 시간으로 방출하기 때문에 상용의 ^{14}C 포집기로 포집할 경우 유입유량은 $0.5\text{ l}/\text{min}$ 으로 시간당 30 l 의 시료밖에 포집할 수 없어 제한된 시간 내에는 방출되는 기체로부터 ^{14}C 의 방출량을 평가할 수 없는 절대시료 포집량을 얻을 수 없다. 이러한 이유로 제한된 시간 내에 방출되는 격납건물의 압력방출 시료를 일시적으로 압축 저장할 수 있는 무인 포집장치를 개발하여 시료 포집을 실시하였다. 본 논문에서는 이 장치의 소개와 장치를 이용하여 정상 운전기간동안에 격납건물을 통해 방출한 ^{14}C 방출량과 방출화학형에 대한 평가를 수행하였다.

^{14}C 압축, 포집장치의 성능시험

1. 압축장치의 구성 및 특성

격납건물 방출시 시료를 압축, 포집하는 고압압축 포집장치는 고 압력하에서 제한된 시간 내에 방출되는 격납건물의 배출시료를 포집하기 위한 목적으로 제작하였으며 포집장치의 특징은 다음과 같다.

- 가. 발전소 계통 운전에 영향을 주지 않는 독립적인 제어기능이 부여되어 있으며 이동형임.
- 나. 방출압력을 감지하는 유량감지 센서의 채택으로 격납건물 배출시 자동 포집운전.

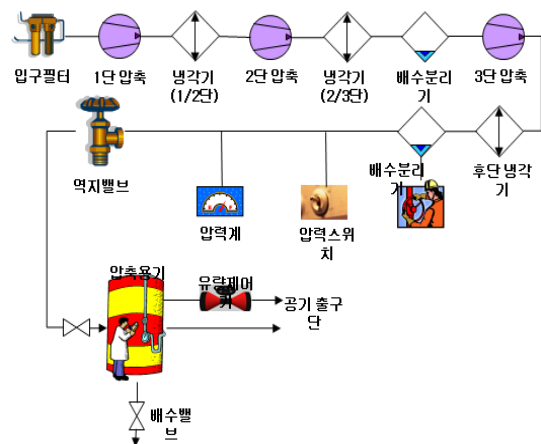


그림 1. 고압 압축 방사성기체 포집장치 구성도

2. 압축, 포집장치의 성능 시험

압축장치의 가동시험은 미량의 풍량 제어가 가능한 선풍기를 이용하여 강, 중, 약 운전모드에서 정상 작동상태를 확인하였고 가동시 압축용기에 정해진 시간 경과에 따라 어느 압력까지 저장되는지에 대한 압축 저장능력을 4회에 걸쳐 시험을 실시하였다.

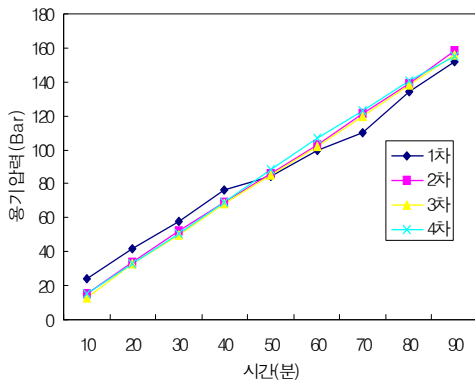


그림 1. 시간경과에 따른 용기 압력변화 추이

3. 격납건물 ¹⁴C 방출량 및 화학형 평가

격납건물의 방출은 순간적으로 이루어지기 때문에 일반적인 ¹⁴C 포집법으로는 분석을 위한 충분한 시료의 포집이 어려워 특수하게 제작한 포집장치를 K원전과 Y원전의 발전소 stack(배기구) 상단에 설치한 후 발전소의 압력방출 시점을 포착하여 대표성있는 시료를 포집하였다. 정상 운전 중에 K원전은 총 16회, Y원전은 총 14회에 걸쳐 시료를 포집하였고, 계획예방정비기간 중에는 전 기간 동안에 방출되는 ¹⁴C량과 화학형을 평가할 수 있도록 포집장치를 운영하였다.

2007.01~2008.10월까지 격납건물을 통해 방출된 ¹⁴C량을 전체 방출량과 비교해 본 결과 표 1,2와 같이 K원전은 전체방출량 대비 4.19%, Y원전은 15.04%가 격납건물을 통해서 방출되고 있음을 알 수 있었다. 방출화학형은 두 원전 공히 정상 운전 중 원자로 냉각재 계통내에 주종을 이루고 있는 유기화합형과 비슷한 경향을 나타냈으며 90% 이상의 유기분율로 이루어져 있었다.

표1. K원전 정상 운전 중 ¹⁴C 방출량 및 특성분석

구분	년도	총 배기 방출량 (m ³)	¹⁴ C 방출량 (Bq)		분율 (%)		총 방출량 (Bq)
			CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	
정상운전	2007	6.54E+04	5.20E+07	1.53E+09	3.3	96.7	1.58E+09
	2008	4.63E+04	3.69E+07	1.08E+09	3.39	96.7	1.12E+09
O/H	2008	4.30E+06	2.28E+09	1.20E+10	15.9	84.1	1.43E+10
합계		4.41E+06	2.37E+09	1.46E+10	13.9	86.1	1.70E+10

표2. Y원전 정상 운전 중 ¹⁴C 방출량 및 특성분석

구분	년도	총 방출량 (m ³)	¹⁴ C 방사능농도(Bq/m ³)		분율 (%)		총 방출량 (Bq)
			CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	
정상운전	2007	5.49E+04	2.01E+08	7.18E+09	2.70	97.28	7.38E+09
	2008	5.69E+04	2.08E+08	7.44E+09	2.70	97.3	7.65E+09
O/H	2008	4.94E+04	1.33E+09	3.80E+09	25.9	74.1	5.13E+09
합계		6.06E+04	1.73E+09	1.84E+10	8.60	91.4	2.02E+10

결론

정상 운전 중 격납건물을 통한 ¹⁴C 방출량은 전체 방출량의 20% 이하였으며, 방출 화학형으로 볼때 대부분의 ¹⁴C는 유기화합형으로 구성되어 있는 원자로 계통으로부터 빠져 나온 것임을 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

1. 강덕원 외, “중수로 운전 중 발생하는 ¹⁴C 방출감시 기술” 2003.4 -한전 전력연구원 최종보고서
2. ¹⁴C produced in Swedish NPP's -SKB-R-05-78, Dec.2005.