

## 경수로 원전 계통수 중의 C-14 화학종 분석기술에 관한 접근

강덕원, 양양희, 허호\*, 박경록\*\*

한국전력공사 전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16번지

\*(주)엑트, 대전광역시 대덕구 신일동 1688-5번지

\*\*(주)한국수력원자력, 대전광역시 유성구 덕진동 150

dwkang@kepri.re.kr

원자력 발전소의 가동 기수 및 가동 연수의 증가와 더불어 비록 소량이지만 다양한 형태의 방사성 탄소(C-14 반감기 5730년)가 발전소의 배기구를 통해 환경 중으로 방출되어 지는데 그중에서도  $^{14}\text{CO}_2$  화학종은 환경 중으로 방출시 이산화탄소의 광합성작용에 의해 탄수화물 형태로 생성되기 때문에 체내에 흡입 시 인체에 미칠 수 있는 영향이 커 매우 관심을 갖는 핵종 중의 하나이다. 원자력발전소에서 생성되는 방사성 탄소는 기체상과 액체상으로 존재하는데 본 논문에서는 액상으로 존재하는 C-14 의 화학종별 분석을 위한 분석장치의 개발 내용과 분석법에 대해 간략히 기술하였다.

액상으로 존재하는 C-14은 물속에 함유된 산소인  $^{17}\text{O}$  ( $n, \alpha$ )  $^{14}\text{C}$ 반응에 의해 상당량의 C-14 이 발전소의 운전과 더불어 생성되고 있으며 원자로 보충수 탱크의 상층기체로 사용하는  $\text{N}_2$  는  $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$  반응에 의해 약 1.2 ~ 5.0 Ci/GWe-yr 정도 생성되는 것으로 보고되고 있다.

문헌상에서 알려진 바에 의하면 경수로에서 C-14의 총 생성율은 26 Ci/GWe-yr 이며 누설율은 15 Ci/Gwe-yr 로 보고되고 있다. 계통수 중의 C-14은 원자로 냉각재 사용 후 핵연료 저장조 폐액 저장탱크 및 증기발생기 취출수 중에 중탄산염인  $\text{HCO}_3^-$  와 탄산염인  $\text{CO}_3^{2-}$  및 액체상의  $\text{CO}_2$  형태와 유기물 형태인  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCHO}$ ,  $\text{HCOOH}$  및 formic acid 형태로 존재하고 있으며 환경으로 방출되는 C-14은 약 90% 이상이  $\text{CH}_x$  형태인 것으로 알려져 있다.

그동안 국내에서는 가압경수로 형에 대한 C-14의 생성 이동 및 방출 메카니즘에 대한 연구가 한수원(주) 환경기술원 중심으로 일부 연구가 수행된바 있으나 시간상의 제약으로 축적자료가 미흡한 실정이다. 본 논문에서는 향후 경수로 원전의 계통수를 대상으로 한 C-14 화학종별 분석을 위한 실험장치의 제작 및 분석법에 대해 기술하고자 한다. 다음 그림에서 보여주는 것처럼 액상 시료의 포집을 위해 진공으로 형성된 100 ~ 250 ml의 기체 피펫을 사용토록 하였으며 실험장치의 신뢰도 확보와 분석의 최적화를 위해  $^{14}\text{C}$  Labelled  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 Sodium Acetate 시약을 사용하여 C-14 회수율 시험과 Sodium Acetate의 손실율이 얼마정도인지를 평가하기 위한 충분한 사전평가 실험을 수행할 예정이다.

이 실험 장치는 수중에 용존되어 있는 무기 유기 상태의 C-14을 분리 추출하기 위해 2단계 실험을 거치도록 제작하였다. 제 1단계 실험에서는 물속에 용존되어 있는 탄소화합물의 평형 관계가 pH가 낮은 상태에서는 탄산이온 화학종의  $\text{CO}_2$  형태로 존재한다는 특성을 이용하여  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 로 pH를 낮춰 질소기체로 sparging 시키면서 2개의 NaOH 포집병에서 순간적으로  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  형태로 포집시킨다. 제 2단계에서는 수중에 용존 해 있는  $\text{CH}_4$ 나  $\text{HCHO}$  및  $\text{HCOOH}$ 를 5%의  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  와 4%  $\text{AgNO}_3$ 를 2회에 걸쳐 주입시켜 산화분위기 상태로 유지하면서 발생된 기체를 By-pass 시켜 CuO와 결합된 Al 펠렛 상에 Pt가 침착된 촉매를 750 °C 오븐 내에서 CO와  $\text{CH}_x$ 를 이산화탄소 형태로 변환시킨 후 NaOH 포집병에 탄산나트륨 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 형태로 포집할 수 있도록 제작하였다. 향후 이 실험 장치는 분석 신뢰도 평가 실험을 마친 후 경수로 원전에서 발생하는 다양한 계통 시료 중의 C-14의 화학종 및 C-14 방사능 값을 측정하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

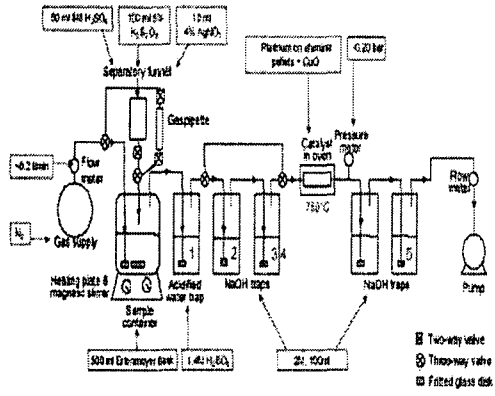


그림 1. C-14 액상시료 전처리 장치 개략도

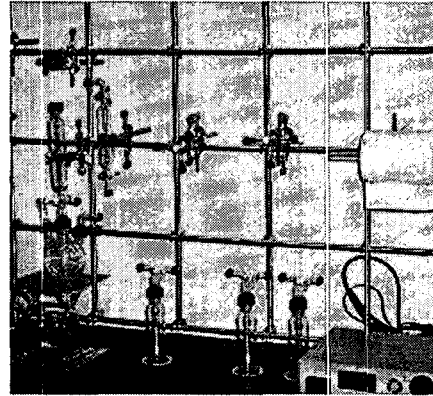


그림 2. C-14 액상시료 실험장치 제작