

원자력발전소의 수처리계통에서 발생된 폐수지의  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$  분포측정

박순달, 김정석, 지광용, 김종구, 김원호

한국원자력연구소 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

[nsdpark@kaeri.re.kr](mailto:nsdpark@kaeri.re.kr)

폐수지는 원자력발전소의 일차냉각재, 감속재, 열수송계통 및 기타 2차계통의 용수처리 과정에서 사용후 방출되는 이온교환수지이다. 폐수지에는 환경 이동성이 빠르며 먹이사슬을 통해 인체에 용이하하게 유입될 수 있어 주요 내부피폭 핵종으로 분류되는  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 가 높은 농도로 함유되어 있다. 따라서 폐수지중  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 의 농도는 폐수지의 장기저장과 처분방식 결정 및 그에 따른 처분비용 산출에 있어서 중요 인자로 인식 된다. 본 연구에서는 우리나라의 원자력발전소 운영과정에서 발생된 폐수지중  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 의 분포 특성을 조사하였다.

폐수지에서  $^{14}\text{C}$ 은 주로 탄산이온 혹은 중탄산이온으로 존재하며, 이온교환수지 기지에 교환된 탄소의 형태로 존재할 가능성은 낮은 것으로 알려져 있다. 또한 삼중수소는 HTO의 형태로 수분과 함께 존재한다. 따라서 폐수지의  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 의 분리시 유기물인 폐수지를 완전산화 시킬 필요는 없다. 본 연구에서는 폐수지로부터  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 의 동시 분리시 산화용출법을 사용하였으며  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 의 측정에는 액체섬광계수기를 이용하였다. 또한 폐수지중  $^{14}\text{C}$ 의 유기 및 무기 탄소 분율을 조사하였다.  $^{14}\text{C}$ 은  $\text{CO}_2$ 로 휘발시켜 섬광제인 Permaflour와 강알카리성 포집액인 Carbosorb의 1:1 혼합용액으로 포집하였다. 삼중수소는  $^{14}\text{C}$  포집 후 남은 용액을 증류시켜 증류액으로 포집한 후 섬광제인 Ultimagold와 혼합하였다.  $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$  표준용액을 사용하여  $^{14}\text{C}$ 의 회수율을 측정 한 결과 1 Bq 이상의  $^{14}\text{C}$ 을 주입하였을 때 산의(염산, 질산 및 황산) 종류에 관계없이 80% 이상 회수되었다. 염산 및 질산 매질에서 산화증류법에 의한 삼중수소의 회수시 증류액이 강한 산성을 나타내었으며 Ultimagold와 혼합시 현탁 되었다. 그러나 황산매질에서 포집한 삼중수소의 증류액은 Ultimagold와 잘 혼합되었다. 황산매질에서 HTO 표준용액에 의한 삼중수소 회수율 측정결과 1 Bq 이상의 삼중수소 주입농도에서 80% 이상 회수되었다. 질산 및 염산매질에서 폐수지를 산화 용출시킨  $^{14}\text{C}$  포집용액에서는 감마핵종이 검출되지 않거나 미량 검출되었다. 그러나 삼중수소 포집액에서는  $^{60}\text{Co}$  및  $^{137}\text{Cs}$  등의 감마핵종이 검출되었다. 또한 Sample Oxidizer에 의한 폐수지의  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$  포집용액에서도 감마핵종이 검출되었으며, 산화 용출법에 비해  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 이 수십~수백 배 이상 높은 농도로 측정되었다.  $^{14}\text{C}$ 의 화학종분석결과 폐수지에 존재하는  $^{14}\text{C}$ 의 약 60% 이상이  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ 의 무기성탄소로 확인되었다. 폐수지의  $^{14}\text{C}$  및  $^3\text{H}$ 의 분포범위는 각각 불검출~ $1\text{E}5$  Bq/g 및 불검출~850 Bq/g 이었으며, 폐수지 발생원에 따라 다양한 분포를 보였다. 폐수지중  $^{14}\text{C}$ 의 평균농도가  $^3\text{H}$ 에 비해 약 50배 이상 높게 나타났는데 이것은 폐수지의 낮은 수분함량에 기인하는 것으로 사료된다.