

폐윤활유 시료 방사능 분석 중 연소 조건에 따른 시료 상태의 정성적 관찰

김희령 · 정근호 · 강문자 · 이완로 · 조영현 · 최근식 · 이창우

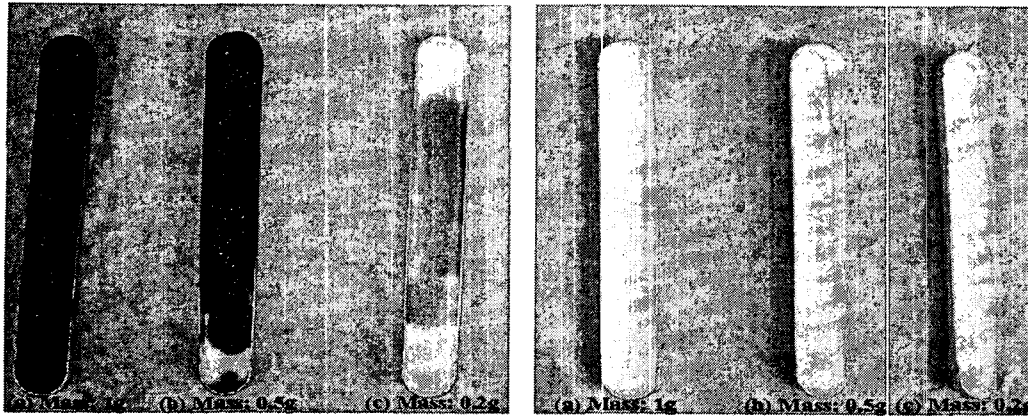
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

kimhr@kaeri.re.kr

원자력시설의 운영 폐기물 및 해체 폐기물을 자체처분하기 위해서나 중·저준위 방사성 폐기물 처분장의 환경 감시를 위해서 ^3H 와 ^{14}C 의 방사능 분석이 요구되고 있다. 일반적으로 경수로의 경우 ^3H 는 냉각수에서 리튬의 중성자 포획반응 ($^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$)에 의하여 주로 생성되며 ^{14}C 은 용존 질소의 중성자 포획 반응 ($^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$)에 의하여 주로 생성된다. 그리고 ^3H 와 ^{14}C 은 순수 베타 방출핵종으로서 에너지는 상대적으로 낮아 베타 방출시 ^3H 은 18.6 keV, ^{14}C 은 156.5 keV의 에너지를 방출한다. 대부분의 ^3H 는 주로 HTO의 형태로 발견되며 ^{14}C 은 유기물 형태로는 CH_4 , 무기물 형태로는 CO_3^{2-} 또는 HCO_3^- 로 발견된다. U.S. NRC 10 CFR 61에 따르면 환경시료나 중·저준위 방사성폐기물에 존재하는 ^3H 와 ^{14}C 은 ^{99}Tc 및 ^{129}I 과 같이 휘발성 원소로서 측정하기가 어려운 핵종으로 취급되고 있다. 실제적으로 원자력발전소 펌프 및 윤활 계통에서 사용되는 윤활유는 ^3H 와 ^{14}C 으로 오염될 수 있는데 그 양은 수 만 리터(200 리터 규모 수십 드립)에 달한다. 따라서 이러한 방사성폐기물에 대한 처분 비용 절감을 위한 자체처분 판별이 중요하다. 일반적으로 폐윤활유 ^3H 및 ^{14}C 핵종 분석 방법들 중의 하나로서 시료를 고온에서 연소시켜 질산 및 Carbosorb에 포집한 후 액체섬광계수기로 측정하는 방법이 사용되고 있다. 본 실험에서는 고온 연소 과정에 있어서 서로 다른 연소 조건에서 폐윤활유 시료를 연소시킨 후 연소 후의 상태를 가시적으로 관찰하고 방사능 농도 분석을 수행하였다.

- 연소 조건에 따른 시료 상태

경향성을 개략적으로 파악하기 위하여 연소 온도는 500 °C로 하고 연소 시간과 시료 무게를 각각 1 시간과 2 시간, 0.2 g, 0.5 g 및 1 g으로 하였을 때의 상태를 그림 1에서와 같이 살펴보았다. 그림 1에서 보면 1 시간 동안 가열한 경우에는 시료가 완전히 산화되지 않으나 2 시간인 경우에는 대부분 산화됨이 가시적으로 구분된다. 실제적으로 2 시간 연소의 경우 연소 효율 (= $1 - \frac{\text{연소후타고남은재의무게}}{\text{연소전시료의무게}}$)을 계산해보면 0.2 g, 0.5 g 및 1 g에 대하여 각각 98.9%, 98.0% 및 95.5%이었다.



(A) 1시간 연소

(B) 2시간 연소

Fig. 1. 연소 시간에 따른 시료의 연소 후 상태

- 방사능 농도 분석

시료 무게를 연소 효율이 가장 높은 0.2 g으로 취하여 발전소 폐윤활유 5 개 시료의 방사능 농도를 분석하였다. ^3H 의 경우 1 개의 시료에서 $1.587 \pm 0.3409 \text{ Bq/g}$, 4개 시료에서 모두 MDA 이하로 검출되었으며, ^{14}C 의 경우는 5개 시료 모두 MDA 이하로 검출됨에 따라 본 실험에서 사용된 폐윤활유 시료는 자체처분 농도 제한치인 100 Bq/g 이하임을 알 수 있었다.

- 결론 및 향후 계획

고온 연소법을 사용한 폐윤활유 시료의 방사능 분석에 있어서 연소 시간이 길고 시료의 무게가 작을수록 연소 효율이 높아짐을 정성적으로 확인할 수 있었다. 실제적으로 대량의 시료를 신속하게 분석하기 위하여 일정 범위의 연소 효율을 유지하는 최소 연소 시간을 도출할 필요가 있다. 또한 시료의 무게가 클수록 MDA 값이 작아진다는 것을 고려할 때 연소 효율을 떨어뜨리지 않으면서 요구된 MDA값을 만족시키도록 시료 무게를 설정하여야 할 것이다.