

액체섬광계수장치를 이용한 RI폐기물 내 ^{32}P 분석

강상훈, 최한보*, 한선호, 손세철, 지광용

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045번지 (덕진동 150)

*한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

indoor@hanmail.net

1. 서론

최근 혈액(혈소판) 검사 및 치료, 의학적·생화학적 연구 및 교육 목적으로 방사성 인을 사용하는 RI 이용기관의 수가 늘어나면서 그에 따라 RI폐기물 내 ^{32}P 의 발생량도 꾸준히 증가하고 있다. 개봉 RI 중 방사성 인의 이용을 위한 ^{32}P 의 허가량은 판매기관, 의료기관, 연구기관의 순이며, RI폐기물의 형태는 가연성, 비가연성, 비압축성 폐기물과 폐 필터 등이 있다. ^{32}P 는 1710.7 keV의 매우 높은 에너지를 갖는 베타 방출 핵종이다. RI폐기물 내 ^{32}P 의 반감기는 14.3일로 짧고 단기간의 진단 및 치료 목적으로 사용되었기 때문에 발생기관별, 성상별, 연도별로 체계적이고 지속적인 관리를 하고 꾸준한 모니터링을 통해 방사능이 충분히 감쇄되어 기준치보다 훨씬 낮은 RI폐기물에 대해서는 안전을 확보한 상태에서 자체처분 등을 통해 경제적인 효과를 기대할 수 있다. 그러기 위해서는 RI폐기물 내에 존재하는 다양한 핵종들 중에서 ^{32}P 를 분리해 내는 기술과 신속·정확하게 분석하는 과정이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 ^{32}P 표준물질과 실제 시료에 대해 산침출을 통해 용액의 형태로 회수하고, 화학적 분리방법에 의해 유기층에서 추출한 후 적절한 각테일과 혼합하여 액체섬광계수기로 측정하는 방법을 적용하였다.

2. 실험 및 결과

전체적인 실험과정은 아래의 Fig. 1과 같이 산침출 및 여과과정, 용매추출과정, 액체섬광계수기(liquid scintillation counter, LSC) 측정과정의 3단계로 이루어지며 각 과정의 실험 내용 및 결과는 다음과 같다.

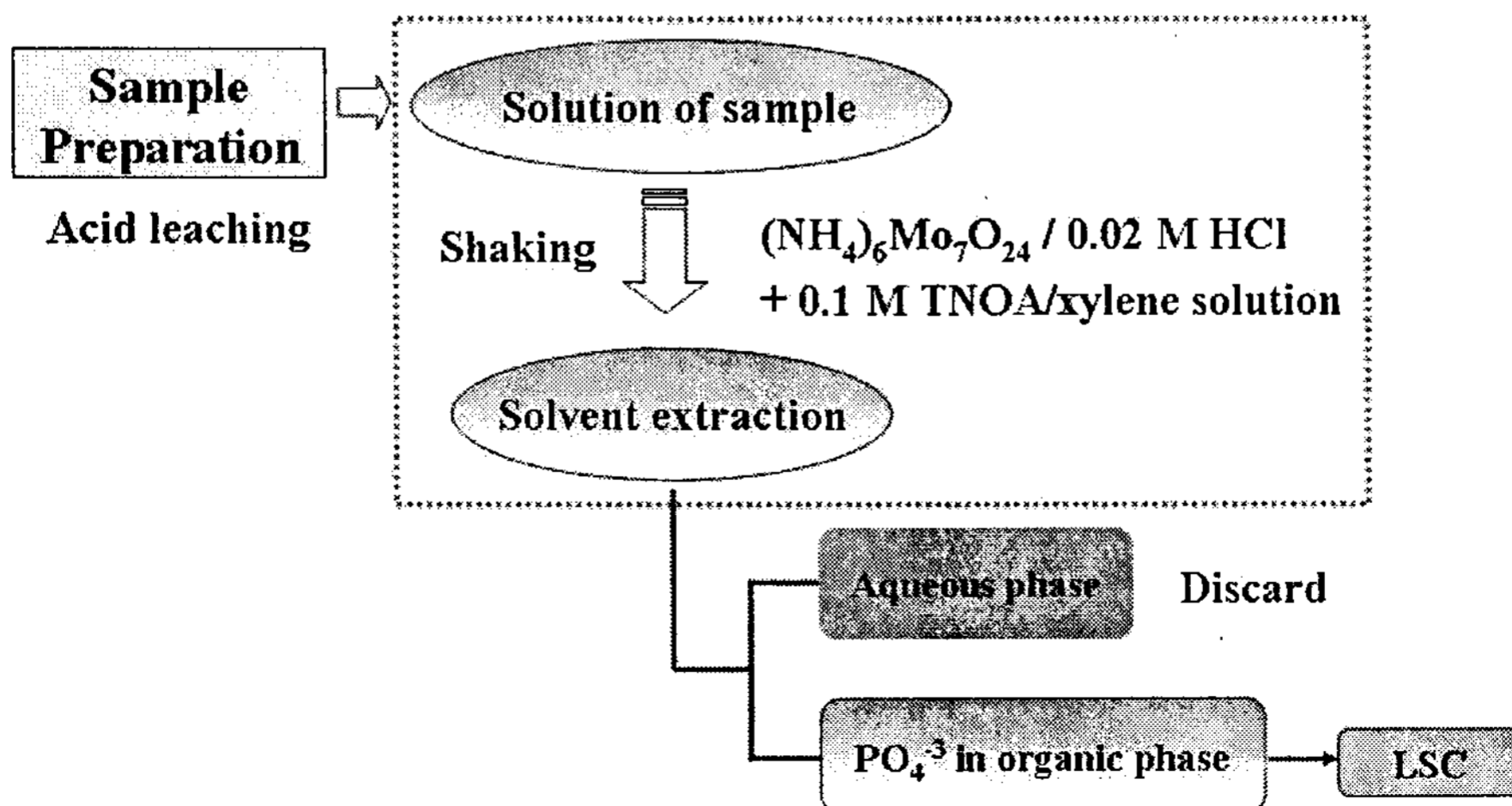


Fig. 1. Chemical separation and measurement of ^{32}P in RI wastes

방사화학실험실 후드 내에서 RI폐기물 시료를 각각 10 g씩 취하여 4 batch mantle의 200 mL 둥근 플라스크에 넣고 3 M HNO₃ 100 mL와 (NH₄)₂HPO₄ 0.1 mg/mL H₂O를 첨가한 후 150 °C의 온도로 3시간 동안 가열하였다. 침출시에는 150 °C의 온도에서 3 M HNO₃으로 3시간 동안 유지시켰으며, 플라스크 내에 시료와 용액이 충분히 섞이면서 침출이 이루어질 수 있도록 교반과정을 첨가하였다. 산침출 과정이 끝나면 실온까지 냉각한 후 suction bell 장치와 Whatman filter를 이용하여 여과하였다. 여과된 용액을 hot plate에서 증발건고하여 0.02 M HCl 매질 하에서 7 mL로 만들었다. 증발건고한 7 mL의 용액에 (NH₄)₆MO₇O₂₄ 0.1 mg/mL H₂O와 0.1 M TNOA/xylene 용액 8 mL를 첨가한 후 5분간 강력하게 교반하고 4시간 동안 방치하였다. 유기층과 수층으로 완전히 분리되면, 상부 유기층을 취하여 액체섬광계수기 측정용 소형용기에 옮기고, Aquasol-2나 Insta-flour 각테일을 8 mL 취하여 액체섬광계수기에서 에너지를 0~1710 keV의 범위로 놓고 30 분 동안 측정하였다.

모의 시료인 제염지를 이용한 3 M HNO₃의 침출과정을 ICP-MS로 측정한 결과 (85 ~ 90) %의 회수율을 보였으며, ³²P 표준용액을 이용하여 산침출 및 용매추출 과정을 거쳐 Aquasol-2를 혼합한 후 액체섬광계수기로 측정한 결과 평균 80.6 %의 회수율을 나타냈다. Xylene과 어울리는 각테일인 Aquasol-2와 Insta-flour는 모두 같은 비율의 높은 반응성을 보였으며, Aquasol-2는 수용액과도 잘 반응하였다. 실제 시료(팁, 제염지, 바이얼, 비닐장갑 등)인 RI폐기물을 대상으로 측정한 결과, 모두 최소검출방사능(minimum detectable activity, MDA)인 0.01 Bq/g 이하의 값으로 나타났다.

Table 1. Recovery of ³²P standard solution by LSC

	Std.	# 1	# 2	# 3	# 4	Average(SD)
Counting time(min)	30	30	30	30	30	
Measured activity(Bq)	12.15	9.51	10.13	9.79	9.78	9.80(0.25)
Recovery(%)		78.3	83.3	80.5	80.4	80.6(2.1)

3. 결론

³²P 표준용액을 이용한 산침출 및 용매추출 과정의 회수율은 80.6 %로 나타났으며, 이때 각테일은 Aquasol-2와 Insta-flour를 사용하였다. 액체섬광계수기를 이용한 측정과정에서는 계측효율을 보정하기 위해 에너지의 소광효과를 관찰해야 하는데, 본 연구에서는 Aquasol-2를 이용하여 3.78×10³ Bq의 ³²P 표준용액을 이용하여 소광보정곡선을 작성하였다. RI폐기물 내 ³²P 분석을 위해 위와 같은 실험 조건에 따라 전처리 과정 및 화학적 분리과정, 그리고 액체섬광계수기를 이용하여 적용할 수 있음을 확인하였으며, 실제 시료인 RI폐기물 중 단일핵종 시료와 혼합핵종 시료 내 ³²P 측정에 적용한 결과, 분석대상 시료의 경우에는 최소검출방사능인 0.01 Bq/q 이하의 분석결과를 나타내었다.