

플라스틱 시료 표면에 부착된 방사성물질 분석

이승식, 표형열, 배영빈*, 최광순, 지광용
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 *(주)엑트, 대전광역시 대덕구 신일동1588-5번지
 dl95082041@empal.com

1. 서론

국내·외적으로 사회적인 관심이 되고 있는 환경오염 및 인체 위해성과 관련하여 국제적으로 방사성물질에 대한 엄격한 규제 요구가 점차 확대되고 있다. 특히, 인체에 직접적인 영향을 미치는 방사성핵종들에 대해서는 이와 같은 규제가 더욱 강화되고 있는 추세이다. 따라서 이와 같은 국제적 상황에 대비하기 위해서 환경오염 및 방사성물질에 대한 시험방법의 적용 및 신뢰성 있는 시험결과를 산출하기 위해서 체계적으로 검증된 분석방법을 미리 확보하는 것이 필요하다. 방사성핵종을 분석하기 위해서는 우선 시료에 함유된 분석대상 핵종들을 선택해서 회수하는 것이 중요하다. 이 과정을 일반적으로 시료전처리 과정이라고 하며, 모든 화학분석에 있어서 필수적이고 최우선적인 과정이라고 할 수 있다. 분석대상이 되는 방사성핵종을 시료로부터 분리 회수하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 그 중에서 비가연성의 플라스틱 재질 시료의 표면에 흡착된 방사성핵종의 분리 회수의 경우에는 초음파 세척기법을 활용하는 것이 좋은 방법이라고 할 수 있다. 초음파 세척기법은 초음파의 에너지를 이용하는 것으로 초음파를 수중에 사용할 경우 공동화현상(cavitation)이 발생한다. 이러한 공동화현상은 기포(bubble)를 발생하여 플라스틱 표면에 부착된 방사성핵종들을 탈착시키는 역할을 하게 된다.

본 연구에서는 초음파 세척기법의 특성을 이용하여 방사성핵종을 흡착하고 있는 플라스틱 재질의 시료로부터 방사성핵종을 탈착 회수하기 위한 최적의 실험조건들에 대해 조사하였다. 또한 최적의 실험조건을 표준물질이 부착된 모의 시료에 적용하여 실험방법에 대한 신뢰도를 확인하였으며, 실제 방사성물질이 포함된 시료에도 적용하여 분석한 결과에 대해 검토하였다.

2. 실험 및 결과

실험은 시험방법의 신뢰도를 확인하기 위한 예비실험과 예비실험의 결과를 토대로 한 방사성물질이 포함된 실제 시료에 대한 적용으로 나누어 수행하였다. 예비실험의 시료는 Cr, Co, Nd, Fe 표준용액(ICP-AES 표준용액 1000 mg/L)을 사용하여 syringe에 점착시켜 사용하였다. 실험에 사용한 초음파 세척기는 성동 초음파사의 SD-D300H 기기를 사용하였으며, 초음파 세척기의 초음파 주파수는 40 KHz, 초음파 출력은 200 W, 세척기 내부 용량은 10 L, 내부 크기는 290 × 240 × 150 mm이었다. 시료에 부착된 핵종 원소들의 회수율 평가 예비실험방법은 탈착용액 조성에 따른 비교 실험, 초음파 세척기 내의 온도에 따른 실험, 초음파 세척기 반응 시간에 따른 실험 세 가지 조건으로 나누어 실시하였다. 실제 시료에 대한 실험은 예비실험의 결과를 바탕으로 방사성물질을 함유하고 있는 4개의 시료에 적용하여 실험을 수행하였다. 실험 결과를 측정하기 위한 원소 또는 핵종 분석에는 ICP-AES(Jobin YVON Model Ultima 2C) 기기를 사용하였다.

예비실험 결과 탈착용액 조성에 따른 회수율은 증류수를 제외한 모든 탈착용액의 회수율이 높게 나타났다. 그 이유는 증류수보다 산에 의한 화학적 반응으로 인한 용출임을 알 수 있다. 또한, 시료전처리시 혼합산을 이용하는 것을 고려하여 초음파세척 실험은 증류수보다 산과 병행하여 실험하는 것이 높은 회수율을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이후 실험 조건에 6 M HCl + 7.5 M HNO₃을 적용하였다. 초음파 세척기 내의 온도에 따른 회수율 실험 결과는 어느 정도의 편차가

생기는 것을 알 수 있었으나, 30 ℃ 이상에서는 회수율이 90 % 이상으로 일정해지는 것을 알 수 있다. 하지만, 초음파 세척기 내의 온도 변화에서 볼 수 있듯이 온도와 밀접한 실험을 수행할 경우 초음파 세척기 내에 일정한 온도를 유지할 수 있는 냉각기를 설치하여야 함을 알 수 있다. 초음파 세척기 반응 시간에 따른 회수율 실험 결과는 상당히 좋은 결과를 얻었으며, 40 분 정도 이후에는 회수율이 어느 정도 평형에 가까워지는 것을 알 수 있었다.(Fig. 1. 참조)

예비실험 결과에서 얻은 초음파 세척 실험 조건을 바탕으로 방사성물질이 포함된 실제시료에 적용하여 실험한 결과 회수율이 (90.0 ~ 101.5) %로 상당히 높은 값을 얻었으며, 초음파 세척기 법이 방사성물질이 포함된 실제시료에도 적용 가능함을 알 수 있었다.

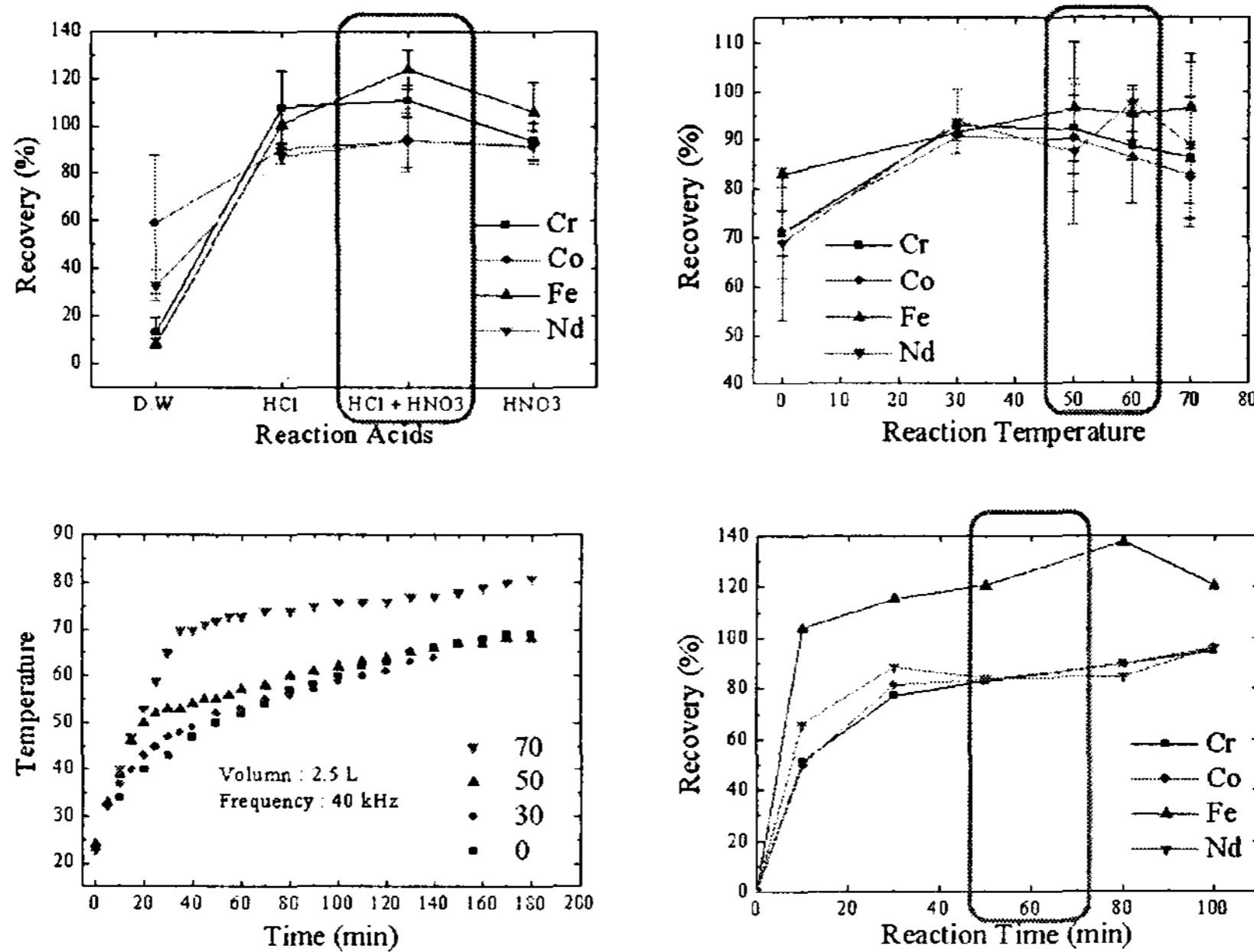


Fig. 1. 초음파 세척기(ultrasonic)를 이용한 회수율 실험 결과

3. 결론

본 실험을 통해 방사성핵종 원소의 탈착용액 조성으로는 6 M HCl과 7.5 M HNO₃을 1 : 1 비율로 혼합한 혼합산을 사용하여 실험하는 것이 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 초음파 세척기 내의 온도는 (50 ~ 60) ℃로 조절하고 실험을 수행하는 것이 전반적으로 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 반응 시간에 따른 회수율 실험에서는 60 분을 전후로 해서 회수율이 평형에 가까워지는 것으로부터 반응 시간은 60 분 정도로 하는 것이 최적의 조건임을 알 수 있었다. 이와 같은 실험조건은 방사성물질이 포함된 실제시료에도 적용하였으며, 이로부터 산출된 실험결과에 대해서도 비교 검토하였다.