

Sr-spec resin을 이용한 환경시료 중의 Sr-90 분석 연구

한충훈, 김원직, 박경호, 박재우
 제주대학교, 제주도 제주시 아라1동
 tang007@jeju.ac.kr

1. 서론

과거 강대국들이 실시한 핵실험 및 원자력발전소 폭발사고 등에 의해 환경으로 수많은 인공 방사능 핵종들이 방출되었다. 이 중에 장반감기 핵종이며 베타 방출체인 Sr-90에 대한 방사능 분석은 검출 한치를 만족시키는 신뢰성 있는 자료를 산출하는 것은 상당히 어렵다. 그동안 많은 연구자들이 환경 시료 중에 존재하는 방사성 동위원소 Sr-90을 분리·정량하는 방법들을 연구해 왔다.¹ 이 중 Sr 및 Ca의 용해도 차이에 의한 연속 추출에 의한 Sr을 화학적으로 분리하는 발연질산법²을 많이 사용하여 왔으나 발연질산의 독성 및 취급상 문제로 인하여 최근에는 다른 방법들이 연구되고 있다.

본 연구에서는 최근에 많은 연구가 되고 있는 Sr-spec 수지 사용법³을 보완하여 환경 시료 중에 함유된 Sr-90을 순수 분리하고 정량하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 개요

환경시료에 극소량으로 존재하는 Sr-90 핵종을 방해원소로부터 완전히 분리하려면 복잡한 화학적 조작이 필요하다. 최근 Eichrom 사에서 생산되는 Sr-Spec 수지는 비싼 단점이 있으나 분석시간 및 분석폐액을 단축하는 장점이 있다. 본 연구에서는 환경시료로부터 Sr-Spec 수지를 사용하여 Sr-90을 순수분리하고, 바로 액체섬광계수기(Quantulus 1220)를 이용하여 정량적인 분석법을 제시하고자 한다.

먼저 Sr-90을 정량하기 위해서는 Quantulus 1220 액체섬광계수기의 optical crosstalk을 최소화하기 위해 최적의 PAC(Pulse Amplitude Comparison) 값을 설정하였다. Quantulus 1220은 PAC 값을 1~255까지 설정할 수 있다.

산성 조건에서 Sr-Spec 수지에 Sr을 흡착시킨 다음 중성용액(0.05M HNO₃ 또는 증류수)으로 수지에 흡착된 Sr을 회수하는데 수지 질량 대 중성용액의 양을 확인하였다.

액체섬광계수기를 이용하여 환경시료 내에 존재하는 방사능 농도를 측정하려면 먼저 계측시료의 소광 정도와 계측효율간의 상관관계에 분석 평가가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 소광현상과 계측 효율간의 상관관계를 구하기 위해 표준 Sr-90 용액을 Sr-Spec 수지에 통과한 후 quenching agent로 가장 많이 사용되는 nitromethane을 이용한 외부표준법을 사용하였다. 또한 Quantulus 1220 기기를 사용하였기 때문에 소광 정도를 보정하기 위해 사용하고 있는 인자인 SQP(E)를 사용하였고, external standard source는 Eu-152이다.

2.2 결과

2.2.1 최적 PAC level 설정

activity가 55,920 dpm (⁹⁰Sr + ⁹⁰Y)인 표준 Sr-90 (KRISS Certification No. 1107-00441-001) 시료를 갖고 최적의 PAC (Pulse Amplitude Comparison) 값을 1~255까지 설정하여 측정하였다.

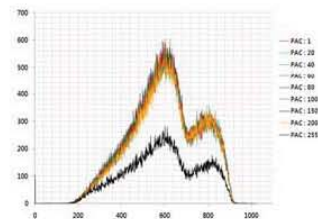


Fig. 1. Spectra of Sr-90 and Y-90 in the various PAC.

Table 1. Counting efficiency values for the Sr-90 and Y-90 in the various PAC.

PAC level	평균 cpm (Sr+Y)	Efficiency (%)
1	38,288	68.47
20	38,201	68.31
40	38,286	68.47
60	38,104	68.14
80	37,919	67.81
100	37,968	67.89
150	37,494	67.05
200	36,381	65.05
255	18,120	32.4

Fig. 1에 보듯이 PAC 값이 1~200까지는 효율 값이 큰 차이는 나지 않았지만 200 이상 값에서는 크게 떨어졌다(Table 1). PAC 값이 1일 때 가장 높은 효율 값인 68.47%로 나타나 최적의 PAC 값은 1로

설정하였다.

2.2.2 Sr-Spec 수지를 이용한 Sr-90 분리

Poly-Prep 컬럼(Φ8×40 mm)에 0.5 g의 Sr-Spec 수지를 넣은 다음 0.05M과 6.0M HNO₃ 2.5 mL로 각각 3회씩 수지를 세척한다. 표준 Sr-90 1 mL (activity 1,677.6 dpm)를 컬럼에 가하여 시료를 흡착 시켜준다. 2.5 mL의 6.0M HNO₃으로 4회 세척해준 후 컬럼 내의 수지에 흡착된 Sr을 탈착시킬 정도를 확인하기 위하여 0.05M HNO₃으로 1.0, 2.0, 3.0, 3.0, 3.0 mL로 순차적으로 가하여 회수한 후 액체선풍제(Ultima Gold)로 전체부피를 20 mL가 되게 가한 후 액체선풍계수기로 Sr-90을 정량한다.

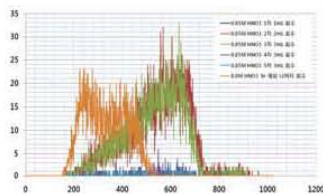


Fig. 2. Spectra of Sr-90 in FS-DPM counting mode after column separation.

0.5g Sr-spec 수지에 흡착 후 Sr-90을 측정할 결과 각각 6.37, 586.3, 543.6, 24.37, 9.2 cpm으로 나타나 수지에 흡착된 Sr을 완전히 회수하기 위해서는 최소 9.0 mL 이상 0.05M HNO₃이나 증류수를 가해 줘야 함을 알 수 있었다(Fig. 2). 또한 회수된 시료들은 시간이 경과함에 따라 Sr-90의 딸핵종인 Y-90이 나타남을 확인할 수 있었다.

2.2.3 Sr-90 quench correlation 곡선 작성

⁹⁰Sr/⁹⁰Y 표준용액 5.0 mL (27.96 Bq/mL)를 취하여 50 mL 테프론 비이커에 넣고 증발건고한다. 여기에 다시 6.0M HNO₃용액 10 mL를 가하여 녹인 후 6.0M HNO₃용액으로 전처리한 Sr-spec column에 표준시료를 가하여 흡착시켜주고 6.0M HNO₃ 30mL로 컬럼을 충분히 세척한다. Sr-spec 컬럼에 흡착된 Sr은 증류수 5×4 mL를 사용하여 용출하고 증발건고 후 0.1M HCl 10.0 mL로 건고물을 녹인 다음 quenching agent인 nitromethane을 0, 150, 300, 450, 600 μL까지 순차적으로 첨가시킨 후 액체선풍계수기(Quantulus 1220)를 이용하여 Sr-90 농도를 측정하여 Sr-90 quenching 곡선을 작성한다. 표준 Sr-90의 quench set로부터 얻은 quench correlation 곡선을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 quenching agent인 nitromethane 양이 증가할수록 quench level은 증가하여 계측효율이 감소됨을 알

수 있었다. 또한 계측효율은 SQP(E)에 비례하여 증가됨을 알 수 있었다.

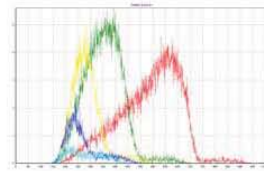


Fig. 3. Spectra of Sr-90 quenching correlation with Sr-spec resin column.

quenching agent을 넣지 않을 경우 즉 quenching이 일어나지 않을 경우 최대 계측효율 60.97 %를 나타내었고, quenching agent을 600 μL 넣은 경우는 가장 낮은 4.32 %였다.

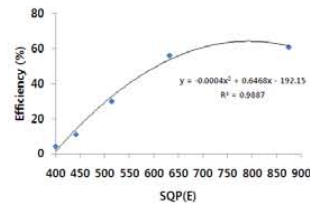


Fig. 4. Quench correlation curve of Sr-90 for liquid scintillation counting.

3. 결론

본 연구에서는 Sr-90을 Sr-spec 수지와 액체선풍계수기(Quantulus 1220)를 사용하여 순수 분리 및 정량법을 개발하였다. 본 연구를 통해 환경시료 중 Sr-90을 분석하는 데 있어 이전 발연질산법 등이 갖고있는 파량의 산 처리로 인한 위험 요소들을 줄이고, 처리 시간 및 비용을 절감시킬 수 있을 것이다.

4. 감사의 글

이 연구는 교육과학기술부 한국연구재단 중점연구사업(2012-0005855) 지원을 받아 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 원미숙 외, *Analytical Science & Technology*, 14(1), 8(2001).
- [2] H. H. Willard and E. W. Goodspeed, *Ind. Eng. Chem. Anal. ED.*, 8, 414(1936)
- [3] E. P. Horwitz, M. L. Dietz, D. M. Nelson, J. J. Larosa, W. D. Fairman, *Analyt. Chim. Acta*, 238, 263(1990).