*Journal of Radiation Industry* 15(2) : 141~146(2021) https://doi.org/10.23042/radin.2021.15.2.141

# Sr-resin을 이용한 해수 중 $^{90}$Sr 신속분석법 연구

양 남 희[1] · 최 인 석[1] · 이 경 진[1,*]

[1]조선대학교 원자력공학과

# A Study on the Rapid Screening Analysis for $^{90}$Sr in Seawater Using Sr-resin

Nam-Hee Yang[1], In-Seok Choi[1] and Geong-Jin Lee[1,*]

[1]*Nuclear Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju, Republic of Korea*

**Abstract - By using Sr-resin, the author supplemented weaknesses of the existing analytical method and conducted a test to minimize chemical procedures. Considering the maximum capacity of Sr-resin, the author applied one liter of seawater as a sample. The chemical separation procedure for this study was divided into three stages, which are hydroxide procedure, carbonate procedure and Sr-resin procedure. The recovery rates per stage through measurement of $^{85}$Sr were 97.0±1.3% for hydroxide procedure, 86.6±2.2% for carbonate procedure and 85.3±1.8% for Sr-resin procedure, which are excellent values. In order to verify the analytical method, $^{90}$Sr was introduced to the sample, followed by separation and refinement of $^{90}$Sr by using the same method. It was followed by measurement via a liquid scintillation counter. Based on the verification, the accuracy rate was high and within ±5% of relative error while MDA was 0.0103 Bq·L$^{-1}$. The analytic procedure took one or two days covering LSC measurement. In comparison with the fuming nitric acid method, the period necessary for analyses can be 27 days shorter. The strength also includes higher accuracy of analyses by confirming and analysing the spectrum area of $^{90}$Sr through LSC measurement.**

**Key words : Radiostrontium, Seawater, Sr-resin, Rapid screenig analysis, Environmental monitoring**

## 서 론

$^{90}$Sr은 과거 대기권 핵실험 및 원자력발전소 사고 등으로 인하여 지구 규모로 환경에 존재하고 있다(Vajda and Kim 2010). $^{90}$Sr은 체내에 흡수될 경우 뼈에 강하게 흡착되어 체외로 좀처럼 빠져나가지 않고 장기적인 내부 피폭을 일으켜 혈액암이나 골수암을 유발시킬 수 있다(Chen 1997). 그렇기 때문에 국내외 원자력시설은 시설 주변 환경방사선조사를 통하여 $^{90}$Sr 농도 준위를 평가함으로써 시설의 안전성을 검증하고 사고 발생 시 이를 판단할 수 있는 근거를 확보하고 있다.

환경 시료 중 $^{90}$Sr은 준위가 매우 낮고, 연속에너지의 베타선을 방출하기 때문에 타 방사선방출 핵종으로부터 영향을 크게 받아 분석이 매우 어렵다. 따라서, $^{90}$Sr을 분석하기 위해서는 비방사능을 높이기 위한 농축 과정과 타 방사성물질을 제거하기 위한 화학적 분리 과정이 요구된다(Budnitz *et al*. 1983; Lee *et al*. 1999). 기존 환경 시료 중 $^{90}$Sr을 측정하는 방법은 발연질산법을 이용하고 있다. 발연질산법은 여러 차례의 분리 과정으로 오랜 분석 시간이 필요하고, 취급의 어려움

* Corresponding author: Geong-Jin Lee, Tel. +82-62-230-7167, Fax. +82-62-608-5455, E-mail. kjblee@chosun.ac.kr

과 유독가스 발생으로 실험자의 건강을 위협한다(Bojanowski and Knapinska-Skiba 1990; Maxwell *et al*. 2013). 이러한 단점을 보완하기 위해 이온교환수지법, 용매추출법, 추출크로마토그래피법 등을 이용한 분리방법들이 연구되었고(Kramer and Davis 1982; Horwitz *et al*. 1990; Mikulaj and Svec 1993; Jung *et al*. 2015), 후쿠시마 원자력발전소 사고 이후 환경방사능 검출을 위한 신속분석법에 대한 요구가 급격히 증가함에 따라 최근에는 자동핵종분리장치(KXT-H, Kaeri eXtraction Technology-Hybrid)와 $^{90}$Y을 선택적으로 흡착하는 DGA resin을 활용한 신속분석법이 연구되었다(Kim *et al*. 2020). 하지만 이 또한 $^{90}$Y을 평형하는 데 2주가 소요된다는 단점이 있다. 또한 비상상황 시 $^{90}$Sr을 분석하기 위해 해수 100 mL 신속분석법이 연구되었지만 MDA (Minimum Detectable Acivity)가 1.7~3.5 Bq·L$^{-1}$로(Tayeb *et al*. 2016) 후쿠시마 사고 후 후쿠시마 근해에서 관측된 $^{90}$Sr 농도 0.8~85 mBq·kg$^{-1}$ (Casacuberta *et al*. 2013)에 비해 다소 높아 일상 감시에 적용은 어렵다. Gas flow 비례계수관을 사용한 해수 1~10 L에 대한 신속분석법에 관한 연구에서는 보다 낮은 MDA (1~10 mBq·L$^{-1}$)를 제시하였고, $^{90}$Sr에 대하여 89±5%의 우수한 회수율을 제시하였다(Maxwell *et al*. 2013). 다만, 이 분석법은 핵종 분석이 어렵기 때문에 $^{89}$Sr, $^{90}$Y 등을 구분하여 볼 수 없다는 점과 다른 간섭되는 베타 핵종이 완전히 제거되었는지를 확인할 수가 없다는 단점이 있다.

한편, 최근 일본 정부가 후쿠시마 제1원자력발전소에서 나오는 방사성물질을 포함한 오염수를 해양방류하겠다는 방침을 공식 결정하였다. 이에 따라 해수의 $^{90}$Sr 신속분석법이 더욱 시급한 실정이다.

본 연구는 Sr-resin을 이용하여 기존 분석법의 단점을 보완하고 분석 시간 단축, 화학적 처리 단계를 최소화할 수 있는 최적의 절차를 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 시료 준비

미국 Eichom사 Sr resin (particle size 100~150 μm)을 같은 회사 칼럼(AC-141-AL)에 2 mL BV (Bed Volume)이 되도록 충진하여 사용하였다.

Sr-resin의 최대 용량은 2 mL (BV)당 12 mg이며, 허용량은 8 mg이다(Horwitz *et al*. 1992; Eichrom Technologies). 일반적으로 해수는 Sr 8 mg·kg$^{-1}$ 포함하고 있기 때문에(Kim *et al*. 2020). 해수 1 L를 분석하기에 충분하다고 판단하여 분석량을 1 L로 하였다.

Sr-resin을 이용한 추출크로마토그래피법은 질산의 농도에 따른 resin과 Sr과의 반응성 차이를 이용한 방법(Jung *et al*. 2015))으로 70% 질산(대정화금(주))을 초순수로 희석하여 사용하였고, 다량의 염을 제거하기 위해 95% 수산화나트륨(삼전순약공업(주)), 탄산나트륨(KANTO CHEMICAL CO., INC)을 사용하였다.

해수는 서해(35°N, 126°E)에서 채취하였으며, 채취 후 방사성물질이 손실되는 것을 방지하기 위해 HCl을 첨가하였다. 해수의 비중은 평균 1.021 g·cm$^{-3}$이다.

### 2. 화학적 분리 과정 및 분석 방법

1차적으로 수산화·탄산염 침전과정으로부터 Na, Mg, Cl, K 등을 제거한다. Sr resin을 8 M $HNO_3$으로 conditioning 후, 탄산염 침전과정으로부터 생성된 $SrCO_3$을 8 M $HNO_3$으로 용해하여 Sr-resin에 흡수(loading)시킨다. 다시 8 M $HNO_3$으로 Washing하여 Ca, Ba, Ra, $^{90}$Y을 분리한다. 마지막으로 0.05 M $HNO_3$와 약간의 초순수로 $^{90}$Sr을 용출한다(Fig. 1).

분리 정제된 용액을 증발 건고한 후 2 M $HNO_3$으로 용해하여 Ultima Gold AB (PerkinElmer Inc., USA) 칵테일과 혼합해서 계측용 시료로 제작하였다. 그런 다음 LSC (Liquid Scintillation Couter, Quantulus 1220) Scintillation mode로

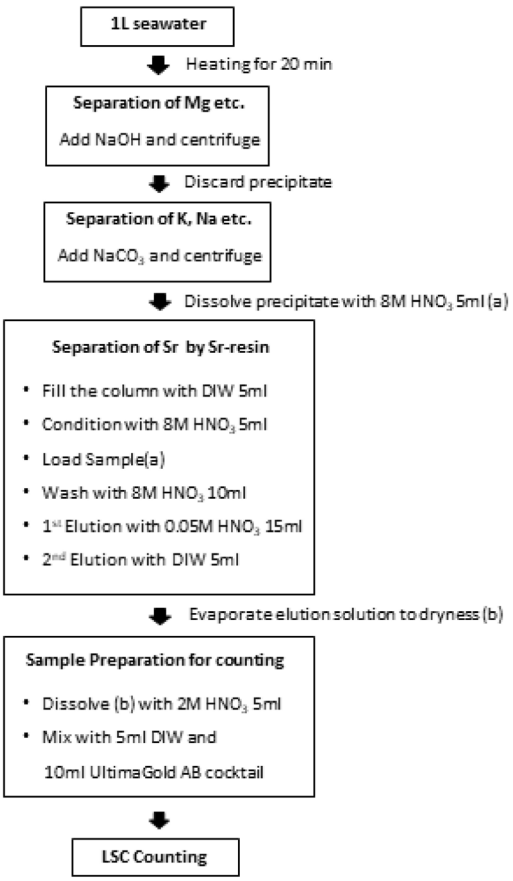


**Fig. 1.** Flow Chart for rapid $^{90}$Sr screenig analysis.

계측 분석한다(Fig. 1). 같은 방법으로 Blank 시료를 제작하여 MDA를 산출하였다.

$$MDA(Bq/L) = \frac{k^2 + 2k\sqrt{2N_b}}{t_s(s) \cdot \epsilon \cdot m(L)} \quad (1)$$

$k$: 95% reliablity (1.645)
$N_b$: BKG Counts
$t_s$: Count time
$\epsilon$: $^{90}$Sr Efficiency
$m$: Sample volume

### 3. 회수율 측정 및 분석 방법의 검증

각 단계별 회수율을 확인하기 위하여 $^{85}$Sr 표준선원(Eckert & Ziegler, California)을 이용하여 HPGe (BSI, $^{60}$Co 1.33 MeV에 대한 NaI (Tl) 상대효율 30%)로 측정하였다.

최종적으로 $^{90}$Sr 표준선원(한국표준과학연구원)을 이용하여 분석 방법을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 화학적분리 단계별 회수율

$^{85}$Sr ($E_\gamma$: 0.514 MeV, Yield: 98.4%)을 방사능이 약 280~290 Bq되도록 분취하여 해수 1 L 시료에 첨가하였다. 본 분석법의 화학적 분리 단계를 3단계(1. 수산화, 2. 탄산염, 3. 레진)로 나누어 각 단계별로 회수율을 측정하였고, 매 실험이 동일하게 이루어졌는지를 확인하기 위해 각 단계별 침전물양을 확인하였다.

해수 1 L에 NaOH 5 g을 투입하여 10분 교반한 후 원심분리하였다. 이때 슬러지의 양은 8.83±0.53 g이다. 수산화 단계 후 상등액에 $NaCO_3$ 10 g을 첨가, 10분 교반한 후 원심분리하였고, 침전물의 양은 1.70±0.29 g이다. 탄산염 과정에서 침전물의 양을 확인하고 Sr-resin으로 충분히 처리할 수 있을 거라고 판단하였다. 레진 처리 후 용출한 Sr 용액을 증발 건고하여 무게를 측정한 결과 약 0.025±0.004 g으로 나타났다(Fig. 2).

각 단계별 회수율은 Table 1과 같다.

수산화 처리 후 상등액을 분취하여 회수율을 측정한 결과 97.0±1.3%로 나타났다. 탄산염 첨가 후 침전물을 용해하여 회수율을 측정한 결과 86.6±2.2% 나타났으며, 최종적으로 resin 분리 단계에서 회수율은 85.3±1.8%로 나타났다(Table 1).

이는 Maxwell의 신속분석법, ICP-MS 측정에 의한 해수 1 L에 대한 회수율 89±5%과 비슷한 수준이며(Maxwell *et al*. 2013), Grahek의 신속분석법(해수 1 L에 3 M $HNO_3$을 첨가한 후 Sr-resin 6 g에 해당 시료를 흡수시키는 방법), 회수율 45%보다 우수한 수준이다(Grahek and Macefat 2010).

### 2. $^{90}$Sr을 이용한 분석 방법 검증

$^{90}$Sr ($E_{max}$: 0.546 MeV, Yield: 100%)을 이용하여 본 분석방법을 검증하였다. $^{90}$Sr 표준선원(한국표준과학연구원)을 약 180 Bq되도록 분취하여 시료에 투입한 후 본 연구의 분석 방법으로 $^{90}$Sr을 분리 정제하고, LSC Scintillation mode로 계측하였다.

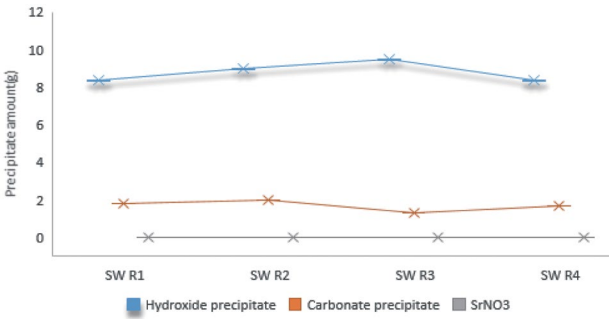


**Fig. 2.** Amount precipitate by chemical separation procedure ($^{85}$Sr).

**Table 1.** Recovery according to chemical separation procedure in the 1 L seawater

| ID | $^{85}$Sr, reference value (Bq·vial$^{-1}$) | Hydroxide procedure | | Carbonate procedure | | Sr-resin procedure | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $^{85}$Sr, measured value (Bq·vial$^{-1}$) | Recovery (%) | $^{85}$Sr, measured value (Bq·vial$^{-1}$) | Recovery (%) | $^{85}$Sr, measured value (Bq·vial$^{-1}$) | Recovery (%) |
| SW R1 | 299 | 284.4±4.9 | 95.1±1.7 | 257.4±1.9 | 86.1±0.9 | 254.9±1.8 | 85.3±0.8 |
| SW R2 | 296 | 289.6±4.9 | 97.9±1.7 | 262.5±2.1 | 88.7±0.9 | 258.8±1.8 | 87.4±0.8 |
| SW R3 | 290 | 283.7±4.8 | 97.8±1.8 | 244.8±2.1 | 84.4±0.8 | 241.0±1.8 | 83.1±0.8 |
| SW R4 | 287 | 278.6±4.7 | 97.1±1.8 | 250.2±2.0 | 87.2±0.9 | 245.5±1.8 | 85.5±0.8 |
| Mean±SD | – | – | 97.0±1.3 | – | 86.6±2.2 | – | 85.3±1.8 |

Uncertainty is the combinde standard uncertainty of standard source uncertainty and measurement uncertainty (k=1).

스펙트럼을 확인한 후 $^{90}$Y이 영향이 적은 $^{90}$Sr만의 ROI (Region of interest) channel를 선정하여 식(2)로부터 효율을 산출하였다. 여기서 효율은 화학적 분리단계에서부터 계측 효율까지를 포함한 전체 효율이며, ROI channel은 61~600 ch이다(Fig. 3).

$$\epsilon_{^{90}Sr}(\%) = \frac{\dot{n}_{smpl} - \dot{n}_{bkg}}{A_{^{90}Sr}} \times 100 \quad (2)$$

$\dot{n}_{smpl}$: Sample count rate (cps)
$\dot{n}_{bkg}$: BKG count rate (cps)
$A_{^{90}Sr}$: $^{90}$Sr Activity (Bq)

효율 산정 결과 최대 83.7±2.8%, 평균 82.4±2.2%로 나타났다(Table 2).

또한 Blank 시료를 제작하여 동일한 방법으로 처리한 후 LSC로 계측하였다. MDA는 시료량, 측정시간에 따라 달라질 수 있으며 본 분석 방법에서 시료량 1 L, 측정시간 300분을 적용한 결과 0.0103 Bq·L$^{-1}$로 나타났다(Table 2).

기존 신속분석법 해수 100 mL에서의 MDA 1.7~3.5 Bq·L$^{-1}$보다 낮은 값이며, 해수 2 L에서 0.0091 Bq·L$^{-1}$과는 비슷한 수준이다(Maxwell *et al*. 2013; Tayeb *et al*. 2016).

$^{90}$Sr 표준선원(한국표준과학연구원)을 약 18.5 Bq·L$^{-1}$, 1.90 Bq·L$^{-1}$되도록 분취하여 시료에 투입, 검증용 시료로 제작하였다. 시료를 본 연구 분석 절차대로 처리한 후 앞서 제시한 효율을 적용하여 비방사능을 계산하였다(Fig. 4). 참조값과 분석값을 비교한 결과, 6개의 시료 모두 상대 오차가 약 ±5% 이내였다. 해당 결과로부터 본 연구 방법의 신뢰성을 검증할 수 있었다.

화학적분리 단계별 침전물양을 확인하였다. 수산화 슬러지의 양은 13.3±1.1 g, 탄산염 침전물의 양은 1.63±0.11 g, 정제한 $SrNO_3$의 양은 0.031±0.01 g이다(Fig. 5).

### 3. 분석 방법에 대한 고찰

기존 해수 시료 중 $^{90}$Sr 분석법에 대한 단점을 보완하고자 본

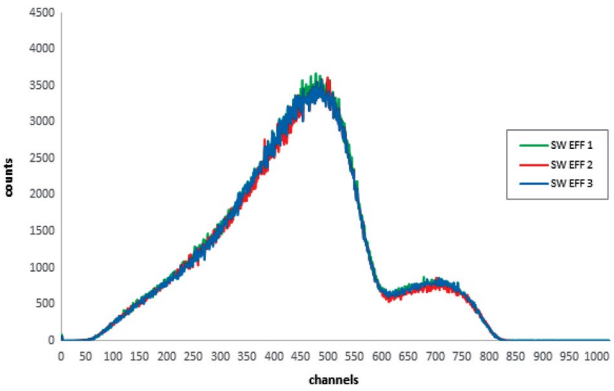


**Fig. 3.** Spectra of $^{90}$Sr screenig analysis.

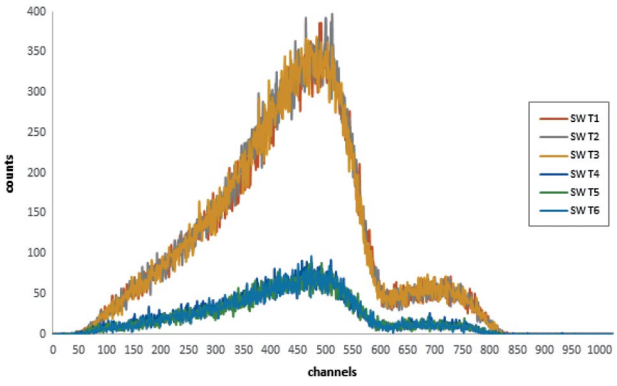


**Fig. 4.** Spectra of $^{90}$Sr screenig analysis validation.

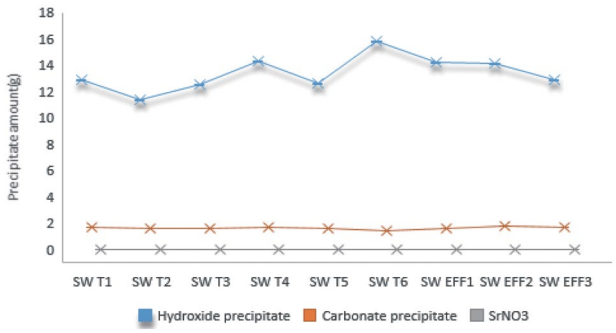


**Fig. 5.** Amount precipitate by chemical separation procedure ($^{90}$Sr).

**Table 2.** Efficiency of $^{90}$Sr screenig analysis in the 1 L seawater

| ID | Sample volume (L) | $^{90}$Sr, reference value (Bq·vial$^{-1}$) | Window 61~600 efficiency (%) | MDA (Bq·L$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| SW EFF1 | 1.0 | 183.7 | 83.7±2.8 | 0.0102 |
| SW EFF2 | 1.0 | 183.9 | 81.5±2.8 | 0.0104 |
| SW EFF3 | 1.0 | 184.0 | 82.1±2.9 | 0.0104 |
| Mean±SD | – | – | 82.4±1.1 | 0.0103±0.0001 |

Uncertainty is the combinde standard uncertainty of standard source uncertainty and measurement uncertainty (k=1).

**Table 3.** Validation of $^{90}$Sr screenig analysis in the 1 L seawater

| ID | Sample volume (L) | $^{90}$Sr, refernce value ($Bq \cdot L^{-1}$) | $^{90}$Sr, measured value ($Bq \cdot L^{-1}$) | Relative error (%) |
|---|---|---|---|---|
| SW T1 | 1.0 | 18.5 ± 0.3 | 18.2 ± 1.0 | −2.01 |
| SW T2 | 1.0 | 18.5 ± 0.3 | 18.6 ± 1.0 | 0.363 |
| SW T3 | 1.0 | 18.5 ± 0.3 | 18.2 ± 1.0 | −1.47 |
| SW T4 | 1.0 | 1.90 ± 0.03 | 1.90 ± 0.11 | −0.221 |
| SW T5 | 1.0 | 1.86 ± 0.03 | 1.79 ± 0.10 | −3.52 |
| SW T6 | 1.0 | 1.88 ± 0.03 | 1.82 ± 0.10 | −3.23 |

Uncertainty is the combinde standard uncertainty of standard source uncertainty and measurement uncertainty (k = 1)

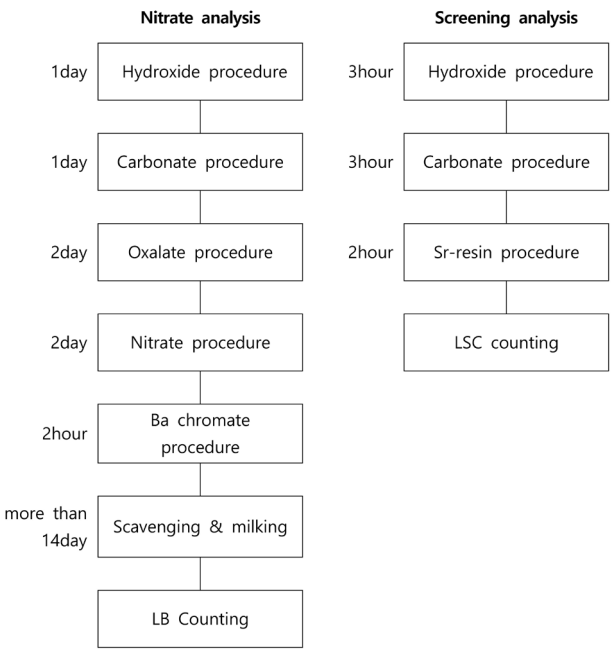


**Fig. 6.** Comparison of time required according to analysis.

연구를 수행하였다. 본 연구의 분석 방법은 화학적 절차를 단순화하고, 특히 $^{90}$Y 분리 과정이 생략되어 $^{90}$Y이 평형되는 데까지 소요되는 시간이 필요 없으므로 총 분석 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 본 연구의 분석 절차는 LSC 계측까지 약 1~2일 소요된다. 이것은 발연질산법과 비교했을 때 약 27일 정도 차이이다(Fig. 6). 또한 LSC를 사용하여 $^{90}$Sr 스펙트럼 영역을 확인하여 분석함으로써 분석의 정확도를 높일 수 있다.

분석 방법은 Fig. 6과 같이 크게 세 단계 분리 절차로 나누었다. 수산화 단계는 Mg을 분리함과 동시에 pH를 조절하기 위한 절차이다. Lee 연구에 의하면 pH 12.5인 경우 Mg 제거율은 100%, Ca 제거율은 98.9%라고 하였다(Lee *et al*. 1999). 따라서 pH 12.5가 될 수 있도록 NaOH 양을 5 g으로 설정하였다. 탄산염 침전 단계는 K, Na 제거 목적으로 $^{90}$Sr을 $SrCO_3$ 형태로 침전시킨다. 마찬가지로 해수 1 L 기준 $NaCO_3$ 8~12 g 첨가 시 Sr 회수율이 91% 이상, K 제거율 99.7% 이상인 결과를(Lee *et al*. 1999). 참고하여 본 연구에서는 $NaCO_3$ 첨가량을 10 g으로 설정하였다.

$^{90}$Sr을 정제하기 위하여 Sr-resin을 사용하였다. 기존 발연질산법의 단점을 보완하고, 간편하게 $^{90}$Sr을 분리할 수 있는 방법으로 여러 연구를 통해 검증되어왔다. Sr-rein에서 산 농도에 따른 Sr, Ba, Ra, Ca 거동특성과 resin의 Capacity, washing volume 등을 참고하여(Horwitz *et al*. 1990; Horwitz *et al*. 1992; Jung *et al*. 2015; Eichrom Technologies) 분석 절차를 완성하였다(Fig. 1).

그 결과 회수율은 85.3%, MDA는 0.0103 $Bq \cdot L^{-1}$이다. 본 연구에서 회수율은 $^{85}$Sr로 확인하였지만, ICP-MS로 확인하는 방법도 있다. 또한 본 분석법의 검증 과정과 같이 $^{90}$Sr 선원을 이용하여 화학적분리 단계에서부터 LSC 계측까지 전체 효율을 산정하여 적용하면 시료마다 회수율을 측정하는 번거로움을 줄일 수 있다. 이 방법은 동일한 상태 및 조건일 때, 상대오차 ±5% 이내로 정확도가 높다. 각 단계별 침전물의 양을 측정하여 동일한 조건으로 수행되었는지 간접적으로 확인할 수 있다.

본 연구에서는 $^{89}$Sr에 대한 영향은 고려하지 않았다. 추가적으로 $^{89}$Sr 표준선원으로부터 $^{89}$Sr 스펙트럼 영역을 확인하면 $^{89}$Sr와 $^{90}$Sr 동시에 분석할 수 있을 것이다.

## 결 론

본 연구 분석 방법은 높은 회수율과 정확도로 $^{90}$Sr을 선택적으로 빠르게 분리할 수 있다. 기존 발연질산법의 고질적인 문제를 해결하고 간략한 절차와 시료량 저감, 1~2일 이내의 짧은 분석 시간으로 일상상황 및 비상상황에서 해수 중 $^{90}$Sr을 감시하는 데 활용될 것으로 사료된다.

## 사 사

이 논문은 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음(선정년도: 2018).

## 참 고 문 헌

Bojanowski R and Knapinska-Skiba D. 1990. Determination of low level $^{90}$Sr in environmental samples: a novel approach to the classical method. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **138**(2):207-218.

Budnitz RJ, Nero AV, Murphy DJ and Graven R. 1983. Instrumentation for Environmental Monitoring. Volume 2nd ed. Lawrence Berkeley Laboratory.

Casacuberta N, Masque P, Garcia-Orellana J, Garcia-Tenorio R and Buesseler KO. 2013. $^{90}$Sr and $^{89}$Sr in seawater off Japan as a consequence of the Fukushima Dai-ichi nuclear accident. *Biogeosciences* **10**(6):3649-3659.

Chen JP. 1997. Batch and continuous adsorption of strontium by plant root tissues. *Bioresour. Technol.* **60**(5):185-189.

Grahek Z. and Macefat M. 2005. Determination of radioactive strontium in seawater. *Anal. Chim. Acta.* **534**(2):271-279.

Horwitz EP, Dietz ML and Fisher DE. 1990. Co-relation of the extraction of strontium nitrate by a crown ether with the water content of the organic phase. *Solvent Extr. Ion Exc.* **8**(1):199-208.

Horwitz EP, Chairizia R and Dietz ML. 1992. A Novel Strontium-Selective Extraction Chromatographic Resin. *Solvent Extr. Ion Exc.* **10**(2):25-37.

Jung YH, Kim HC, Suh KS, Kang MJ and Chung JH. 2015. Optimization of Radiostrontium Separation Process Using Sr Resin. *JNFCWT* **13**(2):123-130.

Kim HC, Kang YG, Lee YJ, Choi SD, Lim JM and Lee JH. 2020. Automated extraction chromatographic radionuclide separation system for analysis of $^{90}$Sr in seawater. *Talanta* **217**:121055.

Kramer GH and Davis JM. 1982. Isolation of strontium-90, yttrium-90, promethium-147 and cerium-144 from wet ashed urine by calcium oxalate coprecipitation and sequential solvent extraction. *Anal. Chem.* **54**(8):1428-1431.

Lee GJ, Hwang JR and Chung WK. 1999. A Study on the Environmental Radioactive Strontium Analysis. *J. Korean Asso. Radiat. Rrot.* **24**(3):155-160.

Maxwell SL, Culligan BK and Utsey RC. 2013. Rapid determination of radiostrontium in seawater samples. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **298**(2):867-875.

Mikulaj V and Svec V. 1993. Radiochemical analysis of $^{90}$Sr in milk, soil and plants by solvent extraction. *J. Radionanal. Nucl. Chem.* **175**(4):317-324.

Sr resin Eichrom Technologies. 'Sr Resin Technical Data'. Available form: https://www.eichrom.com/eichrom/products/sr-resin/.

Tayeb M, Dai X and Sdraulig S. 2016. Rapid and simultaneous determination of Strontium-89 and Strontium-90 in seawater. *J. Environ. Radioact.* **153**:214-221.

Vajda N and Kim CK. 2010. Determination of radiostrontium isotopes: A review of analytical methodology. *Appl. Radiat. Isot.* **68**(12):2306-2326.

Received: 4 June 2021
Revised: 15 June 2021
Revision accepted: 21 June 2021