

스트론튬-90 자동 분리기와 기체비례계수기를 이용한 우유 분말 중의 방사성 스트론튬 분석

박효국·정근호·권용대·박두원·최상도·조영현·이완로·김희령·이창우·강문자·최근식
한국원자력연구원

E-mail: hkpark@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : MARS Sr-90, 스트론튬-90 자동 분리기, 기체비례계수기, 우유

서 론

스트론튬-90 (^{90}Sr)은 순수 베타 방출체로서 $E_{\max} = 546 \text{ keV}$ 이고 반감기는 28.8년이며, 베타 붕괴 반응에 의해 Y-90을 생성한다. 스트론튬은 칼슘과 화학적, 생체학적으로 유사하기 때문에 뼈나 치아에 쉽게 누적될 수 있으며, 긴 반감기를 고려하면 인체에 많은 손상을 줄 수 있다. 사고시 식품시료에 대한 신속분석은 방사성 오염 식품의 섭취 방지 차원에서 매우 중요하다. 특히 우유시료는 유아들의 섭취와도 관련 있으므로 중요한 감시 대상 식품이다. 방사성 스트론튬을 분석하기 위해서는 반드시 분석에 방해가 되는 핵종을 제거하여야 한다. 고전적으로 사용되는 발연질산 처리법은 취급의 위험성 및 유해가스 배출 등의 단점을 지니고 있다. 최근 사용되고 있는 이온교환수지법은 중력흐름(gravimetric flow)에 의한 칼럼분리 방식을 적용하고 있으나, 이 방법은 8M 질산의 공기 중 노출 및 단순작업의 반복을 요구하는 단점이 있다.

본 연구에서는 방사성 스트론튬 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 을 신속분리하기 위해 본 연구실에서 개발된 “모듈식 자동 방사성핵종 스트론튬-90 분리기(MARS Sr-90)”를 이용하여 우유 중의 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 을 선택적으로 자동분리하기 위한 공정을 개발하였으며, 순수 분리된 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 의 방사능 농도를 기체 비례 알파/베타 계수기(gas proportional α/β counter)를 이용하여 분석하였다.

재료 및 방법

우유 분말시료는 IAEA에서 제공한 교차분석용 시료이며, sample-1과 sample-2는 각각 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 만을 포함하고 있으며, sample-3은 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 비가 1~10범위 이며, sample-4는 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 비가 10~20범위에 있다. 교차분석용 우유 분말 시료 10 g에 안정 동위 원소 스트론튬 추적자를 14.6 mg 첨가하여 회화시킨 후, 소량의 1M 질산을 이용하여 재를 용해시킨다. 초순수를 가한 후 포화 탄산나트륨 용액을 첨가하고 용액의 pH를 10 부근으로 조정하여 $\text{Sr}(\text{Ca})\text{CO}_3$ 침전을 유도한다. 침전을 8M NH_3 20 mL를 가하여 녹인 후, MARS Sr-90 시료 주입구에 장착한다. ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 표준시료 (15.46 Bq)도 SrCO_3 침전을 유도한 후 8M HNO_3 20 mL를 가하여 녹여 MARS Sr-90 시료 주입구에 장착한다. Sr-90 순수 분리는 MARS Sr-90의 자동 프로토콜에 따라 수행한다. Sr-spec 칼럼을 8M HNO_3 로 초기화(conditioning)하고 우유 시료를 주입(loading)한다. Sr-spec 칼럼은 8M HNO_3 로 세정(Rinsing)한 후 초순수로 ^{89}Sr 및 ^{90}Sr 을 용출(elution)시킨다. 용출액에 포화 탄산나트륨 용액을 첨가하여 SrCO_3 침전을 유도한다. 침전을 플란켓에 옮겨 건조 후 측정하여 화학수율을 결정하고, 기체 비례 알파/베타 계수기를 이용하여 ^{89}Sr 및 ^{90}Sr 의 방사능 농도를 분석한다. 방사능 측정은 SrCO_3 침전직 후 측

정하여 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 의 혼합 방사능 농도를 계산하고, 14일 후 ^{90}Y 을 분리하여 측정된 후 ^{90}Sr 의 농도를 계산하였다. ^{89}Sr 농도는 혼합 방사능 농도에서 ^{90}Sr 의 방사능 농도를 빼주어 얻어졌다.

결과 및 고찰

표 1은 우유시료의 수분함량, ^{90}Sr 의 화학분리에 대한 수율, 계측기 효율, 방사능 측정값을 나타낸다. 분말 시료의 수분함량은 $2.50 \pm 0.22\%$ 를 나타냈으며, 전체 분석과정에 대한 화학수율은 47~58% 범위를 나타냈다. ^{89}Sr 에 대한 기체 비례 알파/베타 계수기의 계측효율은 54.6%이며, ^{90}Sr 은 46.1%, ^{90}Y 은 50.6%를 나타냈다. ^{90}Sr 의 계측효율은 MARS Sr-90으로 ^{90}Sr 을 순수분리한 후 ^{90}Y 생성에 대한 보정을 수행하여 계산 하였다.

표1. 우유 분말 시료에 대한 분석결과

	sample-1	sample-2	sample-3	sample-4
Mass of sample (g)	9.758	9.811	9.798	9.776
Water content (%)	2.80	2.38	2.59	2.24
Chemical recovery (%)	54.6	46.7	54.3	58.4
Counting efficiency (%)	51.3	46.1	51.3 (^{89}Sr) 46.1 (^{90}Sr)	51.3 (^{89}Sr) 46.1 (^{90}Sr)
^{89}Sr (Bq/g)	0.417		0.400	0.701
^{90}Sr (Bq/g)	-	0.120	0.077	0.070
Expended uncertainty (k=2)	0.058	0.017	0.056(^{89}Sr) 0.011(^{90}Sr)	0.098(^{89}Sr) 0.010(^{90}Sr)
$^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ ratio	-	-	5.2	10.0
Detection limit (Bq/g)	0.003	0.004	0.003(^{89}Sr) 0.003(^{90}Sr)	0.003(^{89}Sr) 0.003(^{90}Sr)

sample-1은 ^{89}Sr 만 존재했으며 ^{89}Sr 의 방사능은 0.417 ± 0.058 Bq/g (k=2) 을 나타냈다. sample-2는 ^{90}Sr 만 존재했으며 ^{90}Sr 의 방사능은 0.120 ± 0.017 Bq/g

(k=2)을 나타냈다. sample-3는 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 를 모두 포함하고 있었으며, $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 비는 5.2로서 IAEA에서 제시하고 있는 1~10 범위에 잘 일치했다. sample-4도 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 를 모두 포함하고 있었으며, $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 비는 10.0로서 IAEA에서 제시하고 있는 10~20 범위에 있었다. 본 분석방법의 최소검출방사능은 0.003 Bq/g을 보였다. 전체 분석과정에 대한 낮은 화학수율은 MARS Sr-90 분리시 추적자로 사용한 안정동위원소 스트론튬의 과량사용과 순수분리에 사용된 Sr-spec 수지의 함량(1.5 g) 부족에서 기인한 것으로 여겨진다.

결론

본 연구실에서 개발한 MARS Sr-90은 유해한 발연질산을 사용하지 않고도 우유 분말 시료로부터 효과적으로 ^{89}Sr 과 ^{90}Sr 을 신속하게 순수 분리할 수 있었다. 본 연구에서 개발된 MARS Sr-90의 화학분리 공정에 대한 자동 프로토콜은 다양한 환경시료(물, 토양, 해조류 등)의 방사성 스트론튬 순수 분리에 확대 적용 가능하므로, MARS Sr-90은 환경감시에 효과적이고 편리하게 적용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 정근호, 최상도, 권용대, 강문자, 이완로, 김희령, 최근식, 이창우, 2008 한국방사성폐기물학회지, pp. 419-420.
- 권용대, 정근호, 최상도, 강문자, 이완로, 김희령, 최근식, 이창우, 2008 한국방사성폐기물학회지, pp. 381-382.