

관상로를 이용한 해조류 중 I-129 추출에 관한 연구

변종인 · 임성아 · 이상국 · 한은미 · 윤주용

한국원자력안전기술원

E-mail: komuzul@hotmail.com

중심어 (keyword) : I-129, 해조류, 관상로, I-131, I-125

서론

^{129}I 는 ^{238}U 의 핵분열 또는 고층대기에서 Xe과 우주선과의 상호작용에 의해 생성될 수 있으며, 1.6×10^7 년의 반감기를 갖고 환경 중에서 다양한 화합물 형태로 존재할 수 있다. 특히, 환경시료 중 해조류는 해수 중 요오드 농도의 3만배 이상으로 축적^[1]할 수 있기 때문에 원자력이용시설 또는 방사성폐기물 처리시설 주변의 해조류 중 ^{129}I 모니터링(monitring)은 중요하다. ^{129}I 는 베타붕괴 핵종으로서 39.6 keV의 저에너지 감마선을 방출하기 때문에 감마선분광분석을 이용하여 방사능을 분석할 경우 감마선의 자체흡수 효과로 인해 많은 시료를 계측할 수 없게 된다. 따라서 상대적으로 낮은 검출하한치를 갖는 베타선분광분석 또는 질량분석을 위해 해조류로부터 ^{129}I 를 추출해야 할 필요가 있다. 환경시료 중 ^{129}I 는 주로 산추출법과 관상로를 이용한 연소법으로 추출할 수 있으며, 육상 식물, 토양 및 물과 같은 환경시료 중 ^{129}I 의 추출에 대한 연구사례들^[2,3]은 질량분석을 이용한 방사능 분석과 함께 소개되어져 왔다. 그러나 해조류에 대한 ^{129}I 추출법은 연구사례가 부족하며, 해조류의 종류에 따라 추출특성이 다를 수 있기 때문에 환경시료의 종류에 따른 추출법은 구분되어 개발되어야 한다. 본 연구는 연소법을 이용해 해조류 중 ^{129}I 를 효과적으로 추출해 낼 수 있는 방법을 개발하기 위해 수행되었으며, 본 논문에서는 전기로 연소법, 온도에 따른 ^{129}I 트래이서(tracer)의 추출특성을 소개하고, 해조류가 포함하고 있는 ^{131}I 과 연소법에서 트래이서 사용의 적합성을 보기위해 첨가된 ^{125}I 의 추출률을 비교하여 연소법의 해조류 중 ^{129}I 추출에 대한 적용가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

시료의 준비

해조류 중 ^{129}I 는 해조류의 표면에 흡착되어 있거나 조직에 결합되어 있을 수 있기 때문에, 환경시료 표면에 첨가되는 트래이서를 이용한 ^{129}I 의 농도 분석의 신뢰성을 검토하기 위해 ^{131}I 을 함유하고 있는 해조류를 이용하였다. 선택된 해조류는 식용으로서 *Undaria pinnatifida*(미역, 갈조류), *Ecklonia cava*(감태, 갈조류), *Sargassum fulvellum*(모자반, 갈조류)와 *Geldium amansii*(우뭇가사리, 홍조류)이다. 채취된 시료는 건조한 후 분쇄하여 감마선분광분석을 위해 원통형용기($\varnothing 4.8 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$)에 충전하였다.

연소법 및 추출

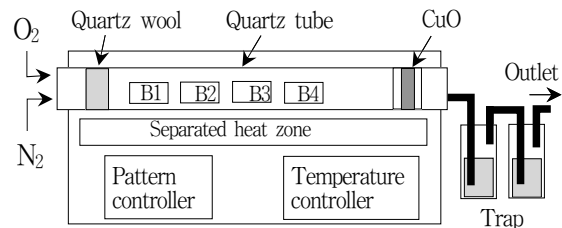


Fig. 1. Combustion apparatus for iodine separation from seaweeds.

가열부분의 온도는 건조, 탄화 및 연소 단계를 고려하여 시간에 따라 변화할 수 있도록 설정되었다. 요오드는 알칼리 수용액에 잘 용해되기 때문에 KOH 수용액을 포집용액(Fig. 1의 Bubble trap)으로 사용하였으며, 연소 및 캐리어(carrier) 가스로서 O_2 와 N_2 가스를 사용하였다. 환경시료에 첨가된 트래이서의 온도 변화에 따른 추출률을 관찰하기 위해 감마선분광분석에 의해 방사능이 결정된 *Sargassum fulvellum*에 ^{129}I

를 첨가하여 200°C에서 910°C까지 온도를 변화시키면서 ^{129}I 를 회수하여 방사능을 분석하였다. 준비된 해조류(^{131}I 을 함유하고 있는 해조류)를 Fig. 1에서의 각 시료 용기(B1~B4)에 약 2.5 g 씩 옮겨 담은 후 시료에 넓게 분포할 수 있도록 ^{125}I 표준선원을 첨가하였다. 이때, ^{129}I 대신 ^{125}I 를 사용한 이유는 59.4 일의 비교적 짧은 반감기를 갖기 때문에 반복실험에서 발생할 수 있는 환경오염 위험 요소와 방사성폐기물을 줄일 수 있으며, 화학적 거동이 동일하기 때문이다. 각 추출과정에서 회수된 KOH 수용액과 추출된 ^{125}I , ^{129}I 와 ^{131}I 은 감마선분광분석을 위해 원통형용기($\varnothing 2.4 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$)에 옮겨졌다.

계측 및 방사능 분석

해조류 중 ^{131}I , 추출된 ^{125}I 과 ^{129}I 의 농도를 결정하기 위해 30%의 상대효율과 베릴륨창(Beryllium window)을 갖는 n-type의 HPGe(High Purity Germanium) 검출기를 사용하였다. 감마선에 대한 효율은 ^{125}I 와 ^{129}I 의 경우 트레이서로 사용된 표준선원을 이용하였으며, ^{131}I 에 대해서는 상용되는 표준 혼합감마선원을 이용하여 교정되었다. ^{125}I 와 ^{129}I 의 경우 KOH의 농도변화에 따라서 감마선의 자체흡수율이 크게 변할 수 있기 때문에 KOH 농도 변화에 따른 내부에서의 감마선 감쇄변화와 외부선원에 의한 감마선 감쇄변화를 이용하여 자체흡수 효과를 보정하였다.

결과 및 고찰

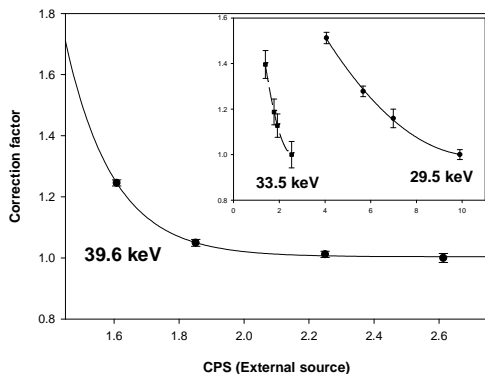


Fig. 2. The correction curves for self-absorption effect using ^{129}I

^{125}I 와 ^{129}I 에 대한 방사능은 Fig. 2에서 보이는 자체흡수보정곡선을 이용하여 보정되었다. 본 연구에서 적용

된 관상로 연소법에서 온도 변화에 대한 ^{129}I 추출률은 관부분에 흡착되어 있는 것을 고려하였을 때, 700°C와 910°C 사이에서 94%, 600°C 미만에서 6%를 보였으며, 각 해조류에 대한 ^{125}I 트레이서와 ^{131}I 에 의 추출률은 93%이상으로 각각 평균 $94.5 \pm 6.8\%$ 와 $102 \pm 6\%$ 를 보였으며, Fig. 3에서 보이는 것과 같이 불확도 범위 내에서 일치함을 보였다. 100% 이상의 추출률은 비교적 낮은 ^{131}I 의 농도에 의해 기인된 것으로 보인다.

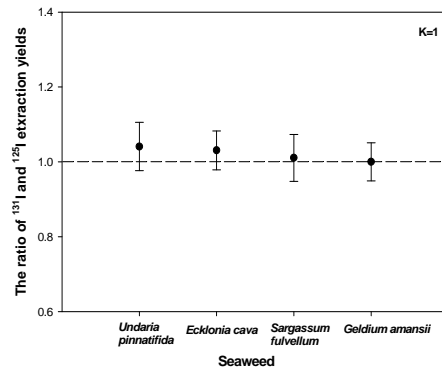


Fig. 3. The ratio of ^{131}I and ^{125}I extraction yields

결론

본 연구에서는 ^{125}I , ^{129}I 표준선원과 해조류에 함유되어 있는 ^{131}I 을 이용하여 연소법의 적용성을 평가하였다. 그 결과 트레이서를 이용한 추출률과 해조류에 포함되어 있는 ^{131}I 의 추출률이 거의 일치함을 보였으며 소개된 연소법이 여러 가지 종류의 해조류에 적용할 수 있음을 보였다. 해조류 중 무기물함량(주로 KCl)에 따라 연소특성이 다를 수 있기 때문에 모니터링 대상이 될 수 있는 해조류에 대한 분석방법의 적용성 검토가 필요하다. 본 연구결과는 국내의 원자력 이용시설 및 폐기물처분시설 주변의 해조류 중 ^{129}I 모니터링을 위해 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. Küpper FC, Feiters MC, Meyer-Klaucke W, Kroneck PMH, Butler A., Proceedings of the 13th Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology, Heraklion, Greece, September 2-6, 571(2002).
2. Y. MURAMATSU, S. UCHIDA, AND Y. OHMOMO, J. Radioanal. Nucl. Chem., 138, 377-384 (1990).
3. Rosamund J. Cox and Christopher J. Pickford, J. Anal. At. Spectrom., 7, 635-640 (1992).