

^{131}I 을 이용한 방사능 측정에 관한 연구

백성민*, 장은성**

고신대학교 복음병원 핵의학과*, 부산대학교 핵물리 및 방사선기술연구소**

Search for the activity measurement of radionuclides I-131

Seongmin Baek*, Eunsung Jang**

Dept. of Nuclear Medicine Kosin University Gospel hospital,
Pusan National University Nuclear Physics and Radiation Technology Research Center**.*

요약

요오드는 원자력 시설에서 사고가 발생할 경우 방사선 피폭을 검토할 때 고려해야 할 중요한 핵종 중 하나이다. 그러므로 체르노빌 사고 시 대기 중에는 유기물 형태의 요오드가 비유기물 형태의 요오드보다 많이 관찰되었다. 본 연구에서는 시료의 양 및 측정시간에 변화를 주었으며, 또한 ^{131}I 액체선원을 사용하여 증류수에 희석한 시료 및 다시마를 함께 섞은 시료를 이용하여 검출하한치를 측정·분석하였다. 방사능농도 하한치에 들어 인체에는 무해함을 확인 할 수 있었다. ^{131}I 선원의 시간이 흐를수록 카운트가 줄어들을 알 수 있었다. 반감기를 계산해본 결과 7~9사이의 결과를 얻었고, ^{131}I 를 혼합한 시료의 경우 최고 7일이 지난 후에는 초기 조건에서 반으로 감소한다는 것을 알 수 있었다.

중심단어: 검출하한치, ^{131}I , 감마선 분광분석

Abstract

Iodine is one of important nuclides to be checked for radiation exposure after nuclear power facility accidents. After Chernobyl accident, it was observed that there is a greater amount of organic iodine in the atmosphere than inorganic iodine. In this study, we not only varied the amount of sample being exposed to ^{131}I and the duration of exposure to ^{131}I but also diluted the sample in distilled water and mixed the sample in kelp and liquid ^{131}I to measure and analyze the radiation detection levels. We concluded that the radiation levels were not high enough to be harmful to human body. The radiation from ^{131}I decreased over time, and we calculated the half life at 7-9 days. We found that the radiation from any sample containing ^{131}I was halved by up to 7days.

Key Words : Minimum Detectable Activity , ^{131}I , Gamma-Ray Spectrometry

I. 서론

핵실험 및 1986년 체르노빌 원자력발전소 사고로 인해 방사성물질이 대기중으로 방출되었고, 매우 극소량이지만 정기적인 원자력시설 가동 및 핵연료 재처리 과정에서 인공방사성 물질이 대기중으로 방출될 가능성이 있다^[1]. 특히, 요오드는 원자력 시설에서 사고가 발생할 경우 방사선 피폭을 검토할 때 고려해야 할 중요한 핵종 중 하나이다^[2]. 원자력 시설 사고 시 많이 발생하는 방사성 요오드 ¹³¹I의 물리적 반감기는 8.04일이며, 베타 방출 후 ¹³¹Xe로 붕괴한다. ¹³¹I은 베타선과 감마선을 방출하며, 베타선의 에너지는 0.191 MeV가 89%를, 감마선의 에너지는 0.364 MeV로서 81%를 방출한다^[3]. 사고발생 후 시간이 지나면 점차 감소되지만, 사고발생 초기에는 요오드의 갑상선에 미치는 위해도가 매우 커서 반드시 고려해야 한다. 침적시 요오드의 화학적 형태는 Elemental, Particulate, Organically bound iodine의 세 가지가 될 수 있는데, Elemental이란 I₂로서 기체 상태이거나 혹은 기체가 낮은 승화온도 때문에 고형화된 것을 말하고 Particulate란 요오드가 에어로졸 등 다른 고형체에 흡착되어 있는 형태이며 Organically bound iodine은 유기물로서 주로 Methyl Iodide 형태로 존재한다^[4]. 그러므로 체르노빌 사고 시 대기 중에는 유기물 형태의 요오드가 비유기물 형태의 요오드보다 많이 관찰되었다. 유기물 형태의 요오드는 습도가 높은 분위기에서는 filter등에 쉽게 흡착하지 않아 멀리까지 이동될 수 있다고 알려져 있으나, 기체상의Elemental Iodide이 유기물 형태인 Methyl Iodide 보다 식물 등에 쉽게 흡착된다고 알려져 있다. 국내의 경우 한국원자력연구소(KAERI), 한국원자력안전기술원(KINS), 전국방사능측정소 및 원자력발전소에서 자체적으로 원전시설 주변 방사능 감시 차원에서 국내생산 곡물, 해조류 및 채소류에 대한 방사능 분석을 매년 하고 있다. 본 연구에서는 ¹³¹I 액체선원을 물에 희석한 시료 및 다시마를 함께 섞은 시료를 이용하여 검출하한치를 측정·분석하였다.

II. 대상 및 방법

1. 시료채취

환경시료의 채취는 측정이나 분석 못지않게 중요하다(Fig.1). 시료채취 시 방사성 핵종의 화학적, 물리적, 생물학적 반응에 의한 손실이 적어야 하며 측정 대상의 목적에 따라 채취방법을 달리하는 등 신중을 기해야 한다.

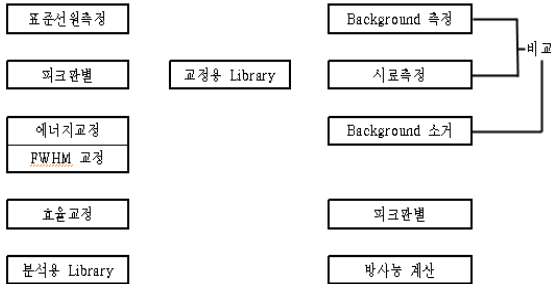
2. 시료의 방사능 농도 측정 및 최소검출농도(MDA)설정

감마핵종분석기(AMETEK ORTEC:구 EG&G)는 HPGe 검출기, 고전압공급기, 증폭기, 다중과고분석기, 컴퓨터 및 주변기기로 구성되었다. 각각 상대효율 10%, 30% HPGe 검출기로서 Ge결정의 지름이 각각 49.9mm과 60.4mm이며, ⁶⁰Co의 1332.5 keV 감마선에 대한 에너지 분해능은 1.65keV와 2.04 keV이다. 그리고 피크 대 컴프턴(peak-to-compton)비는 각각 55.5와 64이다. 또한 상대효율 60%의 컴프턴 억제 감마선 검출기 시스템(Compton Suppressed Gamma Detection System, CSS)은 컴프턴 효과 억제를 위하여 Ge 검출기 둘레에 원통형 NaI 결정과 광전자증배관 4개가 설치되어 있으며, Ge결정의 지름이 67 mm이며, ⁶⁰Co의 1332.5 keV 감마선에 대한 에너지 분해능은 2.2 keV이다(Fig.2). 교정용 혼합부피 선원을 이용하여 감마핵종분석기의 에너지 및 효율을 교정하였다. 최소검출방사능(Minimum Detectable Activity:MDA)는 다양하게 계산이 되고 시료의 양과, 효율 및 측정시간에 의존하는 양이다.

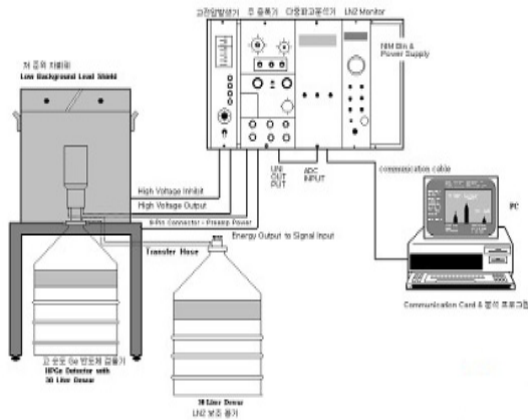
$$MDA_1 = \frac{4.65\sqrt{BGC}}{t_b \cdot E \cdot Y \cdot S}$$

본 논문에서는 4가지 방법을 사용하여 측정하였다. 첫 번째는 다시마를 측정하였고, 두 번째는 9 kBq의 액체선원 ¹³¹I을 증류수 1L에 희석하여 사용하였고, 세 번째 다시마와 ¹³¹I를 혼합하였으며, 네 번째는 ¹³¹I시료를 60 ml 원통형 비이커에 담았다(Fig.3). 측정은 첫 번째 시료부터 세 번째 시료까지 효율 40% 를 사용하여 50,000초씩, 네 번째 시료는 상대효율 60% 각각 컴프

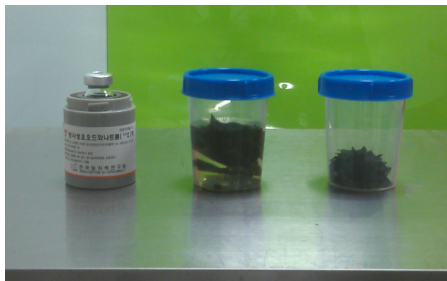
턴억제 시스템으로 10,000초씩 측정하여 MDA를 구했다. 또한 백그라운드는 80,000초로 하여 측정 비교, 분석 하였다.



[그림 1] 감마선 동위원소 분석절차



[그림 2] 컴퓨터 억제 시스템 (Compton Suppression System) 분석장치



[그림 3] 측정에 쓰인 시료

III. 결과 및 고찰

저준위 환경방사능 분석에서는 백그라운드 측정시간, 시료측정시간, 백그라운드 계수율, 계수효율, 화학

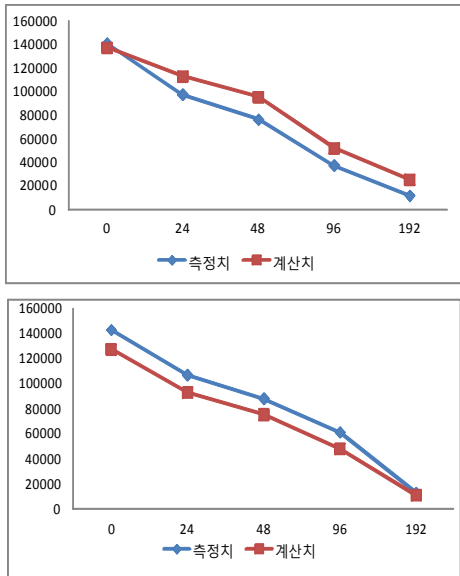
수율 및 시료량 등의 여러 인자가 최소검출 방사능준위 MDA값 설정에 영향을 미치는데 그 중에서 환경시료 중 MDA값 결정에 미치는 여러 가지 인자들 중에서 백그라운드 측정시간 및 시료 측정시간 변화에 따른 MDA값들을 측정하여 비교 분석하였다(표 1~2). 그림 4에 나타난 것처럼 시간이 지날수록 반감기가 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 각각의 시료측정의 방사능 농도는 “교육과학기술부 고시”에 의거하여 방사능농도 하한치에 들어 인체에는 무해함을 확인 할 수 있었다. 그림 5-6 에서 ¹³¹I시료의 시간이 흐를수록 카운트가 줄어들음을 알 수 있었다. 그러므로 후쿠시마 원전 사고로 인해 대기, 토양, 고인 물, 바다, 지하수에 방사성 물질이 누출된다. 체르노빌뿐만 아니라 일본지역 내 시간별 방사능 준위 변화에서 알 수 있듯이, 초기 방사능 준위는 반감기가 8일인 요오드-131이 주도하지만 시간이 경과하면 30년의 반감기를 가진 세슘-137이 주도한다. 따라서 고방사성 오염지역의 방사성 표토를 제거하고 지하수로 방사성 물질이 유입되는 것을 차단해야 하며 농·수산물 등 동식물 먹이사슬로의 전이를 최대한 방지해야만 한다. 지금까지 우리나라의 방사능 리스크는 자연방사선 피폭선량에도 훨씬 못 미치는 미미한 수준이지만 음식물과 식수원에 대한 지속적이고 철저한 방사성물질 오염 여부 측정과 정보의 투명한 공개를 통해 국민들의 불안을 줄이는데 세심한 주의가 필요하다.

[표 1] 희석한 ¹³¹I시료

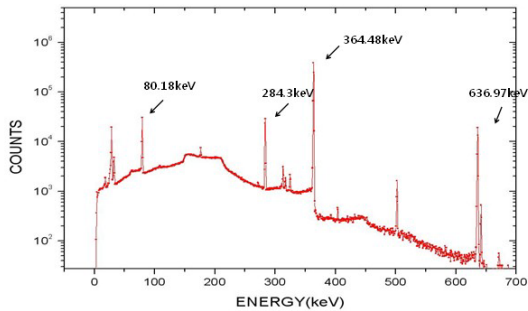
시간	10%	60%
0	130440	142821
8	114490	126812
24	84580	98268
96	47260	61370
192	11780	33026

[표 2] 희석한 ¹³¹I시료

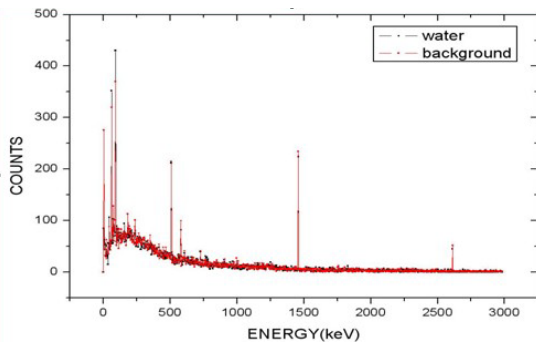
종류	농도	방사능 농도(Bq/kg)	방사능농도 하한치
다시마		39.5	<MDA
증류수 + ¹³¹ I		40.2	<MDA
¹³¹ I + 다시마		38.1	<MDA
¹³¹ I농도		40.0	<MDA



[그림 4] 희석한 ¹³¹I액체시료(10%)와 (60%) 반감기 비교 분석



[그림 5] ¹³¹I 시료 피크 카운트 (364 keV)



[그림 6] 증류수와 백그라운드 측정 비교

액체선원 ¹³¹I를 측정 및 분석해 보았다. 반감기를 계산해본 결과 7~9사이의 결과를 얻었고, ¹³¹I를 혼합한 시료의 경우 최고 7일이 지난 후에는 초기 조건에서 반으로 감소한다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 환경시료에 대한 저준위 방사능 동위원소 측정 시 본 연구결과를 통해 얻은 백그라운드 및 시료측정 시간의 적절한 배분에 의한 MDA 계산실험에서 얻은 자료들은 원자력이용시설 주변 방사선 환경조사에 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] H.Nishita, A.Wallance, E.M.Romney, "Radionuclide Uptakes by Plants", NUREG CR, Vol. 35, pp.336-340, 1978.
- [2] M. J Crick, G. S. Linsley, "An Assessment of the Radiological Impact of the Windscale Reactor Fire", National Radiological Protection Board, Vol. 135, pp.1957, 1982.
- [3] R. S. Daniels, "Three Mile Island assessments in Environmental Radioactivity", Proc. the 19th Annual Meeting, Vol. 4, pp.6-7, 1983.
- [4] IPSN, The Tchernobyl Accident, Rapport IPSN Revision, Vol. 3, pp.86-88, 1986.

IV. 결론