

울진 원전 환경시료의 766 keV 감마선 피크 분석

김완, 이해영, 박환배*, 김홍주*, 맹성진*, 이상훈*
경북대 방사선과학연구소 · 경북대 물리및에너지학부*
E-mail: lee@knu.ac.kr

중심어 (keyword) : 환경방사능, HPGe 계측기, 감마선분광분석, 우라늄 시리즈

서론

환경 방사능 조사의 중요한 목적은 발전소 운영에 따른 주변 환경영향을 평가하여 환경보전 및 주민안전을 도모하는 것이다. 우리나라의 원자력발전소들은 원자력법 제104조의6(환경보존) 규정에 의거하고 교육과학기술부고시 제2008-28호(원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시) 등의 세부규정에 따라 지역 대학 등에서 원전 주변 환경시료를 채취하여 감마동위원소, 전베타방사능, 삼중수소, ^{90}Sr 등을 분석하고 있다.

울진 원자력발전소 주변 환경방사능 조사연구에서 2007년 10월 및 2008년 10월 장호지역(원전으로부터 NNW 22.5km 지점) 해조류 시료에대한 HPGe를 이용한 감마선분광분석 결과, 인공 방사성핵종인 ^{95}Nb 가 미량 검출되었으며, 울진원전 배수구(2007년 4월/10월, 2008년 10월), 취수구(2008년 4월/10월) 해조류에서도 ^{95}Nb 가 검출되었다. 검출된 방사능 농도 범위는 0.0271 - 0.270 Bq/kg-fresh이었으며, 울진원전 자체 조사(2008년 1월 - 2009년 6월) 및 타기관 조사결과에서도 장호, 망양 등의 해조류에서 ^{95}Nb 가 검출되었다. 이들 분석들은 모두 766 keV 근처에서 확인되는 감마선 피크를 ^{95}Nb 피크로 해석한 결과들이다.

2008년 7월 울진원전의 액체 폐기물처리설비의 장치개선으로 표 1과같이 ^{95}Nb 와 그 선행핵종인 ^{95}Zr 의 액체 방사성폐기물 배출량이 현격히 감소하였다. ^{95}Nb 의 짧은 반감기(35일)를 고려할 때 배출량 감소에 따른 환경 중 방사능농도의 급격한 감소 현상이나 원전의 거리에 따른 희석에 의한 방사능농도의 감소 현상

을 예상할 수 있으나, 환경 중 검출되는 ^{95}Nb 의 경향은 이와는 상이하여 정밀 분석을 통한 자연 방사성핵종의 영향 가능성 검토가 필요하다.

표 1. 울진원자력발전소의 ^{95}Nb , ^{95}Zr 배출량(단위: MBq)

연도	핵종	^{95}Nb	^{95}Zr
'01		MDA 이하	MDA 이하
'02		0.0358	0.0377
'03		0.0005	MDA 이하
'04		3.11	MDA 이하
'05		26.5	8.49
'06		15.5	2.45
'07		10.3	1.3
'08		0.689	0.073
'09.6 까지		MDA 이하	MDA 이하

재료 및 방법

본 연구에서는 766 keV 인근에 감마선 피크에너지 를 가진 핵종들에 대한 검토를 통해 이 피크의 원인이 자연방사성핵종일 가능성을 분석하였다. 감마선 피크에너지가 766 keV 인근에 위치할 수 있는 핵종들 중 해조류 시료 766 keV 피크의 측정된 반감기 25.9±14.9 일과 유사한 반감기를 가질 수 있는 자연 핵종은 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 이다. $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 는 반감기가 70.2 초, 그 선행핵종 ^{234}Th 의 반감기는 24.1 일, 그 최선행핵종 ^{238}U 의 반감기는 45억년이며, 이들은 자연방사성핵종 우라늄의 붕괴시리즈에 속한다.

766 keV 피크의 원인 핵종을 규명하기 위하여

^{234}Th - $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 다른 감마선(^{234}Th 의 63, 92 keV 피크 및 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 1001 keV 피크)들의 동시 검출 여부를 확인하였으며, 이중 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 주요 감마피크인 766 keV 와 1001 keV 피크의 계수 비가 이론값 0.35에 근접하는지 여부, 그리고 766 keV 및 63, 92, 1001 keV 피크들의 실측 반감기가 ^{234}Th - $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 시리즈의 반감기 24.1 일에 근접함을 확인하였다.

결과 및 고찰

2007년 10월 장호 해조류 시료에서는 ^{234}Th - $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 시리즈의 766 keV, 1001 keV, 63 keV, 92 keV 의 감마선이 모두 관측 되었으며, 시간의 경과에 따른 감마선 계수율로부터 계산된 반감기는 각각의 피크에 대해서 (25.9±14.9)일, (27.8±6.6)일, (30.5±4.2)일, (28.8±2.2)일이었다. 계산된 766 keV와 1001 keV 피크의 반감기들은 서로 유사한 값을 나타내었으며, ^{95}Nb 의 반감기 35일과는 다소 차이를 보이고 있으며 ^{234}Th - $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 반감기 24.1일과는 유사하다. 이것은 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 가 ^{234}Th 와 방사평형을 이룰 때 이 두 핵종의 실질 반감기는 ^{234}Th 반감기와 같아지기 때문일 것이다. 63 keV 피크와 92 keV 피크의 반감기도 서로 유사한 값을 나타내었다.

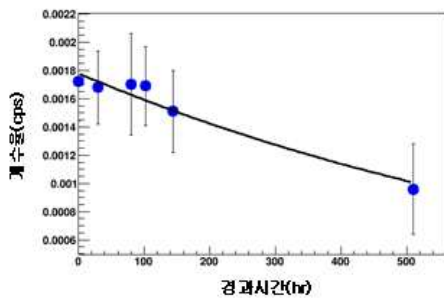


그림 1. $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 766 keV Peak의 Decay Curve

$^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 1001 keV의 감마선방출율은 0.00837이고, 766 keV의 감마선방출율은 0.00294이다. 따라서 두 에너지에서의 감마선방출율의 이론비는 0.35이다. 2007년 상반기부터 2008년 하반기까지 경북대학교 방사선과학 연구소가 채취한 해조류 시료를 측정된 감마선스펙트럼으로부터 구한 766 keV와 1001 keV 피크의 감마선방출율 비는 아래 표 2와 같았다. 거의 모든 시료에서

감마선방출을 비는 이론적인 값 0.35와 거의 같거나 작은 값을 나타내고 있으며, 취배수구의 일부 시료에서는 0.35보다 큰 값을 보이는 경우도 있다. 자연방사성핵종 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 영향을 고려한 방사능농도 재분석 결과 아래의 모든 경우에 ^{95}Nb 는 MDA 이하로 검출되었다.

표 2. 해조류 시료의 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 감마선방출을 비와 재분석 결과

시료 채취 지점	채취 연월	$^{234\text{m}}\text{Pa}$ 감마선 방출율 비 ¹⁾	^{95}Nb 방사능농도(Bq/kg-fresh)	
			보고 ²⁾	재분석 ³⁾
배수구	07.04	0.47±0.10	0.149±0.025	<0.0585
	07.10	0.35±0.04	0.117±0.016	<0.0510
	08.10	0.38±0.05	0.148±0.016	<0.0467
취수구	08.04	0.33±0.06	0.0527±0.0078	<0.0393
	08.10	0.46±0.10	0.0696±0.0121	<0.0340
장호	07.10	0.28±0.05	0.270±0.058	<0.106
	08.10	0.38±0.08	0.0271±0.0049	<0.0142

- $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 감마선방출율 비 : 766.4keV net count/1001keV net count(효율고려)
- 자연방사성핵종 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 영향을 고려하지 않은 방사능농도
- 자연방사성핵종 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 영향을 고려한 방사능농도

결론

울진원자력발전소 주변 환경시료 해조류에서 검출된 감마선에너지 766 keV 인근의 피크에 해당하는 핵종은 ^{95}Nb 로 판단하고 있었으나, 원전 배출량의 현격한 감소 이후에도 감소 추세가 확인되지 않아 정밀 분석이 요구되었다. 장호 등의 해조류에서 검출된 감마선에너지 766 keV 피크는 ^{95}Nb 는 물론 ^{234}Th 의 자핵종인 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 766 keV와도 중첩되고 있어 분석에 주의가 필요하다. 정밀분석을 위하여 1001 keV와 766 keV 방출율 비, 반감기를 분석한 결과, 자연방사성핵종인 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 영향이 큰 것으로 판단된다.

향후, 감마선분광분석에서 중첩피크의 분석(분석핵종 Library 추가, 피크 분리, 피크 Fitting 등)에 대한 상세한 절차확립이 필요하다.

참고문헌

- 한국수력원자력, 원자력발전소 주변 환경방사능 조사 보고서, (2007, 2008)
- Ishikawa Y, Kayaga H, Saga K. Biomagnification of ^7Be , ^{234}Th , and ^{228}Ra in marine organisms near the northern Pacific coast of Japan. J. Environ. Radioact. 76 103-112 (2004)