

비례계수기를 이용한 ^{133}Xe 및 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 측정에 관한 연구

이완로, 최상도, 김희령, 정근호, 조영현, 강문자, 최근식, 이창우
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
pctor@kaeri.re.kr

1. 서론

비례계수기는 일반적으로 핵종분석에는 이용되지 못하고 주로 방사능 측정에 주로 적용된다. 즉 시료중에 어떤 핵종이 포함되어 있는지는 구별할 수 없고 단지 계수율을 측정하여 방사능 농도만을 측정하는데 사용된다. 비례계수기를 이용하여 대기 중의 노블가스, 즉 방사성 제논을 측정시에도 주로 총 제논의 농도만을 분석할 수 있다. 그러나 핵활동 및 기타 원자력관련 시설에 대한 영향을 파악하기 위해서는 제논 동위원소 측정이 필요하고 중요하다.

본 논문에서는 비례계수기를 이용하여 대기 중 방사성 제논 분석 시 ^{133}Xe 및 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 측정 방법을 연구하였다. 본 논문에서 제시하는 방법은 핵활동 및 기타 영향을 파악하기 위해 필요한 네 개의 동위원소 중 두개의 방사성 동위원소를 측정하는 방법에 대한 것이다. 정확한 원인 분석을 위해서는 네 개의 방사성 동위원소 측정이 필요하지만, 두개의 동위원소 측정만으로도 병원시설의 영향등은 구분할 수 있다.

2. 본론

대기 중 방사성 제논을 분석하기 위해서는 특수장비를 이용하여 포집 후 분리하여, 비례계수기를 이용하여 계측을 한다[1-3]. 비례계수기를 이용하여 방사성 제논을 구할 경우에는 동위원소 네 개의 방사능을 각각 구분하지 못하고 총 제논의 방사능만을 구할 수 있다. 그러나 방사능 농도 변화를 측정하여 ^{133}Xe 및 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 의 각각의 방사능을 측정할 수 있다. 방사성 제논 동위원소 중 관심있는 핵종은 네 종류가 있고 그 특성은 표 1에서 보여주고 있다.

표 1에서 보면 대부분 핵실험, 발전소를 통해서 나오지만 병원에서도 발생할 수 있다. 병원 또는 동위원소에서 주로 방출하는 방사성 제논은 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 이다. 만일 총제논의 농도가 높을 경우에 농도의 시간에 대한 변화량을 측정하면 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 의

양이 많는지 또는 ^{133}Xe 의 양이 많은지를 알 수 있다.

Table 1. 주요 방사성 제논 종류 및 특성

핵종	^{135}Xe	^{133}Xe	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	$^{131\text{m}}\text{Xe}$
반감기	9.1h	5.25d	2.19d	11.93d
발생 원인	핵실험, 발전소, 병원(발생원에 따라 비율과 양이 다름)			

$^{131\text{m}}\text{Xe}$ 의 경우는 ^{131}I 에서 베타 붕괴를 하여 생성되기도 한다. ^{131}I 의 경우는 갑상선 환자 치료에 많이 이용되고 있기 때문에 병원주변에서 또는 ^{131}I 생산하는 주변에서는 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 이 측정될 확률이 높다. 표 1에서 보였듯이 방사성 제논 네 개는 모두 반감기가 다르다. 만일 총 제논값이 높다면 일정한 주기로 계속 측정하여 농도 변화의 기울기를 측정하면 쉽게 두 핵종의 비를 알 수 있다. ^{133}Xe 이 100 % 존재하는 경우에는 5.25 일 지나면 처음 측정된 양의 반으로 측정될 것이다. 위의 내용을 식으로 표현하면 (1)과 같이 표현된다. 여기서 $A_{Xe-133}(0)$ 는 처음 측정했던 ^{133}Xe 의 방사능이다.

$$A_{Xe-133}(t) = A_{Xe-133}(0) \times \exp^{-\lambda_{133} \times t} \quad (1)$$

총 제논 중 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 이 대부분 차지한다면 방사능 농도는 식 (2) 따라서 감소할 것이다.

$$A_{Xe-131\text{m}}(t) = A_{Xe-131\text{m}}(0) \times \exp^{-\lambda_{131\text{m}} \times t} \quad (2)$$

식 (1)과 식(2)에서 반감기가 다르기 때문에 감소하는 비율이 달라질 것이다. 그림 1에서 보면 식(1)과 식 (2)에 따라서 방사능의 감소율을 보여주고 있다. 즉 ^{133}Xe 만 있을 경우가 감소하는 비율 즉 기울기가 급하고 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 의 경우는 기울기가 완만하다.

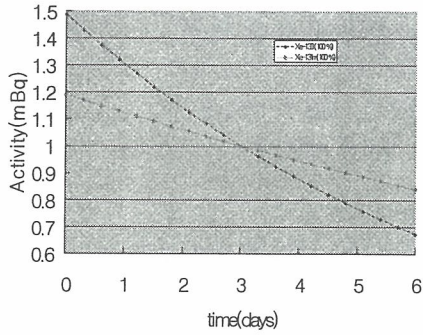


Fig. 1. ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe만 각각 존재할 경우 방사능 농도의 시간에 대한 감소선

그러나 총 제논 중 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe이 혼합하여 포함한다면 방사능의 감소는 식(3)에 의해서 이루어질 것이다. 그림 2에서 보면 기울기가 급할수록 ¹³³Xe이 많이 포함되어 있는 경우고 기울기가 완만할수록 ^{131m}Xe이 많이 포함되어 있다.

$$A(t) = A_{Xe-133}(0) \times \exp^{-\lambda_{133} \times t} + A_{Xe-131m}(0) \times \exp^{-\lambda_{131m} \times t} \quad (3)$$

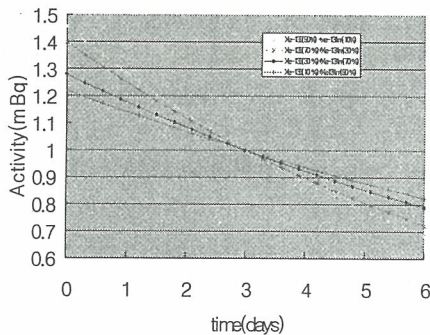


Fig. 2. ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe가 혼합하여 존재할 경우 방사능 농도의 시간에 대한 감소선

그림 2에서 보였듯이 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe 혼합비에 따른 방사능 농도 변화를 보여주고 있다. 대기 중 방사성 총 제논의 양이 높게 측정되었을 경우 비례계수기를 이용하여 주기적으로 한다. 측정시간 0을 기준으로 맨 위쪽 라인을 따라서 방사능이 감소한다면 이 경우 ¹³³Xe만 있는 경우를 의미한다. 반대로 맨 아래의 라인을 따라서 감소한다면 식(2)에서 나타냈듯이 ^{131m}Xe만 존재하는 경우를 의미한다. 그러

나 실제 시료를 측정할 경우 주로 혼합된 방사능을 보이는데 만일 그림 2의 두 번째 라인을 따라서 방사능이 감소한다면 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe 존재비가 9대 1의 경우를 의미한다. 반대로 아래에서 두 번째의 경우는 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe 존재비가 1대 9인 경우이다. 즉 ^{131m}Xe 동위원소가 월등히 많은 경우를 의미한다. 이런 경우는 주로 의료용 동위원소 생산시설 주변이라든가 병원 주변의 대기 시료에서 나타날 수 있다.

본 논문에서 제시된 방법으로 비례계수기를 이용하여 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe의 방사능 농도를 측정할 수 있다. 이렇게 각각의 방사능 농도를 측정하여 대기 중 방사성 제논의 기원을 유추할 수 있다. 즉 병원 및 의료용 시설에 의한 영향인지 아니면 기타 발전소 등 다른 영향인지를 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 비례계수기를 이용하여 대기 중에 방사성 제논 분석 시 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe의 방사능 농도를 측정하는 방법론을 소개하였다. 비례계수기는 원래 핵종분리를 할 수 없으나 방사능 감소를 측정하여 즉 반감기가 다른 특성을 이용하여 제논 동위원소 중 ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe의 방사능을 측정할 수 있는 방법론을 시도하였다. ¹³³Xe 및 ^{131m}Xe 각각의 방사능 측정이 중요한 이유는 그렇게 분리 측정해야 정확히 기원을 알 수 있고 이를 통해서 원자력관련시설들의 영향인지 병원 및 의료용 동위원소 생산시설의 영향인지를 정확히 알 수 있다. 시료 중 평상시 변동범위를 넘는 방사능이 측정되었을 경우 위에서 제시한 방법을 이용하여 보다 정확한 원인을 규명할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

- [1] Y. Igarashi, H. Sartorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K. Hirose and H. Y. Inoue, 85Kr and 133Xe monitoring at MRI, Tsukuba and its importance, J. of Environmental Radioactivity, 48, 191-202, 20002.
- [2] 한국방사성폐기물학회, 2010년 춘계학술발표회 논문요약집, PP. 399-400, 2010.
- [3] 대한방사선방어학회, 2010년 춘계학술발표회 논문요약집, PP. 168-169, 2010.