

## 환경방사능의 감마선 분광분석을 위한 백그라운드 소멸

서범경 · 이길용\* · 윤윤열\* · 이대원  
부산대학교 물리학과, \*한국지질자원연구원 환경지질연구부  
(2001. 3. 12 접수)

### Background Reduction for the $\gamma$ -Ray Spectrometry of Environmental Radioactivity

Bum Kyoung Seo, Kil Yong Lee\*, Yoon Yeol Yoon\* and Dae Won Lee

*Department of Physics, Pusan National University, 30 Changjon-dong,*

*Keumjeong-ku, Pusan 609-735, Korea*

*\*Environmental Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM), 30  
Kajung-dong, Yusong-ku, Taejon 305-350, Korea*

(Received March 12, 2001)

**요약** : 본 연구는 감마선 분광분석법을 이용하여 환경시료에 함유되어 있는 천연방사성 핵종인 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ) 및 라돈( $^{222}\text{Rn}$ )의 직접분석법의 개발을 목표로 수행되었다. 감마선 분광분석법에 의한 라듐 및 라돈의 분석에서는 주변환경조건에 따라서 변화의 폭이 큰 대기중의 라돈 및 딸핵종에 의한 백그라운드 영향을 소멸시키거나 보정해 주어야만 한다. 본 고에서는 측정함 내부로 질소가스를 흘려주어 측정함 내부를 질소가스 분위기로 바꾸어 줌으로서 대기중의 라돈 및 딸핵종에 의한 불안정한 백그라운드를 소멸시키고자 하였다. 질소가스를 검출기 주위로 흘려주었을 때, 1 MeV 이하의 에너지 영역에 대해서는 80% 그리고 1 MeV 이상에서는 20~50% 정도까지 백그라운드를 감소시킬 수 있었다. 즉, 검출기 주위를 질소분위기로 바꾸어 줌으로서 백그라운드를 소멸, 안정화시킴으로서 검출감도를 약 10배 향상시킬 수 있었다.

**Abstract** : This study was performed to establish the analytical method of radium and radon in various environmental samples with the  $\gamma$ -ray spectrometry. The major problem in the measurements of low level  $\gamma$ -ray, such as environmental radioactivity, is the fluctuation of  $\gamma$ -ray background spectrum. To overcome this problem, a nitrogen gas was filled up in the detector chamber to reduce the background counts due to airborne radioactivities, i.e.,  $^{214}\text{Pb}$  and  $^{214}\text{Bi}$ , the daughters of  $^{222}\text{Rn}$  in air. When nitrogen gas flowed around the detector, peak counts of  $\gamma$ -rays from the daughters of  $^{222}\text{Rn}$  decreased about 80% below 1 MeV and about 20~50% above 1 MeV. The use of nitrogen purging results in approximately tenfold increment of sensitivity.

**Key words** : radium, radon, environmental radioactivity, background reduction, nitrogen,  $\gamma$ -ray spectrometry

★ Corresponding author

Phone : +82+(0)42-868-3652, Fax : +82+(0)42-861-9727

E-mail : kylee@kigam.re.kr

## 1. 서 론

환경시료에 함유되어 있는 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ) 및 라돈( $^{222}\text{Rn}$ )의 측정을 위해서는 일반적으로 알파선 분광분석법을 이용하고 있으나, 토양이나 건축재료와 같은 고체시료의 경우 시료 전처리 과정이 복잡하여 측정의 정확도가 저하되거나 경제적으로 비효율적인 문제를 가지고 있다. 감마선 분광분석법은 시료의 전처리 과정이 거의 필요없기 때문에 이러한 시료처리에 따른 문제는 우려하지 않아도 된다. 감마선 분광분석의 이러한 장점에도 현재까지 널리 이용되고 있지 않은 이유는 나름대로의 단점을 가지고 있기 때문이다. 감마선 분광분석은 말 그대로, 감마선을 방출하는 방사성 핵종의 감마선을 측정하여 해당 핵종의 함량을 결정하는 방법이므로, 감마선을 방출하지 않거나( $^{222}\text{Rn}$ ) 감마선 방출율이 매우 낮은( $^{226}\text{Ra}$ ) 방사성핵종의 측정에는 적합하지 않다. 그러나 라듐, 라돈의 경우는 우라늄( $^{238}\text{U}$ )의 자연붕괴계열에 속하는 자연방사성 핵종들이기 때문에 이들의 어미핵종(parent nuclide)이나 딸핵종(daughter nuclide)을 측정, 정량하여 간접적으로 측정해야만 한다. 그 조건으로는 이들의 딸핵종( $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ )과 영속적인 방사평형(secular equilibrium)이 이루어져야 하며 이 평형조건은 어미핵종과 딸핵종의 반감기(half life)에 의존하는데 라듐, 라돈과 딸핵종들 사이에는 이러한 영속평형조건을 만족하고 있다. 그러나, 이와 같은 기본적인 조건이 성립하여도 감마선 분광분석을 이용한 라듐, 라돈의 측정에는 다음의 두 가지 해결해야 할 문제를 가지고 있다. 첫째는 라듐 및 라돈과 그 딸핵종간의 방사평형을 위해서는 약 30일의 평형기간이 소요되며, 완전한 방사평형을 도달시키기 위해서는 라듐으로부터 생성된 라돈의 누출이 없어야 하는데 기존의 플라스틱용기는 라돈가스의 누출이 시료의 종류(고체, 액체, 수분함량 등)에 따라서 차이가 크다는 것이다. 이와 같은 방사평형 중의 라돈가스의 누출에 의한 평형도달 문제는 당 연구팀에서 연구한 결과 측정용기를 플라스틱에서 알루미늄으로 바꾸어 줌으로서 해결할 수 있었다.<sup>1</sup> 또 다른 문제점은 대기 중의 라돈과 그 딸핵종의 농도는 습도, 온도, 환기상태 등과 같은 주변환경에 따라서 매우 불안정하게 변화하며, 만일 백그라운드 준위의 방사능측정이 필요할 경우에는 매우 큰 불확도 요인이 된다는 것이다.

저준위 환경방사성 핵종의 분석에서 백그라운드에

대한 정확한 측정 및 보정은 분석의 정확도 및 감도 면에서 매우 중요하다. 시료 측정시의 백그라운드는 실험적으로 측정할 수 없기 때문에 시료의 측정 전후에 별도로 수회 반복 측정하여 그 평균값을 이용하는 것이 일반적인 방법이다. 이 경우, 평균 백그라운드와 시료 측정중의 백그라운드가 일치하지 않는다면 백그라운드와 유사한 저준위 환경방사능 측정에서 커다란 불확도 요인으로 작용할 수 있다. 일반적으로 측정실과 같은 건물 내부에서 백그라운드 방사선의 주요 요인으로는 고에너지 우주선, 건축자재나 차폐체 내에 포함된 천연방사성 핵종 그리고 대기 중의 라돈 및 그 딸핵종 등이다. 대표적인 백그라운드 감마선은 소멸피크(511 keV), 우라늄 계열의  $^{214}\text{Pb}$  (295.1, 351.9 keV),  $^{214}\text{Bi}$  (609.3 keV), 토륨 계열의  $^{212}\text{Pb}$  (238.6 keV),  $^{208}\text{Tl}$  (583.0, 2614.4 keV), 그리고  $^{40}\text{K}$  (1460.8 keV) 등이 있다. 이들 중 환경방사능의 감마선 분광분석에 영향을 미치는 것은 우라늄 및 토륨의 자연붕괴계열 핵종인  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ 이다. 특히, 환경방사능 측정의 주요 핵종인 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ), 라돈( $^{222}\text{Rn}$ )의 측정에서 대기에 포함되어 있는 라돈 자신 및  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ 에 의한 백그라운드는 측정의 정확도 및 감도에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 이에 대한 보정 혹은 소멸기술의 개발이 선행되어야만 한다. 통상적인 외부 백그라운드의 저감화 방법으로는 방사성 물질을 최소로 포함하는 차폐체를 사용함으로써 줄일 수 있고, 고 에너지 우주선으로 인한 백그라운드는 지하 실험실에 계측기를 설치함으로써 줄일 수 있다. 그리고 최근에 대기 중의 라돈 딸핵종에 의한 백그라운드는 측정함 내부로 질소가스를 흘려줌으로서 제거할 수 있다는 연구가 발표되었다.<sup>2,5</sup> 대기 중 라돈 딸핵종은 토양 중에 존재하는 우라늄 및 토륨계열의  $^{222}\text{Rn}$ 와  $^{220}\text{Rn}$ 이 가스상태로 그 일부가 방출되어 생성된 것이다(Fig. 1). 방출된 라돈 및 그 딸핵종들은 대기 중에서 에어로졸 형태로 존재하게 된다.<sup>6</sup> 이러한 대기 중의 라돈 딸핵종을 검출기 주위에서 제거할 수 있으면, 안정적이고 낮은 백그라운드를 얻을 수 있을 것이다.

백그라운드의 시간적인 변화는 대기중 라돈 딸핵종의 농도변화에 따른 변동이 주된 원인이다. 이러한 대기중 라돈 딸핵종의 농도는 온도, 기압, 습도 등 여러 가지 인자에 의하여 영향을 받지만, 본 연구에서는 가장 주된 요인인 대기 중 습도에 의한 영향을 조사하였으며, 측정함 내부로 질소가스를 흘려보냄으로서 대

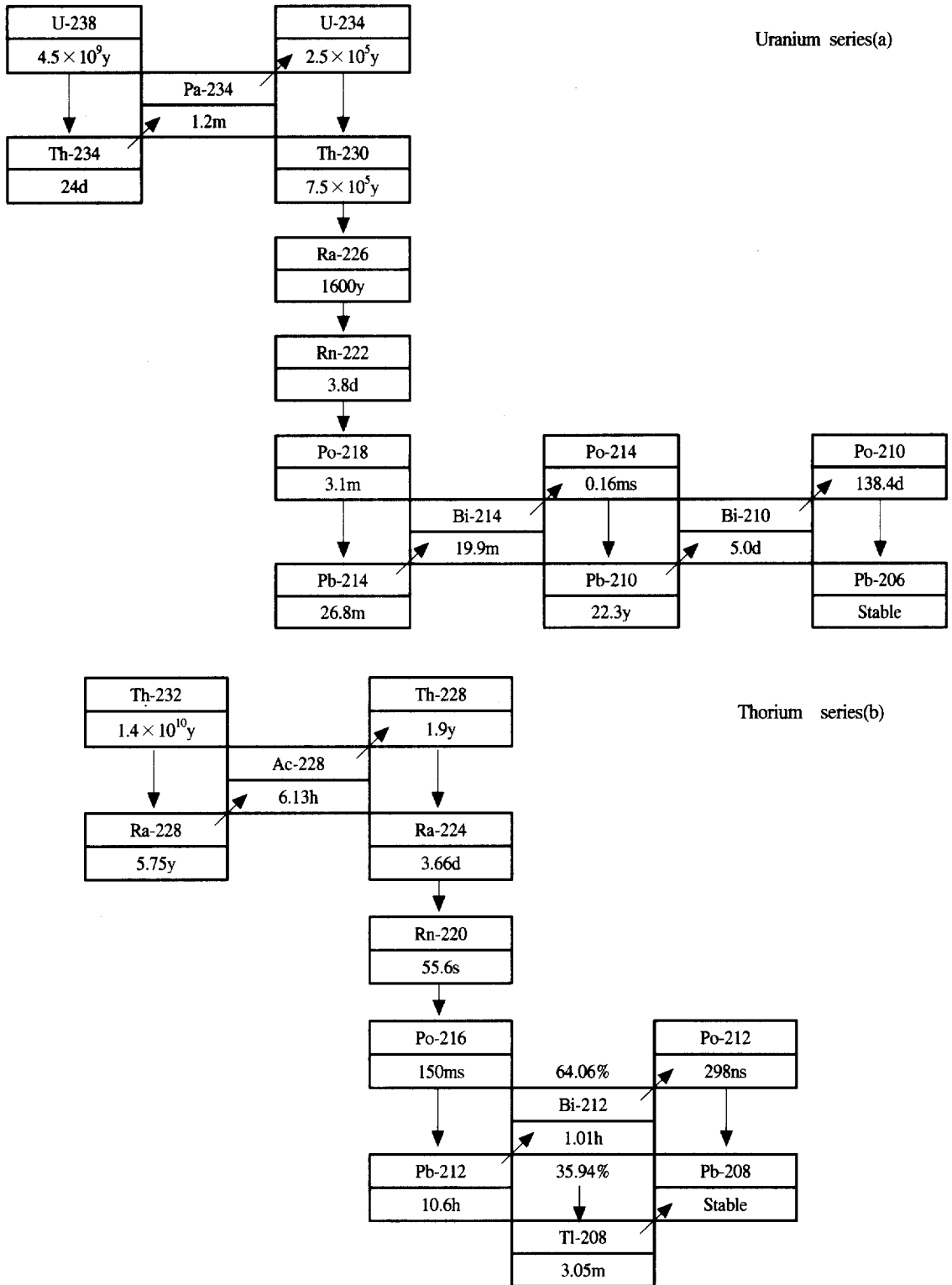


Fig. 1. Uranium(a) and thorium(b) decay series. Vertical arrows designate alpha-decay and diagonal arrows designate beta-decay.

기중 라돈 딸핵종에 의한 간섭을 제거할 수 있었고, 안정적인 백그라운드를 얻을 수 있었다. 알루미늄 측정용기를 사용하고 질소가스를 이용하여 백그라운드를 소멸시킨 연구결과를 건축재료, 토양, 지하수, 생체와 같은 다양한 환경시료에 적용시킨 결과 라듐 및 라돈의 분석정확도와 감도면에서 약 10배의 향상효과를 관찰할 수 있었다.

## 2. 이 론

### 2.1. 대기중 라돈 딸핵종의 거동

라듐(<sup>226</sup>Ra과 <sup>224</sup>Ra)의 붕괴로부터 생성되는 라돈(<sup>222</sup>Rn과 <sup>220</sup>Rn)은 불활성 기체로서 대기 중으로 방출된다. 이 때 방출된 라돈 딸핵종의 에어로졸은 대기에서 두 가지 단계로 형성된다. 라돈 동위원소의 붕괴로 생성된 딸핵종들은 미량의 기체나 수증기와 아주 빨리 (<1 s) 반응하여, 직경이 0.5에서 5 nm인 클러스터 또는 미부착 방사성 핵종의 작은 입자가 된다. 클러스터를 형성하는 것 외에, 이들 방사성 핵종들은 1 ~ 100 s 이내에 대기 중에 존재하는 에어로졸 입자에 부착되어 방사성 에어로졸을 형성한다.<sup>6,7</sup>

공기 중의 라돈의 농도는 여러 요인에 의해 변동하고, 어느 정도 규칙적인 변동도 보고되어 있다. 대표적인 것으로 계절변화와 일변화가 있으나 저준위 환경 방사능 시료의 경우 24시간 이상 장기간의 측정이 요구되므로 측정중에도 백그라운드가 변화할 수 있기 때문에 이는 커다란 불확도 요인이 되고 있다. 또한 이러한 변동은 지역과 건물 안과 밖에 따라서도 차이가 있음이 알려져 있다.<sup>8,9</sup>

### 2.2. 방사평형

$n$  개의 핵종이 연속 방사성 붕괴계열을 이루고 있다면, 임의의 시간  $t$  에서  $n$  번째 핵종의 수는 다음과 같다.<sup>10</sup>

$$N(t) = c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t} + \dots + c_n e^{-\lambda_n t} \quad (1)$$

여기서,

$$c_1 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1) \dots (\lambda_n - \lambda_1)} N_0,$$

$$c_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2) \dots (\lambda_n - \lambda_2)} N_0,$$

.....

$\lambda_n$  은  $n$  번째 핵종의 붕괴 상수, 그리고  $N_0$  는  $t = 0$

에서 어미핵종의 수이다.

어미핵종의 반감기가 그들의 다른 딸핵종의 반감기보다 대단히 긴 경우, 일정한 시간이 흐른 뒤 다음의 조건을 만족한다.

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots = \lambda_n N_n$$

즉, 계열 내의 모든 핵종의 방사능은 같아지는데, 이를 영속평형(secular equilibrium)이라 한다.<sup>11</sup>

## 3. 실험 방법

### 3.1. 실험장치

질소 분위기에서 백그라운드 변화는 두 종류 측정함을 이용하여 조사하였다. 납 차폐체 내부공간의 체적은 측정함-1은 57 L이고, 측정함-2는 822 L이다. 두 측정함 모두 외부공기의 유입을 차단하기 위하여 차폐체 틈새를 실리콘을 이용하여 완전히 밀봉하였다. 질소 분위기 실험의 개략도는 Fig. 2와 같다. 두개의 질소 가스통을 하나의 regulator에 연결하여 flow meter로 질소가스의 유량을 일정하게 조절하였다. 질소가스는 공기보다 가벼우므로 테프론 관을 통하여 차폐체 아래부분을 통하여 측정함 내부로 흘려보냈다.

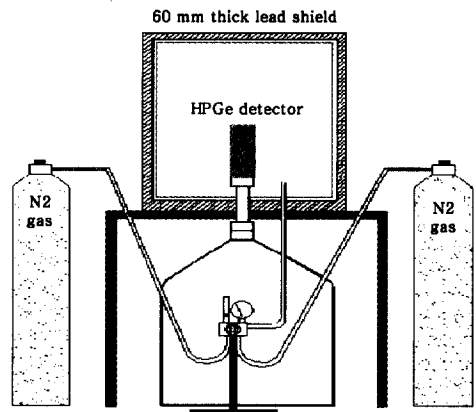


Fig. 2. Geometry of the nitrogen gas flow.

### 3.2. 측정방법 및 조건

검출기는 EG&G ORTEC 사의 동축형 고순도 Ge 검출기를 이용하였다. 측정함-1은 2500 keV까지의 감마선을 채널당 0.64 keV인 4K MCA로 측정하였다. 측정은 40,000 초 동안 6회 반복하였다. 한편, 측정함-2는 3000 keV까지의 감마선을 채널당 0.36 keV인 8K

MCA로 측정하였다. 측정 시간은 40,000 초와 80,000 초 동안 각각 5회씩 반복하였다.

관심있는 백그라운드의 피크는 자동으로 탐색하였지만, 통계적 편차가 큰 피크에 대해서는 시각검사를 병행하여 탐색하였다. 측정하기 전에 측정함 내에 남아 있는 대기 부유 방사선에 의한 간섭을 제거하기 위하여 약 5 L/min의 유속으로 질소 가스를 2시간 정도 흘려주었다. 측정 시 유속은 측정시간 및 질소가스의 용량을 고려하여 2.5 L/min으로 일정하게 유지하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 주위 환경에 의한 백그라운드 변화

측정환경에서 백그라운드는 측정함의 위치나 차폐체의 구성성분 등 여러 가지 요인에 의하여 영향을 받는다. 그러나 백그라운드의 시간적인 변화는 대기중 라돈 딸핵종의 농도변화에 따른 변동이 주된 원인이다. 이러한 대기중 라돈 딸핵종의 농도는 온도, 기압, 습도 등 여러 가지 인자에 의하여 영향을 받지만, 본 연구에서는 가장 주된 요인인 대기 중 습도에 의한 영향을 조사하였다. 측정실은 실외 대기와 습도를 같게 하기 위하여 제습은 하지 않았으며, 온도만을 일정하게 유지하였다. 본 연구에서는 습도변화에 따른 대기 중 라돈 딸핵종에 의한 감마선 백그라운드의 변화 정도만을 조사하기 위한 것이므로 대기 중 라돈 농도를 정량하지는 않았다. Fig. 3은 습도의 변화에 따른 측정함 내의  $^{214}\text{Bi}$ 의 351.9 keV 감마선 계수율을 살펴본 것이다. 대기 중 라돈 농도는 습도가 증가함에 따

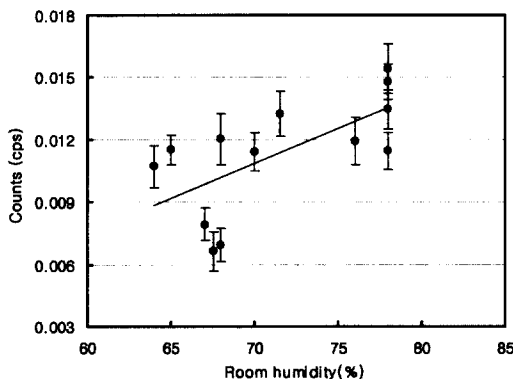


Fig. 3. Changes of  $\gamma$ -ray counts of the background spectrum with room humidity.

라 함께 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 대기 중 라돈의 대부분은 토양으로부터 방출되는 것으로서 습도가 증가하므로 토양으로부터 대기 중으로 방출되는 라돈의 양이 증가하기 때문이다. 매질 내에서 수분 함량에 따른 라돈 방출의 변화 요인으로는 여러 가지가 있으나, 그 중에서 대표적인 것은 수분의 영향이다. 즉, 매질 내에서 수분은 생성된 라돈 기체의 흡착을 방해하여 공극을 통하여 보다 잘 방출되도록 하기 때문이다.<sup>12-17</sup>

### 4.2. 질소가스에 의한 백그라운드 변화

대기 중 습도 등과 같은 요인으로 인한 라돈 딸핵종의 농도변화와 상관없이 백그라운드 스펙트럼의 시간적 변동을 억제하기 위하여 측정함 내부의 라돈 딸핵종을 방출하고 동시에 외부로부터의 유입을 막기 위하여 측정함 내부로 질소가스를 흘리면서 백그라운드를 측정하였다. Fig. 4는 질소가스를 흘려주었을 때와 흘려주지 않았을 때의 200~700 keV 영역의 감마선 백그라운드 스펙트럼이다. 질소가스를 흘려주었을 때, 대기 중 라돈 딸핵종인  $^{214}\text{Pb}$ (295.1과 351.9 keV)와  $^{214}\text{Bi}$ (609.3 keV)의 피크가 현저하게 줄어든 것을 볼 수 있다. 그러나 토륨 계열( $^{212}\text{Pb}$  238 그리고 583 keV)과 우주선의 영향에 의한 소멸피크(511 keV)는 질소가스를 흘려주어도 그 차이는 거의 없었다.

질소 분위기에서의 라돈 딸핵종의 감소정도를 확인한 결과, 우라늄 계열의  $^{222}\text{Rn}$ 에 의한 딸핵종들의 농도는 질소 분위기에서 현저하게 감소하는 것을 확인하였다. 이는 대기 중에 존재하는 라돈 가스의 대부분은  $^{222}\text{Rn}$ 이라는 것을 알 수 있다. 또한, 백그라운드에 포함된  $^{220}\text{Rn}$ 의 딸핵종들은 대기 중에 존재하는 것이 아니라 납차폐체와 같은 측정함 물질에 포함되어 있는 방사성 동위원소로부터 기인한 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 각 핵종별로 질소가스를 흘려주었을 때와 흘려주지 않았을 때의 피크의 순계수율을 비교한 것이다. 비교결과로부터 우라늄 계열 핵종인  $^{214}\text{Pb}$ 와  $^{214}\text{Bi}$ 가 확연히 감소된 것을 볼 수가 있다. 토륨계열 핵종인  $^{212}\text{Pb}$ 의 238.6 keV의 경우는 질소가스를 흘려주었을 때와 흘려주지 않았을 때의 피크 계수율의 차이를 발견할 수가 없다.  $^{214}\text{Pb}$ 의 295.3, 351.9 keV 그리고  $^{214}\text{Bi}$ 의 609.3 keV 감마선은 질소가스를 흘려주었을 때, 피크가 평균적으로 80 %이상 감소하였으며, 계수율도 아주 안정되었다.  $^{214}\text{Bi}$ 의 1120.3 keV 감마선의

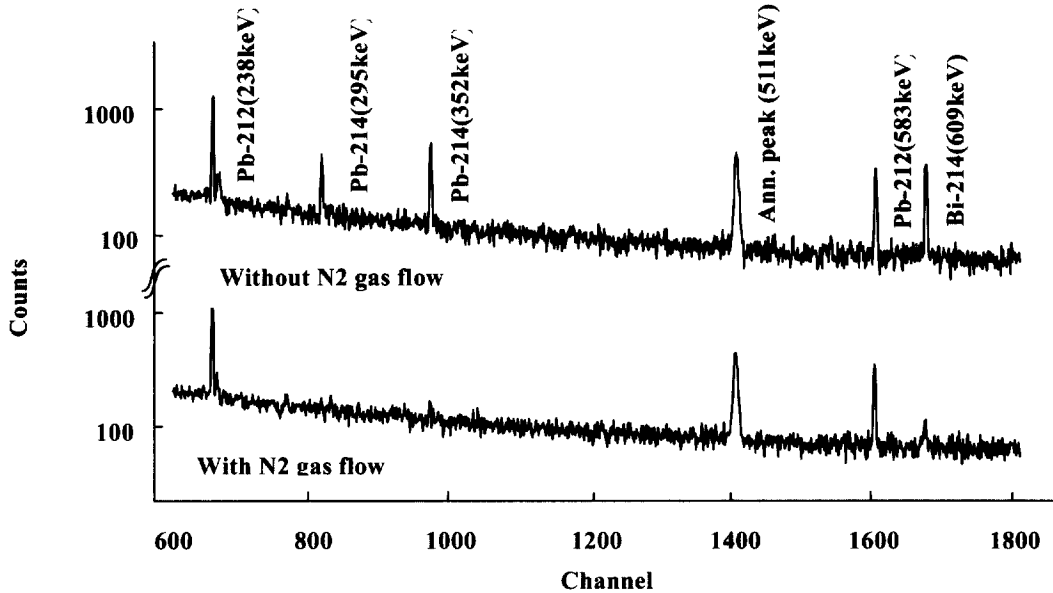


Fig. 4. 200-700keV region of the  $\gamma$ -ray spectrum with and without N<sub>2</sub> gas flow.

경우에 계수율은 질소 분위기에서의 평균적으로 50% 정도 감소하였으며, <sup>214</sup>Bi의 1764.3 keV 감마선의 경우는 평균 20% 정도 감소하였다. 고에너지 감마선에 대해서는 질소가스를 흘려주었을 때, 라돈 딸핵종들의 감소경향이 뚜렷하지는 않다. 이는 차폐체 외부의 대기 중 라돈 딸핵종들에 의한 감마선이 납차폐체를 투과하여 들어온 것으로 추정된다.

Table 1은 측정함 내의 라돈 딸핵종의 방사능 농도를 평가하기 위하여, 백그라운드 측정 스펙트럼에 환경시료 측정에 많이 이용되고 있는 450 mL Marinelli 비커의 효율을 적용하여 계산한 것이다. 질소가스를 흘려주지 않았을 때의 측정함 내 라돈 딸핵종의 방사능 농도는 수 Bq로서 저준위 환경방사능 농도 범위이다. 즉, 저준위 환경 방사능 측정 시, 대기 중 라돈 딸 핵종들

의 간섭은 분석의 불확도로 작용하게 된다. 그러나 질소 가스를 흘려주었을 때의 방사능 농도는 1 MeV 이하의 에너지 영역(보통의 <sup>226</sup>Ra 분석에 이용되는 에너지 영역)에 대해서는 통상적인 환경방사능 측정의 오차범위 이내의 값으로서 비교적 안정적이다. 환경방사능과 같은 저준위 측정에 있어서는 대기 중의 라돈 딸핵종의 간섭을 제거하기 위하여 측정함 내부를 질소 분위기로 바꾸어 측정하는 것이 요구된다.

Fig. 6은 측정함 내부용량에 따른 백그라운드의 변화 정도를 살펴보기 위하여 두 종류의 측정함에서의 질소 분위기 실험을 비교한 것이다. 측정함이 잘 밀봉된 경우에는 내부 용량에 관계없이(측정함-1 : 57 L, 측정함-2 : 822 L) 질소 분위기에서 라돈 딸 핵종에 의한 백그라운드의 감소를 확연히 볼 수가 있다.

Table 1. Activity of airborne <sup>222</sup>Rn daughters converted by 450 mL Marinelli beaker counting efficiency

Nuclides	Energy (keV)	Radioactivity (Bq)		Difference (%)
		Without N <sub>2</sub> gas flow	With N <sub>2</sub> gas flow	
<sup>214</sup> Pb	352	1.62 ± 0.36	0.22 ± 0.05	86.42
<sup>214</sup> Bi	609	1.77 ± 0.39	0.34 ± 0.09	80.79
<sup>214</sup> Bi	1120	4.14 ± 0.60	2.07 ± 0.43	50.00
<sup>214</sup> Bi	1764	7.10 ± 0.54	5.56 ± 0.47	21.69

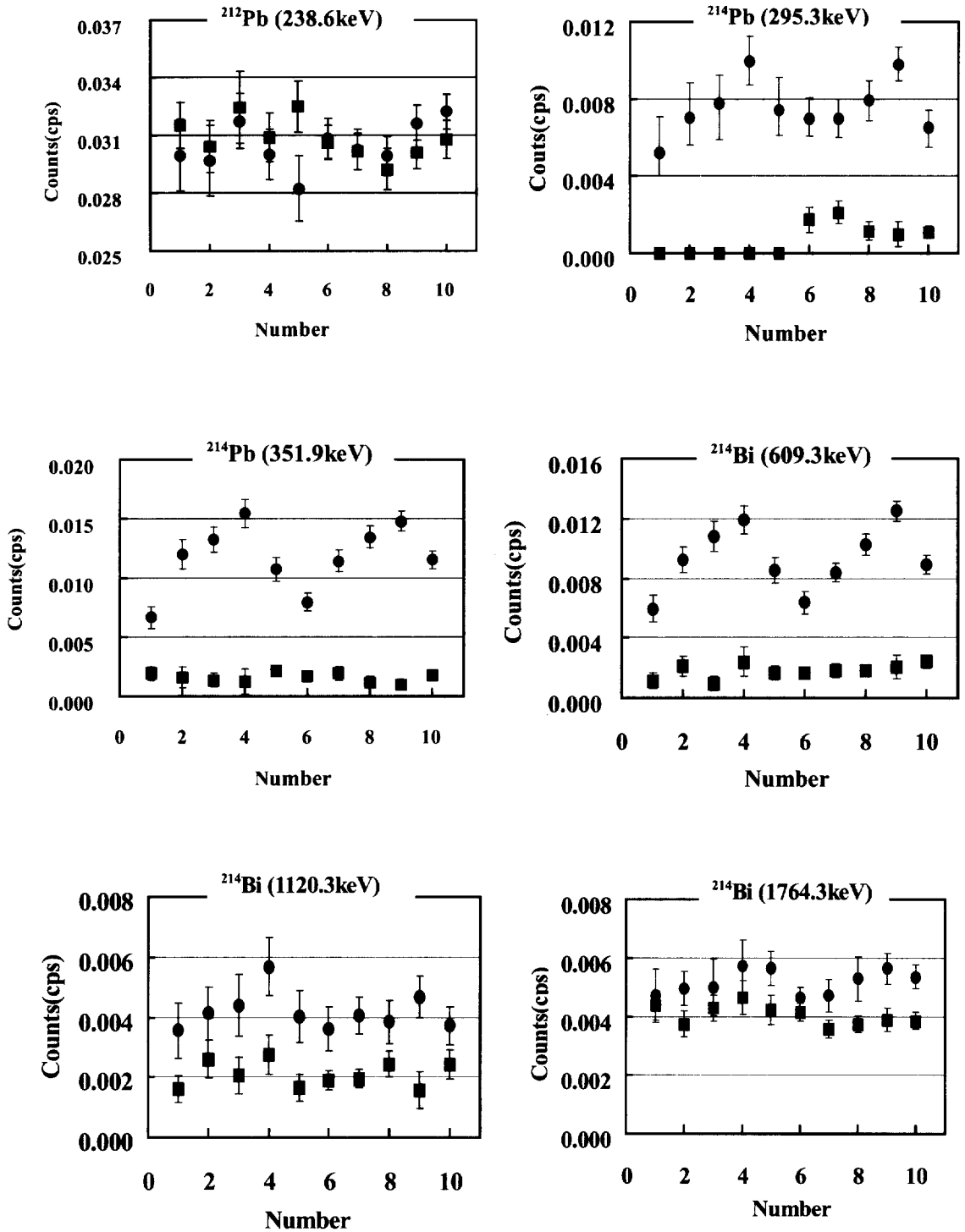


Fig. 5. Comparison of the count rate with and without N<sub>2</sub> gas flow.  
 ● : without N<sub>2</sub> gas flow and ■ : with N<sub>2</sub> gas flow

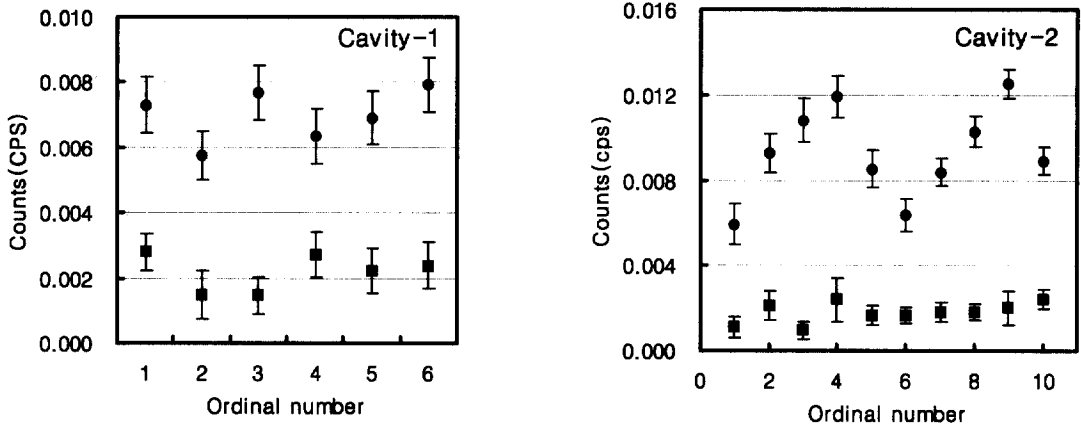


Fig. 6. Comparison of the count rate(<sup>214</sup>Bi 609.3 keV) in the cavity-1(57 L) and cavity-2(822 L).

● : without N<sub>2</sub> gas flow and ■ : with N<sub>2</sub> gas flow

### 4.3. 검출하한값 비교

질소 분위기에 의한 검출하한값의 변화는 Fig. 7에 나타내었는데, 검출하한값은 Currie의 식<sup>18</sup>을 이용하여

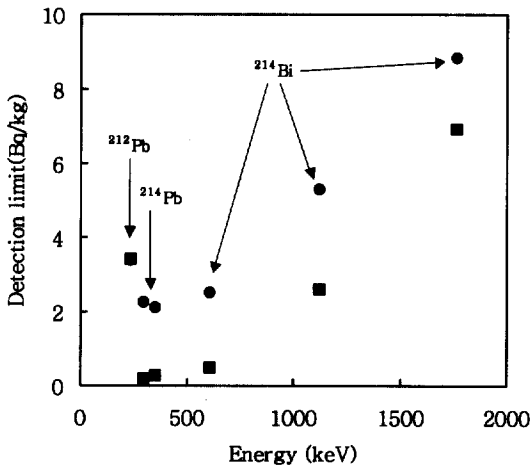


Fig. 7. Comparison of detection limit with nuclide and photon energy without(●) and with(■) nitrogen gas flow.

계산하였다. 토륨 계열인 <sup>212</sup>Pb의 경우는 질소 분위기에 서 검출하한값의 변화는 없지만, 우라늄 계열의 <sup>214</sup>Pb와 <sup>214</sup>Bi는 질소가스를 검출기 주위에 흘려주므로해서 검출 하한값을 <sup>214</sup>Pb의 295.3 keV의 경우 2.26 Bq/kg에서 0.21 Bq/kg까지, 그리고 <sup>214</sup>Bi의 1764.3keV의 경우는

8.84 Bq/kg에서 6.92 Bq/kg 까지 감소하였다. 즉, 질소 가스를 측정함 주위로 흘려주어 대기중 라돈 딸핵종에 의한 간섭을 제거하므로서, 환경 시료의 라돈 및 라듐의 분석에 이용되는 1 MeV 이하의 에너지 영역에서는 검출감도를 10배까지 증가시킬 수 있었다. 때문에 저준 위 환경시료의 라듐 및 라돈의 분석시 방사평형된 딸핵 종의 감마선을 이용한 간접분석의 경우<sup>6,19</sup>에는 질소가 스를 이용한 백그라운드 저감화 및 안정화는 가장 우선 되어야할 조건이라 하겠다.

## 5. 결 론

환경 방사능과 같은 저준위 감마선 측정의 경우에 장기간의 측정으로 인하여 백그라운드에 의한 기여가 아주 크기 때문에 백그라운드를 가능한 낮추고, 시간적 으로 변하지 않는 안정된 백그라운드를 유지시키는 것 은 아주 중요한 문제이다. 본 연구에서는 이들 백그라 운드 중에서 공기 중 라돈 딸핵종에 의한 영향을 조사 하기 위하여 습도에 의한 변화 정도를 살펴 보았으며, 측정함 내부를 질소 분위기로 만들어 백그라운드 변화 정도를 조사하였다. 대기 중 라돈 딸 핵종에 의한 백그 라운드는 습도의 증가에 대해 선형적으로 증가하였고, 측정함 내부로 질소 가스를 흘려주었을 때, 라돈 딸 핵 종에 의한 영향은 1 MeV 이하의 감마선에 대해서는 80% 이상 제거할 수 있었으며, 1 MeV 이상에서는



20~50% 정도까지 제거되었다. 이상의 실험을 통하여 습도와 같은 주위 환경에 의한 백그라운드의 변화도 질소 가스를 흘려주므로해서 저감화시킬 수 있었고, 안정화시킬 수 있었다. 즉, 백그라운드 계수치의 변동이 통계오차 범위 이내인 아주 안정적인 백그라운드를 얻을 수 있었고, 검출감도 또한 10배 정도 향상시킬 수 있었다.

### 참고문헌

1. 이길용, 윤운열, 서범경, *분석과학*, **13**(6), 743-750 (2000).
2. T. Sago and Y. Isozumi, *Radioisotopes*, **36**, 70-73 (1987).
3. Y. Ishikawa, H. Murakami, T. Sekine, T. Saito, and K. Yoshihara, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles*, **178**(2), 301-310 (1994).
4. F. Cannizzaro, G. Greco, M. Raneli, M.C. Spitale, and E. Tomarchio, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **A390**, 167-174 (1997).
5. F. Cannizzaro, G. Greco, M. Raneli, M.C. Spitale, and E. Tomarchio, *Applied Radiation and Isotopes*, **51**, 239-245 (1999).
6. J. Porstendörfer and A. Reineking, *Radiation Protection Dosimetry*, **45**(1/4), 303-311 (1992).
7. 진재식, 채하석, 이철영, 조혁, 하정우, *방사선방어학회지*, **20**(1), 16-24 (1995).
8. G. Sciocchetti, M. Bovi, G. Cotellessa, P.G. Baldassini, C. Battella and I. Porcu, *Radiation Protection Dosimetry*, **45**(1/4), 509-514 (1992).
9. T. Kataoka, O. Tsukamoto, E. Ynoki, K. Michihiro, H. Sugiyama, M. Shimizu, T. Mori, K. Sahashi and S. Fujii, *Radiation Protection Dosimetry*, **45**(1/4), 403-406 (1992).
10. E. Rutherford, J. Chadwick and C.D. Ellis, "Radiations from Radioactive Substances", pp.10-28, Cambridge at the University Press, 1951.
11. I. Kaplan "Nuclear Physics", 2nd Ed., Addison-Wesley Publishing Co. Inc., Massachusetts, U.S.A., 1962.
12. M. Markkanen and H. Arvela, *Radiation Protection Dosimetry*, **45**(1/4), 269-272 (1992).
13. W.V. Dijk, and P.D. Jong, *Health Physics*, **61**(4), 501-509 (1991).
14. K.P. Strong and D.M. Levins, *Health Physics*, **42**(1), 27-32 (1982).
15. T.H. Gan, G.C. Mason, K.N. Wise, S. Whittlestone and H.A. Wyllie, *Health Physics*, **50**(3), 407-410 (1986).
16. E. Stranden, A.K. Kolstad and B. Lind, *Radiation Protection Dosimetry*, **7**(1-4), 55-58 (1984).
17. T.P. Barton, and P.L. Ziemer, *Health Physics*, **50**(5), 581-588 (1986).
18. L.A. Currie, *Anal. Chem.*, **40**(3), 586-593 (1968).
19. Y. Ishikawa, H. Murakami, T. Sekine, T. Saito, K. Yoshihara, *J. Radioanla. Nucl. Chem.*, **178**(2), 301-310 (1994).