

## 대기방사능 연속감시기 측정치 분석

박 창 수 · 최 희 열 · 이 동 명  
한국원자력안전기술원  
E-mail: cspark@kins.re.kr

중심어 (keyword) : 대기방사능, 공기부유진, 전베타 방사능

### 서론 (Introduction)

한국원자력안전기술원에서는 방사선 비상사태의 조기탐지를 위하여 대기부유진의 전알파/전베타 방사능을 연속으로 감시할 수 있는 대기방사능 연속감시기(CAMS, Continuous Airborne dust radioactivity Monitoring System)를 도입하여, 전국 지방측정소에 대기방사능 자동감시망(CAMSNet)을 구축하였다.

대기방사능 연속감시기는 공기 중 부유진에 대해 정상시의 전베타/전알파 방사능비를 기준으로 인공베타 핵종의 농도를 계산하여, 비정상적인 인공베타 핵종의 증가를 조기에 탐지할 수 있다. 그러나, 이 기준값은 변동폭이 크고 정상시 인공베타 핵종의 농도를 포함하여 결정된 값이므로, 정확한 인공 핵종의 농도를 측정하기 어렵다. 이를 보완하기 위하여 단반감기의 자연 핵종들이 거의 붕괴하는 24시간 경과 후 이차측정을 수행한다. 동일한 이유로 지방측정소(RMS, Regional Monitoring Station)에서는 공기부유진의 전베타 농도를 48시간 경과 후에 측정하고 있다. 본 연구에서는 그동안 측정소 운영을 통해 축적해 온 공기부유진 전베타 감시 자료와의 비교를 위해서, 측정치간의 상호 관계를 도출하여 비교 기준을 마련하고자 하였다. 각각의 포집 및 측정 조건은 표 1과 같다.

표 1. 공기부유진의 전베타 측정 방법 비교

구분	포집 [h]	대기 [h]	측정 [h]	흡입률 [m <sup>3</sup> /h]	주기 [h]
CAMS	0.5 h	24 h	0.5 h	~8	0.5
RMS	24 h	48 h	1 h	~2.5	24

### 비교 (Comparison)

CAMS(대기방사능 연속감시기)의 여러 이차 측정치 중에서 전베타 평균 방사능농도(Gross Beta Mean Concentration)를 비교 대상으로 하였으며, 30분 주기의 값들에 대해 하루 평균값을 취하였다(오전 10시 기준). 자료 수집 기간은 2009년도 1년 간이며, 총 6개 측정소의 자료에 대해 RMS 측정치(48시간 경과 후)와의 관계를 그림 1에 나타내었다.

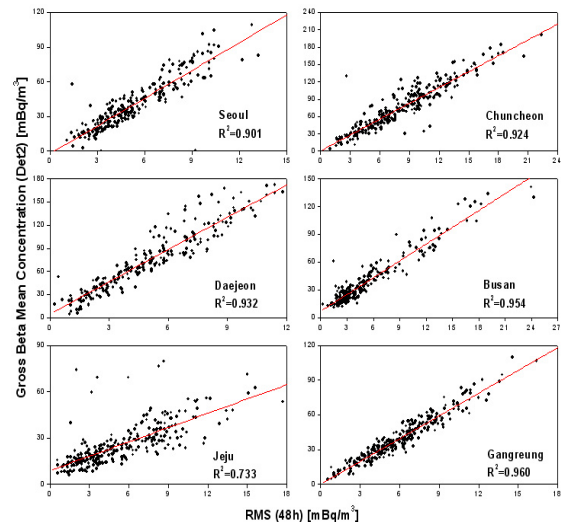


그림 1. CAMS, RMS 측정치 비교

그림 1에서 몇몇 경향을 벗어난 자료가 있으나, 대부분의 자료가 CAMS와 CLEAN 측정치가 비례 관계임을 보여준다. 표 2에 각 지역별로 계산된 비례비를 나타내었다.

표 2. 지역별 상대 비율 (CAMS/RMS)

서울	춘천	대전	부산	제주	강릉
8.02	9.12	14.0	6.05	3.09	6.55

## 해 석 (Analysis)

두 측정치간의 비례 관계를 설명하기 위해 공기 부유진 구성을 단일 핵종으로 가정하고 그림과 수식으로 표현하면 다음과 같다.

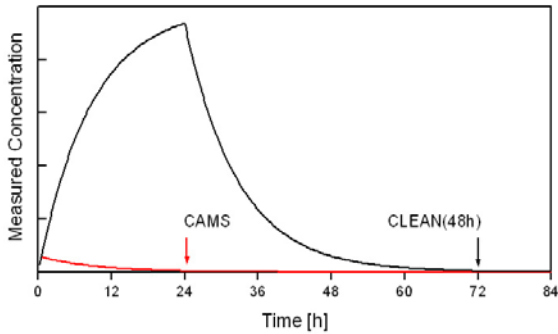


그림 2. 측정 방식에 따른 측정 농도 변화 추이

$$C_m(t_0, t) = C_0 \cdot [(1 - \exp(-\lambda t_0)) \cdot \exp(-\lambda t)]$$

$$R = C_{CAMS} / C_{RMS}$$

$$C_{CAMS} = C_m(0.5, 24) \cdot F_c$$

$$C_{RMS} = C_m(24, 48)$$

$C_0$  : 포집시 공기 중 농도,  $C_m$  : 측정시 농도

$t_0$  : 포집 시간,  $t$  : 붕괴 대기 시간

$R$  : 측정치 간 비율

$C_{CAMS}$  : CAMS 계산값

$C_{RMS}$  : RMS 자료

$F_c$  : 알고리즘 수정에 따른 보정 상수 (1.79)

위 식에 따르면, 두 측정값 간의 상호관계는 포집 방식의 형태가 동일하여 이론적으로 같게 측정되어야 하나, 포집시간과 붕괴 대기 시간의 차이로 인해 비례 관계로 나타난다.

각 지역마다 그 비례비의 차이가 나는 이유는, 지역별로 환경 요인이 다르기 때문이다. 각 지역별 비율을 위 식에 대입하여 단일핵종 가정의 유효반감기를 계산하면, 비율값이 클수록 유효반감기가 길어진다. 즉, CAMS의 측정치와 RMS 측정치의 상대비가 크게 나타날수록, 공기부유진의 구성 핵종 중 장반감기 핵종의 비율이 높다는 의미이다. 일반적인 자연 핵종 중 우라늄 계열의 라돈 자핵종들( $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ )은 반감기가 수십 분 이내로 매우 짧지만, 타계열의 자핵종들( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ )은 수억 년 이상으로 길다. 이러한 핵종 분포의 지역적 차이가 상호 비례 비율의 차이로 나타난 것이다.

## 결 론 (Conclusion)

전국 방사능측정소에 구축된 대기방사능 자동감시망에 대해 그 측정 결과를 기존의 감시 방법과 비교하였다. 비교한 결과, 공기의 포집 및 측정 시간의 차이에 따른 일정비의 비례 관계가 나타났다. 비례비는 지역별로 다르게 나타났으며, 이는 환경 요인(장반감기, 단반감기 핵종의 구성비)의 지역적 차이로 인한 것이다. 두 측정값 사이의 비례 관계를 이론적인 수식과 측정 자료를 통해서 증명할 수 있었으며, 이를 통해 대기방사능 자동감시망과 기존 측정소 운영을 통해 축적된 전베타 감시자료와의 직접 비교가 가능함을 확인하였다.

## 참 고 문 헌 (REFERENCES)

1. R.C.G.M. Smesters, "An automatic Gross  $\alpha/\beta$  activity monitor applied to time-resolved quantitative measurements of  $^{222}\text{Rn}$  progeny in air", Health Phys., 68(4), pp. 546-552 (1995)
2. 이동명 외 4인, "대기 중 라돈자핵종 농도의 일일 계절적 변화와 기상인자가 미치는 영향", 방사선방어학회지, 24(4), pp. 207-216 (2002)
3. G.F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement", 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 1999, p. 745.