

대기방사능 감시 체계의 상호 측정치 비교

박 창 수 · 박 흥 모 · 이 길 우 · 최 희 열 · 이 동 명

한국원자력안전기술원

E-mail: cspark@kins.re.kr

중심어 (keyword) : 대기방사능, 공기부유진, 전알파/베타방사능

서론

전국 환경방사능의 효율적인 감시를 위해 지방방사능측정소가 운영되고 있다. 각 측정소에서는 대기방사능의 감시를 위해 공기부유진에 대한 전베타방사능의 측정을 수행하고 있다. 그러나, 기존의 방식은 매일 24 시간 동안 공기를 포집 후 5시간, 48 시간의 대기 시간을 거쳐 수동으로 방사능을 측정하기 때문에 시간과 인력의 소요가 크다. 이를 개선하기 위해서 한국원자력안전기술원에서는 2007년부터 전알파/전베타방사능을 연속으로 자동 감시하기 위한 대기방사능 자동감시망 (CAMNet, Continuous Airborne dust Monitoring System Network)을 구축하여, 현재 6개 지방측정소에서 운영 중이다. 측정소에 설치된 대기방사능 연속감시기(CAMS, Continuous Airborne dust Monitoring System)는 30분 간격으로 흡입과 동시에 전알파/전베타 방사능을 측정한다.

새로이 도입된 CAMS의 측정방법이 기존의 수동 방식과 다르기 때문에 측정치를 비교하여 상호 기준을 마련하고자 하였다.

비교

CAMS의 측정치 중에서 전베타 cycle 값의 일일 평균치를 수동 측정법과 비교하였다. 춘천과 강릉에서의 지난 1년 동안의 CAMS 측정결과와 기존 측정값(5 시간 측정값)의 비율을 그림 1, 2에 나타내었다.

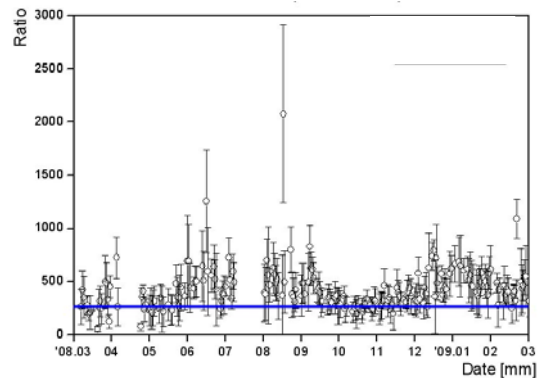


그림 1. 측정 결과 비교 (춘천, '08. 3. ~ '09. 2.)

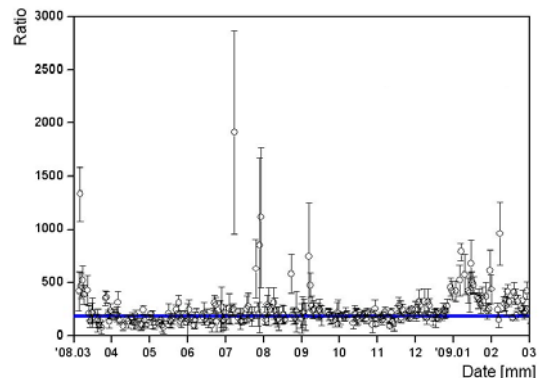


그림 2. 측정 결과 비교 (강릉, '08. 3. ~ '09. 2.)

그림에서 측정치의 비율이 춘천과 강릉에서 263 ± 8 , 186 ± 5 로 거의 일정하게 나타나고 있다. 경향을 벗어난 자료는 기상이나 일일 변동의 영향으로 판단된다.

두 측정치의 차이는 핵종별 반감기와 포집/측정 시간의 차이 때문이다. 공기부유진의 주요 핵종 중에서, 우라늄 계열의 라돈 자핵종들(^{214}Pb , ^{214}Bi)은 반감기가 30 분 이내로 매우 짧지만, 타계열의 자핵종들(^{212}Pb ,

^{234}Th 은 수 시간 이상으로 길다. 분석을 위하여 단반감기(30분)과 장반감기(12시간) 핵종으로 분류하였다. 12 시간의 반감기는 5 시간, 48 시간 측정치 자료를 분석하여 유추하였다. 24 시간 포집의 경우에 대한 방사능의 추이는 그림 3과 같다. 포집되는 동안 단반감기 핵종들은 빠르게 포화방사능에 이르며, 포집이 끝나자마자 붕괴되어 버린다.

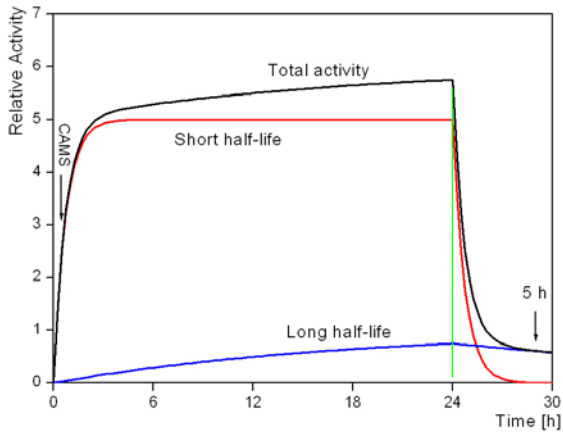


그림 3. 24 시간 포집시 방사능 변화 추이.

즉, CAMS의 경우는 0.5 시간 동안 흡입하면서 측정하기 때문에 거의 단반감기 핵종의 방사능만이 측정되지만, 기존 방식에서는 단반감기 핵종은 모두 붕괴된 상태에서 장반감기 핵종들만이 측정된다. 이러한 상황을 아래와 같이 정리할 수 있으며, 측정비를 통해 흡입 당시의 핵종별 농도비를 구할 수 있다.

$$A(t) = \sum_n A_n(t) \quad (n=\text{short, long half-life})$$

$$A_n(t) = \begin{cases} A_{\infty,n} [1 - \exp(-\lambda_n t)] & : (t < t_0) \\ A_{\infty,n} [1 - \exp(-\lambda_n t_0)] \exp[-\lambda_n (t - t_0)] & : (t > t_0) \end{cases}$$

$$A_{\infty,n} = C_{0,n} \cdot \Phi / \lambda_n, \quad C(t, t_0) = A(t) / \Phi t_0$$

$$C_{\text{CAMS}} = C(0.5, 0.5), \quad C_{5h} = C(29, 24)$$

$$R = C_{\text{CAMS}} / C_{5h}, \quad \therefore R_0 = C_1 / C_2 \approx 0.6R$$

A_n : 핵종별 방사능, Φ : 흡입 유량
 C_n : 핵종별 방사능 농도, t_0 : 포집 시간
 C_{CAMS} : CAMS 측정치, C_{5h} : 수동방식 측정치
 R_0 : 흡입시 핵종별 농도비, R : 측정치 비율

즉, CAMS와 기존 수동 측정법 간의 측정치 비율은 흡입 당시의 공기 중 단반감기 핵종과 장반감기 핵종의 비율에 거의 비례하여 나타나게 된다. 측정 결과 비교에서 이 비율이 거의 일정하게 나타나는 것은 공기 중의 핵종별 비율이 거의 일정하다는 의미이다. 그러나, 이는 지역별로 환경의 요인에 따라 다르게 나타난다. 2008년도에 설치된 서울, 대전, 부산, 제주 지방측정소의 최근 2 개월간의 자료에 의하면, 상대비는 각각 329 ± 17 , 584 ± 38 , 210 ± 16 , 237 ± 19 이다. 위 식에 의하면, 단반감기의 핵종의 농도가 장반감기의 핵종에 비해 약 100~350 배 정도라고 추정할 수 있다.

결론

전국 방사능측정소에 구축 중인 대기방사능 자동감시망에 대해 측정 결과를 기존의 감시 방법과 비교하였다. 비교한 결과, 공기의 포집 및 측정 시간의 차이로 핵종의 반감기에 따른 측정치의 차이가 나타났다. 그러나, 그 상대비는 동일 지역에서 거의 일정하였으며, 이는 공기 중의 핵종별 농도비가 일정하기 때문으로 추정된다. 향후 지역별로 두 가지 방식의 자료가 축적되면, 두 측정 체계 간의 정확한 비교 및 검증이 가능할 것이다.

참고 문헌

1. R.C.G.M. Smesters, "An automatic Gross α/β activity monitor applied to time-resolved quantitative measurements of ^{222}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. 구현미 외 2인, "공기부유진의 전베타방사능 특성 연구", 방사선방어학회 2004 춘계학술발표회 논문집, p. 182.
4. G.F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement", 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 1999, p. 745.