

# 콘크리트 공동주택과 근린생활 시설의 환경방사선에 관한 연구

지태정 · 곽병준\* · 민병인<sup>†\*\*</sup>

가야대학교 방사선학과 · \*남울산보람병원 영상의학과 · \*\*인제대학교 방사선응용공학부  
(2008. 12. 3. 접수 / 2009. 3. 31. 채택)

## A Study on the Environmental Radiation of Concrete Apartments and Neighborhood Living Facilities

Tae-jeong Ji · Byung-joon Kwak\* · Byung-in Min<sup>†\*\*</sup>

Department of Radiological Science, Kaya University

\*Department of Radiology, Namulsan Boram Hospital

\*\*Department of Radiation Applied Engineering, Inje University

(Received December 3, 2008 / Accepted March 31, 2009)

**Abstract :** In this study, the space gamma dose rates in the apartments structured with concrete were measured in accordance with construction year. In addition, the environmental radiation rates coming from the subway platforms and the road tunnels were analyzed in the equivalent dose by multiplying the absorbed dose with the radiation weighting factors. The space gamma dose rates measured in apartments were higher than those of outdoor which was 0.08~0.11uSv/h in the natural conditions. Especially, the older construction year is, the higher becomes space gamma dose rate. The average gamma dose rates in the subway platforms were measured. In the case of Busan and Daegu subway, the earlier the opening year is, the higher becomes dose rate. However, the dose rates of Seoul subway Lines were high overall, regardless of opening year. Seoul subway Line 6 showed the highest value of 0.21uSv/h. The gamma dose rate in road tunnels was higher than one of the outdoor and increased with opening year like as apartment. In dose rate comparison of the concrete structures with the outdoor, therefore, the space gamma dose rate of indoor is higher than one of the outdoor and the older structures have a higher dose rate.

**Key Words :** environmental radiation, space gamma dose rate, apartment, subway, equivalent dose

### 1. 서론

유엔방사선영향과학위원회(UNSCEAR)는 연간 인류가 받는 자연방사선량은 2.4mSv 정도로서, 그중 U238 계열의 붕괴가 1.24mSv로 51%를 차지하고 지각구성물이 0.41mSv로 17%가 된다고 발표하고 있다<sup>1)</sup>. 더욱이 의료분야의 경우 검사부위와 치료 기간에 따라 더 많은 선량을 가져오기도 하는데, 예를 들어 흉부 X-선 1회 촬영은 0.02~0.04mSv를 받으며, 두부 전산화단층촬영(Computed Tomography : CT) 1회는 2.0mSv의 실효선량을 받는다고 보고하고 있다<sup>2)</sup>. 이렇게 방사선은 산업이 발달하면서 그 이용도가 증가하고 있으며 또한 자연적인 환경방사선에 수동적으로 노출되면서 인체가 받는 피

폭선량은 더욱 증가하고 있어 이에 대한 주의가 필요하다.

방사선에너지가 생체에 작용하는 기전은 유리기에 의한 전리작용을 일으켜 세포벽과 핵막의 파괴를 가져와 세포사로 이어지는 것으로 알려져 있으며<sup>3)</sup>, 국제방사선방어위원회(ICRP)는 자연에 존재하는 방사선원에 의한 일반대중이 받게 되는 피폭 선량을 최소화 할 것을 권고하고 있다<sup>4)</sup>. 최근 보고된 환경방사선의 영향을 살펴보면, 일부 인구 밀집 지역의 지하수에서 방사성 물질이 검출되었고<sup>5)</sup> 음식물 중의 <sup>40</sup>K와 우라늄, 토륨 등의 붕괴에서 생성된 <sup>222</sup>Rn 가스가 지하시설에서 검출되어<sup>10)</sup> 자연방사선의 허용치를 초과하는 것으로 나타났다. 2008년 환경부에서 전국 지하수 중 자연방사성 물질의 함유실태를 조사한 결과 U<sup>238</sup>은 9개 지점, Rn<sup>222</sup> 77개 지점에서 미국의 먹는 물에 대한 제한치를 초과하

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
rimbi@inje.ac.kr

었다고 발표하였다<sup>6)</sup>. 이는 지하수에서 측정된 우라늄 농도가 L당 1,640 $\mu\text{g}$ 으로 식수 기준보다 54.6배 높은 것으로서, 식수나 생활용수로 장기간 사용할 경우 폐암을 유발 할 수 있다고 하였다. 이와 같은 환경방사선은 지역적, 계절적 영향에 따라서 변화하는 것으로 나타났으며, Kim 등은 서울시 공간감마선량률 측정에서 동대문구가 19.22 $\mu\text{R/hr}$  가장 높으며, 계절별로는 가을에 높은 것으로 보고하고 있다<sup>7)</sup>. 원자력안전기술원에서 전국환경방사능을 12개 지역에 21개의 간이측정소를 설치하여 측정한 결과, 중부이북지방의 공간감마선량이 높게 나타났으며<sup>8)</sup> 또한 지각구성 물질을 포함하는 도로건설과 터널 및 지하시설에서 증가하는 것으로 나타났다<sup>9)</sup>.

그러나 인간이 실제 주거하고 생활하는 천연광물질을 포함한 각종 콘크리트 구조물에 대한 환경감마선의 측정과 그 영향에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 이러한 환경감마선은 콘크리트 재료를 포함한 지하 시설에서 화강암이나 편마암 등에 의해 발생하는 것으로 보고 있다. 특히 일상생활에서 사람이 가장 많이 머물게 되는 공동주택과 지하철 승강장과 같은 지하시설물은 콘크리트 구조물에 둘러 쌓여있어 환경감마선의 영향을 받을 수 있다. 또한 자연암반을 통과시켜 만든 도로 터널도 이용 빈도가 매우 높지만 이에 대한 환경감마선의 영향은 아직까지 연구되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트 공동주택, 지하철 승강장 및 도로터널과 같은 인구 밀집 지역에 대한 공간감마선 에너지를 측정하여 자연방사선량과 비교함으로써 주거공간과 근린생활영역에서 발생하는 환경방사선의 영향과 안전도를 분석하고자 한다.

## 2. 실험장비 및 측정방법

### 2.1. 측정장비

파장에 따른 에너지 분포와 핵종 분석이 가능한 측정장비(INTERCEPTOR<sup>TM</sup>, Thermo USA, 2006)를 사용하였다. 측정 에너지는 Gamma dose rate와 Neutron counter가 가능하고 등가선량인 uSv/h까지 표현되고 스펙트럼의 파장을 얻을 수 있는 장비를 사용하였다.

### 2.2. 공간감마선 측정방법

본 실험은 2008년 7월부터 8월까지 근린시설에서 공간감마선을 측정하였다. 공동주택의 공간감마선

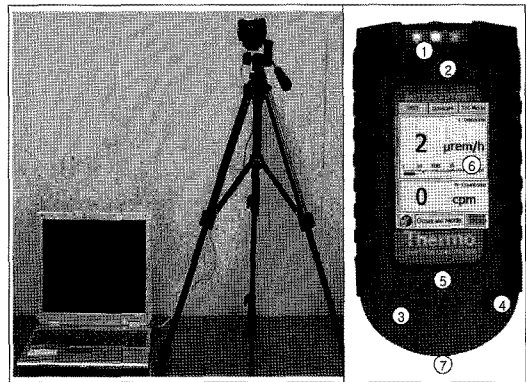


Fig. 1. Photograph of Interceptor<sup>TM</sup> system for gamma dose measurement.

측정은 경남의 일부지역에서 준공 년도를 20년, 15년, 10년, 5년, 3년, 1년으로 설정하여 각각 3곳의 아파트에서 공간선량을 측정하였다. 측정방법은 실내 콘크리트에서 바닥표면 100cm 벽면 100cm거리에서 1회 측정 후 10분 동안 장비를 안정시킨 후 거실, 부엌, 방, 욕실에서 각각 5회 측정하였다. 지하시설 및 지하철 내 측정은 서울지하철 8개 노선, 부산지하철 3개 노선, 대구지하철 2개 노선을 대상으로 하였으며, 그 중 인구유입이 비교적 많은 5개 역사의 승강장에서 각각 5회 측정하였다. 측정 위치는 바닥표면에서 100cm, 벽면에서 100cm에 장비를 고정하고 10분간 안정시킨 후 5회 측정하였다. 터널 내 측정은 터널 중심부에서 10m 간격으로 각각 5회 측정하였으며, 터널의 준공 년도 별로 25년, 20년, 15년, 10년, 5년, 1년으로 설정하여 측정하였다(Fig. 1).

### 2.3. 측정단위

국제방사선방어위원회(ICRP)와 방사선표준진료 지침서(과학기술부, 2001), 국제단위계(한국표준과학연구원, 2006)에서 권고사항인 국제단위계(SI)의 단위체계에 따라 방사선 방호 분야에서 선량당량의 명칭인 시버트(Sievert(Sv, J/kg))를 사용하였으며, 이것은 흡수선량에 방사선하중계수를 곱한 등가선량(Equivalent dose)이다. 따라서 중성자이든 감마선이든 1Sv는 동일한 생물학적효과를 나타내므로 본 연구에서는 공간감마선량을 Cadmium-Zinc-Telluride 방식의 검출기를 이용한 등가선량으로 표시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 공동주택형 아파트의 공간감마선량 측정 분석 결과

공동주택형 아파트의 경우 공간감마선량은 준공 년수에 따라 유의한 결과를 나타냈다. 준공 년도가 20년 된 아파트의 경우 시간당 0.18~0.23uSv/h까지 측정되었으며, 15년이 0.16~0.20uSv/h, 10년 0.198 uSv/h, 5년 0.09~0.14uSv/h, 3년 0.09~0.14uSv/h, 1년 0.08~0.13uSv/h 로 측정되었다. 따라서 최근에 준공한 아파트에서 공간감마선량이 낮게 측정되었으며 건축 연도가 10년 이상이 되면서 부터 공간감마선량은 많은 차이로 높게 측정되었다. 하지만 아파트의 층수에 따른 측정 결과에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 지하주차 시설이 있는 곳에서의 공간감마선량은 평균 0.15uSv/h로 공동주택 단지내 실외 평균 공간감마선량 0.10uSv/h에 비해 50% 높은 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과를 년간 선량으로 계산하였을 경우 20년된 공동주택에서는 1.66mSv/y 1년 된 주택에서 0.92mSv/y 측정되어 유엔방사선영향과학위원회(UNSCEAR) 보고서에 발표된 외부피폭에서 연간 지각구성물의 방사선량 0.41mSv/y 보다 높은 것으로 확인되었다 (Fig. 2).

### 3.2. 지하시설 및 지하철 승강장의 공간감마선량 측정 분석 결과

전국 광역도시 중 2개 노선 이상에서 운행 중인 지하철 승강장의 공간감마선량을 측정하였다. 서울 지하철 측정의 경우; 가장 높게 측정된 승강장은 6호선이었으며 대역폭은 0.18~0.24uSv/h로 나타났

고, 평균선량은 0.202uSv/h로 조사되었다. 다음으로 높게 측정된 곳은 5호선에서 0.188uSv/h, 7호선 0.172uSv/h, 1호선과 2호선이 0.162uSv/h, 8호선 0.155 uSv/h, 3호선 0.15uSv/h, 4호선 0.14uSv/h 등으로 확인되었다. 하지만 전동차 내에서는 0.14uSv/h로 측정되어 승강장 보다 낮은 수치를 보였다. 지하깊이에 따른 승강장의 측정에서는 지하4층에 있는 승강장이 2,3층보다 높은 선량으로 측정되었다. 이와 같은 결과를 평균 선량으로 비교해보면 지상에서는 0.08uSv/h이 측정되었고 지하승강장에서는 0.162uSv/h로 측정되어 지하승강장에서 2배 이상 높게 측정된 것으로 확인되었다. 또한 노선별 승강장에서 불규칙한 선량 차이를 보이는 것은 지하 암반의 광물 질이나 토질 등의 요인이 작용한 것으로 사료되며, 개통 연도에 따른 선량에서는 유의한 변화가 확인되지 않았다(Fig. 3).

부산지하철에서는 가장 먼저 개통한 1호선에서 높게 측정되었다. 각 노선별 측정 선량을 보면; 1호선에서 0.11~0.19uSv/h 로 평균 선량은 0.154uSv/h이며, 2호선이 0.126uSv/h, 3호선이 0.128uSv/h로 측정되어 지상에서의 평균 선량 보다 높은 것으로 조사되었다. 또한 지하 승강장의 깊이가 깊을수록 선량이 높게 나타났는데 지하5층에 경우 선량의 대역폭이 0.15~0.20uSv/h로 측정되어 지하 3층 보다 높은 것으로 확인되었다. 한편 전동차 안에서 감마선량은 0.05uSv/h로 측정되어 차량 외벽에 의한 방어 효과가 있는 것으로 보여진다(Fig. 4).

대구지하철에서는 1호선에서 대역폭이 0.13~0.22 uSv/h이며 평균선량은 0.156uSv/h이었다. 2호선에

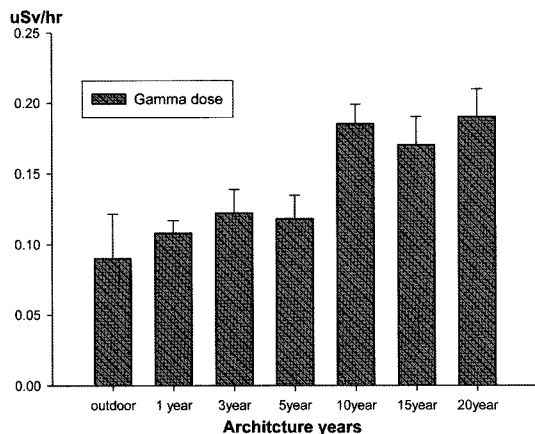


Fig. 2. Space gamma dose rate measured in apartments according to construction years. All values are expressed as mean ±SD.

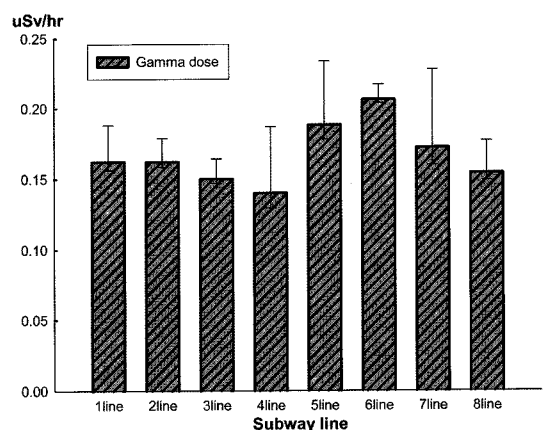


Fig. 3. Space gamma dose rate measured in the platform for Seoul subway lines. All values are expressed as mean ±SD.

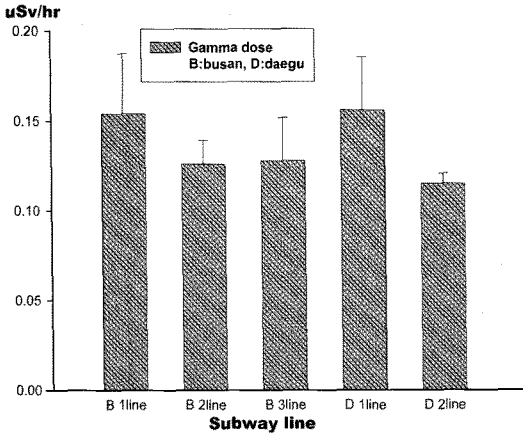


Fig. 4. Space gamma dose rate measured in the platform of Busan and Daegu subway lines. All values are expressed as mean  $\pm$ SD.

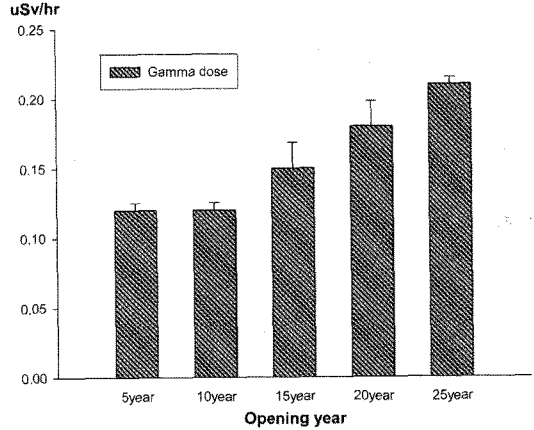


Fig. 5. Space gamma dose rate measured in the tunnels according to opening years. All values are expressed as mean  $\pm$ SD.

서는 0.115uSv/h로 전체지하철의 승강장 중 가장 낮은 선량을 나타냈다. 또한 지하철 화재 사고가 있었던 중앙로 역사와 양측 인접 역사에서 증성자 에너지가 일부 발생되는 것으로 나타나 지하철 화재와 관련하여 유추해 볼 때 좀더 신중하게 연구할 필요가 있을 것으로 보인다. 그 외 승강장의 대리석 의자가 나무의자 보다 높은 선량으로 측정된 것으로 조사되었다. 따라서 지하철 승강장에서 공간감마선의 발생은 개통 연도가 빠를수록 높게 측정되었으며, 최근에 개통된 지하철승강장에서 낮게 측정되었다. 하지만 지상의 평균선량 0.08uSv/h과 비교해 2배 이상 높은 것으로 확인되었다(Fig. 4).

### 3.3. 터널내 공간감마선 측정 분석 결과

터널의 공간방사선측정은 준공년도에 따라 5년, 10년, 15년, 20년 25년으로 구분하여 터널 중심부에서 양쪽 10M 간격으로 5회 측정하였다. 20년 이상된 터널에서는 공간감마선의 대역폭이 0.16~0.25 uSv/h로 측정되었으며 평균 선량은 0.21uSv/h로 나타나 가장 높은 측정치를 보였다. 또한 20년된 곳에서는 0.18uSv/h, 15년이 0.15uSv/h, 10년이 0.12 uSv/h, 5년 0.12uSv/h으로 측정되어 준공된지 오래된 터널에서 공간감마선량이 많이 발생되었다. 하지만 준공연도가 10년 미만에서는 유의한 선량차이를 나타내지 않고 있는 것으로 조사되었다. 차동차안에서의 측정결과에서도 같은 수치를 보였으며, 일반도로에서 0.06~0.07uSv/h에 비해 2배 이상 높게 측정되었다(Fig. 5).

## 4. 결론

본 연구는 인구밀집 지역인 주거공간과 근린생활영역에서 발생하는 환경방사선의 영향을 분석하기 위하여, 공동주택, 지하철 승강장 그리고 터널내의 공간감마선량을 건축년도에 따라 측정하였고, 이를 자연방사선량과 비교하였다. 분석 결과 공동주택과 지하시설물은 건축기간이 오래될수록 공간감마선량이 일반적으로 높게 나오는 것으로 확인되었으며, 각각의 건축물별로 환경방사선을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 공동주택의 공간감마선량은 건축연도가 오래될수록 선량이 높게 나타났다. 1년에서 5년 사이에 준공된 건물에서는 실외 선량과 유사한 차이를 보이지 않았지만, 10~20년 이상된 공동주택 경우 15년된 주택에서 일정부분 차이를 보였지만 평균 감마선량은 실외보다 2배 높은 것으로 확인되었다.
- 2) 지하시설 및 지하철 승강장의 공간감마선량은 지상 보다 높은 것으로 측정되었다. 서울지하철의 경우 각 노선별 유의한 차이를 나타내지는 않았으나 지층의 광물질 분포에 따라 편차를 보였으며, 승강장에서의 평균 선량은 지상보다 2배 높게 측정되었다. 부산과 대구지하철에서는 개통 연도가 빠른 노선에서 높은 선량으로 측정되었다. 또한 전동차 안이 승강장 보다 낮은 선량으로 측정되어 적절한 이용이 요구된다.
- 3) 도로터널의 공간감마선량은 25년 된 터널에서 가장 높은 측정치를 보였으며 최근에 개통된 터

널에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

상기 결과를 종합하면, 콘크리트 구조물로 구성된 공동주택의 실내와 지하시설 및 지하철 승강장에서의 공간감마선량은 실외 평균 선량 보다 2배 이상 높은 것으로 확인되었다. 또한 외부피폭에 의한 자연방사선량을 연간 선량으로 환산하면 10년 이상된 공동주택에서는 1.6mSv, 서울지하철 1.8mSv로 측정되어 ICRP에서 권고한 지각구성물 0.41mSv 보다 높게 나타나 이들 근린생활시설에 대한 환경방사선 저감대책이 필요할 것으로 사료된다.

**감사의 글 :** 이 논문은 2008년도 가야대학교 교내연구지원을 받아 연구되었음.

### 참고문헌

- 1) Mettler FA, Sinclair WK, Anspaugh L, Edington C, Harley JH, Ricks RC, Selby PB, Webster EW, Wyckoff HO, The 1986 and 1988 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) reports: findings and implications, Health Phys, Mar., Vol. 58, No. 3, pp. 241~250, 1990.
- 2) Wall BF, Hart D, Revised radiation doses for typical X-ray examinations. Report on a recent review of doses to patients from medical X-ray examinations in the UK by NRPB, National Radiological Protection Board, Br J Radiol. May., Vol. 70, No. 833, pp. 437~9, 1997.
- 3) Eric JH, Amato JG, Radiobiology for the radiologist. LWW, USA, 6th ed, pp. 11~13, 2006.
- 4) ICRP, Radionuclide transformations. Energy and intensity of emissions, Report of a Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection on data used in ICRP Publication 30, 11-13: 1-1250, 1983.
- 5) Youn YY, Cho SY, Lee KY, KIM YJ, The Study of Radon and Uranium Distribution in the Groundwater at Regional Difference of Daejeon, J. Korea Asso. Radiat Prot, Vol. 31, No. 1, pp. 25~30, 2006.
- 6) 환경부, 지하수 중 자연방사성물질 함유실태 조사결과, 2008.
- 7) Kim YH, Kim CK, Choi JH, Kim JM. A Study on Gamma Dose Rate in Seoul(I), J. Korea Soc of Radio. Tec, Vol. 24, No. 1, pp. 61~65, 2001.
- 8) 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, 2006.
- 9) Jun JS, Oh HP, Ha CW. Study on the Dosimetry and Assessment of Terrestrial Radiation Exposure. J. Radiation Protection, Vol. 15, No. 2, pp. 87~100, 1990.
- 10) Jeon JS, Kim DC, Distribution of Rn<sup>222</sup> Concentration in Seoul Subway Stations, J. Korean Soc. of Environmental Engineers, Vol 28, No. 6, pp. 588~595, 2006.