

서울시내 공간 감마선량률 조사(I)

고려대학교 보건대학 방사선과
김유현 · 김창균 · 최종학 · 김정민

- Abstract -

A Study on Gamma Dose Rate in Seoul(I)

You Hyun Kim · Chang Kyun Kim · Jong Hak Choi · Jeong Min Kim
Dept. of Radiotechnology, College of Health Sciences, Korea University

This study was conducted to find out gamma dose rate in Seoul, from January to December in 2000, and the following results were achieved :

1. The annual gamma dose rate in Seoul was 17.24 μ R/hr as average.
2. The annual gamma dose rate in subway of Seoul was 14.96 μ R/hr as average.
3. The highest annual gamma dose rate was Dong-daemon ku.
4. Annual gamma dose rate in Seoul was higher autumn than winter.

I. 서 론

방사선은 우주가 생겨날 때부터 존재하였으며 지구의 역사와 함께 존재하여 왔고 현재에도 공기나 물과 같이 환경을 구성하고 있는 수많은 필수요건중의 하나로 앞으로도 계속 우리와 더불어 존재 할 것이다. 이와 같이 인간의 생활에 직·간접적으로 영향을 미치는 방사선에는 자연방사선과 인공방사선으로 구별할 수 있다. 자연방사선에는 우주선(cosmic rays), 지각방사선(radiation from soil and rocks), 라돈과 라돈자손(radon and its progeny), 인체내부의 자연방사선 등이 있으며 인공방사선으로는 의료방사선, 방사성낙진(fallout), 원자력 시설에서의 방사선 등이 있다¹⁾.

자연방사선 준위는 우주선(광자, 뮤온 등)과 지각방사선(K-40, Th-232, Ra-226 등)에 의해 결정되고 대개 0.08 ~ 0.15 μ Gy/hr의 범위에 있지만 방사선을 내는 물질인 우라늄과 같은 광물질의 매장량이 많고 적음, 해발고도의 차이 등에 따라 지역별로 상당한 차이를 보이며 브라질, 중국, 인도 그리고 미국의 일부 지역에서는 우리나라보다도 훨씬 높은 방사선 세기를 나타내고 있다. 이와 같은 다양한 자연 또는 인공방사선으로 인간이 받는 연간 평균 유효선량은 지역에 따라 차이가 있으며 미국의 경우 약 3.6 mSv로 평가되고 있으며 자연방사선이든 인공방사

선이든 방사선이 인체에 미치는 효과에는 아무런 차이가 없다²⁾.

자연방사선원에 의한 피폭선량은 각 개인에게 방사선 장해가 명료하게 나타나는 선량보다 훨씬 낮은 선량이기 때문에 특별한 관심 없이 생활하고 있다. 그러나 자연방사선 역시 문명이 발전할수록 증가된다. 핵 개발이나 핵 실험 등에서 각종 방사성 폐기물이 발생되고, 광산 등 지하자원 개발 역시 방사성 물질을 증가시킨다. 높은 곳에서는 우주선을 더 많이 받게 되므로 항공여행의 증가도 자연방사선의 피폭을 증가시키는 요인이 된다. 또 암석에도 방사성 물질이 많이 포함되어 있어서 돌로 지은 집에서 2개월간 생활할 때 흉부 X선 사진을 한 장 촬영하는 양에 해당하는 방사선을 받게 된다^{3, 4)}. 이와같이 인간에게 영향을 끼치는 자연 방사선에 관한 정보가 다른 나라는 각 도시마다 통계가 있는데 우리나라에서는 한국원자력안전기술원에서 실시하는 국가환경자동감시망체제하에 전국을 17개 구역으로 나누어 환경방사선량률계(environmental radiation monitor)를 이용하여 공간감마선량률을 측정하고 있을 뿐 각 도시 및 지방에 대한 자세한 감마선량률의 측정은 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 우선적으로 서울시 25개 구의 우주선 및 지각에 의한 감마선 선량률을 측정하였다.

*Corresponding author : Chang Kyun Kim, Phone : (02)940-2821
E-mail : kck@korhealth.ac.kr

Table 1. Measurement area in seoul

| 구 분 | 구 이름 |
|------------|--------------------------|
| 1구역(서울 북) | 도봉구, 강북구, 노원구, 성북구 |
| 2구역(서울 북동) | 중랑구, 동대문구, 성동구, 광진구, 강동구 |
| 3구역(서울 북서) | 강서구, 마포구, 은평구, 종로구 |
| 4구역(서울 중) | 서대문구, 중구, 용산구 |
| 5구역(서울 남동) | 동작구, 서초구, 송파구, 강남구 |
| 6구역(서울 남서) | 양천구, 영등포구, 구로구, 금천구, 관악구 |

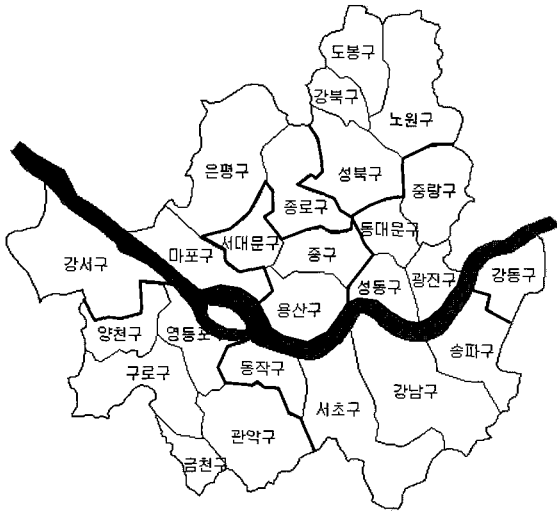


Fig. 1. Measurement area in Seoul

2. 조사대상 및 방법

1) 조사대상

서울시 25개 구를 Table 1과 Fig. 1과 같이 편의상 지역별로 6개 구역으로 나누었으며 각 구를 독립단위로 각 구안에서 직선거리 1km 이상을 두고 10여 곳을 정하여

표본조사 하였고, 지하철은 미개통한 6호선을 제외한 1호선에서 8호선을 각 노선별로 2개역 이상의 거리를 두고 11개 역을 표본조사 하였다. 객관적인 결과를 위해서 계절마다 같은 위치에서 측정하였고 표본조사도 사람의 통행이 많은 곳을 선택하여 계절마다 320여 곳 총 1,280여 곳을 측정하였다.

조사 기간은 겨울조사는 2000년 1월11일부터 1월 22일까지 11일간 9명이, 봄 조사는 5월 22일부터 5월 31일까지 10일간 13명이, 여름 조사는 8월 21일부터 31일까지 11일간 13명이, 가을조사는 10월 16일부터 11월 3일까지 19일간 13명이 측정하였다.

2) 조사방법

측정방법은 γ 선 측정기(독일 ESM사 제품, 모델 FH40F4)를 이용하여 조사위치에서 지면 1m 높이에서 10분 동안 측정기를 켜놓은 후 5분간 5회 측정된 값의 평균을 평균값으로 하였다.

III. 결 과

Table 2와 Fig. 2에서 보듯이 연평균 감마 선량률은 동대문구에서 19.22 μ R/hr로 가장 높게 나타났고 양천구에서 14.99 μ R/hr로 가장 낮게 나타났다. 구역별로는 1구역이 17.83 μ R/hr으로 가장 높고, 6구역이 16.38 μ R/hr로 가장 낮았으며 계절별로는 Table 2와 Fig. 3에서와 같이 겨울보다는 가을에서 높게 나타났다. 또한 전체적으로 서울시 연평균 선량률은 17.24 μ R/hr이고 연간 누적선량은 1.51 mSv로 나타났다.

한편 서울시내 지하철 구역에서의 감마 선량률은 Table 3과 Fig. 4에서와 같이 실외의 감마 선량률과 비슷한 경향을 보였고 3호선 구역에서 16.82 μ R/hr로 가장 높게 나타났고 연평균 14.96 μ R/hr의 선량률을 보였다.

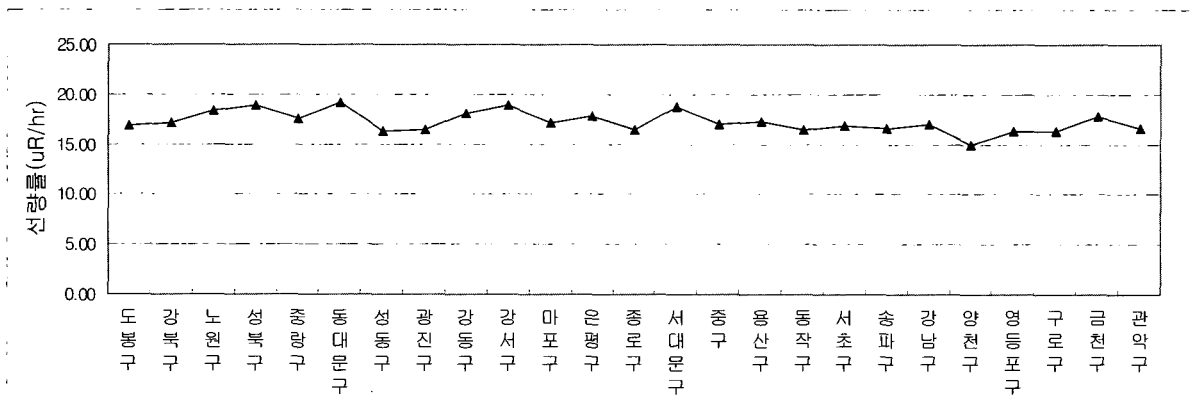


Fig. 2. Distribution of annual average gamma dose rate in Seoul

(unit : μ R/hr)

Table 2. Distribution of annual average gamma dose rate in Seoul

(unit : $\mu\text{R/hr}$)

| 구 분 | 겨울 | 봄 | 여름 | 가을 | 평균 | 구역평균 | 연간누적선량 (mSv) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 1구역 | 도봉구 | 18.98 | 16.77 | 14.67 | 17.10 | 16.88 | 1.48 |
| | 강북구 | 16.52 | 16.89 | 17.96 | 17.38 | 17.19 | 1.51 |
| | 노원구 | 19.69 | 18.97 | 17.15 | 17.62 | 18.36 | 1.61 |
| | 성북구 | 18.74 | 17.87 | 20.00 | 18.85 | 18.87 | 1.65 |
| 2구역 | 중랑구 | 14.61 | 18.62 | 18.50 | 18.59 | 17.58 | 1.54 |
| | 동대문구 | 17.07 | 17.32 | 20.07 | 22.41 | 19.22 | 1.68 |
| | 성동구 | 13.39 | 16.17 | 18.39 | 17.13 | 16.27 | 1.43 |
| | 광진구 | 14.44 | 17.32 | 16.26 | 17.56 | 16.40 | 1.44 |
| | 강동구 | 17.47 | 17.57 | 18.07 | 18.93 | 18.01 | 1.58 |
| 3구역 | 강서구 | 16.13 | 17.54 | 20.73 | 21.26 | 18.92 | 1.66 |
| | 마포구 | 16.21 | 16.28 | 14.76 | 21.29 | 17.14 | 1.73 |
| | 은평구 | 16.26 | 17.91 | 16.44 | 20.59 | 17.80 | 1.56 |
| | 종로구 | 15.57 | 16.36 | 15.76 | 18.14 | 16.46 | 1.44 |
| 4구역 | 서대문구 | 17.31 | 18.21 | 17.85 | 21.84 | 18.80 | 1.65 |
| | 중구 | 17.18 | 16.55 | 16.53 | 17.89 | 17.04 | 1.49 |
| | 용산구 | 14.62 | 17.10 | 14.68 | 22.65 | 17.26 | 1.51 |
| 5구역 | 동작구 | 18.67 | 12.16 | 17.42 | 17.29 | 16.39 | 1.44 |
| | 서초구 | 16.78 | 15.73 | 18.76 | 16.11 | 16.85 | 1.48 |
| | 송파구 | 16.23 | 15.90 | 18.33 | 15.61 | 16.52 | 1.45 |
| | 강남구 | 17.25 | 16.00 | 17.82 | 17.11 | 17.05 | 1.49 |
| 6구역 | 양천구 | 16.20 | 14.07 | 14.27 | 15.41 | 14.99 | 1.31 |
| | 영등포구 | 15.20 | 15.84 | 17.51 | 16.58 | 16.28 | 1.43 |
| | 구로구 | 16.69 | 17.78 | 16.65 | 14.06 | 16.30 | 1.43 |
| | 금천구 | 17.96 | 16.67 | 19.01 | 17.30 | 17.74 | 1.55 |
| | 관악구 | 16.47 | 15.36 | 16.67 | 17.79 | 16.57 | 1.45 |
| 평균 | 16.63 | 16.68 | 17.37 | 18.26 | 17.24 | 17.28 | 1.51 |
| 표준편차 | 1.51 | 1.45 | 1.73 | 2.25 | 1.03 | 0.59 | 0.09 |

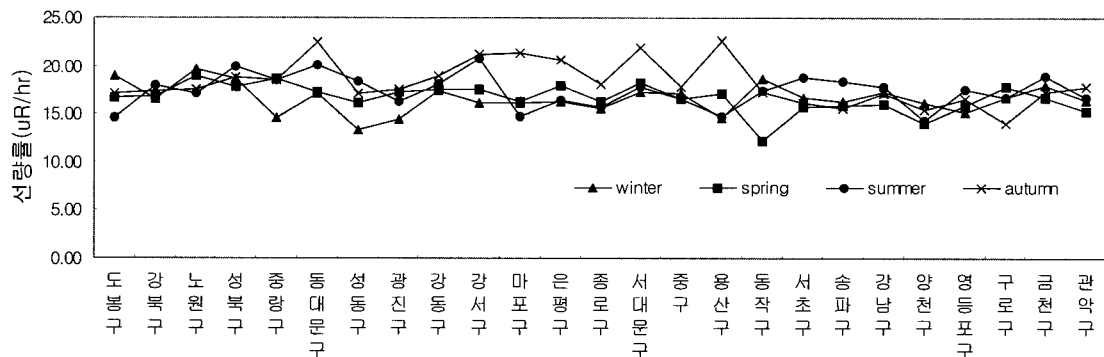


Fig. 3. Distribution of seasonal gamma dose rate in Seoul

(unit : $\mu\text{R/hr}$)

Table 3. Distribution of annual average gamma dose rate in subway of Seoul

(unit : $\mu\text{R/hr}$)

| 구 분 | 겨울 | 봄 | 여름 | 가을 | 평 균 | 표준편차 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1호선 | 14.49 | 13.69 | 15.42 | 13.72 | 14.33 | 0.82 |
| 2호선 | 14.38 | 14.66 | 15.50 | 13.86 | 14.60 | 0.69 |
| 3호선 | 15.19 | 16.20 | 16.59 | 19.29 | 16.82 | 1.75 |
| 4호선 | 15.23 | 15.07 | 15.07 | 14.26 | 14.91 | 0.44 |
| 5호선 | 14.74 | 14.47 | 13.33 | 13.92 | 14.11 | 0.63 |
| 7호선 | 14.19 | 16.40 | 15.87 | 16.78 | 15.81 | 1.14 |
| 8호선 | 14.63 | 15.18 | 12.58 | 14.21 | 14.15 | 1.12 |
| 평균 | 14.69 | 15.10 | 14.91 | 15.15 | 14.96 | |
| 표준편차 | 0.40 | 0.96 | 1.43 | 2.11 | 1.01 | |

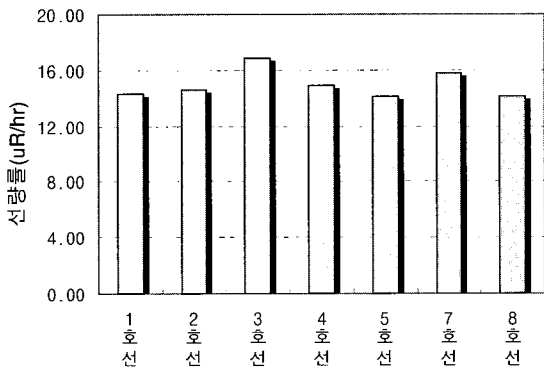


Fig. 4. Distribution of annual gamma dose rate in subway of Seoul (unit : $\mu\text{R/hr}$)

IV 고 찰

인간은 상당한 수준의 방사선에 항상 폭로되어 왔는데, 그 발생원에는 자연 및 인공의 2가지가 있다. 즉 자연방사선원(natural radiation source)에는 대기권 외부로부터 입사되는 1차 우주선 및 2차 우주선, 지각(토양)으로부터의 방사선, 대기 중에 부유하는 라돈과 그 딸 핵종들에 의한 방사선, 우리자신의 체내에 있는 자연 방사성핵종인 K-40, Rb-87, C-14, H-3, Na-22 등에 의한 체내방사선 등이 해당된다⁵⁾.

인공방사선원(artificial radiation source)에는 산업, 군사, 의료, 연구시설에서 유래하는 것(TMNR), 다시 말해서 원자로, 원자력 발전소, 원자력선, 원자력잠수함, 동위원소의 생산 및 처리, 핵연료의 생산, 사용 후 핵연료의 재처리 등에 관련하는 방사성폐기물, 방사성물질 취급시설에 있어서의 방사선원, 공업용 방사선 발생장치 및 동위원소 등에 기인된 것, 핵실험에 기인한 것, 가전제품과 같은 공산품에 기인한 것 등이 해당된다.

자연방사선원에 의한 피폭선량은 각 개인에게 방사선

장해가 명료하게 나타나는 선량보다 훨씬 낮은 선량이므로 관심이 적었던 것은 사실이다. 그러나 자연방사선은 전 세계 인구의 방사선 노출의 대부분을 차지하고 지속적으로 오랫동안 노출되어 왔기 때문에 관련된 노출률에 대한 지식은 전리 방사선의 영향을 이해하고 인공적 원인에 의한 방사선 노출에 대한 허용기준을 정하는데 도움이 될 것이다.

인간이 살아가면서 노출되는 방사선에는 위에 열거한 여러 가지로 구별할 수 있으나 본 연구의 관심은 우주선과 지각방사선에 의한 공중 감마선량에 있으므로 라돈이나 인체 내부 방사선 또는 인공방사선 등에 관한 논의는 제외한다.

인체에 영향을 미치는 방사선 중 우주선에 의한 영향은 태양 또는 외계에서 발생하는 아주 큰 에너지의 입자, 주로 양성자이다. 우주선 입자가 부분적인 차폐체 역할을 하는 지구의 대기권과 반응을 하면 보다 낮은 에너지의 입자를 다량 생성하지만 이들 저에너지 입자의 대부분은 대기권을 통과하는 동안 대기권에서 흡수되고 결국 해수면(sea level)에 도달하는 우주선은 뮤온(muon), 감마선, 중성자 그리고 전자로 구성된다. 방사선에 의한 피폭 중에서 우주선에 의한 피폭 기여 분은 약 8% 정도이고 해수면으로부터 고도가 높은 곳에 위치할수록 즉, 해수면에서 고도가 2km 증가함에 따라 피폭량은 약 2배로 증가한다고 알려져 있다⁶⁾.

또한 지각방사선(radiation from soil and rocks)은 40억 년 전 지구가 생성되었을 때 지각은 많은 종류의 방사성 핵종을 함유하고 있었다. 이중 반감기가 짧은 핵종은 모두 붕괴하였고 현재 남아있는 핵종은 반감기가 1억 년 이상인 핵종과 이들의 붕괴생성물들 중 반감기가 긴 핵종이다. 지각을 구성하는 주요한 세 가지 방사성 핵종은 U-238, U-235와 Th-232로 이들이 붕괴할 때 방사선을 방출할 뿐만 아니라 생성된 단 반감기의 딸 핵종(daughter products)들이 연쇄적으로 붕괴하면서 방사선을 방출한다. 지각으로부터 채취한 건축물 자재도 이들 방사성 핵종을 포함하고 있으므로 주요한 피폭원이 되며 우주선에 의한 피폭

과 비슷하게 모든 방사선에 의한 피폭 중에서 지각방사선에 의한 피폭 기여 분은 약 8% 정도이다. 그런데 다양한 자연 또는 인공방사선으로 인간이 받는 연간평균 유효선량은 지역에 따라 차이가 있으며 미국의 경우 약 3.6mSv로 평가되고 있다¹⁾. 또한 자연방사선에 의한 영향은 대부분 지각방사선(K-40, Th-232, Ra-226 등)과 우주선(광자, 뮤온 등)에 의해 결정되고 대개 약 0.08~0.15 $\mu\text{Gy/hr}$ 의 범위에 있지만 브라질, 중국, 인도 그리고 미국의 일부 지역에서는 높은 자연방사선 준위를 나타내기도 한다. 이들 지역에서 높은 준위의 자연방사선이 나타나는 이유는 토양 속에 함유된 방사성 광물의 농도가 높기 때문이다. 그러한 광물 중에서도 주로 모래에서 발견되는 모나자이트(monazite)는 주로 Th-232로 구성되어 있고 부분적으로 U-238을 함유하고 있다. 브라질의 어느 해안에는 모나자이트 모래가 풍부하여 외부방사선 준위가 다른 지역의 일반적인 자연방사선 준위보다 400배나 높은 50 $\mu\text{Gy/hr}$ 에 이른다. 한편 지대가 높은 브라질의 고원지역은 우주선에 의해 10~20 $\mu\text{Gy/hr}$ 의 방사선준위를 나타내기도 한다. 브라질보다 많은 모나자이트를 함유하고 있는 인도의 남서해안지역은 5~6 mGy/yr에 이르는 방사선준위, 그리고 중국의 광동성 일대의 방사선준위는 3~4 mGy/yr에 이른다^{3, 6-8)}.

그런데 본 조사에서 서울시내 25곳의 공중 감마 선량은 연 평균 17.24 $\mu\text{R/hr}$ 이었고 지하철내의 연평균 선량은 14.96 $\mu\text{R/hr}$ 이었다. 지하철에서 다소 낮게 나타난 것은 우주선에 의한 영향이 땅에 의해 차폐되었다고 사료된다. 한편 이러한 수치는 한국원자력 안전기술원의 조사에 의한 2000년도 서울지역(측정위치 : 한양대학교내 : N 37° 33', E 127° 15') 평균 12.10 $\mu\text{R/hr}$ 과 세계 보편적인 준위인 0.08~0.15 $\mu\text{Gy/hr}$ 보다는 조금 높은 준위이기 는 하나 측정 장치의 오차를 $\pm 20\%$ 로 한다면 오차의 허용범위 내에서 일치하는 측정값이다⁸⁾. 이와 관련하여 전리방사선의 인체영향에 관한 NCRP의 보고서인 BEIR V에서는 다음과 같이 언급하고 있다. 자연방사선의 준위가 높은 지역에 거주하는 사람들의 경우, 보다 높은 준위로 피폭하는 사람들이나 방사선작업자에게서 나타나는 것처럼 염색체 돌연변이의 빈도는 증가하였지만 이들 거주자의 암 발생빈도의 증가에 관한 뚜렷한 증가는 없었다. 즉 자연방사선의 준위가 암 발생에 영향을 주는지는 확실치 않다는 것이다. 한편 소량의 방사선은 인체에 이로운 측면이 있다는 주장 즉, 소량으로는 인체에 자극제가 되고 약리적으로 이로운 면이 있어 여러 가지 독극물이 의학적으로 사용되기도 한다. 따라서 적은 량의 방사선이 인체에 미치는 영향은 객관적으로 증명할 수 없기 때문에 일반인보다 방사선을 더 받는 집단을 대상으로 역학조사를 통해 알 수 밖에 없다. 즉 자연방사선이 많은 지역의 주민, 원자력발전소 또는 핵잠수함 근무자, 저선량을 피폭 받은 원폭피해자 등을 대상으로 역학조사를 시행한 결과

전체적으로 암 또는 백혈병의 발생률이 낮은 것을 포함하여 긍정적인 면이 있는 것으로 조사되어 아직 그 기전이 확립되지는 못했지만 독극물과 같이 적은 량의 방사선이 이로운 면이 있다는 주장(hormesis)이 최근 발표되고 있다⁹⁾.

이와 같이 방사선은 인간에게 양면적인 현상을 가지고 있고 인간이 태고적부터 계속해서 현재까지 방사선에 노출되어 왔기 때문에 방사선이 사라진다면 인간에게 어떤 상황이 벌어질지 상상하기 어렵다. 그리고 자연방사선 역시 문명이 발전할수록 증가된다. 핵 개발이나 핵실험 등에서 각종 방사성 폐기물이 발생되고, 광산 등 지하 개발 역시 방사성 물질을 증가시킨다. 높은 곳에서는 우주선을 더 많이 받게 되므로 항공여행의 증가도 자연방사선의 피폭을 증가시키는 요인이 된다.

이와 같은 상황에서 현재의 우리가 살고 있는 곳의 방사선 준위를 알고 그 변화를 계속 관찰한다면 미래의 변화에 대비할 수 있다고 사료된다.

V. 결 론

2000년 1월부터 11월까지 서울시내 25개 구의 공간 감마선량을 측정 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 서울시내 연평균 공간 감마선량은 17.24 $\mu\text{R/hr}$ 이었고, 동대문구에서 19.22 $\mu\text{R/hr}$ 로 가장 높게 나타났다.
2. 서울시내 지하철의 연평균 공간 감마선량은 14.96 $\mu\text{R/hr}$ 이었다.
3. 계절별로는 가을철에 가장 높게 나타났다.

참 고 문 헌

1. National Council on Radiation Protection and Measurements : NCRP Report No. 93, 1988.
2. Euclid Seeram : Radiation Protection, Lippincott, 5 5~70, 1997.
3. Dade Moeller : 전자기 방사선과 건강, 1999.
4. Hall, E. J. : Radiobiology for the radiobiologist, Philadelphia, J. B. Lippincott, 1994.
5. Mary Alice : Radiation Protection in Medical Radiography, Mosby, 1~15, 1993.
6. Environmental Protection Agency : EPA Document 402-K92-001, September 1992.
7. <http://www.epa.gov/radiation/rrpage/rrpage3.html>
8. <http://iernet.kins.re.kr/gich/gich.html#g>
9. <http://nesun1.kaist.ac.kr/~pil/safety/red8.html>