

한국의 環境放射線準位(1961~1980)

盧 在 植

韓國에너지研究所 環境研究室

Environmental Radiation Level in Korea(1961~1980)

Rho, Chae-Shik

Environmental Research Div., Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul, Korea

Abstract

This report presents the results of the environmental radiation program at Korea Advanced Energy Research Institute (KAERI) (37°38'N, 127°05'E) and its surroundings for the last two decades (January, 1961 through December, 1980).

In the 1960s, the monthly mean levels of environmental external radiation encountered ranged from a low of 14.2 microrentgen per hour to a high of 42.2 microrentgen per hour with a mean of 21.7 microrentgen per hour, while in 1970s it ranged from a low of 12.4 microrentgen per hour to a high of 40.8 microrentgen per hour with a mean of 20.4 microrentgen per hour.

It may, therefore, be said that environmental radiation dose rates remained almost unchanged for the two decades except for the second half of 1960s and the first half of 1970s during which the off-site and on-site patterns were frequently unlike in form and intensity with appreciable differences between average values.

Particular results of interest with respect to the effects of the fallout gamma dose rate on environmental radiation show that elevated levels were encountered in association with the deposits of fresh debris from Chinese and Russian nuclear weapons tests in particular.

1. 序 言

우리가 살고 있는 自然環境에서의 外部放射線源(external radiation source)는 地球大氣圈밖에서부터 들어온 超高에너지의 宇宙線粒子(주로 陽子)가 核衝突함으로써 생성된 여러가지 宇宙線粒子의 子孫群과 地殼自體를 구성하고 있는 各가지 방사성물질(^{238}U , ^{232}Th 및 ^{40}K 등)에서 방출되는 감마光子(gamma photon) 및 地殼에서 방출된 emanation(radon, thoron 및 actinon)¹⁾ 및 그 崩壞生成物(decay products)에서 방출되는 방사

선 등이다.

한편 大氣圈核爆發實驗結果 生成된 放射能落塵 또는 原子力發電所 등 大型原子力利用施設에서의 核漏出事故 등 人工的인 방사성물질이 우리 環境내를 亂舞하고 있기 때문에 선진공업국에서는 原子力利用施設의 正常稼動 및 核事故가 유발하게 될 방사선 被曝線量の 異常增加與否를 감시 판단하는 동시에 核危害(nuclear risk)를 평가하는 기본자료로서 大規模의 環境방사선조사 및 연구를 全國적으로 실시하고 있다.^{2,3,4,5)}

본 소고는 우리나라에서의 環境방사선準位가 어떠한 정도이며 또 어떠한 변동을 하고 있는가를 알리며 나

아가서는 국민유전 有意線量을 결정하기 위한 기본정보의 한 部分으로서 提供해야 한다고 통감한 나머지 作成한 것이다.

6) Aloka Super Scaler (Model. TDC-6) 大田(1973. 8 이후)

2. 측정·조사방법

가. 측정지점

서울일원, 피산군덕평리, 대전, 경남북일원 및 원자력발전소 부지

나. 측정장치

- 1) Gammagraph, EIL 65형 (1963~1967)
- 2) Eberline Model PRS-1 Portable Scaler
- 3) TLD (CaSO₄:Dy) 및 Harshaw Model 2000 series TLD reader
- 4) ERM: Environmental Radiation Monitor
- 5) Tracerlab Autoscaler (SC-73, Versa/Matic II): 大田(1964. 1~1973. 7)

다. 校正用 標準放射線源

- 1) Ra-226 (13.6mg)
- 2) Cs-137 (8.76mCi)
- 3) Co-60 (6.6×10⁻⁴mCi): 大田

라. 단 위

microrentgen per hour (μR/hr)

마. 測定方法

원자력청 발행 환경방사능 측정방법 p.19~26 및 기타 최근에 개발·확정된 방법

3. 측정결과 및 검토

한국原子力研究所를 中心으로 한 環境 방사선량을 조

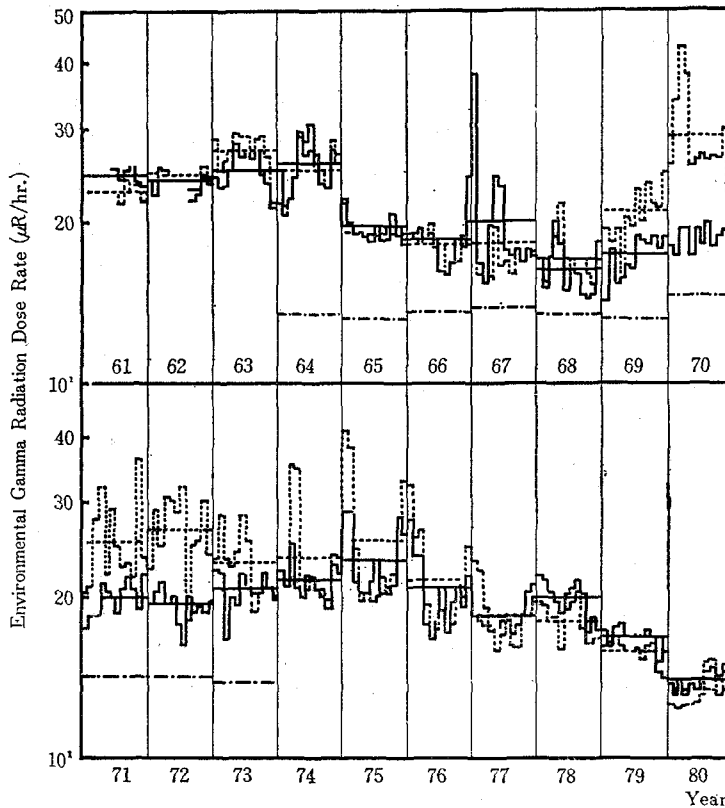


Fig. 1. Temporal Variation of Environmental Gamma Radiation Dose Rate (μR/hour)
 : Monthly Mean at KAERI Site — : Monthly Mean in Seoul Area
 - - - : Annual Mean at KAERI Site — : Annual Mean in Seoul Area
 - - - : Annual Mean in Daejeon Data

Table 1. Environmental Gamma Radiation Dose Rate ($\mu\text{R/hr}$) at KAERI and its Surroundings (Seoul Area)
Unit: microrentgen per hour

Year		Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean.
1961	On	—	—	—	—	—	19.8	22.7	19.0	23.9	19.8	23.4	20.9	21.2
	Off	—	—	—	—	—	24.3	25.6	24.9	25.1	25.2	24.3	23.4	24.7
1962	On	24.8	22.7	25.2	25.0	24.9	—	—	—	22.0	22.5	25.5	24.3	24.5
	Off	24.3	22.8	24.4	24.5	24.0	—	—	—	23.2	23.2	24.6	24.0	24.0
1963	On	28.4	24.8	26.0	27.0	29.3	29.0	28.9	26.8	28.9	29.0	26.7	21.9	27.2
	Off	24.4	23.3	23.5	25.1	28.1	26.3	27.0	26.5	27.7	24.9	23.8	21.5	25.2
1964	On	21.8	20.6	22.1	24.3	29.3	26.7	27.5	25.7	25.1	23.5	28.6	25.5	25.1
	Off	25.1	21.8	22.2	24.6	29.1	28.4	30.6	27.0	23.8	23.2	27.5	27.0	25.9
1965	On	21.7	19.7	19.4	—	18.8	18.5	18.8	18.5	18.6	19.9	18.9	18.8	19.2
	Off	22.3	20.1	19.2	—	19.0	19.1	19.7	19.2	19.8	20.9	19.7	18.4	19.8
1966	On	18.7	19.0	19.4	19.1	19.9	17.8	17.9	15.9	16.7	16.8	18.8	20.0	18.3
	Off	19.2	18.8	18.6	19.1	19.2	18.7	16.4	16.1	17.0	18.7	18.2	24.7	18.7
1967	On	34.1	16.0	15.4	15.8	19.6	16.7	16.8	16.0	17.4	17.4	17.7	17.4	18.4
	Off	38.1	16.8	15.6	19.9	24.5	23.5	17.8	17.4	17.8	17.0	18.0	17.8	20.2
1968	On	17.0	15.4	17.4	18.8	21.9	17.1	16.4	17.0	17.0	16.0	15.3	16.9	17.2
	Off	17.2	15.2	17.3	20.0	17.1	14.9	16.4	16.2	14.6	14.4	14.6	18.3	16.4
1969	On	19.4	18.3	19.4	15.8	20.3	19.7	23.0	19.9	23.8	21.8	21.5	24.8	21.1
	Off	14.2	17.9	15.4	15.8	16.6	16.5	18.9	18.6	18.3	18.9	17.8	19.0	17.5
1970	On	25.4	33.8	42.2	37.5	25.4	26.0	26.4	26.2	26.5	26.4	29.8	22.9	29.0
	Off	18.2	17.3	19.4	19.6	17.4	19.6	18.2	20.0	18.1	18.9	19.4	18.6	18.7
1971	On	20.2	20.7	28.0	32.0	22.0	29.3	24.9	22.9	23.1	21.8	36.1	23.7	25.4
	Off	17.6	18.5	18.5	21.3	20.7	20.0	18.8	20.9	22.0	20.7	19.1	22.3	20.0
1972	On	22.7	29.0	24.9	30.7	30.4	29.0	32.2	18.1	25.0	25.4	30.2	24.0	26.8
	Off	19.9	20.6	21.5	19.5	20.1	18.0	15.5	20.3	18.9	19.3	18.9	19.8	19.4
1973	On	23.8	23.4	23.8	22.9	24.2	28.5	25.6	18.8	20.5	20.5	21.1	19.9	23.2
	Off	22.6	22.4	16.8	20.0	19.6	22.3	21.2	20.5	20.6	22.2	21.0	20.4	20.8
1974	On	22.6	21.4	35.4	34.8	20.1	20.7	21.6	20.6	20.8	19.9	24.0	23.6	23.8
	Off	22.7	21.2	25.3	21.1	20.0	22.2	22.1	20.9	20.1	19.1	23.3	22.6	21.7
1975	On	40.8	37.9	24.7	19.7	20.0	19.7	20.0	21.6	20.4	22.0	28.7	33.1	25.7
	Off	29.2	29.1	21.6	20.4	20.4	21.6	23.5	20.6	21.0	21.2	28.2	26.4	23.6
1976	On	32.2	25.8	26.8	19.4	16.7	17.3	18.7	17.4	17.7	21.1	20.2	24.9	21.5
	Off	28.4	24.1	24.2	17.9	16.9	18.2	21.1	17.2	19.8	20.9	19.3	22.2	20.9
1977	On	23.5	22.5	18.9	17.4	15.8	16.9	17.9	16.2	16.1	18.6	18.3	20.0	18.5
	Off	18.6	18.3	17.8	17.5	17.6	18.1	18.2	17.2	17.8	18.9	20.5	21.3	18.5
1978	On	19.7	19.2	17.8	18.3	16.0	18.9	19.5	20.5	17.4	16.3	16.7	16.7	18.1
	Off	22.2	21.6	20.5	19.7	18.8	20.3	20.8	21.7	20.4	17.2	18.4	17.3	19.9
1979	On	16.1	16.3	17.0	16.1	15.9	15.7	16.0	15.2	16.2	16.3	14.4	14.2	15.8
	Off	17.4	16.2	17.6	17.9	17.2	16.9	17.1	17.0	17.4	17.1	15.2	16.8	17.0
1980	On	12.7	12.4	12.5	12.6	12.6	12.7	13.1	15.1	15.2	12.9	14.8	14.9	13.5
	Off	13.8	13.2	14.1	13.1	13.9	13.5	14.1	14.7	14.8	14.5	14.7	16.4	14.2

On : KAERI data

Off : Seoul area data

— : data not available.

사는 TRIGA MARK-II 연구용 원자로가 臨界에 到達하기에 앞서 1961년 7월부터 본격적으로 착수되었으며 그 결과는 Table 1과 Fig. 1에 제시되어 있는 바와 같으며, 核強大國에 의해서 실시된 大氣圈核爆發實驗의 영향을 크게 받았음을 알 수 있다.⁹⁾ 동시에 원자력이 용시설을 운영·관리하는 과정에서 파생되기 쉬운 방사성물질 또는 방사선누설로 인한 국지적증가가 예민하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

그 대표적인 예는 중공의 제 5 차 핵폭발실험이 실시된 직후인 1966년 12월 말과 1967년 1월의 月平均 환경방사선량율이^{7,8)} 平時(1966년 1월부터 동 11월까지의 평균치)의 값인 19.0 μ R/hr 보다 각각 5.5 μ R/hr 및 17.0 μ R/hr만큼 더 높은 24.5 μ R/hr 및 36.0 μ R/hr를 기록하고 있으며, 地點別 최고치로서는 경기도 安養에서 1966년 12월 및 1967년 1월에 각각 55.2 μ R/hr를 기록함으로써 평시의 2.85배에 달하는 급증현상이 일어났었다. 다만 이와 같은 環境방사선량율의 급증현상이 1개월 내지 2개월안에 거의 원상으로 되돌아갔다는 사실이 다행이지만 불필요한 방사선피폭을 가급적 최소화시켜야 한다는 입장에서 볼 때 유쾌한 일은 안 될 것이다.

가. 地域別 平均環境放射線量率

1) 서울地方(1961~1980)

1960년대의 月平均최저치는 14.2 μ R/hr이며 동 최고치는 42.2 μ R/hr 그리고 年平均値는 21.7 μ R/hr이나, 1970년대에는 月平均최저치가 12.4 μ R/hr, 동 최고치는 40.8 μ R/hr 그리고 年平均値는 20.4 μ R/hr였다. (Table 1 참조) 그리고 最近 20年間의 平均値는 20.4 \pm 1.3 μ R

/hr인 것으로 나타났다.

2) 大田地方(1964~1973)⁹⁾

1960년대의 月平均최저치는 12.0 μ R/hr, 동 최고치 15.4 μ R/hr, 年平均値 13.2~14.6 μ R/hr이며 1970년대에는 月平均최저치 : 12.9 μ R/hr 동 최고치 : 15.2 μ R/hr 年平均値 : 13.8~14.2 μ R/hr로서 10年間 平均値는 13.8 \pm 1.15 μ R/hr인 것으로 보고되어 있다.

3) 槐山郡德坪里(1976)¹⁰⁾

平均 24.5 \pm 14.5 μ R/hr(최저 : 13.8 μ R/hr, 최고 144.7 μ R/hr)이나 乌拉岫埋藏地域이므로 偏差項이 크다는 點이 특징적이다.

4) 慶南北一帶(1980~)¹¹⁾

古里原子力發電所를 中心으로 한 半徑 80km以內 49 개지점에서 측정한 地點別 平均値는 최저 14.6 μ R/hr, 최고 18.9 μ R/hr의 범위이며 총평균치는 16.3 \pm 0.6 μ R/hr였다.

5) 其他 原子力發電所 敷地一帶^{12,13,14)}

古里를 비롯한 月城, 桂馬 및 富邱 등 原子力發電所 敷地에서의 環境放射線量率測定結果는 다음과 같다(單位 : μ R/hr)

나. 異常增加의 要因分析

1) 放射能落塵量과의 관계

이미 언급한 바와 같이 大氣圈核實驗直後의 環境放射線量率增加가 주로 地表에 沈積한 放射能落塵에 기인되는 것으로 判斷되어 이를 검토해보았던 바 1961년부터 1965년까지 5년간의 방사능낙진량과 環境방사선량율간의 상관관계는 相關係數가 +0.86인 다음과 같은 1次回歸方程式으로 나타남을 알았다.¹⁵⁾

數	地名	最低值	最高值	平均値	測定年度
古	On	13.3	16.1	} 15.8	1978
	Off	12.7	17.5		14.7
桂	On	14.1	15.8	} 15.2	1979
	Off	15.4	17.4		
	On	14.5	17.5	} 17.2	1980
	Off	16.1	18.4		
月	On	11.9	15.0	14.2 \pm 0.39	1979
	Off	12.4	17.1	15.2 \pm 1.12	
富	On	13.5	19.0	} 16.7 \pm 1.9	1979
	Off	14.3	19.0		15.0

Table 2. Numerical Relationship between Radioactive Deposits and Environmental Gamma Radiation Dose Rate at 1 meter above Ground Surface. (Gamma Radiation Dose Rate measured only at those sites where Fallout Trays are located)

Year	Radioactive Deposits (mCi/km ² -10days)	Environmental Gamma Radiation Dose Rate (μR/hour)	Remarks
1961	3.16	23.3	Y=20.99+0.7081·logX
1962	10.00	24.3	where
1963	15.56	25.9	Y=Dose Rate (in μR/hr)
1964	7.79	25.0	X=mCi/km ² -10d
1965	1.71	19.5	
1966	10.18	19.7	
1967	25.10	19.7	
1968	0.79	16.3	
1969	0.95	17.4	
1970	0.89	18.6	
1971	0.78	21.4	
1972	0.71	20.6	
1973	0.52	21.4	
1974	0.48	22.0	
1975	0.26	24.3	
1976	0.28	22.1	
1977	0.36	17.1	
1978	0.29	20.6	
1979	0.16	17.1	
1980	0.25	14.1	

$$Y=5.11 \times 10^{-3}X+2.03$$

여기서

Y : 환경방사선량율($\times 10^{-2}$ mR/hr)

X : 방사능낙진량($\times 10^{-5}$ μCi/ft²-10days)

그러나 이 식은 標本對象이 비교적 짧은 기간內의 data에 의존한 것이었으므로 다시 1961년부터 1980년까지 20년간의 data를 바탕으로 해서 재검토해 본 결과, 年平均 방사능낙진의 방사능치가 1 mCi/km²-10 days 이상인 경우에는

$$Y=20.99+0.71 \cdot \log X$$

라는 관계식에 의해서 환경방사선선량율이 증가함을 알 수 있었다.¹⁶⁾ (Table 2 참조)

여기서

Y : 환경방사선선량율(μR/hr)

X : 방사능낙진량(방사능)(mCi/km²-10days)

그러나 방사능낙진의 방사능이 1 mCi/km²-10days 미만인 경우에는 상당히 큰 搖動(fluctuation)이 있음을 확인할 수 있었는데 이는 1 mCi/km²-10days 미만인 경우의 환경방사선선량율이 地殼으로부터 방출된 emanation의 大氣內濃度自體의 日變化幅 즉 日變化의 크

기가 큰 사실에 기인되는 Background 값의 搖動에 많은 支配를 받는다는 사실¹⁷⁾로서 이해할 수 있다.(Fig. 2 참조)

즉 이와 같은 사실은 방사능낙진량이 많았던 기간에는 낙진의 방사능과 솔잎의 방사능간의 상관계수가 +0.95였었는데¹⁸⁾ 낙진의 방사능이 현저히 감소된 1968년에는 +0.844로 작아짐으로써 data의 통계적요동이 컸었다는 사실¹⁹⁾을 긍정적으로 받아 들여 마땅하다고 본다.

다. 測定結果의 誤差範圍

地點別 年平均 空間放射線線量率測定值의 年平均値가 갖고 있는 標準偏差는 1961년부터 1965년까지 $\pm 6.2\%$ 내지 $\pm 7.2\%$ 이며, 1968년도이후에는 $\pm 5.4\%$ 로서 평균 $\pm 6.3\%$ 정도였기 때문에 비교적 만족스럽다고 본다.

라. 降水의 洗滌效果로 의한 僞增加를 除去한 環境放射線線量率值

1964년 7월부터 1966년 6월까지 加壓型電離函인

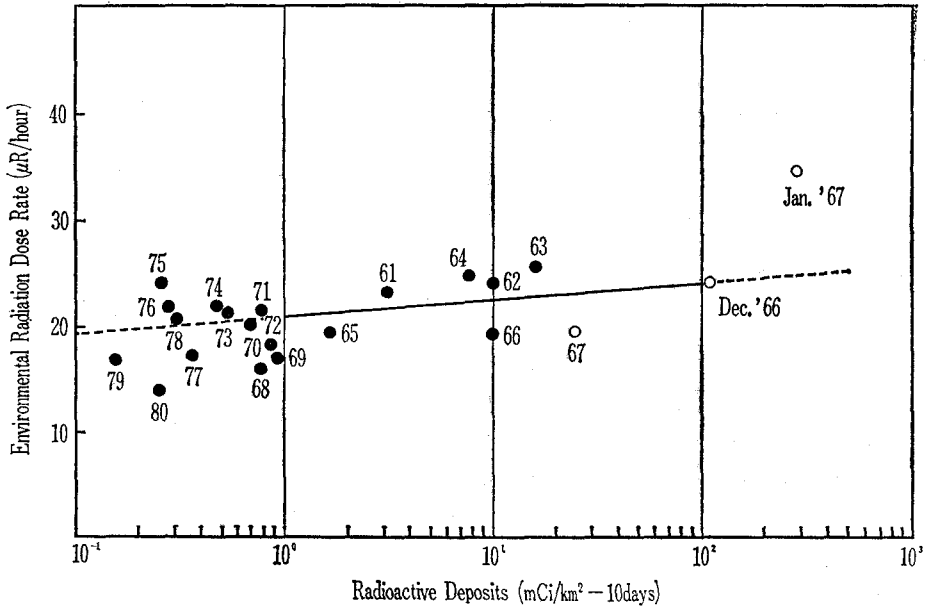


Fig 2. Relationship between Radioactive Deposits and Spatial Radiation Dose Rate at 1 Meter above Ground Surface.

- : General Increasing Trend of Radiation Level due to Radioactive Deposits
- : Annual Mean
- : Extreme Monthly Values for Dec. 1966 and Jan. 1977 due to the Fifth C.P.R's Test.

Gammagraph (E.I.L. 65)에 의한 空間감마線量率을 분석한 결과¹⁷⁾는 12월에 최저치(14.1μR/hr)를 나타내고 5월에 최저치(7.4μR/hr)가 나타남으로써 月平均最高值 및 最低值의 比는 12월이 가장 작아서 1.4이며, 5월이 7.4로서 가장 크다는 사실을 알았다.¹⁷⁾ 이는 人工방사능에 의한 地表汚染이 없는 경우에는 空間環境放射線量率이 주로 emanation 및 그 daughter products의 大氣內濃度에 左右된다는 사실에서 납득할 수 있는 결과라고 평가된다.

다. 測定結果의 地點別 代表性

위에 열거한 地域別 環境放射線量率 測定結果는 大部分의 경우 주어진 地點의 空間環境放射線量率을 代表할 만한 값으로 보기에 未洽한 點이 많다. 가령 大田일 경우 日09:00시, 12:00시 및 15:00시 등 하루 3번씩 각각 10분간격으로 측정된 값이기 때문에 日最高值가 주로 나타나는 夜間의 線量率值가 排除됨으로써 결과적으로는 같은 기간내의 서울의 값과 비교할 때 서울에서의 측정결과치의 54.0% 내지 82.2% (평균 69.8%)에 불과하다는 사실이 나타나 있다(Fig. 1 참조). 이 경우 물론 表土의 局地的特性도 큰 作用因子이겠지만 任意의 주어진 地點에서의 平均空間放射線量率을 결정한 경우에는 그 代表性與否에 많은 배

려를 하지 않으면 안 될 것이다.²⁰⁾

4. 結 言

지금까지 우리나라에서 측정 측정된 環境放射線量率을 총괄해 보면 다른 外部要因이 追加的으로 投入되지 않는 限 그 年平均値는 서울地方이 19.6~21.1μR/hr (평균 20.4±1.3μR/hr), 大田地方이 13.2~14.6μR/hr (평균 13.8±1.2μR/hr), 그리고 古里를 中心으로 한 慶南北一帶가 14.4~18.7μR/hr (평균 16.3±0.6μR/hr)인 것으로 나타났는 바, 이 값은 각각 年間集積線量이 서울지방: 184mR, 大田地方: 121mR, 및 慶南北一帶: 143mR에 해당하는 값을 잠정적이나마 보고해 두고자 한다.

그러나 測定結果의 代表性이 缺如된 이들 data 중 일부는 國民遺傳有意線量決定의 基本자료로 쓰기에는 문제점이 있다는 點을 밝혀 두지 않을 수 없다.

따라서 2000년대초까지 총 31기(시설용량 2,951만 6천 KWe)에 달하는 원자력발전소 건설이 요구되고 있는 오늘날 우리가 하여야 할 일은 原子力利用에 따른 環境危害를 감시하고, 지역특성에 따라서 서로 다를수 있는 환경방사선 피폭선량을 결정해서 대처해야 마땅하다고 본다. 즉 地點別로 連續的인 측정을 하여 data

측적을 함으로써 時間別, 月別 및 年間平均代表値를 決定하되, 補正技術上的 差異로 인한 誤差의 最小化 및 다른 환경요인으로 인한 差異發生可能性排除 등 또 다른 人爲的 自然的 誤差發生要因의 作用여부도 加급적 精確히 밝혀두어야 할 것이다.

參 考 文 獻

- 1) Shapiro, J. (1974): "Radiation Protection", A Guide for Scientists and Physicians, Harvard Univ. Press., Cambridge, Mass., p.275~276.
- 2) Solon, L.R. et al (1958): "External Environmental Radiation Measurements in the United States," USAEC Report HASL-25, 35pp.
- 3) Beck, H.L. (1964): "Environmental Radiation Measurements in the Southeastern, Central and Western United States, 1962~1963", USAEC Report HASL-145, 32pp.
- 4) Sievert, R.M. and B.Hultqvist (1952): "Variation in Natural Gamma-Radiation in Sweden", *Acta Radiol.*, 37: 388~398.
- 5) Abe, S. et al (1981): "Extensive Field Survey of Natural Radiation in Japan", *J. Nucl. Sciences & Technology*, 18(1): 21~45
- 6) Rho, C.S. (1970): "Environmental Radioactive Contamination in Seoul and its Surround (1961~1970)", *Ann. Rev. of Korean Natinal Committee for IUGG*, p.23~29.
- 7) 盧在植·田載植·張洪根(1966): "環境放射能調查管理(第6報)", 原子力研究所 研究年報 6: 513~520.
- 8) 盧在植·田載植(1967): "環境放射能에 관한 研究" *ibid.*, 7: 893~903.
- 9) 吳熙弼(1974): "核實驗으로 인한 大田地區의 環境放射能變化에 관한 研究(1964.1~1973.12)", 理學博士學位論文, 慶熙大學校大學院, 1974년 12월, p.31~32.
- 10) 盧在植의 12인 (1977): "忠北槐山郡 德坪里地域의 自然放射線과 그 影響에 관한 豫備報告書", 韓國原子力研究所, KAERI-35(77~1), 107pp.
- 11) 盧在植·李鉉德(1980): "國土全域의 自然放射線量測定調査", 한국에너지연구소 1980年度 研究報告書 KAERI/RR-202/80, 43pp.
- 12) 韓國電力株式會社(1979): "溫排水 및 放射性物質이 환경에 미치는 影響평가보고서 p.46.
- 13) 韓國電力株式會社(1980): "原子力發電所 7,8號機 敷地環境調査報告書 p.231.
- 14) 韓國電力株式會社(1980): "原子力 9,10號機 敷地 調査報告書(III), 溫水 및 放射性物質의 排出로 인하여 環境에 미치는 影響, p.17 및 p.45~46
- 15) 盧在植·田載植·張洪根(1965): "環境放射能調查管理(第5報)", 原子力研究所 研究年報 5: 432~440.
- 16) 盧在植(1981): "우리나라 環境放射線線量率과 環境放射能單位", 學術院 論文集 自然科學篇 第20輯 (印刷中)
- 17) 盧在植(1966): "極低位 γ 線量率($10^1 \sim 10^2 \mu R/hr$)測定時에 考慮하여야 할 環境因子의 決定" 韓國物理學會誌 「새물리」, 6(2): 75~86.
- 18) 盧在植·田載植(1963): "1963年度 環境放射能調查結果에 관하여", 原子力研究所研究年報 3: 406~427.
- 19) 盧在植·田載植·張洪根(1968): "環境放射能에 관한 研究", *ibid.*, 8(II): 921~941.
- 20) 盧在植·李鉉德(1980): "우리나라 南東地方의 環境放射線 線量率의 決定(1980年度)", 방사선방어학회지 5(1): 1~6.