

# 우리나라 南東地方의 環境放射線 線量率의 決定 (1980年度)

盧 在 植 · 李 鉉 德

韓國原子力研究所 · 環境部

## Determination of Environmental Radiation Dose Rate in the Southeastern Korea

Chae-Shik, Rho and Hyun Duk, Lee

Environment Dept., Korea Atomic Energy Research Institute

### Abstract

A portable count-ratemeter and a thermoluminescent detector (CaSO<sub>4</sub>: Dy) have been used to obtain total gamma dose rates at approximately 50 locations during the course of several survey trips in the southeastern Korea.

The purposes of these measurement were to provide a future reference data and to establish the approximate range of population exposure to the natural environmental radiation. The natural levels encountered ranged from a low of 14.6 microroentgen per hour to a high of 18.9 microroentgen per hour with a mean of  $16.3 \pm 1.0$  microroentgen per hour. Among these results are the relatively high natural dose rate levels in the Masan area and Yangsan-Tongdosa area with the relatively low natural dose rate levels in the Gyeongsan-Cheongdo area and the Samrangjin-Jinyeong-Gimhae area.

### 1. 序 言

大部分의 原子力先進國에서는 核事故發生時의 環境影響評價에 대비해서 全國土에 대한 環境放射線量率을 連續的으로 測定하여 그 基本資料를 蓄積·確保하고 있다. 우리나라에서는 主要市道 5個所에 大氣放射能測定所를 設置運營하고 있는 程度이며 이것마저 주로 放射能落塵에 대한 監視對策에 한해서 실시되고 있는 形便이다.

한편 原子力研究所 및 古里原子力發電所 등 主要核利用施設周邊의 環境放射線에 대해서는 定期的인 측정 조사가 실시중에 있으나 核事故發生時에 對處할 만큼 充分하고도 科學的인 評價를 할 수 있을만한 測定結果는 아직 確保되지 못한 狀態라고 보지 않을 수 없다.

이에 著者들은 原子力利用에 따른 環境危害를 監視하고, 地域特性에 따른 放射線被曝線量을 決定하는 동시에 國民遺傳有意線量을 決定하는데 必要한 基本資料를 確保하기 위해서 國土全域에 대한 環境放射線量率을 測定하는 계획을 수립하고 그 1차년도사업으로서 古里原子力發電所를 中心으로 한 半徑 80km以內 地域에 대한 調査를 하였으며, 그 結果를 잠정적이거나 총괄하여 보고하는 바이다. 즉 原子力利用施設의 擴散에 따른 環境放射線의 安全管理과 放射線事故의 早期探知 및 最適對策을 강구하는 동시에 방사선피폭가능성에 대한 國民의 위구심도 해소시킬 겸 국민유전유익선량 평가를 위한 基本資料를 측정·확보하며 나아가서는 核燃料原鑛의 賦存可能性도 조사하는 등 多目的사업으로서 착수된 동 측정結果의 1차년도 結果를 소개하는 바이다.

## 2. 測定機器 및 補正

### 가. 測定機器

自然環境放射線을 測定하는데 있어서 가장 중요한 것은 우선 자연環境 방사선의 主源이 地殼에서 放出되는 emanation과 그 崩壞生成物이기 때문에, 一定한 高度에서의 측정결과일지라도 幅넓은 日變化를 한다는 사실<sup>1),2),3)</sup>을 考慮하여야 할 것이며 또 地表로부터의 高度의 高低에 따른 日變化도 심하기 때문에<sup>4)</sup>, 여러 측정지점마다 똑같은 高度에서 日日 24時間 연속측정 하여야만 所期의 目的을 달성할 수 있는 것이다. 동시에 本 조사에서도 자연방사선이 갖는 모든  $\gamma$ -線에너지 準位範圍(0.1 MeV~2.0 MeV)에 대한 反應度가 各급적 均一한 線型性을 지닌 동시에 安定性도 큰 연속측정장치를 活用하는 것이 바람직한 것은 물론이다. 그러나 이번 조사측정에는 發注中인 동 기기를 확보·운영하기에 앞서 우선 개략적인 baseline data를 얻기 위해서 비교적 간편한 휴대용 G-M式計數率計(Eberline Model PRS-1, mica endwindow type, 1.5mg/cm<sup>2</sup>)과 CaSO<sub>4</sub>:Dy 素子를 이용한 熱螢光線量計(TLD Reader, Harshaw, Model 2000 Series)를 活用해서 각각 瞬間線量率 및 集積線量을 측정하였음을 添言해 둔다. 그중 특히 CaSO<sub>4</sub>:Dy Teflon TLD는 32°C에서 6週間동안 放置하여 두더라도 그 退化程度가 1.5%로 안될뿐만 아니라 感度下限이 0.5mR이며 또 Cu filter를 병용할 경우 0.2MeV에서 1MeV以上の  $\gamma$ 에너지準位の  $\gamma$ 방사선에 대해서 두루 그 相對的感度(relative response)가 1이기 때문에 本 조사에는 매우 적합한 측정기기라고 보아진다. 즉 典型的인 자연방사선중 0.3MeV 미만의  $\gamma$ -에너지에 의해서 방출되는 선량율은 불과 25%미만이며, 또 2.5MeV이상인  $\gamma$ 에너지에 의해서 방출되는 방사선량율은 불과 5%미만이기 때문에<sup>5)</sup> 本 조사목적에는 매우 적합한 측정장치인 것으로 보아진다.

### 나. 측정기기의 보정

사용한 기기에 의한 측정치의 정밀도를 유지·향상시키기 위하여 13.6 mg의 Ra-226 (Er: 0.55 MeV, 1.65 MeV) 표준방사선원(0.5 mm 두께의 P<sub>r</sub>-L capsule로 밀봉된 선원입) 및 8.76m Ci의 Cs-137 (Er: 0.662 MeV: TLD 보정치에 한함)을 活用하여 보정하였는 바 그 결과는 다음과 같다.

#### 1) 휴대용 계수율계

檢出器의 端窓部가 地面을 鉛直方向으로 향하도록 하

고 檢出器의 中心部가 地上 1 m높이에 고정되게끔 하고 보정용 표준선원을 水平移動시켜서 각각 표준선원으로부터 일정거리(4, 6, 8, 10, 12 및 14 m)인 지점에서 각각 5회씩 반복해서 계수율 대 선량율간의 상관관계를 파악·보정하였는 바 그 환산식은 다음과 같다.

$$1\text{cpm}=0.464 \mu\text{R/hr}$$

#### 나) TLD素子

Teflon盤型 TLD素子가 內藏된 保護用플라스틱 badge case를 標準線源으로부터 일정한 거리(10, 30, 50 및 100 cm). 만큼떨어지게 해서 지상 1 m높이에 고정시키고 放射線의 入射角이 0°, 45° 및 90°가 되는 세 가지 條件下에서 3개의 TLD badge case를 사용하여 TL出力 對  $\gamma$ -방사선량간의 관계를 확인·보정한 결과 등 환산식은 다음과 같았다. (表 1 및 2 참조)

$$1 \text{ nC}=0.057 \cdot \text{R}$$

다만 여기서

C : coulomb

R : Roentgen

## 3. 測定結果

### 가. 휴대용 계수율계에 의한 측정결과

1980年 2月 21일부터 3月 1일까지 및 3月 27일~4月 5日, 6月 3日~6月 10日, 8月 6日~8月 13日 및 10月 7日~10月 19日까지 등 5회에 걸쳐서 실시한 결과는 表 3와 같이 최저 14.6  $\mu\text{g/hr}$ , 최고 18.9  $\mu\text{R/hr}$ 의 범위이며 平均 16.3 $\pm$ 0.6  $\mu\text{R/hr}$ 인 바, 동 조사기간중에는 古里原子力發電所稼動으로 인한 영향이 없는 것으로 나타났다. 한편 동 측정결과와 水平分布는 그림 1과 같은 바 馬山地方 및 龜浦, 梁山, 佛國寺, 九龍浦를 이은 北北東-南南西方向의 幅 15 km 안팎의 약한 高線量率帶(18  $\mu\text{R/hr}$  이상)와 慶山·淸道를 잇는 半徑 15~20 km의 地帶와 三浪津·金海·進永을 연결하는 지대에 低線量率帶(15  $\mu\text{R/hr}$  미만)가 자리잡고 있는 것이 특징적임을 알 수 있다.

### 나. TLD에 의한 측정결과

1980年 3月 27일부터 동년 10月 7일까지 약 2個月間씩 3회에 걸쳐서 측정한 集積線量을 線量率로 換算한 값이 表 4에 총괄되어 있는바 최저 18.2  $\mu\text{R/hr}$ 에서 최고 54.3  $\mu\text{R/hr}$  그리고 平均 28.9  $\mu\text{R/hr}$ 로 나타나 있다

## 4. 論 議

G-M式 휴대용 계수율계에 의한 線量率과 TLD(Ca

表 1. Calibration of TLD on Directional Dependence using Ra-226.

1980. 4. 23.

Distance (cm)	Direction ( $\theta$ ) R	0		$\frac{\pi}{4}$		$\frac{\pi}{2}$		Average TL (nC)	Conversion factor (R/nC)
		TL (nC)	Relative Resp.	TL (nC)	Relative Resp.	TL (nC)	Relative Resp.		
10	6.732	141,300	1,088	128,923	0.992	129,912	1	133,378	0.051
20	1.683	25,001	0.768	25,818	0.794	32,522	1	28,447	0.059
50	0.269	4,246	0.953	4,348	0.976	4,454	1	4,349	0.062
100	0.067	1,006	0.742	1,156	0.853	1,355	1	1,172	0.057
Average		0.906		0.915		1		$\pm 0.057$ $\pm 0.004$	

Remarks: 1) Source used: Standard  $^{226}\text{Ra}$  Source, 13.6mg2) TLD used: D- $\text{CaSO}_4$ :Dy-0.4 Teflon Disc type (Teledyne, USA)

3) Measurements were taken average of 3 detectors readings

4) Irradiation Time: 6 hrs

表 2. Calibration of TLD on Directional Dependence using Cs-137.

1980. 11. 15

Distance (cm)	Direction ( $\theta$ ) R	0		$\frac{\pi}{4}$		$\frac{\pi}{2}$		Average TL (nC)	Conversion factor (R/nC)
		TL (nC)	Relative Resp.	TL (nC)	Relative Resp.	TL (nC)	Relative Resp.		
30	0.623	9,985	0.892	11,795	1.054	11,193	1	10,991	0.057
50	0.224	3,631	0.992	3,868	1.057	3,661	1	3,720	0.060
60	0.156	2,370	0.880	2,601	0.966	2,693	1	2,555	0.061
70	0.114	2,072	1.022	1,886	0.930	2,027	1	1,995	0.057
90	0.069	0,842	0.845	0,973	0.977	0,996	1	0,937	0.074
100	0.056	0,995	0.852	1,019	0.872	1,168	1	1,061	0.053
120	0.039	0,561	0.899	0,639	1.024	0,624	1	0,608	0.064
150	0.025	1,324	3.030	0,582	1.331	0,437	1	0,781	0.032
Average		1,176		1.026		1		$0.057$ $\pm 0.012$	

Remarks: 1) Source used: Standard  $^{137}\text{Cs}$  Source, 8.76 mCi2) TLD used: D- $\text{CaSO}_4$ :Dy-0.4 Teflon Disc type (Teledyne, USA)

3) Measurements were taken average of 3 detectors readings.

4) Irradiation Time: 20 hrs

$\text{SO}_4$ :Dy)에 의한 集積線量を 線量率화해서 얻은 값사이에 뚜렷한 差異가 있는 것이 우선 논의의 대상이 될 수 있겠으나, 이는 日最高値가 日最低位의 약 1.4~7.4배에 달할수 있는 극단적인 경우도 있기 때문에<sup>6)</sup> 별로 큰 문제가 될 수 없다고 본다. 즉 G-M式 휴대용 계수율계에 의한 측정은 주로 日變化過程中 가장 낮게 나타나는 낮(晝間)에 측정한 값이며, 반면 TLD는 日最高値가 나타나는 밤(夜間)에도 測定·集積線量이기 때문에 前者의 측정치보다는 클 수 있는 것이다.

또 熱螢光(TL)이 0.1~2mR/min. 範圍內的 照射線量率에서는  $\text{CaSO}_4$ :Dy 素子の 相對的感應도가 낮기

때문에<sup>6),7)</sup> 平均相對的 感應도를 換算係數決定時의 代表值로서 適用하게 되면 結果적으로, 마치 線量率이 높은 것 처럼 나타날 수 있기 때문이다. 따라서 TLD에 의한 環境放射線量率 決定할때에는 이와 같은 問題點을 앞서 解決하는 努力이 필요할 것 같다. 이 點 第2報에서는 分明히 밝힐 豫定이다.

즉 TLD에 의한 값의 平均値가 28.9  $\mu\text{R/hr}$ 라는 사실이 비록 Sweden에서의 平均値인 33.7  $\mu\text{R/hr}$ <sup>8)</sup>보다는 낮으나 本 조사기간과 동일기간의 서울지방에서의 平均치인 12.5~13.0  $\mu\text{R/hr}$ 과 비교할 때 상대적으로 높은 값으로 나타내게끔 作用할수도 있으므로 에너지 準位別 및 標準線源強度別 相對感應度 및 補正技術上

表 3. 古里을 中心으로한 半徑 80km內의 環境放射線 線量率( $\mu\text{R/hr}$ )

測定地點	範 圍	平 均
月內國校	15.0~16.5	15.7±0.6
機長中校	14.8~16.2	15.6±0.6
南倉(온양국교)	15.0~16.4	15.7±0.6
松 享	14.9~17.0	15.8±0.9
釜山水大	13.3~17.1	15.4±1.5
梁 山	15.6~18.0	17.0±0.9
鶴城高校	15.0~16.8	15.9±0.8
蔚山工高	14.4~18.4	15.7±1.6
〃 工大	15.3~18.7	16.9±1.3
通 度 寺	14.0~17.2	15.7±1.3
彥陽中高	15.5~16.9	16.2±0.6
金海中高	15.2~17.3	16.4±0.9
月城(나산국교)	13.7~15.4	14.6±0.7
進永女中	15.0~16.9	15.7±0.8
密陽 〃	15.5~18.7	17.1±1.2
慶州(근화여교)	14.3~17.1	16.2±1.1
〃 女高	14.1~18.7	16.5±1.7
甘浦中高	14.7~17.2	16.1±1.1
鎭海女高	14.3~17.7	16.0±1.7
昌原技能大	15.2~17.5	16.4±1.0
무학기술고	15.3~24.5	18.9±3.9
馬高工高	13.0~16.4	15.3±1.4
馬山女高	15.4~17.5	16.5±0.9
馬山大學	15.0~19.9	16.6±2.0
淸道女中	13.9~15.6	14.7±0.6
乾川(무산중교)	14.3~15.5	14.9±0.5
安康中校	14.1~17.8	15.7±1.6
南旨中校	15.1~20.0	16.9±2.2
慶山女中	14.4~17.5	16.2±1.2
嶺 南 大	15.9~18.5	17.3±1.1
昌寧(신창여중)	16.2~21.4	18.3±1.9
永川中校	14.9~17.6	16.7±1.2
浦項(동지여교)	15.5~18.1	16.7±1.2
玄風中高	15.1~20.0	17.2±2.0
慶 北 大	15.3~19.6	17.6±1.7
平均	13.0~24.5	16.3±1.0

表 4. TLD에 의한 集積線量으로부터 얻은 線量率 ( $\mu\text{R/hr}$ )

測定地點	範 位	平 均
月內國校	17.2~25.3	22.2
장안중교	16.9~29.8	23.0
南倉(온양국교)	15.3~28.3	21.2
釜山水大	14.4~26.8	18.2
梁 山	19.2~28.5	24.8
蔚山工高	14.5~34.5	21.9
〃 工大	20.9~40.6	30.2
彥陽中高	14.1~26.2	19.9
金海中校	28.5~38.4	32.2
密陽女中	18.2~47.7	30.1
慶州근화女高	17.0~44.9	31.7
慶州女高	13.8~59.8	35.1
甘浦中高	24.3~33.3	28.6
鎭海女高	20.6~46.0	34.0
昌原技能大	20.5~39.8	30.1
무학기술고	21.3~42.9	35.4
馬山工高	10.8~44.0	26.8
馬山大學	23.0~34.7	30.7
安康中高	41.5~68.6	54.3
南旨中校	17.5~43.7	26.9
嶺 南 大	16.0~33.7	25.5
昌寧(신창女高)	20.9~30.8	24.5
永川中高	22.0~55.3	36.2
浦項(동지女高)	31.1~41.0	34.7
慶 北 大	22.2~51.7	33.7
平均	10.8~68.6	28.9

것으로 본다.

### 5. 結 言

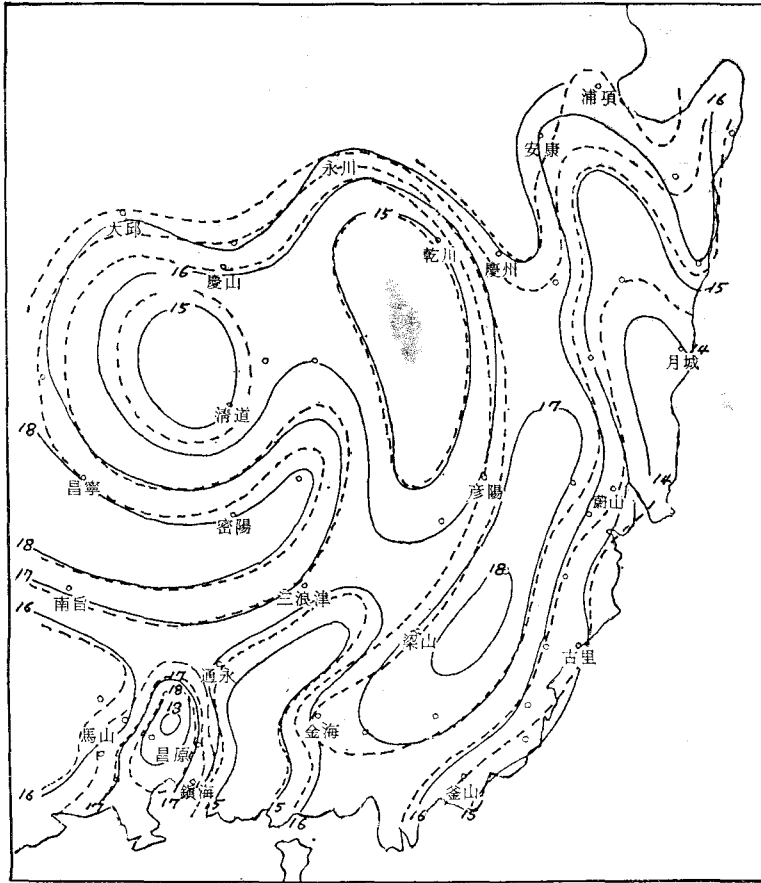
우리나라 南東地方에 대한 環境 방사선량을 측정·조사 결과의 1次年度分에서 우리는 동 地方의 環境 방사선량이 平均 16.3±0.6  $\mu\text{R/hr}$  임을 알았다. 그리고 核發電所 建設計劃이 擴大一路에 있는 우리나라로서 國토전역에 걸친 環境 방사선량에 관한 基本자료를 확보·측정하는 작업이 매우 중요함을 재확인할 수 있었다.

그러나 TMI 原子力發電所에서의 核事故에 수반된 環境 방사선의 변화와 관련하여 우리가 배운 것이 많기

의 差異로 인한 問題點 또는 다른 環境要因으로 인한 差異點 發生可能性 등 또 다른 人爲的·自然的인 要因이 作用하고 있는가의 여부를 가급적 정확히 밝혀야 할

그림 1. 境界放射線量率 分布圖 (單位:  $\mu\text{R/hr}$ )

— : G-M式 携帶用 計數率計에 의한 값  
 ..... : TLD ( $\text{CaSO}_4: \text{Dy}$ )에 의한 값



때문에 장차의 조사·측정시에 참작해야 할 사항이 하나 둘이 아닐것이라는 사실에 유의하지 않을 수 없다. 가령 TMI핵사고인 경우, 환경방사선 측정용으로 事故發生以前에 設置한 각종 TLD는 事故발생후의 방사선 준위를 결정하는데 有用하였으나 事故後에 새로 설치한 TLD에서 얻은 값은 Background 準位가 TLD 自體의 特性에 대한 情報不足으로 인해서 별로 効果적인 구실을 못하였다는 것이며 또 방사선 noble gas의 방출량을 직접 측정하기위해서 窠쪽에 설치해두었던 monitor는 평시가동시의 방출준위에 맞추어서 설치해 놓은 것이었기 때문에 事故발생인 07時 45分頃에는 이미 scale-off 됨으로써 방출량과 방사선준위의 推定을 間接적인 방법으로 할 수 밖에 없었던 것이다.<sup>9)</sup>

따라서 核事故에 대비한 방사선검출기기는 상당히 높은 高線量率 (mR/hr 準위에서 100R/hr 準위까지의 광범위한 측정범위)에도 견딜수 있고 또 상당히 오랜 기간 동안 外部電力의 供給없이 安定하게 作動할 수

있는 것이어야 하며 또 미리 정해둔 適切한 線量準位에서 自動적으로 警報가 發해될수 있는 것이어야 할 것으로<sup>10)</sup> 보기 때문에 原子力利用施設周邊의 安全性確保를 위해서 앞으로의 環境방사선량을 측정망운영은 첫째 연속적인 측정이 가능한 기기로서 위의 필수조건을 만족시키는 것이어야 할 것이다.

동시에 에너지준위별 분광분석이 동 조사에 병행됨으로써 보다 상세한 평가 기초를 구축할 수 있다함은 再言을 요하지 않을 것이다.

### 參 考 文 獻

- 1) Delwiche, C.C. and R.R. Stout: "Diurnal and Other Fluctuations in Atomspheric Radioactivity of Natural Origin", *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **10** (6) : 285~290 (1959)
- 2) Staley, D.O.: "The Diurnal Oscillations of

- Radon and Thoron and Their Decay Products," *J. Geophys.* **71** (14): 3357~3367 (1966)
- 3) 盧在植: "極低位  $\gamma$ -線量率 ( $10^1 \sim 10^2 \mu\text{R/hr}$ ) 測定時에 考慮되어야 할 環境因子의 決定", 韓國物理學會誌 「새물리」: **6**(2):76~85 (1966).
  - 4) Moses, H., A. F. Stehney and H.F. Lucas, Jr.: "The Effect of Meteorological Variables upon the Vertical and Temporal Distributions of Atmospheric Radon," *J. Geophys. Res.*, **65** (4):1223~1238 (1960)
  - 5) Lough, S.A., and L.R. Solon: "The Natural Radiation Environment", Chapt. 17, *Radiation Biology and Medicine*, W. Claus (ed), Addison-Wesley, Reading, Mass. (1958)
  - 6) Hsu, P.C. and P.S. Weng (1976): "Calibration of Thermoluminescent Dosimeters for Low Dose Exposure Rates," *Nuclear Instruments and Methods*, **138**: 307~309.
  - 7) Hsu, P.C. and P.S. Weng (1980): "Reaffirmation on the Low Exposure Rate Dependence of the  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  Thermoluminescent, Dosimeter," *ibid*, **174**: 73-76.
  - 8) Sievert, R.M. and B. Hultqvist: *Acta Radiol.*, **37**: 390(1952).
  - 9) NRC: "Three Mile Island, a Report to the Commissioners and to the Public", Nuclear Regulatory Commission-Special Inquiry Group, Vol. II, Part 2: 341-408 (1980)
  - 10) NCRP: "Instrumentation and Monitoring Methods for Radiation Protection", NCRP Report No. 57: 139-141 (1978)