

# 濟州道 一圓의 地表下 土壤氣體中の Radon 測定

姜 東 佑\* · 朴 奎 殷\*\*

## Measurement of Radon Concentration in the near-surface Soil Gas in Cheju Island

Kang, Dong-Woo · Park, Kyu-Eun

### Abstract

A series of experiment is performed to measure radon concentration in the near-surface soil gas at the four locations(Cheju-si, Seoguipo-si, Taejeong-eup, Seongsan-eup) in Cheju Island, using CR-39 detector placed inside radon cups.

Two types of radon cups are installed in shallow holes of about 15cm in diameter and 50 cm in depth.

The optimum etching conditions, ie, the concentration of NaOH solution, etchant temperature and etching time, are found to be 6.25N, 70°C and 5.5hours for CR-39 detector.

A typical conversion factor of radon cup is calculated as

$$1 \text{ track/mm} \cdot 30 \text{ day} = 1.594 \text{ pCi/l}$$

Average radon concentration over 30 days measured in Cheju Island from May 1. 1987 to April 23. 1988 are  $84.33 \pm 7.15 \text{ pCi/l}$  for open radon cups and  $45.61 \pm 4.93 \text{ pCi/l}$  for closed radon cups.

---

\*성산수산고등학교

\*\* 제주대학교 사범대학 과학교육과

## I. 緒 言

固體飛跡檢出器(Solid State Nuclear Track Detector, SSNTD)는 荷電粒子가 誘電體를 통과할 때 放射線 損傷이 飛跡으로 形成되며, 이 飛跡은 적절한 化學용액으로 腐蝕시켜 光學현미경으로 觀測된다.<sup>1)</sup> 粒子의 飛跡檢出方法은 1958년 Young<sup>2)</sup>에 의해 lithium fluoride에서 核分裂破片의 結果가 처음 發表된 後 1960년대에 Fleischer, Price, Walker<sup>2-6)</sup> 등에 의해 여러 물질에 대한 飛跡特性이 發見되었으며, 現在는 SSNTD의 材料開發 및 飛跡特性 그리고 飛跡計數方法 등의 研究와 核工學, 放射線計測, 保建物理學, 우라늄探査, 宇宙線測定, 考古學과 地球科學 등의 광범위한 분야에서 研究 및 測定手段으로<sup>6)</sup> 널리 使用되고 있다.

地表面에서 擴散된 土壤氣體中의 라돈濃度를 測定함으로써 우라늄이나 토륨探査가 가능하며, 地下水속에 들어있는 라돈含有量의 變化를 週期的으로 觀測함으로써 地震豫知가 가능<sup>7,8)</sup>하다는 事實이 밝혀졌다.

本 研究에서는 CR-39檢出器를 使用하여 라돈에서 방출되는 알파粒子를 檢出하였고, 두 종류의 라돈컵을 製作·使用하여 濟州道 一圓의 地表面에서 擴散된 土壤氣體中의 라돈濃度를 週期的으로 測定하여 他地域과 比較·檢討하였다.

## II. 라돈컵의 幾何學的 構造와 飛跡生成率

地表面에서 擴散된 土壤氣體中의 라돈濃度를 測定하기 위한 라돈컵의 幾何學的 構造는 그림 1과 같다.

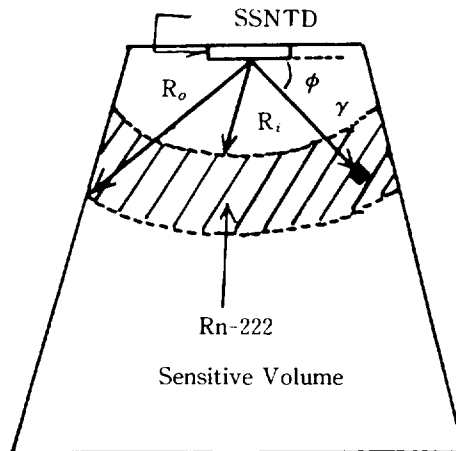


Fig. 1. Radon cup geometry

부착된 SSNTD의 특성과 라돈에서 방출된 알파粒子的 에너지에 따라 飛跡形成이 가능한 최대거리  $R_o$ 와 최소거리  $R_i$ 가 存在하며,  $R_o$ 와  $R_i$ 사이의 空間을 有效體積(Sensitive Volume)이라 한다. 이때  $R_o$ 는 飛跡形成이 가능한 최소에너지의 알파粒이에 대한 空氣中에서의 飛跡(range)과 같고, 최소거리  $R_i$ 는 알파粒子的 에너지가 클수록 飛跡半徑이 減少하므로<sup>9)</sup> 化學腐蝕 후 觀測이 불가능해지는 臨界에너지에 대한 空氣中에서의 飛程과 같다.

有效體積內에서 崩壞한 라돈에서 방출된 알파粒이에 의하여 SSNTD의 단위면적당 단위시간당 形成되는 飛跡의 數, 즉 飛跡生成率  $\dot{\rho}$ 는<sup>8)</sup>

$$\dot{\rho} = \int \frac{N\lambda}{4\pi r^2} \sin\phi \, dv \quad \dots\dots\dots (1)$$

으로 주어지며  $dV=r^2 \, dr \, d\theta \, d\phi$ 이므로

$$\dot{\rho} = 2\pi \int_{\phi_{\min}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{R_i(\phi)}^{R_o(\phi)} N\lambda \frac{r^2 \cos\phi \sin\phi \, dr \, d\phi}{4\pi r^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

으로 주어지는 데, 여기서  $N$ 는 단위 體積內의 라돈原子的 數,  $\lambda$ 는 라돈의 崩壞常數,  $\phi_{\min}$ 은 飛跡形成이 가능한 最小角이다.

$$\text{그러므로 } \rho = N\lambda \Delta R \cos^2 \phi_{\min} / 4 \quad \dots\dots\dots (3)$$

가 되며,  $\Delta R = R_o - R_i$ 이다.

따라서 飛跡生成率과 SSNTD의 알파粒子的 檢出効率을 결정하면 라돈검의 라돈檢出換算因子를 얻을 수 있다.

### III. 實 驗

#### 1. 測定地點

本 研究에서 라돈濃度を 測定한 地點은 그림 2와 같다. 제주시(제주일고), 서귀포시(서귀고), 대정읍(무릉중학), 성산읍(성산수고)

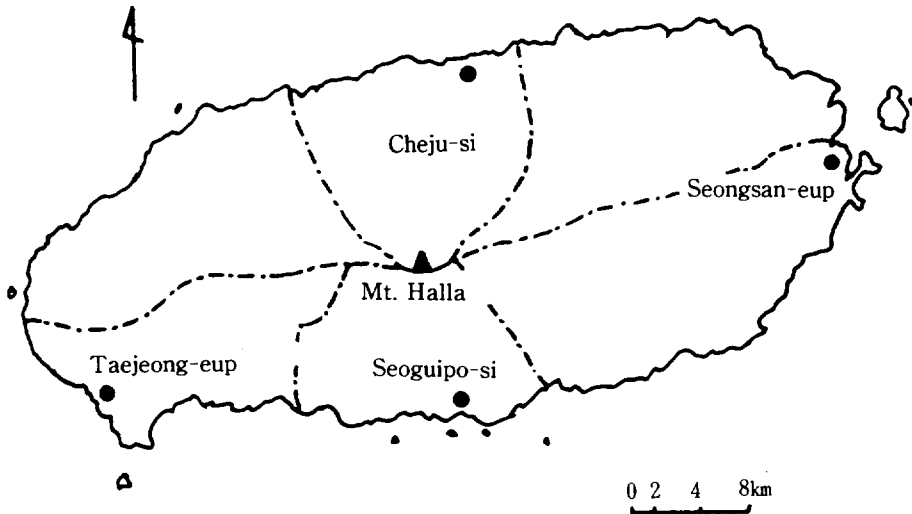


Fig. 2. Points of radon concentration measurement.

濟州道는 斜面地形의 特性에 의하여 표 1에 나타난 바와 같이 地域的 氣候要素의 偏差가 비교적 큰 편이다.

Table 1. Regional weather factors

(1979~1987)

Area	Factor	Temperature(°C)			Rainfall (mm)	Humidity(%)			Atmospheric Pressure (mb)
		Average	Jan.	Aug.		Average	Jan.	Aug.	
Cheju-si		14.7	5.2	26.4	1,416	73	68	82	1,016.1
Seoguiipo-si		15.7	6.0	26.6	1,718.2	70	64	79	1,015.7
Taejeong-eup		15.3	5.2	26.5	1,237	74	68	82	1,016.4
Seongsan-eup		15.1	4.8	26.3	1,769.5	78	71	86	1,017.9

## 2. 測定裝置

地表下에서 擴散된 土壤氣體中の 라돈濃度を 測定하기 위하여 그림 3과 같은 裝置<sup>8,10)</sup>를 使用하였다.

地表로 부터 약 50cm의 구멍을 파서 P·V·C 파이프(內徑 15cm)를 수직으로 세우고, P·V·C 파이프의 윗구멍은 外氣의 干涉을 極少化시키기 위하여 뚜껑을 덮고 다시 그 위에 비닐을 덮었다.

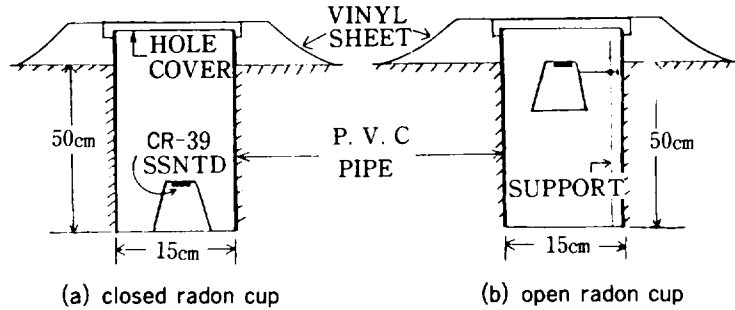


Fig. 3. Situation of radon cups for measuring integrated subsurface radon concentration

그림 3(a)는 地表로부터 50cm의 깊이에서 密閉된 라돈컵內的 CR-39檢出器의 配置象이고, 그림 3(b)는 支持木을 使用하여 구멍바닥의 土壤에서 45cm의 위치에 設置한 開放된 라돈컵內的 CR-39檢出器의 配置象을 나타낸 것이다.

라돈과 라돈子核種의 崩壞에서 生기는 알파粒子들에 露出된 CR-39檢出器를 30日 간격으로 收去하여 충분히 건조시킨 후 最適腐飾條件으로 化學腐飾하여 22배의 광학현미경으로 飛跡密度를 測定하였다.

### 3. CR-39檢出器의 特性和 化學腐飾

本 研究에 使用된 SSNTD는 250 $\mu$  m의 allyl diglycol carbonate (CR-39, U. S. A)로 그 特性은 표 2와 같다. CR-39檢出器는 最近에 개발된 飛跡檢出材料로서 光學的 透明度와 均質·等方性이 높은 熱硬化性(thermoset) 플라스틱으로서 現在까지 알려진 SSNTD 中에서 가장 높은 感度和 分解能<sup>9)</sup>을 갖고 있다.

Table 2. Characteristics of CR-39 detector

Chemical Composition	$C_{12}H_{18}O_7$
Structure	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{O} \left\langle \begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array} \right. \\  \parallel \\  \text{O}  \end{array}  $
Density	1.32g/cm <sup>3</sup>
Thickness	250 $\mu$ m

CR-39檢出器의 알파粒子에 대한 感度和 腐飾特性을 調查하기 위하여 알파線源으로 0.12 $\mu$  Ci의 에너지 교정용의 <sup>241</sup>Am( $E\alpha = 5.486\text{MeV}$ )을 使用하였다.

照射된 CR-39檢出器는 NaOH 용액의 溫度를 70 $^{\circ}$ C로 固定시켜 NaOH 용액의 濃度和

腐蝕時間을 변화시키면서 檢出效率과 最適腐蝕條件을 求하였다. 腐蝕溫度를 일정하게 維持하기 위하여 Data Plate 가 부착된 Hot Plate(Whatman, Model 440, England)를 使用하였으며 溫度의 安定度는  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 였다. 照射된 CR-39檢出器는 NaOH 용액이 들어있는 容器 內에 넣고 密閉시킨 후 磁力攪拌機를 利用하여 400rpm의 速力으로 NaOH 용액을 回轉시키면서 化學腐蝕시켰다. 이와같이 腐蝕溶液을 密閉시켜 回轉시킨 이유는 長時間腐蝕시키는 동안 腐蝕溶液의 蒸發로 인하여 생기는 腐蝕溶液의 濃度變化가 CR-39檢出器에 미치는 影響을 極少化하며,  $70^{\circ}\text{C}$ 의 高溫에서 長時間 腐蝕시킬 경우 大氣中の  $\text{CO}_2$ 의 作用으로 CR-39檢出器의 酸化作用(Carbonation)으로 인한 濃度變化<sup>9)</sup>를 막기 위해서였다.

腐蝕이 끝난 CR-39檢出器는 흐르는 물로 3時間 以上 세척하고 다시 증류수로 세척하여 충분히 乾燥시킨 후 飛跡을 광학현미경으로 觀測하였다.

本 實驗에서 알파粒자를 檢出하기 위한 最適腐蝕條件은  $70^{\circ}\text{C}$ , 6.25N NaOH, 5.5時間으로 定하였고 또한 空氣中에서 CR-39檢出器의 알파粒자의 平均檢出效率은  $80.08 \pm 1.24\%$ 이었다.

Table 3(a). Every 30 days average of radon concentration for open radon cap in Cheju Island.

Radon Concentration (±S.D.) Duration	Cheju-si			Seoguiipo-si			Taejeong-eup			Seongsan-eup		
	track /m <sup>3</sup> 30day	pCi l	track /m <sup>3</sup> 30day	pCi l	track /m <sup>3</sup> 30day	pCi l	track /m <sup>3</sup> 30day	pCi l	track /m <sup>3</sup> 30day	pCi l	track /m <sup>3</sup> 30day	pCi l
87.5.1~5.30	137.16±6.53	218.63±10.41	47.32±4.82	75.43±7.68	52.35±4.25	83.45±6.77	41.09±2.04	65.50±3.25				
5.31~6.29	134.72±6.16	214.74±9.82	43.96±3.56	70.07±5.67	53.83±4.87	85.81±7.76	27.00±3.89	43.04±6.20				
6.30~7.29	124.89±7.29	199.07±11.62	47.41±4.55	75.57±7.25	49.95±6.79	76.62±10.82	29.33±2.66	46.75±4.24				
7.30~8.28	140.25±8.12	223.56±12.94	38.27±5.24	61.00±8.35	59.67±5.94	95.11±9.47	47.77±5.99	76.15±9.55				
8.29~9.26	174.42±8.54	278.03±13.61	61.23±6.41	97.60±10.22	69.71±5.78	111.12±9.21	49.96±4.64	79.64±7.40				
9.27~10.26	62.22±4.09	99.18±6.52	26.27±2.29	41.87±3.65	30.25±3.73	48.22±5.95	28.15±3.42	44.87±5.45				
10.27~11.25	53.53±7.65	85.33±12.19	24.44±3.05	38.96±4.86	28.15±3.02	44.87±4.81	21.60±2.93	34.43±4.67				
11.26~12.26	32.22±2.95	51.36±4.70	23.09±2.77	36.81±4.42	29.26±2.99	46.64±4.77	14.94±2.28	23.81±3.63				
12.27~88.1.24	36.05±3.19	57.46±5.08	40.12±3.51	63.96±5.60	29.63±2.79	47.23±4.45	19.56±1.96	31.17±3.13				
1.25~2.23	45.80±4.21	73.01±6.73	47.01±4.54	74.94±7.24	32.67±3.48	52.07±5.55	22.52±2.50	35.89±3.98				
2.24~3.24	78.49±6.53	125.11±10.41	68.01±6.38	108.40±10.16	53.19±3.75	84.79±5.98	35.39±4.49	56.41±7.16				
3.25~4.23	98.57±5.03	157.12±12.55	40.49±3.98	64.55±6.34	51.36±3.95	81.86±6.30	36.35±2.97	57.14±4.74				
Average	93.19±5.86	148.55±9.72	42.30±4.26	67.43±6.79	45.00±4.28	71.73±6.82	31.14±3.31	49.63±5.28				

Table 3(b). Every 30 days average of radon concentration for closed radon cup in Cheju Island.

Radon Concentration ( $\pm$ S.D) Duration	Area			Seoguiipo-si			Taejeung-eup			Seongsan-eup		
	track / $\mu$ m <sup>2</sup> 30day	pCi /l	track / $\mu$ m <sup>2</sup> 30day	pCi /l	track / $\mu$ m <sup>2</sup> 30day	pCi /l	track / $\mu$ m <sup>2</sup> 30day	pCi /l	track / $\mu$ m <sup>2</sup> 30day	pCi /l	track / $\mu$ m <sup>2</sup> 30day	pCi /l
87.5.1~5.30	71.23 $\pm$ 5.09	113.54 $\pm$ 8.11	26.54 $\pm$ 2.70	42.30 $\pm$ 4.30	24.22 $\pm$ 3.40	38.61 $\pm$ 5.42	24.00 $\pm$ 2.74	38.26 $\pm$ 4.37				
5.31~6.29	68.35 $\pm$ 6.19	108.95 $\pm$ 9.87	24.08 $\pm$ 2.62	38.38 $\pm$ 4.18	29.88 $\pm$ 2.69	47.63 $\pm$ 4.29	13.95 $\pm$ 2.44	22.24 $\pm$ 3.89				
6.30~7.29	67.65 $\pm$ 4.22	107.83 $\pm$ 6.73	23.33 $\pm$ 21.31	37.19 $\pm$ 3.68	27.04 $\pm$ 2.86	43.10 $\pm$ 4.56	14.69 $\pm$ 2.60	23.42 $\pm$ 4.14				
7.30~8.28	72.84 $\pm$ 4.94	116.11 $\pm$ 7.87	20.62 $\pm$ 2.28	32.87 $\pm$ 3.63	29.88 $\pm$ 3.22	47.63 $\pm$ 5.13	23.90 $\pm$ 3.13	38.10 $\pm$ 4.99				
8.29~9.26	86.32 $\pm$ 5.43	137.59 $\pm$ 8.66	30.81 $\pm$ 4.39	49.11 $\pm$ 7.00	37.00 $\pm$ 4.49	58.98 $\pm$ 7.16	24.94 $\pm$ 2.27	39.75 $\pm$ 3.62				
9.27~10.26	30.02 $\pm$ 5.00	47.85 $\pm$ 7.97	14.32 $\pm$ 2.69	22.83 $\pm$ 4.29	14.94 $\pm$ 2.16	23.81 $\pm$ 3.44	12.84 $\pm$ 1.91	20.47 $\pm$ 3.04				
10.27~11.25	28.05 $\pm$ 5.00	43.20 $\pm$ 7.97	12.84 $\pm$ 3.39	20.47 $\pm$ 5.40	15.56 $\pm$ 1.42	24.08 $\pm$ 2.26	9.51 $\pm$ 1.65	15.16 $\pm$ 2.63				
11.26~12.26	18.77 $\pm$ 1.77	29.92 $\pm$ 2.82	12.96 $\pm$ 1.44	20.66 $\pm$ 2.30	14.20 $\pm$ 1.48	22.63 $\pm$ 2.36	7.04 $\pm$ 2.04	11.22 $\pm$ 3.25				
12.27~88.1.24	21.73 $\pm$ 2.60	34.64 $\pm$ 4.15	22.10 $\pm$ 2.72	35.23 $\pm$ 4.34	17.04 $\pm$ 1.42	27.16 $\pm$ 2.26	10.00 $\pm$ 1.97	15.94 $\pm$ 3.14				
1.25~2.23	26.74 $\pm$ 2.86	42.63 $\pm$ 4.57	29.01 $\pm$ 3.12	46.25 $\pm$ 4.97	18.57 $\pm$ 2.50	29.60 $\pm$ 3.98	11.85 $\pm$ 2.28	18.89 $\pm$ 3.64				
2.24~3.24	44.91 $\pm$ 3.84	71.58 $\pm$ 6.12	38.66 $\pm$ 4.22	61.62 $\pm$ 6.73	31.75 $\pm$ 3.59	50.60 $\pm$ 5.72	19.59 $\pm$ 3.20	31.22 $\pm$ 5.10				
3.25~4.23	52.15 $\pm$ 5.03	83.12 $\pm$ 8.02	22.12 $\pm$ 3.06	35.26 $\pm$ 4.88	33.19 $\pm$ 2.92	52.90 $\pm$ 4.65	19.95 $\pm$ 3.01	31.80 $\pm$ 4.80				
Average	49.06 $\pm$ 4.33	78.08 $\pm$ 6.91	23.12 $\pm$ 2.91	39.03 $\pm$ 4.64	24.44 $\pm$ 2.68	38.89 $\pm$ 4.27	16.02 $\pm$ 2.44	25.54 $\pm$ 3.88				



#### 4. 라돈컵의 換算因子

本 研究에 使用된 라돈컵의 構造는 그림 4와 같고, 라돈컵의 材料는 플라스틱으로 Fleischer<sup>12)</sup>, 강영호<sup>9)</sup> 등이 使用했던 構造와 同一한 것이다.

라돈에서 방출된 알파입자의 에너지와 空氣中에서의 飛跡과의 관계 및 에너지의 減少를 고려하여 飛跡形成 최대거리  $R_o$ 와 최소거리  $R_i$ 는 각각 40mm와 5mm를 選擇하였고, 또 飛跡檢出이 가능한 臨界角으로  $\phi_{min} = 15^\circ$ <sup>9)</sup>로 設定하였다.

따라서 (3)식  $\rho = N\lambda \Delta R \cos^2 \phi_{min} / 4$ 으로 부터 얻어지는 라돈컵의 라돈檢出換算因子는  $1 \text{ track/mm}^2 \cdot 30\text{day} = \text{pCi/l}$ 이다.

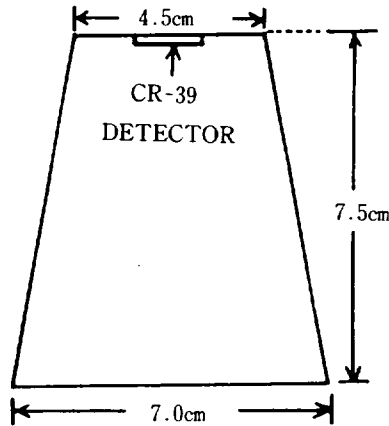


Fig. 4. Radon cup geometry used for measurement of radon concentration.

### IV. 結果 및 考察

표 3은 濟州道 一圓의 4個 地域에서 測定된 30日間의 라돈濃度を 나타낸 것인 데, 開放된 라돈컵(oc)과 密閉된 라돈컵(cc)을 使用하여 測定한 30日間의 라돈濃度は 濟州市에서 最高  $278.03 \pm 13.61 \text{ pCi/l(oc)}$ 와  $137.59 \pm 8.66 \text{ pCi/l(cc)}$ 이고 年平均 라돈 濃度は  $84.33 \pm 7.15 \text{ pCi/l(oc)}$ 와  $45.61 \pm 4.93 \text{ pCi/l(cc)}$ 였다.

濟州道 一圓의 4個 地域에서 測定된 30日間의 라돈濃度は 忠南大學校 大德 캠퍼스內的 10日間 平均  $\alpha$  放射能濃度<sup>13)</sup> (最高  $907.9 \pm 122.3 \text{ pCi/l}$ , 最低  $254.0 \pm 72 \text{ pCi/l}$ : 1985.10/20~12/20)와 比較해 보면 매우 낮지만, 密閉된 라돈컵만을 使用하여 測定한 慶北 一圓의 月平均 라돈濃度<sup>9)</sup>(最高  $144.4 \pm 1.3 \text{ pCi/l}$ , 最低  $31.8 \pm 0.6 \text{ pCi/l}$ : 1981.8~1982.2)와

는 거의 비슷한 값을 나타내고 있다. 그리고 그림 5와 6은 開放된 라돈컵과 密閉된 라돈컵을 使用하여 測定한 30日間の 라돈濃度の 變化를 나타낸 것이다.

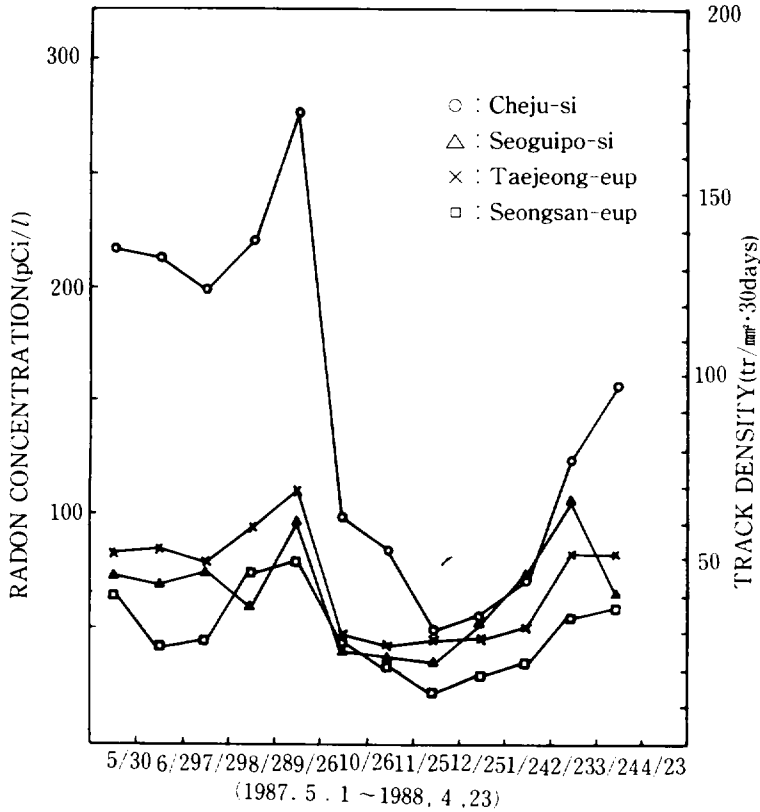


Fig. 5. Variation of subsurface radon concentration for open radon cup in Cheju Island.

그림 5와 6에 의하면 地表下에서 擴散된 土壤氣體中の 라돈濃度は 測定地域과 季節에 따라 큰 차이를 보이고 있는데, 年平均氣溫이 가장 낮고 年平均降雨量이 적은 제주시 地域에서 가장 높은 반면에 年平均降雨量이 가장 많고 年平均氣溫이 높은 성산읍 地域이 가장 낮게 나타나고 있어 그 차이는 약 4 배 정도이다. 또 季節에 따른 30日間の 라돈濃度は 平均氣溫이 가장 높은 8~9月에서 最高値를 보이다가 平均氣溫이 下降하면서 라돈濃度の 變化가 減少하여 11~12月에서 最小値를 보여 季節變化에 따라 라돈濃도가 크게 변하고 있음을 알 수 있다. 이와같은 現象으로 미루어 보아 溫度, 降雨量, 大氣壓, 風速 등의 局地的인 氣象因子들과 라돈濃度は 밀접한 相互關聯性이 있음을 示唆하고 있다.

그림 7은 氣象學的으로 濟州道를 代表할 수 있는 제주시에서 測定된 30日間の 라돈濃

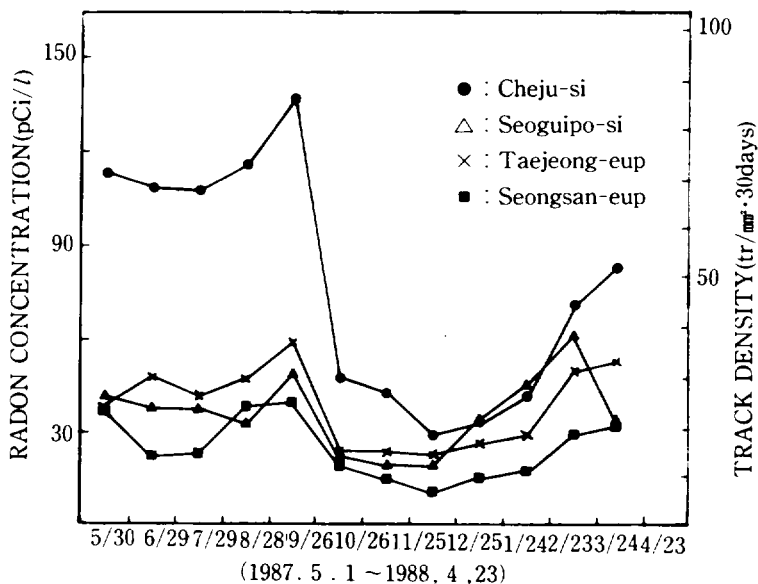


Fig. 6. Variation of subsurface radon concentration for closed radon cup in Cheju Island.

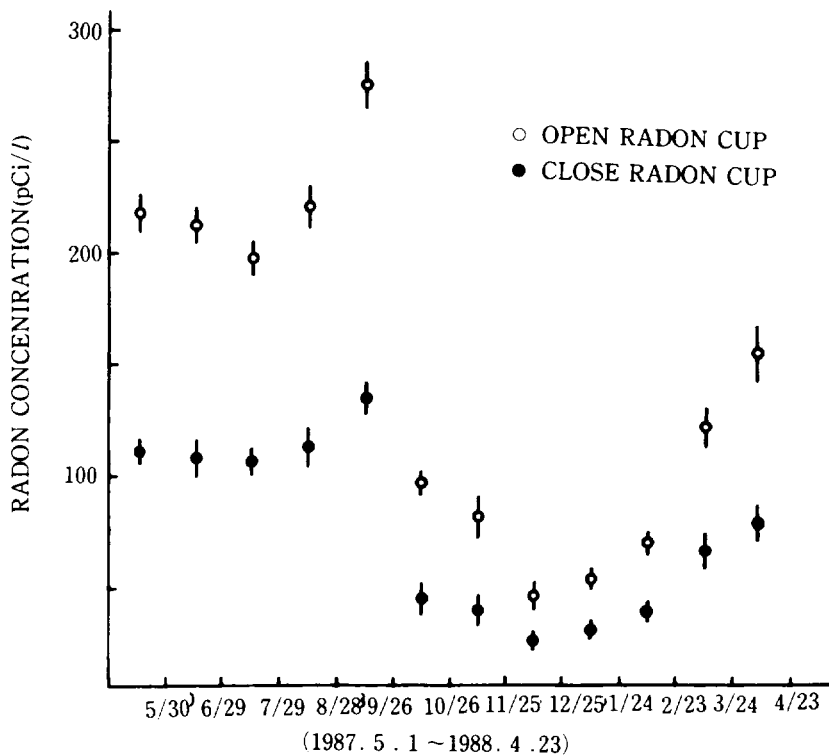


Fig. 7 Comparison of subsurface radon concentration for open radon cup & closed radon cup in Cheju-si.

度の變化를 나타낸 것인데, 開放된 라돈컵의 CR-39檢出器가 密閉된 라돈컵의 檢出器보다 알파粒子的 檢出率이 약 두배 가량 높게 나타났다. 이러한 現象은 土壤氣體가 密閉된 상태보다 開放된 상태에서 활발히 疏通되고 密閉상태의 경우는 開放상태보다 CR-39檢出器 表面에 形成된 水泡가 많아서 檢出器로 入射하는 알파粒자들을 많이 遮斷시켰기 때문이라고 생각되며, 이에대한 Fleischer<sup>14)</sup>, 명동범<sup>13)</sup>의 研究에서도 本 研究의 結果와 같은 現象을 보이고 있다.

사진 1은 濟州道の 4 개 地域에서 CR-39檢出器에 感知된 알파粒子的 飛跡象이다.

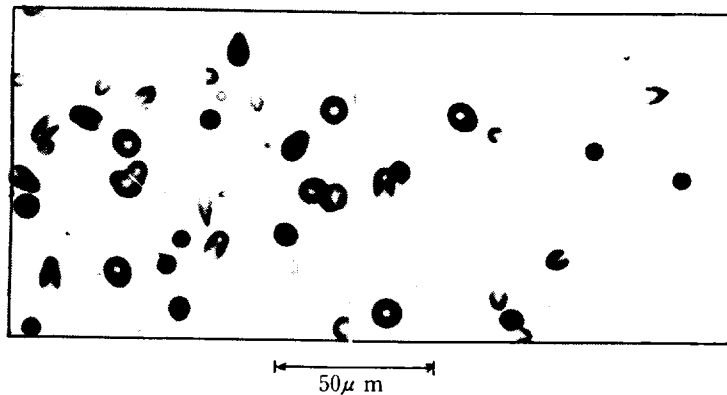


Photo. 1. Alpha tracks, measured in Cheju Island in 70°C, 6.25N NaOH for 5.5hours.

## V. 結 論

CR-39檢出器를 使用하여 濟州道の 4 個地域에서 1987年 5月 1日부터 1988年 4月 23日까지 30日 間격으로 土壤氣體中の 라돈濃度を 測定한 바 다음과 같은 結論에 도달하였다.

첫째, 開放된 라돈컵과 密閉된 라돈컵을 使用하여 測定한 30日間의 라돈濃도는 8~9月에서 最高  $278.03 \pm 13.61$  pCi/l(oc)와  $137.59 \pm 8.66$  pCi/l(cc), 11~12月에서 最低  $23.09 \pm 2.77$  pCi/l(oc)와  $11.22 \pm 3.25$  pCi/l(cc)였으며, 濟州道 一圓의 年平均 라돈濃도는  $84.33 \pm 7.15$  pCi/l(oc)와  $45.61 \pm 4.93$  pCi/l(cc)로 나타났다.

둘째, 30日間의 라돈濃度を 測定한 結果 開放된 라돈컵의 CR-39檢出器가 密閉된 라돈컵의 檢出器보다 알파粒子的 檢出率이 약 두배 가량 높게 나타났다.

셋째, 測定地域에 따라 큰 차이를 보이고 있으나 季節的 變化樣相은 類似하게 나타나고 있다.