

# ラドンの環境化学的研究

— $\alpha$ -トラック法によるラドンの測定—

石 井 猛

岡山理科大学応用化学科

(昭和54年9月21日受理)

## 1 緒 言

地中より環境中に放出されるラドンは、その特異な性質により、現在では地震予知、ウラン鉱探査、地下流水系調査<sup>1)</sup>などに利用され、注目されている天然放射性元素である。現在、このラドン濃度の測定にもっとも多く用いられているトルエン抽出—液体シンチレーション法<sup>2)~4)</sup>、連続測定が可能である ZnS(Ag) 検出器を用いる方法<sup>5)</sup>、IM 泉効計を用いる方法などがある。これらの方法に加えて、最近では固体飛跡計数法 ( $\alpha$ -トラック法)<sup>6),7)</sup>、すなわち  $\alpha$  粒子が硝酸セルロースなどのフィルムに入射するとその表面に飛跡(トラック)を生じる。この飛跡を適当なエッチング処理により光学顕微鏡で容易に観察できる大きさのピットにし、入射  $\alpha$  粒子の数を求める方法がある。また、この方法の応用範囲は、核科学、素粒子物理、宇宙科学、年代測定、その他多くの分野で利用され、その基礎研究とともに顕著な発展をみせている。

そこで、環境中のラドン濃度簡易測定を目的とした  $\alpha$ -トラック法を用い、岡山理科大学構内の屋外、屋内での測定を試み、検討したのでここに報告する。

## 2 実 験

### 2.1 装置および測定

本装置は Fig. 1 に示すような非常に簡便な装置とハイボリュームサンプラーを用いた。この装置内におさめられているフィルムは厚さ 13 $\mu$ m の赤色の硝酸セルロース膜を無色透明のポリエステルベースにコーティングしたもの (Kodak, LP115-Type II) で、 $\alpha$  粒子、プロトン、核分裂片に検出感度がよく、光、X線、 $\gamma$  線および電子には不感である特長のあるフィルムである。

不活性気体であるラドンなどから放出された  $\alpha$  粒子で照射されたフィルムを 10% NaOH(60°C) で150分間エッチングすると、硝酸セルロース膜面のトラックは拡大され、ピットとなり、ポリエステル面まで貫通する。このフィルムを水洗、乾燥した後、40倍の顕微鏡で計数する。フィルムの露出時間は作業の便宜上2日間とし、ラドン濃度は1日当りのトラック密度 (tracks/cm<sup>2</sup>·day) という単位で表わす。

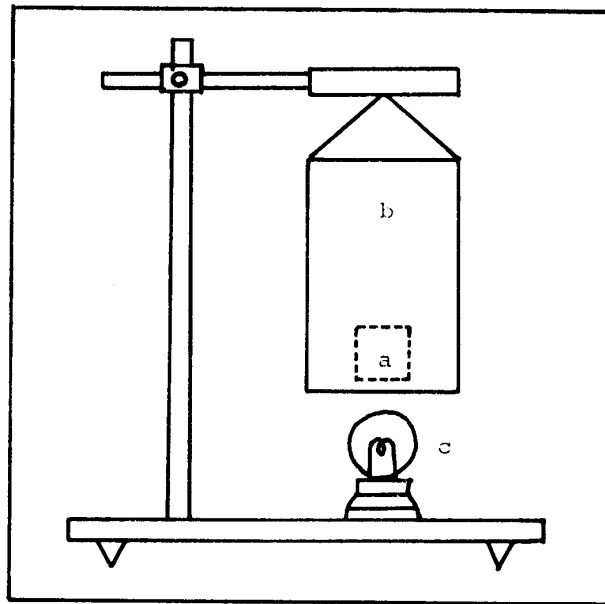


Fig. 1. Diagram of radon measuring device

a : Film (2×2 cm)

b : Cylinder (diameter : 7 cm, length : 12.5 cm)

c : Lamp (2W, 100V)

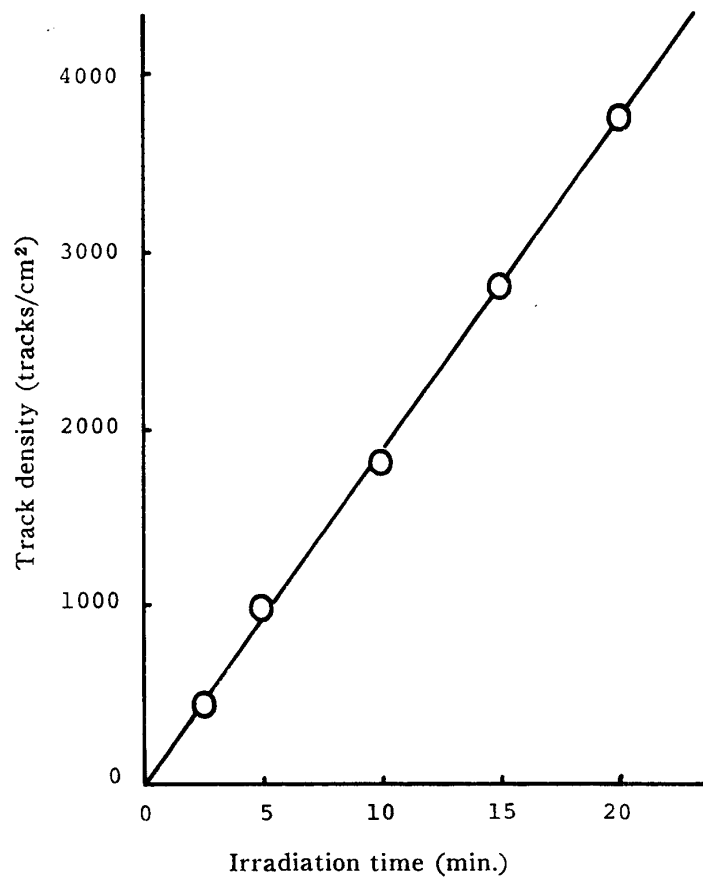


Fig. 2. Relationship between track density and irradiation time of  $\alpha$ -particle  
Etching time : 150 min.  
Etching temperature : 60 °C

## 2・2 測定条件の検討

$\alpha$  粒子の照射時間（放射能面密度  $400\text{pci}/\text{cm}^2$  のウラン標準  $\alpha$  線源）とトラック密度との関係を検討すると Fig. 2 に示すような比例関係がある。<sup>9)</sup> すなわち、エッチング、計数条件を確立すると再現性のあるデータが得られ、 $\alpha$  線量の比較ができると思われる。

著者らは屋外と屋内でラドン濃度の測定をおこなったが、屋内においてはそれほど影響はないと思われるが、屋外の場合、屋内のような単調な環境と異なり、雨、風、温度、湿度、じん埃などの自然条件が何らかの影響をおよぼすものと考えられる。特に湿度の高い場所にフィルムを設置する場合、表面に水滴が付着しやすい。 $\alpha$  粒子 ( $^{222}\text{Rn}$ :  $5.486\text{MeV}$ ) の水中における飛程は  $50\mu\text{m}$  と非常に短く、入射する  $\alpha$  粒子が水滴に吸収され、フィルムまで到達しないものも生じる。これを防ぐために、フィルムの周囲を露点以上にする必要がある。

Domanski ら<sup>9)</sup> は温度、湿度およびフィルム表面に付着したじん埃がトラック密度にどのような影響をおよぼすかを報告している。すなわち、フィルムの露出時間 5 分の場合、湿度 7% と 100% で温度が  $0\sim 40^\circ\text{C}$ 、温度  $20^\circ\text{C}$  で湿度  $10\sim 100\%$  においてはトラック密度に変化はなく、また  $0\sim 0.2\text{mg}/\text{cm}^2$  の銅微粉末でフィルムをおおい、 $\alpha$  粒子を照射しても変化しない。

Craig ら<sup>10)</sup> によると  $100^\circ\text{C}$ 、4 時間の熱アニーリングで 30%、3.5 日で 100% のトラックが消失することを報告している。フィルムを設置する装置としては熱源を有する円筒を用いると効果的であることが知られる。この装置の最適条件としてフィルムの熱アニーリングが起きない程度の最大電流を装置の底近くに設置してある熱源に与え、筒内の上昇気流を増加させることによりトラック密度を高めることができると思われる。

## 3 結果と考察

岡山理科大学構内の屋外、屋内のラドン濃度を測定した結果を Table 1 に示す。屋外測

Table 1. Concentration of radon in air (Okayama University of Science)

Area	Track density (tracks/cm <sup>2</sup> ·day)	S. D.
Laboratory	52.0	2.44
Instrument room	64.5	2.86
Outdoor (Veranda)	6.2	1.41
	* 32.0	2.44

\* Measurement by High-Volume Sampler

定においては、円筒による測定 (Fig. 1) と同時にハイボリュームサンプラーにフィルムを取り付け測定した。その結果、後者の方が前者の方法に比べ約 5 倍も高い値を示した。これらの値を Fig. 2 の値と比較すると非常に低い値であるが、岡山県内にあるラジウム温

泉で測定した場合, 4850(traks/cm<sup>2</sup>·hr) の値を示した。

空気中のラドンおよびその娘核種 (<sup>218</sup>Po および <sup>214</sup>Po) から放出される  $\alpha$  線はセルロース面に対して 0°~90° までの角度をもって入射するが, このような検出方法では限られた入射角度のもののみが検出されるし, また, 硝酸セルロースは約 4 MeV 以下の  $\alpha$  線のみに対してトラックを形成するので, 測定される  $\alpha$  線はフィルム前面の有効体積内に限定されるが, この実験によって熱源を有する円筒またはハイボリュームサンプラーを用いると, フィルムに接触する空気の体積が増し, トラック密度も高まることが確認された。さらに, 円筒の形などを改良することにより検出効率が增加するものと思われる。

データ処理に関して, ピット数は目視により 5 回計数し平均した。標準偏差からも明らかのように, この程度のトラック密度では誤差も少ないがトラック密度が 10<sup>6</sup>tracks/cm<sup>2</sup> 以上になると, 重なるトラックも生じ計数困難になるため, ウラン鉱床地帯のようなラドン放出量が特別に高い場所以外で測定する場合は, フィルムの露出時間は 1~4 週間程度が適当と思われる。

また, トラック密度は屋外と屋内とで測定した結果を比較すると, 屋内の方が高い値を示した。このことに関して, スウェーデンのリンコピング大学病院の職業病医学部長のオラーク・アクセルソン博士がユタ州パークシティで開かれた環境衛生会議で新たな結論を提出している。すなわち, 化学的不活性の放射性希ガスであるラドンは現代ビルの建築材料に用いられているコンクリート, 石灰岩, 粘土砂, レンガなどに含有されている。目下, 石油危機対策として暖房中は換気窓を閉めるなどしているが, 密閉してある部屋などは上記の建築材料などから低水準のラドンガスが発生している。さらに, 夏などは室温上昇のため同様の結果を招くためであると思われる。

#### 4 総括

天然ラドンの測定は, 地球化学および環境化学的研究において重要である。ラドンの簡易測定のための方法, 特に野外観測に適した方法について検討した。硝酸セルロースフィルム (Kodak 社製, LR115, Type II) を検出器として用いた。このフィルムは  $\beta$ ,  $\gamma$ , 光線に不感で,  $\alpha$  線に対し検出感度が良い。熱源を有する円筒をフィルム露出装置として使用した。露出を完了したフィルムは 10%-NaOH (60°C, 150min.) でエッチングされ, 水洗い, 乾燥した後40倍の光学顕微鏡で計数される。岡山理科大学内の空気中のラドン測定においては, 6.2~64.5 (tracks/cm<sup>2</sup>·day) の値が観測された。

最後に, 本研究についての学生の御指導を頂きました愛甲博美先生と, 実験に御協力いただいた高橋究君ならびに橋本哲之君に深謝致します。

#### Reference

- 1) 木村重彦, 大平成人, 小前隆美: 農士試報, **13**, 1(1975).
- 2) 野口正安: **Radioisotopes**, **13**, 362(1964).

- 3) 脇田 宏, 野津憲治, 中村裕二, 森岡正名, 野口正安: 地震, **29**, 71(1976).
- 4) 堀内公子, 村上悠紀雄: 温泉科学, **28**, 39(1977).
- 5) M. Noguchi, H. Wakita: **J. Geophys. Res.**, **82**, 1353(1977).
- 6) R. L. Fleischer, P. B. Price, R. M. Walker: **Nuclear Tracks in Solid. Principle and Applications, Univ. of Cal. Pr.** (1969).
- 7) 阪上正信: 「粒子トラックとその応用」(化学の領域選書6), 南江堂 (1973).
- 8) 牧, 脇田: 第14回理工学における同位元素研究発表会要旨集. I a-II-5 (1977).
- 9) T. Domanski, W. Chrusciewski, J. Linecki: **Nukleonika**, **20**, 589 (1975).
- 10) H. Craig, J. E. Lupton, Y. Chung, R. M. Horowitz: **Tech. Rep.** No. 4-5, Scripps Inst. Oceanog. Univ. of Calif. San Diego.

## Environmental Study of Radon

### —Measurement of Radon by $\alpha$ -Track Method—

Takeshi ISHII

Department of Applied Chemistry, Okayama University of Science,  
Ridai-cho, Okayama 700, Japan

The measurement of natural radon is important in geochemical and environmental studies. A method for simple measurement of radon, especially suitable for field observation, was investigated. Cellulose nitrate film (Kodak, LR. 115, Type II) was used for detector. This film is insensitive to  $\beta$ ,  $\gamma$  and light radiations and to  $\alpha$  activity plated-out on its surface. A cylinder with heater was used for film exposure fixture. The film at the completion of exposure was etched in 10%-NaOH (60°C, 150 min.), washed, dried and counted with a 40X optical microscope.

At test in Okayama University of Science atmospheres, radon concentration of 6.2-64.5 (tracks/cm<sup>2</sup>·day) was observed by this device.