



Title	131I空气中漏出率測定
Author(s)	前越, 久; 折戸, 武郎; 西沢, 邦秀 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1976, 36(9), p. 803-807
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16129
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

¹³¹I 空氣中漏出率測定

名古屋大学医学部附属診療放射線技師学校
 前 越 久 折 戸 武 郎
 名古屋大学医学部放射線医学教室
 西 沢 邦 秀 小 原 健
 藤田学園、名古屋保健衛生大学医学部放射線医学教室
 古 賀 佑 彦

(昭和50年12月18日受付)
 (昭和51年5月27日最終原稿受付)

Estimation of the Volatilization Rate of Radioiodine into the Atmosphere

H. Maekoshi and T. Orito

Radiological Technician's School, Nagoya University, School of Medicine, Nagoya

K. Nishizawa and K. Ohara

Department of Radiology, Nagoya University, School of Medicine, Nagoya, and
 S. Koga

Department of Radiology, Fujita-Gakuen University, School of Medicine, Nagoya

Research Code No.: 303

Key Words: Effective half-life, Iodine-131, Volatilization, Radiation protection

Volatilization rate of radioiodine (¹³¹I) was estimated. Radioiodine excreted in the saliva and sweat from patients who were administered large doses of radionuclides for treatment has been found to be the cause of air contamination in the patient's room.

Ten samples of filter-paper (Toyo Roshi No. 2) immersed in a solution 2 μ Ci of Na¹³¹I were set in a draught chamber in a laboratory. These samples were periodically measured by a NaI scintillation counter (TEN-PS-200) for 400 hr, and a decay curve accompanied with radioiodine volatilization was obtained. A mean room temperature of $23 \pm 2.5^\circ\text{C}$, mean relative humidity of $59 \pm 7.7\%$, and mean air flow rate of $437 \text{ m}^3/\text{hr}$ were maintained during these experiments.

Effective half-life of the samples deduced from the decay curve was 6 to 7.3 days, so that the rate of volatilization was calculated as 1.2×10^{-3} to $3.6 \times 10^{-4}/\text{hr}$.

緒 言

患者に治療量投与された放射性ヨウ素¹³¹I が空気中に漏出していくと、これは第3者に対して内

部被曝を起す汚染源となる。我国の医療法で定められている排気又は排水に係る放射性同位元素の許容濃度のうち、許容空気中濃度は、¹³¹I に対し

ては $3 \times 10^{-10} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ である⁴⁾。この ^{131}I は医療で用いられる核種の中でも許容空気中濃度が最も厳しい値となつてゐるもの一つである。

^{131}I は患者から尿尿、汗、唾液あるいは呼吸に伴つて排泄される。このうち空気汚染に關係するものとしては、汗、唾液及び呼気が考えられる。この中で患者から体外に出た ^{131}I を含む汗や唾液が、衣類や、ちり紙、食器類に付着し、それから放射性浮遊ヨウ素となり空気中に漏出する。この漏出の程度をモデル実験により調べた。

理論的考察

空気中に放置された ^{131}I は物理的壊変と空気中の漏出により減少する。今、この漏出による ^{131}I 量の時間的変化が指数関数的であると仮定すれば、 ^{131}I の有効壊変定数 λ_{eff} は物理的壊変定数 λ_p と漏出率 λ_1 により次式の如く表わせる。

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_p + \lambda_1 \quad (1)$$

従つて、有効半減期を T_{eff} 、物理的半減期を T_p 、漏出による半減期を T_1 とすれば次式の如くなる。

$$T_1 = \frac{T_p \cdot T_{\text{eff}}}{T_p - T_{\text{eff}}} \quad (2)$$

もし有効半減期 T_{eff} を実験的に求めれば、 T_1 従つて $\lambda_1 (= 0.693/T_1)$ が求まる。

実験方法

^{131}I 溶液を滴下した試料を空気中に放置し、試料の残留分と物理的減衰との差から、空気中漏出率を求めるという、間接的な方法を用いた。

試料皿10個に、直径 2.4cm の濾紙（東洋濾紙 No. 2）をそれぞれ入れ、 ^{131}I (NaI) の 2 μCi (0.1ml 水溶液、pH 7) を滴下した。これをドラフトチェンバー内に放置し、試料皿の放射能の時間的減衰を NaI Scintillation Counter (TEN-PS-200) で計測した。測定精度は 0.1% 以下になるようにカウント数を選んだ。同時にコントロールとして、別の10個の試料皿に ^{131}I を同量滴下し、更にパラフィン（厚さ約 3 mm）で密封したものを用意し、同一時刻に計測した。測定値の1点は、試料10個の平均をとつた。実験は2回行い、第1回目は昭和49年9月3日～9月24日の22日間で、平均室温 23±2.5°C、平均相対湿度 59±7.7% であった。第2回目は昭和49年10月29日～11月12日の

15日間で、平均室温 16.8±1.6°C、平均相対湿度 57±7.5% であつた。ドラフトチェンバー内の換気量は平均 437 m^3/h であつた。但し2回目の実験は、試料が乾燥したのち、再び水にぬれると漏出に変化が起るかどうかを調べるために行つた。

実験結果

試料皿に滴下した ^{131}I は、もし大気中に漏出していかなければ、 ^{131}I の物理的半減期に従つて減衰していくはずである。しかし測定値は理論値より早い減衰を示した。Fig. 1 の上段のグラフがそれを示す。これは第1回目の実験結果で、点線の曲線 A は物理的壊変のみによる減衰曲線であり、曲線 B は試料を測定した減衰曲線である。この2つの曲線からして漏出による減衰が起つてゐる事は明らかである。Fig. 1 下段のグラフは、上段の2つの曲線の差 (A-B) を縦軸の目盛を10倍に拡大してプロットしたものである。横軸は試

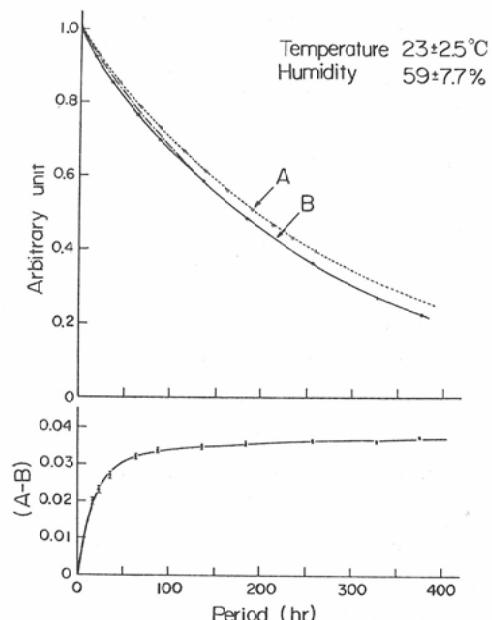


Fig. 1. Physical decay curve (A) of ^{131}I and decay curve (B) accompanied with volatilization of radioiodine

The difference between curves A and B is shown in relation to the time axis at the bottom. The dot-dash line decreases exponentially in accordance with 7.3 days of effective half life.

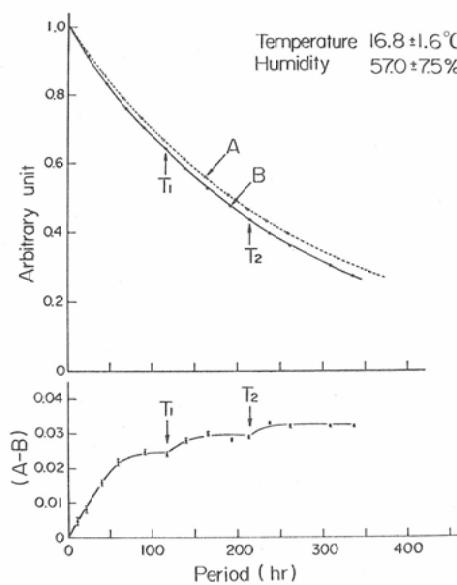


Fig. 2. Physical decay curve(A) of ^{131}I and decay curve (B) accompanied with volatilization of radioiodine

The difference between curves A and B increases only slightly when 0.1 ml of water is dropped on the dry sample on the filter paper, as shown at points T_1 and T_2 .

料滴下後の経過時間である。 ^{131}I 滴下後、約50時間までは急激に漏出していく傾向がみられ、以後漏出はわずかであることが分る。

第1回目の測定に於て、 ^{131}I 溶液滴下後の試料が湿潤している。はじめのうちは漏出が多い傾向を示したので第2回目の測定では漏出の少くなつた時点を見計つて 0.1ml の水を試料の上に滴下し、継続して測定を行つた。

実験では117時間後及び213時間後の2回、水を滴下した。Fig. 2. の T_1 及び T_2 がその時点を示す。図の下段に示すように (A-B) の曲線は階段状となり、一度乾燥した試料が、再び水にぬれると水蒸気とともに ^{131}I が空気中に漏出していくのが促進されるようである。しかし、その程度は、2回目にぬれた場合の方が少なかつた。Fig. 1. 及び Fig. 2. の上段の減衰曲線のうち、点線の曲線Aは物理的壊変のみに基づく曲線であり、この曲線上にある測定点は、パラフィンで密

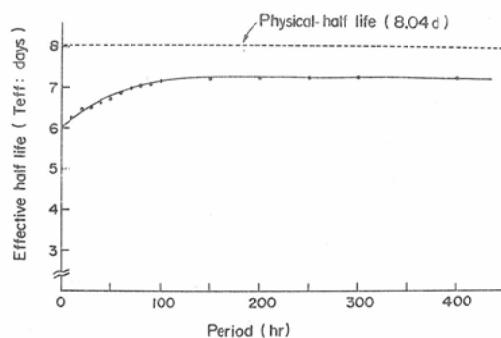


Fig. 3. Effective half-life of samples of filter paper (Toyo Roshi No. 2) containing ^{131}I
Effective half-life was calculated from curve B in Fig. 1.

封した試料の測定値である。これらの測定値は、測定精度内で曲線Aとよい一致を示している。このことから、密封した試料からの漏出は考えられなく、更に実験期間中の測定器の動作状態も安定していたものと思われる。

Fig. 1. の曲線Bから求めた有効半減期 T_{eff} を

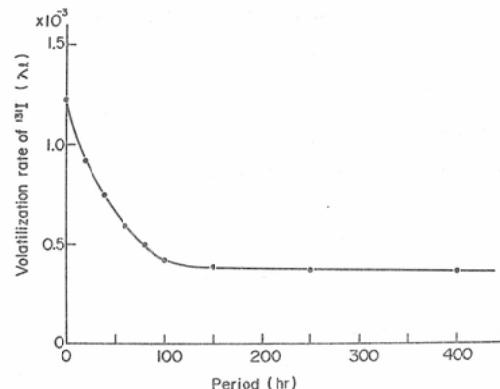


Fig. 4. Rate of volatilization of ^{131}I calculated from the effective half-life

Fig. 3.に示す。すなわち T_{eff} は式 $P = \exp(-0.693 t/T_{\text{eff}})$ において $t=10, 20 \dots 400$ 時間に對応する曲線Bの縦軸のよみ値Pを代入して単純に求めた。 ^{131}I 滴下後約100時間位までは、 T_{eff} は徐々に長くなり、100時間以後 T_{eff} は7.2~7.3日の間におちついている。試料滴下直後の有効半減期は外挿値により6日であることが分る。なお

Fig. 1 の横軸 0 ~ 100 時間あたりまで、曲線 A 及び B の間の一点鎖線の曲線は $T_{eff}=7.3$ 日とした場合の計算値による減衰曲線を示す。曲線 B はこの曲線の値より小さく、有効半減期が 7.3 日より短い領域である事を示している。

今、この有効半減期を式 (2) に代入して、漏出による半減期 T_1 を求め、更に単位時間当りの漏出率 λ_1 に換算しグラフにしたものを作成した。これによると滴下直後の漏出率が最も大きく、1 時間当たり 1.2×10^{-3} である。又 $T_{eff}=7.3$ 日のときの漏出率は 3.6×10^{-4} である。つまり λ_1 は試料滴下後約 100 時間までは一定値を示さない。

考 案

ラジオアイソトープ (R I) の投与を受けた通院患者の第 3 者、特に乳幼児や、妊婦への影響を考えると、これらの患者を一定期間 R I 病室へ収容することが必要と考える⁶⁾⁹⁾。しかし我国の医療法では、特定の数量の R I を投与した患者を病室に収容することは義務づけていない。

Buchan²⁾ らは、¹³¹I を 4 ~ 20 mCi 投与した通院患者の家族が、甲状腺にどの程度とりこんでいるものか定量した。39 例中、最大の摂取量は 30 nCi (1 例) で他はそれ以下であったと報告している。Chandra³⁾ らは、Buchan らの甲状腺摂取量の定量が過少評価しているくらいがあるとして、¹³¹I が投与された最初の日が最も空気汚染や表面汚染を引き起し易いことを指摘している。Blum¹⁾ らは 5 ~ 6 mCi 投与された患者のリネン類や、食器類に 150 ~ 400 μ Ci の汚染のあることを測定し、150 ~ 200 mCi 投与された患者の病室の出入口で、空気中濃度が 0.6 ~ 3 pCi/ml (24 時間の平均値) であると報告している。Sear¹⁰⁾ は、通院患者の家族への影響を論じているが主として¹³¹I 投与患者からの外部被曝についてである。

以上の報告は、いくつかの臨床例としては価値のあるものであるが、一般性のあるものではない。患者から排泄された¹³¹I と空気中濃度との関係を知ることは重要である。ICRP Publication⁵⁾¹⁰⁾ でも、空気中の放射性核種を測定すると、作業者

の被曝を直接的に推定出来ると指摘しているように、空気中放射能などの環境モニタリングをとおして、常に施設内における放射能レベルを把握しておくことは重要なことと思われる。

空気中の放射性物質の濃度を正確に測定することは、非常に困難なことである。特に許容濃度レベルのように低レベルでの測定には精度を上げるために高度の技術を要する。従つて今回は、試料の残りの量を測定して漏出量を間接的に推定する方法をとった。つまり試料の放射能は測定しやすい値に選べるからである。濾紙に吸着した¹³¹I 溶液が、空気中に放置されると試料が湿潤しているとき、特に空気中漏出率は大きく、1 時間当たり 10^{-3} のオーダーであつた。試料が乾燥すると、漏出率は減少し 10^{-4} のオーダーとなる。これらのガス状ヨウ素を活性炭濾紙を用いて捕集する方法もとられているが、湿度やヨウ素の化学的形態によつて捕集効率が異つてくると報告されている⁷⁾⁸⁾¹¹⁾。今回の間接的な方法は、このような補正をする必要がないという利点がある。しかし温度特性は考えられるので今後の検討を要する。

この研究は試料からの長時間にわたる¹³¹I の全漏出量を知ることが目的ではない。それは¹³¹I を投与された患者と第 3 者とが、長時間密閉した部屋の中に同居することは現実にはまれであるからである。むしろ単位時間当りの漏出率が必要である。

人体から排泄された尿尿は、容器に封入しておけば、漏出は防げるであろうし、化学処理によつても漏出率を下げることは可能である。しかし汗、唾液、呼気等とともに排泄される¹³¹I は、このような処理を施すことは不可能である。排泄された¹³¹I は患者の着衣や什器類等、周辺の物体に付着する。これらの表面汚染の放射能が分れば、患者の収容されている病室内の空気中濃度の算定は、漏出率から容易に行ひ得る。

結 語

R I 投与患者の R I 病室収容基準を定めることを前提として、放射性ヨウ素¹³¹I の空気中漏出率を間接的な方法で求めた。

試料は ^{131}I (NaI) $2\ \mu\text{Ci}$ の 0.1ml 水溶液を濾紙（東洋濾紙 No. 2）に浸ませたもので、これを空気中に放置すると、漏出率は1時間当たり 1.2×10^{-8} (有効半減期 $T_{\text{eff}} = 6$ 日のとき) から 3.6×10^{-4} ($T_{\text{eff}} = 7.3$ 日のとき) の範囲であつた。このときの環境条件は気温 $23 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $59 \pm 7.7\%$ であり、ドラフトチェンバー内の換気率は $437\text{m}^3/\text{h}$ であつた。

この漏出率は、空気中に放置された ^{131}I と空气中濃度との関係を示し、放射線作業従事者の内部被曝の算定に、ひいては R I 病室の換気量の算定に有用なものになり得るものと考える。

本論文の要旨は、昭和50年4月第32回及び昭和50年9月第33回日本医学放射線学会物理部会において発表した。

文 献

- 1) Blum, M., Chandra, R. and Marshall, C.H.: IEEE Transactions on Nuclear Science, NS-18,

No. 1 (1971), 57—59.

- 2) Buchan, R.C.T. and Brindle, J.M.: Br. J. Radiol., 43 (1970), 479—482.
- 3) Chandra, R. and Marshall, C.H.: Br. J. Radiol., 44 (1971), 557.
- 4) 放射性同位元素等による放線射障害の防止に関する法令集、日本アイソトープ協会、(1974) 81.
- 5) ICRP Publication 10. 日本アイソトープ協会、(1968), 13.
- 6) 古賀佑彦、西沢邦秀 : Radioisotopes 2 (1974), 37—39.
- 7) 成富満夫、福田整司 : 日本原子力学会誌, 13 (1971), 174—181.
- 8) 成富満夫、福田整司 : 日本原子力学会誌, 14 (1972), 531—539.
- 9) 西沢邦秀、小原 健、古賀佑彦、前越 久、折戸武郎 : 核医学, 12 (1975), 631—636.
- 10) Sear, R.: Acta Radiol. (Phys. Biol. Ther.) 2 (1964), 263—272.
- 11) 吉田芳和、成富満夫 : 保健物理, 9 (1974), 233—241.