

《ノート》

## $^{131}\text{I}$ 治療患者病室内空間線量分布について

Spatial Dose Distribution Around the Patient with  $^{131}\text{I}$  Treatment

折戸 武郎\* 前川 龍一\* 越田 吉郎\* 松田 博史\*\*  
松平 正道\*\*\* 森 厚文\*\* 平木辰之助\* 久田 欣一\*\*

Takeo ORITO\*, Ryuichi MAEKAWA\*, Kichiro KOSHIDA\*, Hiroshi MATSUDA\*\*,  
Masamichi MATSUDAIRA\*\*\*, Hirofumi MORI\*\*, Tatsunosuke HIRAKI\*,  
and Kinichi HISADA\*\*

\*School of Paramedicine, Kanazawa University

\*\*Department of Nuclear Medicine, School of Medicine, Kanazawa University

\*\*\*The Central Clinical Isotope Division, Kanazawa University Hospital

### I. はじめに

核医学診療の目的で、放射性同位元素（以下 RI と略す）を投与された患者は、公衆ならびに医療スタッフ（医師、看護婦、診療放射線技師ら）にとって放射線被曝の源となる。このような考え方から  $\text{Na}^{131}\text{I}$  投与患者について、呼気、汗中、寝衣、リネンなどのモニタリングはすでにいくつか報告されている<sup>1~8)</sup>。しかし、RI 投与患者の病室内空間線量分布および空間線量については詳細な報告がない。そこで、今回  $\text{Na}^{131}\text{I}$  を投与された患者の病室内空間線量の測定を行なったので報告する。

### II. 測定対象および方法

甲状腺癌患者（男性、30歳、甲状腺全摘術施行）に  $\text{Na}^{131}\text{I}$  100 mCi のカプセルを経口投与した。

この患者は Fig. 1 に示すようにホールボディトランスマッショニングエミッショنسキャニングでは、(1) 頸部正中部（正常甲状腺残存と思われる）、(2) 頸部リンパ節、(3) 左腋窩リンパ節、(4) 両肺、(5) 右腎前上極、下極、(6) 左腎門部、(7) 左ソ径リンパ節に RI の集積がみられ、特に右腎前上極、下極に強い集積が指摘できる。空間線量の測定は Fig. 2 に示す RI 病室のベッドに仰臥した状態で患者の右側方にて身体前頭面で床上 80 cm の平面で行なった。各測定点間距離は 30 cm とした。空間線量の測定は電離箱式サーベイメータ（アロカ社製 Model ICS-51）によった。このサーベイメータはあらかじめ用意された  $^{131}\text{I}$  標準線源の γ 線により較正した。その詳細については別に報告した<sup>9)</sup>。空間線量の測定は  $\text{Na}^{131}\text{I}$  投与直後より経時的に 360 時間後まで行なった。この空間線量測定とあわせ、体内 RI 分布を知るため久田ら<sup>10)</sup>の開発したメディカル・ユニバーサル・ヒューマン・カウンタ（MUHC）により仰臥位にてリニアスキャンを実施した。体内 RI 分布の測定は患者の状態にあわせ  $\text{Na}^{131}\text{I}$  投与直後より 216 時間後まで行なった。

\*金沢大学医療技術短期大学部

\*\*金沢大学医学部核医学教室

\*\*\*金沢大学医学部附属病院 RI 部

受付：54年12月6日

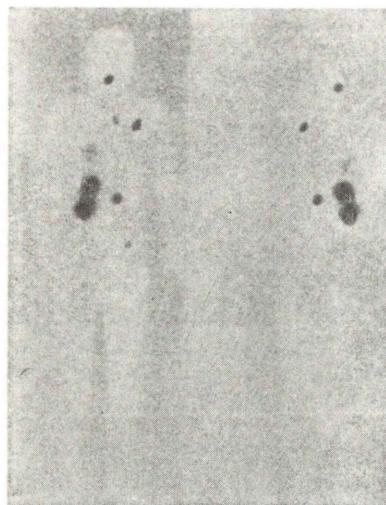
最終稿受付：55年2月20日

別刷請求先：金沢市小立野5-11-80（番号920）

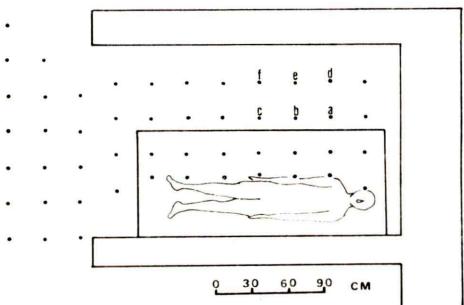
金沢大学医療技術短期大学部

折戸 武郎

**Key words:** Dose distribution curve, thyroid cancer,  $^{131}\text{I}$  treatment



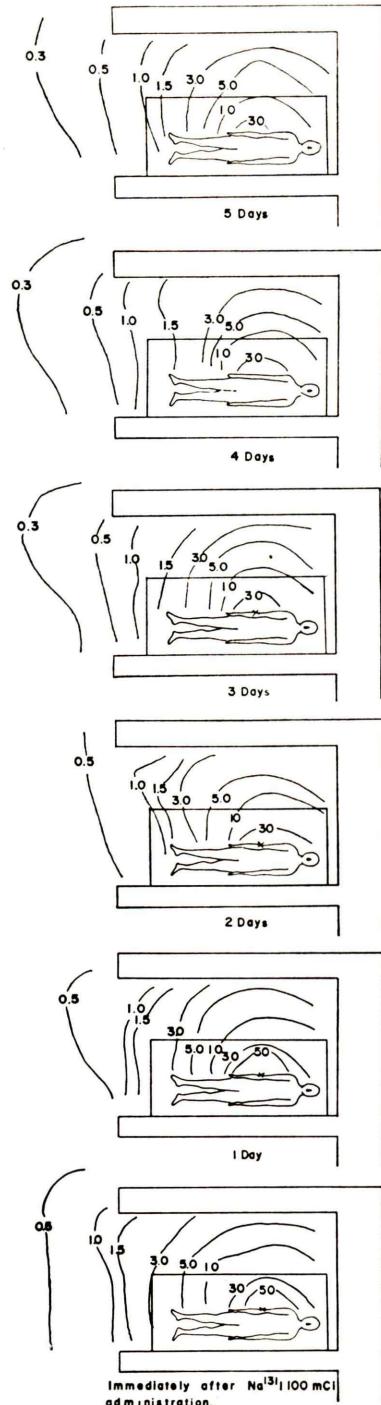
**Fig. 1** Whole body transmission emission scanning of a patient administered 100 mCi of  $^{131}\text{I}$ . Source for transmission scanning was  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .



**Fig. 2** Measuring points at the bed-side

### III. 結 果

RI 病室内空間線量分布は Fig. 3-a, -b に示した。空間線量分布図中×印の部は 100 mR/h 以上であることを示している。体内 RI 分布は Fig. 4 に示した。Na $^{131}\text{I}$  投与直後は、空間線量分布、体内 RI 分布共に胃部を中心に高い値を示している。以後、経時的に空間線量分布をみると、体内 RI 分布で RI の集積の多い部位に凸な分布を示している。空間線量分布の結果をもとに、第 3 者が患者に近づいたときどの程度の外部被曝線量があるか算出した。患者の側胸壁体側より 50 cm 離れ



**Fig. 3-a** Spatial dose distribution curve in the ward of a patient administered orally Na $^{131}\text{I}$  100 mCi

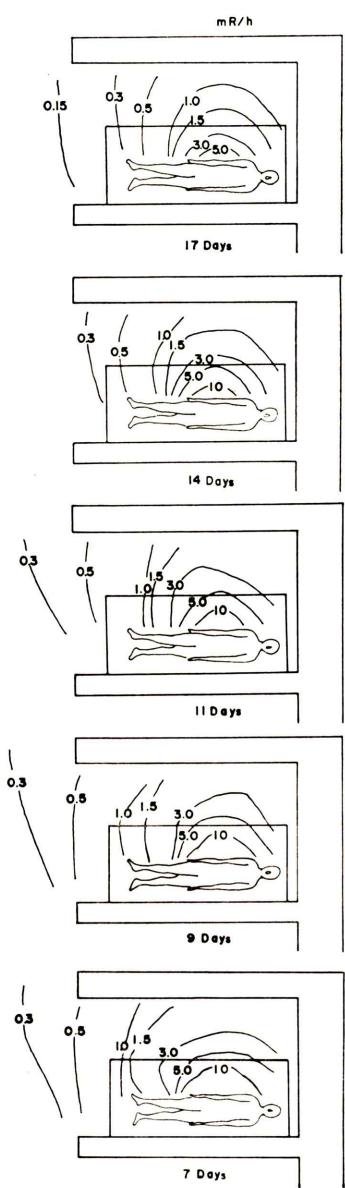


Fig. 3-b Spatial dose distribution curve in the ward of a patient administered orally  $\text{Na}^{131}\text{I}$  100 mCi

た点即ち Fig. 2 に示す a, b, c 3 点の平均の線量率を片対数方眼紙上にプロットすると Fig. 5 の実線で示すようになる。同様に 80 cm 離れた点 d, e, f についてみると Fig. 6 の実線で示すようになる。これらは 2 相性を示し、おのおの第 1 相は 2 点鎖線で、第 2 相は 1 点鎖線およびその延長実線で示

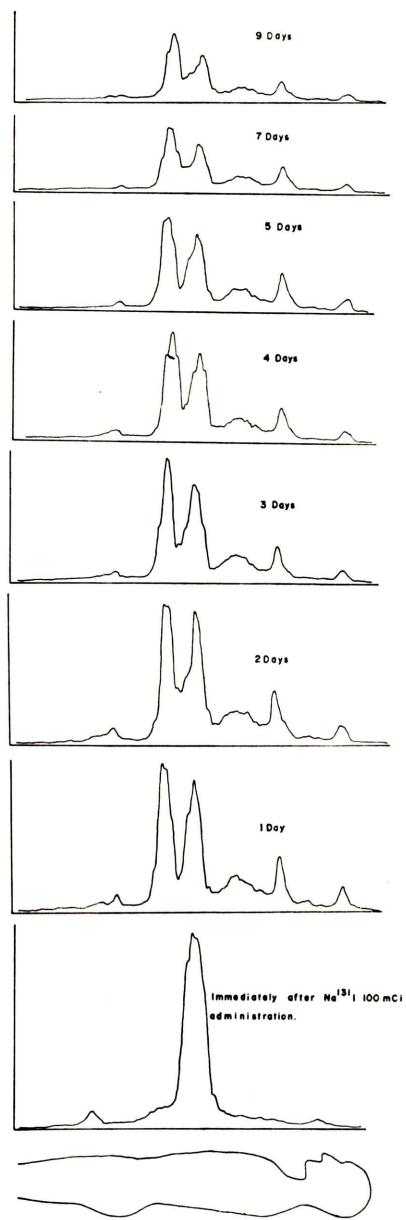


Fig. 4 Linear scan after oral administration 100 mCi of  $\text{Na}^{131}\text{I}$

した。このグラフから、任意の時点における外部被曝線量を求める場合次式が成り立つ。

$$\tilde{D} = \tilde{D}_I + \tilde{D}_{II}$$

$$= \int_{t_1}^{t_2} D_{0I} \cdot \exp(-0.693 \frac{t}{T_I}) dt$$

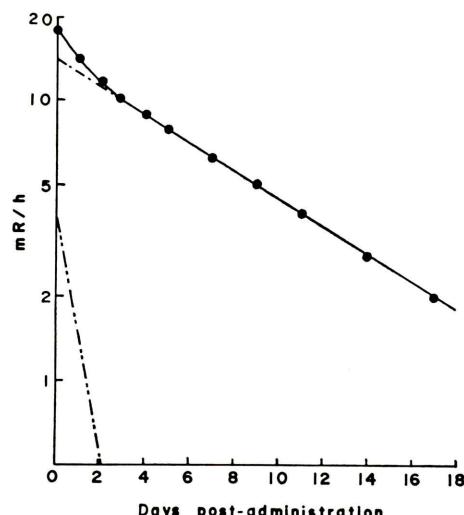


Fig. 5 Exposure rate at 50 cm from a patient with  $^{131}\text{I}$  treatment

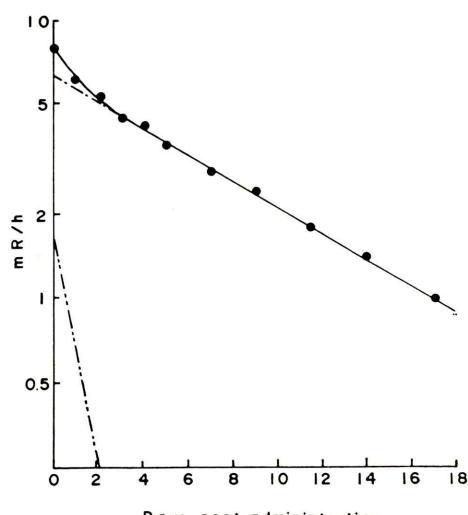


Fig. 6 Exposure rate at 80 cm from a patient with  $^{131}\text{I}$  treatment

Table 1 External exposure at 50 cm or 80 cm from a patient with  $^{131}\text{I}$  treatment

| Distance<br>from a patient | Days post-administration |      |      |      |     |     |     |     |     |
|----------------------------|--------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                            | 0                        | 1    | 2    | 3    | 5   | 7   | 9   | 11  | 14  |
| 50 (cm)                    | 18.0<br>(mR/h)           | 14.0 | 11.6 | 10.0 | 8.0 | 6.3 | 5.0 | 4.0 | 2.8 |
| 80 (cm)                    | 8.0<br>(mR/h)            | 6.2  | 5.2  | 4.5  | 3.6 | 2.9 | 2.4 | 1.9 | 1.4 |

$$\begin{aligned}
 & + \int_{t_1}^{t_2} D_{0II} \cdot \exp(-0.693 \frac{t}{T_{II}}) dt \\
 & = \frac{24 \cdot D_{0I} \cdot T_I}{0.693} \left[ -\exp(-0.693 \frac{t}{T_I}) \right]_{t_1}^{t_2} \\
 & + \frac{24 \cdot D_{0II} \cdot T_I}{0.693} \left[ -\exp(-0.693 \frac{t}{T_I}) \right]_{t_1}^{t_2}
 \end{aligned}$$

ただし、 $\tilde{D}$ : 第1相による被曝線量( $D_I$ )と第2相による被曝線量( $D_{II}$ )との和

$D_{0I}$ :  $^{131}\text{I}$ 投与直後の任意の位置での第1相の空間線量率

$D_{0II}$ :  $^{131}\text{I}$ 投与直後の任意の位置での第2相の空間線量率

$t_1$ : 第3者がRI投与患者に接し始めた時間

$t_2$ : 第3者がRI投与患者との接触から解放された時間

$T_I$ : 第1相で空間線量率が1/2になる時間

$T_{II}$ : 第2相で空間線量率が1/2になる時間

この式で、患者の側胸壁体側より 50 cm 離れた点の外部被曝線量を求める場合 Fig. 5 より求めた値、 $D_{0I}=4.0$  (mR/h),  $D_{0II}=14.0$  (mR/h),  $T_I=0.707$  (day),  $T_{II}=6.19$  (day) を、同様に 80 cm の点における外部被曝線量を求める場合は、 $D_{0I}=1.7$  (mR/h),  $D_{0II}=6.3$  (mR/h),  $T_I=0.707$  (day),  $T_{II}=6.19$  (day) を代入してやればよい。このようにして  $\text{Na}^{131}\text{I}$  投与直後、1, 3, 5, 7, 9, 11, 14 日後の外部被曝線量を求めると Table 1 に示すようになる。ただし、 $t_2-t_1=1$  時間とした。

#### IV. 考案

古賀ら<sup>11)</sup>は、 RI 投与患者について第3者への

外部被曝を考慮した場合の、RI 投与患者の特別病室への収容基準について、10核種について報告しており、その結論は明快である。しかし、この報告は点線源であり、なおかつ物理的半減期により減衰するという仮定のもとに計算されており、一般性に欠ける。すなわち、投与された核種の化学形、患者の生理、代謝機能の状態がどのように異なるかによって体内 RI 分布状態が変化するので多くの症例について実測しておく必要がある。このような考え方から、われわれは治療の目的で Na<sup>131</sup>I 投与をうけた患者について経時に RI 病室内空間線量分布の測定を行なった。

医療スタッフは RI 投与患者に接する際には十分な注意をはらい、極めて短時間と予測されるので、おそらく被曝線量は少なくフィルムバッジなどによる検出は困難かもしれない。このような時、RI 病室内空間線量分布および線量率がわかっておれば計算によって被曝線量が算出し得る。さらに医療スタッフの被曝線量を最小限にするための環境作りにも役立つであろう。同様に、RI 投与患者への面会時間を制限し、患者周辺にいる公衆に対し年間 0.5 rem を越えないような措置を構ずることも可能である。特に家族構成の中に放射線感受性の高い乳幼児などがいる場合十分な配慮をしなければならない。これには医師、看護婦らが患者を取り巻く家庭環境、社会環境を知り、適切なアドバイスができるようにならなければならない。以上のようなことは、RI 投与後の RI 病室内空間線量分布および線量率が経時に分析してあれば確実に実行できる。すなわち、RI 投与後の時間経過に伴い空間線量率が異なるので、各時点での最適の放射線防護策が立案できる。

三枝<sup>12)</sup>は、<sup>131</sup>I による甲状腺機能亢進症の患者について、全身残留率曲線を求め 1 相性（全例の 11.5%）、2 相性（全例の 80%）、そのほか（全例の 8.5%）があることを指摘している。われわれの測定は電離箱式サーベイメータによったものであり、もちろん、体内残留率を求める目的としたものではないので、同一に議論することはできない。しかし、今回の対象は三枝のいう 2 相性を示

す症例に相当するものと考えられる。

Buchan ら<sup>13)</sup>は<sup>131</sup>I を投与された外来患者の家族に対する影響の面から外部被曝線量について報告しているが、われわれの測定した RI 病室内空間線量分布のような詳細なものではない。ICRP<sup>514)</sup>では<sup>131</sup>I の体内残留量が 15 mCi 以下になったら帰宅させてもよいと報告している。この値は妥当なものかどうかの議論もしなければならない。このような検討をする場合にも RI 投与患者が放射線発生源となった時の空間線量を測定し、第 3 者への外部被曝線量を考慮する際には有用であろう。今回、われわれの測定対象は一症例であり、なおかつ、身体各部へ多くの転移を伴っており、特異な症例と考え、あえてその議論はしなかった。今後多くの症例を重ね、さらに体内残留量と空間線量分布との関係を知り 15 mCi という値が妥当かどうかの議論をしなければならない。これらについてはいずれかの機会に報告する予定である。

## V. 結 論

- 1) Na<sup>131</sup>I 100 mCi 経口投与された甲状腺癌患者を収容した RI 治療病室内空間線量分布および患者体内 RI 分布の測定を行なった。
- 2) RI 病室内空間線量分布の測定は<sup>131</sup>I 投与直後より 360 時間後まで経時的に行なった。
- 3) 体内 RI 分布の測定は<sup>131</sup>I 投与直後より 216 時間後まで行なった。
- 4) 空間線量分布は体内 RI 分布の集積の多い部位に凸な分布を示した。
- 5) 空間線量分布をもとに患者の側胸壁体側より 50 cm における外部被曝線量を求めるとき、投与直後では 18.0 mR/h, 5 日後, 8.0 mR/h, 11 日後 4.0 mR/h, 14 日後では 2.8 mR/h となった。同様に 80 cm における外部被曝線量は投与直後 8.0 mR/h, 5 日後 3.6 mR/h, 11 日後 1.9 mR/h, 14 日後では 1.4 mR/h となった。

本論文の要旨は、日本核医学会、第 28 回東海地方会、第 37 回北陸地方会合同地方会（昭和 54 年 10 月、津）において発表した。

## 文 献

- 1) Blum M, Chandra R, Marshall CH: Environmental contamination with  $^{131}\text{I}$  related to the treatment of hyperthyroidism and carcinoma of the thyroid gland. IEEE Trans Nucl Sci, NS **18**(1): 57-59, 1971
- 2) Marshall CH, Chandra R, Blum M: Contamination of air and surroundings by patients treated with large quantities of iodine  $^{131}\text{I}$  for thyroid carcinoma. IRPA Conf-730907 part II, 1169-1174, IRPA, Washington 1973
- 3) 栗栖明: 放射性ヨウ素取扱いの保健物理勉強会資料. 14-20, 保健物理学学会 1976
- 4) 西沢邦秀, 小原健, 大島統男, 他:  $^{131}\text{I}$  投与患者の呼気中  $^{131}\text{I}$  の測定. 核医学 **14**: 361-363, 1977
- 5) 折戸武郎, 前越久, 西沢邦秀, 他:  $^{131}\text{I}$  治療患者の寝衣, リネン等のモニタリング. Radioisotopes **27**: 662-665, 1978
- 6) 小原 健, 西沢邦秀, 大島統男, 他:  $^{131}\text{I}$  投与甲状腺癌患者の汗中  $^{131}\text{I}$  の測定. 核医学 **15**: 1049-1053, 1978
- 7) 前越 久, 折戸武郎, 西沢邦秀, 他:  $^{131}\text{I}$  治療患者の唾液中  $^{131}\text{I}$  濃度の測定および放射線治療病室内モニタリング. Radioisotopes **28**: 180-183, 1979
- 8) 森 厚文, 今城ひろ子, 山田正人, 他:  $^{131}\text{I}$  投与患者による周辺物質の汚染. Radioisotopes **28**: 252-254, 1979
- 9) 越田吉郎, 小島一彦, 折戸武郎, 他: 電離箱式サーベイメータの校正時における補正因子について. Radioisotopes (投稿予定)
- 10) 久田欣一, 松平正道, 倉西 謙, 他: メデカル・ユニバーサル・ヒューマンカウンタ(MUHC)に関する研究(第4報), リニアスキャニングによる全身計測法の検討. Radioisotopes **17**: 242-246, 1968
- 11) 古賀佑彦, 西沢邦秀: 外部被曝線量にもとづく RI 投与患者の特別病室収容基準についての提案. Radioisotopes **23**: 297-299, 1974
- 12) 三枝健二: 甲状腺機能亢進症患者  $^{131}\text{I}$  治療量投与後の経時の全身計測と吸収線量の評価. 日本医放会誌 **34**: 404-415, 1974
- 13) Buchan RCT, Brindle JM: Radioiodine therapy to out-patients—the radiation hazard. Brit J Radiol **44**: 973-975, 1971
- 14) ICRP publication 5: 病院および医学研究施設における放射性物質の取扱いと廃棄. 日本放射性同位元素協会, 1967