

# $^{131}\text{I}$ アブレーション時における 診療放射線技師の内部被ばくのリスク検討

*Investigation of the risk of Internal Exposure by Radiological Technologists during I-131 ablation*

菊池 龍太郎<sup>1)</sup>, 渡邊 裕之<sup>2), 3)</sup>, 川邊 竜二<sup>2)</sup>, 齋藤 徹<sup>1)</sup>, 中井 雄一<sup>1)</sup>, 野田 主税<sup>1), 3)</sup>,  
佐藤 久弥<sup>2), 3)</sup>, 加藤 京一<sup>3), 4)</sup>

1) 昭和大学横浜市北部病院 放射線技術部 診療放射線技師 2) 昭和大学病院 放射線技術部 診療放射線技師  
3) 昭和大学大学院 保健医療学研究所 診療放射線技師 4) 学校法人 昭和大学 統括放射線技術部 診療放射線技師

**Key words:** I-131 ablation, Internal exposure, Iodide sodium capsule, Vaporization

## [Abstract]

The risk of internal exposure to radiation during ablation examinations with capsules of  $\text{Na}^{131}\text{I}$ , a volatile and highly radioactive radiopharmaceutical, has not been verified among the radiological technologists at our hospital. To investigate this risk, a dust sampler was used to measure airborne radioactivity in a waiting room for patients who had consumed  $\text{Na}^{131}\text{I}$  capsules, and the collected substances were analyzed using an automated well-type counting device. The results confirmed that the level of airborne radioactivity increases considerably during ablation examinations. In future, our hospital aims to minimize the time that radiological technologists spend in contact with patients who have consumed  $\text{Na}^{131}\text{I}$  capsules.

## [要旨]

甲状腺全摘術後の残存甲状腺組織の除去を目的に用いられる $\text{Na}^{131}\text{I}$ カプセルは放射エネルギーが多く、また揮発性を有する。当院は特定の診療放射線技師が検査に携わる環境にあるが、 $^{131}\text{I}$ アブレーション検査時における診療放射線技師の内部被ばくについて検証がなされていない。今回、 $\text{Na}^{131}\text{I}$ カプセルを服用した患者が待機する部屋の空気中における放射能濃度をダストサンプラーで測定し、かつオートウェル型計数装置を用いて収集された物質の種類を分析した結果、 $^{131}\text{I}$ アブレーション検査時は空気中の放射能濃度が高くなることが確認された。当院では放射性医薬品投与後の患者との接する時間を最小限にすることが今後の課題となる。

## 緒 言

放射性医薬品を投与し、臓器への集積を画像化する核医学検査は、検出器や画像処理装置の技術向上などにより生体内の機能や代謝情報が高い精度で得られ、その有用性から現在広く普及している<sup>1)</sup>。一方で、放射性医薬品を投与した患者と近距離で接する機会の多い診療放射線技師の被ばくが懸念されている。

数ある核医学検査や治療の中でも、甲状腺全摘術後の残存甲状腺組織の除去を目的に施行される $^{131}\text{I}$ アブレーションは、一回の検査における放射能が $1,110$

MBqであり、外来で取り扱う放射性医薬品としては放射エネルギーが多いものを使用している<sup>2)</sup>。この $^{131}\text{I}$ は、揮発性の17族元素ハロゲンで、 $\beta$ 線を放出し $^{131}\text{Xe}$ となる特性を持っている<sup>3)</sup>。

診療放射線技師の外部被ばくについては、医療法施行規則(第30条の27)において年間の線量限度が定められ、防護衣の内側の胸部(妊娠する可能性がないと診断された者および妊娠する意思がない旨を病院または診療所の管理者に書面で申し出たものを除く女子にあっては腹部)と防護衣外側の頭頸部など、それぞれ1カ所ずつ、合計2カ所での線量測定を行わなければならないことになっているが、内部被ばく線量については把握できていないのが現状である。林田の報告<sup>4)</sup>のように、核医学検査に従事する診療放射線技師は、患者待機室やトイレなどへの患者誘導や退室基準線量の測定において、ヨウ化ナトリウムカプセルを投与された患者と近距離で接する機会が多い。また $^{18}\text{F}$ -FDGを投与された被検者からのPET(Positron Emission Tomography)センター専属運転手に対する職業被ばく線量の検討や<sup>5)</sup>、シンチグラフィ検査において使用した着衣などは適切な取り扱いと汚染測定が必要であるという報告があるが<sup>4)</sup>、気化したヨウ素による診療従事者の内部被ばくの可能性は検討されていない。放射性ヨウ化(I-131)ナトリウムカプセルを用い

Ryutaro Kikuchi<sup>1)</sup>, Hiroyuki Watanabe<sup>2), 3)</sup>,  
Ryuji Kawabe<sup>2)</sup>, Toru Saito<sup>1)</sup>, Yuichi Nakai<sup>1)</sup>,  
Chikara Noda<sup>1), 3)</sup>, Hisaya Sato<sup>2), 3)</sup>, Kyoichi Kato<sup>3), 4)</sup>

- 1) Department of Radiological Technology, Showa University Northern Yokohama Hospital, Radiological Technologist
- 2) Department of Radiological Technology, Showa University Hospital, Radiological Technologist
- 3) Showa University Graduate School of Health Sciences, Radiological Technologist
- 4) Department of Unification Radiological Technology, Showa University, Radiological Technologist

Received September 14, 2018; accepted June 28, 2019

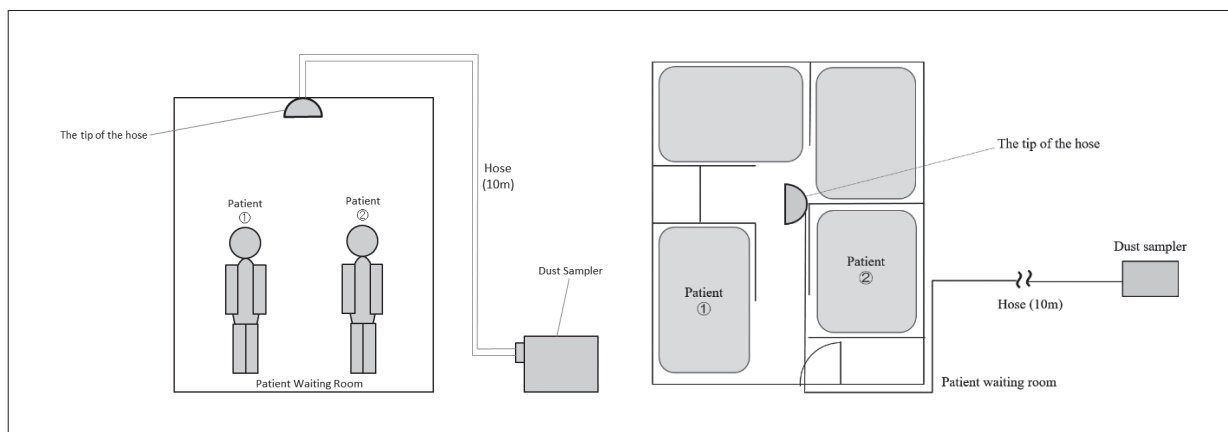


Fig.1 The position of patient waiting room and dust sampler

Table 1 Time schedule for I-131 ablation

時間	スケジュール		
10:00	ダストサンプラーによる収集開始		
10:50	患者にI-131カプセルを投与する		
11:00	患者を待機室へ案内し、入室させる	チャコールフィルター装着	ダストサンプラーによる収集
12:00	患者を待機室から退室させ、退室基準線量を測定		
12:10	患者帰宅		
13:00	ダストサンプラーによる収集終了		

た内容療法の適正マニュアルには、気化した<sup>131</sup>Iによる内部被ばくの可能性は少ないとされているが<sup>2)</sup>、核医学検査は専門的な知識が必要なため、当院では限られたスタッフが検査を行っており、1人の診療放射線技師が携わる患者の数が比較的多い。

そこで今回われわれは、<sup>131</sup>Iアブレーション時の患者待機室においてダストサンプラーによって気化した<sup>131</sup>Iの線量測定を行い、検査に従事する診療放射線技師の内部被ばくの可能性を検証したので報告する。

## 1. 方法

### 1-1 ダストサンプラーによる測定方法

当院において2014年12月5日から2015年10月16日までアブレーションを実施した患者22人を対象とし、空気中の経時的な放射能濃度 (Bq/cm<sup>3</sup>) 測定を行った。なお、測定に使用したダストサンプラーの測定範囲は $3 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-2}$  (Bq/cm<sup>3</sup>) である。

ヨウ化ナトリウムカプセルを経口投与した後、速やかに患者をFig.1に示す患者待機室へと案内した。Fig.1の左側は患者待機室の立面図を示し、右側は平面図を示す。検査人数が1人の場合は①へ、2人の場合は①、②の順に着席させ、11時00分から12時00



Fig.2 Which the tip of the hose of the dust sampler is installed at the exhaust port

分までの1時間安静に待機してもらった。なお、検査予約枠は週1日(金曜日)、多いときには2人同時の場合もあり、検査時のタイムスケジュールはTable 1に示す通りであった。

ダストサンプラーから伸ばしたホースの先端をFig.2に示す患者待機室内中心部の天井に位置する排気口に設置し、10時00分から13時00分(患者入室1時間前から患者退室1時間後)までの間、ダストサンプラーによる空気中の放射能濃度 (Bq/cm<sup>3</sup>) を測定した。患者待機室とダストサンプラーの位置関係は



Fig.3 The Dust sampler



Fig.4 The Automatic well counter

Fig.1に示す通りである。

同様に、 $^{131}\text{I}$ アブレーション患者のいない土曜日でも3日間空气中の放射能濃度 ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ ) を測定した。

空气中の放射能濃度 ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ ) 測定は、Fig.3に示すダストサンプラー IODINE MONITOR (日立アロカメディカル社) を用いた。検出部にはNaI (Tl) シンチレーターが用いられ、その有効検出限界は  $1 \times 10^{-4}$  ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ ) である。

## 1-2 オートウェルカウンターによるエネルギー測定方法

次に、方法1-1で放射能濃度 ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ ) 測定中にダストサンプラーに装着していたチャコールフィルター22人分を対象とし、エネルギー弁別を行った。 $\gamma$ ・X線放射核種は試料の自己吸収の影響が少なく、試料の調製が容易なオートウェル $\gamma$ -カウンターを用いて測定した。

チャコールフィルターを装着していた時間は、患者が待機室に入室する11時00分から退室する12時00分までの間であった。回収したチャコールフィルター1枚全てを小さく丸めて試験管に挿入し、オートウェル型計数装置でエネルギー測定を行った。同様に、 $^{131}\text{I}$ アブレーション患者のいない土曜日でも3日分エネルギー測定を行った。患者の在室時と不在時のエネルギーピークを測定することで、 $^{131}\text{I}$ が収集されているかどうか確認した。

エネルギー測定は、Fig.4に示すオートウェル型計数装置ARC-380CL (日立アロカメディカル社) を使用して行った。検出部には、直径2mm厚さ25.4mmのNaI (Tl) ウェル型シンチレーターが用いられ、入射する $\gamma$ 線のエネルギーの大きさに比例した電圧パルス信号を出力している。この特徴を利用し、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{129}\text{I}$

からの $\gamma$ 線を選別して測定を行うことができる。ダストサンプラーは、排気口における放射能濃度が限度以下であることを確認することが主目的である。他にも放射線防護の立場より放射性物質の吸入摂取量の推定および個人内部被ばくモニタリングの目的で広く用いられているため、本研究に適した測定器といえる。

## 2. 結果

### 2-1 ダストサンプラーによる測定結果

$^{131}\text{I}$ アブレーションを実施した日 (金曜日) と実施しなかった日 (土曜日) それぞれの10時00分から13時00分までにおける15分間隔の放射能濃度の平均値と標準偏差をFig.5に示す。 $^{131}\text{I}$ アブレーションを実施した日の11時45分から12時45分までの間で放射能濃度が高くなった。この時間帯は、患者が待機室に入室して約45分後から、患者が待機室から退室後の約45分後に相当する。

ダストサンプラーで測定した22日間のうち、患者入室約45分後から患者退室約45分後までの間で特に放射能濃度が高くなった3日間をFig.6に示す。 $^{131}\text{I}$ アブレーションを実施した日の放射能濃度の経時的変化を実線、 $^{131}\text{I}$ アブレーションを実施しなかった日の放射能濃度の経時的変化の平均 (3日間) を波線で示す。 $^{131}\text{I}$ アブレーションを実施した日の最高放射能濃度は、 $5.24 \times 10^{-7} \text{Bq}/\text{cm}^3$  (12時38分)、 $6.66 \times 10^{-7} \text{Bq}/\text{cm}^3$  (12時24分)、 $6.17 \times 10^{-7} \text{Bq}/\text{cm}^3$  (11時50分) であった。

### 2-2 オートウェルカウンターによるエネルギー測定結果

$^{131}\text{I}$ ヨウ化ナトリウムカプセルを投与された患者22

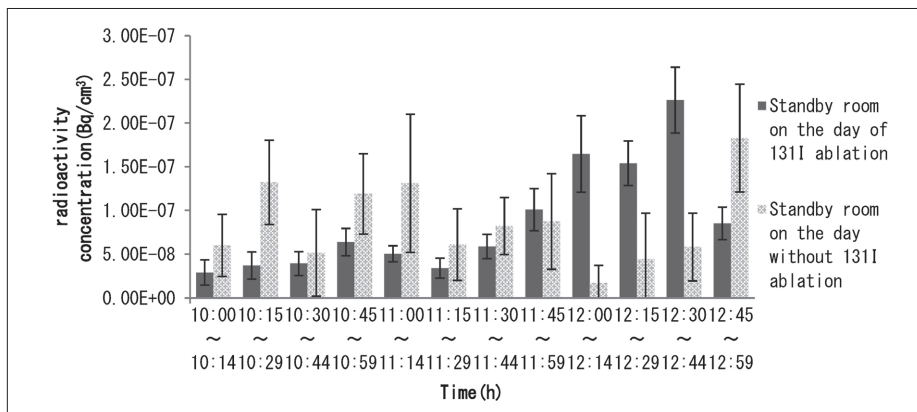


Fig.5 Averages of radioactivity concentrations and standard deviation every 15 minutes in standby room on the day of I-131 ablation and no day

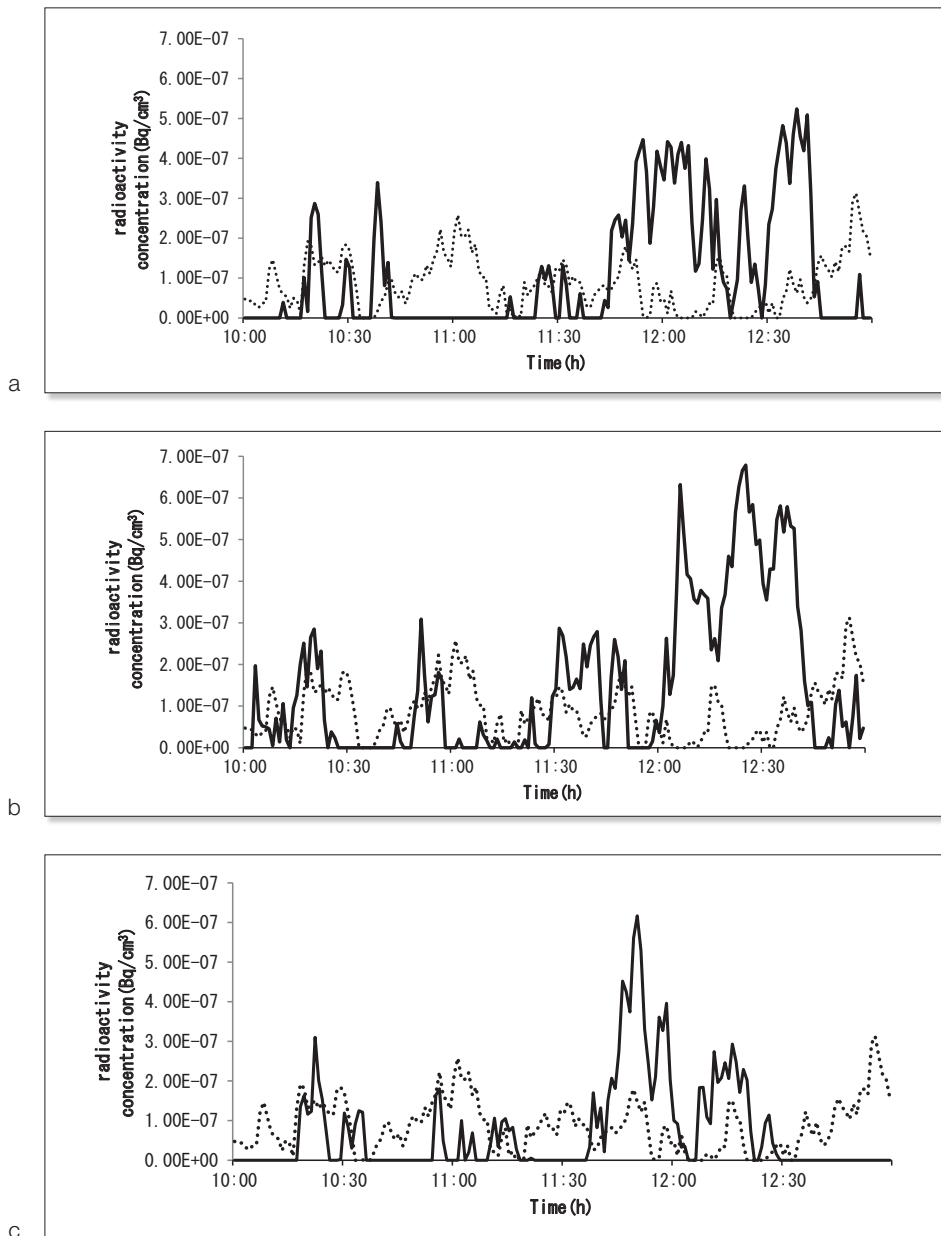


Fig.6 Time-dependent change of radioactivity concentration on Friday (3 days)

※a : 12/15, b : 12/12, c : 12/19

日分のオートウェルカウンターによるエネルギー測定結果をFig.7に示す。

Fig.7から明らかに計数値が大きいもしくは $^{131}\text{I}$ のエネルギーを超えている領域を除外した11日分に着目すると、364keV付近に光電ピークが検出された(Fig.8)。

土曜日にオートウェルカウンターによるエネルギー測定を行った結果、364keV付近の光電ピークは検出

されなかった (Fig.9)。

### 3. 考 察

今回の測定結果は、ダストサンプラーの有効検出限界以下であり信頼できる値ではない<sup>6), 7)</sup>。しかし、 $^{131}\text{I}$ ヨウ化ナトリウムカプセルを投与された患者の呼気が徐々に待機室内に充満したことで、患者が待機室内に

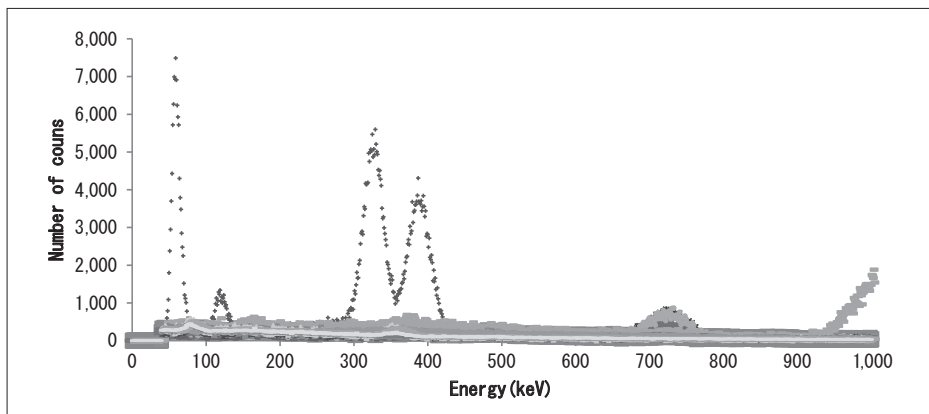


Fig.7 Energy measurement result (22 days)

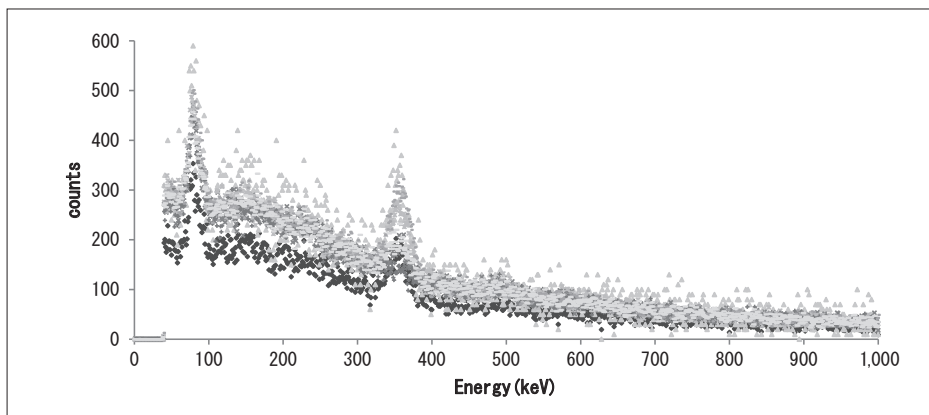


Fig.8 Energy measurement result (11 days)

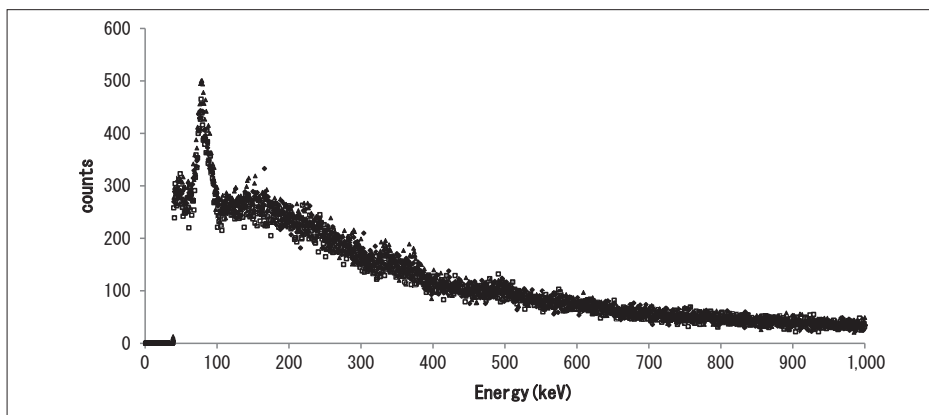


Fig.9 Energy measurement result (3days on Saturday)



入室して約45分後から患者が待機室から退室後の約45分後まで空気中の放射能濃度が上昇する傾向が見られたと考える。

また得られた最高放射能濃度の値は、放射線障害防止法における空気中の放射性物質の濃度限度 $2 \times 10^{-3}$  Bq/cm<sup>3</sup>と比較し大きく下回っており、問題はないと考えられる。

Fig.7に示すオートウェルカウンターの測定結果より、<sup>131</sup>Iアブレーションを行った日においてヨウ素のエネルギーピークが観測できたことから、エアゾルとして<sup>131</sup>Iが存在していることが推測できた。0~30keV付近で計数されていないが、この現象は、測定条件設定のフルスケール値に対して0~3%までの間は、検出器からの出力信号が小さく、電気回路上のノイズ成分との分離が困難なため、電氣的に信号がカットされていると考えられた。50~80keV付近に出現しているピークは、検体から放出した $\gamma$ 線が、オートウェルカウンターの鉛遮蔽体に当たって生じた特性X線であると推測される。300~400keV付近では、検出器の1チャンネル当たりの測定上限を超えてしまうことで生じた「数え落としの現象」により、1つのピークが中心部で谷となり、2つのピークのように表示された。Fig.7に示す670~770keV付近に出現しているピークは、300~400keV付近に表示された2つのピークのサムピークであると考えられた。また核医学検査室の廊下上部に設置してあるヨウ素モニターにおいては、<sup>131</sup>Iアブレーションのある日のみ1cm線量当量率( $\mu$ Sv/h)の最大値が検出限界1.02( $\mu$ Sv/h)よりも大きい値を検出していた。

以上のことから、本研究により<sup>131</sup>Iヨウ化ナトリウムカプセル投与後、患者から<sup>131</sup>Iが排出され、患者待機室内にエアゾルとして存在しており、内部被ばくのリスクを考慮する必要性が示唆された。

核医学検査における放射線業務従事者の被ばく線量低減に関する報告<sup>8), 9)</sup>はいくつかあるが、<sup>131</sup>Iアブレーション時の被ばく低減に関する報告はない。そのため今後当院において、患者待機室内の監視はモニターで行い、排尿などの指示はマイクを使用するといった対策を講じていきたい。

## 結語

核医学治療における<sup>131</sup>Iアブレーション時は、気化した<sup>131</sup>Iによる内部被ばくの可能性があるため、当院

のように従事する診療放射線技師が限られている場合は、放射性医薬品投与後、患者を速やかに待機室へ案内し、必要時以外は待機室から出ないようにしっかりと説明する必要性が示唆された。

## 謝辞

本研究を行うに当たりご助言、ご指導いただきました統括放射線技術部技師諸氏に感謝致します。

## 表の説明

Table 1 <sup>131</sup>Iアブレーション検査当日のタイムスケジュール

## 図の説明

- Fig.1 患者待機室とダストサンプラーの配置図
- Fig.2 ダストサンプラーから伸びたホース先端部
- Fig.3 ダストサンプラー
- Fig.4 オートウェルカウンター
- Fig.5 15分ごとにおける放射能濃度の平均
- Fig.6 検査のある金曜日3日分の放射能濃度の経時的変化の例
- Fig.7 検査のある金曜日22日分のオートウェルによるエネルギー測定結果
- Fig.8 イレギュラーな測定結果を除いた11日分のエネルギー測定結果
- Fig.9 検査のない土曜日3日分のオートウェルによるエネルギー測定結果

## 参考文献

- 1) 三浦頌太, 小田島智: 核医学検査における患者側面から接した場合の被ばく低減効果. 日放技学誌, 68(6), 697-703, 2012.
- 2) 日本医学放射線学会, 日本核医学会, 日本甲状腺学会, 他: 日本核医学技術学会放射性ヨウ化 (I-131) ナトリウムカプセルを用いた内用療法の適正使用マニュアル 放射性ヨウ素内用治療に関するガイドライン. 3, 3-28, 2013.
- 3) 星野泰也: フォトサイエンス化学図録. 数研出版株式会社, 26-27, 2003.
- 4) 林田昭彦: 核医学検査における従事者被曝の実態. 日放技学誌, 63(4), 380-386, 2007.
- 5) 中村文俊, 菅野敏彦, 岡田裕之, 他: FDGを投与された被検者からのPETセンター専属運転手に対する職業被ばく線量の検討. 日放技学誌, 62(8), 1105-1110, 2006.
- 6) グレン F. ノル: 放射線計測ハンドブック. 日刊工業新聞社, 3, 107-109, 2001.
- 7) 松本政典, 東田善治, 高田卓雄, 他: 放射線管理学. 株式会社通商産業研究社, 51-52, 1995.
- 8) 渡辺 浩, 佐藤 努, 木村文治, 他: PET施設の医療従事者等の放射線防護の全国実態調査—第1報 医療従事者等の職種, 業務および被ばく線量—. 日放技学誌, 65(3), 285-294, 2009.
- 9) 横尾茂基, 新尾泰男, 山本智明, 他: 運動負荷心筋血流シンチグラフィ検査時の発汗による着衣等の汚染. 日放技学誌, 52(9), 1127, 1996.