

平成 27 年度原子力施設等防災対策等委託費  
(原子力災害時における放射性ヨウ素による  
内部被ばく線量評価方法に関する調査) 事業

## 成果報告書

平成 28 年 3 月

国立研究開発法人放射線医学総合研究所

本報告書は、国立研究開発法人放射線医学総合研究所が原子力規制委員会  
原子力規制庁より受託した、平成 27 年度原子力施設等防災対策等委託費(原  
子力災害時における放射性ヨウ素による内部被ばく線量評価方法に関する調査)  
事業の成果としてとりまとめたものです。

# 目 次

はじめに

放射性ヨウ素の内部被ばくのおそれのある場合の甲状腺被ばく線量評価手法の整理

1. NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる甲状腺の放射性ヨウ素簡易測定法.....	1
2. 甲状腺モニターによる甲状腺の放射性ヨウ素の詳細測定法.....	8
3. ホールボディカウンターによる甲状腺の放射性ヨウ素の詳細測定法 .....	13
4. 鼻スミア法.....	17
5. その他.....	18

参考 1 記録様式例.....	19
-----------------	----

参考 2 簡易測定レイアウト例.....	20
----------------------	----

付録

付録1 甲状腺の放射性ヨウ素測定 フロー図.....	付 1
付録2 国内で使用されている甲状腺モニター及びホールボディカウンターの機種例 ....	付 3
付録3 測定器の校正.....	付 4
付録4 市販の鉛板を用いた環境のバックグラウンド値低減の検討.....	付 8
付録5 環境のバックグラウンド値の変動について.....	付 9
付録6 測定員等の研修.....	付 10
付録7 英国の関連マニュアル等の概要.....	付 12

## はじめに

原子力災害が発生し、放射性ヨウ素等の放射性物質が環境中に放出された場合、放射性物質の拡散等の状況を把握することは重要であり、その一つとして、住民等の甲状腺の放射性ヨウ素を実際に測定して確認することが考えられます。本報告書では、放射性ヨウ素の内部被ばくのおそれのある場合の甲状腺被ばく線量評価手法を整理するとともに、住民等の甲状腺に沈着した放射性ヨウ素を、放射線測定器による測定によって確認する具体的な手順を示しました。

まず第一に、日本国内に広く普及している NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いて、迅速かつ簡易に甲状腺に沈着した放射性ヨウ素を測定する方法について、標準的な手順の詳細をお示しました。また、専門的な機器である甲状腺モニターやホールボディカウンターによる詳細な測定についても、その概要をお示しました。

本報告書は、原子力災害時における甲状腺の放射性ヨウ素の測定員・記録員等として活躍が期待される方々を対象として作成しました。また、本報告書を緊急時モニタリング等の原子力防災関係者にご理解いただくことも有用と考えます。関係者の皆様方の業務における一助となれば幸いです。

本報告書の作成にあたっては、多くの専門家より修正意見、ご指摘等をいただきましたこと、この場を借りて御礼申し上げます。

## 放射性ヨウ素の内部被ばくのおそれのある場合の甲状腺被ばく線量評価手法の整理

### 1. NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる甲状腺の放射性ヨウ素簡易測定法

原子力・放射線施設等で広く用いられている1インチ円柱型 NaI(Tl) シンチレータを備えたサーベイメータ(以下単に「サーベイメータ」といいます。)を用いる簡易測定法を示します。

#### (1) 簡易測定の時期

放射性ヨウ素の放出・吸入があったとされる日の翌日から約一週間以内に簡易測定を実施することが望まれます。この時期を過ぎると、放射性ヨウ素の減衰により、測定精度の維持が困難となる可能性が高くなってきます。

放射性ヨウ素の放出・吸入があった当日は、体内の放射性ヨウ素が十分に甲状腺へ集まっておらず、簡易測定には適していないため、原則として測定は行いません。

#### (2) 簡易測定の方法

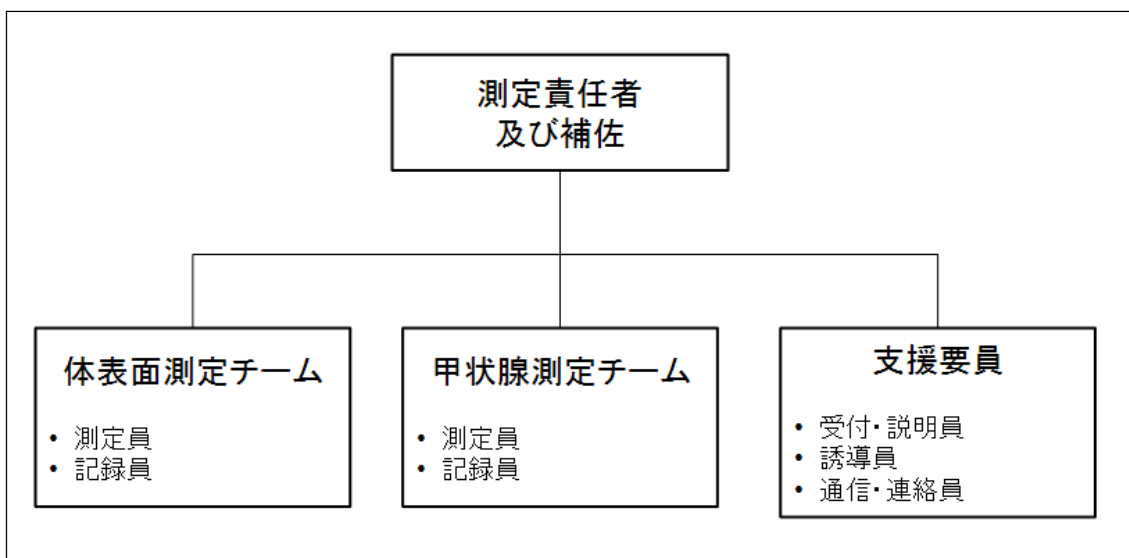
簡易測定を行う場所は、できるだけバックグラウンド値が低く、バックグラウンド値の変動が少ない場所が望まれます。そのため、測定場所を事前に見つけて設定しておくことが、平素からの事前準備として重要です。例えば、耐震性の高い堅固な建物で、体育館の様に一定の広さを有し、かつ、気密性も高い公共施設等が候補になります。原子力災害が発生した際には、候補施設の中から、利用可能な施設を選ぶことになります。

また、測定実施中における非常に重要な点として、低いバックグラウンド値を保つため、測定室の汚染を避けることが挙げられます。簡易測定の実施にあたっては、実施会場及び機器等を適宜、シート等で養生するとともに、測定員自らも防護装備等を着用し、汚染の拡大を防止する必要があります。

### (3) 簡易測定体制

簡易測定を行う際における体制の標準的な例は、図1のとおりです。各施設等で既定の体制があれば、このとおりとする必要はありません。

<図1> 簡易測定体制図



甲状腺測定チームの測定員1名は、サーベイメータ1台を使用します。体表面測定チームの測定員1名は、端窓型GM管式サーベイメータ1台を使用します。測定の規模等に応じて、測定チーム数の増減及び支援要員の配置が望まれます。

体表面測定チームと甲状腺測定チームの構成員の数は、基本的に1:1ですが、測定の状況に応じ、適宜、調整します。

#### (4) 簡易測定の準備と実施

##### (イ) 使用機器の校正条件

- (i) 年1回以上、校正・点検がされている測定器(付録3を参照)を用いる。
- (ii) 数値の読み方(針で読むか、デジタル表示値で読むか)は、校正時の条件によるため、校正に係る情報を得ておく。

<図2> NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの一例



##### (ロ) 測定器の設定と準備

- (i) 電源を入れ、測定器が正常に動作することを確認する。
- (ii) 時定数を10秒に設定する。
- (iii) 測定モードを、線量率モード(単位:  $\mu$  Sv/h)に設定する。検出部(プローブ)の先端は、汚染防止のためフィルムラップ等で覆い、その上から $\gamma$ 線を遮蔽しない薄いガーゼ、布等でカバーして、テープ等で留める。このカバーは、測定中に交換する可能性があるため、交換用のガーゼ等も用意しておく。
- (iv) 検出部のコードや測定器本体は、可能であればビニール等でカバーした方がよい。
- (v) 指示値に合わせて適切に数値を読み取るため、測定レンジの切替えができることを確認する。

以上で、測定機器の準備は完了となる。

## (ハ) 環境のバックグラウンドの測定

測定を行う場所(環境)のバックグラウンド値は、測定の精度等に影響するため、十分な精度を担保するためには、できるだけ低いこと<sup>1</sup>が望まれる。次の手順により、環境のバックグラウンド値を測定・記録する。

- (i) 測定員は、被測定者が到着する前に、測定を行う場所又は測定室の中央など特定の位置を、環境のバックグラウンドの測定点と定め(高さは、地上1mを標準とする<sup>2</sup>)、この地点の床に、紙テープ等で目印を付すなどする。
- (ii) 測定点において検出部を地上から1m(腰部付近)<sup>2</sup>の高さで水平に保つ。毎回同一の向きで計測する。
- (iii) 検出部を30秒保持した後、指示値を読む。針を読む場合は、振れの中心を読む。
- (iv) 読み取った指示値( $\mu$  Sv/h)を記録し、これに校正定数(付録3を参照)を乗じた数値を、「環境のバックグラウンド値」とする。
- (v) 以後、環境のバックグラウンドの測定は、最低、30分に1回程度行う。
- (vi) 環境のバックグラウンド値に著変(およそ2~3倍以上の上昇)が見られた場合は、測定責任者に報告し、指示を仰ぐ。

## (5) 簡易測定の方法

被測定者が乳幼児等で、頸部での測定が困難である場合は、行動を共にしていたその父母又は保護者の簡易測定結果で代えます。また、父母や保護者に抱きかかえられている状態の乳幼児等を簡易測定する場合には、先に父母等の簡易測定を行って、乳幼児の測定値への寄与がないことを確認した後に、乳幼児の簡易測定を行います。

記録様式の例は、参考1で示します。

- (イ) 被測定者には、別室で帽子、上着、コート、マフラー等を脱いでもらい、ビニール袋等に入れてもらう。会場によっては、靴カバーを履いてもらう。
- (ロ) 体表面測定チームは、被測定者が測定室に入る前に、端窓型GM管式サーベイメータによる体表面汚染の測定を行う。測定方法は、「原子力災害時に

<sup>1</sup> およそ0.1  $\mu$  Sv/h以下の環境であることが望ましい。この数値は、今後の更なる検討により変わることがある。

<sup>2</sup> 成人がイスに座ったときの甲状腺の高さが、ほぼこの高さとなる。従って、ビニルシート等で覆った、高さを調節できるイスを準備することが望ましい。



おける避難退域時検査及び簡易除染マニュアル」の「表面汚染検査用の放射線測定器による検査の方法と手順」に準じ、次のとおり行う。

- (i) 時定数を 3 秒に設定する。
- (ii) 測定レンジは 10 kcpm に設定する。
- (iii) 計数音はオフとする。
- (iv) プローブを、対象表面との距離を数 cm 以内に保ち、約 10 cm/秒以下の速度で移動させる。
- (v) 測定する部位は、頭部、顔面(特に鼻腔、口角)、手指及び靴底とする。
- (vi) 前項の部位に体表面汚染が見られる場合には、体表面全部の測定を行い、最も数値が高くなる箇所でプローブを固定し、指示値を記録する。なお、体表面汚染が認められた場合は、(7)に示す対処を行う。
- (ハ) 甲状腺測定チームは、被測定者に、測定室用のスリッパに履き替えの上、測定室に入ってもらふ。必要により、測定内容、必要時間等に関する簡単な説明を行う。
  - (i) 大腿部を露出させ、ウェットティッシュ等で軽く拭き取る。同部の体表面汚染を認めなければ、着衣のまま衣服の上からの測定でよい。
  - (ii) プローブ先端を、被測定者の大腿部中央に接触させ(無理に力を入れたり、押しついたりしない)、その位置を保持する。

<図 3> 大腿部の測定



- (iii) 30 秒保持した後、測定員は指示値を読み、記録員がこれを記録する。この値は、「大腿部の測定値」である。このとき、測定時間(30 秒)の計測は、測定員の測定開始の合図により、記録員が行うことが望ましい。
- (iv) 次に、被測定者に襟のボタンを外してもらうなどして、前頸部(のどの下部)をウェットティッシュ等で軽く拭き取ってもらい、できるだけ体表面の放射性物質を低減させる。拭き取ったウェットティッシュ等は、ゴミ用のポリ袋等を設置し、その中に捨ててもらおう。
- (v) 被測定者の甲状腺の部位に、まっすぐに向けた状態でプローブ先端を接触させ(無理に力を入れたり、押しつけたりしない)、その位置を保持する。保持中は、プローブの位置がずれないように、注意を払う。甲状腺の測定部位は、のど仏の下(胸骨上窩と喉頭軟骨の中間正中部)とする。

<図 4> 甲状腺の測定位置



- (vi) 30 秒保持した後、測定員が指示値を読み、記録員がこれを記録する。この値は、「甲状腺の測定値」である。大腿部と同様、測定時間(30 秒)の計測は、測定員の合図によって、記録員が行うことが望ましい。
- (vii) 次の(6)で示すところにより、当該被測定者に結果を伝える。
- (viii) 大腿部の測定値又は甲状腺の測定値が、環境のバックグラウンド値に比べて顕著に高かった場合は、測定責任者に報告し、指示を仰ぐ。この場合、当該被測定者は、原則として、専門機関での甲状腺モニター等による内部

被ばくの詳細測定の対象者とする。また、30分に1回のバックグラウンドの測定頻度に関わらず、環境のバックグラウンド値を測定し、その結果、顕著な上昇が見られた場合も、測定責任者に報告して指示を仰ぐ。

- (ix) 測定責任者は、前項の報告を受けた場合は、当該被測定者への対処を行うとともに、高い測定値の原因を調査し、必要により、測定を一時中断して測定室の除染を試みるよう指示するなど、対処実施の指導を行う。

## (6) 簡易測定の結果

次の計算式により、(5)で得られた測定値から正味値を求め、記録します。

$$\text{正味値} = \text{甲状腺の測定値} - \text{大腿部の測定値} \quad (\text{単位: } \mu\text{Sv/h})^3$$

## (7) 体表面汚染が認められた場合の対処

(5)の(ロ)において、被測定者の体表面に汚染が見られた場合は、測定を行った体表面測定チームが、別に用意した簡易除染を行う場所に被測定者を誘導し、簡易除染等の処置を行います。体表面測定チームが簡易除染等の処置を兼務せず、専ら簡易除染等を行うチームを別に設ける場合は、同チームに引継ぎます。

簡易除染の処置では、まず、上着の脱衣及び拭き取りをできるだけ行い、体表面汚染を低減させるよう努めます。特に首の部分について拭き取りを慎重に行います。

この処置によって、体表面の汚染が認められなくなった場合は、甲状腺の簡易測定を行います。この処置の後でも有意に体表面汚染の残存が認められる場合は、甲状腺の簡易測定は行いません。<sup>4</sup>

## (8) 簡易な行動調査

30分程度刻みで、屋内退避等の指示と異なった行動をしていなかったかなどを、短時間で簡単に聞き取ります。思い出せない、思い出すのに時間がかかる又は行動を記したメモ等を持ってきていないなどの場合、無理に回答を得る必要はありません。

---

<sup>3</sup> 使用機器が1インチ円柱型 NaI(Tl) シンチレータを備えたサーベイメータでない場合は測定値を換算・補正する。

<sup>4</sup> 専門機関における除染等の処置の対象となる。

## 2. 甲状腺モニターによる甲状腺の放射性ヨウ素の詳細測定法

甲状腺モニターとは、簡易測定で用いた NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータよりも体積が大きい NaI(Tl)等のシンチレータ又は Ge 半導体検出器を用いてスペクトル計測を行い、甲状腺の放射性ヨウ素を精密に測定するための機器です。

簡易測定法の測定結果によって詳細測定の対象となった場合は、その後、できるだけ早期に(簡易測定後 1~3 日以内が望ましい)、精密な測定を実施して、信頼性の高い甲状腺放射性ヨウ素量(甲状腺負荷量)を求める必要があります。

上記の線量評価のためには、「いつ、どこにいたか(移動を含む)」の行動調査によって情報を取得することが欠かせませんが、この情報は個人情報であるため、調査時にはプライバシーに配慮し、調査結果の取扱いについて本人等に説明することはもちろん、取得した個人情報の保護にも留意します。

被測定者が乳幼児等で、頸部での測定が困難である場合は、その父母又は保護者の測定結果をもって代えます。

<図 5> 甲状腺モニターの一例



## (1) 使用機器

- (イ)  $\gamma$ 線の波高スペクトルが計測でき、外部へデータを取り出すなどして、ピーク解析が可能な機器を使用すること。
- (ロ) PC等に接続せずに、単体で使用する機種の場合は、ヨウ素 131 の分析が可能となる機能を備えた機器であること。
- (ハ) プローブの先端の太さは、無理のない首の伸展で甲状腺部に検出器の中心軸が合わせられる大きさのものをを用いる。
- (ニ) 遮蔽の有無は問わない。

## (2) 機器の準備と設定

- (イ) 遮蔽を有している機種は、遮蔽を使用する。
- (ロ) 検出部先端には、汚染防止のため、カバーを施す。
- (ハ) ウィンドウ幅又は ROI 領域の設定は、今日の解析プログラムでは自動的に行われるが、マニュアルで設定する場合は、FWHM(半値幅)、FWTM(1/10 幅)に留意し、ヨウ素 131 のピーク(365 keV)を十分に含むように設定する(機器の分解能による)。また、他の核種等に起因する近接エネルギーピーク等がある場合には、異なったピーク面積の決定方法となることに留意すること。
- (ニ) 測定時間は、機器の検出効率によって異なるが、必要な検出限界値を担保できるよう設定する。
- (ホ) 可搬型の機器の場合は、検出器の安定保持が可能な架台等を準備することが望ましい。

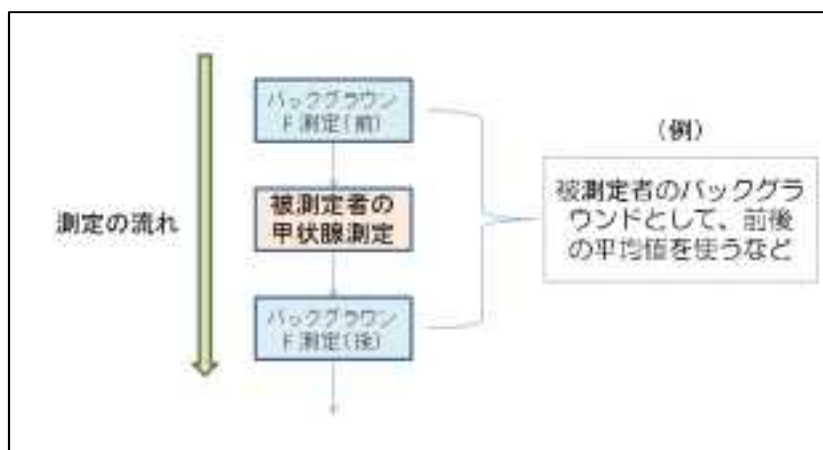
## (3) 環境及び被測定者のバックグラウンド測定

- (イ) 環境(測定を行う場所)のバックグラウンド測定は、以下により行う。
  - (i) 環境のバックグラウンド測定は、一定時間毎又は被測定者の測定を行っていない時に、測定環境に適した頻度で実施する。
  - (ii) 環境のバックグラウンド測定での検出器の位置は、被測定者の測定時と同じ位置とする。
- (ロ) 被測定者のバックグラウンド測定は、以下により行う。
  - (i) 被測定者の詳細測定のためのバックグラウンド測定は、解析の必要に応じて、被測定者の測定前又は測定後に測定する。
  - (ii) 被測定者のバックグラウンド測定は、次のいずれかとする。
    - 1) 遮蔽がなく、移動の容易なタイプの検出器では、大腿部の測定を行い、

これをバックグラウンド値とする。

- 2) 遮蔽があり、移動の困難な据え付け型の検出器の場合は、バックグラウンド測定にファントムを用いる。なお、採用するバックグラウンド値は、被測定者の測定前又は測定後のバックグラウンド値若しくはその両方を平均したものとする。
- (iii) ファントムを用いて被測定者のバックグラウンド測定を行う場合は、線源を入れていない甲状腺ファントム、頸部用ファントムに水を入れたものを置いて測定する(ファントムについては付録3を参照)。

<図 6> バックグラウンド測定のイメージ



#### (4) 詳細測定の方法

- (イ) 被測定者の体表面汚染が無い状態で測定することが原則である。被測定者が測定室に入る前に、端窓型 GM 管式サーベイメータによる体表面汚染の測定を行う。体表面汚染がある場合には、設備が整っていれば、測定前のシャワーも有用である。
- (ロ) 被測定者には、別室で帽子、上着、コート、マフラー等を脱いでもらい、ビニール袋等に入れてもらう。会場によっては、靴カバーを履いてもらう。
- (ハ) 被測定者に、測定中はできるだけ体を動かさないこと、測定中に気分が悪くなったときはすぐに知らせていただくことなどを説明し、椅子又は架台等を調整して腰掛けてもらう。検出部の中心が甲状腺部に合うように、位置を調整する。このときの位置調整は、検出部と甲状腺間の距離、測定視野ができるだけ、甲状腺ファントム等による校正を行ったときと同様になるようにする。
- (ニ) 位置調整後、被測定者の甲状腺の測定を行う。測定終了後、被測定者には待合室等の別室で待機してもらう。

- (ホ) 得られたエネルギースペクトルの解析を行う。
- (ヘ) 原則として、測定時点ではヨウ素 131 のピーク(365 keV)のみを使って線量を計算する。また、スペクトルを保存しておく。  
なお、詳細測定を行う者は、ヨウ素 131 だけでなく、ヨウ素 132、ヨウ素 133 等、他の核種からの寄与がある場合には、それらも含めて最終的な評価を行う必要があることに留意する。
- (ト) 解析結果等を得た後、本人に結果等を簡単に説明する。

## (5) 行動調査

詳細測定による測定結果の最終的な評価のためには、「いつ、放射性ヨウ素の取り込みがあったのか」や「取り込みの状況」などの情報も必要となります。この情報の確定のためには、本人が「いつ、どこにいたか」、「どういう行動をとっていたか」を聞き取る、行動調査を行う必要があります。

行動調査を行うタイミングに決まりはありませんが、詳細測定がスムーズに流れるよう、受付時(来訪時)、詳細測定の開始前又は終了後の結果説明時に合わせて行うなど、適宜に行います。

行動調査は、プライバシーに関わりますので、面談室のような個室で行うのがよいでしょう。

聞き取りを行う者は、国や地方自治体によって執られた防護措置に関する情報を把握しておく必要があります。また、当該地域の地理に詳しい者であることが望まれます。

以下に、聞き取るべき情報を例示しますが、既知の情報であれば改めて訊ねる必要はなく、また、不足している情報があれば追加します。

- (イ) 事故等の発生時点からの行動(いつ、どこにいたか)  
(30分程度の単位)
- (ロ) 屋内にいたか、屋外にいたか(滞在時間)
- (ハ) 避難した場合はその径路と交通手段、避難に要した時間
- (ニ) 家屋の種類(木造か、鉄筋コンクリートかなど)
- (ホ) 地場産の飲食物の摂取状況、マスク等の着用状況
- (ヘ) 安定ヨウ素剤の服用状況(服用していた場合はそのおおよその時刻等)

## (6) 記録及びデータの保管

保管すべき記録及びデータとして、被測定者の氏名、年齢、性別、現在の所在等を記した記録(又はその写し)及び詳細測定で取得したスペクトルデータ、解析結果等の他に、事前に行った体表面汚染の測定結果、測定員、測定日、時刻、測定場所を記載します。あわせて、測定員の所属・氏名等の情報も記録します。

これらの記録及びデータは、すべて、個人情報保護に留意して保管します。精密分析及び線量評価のために取得した行動調査の結果も同様の取扱いとします。



### 3. ホールボディカウンターによる甲状腺の放射性ヨウ素の詳細測定法

ホールボディカウンターは、本来、全身計測を行うための機器ですが、甲状腺の部位にジオメトリを特化して校正ができる場合には、代用が可能です。該当地域で甲状腺モニターが利用できないなどの場合に、代用を考慮することになります。

ヨウ素 131 は、摂取直後にはまだ甲状腺に集まっておらず、全身に分布しているため、甲状腺の放射性ヨウ素を測定する目的であれば、24 時間以上経過してから測定する必要があります。

ホールボディカウンターによる測定法は、「2.甲状腺モニターによる甲状腺の放射性ヨウ素の詳細測定法」にほぼ準じて行いますが、具体的には次に示すとおりです。

また、詳細測定結果の解析及び線量評価のため、行動調査を実施し、情報を得ることが必要となります。

<図 7> ホールボディカウンターの例



## (1) 使用機器

- (イ) 大容積の NaI(Tl)等シンチレータ又は Ge 半導体検出器からなるホールボディカウンターであって、甲状腺の部位に検出部が存在しているか、検出部を移動・固定できる構造を有している機器が望ましい。
- (ロ) 模擬線源を入れた甲状腺ファントムにより校正を行うなどの方法により、甲状腺に集まったヨウ素 131 のみのジオメトリに特化し、かつ、必要な検出限界値を担保できる機器であること(付録3を参照)。

## (2) 機器の準備と設定

- (イ) 可搬型の機器の場合は、検出器の安定保持が可能な、架台等を準備することが望ましい。
- (ロ) 測定時間は、正味値が有意であるかどうかの判定を担保できる検出限界値となるよう設定する(機器の検出効率による)。
- (ハ) 子供の測定では、身長が低いことなどから、甲状腺の位置が機器の有効な検出範囲に入らない場合が考えられるので、ぐらつかない、安定した踏み台等を用意するなどして、位置を調整すること。また、位置合わせをしやすいよう、必要により、目安となるセンターライン、立ち位置の目印を付けておく、位置合わせ用の大きめの定規等を用意するなどの準備をする。

## (3) 環境のバックグラウンドの測定

測定室又は測定を行う場所での環境のバックグラウンド測定は、測定室内の汚染の有無や、環境の著変がないかを確認するため、行います。

環境のバックグラウンドは、基本的に被測定者の測定・解析には用いません。

## (4) 被測定者のバックグラウンド及び被測定者の測定方法

- (イ) 被測定者のバックグラウンドは、校正時の条件に合わせて、純水を入れた全身ファントム(BOMAB ファントム等)若しくは甲状腺ファントム又はその両方を用いる。ファントムの有無によって、計数にほとんど差がない測定環境である場合は、ファントムなしでの測定としてもよい。  
測定及び解析の必要に応じて、被測定者の測定前又は測定後のバックグラウンド値若しくはその両方の平均値を用いるなど、測定条件に適した値を用いる。

測定条件や測定方法が変わらず、バックグラウンドの変動も少ない場合には、これよりも頻度を下げてもよい。

- (ロ) 被測定者の体表面汚染が無い状態で測定することが原則である。体表面汚染がある場合には、設備が整っていれば、測定前のシャワーも有用である。
- (ハ) 被測定者に、所定の位置に移動してもらい、測定中はなるべく体を動かさないことや、測定中に気分が悪くなったときはすぐに知らせていただくことなどを説明し、測定を開始する。
- (ニ) 得られたエネルギースペクトルの解析を行う。原則として、測定時点ではヨウ素 131 のピーク(365 keV)のみを使って線量を計算する。また、スペクトルを保存しておく。  
なお、詳細測定を行う者は、ヨウ素 131 だけでなく、ヨウ素 132、ヨウ素 133 等、他の核種からの寄与がある場合には、それらも含めて最終的評価を行う必要があることに留意する。
- (ホ) 解析結果等が得られる場合は、本人に結果等を簡単に説明する。

## (5) 行動調査

詳細測定による測定結果の最終的な評価のためには、「いつ、放射性ヨウ素の取り込みがあったのか」や「取り込みの状況」などの情報も必要となります。この情報の確定のためには、本人が「いつ、どこにいたか」、「どういう行動をとっていたか」を聞き取る、行動調査の必要があります。

行動調査を行う時期に決まりはありませんが、詳細測定がスムーズに流れるよう、受付時(来訪時)、詳細測定の開始前又は終了後の結果説明時に合わせて行うなど、適宜に行います。

行動調査は、プライバシーに関わりますので、面談室のような個室で行うのがよいでしょう。

聞き取りを行う者は、国や地方自治体によって執られた防護措置に関する情報を把握しておく必要があり、また、当該地域の地理に詳しい者であることが望まれます。詳細測定の結果を同時に伝えるのであれば、測定員等も同席し、説明します。

以下に、聞き取るべき情報を例示しますが、既知の情報であれば改めて訊ねる必要はなく、また、不足している情報があれば追加します。

- (イ) 事故等の発生時点からの行動(いつ、どこにいたか)  
(30分程度の単位)
- (ロ) 屋内にいたか、屋外にいたか(滞在時間)

- (ハ) 避難した場合はその径路と交通手段、避難に要した時間
- (ニ) 家屋の種類(木造か、鉄筋コンクリートかなど)
- (ホ) 地場産の飲食物の摂取状況、マスク等の着用状況
- (ヘ) 安定ヨウ素剤の服用状況(服用していた場合はおおよその時刻等)

#### (6) 記録及びデータの保管

保管すべき記録及びデータとして、被測定者の氏名、年齢、性別、現在の所在等を記した記録(又はその写し)及び詳細測定で取得したスペクトルデータ、解析結果等の他に、事前に行った体表面汚染の測定結果、測定員、測定日、時刻、測定場所を記載します。あわせて、測定員の所属・氏名等の情報も記録します。

これらの記録及びデータは、すべて、個人情報保護に留意して保管します。精密分析及び線量評価のために取得した行動調査の結果についても、同様とします。

#### 4. 鼻スメア法

鼻スメア法とは、鼻スワブ(綿棒等)を用いて左右の鼻腔入口(鼻の奥は原則不可)をぬぐい(スメア smear)、これを測定試料とする方法で、放射性物質の吸入があったかどうか、可能性を判断するための方法の一つです。

放射性物質の飛散率等から仮定した、実測を伴わないモデルによる濃度計算に比べ、生体試料を測定する点から、吸入の有無を判定する上ではより確実性があると考えられます。ただし、厳密な定量性は期待できません。このため、「鼻腔スメア試料の測定結果が陰性であれば、放射性物質を吸入した可能性は低い」と予想はできますが、個人の被ばく線量評価を行う上では、あくまで判断材料の一つという位置付けとなります。

上記の性質から、鼻スメア法の実施が有効となるのは、原子力施設の施設内等で傷病者が発生した場合等、発災現場での応急処置と同時に行う場合が考えられます。すなわち、放射線測定にかかる時間的な余裕、準備ができない診療の初期段階に、体内への放射性物質の取り込みの可能性を取り急ぎ判断したい、という場合です。

従って、鼻スメア法は基本的に、発災現場等における初期段階での内部被ばくの可能性を取り急ぎ判断する場合に実施するものと整理できます。

鼻スメアを実施する場合の手順例を、以下に示します。

- ① GMサーベイメータのバックグラウンド及び水道水等のみ鼻スワブにつけたもの(コントロール)を測定しておく。
- ② 綿棒を水道水等でぬらし、良く水を切って、鼻腔の入口部だけを軽くぬぐう。左右別の綿棒を使い、両方の鼻からサンプルを取得する。
- ③ 採取した綿棒は、GMサーベイメータを用いて、なるべく検出部を近づけて測定し(1cm以内)、バックグラウンドより高いかを判定する。
- ④ 採取した試料は、可能であれば、情報を記載したラベル等を付し、保管する。なお、保管されたスメア試料は、後に、必要により核種分析等を行い、線量評価の際の参考情報として利用する場合がある。

## 5. その他

甲状腺の放射性ヨウ素は、頸部(甲状腺の位置)の直接測定によって線量評価を行うことが望ましいのですが、体表面汚染や安定ヨウ素剤服用の影響等によっては、尿等の生体試料を分析するバイオアッセイ法をあわせて行い、より詳しい線量評価を行うための判断材料の一つとすることがあります。バイオアッセイ法による体内の放射性ヨウ素の分析等は、線量評価の専門家により実施されます。

参考 1 記録様式例

簡便利用法による印刷物の特性 調査記録表 ( 例 )

調査年月日  
 調査対象  
 調査機関

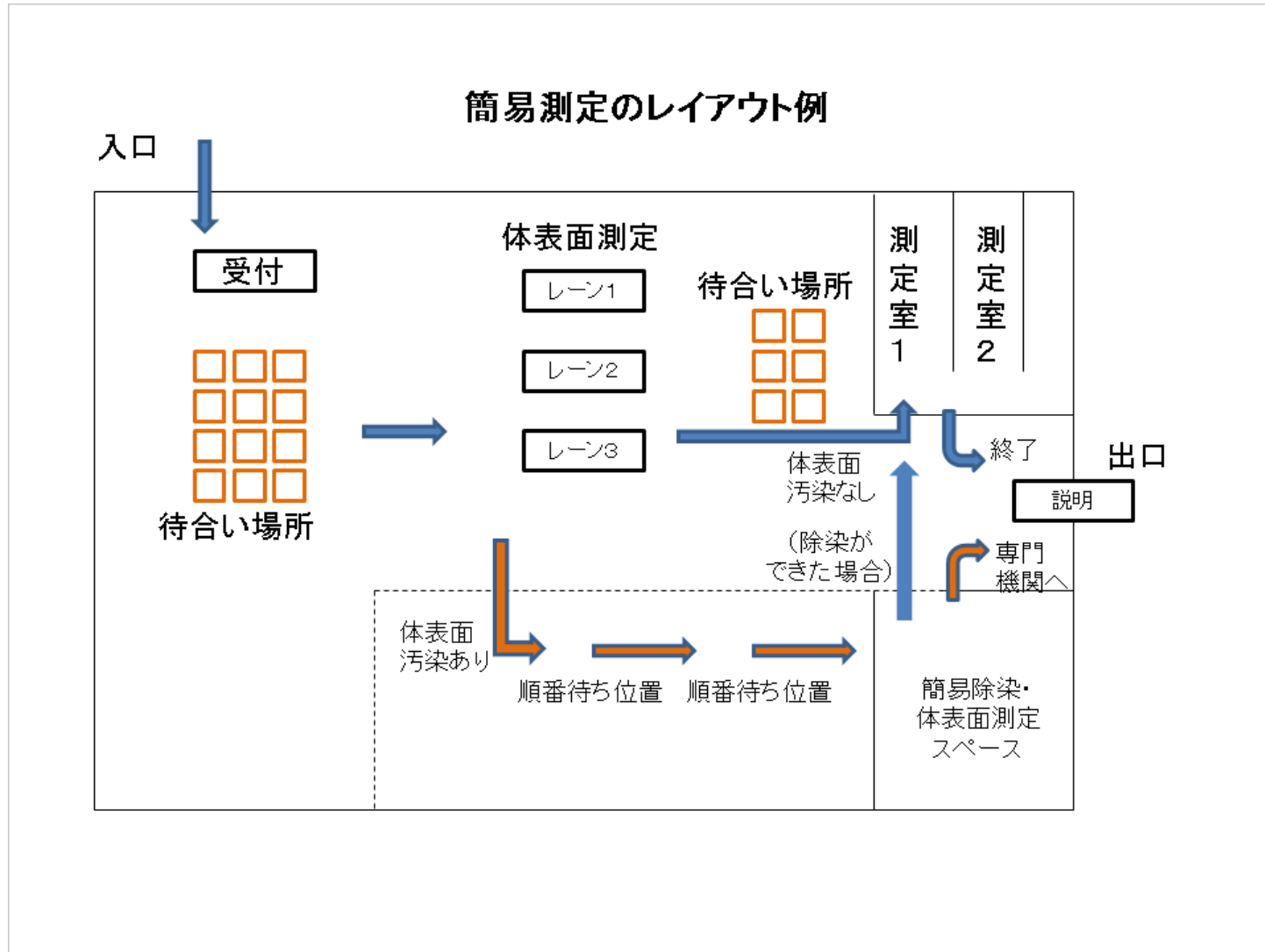
調査種別  
 印刷物の種類  
 印刷物の発行元

調査箇所  
 調査内容  
 調査結果

調査日  
 調査時間

調査対象	印刷物の特性		印刷物の発行元	印刷物の種類	印刷物の発行元	印刷物の発行元	印刷物の発行元	印刷物の発行元
	印刷物の種類	印刷物の発行元						
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

参考2 簡易測定レイアウト例



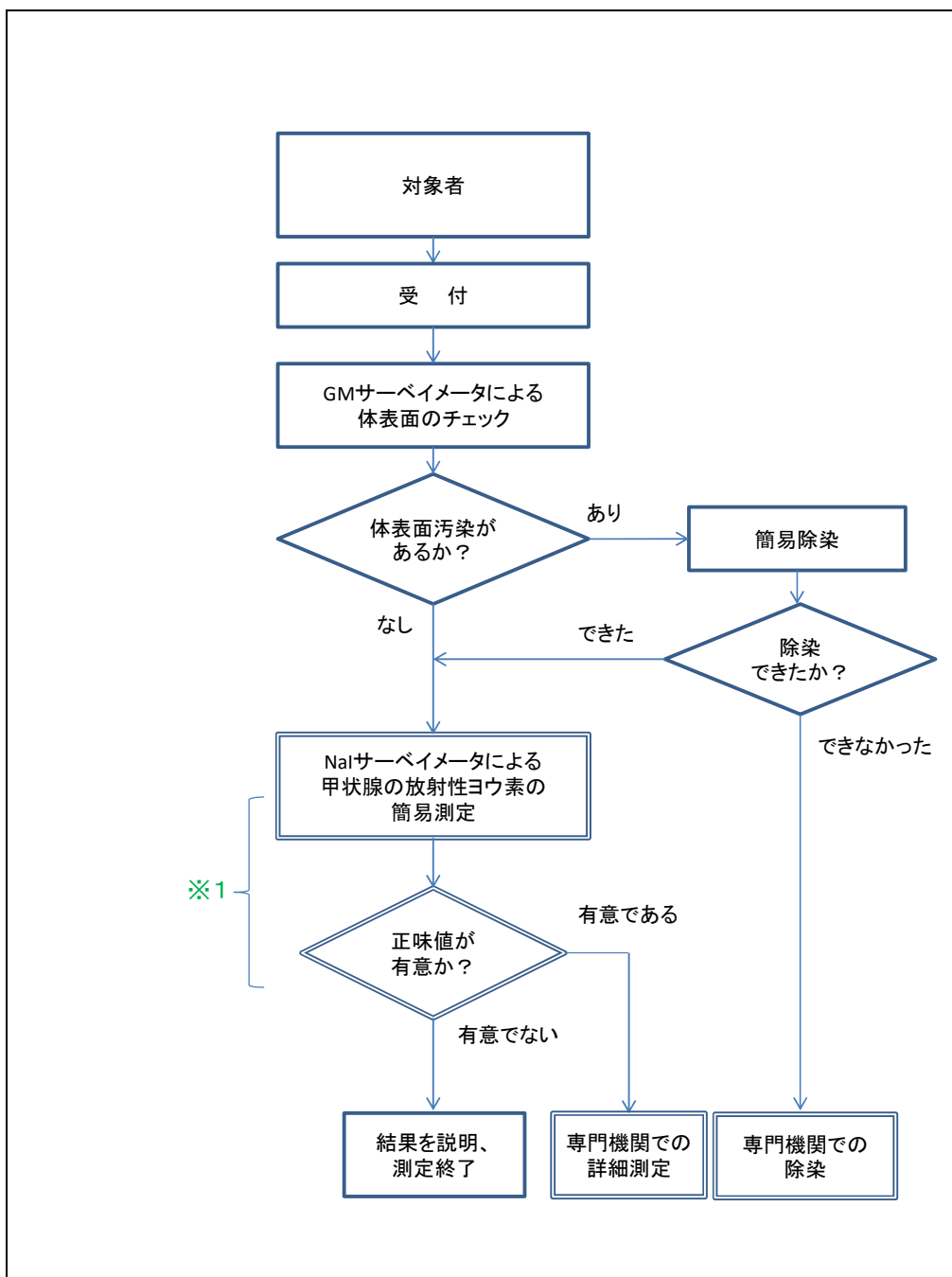


(空 白)

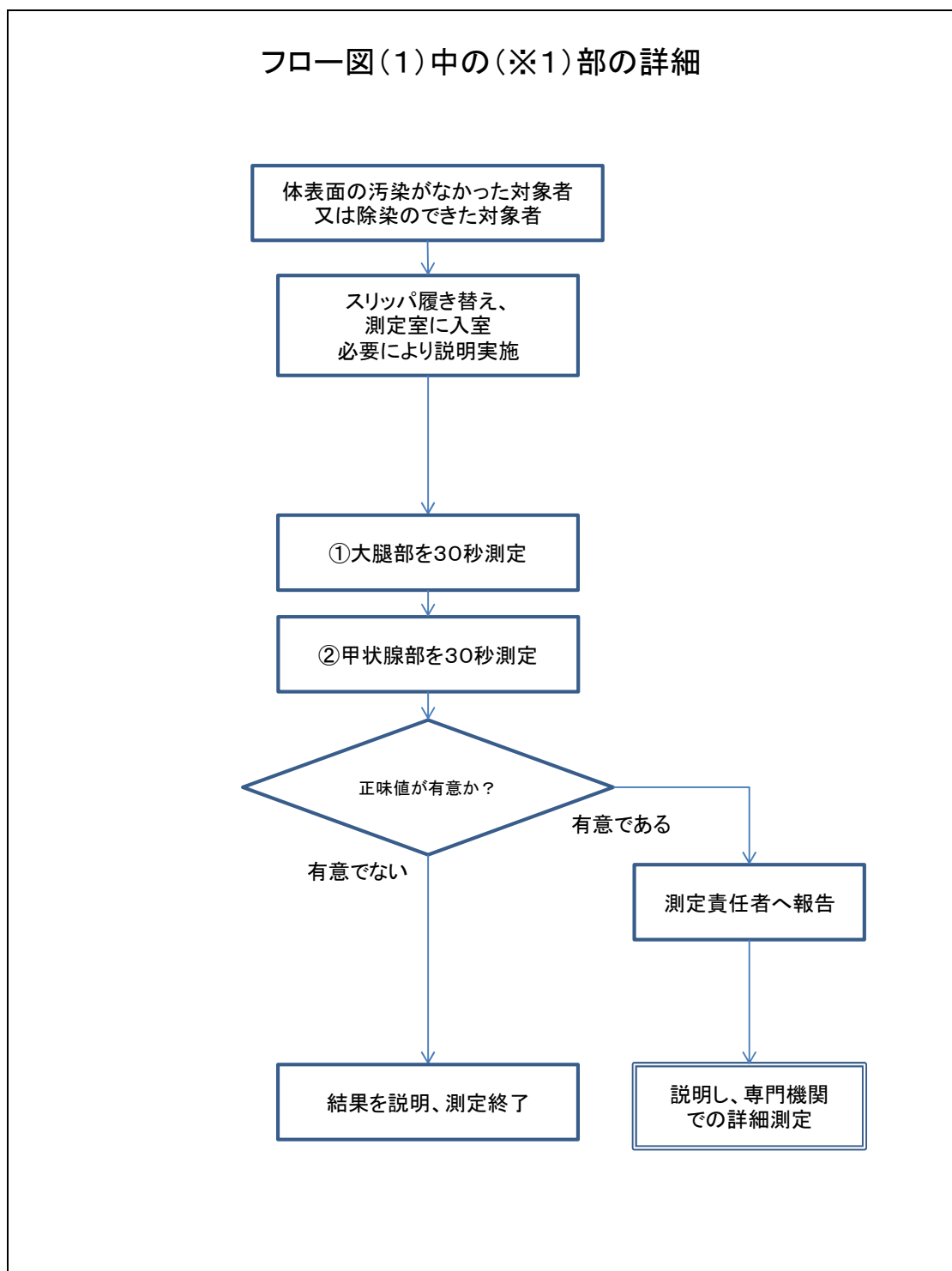
# 付 録

## 付録1 甲状腺の放射性ヨウ素測定 フロー図

<付録図1> 甲状腺の放射性ヨウ素の簡易測定法フロー図(1)



<付録図 2> 甲状腺の放射性ヨウ素の簡易測定法フロー図(2)



付録2 国内で使用されている甲状腺モニター及びホールボディカウンターの機種例

<付録図3> 機種例

機器種類	区分	メーカー、型式等	シンチレータ、 検出部諸元(標準品の場合)
NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ	手持ち式	日立アロカ社製 TCS-171	NaI : 1" φ*1"
		日立アロカ社製 TCS-172	NaI : 1" φ*1"
		日立アロカ社製 TCS-161	NaI : 1" φ*1"
甲状腺モニター	設置型	キャンベラ社製(Ge) BE3820/CP5-PLUS ORTEC GMX25P4(Ge)	検出効率 40%以上 検出効率 25%
	可搬型	キャンベラ社製Falcon5000(HPGe) キャンベラ社製InSpector1000(NaI) EMFジャパン社製 EMF211型(NaI/CeBr3)	検出効率 18% NaI or LaBr 1.5"*1.5"~3"*3" 2"*3"
ホールボディカウンター	設置型	ベッド型WBC(NaI)独自仕様 キャンベラ社製FastScan キャンベラ社製Accuscan(Ge) 富士電機社製#212-173(NaI) 日立アロカ社製 WBC-R48-21382	NaI : 8" φ*8" × 4台 NaI : 3"*5"*16" × 2台 NaI : 3"*5"*16" φ、遮へい体付 NaI : 5"*3"*16" × 2台 NaI : 5"*3"*16"
	その他	全身測定車	

諸元はメーカーカタログ等による標準的な場合のもので、仕様変更又は各施設での改造・カスタマイズ又は検出部の入れ替え(NaI から Ge へ変更等)がなされていることがある。

同一の機器を、甲状腺モニター及びホールボディカウンター兼用として運用している施設もある。

### 付録3 測定器の校正

今日、多種多様な機器による測定(計量)が行われており、正しい測定のためには、正しい「ものさし」を確立するための「校正」が重要となっている。また、日常的な保守・点検による機器の性能維持も欠かせないものである。

計量法に基づく校正の体系は、次に図示されているとおり、国家計量標準から一般計測機器に至る、校正事業者登録認定制度(JSCC)によるトレーサビリティ体系が構築されている。

放射線測定器についても例外ではなく、我が国の放射線計測に関しては、まず、国家計量標準の測定器が国立研究開発法人産業技術総合研究所にあり、次に、二次標準は、日本原子力研究開発機構、放射線計測協会又は大手民間会社等の登録／認定事業者が有しており、広く一般にも校正サービスを提供している。

<付録図4> 校正の体系



出典: 経済産業省ホームページ

## (1) NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの校正

測定員が実際に用いるサーベイメータの指示値は、国家計量標準や二次標準の測定器と同じ値を示すことが理想的であるが、一般には、実機が厳密に標準器と同じ値を示すことはまれで、個々の機器ごとにばらつきがある。このばらつきは、機器の故障・不具合ではなく、一定の許容範囲内の「個体差」と考えるべきものである。

例えば、標準器の指示値を 1.0 としたとき、あるサーベイメータがこれよりも 2割高い値(1.2)を示すならば、このサーベイメータの校正定数は 1.2 の逆数、0.83 であり( $1 \div 1.2$ 。但し、バックグラウンド減算が必要)、このサーベイメータで得られた測定値には、校正定数 0.83 を乗じて正しい値(1.0 相当)に戻す操作が必要となる。

一般の会社や団体で二次標準を整備・維持することは難しいことから、校正サービスを提供している機関に、自機関で使用する測定器を送るか、持ち込むなどして二次校正を依頼することが一般的である。

校正に関する適切な設備や線源、知識・技能を自ら有している場合は、前述で依頼した二次校正済みの機器と、使用する機器とを比較する、実用校正(三次校正)を行うこともできる。校正の詳細については、JIS Z-4511 他を参照のこと。

また、長期の使用に渡ってサーベイメータの計測性能が維持されているかを確認するための確認校正(実用校正の一種)は、公益財団法人原子力安全技術センターが公表している「確認校正マニュアル」に詳しく記述されている。

実用校正又は確認校正は、年1回以上実施することが望ましい。

## (2) 甲状腺モニターの校正

甲状腺モニターを有している機関は、一定の設備や線源、知識・技能を自ら有していると考えられるため当該機関の機器、設備等により自ら校正を行うか、又は専門の業者に依頼・外注して、その結果を確認する。

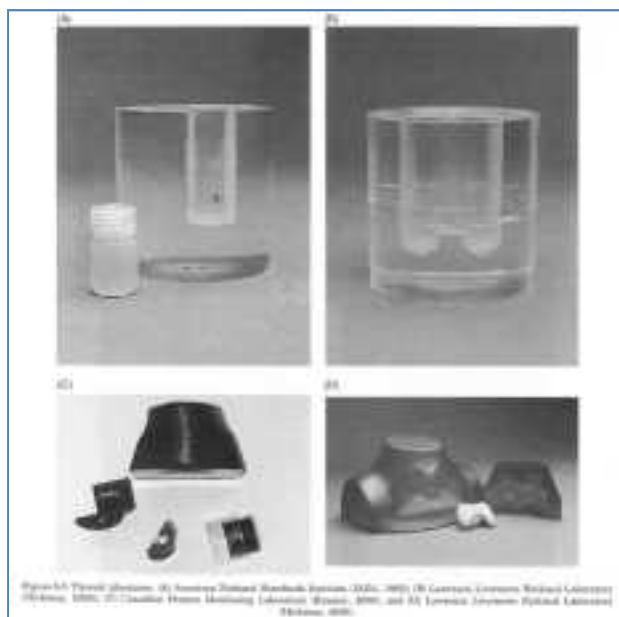
必要となる校正は、定性(エネルギー校正)及び定量(効率校正)である。その他、保守点検として、外観点検や性能試験(分解能の劣化、印加電圧等、電子回路の点検)がある。

### (3) 甲状腺ファントムの規格等について

甲状腺の放射能測定を行うためには、甲状腺ファントム等を使った校正が必要となる。甲状腺ファントムには、IAEA 勧告オリンズ型甲状腺ファントム、米国国家規格協会(ANSI)ファントムなどの規格があり、このほか、米国 RSD 社や京都科学社から、より人体の形・吸収係数に近いランドファントムやレムカルファントムといった種類のファントムを購入することもできる。

甲状腺のファントムには複数の規格があるが、規格差によって大きな差はないとするレポート<sup>5</sup> もあり、現在のところ日本国内においては、標準とすべき甲状腺ファントムをどれか一種類に決めてはいない。

<付録図5> 各種の甲状腺ファントム



出典：ICRU REPORT 69; Direct Determination of the Body Counter of Radionuclides

<sup>5</sup> 日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)JAERI-M-82-112 p.125

#### (4) ホールボディカウンターの校正

甲状腺モニターと同じく、ホールボディカウンターを有している機関は、一定の設備や線源、知識・技能を自ら有していると考えられるため、当該機関の機器、設備等により自ら校正を行うか、専門の業者に依頼・外注して、その結果を確認する。

甲状腺モニターと同様、必要な校正は、定性(エネルギー校正)及び定量(効率校正)で、その他保守点検として、外観点検や性能試験(分解能の劣化、印加電圧等、電子回路の点検)がある。

ホールボディカウンターを甲状腺の測定に用いるには、ファントムによる校正が必要となるが、一般にホールボディカウンターは、放射性物質は全身に均一分布しているとして全身用のファントムを用いて校正されていることが多いと考えられる。そのため、頸部(甲状腺部)のみに特化したジオメトリを構築し、校正を行う必要がある。また、必要により、全身計測と頸部のみの計測差を補正する必要がある。



#### 付録4 市販の鉛板を用いた環境のバックグラウンド値低減の検討

厚さ 1 mm 程度の鉛板が市販品として容易に入手できることから、これを加工し、サーベイメータのプローブに遮へい体として試験的に巻き付け、測定を行った。

その結果、約 2 割程度の環境のバックグラウンド値の低減効果が得られることが判明したが、効果は不十分であり、標準的に準備すべきものではないと考えられる。

<付録図6> 鉛板による遮へい試験



## 付録5 環境のバックグラウンド値の変動について

簡易検査における測定の精度は、環境のバックグラウンド値及びその変動に依存し、環境のバックグラウンド値の上昇に伴って、変動も大きくなる。

マニュアルで示した機器及び測定方法を用い、バックグラウンド線量率が比較的低い環境(概ね  $0.1\sim 0.2\ \mu\text{Sv/h}$  程度)で試験的に放医研で測定したところ、指示値の変動範囲は  $\pm 0.02\ \mu\text{Sv/h}$  であった。

バックグラウンド線量率が低い環境において簡易測定を行う際、一般的なバックグラウンド値の変動は、上記程度が目安となる。

## 付録6 測定員等の研修

### (1) 簡易測定を行う測定員及び記録員に対する研修

Nal(Tl)シンチレーションサーベイメータによる簡易測定を行う測定員には、特段の資格等は不要であるが、測定の流れや方法を習得するため、本マニュアルで示す簡易測定に関する手順と実習を含めた、数時間程度の研修受講が望まれる。

### (2) 甲状腺モニターによる詳細測定を行う測定員に対する研修

(イ) 甲状腺モニターの測定員は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所(平成28年4月から)が開催を予定する甲状腺モニターに関する専門的な研修又は同等以上の研修を受講した者であることが望まれる。なお、高度被ばく医療支援センターにおいて、内部被ばく測定・解析を行った実績を有する者は、研修修了者と同等の経験を有するものと考えられる。

(ロ) 甲状腺モニター専門研修(仮称)のカリキュラム試案は以下のとおりである

#### (i) 研修の目的

甲状腺モニターと周辺機器の操作、測定、データ処理及び校正法等、内部被ばく検査や線量測定・評価に必要な高度・専門的な技術と知識を習得することにより、原子炉施設等が立地する道府県等において、原子力災害が発生した際に対処にあたる専門家を育成することを目的とする。

#### (ii) 研修の対象者

原子力災害時医療の拠点となる全国の医療機関等で、被ばく線量に関わる測定・評価に従事し、甲状腺モニター及び周辺機器の管理を行う者。当該業務に従事する予定である者を含む。

#### (iii) 研修カリキュラム案

付録図7のとおり。

<付録図7> 甲状腺モニター専門研修(仮称)のカリキュラム試案

時間	教室	講義タイトル	内容
<b>1日目</b>			
9:00 - 9:30	0:30	開講式/ガイダンス/プレテスト	
9:30 - 10:10	0:40	イントロダクション 被ばく医療とは?	被ばく医療の基礎を理解し、原子力災害時医療体制の改善を理解する。
10:10 - 10:40	0:30	被ばく医療における検査評価の重要性	医療の側の視点で見た検査評価の重要性と必要性を理解し、医療側への円滑な情報提供の基盤に繋げる。
10:40 - 10:50	0:10		休 憩
10:50 - 11:30	0:40	内部被ばく検査評価の基礎: 甲状腺モニター測定に基づく検査評価	甲状腺測定に基づく内部被ばく検査評価及び検査測定に関する基礎事項を講義する。
11:30 - 12:00	0:30	内部被ばく検査評価の基礎: 甲状腺モニター測定以外の手法に基づく検査評価	バイオアッセイによる内部被ばく検査評価及び検査測定に関する概要と基礎事項を講義する。甲状腺の検査測定に関し理解する。
12:00 - 12:00	1:00		昼 食
13:00 - 15:15	2:15	甲状腺ベクトロメータの実習	甲状腺ベクトロメータを用いた測定法およびデータ処理法について実習する。
15:15 - 15:30	0:15		休 憩
15:30 - 17:15	1:45	甲状腺測定実習	甲状腺ファントムを用いて甲状腺モニターの校正を行い、計数効率を計算する等の実習を行う。
<b>2日目</b>			
9:00 - 10:00	1:00	内部被ばく検査の計算(実習)	MONDALS(放射線検査計算ソフト)を使用して内部被ばく検査の計算問題を
10:00 - 10:10	0:10		休 憩
10:10 - 11:10	1:00	過去の放射線事故事例	過去の放射線事故の中で内部被ばく事故を中心に紹介する。
11:10 - 11:55	0:45	放射性物質に由来するこれまでの健康被害	甲状腺モニターを始めたとして体外計測装置の開発の歴史をレビューするとともに基礎の関連研究について紹介する。
11:55 - 12:15	0:20	ポストテスト	
12:15 - 12:15	1:00		昼 食
12:15 - 14:00	1:05	甲状腺ファントムと校正	ファントムの種類と特徴、校正の注意点に関して理解する。
14:00 - 15:00	0:45	東電福島第一原発事故に際しての甲状腺被ばく推定	東電福島第一原発事故の際の検査推定の概況
15:00 - 15:45	0:45	安定ヨウ素剤	甲状腺被ばくに影響を与える安定ヨウ素剤について働きと現在の服用方法について理解する。
15:45 - 15:55	0:10		休 憩
15:55 - 16:25	0:30	総合討論 ポストテストのフォローアップ	甲状腺モニター測定や内部被ばく検査評価に関連した疑問について議論する。
16:25 - 16:40	0:15	閉講式	
16:40 - 16:40			

(3) ホールボディカウンターによる詳細測定を行う測定員に対する研修

ホールボディカウンターの測定員は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所(平成28年4月から)が開催するホールボディカウンターに関する専門的な研修又は同等の研修を受講した者であることが望まれる。

なお、高度被ばく医療支援センターにおいて、内部被ばく測定・解析を行った実績を有する者は、研修修了者と同等の経験を有するものと考えられる。

## 付録7 英国の関連マニュアル等の概要

TMT Handbook、HPA-CRCE-014、-017、-044 の4つの文書を調査した。その概要は、以下のとおりである。

### (1) TMT Handbook

TMT Handbook (2009年版)は、Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act の頭文字をとったもので、「電離放射線の悪用に対処する者のツール」として作成され、現場においてハンドブックとして使えるものとなっている。TMT Handbook では、次の点が特徴的であり、参考情報として有用である。

- ・ 「できる限り、バックグラウンドの低い、広いエリア(地下室、倉庫等)を選択する」とされている。
- ・ 「可能であれば、放射性ヨウ素の体内取り込みのない人」をコントロールとして測定する、とされている。
- ・ 測定担当者ではなく、被測定者本人が、測定器の検出部を手を持って測定する、とされている。

### (2) HPA-CRCE-014

Guidance on Screening People for Internal Radioactive Contamination(内部被ばく者のスクリーニングガイド)と題されている。この文書では、TMT Handbook よりも更に詳しい手順、核種毎の基準値、具体的な機種名等が、写真や図とともに示されており、参考情報として有用である。

- ・ コバルト 60、セレン 75、プルトニウム 238 など、13 の核種についての具体的な対応方法が記載されている。このうち、携帯型機器による簡易な測定でスクリーニングが可能なコバルト 60、ヨウ素 131 等の核種については、使用機器、経過日数、対象者の年齢に応じた放射能基準値(スクリーニングレベル又は判定値に相当)が、表形式で示されており、操作手順等も示されているため、そのまま測定に使えるようになっている。ただし、英国を中心として利用されている機種を対象としているため、我が国の機種に対し、直ちに準用・比較等することはできない。また、事故発生の初期には粒子径等の詳細な情報は得られないとの前提から、各

数値は、最も条件が厳しい場合として、保守的に計算されている。

- ・ ラジウム 226、プルトニウム 238 など、 $\alpha$  線放出核種を中心とする核種については、「携帯型機器は使用できない」とされ、尿サンプルの分析、すなわちバイオアッセイを行うとされている。これらの核種に対しては、付録資料として、尿中放射能の経時変化が表として与えられている。ただし、この測定は、簡易な測定ではなく、専門機関での特殊な測定であるため、臨時に設けられた場所等では実施できない。
- ・ 本ガイドで示された放射能基準値(スクリーニングレベル又は判定値に相当)は、確率的影響に着目し、成人に対して摂取後 50 年間、小児に対しては摂取から 70 歳までの預託実効線量を基準として 200mSv が採用されており、ヨウ素 131 に関しては 2 Gy(甲状腺の等価線量で 100 mSv)が採用されている。この点でも、我が国の数値等との比較等を行う際には、注意が必要である。
- ・ 甲状腺のヨウ素 131 の測定に関しても詳しく記述されているが、「放射性ヨウ素が甲状腺に達していないため、事故後 8 時間以内には測定すべきでない」とされている。また、安定ヨウ素の服用はないとして計算されている。

### (3) HPA-CRCE-017

この文書は、Radiation monitoring units: planning and operational guidance (放射線モニタリングユニット:計画及び運営ガイダンス)と題されている。

ここでいうユニットとは、放射線モニタリングを行う場所、スタッフ、その機能をまとめて一括りとした概念を指している。

この文書は、先の HPA-CRCE-014 とは観点が異なり、会場の計画・設営から運営まで、利害関係者との相談、施設の要件、また、具体的な指示標識の書式例や会場のレイアウト、情報提供の在り方などが、広範に示されており、参考情報として有用である。

- ・ 放射線モニタリングユニットでのモニター人数は 20 名～1000 名、1000 名に対応するための施設の広さは 300 m<sup>2</sup>が条件とされている。その他、電話などのインフラの存在も条件とされている。
- ・ 放射線モニタリングユニットでのスタッフの配置は、マネージャー(十分な経験・知識を有する医学物理学者)及び副マネージャー、放射線防護アドバイザー、放射線防護監督者、モニタリングチームリーダー及びスタッフ、医師、受付・登録スタッフ、除染スタッフ、広報スタッフ並びに保安要

員(警察官)などとされており、必要人数も表として与えられている。

- ・ 本ガイダンスでは、放射線モニタリングユニットでの使用が推奨される、記録様式その他、標識(絵図)、スクリーニング手順等の各スタッフの業務フロー図等が、数多く示されている。

#### (4) HPA-CRCE-044

この文書は、Practical Guidance on Thyroid Monitoring for Radioiodine Using Hand-held Instruments(携帯型機器を用いた放射性ヨウ素の甲状腺モニタリングに関する実用的ガイダンス)と題されている。

この文書は、HPA-CRCE-017に比べ、甲状腺測定の前に行われる体表面の汚染検査の手法は TMT Handbook に譲るなど、更に甲状腺測定に特化し、機種も特化した内容となっている。ただし、スクリーニングレベルは明示されておらず、これに代わって線量変換係数が示されており、線量が求められるようになっているため、スクリーニングレベルの変更等に対応ができるようにされている(ただし、現地での計算を要する)。

本事業では、本ガイダンス等で欧州において普及しているとされる 44 型プローブ<図11>を入手して、我が国で広く普及している NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータと比較した。

調査の結果、我が国で広く普及している NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータは、外国製サーベイメータと比べても遜色がないことを確認した。

<図 11> 外国製サーベイメータ

