



JAEA-Research

2023-010

DOI:10.11484/jaea-research-2023-010

## 原子力災害時における甲状腺中放射性ヨウ素放射能の 簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る検討

Evaluation on Review of Screening Level of Simple Measurement  
of Radioactive Iodine Radioactivity in the Thyroid  
in the Case of a Nuclear Accident

外間 智規 木村 仁宣 外川 織彦

Tomonori HOKAMA, Masanori KIMURA and Orihiko TOGAWA

安全研究・防災支援部門  
原子力緊急時支援・研修センター  
防災研究開発ディビジョン

Nuclear Emergency Preparedness Research and Development Division  
Nuclear Emergency Assistance and Training Center  
Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness

February 2024

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Research

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 JAEA イノベーションハブ 研究成果利活用課  
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section, JAEA Innovation Hub, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan

E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

原子力災害時における甲状腺中放射性ヨウ素放射能の  
簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る検討

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門  
原子力緊急時支援・研修センター  
防災研究開発ディビジョン  
外間 智規、木村 仁宣、外川 織彦

(2023年11月20日受理)

原子力災害時に住民の甲状腺中放射性ヨウ素放射能の簡易測定を行うことが計画されている。簡易測定にはスクリーニングレベル:  $0.20 \mu\text{Sv/h}$ が目安として設定されており、原子力災害等の状況に応じて適切に見直すこととされている。しかしながら、スクリーニングレベルの見直しに関する具体的な方針は定められていない。スクリーニングレベルの見直しについては、甲状腺内部被ばく線量の判断レベルや簡易測定の実施期間等、簡易測定の可否に係る要因について考慮する必要がある。本研究では、スクリーニングレベル:  $0.20 \mu\text{Sv/h}$ の設定根拠を整理するとともに、原子力災害時におけるスクリーニングレベル見直しの実行性について考察を行った。

スクリーニングレベルを $0.025 \sim 0.50 \mu\text{Sv/h}$ の範囲で見直した場合の判断レベルと実施期間との関係を計算し、スクリーニングレベル見直しの実行性について考察を行った。その結果、スクリーニングレベルの見直しについては、適切な判断レベルと実施期間を選択しなければならないという技術的な制約はあるものの実行可能であることが分かった。しかしながら、原子力災害時の簡易測定の実際を想定した場合、スクリーニングレベル見直しについては、実施期間の延長が必要な状況において $0.030 \sim 0.20 \mu\text{Sv/h}$ の範囲で設定することが妥当であるとうと評価した。

**Evaluation on Review of Screening Level of Simple Measurement  
of Radioactive Iodine Radioactivity in the Thyroid  
in the Case of a Nuclear Accident**

Tomonori HOKAMA, Masanori KIMURA and Orihiko TOGAWA

Nuclear Emergency Preparedness Research and Development Division  
Nuclear Emergency Assistance and Training Center  
Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness  
Japan Atomic Energy Agency  
Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken

(Received November 20, 2023)

In the case of a nuclear accident, it is planned to perform simple measurement of radioactive iodine radioactivity in the thyroid of residents. The screening level for simple measurement is set at 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  as a reference, and it is required to be reviewed appropriately according to the situation such as a nuclear accident. However, a specific method for reviewing the screening level is not shown. When reviewing the screening level, it is important to take into account factors related to the feasibility of simple measurement, such as the judgment level for internal exposure dose of the thyroid and the duration of the measurement period. In this study, we organized the derivation process of 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ , which was set as the reference for screening level, and considered the feasibility of the reviewing of screening level.

We calculated the relationship between the judgment level and the duration of simple measurement for each screening level, ranging from 0.025 to 0.50  $\mu\text{Sv/h}$ . Then, the feasibility of the reviewing of screening level was considered. It was found that reviewing the screening level is technically feasible, provided that the judgment level and the duration of simple measurement are appropriate. However, assuming that simple measurement will be performed in an actual nuclear accident, we assessed that it would be reasonable to review the screening level within the range of 0.030 to 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ , in a situation where the duration of simple measurement must be extended.

Keywords: Thyroid Monitoring, Nuclear Accident, Radioactive Iodine



Contents

1. Introduction .....	1
2. Basic information on thyroid monitoring of residents	
in the case of a nuclear accident .....	3
2.1 Pathways of thyroid exposure in the case of a nuclear accident.....	3
2.2 Assessment method of internal exposure dose to the thyroid	
in the case of a nuclear accident .....	5
2.3 Nuclide information of <sup>131</sup> I and its chemical forms .....	7
2.4 Thyroid retention by age after acute inhalation of <sup>131</sup> I.....	9
3. Implementation policy for resident thyroid monitoring in Japan .....	12
3.1 Residents of an object for the thyroid monitoring.....	12
3.2 Implementation method and measurement period of thyroid monitoring.....	18
4. Evaluation on review of screening level of simple thyroid measurement .....	28
4.1 Organization of contents related to the review of the screening level	
of simple thyroid measurement.....	28
4.2 Relationship between screening level and judgment level	
and measurement period of simple thyroid measurement.....	30
4.3 Consideration of feasibility of simple thyroid measurement	
when screening level is reviewed .....	33
4.3.1 Screening level: 0.025 μSv/h .....	34
4.3.2 Screening level: 0.050 μSv/h .....	35
4.3.3 Screening level: 0.075 μSv/h .....	36
4.3.4 Screening level: 0.10 μSv/h .....	37
4.3.5 Screening level: 0.20 μSv/h .....	39
4.3.6 Screening level: 0.30 μSv/h .....	40
4.3.7 Screening level: 0.40 μSv/h .....	41
4.3.8 Screening level: 0.50 μSv/h .....	43
4.4 Consideration of reviewing screening level of simple thyroid measurement .....	45
4.4.1 Situation requiring an extension of the implementation period.....	48
4.4.2 Situation aiming for the lower judgment level.....	48
4.4.3 Consideration of the reality of simple thyroid measurement	
when screening level is reviewed .....	49
5. Concluding remarks.....	52
Acknowledgements.....	53
References .....	54

## 1. はじめに

原子力災害時、住民等の健康調査及び健康相談を適切に行う観点から、放射性ヨウ素吸入による甲状腺内部被ばく線量の評価を行うことが計画されている<sup>1)</sup>。環境中への放出が想定される人工放射性物質<sup>2)</sup>のうち、甲状腺内部被ばく線量に最も寄与すると注目されている放射性物質は<sup>131</sup>Iである<sup>3)4)</sup>。<sup>131</sup>Iの甲状腺中での実効半減期は約7日と短く<sup>5)</sup>、吸入後迅速に甲状腺中放射性ヨウ素の放射能測定(以下「甲状腺測定」という)を実行しなければ、放射能を検出することができない。2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故(以下「1F事故」という)の住民の甲状腺内部被ばく線量モニタリング(以下「甲状腺モニタリング」という)では、事故初期の3月24日～30日に行われたNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ(以下「NaIサーベイメータ」という)等による甲状腺測定により、小児の甲状腺中<sup>131</sup>Iの放射能を検出することができた<sup>6)</sup>。同年6月27日から開始された福島県民健康調査<sup>7)</sup>では、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という)により、福島県民の全年齢を対象に、ホールボディカウンタ(Whole Body Counter、以下「WBC」という)を用いた全身計測が行われた<sup>8)</sup>。全身計測の結果では、住民の体内から<sup>134</sup>Csや<sup>137</sup>Csの放射能は検出されたものの、<sup>131</sup>Iの放射能は検出されなかった。甲状腺モニタリングを行うにあたっては、甲状腺測定機器の測定下限値を考慮し、甲状腺中<sup>131</sup>Iの放射能を検出できる期間内に甲状腺測定を実行することが重要となる。

原子力規制委員会では、「緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チーム」(以下「甲状腺モニタリング検討チーム」という)を設置し<sup>9)</sup>、原子力災害時の甲状腺モニタリングの実施方針等について議論を行った。甲状腺モニタリング検討チームで議論された内容は原子力規制委員会へ報告され、報告された内容をもとに令和4年4月に原子力災害対策指針<sup>10)</sup>が改正された。そして、令和5年5月に甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアル(以下「甲状腺モニタリングマニュアル」という)が制定され、甲状腺モニタリングの基本的な考え方や実務上の事項について示された<sup>11)</sup>。

現行の甲状腺モニタリングでは、対象となる者に対して、まず周辺線量当量率用のNaIサーベイメータを用いて甲状腺中放射性ヨウ素に対する簡易測定(以下「甲状腺簡易測定」という)を行い、簡易測定の結果、スクリーニングレベル(以下「SL」という)である0.20 μSv/hを超えた者に対して甲状腺モニタを用いた甲状腺中放射性ヨウ素放射能の詳細測定(以下「甲状腺詳細測定」という)を行うこととしている。また、SL:0.20 μSv/hは目安として扱っており、原子力災害等の状況に応じて適切に見直す必要があると記載されている。しかしながら、本稿執筆時点において、SL見直しに係る具体的な方針等は定められていない。SL見直しにあたっては、甲状腺モニタリング検討チームで議論されたSL設定の方針に則る必要があると考える。また、SLを見直した際の甲状腺簡易測定の実行性についても予め検討しておく必要があると考える。

本研究では、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>にて要求されている「甲状腺簡易測定のスル値の見直し」について検討するため、甲状腺モニタリング検討チーム及び原子力規制委員会にて議論された甲状腺モニタリングに係る内容について整理するとともに、スル値の目安である 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  の設定根拠を明らかにする。そのうえで、甲状腺簡易測定の実施方針に則り、スル値を見直した際の甲状腺簡易測定の実行性及びスル値見直しの実際について考察を行う。

本報告書では、甲状腺簡易測定のスル値見直しに関する考察を行うため、2章で「原子力災害時における住民の甲状腺モニタリングに関する基礎情報」を、3章で「日本における住民の甲状腺モニタリングの実施方針」を整理し、4章で「甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る検討」を行い、5章の「まとめ」で、スル値見直しに関する考察の総括及び今後の課題について報告する。



## 2. 原子力災害時における住民の甲状腺モニタリングに関する基礎情報

3章の「日本における住民の甲状腺モニタリングの実施方針」及び4章の「甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る検討」を理解するにあたり必要な基礎情報として、本章では「原子力災害時における住民の甲状腺被ばく経路」、「原子力災害時における住民の甲状腺内部被ばく線量の評価方法」、「 $^{131}\text{I}$ の核種データ及び化学形」、「 $^{131}\text{I}$ 吸入摂取時における年齢別の甲状腺残留率」について文献等を参考に整理を行った。

### 2.1 原子力災害時における住民の甲状腺被ばく経路

発電用軽水型原子炉施設（以下「原子力施設」という）から放射性ヨウ素が放出されるような原子力災害時、原子力施設周辺の住民には複数の甲状腺被ばく経路が考えられる。国際がん研究機関（International Agency for Research on Cancer、以下「IARC」という）によって示された原子力災害時における住民の主な甲状腺被ばく経路<sup>3)</sup>を図1に整理した。IARCでは、これら被ばく経路は、甲状腺被ばく評価対象となる個人の居住歴、食習慣、線量低減のためにとられた行動に依存するとしつつも、大半の住民にとって $^{131}\text{I}$ の吸入摂取及び経口摂取が、甲状腺被ばくへ寄与する主な経路となるであろうと報告した。

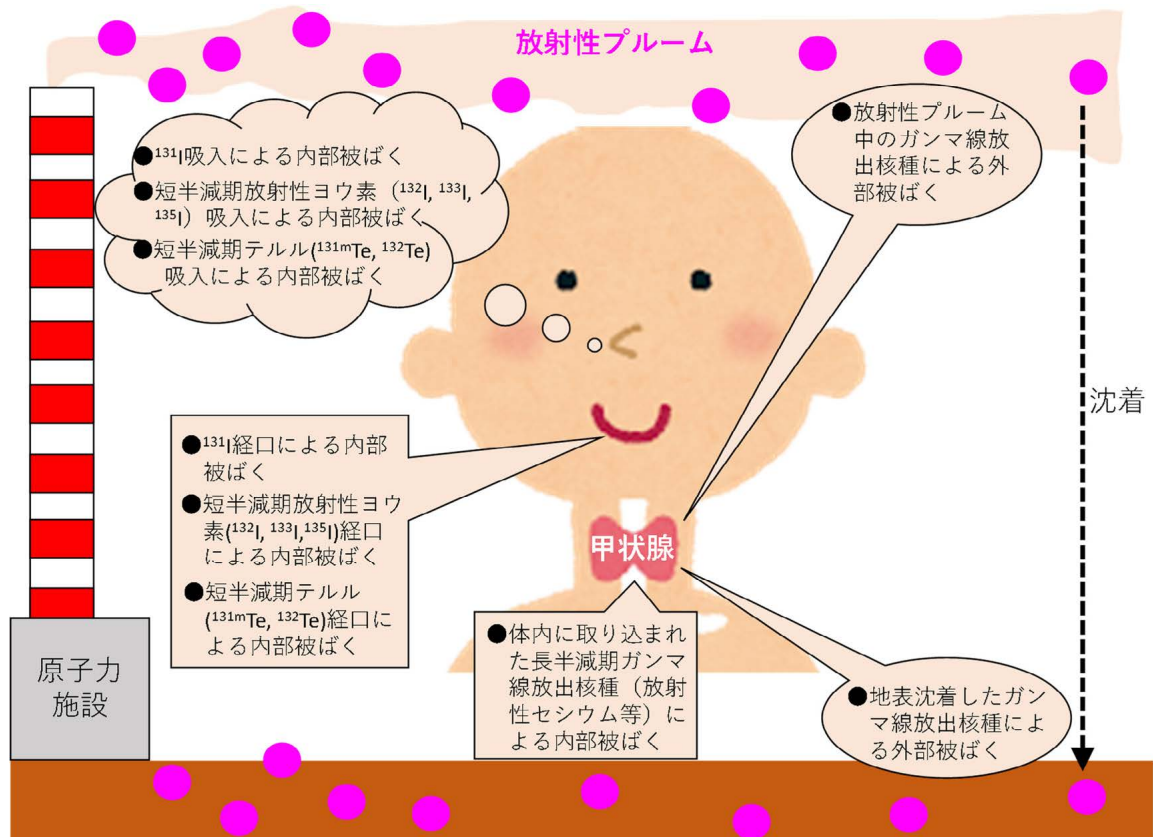


図1 原子力災害時における住民の主な甲状腺被ばく経路

日本における原子力災害時の住民の防護措置内容は、運用上の介入レベル（Operational Intervention Level、以下「OIL」という）と紐づけられており<sup>10</sup>、<sup>131</sup>I 経口摂取に係る防護措置として、早期防護措置と飲食物摂取制限が計画されている。

早期防護措置では放射性物質の放出後 1 日内を目途に OIL2（初期設定値：20  $\mu$ Sv/h）を超過した区域を特定し、当該区域の地域生産物（野外で生産された食品であって、数週間以内に消費されるもの）の摂取が制限される。飲食物摂取制限は、飲食物に係るスクリーニング基準と OIL6 がある。前者は放出後数日内を目途に飲食物中の放射性物質濃度を測定すべき区域（初期設定値：0.50  $\mu$ Sv/h）を特定するための基準である。後者は飲食物の摂取を制限する際の基準で、放出後 1 週間内を目途に飲食物中の放射性物質濃度の測定と分析が行われ、基準を超過した飲食物が確認された場合は迅速に摂取制限が実施される。OIL6 は飲食物の種類及び核種毎に放射能濃度が設定されており、放射性ヨウ素の初期設定値は飲料水・牛乳・乳製品で 300 Bq/kg、野菜類・穀類・肉・卵・魚・その他で 2,000 Bq/kg としている。これら放射能濃度は、毎日 1 年間摂取したとしても甲状腺内部被ばく線量が 50 mSv/年の 2/3 を超えないよう設定されている。

現行の早期防護措置及び飲食物摂取制限を鑑みた場合、住民の <sup>131</sup>I 経口摂取はある程度制御可能となると考えられる。したがって、原子力災害時において、住民の甲状腺内部被ばく線量への寄与として最も注目される被ばく経路は、制御困難な <sup>131</sup>I の吸入摂取だと考えられる。なお、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation、以下「UNSCEAR」という）によって行われた 1F 事故時の住民の甲状腺被ばく線量評価においても、甲状腺被ばくへ寄与した主な経路として吸入摂取が示された<sup>4)</sup>。

## 2.2 原子力災害時における住民の甲状腺内部被ばく線量の評価方法

甲状腺内部被ばく線量を評価するにあたっては、吸入した  $^{131}\text{I}$  の総放射能 (Bq) を推定し、国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection、以下「ICRP」という) の甲状腺等価線量変換係数 (Sv/Bq) を乗じて甲状腺内部被ばく線量 (Sv) を算出する方法が一般的に用いられる<sup>12)</sup>。したがって甲状腺内部被ばく線量を評価するにあたっては、吸入した  $^{131}\text{I}$  の総放射能 (Bq) を推定することが重要となる。

内部被ばくに関する測定から線量評価までの流れ<sup>13)</sup>を図2に示す。放射性物質の摂取量の推定には直接法である「体外計測法」と、間接法である「バイオアッセイ法」及び「空气中放射性物質濃度測定法」による計算法がある。「体外計測法」は体内に取り込まれた放射性物質から放出される $\gamma$ 線を体外に設置された放射線測定器で測定し、その測定結果から摂取した放射性物質の総放射能を推定する。一方、「バイオアッセイ法」は尿・糞・血液などの生体試料中の放射性物質の放射能測定結果から摂取した放射性物質の総放射能を推定する。「空气中放射性物質濃度測定法」は、空气中放射性物質濃度の測定結果と評価対象者の呼吸量や作業履歴等から摂取した放射性物質の総放射能を推定する。

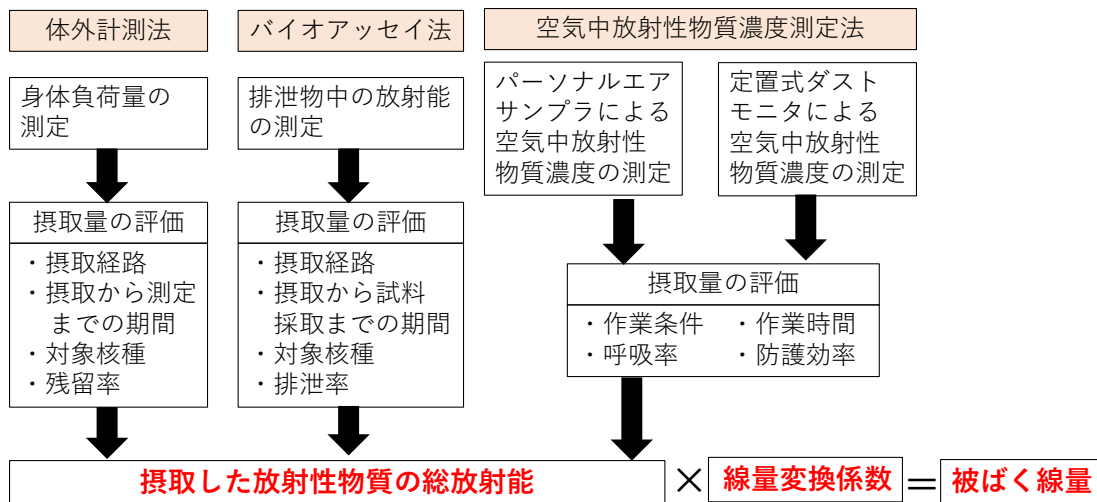


図2 内部被ばくに関する測定から線量評価までの流れ

放射性ヨウ素が大量放出されるような原子力災害時において、甲状腺内部被ばく線量評価の対象となる住民は大多数となる可能性が考えられる。「バイオアッセイ法」は対象者から糞や尿などの生体試料を採取し、専門スタッフによる試料の処理や分析が必要となるため、人的・物的資源が制限されている原子力災害時において、大多数の住民を対象とした線量評価には適していない。「空气中放射性物質濃度測定法」は、対象者の呼吸量や体内動態などの個人差や、居住空間の空气中放射性物質濃度の調査等、吸入した  $^{131}\text{I}$  の総放射能の推定において多くの不確かさが存在することが課題となる。1F 事故時の住民の甲状腺内部被ばく線量

評価を行った UNSCEAR 報告書<sup>4)</sup>では、大気拡散シミュレーションから放射性ヨウ素の吸入量が推計されたが、不確かさが大きいことが課題として挙げられた。

一方、「体外計測法」は、甲状腺測定さえ行うことができれば、甲状腺内部被ばく線量推定に係る多くの不確かさ要因を最低限に抑えることができる。IARC 及び UNSCEAR においても、事故から数週間以内に甲状腺測定が行われれば、個人の甲状腺内部被ばく線量推定の総合的な不確かさは大幅に軽減できると報告された<sup>3)4)</sup>。例えば、IARC においては原子力事故から 4 週間以内、遅くとも 6 週間以内に甲状腺測定の実施を推奨している<sup>3)</sup>。したがって、原子力災害時の住民の甲状腺内部被ばく線量評価においては、優先的に「体外計測法」が採用されると考えられる。

### 2.3 <sup>131</sup>I の核種データ及び化学形

<sup>131</sup>I の核種データ<sup>14)</sup>を表 1 に示す。<sup>131</sup>I は原子炉燃料のウランに中性子が当たることで生成される核分裂生成物のひとつで、物理学的半減期は約 8 日と短く、<sup>131</sup>Xe (安定) へ壊変する際にエネルギーの異なる複数の β 線及び γ 線を放出する。また、チェルノブイリ原発事故後のコホート調査等において解析された結果、<sup>131</sup>I を摂取した 19 歳未満に甲状腺がんのリスクの上昇が見られたことから、原子力災害時の住民の健康調査の観点から <sup>131</sup>I は注目されている。

表 1 <sup>131</sup>I の核種データ<sup>14)</sup>

物理学的半減期 (日)	壊変形式	主な β 線エネルギー (MeV)	主な光子エネルギー (MeV)	主な生成反応
8.0207	β <sup>-</sup> 壊変	0.248 (2.1%)	0.0802 (2.6%)	U(n,f) <sup>131</sup> I
		0.334 (7.2%)	0.284 (6.1%)	
		0.606 (89.5%)	0.365 (81.7%)	
			0.637 (7.2%)	
			0.723 (1.8%)	

原子力施設から環境中へ放出される時点での <sup>131</sup>I は、無機ヨウ素と有機ヨウ素の混合体ヨウ素であるとされており<sup>15)</sup>、そのほとんどは無機ヨウ素であるヨウ化セシウムとして存在するだろうと推定されている<sup>16)</sup>。また、放出された <sup>131</sup>I は、環境中で様々な化学形 (元素状ヨウ素、次亜ヨウ素酸、ヨウ化メチル、粒子状ヨウ素等) に変化し、変化した化学形によって環境中での挙動が異なるだろうと推定されている<sup>16)</sup>。

ICRP にて報告された <sup>131</sup>I 吸入時の住民の甲状腺等価線量変換係数<sup>17)</sup>を表 2 に示す。ICRP では、ヒトの被ばく線量評価の観点から、<sup>131</sup>I の化学形をガス状と粒子状に分類しており、ガス状はさらにヨウ化メチル (有機ヨウ素) と元素状ヨウ素 (無機ヨウ素) に分類している。粒子状は空気力学的放射能中央径 (Activity Median Aerodynamic Diameter、以下「AMAD」という) とクリアランスにより体内動態が特徴づけられており、住民の内部被ばく線量を評価するにあたっては、AMAD : 1 μm とクリアランス : 速い成分の採用を推奨されている。

表 2 に示した通り、吸入した <sup>131</sup>I の化学形によって、甲状腺内部被ばく線量への寄与が異なることから、空気中 <sup>131</sup>I の濃度を化学形毎に把握できれば、より正確に住民の甲状腺内部被ばく線量を評価する事ができると期待される。空気中 <sup>131</sup>I のモニタリング方法等については「緊急時モニタリングについて (原子力災害対策指針補足参考資料)<sup>18)</sup>」や「環境試料採取法<sup>19)</sup>」、「緊急時における放射性ヨウ素測定法<sup>20)</sup>」、「大気中放射性物質測定法<sup>21)</sup>」によって定められており、空気中 <sup>131</sup>I のサンプリングにはヨウ素サンプラを用いることと記載されている。ヨウ素サンプラには、ろ紙及び活性炭カートリッジが内蔵されており、粒子状の <sup>131</sup>I はろ紙に、ガス状の <sup>131</sup>I は活性炭カートリッジにサンプリングされる仕組みとなっている。ろ

紙及び活性炭カートリッジは、サンプリング終了後に回収され、Ge 半導体検出器を用いたγ線核種分析によって、粒子状 <sup>131</sup>I とガス状 <sup>131</sup>I の放射能がそれぞれ算出される。しかし、この方法ではガス状のヨウ化メチルと元素状ヨウ素を弁別することはできない。また、ろ紙に捕集された粒子状 <sup>131</sup>I の AMAD についても把握することはできない。現行の原子力災害時に計画されている空気中 <sup>131</sup>I のモニタリングの方法では、前述した、線量評価上は区別されている <sup>131</sup>I の化学形や AMAD を正確に把握することは困難である。

被ばく線量評価において、情報が不十分な場合には安全側の評価を採用するという理念が存在する<sup>15)</sup>。その理念に従った場合、原子力災害時の住民の甲状腺内部被ばく線量評価においては、甲状腺等価線量変換係数の最も大きいガス状の元素状ヨウ素が <sup>131</sup>I の化学形として想定される。1F 事故時に行われた甲状腺内部被ばく線量評価<sup>22)</sup>や甲状腺モニタリング検討チームでの SL 設定に関する議論<sup>9)</sup>においても、前述の理念に基づき、<sup>131</sup>I の化学形として元素状ヨウ素が想定された。

表 2 <sup>131</sup>I 吸入時における住民の甲状腺等価線量変換係数<sup>17)</sup>

年齢	化学形		
	ガス状		粒子状
	ヨウ化メチル (有機ヨウ素)	元素状ヨウ素 (無機ヨウ素)	AMAD : 1 μm クリアランス : 速い成分
3 ヶ月	2.6E-06	3.3E-06	1.4E-06
1 歳	2.5E-06	3.2E-06	1.4E-06
5 歳	1.5E-06	1.9E-06	7.3E-07
10 歳	7.4E-07	9.5E-07	3.7E-07
15 歳	4.8E-07	6.2E-07	2.2E-07
大人	3.1E-07	3.9E-07	1.5E-07

(単位 : Sv/Bq)

2.4 <sup>131</sup>I 吸入摂取時における年齢別の甲状腺残留率

ICRP にて示された放射性ヨウ素吸入摂取時の体内動態モデル<sup>23)</sup>を図3に示す。ICRP の体内動態モデルでは、吸入した放射性ヨウ素のうち30%が甲状腺に取り込まれ、70%が尿として体外へ排出されると仮定している。吸入摂取された放射性ヨウ素の体内での具体的な挙動を以下の①～⑥に示す。

- ①：吸入で取り込まれた放射性ヨウ素のほとんどが呼吸気道内に沈着し血液へ移行
- ②：血液へ移行した放射性ヨウ素のうち30%が甲状腺へと取り込まれ、残り70%は尿として直接体外へ排出
- ③：甲状腺へ取り込まれた放射性ヨウ素は、甲状腺ホルモンと結合し、甲状腺の生物学的半減期に従い、徐々に他組織へ移行
- ④：他組織へ移行した放射性ヨウ素の20%は便として直接体外へ排出
- ⑤：他組織へ移行した放射性ヨウ素の80%は血液へ移行
- ⑥：②～⑤の繰り返し

ICRP では各組織に一度取り込まれた放射性物質の放射能が半分になるまでの時間を生物学的半減期と表現している。また、各組織の生物学的半減期は年齢別に異なるとしており、住民を構成する年齢群として「3ヶ月(1歳未満)」、「1歳(1歳以上3歳未満)」、「5歳(3歳以上8歳未満)」、「10歳(8歳以上13歳未満)」、「15歳(13歳以上18歳未満)」、「大人(18歳以上)」の6つに分類している<sup>23)</sup>。

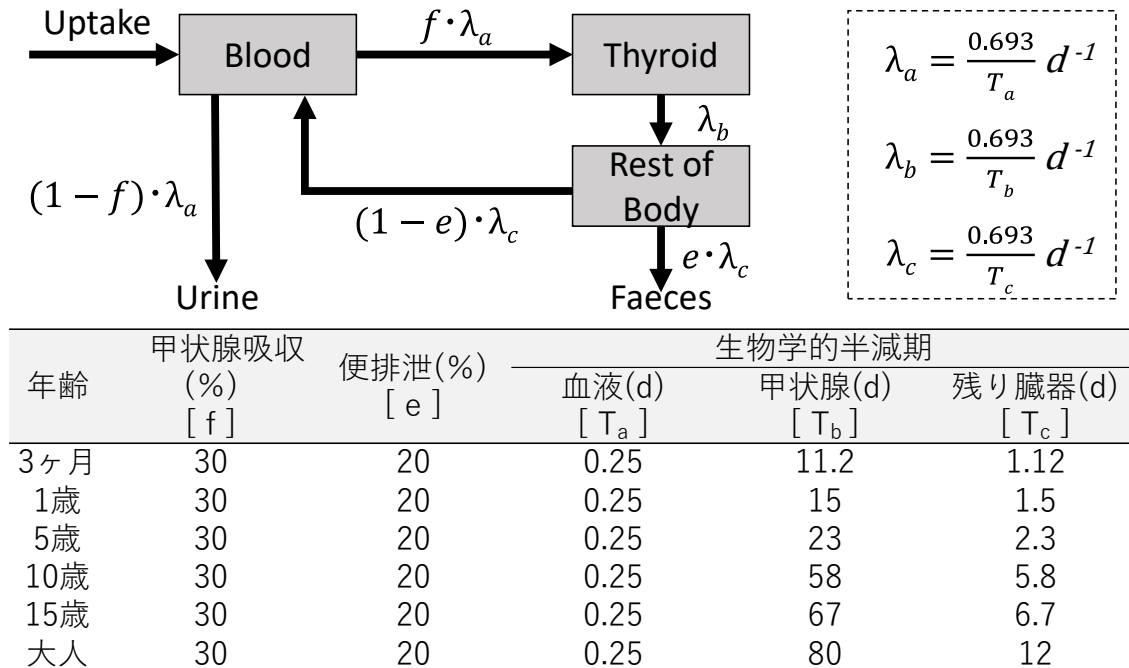


図3 放射性ヨウ素吸入摂取時の体内動態モデル<sup>23)</sup>

元素状  $^{131}\text{I}$  吸入摂取時の甲状腺残留率を図 4 に示す。図 4 に示した甲状腺残留率の計算にあたっては、図 3 に示した ICRP の放射性ヨウ素吸入摂取時の体内動態モデルが組み込まれている線量計算ソフトウェア MONDAL3<sup>24)</sup>を用いた。MONDAL3 は国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「量研機構」という）によって開発され、ICRP の呼吸気道モデル（“ICRP Publication 66”）、体内動態モデル（“ICRP Publications 30, 56, 67, 69, 71”）、胃腸管モデル（“ICRP Publication 30”）が組み込まれている。住民を対象とした急性吸入時の甲状腺残留率を年齢や  $^{131}\text{I}$  の化学形別で計算することができ、1F 事故時の住民の内部被ばく線量評価においても使用実績がある<sup>22)</sup>。MONDAL3 では急性摂取時の甲状腺残留率を、摂取後 0～1 日までは 0.1 日単位で、摂取後 1 日以降は 1 日単位で計算する仕様となっている。しかしながら、原子力災害時の住民の甲状腺簡易測定は、災害後の比較的早い段階から継続的に実施されることが想定される。原子力災害時の甲状腺モニタリングについて議論を行うにあたっては、甲状腺残留率を可能な限り短い時間間隔で把握することが望ましい。本研究では MONDAL3 で算出した甲状腺残留率の計算結果を線形補完し、1 時間単位で甲状腺残留率の変動を算出することとした。また、「2.3  $^{131}\text{I}$  の核種データ及び化学形」で示した通り、甲状腺残留率の算出にあたっては、原子力災害時において住民の甲状腺内部被ばく線量への寄与が最も大きいと想定される元素状  $^{131}\text{I}$  の吸入摂取を計算条件として採用した。

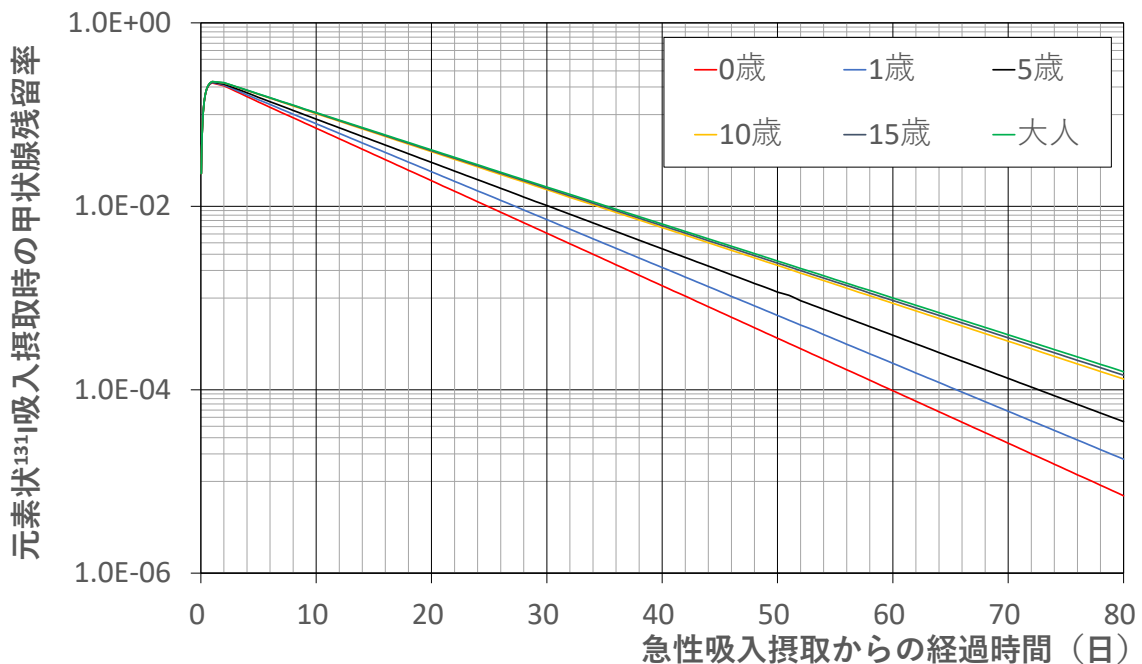


図 4 元素状  $^{131}\text{I}$  吸入摂取時の甲状腺残留率（ただし 0 日に急性吸入摂取仮定）



図 4 に示した通り、 $^{131}\text{I}$  を急性吸入摂取した時期を 0 日とした場合、甲状腺残留率は約 1 日後にピークを迎え、その後徐々に減少していく傾向がみられ、その傾向は全年齢群において共通であった。また、急性吸入から数日間は年齢による甲状腺残留率の差は小さいが、数日以降から徐々に差が開き始め、0 歳、1 歳、5 歳、10 歳、15 歳、大人の順で年齢が高くなるにつれて甲状腺残留率は大きくなった。特に 0 歳、1 歳、5 歳については、経過時間とともに甲状腺残留率の差が顕著に見られた。逆に 10 歳、15 歳、大人の甲状腺残留率の差は僅かであり、ほとんど同じ変動を示した。

図 4 に示した通り、原子力災害時における住民の元素状  $^{131}\text{I}$  吸入摂取時の甲状腺残留率は、年齢によって程度が異なり、時間経過に伴って変動する。「1. はじめに」で示した通り、甲状腺測定は、甲状腺中  $^{131}\text{I}$  の放射能を検出できる期間内に実行することが重要となる。したがって、原子力災害時における住民の甲状腺モニタリングについて議論を行うにあたっては、モニタリング対象者の年齢別及び  $^{131}\text{I}$  吸入摂取からの経過時間を考慮することが重要となる。

### 3. 日本における住民の甲状腺モニタリングの実施方針

原子力災害対策指針<sup>10)</sup>に記載された「甲状腺簡易測定のスル値の見直し」について検討するにあたり、日本における現行の甲状腺モニタリングの実施方針について整理する必要がある。日本における原子力災害時の住民の甲状腺モニタリングについては、1F事故以前は「緊急被ばく医療の知識<sup>12)</sup>」において方法等が示されていたものの、具体的な実施内容までは決められておらず、1F事故時に行われた福島県民を対象とした甲状腺測定<sup>6)</sup>は、量・質ともに課題が残る結果であった。

原子力規制庁は、1F事故時の甲状腺モニタリングの経験を踏まえ、高バックグラウンド環境下でも測定が可能、可搬で小型、高感度、放射性ヨウ素を特定できるスペクトル分析が可能な甲状腺モニタの開発を進めてきた<sup>25)26)</sup>。開発した甲状腺モニタを用いて、甲状腺モニタリングを的確に実施できる体制を構築することを目的として、原子力規制委員会は2021年2月に甲状腺モニタリング検討チームを設置し、原子力災害時における住民の甲状腺モニタリングの具体的な実施内容について議論を行った<sup>9)</sup>。議論された内容は、「緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チーム会合報告書」として原子力規制委員会において報告され、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>の改正に活用された。

本章では、現行の原子力災害対策指針<sup>10)</sup>に記載された甲状腺モニタリングに関する内容について、全4回(2021年2月～7月)の甲状腺モニタリング検討チーム会合や、原子力規制委員会で行われた議論を基に、記載内容の設定根拠や想定事象等の整理を行った。

#### 3.1 甲状腺モニタリングの対象とする者

以下に、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>に記載された「甲状腺モニタリングの対象とする者」に係る主な内容を抜粋する。

##### 第3 緊急事態応急対策

##### (5) 防護措置及びその他の必要な措置

##### ⑥甲状腺被ばく線量モニタリング

##### (i)対象とする者

対象とする者は、OILに基づく防護措置として避難又は一時移転を指示された地域に居住する住民等(放射性物質が放出される前に予防的に避難した住民等を除く。)であって、19歳未満の者、妊婦及び授乳婦を基本とする。また、乳幼児については、測定が困難な場合には行動を共にした保護者等を測定することで乳幼児の線量を推定する。

なお、原子力災害等の状況に応じて対象とする地域を見直すなどにより、対象とする者について柔軟に対応する必要がある。

この中で、甲状腺モニタリング検討チーム会合等において議論された「(1)甲状腺モニタリングの対象地域」、「(2)甲状腺モニタリングの対象年齢群」、「(3)甲状腺測定が困難な乳幼児の甲状腺モニタリング」の設定根拠について整理した。

### (1)甲状腺モニタリングの対象地域

「甲状腺モニタリングの対象地域」については、甲状腺モニタリング検討チームの第1回会合において議論された。会合では、環境中に放射性物質が放出された場合、緊急防護措置を準備する区域（Urgent Protective Action Planning Zone、以下「UPZ」という）圏内の地表面沈着に起因する空間放射線量率と、放射性プルーム吸入による住民の甲状腺内部被ばく線量には一定の相関関係がある事が報告された。また、防護措置を講じない大人が屋外で1週間滞在した場合、甲状腺内部被ばく線量（mSv）/空間線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）の比が1.6になるとの計算結果が報告された。甲状腺内部被ばく線量（mSv）/空間線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）を算出するにあたって設定された主な計算条件を以下に示す。これら計算条件は、環境へ放出された放射性物質の組成等、計算結果に影響を及ぼすいくつかの変動要因を考慮し、現実的に甲状腺内部被ばく線量が安全側の評価となるよう設定された。

- 想定事故：放射性物質が環境中へ放出
- 炉心内蔵量：80万kWe級加圧水型軽水炉をモデル
- 環境への放出量： $^{137}\text{Cs}$ の放出量100TBq基準にその他核種の放出量を換算
- 炉停止から放出開始までの時間：24時間
- 放出高さ：50m
- 気象条件：1年間の気象データから248通りをサンプリング（茨城県東海地区）
- 甲状腺被ばく経路：外部被ばく（放射性プルーム・地表沈着）及び内部被ばく（吸入）
- 対象者：大人（防護措置無し）
- 大気中拡散・被ばく線量評価に使用した計算コード：OSCAAR<sup>26)</sup>

同会合において報告された「 $^{131}\text{I}$  急性吸入時の甲状腺等価線量変換係数及び呼吸量の年齢依存性」を表3に示す。甲状腺等価線量変換係数（Sv/Bq）及び呼吸量（ $\text{m}^3/\text{d}$ ）はICRP<sup>17)</sup>にて示された数値が用いられた。また、 $^{131}\text{I}$ の化学形：粒子状は、住民の内部被ばく線量評価を安全側に行うにあたってICRPが推奨しているAMAD：1 $\mu\text{m}$ 、クリアランス：速い成分が採用された。

同じ空間に滞在した住民の放射性プルーム吸入による甲状腺内部被ばく線量には年齢依存性があり、甲状腺等価線量変換係数（Sv/Bq）と呼吸量（ $\text{m}^3/\text{d}$ ）の積によって特徴づけられる。表3に示した通り、甲状腺内部被ばく線量が最も大きくなる条件は、1歳児が粒子状の $^{131}\text{I}$ を吸入した場合で、大人の甲状腺内部被ばく線量を1とした場合、約2.2になると計算された。

表 3 <sup>131</sup>I 急性吸入時の甲状腺等価線量変換係数及び呼吸量の年齢依存性<sup>9)</sup>

対象 (年齢)	1日呼吸量 (m <sup>3</sup> )	線量係数(Sv/Bq) 粒子状 (1 μm, F)	成人に 対する比	線量係数(Sv/Bq) 元素状	成人に 対する比
3ヶ月児	2.86	1.4 × 10 <sup>(-6)</sup>	1.2	3.3 × 10 <sup>(-6)</sup>	1.1
1歳児	5.16	1.4 × 10 <sup>(-6)</sup>	2.2	3.2 × 10 <sup>(-6)</sup>	1.9
5歳児	8.72	7.3 × 10 <sup>(-7)</sup>	1.9	1.9 × 10 <sup>(-6)</sup>	1.9
10歳児	15.3	3.7 × 10 <sup>(-7)</sup>	1.7	9.5 × 10 <sup>(-7)</sup>	1.7
15歳児	20.1	2.2 × 10 <sup>(-7)</sup>	1.3	6.2 × 10 <sup>(-7)</sup>	1.4
成人	22.2	1.5 × 10 <sup>(-7)</sup>	1	3.9 × 10 <sup>(-7)</sup>	1

OIL2（初期設定値：20 μSv/h）地域における1歳児の甲状腺内部被ばく線量は、大人の甲状腺内部被ばく線量（mSv）/空間線量率（μSv/h）の1.6と、大人の甲状腺内部被ばく線量に対する比の2.2を用いて、以下の式より約70数mSvと計算された。

1歳児の甲状腺内部被ばく線量

$$\begin{aligned}
 &= \text{空間線量率}(\mu\text{Sv/h}) \cdot \left[ \frac{\text{大人の甲状腺内部被ばく線量}(\text{mSv})}{\text{空間線量率}(\mu\text{Sv/h})} \right] \\
 &\quad \cdot \left[ \frac{\text{1歳児の甲状腺等価線量変換係数}(\text{Sv/Bq}) \cdot \text{1歳児の呼吸量}(\text{m}^3/\text{d})}{\text{大人の甲状腺等価線量変換係数}(\text{Sv/Bq}) \cdot \text{大人の呼吸量}(\text{m}^3/\text{d})} \right] \\
 &= 20(\mu\text{Sv/h}) \cdot 1.6((\text{mSv})/(\mu\text{Sv/h})) \cdot 2.2((\text{m}^3/\text{d})/(\text{m}^3/\text{d})) \\
 &\approx 70 \text{数}(\text{mSv})
 \end{aligned}$$

1歳児の甲状腺内部被ばく線量の約70数mSvは、屋外で1週間滞在する想定で計算されたものであり、現行の原子力災害対策指針にて計画されている放射性プルーム放出時の屋内退避を考慮した場合、IAEAにて示された安定ヨウ素剤の服用基準50mSv（最初の7日間）を下回るだろうと報告された。同様に、OIL1（初期設定値：500 μSv/h）及びOIL2（初期設定値：20 μSv/h）超過地域以外の空間線量率が比較的低い地域においても、住民の甲状腺内部被ばく線量は50mSvを上回ることはないだろうとも報告された。また、事故の態様や放射性物質の拡散状況等による不確かさがあるため、状況に応じて対象地域を見直す必要がある旨が報告された。

以上の検討を踏まえ、甲状腺モニタリング検討チームでは、甲状腺モニタリングの対象地域としてOIL1及びOIL2に基づく防護措置の対象となった地域を基本とし、事故の状況に応じて対象地域を見直すことが提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>においては、甲状腺モニタリングの対象地域として「OILに基づく防護措置として避難又は一時移転を指示された地域」が設定され、「原子力災害等の状況に応じて対象とする地域を見直す」ことが記載された。

## (2)甲状腺モニタリングの対象年齢群

「甲状腺モニタリングの対象年齢群」については、甲状腺モニタリング検討チームの第1回及び第4回会合において議論された。会合においては、甲状腺モニタリングの対象者は、甲状腺の放射線感受性のより高い者を優先すべきだろうという方針のもと議論が展開された。放射線感受性のより高い者を選定するにあたっては、チェルノブイリ原発事故後の小児甲状腺がんの増加を調査した論文や、年齢が若いほど放射線による甲状腺がんリスクが高いと推定した論文等が参考にされた。また、表3に示した通り、同じ空間に異なる年齢群の住民が滞在した場合、1歳及び5歳の年齢群の甲状腺内部被ばく線量が高くなること、1F事故後の福島県民健康調査<sup>7)</sup>では19歳未満の住民を対象に甲状腺検査が実施された経験等が紹介された。以上の議論を踏まえ、甲状腺モニタリング検討チームでは、甲状腺モニタリングの対象とする年齢群として19歳未満が提案された。また、ICRP及びIARCでは、母親が取り込んだ放射性物質による胎児への放射線影響や、授乳を介した乳児の内部被ばくを懸念している旨が報告され<sup>3)28)29)</sup>、放射線感受性のより高い胎児及び乳幼児の線量評価の観点から、甲状腺モニタリングの対象として妊婦・授乳婦を追加することが提案された。甲状腺モニタリング検討チームでは、大人を対象とした甲状腺モニタリングの要否についても議論が行われたが、チェルノブイリ原発事故後の調査や、広島・長崎の原爆被爆者の健康影響に対する疫学調査結果からは、大人の甲状腺がんのリスク増加を示唆する確立したエビデンスがないことが報告され、甲状腺モニタリングを優先すべき対象年齢群から大人は除外することが提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>においては、甲状腺モニタリングの対象年齢群として「19歳未満の者、妊婦及び授乳婦」を基本とする方針が記載された。

## (3)甲状腺測定が困難な乳幼児の甲状腺モニタリング

「甲状腺測定が困難な乳幼児の甲状腺モニタリング」については、甲状腺モニタリング検討チームの第3回及び第4回会合において議論された。会合において、乳幼児は他年齢群と比べて呼吸量が少なく、甲状腺中<sup>131</sup>Iの残留期間も短いことから、甲状腺測定上不利な条件であることが問題として挙げられた。また、乳幼児は頸部が短く、測定器検出部を密着させての甲状腺測定が困難であることも問題として挙げられた。甲状腺モニタリング検討チームでは、これら問題に対応するため、乳幼児の甲状腺内部被ばく線量を、行動を共にした大人の甲状腺測定結果から推定する方法について検討が行われた。

図 5 に会合にて報告された「100 mGy 相当の  $^{131}\text{I}$  を急性吸入摂取した乳幼児の甲状腺測定における NaI サーベイメータの測定値」を示す。乳幼児の甲状腺内部被ばく線量を大人の甲状腺測定結果から推定するにあたっては、両者の呼吸量や甲状腺等価線量変換係数、甲状腺中  $^{131}\text{I}$  に対する NaI サーベイメータの応答効率の違いが考慮された。図 5 に示した通り、乳幼児本人の甲状腺測定を行う場合と、大人の甲状腺測定結果で代替する場合を比較したところ、大人で代替した場合の方が同期間での NaI サーベイメータ測定値が高くなり、甲状腺測定の実施期間が延長されることが分かった。大人で代替することで、甲状腺測定上の不利な条件が緩和されること、甲状腺測定が困難な乳幼児に対しても甲状腺モニタリングを実施可能となることが報告された。以上の検討を踏まえ、甲状腺モニタリング検討チームでは、乳幼児の甲状腺モニタリングを行うことを目的に、乳幼児と行動を共にした大人を甲状腺測定の対象として追加することが提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>では、乳幼児の甲状腺モニタリングについて、「甲状腺測定が困難な場合は、行動を共にした保護者等を測定することで乳幼児の線量を推定する」方針が記載された。

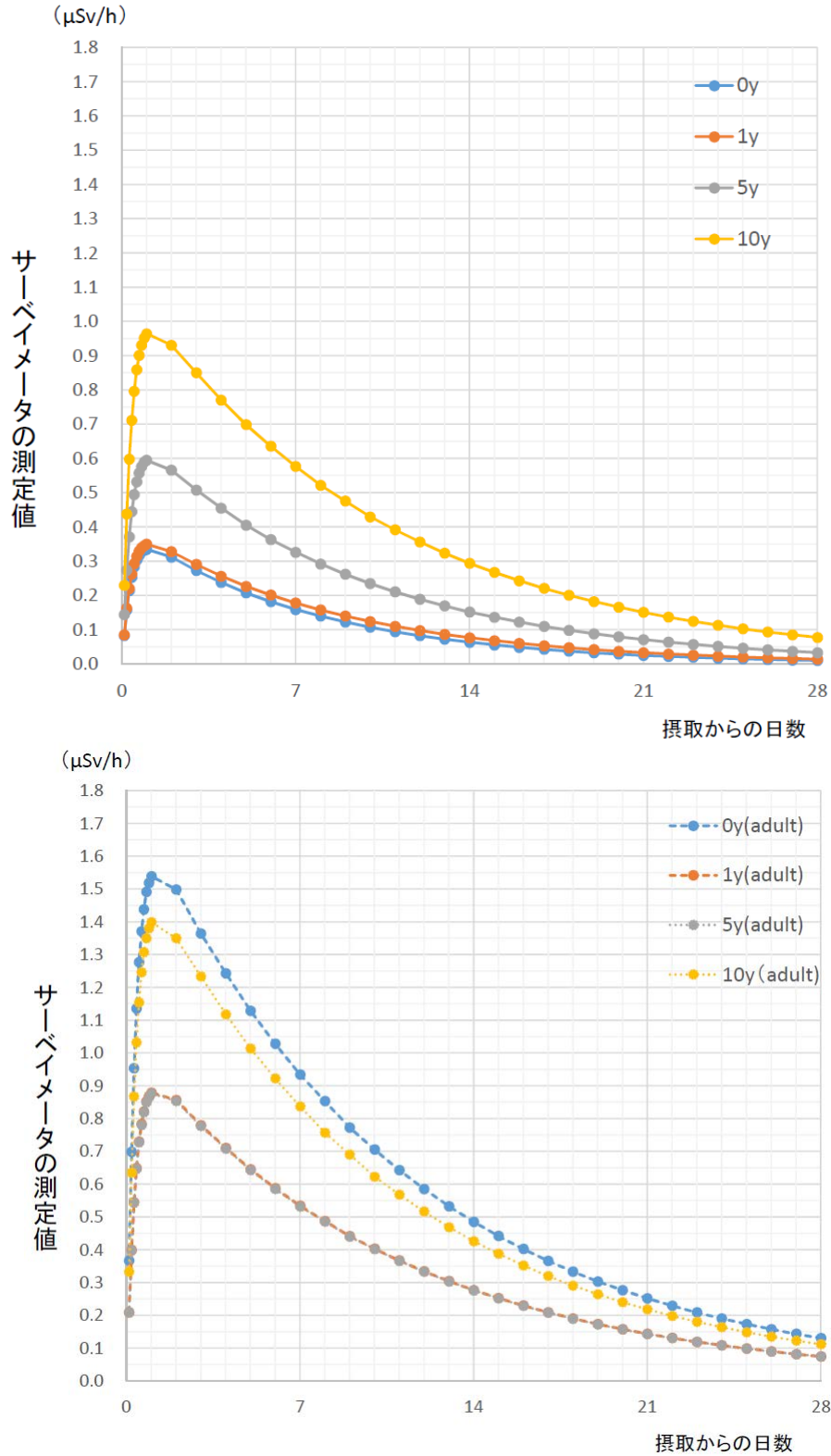


図5 100 mGy 相当の  $^{131}\text{I}$  を急性吸入摂取した乳幼児の甲状腺測定における NaI サーベイメータの測定値<sup>9)</sup>  
 (上：乳幼児本人で測定した場合、下：乳幼児を大人で代替測定した場合)

### 3.2 甲状腺モニタリングの実施方法及び実施期間

以下に、現行の原子力災害対策指針<sup>10</sup>に記載された「甲状腺モニタリングの実施方法及び実施期間」に係る主な内容を抜粋する。

#### 第3 緊急事態応急対策

##### (5) 防護措置及びその他の必要な措置

##### ⑥ 甲状腺被ばく線量モニタリング

##### (iii) 実施方法及び実施期間

まず、(i)に掲げる者に簡易測定を行い、スクリーニングレベル(注)を超える者を対象として詳細測定を行う。なお、これらの測定結果は、個人情報の保護の観点から適切に管理する必要がある。

##### (注) スクリーニングレベル

スクリーニングレベルは、毎時0.2マイクロシーベルトを目安とする。当該値は我が国において周辺線量当量率の測定のために広く用いられているNaI(Tl)サーベイメータを利用した場合の値である。なお、原子力災害等の状況に応じて、国はスクリーニングレベルを適切に見直す必要がある。

##### (イ) 簡易測定

簡易測定は、NaI(Tl)サーベイメータを用いて実施する。簡易測定の実施期間は、吸入摂取からおおむね3週間内を基本とし、この期間を超える場合には、簡易測定ではなく詳細測定を行う。

##### (ロ) 詳細測定

詳細測定は、スクリーニングレベルを超える者を対象として、甲状腺モニタを用いて実施する。詳細測定の実施期間は、吸入摂取からおおむね4週間内を基本とし、この期間を超える場合には、代替としてホールボディカウンタを用いた測定を行い、核種組成から放射性ヨウ素の線量推定を行う。

なお、国立研究開発法人において可搬型の甲状腺モニタが開発されたが、今後製品化され普及が見込まれる段階において、当該甲状腺モニタを用いた実施体制等について改めて検討し本指針に記載する。

この中で、甲状腺モニタリング検討チーム会合等において議論された「(1)甲状腺モニタリングの実施方法」、「(2)甲状腺簡易測定及び甲状腺詳細測定の実施機器」、「(3)甲状腺簡易測定のSL及び実施期間」、「(4)甲状腺簡易測定のSLの見直し」、「(5)甲状腺詳細測定の実施期間」について、その設定根拠を整理した。



### (1)甲状腺モニタリングの実施方法

「甲状腺モニタリングの実施方法」については、甲状腺モニタリング検討チームの第2回及び第4回会合において議論された。これら会合では、原子力災害時において、甲状腺モニタリング対象者の人数を事前把握することは困難であり、対象者が大多数となった場合、対象者全員に対して甲状腺内部被ばく線量推定のための詳細な甲状腺測定を実施できない状況に陥ることが問題として挙げられた。この問題に対応するため、甲状腺モニタリング検討チームでは、甲状腺内部被ばくのスクリーニング目的の甲状腺簡易測定と、SLを超えた者に対して定量的かつ、より正確に甲状腺中ヨウ素の放射能を測定する目的の甲状腺詳細測定が設定された。そして、モニタリング対象者全員に対して甲状腺簡易測定を行い、甲状腺内部被ばくリスクがより懸念される個人を抽出し、その後、抽出した個人に対して甲状腺詳細測定を行い、得られた測定結果から個人の甲状腺内部被ばく線量を推定する実施方法が提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>においては、甲状腺モニタリングの実施方法として「甲状腺簡易測定を行い、スクリーニングレベルを超える者を対象として甲状腺詳細測定を行う」方針が記載された。

### (2)甲状腺簡易測定及び甲状腺詳細測定の実施機器

「甲状腺簡易測定及び甲状腺詳細測定の実施機器」については、甲状腺モニタリング検討チームの第2回会合において議論された。会合では、甲状腺測定に用いられる機器としてNaIサーベイメータ、可搬型スペクトロメータ、高純度Ge半導体型甲状腺モニタの活用について議論された。図6に会合にて報告された甲状腺中ヨウ素の放射能測定に用いられる機器を示す。これら機器のうち、甲状腺簡易測定には迅速かつ簡便に取り扱うことが可能で、現状で広く普及しているNaIサーベイメータの採用を基本とすることが提案された。



機器	NaI(Tl) サーベイメータ	可搬型スペクトロメータ	甲状腺モニタ
外観(写真)			
結晶	NaI(Tl)	NaI(Tl), LaBr <sub>3</sub> (Ce) etc.	高純度Ge
エネルギー分解能	—	良	優
測定時間(1名)	1.5~2分間	3~5分間	3~10分間
測定人数(1時間)	~30人	~10人	~5人
コスト	低	中	高
操作性	容易	やや難(スペクトル測定)	中(スペクトル測定)
欠点	核種同定は不可	操作性(解析はPC上)	移動は基本的に不可

図6 甲状腺中ヨウ素の放射能測定に用いられる機器<sup>9)</sup>

甲状腺詳細測定には、原子力規制庁の放射線安全規制研究推進事業において開発された可搬型の甲状腺モニタ（以下「新甲状腺モニタ」という）を用いることが検討された<sup>9)</sup>。会合にて報告された新甲状腺モニタを図7、8に示す。新甲状腺モニタは、「高バックグラウンド環境下でも測定可能、可搬で小型、高感度、放射性ヨウ素を特定できるスペクトル分析が可能」との開発方針の下、量研機構及び原子力機構によって開発された<sup>24)25)</sup>。量研機構の甲状腺モニタには検出部に GAGG シンチレータが採用されており、小児・乳幼児用、大人用の複数のプローブがあるため、年齢にあわせた甲状腺測定が可能であるという特徴が報告された。原子力機構の甲状腺モニタには検出部に LaBr<sub>3</sub>(Ce)シンチレータが採用されており、高バックグラウンド線量率下での測定が可能であるという特徴が報告された。

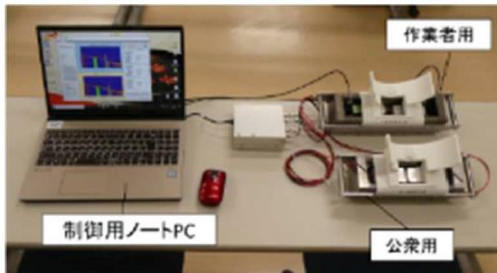
【機器概要】	【測定性能】
・ 検出素子 : GAGG シンチレータ	・ 2.5 $\mu$ Sv/h の環境下、180 秒測定で約 300Bq
・ 電源供給 : 制御用ノート PC から給電	(参考 : 乳児の甲状腺等価線量 10 mSv に相当する <sup>131</sup> I
・ 重 量 : 約 1.5 kg (成人用)	甲状腺残留量→吸入摂取から 1 週間後で約 300 Bq)



(左) 成人用 (右) 小児・乳幼児用 乳児測定イメージ

図7 量研機構が開発した甲状腺モニタ<sup>9)</sup>

【機器概要】	【測定性能】
・ 検出素子 : LaBr <sub>3</sub> (Ce)シンチレータ (公衆用)	・ 20 $\mu$ Sv/h の環境下*、150 秒測定で小児約
・ 電源供給 : 制御用ノート PC から給電	650Bq、成人 約 950Bq (摂取 5 日後甲状腺
・ 重 量 : 約 14.4 kg (遮蔽体含む)	等価線量 : 10mSv 以下) * <sup>137</sup> Cs 標準場で試験



開発された甲状腺モニタシステム 測定のイメージ

図8 原子力機構が開発した甲状腺モニタ<sup>9)</sup>

これら新甲状腺モニタは、特定国立研究開発法人産業技術総合研究所によって、JIS Z 4343:2015「体内放射能測定措置— $\gamma$ 線放出核種（エネルギー100keV以上 3000keV以下）—」の基本性能試験に基づいた第三者評価が行われ、甲状腺詳細測定を実施できる性能を有していることが評価された<sup>9)</sup>。ただし、新甲状腺モニタは自治体への普及など実施体制構築までには時間を要することから、体制構築までの間は、現状で原子力災害拠点病院等に配備され、測定要員も確保されている既存の高純度 Ge 半導体型甲状腺モニタを用いて甲状腺詳細測定を行うことが提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針においては、「甲状腺簡易測定は NaI サーベイメータを使用」、「甲状腺詳細測定は甲状腺モニタを使用」する方針が記載された。また、「国立研究開発法人において開発された可搬型の甲状腺モニタの普及が見込まれる段階において、実施体制等を改めて検討」する内容が記載された。

### (3)甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間

「甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間」については、甲状腺モニタリング検討チームの第2回、第3回及び第4回会合において議論された。会合では、SLの具体的数値（NaI サーベイメータによる1cm線量当量率の測定値[ $\mu$ Sv/h]）を設定するにあたって「判断レベル」、「吸入摂取シナリオ」、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつき」について考慮する必要があることが報告された。

「判断レベル」については、国際機関から示された安定ヨウ素剤の服用基準や、医学的フォローアップの基準等を参考に、設定方針について議論が展開された。会合にて報告された国際機関の甲状腺被ばくに係る線量基準を図9に示す。

<p>国際原子力機関（IAEA）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 「IAEA GSR Part7 (2015)」 甲状腺等価線量50mSv（最初の7日間で）：安定ヨウ素剤の服用基準</li> <li>▪ 「IAEA EPR-NPP-OILs (2017)」 甲状腺の預託等価線量100mSv：医学的フォローアップのための甲状腺預託等価線量</li> </ul> <p>国際がん研究機関（IARC）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 「IARC Technical Publication No. 46」 胎児期又は小児期又は思春期に100～500mGy以上の甲状腺線量を被ばくした者：長期の甲状腺健康モニタリングプログラム（超音波検査などの医学的健康調査）の提供を検討するよう提言されている”よりリスクの高い個人”</li> </ul>
---

図9 国際機関の甲状腺被ばくに係る線量基準<sup>9)</sup>

会合では、これら基準のうち 100 mSv が様々な場面において基準として採用されていること、最近の疫学研究では 100 mSv 以下の甲状腺がんリスク上昇に関する論文も出ており、リスクコミュニケーションの観点から 100 mSv 以下も注目する必要があることなどが報告された。ただ一方、判断レベルとして低い値を採用した場合、NaI サーベイメータの性能上の制約により、甲状腺簡易測定を実行できない状況に陥ることが問題として挙げられ、判断レベルとして、IAEA の安定ヨウ素剤の服用基準：50 mSv を下回る値の採用は不相当であると指摘された。そのため、スクリーニングレベルに関わる不確かさを考えた時に IARC の甲状腺健康モニタリングプログラム提供検討の基準：500 mGy は最低限確保しつつ、甲状腺簡易測定の実行性を踏まえてできるだけ低い値を目指すことが適当であると報告された。

以上より、「判断レベル」の設定にあたっては、「国際機関の示す甲状腺被ばく線量基準等を念頭に、最低限守るべきレベルを確保すると同時に、低線量での甲状腺がんのリスクに関する科学的知見を踏まえて、測定の実施可能性を考慮しながら、できるだけ低いレベルを目指すこと」が甲状腺モニタリング検討チームから提案された。

「吸入摂取シナリオ」については、短期間に一時的に  $^{131}\text{I}$  を吸入摂取する場合の「急性摂取シナリオ」と、一定の期間連続して  $^{131}\text{I}$  を吸入する場合の「慢性摂取シナリオ」の 2 つのシナリオが紹介され、SL を設定するにあたり、想定が適当となるシナリオについて議論が行われた。図 10 に NaI サーベイメータの測定値  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  に対する甲状腺吸収線量と測定日の関係を示す。本計算では、0 歳時の甲状腺簡易測定結果が  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  だった場合、「急性摂取シナリオ」及び「慢性摂取シナリオ」を想定した時の甲状腺吸収線量の違いが報告された。図 10 より、甲状腺簡易測定結果を用いて甲状腺吸収線量を推定する場合、「急性摂取シナリオ」を想定した方が、甲状腺内部被ばく線量を安全側に見積もることが報告された。

以上より、「吸入摂取シナリオ」については、安全側に甲状腺内部被ばく線量を評価する観点から、「急性摂取シナリオ」を想定することが甲状腺モニタリング検討チームから提案された。

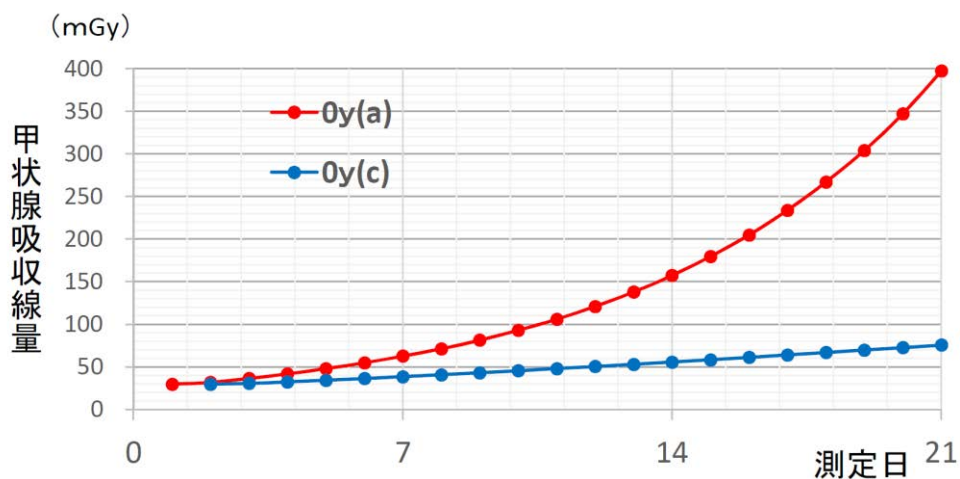


図 10 NaI サーベイメータの測定値  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  に対する甲状腺吸収線量と測定日の関係<sup>9)</sup>  
 ((a):急性摂取シナリオ、(c):慢性摂取シナリオ)

「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつき」については、測定場所の空間線量率に起因する NaI サーベイメータ測定値の統計的変動と、測定者の技能の違い(主にプローブ位置の違いに起因) による NaI サーベイメータ測定値のばらつきに注目することが報告され、これらを考慮した SL の設定方法について議論が行われた。

図 11 に会合にて報告された甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつきを示す。NaI サーベイメータ測定値のばらつき算出にあたっては、日本レイテック (株) 製の NaI サーベイメータ (型式 : TCS-172B) が代表機種として選定された。また、高度被ばく医療支援センターが実施している「甲状腺簡易計測研修」において得られた測定結果<sup>30)</sup>を用いて測定値ばらつきの評価が行われた。「甲状腺簡易計測研修」では、強度の異なる<sup>131</sup>I 模擬線源が頸部箇所に取りめられた複数のマネキン頭部に対して NaI サーベイメータを用いた甲状腺簡易測定が行われ、測定者全員が読みとった測定値から測定者の技能の違いによるばらつきが評価された。また、空間線量率に起因する放射線計測の統計的変動を評価するため、通常バックグラウンド (~0.05  $\mu\text{Sv/h}$ ) と、高いバックグラウンド (~0.5  $\mu\text{Sv/h}$ ) の環境下において甲状腺簡易測定が行われた。図 11 より、NaI サーベイメータの正味値が 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  以上の場合には、空間線量率に起因する統計的変動が小さくなること、測定者の技能の違いによる測定値のばらつきは $\pm 20\%$ 程度 ( $1\sigma$ ) であることが報告された。

以上より、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつき」については、空間線量率の影響を受けにくい NaI サーベイメータ測定値として 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  を目安とすること、測定者の技能の違いによる測定値のばらつきとして、測定値に $\pm 20\%$ 程度 ( $1\sigma$ ) の誤差を盛り込むことが甲状腺モニタリング検討チームから提案された。

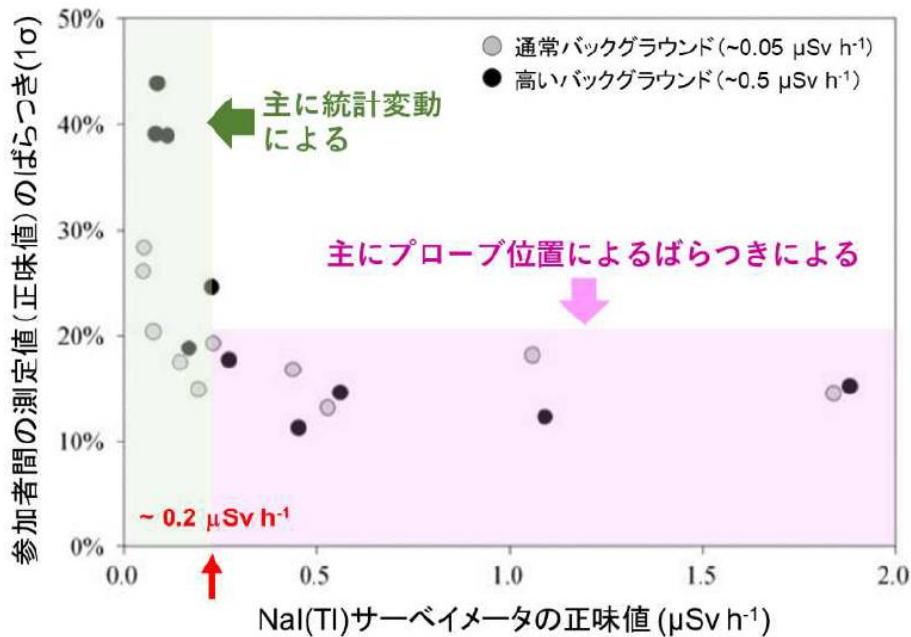


図 11 甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつき<sup>9)</sup>

上述の「判断レベル」及び「吸入摂取シナリオ」、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつき」での議論を踏まえ、甲状腺簡易測定の実施期間が試算され、甲状腺簡易測定の実運用面での実行可能性について検討が行われた。

図 12 に会合にて報告された  $^{131}\text{I}$  吸入摂取時における年齢別の NaI サーベイメータの測定値を示す。本計算では、様々な場面において基準として活用されている 100 mGy を判断レベルとして、空間線量率の影響を受けにくい NaI サーベイメータの測定値：0.20  $\mu\text{Sv/h}$  を SL として採用し、実施期間の試算が行われた。また、吸入摂取シナリオは急性摂取が想定され、0 歳、1 歳、5 歳は大人の甲状腺測定結果で代替することとし計算が行われた。図 12 より、NaI サーベイメータの測定値：0.20  $\mu\text{Sv/h}$  を SL として採用した場合の実施期間は、0 歳（大人で代替測定）で約 23 日、1 歳（大人で代替測定）で約 17 日、5 歳（大人で代替測定）で約 17 日、10 歳（本人の測定）で約 18 日、15 歳（本人の測定）で約 20 日となり、大凡 3 週間内に甲状腺測定を行うことが出来れば、判断レベル：100 mGy とした時の甲状腺簡易測定が実施可能であることが報告された。

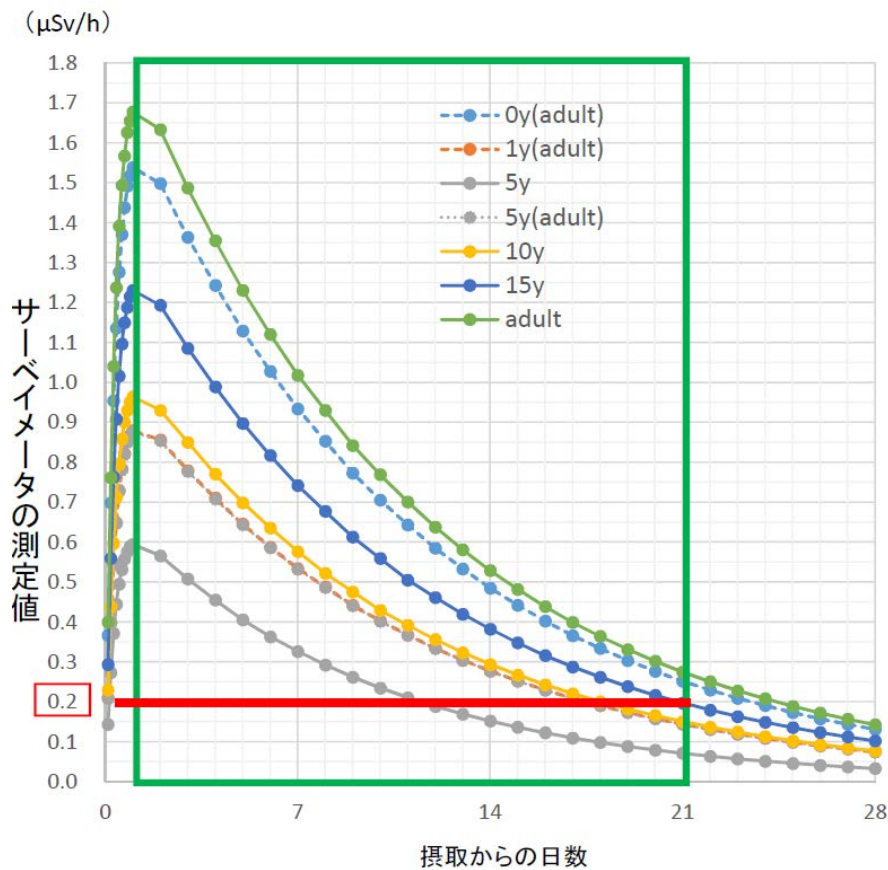


図 12 急性摂取シナリオにおける 100 mGy 相当摂取時のサーベイメータ測定値<sup>9)</sup>

図 13 に、会合にて報告された UPZ 内人口 20 万人を想定した場合の甲状腺簡易測定の測定器数及び測定要員数の試算例を示す。本試算では、3 週間以内に甲状腺簡易測定を完了させることを想定し、必要な測定器台数及び測定要員数が算出された。また、甲状腺簡易測定に要する時間として 6 分（測定時間：2 分、本人確認・記録、頸部拭き取り等：4 分）、1 日当たりの甲状腺簡易測定実施時間として 8 時間が想定された。

図 13 より、UPZ 内人口 20 万人を想定した場合、甲状腺簡易測定対象者（19 歳未満、妊婦・授乳婦等）の人数は約 4.2 万人となり、3 週間以内に甲状腺簡易測定を完了させるためには、測定器台数：40 台、測定要員数：80 人が必要であり、実運用面での実行可能性の観点から適当だろうと議論された。実際の原子力災害時には必ずしも試算結果通りとはならないことが懸念事項として挙げられたが、測定要員の動員など追加対応が可能であり、甲状腺簡易測定の実行が不可能となるような決定的な問題は無さそうだと議論された。また、甲状腺簡易測定の SL 等が本試算の想定と異なったとしても、摂取からおおむね 3 週間を経た場合、NaI サーベイメータの測定限界との関係から甲状腺簡易測定は困難になるだろうと議論された。

簡易測定対象人数	<ul style="list-style-type: none"> <li>●UPZ内人口:20万人</li> <li>●19歳未満人口(割合): 約16%(平成27年度国勢調査から)⇒約3.2万人</li> <li>●妊婦、授乳婦、保護者等:約5% ⇒ 約1万人</li> </ul> <p style="text-align: right;">} 計 約4.2万人</p>
簡易測定の能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>●測定時間 約2分、本人確認・記録、頸部拭き取り等 約4分、計6分/1人 ×1時間=約10人</li> <li>⇒時間当たり約10人×40台(仮定)=約400人 ⇒1日(8時間)当たり約3,200人</li> <li>⇒避難所等到着後(吸入摂取後1週間程度)から2週間(14日間)で約44,800人</li> </ul>
試算結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>●試算上、避難所到着後2週間内で約4.4万人を測定可能であり、対象人数に対応ができる</li> <li>⇒吸入摂取から3週間を超過した場合は、詳細測定で対応する</li> </ul>
必要となる測定機器台数及び要員数	<ul style="list-style-type: none"> <li>●測定器:40台</li> <li>●測定要員:測定者40人(1人/台)+記録者40人(1人/台) =計80人</li> <li>※この他、会場設営・運営等の要員、交代要員が必要となる</li> </ul>

図 13 甲状腺簡易測定の測定器数及び測定要員数の試算例<sup>9)</sup>

以上の検討を踏まえ、甲状腺モニタリング検討チームからは「NaI サーベイメータの測定値：0.20 μSv/h を SL の目安とすること」、「甲状腺簡易測定の測定期間は、おおむね 3 週間以内を基本とすること」が提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>においては、「スクリーニングレベルは、毎時 0.2 マイクロシーベルトを目安」、「簡易測定の実施期間は、吸入摂取からおおむね 3 週間内を基本とし、この期間を超える場合には、簡易測定ではなく詳細測定を行う。」と記載された。

#### (4)甲状腺簡易測定の見直し

「甲状腺簡易測定の見直し」については、甲状腺モニタリング検討チームの第2回、及び第4回会合、令和3年度原子力規制委員会第34回会議（令和3年9月22日開催）において議論された。会合等では、原子力災害発生時の甲状腺測定対象者数をあらかじめ把握することはできないこと、実際の事故の態様や放射性物質の拡散状況等によっては、甲状腺簡易測定の対象者数が想定と異なる状況も考えられ、測定対象者数に応じてSL: 0.20  $\mu$ Sv/hを適切に見直す必要があることが報告された。また、甲状腺簡易測定の対象者数に対して測定体制に余裕がある場合、100 mSvよりも低い判断レベルを目指すために、SLを見直すこと、対象者数が極めて多くなりSL: 0.20  $\mu$ Sv/hでは3週間内での測定完了が困難となる場合は、甲状腺簡易測定の実施期間を延ばすため、SLを一段階下げることが考えられると報告された。

以上の検討を踏まえ、甲状腺モニタリング検討チームからは、「事故の態様や放射性物質の拡散状況等に不確かさがあることから、国はSLを適切に見直し判断できる体制をあらかじめ構築しておくことが必要である。」と提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>においては、「原子力災害等の状況に応じて、国はスクリーニングレベルを適切に見直す必要がある。」と記載された。

#### (5)甲状腺詳細測定の実施期間

「甲状腺詳細測定の実施期間」については、甲状腺モニタリング検討チームの第3回及び第4回会合において議論された。図14に会合にて報告された甲状腺内部被ばく線量100 mSvに相当する<sup>131</sup>I急性吸入時の甲状腺残留量を示す。甲状腺残留量の算出にあたっては、判断レベル100 mSv相当の<sup>131</sup>Iを急性吸入した場合が想定された。また、甲状腺詳細測定に用いられる甲状腺モニタの検出下限値として30Bqが想定された。図14より、甲状腺残留量が最も早く減衰する0歳児において、吸入摂取から約40日が経過した場合、甲状腺モニタの検出下限値を下回り、測定困難となることが報告された。また、0歳児の甲状腺詳細測定を確実に実施するためには、安全側に1週間程度余裕を持ち、4週間内を実施期間の基本とすべきだろうと議論された。

甲状腺モニタを用いた甲状腺詳細測定が困難となる4週間以降の対応として、WBCを用いて甲状腺中放射性ヨウ素の放射能を推定することについて議論が行われた。具体的にはWBCを用いて体内の放射性セシウム放射能を測定できれば、核種組成比を用いて甲状腺に集積していたと想定される放射性ヨウ素の放射能を推定可能であること、4週間より前に行われた甲状腺詳細測定結果や環境放射線モニタリング結果を用いれば、信頼性の高い核種組成比が得られること、放射性セシウム以外の放射性物質でも推定可能であることなどが議論された。また、当該推定方法は1F事故時において小児の甲状腺内部被ばく線量推定に活用されたこと、原子力災害時には原子力災害拠点病院や高度被ばく医療支援センター等に設置さ



れている WBC が活用可能であることなどが報告された。

以上の検討を踏まえ、甲状腺モニタリング検討チームからは、「甲状腺詳細測定は、おおむね 4 週間内の実施を基本とすること」、「4 週間を超過する場合には、甲状腺モニタで測定することが困難となるため、ホールボディカウンタを用いて放射性セシウム等の線量を測定し、核種組成から放射性ヨウ素の線量推定を行うことが適切であること」が提案された。

この甲状腺モニタリング検討チームからの提案を受けて、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>においては、「詳細測定の実施期間は、吸入摂取からおおむね 4 週間内を基本とし、この期間を超える場合には、代替としてホールボディカウンタを用いた測定を行い、核種組成から放射性ヨウ素の線量推定を行う。」と記載された。

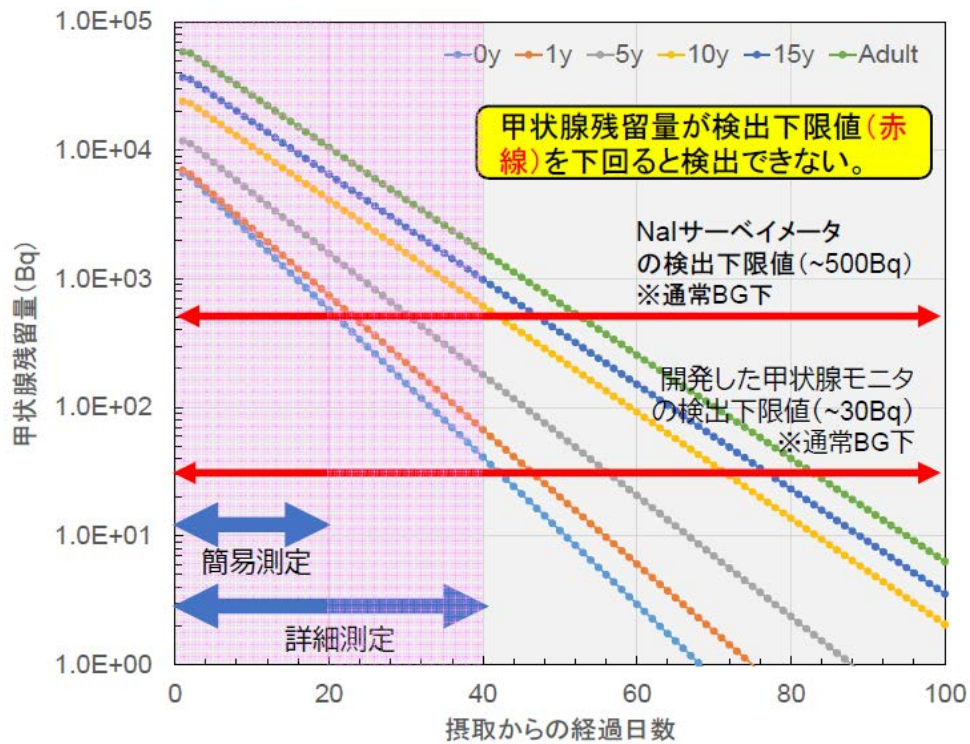


図 14 甲状腺内部被ばく線量 100 mSv に相当する  $^{131}\text{I}$  急性吸入時の甲状腺残留量<sup>9)</sup>

#### 4. 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る検討

「3.2 (4)甲状腺簡易測定のスクリーニングレベルの見直し」で示した通り、現行の原子力災害対策指針<sup>10)</sup>には、原子力災害等の状況に応じて甲状腺簡易測定のスクリーニングレベルを見直す必要がある旨が記載されている。しかしながら、本稿執筆時点において、スクリーニングレベル見直しに係る具体的な方針等は定められていない。

本章では、甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る検討として、甲状腺モニタリング検討チーム等にて議論されたスクリーニングレベル・判断レベル・実施期間の関係及びスクリーニングレベル見直しに係る内容を整理する。そのうえで、スクリーニングレベル毎に判断レベルと実施期間との関係を算出し、スクリーニングレベルを見直した際の甲状腺簡易測定の実行性及び原子力災害時におけるスクリーニングレベル見直しの実際について考察を行う。

##### 4.1 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る内容の整理

「3. 日本における住民の甲状腺モニタリングの実施方針」で示した甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル、判断レベル、実施期間の設定方針について整理したものを図15に示す。

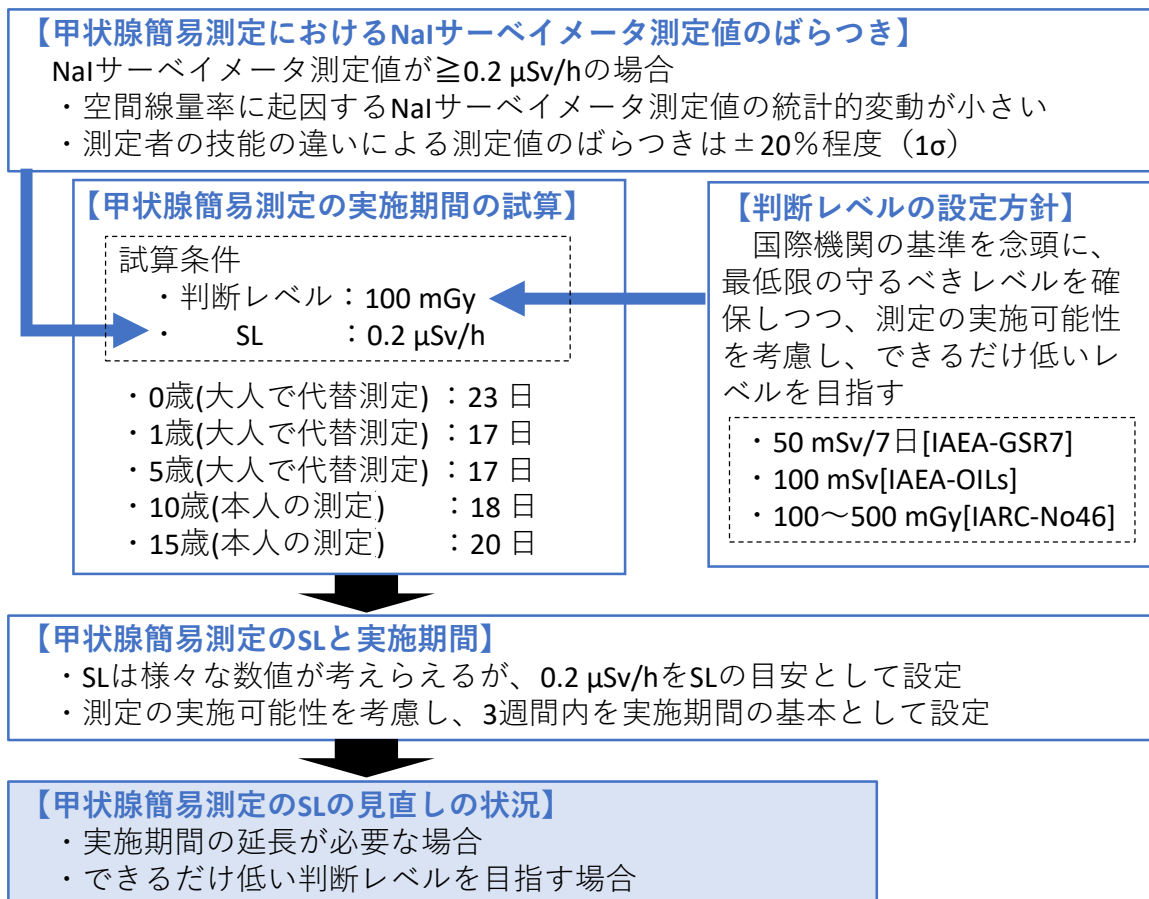


図15 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル、判断レベル、実施期間の設定方針

図 15 に示した通り、SL の目安である  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  は、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値ばらつき： $\pm 20\%$ 」や「判断レベル： $100 \text{ mGy}$ 」、「実施期間：3 週間」との関係を考えて設定された。これら関係を考慮するにあたっては、ICRP の年齢区分で測定対象者を分け、年齢区分毎に甲状腺簡易測定の実行性について検討が行われた。その結果、甲状腺簡易測定上不利な条件である 0 歳・1 歳・5 歳の甲状腺内部被ばく線量を推定するにあたっては、大人の甲状腺簡易測定結果で代替する方針が設定された。また、SL 見直しに関する議論としては、SL を見直す場合の状況として「実施期間の延長が必要な状況」と「できるだけ低い判断レベルを目指す状況」の 2 つが例として挙げられた。

本研究では、甲状腺モニタリング検討チーム等にて議論された甲状腺簡易測定の実施方針に関するこれら内容に則り、SL を見直した際の甲状腺簡易測定の実行性について検討する。ただし、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値ばらつき： $\pm 20\%$ 」については、本検討の対象外とすることとした。「3.2(3) 甲状腺簡易測定 SL 及び実施期間」で示した通り、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値ばらつき： $\pm 20\%$ 」は、空間線量率に起因する NaI サーベイメータ測定値の統計的変動と、測定者の技能の違いによる NaI サーベイメータ測定値のばらつきの 2 つの要因が考慮されている。これら 2 つの要因については、空間線量率が  $0.50 \mu\text{Sv/h}$  の環境下で甲状腺簡易測定を行った場合の NaI サーベイメータ測定値ばらつきから評価された。しかしながら、この甲状腺モニタリング検討チームの議論以降に制定された甲状腺モニタリングマニュアル<sup>10)</sup>では、甲状腺簡易測定の実施場所の空間線量率を  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  未満とすることが記載されている。

空間線量率： $0.20 \mu\text{Sv/h}$  未満の環境下で甲状腺簡易測定を行うという現行の実施方針に対して、空間線量率： $0.50 \mu\text{Sv/h}$  の環境下の NaI サーベイメータ測定値ばらつきを考慮することは適当でないと考えたため、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値ばらつき： $\pm 20\%$ 」を本検討の対象外とすることとした。

## 4.2 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル・判断レベル・実施期間の関係

「4.1 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る内容の整理」で示した甲状腺簡易測定の実施方針を踏まえ、本研究においては、甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル・判断レベル・実施期間の関係を以下の式を用いて表現することとした。

$$Q_i = \frac{JL}{e_i} \quad \dots (1)$$

$$N_i(t) = \frac{Q_i \cdot R_i(t)}{CF_i} \quad \dots (2)$$

$$SL = N_i(T) \quad \dots (3)$$

ここで、

$Q_i$  : 判断レベル $JL$ 相当の甲状腺内部被ばくを引き起こす環境において、年齢群 $i$ の甲状腺測定対象者が吸入すると推定される  $^{131}\text{I}$  放射能(Bq)

$JL$  : 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル(mSv)

$e_i$  :  $^{131}\text{I}$  (ガス状/元素状ヨウ素) 急性吸入時における年齢群 $i$ の甲状腺簡易測定対象者の甲状腺等価線量変換係数(mSv/Bq)

$N_i(t)$  :  $^{131}\text{I}$  急性吸入時からの経過時間 $t$ (日)における年齢群 $i$ の甲状腺簡易測定対象者の NaI サーベイメータ測定値( $\mu\text{Sv/h}$ )

$R_i(t)$  :  $^{131}\text{I}$  急性吸入時からの経過時間 $t$ における年齢群 $i$ の甲状腺簡易測定対象者の甲状腺残留率(Bq/Bq)

$CF_i$  : 年齢群 $i$ の甲状腺簡易測定対象者の甲状腺中  $^{131}\text{I}$  放射能に対する NaI サーベイメータの応答関数(Bq/( $\mu\text{Sv/h}$ ))

$SL$  : 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル ( $\mu\text{Sv/h}$ )

$T$  : 甲状腺簡易測定の実施期間(日)

甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル・判断レベル・実施期間の関係を把握するにあたって、まず始めに式(1)を用いて判断レベル $JL$ 相当の甲状腺内部被ばく線量を引き起こす環境において、甲状腺簡易測定対象者の  $^{131}\text{I}$  吸入量 $Q_i$ を算出した。次に式(2)を用いて  $^{131}\text{I}$  吸入量 $Q_i$ と甲状腺残留率 $R_i(t)$ から経過時間 $t$ における甲状腺中  $^{131}\text{I}$  放射能を算出し、NaI サーベイメータの応答関数 $CF_i$ で除して NaI サーベイメータの測定値 $N_i(t)$ を算出した。そして、式(3)を用いて NaI サーベイメータ測定値 $N_i(t)$ が  $SL$  と同じ数値となる時間を算出し、その時間を甲状腺簡易測定の実施期間 $T$ とした。

また、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>では「乳幼児については、測定が困難な場合には行動を共にした保護者等を測定することで乳幼児の線量を推定する。」と記載されている。乳幼児の判断レベル $JL$ 超過の有無を、保護者の甲状腺簡易測定結果を用いて判断するためには、乳幼児の甲状腺内部被ばく線量が判断レベル $JL$ 相当となる環境において、甲状腺簡易測定対象者となる保護者の $^{131}\text{I}$ 吸入量 $Q_i$ を算出しなければならない。本研究においては、保護者の $^{131}\text{I}$ 吸入量 $Q_i$ を以下の式を用いて表現することとした。

$$Q_i = \frac{JL}{e_i'} \cdot \frac{B_i}{B_i'} \quad \dots (4)$$

ここで、

$e_i'$  :  $^{131}\text{I}$  (ガス状/元素状ヨウ素) 急性吸入時における年齢群 $i$ の乳幼児の甲状腺等価線量変換係数(mSv/Bq)

$B_i$  : 年齢群 $i$ の保護者の呼吸量( $\text{m}^3/\text{d}$ )

$B_i'$  : 年齢群 $i$ の乳幼児の呼吸量( $\text{m}^3/\text{d}$ )

「3.1(1) 甲状腺モニタリングの対象地域」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームでは、各年齢群の甲状腺内部被ばく線量の比を算出するにあたり、各年齢群の呼吸量を用いられた。この甲状腺モニタリング検討チームでの議論を踏まえ、甲状腺簡易測定対象者となる保護者の $^{131}\text{I}$ 吸入量 $Q_i$ を推定するにあたっては、乳幼児と保護者の呼吸量の比を用いることとした。式(4)に示した通り、乳幼児の甲状腺内部被ばく線量が判断レベル $JL$ 相当となる環境において乳幼児の $^{131}\text{I}$ 吸入量を求め、乳幼児の呼吸量 $B_i'$ と保護者の呼吸量 $B_i$ の比を用いて、保護者の $^{131}\text{I}$ 吸入量 $Q_i$ を算出した。

式(1)(4)のパラメータのうち、甲状腺等価線量変換係数 $e_i$ 及び $e_i'$ については「3.1(1) 甲状腺モニタリングの対象地域」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームの議論の中でも用いられた ICRP の $^{131}\text{I}$  (ガス状の元素状ヨウ素) の甲状腺等価線量変換係数<sup>15)</sup>を用いることとした (表 2 参照)。呼吸量 $B_i$ 及び $B_i'$ については、「3.1(1) 甲状腺モニタリングの対象地域」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームの議論の中で用いられた ICRP の呼吸量<sup>9)</sup>を用いることとした (表 3 参照)。また、「3.2 (3)甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームでは、SL の目安である  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  を設定するにあたり、0 歳・1 歳・5 歳の甲状腺簡易測定を大人の甲状腺簡易測定結果で代替することが想定された。このことを踏まえ、乳幼児の甲状腺等価線量変換係数 $e_i'$ 及び呼吸量 $B_i'$ の年齢群 $i$ については 0 歳・1 歳・5 歳を、保護者の呼吸量 $B_i$ の年齢群 $i$ については大人を想定することとした。

式(2)のパラメータのうち、甲状腺残留率 $R_i(t)$ については、「2.4  $^{131}\text{I}$  吸入摂取時における年齢別の甲状腺残留率」で示した通り、ICRP の放射性ヨウ素吸入摂取時の体内動態モデルが組み込まれている MONDAL3<sup>23)</sup>を用いて計算することとした (図 4 参照)。NaI サーベイメー

タの応答関数 $CF_i$ については、具体的数値を入力するためには、甲状腺簡易測定で用いられる NaI サーベイメータの機種を想定しなければならない。原子力災害対策指針<sup>10)</sup>には、甲状腺簡易測定に使用される機器として「我が国において周辺線量当量率の測定のために広く用いられている NaI (TI) サーベイメータ」と記載されている。「3.2 (3) 甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームでは甲状腺簡易測定の SL を設定するにあたって日本レイテック（株）製の NaI サーベイメータ（型式：TCS-172B<sup>31)</sup>）が代表機種として選定された。当該 NaI サーベイメータの甲状腺中 <sup>131</sup>I 放射能に対する測定値の年齢別応答関数を表 4 に示す。これら応答関数は、平成 31 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業「原子力事故時における近隣住民の確実な初期内部被ばく線量の把握に向けた包括的個人内部被ばくモニタリングの確立」<sup>25)</sup>において量研機構から報告された数値である。式 (2)のパラメータのうち NaI サーベイメータの応答関数 $CF_i$ については、日本レイテック（株）製の NaI サーベイメータ（型式：TCS-172B<sup>30)</sup>）を機種として想定し、当該 NaI サーベイメータの応答関数 $CF_i$ として表 4 の数値を用いることとした。

表 4 甲状腺中 <sup>131</sup>I 放射能に対する NaI サーベイメータ測定値の年齢別応答関数<sup>25)</sup>

年齢グループ	0歳	1歳	5歳	10歳	15歳	大人
NaIサーベイメータ <sup>※</sup> の応答関数 (Bq/ $\mu$ Svh <sup>-1</sup> )	2.00E+04	2.00E+04	2.00E+04	2.50E+04	3.00E+04	3.50E+04

※日本レイテック（株）製NaIサーベイメータ（型式：TCS-172B）

#### 4.3 各スクリーニングレベルにおける甲状腺簡易測定の実行性の考察

各 SL における甲状腺簡易測定の判断レベルと実施期間の関係を図 16～23 に示す。各 SL の判断レベル及び実施期間は、式(1)、(2)、(3)、(4)を用いて算出した。主な計算条件を以下に示す。

- 想定核種（化学形）： $^{131}\text{I}$ （ガス状の元素状ヨウ素）
- 摂取シナリオ：急性吸入摂取
- 甲状腺残留率：ICRP の呼吸気道モデル（“ICRP Publication 66”）、体内動態モデル（“ICRP Publications 30, 56, 67, 69, 71”）、胃腸管モデル（“ICRP Publication 30”）より算出
- 甲状腺簡易測定対象者の年齢群等
  - ：0 歳（本人の測定）、0 歳（大人で代替測定）、1 歳（本人の測定）、1 歳（大人で代替測定）、5 歳（本人の測定）、5 歳（大人で代替測定）、10 歳（本人の測定）、15 歳（本人の測定）、大人（本人の測定）
- 甲状腺簡易測定器：日本レイテック（株）製 NaI サーベイメータ（型式：TCS-172B）
- 判断レベル（mGy）：50、100、200、300、400、500
- SL( $\mu\text{Sv/h}$ )：0.025、0.050、0.75、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50

計算条件のうち「想定核種（化学形）」及び「摂取シナリオ」については、「3.2(3)甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームにて SL 設定の際に想定された条件を採用した。

「甲状腺残留率」については、「2.4  $^{131}\text{I}$  吸入摂取時における年齢別の甲状腺残留率」で示した通り、ICRP の放射性ヨウ素吸入摂取時の体内動態モデルが組み込まれている MONDAL<sup>323)</sup>を用いて計算することとした。

「甲状腺簡易測定対象者の年齢群等」については、「3.1(2)甲状腺モニタリングの対象年齢群」及び「3.1(3)甲状腺測定が困難な乳幼児の甲状腺モニタリング」で示した通り、原子力災害対策指針<sup>10)</sup>に定められた甲状腺簡易測定が実施される可能性がある者全員を対象とした。

「甲状腺簡易測定器」については、「3.2(3)甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間」で示した通り、NaI サーベイメータ測定値のばらつき算出にあたって代表機種として選定された日本レイテック（株）製の NaI サーベイメータ（型式：TCS-172B<sup>31)</sup>）を想定した。

「判断レベル」については、「3.2(3)甲状腺簡易測定の SL 及び実施期間」で示した通り、甲状腺モニタリング検討チームにおいて判断レベル設定にあたり参考された国際機関が示す線量基準（図 9 参照）のうち、数値が最も小さい“IAEA GSR part7”の 50 mGy（安定ヨウ素剤の服用基準）から、最も大きい IARC の 500 mGy（甲状腺健康モニタリングプログラム提供の基準の上限値）の範囲の中で代表的な 6 点の値を採用した。

「SL」については、NaI サーベイメータによる甲状腺簡易測定の下限值 0.025  $\mu\text{Sv/h}$ （IARC が示した  $^{131}\text{I}$  の検出可能放射能 500Bq から換算）から、IAEA の EPR-NPP-OILs<sup>32)</sup>にて提

案された OIL8<sub>y</sub>（甲状腺被ばくの運用上の介入レベル）の初期設定値：0.50  $\mu\text{Sv/h}$  の範囲の中で代表的な 8 点の値を採用した。

SL を見直した際の甲状腺簡易測定の実施期間の変動や判断レベルの設定下限値、各年齢群の測定可否等、実行性に関する項目については、現行の原子力災害対策指針で定められている甲状腺簡易測定 SL の目安：0.20  $\mu\text{Sv/h}$  及び実施期間の基本：3 週間、SL の目安：0.20  $\mu\text{Sv/h}$  の設定で採用された判断レベル：100 mGy を比較指標とし考察を行った。また、本計算においては、主な計算条件で示した通り判断レベル及び SL として代表値を採用した。SL を見直した際の甲状腺簡易測定の実行性に関する考察は、これら代表値単位で行うこととした。なお、「3.2 (3)甲状腺簡易測定 SL 及び実施期間」で示した通り、甲状腺簡易測定の実施期間は「0 歳（大人で代替測定）」で約 23 日、「1 歳（大人で代替測定）」で約 17 日、「5 歳（大人で代替測定）」で約 17 日、「10 歳（本人の測定）」で約 18 日、「15 歳（本人の測定）」で約 20 日と計算され、これら計算結果を踏まえ実施期間の基本としておおむね 3 週間が設定された。本研究においては、実施期間の基本：3 週を 21 日と見なし、実施期間が 21 日に最も近い 15 歳（本人の測定）を対象として、SL を見直した際の実施期間に関する考察を行うこととした。

#### 4.3.1 スクリーニングレベル：0.025 $\mu\text{Sv/h}$

SL：0.025  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の実行期間と実施期間との関係を図 16 に示す。現行の甲状腺簡易測定の実行条件である「判断レベル：100 mGy」、「SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間：21 日」を比較指標とし、SL を 0.025  $\mu\text{Sv/h}$  に見直した際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を 0.025  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy [比較指標] とした場合、実施期間（年齢群等：「15 歳（本人の測定）」）は 21 日 [比較指標] から 43 日に延長される結果となった。また、現行の甲状腺簡易測定の実行条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児について、実施期間をそれぞれ「0 歳（本人の測定）」で 21 日以内、「1 歳（本人の測定）」で 23 日以内、「5 歳（本人の測定）」で 31 日以内とすることで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.025  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy [比較指標] から 50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間（年齢群等：「15 歳（本人の測定）」）は、21 日 [比較指標] から、それぞれ 36 日・50 日・55 日・58 日・60 日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5 歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるよう実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ 32 日以内・47 日以内・52 日以内・55 日以内・57 日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。



SL を  $0.025 \mu\text{Sv/h}$  に見直し、実施期間を 21 日[比較指標]とした場合、各年齢群等の判断レベルの設定下限値は「0 歳 (本人の測定)」・「1 歳 (本人の測定)」で 100 mGy、「0 歳 (大人で代替測定)」・「1 歳 (大人で代替測定)」・「5 歳 (本人の測定)」・「5 歳 (大人で代替測定)」・「10 歳 (本人の測定)」・「15 歳 (本人の測定)」・「大人 (本人の測定)」で 50 mGy となった。実施期間を 21 日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

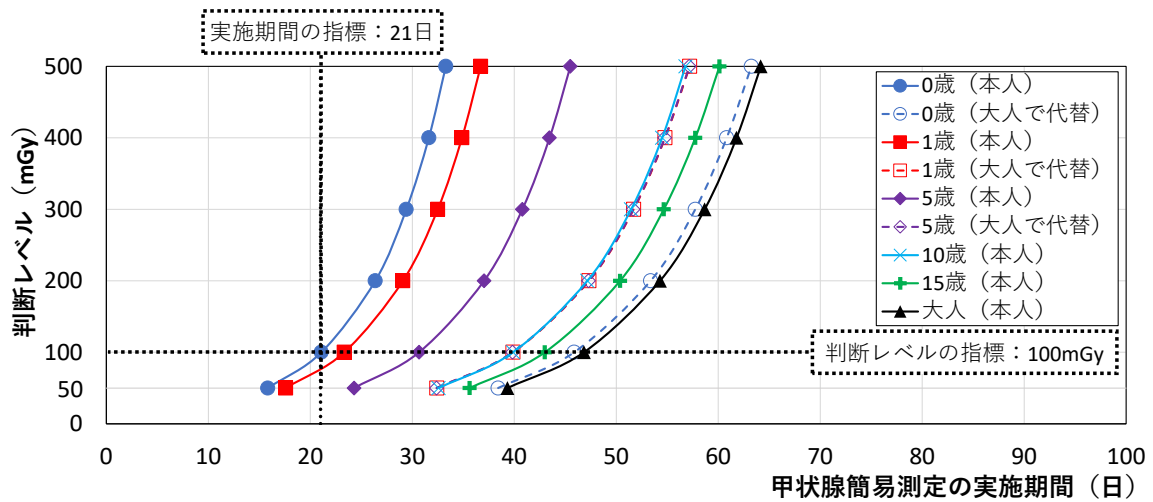


図 16 SL :  $0.025 \mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の判断レベルと実施期間との関係

#### 4.3.2 スクリーニングレベル : $0.050 \mu\text{Sv/h}$

SL :  $0.050 \mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の判断レベルと実施期間との関係を図 17 に示す。現行の甲状腺簡易測定の条件である「判断レベル : 100 mGy」、「SL :  $0.20 \mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間 : 21 日」を比較指標とし、SL を  $0.050 \mu\text{Sv/h}$  に見直した際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を  $0.050 \mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]とした場合、実施期間 (年齢群等 : 「15 歳 (本人の測定)」) は 21 日[比較指標]から 36 日に延長される結果となった。また、現行の甲状腺簡易測定の条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児について、実施期間をそれぞれ「0 歳 (本人の測定)」で 16 日以内、「1 歳 (本人の測定)」で 18 日以内、「5 歳 (本人の測定)」で 24 日以内とすることで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を  $0.050 \mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から 50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間 (年齢群等 : 「15 歳 (本人の測定)」) は、21 日[比較指標]から、それぞれ 28 日・43 日・47 日・50 日・53 日に変更される

結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるよう実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ25日以内・40日以内・44日以内・47日以内・50日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SLを0.050 $\mu$ Sv/hに見直し、実施期間を21日[比較指標]とした場合、各年齢群等の判断レベルの設定下限値は「0歳（本人の測定）」・「1歳（本人の測定）」で200 mGy、「5歳（本人の測定）」で100 mGy、「0歳（大人で代替測定）」・「1歳（大人で代替測定）」・「5歳（大人で代替測定）」・「10歳（本人の測定）」・「15歳（本人の測定）」・「大人（本人の測定）」で50 mGyとなった。実施期間を21日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

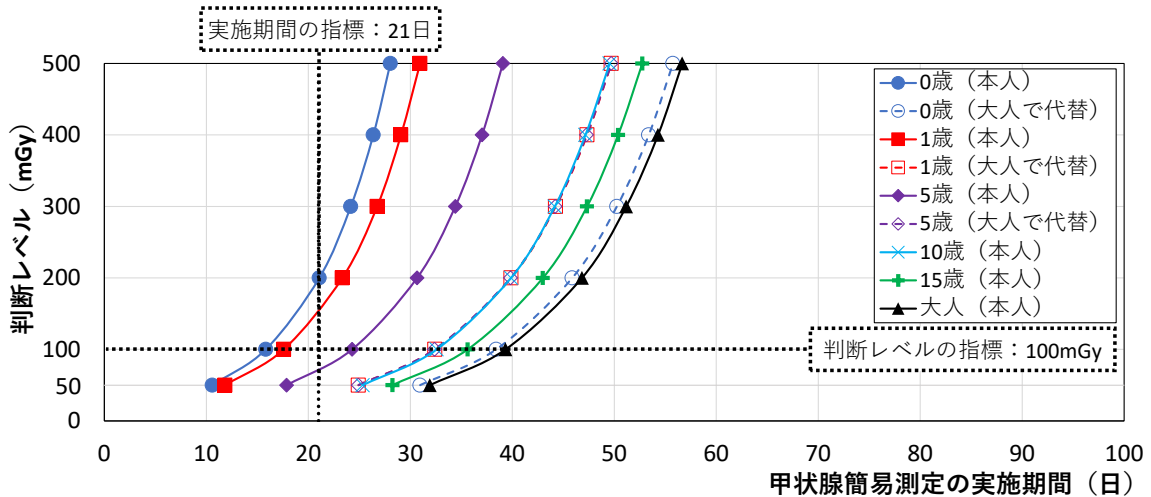


図 17 SL : 0.050  $\mu$ Sv/h の場合における甲状腺簡易測定の実施期間と判断レベルとの関係

#### 4.3.3 スクリーニングレベル : 0.075 $\mu$ Sv/h

SL : 0.075 $\mu$ Sv/h の場合における甲状腺簡易測定の実施期間と判断レベルとの関係を図 18 に示す。現行の甲状腺簡易測定の実施条件である「判断レベル : 100 mGy」、「SL : 0.20  $\mu$ Sv/h」、「実施期間 : 21 日」を比較指標とし、SL を 0.075  $\mu$ Sv/h に見直した際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を 0.075  $\mu$ Sv/h に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]とした場合、実施期間（年齢群等 : 「15歳（本人の測定）」）は 21 日[比較指標]から 31 日に延長される結果となった。また、現行の甲状腺簡易測定の実施条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児について、実施期間をそれぞれ「0歳（本人の測定）」で 13 日以内、「1歳（本人の測定）」で

14 日以内、「5 歳（本人の測定）」で 21 日以内とすることで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.075  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から 50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間（年齢群等：「15 歳（本人の測定）」は、21 日[比較指標]から、それぞれ 24 日・39 日・43 日・46 日・48 日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5 歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるよう実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ 21 日以内・35 日以内・40 日以内・43 日以内・45 日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.075  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、実施期間を 21 日[比較指標]とした場合、各年齢群等の判断レベルの設定下限値は「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」で 300 mGy、「5 歳（本人の測定）」で 200 mGy、「1 歳（大人で代替測定）」・「5 歳（大人で代替測定）」・「10 歳（本人の測定）」で 100 mGy、「0 歳（大人で代替測定）」・「15 歳（本人の測定）」・「大人（本人の測定）」で 50 mGy となった。実施期間を 21 日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

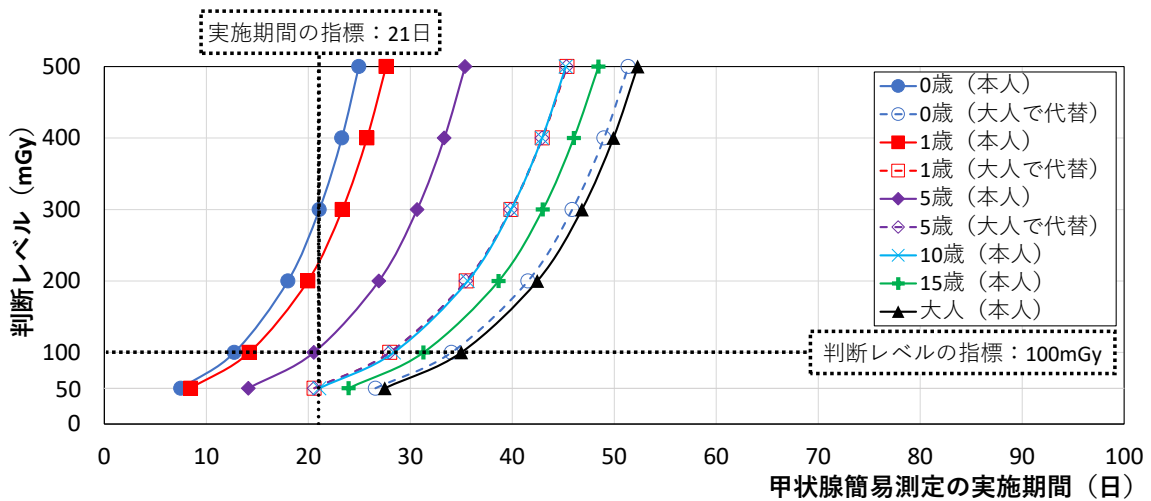


図 18 SL : 0.075  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の実行期間と判断レベルとの関係

#### 4.3.4 スクリーニングレベル : 0.10 $\mu\text{Sv/h}$

SL : 0.10  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の実行期間と判断レベルとの関係を図 19 に示す。現行の甲状腺簡易測定の実行条件である「判断レベル : 100 mGy」、「SL : 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間 : 21 日」を比較指標とし、SL を 0.10  $\mu\text{Sv/h}$  に見直した際の甲状腺簡易測定の実

行性について考察を行った。

SLを0.10  $\mu\text{Sv/h}$ に見直し、判断レベルを100 mGy[比較指標]とした場合、実施期間（年齢群等：「15歳（本人の測定）」）は21日[比較指標]から28日に延長される結果となった。また、現行の甲状腺簡易測定の条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児について、実施期間をそれぞれ「0歳（本人の測定）」で11日以内、「1歳（本人の測定）」で12日以内、「5歳（本人の測定）」で18日以内とすることで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SLを0.10  $\mu\text{Sv/h}$ に見直し、判断レベルを100 mGy[比較指標]から50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGyへ変更した場合、実施期間（年齢群等：「15歳（本人の測定）」）は、21日[比較指標]から、それぞれ21日・36日・40日・43日・45日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるよう実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ18日以内・32日以内・37日以内・40日以内・42日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SLを0.10  $\mu\text{Sv/h}$ に見直し、実施期間を21日[比較指標]とした場合、各年齢群等の判断レベルの設定下限値は「0歳（本人の測定）」・「1歳（本人の測定）」で400 mGy、「5歳（本人の測定）」で200 mGy、「1歳（大人で代替測定）」・「5歳（大人で代替測定）」・「10歳（本人の測定）」・「15歳（本人の測定）」で100 mGy、「0歳（大人で代替測定）」・「大人（本人の測定）」で50 mGyとなった。実施期間を21日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

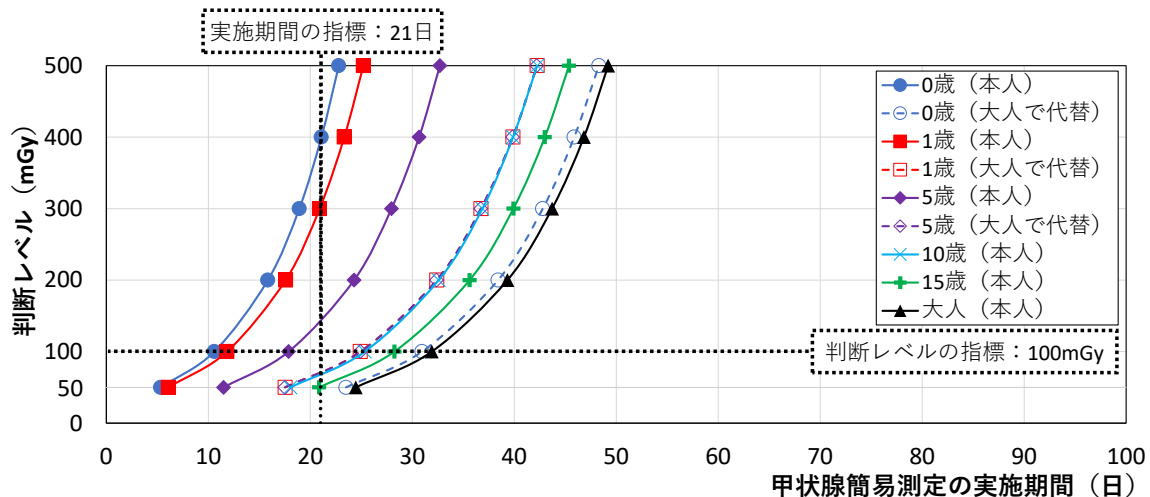


図 19 SL : 0.10  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の判断レベルと実施期間との関係

#### 4.3.5 スクリーニングレベル：0.20 $\mu\text{Sv/h}$

SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の実行期間との関係を図 20 に示す。現行の甲状腺簡易測定の実行条件である「判断レベル：100 mGy」、「SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間：21 日」を比較指標とし、SL を 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]のまま見直ししなかった際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]、判断レベルを 100 mGy[比較指標]とした場合、現行の甲状腺簡易測定の実行条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児について、実施期間をそれぞれ「0 歳（本人の測定）」で 5 日以内、「1 歳（本人の測定）」で 6 日以内、「5 歳（本人の測定）」で 11 日以内とすることで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]のまま、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から 50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間（年齢群等：「15 歳（本人の測定）」）は、21 日[比較指標]から、それぞれ 14 日・28 日・33 日・36 日・38 日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5 歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるよう実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ 10 日以内・25 日以内・29 日以内・32 日以内・35 日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]のまま、実施期間を 21 日[比較指標]とした場合、「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」の判断レベルの設定下限値は、本計算条件で定めた判断レベルの上限である 500 mGy を超える結果となった。500 mGy より高い判断レベルを設定することは、健康調査及び健康相談を適切に行う観点<sup>1)</sup>からは不相当と考えられることから、「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」の甲状腺簡易測定の実行は不可であることが分かった。その他年齢群等の判断レベルの設定下限値は「5 歳（本人の測定）」で 300 mGy、「1 歳（大人で代替測定）」・「5 歳（大人で代替測定）」・「10 歳（本人の測定）」で 200 mGy、「0 歳（大人で代替測定）」・「15 歳（本人の測定）」・「大人（本人の測定）」で 100 mGy となった。実施期間を 21 日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

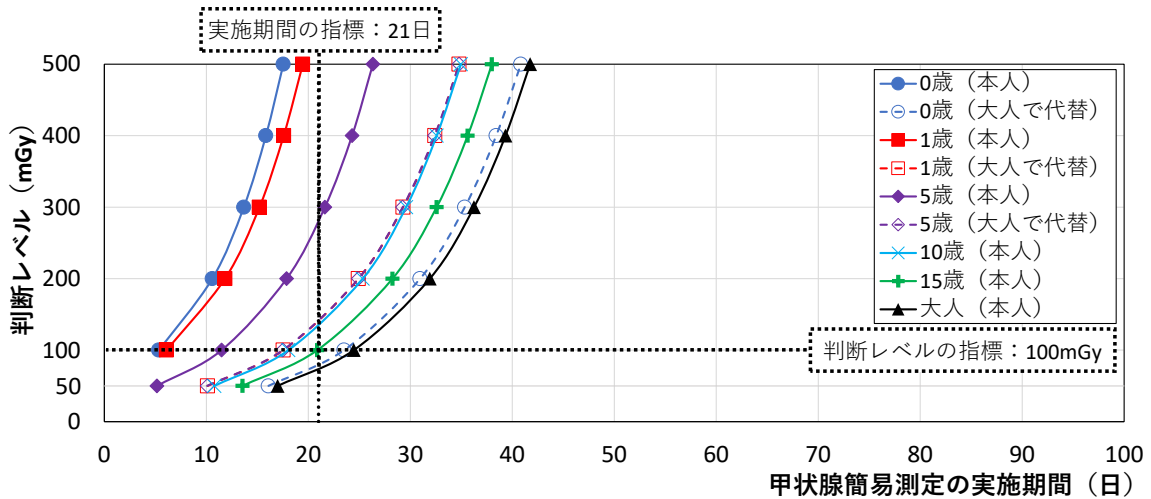


図 20 SL : 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の判断レベルと実施期間との関係

#### 4.3.6 スクリーニングレベル : 0.30 $\mu\text{Sv/h}$

SL : 0.30  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の判断レベルと実施期間との関係を図 21 に示す。現行の甲状腺簡易測定の条件である「判断レベル : 100 mGy」、「SL : 0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間 : 21 日」を比較指標とし、SL を 0.30  $\mu\text{Sv/h}$  に見直した際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を 0.30  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]とした場合、実施期間（年齢群等 : 「15 歳（本人の測定）」）は 21 日[比較指標]から 17 日に短縮される結果となった。実施期間が短縮されることから、甲状腺簡易測定を実行するためには、対応要員を増やすなど、測定能率の見直しが必要となることが分かった。また、現行の甲状腺簡易測定の条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児について、実施期間をそれぞれ「0 歳（本人の測定）」で 2 日以内、「1 歳（本人の測定）」で 3 日以内、「5 歳（本人の測定）」で 8 日以内とすることで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.30  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から 50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間（年齢群等 : 「15 歳（本人の測定）」）は、21 日[比較指標]から、それぞれ 9 日・24 日・28 日・31 日・34 日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5 歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるよう実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ 6 日以内・21 日以内・25 日以内・28 日以内・30 日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.30  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、実施期間を 21 日[比較指標]とした場合、「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」の判断レベルの設定下限値は、本計算条件で定めた判断レベルの上限

である 500 mGy を超える結果となった。500 mGy より高い判断レベルを設定することは、健康調査及び健康相談を適切に行う観点<sup>1)</sup>からは不相当と考えられることから、乳幼児本人を対象とした甲状腺簡易測定の実行は不可であることが分かった。その他年齢群等の判断レベルの設定下限値は「5 歳（本人の測定）」で 500 mGy、「1 歳（大人で代替測定）」・「5 歳（大人で代替測定）」で 300 mGy、「0 歳（大人で代替測定）」・「10 歳（本人の測定）」・「15 歳（本人の測定）」・「大人（本人の測定）」で 200 mGy となった。実施期間を 21 日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

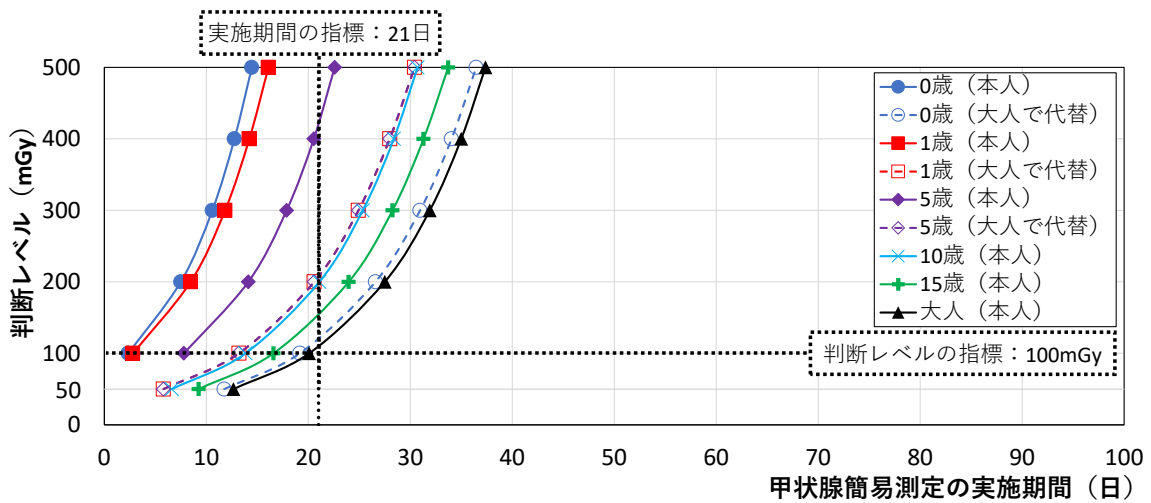


図 21 SL : 0.30  $\mu$ Sv/h の場合における甲状腺簡易測定の実行期間と判断レベルとの関係

#### 4.3.7 スクリーニングレベル : 0.40 $\mu$ Sv/h

SL : 0.40  $\mu$ Sv/h の場合における甲状腺簡易測定の実行期間と判断レベルとの関係を図 22 に示す。現行の甲状腺簡易測定の実行条件である「判断レベル : 100 mGy」、「SL : 0.20  $\mu$ Sv/h」、「実施期間 : 21 日」を比較指標とし、SL を 0.40  $\mu$ Sv/h に見直しの際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を 0.40  $\mu$ Sv/h に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]とした場合、実施期間（年齢群等 : 「15 歳（本人の測定）」）は 21 日[比較指標]から 14 日に短縮される結果となった。実施期間が短縮されることから、甲状腺簡易測定を実行するためには、対応要員を増やすなど、測定能率の見直しが必要となることが分かった。また、現行の甲状腺簡易測定の実行条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児のうち「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」については、SL : 0.40  $\mu$ Sv/h の条件では、100 mGy に相当する甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出することができないため、甲状腺簡易測定の実行が不可であることが分かった。「5 歳（本人の測定）」については、実施期間を 5 日以内とすることで、甲状腺簡易測

定の実行が可能となることが分かった。

SLを0.40  $\mu\text{Sv/h}$ に見直し、判断レベルを100 mGy[比較指標]から50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGyへ変更した場合、実施期間（年齢群等：「15歳（本人の測定）」）は、21日[比較指標]から、それぞれ6日・21日・25日・28日・31日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるような実施期間を設定する必要がある。実施期間をそれぞれ3日以内・18日以内・22日以内・25日以内・27日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SLを0.40  $\mu\text{Sv/h}$ に見直し、実施期間を21日[比較指標]とした場合、「0歳（本人の測定）」・「1歳（本人の測定）」・「5歳（本人の測定）」の判断レベルの設定下限値は、本計算条件で定めた判断レベルの上限である500 mGyを超える結果となった。500 mGyより高い判断レベルを設定することは、健康調査及び健康相談を適切に行う観点からは不相当と考えられることから、乳幼児本人を対象とした甲状腺簡易測定の実行は不可であることが分かった。その他年齢群等の判断レベルの設定下限値は「1歳（大人で代替測定）」・「5歳（大人で代替測定）」・「10歳（本人の測定）」・「15歳（本人の測定）」で300 mGy、「0歳（大人で代替測定）」・「大人（本人の測定）」で200 mGyとなった。実施期間を21日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

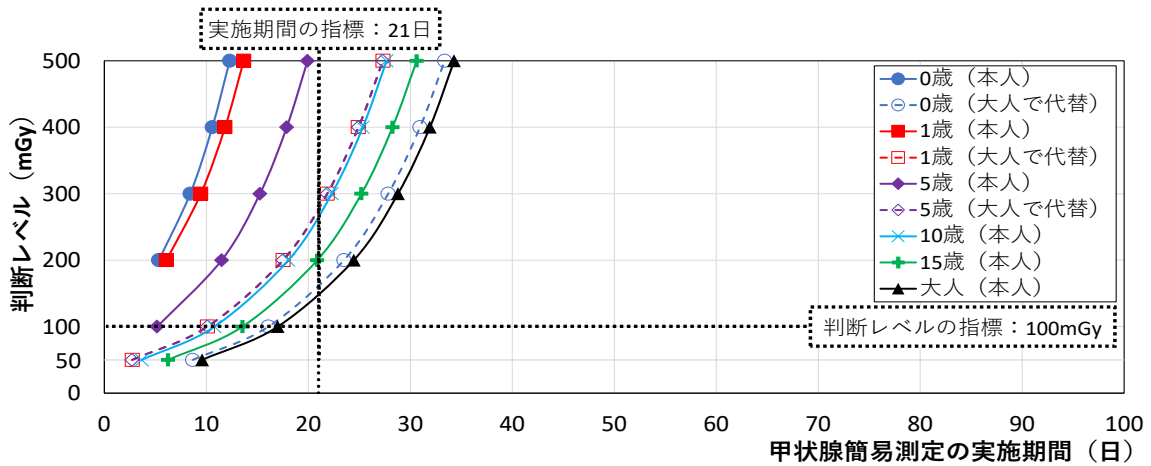


図 22 SL : 0.40  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の実行期間と判断レベルとの関係



#### 4.3.8 スクリーニングレベル：0.50 $\mu\text{Sv/h}$

SL：0.50  $\mu\text{Sv/h}$  の場合における甲状腺簡易測定の見直しと実施期間との関係を図 23 に示す。現行の甲状腺簡易測定の見直し条件である「判断レベル：100 mGy」、「SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間：21 日」を比較指標とし、SL を 0.50  $\mu\text{Sv/h}$  に見直した際の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。

SL を 0.50  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]とした場合、実施期間（年齢群等：「15 歳（本人の測定）」）は 21 日[比較指標]から 11 日に短縮される結果となった。実施期間が短縮されることから、甲状腺簡易測定を実行するためには、対応要員を増やすなど、測定能率の見直しが必要となることが分かった。また、現行の甲状腺簡易測定の見直し条件では、直接本人を測定することが困難とされている乳幼児のうち「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」については、SL：0.50  $\mu\text{Sv/h}$  の条件では、100 mGy に相当する甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出することができないため、甲状腺簡易測定の実行が不可であることが分かった。「5 歳（本人の測定）」については、実施期間を 3 日以内と変更することで、甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.50  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から 50 mGy・200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間（年齢群等：「15 歳（本人の測定）」）は、21 日[比較指標]から、それぞれ 4 日・19 日・23 日・26 日・28 日に変更される結果となった。また、乳幼児の甲状腺簡易測定を実行するためには、大人で代替した場合において実施期間が最も短い「5 歳（大人で代替測定）」の甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出できるように実施期間を設定する必要がある。しかしながら、判断レベルを 50 mGy へ変更した場合、SL：0.50  $\mu\text{Sv/h}$  の条件では、50 mGy に相当する甲状腺中放射性ヨウ素放射能を検出することができないため、乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が不可であることが分かった。判断レベルを 200 mGy・300 mGy・400 mGy・500 mGy へ変更した場合、実施期間をそれぞれ 15 日以内・20 日以内・22 日以内・25 日以内とすることで乳幼児の甲状腺簡易測定の実行が可能となることが分かった。

SL を 0.50  $\mu\text{Sv/h}$  に見直し、実施期間を 21 日[比較指標]とした場合、「0 歳（本人の測定）」・「1 歳（本人の測定）」・「5 歳（本人の測定）」の判断レベルの設定下限値は、本計算条件で定めた判断レベルの上限である 500 mGy を超える結果となった。500 mGy より高い判断レベルを設定することは、健康調査及び健康相談を適切に行う観点からは不適当と考えられることから、乳幼児本人を対象とした甲状腺簡易測定の実行は不可であることが分かった。その他年齢群等の判断レベルの設定下限値は「1 歳（大人で代替測定）」・「5 歳（大人で代替測定）」・「10 歳（本人の測定）」で 400 mGy、「15 歳（本人の測定）」で 300 mGy、「0 歳（大人で代替測定）」・「大人（本人の測定）」で 200 mGy となった。実施期間を 21 日[比較指標]とし、各年齢群等の甲状腺簡易測定を実行するためには、判断レベルを 100 mGy[比較指標]から、これら設定下限値以上へ変更する必要があることが分かった。

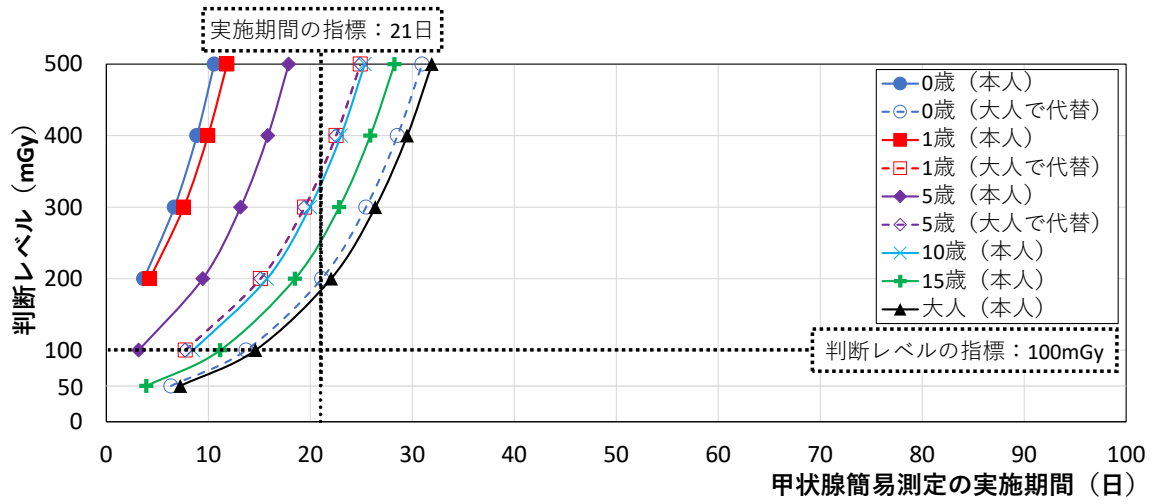


図 23 SL : 0.50  $\mu$ Sv/h の場合における甲状腺簡易測定の実施期間と判断レベルとの関係

#### 4.4 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに関する考察

甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル及び判断レベル毎の実施期間を表5に示す。表5に示した実施期間は、図16～23にて示した各SLの場合における甲状腺簡易測定のスクリーニングレベルと実施期間との関係を用いて整理した。

表5の結果から、判断レベルが高くなるにつれて実施期間は延長され、SLが高くなるにつれて実施期間は短縮される結果となった。また、各年齢群等の実施期間は、短い方から「0歳（本人の測定）」、「1歳（本人の測定）」、「5歳（本人の測定）」、「5歳（大人で代替測定）」、「1歳（大人で代替測定）」、「10歳（本人の測定）」、「15歳（本人の測定）」、「0歳（大人で代替測定）」、「大人（本人の測定）」となり、判断レベルやSLによらず実施期間の順位は同じであった。

直接本人を対象に甲状腺簡易測定を行う場合においては、年齢が高くなるにつれて実施期間が延長される結果となった。各SLにおける年齢群等の実施期間は、式(1)、(2)、(3)で示した通り、甲状腺等価線量変換係数 $e_i$ 、甲状腺残留率 $R_i(t)$ 、NaIサーベイメータの応答関数 $CF_i$ の年齢群等毎の違いによって特徴づけられる。甲状腺等価線量変換係数 $e_i$ は、表2に示した通り年齢が高くなるにつれて数値が小さくなる。判断レベルを固定値として計算した場合、甲状腺等価線量変換係数 $e_i$ の数値が小さいほど、より多くの $^{131}\text{I}$ を吸入したと見積もられ、甲状腺中 $^{131}\text{I}$ の検出が容易となることから、年齢が高くなるにつれて実施期間 $T$ を延長させる方へ働く。また、甲状腺残留率 $R_i(t)$ は、図4に示した通り年齢が高くなるにつれて数値が大きくなり、時間経過による減少も緩やかになる。判断レベルを固定値として計算した場合、甲状腺残留率 $R_i(t)$ が大きいほど、より多くの $^{131}\text{I}$ が甲状腺に残留していると見積もられ、甲状腺中 $^{131}\text{I}$ の検出が容易となることから、年齢が高くなるにつれて実施期間 $T$ を延長させる方へ働く。一方、NaIサーベイメータの応答関数 $CF_i$ は、表4に示した通り年齢が高くなるにつれて数値が大きくなる。判断レベルを固定値として計算した場合、応答関数 $CF_i$ が大きいほど、甲状腺中 $^{131}\text{I}$ の検出下限値が高くなり、甲状腺中 $^{131}\text{I}$ の検出が難しくなることから、年齢が高くなるにつれて実施期間 $T$ を短縮させる方へ働く。直接本人を対象とした甲状腺簡易測定においては、実施期間 $T$ を延長させる要因の方がより優位に働いたと考えられる。

乳幼児の甲状腺内部被ばく線量の推定を大人の甲状腺簡易測定結果で代替する場合においては、式(4)で示した通り、大人の呼吸量 $B_i$ と乳幼児の呼吸量 $B_i'$ の比を用いて、甲状腺測定対象者となる大人の $^{131}\text{I}$ 吸入量 $Q_i$ を求め、式(1)、(2)、(3)から実施期間 $T$ を算出した。大人の呼吸量 $B_i$ と乳幼児の呼吸量 $B_i'$ の差が大きいほど、大人の $^{131}\text{I}$ 吸入量 $Q_i$ が多いと見積もられるため、実施期間 $T$ は延長される方へ働く。この呼吸量の比を用いた大人の $^{131}\text{I}$ 総吸入量推定が実施期間 $T$ へ与える影響は大きく、「0歳（大人で代替測定）」・「1歳（大人で代替測定）」・「5歳（大人で代替測定）」の実施期間 $T$ は、「0歳（本人の測定）」・「1歳（本人の測定）」・「5歳（本人の測定）」の実施期間 $T$ に比べ大幅に延長される結果となった。

表 5 甲状腺簡易測定のスル値及び判断レベル毎の実施期間 (1/2)

SL(μSv/h)		判断レベル(mGy)					
		50	100 [比較指標]	200	300	400	500
0.025	0歳 (本人)	16 日	21 日	26 日	29 日	32 日	33 日
	0歳 (大人で代替)	38 日	46 日	53 日	58 日	61 日	63 日
	1歳 (本人)	18 日	23 日	29 日	33 日	35 日	37 日
	1歳 (大人で代替)	32 日	40 日	47 日	52 日	55 日	57 日
	5歳 (本人)	24 日	31 日	37 日	41 日	43 日	46 日
	5歳 (大人で代替)	32 日	40 日	47 日	52 日	55 日	57 日
	10歳 (本人)	33 日	40 日	47 日	51 日	55 日	57 日
	15歳 (本人)	36 日	43 日	50 日	55 日	58 日	60 日
	大人 (本人)	39 日	47 日	54 日	59 日	62 日	64 日
0.050	0歳 (本人)	11 日	16 日	21 日	24 日	26 日	28 日
	0歳 (大人で代替)	31 日	38 日	46 日	50 日	53 日	56 日
	1歳 (本人)	12 日	18 日	23 日	27 日	29 日	31 日
	1歳 (大人で代替)	25 日	32 日	40 日	44 日	47 日	50 日
	5歳 (本人)	18 日	24 日	31 日	34 日	37 日	39 日
	5歳 (大人で代替)	25 日	32 日	40 日	44 日	47 日	50 日
	10歳 (本人)	25 日	33 日	40 日	44 日	47 日	50 日
	15歳 (本人)	28 日	36 日	43 日	47 日	50 日	53 日
	大人 (本人)	32 日	39 日	47 日	51 日	54 日	57 日
0.075	0歳 (本人)	7.5 日	13 日	18 日	21 日	23 日	25 日
	0歳 (大人で代替)	27 日	34 日	42 日	46 日	49 日	51 日
	1歳 (本人)	8.5 日	14 日	20 日	23 日	26 日	28 日
	1歳 (大人で代替)	21 日	28 日	36 日	40 日	43 日	45 日
	5歳 (本人)	14 日	21 日	27 日	31 日	33 日	35 日
	5歳 (大人で代替)	21 日	28 日	35 日	40 日	43 日	45 日
	10歳 (本人)	21 日	28 日	36 日	40 日	43 日	45 日
	15歳 (本人)	24 日	31 日	39 日	43 日	46 日	48 日
	大人 (本人)	28 日	35 日	42 日	47 日	50 日	52 日
0.10	0歳 (本人)	5.3 日	11 日	16 日	19 日	21 日	23 日
	0歳 (大人で代替)	24 日	31 日	38 日	43 日	46 日	48 日
	1歳 (本人)	6.1 日	12 日	18 日	21 日	23 日	25 日
	1歳 (大人で代替)	18 日	25 日	32 日	37 日	40 日	42 日
	5歳 (本人)	12 日	18 日	24 日	28 日	31 日	33 日
	5歳 (大人で代替)	18 日	25 日	32 日	37 日	40 日	42 日
	10歳 (本人)	18 日	25 日	33 日	37 日	40 日	42 日
	15歳 (本人)	21 日	28 日	36 日	40 日	43 日	45 日
	大人 (本人)	24 日	32 日	39 日	44 日	47 日	49 日

表5 甲状腺簡易測定のスL及び判断レベル毎の実施期間(2/2)

SL( $\mu$ Sv/h)		判断レベル(mGy)					
		50	100 [比較指標]	200	300	400	500
0.20 [比較指標]	0歳(本人)	実行不可	5.3 日	11 日	14 日	16 日	18 日
	0歳(大人で代替)	16 日	24 日	31 日	35 日	38 日	41 日
	1歳(本人)	実行不可	6.1 日	12 日	15 日	18 日	19 日
	1歳(大人で代替)	10 日	18 日	25 日	29 日	32 日	35 日
	5歳(本人)	5.2 日	12 日	18 日	22 日	24 日	26 日
	5歳(大人で代替)	10 日	18 日	25 日	29 日	32 日	35 日
	10歳(本人)	11 日	18 日	25 日	30 日	33 日	35 日
	15歳(本人)	14 日	21 日	28 日	33 日	36 日	38 日
	大人(本人)	17 日	24 日	32 日	36 日	39 日	42 日
0.30	0歳(本人)	実行不可	2.3 日	7.5 日	11 日	13 日	14 日
	0歳(大人で代替)	12 日	19 日	27 日	31 日	34 日	36 日
	1歳(本人)	実行不可	2.8 日	8.5 日	12 日	14 日	16 日
	1歳(大人で代替)	5.8 日	13 日	21 日	25 日	28 日	30 日
	5歳(本人)	実行不可	7.8 日	14 日	18 日	21 日	23 日
	5歳(大人で代替)	5.8 日	13 日	21 日	25 日	28 日	30 日
	10歳(本人)	6.6 日	14 日	21 日	25 日	28 日	31 日
	15歳(本人)	9.3 日	17 日	24 日	28 日	31 日	34 日
	大人(本人)	13 日	20 日	28 日	32 日	35 日	37 日
0.40	0歳(本人)	実行不可	実行不可	5.3 日	8.4 日	11 日	12 日
	0歳(大人で代替)	8.7 日	16 日	24 日	28 日	31 日	33 日
	1歳(本人)	実行不可	実行不可	6.1 日	9.5 日	12 日	14 日
	1歳(大人で代替)	2.8 日	10 日	18 日	22 日	25 日	27 日
	5歳(本人)	実行不可	5.2 日	12 日	15 日	18 日	20 日
	5歳(大人で代替)	2.7 日	10 日	18 日	22 日	25 日	27 日
	10歳(本人)	3.7 日	11 日	18 日	22 日	25 日	28 日
	15歳(本人)	6.3 日	14 日	21 日	25 日	28 日	31 日
	大人(本人)	10 日	17 日	24 日	29 日	32 日	34 日
0.50	0歳(本人)	実行不可	実行不可	3.7 日	6.7 日	8.9 日	11 日
	0歳(大人で代替)	6.3 日	14 日	21 日	25 日	29 日	31 日
	1歳(本人)	実行不可	実行不可	4.3 日	7.6 日	10 日	12 日
	1歳(大人で代替)	実行不可	7.8 日	15 日	19 日	23 日	25 日
	5歳(本人)	実行不可	3.2 日	9.5 日	13 日	16 日	18 日
	5歳(大人で代替)	実行不可	7.7 日	15 日	19 日	23 日	25 日
	10歳(本人)	実行不可	8.5 日	16 日	20 日	23 日	25 日
	15歳(本人)	3.9 日	11 日	19 日	23 日	26 日	28 日
	大人(本人)	7.3 日	15 日	22 日	26 日	30 日	32 日

#### 4.4.1 実施期間の延長が必要な状況におけるスクリーニングレベルの見直し

「4.1 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る内容の整理」で示した通り、甲状腺簡易測定のスクリーニングレベルを見直す場合の状況として、甲状腺モニタリング検討チームの議論の中では「実施期間の延長が必要な状況」が一例として挙げられた。「実施期間の延長が必要な状況」においてSLを見直した際の実施期間へ与える影響について考察を行った。

現行の甲状腺簡易測定の場合である「判断レベル：100 mGy」、「SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間：21日」を比較指標とした場合、「実施期間の延長が必要な状況」においては、実施期間を21日[比較指標]から延長するため、SLを0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]よりも低い値に見直さなければならないことが表5の結果より分かった。本研究においてSL見直しに係る実施期間考察の対象としている15歳（本人の測定）の場合、SLを0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]よりも低い値に見直すことで、実施期間を最大で43日（SL：0.025  $\mu\text{Sv/h}$ 、判断レベル：100 mGy[比較指標]）まで延長させることができると分かった。また、判断レベルを100 mGy[比較指標]から引き上げることができる状況においては、実施期間をさらに延長させることができ、実施期間は最大で60日（SL：0.025  $\mu\text{Sv/h}$ 、判断レベル：500 mGy）となること分かった。

SLを0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]よりも低い値に見直した場合における甲状腺簡易測定の実行性の考察については、前述の「4.3.1 スクリーニングレベル：0.025  $\mu\text{Sv/h}$ 」～「4.3.4 スクリーニングレベル：0.10  $\mu\text{Sv/h}$ 」を参照すること。

#### 4.4.2 できるだけ低い判断レベルを目指す状況におけるスクリーニングレベルの見直し

「4.1 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しに係る内容の整理」で示した通り、甲状腺簡易測定のスクリーニングレベルを見直す場合の状況として、甲状腺モニタリング検討チームの議論の中では「できるだけ低い判断レベルを目指す状況」が一例として挙げられた。「できるだけ低い判断レベルを目指す状況」において、判断レベルを引き下げた際のスクリーニングレベルSL及び実施期間へ与える影響について考察を行った。

現行の甲状腺簡易測定の場合である「判断レベル：100 mGy」、「SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$ 」、「実施期間：21日」を比較指標とした場合、「できるだけ低い判断レベルを目指す状況」においては、判断レベルを50 mGyに引き下げなければならない。表5の結果より、判断レベル50 mGyへ引き下げた場合、本研究においてSL見直しに係る実施期間考察の対象としている15歳（本人の測定）の実施期間は、21日[比較指標]から14日（SL：0.20  $\mu\text{Sv/h}$ [比較指標]、判断レベル：50 mGy）まで短縮されることが分かった。また、判断レベルを50 mGyへ引き下げ、かつ実施期間：21日[比較指標]を担保するためには、SLを0.10  $\mu\text{Sv/h}$ 以下の値に見直さなければならないことが分かった。SLを0.10  $\mu\text{Sv/h}$ 以下に見直し可能な状況においては、実施期間を21日[比較指標]から延長させることができ、実施期間は最大で35.6日（SL：0.025  $\mu\text{Sv/h}$ 、判断レベル：50 mGy）となること分かった。

判断レベルを50 mGyへ引き下げた場合における甲状腺簡易測定の実行性の考察については、前述の「4.3.1 スクリーニングレベル：0.025  $\mu\text{Sv/h}$ 」～「4.3.8 スクリーニングレベル：

0.50  $\mu\text{Sv/h}$ 」を参照すること。

#### 4.4.3 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベル見直しの実際に係る考察

「3.2 (4) 甲状腺簡易測定のスクリーニングレベルの見直し」に示した通り、甲状腺モニタリング検討チーム会合等では、測定対象者数に応じて SL : 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  を適切に見直す必要がある状況として、以下の 2 つが挙げられた。

##### (1) 実施期間の延長が必要な状況

甲状腺簡易測定の対象者数が極めて多くなり SL : 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  では 3 週間内での測定完了が困難となる場合。実施期間を延ばすため、SL を一段階下げる。

##### (2) できるだけ低い判断レベルを目指す状況

甲状腺簡易測定の対象者数に対して測定体制に余裕がある場合、100 mSv よりも低い判断レベルを目指すために、SL を見直す。

「4.4.1 実施期間の延長が必要な状況におけるスクリーニングレベルの見直し」及び「4.4.2 できるだけ低い判断レベルを目指す状況におけるスクリーニングレベルの見直し」で考察した通り、これら状況においては、適切な判断レベルと実施期間を選択しなければならないという技術的な制約はあるものの、いずれの状況においても SL の見直しは実行できることが分かった。

ここでは、SL 見直しに係る技術的な制約を踏まえるとともに、実際の原子力災害時の甲状腺簡易測定を想定し、SL 見直しの実行性について考察する。

##### (1) 実施期間の延長が必要な状況

「実施期間の延長が必要な状況」においては、甲状腺簡易測定が実行不可となる状況を回避するため、否応もなく SL 見直しについて検討される可能性が高い。「4.4.1 実施期間の延長が必要な状況におけるスクリーニングレベルの見直し」で考察した通り、実施期間を 21 日 [比較指標] から延長させるためには、SL を 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  [比較指標] よりも低い値へ見直す方法または判断レベルを 100 mGy [比較指標] から引き上げる方法、もしくはそれら 2 つを組み合わせる方法が存在する。しかしながら、判断レベルを 100 mGy [比較指標] から引き上げる方法については、甲状腺内部被ばくリスクが懸念される個人の抽出条件を厳しくすることになるため、採用するにあたっては慎重にならなければならない。1F 事故においては、住民の全身除染要否を判断する基準が 13,000cpm から 100,000cpm へ引き上げられ、全身除染の対象となる個人の抽出条件が厳しくされた。当該基準の引き上げについては、一部の専門家等からも異論が唱えられるなど<sup>32)</sup>、全てのステークホルダーから了承を得ることは容易ではないと考えられる。したがって、「実施期間の延長が必要な状況」においては、判断レベルを 100 mGy [比較指標] から引き上げるよりも、SL を 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  [比較指標] よりも低い値へ見直す方法が優先的に検討される可能性が高いと考えられる。

判断レベル: 100 mGy[比較指標]の場合における甲状腺簡易測定のスル値と実施期間との関係を図 24 に示す。図 24 に示したスル値と実施期間との関係は、表 5 で整理した判断レベル: 100 mGy[比較指標]の場合における 15 歳 (本人の測定) の実施期間の計算結果をプロットした。また、甲状腺簡易測定のスル値と実施期間との関係は、式(1)、(2)、(3)に示した通り  $^{131}\text{I}$  の甲状腺残留率  $R_i(t)$  に依存する。 $^{131}\text{I}$  の物理的半減期は約 8 日と短く、 $^{131}\text{I}$  が甲状腺へ移行した後の甲状腺残留率は、単一の指数関数で表現されることから<sup>23)</sup>、図 24 の計算結果は指数関数近似で補完することとした。

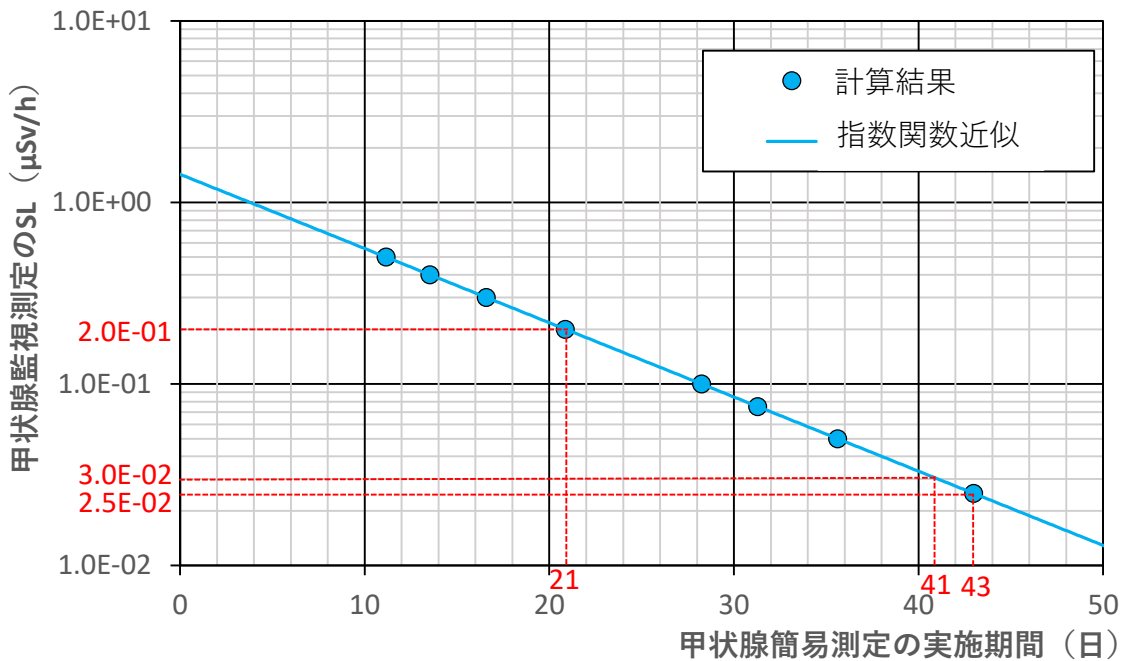


図 24 判断レベル: 100mGy の場合における甲状腺簡易測定のスル値と実施期間との関係

図 24 に示した通り、スル値を 0.20 μSv/h[比較指標]よりも低い値へ見直す場合、値が低くなるにつれて実施期間は 21 日[比較指標]から延長される。NaI サーベイメータによる甲状腺簡易測定の下限值: 0.025 μSv/h にスル値を見直した場合、実施期間は 43 日となることが分かった。しかしながら、甲状腺モニタリングマニュアルには、「甲状腺簡易測定の実施場所の空間線量率が平時と比べて同程度又は簡易測定にあたって十分低いこと (0.2 μSv/h 未満)」、「空間線量率用の放射線測定器 (NaI(Tl)サーベイメータ等) を使って、定期的に測定すること」が記載されている<sup>11)</sup>。甲状腺モニタリング検討チームにおいて、代表機種として選定された日本レイテック (株) 製の NaI サーベイメータ (型式: TCS-172B) の指示誤差は ±15% 以下であり<sup>31)</sup>、空間線量率が 0.20 μSv/h の環境下においては、その指示誤差は ±0.030 μSv/h となる。スル値を 0.030 μSv/h 以下に見直した場合、甲状腺簡易測定の実施場所の空間線量率によっては、甲状腺簡易測定結果が空間線量率起因の NaI サーベイメータ測定値の指示誤差に



埋もれ、甲状腺簡易測定を実行できない可能性が考えられる。甲状腺簡易測定の実施場所における空間線量率の影響を想定した場合、SLは $0.030 \mu\text{Sv/h}$ よりも高い値に見直すことが望ましいと考えられる。また、SLを $0.030 \sim 0.20 \mu\text{Sv/h}$ の範囲で見直しする場合、図 24 より、実施期間は最大で 41 日（SL： $0.030 \mu\text{Sv/h}$ [比較指標]、判断レベル：100 mGy）まで延長させることができると分かった。

## (2)できるだけ低い判断レベルを目指す状況

「3.1 甲状腺モニタリングの対象とする者」にて記載した通り、甲状腺簡易測定は、避難又は一時移転を指示された地域の 19 歳未満の者、妊婦及び授乳婦を対象とし、3 週間内に行うことが実施方針として定められた。これら実施方針は、原子力災害初期の人的及び物的資源や原子力災害対応の期限等の制約を踏まえ、避難及び一時移転や安定ヨウ素剤服用、避難退域時検査等の住民の防護措置に係る様々な原子力災害対応と並行して実行できるかが考慮されている。したがって、甲状腺簡易測定の見直しにあたっては、単に甲状腺モニタリングの実行性だけでなく、その他の様々な防護措置の実行性への影響を考慮しなければ、原子力災害対応の重大な混乱を招く恐れがある。例えば、1F 事故においては、住民の全身除染要否を判断する基準の見直しが行われたが、一部の関係機関へは基準見直しに関する指示や背景等が明確に伝わっておらず、各会場の除染対応に違いが見られるなどの混乱が生じた<sup>33)</sup>。

しかしながら、実際の原子力災害を想定した場合、原子力災害対応と同時並行で、それら影響の有無や程度を正確に把握し、SL 見直しの妥当性を適切に判断することは非常に困難である。したがって、甲状腺簡易測定が問題なく実行されている「できるだけ低い判断レベルを目指す状況」においては、技術的に SL 見直しが可能であったとしても、積極的に SL 見直しが行われる可能性は低いと考えられる。

以上より、SL 見直しに係る技術的な制約と原子力災害時の甲状腺簡易測定の実際を踏まえた場合、「実施期間の延長が必要な状況」においてのみ SL 見直しが行われるであろうと考えた。また、その状況においては SL を  $0.030 \sim 0.20 \mu\text{Sv/h}$  の範囲で見直すことが妥当であり、その範囲で SL 見直しを行う場合、実施期間は最大で 41 日まで延長させることができると評価した。

## 5.まとめ

本研究では、現行の原子力災害対策指針<sup>10)</sup>に記載されている「甲状腺簡易測定のスル値の見直し」について、甲状腺モニタリング検討チーム等にて議論された内容を踏まえ、スル値の目安である  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  の設定根拠を整理するとともに、スル値を見直した際の甲状腺簡易測定の実行性及び原子力災害時におけるスル値見直しの実際について考察を行った。

甲状腺簡易測定のスル値の目安である  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  は、「甲状腺内部被ばく線量の判断レベル：  $100 \text{ mGy}$ 」、「 $^{131}\text{I}$  の吸入摂取シナリオ：急性摂取」、「甲状腺簡易測定における NaI サーベイメータ測定値のばらつき： $\pm 20\%$ 程度 ( $1\sigma$ )」、「甲状腺簡易測定の実施期間：3 週間」を考慮し設定されたことが分かった。

甲状腺簡易測定の実施方針の設定条件である「スル値： $0.20 \mu\text{Sv/h}$ 」、「判断レベル： $100 \text{ mGy}$ 」、「実施期間：21 日」を比較指標とし、スル値を  $0.025 \sim 0.50 \mu\text{Sv/h}$  の範囲で見直した場合の甲状腺簡易測定の実行性について考察を行った。スル値を  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  [比較指標] よりも低い値に見直した場合、実施期間が延長されることから、 $100 \text{ mGy}$  [比較指標] よりも低い判断レベルの採用や、直接測定が困難な乳幼児本人に対して甲状腺簡易測定を実行することが可能となることが分かった。スル値を  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  [比較指標] よりも高く見直した場合、実施期間が短縮されることから、甲状腺簡易測定を実行するためには、対応要員を増やすなどの測定能率の見直しや、判断レベルを  $100 \text{ mGy}$  [比較指標] から引き上げる必要があることが分かった。

甲状腺簡易測定のスル値見直しについては、適切な判断レベルと実施期間を選択しなければならないという技術的な制約はあるものの実行可能であることが分かった。しかしながら、原子力災害時の甲状腺簡易測定の実際を想定した場合、「実施期間の延長が必要な状況」においてのみスル値見直しが行われるであろうと考えた。また、その状況においてはスル値を  $0.030 \sim 0.20 \mu\text{Sv/h}$  の範囲で見直すことが妥当であり、その範囲でスル値見直しを行う場合、実施期間は最大で 41 日まで延長させることができると評価した。

原子力災害対策指針<sup>10)</sup>及び甲状腺モニタリングマニュアル<sup>11)</sup>にて甲状腺モニタリングの実施方針等が示されたものの、具体的な測定手順や実施体制、測定結果の評価方法など、実際の原子力災害時に甲状腺簡易測定を確実にかつ適切に実行するためには、追加で検討しなければならない項目がいくつか存在する。特に測定結果の評価方法については、測定場所の空間線量率影響や住民の頸部汚染影響など、測定の不確かさ要因をどのように考慮すべきかが甲状腺内部被ばく線量を適切に評価するうえで重要となるであろうと注目している。今後、国内外の甲状腺モニタリングに関する議論に注目するとともに、これら検討項目について適時取り組む予定である。

本研究で得られた成果は、国や地方公共団体及び原子力機構内において、原子力災害時又は原子力災害事前対策の策定段階の際に、甲状腺簡易測定のスル値見直しを行う際の技術情報として活用されることを期待する。

## 謝辞

本報告書を執筆するにあたり、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門高度被ばく医療センター計測・線量評価部物理線量評価グループ 谷幸太郎氏には、甲状腺内部被ばく線量の評価についてご教授いただき、さらに内容について議論していただいたことに感謝致します。

## 参考文献

- 1) 中央防災会議：「防災基本計画」（令和 5 年 5 月修正），available from [https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon\\_basicplan.pdf](https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basicplan.pdf) (accessed on 2023-8-31).
- 2) 原子力規制庁：「原子力災害時の事前対策における参考レベルについて」（平成 30 年 7 月 11 日），available from <https://www.da.nsr.go.jp/file/NR000054322/000238566.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 3) International Agency for Research on Cancer: “Thyroid Health Monitoring after Nuclear Accidents”, IARC Technical Publication No. 46 available from <https://www.who.int/publications/m/item/thyroid-health-monitoring-after-nuclear-accidents> (accessed on 2023-8-31).
- 4) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: “UNSCEAR 2020/2021 REPORT VOLUME II : Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: implications of information published since the UNSCEAR 2013 Report”, available from [https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020\\_2021\\_2.html](https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020_2021_2.html) (accessed on 2023-8-31).
- 5) 環境省：「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和 4 年度版）」，available from <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r4kisoshiryo.html> (accessed on 2023-8-31).
- 6) 福島靖正：「小児甲状腺簡易測定調査等の結果について」，保健物理, 47 巻, 1 号, pp.17-19 (2012).
- 7) 福島県立医科大学 放射線医学県民健康管理センター：福島県「県民健康調査」報告，available from <https://fhms.jp/fhms/outline/report/> (accessed on 2023-8-31).
- 8) T. Momose. et al.: “Whole-body counting of Fukushima residents after the TEPCO Fukushima Daiichi nuclear power station accident”, NIRS-M-252 The 1st NIRS symposium on reconstruction of early internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident, 67-82, Chiba, Japan (2012).

- 9) 原子力規制委員会：「緊急時の甲状腺被ばく線量モニタリングに関する検討チーム」, available from [https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/kinkyu\\_koujousen/index.html](https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/kinkyu_koujousen/index.html) (accessed on 2023-8-31).
- 10) 原子力規制委員会：「原子力災害対策指針」（令和4年7月6日一部改正）, available from <https://www.nra.go.jp/data/000396853.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 11) 内閣府（原子力防災担当）、原子力規制庁：甲状腺被ばく線量モニタリング実施マニュアル（令和5年5月31日一部改正）, available from <https://www.nra.go.jp/data/000434068.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 12) 原子力安全研究協会：「緊急被ばく医療の知識 ー避難所等における初期被ばく医療活動」（平成15年3月）. available from [https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9519378/www.remnet.jp/lecture/b03\\_01/b03\\_01.pdf](https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9519378/www.remnet.jp/lecture/b03_01/b03_01.pdf) (accessed on 2023-8-31).
- 13) 山口武憲：「被ばく線量の測定・評価マニュアル」, 保健物理, 36巻, 1号, pp.11-17(2001).
- 14) 日本アイソトープ協会: アイソトープ手帳 11版（2011）.
- 15) 原子力安全委員会：「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」（平成13年3月29日一部改訂）.
- 16) 日本原子力学会：「原子力発電所の確率論的リスク評価に関する実施基準（レベル3PRA編）」, 2018, p.230.
- 17) International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides”, ICRP Publication 71, 1995, available from <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2071> (accessed on 2023-8-31).
- 18) 原子力規制庁監視情報課：「緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）」（令和3年12月21日一部改訂）, available from <https://www.nra.go.jp/data/000276389.pdf> (accessed on 2023-8-31).

- 19) 文部科学省：「放射能測定法シリーズ 16 環境試料採取法」（昭和 58 年改訂），available from <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No16.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 20) 文部科学省：「放射能測定法シリーズ 15 緊急時における放射性ヨウ素測定法」（平成 14 年改訂），available from <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No15.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 21) 原子力規制委員会：「放射能測定法シリーズ 36 大気中放射性物質測定法」（令和 4 年 6 月制定），available from <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/wp-content/uploads/2022/06/No36.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 22) 放射線医学総合研究所：「平成 24 年度原子力災害影響調査等事業 事故初期のヨウ素等短半期による内部被ばく線量評価調査 成果報告書」.
- 23) International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides”, ICRP Publication 56, 1989, available from <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2056> (accessed on 2023-8-31).
- 24) 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 計測・線量評価部：「MONDAL3(Monitoring to Dose Calculation Ver.3: Support system for internal dosimetry)」, available from <https://www.nirs.qst.go.jp/db/anzendb/RPD/mondal3j.php> (accessed on 2023-8-31).
- 25) 量子科学技術研究開発機構：「原子力事故時における近隣住民の確実な初期内部被ばく線量の把握に向けた包括的個人内部被ばくモニタリングの確立」, available from <https://www.nra.go.jp/data/000330776.pdf> (accessed on 2023-8-31).
- 26) 日本原子力研究開発機構：「事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の開発に関する研究」, available from <https://www.nra.go.jp/data/000330591.pdf> (accessed on 2023-8-31).

- 27) 日本原子力研究開発機構：「OSCAAR コードパッケージの使用マニュアル」，2020，65p.  
available from DOI:10.11484/jaea-testing-2020-001(accessed on 2023-8-31).
- 28) International Commission on Radiological Protection: “Doses to the Embryo and Fetus from Intakes of Radionuclides by the Mother”, ICRP Publication 88, 2002,  
available from [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_31\\_1-3](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_31_1-3)  
(accessed on 2023-8-31).
- 29) International Commission on Radiological Protection: “Doses to Infants from Ingestion of Radionuclides in Mothers' Milk”, ICRP Publication 95, 2004, available from  
[https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_34\\_3-4](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_34_3-4) (accessed on 2023-8-31).
- 30) K.Yajima. et al.: “A SCREENING SURVEY EXERCISE FOR THYROID INTERNAL EXPOSURE FROM RADIOIODINE AFTER A NUCLEAR ACCIDENT”, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 183, No. 4, pp. 483–488 (2019).
- 31) 日本レイテック：「 $\gamma$ 線用シンチレーションサーバイメータ TCS172-B カタログ」。
- 32) International Atomic Energy Agency: “Operational Intervention Levels for Reactor Emergencies”, available from <https://www.iaea.org/publications/11093/operational-intervention-levels-for-reactor-emergencies> (accessed on 2023-8-31).
- 33) 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会：「政府事故調最終報告書」（平成 24 年 7 月 23 日）。

This is a blank page.





