

被ばく線量の評価について

1. 事故初期のヨウ素等短期半減期核種による内部被ばく関係
(1) 小児甲状腺被ばくスクリーニング検査について 4 頁
 - 1-1-1 小児甲状腺被ばく調査結果に対する評価について
 - 1-1-2 小児甲状腺被ばく調査結果説明会の結果について
 - 1-2 平成24年度環境省委託事業「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」成果報告書より抜粋
 - 1-3 福島県における小児甲状腺被ばくの調査結果についての解析結果
 - (2) その他の実測データ他..... 23 頁
 - 1-4 甲状腺線量関係の実測データ（環境省放射線健康管理参事官室まとめ）
 - 1-5 福島第一原子力発電所事故後の大気中放射性物質濃度測定結果に基づく線量の評価－東海村周辺住民を対象として－
 - 1-6 平成24年度事故初期のヨウ素等短半期による内部被ばくの線量評価調査について
 - (3) 大気拡散シミュレーションについて 36 頁
 - 1-7 平成24年度環境省委託事業「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」成果報告書より抜粋
 - 1-8 平成24年度環境省委託事業「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」の「大気拡散シミュレーションによる時系列大気中放射性物質濃度マップの整備」成果報告書より抜粋
 - (4) ホールボディカウンターで計測したセシウムからの推計（ヨウ素セシウム比）について
 - 1-9 平成24年度環境省委託事業「事故初期のヨウ素等短半期による内部被ばくの線量評価調査」成果報告書より抜粋
2. 事故初期の外部被ばく関係 55 頁
 - 1-10 県民健康管理調査「基本調査」に基づく、外部被ばく線量の推計結果（平成25年11月12日第13回福島県「県民健康管理調査」検討委員会資料より抜粋）
 - 1-11 外部被ばく線量の推計について（（独）放射線医学総合研究所）
 - 1-12 福島第1原発事故による飯舘村住民の初期被曝放射線量評価に関する研究（京都大学原子炉実験所 今中氏）
 - 1-13 文部科学省及び宮城県による航空機モニタリングの測定結果（文部科学省）
 - 1-14 文部科学省及び茨城県による航空機モニタリングの測定結果（文部科学省）
 - 1-15 文部科学省及び栃木県による航空機モニタリングの測定結果（文部科学省）
 - 1-16 文部科学省による埼玉県及び千葉県の航空機モニタリングの測定結果について

3. 平成25年度環境省線量評価関係資料 98頁
- 1-17 平成25年度環境省委託事業「東京電力福島第一原子力発電所事故に係る被ばく線量の把握調査等」
 - 1-18 平成25年度環境省委託事業「事故初期の食品の経口摂取による内部被ばく線量評価調査」
 - 1-19 平成25年度環境省委託事業「 ^{131}I の体内動態・線量係数推定の精緻化を目指した日本人固有パラメータの測定」

1. 事故初期のヨウ素等内部被ばく関係

(1) 小児甲状腺スクリーニング検査について

小児甲状腺被ばく調査結果に対する評価について

平成23年9月9日
原子力安全委員会

1. 経緯

平成23年3月23日に原子力安全委員会は、環境モニタリング結果から逆推定したヨウ素131の放出源情報を用いて、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)により、3月12日6:00から3月24日0:00までの間における一歳児の甲状腺の等価線量に関する試算を行ったところ、北西及び南南西方向の屋内退避区域などにおいて等価線量が100mSvに達する可能性があるとの結果が得られた。ただし、この試算は、小児が上記の日数連続して一日中屋外で過ごしたという保守的な仮定で行ったものである。

このため、原子力安全委員会は、3月25日に原子力災害対策本部に対して、その時点での被ばく線量の把握、特に感受性の高い小児への健康影響をより正確に把握する必要があるとの観点から、甲状腺等価線量が高くなる可能性があると評価された地域や屋内退避区域の小児を対象とした甲状腺線量を測定するよう依頼した。その際、原子力安全委員会は、スクリーニングレベルを、一歳児の甲状腺等価線量100mSvに相当する $0.2\mu\text{Sv/h}$ とし、サーベイメータの指示値からバックグラウンドを除いた正味値がこれを超える場合は専門機関等に問い合わせること、とした^{注1)、注2)}。

原子力災害現地対策本部は、3月26日から3月30日に、いわき市、川俣町及び飯舘村において甲状腺線量の測定を実施し、3月28日及び4月2日に測定結果を発表した。この測定結果を受けて、原子力安全委員会は、5月12日に開催した第31回原子力安全委員会臨時会議において、原子力安全委員会による SPEEDI の活用について議論する中で、0歳から15歳までの1,080人の小児について、スクリーニングレベル $0.2\mu\text{Sv/h}$ を超えるものがなかったことを確認した。

その後、8月17日から8月21日に、原子力災害対策本部原子力被災者生活支援チームは、本調査を受けた小児とその保護者の方々に小児甲状腺被ばく調査の測定結果と結果概要について説明を行い、説明会の結果について、原子力安全委員会は、9月5日に開催した第67回原子力安全委員会定例会議において、報告を受けた。

2. 原子力安全委員会としての所見

(1) 今回の調査結果では、 $0\mu\text{Sv/h}$ が全体の55%、 $0.01\mu\text{Sv/h}$ が26%であり、 $0.04\mu\text{Sv/h}$ 以下をまとめると99%であって、概ね低い値に分布していることがわかった。残り1%のうち、最高値は $0.1\mu\text{Sv/h}$ とスクリーニングレベルの半分であった。以上を踏まえると、甲状腺等価線量にして100mSvを超えるものはいなかったと判断する。

(2) 今回の調査は、スクリーニングレベルを超えるものがあるかどうかを調べるのが目的で実施された簡易モニタリング^{注1)}であり、測定値から被ばく線量に換算したり、健康影響やリスク等を評価したりすることは適切でない^{注3)}と考える。

(3) 今後は、福島県が実施する県民健康管理調査において18歳以下の全ての子供を対象に甲状腺検査が実施されるものと承知しており、原子力安全委員会は、将来にわたる健康影響について注視していきたいと考えている。

注1)「緊急被ばく医療ポケットブック」(平成17年3月、財団法人原子力安全研究協会)の「頸部甲状腺に沈着した放射性ヨウ素の測定」に基づく測定であり、「放射性ヨウ素の体内量のさらに精密な測定、医学的な診察等を行う二次被ばく医療のためのスクリーニング測定の一部として、行われます」とされている。

注2)サーベイメータによる正味値と甲状腺におけるヨウ素131の蓄積量の関係については、独立行政法人放射線医学総合研究所が、甲状腺のファントム(人体模型)を使った実験に基づき設定したものである。

注3)「G. Tanaka and H. Kawamura, Measurement of ¹³¹I in the human thyroid gland using a NaI (Tl) scintillation survey meter. *J. Radiat. Res.*, **19**, 78-84 (1978).」に基づく測定であり、同論文では、

「Considering a few uncertainties in this method to be encountered in a practical survey, an estimation of thyroidal ¹³¹I burden by the present method should be used for "screening" subjects of positive radioactive contamination and the data is regarded as a first approximation. More precise measurement should be carried out by more sophisticated techniques using a Ge (Li) detector, or a whole body counter under strictly controlled conditions.

(仮訳)実際の検査において直面する、この方法に伴ういくつかの不確かさを考慮すると、本方法による甲状腺におけるヨウ素131蓄積量の推定は、放射能汚染の“スクリーニング”の目的のために使用されるべきであり、そのデータはスクリーニングの第一段階の推定値とみなされる。より正確な測定は、ゲルマニウム(リチウム)検出器、あるいは、厳密に設定された条件下におけるホールボディカウンターを用いたさらに精密な技術によって実施されるべきである。」

とされている。

以上

小児甲状腺被ばく調査結果説明会の結果について

平成23年9月5日
内閣府原子力被災者生活支援チーム

3月24日から30日にかけていわき市、川俣町、飯舘村において小児1,149人を対象に実施された甲状腺被ばく調査の結果について、8月17日（水）から同月21日（日）にかけて福島県内で説明会を実施した。

1. 経緯

- (1) 小児甲状腺被ばく調査は、平成23年3月25日付原子力安全委員会緊急助言組織の依頼（参考1）により、現地災害対策本部において実施されたもの。
- (2) 5月12日の原子力安全委員会において原子力安全委員会事務局より「福島県における小児甲状腺被ばく調査結果について」として報告（参考2）されたが、その後、住民の方々から結果の数値を個別に教えてほしいとの要望があったため、原子力災害対策本部原子力被災者支援チームより、測定をされた住民の方々へ個別の測定結果と結果概要について説明を行ったもの。

2. 説明会の内容

- ①全体説明（調査及び結果の概要、放射線と甲状腺）（参考3,4,5）：約40分
 ○測定結果はすべて原子力安全委員会が問題となるレベルではないとしている毎時0.2マイクロシーベルトを下回った。
 ○測定者の55%が毎時0.00マイクロシーベルト、99%が毎時0.04マイクロシーベルト以下。
- ②医師免許を持つ相談員による個別相談（5ブース）：約2時間

3. 参加人数（暫定値）

全日程を通じ、1,149名に通知し、そのうち348名分の保護者が来所。

8月17日（水）於 いわき市

開催通知の送付は137名、そのうち45名分の保護者等約80名が来所。

うち個別相談を受けたご家族は25組

8月18日（木）於 福島市（飯舘村での受験者が対象）

8月19日（金）於 福島市（飯舘村での受験者が対象）

開催通知の送付は318名、そのうち87名分の保護者等約75名が来所

うち個別相談を受けたご家族は33組

8月21日（日）於 川俣町（午前と午後 計2回）

開催通知の送付は694名、そのうち216名分の保護者等約200名が来所

うち個別相談を受けたご家族は130組

4. 個別相談での主な質問

- 兄弟で同じような生活をしていたのに、数値が異なるのはなぜか。
- ヨウ素による内部被ばくの検査はまた受けなくて大丈夫か。
- 慢性的な被ばくと一回の被曝ではどちらが危険なのか。
- 自然に放射線を浴びると聞きますがどれくらいの線量なのか。
- 放射線による遺伝的な影響はないのか。

以上

被ばく線量評価に伴うモニタリング強化について

参考1

平成23年3月25日16:10

原子力安全委員会

緊急技術助言組織

現在の被ばく線量の把握、特に感受性の高い小児への健康影響をより正確に把握するため、屋内退避区域あるいはSPEEDIで甲状腺の等価線量が高いと評価された地域の小児の甲状腺線量の実測をお願いいたします。

1. 日時：3月26日以降
2. 測定対象：屋内退避区域あるいはSPEEDIで甲状腺の等価線量が高いと評価された地域の1～15歳児
3. 測定方法：別添のマニュアルに記載
4. その他：
 - (1) 当該地域にいる1～15歳児の所在地に関する情報については、県の協力を求めること
 - (2) 小児の実測に際しては、家族等に過度な心配をもたらさないよう留意した説明を行うこと。
 - (3) 本測定にはアロカ製NaIシンチレーションサーベイメータを必要とする
 - (4) 本測定は、バックグラウンドが0.2 μ Sv/h以下の場所で行うこと

以上

シンチレーションサーベイメータによる甲状腺線量の簡易測定法

(改訂版)

2011年3月25日

1. 概要

本測定法は簡易的に甲状腺内の放射能を調査することを目的とする。

2. 測定対象

1歳児～15歳児程度

3. 使用可能な測定器

アロカ製シンチレーションサーベイメータ

型式：TCS-161, TCS-171, TCS-172に限定する。

4. 測定条件

- 1) 音は出ないようにする。
- 2) 時定数を10秒に設定する。
- 3) 指示値が $\mu\text{Sv/h}$ の単位で測定できるようにする。
- 4) 測定は30秒とし、30秒後の指示値を3回読んでその平均値を記録する。
- 5) シンチレーションサーベイメータのプロープは汚染防止用のラップかビニル袋に包むこと。又、子供が対象であることからその上に清浄なティッシュペーパーを巻き、恐怖感を抑える工夫をしたほうがよい。

5. バックグラウンド測定

- 1) 測定場所のバックグラウンドを甲状腺測定直前に測定し、記録する。

6. 甲状腺測定

- 1) 首の回りを汚染の無い濡れタオルで拭き、除染する。ここで、水は未開封のペットボトルの水を用いるとよい。
- 2) 右図を参考として甲状腺にプロープを密着して測定する。プロープを当てる位置は体軸中心で高さは首と鎖骨の交点付近である。
- 3) 指示値を記録し、バックグラウンドの値を差し引き、正味値を求める。



- 4) 正味値が $1.0 \mu\text{Sv/h}$ の時、甲状腺残留放射能は約 22kBq である。これは1歳児の場合であり、年齢と共に数値は減少する。
- 5) 正味値は居住地や避難経路とともに記録に留める。
- 6) 測定値について質問があった場合、正味値が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以下であれば、問題となるレベルではないと答えて良い。
- 7) バックグラウンドが $0.2 \mu\text{Sv/h}$ を超える場合、有意な測定は困難である。
- 8) 1歳児以下で $0.2 \mu\text{Sv/h}$ を超える場合、放医研問い合わせとする。
問い合わせ先は放医研対策本部

以上

福島県における小児甲状腺被ばく調査結果について

平成23年5月12日

原子力安全委員会事務局

平成23年3月23日のSPEEDIの試算を踏まえ、原子力安全委員会緊急技術助言組織より、特に感受性の高い小児への健康影響をより正確に把握するため、屋内退避区域あるいはSPEEDIを用いた試算（3月23日公表分）で甲状腺の等価線量が高いと評価された地域の小児の甲状腺線量の実測を原子力災害対策本部事務局あてに依頼した。

その結果、原子力災害現地対策本部において、いわき市、川俣町、飯館村において小児甲状腺被ばく調査を実施した。

1) 対象者数

測定月日（曜日）	測定場所	測定数（人）
3月26日（土） ～27日（日）	いわき市保健所	134
3月28日（月） ～30日（水）	川俣町公民館	647
3月30日（水）	飯館村公民館	299
合計		1,080

注：なお、3月24日に川俣町において測定を行っているが、バックグラウンドが高かったことから測定結果に含めていない。

2) 測定方法

「緊急被ばく医療ポケットブック」（平成17年3月、財団法人原子力安全研究協会）の「頸部甲状腺に沈着した放射性ヨウ素の測定」に基づきNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いて実施した。

3) 結果

小児甲状腺被ばく調査を実施した0歳から15歳までの1,080人の小児については、スクリーニングレベル0.2 μ Sv/h（一歳児の甲状腺等価線量として100mSvに相当）を超えるものはなかった。

小児甲状腺簡易測定調査結果の概要について

平成23年8月17日

原子力被災者生活支援チーム医療班

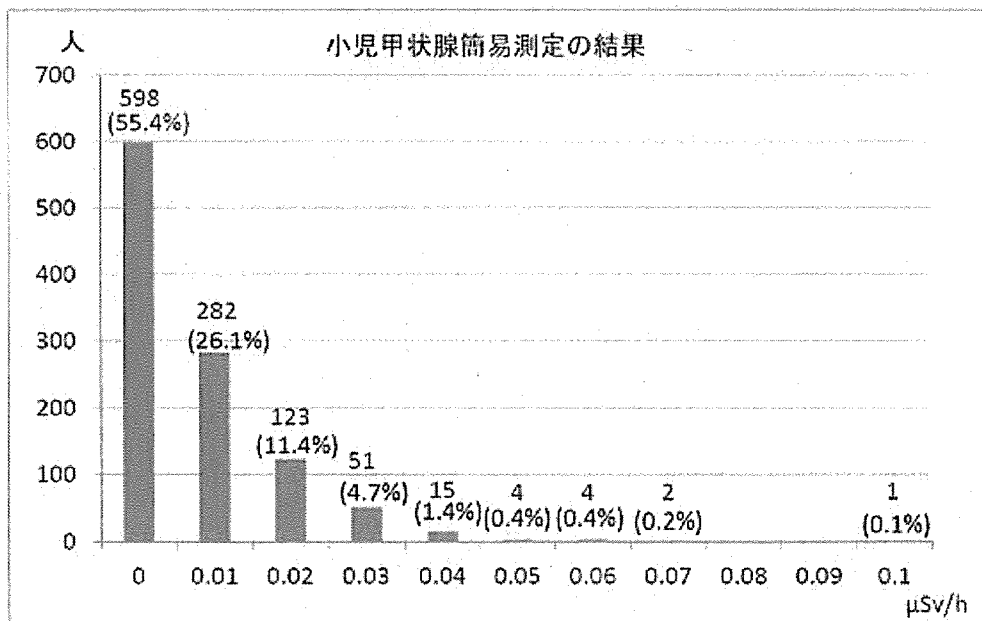
1 調査の概要

平成23年3月23日のSPEEDIの試算を踏まえ、小児への健康影響を把握するため、原子力安全委員会緊急助言組織からの依頼（3月23日付）に基づき、3月24日から30日にかけて、原子力災害現地対策本部は、いわき市、川俣町、飯館村において、小児1,149人を対象に甲状腺の簡易測定を行いました。なお、実際に測定された方の中にはこのほかに対象年齢外の方9人が含まれていましたが、今回の結果には含めておりません。

2 調査結果の概要

調査した1,149人のうち、測定場所の環境放射線量が簡易測定を行うのに適当な放射線量よりも高く、適切に測定結果が出せなかった66人と、年齢不詳の3人を除いた1,080人の方の測定結果の概要は以下のグラフのとおりです。

- 測定値が毎時0.00マイクロシーベルトの方が全体の55.4%、毎時0.04マイクロシーベルト以下の方が全体の99.0%を占めました。
- いずれの方も、原子力安全委員会が、問題となるレベルではない、としている毎時0.2マイクロシーベルトを下回っていました。



平成24年度環境省委託事業「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」報告書より抜粋

(1) 摂取シナリオについて

放射性核種の摂取シナリオ、すなわち、いつ摂取したか、どのように摂取したか（吸入、経口など）などの条件設定は、内部被ばく線量評価において重要な要素となる。摂取日から測定日までの期間が長くなるほど、初期値となる摂取量に対する測定時点での残留放射能の割合（残留率）は小さくなる。小児甲状腺被ばくのスクリーニング検査は2011年3月下旬に実施されたが、甲状腺計測は各被検者につき1回のみであるため、残留放射能のトレンドから摂取日を特定することができない。したがって、福島県各地において実測された周辺線量当量率の時間推移から可能性のある摂取日を推定することとした（図18）。

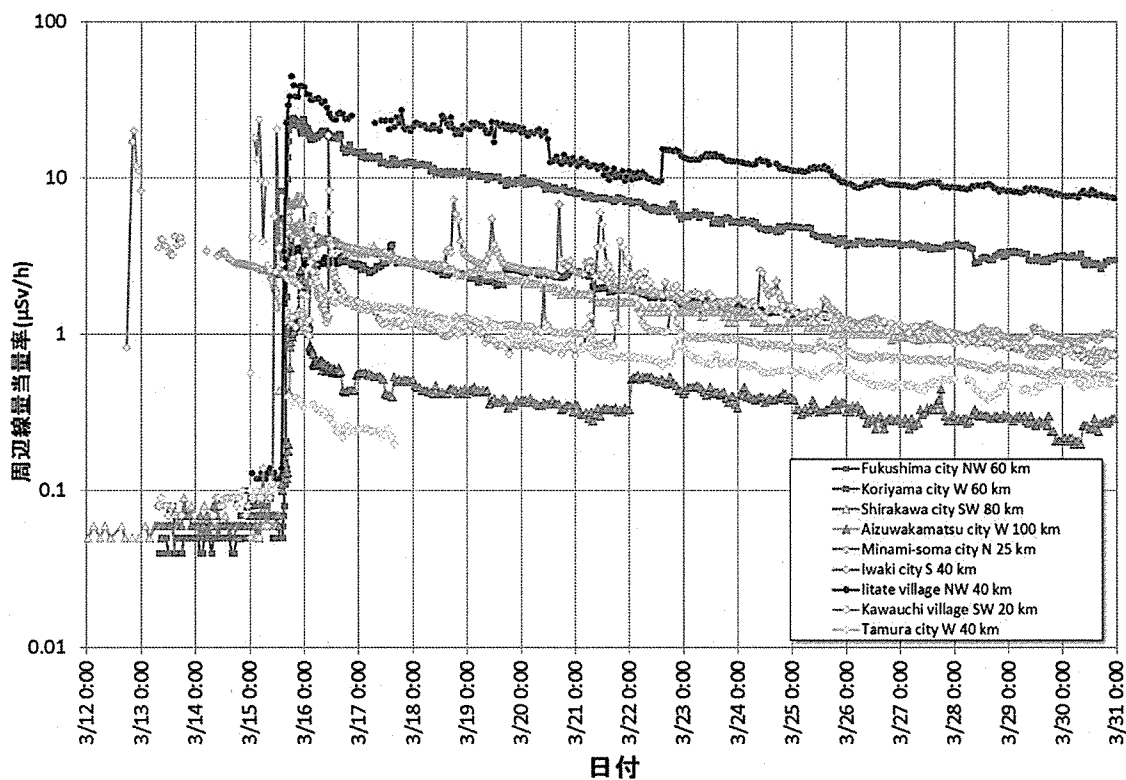


図 18 福島県各地の周辺線量当量率の時間推移

同図から、2011年3月15日に福島県内の多くの場所で周辺線量当量率の急激な上昇が認められる。ただし、福島第一原子力発電所の北に位置する南相馬市では、3月12日に周辺線量当量率の上昇がある。小児甲状腺被ばくのスクリーニング検査が行われた川俣町、いわき市、飯舘村については、住民に有意な内部被ばくを受けたのは3月15日以降と考えることができる。したがって、摂取シナリオとして次の二つを設定した。

- ① シナリオ 1：3 月 15 日に全量一回摂取（急性摂取）
- ② シナリオ 2：3 月 12 日から測定日前日までの均等連続摂取（慢性摂取）

シナリオ 1 は、後述する全身計測に基づく（放射性セシウムによる）実効線量の評価に用いた摂取シナリオに類似しており、シナリオ 2 は、スクリーニング検査実施当時に想定された摂取シナリオである。現実的な摂取シナリオを定めるには個人の行動調査に基づく必要があるが、甲状腺等価線量（以下、甲状腺線量）としては、以上の二つのシナリオから得られる線量の範囲内に収まるものと考えられる。なお、甲状腺計測に基づく（甲状腺）線量評価では、吸入摂取における放射性ヨウ素の物理化学的性状（元素状ヨウ素、ヨウ化メチル、粒子状ヨウ素）及び摂取経路（吸入/経口）の条件設定の違いによって、甲状腺線量の計算値はほとんど変わらない。したがって、線量評価に影響する因子は摂取時期のみとなる。図 19 にはシナリオ 1 及びシナリオ 2 のイメージを示した。

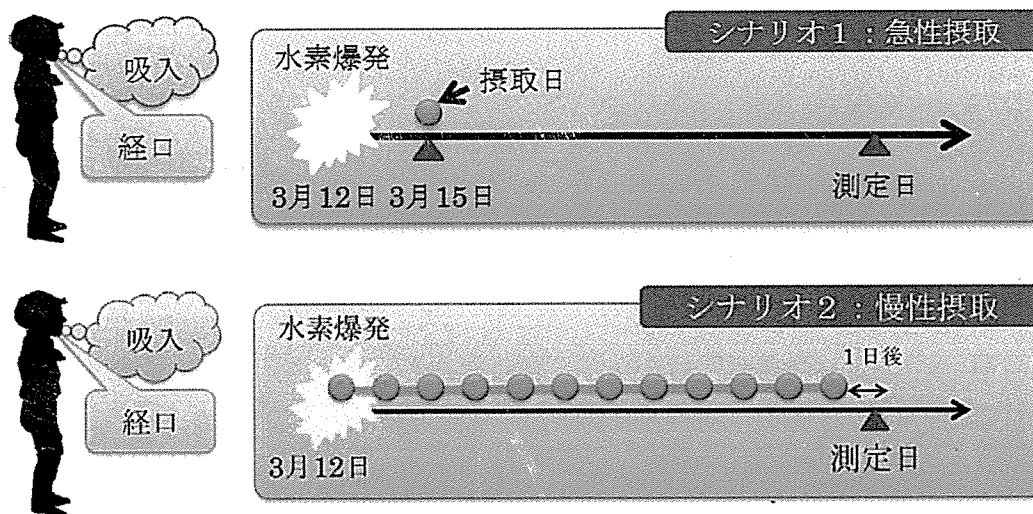
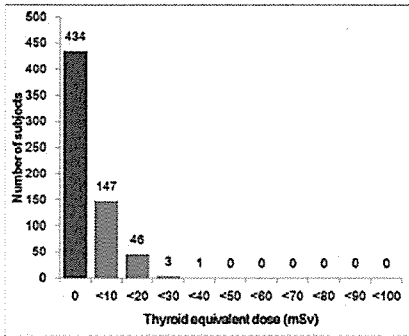
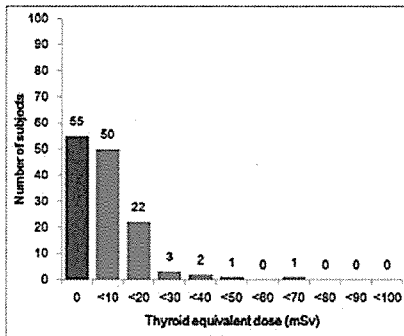


図 19 摂取シナリオ (シナリオ1：急性摂取，シナリオ2：慢性摂取)

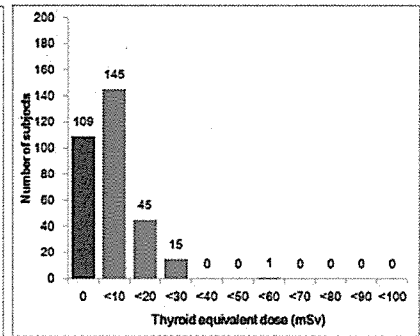
甲状腺線量評価(単一摂取仮定)



川俣町

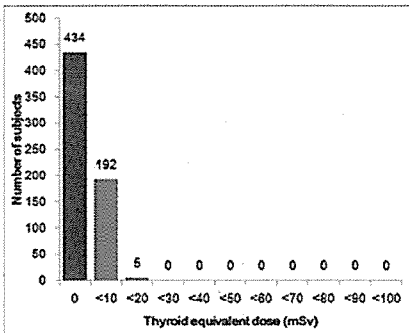
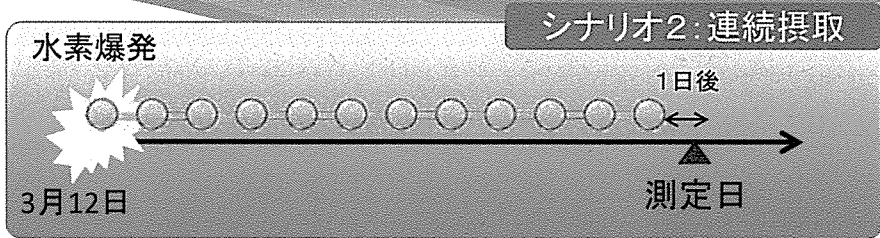


いわき市

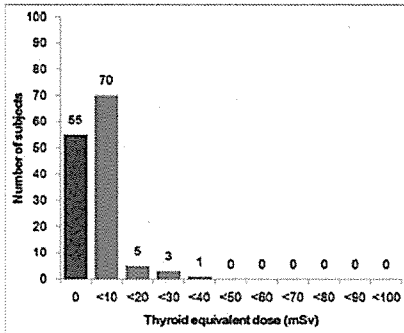


飯館村

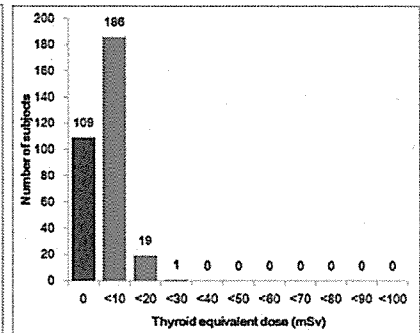
甲状腺線量評価(連続摂取仮定)



川俣町



いわき市



飯館村

(2) サーベイメータの係数効率の校正定数について

空間線量率用 NaI (TI) シンチレーションサーベイメータの甲状腺計測への利用は、原子力災害時における対応の一つとして検討されてきた。国内で普及している典型的なサーベイメータ（日立アロカメディカル社製 TCS シリーズ）の甲状腺残留ヨウ素（ ^{131}I ）に対する校正定数は、約 $30 \text{ kBq}/\mu\text{Sv h}^{-1}$ である。ただし、この数値は成人被検者に対するものであり、頸部が細く、甲状腺前組織厚の薄い小児については別途評価が必要である。前述したように（第 3 章, 3.1.1）、スクリーニング検査当時の小児用の校正定数の導出には、成人を模擬した校正用ファントムが用いられたことから、甲状腺計測における幾何学的条件が実際と大きく異なることが予想される。

図 20 には、被検者の年齢層に応じた校正定数の傾向を示した。ただし、成人に対する校正定数を 1 として規格化を行っている。年齢層が若くなるほど校正定数が減少する（すなわち、感度が高くなる）のは、甲状腺容積が小さくなるのと甲状腺前組織厚が薄くなる双方の効果により、甲状腺計測における幾何学的条件が成人に比べて有利になるためである。同図から、スクリーニング検査時に用いられた校正定数は他と比較して高く、小児用ファントムによって実験的に求めた校正定数（同図：田中ら 4）は最も低い。両者の差は、対象となる被検者の年齢によって若干異なるものの、約 2 倍の開きがある。今回の甲状腺残留量の評価には、これらの 2 種類の校正定数の中間値を暫定的に用いた。この結果は、チェルノブイリ事故の際に用いられた同タイプの検出器（SRP-68-01）のレスポンスに偶然にも一致している。

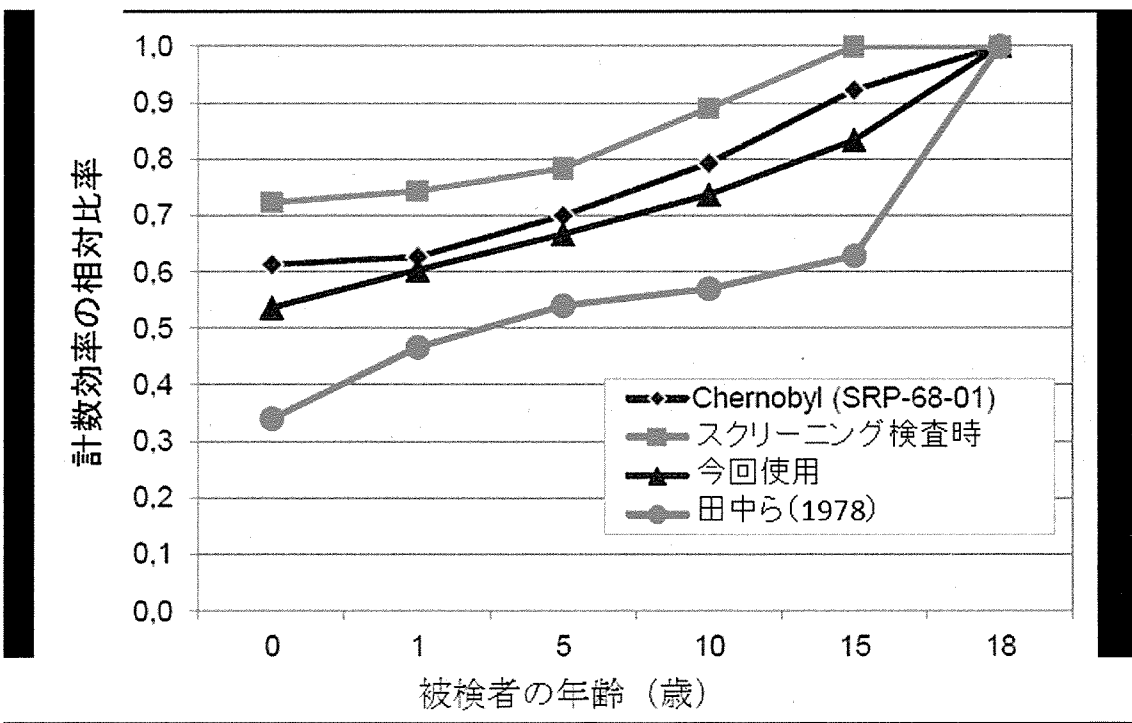


図 20 被検者の年齢による NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータの校正定数の変化

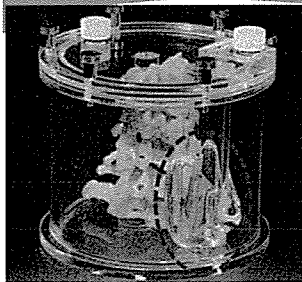
表 9 NaI(Tl) シンチレーションサーベーターの校正定数

(単位 : kBq/μSv h⁻¹)

年齢グループ	スクリーニング検査時	田中ら(1978)*	今回使用
0 歳児	21.7	10	16
1 歳児	22.0	14	18
5 歳児	23.5	16	20
10 歳児	26.8	17	22
15 歳児	30.2	19	25
成人	30.2	30	30

* 原論文では μR/nCi を単位としている。また、単位変更後に成人の校正定数を 30 kBq/μSv h⁻¹ として規格化。

計数効率の見直し



成人頸部ファントム

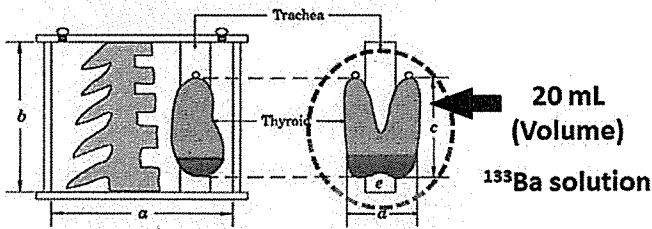


校正の状況

小児に対する
計数効率
過小評価

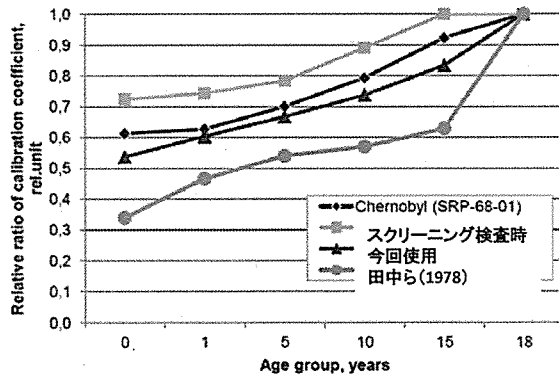
小児に対する
甲状腺¹³¹I量
過大評価

年齢	甲状腺重量	¹³³ Ba注入量
1歳	2.5 g	2.5 ml
5歳	6.1 g	6.1 ml



a:100 mm, b:100 mm, c: 55 mm, d:45 mm, e:20 mm

スクリーニング検査時を過去の文献
値の平均値を今回使用



計数効率の比較

(3) バックグラウンドについて

スクリーニング検査が行われた場所の周辺線量当量率は、飯館村の測定において $0.1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ と報告されている。一方、131I の甲状腺残留放射能の正味値を得るため、被検者の体幹部位を測定して得られたバックグラウンドの平均値は、 $0.09 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (川俣町)、 $0.17 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (いわき市)、 $0.12 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (飯館村) であった。したがって、 $0.01 \sim 0.02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 程度の正味値は、サーベイメータの指示値の統計変動範囲に含まれる可能性がある。正味値 $0.02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ に相当する甲状腺線量は、5 歳児で約 10mSv であった。表 11 には、 10mSv の甲状腺線量に相当するサーベイメータの正味値 (ただし、シナリオ 1 で測定日を 3 月 26 日とした場合)、 $0.02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 以上の被検者数等などについて年齢区分毎に示した。0 歳及び 1 歳の年齢区分では、正味値が $0.01 \mu\text{Sv h}^{-1}$ の場合に 10mSv となる。一方、 10mSv 以上と評価された当該年齢児は 8 名であるが、この内、 $0.02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 以上の者は 2 名であることから、残りの 6 名については正味値が $0.01 \mu\text{Sv h}^{-1}$ であったことがわかる。同様に、被検者数のもっとも多い 5 歳児については、 10mSv 以上と評価した当該年齢児は、ほぼ全員で正味値が $0.02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 以上であったことが同表からわかる。より高齢の小児については、 10mSv の甲状腺線量に相当するサーベイメータの正味値が高くなる。今後、詳細な調査を継続して進める必要があるが、本スクリーニング検査の検出下限値は甲状腺線量で 10mSv 相当であると見積もられ、検査の目的としては必要十分な感度を有していたと考えられる。

表 11 甲状腺線量 10mSv に相当するサーベイメータの正味値など

年齢 グループ	10mSv 相当摂取量(Bq)	10mSv 相当のサーベイメータ 正味値 ($\mu\text{Sv h}^{-1}$)*	被検者数 $0.02 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq$	被検者数 $10 \text{mSv} \leq$ **
0 歳児	3.0E+03	0.01	2	8
1 歳児	3.1E+03	0.01	11	37
5 歳児	5.3E+03	0.02	87	85
10 歳児	1.1E+04	0.04	70	8
15 歳児	1.6E+04	0.06	30	2

* シナリオ 1 (3 月 15 日急性摂取) を仮定し 3 月 26 日に甲状腺計測した場合

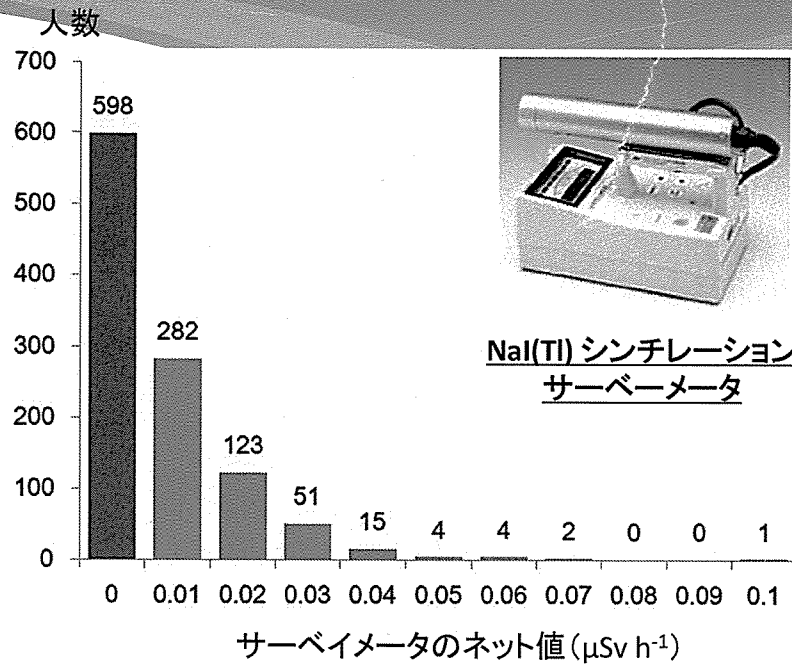
** シナリオ 1 に基づく甲状腺線量評価

小児甲状腺スクリーニング(ネット値)



小児甲状腺スクリーニング
の状況

Y. Hosokawa et al.
REM 2013, 2, 82-86 (2013)



スクリーニングレベル: $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$
(1歳児の甲状腺等価線量で100 mSvに相当する数値)

部外秘

添付資料 20 3 / 3 ページ

(参考資料) 福島県における小児甲状腺被ばくの調査結果についての解析結果

2011年3月30日

原子力安全委員会助言委員

山田 裕司

3月26日、27日にいわき市保健所において実施された小児（0歳から14歳までの137名）の調査結果について、解析を行った。現地のBG測定状況を確認したところ、測定場所の空間BG測定値ではなく、被検者の着衣表面のBG測定値であることが判明した。従って、従来平均BG値を用いるのではなく、個別のBG値を用いて正味値を算定し直した。前回の算定方法にて有意と判定された11名についての評価結果を以下の表に示す。

測定日	No	年齢 才	実測値 $\mu\text{Sv/h}$	従来（平均BG使用）		今回（個別BG使用）	
				正味値 $\mu\text{Sv/h}$	甲状腺等価 線量 mSv	正味値 $\mu\text{Sv/h}$	甲状腺等価 線量 mSv
3月26日			0.22	0.05	19	0.04	7.1
			0.22	0.05	6	0.04	5
			0.22	0.05	19	0.04	7.1
			0.27	0.10	35	0.10	35
			0.23	0.06	22	0.06	21
			0.22	0.05	6	0.05	8.9
3月27日			0.22	0.05	19	0.05	17
			0.24	0.07	43	0.04	25
			0.23	0.06	37	0.03	18
			0.23	0.06	22	0.02	7.2
			0.23	0.06	22	0.02	7.2

評価し直した結果、全体としては線量が低くなる方向になった。最大値を示した3月27日[]は、43mSvから25mSvに下がった。3月26日の最大値を示した[]は、35mSvが変わらず、新評価方式での最大値となった。

以上

(2) その他の実測データ他

甲状腺線量の実測データ(暫定版)

平成25(2013)年12月25日
環境省放射線健康管理担当参事官室調べ

No.	報告者・機関／報告年	測定期間	対象者	ヨウ素剤服用等	方法	線量値
1	床次他(2012)	2011/4/12～ 2011/4/16	浪江町民62人	(記述なし)	スペクトロメータ	甲状腺等価線量:中央値4.2mSv(子ども)、3.5mSv(大人)、最大23mSv(子ども)、3.5mSv(大人)
2	松田他(2013)	(記述なし)	福島県民または福島県短期滞在者(平均4.8日)173人	ヨウ素剤服用指示なし	WBC	甲状腺等価線量:最大20.04mSv
3	高田他(2011)	2011/4/8～ 2011/4/9	浪江町民40人 二本松市民24人 飯館村2人	ヨウ素剤服用なし	サーベイメータ	甲状腺線量:平均5.1mGy、最大7.8mSv(浪江町民)、平均0.3mGy、最大1.1mSv(二本松市民)、平均3.9mGy(飯館村民)
4	高田他(2012)	2011/3/12～ 2011/4/11	JAEA現地派遣職員50人	ヨウ素剤服用なし 防護マスク着用なし	WBC	預託実効線量:平均0.24mSv、最大0.8mSv
5	フランスIRSN(2012)	2011/3/14～ 2011/12/19	在日フランス人、訪日ジャーナリスト等268人	(記述なし)	スペクトロメータ	甲状腺等価線量:最大1.4mSv
6	アメリカDTRA(2012)	2011/3/14～ 2011/8/31	米軍基地職員(横須賀、仙台など)8,225人(Phase1)	(記述なし)	WBC及びサーベイメータ	預託実効線量:98%が検出限界値以下、平均0.004rem(0.04mSv)、最大0.025rem(0.25mSv)
7	Shinkarev他(2013)	2011/4/8～ 2011/4/20	在日ロシア人(在東京大使館員など)268人	(記述なし)	スペクトロメータ	甲状腺線量: 265人が検出限界値以下、 最大2mGy(大人)、4mGy(1歳児)

(注)小児甲状腺スクリーニング検査(原子力災害対策本部実施)は除く

- (1) S. Tokonami, et al. Thyroid doses for evacuees from the Fukushima nuclear accident. SCIENTIFIC REPORTS, 2 (2012)
- (2) N. Matsuda, et al. Assessment of internal Exposure Doses in Fukushima by a Whole Body Counter Within One Month after the Nuclear Power Plant Accident. Radiation Research, 179 (2013)
- (3) 高田純「福島 嘘と真実 東日本放射線衛生調査からの報告」医療科学社(2011)
- (4) C. Takada, et al. Results of Whole Body Counting for JAEA Staff Members Engaged in the Emergency Radiological Monitoring for the Fukushima Nuclear Disaster. Proceedings of the 1st NIRS Symposium on Reconstruction of Early Internal Dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident (2012)
- (5) IRSN. Fukushima, one year later: Initial analyses of the accident and its consequences. Report IRSN/DG/2012-003 (2012)
- (6) DTRA. Radiation Dose Assessments for Shore-Based Individuals in Operation Tomodachi (2012)
- (7) S. Shinkarev, et. al. Thyroid measurements of the Russian citizens living in Japan following the Fukushima accident. 2nd NIRS Symposium, Chiba (2012)

原著論文

福島第一原子力発電所事故後の大気中放射性物質濃度 測定結果に基づく線量の評価 —東海村周辺住民を対象として—

竹安 正則*¹, 住谷 秀一*¹, 古田 定昭*^{1,2}

(2013年2月17日受理)

(2013年6月7日再受理)

Estimation of Dose from the Measurement Results of Airborne Radionuclide Concentrations Following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident —For the Public around Tokai-mura, Ibaraki—

Masanori TAKEYASU*¹, Shuichi SUMIYA*¹ and Sadaaki FURUTA*^{1,2}

On the basis of the measurement results of airborne radionuclide concentrations in the Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories, Japan Atomic Energy Agency, the committed effective dose to adults and the committed equivalent dose to thyroid of infants by inhalation were estimated for various indoor and outdoor exposure scenarios. It was demonstrated that the indoor to outdoor airborne radionuclide concentration ratio had a dominant effect on the dose estimate. The committed effective dose to adults was estimated to 0.098 mSv, and the committed equivalent dose to thyroid of infants was 1.8 mSv. These doses were about 1/6 and about 1/9, respectively, compared to the provisional ones with such assumptions as continuous outdoor stay.

KEY WORDS: dose estimation, inhalation, public, environmental monitoring, Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident.

I 緒 論

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い、日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所（原子力機構サイクル研究所）で特別モニタリングとして大気中放射性物質濃度が連続的に測定され、サイクル研究所周辺で

の吸入摂取に係る線量の暫定値が試算された^{1,2)}。この試算は、事故時に一般住民に対する適切な防護措置を策定するために見積もられる予測線量の算出手法に従っている。

予測線量とは、屋外に留まり何の防護措置も講じない場合に一般住民が受けるであろうと考えられる線量の推定値のことである。その見積もりは、屋外の大気中放射性物質濃度に基づき行われる。しかし、一般住民は屋外にずっと留まらず屋内にも滞在するため、予測線量は一般住民が実際に受けた線量とは異なる。また、予測線量見積もりの際に用いられる線量への換算係数として、各核種の化学形に関わらず各核種に対する最大値が採用される³⁾。このように、予測線量の算出手法では保守的な生活形態並びにパラメータが用いられるため、予測線量は過大に見積もられることとなる。

*¹ (独) 日本原子力研究開発機構東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所放射線管理部; 茨城県那珂郡東海村村松4-33 (〒319-1194)
Radiation Protection Department, Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories, Tokai Research and Development Center, Japan Atomic Energy Agency; 4-33 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan.
E-mail: takeyasu.masanori@jaea.go.jp

*² 現在: (独) 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター; 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 (〒509-5102)
Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency; 959-31 Jorinji, Izumi-cho, Toki-shi, Gifu 509-5102, Japan.

事故発生後、発電所周辺住民の避難や食物摂取制限など様々な防護対策が実施され、一般住民が受ける線量の低減が図られてきた。現状では、事故直後の初期段階において一般住民が実際に受けたであろう線量の再評価が進められている⁴⁾。その中で放射性ヨウ素による内部被ばくによる被ばくが注目され、計算あるいは実測された大気中放射性ヨウ素濃度に基づくより詳細な評価手法が求められている。

サイクル研究所での大気中放射性物質濃度測定においては、放射性物質が粒子状とガス状に分けて測定された^{1,2)}。そのため、各核種に対してその化学形をある程度特定でき、線量への換算係数としてより現実的な値を設定し線量を見積もることが可能である。

本報告では、屋内外での空気中濃度の差、屋内と屋外での滞在時間、呼吸率、線量への換算係数としてより現実的なパラメータを検討した。そして、サイクル研究所での大気中濃度測定結果に基づき、前報^{1,2)}に従って、吸入摂取に係る成人の預託実効線量及び小児（1歳児）の甲状腺預託等価線量を見積もった。

II サイクル研究所での大気中放射性物質濃度の測定の概要

サイクル研究所での大気中放射性物質濃度の測定方法及び測定結果については、前報^{1,2)}に詳細に記載した。本章では、その概要について述べる。

1. 測定方法

サイクル研究所において商用電源が復旧した平成23年3月13日に、サイクル研究所敷地内1地点に可搬型ダスト・ヨウ素サンブラ（Model No. PNC-800）を設置

した。ダストフィルタ（タイプ：HE-40T、アドバンテック東洋製）とTEDA（tri-ethylene-diamine）添着活性炭カートリッジ（タイプ：CHC-50、アドバンテック東洋製）により、空気中の放射性物質を連続的に採取した。

採取時間間隔は基本的に12時間としたが、所内のモニタリングポストで測定された空間放射線線量率が上昇した時は採取時間間隔を短くした。また、空間放射線線量率が徐々に低下していった3月22日以降は順次時間間隔を長くした。そのため、結果として、採取時間間隔は3時間～7日であった。

採取した試料を測定時間1,000秒～5,000秒でゲルマニウム半導体検出器により測定し、測定時間及び採取時間を補正することによりガンマ線放射核種の大気中濃度を定量した。放射性壊変系列に従い親核種テルル-132（Te-132；半減期3.204日）から生成する短寿命壊変生成物ヨウ素-132（I-132；半減期2.295時間）については、親核種と壊変生成物が放射平衡状態にあると仮定し、親核種のみ定量し、後述する線量の見積もりにおいては、親核種と壊変生成物が同じ濃度とした。これは、公表されている放出量がTe-132>I-132であること⁵⁾から妥当と考えられる。

ダストフィルタにより捕集された放射性物質を粒子状の放射性物質とし、活性炭カートリッジにより捕集された放射性物質をガス状の放射性物質とした。

2. 測定結果

粒子状の放射性物質の大気中濃度の経時変化を Fig. 1-1、Fig. 1-2 に、ガス状の放射性物質の大気中濃度の経時変化を Fig. 2 に示した。Fig. 1-1、Fig. 1-2 及び Fig. 2 より、放射性物質の大気中濃度は、3月15日、16日、

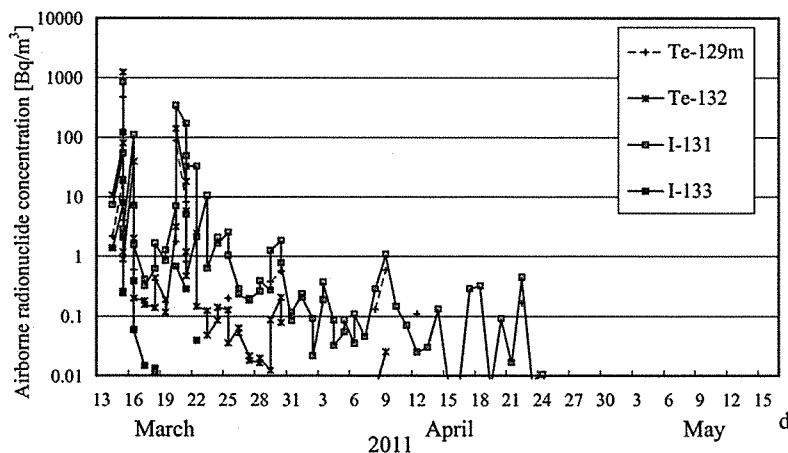


Fig. 1-1 Variation of airborne Te-129m, Te-132, I-131 and I-133 concentrations in aerosol form.

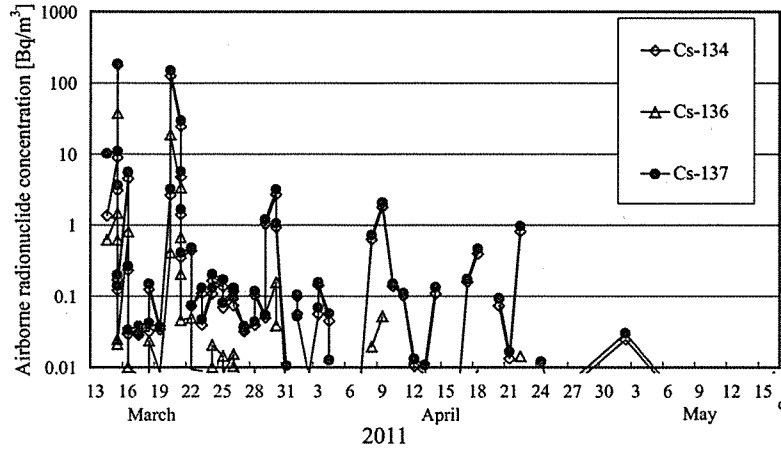


Fig. 1-2 Variation of airborne Cs-134, Cs-136 and Cs-137 concentrations in aerosol form.

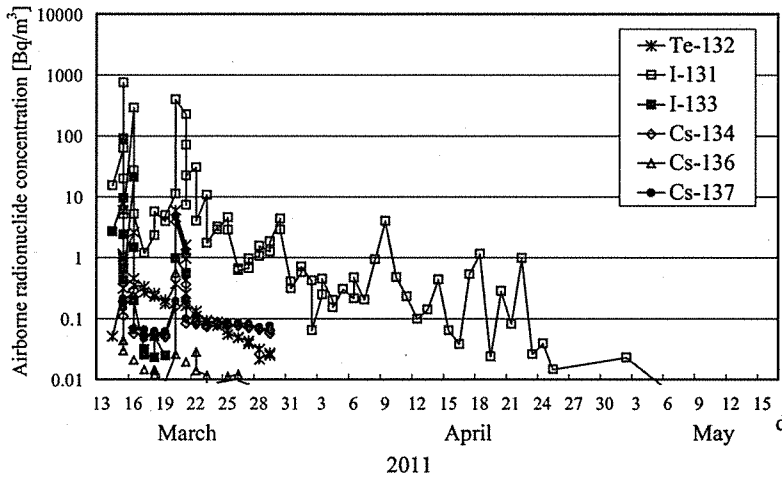


Fig. 2 Variation of airborne radionuclide concentrations in gaseous form.

21日に顕著に上昇した。その後、徐々に減少する傾向を示し、5月7日以降、すべての放射性物質に対して0.01 Bq/m³以下であった。これらの測定結果の詳細は、前報¹⁾に取りまとめた。

III 吸入摂取に係る預託線量の評価方法

1. 吸入摂取に係る預託線量の計算式

吸入摂取に係る預託線量は次式により求められる³⁾。

$$H = \sum_j (K_j \chi_j MT) \quad (1)$$

ここで、

H : 吸入摂取に係る預託線量 (mSv)

K_j : 核種 j の線量係数 (mSv/Bq)

χ_j : 核種 j の空气中濃度 (Bq/m³)

M : 呼吸率 (m³/d)

T : 滞在時間 (d)

である。

前報^{1,2)}での暫定値試算時には、 K_j は化学形を考慮せず各核種に対する最大値、 χ_j は屋内外の空气中濃度差を考慮せず屋外で観測された大気中濃度、 M は睡眠時とその他時間帯での呼吸率の違いを考慮せず1日を通じた平均値 (22.2 m³/d)、 T は24時間ずっと屋外に居続けたと仮定してパラメータを設定した。

2. パラメータの検討

本報では、 K_j は各核種の化学形 (粒子状あるいはガス状) に対応した値、 χ_j は屋内外での空气中濃度差を考慮した値、 M は睡眠時とその他の時間帯に対応した値、 T は屋内と屋外に配分した値とした。

(1) 線量係数 (K_f)

K_f については、各核種の各化学形に対応した値が ICRP Publ. 71⁶⁾ に示されている。本報では、粒子状及びガス状の放射性物質に対する線量係数として ICRP Publ. 71⁶⁾ に記載されたそれぞれに対する線量係数を採用した。ガス状の放射性ヨウ素 (I) については、ICRP Publ. 71⁶⁾ にガス状の線量係数として元素状とメチル化物の2つに対する線量係数が記載されている。空气中に浮遊する放射性Iは種々の化学形態で存在し、元素状及びメチル化物の両方の形態で存在する⁷⁾。このことから、保守的に、線量係数が大きい、元素状に対する線量係数を採用した。放射性セシウム (Cs) については、ICRP Publ. 71⁶⁾ に粒子状に対する線量係数しか記載がない。そのため、ガス状の放射性Csに対する線量係数として、ICRP Publ. 71⁶⁾ が推奨した粒子状に対する線量係数を採用した。なお、粒子状及びガス状の放射性Iについては、日本人の安定ヨウ素摂取の影響を考慮し甲状腺摂取率を0.2として線量係数を補正した³⁾。暫定値試算時に採用した線量係数と、本報で採用した線量係数を Table 1-1 及び Table 1-2 に比較した。Table 1-1 及び Table 1-2 より、本報で採用した線量係数のほうがすべての核種で同じあるいは小さくなった。

(2) 呼吸率 (M) と滞在時間 (T)

呼吸率と滞在時間に係るパラメータについては、いくつかの文献に記載がある。呼吸率について、ICRP Publ. 71⁶⁾ には、成人の睡眠時間は8.5時間で呼吸率は0.45 m³/h、屋内に13.5時間(その内、3分の1は座り(呼吸率:0.54 m³/h)、3分の2は軽い作業(呼吸率:1.5 m³/h)) 滞在し呼吸率は1.18 m³/h、屋外に2時間(その内、2分の1は座り、8分の3は軽い作業、8分の1は重労働(呼吸率:3.0 m³/h)) 滞在し呼吸率は1.21 m³/hと記載がある。小児の睡眠時間は14時間で呼吸率は0.15 m³/h、その他の時間(10時間)の呼吸率は0.31 m³/hと記載がある。本報では、ICRP Publ. 71⁶⁾ を参考に、成人の睡眠時呼吸率を0.45 m³/h、屋内作業時呼吸率を1.18 m³/h、屋外作業時呼吸率を1.21 m³/h、小児の睡眠時呼吸率を0.15 m³/h、その他の時間の呼吸率を0.31 m³/hと仮定した。

滞在時間に関して我が国においては、成人の屋外での作業時間を8時間、屋内滞在時間を16時間とした文献がある⁸⁾。総務省平成23年社会生活基本調査⁹⁾によれば、茨城県民の平日における平均起床時刻は6時27分、平均出勤時刻は8時15分、平均帰宅時刻は18時50分、平均就寝時刻は23時02分である。本報では、これらの文献を参考に、茨城県の実態を可能な限り反映するという観点から、成人は23時~翌日6時30分までの7時間

Table 1-1 Comparison of dose coefficient for estimating committed effective dose to adults.

Chemical form Radionuclide	Provisional estimation ^{*2)}		This paper's estimation		
	Dose coefficient ^{*3)} [Sv/Bq]	Absorption type	Dose coefficient [Sv/Bq]	Absorption type	
Aerosol form	Te-129m	7.9E-09	Type S ^{*4)}	6.6E-09	Type M ^{*6)}
	Te-132	5.1E-09	Gas or vapour ^{*4)}	2.0E-09	Type M ^{*6)}
	I-131	2.0E-08	Elemental ^{*4)}	4.9E-9 ^{*5)}	Type F ^{*6)}
	I-132 ^{*1)}	3.1E-10	Elemental ^{*4)}	1.0E-10 ^{*5)}	Type F ^{*6)}
	I-133	4.0E-09	Elemental ^{*4)}	1.0E-9 ^{*5)}	Type F ^{*6)}
	Cs-134	2.0E-08	Type S ^{*4)}	6.6E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-136	2.8E-09	Type S ^{*4)}	1.2E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-137	3.9E-08	Type S ^{*4)}	4.6E-09	Type F ^{*6)}
	Te-129m	7.9E-09	Type S ^{*4)}	3.7E-09	Gas or vapour ^{*7)}
	Te-132	5.1E-09	Gas or vapour ^{*4)}	5.1E-09	Gas or vapour ^{*7)}
Gaseous form	I-131	2.0E-08	Elemental ^{*4)}	1.3E-8 ^{*5)}	Elemental ^{*7)}
	I-132 ^{*1)}	3.1E-10	Elemental ^{*4)}	2.5E-10 ^{*5)}	Elemental ^{*7)}
	I-133	4.0E-09	Elemental ^{*4)}	2.7E-9 ^{*5)}	Elemental ^{*7)}
	Cs-134	2.0E-08	Type S ^{*4)}	6.6E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-136	2.8E-09	Type S ^{*4)}	1.2E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-137	3.9E-08	Type S ^{*4)}	4.6E-09	Type F ^{*6)}

*1) The radioactive equilibrium with Te-132 was assumed.

*2) This estimation was quoted from FURUTA *et al.* (2011)¹⁾ and TAKEYASU *et al.* (2012).²⁾*3) These dose coefficients were quoted from ICRP Publ. 71.⁶⁾*4) These absorption type's dose coefficients were the largest among those in ICRP Publ. 71.⁶⁾

*5) These values were corrected in terms of the intake of a lot of stable Iodine by Japanese.

*6) These absorption types were recommended by ICRP Publ. 71⁶⁾ in the absence of specific information.

*7) These absorption types were corresponded to gaseous form.

Table 1-2 Comparison of dose coefficient for estimating committed equivalent dose to thyroid of infants.

Chemical form	Radionuclide	Provisional estimation ^{*2)}		This paper's estimation	
		Dose coefficient ^{*3)} [Sv/Bq]	Absorption type	Dose coefficient [Sv/Bq]	Absorption type
Aerosol form	Te-129m	1.4E-07	Gas or vapour ^{*4)}	1.2E-08	Type M ^{*6)}
	Te-132	7.8E-07	Gas or vapour ^{*4)}	5.3E-08	Type M ^{*6)}
	I-131	3.2E-06	Elemental ^{*4)}	9.3E-07 ^{*5)}	Type F ^{*6)}
	I-132 ^{*1)}	3.8E-08	Elemental ^{*4)}	1.0E-08 ^{*5)}	Type F ^{*6)}
	I-133	8.0E-07	Elemental ^{*4)}	2.3E-07 ^{*5)}	Type F ^{*6)}
	Cs-134	1.6E-08	Type S ^{*4)}	6.3E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-136	3.9E-09	Type F ^{*4)}	3.9E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-137	1.1E-08	Type S ^{*4)}	4.4E-09	Type F ^{*6)}
Gaseous form	Te-129m	1.4E-07	Gas or vapour ^{*4)}	1.4E-07	Gas or vapour ^{*7)}
	Te-132	7.8E-07	Gas or vapour ^{*4)}	7.8E-07	Gas or vapour ^{*7)}
	I-131	3.2E-06	Elemental ^{*4)}	2.1E-06 ^{*5)}	Elemental ^{*7)}
	I-132 ^{*1)}	3.8E-08	Elemental ^{*4)}	2.5E-08 ^{*5)}	Elemental ^{*7)}
	I-133	8.0E-07	Elemental ^{*4)}	5.3E-07 ^{*5)}	Elemental ^{*7)}
	Cs-134	1.6E-08	Type S ^{*4)}	6.3E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-136	3.9E-09	Type F ^{*4)}	3.9E-09	Type F ^{*6)}
	Cs-137	1.1E-08	Type S ^{*4)}	4.4E-09	Type F ^{*6)}

*1) The radioactive equilibrium with Te-132 was assumed.
 *2) This estimation was quoted from FURUTA *et al.* (2011)¹⁾ and TAKEYASU *et al.* (2012).²⁾
 *3) These dose coefficients were quoted from ICRP Publ. 71.⁶⁾
 *4) These absorption type's dose coefficients were the largest among those in ICRP Publ. 71.⁶⁾
 *5) These values were corrected in terms of the intake of a lot of stable Iodine by Japanese.
 *6) These absorption types were recommended by ICRP Publ. 71⁶⁾ in the absence of specific information.
 *7) These absorption types were corresponded to gaseous form.

30分睡眠し（屋内）、8時30分～19時まで屋外で作業し（10時間30分）、その他の時間帯（6時30分～8時30分及び19時～23時の計6時間）を屋内で作業すると仮定した。

また、小児については、日本小児保健協会の資料¹⁰⁾によれば、小児（1歳児）の平均的な生活習慣として、7時に起床し、その後2時間の昼寝を挟んで自分の家で過ごし、21時に就寝するとのことである。よって、21時～翌日7時までの10時間睡眠し（屋内）、13時～15時の2時間昼寝をし（屋内）、その他の時間帯は屋内で活動すると仮定した。これらの線量見積りに用いたパラメータを Table 2-1 及び Table 2-2 にまとめた。

3. 屋内／屋外の空气中濃度差（屋内濃度低減係数）

屋内と屋外の空气中濃度の差（屋内濃度低減係数）は建物の気密性に依存する。原子力安全委員会の防災指針¹¹⁾には、米国環境保護庁の研究を引用し、気密性の高い建物で20分の1～70分の1、通常の換気率の建物で4分の1～10分の1となり、濃度が低減すると記載されている。JENSEN は、デンマークでの典型的な家屋において2種類のエアロゾルの粒径に対して屋内外の空气中濃度差を調査した¹²⁾。その結果、エアロゾルの粒径が2μmの場合、屋内濃度は屋外濃度の5分の1、粒径4μmの場合、屋内濃度は屋外濃度の10分の1と評

Table 2-1 Parameters and their values for estimating committed effective dose to adults, except for dose coefficient.

Parameter	Location	Value
Indoor air concentration reduction factor		0.25
	Daily time budget [h]	Indoors: Asleep 7.5 ^a Indoors: Awake 6 ^b Outdoors: Awake 10.5 ^c
Breathing rate [m ³ /h]		Indoors: Asleep 0.45 Indoors: Awake 1.18 ^d Outdoors: Awake 1.21 ^e

^a From 11 pm to 6:30 am.
^b From 6:30 am to 8:30 am and from 7 pm to 11 pm.
^c From 8:30 am to 7 pm.
^d One-third sitting (breathing rate: 0.54 m³/h) + two-thirds light exercise (breathing rate: 1.5 m³/h).
^e One-half sitting (breathing rate: 0.54 m³/h) + three-eighths light exercise (breathing rate: 1.5 m³/h) + one-eighth heavy exercise (breathing rate: 3.0 m³/h).

Table 2-2 Parameters and their values for estimating committed equivalent dose to thyroid of infants, except for dose coefficient.

Parameter	Location	Value
Indoor air concentration reduction factor		0.25
	Daily time budget [h]	Indoors: Asleep 12 ^a Indoors: Awake 12 ^b
Breathing rate [m ³ /h]		Indoors: Asleep 0.15 Indoors: Awake 0.31

^a From 9 pm to 7 am and from 1 pm to 3 pm.
^b From 7 am to 1 pm and from 3 pm to 9 pm.

価した。我が国においては、屋内濃度を屋外濃度の4分の1として線量を評価するという提言がある¹³⁾。本報では、線量を保守的に評価するという観点から、これらの文献のうち濃度差が最小となる、屋内外濃度差として4分の1を仮定した。Fig. 3に、2011年3月15日におけるI-131の空气中濃度を例に取り、屋外の空气中濃度と、線量見積りに使用した空气中濃度の関係を図示した。

IV 結果と考察

前章で議論した方法により線量を見積もった。その結果、見積もられた吸入摂取に係る成人の預託実効線量は0.098 mSvであり、暫定値(0.57 mSv)^{1,2)}と比較して約6分の1であった。核種別の線量寄与割合は、Te-129mが3.3%、Te-132が5.2%、I-131が66.6%、Cs-134が7.2%、Cs-137が16.6%であった。

各パラメータを変更していく過程で見積もられた成人の預託実効線量をFig. 4-1に比較し、各過程での線量見積もりの条件をTable 3-1にまとめた。Fig. 4-1において、ケース1は、屋外の空气中濃度の放射性物質を吸入するとして線量を見積もった場合である。呼吸率は一日を通じて一定、線量係数は最大値を採用した。ケース2は、線量係数を粒子状とガス状で区別し、粒子状の放射性物質に対しては粒子状に対する線量係数を、ガス状の放射性物質に対してはガス状に対する線量係数を採用した場合である。空气中放射性物質濃度及び呼吸率についてはケース1の場合と同様とした。ケース3は、ケース2からさらに、屋外に滞在した時間帯は屋外の空气中濃度の放射性物質を、屋内に滞在した時間帯は屋内の空气中濃

度の放射性物質を吸入するとして線量を見積もった場合である。呼吸率についてはケース1, 2の場合と同様とした。ケース4は、ケース3からさらに、呼吸率を睡眠時間帯とその他の時間帯で変化させた場合である。

Fig. 4-1より、線量係数の変更(ケース2)により成人の預託実効線量は0.23 mSvとなり、暫定値(ケース1)の約2分の1になった。このように線量が小さくなった原因は、本報での線量係数のほうが暫定値見積り時の線量係数より同じあるいは小さかったためである。また、空气中濃度の変更(ケース3)により成人の預託実効線量は0.092 mSvとなり、暫定値(ケース1)の約6分の1になった。これは、屋内の空气中濃度を屋外の濃度の4分の1とし、19時~翌日8時30分の間、屋内に滞在するとしたからである。さらに、呼吸率の変更(ケース4)により、成人の預託実効線量は0.098 mSvとなった。呼吸率の変更により線量が若干大きくなった原因としては、23時から翌日6時30分までを睡眠時(低い呼吸率)、6時30分から23時までを屋内あるいは屋外での作業時間(高い呼吸率)と設定したが、作業時間帯での空气中濃度が睡眠時間帯での空气中濃度と比較して高かったことが考えられる。ケース4での成人の預託実効線量への核種別線量寄与割合はTe-129mが6.5%、Te-132が5.3%、I-131が78.3%、Cs-134が4.8%、Cs-137が4.0%であった。

また、種々のパラメータ変更後に見積もられた小児甲状腺の預託等価線量は1.8 mSvであり、暫定値(15 mSv)^{1,2)}と比較して約9分の1であった。核種別の線量寄与割合はTe-132が6.8%、I-131が91.2%であった。各パラメータを変更していく過程で見積もられた小児

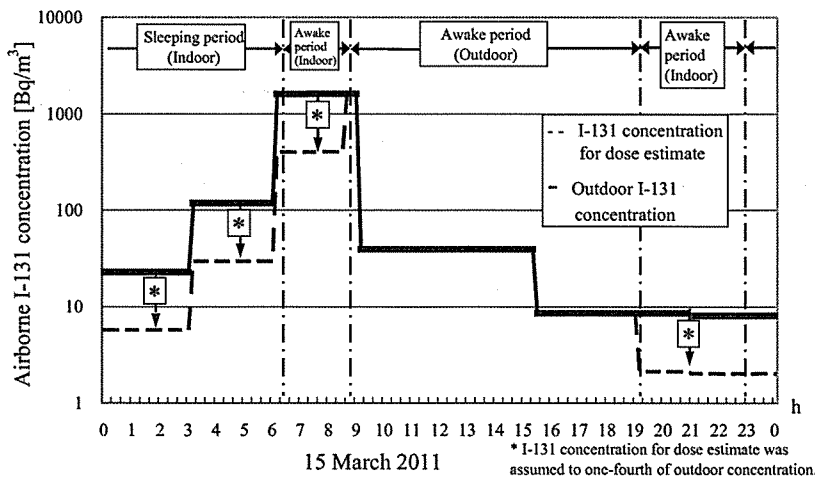


Fig. 3 Relationship between the airborne I-131 concentrations measured outdoors and assumed for estimating committed dose by inhalation (in the case of 15 March 2011).

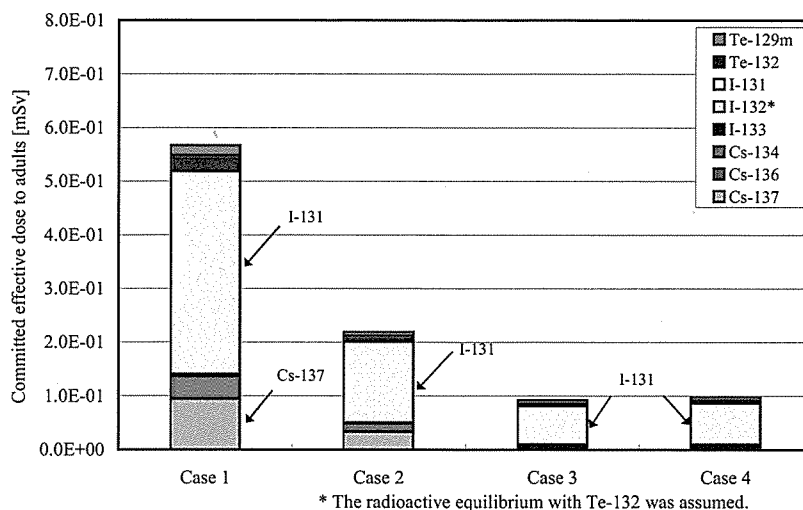


Fig. 4-1 Variation of committed effective dose to adults in according to the change of parameters (The parameter values for Case 1, 2, 3 and 4 were shown in Table 3-1.).

Table 3-1 Parameter values for each case in Fig. 4-1.

Parameter	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Dose coefficient (K_i)	Maximum value for each radionuclide	Corresponding values to aerosol and gaseous forms ^a	←	←
Airborne radionuclide concentration (χ_i)	Outdoor air concentration measured	←	One-fourth of outdoor air concentration measured ^b	←
Breathing rate (M) [m^3/h]	0.925	←	←	0.45 (Indoors: Asleep ^c), 1.18 (Indoors: Awake ^d), 1.21 (Outdoors: Awake ^e)
Stay period (T)	From March 13 to May 23	←	←	←

^a Dose coefficient for radioactive Iodine is corrected considering of the intake of stable Iodine by Japanese.

^b Indoor stay period (from 7 pm to 8:30 am).

^c From 11 pm to 6:30 am.

^d From 6:30 am to 8:30 am and from 7 pm to 11 pm.

^e From 8:30 am to 7 pm.

甲状腺の預託等価線量を Fig. 4-2 に比較し、各過程での線量見積り条件を Table 3-2 にまとめた。Fig. 4-2 において、各ケースにおける線量見積り条件は、成人の預託実効線量の見積り場合と同様である。

Fig. 4-2 より、線量係数の変更 (ケース 2) により小児甲状腺の預託等価線量は 7.2 mSv となり、暫定値 (ケース 1) の約 2 分の 1 になった。このように線量が小さくなった原因は、成人の預託実効線量見積り時と同様に、本報での線量係数のほうが暫定値見積り時の線量係数より同じあるいは小さかったためである。また、空気中濃度の変更 (ケース 3) により小児の甲状腺等価線量は 1.8 mSv となり、暫定値 (ケース 1) の約 9 分の 1 になった。これは、全時間帯について屋内に滞在するとして空気中濃度を 4 分の 1 にしたことが原因である。さらに、呼吸

率の変更 (ケース 4) により、小児甲状腺の預託等価線量は 1.8 mSv となった。呼吸率を変更しても線量が同程度となったのは、空気中濃度が睡眠時間帯 (21 時～翌日 7 時及び 13 時～15 時、低い呼吸率) で高く、活動時間帯 (7 時～13 時及び 15 時～21 時、高い呼吸率) で低かったためと考えられる。ケース 4 での小児の甲状腺等価線量への核種別線量寄与割合は Te-132 が 1.4%、I-131 が 96.9% であった。

本検討において、成人の屋外滞在時間 (屋外作業時間) を 10 時間 30 分と仮定したが、屋外滞在時間は各個人の行動により異なることが想定される。そこで、屋外滞在時間を変更した場合の預託線量を見積もった。成人の屋外滞在時間を 4 時間とし、午前中屋外に滞在する場合 (8 時～12 時)、並びに午後に屋外に滞在する場合 (13

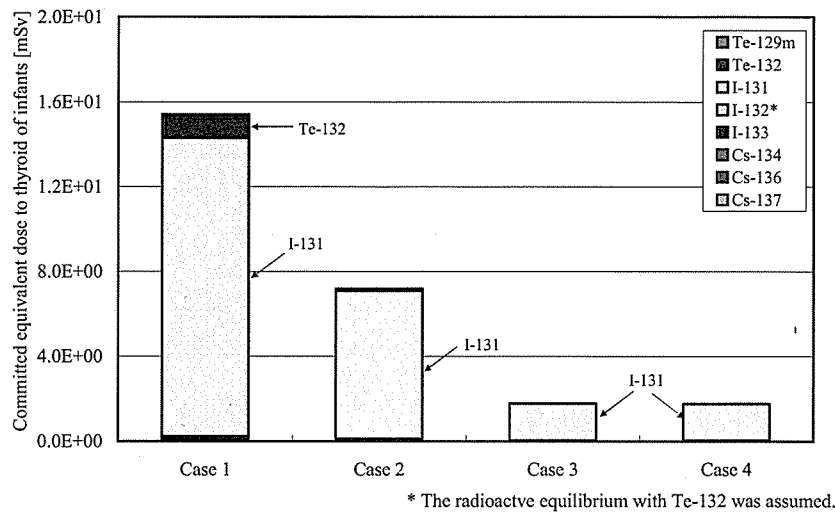


Fig. 4-2 Variation of committed equivalent dose to thyroid of infants in according to the change of parameters (The parameter values for Case 1, 2, 3 and 4 were shown in Table 3-2).

Table 3-2 Parameter values for each case in Fig. 4-2.

Parameter	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Dose coefficient (K_j)	Maximum value for each radionuclide	Corresponding values to aerosol and gaseous forms ^a	←	←
Airborne radionuclide concentration (χ_j)	Outdoor air concentration measured	←	One-fourth of outdoor air concentration measured	←
Breathing rate (M) [m^3/h]	0.215	←	←	0.15 (Indoors: Asleep ^b), 0.31 (Indoors: Awake ^c)
Stay period (T)	From March 13 to May 23	←	←	←

^a Dose coefficient for radioactive Iodine is corrected considering of the intake of stable Iodine by Japanese.

^b From 9 pm to 7 am and from 1 pm to 3 pm.

^c From 7 am to 1 pm and from 3 pm to 9 pm.

時～17時)をケースとして設定し、線量を見積もった。その結果、午前中屋外に滞在した場合、成人の預託実効線量は0.094 mSv、午後屋外に滞在した場合、成人の預託実効線量は0.062 mSvとなった。これらの線量は、前章の条件(屋外滞在時間:10時間30分)に対する線量と比較してそれぞれ0.96倍、0.63倍であった。午前中屋外に滞在した場合のほうが午後屋外に滞在した場合より線量が大きくなった原因としては、午前中の時間帯のほうが午後の時間帯より屋外の空気中濃度が高かったことが考えられる。

今後は、発電所における事故推移が明らかとなることで、大気中放射性物質の化学形に関する情報の充実等を期待したい。また、各個人の線量を見積もる場合においては、各個人の行動調査が重要になると考えられる。

V 結 論

福島原発事故発生から約2年が経過し、事故により住民が実際に受けたであろう線量の再評価が進められている。サイクル研究所での大気中放射性物質濃度測定結果に基づき、線量評価に係るパラメータ、すなわち、線量への換算係数、呼吸率、屋内濃度の低減係数としてより一般的かつ現実的な値を設定し、東海村での吸入摂取に係る成人の預託実効線量及び小児甲状腺の預託等価線量を見積もった。

その結果、見積もられた線量は、成人の預託実効線量について0.098 mSv、小児甲状腺の預託等価線量について1.8 mSvであった。これらの線量は、予測線量の算出手法と同様な手法に従って見積もった暫定値と比較して、それぞれ、約6分の1、約9分の1であった。成人の預託実効線量について、一般公衆に対する年間の線量

限度 (1 mSv/y) と比較して約 10 分の 1 であった。見積もられた線量が暫定値に対し小さくなった主な要因は、屋内濃度の低減係数であった。なお、今回は一般的な統計情報等に基づき見積もった結果であり、震災に伴う断水や混乱の中で一般公衆の行動が正常と異なることが考えられるが、それらは反映されていないことを付記する。

謝 辞

線量係数の算出にあたり有益な情報を提供頂いた放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター栗原 治博士に感謝いたします。

参 考 文 献

- 古田定昭, 住谷秀一, 渡辺 均, 中野政尚, 今泉謙二, 竹安正則, 中田 陽, 藤田博喜, 水谷朋子, 森澤正人, 國分祐司, 河野恭彦, 永岡美佳, 横山裕也, 外間智規, 磯崎徳重, 根本正史, 檜山佳典, 小沼利光, 加藤千明, 倉知 保; 福島第一原子力発電所事故に係る特別環境放射線モニタリング結果—中間報告 (空間線量率, 空気中放射性物質濃度, 降下じん中放射性物質濃度) 一, JAEA-Review 2011-035 (2011).
- M. TAKEYASU, M. NAKANO, H. FUJITA, A. NAKADA, H. WATANABE, S. SUMIYA and S. FURUTA; Results of environmental radiation monitoring at the Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories, JAEA, following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, *J. Nucl. Sci. Tech.*, **49**, 281-286 (2012).
- 原子力安全委員会; 環境放射線モニタリング指針 (平成 20 年 3 月, 平成 22 年 4 月一部改訂), (2010).
- 栗原 治, 金ウンジュ, 徐ソヒ, 福津久美子, 松本雅紀, 林津雄厚, 内山優子, 川口勇生; 東電福島第一原発事故における初期内部被ばく線量の再構築, 第 2 回国際シンポジウム「東京電力福島第一原子力発電所事故における初期内部被ばく線量の再構築」講演要旨集, p. 25 (2013), 放射線医学総合研究所, 東京.
- 原子力安全・保安院; 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る 1 号機, 2 号機及び 3 号機の炉心の状態に関する評価について, 平成 23 年 6 月 6 日, Available at: <http://www.meti.go.jp/press/2011/06/20110606008/20110606008-2.pdf>, 閲覧 2013 年 6 月 5 日.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP); Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides— Part 4 Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 71, Ann. ICRP 25 (3-4) (1995).
- ATOMICA: ヨウ素モニタ (09-04-03-10), Available at: http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=09-04-03-10, 閲覧 2013 年 6 月 5 日.
- 服部隆利; 汚染状況に関する情報整理, 日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会福島第一原子力発電所事故に関する緊急シンポジウム, Available at: http://www.aesj.or.jp/110521symp/presentations/02-02_hattori.pdf, 閲覧 2013 年 2 月 14 日.
- 総務省; 平成 23 年社会生活基本調査, Available at: <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001040668&cycocode=0>, 閲覧 2013 年 2 月 3 日.
- 日本小児保健協会; 平成 12 年度幼児健康度調査報告書, Available at: http://www.jschild.or.jp/book/pdf/report_2000_6.pdf, 閲覧 2013 年 2 月 4 日.
- 原子力安全委員会; 原子力施設等の防災対策について (昭和 55 年 6 月, 平成 22 年 8 月一部改訂), (2010).
- P. H. JENSEN; Atmospheric Dispersion and Environmental Consequences, Exposure from Radioactive Plume Pathways, Riso-M-2849 (EN), Riso National Laboratory, Denmark (1992).
- 原子力安全委員会; 緊急時モニタリングデータに基づく線量評価方法について (提言), 平成 23 年 3 月 25 日, Available at: <http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/shidai/genan2011/genan019/siryo2.pdf>, 閲覧 2013 年 5 月 31 日.



竹安 正則 (たけやす まさのり)
東北大学工学部原子核工学科卒業。京都大学大学院農学研究科博士課程中退。工学博士。専門分野は環境線量評価, 環境放射線モニタリング。

E-mail: takeyasu.masanori@jaea.go.jp

平成24年度事故初期のヨウ素等短半減期による内部被ばくの線量評価調査について

1. 事業の趣旨・目的

東京電力福島第一原子力発電所事故による放射性物質による福島県等の住民の外部および内部被ばくのうち、事故初期のヨウ素 131 による甲状腺内部被ばくについては、事故初期の環境モニタリング、甲状腺被ばく測定といった実測値が少なく、その実態が正確に把握されていない状況にある。

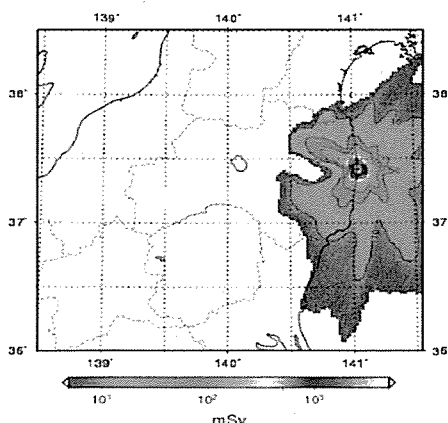
住民の被ばく線量の把握は、住民の健康リスクを評価するための基礎資料として重要であり、このため、環境省では平成24年度の委託事業で、ヨウ素等の短半減期核種による事故初期の甲状腺内部被ばく線量の評価を行った。

2. 線量推計の概要

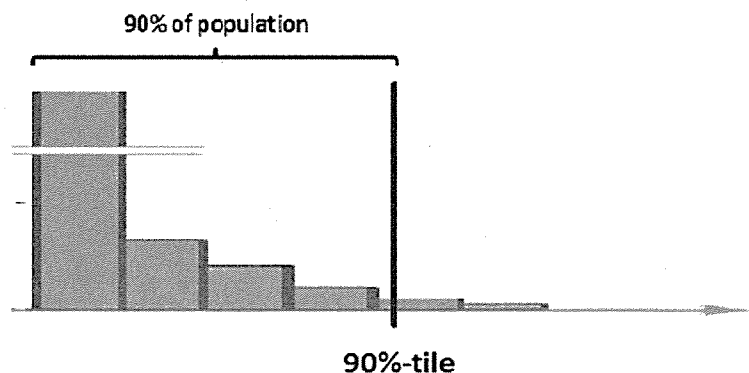
事故直後に実施された小児甲状腺簡易測定調査（平成23年3月24～30日飯館村、川俣町、いわき市：1080名）、ホールボディカウンタ測定（福島県の委託を受けて日本原子力研究開発機構（JAEA）が実施）等の実測値を基に、大気拡散シミュレーションモデル（JAEA実施）の結果を活用して初期ヨウ素による甲状腺被ばく線量を推計。

その結果、原発周辺地域（原発立地町、川俣町、飯館村、いわき市等）の甲状腺被ばく値は90パーセントタイル値*で10～30mSvであった。

なお、推計に用いた主なパラメータであるヨウ素とセシウム の比率については、実測データを基にした上で、さらに保守的な値（被ばく量を多めに見積もること）を用いている。



【ヨウ素拡散シミュレーション結果(1歳甲状腺等価線量マップ)】



【対象の90%がその中に含まれる値】

事故初期の内部被ばく線量（甲状腺線量^{※1}）推計の暫定結果

（90パーセンタイル値：単位：mSv）

自治体	1歳児	成人	方法
双葉町	30	10	ホールボディカウンタ ^{※2}
大熊町	20	<10	ホールボディカウンタ ^{※2}
富岡町	10	<10	ホールボディカウンタ ^{※2}
楡葉町	10	<10	ホールボディカウンタ ^{※2}
広野町	20	<10	ホールボディカウンタ ^{※2}
浪江町	20	<10	ホールボディカウンタ ^{※2} 、甲状腺検査 ^{※3}
飯館村	30	20	甲状腺検査 ^{※4} 、ホールボディカウンタ ^{※2}
川俣町	10	<10	甲状腺検査 ^{※4} 、ホールボディカウンタ ^{※2}
川内村	<10	<10	ホールボディカウンタ ^{※2}
葛尾村	20	<10	浪江町の数値を代用
いわき市	30	10	シミュレーション ^{※5} 、甲状腺検査 ^{※4}
南相馬市	20	<10	浪江町の数値を代用
福島県内他	<10	<10	シミュレーション ^{※5}

※1 甲状腺線量：放射性ヨウ素による甲状腺預託等価線量

※2 ^{131}I / ^{137}Cs の摂取量比を 3 と仮定し、ホールボディカウンタ検査の ^{137}Cs 値から推計

※3 床次他(2012) 中央値：3.5mSv(20歳以上)、4.2mSv(0~19歳)

※4 小児甲状腺被ばく調査（スクリーニング調査）の結果を用いて推計

※5 大気拡散シミュレーションモデルの結果を用いて推計

（出典）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減期による内部被ばく線量評価調査」より