

TEPCO福島原発事故の際の 甲状腺測定結果と課題

飯本研究室拡大ゼミ
2022年6月4日(土)

放射線安全フォーラム第72回放射線防護研究会(2022年2月19日)
での発表スライドを一部改編

(国研)量子科学技術研究開発機構
栗原 治

発表内容

1. 放射性ヨウ素の甲状腺測定
2. TEPCO福島原発事故の際の甲状腺測定
3. 今後の公衆甲状腺被ばく線量モニタリング

発表内容

1. 放射性ヨウ素の甲状腺測定
2. TEPCO福島原発事故の際の甲状腺測定
3. 今後の公衆甲状腺被ばく線量モニタリング

原子力災害の特徴

原子力発電所における過酷事故

- 大量の放射性物質の環境放出に伴い、公衆にも被ばくのおそれが生じる。
- 多くの放射性核種が被ばく源となり、被ばく経路も様々。
- 放射性物質による汚染範囲が広域にわたる。
- 被災者の長期的な健康管理が必要。

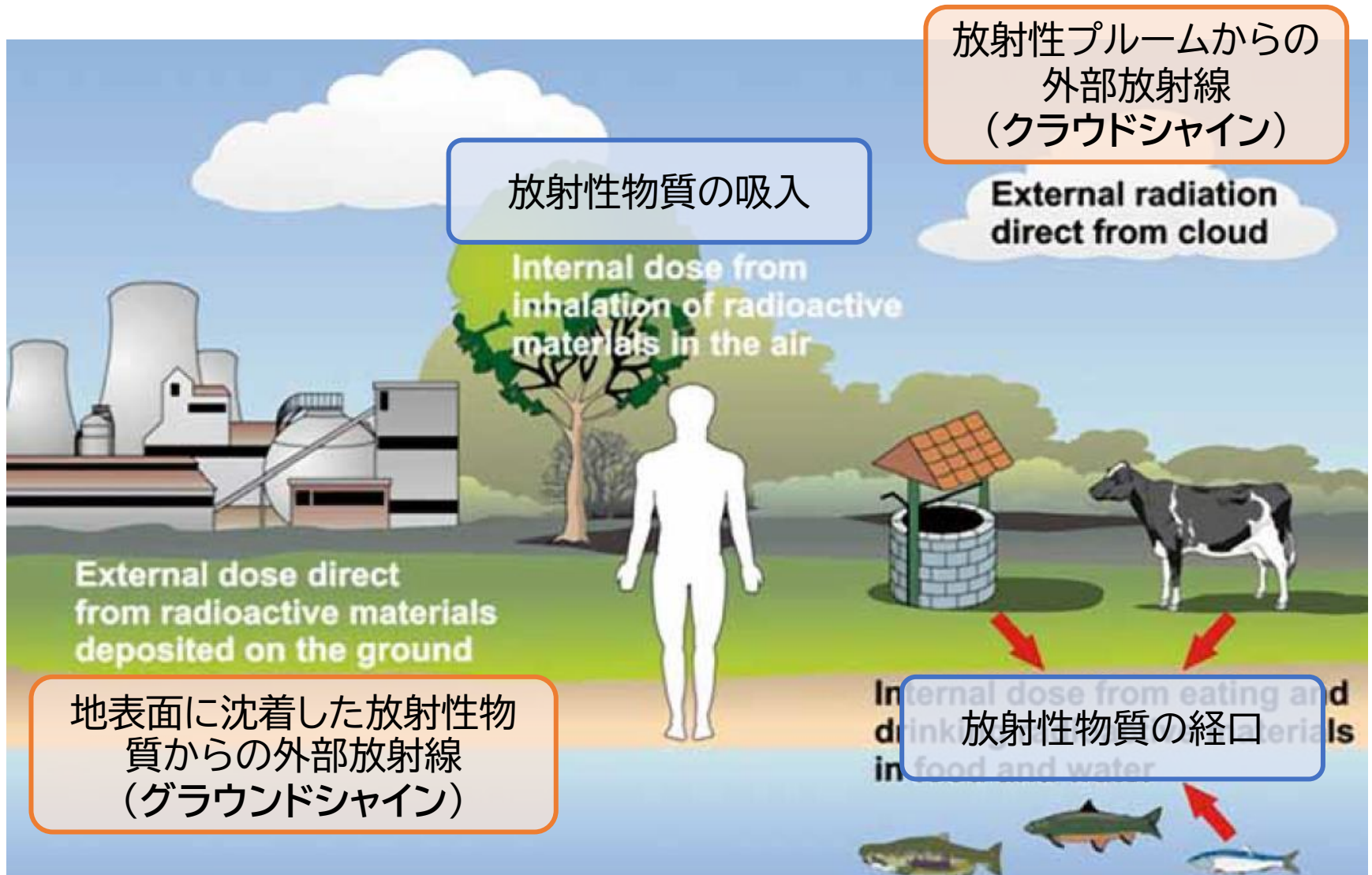


我が国独自の特徴として、大規模自然災害がトリガーとなる可能性が高い

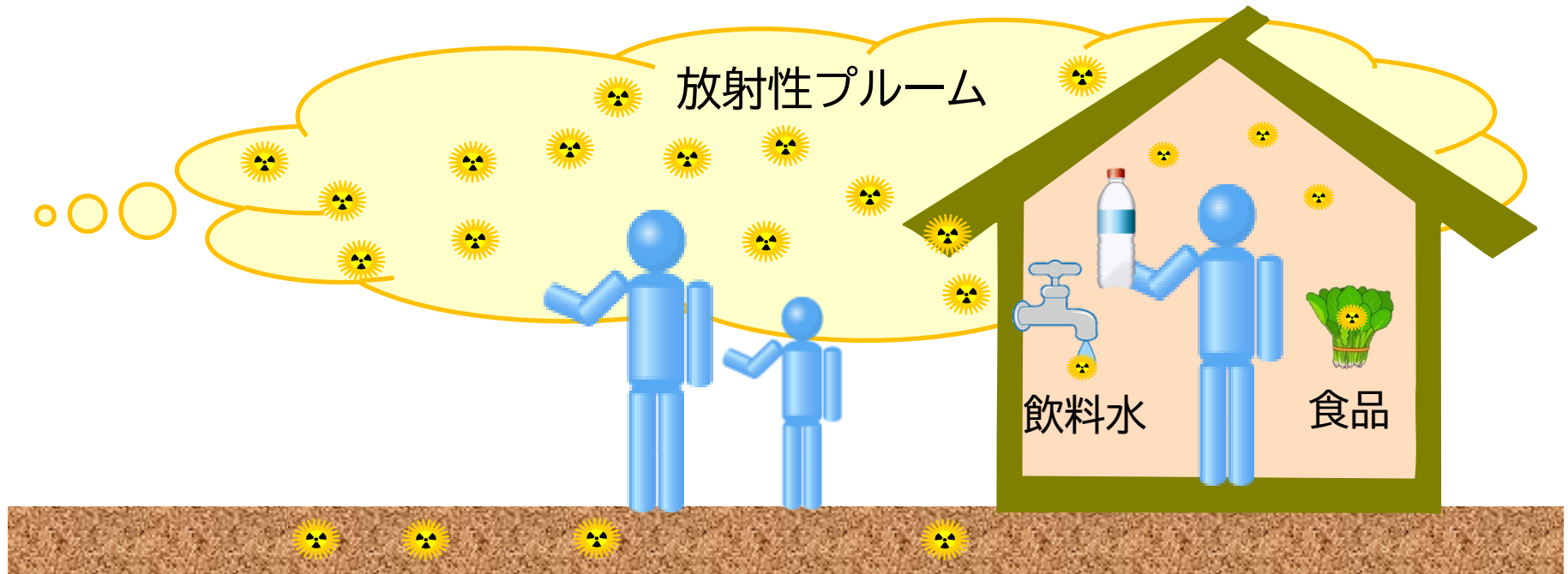
福島原発事故による環境中への初期放出量推定値(Bq)

核種	半減期	1号機	2号機	3号機	合計
Xe-133	5.2d	3.4×10^{18}	3.5×10^{18}	4.4×10^{18}	1.1×10^{19}
Cs-134	2.1y	7.1×10^{14}	1.6×10^{16}	8.2×10^{14}	1.8×10^{16}
Cs-137	30.0y	5.9×10^{14}	1.4×10^{16}	7.1×10^{14}	1.5×10^{16}
Sr-89	50.5d	8.2×10^{13}	6.8×10^{14}	1.2×10^{15}	2.0×10^{15}
Sr-90	29.1y	6.1×10^{12}	4.8×10^{13}	8.5×10^{13}	1.4×10^{14}
Te-129m	33.6d	7.2×10^{14}	2.4×10^{15}	2.1×10^{14}	3.3×10^{15}
Te-132	78.2h	2.5×10^{16}	5.7×10^{16}	6.4×10^{15}	8.8×10^{16}
Pu-238	87.7y	5.8×10^{08}	1.8×10^{10}	2.5×10^{08}	1.9×10^{10}
Pu-239	24065y	8.6×10^{07}	3.1×10^{09}	4.0×10^{07}	3.2×10^{09}
Pu-240	6537y	8.8×10^{07}	3.0×10^{09}	4.0×10^{07}	3.2×10^{09}
Pu-241	14.4y	3.5×10^{10}	1.2×10^{12}	1.6×10^{10}	1.2×10^{12}
I-131	8.0d	1.2×10^{16}	1.4×10^{17}	7.0×10^{15}	1.6×10^{17}
I-132	2.3h	1.3×10^{13}	6.7×10^{06}	3.7×10^{10}	1.3×10^{13}
I-133	20.8h	1.2×10^{16}	2.6×10^{16}	4.2×10^{15}	4.2×10^{16}

環境中における被ばく経路



内部被ばく線量推定モデル



吸入摂取=空气中濃度×呼吸量

✓ 時空間的に広範囲の実測データが必要

✓ 個人差や身体負荷による変動が大きい

経口摂取=食品中濃度×摂食(水)量

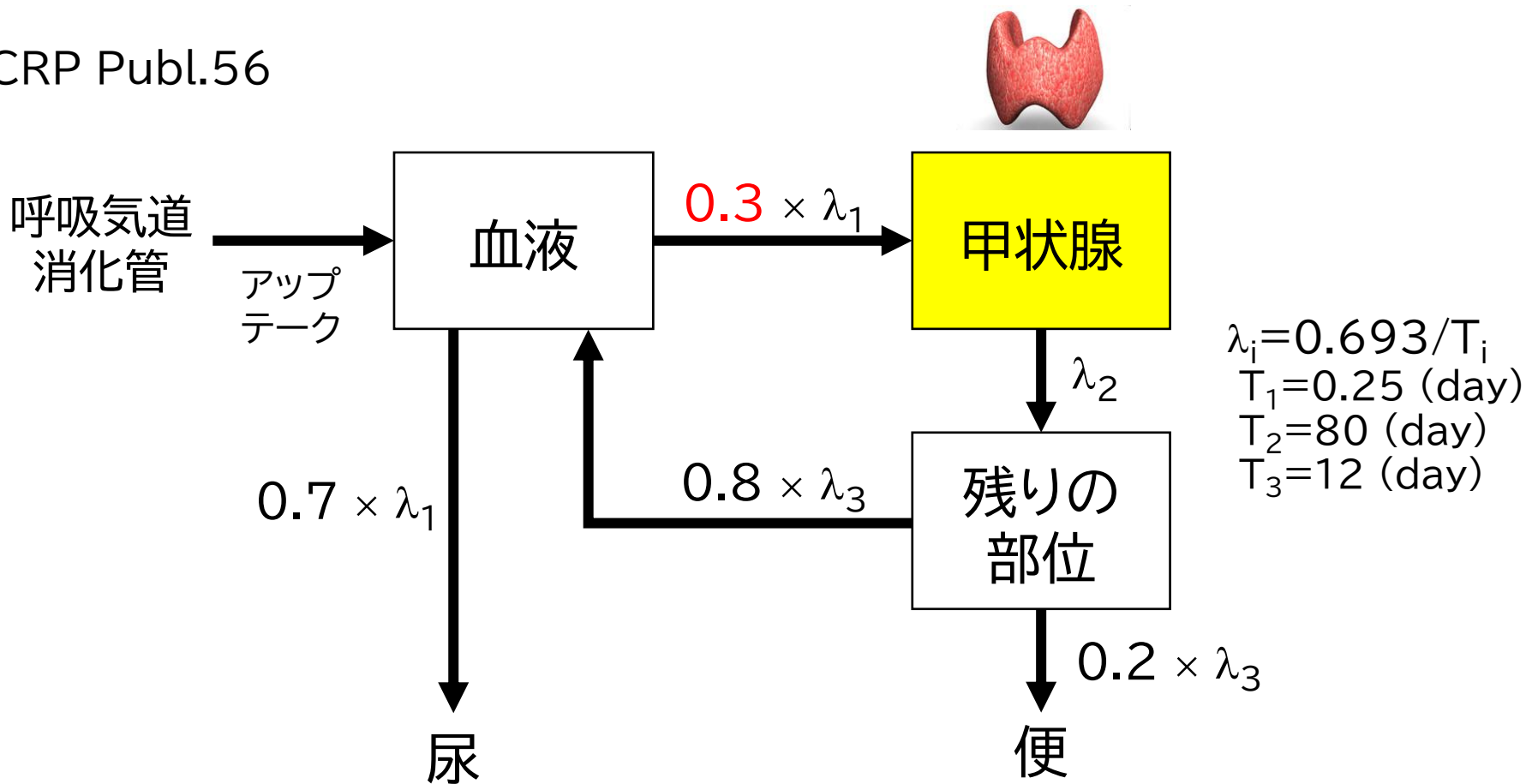
✓ 対象となる食品目の選定やサンプルの代表性

✓ 個人差が大きい
✓ 市場希釈効果の評価

個々のパラメータの不確実性が多く、正確な線量評価は困難
→ 個人モニタリングの補完として位置づけられるべき

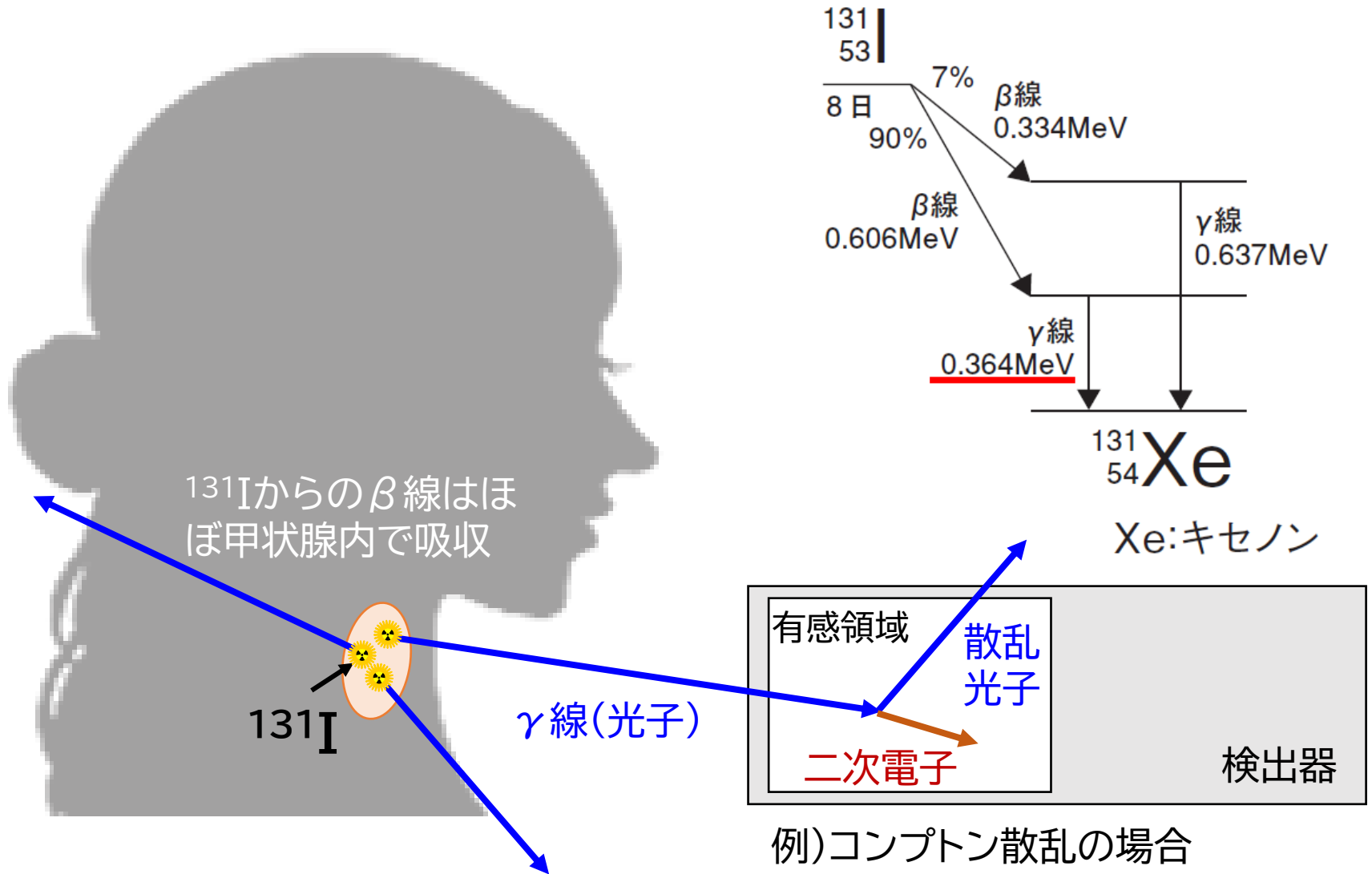
ヨウ素の体内動態

ICRP Publ.56



- 血中のヨウ素から甲状腺へのアップテークは、ICRPモデルでは30%に設定
- ただし、日本人被検者の調査では平均的に15-20%の範囲

甲状腺中ヨウ素の直接測定(体外計測)



甲状腺中ヨウ素から放出されるガンマ線の一部を計測

甲状腺中ヨウ素の直接測定の利点

吸入摂取に伴う¹³¹Iの甲状腺量線量係数(Sv/Bq intake)

性状	乳児	1歳児	5歳児	10歳児	15歳児	成人
元素状ヨウ素	3.3E-06	3.2E-06	1.9E-06	9.5E-07	6.2E-07	3.9E-07
ヨウ化メチル	2.6E-06	2.5E-06	1.5E-06	7.4E-07	4.8E-07	3.1E-07
粒子*	1.4E-06	1.4E-06	7.3E-07	3.7E-07	2.2E-07	1.5E-07

*空気力学的放射能中央径(AMAD):1 μm

1週間後に甲状腺中に1,000Bqの¹³¹Iを検出した場合の甲状腺等価線量



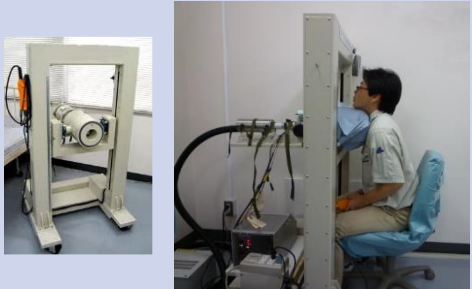


甲状腺等価線量(mSv)

性状	乳児	1歳児	5歳児	10歳児	15歳児	成人
元素状ヨウ素	31.4	28.1	15.3	6.9	4.5	2.8
ヨウ化メチル	31.7	28.1	15.5	6.9	4.4	2.8
粒子*	31.0	28.1	15.3	6.9	4.4	2.9

甲状腺残留量(Bq)を直接定量するので線量評価はヨウ素の性状に影響しない
(空气中濃度からの線量推定では各性状の割合を把握することが必要)

甲状腺中ヨウ素の測定に用いる機器

機器	NaIサーバイメータ	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 ₃ (Ce)等	高純度Ge
エネルギー分解能	—	良	優
測定時間(1名)	~2分間	~5分間	~10分間
測定人数(1時間)	~20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)	移動不可

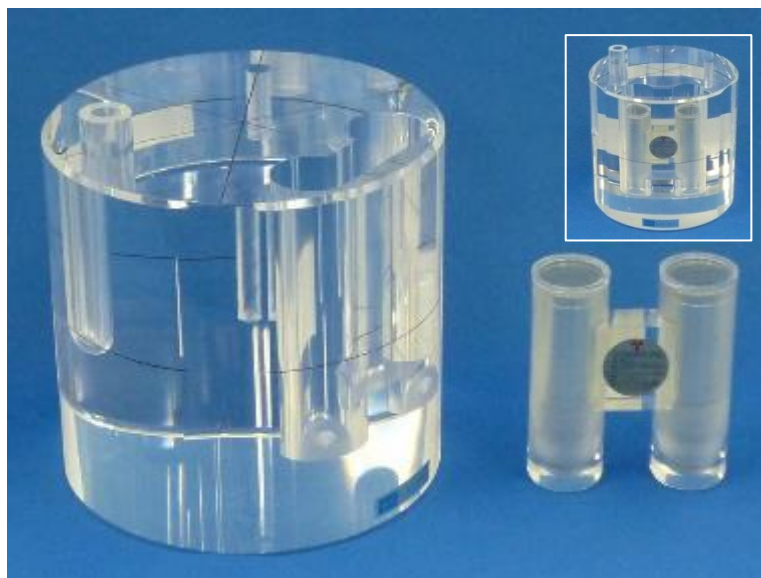
現地の検査会場において使用

被ばく医療機関に設置

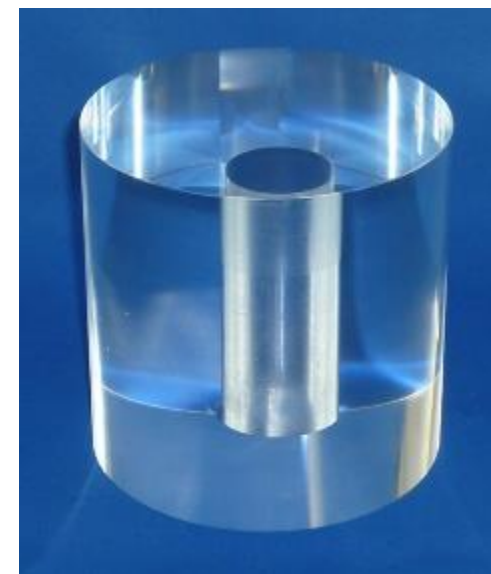
甲状腺測定に用いる校正ファントム



頸部ファントム
京都科学製
Ref. ICRU 48 (1992).



ORINSファントム
Ref. ORINS-19 Thyroid radioiodine uptake
measurement (1959).



ANSIファントム
Ref. ANSI N44.3-1973,
ANSI/HPS N13.44-2014



年齢別甲状腺ファントム
Beaumont et al. Phys Med Biol. (2017)

福島原発事故以前の甲状腺測定マニュアル

緊急被ばく医療の知識

—避難所等における初期被ばく医療活動—

平成15年3月
財団法人 原子力安全研究協会

「緊急被ばく医療の知識」
原子力安全研究協会
※現在、閲覧不可

換算係数

第4章 参考

3. 頸部甲状腺に沈着した放射性ヨウ素の測定

頸部甲状腺部位の測定は、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。

ここでは、頸部甲状腺部位の測定方法と、そのために使用される代表的な $\phi 1"$ NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータについて述べます。

(1) 頸部甲状腺汚染スクリーニングの準備

1) 単位の表示が $\mu\text{Sv/h}$ の γ 線量率測定用NaIシンチレーションサーベイメータを準備します。



NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ

2) サーベイメータの検出器の先端を頸部甲状腺部位に密着させた場合の指示値($\mu\text{Sv/h}$)から ^{131}I の甲状腺残留量(Bq)を求める換算係数[Bq/($\mu\text{Sv/h}$)]は、NaIシンチレーションサーベイメータの型式に従い次の値を用いるのが適切です。

NaIシンチレーションサーベイメータ	20 KBq/($\mu\text{Sv/h}$)
(ディスクリレベル 50KeV,100KeV)	
NaIシンチレーションサーベイメータ(DBM型)	30 KBq/($\mu\text{Sv/h}$)

ただし、サーベイメータの校正は ^{137}Cs の γ 線を円筒形の検出部の軸方向から照射することによって行われているとします。

3) 別法として、アクリル製の甲状腺用ファントムであるオリンスファントムに模擬ヨウ素線源(^{132}Ba と ^{137}Cs を混合した線源により ^{131}I の γ 線スペクトルを模擬し、 ^{131}I 相当の放射能が値づけされている。日本アイソトープ協会から購入できる。)を挿入して、換算係数を求める方法があります。

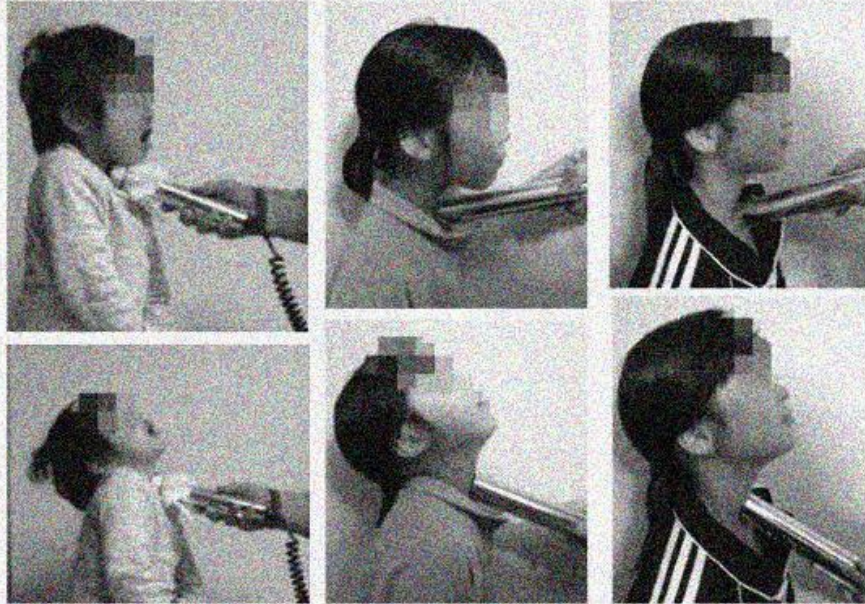


甲状腺用ファントムによる値づけ

(2) 頸部甲状腺部位の測定の方法

- 1) 近くに線源や汚染のないとき、測定場所の γ 線のバックグラウンド線量率を測定します。
- 2) NaIシンチレーションサーベイメータの検出器の先端を、男性では甲状軟骨(“のどほつけ”のある位置)の下に付け、女性では頸部中央に付けてできるだけ密着させて測定します。測定は、20秒間以上その状態を保持した後、指針のふれの平均($\mu\text{Sv/h}$)を読み取って、記録します。そして、指示値とスクリーニングレベルに対応する値($\mu\text{Sv/h}$)と比較します。(スクリーニングレベルは、測定時3KBqです。)
- 3) 読み取った指示値($\mu\text{Sv/h}$)からバックグラウンド線量率を引き、その答えに換算係数を乗じ、甲状腺における ^{131}I 残留量を算出します。

子どもの甲状腺測定



(左から、4歳男児、8歳女児、11歳女児)



(1歳男児)



就学前小児の甲状腺測定の課題がEUのCATHyMARAプロジェクトでも認識

<https://www.researchgate.net/project/CATHyMARA-Child-and-Adult-Thyroid-Monitoring-After-Reactor-Accident-OPERRA-Project-number-604984>

発表内容

1. 放射性ヨウ素の甲状腺測定
2. TEPCO福島原発事故の際の甲状腺測定
3. 今後の公衆甲状腺被ばく線量モニタリング

福島県住民の甲状腺中ヨウ素測定(体外計測)

Tokonami *et al* Sci. Rep. 2 (2012).

- 浪江町住民の甲状腺中¹³¹Iをスペクトロメータを用いて測定。
- 46人/62人から検出(74%)
- 成人(20歳≤): ND~**33** mSv (median: 3.5 mSv)
- 子ども(≤19歳): ND~**23** mSv (median: 4.2 mSv)

Matsuda *et al* Radiation Res. (2013).

- 事故発生から1ヶ月以内に福島県に滞在した初動対応者及び避難者をWBCを用いて測定。
- ¹³¹Iは55人/173人から検出(32%)
- 甲状腺等価線量の最大値:**20.04** mSv
- 滞在時期が早い集団ほど線量が高い。

Kim *et al* NIRS-M-252 (2012).

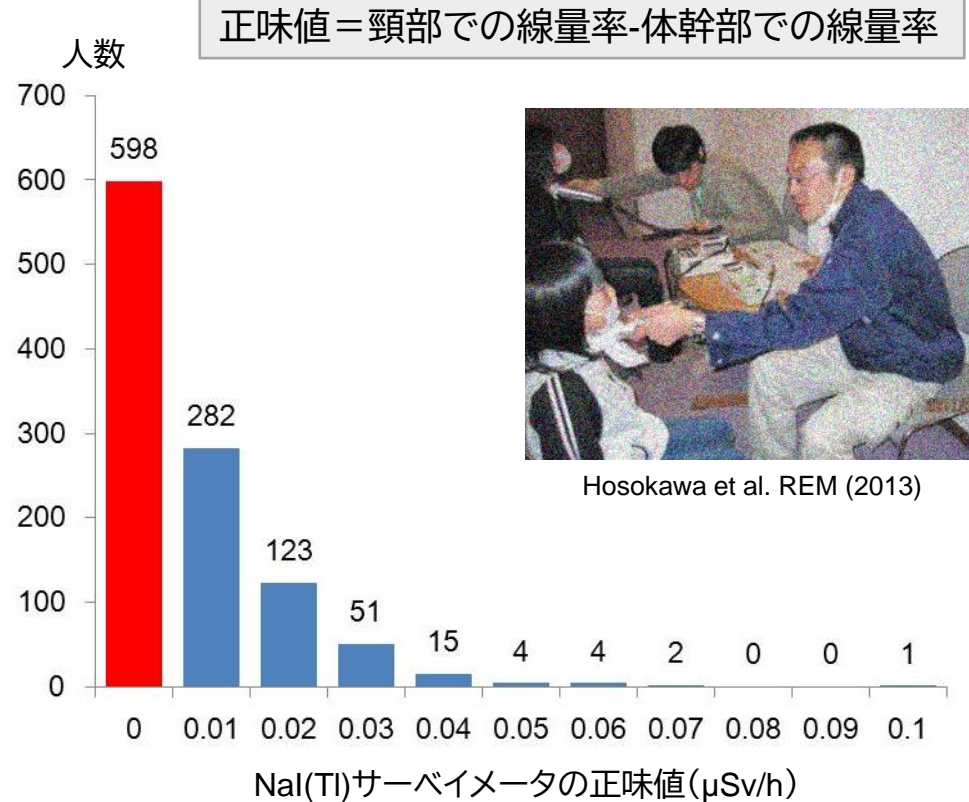
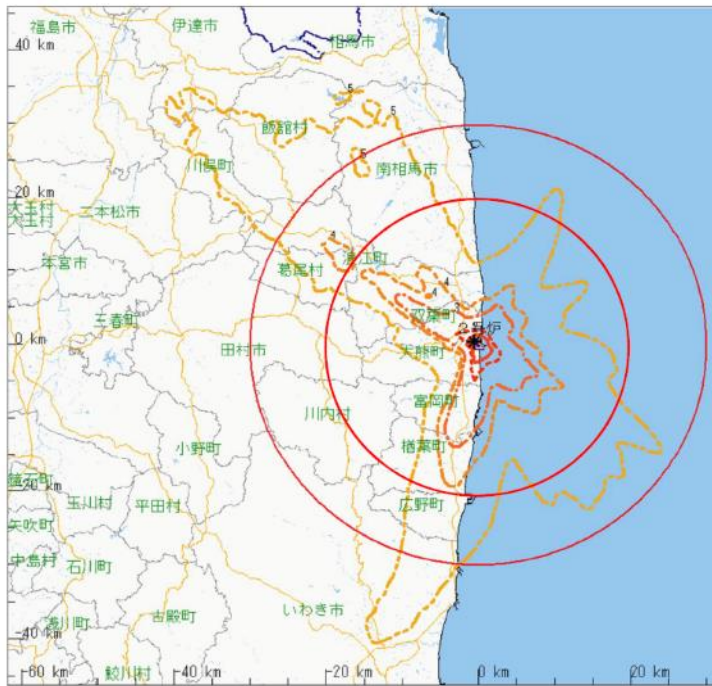
- 原子力安全委員会(当時)の依頼により現地対策本部が行った1,080名のNaI(Tl)サーベイメータを用いたスクリーニング検査
- 甲状腺等価線量の最大値**43** mSv*

※校正定数や摂取シナリオを見直す前の数値



小児甲状腺被ばくスクリーニング検査

- 川俣町, いわき市, 飯舘村の3市町村にて, **1,080**名の子ども(15歳以下)の甲状腺中ヨウ素(^{131}I)の測定が原子力災害現地対策本部により実施。
- 全員スクリーニングレベル($0.2 \mu\text{Sv/h}$)未満⇒**甲状腺等価線量100mSv未満**



※スクリーニングを目的とした簡易検査であったが, 甲状腺中ヨウ素の実測データが他にほとんど得られなかったために福島住民の初期内部被ばくの線量再構築の基礎とされた。被検者の約半数が正味値0であり, 甲状腺被ばく線量は総じて低いことが確認されたが, 正確な線量測定及び評価には課題を残した。

小児甲状腺被ばくスクリーニング検査(方法)

シンチレーションサーバイメータによる甲状腺線量の簡易測定法
(2011年3月25日改訂版: **当時**)

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

3. 使用可能な測定器

TCS-161, 171, 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**にする。
- 3)指示値を $\mu\text{Sv/h}$ 単位とする。
- 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)**プローブは養生**すること。子どもが対象であることから、その上にティッシュを巻くこと。

5. バックグラウンド測定

測定場所のバックグラウンドを甲状腺測定前に測定し、記録する。

6. 甲状腺測定

- 1)首の回りを汚染のない濡れタオルで拭き、除染する。**水は未開封のペットボトルの水**を用いると良い。
- 2)甲状腺にプローブを密着して測定する。プローブの位置は**体軸中心**で高さは**首と鎖骨の交点**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 $1\mu\text{Sv/h}$ のとき、甲状腺残留放射能は 22kBq である。これは1歳児の場合であり、年齢とともに数値は減少する。
- 5)正味値は居住地や避難経路とともに記録する。
- 6)1歳児以下で **$0.2\mu\text{Sv/h}$** を超える場合、放医研に問合せとする。

当時のスクリーニングレベルの導出

1歳児の甲状腺等価線量 100 mSv(当時)※

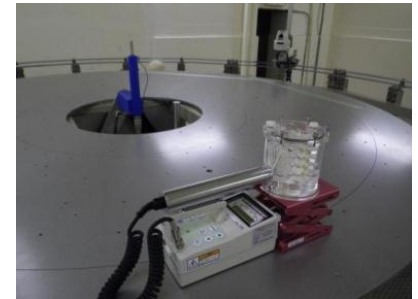
摂取シナリオの設定(12日間連続吸入)

摂取後翌日の甲状腺中 ^{131}I 残留量を計算

甲状腺中 ^{131}I 残留量に対応する
検出器の応答を評価



ファントム(成人)を用いた校正



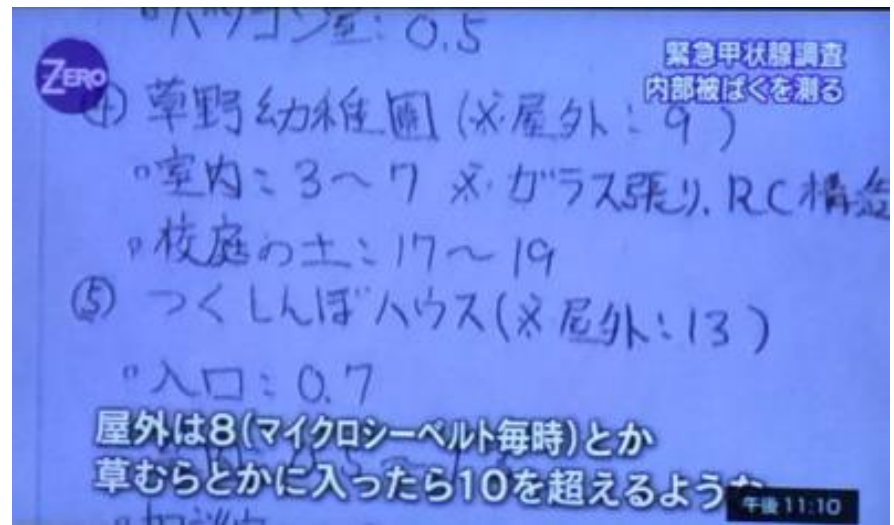
照射施設で高線量場の再現

0.2 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (1歳児)

5歳児では約60mSv, 成人では約15mSvに相当

※100 mSvは「原子力施設等の防災指針について(当時)」の
安定ヨウ素剤の予防的服用の基準値として示されていた。

小児甲状腺被ばくスクリーニング検査(飯舘)



サイエンスZERO(NHK)

小児甲状腺被ばくスクリーニング検査(実施状況)

実施日	測定場所	被検者数	評価対象者数
3月24日	川俣町保健センター	18	(18) ^{*1}
	川俣町山木屋出張所	48	(48) ^{*1}
3月26, 27日	いわき市保健所	137	134 ^{*2}
3月28~30日	川俣町中央公民館	631	631
3月29, 30日	飯舘村役場	315	315
合計		1,149	1,080

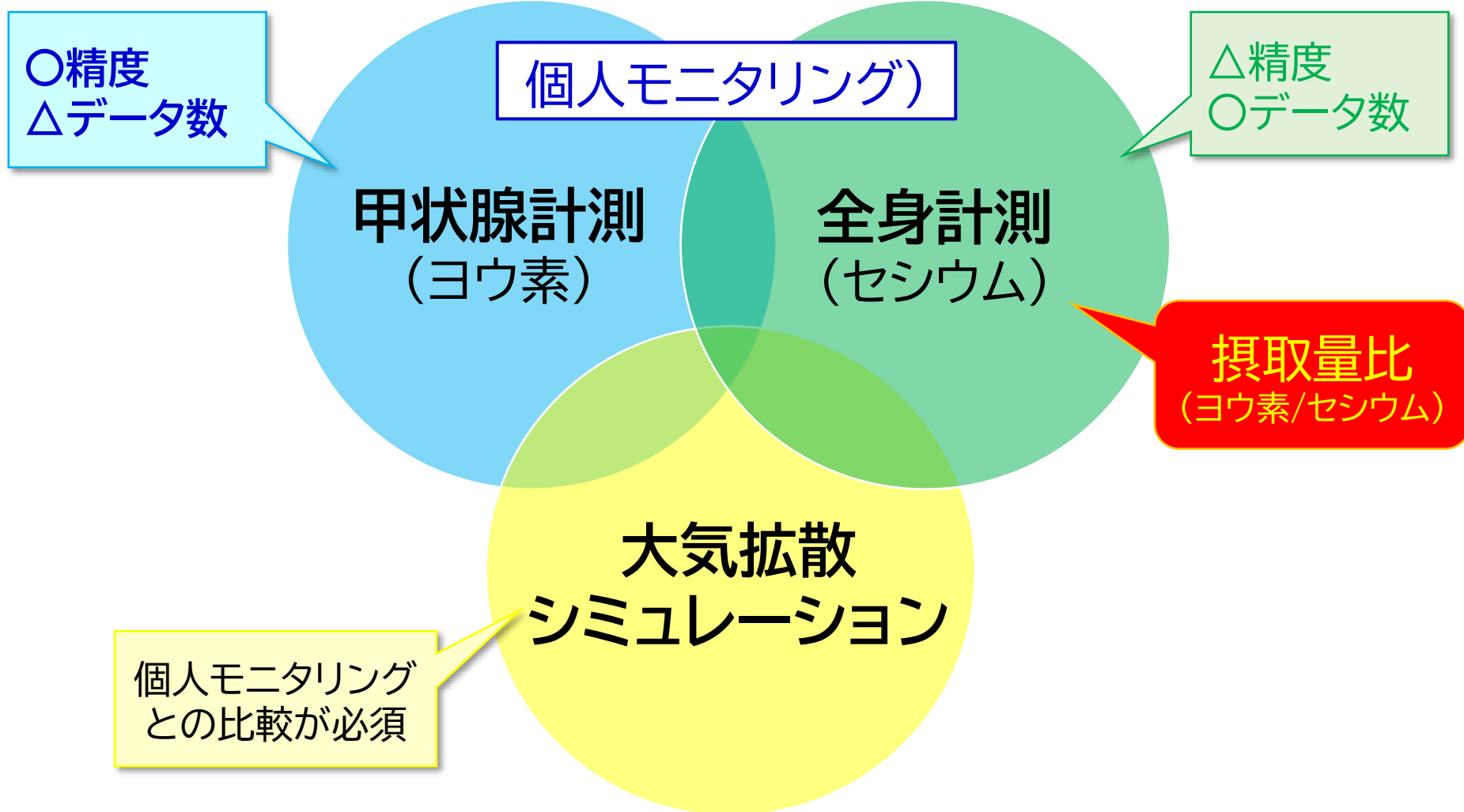
*1 高BGのため、評価対象者から除外

*2 年齢不詳の3名を評価対象者から除外

	川俣町	いわき市	飯舘村
評価対象者数	631	134	315
人口(15歳以下)*	1,917	50,482	865

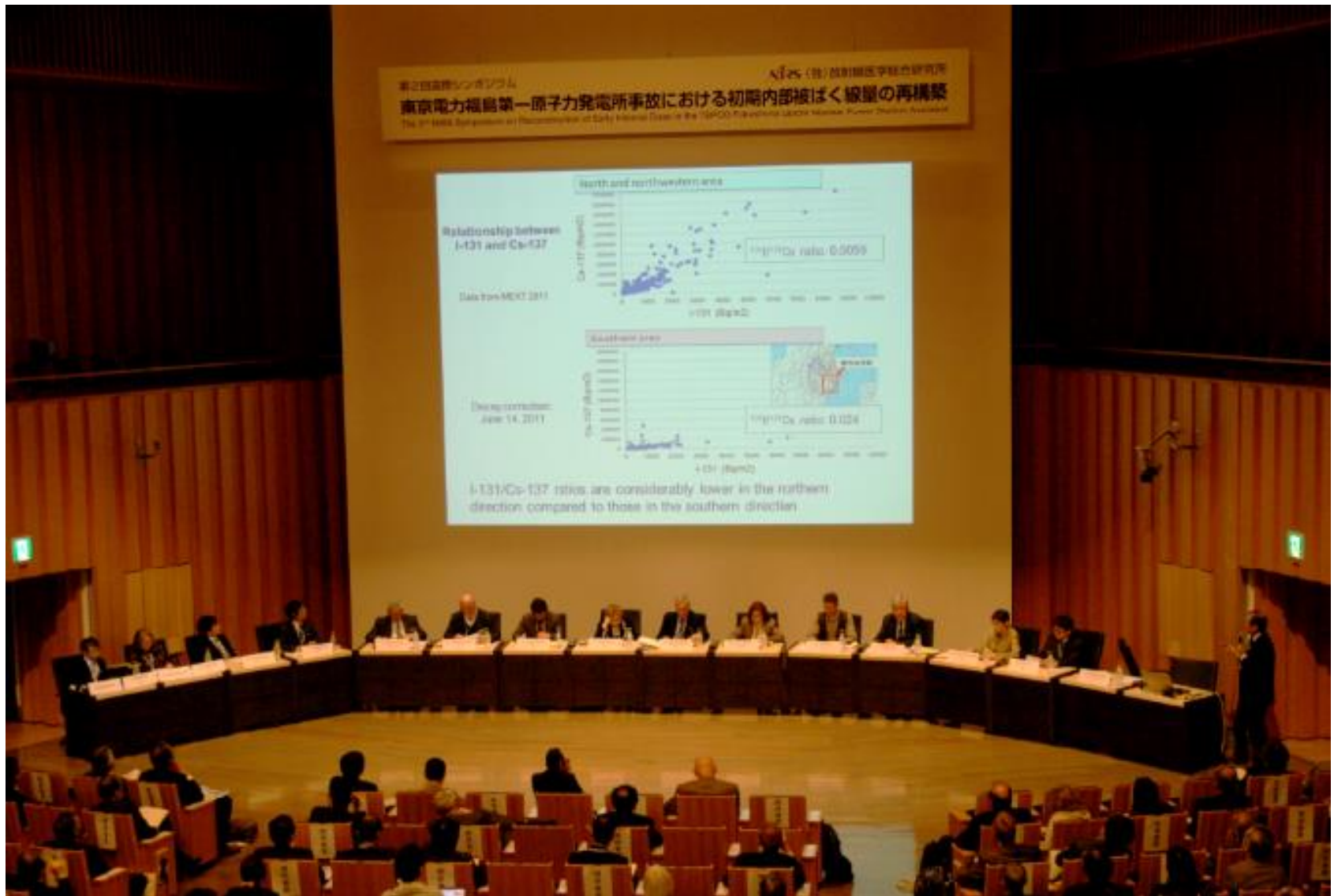
* 2010年国勢調査より

甲状腺内部被ばく線量の推計



複数種類のデータを補完しながら推計
(後に避難行動データも追加)

2012 初期内部被ばく線量推計事業



9カ月の事業において2回の国際シンポジウム開催とプロシーディング刊行

甲状腺内部被ばく線量推計値(放医研, 2012)

90パーセンタイル値(拡散シミュレーション除く)

市町村	1歳児(mSv)	成人(mSv)	方法
双葉町	30	10	全身計測
大熊町	20	< 10	全身計測
富岡町	10	< 10	全身計測
檜葉町	10	< 10	全身計測
広野町	20	< 10	全身計測
浪江町	20	< 10	全身計測, 甲状腺計測
飯舘村	30	20	甲状腺計測, 全身計測
川俣町	10	< 10	甲状腺計測, 全身計測
川内村	< 10	< 10	全身計測
葛尾村	20	< 10	浪江町の数値を代用
いわき市	30	10	拡散シミュレーション, 甲状腺計測
南相馬市	20	< 10	浪江町の数値を代用
その他の地域	< 10	< 10	拡散シミュレーション

甲状腺内部被ばく線量推計のために収集したデータ

人の実測データ

体外計測データ	避難行動データ
小児甲状腺被ばくスクリーニング検査(1,080名)の実測データ	内310名の行動データ
放医研パイロット調査のWBCデータ(174名)	内112名の行動データ
原子力機構で行われたWBC測定の実測データ(9,488名)	内5,427名の行動データ

拡散シミュレーション

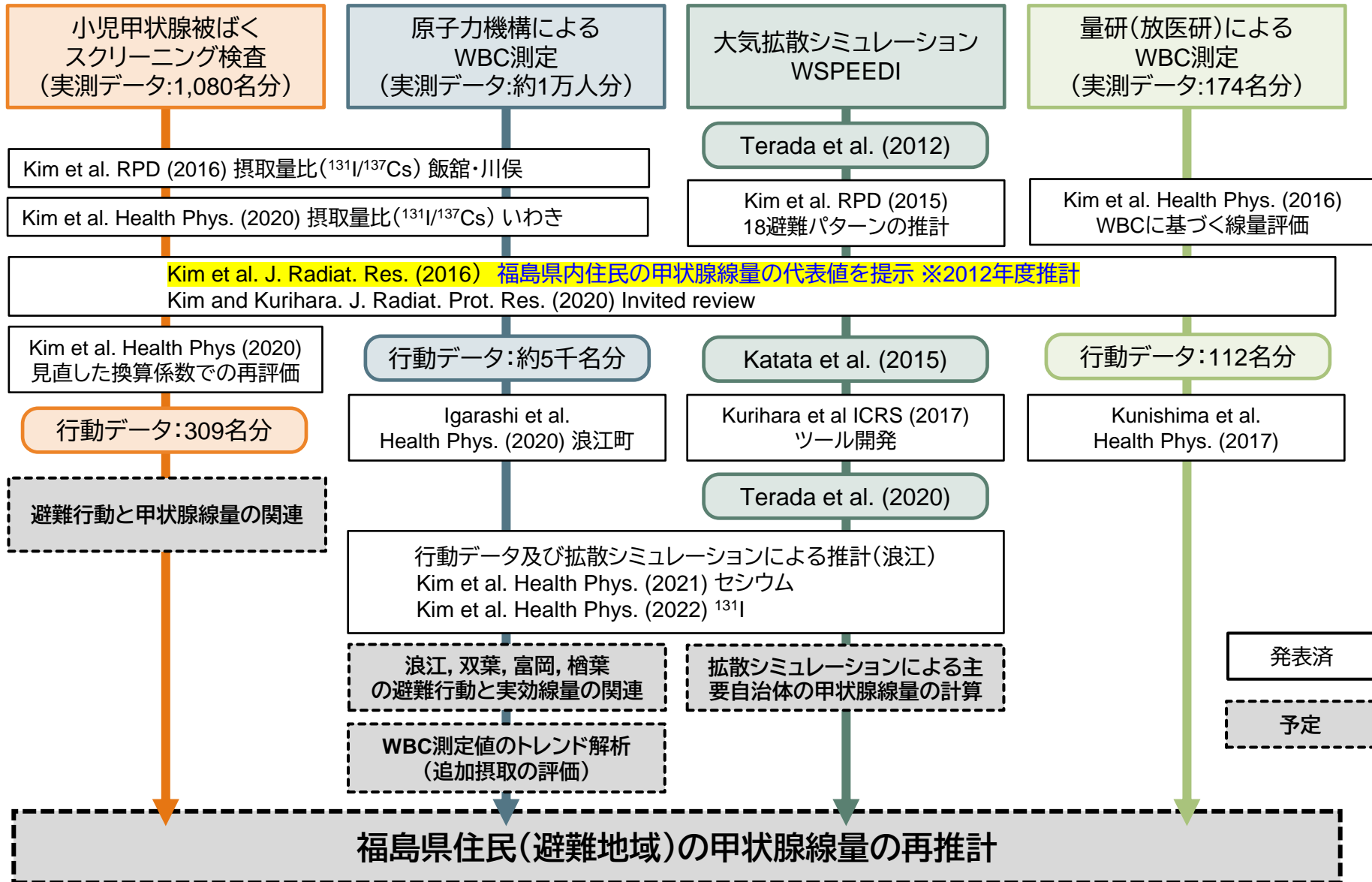
WPEEDI
Terada et al. 2012.
Katata et al. 2015.
Terada et al. 2020.



	滞在場所	時刻												地名・施設名
		0	3	6	9	12	15	18	21	24				
記入例	屋内	①			④			④						① 自宅
	移動				③									② 自宅の畑
	屋外				②(1時間)						⑤(2時間30分)			③ 車内
														④ 避難所
														(〇〇市〇〇中学校) ㊦
														⑤ 〇〇市△△町〇字△△

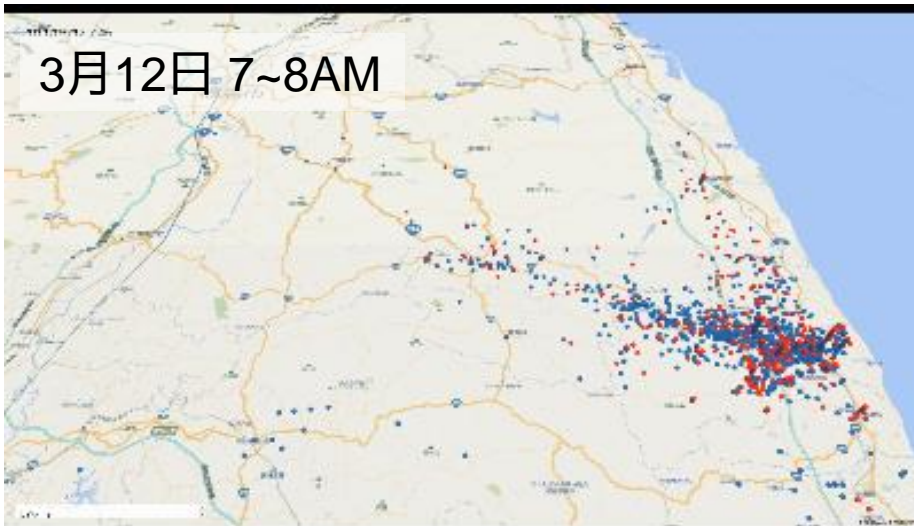
- 期間によってデータフォーマットが異なる: ① 3/16 23時までは1時間1レコード, ② 3/17 0時から3/25 23時まで1日1レコード(複数の居場所が圧縮されて格納), ③ 3/26 0時以降は1日1レコード(代表的な居場所のみ)

甲状腺内部被ばく線量推計に関するこれまでの研究

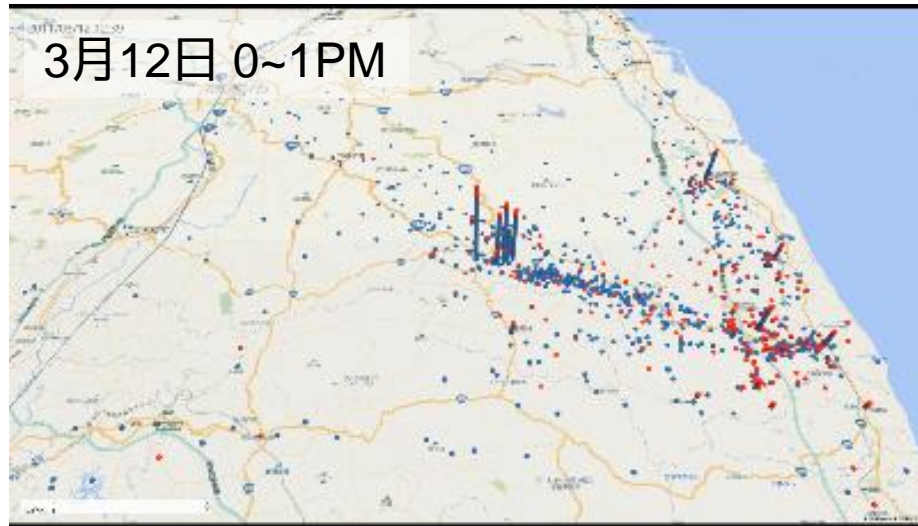


近隣住民の避難状況

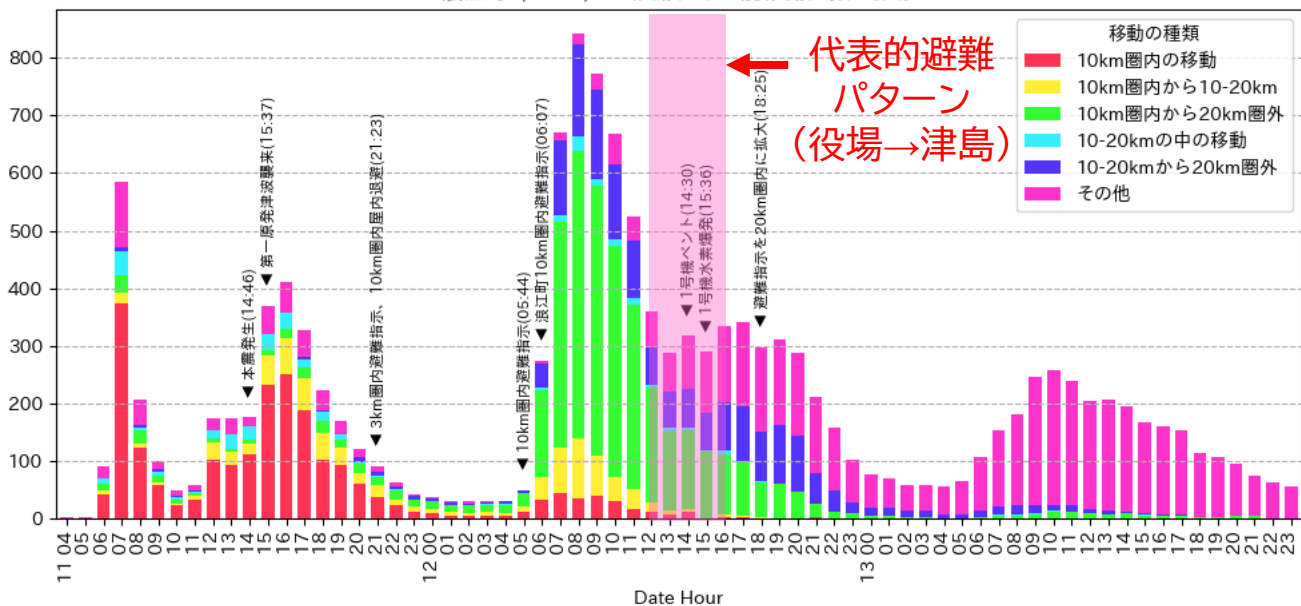
3月12日 7~8AM



3月12日 0~1PM



浪江町3/11-3/13 移動タイプ別移動人数の推移



最近の研究(1)

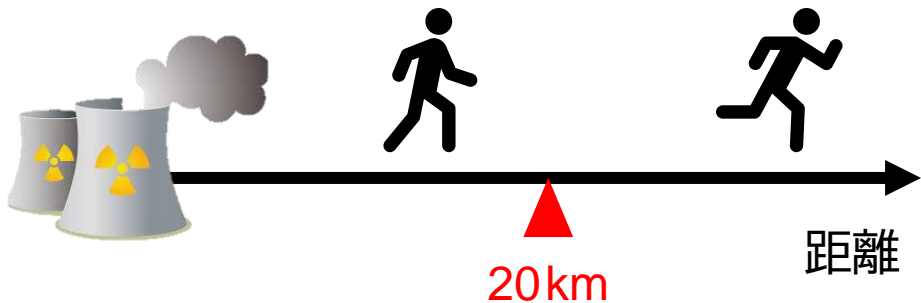
Igarashi et al. 2020

○行動データから各時刻の原発からの距離を算出

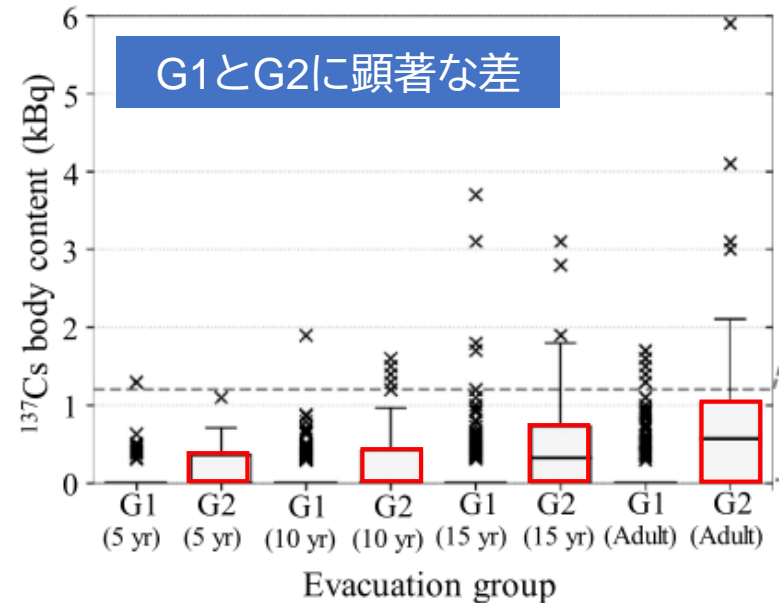
2011年3月12日15時時点

G2グループ
(全体の約2割)

G1グループ
(全体の約8割)



○OWBCで測定された体内 ^{137}Cs 残留量のグループ間の比較



- 12日15時時点の原発からの距離の違いにより ^{137}Cs 体内残留量に顕著な差異
 - 1号機建屋の水素爆発に伴う放射性プルームによる影響を示唆
 - 同時刻には ^{131}I やその他の短半減期核種も存在

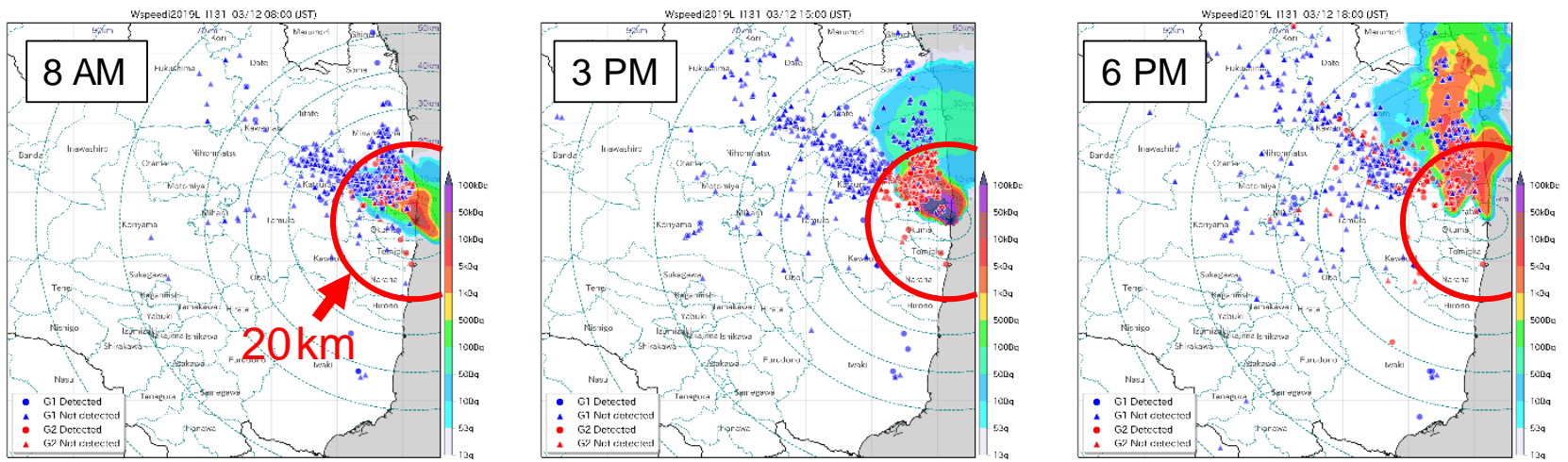
行動データ+大気拡散シミュレーションにより吸入摂取量を試算

最近の研究(2)

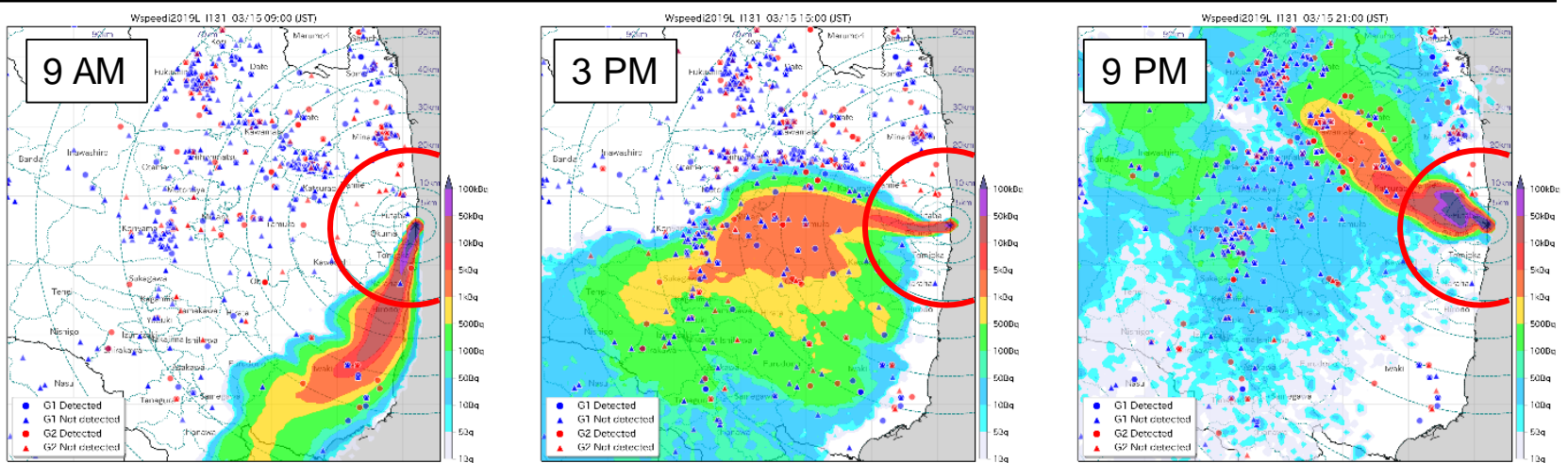
大気拡散シミュレーションWSPEEDIの適用(¹³¹I)

Kim et al. Health Phys. 2022.

上段
3月12日



下段
3月15日



大量放出のあった15日の放射性プルームによるばく露の影響は小さい

最近の研究(3)

浪江町1歳児のヨウ素131の吸入摂取による甲状腺等価線量推計値(mSv)

累積頻度	本研究(ATDM) Kim et al (2022)				Kim et al. 2016a ATDM	Kim et al. 2016b WBC	Ohba et al. 2020
	早い避難グループ (G1)	遅い避難グループ (G2)	両グループ	Kim et al. 2016a アップデート			
95th	11.8	47.5	28.1	—	—	—	20 (5.0,42)
90th	8.1	36.3	22.0	—	—	20	—
75th	2.9	26.3	8.1	—	—	—	—
Median	1.0	19.7	1.6	—	—	—	0.8 (0.2,1.7)
代表的行動パターン	—	—	—	25(S7) 35(S13)	91(S7) 104(S13)	—	—

- ATDM: Atmospheric Transport and Dispersion Simulation
- Kim et al. 2016a: 代表的な避難行動パターンとATDMを用いた推計
S7は12日昼に浪江町役場から津島, 16日午前から午後にかけて二本松市へ移動するパターン
S13はS7と初めは同じで23日に津島から二本松市へ移動するパターン
- Kim et al. 2016b: ホールボディカウンタ(WBC)の測定結果から推定した¹³⁷Cs摂取量に¹³¹I/¹³⁷Cs摂取量比を乗じて¹³¹Iの甲状腺等価線量を推計
- Ohba et al. 2020: 本研究と同じATDMとランダムサンプリングで抽出された被検者の行動データを基に新たに設定した行動パターンを用いて推計。カッコ内数値は95パーセント信頼区間。

緊急作業員の甲状腺測定(原子力機構)

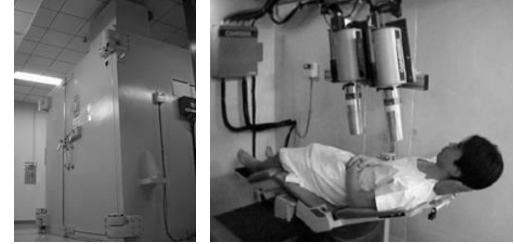
HPGe検出器を用いた甲状腺計測

- HPGe検出器と頸部前面までの距離:
10 cm または 5 cm
- 測定時間: 1名につき10 min
- 遮へい体無し
- 検出限界値: ~10 Bq(平均的な数値)

- グループ1(2011年4月20日~6月17日までに受け入れた39名)の23名は距離を変えて2回測定
- グループ2(2011年6月17日~8月5日までに受け入れた521名)の被検者は1名を除き, 距離5cmで1回測定

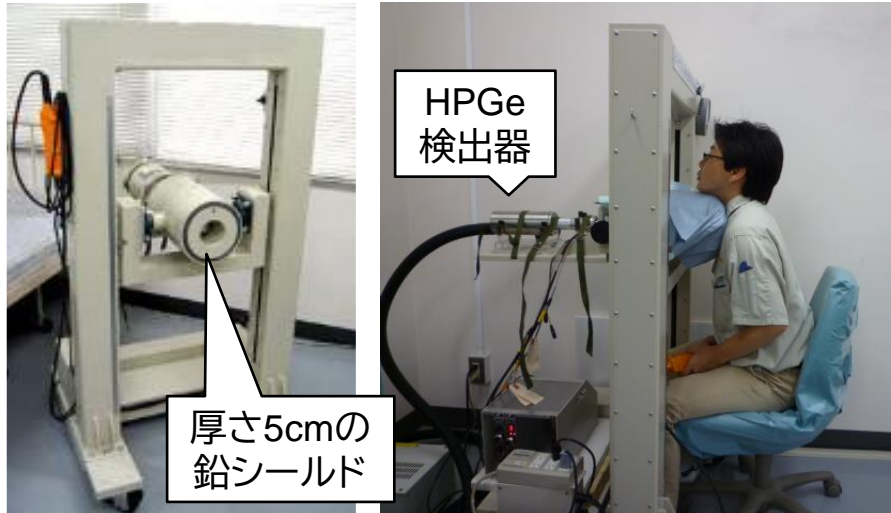
NaI(Tl) 検出器を用いた甲状腺計測

- 頸部密着測定

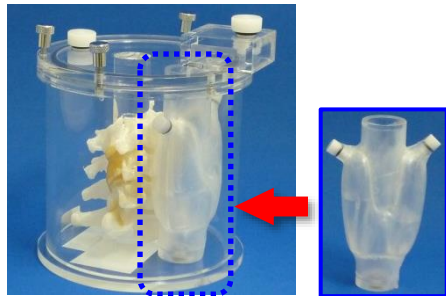


緊急作業員の甲状腺測定(放医研)

預託実効線量で250mSvを超過したおそれのある緊急作業員7名を測定



甲状腺モニタによる測定



校正用ファントムによる校正

ピーク計数率
 C (cps)

計数効率
 ε (cps/Bq)

^{131}I 甲状腺残留量
 A (Bq)

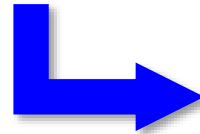
^{131}I 摂取量
 I (Bq)

実効線量
 $E(50)$ (Sv)

- 摂取シナリオ
- 摂取日
 - 摂取経路(吸入)
 - 物理化学的性状

線量評価の
不確実性

実効線量係数
(Sv/Bq)



発表内容

1. 放射性ヨウ素の甲状腺測定
2. TEPCO福島原発事故の際の甲状腺測定
3. 今後の公衆甲状腺被ばく線量モニタリング

提案する原子力災害時の個人内部被ばくモニタリング

緊急時段階(放射性核種の環境放出)

中期段階(環境放出が概ね収束)

原子力緊急
事態発生

避難

避難退域時検査



複数のGAGG検出素子を用いた新モニタの提案
既存あるいは新規に開発する
スペクトロメータによる測定



車載型WBCによる
測定(セシウムを対象)



1. 簡易測定

2. 詳細測定

3. 追加測定

簡易検査の精度確認のため、
異なる方法で同一被検者の
一部を詳細検査に含める。

ヨウ素・セシウム比の評価の
ため、詳細検査の対象者の
一部を追加調査に含める。

~1週間

~1ヶ月

~半年

内部被ばく線量評価のためには、**行動情報**(避難経路, 摂水, 安定ヨウ素剤)も必要
※なるべく早い段階での情報収集が重要

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

検討チームの設置

令和3年2月3日第53回原子力規制委員会において了承



第1回検討チーム会合
令和3年2月18日

主な議題:対象者の要件について
※OILと甲状腺被ばく線量の関係の試算結果

第2回検討チーム会合
令和3年3月25日

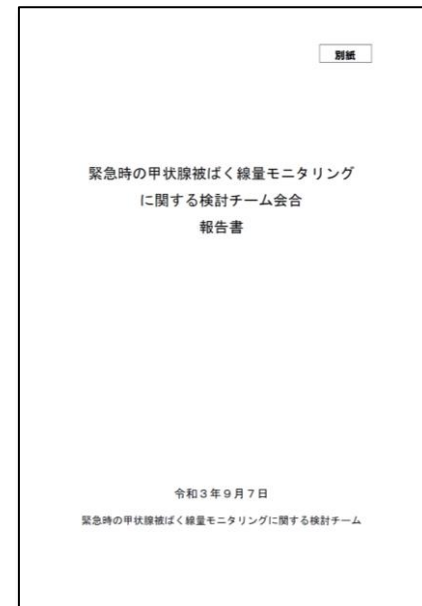
主な議題:甲状腺被ばく線量の測定方法について
※詳細測定器の紹介、簡易・詳細測定の議論

第3回検討チーム会合
令和3年5月27日

主な議題:甲状腺モニタリングの実施体制について
スクリーニングレベルについて
※詳細測定器の第3者評価

第4回検討チーム会合
令和3年7月29日

主な議題:検討結果の取りまとめについて
※検討チーム報告書案の提示



令和3年9月22日第34回原子力規制委員会に報告書を提示
その後、地域原子力災害医療連携推進協議会等で周知

「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」からの報告

<https://www.nsr.go.jp/data/000365637.pdf>

甲状腺被ばく線量モニタリングの対象地域及び対象者

対象とする地域について

- 原子力災害対策指針に示されている運用上の介入レベルである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する。
- なお、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など柔軟に対応する必要がある。

※OIL1: 500 μ Sv/h(1時間値), OIL2: 20 μ Sv/h(基準値を超過してから概ね1日後の1時間値)

対象とする年齢層について

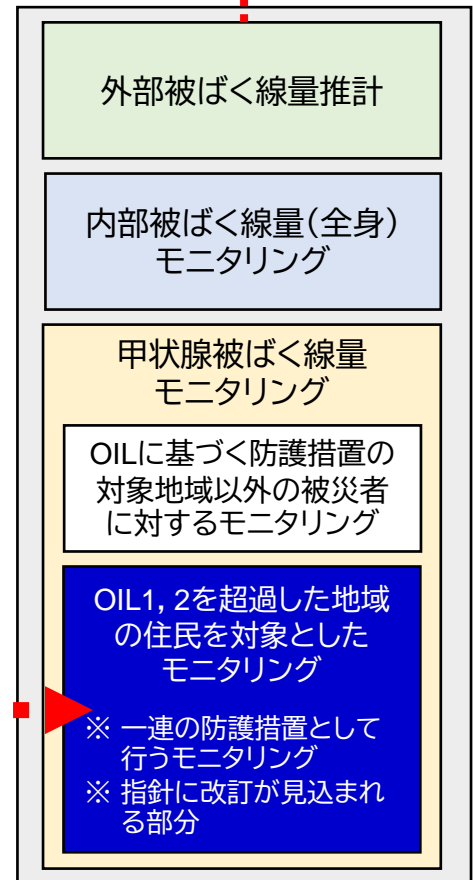
- 甲状腺がんのリスクが相対的に高い年齢層である19歳未満を基本とする。
- 胎児・乳児への影響が懸念される妊婦・授乳婦も対象とし、さらに、必要に応じて乳幼児と行動を共にした保護者等も対象とする。

甲状腺被ばく線量モニタリングの原災指針上の位置づけ

■ 初期対応段階での防護措置

事態の進展	原子力発電所 PAZ (~おおむね5km)	UPZ (おおむね5~30km)	おおむね30km~
警戒事態 EAL(AL) 例: 震度6弱以上の地震など 緊急時モニタリングの準備	施設敷地緊急事態要避難者 避難準備 そのほかの住民(情報収集)	住民(情報収集)	● 避難準備への協力
施設敷地緊急事態 EAL(SE) 例: 全交流電源の喪失が30分以上継続など 緊急時モニタリングを開始	施設敷地緊急事態要避難者 避難 そのほかの住民 避難準備 安定ヨウ素剤の服用準備	住民 屋内退避準備	● 避難準備への協力 ● 避難者の受け入れ 避難所
全面緊急事態 EAL(GE) 例: 全交流電源の喪失が1時間以上継続など 放射性物質の異常な量の放出なし	そのほかの住民 避難 安定ヨウ素剤の服用	住民 屋内退避 避難準備 安定ヨウ素剤の服用準備	● 避難準備への協力 ● 避難者の受け入れ 避難所 住民 安定ヨウ素剤の服用準備
放射性物質の異常な量の放出		空間線量率などを基準に防護措置を実施 飲料水の放射性ヨウ素 300ベクレル/kg超など (OIL6等) 飲食物のスクリーニング・摂取制限 20マイクロシーベルト毎時を超えた場合 (OIL2) 一時移転 地域生産物の摂取制限 500マイクロシーベルト毎時を超えた場合 (OIL1) 避難	体表面汚染スクリーニング → 避難所 基準値を超えた場合 (OIL4) 体表面除染

原子力災害中長期対策としての個人線量推定



個人線量評価

甲状腺被ばく線量モニタリングの実施体制等

簡易測定

- 測定場所は避難所またはその近傍の実施可能な適所
- 測定期間は3週間以内に実施
- 測定体制は地域公共団体が原子力災害協力機関, 原子力事業所等の協力を得て体制を構築

詳細測定

- 原子力災害拠点病院及び高度被ばく医療支援センター等に設置された甲状腺モニタを用いて実施
- 測定期間は4週間以内に実施
- 測定体制は地域公共団体が高度被ばく医療支援センターや原子力災害医療協力機関等の協力を経て体制を構築

甲状腺被ばく線量モニタリングの簡易測定と詳細測定

簡易測定

- 線量の高い被検者を速やかに同定するための測定(スクリーニング)
- より多くの被検者の測定を行うことに主眼



スクリーニングレベル(0.2 μ Sv/h)を超過した者
※年齢に依らず。ただし、8歳未満は保護者による代理測定。

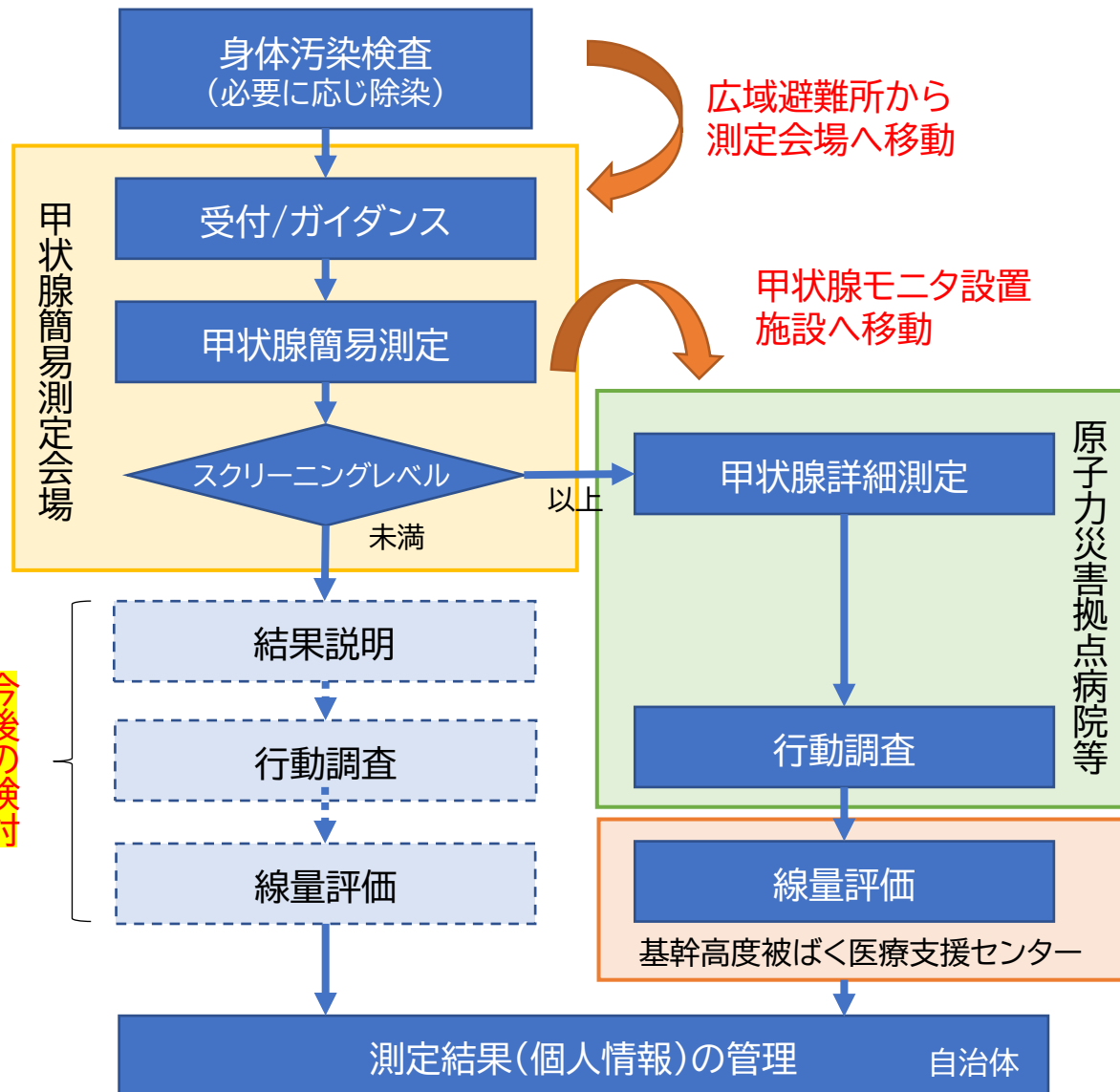
詳細測定

- 線量の高い被検者に対する正確な測定(スペクトロメトリ)
- 個人の正確な被ばく線量評価及びフォローアップのための測定
- 簡易測定が困難となった以降の追加測定



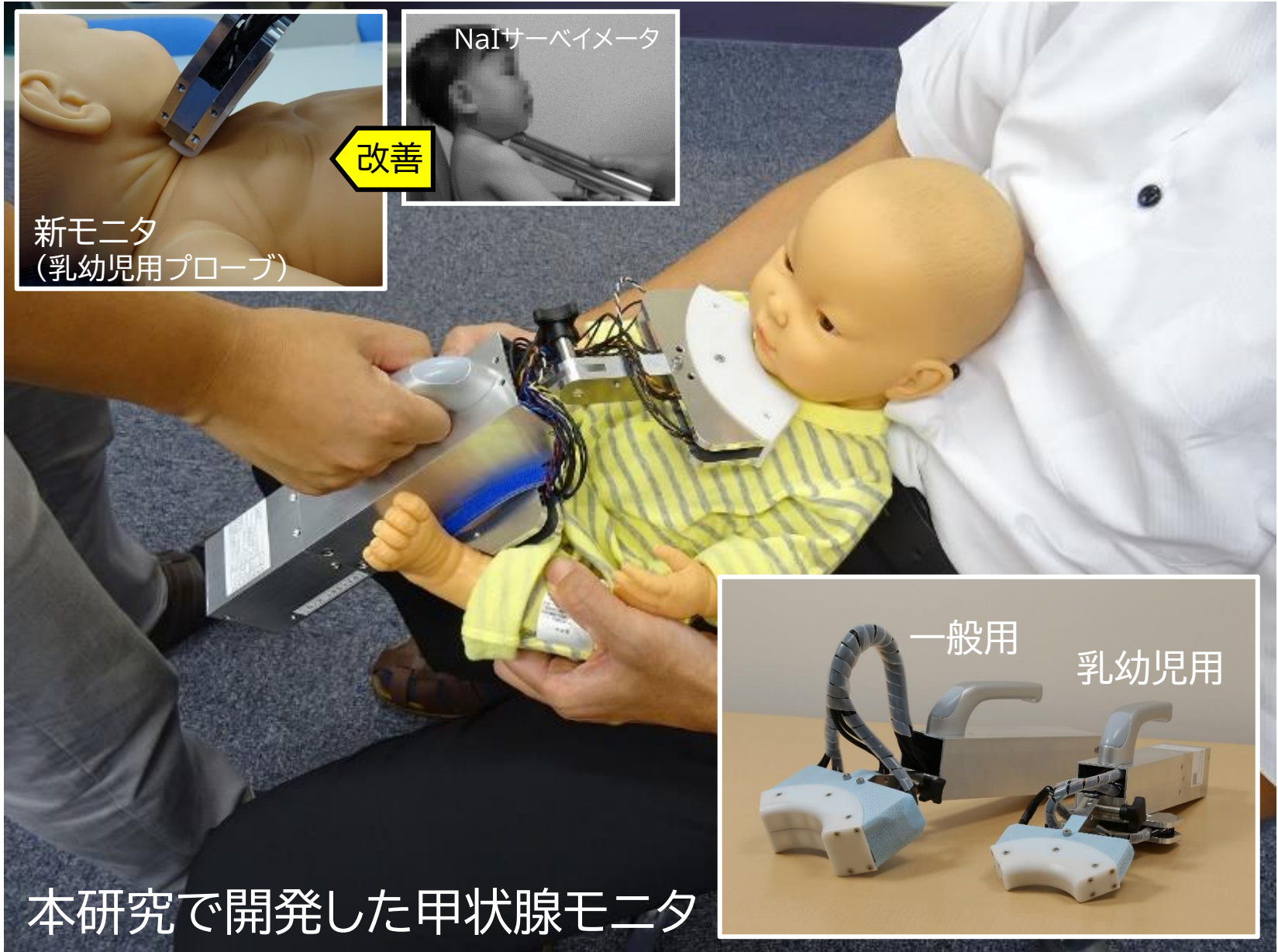
※ 詳細測定に用いる機器は、現状では原子力災害拠点病院等に設置されている(据置式)甲状腺モニタを想定している

想定される甲状腺被ばく線量モニタリングのフロー



- 受付/ガイダンス…発災元自治体が作成する避難者名簿を基に作成されるモニタリング対象者リストを用いて本人確認を行う。また、必要に応じて甲状腺簡易測定に関するガイダンスを実施。
- 甲状腺簡易測定…頸部前面、大腿部を測定し記録。
- 結果説明…測定結果や今後の対応等について被検者に説明。
- 甲状腺詳細測定…簡易測定でスクリーニングレベルを超過した者を対象として、原子力災害拠点病院等に設置された甲状腺モニタを用いて測定。
- 行動調査…原子力事故発生から甲状腺詳細測定までの行動記録(居場所及び摂食状況の時系列、滞在建屋など)を取得。
- 線量評価…行動調査及び緊急時環境モニタリング等の結果を基に摂取シナリオを決定し、線量評価を実施。

乳幼児用甲状腺モニタの開発



甲状腺被ばく線量モニタリング模擬実証試験

【実施施設】量研機構千葉地区講堂(床面積約300m²)

【設備】冷暖房, 男女トイレ, 放送設備

※新型コロナワクチン職域接種会場としての利用経験あり

【実施フロー】



- 検温・消毒
- 説明ビデオ上映
- 測定記録票の配布・記入

- 指定箇所検査
頭部, 大腿部,
掌, 靴底等

- 頸部測定及び
大腿部測定
- 測定記録票の
回収(説明なし)



東電福島第一原発事故の際に行われた小児甲状腺スクリーニング検査を参考に、体表面検査と甲状腺測定の各ブースを設置するとともに、説明ブースを追加した。被検者の体表面汚染が微量であることを想定したレイアウトであるが、施設立ち入り前に体表面検査(指定箇所検査)をして、会場内では省略することも考えられる。また、測定結果の説明については、被検者が未成年の場合には保護者等への説明が必要となるため、測定会場ではなく、後日、自治体担当者から説明する方が適切と考えられる。

まとめ

- 原子力災害時における公衆被ばくに関して、放射性ヨウ素による甲状腺内部被ばくが重要(特に小児)
- 放射性ヨウ素の物理半減期は短いので、タイムリーな甲状腺測定が必須
- 様々な年齢群の公衆が甲状腺測定の対象となる
- 原子力災害対応の中核として、実行的かつ堅牢な甲状腺測定のスキーム作りが喫緊の課題

※ 原災指針では屋内退避と安定ヨウ素剤服用を公衆の内部被ばく防護対策の基本に位置付けている。しかし、屋内退避が長期化する場合や自主避難を余儀なくされる場合など、防護効果が十分に得られない場合もあり得る。TEPCO福島原発事故の経験に基づき、あらゆる状況に適用可能な個人被ばくモニタリングを目指す。