

小型・軽量で取扱い容易な 可搬型甲状腺ヨウ素モニタ

日本原子力研究開発機構

原子力科学研究部門

放射線管理部 放射線計測技術課

主査 西野 翔

甲状腺ヨウ素モニタとは

体内に摂取されたヨウ素は、**甲状腺**へ選択的に取り込まれる

甲状腺モニタ

放射性ヨウ素から放出される γ 線を体外計測し、**甲状腺のヨウ素摂取量を定量する**

用途

(1) 原子力(内部被ばく評価)

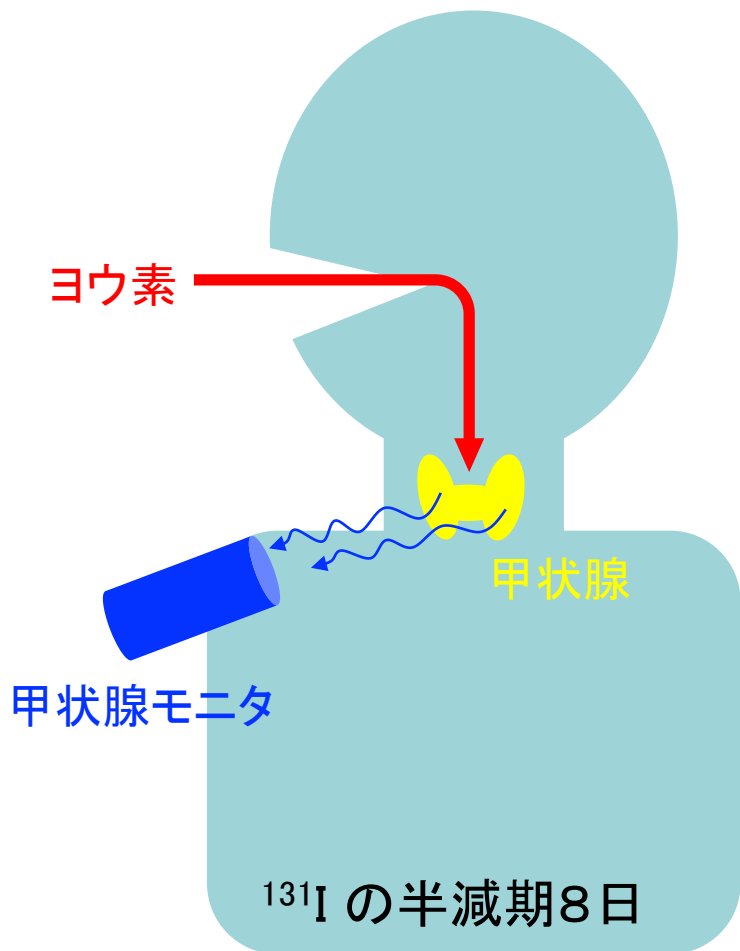
原子力事故時、住民/作業者に対する甲状腺モニタリング

- ・緊急時対応の意思決定
- ・住民の長期的な健康影響調査

(2) 医療(甲状腺のアイソトープ治療)

患者へ投与した放射性ヨウ素の甲状腺摂取率を測定

- ・甲状腺の機能確認
- ・治療に必要な投与量の決定

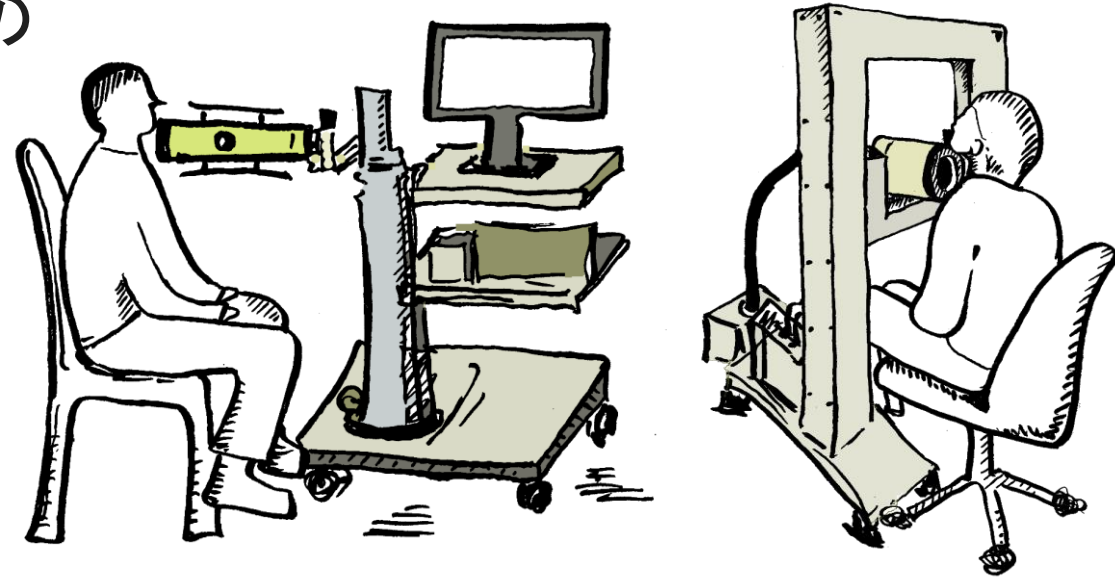


従来の甲状腺モニタ

医療機関や研究所で使用されるもの

固定式・大型のものが多い

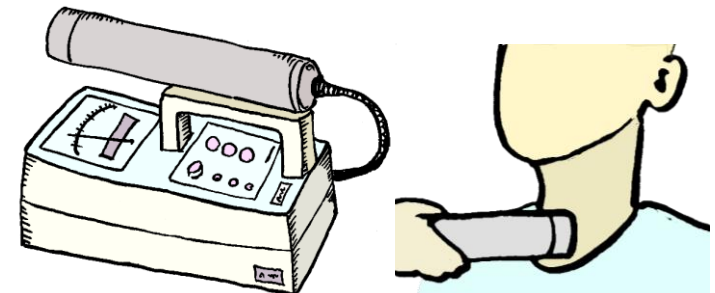
短期間に多数の甲状腺モニタリングが必要となる**原子力災害時**に使用することは**困難**



福島第一原子力発電所事故(2011)

福島県内の一部の小児(~1100人)に対して、**NaIサーベイメータ**による簡易測定を実施

- ・スクリーニングには適するが、精密な定量測定には向かない
- ・バックグラウンド線量率の低い測定場所を探す必要あり



NaIサーベイメータ
(空間線量率測定用)

[課題] 緊急時に、迅速に住民/作業者の被ばく評価が行えるよう甲状腺モニタを整備

開発課題

(1) 小型・軽量であり、持ち運び/設置が容易

^{131}I の半減期: 8日

摂取後、速やかに、大人数に対して測定を実施するためには、
オンサイト(避難所や緊急時対策所)での測定が必要

(2) 高バックグラウンド線量率下でも使用可能

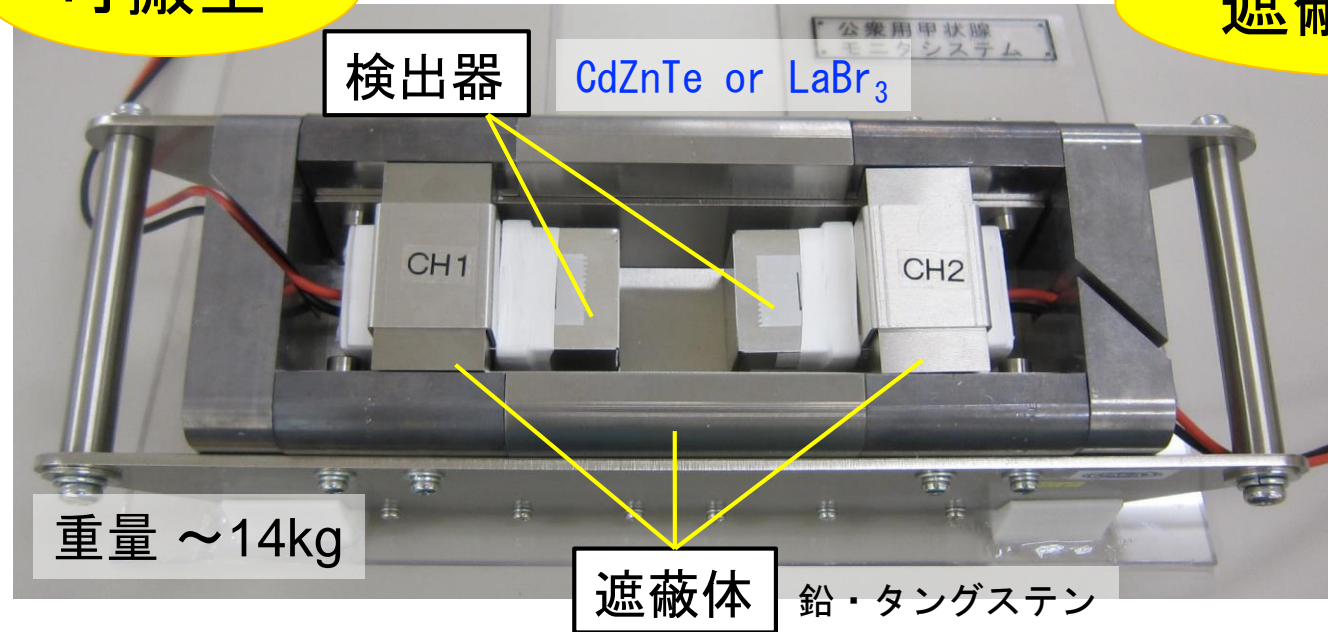
甲状腺以外からのバックグラウンド放射線をブロックする遮蔽構造が必要

(3) 取り扱い(測定)が容易

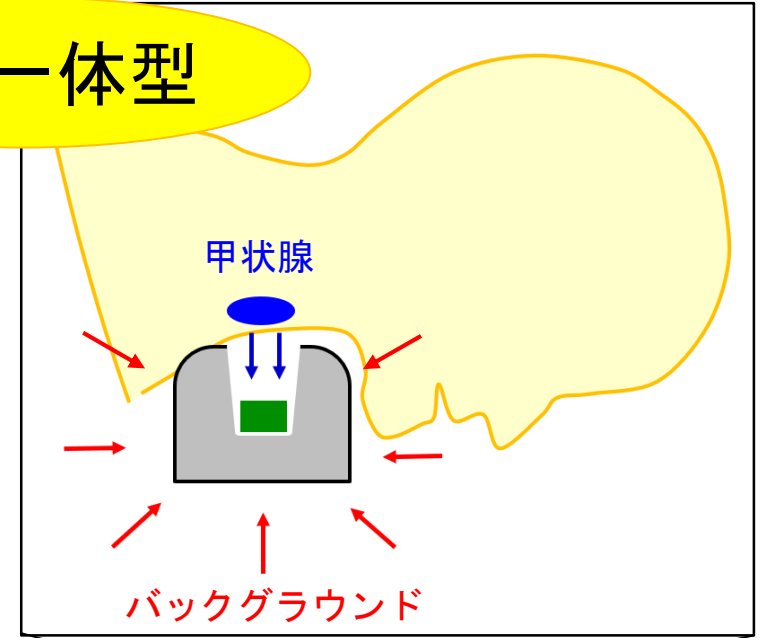
自治体職員など放射線計測の知識を有しない者でも、容易に取り扱える
ハード/ソフトウェア設計

開発した甲状腺モニタ

可搬型

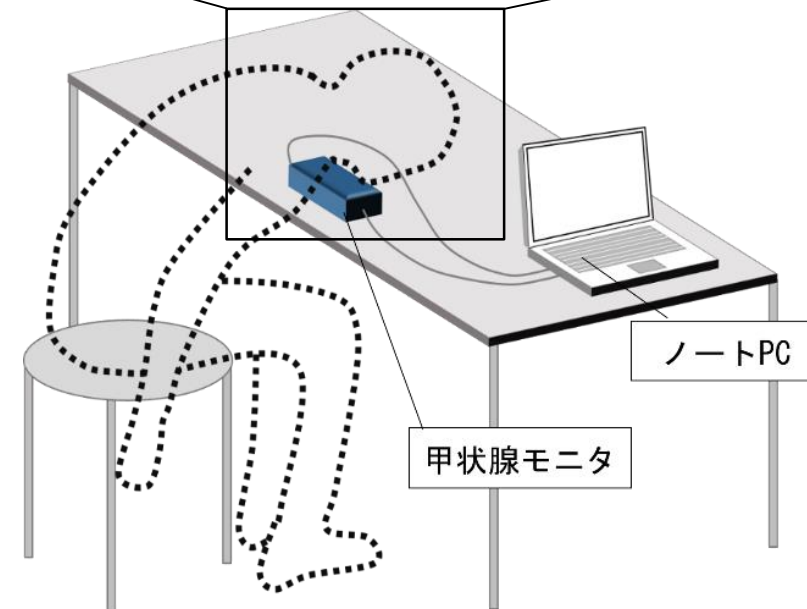


遮蔽一体型



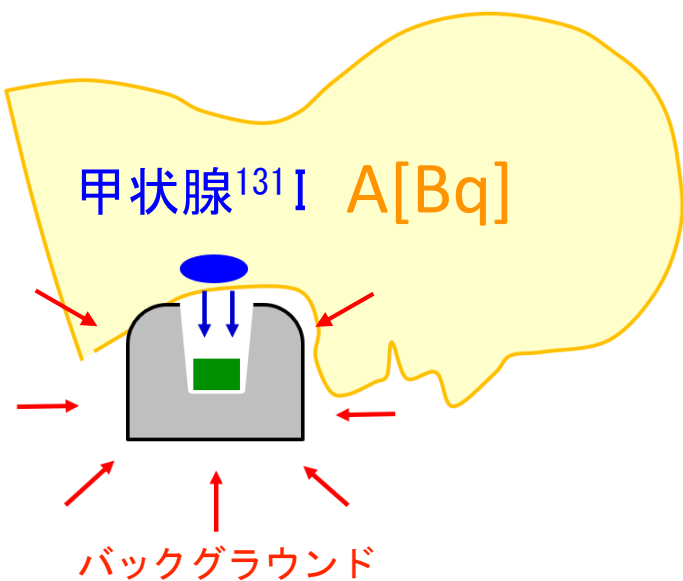
取扱容易

- ・ 従来のような**大型**の**支持架台**は**不要**
(**机**と**椅子**が準備できればよい)
- ・ 汎用ノートPCから専用ソフトウェアを用いて制御
(**USBケーブル**を介して**PC**から**給電**)

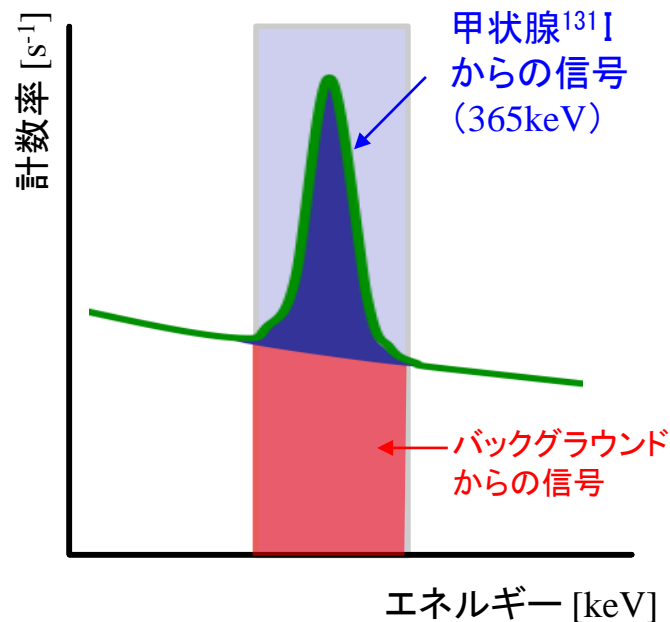


甲状腺¹³¹Iの定量方法

①測定する



②波高スペクトルの解析



¹³¹I (365keV) のピーク
計数率 n_s [s⁻¹] を評価

バックグラウンド信号
が少ない方が、より正確に
ピーク計数率 n_s を評価できる

甲状腺¹³¹Iの検出下限は、
バックグラウンド信号の量で
決まる

③甲状腺¹³¹I量の評価

計数効率 ϵ [s⁻¹/Bq] を用いて
ピーク計数率 n_s を甲状腺¹³¹I量Aに変換

$$A[\text{Bq}] = n_s[\text{s}^{-1}] / \epsilon[\text{s}^{-1}/\text{Bq}]$$

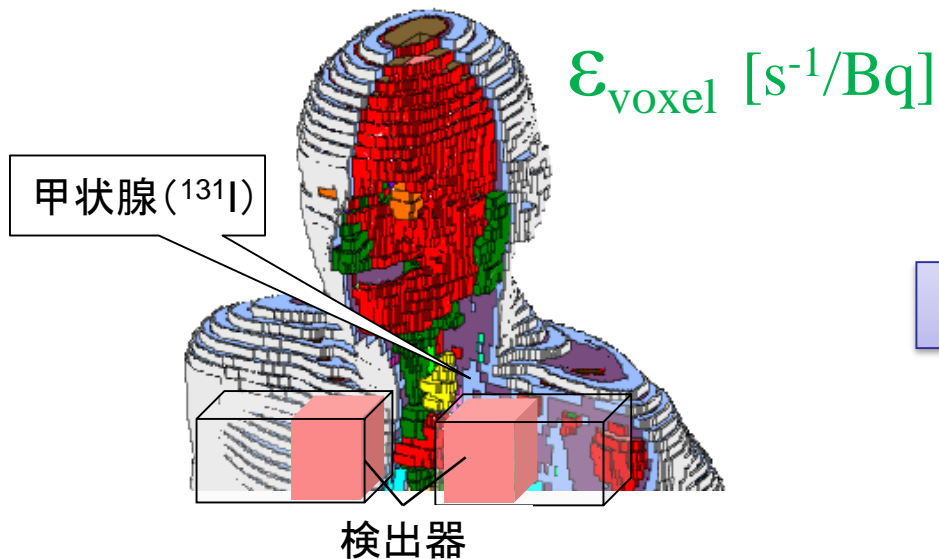
あらかじめ計数効率 ϵ [s⁻¹/Bq]
求めておく ⇨ 校正

校正が適切でなければ、
正確な甲状腺¹³¹Iの定量はできない

校正法の開発

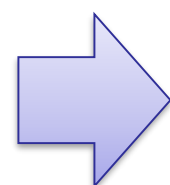
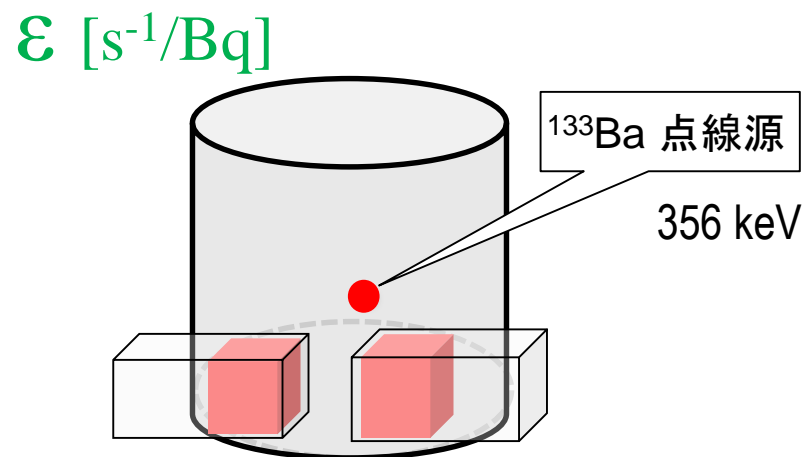
ボクセルファントム

人体の解剖学的特徴を正確に模擬した数値ファントム



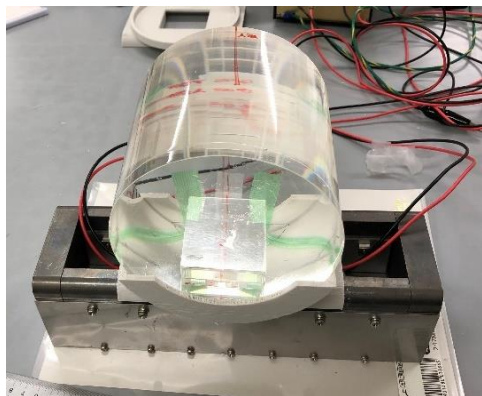
簡易ファントム

¹³³Ba点線源を内包した円筒形アクリルファントム



代表点校正法: $\epsilon_{\text{voxel}} \doteq \epsilon$ となるような
簡易ファントム内の代表点を探し出し、
¹³³Ba点線源を設置する

ファントムとは: 人体による吸収・散乱を模擬するために、校正時に使用する模型



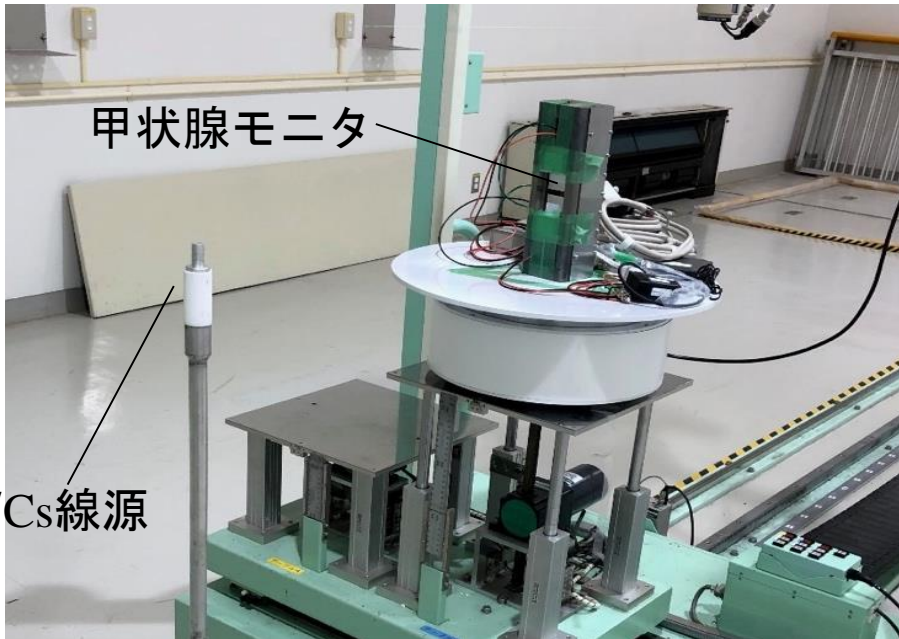
全ての年齢層(大人/子供/乳児)について、
 $\epsilon / \epsilon_{\text{voxel}} < 4\%$ となる代表点校正が可能

簡易ファントムを用いて、適切に校正できることを確認した

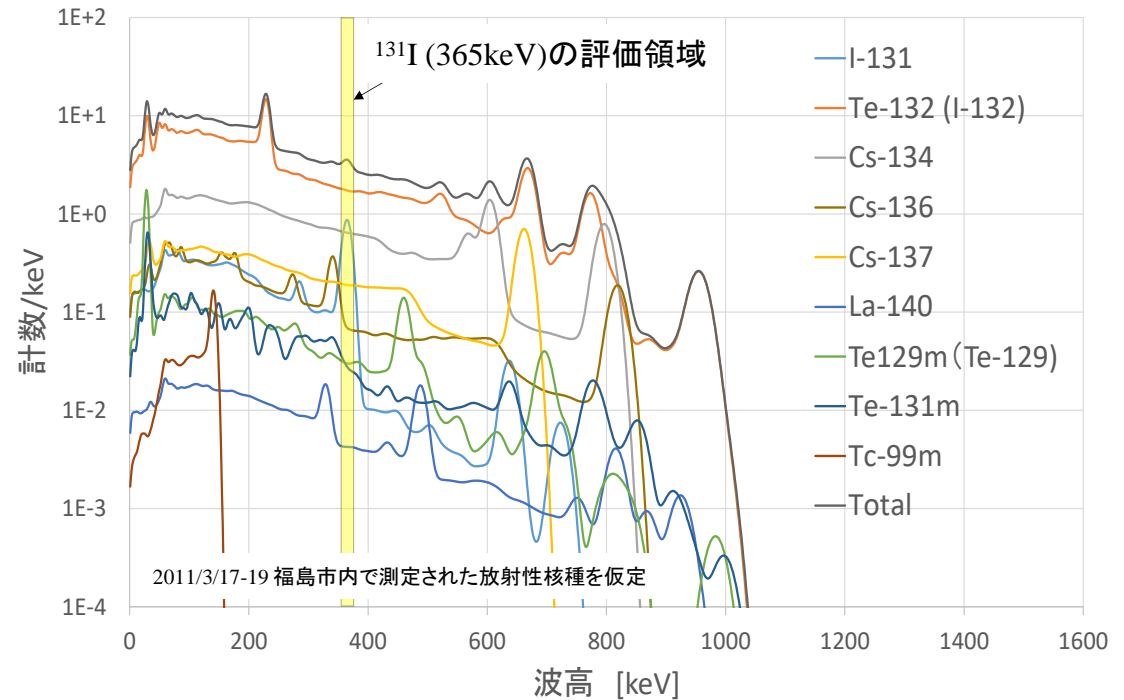
検出下限値の評価

高バックグラウンド線量率下において達成可能な検出下限値を評価

JAEA/FRSの γ 線校正場における照射試験(20 μ Sv/h 線量率下)



事故時に想定されるバックグラウンド波高分布 (20 μ Sv/h 線量率下)



高バックグラウンド線量率下 (20 μ Sv/h) においても、150秒間の測定で、10mSv以下の甲状腺等価線量を測定可能 (※摂取5日後に測定、乳児を除く)

(参考) 健康影響の追跡調査が必要となる目安 : 甲状腺等価線量100mSv

他技術との比較

| | NaIサーベイメータ | 本技術 | 固定式甲状腺モニタ |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 可搬性 | ◎ ($< 1\text{kg}$) | ○ ($\sim 14\text{ kg}$) | × (固定) |
| バックグラウンド 線量率 | × ($< 0.2\mu\text{Sv/h}$ 推奨) | ◎ ($20\mu\text{Sv/h}$ まで対応可) | △ ($< 0.2\mu\text{Sv/h}$ 推奨) |
| 測定時間 | ○ (1.5~2分) | ○ (150秒 ※乳児を除く) | △ (3~10分) |
| 検出下限 (平常時バックグラウンドの場合) | △ (約500Bq) | ○ ($< 100\text{Bq}$) | ◎ (約40Bq) |
| 価格 | ◎ (数10万円) | ○ (400-600万円程度) | × (> 1000 万円) |
| 電源 | 内蔵電池 | USB供給 | 商用AC電源 |

運用イメージ

公衆(住民)用

原子力施設が立地する道府県のオフサイトセンター(全国23施設)に集中配備
緊急時に、避難所や原子力災害拠点病院に輸送

所用時間 5分/1人 ※交換時間含む、乳児を除く

～144人/1日 ※12時間/1日

～1000人/1週間

100システム整備で、10万人の測定が可能

緊急作業員用

発災場所となり得る原子力施設に常備

4システム整備で、1000人/1ヶ月の測定が可能

その他、自衛隊、消防、海上保安本部、原子力規制事務所など

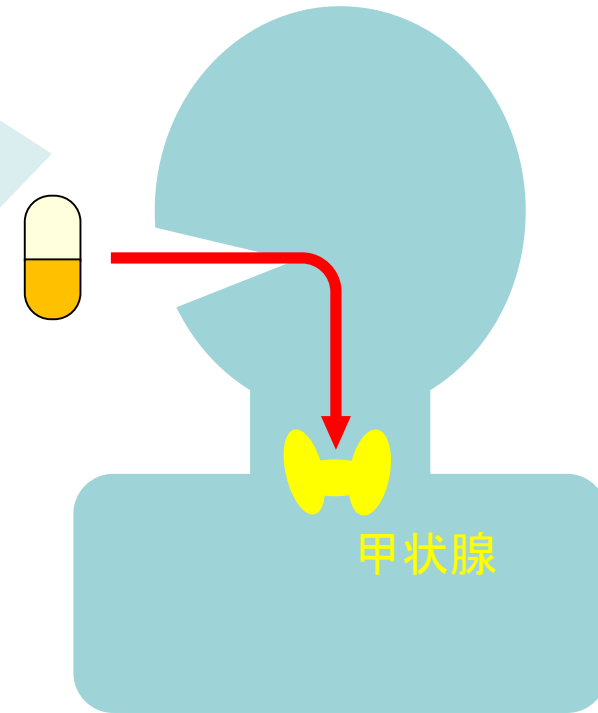
※福島第一原子力発電所事故では、平成23年8月まで(5～6か月)の緊急作業員が約20,000人

核医学分野への展開

アイソトープ治療

甲状腺機能亢進症（バセドウ病）
甲状腺がん

の治療のため、放射性ヨウ素(^{131}I など)を含む薬剤を投与



目標の治療効果を得るために必要な ^{131}I 投与量[Bq]

- 甲状腺重量 [g]
 - 24時間摂取率[%]
 - 有効半減期[day]
- を基に算出されることが望ましいが、

患者への負担やコスト面を考慮し、固定量を投与するケースも多い

被ばく管理の観点からは、患者個別に決定した必要十分量を投与することが望ましい

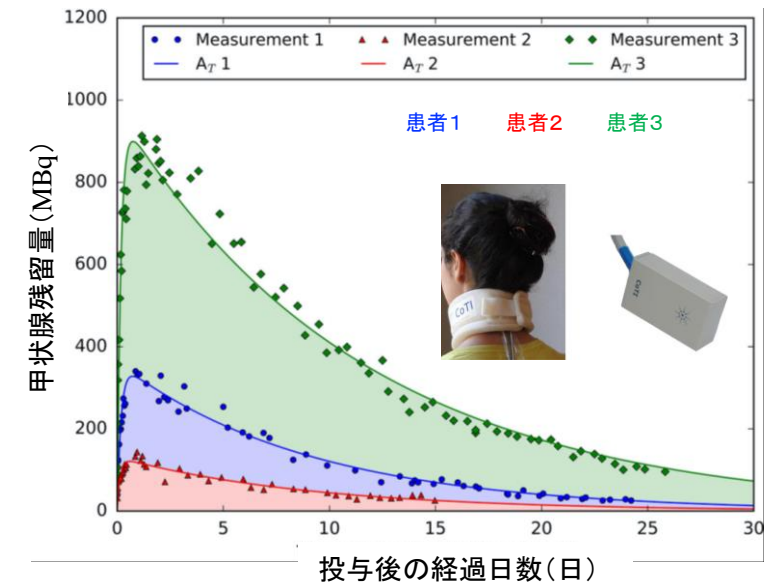
核医学分野への展開

Koen van Gils & Peter Brinks et al, Med. Phys. 44(10), 2017

簡易甲状腺モニタを用いた繰り返し測定により、個人差の大きい有効半減期を測定し、

- ・治療効果の正確な予測
- ・ ^{131}I 投与量の最適化

を行う手法が提案されている



開発した甲状腺モニタを適用した場合の利点

- (1) 甲状腺以外(血中)からの放射線を遮蔽することができる
- (2) 取扱いの簡便さから、測定にかかるコストを低減できる

甲状腺治療における個別化医療の発展に貢献する可能性がある

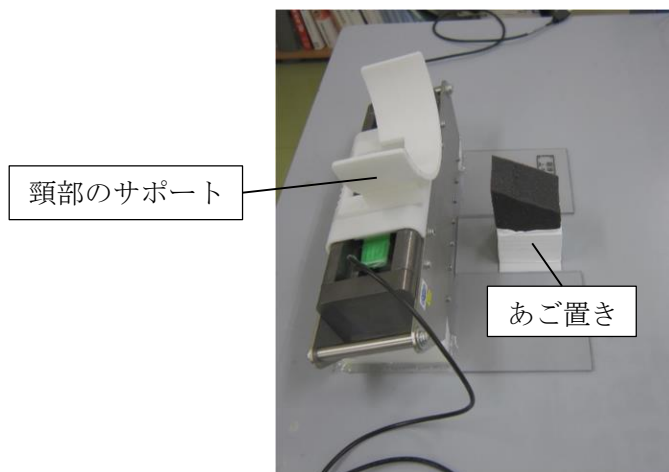
製品化に向けた課題

- 様々な年齢・体格に対応可能な、
頸部(甲状腺)の位置合わせ用治具
- 病院等で使用されている既存の甲状腺モニタとの相互比較

技術のステージ



製品化段階



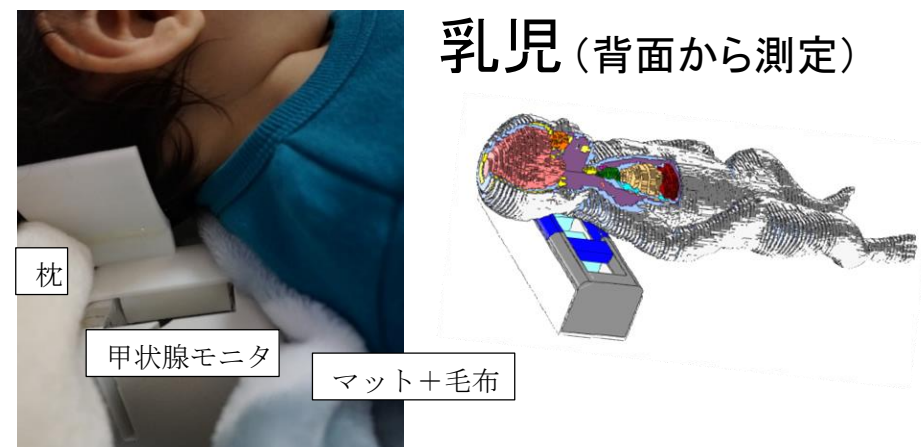
大人
子供



幼児



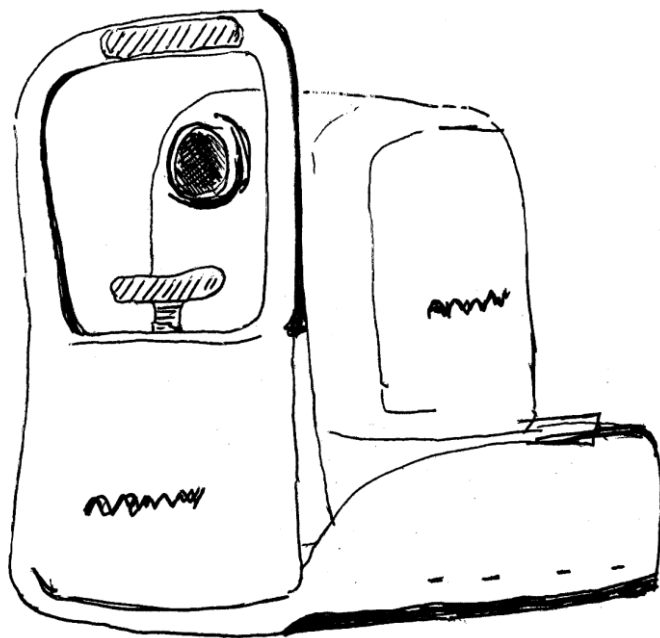
乳児 (背面から測定)



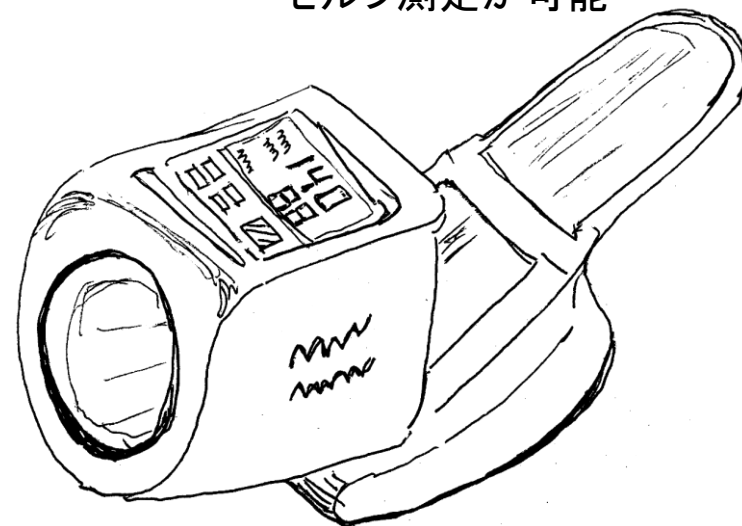
企業への期待

- (1) ユーザーフレンドリーな測定機器/ソフトウェアの開発
- (2) 位置合わせを伴う医療機器の開発
- (3) 医療関係者との共同研究・開発の経験など

眼底カメラ あごとおでこで簡単に位置合わせ



自動血圧計 肘の関節で位置合わせ
セルフ測定が可能



甲状腺モニタ(試作品)の見学・試用など、歓迎します

本技術に関する知的財産権

- **発明の名称** : 甲状腺モニタ用可搬型放射線測定器
及び放射線測定方法
- **公開番号** : 特開2019-138665
- **出願人** : 日本原子力研究開発機構
- **発明者** : 西野 翔, 吉富 寛, 谷村 嘉彦

本成果は、原子力規制庁からの受託事業（放射線安全規制研究戦略的推進事業H29～H31, JPJ007057）において得られたものである。

お問い合わせ先

国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構
研究連携成果展開部

TEL 029-284-3420

e-mail seika.riyou@jaea.go.jp