

平成30年度 放射線安全規制戦略的推進事業費 —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—

平成31年2月15日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

安全研究・防災支援部門 安全研究センター

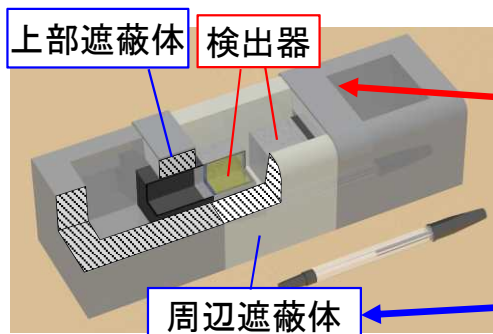
リスク評価研究ディビジョン 放射線安全・防災研究グループ



(主任研究者) 谷村 嘉彦

原子力事故等緊急時に、各避難所、指揮所等に設置できる γ 線エネルギー分析方式の**可搬型甲状腺モニタシステムを開発し、多数の公衆及び作業者が摂取した放射性ヨウ素の放射能について、迅速かつ高精度な測定・評価を可能とする。**

① 甲状腺モニタ測定器の開発



検出器・測定系
被検者に応じた検出器・配置の最適化

周辺遮蔽体
高線量下でもスペクトル測定が可能

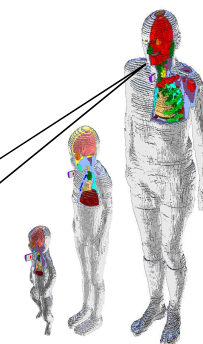
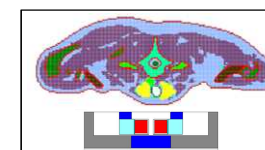
② 高精度放射性ヨウ素定量法の開発



甲状腺ファントム
管理が容易で適切な線源(^{133}Ba 点線源)

体型別補正

数値ファントム
(年齢・性別を考慮)による計算



高精度な放射性ヨウ素の定量

③ 甲状腺モニタシステムの開発



○ 検出器固定用治具の開発

体型(年齢群)に応じて検出器と甲状腺の位置関係を正確に決定できる治具を開発する。
高線量率下におけるバックグラウンド測定時に使用する治具を開発する。

○ 測定法の標準化

測定法及びモニタシステムのマニュアルを作成する。



【研究の概要】 ロードマップ及びH29年度の達成状況



項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度
①甲状腺モニタ測定器の開発	<p>検出器の試験・選定</p> <p>遮蔽体材質・形状の最適化</p>	<p>測定器の試作性能評価</p>	<p>実機の製作</p>
②高精度放射性ヨウ素定量法の開発	<p>年齢別頸部ファントムの製作</p>	<p>頸部及び数値ファントムによる定量法の開発</p>	
③甲状腺モニタシステムの開発		<p>標準化用冶具の設計</p>	<p>標準化用冶具の製作</p> <p>マニュアル作成</p>

検出器及び遮蔽の選定

試作機の完成

頸部ファントムの製作

定量法の完成

システム完成

【H29年度の達成状況】 概ね計画どおりに進捗

- ①甲状腺モニタ測定器の開発
 - ・甲状腺モニタで使用する検出器、最適な材質・厚さの遮蔽体を選定
- ②高精度放射性ヨウ素定量法の開発
 - ・数値ファントムを用いた検出器応答(配置)の評価
 - ・年齢別頸部ファントムを製作

① 甲状腺モニタ測定器の開発

(1) 甲状腺モニタ試作機の開発

- 最適化した材質・厚さに基づく検出器遮蔽体の製作
- 選定した検出器(公衆用:高感度LaBr₃検出器、作業用:高エネルギー分解能CdZnTe検出器)各2個を準備
- 検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェアの開発

➡ 甲状腺モニタの試作機を開発



CdZnTe検出器

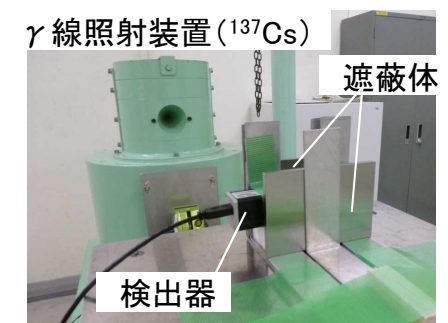


LaBr₃検出器

(2) 試作機の高線量率下における特性試験

- γ線標準校正場を用いた高線量率下での性能試験
- 高バックグラウンド線量率環境を模擬した照射試験

➡ 試作機の測定性能を確認



γ線標準校正場

今年度の目標: **甲状腺モニタ試作機の完成**

②高精度放射性ヨウ素定量法の開発

- 性別・年齢別ボクセルファントムを使用した体格補正方法の開発
- 簡易頸部ファントムを用いた試作機の計数効率の評価
- 甲状腺の大きさ、周辺組織の厚さ等の個人差が計数効率に与える影響の評価

→ 性別、年齢、体格等による解剖学的な相違を考慮した簡易頸部ファントムによる最適な定量法を開発

今年度の目標: **放射性ヨウ素定量法の完成**



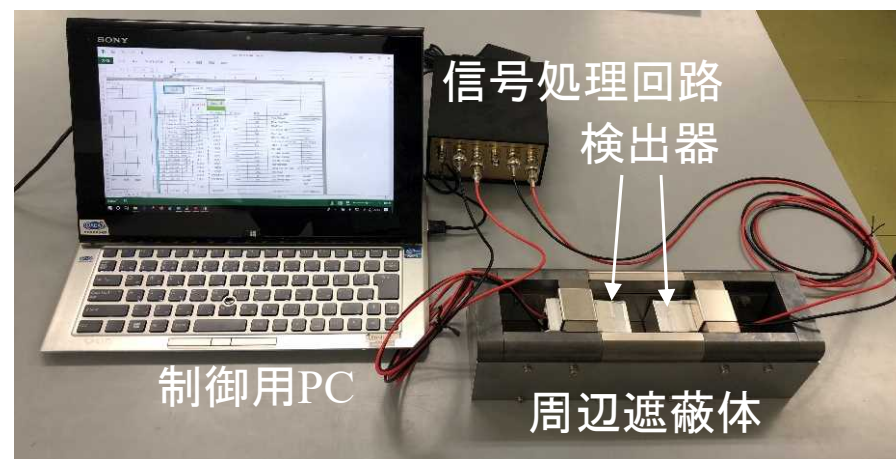
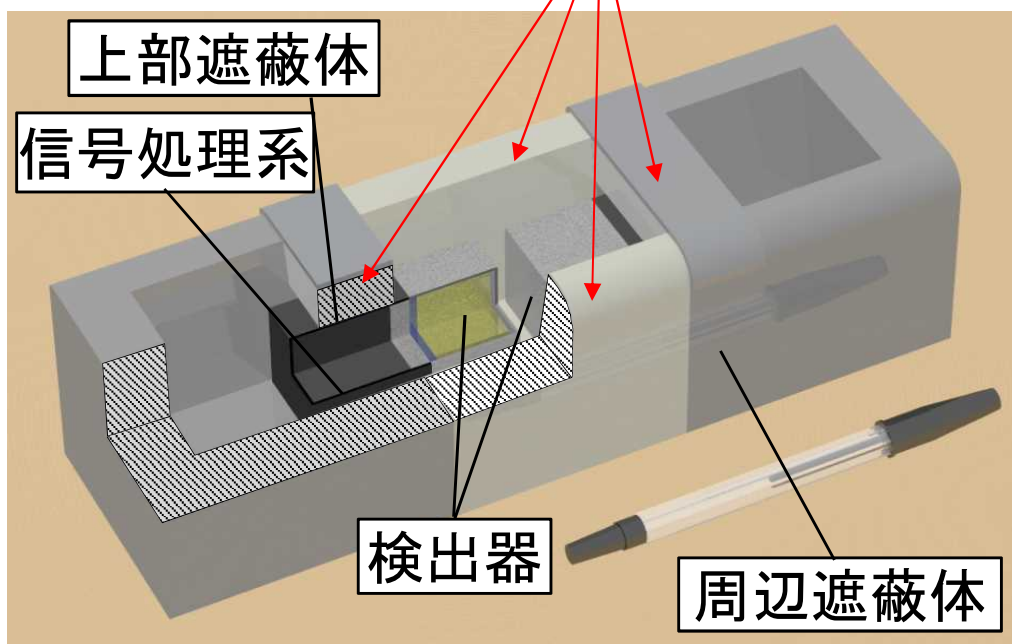
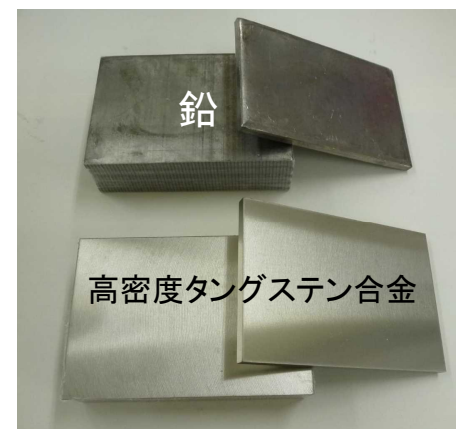
③甲状腺モニタシステムの開発

- 測定条件を標準化するために必要な検出器固定冶具の設計

今年度の目標: **検出器固定冶具の設計**

(1) 甲状腺モニタ試作機の開発

	高密度タングステン合金	鉛
原子番号	~74	82
密度	17.74 g/cm ³	11.34 g/cm ³

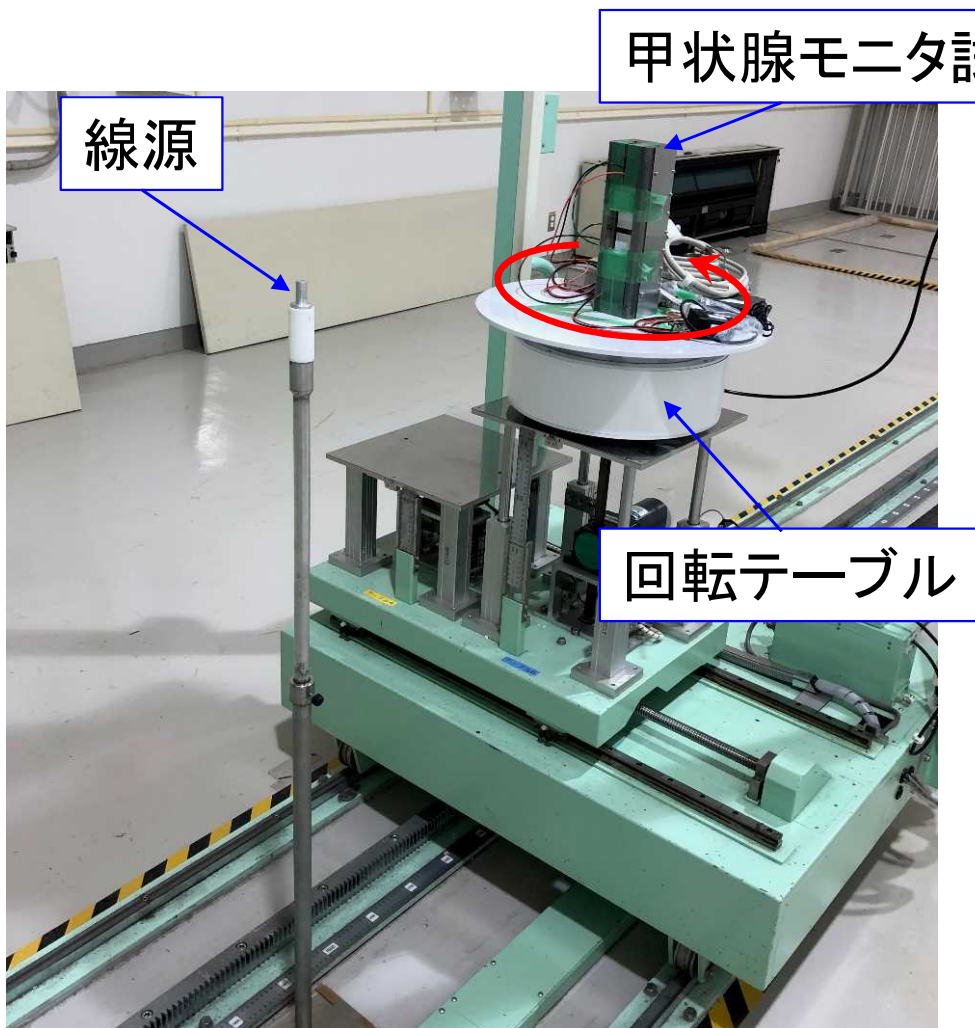


甲状腺モニタ試作機の写真
検出器制御用ソフトウェアを製作中
(~2月末)

検出器周辺については遮蔽効果が高い
高密度タングステン合金を採用

試作機の完成(見込み)

(2) 試作機の高線量率下における特性試験



- γ 線標準校正場において、高線量率下における特性試験に着手
- 高バックグラウンド環境を模擬するために回転テーブルを用いた全方位照射試験を実施
⇒シミュレーション計算結果と整合
- 検出器制御用ソフトウェアの開発完了後に総合的な特性試験を実施予定

年度内に測定性能の確認(見込み)

γ 線標準校正場における特性試験の様子

【研究の進捗】 ②高精度放射性ヨウ素定量法の開発(1)



甲状腺モニタ試作機の計算体系⇒数値ファントムに組み込み済

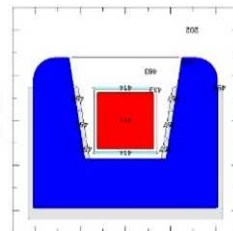
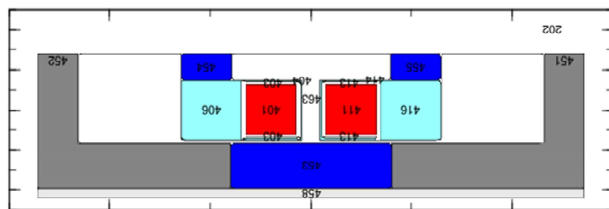
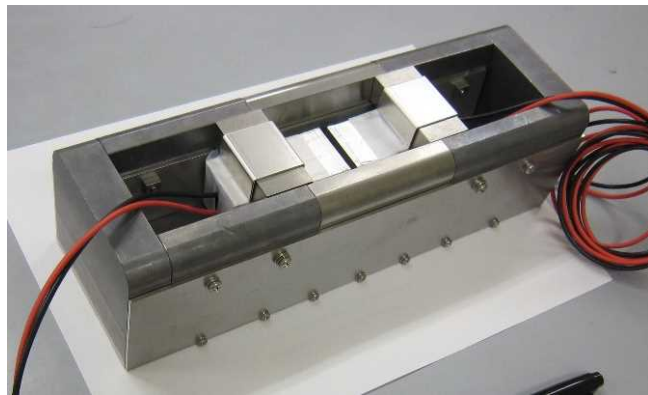
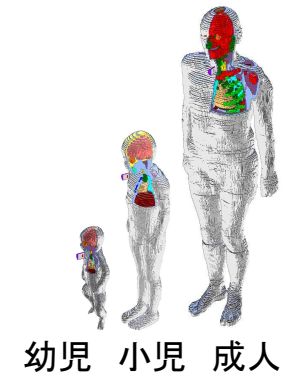
計算コード : PHITS 3.0.2 (EGS mode)

数値ファントム : GSFボクセルファントム(幼児、小児)

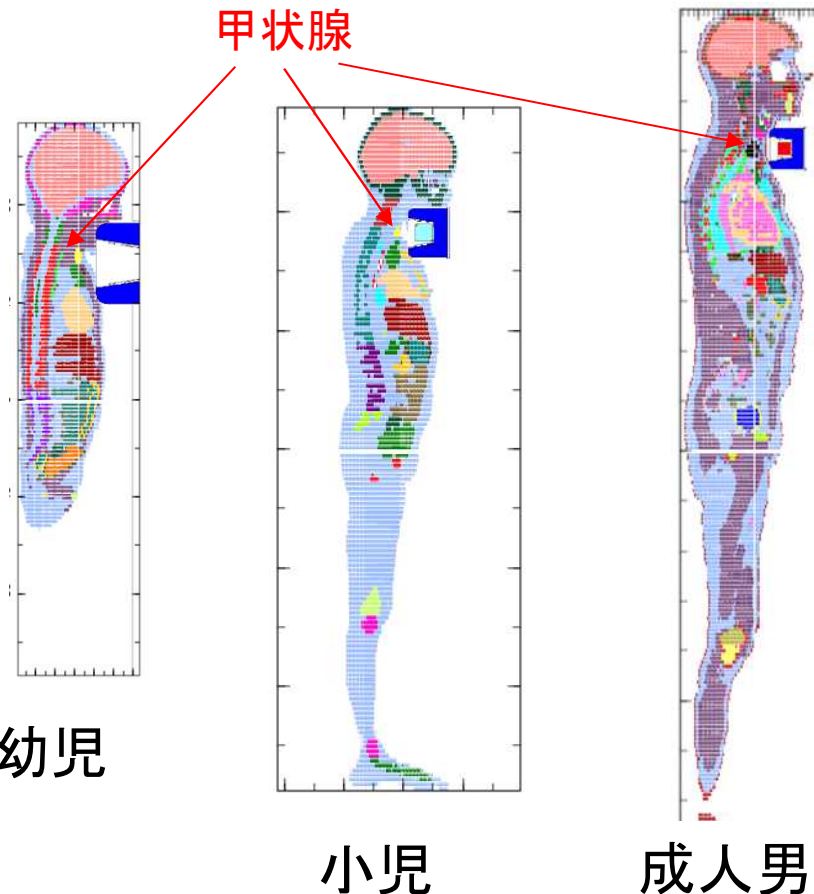
ICRP標準ボクセルファントム(成人男性・女性)

JF-103、Onago ファントム(成人女性)

JM-103、Otoko ファントム(成人男性)



甲状腺モニタ試作機
の計算体系

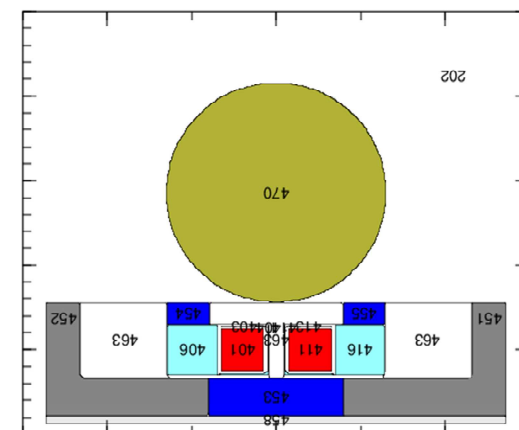
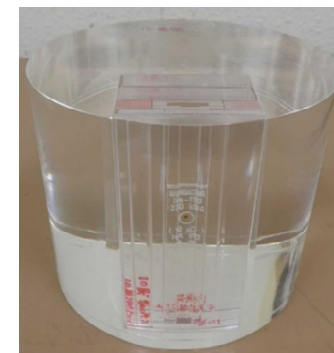


②高精度放射性ヨウ素定量法の開発

- 年齢・性別・体型の異なる様々な数値ファントムを用いて検出効率を計算
⇒目標の性能(評価下限:10mSv)を達成可能
- 簡易頸部ファントムを活用した高線量率下におけるバックグラウンドの影響補正法を開発
- 今後、甲状腺、周辺組織の大きさの違いが甲状腺モニタ検出効率に与える影響を評価予定
⇒補正の可否を検討するとともに放射性ヨウ素定量の精度を検証



放射性ヨウ素定量法の完成(見込み)



簡易頸部ファントム

③甲状腺モニタシステムの開発

- 検出器と被検者の位置関係を決定するための治具について、**概念設計を完了**

- 5th Asia and Oceanic IRPA Congress on Radiation Protection (AOCR-5) において成果公表 (5月20日～23日、オーストラリア メルボルン、ポスター発表)
Y. Tanimura et al.: Characteristics of spectrometer and shield for thyroid dose monitoring system in high dose rate environment.
H. Yoshitomi et al.: A new method to evaluate radioiodine activity in thyroid by the gamma spectroscopy measurements using a simplified physical phantom incorporated with numerical simulations
- 5th European IRPA Congressにおいて成果公表 (6月4日～8日、オランダ デン・ハーグ、ポスター発表)
S. Nishino et al.: Conceptual design of thyroid dose monitoring system using gamma-ray spectrometers
- 4th Asia Radiation Dosimetry Group annual meeting (ARADOS-4)において成果公表 (10月17日～19日、韓国 ソウル、口頭発表)
Y. Tanimura et al.: Conceptual design of thyroid dose monitoring system using gamma-ray spectrometers
- 日本原子力学会2019年春の年会で成果発表 (3月19日～21日、茨城大学、口頭発表)
谷村 他: エネルギー分析型甲状腺放射性ヨウ素モニタの開発 (4) 試作機の製作と特性試験

(1) 進捗状況(平成30年度)

① 甲状腺モニタ測定器の開発

- 周辺遮蔽体と検出器を組み合わせた試作機を製作し、 γ 線標準校正場での特性試験に着手しており、平成30年度の目標(試作機の製作及び特性評価)を達成できる見込みである。

② 高精度放射性ヨウ素定量法の開発

- ボクセルファントムと試作機を組み合わせた計算体系を作成し、目標評価下限値に対して十分な検出効率が得られる見通しを得るとともに、簡易頸部ファントムを用いた高線量率下におけるバックグラウンド放射線補正方法を開発できたことから、平成30年度の目標(放射性ヨウ素定量法の完成)を達成できる見込みである。

③ 甲状腺モニタシステムの開発

- 標準化用治具の概念設計を完了したことから、平成30年度の目標(検出器固定治具の設計)を達成できる見込みである。

⇒ 自己評価として、概ね計画どおりに進捗

当初の計画どおり以下の研究テーマを実施予定

①甲状腺モニタ測定器の開発

- 試作機の実験で得られた成果に基づき、周辺遮蔽体寸法などの最適化
- 公衆用及び作業員用の2種類の甲状腺モニタ測定器の実機を製作



○指揮所等に設置する作業員用システム

多数の核種が混在、高線量率環境下

⇒エネルギー分解能に優れるCdZnTe検出器

○避難所等に設置する公衆用システム

幼児等を考慮した短時間測定、より低い評価下限値

⇒大型化による感度向上が可能なLaBr₃検出器

③ 甲状腺モニタシステムの開発

- 検出器と被検者の位置関係を決定し測定条件を標準化するための
検出器固定治具を製作
- 高線量率下でのバックグラウンドを補正するための治具を作成
- 簡易頸部ファントムを用いた校正・定量方法の検証
- 甲状腺モニタシステムのマニュアルを作成



公衆用及び作業用者の甲状腺モニタシステムの完成

成果の公表

- Solid State Dosimetry 19 (SSD-19) 等の国際会議において成果報告
- 原子力学会等の国内学会において成果を報告
- 成果のとりまとめ⇒論文の投稿