

平成29年度 放射線安全規制研究戦略的推進事業  
-内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究-

第1回成果報告会 平成30年2月26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) 高橋 史明

## 【背景】

- 国際放射線防護委員会(ICRP)の2007年勧告の国内の放射線規制への取入れに伴い、新しい実効線量係数\*に基づき、内部被ばくの防護基準値（空气中濃度限度等）も改正
- 上記の改正後は、各事業所等でも2007年勧告に従い内部被ばく線量評価を遂行
- 一方、ICRPによる2007年勧告に従う線量評価モデル・データの公開は継続中

\*実効線量係数：単位はSv/Bqで、摂取した核種の量(Bq)にこの係数を乗じることで実効線量を導出

## 【目標】

我が国の放射線規制への2007年勧告の取入れ、事業所等における内部被ばく防護に対し、有益な技術基盤となる線量評価コードを開発（平成29年度～平成32年度）

### 開発するコードの基本機能や品質

- ICRPが示す実効線量係数等について、基本となる線量評価モデルやデータ等に従い、正しく導出していることを検証する機能（以下、「線量係数計算機能」）
- モニタリング値に基づく内部被ばく線量評価に必要な核種の摂取量を推定する機能（以下、「核種摂取量推定機能」）
- ICRPから順次公開される線量評価モデル・データの組み込みや結果の容易な把握等を可能とする利便性や操作性

## 原子力機構の有する関連技術や知見

- ・ 内部被ばく線量評価コード
  - ・ 2007年勧告対応のコード(開発中\*)
  - ・ 1990年勧告対応のコード
  - ・ DSYS(レベル3PRAコードOSCAARに装備)
- ・ ICRP刊行物等の線量評価モデル・データに関する知見
- ・ 日本人パラメータに関するデータや知見
- ・ 線量評価に必要な数値解析法に関する知見
- ・ モニタリングに関する技術や知見

活用

## 内部被ばく線量評価コードの開発

### (1) 線量係数計算機能の開発

- 2007年勧告に従い線量係数を計算する機能
- 日本人に適したパラメータ等の適用
- 新規モデル・データの取り込みを可能とする設計

機能の活用(体内放射エネルギーの計算)

### (2) 核種摂取量推定機能の開発

- モニタリング値に基づく摂取量の推定法の開発

### (3) 操作性や利便性の向上を図るための開発

- パラメータ設定や結果表示機能の開発

線量係数計算機能\*、核種摂取量推定機能を順次開発し、その後、ユーザーの操作等に必要な機能を実装して、線量評価コードを完成

\*原子力規制庁等からの受託事業（～平成26年度）により、当該機能を有するコード開発を実施

## 本研究の全体スケジュール（平成29年度～平成32年度）

年度	各年度の主な実施項目及びマイルストーン
平成29年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>線量係数計算機能の開発、検証 ⇒ 基本機能の完成</li> <li>核種摂取量推定機能の概念設計</li> </ul>
平成30年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>線量係数計算機能の設計（新規データの取り込み等）⇒ 機能の完成</li> <li>核種摂取量推定機能の開発 ⇒ 基本機能の完成</li> </ul>
平成31年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>核種摂取量推定機能の検証 ⇒ 機能の完成</li> <li>入力設定や結果表示に関する機能の開発 ⇒ コードβ版の完成</li> </ul>
平成32年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>β版の意見聴取、コード改良、マニュアル整備等 ⇒ コードの完成、公開</li> </ul>

### 平成29年度の実施内容（当初計画）

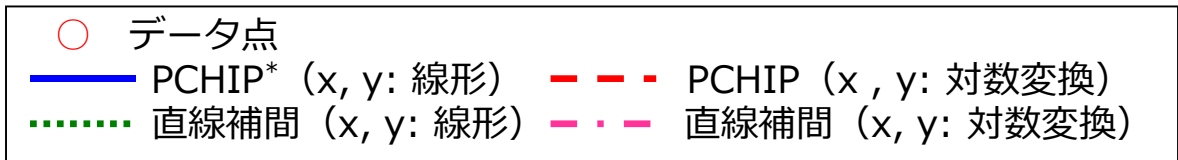
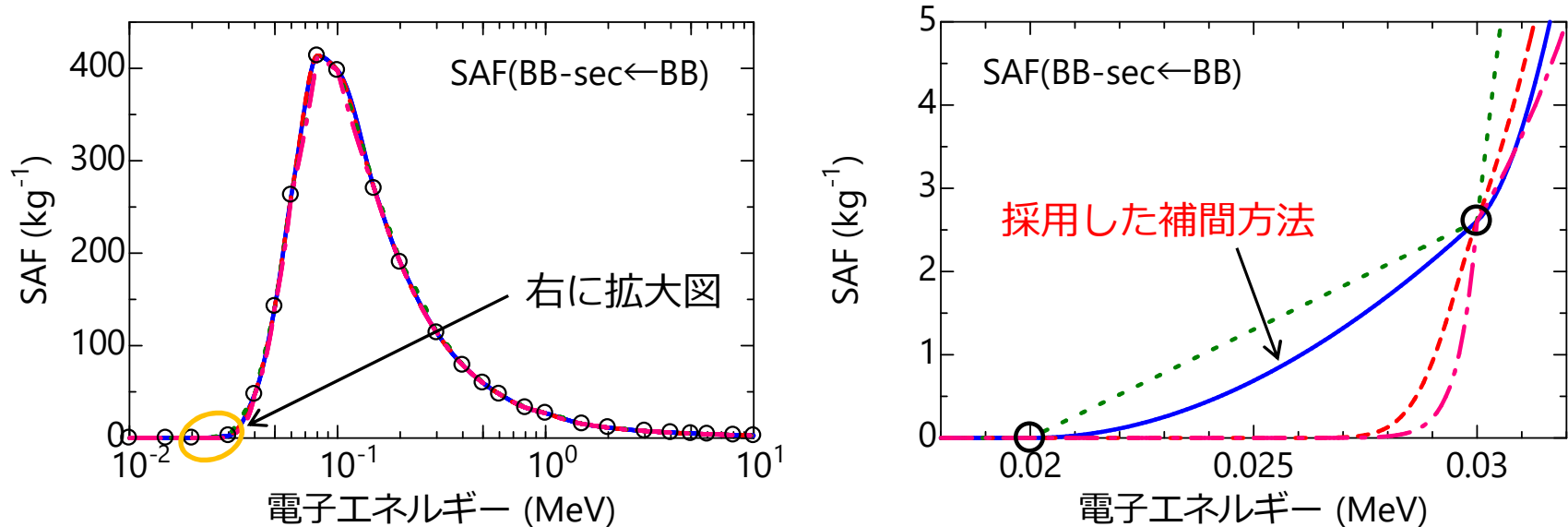
- 平成26年までに開発を進めた線量評価コードを平成27年以降に公開されたモデルやデータに対応するために改良し、OIR\* part 2 (ICRP Publ. 134) で公表された主要14元素の実効線量係数を正しく導出することを検証（**今年度の重点実施項目**）

\*Occupational Intakes of Radionuclides(職業人の放射性核種摂取)

- JAEA等により開発された核種の摂取量推定機能を有する既存コードの調査分析や必要な機能、適用条件等のニーズの聴取や調査を行い、コード完成形のイメージを提示

## ① コード改良 (一例として、新しいSAFデータへの対応)

- SAFの補間方法は、放出放射線のエネルギー等によって、線量に大きく影響を与える一方、**関連する刊行物 (ICRP Publ.133) は具体的な方法を提示していない。**



\*区分的 3 次エルミート内挿多項式

### SAFデータの補間方法 (4つの方法)

- 候補として、4つの補間方法を検証 (特に、SAFの値→0となる場合)
  - ICRP 第2委員会の委員との情報交換により、**ICRPの実効線量係数等の計算では“PCHIP (x, y: 線形)”を採用している**という情報を入手
- ⇒ 開発中の線量係数計算機能でも、**同様の補間方法を採用**

## 【研究の進捗】 実効線量係数計算機能の開発(2)

### ② OIR part 2 の掲載核種に対する実効線量係数の計算検証

- ICRPがHPで公開しているOIR Data Viewerに収録された線量係数データについて、コードの計算機能を検証した。
- 事業の進捗中にData Viewerのバージョンアップ（ver. 1.2→ver. 2.17）があり、ver. 2.17ではver. 1.2と比較して、**吸入摂取に対する肺の等価線量係数、実効線量係数が増加した例が散見**された。

※ **OIR part 2 (ICRP Publ.134)に掲載されている数値はver. 2.17と一致**

- 新しいバージョン(ver. 2.17)の数値をいくつかの核種については、**精度よく再現することができなかった。**

※ **ICRP Publ.133のSAFデータを利用した場合はver. 1.2の数値を再現**



- 原因として、基本となるSAFデータのうち、**呼吸器に関するものについては、ICRP Publ. 133で公開されている数値から修正があったと推測**
- ICRPにおける取りまとめ担当者より、**SAFデータの修正があることを確認、修正後のデータを入手**  
⇒ **OIR Data Viewer ver. 2.17の実効線量係数の再現に成功**

## ① 既存コードの分析及び機構内のモニタリング従事者との意見交換

### 既存コードであるIDEC、MONDAL及びIMBAの特徴の比較

コード	フィッティング方法、パラメータ設定等の特徴
IDEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>パラメータ変更等に係る自由度は大（自身で入力する項目が多い）</li> <li>一日当たりの摂取速度を一定とした連続摂取も計算可能</li> </ul>
MONDAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>パラメータ変更等に係る自由度は小（デフォルト値を変更できる項目は少ない）</li> <li>一日の最初に一度摂取と仮定した連続摂取も計算可能</li> </ul>
IMBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>統計的な手法により、複数回の摂取に対する評価等、遡及的な評価に優位性（パラメータを変更し計算値と実測値を比較可能、上級者向けのコード）</li> </ul>

### モニタリング従事者との意見交換における主なコメント(ニーズ)

- 慢性摂取、複数回摂取の評価
- 複数モニタリングに対するフィッティング
- 安定ヨウ素剤服用時の甲状腺の線量評価
- 残留(排泄)率の経時変化を任意時間でプロット

## ② 完成形イメージの提示

### 核種摂取量推定機能における基本的な実施内容

摂取形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>単独摂取、複数回摂取(モニタリング点がある場合)及び慢性摂取の評価を可能</li> </ul>
パラメータ設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>デフォルト値はICRPのモデルやデータに従うもの</li> <li>緊急時のヨウ素剤の摂取等に関する任意のパラメータ設定を可能</li> </ul>
数値解析手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射能推移の計算等で、単純なフィッティングの他、最小自乗法、最尤法を採用</li> </ul>

自由度と信頼性の両面から、パラメータ設定や摂取量推定計算の手法等を決定

- 各種パラメータ設定用のGUIイメージ作成
- 摂取量推定に関する計算フロー決定



## (1) 今年度の成果（進捗）

### ① 線量係数計算機能の開発、検証（OIR part 2 に掲載された14元素）

新たに平成27年以降に公開されたヒト呼吸器道モデル(HRTM)、組織系動態モデル及びSAFデータに対応可能とし、OIR part 2 に掲載された14元素に対する実効線量係数を導出することを確認

### ② 核種摂取量推定機能の概念設計

既存コードの分析、機構内のモニタリング従事者との意見交換に基づき、当該機能の完成形イメージを提示

⇒ **自己評価として、概ね当初の計画通りに進捗(P.4)**

## (2) 成果公表

日本原子力学会 2018年春の年会にて口頭発表（3件）

ICRP2007年勧告に基づく内部被ばく線量評価コードの開発（シリーズ発表）

(1)全体計画

(2)実効線量係数計算機能の開発

(3)放射性核種の摂取量推定機能の概念設計



## ほぼ、当初の計画通り(p.4)に実施予定

- ① 新規データの取り込み等へ向けた線量係数計算機能の設計  
今後のモデル・データの拡張、ユーザーによるパラメータ設定（デフォルト値の変更、1990年勧告に従うモデルやデータの利用等）を鑑みた**コードの設計**  
(例、全体構造：ディレクトリ配置)
- ② OIR part 3 (本年1月公開)で与えられたモデルの組み込み、検証

### OIR Part 2 及びPart 3に掲載されている元素

OIRシリーズ(刊行物)	掲載されている元素
OIR part 2 (ICRP Publ.134)	H, C, P, S, Ca, Fe, Co, Zn, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc
OIR part 3 (ICRP Publ.137)	Ru, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ir, Pb, Bi, Po, Rn, Ra, Th, U

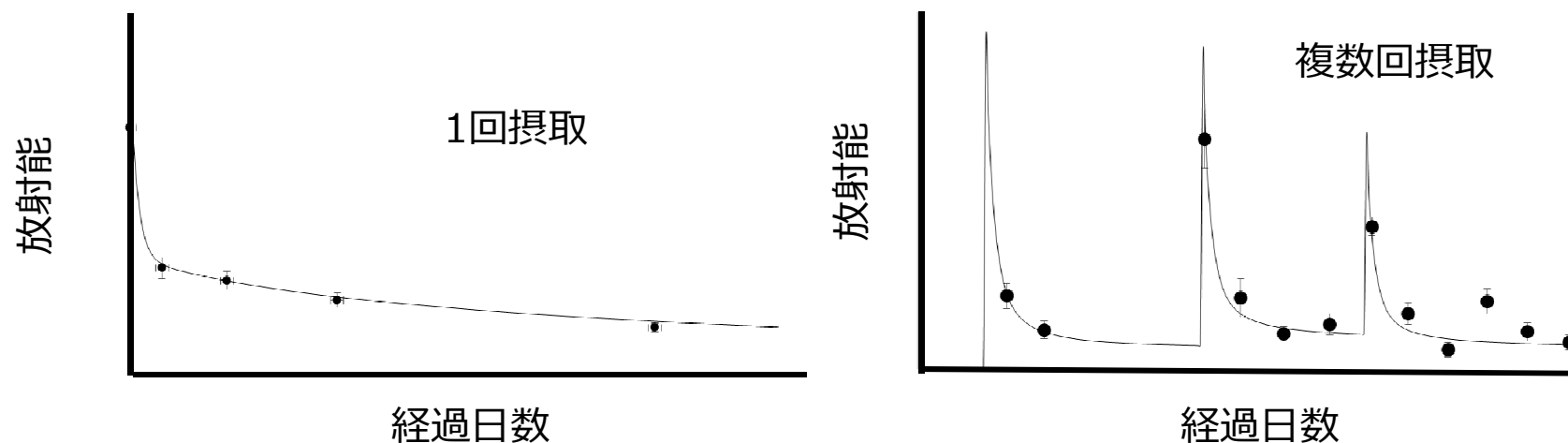
※ **ICRPにおける線量評価モデルの検討状況等の動向を確実に把握**

- ③ 成果発表
    - 国際会議（調査中）\*、国内の学会(原子力学会) で成果公表
- \*当初の計画書では明示していなかった。

## ほぼ、当初の計画通り(p.4)に実施予定

### ① 核種摂取量推定機能の開発（基本機能の完成、次年度の重点実施項目）

- 核種摂取量の推定で重要となるモニタリングデータのフィッティング方法の実装、体内または排泄物中の放射能の経時変化を計算する手法等の開発
- 機能の開発に対し、更なるニーズ調査を実施（当初計画：平成29年度のみ実施）



データフィッティングのイメージ図

### ② 成果発表

- 国内の学会(原子力学会) で成果公表