

令和 6 年度原子力規制庁委託成果報告書

放射線対策委託費
(被ばく線量評価コードの開発)事業

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

令和 7 年 3 月

本報告書は、原子力規制委員会原子力規制庁からの委託により実施した業務の成果をとりまとめたものです。

本報告書に関する問い合わせは、原子力規制庁までお願いします。

目次

第1章 はじめに	1
第2章 令和6年度の事業計画	3
2.1 被ばく線量評価コードの開発事業全体と令和6年度事業の概要	3
2.2 内部被ばく線量評価コードの高度化（全機能版、機能制限版）	4
2.3 線量評価に係る規制改正用基準値の整備に向けた検討	4
2.4 コード簡易版（Web アプリ）の改良	5
2.5 研究に必要な国内外の情報収集	5
2.6 被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会の設置・運営	5
2.7 事業成果報告書の作成	5
第3章 内部被ばく線量評価コードの高度化（全機能版、機能制限版）	6
3.1 目的及び実施内容	6
3.2 内部被ばく線量評価コードのICRP刊行物への対応	6
3.2.1 Publ. 155：標準小児個人に対する比吸収割合	6
3.2.2 EIR Part 1（ドラフト）：公衆による放射性核種の摂取に対する線量係数パート1	15
3.3 技術的基準等の導出における課題の解決方法の検討	18
3.4 ICRPにおける被ばく線量評価関連刊行物の調査	19
3.4.1 EIR Part 2（ドラフト）：公衆による放射性核種の摂取に対する線量係数パート2	19
3.5 コードの利用性向上のための調査	20
3.5.1 試用会の実施による改善点の抽出	20
3.5.2 学術会合でのブース出展	39
3.6 まとめ	43
第4章 線量評価に係る規制改正用基準値の整備に向けた検討	44
4.1 目的及び実施内容	44
4.2 RI数量告示に関する聞き取り調査	44
4.2.1 調査の方法	44
4.2.2 聞き取り調査の結果	45
4.2.3 課題の抽出	47
4.3 内部被ばくの線量評価に係る規制改正用基準値の導出シナリオに係る検討	48
4.3.1 調査対象となるパラメータ	48
4.3.2 パラメータの調査	48
4.4 サブマージョン核種に対する基準値に係る検討	49
4.4.1 背景	49
4.4.2 内部照射による実効線量率係数の計算方法	50
4.4.3 計算結果	51

4.4.4 被ばく環境の違い	53
4.4.5 基準値改正に向けた課題	54
4.5 まとめ	54
第5章 コード簡易版（Web アプリ）の改良	55
5.1 目的及び実施内容	55
5.2 改良点の整理と検討	55
5.3 改良と動作確認	56
5.3.1 各ページの入力に関する説明や見出しの追加	56
5.3.2 線量係数・時間推移データ画面内のグラフ軸への単位の追加	59
5.3.3 公衆に対する摂取量推定の年齢別出力結果に対する年齢群名の追加	59
5.4 まとめ	60
第6章 研究に必要な国内外の情報収集	61
6.1 学術会合での発表	61
6.1.1 日本原子力学会 2024 年秋の大会	61
6.1.2 第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会	61
6.2 国際会合での発表	63
第7章 被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会の設置・運営	64
第8章 あとがき	65
謝辞	66
参考文献	67
付録1 試用会における講義資料（英語版）	付-1
付録2 外部発表	付-32
付録3 検討委員会	付-47

第1章 はじめに

我が国では、放射性同位元素や放射線発生装置の利用等による放射線障害の発生を防止し、公共の安全を確保することを目的とした「放射性同位元素等の規制に関する法律」[1]（以下「RI 規制法」という。）が制定されており、同法を実施するための施行令、施行規則等が定められている。この目的を達成するための具体的な数値として、外部被ばく及び内部被ばくに対する実効線量係数、放射線取扱施設の常時人が立ち入る区域の空气中濃度限度及び施設からの排気・排水中の放射能濃度限度（以下、これらをまとめて「規制基準値」という。）が告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」[2]（以下「RI 数量告示」という。）において示されている。現行の RI 数量告示における実効線量係数は、国際放射線防護委員会（ICRP: International Commission on Radiological Protection）の 1990 年勧告（Publ. 60）[3]に基づく Publ. 74 [4]（外部被ばく）及び Publ. 68 [5]（内部被ばく）に収載された値が採用されており、濃度限度については Publ. 68 及び Publ. 72 [6]に収載された作業員及び公衆に対する実効線量係数を基に、放射性核種の種類とその化学形の組合せごとに整備されている。

一方で ICRP は、平成 19 年に、1990 年勧告を置き換える 2007 年勧告（Publ. 103）[7]を公開するとともに、線量評価のための基礎的なモデルやデータ（以下、「線量評価モデル・データ」と呼ぶ。）の更新を進めている。外部被ばくに関しては、平成 22 年に、成人標準ファントム（Publ. 110）[8]に基づく新しい実効線量係数が Publ. 116 [9]として刊行され、RI 数量告示への 2007 年勧告の取入れに必要となるデータが出揃った。一方、内部被ばくに関しては、放射性核種の職業上の摂取（OIR: Occupational Intakes of Radionuclides）シリーズ[10–14]として、作業員に対する新しい実効線量係数が平成 27 年から令和 4 年までに刊行され、整備が完了したものの、公衆に対する線量係数は令和 5 年度末時点でまだ公開されていない。また、RI 数量告示では、高エネルギー加速器施設等で生成する半減期が 10 分未満の放射性核種（以下、「短半減期核種」と呼ぶ。）についても規制基準値が示されている[2]が、OIR シリーズには短半減期核種に対する実効線量係数は含まれていない。このように、RI 数量告示の改正に必要な線量係数が出揃っていないことに加え、短半減期核種の取扱い等、今後検討すべき課題がある状況である。

原子力規制庁は、平成 29 年度から放射線安全規制研究戦略的推進事業を開始し、その重点課題の一つとして「内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究」を提示した[15]。これに対し、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）は、平成 29 年度から 4 ヶ年の研究計画を提案し、採択された[16]。この事業において、原子力機構は、2007 年勧告に基づく線量評価法及び線量評価モデル・データにより実効線量係数を計算する機能と、個人モニタリングの結果から放射性核種の摂取量を推定する機能を開発し、両機能を統合するグラフィカルユーザーインターフェイス（GUI: Graphical User Interface）を備えた内部被ばく線量評価コード（Internal Dose Calculation Code、以下「IDCC」という。）を完成させた[17–20]。ただし、令和 2 年度末の時点では作業員に対する全身動態モデルの一部と、公衆に対する線量係数を計算するために必要となる年齢依存のモデルやデータがまだ公開されていなかったことから、令和 3 年度以降も IDCC の高度化を実施するとともに、開発した IDCC の運用や普及促進に係る検討を進めることとした[21]。

令和 4 年度からは、5 カ年計画の原子力規制庁の安全研究プロジェクト「放射線防護のための線量及び健康リスク評価の精度向上に関する研究」[22]における一課題として本研究開発が位置づけられ、引き続き原子力機構が IDCC の高度化と RI 数量告示の改正に向けた調査や規制基準値の整備に係る検討を進めることとなった。令和 4 年度放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業（以下、当該事業を単に「事業」と呼ぶ。）では、作業者に対する全身動態モデルの IDCC への組み込みによる高度化を実施するとともに、ICRP 既定の摂取条件のみについて簡易的な摂取量推定が Web 上で実行できるコード簡易版（Web アプリ）のプロトタイプを開発した。また、1990 年勧告をふまえた現行の RI 数量告示と、これへの改正経緯を調査した[23]。令和 5 年度は、職業被ばくに対する線量係数の計算に関する検証を完了させるとともに、Web アプリプロトタイプの試提供による利用者からの意見募集を実施した。また、規制基準値に係る検討に関しては、2007 年勧告の国内基準値への反映に関する検討項目を整理するとともに、放射線取扱施設の管理者に対し、規制への対応と 2007 年勧告取入れに対する懸念事項等について聞き取り調査を実施した[24]。

また、令和 4 年度及び令和 5 年度は、放射線対策委託費（内部被ばく線量評価コードの運用・普及促進）事業（以下、当該事業を指す場合は「普及促進事業」と呼ぶ。）として、IDCC の運用や普及促進に係る項目を実施した。具体的には、コードの提供体制やコードの使い方講習会の実施内容に係る検討を行い、講習会を 1 回試行した。講習会は、ユーザーに対し、放射線防護の概念を一定程度理解した状態でコードを使用してもらうことを重視し、実習に加えて内部被ばく線量評価に係る講義も合わせて実施する内容とした[25, 26]。

令和 6 年度においては、ICRP から新たに刊行された小児に対する比吸収割合 (SAF: Specific Absorbed Fractions) [27]と、公衆に対する線量係数の刊行物シリーズ (EIR: Environmental Intakes of Radionuclides) 第 1 部のドラフト[28]について内容を調査・分析し、IDCC への反映に向けた検討を行うとともに、データの IDCC への組み込みを進めた。また、令和 5 年度までの運用・普及促進に関する事業を引き継ぐ形で、講習会を IDCC の想定利用者を対象とした試用会として開催し、コードの利用性向上に資する意見を収集、整理するための機会とした。さらに、Web アプリについて、令和 5 年度に得られた意見を踏まえた改良を実施した。規制基準値に関する検討では、検討項目の整理と聞き取り調査を継続実施した。

本報告書は、令和 6 年度放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業の成果を取りまとめたものである。第 2 章では、令和 6 年度の事業計画を記す。第 3 章から第 5 章では、IDCC の高度化や利用性向上のための取組み、2007 年勧告の基準値への取入れに関する検討事項の整理、及び Web アプリプロトタイプの改良について実施した内容をそれぞれ記す。第 6 章は、放射線管理や被ばく線量評価に関する学術会議への参加等による国内外の情報収集について述べる。第 7 章は、本事業において設置・運営した被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会について記す。最後に、第 8 章において全体のまとめを述べる。

第2章 令和6年度の事業計画

2.1 被ばく線量評価コードの開発事業全体と令和6年度事業の概要

被ばく線量評価コードの開発事業の行程表[29]を、図 2-1 に示す。本事業は、令和4年度から令和8年度までの5ヶ年計画であり、「a. ICRP2007年勧告に基づく内部被ばく線量評価法の実装と検証」、「b. 内部被ばく線量評価に係る規制改正用基準値の整備」、「c. 内部被ばく線量評価コード簡易版の開発」、及び「d. ICRP2007年勧告に基づく外部被ばく線量評価法に係る研究」の四つの大きな実施項目から成っている。項目 a. では、作業員及び公衆の実効線量係数を計算するためのアルゴリズム及び線量評価モデル・データの IDCC への実装、実効線量係数の検証、IDCC の改良等を実施する。そして、項目 c. として IDCC の簡易版である Web アプリを完成させ、項目 a. と合わせてコードの完成とする。項目 b. では、国際基準や現行の国内法令、放射線管理状況を調査することにより合理的な管理に向けた規制基準値の導出シナリオを整備するとともに、IDCC を用いて基準値の計算等を実施する。そして項目 d. として、外部被ばくの線量換算係数と、国内施設で使用されている放射線の線質の調査・整理等を進め、項目 b. と合わせることで改正用の基準値のとりまとめを行う予定である。

令和6年度は、公衆の実効線量係数の計算のための線量評価モデル・データの IDCC への組込み、簡易版の改良、及び規制改正用基準値に関する調査、検討を実施する。以下に、令和6年度に実施する内容を項目ごとに記す。

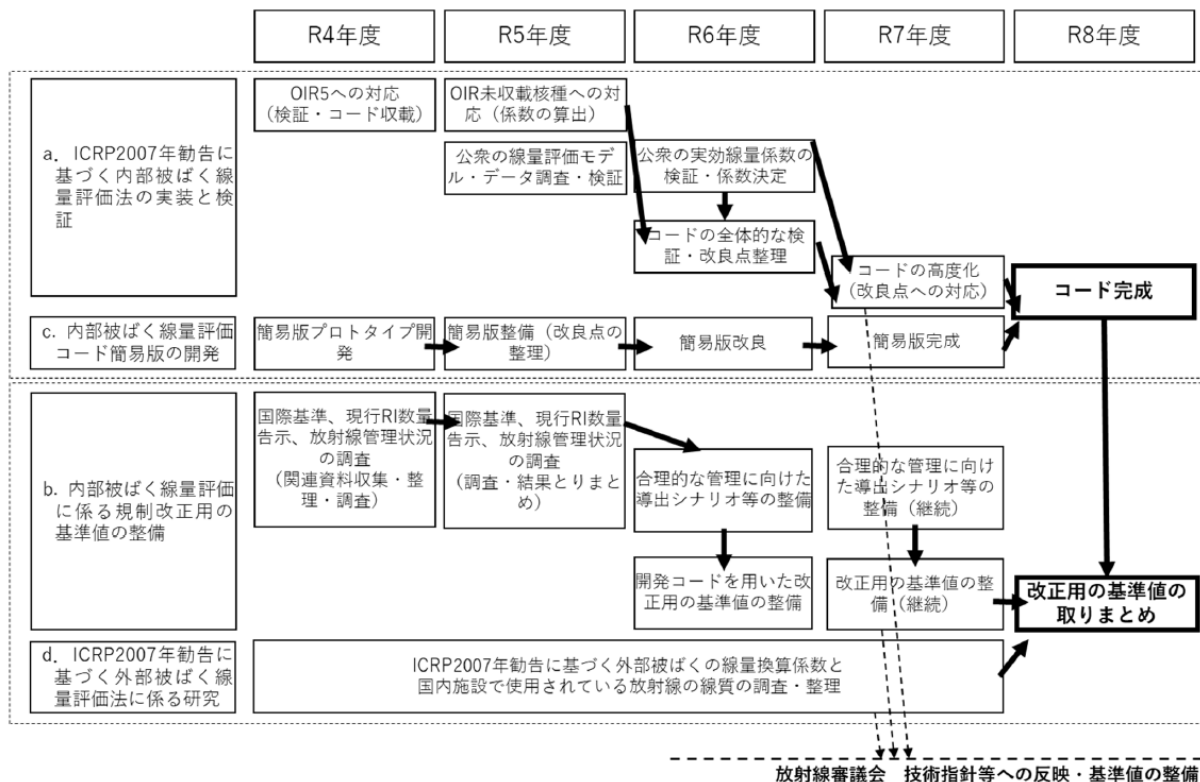


図 2-1 被ばく線量評価コードの開発事業の行程表[29]

2.2 内部被ばく線量評価コードの高度化（全機能版、機能制限版）

① 内部被ばく線量評価コードの ICRP 刊行物への対応

令和 6 年度までに公表予定または公表済の最新の ICRP 刊行物、及び本節③で入手した刊行物のドラフト等の情報に基づき、令和 5 年度事業で開発した IDCC の機能を拡充するとともに、刊行物等に収載の核種・化学形の実効線量係数の確認を行う。具体的には、刊行物等に収載の核種、数値、モデル及び諸条件（半減期、化学形、吸収タイプ等）の設定について、国内法令等への 1990 年勧告の取入れ時に参照された ICRP 刊行物からの変更点を調査し、IDCC の高度化に必要な開発項目を抽出し、その優先度を整理する。刊行物が発刊された場合は、優先度の高い開発項目を選定して IDCC に実装し、実効線量係数等の試計算を実施して、高度化した IDCC が適切に機能することの妥当性を確認する。さらに、試計算等を通じて、新たに公表された刊行物に収載のデータ等の信頼性を確認する。

② 技術的基準等の導出における課題の解決方法の検討

EIR Part 1 ドラフトに収載の線量評価モデル・データを用いて現行の RI 数量告示に示される濃度限度等の基準値に相当する数値を導出する際の課題を抽出し、IDCC への対応等の解決方法を検討して整理する。

③ ICRP における被ばく線量評価関連刊行物の調査

被ばく線量評価に関連する刊行物についてパブリックコメント用のドラフト等が公開された場合、その内容を把握、調査、分析する。収集した情報から IDCC に取り入れるべき情報をさらに具体的に抽出、分類、整理し、要点を成果報告書に取りまとめる。

④ コードの利用性向上のための調査

IDCC の想定利用者層に対して IDCC の試用会を開催し、IDCC の利用性の向上に資する意見を収集し、IDCC の機能向上に必要な開発項目を抽出・整理して、開発の実施方法を検討する。また、意見の収集先を広げるため、線量評価に関連する学協会・団体の広報媒体、または学会合での出展等により周知を行う。

2.3 線量評価に係る規制改正用基準値の整備に向けた検討

内部被ばくに関しては、現行の規制基準値の導出において、体内に取り込まれる核種の量の評価に必要となるシナリオ、モデル、パラメータについて最新の知見を調査し、合理性と保守性の観点から整理する。

外部被ばくの線量評価に関しては、低エネルギーの散乱線光子が主要な放射線場となる施設に関連して RI 数量告示の改正において検討すべき事項を整理する。

2.4 コード簡易版（Web アプリ）の改良

令和 5 年度事業において収集・整理したコード簡易版プロトタイプへの意見を基にプロトタイプの改良内容を決定し、コード簡易版を改良するとともに、正常に機能することを確認する。

2.5 研究に必要な国内外の情報収集

放射線計測・線量評価に関する国内外の学会等に合計 2 件程度参加して本事業に関する発表を行い、適宜事業内容に関連する専門家と意見交換等を行って事業成果の向上・精緻化を図る。

2.6 被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会の設置・運営

被ばく線量評価に関する知見や経験を有する研究機関及び大学等の専門家から成る検討委員会を設置し、事業の実施方針、中間評価、報告書のとりまとめについて審議を行う。

2.7 事業成果報告書の作成

2.2 節から 2.6 節までに記した実施内容の成果を整理して、報告書を作成する。

第3章 内部被ばく線量評価コードの高度化（全機能版、機能制限版）

3.1 目的及び実施内容

ICRP は、6 種類の年齢別の公衆による放射性核種の取込みに対する実効線量係数（以下、「公衆の線量係数」と呼ぶ。）の計算に必要となる小児標準ファントム（Publ. 143）[30]に対する SAF（ある線源領域から放出された放射線のエネルギーのうち全身の組織・臓器に吸収された割合を標的組織・臓器の質量で除したもの）データ（以下、「小児 SAF」と呼ぶ。）について、Publ. 155 [27]として令和 6 年 11 月に刊行した。一方、公衆の線量係数に関する刊行物シリーズ（EIR シリーズ）の第 1 部として、28 種類の元素に対する全身動態モデルと実効線量係数等を収載した EIR Part 1 については、令和 6 年度内の刊行が見込まれていたものの、令和 7 年 3 月 19 日現在刊行されていない。そこで、新たに刊行された ICRP 刊行物への対応として、小児 SAF のデータの IDCC への組込みと、Publ. 155 で示された放射線加重 S 係数（ S_w 値、ある領域で放射性核種が 1 回壊変したときに全身の組織・臓器に与える等価線量）の年齢に応じた内挿方法を実行するための IDCC のアルゴリズムの改良を実施することとした。また、EIR Part 1 に関しては、刊行版のモデルやデータの IDCC への組込みに先立ち、ドラフトに収載された核種や化学形について改めて調査するとともに、全身動態モデルの構造が比較的単純なトリチウムについてモデルやデータの信頼性を確認するため、トリチウム水の吸入摂取に対する線量係数を線量評価モデル・データから再現することを試みた。また、これらの刊行物及びドラフトについて技術的基準等の導出における課題を抽出し、解決方法の検討を行った。

ICRP における被ばく線量評価関連刊行物の調査については、対象となる EIR Part 2 のドラフト[31]が令和 6 年 5 月に公開された。本ドラフトについて調査した結果を取りまとめた。

コードの利用性向上のための調査として IDCC の試行会を 3 回実施し、IDCC に対する様々な意見を収集した。また、今後 IDCC を正式に公開した際に、IDCC の使い方に関する講習会を実施することを念頭に、内部被ばく線量評価に関する講義や IDCC の演習のための資料についても意見を募集した。さらに、意見の収集先を広げるため、日本アイソトープ協会が主催するアイソトープ・放射線研究発表会においてブース出展し、IDCC の開発について周知を行った。

3.2 内部被ばく線量評価コードの ICRP 刊行物への対応

3.2.1 Publ. 155：標準小児個人に対する比吸収割合

令和 6 年 11 月に公開された Publ. 155 [27]は、Publ. 143 [30]の小児標準ファントムを用いて計算された年齢群別 SAF データが記載されており、これは公衆の実効線量係数を計算するために必要となる線量評価モデル・データのうちのひとつである。Publ. 155 には、SAF データの電子ファイルが補遺として添付されている。また、Publ. 155 には、年齢群別 SAF データと核崩壊データ（Publ. 107）[32]を使って年齢群別 S_w 値を計算する方法と、成長に伴って変化する体格や臓器質量を考慮するための年齢群別 S_w 値の内挿方法が記載されている。

小児 SAF データと核崩壊データからの年齢群別 S_w 値の計算及び年齢群別 S_w 値の成長に伴う内挿は、公衆に対する実効線量係数計算において不可欠の要素であることから、IDCC の高度化において必須の開発項目である。本節では、Publ. 155 の SAF データの形式と年齢群別 S_w 値の計算方法及び内挿方法の説明とともに、年齢群別 SAF データの IDCC への組込み、IDCC による年齢群別 S_w 値の計算結果とその検証、並びに年齢群別 S_w 値の内挿アルゴリズムの改良及びその結果について記す。

① 年齢群別 SAF データの概要

SAF データは、6 個の年齢群（0 歳、1 歳、5 歳、10 歳、15 歳、成人）の男女別、放射線の種類別（光子、電子、 α 粒子、中性子）に公開された。その他の組織が線源領域である場合の SAF を計算するために必要となる線源領域の質量データも合わせて公開された。男女別であることと、放射線の種類とエネルギー範囲、線源領域と標的領域の区分については、Publ. 133 [33] の成人に対する SAF データと同様である。また、Publ. 155 の成人に対するデータは、Publ. 133 と完全に同一である。

② 年齢群別 S_w 値の計算方法

年齢群別 S_w 値の計算方法は、Publ. 133 [33] で示された成人に対する S_w 値の計算方法と同様である。ある線源領域 r_S からある標的領域 r_T への年齢 t における S_w 値： $S_w(r_T \leftarrow r_S, t)$ (Sv) は、次の式 (3-1) で計算される。

$$S_w(r_T \leftarrow r_S, t) = c \sum_R w_R \sum_i E_{R,i} Y_{R,i} \Phi(r_T \leftarrow r_S, E_{R,i}, t) \quad (3-1)$$

ここで、 c はエネルギーの単位を変換する定数で 1.602×10^{-13} J/MeV、 R は放射線の種類、 w_R は放射線 R に対する放射線加重係数、 i は核種が放出する放射線の識別番号、 $E_{R,i}$ (MeV) 及び $Y_{R,i}$ はそれぞれ放射線 i のエネルギーと放出率、 $\Phi(r_T \leftarrow r_S, E_{R,i}, t)$ (kg^{-1}) は放射線 i の r_S から r_T への SAF である。SAF データはエネルギーに対して離散的なデータであり、任意のエネルギーに対する SAF は、区分的三次エルミート内挿多項式（PCHIP: Piecewise Cubic Hermite Interpolating Polynomial）を用いて内挿する。なお、連続エネルギースペクトルとなる β 線に対する S_w 値は、次の式 (3-2) で計算される。

$$S_w(r_T \leftarrow r_S, t) = c w_R \int_0^{E_{\max}} E Y(E) \Phi(r_T \leftarrow r_S, E, t) dE \quad (3-2)$$

ここで、 $E_{\max}$ (MeV) は β 線の最大エネルギー、 $Y(E)$ (MeV^{-1}) はエネルギー E におけるエネルギーあたりかつ 1 壊変あたりの放出 β 粒子数である。なお、核崩壊データには Publ. 107 を用いる。

以上により、6 個の年齢群の男女別 S_w 値が計算される。

③ 年齢群別 S_w 値の内挿方法

公衆の内部被ばくでは、放射性核種の取込みから 70 歳になるまでの期間について線量を積算する[28]。成人未満の公衆に対する被ばく線量の計算では、作業者と異なり、積算期間中の成長を考慮するため、年齢に応じて S_w 値を変化させる必要がある。年齢群別 S_w 値は 6 個の年齢群を代表する年齢に対して計算され、任意の年齢での S_w 値は、年齢群別 S_w 値を内挿することにより計算する。1990 年勧告に準拠した公衆に対する実効線量係数の計算では、6 個

の年齢群の S_w 値（当時は比実効エネルギー、SEE: Specific Effective Energy と呼んだ）に対し、年齢に応じた体重の逆数で内挿していた[34]。これに対し、Publ. 155 では、年齢で直接 S_w 値を内挿することとなった。内挿法は PCHIP である。ただし、1 歳未満については成長の程度が一定でないことから、次の式 (3-3) 及び式 (3-4) で内挿することとなった。

$$S_w(t) = x[S_w(1y) - S_w(0y)] + S_w(0y) \quad (3-3)$$

$$x = \begin{cases} t^{[0.3+0.7(1-t)^{10}]}, & 0 \leq t < \frac{100 \text{ d}}{365 \text{ d}} \\ t^{[0.16+0.84(1-t)^5]}, & \frac{100 \text{ d}}{365 \text{ d}} \leq t < 1 \end{cases} \quad (3-4)$$

ここで、 x は、式 (3-4) で求める分配係数、 $S_w(1y)$ 及び $S_w(0y)$ はそれぞれ 1 歳及び 0 歳に対する S_w 値である。

令和 5 年度末時点の IDCC は、体重の逆数で S_w 値を内挿するアルゴリズムを仮実装していた。そこで、令和 6 年度に、Publ. 155 に示されたとおり、年齢で S_w 値を内挿するアルゴリズムに改良することとした（本項⑥に実施内容を記載）。

④ 年齢群別 SAF データの IDCC への組込み

IDCC は、起動時に、まず input.xml ファイルを読み込む。このファイルには、線量評価用モデル・データのファイルに関する情報（ファイルのファイル名及び格納するディレクトリ）が記載されている。使用する SAF データに関する情報を input.xml に追記することで、IDCC は年齢群別 SAF データファイルを認識して読み込み、計算に使用することが可能となる。

図 3-1 に、0 歳に対する SAF データを組み込むための追記例を示す。タグ<SAF>の中に、データの年齢（日齢）情報となるタグ<DayOld>と、放射線種（光子、電子、 α 粒子、中性子）と性別の組合せのタグ<PhotonMale>等を用意し、タグの中に情報を記載する。すべての年齢群について同様の情報を追記することにより、図 3-2 に示すように IDCC に年齢群別 SAF データファイルを認識させた。

線源領域質量データについて、現行の IDCC は、すべての年齢群及び性別に関する情報を一つのファイルに格納する構造となっている。一方、Publ. 155 の線源領域質量に関する電子ファイルは性別ごとに用意されていたため、電子ファイルに含まれるデータを IDCC の既存の線源領域質量データファイルに追加した。

以上の組込み操作により、6 歳の年齢群に対する S_w 値の計算を可能とした。IDCC が 6 歳の年齢群に対して S_w 値を計算し、出力している様子を図 3-3 に示す。

```
<Saf>↓
  <DayOld>0.0</DayOld>↓
  <PhotonMale>./dat/saf/rcp-00M_photon.SAF</PhotonMale>↓
  <ElectronMale>./dat/saf/rcp-00M_electron.SAF</ElectronMale>↓
  <AlphaMale>./dat/saf/rcp-00M_alpha.SAF</AlphaMale>↓
  <NeutronMale>./dat/saf/rcp-00M_neutron.SAF</NeutronMale>↓
  <PhotonFemale>./dat/saf/rcp-00F_photon.SAF</PhotonFemale>↓
  <ElectronFemale>./dat/saf/rcp-00F_electron.SAF</ElectronFemale>↓
  <AlphaFemale>./dat/saf/rcp-00F_alpha.SAF</AlphaFemale>↓
  <NeutronFemale>./dat/07-saf/rcp-00F_neutron.SAF</NeutronFemale>↓
</Saf>↓
```

図 3-1 SAF データファイルの組込み例

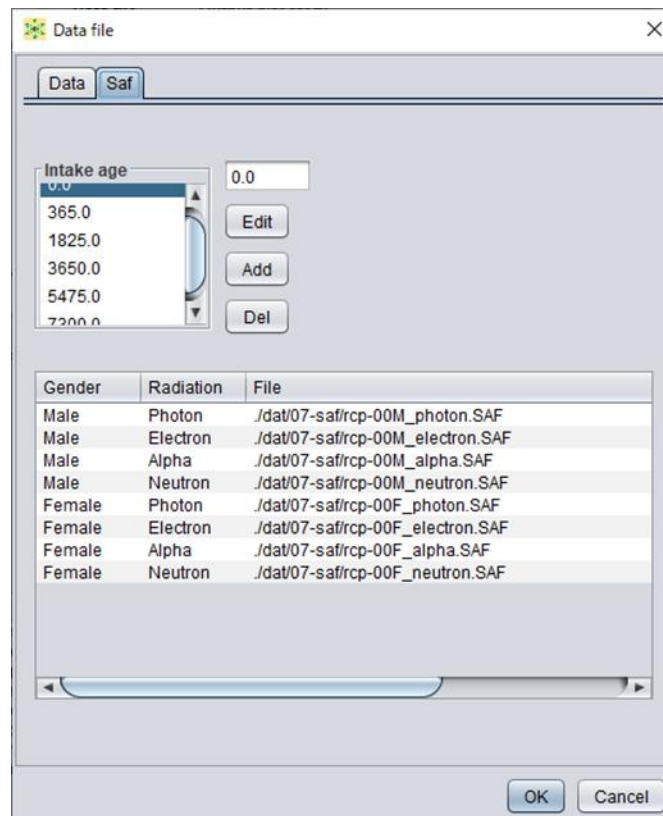


図 3-2 年齢群別 SAF データが組み込まれた様子

S-Coefficient

Unit: Svnt

Gender: male

Nuclide: Cs-137

Systemic source: Other

Target	Source	0.0	365.0	1825.0	3650.0	5475.0	7300.0
O-mucosa	O-cavity	1.7262E-12	6.04751E-13	3.18248E-13	1.8911E-13	1.07968E-13	8.28651E-14
Oesophagus	O-cavity	2.40477E-18	6.51695E-19	3.66214E-19	2.02282E-19	3.19292E-19	2.25373E-19
St-stem	O-cavity	3.32363E-19	1.10772E-19	4.65556E-20	2.1289E-20	8.84122E-21	1.15605E-20
Si-stem	O-cavity	1.13928E-19	2.77606E-20	9.02186E-21	4.63084E-21	1.70172E-21	9.37207E-22
RC-stem	O-cavity	1.52777E-19	3.2125E-20	9.19772E-21	4.35112E-21	1.23282E-21	7.97852E-22
LC-stem	O-cavity	1.66272E-19	3.68361E-20	1.13842E-20	6.38203E-21	2.03807E-21	3.28481E-21
RS-stem	O-cavity	4.97771E-20	8.82967E-21	2.74759E-21	1.10974E-21	3.02719E-22	4.509E-24
ET1-bas	O-cavity	3.80031E-15	2.23752E-17	7.75034E-17	9.6133E-18	6.67814E-17	1.93654E-18
ET2-bas	O-cavity	2.41331E-16	6.52626E-18	5.02574E-18	3.46071E-18	2.0299E-15	2.20844E-15
LN-ET	O-cavity	1.40025E-15	6.39975E-15	7.36647E-16	7.32894E-18	1.1948E-15	9.7981E-16
Bronch-bas	O-cavity	3.35839E-18	7.62355E-19	3.89419E-19	2.80606E-19	3.30599E-19	3.83248E-20
Bronch-sec	O-cavity	3.35839E-18	7.62355E-19	3.89419E-19	2.80606E-19	3.30599E-19	3.83248E-20
Bchiol-sec	O-cavity	1.44673E-18	3.51143E-19	2.11843E-19	1.25419E-19	1.00233E-19	3.6307E-20
Al	O-cavity	1.44673E-18	3.51143E-19	2.11843E-19	1.25419E-19	1.00233E-19	3.6307E-20
LN-Th	O-cavity	7.84519E-19	3.57477E-19	1.07533E-19	5.73535E-20	1.17749E-19	1.16737E-19
R-marrow	O-cavity	4.39717E-17	9.5253E-18	7.89552E-18	1.3579E-18	6.1904E-19	1.26454E-17
Endost-BS	O-cavity	3.27393E-17	3.1162E-18	1.69532E-18	3.955E-19	3.7197E-19	2.08908E-17
Brain	O-cavity	1.3144E-18	4.55768E-19	3.57E-19	3.13623E-19	2.581E-19	4.23106E-19
Eye-lens	O-cavity	6.75976E-18	2.93455E-18	1.35342E-18	1.43185E-18	9.5191E-19	5.85821E-19
P-gland	O-cavity	3.1529E-18	1.56367E-18	9.98189E-19	9.00944E-19	5.82684E-19	1.64851E-18
Tongue	O-cavity	4.24825E-13	6.79421E-14	4.9478E-14	2.70402E-14	3.74667E-14	3.40489E-13
Tonsils	O-cavity	2.15543E-13	8.69725E-15	4.41649E-18	3.56987E-18	7.67768E-15	5.99674E-18
S-glands	O-cavity	6.4895E-16	6.40286E-18	4.01323E-18	2.82002E-18	1.19079E-15	1.23518E-20
Thyroid	O-cavity	5.12262E-16	1.33791E-18	1.17199E-18	8.9718E-19	1.25903E-18	2.81256E-19
Breast	O-cavity	3.53496E-18	6.43554E-19	2.52588E-19	2.10217E-19	5.52658E-20	2.12218E-20
Thymus	O-cavity	4.77518E-18	7.68299E-19	4.27431E-19	2.78589E-19	3.00816E-19	1.2081E-19
Ht-wall	O-cavity	1.87428E-18	4.15194E-19	1.81133E-19	1.0702E-19	6.72696E-20	2.71594E-20

図 3-3 年齢群別 S_w 値の計算結果が出力されている様子

⑤ 年齢群別 S_w 値の計算結果の検証

実効線量係数の計算の途中経過である S_w 値は、ICRP 刊行物やデータベース等で公開されていない。そこで、IDCC による S_w 値の計算結果の検証で使用する参照値として、Manabe ら [35] の計算プログラムによる出力値を用いることとした。このプログラムは、原子力機構が開発した平均的成人日本人ファントム [36] に基づく SAF [37] で実効線量に相当する量を計算し、ICRP 標準成人ファントムに基づく実効線量との差違を評価する際に開発されたものである。線源領域と標的領域の組合せごとにエネルギーの離散的な関数として用意された任意の SAF データを使用して実効線量係数を計算可能であることが特徴である。単一の年齢に対する計算のみの対応（年齢に応じた S_w 値の内挿は実行不可）であるが、PCHIP で SAF データを内挿する等、Publ. 155 と同様の方法で S_w 値の計算が可能である。

H-3、Sr-90 及び Cs-137 について、年齢群別 SAF データを組み込んだ IDCC と上記プログラムによる S_w 値の計算結果を比較した。比較のための S_w 値の線源領域及び標的領域の組合せは、以下のように決定した。線源領域は、それぞれの核種を経口摂取した際に壊変数が最も多い領域と、全身動態モデルにおいて個別のコンパートメントとして区分されていないその他の組織・臓器（Other）を選択した。続いて、選択した線源領域の S_w 値のうち最も数値が大きい領域を標的領域として選択した。また、H-3 は男女について、Sr-90 は女性、Cs-137 は男性について比較した。

年齢群別 S_w 値の比較結果を、表 3-1 から表 3-4 までに示す。IDCC による計算値と Manabe らのプログラムによる計算値の差 D (%) は、次式により計算した。

$$D = (\text{IDCC による計算値} / \text{Manabe らのプログラムによる計算値} - 1) \times 100 \quad (3-5)$$

線源領域がその他の組織ではない場合は、いずれの核種もすべての年齢群で両者はよく一致した。しかしながら、その他の組織が線源領域となる S_w 値は、まれに両者が一致するケースがあるが、基本的に一致しなかった。この原因は、IDCC の線源領域質量データの処理に不具合があるためと考えられる。IDCC は、テキストデータ（空白区切りテキスト）である線源領域データファイルから質量データを読み込み、これを XML ファイルに変換し、変換したものを計算に利用している。現行のアルゴリズムでは、XML ファイルに変換する際に適切な型に出力されておらず、線源領域質量データへの年齢情報のタグ付けが正しく実行されていなかった。作業（成人）のみの場合は年齢が 1 種類であるため、年齢情報のタグ付けに問題が発生しなかったものと考えられる。

今後の課題として、線源領域質量データの取扱いの改良が必要である。線源領域質量は、SAF の基となるファントムに依存したデータである。したがって、体内動態モデルや呼吸気道沈着割合等に比べて、編集が必要となる頻度は低いと推察される。そこで、テキストデータから XML に変換せずに、元から XML データとして整備しておくことが対策として考えられる。

以上より、IDCC は、線源領域がその他の組織でない場合は、年齢群別 S_w 値を適切に計算しているものと考えられる。一方、IDCC での線源領域質量データの取扱いについては、今後改良する必要があることが分かった。

表 3-1 H-3 の年齢群別 S_w 値（男性）の比較結果

年齢群	血液から肺胞へ			その他の組織から後鼻道基底細胞へ		
	IDCC	Manabe ら	D (%)	IDCC	Manabe ら	D (%)
0 歳	1.75E-15	1.75E-15	0.0	2.93E-16	2.94E-16	-0.3
1 歳	7.96E-16	7.96E-16	0.0	1.72E-16	9.97E-17	72.5
5 歳	3.70E-16	3.70E-16	0.0	5.35E-17	5.35E-17	0.0
10 歳	2.21E-16	2.21E-16	0.0	3.63E-17	3.17E-17	14.5
15 歳	1.24E-16	1.24E-16	0.0	2.21E-17	1.82E-17	21.4
成人	9.77E-17	9.77E-17	0.0	1.38E-17	1.38E-17	0.0

表 3-2 H-3 の年齢群別 S_w 値（女性）の比較結果

年齢群	血液から肺胞へ			その他の組織から後鼻道基底細胞へ		
	IDCC	Manabe ら	D (%)	IDCC	Manabe ら	D (%)
0 歳	1.75E-15	1.75E-15	0.0	6.66E-14	2.94E-16	22553.1
1 歳	7.96E-16	7.96E-16	0.0	3.70E-14	9.97E-17	37011.3
5 歳	3.70E-16	3.70E-16	0.0	1.90E-14	5.35E-17	35414.0
10 歳	2.21E-16	2.21E-16	0.0	1.23E-14	3.17E-17	38701.3
15 歳	1.59E-16	1.59E-16	0.0	9.52E-15	1.89E-17	50270.4
成人	1.21E-16	1.21E-16	0.0	1.67E-17	1.67E-17	0.0

表 3-3 Sr-90 の年齢群別 S_w 値（女性）の比較結果

年齢群	梁骨体積から骨表面へ			その他の組織から胸郭外リンパ節へ		
	IDCC	Manabe ら	D (%)	IDCC	Manabe ら	D (%)
0 歳	1.46E-13	1.46E-13	0.0	9.20E-13	1.07E-14	8498.1
1 歳	1.32E-13	1.32E-13	0.0	2.85E-13	3.22E-15	8750.9
5 歳	4.62E-14	4.62E-14	0.0	1.62E-13	2.09E-15	7651.2
10 歳	1.90E-14	1.90E-14	0.0	9.62E-14	1.39E-15	6820.9
15 歳	1.12E-14	1.12E-14	0.0	6.53E-14	9.44E-16	6817.4
成人	1.16E-14	1.16E-14	0.0	6.25E-16	6.04E-16	3.5

表 3-4 Cs-137 の年齢群別 S_w 値（男性）の比較結果

年齢群	筋肉から胸郭外リンパ節へ			その他の組織から口腔粘膜へ		
	IDCC	Manabe ら	D (%)	IDCC	Manabe ら	D (%)
0 歳	1.01E-14	1.01E-14	0.0	1.00E-13	1.01E-13	-1.0
1 歳	2.66E-15	2.66E-15	0.0	3.86E-14	3.43E-14	12.5
5 歳	1.66E-15	1.66E-15	0.0	1.53E-14	1.53E-14	0.0
10 歳	1.14E-15	1.14E-15	0.0	9.03E-15	7.58E-15	19.1
15 歳	9.08E-16	9.08E-16	0.0	5.82E-15	3.87E-15	50.4
成人	3.85E-17	3.85E-17	0.0	3.34E-15	3.34E-15	0.0

⑥ 年齢群別 S_w 値の内挿アルゴリズムの改良

現行の IDCC は、年齢に応じた体重の逆数で年齢群別 S_w 値を内挿するアルゴリズムを採用している。そこで、本項②で記した Publ. 155 [27]の方法で実行するよう、アルゴリズムを変更した。対象となるソースファイルは「EvaluationS.java」で、interpolateSc メソッドを改良した。改良後のソースを図 3-4 に示す。

```
// 1 歳未満
if(currentYearOld < 1.0) {
    double x;
    // 100 日齢未満
    if(currentDayOld < 100.0) {
        x = Math.pow(currentYearOld, 0.3 + 0.7 * Math.pow(1.0 - currentYearOld,
10.0) );
    // 100 日齢以上 1 歳未満
    } else {
        x = Math.pow(currentYearOld, 0.16 + 0.84 * Math.pow(1.0 -
currentYearOld, 5.0) );
    }

    for (int jt = 0; jt < target.length; jt++) {
        for (int ks = 0; ks < source.length; ks++) {
            int ld_len = 2; // 0 歳と 1 歳
            double[] sc = new double[ld_len];

            for (int ld = 0; ld < ld_len; ld++) {
                sc[ld] = sCoefficient[indexNuc][jt][ks][ld];
            }

            currentDayOldSc[jt][ks] = x * (sc[1] - sc[0]) + sc[0];
        }
    }
}
// 1 歳以上
else {
    for (int jt = 0; jt < target.length; jt++) {
        for (int ks = 0; ks < source.length; ks++) {

            double[] sc = new double[dayOld.length];

            for (int ld = 0; ld < dayOld.length; ld++) {
                sc[ld] = sCoefficient[indexNuc][jt][ks][ld];
            }

            currentDayOldSc[jt][ks] = interpolate.interpolate(dayOld, sc,
currentDayOld);
        }
    }
}
```

図 3-4 年齢群別 S_w 値の内挿クラスの改良ソース

⑦ 改良アルゴリズムの検証

IDCC が体内放射能及び等価線量率の時間変化の数値解析を進めていく際に適当な時間刻みにおける S_w 内挿値を出力させるスクリプトを EvaluationS.java に追加し、 S_w 値の内挿の様子を確認した。参照値は、IDCC が出力する年齢群別 S_w 値を用いて、1 歳未満は Excel で式 (3-3) 及び式 (3-4) により内挿値を計算し、1 歳以上については汎用の Fortran PCHIP ソルバー[38]により内挿することで用意した。本項⑤で示した核種及び線源領域と標的領域の組合せに対する S_w 値について、IDCC の内挿値と参照値の比較の様子を図 3-5 から図 3-8 までに示す。いずれの条件でも IDCC による内挿値と Excel 及び Fortran による参照値はよく一致した。

ただし、この検証方法は IDCC に組み込んだスクリプトが想定どおりの動作をしていることの検証 (verification) となっており、想定している動作の妥当性の確認 (validation) とはなっていない点に留意する必要がある。妥当性を確認するためには、ICRP が公開している数値、すなわち実効線量係数を参照値とし、IDCC の出力結果と照合する必要がある。しかしながら、その他の組織が線源領域の場合の S_w 値が正しく計算できていないため、現時点では妥当性の確認は実行できない状況である。

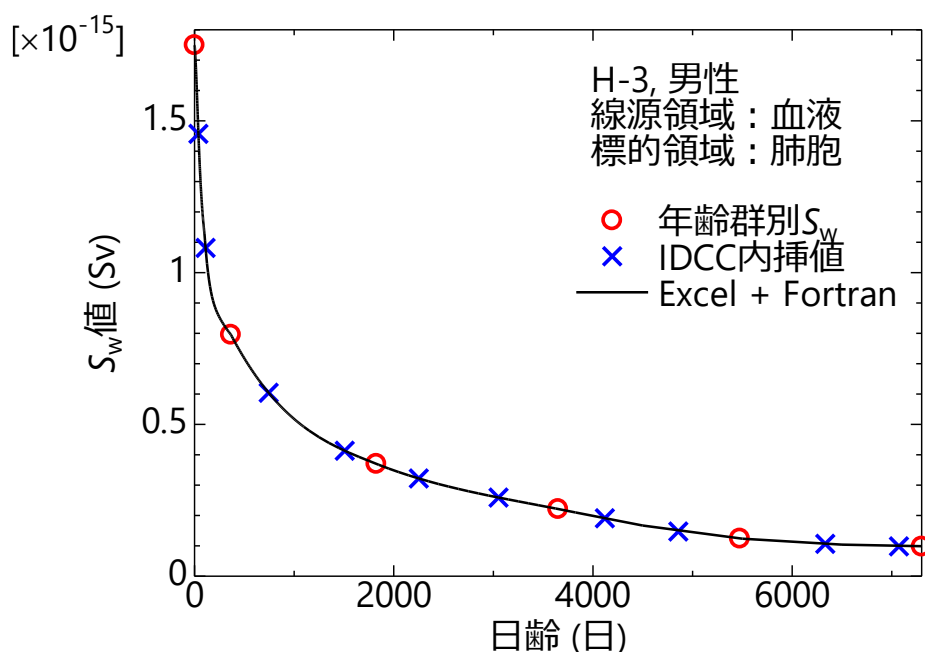


図 3-5 H-3、男性の S_w (肺胞←血液)の内挿の様子

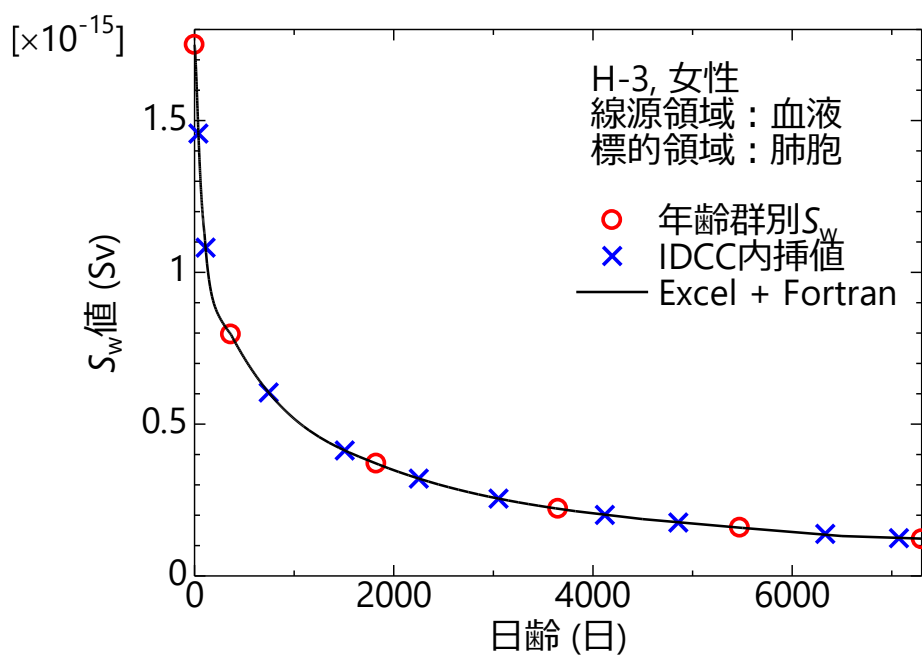


図 3-6 H-3、女性の S_w (肺胞←血液)の内挿の様子

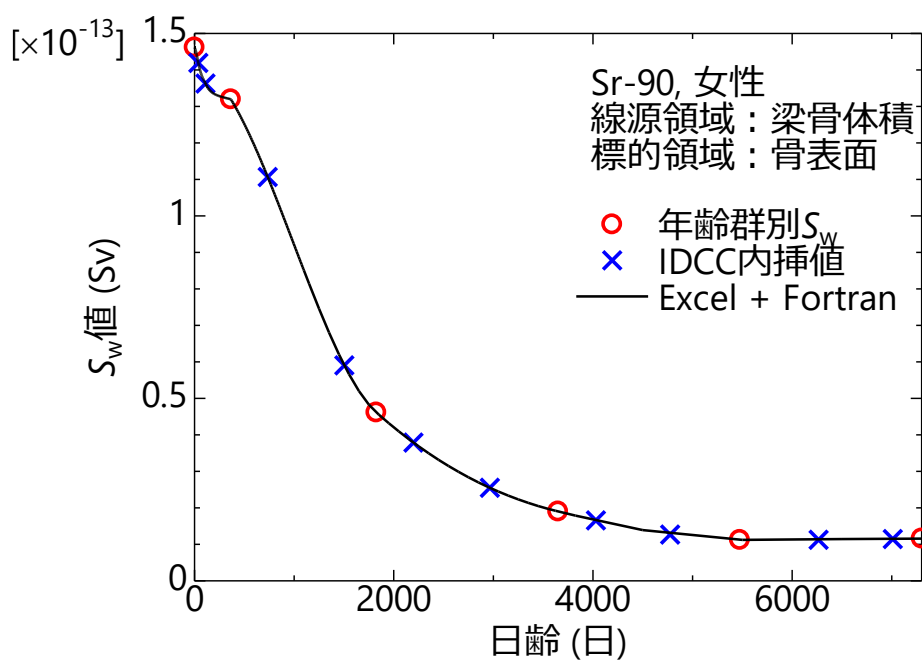


図 3-7 Sr-90、女性の S_w (骨表面←梁骨体積)の内挿の様子

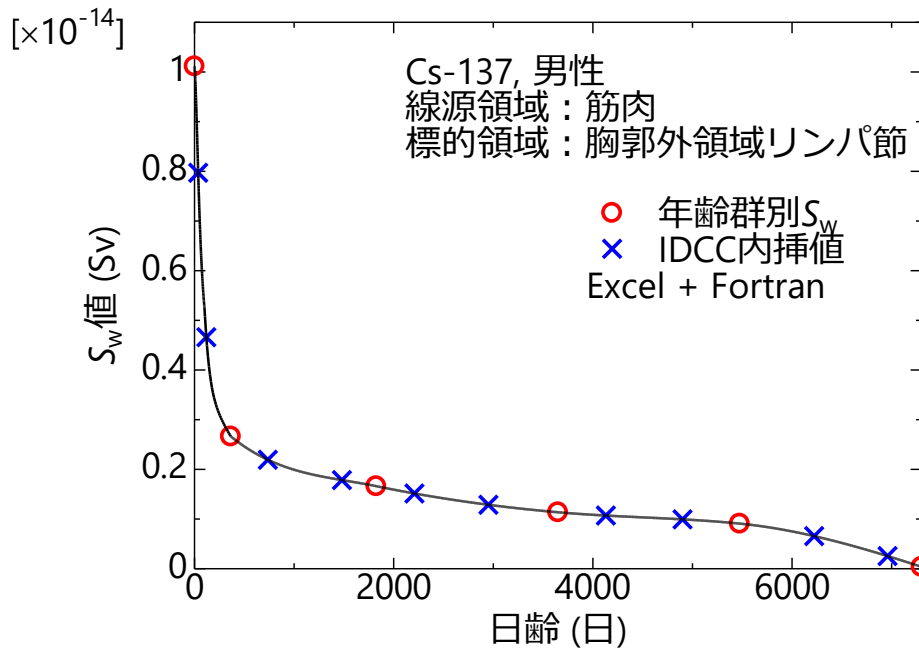


図 3-8 Cs-137、男性の S_w (呼吸気道リンパ節←筋肉)の内挿の様子

⑧ まとめ

Publ. 155 として公開された小児 SAF データについて、IDCC への組込みを実施した。組み込まれた小児 SAF データと核崩壊データより、6 個の年齢群に対する S_w 値の計算が実行可能であることを確認した。ただし、年齢群別線源領域質量データの年齢情報との紐づけに不備があり、その他の組織が線源領域となる場合の S_w 値の計算は正しく実行できていない状態であることがわかった。今後、線源領域質量データの取扱いに係る処理を改良する必要がある。

年齢群別 S_w の年齢による内挿について、Publ. 155 に記載の方法を IDCC に実装できたと考えられるが、妥当性の確認が今後の課題である。

3.2.2 EIR Part 1 (ドラフト)：公衆による放射性核種の摂取に対する線量係数パート 1

EIR Part 1 は、公衆の年齢群別の実効線量係数と、これを計算するための年齢依存全身モデル、呼吸気道から血液への吸収パラメータ及び消化管吸収割合データに関する刊行物で、パブリックコメント用のドラフトが令和 5 年 2 月に公開された。本ドラフトに収載された全身動態モデルは、公衆の実効線量係数を計算するために必須のモデルである。令和 6 年度中の刊行が見込まれていたが、令和 7 年 3 月時点で刊行されなかった。そこで、令和 6 年度事業では、全身動態モデルの構造が比較的単純なトリチウムを対象に、核崩壊データ、EIR Part 1 ドラフトに収載された全身動態モデル、Publ. 155 の SAF データから、EIR Part 1 ドラフトのトリチウム水の吸入摂取に対する実効線量係数の再現することで、EIR Part 1 ドラフトに収載された実効線量係数の信頼性の確認を試みた。

① 体内放射能の推移

EIR Part 1 ドラフトに収載されたトリチウムに対する全身モデルの移行経路と移行係数[28]を、表 3-5 に示す。吸入摂取されたトリチウム水に対する血液への吸収タイプは V (Very fast)

となっており、吸入したトリチウム水の全量が即座に血液に移行するとされている[28]。Leggett らのプログラム[39]を用いて全身放射能残留率を計算した結果を図 3-9 に示す。年齢があがるとともに代謝速度が遅くなり、残留率の減少が緩やかになる傾向が確認できた。

表 3-5 EIR Part 1 ドラフトのトリチウム水の吸入摂取に対する動態モデルに与えられる移行係数

移行経路	移行係数 (日 ⁻¹)					
	3 ヶ月	1 歳	5 歳	10 歳	15 歳	成人
血液→全身_1	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	4.00E+02
全身_1→全身_2	1.32E-03	1.26E-03	1.26E-03	9.00E-04	6.60E-04	6.00E-04
全身_1→全身_3	1.76E-04	1.68E-04	1.68E-04	1.20E-04	8.80E-05	8.00E-05
血液→膀胱内容物	3.85E-01	3.85E-01	3.85E-01	3.85E-01	3.85E-01	3.85E-01
膀胱内容物→尿	4.00E+01	3.20E+01	1.20E+01	1.20E+01	1.20E+01	1.20E+01
血液→右結腸内容物	2.80E-02	2.80E-02	2.80E-02	2.80E-02	2.80E-02	2.80E-02
右結腸内容物 →左結腸内容物	3.00E+00	2.40E+00	2.18E+00	2.18E+00	2.18E+00	2.00E+00
左結腸内容物 →S 状結腸内容物	3.00E+00	2.40E+00	2.18E+00	2.18E+00	2.18E+00	2.00E+00
S 状結腸内容物→糞	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00
血液→汗等	2.87E-01	2.87E-01	2.87E-01	2.87E-01	2.87E-01	2.87E-01
全身_1→血液	9.68E+01	9.24E+01	9.24E+01	6.60E+01	4.84E+01	4.40E+01
全身_2→全身_1	6.93E-02	4.33E-02	4.33E-02	3.47E-02	2.08E-02	1.73E-02
全身_3→全身_1	7.60E-03	4.75E-03	4.75E-03	3.80E-03	2.28E-03	1.90E-03

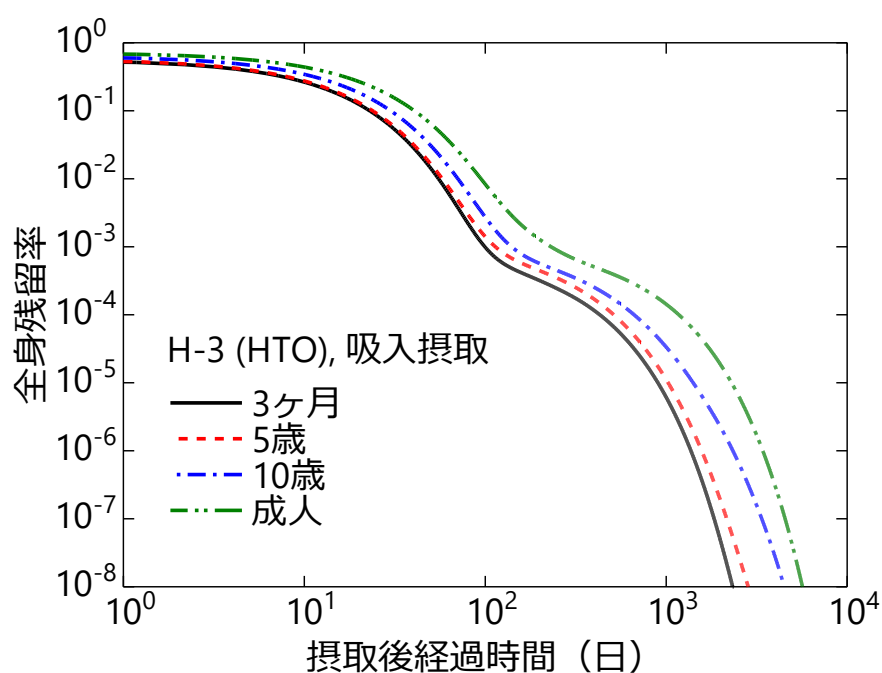


図 3-9 Leggett らのプログラム[39]による HTO 吸入摂取後の全身残留率計算結果

② 等価線量係数及び実効線量係数の計算

Publ. 107 の核崩壊データ[32]及び Publ. 155 の小児 SAF データ[27]を用いて、Manabe らのプログラム[35]により各年齢群の Sw 値を計算し、3.2.1 項⑦に記した Excel 及び Fortran プログラムを用いて Sw 値の内挿を行った。本項①に示した Legget らのプログラム[39]は、体内放射能計算及び等価線量率の積分を数値的に解析するものであるが、任意の時間区分における積算線量率を出力することができる。時間区分ごとの積算線量率に、時間区分に対応した Sw 値を乗じて総和することにより等価線量係数を求め、実効線量係数を算出した。等価線量係数の計算結果を表 3-6 に、実効線量係数の計算結果及び EIR Part 1 ドラフト収載値[28]との比較を表 3-7 にそれぞれ示す。実効線量係数の計算結果と EIR Part 1 ドラフト収載値との差はいずれも 10%以内であり、よい一致を示した。

表 3-6 トリチウム水の吸入摂取に対する等価線量係数の試算結果 (1/2)

組織・臓器	3 ヶ月		1 歳		5 歳	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
赤色骨髄	1.2E-10	1.2E-10	7.9E-11	7.9E-11	3.8E-11	3.8E-11
結腸	1.2E-10	1.2E-10	7.8E-11	7.8E-11	3.9E-11	3.9E-11
肺	1.1E-10	1.1E-10	7.9E-11	7.9E-11	3.8E-11	3.8E-11
胃	1.1E-10	1.1E-10	7.7E-11	7.7E-11	3.8E-11	3.8E-11
乳房	9.5E-11	9.5E-11	6.3E-11	6.3E-11	3.3E-11	3.3E-11
生殖腺	9.2E-12	9.9E-11	6.3E-12	6.4E-11	4.7E-12	3.2E-11
膀胱	8.9E-11	8.9E-11	5.9E-11	5.9E-11	3.1E-11	3.1E-11
食道	1.1E-10	1.1E-10	7.7E-11	7.7E-11	3.9E-11	3.8E-11
肝臓	1.2E-10	1.2E-10	7.9E-11	7.9E-11	4.0E-11	4.0E-11
甲状腺	1.0E-10	1.0E-10	6.9E-11	6.9E-11	3.5E-11	3.5E-11
骨表面	1.1E-10	1.1E-10	7.7E-11	7.7E-11	3.7E-11	3.7E-11
脳	9.2E-11	9.2E-11	6.0E-11	6.0E-11	3.2E-11	3.2E-11
唾液腺	9.5E-11	9.5E-11	6.3E-11	6.3E-11	3.3E-11	3.3E-11
皮膚	9.2E-11	9.2E-11	6.0E-11	6.0E-11	3.2E-11	3.2E-11
残りの組織	9.7E-11	1.0E-10	6.4E-11	6.8E-11	3.3E-11	3.5E-11

表 3-6 トリチウム水の吸入摂取に対する等価線量係数の試算結果 (2/2)

組織・臓器	10 歳		15 歳		成人	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
赤色骨髄	2.8E-11	2.8E-11	2.0E-11	2.2E-11	1.8E-11	2.2E-11
結腸	2.9E-11	2.9E-11	2.0E-11	2.2E-11	1.7E-11	2.1E-11
肺	2.6E-11	2.6E-11	1.7E-11	2.0E-11	2.0E-11	2.4E-11
胃	2.9E-11	2.9E-11	2.0E-11	2.1E-11	1.8E-11	2.2E-11
乳房	2.6E-11	2.6E-11	2.0E-11	2.1E-11	1.7E-11	2.0E-11
生殖腺	3.7E-12	2.6E-11	1.5E-12	2.1E-11	1.7E-11	2.2E-11
膀胱	2.5E-11	2.5E-11	2.0E-11	2.0E-11	1.6E-11	2.0E-11
食道	2.9E-11	2.9E-11	2.0E-11	2.2E-11	1.7E-11	2.1E-11
肝臓	2.9E-11	2.9E-11	2.0E-11	2.3E-11	1.7E-11	2.2E-11
甲状腺	2.7E-11	2.7E-11	2.0E-11	2.2E-11	1.7E-11	2.1E-11
骨表面	2.8E-11	2.8E-11	2.1E-11	2.0E-11	1.5E-11	1.7E-11
脳	2.6E-11	2.6E-11	2.0E-11	2.1E-11	1.7E-11	2.0E-11
唾液腺	2.6E-11	2.6E-11	2.0E-11	2.1E-11	1.7E-11	2.0E-11
皮膚	2.6E-11	2.6E-11	2.0E-11	2.1E-11	1.7E-11	2.0E-11
残りの組織	2.5E-11	2.7E-11	1.9E-11	2.2E-11	1.7E-11	2.1E-11

表 3-7 トリチウム水の吸入摂取に対する実効線量係数の試算結果

年齢群	試算結果	EIR Part 1 ドラフト	差 (%)
3 ヶ月	1.0E-10	1.1E-10	-9
1 歳	7.0E-11	7.2E-11	-3
5 歳	3.5E-11	3.6E-11	-3
10 歳	2.6E-11	2.7E-11	-4
15 歳	2.0E-11	2.1E-11	-5
成人	1.9E-11	2.0E-11	-5

3.3 技術的基準等の導出における課題の解決方法の検討

EIR Part 1 ドラフトには、ラドンを含む 29 元素について、6 個の年齢群に対する実効線量係数が収載されている[28]。年齢群の数や区分は、1990 年勧告に準拠した公衆に対する実効線量係数[6]と同様である。したがって、排気及び排水中の濃度限度を導出する式[40]については、従来のものをそのまま適用できる。

EIR Part 1 ドラフトの収載核種は、Publ. 107 [32]に収載されているもののうち半減期が 10 分以上のものとなっており、OIR シリーズと収載核種は同じである。ただし、化学形の分類については、一部の元素について EIR シリーズのみ存在する形態があった。具体的には、ジル

コニウム、モリブデン、テクネチウム及びアンチモンでは、経口摂取における化学形の分類において「食物中の元素」が追加され、他の化学形と異なる f_A 値（消化管吸収率）が与えられている。特に、ジルコニウム及びアンチモンについては、食物中の元素に対する f_A 値が他の化学形より大きく、経口摂取では実効線量係数が最大の化学形区分となっている。現行の RI 数量告示[2]の第 1 欄：放射性同位元素の種類の化学形は、作業者に対する実効線量係数の刊行物である Publ. 68 [5]に準じている。RI 数量告示の改正にあたって、化学形の分類を OIR シリーズに準じるとすれば、これら 4 元素、特にジルコニウム及びアンチモンの排水中濃度限度の導出の際にどの化学形分類に対する実効線量係数を使用すべきか、検討する必要がある。

EIR Part 1 ドラフトでは、ラドンについても 6 歳の年齢群に対する実効線量係数（ばく露量あたりの実効線量）が提供された[28]。現行の RI 数量告示における排気中のラドン濃度限度（第 5 欄）[2]は、Publ. 65 [41]の単一の（年齢依存を考慮していない）実効線量係数から導出されている[42]。RI 数量告示の改正にあたって、ラドンについても引き続き排気中濃度限度を定める場合は、他の一般的な放射性核種に対する排気中濃度限度と同様に年齢依存を考慮するか、考慮する場合は導出方法について検討する必要がある。

3.4 ICRP における被ばく線量評価関連刊行物の調査

令和 6 年度は、本節の調査対象となるドラフトは EIR Part 2 [31]の 1 件であった。

3.4.1 EIR Part 2（ドラフト）：公衆による放射性核種の摂取に対する線量係数パート 2

令和 6 年 5 月に、EIR Part 2 のパブリックコメント用ドラフトが公開された。収載元素は、すべてのランタノイド及びフェルミウムまでのアクチノイドの合計 27 種類であった。また、刊行物には電子付録として実効線量係数及び等価線量係数が収載されとの記載はあったが、体内残留率や排泄率等の個人モニタリング用データについては記載がなかった。

EIR シリーズの成人の全身モデルの移行係数や血液吸収パラメータは、基本的に OIR シリーズのものと一致する。しかしながら、ランタンの一部の化学形に対する消化管吸収率の値が、OIR シリーズ[13]と一致しなかった。具体的には、塩化物及びクエン酸塩の吸入摂取に対する f_A 値について、OIR では 2.5×10^{-4} 、EIR Part 2 ドラフトでは 3×10^{-4} であった。これは、EIR Part 2 ドラフトに記載された当該化学形に対する呼吸気道からの速い吸収率 f_r と経口摂取の f_A 値から計算すると、 f_A 値は 2.5×10^{-4} となるが、1 桁に四捨五入されたことにより 3×10^{-4} という値になったものと推定される。他には、ガドリニウムの血液から肝臓 1 への移行係数が、OIR では 3.49 であった[13]ものがドラフトでは 5.82 となっていた。他にも、有効数字桁数の違いによる差は確認したものの、このように明確に異なる移行係数が提示されている元素はなかった。

3.5 コードの利用性向上のための調査

3.5.1 試用会の実施による改善点の抽出

コードに期待する用途、必要あるいは便利な機能、操作を誤りやすい点や迷いやすい点を把握する目的で、放射線防護分野の専門家や学生、線量管理の実務者といったコード正式公開後の利用が想定される層を対象に試用会を3回開催し、参加者へ聞き取り調査を行った。また、調査結果から課題点を抽出し、コードの高度化のための開発項目を整理した。

① 事前学習資料の検討

令和5年度普及促進事業において設置した内部被ばく線量評価コードの普及に関する検討委員会では、参加者の知識量の違いを埋め、一定のレベル以上にする方法として、事前学習が挙げられた[26]。そして、事前学習の方法として、学習資料の配布、オープン教材の利用、eラーニングの実施等が挙げられた。そこで、以下の資料を調査した。

- A) 原子力人材育成事業 オープン教材 放射線防護学、北海道大学オープンコースウェア[43]
- B) 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料、環境省[44]
- C) 放射線教育テキスト、日本アイソトープ協会[45]

A)は、文部科学省補助事業・国際原子力人材育成イニシアティブ事業の一環として一般社団法人日本原子力学会保健物理・環境科学部会の協力により作成された放射線防護学と題する動画資料で、北海道大学オープンコースウェアのウェブサイトにおいて公開されている[43]。講義の概要を表3-8に示す。このうち、「被ばく線量評価」の一部（防護量と内部被ばくに関するもの）と「放射線防護体系」に関する動画を事前学習資料の候補とした。

表 3-8 原子力人材育成事業 オープン教材 放射線防護学の概要

タイトル	時間	内容
放射線概論	57 分	放射線の利用
放射線の物理	44 分	核種、壊変、相互作用
放射線の影響	86 分	生物影響の説明、医療
放射線の測定	52 分	測定器の構造と特徴
被ばく線量評価	69 分	防護量、外部被ばく・内部被ばく
放射線防護体系	73 分	関連組織・機関、防護の基本原則
知見の応用	124 分	原子力・放射線施設の安全管理、原子力防災

https://ocw.hokudai.ac.jp/lecture/radiation-protection?movie_id=25767

B)は、放射線の基礎知識と健康影響に関する科学的な知見や関係省庁の取組みについて、1項目につき1ページでまとめられた資料で、環境省が提供している[44]。本資料の章立てを表3-9に示す。このうち、2.1節、2.3節、2.4節、4.1節及び4.2節を事前学習資料の候補とした。

表 3-9 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料の章立て

第 1 章	放射線の基礎知識
1.1	放射能と放射線
1.2	放射性物質
1.3	放射線
第 2 章	放射線による被ばく
2.1	被ばくの経路
2.2	原子力災害
2.3	放射線の単位
2.4	線量測定と計算
2.5	身の回りの放射線
第 3 章	放射線による健康影響
3.1	人体への影響
3.2	人体影響の発生機構
3.3	確定的影響（組織反応）
3.4	リスク
3.5	胎児への影響
3.6	遺伝性影響
3.7	がん・白血病
3.8	こころへの影響
第 4 章	防護の考え方
4.1	防護の原則
4.2	線量限度
4.3	線量低減
4.4	長期的影響
第 5 章	国際機関による評価
5.1	国際機関の報告書の概要
5.2	UNSCEAR2020 年/2021 年報告書
5.3	UNSCEAR2013 年報告書
5.4	UNSCEAR 報告書のフォローアップ
5.5	WHO 報告書

<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/current/kisoshiryoh.html>

C)は、中学校・高等学校の理科教員に対し、放射線教育を行うにあたって放射線についての理解をより深めてもらうことを目的として、日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会が作成したものである[45]。内容としてはB)に近いものの、IDCCの想定利用者層は大学生以上であり、検討委員会においても目的の不一致と難易度の低さが指摘されたため、事前学習資料の候補とはしなかった。

② 講義資料の再構成

試用会の講義について、令和 5 年度普及促進事業の検討委員会において、参加者に不足している知識を効率的に補う方法として、講義を複数パートに分割し、必要なパートを受講してもらう方法が提案された[26]。これを受け、令和 5 年度普及促進事業で用意した講義資料を 3 パートに分割した。各講義の目的と概要を表 3-10 に示す。講義 1 は、防護量の概念を説明

し、特定個人の線量評価には適用できないことへの理解を促すことを一番の目的としている。講義2は、コードを利用するにあたって、コードの中身をブラックボックス化させないよう、計算フロー、計算に使用するモデルやデータ等を知ってもらうための講義である。講義3は、IDCCの使い方を覚えてもらうための講義である。

表 3-10 IDCC 試用会の講義の目的と概要

タイトル	目的	内容
講義1：放射線防護・防護量の概念と内部被ばく線量評価	防護量の概念について理解を促し、コードの出力結果の不適切な使用を防ぐ。	防護の目的、防護量・標準人の概念、防護量の適用範囲、モニタリング、線量係数
講義2：実効線量係数の導出方法	コードの中身をブラックボックス化させないよう、計算に使用するモデルやデータ、計算フローを知ってもらう。	実効線量係数の導出フロー、使用するモデル・データ、H-3の実効線量係数の導出
講義3：IDCCの使い方（実習）	コードの操作を示し、参加者に実際に操作してもらうことにより、使い方を覚えてもらう。	実効線量係数計算機能の説明・演習、核種摂取量推定機能の説明・演習

③ 試用会の実施

試用会は、長崎大学原爆後障害医療研究所（以下、「長崎大」という。）、弘前大学大学院保健学研究科（以下、「弘前大」という。）及び福井大学附属国際原子力工学研究所（以下、「福井大」という。）において、すべて対面で各1回（合計3回）実施した。参加者の募集及び会場の確保等は、それぞれ横山須美教授、細田正洋教授、安田仲宏教授に対応頂いた。

試用会では、参加者各自のノートPCにIDCCをインストールして実施するため、原子力機構のファイル受渡し用オンラインストレージシステム（PrimeDrive）を利用して、IDCCのインストーラー及び講義資料を参加者に事前配付した。参加者には事前インストールをお願いしたが、インストーラーの不具合の報告はなかった。

表 3-11 に、それぞれの試用会の実施日、参加者数及びアンケート回収数、使用したIDCCのエディション（全機能版、機能制限版）、各講義の時間を示す。長崎大及び福井大は教職員が、弘前大は学生が主たる参加者と見込まれたため、使用エディションについて前者は全機能版、後者を機能制限版と振り分けた。意見募集は、当日の質疑応答に加えてGoogleフォームによるオンラインアンケートを用いた。講義時間については、長崎大では参加者全員が教職員または電力会社従業員で学生がいなかったこと、途中休憩を省略したことにより、他と比べて短時間となった。弘前大では、参加者16名のうち7名が留学生だったため、説明資料を英語版とした（口頭説明は日本語で実施）こと、説明時間に余裕を持たせたことにより、他と比べて長時間となった。英語版資料を付録1に収録した。

表 3-11 試用会の概要

	長崎大	弘前大	福井大
実施日	8 月 27 日	11 月 11 日	11 月 18 日
参加者数（学生数）	11 (0)	16 (15)	9 (4)
アンケート回収数	9	14	6
使用エディション	全機能版	機能制限版	全機能版
講義時間			
講義 1：防護の概念	20 分	30 分	25 分
講義 2：線量係数導出方法	30 分	40 分	35 分
質疑応答	—	10 分	20 分
休憩	—	10 分	10 分
講義 3：IDCC の使い方	1 時間 10 分	1 時間 30 分	1 時間 15 分
質疑応答	15 分	30 分	5 分
合計	2 時間 15 分	3 時間 30 分	2 時間 50 分

④ アンケート調査

IDCC の使い勝手や講義内容について意見を募集するため、質疑応答に加えてアンケート調査を実施した。ブース出展時の経験を踏まえ（3.5.2 項参照）、アンケート調査は Google フォームを用いたオンラインアンケートとした。アンケートフォームを図 3-10 に示す。なお、図 3-10 に示したフォームは弘前大向けのものであるため、英語も並記している。長崎大及び福井大での参加者には、同じ質問の日本語表記のみのフォームを利用した。

アンケートは、質問者の属性、IDCC の使用感、講義内容と進行・運営方式に対する質問と、その他自由記述の大きく 4 つの構成とした。

IDCC の使用感に関しては、以下の 7 項目について 4 段階（1. 非常に満足～4. 非常に不満）で評価をお願いした。また、各項目について、興味を持ったか、改善の必要があるかについても質問した。

項目1 データの入力操作のしやすさ

項目2 入力データの項目・内容の充実度

項目3 データの出力操作のしやすさ

項目4 出力データの項目・内容の充実度

項目5 GUI の総合的な評価

項目6 線量係数計算機能の総合的な評価

項目7 摂取量推定機能の総合的な評価

講義内容等に関しては、各講義の難易度、進行速度、質問のしやすさについて質問した。

IDCCの使用感に関するアンケート (11月11日試用会) Survey on the IDCC for the workshop on Nov. 11th.

この度はIDCCの試用会にご参加下さりありがとうございました。IDCCの更なるパワーアップのため、皆さまの貴重な意見を頂戴したく存じます。つきましては以下のアンケートにご回答のほどお願いいたします。

Thank you very much for participating in the IDCC Trial use workshop, and we would like to receive your valuable feedback to improve the IDCC. Please take a moment to fill out the following survey.

回答所要時間 : 約10分
Response time: approx. 10 minutes

[Google にログイン](#)すると作業内容を保存できます。 [詳細](#)

<1> 参加者について
Concerning your attributes

1-1. 業務の種類と経験年数についてお答えください（複数選択可）。経験年数は、その他の欄にチェックを入れて数字を記入してください。複数チェックがある場合は年数を区切って順に入力してください。
Check type of work and enter years of experience. Multiple checking is acceptable. To enter the number of years of experience, check the box, "その他". Then the writing box is available. If there are multiple checks, please enter them in order, separating the years.

☐ 研究系; Research
☐ 技術系; Engineering
☐ 医療系; Medical
☐ 教育系; Education
☐ その他: _____

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム (1/8)

1-2. 業務内容の関連キーワードにチェックを入れてください（複数可）
Check boxes of keywords relevant to your job. Multiple checking is acceptable.

- ☐ 施設管理; Facility management
- ☐ 放射線管理・測定; Radiation control and/or measurement
- ☐ 線量管理・測定; Dose control and/or measurement
- ☐ 廃止措置; Decommissioning
- ☐ 廃棄物処理・管理; Waste treatment and/or control
- ☐ 核燃製造・取扱い・再処理; Nuclear fuel production, handling and/or reprocessing
- ☐ RI線源製造・取扱い; Radioisotopes manufacturing and/or treatment
- ☐ 外部照射治療; External radiation therapy
- ☐ 放射線治療計画; Planning of radiation therapy
- ☐ 放射線機器のメンテナンス; Maintenance of radiation equipment
- ☐ 非破壊検査; Non-destructive inspection
- ☐ イメージング; Imaging

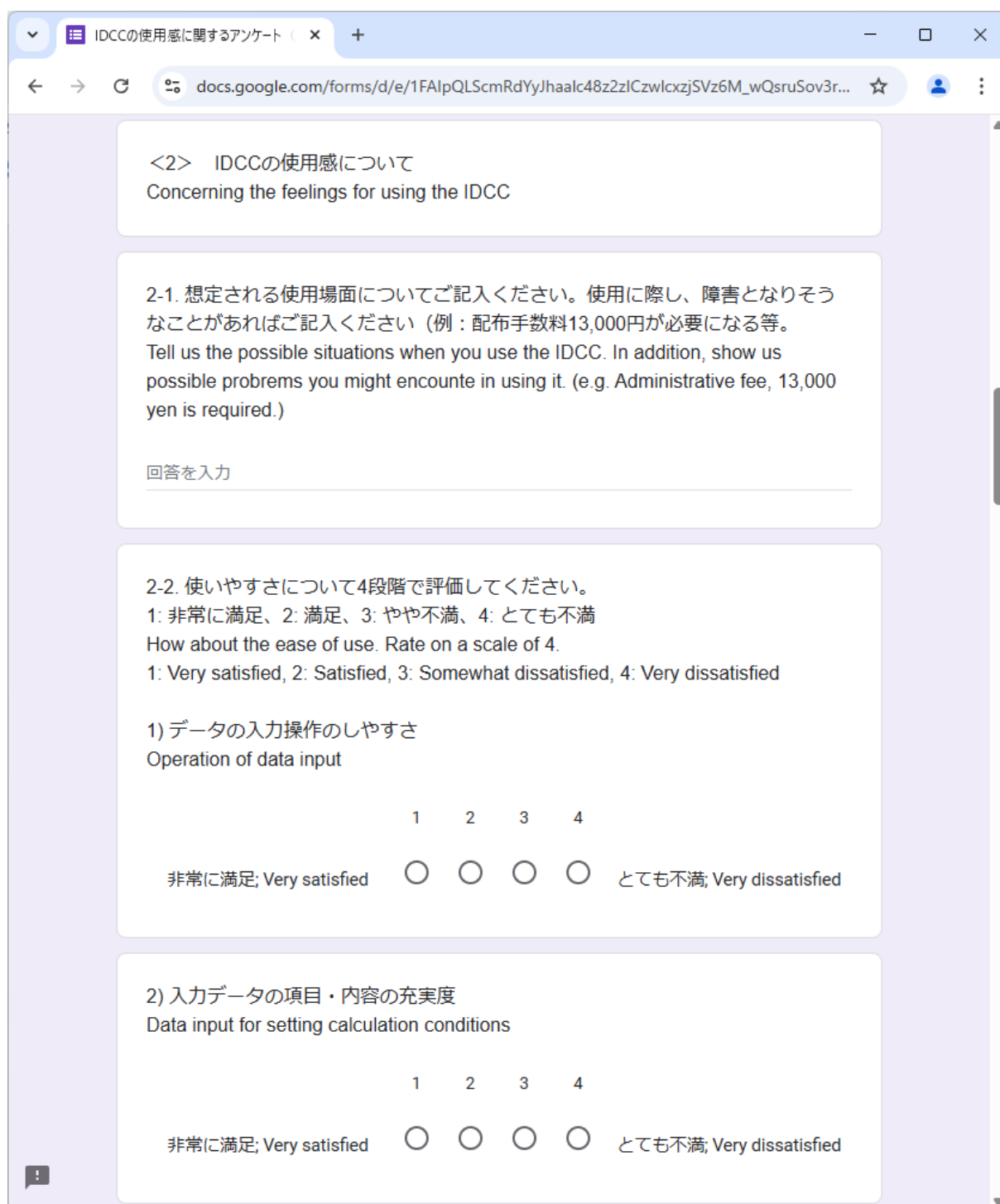
1-3. 差し支えなければ所属先、業務内容をお答えください。（例：JAEA、線量評価）
If you don't mind, please tell us where you work and what you do. (e.g. JAEA, dose assessment)

回答を入力

1-4. 取扱い経験がある核種についてご記入ください。（例：H-3、I-131、・・・）
Please enter the nuclides you have handled. (e.g. H-3, I-131, etc.)

回答を入力

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム（2/8）



<2> IDCCの使用感について
Concerning the feelings for using the IDCC

2-1. 想定される使用場面についてご記入ください。使用に際し、障害となりそうなことがあればご記入ください（例：配布手数料13,000円が必要になる等。
Tell us the possible situations when you use the IDCC. In addition, show us possible problems you might encounter in using it. (e.g. Administrative fee, 13,000 yen is required.)

回答を入力

2-2. 使いやすさについて4段階で評価してください。
1: 非常に満足、2: 満足、3: やや不満、4: とても不満
How about the ease of use. Rate on a scale of 4.
1: Very satisfied, 2: Satisfied, 3: Somewhat dissatisfied, 4: Very dissatisfied

1) データの入力操作のしやすさ
Operation of data input

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

2) 入力データの項目・内容の充実度
Data input for setting calculation conditions

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム (3/8)

3) データの出力操作のしやすさ
Easiness of data input and output

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

4) 出力データの項目・内容の充実度
Data output for viewing results

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

5) GUIの総合的な評価
Overall rating of the GUI

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

6) 線量係数計算機能の総合的な評価
Overall rating for the function to calculate dose coefficients

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

7) 摂取量推定機能の総合的な評価
Overall rating for the function to estimate intake

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム (4/8)

2-3. 興味を持った又は魅力を感じた特徴をお選びください（複数可）
Check the features that you are interested in. Multiple checking is acceptable.

- ☐ 1) データの入力操作; Operation of data input
- ☐ 2) 入力データの項目・内容の充実度; Data input for setting calculation conditions
- ☐ 3) データの出力操作; Easiness of data input and output
- ☐ 4) 出力データの項目・内容の充実度; Data output for viewing results
- ☐ 5) GUI
- ☐ 6) 線量係数計算機能（全体的に）; Function to calculate dose coefficients
- ☐ 7) 摂取量推定機能（全体的に）; Function to estimate intake

2-4. 改善の必要があると感じた項目をお選びください（複数可）
Select the items you feel need improvement. Multiple checking is acceptable.

- ☐ 1) データの入力操作; Operation of data input
- ☐ 2) 入力データの項目・内容の充実度; Data input for setting calculation conditions
- ☐ 3) データの出力操作; Easiness of data input and output
- ☐ 4) 出力データの項目・内容の充実度; Data output for viewing results
- ☐ 5) GUI
- ☐ 6) 線量係数計算機能（全体的に）; Function to calculate dose coefficients
- ☐ 7) 摂取量推定機能（全体的に）; Function to estimate intake
- ☐ その他: _____

2-5. 前問でチェックを入れた項目ごとに、改善の必要があると感じた点について
具体的にご記入ください。
Write in detail about the points you feel need improvement for each item you
checked in the previous question.

回答を入力

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム（5/8）

IDCCの使用感に関するアンケート

docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScmRdYyJhaalc48z2zICzwlcxjSVz6M_wQsruSov3r...

<3> 講義内容や進行・運営方式について
The contents and the management of the lectures

3-1. 受講者が必ずしも放射線防護の専門家ではないことを想定し、以下について4段階で評価してください。
1: 非常に満足、2: 満足、3: やや不満、4: とても不満
Evaluate the following on a four-point scale, with assuming that the participants are not necessarily experts in radiation protection.
1: Very satisfied, 2: Satisfied, 3: Somewhat dissatisfied, 4: Very dissatisfied

1) 講義2「放射線防護の概念と内部被ばく線量評価」の難易度
Difficulty of Lecture 2 "Concept of Radiation Protection and Internal Dose Estimation"

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

2) 講義3「実効線量係数の導出方法」の難易度
Difficulty of Lecture 3 "Calculation Procedure of Effective Dose Coefficient"

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

3) 講義4「IDCCの使い方」の難易度
Difficulty of Lecture 4 "Let's Use the IDCC"

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム (6/8)

IDCCの使用感に関するアンケート

docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScmRdYyJhaalc48z2zICzwlcxjSVz6M_wQsruSov3r...

4) 講義の進行速度
Lecture speed

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

5) 演習の進行速度
Excercise speed

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

6) 質問のしやすさ
Atmosphere to make it easy to ask questions

1 2 3 4

非常に満足; Very satisfied ☐ ☐ ☐ ☐ とても不満; Very dissatisfied

3-2. 改善の必要があると感じた項目をお選びください（複数可）
Check the items you feel need improvement.

☐ 1) 講義2「放射線防護の概念と内部被ばく線量評価」の内容; Contents of Lecture 2 "Concept of Radiation Protection and Internal Dose Estimation"

☐ 2) 講義3「実効線量係数の導出方法」の内容; Contents of Lecture 3 "Calculation Procedure of Effective Dose Coefficient"

☐ 3) 講義4「IDCCの使い方」の内容; Contents of Lecture 4 "Let's Use the IDCC"

☐ 4) 講義の進行速度; Lecture speed

☐ 5) 演習の進行速度; Excercise speed

☐ 6) 質問のしやすさ; Atmosphere to make it easy to ask questions

☐ その他: _____

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム（7/8）

3-3. 前問でチェックを入れた項目ごとに、改善の必要があると感じた点について具体的にご記入ください。
Write in detail about the points you feel need improvement for each item you checked in the previous question.

回答を入力

4. その他、ご意見・ご質問等ございましたらご記入をお願いします。
If you have any other comments or questions, please feel free to write them here.

回答を入力

アンケートは以上です。最後に送信ボタンを押してください。
ご協力ありがとうございました。
That's all for the questionnaire. Please press the send button "送信" at the end.
Thank you for your cooperation.

本件連絡先
日本原子力研究開発機構
安全研究センター
リスク評価・防災研究グループ
真辺健太郎
manabe.kentaro@jaea.go.jp
029-284-3758

Contact
Risk Analysis Research Group
Nuclear Safety Research Center
Japan Atomic Energy Agency
Kentaro MANABE
E-mail: manabe.kentaro@jaea.go.jp
Tel: 029-284-3758

送信 フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。 - [利用規約](#) - [プライバシー ポリシー](#)

Does this form look suspicious? [レポート](#)

Google フォーム

図 3-10 IDCC 試用会アンケートフォーム (8/8)

⑤ アンケート結果

学会会合での質疑応答において、アンケート結果を集計するにあたり、回答者の属性や使用エディションによって回答にバイアスがかかる可能性について指摘があった(6.1.2 項参照)。そこで、第3回検討委員会に向けた解析では、試用会で得たコメントをコードエディションと参加者属性で2×2のマトリクスに分類して集計、分析することとした。しかしながら、母数が少なかったことから、2×2のマトリクスでは分類が過剰で、回答傾向の違いは特に見られなかった。そこで、本報告書では、3回分の回答を総合的に集計しつつ、エディションによる回答傾向の違いの有無の抽出を試みた。

<1> 参加者について

会場ごとのアンケート回答者の属性、経験業務に関する内訳（複数回答可）を図3-11から図3-13までに示す。研究系、技術系、教育系、医療系、学生と幅広い属性からの回答を得た。取扱い核種に関する情報は、今後の講義資料（例題等）の作成、IDCCの利用性向上等の参考となり得る。

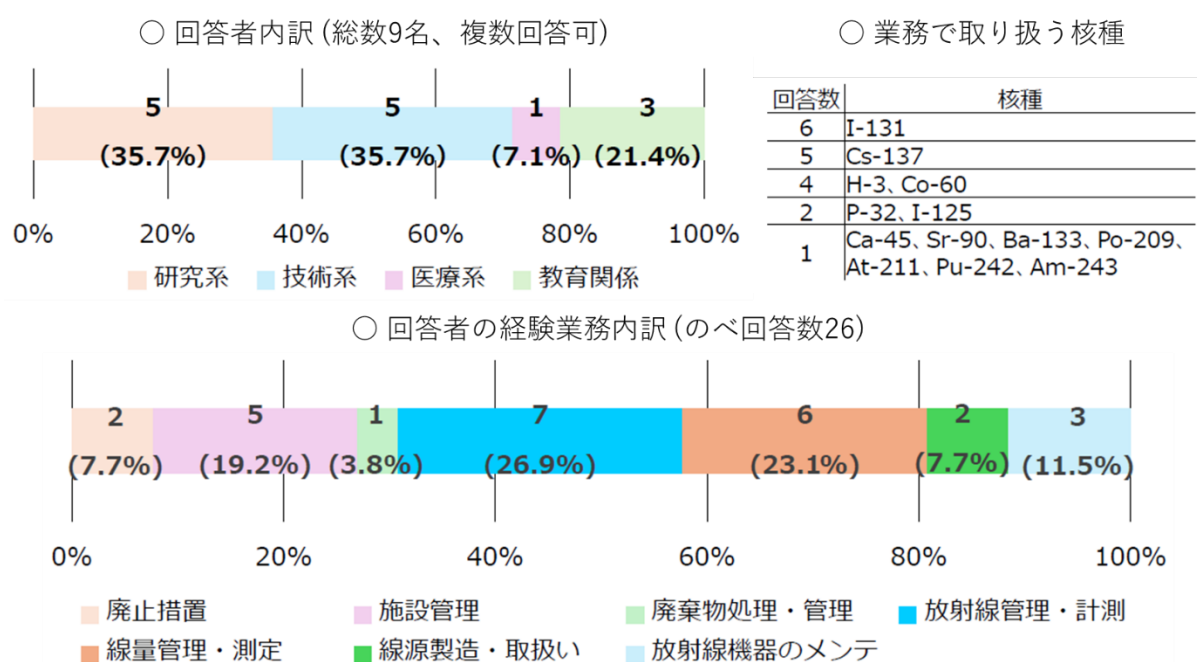


図 3-11 長崎大の回答者属性等

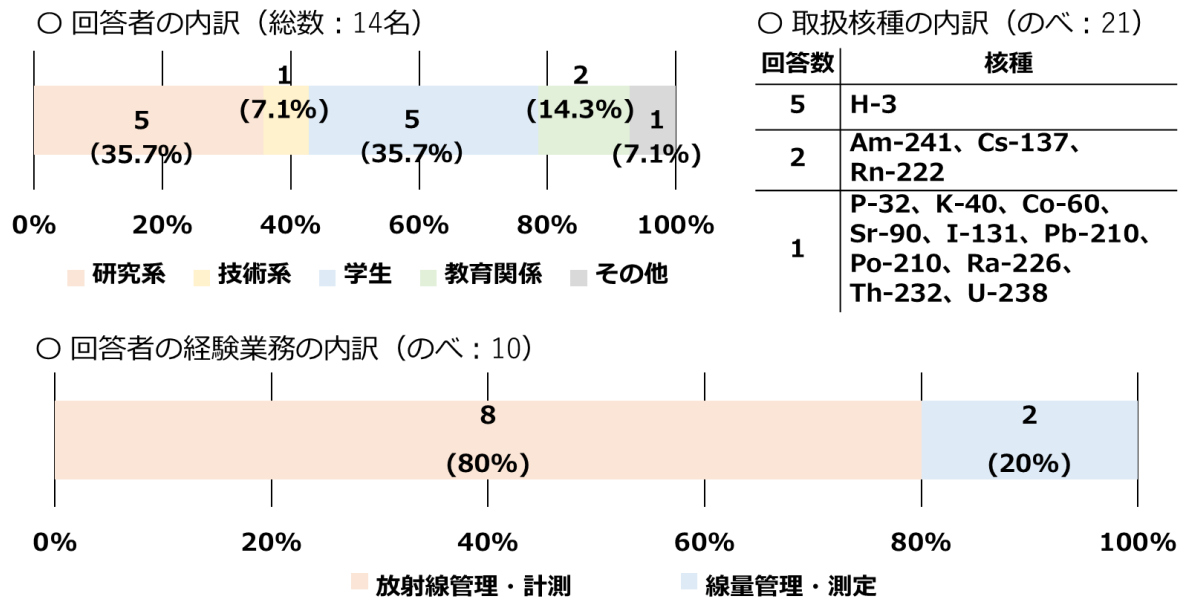


図 3-12 弘前大の回答者属性等

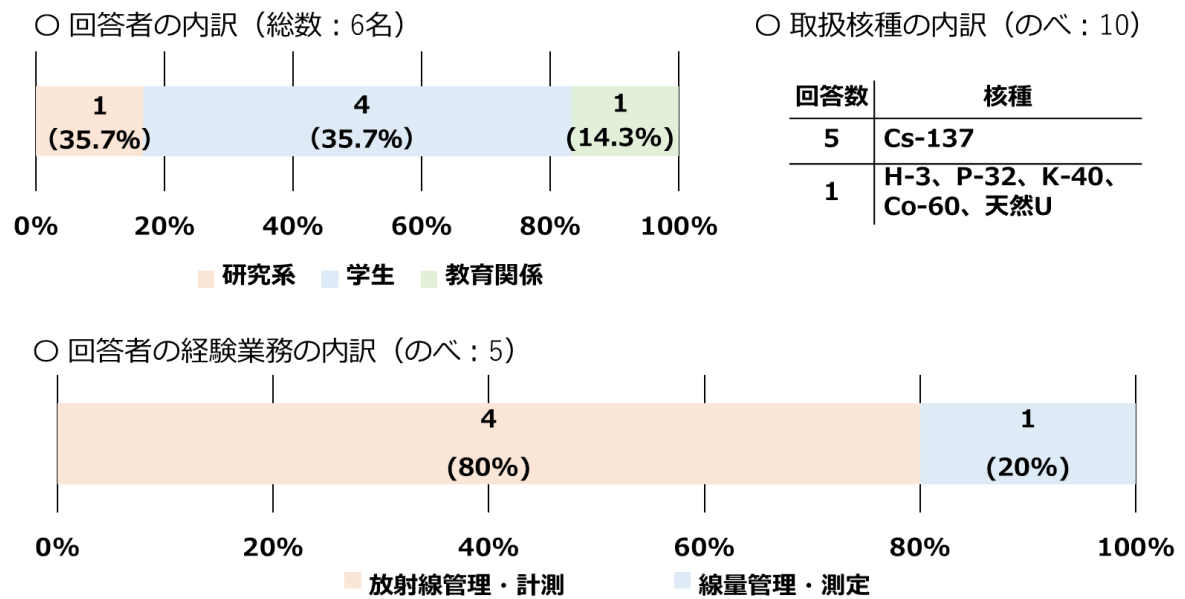


図 3-13 福井大の回答者属性等

<2> IDCC の使用感について

4 段階評価について、試用会 3 回分の回答を集計した結果を図 3-14 に示す。上段のグレースケールで示したバーが回答に占める使用した IDCC のエディションの内訳を示し、下段のカラーバーが評価点の内訳を示す。とても不満を意味する評価 4 の回答はなかったものの、項目 3 のデータ出力操作のしやすさで 15.4%、項目 5 の GUI の総合的な評価で 11.5%、項目 1 のデータ入力操作のしやすさ及び項目 2 の入力項目・内容の充実度で 3.8%の回答が、やや不満を意味する評価 3 となった。

各項目について興味を持ったか、改善の必要があるかに関する集計結果を図 3-15 に示す。上段のグレースケールで示したバーが回答に占める使用した IDCC のエディションの内訳を示し、下段のカラーバーが評価の内訳を示す。興味を持ったとの回答が改善の必要があるとの回答を上回っている項目を調べたところ、項目 7 の摂取量推定機能の総合的な評価と項目 6 の線量係数計算機能の総合的な評価で約 95%が興味を持ったと回答していた。項目 3、4 のデータ出力に関する項目や、項目 2 のデータ入力項目・内容の充実度では、興味を持ったとの回答が多かったものの、4～5 割近くは改善が必要と回答していた。一方で改善の必要があるとの回答が興味を持ったとの回答を上回っている項目を調べたところ、項目 1 のデータ入力操作のしやすさと項目 5 の GUI の総合的な評価が該当していた。

エディションの違いによる傾向として、機能制限版を試用した回答者の方が高い評価をつけた。全機能版を試用した回答者は教職員の割合が高いため、改善点が多く目についた可能性がある。

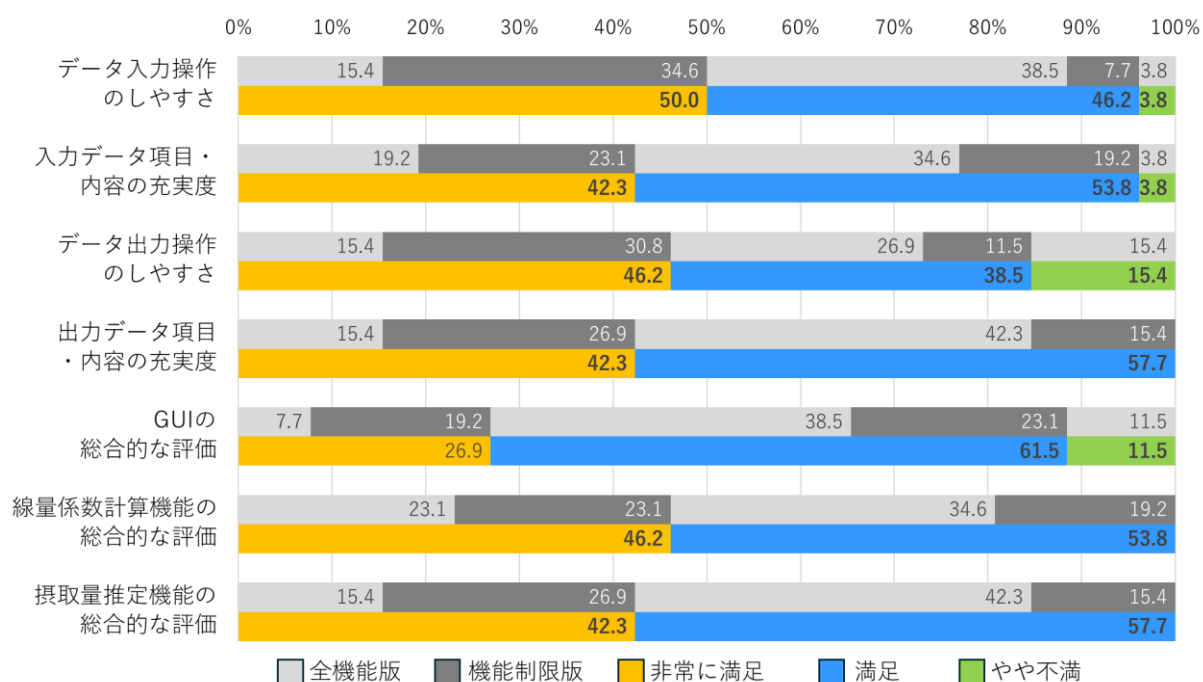


図 3-14 IDCC の使用感に対する 4 段階評価の集計結果

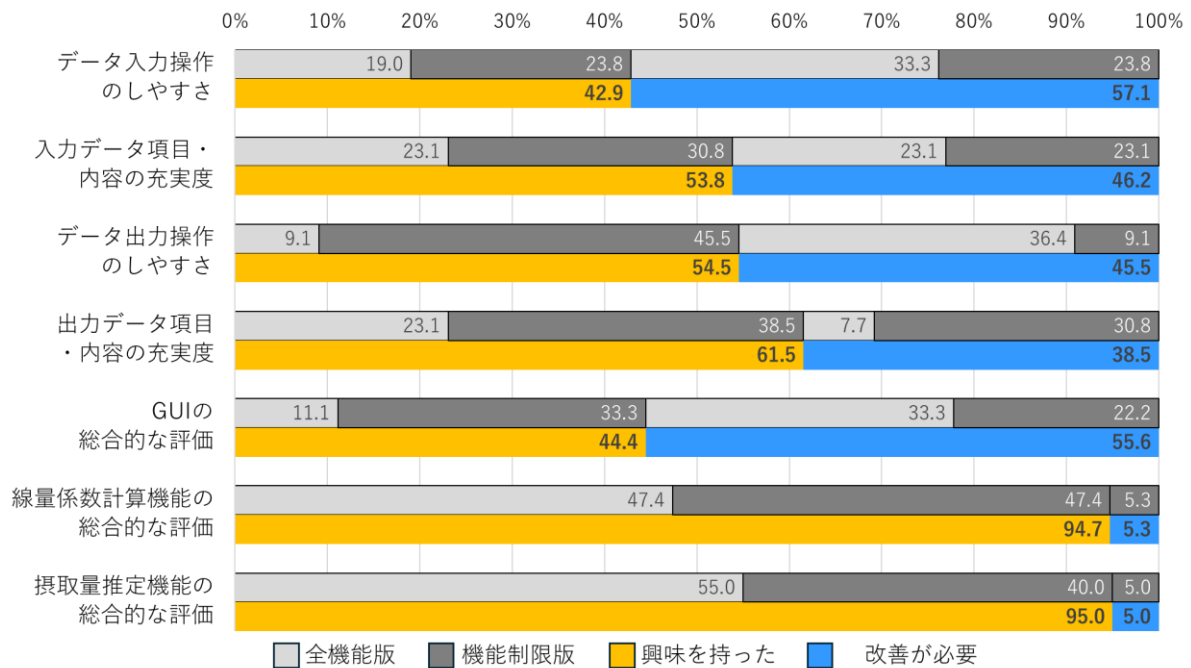


図 3-15 IDCC の特徴のうち興味を持った又は改善が必要と考える項目調査の集計結果

<3> 講義内容や進行・運営方式について

各講義の難易度、講義と演習の進行速度、質問のしやすさについて集計した結果を図 3-16 に示す。上段のグレースケールで示したバーが回答に占める使用した IDCC のエディション別の内訳を示し、下段のカラーバーが評価点の内訳を示す。とても不満を意味する評価 4 の回答はなかったものの、項目 2 の講義 2 の難易度で 13%、項目 1 及び 5 である講義 1 の難易度、演習の進行速度についてそれぞれ 12%、項目 3 の講義 3 の難易度について 4% の回答が、やや不満を意味する評価 3 となった。

改善が必要な項目を問う設問では、講義 2 の難易度との回答が 29%、講義 1 の難易度が 21%、講義 3 の難易度及び演習の進行速度が 14%、その他が 21% となった。項目 4 の講義の進行速度及び項目 6 の質問のしやすさに関しては、改善が必要との回答はなかった。

エディションの違いによる傾向として、講義 1 及び講義 2 に関する評価は IDCC の使用感に関する回答結果と同様であり、講義 3 や進行速度に関しては逆の傾向が見られた。講義 1 及び講義 2 に関しては教職員の方が前提知識や理解が深いため、評価が高くなった可能性がある。一方、コードの使い方に関しては、より若い学生の習得速度が速い可能性が高いことから、学生が主の機能制限版を試用した回答者の方が高い評価をつけたと考えられる。

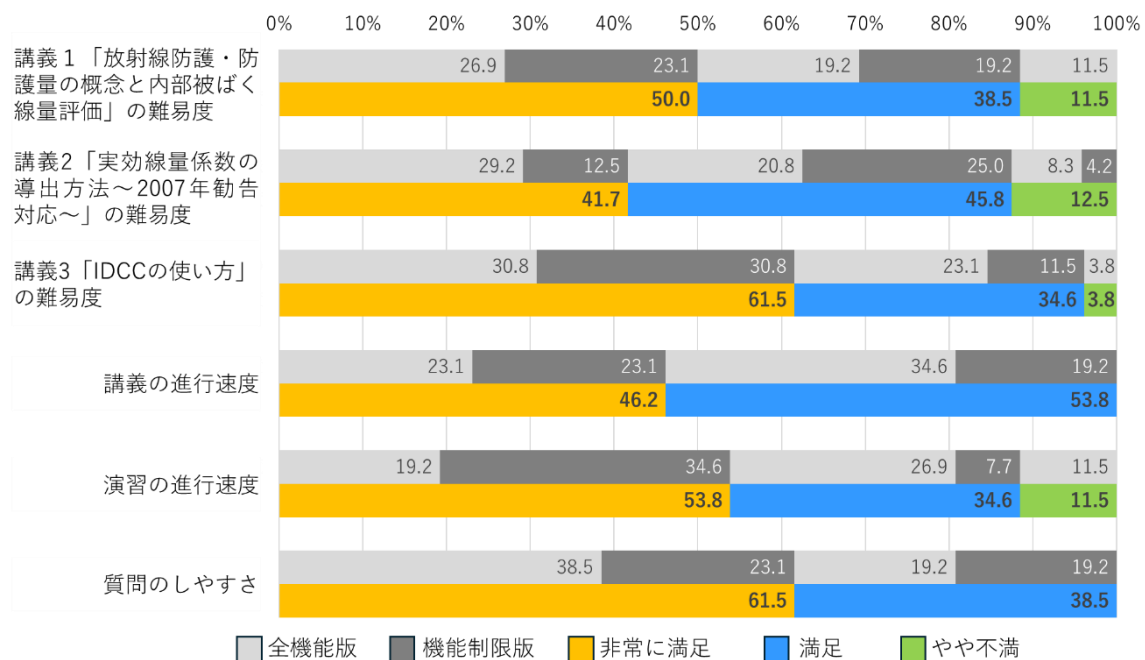


図 3-16 講義内容や進行・運営方式に対する 4 段階評価の集計結果

<4> 自由記述や質疑応答

<4-1> IDCC について

○ 全機能版試用者からの意見

・ GUI の見やすさについて

GUI の見切れや選択肢の表示が小さい等の意見があった。実際、PC の機種によっては GUI が画面に収まっておらず、操作性が悪くなっている様子が試用会場で確認された。

・ 操作、表示、言語の追加について

出力結果の保存先や出力形式を選択できる機能の追加や、キーワード検索機能の追加等の意見があった。また、計算条件の表示を希望する意見や、単位の表示位置について改善が必要とする意見があった。言語については日本語表記を望む意見があった。

・ 操作補助、操作ミスの誘発について

操作に関しては、直感的な操作は難しいことや結果の保存先が不明瞭であり操作補助が必要との意見があった。また、主に摂取量推定機能を使う際に、参加者が意図しない初期入力値があることで、操作のミスを誘発する時があるとの指摘があった。

・ データ処理速度、機能の追加について

データの読み込み時間が長いとの指摘があった。また、ラドン被ばく評価機能の追加を希望する意見があった。

○ 機能制限版試用者からの意見

・ 操作の追加について

出力ボタンの追加や、結果を GUI 上で分析するために並べ替え機能や色分け機能の追加を希望する意見があった。

・ 操作補助、操作ミスの誘発について

ヘルプボタンの実装を希望する声があった。また、全機能版と同様に、主に摂取量推定機能を使う際に、参加者が意図しない初期入力値があることで、操作のミスを誘発する時があるとの指摘があった。

- ・ 機能の追加について

全機能版と同様に、ラドン被ばく評価機能の追加を希望する意見があった。

<4-2> 講義内容について

○ 全機能版試用者からの意見

- ・ 講義手順の最適化について

操作説明中は資料、演習中は GUI を見たいとの意見や、操作方法がうまく伝わらなかったとの指摘があった。

- ・ 資料の補強・修正、講義内容の易化について

防護量の用途や防護量の使用が不適切な場面をより強調すべきとの指摘があったほか、講義資料中に誤植や不備を発見した旨の報告があった。また、コンパートメントモデルの説明は難しいとの意見があった。

- ・ 演習時間の延長、講義内容の最適化、資料の見やすさ、演習内容の追加について

実務者から演習時間が短いとの指摘があった。講義内容について、研究者からは講義 1 は必ずしも受講する必要はない内容であるとの意見があった。一方で学生からは講義内容と参加者の前提知識量が一致していないと感じるとの感想があった。資料の見やすさについては、資料中に添付されている GUI の写真中の文字が小さいため読めないとの指摘があった。演習内容の追加に関しては、線量係数の導出演習について参加者自身で取り組む機会が欲しいとの要望があった。

- ・ 講義内容の追加について

慢性被ばくについて説明が欲しいとの意見があった。

○ 機能制限版試用者からの意見

- ・ 講義内容の易化について

研究者、学生の両者から、SAF や S_w 値の難易度が高い旨の指摘があった。また、学生からコンパートメントモデルの説明が難しい旨の意見があった。

- ・ 講義内容の最適化について

学生から、講義 1 や 2 の内容を講義 3 の演習で応用できなかったとの感想や、講義と演習の内容に乖離があるとの指摘があった。

- ・ 資料の補強・修正について

講義資料は日本語表記を望む声があったほか、略語表記は分かりにくいとの指摘があった。

- ・ 演習内容の追加、講義内容の追加について

全機能版と同様に、線量係数の導出演習において参加者が取り組める演習の追加を望む声があった。また、慢性被ばく評価機能の説明について追加を希望する意見があった。

- ・ 講義手順の最適化について

学生から、説明や講義資料に緩急をつけ、要点を明確化して欲しいとの要望があった。

<4-3> その他意見等

○ 好意的な意見

- ・ GUI の表記について英語表記のままが良いとの意見があった。
- ・ 公衆被ばくを評価する際に有効化される年齢の入力欄や、いくつかの変数については GUI 上で編集可能である点に対し便利であるとの意見があった。
- ・ 講義内容については、基礎知識があれば理解できるとの意見があったほか、計算過程のブラックボックス化を防ぐ試みは非常に良いとの意見があった。

○ 配付手数料について

- ・ 手数料の存在が IDCC の使用意欲を減退させ、周知活動に見合ったユーザー獲得に繋がらなくなることを危惧する声があった。
- ・ 使いやすいので、手数料を払うことは障害とならないとの意見もあった。
- ・ IDCC の全ての機能が有効化され、かつ、解析に利用することが権利上許可されるのであれば手数料を支払ってもよいとの考えもあった。

⑥ 開発項目の抽出・整理

アンケート調査の結果に基づき検討すべき開発項目を抽出し、第 3 回検討委員会での審議（議事概要は付録 3 を参照）を経て以下のとおり開発項目を整理した。

<1> IDCC の使いやすさについて

- ・ GUI の見やすさへの対応
選択タブ内の単語について、アンダーバーで区切る。GUI 画面や文字のサイズを自由に変更できるようにする。
- ・ 操作ミスの誘発への対応
摂取量推定の入力画面について、表記や初期状態を見直し、説明を補強する。
- ・ データ処理速度への対応
データの読み込み時間が長い核種を探索・原因を調査し、時間短縮をはかる。
- ・ 表示の追加への対応
計算条件を結果出力画面に表示する、結果出力ファイルに出力する。単位の記載が分かりにくい箇所について表示位置を改良する。

<2> 講義内容や進行・運営方法について

- ・ 講義資料の補強・修正への対応
防護量の用途や防護量の使用が不適切な使用場面について強調・補足する。資料中の誤植・不備について修正する。
- ・ 講義内容の最適化への対応
専門用語や略語及び係数の説明、並びに関連する英語の対訳を収録した用語集を作成し配付する。
- ・ 講義手順の最適化への対応
IDCC の操作に必要な内容を強調し、要点を明確化する。
- ・ 資料の見やすさへの対応

講義資料中の文字サイズを見直す。資料中に添付した GUI 画面の注目してほしい部分を明確化する。

- ・ 講義内容の易化への対応

コンパートメントモデルの解説において、3 つ程度のコンパートメントから成る架空のモデルを用いて説明することで難易度を下げる。2007 年勧告準拠の詳細なモデルは紹介する程度にとどめる。

- ・ 本事業の実施意図の説明

本事業における試用会の位置づけについて、試用会参加者が理解しやすいように、資料を配布する。

⑦ まとめ

想定される IDCC の利用者層を対象に 3 回の試用会を実施し、IDCC への意見を収集することで今後の IDCC の開発項目を抽出し、検討委員会での審議を経て開発項目を整理した。また、講義内容についても改善点を整理した。

3.5.2 学術会合でのブース出展

IDCC への意見収集先の拡大を目的に、第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会（会期：令和 6 年 7 月 3 日（水）～5 日（金）、場所：日本科学未来館（東京都江東区））においてブース出展し、IDCC の開発の背景や特徴についてまとめたポスターの掲示及びチラシの配布を実施するとともに、ノートパソコンにインストールした IDCC のデモンストレーションを実施した。また、来場者に対し、IDCC の機能や使い勝手に関するアンケート調査を実施した。掲示・配布したポスター・チラシを、図 3-17 に示す。ブースには十数名の来場があり、そのうち 10 名からアンケートの回答を得た。アンケート調査結果とその考察について以下に記す。

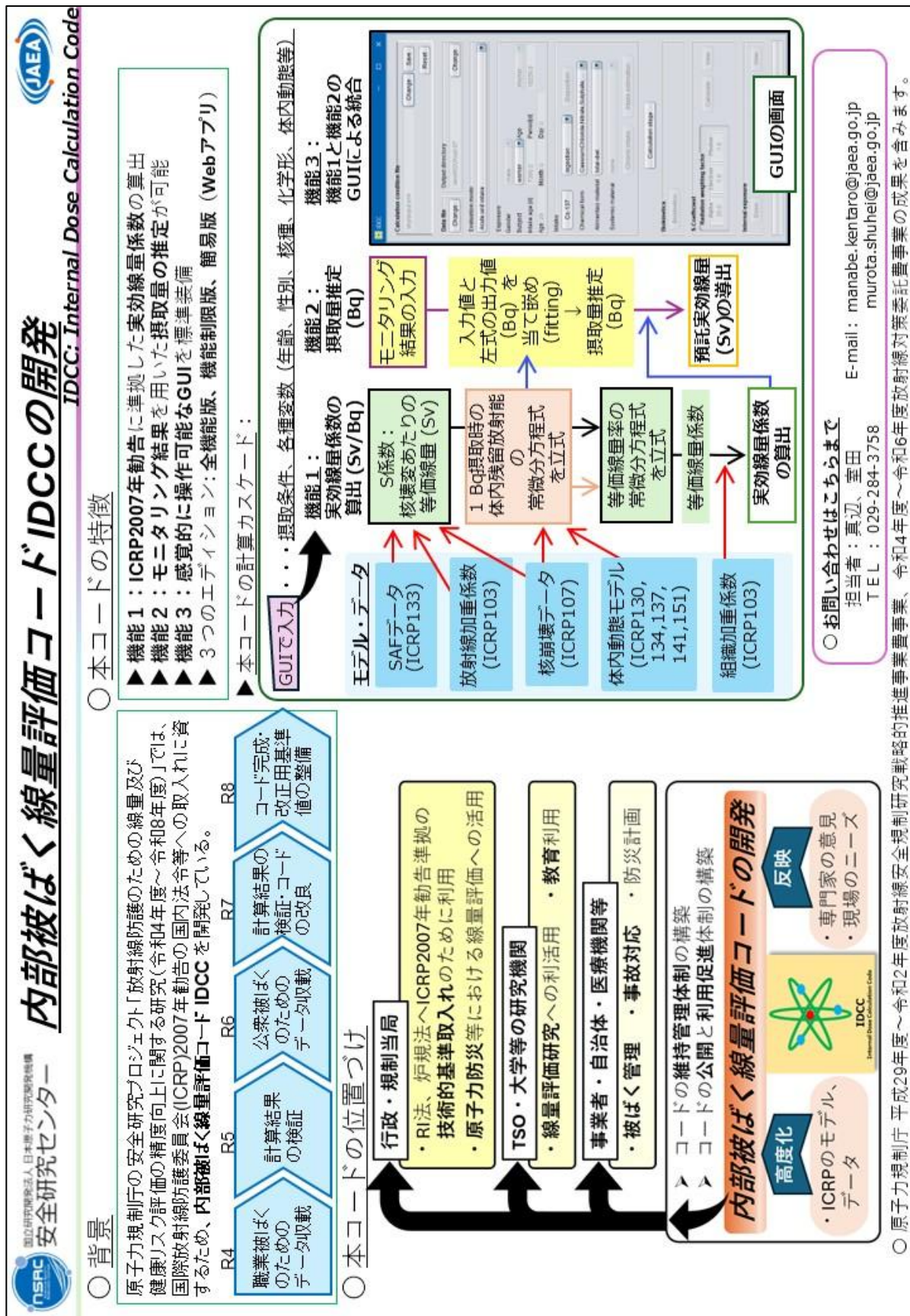


図 3-17 ブース出展時のチラシ

① 回答者について

回答者の属性及び業務経験に関する質問（複数回答あり）の結果を図 3-18 に示す。放射線計測や線量管理の経験者が多かった。

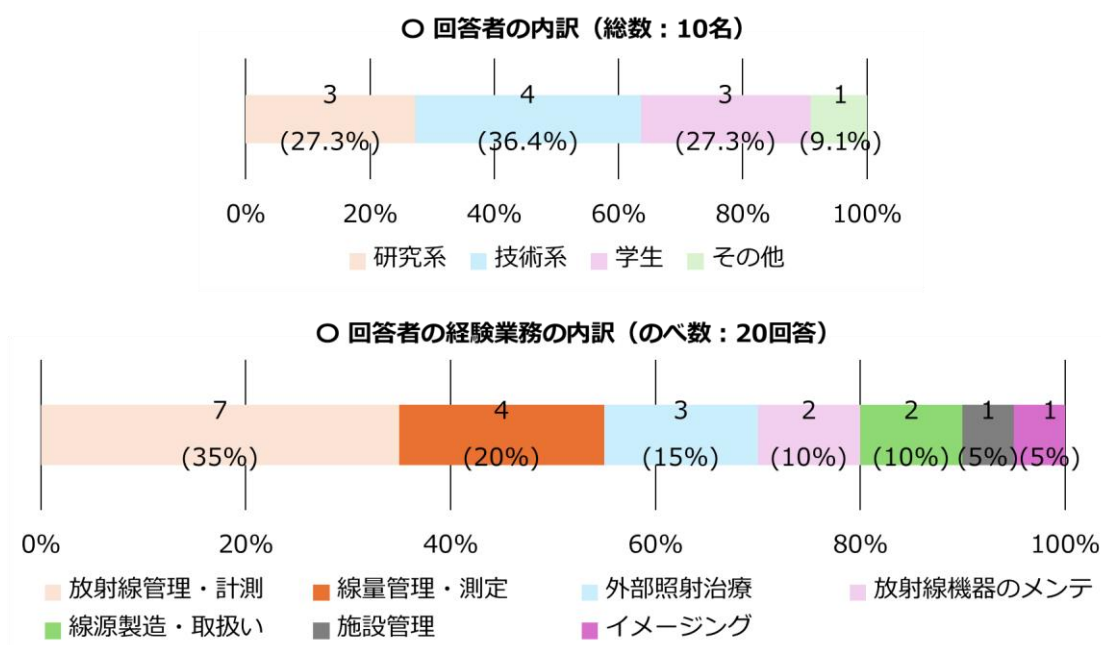


図 3-18 回答者の属性及び業務経験

② コードの評価について

IDCC の使いやすさ及び機能に関する以下の 7 個の項目を用意し、4 段階（1：とても不満、2：やや不満、3：満足、4：非常に満足）で評価をしてもらった。また、各項目について興味を持った項目、改善を要すると感じた項目について質問した。

- 1) データ入力操作のしやすさ
- 2) 入力データ項目・内容の充実度
- 3) データ出力操作のしやすさ
- 4) 出力データ項目・内容の充実度
- 5) GUI の総合的な評価
- 6) 線量係数計算機能の総合的な評価
- 7) 核種摂取量推定機能の総合的な評価

回答結果を図 3-19 に示す。上段のバーは 4 段階評価の内訳、下段のバーは興味を持った点または改善が必要な点に関する回答の内訳を示す。4 段階評価では、回答者はすべての項目に対して満足以上の評点をつけた。無回答だった者を含めない場合の平均点は、いずれの項目も 3.6 であった。

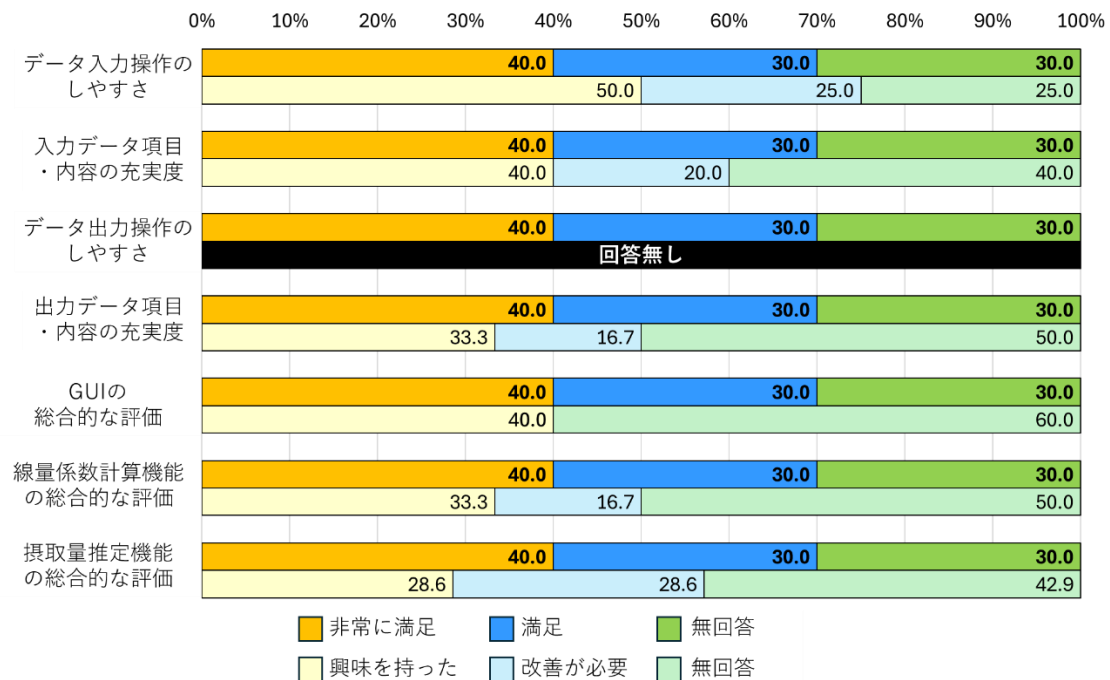


図 3-19 使いやすさ及び機能に対する評価

③ 想定される使用場面（自由記述）

- ・ 天然放射性核種、加速器施設で生成する核種による線量評価。
- ・ 研究利用。
- ・ 事故時の評価。
- ・ 廃炉作業、保管容器の開封に伴う内部被ばくの評価。

④ コードへの感想

- ・ プログラミングが専門外の者にとって、GUI が充実していて使いやすい。
- ・ 結果を図表で表示できる点がよい。
- ・ 字が小さく、見えづらい。
- ・ 日本語版が欲しい。

アンケート結果からは、データ入力のしやすさについては一定の評価が得られたものの、出力項目の充実度に改良の余地があることが分かった。ただし、4段階評価において項目間に点差が見られなかった原因として、本アンケートが紙媒体で実施され、かつその場で回収する形式であったために、忌憚のない回答をしにくい形式だった可能性が考えられる。これを踏まえ、試用会におけるアンケート調査はオンラインで実施することとした（3.5.1 項参照）。

3.6 まとめ

内部被ばく線量評価コードの ICRP 刊行物への対応において、令和 6 年度は、対応すべき刊行物として Publ. 155 の小児 SAF データが刊行された。小児 SAF データについて、そのデータの IDCC への組込みと、年齢群別 S_w 値の年齢による内挿方法の IDCC への実装を実施した。その他の組織が線源領域となる S_w 値の計算アルゴリズムの改良、年齢群別 S_w 値の内挿方法に係る妥当性確認に課題は残るものの、公開された ICRP 刊行物を IDCC に反映させる高度化作業を進捗させた。また、令和 6 年度中に刊行見込みであった EIR Part 1 については、ドラフトに収載されたトリチウムの全身循環モデルから実効線量係数を再現可能であることを確認した。

技術的基準等の導出における課題の検討においては、EIR Part 1 ドラフトの調査結果に基づき、OIR シリーズの化学形分類との齟齬や、ラドンの濃度限度導出に係る検討課題を抽出した。

ICRP における被ばく線量評価関連刊行物の調査として、EIR Part 2 のドラフトを調査し、OIR シリーズとの相違点を整理した。

コードの利用性向上のための調査では、IDCC 試用会を 3 回開催し、想定される利用者層からコードの使い勝手や機能に関する多面的なフィードバックを得た。また、内部被ばく線量評価に関する講義資料や IDCC 演習資料についても意見募集を行い、改善点を整理した。さらに、アイソトープ・放射線研究発表会においてブース出展し、外部の専門家・技術者にも本コードの紹介と意見交換を実施した。

以上により、最新の線量評価用モデル・データの IDCC への組込みによる高度化が進むとともに、利用者からのフィードバックを得て使いやすさの向上に向けた課題を整理することができた。

第4章 線量評価に係る規制改正用基準値の整備に向けた検討

4.1 目的及び実施内容

令和5年度事業では、2007年勧告の法令への取入れや防護基準値の改正が放射線管理の現場へ及ぼす影響を調べるため、国内の専門家や放射線取扱施設の管理者に聞き取り調査を実施し、合理的な放射線管理を行う上で配慮すべき事項や検討すべき事項を整理した[24]。その結果、内部被ばくに関しては、許可申請等の場面でのRI数量告示の別表第2及び第3の適用状況を把握することができた。また、規制対象としてRI数量告示に収載すべき放射性同位元素の種類の見直しにおいては、OIRシリーズの分類をそのまま導入するのではなく、個々に分類を検討することで過度に保守的な基準値を採用することを回避し、管理の合理性が向上する可能性があることが分かった。外部被ばくに関しては、調査対象とした放射線取扱施設に線量評価の専門家が在籍していたこともあり、許可申請等でRI数量告示収載の実効線量係数を用いず、モンテカルロ法等を用いて独自に線量評価を行う能力と技術を有していることが判明した。このことから、RI数量告示に収載する実効線量係数の見直しに関する課題抽出のためには、線量評価を独自に実施した実績のない放射線取扱施設に対する調査の必要性が示された。濃度限度を導出するパラメータに関しては、作業時間、呼吸量及び摂水量について文献調査を行った。その結果、作業時間及び呼吸量については、最新の法令、データに更新はないことが分かった。摂水量については、標準として採用し得る形での新しい報告は見つからなかったが、個別の学術論文等から、従来の数値とほぼ同じ水準であることが推察された[24]。

令和6年度事業では、2007年勧告の法令への取入れや防護基準値の改正が放射線管理の現場へ及ぼす影響に関する聞き取り調査を継続して実施した。特に、RI数量告示の外部被ばくに対する実効線量係数を示す別表の参照状況を把握するため、低エネルギー光子散乱線が主要な放射線場となる施設を調査対象とした。また、濃度限度の数値等の技術的基準の導出に必要な体内取込み量の評価のためのシナリオ、モデル、パラメータ等に関する最新知見の調査についても継続実施した。さらに、RI数量告示には、サブマージョン核種に対する濃度限度も収載されていることを考慮して、サブマージョン核種に対する濃度限度を導出するにあたっての課題についても検討した。

4.2 RI数量告示に関する聞き取り調査

4.2.1 調査の方法

RI数量告示の改正に関する影響を把握するため、令和5年度に引き続き、放射線取扱施設の管理者や、許認可申請を業務として請け負っている民間業者に対して聞き取り調査を実施した。令和6年度は、特にRI数量告示の別表第5（0.01 MeV から 10 MeV までの光子に対する空気カーマ当たりの実効線量）及び別表第6（ 1×10^{-9} MeV から 20 MeV までの中性子に対するフルエンス当たりの実効線量）の参照状況を把握するため、低エネルギーの散乱線光子が主要な放射線場となる施設、すなわち非密封放射性核種の取扱施設や放射線治療設備を持つ

た病院における放射線管理者、及びその許認可申請業務の請負業者を対象とした。表 4-1 に、聞き取り調査に協力頂いた管理者の所属と氏名を示す。聞き取り調査は、質問項目を記載した文書を事前に送付し、対面会合またはオンライン会合により実施した。質問項目については、4.2.2 項で回答とともに示す。

表 4-1 聞き取り調査の対象者（敬称略）

放射線取扱施設または会社名	氏名
学校法人産業医科大学アイソトープ研究センター	馬田 敏幸
	阿部 利明
国立大学法人長崎大学病院	岩竹 聡
	奥野 浩二
株式会社千代田テクノル	酒井 昭宏

4.2.2 聞き取り調査の結果

聞き取り調査における質問とその意図、及び質問への回答について、質問項目ごとに記す。なお、回答は、複数の施設・回答者からの回答を集約して箇条書きにした。

(1) 外部被ばくに関する質問

質問 1：現在の許可申請時、管理区域や事業所境界の線量率はどのように評価したか。RI 数量告示別表第 5 や別表第 6 を使ったか。あるいはモンテカルロ計算で評価したか。

質問の意図：RI 数量告示別表第 5 や別表第 6 の使用状況を把握する。

回答：

- ・ 平成 12 年改正時の課長通知[46]で示された方法で計算した。
- ・ 原子力安全技術センターの遮へい計算マニュアル[47]（以下、「遮へい計算マニュアル」という。）に基づいて計算した。同マニュアルに記載の換算係数は、RI 数量告示に基づいた数値。
- ・ 評価を外部委託した。委託先では、遮へい計算マニュアルに記載の換算係数を使用して線量評価したと聞いている。
- ・ モンテカルロ計算は実施していない。
- ・ 別表第 6（中性子）については参照したことはない。

質問 2：管理区域や事業所境界の線量率を評価する際、別表第 5（10 MeV までの光子）、別表第 6（2 MeV までの中性子）のエネルギー範囲を超えたこと、他の放射線種が計算対象となったことはあるか？

質問の意図：現在 RI 数量告示に記載のないエネルギー範囲、放射線種についてニーズの有無を把握する。

回答：

- ・ エネルギー範囲を超えたことはない。
- ・ 放射線種の追加も必要ない。

質問 3：2007 年勧告に準拠した外部被ばく実効線量係数は、ICRP の Publ. 116 として公開されている。光子の線量係数は、RI 数量告示の数値に対し、15 keV 以下では 20~40%増加するものの、20 keV から 3 MeV 程度まではほぼ同じ、4 MeV 以上では従来の値より低くなる。中性子については、1 MeV 程度までは従来の値より低くなり、1 MeV から 20 MeV では最大 10%程度増加する。2007 年勧告の取入れや基準値のあり方については、現在、放射線審議会で検討中であるが、線量係数が上記のように変更された場合、今後の変更許可申請や放射線管理に影響はあるか。

質問の意図：2007 年勧告の取入れによる影響の検討状況を把握する。

回答：

- ・ 影響はないと考えたが、線量率の再計算は行った。
- ・ 事業所によっては影響がある可能性があり、再評価が必要と考えている。
- ・ 医療用リニアック等は最大限度の条件で運用している例が多く、規制基準値の改正の影響が出る可能性がある。

質問 4：2007 年勧告を受けて整備された外部照射に対する換算係数（Publ. 116）は、従来のもの（Publ. 74）に比べて放射線種とエネルギー範囲が大幅に拡張された。告示に新たに記載した方がよいと考える放射線種があるか。光子及び中性子について、エネルギー範囲を拡張すべきか。

質問の意図：実効線量係数拡大のニーズの有無を把握する。

回答：エネルギー範囲の拡張、放射線種の追加は必要ない。

(2) 内部被ばくに関する質問

質問 5：2007 年勧告では、体内動態モデルや内部照射放射線の吸収割合データの更新により実効線量係数（RI を 1 Bq 摂取した時の預託実効線量）が変化し、これに伴い濃度限度も変化する。新しい線量係数は概ね現行の数値より小さい値となり、計算方法に変更がなければ、濃度限度としては概ね現行より大きい値となる。しかしながら、一部の核種や摂取条件では、濃度限度が現行より小さい値となる場合がある。使用している核種の濃度限度が小さくなることにより、使用可能量を見直す必要がある等、業務に影響がある施設はありそうか。

質問の意図：2007 年勧告の取入れによる影響の検討状況を把握する。

回答：

- ・ 濃度限度が変わる核種については、見直す必要があるかもしれない。
- ・ 濃度限度が緩和される核種が多く、業務に影響はない。
- ・ 一部線量係数が増加する核種を扱っているが、運用に影響はないと見込んでいる。

(3) 基準値の改正に関する質問

質問 6：平成 12 年の放射線障害防止法施行規則・RI 数量告示の改正について、RI の濃度限度や外部照射に対する実効線量への換算係数が変更されたことに対してどのような対応をしたか。平成 12 年 10 月に公布され、平成 13 年 4 月に施行された。この期間は十分だったか。

質問の意図：過去の具体的な対応を把握したい。

回答：

- ・ 改正に合わせて確認計算を行い、必要に応じて設備変更や核種の見直し等の変更申請を実施した。また、確認計算の結果設備等の変更が不要な場合は、次回変更申請時に計算書の変更を行った。
- ・ 事前に準備しておくことが重要。
- ・ 工事や予算確保に時間がかかり、期限ぎりぎりの対応となった。準備期間はもっと長い方がよい。
- ・ 放射線障害予防規程の改定にも時間がかかった。
- ・ 2年以内に新基準に適合させる旨の課長通知が出たが、工事等必要な場合は2年でも短い。

質問7：2007年勧告の法令への取入れについて、なにか懸案事項はあるか。

質問の意図：取り入れにあたって現場の懸案事項を把握する。

回答：

- ・ 遮へい計算マニュアルを参照するので、法令と同時にマニュアルも改定してほしい。
- ・ 再評価の結果、従来と比べて線量が増加しない施設について変更許可申請を不要とする措置を明文化してほしい。
- ・ 前回取入れ時、再計算の結果基準値以内に収まる場合は次回の定期の変更申請まで猶予可となっていたが、周知が徹底されておらず、変更許可申請が集中して業務が逼迫した。

(4) 調査のまとめ

外部被ばくに関して、今回調査対象とした施設等では、光子に関する線量率の計算にRI数量告示の別表第5（遮へい計算マニュアルの利用も含む）を活用しており、モンテカルロシミュレーションは使われていなかった。同別表第6に関しては、参照されていなかった。また、RI数量告示に記載の実効線量係数について、現行のRI数量告示に記載のない放射線種・エネルギー範囲を超えるニーズはなかった。そして、RI数量告示に2007年勧告が取り入れられた場合は、許認可申請に係る線量率等は、基本的に再評価が必要と考えていることが分かった。一方、内部被ばくに関しては、2007年勧告の取入れによる許認可申請に係る大きな影響はなさそうという認識であることが分かった。

規制基準値の改正に関しては、工事や設備変更（遮へいの追加等）が必要になると、十分な移行期間が必要と考えていることが分かった。また、基準値の改正とともに、線量率の計算に必要な遮へい計算マニュアルの改定を求める意見があった。

4.2.3 課題の抽出

許認可申請においてRI数量告示の外部被ばく線量係数の使用が見込まれる施設を中心に聞き取り調査した。その結果、エネルギー範囲の拡張や放射線種の追加に対するニーズはなかった。ただし、今回の聞き取り調査対象施設等では、中性子の線量係数の参照実績はなく、RI数量告示別表第6の参照実態は把握できなかった。

新しい基準値の取入れに関しては、十分な移行期間を望む回答が多く、移行期間についての検討が必要である。また、再評価の結果、現状で規制基準値が守られる場合の対応の簡素

化により、事業者の業務負担を軽減できる。さらに、法令に合わせた遮へい計算マニュアルの改定が望まれている。

4.3 内部被ばくの線量評価に係る規制改正用基準値の導出シナリオに係る検討

4.3.1 調査対象となるパラメータ

令和5年度事業に引き続き、濃度限度の導出に係るパラメータの調査を行った。RI数量告示別表第2には、放射性同位元素の種類（第1欄）ごとに以下の数値が示されている[2]。

第2欄：作業者が吸入摂取した場合の実効線量係数

第3欄：作業者が経口摂取した場合の実効線量係数

第4欄：作業者が常時立ち入る区域の空气中濃度限度

第5欄：施設からの排気中の濃度限度

第6欄：施設からの排水中の濃度限度

第4欄の空气中濃度限度の導出シナリオは、作業者が作業時間中、常時その場の空気を吸入すると仮定したときに、1週間につき1 mSvの実効線量に相当する濃度である[40]。このとき、濃度限度を導出するにあたってのパラメータは、1週間あたりの作業時間、単位時間あたりの呼吸量となる。

第5欄及び第6欄の排気中及び排水中濃度限度の導出シナリオは、公衆のある一人が誕生してから70歳になるまでの期間について、排気を吸入し続ける、または取り込む水がすべて排水であると仮定したときに、年平均1 mSvとなる濃度である[40]。このとき、濃度限度導出に係るパラメータは、6つの年齢群に対する1日あたりの呼吸量及び摂水量となる。

4.3.2 パラメータの調査

令和6年度事業では、摂水量に関する文献を1件調査した。

- ・ European Food Safety Authority, Scientific Opinion on Dietary Reference Values of Water, EFSA Journal 2010; 8(3): 1459. [48]

この報告書は、欧州食品安全機関（EFSA）による科学的意見であり、欧州連合加盟国全体の観察データを基に作成されたものである。この報告書では、いくつかの年齢群と妊娠中及び授乳中の女性に対する1日あたりの摂水量（ml/日）（ただし、0～6ヶ月児に対しては1日あたり体重1 kgあたりの摂水量（ml 日⁻¹ kg⁻¹））が提供されている。表4-2に、本報告書の標準摂水量を示す。合わせて、現行のRI数量告示の排水中濃度限度の導出に使用された、外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係る技術的指針[40]で示された1日あたりの摂水量（ml/日）を合わせて示す。対応する年齢の区分がない場合は「－」で示した。また、1990年勧告に準拠した公衆に対する実効線量係数の計算では、3ヶ月児の標準体重は6 kg [49]とされていることから、EFSAの標準摂水量の3ヶ月に対する値は600～1140 ml/日となる。

両者を比較すると、幼児期においては現行の技術的指針の摂水量がやや多いものの、概ね同水準であると言える。

表 4-2 EFSA の標準摂水量と現行 RI 数量告示で使用された摂水量

区分	EFSA の標準摂水量	現行技術的指針[40]
0～6 ヶ月	100～190 ml/(kg 日)	1400 ml/日 (3 ヶ月)
6～12 ヶ月	800～1000 ml/日	1400 ml/日 (1 歳)
1～2 歳	1100～1200 ml/日	
2～3 歳	1300 ml/日	—
4～8 歳	1600 ml/日	1600 ml/日 (5 歳)
9～13 歳	男性：2100 ml/日、女性：1900 ml/日	1800 ml/日 (10 歳)
14 歳以上	男性：2500 ml/日、女性：2000 ml/日	2400 ml/日 (15 歳) 2650 ml/日 (成人)
妊娠中女性	2300 ml/日	—
授乳中女性	2700 ml/日	—

4.4 サブマージョン核種に対する基準値に係る検討

4.4.1 背景

RI 数量告示別表第 2 には、第 1 欄の化学形等について、「サブマージョン」という分類が存在する核種がある[2]。サブマージョンとは、貴ガス放射性核種のように吸入摂取してもほとんど体内に取り込まれず、その結果、組織や臓器に取り込まれた放射性核種からの線量よりも、体外及び肺中の空気に存在する放射性核種からの線量の方がはるかに大きい被ばく状況のことである。そして、このような被ばくをもたらす核種をサブマージョン核種と呼ぶ。

現行の RI 数量告示別表第 2 におけるサブマージョン核種に対する濃度限度は、Publ. 68, ANNEX D に示される実効線量率係数[5]を基に導出されている。この実効線量率係数は、被ばく線量評価対象が地表面に立っている時の、半無限空間（半径が平均自由行程の 5 倍の半球）に単位濃度でサブマージョン核種が存在している状況における外部被ばく線量率と、評価対象の呼吸気道に含まれる空気中に同じ濃度で存在しているサブマージョン核種からの放射線による被ばく線量率を足し合わせたものとなっている。以下、呼吸気道中空気に含まれるサブマージョン核種からの放射線による被ばくを、内部照射と呼ぶ。ICRP は、Publ. 68 のサブマージョン核種に対する実効線量率係数を置き換える、2007 年勧告に準拠した新しい実効線量率係数を Publ. 151 (OIR Part 5) の ANNEX A [14]として公開した。しかしながら、令和 3 年度報告書[21]にも記載したように、この新しい実効線量率係数は、内部照射による線量寄与が考慮されていない。以上のことから、2007 年勧告に基づいたサブマージョン核種に対する濃度限度について今後検討を進めていくにあたって、サブマージョンにより受ける線量への内部照射の寄与割合について把握することが重要である。本節では、IDCC に実装した 2007 年勧告に基づく線量評価モデル・データを用い、OIR Part 5, ANNEX A に記載のあるネオン、アルゴン、クリプトン及びキセノンの 36 核種について内部照射による実効線量率係数を試算し、内部照射の寄与割合について検討した結果をまとめる。また、実際の被ばく状況で

は部屋の天井や壁による放射線の散乱が生じることを考慮し、OIR Part 5, ANNEX A には、半無限空間に加えて 3 種類の部屋（事務所、実験室及び倉庫）におけるサブマージョンについて外部被ばくによる実効線量率係数が掲載されている。そこで、これらの被ばく状況（以下、「被ばく環境」という。）の違いによる線量率係数への影響についても検討した。

4.4.2 内部照射による実効線量率係数の計算方法

(1) Publ. 68 の計算方法

呼吸気道を ET1：前鼻道、ET2：後鼻道、BB：気管支、bb：細気管支、AI：肺胞・間質の 5 個の領域に区分し、各領域に含まれる空気の色に込じた放射能を、各領域の表面に均一に分布していると仮定し、呼吸気道の各領域表面から全身の組織・臓器への等価線量率を計算した[42]。詳細な計算方法（このとき使用した各領域の空気量、呼吸気道の各領域表面から全身の組織・臓器への SAF 等）は Bailey ら[50]に記載がある[42]とのことであるが、文献を入手できず、具体的な数値及び使用データについて確認できなかった。

(2) 本事業での計算方法

基本的な考え方は河合ら[42]と同様とした。呼吸気道の各領域の空気量については、Publ. 66 [51]の第 2 章（形態計測モデル）に従い、表 4-3 のとおりとした。空気中濃度が 1 Bq/m³ の場合の放射能も合わせて示した。

呼吸気道の各領域から全身の組織・臓器への SAF は、Publ. 133 [33]（Publ. 110 [8]の標準成人ファントムに基づく SAF データ）を使用した。このとき、呼吸気道の各領域の空気が線源領域となるが、Publ. 133 には完全に一致する線源領域区分はない。そこで、表 4-4 に示す線源領域の SAF データを代用した。

表 4-3 呼吸気道領域ごとの空気量[51]及び含まれる放射能

領域	空気量 (cm ³)	放射能 (Bq)
ET1 (前鼻道)	2.5	2.5×10^{-6}
ET2 (後鼻道)	340	3.4×10^{-4}
BB (気管支)	50	5.0×10^{-5}
bb (細気管支)	50	5.0×10^{-5}
AI (肺胞・間質)	4500	4.5×10^{-3}

表 4-4 呼吸気道領域ごとの代用線源領域

領域	代用線源領域
ET1 (前鼻道) 空気	ET1-sur (ET1 表面)
ET2 (後鼻道) 空気	ET2-sur (ET2 表面)
BB (気管支) 空気	Bronchi (気管支)
bb (細気管支) 空気	Brchiole (細気管支)
AI (肺胞・間質) 空気	RT-air (呼吸気道空気)

S_w 値の計算に IDCC を利用した。計算対象となる核種の元素は貴ガスであり、これらの元素の全身動態モデルは IDCC には組み込まれておらず、計算が実行できない。そこで、全身動態モデルのファイルにダミーデータ（例：血液から肝臓への移行、移行係数 0）を追加することで S_w 値の計算を実行した。

こうして得られた S_w 値に表 4-3 に示す線源領域ごとの放射能を乗じることで内部照射による各組織・臓器の等価線量率 ($Sv/(s\ Bq/m^3)$) を計算した。性別ごとに計算した等価線量率を男女平均し、これに 2007 年勧告の組織加重係数を乗じて総和することで実効線量率係数を計算した。

4.4.3 計算結果

内部照射による実効線量率係数及び内部照射の寄与割合の計算結果を表 4-5 に示す。表 4-5 の実効線量率係数の外部被ばくの列は Publ. 155, ANNEX A, Table A.2 の Environmental（半無限空間）の数値、合計の列は外部被ばくと内部照射による実効線量率係数の合計、内部照射寄与割合は内部照射による実効線量率係数を外部被ばく及び内部照射の合計の実効線量率係数で除した値である。36 核種のうち 30 核種については、内部照射の寄与割合は 0.05 以下であった。一方、Ar-37、Kr-83m では、寄与割合がそれぞれ 1.00、0.53 となり、内部照射による線量寄与が大きい核種もあった。Ar-37 は、1 壊変あたりに放出されるエネルギーが 2.54 keV と非常に低く、このうち 89%のエネルギーがオージェ電子として放出される。このような低エネルギー電子線による外部被ばくでは、皮膚表面で遮へいされるため線量を与えない。しかしながら、内部照射では、表面に付着しているという仮定から自己吸収による線量が発生することから、内部照射の寄与割合が 1 となった。Kr-83m は、1 壊変あたりに放出されるエネルギーが 41.6 keV であり、このうち 93%のエネルギーが電子（内部転換電子及びオージェ電子）として放出される。このような低エネルギー電子による外部被ばくでは、ほぼ皮膚のみ線量を受ける。一方、内部照射においては、組織加重係数の大きい肺胞や気管に対する線量が一定程度生じるため、内部照射の寄与割合が大きくなったと考えられる。

表 4-5 サブマージョン核種の実効線量率係数

核種	実効線量率係数 (Sv/ (s Bq m ⁻³))			内部照射 寄与割合 ^{*2}
	外部被ばく ^{*1}	内部照射	合計	
Ne-19	4.33E-14	1.07E-16	4.34E-14	0.002
Ne-24	2.33E-14	8.91E-17	2.34E-14	0.004
Ar-37	0.00E+00	7.21E-22	7.21E-22	1.000
Ar-39	9.89E-17	3.98E-17	1.39E-16	0.287
Ar-41	6.08E-14	7.09E-17	6.09E-14	0.001
Ar-42	1.09E-16	4.08E-17	1.50E-16	0.272
Ar-43	7.50E-14	1.42E-16	7.51E-14	0.002
Ar-44	9.31E-14	8.14E-17	9.32E-14	0.001
Kr-74	4.33E-14	7.92E-17	4.34E-14	0.002
Kr-75	5.53E-14	1.57E-16	5.55E-14	0.003
Kr-76	1.68E-14	7.41E-18	1.68E-14	0.000
Kr-77	4.25E-14	8.35E-17	4.26E-14	0.002
Kr-79	1.03E-14	7.08E-18	1.03E-14	0.001
Kr-81	3.72E-17	6.57E-19	3.79E-17	0.017
Kr-81m	4.86E-15	1.66E-17	4.88E-15	0.003
Kr-83m	1.86E-18	2.08E-18	3.94E-18	0.528
Kr-85	2.16E-16	4.13E-17	2.57E-16	0.160
Kr-85m	5.92E-15	4.20E-17	5.96E-15	0.007
Kr-87	3.94E-14	1.32E-16	3.95E-14	0.003
Kr-88	9.58E-14	6.91E-17	9.59E-14	0.001
Kr-89	9.44E-14	1.47E-16	9.45E-14	0.002
Xe-120	1.54E-14	1.23E-17	1.54E-14	0.001
Xe-121	6.69E-14	7.46E-17	6.70E-14	0.001
Xe-122	1.97E-15	2.35E-18	1.97E-15	0.001
Xe-123	2.69E-14	3.45E-17	2.69E-14	0.001
Xe-125	9.72E-15	9.81E-18	9.73E-15	0.001
Xe-127	1.00E-14	1.10E-17	1.00E-14	0.001
Xe-127m	5.47E-15	4.07E-17	5.51E-15	0.007
Xe-129m	7.89E-16	4.54E-17	8.34E-16	0.054
Xe-131m	2.97E-16	4.43E-17	3.41E-16	0.130
Xe-133	1.12E-15	3.34E-17	1.15E-15	0.029
Xe-133m	1.13E-15	4.17E-17	1.17E-15	0.036
Xe-135	9.92E-15	5.17E-17	9.97E-15	0.005
Xe-135m	1.76E-14	1.71E-17	1.76E-14	0.001
Xe-137	1.11E-14	1.55E-16	1.13E-14	0.014
Xe-138	5.36E-14	8.42E-17	5.37E-14	0.002

^{*1}Publ. 155, ANNEX A, Table A.2 の Environment の数値[14]。

^{*2}内部照射寄与割合は、内部照射による実効線量率係数を実効線量率係数の合計で除した値。

4.4.4 被ばく環境の違い

事務所、実験室及び倉庫におけるサブマージョン被ばくに対する実効線量率係数の、半無限空間での実効線量率係数に対する比を表 4-6 に示す。**太字**は比が 1 以上、*斜体*は比が 0.1 未満であることを示す。比を計算するために使用した実効線量率係数は、いずれも内部照射による寄与を考慮している。Ar-37、Ar-39、Ar-42 及び Kr-83m については、比が 1 以上となる被ばく条件があった。これらの核種は、部屋の壁や天井で散乱しやすい低エネルギーの光子や β 線が主たる放射線であることから、半無限空間に比べて部屋における実効線量率係数が大きくなったと考えられる。しかしながら、25 核種についてはいずれの部屋も比が 0.1 未満となることから、半無限空間は相当程度保守的な仮定であると言える。

表 4-6 3 つの被ばく環境における線量率係数の半無限空間の線量率係数に対する比

核種	事務所	実験室	倉庫	核種	事務所	実験室	倉庫
Ne-19	0.045	0.062	0.080	Kr-87	0.050	0.066	0.077
Ne-24	0.053	0.068	0.080	Kr-88	0.020	0.029	0.039
Ar-37	1.000	1.000	1.000	Kr-89	0.031	0.044	0.057
Ar-39	1.145	1.159	1.167	Xe-120	0.026	0.041	0.056
Ar-41	0.025	0.035	0.046	Xe-121	0.028	0.041	0.054
Ar-42	1.140	1.154	1.174	Xe-122	0.038	0.059	0.079
Ar-43	0.035	0.049	0.061	Xe-123	0.029	0.042	0.056
Ar-44	0.022	0.032	0.042	Xe-125	0.030	0.046	0.062
Kr-74	0.038	0.053	0.069	Xe-127	0.030	0.047	0.063
Kr-75	0.050	0.072	0.094	Xe-127m	0.044	0.063	0.080
Kr-76	0.025	0.040	0.054	Xe-129m	0.205	0.245	0.283
Kr-77	0.040	0.056	0.072	Xe-131m	0.331	0.371	0.405
Kr-79	0.026	0.040	0.053	Xe-133	0.099	0.123	0.149
Kr-81	0.163	0.199	0.238	Xe-133m	0.151	0.172	0.194
Kr-81m	0.035	0.051	0.066	Xe-135	0.050	0.065	0.080
Kr-83m	0.929	1.015	1.114	Xe-135m	0.028	0.042	0.056
Kr-85	0.736	0.747	0.775	Xe-137	0.167	0.215	0.239
Kr-85m	0.059	0.075	0.091	Xe-138	0.029	0.039	0.050

太字は比が 1 以上、*斜体*は比が 0.1 未満であることを示す。

4.4.5 基準値改正に向けた課題

サブマージョンによる線量への内部照射の寄与割合は、ほとんどの核種について 10%以下であった。サブマージョン核種に対する濃度限度の導出において、放射壊変による核種濃度の減衰を考慮しないこと、半無限空間に核種が存在しているという仮定が相当程度保守的であることを考慮すると、現行のサブマージョン核種に対する濃度限度の計算方法は保守的なものとなっており、内部照射の寄与を考慮しないことによる実効線量率係数の過小評価の影響は概して小さいと考えられる。しかしながら、核種によっては内部照射の寄与割合が大きいこと、及び内部照射を無視した線量率係数に基づく濃度限度を採用することは、現行の導出過程とは異なることについて議論の余地があると言える。

4.5 まとめ

RI 数量告示に関する聞き取り調査を実施し、RI 数量告示の別表に示された外部被ばく線量係数の利用実態に関する情報を得た。また、1990 年勧告の取入れ時の許認可対応の実態について情報を集めることができた。内部被ばく線量評価に係る規制改正用基準値の導出シナリオに係る検討では、摂水量に関する文献 1 件を調査し、情報を整理した。サブマージョン核種についても検討を進め、課題を整理した。

以上により、規制改正用基準値の整備に向けた検討を進捗させた。

第5章 コード簡易版（Web アプリ）の改良

5.1 目的及び実施内容

現行の IDCC は、ユーザーの計算機にインストールして利用する全機能版及び機能制限版と、ウェブブラウザを介して利用する簡易版（Web アプリ）の 3 つのエディションを準備している。Web アプリは、事前に算出した結果をデータベース化して Web サーバーに置くことで、ユーザーが指定した条件に対応する結果をブラウザ上で表示できる。そのため、動作させる計算機に一定の処理性能が求められる全機能版や機能制限版に比べ、より簡便に利用できる教育用ツールとして開発を進めている。教育用ツールとしての用途のため、ユーザーとして線量に関する専門知識をそれほど有しない一般人を想定しており、使用方法の分かりやすさと使用上の注意喚起が他のエディションに比べてより重要となる。

令和 5 年度事業では、令和 4 年度事業に開発した Web アプリプロトタイプをサーバー上に設置し、国内の専門家に試用提供することで、意見を収集し今後の改良項目を抽出した[26]。これを基に、令和 6 年度事業では、令和 5 年度事業で抽出した改良項目について対応を検討し、対応が必要と判断された項目について改良を施した。

5.2 改良点の整理と検討

令和 5 年度事業において、Web アプリプロトタイプの試用提供により得られた意見については、以下のとおり整理された。

(1) 改良する点

- ① 各ページの入力に関する説明や見出しを見直し、分かりやすくする
- ② 時間推移データのグラフの軸に単位を表記する
- ③ 公衆に対する摂取量推定結果について、対応する年齢群を明示する
- ④ SSL 証明等のセキュリティ対策について、公開時に対応する

(2) 検討委員会で対応を検討するとした点

- ① ヨウ素摂取時に甲状腺吸収線量を出力するかどうか
- ② 連続摂取の評価機能は、簡易版の範囲を超えるため、対応しない方針でよい

上記(1)の①、②、③については、令和 6 年度の検討委員会において対応することを再度確認した。また、(2)の 2 点については、検討委員会における審議の結果、Web アプリの目的（簡易に利用できる教育用ツール）に鑑み、その範囲を超える利用方法であるとして、対応しない方針を決定した。なお、甲状腺の吸収線量や連続摂取に対する評価については、機能制限版の役割や必要な機能を調査する中で再度検討することとした。

5.3 改良と動作確認

5.2 節に記した 3 つの改良項目について、以下に示すように Web アプリに反映した。

5.3.1 各ページの入力に関する説明や見出しの追加

① 条件設定画面

画面上段に、見出しとして「摂取条件の設定」という文言を追加し、本画面でユーザーが入力すべき事項について明確化した（図 5-1 の A）に該当）。

○ 改良前

○ 改良後

図 5-1 条件設定画面への見出しの追加

② 線量係数・時間推移データ表示画面

画面上段に見出しとして「実効線量係数と時間推移データの表示」を追加した（図 5-2 の A）に該当）。また、画面中段右側にある実効線量係数を示す枠内に、単位を変換可能である旨の説明を加えた（図 5-2 の B）に該当）。画面下段にある時間推移データを選択する枠については、2 つの枠に分かれていた選択項目を 1 つの枠に統合し、見出しを「表示させる時間推移データを選択してください」という文言に変更した（図 5-2 の C）に該当）。

○ 改良前

内部被ばく線量評価ウェブアプリ

Home

A)

選択された条件

【選択された条件】作業員 [作業員]
【標識】 Cs-137
【摂取経路】 吸入摂取
【化学形】 (f)塩化物、硝酸塩、硫酸塩

実効線量係数

9.3e-3 $\mu\text{Sv/Bq}$ B)

時間推移データを選択してください

☒ 尿中排泄率
☐ 糞中排泄率
☐ 全身残留率

時間推移データを選択してください

☒ 単位摂取量あたりの放射能又は排泄率 C)
☐ 放射能又は排泄率あたりの推定実効線量

○ 改良後

内部被ばく線量評価ウェブアプリ

Home

実効線量係数と時間推移データの表示 A)

選択された条件

【選択された条件】作業員 [作業員]
【標識】 Cs-137
【摂取経路】 吸入摂取
【化学形】 (f)塩化物、硝酸塩、硫酸塩

実効線量係数

9.3e-3 $\mu\text{Sv/Bq}$ B)
単位を変換可能

表示させる時間推移データを選択してください C)

☒ 尿中排泄率
☐ 糞中排泄率
☐ 全身残留率

☒ 単位摂取量あたりの放射能又は排泄率
☐ 放射能又は排泄率あたりの推定実効線量

Cs-137, 塩化物, 硝酸塩, 硫酸塩

1E-03
1E-06
1E-09
1E-12
1E-15
1E-18

1 10 100 1000 10000

摂取後経過日数 (日)

ダウンロード (Fig.)
ダウンロード (csv)

モニタリングデータから摂取量・被ばく線量を推定しますか？

図 5-2 線量係数・時間推移データ表示画面への見出しの追加

③ 摂取量推定画面

画面上段に見出しとして、「個人モニタリング評価値からの摂取量・被ばく線量推定」という文言を追加し、本画面で実行可能な内容を明確化した（図 5-3 の A）に該当）。画面中段左側にある摂取後日数の入力枠については、従前では「摂取後経過日数を入力してください」との見出しを配置していたが、より丁寧に説明することを目的として、「摂取してから個人モニタリング実施までの経過日数を入力してください」といった文言に修正した（図 5-3 の B）に該当）。同様に、画面中段右側の評価値の入力枠については、従前では「評価値を入力してください」としていたところを、「個人モニタリングの評価値を入力してください」といった文言に修正した（図 5-3 の C）に該当）。また、画面下段左側に配していた摂取量及び被ばく線量の出力枠においても、従前は「摂取量」及び「被ばく線量」と記載していたが、ユーザーの判断しやすさを向上させるべく、「推定された摂取量」及び「推定された被ばく線量」といった文言に修正した（図 5-3 の D）、E）にそれぞれ該当）。

○ 改良前

○ 改良後

図 5-3 摂取量推定画面への見出しの追加

5.3.2 線量係数・時間推移データ画面内のグラフ軸への単位の追加

線量係数・時間推移データ画面には、選択した時間推移データに従って、下段右側にグラフが表示されるようになっている。このグラフの横軸は摂取後の日数を示しているが、従前は単位の記載が無かったため単位として「(日)」を追加した(図 5-4 の A)に該当)。また、縦軸の単位は、表 5-1 に示すとおり選択する時間推移データによって 4 通り存在するため、それぞれ反映した(図 5-4 の B)に該当)。

5.3.3 公衆に対する摂取量推定の年齢別出力結果に対する年齢群名の追加

摂取条件の設定画面で評価対象者を公衆と選択した場合、個人モニタリング評価値からの摂取量・被ばく線量推定画面下段左側に配している推定された摂取量の出力枠及び推定された被ばく線量の出力枠には、ICRP が公表するデータに対応する生後 3 ヶ月、1 歳、5 歳、10 歳、15 歳、成人の 6 年齢群に対する結果が表示されるようになっている。しかしながら、従前の設定では、出力結果が列挙されるのみとなっており、どの数値がどの年齢群のものであるか判別することが難しかった。そこで、それぞれの出力結果に、年齢群に関する情報を追加した(図 5-5 の A)、B)に該当)。

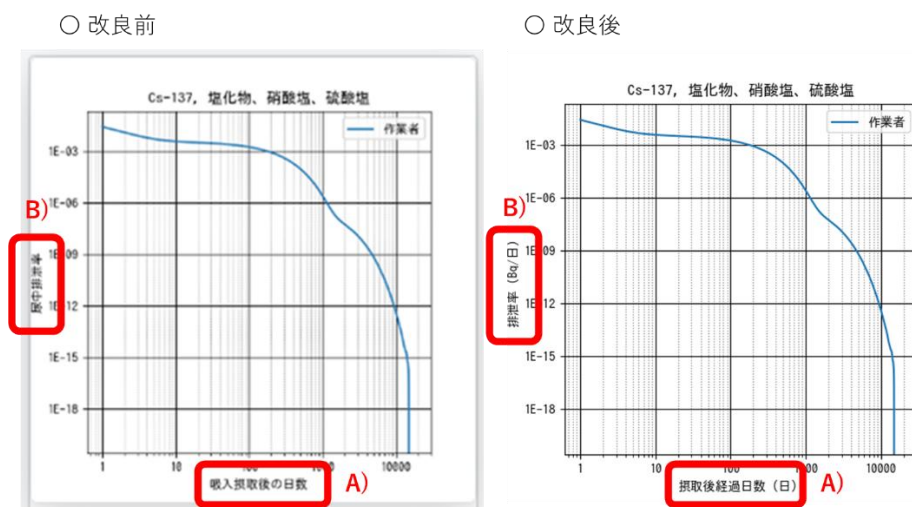


図 5-4 時間推移データのグラフ軸への単位の追加

表 5-1 表示する時間推移データと対応する単位

排泄率・残留率	表示させたい値	単位
尿中排泄率または 糞中排泄率	単位摂取量あたりの放射能又は排泄率	Bq/日
尿中排泄率または 糞中排泄率	放射能又は排泄率あたりの預託実効線量	Sv/(Bq/日)
全身残留率または 甲状腺残留率	単位摂取量あたりの放射能又は排泄率	Bq
全身残留率または 甲状腺残留率	放射能又は排泄率あたりの預託実効線量	Sv/Bq

○ 改良前

○ 改良後

図 5-5 公衆に対する摂取量推定の年齢別出力結果に対する年齢群名の追加

5.4 まとめ

令和 5 年度事業で整理された対応項目について、具体的な対応方法を検討し、Web アプリに反映した。条件設定画面、線量係数・時間推移データ表示画面及び摂取量推定画面については入力に関する説明や見出しを追加した。加えて、線量係数・時間推移データ表示画面内のグラフについては軸に単位を追加した。また、摂取量推定画面内の推定量出力枠については対応する年齢群の名称を追加した。これらの追加項目を反映後に動作確認を実施し、正常に反映されていることを確認した。

今後の課題としては、想定される利用者にとって数値の E 表記になじみがない可能性があるため、べき乗表記に改良する必要性を検討する。

第6章 研究に必要な国内外の情報収集

6.1 学術会合での発表

放射線による内部被ばく及び外部被ばくに関して事業内容に関連する情報を収集し、専門家と意見交換を行うとともに、事業の成果を公表するため学術会合に参加した。発表資料については付録2に収録した。

6.1.1 日本原子力学会 2024 年秋の大会

(1) 大会情報

主催：一般社団法人日本原子力学会

共催：東北大学大学院工学研究科

会期：令和6年9月11日（水）～13日（金）

会場：東北大学川内北キャンパス（宮城県仙台市）

(2) 参加概要

サブマージョン核種の線量率係数に関する口頭発表1件を行った。

・口頭発表

タイトル：サブマージョン核種による被ばくの内部照射の線量寄与

発表者：真辺健太郎、室田修平、村上優子、高橋史明

発表概要：サブマージョン核種が呼吸気道等の体内空気中で1回壊変したときの各組織・臓器の等価線量についてIDCCを用いて算出することで内部照射による実効線量率係数($\text{Sv}/(\text{Bq m}^{-3}\text{s})$)を評価し、外部被ばくによる実効線量率係数との合算値に対する寄与割合を評価した結果について発表した。質疑応答は以下のとおり。

質問：呼吸気道内の空気量の検討が必要とのことだが、日本人を想定した量の設定を行う可能性はあるか。

回答：リファレンスとなるようなデータがあればそのような計算も可能である。まずはPubl. 68や現行の告示と計算条件をそろえて検討したいと考えているが、その情報が見つからないのが現状である。

質問：内部照射による線量を計算するにあたって、どのような組織加重係数を用いたか。

回答：2007年勧告の組織加重係数を用いた。複数の領域から成る組織の時の加重割合はOIR Part 1のものを用いた。つまり、OIRシリーズに準拠した係数で実効線量を計算した。

コメント：今後、日本の法令に反映していくのであれば、呼吸気道内の空気量など、日本人の特性を考慮できるところは考慮した評価も行うべきと考える。

6.1.2 第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会

(1) 大会情報

主催：一般社団法人日本放射線安全管理学会、一般社団法人日本保健物理学会

共催：放射線安全フォーラム、大阪大学放射線科学基盤機構

会期：令和 6 年 12 月 16 日（月）～18 日（水）

会場：大阪大学コンベンションセンター（大阪府吹田市）

(2) 参加概要

IDCC 試用会の実施による改善点の抽出に関する口頭発表 1 件及び IDCC の開発状況に関するポスター発表 1 件を行った。

・口頭発表

タイトル：内部被ばく線量評価コード IDCC の試用会実施による改善点の抽出

発表者：室田修平、真辺健太郎、高橋史明

発表概要：IDCC の機能や使い勝手を向上させることを目的に想定利用者層に対して試用会を実施し、得られた意見を踏まえた IDCC の改良計画について報告した。質疑応答は以下のとおり。

質問：試用会に使用したエディション（全機能版・機能制限版）や参加者の属性（教職員、学生）の違いにより、アンケート結果に何らかのバイアスがかかるのではないかと。

回答：本発表では全体的にまとめた結果をお示ししたが、今後、個別に検討していく。

質問：公衆の線量評価は可能か。

回答：ICRP が公開予定の EIR シリーズを組込む計画であり、将来的に計算可能となる。

質問：放射性医薬品の線量評価は可能か。

回答：放射性医薬品の体内動態に関する一般的な表記法（組織・臓器への分配比と生物学的半減期による表現）には対応していない。コンパートメントモデルとして動態を表現できれば、モデルを組み込んで計算することは可能。

・ポスター発表

タイトル：内部被ばく線量評価コード IDCC の開発状況と今後の計画

発表者：真辺健太郎、室田修平、村上優子、高橋史明

発表概要：IDCC について、その特徴や開発状況、今後の計画をまとめたポスターを掲示し、参加者と意見交換した。質疑応答は以下のとおり。

コメント：放射性医薬品の線量評価に使えるとよい。

コメント：独自データを反映した評価ができるのがよい。

コメント：全機能版の提供条件についての確認。

質問：濃度限度が新しくなる時期はいつか？

回答：放射線審議会での具体的な議論はまだ始まっておらず、時期は見通せない。令和 7 年度に技術的指針に関する検討部会が放射線審議会に設置されて、検討が開始される予定。

(3) 事業への反映等

口頭発表での質疑応答を受けて、試用会で得たコメントをコードエディションと参加者属性で 2×2 のマトリクスに分類して集計、分析し、第 3 回検討委員会で審議することとした。しかしながら、母数が少なかったことから、2×2 のマトリクスでは分類が過剰で、回答傾向の違いは特に見られなかった。本報告書では、試用会 3 回分の回答を総合的に集計しつつ、

エディションによる回答傾向の違いを確認できるように工夫した。

複数の参加者から放射性医薬品に対する線量評価への利用について質問、コメントがあり、核医学分野からのニーズの高さがうかがえた。

6.2 国際会合での発表

国際原子力機関放射線安全基準委員会第 57 回会合において、IDCC の開発に関する発表を行った。

(1) 会合情報

会期：令和 6 年 12 月 9 日（月）～13 日（金）

会場：ウィーン国際センター（オーストリア・ウィーン）

(2) 参加概要

国際原子力機関（IAEA）放射線安全基準委員会（RASSC）第 57 回会合の「ICRP の新しい内部被ばく線量係数の国家レベルでの影響」というセッションにおいて、日本における取り組みとして IDCC の開発について口頭発表した。

・口頭発表

発表者：H. Ogino, K. Manabe

タイトル：Current status of considerations in Japan for the implementation of the new ICRP dose coefficients: Development of Internal Dose Calculation Code (IDCC)

発表概要：まず、RASSC の日本委員であり、第 10 期 RASSC 議長である原子力規制庁の荻野氏より、日本における放射線防護に係る法令の現状と ICRP2007 年勧告の法令への取入れに関する検討状況が報告された。続いて、ICRP の新しい線量係数に関する日本での取り組みとして、IDCC の開発について口頭発表した。質疑応答は以下のとおり。

質問：日本人の体格を考慮した線量の比較は、どのように行う予定か。

回答：比較対象は ICRP の線量係数で、日本人の線量係数は男女平均で行う予定である。

質問：日本人の体格データを考慮すると、線量はどのくらい違うか。

回答：男性同士で比較した先行研究では、10～20%日本人の方が大きい場合があった。

メールによる問合せ：IAEA 事務局より、IDCC を使ってみたいとの問合せがあった。提供可能となったら連絡する旨回答した。

第7章 被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会の設置・運営

本事業で設置した検討委員会の構成員を表 7-1 に示す。会合は 3 回開催し、第 1 回会合を令和 6 年 6 月 5 日に、第 2 回会合を令和 6 年 10 月 11 日に、第 3 回会合を令和 7 年 2 月 7 日にそれぞれ実施した。各会合の議事概要については、付録 3 に収録した。

表 7-1 令和 6 年度 被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会

	氏 名	所 属
委員長	細田 正洋	弘前大学大学院保健学研究科放射線技術科学領域
委 員	沖 雄一	京都大学複合原子力科学研究所
〃	谷 幸太郎	東京都立大学大学院人間健康科学研究科
〃	玉熊 佑紀	長崎大学放射線総合センター
〃	吉田 浩子	東北大学先端量子ビーム科学研究センター
幹 事	高橋 史明	日本原子力研究開発機構 安全研究センター
事務局	真辺 健太郎	日本原子力研究開発機構 安全研究センター
〃	室田 修平	日本原子力研究開発機構 安全研究センター

第8章 あとがき

令和4年度より開始となった原子力規制庁の5カ年計画の安全研究プロジェクト「放射線防護のための線量及び健康リスク評価の精度向上に関する研究」の中の放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業として、令和6年度は、IDCCの高度化、規制改正用基準値の整備に向けた調査、簡易版（Webアプリ）の改良を実施した。

IDCCの高度化では、公衆に対する線量評価用モデル・データのIDCCへの組込みに取り掛かることとなり、小児SAFデータの組込みを行った。その他の組織が線源領域である場合の S_w 値の計算や、年齢群別 S_w 値の内挿アルゴリズムの妥当性確認に課題は残ったものの、最新の刊行物を踏まえたIDCCの高度化作業を進捗させることができた。今後は、上記課題の解決に加え、EIRシリーズの全身循環モデルの組込み及び実効線量係数の検証作業を進めていくこととなる。

規制改正用基準値の整備に向けた検討では、放射線管理者や許認可申請対応者への聞き取り調査を通じ、RI数量告示の別表の参照実態や、2007年勧告取入れに対する懸案事項を把握することができた。また、摂水量に関する文献を1件調査し、摂取シナリオの検討に資する情報を整理した。

簡易版Webアプリについては、令和5年度事業において整理した改良点に係る改良作業を実施した。説明を充実させ、利用性を向上させた。

本事業で得られた成果を国内外の学会等で開催することにより、専門家より様々な意見を収集するとともに、IDCCの認知度の向上を図ることができた。

謝辞

本事業の進捗にあたり、貴重なご助言を賜りました検討委員会委員長の細田正洋先生、同委員の沖雄一先生、谷幸太郎先生、玉熊佑紀先生及び吉田浩子先生に厚く御礼申し上げます。また、IDCC 試用会の開催にあたってご協力賜りました横山須美先生、安田仲宏先生、規制基準値に関する聞き取り調査にご協力賜りました馬田敏幸先生、阿部利明先生、岩竹聡先生、奥野浩二先生、酒井昭宏氏に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 放射性同位元素等の規制に関する法律（昭和三十二年法律第百六十七号）。
- [2] 放射線を放出する同位元素の数量等を定める件（平成十二年科学技術庁告示第五号）。
- [3] ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP **21**(1–3), 1991.
- [4] ICRP, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74, Ann. ICRP **26**(3–4), 1996.
- [5] ICRP, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 68, Ann. ICRP **24**(4), 1994.
- [6] ICRP, Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. ICRP Publication 72, Ann. ICRP **26**(1), 1995.
- [7] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP **37**(2–4), 2007.
- [8] ICRP, Adult Reference Computational Phantoms. ICRP Publication 110, Ann. ICRP **39**(2), 2009.
- [9] ICRP, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116, Ann. ICRP **40**(2–5), 2010.
- [10] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1. ICRP Publication 130, Ann. ICRP **44**(2), 2015.
- [11] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2. ICRP Publication 134, Ann. ICRP **45**(3/4), 2016.
- [12] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137, Ann. ICRP **46**(3/4), 2017.
- [13] ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 4. ICRP Publication 141, Ann. ICRP **48**(2/3), 2019.
- [14] ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 5. ICRP Publication 151, Ann. ICRP **51**(1/2), 2022.
- [15] 原子力規制庁, 「平成 29 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費」の実施について, <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12348280/www.nra.go.jp/data/000189975.pdf>. 最終アクセス日: 令和 5 年 3 月 25 日.
- [16] 原子力規制庁, 平成 29 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費の採択結果について, <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12348280/www.nra.go.jp/data/000202599.pdf>. 最終アクセス日: 令和 5 年 3 月 25 日.
- [17] 日本原子力研究開発機構, 平成 29 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費（内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究）事業成果報告書, 平成 30 年 3 月.
- [18] 日本原子力研究開発機構, 平成 30 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費（内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究）事業成果報告書, 平成 31 年 3 月.
- [19] 日本原子力研究開発機構, 平成 31/令和元年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費（内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究）事業成果報告書, 令和 2 年 3 月.

- [20] 日本原子力研究開発機構, 令和 2 年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費 (内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究) 事業成果報告書, 令和 3 年 3 月.
- [21] 日本原子力研究開発機構, 令和 3 年度放射線対策委託費 (内部被ばく線量評価コードの高度化及び運用・普及促進) 事業成果報告書, 令和 4 年 3 月.
- [22] 原子力規制庁, 令和 4 年度安全研究計画, <https://www.nra.go.jp/data/000398336.pdf>. 最終アクセス日: 令和 7 年 3 月 25 日.
- [23] 日本原子力研究開発機構, 令和 4 年度放射線対策委託費 (被ばく線量評価コードの開発) 事業成果報告書, 令和 5 年 3 月.
- [24] 日本原子力研究開発機構, 令和 5 年度放射線対策委託費 (被ばく線量評価コードの開発) 事業成果報告書, 令和 6 年 3 月.
- [25] 日本原子力研究開発機構, 令和 4 年度放射線対策委託費 (内部被ばく線量評価コードの運用・普及促進) 事業成果報告書, 令和 5 年 3 月.
- [26] 日本原子力研究開発機構, 令和 5 年度放射線対策委託費 (内部被ばく線量評価コードの運用・普及促進) 事業成果報告書, 令和 6 年 3 月.
- [27] ICRP, Specific Absorbed Fractions for Reference Paediatric Individuals. ICRP Publication 155, Ann. ICRP **52**(4), 2023.
- [28] ICRP, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Members of the Public: Part 1. Draft Report for Consultation, 2023.
- [29] 原子力規制庁, 令和 6 年度安全研究計画, <https://www.nra.go.jp/data/000474194.pdf>. 最終アクセス日: 令和 7 年 3 月 25 日.
- [30] ICRP, Paediatric Computational Reference Phantoms. ICRP Publication 143, Ann. ICRP **49**(1), 2020.
- [31] ICRP, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Members of the Public: Part 2, Draft Report for Consultation, 2024.
- [32] ICRP, Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations. ICRP Publication 107, Ann. ICRP **38**(3), 2008.
- [33] ICRP, The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults: Specific Absorbed Fractions. ICRP Publication 133, Ann. ICRP **45**(2), 2016.
- [34] 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.
- [35] K. Manabe, K. Sato and A. Endo, Comparison of internal doses calculated using the specific absorbed fractions of the average adult Japanese male phantom with those of the reference computational phantom-adult male of ICRP publication 110, Phys. Med. Biol. **59**, 1255–1270, 2014.
- [36] K. Sato, F. Takahashi, D. Satoh and A. Endo, Construction of Average Adult Japanese Voxel Phantoms for Dose Assessment, JAEA-Data/Code 2011-013, 2011.
- [37] 真辺健太郎, 佐藤薫, 高橋史明, 平均的成人日本人男性ファントムを用いた光子及び電子比吸収割合の評価, JAEA-Data/Code 2014-017, 2014.

- [38] Netlib Repository at UTK and ORNL, slatec/pchip, <https://www.netlib.org/slatec/pchip/>. 最終アクセス日: 令和 7 年 3 月 25 日.
- [39] R.W. Leggett, K.F. Eckerman and L.R. Williams, An elementary method for implementing complex biokinetic models, *Health Phys.* **64**(3), 260–271, 1993.
- [40] 放射線審議会基本部会, 外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係る技術的指針, 平成 11 年 4 月.
- [41] ICRP, Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65, Ann. ICRP **23**(2), 1993.
- [42] 河合勝雄, 遠藤章, 桑原潤, 山口武憲, 水下誠一, ICRP の内部被ばく線量評価法に基づく空气中濃度等の試算, JAERI-Data/Code 2000-001, 2000.
- [43] 北海道大学オープンエデュケーションセンター 原子力人材育成事業 オープン教材 放射線防護学, https://ocw.hokudai.ac.jp/lecture/radiation-protection?movie_id=25767. 最終アクセス日: 令和 7 年 3 月 25 日.
- [44] 環境省, 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 (令和 5 年度版) WEB 版, <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/current/kisoshiryoh.html>. 最終アクセス日: 令和 7 年 3 月 25 日.
- [45] 日本アイソトープ協会 放射線安全取扱部会, 放射線教育テキスト.
<https://www.jrias.or.jp/seminar/cat8/803.html>. 最終アクセス日: 令和 7 年 3 月 25 日.
- [46] 科学技術庁, 国際放射線防護委員会の勧告 (ICRP Publ. 60) の取り入れ等による放射線障害防止法関係法令の改正について (通知), 平成 12 年 10 月.
- [47] 原子力安全技術センター, 放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル 2000, 平成 13 年 1 月.
- [48] European Food Safety Authority, Scientific Opinion on Dietary Reference Values of Water, *EFSA Journal* 2010; 8(3): 1459.
- [49] ICRP, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 1. ICRP Publication 56, Ann. ICRP **20**(2), 1990.
- [50] M.R. Bailey, A. Birchall, J.W. Marsh, A.W. Phipps and V. Sacoyannis, Application of the New ICRP Respiratory Tract Model to Gases and Vapours in ICRP Publication 68, NRPB-M688, 1996.
- [51] ICRP, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP **24**(1–3), 1994.

Lecture 1

Concept of Radiation Protection and Internal Dose Estimation

Contents

- Concept of Radiation Protection of the ICRP
 - ✓ Radiation Protection/Protection Quantity
 - ✓ Reference Person
 - ✓ Scope of Application of Protection Quantity
- Internal Dose Estimation
 - ✓ Characteristics of Internal Exposure
 - ✓ Intake Estimation
 - ✓ Effective Dose Coefficient

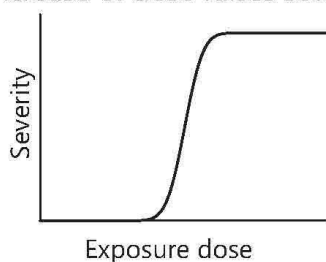
1

Radiation Protection

Effects of Radiation Exposure

Deterministic effect

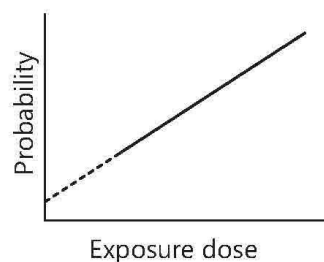
- Thresholds exist.
- Increase of dose raises severity.



Examples: erythema, hair loss, infertility, cataracts, etc.

Stochastic effects

- Assuming no thresholds
- Increase of dose raises probability.



Examples: cancer, diseases of offspring due to parental exposure

Purpose of Radiation Protection

Against radiation exposure,

- To prevent deterministic effects,
- To contain probabilities to below acceptable levels.

2

Protection Quantity

What is Protection Quantity?

Indicative quantities in protection against stochastic effects

- Equivalent dose of organ/tissue, T: H_T (Sv)
- Effective dose: E (Sv)

Definition of the Protection Quantity

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

T : organ or tissue
 R : type of radiation
 w_R : radiation weighting factor for R
 $D_{T,R}$: absorbed dose averaged in T by R (Gy)

w_R : a factor to reflect the higher biological effectiveness of high-LET radiations compared with low-LET radiations.

$$E = \sum_T w_T H_T$$

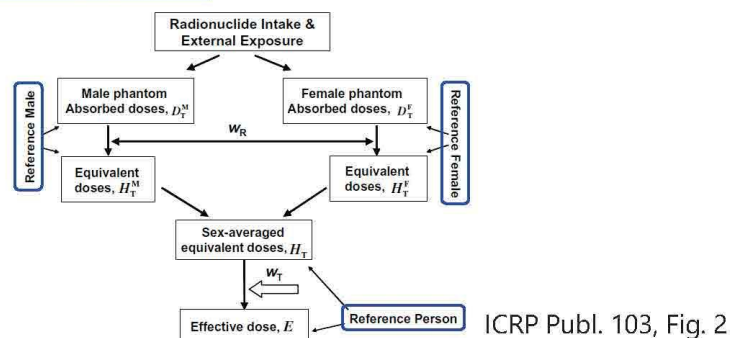
w_T : tissue weighting factor

w_T : a factor to consider the relative contribution of a tissue or organ to the total health detriment resulting from uniform irradiation of the body.

3

Reference Person

Effective Dose Derivation Flow



Reference Male and Reference Female

Idealized adult male or female with characteristics defined by the ICRP for the purpose of radiological protection

Reference Person

Idealized person for calculating (sex-averaged) equivalent dose and effective dose

Protection Quantity is a value related not to individual, but to Reference Person

4

Scope of Application of Protection Quantity

Protection Quantity can be used for:

- Prospective dose assessment: planning and optimization in radiological protection
- Demonstration of compliance with Dose Limits

{ Occupational exposure: 5-year average 20 mSv/year (maximum 50 mSv/year)
Public exposure: 1 mSv/year

- Need to consider applicable exposure levels
⇒ Use at 100 mSv or less (but up to about 1 Sv in emergency exposure situations)
- Not applicable for risk assessment of specific individuals
because protection quantity is related to Reference Person

Protection Quantity must not be used for:

- Assessment of risk caused by exposure to radiation for specific individuals
- Epidemiological evaluation
- Assessment of deterministic effects (tissue reaction)

For the above purposes, absorbed dose should be estimated and appropriate quality factors should be considered



← Informative review paper: [M. Kai, Jpn. J. Health Phys., 56 \(3\), 133–144 \(2021\).](#)

5

Internal Dose Estimation

Characteristics of Internal Exposure

- Dose cannot be measured directly.
⇒ Dose can be estimated only by calculation.
- Exposure continues until radioactivity is eliminated from the body by decay, excretion, etc.
⇒ The accumulated dose over a certain period is assumed to be exposed at the time when radionuclides are incorporated.

Committed dose

Formula for Internal Dose (Committed Effective Dose, E (Sv))

$$E = I \times e(\tau)$$

[I : Intake (Bq)
 $e(\tau)$: Effective dose coefficient (Sv/Bq)
 τ : Committed period. 50 years for adults, up to 70 years old for children.]

6

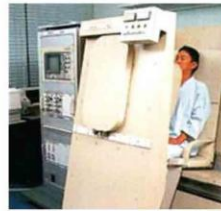
Estimation of Intake, I (Bq)

Individual Monitoring

- Whole Body Counter (WBC)
- Urine or fecal bioassay



Activity in the body or excretion rate



WBC



Urine bioassay

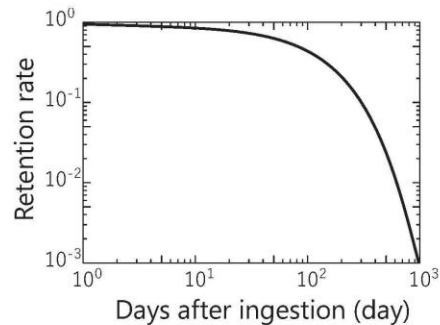
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/houkan/houkan_03.html

Calculation of intake

- Check time course data:
Retention rate or excretion rate for
unit intake of radionuclide



Intake estimation

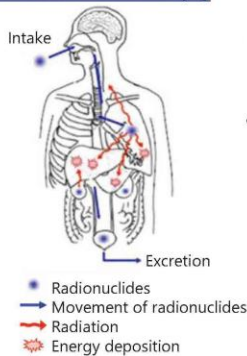


Retention rate of ingested ^{137}Cs in the body

7

Effective Dose Coefficient, $e(\tau)$ (Sv/Bq)

Calculation of $e(\tau)$



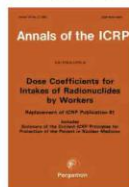
Need to consider

- Behavior of radionuclides in the body,
⇒ Where and how many disintegrations occur
- Energy deposition due to radiation emitted in the body

Very complicated and impractical to calculate each time

ICRP's $e(\tau)$ data

- ✓ Dose coefficients for each nuclide, chemical form, and intake route are developed and published.
- ✓ $e(\tau)$ s in line with the ICRP 1990 Recommendations are widely used,
For workers: Publ. 68
For members of the public: Publ. 72



Nuclide	$t_{1/2}$	Type	Effective dose coefficients (Sv Bq ⁻¹)				
			Inhalation, $e_{inh}(50)$		Ingestion		
			f_1	μ AMAD μ AMAD	f_1	$e_{ing}(50)$	
Hydrogen							
Tritiated Water	12.3y	See Annex C for inhalation doses		1.000	1.8E-11		
OST	12.3y	See Annex C for inhalation doses		1.000	4.2E-11		
Beryllium							
Be-7	53.3d	M	0.005	4.8E-11	4.3E-11	0.005	2.8E-11
		S	0.005	5.2E-11	4.6E-11		
Be-10	1.40E+06y	M	0.005	9.1E-09	6.7E-09	0.005	1.1E-08
		S					

<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2068>

8

Lecture 2

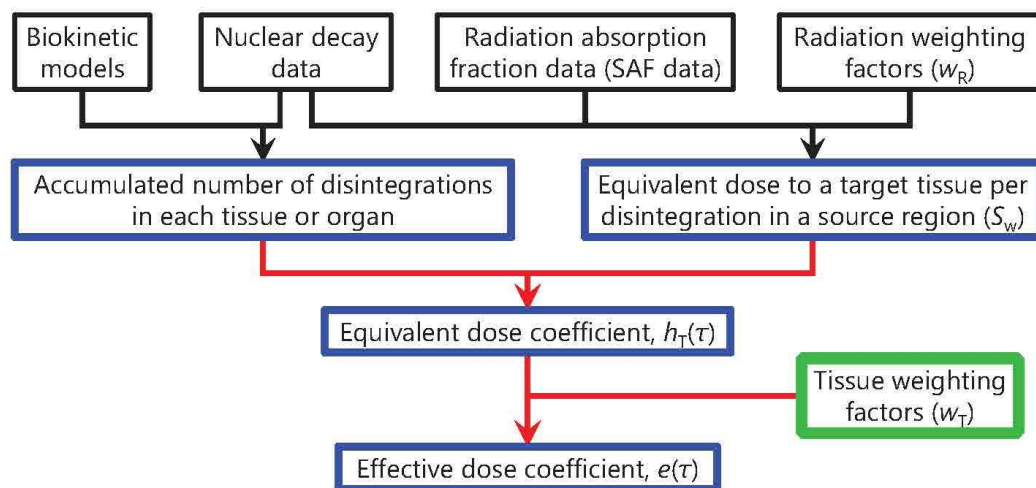
Calculation Procedure of Effective Dose Coefficients

Contents

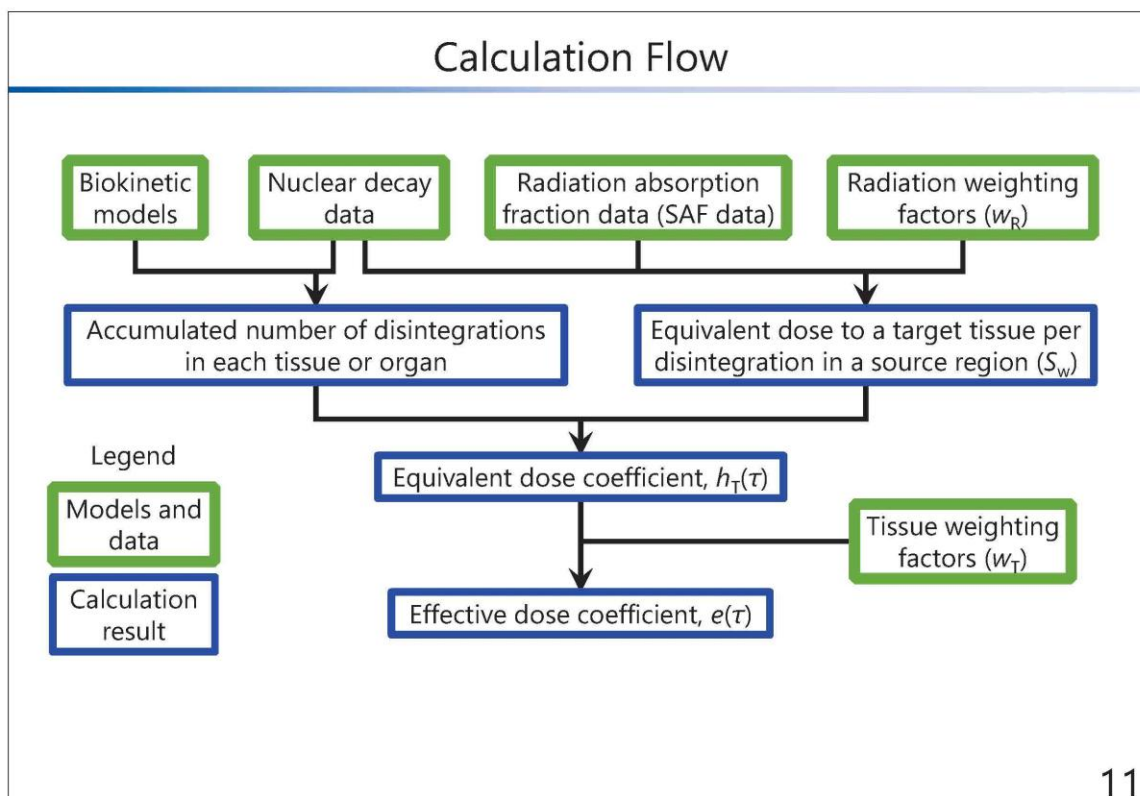
- Calculation Flow
- Used Models and Data
- Exercise:
Calculation of Effective Dose Coefficient for inhalation of HTO

9

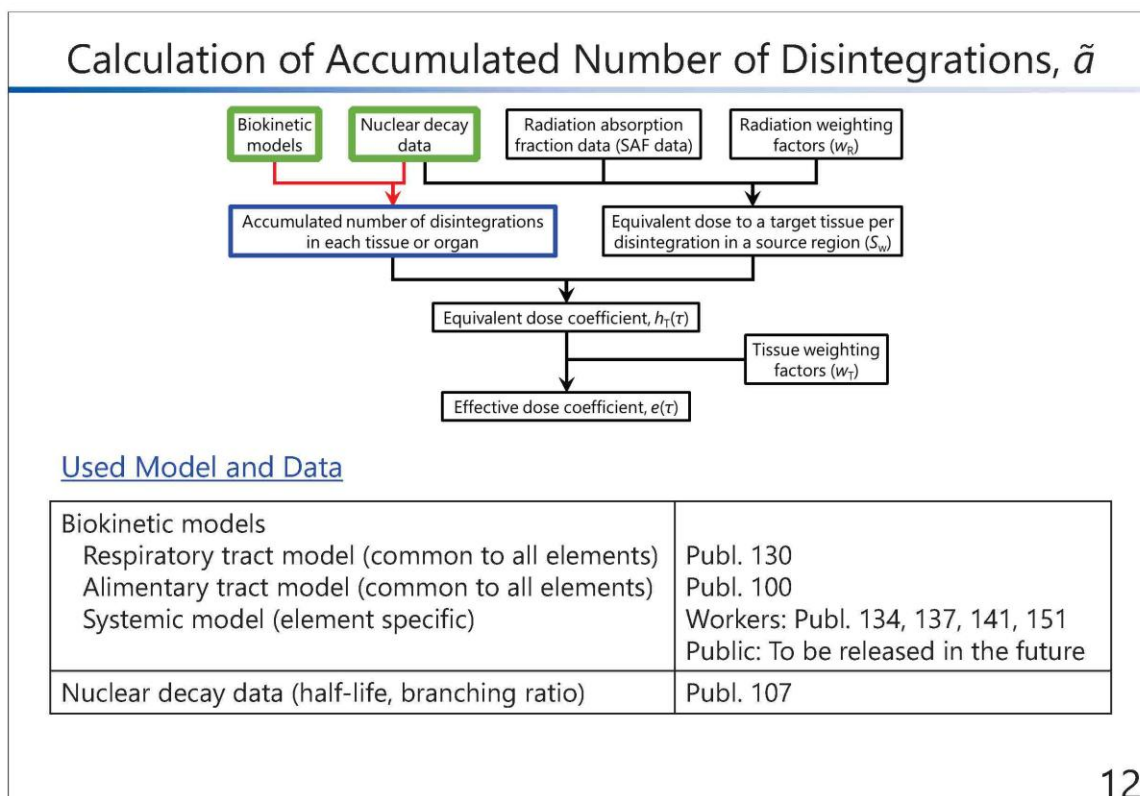
Calculation Flow



10



11

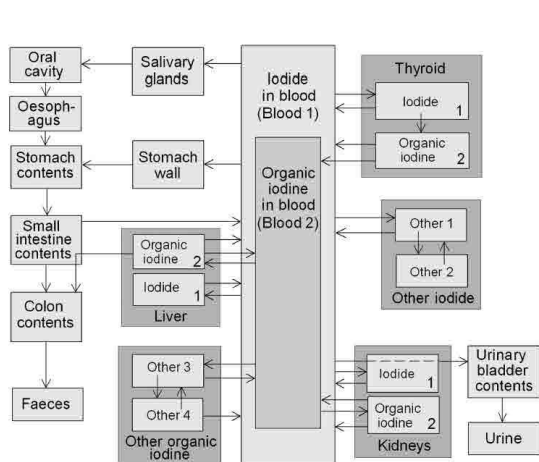


12

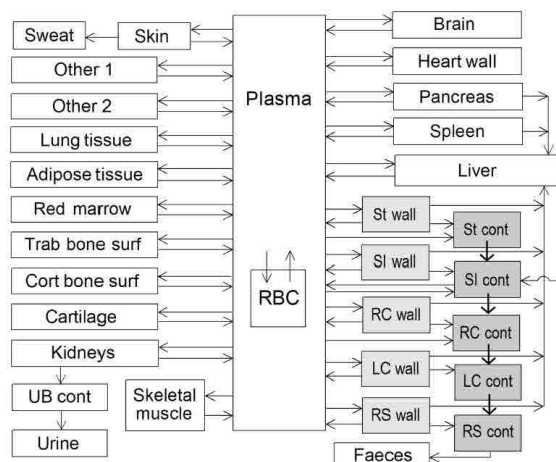
Element Specific Biokinetic Model

Systemic Model: Publ. 134, 137, 141, 151 (OIR Parts 2-5)

- ✓ Consider the difference in metabolic pathways for each element



Systemic Model for Iodine
Publ. 137, Fig. 5.2



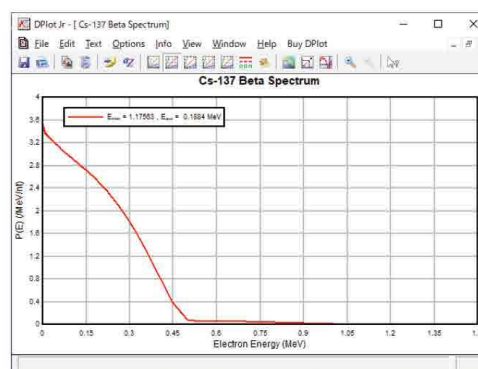
Systemic Model for Cesium
Publ. 137, Fig. 6.1

15

Nuclear Decay Data

Nuclide Specific Data Concerning Decay: Publ. 107

- ✓ Decay mode, branching ratio
 - ✓ Half life (decay constant)
 - ✓ Type, energy, and yield of radiation
 - ✓ Beta-ray energy spectrum data (for beta-ray emitting nuclides)
 - ✓ Neutron energy spectrum data (for spontaneous fission nuclides)
- To be used in this section

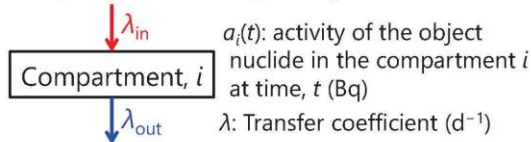


16

Calculation of Accumulated Number of Disintegrations, $\tilde{a}$

1. Construct a compartment model

Inflow: transfer from other compartment and/or production by decay



Outflow: transfer to other compartment, excretion, and/or decay

3. Make ODEs for all compartments a simultaneous equations

$$\begin{cases} \frac{da_1(t)}{dt} = \text{Inflow}_1(t) - \text{Outflow}_1(t) \\ \vdots \\ \frac{da_n(t)}{dt} = \text{Inflow}_n(t) - \text{Outflow}_n(t) \end{cases}$$

2. Formulate ordinary differential equation (ODE) of $a(t)$ of the compartment

Inflow and outflow by transfer is described as:

$$\frac{da_i(t)}{dt} = \lambda_{\text{in}} a_{\text{preceding}}(t) - \lambda_{\text{out}} a_i(t)$$

$a_{\text{preceding}}(t)$: activity of the preceding compartment at t (Bq)

Inflow and outflow by decay is described as:

$$\frac{da_i(t)}{dt} = \lambda_{\text{p,parent}} r_{\text{b}} a_{\text{parent}}(t) - \lambda_{\text{p}} a_i(t)$$

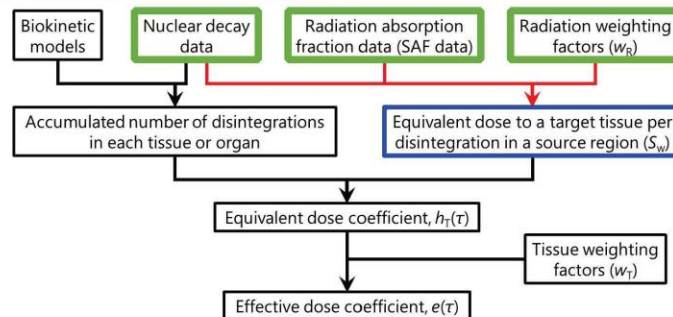
$\lambda_{\text{p,parent}}$: decay constant of the parent nuclide (d^{-1})
 r_{b} : branching ratio to the object nuclide
 $a_{\text{parent}}(t)$: activity of the parent nuclide at t (Bq)
 λ_{p} : decay constant of the object nuclide (d^{-1})

4. Integrate ODEs numerically

$$\tilde{a}_i = \int_0^{\tau} a_i(t) dt$$

17

Calculation of Radiation-weighted S coefficient, S_w



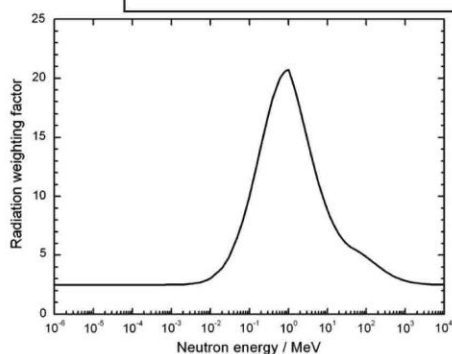
Used Model and Data

Nuclear Decay Data (Energy and yield of radiation)	Publ. 107
Radiation absorption fraction data (SAF: Specific Absorbed Fraction)	Adult: Publ. 133 Children: to be released in the future
Radiation weighting factor, w_R	Publ. 103

18

Radiation Weighting Factor, w_R

Type of radiation	w_R
Photon	1
Electrons, muons	1
Proton, charged pions	2
Alpha particle, fission fragments, heavy ions	20
Neutron	Function of energy



$$w_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5.0 + 17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2.5 + 3.25e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$$

Publ. 103, Fig. 1

19

Radiation Absorption Fraction Data

Specific Absorbed Fraction (SAF): Publ. 133

- ✓ Fraction of energy emitted from a source region and deposited in a target region divided by the mass of the target region, unit: kg^{-1}
- ✓ Evaluated with Reference Computational Phantoms (RCP) and Monte Carlo codes
- ✓ Developed as a function of discrete energies for each type of radiation, for each combination of 79 source regions and 43 target regions



RCPs for adult male and female:
A shape is represented by a stack
of small rectangulars (voxels).

Energy Range

Photons and electrons: 28 points from 0 to 10 MeV

Alpha particle: 24 points from 0 to 12 MeV

[illegible]

20

Calculation of $S_w(r_T \leftarrow r_S)$

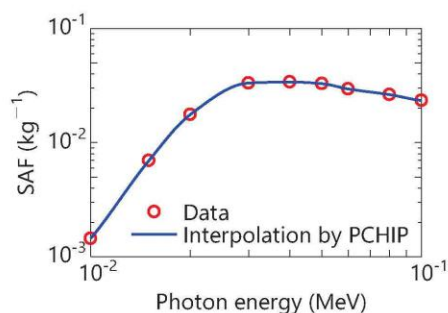
Formula for $S_w(r_T \leftarrow r_S)$ (Sv)

$$S_w(r_T \leftarrow r_S) = c \sum_R w_R \sum_i E_{R,i} Y_{R,i} \Phi(r_T \leftarrow r_S, E_{R,i})$$

r_T : target region
 r_S : source region
 c : constant for unit conversion (J MeV⁻¹)
 $E_{R,i}$: energy of the i -th radiation of radiation type R (MeV)
 $Y_{R,i}$: yield of the i -th radiation of radiation type R
 $\Phi(r_T \leftarrow r_S, E_{R,i})$: SAF for $E_{R,i}$ from r_S to r_T for (kg⁻¹)

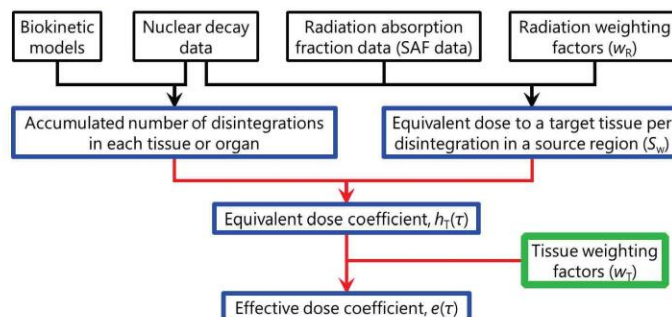
SAF for a given energy ($E_{R,i}$)

- ✓ Interpolate SAF data with PCHIP:
Piecewise Cubic Hermitian
Interpolation Polynomial



21

Calculation of Dose Coefficients



Used Model and Data

Tissue Weighting Factor, w_T	Publ. 103
Target Region Fractional Weight	Publ. 130

22

Tissue Weighting Factor, w_T

Organs and Tissues, T	w_T
Red bone marrow, colon, lung, stomach	0.12
Breast	0.12
Gonad	0.08
Bladder, esophagus, liver, thyroid	0.04
Bone surface, skin	0.01
Brain, salivary gland	0.01
Remainder ^{*1}	0.12

^{*1}Adrenals, extrathoracic region, gall bladder, heart, kidneys, lymphatic nodes, muscles, oral mucosa, pancreas, and small intestine, spleen, thymus, prostate (males only), and cervix (females only). The value of w_T is applied to the arithmetic mean of H_T for the tissues included in Remainder.

Some organs and tissues consist of multiple target regions

23

Target Region Fractional Weight, $f(r_T, T)$

Organs and Tissues T	Target area r_T	$f(r_T, T)$
Extra-thoracic region (ET)	ET ₁	0.001
	ET ₂	0.999
Lung	Bronchi	1/3
	Bronchiole	1/3
	Alveoli	1/3
Colon	Right colon	0.4
	Left colon	0.4
	Rectum and sigmoid colon	0.2
Lymphatic nodes	Lymph in ET region	0.08
	Lymph in lungs	0.08
	Lymph in whole body	0.84

24

Calculation of Dose Coefficients

Formula for Equivalent Dose Coefficients $h(r_T, T)$ of the target region r_T

$$h(r_T, T) = \sum_i \sum_{r_S} \tilde{a}_i(r_S, \tau) S_w(r_T \leftarrow r_S)_i$$

$$\left[\begin{array}{l} i: i\text{-th nuclide of decay chain} \\ \tilde{a}_i(r_S, \tau): \text{number of disintegrations per unit intake at } r_S \text{ during } \tau \text{ (Bq}^{-1}\text{)} \\ S_w(r_T \leftarrow r_S)_i: \text{equivalent dose from } r_T \text{ to } r_S \text{ per disintegration at } r_S \text{ (Sv)} \end{array} \right]$$

Formula for Equivalent Dose Coefficient $h_T(\tau)$

$$h_T(\tau) = \sum_{r_T} f(r_T, T) h(r_T, T)$$

Formula for Effective Dose Coefficient $e(\tau)$

$$e(\tau) = \sum_T w_T \left[\frac{h_T^M(\tau) + h_T^F(\tau)}{2} \right]$$

$$\left[\begin{array}{l} h_T^M(\tau): \text{Equivalent dose coefficient to the male reference phantom (Sv/Bq)} \\ h_T^F(\tau): \text{Equivalent dose coefficient to female reference phantom (Sv/Bq)} \end{array} \right]$$

25

Exercise: Calculation of $e(\tau)$ for Inhalation of HTO

Intake Conditions

- Inhalation of HTO, 1 Bq by adult male workers
- Weight: 68.8 kg

Biokinetics

- All inhaled HTO is immediately transferred to the blood and distributed uniformly throughout the body.
- 97% of HTO is excreted with a biological half-life (T_{bio}): 10 days.
- 3% of HTO is excreted in T_{bio} : 40 days.

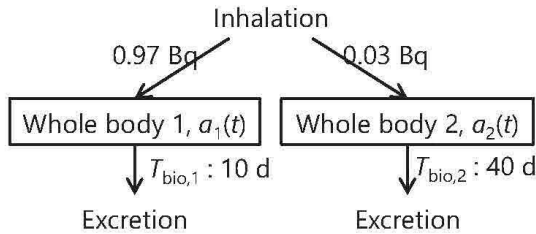
Physical Characteristics of ^3H

- Half-life (T_{phys}): 12.3 years (4,500 days)
- Emitted radiation: β -rays of up to 18.6 keV (average 5.7 keV)
(Assuming that all of β -ray energy is absorbed where the β -ray is emitted.)

26

Calculation of Number of Disintegrations in the Body, $\tilde{a}_{WB}$

Biokinetics of HTO



Effective Half-Life of Whole Body (T_{eff})

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{bio}} + \frac{1}{T_{phy}}$$

$$T_{phy} = 4,500 \text{ (d)}$$

$$\begin{cases} T_{eff,1} = 9.98 \text{ (d)} \\ T_{eff,2} = 39.6 \text{ (d)} \end{cases}$$

Calculation of $\tilde{a}_{wb}$

$$a_i(t) = a_i(0) \times \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{eff,i}} \Rightarrow \tilde{a}_i = \int_0^{\tau} a_i(0) \times \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{eff,i}} dt$$

$$= -\frac{a_i(0)}{\lambda_{eff,i}} \left[\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{\lambda_{eff,i}}{\ln 2} t} \right]_0^{\tau}$$

$$\begin{cases} a_1(0) = 0.97 \text{ (Bq)} \\ a_2(0) = 0.03 \text{ (Bq)} \\ \lambda_{eff,1} = 8.04 \times 10^{-7} \text{ (s}^{-1}\text{)} \\ \lambda_{eff,2} = 2.02 \times 10^{-7} \text{ (s}^{-1}\text{)} \\ \tau = 50 \text{ (y)} = 1.58 \times 10^9 \text{ (s)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \tilde{a}_1 = 1.206 \times 10^6 \\ \tilde{a}_2 = 1.483 \times 10^5 \end{cases} \Rightarrow \text{Number of disintegrations in the whole body, } \tilde{a}_{WB}: 1.35 \times 10^6$$

27

Calculation of S Coefficient, $S_w(r_T \leftarrow r_S)$

Calculation of S_w from whole body to each organ and tissue

- HTO distributes uniformly throughout the body
 $\Rightarrow S_w(r_T \leftarrow \text{Whole body})$ is the same value regardless of r_T
- All β -rays ($E_{\beta, \text{average}} = 5.7 \text{ keV}$) are absorbed where the β -ray is emitted
- Weight (M_{WB}): 68.8 kg



$$S_w(T \leftarrow WB) = E_{\beta, \text{average}} \times c / M_{WB}$$

$$= 1.33 \times 10^{-17} \text{ Sv}$$

(c : constant for unit conversion, $1.602 \times 10^{-16} \text{ J/keV}$)

28

Calculation of Effective Dose Coefficient, $e(\tau)$

Calculation of Equivalent Dose Coefficients, $h_T(\tau)$

- $h_T(\tau)$ is obtained by integration of $\tilde{a}_{WB}$ and $S_w(T \leftarrow WB)$
- $\tilde{a}_{WB}$: $1.35 \times 10^6 \text{ Bq}^{-1}$, $S_w(T \leftarrow WB)$: $1.33 \times 10^{-17} \text{ Sv}$

S_w is the same value regardless of T due to uniform distribution of HTO.



$$h_T(\tau) = 1.8 \times 10^{-11} \text{ Sv/Bq}$$

Calculation of Effective Dose Coefficients, $e(\tau)$

$$\begin{aligned} e(\tau) &= \sum_T h_T(\tau) w_T \\ &= 1.8 \times 10^{-11} \text{ Sv/Bq} \end{aligned}$$

29

Lecture 3

Let's Use IDCC

Contents

- Calculation of Effective Dose Coefficients
- Estimation of Intake

30

Example 1

Calculation of effective dose coefficients

Nuclide: ^{90}Sr
Route: Ingestion
Chemical form: Oxide

31

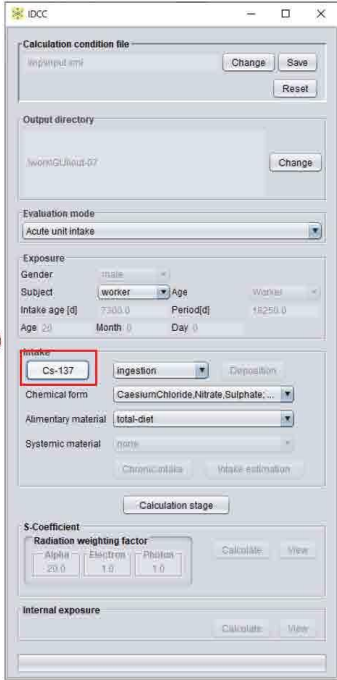
Selection of Function

The screenshot shows the IDCC software window. The 'Evaluation mode' dropdown menu is open, showing three options: 'Acute unit intake' (selected), 'Chronic intake', and 'Intake estimation'. Below this, the 'Intake' section shows 'Cs-137' as the nuclide, 'Ingestion' as the route, and 'CaesiumChloride.Nitrate.Sulphate...' as the chemical form. The 'Alimentary material' is set to 'total-diet' and 'Systemic material' is set to 'none'. The 'Calculation stage' button is visible. At the bottom, the 'S-Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha' set to 20.0, 'Electron' set to 1.0, and 'Photon' set to 1.0. The 'Internal exposure' section is also visible at the bottom.

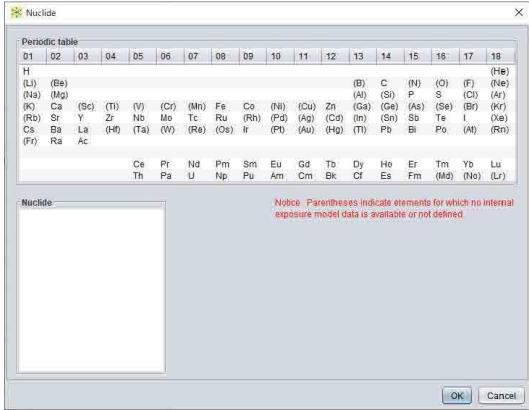
- Select "Acute unit intake" from the pull-down menu of "Evaluation mode".

32

Selection of Nuclide (1/2)



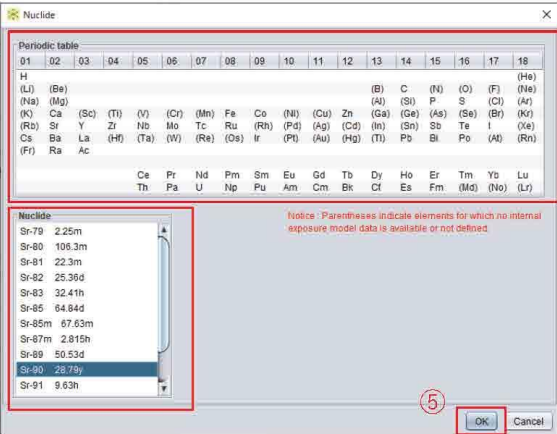
- ① Push the button showing nuclide's name placed in upper left of "Intake" frame.
- ② The periodic table dialog appears.



33

Selection of Nuclide (2/2)

- ③ Select "Sr" from the periodic table.
Then, isotopes of Sr are shown in the "Nuclide" frame.
- ④ Select "Sr-90" from the "Nuclide" frame.
- ⑤ Push the "OK" button.
Then, the periodic table dialog closes.



34

Selection of Intake Route

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Intake' section is highlighted, showing a dropdown menu with options: Ingestion, Inhalation, Injection, and wound. The 'Chemical form' dropdown is set to 'Ingestion', and 'Alimentary material' is set to 'Injection'. The 'Systemic material' dropdown is set to 'None'. The 'Calculation stage' button is visible below the intake options.

- Select "ingestion" from the pull-down menu placed in upper middle of the "Intake" frame.

35

Selection of Chemical Form

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Chemical form' dropdown menu is open, showing options: StrontiumTitanate, StrontiumTitanate, and AllOtherChemicalForms(Strontium). The 'Chemical form' dropdown is set to 'StrontiumTitanate', and 'Alimentary material' is set to 'AllOtherChemicalForms(Strontium)'. The 'Systemic material' dropdown is set to 'None'. The 'Calculation stage' button is visible below the chemical form options.

- Select the appropriate chemical form the "Chemical form" pull-down menu.
- "Oxide" is not titanate.
- Select "AllOtherChemicalForms (Strontium)" in this case.

The options shown in the "Chemical form" pull-down menu change depending on the selected element.

36

Stage Transition

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation stage' button is highlighted with a red box. The interface includes sections for 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Evaluation mode', 'Exposure', 'Intake', 'S-Coefficient', and 'Internal exposure'. The 'S-Coefficient' section shows radiation weighting factors for Alpha (20.0), Electron (1.0), and Photon (1.0).

- Push the "Calculation stage" button after the conditions are set. The conditions are fixed, and the stage moves to calculation stage from condition setting stage.
- The IDCC runs for some time to gather data required for calculation.
- You can go back to "condition setting stage" by pushing the "Calculation stage" button again.

37

Calculations of S-coefficient, S_w (1/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculate' button in the 'S-Coefficient' section is highlighted with a red box. The interface includes sections for 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Evaluation mode', 'Exposure', 'Intake', 'S-Coefficient', and 'Internal exposure'. The 'S-Coefficient' section shows radiation weighting factors for Alpha (20.0), Electron (1.0), and Photon (1.0).

- Push the "Calculate" button in the "S-Coefficient" frame.

38

Calculation of Effective Dose Coefficient, $e(\tau)$ (1/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Internal exposure' section at the bottom has a 'Calculate' button highlighted with a red rectangle. Other sections include 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Evaluation mode', 'Exposure' (with fields for Gender, Subject, Intake age, and Period), 'Intake' (with fields for Intake, Chemical form, Alimentary material, and Systemic material), and 'S.Coefficient' (with fields for Radiation weighting factor).

- Press the "Calculate" button in the "Internal exposure" frame.

41

Calculation of $e(\tau)$ (2/2)

The screenshot shows the IDCC software interface after the calculation has started. The 'Internal exposure' section at the bottom now has a 'Run' button highlighted with a red rectangle, instead of the 'Calculate' button. The 'View' button remains visible next to it. The rest of the interface is identical to the previous screenshot.

- IDCC runs to calculate $e(\tau)$.
- The "Calculate" button changes to "Run" while the calculation is running.
- The "View" button becomes active when the calculation is completed.

42

Calculation Results of $e(\tau)$ (1/2)

The screenshot shows the IOCC software interface. The 'Internal exposure' frame at the bottom has a 'View' button highlighted with a red box and a circled '1'. Other visible fields include 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Evaluation mode', 'Exposure' (Gender: male, Subject: worker, Age: 7300.0, Intake age: 7300.0, Period: 18250.0), 'Intake' (Ingestion, Chemical form: StrontiumTritate, Alimentary material: Milk-diet, Systemic material: none), and 'S.Coefficient' (Radiation weighting factor: Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0).

- ① Push the "View" button in the "Internal exposure" frame.

43

Calculation Results of $e(\tau)$ (2/2)

- ② A dialog box appears. Select the "Dose" tab.
- ③ Select "both" from the "Gender" pull-down menu.
- ④ The effective dose coefficient is shown in the "Committed dose" frame.

This calculation yields 2.386×10^{-8} Sv/Bq.

The screenshot shows the 'Internal exposure' dialog box. The 'Dose' tab is selected (circled 2). The 'Gender' pull-down menu is set to 'both' (circled 3). The 'Committed dose' frame shows 'Effective' as 2.386e-08 (circled 4). The 'Time course of accumulated dose' table is also visible.

Time[d]	Effective
1.0E-6	7.547e-17
2.0E-6	1.517e-16
3.0E-6	2.585e-16
4.0E-6	3.658e-16
5.0E-6	4.838e-16
6.0E-6	6.116e-16
7.0E-6	7.499e-16
8.0E-6	8.982e-16
9.0E-6	1.056e-15
1.0E-5	1.225e-15
2.0E-5	3.428e-15
3.0E-5	6.513e-15
4.0E-5	1.039e-14
5.0E-5	1.498e-14

44

Exercise 1

Calculation of effective dose coefficients

Nuclide: ^{131}I
Route: Inhalation
Chemical form: Elemental gas

45

Example 2

Intake Estimation

Nuclide: ^{131}I
Route: Inhalation
Chemical form: Elemental gas
Monitoring
Method: Thyroid monitor
Time: 2 days after inhalation
Evaluated activity in thyroid: 100 Bq

46

Selection of Function

The screenshot shows the IDCC software window. The 'Evaluation mode' dropdown menu is open, displaying options: 'Acute unit intake', 'Chronic intake', and 'Intake estimation'. 'Intake estimation' is currently selected. Other visible fields include 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Subject' (worker), 'Age' (7300.0), 'Intake age [d]' (7300.0), 'Period[d]' (18250.0), 'Intake' (Cs-137), 'Ingestion' (selected), 'Chemical form' (CaesiumChloride.Nitrate.Sulphate...), 'Alimentary material' (total-diet), and 'Systemic material' (none).

- Select "Intake estimation" from the pull-down menu of "Evaluation mode".

47

Selection of Nuclide (1/2)

This screenshot is similar to the previous one, but with a red box highlighting the 'Cs-137' button in the 'Intake' section. The 'Evaluation mode' is still set to 'Intake estimation'.

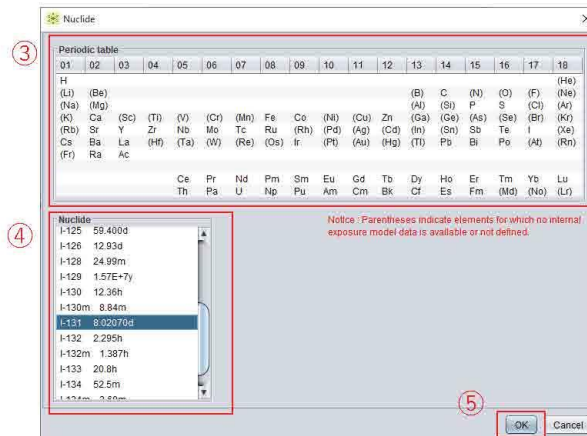
- ① Push the button showing nuclide's name placed in upper left of "Intake" frame.
- ② The periodic table dialog appears.

The 'Nuclide' dialog box is shown, featuring a periodic table of elements. The table is organized by groups (01-18) and periods. A red notice at the bottom states: 'Notice: Parentheses indicate elements for which no internal exposure model data is available or not defined.' The 'Nuclide' input field is empty.

48

Selection of Nuclide (2/2)

- ③ Select "I" from the periodic table.
Then, isotopes of Iodine are shown in the "Nuclide" frame.
- ④ Select "I-131" from the "Nuclide" frame.
- ⑤ Push the "OK" button.
Then, the periodic table dialog closes.



49

Selection of Intake Route



- Select "inhalation" from the pull-down menu placed in upper middle of the "Intake" frame.

50

Selection of Chemical Form

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation condition file' dialog box is open. The 'Chemical form' dropdown menu is open, showing a list of options: 'ElementalIodine.Unspecified(Iodine)', 'MethylIodide.EthylIodide', 'F(SodiumIodide.CaesiumChloride/Vector)', 'M(Iodine)', and 'S(Iodine)'. The 'Intake estimation' button is highlighted in the 'Intake' section.

- Select the appropriate chemical form the "Chemical form" pull-down menu.
- Select "ElementalIodine,Unspecified (Iodine)" in this case.

51

Input of Monitoring Result (1/3)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation condition file' dialog box is open. The 'Intake estimation' button is highlighted with a red box and a circled '1'.

- ① Push the "Intake estimation" button. The dialog box is displayed.

52

Input of Monitoring Result (2/3)

Year	Month	Day	Hour	Elapsed day
2023	3	28	0.0	0.0

Buttons: Open calendar, Apply elapsed day

Measurement

Deviation type: none

Nuclide: I-131

Limit detection: 0.0

Error type: absolute

Sample unit: Bq

Sample: Urine, Faeces, Lungs, **Thyroid**, WholeBody

Year	Month	Day	Hour	Measur.	Error	Elapse..
2023	3	30	0.0	100.0	1.2	0.0

Buttons: Open calendar, Apply elapsed day

Buttons: OK, Cancel

② Enter the date of intake.

53

Input of Monitoring Result (3/3)

③ Select "Thyroid" of the "Sample" menu as the monitoring method.

④ Enter monitoring results.

⑤ Push OK button. This dialog closes.

54

Stage Transition

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation stage' button is highlighted in the 'S-Coefficient' section. The interface includes fields for 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Evaluation mode', 'Exposure' (Gender, Subject, Intake age, Period), 'Intake' (Ingestion, Deposition, Chemical form, Alimentary material, Systemic material), and 'S-Coefficient' (Radiation weighting factor, Internal exposure).

- Push the "Calculation stage" button after the conditions are set. The conditions are fixed, and the stage moves to calculation stage from condition setting stage.
- The IDCC runs for some time to gather data required for calculation.
- You can go back to "condition setting stage" by pushing the "Calculation stage" button again.

55

Calculations of S_w (1/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculate' button in the 'S-Coefficient' section is highlighted with a red box. The interface includes fields for 'Calculation condition file', 'Output directory', 'Evaluation mode', 'Exposure' (Gender, Subject, Intake age, Period), 'Intake' (Ingestion, Deposition, Chemical form, Alimentary material, Systemic material), and 'S-Coefficient' (Radiation weighting factor, Internal exposure).

- Push the "Calculate" button in the "S-Coefficient" frame.

56

Calculations of S_w (2/2)

The screenshot shows the IDCC software window. The 'Calculation condition file' is 'inp\input.xml'. The 'Output directory' is 'work\GUI\out-07'. The 'Evaluation mode' is 'Acute unit intake'. The 'Exposure' section shows 'Gender: male', 'Subject: worker', 'Age: 18250.0', 'Intake age [d]: 7300.0', 'Period[d]: 18250.0', 'Age: 20', 'Month: 0', 'Day: 0'. The 'Intake' section shows 'Inhalation' selected, 'Chemical form: Strontium chloride', 'Alimentary material: Total diet', 'Systemic material: none'. The 'S-Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha: 20.0', 'Electron: 1.0', 'Photon: 1.0'. The 'Internal exposure' section has a 'Calculate' button highlighted with a red box.

- IDCC runs to calculate S_w of I-131 and its progenies.
- The "Calculate" button changes to "Run" while the calculation is running.
- The "View" button becomes active when the calculation is completed.

57

Estimation of Intake (1/2)

The screenshot shows the IDCC software window. The 'Calculation condition file' is 'inp\input.xml'. The 'Output directory' is 'work\GUI\out-07'. The 'Evaluation mode' is 'Intake estimation'. The 'Exposure' section shows 'Gender: male', 'Subject: worker', 'Age: 18250.0', 'Intake age [d]: 7300.0', 'Period[d]: 18250.0', 'Age: 20', 'Month: 0', 'Day: 0'. The 'Intake' section shows 'I-131' selected, 'Inhalation' selected, 'Chemical form: Element (Iodine, Unspecified) (Iodine)', 'Alimentary material: Total diet', 'Systemic material: none'. The 'S-Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha: 20.0', 'Electron: 1.0', 'Photon: 1.0'. The 'Internal exposure' section has a 'Calculate' button highlighted with a red box.

- Press the "Calculate" button in the "Internal exposure" frame.

58

Estimation of Intake (2/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation condition file' is 'inp\input.xml'. The 'Output directory' is 'work\GUI\out-07'. The 'Evaluation mode' is 'Intake estimation'. The 'Exposure' section shows 'Gender: male', 'Subject: worker', 'Age: 7300.0', 'Period: 18250.0', 'Age: 20', 'Month: 0', 'Day: 0'. The 'Intake' section shows 'I-131', 'Inhalation', 'Deposition', 'Chemical form: Elemental iodine, Unspecified (iodine)', 'Alimentary material: Total diet', 'Systemic material: none'. The 'S.Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha: 20.0', 'Electron: 1.0', 'Photon: 1.0'. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons. The 'Calculate' button is highlighted with a red box.

- IDCC runs to estimate intake.
- The "Calculate" button changes to "Run" while the calculation is running.
- The "View" button becomes active when the calculation is completed.

59

Result of Intake Estimation (1/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation condition file' is 'inp\input.xml'. The 'Output directory' is 'work\GUI\out-07'. The 'Evaluation mode' is 'Intake estimation'. The 'Exposure' section shows 'Gender: male', 'Subject: worker', 'Age: 7300.0', 'Period: 18250.0', 'Age: 20', 'Month: 0', 'Day: 0'. The 'Intake' section shows 'I-131', 'Inhalation', 'Deposition', 'Chemical form: Elemental iodine, Unspecified (iodine)', 'Alimentary material: Total diet', 'Systemic material: none'. The 'S.Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha: 20.0', 'Electron: 1.0', 'Photon: 1.0'. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons. The 'View' button is highlighted with a red box and a circled '1'.

- ① Push the "View" button in the "Internal exposure" frame.

60

Result of Intake Estimation (2/2)

- ② The result of the intake estimation is shown in the “Estimation” frame.
Estimated intake is 392 Bq.
- ③ Equivalent doses and effective dose evaluated based on the result of intake estimation are shown in the table of the “Dose” frame.
In this example, the effective dose is estimated as 6.557×10^{-6} Sv.

Internal exposure

Activity: Dose: **Intake**

Measurement unit: Bq, Bq/d Deviation type: none

Measurement

Item	Measurement	Deviation	LowBound
I-131_Thyro_2	100.0	1.2	0.0

Estimation

Intake age	Intake
7300.0	3.962e+02

Prediction

Item	Measurement	Prediction
I-131_Thyroid_2	100.0	100.0

Dose unit: Sv

Dose

Item	male	female
LymphaticNo...	3.644e-07	3.000e-07
Muscle	3.535e-08	5.067e-08
OralMucosa	8.878e-08	1.933e-07
Pancreas	3.089e-08	3.418e-08
Prostate	2.152e-08	0.000e+00
SmallIntestine	2.029e-08	2.477e-08
Spleen	3.711e-08	4.209e-08
Thymus	9.476e-07	8.449e-07
Uterus	0.000e+00	2.611e-08
Remainder	1.665e-07	1.842e-07
Effective	6.557e-06	6.557e-06

OK Cancel

61

Exercise 2

Intake Estimation

Nuclide: ^{137}Cs

Route: Ingestion

Chemical form: Soluble form

Monitoring

Method: Whole body counter

Time: 3 days after ingestion

Evaluated activity: 1,500 Bq

62

付録 2 外部発表

1. 日本原子力学会 2024 年秋の大会
 - ・ 真辺健太郎, 室田修平, 村上優子, 高橋史明, サブマージョン核種による被ばくの内部照射の線量寄与 (口頭発表 1C15) .

1C15

サブマージョン核種による被ばくの 内部照射の線量寄与

¹JAEA、²NAIS

○真辺 健太郎¹、室田 修平¹、村上 優子²、高橋 史明¹

本発表は、原子力規制庁令和6年度放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業により得られた成果を含む。

日本原子力学会2024年秋の大会（東北大学川内北キャンパス）
令和6年9月11日（水）

内部被ばく線量評価コード開発（原子力規制庁事業）

2

国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告の放射線安全基準への取入れ

- 内部被ばくに対する防護基準値（濃度限度）の見直し
⇒ 2007年勧告に準拠した実効線量係数*が必要
*放射性核種 1 Bq摂取あたりの預託実効線量
- 事業所等における2007年勧告に準拠した被ばく線量評価・管理
⇒ 同勧告に基づく被ばく評価が可能なツールが必要



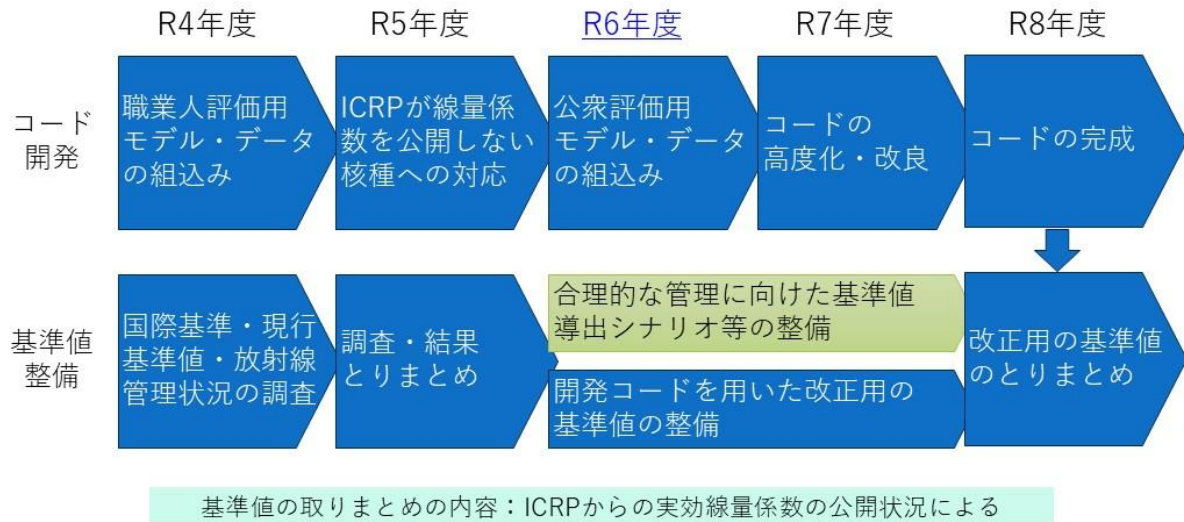
H29～R2年度 原子力規制庁 放射線安全規制研究戦略的推進事業
内部被ばく線量評価コードを開発

原子力規制庁 安全研究プロジェクト 放射線防護研究

3

R4年度～R8年度 放射線防護のための線量及び健康リスク評価の精度向上に関する研究

- 被ばく線量評価コードの開発
- 健康リスク評価コードの開発



現行の放射線防護に関する基準値

4

平成12年科技庁告示 放射線を放出する同位元素の数量等を定める件
別表第2 (抜粋)

第1欄		第2欄	第3欄	第4欄	第5欄	第6欄
放射性同位元素の種類		吸入摂取した場合の実効線量係数 (mSv/Bq)	経口摂取した場合の実効線量係数 (mSv/Bq)	空气中濃度限度 (Bq/cm ³)	排気中又は空気中の濃度限度 (Bq/cm ³)	排液中又は排水中の濃度限度 (Bq/cm ³)
核種	化学形等					
³ H	元素状水素	1.8×10^{-12}	—	1×10^4	7×10^1	—
³ H	メタン	1.8×10^{-10}	—	1×10^2	7×10^1	—
³ H	水	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}	8×10^{-1}	5×10^{-3}	6×10^1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⁴¹ Ar	[サブマージョン]	—	—	1×10^{-1}	5×10^{-4}	—
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⁸⁵ Kr	[サブマージョン]	—	—	3×10^{-1}	1×10^{-1}	—
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

濃度限度

国際放射線防護委員会 (ICRP) 1990年勧告に準拠した
実効線量係数・実効線量率係数*から導出

*サブマージョン核種による単位時間・濃度あたりの実効線量

2007年勧告に準拠したサブマージョン核種の実効線量率係数に関する検討

サブマージョン

5

放射性エアロゾルや可溶性放射性ガスの吸入

- エアロゾル：呼吸気道に沈着後、消化管や血液に移行し、全身に分布
- 可溶性ガス：呼吸気道から直接血液に移行し、全身に分布

被ばく源

- 全身の組織・臓器に分布する放射性核種からの放射線

通常の内部被ばく

希ガス等の不活性な放射性ガスの吸入

- 吸入しても体内の組織・臓器にほとんど取り込まれない

被ばく源

- 体外に存在する放射性核種からの放射線（外部被ばく）
- 呼吸気道内の空気中に存在する放射性核種からの放射線

内部照射と呼ぶ

不活性放射性ガスに包まれた状態の被ばく形態：サブマージョン

サブマージョン被ばくとなるような放射性核種：サブマージョン核種

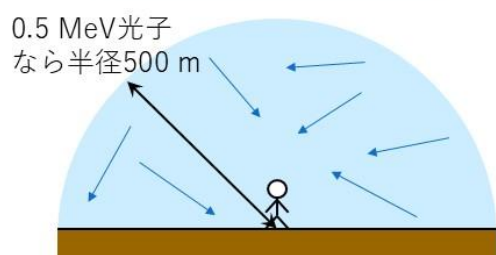
サブマージョン被ばくの実効線量率係数

6

サブマージョンの被ばく源

- 体外の放射性核種（外部被ばく）

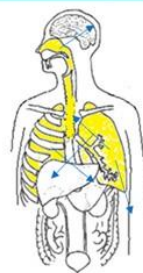
外部被ばくの計算条件



半無限空間（半径：平均自由行程の5倍）に放射性核種が一様に存在する場合の時間あたり・濃度あたりの実効線量

- 呼吸気道内の放射性核種（内部照射）

内部照射による被ばくの計算条件



呼吸気道内の空気に外部と同じ濃度で一様に放射性核種が存在する場合*の時間あたり・濃度あたりの実効線量

*Publ. 68の係数は、気道内空気に含まれる放射能が気道壁に分布していると置き換えて計算された

実効線量率係数 ($Sv / (s \text{ Bq m}^{-3})$)

- 1990年勧告準拠：Publ. 68
- 2007年勧告準拠：Publ. 144, Publ. 151 (OIR Part 5)

内部照射による線量寄与を考慮していない

内部照射を考慮した実効線量率係数の計算方法

7

内部被ばく線量評価コードIDCC (Internal Dose Calculation Code)

- 2007年勧告準拠
- 実効線量率係数の計算
- 個人モニタリングから核種摂取量の推定

規制庁事業で開発中
令和5年度成果報告書



<https://www.nra.go.jp/data/000473713.pdf>

S_w 値 (放射性核種がある場所で1回壊変したときの
各組織・臓器の等価線量) の計算が可能

実効線量率計算対象核種：OIR Part 5 Annex A, Table A.2掲載の36核種

内部照射による実効線量率の計算に使用したコード・データ等

- 体内の空気を線源領域とした時の各組織・臓器への S_w 値：IDCC
 - S_w 値の計算でIDCCが使用するデータ
 - 比吸収割合データ：Publ. 133
 - 核崩壊データ：Publ. 107
- 体内に含まれる空気の色：ICRPの標準成人ボクセルファントム (Publ. 110)
 - 男性：154 cm³、女性：37.2 cm³

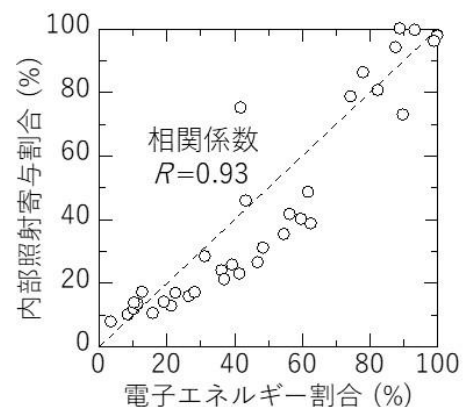
外部被ばくによる実効線量率

- Publ. 151の値をそのまま使用

計算結果：内部照射の実効線量率係数への寄与割合

8

核種	実効線量率係数 (Sv / (s Bq m ⁻³))			内部照射の 寄与割合 (①/②)
	外部被ばく	① 内部照射	② 合計	
³⁷ Ar	0.00 × 10 ⁰	1.47 × 10 ⁻¹⁹	1.47 × 10 ⁻¹⁹	1.00
^{83m} Kr	1.86 × 10 ⁻¹⁸	3.92 × 10 ⁻¹⁶	3.94 × 10 ⁻¹⁶	1.00
³⁹ Ar	9.89 × 10 ⁻¹⁷	4.80 × 10 ⁻¹⁵	4.90 × 10 ⁻¹⁵	0.98
⁴² Ar	1.09 × 10 ⁻¹⁶	5.00 × 10 ⁻¹⁵	5.11 × 10 ⁻¹⁵	0.98
⁸⁵ Kr	2.16 × 10 ⁻¹⁶	5.22 × 10 ⁻¹⁵	5.44 × 10 ⁻¹⁵	0.96
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⁴⁴ Ar	9.31 × 10 ⁻¹⁴	1.36 × 10 ⁻¹⁴	1.07 × 10 ⁻¹³	0.13
¹²⁰ Xe	1.54 × 10 ⁻¹⁴	2.05 × 10 ⁻¹⁵	1.74 × 10 ⁻¹⁴	0.12
⁸⁸ Kr	9.58 × 10 ⁻¹⁴	1.12 × 10 ⁻¹⁴	1.07 × 10 ⁻¹³	0.10
⁷⁹ Kr	1.03 × 10 ⁻¹⁴	1.14 × 10 ⁻¹⁵	1.14 × 10 ⁻¹⁴	0.10
⁷⁶ Kr	1.68 × 10 ⁻¹⁴	1.41 × 10 ⁻¹⁵	1.82 × 10 ⁻¹⁴	0.08



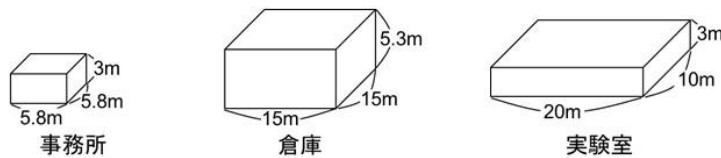
- 内部照射寄与割合は、0.1未満から1.0まで幅広く分布。
- 1壊変あたりに放出するエネルギーのうち電子の占める割合が大きいほど、内部照射寄与割合は大きくなった。

電子による { 外部被ばく：ほぼ皮膚のみに線量付与
内部照射：肺組織に直接届いて線量付与

- サブマージョン被ばくは、電子による放出エネルギーの割合が大きいほど、内部照射による線量への寄与が大きい。
- 電子によるエネルギーの割合が100%に近いと、内部照射の寄与はほぼ100%。
- サブマージョン核種に対する濃度限度の計算では、内部照射による寄与を考慮すべき。

今後の課題

- 体内の空気の量 (体内の放射能) に関する検討
 今回の体内空気量 (Publ. 110) : 154 cm^3 (男性)、 37.2 cm^3 (女性)
 成人男女の1回換気量 (Publ. 66) : 625 cm^3 (男性)、 444 cm^3 (女性)
- 合理的な外部被ばくの計算条件に関する検討
 半無限空間は過剰に保守的ではないか？



OIR Part 5で示されたその他の被ばく条件

2. 第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会

- ・ 室田修平, 真辺健太郎, 高橋史明, 内部被ばく線量評価コード IDCC の試用会実施による改善点の抽出 (口頭発表 2B03) .
- ・ 真辺健太郎, 室田修平, 村上優子, 高橋史明, 内部被ばく線量評価コード IDCC の開発状況と今後の計画 (ポスター発表 2P10)



2B03

内部被ばく線量評価コード IDCC の 試用会実施による改善点の抽出

Extracting Subject Points from a Trial Usage Workshop on the Internal Dose Calculation Code (IDCC)

○室田修平, 真辺健太郎, 高橋史明

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
安全研究センター
リスク評価・防災研究グループ

第5回JRSM・JHPS合同研究発表会
令和6年12月16～18日（月～水）

○ 本発表は原子力規制庁「平成29年度～令和2年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費事業」, 「令和4年度～令和6年度放射線対策委託費事業」の成果を含む。
○ 本発表内容に関して, 開示すべき利益相反関連事項はない。

目次

2/12

◆ IDCC*の開発経緯	・ ・ ・ ・ ・	p. 3
◆ IDCCの主な機能・特徴	・ ・ ・ ・ ・	p. 4-5
◆ IDCCの使い方講習会（試用会）実施の目的と内容	・ ・ ・ ・ ・	p. 6-7
◆ 使い方講習会（試用会）実施状況とその結果	・ ・ ・ ・ ・	p. 8-11
◆ まとめ	・ ・ ・ ・ ・	p. 12

*内部被ばく線量評価コード (Internal Dose Calculation Code, IDCC)

▶ 放射線防護に関する規制基準の改定

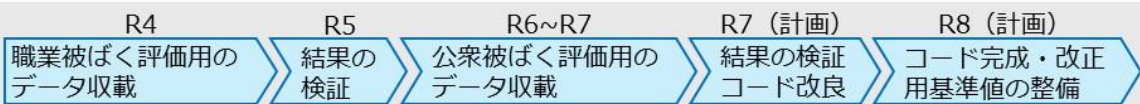
- 現行の放射線防護の規制基準値は、国際放射線防護委員会 (ICRP) の1990年勧告に基づく (放射線を放出する同位元素の数量等を定める件: RI数量告示)。
- 放射線審議会はRI数量告示への2007年勧告取入れを検討しており、規制基準値の見直しが必要である。

▶ 線量評価や被ばく管理での運用

- RIを取扱う事業所は、規制基準値改正の際、1990年勧告に準じた現行の線量評価・被ばく管理手順を更新する必要がある。
- 各事業所は改正後の規制基準値に準じた線量評価・被ばく管理を求められる。

H29年より、日本の法令や実際の実務を考慮した独自の技術的基盤として、ICRP2007年勧告に準拠した内部被ばく線量評価コードIDCCを開発中。

- ▶ 現在、原子力規制庁の安全研究プロジェクト「放射線防護のための線量及び健康リスク評価の精度向上に関する研究 (令和4年度～令和8年度)」の中でIDCCを開発している。
- ▶ 健康リスク評価コードについては、12/18(水)に発表がある (演題番号: 3C05, 3C06)



- ▶ 開発経緯の詳細: 本日午後のポスターセッションで紹介 (15:30-16:45@1階ポスター会場)

2P10: 内部被ばく線量評価コードIDCCの開発状況と今後の計画

○真辺 健太郎, 室田修平, 村上優子, 高橋史明

▶ IDCCの主な機能・特徴 (1/2)

○ 本コードの特徴的な機能は3つある。

- ▶ 機能1: 2007年勧告に準じた実効線量係数の算出が可能
- ▶ 機能2: モニタリング結果を用いた摂取量の推定が可能
- ▶ 機能3: GUI (グラフィカル・ユーザ・インターフェース) で直感的に操作可能

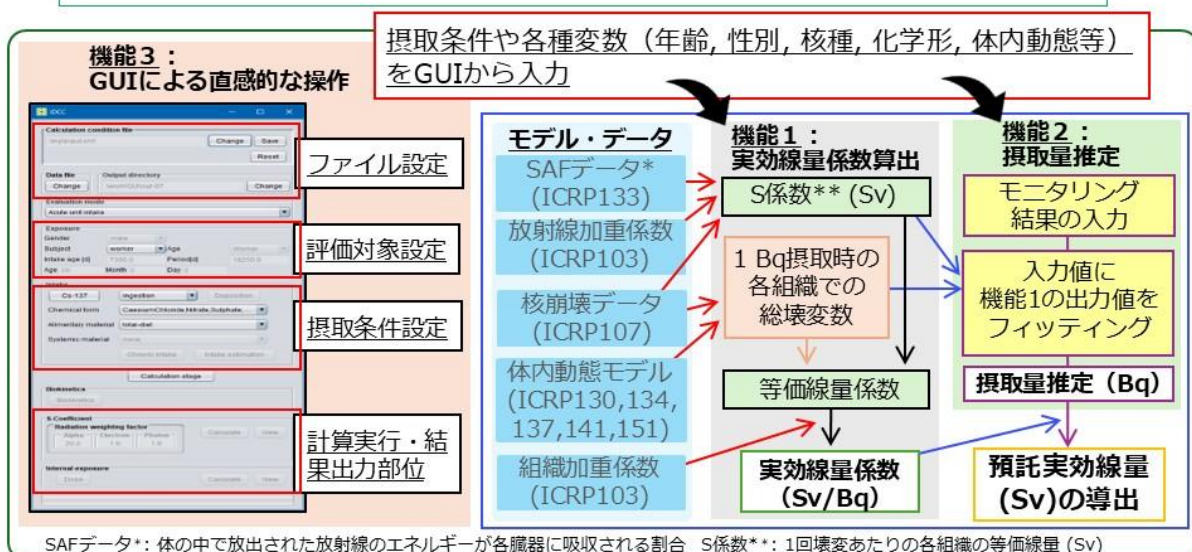


Fig.1 IDCCの特徴的な機能と計算カスケード

○ 想定されるユーザー群別に3つのエディションを準備している。

- ▶ 全機能版 … 線量評価研究での利用を目的とするユーザー向け
- ▶ 機能制限版 … 線量評価や被ばく管理の実務利用を目的とするユーザー向け
- ▶ 簡易版 (webアプリ) … 看護学系等の放射線教育での利用を目的とするユーザー向け

Table 1 ユーザーのニーズを考慮して準備中の3つのエディション

エディション	全機能版	機能制限版	簡易版 (webアプリ)
対応核種	ICRPの核崩壊データ 収載核種*1	ICRPの核崩壊データ 収載核種*1	代表的な核種 (63核種)
実効線量係数 計算機能	急性、慢性摂取に対応 モデルやデータの編集可	急性、慢性摂取に対応 モデルやデータの編集不可	データベース参照型 (急性摂取時の線量 係数のみ表示)
核種摂取量 推定機能	複数のモニタリング結果、複数の モニタリング方法を考慮可	1回分のモニタ リング結果を考慮可	1回分のモニタ リング結果を考慮可
利用方法	パソコンにインストール	パソコンにインストール	Webページに接続
提供・利用に 係る制限	利用目的*2の確認、技術的能力*3 の審査後にコード配付	利用目的*2の確認後に コード配付	webページのURL配付 (教育利用のみ許諾)
ライセンス	組織に紐付いた個人に付与	組織に紐付いた個人に付与	不要
費用	配付手数料 13,420円	配付手数料 13,420円	無料

*1: ICRP Publ.107 *2: 試験・研究の目的に限る *3: 内部被ばくに関する論文、学会発表等専門的な活動実績があること

○ IDCC利用性向上のため、想定ユーザーに対して試用会を実施し、意見収集した。

▶ 目的：

- ・機能向上に資する意見収集
 - IDCCを使いたい場面
 - 必要な機能や便利な機能
 - 誤りやすい操作や迷いやすい点
- ・潜在的な開発項目の抽出と整理

→ 具体的な開発手法の検討につなげる狙い

▶ 対象：想定ユーザーのうち、IDCC正式公開後の利用を希望する方

- ・体外計測、バイオアッセイ等、内部被ばく評価に従事されている方
- ・緊急時等に簡易的な内部被ばく評価が必要になる方
- ・内部被ばく線量評価に関する教員、大学院生等

▶ 講義形式・会場：

- ・1名が演台にて講義を行い、1名が会場を巡回した。
- ・講義資料は会場前方のスクリーン（もしくはモニター）に投影しながら説明した。
- ・参加者にはPCを持参していただいた。

➤ 試用会における実施項目の内容と狙いを以下に示す。

マニュアルに準拠してIDCCの機能を紹介し、例題を用いた演習にて実際の操作を体験してもらう。

アンケート: googleフォームを利用



➤ 以下の3機関の先生にご協力いただいた。

- それぞれの講習会で以下の人数に参加いただいた。

-

Fig.3 IDCC使い方講習会（試用会）の様子

○ アンケート回答者の特性を以下に示した（3機関合算）。

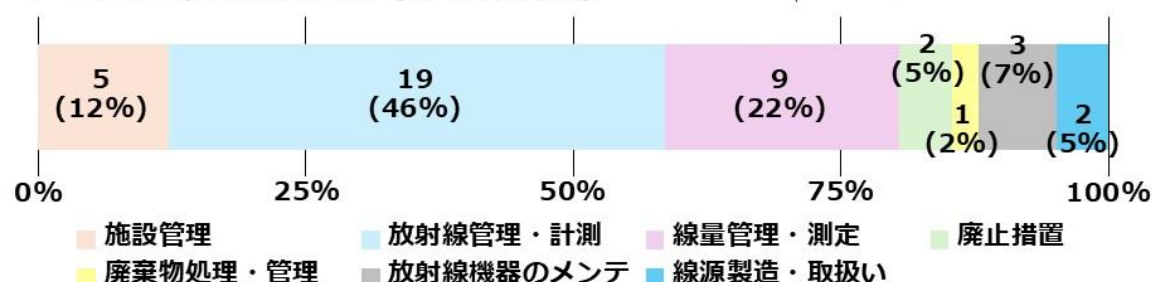
➤ 回答者の内訳（総数：34名）



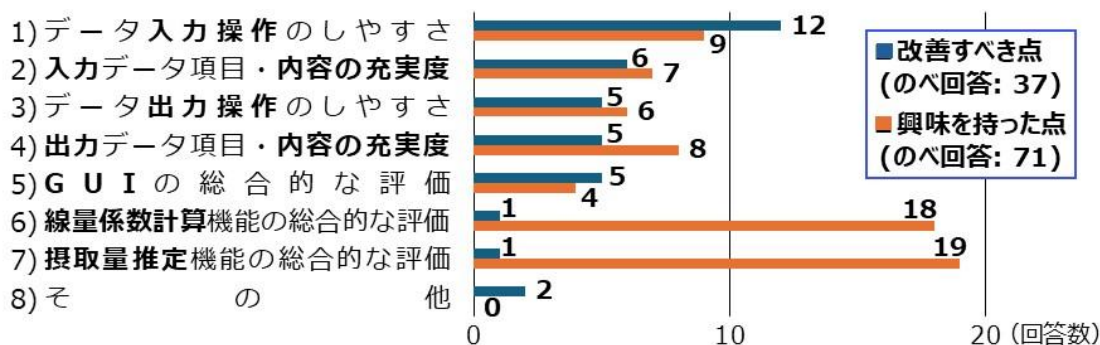
➤ 取扱核種の内訳（延べ回答：61）

回答数	核種
12	Cs-137
10	H-3
7	I-131
6	Co-60
3	P-32
2	K-40, Sr-90, I-125, Rn-222, Am-241
1	Ca-45, Fe-59, Ba-133, Ra-226, Pb-210, Po-209, Po-210, At-211, Th-232, U-238, 天然U, Pu-242, Am-243

➤ 回答者の経験業務の内訳（のべ回答：26）



○ 使いやすさに対する意見を聴取した（複数選択あり、3機関合算）。



○ 得られた主なコメント

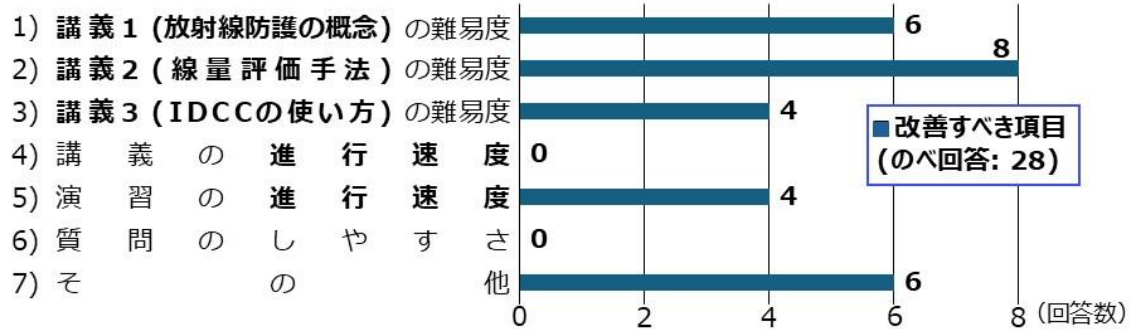
- ・ 英語表記は分かりにくい
- ・ 摂取量推定の設定入力がしにくい
- ・ 入出力時に着目したい情報の選択が煩雑
- ・ 結果の保存操作や保存場所が分かりにくい
- ・ エクセル等で編集しやすい形式で出力したい
- ・ 出力結果の計算条件が分からない
- ・ ノートPCではGUIや選択肢が途切れる

○ 検討したい項目

- ・ 言語選択機能の追加
- ・ 入力画面の初期値を再考
- ・ 検索機能・ソート機能の追加
- ・ GUI上へのヘルプ機能の搭載
- ・ 表形式・CSV形式での出力機能
- ・ 計算条件の出力機能
- ・ GUIの横長化

検討委員会で審議

○ 講義内容に対する意見を聴取した（複数選択あり, 3機関合算）。



○ 得られた主なコメント

- ・ 講義の内容を演習時に思い出せない
- ・ SAFやコンパートメントモデル等の専門的内容は, 学生には高難易度
- ・ 実効線量の計算方法が高難易度
- ・ 慢性摂取計算機能を紹介してほしい
- ・ 資料内のIDCC画面が小さく読めない
- ・ 演習時の操作時間を長くしてほしい

抽出

○ 検討したい項目

- ・ 講義資料の明確化すべき要点の抽出
- ・ 事前学習資料の準備
- ・ 実効線量を手計算する演習の追加
- ・ 未紹介機能の解説ビデオの配付
- ・ 資料に載せる画像の厳選
- ・ 演習時間の確保, 挙手による進捗確認

検討委員会で審議

まとめ

- ✓ 我が国独自の技術的基盤として, 2007年勧告に準拠した内部被ばく線量評価コードIDCCを開発している。
- ✓ 想定ユーザーの利用目的別（研究・実務・教育）にエディションを準備中。
- ✓ IDCCのユーザーフォローと認知度向上のため, 使い方講習会を3回実施。
- ✓ 試用会の結果, 幅広い想定ユーザーから意見を聴取できた。
- ✓ 得られた意見をもとに検討委員会で審議し, 来年度以降のIDCC開発に反映する。

<謝辞>

ご協力くださいました長崎大学 原爆後障害医療研究所の横山須美先生, 弘前大学 大学院 保健学研究科の細田正洋先生, 福井大学附属国際原子力工学研究所の安田 伸宏先生, ご参加くださった皆々様に深く感謝いたします。

ご清聴ありがとうございました
Thank you for your attention!

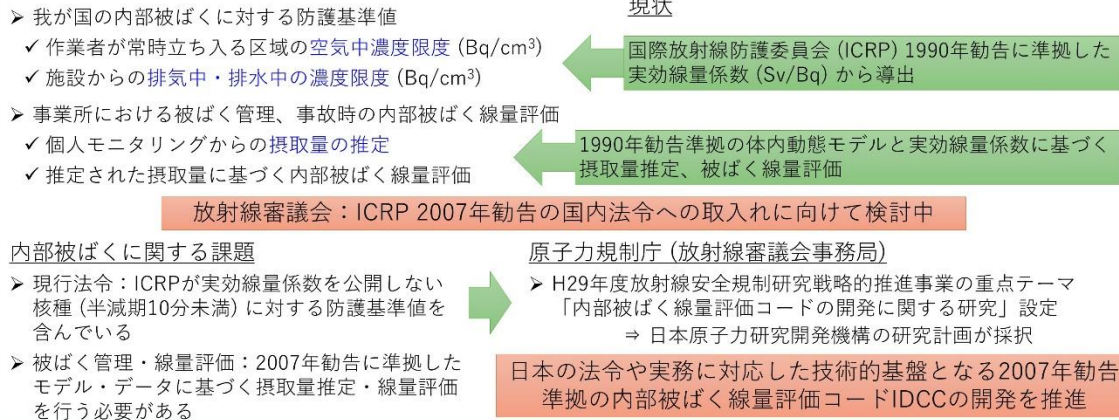
内部被ばく線量評価コードIDCCの開発状況と今後の計画

○真辺 健太郎¹、室田 修平¹、村上 優子²、高橋 史明¹

¹日本原子力研究開発機構、²NAIS株式会社



背景



IDCCの特徴

2つの機能

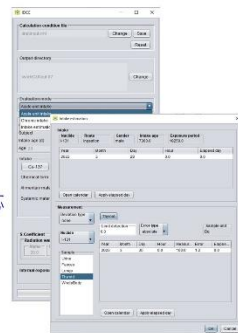
- 線量係数計算機能
 - ✓ 2007年勧告準拠の線量評価法を採用
 - ✓ モデル・データの追加、編集が可能
- 核種摂取量推定機能
 - ✓ モニタリング結果から2007年勧告準拠の摂取量推定が可能
 - ✓ 複数のモニタリング手法の同時考慮に対応

操作・動作環境

- グラフィカルユーザーインターフェース (GUI) による直感的な操作
- Windows, Mac, Linuxで動作可能なJavaアプリとして開発

2つのコードパッケージ+ウェブアプリ (簡易版)

- 全機能版：提供条件あり (知見や専門性の確認)
 - ✓ すべての機能が制限なく使用可能
- 機能制限版：提供条件なし
 - ✓ モデル・データの編集不可
 - ✓ 単一のモニタリング手法のみ対応
- ウェブアプリ：提供条件なし
 - ✓ ウェブページに接続するだけで利用可能
 - ✓ 代表的な核種のみ対応



IDCCのGUI



ウェブアプリ画面

開発状況

- 平成29年度～令和2年度
 - ✓ 実効線量係数計算機能の開発・検証
 - ✓ 核種摂取量推定機能の開発・検証
 - ✓ 各機能の改良、GUIの設計・開発
 - ✓ IDCCプロトタイプ完成
- 令和3年度～令和4年度
 - ✓ IDCCプロトタイプを専門家に試用提供・意見募集、プロトタイプの改良
 - ✓ ウェブアプリの設計・開発
- 令和5年度
 - ✓ 職業被ばくに対する線量評価のためのモデルやデータの組込み・検証完了
 - ✓ ウェブアプリの試用公開・意見募集
- 令和6年度
 - ✓ 公衆被ばくに対する線量評価のためのモデルやデータの組込み開始
 - ✓ 想定ユーザーからのフィードバックを得るための試用会実施



試用会の様子

試用会実施機関

- ・ 弘前大学
- ・ 福井大学
- ・ 長崎大学

今後の計画

- 令和7年度
 - ✓ 職業被ばくに対する実効線量係数計算・核種摂取量推定が可能なバージョンの公開 (上半期)
- 高度情報科学技術研究機構 原子力コードセンターを通じて提供
 - ✓ 公衆被ばく用モデル・データの組込み、実効線量係数の試算・検証
 - ✓ 試用会で得られたフィードバックを踏まえた改良
- 令和8年度
 - ✓ 公衆被ばく用モデル・データの組込み・検証完了、コード完成
 - ✓ 改正用基準値の取りまとめ

問合せ

IDCCに関する問合せ、要望、試用会開催希望等、なんでもお気軽にご連絡ください。

担当者：

JAEA 安全研究センター
リスク評価・防災研究グループ

真辺 健太郎

電話：029-284-3758

メール：manabe.kentaro@jaea.go.jp



メンバーが
起動します

本発表は、原子力規制庁「令和6年度放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業」により得られた成果を含む。

3. 国際原子力機関放射線安全基準委員会第 57 回会合

- ・ K. Manabe, Development of Internal Dose Calculation Code (IDCC), IAEA/RASSC 57 meeting, R.6.2.

発表資料は、下記 Web ページから閲覧、ダウンロードが可能である。

[https://nucleus.iaea.org/sites/committees/RASSC%20Documents/R.6.2%20Development%20of%20Internal%20Dose%20Calculation%20Code%20\(IDCC\)_v2.pptx](https://nucleus.iaea.org/sites/committees/RASSC%20Documents/R.6.2%20Development%20of%20Internal%20Dose%20Calculation%20Code%20(IDCC)_v2.pptx)

付録 3 検討委員会

本事業では、検討委員会会合を 3 回開催した。以下に、各会合の議事概要を示す。

令和 6 年度第 1 回被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会議事録

1. 日時

令和 6 年 6 月 5 日（水）9 時 00 分～11 時 30 分

2. 場所

航空会館ビジネスフォーラム 504 号室（東京都港区新橋 1-18-1 航空会館）
及び オンライン（Microsoft Teams）

3. 出席者（敬称略）

（委員長）細田正洋

（委員）沖雄一、谷幸太郎、玉熊佑紀、吉田浩子

（幹事）高橋史明

（事務局）真辺健太郎、室田修平

（オブザーバ）高橋知之、森泉純、鈴木亜紀子、佐々木瑛麻

（オブザーバ・オンライン）市川佳世子、荻野晴之、伊豆本幸恵、中畠純也、高久侑己、
猪又智裕、喜多充

4. 議題

- 1) 令和 6 年度事業計画について
- 2) ICRP 刊行物等の調査について
- 3) IDCC の利用性向上のための調査について
- 4) 規制改正用基準値の整備に向けた検討について
- 5) 簡易版の改良について
- 6) その他

5. 配付資料

配付資料 R6-1-1 第 1 回検討委員会資料

配布資料 R6-1-2 試用会事前学習資料案

配布資料 R6-1-3 試用会講義資料案

配布資料 R6-1-4 ブース来訪者アンケート案

参考資料 令和 6 年度被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会構成員

6. 議事要旨

議題毎に事務局より内容を説明し、それぞれについて以下のような質疑応答、コメント等があった。

議題 1) 令和 6 年度事業計画について

質問： 今後、胎児における内部被ばくや母乳による内部被ばくについての線量係数を改定する動きがあるが、本事業で対応することになるのか。

回答： いわゆる RI 数量告示に現状記載されている数値について、ICRP2007 年勧告に準拠した数値へ更新することが本事業の主目的であると考えている。したがって、現行の基準値の在り方を踏襲するのであれば、母体や母乳を介した胎児や新生児の内部被ばくに関する線量係数は対象とならないと考える。

質問： 資料 R6-1-1 の P.5 にある線表に記載された内容と、本日議題として挙げられている内容に相違がみられるがなぜか。

回答： 線表には現在実施中の事項と今後実施予定の事項の両方を記載した。また本日の議題は議論すべき事象が生じている事項について取り上げた。これらの理由から線表の記載内容と議題に挙げた内容に相違がある。なお、今回議題に上がっていない事項については今後開催予定の第 2 回検討委員会や第 3 回検討委員会における議題とする予定である。

意見： 線表については、議論すべき内容がどこなのか明示するべきだと感じる。

回答： 次回はそうようにする。

質問： 線表中に、S 係数内挿アルゴリズムの改良を一部外注するとの記載があるが、どういうことか。

回答： どのような処理の流れを実行させるかといった設計は JAEA で実施し、具体的なコーディングの作業を外注する予定である。

議題 2) ICRP 刊行物等の調査について

質問： 小児 SAF の導出に用いられている標準体重データは、成人と同じように ICRP 刊行物に記載があるものを用いているという理解で正しいか。

回答： その通り。年齢依存の線量係数についてまとめた ICRP 刊行物のシリーズ (Publ. 56, 67, 69, 71, 72) にリファレンスデータとしての記載がある。

質問： ICRP のリファレンスデータはコーカソイドのものだがモンゴロイドとの違いは考慮するのか。

回答： 人種の違いについては考慮しない予定である。

質問： 小児 SAF について、年齢別の S 係数がどのようなパラメータを用いて内挿されるのか不明とのことだが、ICRP に対して問い合わせるなどの対応はしたのか。

回答： パブリックコメント募集時に詳細な導出方法を記載してほしい旨を意見した。意見が反映されたのかどうかは小児 SAF に関する刊行物が出版されれば確認できる。

意見： ICRP 刊行物に示された計算の中には導出方法の詳細が分からないものもある。これらについては ICRP に対して積極的に質問していただきたいと思う。

質問： 内挿方法が不明であるとのことだが、年齢による内挿と体重の逆数による内挿では結果が変わるという理解で合っているか。

回答： 正確な比較は実施していないが、年齢の増加と体重の増加の間に一次関数的な相関がある訳ではないため内挿方法によって結果に差が生じると考えている。

質問： 今後公開される小児 SAF について、算出に使われているモデルがコーカソイドであるとのことだが、日本に適用する際にはモンゴロイドとの体格差がどれくらい影響するのか。

回答： 以前、日本人のボクセルモデルを用いて算出した SAF から実効線量係数を求め、ICRP の値と比較したことがあるが、大きな差は確認できなかった。人種の差よりも個人差の方が影響してくるといえる。

質問： 小児 SAF の内挿については、IDCC に小児 SAF データをインプットし、内挿方法を変えて計算することで、内挿方法を探索するという理解で合っているか。

回答： 刊行物で内挿方法が明示されなかった場合はそのようにするか、ICRP に直接問い合わせる予定である。

議題 3) IDCC の利用性向上のための調査について

質問： 今年度事業では3回の IDCC 試用会を予定しているとのことだが、試用会においてもアンケートは実施するのか。また、試用会で用いるアンケートと第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会におけるブース出展で用いるアンケートは同じ内容とするのか。

回答： 試用会においても実施する予定である。また、試用会、ブース出展の双方において、実際に使用したときの感想を集めたいと考えていることから、アンケート案の 2 ページ目の内容については同じ質問項目になると考えている。

意見： 事前学習資料として既存の教材を活用することは良い考えだと思う。また、既存の講義資料の内容について、一部を事前学習で扱い、実際の講義で残りの内容を扱うという方法自体は良いと思う。ただ、事前学習に含める内容にも、「防護量の適用範囲について」などの要点が含まれており、事前学習だけでは受講者がその重要性に気づけないのではないかと危惧している。これらについては講義中に再度抜き出して説明すべきだと考える。

質問： 防護量の適用範囲の説明スライドには、実効線量の説明も補足すべきではないか。スライドの記載内容が細かくなってしまう懸念はあるが、実効線量は低線量における被ばくでのみ適用できるものであって高線量の被ばくでは適用できないといった旨の記述あるいは口頭での説明を加え、線量評価が基づいている考え方を受講者にしっかりと理解させる必要があると感じる。

回答： 受講者には適切に IDCC を使用していただきたいと考えている。線量評価を正しく理解していただくうえで重要な内容については、事前学習範囲かどうかや資料に記載があるかどうかに関わらず、講義中に触れるようにしたい。

意見： 第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会でのブース出展で IDCC のデモンストレーションを行う際に、実際に何らかの数値を見せることになるが、これらの数値の意味や実際にどのように運用されているかといった点も含めて、ブース来訪者に対して説明すべきであると考ええる。

質問： 今年度の 1 2 月に開催される第 5 回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会ではブース出展は行わないのか。

回答： 今年度が初回の試みであることから、年 2 回実施することは想定していない。今年度の実施を顧みて改良した後に、来年度以降で実施することを検討したい。

質問： IDCC 試用会への参加者について、参加者の知識レベルに差があることが予想されるとあるが、運営側は参加者の知識レベルをどのようにして判定するのか。知識レベルを正しく判定できていないと、参加者による IDCC の誤用を防止できないと考える。

議論： 環境省の作成した資料の上巻といった、今回提示した既存の教材を用いて学習していただく形が良いだろうか。

意見： 簡単な小テストを実施し、その得点率に応じて資料のどこから学習を始めるか振り分けるのはどうか。

意見： とある研修では、事前テスト（プレテスト）を実施した後に講座を受講し、再度同じ内容のテスト（ポストテスト）を受けるといった方法を採用していた。事前テストを行う旨を予めアナウンスしておくことで、事前学習の実施率を上げることができると考ええる。

意見： 試用会の位置づけが重要になってくると考える。NRA が主催する中核人材研修では人材育成が目的であるため、プレテストとポストテストを実施しているが、試用会は人材育成が目的ではない。一方で、線量評価の考え方を知らずに IDCC で算出した値が独り歩きするようなことは避けなくてはならないため、参加者の事前学習や知識レベルの向上が必要不可欠であるといえる。言い換えると、様々な分野の方に普及していくことを優先すると、テストの実施が必要となるため受講者のハードルが上がり、普及促進には負の影響を与えることとなる。一方で、IDCC の誤用のリスクヘッジを行うためには受講者の知識レベル向上が不可欠である。対策としては、試用会の位置づけをより具体化し、これを参加者に明示することで、プレテストの実施に対する納得性が生まれると考える。または、講義の内容にオープン教材のリンクを示しておくことで受講者の自主学習が可能となる。

意見： プレテストを実施する場合、受講者全員のテスト結果から参加集団の理解が十分でない箇所を洗い出し、これを事前に把握することで、その箇所について別途説明を補足するといった使い方が良いかと思われる。

意見： 事前に把握した理解が十分でない箇所についての補足スライドの作成に即応でき

るかは課題である。

意見： 事前学習資料について、北海道大学のオープン教材は No. 5 と No. 6 の 2 つを対象とするとのことだったが、No. 2 についても含めていいかもしれない。

回答： 今回の意見を踏まえた上で引き続き改良していく。

意見： アンケート案について、大問 1 の現在のステータスの欄にある退職済みという選択肢は表現を変えるべきかと思う。回答者の現状ではなくバックグラウンドが重要なのでこれが聞き出せるような問いが良いだろう。

意見： 退職済みという選択肢は削除して、かわりに経験年数を記入できるようにしてはどうか。

質問： 経験年数はどこに回答してもらう予定か。

回答： 当初は専用の解答欄を用意していたが、回答者の負担軽減を考慮して項目を削除した。また、ブース来訪者には対面でアンケートに回答していただくので、運営側で回答者の年齢層を判別することでの対応を検討していた。

意見： アンケートを後日集計する際に、年齢の情報を取り違えてしまう可能性があるため、ブース来訪者自身に回答させた方が良いと思う。また、学生については学年や学位で知識レベルが大きく変わるため、学年の回答は任意ではない方が良いと思う。

回答： そのように対応する。

質問： 第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会でのブース出展は IDCC の展示だけが目的なのか、それとも IDCC の算出値をどのように放射線防護に活かすのかをアピールすることが目的なのか。アンケートの趣旨を考えるためには狙いを明確にする必要がある。

回答： 当初のブース出展の狙いは IDCC の認知度向上である。一昨年度に実施したアンケートで IDCC の認知度の低さが普及促進の課題となっていることが確認されたため、線量評価に関わりのある方が多く集まると予想される学会等でのブース出展を行うという運びとなったと理解している。

意見： IDCC という計算コード自体の普及促進だけではなく、どのような経緯で IDCC の開発とその普及が必要になったのかといった点や放射線防護プロジェクトでの IDCC 開発の位置づけを含めた内容が出展されるべきであると考えている。

質問： 今回のブース出展で行う IDCC の周知はどのようなユーザー層を対象としているのか。IDCC の普及促進というのは、元より線量評価に関わりのあるユーザー層への普及促進ではなく、いままで線量評価に関わりがなかったユーザー層に対するものであると理解している。そしてその場合、1F 事故後に内部被ばくに関して様々な誤解や線量の誤った使われ方が生じたことや、誤用を防止することが社会的な課題となっていること、誤用を防止する対策として線量評価に関する講習会や講座が開催されている背景が想起される。今回のブース出展では上述のような内容まで含めるべきなのか考えるために、普及事業自体の位置づけを確認したい。

回答： 昨年は IDCC の開発事業と普及促進事業に分かれておりブース出展については普

及事業で取り扱ったが、今年度からは開発事業と普及事業を分けることはせず、開発事業で一括りとしている。したがって、今回のブース出展についても、その目的はコードの利便性向上のための調査としており、様々な層から聴取した意見をもとに IDCC の改良を行うための手段と位置付けている。そのため、実施するアンケートとしては操作のしやすさといった点の聴取が中心となっており、これらの意見を IDCC のインターフェースに適宜取り入れていくことを考えている。IDCC の誤用防止の観点からも、講義等での周知に加え、インターフェースを最適化することでそもそも誤用できない状態にするといった対策を採用する方向で進めている。

質問： IDCC 試用会について、3 回目は福井大学を検討しているとのことだが、他に候補は検討しているか。

回答： 学会のメールサービスや 12 月の第 5 回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会でのアナウンスを検討している。

議題 4) 規制改正用基準値の整備に向けた検討について

意見： 現行の規制基準値設定のためのシナリオは保守的なものだと思うので、シナリオの変更で問題化する事例や不利益を被る業界がないものが選択されているのであれば問題ない。

質問： どのような観点で調査を行い、報告書に取りまとめるかについては NRA の狙いに依存すると考える。

回答： 摂水量や呼吸量の根拠やこれらに基づいて濃度限度を求めるためのシナリオを整理することが NRA の狙いであると捉えている。これらの情報は将来的に放射線審議会で議論するための材料となることを想定している。

質問： 諸外国の基準値について、RI 協会による委託研究はサブマージョン核種に注目したものではないと理解しているが、この研究結果以外にサブマージョン核種に関する諸外国の基準値について何か情報は持っているのか。

回答： 比較はこれから実施するが、米国についてはサブマージョン核種についての計算式もあったと記憶している。また、日本と米国ではサブマージョン核種からの線量計算における基本的な考え方は同じであったと記憶している。

質問： 米国のサブマージョン核種からの線量を計算する際に用いる線量率係数は外部被ばく、つまり体外の空气中核種からの被ばく（以後、外部被ばくと記載）のみの線量率係数なのか。それとも内部照射、つまり呼吸器内の空气中核種からの被ばく（以後、内部照射と記載）も考慮されたものなのか。

回答： 不明であるため調査する。

質問： OIR part 5 を用いた調査結果からは、内部照射の寄与率が無視できないと考えられるので、諸外国の線量率係数についても内部照射を考慮した線量率係数が用いられているのかどうかを確認し、同一の条件で比較する必要がある。また、内部照射の寄与を考慮しないことは防護上の不足と捉えることができる一方で、過度に保守的な基準

を設けることでサブマージョン核種の利用に制限がかかることによる社会的な不利益も考慮する必要があると考える。調査できるか。

回答： 今回参考とした RI 協会の調査に直接携わった方へ問い合わせることを検討したい。

質問： 摂水量について、出典の記載がないものの出所については何か情報はないか。

回答： 出典は不明であり、かつ、その数値を採用した理由も明記されていなかった。

質問： NRA が考える本事業の狙いでは、呼吸量や摂水量についての数値の妥当性を確認するということであるがどのように進めるのか。

回答： 昨年度の事業で呼吸量や摂水量について最新の情報を収集した際に、呼吸量については EIR ドラフトに ICRP Publ. 71 の数値を用いることが示されていた。摂水量については飲料水として飲む水分と食事から摂取する水分が合算されている必要があるが、これについて明確な記載は見つけられなかった。

質問： 内部照射の寄与を考慮すべきなのかという点について、Kr-83m は内部照射による線量率が体外からの線量の数百倍大きい理由は何だと考えられるか。口腔粘膜の線量増加が寄与しているのではないかと考えている。

回答： まだ原因を特定できていないため分かり次第お伝えする。

意見： 今後、サブマージョン核種の内部照射による線量の寄与を考慮した場合、濃度限度値を厳しくすると、実際にサブマージョン核種による被ばくを考慮しなければならない事業所等が必要以上に活動を制限されるかもしれない。こういった点も考慮して合理的な規制につなげるためには、内部照射の寄与率を変えた際に各条件で推定される濃度限度の情報と、どの条件における推定濃度限度がサブマージョン被ばくを考慮している事業所等に必要以上の活動制限をかけ得るのかといった情報について整理する必要があるだろう。

回答： 現行の規制基準値には内部照射による線量が加味された値となっている。また、今後の規制基準値改正時に OIR Part 5 の値をそのまま取り入れた場合、内部照射の寄与が考慮されないものの数値上はあまり変化せず、実務への影響はあまりないのではないかと考えている。

意見： もし内部照射の値が含まれていない OIR Part 5 の値に、今回試算していただいた内部照射の値を加えた場合、Kr-83m 以外の核種でも ICRP Publ. 68 の値を上回る可能性がある点に留意が必要である。

質問： 機能的残気量の値が小さいことによる過小評価の可能性をどのように考えるか。

回答： 線源の設定方法の記載はあったが空気量の設定については調査中である。現行の基準値を算出した際の条件にそろえた計算を実施したいと考えている。

質問： Kr-83mはどういった施設の管理で考慮する必要がある核種なのか。

回答： 物理的半減期が 10 分以上の核種は網羅的に記載されているので実際に使用されているかは不明である。

質問： 現行のサブマージョン核種の規制基準値は ICRP Publ. 68 の内部照射を考慮した値から出されているということだが、RI 数量告示に記載されている数値は外部被ばくによる線量率係数のみであったと記憶している。これはつまり、体外からの照射しか考慮されていないという認識で合っているか。

回答： 現行の RI 数量告示に記載のある値は体外からの照射と体内からの照射の両方を加味した値となっている。

質問： Kr-85 では OIR Part 5 の値と ICRP Publ. 68 の値の差よりも内部照射による線量率係数の値が大きくなっているがなぜか。

回答： 今回お示しした内部照射による線量率係数は、ボクセルファントムの肺内部で空気として識別されている部分の体積から算出される Bq が肺胞内の空隙に分布すると仮定して計算している。一方で ICRP Publ. 68 では体内の空気量から算出される Bq が気道表面に均一に分布していると仮定して計算している。これらの計算条件の違いが影響して、数値の大小関係に矛盾が生じているように見えていいると考えられる。

意見： サブマージョン核種による内部照射の寄与の影響は放射線審議会で議論がなされるので、放射線審議会でも議論するためにはどのような情報を伝達すべきなのかといった点についても議論いただければと思う。現状、OIR Part 5 と ICRP Publ. 68 で線源となる領域が異なるといった計算条件の違いが挙げられる。

意見： 言葉の問題として、資料や議論においてサブマージョン核種による内部照射とすべきところを内部被ばくとしているのでは正すべきと考える。

回答： 是正する。

質問： 調査対象となっているサブマージョン核種の中には壊変生成核種を生ずるものもある。例えば Kr-85m は壊変して Kr-85 を生ずるが、Kr-85m の線量率係数には Kr-85 からの線量も含まれているのか。

回答： 含まれていない。

意見： このあたりの情報も明示する必要があると考える。

議題 5) 簡易版の改良について

質問： 連続摂取の対応については、全機能版や機能制限版では対応しているのか。

回答： 対応している。

意見： 簡易版の使い方を考えると、簡易版で慢性被ばくを算出することはないと思われるので連続摂取について計算する機能が必要なユーザーについては全機能版や機能制限版を勧めるという形で良いと思う。

意見： ヨウ素摂取時の甲状腺吸収線量について、ICRP の防護における考え方では個別の組織に注目するのではなく実効線量で評価することを基本としているため、簡易版には組み込まない方向が良いかと思う。ただ、等価線量ではなく吸収線量ということなので一考の余地はあると考える。

意見： 簡易版は主に教育での使用を想定していると思うが、ヨウ素による被ばくは教育上の題材としては優れていると感じる。ヨウ素の摂取による被ばくは、ヨウ素が甲状腺

腺に集積することから体内動態を理解しやすい。また、実効線量係数に組織加重係数を掛けて甲状腺の線量になることを確認することで、等価線量と実効線量の関係性に対する理解も進みやすいだろう。そのため、教育上はヨウ素の甲状腺吸収線量は出力できるようにしておくことが望ましいと感じる。一方で、実務における線量評価では防護の範囲から逸脱した使用方法になるため誤用を避けるという意味ではヨウ素の甲状腺吸収線量は載せるべきではないとも考えている。

意見： NRA の主催している甲状腺モニタリング研修で簡易版を活用するといったことも想定すると、甲状腺の吸収線量が容易に求められる機能があることは教育面での効果が大いと考えられる。一方で、事故時にメディアなどで公開された放射能濃度などを用いることでも甲状腺の吸収線量が容易に求められてしまうため、不正確な数値が独り歩きするリスクを否定できない。教育現場での利用に限ることができるのであれば、甲状腺の吸収線量の出力機能は付与してもいいかもしれない。しかし簡易版は web アプリである点も考慮すると、教育現場のみの利用に制限することがそもそも可能なのか疑わしいとも感じる。

意見： 簡易版を利用制限版と利用制限なし版に分けることは現実的ではないと感じる。甲状腺吸収線量を出力する際に注釈を表示するというのはどうか。ICRP Publ. 147 でも指摘されているように、吸収線量はあくまで中間量であるため、防護の目的では実効線量を用いるように注意することで誤用を防止できるかもしれない。また、ICRP も吸収線量を用いることを完全に禁じているわけではないと理解している。年齢別の線量係数や特定の集団・条件下における効果的な相互理解を伴うコミュニケーションのツールとしての使用は問題ないと思っている。

意見： チェルノブイリ原発事故や 1 F 事故といった過去の事例では甲状腺吸収線量や甲状腺等価線量が評価されている。仮に今後、事故等の事象が起きた時に、甲状腺吸収線量を評価し、過去の事故事象での値と比較することができれば、事故の影響や住民に対する影響を説明するうえで有効かと考える。

意見： 線量係数は年齢依存の値を求めることができるが、実効線量については標準人ベースであるから年齢依存も性差もない量であるということを説明する必要があるかもしれない。

意見： ICRP Publ. 147 には、年齢に対する依存性が大きいヨウ素の内部被ばくの場合であっても、通常は 1 歳、10 歳、成人の 3 つの年齢区分で評価しておけば十分である旨の記載がある。なお、6 つの年齢区分での評価も、対話やコミュニケーションを目的として用いることに問題はないと認識している。

意見： 甲状腺の吸収線量の出力については、注意書きの表示で対応するのが良いと感じる。

意見： 現状、簡易版はだれでもアクセスできるようになっていると思うので、たとえ注意書きを表示したとしても、ある程度の知識があるユーザーでなければ注意書きの意味が理解できないので注意を喚起できないと考える。そのため、ヨウ素による甲状腺

吸収線量が誤用されるリスクを取るよりは掲載しない選択をするのが良いかを感じる。
教育には機能制限版を用いればよいと感じる。

意見： ヨウ素の甲状腺吸収線量についてはリスクが大きいので掲載しないという意見に賛成する。機能制限版については第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会でのブース出展にてその役割を調査するとのことであるし、試用会も実施予定とのことであるから、この際に教育での利用についても念頭に置いて調査すると良いのではないだろうか。

総括： 簡易版についてはヨウ素の甲状腺吸収線量の掲載はせず、機能制限版に持たせる役割を調査する中で再度検討するという形が良いという総括となった。

議題 6) その他

事務局より、今年度参加予定の学会 2 件と第 2 回及び第 3 回検討委員会の日程と内容について連絡があった。サブマージョンに関する議論は 9 月の学会発表を通して論点を再度整理した上で、第 2 回検討委員会で議論することとした。

以上

令和 6 年度第 2 回被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会議事録

1. 日時
令和 6 年 10 月 11 日（金）13 時 00 分～15 時 30 分
2. 場所
航空会館ビジネスフォーラム 504 号室（東京都港区新橋 1-18-1 航空会館）
及び オンライン（Microsoft Teams）
3. 出席者（敬称略）
（委員長）細田正洋
（委員）沖雄一（オンライン）、谷幸太郎（オンライン）、玉熊佑紀、吉田浩子
（幹事）高橋史明
（事務局）真辺健太郎、室田修平
（オブザーバ）森泉純
（オブザーバ・オンライン）高橋知之、荻野晴之、伊豆本幸恵、高久侑己
4. 議題
 - 1) IDCC の利用性向上のための調査について
 - 2) 規制改正用基準値の整備に向けた検討について
 - 3) 簡易版の改良について
 - 4) その他
5. 配付資料
配付資料 R6-2-1 第 2 回検討委員会資料
配布資料 R6-2-2 IDCC 試用会(長崎大学)講義資料
配布資料 R6-2-3 放射線教育テキスト(RI 協会)
配布資料 R6-2-4 平成 12 年科技庁課長通知(抜粋)

6. 議事要旨

議題毎に事務局より内容を説明し、それぞれについて以下のような質疑応答、コメント等があった。

議題 1) IDCC の利用性向上のための調査について

○弘前大学での試用会について

質問： 弘前大学で実施予定の試用会では機能制限版を用いるとあるが、理由はあるのか。

回答： 機能制限版は線量評価の初心者を使用することを念頭に置いている。全機能版は専門家が使用することを前提とするが、弘前大学では学生の参加者が大半を占めることを見込んでいるため、機能制限版を用いることで適切なフィードバックが得られると判断した。

補足： 試用会内では全機能版の概要についても紹介を行う予定である。

○ライセンスの形態、配付手数料について

質問： 試用会参加者からライセンスや配付手数料について質問があったとのことだが、ライセンスは現状、どのような形態になっているのか。また、配付手数料は、ライセンス 1 つにつき配付手数料が 13,420 円かかるという理解で合っているか。

回答： ライセンスは個人とその所属に紐づく仕組みであるため、1 人につきライセンス 1 つという考え方となる。所属が変わった際は、ライセンスを再取得する必要がある。配付手数料は、一般財団法人高度情報科学研究機構（RIST）を経由して配付した場合に掛かるライセンス 1 つあたりの値段である。本配付手数料は RIST の内規で定まっているため変更することはできないが、試用会等の参加者に直接配付することは許されており、この場合は配付手数料を 0 円とすることが可能である。今回の試用会ではライセンスについて詳しく説明しなかったため、このような質問が出たと思われる。

質問： RIST を経由して配付する場合、機能制限版と全機能版の配付手数料は同一なのか。

回答： コードの配付業務 1 回あたりの手数料であるため、配付手数料は同一である。

○長崎大学での試用会の振り返りと今後の改善点について

意見： 今回の試用会では、IDCC を実際に操作することと操作方法の説明スライドを見ることが同時並行で進んでいたため、難しさを覚えた参加者がいたと理解している。ソフトウェアの説明等を行った経験をもとに助言すると、配布資料にソフトウェアの一連の遷移画面と各表示の意味を示し、実際の講義は、配布資料の流れに沿って、ソフトウェアの実演のみ画面に映す方法が良いと思われる。

回答： 配布資料については助言いただいた通りに作成していたが、講義の形態については、配布資料と実際の操作画面が行き来することが多かったため、次回からは講義は実演に注力したいと考えている。

意見： 防護量について参加者からいくつか意見や疑問が寄せられていたと思うが、試用会における講義は、防護量の正しい使い方について再考していただくことも一つの狙い

であることから、前向きな結果として解釈して良いと考える。

回答： 防護量について寄せられた意見に関しては、講義の狙い通りであると解釈し、講義資料の説明を充実させるかについては別途検討したい。

意見： 今回の試用会で得たアンケート結果には、IDCC の利用場面として、施設利用者の放射線障害のリスクの計算との回答があった。また、防護量の適用範囲について、防護量を用いてはならない場面であっても実務上は使用されていることがあるとの意見があった。これらのことから、配布資料における防護量の説明スライドでは、防護量の使い方をしっかりと説明し、理解していただくことが重要であると考え。そのために、防護量の適用範囲についての説明では、どのようなことをしてはならないのかについて実務者がイメージしやすいよう具体的に明記すべきと考える。

意見： アンケート結果に、専門家以外でも分かるように日本語対応として欲しい旨が回答されていたが、全機能版は専門家向けを想定しているので、日本語に対応させるとすれば機能制限版のみで良いと考える。そのためにも、全機能版は専門家向けで、機能制限版は初心者向けであることを明記すべきと感じる。業務で IDCC を使う必要がある方のために、機能制限版の機能をどこまで拡張すべきかを考える必要があると感じる。

意見： 事前学習テキストとして RI 協会が作成した放射線教育テキストを用いる件について、本テキストは放射線について初めて勉強する方向けであると感じた。内部被ばく線量評価を始めようとする方にとっては、内容に不一致や不足があると感じる。特に、物理量・防護量・実用量については理解することが難しい部分であるので、大学の講義でも多めに時間を割いていることから、本試用会においても事前学習テキストで線量評価に必要な事柄の基礎を集中的にまとめることが肝要ではないかと考える。テキストには、物理量・防護量・実用量のそれぞれの意味と関係性、計算の際に必要な用語の解説、防護量の考え方から計算に至るまでの説明を記載すると良いと考える。このような内容にすることで、受講者は疑問点を持って試用会に参加できる。内部被ばく線量評価の計算は専門性が非常に高い分野であるからして、受講者が専門家だったとしても正しく理解していない可能性を考慮して事前テキスト及び講義資料の作成を行うべきと考える。

意見： RI 協会が作成した放射線教育テキストは、一般の方が放射線について知り、国民の理解を広める目的で作成されたテキストであるので、事前学習テキストとしては不向きであると考え。一方で、緊急時モニタリングセンター（EMC）が作成している資料などは環境省が作成した資料を一部使用しているものの、緊急時モニタリング研修の内容に合致するよう再編されており、参考になると思われる。当該資料は原安協が公開している。

意見： IDCC の普及促進のためには内部被ばく線量評価への正しい理解が必要であることを踏まえて、事前学習に必要な要素を抽出し、その説明のために有用な情報があれば RI

協会の作成したテキストや環境省の作成した資料から一部抜粋して使用するという形が望ましいと考える。どのような要素が事前学習に必要な点については次回の検討委員会で議題としても良いかもしれない。

意見： アンケート結果に、内部被ばくによるリスクが明らかに上昇するような事象が生じた場合、防護量を使用できないがどのように評価すればよいのか、といった質問が記載されていた。このような場合は、粒径や化学形といった実際の被ばく時の状況や、代謝の速さや臓器の大きさといった個人のパラメータを、可能な限り考慮して計算するが、これらの情報が得られなかった場合、まずは標準人と同じパラメータを使用することとなる。その際、計算結果は防護量と一致するが、計算結果が持つ意味合いとしては防護量ではなく個人に対する評価値であり、不確かさは3倍以上ある可能性がある。その後、被ばく状況や個人のパラメータのうち、判明した情報を加味して再評価をしていくことで、不確かさを小さくしていくことができる。つまり、個人の線量を標準人と同じパラメータで評価しても、実際の線量とならない点を、ユーザーにはしっかりと理解していただかないと、数字が独り歩きする事態となり得ると考える。

意見： 間違った線量評価の事例をいくつか提示し、それぞれの場合でどのように対処すればいいのかを示した資料があるとユーザーにとっては理解しやすいと考える。

総括： 正しく線量評価をするために必要な基礎知識がまとめられている資料の作成が肝要である。

○今後の IDCC 試用会の対象者について

意見： IDCC の想定される使用場面に対する回答を見ると、RI 規制法で対象となる事業者の他に原子炉等規制法で対象となる事業者においても、主に緊急時や廃炉作業における線量評価で需要があると解釈できる。例えば福島第一原発の廃炉作業現場では、ゾーニングや装備等を駆使して内部被ばくを防いでいる状況ではあるものの、人的・機械的ミスによってこれらの防護措置が突破される可能性は否定できない。このようなことから、電力事業者への利用促進を検討しても良いかもしれない。いままで原子力学会で IDCC を紹介していると思うが、放射線防護のセッションでの紹介となっているため、廃炉関係のセッションで発表してみても良いかもしれない。

質問： 本事業は RI 規制法の範囲内でとどめるべきか。

回答： そういった区分は行っていない。

提案： 燃料再処理施設では内部被ばくへの寄与が大きい核種を取り扱うことから、事故時の評価で IDCC の需要はあると感じる。例えば、六ヶ所村にある日本原燃株式会社での試用会を、弘前大学での試用会に併せて実施するのはどうだろうか。

回答： 昨年度事業において、電力事業者である東京電力に声がけし、講習会に参加いただいた実績がある。今後もこのような人脈を用いながら検討していきたいと思う。

提案： 日本原燃で試用会を実施する場合は、全機能版を用いた方が良いと感じる。また、原燃の周りには J-POWER や東北電力、青森県原子力センターの拠点もあるので、これ

らの事業者にも声をかけると良いかもしれない。原子力学会等を通じて原燃の実務者に接触を図ってみると良いかと考える。

質問： 例えばだが、電力事業者が全機能版を用いる場面はあるのか。また、電力事業者が内部被ばく評価を実際にやるのか。それとも JAEA や QST が実際の計算は請け負うのか。

回答： 当該事業の中間評価での意見を踏まえると、IMBA 程度の機能を持った計算コードが電力事業者の実務では求められているといえる。電力事業者の実務者においても自前で線量評価計算ができるようにしたいというニーズがあると認識している。

意見： もし、内部被ばく線量評価の専門家ではない方が、業務の都合で専門的な計算をせざるを得ない事情があるならば、線量評価を正しく行うために必要な基礎的教育を施すことの重要性は高まるといえる。計算結果として何らかの値を出すことは容易だが、この値が現実的で理に適っているものなのかを実務の現場で判断することは困難であると考え。特に廃炉に関連する値の公表はインパクトが大きい。

意見： 実務現場での目安値を求めたり、教育目的で使用したりする分には、機能制限版で十分であると感じる。一方で、社会に公表される値を求める場合は、専門家が計算をすることになるのが実態であると思われる。より具体的なニーズを調査し、これに適合させていく必要があるかもしれない。

議題 2) 規制改正用基準値の整備に向けた検討について

○規制改正用基準値整備に向けた聞き取り調査について

意見： 許可申請業務の外注先として株式会社千代田テクノルが挙がっていたが、株式会社日本環境調査研究所も外注業務を請け負っている。調査対象として追加してはどうか。

意見： バックフィットという単語は正しくないと考え。新法への適用、移行措置、経過期間という表現が良いと感じる。

○サブマージョン被ばくの場合の条件について

質問： 半無限空間を仮定した場合に線量率が低くなるサブマージョン核種について、事務所、実験室、倉庫を比較すると広い方の数値が高い一方で、半無限空間にすると数値が下がる理由は判明しているか。

回答： 現時点では、床、壁、天井による散乱線が、半無限空間より数値を高くしている理由ではないかと考えている。

質問： 半無限空間にサブマージョン核種があるという条件での計算は過剰に保守的ではないか、という意見が記載されているが、これは本年度事業での聞き取り調査において得られた意見ということか。

回答： 本事業内ではないが、半無限空間では現実的ではない位置にある核種からの放射線も届いてしまい、線量が過大に計算されてしまうことから、より現実的に即した条件で評価してほしいといった意見を別途聞いたことがあったため、紹介した。

質問： 半無限空間を想定した場合より、事務所、実験室、倉庫を想定した場合の方が 10 倍以上小さい値になる核種について、これらの核種は実際の実務ではどのような場面で問題化するのか。

回答： 主に医療活動の過度な制限として問題化していると考えられる。代表的なものとして、PET 診断に用いる O-15 や N-13 等の核種の濃度限度値が半無限空間を想定した値では過度に厳しい値となっており、一日当たりの診断回数が制限されてしまう事例が挙げられる。

○サブマージョン核種の体内挙動について

意見： スライド P.27 の「内部被ばく」という表記は、正しくは「内部照射」であると思う。

意見： サブマージョン核種は大部分がガス状になるが、一部エアロゾル化するものもあると考えられる。このような、サブマージョンと捉えるべきかどうか判断できない状況が、放射線管理の現場では生じ得る。そういった場合にどのような考えに基づいて対処すべきか、また、そういった場合での実務の現状をどのように聞き取り、課題を抽出していくのかといった点についても議論していく余地があると考ええる。

質問： サブマージョンによる被ばくは、現行の法令では外部被ばくとして評価されているので、線量率係数 ($Sv \cdot m^3 / s \cdot Bq$) で評価されているのが現状である。サブマージョン核種を吸入した際の内部照射について考えると、実際に起こる現象としては、とある速度で呼気とともに体外に排出されると思われるので、生物学的半減期のような考え方が適用できるのではないと思う。そして、排出速度は核種や化学形態によって異なることも考えられる。一方で、現状の内部照射は、単位時間当たりの寄与を調べたものであり、体内のサブマージョン核種が体外に排出される過程を考慮できていない。体内に取り込んでから排出されるまでの積算線量で比較できれば、より理に適った評価が可能かと考えるが、サブマージョン核種が体外に排出されるまでの体内動態モデルや各種パラメータは存在するのか。

補足： 例えば、サブマージョン核種で満たされている空間で作業していた者が、サブマージョン核種のない空間に移動した場合、呼吸器内腔のサブマージョン核種が体外に排出されていく過程は生理学的・物理学的に検証されているのか。

回答： 現状のサブマージョン核種に対する線量評価の計算条件では、核種が呼吸器内腔から血液、組織等へ移行する割合を 0 としている。また、実際の現象であれば、呼吸によって体内への流入、流出が生じるが、計算時には呼吸による変動は無視し、呼吸器内腔を一定の体積であると仮定して、かつ、呼吸器内の核種は $1 Bq/m^3$ の密度で一様に分布していると仮定している。したがって、現行の計算条件は、実際の現象を緻密に再現したものではなく、実際の現象を可能な限り模擬したものといえる。例えば挙げられていたサブマージョンを吸入摂取した作業者の場合、サブマージョン核種のない空間に移動した時点で呼吸器内のサブマージョン核種も消失したと仮定して計算する。実際の現象としては、呼吸器内の核種は漸減していくものと考えられる。また、OIR Part 3 では、ラドンの吸入摂取において、他の一般の放射性核種と同様の動態計算を行うため、一部が血液や組織に移行するという条件になっている。サブマージョン核種につ

いても、実際の現象としては、血液や組織への移行はあると思われるので、ラドンのような抜本的な計算方法の見直しを検討する必要があるのかもしれない。

意見： 現行の計算条件は理解した。ただ、今後、法令に実装していく際、過剰に過大な評価がなされてしまい、不当に利用が制限されることは避けなければならない。現行の計算条件が妥当なものであることを示すものが必要かと考える。

意見： 現行の計算条件は仮想の条件であり安全側で評価するために過大な条件が設定されている印象が強いため、より現実的な条件での計算が求められているのかもしれない。より実際の現象に近い計算条件はどのようなパラメータになるのか、また、より実際の現象に近い計算条件で評価した際、これが実際の放射線管理の面で現行のものより理に適ったものとなり得るのかといった点について検討する必要があるだろう。

○サブマージョン被ばくの線量評価に係る今後の課題・動向について

質問： ICRP 第二専門委員会はなぜサブマージョンの排出速度や体内での沈着割合といった要素を考慮せず、実際の現象に近い計算条件を設定しなかったのか。

回答： おそらく、今後の課題となっていると考える。ボクセルファントムは細かい組織を精度良く描画できないため、体内に線源がある場合の被ばくを取り扱う際は、SAFをはじめとする各種パラメータの精度が悪く、仮定を多く含んだ計算条件になってしまいう。一方、最新の計算ファントムであるメッシュファントムでは、ボクセルファントムより大きく精度が向上したため、ボクセルファントムを使った計算に見切りをつけ、メッシュファントムを使った計算に移行している可能性は考えられる。実際、次期主勧告について ICRP が公表した 2021 年の情報によると、内部被ばくについてはモデルを見直すとの文言があった。また、ICRP Publ. 144 に示されている内容からは、外部照射の寄与の方が内部照射の寄与より大きいことを示しているといえるため、ICRP としては内部照射を考慮しなくとも放射線防護上は問題ないと考えているのかもしれない。ただ、メッシュファントムを用いた SAF の計算等に関する論文が公表されていない点は気がかりである。

質問： 今回検討したサブマージョンに関する結果は、今後、積極的に ICRP 等に問題提起していく予定はあるのか。

回答： 現在、別件で、メッシュファントムを用いて呼吸器内のサブマージョン核種からの被ばくについて調べている。これらの結果も含めて、成果物として公表したいと考えている。

意見： 現行のサブマージョン核種の濃度限度は内部照射を加味した値だが、ICRP が OIR で公表した値は内部照射が加味されていない。そこで、OIR の値を新しい法令に取り入れる際、どのような課題が生じるかを検討するのが今回の議論の論点かと思う。現時点で顕在化した課題は、1) 実際にサブマージョン核種を考慮すべき施設はどのような施設か、2) サブマージョン被ばくを考慮すべき対象となる施設は国内にどれくらいあるのか、3) サブマージョン核種の定義について、といったものかと考える。

補足： 本事業内で行うべきはあくまで課題を抽出するところまでであり、本事業で抽出された課題を踏まえて放射線審議会で議論が行われる。

意見： 抽出した課題に対する実際の調査は本事業で実施することではないが、抽出した課題についても視野に入れつつ進める必要はある。対象となる施設については把握しておくべきかと考える。線量評価の結果が、実際の実務で正しく機能しているかについても含め、議論することも検討すべきかと考える。

議題 3) 簡易版の改良について

質問： 英語には対応しているか。

回答： している。

意見： 原子力中核人材研修の一環で、WBC 研修を実施しているが、参加対象である看護師や行政の事務職員などの多くにとって、指数表記（補足：10 の 3 乗を E+03 といった形で表した状態を指す）はなじみがないものであることを把握している。簡易版（web アプリ）は教育利用を目的としていることから、単位や接頭語、指数等の表記に関する説明も必要かと思われる。もしくは事前学習資料にて、これらの説明をする必要がある。

質問： 簡易版（web アプリ）については既に試用していただいた実績はあるという理解であっているか。

回答： その通り。その際に得られたフィードバックをもとに本スライドで示した改良を施す予定である。

質問： 改良後のアプリケーションの試用会を行うのか。

回答： 今年度事業にて改良作業を行い、来年度事業で改良版の試用会を行う予定である。

提案： サーバー上に置かなくても、ローカルネットワーク上で動作するのであれば、弘前大学での機能制限版を用いた試用会の際、簡易版（web アプリ）を設置し、期限を決めて、学生に使用してもらうのはどうか。

意見： 良い提案だと思う。もしくは、支援センターや病院の放射線管理担当者に使っただけという方法もある。

回答： 検討する。

議題 4) その他

事務局より、EIR Part 1 の取入れ状況と、9 月に参加した原子力学会での発表について報告があった。また、今後の予定として、12 月開催の第 5 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会での発表が 2 件あること、IDCC の公開に向けて操作マニュアルを JAEA レポートとして公表すること、第 3 回検討委員会の日程調整を行うことについて連絡があった。

以上

令和 6 年度第 3 回被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会議事録

1. 日時
令和 7 年 2 月 7 日（金）9 時 00 分～11 時 30 分
2. 場所
航空会館ビジネスフォーラム 504 号室（東京都港区新橋 1-18-1 航空会館）
及び オンライン（Microsoft Teams）
3. 出席者（敬称略）
（委員長代理）沖雄一
（委員）谷幸太郎（オンライン）、玉熊佑紀、吉田浩子
（幹事）高橋史明（オンライン）
（事務局）真辺健太郎、室田修平
（オブザーバ）森泉純
（オブザーバ・オンライン）高橋知之、伊豆本幸恵、佐々木瑛麻
4. 議題
 - 1) 小児 SAF の IDCC への実装について
 - 2) 試用会アンケート結果と課題の抽出について
 - 3) 規制改正に係る聞き取り調査について
 - 4) Web アプリ（簡易版）の改良について
 - 5) その他
5. 配付資料
資料 R6-3-1 第 3 回検討委員会資料 r1
別紙 1 試用会アンケートまとめ

6. 議事要旨

議題毎に事務局より内容を説明し、それぞれについて以下のような質疑応答、コメント等があった。

議題 1) 小児 SAF の IDCC への実装について

質問： 作業者の線量係数導出機能は既に完成しているという理解で良いか。

回答： その通り。OIR Data Viewer の線量係数の再現ができている状態である。

質問： IDCC は公衆の線量評価機能の付与が完成してから公開する計画なのか。

回答： 作業者の線量評価機能が完成している段階で一度公開することを計画している。
公開に向けて目下準備中である。

質問： IDCC の公開に関する全体的な計画は決まっているのか。作業者の線量評価機能が完成した時点で公開するとの話だったが、公衆の線量評価機能が完成する時期やそれを公開する時期の目安は決まっているのか。

回答： 作業者の線量評価機能の公開は、操作マニュアルを JAEA レポートとして公表した後に実施する予定であり、来年度も事業が継続する場合は、令和 7 年度の前期には公開できると考えている。一方で、公衆の線量評価機能を完成させるには ICRP から動態モデルが公開される必要があり、公開可能となる具体的な時期は不透明である。ただ、ICRP の説明によると、令和 7 年度の前期には部分的に刊行物が公表される予定とのことであり、この段階で主要な核種については計算できる状態となることが見込まれる。

質問： Sw 内挿アルゴリズムの修正を実施したとのことだが、アルゴリズムの成否を検証する際に参照元となる値はないという理解で良いか。

回答： 公衆の線量係数は、EIR Part 1 ドラフトにおいて一部の核種の実効線量係数のみ参照可能であり、導出過程で算出される Sw 値や体内放射能推移について参照可能なデータはない状況である。そのため、先行研究にて使用実績のある、IDCC とは別の線量評価ツールによる計算結果を、参照データとした。

質問： 先行研究にて使用実績のある線量評価ツールで参照データを作成したとのことだが、1 歳未満の内挿方法の変更に関する検証には対応できていないと感じる。現状、1 歳未満の線量係数を検証することは難しいということか。

回答： 指摘のとおり、1 歳未満の Sw 値については、先行研究にて使用した線量評価ツールの出力値が正しいことを担保できない。

意見： 事業報告書には、現時点で検証可能な内容と検証不可能な内容を記述し、検証範囲を明確にする必要がある。

回答： そのように対応する。

質問： 先行研究にて使用実績のある線量評価ツールについて、詳細が知りたい。

回答： 2014 年に、JAEA が作成した平均的成人日本人ファントムで実効線量係数に相当する量を計算し、ICRP 標準ファントムに基づく実効線量係数と比較した際、日本人ファントムの SAF データから実効線量係数を導出するために当該線量評価ツールを用いた。Fortran90 で書かれている。現行の Sw 値の計算方法は、当時の計算方法から変更されていないため、検証用に使用可能であると判断した。

質問： 公衆の Sw 値の計算結果について、線源領域が Other のものを再現できなかったとのことだが、作業者の計算では再現できているという理解で良いか。

回答： その通り。

質問： 線量係数の導出において、Sw 値は年齢を区間とする不連続な関数として与えているのか。

回答： Sw 値は、線量を積算する期間、成長に応じて変化させている。Sw 値の内挿は、時間刻みごとに内挿する形となっている。

議題 2) 試用会アンケート結果と課題の抽出について

○アンケート結果について

質問： 本試用会是对面で実施したとのことだが、アンケートの回答に加えて、試用会会場で得られた反応についても知りたい。対面で実施したことで直接得られた、参加者の様子や声、特に参加者が興味を持った点や理解できていない点について教えて欲しい。

回答： コンパートメントモデルの概念は大学の講義で聞いたことがある参加者も多くイメージしやすかったようだが、Sw 値や SAF の説明になると理解が追いつかない参加者が増えたように見受けられた。

意見： 専門用語や係数の説明を収載した用語集を添付するのはどうか。なお、説明時間の短縮や基礎知識に差がある参加者に対して講義する場合を想定して、用語集を添付することは一般的である。対訳表に専門用語の解説を追加するかたちでもよいと思う。

回答： 参加者から頂いた組織反応に関する指摘は、線量と発生頻度及び重篤度に関するグラフについてのものだったが、放射線概論で確認したところ、記載すべきグラフが不足していたことが分かった。こういった点も含めて修正していく。また、参加者から略語の使用は混乱するとの意見もあったので、参加者が逐次確認できるような用語集を作成する方向で対応したいと思う。

質問： 弘前大学と福井大学で試用会のタイムスケジュールが異なるが、各講義の時間が増減したことに付随して、得られた意見に違いが生じるということではなかったか。

回答： 弘前大学での講義は英語のスライドで実施する必要があったことから、時間を長めに取った。また、弘前大学の参加者は学生が主体であったこともあり、活発な質問があったため時間が長くなった。なお、各講義は予定した講義時間を厳密に守っていたわけではなく、講義内容を一通り説明し終えるまでの目安時間として設定した時間としていた。そのため、内容の充実度には差異が出ておらず、講義時間の長短に対する意見もなかった。

意見： 本試用会の実施意図としては、内部被ばく線量係数の導出方法を知らないまま、線量評価を行うことを防ぐためである。理由として、出力結果は標準人を対象とした評価値であり、特定個人に対するものではないため、取扱いに注意を要するからである。この点を理解してもらうことが最も重要であると考えている。今回報告のあったアンケート結果を見ると、個別具体的な導出過程について、しっかりと理解を深めたいという意見が目立つが、参加者全員が納得できる講義をすることは難しいと考えている。一

方で、必ず理解してもらわなくてはならないこととして、出力結果は色々な不確かさを含んでいることから、安易に特定個人の値として用いてはならない点が挙げられる。不確かさについて具体的に例示すると、実効線量係数は男女の性平均であること、組織ごとに加重係数をかけていること、動態モデルや移行係数等の各パラメータは標準化されたものであって個人に最適化されたものではないこと等が挙げられる。もし講義資料を修正するならば、各論的に講義内容を充実させるよりは、前述した要点を明記した総括ページを挿入した方が良いと考える。既存の講義資料の内容については十分であると思う。

回答： 技術的な説明を一通り終えたあとで、計算に用いているモデルやパラメータは標準化されたものであって特定個人に当てはまるものではない旨の説明を追加したい。特に機能制限版のユーザーに対して講義を行う際は、重点的に説明する必要があると認識した。

意見： コンパートメントモデルについて、参加者が理解しやすいように単純なコンパートメントモデルで説明するのは良い考えだと思う。参加者には連立微分方程式を見て欲しいので、3つのコンパートメントで成り立つモデルが良いと感じる。ただし、1990年勧告準拠のモデルを掲載することは、ICRP 勧告について追加説明が必要となり講義内容が複雑になるため、控えた方が良いと考える。適宜、講義で得られた反応を元に対応していただきたい。

回答： 1990年勧告モデルを出さずに、2～3つのコンパートメントからなる架空のモデルで説明し、2007年勧告モデルを紹介として示すという2本立ての説明が適切であると感じたのでそのように対応したい。

質問： 第2回検討委員会で配付された講義資料からは確認できないが、講義を始める前のイントロダクションとして本事業の実施意図を参加者に説明したのか。

回答： 試用会の趣旨説明として、講義開始前に口頭でのみ伝えている。今後は資料の一部として配付したい。

意見： 機能制限版の参加者から、評価対象者が作業員しか選択できないとの意見もあったように、参加者側も全体像が見えていない可能性があると感じている。配付した方がより良い。

質問： アンケート回答者の内訳について、どのように選別しているのか。

回答： 資料に掲載した結果は回答者の回答通りに記載している。なお、本項目については複数回答可として実施した。

質問： 福井大学へのアンケート結果から、将来的な課題として IDCC の運用方法のマニュアル化・ルール化を挙げているが、主に使用すべきではない事例を明記するという意味か。

回答： その通り。実際の現場でどのように使用されるかを把握した上で、IDCC を適応できる場面の限界点や使用を制限すべき場面についてイメージする必要があるという意図である。

○抽出した改良項目について

質問： 採用を見送ったヘルプ機能について、マニュアルの該当箇所がポップアップする容易なものを想定していると思うが、ヘルプ機能やポップアップは技術的に難しいものなのか。

回答： 不確定要素が多く実現可能かどうか判断しかねるため、今回は採用を見送った。

質問： 標記の日本語化を見送るとのことだが、開発コンセプトとして IDCC は国内向けなのか、国内外向けなのか。

回答： 公開にあたって、国内に制限する予定はない。

意見： 採用が難しいところは見送って構わないと思う。

意見： 採用を見送った表記の日本語化について、対応策として対訳表を作成し配付するとあったが、ここは用語集としていただきたい。

回答： そのように対応する。

意見： 講義資料の改良項目で採用事項に挙げられている線量係数導出演習の追加について、強いて採用する必要はないと考える。本試用会で最低限学んでほしいことは、計算条件は標準化されたものであるため、不確かさが大きく特定個人の評価には使用できない点であり、内部被ばく線量評価の詳しい内容についてはあくまで理解を助けるための追加要素という位置づけであると考えている。また、参加者自身が問題に取り組む場合、想像以上に時間がかかると思うので、十分に時間が余っている場合に演習の追加を検討すべきと考える。講義で例示する問題以外に、1~2 問の例題と模範解答が用意できるならば、講義後、参加者が自主的に取り組むものとして配付するという方法はあるだろう。

回答： 講義を対面で実施した際に得られた反応として、計算方法をより細かく知りたいという意欲の高い参加者が多かったことから、参加者が取り組める演習問題の追加を採用したい項目としていたが、講義を実施する本来の目的に立ち返ると、不確かさが大きいと特定個人の評価には使えないといった基礎概念の協調に時間を割くべきだと改めて認識した。

意見： 講義時間が長いと感じる参加者が多いのではないかという懸念が当初からあったが、実際の反応としてどうだったか。事務局側の時間的猶予や、参加者側が講義時間の延長に同意するかといった点の兼ね合いで講義時間の延長の是非を考えると良いと思う。実際のところ、参加者の属性によって講義内容への興味や熱意が変わってくると思うが、事前に分かるものではないため、当日の反応を鑑みて、講義の延長が可能であるかを判断するのが現実的と考える。

議題 3) 規制改正に係る聞き取り調査について

質問： 許可申請時の空気中濃度、排気・排水中濃度の評価方法について質問しているが、回答では具体的な実測方法が示されている。申請に実測値を用いているということか。

回答： 申請時ではなく、許可取得後の放射線管理の実態について質問した。管理対象施設の濃度限度が遵守されていることをどのように担保しているかの実態を調査する意

図があった。

質問： 管理区域の線量限度が 1.3 mSv/年とあるが、1.3 mSv/3 ヶ月の間違いではないか。

回答： 間違えていたので修正する。

意見： 本事業での調査対象は、法令改正の影響を大きく受けると想定される事業所の代表値として大規模な事業所を選定していたが、最も懸念すべきだったのは、遮蔽を追加するといったような費用のかかる対応をできない中規模、小規模の事業所であったと、QST の将来の放射線防護体系における規制上の課題に関する調査事業の報告会に参加して再認識した。遮へいを追加できない事業所では必然的に RI の使用量を削減するしかなく、事業遂行に大きく影響する。事業者を過度に制限する、あるいは事業遂行を大きく阻害するような結果とならないように 2007 年勧告の取入れ前後で幅広い視点で対応を行っていく必要があるだろう。

意見： エンドユーザーへの配慮が大きく不足しているとの意見も多々ある。例えば、1989 年の法令改正時には、改正後 3～5 年は問い合わせや説明会等で業務がひっ迫したとの話を聞いた。また、2001 年の改正は 1989 年の改正から間を置かず実施されているとエンドユーザーは感じており、実効線量当量から実効線量への変更や組織線量当量から等価線量への変更といった対応事項が多く、業務がひっ迫したとの話がある。大都市圏以外の地方にいるユーザーに及ぼす影響まで考慮して欲しいとの意見もみられた。本事業での聞き取り調査は代表値としてのものであり、実際に法令改正となった際は、個別の事業所レベルで影響を考える必要があるだろう。

質問： 原子力安全技術センターが刊行する遮へい計算マニュアルを使用することで、間接的に告示別表第 5 を使用しているとあるが、遮へい計算マニュアルには告示別表第 5 を改編したものが掲載されているということか。

回答： 遮へい計算マニュアルには、告示別表第 5 に記載されている光子の実効線量換算係数に加え、線源と遮へい材の組み合わせごとに透過率や減衰率が掲載されている。加えて、ベクレル当たりの実効線量率についても告示別表第 5 から導出されていたと記憶している。

質問： 遮へい計算マニュアルは原安技センターが独自で刊行しているのか、NRA からの受託事業として刊行しているのだろうか。

回答： NRA の受託事業と記憶している。

意見： 加速器施設のビーム増強をする際に PHITS を用いて遮へい計算を実施したが、PHITS の初期設定が 2007 年勧告に準拠した値になっており、申請時に 1990 年勧告に準拠した再計算を求められたという話がある。このケースだと、2007 年勧告取入れ時にまた再計算が必要になると予想される。

提案： 2007 年勧告取入れは、いずれは実施する必要があるが、ICRP や ICRU 等の国際機関が更新した量や概念を逐次的に法令へ盛り込むことは避けるべきことと考える。理由として、実務者の負担が非常に大きくなることが挙げられる。この場合、実務者が法令改正への対応に追われることで安全への配慮が手薄になってしまうおそれがある。そこで、2007 年勧告の取入れ時期の最適化を図るために、取入れに最適な状況、例え

ば時期や方法等を提案することも、本委員会の範疇として含めてもいいのではないかと考える。

回答： 提案いただいた内容は議事録として事業報告書に添付し、NRA に伝えたい。

質問： 本事業の実施項目として聞取り調査があり、本委員会でその結果を確認している状況だが、聞取り調査結果の取り扱い方や、本委員会の提案事項としての取りまとめ方といった本委員会の範囲に関わる取り決めは NRA と意思疎通は取れているのか。

回答： 相互に確認している。本事業の委員会での議論や提案は、今後の放射線審議会での審議の材料として蓄積されている。

意見： 審議の材料という観点では、大規模な事業所だけでなく中・小規模な事業所も聞取り調査対象とした方が、公平性が増すと考える。

質問： 今後、聞取り調査を実施するならば、どのような対象に実施することになるのか。

回答： 現状、中性子の実効線量換算係数が記載された告示別表第 6 の利用実態が把握できていないため、告示別表第 6 の利用実績がありそうな施設が対象になると考えられる。

事務局より質問： 告示別表第 6 の利用実績がある対象として挙げられる事業所はあるか。

委員より回答： ラジオアイソトープ総合センターは全国的なネットワークを有していることから対象として適していると感じる。

質問： Q システムは 1990 年勧告準拠という理解で合っているか。

回答： 現行の基準値の導出に使用されたものはその通りである。ただ、輸送基準の改定を目的として準備中の IAEA 刊行物では、2007 年勧告準拠の線量係数として OIR シリーズ収載値を使用した Q システムを用いて A1/A2 値を導出していると聞き及んでいる。そのため、輸送基準に関する新しい IAEA 刊行物を、公表後すばやく取入れたとしても他の基準値と整合性が取れなくなるだろうと考えている。

質問： Q システムに限らず、RI 利用者が関係する規制関連の事柄、例えば PHITS などについて 2007 年勧告の取入れ状況を把握する必要があると感じるが、これについては本事業で調査対象となっているのか。

回答： 本事業の調査範囲は、RI 数量告示に関するものと捉えている。そのため、Q システムに関しては範囲外であるとし、積極的な情報収集は行っていない。

議題 4) Web アプリ（簡易版）の改良について

意見： 「個人モニタリングの評価値を入力してください」という文言があるが、このウェブアプリがより一般向けであることを鑑みると、入力すべき具体的な評価値を例示しておく、例えば尿バイオアッセイの評価値ならば尿中放射能であることを注釈として記載しておくとともに良くなると感じる。

質問： 出力された摂取量や被ばく線量について、べき乗表記にすることで分かりやすさは増すと感じた。一方で、表示スペースを拡大しないと、見にくくなってしまうと思われる。文字サイズの拡大あるいは表示枠の拡張で対応することになるのか。

回答： 表示枠の拡張は検討する必要があると考えている。

議題 5) その他

事務局より、12月に参加した第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会での発表について報告があった。また、今後の予定として、2月中を目処に本委員会の議事録確認、3月の第4月曜日を目処に本年度事業報告書の確認をお願いすることについて連絡があった。

コメント： 最近、放射性医薬品に関する刊行物である ICRP Publ. 140 の邦訳版を NRA が公開した。このことから、核医学に対する関心は高いと感じている。

コメント： 最新の知見が反映されているモデルなら実用に耐えると思うが、放射性医薬品に関するモデルやデータの更新速度は速く、常に最新のモデルを維持することは難しい。本事業で対応する必要はないと考える。

コメント： 今年度実施した試用会とそれに伴うアンケートの結果からは、参加者の属性といったデモグラフィックな調査ができた。これは有用な結果だが、母数が少ないため、全体の傾向として捉えるのではなく、一部の集団で得られた参考値として取り扱う必要があるだろう。

以上