

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31日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

本報告書は、国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構が実施した令和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）事業の成果を取りまとめたものです。

目次

第1章 はじめに.....	1
第2章 内部被ばく線量評価コードの運用・普及促進事業.....	3
2.1 これまでの経緯.....	3
2.1.1 内部被ばく線量評価コードの概要.....	3
2.1.2 コードの運用・普及促進に係る検討.....	3
2.2 令和4年度の事業計画.....	5
第3章 アンケート調査.....	6
3.1 目的.....	6
3.2 調査内容の策定.....	6
3.2.1 実施方法.....	6
3.2.2 質問項目及び選択肢の作成.....	7
3.2.3 アンケートサイトの作成.....	8
3.3 調査の実施.....	14
3.3.1 学協会への調査協力依頼.....	14
3.3.2 結果.....	15
3.3.3 アンケート調査結果の分析及び考察.....	19
3.4 まとめ.....	20
第4章 コード利用者のための講習会の実施内容の策定.....	21
4.1 目的.....	21
4.2 他の講習会の調査.....	21
4.2.1 MONDALの開発者への聞き取り調査.....	21
4.2.2 原子力機構の研修コースの調査.....	21
4.2.3 PHITS講習会.....	22
4.2.4 調査のまとめ.....	22
4.3 講習会実施内容.....	23
4.3.1 講習会の構成及び実施形態.....	23
4.3.2 講義内容及び資料案.....	23
4.4 まとめ.....	23
第5章 検討委員会及び外部発表.....	24
5.1 検討委員会の設置・運営.....	24
5.2 外部発表.....	24
第6章 あとがき.....	25
謝辞.....	26

参考文献.....	27
付録1 講習会資料案 内部被ばく線量評価の概説.....	付 1
付録2 講習会資料案 内部被ばく線量評価コードの使い方.....	付 18
付録3 検討委員会.....	付 35
付録4 外部発表.....	付 42

第1章 はじめに

我が国では、国際放射線防護委員会（ICRP）がその時々を示す勧告を取り入れ、「放射性同位元素等の規制に関する法律」[1]（以下、「RI 規制法」とする。）が改正されてきた。現在、RI 規制法や同法を実施するための政令、省令等を含めた国内法令については、1990 年勧告[2]を取り入れて定められているが、これに置き換わる 2007 年勧告[3]が平成 19 年に ICRP より公開された。そこで、原子力規制委員会の下に設置されている放射線審議会では、2007 年勧告を国内法令に取り入れるための議論が進められている。こうした状況の下、原子力規制庁では、放射線規制・放射線防護による安全確保のための調査研究を体系的かつ戦略的に実施するために、放射線安全規制研究戦略的推進事業（以下、「戦略的推進事業」とする。）を平成 29 年度に創設した[4]。この事業の発足にあたっては、原子力規制委員会や放射線審議会等が明らかにした技術的課題の解決につながるような研究を推進するとともに、研究活動を通じた放射線防護分野の研究基盤の強化を図ることにより、最新の知見の国内制度への取入れや規制行政の改善につなげていく方針が示された。全体的な方針に加え、課題を解決するための重点テーマが具体的に示され、その一つとして「内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究」が設定された。このテーマの説明の中で、得られた成果については、告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」[5]（以下、「RI 数量告示」とする。）の内部被ばくに関する濃度限度等の防護基準値を 1990 年勧告に基づく ICRP 刊行物に収載の実効線量係数（放射性核種 1 Bq 摂取あたりの預託実効線量）を取り入れた数値[6,7]から 2007 年勧告を踏まえた数値に改正する際に活用する方針が示された。また、防護基準値の改正後は、事業者等では 2007 年勧告を踏まえた被ばく線量評価及び管理を実施する必要があるため、開発される内部被ばく線量評価コードを平時及び事故時の放射線防護における内部被ばく線量評価手法として活用する方針も示された。

このテーマに対し、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」とする。）が平成 29 年度からの 4 ヶ年で実施する研究計画を提案し、これが採択された [8]。同事業の成果として、原子力機構は、2007 年勧告に基づく線量評価モデルやデータを用いて実効線量係数を計算する機能、及び内部被ばく発生時の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して被ばく線量を評価する機能を開発し、両者を統合させるとともに操作性や利便性を向上させる機能を整備することで、内部被ばく線量評価コード、IDCC（Internal Dose Calculation Code）を完成させた [9-12]。一方、当該テーマのプログラムオフィサー（PO）や戦略的推進事業の評価委員会より、開発したコードの普及・利用の促進を期待するコメントが多くあった[12]。

そこで、令和 3 年度は、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）事業により、IDCC の高度化に向けた作業に加え、IDCC の運用に係る体制の構築及び普及・利用促進に関する検討を実施した[13]。この中で、IDCC をより容易に、幅広く利用してもらうための取り組みとしてコード簡易版の開発に着手するとともに、IDCC の提供体制や普及促進策に関する検討を実施した。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）事業は、令和 3 年度までの IDCC に関する事業のうち、運用・普及促進に係る項目を実施していくこととし、これを原子力機構が受託した。本報告書は、令和 4 年度事業の成果を取りまとめたものである。本章に続く第 2 章では、本事業の開始に至

る経緯及び令和 4 年度の事業計画を記す。第 3 章及び第 4 章では、アンケート調査の実施結果及び講習会の内容に係る検討結果をそれぞれ報告し、第 5 章では設置した検討委員会及び国際会議における外部発表について記す。最後に、第 6 章で全体のまとめを述べる。

第2章 内部被ばく線量評価コードの運用・普及促進事業

2.1 これまでの経緯

2.1.1 内部被ばく線量評価コードの概要

平成 29 年度から令和 2 年度までの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）事業において、原子力機構は、以下に示す機能を順次開発して統合させた内部被ばく線量評価コード、IDCC を完成させた [9-12]。

- ・放射性核種とその化学形、摂取経路に応じて実効線量係数を計算する機能（以下、「線量係数計算機能」とする。）
- ・個人モニタリングの結果から核種の摂取量を推定する機能（以下、「核種摂取量推定機能」とする。）
- ・ユーザーの操作性や利便性を鑑みた機能

線量係数計算機能は、2007 年勧告に基づく線量評価モデルやデータを参照して実効線量係数等を導出するものである。核種摂取量推定機能は、ホールボディカウンターや尿バイオアッセイ等の個人モニタリングの結果から核種の摂取量を推定し、さらに摂取条件に応じた実効線量係数を導出して推定摂取量に乗じることで預託実効線量を推定するものである。これらの機能の妥当性については、戦略的推進事業の中で検証が進められた [9-12]。また、ユーザーの操作性や利便性を鑑みた機能として、2 つの機能を統合させるとともに、線量評価用パラメータや核種の摂取条件、モニタリングの測定値等を入力し、計算結果を出力・表示するためのグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) を整備した [11,12]。さらに、取扱いマニュアルや例題集を整備することに加え、ユーザーが IDCC を容易に導入できるよう Windows、MacOS 及び Linux マシン向けのインストーラを用意した [12]。なお、専門家から得られた意見を基に、IDCC のすべての機能が使用可能なフル機能版と、モデルやデータの編集機能を制限して ICRP の既定の条件のみによる評価が可能な機能制限版の 2 つのエディションを用意した [12]。

一方、2007 年勧告に基づく線量評価用モデル・データ及び実効線量係数に関する検討は ICRP において継続中であり、今後 ICRP から公開されるモデルやデータを IDCC に組み込み、作業者と公衆についてすべての元素に対する実効線量係数の計算を可能とさせる必要がある。これらの IDCC の更なる改良や検証について、令和 4 年度は、放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業において遂行された。

2.1.2 コードの運用・普及促進に係る検討

令和 2 年度までの戦略的推進事業を通じて、事業を統括する PO との会合、研究評価委員会、専門家との意見交換の場等で、IDCC の管理運用体制や普及促進活動について有益な意見やコメントが得られた。その中で、利用希望者の持つ専門知識の程度を考慮することの必要性、重要性に係る指摘が多くあった [12]。具体的には、内部被ばく線量評価の専門家にとって、2007 年勧告に基づく線量評価モデルやデータを編集可能なことは有用となる一方、提供する側が意図しないデータの改変等により、現実的でない数値が流布される懸念が指摘された。

そこで、機能制限のないフル機能版に加え、データの編集等を制限し、ICRPによる既定の摂取条件のみ計算可能な機能制限版を用意し、利用者の持つ専門知識に応じて提供する運用とした。また、コードの提供に関しては、利用許諾条件や普及促進方法等を検討することの必要性が指摘されるとともに、商用利用における対価の取得、国外提供で生じる輸出管理等への懸念が指摘された。

これを受けて、令和3年度事業では、放射線防護や内部被ばく線量評価に携わる専門家で構成する検討委員会を設置し、IDCCの提供に係る体制及び構成の構築について検討した[13]。コードの維持管理については、今後ICRPより公開される線量評価用のモデルやデータのIDCCへの組込み等による高度化が完了するまで、原子力機構が担当することとした。また、IDCCの提供体制については、既存の原子力機構開発コードの公開に係る枠組みを利用することとした。すなわち、IDCCを一般財団法人高度情報科学技術研究機構の原子力コードセンター（以下、「コードセンター」とする。）の登録コードとし、国内向けの提供に係る窓口対応はコードセンターが実施することとした。このとき、フル機能版の提供にあたっては、「内部被ばく線量評価に関する技術的能力を有すること」を限定条件とすることとした。具体的には、利用申請者の論文や学会発表等の専門的な活動実績の有無について、原子力機構のIDCC開発担当者が確認することとした。なお、国外向けの提供については、IDCC開発担当者が個別に対応することとした。

提供に係る対価については、試験、研究の用途（以下、「研究目的」とする。）による利用申請に対しては無償で提供することとした。ただし、利用申請者は、コードセンターに対し、配付手数料として13,420円（税込、令和5年3月現在）を負担する必要がある。また、商用目的に係る提供については、原子力機構の規程に則り、使用料等について個別に決定して徴収したうえで提供することとした[13]。

普及促進に係る取り組みとしては、検討委員会において、効率的な普及促進策を立案、実行していくためには、潜在的なユーザー数やコードへのニーズを把握することの重要性が指摘された。そこで、普及促進策のひとつとして、IDCCの使い方に関する講習会の開催について検討した。これについて、検討委員会では、ユーザーの理解をより深めることを目的に、コードの使い方に関する講義に先立ち、ICRPが構築する放射線防護体系、特に実効線量等の防護量に関する解説や、内部被ばく線量評価の技術や手法に関する講義を実施することが提案された[13]。

以上の検討結果を踏まえ、令和4年度は、IDCCへのニーズの把握を目的としたアンケート調査を実施するとともに、講習会の内容を策定することとした。

2.2 令和4年度の事業計画

前節に記したこれまでの経緯を踏まえ、令和4年度の放射線対策委託費（内部被ばく線量評価コードの運用・普及促進）事業により、下記の項目を進める。

(1) 内部被ばく線量評価コードの普及に関する検討委員会の設置・運営

コードの普及・利用促進に向けて「内部被ばく線量評価コードの普及に関する検討委員会」を設置し、以下の事項について検討を行い、委員会における議論を基に意見を集約するとともに必要に応じて具体化のための方策等について調査し、方法や手法等を取りまとめる。

- ・ コード利用者のための講習会の実施内容について
- ・ コードへの要望・ニーズ調査のためのアンケートについて

委員は5名程度とし、内部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により構成する。委員会は2回程度開催する。

(2) アンケート調査の実施

IDCCへの要望やニーズ調査に関するアンケート内容を策定するとともに、10程度の関係学協会を通じてアンケート調査を実施し、結果を取りまとめる。

(3) コード利用者のための講習会の実施内容の策定

コードの取扱い方法の解説に加え、内部被ばく線量評価の概要に関する講義内容について検討し、実施内容を策定する。

(4) 学会等における成果発表

放射線防護に関連する学会等において本事業の成果を必要に応じて発表する。
参加した学術会議に関する発表資料等を付録4に収録する。

第3章 アンケート調査

3.1 目的

令和3年度事業における検討では、IDCCの国内への提供は、コードセンターを通じた体制とする方針とした。機能制限版の提供にあたっては、利用希望者の申請理由が研究目的であれば、コードセンターの窓口担当者が提供までの対応を実施するため、IDCC開発チームの負担は発生しない。しかしながら、フル機能版の提供にあたっては、利用希望者の申請理由に加え、専門知識の程度を確認する必要性が生じ、開発チームに業務が発生する。また、利用希望者がコードセンターを通じてIDCCを入手する場合に発生する手数料が普及の妨げになる可能性があり、手数料の発生しない開発チームによる個別対応による提供に移行することも考えられる。この場合、個別対応のための人的資源が必要となる。このような背景から、効率的な提供体制の検討に有益な情報を得るため、アンケート調査を通じて利用希望者のニーズを把握することとした。

また、IDCCを適切に利用してもらうためには、ユーザーに対し、ICRPが構築する放射線防護体系、特に防護量の概念[3]について正しく理解してもらう重要性が指摘された。そこで、利用希望者に対して、コード使用にあたって必要となる基本的な知識として、防護体系の理解促進を兼ねた内部被ばく線量評価法の概説(講義)も合わせて実施することが提案された。さらに、令和2年からの新型コロナウイルス感染症の拡大を受けて、オンラインによる研修やセミナーが一般化してきた。講習会をオンラインで開催することは、講習会への参加障壁を著しく減少させ、普及を促進させる可能性はある。一方、講習中の受講者のつまづきの感知や確認等では、対面の講習会と比較した場合はデメリットになり得る。そこで、利用希望者の講習会における内部被ばく評価法に関する講義の受講意欲や、実施形態に関する希望等を把握することも目的として、アンケート調査を実施した。

3.2 調査内容の策定

3.2.1 実施方法

令和3年度事業における検討委員会において、アンケート調査は、回答者の負担が少ないウェブ形式での実施が提案された。また、日本保健物理学会では、Googleフォームを用いたウェブ形式のアンケート調査を行った実績があることが紹介された。Googleフォームは、ウェブベースのアンケート作成・管理ソフトウェアであり、無料で利用が可能である。ウェブ上で対話形式の簡単な操作によりアンケートサイトを作成することができ、集計も自動で行える。作成したアンケートサイトのURLをメールリスト等で展開することで、アンケート調査が可能となる。

作成したアンケートサイトの展開先については、令和3年度検討委員会において、放射線や被ばく線量評価に関連する分野を含む以下の学協会が提案された。

- ・日本アイソトープ協会 ・日本核医学会 ・日本核医学技術学会
- ・日本救急医学会 ・日本原子力学会 ・日本放射線安全管理学会
- ・日本放射線影響学会 ・日本放射線事故・災害医学会 ・日本保健物理学会

そこで、アンケートサイトを作成後、上記学協会の事務局に対し、学協会内のメーリングリスト等を通じてアンケート調査の URL を展開するよう、依頼することとした。

3.2.2 質問項目及び選択肢の作成

令和4年度の第1回検討委員会（第5章を参照）においてアンケートの質問項目について議論し、以下のとおり設問及び選択肢を設定した。□と○は、それぞれ選択肢が複数選択可能であること、択一式であることを意味している。

(1) 回答者の属性について

① 所属学協会（複数選択可）

- 日本アイソトープ協会 日本核医学会 日本核医学技術学会
- 日本救急医学会 日本原子力学会 日本放射線安全管理学会
- 日本放射線影響学会 日本放射線事故・災害医学会 日本保健物理学会
- 所属学協会なし その他（自由記述）

② 所属機関（複数選択可）

- 大学・学校法人 研究開発法人 国・地方自治体
- 病院・医療法人 公益法人・NPO 民間企業
- その他（自由記述）

③ 職種（複数選択可）

- 医療 教育 研究・開発 技術（放射線管理）
- 技術（放射線管理以外） 営業 事務
- 学生 その他（自由記述）

(2) 業務内容について

① 業務における内部被ばく線量評価との関連（複数選択可）

- 被ばく線量管理 施設管理（許可申請等） 研究開発
- 医療 教育・演習 原子力災害対応
- 関連はない その他（自由記述）

② 内部被ばく線量評価コード・データベースの利用経験（複数選択可）

- MONDAL（パッケージ版）[14] グラフ検索フォーム（MONDALのウェブ版）[15]
- IMBA [16] INDES/IDEC [17] DCAL [18]
- ICRP Database of Dose Coefficients [19] ICRP OIR Data Viewer [20]
- CODORmed [21] 使用経験なし その他（自由記述）

(3) IDCC へのニーズについて

① 入手希望（択一式）

- 手数料（商用であれば使用料）を払ってフル機能版を入手したい
- 手数料不要であればフル機能版を入手したい
- 手数料（商用であれば使用料）を払って機能制限版を入手したい
- 手数料不要であれば機能制限版を入手したい
- その他（自由記述）

② 使用目的（複数選択可）

- 線量評価研究
- RI を使った実験の計画立案
- 線量・被ばく管理
- 施設管理
- 業務従事者の教育・研修
- 学生の教育・演習
- その他（自由記述）

(4) 講習会について

① 実施形態（択一式）

- 対面式（東京近郊、東海村等、旅費は参加者負担）
- オンライン
- 対面式・オンラインどちらでも
- 受講を希望しない
- その他（自由記述）

② 内容・構成の希望（択一式）

- 使い方講習会・線量評価法の解説
- 使い方講習会のみ
- 線量評価法の解説のみ
- 受講を希望しない
- コードを入手しないため不要
- その他（自由記述）

③ 講習会への希望・要望等（自由記述）

3.2.3 アンケートサイトの作成

アンケートサイトでは、3.2.2 項の(1)から(4)に分類した質問群ごとにページを設けた。3.2.2 項(3)の IDCC へのニーズに関する質問群のページでは、冒頭に以下の説明を加えた。

- ・ IDCC はフル機能版と機能制限版があること
- ・ フル機能版はモデルやデータの編集が可能であるが、提供には条件があること
- ・ IDCC は無償提供であるが、配付手数料が必要であること

また、3.2.2 項(4)の講習会に関する質問群のページでは、冒頭に以下の説明を加えた。

- ・ 使い方講習会では演習を通じて使い方の説明を行うこと
- ・ 内部被ばく線量評価法の解説では実効線量の概念や実効線量係数導出手順等を説明すること
- ・ 参加費は無料とする計画であること

最後に、連絡先に係るページを用意した。実際に作成したウェブサイトを図 3-1 から図 3-6 までに示す。



図 3-1 アンケートサイトのトップページ

内部被ばく線量評価コードに関するアンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

ご自身についてご回答ください

所属学協会（複数選択可）

- 日本アイソトープ協会
- 日本核医学会
- 日本核医学技術学会
- 日本救急医学会
- 日本原子力学会
- 日本放射線安全管理学会
- 日本放射線影響学会
- 日本放射線事故・災害医学会
- 日本保健物理学会
- 所属学協会なし
- その他: _____

所属機関（複数選択可）

- 大学・学校法人
- 研究開発法人
- 国・地方自治体
- 病院・医療法人
- 公益法人・NPO
- 民間企業
- その他: _____

職種（複数選択可）

- 医療
- 教育
- 研究・開発
- 技術（放射線管理）
- 技術（放射線管理以外）
- 営業
- 事務
- 学生
- その他: _____

戻る 次へ 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。不正行為の報告・利用規約・プライバシーポリシー

Google フォーム

図 3-2 回答者の属性に関する質問のページ

内部被ばく線量評価コードに関するアンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

業務内容についてご回答ください

あなたが行っている内部被ばく線量評価に関連する業務をお選びください（複数選択可）

- 被ばく線量管理
- 施設管理（許可申請等）
- 研究開発
- 医療
- 教育・演習
- 原子力災害対応
- 関連はない
- その他: _____

利用したことがある内部被ばく線量評価に関するコードをお選びください（複数選択可）

- MONDAL（パッケージ版）
- グラフ検索フォーム（MONDALのウェブ版）
- IMBA
- INDES/IDEC
- DCAL
- ICRP Database of Dose Coefficients
- ICRP OIR Data Viewer
- CADORmed
- 使ったことはない
- その他: _____

戻る 次へ 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。不正行為の報告・利用規約・プライバシーポリシー

Google フォーム

図 3-3 回答者の業務内容に関する質問のページ

内部被ばく線量評価コードに関するアンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。 [詳細](#)

ICRP2007年勧告に基づく内部被ばく線量評価コードについてご回答ください

開発した内部被ばく線量評価コードは、線量係数（放射性核種を1 Bq摂取したときの預託実効線量）と体内残留率（放射性核種を1 Bq摂取した後体内に残留する放射能の時間変化）の計算が可能です。

コードには、フル機能版と機能制限版があります。フル機能版は線量評価に用いるモデルやデータの編集が可能となっており、専門家*向けとなっています。機能制限版はICRPの既定条件についてのみ計算可能で、モデルやデータの編集はできませんが、広く一般に提供可能です。

いずれの版も、研究目的であれば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無償配付（ただし配付事務手数料13,400円が必要）します。商用利用の場合、使用料について別途相談となります。

ライセンスは個人に対して発行されます。したがって、研究室で学生がコードを使って研究する場合、指導教官ではなく学生一人一人にライセンスが必要となります。

*線量評価や放射線管理等の分野で論文発表等の活動実績がある方

コードを入手したいですか？

手数料（商用であれば使用料）を払ってフル機能版を入手したい

手数料不要であればフル機能版を入手したい

手数料（商用であれば使用料）を払って機能制限版を入手したい

手数料不要であれば機能制限版を入手したい

入手しなくてよい

その他: _____

入手した場合の使用目的をお選びください（複数選択可）

線量評価研究

RIを使った実験の計画立案

線量・被ばく管理

施設管理

業務従事者の教育・研修

学生の教育・演習

その他: _____

[戻る](#) [次へ](#) [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。 [不正行為の報告](#) - [利用規約](#) - [プライバシーポリシー](#)

Google フォーム

図 3-4 IDCC へのニーズに関する質問のページ

内部被ばく線量評価コードに関するアンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

コードの使い方講習会についてご回答ください

内部被ばく線量評価コードの使い方を説明する講習会の開催を計画しています。講習会では、被ばく条件に応じた線量係数評価やモニタリング結果に基づく線量評価等の演習を通じて、コードの操作方法を説明します。また、講習会に加えて、内部被ばく線量評価についてより理解を深めて頂くことを目的に、内部被ばく線量評価法の概要（実効線量の概念、線量係数の算出に用いるモデルやデータ、算出手順等）について解説する時間を設けることを考えています。参加費は無料とする計画です。

講習会の実施形態について

対面（東京近郊、東海村等）で受講したい（旅費は参加者負担）
 オンラインで受講したい
 実施形態にかかわらず受講したい
 受講を希望しない
 その他: _____

講習会の内容について

使い方講習会・線量評価法の解説の両方を受講したい
 使い方講習会だけ受講したい
 線量評価法の解説だけ受講したい
 受講を希望しない
 コードを入手しないため不要
 その他: _____

講習会への希望・要望等があれば記入してください

回答を入力

戻る 次へ 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。不正行為の報告 - 利用規約 - プライバシー ポリシー

Google フォーム

図 3-5 講習会の内容に関する質問のページ



図 3-6 連絡先に関する質問のページ

3.3 調査の実施

3.3.1 学協会への調査協力依頼

令和 4 年 11 月中旬に、3.2.1 項に示す各学協会に対し、アンケート調査への協力を依頼した。回答期限は令和 4 年 12 月末までとした。依頼は、各学協会が用意しているウェブページの間合せフォームまたは間合せメールアドレスを利用して行った。各学協会から以下の協力を得られた。

より積極的な協力を得るためには、各学協会の役員等から事務局に働きかけてもらう等、方法によっては展開先を増やすことができた可能性もある。

- ・一般社団法人日本救急医学会

内容が専門的であるが、学会内に設置されている原子力災害対応特別委員会にとっては回答が可能かつ情報提供が有用と判断され、委員会内で展開された。

- ・一般社団法人日本原子力学会

保健物理・環境科学部会に周知依頼を行い、展開された。

- ・一般社団法人日本放射線影響学会及び一般社団法人日本保健物理学会
 メーリングリストを通じて、全会員に展開された。

3.3.2 結果

得られた回答数は38であった。12月末までに34件の回答があり、1月中旬に38件となつて以降、新規回答はなかった。各設問に対する回答の集計結果を以下に記す。

(1) 回答者の属性について

① 所属学協会（複数選択可）

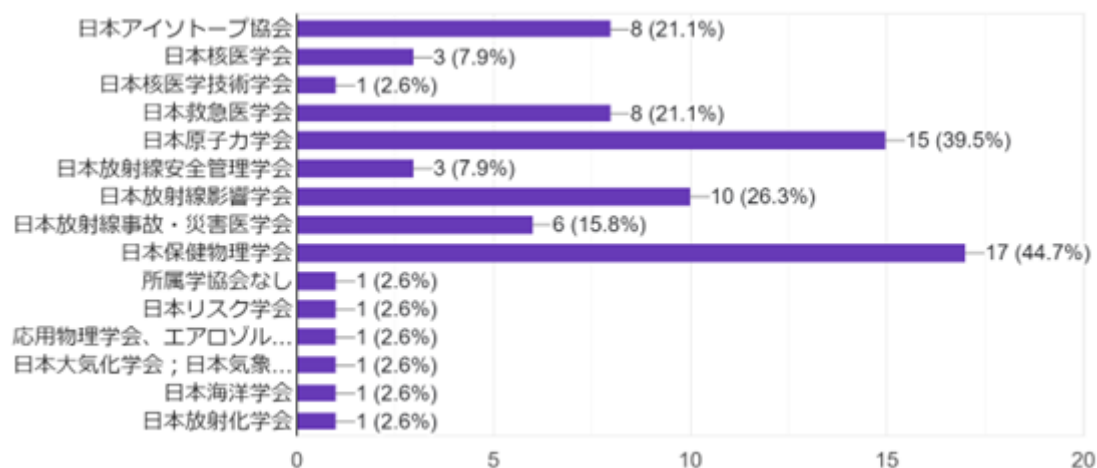


図 3-7 所属学協会の回答結果

② 所属機関（複数選択可）

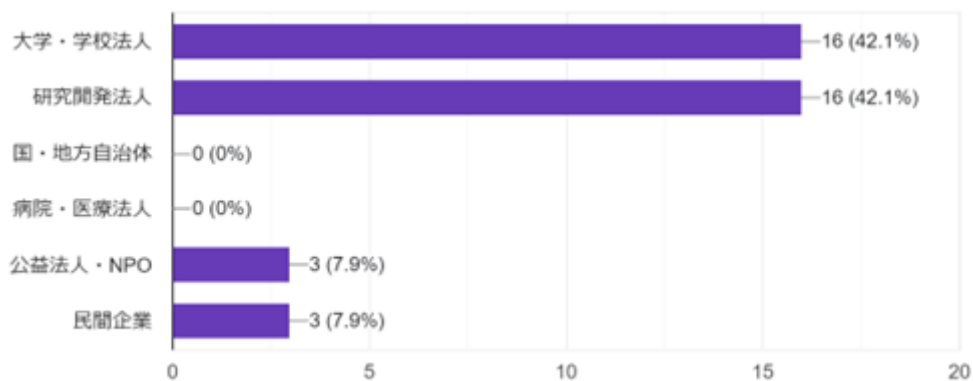


図 3-8 所属機関の回答結果

③ 職種（複数選択可）

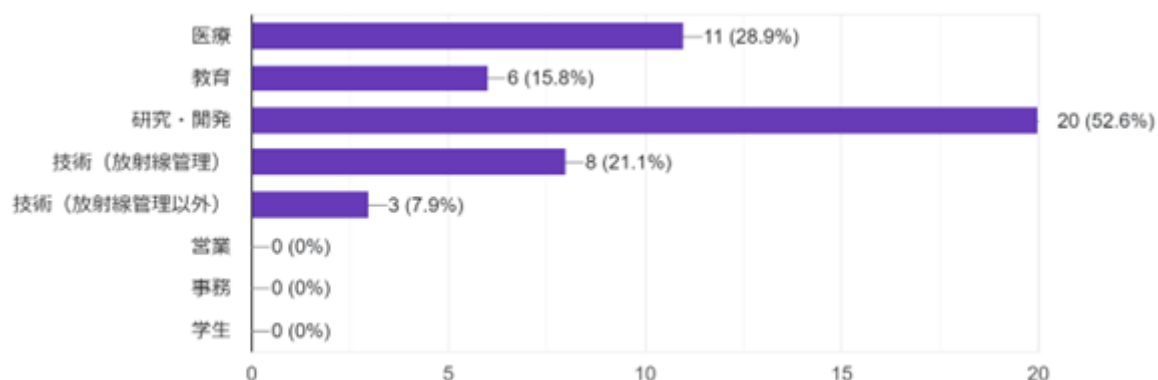


図 3-9 職種の回答結果

放射線防護分野の研究開発の従事者が多かったが、放射線管理等の技術系、医療系、教育関係も一定数含まれていた。大学や研究開発法人に所属している人が大半であったが、民間企業等に所属する者も少数含まれていた。

(2) 業務内容について

① 業務における内部被ばく線量評価との関連（複数選択可）

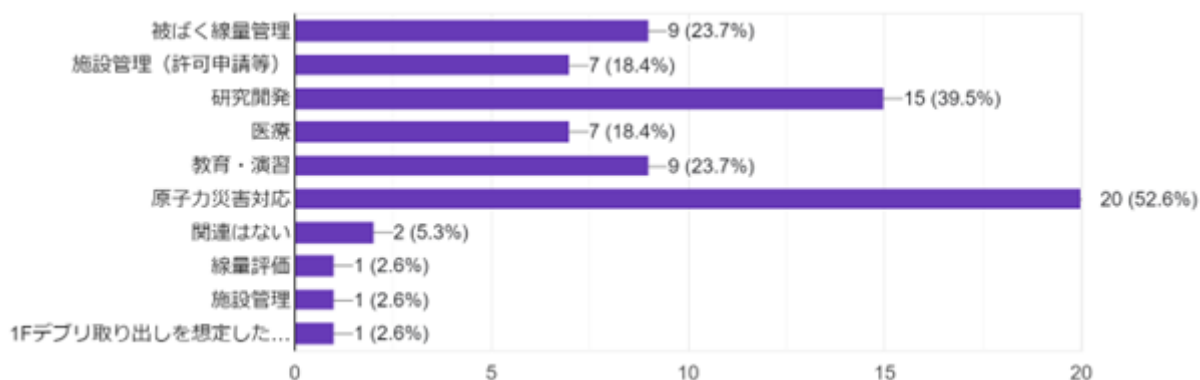


図 3-10 業務における内部被ばく線量評価との関連に関する回答結果

② 内部被ばく線量評価コード・データベースの利用経験（複数選択可）

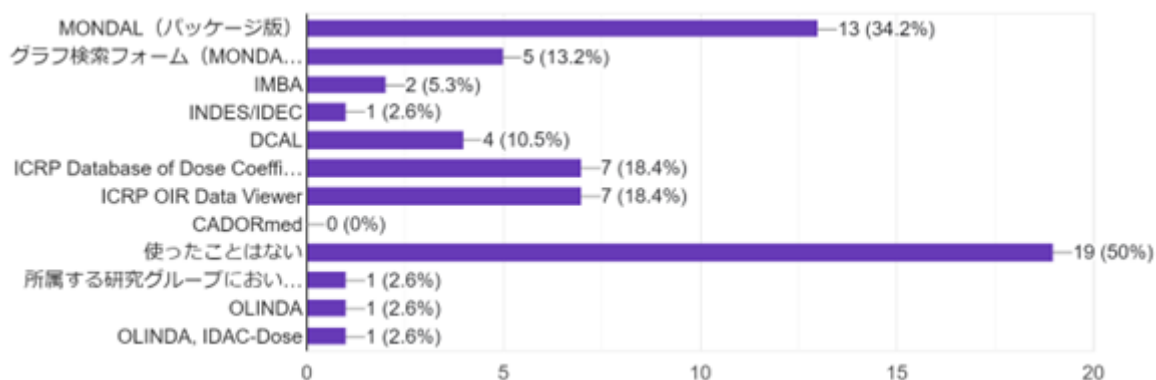


図 3-11 内部被ばく線量評価コード・データベースの利用経験に関する回答結果

回答者の業務内容は、被ばく・施設管理、研究開発、医療、教育等があまり偏りなく存在した。原子力災害対応が突出して多い理由は、IDCC 開発チームが所属する JAEA 内の研究グループからの回答が多かったためと推察される。コードの利用経験については、有償コード（IMBA [16]、OLINDA [22]）に比べ、無償コード（MONDAL [14]、ICRP のコード・データベース [19,20]）の利用経験者が明確に多かった。また、利用経験が無い者も多かった。

(3) IDCC へのニーズについて

① 入手希望（択一式）

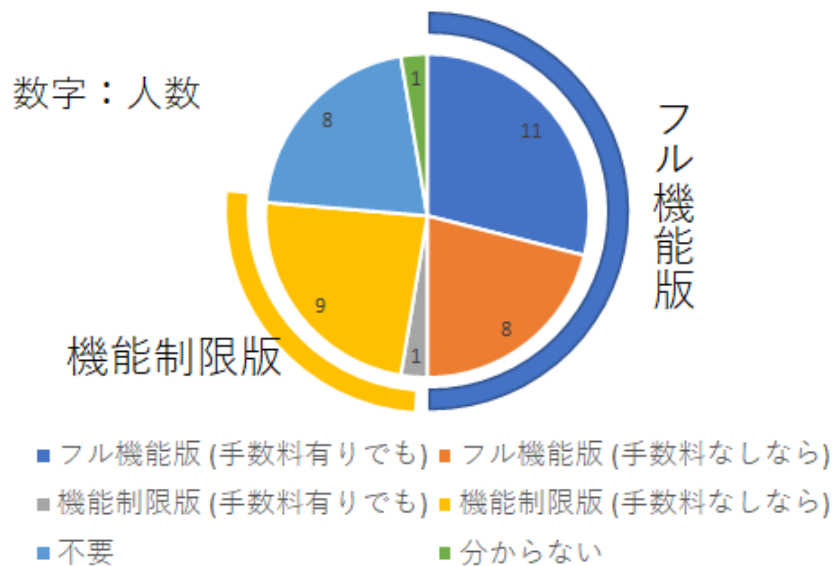


図 3-12 入手希望に関する回答結果

② 使用目的（複数選択可）

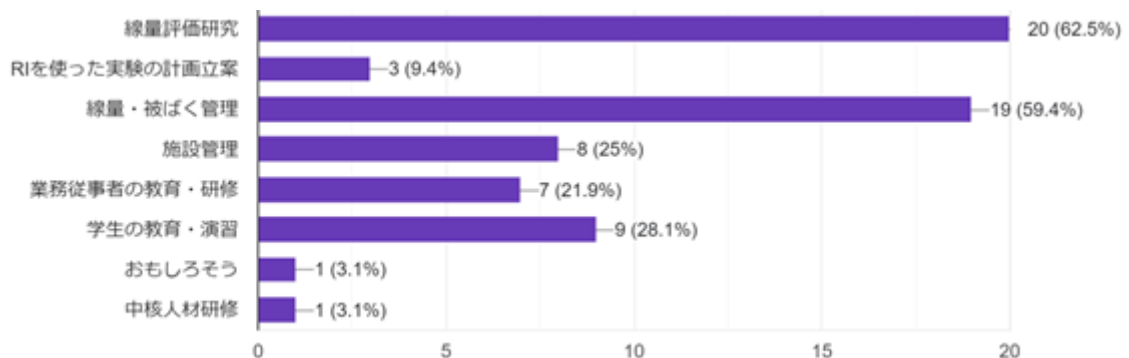


図 3-13 使用目的に関する回答結果

手数料を負担してでもフル機能版を利用する者が多かった。一方、機能制限版を希望する者は、手数料なしを希望する者が多かった。使用目的については研究用途が最も多いが、実務や教育といった回答数も多かった。

(4) 講習会について

① 実施形態（択一式）

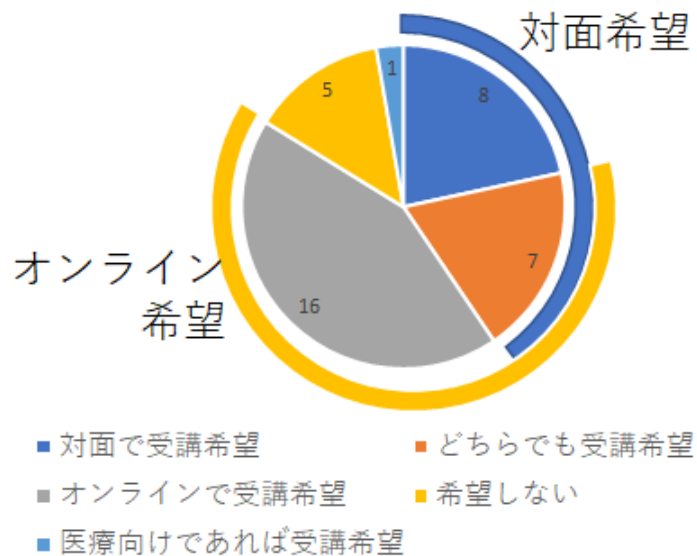


図 3-14 講習会の実施形態に関する回答結果

② 内容・構成の希望（択一式）

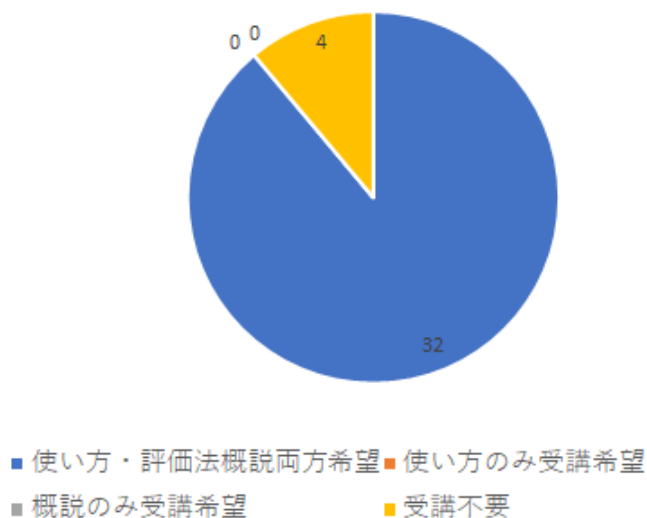


図 3-15 講習会の内容・構成に関する回答結果

③ 講習会への希望・要望等（自由記述）

- ・ 出張講習会を開催して欲しい。
- ・ 講習会後の親睦会も開催して欲しい
- ・ マニュアルを読むだけで理解が難しい場合は講習会を受講したい。
- ・ しっかり習得できるよう、必要十分な時間をかけて欲しい。

講習会の実施形態については、対面、オンラインともにニーズは高かった。内容については、コードの使い方と線量評価の概説の両方を希望する割合が非常に大きかった。

3.3.3 アンケート調査結果の分析及び考察

アンケート調査の結果から、以下のとおり分析、考察した。

ユーザー層として、研究開発系、実務系、教育系の幅広い層に見込まれることが分かった。IDCCのエディションについては、フル機能版のニーズの方が高かったが、機能制限版にも一定のニーズがあることが分かった。機能制限版は配付に係る制限条件がないため、普及促進のためにも二つのエディションを用意することが有効であると考えられる。

IDCCの提供はコードセンターによるコード配付の枠組みを利用するため、手数料が発生するが、機能制限版で十分と考えるライトなユーザー層には、手数料への負担感が大きいことを示唆する結果となった。講習会を通じた配付では手数料不要にすることが可能なため、講習会への参加に対するメリットとして強調するような周知活動を進める必要がある。一方で、本調査のアンケートの回答数を考慮すると、初期の利用希望者数で30から50人程度、その後の新規の利用希望者数は多くて年間10人程度と予想される。この場合は、手数料が不要となる開発チームによる個別対応での配付としても人的資源が不足するおそれは低いと考えられる。数年間の利用希望状況をみた上で、今後の検討課題とする。

過去のコード利用経験に関する回答結果からは、普及促進に関してコードが無償であることの優位性が示唆された。IDCCについて、今後も無償とする方針を堅持すべきと考えられる。

利用希望者のうち、一定数は既存コードの利用経験がないと推察された。今回のアンケート調査をきっかけにIDCCを認知したことが利用希望につながったと推察される。したがって、普及促進のための取り組みとして、認知度向上に向けたプロモーション活動が重要かつ有効であると考えられる。

講習会の構成については、コードの使い方に関する講義の前に被ばく線量評価法の概説を実施する2部構成がよいと考えられる。また、第4章で記すように、講習会を企画、実施するにあたって、当面は対象者を分別することなくひとつの内容で講習会の資料を作成することを計画しているが、今後、対象者のバックグラウンド等を考慮して、より特化した内容を検討する必要性が生じる可能性もある。

実施形態については、対面、オンラインともにニーズはあるが、オンラインを希望する者の割合が若干高い結果となった。対面では、講師が受講者の様子を直接確認でき、受講者のフォローが容易となるメリットがある。一方、オンラインでは、受講者のフォローが不十分になるおそれはあるが、参加に対する障壁が少なく、より多くの参加者を確保しやすいというメリットがある。当面はオンラインで実施することとし、状況や要望に応じて対面での開催も検討していくことが適切であると考えられる。

3.4 まとめ

令和3年度事業の検討委員会において、効率的、効果的なコードの運用・普及促進には、想定ユーザー層に対するコードへの要望、潜在的ニーズの調査が必要との指摘を受け、放射線防護や線量評価に関連のある学協会にアンケート調査を依頼した。集計結果からは、コードの複数エディションの準備、無償であることの有効性、周知活動の重要性が示唆された。また、ユーザー数の規模については、多く見積もっても50人程度と予想された。さらに、コードの講習会については、使い方だけでなく、内部被ばく線量評価法の概説にも強いニーズがあることが確認できた。

本調査で得られた結果は、講習会の資料作成や令和5年度以降のコードの運用、普及促進活動に反映させることができる。

第4章 コード利用者のための講習会の実施内容の策定

4.1 目的

令和3年度事業において、IDCCの効率的かつ効果的な普及促進策として、講習会の開催について検討した[13]。講習会を実施する場合は、ユーザーの理解をより深めるため、IDCCの使い方を説明するだけでなく、内部被ばく線量評価の技術や手法に関する講義を実施することが提案された。そこで、利用希望者のニーズ調査に関するアンケートを実施する際、利用希望者の講習会における内部被ばく評価法に関する講義の受講意欲や実施形態に関する希望等も併せて調査し、その結果を踏まえて講習会での実施内容を策定することとした。また、線量評価や放射線防護に関する他の講習会について調査し、その結果を実施内容に反映させることとした。なお、講習会に関するアンケート調査の結果については、本報告書3.3.2項(4)に記した。

4.2 他の講習会の調査

4.2.1 MONDALの開発者への聞き取り調査

MONDAL (MONitoring to Dose cALculation) は、旧・放射線医学総合研究所(現・国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構。以下、「量研」とする。)が開発したソフトウェアで、体外計測やバイオアッセイなどの個人モニタリングの結果から1990年勧告を踏まえたデータを基に摂取量及び預託実効線量を算出するものである[14]。そこで、MONDALの開発者に対し、MONDALの使い方に関する講習会開催の実績や、MONDALを使った研修等について聞き取り調査を行った。

MONDALの使い方みの講習会を開催した実績はないが、量研で実施している放射線の専門家・指導者を養成するための種々の研修コース[23]における内部被ばく線量評価に関する演習でMONDALが活用されているとのことであった。演習内容としては、受講者自身でMONDALを操作し、急性摂取後の1回のモニタリング結果から摂取量及び実効線量を評価するというものである。

4.2.2 原子力機構の研修コースの調査

原子力機構は、RI・放射線技術者を養成するための研修コースを開催している[24]。その中で、放射線防護関係の業務に従事する技術者向けの研修である放射線防護コースにおいて、内部被ばく線量評価に関する講義及び演習が実施されている。この講義と演習の内容を調査した。

講義では、内部被ばくモニタリングの目的や測定方法、モニタリングの結果から線量を導出する手順、関連法令等について解説が行われている。演習は、量研と同様に急性摂取後の1回のモニタリング結果から摂取量及び実効線量を評価するという内容であるが、計算コードは使用せずに関数電卓を用い、各ステップで講師が問題の説明及び答え合わせをしながら進めていく方法を採用している。以下に例として、 ^3H の急性摂取時の尿バイオアッセイの結果

から預託実効線量を算出する課題及びその中でのステップを示す。

課題： ^3H の急性摂取時の尿バイオアッセイの結果から、預託実効線量を算出する

(1) 摂取量の評価

^3H の急性摂取に対する排泄率の時間関数データと1回の尿バイオアッセイの結果（摂取後の経過日数及び排泄率の評価値）から、摂取量を評価する。

(2) 50年間の総壊変数の評価

^3H の排泄による減衰を単一の指数関数として表されると仮定し、生物学的半減期（10日）と物理学的半減期（12.33年）から関数電卓で50年間の総壊変数を計算する。

(3) 比実効エネルギーSEE（2007年勧告では放射線加重S係数 S_w に相当する）の評価

^3H は全身の軟組織に均一に分布し、壊変によるエネルギーはすべてその場に吸収されると仮定し、1壊変あたりの平均エネルギー（5.7 keV）と軟組織質量（63 kg）からSEEを計算する。

(4) 預託実効線量の評価

ステップ(2)の総壊変数とステップ(3)のSEEから、預託実効線量を計算する。

演習時間は70分あり、参加者に割り当てられた計算時間は各ステップで5分から10分程度であった。見学した際は、10名程度の参加者全員が一連の計算に対応できていた。

4.2.3 PHITS 講習会

原子力機構が開発を進めている汎用放射線輸送計算コードPHITS（Particle and Heavy Ion Transport code System）[25]は、講習会の開催を通じて多くのユーザーを獲得し、普及が進んできた。PHITSの講習会は、参加者にPHITSをパソコンにインストールさせるところから開始し、順次課題を与え、実際にPHITSを操作させることにより参加者に技術を習得させている。PHITSの講習会は10年以上の実績があり、コードの使い方に関する講習会として例題を使った演習は効果的と考えられる。

4.2.4 調査のまとめ

今回調査した3つの講習会の対象者は、放射線防護に関連する業務の従事者であり、被ばく線量評価を専門としない者も参加者に含まれていた。量研と原子力機構による研修コースにおける内部被ばく線量評価に関する演習では、いずれも急性摂取後の1回のモニタリング値から核種の摂取量及び預託実効線量を算出するというものであった。設定する課題のレベルとしては、これらのようにシンプル、かつ発生例も多く想定される条件が適していると考えられる。今回調査した講習会においては、計算コードの利用、関数電卓による手計算と異なる二つの手法が採用されていた。種々の仮定により計算手順をシンプルにできる摂取条件を設定し、一連の流れを計算、確認しながら進めることは、内部被ばく線量評価の手順の理解促進に有効であると考えられる。

また、コード使用法に関する講義の参考として、PHITSコードの講習会について調査した。参加者に例題を与え、実際に操作させる手法は、参加者の技術習得に有効であると考えられる。IDCCは、令和2年度事業において、操作マニュアルに加えて例題集も作成しており、使い方に関する講義で活用することができる。

4.3 講習会実施内容

4.3.1 講習会の構成及び実施形態

講習会の構成は、3.3.2 項 (4)に示すアンケート調査の結果から、内部被ばく線量評価の概説と IDCC の使い方に関する講義の 2 部構成とすることが、ユーザーのニーズに合致するとともに理解促進に有効と考えられる。

実施形態については、3.3.3 項に記したとおり、対面、オンラインともにニーズはあり、それぞれにメリット、デメリットがある。当面はややニーズが高いオンラインで実施することとし、オンライン講習会の参加者からのフィードバックや利用希望者からの要望等に応じて、対面での開催を検討することとする。また、第 2 回検討委員会では、参加希望者の都合にも配慮し、複数回の開催日程を確保するとともに早期に周知することの重要性が指摘された。

4.3.2 講義内容及び資料案

第 3 章に記すアンケート調査や 4.2 節に示す他の講習会の調査を踏まえて、講習会の講義の内容を策定するとともに、資料案を作成した。

講義の内容については、3.3.2 項に示すアンケート結果を踏まえ、内部被ばく線量評価法の概説と IDCC の使い方に関する講義の 2 部構成とする。内部被ばく線量評価法の概説においては、本事業の検討委員会において、ICRP の放射線防護体系、特に実効線量等の防護量や標準人という概念を理解させることの重要性が指摘された。評価法概説に係る講義資料案の作成にあたっては、実効線量の説明に重点を置いた。使い方に関する講義では、IDCC 機能制限版を用いて例題を解くことで使い方を習得する内容とし、令和 2 年度事業で整備した例題集を活用して資料案を作成した。各講義資料案については、それぞれ付録 1 及び付録 2 に収録した。

4.4 まとめ

令和 3 年度事業における検討委員会において、IDCC の効果的かつ効率的な普及促進策のひとつとして、利用者のための講習会の開催が挙げられた。講習会では、IDCC の使い方を説明するだけでなく、ユーザーの理解をより深めることを目的に内部被ばく線量評価法の概説も実施することが提案された。そこで、令和 4 年度は、量研や原子力機構が実施している研修コースやコード利用に係る講習会を調査するとともに、アンケートにより利用希望者の意向を確認して、実施形態及び内容を策定することとした。

研修コースの調査からは、内部被ばく線量評価法の理解を促すため、シンプルな摂取条件、モニタリング条件について実際に摂取量の推定及び被ばく線量の評価を行わせる演習が有効であることが示唆された。また、PHITS コードの講習会の調査では、コードの使い方の理解促進についても、演習の重要性が推察された。以上の調査結果を踏まえ、講習会は内部被ばく線量評価法の概説と IDCC の使い方に関する講義の 2 部構成とし、その講義資料案を作成した。実施形態に関しては、アンケート調査の結果を踏まえ、まずはオンラインで開催することとした。以上により、令和 5 年度以降に開催する IDCC 利用者のための講習会の実施内容を策定することができた。

第5章 検討委員会及び外部発表

5.1 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 5-1 に示す。委員会は 2 回開催し、第 1 回会合を令和 4 年 9 月 27 日に、第 2 回会合を令和 5 年 2 月 21 日にそれぞれ実施した。議事録を付録 3 に収録する。

表 5-1 令和 4 年度 内部被ばく線量評価コードの普及に関する検討委員会

	氏名	所属
委員長	細田 正洋	国立大学法人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	国立大学法人京都大学複合原子力科学研究所
〃	谷 幸太郎	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学研究所 計測・線量評価部
〃	福田 直子	国立大学法人長崎大学原爆後障害医療研究所 アイソトープ診断治療学研究分野
〃	吉田 浩子	国立大学法人東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープ センター
幹事	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
事務局	真辺 健太郎	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

5.2 外部発表

IDCC を広く周知するため、第 6 回アジア・オセアニア放射線防護会議（AOCRP6）に参加して IDCC の概要及び今後の計画について発表した。発表資料を付録 4 に収録する。なお、本発表に係る要旨は、インド放射線防護学会が発行する雑誌、**Radiation Protection and Environment** 誌に掲載された。

発表における質疑は以下のとおり。

質問：摂取量推定の結果の検定はどのように行うのか。

回答：検定は行っていない。点推定の結果を文献値と比較することにより妥当性を確認した。

質問：動態データを取得し、組み込む予定はあるか。

回答：具体的な計画はない。ヨウ素の取込み割合の影響について解析したいと考えている。

質問：検出下限値以下の結果は取り扱えるか。

回答：下限値の半値として評価に含めることができる。

第6章 あとがき

平成 29 年度から令和 2 年度までの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）事業で開発した IDCC については、ICRP 2007 年勧告を国内の放射線規制に取り入れた後に国内の被ばく線量評価で技術的基盤として活用されることが期待される。そこで、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）事業では、IDCC を効率的に運用するとともに、普及促進に係る取り組みについて検討を実施した。同事業の下で設置された検討委員会では、より効率的かつ効果的なコード提供体制の構築のためのニーズ把握や講習会の実施内容の策定に資することを目的に、アンケート調査を実施するよう助言があった。これらの助言や検討結果に基づき、令和 4 年度は、アンケート調査を実施するとともに講習会に関する調査、検討及び実施内容の策定を行った。

アンケート調査では、本事業で設置した検討委員会における議論を基に質問項目を設定し、Google フォームを利用してアンケートサイトを用意した。そして、放射線や被ばく線量評価に関連する学協会にアンケートへの協力を依頼し、調査を実施した。その結果、IDCC の潜在的なユーザー規模を把握するとともに、ユーザーが講習会に求める内容について確認することができた。得られた情報は、IDCC の効率的な運用、管理体制の構築に有用であるとともに、講習会実施内容の策定にも反映させることができた。

講習会の実施形態及び内容については、他の講習会の調査及びアンケート調査を行うことで検討を進めた。アンケート調査により、IDCC の利用希望者は、講習会の受講に意欲的であり、使い方だけでなく内部被ばく線量評価法の概説に対して強いニーズがあることが確認できた。また、実施形態については、対面、オンラインともにニーズはあるものの、当初は参加障壁の低いオンラインで講習会を開催することが適当であると結論づけた。さらに、講義で使用する資料案についても作成した。

令和 5 年度は、令和 4 年度事業によって内容を策定した講習会を実施し、参加者からフィードバックを得ることで講習会の質を高めることが期待される。また、アンケート調査により認知度の向上が普及・利用促進につながる可能性が示唆されたことから、効果的な周知活動について検討する必要があると考えられる。

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の細田正洋先生、沖雄一先生、谷幸太郎先生、福田直子先生、吉田浩子先生、MONDAL についての聞き取り調査に応じてくださいました国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 松本雅紀先生に厚く御礼申し上げます。

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] ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP **21** (1–3), 1991.
- [3] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP **37** (2–4), 2007.
- [4] 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 10 日.
- [5] 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）。
- [6] ICRP, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 68, Ann. ICRP **24** (4), 1994.
- [7] 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.
- [8] 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 10 日.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] N. Ishigure, M. Matsumoto, T. Nakano and H. Enomoto, Development of Software for Internal Dose Calculation from Bioassay Measurements, *Radiat. Prot. Dosim.* **109** (3) 235–242, 2004.
- [15] 量子科学技術研究開発機構, グラフ検索フォーム, <https://www.nirs.qst.go.jp/db/anzendb/RPD/gpmdj.php>. 最終アクセス日: 令和 5 年 3 月 10 日.
- [16] A.C. James, A. Birchall, J.W. Marsh and M. Puncher, User Manual for IMBA Professional Plus (Version 4.0), ACJ & Associates, Inc., Radiation Protection Division Health Protection Agency, 2005.
- [17] 日本原子力研究所, 原子力発電施設等内部被ばく評価技術報告書, 2000 年 3 月.
- [18] K.F. Eckerman, R.W. Leggett, M. Cristy, C.B. Nelson, J.C. Ryman, A.L. Sjoreen and R.C. Ward, User's Guide to the DCAL System, ORNL/TM-2001/190, 2006.
- [19] ICRP, ICRP CD1 Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public,

- <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20CD1>. 最終アクセス日: 令和5年3月10日.
- [20] ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 5. ICRP Publication 151, Ann. ICRP **51** (1–2), 2022.
- [21] B. Landry, B. Breustedt, C.-M. Castellani, M. Antonia Lopez, J.-F. Navarro, G. Roberts and I. Sierra, CADORmed User’s manual, <https://eurados.sckcen.be/wg7-task-group-cadormed>. 最終アクセス日: 令和5年3月10日.
- [22] M.G. Stabin, R.B. Sparks and E. Crowe, OLINDA/EXM: The Second-Generation Personal Computer Software for Internal Dose Assessment in Nuclear Medicine, J. Nucl. Med. **46** 1023–1027, 2005.
- [23] 量子科学技術研究開発機構, 研修コース紹介, <https://www.qst.go.jp/site/qms/1843.html>. 最終アクセス日: 令和5年3月10日.
- [24] 日本原子力研究開発機構, 国内研修コース案内, https://nutec.jaea.go.jp/training_ri03.html. 最終アクセス日: 令和5年3月10日.
- [25] T. Sato, Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T. Ogawa, T. Furuta, S. Abe, T. Kai, P.E. Tsai, N. Matsuda, H. Iwase, N. Shigyo, L. Sihver and K. Niita, Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. **55**(5-6) 684–690, 2018.

講義 1

内部被ばく線量評価法

令和〇年〇月〇日(〇) IDCC使い方講習会

1

内容

- 国際放射線防護委員会 (ICRP) の放射線防護の基本的な考え方
- 実務における内部被ばく線量評価
- 実効線量係数の導出方法
- 演習

2

国際放射線防護委員会 (ICRP) の 放射線防護の基本的な考え方

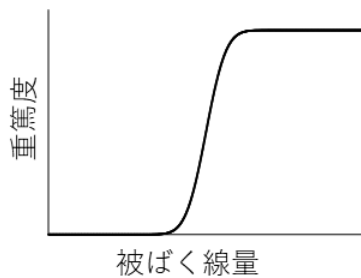
3

放射線防護

放射線被ばくによる影響

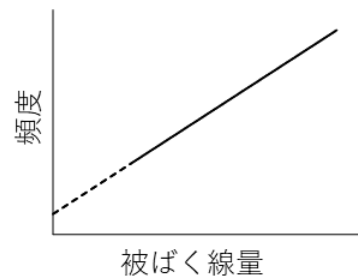
確定的影響 (組織反応)

- 白内障、脱毛、不妊等
- しきい値がある



確率的影響

- がん、遺伝的影響
- しきい値がない



放射線防護の目的

放射線被ばくによる

- 確定的影響 (組織反応) を未然に防止し、
- 確率的影響を容認できるレベル以下に抑制する。

4

防護量

防護量とは

確率的影響に対する防護において指標とする量

- 臓器・組織Tの等価線量 H_T (Sv)
- 実効線量 E (Sv)

防護量の定義式

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

T : 放射線影響を考慮する臓器・組織
 R : 放射線の種類
 w_R : R の放射線加重係数
 $D_{T,R}$: R による T 内の平均吸収線量 (Gy)

w_R : 放射線の種類による生物学的効果の違いを反映させるために $D_{T,R}$ に
 乗じる無次元の係数

$$E = \sum_T w_T H_T$$

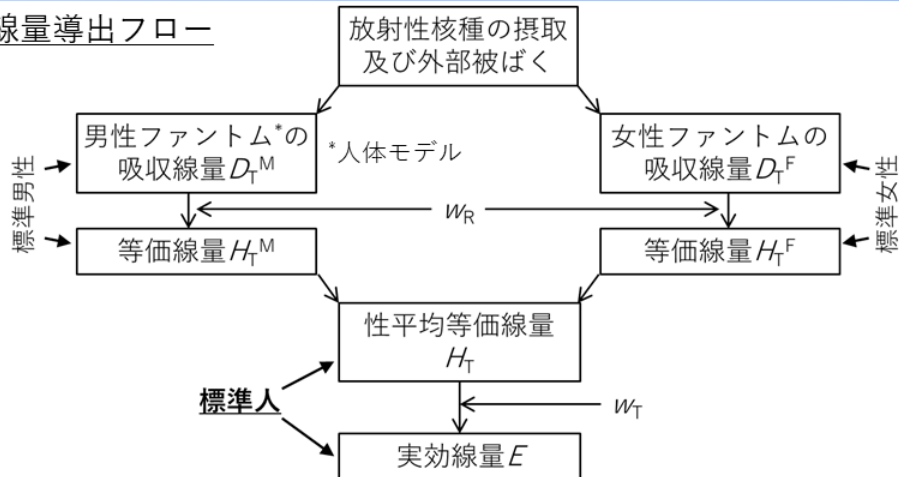
w_T : T の組織加重係数

w_T : 身体への均一照射の結果生じた健康損害全体に対する臓器・組織の相対的寄与を表現するために H_T に加重する係数

5

標準人

実効線量導出フロー



標準男性及び標準女性

解剖学的・生理学的特徴についてICRPが定める標準値を備えた、理想化された男性及び女性

標準人

(性平均の) 等価線量及び実効線量を計算するための理想化された人

防護量は標準人に対する値

6

防護量の適用範囲

防護量の用途

- 予測的な線量評価：防護計画の立案、最適化
- 事後的な線量評価：線量限度の遵守の実証
 - { 職業被ばく：5年間の平均 20 mSv/年（最大50 mSv/年）
 - { 公衆被ばく：1 mSv/年

防護量を用いてはならない場面

- 特定個人の被ばくによるリスクの評価
- 疫学的な評価
- 確定的影響（組織反応）の評価

吸収線量を推定し、適切な生物効果比を考慮すべき

7

実務における内部被ばく線量評価

8

内部被ばくの特徴と実効線量の評価

内部被ばくの特徴

- 線量を測定できない
⇒ 計算で評価
- 壊変、排泄等により体内から放射能がなくなるまで被ばくが継続
⇒ 成人は50歳まで、小児は70歳までの積算線量を核種摂取時に被ばくと仮定。預託線量という概念。

内部被ばく線量 (実効線量 E) の計算式

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

- I : 摂取量 (Bq)
- $e(\tau)$: 実効線量係数 (Sv/Bq)
- τ : 預託期間 (成人 50年、小児 70歳まで)

9

摂取量 I の推定

個人モニタリング

- ホールボディカウンタ (WBC)
- バイオアッセイ



測定時における
体内残留量又は排泄率を取得



WBC



バイオアッセイ (尿)

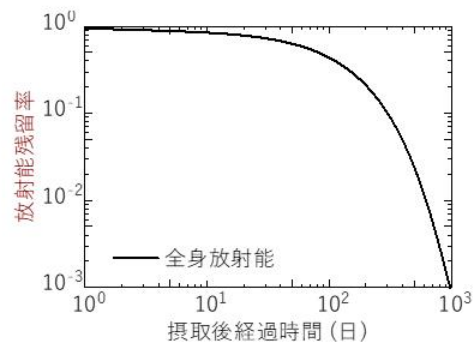
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/houkan/houkan_03.html

摂取量の計算

- 核種1 Bq摂取時の放射能残留率
又は排泄率の経時変化データと照合



摂取量の推定

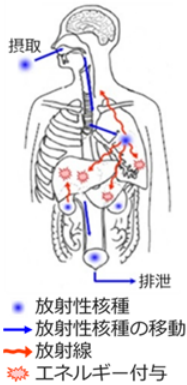


^{137}Cs 経口摂取 全身放射能残留率

10

実効線量係数 $e(\tau)$

実効線量係数の評価

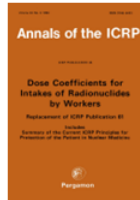


- 放射性核種の体内挙動
積算壊変数（どこで何回壊変したか）
- 内部線源による各臓器へのエネルギー付与
ある組織・臓器で核種が壊変した時に放出される放射線のエネルギーが、体内の組織・臓器にどれだけ吸収されるか

非常に煩雑で、その都度計算することは非現実的

ICRPの実効線量係数データ

- ✓ 核種・化学形・摂取経路毎に線量係数を整備して公開
- ✓ ICRP 1990年勧告に準拠した線量係数が広く利用
職業被ばく：Publ. 68
公衆被ばく：Publ. 72



Nuclide	$t_{1/2}$	Type	f_1	Inhalation, $e_{in}(50)$		Ingestion	
				1 μ mAMAD	5 μ mAMAD	f_2	$e_{in}(50)$
Hydrogen							
Tritiated MACT	12.3y			See Annex C for inhalation doses		1.000	1.9E-11
CHT	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	2.9E-11
		S	0.005	5.2E-11	4.6E-11		
Be-10	1.60E+06y	M	0.005	9.1E-09	6.7E-09	0.005	1.1E-09
		S	0.005	3.2E-08	1.9E-08		

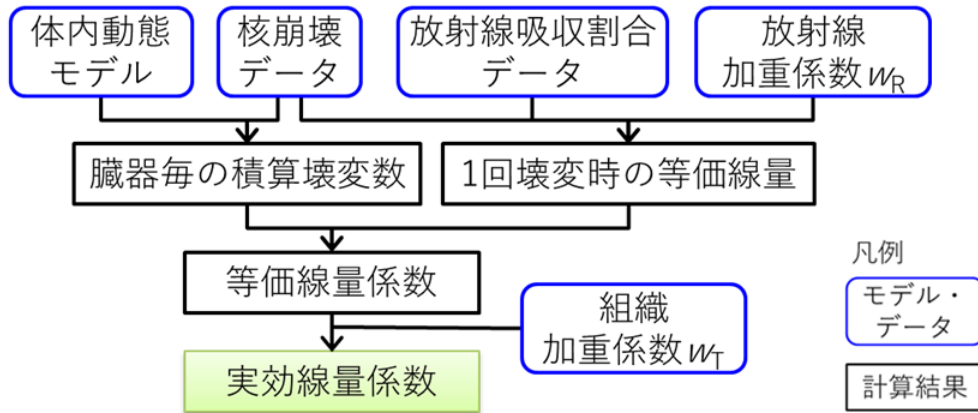
<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2068>

11

実効線量係数の導出方法

12

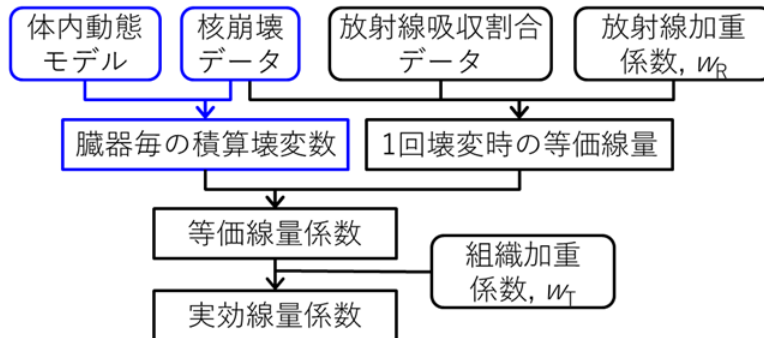
実効線量係数導出フロー



13

積算壊変数の計算

1 Bq摂取時の積算壊変数の計算



使用するモデル・データ

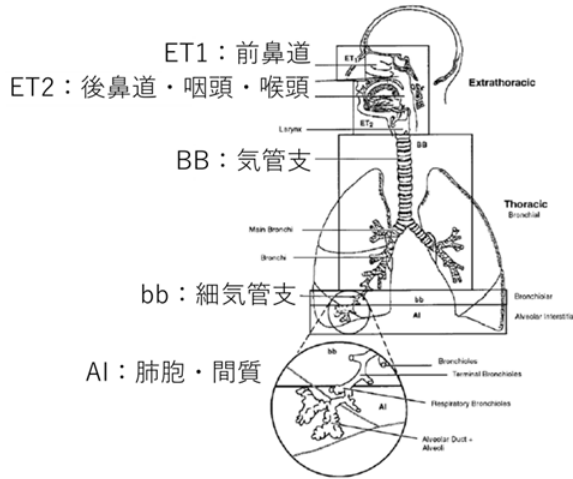
体内動態モデル 呼吸気道モデル (元素共通) 消化管モデル (元素共通) 全身モデル (元素固有)	Publ. 130 Publ. 100 作業者：Publ. 134, 137, 141, 151 公衆：今後公開
核崩壊データ (半減期・分岐比)	Publ. 107

14

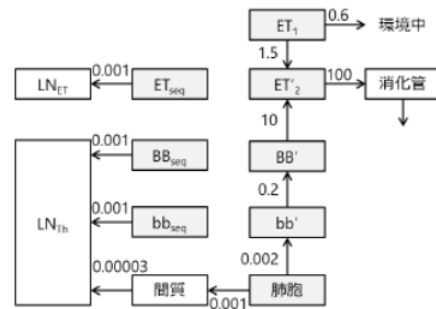
体内動態モデル 元素共通モデル①

呼吸気道モデル：Publ. 130 (OIR part 1)

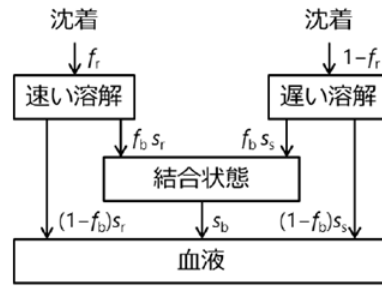
- ✓ 吸入した放射性核種の呼吸気道への沈着、呼吸気道からの除去（クリアランス）に関する動態モデル



ICRP Publ. 66より



粒子輸送（線毛運動）クリアランスモデル

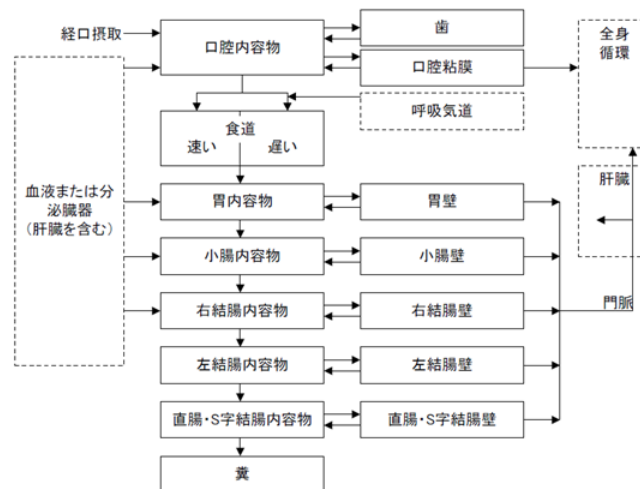


血液吸収クリアランスモデル

体内動態モデル 元素共通モデル②

消化管モデル：Publ. 100

- ✓ 経口摂取された、または呼吸気道から消化管へ除去された放射性核種に関する動態モデル
- ✓ 消化管内容物（主に小腸）から血液への吸収を取り扱う

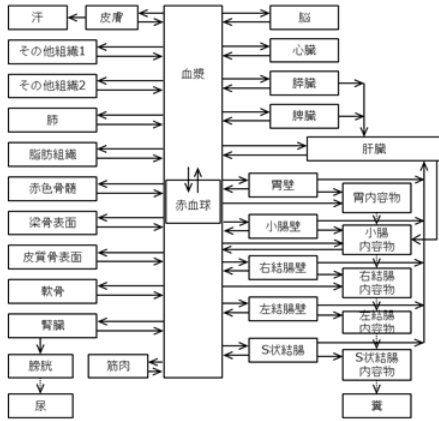


消化管モデル

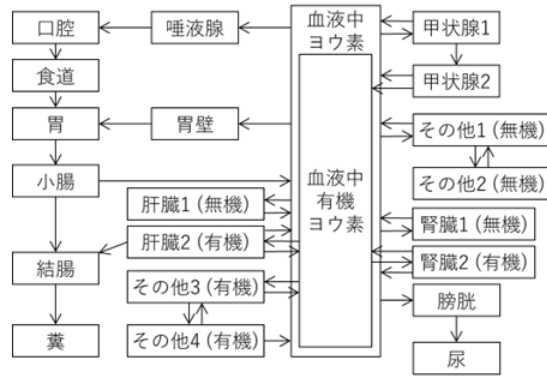
体内動態モデル 元素固有モデル

全身動態モデル：Publ. 134, 137, 141, 151 (OIR part 2-5)

✓ 元素毎の代謝経路の違いを考慮したモデル



セシウムの全身動態モデル



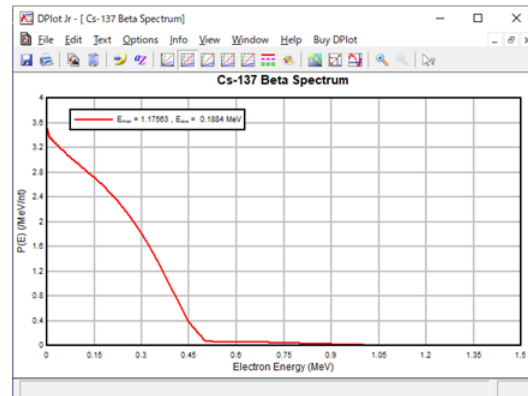
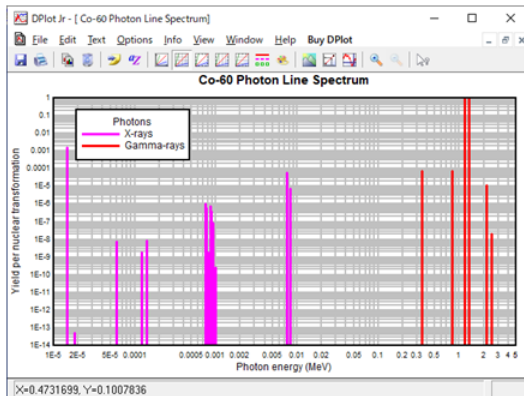
ヨウ素の全身動態モデル

17

核崩壊データ

個々の放射性核種に関するデータ：Publ. 107

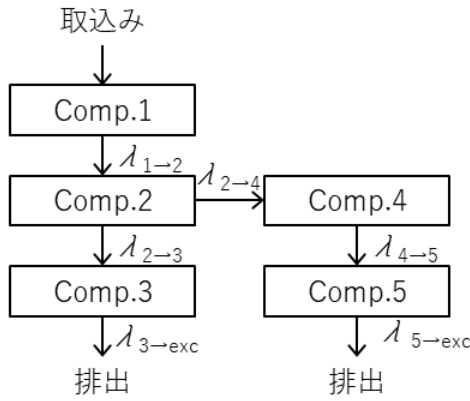
- ✓ 壊変様式、分岐比
- ✓ 半減期
- ✓ 放出放射線の種類、エネルギー、放出率
- ✓ β 線スペクトルデータ (β 線放出核種)
- ✓ 中性子スペクトルデータ (自発核分裂核種)



18

1 Bq摂取時の積算壊変数 \tilde{a}_i (Bq⁻¹) の計算方法

1. コンパートメントモデルを組む



λ : 移行係数 (d⁻¹)

2. 連立常微分方程式 (ODE) を立てる

$$\begin{cases} \frac{da_1(t)}{dt} = -(\lambda_{1 \rightarrow 2} + \lambda_p) a_1(t) \\ \frac{da_2(t)}{dt} = -(\lambda_{2 \rightarrow 3} + \lambda_{2 \rightarrow 4} + \lambda_p) a_2(t) + \lambda_a a_1(t) \\ \frac{da_3(t)}{dt} = -(\lambda_{3 \rightarrow exc} + \lambda_p) a_3(t) + \lambda_{2 \rightarrow 3} a_2(t) \\ \frac{da_4(t)}{dt} = -(\lambda_{4 \rightarrow 5} + \lambda_p) a_4(t) + \lambda_{2 \rightarrow 4} a_2(t) \\ \frac{da_5(t)}{dt} = -(\lambda_{5 \rightarrow exc} + \lambda_p) a_5(t) + \lambda_{4 \rightarrow 5} a_4(t) \end{cases}$$

$a_i(t)$: 時間 t 経過時のComp. i における放射能
 λ_p : 核種の壊変定数 (d⁻¹)

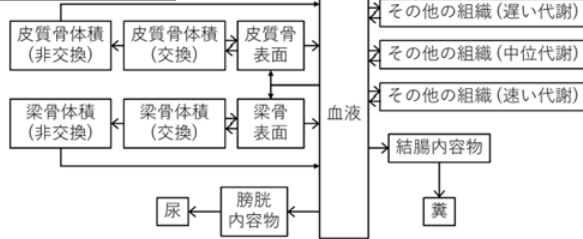
3. 数値解析的にODEを積分する

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

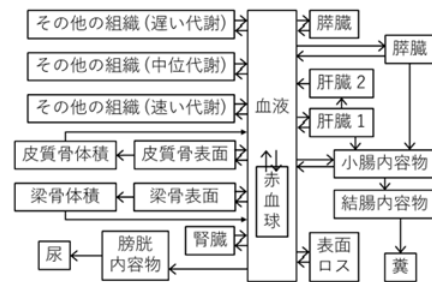
- ✓ 摂取核種の子孫核種についても計算する
- ✓ ODEソルバー: J-LSODE

子孫核種がある場合のコンパートメントモデルの組み方

例: ⁹⁰Sr-⁹⁰Y



⁹⁰Sr: ストロンチウムのモデル



⁹⁰Y: イットリウムのモデル

モデルの構造が異なっている

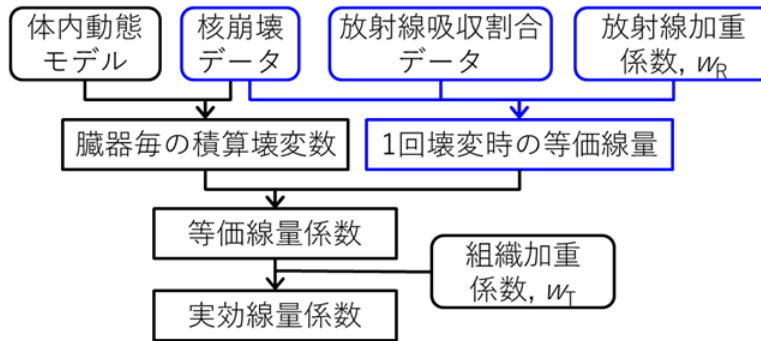
- ✓ コンパートメントの区分が同じ場合 (血液、膀胱内容物等)
 - ⇒ 生成した子孫核種をその場所からそのまま子孫核種のモデルで動かす
- ✓ コンパートメントの区分が異なる場合 (その他の組織、骨組織)
 - ⇒ 生成した子孫核種を一度血液に戻してから子孫核種のモデルで動かす

系列核種毎に独立動態 (Independent kinetics) を採用

参考) 1990年報告: 子孫核種も親核種と同じ動態モデル・共用動態 (Shared kinetics)

放射線加重S係数, S_W の計算

S_W : 1回壊変時の等価線量



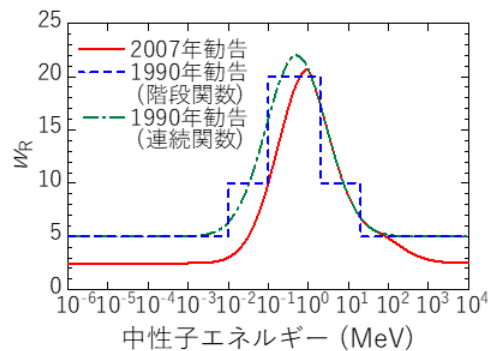
使用するモデル・データ

核崩壊データ (放出放射線のエネルギー・放出率)	Publ. 107
放射線吸収割合データ	成人: Publ. 133 小児: 今後公開
放射線加重係数	Publ. 103

21

放射線加重係数 w_R

放射線の種類R	w_R
光子	1
電子、ミュー粒子	1
陽子、荷電パイ中間子	2
アルファ粒子、核分裂片、重イオン	20
中性子	エネルギーの関数



22

放射線エネルギー吸収割合データ

比吸収割合 (SAF: Specific Absorbed Fraction) : Publ. 133

- ✓ 線源領域から放出され標的領域に沈着したエネルギーの割合を標的領域の質量で除したものの、単位：kg⁻¹
- ✓ 標準ファントムとモンテカルロコードで評価
- ✓ 放射線の種類毎に、79の線源領域と43の標的領域の組合せ毎にエネルギーの関数として整備

エネルギー範囲
光子・電子：0～10 MeVの28点
アルファ粒子：0～12 MeVの24点
中性子は核種毎に整備



標準ファントム：
微少な直方体 (ボクセル) を積み重ねて形状を表現した男女別のモデル

```

Specific absorbed fractions of energy (hPa)
Adult Male Reference Computational Phantom
Photon
  4  0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  5  0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  6  0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  7  0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  8  0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  9  0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  10 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  11 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  12 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  13 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  14 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  15 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  16 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  17 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  18 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  19 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  20 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  21 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  22 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  23 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  24 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  25 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  26 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  27 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  28 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  29 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  30 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  31 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  32 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  33 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  34 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  35 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  36 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  37 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  38 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  39 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  40 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  41 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  42 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  43 0.001 0.005 0.010 0.015 0.020 0.030 0.040 0.050 0.060 0.080 0.100 0.150 0.200
  
```

23

線源領域r_Sから標的領域r_TへのS_w(r_T ← r_S)の計算方法

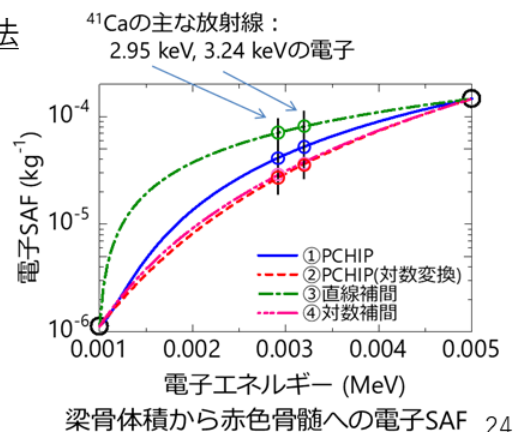
S_w(Sv) の計算式

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

- c: エネルギーの単位変換定数 (J MeV⁻¹)
 E_{R,i}: 放射線Rのi番目の放射線のエネルギー (MeV)
 Y_{R,i}: 放射線Rのi番目の放射線の放出率
 Φ(r_T ← r_S, E_{R,i}): E_{R,i}に対するr_Sからr_TへのSAF (kg⁻¹)

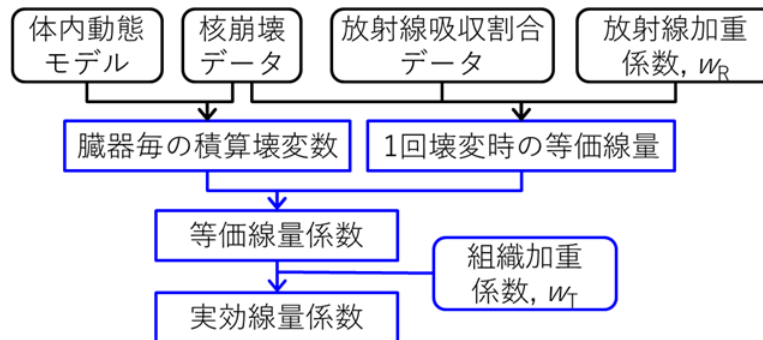
任意のエネルギーに対するSAFの算出方法

- ✓ SAFデータをPCHIP (区分的3次元エルミート内挿多項式) で内挿する
- ✓ PCHIPソルバー: Jpchip



線量係数計算機能

積算壊変数と1回壊変時の等価線量の統合



使用するモデル・データ

組織加重係数	Publ. 103
標的領域の加重割合	Publ. 130

25

臓器・組織TとTを構成する標的領域 r_T

組織加重係数 w_T

臓器・組織T	w_T
赤色骨髄、結腸、肺、胃	0.12
乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、皮膚	0.01
脳、唾液腺	0.01
残りの組織	0.12*

*1副腎、胸郭外領域、胆嚢、心臓、腎臓、リンパ節、筋肉、口腔粘膜、膵臓、小腸、脾臓、胸腺、前立腺(男性のみ)、子宮頸部(女性のみ)の H_T の算術平均値に適用。

Tには、複数の標的領域 r_T で構成されるものがある

26

臓器・組織Tを構成する標的領域 r_T の加重割合 $f(r_T, T)$

臓器・組織T	標的領域 r_T	$f(r_T, T)$
胸郭外領域 (ET)	ET ₁	0.001
	ET ₂	0.999
肺	気管支	1/3
	細気管支	1/3
	肺胞	1/3
結腸	右結腸	0.4
	左結腸	0.4
	直腸・S状結腸	0.2
リンパ節	胸郭外リンパ	0.08
	肺部リンパ	0.08
	全身リンパ	0.84

27

1 Bq摂取時の等価線量 $h_T(\tau)$ と線量係数 $e(\tau)$ の計算方法

標的領域 r_T の等価線量 $h(r_T, T)$ の計算式

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

i : i 番目の壊変系列
 $\tilde{a}_i(r_S, \tau)$: 親核種1 Bq摂取時の系列核種 i の r_S における預託期間 τ における壊変数 (Bq⁻¹)
 $S_w(r_T \leftarrow r_S)_i$: 核種 i が r_S で1回壊変したときの r_T への等価線量 (Sv)

1 Bq摂取時のTの等価線量 $h_T(\tau)$ の計算式

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

線量係数 $e(\tau)$ の計算式

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

$h_T^M(\tau)$: 男性ファントムに対する等価線量 (Sv/Bq)
 $h_T^F(\tau)$: 女性ファントムに対する等価線量 (Sv/Bq)

28

演習

29

^3H (水) : HTOの吸入摂取に対する実効線量係数の導出

摂取条件

- 成人男性作業者によるHTO、1 Bqの吸入摂取
- 体重 : 68.8 kg

体内動態

- 吸入されたHTOは、全量が即座に血液に移行して全身均一に分布する。
- HTOの97%は、生物学的半減期 (T_{bio}) : 10日で排泄される。
- HTOの3%は、 T_{bio} : 40日で排泄される。

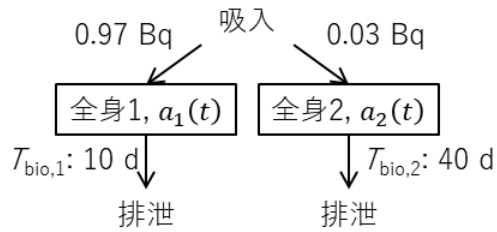
^3H の物理的特性

- 半減期 (T_{phy}) : 12.3年 (4,500日)
- 放出放射線 : 最大18.6 keV (平均5.7 keV) の β 線
(放出された β 線のエネルギーは、全てがその場に吸収されると仮定)

30

総壊変数の計算

HTOの体内動態



全身1と全身2の実効半減期 (T_{eff})

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

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

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

総壊変数, \tilde{a}_i の計算

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

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

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

$$\Rightarrow \begin{cases} \tilde{a}_1 = 1.206 \times 10^6 \\ \tilde{a}_2 = 1.483 \times 10^5 \end{cases} \Rightarrow \text{全身での総壊変数, } \tilde{a}_{\text{WB}} : 1.35 \times 10^6$$

31

S_w の計算

全身線源から各臓器・組織への S_w の計算

S_w : ある線源領域で1回壊変した時の各臓器・組織への等価線量

- 全身均一分布
- 平均エネルギー 5.7 keV (E_{β}) の β 線は全てがその場に吸収される
- 体重 (M_{WB}) : 68.8 kg



S_w (Sv) は標的領域に関係なく同じ値

$$\begin{aligned} S_w(\text{T} \leftarrow \text{WB}) &= E_{\beta} \times c / M_{\text{WB}} \\ &= 1.33 \times 10^{-17} \text{ Sv} \end{aligned}$$

(c : エネルギーの単位変換定数、 $1.602 \times 10^{-16} \text{ J/keV}$)

32

実効線量係数 $e(\tau)$ の計算

等価線量係数 $h_T(\tau)$ の計算

- 全身線源の総壊変数 \tilde{a}_{WB} と各臓器・組織への $S_w(T \leftarrow WB)$ の統合
- 全身均一分布かつ全エネルギーが発生場所に吸収



$h_T(\tau)$ (Sv) は臓器・組織に関係なく同じ値

$$\tilde{a}_{WB} = 1.35 \times 10^6$$

$$S_w(T \leftarrow WB) = 1.33 \times 10^{-17} \text{ Sv}$$

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

実効線量係数 $e(\tau)$ の計算

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

講義 2

IDCCの使い方

令和〇年〇月〇日(〇) IDCC使い方講習会

1

内容

- 実効線量係数の計算：実演
- 実効線量係数の計算：演習
- 核種摂取量の推定：実演
- 核種摂取量の推定：演習

2

実効線量係数の計算：実演

核種： ^{90}Sr
経路：経口摂取
化学系：酸化ストロンチウム

3

機能の選択

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Evaluation mode' dropdown menu is open, showing 'Acute unit intake' selected. Other options include 'Chronic intake' and 'Intake estimation'. Below the dropdown, the 'Subject' is set to 'worker', 'Age' is 'Worker', 'Intake age [d]' is 7300.0, and 'Period[d]' is 18250.0. The 'Intake' section shows 'Cs-137' selected, 'Ingestion' as the intake type, and 'CaesiumChloride,Nitrate,Sulphate,...' as the chemical form. The 'S.Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with values of 20.0 for Alpha, 1.0 for Electron, and 1.0 for Photon.

- 「Evaluation mode」プルダウンメニューから「Acute unit intake」（急性摂取に対する実効線量係数計算）を選択する。

4

摂取核種の選択 (1/2)

- ① 摂取核種を指定するボタンをクリックする。
- ② 周期表ダイアログが表示される。

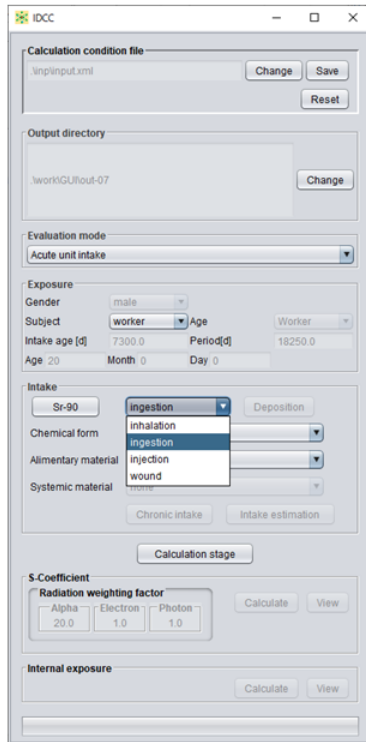
5

摂取核種の選択 (2/2)

- ③ 「Periodic Table」 枠からSrを選択すると、「Nuclide」 枠にSrの核種が表示される。
- ④ 「Nuclide」 枠からSr-90を選択する。
- ⑤ 「OK」 ボタンを押すと、周期表ダイアログが閉じ、摂取核種の選択が完了する。

6

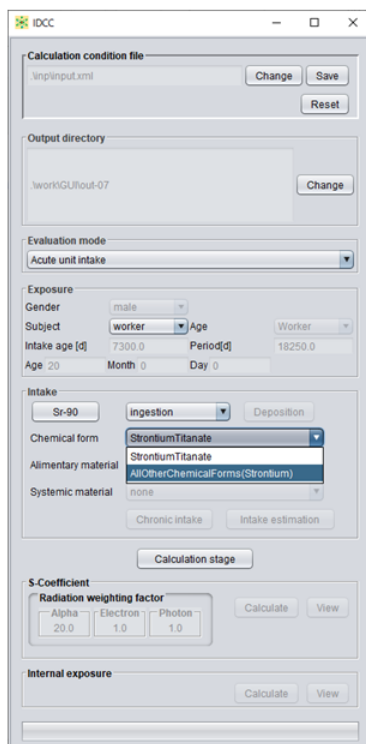
摂取経路の選択



- プルダウンメニューから「ingestion」（経口摂取）を選択する。

7

化学形の選択



- プルダウンメニューから該当する化学形を選択する。
今回は酸化ストロンチウムなので、「AllOtherChemicalForms(Strontium)」（SrTiO3以外の化合物）を選択する。

8

モードの移行

The screenshot shows the IDCC software interface with the following settings:

- Calculation condition file: inp/input.xml
- Output directory: /work/GUI/out-07
- Evaluation mode: Acute unit intake
- Exposure: Gender (male), Subject (worker), Age (Worker)
- Intake age [d]: 7300.0, Period[d]: 18250.0
- Age: 20, Month: 0, Day: 0
- Intake: Sr-90, Ingestion, Deposition
- Chemical form: StrontiumTitanate
- Alimentary material: total-diet
- Systemic material: none
- S-Coefficient: Radiation weighting factor (Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0)
- Internal exposure: (empty)

The 'Calculation stage' button is highlighted in blue.

- 「Calculation stage」 ボタンを押すと、計算条件が固定され、計算実行・結果閲覧モードに移行する。
- 再度「Calculation stage」 ボタンを押すと、計算条件設定モードに戻り、計算条件を変更することができる。

9

S_w の計算の実行 (1/2)

The screenshot shows the IDCC software interface with the following settings:

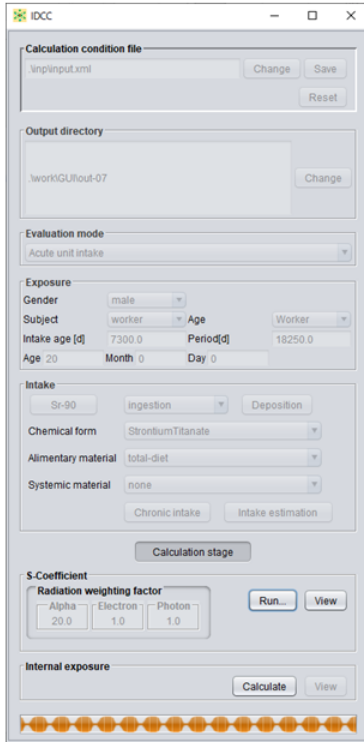
- Calculation condition file: inp/input.xml
- Output directory: /work/GUI/out-07
- Evaluation mode: Acute unit intake
- Exposure: Gender (male), Subject (worker), Age (Worker)
- Intake age [d]: 7300.0, Period[d]: 18250.0
- Age: 20, Month: 0, Day: 0
- Intake: Sr-90, Ingestion, Deposition
- Chemical form: StrontiumTitanate
- Alimentary material: total-diet
- Systemic material: none
- S-Coefficient: Radiation weighting factor (Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0)
- Internal exposure: (empty)

The 'Calculate' button in the 'S-Coefficient' section is highlighted with a red box.

- 「S-Coefficient」 枠の「Calculate」 ボタンを押す。

10

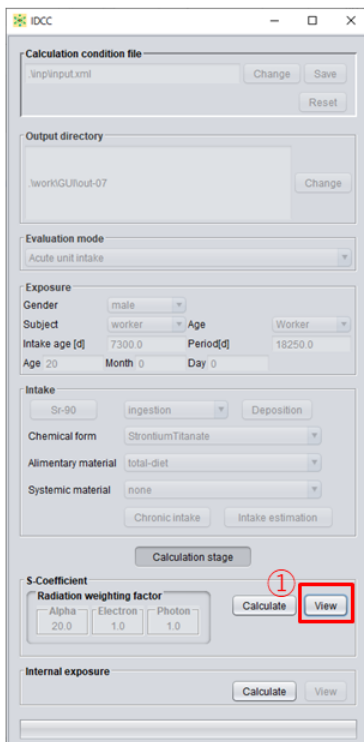
S_w の計算の実行 (2/2)



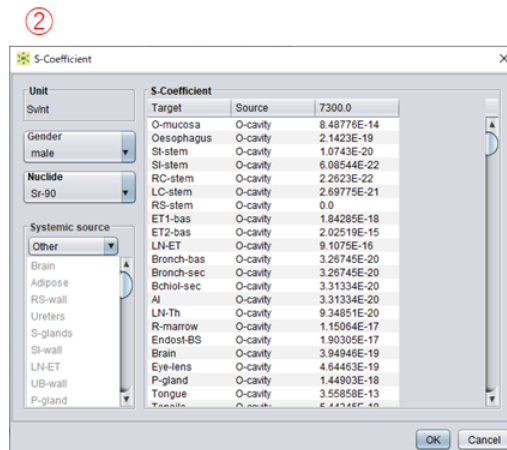
- 計算実行中は「Calculate」ボタンが「Run」と表示される。
- 計算が完了すると、「S-Coefficient」枠の「View」ボタンが押下可能となる。

11

S_w 計算結果の閲覧



- ① 「S-Coefficient」枠の「View」ボタンを押す。
- ② 計算結果を表示するダイアログが表示される。



12

実効線量係数計算の実行 (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' (Gender: male, Subject: worker, Age: 7300.0), 'Intake' (Sr-90, Ingestion, StrontiumTitanate), and 'S.Coefficient' (Radiation weighting factor: Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0).

- 「Internal exposure」枠の「Calculate」ボタンを押す。

13

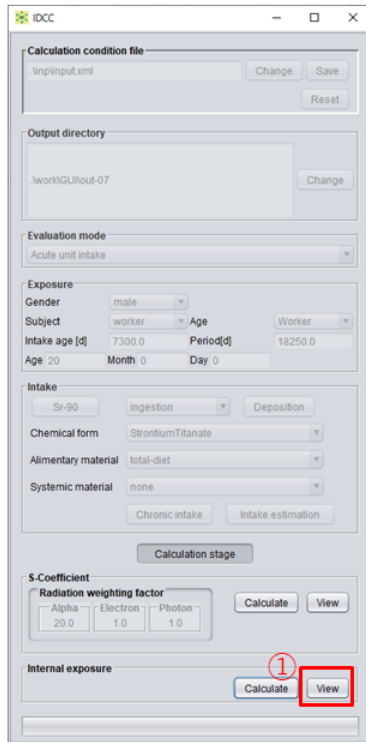
実効線量係数計算の実行 (2/2)

The screenshot shows the IDCC software interface after calculation. The 'Internal exposure' section at the bottom has a 'Run...' button highlighted with a red rectangle. The 'Calculate' button from the previous screenshot is now disabled. The rest of the interface is identical to the previous screenshot.

- 計算実行中は「Calculate」ボタンが「Run」と表示される。
- 計算が完了すると、「Internal exposure」枠の「View」ボタンが押下可能となる。

14

実効線量係数計算結果の閲覧 (1/2)

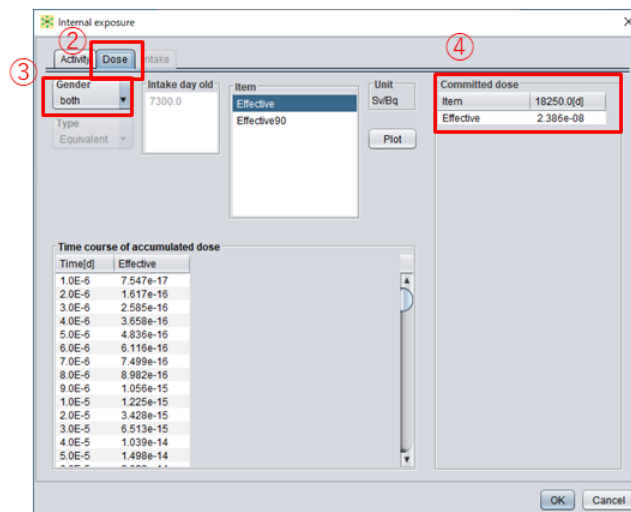


- ① 「Internal exposure」 枠の「View」ボタンを押す。

15

実効線量係数計算結果の閲覧 (2/2)

- ② 「Dose」タブが選択された状態でダイアログが立ち上がる。
 ③ 「Gender」プルダウンメニューで「both」が選択された状態でダイアログが立ち上がる。
 ④ 預託実効線量が表示される。
 この計算では、 2.386×10^{-8} Sv/Bqとなる。



16

実効線量係数の計算：演習

核種： ^{131}I
経路：吸入摂取
化学系：元素状ガス

17

核種摂取量の推定：実演

核種： ^{131}I
経路：吸入摂取
化学系：元素状ガス
モニタリング
方法：甲状腺モニタ
時期：摂取から2日後
結果：100 Bq

18

機能の選択

- 「Evaluation mode」プルダウンメニューから「Intake estimation」（摂取量推定）を選択する。

19

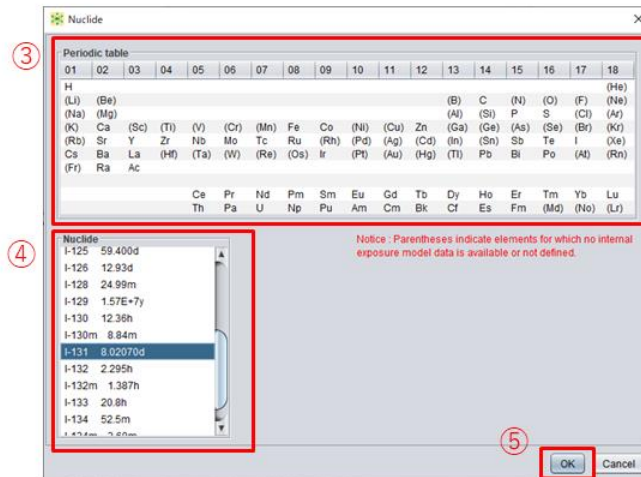
摂取核種の選択 (1/2)

- ① 摂取核種を指定するボタンをクリックする。
- ② 周期表ダイアログが表示される。

20

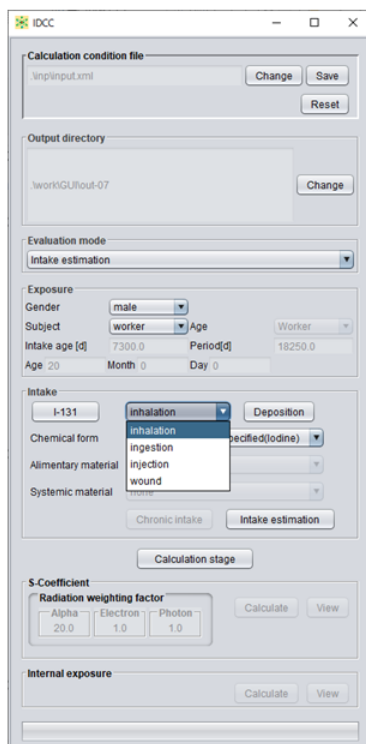
摂取核種の選択 (2/2)

- ③ 「Periodic Table」 枠からIを選択すると「Nuclide」 枠にIの核種が表示される。
- ④ 「Nuclide」 枠からI-131を選択する。
- ⑤ 「OK」 ボタンを押すと、周期表ダイアログが閉じ、摂取核種の選択が完了する。



21

摂取経路の選択



- プルダウンメニューから「inhalation」(吸入摂取)を選択する。

22

化学形の選択

- プルダウンメニューから該当する化学形を選択する。
今回は元素状ガスなので、「Elementaliodine,Unspecified(Iodine)」(元素状ヨウ素、不特定ヨウ素)を選択する。

23

摂取量推定の条件設定 (1/3)

- ① 「Intake estimation」 ボタンを押し、ダイアログを表示する。

24

摂取量推定の条件設定 (2/3)

Intake estimation

Intake

Nuclide: I-131, Route: Ingestion, Gender: male, Intake age: 7300.0, Exposure period: 18250.0

Year	Month	Day	Hour	Elapsed day
2023	3	28	0.0	0.0

Open calendar, Apply elapsed day

Measurement

Deviation type: none, Thyroid, Limit detection: 0.0, Error type: absolute, Sample unit: Bq

Nuclide: I-131

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

Sample: Urine, Faeces, Lungs, Thyroid, WholeBody

Open calendar, Apply elapsed day

OK, Cancel

② 摂取した日付を入力する。

25

摂取量推定の条件設定 (3/3)

Intake estimation

Intake

Nuclide: I-131, Route: Ingestion, Gender: male, Intake age: 7300.0, Exposure period: 18250.0

Year	Month	Day	Hour	Elapsed day
2023	3	28	0.0	0.0

Open calendar, Apply elapsed day

Measurement

Deviation type: none, Thyroid, Limit detection: 0.0, Error type: absolute, Sample unit: Bq

Nuclide: I-131

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

Sample: Urine, Faeces, Lungs, Thyroid, WholeBody

Open calendar, Apply elapsed day

OK, Cancel

③ モニタリングした箇所を選択する。

④ モニタリング結果を入力する。

⑤ OKボタンを押す。

26

モードの移行

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Calculation stage' button is highlighted in blue. 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).

- 「Calculation stage」 ボタンを押すと条件が固定され、計算実行・結果閲覧モードに移行する。
- 再度「Calculation stage」 ボタンを押すと、計算条件設定モードに戻り、計算条件を変更することができる。

27

S_w の計算の実行 (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).

- 「S-Coefficient」 枠の「Calculate」 ボタンを押す。

28

S_W の計算の実行 (2/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'S-Coefficient' section is active, with the 'Run...' button highlighted by a red box. The 'Internal exposure' section is also visible, with its 'Calculate' button highlighted by a red box. The 'Radiation weighting factor' section shows values for Alpha (20.0), Electron (1.0), and Photon (1.0). The 'Intake' section shows 'Sr-90' with 'Ingestion' and 'Deposition' options. The 'Exposure' section shows 'male' for Gender, 'worker' for Subject, and 'Worker' for Age. The 'Evaluation mode' is set to 'Acute unit intake'.

- 計算実行中は「Calculate」ボタンが「Run」と表示される。
- 計算が完了すると、「S-Coefficient」枠の「View」ボタンが押下可能となる。

29

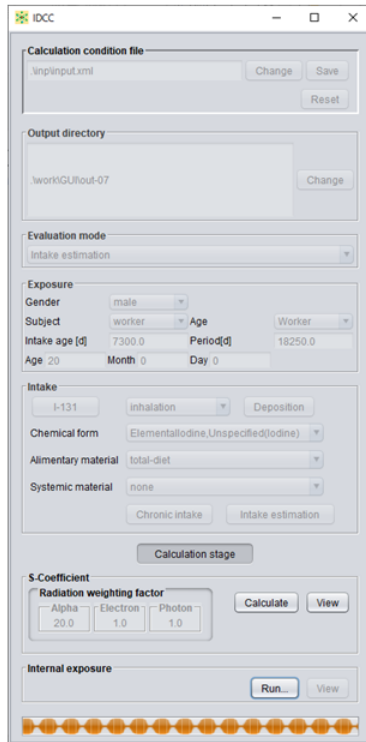
摂取量推定の実行 (1/2)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Internal exposure' section is active, with the 'Calculate' button highlighted by a red box. The 'S-Coefficient' section is also visible, with its 'Calculate' button highlighted by a red box. The 'Intake' section shows 'I-131' with 'inhalation' and 'Deposition' options. The 'Exposure' section shows 'male' for Gender, 'worker' for Subject, and 'Worker' for Age. The 'Evaluation mode' is set to 'Intake estimation'.

- 「Internal exposure」枠の「Calculate」ボタンを押す。

30

摂取量推定の実行 (2/2)



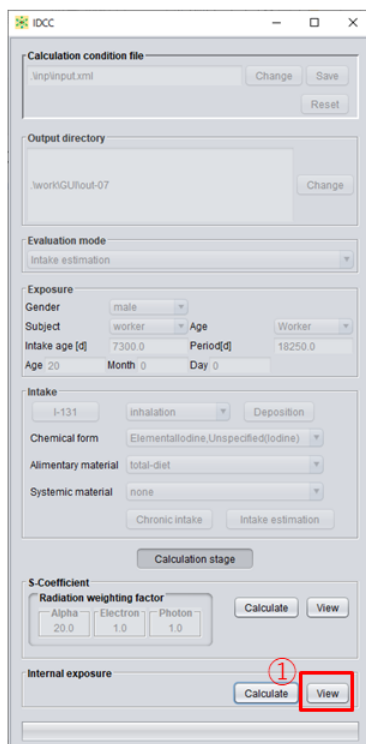
The screenshot shows the IDCC software interface with the following settings:

- Calculation condition file: inp\input.xml
- Output directory: \work\GUI\out-07
- Evaluation mode: Intake estimation
- Exposure: Gender (male), Subject (worker), Age (Worker)
- Intake age [d]: 7300.0, Period[d]: 18250.0
- Age: 20, Month: 0, Day: 0
- Intake: I-131, inhalation, Deposition
- Chemical form: ElementalIodine, Unspecified(Iodine)
- Alimentary material: total-diet
- Systemic material: none
- S-Coefficient: Radiation weighting factor (Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0)
- Internal exposure: Run... (highlighted), View

- 計算実行中は「Calculate」ボタンが「Run」と表示される。
- 計算が完了すると、「Internal exposure」枠の「View」ボタンが押下可能となる。

31

摂取量推定結果の閲覧 (1/2)



The screenshot shows the IDCC software interface with the following settings:

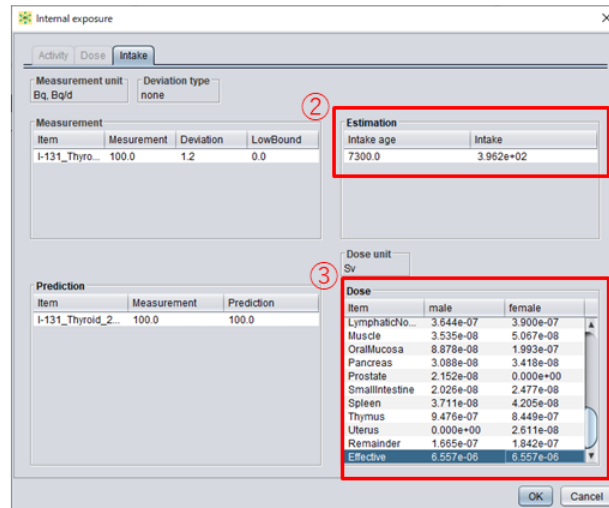
- Calculation condition file: inp\input.xml
- Output directory: \work\GUI\out-07
- Evaluation mode: Intake estimation
- Exposure: Gender (male), Subject (worker), Age (Worker)
- Intake age [d]: 7300.0, Period[d]: 18250.0
- Age: 20, Month: 0, Day: 0
- Intake: I-131, inhalation, Deposition
- Chemical form: ElementalIodine, Unspecified(Iodine)
- Alimentary material: total-diet
- Systemic material: none
- S-Coefficient: Radiation weighting factor (Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0)
- Internal exposure: Calculate, View (highlighted with a red box and a circled '1')

- ① 「Internal exposure」枠の「View」ボタンを押すと、計算結果を表示するダイアログが表示される。

32

摂取量推定結果の閲覧 (2/2)

- ② 「Estimation」 枠に摂取量推定結果が表示される。
この計算では、392 Bqとなる。
- ③ 「Dose」 枠に、推定された摂取量に基づく被ばく線量が
表示される。
この計算では、預託実効線量は 6.557×10^{-6} Svとなる。



33

核種摂取量の推定：演習

核種： ^{137}Cs
経路：経口摂取
化学系：可溶性物質
モニタリング
方法：ホールボディカウンタ
時期：摂取から3日後
結果：1,500 Bq

34

付録3 検討委員会

本事業では、検討委員会会合を2回開催した。以下に、各会合の議事録を示す。

令和4年度第1回内部被ばく線量評価コードの普及に関する検討委員会 議事録

1. 日時

令和4年9月27日（火）15時00分～16時00分

2. 場所

日本原子力研究開発機構 東京事務所 第1会議室（東京都千代田区）及び
オンライン（WebEx）

3. 出席者（敬称略）

（委員長）細田正洋

（委員）沖雄一、谷幸太郎、福田直子、吉田浩子

（幹事）高橋史明

（事務局）真辺健太郎

（オブザーバ）高橋知之、森泉純、伊豆本幸恵、中畠純也

（オブザーバ・オンライン）鈴木亜紀子

4. 議題

- 1) 令和4年度事業の計画について
- 2) コード利用者のための講習会の実施内容の策定方法について
- 3) コードに対するアンケート調査の内容及び調査対象について
- 4) その他

5. 資料

配付資料 R4 普-1 第1回委員会説明資料

参考資料 令和4年度委員会名簿

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4年度事業の計画について

質問：昨年度までの検討では、PCにインストールして実行するパッケージ版にはフル機能版と機能制限版があったが、言及がない。フル機能版とウェブアプリの2本立てとなったのか。また、講習会で使用するコードはどちらの版か。

回答：パッケージ版は従来どおりフル機能版と機能制限版がある。また、講習会ではパッケージ版の機能制限版を使用する。

質問：ウェブアプリは、機能制限版をウェブ版にするということか。

回答：ほぼそのとおりである。ウェブアプリでは選択できる核種の数が限られている。

議題 2) コード利用者のための講習会の実施内容の策定方法について

コメント：線量係数の算出プロセスについては、ある程度解説する必要があると考える。線量係数は防護量であり、線量限度を超えるおそれのある被ばく状況において標準人とは異なる個人に対して直接的に適用できるとは限らないことを理解してもらうためには、線量係数の算出プロセスや使用するモデルやデータに相当の不確かさが伴う可能性があることを知ってもらう必要がある。

コメント：内部被ばく線量評価は概念的なもので、一般的には理解が難しい。例えば、同じ数量でも核種が違えば線量が異なることを理解してもらうためにも、算出プロセスについてある程度の解説が必要であろう。

回答：解説資料に取り入れたい。

コメント：対象によって、説明すべき内容が変わってくるのではないか。例えば、大学院生レベルであればある程度深く説明してもよいだろうし、学部生や実務担当者であれば、概念的な説明が限界かもしれない。

回答：現状では一律の講義内容を想定しているが、今年度実施するアンケート調査結果も踏まえて内容を検討する。

コメント：PHITS コードの講習会では、オンライン講習会や YouTube での講義動画公開など、様々な取組がある。本事業でも検討してはどうか。

回答：アンケートでのニーズ調査結果も踏まえて、ニーズに合わせた方法を検討したい。

コメント：中核人材研修でホールボディカウンタに関する研修があり、このコードを活用できるのではないか。ウェブアプリも理解の促進につながると考える。

コメント：文科省の放射線安全管理者のための研修にも活用できるのではないか。一方、放射線業務従事者の教育等にはレベルが高いと思われる。

コメント：まだ対面で多くの参加者を集めるのは難しい状況である。オンラインで開催すると参加障壁が大幅に減って参加者が増え、普及促進効果が高いのではないか。

質問：講習会は参加費を徴収するのか。

回答：コードを活用できる研修会や講習会開催方法を検討する。開催方法については、アンケートの調査項目に入れることも検討する。参加費の徴収は考えていないが、今後の事業において参加費の徴収を考える必要が生じた場合は、規制庁と相談する。

議題3) コードに対するアンケート調査の内容及び調査対象について

コメント：アンケートページの冒頭に、回答に要する概算時間を記載するとよい。

コメント：アンケート項目として、コードの使用目的を追加してはどうか。

コメント：アンケート調査対象として、電事連、原安協、影響協会、消防庁等のファーストレスポンドラー、その他日環研や東京ニュークリア等の民間会社も対象となり得るのではないか。原子力立地自治体等は、JAEA 高原氏が取り組んでいる事業のネットワークでアプローチできるのではないか。

コメント：アンケート項目のうち現状記述式としている項目については、代表的な回答案を列挙して選択式とし、その他の場合に記述してもらおうと回答者の負担が減ってよい。

コメント：保健物理学会でアンケート調査を実施したチームに助言を受けるとよい。

コメント：アンケートについては、事前の試運用を行うべき。

回答：頂いたコメントを踏まえてアンケート調査内容を策定し、試運用も兼ねて一度確認をお願いしたい。

議題4) その他

事務局より、アジア・オセアニア放射線防護会議で開発コードについて発表すること、2回目の委員会審議を2月下旬から3月上旬頃に開催予定であることが報告された。

以上

令和4年度第2回内部被ばく線量評価コードの普及に関する検討委員会 議事録

1. 日時

令和5年2月21日（火）10時35分～11時30分

2. 場所

日本原子力研究開発機構 東京事務所 第7会議室（東京都千代田区）及び
オンライン（WebEx）

3. 出席者（敬称略）

（委員長）細田正洋（オンライン）

（委員）沖雄一、谷幸太郎、福田直子（オンライン）、吉田浩子（オンライン）

（幹事）高橋史明

（事務局）真辺健太郎

（オブザーバ）高橋知之、森泉純

（オブザーバ・オンライン）荻野晴之、伊豆本幸恵、中畠純也、喜多充

4. 議題

- 1) コードに対するアンケート調査の結果について
- 2) コード利用者のための講習会の実施内容について
- 3) 学会等における成果発表について
- 4) その他

5. 資料

配付資料 R4 普-2 第2回委員会説明資料

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) コードに対するアンケート調査の結果について

コメント：使用目的として中核人材研修での利用という回答があったが、カリキュラムの変更は難しいのではないか。

コメント：2007年勧告の法令取入れのタイミングであれば、変更しやすいかもしれない。

コメント：MONDALの2007年勧告対応版へのアップデートの見込みがないのであれば、2007年勧告の法令取入れのタイミングでIDCCを使えるようにして頂きたい。

コメント：研修でコードを使う際は、いつの主勧告をベースにしているかを明確にする必要がある。

議題 2) コード利用者のための講習会の実施内容について

質問：講習会の参加数や時間はどの程度を想定しているか。

回答：オンラインでの開催とすると、参加者の理解度を確認しながら講習を進めるには10数名程度の参加数が限度と考えている。時間は、内部被ばく線量評価の概説とコードの使い方を合わせて3時間程度、半日以内を想定している。

コメント：大学での出張講義を想定する場合、1コマ90分という制限があるとともに、続けて2コマ開催することは調整が難しい。また、旅費の負担、謝金の有無等、予算に関する事項を明確にする必要がある。

質問：オンラインで開催とのことだが、ウェビナー形式か通常の対話形式か。

回答：参加者のフォローが必要となるので、通常の対話形式で開催し、参加者は手元でコードを操作しながら受講することを想定している。

質問：参加者のPCはMacも対応予定か。

回答：開発したコードはWindows、Mac、Linuxで動作する。

質問：講習会の開催頻度はどの程度か。

回答：初年度は手探り状態なこともあり、1回のみ開催を想定している。

コメント：年1回ではなかなか都合が合わないケースもある。また、開催日程を早めに周知する必要がある。

議題 3) 学会等における成果発表について

コメント：検定機能があると、評価値がどの程度合っているかを定量的に確認できて有用である。今から機能を付加するのは難しいかもしれないが、検討してはどうか。

回答：検定について調査し、機能付加できるか検討する。

(事務局補足：ここでいう検定は、推定された摂取量に基づく計算上の時間変化値に対するモニタリング結果のばらつきに関するものである。)

質問：検出下限値以下のモニタリング結果を考慮するとはどういう意味か。

回答：長期に亘るモニタリング評価が必要となる事例では、検出下限値以下という結果も含めた摂取量推定が行われることがある。開発コードでは、検出下限値の半値であったと仮定するという考え方を採用している。

議題 4) その他

- ・コードの認知度向上の取組に関して

コメント：2022年11月の日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会では、企業展示に加えて、アカデミアが出展するブースを設けるという試みがあった。今後継続されるのであれば、2023年11月に予定されているICRPシンポジウムと併催の日本保健物理学会への出展を検討してはどうか。ただし、出展に係る実費は必要となる。

コメント：文科省と国立大学のアイソトープセンターが主催の放射性同位元素等取扱施設安全管理担当教職員研修というものがあり、ここで実習や講演を行ってはどうか。令和6年度の研修には提案できるのではないか。

コメント：アウトリーチ活動も研究計画に盛り込むことで予算を確保できるのではないか。

- ・事務局より連絡

3月上旬に報告書案及び講習会資料案について確認を依頼する予定である旨、説明があった。

以上

付録4 外部発表

1. 外部発表

- ・国際会議要旨 1件

(1) K. Manabe and F. Takahashi, Internal Dose Calculation Code in Line with the ICRP 2007 Recommendations, *Radiat. Prot. Environ.* **46**(5) s185–s186 (2023).


発表した会議：6th Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection (AOCRP6), Invited talk, Mumbai, India, 2023.

2. 発表資料

- 1.に記した発表での資料を以下に示す。

Internal Dose Calculation Code (IDCC) in line with the ICRP 2007 Recommendations

K. Manabe and F. Takahashi

 Japan Atomic Energy Agency

AOCR6, Mumbai, 9 Feb. 2023

1

Contents

- Introduction
- Features of the Internal Dose Calculation Code (IDCC)
 - ✓ Calculation of Internal Dose Coefficients
 - ✓ Intake Estimation of Radionuclides from Individual Monitoring
 - ✓ Editability of Models and Data
- Summary

2

Introduction

Japanese regulatory standards against internal exposures:

- Consist of three kinds of concentration limits (Bq/m³) for:
 - ✓ Ambient air in facilities for protection of workers,
 - ✓ Exhaust from facilities
 - ✓ Drainage from facilities } for protection of members of the public.
- Determined by using committed effective dose per unit intake, $e(\tau)$ (Sv/Bq), based upon the ICRP 1990 Recommendations.

ICRP is working on development of new $e(\tau)$ s based upon the 2007 Recommendations.



The Nuclear Regulation Authority, Japan (NRA) plans to introduce the 2007 Recommendations into the regulatory system.



3

Revision of the Japanese Regulatory Standards

Problems

- The current Japanese standards include short-lived ($T_{1/2} < 10$ min) nuclides, whose $e(\tau)$ are not provided by the ICRP.
- It is necessary to comprehend the influence of **Japanese specific conditions or parameters** on doses.
 - ✓ Japanese specific biokinetics (e.g. uptake ratio of iodine to the thyroid).
 - ✓ Difference in physique between Japanese and ICRP reference man (i.e. Specific Absorbed Fractions).

It is important to establish a technical basis for internal dose estimation.

JAEA has developed an internal dosimetry code as a project commissioned by NRA.



4

Contents

- Introduction
- Features of the Internal Dose Calculation Code (IDCC)
 - ✓ Calculation of Internal Dose Coefficients
 - ✓ Intake Estimation of Radionuclides from Individual Monitoring
 - ✓ Editability of Models and Data
- Summary



5

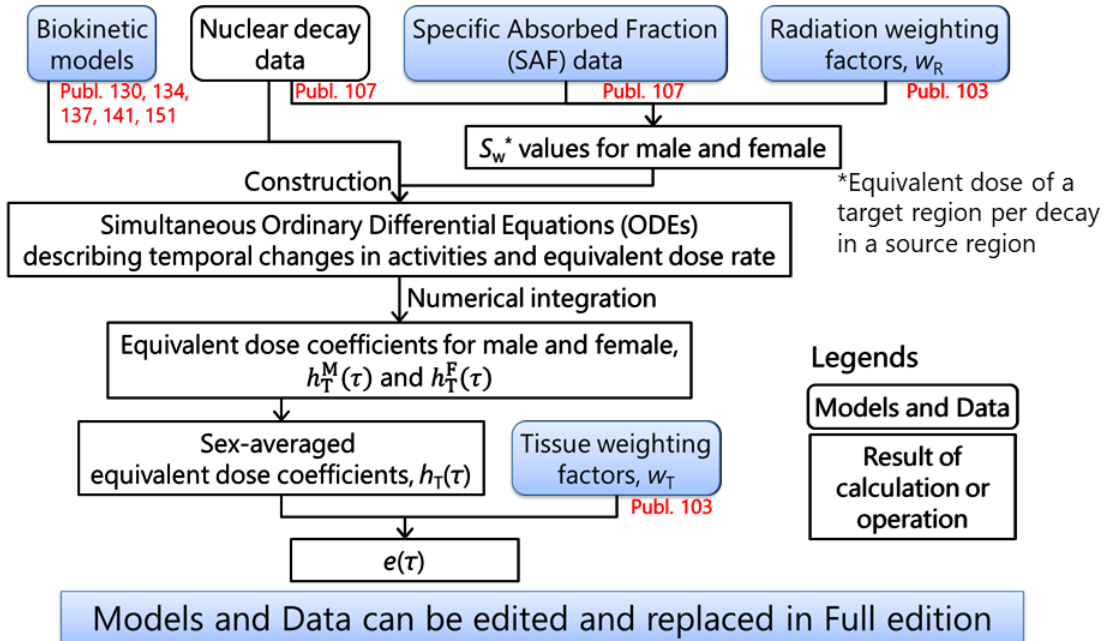
Features of the Internal Dose Calculation Code, IDCC

- Two kinds of editions are prepared.
 - ✓ Full edition (for experts):
Users can set optional intake conditions and edit Models and Data.
 - ✓ Restricted edition (for anyone):
Intake conditions are limited for default of ICRP.
- IDCC allows to:
 - ✓ Calculate $e(\tau)$ using a methodology and dosimetric Models and Data in line with the 2007 Recommendations,
 - ✓ Estimate intakes of radionuclides and resulted doses from individual monitoring measurements,
 - ✓ Edit the Models and Data used in calculation of $e(\tau)$ and estimation of intakes.
- IDCC is a Java application. It runs on Windows, Mac, and Linux PCs with a Java runtime environment ver. 8.
- IDCC plans to be distributed for free for academic purposes in several months.

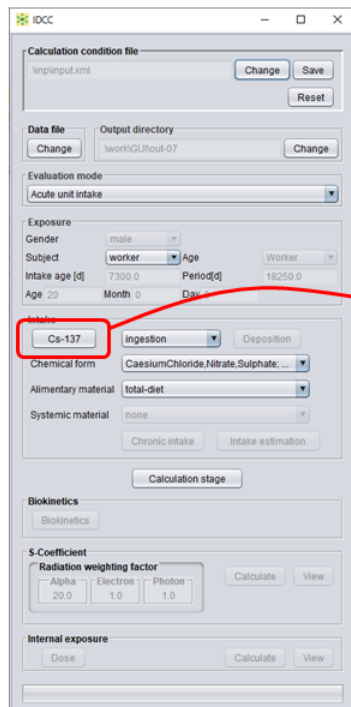


6

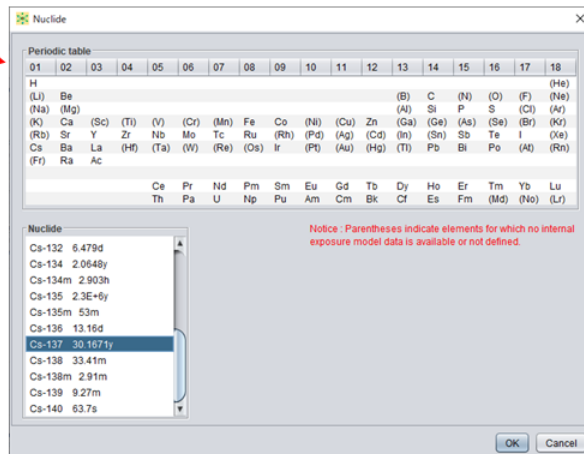
Function of Calculating $e(\tau)$: Flowchart of Calculation



Function of Calculating $e(\tau)$: Setting Conditions



- Users set intake conditions in the graphical user interface (GUI).
 - ✓ Nuclide
 - ✓ Intake path (ingestion, inhalation)
 - ✓ Chemical form or type of blood absorption

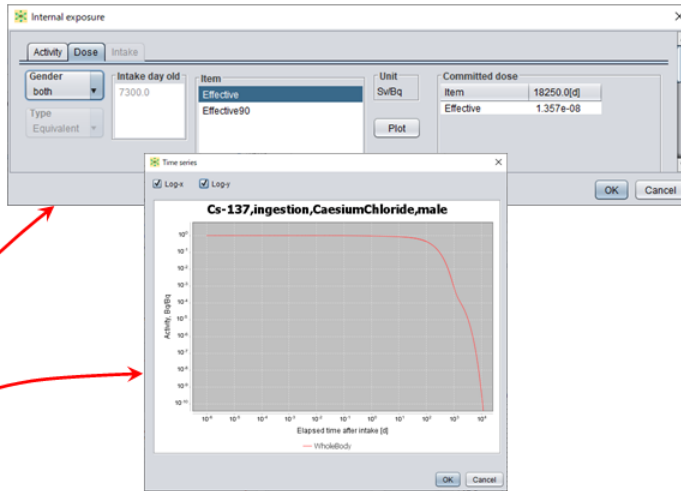


Function of Calculating $e(\tau)$: Computation

The screenshot shows the IDCC software interface with the following settings:

- Calculation condition file:** vn\input.xml
- Data file:** vn\input.xml
- Output directory:** lwork\GUI\out-07
- Evaluation mode:** Acute unit intake
- Exposure:**
 - Gender: male
 - Subject: worker
 - Age: 7300.0
 - Period: 18250.0
 - Intake age: 20
 - Month: 0
 - Day: 0
- Intake:** Cs-137, ingestion, Deposition
- Chemical form:** CaesiumChloride_Nitrate_Sulphate...
- Alimentary material:** total-diet
- Systemic material:** none
- Biokinetics:** Biokinetics
- S Coefficient:**
 - Radiation weighting factor: Alpha (20.0), Electron (1.0), Photon (1.0)
- Internal exposure:** Dose

- IDCC runs by pressing "Calculate" button.
- "View" button generate tabs showing results of:
 - ✓ $e(\tau)$, and $h_T(\tau)$ for males and females,
 - ✓ Temporal changes of activities and excretions rates.



9

Function of Calculating $e(\tau)$: Verification

IDCC

ICRP OIR^{*1} Data Viewer (Ver. 4.01.04.19)

^{*1}Occupational Intakes of Radionuclides

Material	Dose Coefficient (Sv/Bq)
Ingestion, All chemical forms, $f_{in}=0.1$	3.2E-9
Ingestion, Insoluble oxides, $f_{in}=0.2$	2.1E-9
Inhalation, Aerosols Type F, Cobalt nitrate, chloride, $f_{in}=0.1$, 5 μ m	4.2E-9
AMTD-MAD, 5 μ m	6.2E-9
$f_{in}=0.2$, 5 μ m	3.1E-9

Comparison of $e(\tau)$

for 572 nuclides
(2973 conditions)

Agree within plus or minus 1
for the second of two significant digits.

Calculation of $e(\tau)$ by IDCC has been verified
for the nuclides recorded in the OIR part 2-4^{*2}

Ongoing and future works:

^{*2}ICRP Publ. 134, 137, 141

- Incorporating the systemic kinetic models for the nuclides of OIR part 5^{*3}.

- Incorporating Models and Data for members of the public.

^{*3}ICRP Publ. 151



10

Contents

- Introduction
- Features of the Internal Dose Calculation Code (IDCC)
 - ✓ Calculation of Internal Dose Coefficients
 - ✓ Intake Estimation of Radionuclides from Individual Monitoring
 - ✓ Editability of Models and Data
- Summary



Function of Estimating Intakes: Setting Conditions

Calculation condition file
Input file: \n\input.xml
Output directory: \work\GUI\out-07
Evaluation mode: Intake estimation
Exposure: Gender: male, Subject: worker, Age: 7300.0, Intake age [d]: 18250.0
Intake: Cs-137, ingestion, CaesiumChloride,Nitrate,Sulphate, Alimentary material: total-diet, Systemic material: none
Biokinetics: Biokinetics
S.Coefficient: Radiation weighting factor: Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0
Internal exposure: Dose

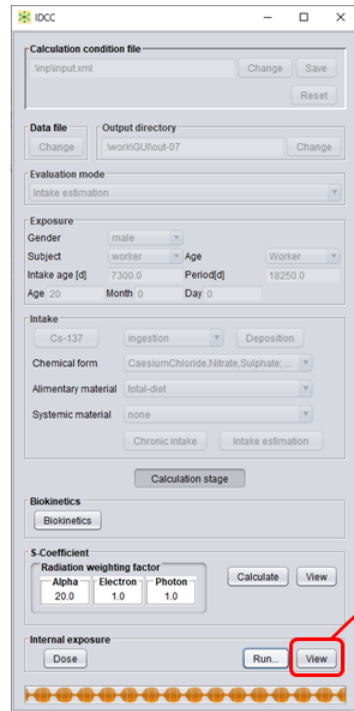
- Users set intake conditions, timing of intakes, and monitoring method and results in the GUI.
- IDCC allows to:
 - ✓ Estimate intakes for single acute intake, multiple acute intakes, and chronic intakes,
 - ✓ Consider multiple monitoring methods jointly (e.g. whole body counter + urine bioassay)

Radionuclide	Route	Gender	Intake age	Exposure period
	Ingestion	male	7300.0	18250.0
Year	Month	Day	Hour	Elapsed day
2018	9	1	0.0	0.0
2018	10	9	0.0	36.0

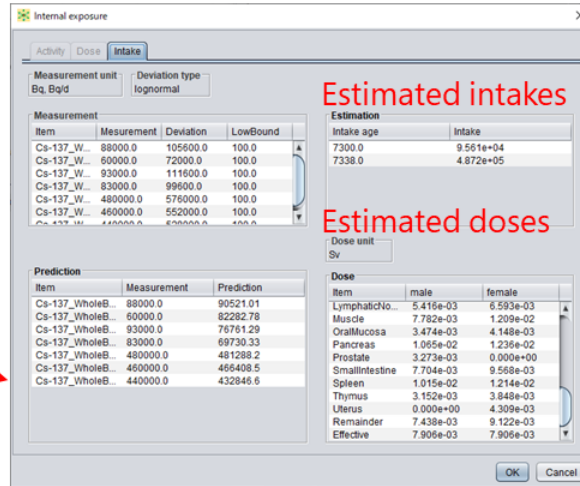
Measurement	Year	Month	Day	Hour	Measur.	Error	Elapse...
Sample	2018	9	2	0.0	88000.0	1.2	0.0
Urine	2018	9	9	0.0	60000.0	1.2	7.0
Urine	2018	9	18	0.0	93000.0	1.2	16.0
Faeces	2018	10	1	0.0	83000.0	1.2	29.0
Lung	2018	10	17	0.0	48000.0	1.2	45.0
Thyroid	2018	10	21	0.0	45000.0	1.2	49.0
Wholebody	2018	10	31	0.0	44000.0	1.2	59.0



Function of Estimating Intakes: Computation



- The maximum likelihood method is used for estimation.
- Committed effective and equivalent doses are also estimated based on the estimated intakes.



Function of Estimating Intakes: Verification



Comparison of estimated intakes for 6 cases

Nuclide	Intake (times)	Monitoring (times)
¹³⁷ Cs (CsCl)	Ingestion (2)	WBC (7)
¹²⁵ I (I ₂)	Inhalation (3)	Thyroid (5)
²³⁵ U (U ₃ O ₈)	Inhalation (1)	Lung (5) + Urine (5)
¹³¹ I (Type F)	Inhalation (3)	Thyroid (2)
²³⁸ Pu (PuO ₂)	Inhalation (1)	Urine (48)
⁶⁰ Co (Type S)	Inhalation (1)	WBC (3) + Urine (1)

Literature Values

*1EURADOS, IDEAS Guidelines ver. 2
 *2IAEA, Safety Reports Series No. 37
 *3IMBA manual

The block contains references to literature values and images of the source documents: EURADOS IDEAS Guidelines, IAEA Safety Reports Series No. 37, and IMBA Professional Plus software interface.

IDCC can reproduce the literature values in plus or minus 3%.

Function of estimating intakes of IDCC has been verified.



Contents

- Introduction
- Features of the Internal Dose Calculation Code (IDCC)
 - ✓ Calculation of Internal Dose Coefficients
 - ✓ Intake Estimation of Radionuclides from Individual Monitoring
 - ✓ Editability of Models and Data
- Summary



Editability of Data and Models

Directory Structure of IDCC

- dat ← Models and Data referred in calculation
- inp
- result
- work
- IDCC.jar ← Java application

Files of Models and Data are

- ✓ Isolated from application file,
- ✓ Written in XML or plain text.

⇒ User can edit and/or replace the files.

Example of XML Data: Systemic Biokinetic Model

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<data-systemic-transfer xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <structure>
    <intake-element>
      <material-id>2370H</material-id>
      <kinetic-element>
        <flag-kinetic>
          <gender>male</gender>
          <from-compartment-id>5000</from-compartment-id>
          <to-compartment-id>6050</to-compartment-id>
          <age-id>900</age-id>
          <value>
            <rate>400</rate>
            <half-life>
              <fraction>
                <value>
                  <transfer>
                    <intake-element>
                      <material-id>2370H</material-id>
                      <kinetic-element>
                        <flag-kinetic>
                          <gender>male</gender>
                          <from-compartment-id>6050</from-compartment-id>
                          <to-compartment-id>5000</to-compartment-id>
                          <age-id>900</age-id>
                          <value>
                            <rate>0.0006</rate>
                            <half-life>
                              <fraction>
                                <value>
                                  <transfer>

```

XML style







A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
intake-element	material-id	kinetic-element	flag-kinetic	gender	from-compartment-id	to-compartment-id	age-id	rate	half-life	fraction	
2	H	2370	H	0	male	5800	6050	900	400	-1	-1
3	H	2370	H	0	male	6050	6051	900	0.0006	-1	-1
4	H	2370	H	0	male	6050	6052	900	0.0006	-1	-1
5	H	2370	H	0	male	5800	500000	900	0.385	-1	-1
6	H	2370	H	0	male	5800	4300	900	0.028	-1	-1
7	H	2370	H	0	male	5800	800000	900	0.287	-1	-1
8	H	2370	H	0	male	6050	5800	900	44	-1	-1
9	H	2370	H	0	male	6051	6050	900	0.01733	-1	-1
10	H	2370	H	0	male	6052	6050	900	0.0019	-1	-1
11	H	2370	H	0	female	5800	6050	900	400	-1	-1
12	H	2370	H	0	female	6050	6051	900	0.0006	-1	-1
13	H	2370	H	0	female	6050	6052	900	0.0006	-1	-1
14	H	2370	H	0	female	5800	500000	900	0.385	-1	-1
15	H	2370	H	0	female	5800	4300	900	0.028	-1	-1
16	H	2370	H	0	female	5800	800000	900	0.287	-1	-1
17	H	2370	H	0	female	6050	5800	900	44	-1	-1
18	H	2370	H	0	female	6051	6050	900	0.01733	-1	-1
19	H	2370	H	0	female	6052	6050	900	0.0019	-1	-1
20	H	2380	H	0	male	5800	6000	900	1000	-1	-1
21	H	2380	H	0	male	5800	6051	900	1000	-1	-1
22	H	2380	H	0	male	6000	6050	900	400	-1	-1
23	H	2380	H	0	male	6050	6051	900	0.0006	-1	-1
24	H	2380	H	0	male	6050	6052	900	0.0006	-1	-1
25	H	2380	H	0	male	6000	500000	900	0.385	-1	-1
26	H	2380	H	0	male	6000	4300	900	0.028	-1	-1
27	H	2380	H	0	male	6000	800000	900	0.287	-1	-1
28	H	2380	H	0	male	6050	6000	900	44	-1	-1

XML data can be edited using Excel.



Incorporating Japanese SAF data

Comparison of Physiques between ICRP Reference and Average Japanese

Physique	ICRP reference values ¹⁾		Average of adult Japanese ²⁾	
	Male	Female	Male	Female
Height (cm)	176	163	170	155
Weight (kg)	73	60	64	52
Phantom	ICRP adult reference phantoms ³⁾		Average adult Japanese phantoms ⁴⁾	
	RCP-AM 	RCP-AF 	JM-103 	JF-103 
SAF data	Publ. 133		Manabe et al. ⁵⁾	

→ IDCC
Incorporation

¹⁾ICRP Publication 89. ²⁾G. Tanaka et al., NIRS-M-115 (1996).
³⁾ICRP Publication 110. ⁴⁾K. Sato et al., JAEA-Data/Code 2011-013 (2011).
⁵⁾K. Manabe et al., J. Nucl. Sci. Technol., 59(5) 656–664 (2022).

- Comprehensive analysis of influence of physique on $e(\tau)$ is planned.
- SAF data can be partially replaced with user's own data.



Contents

- Introduction
- Features of the Internal Dose Calculation Code (IDCC)
 - ✓ Calculation of Internal Dose Coefficients
 - ✓ Intake Estimation of Radionuclides from Individual Monitoring
 - ✓ Editability of Models and Data
- Summary



Summary

- Internal Dose Calculation Code, IDCC, has been developed. Data incorporation is ongoing.
- IDCC calculates $e(\tau)$ and estimates intakes of radionuclides from monitoring measurements, using methodology and Models and Data in line with ICRP 2007 Recommendations.
- Models and Data incorporated into IDCC full edition can be edited by users.
- IDCC will be distributed **FOR FREE** for academic purposes.

If you have any interest, please contact us !

manabe.kentaro@jaea.go.jp



Fund

This study is funded by the Nuclear Regulation Authority, Japan.

(Radiation Safety Research Promotion Fund, Development of internal dose calculation code)

