

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２９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	2
2.1 これまでの経緯	2
2.1.1 内部被ばく線量評価コードの概要	2
2.1.2 コードの運用・普及促進に係る検討	2
2.2 令和5年度の事業計画	3
第3章 コード利用者のための講習会の試行と課題の抽出	4
3.1 目的及び実施内容	4
3.2 講習会の試行	4
3.2.1 講習会の構成	4
3.2.2 実施内容	5
3.3 アンケート調査	5
3.3.1 実施	5
3.3.2 結果	6
3.4 課題の整理	8
3.4.1 講習会の進め方	8
3.4.2 内部被ばく線量評価の概説の内容・レベル	8
3.4.3 IDCC の使い方の説明	9
3.4.4 IDCC の扱いやすさや内容等	11
3.5 まとめ	11
第4章 潜在利用者へのコード利用の効果的な周知方法の取りまとめ	12
4.1 目的及び実施内容	12
4.2 コードの普及促進に関する学会発表	12
4.3 周知方法に関する調査	12
4.3.1 学会でのブース展示	12
4.3.2 既存の講習会や大学等の授業等への組込み	13
4.4 まとめ	14
第5章 検討委員会の設置・運営	15
第6章 あとがき	16
謝辞	17
参考文献	18

付録 1	講習会資料	1
付録 2	外部発表	35
付録 3	検討委員会	42

第1章 はじめに

我が国において、放射性核種や放射線の利用による放射線障害を未然に防止するための基準値は、告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」[1]の別表等に示されている。具体的には、作業者が常時立ち入る場所における空気中の濃度限度や、放射線取扱施設からの排気や排水中の濃度限度である。また、作業者の内部被ばく線量を評価する必要性が生じた際に、何らかの方法で評価した摂取量に乗じることで実効線量を導出するための実効線量係数（放射性核種 1 Bq あたりの預託実効線量）も提示されている。これらの基準値は、現在、国際放射線防護委員会（ICRP: International Commission on Radiological Protection）の 1990 年勧告（Publ. 60）[2]を踏まえた数値となっている。一方で、ICRP は、平成 19 年に 2007 年勧告（Publ. 103）[3]を公開した。放射線審議会では、2007 年勧告の国内法令への取り入れに関して検討を進めており、取り入れに際しては実効線量係数や濃度限度の改正が必要となってくる。また、取り入れ後は、防護計画の立案や事故時の対応において、2007 年勧告に準拠した方法により内部被ばく線量を評価する必要性があり、そのためのツールが求められている。

このような動向を受けて、原子力規制庁は、平成 29 年度より開始した放射線安全規制研究戦略的推進事業において、「内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究」を重点テーマの一つとして設定し、日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構という。）が提案した 4 ケ年計画が採択された。これにより、2007 年勧告に基づく線量評価用のモデル・データから実効線量を計算する機能と、個人モニタリングの評価値から放射性核種の摂取量を推定する機能を開発し、両者を統合するとともに直感的な操作を実現するグラフィカルユーザインタフェース（GUI: Graphical User Interface）を整備することにより、内部被ばく線量評価コード（Internal Dose Calculation Code、以下「IDCC」という。）を令和 2 年度に完成させた[4-7]。この開発の中で、当該テーマのプログラムオフィサ（PO: Program Officer）や戦略的推進事業の評価委員会より、開発した IDCC の普及・利用促進の取組みを期待するコメントが多くあった。

こうした状況から、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）事業において、IDCC の高度化に加え、IDCC の普及や利用促進に関する取組みとして、管理及び提供に係る体制を構築するとともに、より容易に幅広く利用してもらうための簡易版の開発に着手し、概念設計を実施した[8]。

令和 4 年度からは、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）事業として、IDCC に関する事業のうち、運用や普及促進に係る項目を実施していくこととした。令和 4 年度は、普及促進に係る取組みを効果的に進めるため、IDCC の潜在ユーザに対しアンケート調査を実施するとともに、利用者のための IDCC の使い方講習会の実施内容の策定を行った[9]。

令和 5 年度は、令和 4 年度に実施内容を策定した講習会を試行することにより、講習会の実施に関する課題の抽出、IDCC の開発に反映すべきニーズの把握を実施した。また、IDCC の潜在ユーザへの周知等を目的に、放射線防護関連の学会において普及促進に係る発表を行った。また、令和 4 年度の検討委員会において例示された周知方法[9]について調査し、実現可能性を検討した。本報告書は、令和 5 年度事業において実施した内容を取りまとめたものである。

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 年度までの戦略的推進事業で開発した内部被ばく線量評価コードである IDCC は、以下の二つの機能を有し、これらを統合して操作する GUI を装備している計算コードである。

- ・ 線量係数計算機能：放射性核種の種類、摂取経路、化学形に応じた実効線量係数（放射性核種 1 Bq あたりの預託実効線量）を計算する機能
- ・ 核種摂取量推定機能：身体放射能測定や排泄物のモニタリングの結果から核種の摂取量を推定する機能

線量係数計算機能は、設定された放射性核種の摂取条件に応じて 2007 年勧告に基づく線量評価用のモデル・データを参照し、実効線量係数を計算し、出力するものである。核種摂取量推定機能は、体外計測や排泄物の分析等のモニタリング結果から放射性核種の摂取量を推定するとともに、設定された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、第 1 章で述べた戦略的推進事業費事業[4-7]やその後の放射線対策委託費事業[8, 10]の中で検証が行われた。摂取条件やモニタリング結果の入力や結果の閲覧、出力は GUI を通じて実行可能である。さらに、取扱いマニュアルや例題集を作成することに加え、ユーザが IDCC を計算機に容易に導入できるよう、Windows、MacOS 及び Linux 向けのインストーラが用意されている。

令和 4 年度末現在、IDCC には職業被ばくに対する実効線量係数の導出に必要なモデルやデータがすべて組み込まれている状況である[9]。今後、ICRP より公衆被ばくに対するモデルやデータが順次公開されるが、IDCC への組み込みも行われる計画である。

2.1.2 コードの運用・普及促進に係る検討

令和 2 年度事業[7]では、事業を統括する PO や専門家との意見交換、研究評価委員会等において、IDCC の管理・運用体制や普及促進活動について有益なコメントが得られた。IDCC は、研究や事故時の遡及的線量評価にも利用できるよう、参照するモデルやデータの編集を可能としている。これについて、専門的知識を有しないユーザが非現実的な条件で計算し、その結果が流布される懸念が指摘された。これを受けて、モデルやデータの編集機能に制限がない全機能版と、編集機能を制限して ICRP の既定条件のみに対応する機能制限版の 2 種類が用意された。また、IDCC の提供に関して、利用許諾条件や普及促進方法等の検討が必要であるとの指摘とともに、商用利用における対価の設定、外国為替及び外国貿易法における非居住者への提供に係る輸出管理等についてもコメントを得た。

令和 3 年度事業[8]では、放射線防護や内部被ばく線量評価の専門家で構成する検討委員会を設置し、IDCC の提供に係る体制について検討した。その結果、IDCC の維持管理は、今後 ICRP から公開されるモデルやデータの IDCC への組み込みや改良等が完了するまでは、原子力

機構が担当することが適当とされた。また、提供体制については、原子力機構が開発したプログラムやデータベースを公開する既存の枠組み、すなわち原子力機構が開発したコンピュータプログラム及びデータベースの情報をデータベース化した PRODAS (PROgram and DAtabase retrieval System) 登録後、一般財団法人高度情報化学技術研究機構の原子力コードセンターを窓口として配付とすることとした。全機能版の提供にあたっては、利用申請者に対し、学術論文や学会発表等の専門的な活動実績を有することを条件とし、原子力機構の IDCC 開発担当部署が確認することとした。機能制限版については、利用目的の確認のみで提供可とした。非居住者への提供については、IDCC 開発担当部署が個別に対応することとした。

IDCC の提供に係る対価については、利用申請者の利用目的が試験・研究の用途（以下、研究目的という。）の場合、無償で提供することとした。ただし、利用申請者は、原子力コードセンターの窓口業務等に係る配布手数料 13,420 円（税込、令和 6 年 3 月現在）を負担する必要がある。商用目的に関しては、原子力機構の規程に基づき、使用料等を個別に決定して徴収したうえで提供することとした。

普及促進に関する取組みとして、令和 3 年度事業の検討委員会で、効率的な普及促進策を立案、実行するために潜在的なユーザ数やニーズを把握することの重要性が指摘された。また、普及促進策の一つとして、IDCC の使い方講習会の開催が提案された[8]。これを受けて、令和 4 年度事業において、IDCC へのニーズ把握を目的としたアンケート調査を実施するとともに、使い方講習会の内容の検討及び講義資料案の作成を実施した[9]。

2.2 令和 5 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 5 年度事業において以下の項目を実施することとした。

(1) コード利用者のための講習会の試行による普及促進における課題の抽出

令和 4 年度事業の成果[9]に基づき、IDCC の利用者向け講習会を 1 回程度試行する。講習会は内部被ばく線量評価法の概説とコードの使用法の二部構成とし、概説では防護量や標準人の概念の説明を行い、使用法の説明では例題を用いた演習を実施する。また、試行により抽出された課題を整理するとともに、コード開発に反映すべきニーズを把握する。

(2) 潜在利用者へのコード利用の効果的な周知方法の取りまとめ

コードの普及促進に関する発表を行い、質疑等から周知に資する知見を抽出する。

令和 4 年度事業の検討委員会で例示された普及促進策について調査し、実現可能性を検討する。具体的には、学会のブース展示、放射線取扱いに関する既存の講習会や大学の授業等について調査する。

(3) 検討委員会の設置・運営

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 5 名程度から成る検討委員会を設置し、事業の実施方針、実績等の評価及び報告書の取りまとめについて審議を行う。

第3章 コード利用者のための講習会の試行と課題の抽出

3.1 目的及び実施内容

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、使い方に関する講習会の開催について検討した。この中で、放射線防護に対するユーザの理解を深め、IDCCを正しく使用してもらうための対策として、使い方の説明に加えて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。これを受け、令和4年度事業における潜在ユーザへのアンケート調査を実施したところ、内部被ばく線量評価法の概説に強いニーズがあることが確認できた。そこで、講習会は内部被ばく線量評価法の概説と使い方の説明の二部構成とすることとし、講義資料案を作成した。

令和5年度事業では、講習会の実施に係る課題の抽出、及び開発に反映すべきニーズの把握を目的に、実際に講習会を試行開催し、アンケート調査により意見募集を実施することとした。

3.2 講習会の試行

3.2.1 講習会の構成

講習会は、「講義1 内部被ばく線量評価法」と「講義2 IDCCの使い方」の二部構成とした。講習会で使用した講義資料は付録1に収録した。実施形態は、参加者の利便性を考慮してオンライン開催とした。

(1) 講義1 内部被ばく線量評価法

講義1の構成は以下のとおりとした。

- ① ICRPの放射線防護の基本的な考え方
- ② 実務における内部被ばく線量評価
- ③ 実効線量係数の導出方法
- ④ 演習： ^3H （水）：HTOの吸入摂取に対する実効線量係数の導出

①では、ICRPの基本的な考え方のうち、特に防護量という概念と、防護量は標準人に対する線量であって特定個人の線量評価には適用できないことを強調する内容とした。②は、実務として被ばく評価する際の内部被ばくの特徴と、大まかな手順を説明する内容とした。③は、IDCCが実際にどのような計算を内部で実行しているかを受講者に把握させるため、基礎となるモデルやデータの説明と、実効線量に至るまでの手順を説明する内容とした。④は、③で説明した手順の理解を促進させるため、実例を使って計算の流れを説明する内容とした。

(2) 講義2 IDCCの使い方

講義2の構成は以下のとおりとした。

- ① 実効線量係数の計算：実演
- ② 実効線量係数の計算：演習

- ③ 核種摂取量の推定：実演
- ④ 核種摂取量の推定：演習

①では、実効線量係数計算機能を説明するため、例題を用いて、基本的な操作を説明しながら実際に計算を実行して示す内容とした。②は、①で説明した手順を実際に受講者に操作させてみるための例題を示し、受講者が各自で操作する時間を設け、ひととおり操作が終わった後、答え合わせのように講師が手順を示す、という流れとした。③及び④は、①及び②と同様に、核種摂取量推定機能について実演と演習を行う流れとした。

3.2.2 実施内容

(1) 参加者の募集

参加者は、普及促進に関する学会発表において講習会の試行を案内した際に募集した。電力事業者4名、原子力関連民間事業者1名、原子力機構（放射線管理に係る部署）2名の計7名の参加者を得た。

(2) IDCC 及び講義資料の事前配付

講習会では、参加者の個々のパソコンに IDCC がインストールされている必要がある。そこで、参加者には、講義資料とともに IDCC 機能制限版インストーラを事前に配付することとした。インストーラは容量が約 75 MB あり、メール添付にて送付することができないため、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、参加者にダウンロードしてもらうことにより配付した。インストーラによるインストールについても不具合の報告はなかった。

(3) 開催

講習会は、オンライン会議ツール ZOOM を利用して開催した。講師1名に加え、接続トラブルやコメント機能を使った質問対応等を想定して補助要員1名を配置した。所要時間は、内部被ばく線量評価法：1時間、IDCC の使い方：40分、質疑応答・意見交換：20分であった。

3.3 アンケート調査

3.3.1 実施

講習会の内容や IDCC の扱いやすさ、内容等について意見を募集するため、アンケート調査を実施した。アンケート調査では、オンライン（Google フォーム）または Microsoft Word ファイルへの記入により回答を収集した。アンケート項目を以下に記す。(1)から(3)については、4段階での評価（4段階評価の選択肢は、1：とても分かりやすかった、2：ほどよくわかりやすかった、3：軽微な懸念がある、4：重大な懸念がある）と意見の記述をお願いした。

(1) 講義1：内部被ばく線量評価法

1. ICRP の放射線防護の基本的な考え方
2. 実務における内部被ばく線量評価

3. 実効線量係数の導出方法
4. 演習

(2) 講義 2：IDCC の使い方

1. 実効線量係数の計算：実演
2. 実効線量係数の計算：演習
3. 核種摂取量の推定：実演
4. 核種摂取量の推定：演習

(3) IDCC について

1. 操作のしやすさ
2. GUI の見やすさ
3. 内容・項目の充実度

(4) その他、意見、感想

3.3.2 結果

アンケートは 6 人から回答を得た。集計結果と記述内容は以下のとおり。

(1) 講義 1：内部被ばく線量評価法

講義 1 に対する 4 段階評価の結果を図 3-1 に示す。内容的に大きな懸念はなく、約半数からよく分かったとの回答を得た。

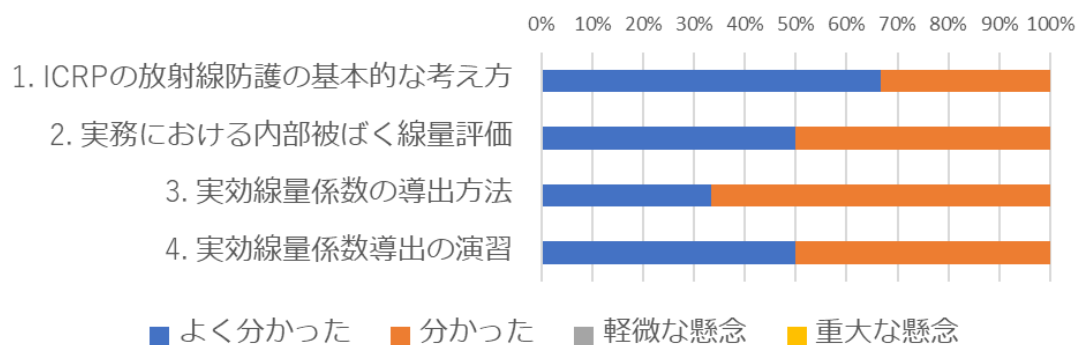


図 3-1 講義 1 に対する 4 段階評価結果

自由記述は以下のとおり。

- ・ 受講者が放射線管理部署や電力事業者等であれば理解できると思われる。(1、2 について)
- ・ 初学者には、レベルを下げるか、時間を割いて詳しく説明する必要がある。摂取量推定の説明は省略せずに説明する必要がある。(1、2 について)
- ・ 模式図があると分かりやすい。例えば、人体モデルから比吸収割合の導出について、線源臓器から他臓器へ照射されるイメージ図等。(3 について)
- ・ ICRP の線量評価手順の説明の中に、IDCC が採用している計算ライブラリの説明が混じると、何の説明をしているのか分かりにくい。(3 について)

- ・ 実効線量係数導出過程の理解のためには、ゴールから逆順に説明していく方が分かりやすいかもしれない。(3、4について)
- ・ IDCC をただ使いたいだけの人には、全体的に難しい。(全体を通して)

(2) 講義 2：IDCC の使い方

講義 2 に対する 4 段階評価の結果を図 3-2 に示す。懸念があるとの回答はなかった。講義が進むにつれて、“よく分かった”の割合が増加した。

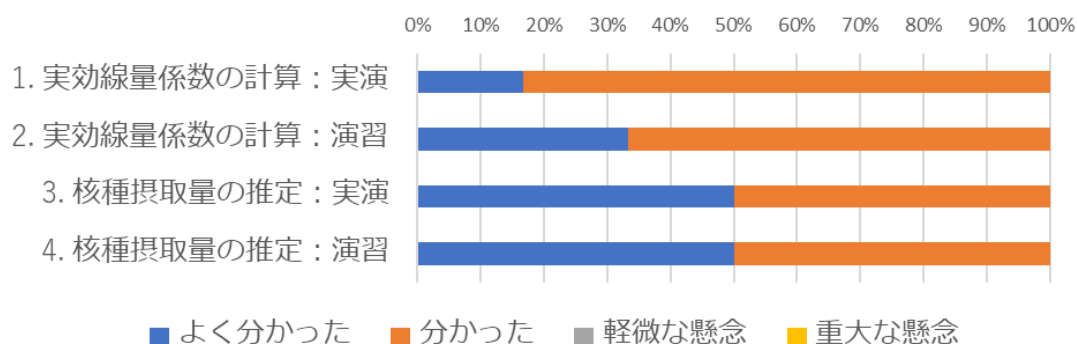


図 3-2 講義 2 に対する 4 段階評価結果

自由記述は以下のとおり。

- ・ 化学形の選択メニューが、ICRP 刊行物「放射性核種の職業上の摂取（OIR: Occupational Intakes of Radionuclides）」の英語表記のままであり、選択が困難。日本語で細分化するか、別途マニュアル等で対応表を示す方がよい。(1、2について)
- ・ 日時指定のカレンダー機能等、マニュアルがなくても使いやすかった。(3、4について)
- ・ 測定対象として子孫核種を選択する場合があることをユーザに理解してもらう必要がある。(3、4について)
- ・ Cs-137 のように、実際には子孫核種の放射線を測定している場合の測定対象核種の設定方法を明確にする必要がある。ヒューマンエラーが起こりにくい工夫が必要。(3、4について)

(3) IDCC について

IDCC の扱いやすさ、内容等に対する 4 段階評価の結果を図 3-3 に示す。操作のしやすさについて懸念があるとの回答があった。具体的には、接種条件を指定する際に化学形の表記が

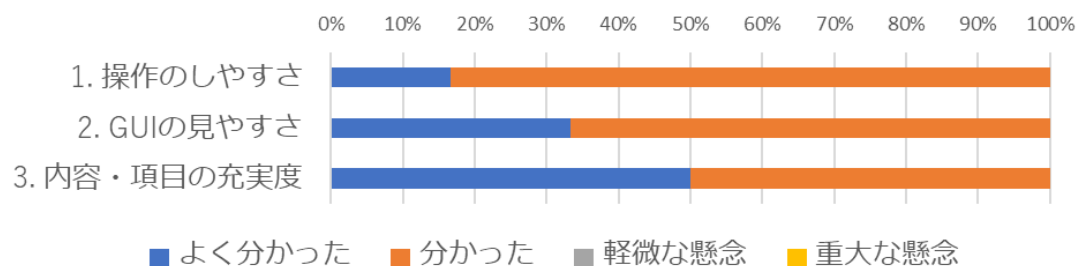


図 3-3 IDCC に対する 4 段階評価結果

英語のみで、分かりにくいという指摘であった。

自由記述は以下のとおり。

- ・ 全体的な日本語化を希望する。特に化学形について。(1、2について)
- ・ マニュアルを見なくても直感的に利用できると思う。(1、2について)
- ・ 条件設定、摂取量推定時のデータ入力等、計算フローに沿って上から下に順に進めていくので、分かりやすかった。(1について)
- ・ 実際の現場では複数の核種で評価することが多いため、複数核種を同時に計算できるような機能が欲しい。(3について)

(4) その他、意見、感想

- ・ 摂取量推定における測定対象核種の設定について、間違いが起きにくい工夫が必要。
- ・ S 係数や放射能推移の出力など、IDCC ができることをもっと強調した方がいい。

3.4 課題の整理

アンケート調査の結果と令和 5 年度第 2 回検討委員会での議論を踏まえて、講習会の試行により把握できた課題を整理した。

3.4.1 講習会の進め方

今回の試行では、通信負荷や参加者の心理的負担を考慮して、カメラオフで実施した。そのため、講師として、参加者の状況や反応を把握することが難しかった。これについて、検討委員会では、参加人数が少数であれば、カメラオンでも通信負荷は大きくならず、参加者の様子の把握に有効とのコメントがあった。一方で、本講習会の参加者は自主性が高いと予想され、大学の講義等のように受け身ではないことから、カメラオンによる監視の必要性はなさそうとのコメントがあった。そこで、参加者の状況を把握する方法として、問いかける形式の講義にすることで、リアクションボタンによる反応等が進行度や理解度を把握する指標となるとのコメントがあった。

3.4.2 内部被ばく線量評価の概説の内容・レベル

アンケート調査と検討委員会の両方において、講義資料のレベルが高く、参加者が電力事業や放射線管理等の従事者程度の知識があれば問題はないが、初学者には何らかの対応が必要との意見が多くあった。これについて、検討委員会において、講義 1 の内容に入る前に、より基礎的な内容の講義（例：放射線や線量の説明）を追加することが対応策として提案された。また、講習会前に e-ラーニング等で参加者に自習してもらい、当日の冒頭で確認テストを実施する方法も提案された。以上のように、本題の講義を迎える前に、参加者に何らかの方法で講義内容の理解に必要な知識をインプットする対策が必要であることが分かった。

実効線量係数の導出方法の説明について、現状の講義資料では、基礎となるモデルやデータから出発して実効線量が導出されるまでのプロセスを説明しているが、ゴールとなる実効線量から逆順で説明する方が理解しやすいのではないかとアンケート回答があった。これについて、検討委員会において、東京電力福島第一原子力発電所事故後の地域住民とのコミ

コミュニケーションの中で同様の意見があったとのコメントがあった。参加者が興味を持っている対象から説明を始めることで、理解促進や納得感につながるとのことから、逆順で説明を行う講義資料の作成が課題となる。

一方で、すでに講義内容の全部または一部について理解のある参加者も想定されることから、講義 1 の内容を複数のパートに分け、参加者がパートごとに受講の有無を選択できるとよいとのコメントがあった。今後、講義資料の構成について検討する必要がある。

3.4.3 IDCC の使い方の説明

図 3-2 で示したアンケート調査の結果からは、IDCC の使い方の説明については概ね分かりやすいと評価されたと考えられる。また、講義が進むにつれて「よく分かった」の割合が増加したことから、GUI の導入により IDCC の操作そのものが比較的容易であることも要因と考えられる。一方で、英語のみの表記であると、化学形の選択に困難が生じるとして日本語対応を求める意見があった。これについては、プログラムが参照するデータやアルゴリズムを二重化する必要があり、対応が困難である。

核種摂取量推定機能の演習において、Cs-137 の摂取に対するホールボディカウンタ (WBC: Whole Body Counter) による全身残留量の評価結果からの摂取量推定を例題としたが、このときのモニタリング結果の入力について課題が見つかった。Cs-137 の摂取に対して WBC で測定した場合、実際に測定しているガンマ線は、Cs-137 の子孫核種である Ba-137m から放出されたものである。そこで、演習における講師の実演では、WBC での解析結果として Ba-137m の放射能が得られたものと想定し、図 3-4 に示すように、モニタリング結果の入力において Ba-137m を選択するよう説明した。これは、図 3-5 に示すように、ICRP の 2007 年勧告準拠の内部被ばく線量データベース OIR Data Viewer [11]においても、Cs-137 のモニタリング用データとして子孫核種である Ba-137m の放射能時間変化が収録されていたことに基づく。しかしながら、参加者からは、Cs-137 の摂取について WBC で測定した場合、WBC に付属の解析ソフトは Cs-137 の放射能として出力・表示するのが一般的で、モニタリング結果として Ba-137m の放射能を入力することは不自然であるとの指摘があった。実際に、WBC の解析結果として Cs-137 の放射能が出力されるのであれば、核種摂取量推定機能におけるモニタリング結果の入力では Cs-137 を選択して結果を入力すべきである。IDCC では、摂取量推定の対象となる核種に放射性の子孫核種がある場合、親核種も含めてすべての核種をモニタリング結果の入力時に選択可能としており、実態として子孫核種が放出する放射能を測定するような場合は、核種摂取量推定機能におけるモニタリング結果入力でどの核種を選択すべきかを講義で説明したり、マニュアルに分かりやすく記載したりする等、ユーザが正しく評価できるようにする対策を講じる必要があることが分かった。この点は、マニュアルの改訂等、コード開発に反映すべき事項である。

Intake estimation

Intake

Nuclide: Cs-137 Route: Ingestion Gender: male Intake age: 7300.0 Exposure period: 18250.0

Year	Month	Day	Hour	Elapsed day
2018	11	19	2.0	0.0

Open calendar Apply elapsed day

Measurement

Deviation type: none WholeBody Limit detection: 10.0 Error type: absolute Sample unit: Bq

Nuclide: Ba-137m (highlighted in red box)

Year	Month	Day	Hour	Measur...	Error	Elapse...
2018	11	22	10.0	500.0	0.0	2.1

Open calendar Apply elapsed day

OK Cancel

図 3-4 IDCC の核種摂取量推定機能における条件の選択画面

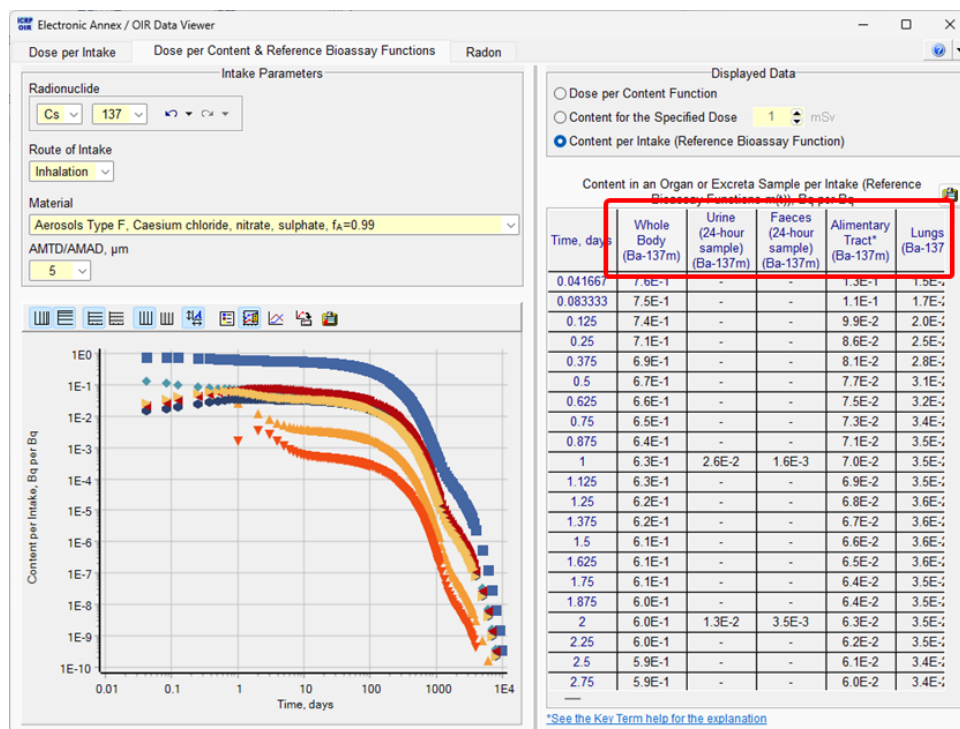


図 3-5 OIR Data Viewer における Cs-137 のモニタリング用データ表示画面

3.4.4 IDCC の扱いやすさや内容等

参加者からのアンケートの回答には、化学形等の表記の日本語化への要望があった。これについては、前項で述べたとおり、プログラムの参照データやアルゴリズムを二重化する必要があり、対応には相応のコストが必要となる。そこで、マニュアル等に、化学形等について英語と日本語の対照表を用意することを今後検討する。また、3.3.2 項(4)の回答から、IDCC が体内放射能の経時変化や放射線加重 S 係数等の実効線量導出までの途中経過についても出力可能であることをよりアピールすることで、専門性を有する潜在ユーザへの訴求効果が期待できることが分かった。

3.5 まとめ

令和 4 年度に実施方針を検討した IDCC の使い方講習会を試行し、参加者から意見募集を行った。得られた意見を集約するとともに検討委員会で議論することにより、講習会の改善点を抽出、整理した。具体的には、オンライン講義において参加者の状況を把握する方法として、問いかける形式の講義にすることや、リアクションボタンによる反応等で進行度や理解度を把握することが提案された。また、講義の中の内部被ばく線量評価法の概説については、様々な知識レベルを想定した取組みを今後進める必要があることが分かった。知識レベルの違いを埋め合わせる方法として、講習会前に e-ラーニング等で参加者に自習してもらい、講習会前に確認テストを実施することや、講義を複数のパートに分けて参加者が必要に応じて受講する講義を選択可能とすることが提案された。

コードの開発に反映すべき事項として、核種摂取量推定機能の利用において、評価対象核種が放射性の子孫核種を有する場合、モニタリング結果の入力の操作において不明瞭な点があることから、マニュアル等で注意喚起が必要であることが把握できた。

第4章 潜在利用者へのコード利用の効果的な周知方法の取りまとめ

4.1 目的及び実施内容

令和4年度事業において、潜在的なユーザ数やIDCCへのニーズを把握するためのアンケート調査を実施した際に、IDCCの認知を向上させることがユーザの獲得に有効であることが示唆された。そこで、潜在ユーザに向けてIDCCを効果的に周知するため、IDCCの普及促進に関して学会発表を行うとともに、その他の周知方法について調査した。

4.2 コードの普及促進に関する学会発表

発表する学会として、IDCCの潜在ユーザの多数の参加が期待される日本保健物理学会を選出した。発表では、IDCCの紹介と使い方講習会の試行の案内を行い、講習会への参加者を募集した。発表資料は付録2に収録した。発表時間中の質疑応答では、IDCCが参照する線量評価用モデル・データの編集について質問があった。これに対し、動態モデルや内部放射線の吸収割合に関するデータ等、全機能版についてはほぼすべての数値を編集可能であると回答した。セッション終了後、講習会の試行に関する問合せが複数あり、講習会への参加につなげることができた。

4.3 周知方法に関する調査

4.3.1 学会でのブース展示

令和4年度の検討委員会において、周知方法の一つとして学会でのブース出展が挙げられた[9]。そこで、ブース展示による周知の実現可能性について調査するため、第60回アイソトープ・放射線研究発表会と日本原子力学会2023年秋の大会に参加し、企業展示ブースについて調査した。

(1) 第60回アイソトープ・放射線研究発表会

主催：公益社団法人日本アイソトープ協会

会期：令和5年7月5日（水）～7日（金）

会場：日本科学未来館7階未来館ホールほか（東京都江東区）

出展費用：150,000円（税込）

内容 ブースでの機器展示、幕間広告（1スライド）、ポスター掲載、大会サイト内サイドバナー、2名まで参加費無料

調査結果：

- ・ 当研究発表会の開催会場は、日本科学未来館か東京大学本郷キャンパスのいずれかである。令和6年度は日本科学未来館での開催が決定されている。
- ・ 日本科学未来館では、参加受付の目の前にポスター会場及び企業展示ブースを配置することが可能で、参加者が必ず通過するように動線を工夫している。
- ・ 参加数は250人程度と絶対数は多くないが、大学・研究機関だけでなく民間企業からも

多数参加しているなど、幅広く周知することに適していると考えられる。

(2) 日本原子力学会 2023 年秋の大会

主催：一般社団法人日本原子力学会

会期：令和 5 年 9 月 6 日（水）～8 日（金）

会場：名古屋大学東山キャンパス（愛知県名古屋市）

出展費用：100,000 円（税込、賛助会員）、150,000 円（税込、賛助会員以外）

内容 ブースバックパネル、社名板、机、椅子、100V 電源、2 名まで参加費無料

調査結果：

- ・ 日本原子力学会の各支部で持ち回り開催。ブースの配置は会場に合わせてその場限りのものとなる。
- ・ 本大会では受付近傍に展示ブースが設置されていたが、保健物理・環境科学系の発表会場やポスター会場とは離れており、参加者が立ち寄りやすい配置ではなかった。
- ・ 参加数は 1,500 人程度と多い。ただし、部会単位の数是不明。アイソトープ・放射線研究発表会に比べて大学教員、研究機関職員の割合が非常に高い印象があった。

(3) その他

原子力機構から原子力学会のブースに出展していた職員より、以下の助言があった。

- ・ ブース来訪者に説明するためのパンフレット等配布物の準備が望ましい。
- ・ 人を惹きつけるのにノベルティグッズは効果的である。
- ・ 原子力機構の広報部署が、近年アウトリーチ活動に協力的なので、相談するとよい。
- ・ IDCC が利用するコード配付の枠組みである PRODAS（2.1.2 項参照）として出展している。ここにパンフレット等を置くことは可能。

(4) まとめ

ブース展示は、IDCC の知名度向上に役立つと考えられる。これまで IDCC の開発について、日本原子力学会及び日本保健物理学会において継続的に発表してきたが、アイソトープ・放射線研究発表会では発表していないことや、民間事業者まで含めた幅広い参加者層を考慮すると、アイソトープ・放射線研究発表会でのブース展示が効果的と考えられる。

4.3.2 既存の講習会や大学等の授業等への組み込み

令和 4 年度の検討委員会において候補として挙げられた講習会や、原子力機構が実施している研修等における周知活動の実現可能性について調査した。

(1) 国立大学アイソトープ総合センター会議主催の放射性同位元素等取扱施設教職員研修

国立大学アイソトープ総合センター会議（以下、アイソトープセンター会議という。）は、全国 20 の国立大学法人のアイソトープセンター総合センターのセンター長及び専任教員からなる組織であり、会員相互の緊密な連携により、放射性同位元素等の利用における教育及び研究の発展に寄与することを目的としている。アイソトープセンター会議は、幹事校 7 校が持ち回りで、年 1 回の教職員研修を実施している。令和 5 年度の幹事校（東北大学）に問い合わせたところ、内部被ばく線量評価に関する講義や、IDCC を使った核種摂取量推定実習

を研修に組み込むことは可能であろうとの回答を得た。

(2) 短寿命 RI 供給プラットフォームでの研修

短寿命 RI 供給プラットフォームは、研究用 RI の安定供給とその安全な取扱いのための技術的な支援を行うことを目的とした組織体である。上記(1)について回答を得た際に紹介された。この中の短寿命 RI の安全な取扱いのための支援として RI 技術講習会が定期的開催されており、この講義の中に組み込むことが可能かもしれないとのことであった。

(3) 原子力機構人材育成センターでの研修

原子力機構人材育成センターでは、原子力に関する研究者及び技術者の養成訓練を事業としており、この中に放射線防護関係の業務に従事する技術者を対象とした研修コースがある。このコースには、内部被ばく線量評価に関する講義と演習が組み込まれている。今後、2007 年勧告が国内法令に取り入れられ、放射線防護に係る実務を 2007 年勧告取り入れ後の法令に準拠して実施することになった際には、IDCC を用いて講義と演習を実施することになるであろうとのことであった。

(4) 原子力規制庁が主催する各種研修

検討委員会において、中核人材育成プログラムや甲状腺モニタリング研修等、原子力規制庁が主催する種々の研修において、IDCC の紹介ができるのではないかとコメントがあった。研修に直接組み込むことは難しいが、研修終了後の短時間で PR するような取組みであれば実施できるかもしれない、とのコメントがあった。そのためには、IDCC を簡潔に説明できる配布物の作成が必要となる。

(5) 大学等の授業等

検討委員会において、いくつか意見があった。学部教育においては、すでに完全に組み込まれたカリキュラムを再構築しなければならない点や、1 コマあたり 90 分という時間的な制約への対処、IDCC の使い方講習会で使用した講義資料の内容であれば学部学生にはハイレベルであることが課題となるとのことであった。一方、修士課程向けであれば、特別講座等として組み込むことにより、カリキュラムや時間的な制約をクリアできる可能性がある、とのコメントがあった。

4.4 まとめ

潜在ユーザに IDCC を周知するため、日本保健物理学会で普及促進活動を含めた IDCC に関する口頭発表を行った。この発表の中で講習会の試行について案内することにより、参加者を獲得することができた。

IDCC の周知方法に関する調査として、学会におけるブース展示の現地調査や、放射線防護に関する様々な研修や大学での講義等について担当者への問合せを行うとともに、検討委員会において議論した。ブース展示では、幅広い層への周知、特に民間企業にリーチしやすい場として、アイソトープ・放射線研究発表会が候補となった。研修への組み込みについても各担当者からは前向きな回答を得ており、実現に向けて取組みを進めるべきといえる。

第5章 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 5 年 10 月 5 日に、第 2 回会合を令和 6 年 2 月 13 日にそれぞれ実施した。議事録を付録 3 に収録した。

表 5-1 令和 5 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
〃	玉熊 佑紀	国立大学法人長崎大学放射線総合センター
〃	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	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
事務局	室田 修平	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

第6章 あとがき

平成 29 年度から令和 2 年度までの戦略的推進事業における IDCC の開発において、当該事業の PO や研究評価委員会より、開発した IDCC の普及・利用促進に関する取組みに期待するコメントが多くあった。これを受けて、令和 3 年度より、IDCC の開発・高度化に加えて普及・利用促進についても事業を進捗させ、IDCC の管理体制や提供の枠組みを整備するとともに、より幅広く IDCC を利用してもらうために簡易版の開発に着手した。また、令和 4 年度からは、IDCC の普及・利用促進に係る事業を開発事業から独立させ、効率的、効果的な IDCC の普及のためのアンケート調査を実施し、ニーズや潜在ユーザの規模を把握した。さらに、利用者のための講習会について検討を開始し、講習会の構成や講義資料案を作成した。

こうした流れを受けて、令和 5 年度事業では、令和 4 年度の検討に基づき講習会を試行し、参加者へのアンケート調査や検討委員会での議論を通じて、講習の進め方に関して有益なコメント、ノウハウを得ることができた。また、開発事業へ反映すべき事項として、IDCC の核種摂取量推定機能の使用において、実質的に子孫核種の放射線をモニタリングで測定している場合のモニタリング結果入力について注意喚起が必要であることが認識できた。

令和 4 年度のアンケート調査より、コードの認知度の向上がユーザの獲得につながることを示唆されたことから、IDCC の周知方法について調査し、その実現可能性を検討した。具体的には、学会におけるブース展示と、放射性同位元素や放射線防護に関する種々の講習、研修、大学の講義等への IDCC を使った講義及び実習の組込みに関する調査を実施した。ブース展示に関しては、学会によってアピールできる層に違いがあることを把握した。また、講習等への組込みに関しては、各担当者からは前向きな意見が多かった。ただし、IDCC は ICRP2007 年勧告準拠である一方、現行法令基準値は 1990 年勧告に準拠したものであることから、既存の講義、講習等への組込み時期についてのコメントがあった。今後も普及・利用促進に係る取組みを継続し、講習会のブラッシュアップや周知活動の実施を進めることが望まれる。

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、玉熊佑紀先生、吉田浩子先生に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 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）．
- [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] 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．
- [5] 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．
- [6] 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．
- [7] 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．
- [8] 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．
- [9] 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．
- [10] 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．
- [11] ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 5. ICRP Publication 151, Ann. ICRP **51** (1/2), 2022.

付録 1 講習会資料

講義 1 : 内部被ばく線量評価法

講義 1

内部被ばく線量評価法

令和6年1月15日(月) IDCC使い方講習会 (試行)

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

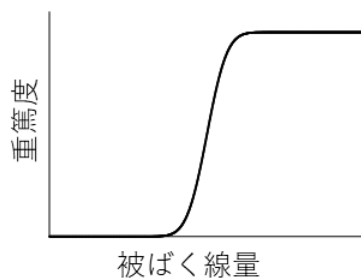
3

放射線防護

放射線被ばくによる影響

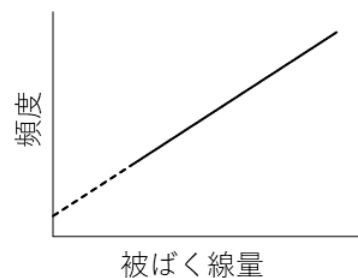
確定的影響 (組織反応)

- 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

$$E = \sum_T w_T H_T$$

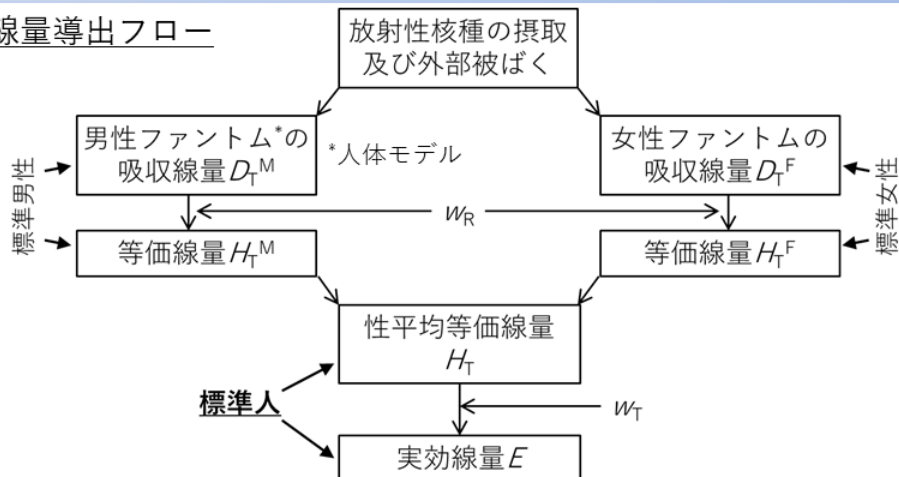
w_T : T の組織加重係数

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

- 線量を直接測定できない
⇒ 計算で評価する。
- 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する。これを預託線量という。

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

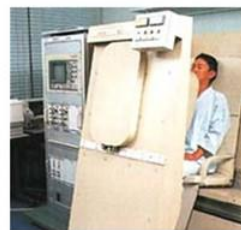
摂取量 I の推定

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)

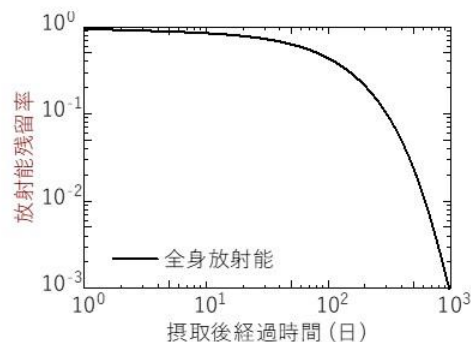
https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/houkan/houkan_03.html

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

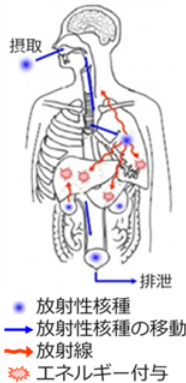


^{137}Cs 経口摂取 全身放射能残留率

10

実効線量係数 $e(\tau)$

実効線量係数の評価

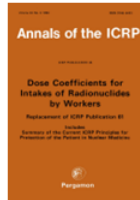


- 放射性核種の体内挙動
積算壊変数（どこで何回壊変したか）
- 内部線源による各臓器へのエネルギー付与
ある組織・臓器で核種が壊変した時に放出される放射線のエネルギーが、体内の組織・臓器にどれだけ吸収されるか

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	Effective dose coefficients (Sv Bq ⁻¹)				
			Inhalation, $e_{inh}(50)$		Ingestion		
			i_{AMAD}	$5 \mu mAMAD$	f_1	$e_{ing}(50)$	
Hydrogen							
Tritiated water	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	
Neptunium							
Ne-237	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		
Ne-239	1.60E+04y	M	0.005	9.1E-09	6.7E-09	0.005	1.1E-09
		S	0.005	3.2E-08	1.9E-08		

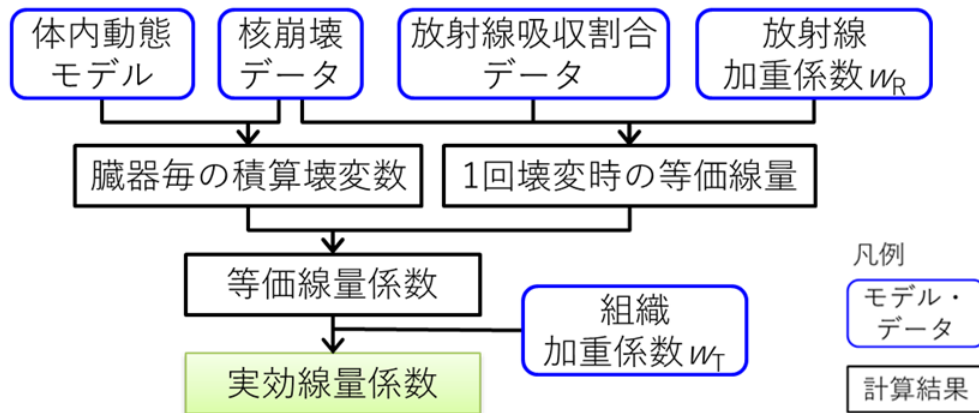
<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2068>

11

実効線量係数の導出方法

12

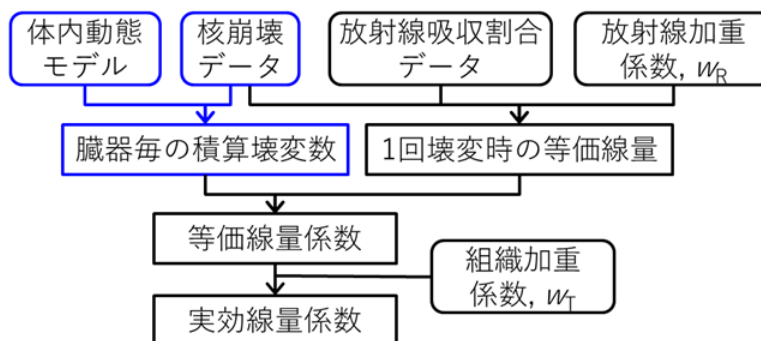
実効線量係数導出フロー



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

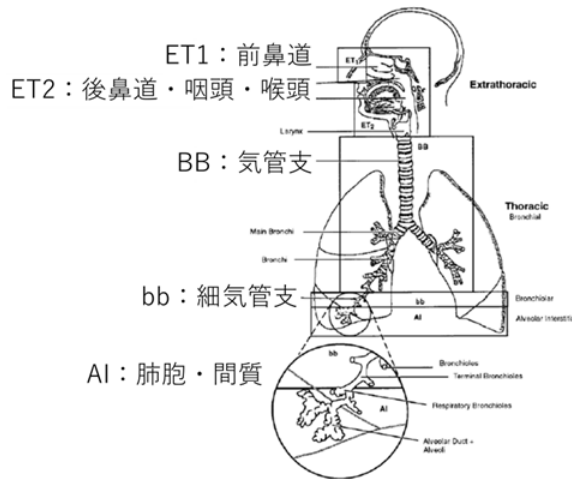
体内動態モデル 呼吸気道モデル (元素共通) 消化管モデル (元素共通) 全身モデル (元素固有)	Publ. 130 Publ. 100 作業者：Publ. 134, 137, 141, 151 公衆：今後公開
核崩壊データ (半減期・分岐比)	Publ. 107

14

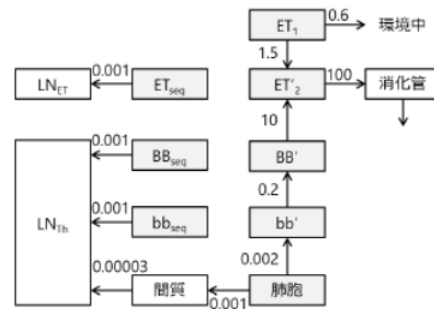
体内動態モデル 元素共通モデル①

呼吸気道モデル：Publ. 130 (OIR part 1)

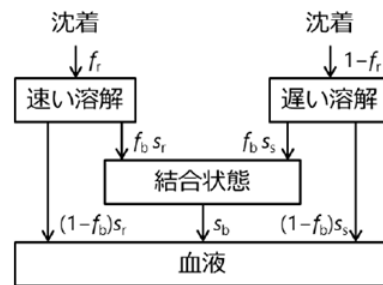
- ✓ 吸入した放射性核種の呼吸気道への沈着、呼吸気道からの除去（クリアランス）に関する動態モデル



ICRP Publ. 66より



粒子輸送（線毛運動）クリアランスモデル



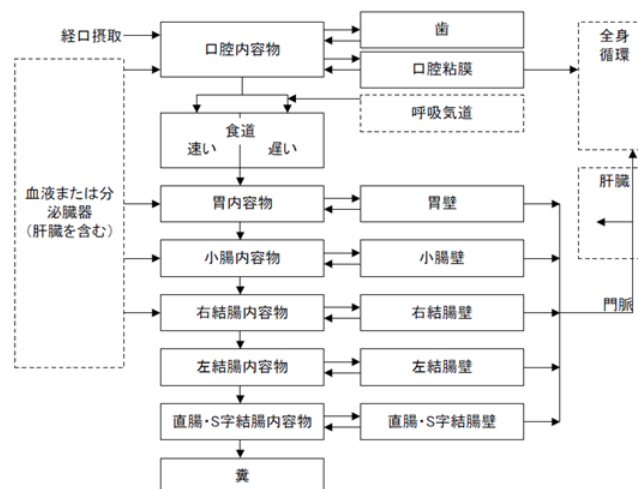
血液吸収クリアランスモデル

15

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



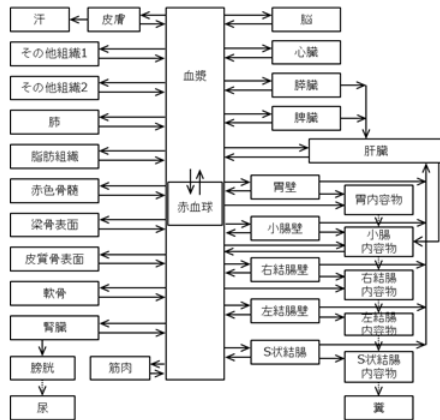
消化管モデル

16

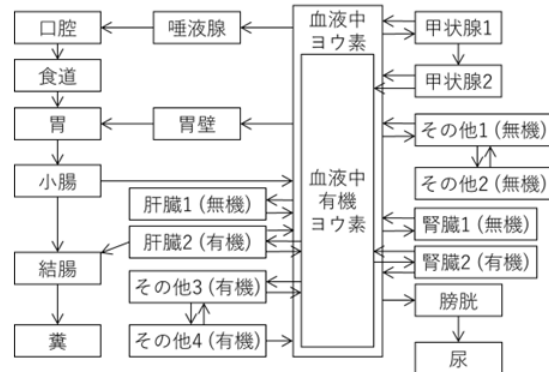
体内動態モデル 元素固有モデル

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



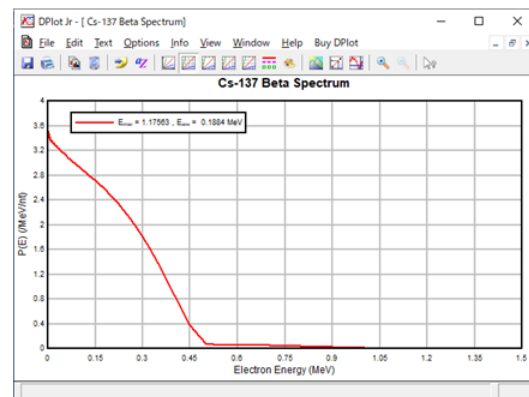
ヨウ素の全身動態モデル

17

核崩壊データ

個々の放射性核種に関するデータ：Publ. 107

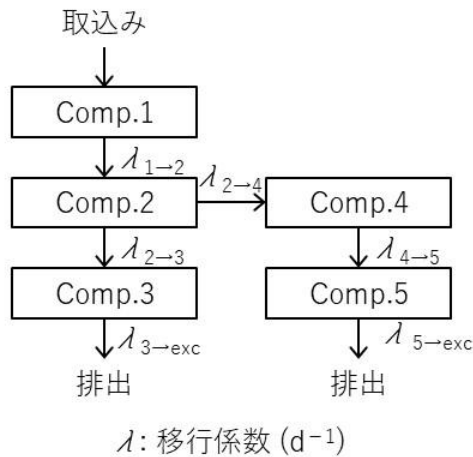
- ✓ 壊変様式、分岐比
- ✓ 半減期
- ✓ 放出放射線の種類、エネルギー、放出率
- ✓ β 線スペクトルデータ (β 線放出核種)
- ✓ 中性子スペクトルデータ (自発核分裂核種)



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



2. 連立常微分方程式 (ODE) を立てる

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

$a_i(t)$: 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

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

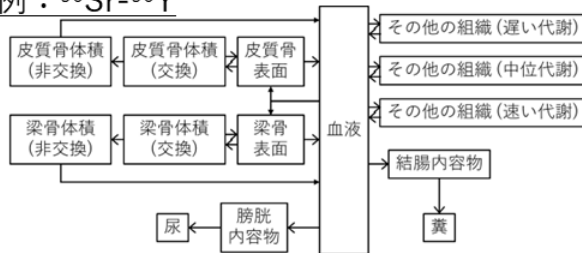
- ✓ 摂取核種の子孫核種についても計算する
- ✓ IDCCのODEソルバー: J-LSODE*

*FortranのフリーソルバーLSODEをJavaに移植したもの。H22年度文科省事業でJAEAが開発。

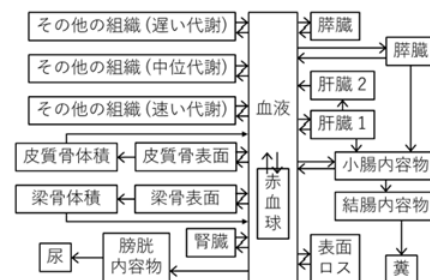
19

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: ^{90}Sr - ^{90}Y



^{90}Sr : ストロンチウムのモデル



^{90}Y : 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

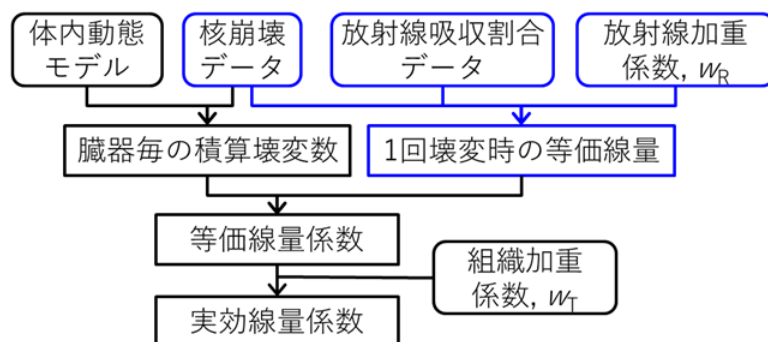
系列核種毎に独立動態 (Independent kinetics) を採用

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

20

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



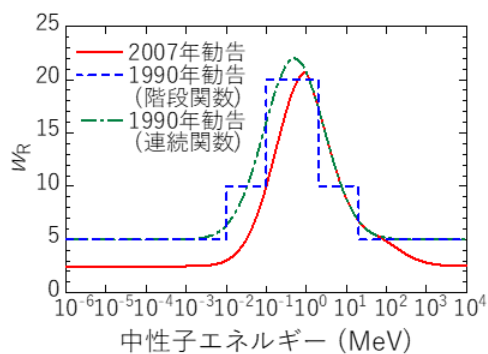
使用するモデル・データ

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 (h/a)	0.001	0.002	0.005	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040	0.050	0.060	0.080	0.100	0.150	0.200
Adipose	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bone	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bone marrow	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Breast	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Colon	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Esophagus	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Heart	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Intestine	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Liver	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Lung	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Muscle	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Stomach	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Spleen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Testis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Thyroid	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Uterus	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vagina	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Whole body	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

23

線源領域 r_S から標的領域 r_T への $S_w(r_T \leftarrow r_S)$ の計算方法

$S_w(S_v)$ の計算式

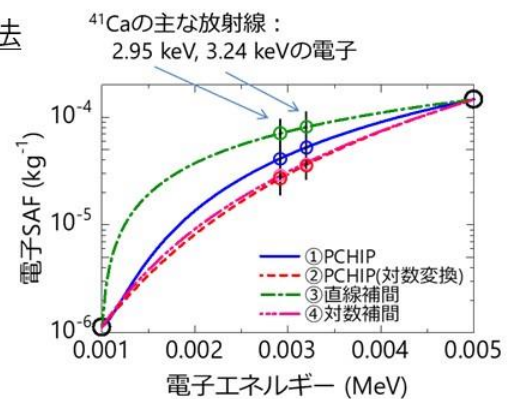
$$S_w(r_T \leftarrow r_S) = c \sum_R w_R \sum_i E_{R,i} Y_{R,i} \Phi(r_T \leftarrow r_S, E_{R,i})$$

- 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
- $\Phi(r_T \leftarrow r_S, E_{R,i})$: $E_{R,i}$ 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
- ✓ IDCCのPCHIPソルバー: Jpchip*

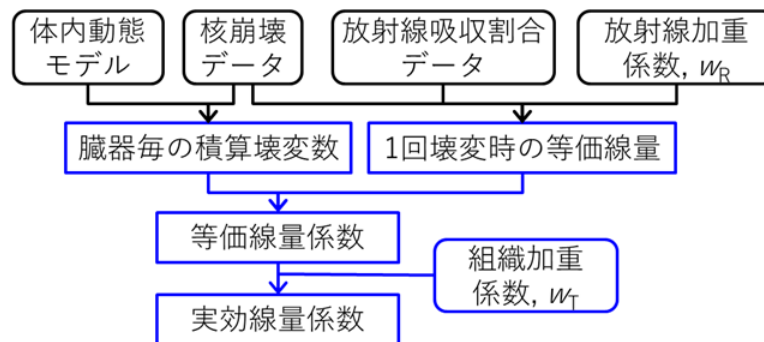
*FortranのフリーライブラリPCHIPをJavaに移植したもの。H23年度文科省事業でJAEAが開発。



梁骨体積から赤色骨髓への電子SAF 24

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、脾臓、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。

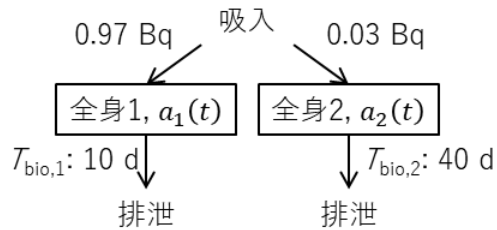
^3H の物理的特性

- 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

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

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

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

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

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

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

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

(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 6 年 1 月 1 5 日(月) IDCC使い方講習会 (試行)

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 options: 'Acute unit intake' (selected), 'Chronic intake', and 'Intake estimation'. Below this, the 'Intake' section shows 'Cs-137' selected for the radionuclide, 'Ingestion' for the intake type, and 'total-diet' for the alimentary material. The 'S-Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with values of 20.0 for Alpha, 1.0 for Electron, and 1.0 for Photon. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons.

- 「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。

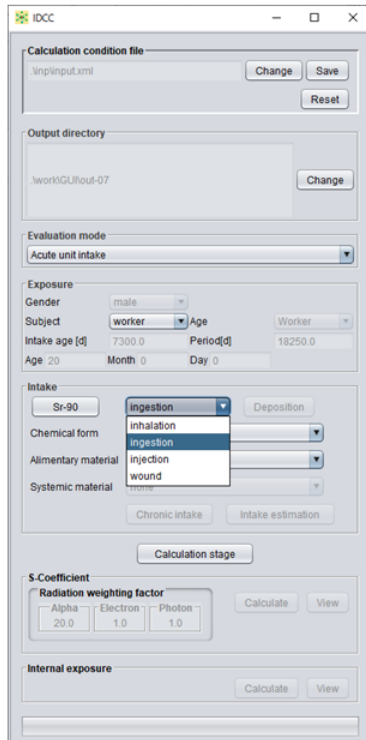
5

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

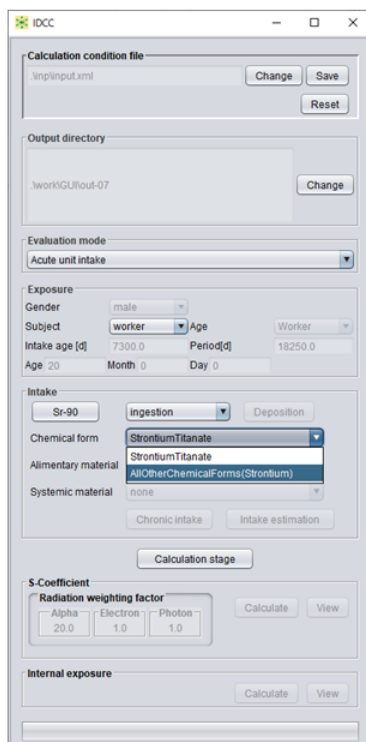
摂取経路の選択



- 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. The 'Calculation stage' button is highlighted with a blue border. 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 factor' with values for Alpha (20.0), Electron (1.0), and Photon (1.0). The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons.

- 「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. The 'Calculate' button in the 'S-Coefficient' section is highlighted with a red border. 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 factor' with values for Alpha (20.0), Electron (1.0), and Photon (1.0). The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons.

- 「S-Coefficient」枠の「Calculate」ボタンを押す。

10

S_w の計算の実行 (2/2)

Calculation condition file
 Input: Input.xml
 Output directory: Iwork\GUIout-07
 Evaluation mode: Acute unit intake
 Exposure: Gender: male, Subject: worker, Age: 7300.0, Period: 18250.0
 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: Calculate, 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、「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

Calculation condition file
 Input: Input.xml
 Output directory: Iwork\GUIout-07
 Evaluation mode: Acute unit intake
 Exposure: Gender: male, Subject: worker, Age: 7300.0, Period: 18250.0
 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: Calculate, View

- 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。

②

Unit	S-Coefficient	Source	7300.0
Target			
O-mucosa	O-cavity	8.48776E-14	
Oesophagus	O-cavity	2.1423E-19	
St-stem	O-cavity	1.0743E-20	
St-stem	O-cavity	6.08544E-22	
RC-stem	O-cavity	2.2623E-22	
LC-stem	O-cavity	2.69775E-21	
RS-stem	O-cavity	0.0	
ET1-bas	O-cavity	1.84285E-18	
ET2-bas	O-cavity	2.02519E-15	
LN-ET	O-cavity	9.1075E-16	
Bronch-bas	O-cavity	3.26745E-20	
Bronch-sec	O-cavity	3.26745E-20	
Schrot-sec	O-cavity	3.31334E-20	
AI	O-cavity	3.31334E-20	
LN-Th	O-cavity	9.34851E-20	
R-marrow	O-cavity	1.15064E-17	
Endost-BS	O-cavity	1.90305E-17	
Brain	O-cavity	3.94946E-19	
Eye-lens	O-cavity	4.64463E-19	
P-gland	O-cavity	1.44903E-18	
Tongue	O-cavity	3.55858E-13	
Testis	O-cavity	5.1111E-13	

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', 'Intake', and 'S.Coefficient'.

- 「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 is no longer visible. Other sections remain the same as in 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)

Calculation condition file
Input: input.xml
Output directory: work\GUIout-07
Evaluation mode: Acute unit intake
Exposure: Gender: male, Subject: worker, Age: 7300.0, Period[d]: 18250.0
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: Calculate, View

- 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。

Internal exposure dialog box showing the 'Dose' tab. Gender is set to 'both'. The 'Committed dose' is displayed as 2.386e-08 Sv/Bq.

Time[d]	Effective
1.0E-6	7.547e-17
2.0E-6	1.617e-16
3.0E-6	2.585e-16
4.0E-6	3.658e-16
5.0E-6	4.836e-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

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

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Evaluation mode' dropdown menu is open, showing options: 'Acute unit intake', 'Chronic intake', and 'Intake estimation'. 'Intake estimation' is selected. Below this, the 'Intake' section shows 'Cs-137' selected for the radionuclide, 'ingestion' for the intake type, and 'Deposition' for the chemical form. The 'Alimentary material' is set to 'total-diet' and 'Systemic material' is set to 'none'. The 'Calculation stage' button is visible.

- 「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)

The screenshot shows the IDCC software interface. The 'Intake' button in the 'Intake' section is highlighted with a red box and a circled number 1. The 'Intake' section shows 'Cs-137' selected for the radionuclide, 'ingestion' for the intake type, and 'Deposition' for the chemical form. The 'Alimentary material' is set to 'total-diet' and 'Systemic material' is set to 'none'. The 'Calculation stage' button is visible.

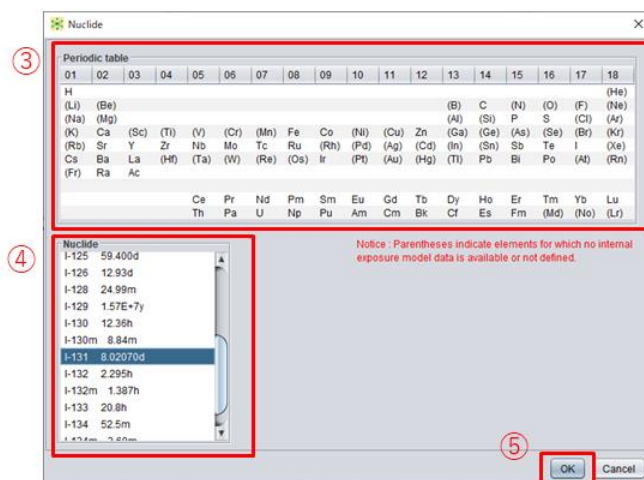
- ① 摂取核種を指定するボタンをクリックする。
- ② 周期表ダイアログが表示される。

The screenshot shows the Nuclide dialog box. It displays a periodic table with elements grouped by period (01 to 18). The 'Nuclide' field is empty. A notice at the bottom states: 'Notice: Parentheses indicate elements for which no internal exposure model data is available or not defined.' The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

20

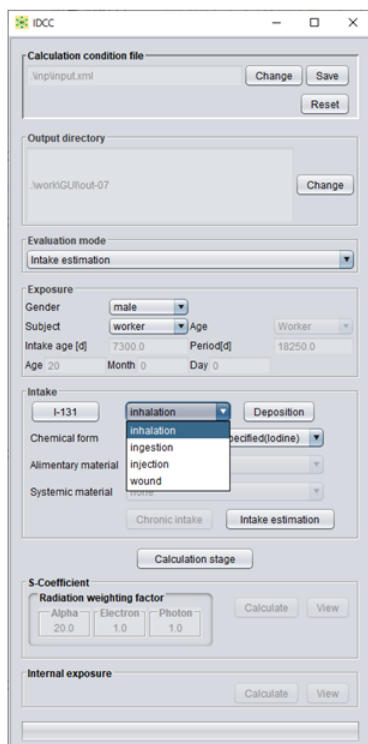
摂取核種の選択 (2/2)

- 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

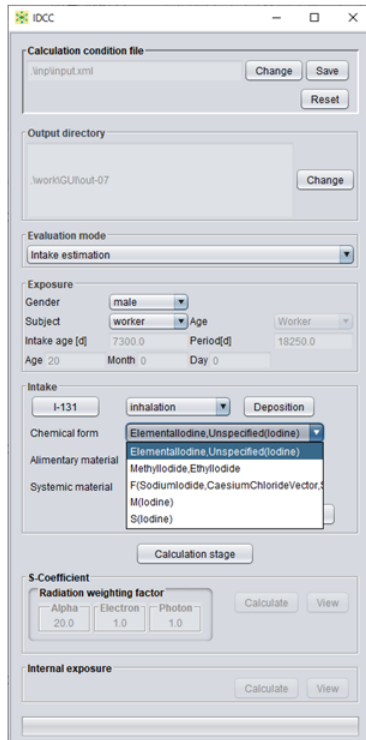
摂取経路の選択



- プルダウンメニューから「inhalation」（吸入摂取）を選択する。

22

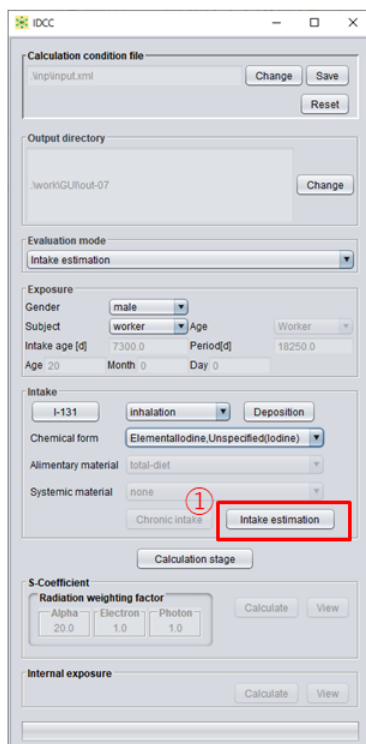
化学形の選択



- 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)

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)

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 condition file' section has 'Input.xml' and buttons for 'Change', 'Save', and 'Reset'. The 'Output directory' is 'work\GUIout-07' with a 'Change' button. The 'Evaluation mode' is 'Intake estimation'. The 'Exposure' section includes 'Gender' (male), 'Subject' (worker), 'Age' (7300.0), 'Period[d]' (18250.0), and 'Age' (20) with 'Month' (0) and 'Day' (0). The 'Intake' section includes 'I-131', 'Inhalation', 'Deposition', 'Chemical form' (Elemental iodine, Unspecified (iodine)), 'Alimentary material' (total-diet), and 'Systemic material' (none). The 'S-Coefficient' section includes 'Radiation weighting factor' (Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0) and a 'Calculate' button. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons. A 'Calculation stage' button is highlighted in blue at the bottom of the main panel.

- 「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 'Calculation condition file' section has 'Input.xml' and buttons for 'Change', 'Save', and 'Reset'. The 'Output directory' is 'work\GUIout-07' with a 'Change' button. The 'Evaluation mode' is 'Acute unit intake'. The 'Exposure' section includes 'Gender' (male), 'Subject' (worker), 'Age' (7300.0), 'Period[d]' (18250.0), and 'Age' (20) with 'Month' (0) and 'Day' (0). The 'Intake' section includes 'Sr-90', 'Ingestion', 'Deposition', 'Chemical form' (Strontium Titanate), 'Alimentary material' (total-diet), and 'Systemic material' (none). The 'S-Coefficient' section includes 'Radiation weighting factor' (Alpha: 20.0, Electron: 1.0, Photon: 1.0) and a 'Calculate' button highlighted with a red box. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons. A 'Calculation stage' button is highlighted in blue at the bottom of the main panel.

- 「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 'Calculation condition file' is 'InpInput.xml'. The 'Output directory' is 'work\GUIout-07'. The 'Evaluation mode' is 'Acute unit intake'. The 'Exposure' section shows 'Gender: male', 'Subject: worker', 'Age: 7300.0', 'Period[d]: 18250.0', and 'Intake age [d]: 20'. The 'Intake' section shows 'Sr-90', 'Ingestion', 'Deposition', 'Chemical form: StrontiumTitanate', 'Alimentary material: total-diet', and 'Systemic material: none'. The 'S-Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha: 20.0', 'Electron: 1.0', and 'Photon: 1.0'. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons. The 'Run' button in the 'S-Coefficient' section is highlighted with a red box.

- 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 'Calculation condition file' is 'InpInput.xml'. The 'Output directory' is 'work\GUIout-07'. The 'Evaluation mode' is 'Intake estimation'. The 'Exposure' section shows 'Gender: male', 'Subject: worker', 'Age: 7300.0', 'Period[d]: 18250.0', and 'Intake age [d]: 20'. The 'Intake' section shows 'I-131', 'Inhalation', 'Deposition', 'Chemical form: ElementalIodine.Unspecified(Iodine)', 'Alimentary material: total-diet', and 'Systemic material: none'. The 'S-Coefficient' section shows 'Radiation weighting factor' with 'Alpha: 20.0', 'Electron: 1.0', and 'Photon: 1.0'. The 'Internal exposure' section has 'Calculate' and 'View' buttons. The 'Calculate' button in the 'Internal exposure' section is highlighted with a red box.

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

30

摂取量推定の実行 (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、「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)

- 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。

The screenshot shows the 'Internal exposure' window with the 'Intake' tab selected. The 'Measurement unit' is 'Bq_Bq/d' and 'Deviation type' is 'none'. The 'Measurement' table shows a single entry for 'I-131_Thyro...' with a measurement of 100.0, a deviation of 1.2, and a low bound of 0.0. The 'Estimation' table shows an intake age of 7300.0 and an intake of 3.952×10^2 Bq. The 'Dose' table shows the effective dose for male and female as 6.557×10^{-6} Sv. The 'Prediction' table shows a prediction of 100.0 for 'I-131_Thyroid_2'.

Item	Measurement	Deviation	LowBound
I-131_Thyro...	100.0	1.2	0.0

Intake age	Intake
7300.0	3.952×10^2

Item	Measurement	Prediction
I-131_Thyroid_2	100.0	100.0

Item	male	female
LymphaticNo...	3.544×10^{-7}	3.900×10^{-7}
Muscle	3.535×10^{-8}	5.067×10^{-8}
OralMucosa	8.878×10^{-8}	1.993×10^{-7}
Pancreas	3.088×10^{-8}	3.418×10^{-8}
Prostate	2.152×10^{-8}	0.000×10^0
SmallIntestine	2.026×10^{-8}	2.477×10^{-8}
Spleen	3.711×10^{-8}	4.205×10^{-8}
Thymus	9.476×10^{-7}	8.449×10^{-7}
Uterus	0.000×10^0	2.611×10^{-8}
Remainder	1.665×10^{-7}	1.842×10^{-7}
Effective	6.557×10^{-6}	6.557×10^{-6}

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 2 外部発表

1. 外部発表

- ・学会口頭発表 1 件

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の開発状況と講習会の試行, 日本保健物理学会第 56 回研究発表会, 東京.

2. 発表資料

1.に記した発表での資料を以下に示す。

内部被ばく線量評価コードの開発状況と講習会の試行

Progress in the Development of the Internal Dose Calculation Code and a Trial Usage Workshop

○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

日本保健物理学会第56回研究発表会
令和5年11月9～10日（木・金）

本発表は原子力規制庁「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」により得られた成果を含む（R05J093）。
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 Agenda

2/12

- ◆IDCC*の開発経緯
- ◆IDCCの主な機能
- ◆IDCCの開発状況
- ◆IDCCの普及に向けた準備
- ◆IDCCの使い方講習会の試行
- ◆まとめ

*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

- 現行の放射線防護に関する規制基準値は、国際放射線防護委員会 (ICRP) の1990年勧告に基づき、
「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)」
に定められている。
- 現在、放射線審議会はRI数量告示に2007年勧告を組み込むことを検討している。

規制基準の更新には、2007年勧告に基づき、現行の規制対象核種について基準値を算出できるツールが必要。

○ 線量評価や被ばく管理手順の更新・運用

- 各原子力事業所では1990年勧告に基づく法令に従って線量評価手順や被ばく管理手順を設定し、実施している。
- 今後、規制基準値が2007年勧告に即したものに改正された場合、各事業所は現行の線量評価手順や被ばく管理手順を更新する事が求められる。

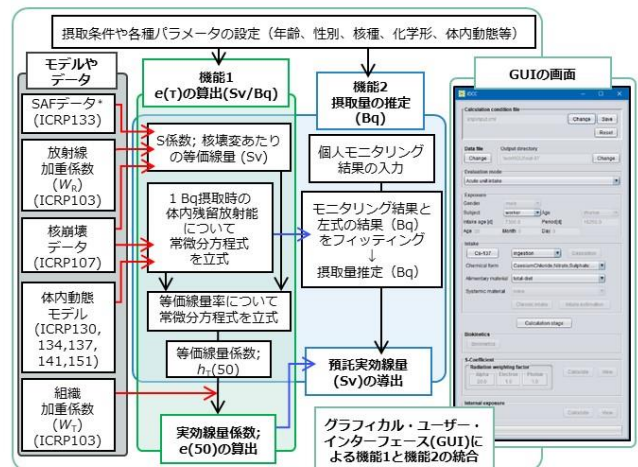
線量評価や被ばく管理に関わる幅広い分野のユーザーにとって、操作性や運用面で使いやすく、実務レベルでの実装が容易な2007年勧告準拠の線量評価ツールが必要。

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を開発中。

▶ IDCCの主な機能

➢ 機能1・・・線量係数計算機能

- ・ 2007年勧告に従った手順で計算が可能。(ICRP Publ.130, 133に準拠)
- ・ 2007年勧告に準拠した作業者の線量評価用モデルやデータを実装。
(OIRシリーズ; ICRP Publ.130, 134, 137, 141, 151のモデル・データを実装)
- ・ モデルやデータは追加・編集が可能。
- ・ 1990年勧告に準拠した計算にも一部対応。
- ・ 作業用モデルやデータを収録しているOIRシリーズには未収録である、物理的半減期が10分未満の核種にも対応。



SAFデータ*: 体の中で放出された放射線のエネルギーが各臓器に吸収される割合

Fig.1 IDCCで実施可能な機能とその計算フロー

➤ 機能2・・・核種摂取量推定機能

- いくつかの摂取シナリオを選択可能。

摂取対象：作業員又は公衆（公衆は実装途中）
 摂取経路：吸入摂取，経口摂取又は注入
 摂取回数：単回，複数回又は慢性摂取

- 機能1を用いて，1 Bq摂取あたりの排泄量や体内残留放射能の時間推移を計算。

- モニタリング結果とのフィッティングから，摂取量を推定。

→ 1 Bqあたりの推移計算結果に乗じた際に，モニタリング結果を最もよく再現する値を推定摂取量として決定。
 （特異値分解による最尤推定法を採用）

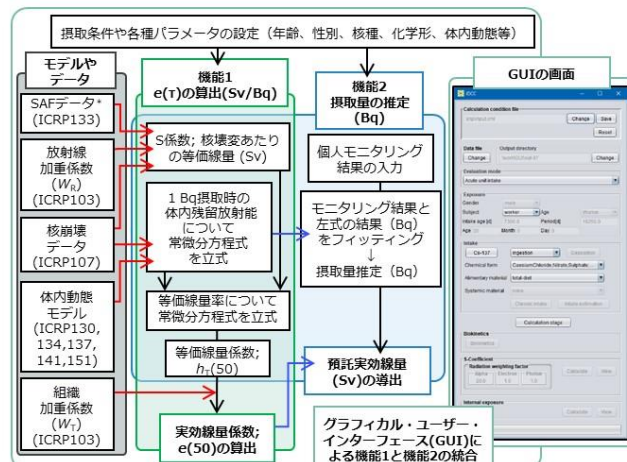


Fig.1 IDCCで実施可能な機能とその計算フロー

IDCCは作業員の内部被ばく線量評価に必要なモデルやデータの実装を完了した。

➤ 2020年度に計算エンジンが完成

- 線量係数計算機能と核種摂取量推定機能を可能とする計算スキームをJava言語にて構築。

➤ 2022年度に線量評価用モデル及びデータの組込みが完了

- OIRシリーズに収載されている体内動態モデルや沈着割合等のデータを組み込んだ。
- IDCCの計算は，OIRシリーズで公開されている線量係数のほとんどを再現した。

→ 90元素4,333条件について比較したところ，4,323条件が一致*。
 （有効数字2桁目の差異が±1以内で一致と判定。）

**作業員については，線量係数計算機能と摂取量推定機能が使用可能となり，
 推定実効線量の算出が可能となった。**

*10th Educational Symposium on RADIATION AND HEALTH by young scientists (ESRAH 2023), Hiroasaki, Japan, Sep 2023

アンケートを用いたニーズ調査により、3つのユーザー群が確認された。

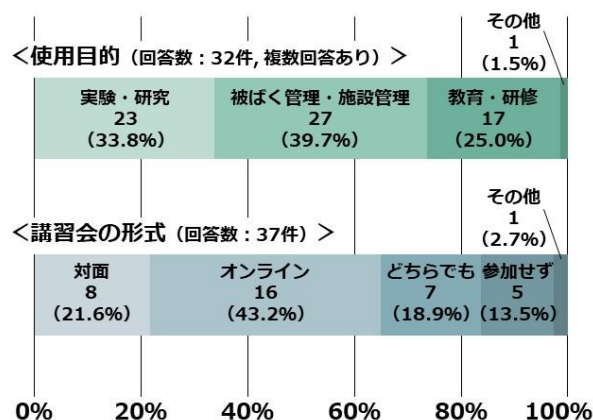
▶ 関連学協会でアンケート調査を実施。

・使用目的で**研究開発**、**実務**、**教育**の3群に分類。
(調査学会数：4学会、回答者所属学会総数：14学会、回答総数：39件)

・特に、大学等での授業や研修等、**教育の場面**で
潜在的なニーズがあることが分かった。

<放射線防護の研究者や、薬学、医学、看護学系学生>
→ 2007年勧告に基づいた線量評価ツールや関連する
知識の更新、プロトコルの整備へのニーズがあった。

・IDCC使用前の講習会実施は8割以上が希望。



ユーザー群別のエディションの整備と、
使い方講習会の内容作成に着手した。

Fig.2 2022年度に実施したアンケートの結果

ユーザー群別に3つのエディションを準備中。（IDCC開発完了後に公開予定）

- ▶ **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	代表的な核種（63核種）
実効線量係数 計算機能	急性摂取、慢性摂取に対応 モデルやデータの編集可能	急性摂取、慢性摂取に対応 モデルやデータの編集不可	データベースを参照し、 急性摂取時の線量係数を表示
核種摂取量 推定機能	複数回のモニタリング結果、 複数のモニタリング方法を考慮可能	1回分のモニタリング結果 について考慮可能	1回分のモニタリング結果 について考慮可能
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ページにアクセス
提供・利用に 係る制限	利用目的*2の確認、 技術的能力*3の審査を経てコード配付	利用目的の確認のみで コード配付	webページへのアクセスのみで 利用可能（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

全機能版・機能制限版のGUI

線量係数の計算結果出力画面

→ 公衆被ばくについて評価が可能になった時点で公開予定。
→ 機能制限版は使い方講習会で使用予定。

↑ 核種摂取量推定用の設定画面
← メイン画面 (各種パラメータを設定可能)

簡易版 (Webアプリ) のGUI

・ネットに接続して利用 (ブラウザ上でアクセス)

・選択肢を選んで
摂取条件を設定

・結果はテキストファイルで出力
(ダウンロードで入手)

→ 公開後は大学の講義等での使用を想定。

IDCCユーザーのフォローとIDCCの認知度向上を目指し、使い方講習会を計画中。

➤ **2023年度は講習会を試行し、IDCCの使用感や運営方法についてフィードバックを得る予定。**

1. 内部被ばく線量評価に関する概論

目的：

標準人に対する値である防護量について、基本的な考え方を初学者に学んでもらい、線量評価コードの適切な使用場面を理解してもらう。

＜講義内容＞

- 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. 例題を使った実習

目的：

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。

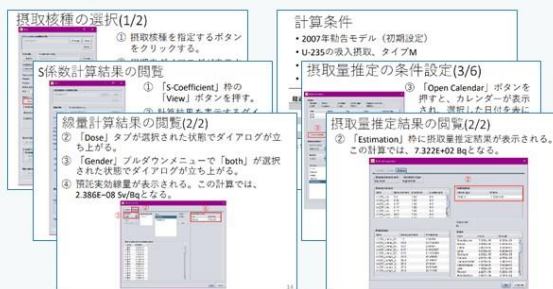


Fig.3 講習会で用いる講義資料（予定）の抜粋

- ✓ 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を開発中
- ✓ 作業者に対する線量評価機能は開発完了
- ✓ IDCCのニーズ調査から、ユーザーを利用目的別（研究・実務・教育）に分類
- ✓ 各ユーザー群の利用目的に合致させるため、3つのエディションを開発中
- ✓ IDCCのユーザーフォローと認知度向上のため、使い方講習会を計画中
- ✓ 2023年度は講習会を試行し、来年度以降の普及活動にフィードバック

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

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 5 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 5 年 10 月 5 日（木）10 時 50 分～12 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、玉熊佑紀、吉田浩子

（幹事）真辺健太郎

（事務局）室田修平

（オブザーバ）森泉純、高橋史明

（オブザーバ・オンライン）荻野晴之、伊豆本幸恵、中畠純也、高久侑己、喜多充

4. 議題

- 1) 令和 5 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試行について
- 3) 周知方法の取りまとめについて
- 4) その他

5. 配付資料

配付資料 R5 普 1-1 第 1 回検討委員会資料

参考資料 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構成員

参考資料 2 IDCC 講習会資料案 1_内部被ばく線量評価の概説

参考資料 3 IDCC 講習会資料案 2_IDCC の使い方

参考資料 4 試行版 IDCC 講習会用のアンケート案

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 5 年度事業の計画について

質問： 講習会に使うエディションは機能制限版か。

回答： その通り。

議題 2) コード利用者のための講習会の試行について

質問： 講習会で実施予定の講義は 2 つあると思うが、それぞれ何分くらいの講義時間を予定しているのか。

回答： 40～50 分を想定している。講義 1 と講義 2 で半日程度の拘束時間としたい。

コメント： 大学生や初学者に対して行なう場合、おそらく、講義 1 の内容は 90～120 分はかかると思われる。40～50 分に講義をおさめることを優先するのであれば、講義スライドをより精査し、講義資料の枚数を少なくする必要があると思われる。一方で、講義内容を維持するのであれば、講義時間を延長してより時間をかけて講義を行なった方が、受講者の満足度が高まると感じる。

コメント： 内容については非常にまとまっていると感じる。一方で、想定している講義時間では初学者に対して親切な説明が難しいと思われる。講義 1 と講義 2 を同日に実施するのではなく 2 日に分け、講義 1 を受講することで講義 2 の受講資格を得るといったステップアップ方式にすることで、講義時間の不足は解消でき、かつ、受講者側も受講の予定を調整しやすいと感じた。

コメント： 講義内容はとても良い印象を受けたため、この内容を削る方向は検討しなくて良いと思う。つまり、講義時間を延ばす方向で検討するのが良いと思う。一方で、半日で講義を終えることにも利点がある。実務従事者にとっては一日拘束されること自体が受講するに当たってハードルとなり得るからである。半日での講習であれば 3 時間は捻出できると思われるので 3 時間に収まる形で講義 1 と 2 を実施するのが良いと思う。

コメント： 非常に良くまとまっている。初学者にとっては内容が充実していると思うが項目について考慮すると内容を削るのは難しいと思うため、講義時間を延ばす方向が良いと思う。

コメント： 内容については重要なことが網羅されているため、時間をかけて実施することが望ましいと感じる。現状、講義 1 と講義 2 に分かれているが、講義の分け方や休憩のはさみ方を工夫することで、基礎から徐々に入ってきてやすい講習会となると感じる。一例として、基礎知識を「放射線防護の基礎」や「内部被ばく線量評価の基礎」といった 30 分程度の座学によって実施し、その後、線量計算の実学的内容について時間をかけて講義し、実習に移る。これを 60 分くらいで実施する。この例の場合、大学での展開も可

能である。保健学科のような放射線防護の基礎について初学者ではない受講者については、基礎知識の座学を飛ばして実学的内容から参加してもらうことが出来る。このように、講義は時間をコンパクトにし、かつ、内容はしっかりと網羅することが肝要である。シラバスのようなものを作成するのも手段に1つである。

コメント： 講義の初めに、本事業の目的を明示するとともに、なぜ講義を実施するのか、なぜ無料で IDCC を配付しているのかについて述べるべきである。

コメント： 講習会の試行について、保健物理学会の若手研究会や学友会に対して講義を実施する事を提案する。学友会のメンバーであればプロフェッショナルではないが放射線防護に関心のある人材であるため、参加のハードルが低いと思われる。保健物理学会のプログラムを見ると、1 日目は午後 3 時間ほど空きがあることから、学友会や若手研究会の実行委員会に働きかければ講義が可能かもしれないと感じる。このように学会を活用しつつ、若手の部会に働きかけて講習会を実施する方法は 1 つの手なのではないかと考える。

コメント： 今回、講習を受けても IDCC がもらえるわけではないことから、受講者側は完全に協力ベースとなる点が不利に働いている。そこで、試行講習会の受講者に何らかの特典を付与すると良いと感じる。例えば、試行講習会を受講した場合は IDCC が公開された際、再度講習を受けずに済むなどが考えられる。現状、潜在的な受講者は、IDCC の公開後に受講すれば良い、という心理になると思う。

質問： 本アンケート案は IDCC 公開後の講習会においても使用するものか？

回答： 試行講習会でのみ使用するものである。

コメント： アンケートの質問文が適切なものかは、講習会を受けてみないことには分からない。

質問： Google form でアンケートを行なうと聞いているが、選択肢は記入式なのか。

回答： 選択式とする予定。

コメント： 記入式だった場合、摘要を毎回戻って確認する必要があるため、選択式の方が適当であると感じた。

コメント： 講義 1 についてのアンケートは不要なのではないか。

コメント： 講習会として成立しているのかの確認には講義 1 に関する質問も必要と感じる。

コメント： 回答者の属性について尋ねる質問欄を設けるべきと思う。その際、経験年数についても集計することが望ましいと思う。

コメント： 講義の段階から、最後に実施するアンケートに答えやすいような運びになるよう工夫すると良いと感じる。

コメント： 記入欄はまとめとして配置した方が回答者の負担は軽減される。記入欄を各設問に付けることで情報は収集しやすくなるが、回答者には回答しなくてはならないとい

う義務感が生じてしまうため負担となると感じる。

質問： 本アンケートは同じ内容のものを紙媒体と Google form の 2 つで実施するのか。講義の内容を考慮した結果、回答欄が細かい内容となっているのか。

回答： 紙の解答用紙については、講義前に配付し、受講しながらアンケートの回答に必要な情報を書き留めていただくことを想定しているため、紙媒体と Google form は同じ内容にする予定である。記述欄が多く回答の負担が多いのでその点は改善する。

コメント： アンケート用紙の 3 ページ目が細かすぎるのでより大きい括りにした方がよい。

コメント： アンケートの 3 ページ目の改善案だが、改善してほしい枠について選択式で回答してもらい、選択欄にチェックした場合は記述欄が表示されるようにしてはどうか。

コメント： もともと協力ベースの受講者に行なうアンケートなので、ある程度予備知識がある受講者に対しては細かく尋ねる方式でも問題ないのかもしれない。ただ、一般向けではない。

コメント： アンケートの回答時間はどれくらいを想定しているか。どれくらいの時間を割くのかによって内容を精査すべきと思う。

議題 3) 周知方法の取りまとめについて

コメント： 大学の講義は、学部の授業は 1 コマ 90 分で限られてしまう。大学院の授業においても共通科目は 90 分と決まっている。一方で、大学院の選択科目になると担当教員の裁量の幅が大きく、自由度が高い。実際、研究室の論文輪講ゼミに置き換えたり、集中講義の形式にしたり出来る。保健物理学会の関係者の中で、大学院の講座を持っている方を調査することを勧める。

コメント： 大学の講義では web 版を用いることになる。また、講義内容が充実しているので、時間を引き延ばすことは容易であり、授業化しやすいといえる。また、オムニバス形式の授業で紹介することも可能となる。このことから、大学への展開は web 版が公開されてからでも良いかと思う。

コメント： 普及が目的であるならば、必ずしも講習会の形式を取る必要はない。最適な手段を講じることが重要だと感じる。

質問： 今後、大学での講義を講習会と位置付けて講義を受講した学生に機能制限版を配付する事は考えているか。

回答： その予定である。

コメント： 講義 1 については大学側で講義可能だが、講義 2 の内容は JAEA が講義する必要があると感じる。その際、規制庁との契約条件も留意すべきである。

回答： JAEA には出張講義制度があるため、大学側がこれに申し込む形となる。日程等は大学側の要求に応じることが可能である。

質問： 旅費の負担は大学側となるのか。JAEA から訪問する講師と大学は非常勤講師契約を結ぶ必要があるのか。それとも科目責任者と JEA の間での書類のやりとりで問題ないのか。

回答： 人事上の手続きはなかったと記憶している。広報部のホームページに案内がある。旅費に関しては分からないが、謝金等は発生しないと思われる。

コメント： 大学によっては非常勤講師を削減する動きがあるため、旅費の負担者次第では出張講義が難しくなる場合がある。講演会などを設定し、そのついでに講習会を実施していただくことは可能とは思われるが継続性には欠けると感じる。

コメント： IDCC に関してはいくつかの学会にて発表をしているが、さらに保健物理学会の会誌に IDCC を紹介する文章を投稿してはどうか。

コメント： 「レポート」記事ではなく「話題」記事として保健物理学会誌に投稿することを勧める。今後、成果をまとめて論文として投稿する場合、二重投稿を気にしなくて良い点も利点である。あくまで広報として、和文の読み物を投稿していただきたい。

回答： 二重投稿にはならないようにデータの組込み等を行なう予定である。成果をまとめることは視野に入れている。和文の読み物は読まれやすいと思うので是非検討したい。

議題 4) その他

事務局より、本検討委員会の総括と 2 回目の審議までの期間にメールベースでのアンケート案の改良版確認への協力依頼、議事録の確認依頼について連絡があった。

以上

令和 5 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 6 年 2 月 13 日（木）10 時 45 分～12 時 30 分
2. 場所
TKP 秋葉原カンファレンスセンター カンファレンスルーム 9B
東京都千代田区外神田 1-1-8 東芝万世橋ビル 9 階
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、玉熊佑紀、吉田浩子
（幹事）真辺健太郎
（事務局）室田修平
（オブザーバ）森泉純、辰巳秀爾、鈴木亜紀子、高橋史明
（オブザーバ・オンライン）荻野晴之、伊豆本幸恵、高久侑己、喜多充、寺西功一、
猪又智裕
4. 議題
 - 1) コード利用者のための講習会の試行について
 - 2) 周知方法のとりまとめについて
 - 3) その他
5. 配付資料
資料 R5 開 2-1 第 1 回検討委員会議事録案
資料 R5 開 2-2 第 2 回検討委員会説明資料
別添資料 1 講習会概説資料
別添資料 2 講習会演習資料
別添資料 3 講習会アンケート

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) コード利用者のための講習会の試行について

コメント：講義資料の内容は非常に良くまとめられている。実効線量係数の導出を扱う部分の難易度は高めだが、基本に従った手順を順序立てて解説している資料は貴重であることから、該当部分については削除すべきではないと考える。

コメント：当初の計画では半日程度の講義時間を想定していたが、試行した講習会は 2 時間程度で収められている。そこで、講習会開始前の 30 分程度で、初学者にとって導入となる講義の追加を提案する。ただし、その内容については別途議論する必要がある。

コメント：初学者という表現があるが、初学者にはどのような知識レベルの参加者を含めるのかを明確にすべきである。

コメント：初学者には例えば、放射線に対する物理的な知識はあるが線量評価の知識がない人物、線量評価に関する知識はあるが線量評価の経験がない人物というように知識レベルの幅がある。また、実務的に線量評価ができれば良いと考える参加者と線量評価の研究をこれから行なう予定がある参加者では、求める講義内容が異なる。そのため、様々なレベルの初学者が参加する講習会で画一的な講義を行なっても全てのニーズに対応することはできない。ただし、講義資料は必要なことが全て盛り込んであり、非常に良くまとまっているため、参加者のレベルを鑑みて、講師が内容の説明量を調整することで対応することが可能であると感じる。あるいはレベル別に参加者を募り、レベルに応じて説明の濃淡を付けることで対応すると良いかと思う。このような方法を取れば、既存の説明資料を流用できる。

コメント：講義資料は比較的詳しい内容であり、大学院での講義と同程度の難易度となっている。そのため、講習会前の導入の際に、被ばく線量の考え方や内部被ばく線量評価の大まかな流れを、学部での講義と同程度の難易度で紹介することが望ましい。特に参加者が学生の場合、単語自体は知っていても、意味を深く理解していないことも多いため、理解が不足している部分を補完できるような導入があると良い。

コメント：講義資料の難易度は大学院レベルであり、学部レベルの基礎教育を前提とした内容となっていることから、異分野の出身者にとっては障壁が大きいと感じる。学部レベルの基礎的な内容の導入が望まれる。

コメント：内部被ばくとは何か、外部被ばくと内部被ばくの違い、被ばくとはどういう現象のことであるのか、といった初歩的な内容を大学の講義で扱うことはあるが、本講義資料のように詳しい内容は扱わない。

コメント：今回の講習会の試行に参加された方々は専門分野等の違いから線量評価に関する

知識レベルに差があると感じる。つまり、参加者のレベルが幅広い分布を示しており、課題抽出という目的達成のためには良い条件だったのではないかと感じる。

コメント：ゴールから逆順に説明した方が分かりやすいかもしれないとの意見があるが、1F 事故時の住民への説明の場においても同様の意見が確認されており、注目に値する。1F 事故の際、住民側は被ばくについての説明に高い関心があり、それ以外の情報には興味を持っていなかった一方で、説明側は放射線とは何かといった基礎的な物理現象の解説から細かく説明していたため、住民側は自身の求める情報を明確に入手できず、納得感が低い状況となっていた。このことから、講義内容をパートごとに区切り、受講したい部分だけ受講していただくというスタイルも再度検討しても良いかもしれない。総じて、今回の講習会の試行は素晴らしいトライアルであったと感じる。

コメント：初学者のレベルについての議論となっているが、実際のところ、本講習会に参加する初学者は多くないのではないかと考える。そのため、初学者へ対応するための内容を講義資料に加筆するのではなく、初心者用の追加資料を別途用意することが望ましいと考える。初学者用資料があれば、希望者がいた場合にのみ導入講義を行なう方式が採用できるほか、事前にこれを配付し、講習会開始前に不明点について回答する時間を設ける方式も採用できる。あるいは初学者用に別途コースを設け、講義内容の調整をする方法もある。

コメント：本講習会の参加対象者をどこまで広げるかは考慮すべき事項である。そして、対象者の背景に合わせた講義内容をいくつか用意しておくという方法も良いと感じる。

コメント：大学の講義などで実践している方法として、e-ラーニングの活用がある。基礎的な内容の e-ラーニング教材を講義前に配付し、参加者に予習をしていただくという形で使用している。また、内閣府が主導する中核人材育成研修においては、研修の始め 10 分程度で択一式の確認テストを実施している。

コメント：ここまでの議論を総括する。基礎的な内容については e-ラーニング教材を用いて、参加者が予め学習してできる機会を設ける。そして事前学習で分からなかった点は講習会で確認できるように、講習会の始めに事前学習内容の復習の場を設ける。これによって、講義中に参加者が無反応となる事態を回避できる。あるいはアンケートフォーム等を用いた確認テストを実施することで、参加者の理解度を把握することも可能である。このようにして講習会開始前に参加者の知識レベルを一定以上に調整する。講習会の内容については、参加者が各々のレベルに合わせた受講ができるように、1 つの講義パートを短くし、フレキシブルに選択可能な体制を構築する。講義資料については、参加者がいつでも復習できるようにオンライン資料を用意する。上記のような内容を反映する余地があると思われる。

コメント：大学等の組織が職員を教育する目的で実施している e-ラーニング教材は参考になると感じる。80 点以上が合格となるが、合格するまでは何回でもテストを受けられる。また、各パートは 10 分程度で学習できるため、都合の良い時間に取り組むことができる。こういったシステムを利用する方法もあると感じる。

コメント：コロナ禍以降、大学での講義には幅広くオンライン講義が取入れられているが、

参加者側の様子を把握することは難しい。カメラで参加者を確認するという方法はある。

質問：今回の講習会の試行では参加者側のカメラは付けなかったのか。

回答：他の講習会やセミナーに倣い、カメラは付けずに進行した。

コメント：大学の講義等、ある程度強制的に参加させられる場合はカメラ等による監視も必要となるが、本講習会のように参加者の自主性が高いと予想される場合、カメラ等による監視の必然性はないかもしれない。

コメント：今回のように参加者が少人数である場合はカメラを付けても通信が不安定になることは少ないため、参加者の様子を知る手段としては有効であると考ええる。

コメント：参加者に問いかける形式の講義にすれば、一部の参加者はリアクションボタン等で反応するケースが多いため、進行度や理解度を把握する指標となる。ただし、問いかけから反応が返ってくるまでの時間管理にはある程度の慣れが必要である。

質問：外国人や留学生が講習会に参加する場合は、対応できるのか。

回答：現時点で準備はないが、ニーズがあれば準備を検討する。まずは講習会そのものを洗練させることを優先したいと考えている。

コメント：本講習会の対象者を国内までとするのか、国外も含めるのかによって対応が変わるといえる。

コメント：今回の講習会の試行への参加者はボランティアであったが、集められる人数には限界があるため、謝礼を支払ったうえで参加していただく形式を取った方が参加者を増やせたかもしれない。

コメント：とある事業で謝礼として金券を用いたことがある。現金よりは渡しやすく、受け取ってもらいやすいので、金券のようなプリペイドカードは謝礼の一つの形態として有効であると考ええる。

コメント：例えば、Cs-137 の摂取量推定については、ホールボディカウンタで実際に測定している放射線が Cs-137 の子孫核種である Ba-137m であるため、どのようにデータを入力すべきか明確にする必要がある。実際は Cs-137 の子孫核種の Ba-137m が 662 keV の γ 線を放出するが、実務上は Cs-137 が 662 KeV の γ 線を放出すると認識されている場合が多い。ただ、主要な核種の中では他に類似した状況を有する核種はないと思われる。

コメント：Cs-137 は注目度が高い核種であるため、講義資料に壊変図を入れ、Ba-137m との関係性を説明する形でも良いかもしれない。

議題 2) 周知方法のとりまとめについて

コメント：原子力規制庁が実施している人材育成や研修の場で、参加者に対し PR する時間が確保できるように原子力規制庁内で調整していただければ効果的な普及促進につながると考える。

コメント：例えば、甲状腺モニタリング研修では線量評価はカリキュラム外だが、参加者の中には、モニタリング時の判断の根拠となっている線量評価を学びたい人材がいると思わ

れるため、PR の場としては適切であると感じる。

コメント：原子力規制庁事業の研修を主催する側も、講演者を探している場合があることから、原子力規制庁側が本事業で開発している IDCC の説明の機会を取り計らうことが望ましい。こうすることで、幅広い背景やニーズを有する人材へ IDCC を周知することができると思う。

コメント：緊急時モニタリング研修などもあるが、空間線量率の測定までが研修内容である。理由としては OIL 判断の方法を学ぶことが研修の目的であるからであり、スクリーニングの次のステップである線量評価は専門的な知識が要求されることから、研修内容に含まれていない。一方で、スクリーニングの次のステップとして何が行なわれるのかを参加者が知ることは、研修の意義や全体の中の位置づけを把握する助けとなるため有意義である。

コメント：中核人材育成プログラムや甲状腺モニタリング研修は、原子力災害が生じた際に対応する方々のための研修であり、参加者が実際に線量評価を担当することはないだろう。一方で、これら研修の参加者が測定した数値を使って、最終的には専門家が線量評価をしているという大きな流れを共有し、各参加者が緊急時における自身の位置づけを自覚できる環境は用意すべきである。

コメント：事故後にどのようにして線量評価体制を構築するかといった全体像はそもそも検討段階であるため、緊急時対応の担当者に明確な全体像を共有することはできないが、各担当者にどのようなステークホルダーがいるのか周知することは重要である。

コメント：実際に IDCC の周知活動を研修内で行なう場合は、高度被ばく医療支援センターの研修部会等での議論、承認を経る必要があると記憶している。

コメント：長期的に研修に組み込む場合は研修部会での議論が必要となるが、周知活動自体は IDCC の公開に伴う一時的なもので十分であると思うので、特例的に研修内で PR する形式の方が関係者の負担が少なく実現性が高いと感じる。

コメント：講義資料をテキストに組み込む場合は、研修部会による承認が必要だが、実習内容はある程度センターの裁量で決定可能なので、各センターに直接相談することで IDCC の周知活動を実習内で行うことは可能かもしれない。

コメント：講義や実習の前に、新しい計算コードとして IDCC を紹介し、幅広い人材に知っていただく必要がある。この時、原子力規制庁事業の研修等であれば、原子力規制庁側から招いてもらうことで周知活動がしやすくなると感じる。そして周知活動の結果、IDCC に興味を持ってもらえた段階で、講義や実習を実施する形がスマートであると感じる。

質問：IDCC は 1990 年勧告に準拠した計算は可能か。

回答：全機能版及び機能制限版は可能だが簡易版は 2007 年勧告準拠の算出のみである。

コメント：現行法令と基づくデータが異なる点はしっかりとアナウンスする必要がある。

コメント：IDCC の周知のための講演を行なうとすれば、原子力規制庁事業の既存の研修に組み込むのではなく、既存の研修事業とは切り分けて実施すべき。既存の研修終了後の時間

外に、IDCC 側からのお願いとして紹介の時間を作ってもらえるのはどうか。既存の研修内に他の事業内容が入ってしまう点は予算の切り分けといった観点から実現性が低いと感じる。コメント：周知するだけならば、JAEA から講師を招待しなくとも、原子力規制庁事業の研修の講師が研修内で軽く触れるといった方法も可能である。JAEA で 1 枚程度の紹介用資料を用意し、講師は講師自身の判断で IDCC の紹介を研修内で行なうか判断する形ならば、予算上の障壁も突破できるのではないかと考える。特にホールボディカウンタ実習は線量評価につながる内容が多く、IDCC に興味を持つ参加者が多いと思われる。

議題 3) その他

事務局より、メールによる議事録の確認及び承認、報告書の確認について依頼する旨の連絡があった。

以上