

令和５年度放射線対策委託費（被ばく線量評価コードの開発）事業
成果報告書

令和６年３月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（被ばく線量評価コードの開発）事業の成果を取りまとめたものです。

目次

第1章 はじめに	1
第2章 被ばく線量評価コードの開発事業	3
2.1 令和4年度までの開発経緯	3
2.2 令和5年度の事業計画	5
第3章 内部被ばく線量評価コードの高度化	7
3.1 目的及び実施内容	7
3.2 内部被ばく線量評価コードのICRP刊行物への対応	7
3.2.1 OIR Part 5 収載元素の実効線量係数の確認	7
3.2.2 ラドン及びその子孫核種の実効線量係数の計算	9
3.2.3 ラドンに対する放射線防護における線量管理上の課題の抽出	13
3.2.4 機能制限版への機能制限の追加	19
3.3 ICRP刊行物に収載されていない核種等の線量係数導出の検討	21
3.3.1 核種の収載状況	21
3.3.2 核崩壊データベースの調査	22
3.3.3 課題の抽出	23
3.4 まとめ	23
第4章 コード簡易版（Web アプリ）の改良	25
4.1 目的及び実施内容	25
4.2 Web アプリプロトタイプの実用提供	25
4.3 意見募集	33
4.3.1 募集方法	33
4.3.2 得られた結果	34
4.3.3 改良点の整理	36
4.4 まとめ	36
第5章 内部被ばく及び外部被ばく線量評価に係る規制改正用基準値の整備	37
5.1 目的及び実施内容	37
5.2 放射線取扱施設管理者への聞き取り調査	37
5.2.1 調査の方法	37
5.2.2 聞き取り調査の結果	38
5.2.3 課題の抽出	40
5.3 濃度限度の導出シナリオに係るパラメータ	41
5.3.1 調査対象となるパラメータ	41
5.3.2 パラメータの調査	42
5.4 まとめ	43

第 6 章 学会参加及び検討委員会の設置・運営	44
6.1 学会参加.....	44
(1) 日本原子力学会 2023 年秋の大会	44
(2) International Symposium on Natural and Artificial Radiation Exposures and Radiological Protection Studies (NARE2023)	44
(3) 10th Educational Symposium on Radiation and Health by young scientists (ESRAH2023).....	45
(4) 7th International Symposium on the System of Radiological Protection (ICRP2023).....	45
6.2 検討委員会の設置・運営	47
第 7 章 あとがき	48
謝辞.....	49
参考文献.....	50
付録 1 外部発表.....	1
付録 2 検討委員会	3

第1章 はじめに

我が国では、放射性同位元素や放射線発生装置の利用等による放射線障害の発生を防止するとともに公共の安全を確保することを目的とした「放射性同位元素等の規制に関する法律」[1]（以下「RI 規制法」という。）が制定されており、同法を実施するための施行令、施行規則等が定められている。そして、この目的を達成するための具体的な数値である線量限度、実効線量を算出するための実効線量係数、作業者が常時立ち入る区域の空气中濃度限度や施設からの排気・排水中の濃度限度等（以下、これらをまとめて「防護基準値」という。）は、告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」[2]（以下「RI 数量告示」という。）において提示されている。このうち、実効線量係数は、外部被ばくと内部被ばくに対する値に分けられる。外部被ばくに対する実効線量係数は、ガンマ線及びエックス線の空気カーマまたは中性子のフルエンスあたりの実効線量である。現行の実効線量係数は、国際放射線防護委員会（ICRP: International Commission on Radiological Protection）の 1990 年勧告（Publ. 60）[3]に基づく Publ. 74 [4]に収載された数値を取り入れることにより整備されている[5]。内部被ばくに対する実効線量係数は、放射性核種 1 Bq 摂取あたりの預託実効線量である。現行の RI 数量告示における内部被ばく実効線量係数は、1990 年勧告に基づく Publ. 68 [6]の数値が取り入れられている。また、濃度限度については、Publ. 68 及び Publ. 72 [7]に収載された作業者及び公衆に対する 1990 年勧告に基づく実効線量係数をふまえて、放射性核種の種類やその化学形の分類ごとに整備されている[5]。

一方で、ICRP は、1990 年勧告を置き換える 2007 年勧告（Publ. 103）[8]を平成 19 年に公開するとともに、線量評価のための核崩壊データ[9]、人体モデル[10, 11]、体内動態モデル[12–17]等の更新を進めている。外部被ばくに関しては、Publ. 74 を置き換える新しい実効線量係数が Publ. 116 [18]として平成 22 年に公開されており、RI 数量告示への 2007 年勧告の取り入れに必要となるデータがそろっている状況である。これに対し、内部被ばくに関しては、成人男女の内部放射線吸収割合に関するデータ（比吸収割合、SAF: Specific Absorbed Fraction）[19]や放射性核種の職業上の摂取（OIR: Occupational Intakes of Radionuclides）シリーズ [13–17]の公開により、ICRP による 2007 年勧告に基づく作業者に対する実効線量係数の整備は完了したものの、公衆に対する値はまだ公開されていない。また、RI 数量告示は、高エネルギー加速器施設等で生成する半減期が 10 分未満の放射性核種についても防護基準値を提示[2]しているが、OIR シリーズにはこのような核種が含まれていないこともあり、RI 数量告示の改訂に必要となるデータがそろっていない状況である。

上記のような動向の中、原子力規制庁は、平成 29 年度から開始した放射線安全規制研究戦略的推進事業の重点テーマの一つとして「内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究」を提示した[20]。これに対し、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）は、平成 29 年度から 4 ヶ年の研究計画を提案し、採択された[21]。この内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究において、原子力機構は、2007 年勧告に基づく線量評価法により実効線量係数を計算する機能と、内部被ばくに対する個人モニタリングの結果から放射性核種の摂取量を推定する機能を開発した。さらに、両機能を統合し、直感的な操作性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、令和2年度に内部被ばく線量評価コード(Internal Dose Calculation Code、以下「IDCC」という。)を完成させた[22-25]。ただし、令和2年度末の時点では、作業者に対する元素ごとの全身動態モデルの一部と公衆を構成する年齢群ごとのモデルやデータがまだ公開されておらず、令和3年度以降もIDCCの高度化を実施するとともに、開発したIDCCの運用や普及促進に係る検討を進めることとした。

令和3年度は、放射線対策委託費事業により、IDCCを高度化するための情報収集、IDCCの運用・提供体制について検討を実施した。また、IDCCをより幅広く簡便に利用してもらうための取組として、ICRP既定の摂取条件のみについて簡易的な摂取量推定と被ばく線量評価を可能とする簡易版(Webアプリ)を開発することとし、その仕様を策定した[26]。

令和4年度からは、原子力規制庁の安全研究プロジェクト「放射線防護のための線量及び健康リスク評価の精度向上に関する研究」[27]の二つの課題の一つとして、放射線対策委託費(被ばく線量評価コードの開発)事業を原子力機構が受託し、IDCCの高度化とRI数量告示の改正に向けた調査や基準値の整備を進めることとなった。令和4年度は、作業者に対する全身動態モデルのIDCCへの組込みによる高度化やWebアプリのプロトタイプの開発に加え、1990年勧告をふまえた現行のRI数量告示と改正経緯を調査した[28]。

本報告書は、令和5年度放射線対策委託費(被ばく線量評価コードの開発)事業の成果を取りまとめたものである。第2章では、IDCCの開発経緯や令和5年度の事業計画を記す。第3章から第5章では、IDCCの高度化、Webアプリプロトタイプの試用提供と改良点の抽出、及び2007年勧告の基準値への取り入れに関する検討事項の整理について実施した内容をそれぞれ記す。第6章は、学術会議への参加による情報収集及び外部発表、並びに設置・運営した検討委員会について記す。最後に、第7章において全体のまとめを述べる。

第2章 被ばく線量評価コードの開発事業

2.1 令和4年度までの開発経緯

平成29年度から令和2年度までの内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究において、原子力機構は、2007年勧告の国内法令への取り入れに関する技術的基盤の整備として以下の機能を有する内部被ばく線量評価コード、IDCCを完成させた[22-25]。

- ・ 線量係数計算機能：放射性核種の化学形や物質の分類と摂取条件に応じて実効線量係数を計算する機能
- ・ 核種摂取量推定機能：放射性核種を摂取した個人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機能
- ・ GUI：ユーザ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用のモデルやデータを用いて実効線量係数を導出するもので、令和2年度までにICRP刊行物として公開済のモデルやデータ等[9, 13-17, 19]を実装した。当該機能の妥当性は、OIRシリーズのPart 2 (Publ. 134 [14])、Part 3 (Publ. 137 [15]) 及び Part 4 (Publ. 141 [16]) に収載されているラドンを除く52元素の放射性核種について、その化学形や物質の分類と摂取の経路ごとに実効線量係数を導出し、当時最新のOIR Data Viewer [17] (2007年勧告に基づく実効線量係数や体内放射能時間推移データ等を収載したICRPのデータベース) に収録されているデータと比較することで実施した。さらに、ICRPの既定の摂取条件では対応できない摂取状況への対応や、ユーザが独自に構築した線量評価用データ・モデルを利用した線量評価が可能となるよう、IDCCに組み込まれているモデルやデータの編集や置き換えを可能とした。

核種摂取量推定機能は、ホールボディカウンタ等の個人モニタリングの結果から放射性核種の摂取量及び預託実効線量を推定する機能である。1回の急性摂取に加え、複数回の急性摂取や連続的な摂取（慢性摂取）に対応可能とした。当該機能の妥当性は、欧州線量評価委員会 (EURADOS: European RADiation DOSimetry group) の内部被ばく線量評価ガイドライン[29]、国際原子力機関 (IAEA: International Atomic Energy Agency) の技術文書[30]等の例題を参照し、当該機能を用いて評価した摂取量と文献値を比較することにより行った。

以上の二つの機能を統合し、摂取条件やパラメータの設定、結果の閲覧等を直感的に実行できるGUIを開発した。さらに、インストラや取扱いマニュアル、例題集等を整備することにより、ユーザの利便性を向上させた。なお、専門家から得られた意見を基に、モデルやデータの編集機能を制限しない全機能版と、ICRPの既定の条件による評価が可能な機能制限版の二つのエディションを用意した。

令和3年度の放射線対策委託費（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、今後IDCCを公開し、管理していくための運用体制や、普及・利用促進に係る取組について検討した。運用体制の構築にあたっては、開発者の管理負担を軽減するため、原子力機構が開発したプログラム等を公開、提供するための既存の枠組みを利用して、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に配付に係る業務を委託することとした。ここで、全機能版を配布するにあたっての条件についても検討した。また、コードの普

及・利用促進策としては、コードの使い方に係る講習会を実施することとした。ただし、利用希望者が必ずしも線量評価の専門家ではないことを考慮し、コードの使い方に加えてICRPの放射線防護体系や線量概念、内部被ばく線量評価法についての講義も含めた構成とすることとした。さらに、これらの普及・利用促進策をより実効的なものとするため、想定されるユーザ層に対してアンケート調査を実施し、今後のコード開発、利用促進策等に反映させていくこととした[26]。

令和4年度からは、被ばくによる線量とリスクを適正に評価することが放射線防護上重要であるとの観点から、原子力規制庁は安全研究プロジェクト「放射線防護のための線量及びリスク評価の精度向上に関する研究」を推進することとし、内部被ばく線量評価コードの開発と放射線健康リスク評価コードの開発の二つの課題を設定した[27]。令和3年度まで実施してきたIDCCの開発とその高度化については、当該プロジェクトの一方の課題「被ばく線量評価コードの開発」として継続することとなった。図2-1に、被ばく線量評価コードの開発事業の行程表を示す。本事業は、令和4年度から令和8年度までの5ヶ年計画であり、「内部被ばく評価コードの開発」と「内部被ばく及び外部被ばく線量評価に係る規制改正用基準値の整備」の二つの大きな実施項目から成っている。内部被ばく評価コードの開発では、公衆の実効線量係数を計算するためのモデルやデータのIDCCへの組込みや実効線量係数の検証、IDCCの改良を実施するとともに、簡易版であるWebアプリを完成させることで、コードを完成させる。規制改正用基準値の整備では、国際基準や現行の国内法令、放射線管理状況を調査することにより合理的な管理に向けた規制基準値の導出シナリオを整備するとともに、IDCCを用いて基準値の計算等を実施する予定である。この中で、令和4年度は、IDCCの高度化として、OIR Part 5 (Publ. 151) [17]に収載された38元素の全身動態モデルの組込みと実効線量係数の検証を実施した。これにより、OIRシリーズに収載されたすべての元素について、作業による放射性核種の取込みに対する実効線量係数の計算を可能とした。ただし、

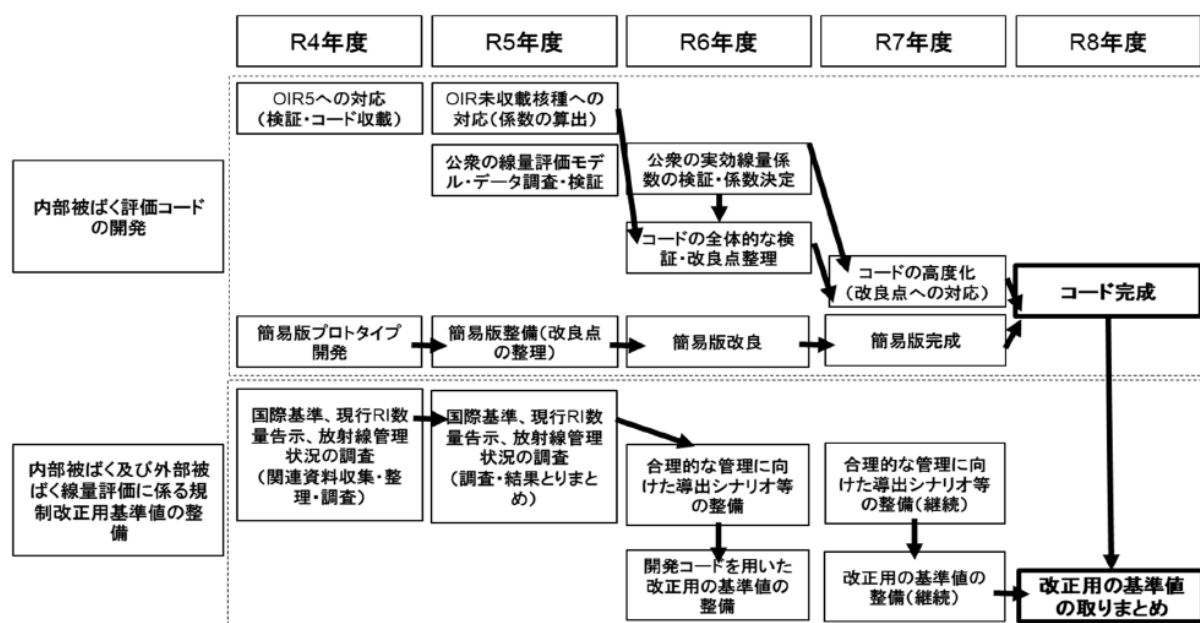


図 2-1 被ばく線量評価コードの開発事業の行程表[27]

水銀のガス・蒸気状物質の吸入摂取等について、実効線量係数の計算値が OIR Data Viewer 収載値と一致しなかったことから、令和 5 年度に引き続き組込みデータの検証を行っていくこととした。また、簡易版である Web アプリについては、プロトタイプの開発を実施した。プロトタイプは、Windows パソコンの仮想環境上のウェブサーバに導入することで、仮想環境を構築している Windows パソコンのウェブブラウザからアクセス可能な状況とし、動作検証を行った。規制改正用基準値の整備に関しては、現行の RI 数量告示の改正経緯と内容について調査を行うとともに、2007 年勧告に基づく外部被ばく及び内部被ばくの線量評価法について調査、検討を実施した[28]。

2.2 令和 5 年度の事業計画

図 2-1 に示す行程表に基づき、令和 5 年度は以下の項目を実施する。

(1) 内部被ばく線量評価コードの高度化（全機能版、機能制限版）

① 内部被ばく線量評価コードの ICRP 刊行物への対応

OIR シリーズに掲載された数値や諸条件が変更された核種について、コードへの組込みの適切性を確認するとともに、再現計算により OIR シリーズ収載データの信頼性を確認する。具体的には、令和 4 年度に OIR Part 5 [17]の全身動態モデルを IDCC へ組み込み、実効線量係数を計算したものの、OIR Data Viewer [17]に収載された数値との比較において一致しなかった摂取条件について、組み込んだデータの確認と実効線量係数の検証を継続する。

また、ラドンとその子孫核種について、OIR Part 3 [15]に収載された実効線量係数の再現計算を実施するとともに、他の公表物による線量評価との斉一性について確認し、ラドンに対する放射線防護における線量管理上の課題を抽出する。

さらに、コードの機能制限版の摂取量推定機能について、複雑な摂取や複数回、複数手段のモニタリング結果の同時考慮等の取扱いを制限する機能を追加する。

以上の実施項目の成果について、3.2 節に記す。

② ICRP 刊行物に収載されていない核種等の線量係数導出の検討

令和 4 年度事業において、RI 数量告示に収載されているものの、ICRP 刊行物に核崩壊データが収載されていない放射性核種を調査、整理した[28]。これらの核種の実効線量係数の導出について課題を抽出し、解決方法について整理する。

当該実施項目の成果について、3.3 節に記す。

③ ICRP における被ばく線量評価関連刊行物の調査

ICRP のホームページを確認し、被ばく線量評価に関連する刊行物やパブリックコメント用のドラフト等が公開された場合、その内容を把握、調査、分析する。ただし、令和 5 年度期間中は、新たな刊行物等は発行されなかった。

(2) コード簡易版（Web アプリ）の改良

令和 4 年度に開発した Web アプリプロトタイプ[28]を国内の放射線防護関連の専門家に試用提供し、仕様、機能等に関する意見を収集して改良点を整理し、対応方法を検討する。

本実施項目の成果については、第 4 章にまとめる。

(3) 内部被ばく及び外部被ばく線量評価に係る規制改正用基準値の整備

国内の専門家と意見交換を行い、2007 年勧告の国内法令への取り入れに関し、RI 数量告示を作成するにあたって検討すべき事項を整理する。結果については必要に応じ、原子力規制委員会に設置されている放射線審議会の審議に提供する資料の作成に協力する。

公衆の被ばく防護のための濃度限度導出シナリオ、高エネルギー放射線施設の管理状況を調査するとともに、導出シナリオの検討をはじめとする合理的な管理に向けた取り入れのための考え方について整理する。

本実施項目の成果については、第 5 章に記す。

(4) 研究に必要な国内外の情報収集

放射線計測・線量評価に関する国内外の学会等に参加し、事業内容に関連する専門家と意見交換を行うことにより、事業成果の向上及び精緻化を図る。

本実施項目の成果については、6.1 節に記す。

(5) 検討委員会の設置・運営

被ばく線量評価に関する知見や経験を有する研究機関及び大学等の専門家 5 名程度から成る検討委員会を設置し、事業の実施方針、中間評価、報告書のとりまとめについて審議を行う。

本実施項目の成果については、6.2 節に記す。

第3章 内部被ばく線量評価コードの高度化

3.1 目的及び実施内容

OIR Part 5 に収載された元素の全身動態モデルの IDCC への組込みは、令和 4 年度に実施したところであるが、一部の元素・化学形の摂取に関し、IDCC が導出する実効線量係数と OIR Data Viewer 収載値が一致しないものがあつた[28]。IDCC への組込みデータの適切性、OIR シリーズ収載データの信頼性を確認することを目的に、両者の差の原因を特定する。

ラドンについては、従前は疫学的なアプローチにより線量係数が導出されてきた経緯や、ばく露条件によって大きく変化する子孫核種の性状に被ばく線量が大きく依存する等、被ばく評価における特殊性に鑑み、本事業の範囲外としてきた。しかしながら、ラドンの被ばく線量評価において、線量学的アプローチの進展やリスク係数の見直し等もあり、疫学的アプローチと線量学的アプローチによる線量換算係数が非常に近い値となってきたこと、OIR Part 3 ではラドンとその子孫核種を個別に摂取した時の実効線量係数が掲載されたこと[15]などから、ラドンによる被ばく線量評価において IDCC の活用可能性を検討することを目的に、ラドン及びその子孫核種の全身動態モデルを IDCC に組み込み、OIR Part 3 に記載された数値の検証を実施することとした。また、RI 数量告示におけるラドンに対する防護基準値を今後検討していくにあたり、ラドンに対する放射線防護上の課題を抽出し、整理することを目的に、国内の専門家に聞き取り調査を実施することとした。

機能制限版は、必ずしも放射線防護、線量評価等に関する専門的知識を有するとは限らない者へも提供する。これまでの検討委員会等で、複数のモニタリング手法を用いた場合の評価や複数回の急性摂取等に対する摂取量推定では、モニタリング値の不確かさの取扱いについて専門家の判断が必要となることから、機能制限版の想定ユーザには正しく使用することが難しいと考えられるとの指摘があつた。そこで、機能制限版については、摂取量推定機能についても適切な機能制限をかけることを目的に、IDCC の改良を実施することとした。

令和 4 年に OIR Part 5 が刊行され、OIR シリーズが完結したことを受け、RI 数量告示に収載されているものの、ICRP 刊行物に収載されていない核種等について整理した。RI 数量告示の改正において、こうした核種についても収載する場合、実効線量係数を導出する必要がある。そこで、ICRP 刊行物に収載されていない核種の実効線量係数を導出するための課題と対応方法を検討することとした。

3.2 内部被ばく線量評価コードの ICRP 刊行物への対応

3.2.1 OIR Part 5 収載元素の実効線量係数の確認

令和 4 年度事業において、OIR Part 5 に収載された 38 元素の全身動態モデルを IDCC に組み込み、OIR Data Viewer に実効線量係数が収載されている 1,361 種類の摂取条件について、IDCC が導出する実効線量係数との比較を行った。その結果、1,351 の条件では有効数字 2 桁の 2 桁目が±1 以内で一致したが、表 3-1 に示す 10 の条件では最大ファクター 1.4 程度の差があつた[28]。これらについて、令和 5 年度も継続して原因を調査した。いずれの摂取条件につ

いても、IDCC に組み込んだデータの見直しにより、IDCC が出力する実効線量係数は OIR Data Viewer に収載された数値と一致した。

ここで、水銀の各核種のガスまたは蒸気化合物（以下「水銀蒸気」という。）については、OIR Part 5 において呼吸気道から血液への特殊な移行挙動を取り入れたモデルが示されたことから、動態データの設定において例外的な処理が必要となった。図 3-1 に、OIR に示された水銀が吸入摂取された場合の呼吸気道から血液を経由して全身に移行していくモデルの概略図を示す。水銀の全身動態モデル[17]は、水銀の価数によって血液から全身組織への移行経路や速度に違いがあり、一度全身の各組織に移行した後はすべて 2 価として移行させる。水銀蒸気以外のエアロゾル化合物は、呼吸気道から血液に移行する際、すべて 2 価の状態として移行させる。つまり、図 3-2 (a) に示す血液吸収モデルの血液コンパートメントは、速い吸収、遅い吸収、結合した物質のいずれから血液（2 価）となる。これに対し、水銀蒸気の場合は、図 3-2 (b) に示すように、速い吸収は血液（0 価）に、遅い吸収と結合した物質からの吸収は血液（2 価）に移行させることとなっている。IDCC では、呼吸気道から血液への移行については 2-hrtm-absorption.xml ファイルでパラメータを設定するが、移行先の血液が複数種類となることを想定していないため、以下の対応をとった。水銀蒸気を吸入した場合は、2-hrtm-absorption.xml ファイルにおいては遅い吸収と結合した物質からの吸収経路が無いように設定して速い吸収のみとし、図 3-2 (b)の赤い枠及び矢印で示した遅い吸収及び結合組織からの吸収経路については全身動態モデルのデータを格納している 3-systemic-transfer.xml ファイルで移行係数を設定した。

以上により、OIR Data Viewer に収載されたすべての摂取条件に対する実効線量係数について、IDCC が導出する値と有効数字 2 桁で一致（2 桁目が±1 以内）した。

表 3-1 OIR Part 5 の全身動態モデルを組み込んだ IDCC による実効線量係数と OIR Data Viewer の収載値の比較（有効数字 2 桁の 2 桁目の差違が±2 以上のもの）

核種	摂取経路	化学形または血液への吸収タイプ	実効線量係数 (Sv/Bq)		
			IDCC	IDCC 修正後	OIR Data Viewer
¹²⁵ Sn	吸入摂取	F	7.1E-10	6.7E-10	6.7E-10
¹⁹⁰ Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	8.3E-11	8.5E-11	8.5E-11
¹⁹² Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	7.4E-11	8.2E-11	8.2E-11
¹⁹³ Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	3.8E-11	4.3E-11	4.3E-11
^{193m} Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	1.4E-10	1.6E-10	1.6E-10
¹⁹⁵ Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	3.8E-11	4.7E-11	4.7E-11
^{195m} Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	2.1E-10	2.4E-10	2.4E-10
^{197m} Hg	吸入摂取	S	3.2E-10	2.3E-10	2.3E-10
^{197m} Hg	吸入摂取	ガスまたは蒸気化合物	1.5E-10	1.8E-10	1.8E-10
²¹² Fr	吸入摂取	F	2.7E-09	2.9E-09	2.9E-09

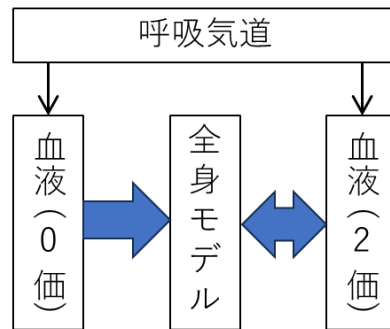


図 3-1 水銀の呼吸気道から血液を経由して全身に移行するモデルの概略

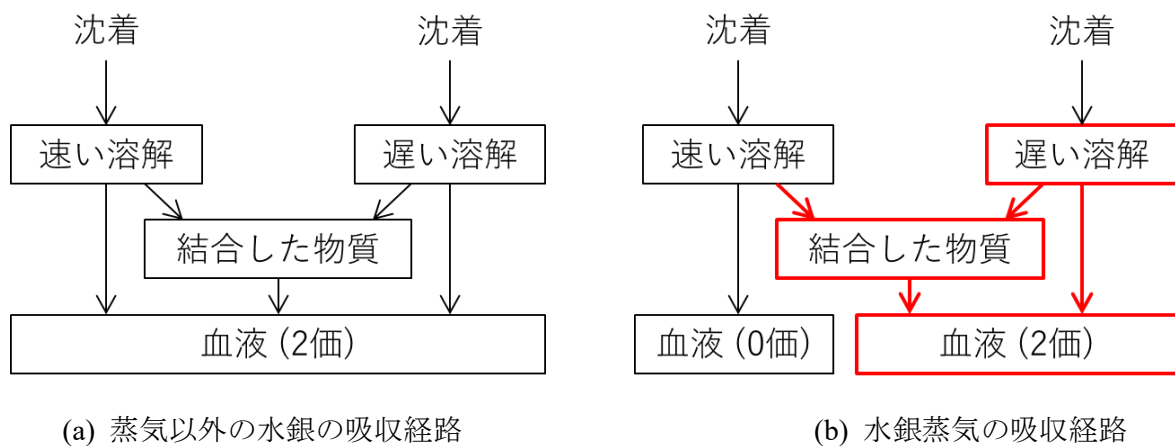


図 3-2 呼吸気道から血液への吸収経路

3.2.2 ラドン及びその子孫核種の実効線量係数の計算

ICRP は OIR Part 3 [15]において、ラドンによる被ばく線量を線量学的に、すなわち他の放射性核種と同様に体内動態モデル、標準ファントムに基づく SAF データ、核崩壊データ等を用いて線量を計算するための全身動態モデルを提示するとともに、ラドン及びその子孫核種を、それぞれ単独で吸入摂取した時の実効線量係数を示した。そこで、IDCC を用いてこれらの数値を導出できるか、検証した。

(1) ^{222}Rn 及び ^{220}Rn の吸入摂取に対する実効線量係数

IDCC を用いて、子孫核種を含まない ^{222}Rn または ^{220}Rn を 1 Bq 吸入した時の実効線量の計算を行った。このとき、ラドンを吸入した後に体内で生成する子孫核種による被ばくを考慮した。図 3-3 及び図 3-4 に、 ^{222}Rn と ^{220}Rn の壊変系列をそれぞれ示す。被ばく線量を考慮した子孫核種は黄色地で示した。IDCC に組み込んだラドンの全身動態モデルの構造を図 3-5 に、移行係数を表 3-2 に示す。ラドンを親核種として摂取した時の各子孫核種の動態モデルは、OIR Part 3 の記載に従い、鉛を親核種として摂取した時の子孫核種のモデルを適用した。表 3-3 に、IDCC による計算結果と、OIR Part 3 の Table 12.5 及び OIR Data Viewer 収載値との比較

を示す。表のとおり、よい一致を得たことから、ラドンの全身動態モデルの組込みは適切に実施できたと判断した。

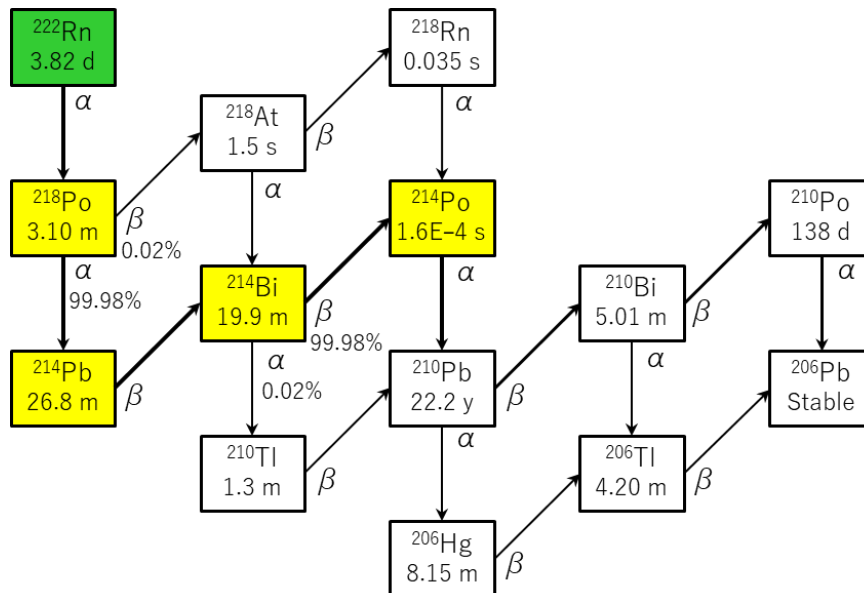


図 3-3 ^{222}Rn の壊変系列

緑は親核種、黄は線量計算に含めた子孫核種を表す。

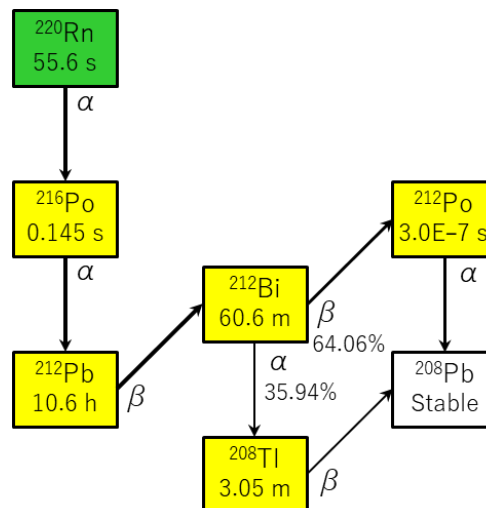


図 3-4 ^{220}Rn の壊変系列

緑は親核種、黄は線量計算に含めた子孫核種を表す。

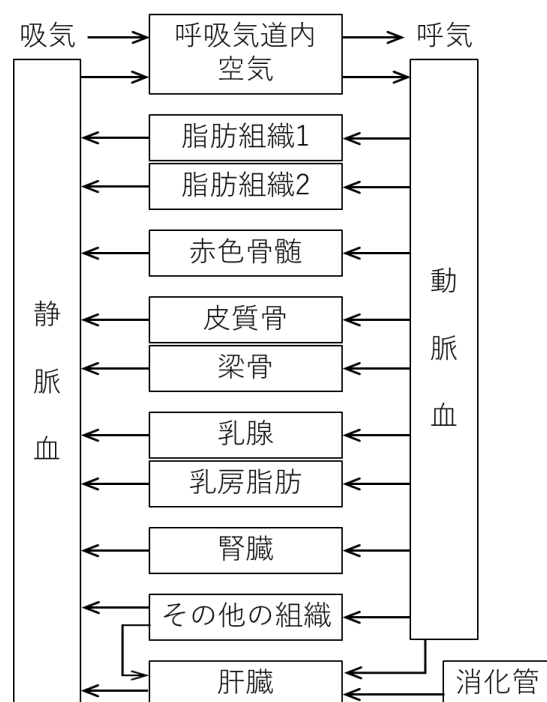


図 3-5 組み込んだラドン全身動態モデル

表 3-2 ラドンの全身動態モデルの移行係数

移行元	移行先	移行係数 (d ⁻¹)
呼吸気道内空気	呼気	2600
呼吸気道内空気	動脈血	1043
動脈血	脂肪組織 1	261.6
動脈血	脂肪組織 2	65.4
動脈血	腎臓	1243
動脈血	肝臓	425.2
動脈血	梁骨 (体積)	58.9
動脈血	皮質骨 (体積)	39.2
動脈血	赤色骨髄	196.2
動脈血	乳腺	0.981
動脈血	乳房脂肪	0.327
動脈血	その他の組織	4250
脂肪組織 1	静脈血	4.52
脂肪組織 2	静脈血	1.13
腎臓	静脈血	8523
肝臓	静脈血	1970
梁骨 (体積)	静脈血	363.8
皮質骨 (体積)	静脈血	60.6
赤色骨髄	静脈血	33.4
乳腺	静脈血	97.3
乳房脂肪	静脈血	3.23
その他の組織	静脈血	259.5
その他の組織	肝臓	107.2
静脈血	呼吸気道内空気	2419
消化管 (小腸内容物)	肝臓	5994

表 3-3 ^{222}Rn 及び ^{220}Rn の吸入摂取に対する実効線量係数 (Sv/Bq) の試算結果

核種	IDCC	OIR Part 3, Table 12.5	OIR Data Viewer
^{222}Rn	4.35×10^{-10}	4.4×10^{-10}	4.36×10^{-10}
^{220}Rn	1.78×10^{-10}	1.8×10^{-10}	1.77×10^{-10}

(2) ラドン子孫核種の吸入摂取に対する実効線量係数

ラドンの線量係数 (単位被ばく量あたりの実効線量) は、ラドンとその子孫核種がある割合で混在した状況へのばく露を想定して計算される。このとき考慮する子孫核種は、 ^{222}Rn については ^{218}Po 、 ^{214}Pb 及び ^{214}Bi 、 ^{220}Rn については ^{212}Pb 及び ^{212}Bi である。そこで、IDCC を用いて、 ^{218}Po 、 ^{214}Pb 及び ^{214}Bi 、並びに ^{212}Pb 及び ^{212}Bi を単独で 1 Bq 吸入摂取した時の実効線量係数を計算した。 ^{218}Po 、 ^{214}Bi 及び ^{212}Bi を吸入摂取した時の血液吸収タイプは F、 ^{214}Pb 及び ^{212}Pb はタイプ M とした[15]。ただし、 ^{214}Pb 及び ^{212}Pb については、Publ. 137, Table A.2 に示されたラドンの子孫核種としての固有のパラメータを適用した。ばく露シナリオ及びエアロゾルの粒径分布のモードに応じた呼吸気道沈着割合は、 ^{222}Rn の子孫核種については Publ. 137, Table A.6 の数値を、 ^{220}Rn については同 Table A.8 の数値を IDCC に組み込んで使用した。表 3-4 及び表 3-5 に、IDCC による ^{222}Rn 及び ^{220}Rn の子孫核種を単独で吸入摂取した時の実効線量係数の計算結果と、OIR Part 3 の Table 12.6 の数値との比較を示す。表に示すとおりよい一致を得たことから、ラドン子孫核種としての鉛の固有のパラメータの組み込み及び種々のばく露シナリオ・モードにおけるエアロゾルの呼吸気道沈着割合データの組み込みが適切であると判断した。

表 3-4 ^{222}Rn の子孫核種の吸入摂取に対する実効線量係数 (Sv/Bq) の試算結果

ばく露シナリオ	モード	^{218}Po		^{214}Pb		^{214}Bi	
		IDCC	OIR*	IDCC	OIR*	IDCC	OIR*
すべて	非付着	1.1×10^{-8}	1.1×10^{-8}	6.2×10^{-8}	6.1×10^{-8}	—	—
屋内作業場	核形成	3.9×10^{-9}	3.8×10^{-9}	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}	1.5×10^{-8}	1.5×10^{-8}
	蓄積	1.3×10^{-9}	1.3×10^{-9}	6.7×10^{-9}	6.7×10^{-9}	5.9×10^{-9}	5.9×10^{-9}
鉱山	蓄積	1.4×10^{-9}	1.4×10^{-9}	6.7×10^{-9}	6.7×10^{-9}	5.6×10^{-9}	5.6×10^{-9}
観光洞窟	蓄積	1.6×10^{-9}	1.6×10^{-9}	7.9×10^{-9}	7.9×10^{-9}	6.6×10^{-9}	6.6×10^{-9}

*Publ. 137, Table 12.6 の数値。

表 3-5 ^{220}Rn の子孫核種 of 吸入摂取に対する実効線量係数 (Sv/Bq) の試算結果

ばく露 シナリオ	モード	^{212}Pb		^{212}Bi	
		IDCC	OIR*	IDCC	OIR*
すべて	非付着	4.9×10^{-7}	4.9×10^{-7}	—	—
屋内 作業場	核形成	1.7×10^{-7}	1.7×10^{-7}	3.3×10^{-8}	3.3×10^{-8}
	蓄積	6.5×10^{-8}	6.5×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.3×10^{-8}
鉱山	蓄積	7.5×10^{-8}	7.5×10^{-8}	1.5×10^{-8}	1.4×10^{-8}

*Publ. 137, Table 12.6 の数値。

3.2.3 ラドンに対する放射線防護における線量管理上の課題の抽出

(1) 背景

我が国のラドンに対する防護基準値は、RI 数量告示の別表第 2 において、作業者が常時立ち入る区域における空气中濃度及び施設からの排気中濃度について、平衡等価ラドン濃度に基づく限度値として定められている[2]。これらの濃度限度は、実効線量として前者は 1 週間につき 1 mSv、後者は年 1 mSv に相当する平衡等価ラドン濃度である。このとき、Publ. 65 [31] の単位被ばく量あたりの実効線量が使用された。今後、2007 年勧告を国内法令に取り入れるにあたって、ラドンの防護基準値についても検討する必要がある。そこで、ラドンに対する防護基準値と線量管理上の課題について、ラドンの測定や線量評価に係る国内の専門家に聞き取り調査を行い、整理した。

(2) 聞き取り調査の対象及び方法

表 3-6 に、聞き取り調査に協力頂いた専門家のリストを示す。聞き取り調査は、質問項目を記載した文書を事前に送付し、書面で回答、またはオンライン会合により直接回答を得ることにより実施した。

表 3-6 ラドンに対する放射線防護について聞き取り調査した専門家（敬称略、五十音順）

氏名	所属
迫田 晃弘	日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター
玉熊 佑紀	長崎大学放射線総合センター
床次 眞司	弘前大学被ばく医療総合研究所
平尾 茂一	福島大学環境放射能研究所
細田 正洋	弘前大学大学院保健学研究科

(3) 聞き取り調査の結果

専門家への質問と質問した意図及び得られた回答を以下に要約する。

質問 1：作業者の被ばく評価や作業場・施設の管理において、濃度限度を適用、参照した経験があるか。又は、そうした可能性のある現場、施設等はあるか。

質問の意図：ラドンに対する線量評価、管理等の現状について把握する。

回答：

- ・ ラドン濃度を測定することはあっても、(RI 数量告示にある)濃度限度と比較するようなことはないのではないか。
- ・ 鉱山は該当し得るが、国内で該当する場はほとんどないと思われる。
- ・ 多くの RI 施設ではラドンの排気中濃度管理の必要はほとんどなく、場の空气中平衡等価ラドン濃度に滞在時間に乗じて線量を求めるといった使い方もしない。そのため、RI 数量告示の値は認知度が低く、使用される機会がほとんどないと感じる。
- ・ 量子科学技術研究開発機構（以下、「量研」という。）のラドン実験棟は現行の RI 数量告示に則り管理している。
- ・ IAEA の安全基準に記載のある地下作業場（鉱山や給配水設備等）が今後の検討対象として挙げられる。
- ・ 被ばく評価や施設管理において RI 数量告示の別表の基準値を用いた事例は把握していない。
- ・ 該当する場は採掘現場やラドン校正場であるが、これらの場は国内にほとんどないと思われる。

要点：

国内の作業環境として、現行の濃度限度（平衡等価ラドン濃度で $3,000 \text{ Bq/m}^3$ ）に達する恐れがある場所はないようである。排気についても、子孫核種はフィルタで除去できることを考慮すると、量研ラドン実験棟においても濃度限度（平衡等価ラドン濃度で 20 Bq/m^3 ）に対して十分な裕度があるものと推察される。

質問 2：2007 年勧告の取り入れにあたって、現行の基準値の在り方（平衡等価ラドン濃度に基づく濃度限度を基準値とする）を維持する場合、どのようなことが議論の対象となるか。

質問の意図：ラドンに対する防護基準値を見直すにあたっての課題を抽出する。

回答：

- ・ ICRP [15]と原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation）[32]のどちらの線量係数を採用するかにより、ラドン濃度が同じ条件であっても線量が倍もしくは半分になることから、採用する線量係数の選定については議論を要する。
- ・ 疫学データに基づく換算係数と、線量学的手法に基づく線量係数のどちらを採用するか議論する必要がある。この点 Publ. 137 の値は線量学的に算出されており、かつ疫学データに基づく値[8, 33]とほぼ同値であり、もっともらしいといえる。
- ・ Publ. 137 では線量学のアプローチと疫学のアプローチの導出結果に顕著な違いはない

め、更新に際してはそのアプローチを選択した理由が重要となる。線量学的アプローチを採用する場合は、必要な変数が持つばらつきとその評価結果が持つ不確かさについて、疫学データに基づく評価結果と比較して妥当性を検討することが適当である。

- ・ ICRP の線量係数は導出根拠が明快になり、係数値に一定の妥当性もあると考えられる。ICRP 2007 年勧告の取り入れなので、ICRP の線量係数を重視することになるかもしれない。
- ・ ラドン関係のある国際学会では、UNSCEAR の疫学データに基づく値が良いのではないか、という意見があった。
- ・ 現行の告示別表は平衡等価ラドン濃度とラドン濃度が併記されているが、専門家以外はどちらを選択すべきか混乱すると思われる。
- ・ 平衡係数を日本にローカライズするかについての議論も必要と考える。
- ・ 平衡係数は場特異的に変動するので、一律に 0.4 として管理出来るか議論すべきである。
- ・ 観光用洞窟の従業員のように、ラドン被ばくのリスクを有するが被ばく管理対象となっていない事例について、管理対象とすべきかどうかについては議論の対象となる。このとき、被ばくの種類については IAEA の安全基準を参考にとすると良いと考える。

要点：

ラドンに関する現行の防護基準値は Publ. 65 の線量係数から導出されており[34]、これに置き換わる線量係数の候補として ICRP の Publ. 137 [15]と UNSCEAR の 2019 年報告書[32]の線量係数が挙げられた。ICRP の線量係数は疫学的、線量学的両方のアプローチにより評価され、よい一致を示していることから、いずれの専門家も ICRP の線量係数の採用を支持していた。平衡係数については、0.4 で一律に管理することの妥当性の検証が必要との意見があった。また、被ばく管理の対象範囲についても、専門家間で問題意識があることも分かった。

質問 3：基準値の在り方として、平衡等価ラドン濃度に基づく濃度限度の設定、ラドン濃度に基づく参考レベルの設定等がある。それぞれの方法の特徴や、我が国の基準値の在り方について意見を伺いたい。

質問の意図：諸外国におけるラドンに対する規制・管理の在り方が様々であることに鑑み、現状の規制の在り方が適切かどうか、専門家の問題意識を把握する。

回答：

- ・ 平衡等価ラドン濃度による規制はラドンの被ばくが子孫核種によるものであるという原理に忠実であり、平衡係数を用いないため、専門家には分かりやすい。一方で、現在のところ、ラドン子孫核種の検出に必要な簡易式パッシブ測定技術はほとんどなく、日本とインドの研究チーム以外に主だった開発は行われていない。ラドン濃度による管理は確立された測定手法が複数あるため場面に応じた手法を選択できるが、平衡係数の妥当性について議論が必要である。また、どちらの場合も測定における不確かさは小さくはない。
- ・ 平衡等価ラドン濃度で基準値を設ける場合、子孫核種濃度を要測定とするのか、ラドン濃度を測定して仮定した平衡係数で平衡等価ラドン濃度としてよいのか、についても論点になるのではないかと考える。

- ・ 諸外国の参考レベルやアクションレベルに統一性はないことから、各国は自国の環境や実測濃度に応じて参考レベルを設定し、過度な参考レベルの逸脱を合理的に防止していると思われる。一方で複数の国際機関はラドンの参考レベルの推奨値として $100\text{--}300\text{ Bq/m}^3$ という値を示している。両者を鑑みて合理的な値を採用することが適当である。
- ・ 平衡等価ラドン濃度かラドン濃度のどちらによって管理するか判断においては、規制を受ける側が測定しやすい値を採用するのが妥当である。
- ・ 現行の日本の管理体制は、ラドンガス濃度に平衡係数を乗ずることで平衡等価ラドン濃度を算出している。そのため平衡係数の妥当性を検討する必要がある。
- ・ 平衡等価ラドン濃度は技術面、運用面で実測が難しい。したがって、ラドンガス濃度の国内分布や IAEA の示す参考レベルを考慮しながら、合理的な基準値を決めることが適当であると考え。また、基準値を設定するならばモニタリング体制の構築が必要であり、そのためには標準校正場が必要である。モニタリングの規模によってはトレーサビリティ体系の構築も必要である。ラドン被ばく管理の適用範囲を広げるとともに、ラドン被ばくに関する基礎的教育やリスクコミュニケーション、費用対効果を考慮した濃度低減策の実施について検討が必須となる。
- ・ 国際的には参考レベルという考え方の導入が主流であり、これを現行システムに組み込む具体的施策を議論する時期だと考える。
- ・ ラドンの線量が 1 mSv/年 を超える場合は実際にあり、調査結果が公になると住民不安や社会問題を招くのは必至である。そのため、現行の濃度限度による規制とは異なる参考レベルによる管理を早期に導入し、住民の理解を得られる体制を整えておくべきと考える。
- ・ 平衡等価ラドン濃度に基づく濃度限度による規制は計画被ばくに対する規制であり、ラドン濃度による参考レベルを用いた管理は現存被ばくとしてのラドン管理という考え方ではないか。ラドン濃度の測定は、平衡等価ラドン濃度の測定に比べて容易なため、管理基準としてラドン濃度の参考レベルを設定することは合理的と考える。
- ・ 計画被ばくに対する基準値の在り方はこれまでと大きく変わることはないのではないか。一方、現存被ばくの管理については、我が国の実情に沿った慎重な検討・対応が必要と考える。
- ・ 簡易なパッシブ測定手法が確立できれば平衡等価ラドン濃度、そうでなければラドン濃度による管理が良いと考える。
- ・ ラドンは普遍的に存在しており、公衆の被ばく線量が高い場所がある。このとき、例外的に職業被ばくの規制基準値を適用することは適切ではないため、規制に際しては他の RI とは別個に考え、参考レベルを導入すべきと考える。

要点：

ラドン濃度による参考レベルを設定し、必要に応じて対策を求める規制（管理）の導入を支持する意見が多かった。一方で、現行の濃度限度による規制は計画被ばく状況に対するものであり、参考レベルの設定は現存被ばく状況に対する管理であるとの指摘があった。現状の平衡等価ラドン濃度に基づく濃度限度による規制には、原理的な正しさはあるものの、実測の難しさが課題であることが指摘された。

質問 4：今後、ラドンに関する基準値を検討していくにあたって、フォローすべき研究開発、動向を伺いたい。

質問の意図：ラドンに関する最新の研究開発状況、動向を把握する。

回答：

- ・ 欧州では、ラドン測定器の相互比較やラドン源からの散逸率の測定プロジェクトが立ち上がっている。一方で、国内のラドン濃度の研究人口は少なく、近年報告されたデータは少ない。そのため実地調査によるデータの更新は検討に値する。
- ・ 非付着成分はエアロゾルに付着した成分よりも肺泡領域への沈着割合が高くなり、同じラドン濃度でも非付着成分割合は線量への影響が大きい。したがって、非付着成分割合は、線量の不確かさを把握するための感度解析の対象となる。
- ・ α 核種の内部被ばくをラドンで模擬するといった研究は有用かもしれない。
- ・ 産業技術総合研究所はラドンの絶対測定が可能な機器を開発している。
- ・ 平衡係数の分布（時間、場所等）に関する知見の整理が望まれる。
- ・ 平衡等価ラドン濃度の測定技術として、複数地点で測定可能なパッシブ型モニターについて注目しておくべきである。
- ・ ^{222}Rn と ^{220}Rn の複合被ばく等、 ^{220}Rn の知見の収集は規制基準値の整備に必要と考える。
- ・ ラドンを測定する際に基準となる測定法や機器の開発、校正場の整備といった、品質保証の整備も重要である。
- ・ 基準となる値を定めるならばラドンの被ばく低減法の研究もフォローしておく必要がある。自然起源放射性物質（NORM: Naturally Occurring Radioactive Materials）等もラドンが関連するので注目に値する。
- ・ ラドン濃度が比較的高い作業場に対して、参考レベルの導入が与える影響を調べる必要がある。また、新たにラドン被ばくの管理対象となり得る作業場が、国内にどれくらいあるのかといった調査も重要であり、これには NORM の調査が利用できると思われる。モニタリング手法はいくつかあるので、適切な手法の調査が必要である。
- ・ NORM や建材に関係する業種では、ラドンだけでなくトリウム被ばくに関する調査が必要と思われる。

要点：

測定手法の研究開発に関するコメントが多かった。参考レベルによる管理の導入にあたっては、被ばく低減法の研究に関する調査の必要性が指摘された。 ^{220}Rn や NORM についても調査の重要性が指摘された。

質問 5：内部被ばく線量評価コードのラドン線量評価への活用について、意見を伺いたい。

質問の意図：IDCC がラドン研究にも活用されるために必要な改良点を抽出する。

回答：

- ・ ラドンガス濃度を測って線量を評価する場合、 Bq/m^3 あたりの Sv で算出している。場に固有の粒径分布や平衡係数等の情報から場特異的な線量係数を算出でき、これとラドンガス濃度や平衡等価ラドン濃度から線量が算出できる機能があればより精緻化された線量評価が可能となる。なお、英国保健安全保障庁の計算コードである IMBA（Integrated

Modules for Bioassay Analysis) では類似した操作が可能である。

- ・ 旧英国放射線防護局 (NRPB: National Radiological Protection Board) が開発した ICRP ヒト呼吸気道モデル[35]に準拠した内部被ばく肺線量計算コード LUDEP (LUng Dose Evaluation Program) や IMBA を使って感度解析をしているため、国産コードには非常に興味がある。
- ・ 日本人に特化した最新の研究データを組み込めるような形式が望ましく、IDCC のエディタブルな特徴が強みになると感じる。
- ・ 任意の粒径の沈着割合を自動算出可能なオプション (アドオン) があれば、場特異的な線量係数の算出が容易となり、ラドンの線量評価研究において大変有用なものとなる。
- ・ 環境条件の変化に対する被ばく線量の変化を把握するために有用と思われる。
- ・ 詳細な線量評価が求められる局面で活用できるのではないかな。
- ・ 手軽に計算できるコードなのであれば自分で計算する負担が軽減できると感じる。

要点：

特定の状況について得られた情報を反映した線量評価に活用できるとのコメントが多かった。IDCC は、呼吸気道沈着割合を含めた様々なデータを組み込んで線量計算に反映させることができるが、沈着割合の計算そのものができるようになると有用であるとの意見があった。

その他 (自由意見)：

- ・ ^{220}Rn の線量係数は ^{222}Rn の 10 倍近いが、半減期の短さと、屋内空気中への供給源である建築物の壁付近での局在を考慮すれば線量にはそれほど寄与しないと思われる。

(4) 課題の抽出

- ・ 線量係数

濃度限度を導出するための線量係数として、ICRP と UNSCEAR の数値が候補となる。放射線防護の目的で、疫学的・線量学的双方のアプローチで検討された ICRP の線量係数 (Publ. 137) を採用されることが有力であると思われるが、何らかの選定プロセスが必要と考えられる。仮に、Publ. 137 で推奨された線量係数 ($3 \text{ mSv}/(\text{mJ h m}^{-3})$) を用いて現行と同じシナリオ (1 週間につき 1 mSv の被ばく) [34]で濃度限度を導出すると有効数字 1 桁で $1,000 \text{ Bq/m}^3$ 、2 桁で $1,500 \text{ Bq/m}^3$ となり、現行の濃度限度の $1/2$ から $1/3$ に減少する。しかしながら、作業者が常時立ち入る区域でこうした高い平衡等価ラドン濃度となるような場は国内では極めてまれであると推測され、線量限度が下げられることにより新たな対応が必要となる施設はないと予想される。

- ・ ラドン濃度限度と平衡係数

現行の防護基準値には、平衡係数が 0.4 の場合のラドン濃度限度が併記されている。これについては、平衡係数の値の妥当性や、二種類の数値が掲載されていることに起因する分かりにくさについてコメントがあった。ラドン濃度による濃度限度の併記を維持する場合、提示する平衡係数の値の決定、二種類の数値の参照方法の説明等が課題であると考えられる。

- ・ 参考レベルの導入

現在、我が国には、現存被ばく状況としてのラドンに対する基準値はない。参考レベルの導入にあたっては、その概念や数値の持つ意味を周知し、ステークホルダの理解を得ることが課題であると考えている。

3.2.4 機能制限版への機能制限の追加

IDCC は、実効線量係数の計算で参照するモデルやデータの編集が可能であることが特徴の一つである。しかしながら、提供する側が意図しないデータの改変（非現実的なパラメータの設定等）を伴う利用に関する懸念があることから、線量係数計算機能では ICRP の既定の摂取条件のみ計算可能な機能制限版を用意している。一方、核種摂取量推定機能においては、全機能版と同様に複数回摂取、複数回モニタリング、複数のモニタリング手法に対応した状態であった。複数回の摂取やモニタリングを同時に考慮する複雑な条件について摂取量を推定するには、専門的な知見に基づく判断が必要になることから、機能制限版の核種摂取量推定機能について 1 回摂取、1 回モニタリングのみに対応とする制限を追加することとした。

図 3-6 に、機能制限を追加する前の、摂取量推定条件を入力するウィンドウを示す。ウィンドウ上部①は、摂取した日時を入力する欄である。左下部の②は、モニタリング手法を選択する欄である。右下部の③は、モニタリングの結果として、測定日時及び評価結果を入力する欄である。モニタリングに関する誤差を考慮できるよう、設定するエラーの種類や値を入力する欄がある。①、③に関しては、右クリックにより行を追加、消去が可能となる。

核種摂取量推定機能について、機能制限版に対し、以下の改良を加えることとした。

- ・ 摂取日時を 1 回のみ設定可能とする
- ・ モニタリング手法を 1 種類のみ選択可能とする
- ・ モニタリング結果を 1 個のみ入力可能とする
- ・ 誤差の種類のパルダウンメニュー及び数値入力欄を削除する

これらの改良を加えた後のウィンドウを図 3-7 に示す。上記 4 個の改良点が反映された。

Intake estimation

Intake

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

①

Year	Month	Day	Hour	Elapsed day
2018	9	1	0.0	0.0
2018	10	9	0.0	38.0

Open calendar Apply elapsed day

Measurement

Deviation type: lognormal Lungs WholeBody

Nuclide: Cs-137 Limit detection: 100.0 Error type: relative Sample unit: Bq

②

Sample: Urine, Faeces, Lungs, Thyroid, WholeBody

Year	Month	Day	Hour	Measur...	Error	Elapse...
2018	9	2	0.0	88000.0	1.2	0.0
2018	9	9	0.0	60000.0	1.2	7.0
2018	9	18	0.0	93000.0	1.2	16.0
2018	10	1	0.0	83000.0	1.2	29.0
2018	10	17	0.0	48000...	1.2	45.0
2018	10	21	0.0	46000...	1.2	49.0
2018	10	31	0.0	44000...	1.2	59.0

Insert, delete, paste

Open calendar Apply elapsed day

③ Cancel

図 3-6 制限追加前の摂取量推定条件入力ウィンドウ

Intake estimation

Intake

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

Year	Month	Day	Hour
2018	11	19	2.0

Open calendar

Measurement

WholeBody

Nuclide: Cs-137 Sample unit: Bq

Sample: Urine, Faeces, Lungs, Thyroid, WholeBody

Year	Month	Day	Hour	Measured a...
2018	11	20	0.0	2000.0

paste

Open calendar

OK Cancel

図 3-7 制限追加後の摂取量推定条件入力ウィンドウ

3.3 ICRP 刊行物に収載されていない核種等の線量係数導出の検討

3.3.1 核種の収載状況

RI 数量告示の改正にあたり、現行の RI 数量告示に収載されている核種が、OIR シリーズや Publ. 107 [9]に収載されていない場合、当該核種の実効線量係数を導出するにあたって何らかの対応が必要となることから、令和 4 年度に放射性核種の分類について確認した。図 3-8 に、RI 数量告示、Publ. 107 及び OIR Data Viewer がそれぞれ収載している核種の関係のベン図を示す。それぞれの領域の核種数は、(a) : 877、(b) : 106、(c) : 16、(d) : 10、(e) : 204 であった [28]。

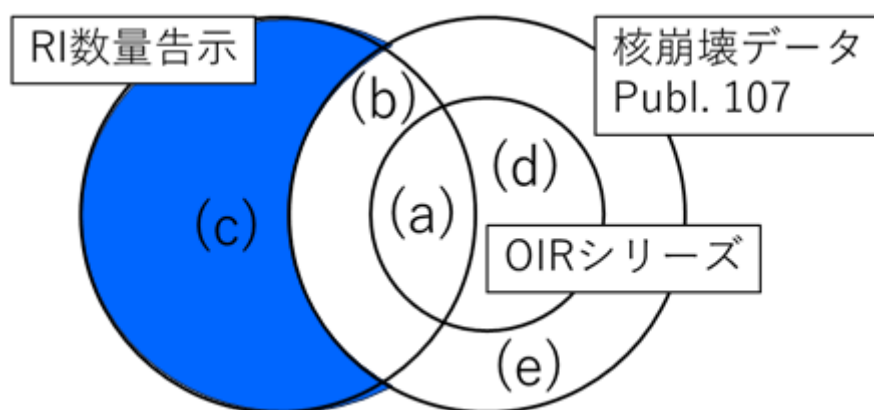


図 3-8 放射性核種の分類

現行の RI 数量告示に収載されている核種について、引き続き新しい数量告示にも防護基準値を収載する場合、図 3-8 の領域(a)、(b)及び(c)の核種について以下のような対応が必要となる。

(a) RI 数量告示と OIR シリーズに収載されている核種

OIR Data Viewer の実効線量係数の妥当性を IDCC で確認し、防護基準値を整備する。

(b) RI 数量告示と Publ. 107 に収載されているが OIR Data Viewer に非収載の核種

IDCC による実効線量係数の計算は実施可能であるが、何らかの方法で数値の妥当性を検証することで、防護基準値を整備する。

(c) RI 数量告示にのみ収載されている核種

現行の RI 数量告示の実効線量係数の導出に用いられた核崩壊データを入手して Publ. 107 のデータ様式に修正するか、何らかのデータベースから線量評価用核崩壊データを整備し、IDCC に組み込むことにより実効線量係数を導出することが可能となる。何らかの方法で数値の妥当性を検証することで、基準値を整備することができる。

令和 5 年度事業では、(c)に該当する核種の実効線量係数を導出可能とするため、核崩壊データのデータベースについて調査した。

3.3.2 核崩壊データベースの調査

令和 5 年度第 1 回の検討委員会での審議を受けて、以下の 3 種のデータベースについて調査することとした。

① Nuclear Data Search [36]

米国ローレンス・バークレー国立研究所の Web データベース

<http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/>

② Atomic and Nuclear Data [37]

仏国アンリ・ベクレル研究所の Web データベース

<http://www.lnhb.fr/home/nuclear-data/nuclear-data-table/>

③ Decay Radiation Search [38]

IAEA の Web データベース

https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/indx_dec.jsp

調査対象となった 16 核種について、上記 3 種のデータベースにおける核種の収載状況を表 3-7 に示す。①Nuclear Data Search は 16 核種すべてについてデータを収載していた。②Atomic and Nuclear Data は、いずれも収載されていなかった。③Decay Radiation Search は 8 核種についてデータが収載されていた。なお、16 核種のうち 10 核種は、放射性の子孫核種を持ってい

表 3-7 Publ. 107 非収載核種のおデータベース収載状況

核種	①Nuclear Data Search	②Atomic and Nuclear Data	③Decay Radiation Search
^{84}Y	○	×	○
$^{97\text{m}}\text{Nb}^{*1}$	○	×	×
$^{98}\text{Nb}^{*1}$	○	×	○
^{116}In	○	×	○
$^{146}\text{Ce}^{*1}$	○	×	○
^{158}Ho	○	×	○
$^{180\text{m}}\text{Ta}$	○	×	×
$^{176}\text{W}^{*1}$	○	×	×
$^{183\text{m}}\text{W}$	○	×	×
$^{177}\text{Re}^{*1}$	○	×	×
$^{197}\text{Ir}^{*1}$	○	×	×
$^{229}\text{Ac}^{*1}$	○	×	○
$^{231}\text{Np}^{*1}$	○	×	×
^{256}Cf	○	×	×
$^{257}\text{Md}^{*1}$	○	×	○
$^{258}\text{Md}^{*1}$	○	×	○

○：収載、×：非収載

*1 子孫核種があり、すべての子孫核種について Publ. 107 又は①Nuclear Data Search に収載されている。

る。これらすべての子孫核種についても、Publ. 107 又は①Nuclear Data Search にデータが収載されていることを確認した。また、一部の核種が収載されている③Decay Radiation Search については、①に基づく核崩壊データ作成時の検証に利用可能である。

3.3.3 課題の抽出

現在 IDCC に組み込まれている Publ. 107 の核崩壊データは、放射性核種が放出する放射線の種類、放出率が格納された RAD ファイル、 β 壊変する場合の β 線スペクトルデータが格納された BET ファイル、核種の子孫核種と分岐比、半減期等に加えて当該核種の RAD ファイル及び BET ファイル収録位置情報が格納された NDX ファイルの 3 個のファイルから成っている。Web データベースで収集した核崩壊データを、これら 3 個のファイルに追加収録することで、表 3-7 に示す核種についても実効線量の導出は可能になると見込まれる。

しかしながら、RAD ファイルは 45 万行、BET ファイルは 11 万行以上のデータを格納しており、NDX ファイルとの整合性を確保する必要がある、データの追加作業は多くの工数が必要となる。一方で、Publ. 107 に収載されない核種は一般的に使用される可能性は非常に低いことが予想される。また、個別の放射性同位元素の種類（核種と化学形）ごとに防護基準値を示している RI 数量告示の別表第 2 に掲載されていない核種については、RI 数量告示別表第 3 を適用することとなっている。以上のことから、(c)の 16 核種について防護基準値を整備する必要性について、検討すべきと思われる。

3.4 まとめ

IDCC の高度化に係る作業として、OIR Part 5 に収載された元素の全身動態モデルの IDCC への組み込みの検証（令和 4 年度より継続）、OIR Part 3 収載のラドンに関するモデルの組み込みと実効線量係数の検証、ラドンに対する放射線防護に関する課題の抽出、IDCC 機能制限版の機能制限の追加、及び ICRP 刊行物非収載核種の実効線量係数導出に関する検討を実施した。

OIR Part 5 の収載元素の実効線量係数の確認については、IDCC に組み込んだデータの見直しにより、IDCC による計算値と OIR Data Viewer 収載値との一致が確認できた。水銀蒸気の吸入については、呼吸気道から血液への移行挙動の特殊性のため、呼吸気道内の挙動に関するデータを全身動態モデルのデータファイルに追加する工夫により、OIR Data Viewer 収載の実効線量係数データと一致させることができた。

ラドン及びその子孫核種を単独で吸入したときの実効線量係数の導出については、ラドンの全身動態モデルとラドンの子孫核種エアロゾルの呼吸気道沈着割合データを IDCC に組み込むことにより実施した。その結果、OIR Part 3 に収載された数値を再現できることが確認できた。これにより、職業被ばくに関しては、すべての線量評価用モデル・データの IDCC への組み込みが完了した。

ラドンの防護基準値の改正に向けて、ラドンの放射線防護における線量管理上の課題について整理するため、国内の専門家に対して聞き取り調査を実施した。その結果、線量係数や平衡係数の選択や、参考レベルの導入について検討する必要性を確認した。

機能制限版への機能制限の追加では、これまでの線量係数計算機能への制限に加え、核種摂取量推定機能について制限を付加した。具体的には、摂取量推定できる取込み及びモニタリングに関する条件を、1回の急性摂取、1回のモニタリング評価結果のみ入力可能とした。

現行の RI 数量告示に収載されているものの、ICRP 刊行物に収載されていない核種について、実効線量係数の導出に関する調査を実施した。その結果、実効線量係数の導出に必要なデータは、Web データベースを参照することで収集、作成可能であることが分かった。ただし、データの追加には多大な労力が必要となるが、その核種の利用頻度や重要性を考慮すると、対応の是非について検討委員会等で審議したうえでデータ作成の実施可否を決定することが適当であると考えられる。

第4章 コード簡易版（Web アプリ）の改良

4.1 目的及び実施内容

IDCC は、全機能版、機能制限版ともに実効線量係数の計算と核種摂取量の推定が実施可能であるが、計算の都度、線量評価用のモデルやデータを参照し、様々な処理を実行する必要がある。したがって、IDCC を動作させるためには、計算機に一定の処理性能が求められる。さらに、IDCC の入手にあたっては、使用許諾に係る手続きと事務手数料が必要となる。こうしたことから、大学の講義や研修等における教育目的の用途において、より簡便に利用できるツールが有用である。また、ユーザのニーズに応じて IDCC の全機能版又は機能制限版へ誘導するにあたって、簡易版の導入は有効である。そこで、こうしたニーズへの対応を想定し、IDCC の簡易版を開発することとした。

令和 3 年度事業において簡易版の仕様を検討した結果、事前に計算した結果をデータベース化して Web サーバに置き、ユーザが指定した摂取条件に対応するデータを参照してブラウザ表示する Web アプリとして開発することとした[26]。令和 4 年度は、令和 3 年度事業で策定した仕様に基づき、オフラインの仮想サーバ上で動作する Web アプリプロトタイプを開発した[28]。

令和 5 年度は、令和 4 年度に開発した Web アプリプロトタイプをサーバ上に設置し、国内の専門家に試用提供することで意見を募集し、今後の改良項目の抽出を実施した。

4.2 Web アプリプロトタイプの試用提供

Web アプリプロトタイプを設置するサーバとして、以下の仮想環境を構築した。

- ・ ホスト OS : Windows 10 Pro 21H2
- ・ 仮想環境構築ツール : Oracle VM VirtualBox 6.1
 - ゲスト OS : CentOS 7.9
 - ✧ 割当てメモリ : 4 GB
 - ✧ 割当て HDD 容量 : 100 GB

続いて、仮想環境上の CentOS 7.9 に以下のソフトウェアをインストール、設定し、Web アプリプロトタイプを設置した。試用提供であるため、アプリへのアクセスはユーザ名とパスワードによる制限を実施した。

- ・ Web サーバの構築
 - フロントエンドフレームワーク : Bootstrap
 - バックエンドフレームワーク : Bottle
 - Web サーバプログラム : Apache
- ・ データベースの構築
 - データベース : MariaDB

サーバに設置した Web アプリのキャプチャ画面を図 4-1 から図 4-7 に示す。図 4-1 はサイ

トにアクセスすると表示されるログイン画面である。図 4-2 はログイン後のトップ画面で、ここにアンケートサイトへのリンクを設置した。図 4-3 は、トップ画面の「特徴」リンクを押すと表示される説明文である。仮公開バージョンであることを強調した。図 4-4 は、トップ画面の「FAQ」をクリックすると表示されるよくある質問と回答である。図 4-5 は摂取条件入力画面、図 4-6 は実効線量係数と体内放射能、排泄率等の経時変化データの出力表示と出力ファイルダウンロードの画面、図 4-7 は摂取量推定と被ばく線量評価結果画面である。

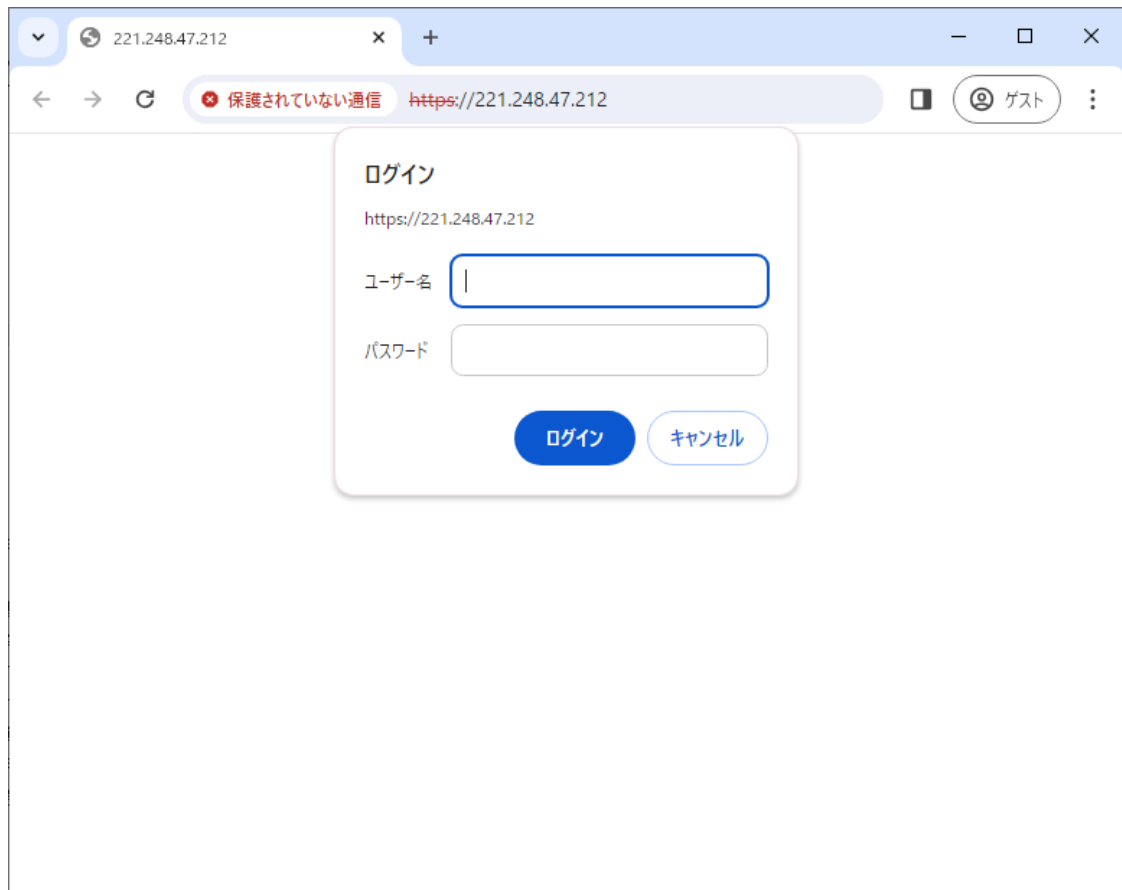


図 4-1 内部被ばく線量評価コード簡易版ログイン画面



図 4-2 内部被ばく線量評価コード簡易版トップ画面

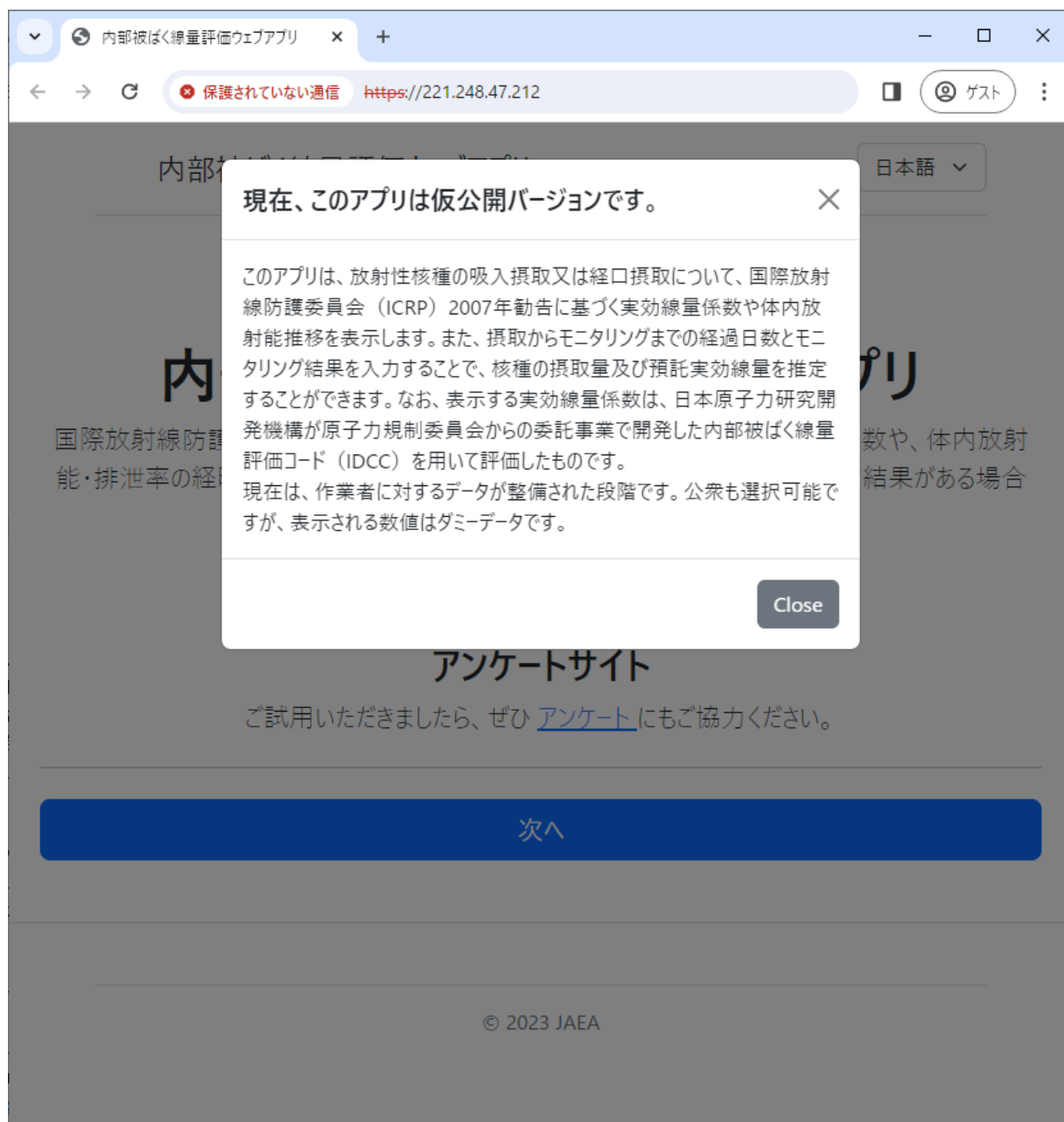


図 4-3 内部被ばく線量評価コード簡易版の特徴説明ウィンドウ

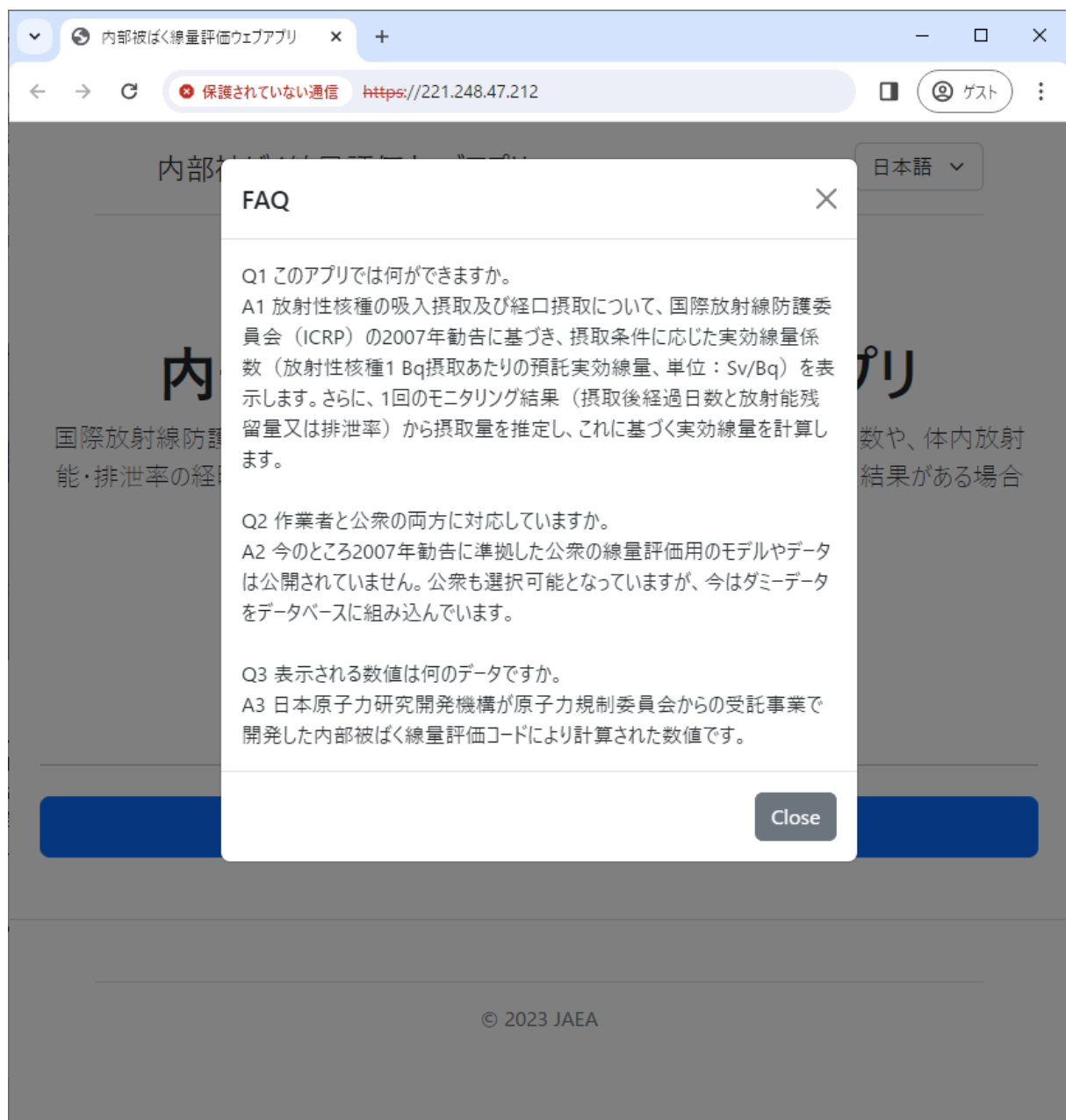


図 4-4 内部被ばく線量評価コード簡易版の FAQ ウィンドウ

内部被ばく線量評価ウェブアプリ

Home

評価対象者を選択してください

☒ 作業者

☐ 公衆
[3ヶ月, 1歳, 5歳, 10歳, 15歳, 成人]

摂取経路を選択してください

☐ 経口摂取

☒ 吸入摂取

核種を選択してください

Cs-137

化学形を選択してください

☒ (F): 塩化物、硝酸塩、硫酸塩

☐ (M): 照射済燃料片、特定されない化学形

次へ

© 2023 JAEA

図 4-5 摂取条件設定画面



図 4-6 実効線量係数と経時変化データの表示、ファイルダウンロード画面

内部被ばく線量評価ウェブアプリ

Home

選択された条件

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

モニタリング方法を選択してください

☐ 尿バイオアッセイ
☐ 糞バイオアッセイ
☒ ホールボディカウンタ

摂取後経過日数を入力してください

(単位は日、整数のみ)

15 日

評価値を入力してください

測定結果ではなく、検出効率等を踏まえて評価された数値

1000 Bq

摂取量

1.8e+03 Bq

被ばく線量

1.7e+01 μ Sv

アンケートサイト

ご試用いただきましたら、ぜひ [アンケート](#) にもご協力ください。

図 4-7 摂取量推定と被ばく線量評価結果画面

4.3 意見募集

4.3.1 募集方法

試用者が、各自のネット接続可能なパソコン、スマートフォン等のデバイスから実際に Web ブラウザ経由で試用できるようにするため、今回はユーザ名とパスワードによるアクセス管理を実施した。試用者は、日本原子力学会保健物理・環境科学部会及び日本保健物理学会のメールサービスを依頼して募った。応募者に対し、本事業担当者からアクセス先、アカウント及びパスワードを送信することで、実際に試用してアンケート調査への協力を依頼した。

アンケートは、Google フォームを利用してアンケートサイトを作成し、オンラインで実施した。アンケートサイトは、応募者への返信メール及び Web アプリのトップ画面から誘導した。アンケート項目を以下に記す。

(1) 回答者の属性について

① 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

② 職種（複数選択可）

- ・医療 ・教育 ・研究開発 ・技術（許可申請、放射線管理）
- ・技術（許可申請、放射線管理以外） ・営業 ・事務 ・学生 ・その他

③ 業務経験年数（選択式）

- ・1年未満 ・1～5年未満 ・5～10年未満 ・10～20年未満 ・20年以上

(2) Web アプリの機能、使用感について

① 評価したい核種が含まれていたか（選択式）

- ・はい ・いいえ

② 追加を希望する核種（自由記述）

③ 使いやすさ（4段階評価）

④ 満足度が高かった特徴（複数選択可）

- ・ネット環境があればどのような端末でも使用可能 ・GUIによる操作
- ・画面の配置（見やすさ、操作のしやすさ） ・画面の遷移のしやすさ
- ・日本語と英語に対応 ・データをダウンロード可能 ・ダウンロードデータの形式
- ・その他（自由記述）

⑤ 満足度が低かった特徴（複数選択可）

選択肢は④と同じ

⑥ Web アプリが公開されたらどのように利用したいか（自由記述）

⑦ その他、ご意見等自由に記載

4.3.2 得られた結果

アンケートは、9 人から回答が得られた。集計結果は以下のとおり。

(1) 回答者の属性

① 所属機関

研究開発法人	5
大学・学校法人	2
民間企業	2

② 職種

研究開発	6
技術（許可申請、放管）	4
教育	2

③ 経験年数

1～5 年未満	1
5～10 年未満	2
10～20 年未満	2
20 年以上	4

要点：所属機関は研究開発法人が多いが、主な利用が想定される職種はバランスよく回答者が得られた。回答者は半数近くが経験 20 年以上のベテランであった。

(2) Web アプリの機能、使用感

① 評価したい核種が含まれていたか

- ・はい 7
- ・いいえ 2

② 追加を希望する核種（回答 2 件）

- ・医療系の核種
- ・ ^{132}I 、 ^{133}I 、 ^{136}Cs

要点：現在、Web アプリには、1990 年勧告に基づく内部被ばく線量評価コードの MONDAL（量研放射線医学研究所）に収録されているものと OIR Part 3 までの本文中に実効線量が示された主要核種の、合計 63 核種について収載している。概ねニーズは満たしているものの、追加希望があった。

③ 使いやすさ（4 段階評価）

- ・非常に使いやすかった 2
- ・概ね使いやすかった 7
- ・使いにくい部分があった 0
- ・使いにくかった 0

要点：操作性については十分確保されていると言える。

④ ⑤ 満足度が高かった、又は低かった特徴

	高い	低い
・ ネット環境があれば使用可能	7	0
・ GUI による操作	8	0
・ 画面の配置（見やすさ）	5	0
・ 画面遷移のしやすさ	4	1
・ 日本語と英語に対応	2	0
・ データダウンロード可能	7	0
・ ダウンロードデータの形式	3	1
・ その他（自由記述、いずれも改善要望）		
➤ 教育用として、以前の INDES で提供されていた機能があるとよい。		
➤ 入力してから摂取量が表示されるまでタイムラグがある。		
➤ スピードが遅かった。原子力災害時のような多数アクセスが予想される状況においては支障を来す可能性がある。		

要点：機能や操作性については、概ね満足度が高かった。画面遷移については、条件の入力に反応して同じ画面で結果が表示される時のタイムラグに対する指摘のようである。

⑥ Web アプリが公開されたらどのように利用したいか（自由記述）

- ・ 災害対応
- ・ 教育利用
- ・ 線量の概算評価やダブルチェック
- ・ 原子力施設の事故時における環境影響評価
- ・ 新勧告準拠のデータによるホールボディカウンタの結果からの摂取量評価

要点：教育や概算評価といった想定内の利用だけでなく、災害時の利用への期待が確認できた。また、2007 年勧告に対応した摂取量推定とのことで、MONDAL（オンライン版）の代わりとなることも求められていると言える。

⑦ その他

- ・ 今回はデモなので不要だが、SSL 証明書が必要。
- ・ ヨウ素について、甲状腺の吸収線量（Gy）の出力を追加して頂きたい。
- ・ 一定期間の連続摂取の機能があれば、より利便性が高くなる。
- ・ 摂取量推定の条件設定のところで、「時間推移データを選択してください」という見出しが二つある。
- ・ 表示されるグラフの軸に単位がない。
- ・ 公衆を選択すると 6 つの結果が出力されるが、それぞれが何歳の結果かを表記する必要がある。

要点：見出しの区別の明確化、軸の単位の表記等、基本的な要修正箇所についての指摘を得ることができた。連続摂取への対応や臓器吸収線量の出力等、機能の拡張についての要望

もあった。

4.3.3 改良点の整理

第3回検討委員会において、意見募集で寄せられた要望について全て答えようとするのではなく、「簡易版」としての目的と範囲を超えないことの重要性が指摘された。Web アプリは、このような観点から、得られた意見、要望等を踏まえ、Web アプリの改良点を整理した。

(1) 改良する点

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

(2) 検討委員会での審議を踏まえて対応を検討する要望

- ・ ヨウ素摂取時に甲状腺吸収線量を出力する。
- ・ 連続摂取については簡易版の範囲を超えていると考えられるため、Web アプリには組み込まないとしてよいか、審議を頂く。

(3) 対応しない要望

- ・ 第3回検討委員会における審議に基づき、核種の追加は実施しない。
- ・ 簡易版の目的や範囲を超える利用の希望に対しては、IDCC の機能制限版または全機能版への誘導を行うこととする。

4.4 まとめ

令和4年度に開発した Web アプリプロトタイプを実際に Web サーバに導入し、インターネットを経由した試用提供を実施し、意見を収集した。Web アプリが備えている機能、GUI については満足度が高く、使い勝手も問題がないことを確認できた。また、画面遷移の分かりにくさや見出しの修正等、改良が必要な点を洗い出すこともできた。一方で、簡易版の開発目的を踏まえ、Web アプリの分かりやすさ、使いやすさを維持するために、簡易版の目的の範囲を逸脱する要望に関しては対応を見送る判断が必要であることから、試用提供により得られた意見、要望について対応を分類し、整理した。

第5章 内部被ばく及び外部被ばく線量評価に係る規制改正用基準値の整備

5.1 目的及び実施内容

令和4年度は、現行のRI数量告示とその改正の経緯、及び2007年勧告に基づく線量評価法を調査し、2007年勧告取り入れによる改正後のRI数量告示に搭載すべき技術的基準のリスト及び検討すべき事項を整理した。その結果、内部被ばくに関しては、現行の法令を制定した際の考え方に従う場合、放射性同位元素の種類（核種と化学形の組合せ）の選定や、ICRPが実効線量係数を提供しない半減期が10分未満の核種に対する実効線量係数について検討が必要であることを確認した。また、ラドンに関しては、OIRシリーズ以外のICRP刊行物、他の国際機関が採用する線量係数等の調査とこれらの基づく検討が必要になることが分かった。外部被ばくについては、すでに新しい実効線量係数は公開されているものの、現行のRI数量告示に記載された放射線の種類及びエネルギー領域に比べて大幅に拡張されており、RI数量告示に盛り込む放射線の種類やエネルギーについて検討が必要であることを確認した[28]。

そこで、令和5年度では、様々な放射線取扱施設に対し、放射線管理の現状や2007年勧告の国内法令への取り入れによる放射線管理の現場への影響について聞き取り調査を実施するとともに、濃度限度の導出に係る最新のパラメータを調査することで、2007年勧告の法令取り入れに向けて検討すべき課題等を整理することとした。

5.2 放射線取扱施設管理者への聞き取り調査

5.2.1 調査の方法

施設管理や許認可申請を業務としている放射線取扱施設管理者に対し、現行の法令に基づく施設管理の状況や2007年勧告の国内法令取り入れにより予想される影響について聞き取り調査を実施した。表5-1に、聞き取り調査に協力頂いた放射線取扱施設と管理者のリストを示す。対象施設は、非密封RI取扱施設、原子炉、高エネルギー加速器等、様々な種類の施設が網羅できるよう選定した。聞き取り調査は、質問項目を記載した文書を事前に送付し、対面会合またはオンライン会合により実施した。

表 5-1 聞き取り調査を実施した放射線取扱施設と管理者（敬称略）

放射線取扱施設	専門家
東北大学サイクロترون・ラジオアイソトープセンター	渡部 浩司
	佐藤 和則
量子科学技術研究開発機構那珂研究所	小林 和容
量子科学技術研究開発機構安全管理部（千葉地区）	千頭和 慎吾
J-PARC センター	西藤 文博
大阪大学核物理研究センター	神田 浩樹
	鈴木 智和
京都大学複合原子力科学研究所	沖 雄一
	八島 浩

5.2.2 聞き取り調査の結果

(1) 内部被ばくについて

質問 1：作業者の内部被ばく線量評価や、空気中濃度、排気・排水中濃度の測定等、規制基準値（防護基準値）への対応について現状はどうか。

質問の意図：規制対応の現状について把握する。

回答：

- ・ 施設の運転に伴い発生する放射性核種について、生成量や被ばく線量評価を行っている。
- ・ 一度に取り扱える放射性核種の種類に制限を設けることで研究活動に支障が出ないように 1 日最大使用量を一定程度確保するとともに、規制基準値が遵守されるように管理している。
- ・ 空気中濃度を計算で評価して、規制基準値の遵守を確認している。
- ・ 放射化物を用いた実験を行うために、非密封 RI としての許可を取っている。

要点：高エネルギー放射線取扱施設や RI 製造を実施している施設では、様々な放射性核種が生成するため、許可を得ている核種の種類が多い。同時使用可能な核種を制限することにより、核種毎の 1 日最大使用量を確保するなど、研究活動に支障が出ないように工夫が見られる。

質問 2：半減期が 10 分未満の核種について対応しているか。

質問の意図：ICRP が実効線量係数を提供しない核種について、実効線量係数のニーズの有無を把握する。

回答：

- ・ 半減期 10 分未満の核種も含めて多様な核種が生成するため、すべてについて許可をとっている。
- ・ 使用頻度に応じて許可量の重み付けをしている。
- ・ 該当する核種で管理対象となるものはない。

要点：半減期が 10 分未満の核種も管理対象となる施設はある。

質問 3：化学形に応じた基準値が設定されている場合の対応はどうか。

質問の意図：ある核種について複数の防護基準値がある場合に最も保守的な基準値に合わせて管理しているかどうか、把握する。

回答：

- ・ 生成する化学形を確実に特定できないため、同一核種の中で最も保守的な値を適用する。
- ・ 放射線管理を簡便にするため、同一核種の中で最も保守的な値を適用する。
- ・ 研究の自由度を確保するため、同一核種の中で最も保守的な値を適用する。
- ・ 生成し得る化学形の中で最も保守的な値を適用する。
- ・ 取り扱う核種に複数の分類がない。

要点：各施設で想定する核種が、告示別表第 2 で化学形に応じて複数の基準値があっても、最も保守的な基準値に合わせた管理をするケースが多い。

質問 4：RI 数量告示別表第 3 を適用する事例はあるか。

質問の意図：RI 数量告示別表第 2 に非収載の核種について許可を取る例があるかどうか、把握する。

回答：

- ・ 空気等の放射化物で告示別表第 2 に記載のないものがあり、RI 数量告示別表第 3 を適用している。
- ・ 対象となる核種はない。

要点：RI 数量告示別表第 2 に非収載の核種について許可を取る例はある。

質問 5：2007 年勧告取り入れにあたって、懸案事項はあるか。

質問の意図：取り入れにあたって現場の懸案事項を把握する。

回答：

- ・ 法令公布から施行まで、一定の経過措置期間が必要である。
- ・ バックフィットの有無に懸念がある。
- ・ 線量係数の増加により濃度限度の引き下げが行われると、施設の運転計画への影響や最大使用数量の引き下げの恐れがある。
- ・ 現状の取扱量では濃度限度に対して余裕があるので、線量係数の増加があっても特段の対応は不要と考えている。
- ・ サブマージョン核種として扱われている短半減期核種は、過剰に保守的な評価がなされている。特に国内の PET 診断施設がより厳しい利用回数制限を受けるのではないかと懸念している。
- ・ 濃度限度ではなく、総量規制とする方が合理的と考える。

要点：新しい法令への過渡期の対応や、実効線量係数の増加により濃度限度が引き下げられる核種に不安がある。経過措置期間、バックフィットの有無について関心が高かった。

(2) 外部被ばくについて

質問 1：規制基準値への対応について現状はどうか。

質問の意図：規制対応の現状について把握する。

回答：

- ・ モンテカルロ法による輸送計算コードを用いて管理区域や事業所境界での線量率を評価している。
- ・ 決定論的手法（簡易式）を用いて、管理区域や事業所境界の線量率を評価している。
- ・ モンテカルロ法と決定論的手法の評価値を比較し、より保守的な結果を基に許可を得ている。

質問 2：RI 数量告示別表の実効線量係数を利用しているか。

質問の意図：RI 数量告示の実効線量係数の利用状況について把握する。

回答

- ・ 告示別表のエネルギー範囲を超えているので、モンテカルロ法または決定論的手法により線量評価を行っている。

- ・ 研究施設では、線量を評価できる専門家がいるので、ほぼ使われていないのではないかと。医療照射設備を有する病院や放射線発生装置を取り扱う中小企業等、放射線管理・線量評価の専門家がいらない事業者に聞き取り調査すると実態が把握できるのではないかと。

要点：本調査の範囲では、各施設は何らかの方法で実効線量を評価しており、RI 数量告示に記載の外部被ばく実効線量係数を適用している施設はなかった。線量評価の専門家がいらない放射線取扱施設への調査が有効ではないかとの指摘があった。

質問 3：2007 年勧告取り入れにあたって、懸案事項はあるか。

質問の意図：取り入れにあたって現場の懸案事項を把握する。

回答：

- ・ 線量係数の増加により、運転計画の見直しや遮へいの再評価を行う必要が生じるかもしれない。
- ・ 新しい線量換算係数は、エネルギー域によっては従前の数値よりも増加しているが、スペクトル全体で考えると減少傾向であることを確認しており、特に懸念はない。
- ・ 作業場に設置しているエリアモニタは「1990 年勧告対応」との記載がある。新勧告に準拠したものに購入し直す必要があるのかどうか。

要点：外部被ばくの線量係数はすでに公開されていることもあり、新勧告取り入れに関する検討がすでに行われている施設があった。

5.2.3 課題の抽出

(1) 内部被ばくについて

RI 製造を行っている加速器や原子炉施設では多様な放射性核種が生成するため、網羅的に RI の許可を取得しており、その中には半減期が 10 分未満のものも多数含まれていることが分かった。また、RI 数量告示別表第 2 に収載されていない核種が含まれていても、別表第 3 の濃度限度を参照することで運用できている状況のようである。3.3 節において、ICRP 刊行物に収載されていない放射性核種の実効線量の導出方法について検討したが、実施方針を策定するにあたってはこうした現場の状況も考慮する必要がある。

化学形により複数の防護基準値があるときに、最も保守的な値で管理を行うケースがほとんどであることが確認できた。このことから、RI 数量告示に示す放射性同位元素の種類を今後検討していくにあたって、OIR Data Viewer に収載されている化学形の分類をそのまま導入するのではなく、個別に検討することにより、過度に保守的な基準値を採用することによる非合理的、非効率な管理の誘発を避けられると考えられる。

2007 年勧告の取り入れにより濃度限度が下がる放射性核種については、施設の運転計画の見直しや最大使用量の引き下げにつながるため、このような核種について情報をまとめることは有用であると考えられる。

サブマージョン核種の濃度限度の導出シナリオが過剰に保守的であることに対する指摘があった。OIR Part 5 の Annex A では、サブマージョン核種の実効線量率係数について、放射性核種が従来の半無限空間に分布しているばく露シナリオだけでなく、3 種類の有限の大きさの作業環境を想定した数値も掲載されている。今後、サブマージョン核種の濃度限度を検討

していくにあたって、ばく露シナリオの選択が合理的な管理につながる可能性があると考えられる。

2007 年勧告を取り入れた新しい法令を施行するにあたっては、経過措置期間を設けたり、バックフィットの有無について早期に周知されたりすることにより、現場への負担を軽減することができると考えられる。

その他、規制の在り方として使用可能な放射性核種の総量規制の採用について意見があったが、法体系を大きく変更するものとなるため、本事業の検討の範囲を超えるものとする。

(2) 外部被ばくについて

今回聞き取り調査を実施した放射線取扱施設においては、RI 許可申請等に係る線量評価において RI 数量告示に記載されている実効線量係数を使用した例は確認できなかった。いずれの施設も、モンテカルロ法または簡易式による線量評価を実施していた。これについて、線量評価の専門家がいらない放射線取扱施設の調査が有効ではないかとの指摘があった。RI 数量告示に記載する実効線量係数について、放射線の種類、エネルギー範囲の拡張に対するニーズの有無を把握するためには、医療照射施設のある病院や放射線発生装置を使用する企業等を調査することが有効と考えられる。

5.3 濃度限度の導出シナリオに係るパラメータ

5.3.1 調査対象となるパラメータ

RI 数量告示別表第 2 には、放射性同位元素の種類（第 1 欄）ごとに以下の数値が示されている。

第 2 欄：作業者が吸入摂取した場合の実効線量係数

第 3 欄：作業者が経口摂取した場合の実効線量係数

第 4 欄：作業者が常時立ち入る区域の空气中濃度限度

第 5 欄：施設からの排気中の濃度限度

第 6 欄：施設からの排水中の濃度限度

第 4 欄の空气中濃度限度の導出シナリオは、作業者が作業時間中、常時その場の空気を吸入すると仮定したときに、1 週間につき 1 mSv の実効線量に相当する濃度である[5]。このとき、濃度限度を導出するにあたってのパラメータは、1 週間あたりの作業時間、単位時間あたりの呼吸量となる。

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

5.3.2 パラメータの調査

(1) 作業時間

現在の労働時間は、労働基準法[39]により、原則として1週間40時間、1日8時間となっている。これは、現行の防護基準値の導出シナリオ[5]から変更はない。

(2) 呼吸量

現行の防護基準値の導出シナリオにおいて、作業者の呼吸量は、Publ. 68に準拠して1.2 m³/時間としている。また、公衆の6つの年齢群に対する呼吸量は、Publ. 71 [40]に準拠して、3ヶ月：2.86 m³/日、1歳：5.16 m³/日、5歳：8.72 m³/日、10歳：15.3 m³/日、15歳：20.1 m³/日、成人：22.2 m³/日としている[5]。

作業者については、最新の情報としてPubl. 130, Table A.2に記載があり、標準作業者の呼吸率は引き続き1.2 m³/時間が適用されることが確認できた。公衆については、パブリックコンサルテーション用に公開された刊行物ドラフト「公衆による放射性核種の摂取に対する線量係数」のTable 2.3に数値が示されており、いずれの年齢群についてもPubl. 71から変更はなかった[41]。ただし、参照した資料はドラフトであることから、最終的な刊行物を確認する必要がある。

濃度限度を導出する際に使用する実効線量係数は、ここに示す呼吸量でエアロゾルまたはガスを吸入したときの評価値である。濃度限度を導出する際に使用する呼吸量については、濃度限度の導出に使用する実効線量係数の計算条件をそのまま適用すべきであると考ええる。

(3) 摂水量

現行の防護基準値の導出シナリオにおいて、公衆の6つの年齢群に対する摂水量は、3ヶ月：1,400 cm³/日、1歳：1,400 cm³/日、5歳：1,600 cm³/日、10歳：1,800 cm³/日、15歳：2,400 cm³/日、成人：2,650 cm³/日である[5]。このうち、10歳と成人のデータはPubl. 23 [42]を、1歳のデータはIAEA Safety Series No.81 [43]を参照している。

成人については、Publ. 89 [44]において2,600 cm³/日というデータが示されている。しかしながら、他の年齢群に対する数値は示されていなかった。また、IAEA Safety Series No.81はGSG-2 [45]に置き換えられているが、GSG-2には摂水量に関する記載がなかった。他に、WHOの刊行物、厚生労働省の国民健康・栄養調査報告等を調査したが、標準的な摂水量に関する記述は見つからなかった。須賀ら（2000）[46]は、1986年の厚生省「国民栄養の現状」から、飲料水の1日あたりの摂取量として成人：1,650 cm³等を示しているが、これには食物中の水分が考慮されていない。Ideら（2023）[47]は、成人の幅広い年齢層に対し、食物中の水分も考慮した推定摂水量を示しており、中央値は2,529 cm³/日であった。このように、6つの年齢群に対して標準値として採用できそうな摂水量データを得ることはできなかった。今後、濃度限度導出のための摂水量を検討するにあたっては、成人の摂水量がPubl. 23とPubl. 89でほぼ同じであること、Ideらの結果もほぼ同じ水準であること等が参考になると考えられる。

5.4 まとめ

2007 年勧告の法令取り入れによる放射線管理の現場への影響や、防護基準値の改正にあたって検討すべき事項を把握するため、放射線取扱施設の管理者に聞き取り調査を実施した。内部被ばくに関しては、許可申請等における RI 数量告示の別表第 2 や別表第 3 の適用状況について把握することができた。また、放射性同位元素の種類の見直しにあたっては、OIR シリーズの分類をそのまま導入するのではなく、個別に分類を検討することで管理の合理性を向上させる可能性があることが分かった。外部被ばくについては、今回聞き取り調査を実施した放射線取扱施設では、許可申請等において RI 数量告示に記載されている実効線量係数が利用されず、モンテカルロ法等による線量評価が行われていることが分かった。RI 数量告示に記載する実効線量係数について検討するためには、線量評価の専門家がない放射線取扱施設に対して調査することで、課題を抽出する必要があることが分かった。

濃度限度を導出するパラメータに関しては、作業時間、呼吸量及び摂水量について文献調査を行った。作業時間及び呼吸量については、最新の法令、データに更新はないことが分かった。摂水量については、標準として採用し得る形での新しい報告は見つからなかったが、個別の学術論文等から、従来の数値とほぼ同じ水準であることが推察された。

第6章 学会参加及び検討委員会の設置・運営

6.1 学会参加

放射線による内部被ばく及び外部被ばくに関して事業内容に関連する情報を収集し、専門家と意見交換を行うとともに、事業の成果を公表するため学会等に参加した。

(1) 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（共催：名古屋大学大学院工学研究科）

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）

参加概要：

燃料デブリの処理に関するセッションに参加し、他の参加者と意見交換を行った。デブリの処理作業において生成するダストに対する予備的な線量評価の必要性があるとのことで、IDCC の適用可能性があることを確認した。生成するダストの粒子特性や作業者の運動状態を考慮した呼吸気道沈着割合の評価を実施し、結果を IDCC に組み込むことで場特異的な線量評価が可能となる。

量研六ヶ所研究所の林巧氏から、放射線取扱施設への聞取り調査について意見交換を行い、那珂研究所の JT-60SA の RI 許可申請や放射線管理について助言を得た。これを受けて、5.2 節に記した放射線取扱施設管理者への聞取り調査において、量研那珂研究所を調査対象に追加した。

(2) International Symposium on Natural and Artificial Radiation Exposures and Radiological Protection Studies (NARE2023)

主催：国立大学法人弘前大学及び公益財団法人環境科学技術研究所

会期：令和 5 年 9 月 19 日（火）～22 日（金）

会場：弘前大学文京町地区（青森県弘前市）

参加概要：

弘前大学の三瓶葵氏より、吸入エアロゾルの呼吸気道沈着割合を評価するためのアジア人集団の特性を反映した気道モデルの開発に向けて、X 線 CT 画像を基にした気道形態学的特徴の評価に関する発表があった。ICRP の呼吸気道モデルの沈着モデルは、コーカソイドの形態学的データを基準としていることから、日本人を含むアジア人集団の形態的特徴を考慮した場合の線量への影響の定量的評価につながるものと期待される。その他、有機結合型トリチウム（OBT）の体内動態に関するマウス実験を実施し、OBT の動態モデルを精緻化する研究の報告があった。

オーストラリア JRHC Enterprises の J. Hondros 博士との意見交換では、オーストラリアにおけるラドンに対する規制の在り方について紹介された。オーストラリアでは、作業者については作業環境に即した線量評価を実施して線量による管理を行っており、公衆については現存被ばく状況であることを踏まえてラドン濃度による参考レベルを設定し、管理していると

のことであった。日本における平衡等価ラドン濃度に基づく濃度限度による規制では、測定が難しいのではないかとコメントもあった。

(3) 10th Educational Symposium on Radiation and Health by young scientists (ESRAH2023)

主催：国立大学法人弘前大学大学院保健学研究科及び国立大学法人弘前大学被ばく医療総合研究所

会期：令和5年9月23日（土）～24日（日）

会場：弘前大学本町地区（青森県弘前市）

参加概要：

1件のポスター発表を行った。

発表者：S. Murota, K. Manabe and F. Takahashi

タイトル：Incorporation of the Latest Biokinetic Models for Workers into the Internal Dose Calculation Code

発表概要：

令和4年度までのIDCCの開発状況として、OIR Part 5の全身動態モデルのIDCCへの組込みについて発表した。発表資料を付録1に収録する。国内外の専門家に加えて学生も多く参加しており、内部被ばく線量評価に関わる幅広いそうへIDCCを周知することができた。主な質問は、モデルの組込み状況やIDCCの機能を確認する内容であった。その他に以下のような質疑があった。

質問：ICRPが公開しているOIR Data Viewerとの差別化はどのように図っているか。

回答：OIR Data Viewerは、計算済みのデータを読み出して表示している。IDCCは、設定した摂取条件に応じてその都度モデルやデータを参照し、実効線量係数を計算している。全機能版については、モデルやデータの編集も可能である。また、半減期が10分未満の核種についても計算が可能である。

質問：実測したラドン濃度から線量評価を実行することは可能か。

回答：現時点では、ラドンやその子孫核種を単独で摂取した時の線量係数の計算は可能である。

(4) 7th International Symposium on the System of Radiological Protection (ICRP2023)

主催：ICRP及び国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

会期：令和5年11月6日（月）～9日（木）

会場：グランドニッコー東京 台場（東京都港区）

参加概要：

次期主報告に向けた線量評価手法の改善についての報告が多数あった。SAFデータを整備するために必要となる人体モデルについては、メッシュタイプ標準ファントムがすでに公開されており、これを用いたSAFの計算に関する発表によると、低エネルギーの光子や電子については、現行のボクセルファントムに基づくSAFから大きく変化することであった。また、臓器内の血管を組織と分離してモデル化することにより、血液線源から各臓器へのSAF

が従来の値より大幅に減少する可能性が示された。

フランス原子力庁の F. Menetrier 博士らより、フランス放射線防護原子力安全研究所の MODOSE と英国保健安全保障庁の Taurus (IMBA の後継ソフト) を使って、2 つの取込み事例について摂取量及び預託実効線量を評価し、比較した結果に関するポスター発表 (ポスター番号 : 2027) があった。今後、IDCC で同じ条件での再現計算に取り組むことを検討する。

ICRP 第 2 専門委員会委員である米国フランス・マリオン大学の D. Jokisch 博士に、次期主勧告における内部被ばく線量係数についての展望を確認したところ、SAF の見直しは実施するが、動態モデルについては OIR シリーズ及び EIR シリーズのものを継続利用することになるのではないか、とのことであった。

6.2 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 6-1 に示す。会合は 3 回開催し、第 1 回会合を令和 5 年 6 月 8 日に、第 2 回会合を令和 5 年 10 月 5 日に、第 3 回会合を令和 6 年 2 月 13 日にそれぞれ実施した。各会合の議事録については、付録 2 に収録した。

表 6-1 令和 5 年度 被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会

	氏 名	所 属
委員長	細田 正洋	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	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
〃	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7章 あとがき

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

IDCCの高度化では、令和4年度より継続となっていた、OIR Part 5に収載の全身動態モデルのIDCCへの組込みに関する検証を完了させた。また、OIR Part 3に収載されたラドンの全身動態モデルと、ラドン子孫核種のエアロゾルとしての呼吸気道沈着割合や呼吸気道から血液への移行パラメータのIDCCへの組込みを実施し、ラドンとその子孫核種をそれぞれ単独で吸入摂取した時の実効線量係数の計算を可能とするとともに、OIR Data Viewerに収載の実効線量係数ともよく一致することを確認した。これにより、場に固有のエアロゾル情報を入手した際に、呼吸気道沈着割合を別途評価することができれば、場特有のラドンに対する線量評価にIDCCが利用可能であることを確認した。以上により、ラドンも含め、OIRシリーズ収載の全核種、化学形等についての実効線量係数の確認を完了した。今後は、公衆に対するSAFデータ及び全身動態モデルの公開を待ち、順次IDCCに組み込んで検証を進めていくこととなる。

RI数量告示に収載されているものの、ICRPの刊行物にはデータが収載されていない核種について、実効線量の導出方法に関する調査、検討を実施した。その結果、米国ローレンス・バークレー国立研究所のWebデータベース、Nuclear Data Searchを参照することにより、該当する核種について核崩壊データが入手可能であることを確認した。ただし、こうしたデータをIDCCが参照可能な様式に整備し、Publ. 107の核崩壊データの電子ファイルに追加することは、一定の労力を必要とする。一方で、放射線取扱施設管理者への聞き取り調査から、RI数量告示別表第2に個別の防護基準値が記載されていない場合に適用させる基準値（RI数量告示別表第3）による管理がなされ、特段問題となっていないことが把握できたことから、核崩壊データを整備し、実効線量係数を導出することの是非は総合的に判断する必要があると言える。

簡易版Webアプリについては、令和4年度に開発したプロトタイプをWebサーバ上に導入し、国内の専門家に試用提供することで改善に向けた意見募集を実施した。機能や操作性については概ね問題ないことが確認できたが、画面遷移の分かりにくさやグラフの軸表記、見出しの修正等、改良すべき点を把握することができた。

規制改正用基準値の整備に関しては、放射線取扱施設の管理者への聞き取り調査を実施した。調査の結果、過度に保守的でない、効率的な線量管理のためにはRI数量告示に掲載する化学形の分類や、サブマージョン核種の濃度限度算出シナリオについて検討する必要があることが把握できた。また、RI数量告示の外部被ばく実効線量係数に関しては、今回聞き取り調査した施設では適用事例がなかったため、課題を抽出するためには令和6年度も継続して調査が必要であることが分かった。濃度限度の導出に関するパラメータについては、現行の値から変更、更新がほぼないことが確認できた。

謝辞

本事業の進捗にあたり、貴重なご助言を賜りました検討委員会委員の細田正洋先生、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。また、ラドンに関する聞き取り調査にご協力賜りました床次眞司先生、平尾茂一先生、迫田晃弘氏、放射線施設に関する聞き取り調査にご協力賜りました渡部浩司先生、佐藤和則先生、八島浩先生、神田浩樹先生、鈴木智和先生、小林和容氏、千頭和慎吾氏、西藤文博氏に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 放射性同位元素等の規制に関する法律（昭和三十二年法律第百六十七号）。
- [2] 放射線を放出する同位元素の数量等を定める件（平成十二年科学技術庁告示第五号）。
- [3] ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP **21** (1–3), 1991.
- [4] ICRP, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74, Ann. ICRP **26** (3–4), 1996.
- [5] 放射線審議会基本部会，外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係る技術的指針，平成 11 年 4 月。
- [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] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP **37** (2–4), 2007.
- [9] ICRP, Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations. ICRP Publication 107, Ann. ICRP **38** (3), 2008.
- [10] ICRP, Adult Reference Computational Phantoms. ICRP Publication 110, Ann. ICRP **39** (2), 2009.
- [11] ICRP, Paediatric Computational Reference Phantoms. ICRP Publication 143, Ann. ICRP **49** (1), 2020.
- [12] ICRP, Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 100, Ann. ICRP **36** (1–2), 2006.
- [13] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1. ICRP Publication 130, Ann. ICRP **44** (2), 2015.
- [14] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2. ICRP Publication 134, Ann. ICRP **45** (3/4), 2016.
- [15] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137, Ann. ICRP **46** (3/4), 2017.
- [16] ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 4. ICRP Publication 141, Ann. ICRP **48** (2/3), 2019.
- [17] ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 5. ICRP Publication 151, Ann. ICRP **51** (1/2), 2022.
- [18] ICRP, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116, Ann. ICRP **40** (2–5), 2010.
- [19] ICRP, The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults: Specific Absorbed Fractions. ICRP Publication 133, Ann. ICRP **45** (2), 2016.
- [20] 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 18 日.
- [21] 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 18 日.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 原子力規制庁, 令和 4 年度安全研究計画, <https://www.nra.go.jp/data/000398336.pdf>. 最終アクセス日: 令和 5 年 3 月 18 日.
- [28] 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.
- [29] C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Berard, A. Giussani, and M.A. Lopez, IDEAS Guidelines (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data, European Radiation Dosimetry Group. V, EURADOS Report 2013-01, 2013.
- [30] IAEA, Methods for Assessing Occupational Radiation Doses Due to Intakes of Radionuclides, IAEA Safety Report Series No. 37, 2004.
- [31] ICRP, Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65, Ann. ICRP **23** (2), 1993.
- [32] UNSCEAR, UNSCEAR 2019 Report Annex B: Lung cancer from exposure to radon, 2020.
- [33] ICRP, Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126, Ann. ICRP **43** (3), 2014.
- [34] 河合勝雄, 遠藤章, 桑原潤, 山口武憲, 水下誠一, ICRP の内部被ばく線量評価法に基づく空气中濃度等の試算, JAERI-Data/Code 2000-001, 2000.
- [35] ICRP, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP **24** (1-3), 1994.
- [36] S.Y.F. Chu, L.P. Ekström and R.B. Firestone, The Lund/LBNL Nuclear Data Search, <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/> 最終アクセス日: 令和 5 年 3 月 18 日.
- [37] Laboratoire National Henri Becquerel, Atomic and Nuclear Data, <http://www.lnhb.fr/home/nuclear-data/nuclear-data-table/> 最終アクセス日: 令和 5 年 3 月 18 日.
- [38] IAEA, Decay Radiation Search, https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/indx_dec.jsp 最終アクセス

日：令和 5 年 3 月 18 日。

[39] 労働基準法（昭和二十二年法律第四十九号）。

[40] ICRP, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 4 Inhalation Dose Coefficients. ICRP Publication 71, Ann. ICRP **25** (3–4), 1995.

[41] ICRP, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Members of the Public: Part 1, Draft Report for Consultation, 2023.

https://www.icrp.org/docs/TG95_EIR%20Part%201_Draft_report_for_public_consultation_rev.pdf

最終アクセス日：令和 5 年 3 月 18 日。

[42] ICRP, Report on the Task Group on Reference Man. ICRP Publication 23, Pergamon Press, Oxford, 1975.

[43] IAEA, Derived intervention levels for application in controlling radiation doses to the public in the event of a nuclear accident or radiological emergency: principles, procedures and data, IAEA(05)/S128/No. 81, 1986.

[44] ICRP, Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values. ICRP Publication 89, Ann. ICRP **32** (3–4), 2002.

[45] IAEA, Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards No. GSG-2, 2011.

[46] 須賀新一，市川龍資，防災指針における飲食物摂取制限指標の改訂について，保健物理 **35** (4) 449–466, 2000.

[47] N. Ide, S. Satomura, R. Tsutsumi, A. Kawakami, H. Sakaue, T. Katayama, N. Sonogi, T. Yamaji, Y. Sakaguchi and E. Takeda, Comparison of water balance among healthy young and old adults and handicapped adults, J. Med. Invest. **70** (1–2) 195–199, 2023.

付録 1 外部発表

1. 外部発表

- 学会発表（ポスター発表） 1 件

S. Murota, K. Manabe and F. Takahashi, Incorporation of the Latest Biokinetic Models for Workers into the Internal Dose Calculation Code, 10th Educational Symposium on Radiation and Health by young scientists (ESRAH2023), Hirosaki University, Japan.

2. 発表資料

- 1.に記した 1 件の発表について、発表資料を次ページに示す。

Incorporation of the Latest Biokinetic Models for Workers into the Internal Dose Calculation Code



○ Shuhei MUROTA, Kentaro MANABE, Fumiaki TAKAHASHI
Japan Atomic Energy Agency, Nuclear Safety Research Center



1. Needs for the Dose Assessment Tool in Japan

○ To Revise the Regulatory Standards

- The current regulatory standards for radiation protection in Japan are based on the ICRP 1990 Recommendations.
- The Radiation Council has been considering implementing the ICRP 2007 Recommendations into the regulatory standards.

→ For revision of the regulatory standards, a tool is needed to calculate the reference values aligned with the 2007 Recommendations that suit the circumstances in Japan.

○ To Improve Dose Assessment & Management Scene

- Engineers in each nuclear site conduct dose assessments aligned with the 1990 Recommendations, and they will have to update assessment protocols in line with the 2007 Recommendations by themselves.
- Radiation protection researchers and Students majoring in pharmacy, medicine, and nursing will have to update their dosimetry tools, dose assessment skills, and dose management protocols.

→ For engineers, researchers, and students with related to dose assessment and management, a user-friendly tool is needed.

→ As a Dose Assessment Code originated in Japan, the Development of IDCC is Ongoing.

2. The Functions of the IDCC

○ Function 1: Calculating Effective Dose Coefficient, $e(50)$

- Assessment procedure is in line with ICRP Publ.130.
- Dosimetry models and data are editable.
- Nuclides with half-lives less than 10 min are supported.

○ Function 2: Estimating Intakes from Monitoring results

- Several Intake conditions can be set (Table 1).
- Time course of Activity in the body and excretion rate are calculated using Function 1.
- The Maximum Likelihood Estimation is used to fit calculations to actual monitoring results such as activities in urine and feces.

Table 1. Input and Output data for each function

Parameters	Nuclide, Chemical form, Biokinetics, Deposition fractions in respiratory tracts, and Absorption from alimentary tracts
Input for Function1	Intake scenario; Single acute / Multiple acute / Chronic Intake route; Inhalation / Ingestion / Injection
Input for Function2	Estimated intake dates, Monitoring dates, Measured activities
Output from Function1	$e(50)$ (Sv/Bq), Equivalent dose coefficients (Sv/Bq), Time course of activities in organs per unit intake (Bq/Bq), Excretion rate (Bq/day)
Output from Function2	Intake amount (Bq), Committed doses (Sv), Predicted activity in the body at the time of monitoring (Bq)

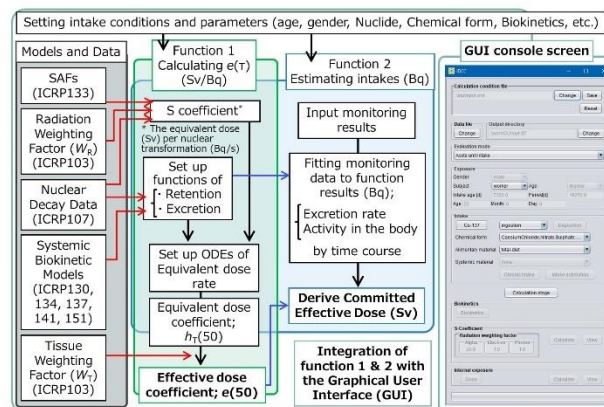


Fig.1 Scheme about IDCC's calculations

3. Incorporation of the Latest Biokinetic Models

- The final part of the OIR series, OIR Part 5, was released in April 2022. The OIR Data Viewer (OIRDV) was also updated to ver.5.27.9.21, adding data for 38 elements (315 nuclides, 1,361 cases).

The elements included in the OIR part 5

Remaining Elements: 38 elements/315 nuclides/1361 cases

Be, F, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Hf, Ta, W, Re, Os, Pt, Au, Hg, Tl, At, Fr

- Biokinetic models for the 38 elements have been incorporated into the IDCC as XML data, by the end of FY2022 (March 2023).
- Workers' dosimetry models and data for 4,333 cases (91 elements) have been completely incorporated.
- The IDCC can be applied to internal dosimetry for occupational exposures for all elements in the OIR series.

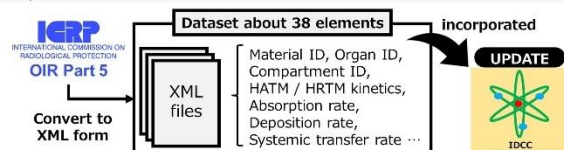


Fig.2 Procedure to incorporate the latest Models into the IDCC

→ The IDCC is completely Incorporated Models and Data of OIR series to Generate Dose Coefficients for Workers.

4. Summary and Future Plan

- We incorporated biokinetic data regarding the 38 elements and compared $e(50)$ on 1,361 cases related to the 38 elements between the IDCC and the OIR Data Viewer. As a result, the 1,351 cases agreed (99.3% agreement).
- The remaining 10 disagreed cases are mainly about inhaled-vapour Hg. Further investigation is currently underway.
- Through this study, the IDCC becomes able to use as a dose assessment tool for Workers. Next, we plan to incorporate models and data for the public.

5. Contacts

If you have any questions, comments, or interactions about the IDCC, Please contact us!

E-mail: manabe.kentaro@jaea.go.jp
TEL : +81-29-284-3758



Fund: This study is funded by the Nuclear Regulation Authority of Japan (Radiation Safety Research Promotion Fund, R05J012).

付録 2 検討委員会

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

令和 5 年度第 1 回被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会 議事録

1. 日時

令和 5 年 6 月 8 日（木）13 時 30 分～15 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

（委員）沖雄一、谷幸太郎、玉熊佑紀、吉田浩子

（幹事）高橋史明

（事務局）真辺健太郎、室田修平

（オブザーバ）森泉純、辰巳秀爾、寺西功一、猪又智裕

（オブザーバ・オンライン）高橋知之、荻野晴之、伊豆本幸恵、中畠純也、高久侑己、
鈴木亜紀子

4. 議題

- 1) これまでの経緯について
- 2) 令和 5 年度事業計画について
- 3) 内部被ばく線量評価コードの高度化について
- 4) コード簡易版（ウェブアプリ）の改良について
- 5) 規制改正用基準値の整備について
- 6) その他

5. 配付資料

配付資料 R5 開-1 第 1 回検討委員会資料

参考資料 令和 5 年度被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会構成員

6. 議事要旨

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

議題 1) これまでの経緯について

質問：簡易版プロトタイプ（Web アプリ）の開発とあるが、現在の開発段階はどの程度か。

回答：問題なく動作するバージョンであるベータ版が完成している段階である。本年度事業では将来的なユーザに試用して頂き、その際に集めた意見を来年度以降に反映して改良する予定である。

質問：Web アプリ版は教育目的で利用を許諾するとあるが、Web アプリ版で算出した結果は記事や論文といった研究目的では使用できないということか。

回答：Web アプリ版は授業等で簡易的に使用する場面を想定している。一方で、誰もが使えるものとして公開するため、その利用の結果について開発側は責任を負えないため、教育目的とした。また、Web アプリ版で計算できる結果は OIR Data Viewer 等でも出力できるため、研究目的としては ICRP を直接引用することができると思われる。

質問：外部被ばく線量評価に関する検討はこの委員会の範疇に含まれるか。

回答：外部被ばくの基準値も検討に含まれる。外部被ばくの場合、既に ICRP より換算係数等が公表されているため、これを現行法令等に取り入れる際の課題を検討し、整理することが主な内容である。

議題 2) 令和 5 年度事業計画について

質問：今後の細かい議論における方向性を明確にするため、本年度からラドンを考慮し始めた背景を教えてください。

回答：ラドンは平衡濃度に代表される、他の核種とは異なる取り扱い方法が適用されるため、専門家の議論を踏まえて対応方針を決めたいと考えていた。この度、ラドンも他の核種と同様に線量評価モデルを用いる動きがあり、その検討に資する情報の整理を行なうべく本年度より実施項目に含めている。

質問：機能制限版の摂取量推定機能に関する機能制限の追加とは何を実施するのか。

回答：現時点での機能制限版における核種摂取量推定機能では、モデルやデータの編集が制限されているが、さらに複数回のモニタリング結果の入力や、複数の解析方法の組み合わせを制限し、一回の急性摂取に対する単純なフィッティングのみを実施可能とする予定である。

コメント：線量評価の専門家ではないユーザが、現実的ではない条件に基づいて特定の個人に対する被ばく線量を評価してしまうおそれがあるため、放射線防護の目的として標準人を対象とした線量が評価できる範囲に機能を制限する結論に至ったと記憶している。

質問：昨年度まで本委員会では技術的な側面から検討を行なってきた。本年度実施項目には「合理的な」という言葉が含まれており、技術的な側面だけではなく、リーズナブルネスとトレナビリティやジャスティフィケーション等についても議論する必要があると思うが認識にズレはないか。また、これらの議論を実施する場合、本委員会の目的と合致しているか。

回答：本委員会の役割は技術的な側面における情報の整備や課題の整理であると認識している。これらの役割を果たすことで、放射線審議会等での法改正に向けた議論において、技術的な判断材料を提供するものであると考えている。

コメント：その場合、「合理的な放射線管理に向けた」という文言は正確ではないと感じる。

コメント：公衆のための濃度限度の導出シナリオに関する調査は、平均的な摂水量や呼吸量等の数値をアップデートするにとどめるのか、シナリオそのものを変更するところまで考えているのか。後者の場合、合理性を考慮する必要があると考える。本委員会ではどこまで考慮するのかを定義する必要があると感じる。

質問：全機能版と機能制限版に分けた経緯について整理していただきたい。

回答：専門家ではないユーザに全機能版を提供することは、非現実的な条件設定による不適切な数値の流布のおそれがあると考えられたため、機能制限版を用意するに至った。

質問：既存の一般向けソフトウェアにも、無料提供の簡易版と有料提供の全機能版に分かれているものがあるが、このような仕組みにはしないのか。

コメント：全機能版は線量評価を研究目的で行なうユーザが対象で、機能制限版は研究目的ではないが、専門的な使用を前提とするユーザを対象としていると考える。

議題 3) 内部被ばく線量評価コードの高度化について

質問：ラドンによる実効線量は、平衡等価ラドン濃度当たりや、ワーキングレベルマンズ(WLM)当たりで算出されることが多いが、このような計算能力を IDCC に搭載するというのか。

回答：IDCC は、様々な摂取条件での実効線量係数の評価を行うものである。本年度は、ラドンと子孫核種の吸入による実効線量係数の導出に IDCC を活用するのであって、IDCC で直接ラドンによる被ばく線量を出力するように改良する予定はない。

質問：沈着割合は Publ. 66 のものを使用するとのことだが、Publ. 130 で数値の更新があったと記憶している。数値の更新は考慮しないのか。

回答：数値の更新に関しては承知している。沈着モデル自体は Publ. 66 と Publ. 130 で変更がないため、モデルは Publ. 66 のものを使用し、ET1 と ET2 の分配比は Publ.130 のものを使用する。

質問：一般的には、ラドンの線量を評価する際は、ラドンガス濃度を測り、平衡ファクターを考慮し、線量換算係数を使って線量評価を行なう。または、子孫核種が測定できれば EERC を評価し、これに線量係数を乗じることで、平衡ファクターなしで線量評価を行なうこともある。

そのため、EERC や WLM から線量評価が行える機能があるとラドンを扱う研究者にとっては魅力的である。この点については考慮しないという理解で合っているか。

回答：本年度事業のラドンに関する目標は、他の核種と同様に全身動態モデルを使った評価方法で算出した結果に再現性があるかを確認することである。

コメント：最終的に IDCC がラドンの線量評価機能を搭載する際の、具体的なエンドポイントとして、ラドン特有の単位での算出機能を提案する。

回答：IDCC はあくまで線量係数の導出を行えるよう設計されているので、現状、ラドン特有の単位での算出を可能とする予定はない。ただし、今後の改良点としては認識した。

コメント：聞き取り調査を行う専門家に、本委員会の玉熊先生や量研の岩岡先生を追加することを提案する。玉熊先生は、IMBA を用いてエアロゾルの粒径分布や濃度から線量係数を算出している。岩岡先生は簡易な線量計算プログラムを作っている。両名とも、本事業におけるラドンの扱い方について有益な情報を有すると考える。

質問：Publ. 126 にラドンの防護について書かれている。ここでは原則として公衆被ばくとして扱い、一般的には立ち入れないような場所での被ばくを職業被ばくと位置づけている。このような観点から、本事業におけるラドンの被ばくシナリオの分類がどのようになっているのか疑問である。

回答：本年度事業では、IDCC を用いて既存の被ばくシナリオを再現できるかを確認する。そのため、現行法令等に取り入れる点を考慮した議論は行なわない。

コメント：IDCC でどの被ばくシナリオを再現したのか明記するのであれば、作業者を想定しているのか、公衆を想定しているのかといった点も明示しないと、報告書の受け手に疑問を抱かせる可能性があることを懸念する。

回答：報告書では呼吸量や流気率といった計算条件等は明記する。

質問：RI 数量告示に掲載されている核種はどのようにして選ばれたのか。

回答：RI 数量告示には Publ. 68 や Publ. 72 の実効線量係数が用いられている。また、収載核種は、半減期 10 分以上の親核種を収録していた Publ. 38 と合致している。なお、RI 数量告示策定当時に、日本原子力研究所（現日本原子力研究開発機構）が整備した、半減期 10 分未満の核種についても採択されたと記憶している。

質問：RI 数量告示の改定にあたり、掲載核種の追加や削除といった変更が行なわれる可能性はあるのか。その際、掲載核種変更の提案資料の作成も本委員会の実施事項に含まれるのか。

回答：掲載核種変更の判断は放射線審議会が行なうため、放射線審議会からの要請があった場合、本委員会では掲載核種変更の判断に資する参考資料の作成は実施するものとする。

質問：つまり、どの核種について実効線量係数を求めるべきか明確になっていないということか。

回答：その通りである。そのため、改定 RI 数量告示に採択される可能性がある核種についてはそのデータの整備を進める必要がある。

質問：線量データを整備して使用しない場合は問題ないが、データ未整備の核種を使用したい場合に問題が生じるということか。

回答：現状でも、Md のように非常に限られた人しか使用しない核種もデータが整備されている。

コメント：核崩壊データはローレンス・バークレー国立研究所以外にも、アンリ・ベクレル国立研究所や IAEA も web ベースでデータを公開している。ローレンス・バークレー国立研究所のデータを選定した理由があれば説得力が増すと思う。

回答：他に参照可能なデータがあるのなら検討したい。

議題 4) コード簡易版（ウェブアプリ）の改良について

質問：プロトタイプを試用提供とあるが、関係学協会に在籍している専門家にとってはプロトタイプでは実用性に欠ける結果となってしまうのではないか。

回答：ご指摘の通りである。他にどのような場面で提供すべきかについても本委員会では是非検討していただきたい。

コメント：試用提供先をどこまで広げるべきか定まっていないため難しいところではあるが、最終的には中核人材研修や保健学科での講義等で使用する形が良いと考える。

コメント：大学の授業等を試用提供の場として活用することで学生からの意見を集めることを提案する。学生ならば、専門的な知識はあるが専門家ではないためニュートラルな意見を集められると考える。また、委員の先生方の研究室・講座の学生や、JAEA の夏期研修生に使ってもらうことで、幅広い分野の潜在的ユーザから意見を聴取する機会になると考える。

コメント：意見聴取の形式について提案する。お試し版であるならば、web アプリ本体にアンケートフォームをつけていた方が、Google フォームを用いるよりはアンケートを利用しやすいのではないか。

コメント：何も知識が無い方に使ってもらうことは難しいため、ある程度、事前知識があるユーザを対象に試用提供を行なう必要がある。また、専門家や学生だけでなく、事故対応を担う自治体の方にもニーズがあるため、試用提供先の候補として考慮していただきたい。なお、試用提供の実施にあたっては、使い方を説明しながら使っていただいたうえで、意見を求めるべきであると考えます。

回答：昨年度のアンケート調査の対象の選定において、自治体については、完成していない状態での種々の協力依頼は控えた方がよいとの判断から、調査対象としなかった経緯がある。本年度は、関連学協会を通じて協力を募り、大学教員の方には、研究室や講座にて先生方の指導の下、試用していただき意見を聴取することを企図している。

コメント：先の回答のように、「先生方の研究室や講座にて、先生方の指導の下、試用していただ

き意見を聴取する」という具体的なフローを明記したうえで、関連学協会の連絡会等でアナウンスする事を勧める。

議題 5) 規制改正用基準値の整備について

コメント：本委員会では、サブマージョンについて、ICRP の公表する 4 つの被ばくシナリオでそれぞれ実効線量を導出し、その結果を提示することしか出来ないと考える。また、RI 数量告示に新たに収載する実効線量係数については、化学形等欄が該当なしのものは記載しなくて良いと考える。議論すべきと考える項目は、事故時に評価対象となる化学形について明記すべきかどうかという点と、デフォルトの吸収タイプを記載すべきかどうかという点である。

回答：具体的な化学形の記載が無い吸収タイプがデフォルトに指定されている核種もあるため、デフォルトの吸収タイプは明記するべきと考える。

コメント：施設管理の現場では、より保守的な値で評価する傾向がある。そのため、事故時の線量限度として RI 数量告示に厳しい値を掲載すれば、化学形や事故時の評価対象か否かを考慮することなく、最も厳しい値を採用するというような非合理的な規制が横行する可能性が予見される。一方で事故時の評価対象に関する数値は重要で必要なものがある。そこで、同じ告示別表として、一律に乘せるのではなく、平時と事故時で別個に表を作ることを放射線審議会に意見することを提案する。

コメント：ICRP が提示したサブマージョン核種のばく露条件の選択は、規制当局に責任が所在するのであり、本委員会が定められるものではないと考える。

コメント：本委員会はどのような情報を放射線審議会に提供すべきかを議論し整理する場であると考え。そのため、すべての条件で線量係数を算出して、放射線審議会に提示するかどうかの決定権は本委員会の有するものである。加えて、未だ考慮されていない事象があればそれについて議論したい。

質問：サブマージョン核種のばく露条件は広さが与えられているという認識で合っているか。

回答：その通り。

コメント：RI 数量告示別表中の「化学形等」という表現に違和感を覚えた。より適切な表現を模索すべきと考える。

コメント：先ほどの、別表を平時と事故時で別けた方が現場は混乱しにくい、といった意見や、化学形等欄内の分類に違和感を覚えるため内容をよりクリアにしたい、といった意見も放射線審議会にとって必要な情報と考える。

コメント：国際基準の国内法令等への取り入れとあるが、考慮しているのが ICRP のみであるため、IAEA や OECD/NEA 等から国際的なコンセンサスや最新知見を取り入れるべきである。ICRP は principle を、IAEA は regulation を、practice に関しては IRPA が主に担っている。「国際

基準の取り入れ」と謳うならば、ICRP 以外からも情報を取り入れるべきであろう。しかしながら、そうすると本委員会の現体制では達成が困難ではないかとの懸念が生じる。本委員会の目的、対象範囲や、技術的な側面に特化していることを明確に示す必要があるのではないか。

コメント：次回までに明確化していただく。国際的な動向の調査に関しては限られたメンバーでは難しいと思われる。そこで、放射線施設管理者への聞き取り調査を行なう際、国際機関の委員である日本人研究者を対象とすることで、効率的な国際動向調査が可能となることを提言する。

コメント：平時と事故時とで基準を別けるという議論は ICRP 内部でも出ている。事故時には健康影響が有意に上昇するおそれがないものの、デフォルトの粒径や化学形とは明らかに異なる特定の被ばく集団が存在する場合があります、そのような集団の防護を検討する過程で、semi-individualized な線量評価が有効である可能性について議論されている。semi-individualized な線量評価についてはまだ ICRP の中でコンセンサスが得られているわけではないし、もし得られるとしても、少なくとも数年以上は先になると思うが、引き続き動向を見守っていければ良いと思う。

コメント：上述のような情報も放射線審議会にとって有益な情報であるため、国際機関の委員を務めている日本人研究者から引き続き情報の収集をしていただきたい。

議題 6) その他

事務局より、参加予定の学会と 2 回目及び 3 回目の審議の日程と内容について連絡があった。

以上

令和 5 年度第 2 回被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会議事録

1. 日時

令和 5 年 10 月 5 日（木）9 時 00 分～10 時 35 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）高橋史明

（事務局）真辺健太郎、室田修平

（オブザーバ）森泉純

（オブザーバ・オンライン）高橋知之、荻野晴之、伊豆本幸恵、中畠純也、高久侑己、
喜多充、辰巳秀爾、鈴木亜紀子、猪又智裕

4. 議題

- 1) 規制改正用基準値の整備について
- 2) ラドンによる内部被ばく線量の調査について
- 3) ラドン及び子孫核種の線量係数の計算について
- 4) その他

5. 配付資料

配付資料 R5 開 2-1 第 1 回検討委員会議事録案

配付資料 R5 開 2-2 第 2 回検討委員会資料

参考資料 1 RI 数量告示の別表第 2, 3, 5 及び 6 の抜粋

参考資料 2 ラドン被ばくに関する量

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) 規制改正用基準値の整備について

コメント：例えば、現行の排気濃度限度を決めるシナリオは安全側に評価されていると思うが、現状のような多少厳しい管理をしていても放射線の利活用は十分出来ていると考えている。ただし、排気の基準が厳しすぎて放射線の利用が妨げられているといった事例があるのならば、排気の基準値の決定に用いるシナリオを適正化し、より合理的な基準を設ける必要があると感じる。例えば、アルファ線放出核種で標識する新たな RI 医薬品に関して、現状の管理基準がその利用促進の妨げになっていないかを確認できると良いと思う。

質問：原子力規制庁事業としての安全研究の中に、アスタチン等の医療利用可能なアルファ線放出核種について、その利用促進における課題として飛散率が検討され、国外での飛散率の調査も行なっていたと記憶している。各国が自国の社会などの状況を鑑みて規制基準を決定していることが報告されており、日本において、飛散率を見直すという結論には至っていなかったと記憶している。こういった先行研究についても基準を見直す参考としてはどうか。

回答：調査対象に含める。

質問：半減期 10 分未満の核種として具体的に想定している核種はあるのか。

回答：現状では PET 診断に用いる O-15 や N-13 が想定される。

コメント：ポジトロン核種は使用量が多いため、医療従事者の内部被ばくについて推定する意義があると感じる。ただし、こういった短寿命のポジトロン核種の国内流通量から、そもそもポジトロン核種について考慮する必要があるのか調べておく必要があると感じる。もし F-18 やアスタチン、塩化ラジウムのような RI 医薬品しか確認されないようであれば半減期 10 分未満の核種については追加で考慮する必要はないと思われる。

コメント：半減期 10 分未満の核種は放射線治療の場合だけでなく加速器施設の運転中にも生じることを留意しておく必要があると感じる。

コメント：調査対象について。現在、アルファ線放出核種の製造が盛んになってきており、例えば JAEA の常陽ではアクチニウムの製造事業を進めているので、調査対象に加えると良いと感じる。また、原子力発電所等の民間の管理する放射線利用施設について調査対象に含めるべきなのか、議論の必要があると感じる。

コメント：RI 協会は調査対象に含めても良いのではないかと。また、陽子線治療施設等、高エネルギーの放射線施設を有している医療機関が増えてきていることもあるため、調査対象となり得るのではないかと。

コメント：放射線を扱う民間組織は多くあり、個別に聞き取り調査をすることは現実的で

はない。例えば電事連のような、窓口になり得る団体にアプローチして調査を一括して行なう事が望ましいと感じる。

コメント：放射線利用に関するコンソーシアムのようなものがあれば民間企業に情報展開が可能だと思うがそのようなものが存在するかは不明である。

コメント：規制研究で KEK が放射化物のテーマで研究していた際（放射線発生装置廃止のための放射化測定評価マニュアル；KEK Report 2022-5）、加速器から生じる放射化物を実地調査するために様々な施設を調査対象としてリストアップしていた。このリストが参考になると思う。

質問：事業の目的は非常に明確化されたと思う。調査内容として、公衆被ばく防護のための濃度限度の導出シナリオに関する調査と高エネルギー放射線施設等の管理状況調査を挙げているが、今回議論すべきことはあくまで作業者に注目した内容、言い換えると OIR シリーズの範疇のみという理解で合っているか。

回答：RI 数量告示の別表第 2 の第 5 及び 6 欄は公衆の防護に関連しており、公衆の線量換算係数から濃度限度に変換するパラメータは調査範囲に含める。公衆被ばく防護の濃度限度の導出シナリオに関する調査については、現行の基準値やそれが変更されているかについて調べ、本年度事業報告書に記載する予定である。

コメント：アンブレラ事業の中で放射線業務従事者の被ばく線量を一元管理する仕組みについて議題にあがったことがある。この議題の進捗については把握していないが、放射線を扱う場所や、各施設での従事者の被ばく線量の一元管理が実現すれば、その主体機関を窓口として民間の放射線利用施設を対象とした調査等実施することができるようになるかもしれない。

議題 2) ラドンによる内部被ばく線量の調査について

コメント：2019 年に、ICRP Publ. 137 を各国が導入した際にどのような問題が生じるか議論する IAEA のテクニカルミーティングに参加した。このとき、空气中濃度限度に基づいてラドンの規制に取り組む考えを示した国は日本とインドのみであり、他の国はラドン濃度に基づく参考レベルを用いた規制に賛同していた。OIR シリーズに掲載されている線量係数を IDCC で再現することは重要であるが、再現作業が完了した後のことも見据えて、ユーザに対する IDCC の間口を広げる動きもまた重要である。

コメント：現状、ベクレルあたりのシーベルトによるラドンの線量評価は実用的ではない。そこで、平衡等価ラドン濃度当たりの線量係数といったような、手間のかかる途中計算を自動で算出できるような仕組みがあればユーザに対する IDCC の間口を広げられると感じる。

コメント：現状、ラドンの線量評価には、ICRP が公表している平衡等価ラドン濃度当たりの線量係数を使うのが一般的である。ただし、測定対象場に特異的な粒径分布が判明している場合にはその粒径分布に応じた線量係数を用いて計算する。このプロセスを

IDCC が実行可能になれば、ラドンの線量評価において実用的なツールとなる。

コメント： RI 数量告示が与える数値は平衡ファクターが 0.4 の場合の平衡等価ラドン濃度である。一方で、実際の作業場はエアサーキュレーターによるフィルタライゼーションが実施されている場合が多く、平衡ファクターは 0.4 を下回っている可能性が高い。先行研究においても、ガス濃度は変わらないが平衡等価ラドン濃度が低くなることが示唆されており、平衡ファクターを 0.4 とする仮定そのものが日本の環境に符合しているのかどうかを議論する必要があると感じている。そこで、2019 年以降のラドンの平衡ファクターについて、一般家屋と作業場との間で変動があるのか、変わるとしたら変動幅はどれくらいなのか、その変動幅はどれくらいの話題性を持つのかといった点に着目しつつ、最新の文献をあたりレビューしてみてもどうか。

回答： ラドンの線量評価においては平衡ファクターが線量に大きく寄与することを、今回の事業を通じて理解した。文献に対するレビューは重要であると考えている。

コメント： UNSCEAR は 2024 年に公衆被ばくに関するパイチャートを改定するべく動いており、ラドンの線量係数は引き続き ($9 \text{ nSv per Bq h m}^{-3}$) を用いる方針である。UNSCEAR の目的は、他の核種と線量を比較できるようにすることであり、放射線防護については考慮されていない。

コメント： 環境中のアクチノンは半減期が短いため無視して問題ないと思うが、RI 医薬品である塩化ラジウムから生じるアクチノンについては医療従事者の線量にどれくらい寄与するのか議論しても良いかもしれない。

コメント： ラドンに対する放射線防護は、グレーデッドアプローチを考えるべきである。ICRP Publ. 126 においては、現存被ばく状況の中で（計画被ばく状況の）職業被ばくとしてみなされるものとして、核燃料サイクルに関連したウラン鉱山があげられている。しかし、このような状況は日本国内では存在していないことが認識されている。また、ラドンの公衆被ばくについては建物に依存した線量となることや線量を下げするための対策について先行研究で調べられており、放射線審議会では公衆における防護について主に扱うことが決まったところである。つまり、職業被ばくとしての議論はもちろん重要だが、エンドポイントとして職業被ばくについて考慮すべきなのか公衆被ばくについても議論の範囲に含むのかを明確にすべきと考える。

回答： 本事業の大きな目的として RI 数量告示の数値を改めることが挙げられる。そのため、現状では存在していない状況であったとしても、既存の数値について議論をする必要がある。ただ、国内のラドンの専門家に聞き取り調査を行なう際に、現在の日本において作業場におけるラドンの職業被ばくが生じうるのかについても併せて調査したい。

コメント： IDCC の高度化という面において適用限界がある。また、OIR シリーズでも RI 数量告示でも、ラドンは公衆被ばくと職業被ばくの線引きが曖昧であるといえる。本委員会では IDCC の高度化に際して、この線引きを行なっていただければと思う。また、平衡ファクター等の追加技術が必要だという結論に至った場合は、別途コード整備して

いく形となる。

コメント： 観光用洞窟で働く方についても今後検討すべきだろう。現在、国内では観光用洞窟における職業被ばくの規制は存在しない。ただ、滞在時間が短いため、そもそも考慮すべきかどうかも含めた議論が必要と感じる。

コメント： 観光用洞窟には、ラドン以外の理由で既に換気設備が設置されていることもあり、議題に挙がらなかったのではないだろうか。

コメント： 確かに換気設備が設置されている場合が多いが、換気設備によって、洞内のラドン濃度に季節変動が生じることもあり、考慮に値するラドン濃度になる場合がある。

コメント： 鍾乳洞などは洞内の環境を維持するため、換気設備を入れていない場合がある。

議題 3) ラドン及び子孫核種の線量係数の計算について

質問： 子孫核種 1Bq を吸入したときの預託実効線量とあるが、これは Po-218 を 1Bq 吸入した場合の線量ということか。

回答： その通り。

質問： p.20 の最下段に、課題として、線量にあまり寄与しない元素についても子孫核種としての動態データを組み込む、と記載があるが、現状ではどこからどこまでの子孫核種が搭載されているのか。

回答： p.19 の改編系列の図において黄色くマークされている核種、つまり、Po-218、Pb-214、Bi-214 については搭載済みである。残りの子孫核種についてはデータの搭載を進めている段階である。

質問： 短寿命の子孫核種についてはデータが搭載されており、長寿命の子孫核種については未搭載ということか。

回答： その通り。

質問： 粒径分布は、任意の値は計算できないという理解で合っているか。

回答： 任意の粒径における沈着割合のデータを持っているならば搭載可能である。現在、任意の粒径における沈着割合を算出できる手持ちのプログラムはあるが、IDCC へ接続するには課題がある。

質問： p.21 や p.22 の表に見られる、モードとは何か。

回答： 子孫核種が付着したエアロゾルの状態を指しており、粒径、粒径分布の中央値、幾何標準偏差、形状係数（形状係数が 1.0 の場合、真球を表す）の情報を含んでいる。

議題 4) その他

事務局より、本検討委員会の総括と 3 回目の審議までの期間に行なうメールでの調査報告と意見募集への協力依頼、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 3 回被ばく線量評価コードの開発に関する検討委員会議事録

1. 日時

令和 6 年 2 月 13 日（木）9 時 00 分～10 時 25 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）高橋史明

（事務局）真辺健太郎、室田修平

（オブザーバ）高橋知之、森泉純、辰巳秀爾、鈴木亜紀子

（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) 内部被ばく線量評価コードの高度化について
- 2) コード簡易版（Web アプリ）の改良について
- 3) 規制改正用基準値の整備について
- 4) その他

5. 配付資料

資料 R5 開 3-1 第 2 回検討委員会議事録案

資料 R5 開 3-2 第 3 回検討委員会説明資料

別添資料 1 簡易版仮公開試用アンケート

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) 内部被ばく線量評価コードの高度化について

質問：水銀の血液への吸収におけるモデルを見直したとのことだったが、モデル内にある「結合した物質」には具体的な物質名が割り当てられるということか。

回答：「結合した物質」というコンパートメントは、具体的な物質ではなく、特定の状態を示しているといえる。呼吸気道に沈着した粒子は元素や化学形に依存した速度で血中に移行するが、ある割合で長期的に呼吸気道に保持される現象も確認されている。このような現象をもとに、吸収タイプに対応した吸収速度で呼吸気道に一時的に結合する成分がモデル化されており、これを結合した物質と呼称している。

質問：コードの高度化に関連して、IDCC のフィッティングの精度を評価する方法について具体的な見通しはどうか。

回答：普及事業で実施した講習会においても、パラメータの確からしさを確認する指標が欲しいとの意見があったので、検定方法の選定や実装方法について具体的検討の準備を行っている。

議題 2) コード簡易版（Web アプリ）の改良について

質問：収録核種に関する意見の中に、医療に関連する核種の追加を希望する声があったが、これは患者への投与を考慮したものか、あるいは RI 医薬品の製造における薬剤師や放射線技師の内部被ばくを考慮したものか。

回答：詳細な回答を得られていないためどちらを意図するかは不明である。OIR の動態モデルを適用できる化学形には RI 医薬品の原料も含まれていることから、製造工程での内部被ばくに職業被ばくを適用することは可能である。

コメント：RI 医薬品等の製造工程における作業者のバックグラウンド線量を調べるという意味では、医療に関連する核種の追加は検討しても良いかもしれない。

質問：核種を血中投与した場合のデータは含まれているのか。

回答：含まれていない。現時点では吸入摂取と経口摂取のデータのみである。

コメント：医療用 RI による患者の内部被ばくを考慮する場合は、RI 医薬品別に専用の動態モデルが必要である他、血中投与時の移行データが必要になることから、簡易版（Web アプリ）ではあくまで職業被ばくまでを取扱うのが妥当であると考え。仮に核種を追加するならば、C-11、At-225、Ra-223 等が候補として考えられる。

コメント：全機能版や機能制限版との差別化をするためにも、簡易版（Web アプリ）に収載する核種はこれ以上増やす必要はないと考える。

コメント：現時点で抽出されている改善すべき点以外には、改善すべきと感じる部分はない。

ただ、コードの公開後にユーザーからの要望やフィードバックを柔軟に取り入れられる仕組みを準備しておくことは必要であり、重要度も高いと考える。

質問：コード公開後にユーザーからのコメントを抽出する具体的な手段についてどのようなものを準備しているか。

回答：ユーザーからのコメントは、**Web** 上の入力フォーム、又は事務局へのメールによって回収する方法を検討中である。ユーザーにとっては匿名の方がコメントしやすいと考えている。

コメント：ユーザーからの的確なフィードバックを得るためには、簡易版（Web アプリ）の開発目的に対する認識がユーザーと開発者の間で一致している必要がある。開発目的に合致しないフィードバックは反映されず、結果的にユーザーの不満につながることから、トップページに開発目的を明示してはどうか。

質問：摂取量推定結果のファイル出力及びダウンロードができるように対応するとのことだが、これらの操作は既に可能だったと記憶している。出力されるデータの種類を追加するということか。

回答：現時点では、排泄率又は残留率の時間推移データについてファイル出力及びダウンロードが可能であるが、摂取量推定機能を用いて算出された摂取量被ばく線量については、この機能は未実装であるため、これについて対応する予定である。

コメント：摂取量や被ばく線量を個別にファイル出力したりダウンロードしたりする機能の実装にかかる労力が、この機能の追加によるユーザーの満足度向上に見合わないのではないか。排泄率若しくは残留率の時間推移データ又は条件として設定した値と合わせて出力する方が有用であると感じる。

コメント：開発目的を考慮すると、結果をダウンロードして解析するといった使用方法は、簡易版（Web アプリ）ではなく全機能版や機能制限版で行なうべきであると考える。

コメント：全機能版や機能制限版は多様かつ複雑な操作が可能であるため、最初から快適に操作することは難しいと思われる。特に線量評価コードを扱った経験が少ないユーザーには本計算コードの使用感に慣れるためのツールが必要であり、簡易版（Web アプリ）がそのツールとなることが期待されている。そのため、入力のしやすさや出力の見やすさといった観点から、ユーザーの取り組みやすさを考慮した改善が重要である。

コメント：今回の聞き取り調査からは、アプリの使用感に大きな問題はないと判断できるため、早期に公開して様々なユーザーに使用してもらい、得られたフィードバックに順次対応する形を取るのが望ましいと思われる。

議題 3) 規制改正用基準値の整備について

質問：聞き取り調査の中で、サブマージョン核種の線量評価が過剰に保守的なシナリオになるという回答があったが、事実を反映した回答なのか。

回答：過剰に保守的であるという指摘は間違っていないと考える。サブマージョン核種の濃

度限度算出に使用されている線量率係数は、半無限空間に核種が一様に分布する仮定のもと算出されており、考慮されるべき線源の総数が実際の場合より多くなるため、保守的な評価であるといえる。OIR Part 5 Annex. A では、新たに事務室、実験室、倉庫を想定して線量率が求められており、これらの線量率係数は現行の半無限空間を仮定したものより低下している。今後の課題として、実際の場合の線量率を評価する際に、どの空間に対する線量率を採用するかといった点が挙げられる。

質問：サブマージョン核種は外部被ばくの規制の告示のみだったと記憶しているが、内部被ばく評価について扱う本検討委員会の議題に則しているのか。

回答：サブマージョン核種は、告示別表第2に空气中濃度限度が示されており、他の通常の放射性核種と同列に取扱われている。また、ICRP 刊行物においても、作業者の内部被ばくについて1990年勧告に準拠した形で扱うICRP Publ. 68に、通常の放射性核種の実効線量係数と併せてサブマージョン核種の線量率係数が収載されている。従来、サブマージョン核種による被ばくは、体外の空気を線源とする被ばくと、呼吸気道に入った空気を線源とする被ばくを併せて評価していたことから、外部被ばくと内部被ばくの両側面があるといえる。他のエアロゾル状放射性核種に対して適用される評価方法とは考え方が異なるため、どのように扱うべきか議論する必要があると考える。

コメント：現行の告示別表においては、サブマージョン核種による被ばくの主たる割合を占める外部被ばくの線量率係数を用いて内部被ばくによる被ばくの影響を担保しようという考えであると理解している。実際、Kr-85 密封線源の破損及び漏洩事故があった際、原子力規制庁は内部被ばくの算定・評価はしないものとする判断を下し、β線による外部被ばく線量のみ公表している。今後、2007年勧告を取り入れた際に、サブマージョン核種による被ばくを外部被ばくとして扱うのか、外部被ばくと内部被ばくの複合的な被ばくとして扱うのかといった具体的な議論や提案はまだなく、今後進めるべきであるが、本検討委員会で議論することが適切かどうかは判断が難しいように思う。

コメント：既に言及があったように、告示別表に濃度限度が記載されている点や、肺に取り込んだ空気から被ばくする点は内部被ばくのような要素であるが、サブマージョン核種による被ばくは従来、外部被ばくに該当すると考えられている。肺内部の空気からの被ばくは、体外からの被ばくに比べて線量に対する寄与が大変小さいことから、線源として考慮から除外しても構わないと考える。ただし、サブマージョン核種による被ばくを完全に外部被ばくとして扱うことは、法律上の大きな改正を伴うため現実的ではないと思われる。

コメント：本検討委員会で取扱える内容から逸脱しないためには、短半減期のサブマージョン核種をピックアップし、その中でも内部被ばくのような性質を考慮すべき核種を洗い出すまでに議論をとどめておく必要があると思われる。サブマージョン核種による被ばくを内部被ばく線量評価コードで評価することが適切であるかといった点も考慮すべきと感じるが、これについては本検討委員会が扱う範疇を超えると感じる。

コメント：以前、ドライアイスで冷却した試料を用いてビーム照射実験を行なった際、試料

のある場に C-11 の二酸化炭素が生じていたため、試料回収後にはサーベイメーターが肺からの陽電子線に反応していた。このようにサブマージョン核種による被ばくには内部被ばくのような性質があるのは確かである。

コメント：本検討委員会では、議論を通じて、現時点における課題の抽出を行なうことも重要である。サブマージョン核種による被ばくをどう取扱うかについて具体的な議論を実施するのは放射線審議会となると思われるが、内部被ばく線量評価の視点に立ってサブマージョン核種による被ばくを考えた場合の具体的事例や論点は、審議において貴重な判断材料となる。

コメント：サブマージョン核種による被ばくに関する議論は、今回の委員会では課題意識の共有までとし、次回以降に課題の抽出とするのが良いと思われる。課題の抽出を行なうには、議論の対象となるサブマージョン核種を選定し、有識者の助言のもとで具体的な被ばくシナリオをいくつか用意する必要がある。

コメント：濃度限度による規制と総量規制のどちらを採用するかといった議論は、現行の法体制や現行の法令に基づく全ての作業に対して問題提起することとなる。本事業で開発している線量評価コードは現行の法体制に合わせたものであり、上記の議論は本委員会の設立目的と大きく外れるため、課題意識の共有を行なう程度に留めるべきと考える。

コメント：濃度限度による規制から総量規制へ変更する場合、告示の変更だけでなく施行規則の変更が必要となる。濃度限度による規制はモニタリングによって線量を測定及び管理できる方法であったことが現行法令への採用理由であると思われる。従って総量規制への移行は線量管理のあり方についても変更を余儀なくするものであると考えられる。

コメント：本検討委員会が濃度限度による規制を前提としていることから総量規制については検討対象としない。

コメント：放射線施設管理者への聞き取り調査の結果からは、質問項目や調査対象について、JAEA は十分に目的を達成していると考ええる。現時点で、ICRP 2007 年勧告に準拠した職業被ばくの線量係数は ICRP 刊行物である OIR として公開されており、法令への取り入れが可能であることや、公衆被ばくの線量係数も EIR として数年内に公開されることを踏まえると、これらの法令取り入れに際し、現場の負荷が少なく、限られた人的リソースを無駄に変更対応へ割かず安全管理が行える、最も効果的な時期や方法に関する議論において、本調査結果を活用できると感じる。また、保守的な値を告示別表に記載した場合、事業所は合理的な判断を経ず、無条件に最も保守的な値を選択して安全管理を実施するのではないといった議論が以前の検討委員会であったと記憶している。今回の調査で、最も保守的な値を適用するという回答が得られていることから、OIR や EIR の収載データを実装する際は、事業者が合理的に安全管理を実施できる書き方で、告示別表を改正する必要があると感じる。また、一定の経過措置期間が必要という回答や、バックフィットの有無に関する懸念は注目に値する。法令改正へ実際に対応する際の作業量を考慮すると、上記の 2 点は実務担当者にとって最大の懸念事項であると思われる。現場業務や研究の推進を妨げ

ない形での法令改正が重要である。

コメント：以前、OIR シリーズでは具体的な化学形名が明示されていない吸収タイプに対しても線量係数が示されている点について、告示へ掲載するか否かといった議論があったと記憶している。このとき、最も保守的な値を選んでしまう恐れがあるから、化学形名が明示されていない吸収タイプについては掲載するかどうか慎重に検討すべきであるという結論に至ったと思う。今回の聞き取り調査によって、最も保守的な値を選ぶ事業所が一定数存在することが確認された。このことから、今後、化学形名が明示されていない吸収タイプについてどのように扱うか具体的な検討を進める必要があると感じた。

議題 4) 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