

# 安全研究に係る事前評価結果

令和4年1月19日  
原子力規制委員会

## 1. 事前評価の進め方

### 1.1 評価の対象

原子力規制庁長官官房技術基盤グループで今後実施する安全研究プロジェクトとして事前評価の対象とするプロジェクトは下表に示す2件である。

表 事前評価対象プロジェクト

No.	プロジェクト名	実施期間（年度）
1	原子力規制検査のためのレベル1PRAに関する研究	R4 - R8 (2022 - 2026)
2	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	R4 - R8 (2022 - 2026)

### 1.2 評価方法

「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」（改正令和元年5月29日原子力規制委員会決定）及び「安全研究プロジェクトの評価実施要領」（平成31年4月16日原子力規制庁長官決定）に基づき原子力規制庁長官官房技術基盤グループが実施した自己評価に基づき、評価プロセス及び評価結果の妥当性を確認した。

## 2. 事前評価結果

事前評価の対象である2件の安全研究プロジェクトについて、原子力規制庁が実施した事前評価に係る自己評価は妥当である。なお、技術評価検討会で外部専門家等から受けた指摘及び意見を踏まえた対応を行うこと並びに新たな知見等に基づき必要に応じて研究計画を見直すことは適当である。

## 安全研究に係る自己評価結果（事前）

令和4年1月19日  
原子力規制庁

## I. 原子力規制検査のためのレベル1PRAに関する研究（R4～R8（2022～2026））

背景、目的、研究計画の概要及び成果の活用の見通しは、“令和4年度の新規安全研究プロジェクト”（令和3年7月14日原子力規制委員会了承。参考2）で示したとおり。その上で、次のとおり、自己評価を行った。

## 1. シビアアクシデント技術評価検討会における主な意見及びその対応

- これまで確率論的リスク評価（PRA）の不確かさに係る研究があまり実施されてこなかったとの反省から、新たな安全研究プロジェクトでは不確かさの研究が推進されるとのことであり、研究を推進していただきたいとの意見があった。また、不確かさの分類が明確ではないため、分類をして明示的にした方が良いとのコメントがあった。今後、低減出来る不確かさについては低減し、PRAの不確かさを明確にすることで、不確かさに係る研究を推進していく。
- 地震PRAで用いる地震ハザード及び機器フラジリティの不確かさは大きく、計算結果に大きな幅を持つこと、地震動ごとに機器の重要度が変化すること、地震PRAから得られる機器の重要度の意味は内部事象とは違うこと等、地震PRAから得られる機器の重要度を原子力規制検査で活用するには難しい課題があるとの意見があった。今後、地震PRAを対象に、原子力規制検査のための機器の重要度及びその活用方法について検討していく。
- 詳細は別表1参照。

## 2. 事前評価結果

## (1) 研究内容の技術的妥当性： 適

- 技術評価検討会において確認されたように、国内外の最新の研究、知見を踏まえたものとなっており、調査・研究方法はおおむね妥当である。

## (2) 研究計画（案）への反映

- 技術評価検討会において、欧米の研究アプローチとの違い、PRAにおける不確かさの検討等が研究計画（案）において明確になっていないとのコメントがあったため、研究計画（案）に反映する。
- 関連する安全研究プロジェクトと連携して研究を進めることが分かるように、研究計画（案）に反映する。
- 詳細は参考3参照。

## II. 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 (R4～R8 (2022～2026))

背景、目的、研究計画の概要及び成果の活用の見通しは、“令和4年度の新規安全研究プロジェクト”（令和3年7月14日原子力規制委員会了承。参考2）で示したとおり。その上で、次のとおり、自己評価を行った。

### 1. 放射線防護技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 被ばく線量評価コード及び放射線健康リスク評価コードの開発は、関連する国際的な動向及び国内外の最新の知見に基づいて計画されており妥当であるとの意見が複数あった。
- 開発したコードの活用法について、その公開の在り方を含めた検討が、また、コードを用いた計算結果の解釈・説明について、不確かさの評価法の検討とともに、それぞれ研究計画の中でしっかりと取り組まれる必要があるとの意見があった。
- 放射線健康リスク評価コードは、防護基準の正当性など社会的な説明責任のツールとしての活用が期待されるとともに、最新の科学的情報を取り込むことでリスク推定にどのような影響があるかを評価するツールにもなることが期待されるとの意見があった。
- 研究の実施に当たっては技術評価検討会で出された意見を踏まえ、成果の活用及び計算結果の解釈・説明について検討を進めていく。
- 詳細は別表2参照。

なお、原子力規制委員会が取り組む放射線防護研究に対し、研究課題に関するものとして、民間研究で敬遠されがちなものや成果が出るまでに時間及びコストがかかるものについて国が主体的かつ計画的に取り上げてほしいこと、研究体制に関するものとして、将来的に放射線安全行政全体を俯瞰できる人材の育成を視野に、継続的な人材の確保に配慮いただきたいとの意見があった。

### 2. 事前評価結果

#### (1) 研究内容の技術的妥当性： 適

- 研究内容は、放射線防護に関する国際的な動向及び国内外の最新の知見に基づいて計画しており、技術的に妥当であると判断する。

#### (2) 研究計画（案）への反映

- 基本的には研究計画（案）を修正する必要はないが、研究の実施に当たっては技術評価検討会で出された意見を踏まえ、今後も継続的に、放射線防護に関する国内外の動向及び研究動向を把握し研究計画に反映するとともに、具体的な成果の活用について議論し明確化を図る。
- 詳細は参考3参照。

## 技術評価検討会の外部専門家及び専門技術者

### (1) シビアアクシデント技術評価検討会

#### 外部専門家

糸井 達哉 国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 准教授  
牟田 仁 学校法人五島育英会東京都市大学  
大学院総合理工学研究科 准教授  
守田 幸路 国立大学法人九州大学  
大学院工学研究院エネルギー量子工学部門 教授

#### 専門技術者

倉本 孝弘 株式会社原子力エンジニアリング 解析サービス本部 本部長代理  
高橋 浩道 三菱重工業株式会社 原子力セグメント  
炉心・安全技術部 リスク評価担当部長  
田原 美香 東芝エネルギーシステムズ株式会社 磯子エンジニアリングセンター  
原子力安全システム設計部安全システム技術第二グループ フェロー

### (2) 放射線防護技術評価検討会

#### 外部専門家

飯本 武志 国立大学法人東京大学 環境安全本部 教授  
甲斐 倫明 学校法人文理学園日本文理大学 教授  
保田 浩志 国立大学法人広島大学 原爆放射線医科学研究所 教授

#### 専門技術者

金濱 秀昭 東京電力ホールディングス株式会社 原子力安全・統括部  
原子力保健安全センター 所長  
橋本 周 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
高速炉・新型炉研究開発部門  
大洗研究所放射線管理部次長兼 環境監視線量計測課課長

**別表 1**

原子力規制検査のためのレベル 1PRA に関する研究に対する外部専門家の評価意見及び専門技術者の御意見並びにその回答及び対応

○外部専門家

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
系井 達哉 氏			
1	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。	ハザード評価に関する既往研究等の議論が含まれていない。もし本研究のスコープに含まれるようであれば、その部分について最新知見を踏まえているか、現在の資料からは確認できない。	ハザード評価については、地震・津波研究部門が研究しております。本研究では、地震・津波研究部門における研究成果を活用する予定です。ご指摘を踏まえ、研究計画（案）を修正します。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	現状の計画に従って、適切に計画が具体化されるという前提で、適切と考えられる。	拝承いたします。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	現状の計画に従って、適切に計画が具体化されるという前提で、適切と考えられる。	拝承いたします。
4	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	不確かさの検討については、モデルの適切な詳細さ、モデルの曖昧さの排除、既知の未知（例えば、PRAのスコープ外）の取り扱い、保守性（conservativeness）の排除、不確かさを適切に把握する手法・手順、などといった観点で、課題を分類することで、重大な見落としがないか、より明示的な確認ができるかと考える。	ご指摘を踏まえ、不確かさの検討について、まず分類して明確にすることを、研究計画（案）に明示します。
5		PRA のピアレビューの要件といった研究も必要に応じて研究課題に含まれてもよいのではないかと考えられる。	本研究計画（案）において、ピアレビューの要件に関する研究は含んでおりません。なお、類するものとして、原子力規制庁が実施する事業者 PRA モデルの確認に必要な適切性確認ガイドの要件について、研究成果を反映する予定です。
牟田 仁 氏			
6	①国内外の過	PRAに関する研究分野に関しては、	拝承いたします。

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
	去の研究、最新知見を踏まえているか。	国内外のこれまでの検討状況や既存の研究を踏まえた上での計画となっていると評価する。 しかしながら、会合でも指摘したように、不確かさ及び相関性（特に地震の損傷相関）に関しては、これまで研究されておらず、これはこれで問題ではないかと考える。今回、このような反省に立ち、計画を推進されることとあり、研究を推進していただければと考える。	
7	②解析実施手法、実験方法が適切か。	今回のご説明では研究項目の頭出しであることが主眼であり、具体的な研究のアプローチについては今後の検討の進み具合に応じて評価をしていければと考える。 会合で指摘したように、リスク情報の活用は規制検査への反映が先陣を切っており、ここへの適用を進めていくことには賛成であるが、一方で外部事象への拡張に関しては、外部事象、特に地震に対する機器重要度が何を意味するものなのか、また保全活動に対しどのような情報を提供できるのか、きちんと考えた上で研究を計画していただきたい。	拝承いたします。 原子力規制検査で用いるリスク情報につきましては、関係部署と連携して、研究成果を踏まえつつ決めていきます。
8	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	②の後半と関連するが、地震時のCDFに対する重要度は、地震加速度ごとに異なるフラジリティや元々不確かさの大きいことも相まってどのように解釈すれば良いか、難しい課題を抱えている。リスク情報としての要件をきちんと精査し、研究計画を立てる必要があることに留意いただきたい。	拝承いたします。 本研究を実施するにあたっては、ご指摘を踏まえ、留意しつつ研究する予定です。
9	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	不確かさに関する議論が、これまでの研究の経緯よりあまりなされていないことに不安を感じる。リスク論は不確かさが本質であり、これを抜きに	拝承いたします。 本研究において、不確かさ要因についての研究を行う予定です。

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
		してリスク情報を活用することはあり得ない。今後の研究計画において、十分な検討が行われることを望む。	
守田 幸路 氏			
10	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。	本研究計画は、国内外の関連研究に関する最新知見を踏まえた上で策定されているものと考えますが、「6. 安全研究の概要」の記載内容からは、それらが本研究計画にどのように反映されたのか、具体的内容が読み取れません。例えば、項目(3)「内部事象及び外部事象に対するレベル1PRAの高度化」に記載されている「新たな人間信頼性手法のPRAへの適用」、「不確かさ要因に関する検討」、「ダイナミックPRA手法の整備」等について、研究計画(案)「3. 背景」においても米国の研究動向及び検査活動等について言及があるものの、米国、欧州等における研究アプローチとの類似性あるいは相違点については、説明がありません。国内外の最新知見をどのように踏まえ、本研究計画(項目(1)、(2)及び(3))を策定されたのか、その妥当性、適切性について、研究計画に追記されることをご検討下さい。	ご指摘を踏まえ、欧米の研究アプローチを研究計画(案)に追記します。
11	②解析実施手法、実験方法が適切か。	本研究は、国内外の研究動向及び検査活動等について最新知見を踏まえて実施される計画となっており、これまで原子力規制庁で開発され、技術的知見が集約された解析評価手法を基盤として整備するなど、解析実施方法について適切と評価されます。 本研究を進めるに当たり、最新技術を取り込んだ評価手法の整備が検討されているものと評価されますが、一方で、国際協力等の活用については、特に言及されていません。国内外の動	現時点では、国際協力を活用した研究は計画していないため、研究計画(案)に記載しておりません。海外の最新知見については海外の規制機関との情報交換から収集していく予定です。

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
		向や国際標準等をキャッチアップするために、国際協力等を活用した研究が計画されているのであれば、研究計画に追記されることをご検討下さい。	
12	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	「7. 実施計画」(工程表)の項目(1)「段階的に拡充していく外部事象レベル1PRA手法の開発」には、複合事象と多数基立地サイトを対象にしたPRAの整備として、平成6、7年度に試解析、平成8年度にPRAモデルが作成されることになっています。一方で、「6. 安全研究概要」には、「国内外の最新知見を反映して検討した手法を基にPRAモデルを作成し、作成したPRAモデルを用いて試解析を実施することで手法の妥当性を確認して進める。」とあり、計画されている工程と順番が整合していないように読めます。この点、評価者の誤解でなければ、記載内容の修正が必要と考えます。	ご指摘を踏まえ、研究計画(案)を修正します。
13	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	重大な見落としはないと評価されます。原子力規制検査へ導入される外部事象に対するレベル1PRA手法が開発・整備されることが期待されます。	拝承いたします。



○専門技術者

No.	御意見	回答及び対応
倉本 孝弘 氏		
1	IDHEAS、PHOENIX 等が関連文献としても示されているが、このような手法を活用する研究か、それとも新たな手法開発なのか。	IDHEAS 及び PHOENIX を用いた研究を実施する予定です。
2	不完全さによる不確かさをきちんと見極めるということは非常に重要な要素である。今後、研究を実施するのか。	ご指摘を踏まえ、研究計画（案）に追記しました。
高橋 浩道 氏		
3	規制検査でこういった PRA モデルが必要なのか。	プラントの機器重要度を適切に算出することのできる PRA モデルが必要であると考えます。
田原 美香 氏		
4	ダイナミック PRA の研究開発は、最初にアウトプットを想定し、それを達成するための計画を検討し、開発を行った後、目的とした機能の達成を確認する流れになる。現時点での見通しはどうか。	ダイナミック PRA は、原子力規制検査における検査指摘事項の重要度評価に活用することを想定して、研究計画を立てております。
5	ダイナミック PRA 手法の開発では、試解析を実施することで手法の妥当性を確認するとあるが、具体的に確認する手法の妥当性の判断基準はあるか。	ダイナミック PRA とこれまでの手法とで求めた炉心損傷頻度や機器重要度等と比較して、妥当性を確認する予定です。

## 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に対する外部専門家の評価意見及び専門技術者の御意見並びにその回答及び対応

## ○外部専門家

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
甲斐 倫明 氏			
1	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。	<p>1) 内部被ばく線量評価コードの開発は、最新の ICRP の動向を踏まえて評価法や体内動態データなどの最新情報を反映したコードの作成を目指している。最前線の知見を踏まえた研究計画となっている。</p> <p>2) 放射線健康リスク評価コードの開発は、最新の疫学やリスク評価の動向を踏まえた計画となっている。</p>	<p>拝承いたします。</p>
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	<p>1) 内部被ばく線量評価コードは、これまで JAEA の委託で実施されてきており、その研究を受け継いで進めていくものと理解している。その場合、評価コードの操作性、出力など運用方法を考えて開発するとき、コード作成のプログラム言語や PC やタブレットによる出力を意識したユーザーフレンドリなコードにするかなど検討事項が多い。従来の JAEA の方式に影響されることなく、利用者や活用方法を十分に検討し、新しいタイプのコード開発を行うことを期待する。</p> <p>2) 放射線健康リスク評価コードは、国際的にもコード開発は少なく、最新のコードでは不確かさ(データのもつ統計学誤差、モデルの不確かさ)を評価に含めたコード開発が主流である。この点を含め、リスクに影響する因子を増やす</p>	<p>1) いただいたコメントを参考にさせていただき開発を進めてまいります。</p> <p>2) 不確かさの評価については研究計画に位置付けておりますが、しっかりと取り組んでまいります。</p>

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
		<p>ことと不確かさ評価の両者のバランスを考慮したコード開発を行う必要がある。不確かさ評価は避けて通れない点であり、評価法の検討と結果の解釈・説明についても研究の一部として検討していく必要がある。</p>	
3	<p>③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。</p>	<p>1) 内部被ばく線量評価コードの活用の主目的として、事故時の特定個人への適用が最も期待されることになろう。仮想的集団の前向き線量評価は主に線量係数の整備でよいが、体内動態や体型などが大きく線量に影響する場合の評価に活用したり、さらにWBC、肺モニター、バイオアッセイなどの測定値をフィードバックできる線量評価コードに仕上げるのが期待される。</p> <p>2) 放射線健康リスク評価コードの目的は、リスク以外の要因も考慮して決定される防護基準の策定に貢献することよりも、防護基準の正当性など社会的な説明責任のツールとしての活用が期待される。また、最新の科学的情報をタイムリーに取り込むことでリスク推定にどのような影響があるかを評価したりするツールにもなり、数値として出力される評価コードの活用法を十分に議論していくことが必要である。</p>	<p>1) WBC等のモニタリング値に基づく内部被ばく線量評価に必要な核種の摂取量を推定する機能(核種摂取量推定機能)については、平成29年度より開始した内部被ばく線量評価コードの開発において検討を進めてきております。核種摂取量推定機能の開発について研究計画に明記いたします。また、体内除染治療が加えられた患者における内部被ばく線量評価については、本開発コードの延長で行えるのか、別種のコードとして開発するのかを含め、その研究開発の在り方について、関連する研究分野の進捗を踏まえて検討してまいります。</p> <p>2) 評価コードの活用法についてその公開の在り方を含め、議論を行ってまいります。</p>
4	<p>④重大な見落とし(観点の</p>	<p>②③に記載したコメントと重なるが、コード開発という目的は明確であ</p>	<p>評価コードの活用法についてその公開の在り方を含め、議論を進めてま</p>

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
	欠落)がないか。	<p>る。しかし、それをどう利用するのか、誰が利用するのか、計算の限界を踏まえた解釈説明などを十分に検討する必要がある。計算能力の優れたコードとして開発された SPEEDI が緊急時の運用問題で信頼を失う結果となってしまったように、同じ轍を踏まないようにしていただきたい。規制庁が開発するからには、コードの機能を踏まえて運用を十分に考えて信頼できるコードにしていくことが重要である。5年のプロジェクトで、コード開発の完成で終わるのではなく、一定の機能をもったコードを完成させ、その機能に応じた活用法を十分に議論して明確にすることも研究の一部として導入していただきたい。</p>	<p>いります。</p>
5	<p>その他（上記①～④に該当しないもの）</p>	<p>1) 研究体制についてコメントしたい。公募による研究を停止し、規制庁自らが研究を行う体制になることは研究結果に対する責任が明確になり、安全行政を前に進めるための役割を果たすために使われることになる。学会発表、論文発表などの一連の研究のプロセスを経ることは社会的な信頼の向上につながる研究体制となる。研究者の顔が見えることになり、国際的な役割を果たす機会が増えるようになるであろう。結果として放射線防護分野の人材育成につながる。IAEA、UNSCEAR、WHO、ICRP などの国際機関に積極的に貢献するような研究成果となり(その成果は国際機関によって評価を受け我が国に戻ってくる)、国際的視点をもって放射線安全行政全体を俯瞰できる人材</p>	<p>1) 国際的視点をもって放射線安全行政全体を俯瞰できる人材の確保・育成は極めて重要であると認識しており、しっかりと取り組んでまいります。</p>

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
		に育てることを目的の一つとしていただければ幸いである。研究の継続を考え、年代ごとに一定人数の確保をすることにも配慮していただきたい。	
飯本 武志 氏			
6	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。	現時点の資料の範囲で、これまでの国内での検討経緯をよく反映した研究計画になっていると考える。また、国際的な動向についてもよく精査がなされており、我が国での開発が必要とされている重要な項目からの課題選定になっている。	拝承いたします。
7	②解析実施手法、実験方法が適切か。	現時点の資料の範囲で「適切」と考える。今後、研究の進捗状況を追いながら、具体的な解析実施、実験方法等を聴取、確認させていただき、適宜より詳細なコメントをさせていただきたい。	拝承いたします。
8	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	現時点の資料の範囲で「適切」と考える。今後、研究の進捗状況を追いながら、解析結果の評価手法、実験結果の評価手法等を聴取、確認させていただき、適宜より詳細なコメントをさせていただきたい。	拝承いたします。
9	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	資料4の中長期の研究課題N-1、N-2から、資料5の各年度の具体的な内容が設定されるまでの、調査や議論のプロセスを今後どこかの研究報告のタイミングで是非ご教示いただきたい。例えば、線量、あるいはそのコードに関しても、研究対象として見るべき範囲は広いため、どのように焦点を絞り、どのように年度ごとの個々の論点をピックアップするに至ったかについて、研究計画策定に至るまでの国内外の情報の系統的精査、規制庁内での関連の議論のプロセスを解説いた	放射線防護に関する研究組織を設置する目的として、規制行政に資する研究課題の解決に資する知見を整備することに加えて、放射線防護に関する計測・線量評価分野及び健康リスク分野という二つの分野の専門家を確保・育成することも重要であると考えております。まずは、令和4年度から開始するプロジェクト研究として、それぞれの分野の一つ計2つ研究課題を選定しました。今後の研究報告のタイミングにおいて、調査や議論の過程について説明できるように検討して

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
		<p>だきたい。(ある項目が、見落とされているのか、それとも意識的にスコープから外したのかを明確にする目的。)</p>	<p>まいります。</p>
10	<p>その他（上記①～④に該当しないもの）</p>	<p>一連の研究計画とその活動には「人」が介在するので、どうしても当事者や担当者の趣味や嗜好が前面に出がちになる。規制当局の安全研究事業である限り、毎年12月頃に開催される予定の事前評価のときには、研究テーマの選定や実施計画の立案に至る情報収集の範囲や、テーマを絞っていく検討プロセスのご説明がとても重要になると考える。</p> <p>国研所属ではない専門家のひとりとして、この新たな規制研究には、国内研究でいま弱そうなところ、抜けがちでかつ重要なところを国として確実にピックアップいただくことを期待している。研究課題としてあまり興味深くはないテーマや成果がでるまでに時間やコストのかかるテーマには、一般論として民間研究では敬遠されがちなので、国が主体となる研究としては、そのようなものに「も」積極的に光をあて、バランスをみつつ計画的に研究テーマの中に組み込みこんでいただきたい。</p>	<p>規制研究に関し、本邦で取り組むべきものについて選定し、取り組むよう研究テーマの選定及び計画立案を検討してまいります。</p>
保田 浩志 氏			
11	<p>①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。</p>	<p>1) 当該研究プロジェクトのうち、課題1(被ばく線量評価コードの開発)では、ICRPが新たに勧告した内部被ばくに係る線量係数や</p>	<p>1) 課題1について、拝承いたします。</p>

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
		<p>外部被ばくに係る線量換算係数等の数値を取り入れようとするものであり、最新の知見を踏まえた取組みであると言える。</p> <p>2) 課題2(放射線健康リスク評価コードの開発)では、これまで長く放射線影響研究所等において原爆被爆者を対象に年齢や性で区分した詳細な放射線健康影響の評価が行われてきたことを踏まえたうえで、近年の放射線疫学調査や疾病統計等についての最新のデータを取り入れることで評価精度が有意に向上する見通しを明確に示す必要があると思われる。</p>	<p>2) 課題2について、いただいたコメントを踏まえて評価精度に関する検討について取り組んでまいります。</p>
12	②解析実施手法、実験方法が適切か。	<p>1) 課題1については、日本独自の被ばく評価コードを開発・整備し、それをを用いて ICRP により勧告された線量係数等の妥当性を検証したうえで、RI 濃度や個人線量に係る限度値の見直しを行うというもので、全体のアプローチは明瞭で適切であると判断される。</p> <p>2) 課題2については、がんの種類別(固形がん及び白血病)に対象集団の様々な条件(年齢・性・生活習慣等)に対して放射線リスクの推定を行うためには、ぼう大なデータベースの構築整備と不確かさの解析機能を含めたリスク評価プログラムの実用化に相当の労力と時間を要することが懸念され、ICRP 等が用いてきた既存のシステムを応用すること等により作業の効率化を図る必要があると考えられる。</p>	<p>1) 課題1について、拝承いたします。</p> <p>2) 課題2について、がんの種類については固形がん及び白血病としているところですが、がん種をどう扱うかについて検討してまいります。また、評価コードの開発に先立ち、国内外で開発された評価コードを調査した上で、効率的に研究を行ってまいります。</p>

No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
13	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	<p>1) 課題1については、ICRP2007年勧告の国内法令への取入れに伴って濃度限度等のRI数量告示を改正する際に結果を活用する旨の具体的な道筋が示されており、その実現で研究成果の規制行政における意義が明確になると期待される。</p> <p>2) 課題2については、推定された個人の健康リスクに基づいてどのように放射線防護対策に係る判断を行うのかが明瞭でなく、その道筋を具体的に示すための検討が必要と考えられる。例えば、原子力施設で異常事象が発生した際、現在の放射線量率等に基づいて周辺住民の防護措置を判断するための基準（Operational Intervention Level: OIL）を、リスクに基づく方法に高度化するという取組みが望まれる。</p>	<p>1) 課題1について、拝承いたします。</p> <p>2) 課題2について、評価コードの活用法について、議論を進めてまいります。</p>
14	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	<p>原子力規制委員会における安全研究の基本方針（平成28年7月6日制定）によれば、「事業者等が行うべき技術開発や信頼性向上を安全研究の目的とはしない。」(2-(1) 安全研究の目的)と記されているところ、今回の計画に関連する研究開発の一部は規制対象事業者でもある研究機関や大学等で実施されている可能性があり、上記基本方針に照らして問題のないことを確認しておく必要があると考えられる。</p>	<p>「事業者等が行うべき技術開発や信頼性向上を安全研究の目的とはしない。」は、許認可申請における技術的知見に関し、当該事業者側に説明責任があるものについては、その知見の整備のための技術開発及び研究は事業者自らが実施すべきであることを意味しております。一方、本研究は規制基準等の整備に活用するための知見の収集・整備や規制活動に必要な手段の整備を目的として実施するものです。そのため基本方針に照らして問題はないことを確認しております。</p>



No.	評価項目	評価意見	回答及び対応
15	その他（上記①～④に該当しないもの）	適切であれば、計画の実現可能性を評価するための情報として、各課題に投入を想定（要望）している予算の規模（各年度及び全体）も示していただきたい。	事前評価いただきました 2 つのプロジェクトを含めた放射線安全規制に係る研究事業の予算として、令和 4 年度は 2.1 億円を要求しております。措置された予算を適切に執行して研究を推進してまいります。

○専門技術者

No.	御意見	回答及び対応
金濱 秀昭 氏		
1	<p>(1) 被ばく線量評価コードの開発について</p> <p>① 既に放射線安全規制研究戦略的推進事業において JAEA 殿の開発された評価コードをベースにより精度を上げていく研究という位置付けという認識でよろしいのでしょうか。研究の成果としては、先日の評価でもその有効性が確認され、使用者側の立場から申しますとβ版も発出され、広く国内で一般使用ができるかという期待感があり、その確認です。</p> <p>更にこの研究では、このβ版についての意見などを吸い上げることになろうかと思えます。どのような団体でどのようなケースでの評価に扱われたのか分かりやすくまとめていただくと、凡例としても役立つのではないかと思います。</p> <p>② 職業被ばくにおける内部被ばく事象が発生すると実態としては、医療介入によりキレート剤の投与が行われると思えます。このような場合、体外への排出が促され、バイオアッセイ分析の結果などを考慮した評価が必要になると思えます。このような排出因子も入力できるように開発されていくのでしょうか、排出された核種は体内残留として保守的に評価するのでしょうか、これはコード開発とは別議論かも知れませんが、ある程度の融通性を持った評価ができるコードが望ましいと考えます。</p>	<p>被ばく線量評価コードについては、放射線安全規制研究戦略的推進事業において開発中のコードをベースに開発を進めてまいります。同コードβ版は、ご指摘の通り、専門家への使用提供を踏まえたコードの改良及び公開に向けた検討を行っているものになります。</p> <p>拝承いたします。コードβ版の試用提供において、意見を伺った専門家および評価いただいたケース及び得られた意見を踏まえたコードの改良内容について積極的に公表してまいります。</p> <p>本プロジェクトで開発するコードにはキレートモデルを搭載する予定はありません。キレートモデルに関しては、未だ一般化されていない状況であるため、引き続き関連する研究の動向を調査し、コードの高度化を含めてどのように取り組むべきか、その研究の方向性について議論を進めてまいります。</p>
2	<p>(2) 放射線健康リスク評価コードの開発について</p> <p>① 我が国の労災認定制度は、労働者救済の立場から科学的根拠とは一線を画した判断基準の元、認定されるという認識であります。多くは放射線被ばくによる労災については、「労災認定＝過剰被ばくによる発症」と捉え、実際に訴訟問題となるケースが後を絶ちません。このコード開発の主目的は原子力防災における防護基準やその措置への活用かと思えますが、放射線被ば</p>	<p>拝承いたします。開発するコードについて、放射線被ばくに対する理解活動への活用を含め、幅広く利用されるための活用・普及の在り方について議論を進めてまいります。</p>

	くに対する理解活動にも活用できるのではないかと期待を致します。	
橋本 周 氏		
3	被ばく線量評価コードの開発におけるシナリオ調査にあたり、特に公衆被ばくに関しては、発生源の施設から公衆に至る間の環境中の移行や公衆の生活様式の変化等、今般複雑さを増している。2年間でシナリオを検討するとしているが、どう考えているか。	シナリオの調査・検討に向けて、どういったものが必要かを初年度に調査した上でスケジュールも含めて計画を検討してまいります。
4	不確かさという用語の使い分けについてどのように考えているか。	不確かさについては、uncertainty と variability の意味合いがありますが、放射線健康リスク評価コード開発のプロジェクトにおける不確かさはこの両方を含んでいます。知識不足によるモデル・パラメータのばらつきやモデル自体の選択に起因するものは「Uncertainty」に分類されます。これに対し、「Variability」は、時間・空間・個人差といった本質的に存在する違いに起因するものと考えられ、集団別、年齢別、性別、被ばくタイプ別（遷延、急性）などの条件を詳細に場合分けすれば、評価を精緻化できると考えております。 Uncertainty と variability をしっかり区別しながら検討してまいります。
5	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におけるリスクの使い分けの整理をどのように考えているか。	リスクといった場合、シーベルト（実効線量）や10ベき乗（発生確率）のどちらを指すのかしばしば混乱を招く場合がありますが、リスクの定義と説明をしっかり意識しながら取り組んでまいります。

## 安全研究プロジェクトの評価実施要領

平成31年4月16日 制定

令和3年8月26日 改正

原子力規制庁

(中略)

### 3. 安全研究プロジェクトの評価

安全研究プロジェクトの評価は、事前評価（3. 1）、中間評価（3. 2）及び事後評価（3. 3）についてそれぞれ行う。この際、これらの評価に連続性と一貫性を持たせるため、以下の視点から一貫した評価を行う。

- ・ 目標・成果の適切性
- ・ 技術的妥当性
- ・ 研究の管理の適切性

#### 3. 1 事前評価

##### (1) 事前評価の目的

事前評価は、基本方針に基づき原則として毎年度作成する「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」（以下「実施方針」という。）に従い計画された新規の安全研究プロジェクト（後継の安全研究プロジェクトも含む。）について、その計画、成果目標及び研究手法の技術的妥当性等を確認することを目的とする。

なお、事前評価に先立ち、実施方針策定時に、新規安全研究プロジェクトの目的、研究計画の概要、成果の活用の見通し等を確認し、計画の適切性について確認する。

##### (2) 事前評価結果の活用

事前評価の結果は、安全研究プロジェクトの開始前に策定する研究計画（研究の背景、目的、知見の活用先、研究概要、実施計画（成果の公表計画も含む。）等を定めたものをいう。以下同じ。）の変更の要否の判断等に活用する。

##### (3) 事前評価の実施時期

事前評価は、安全研究プロジェクト開始の前年度の12月以降に行う。また、事前評価は、研究手法、成果の取りまとめ方法等の技術的妥当性の評価について客観性を確保するため、技術評価検討会（外部専門家の評価及び意見並びに産業界等の専門的な技術的知見を有する者（専門技術者）の意見を聴取するための公開会合をいう。以下同じ。）<sup>1</sup>での議論を経た上で行うものとする。

<sup>1</sup>技術評価検討会における外部専門家については、公正性及び中立性確保の観点から、利害関係者が評価に加わらないよ

(4) 事前評価の手法及び評価項目

事前評価は、様式1による当該安全研究プロジェクトを実施するための研究計画を作成した上で、研究内容の技術的妥当性について確認し、研究計画の変更の要否を評価する。

(5) 事前評価の手続

安全研究プロジェクトを担当する安全技術管理官等（安全技術管理官又はその代理として技術基盤グループ長が指名する者をいう。）（以下「担当安全技術管理官等」という。）は、技術評価検討会での意見等を踏まえ、評価項目ごとに研究計画の適否について評価を事前評価結果取りまとめ表（様式2）に記載して評価案を作成し、それを原子力規制委員会へ諮るものとする。

（以下略）

---

う十分に配慮する。なお、評価の視点は、①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか、②解析実施手法、実験方法が適切か、③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か、並びに④重大な見落とし（観点の欠落）がないかの4点とする。

研究計画

1. プロジェクト			担当部署	
			担当責任者	
2. カテゴリー・研究分野			主担当者	
3. 背景				
4. 目的				
5. 知見の活用先				
6. 安全研究概要	実施行程表			
	実施項目	〇〇年度	〇〇年度	〇〇年度
	(1) 〇〇〇〇	〇〇 (実施内容)	〇〇 (実施内容)	成果の公表 ▼
7. 実施計画				
8. 実施体制				
9. 備考				

## 事前評価結果取りまとめ表

評価項目	評価結果	
	担当安全技術管理官等による評価コメント	評価（案） （適・否）
研究内容の技術的妥当性		
研究計画案への反映	【担当安全技術管理官等による評価結果】	

・評価結果は、技術評価検討会で受けたコメント等を踏まえ記載する。

## 令和4年度の新規安全研究プロジェクト

### I. 原子力規制検査のためのレベル1PRAに関する研究（R4～R8（2022～2026））

#### 1. 背景

令和2年4月から施行された新たな原子力規制検査において、リスク情報を活用した検査や検査指摘事項の重要度評価が開始され、内部事象の確率論的リスク評価（PRA）から得られるリスク情報が用いられるようになった。原子炉施設におけるリスクを総合的に評価するためには、施設内にある機器故障等により発生する事故及びトラブルを対象にした内部事象だけでなく、地震、津波、火災、溢水等の外部事象により発生する事故及びトラブルを考慮することが必要である。このため、原子力規制検査で活用するリスク情報は、内部事象のリスク情報に加え、段階的に外部事象のリスク情報へ拡張していくことになっている。

現在までに、安全研究プロジェクト「規制へのPRAの活用のための手法開発及び適用に関する研究」において、原子力規制検査で用いる事業者の内部事象PRAモデルの適切性を確認する上で必要となる内部事象PRAに係る知見等を蓄積するとともに、外部事象PRA手法の検討等を行ってきた。

令和4年度からは、国内外で実施されている研究動向を踏まえつつ、外部事象のPRAに必要な最新知見等を取得し、原子力規制検査等の活動に使用するPRAに反映する。

#### 2. 目的

原子力規制検査における合理性・客観性を高めるために、不確かさを低減したレベル1PRAモデルを整備し、原子力規制検査で活用する。具体的には、地震、津波、火災、溢水等の外部事象に対する原子炉施設のリスクに係る知見を蓄積するとともに、詳細にリスクを評価できる手法（ダイナミックPRA手法など）を開発することで、原子力規制検査の日常検査における機器の選定や検査指摘事項の重要度評価などにリスク情報を活用する。

#### 3. 研究計画の概要

- 地震、津波、火災、溢水等の外部事象に対する原子炉施設のリスク及び機器の重要性に係る知見について、原子力規制検査で活用する事業者PRAモデルの適切性確認に必要な知見を整理するとともに、外部事象のPRAに最新知見を反映した各外部事象のレベル1PRAモデルを作成する。さらに、外部事象のリスクに対する検査指摘事項の重要度評価を行う方法及び解析コードを開発する。また、内部事象のPRAについては、人的過誤確率等の最新知見をモデルに反映させるなど、PRAモデルの不確かさの低減に必要な技術基盤を継続して整備していく。
- 詳細にリスクを評価できる手法の開発に向けて、検査指摘事項の重要度を詳細



に評価するために、事故の進展を詳細に考慮したダイナミック PRA 手法を開発する。さらに、地震と津波の複合事象に対するレベル 1PRA 手法、地震あるいは津波による隣接サイトの事故影響を考慮した PRA 手法等を開発し、段階的にリスク情報を拡充していく。

#### 4. 成果の活用の見通し

- 地震、津波、火災、溢水等の外部事象に対する原子炉施設のリスクに係る研究において蓄積される知見は、「原子力規制検査において使用する事業者 PRA モデルの適切性確認ガイド」に反映していく予定である。また、本研究で得られる外部事象のレベル 1PRA の技術は、「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」に反映され、検査指摘事項の重要度評価に活用される見込みである。
- 詳細にリスクを評価できる手法の開発に関する研究において得られる詳細なリスク情報及びリスク評価の手法は、原子力規制検査の検査指摘事項の重要度評価において活用される見込みである。

## II. 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 (R4～R8 (2022～2026))

### 1. 背景

IRRSにおいて、放射性同位元素等に係る規制の再構築、一層の資源配分を行う必要性が指摘されたことを踏まえ、平成29年度より提案型公募による研究事業の「放射線安全規制研究戦略的推進事業」を開始し、これまで放射線障害防止に係る規制及び放射線防護措置の改善に資する調査研究を体系的・効率的に推進してきた。同事業において、放射線防護に関する知見を一定程度蓄積できたことから、令和4年度以降は、国内外で実施されている研究を踏まえ、主体的に研究を推進し、安全規制における放射線防護分野の知見を更に蓄積することにより、放射線防護措置の科学的基盤である線量及び健康リスクの評価の精度向上を図ることとする。

### 2. 目的

放射線防護においては、被ばくによる線量と、その線量に対する健康リスクを適正に評価することが重要である。本研究は、現在の科学的水準及び国際動向を踏まえ、これらの評価に関する精度の向上を図る。被ばく線量評価については、ICRP2007年勧告を踏まえた濃度限度等の数値基準の改正に必要な研究開発を進める。放射線による健康リスクの評価については、最新の疫学的知見と我が国固有の保健統計に基づいて、健康リスクを精緻に評価するための科学的・技術的知見を取得する。

### 3. 研究計画の概要

- ICRP2007年勧告の放射線規制関係法令への取り込みを図るため、ICRP2007年勧告を踏まえた内部被ばく線量評価コードの開発を継続する。同コードを用いて、ICRPより順次公表されている実効線量係数の検証計算を行うとともに、法令改正に必要な一連の数値基準の計算を行う。本コードの活用により、最新知見に基づき国際基準にも整合した実効線量係数、濃度限度等の数値基準を規制に取り入れることができる。さらに、内部被ばく線量評価コードはパラメータを柔軟に変更することができるため、事故等による摂取が発生した場合に、対象集団に固有なパラメータを用いて、より現実的な内部被ばく線量評価を実施することも可能である。
- 防護基準の根拠として用いられるリスク係数は、単位線量を被曝した場合に、がんになる（がんで死亡する）リスクがどの程度増加するかを、集団全体に対する平均的な値として計算したものである。しかし実際には、性別・年齢・生活習慣因子（喫煙等）によって放射線発がんのリスクは大きく変化するため、緊急時のように、小児や妊婦、高齢者等、特定の集団に対する防護措置を考える場合には、当該集団の属性に基づいてリスクを精緻に推定する必要がある。このようなリスク推定を可能とするために、最新の放射線疫学調査に関する知見及び日本の保健

統計・がん統計を精査し、様々な条件に対して放射線発がんのリスクを計算評価するコードを整備する。

#### 4. 成果の活用の見通し

- 本研究で整備する内部被ばく線量評価コードは、5年後程度に見込まれる放射性同位元素等規制法及び原子炉等規制法へのICRP2007年勧告の取入れに際し、濃度限度等の数値基準の改正に活用される見込みである。また、原子力災害対応の訓練・研修において、より現実的な内部被ばく評価を踏まえた防護措置検討のツールとして活用されることが期待される。
- 原子力災害対策の継続的な改善を図る上で、本研究で開発する放射線健康リスク評価コードは、放射線リスクに関する定量的根拠を提供するツールとして活用される見込みであり、もってオフサイト防護戦略の検証及び見直しに資することが期待される。

**事前評価対象安全研究プロジェクトの研究計画  
(技術評価検討会での議論を踏まえ朱記修正)**

研究計画（案）

1. プロジェクト	7. 原子力規制検査のためのレベル 1PRA に関する研究	担当部署	技術基盤グループ シビアアクシデント研究部門
		担当責任者	秋葉 美幸 上席技術研究調査官
2. カテゴリー・研究分野	【原子炉施設】D) リスク評価	主担当者	濱口 義兼 主任技術研究調査官
3. 背景	<p>令和 2 年 4 月から施行された新たな原子力規制検査では、リスク情報を活用した検査や検査指摘事項の重要度評価が開始された<sup>(1-3)</sup>。今までのところ、原子力規制庁（以下「規制庁」という。）では、原子炉施設内の機器の故障等で発生する事故及びトラブル（内部事象）を対象にした確率論的リスク評価（以下「PRA」という。）から得られるリスク情報を用いている。しかしながら、原子炉施設におけるリスクを総合的に評価するためには、施設内にある機器故障等により発生する事故及びトラブルを対象にした内部事象だけでなく、地震、津波等の外部事象により発生する事故及びトラブルを考慮することが必要である。このため、原子力規制検査で活用するリスク情報は、内部事象のリスク情報に加え、段階的に外部事象のリスク情報へ拡張することとしている。なお、米国原子力規制委員会（米国 NRC）においては、リスク情報を活用した検査制度を導入しており、PRA を活用した検査指摘事項の重要度評価においては、内部事象だけでなく、地震、火災、溢水等を対象にした外部事象の PRA も活用している<sup>(4)</sup>。</p> <p>これまでに、規制庁では外部事象を対象にした PRA として、地震時 PRA、津波時 PRA、火災 PRA 及び溢水 PRA の手法開発を実施してきた。また、当該手法を用いて、重大事故等対処設備のモデルを組み込んだ PRA モデルを作成してきた<sup>(5)</sup>。しかしながら、外部事象の PRA を適用する上では、運転員操作の環境悪化や運転員操作の複雑化を考慮する必要があるが、従来の一般的な人間信頼性解析手法 THERP ではこのような状況を考慮することができなかった。また、外部事象では、地震等の外部からの共通する力による炉心損傷を防止する種々の対処設備の故障（機器フラジリティ）の関係性や地震時に津波が発生する場合には原子炉施設に影響する外部からの力の到達時間が異なるなど、対象とする外部事象に応じて原子炉施設に及ぼす影響が複雑となるため、外部事象の PRA を実施するためには、このような複雑な状況を PRA モデルに組み込んだ PRA 評価手法が必要になる。さらに、これまでの PRA では、火災の発生箇所、溢水の伝播経路の形状、炉心損傷を防止する種々の対処設備の故障原因等の外部事象とその影響の考慮範囲が限定的であったため、複数の外部事象を組合せた PRA のためには、影響範囲を拡大させて種々の影響の組合せを考慮する必要がある。これらに加えて、PRA を活用する際は、PRA の結果が持つ不確かさを特定して、特定した不確かさを検査指摘事項の重要度評価等の活動に適切に考慮していく必要がある<sup>(6)</sup>。</p> <p>米国においては、運転員の認知に焦点を当てた新しい人間信頼性解析の手法の開発<sup>(7-8)</sup>や熱水力解析、PRA 及び人間信頼性解析を統合して詳細にリスクを評価できるダイナミック PRA の開発<sup>(9)</sup>などが進められており、PRA の解析精度を高度化する研究が進められている。さらに、機器故障率等のパラメータに含まれる不確かさ、PRA モデルに含まれる不確かさ及び PRA モデルの不完全さによる不確かさの特定方法<sup>(10)</sup>やこれらの不確かさを考慮した上での内部事象 PRA の結果と外部事象 PRA の結果との統合についての研究<sup>(11)</sup>が行われている。</p> <p>これまでに、規制庁では運転員の認知に焦点を当てた新しい人間信頼性解析を導入するため種々の解析を実施してきた。さらに熱水力解析と PRA を統合したダイナミック・イベントツリー手法を開発し、詳細にリスクを評価できるダイナミック PRA の基礎を整備してきた。しかしながら、運転員による複数の操作間の失敗に係る依存関係を十分考慮できず、刻一刻と変化するプラント状況に対応した人間信頼性解析を実施することができなかった。さらに、PRA で必要な機器故障率の算出方法、安定状態の定義及び最確推定の方法が明確ではなく、不確かさの要因になっていた<sup>(6)</sup>。適切に種々の外部事象 PRA の手法を開発していくためには、基礎となる内部事象 PRA の不確かさを低減する必要がある。</p> <p>本研究プロジェクトでは、原子力規制検査で使用する外部事象を対象にしたリスク情報を得るために、米国、欧州等で実施されている研究動向<sup>(12-13)</sup>及び検査活動を踏まえつつ、内部事象及び外部事象の PRA に必要な最新知見等を取得する。また、起因事象の発生から炉心損傷までを評価できる PRA（以下「レベル 1PRA」という。）の手法の高度化を図るとともに、種々の外部事象を対象に詳細に評価できるレベル 1PRA 手法を開発する。<u>具体的には、人間信頼性解析については、米国で開発されている運転員の認知に焦点を当てた人間信頼性解析<sup>(7-8)</sup>に加え、本研究では運転員による複数の操作間の失敗に係る依存関係を解析手法に組み込んでいく。また、ダイナミック PRA については、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が開発したダイナミック PRA<sup>(5)</sup>及び米国で開発されている運転員の認知に焦点を当てた人間信頼性解析<sup>(7-8)</sup>を基に、本研究では新しくダイナミック PRA と人間信頼性解析を統合させて、刻一刻と変化するプラント状況と運転員との関係を解析できるようにする。これらの研究に加え、レベル 1PRA が持つ不確かさを特定し分類することで、不確かさを明確にして、低減できる不確かさについては低減していく。</u></p> <p><u>なお、外部事象のハザード及び機器フラジリティについては、技術基盤グループ地震・津波研究部門が担当している安全研究プロジェクト「震源近傍の地震ハザード評価手法の高度化に関する研究」、「津波評価手法及び既往津波の波源推定に関する研究」及び「外部事象に係る施設・設備のフラジリティ評価手法の高度化に関する研究」で得られた成果を活用する予定である。</u></p>		
4. 目的	<p>原子力規制検査における合理性及び客観性を高めるために、不確かさを低減したレベル 1PRA モデルの整備に資する研究として、以下の研究をすることで、原子力規制検査の日常検査における機器の選定や検査指摘事項の重要度評価などにリスク情報を活用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 地震、津波等の外部事象を対象に、単独又は付随する事象に対するレベル 1PRA の手法を開発し、原子炉施設のリスクに係る知見を蓄積する</li> <li>● 詳細にリスクを評価できる手法ダイナミック PRA 手法を開発する</li> </ul>		

<p>5. 知見の活用先</p>	<p>本研究プロジェクトをととして取得した内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA に係る知見は、以下に活用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 原子力規制検査で使用する事業者 PRA モデルの適切性確認ガイドに外部事象レベル 1PRA の確認項目を追加する。</li> <li>● 発電所ごとで日常検査の機器選定に使用するリスク情報ハンドブックに外部事象のリスク情報を追加する。</li> <li>● 原子力安全に係る重要度評価に関するガイドに種々の外部事象のリスク評価の方法を追加する。</li> <li>● 原子力安全に係る重要度評価において使用するリスク評価ツールに種々の外部事象のリスクを計算できる機能を追加する。</li> </ul>
<p>6. 安全研究概要 (始期：R4年 度) (終期：R8年 度)</p>	<p>本プロジェクトの研究は、「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」（令和元年 5 月 29 日原子力規制委員会決定）における安全研究のうち以下の分類に基づき実施する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 規制基準等の整備に活用するための知見の収集・整備（以下「分類①」という。）</li> <li>② 規制活動に必要な手段の整備（以下「分類③」という。）</li> <li>③ 技術基盤の構築・維持（以下「分類④」という。）</li> </ol> <p>地震、津波等の外部事象の単独又は付随する事象に対する原子炉施設のリスク及び機器の重要性に係る知見を得るために、外部事象の PRA に最新知見を反映した各外部事象のレベル 1PRA モデルを作成する。作成した各外部事象のレベル 1PRA モデルから得られたリスク情報を用いて、原子力規制検査で活用する事業者 PRA モデルの適切性確認に必要な知見を整理するとともに、外部事象のリスクに対する検査指摘事項の重要度評価を行う方法及び評価ツールを開発する。また、施設内にある機器故障等により発生する事故及びトラブルを対象にした内部事象に対する原子炉施設のリスク及び機器の重要性を得るためのレベル 1PRA モデルについては、人的過誤確率等の最新知見をモデルに反映させるなど、PRA モデルの不確かさの低減に必要な技術基盤を継続して整備していく。</p> <p>詳細にリスクを評価できる手法の開発に向けて、検査指摘事項の重要度を詳細に評価するために、熱水力解析、PRA 及び人間信頼性解析を統合して事故の進展を詳細に考慮できるダイナミック PRA 手法を開発する。また、地震と津波の複合事象に対するレベル 1PRA 手法、地震又は津波による隣接サイトの事故影響を考慮した PRA 手法等を開発し、段階的にリスク情報を拡充していく。</p> <p>安全研究計画の概要を図 1 に示す。</p>

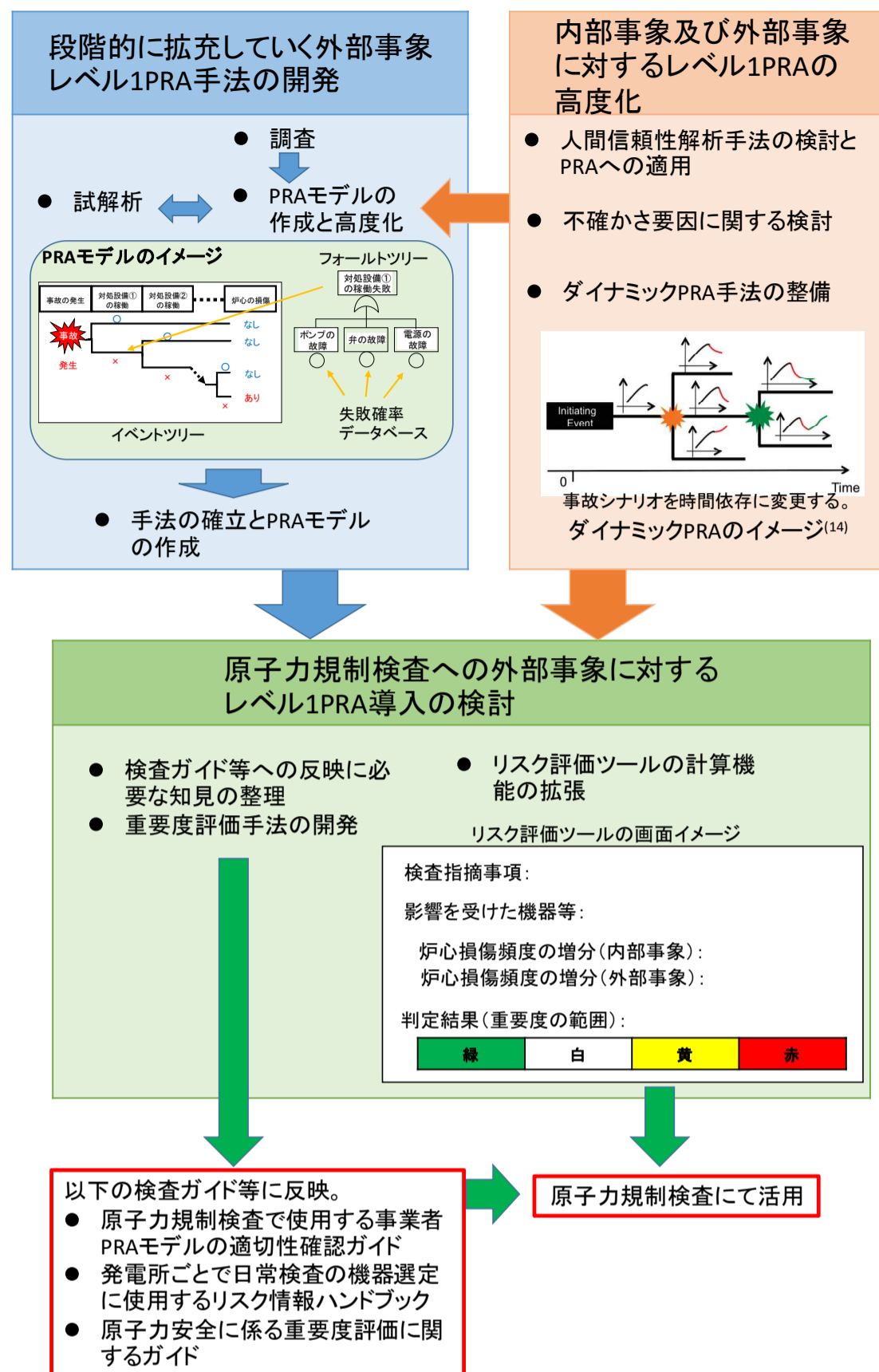


図1 安全研究計画の概要

(1) 段階的に拡充していく外部事象レベル1PRA手法の開発

a. 複合事象（複合ハザード）を対象にしたPRAの整備【分類①、③及び④】

- ・ 既存の地震、津波、火災及び溢水を対象にした各レベル1PRAを対象に、国内外の最新知見を反映して見直し、地震時に発生する可能性のある津波、地震時に発生する可能性のある火災、地震時に発生する可能性のある溢水等の複数の事象が発生した場合の外部事象レベル1PRAの手法を開発する。ここでは、各事象が重畳した場合の原子炉施設への複雑なインパクトに着目して、PRAの手法を開発する。これらの手法の開発においては、国内外の最新知見を反映して検討した手法を基に複合事象を対象にしたPRAモデルを作成し、作成したPRAモデルを用いて試解析を実施することで手法の妥当性を確認して進める。また、妥当性を確認した手法を用いて、複合事象を対象にしたPRAモデルを作成する。

b. 多数基立地サイトを対象とした外部事象PRAの整備【分類①、③及び④】

- ・ 複数の原子炉施設があるサイトや複数のサイトが近くにある地域を対象にした外部事象PRAの手法を開発する。ここでは、隣接プラントや隣接サイトで発生した事故対応による設備及び作業員のリソース配分、放射性物質の放出に係る屋外作業の著しい作業環境の悪化、地震等の事象が複数の原子炉施設に及ぼす影響の相関関係に着目して、PRAの手法を開発する。この手法の開発においては、国内外の最新知見を反映して検討した手法を基にPRAモデルを作成し、作成したPRAモデルを用いて試解析を実施することで手法の妥当性を確認して進める。また、妥当性を確認した手法を用いて、複合事象を対象にしたPRAモデルを作成する。

c. その他の外部事象に係るPRAの整備【分類①、③及び④】

- ・ 国内外の最新知見を用いて強風、火山等の外部事象PRA手法を開発する。これら手法の開発においては、国内外の最新知見を反映して検討した手法を基に強風、火山等の外部事象PRAモデルを作成し、作成したPRAモデルを用いて試解析を実施することで手法の妥当性を確認して進める。また、国内外の最新知見を用いて、種々の自然ハザードや人工ハザード<sup>(13)</sup>に対する原子炉施設への影響を検討する。

- (2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル1PRA導入の検討
- a. 原子力規制検査で活用する事業者PRAモデルの適切性確認に必要な知見の整理【分類①】
    - ・ 原子力規制検査においては、事業者が作成するPRAモデルの適切性を確認した後、これを活用してリスク情報を得ることになっている。事業者は内部事象に対するPRAモデルだけでなく、外部事象に対するPRAモデルを作成する予定であるため、事業者のPRAモデルの適切性を確認するために、外部事象レベル1PRAで必要となる機器フラジリティの相関や外部事象によって発生する起因事象とそのPRAモデルの作成方法等の知見を確認の項目として整理する。
  - b. 外部事象のリスクに対する検査指摘事項の重要度評価手法の開発【分類③】
    - ・ 外部事象のハザードや機器フラジリティを内部事象PRAモデルに組込んで簡易的に外部事象のリスクを計算する方法を開発する。さらに、外部事象PRAを用いて地震や津波等の外部事象を対象にした検査指摘事項の重要度評価の方法及び機器重要度の算出手法を開発する。
  - c. 外部事象のリスクに対する計算機能の拡張【分類③】
    - ・ 検査官が検査指摘事項の重要度評価を行う際に使用するリスク評価ツールを対象に、外部事象のリスクに対する簡易計算機能及び詳細計算機能を加える。
- (3) 内部事象及び外部事象に対するレベル1PRAの高度化
- a. 新たな人間信頼性解析手法のPRAへの適用【分類①、③及び④】
    - ・ 人間信頼性解析において、運転員による複数の操作間における失敗原因の依存関係を考慮する方法及び運転員の操作失敗に関係する中央制御室の機器故障を考慮する方法を検討する。
    - ・ 地震に伴う斜面の崩落や強風時の屋外作業等、外部事象に伴う作業環境の悪化等を人間信頼性解析において考慮する方法を検討する。
    - ・ これらの方法を含んだ人間信頼性評価手法を各PRAモデルに適用する。
  - b. 不確かさ要因に関する検討【分類①、③及び④】
    - ・ 各国との故障率の相違点を明確にし、適切な故障率の算出の方法を検討する。
    - ・ レベル1PRAで想定する安定状態の定義を明確にし、不確かさの低減方法を検討する。
    - ・ 成功基準解析等に含まれる保守的な条件、仮定等を明確にし、最確推定の方法を検討する。
    - ・ 不完全さに関する不確かさについて、特定方法及び評価方法を検討する。
  - c. ダイナミックPRA手法の整備【分類④】
    - ・ レベル1PRAに係る最新知見として、プラント状態が変化することを考慮できるダイナミックPRA手法及び運転員の操作のタイミングや操作失敗のタイミングを考慮できるダイナミックPRA手法を開発する。これらの手法の開発においては、国内外の最新知見を反映して検討した手法を基に計算コードを開発し、開発した計算コードを用いて試解析を実施することで手法の妥当性を確認して進める。また、PWRプラント及びBWRプラントを対象にダイナミックPRA手法を用いて炉心損傷頻度、機器重要度等の試解析を実施し、原子力安全に係る重要度評価に関するガイド及びリスク情報ハンドブックへの反映を検討する。

行程表

項目	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度
(1) 段階的に拡充していく外部事象レベル1PRA手法の開発			学会発表▽		論文投稿▽
a. 複合事象(複合ハザード)を対象にしたPRAの整備	調査、検討 地震・津波PRA	火災・溢水PRA	試解析		PRAモデル作成
b. 多数基立地サイトを対象とした外部事象PRAの整備	調査、検討	別の研究プロジェクト	試解析		PRAモデル作成
c. その他の外部事象に係るPRAの整備	強風レベル1PRAモデルの作成 火山レベル1PRAモデルの作成 種々の外部事象の調査				
(2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル1PRA導入の検討		原子力安全に係る重要度評価に関するガイド及び原子力規制検査で使用する事業者PRAモデルの適切性確認ガイドへの反映の検討▽			
a. 原子力規制検査で活用する事業者PRAモデルの適切性確認に必要な知見の整理	事業者の津波PRAモデルの適切性	事業者の地震PRAモデルの適切性	事業者の火災PRAモデルの適切性	事業者の溢水PRAモデルの適切性	



<p>b. 外部事象のリスクに対する検査指摘事項の重要度評価手法の開発</p> <p>c. 外部事象のリスクに対する計算機能の拡張</p>	<p>内部事象 PRA モデルを活用した簡易評価手法の検討</p>	<p>外部事象 PRA モデルを用いた詳細評価手法の検討</p>	<p>外部事象 PRA モデルを用いた詳細評価手法の検討</p>	<p>外部事象 PRA モデルを用いた詳細評価手法の検討</p>	<p>外部事象 PRA モデルを用いた詳細評価手法の検討</p>
<p>(3) 内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA の高度化</p> <p>a. 新たな人間信頼性解析手法の PRA への適用</p> <p>b. 不確かさ要因に関する検討</p> <p>c. ダイナミック PRA 手法の整備</p>	<p>依存性を考慮した人間信頼性解析手法の検討</p> <p>外部事象発生時の評価に対応した人間信頼性解析手法の検討</p> <p>安定状態に係る不確かさの検討</p> <p>調査、検討</p>	<p>学会発表▽</p> <p>故障率に係る不確かさの検討</p> <p>不安定状態に係る不確かさの検討</p> <p>不完全さに関する不確かさの検討</p>	<p>学会発表▽</p> <p>最確推定に係る検討</p> <p>試解析</p>	<p>論文投稿▽</p>	<p>学会発表▽</p> <p>原子力安全に係る重要度評価に関するガイド等への反映の検討</p>

7. 実施計画

【R4年度の実施内容】

(1) 段階的に拡充していく外部事象レベル 1PRA 手法の開発

- ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA 手法の開発のため、既存の地震時レベル 1PRA 及び津波時レベル 1PRA を対象に、複合事象の取扱いに着目して国内外の最新知見を反映して見直す。
- ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA 及び多数基立地サイトを対象とした外部事象レベル 1PRA の調査及び検討を行う。具体的には、種々の災害例を分析し、複数の災害間の関係性を整理し、複合事象に至る共通原因、相互影響、組合せ、連鎖等及びそれらのスクリーニング方法等の取り扱い方を開発する。
- ・強風、火山等の外部事象レベル 1PRA 手法の検討を行う。

(2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル 1PRA 導入の検討

- ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、事業者の地震時レベル 1PRA モデル及び事業者の津波時レベル 1PRA モデルの適切性確認に必要な技術的知見を整理する。
- ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価の簡易評価手法を検討する。
- ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価用のリスク評価ツールを検討する。

(3) 内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA の高度化

- ・人間信頼性解析において、運転員による複数の操作の失敗に係る依存性を考慮する方法及び運転員の操作失敗に係る中央制御室の機器故障を考慮する方法を検討する。
- ・外部事象に伴う作業環境の悪化等を人間信頼性解析において考慮する方法を検討する。
- ・レベル 1PRA に係る最新知見として、関係機関と協力して、プラント状態が変化することを考慮できるダイナミック PRA 手法及び運転員の操作のタイミングや操作失敗のタイミングを考慮できるダイナミック PRA 手法を検討する。

【R5年度の実施内容】

(1) 段階的に拡充していく外部事象レベル 1PRA 手法の開発

- ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA 手法の開発のため、既存の火災時レベル 1PRA 及び溢水時レベル 1PRA を対象に、国内外の最新知見を反映して見直す。
- ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA 及び多数基立地サイトを対象とした外部事象レベル 1PRA の調査及び検討を行う。
- ・強風、火山等の外部事象レベル 1PRA モデルの作成を行う。

(2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル 1PRA 導入の検討

- ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、事業者の地震時レベル 1PRA モデル及び事業者の津波時レベル 1PRA モデルの適切性確認に必要な技術的知見を整理する。
- ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価の簡易評価手法を検討する。
- ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価用のリスク評価ツールを検討する。

(3) 内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA の高度化

- ・人間信頼性解析において、運転員による複数の操作の失敗に係る依存性を考慮する方法及び運転員の操作失敗に係る中央制御室の機器故障を考慮する方法を検討する。
- ・外部事象に伴う作業環境の悪化等を人間信頼性解析において考慮する方法を検討する。
- ・各国との故障率の相違点を明確にし、適切な故障率の算出の方法を検討する。
- ・レベル 1PRA で想定する安定状態の定義を明確にし、不確かさの低減方法を検討する。

・レベル 1PRA の不完全さに係る不確かさの特定方法を検討する。

・レベル 1PRA に係る最新知見として、関係機関と協力して、プラント状態が変化することを考慮できるダイナミック PRA 手法及び運転員の操作のタイミングや操作失敗のタイミングを考慮できるダイナミック PRA 手法を検討する。

【R6年度の実施内容】

- (1) 段階的に拡充していく外部事象レベル 1PRA 手法の開発
    - ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA 及び多数基立地サイトを対象とした外部事象レベル 1PRA の試解析を行う。
  - (2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル 1PRA 導入の検討
    - ・事業者が高度化している外部事象レベル 1PRA モデルを参考に、事業者の地震時レベル 1PRA モデル、事業者の津波時レベル 1PRA モデル及び溢水レベル 1PRA モデルの適切性確認に必要な技術的知見を整理する。
    - ・高度化された外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価の簡易評価手法を検討する。
    - ・既存の外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価用のリスク評価ツールを開発する。
  - (3) 内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA の高度化
    - ・外部事象に伴う作業環境の悪化等を人間信頼性解析において考慮する方法を検討する。
    - ・各国との故障率の相違点を明確にし、適切な故障率の算出の方法を検討する。
    - ・レベル 1PRA で想定する安定状態の定義を明確にし、不確かさの低減方法を検討する。
    - ・成功基準解析等に含まれる保守的な条件、仮定等を明確にし、最確推定の方法を検討する。
    - ・レベル 1PRA の不完全さに係る不確かさの特定方法を検討する。
- ・PWR プラント及び BWR プラントを対象にダイナミック PRA 手法を用いて炉心損傷頻度、機器重要度等の試解析を実施し、原子力規制検査への導入方法を検討する。

【R7年度の実施内容】

- (1) 段階的に拡充していく外部事象レベル 1PRA 手法の開発
    - ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA 及び多数基立地サイトを対象とした外部事象レベル 1PRA の試解析を行う。
  - (2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル 1PRA 導入の検討
    - ・事業者が高度化している外部事象レベル 1PRA モデルを参考に、事業者の地震時レベル 1PRA モデル、火災レベル 1PRA モデル及び溢水レベル 1PRA モデルの適切性確認に必要な技術的知見を整理する。
    - ・高度化された外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価の簡易評価手法を検討する。
    - ・高度化された外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価用のリスク評価ツールを検討する。
  - (3) 内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA の高度化
    - ・レベル 1PRA で想定する安定状態の定義を明確にし、不確かさの低減方法を検討する。
    - ・成功基準解析等に含まれる保守的な条件、仮定等を明確にし、最確推定の方法を検討する。
    - ・レベル 1PRA の不完全さに係る不確かさの特定方法を検討する。
- ・PWR プラント及び BWR プラントを対象にダイナミック PRA 手法を用いて炉心損傷頻度、機器重要度等の試解析を実施し、原子力規制検査への導入方法を検討する。

【R8年度の実施内容】

- (1) 段階的に拡充していく外部事象レベル 1PRA 手法の開発
    - ・複合事象を対象にしたレベル 1PRA モデル及び多数基立地サイトを対象とした外部事象レベル 1PRA モデルを作成する。
  - (2) 原子力規制検査への外部事象に対するレベル 1PRA 導入の検討
    - ・事業者が高度化している外部事象レベル 1PRA モデルを参考に、火災レベル 1PRA モデルの適切性確認に必要な技術的知見を整理する。
    - ・高度化された外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価の簡易評価手法を開発する。
    - ・高度化された外部事象レベル 1PRA モデルを用いて、検査指摘事項の重要度評価用のリスク評価ツールを開発する。
  - (3) 内部事象及び外部事象に対するレベル 1PRA の高度化
    - ・特定したレベル 1PRA の不完全さに係る不確かさによる炉心損傷頻度等への影響を確認。
- ・PWR プラント及び BWR プラントを対象にダイナミック PRA 手法を用いて炉心損傷頻度、機器重要度等の試解析を実施し、原子力規制検査への導入方法を検討する。

8. 実施体制

【シビアアクシデント研究部門における実施者】

○濱口 義兼	主任技術研究調査官
出井 千善	技術研究調査官
城島 洋紀	技術研究調査官
川口 秀雄	技術研究調査官
西小野 華乃子	技術研究調査官
後藤 歌穂	技術研究調査官
伊東 智道	技術研究調査官
下崎 敬明	安全技術専門職

関 連 研 究

段階的に拡充していく外部事象レベル1PRA手法を開発していく上で、次の研究プロジェクトからの成果を反映する。

- ・「震源近傍の地震ハザード評価手法の高度化に関する研究」（令和2年度～令和5年度）
- ・「津波評価手法及び既往津波の波源推定に関する研究」（令和3年度～令和6年度）
- ・「外部事象に係る施設・設備のフラジリティ評価手法の高度化に関する研究」（令和3年度～令和6年度）

文 献

- (1) 原子力規制庁、原子力規制検査等実施要領、令和元年12月、<https://www2.nsr.go.jp/data/000361161.pdf>
- (2) 原子力規制庁 原子力規制部 検査監督総括課、原子力安全に係る重要度評価に関するガイド、  
<https://www2.nsr.go.jp/data/000360584.pdf>
- (3) 原子力規制庁 原子力規制部 検査監督総括課、原子力規制検査において使用する事業者 PRA モデルの適切性確認ガイド、  
<https://www2.nsr.go.jp/data/000360587.pdf>
- (4) U.S. Nuclear Regulatory Commission, “The Significance Determination Process for Findings At-Power,” Inspection Manual Chapter 609 Appendix A, November 2020, <https://www.nrc.gov/docs/ML2114/ML21148A149.pdf>
- (5) 下崎敬明 他、「安全研究成果報告(中間) (案) 規制への PRA の活用のための手法開発及び適用に関する研究」、原子力規制委員会原子力規制庁、平成31年4月、<https://www.nsr.go.jp/data/000267625.pdf>
- (6) 濱口義兼、「確率論的リスク評価 (PRA) モデルの現状と課題 内部事象レベル1PRA」、研究報告会資料、原子力規制委員会原子力規制庁、令和3年5月、<https://www.nsr.go.jp/data/000353595.pdf>
- (7) N. Ekanem, A. Mosleh, “Phoenix - A Model-Based Human Reliability Analysis Methodology: Quantitative Analysis Procedure and Data Base,” Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 12, June 2014.
- (8) J.Xing et al., “The General Methodology of An Integrated Human Event Analysis System (IDHEAS-G),” U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-2198, <https://www.nrc.gov/docs/ML2112/ML21127A272.pdf>
- (9) M. Diaconeasa, A. Mosleh, “Integration of Qualitative and Quantitative Hybrid Causal Logic into a Simulation-based Platform for Probabilistic Risk Assessment of Nuclear Power Plants,” University of California Los Angeles, 2017, <https://escholarship.org/uc/item/9wc84881#main>
- (10) M. Drouin et al., “Guidance on the Treatment of Uncertainties Associated with PRAs in Risk-Informed Decisionmaking,” U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1855 Revision 1, March 2017.  
<https://www.nrc.gov/docs/ML1706/ML17062A466.pdf>
- (11) U.S. Electric Power Research Institute, “An Approach to Risk Aggregation for Risk-Informed Decision-Making,” 3002003116, April 2015.
- (12) K. Decker et al., “Guidance document on practices to model and implement EARTHQUAKE hazards in extended PSA,” EURATOM, December 2017, [http://asampsa.eu/wp-content/uploads/2014/10/ASAMPSA\\_E-D50.15-REPORT-1-EARTHQUAKE-PSA-vol1.pdf](http://asampsa.eu/wp-content/uploads/2014/10/ASAMPSA_E-D50.15-REPORT-1-EARTHQUAKE-PSA-vol1.pdf)
- (13) K. Decker, H. Brinkman, “List of external hazards to be considered in ASAMPSA-E,” EURATOM, December 2016, [http://asampsa.eu/wp-content/uploads/2014/10/ASAMPSA\\_E-D21.2\\_External\\_Hazard\\_List.pdf](http://asampsa.eu/wp-content/uploads/2014/10/ASAMPSA_E-D21.2_External_Hazard_List.pdf)
- (14) A. Alfonsi et al., “Dynamic Event Tree Analysis Through RAVEN,” ANS PSA 2013 International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment and Analysis, September 2013.

9. 備考

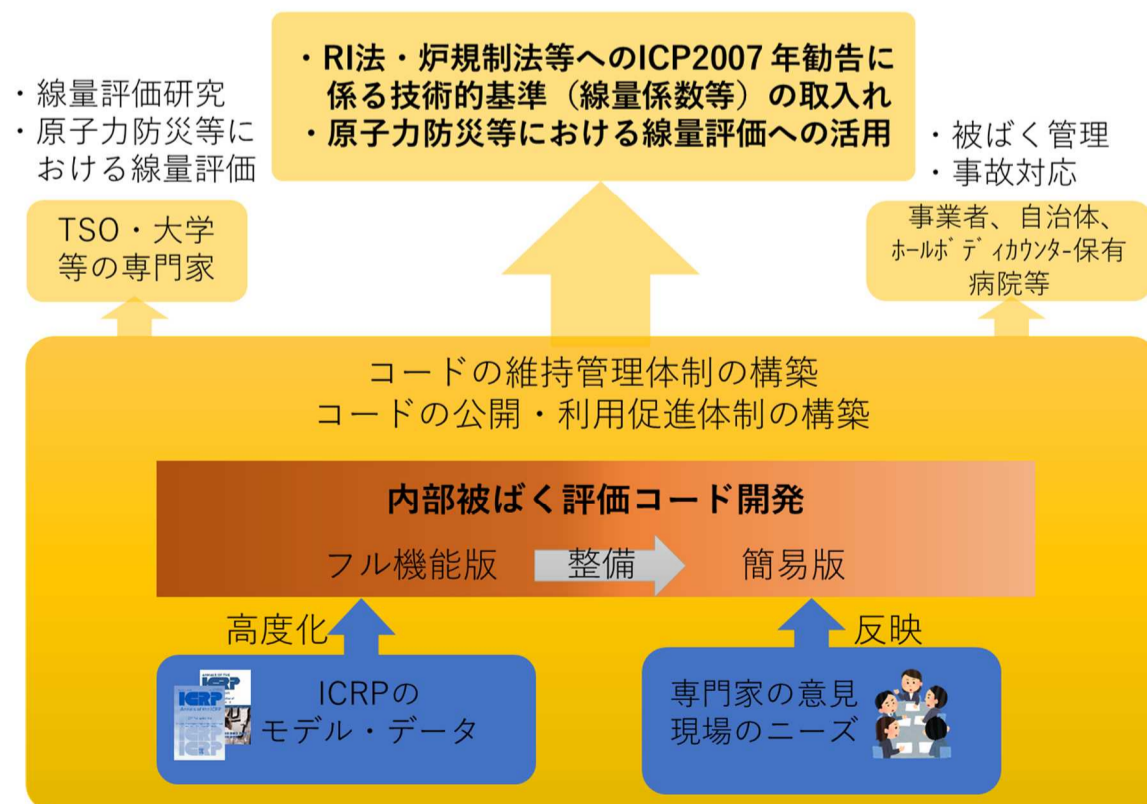
研究計画（案）

<p>1. プロジェクト</p>	<p>21. 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</p>	<p>担当部署</p>	<p>技術基盤グループ 環境・放射線研究部門（仮称） 放射線防護研究班（仮称）構築準備チ ーム／技術基盤課</p>
		<p>担当責任者</p>	<p>遠山 真 チーム長</p>
<p>2. カテゴリー・ 研究分野</p>	<p>（4）原子力災害対策・放射線防護等 ②放射線防護</p>	<p>主担当者</p>	<p>大町 康 副チーム長 荻野 晴之 チーム員</p>
<p>3. 背景</p>	<p>平成 28 年に行われた国際原子力機関（IAEA）による総合規制評価サービス（IRRS）において、放射性同位元素に係る規制の再構築、一層の資源配分を行う必要性が指摘されたことを踏まえ、平成 29 年度から提案型公募による研究事業の「放射線安全規制研究戦略的推進事業」を開始し、これまで放射線障害防止に係る掛かる規制及び放射線防護措置の改善に資する調査研究を体系的・効率的に推進してきた。同事業において、放射線防護に関する知見を一定程度蓄積できたことから、令和 4 年度以降は、国内外で実施されている研究を踏まえ、主体的に研究を推進し、安全規制における放射線防護分野の知見を更に蓄積する必要があるとされ、令和 4 年度から技術基盤グループ環境・放射線研究部門（仮称）において放射線防護研究を実施する予定である。</p> <p>放射線防護においては、被ばくによる線量と、その線量に対する健康リスクを適正に評価することが重要であり、現在の科学的水準及び国際動向を踏まえ、これらの評価に関する精度の向上に継続的に取り組み、得られた知見を放射線規制関連法令等や原子力災害対策指針等に適切に反映させることが重要である。このような観点から本プロジェクトにおいては、被ばく線量評価に関する研究として、①国際放射線防護委員会（ICRP）2007 年勧告の国内法令等への取入れ等において必要とされる内部被ばく評価コードの開発を、放射線健康リスクの評価に関する研究として、②緊急時における放射線防護措置判断に必要とされる防護措置対象集団のリスクの精緻な評価を行うための放射線健康リスク評価コードの開発を行う予定である。</p> <p>① 被ばく線量評価コードの開発</p> <p>現在、ICRP の最新の勧告である 2007 年勧告を国内法令等へ取り入れるための審議が放射線審議会において進められている。国内の放射線規制においては、被ばく評価法に係る技術的基準が告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」（以下「RI 数量告示」という。）（放射性同位元素等の規制に関する法律）及び線量限度に関する告示（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律）等により与えられているが、これらはいずれも 1990 年勧告に準拠する刊行物の線量係数や線量換算係数を基本としている。そのため、2007 年勧告を国内法令等へ取り入れる場合、RI 数量告示を改正する必要がある。ICRP の 2007 年勧告では、放射線加重係数及び組織加重係数並びに放射性核種ごとの体内動態モデルが見直されるとともに、医学診断画像に基づく精緻な標準ファントムが導入された。これらを踏まえ、ICRP から順次、内部被ばく実効線量係数の計算結果等が発表されているが、ICRP の計算に用いられる評価コードは非公開であり、検証及び追加核種に対する計算を行うために、わが国独自の評価コードの開発が必要とされている。また、福島第一原子力発電所事故の経験から、特定の個人あるいは集団に対する線量評価においては、<u>ホールボディカウンター等のモニタリング値に基づく内部被ばく線量評価に必要な核種の摂取量を推定する機能（核種摂取量推定機能）</u>やモデルのパラメータを柔軟に設定できる機能が望まれている。</p> <p>このような問題意識の下、放射線安全規制研究戦略的推進事業の一環として、これまでに線量評価コードの開発を行ってきた。体内動態モデル及び実効線量係数は、今後も ICRP から順次示される予定であり、放射線安全規制研究戦略的推進事業において開発した評価コードの改定を継続する必要がある。また、ICRP の 2007 年勧告においては、内部被ばく評価の対象とする核種、外部被ばく評価の対象とする放射線の種類やエネルギーも見直されており、放射線審議会における被ばく線量評価に係る技術的基準の改正及び関連する技術指針の改正の審議並びに RI 数量告示及び線量限度に関する告示の改正を円滑に進めるため、これら技術的基準の改訂も必要である。</p> <p>② 放射線健康リスク評価コードの開発</p> <p>防護基準の根拠として用いられるリスク係数は、単位線量を被ばくした場合に、がんになる（がんで死亡する）リスクがどの程度増加するかを、集団全体に対する平均的な値として計算したものである。しかし実際には、性別・年齢・生活習慣因子（喫煙等）によって放射線発がんのリスクは大きく変化するため、緊急時のように、小児や妊婦、高齢者等、特定の集団に対する防護措置を考える場合には当該集団の属性に基づいてリスクを精緻に推定する必要がある。</p> <p>放射線被ばくに伴うがんリスクは、疫学を基礎にして種々のモデルを用いて計算されている。我が国においては、専ら研究者レベルでリスク計算が行われてきたために、汎用の計算コードが整備されておらず、最新知見に基づき不確かさも含めたりリスク評価ができていないのが現状である。上述のリスク評価を可能とするために、最新の放射線疫学調査に関する知見及び日本の保健統計・がん統計を踏まえた、様々な条件に対して放射線発がんリスクを計算評価するコードの開発が強く望まれている。</p>		
<p>4. 目的</p>	<p>① 被ばく線量評価コードの開発</p> <p>規制基準の策定並びに万が一の事故時における内部被ばく線量評価に活用するため、ICRP2007 年勧告を踏まえた最新の知見に基づき、かつ<u>核種摂取量推定機能を有し</u>、評価対象集団に対する固有のパラメータが設定できる内部被ばく評価コードを開発する。また、ICRP2007 年勧告の国内法令への取入れのために、内部被ばくとともに外部被ばくに係る実効線量係数を整備する。</p> <p>② 放射線健康リスク評価コードの開発</p> <p>緊急時における放射線防護措置の判断等にあたり定量的な放射線発がんリスク評価を提供するために、最新の放射線がんリスクの知見に基づき、年齢・性別・健康状態などの様々な条件に対して放射線発がんリスクの評価手法を開発する。</p>		

5. 知見の活用先	<p>① 被ばく線量評価コードの開発 本研究で整備する内部被ばく評価コード等は、5年後程度に見込まれる放射性同位元素等規制法及び原子炉等規制法へのICRP2007年勧告の取入れに際し、濃度限度等の数値基準の改正に活用される見込みである。また、原子力災害対応の訓練・研修において、より現実的な内部被ばく評価を踏まえた防護措置検討のツールとして活用されることが期待される。</p> <p>② 放射線健康リスク評価コードの開発 原子力災害対策の継続的な改善を図る上で、本研究で開発する放射線健康リスク評価コードは、放射線リスクに関する定量的根拠を提供するツールとして活用される見込みであり、これを用いてオフサイト防護戦略の検証及び見直しに資することが期待される。</p>
-----------	--

6. 安全研究概要 (始期：R4年度) (終期：R8年度)	<p>本プロジェクトの研究は、「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」（令和元年5月29日原子力規制委員会決定）における安全研究のうち以下の分類に基づき実施する。</p> <p>① 規制基準等の整備に活用するための知見の収集・整備（以下「分類①」という。） ③ 規制活動に必要な手段の整備（以下「分類③」という。） ④ 技術基盤の構築・維持（以下「分類④」という。）</p> <p>放射線防護措置の科学的基盤である線量及び健康リスクの評価の精度向上を図ることを目的とし、線量評価分野として被ばく線量評価コードの開発を、また健康リスク分野として放射線健康リスク評価コードの開発を行う。</p> <p>被ばく線量評価コードの開発については、ICRP2007年勧告の放射線規制関係法令への取り込みを図るため、（1）ICRP2007年勧告を踏まえた内部被ばく評価コードの開発を進め、同コードを用いて、ICRPから順次公表される実効線量係数の検証計算を行うとともに、法令改正に必要な内部被ばく及び外部被ばく評価に関する一連の数値基準の整備を行う。また、（2）放射線健康リスク評価コードの開発については、最新の放射線疫学調査に関する知見及び日本の保健統計・がん統計を精査し、放射線リスクを定量的に評価する際の共通基盤となり、また、対象集団の様々な条件に対して放射線リスクを推定が可能な計算コードの開発を行う。</p> <p>（1）被ばく線量評価コードの開発【分類①④】</p> <p>a. 内部被ばく評価法に係る研究 ICRPから順次刊行される内部被ばく実効線量係数（Occupational Intakes of Radionuclides (OIR) part 5等）に対し、検証計算を行い、数値基準の整備を行う。 ICRP2007年勧告に準拠する内部被ばく線量評価に用いる実効線量係数などを与える刊行物、現行のRI数量告示を参照し、被ばく評価の対象とする核種や化学形・物質等を整理する。また、1990年勧告を基本とする現行のRI数量告示の改正経緯を調査し、様々な年齢群で構成される公衆被ばくのシナリオを検討する。これらの結果に基づき、令和2年度までに開発した内部被ばく評価コードを改良し、濃度限度等の数値基準を導出できる技術基盤を確立するとともに、RI数量告示の改正に対して基本となる数値基準を整備する。さらに、ユーザーの目的や専門知識レベルに応じて機能を制限したエディションや、様々な環境で使用できるよう計算負荷を低減した簡易版（簡易版等）を整備するとともに公開体制を構築する。</p> <p>b. 外部被ばく評価法に係る研究 ICRP2007年勧告に準拠する外部被ばく線量評価に用いる線量換算係数などを与える刊行物、現行のRI数量告示の改正経緯を調査する。国内における高エネルギー放射線（20MeVを超える中性子等）を含む施設の放射線管理の状況等を調査し、被ばく評価の対象としている放射線の線質（種類やエネルギー）を整理する。</p>
-------------------------------------	---

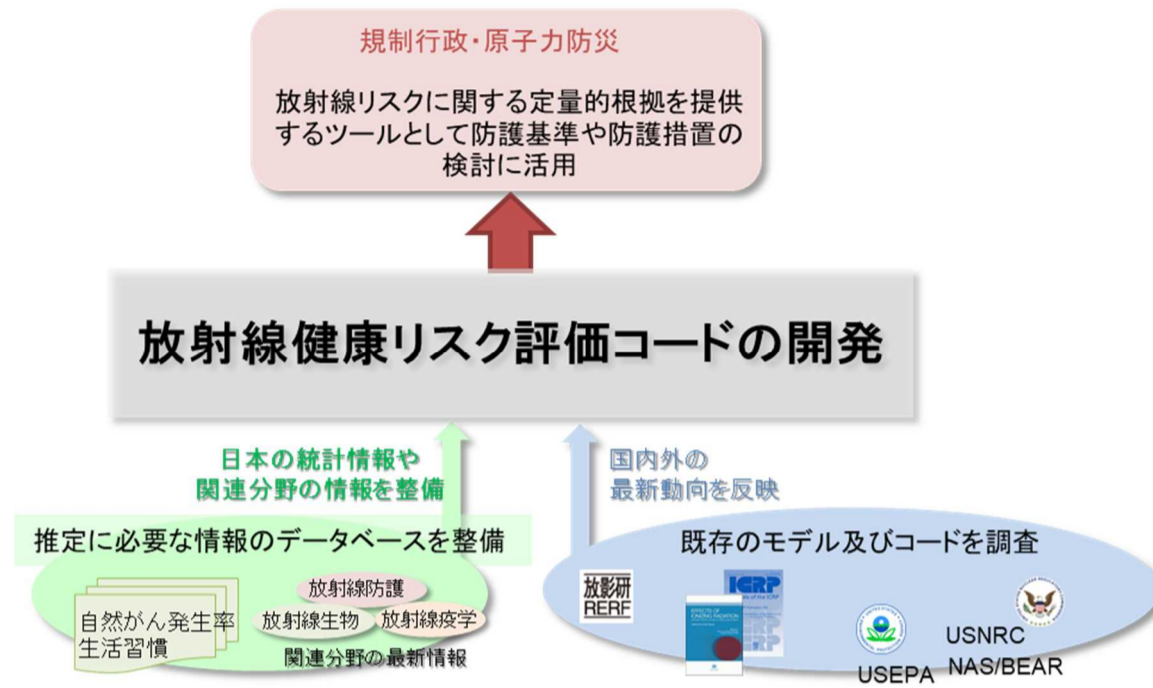
## 被ばく線量評価コードの開発



(2) 放射線健康リスク評価コードの開発【分類③④】

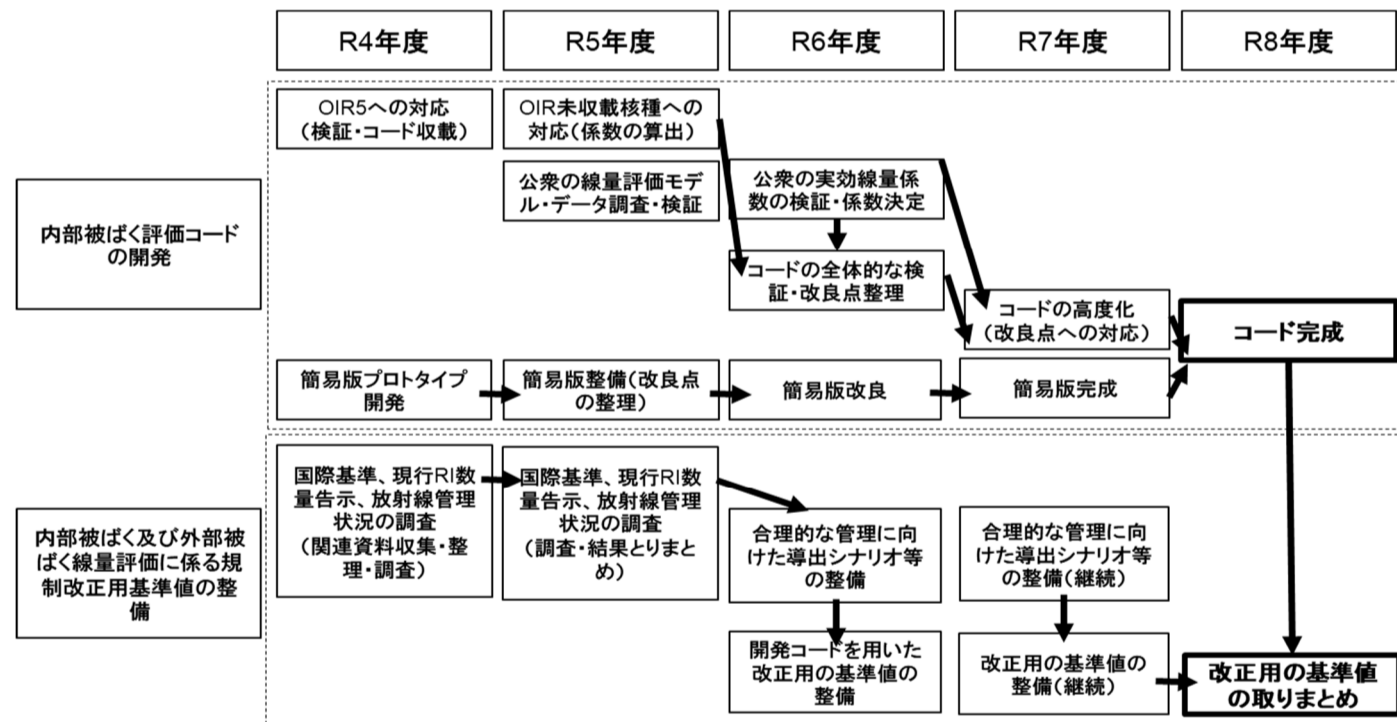
放射線健康リスクを推定する評価コードの開発に先立ち、国内外で開発された放射線健康リスク評価コード及び文献を調査し、リスクモデル、計算の仮定条件、計算指標、ベースラインデータ等について情報を収集する。これらの情報を基にして、放射線健康リスク評価コードの概念設計を行う。評価コードの開発においては、がんの種類別にモデルが存在することを考慮し、固形がん及び白血病のそれぞれについて検討する。

日本における保健統計・がん統計を踏まえがんの自然発生率（ベースラインリスク）や生活習慣に関する情報を、また最新の放射線疫学、放射線生物学及び放射線防護をはじめとする関連分野の知見を調査・分析し、データベースとして整備する。また、計算されたリスクの不確かさを評価するとともに、不確かさに主に寄与する要因を明らかにする。さらに、上記評価コードのさらなる高度化として、がん以外（白内障、循環器系疾患等）の放射線健康リスク予測等の検討を行う。



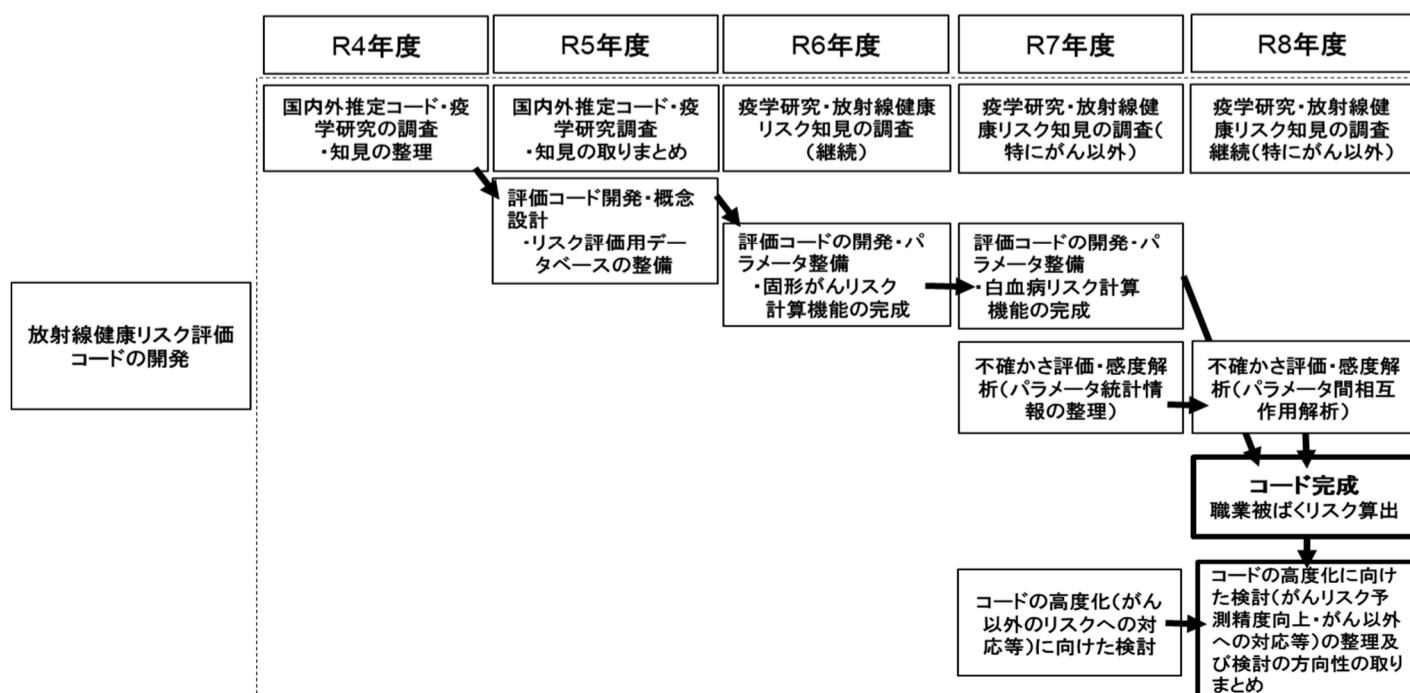
行程表

(1) 被ばく線量評価コードの開発【分類①④】



成果については、毎年度学会発表を、最終年度に論文を発表する。

(2) 放射線健康リスク評価コードの開発【分類③④】



	<p>成果については、毎年度学会発表を、3年目及び最終年度に論文を発表する。</p>
<p>7. 実施計画</p>	<p><b>【R4年度の実施内容】</b></p> <p>(1) 被ばく線量評価コードの開発</p> <p>OIR part 5 に記載される核種の実効線量係数の検証計算を行い、コードの改良・高度化を図るとともに、R3年度までの成果を踏まえ、コード簡易版のプロトタイプを開発する。</p> <p>ICRP2007年勧告、同勧告に基づく内部被ばく及び外部被ばくの評価法を調査するとともに、1990年勧告を基本とする現行のRI数量告示とその改正経緯を調査し、改正後のRI数量告示に搭載すべきデータを整理する。調査結果については必要に応じて放射線審議会の審議に提供する。</p> <p>最新の国際基準を国内法令等へ取り入れた際の放射線管理の現場へのインパクトとして、公衆被ばく防護のための濃度限度の導出シナリオの在り方、高エネルギー放射線施設の管理状況を中心に調査を行い、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入れのための考え方について検討する。</p> <p>※ICRP OIR part 5 の発刊状況により研究スケジュールは影響を受けうる。</p> <p>(2) 放射線健康リスク評価コードの開発</p> <p>国内外の推定コード及び疫学研究の調査として、既存コードの調査及び疫学研究の調査を行う。</p> <p>①既存コードの調査</p> <p>国内外で開発された既存のコード及び文献を調査する。リスクモデル、計算の仮定及び計算指標に加え、入力データとして必要なベースラインリスク等の情報を収集する。また、既存のコードの予測精度についても調査し、開発コードに求められる精度について調査を行う。調査結果をもとに既存コードの実用上の課題を明確にするとともに、放射線防護基準の策定、緊急時の防護措置の立案、事故後の評価等、それぞれの目的に応じたリスク評価のあり方について検討する。</p> <p>②疫学研究の調査</p> <p>放射線リスク評価に関して、既存の疫学研究を調査する。原爆被ばく者のLSS (Life Span Study) に加え、国内外の放射線業務従事者に関する調査等、最新の研究について広く情報を収集する。</p> <p><b>【R5年度の実施内容】</b></p> <p>(1) 被ばく線量評価コードの開発</p> <p>R4年度に引き続き、以下について検討を進める。</p> <p>ICRPより公開される公衆のための線量評価用モデル・データを調査してコード実装上の課題を整理するとともに、必要となるコードの改良を行うことにより、コードの高度化を引き続き図る。</p> <p>簡易版プロトタイプを国内専門家に試用提供し、改良のための仕様を策定することにより、簡易版の整備を引き続き進める。</p> <p>ICRP2007年勧告、同勧告に基づく内部被ばく及び外部被ばくの評価法を調査するとともに、1990年勧告を基本とする現行のRI数量告示とその改正経緯を調査し、改正後のRI数量告示に搭載すべきデータを整理する。調査結果については必要に応じて放射線審議会の審議に提供する。</p> <p>最新の国際基準を国内法令等へ取り入れた際の放射線管理の現場へのインパクトとして、公衆被ばく防護のための濃度限度の導出シナリオの在り方、高エネルギー放射線施設の管理状況を中心に調査を行い、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入れのための考え方について検討する。</p> <p>※ICRPからの公衆のための線量評価用モデル・データ及び実効線量係数の発刊状況により研究スケジュールの変更があり得る。</p> <p>(2) 放射線健康リスク評価コードの開発</p> <p>評価コードの概念設計及びデータベースの整備を行う。</p> <p>①評価コードの概念設計</p> <p>利用者の利便性及びコードの保守管理を考慮したユーザーインターフェース等の概念設計を行う。また、喫煙などの生活習慣が放射線リスクに影響を与えることが報告されていることから (Shimada and Kai, 2021)、その影響を考慮した推定モデルについても検討する。</p> <p>②データベースの整備</p>

R4年度の調査結果に基づき、放射線リスク評価のためのデータベースを作成する。入力データとして必要なバックグラウンドリスクとして、国内のがん罹患率及び死亡率、並びに5年・10年生存率等を、部位別、地域別、年齢別及び性別にデータベース化する。また、日本人の生活習慣の情報もデータベースとして整備する。

#### 【R6年度の実施内容】

##### (1) 被ばく線量評価コードの開発

公衆の実効線量係数の検証計算を行うとともに、コードの全体的な検証を基に改良点を整理し、改良作業の仕様を策定することにより、コードの改良・高度化を引き続き図る。

R5年度に策定した仕様に基づき、簡易版プロトタイプの改良を行う。

R4～5年度の検討結果及び放射線審議会の検討状況を踏まえ、内部被ばく防護のための濃度基準値の導出シナリオを整備する。

R4～5年度の検討結果及び放射線審議会の検討状況を踏まえ、RI数量告示の別表の改正の基準値の整備を行う。

※ICRPからの公衆のための実効線量係数の発刊状況により研究スケジュールの変更があり得る。

##### (2) 放射線健康リスク評価コードの開発

評価コードの開発及びパラメータセットの整備（主な固形がん）

###### ①放射線リスク評価コードの開発

R5年度に検討した概念設計に基づいて、放射線リスク評価コードの開発を行う。固形がん（食道、胃、結腸、肝臓、胆のう、肺、膀胱、卵巣、甲状腺、乳房等）に関する評価コードの開発を行う。コードの開発に当たっては、国立研究開発法人原子力研究開発機構が開発した健康影響のリスク計算コードHEINPUT（外川他，1999；高原他，2009；2015）をベースとする。放射線リスクの指標として、死亡・罹患だけでなく、余命損失や生活の質の低下を考慮した指標（Shimada and Kai, 2015）の導入を検討する。

###### ②リスク評価モデルのパラメータセットの整備

①において検討対象としている固形がんのリスク評価に必要なパラメータセットの整備を行う。パラメータの整備に当たっては、R4年度に実施した疫学研究の調査結果をもとにパラメータの統計情報も整理し、R8年度に検討する不確かさ評価に向けた準備を行う。

#### 【R7年度の実施内容】

##### (1) 被ばく線量評価コードの開発

R6年度に策定した仕様に基づき、コードを改良することにより、コードの高度化を引き続き図る。

改良した簡易版に必要なデータを実装して検証を行い、簡易版を完成させる。

R6年度に引き続き、内部被ばく防護のための濃度基準値の導出シナリオを整備する。

R6年度に引き続き、RI数量告示の別表の改正の基準値の整備を行う。

R9年度以降のコード改良に係る検討を行う。

##### (2) 放射線健康リスク評価コードの開発

放射線リスク評価コードの開発及びパラメータセットの整備（白血病）

###### ①放射線リスク評価コードの開発

概念設計に基づいて、引き続き評価コードの開発を行う。放射線誘発がんのうち、白血病に関する放射線リスク評価コードの開発を行う。コードの開発に当たっては、R6年度に実施するコードの開発と同様にHEINPUTをベースにし、余命損失や生活の質の低下を考慮した指標の導入を検討する。

###### ②リスク評価モデルのパラメータセットの整備

①のリスク評価に必要なパラメータセットの整備を行う。パラメータの整備に当たっては、R4年度に実施した疫学研究の調査結果をもとにパラメータの統計情報も整理し、R8年度における不確かさ評価に向けた準備を行う。また、がん以外のリスク予測への対応及び予測の高精度化を含むコードの高度化に向けた準備として情報収集等の検討を開始する。



【R8年度の実施内容】

(1) 被ばく線量評価コードの開発

ICRP2007年勧告を踏まえた技術的基準を反映させた内部被ばく評価コードを完成させる。  
 RI数量告示の改正用の基準値をとりまとめる。  
 R9年度以降のコード改良の準備を進める。

(2) 放射線健康リスク評価コードの開発

放射線リスク評価の不確かさ評価及び感度解析と今後実施すべき研究の特定

①放射線リスク評価の不確かさ評価及び感度解析

R7年度までに開発した評価コードを用いて、リスク評価モデルのパラメータの分布に起因する放射線リスク評価の不確かさ評価及び感度解析を実施する。R6～7年度に整備したパラメータの統計情報を用いて、モンテカルロシミュレーションにより放射線リスク評価の不確かさを評価するとともに、パラメータの独立性を前提とした従来の手法ではなくパラメータ間の相互作用を考慮可能なグローバル感度解析等を行いリスク評価の結果に影響の大きなパラメータを特定する。

②今後実施すべき研究の特定

放射線リスク評価コードの放射線安全規制及び放射線リスク研究への活用方法を検討する。

(i) 放射線安全規制への活用方法

R4年度に実施した国内外のコードの調査結果をもとに、リスク評価の結果を放射線安全規制へ活用する方法について検討する。例えば、日本の放射線業務従事者の被ばくの実情と非放射線業務に就業している場合のリスクを比較して職業被ばくの線量限度(ICRP, 1991)に関する最新のリスク情報を提供する。

また、放射線リスク評価コードの対象を組織反応(USNRC, 1993; JAERI, 2000)への拡張を検討する。

(ii) 放射線リスク研究への活用方法

グローバル感度解析(劉他, 2010)等の手法を用いて放射線リスク評価結果に対するパラメータの影響を評価し、不確かさの低減に向けて優先順位の高いパラメータを同定する。この分析をもとに放射線リスク評価の高精度化に向けて、実施すべきリスク研究の優先順位等の情報をまとめる。

8. 実施体制

【環境・放射線研究部門(仮称)における実施者(主担当者には○を記載)】

- 遠山 真 チーム長
- 萩沼 真之 副チーム長
- 大町 康 副チーム長
- 萩野 晴之 チーム員
- 伊豆本幸恵 チーム員

9. 備考

文 献

① 被ばく線量評価コードの開発

- (1) ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). 2007.
- (2) ICRP, Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations. ICRP Publication 107. Ann. ICRP 38 (3). 2008.
- (3) ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1. ICRP Publication 130. Ann. ICRP 44(2). 2015.
- (4) ICRP, The ICRP computational framework for internal dose assessment for reference adults: specific absorbed fractions. ICRP Publication 133. Ann. ICRP 45(2), 1-74. 2016.
- (5) ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2. ICRP Publication 134. Ann. ICRP 45(3/4), 1-352. 2016.
- (6) ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4). 2017.
- (7) ICRP, Occupational intakes of radionuclides: Part 4. ICRP Publication 141. Ann. ICRP 48(2/3). 2019.
- (8) 真辺健太郎, 遠藤章, ICRP2007年勧告の組織加重係数等に基づく内部被ばく線量係数, 濃度限度等の試算(受託研究), JAEA-Data/Code 2010-020. 2010.
- (9) Manabe, K., et al., Development of a function calculating internal dose coefficients based on ICRP 2007 Recommendations. Bio Conf. 14: 03011. 2019.
- (10) 高橋史明他, ICRP2007年勧告に準拠する内部被ばく線量評価に用いる実効線量係数(受託研究), JAEA-Review 2020-068. 2021.

② 放射線健康リスク評価コードの開発

- (1) 高原省五他, 放射線による晩発性健康影響を推定する計算コードHEINPUTの改良とGUI作成, JAEA-Data/Code 2009-001, 2009.
- (2) 高原省五他, 放射線に起因する晩発性健康影響を推定する計算コードHEINPUT-GUI ver. 2.0の開発, JAEA-Data/Code 2015-001. 2015.
- (3) 外川織彦他, 放射線による晩発性身体的影響と遺伝的影響を推定するための計算コードHEINPUT, JAERI-Data/Code 99-02, 1999.
- (4) 劉峭他, グローバル感度解析コードGSALabの開発, JAEA-Data/Code 2010-001. 2010.
- (5) Grant, E. J., et al., Solid Cancer Incidence among the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors: 1958-2009. Radiat Res, 187(5): p. 513-537, 25. 2017.
- (6) ICRP, The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21. 1991.
- (7) ICRP, Use of dose quantities in radiological protection. ICRP Publication 147. Ann. ICRP 50(1). 2021.
- (8) JAERI, 原子炉事故時放射線影響解析で用いるための健康影響モデル(II), JAERI-Review 2000-029, 2000.

- |  |  |
|--|--|
|  | <p>(9) Laurier, D., et al., The International Nuclear Workers Study (Inworks): A Collaborative Epidemiological Study to Improve Knowledge About Health Effects of Protracted Low-Dose Exposure. <i>Radiation Protection Dosimetry</i>, 173(1-3): p. 21-25. 2016.</p> <p>(10) Shimada, K. and Kai, M, Calculating disability-adjusted life years (DALY) as a measure of excess cancer risk following radiation exposure. <i>Journal of Radiological Protection</i>, 35(4): p. 763-775. 2015.</p> <p>(11) Shimada, K. and Kai, M, Lifetime Risk Assessment of Lung Cancer Incidence for Non-smokers in Japan Considering the Joint Effect of Radiation and Smoking Based on the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors. <i>J Radiat Prot Res.</i>, 2021. (in press).</p> <p>(12) U.S.NRC, Health Effects Models for Nuclear Power Plant Accident Consequence Analysis, in NUREG/CR-4214 Rev. 2, Part I. 1993: Washington, DC</p> |
|--|--|