

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⁽¹⁻³⁾。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⁽⁴⁾。</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⁽⁵⁾。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⁽⁶⁾。</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⁽⁷⁻⁸⁾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⁽⁹⁾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⁽¹⁰⁾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⁽¹¹⁾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⁽⁶⁾。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⁽¹²⁻¹³⁾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。</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"> ● 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 ● 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 		
5. 知見の活用先	<p>本研究プロジェクトをとお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"> ● 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。 ● 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。 ● 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。 ● 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。 		

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。

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」 という。）

規制活動に必要な手段の整備（以下「分類」 という。）

技術基盤の構築・維持（以下「分類」 という。）

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。

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。

安全研究計画の概要を図1に示す。

6. 安全研究概要
（始期：R4年度）
（終期：R8年度）

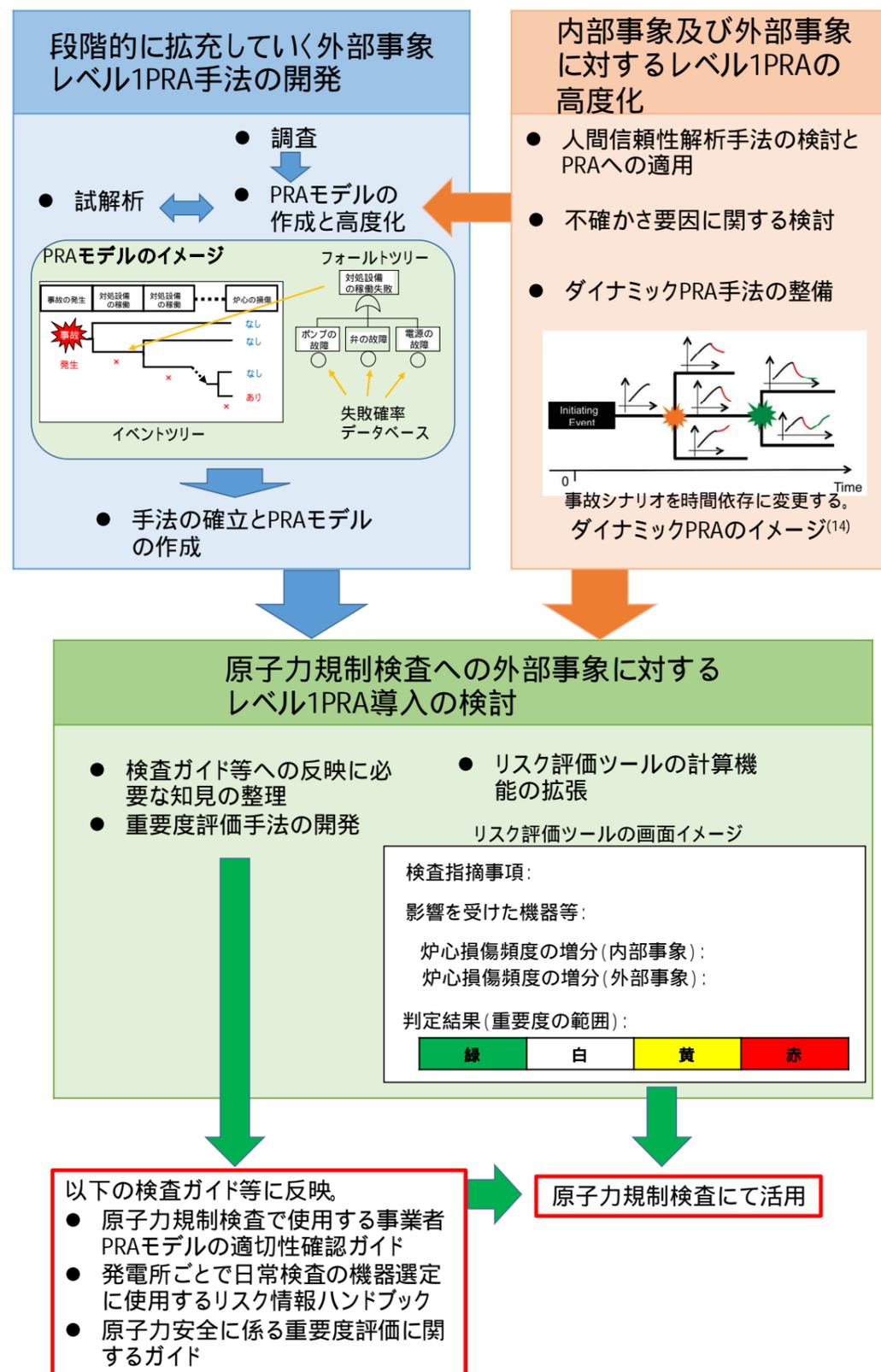


図1 安全研究計画の概要

(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、及び】

・ 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。

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 、 及び 】

- ・ 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。

c. その他の外部事象に係る PRA の整備【分類 、 及び 】

- ・ 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⁽¹³⁾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 】

- ・ 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 】

- ・ 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 】

- ・ 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 、 及び 】

- ・ 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係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 、 及び 】

- ・ 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。

c. ダイナミック PRA 手法の整備【分類 】

- ・ 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	地震・津波 PRA	調査、検討		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		火災・溢水 PRA		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	
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	内部事象PRAモデルを活用した簡易評価手法の検討			外部事象PRAモデルを用いた詳細評価手法の検討	
c. 外部事象のリスクに対する計算機能の拡張	内部事象PRAモデルを活用した簡易計算機能の拡張			外部事象PRAモデルを用いた詳細評価機能の拡張	
(3) 内部事象及び外部事象に対するレベル1PRAの高度化		学会発表	学会発表	論文投稿	学会発表
a. 新たな人間信頼性解析手法のPRAへの適用	依存性を考慮した人間信頼性解析手法の検討				
b. 不確かさ要因に関する検討	安定状態に係る不確かさの検討	故障率に係る不確かさの検討			
c. ダイナミックPRA手法の整備	調査、検討			最確推定に係る検討	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

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。

【 R 5 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 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。

【 R 6 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。
- ・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。

【 R 7 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。
- ・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。

【 R 8 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。

	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 <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> <ul style="list-style-type: none"> ・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	<p>【シビアアクシデント研究部門における実施者】</p> <table border="0"> <tr><td>濱口 義兼</td><td>主任技術研究調査官</td></tr> <tr><td>出井 千善</td><td>技術研究調査官</td></tr> <tr><td>城島 洋紀</td><td>技術研究調査官</td></tr> <tr><td>川口 秀雄</td><td>技術研究調査官</td></tr> <tr><td>西小野 華乃子</td><td>技術研究調査官</td></tr> <tr><td>後藤 歌穂</td><td>技術研究調査官</td></tr> <tr><td>伊東 智道</td><td>技術研究調査官</td></tr> <tr><td>下崎 敬明</td><td>安全技術専門職</td></tr> </table>	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
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																
9 . 備考	<p style="text-align: center;">文 献</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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.</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(11) U.S. Electric Power Research Institute, “An Approach to Risk Aggregation for Risk-Informed Decision-Making,” 3002003116, April 2015.</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>(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.</p>																