

7. 原子力規制検査のための レベル1PRAに関する研究 事前評価 説明資料

令和3年10月

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ
シビアアクシデント研究部門

目次

1. 背景
2. 目的
3. 研究の概要
4. 研究計画(行程表)

1. 背景 (1/4)

- 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。
- 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。
- 米国原子力規制委員会(米国NRC)では、検査制度の中で、内部事象PRAだけでなく、地震、火災、溢水等の外部事象のPRAも活用している。

1. 背景 (2/4)

規制庁におけるこれまでのPRA開発状況 < 内部事象 >

- 主に重大事故等対処設備のモデルの組み込み、ダイナミックPRA手法の開発を実施。

: 開発済、 : 検討中、× : 未着手

主な開発項目		状況	内容
パラメータ			起因事象の発生頻度及び機器故障率の分析
重大事故等対処設備のモデル			重大事故等対処設備のモデルをPRAモデルに組み込み
成功基準			最確推定の解析の実施
人間信頼性解析			複数の操作間の依存関係及び複雑な操作を対象にした解析
不確かさ	パラメータ		パラメータの不確かさの伝播解析
	モデル	×	モデルの不確かさに関する解析
	不完全さ	×	不完全さの不確かさに係る検討
ダイナミック (時間をモデルに組み込み)	プラント挙動		ダイナミック・イベントツリー手法の開発
	人的過誤	×	ダイナミック・人間信頼性解析手法の開発
	機器重要度		ダイナミックPRAから得られる機器重要度の開発

1. 背景 (3/4)

規制庁におけるこれまでのPRA開発状況 < 外部事象 >

- 主に地震時PRA及び津波PRAの手法開発、並びに重大事故等対処設備のモデルの組み込みを実施。

: 開発済、 : 検討中、× : 未着手

主な開発項目		状況	内容
外部事象のハザードの組み込み			地震などのハザードをPRAモデルに組み込み
機器損傷の仮定			耐震性の無い機器の取扱い(現状は必ず故障すると仮定)
機器フラジリティ			機器損傷の関係性(相関)を考慮する
重大事故等対処設備のモデル			重大事故等対処設備のモデルをPRAモデルに組み込み
事故シナリオ、成功基準			起因事象の重畳及び最確推定の解析の実施
人間信頼性解析		×	外部事象を対象にした人間信頼性解析手法の開発(現状は、主に内部事象の解析結果を使用)
複数の外部事象の重畳		×	事象が重畳した際の複雑なインパクトの考慮
隣接プラントの影響			隣接プラントでの事故対応の考慮
不確かさ	パラメータ		パラメータの不確かさの伝播解析
	モデル	×	モデルの不確かさに関する解析
	不完全さ	×	不完全さの不確かさに係る検討

1. 背景 (4/4)

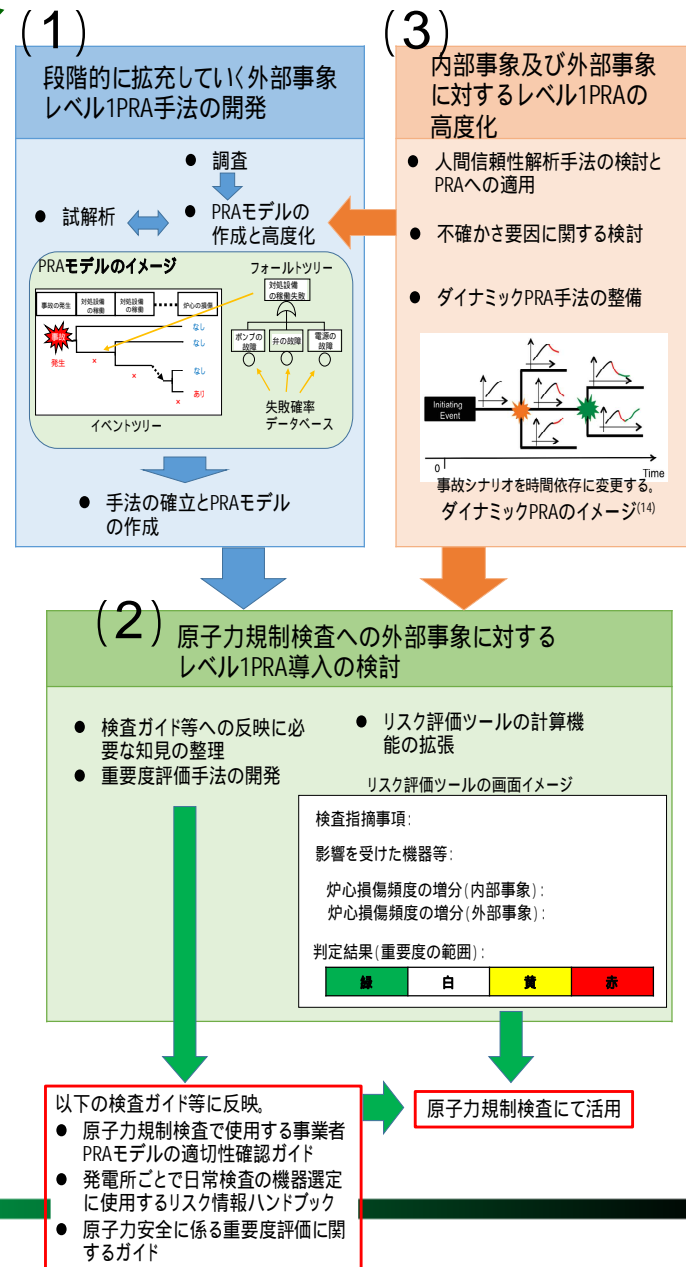
- これまでに開発してきた手法及びPRAモデルには、主に以下の課題がある。
- 以下のような複雑な状況をPRAモデルに組込む方法を開発できていない。【外部事象】
 - ✓ 地震時の津波等、機器に与える外部からのインパクトの到達時間の違い
 - ✓ 隣接プラントで発生した事故の対応による影響
 - ✓ 炉心損傷を防止する種々の対処設備の故障原因の関係性(機器フラジリティの関係性)
- 従来の一般的な人間信頼解析手法(THERP等)では、運転員操作の環境悪化や運転員操作の複雑化を考慮できていない。【内部事象及び外部事象】
- PRAが持つ不確かさを明確にできておらず、どのように不確かさを規制活動で考慮すべきかを検討できていない。【内部事象及び外部事象】
- 刻一刻とプラントの状態が変化する上で、運転員の状況が変化するをモデル化できていない。【内部事象】

2. 目的

- 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。
 - 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手法など)を開発する

3. 研究の概要

- 種々の外部事象レベル1PRA手法を開発していくとともに、これまで開発を続けてきた内部事象レベル1PRA及び外部事象レベル1PRAの高度化を実施し、原子力規制検査へ外部事象に対するレベル1PRAを導入をするための検討を行う。



3. 研究の概要

(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

複数の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、以下のような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。

- ・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

b. 多数基立地サイトを対象とした外部事象PRAの整備

隣接プラントや隣接サイトで発生した事故の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、多数基立地サイトの外部事象PRA手法を開発する。

c. その他の外部事象に係るPRAの整備

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。

3. 研究の概要

(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

概要：事業者が作成する
PRAモデルの内容を
確認するために必要
な知見を整理する。

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。

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

概要：機器や緩和設備の
リスク情報を表やグ
ラフ等で見やすく整
理したもの。

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。

c. 外部事象のリスク
に対する計算機能
の拡張

概要：PRAモデルを用い
て検査官が指摘する
不適合事項の重要
性を判定するための
ツールを整備する。

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。

3. 研究の概要

(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

人間信頼性解析手法において、以下の方法を検討する。

- 運転員による複数の操作間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関係する中央制御室の機器故障を考慮する方法
- 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考慮する方法

b. 不確かさ要因に関する検討

適切な故障率の算出方法、レベル1PRAで考える安定状態の定義の明確化及び成功基準における最確推定の方法を検討し、レベル1PRAに含まれる不確かさを低減する。

c. ダイナミックPRA手法の整備

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。

4. 研究計画(行程表)

(1) 段階的に拡充していく外部事象レベル1PRA手法の開発

	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
a. 複合事象(複合ハザード)を対象にしたPRAの整備	国内外の研究の調査、手法の検討				
	地震PRA及び津波PRAの見直し	火災PRA及び溢水PRAの見直し	複合事象PRAのための試解析		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					
	国内外の研究の調査、手法の検討		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・火山PRAモデルの作成				
	種々の外部事象の調査				

4. 研究計画(行程表)

(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

	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
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	地震PRAモデルの適切性確認に必要な知見の整理				
		津波PRAモデルの適切性確認に必要な知見の整理			
			火災PRAモデルの適切性確認に必要な知見の整理		
			溢水PRAモデルの適切性確認に必要な知見の整理		
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モデルを用いた簡易評価の検討		外部事象PRAを用いた検査指摘事項の重要度評価手法の検討	
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評価機能の拡張			外部事象PRAモデルを用いた詳細評価機能の拡張

4. 研究計画(行程表)

(3) 内部事象及び外部事象に対するレベル1PRAの高度化

	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
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				
	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				
b. 不確かさ要因に関する検討		故障率に係る不確かさの検討			
	安定状態に係る不確かさの検討				
			最確推定に係る検討		
c. ダイナミックPRA手法の整備	国内外の研究の調査、手法の検討		試解析		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