

# 伊方 3 号機の安全性向上評価について

## (案)

四国電力株式会社  
2020年12月17日

1. 安全性向上評価届出書の概要
2. 安全性向上計画の取組状況及び今後の安全性向上評価届出に係る活動
3. 確率論的リスク評価（P R A）の実施状況及び今後の活動方針
4. ソースターム評価の対応状況及び今後の活動方針
5. 被ばく評価の実施状況及び今後の活動方針
6. 安全裕度評価の実施状況及び今後の活動方針
7. 特定重大事故等対処施設の反映方針とスケジュール

# 1. 安全性向上評価届出書の概要

## 【基本方針】

- 伊方発電所の運営にあたって、自らの責任において、可能な限りリスクの低減と未然防止に務める。

## 【目的及び目標】

- 目的
  - ✓ 伊方発電所の更なる安全性向上を図るため、原子力の有するリスクを常に認識し、新しい知見の把握に努め、必要な安全対策に積極的に取り組む。
- 目標
  - ✓ 発電所の保安活動に係るリスクの把握に努め、確率論的リスク評価、安全裕度評価の結果等を活用し、継続的なリスク低減や裕度向上のための改善活動を合理的かつ効果的に検討・実施する。

## 【届出実績】

- 伊方3号機について、再稼働後最初に行われる定期検査終了時点（2018年11月28日）のプラント状態の確認およびその状態での確率論的リスク評価（PRA）、安全裕度評価（ストレステスト）等の評価を実施し、安全性向上評価届出書としてとりまとめ、2019年5月24日に届出及び公開している。

## 【外部評価】

- 外部評価
  - ✓ 原子力部門以外の委員を中心に構成される「原子力安全リスク管理委員会」にてレビューを受け、記載の充実を図った。
  - ✓ 広く評価結果等が理解されるよう届出書案に対する電力間レビューを受け、記載の充実を図った。

# 1. 安全性向上評価届出書の概要

## 【公開方法】

- プレス発表するとともに、当社ホームページ及び原子カライブラリ（伊方ビクターズハウス（PR館）、原子力本部（松山）、本店（高松））にて公開している。

<当社ホームページ>

The screenshot displays the 'Safety Improvement Evaluation Report' page for Unit 3 of the Iwate Nuclear Power Plant. The page is titled '伊方発電所3号機 第1回 安全性向上評価届出書'. It features a navigation menu on the left with categories such as '原子力情報' (Nuclear Information), '伊方発電所の安全対策' (Safety Measures at Iwate Nuclear Power Plant), and '伊方SSHACプロジェクト' (Iwate SSHAC Project). The main content area is divided into two columns. The left column lists various evaluation items, and the right column provides a detailed list of reports and documents related to these items, including '伊方発電所3号機 第1回 安全性向上評価届出書(表紙)(0.2MB)', '伊方発電所3号機 第1回 安全性向上評価届出書(目次)(1.2MB)', and various '安全性向上のための自主的に講じた措置' (Measures taken voluntarily for safety improvement) reports. A red box highlights the '安全性向上評価' (Safety Improvement Evaluation) link in the left navigation menu, with a line pointing to the corresponding report in the right column.

# 1. 安全性向上評価届出書の概要

## 【「実用発電用原子炉の安全性向上評価届出に係る改善の考え方」への伊方3号機第1回安全性向上評価届出書における主な対応状況】

改善が必要な事項	対応状況
課題1（全般） 届出書の記載深さについて、各分野の専門家も含め、広く理解される程度の記載とする。	評価結果に加え、 <b>評価の考え方、調査及び評価方法、評価プロセスを記載</b>
課題2（第1章） 最新の状態（as is）の記載について、米国のUFSARやIAEA安全ガイド（GS-G-4.1の改訂版（DS499））等を参考にプラントの最新状態を一つの図書で把握できるように記載する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>最新のプラント状態として<b>系統線図を掲載</b></li> <li>国際動向を踏まえた記載充実の観点から、<b>米国NRCの規制指針R.G1.206のうち、最終安全解析書(FSAR)に係る内容と許認可図書等との記載項目との対応関係を整理し、JANSI JSARガイド<sup>1</sup>を参考に記載の充実が必要な項目を把握</b></li> </ul>
課題3（第3章） 確率論的リスク評価について、 ・PRAの目的に照らして評価手法の妥当性を判断し、目的に沿ったPRA手法へ見直しを行い、その内容を明らかにする。 ・PRAの内容を分析し、その結果を明らかにする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部事象出力運転時レベル1 PRAについて、<b>PRAの高度化（伊方3号プロジェクト）等を実施し、より現実的な評価を実施</b></li> <li><b>PRA評価結果の過去からの変遷及び差異を分析</b></li> </ul>
課題4（第2章） 国内外の最新知見について、結果だけでなく、プロセス等の詳細も記載する。	結果に加え、結果に至るプロセスを記載
課題5（第2章） 追加措置（自主設備）の記載について、自主的に設置した設備の記載を充実する。	機能毎に、運用方針や期待される効果などを整理し記載
課題6（第2章） 届出書全体について、外部評価を活用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>部門横断的な視点から客観的な評価を得るため、安全性向上評価結果等について「原子力安全リスク管理委員会」にてレビューを受け、記載を充実</li> <li>電力間レビューを実施し、記載を充実</li> </ul>
課題7（第3章） 内部事象及び外部事象に係る評価について、結果だけでなく、プロセス等の評価も記載する。	結果に加え、結果に至るプロセスを記載
課題8（第3章） 決定論的安全評価について、結論だけでなく、プロセス等詳細も記載する。最新知見を取り入れた評価手法を積極的に採用し、多角的な挙動を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>結果に加え、結果に至るプロセスを記載</li> <li>重大事故等時におけるより現実的と思われるプラント挙動把握のため、<b>安全評価の一部のシナリオを対象に、解析条件を見直した評価を実施</b></li> </ul>
課題9（第3章） 確率論的リスク評価（PRA）について、PRAの専門家が実施内容を理解できる程度の記載とする。	伊方3号プロジェクトにおける新たな評価手法及び評価結果に係る説明を記載
課題10（第3章） 中長期的な評価について、SSG-25に基づく評価を行い、その考え方と結果を記載する。	各因子に対する <b>現状分析として、安全因子のレビュー項目と届出書の記載項目との対応関係を整理</b> するとともに、 <b>届出書記載事項についてレビュー項目との差異を抽出し、改善が必要な項目を整理</b> して記載

※1：事業者自主安全評価書ガイドライン（一般社団法人 原子力安全推進協会 平成30年4月）

## 2. 安全性向上計画の取組状況及び今後の安全性向上評価届出に係る活動

### 【安全性向上計画の取組状況】

No.	項目	評価分野	届出時点の実施計画	取組状況（2020年11月末時点）
1	恒設非常用発電機設置工事	保守管理	2019年度下期	（使用前検査受検中）
2	安全保護系ロジック盤取替工事	保守管理	2021年度上期	（設工認申請中）
3	1次系配管取替え工事	保守管理	2021年度上期	（設工認申請中）
4	確率論的リスク評価結果から得られるリスク寄与が大きい運転操作等に係る教育・訓練	確率論的リスク評価	次回の評価時点までに実施予定 （2020年度上期）	リスク寄与が大きい運転操作に係る教育実施済 （2020年8月）
5	原子炉補機冷却水ポンプ待機除外時の原子炉補機冷却水負荷制限運用の整備	確率論的リスク評価		整備した運用を社内規程に反映済 （2020年10月） シミュレータ訓練にて整備した運用の効果を確認済 （2020年6月）
6	特定重大事故等対処設備として導入する格納容器スプレイ及びフィルタベント	確率論的リスク評価	2020年度下期	（工事中）
7	安全裕度評価結果の教育・訓練	安全裕度評価	次回の評価時点までに実施予定 （2020年度上期）	安全裕度評価に関する教育実施済 （2020年4月）
8	余裕時間評価結果の手順書への反映	安全裕度評価		代替炉心注水開始時間の余裕時間評価結果等を社内規程に反映済（2020年4月、6月）
9	メタクラ3D保護継電器取替	安全裕度評価	2019年度下期	保護継電器取替済（2020年8月）

※ 伊方3号機の運転計画「未定」のため工事完了時期未定

### 【今後の安全性向上評価届出に係る活動】

- 届出書1章の記載内容について、評価時点の設置（変更）許可申請書の記載内容と評価時点のAs isのプラント状態との差異を整理し、届出書1章に含める。
- 現実的な評価条件を用いた事故シナリオ解析を実施中。
- 中長期的な評価について電力共同委託にて具体的評価手法を検討中。
- 設計の経年化評価について電力共同委託にて設計比較による着眼点の抽出等の作業に着手。

【伊方3号機第1回届出書での対応状況】

- 内部事象並びに外部事象として地震及び津波を対象とした出力運転時レベル1 PRA及びレベル2 PRA、内部事象を対象とした停止時レベル1 PRAを実施。
- より現実的な評価に基づく安全性向上評価を実施するため、伊方3号プロジェクトにおける活動を通じてPRAの高度化を実施。

項目	実施内容
起因事象の選定	・故障モード影響解析（FMEA）の採用によるプラント固有の起因事象の選定
事故シーケンスの分析 システム信頼性解析	・イベントツリー、フォールトツリーの詳細化
人間信頼性解析	・HRA Calculator手法を用いた人的過誤確率の算出による感度解析（運転員インタビューの実施により得られた現実的な運転操作の情報を反映） 【内部事象出力運転時レベル1 PRA】
パラメータの作成	・プラント固有の機器故障率データを用いた感度解析 【内部事象出力運転時レベル1 PRA】



【内的事象出力運転時PRAにおける取り組み状況】

- 第1回安全性向上評価届出において構築した内部事象出力運転時レベル1モデルについては、原子力規制庁殿におけるモデルの適切性確認を受け、原子力規制検査での活用が開始されている。
- 伊方3号プロジェクトにおいて実施した海外のPRA専門家によるレビューの結果及び第1回安全性向上評価において抽出した追加措置を踏まえ、以下に示す内部事象出力運転時レベル1及びレベル2 PRAモデルの高度化を実施。

項目	取組内容
起回事象発生頻度の推定方法の変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平均値の使用</li> <li>・稼働率の考慮</li> <li>・参照する文献の最新化</li> </ul>
成功基準の変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最確推定による成功基準解析結果を反映した成功基準の見直し</li> <li>・第1回安全性向上評価において抽出した追加措置（原子炉補機冷却水ポンプ待機除外時の原子炉補機冷却水負荷制限運用の整備）を踏まえた成功基準の変更</li> </ul>
人間信頼性解析手法の変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HRA Calculator手法を用いた人的過誤確率の算出（運転員インタビューの実施により得られた現実的な運転操作の情報を反映）</li> </ul> <p>【内部事象出力運転時レベル2 PRA】</p>
パラメータの変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラント固有の機器故障率データの反映</li> </ul> <p>【内部事象出力運転時レベル2 PRA】</p>



【内的事象出力運転時PRAにおける今後の活動方針】

- リスク情報活用の推進に向け、海外のPRA専門家によるレビュー結果やNRRCにおける研究成果の反映を計画的に実施。
- 大型工事による新規設備を反映。

項目	取組内容
モデルの高度化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NRRCにおいて新たに整備する国内一般機器故障率の反映</li> <li>・BWRの運転経験も考慮した外部電源喪失発生頻度への見直し</li> <li>・交互運転している系統の運転状態をモデル化</li> <li>・共通原因故障の範囲の適正化</li> <li>・最確推定による成功基準解析結果の反映</li> <li>・海外のPRA専門家によるレビュー結果の反映</li> </ul>
新規設備の反映	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスタービン発電機，特定重大事故等対処施設等の反映</li> </ul>

- 核分裂生成物の現実的挙動の解明、モデル構築など、NRRCにおいて開発中の成果を必要に応じて反映。
- 機器故障データ、共通要因故障データに係る分析等、機器故障率に係るデータ収集の実績を積み重ね、データの更なる信頼性向上を図る。
- NRRCにおいて開発中の人間信頼性データベースの構築に向け、シミュレータ訓練を活用した人的過誤情報の収集を行い、人間信頼性データの整備を進める。

【地震PRAにおける取り組み状況】

○より現実的な評価手法の構築を目指した取り組みを推進。

検討項目	取組内容
SSHACプロセスを適用した確率論的地震ハザード評価	・SSHACプロジェクトを2016年3月から開始し、2020年10月完了。成果を今後の評価に反映していく。
階層イベントツリーに代わる手法の検討（階層イベントツリーの適用性検討も含む）	・現状の階層イベントツリー手法による評価が、過度に保守的ではないことを確認。
炉心損傷に直結する機器・建屋等の損傷時のシナリオ精緻化の検討	・炉心損傷に直結するシナリオが持つ保守性に対し、PRA結果への影響度の大きさ等から優先度をつけ、地震動評価に用いた専門家判断手法を参考にしながらシナリオ精緻化の検討を進める。
人間信頼性解析手法の変更	・HRA Calculator手法を用いた人的過誤確率の算出（運転員インタビューの実施により得られた現実的な運転操作の情報を反映）

【外的事象出力運転時（地震、津波、火災、溢水）PRAにおける今後の活動方針】

○高度化を進めている内部事象出力運転時PRAの成果を既存の地震PRAへ優先して展開。

○地震・津波フラジリティ評価手法の高度化などの電力共通の課題は、電力大研究、NRRCの活用により、効果的な解決に向けた取組みを推進。

○火災・溢水PRAについては、NRRCによる研究成果を踏まえて、個別プラント評価への展開を検討。

#### 【実施スケジュール】

	2019年度	2020年度	2021年度
RIDM導入※1	フェーズⅠ (既存のツールでリスク情報活用を 実践し、自社プロセスを構築)	▽新検査制度 本格運用開始 (2020年4月) フェーズⅡ (継続的な改善及び活用範囲の拡大)	
内部事象PRA	▼伊方3号機初回届出 (2019年5月)	高度化したPRAモデルは、適宜、RIDMに活用 モデル高度化 (海外のPRA専門家によるレビュー結果等の段階的な反映)	
地震PRA		評価手法の構築等※2	
津波PRA		評価手法の高度化※2	
その他	内部火災PRA※3 パイロットPRAの調査、計画	パイロットプラントによる試行	
	内部溢水PRA※3	パイロットプラントによる試行	

※1 平成30年2月8日に電気事業連合会から公表した「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン」に基づく計画。

※2 地震、津波PRAの高度化に向けたNRRCの研究成果等に応じて、適宜、評価モデルに取り込むとともに、届出に反映。

※3 NRRCから公表している「NRRC研究ロードマップ」（平成31年2月版）に基づく計画。

# 4. ソースターム評価の対応状況及び今後の活動方針

## 【伊方3号機第1回届出書での対応状況】

- 新規基準への適合により設置したSA設備を考慮した「Cs-137放出量」及び「事故時のCs-137の放出量が100TBqを超えるような事故の発生頻度」に着目して評価を実施。

## 【今後の活動方針】

- 第1回届出で着目した評価項目について、特定重大事故等対処施設（格納容器スプレイ及びフィルタベント）の導入によるリスク低減効果を把握することを目的とした評価※を実施することを検討中。
  - ※特重施設導入直後の届出においては、格納容器過圧破損の事故シーケンスにおいて、SA設備の活用には失敗し、特重施設の活用には成功するシナリオを検討
  - ✓ 格納容器が健全な状態における放出形態と異なる点を考慮し、新たな放出カテゴリによる整理を検討。

第1回届出書での原子炉格納容器の状態ごとのCs-137放出量評価結果

原子炉格納容器の状態	分類	発生頻度 [ / 炉年 ]		Cs-137放出量 [TBq]
格納容器バイパス	-	3.3E-8	5.7E-7	>100
格納容器破損	イグニッション	1.1E-9		>100
	先行破損	7.5E-8		>100
	その他	4.2E-7		>100
隔離失敗	-	4.4E-8		>100
健全(設計漏えい)	-	1.2E-6		約3.4

特重施設導入後の評価結果 (イメージ)

原子炉格納容器の状態	分類	Cs-137放出量 [TBq]
格納容器バイパス	-	>100
格納容器破損	イグニッション	>100
	先行破損	>100
	その他	>100
隔離失敗	-	>100
健全(設計漏えい)	-	約3.4
管理放出(フィルタベント)	-	■ (<100)

# 5. 被ばく評価の実施状況及び今後の活動方針

## 【伊方3号機第1回届出書での対応状況】

- 炉心損傷後の原子炉格納容器の機能が維持されている場合に、防護対策を考慮しない状況での敷地境界付近における被ばく線量を評価。
- 被ばく経路毎の内訳により、「直接・スカイシャイン線による外部被ばく」及び「クラウドによる内部被ばく」が大部分を占めることを把握。

## 【今後の活動方針】

- フィルタベントによる管理放出時のソースターム評価を基に、被ばく評価の実施を検討中。
- 記載深さに関する改善に係る指摘事項を踏まえ、評価の基本となる情報等について記載の充実を検討。

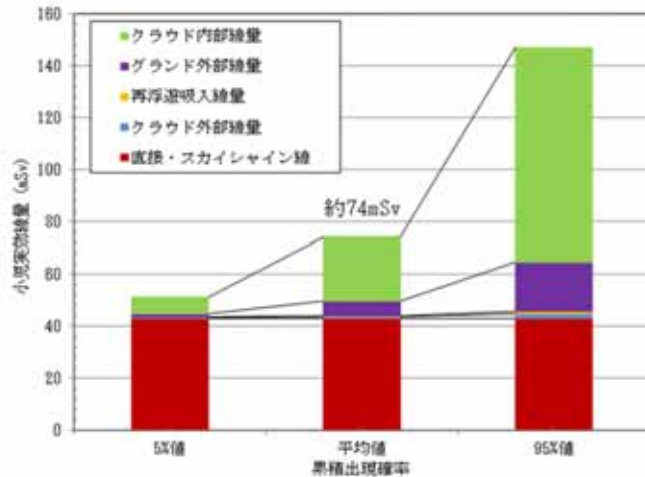


図 第1回届出書での敷地境界における実効線量の評価結果

敷地境界付近における被ばく	① 原子炉格納容器内の放射性物質からのガンマ線による被ばく
	② 大気中に放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく
	③ 大気中に放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく
	④ 大気中に放出された放射性物質の吸入摂取による被ばく
	⑤ 地表面に沈着後に再浮遊した放射性物質の吸入摂取による被ばく

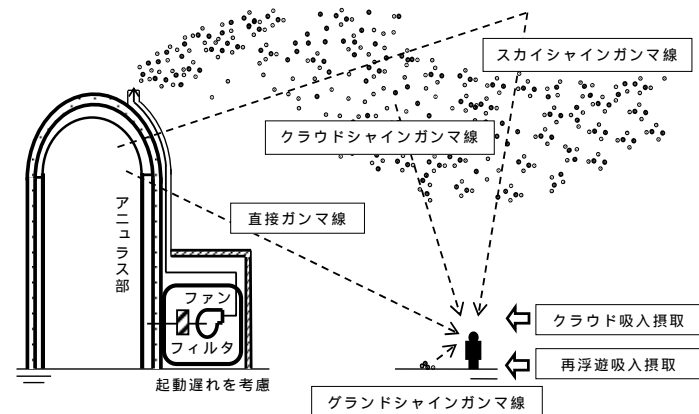


図 被ばく経路イメージ

### 【伊方3号機第1回届出書での対応状況】

- 炉心、原子炉格納容器、使用済燃料ピットを対象とし、地震、津波、地震と津波の重畳事象、地震または津波に対するその他の自然現象の重畳事象について安全裕度評価を実施。
- 地震については、フラジリティを評価指標とし、地震加速度が95%信頼度5%損傷確率相当の値（HCLPF値）となった時点で機器等が機能喪失するものとして評価。
- 津波については、津波高さを評価指標とし、設置高さに津波が到達した時点で機器等が機能喪失するものとして評価。
- 随伴事象は右表のとおり想定し、地震・津波単独事象におけるクリフエッジシナリオに対する影響を確認。

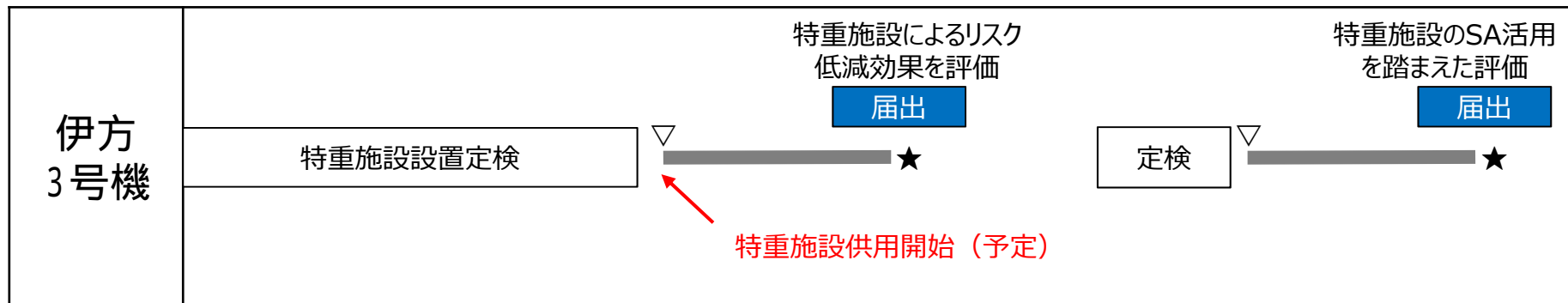
想定した随伴事象
地震随伴溢水
地震随伴内部火災
地震随伴外部火災
津波随伴外部火災

### 【今後の活動方針】

- その他自然事象単独の安全裕度評価を実施する。
  - ✓ ハザードの特性に基づく分類や伊方発電所の立地の特徴などを踏まえ、火山に対する評価を検討中。
- 特重施設を反映した安全裕度評価を実施する。
  - ✓ 特重施設設置直後の安全性向上評価では、格納容器破損防止機能に着目し、フィルタメント等を反映した評価手法について検討し、効果を確認する。
  - ✓ 以降の安全性向上評価において、各評価項目に対する特重施設の反映を進めていく。



- 特重施設の供用開始以降に、特重施設を考慮したPRA及び安全裕度評価を実施し、安全性向上評価の届出を行う。
- 評価には、詳細な設計・運用情報（設備仕様、保守、手順など）が必要となることから、特重施設の設計・運用情報整備の進捗状況に応じた評価を行うことになる。また、評価に当たっては、まず内部事象出力運転時PRAのモデルを構築し、その構築したモデルを順次その他の事象に引き継ぎモデル構築を実施していくことになる。
- このため、特重施設設置直後の安全性向上評価届出では、最新のPRAモデルを用いて、特重施設の主たる機能である炉心損傷後の格納容器破損防止機能に着目し、フィルタベント等を新たにモデル化した評価を実施する。
- その後の安全性向上評価届出において、種々のモデル変更等を行った高度化したPRAモデルを用いて特重施設の炉心損傷防止を含む重大事故等への活用も考慮した評価を実施する。



※ 1 運転差し止め訴訟（広島高裁仮処分）のため、特重施設の供用開始時期は未定。