

実用発電用原子炉の安全性向上評価届出に
係る改善事項に対する取組み状況について
(玄海4号機第2回 安全性向上評価届出時点)

2021年 11月 12日

九州電力株式会社

補足：改善内容は、玄海3号機第2回 安全性向上評価届出書と同様

● 安全性向上評価に係る改善事項に対する取組み方針

- 「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」（平成30年1月17日原子力規制庁）に示された、実用発電用原子炉の安全性向上評価届出に係る改善事項（以下「改善事項」という）に対し、対応方針等を明確にするため、当社における今後の改善計画（以下「改善計画」という）を策定した。
- 本資料では、玄海4号機第2回安全性向上評価届出書（2021年10月15日提出）における、改善計画に対する対応状況について記載した。
- 改善事項又は改善計画に限らず、今後も継続して安全性向上評価で実施する調査、分析、解析等に対し、各分野における専門家が、これらの内容を判断できる程度の記載となるよう改善に取り組む。

改善が必要な主な事項	対応状況	詳細頁
(1)-No.1 届出書の記載の深さについて、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。	継続的に改善	3
(1)-No.2 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。	対応中	4
(1)-No.3 確率論的リスク評価 (PRA) 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手法への見直しを行い、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。	対応中	5~7
改善が必要なその他な事項	対応状況	詳細頁
(2)-No.1 (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。	継続的に改善	8
(2)-No.2 (第2章) 追加措置 (自主設置設備) 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。	継続的に改善	8
(2)-No.3 (第2章) 届出書全体について、外部評価を活用する。	継続的に改善	9
(2)-No.4 (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	対応中	10
(2)-No.5 (第3章) 決定論的安全評価について、結論だけでなく、プロセス等の詳細も記載する。	対応中	10
(2)-No.6 (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。	継続的に改善	11
(2)-No.7 (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。	対応中	11
自主的な改善事項	対応状況	詳細頁
(3)-No.1 (第3章) 安全裕度評価に関する改善	対応中	12
(3)-No.2 (第4章) 総合的な評価に関する改善	継続的に改善	12

…玄海4号第2届出書にて改善した項目

改善事項	【改善が必要な主な事項 (1)-No.1】（全般） 届出書の記載の深さについて、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。
改善計画	安全性向上評価で実施する調査、分析、解析等の各分野における専門家が、これらの内容を判断できる程度の記載となるよう改善に取り組む。

【玄海4号機第2届出書における対応状況】

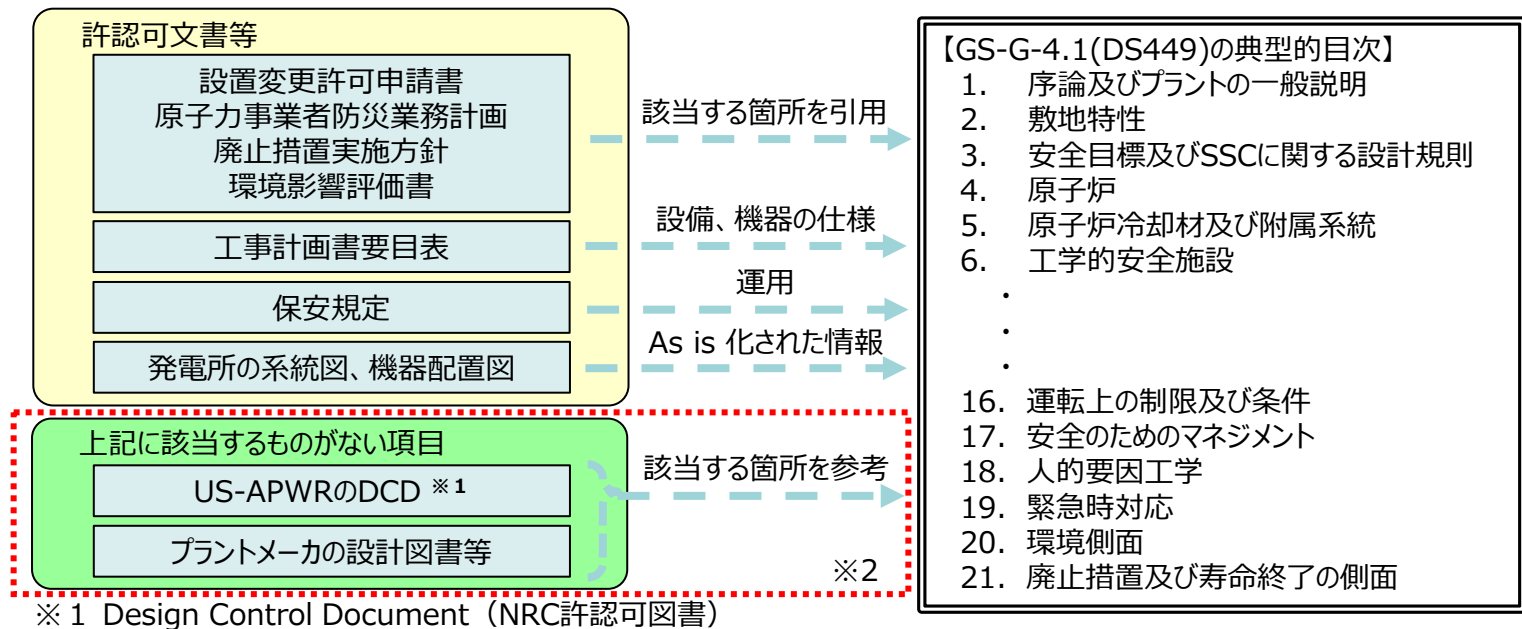
- これまでに提出した届出書にて反映した以下の改善内容について、同様に反映した。

これまでに改善を行った項目		概 要
第2章	2.2.1 保安活動の実施状況	・ 自主的に設置した設備の仕様、運用方針及び教育・訓練に関する記載の充実
	2.2.2 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見	・ 収集対象とした情報源及びスクリーニング基準に関する記載の充実 ・ 収集した情報、知見に関する記載の充実
	2.5 外部評価の結果	・ 電力各社によるレビューを行い、その結果を反映したことについて追記
第3章	3.1.1 内部事象及び外部事象に係る評価	・ 評価対象とした全事象を記載 ・ 評価に用いた情報・知見に関する記載の充実
	3.1.2 決定論的安全評価	・ 評価で使用している解析コードの更新・不具合情報及び最新知見による評価への影響について追記
	3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）	・ モデル化の範囲、起回事象、モデル化手法、使用するデータに関する記載の充実 ・ 今回の評価と過去に公表している評価との比較を追記
	3.1.4 安全裕度評価	・ モデル化の範囲、起回事象、モデル化手法、使用するデータに関する記載の充実 ・ 今回の評価と過去に公表している評価との比較を追記
	3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価	・ IAEA特定安全ガイドSSG-25に基づく評価を行うまでの計画について追記
第4章	4.2 安全性向上計画	・ RIDMの導入に向けたPRAの基盤整備について追記

改善事項	【改善が必要な主な事項 (1)-No.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(DS449))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。
改善計画	DS449に従った第1章を作成する。

【玄海4号機第2回届出の対応状況】

- IAEA安全ガイドGS-G-4.1(DS449)の典型的目次ごとに、最新の許認可文書等により評価時点(玄海4号機; 2021.4.15)における最新のプラント状況を記載した。「今後検討」箇所については、下図※2のとおり記載の充実を図った。



【今後の改善計画】

- ◇ 「今後検討」と記載した項目について、継続的に記載の充実を図る。

改善事項	【改善が必要な主な事項 (1)-No.3】(第3章) 確率論的リスク評価 (PRA) について、 <ul style="list-style-type: none">○ 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 手法への見直しを行い、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。
改善計画	1) 外部事象のハザードを含め、モデルに含まれている過度の保守性は極力排除する。 2) 電力共通の課題については、産業界全体の取組みとして共同で研究を進める体制を電事連/NRRCを含め構築しており、更なるPRAモデルの高度化を進めていく。

【玄海4号機第2回届出時点における取組み状況】

- 内部事象出力運転時PRAは、PWR/BWRによる高度化の取り組み等を踏まえ、原子力規制検査運用開始に向けた高度化を実施した。現在は原子力規制庁殿によるPRAモデルの適切性確認を進めて頂いているところである。
 - 地震出力運転時PRAについては、現実的な評価を目指し、これまでに現状のフラジリティ評価やシステム評価の課題を抽出・整理しており、解決に向けて取り組んでいる。また、既に明確な課題とされていた課題のうち、継続中となっていた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についても、PRA結果への影響度の大きさ等から優先度をつけて対応しているところである。
- 👉 スライド 6
- これらの取り組みは引き続き電力大の課題として、電力大研究・原子力リスク研究センター(NRRC)の活用により、より効果的な取り組みとなるよう進めている。

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

地震PRAにおける直接炉心損傷に至るとしている起因事象は、その要因となるSSC 損傷時の影響を保守的に扱くと、地震PRA結果を過大に評価し、現実的な地震リスクを評価できなくなる可能性がある。

<課題に対する検討>

現状の地震PRAモデルにおいて直接炉心損傷に至るとしているシナリオのうち、保守性を含むシナリオの例を下表のとおり抽出した。

シナリオ (例)	現状の想定・課題	精緻化の方策の例
①SG伝熱管破損シナリオ	SG伝熱管破損本数ごとのフラジリティを評価できないことから、SG伝熱管破損は全数破損を想定し、CVバイパスにより直接炉心損傷に至る事象としている。	<ul style="list-style-type: none"> ○フラジリティ評価上の課題 SGへの入力に対して、損傷する伝熱管の本数を不確実さも含めて検証し、伝熱管の損傷規模（損傷本数）に対応するフラジリティ評価を行う。 ○システム評価上の課題 SG伝熱管の破損本数や破損基数をパラメータとし、また他の起因事象との重畳も考慮した成功基準解析を実施し、緩和シナリオを明確にする。
②原子炉容器破損シナリオ	原子炉容器支持構造物の損傷が発生すると原子炉容器に予期しない振動が発生することで1次冷却材管や炉内構造物を損傷させることにつながると想定し、直接炉心損傷に至る事象としている。	<ul style="list-style-type: none"> ○フラジリティ評価上の課題 原子炉容器への入力の大さに対する各支持構造物部材の損傷程度と損傷程度に応じた1次冷却材管や炉内構造物応答の変化を検証し、1次冷却材管や炉内構造物のフラジリティ評価を行う。

これらのシナリオが持つ保守性は、システム評価及びフラジリティ評価において評価技術が成熟していないものであるものの、安全性向上評価の目的を踏まえると精緻化を検討していく必要があると考えており、PRA結果への影響度の大きさ等から優先度をつけて対応していきたいと考えている。

今後の改善計画（第7回会合資料再掲）

届出時期 項目	～2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度～
主なスケジュール		▽ 原子力規制検査本格運用開始 ▽ 玄海3号機初回届出 ▽ 玄海4号機初回届出	▽ 川内1号機4回届出 ▽ 川内2号機4回届出	▽ 川内1号機5回届出 ▽ 川内2号機5回届出	
	RIDM導入※1・フェーズ1 (既存ツールを用いたリスク情報活用 実践による機能の整備及び仕組みの 構築等)				
	フェーズ2 (改善及び活用範囲拡大)				
内部事象PRA	モデル高度化 (高度化内容を段階的に反映)				
地震PRA	評価手法高度化※2				
	評価技術の個社適用検討				
津波PRA	評価手法高度化※2				
	評価技術の個社適用検討				
内部溢水PRA※3	パイロットプラントによる試行				
	適用性確認 評価技術の個社適用検討				
内部火災PRA※3	研究開発				
	パイロットプラントによる試行・適用性確認				
レベル2PRA	評価手法高度化※2 ※3				

※1 「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」(2020年6月19日電気事業連合会公表)に基づく計画
 ※2 原子力研究センター(NRRC)の研究の進捗を踏まえて、適宜、評価モデルに取り込むとともに、届出に反映
 ※3 「NRRC研究ロードマップ」(2020年7月22日NRRC公表)に基づく計画

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.1】 (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。
改善計画	最新知見に係る評価のインプットとして安全を高める知見（メーカー提案等）を取り込む。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- これまでに提出した届出書にて反映した以下の改善内容について、同様に反映した。
 - ・ 収集対象とした情報源及びスクリーニング基準に関する記載の充実
 - ・ 収集した情報、知見に関する記載の充実（反映不要新知見を追記、反映要否の検討状況を追記）
 - ・ 最新知見に係る評価のインプットとして、メーカー提案を追加

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.2】 (第2章) 追加措置（自主設置設備）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。
改善計画	多様性拡張設備及び自主的に設置した設備の、仕様及び運用方針並びに教育・訓練について記載する。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 評価期間中において、追加された自主設置設備はなかったことから、当該記載箇所については、前回届出書と同様の内容を記載している。

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.3】(第2章) 届出書全体について、外部評価を活用する。
改善計画	<ul style="list-style-type: none">○ 外部有識者の客観的かつ第三者的な視点により、専門的・技術的観点から議論を深めるとともに、その視点を更なる安全性向上に活かすことを目的に、安全性向上評価の骨子に関する大所高所からの外部評価について、今後も実施する。○ 評価、調査・分析・解析等が広く理解されるものとなるよう、記載が適切であるかの観点での届出書全体についての外部評価は、電力間レビューにより実施していく。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 外部評価として、下記項目を実施し、その結果を反映した。

- ・ 電力間レビュー
- ・ 原子力に係る安全性・信頼性向上委員会※1

※1 外部有識者※2により原子力の安全性向上の取組み状況（PRA 等による原子力発電のリスクの分析・評価など）をモニタリングし、より専門的・技術的観点から議論を深めるとともに、その視点を、更なる安全性向上に活かすことを目的とした外部評価。

※2 玄海4号機第2回届出においては、以下の方（敬称略）に評価して頂いた。

- 野口 和彦（横浜国立大学 リスク共生社会創造センター 客員教授）
- 出光 一哉（九州大学大学院 工学研究院 教授）
- 天日 美薫（九州環境管理協会 技術部 品質管理課長）
- 藤本 望（九州大学大学院 工学研究院 教授）
- 松田 尚樹（長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授）

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.4】 (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、プロセス等の詳細も記載する。
改善計画	1) 特定重大事故等対処施設 (以下、「特重施設」という) の設置後の届出時に実施するPRA に併せて、最新の解析手法を採用したハザード解析を実施する。この場合、その手法の妥当性について併せて記載する。 2) 設置変更許可で対象外とした内部事象及び外部事象も含めた評価を、SSG-25 に基づく評価時に実施する。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 内部事象及び外部事象に係る評価結果が変わるような大規模な工事等がなかったため、第1回届出書の記載内容の大きな変更はないことから、改訂はしていない。特重施設設置後の届出時に、最新の解析手法を採用したハザード解析並びにSSG-25に基づく内部事象及び外部事象に係る評価を実施するよう対応中。

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.5】 (第3章) 決定論的安全評価について、結論だけでなく、プロセス等の詳細も記載する。
改善計画	不確かさを考慮した最適評価 (BEPU) 手法を含めた最新の評価手法の調査を継続し、決定論的安全評価への適用を検討していく。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 決定論的安全評価の評価結果が変わるような大規模な工事等がなかったため、第1回届出書の記載内容の大きな変更はないことから、改訂はしていない。引き続き最新の評価手法の調査を継続し、決定論的安全評価への適用を検討する。

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.6】 (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。
改善計画	安全性向上評価で実施する調査、分析、解析等の各分野における専門家が、これらの内容を判断できる程度の記載となるよう改善に取り組む。

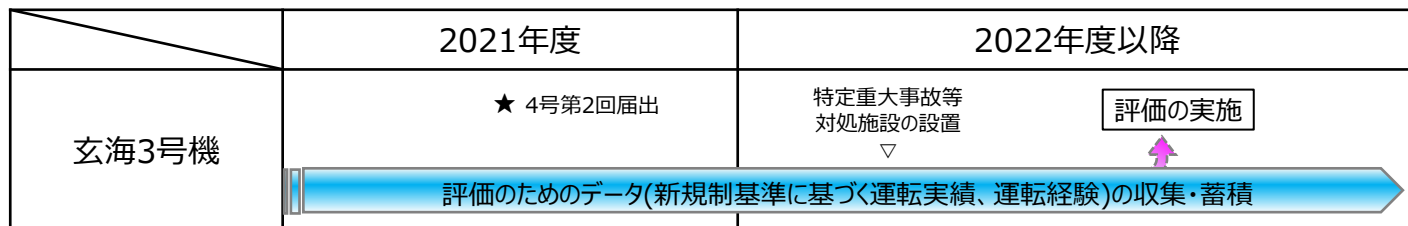
【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 確率論的リスク評価(PRA)の評価結果が変わるような大規模な工事等がなかったため、第1回届出書の記載内容の大きな変更はないことから、改訂はしていない。PRAを実施した場合には改善計画を踏まえた記載となるよう取り組む。

改善事項	【改善が必要なその他の事項 (2)-No.7】 (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。
改善計画	<ul style="list-style-type: none"> ○ 新規制基準への適合性審査合格後約5年の運転経験が蓄積する、特定重大事故等対処施設の設置後の届出時に実施する。 ○ 評価に使用したインプット、得られたアウトプット、その判断根拠を記載する。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- IAEA特定安全ガイドNo.SSG-25に基づく評価を実施するに当たり、運転実績等を蓄積しているところであり、それまでの期間は、「第2章 2.2.1 保安活動の実施状況」において、保安活動の実施状況調査及びその傾向分析を継続する。



改善事項	【自主的な改善事項 (3)-No.1】 (第3章) 安全裕度評価に関する改善
改善計画	1) 津波に対する評価に、フラジリティの適用を検討する。 2) 地震・津波の随件事象、火山噴火、竜巻、雷等、その他の外部事象に対する安全裕度評価を実施する。 3) モデルに含まれている過度の保守性は極力排除する。 4) クリフエッジエフェクトを防止（緩和）するために実施可能な措置を多様化する。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 安全裕度評価の評価結果が変わるような大規模な工事等がなかったため、玄海4号機第1回届出書の記載内容の大きな変更はないことから、改訂はしていない。改善計画各項目について、引き続き改善を検討する。

改善事項	【自主的な改善事項 (3)-No.2】 (第4章) 総合的な評価に関する改善
改善計画	安全性向上評価で実施する調査、分析、解析等の各分野における専門家が、これらの内容を判断できる程度の記載となるよう改善に取り組む。

【玄海4号機第2回届出書における対応状況】

- 内容を判断できる程度の記載となるように、継続的に取組みを行っている。
- なお、RIDMプロセスの構築については、以下のとおり、取組みを行っている。
- リスク情報の活用を行う項目の検討を行い、2020年4月よりRIDMプロセスを運用開始した。

第7回、第8回 実用発電用原子炉の安全性向上評価の
継続的な改善に係る会合における意見交換を踏まえた今後の取組み

カテゴリ	今後検討となっている事項	今後の取組方針
全般	他社の安全性向上策の水平展開スキームについて	自社へ反映する必要があるか検討を行っているが、明示的なスキームとなっていないため、2022年度以降の届出書への記載を含め検討する。
PRA	条件付炉心損傷確率、条件付格納容器破損確率といった指標を用いた評価の検討について	川内1/2号機第5回以降の届出にて検討予定。 玄海3/4号機については、特重施設の設置状況を踏まえて、2022年度以降の届出にて検討予定。
PRA	DB/SA設備が使えない場合における特重施設のシステム信頼性評価について	川内1/2号機第5回以降の届出にて検討予定。 玄海3/4号機については、特重施設の設置状況を踏まえて、2022年度以降の届出にて検討予定。
ST	津波の安全裕度評価の高度化について	津波評価に関するNRRCの研究に参画して最新知見を引き続きフォローし、より現実的な評価手法の当社プラントへの適用について検討する。
被ばく	希ガス、よう素、セシウム等の線量への寄与が大きい核種上位5核種などを今後の届出で記載することについて	玄海3/4号機について、特重施設の設置状況を踏まえて、2022年度以降の届出にて記載予定。 (川内1/2号機については、第4回届出にて記載済)