

玄海原子力発電所4号機

第3回 安全性向上評価の概要について

2023年 3月 日

九州電力株式会社

補足：「川内原子力発電所2号機第5回 安全性向上評価の概要について」との相違箇所をオレンジ色蛍光ペンにて示す。ページの内容全体が異なると整理するものは、1行目の題目のみオレンジ色蛍光ペンにて示す。

- 届出書本文

- 第1章 安全規制によって法令への適合性が確認された範囲

- 第2章 安全性の向上のため自主的に講じた措置

- 2-1 安全性の向上に向けた継続的取組みの方針

- 2-2 調査等

- (1) 保安活動の実施状況

- (2) 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見

- (3) プラント・ウォークダウン

- 2-3 安全性向上計画

- 2-4 追加措置の内容

- (1) 構築物、系統及び機器における追加措置

- (2) 体制における追加措置

- 2-5 外部評価の結果

第3章 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

3-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価

(1) 内部事象及び外部事象に係る評価

(2) 決定論的安全評価

(3) 確率論的リスク評価 (PRA)

(4) 安全裕度評価

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

第4章 総合的な評定

4-1 評定結果

4-2 安全性向上計画

- 添付資料 (第1章に係る図書 (保安規定、基本設計方針) を添付)
- 参考資料 (商業機密、防護上の機密等の公開できない情報等)

● 第1章の記載方針

- 評価時点は、**第14回**定期事業者検査終了時点(**2022.8.9**)とする。
- 過去の届出では、IAEA GS-G-4.1(DS449)の典型的目次を参考に、許認可図書等の該当箇所を引用し、発電所の構築物、系統及び機器(SSC)を最新化(As is)し記載していた。
一方、原子力規制検査導入にあわせて構成管理(CM)の充実を図っており、届出第1章とCMに係る文書（設計基準文書（DBD）等）の最新化を重複して行っている状況にあった。
この状況を踏まえ、改めて第1章の記載方針について検討を行い、以下のとおり見直した。

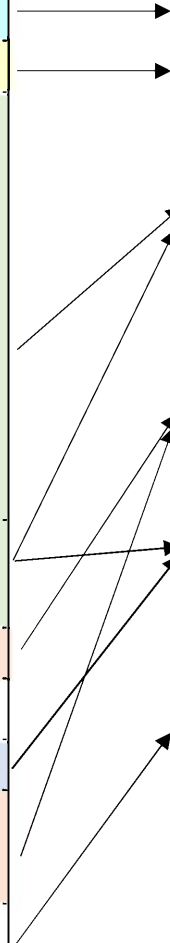
《見直し後の記載方針》

- ✓ 設置許可、設工認、系統図・配置図及びDBD、並びに保安規定を主体とした構成とし、**DS449の典型的目次に従う章立てから、安全性向上評価の運用ガイドに例示された章立てに見直す。**
- ✓ SSCに関する記載は、設置許可本文五号を基本とし、設計要件を一元管理している**DBDも記載することで充実を図る。**
- ✓ また、設置許可本文五号やDBDを補足説明する資料として要目表（設工認）及び系統図・配置図を参考資料として添付する。

《見直しの概要》

変更前(DS449ベースの構成)		
項目名	情報源	
1 序論及びプラントの一般的説明	—	
2 敷地特性	設置許可添六	
3 安全目標及びSSCに関する設計規則	設置許可添八	
4 原子炉		
5 原子炉冷却材及びSSCに関する設計規則		
6 工学的安全施設		
7 制御系統		
8 原子炉冷却材及び附属系統		
9 補助系統及び土木構造物		
10 蒸気－電力変換系統		
11 放射性廃棄物管理		設置許可添八
12 放射線防護		添九
13 運転の実施	保安規定	
14 プラントの建設及び試運転	—	
15 安全解析	設置許可添十	
16 運転上の制限及び条件	保安規定	
17 安全に関するマネジメント		
18 人的要因工学	—	
19 緊急時対応	防災業務計画	
20 環境側面	環境影響調査書	
21 廃止措置及び寿命終了の側面	廃止措置実施方針	

変更後(運用ガイドベースの構成)	
項目名	情報源
1.1 発電用原子炉施設概要	—
1.2 敷地特性	設置許可添六
1.3 構築物、系統、機器	設置許可本文五号 設計基準文書 (DBD)
1.4 保安のための管理体制 及び管理事項	保安規定
1.5 法令への適合性の確認 のための安全性評価結果	設置許可本文九号 本文十号
(削除)	
【添付資料】 ・基本設計方針 ・保安規定	
【参考資料】 ・要目表 ・1章に係る非公開情報(商業機密、防護上の機密情報) ・系統図、配置図、構造図	



2-1 安全性の向上に向けた継続的取組みの方針（1/2）

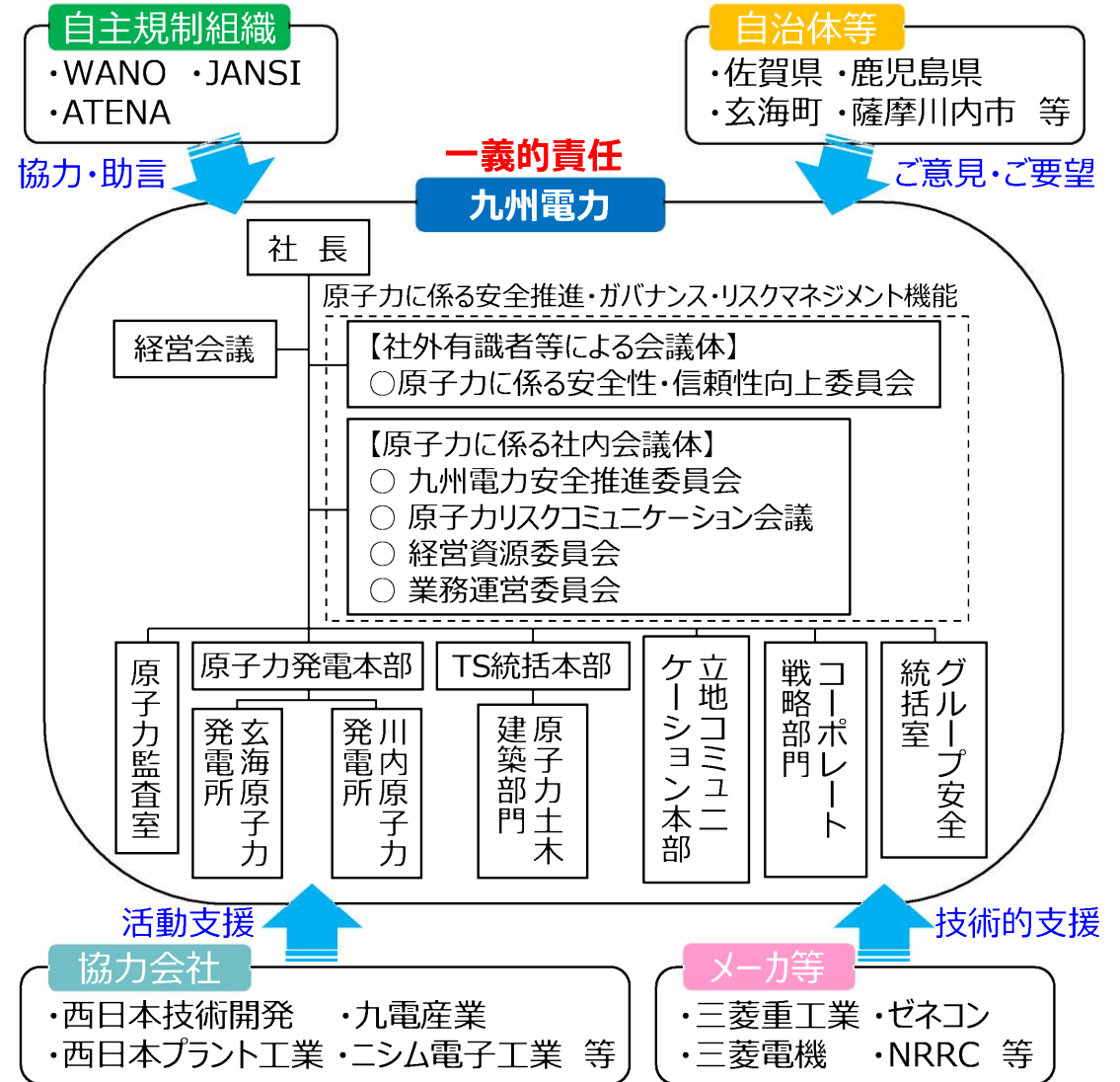
● 安全性の向上に向けた継続的取組みの方針

玄海4号機第3回 安全性向上評価

方針

社長が定める以下の品質方針に従い、より高みを目指した原子力発電所の自主的かつ継続的な改善に取り組む。

1. **原子力安全を最優先とする文化を醸成し続けます**
2. **自主的・継続的に安全性・信頼性を向上させます**
3. **原子力発電所のリスクマネジメントを確実に実施します**
4. **積極的な情報公開と対話活動を行い安心・信頼に繋がります**
5. **社内や協力会社との風通しの良い組織風土をつくります**

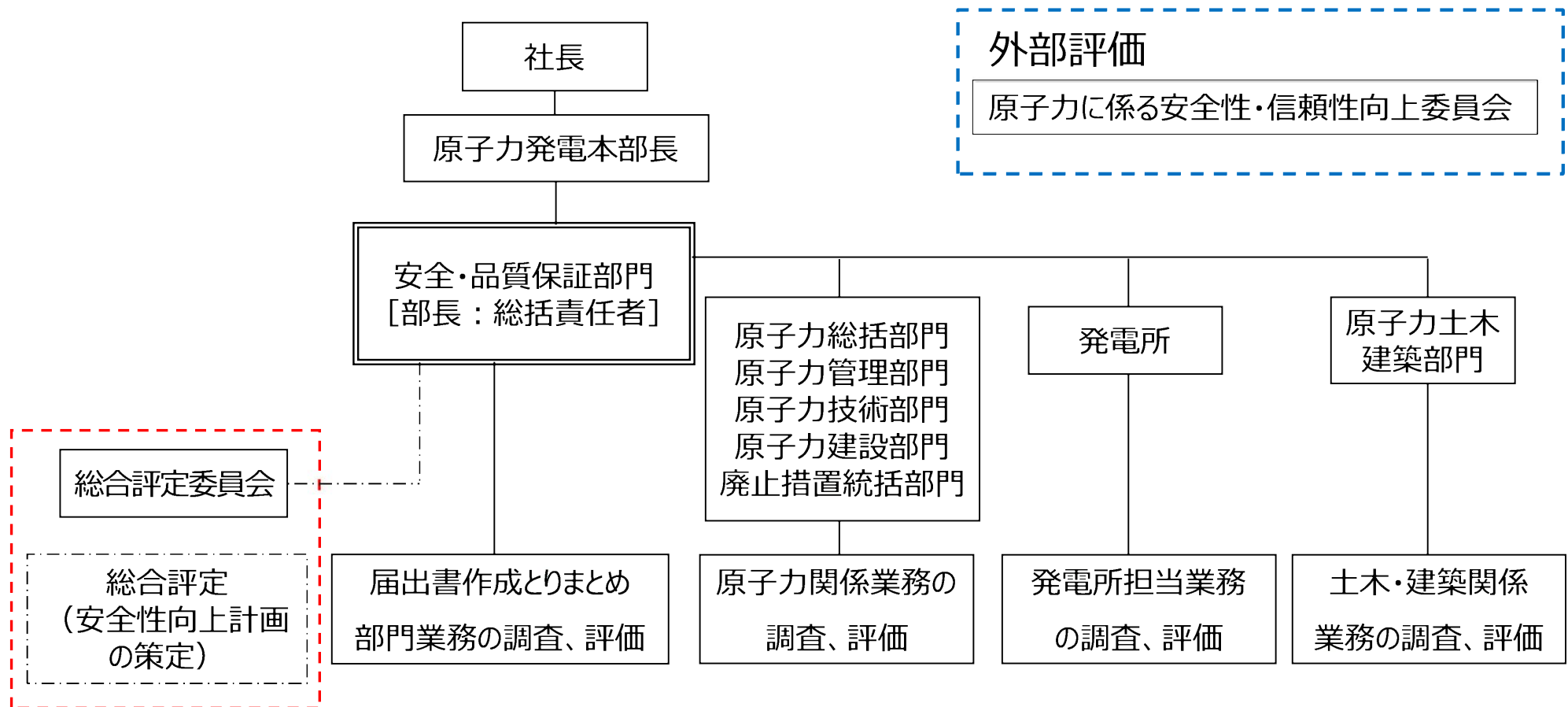


継続的な安全性向上のための取組みの体制

● 安全性向上評価の目的、目標

自主的、継続的に原子炉施設の安全性・信頼性を向上させることを目的とし、原子力のリスクを合理的に実行可能な限り低減する (ALARP; As Low As Reasonably Practicable) ことを目標とする。

● 安全性向上評価の実施体制



2-2(1) 保安活動の実施状況（1/3）

玄海4号機第3回 安全性向上評価

保安規定に定められた以下の保安活動に加えて、発電所の安全性及び信頼性のより一層の向上に資する自主的な活動を含めた、活動の実施状況を調査した。

○ 調査対象期間：

- 改善活動の調査期間・・・2021年4月16日～2022年8月9日
- 実績指標の調査期間・・・保安活動毎に選定した実績指標を対象に、2022年8月9日までの過去約10年分又は10サイクル分の確認可能な範囲のデータを評価

○ 評価項目：

品質保証活動、運転管理、施設管理、燃料管理、放射線管理、放射性廃棄物管理、緊急時の措置、安全文化の醸成活動

○ 評価手法：従来の定期安全レビュー手法で実施

○ 評価結果：

- 各保安活動の改善状況について、仕組み（組織・体制、社内マニュアル、教育・訓練）及び設備の側面で調査を行った結果、改善活動が保安活動に定着し、継続的な見直しが行われている。
- 各保安活動の実績指標を調査した結果、時間的な推移が安定している、若しくは、著しい変化がある場合にも原因が明らかにされ適切な対応が取られていることから、各保安活動を行う仕組みは適切かつ有効であると評価した。

主な改善活動

件名	改善内容
大型台風接近時に想定されるリスク対策の反映	大型台風接近時に想定したリスク対策のうち、社内マニュアルへの反映が必要な項目（大気圧低下に伴う、見かけ上のC/V圧力上昇による警報発信を避けるための事前のC/V減圧、CWP・SWP潤滑水ストレータ差圧確認の操作欄への明記、所内用水バックアップラインを活用したSWP潤滑水、冷却水確保、碍子への洗浄水のあたり具合の目視確認）について、プラント安全・安定運転を目的に反映した。
火災等の事案を根本から幅広く検証した結果と作業安全達成のための更なる取組み	2020年度に、火災等の事案が続いたことを受けて作業点検を実施し、管理職による現場観察や教育等を継続していたが、新たに火災等の事案が発生したことを踏まえ、原因について根本から幅広く検証を実施した。 その結果、「安全意識の浸透」、「危険感受性」、「原子力工事現場の特殊性への理解」について不足している部分があったことが分かったことから、作業安全達成に向けた更なる取組みとして、「現場観察スキルの更なる向上」、「安全パトロールや安全教育の強化」、「請負会社との意見交換」等を実施することにより、関係者全員が問題点や安全意識を共有し、一丸となって作業安全を達成するための意識の向上が図られた。

● 実績指標の見直し

「原子力に係る安全性・信頼性向上委員会」のご意見・ご助言を踏まえ、各保安活動の有効性を確認する観点で、より効果的となるよう実績指標の見直しを行った。

見直した主な実績指標	見直し理由
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 状態報告 (CR) 件数【追加】 ➤ 原子力安全 (品質) に影響を及ぼす状態 (CAQ) の件数【追加】 	<ul style="list-style-type: none"> ・「状態報告 (CR) 件数」及び「原子力安全 (品質) に影響を及ぼす状態 (CAQ) の件数」は、時間的な推移を確認することで、活動の適切性、有効性を評価する観点から効果的であることから新たな指標として設定した。
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 保全活動管理指標の監視結果【追加】 	<ul style="list-style-type: none"> ・保全活動管理指標が目標値を満足しているかを確認し、活動の適切性、有効性を評価する観点から効果的であることから新たな指標として設定した。
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 計画外自動・手動停止回数【削除】 ➤ 計画外出力変動回数【削除】 	<ul style="list-style-type: none"> ・新たに「保全活動管理指標の監視結果」を追加した結果、重複する指標となったため削除した。

● 自主設備の設置状況及びその運用方針

発電所の安全性及び信頼性のより一層の向上に資する自主的な取組みとして、重大事故等の発生及び拡大防止に資する、多様性拡張設備※1 及び追加的に配備した設備※2等について調査を行った結果、第2回届出の評価時点（2021年4月15日）以降新たに設置した設備はなかった。

※1：技術基準上の全ての要求事項を満たすことや、全てのプラント状況において使用することは困難であるが、プラント状況によっては事故対応に有効な設備

※2：工事計画に記載した「保安規定83条重大事故等対処設備」に規定する所要数に予備を含めた数量に加え、自主的に追加配備した同一仕様の設備

原子力安全に係る国内外で得られた最新の科学的知見及び技術的知見について、

- 玄海4号機の安全評価(決定論的安全評価)の前提となる内部事象・外部事象の変更につながる知見
- 確率論的リスク評価の評価手法や故障データの最新化につながる知見
- 原子力発電所の安全設計の見直しにつながる知見
- 事故・不具合を未然に防止するための知見

を抽出することを目的に、以下の①～⑦を調査した。

- 調査対象期間：2021年4月16日～2022年8月9日
- 調査対象：
 - ① 安全に係る研究
 - ② 国内外の原子力施設の運転経験から得られた教訓
(一般産業の情報含む)
 - ③ 確率論的リスク評価を実施するために必要なデータ
 - ④ 国内外の基準等
 - ⑤ 国際機関及び国内外の学会等の情報
 - ⑥ メーカーからの提案
 - ⑦ 国内事業者の安全性向上評価にて抽出された自主的な追加措置

《前回届出からの変更内容》

● 記載方針の見直し

- 過去の届出では、「反映要否検討中」の新知見は、実用水準に達している如何に関わらず全て記載していたため、当該新知見に関する記載が大半を占め、**反映が必要な新知見等、示すべき抽出結果が分かりにくい記載となり、整理が必要となっていた。**

⇒ このため、スクリーニング基準について、調査対象分野毎に細分化するとともに、過去に「反映要否検討中」とされたものを含め、**実用水準に達しているかどうかまで評価し、反映が必要と判断されるもののみ新知見として抽出する方針に見直した。**

● 調査対象の拡充

- 「⑦国内事業者の安全性向上評価にて抽出された自主的な追加措置」について、**当社への適用性を確認した結果を明確化するため、調査対象の拡充**を図った。

なお、今回調査した結果、他社の自主的な追加措置は、当社で同様の措置内容を実施済等の理由から、**新たに取り組む項目は抽出されなかった。**ただし、今後の動向を把握すべき参考情報として1件抽出された。

- 「②国内外の原子力施設の運転経験から得られた教訓」に**ATENA発出文書を調査対象に追加し、今回2件を新知見として抽出した。**

● 新知見に係る調査結果

新知見に係る調査の結果について以下に取りまとめた。

－：“該当なし”を示す

分類	収集分類	収集数	検討結果 (届出記載対象)	
			新知見	参考情報※
①安全に係る研究	電共研	約40件	1件	-
	自社研		-	-
	NRA等の研究開発	約30件	1件	3件
	国外機関の研究開発	約160件	-	-
②国内外の原子力施設の運転経験から得られた教訓	運転経験からの教訓	約130件	13件	-
	NRAの文書指示等	6件	6件	-
③確率論的リスク評価を実施するために必要なデータ	PRAを実施するために必要なデータ	約250件	2件	-
④国内外の基準等	国内の規格基準	約30件	10件	-
	国外の規格基準	約840件	-	-
⑤国際機関及び国内外の学会等の情報	国内の学会活動	約430件	-	6件
	国外の学会活動	約870件	-	1件
⑤国際機関及び国内外の学会等の情報(自然災害)	竜巻、火山	約50件	-	-
	耐震、津波	約80件	-	5件
⑥メーカーからの提案	メーカーからの提案	約30件	-	-
⑦国内事業者の安全性向上評価にて抽出された自主的な追加措置	－	約70件	-	1件

※ 直ちに反映は不要だが、今後の動向を把握すべき知見

今回の届出において、評価を実施する上で必要な情報について机上情報の補足を必要とするものはなく、プラント・ウォークダウンは実施していない。

2-3 安全性向上計画

新知見により安全性向上に資する自主的な追加措置が抽出されており、以下にその概要を取りまとめた。

追加措置	計画概要
デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障対策工事	ソフトウェアに起因する共通要因故障への更なる対処機能向上の観点から、既存の多重化設備に安全注入系の自動起動に係る機能及び警報を追加する。

(1) 構築物、系統及び機器における追加措置

抽出された追加措置について、構築物、系統及び機器の運用方針及び期待される効果を以下に示す。

追加措置	運用方針	期待される効果
デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障対策工事	変更なし	ソフトウェアに起因する共通要因故障への対処機能が向上する。

(2) 体制における追加措置

抽出された追加措置については、既存の体制で運用でき、体制に関わる追加措置（人員配置及び指揮命令系統）は抽出されなかった。

● 原子力に係る安全性・信頼性向上委員会による評価

外部有識者の視点を、更なる安全性向上に活かすことを目的に、本安全性向上評価の骨子について、「原子力に係る安全性・信頼性向上委員会」において、ご意見・ご助言を受けた。

<原子力に係る安全性・信頼性向上委員>

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）

高田 孝（東京大学大学院 工学系研究科 原子力国際専攻 教授）

天日 美薫（博士（理学）、一般社団法人九州環境管理協会 技術部 企画管理課長）

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 放射線総合センター 特命教授）

（敬称略）

《レビューを依頼する電力各社》

- | | |
|--------------------|---------------|
| ・ 北海道電力株式会社 | ・ 関西電力株式会社 |
| ・ 東北電力株式会社 | ・ 中国電力株式会社 |
| ・ 東京電力ホールディングス株式会社 | ・ 四国電力株式会社 |
| ・ 北陸電力株式会社 | ・ 日本原子力発電株式会社 |
| ・ 中部電力株式会社 | ・ 電源開発株式会社 |

● 原子力に係る安全性・信頼性向上委員会の結果及びその対応

「原子力に係る安全性・信頼性向上委員会」において受けたご意見、ご助言について、以下の通り対応する。

ご意見、ご助言	対応
<p>リスク評価は、必ずしもPRA だけではない。また、PRA やデータの精度向上を図るだけでなく、PRA をどう活用するか等安全の捉え方を考えて欲しい。福島第一原子力発電所の事故がなぜ想定できなかったか、安全の捉え方について考えて欲しい。</p>	<p>PRA については、リスクマネジメントで対策を効果的・網羅的に検討・評価する重要なツールとして活用するとともに、決定論評価等も組み合わせでリスクを総合的にマネジメントしていく。ただし、PRA を含めリスク情報を活用した意思決定への理解は十分ではないため、更なる理解浸透に取り組むとともに活用範囲を広げていく。</p>

3-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価

3-1(1) 内部事象及び外部事象に係る評価、3-1(2) 決定論的安全評価

3-1(3) 確率論的リスク評価、3-1(4) 安全裕度評価

玄海4号機第3回 安全性向上評価

前回の安全性向上評価届出の評価時点以降、評価結果が変わるような大規模な工事等を行っていないため、改めて調査、分析又は評定をする必要がなく、第1回届出の記載内容を変更する必要はない。

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

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は、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予定である。

【評価計画】

★：実績

	2021年度	2022年度	2023年度以降
玄海4号機	★ 第2回届出	第3回★届出	特定重大事故等対処施設の設置 評価の実施

4-1 評定結果（1/3）

玄海4号機第3回 安全性向上評価

本書 第1章から第3章までの内容を踏まえ、**玄海4号機**の安全性についての総合的な評定について、以下の通り評価した。

◇ 安全性に関する長所、短所

◆ 安全性に関する長所

- **1997年7月**の運開以来、**2011年12月の第11回**定検停止までの間、**トラブルを1回経験したが**、安全・安定運転を継続してきた。また、長期停止後の再稼働から**第14回**定事検停止までの間、トラブルはなく、安全・安定運転を継続してきた。
- 保安活動が確実に実施されている。
- これまでの届出書で抽出された安全性向上措置を計画的に実施している。

◆ 安全性に関する短所

- 第2章の調査及び第3章の評価結果から安全性向上措置が抽出されたが、いずれも、保安活動のプロセスの欠陥によるものではなく、プラントの安全性を更に向上させるためのものである。

◇ 評定結果

第1回と同様に、本評価で抽出した安全性向上に資する措置を確実に実施することにより、安全性は更に向上する。

● これまでの外部評価の対応状況 (1/2)

原子力に係る安全性・信頼性向上委員会で本届出に関するご意見、ご助言を頂き、その結果を踏まえた対応を検討していく。なお、川内1号機の第1～5回、川内2号機の第1～4回、玄海3/4号機の第1、2回届出時にいただいたご意見、ご助言に対する対応状況は以下の通り。

ご意見、ご助言	対応状況 (対応方針含む)
<p>安全裕度評価結果を用いた継続的改善を実施する。</p>	<p>今後改訂する安全裕度評価において、第1回届出にて特定したクリフエッジの次のクリフエッジを特定し、その影響や対策を検討する。</p>
<p>「第2章2.2.1 保安活動の実施状況」において選定している保安活動の実績指標について、社内マニュアルの改正回数（品質保証活動）や教育の受講率（安全文化醸成）等を実績指標としているが、保安活動の効果を計る観点からは相応しくないものもあるのではないかと。例えば自主的な改善提言の回数など、安全文化が醸成された結果に視点を向けて指標を設定すべきである。</p>	<p>2020年4月の原子力規制検査制度導入以降、パフォーマンス監視（分析、改善策検討）を実施している90項目のパフォーマンス指標のうち、各保安活動の有効性を評価する観点で有効と考えられるものを追加するなど、実績指標の見直しを行った。</p> <p style="text-align: right;">（スライド9参照）</p>
<p>確率論的リスク評価の結果に基づき追加措置として「教育・訓練の強化」を抽出しているが、確率論的リスク評価と教育・訓練が関係するようにした方が良い。</p>	<p>確率論的リスク評価の結果から重要シナリオを抽出し、リスクへの寄与の大きいシナリオに関して教育・訓練を強化するように検討しており、今後も本検討を継続していく。</p>
<p>設備の高度化、多様化が進んでいると思うが、今後はこれらを効率的に管理・運用できるよういろいろなことの簡素化も検討する必要が出てくるのではないかと。</p>	<p>特重施設の設置等、設備の高度化、多様化を踏まえ、より効率的な管理・運用を可能とする方策について、安全性向上評価の仕組みを活用して検討していくこととする。</p>

● これまでの外部評価の対応状況 (2/2)

ご意見、ご助言	対応状況 (対応方針含む)
<p>確率論的リスク評価(PRA)の結果については、評価結果の比較だけでなく、様々な検討に使える要素があるので、有効に使うこと。</p>	<p>PRAの結果については、評価結果を踏まえてどのような対策を実施すれば効果的であるかを検討する際の一つのツールと考えている。</p> <p>また、PRAの結果だけではなく、他の要素等も含め総合的に勘案してどのような対策を行っていくかを検討することとしており、今後も継続的に取り組んでいく。</p>
<p>評価条件の変更やモデルを更新した場合には、重要な機器・操作の順位が変わることに着目すべきである。リスク分析をした結果、順位の高いものに対して効果的な対策を実施している様が見せると非常に良い。</p>	<p>重要度の高い事故シーケンスグループ・格納容器機能喪失モードに対して対策を検討している。</p> <p>また、対策の検討に当たっては、効果的な追加措置の抽出となるようにFussell-Vesely重要度 (FV重要度) 結果等を参考にしており、今後も継続的に取り組んでいく。</p>

● 今後の安全性向上に向けた短期的及び中長期的な方針

今後も保安活動の確実な実施を基本に、以下の安全性向上に向けた短期的及び中長期的な方針により、今回の本届出で抽出した安全性向上に資する措置を確実に実行することにより発電所の安全性向上に努める。

＜今後の安全性向上に向けた短期的及び中長期的な方針＞

- 安全性向上評価の仕組みを活用した取組みを継続し、合理的に実現可能な限りリスクを低減する。
- RIDM（Risk Informed Decision Making）プロセスの定着と段階的な拡大を図っていくとともに、本プロセスの実践を通じて原子力部門全体でのリスク管理に係る力量向上を図っていく。
- 発電所の設計・運用情報、運転経験等の情報について、自社で内部事象を対象としたPRAモデルに適宜反映することにより、現状の発電所の実態に即したリスク評価・管理を実施する。
- デジタル技術を活用した業務改革（DX）を行い、業務や意思決定の品質向上を図る。

● 保安活動により抽出された追加措置

具体的な措置	実施時期（予定）
デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障対策工事	2023～2024年度 (第16回定検)

● 第1回、第2回届出時に抽出された措置の実施状況 (2022年9月30日時点)

第1回～第2回届出時に計画した追加措置*については、下記のとおり計画的に対応を行っている。

* 第2回届出までに完了した工事・運用変更を除く

保安活動から抽出した措置* (措置計画時期)	実施時期 (予定)	実施状況	備考
原子炉安全保護計装盤更新 (第1回)	第15回定検※1	継続	—
主タービン制御盤更新 (第2回)	第15回定検※1	継続	—
発電機変圧器保護盤更新 (第2回)	第15回定検※1	継続	—
高pH運転対応設備導入 (第2回)	第15回定検※1	継続	—
海水ポンプ取替工事 (第2回)	第15回定検※1	継続	—

※1 第2回届出以降に第15回定検までに計画変更

確率論的リスク評価から抽出した措置* (措置計画時期)	実施時期 (予定)	実施状況	備考
特定重大事故等対処施設による格納容器 スプレイ及びフィルタベントの導入	2022年度	継続	—

END

