

川内原子力発電所2号機 第3回 安全性向上評価の概要について

2020年7月31日

九州電力株式会社

●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

(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

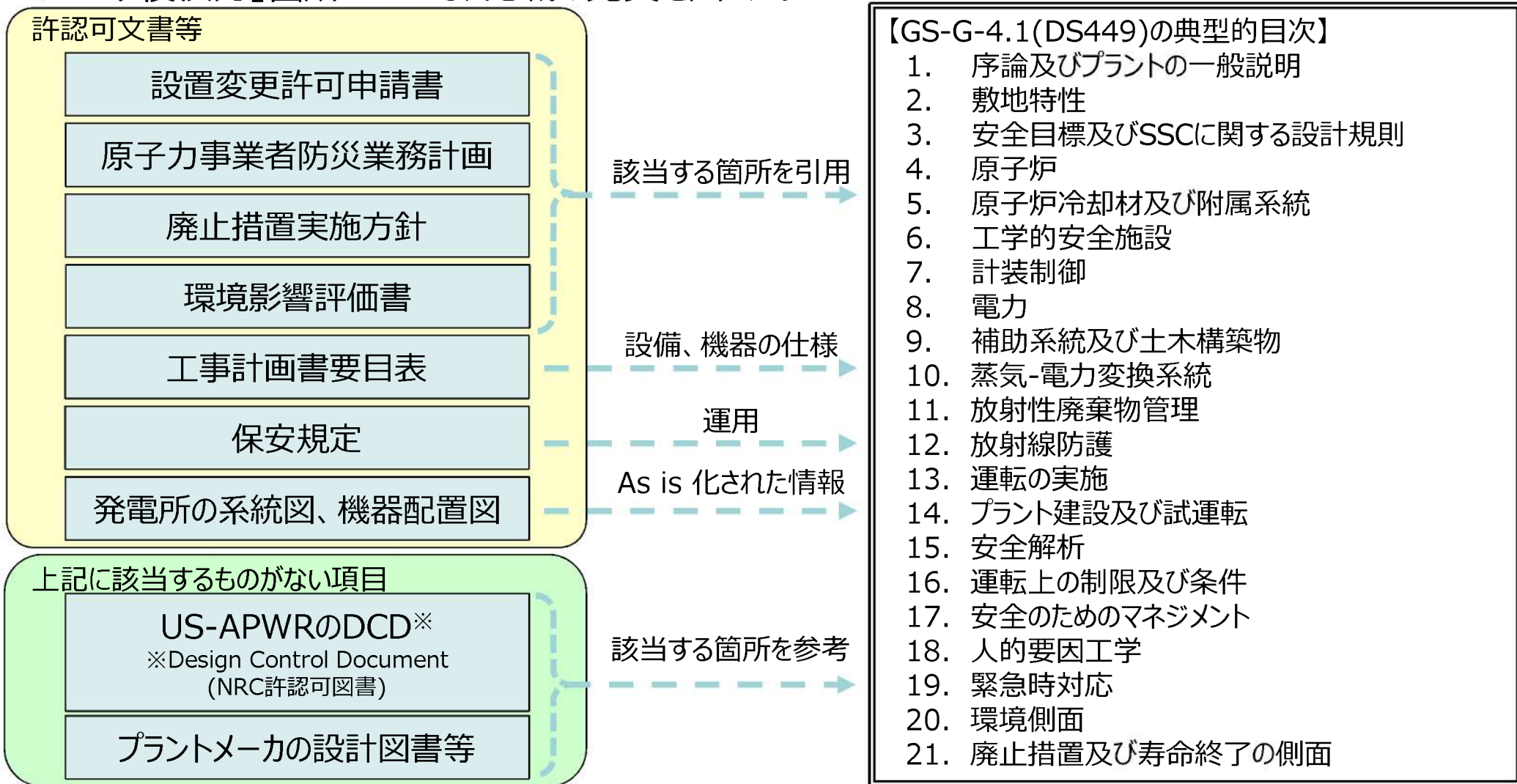
4-1 評定結果

4-2 安全性向上計画

- 参考資料 (商業機密、防護上の機密等の公開できない情報)

● 第1章の記載方針

- 章立ては、IAEA安全ガイドGS-G-4.1(DS449)の典型的目次に従い、記載内容は、同ガイド本文に規定されている要件を反映する。
- 評価時点は、第23回施設定期検査終了時点(2020.01.23)の状態を対象とする。
- 「今後検討」箇所について、記載の充実を図った。



2-1 安全性の向上に向けた継続的取組みの方針（1/4）

川内2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、

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

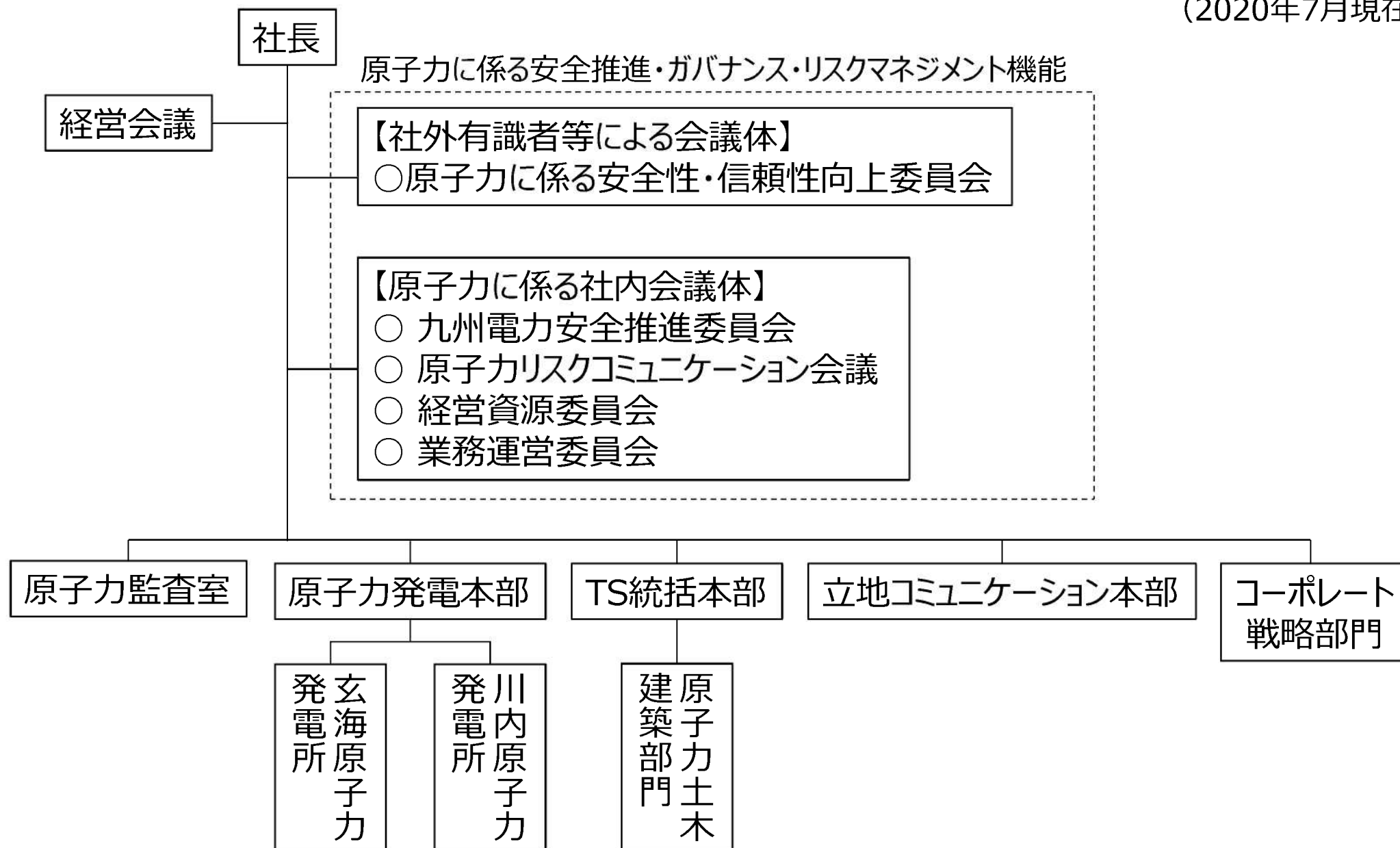
原子力に対するリスク意識を高め、安全文化の更なる醸成を図り、また、国内外の最新の知見や教訓、社内外の第三者の視点も活かしながら、より高みを目指した原子力発電所の自主的かつ継続的な改善に取り組む。

● 安全性向上評価の目的、目標

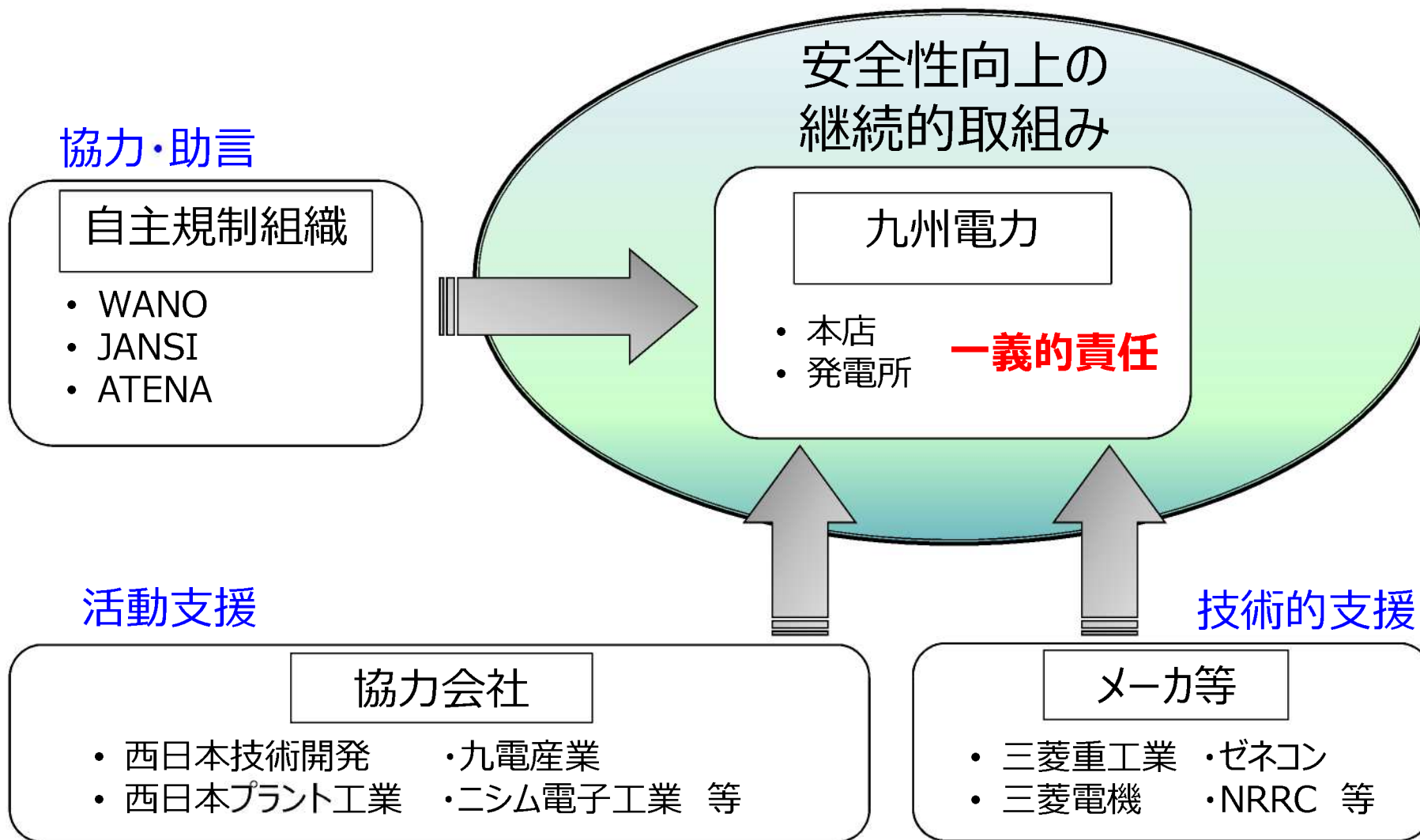
自主的、継続的に原子炉施設の安全性・信頼性を向上させることを目的とし、原子力のリスクを合理的に実行可能な限り低減する（ALARP; As Low As Reasonably Practicable）ことを目標とする。

(2020年7月現在)

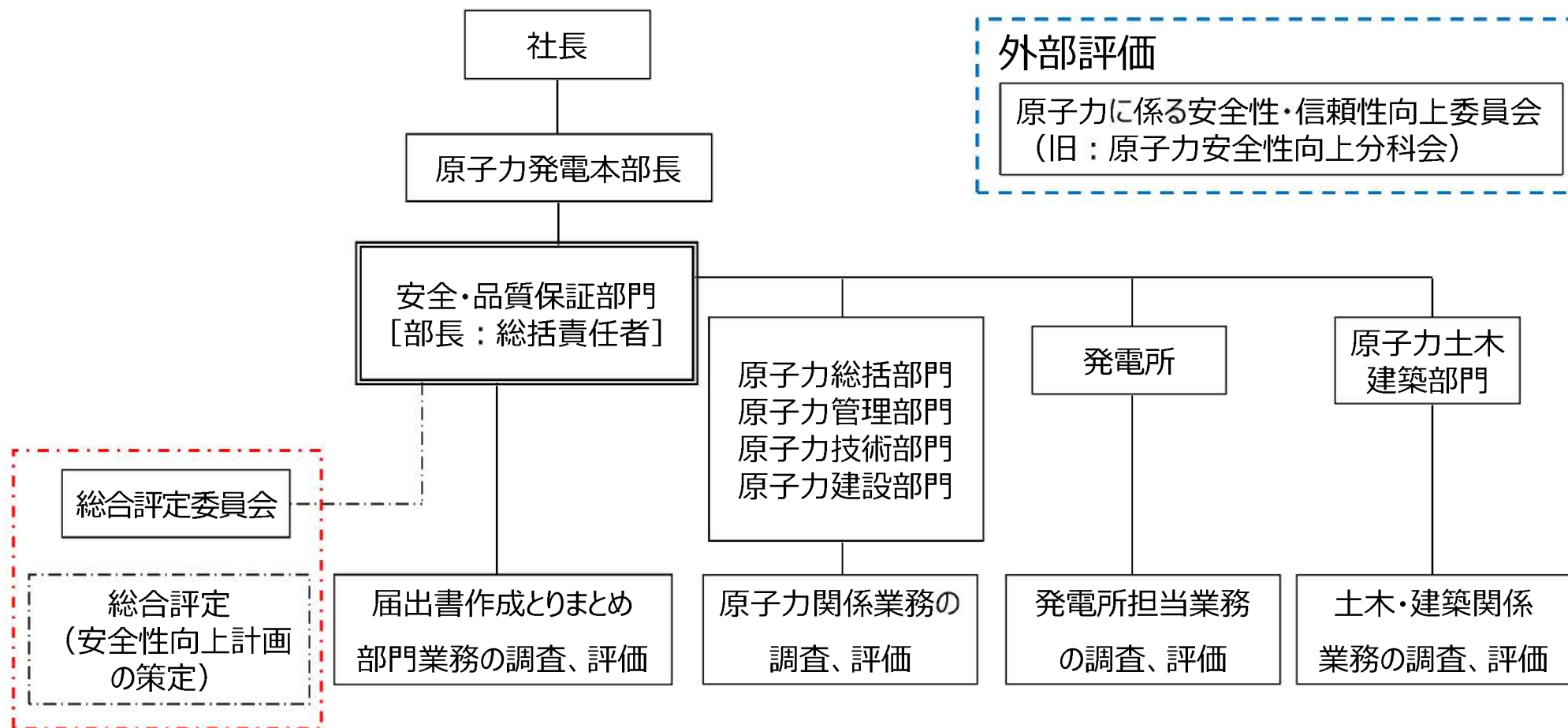
● 自主的・継続的な安全性向上への取組み体制



● 継続的な安全性向上のための取組みの概念図



● 安全性向上評価の実施体制



プロセス

原子力安全のための品質マネジメントシステムに基づく継続的改善のプロセスを基本とする。

(1) 保安活動の実施状況

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・・・2018年9月29日～2020年1月23日
 - 実績指標の調査期間・・・各保安活動ごとに選定した実績指標を対象に2020年1月23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、保守管理、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。
 - 実績指標調査の結果、各保安活動の実績指標は、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採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。

● 改善活動の調査例 (品質保証活動)

分類	項目	改善内容
組織・体制	安全品質保証統括室課長職位の増置	2020年度より導入される原子力規制検査制度の準備の一環として、2019年7月に安全品質保証統括室に課長2名を増置した。この結果、体制強化が図られた。
社内マニュアル	品質方針の見直し	当社を取り巻く現在の環境と品質方針を照らし合わせた結果、原子力の諸課題等に対して有効なものとなっているものの、原子力規制検査制度等を踏まえた原子力発電所のリスクマネジメント及び地域・社会の皆さまの安心と信頼に繋げる活動を強く示していくことがより有効であることから、2019年6月3日に品質方針の見直しを実施した。
	安全上重要な設備及び構築物等に関する工事の設計プロセスの見直し	設計の結果を取りまとめ、設計要求事項への網羅性を担保するとともに検査との繋がりを管理することを目的に様式8 (工認設計結果) を作成しているが、同じ詳細設計結果を用いて作成する工事計画書の作成と時期が輻輳し、人的過誤を引き起こしやすい状況にあった。 このため、設計管理の目的を変えることなく業務を確実に実施できるよう、様式8の作成タイミングを詳細設計時から適合性確認検査の計画立案前に見直した。この結果人的過誤の減少が期待できる。
	改善措置活動 (CAP) プロセスの確立	2020年4月からの原子力規制検査制度施行に向けた対応のひとつとして、事業者が自らの活動における問題を特定し解決する改善措置活動 (CAP) のプロセスを確立した。この活動は、2018年10月からの試運用を踏まえ、関係する社内マニュアルを整備し、2019年12月に本運用としており、自主的な改善活動の高度化が期待される。
設備	品質保証活動において設備の改善は対象外	

● 実績指標の調査例（1/2）

➤ 時間的な推移が安定している実績指標

年度 指標	2010	2011 ※2	2012 ※2	2013 ※2	2014 ※2	2015 ※2	2016	2017	2018	2019 2020.1.23 時点
計画外 自動・手動 トリップ回数	0	0	—	—	—	0	0	0	0	0
計画外 出力変動※1 回数	0	0	—	—	—	0	0	0	0	0
事故・故障 発生件数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

上記の運転管理に係る実績指標について、2010年度から2019年度の時間的な推移を確認した結果、安定的に推移しており良好な状態が維持されていると判断した。

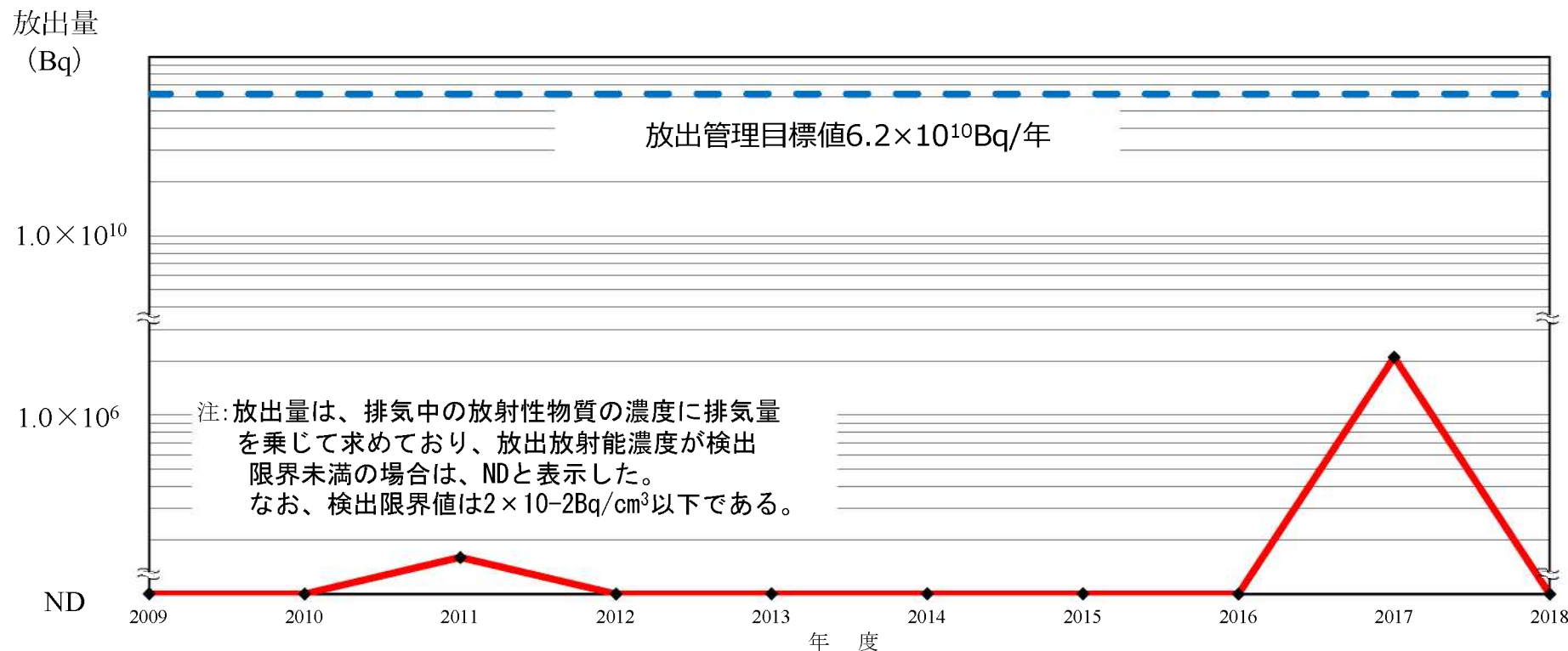
※1：原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、原子炉出力が定格出力の5%を超えて変動した場合をいう。

※2：2011.9.1～2015.10.21の間、福島第一原子力発電所事故後の長期停止

● 実績指標の調査例 (2/2)

➤ 時間的な推移に著しい変化があった実績指標

- ・ 放射性気体廃棄物中のうち放射性よう素131の放出量 (1,2号機合計)



2011年度は東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故の影響、2017年度は川内1号機での燃料集合体からの漏えいの影響により指示が高くなっているが、2009年から2018年にかけて、運転上の制限に対して十分低い値で推移している。

● 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等について調査した結果、第2回届出評価時点（2018年9月28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

(2) 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見

新知見の収集、分析、抽出に当たっては、東京電力福島第一原子力発電所事故の背後要因として、津波や過酷事故に対する新たな知見により明らかとなったリスクを軽視し必要な安全対策を先延ばしにしたこと、また、国際的な取組みや共同作業から謙虚に学ぼうとする取組みが不足していたことが指摘されており((一社)日本原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会)、この反省に立ち、原子力安全を最優先に、これらを実施する。

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収集し、

- 川内2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

を抽出した。

- 調査対象期間：2018年9月29日～2020年1月23日
- 調査内容：
 - 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
 - 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メーカー提案

● 新知見にかかる調査結果

川内2号機第3回 安全性向上評価

新知見に係る調査の結果について以下に取りまとめた。

分類	収集分類	収集情報	検討結果			反映要の新知見の内	
			反映が必要な新知見	反映要否 検討中	新知見だが、 反映が必要 ないもの	反映済	反映未済
①安全に係る研究	1-電共研	約50件	なし	3件	1件	なし	なし
	2-自社研	3件	なし	なし	1件	なし	なし
	3-NRA等の研究開発	約40件	1件	2件	なし	なし	1件
	4-国外機関の研究開発	約170件	なし	なし	なし	なし	なし
②国内外の原子力施設の運転経験から得られた教訓	1-運転経験からの教訓	約140件	18件	なし	なし	18件	なし
	2-NRAからの文書指示	なし	なし	なし	なし	なし	なし
③PRA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	なし	なし	なし	なし	なし	なし
④国内外の基準等	1-国内の規格基準	約20件	9件	7件	なし	9件	なし
	2-国外の規格基準	約240件	なし	なし	なし	なし	なし
⑤国際機関及び国内外の学会等の情報	1-国内の学会活動	約450件	なし	なし	6件	なし	なし
	2-国外の学会活動	約90件	なし	なし	なし	なし	なし
⑥メーカー提案	1-メーカー提案	約20件	なし	なし	なし	なし	なし

➤ 反映が必要な新知見の例

②国内外の原子力施設の運転経験から得られた教訓

1-運転経験からの教訓

件名	概要	反映状況
Quad Cities 1号 EHガバナサーボ弁コネクタゆるみ止め対策の実施について	出力運転中、デジタル式電気油圧式制御装置(EH)のサーボ弁用信号伝送ケーブルコネクタが、高周波振動の影響によってサーボ弁から外れ、ガバナ弁が閉止し、出力が低下した。	ゆるみ止め防止のワイヤリング用穴のあるコネクタ及びサーボ弁に取り替え、ワイヤリングによるゆるみ止め対策を実施した。

● 第2回届出時に「反映中」とした知見の検討状況

分類	収集分類	第2回届出時※	評価時点	
		反映中	反映済	反映未済
①安全に係る研究	1-電共研	なし	なし	なし
	2-自社研	なし	なし	なし
	3-NRA等の研究開発	1件	1件	なし
	4-国外機関の研究開発	なし	なし	なし
②国内外の原子力施設の 運転経験から得られた 教訓	1-運転経験からの教訓	2件	1件	1件
	2-NRAからの文書指示	なし	なし	なし
③PRA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	なし	なし	なし
④国内外の基準等	1-国内の規格基準	なし	なし	なし
	2-国外の規格基準	なし	なし	なし
⑤国際機関及び国内外 の学会等の情報	1-国内の学会活動	なし	なし	なし
	2-国外の学会活動	なし	なし	なし
⑥メーカ提案	メーカ提案	なし	なし	なし

※：第1回届出以降、継続して反映中としている知見を含む。

● 第2回届出時に「反映要否検討中」とした知見の検討状況

分類	収集分類	第2回届出時 ^{※1}	評価時点			反映要のうち	
		反映要否 検討中	反映が必要な 新知見	反映要否 ^{※2} 検討中	新知見だが、 反映が必要 ないもの	反映済	反映未済
①安全に係る研究	1-電共研	16件	なし	16件	なし	なし	なし
	2-自社研	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	3-NRA等の研究開発	5件	なし	3件	2件	なし	なし
	4-国外機関の研究開発	なし	なし	なし	なし	なし	なし
②国内外の原子力施設の 運転経験から得られ た教訓	1-運転経験からの教訓	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	2-NRAからの文書指示	なし	なし	なし	なし	なし	なし
③PRA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	8件	なし	8件	なし	なし	なし
④国内外の基準等	1-国内の規格基準	42件	5件	37件	なし	2件	3件
	2-国外の規格基準	1件	なし	1件	なし	なし	なし
⑤国際機関及び国内外 の学会等の情報	1-国内の学会活動	5件	なし	5件	なし	なし	なし
	2-国外の学会活動	1件	なし	1件	なし	なし	なし
⑥メーカ提案	メーカ提案	なし	なし	なし	なし	なし	なし

※1：第1回届出以降、継続して反映要否検討中としている知見を含む。

※2：反映にあたり、更なる研究成果が必要なものや、規格のエンドースを必要とするものなどを含む。

● プラント・ウォークダウン

今回の評価において、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ではなく、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

2-2(1)~(3)の調査の結果、保安活動により安全性向上のための追加措置が抽出されており、以下にこれらの概要を取りまとめた。

ただし、規制要求に基づく措置については記載していない。

○ 保安活動により抽出された追加措置

保安活動	追加措置	計画概要
保守管理	警報表示装置更新工事	既設設備はアナログ設備であり、構成部品等が生産中止となっており、代替品も無い状態であることから、デジタル式の盤への更新を実施する。
緊急時の措置	大容量空冷式発電機予備品購入※	大容量空冷式発電機の主要構成部品について予備品を追加購入する。

※1・2号機共用

(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、系統及び機器における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
警報表示装置更新工事	変更なし	デジタル式の盤に更新することで、長期保守安定性が向上する。合わせて警報窓の増加にも対応可能になり、拡張性が向上する。
大容量空冷式発電機予備品購入	変更なし	予備品を追加購入することで、故障等が発生した場合においても、保安規定要求「1系統が動作可能であること」について、対応性が向上する。

(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、現状の組織で運用が可能であり、体制における追加措置（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 センター長）

出光 一哉（九州大学大学院 工学研究院 教授）

高田 孝（日本原子力研究開発機構 システム安全解析評価グループ グループリーダー）

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）

敬称略

● 電力各社による届出書レビュー

本届出書について、調査・分析・解析等が広く理解される記載となっているか、すなわち手法、適用範囲、モデル化、インプット、処理プロセス、アウトプット、判断根拠等が明確かの観点で以下の電力各社へレビューを依頼し、その結果を反映した。

- | | |
|--------------------|---------------|
| ・ 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、以下のとおり対応する。

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	原子力に係る安全性・信頼性向上委員会の 評価を踏まえた対応
<p>ハードに関しては、リスク評価の適用は積極的に実施されているが、保守活動のようにヒューマンファクタの影響を受ける活動や、パンデミックのような社会状況変化が安全にもたらす影響のリスク評価も必要である。</p> <p>また、現時点で最優先対応課題と思われるコロナ対応の記述がないため、感染者が出た場合の対応の記述が必要だと思われる。</p>	<p>ヒューマンファクターの影響は、人的過誤に係る不適合発生件数といった実績指標を用いて、人的過誤の傾向分析に取り組んでいるところ。</p> <p>また、新型コロナウイルス感染予防・拡大防止対策については、次項の表に示すように原子力発電所の安全・安定運転を継続するための対策を実施するとともに、安全確保を図る上で不可欠な要員に対する交代要員等の検討を行い、必要な体制の確保に努めている。なお、これらの対策は、新型コロナウイルスの流行状況等に応じて、見直しを図りながら引き続き適切に取り組んでいく。</p>

● 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

➤ 当社の原子力発電所における新型コロナウイルスの感染予防・拡大防止対策※

表 原子力発電所における新型コロナウイルスの感染予防・拡大防止対策(1/2)

1. 感染予防対策

(1) 共通対策

a. 業務管理

- ・手洗い、うがい、アルコール消毒、咳エチケットの徹底
- ・風邪の症状、味覚・臭覚の異常兆候がある場合の出勤待機(症状が継続する場合や息苦しさ・強いだるさ・高熱等の強い症状の何れかがある場合には相談センターへの連絡を指示)
- ・通勤車両(通勤バス等)内の対策(換気やマスク着用等)
- ・執務室の定期的な換気の実施
- ・多数の参加者が集まる会議開催の自粛
- ・一般見学等の一時立入の受付停止
- ・業務上必要な部屋以外の出入りを原則禁止

b. 出張・外出

- ・出張、外出は、TV会議の活用などにより原則実施しない。実施する場合でも必要性を精査して慎重に実施(関係会社社員へもお願いを実施)
- ・プライベート時間帯における3密の回避。3密空間になる可能性が高い会食・懇親会は必要最小限とし、やむを得ず実施する場合は、少人数かつ短時間を心掛ける。

(2) 安全・安定運転継続対策

- ・運転当直員は、通勤時を含めた勤務時間中のマスク着用
- ・運転当直員の食事時の他の社員との隔離
- ・運転当直員以外の中央制御室への不要不急の入室禁止(入室の際は健康確認、アルコール消毒、マスク着用)
- ・運転当直員を号機間で隔離(中央制御室内における運転当直員間の間隔を確保、通勤車両の分乗)

表 原子力発電所における新型コロナウイルスの感染予防・拡大防止対策(2/2)

(3) 工事・点検他関連対策

a. 他県からの移動者及び新規業務従事者への対策

- ・発電所への入所にあたっては、入所予定の2週間前からの健康状態や行動履歴等に問題がないことを確認

2. 感染拡大防止対策(感染者が発生した場合)

- ・感染者発生(体調異常、PCR検査実施含む)の迅速な把握のための関係者間の情報連絡の徹底
- ・感染者と接触した可能性のある者の特定及び一定期間の出勤待機の実施
- ・感染者及び感染者と接触した者の居室、エレベータ等の共用部分の消毒
- ・感染者と接触した可能性のある者の活動空間の分離(通勤車両や食堂等の共用部分の利用時間の分離)

※ 上記は2020年6月1日時点の対策を示す。

3-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価（1/13）

川内2号機第3回 安全性向上評価

- (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) 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）**

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、分析又は評価をする必要がなく、第1回及び第2回届出の記載内容から大きな変更はないため、改訂の必要はない。

(4) 安全裕度評価

- 安全裕度評価は、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回及び第2回届出の記載内容から大きな変更はないため、改訂の必要はない。
- 今回は、第2回届出書において実施したその他の自然現象に対する評価の火山（火山活動、降灰）のうち、発電所に影響を及ぼし得る火山事象である火山（降灰）に対して火山灰シミュレーションを用いて設計を超えるハザードの規模を設定し、安全裕度評価を実施した。
- なお、今回実施する火山灰シミュレーションは、桜島近郊の気象条件に関し既許可の評価を見直す必要があるような客観的なデータが取得されたために実施したのではなく、**より保守的なシミュレーションによる安全裕度の確認とその向上を図ることを目的に実施した**ものであり、最新の文献や調査等から得られた国内外の最新の科学的知見及び技術的知見には該当しない。

第2回届出における評価内容

● その他の自然現象のうち火山事象に対する評価

地震、津波以外のその他の自然現象に対する安全裕度評価は、国内で評価実績がないことから、評価実績のある欧州へ訪問調査を行い評価方針を検討した。

《評価方針》

- 欧州調査の内容を踏まえ、設計基準を超える年超過確率 10^{-6} 相当のハザードに対して、発電所に対する影響を評価した。

《評価結果》

- 火山事象については、**確率論的評価手法を前提とした定量的評価手法がないことから**、年超過確率が算出できない事象として扱い、破局的噴火に対して、発電所で整備済みの運用※で、予想される影響が対処できると評価した。

※火山活動のモニタリング結果、破局的噴火への発展の可能性がある場合は、燃料の移送計画を策定し、燃料を発電所から搬出する運用を整備。

第3回届出（今回）における評価内容

● 設計を超える火山灰ハザードに対する発電所の安全裕度評価を実施

《ハザードの設定》

- 火山（降灰）は、火山学の分野においては確率論的評価手法が確立していないことから、年超過確率を定めたハザードは設定せず、火山灰シミュレーションにおける計算条件を設計段階に比べてさらに保守的に扱い、火山灰層厚、濃度及び発電所到達時間を設定。

《評価対象》

- 設定した火山灰ハザードに対して、以下の項目について評価。
 - ◆炉心（出力運転中）
 - ◆炉心（停止中）
 - ◆SFP内の使用済燃料

○火山灰に対する安全裕度評価の流れ

①安全裕度評価に用いる火山灰ハザードの設定

設計を超えて発電所へ降灰する現象として、仮想風を考慮した火山灰シミュレーションを行い、火山灰層厚、空气中濃度、発電所への到達時間及び粒径の観点から火山灰ハザードの設定を行う。



②安全裕度評価で想定すべき起回事象の選定

火山灰により炉心損傷等につながると想定され得る起回事象を選定。



③選定した起回事象に対する影響緩和機器の火山灰影響評価

選定した起回事象（外部電源喪失）のシナリオで期待する影響緩和機器のうち、火山灰の影響を受ける機器を抽出し、その機能が期待できるか否かを評価。



④安全裕度評価の実施及び更なる安全性向上対策の立案

①で設定した火山灰ハザードに対する、③で抽出した機器の安全裕度評価を実施し、発電所の耐性を評価。

①安全裕度評価に用いる火山灰ハザードの設定

以下の想定により、設計を大きく超えるハザードとして、火山灰層厚等を設定。

○設計に用いたハザード評価【設置許可申請書】（参考）

- ・火山ガイドに基づき、桜島薩摩噴火に伴う火山灰を想定し、文献調査、地質調査を踏まえ、設計層厚を保守的に15cmと設定。
- ・参考として、気象庁による風向・風速の月平均値データ（鹿児島地点）を用いた火山灰シミュレーションを補助的な位置づけで実施した結果、発電所への影響が最も大きい8月の層厚が11cmとなった。

○設計を大きく超える火山灰ハザードの設定【安全裕度評価の入力条件】

- ・桜島薩摩噴火に伴う火山灰を対象に、設計を超えて発電所へ降灰する現象を仮想的に再現するため、仮想風を考慮した火山灰シミュレーションを実施。
- ・具体的には、気象庁による1990年から2010年までの21年間の8月における高度毎の風向・風速の観測データ（2データセット／日、鹿児島地点）のうち、データセットの平均風向が桜島から発電所に向かうデータセットのみ抽出し、高度毎に風向・風速を平均して作成した仮想風が評価期間中継続するものとした。
- ・評価結果は次の通り。【火山灰層厚：25cm、濃度：2.6g/m³、到達時間：68分】

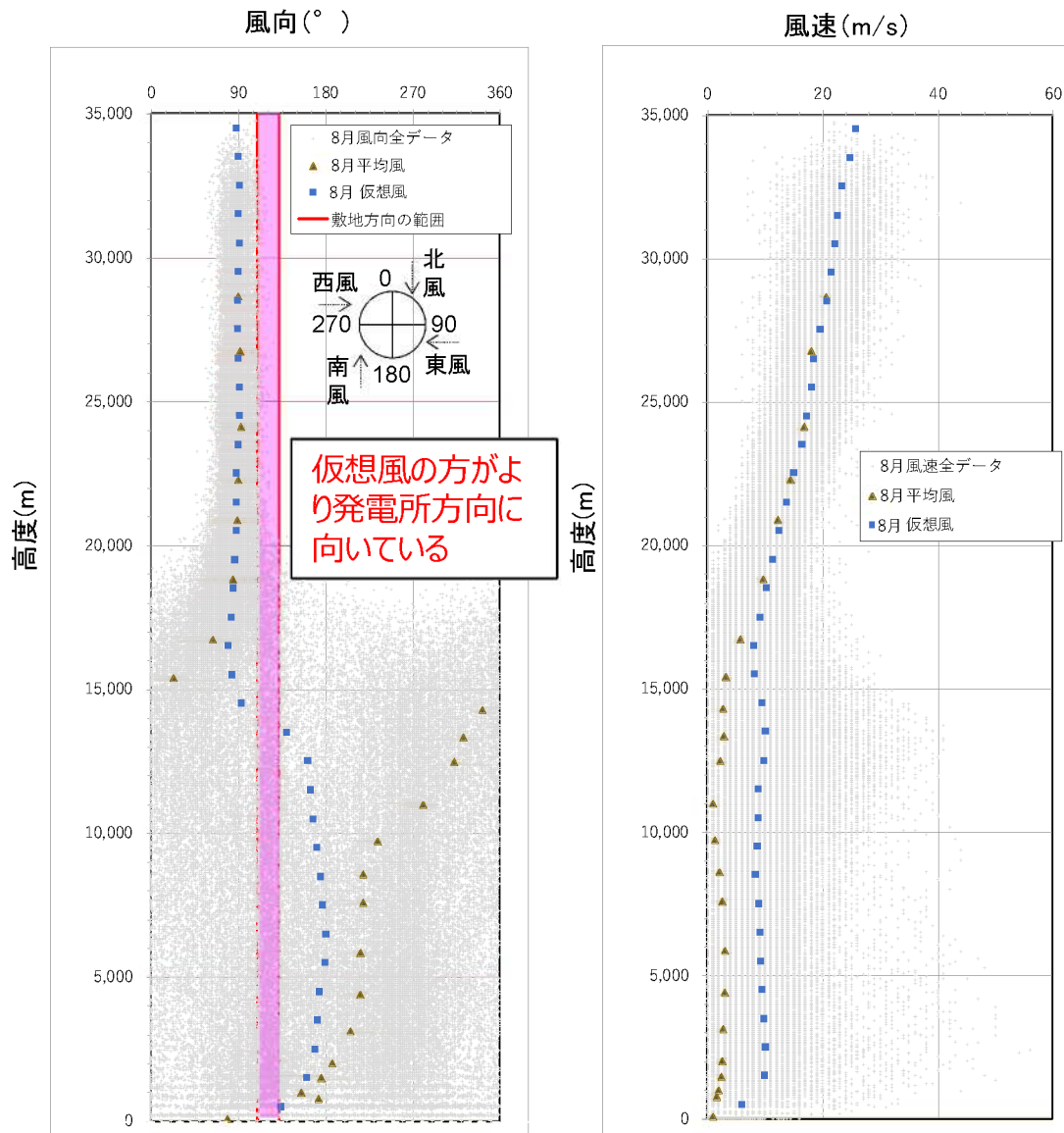
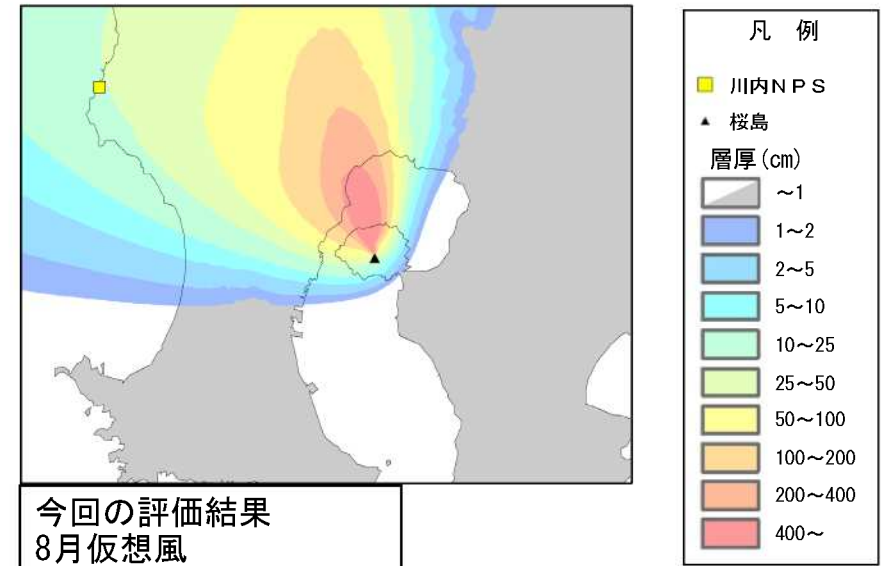
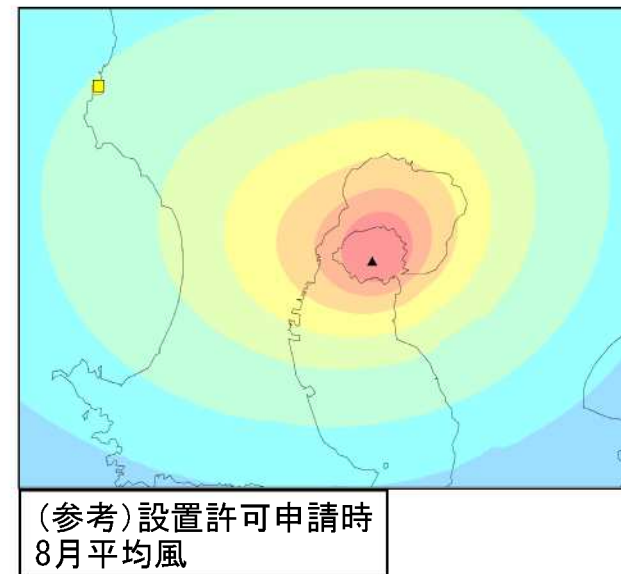


図 火山灰シミュレーションに用いた高度別風向・風速分布



今回の評価結果
8月仮想風

図 火山灰シミュレーション結果 (今回届出時)



(参考)設置許可申請時
8月平均風

図 火山灰シミュレーション結果 (設置許可申請時)

- ▶ 火山灰シミュレーションの評価結果（火山灰層厚、空气中濃度、到達時間）等の中から、「火山灰層厚」を安全裕度評価に用いる火山灰ハザードとして設定。

	今回の想定ハザード（※1）	設計想定ハザード（参考）	ハザード設定	評価
火山灰層厚（cm）	25（+10）	15	要	設計層厚より大きくなり、ハザードとして設定。なお、評価にあたっては水分を含んだ場合（飽和状態）の負荷を考慮。
空气中濃度（g/m ³ ）	2.6（-0.7）	3.3	不要	粒径が大きいものの割合が増えたことから空气中濃度は小さくなる。このため、フィルタ閉塞に対しては影響が緩和されることから、ハザードとして設定不要。
発電所への到達時間（分）	68（-12）	80	不要	発電所への火山灰の到達時間は短くなるが、火山灰の到達時間前にフィルタコンテナをディーゼル発電機に十分接続可能であることから、ハザードとして設定不要。
粒径（mm）※2	4以下	4以下	不要	変更ないことから、ハザードとして設定不要。

※1：（ ）内は設計で想定したハザードとの差分

※2：火山灰シミュレーションによらず、各種試験結果より設定

②安全裕度評価で想定すべき起回事象の選定

安全裕度評価で用いる火山灰ハザードとして「火山灰層厚」が設定されたことを踏まえ、以下の評価から「外部電源喪失」を想定すべき起回事象として選定。

起回事象	各起回事象を引き起こす設備等	火山灰により想定される影響	火山灰層厚25cmによる評価	採否
外部電源喪失	変圧器、開閉所 (変圧器、開閉所の絶縁影響)	火山灰が送電線の碍子や変圧器に付着し、降雨等の水分を吸収し、相间短絡を起こし外部電源喪失に至る。	湿った火山灰が送電線の碍子及び特高開閉所施設の充電露出部等に付着し、絶縁低下が生じ、外部電源喪失の可能性が考えられる。	○
炉心損傷直結、CV機能喪失直結、SFP燃料損傷直結	原子炉建屋、原子炉補助建屋等 (火山灰の堆積荷重による静的負荷、腐食)	火山灰の荷重や腐食により建屋が崩落した場合に、建屋内の設置機器等の機能喪失に至る。	層厚25cmに対して建屋は頑健である。また、屋外設備は外装の塗装や耐腐食材料の使用等により、短期間で機能喪失に至る腐食の発生はない。	×
原子炉補機冷却機能喪失	海水ポンプ、海水ストレナ、取水ピット、原子炉補機冷却水冷却器 (火山灰による取水口及び海水系の荷重、閉塞、摩耗、腐食等)	海水ポンプ、海水ストレナ等の構造物への荷重、水循環系の閉塞、摩耗、腐食等により機能喪失に至る。	閉塞、摩耗、腐食等については、その影響因子である空气中濃度、粒径がハザードとして設定不要であることから、発生しない。また、構造物への荷重については、層厚25cmに対して頑健である。	×※

※ 直接的な起回事象としての評価は行わないが、外部電源喪失シナリオの検討の過程で、一部機能の喪失の有無を確認する。

③選定した起回事象に対する影響緩和機器の火山灰影響評価

②項より、選定された「外部電源喪失」に対する想定シナリオにおいて、シナリオの収束に必要であり、かつ今回ハザードとして設定した火山灰層厚による影響を受ける恐れのある影響緩和機能（フロントライン系、サポート系）を抽出し、その機能が期待できるか否かを定性的に評価。

影響緩和機能		説明	機能※
フロント ライン系	電動及びタービン動補助給水によるSGへの給水（復水タンク）	火山灰の静的荷重による構造物の影響を確認する。	△
	大容量空冷発電機からの給電	火山灰の影響により、連続運転の可否判断が困難なことから期待しない。	×
	移動式大容量ポンプ車による補機冷却	火山灰の影響により、連続運転の可否判断が困難なことから期待しない。	×
	SFP補給用水中ポンプによる海水注入	火山灰の影響により、連続運転の可否判断が困難なことから期待しない。	×

※ △：火山灰の層厚次第では機能に期待できない、 ×：機能に期待しない

影響緩和機能		説明	機能※
サポート系	海水系 (海水ポンプ)	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を確認する。	△
	海水系 (海水ストレナ)	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を確認する。	△
	燃料取替用水タンク	火山灰の静的荷重が構造物に与える影響を確認する。	△

※ △：火山灰の層厚次第では機能に期待できない

④安全裕度評価の実施及び更なる安全性向上対策の立案

- 安全裕度評価の結果は以下のとおりであり、火山灰層厚25cmに対して問題とならないことを確認した。

火山灰の層厚次第では機能に期待できない機器とその評価結果

機器・建屋・構築物	火山灰層厚25cmに対する裕度評価※	火山灰層厚25cmに対する健全性評価結果
復水タンク	1.72	○
燃料取替用水タンク	1.11	○
海水ポンプ	31.3	○
海水ストレーナ	24.0	○

※（許容限界）÷（発生値）として計算。

- 今回想定した火山灰ハザードの影響により、変圧器・送電線等の機能喪失から外部電源喪失の発生を仮定しても、収束シナリオに必要な影響緩和機器は影響を受けないため、発電所への影響はない。
- 燃料取替用水タンクについては、更なる裕度を確保するため、自主的に、タンク上部の一部の溶接部を強化する工事を実施する。

- 安全裕度評価により抽出された追加措置について、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
燃料取替用水タンクの安全性向上工事※	変更なし	火山灰に対して更なる安全裕度が確保できる。

- ※ 燃料取替用水タンクの胴板上部形鋼と屋根板の溶接部の溶接線の脚長を伸ばすことにより、更なる裕度を確保する。

「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】

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度以降
川内2号機		★ 第2回届出	第3回届出☆ (今回)	特定重大事故等 対処施設の設置 ▽
				評価の実施

★：実績、☆：予定

4-1 評価結果（1/5）

川内1号機第3回 安全性向上評価

川内原子力発電所2号機は再稼働から現在まで安全・安定運転を継続しており、保安活動も確実に実施されている。今回実施した調査及び評価を踏まえた、第1章から第3章までの内容から、評価結果を見直す必要がある調査結果又は評価結果はなく、第1回届出（第2回において変更なし）からの変更はない。

《参考：第1回届出の評価結果》

○ 安全性に関する長所、短所

● 安全性に関する長所

- プラントは、昭和60年11月の運開以来、平成23年9月の第20回定検停止までの間、計画外停止を手動1回しか経験せず安全に運転してきた。また、長期停止後の第21運転サイクルにおいて、トラブル等を経験せず運転を継続している。
- 保安活動が確実に実施されている。

● 安全性に関する短所

- 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。

○ 評価結果

本書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、プラントの安全性は更に向上するものと評価する。

● これまでの外部評価の対応状況 (1/4)

原子力安全性向上分科会及び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、「2-5 外部評価の結果」に示す対応を採ることとした。なお、現在までに、川内1号機の第1、2、3回及び川内2号機の第1、2回並びに玄海3、4号機の第1回の届出時にそれぞれご意見、ご助言をいただいている。現在の対応状況については以下の通り。

<これまでのご意見、ご助言への対応状況>

ご意見、ご助言	対応状況 (対応方針含む)
新規機器の設置、新規機能の導入時には、これらがもたらす可能性があるリスクについて評価するプロセスを導入する。	当社におけるRIDMプロセスについては、新規機器の設置、新規機能の導入時のリスク評価等を含めた実施方針を策定したのち、試運用を経て、2020年4月から本運用を開始した。また、今後、RIDMの運用の定着と段階的なプロセス適用範囲の拡大を図ることとしている。 なお、RIDMプロセスの導入に当たっては、RIDMプロセスの理解促進と実務の実効性を高めるための解説資料を関係組織に周知しており、今後、定期的に教育を実施することとしている。 必要な資源については、社長をトップとするQMSと全社大の意思決定に基づき資源配分が行われる。
RIDM (Risk Informed Decision Making) プロセスを構築する。	
IRIDM (Integrated Risk Informed Decision Making)には、全社大での資源配分の決定等が必要であり、原子力部門だけでなく全社大で取り組むことが必要である。	
情報セキュリティ分野の新知見を収集し、分析する。	「情報セキュリティ管理体制の確立」や「外部記憶媒体接続前のウイルスチェックの実施」等に関する調達先への要求事項を社内規定へ反映している。 また、「電力制御システムセキュリティガイドライン JEAG 1111-2019」の改正等、関連情報を注視していく。
安全裕度評価結果を用いた継続的改善を実施する。	原則5年ごと又は大規模な工事等により評価結果が変わることが見込まれる場合に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。

● これまでの外部評価の対応状況 (2/4)

<これまでのご意見、ご助言への対応状況 (続き) >

ご意見、ご助言	対応状況 (対応方針含む)
<p>電力会社が自ら分析すべきPRAと今後もメーカーが行うべきPRAがあり、その役割を意識して人材を育成することが必要である。また、メーカーの分析に対する要求を出したり、その結果に対し適切な判断ができるような人材を育成することが電力会社の役割だと考える。メーカー並びに電力及び協力会社との役割分担を整理し、それぞれに必要な力量を特定し、それらをいつまでに達成するか具体的な計画を策定すべきである。</p>	<p>【当社】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○人材育成方針 <ul style="list-style-type: none"> ・PRAから得られる結果を理解、活用でき、メーカー等が実施するPRAに対して要求、指示できる人材として育成。 ○人材育成計画 <ul style="list-style-type: none"> ・引き続き、NRRCが提供する教育プログラムに派遣、リスクモニタの運用及び安全性向上評価届出書作成等のOJTを行う。 ・自社（協力会社含む）によるシビアアクシデント解析に係る業務に参加し、PRA担当者の更なる力量向上を図る。 ・RIDMプロセスの実践・定着を通じて、PRAに係る知識・活用方法を理解、習熟することも含め、原子力部門全体でのリスク管理に係る力量向上を図る。 <p>【協力会社】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○人材育成方針 <ul style="list-style-type: none"> ・メーカーと対等に議論でき、PRAモデル構築、維持管理できる人材として育成。 ○人材育成計画 <ul style="list-style-type: none"> ・国内ピアレビューとして育成すべく、他社のモデルレビューへの参画及びNRRCの育成プログラムに派遣を行う。 ・原子力規制検査や安全性向上評価に向けたモデルの構築や改良を行う。 ・リスクモニタの維持管理など、当社のPRAに係る技術支援を継続する。 ・当社との人材交流を図り、緊密に技術連携を図ることで、継続的な支援体制の強化を図る。

● これまでの外部評価の対応状況 (3/4)

<これまでのご意見、ご助言への対応状況 (続き) >

ご意見、ご助言	対応状況 (対応方針含む)
<p>技術的検討に加え、安全文化や品質活動のようなマネジメントの対応についても重視する必要がある。</p>	<p>安全性向上に向けた活動は、安全文化を醸成するための活動を行う仕組みを含めた品質マネジメントシステムに基づき継続的改善に取り組むこととしており、これらの活動の基本方針となる品質方針について、「2.1 安全性の向上に向けた継続的取組みの方針」の記載を充実し、よい重要性を示す内容とした。</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>原子力規制検査制度の導入にあわせて、発電所のパフォーマンス監視のための指標を拡大する計画であり、この検討結果を踏まえるとともに安全性向上として監視する指標の目的や得られる効果を考慮し、見直しを行うこととする。</p>
<p>気象変動については、最近その変動が激しく原子力に限らず注意が必要である。今後の課題となるが、原子力としても注視していただきたい。</p>	<p>気象に関する新知見の収集においては、気象庁の観測データを基に情報収集を行っているところではあるか、今後もこれらの情報については注視していくこととする。</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、教育・訓練による効果を安全性向上に向けてどのようにフィードバックしていくかが今後の課題である。</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抽出された「教育・訓練の強化」について、現状、教育・訓練による効果を定量化することは困難であることから、今後の課題と認識し、検討を進めていくこととする。</p>

● これまでの外部評価の対応状況 (4/4)

< これまでのご意見、ご助言への対応状況 (続き) >

ご意見、ご助言	対応状況 (対応方針含む)
<p>火山灰に対する安全裕度評価では、自主的に設置許可申請以上のハザードを設定し、検討する試みは評価できる。なお、今後も安全性向上に資する検討を積極的に進めていくという九州電力のスタンスを明確にし、火山灰の評価にとどまらず継続的に取り組んでいくよう期待する。</p>	<p>今後の安全裕度評価に当たっては、IAEA特定安全ガイドNo.SSG-25「原子力発電所の定期安全レビュー」またはそれと同等の規格を参照し、火山灰に限らず更なる安全性向上に資する活動に継続的に取り組んでいくこととする。</p>

2-2(1)の調査より、現状の保安活動は適切に実施されていることを確認しており、今後も保安活動の確実な実施を基本に、第1回届出の安全性向上に向けた短期的及び中長期的な方針を継続し、引き続き本書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。

《参考：第1回届出の安全性向上に向けた短期的及び中長期的な方針》

- 保安活動を確実に実施し、安全運転を継続する。
- 本書で抽出した安全性向上に資する措置を確実に実行する。
- 安全性向上評価の仕組みを活用した、安全性向上に向けた取組みを継続し、
 - PRAを手法成熟に応じ
 - 安全裕度評価を段階的に
拡張しつつ、合理的に実現可能な限り原子力発電のリスクを低減する。
- 長期的には、RIDM（Risk Informed Decision Making）を導入した、原子力発電所のリスク低減プロセスを構築する。
- 併せて、届出書の記載内容を含め安全性向上評価プロセスを継続的に改善していく。

● 第3回届出時に抽出された措置

第3回届出時に抽出した追加措置は、下記のとおりである。

● 保安活動の実施状況評価から抽出された追加措置

具体的な措置	実施時期 (予定)
大容量空冷式発電機予備品購入	2021年3月
警報表示装置更新	第24回定検

● 安全裕度評価から抽出された追加措置

具体的な措置	実施時期 (予定)
燃料取替用水タンクの安全性向上工事	第24回定検

○ 第1回及び第2回届出時に抽出された措置の実施状況 (2020.3.31時点)

川内2号機第3回 安全性向上評価

第1回及び第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
メタクラ保護継電器のデジタル化 (第1回)	第22～26回定検	継続	・PRA、安全裕度評価からも抽出 ・第22回定検にて安全系(非常用母線)のデジタル化完了 ・実施予定時期を第26回定検までに変更
原子炉安全保護盤取替 (第1回)	第24回定検	継続	・実施予定時期を第24回定検に変更
安全保護系ラック取替 (第1回)	第24回定検	継続	・実施予定時期を第24回定検に変更
受電系統の変更 (特高開閉所の更新) ※ ¹ (第1回)	2023年11月	継続	・実施予定時期を2023年11月に変更
原子炉容器冷却材出口管台保全工事 (第1回)	第24回定検	継続	・実施予定時期を第24回定検に変更
発電機保護装置、変圧器保護装置及び系統保護装置取替 (第2回)	第23回定検	完了	—

PRA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
重要シナリオの所員への教育・訓練 (LOCA時低圧再循環切替操作等) (第1回)	適宜	完了	・2018年3月実施。以降も継続的に実施する。

安全裕度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
クワエッジに到達した際の措置を含む、安全裕度評価結果の所員への教育・訓練 (第1回)	適宜	完了	・2018年3月実施。以降も継続的に実施する。
地震及び津波随件事象並びにその他の自然現象に対する安全裕度評価結果の発電所員への教育 (第2回)	適宜	完了	・2020年3月実施。以降も継続的に実施する。

END



➤ 届出書における1、2号機間の相違点について、概要は以下のとおり。

- 以前の面談（令和2年6月3日）にて説明の「川内原子力発電所1号機の安全性向上評価届出について」の資料「川内原子力発電所1号機第3回安全性向上評価の概要について」との差異を示す。

2号機 スライド番号	1号機 スライド番号	記載項目	相違点	相違理由
第1章				
3	3	第1章の記載方針	届出書における評価時点の相違	定期事業者検査終了時期の相違
第2章				
6	6	継続的な安全性向上のための取組みの概念図	概念図	当社が一義的責任を負って安全性向上に継続的に取り組んでいくことをより明確に表現
8	8	保安活動の実施状況	調査対象期間の相違	定期事業者検査終了時期の相違
9	9	改善活動の調査例（品質保証活動）	届出書では保安活動状況について記載している。概要では品質保証活動を例にとり説明しているが、川内1、2号機は同じ保安活動が行われていることから基本的には同様の活動内容である。ただし、届出書の調査対象期間の違いから、異なる記載も存在する。	
10	10	実績指標の調査例（1/2）	実績指標の対象ユニット	ユニット及び調査対象期間の相違
11	11	実績指標の調査例（2/2）	代表で表示した指標の相違	補足に記載のとおり
12	12	自主設備の設置状況及びその運用方針	届出書における評価時点の相違	調査対象期間の相違
13	13	国内外の最新の科学的知見及び技術的知見	調査対象期間	ユニット及び調査対象期間の相違

2号機	1号機	記載項目	相違点	相違理由
第2章 (続き)				
14	14	新知見にかかる調査結果	新知見に係る調査の結果における件数の相違	ユニット及び調査対象期間の相違
15	15	反映が必要な新知見の例	代表例、件名、概要、反映状況	代表例の記載の相違
16	16	第2回届出時に「反映中」とした知見の検討状況	新知見に係る調査の結果における件数の相違	ユニット及び調査対象期間の違いに伴う相違
17	17	第2回届出時に「反映要否検討中」とした知見の検討状況	新知見に係る調査の結果における件数の相違	ユニット及び調査対象期間の違いに伴う相違
18	18	プラント・ウォークダウン	プラント・ウォークダウンをしなかった理由の説明を追記	理由の明確化
20	20	原子力に係る安全性・信頼性向上委員会による評価	原子力安全性向上分科会→原子力に係る安全性・信頼性向上委員会	会議体名称の変更及び委員の追加
21~22	21	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、ご助言とその対応	今回の委員会にて受けたご意見、ご助言とその対応を記載

2号機	1号機	記載項目	相違点	相違理由
第3章				
31	30	起因事象の選定結果	注釈を追記	資料の整合性の観点で表現の見直し
34	33	安全裕度評価の実施及び更なる安全性向上対策の立案	機器毎の裕度評価結果及び安全性向上対策	ユニットの相違
36	35	中長期的評価の評価計画	評価計画の図中の届出時期	ユニット及び調査対象期間の違いに伴う相違
第4章				
37	36	評価結果	評価結果の記載におけるユニットの相違	ユニットの相違
38～41	37～39	これまでの外部評価の対応状況	届出書における評価時点の相違 会議体名称の変更	ユニット及び調査対象期間の違いに伴う相違並びに会議体名称の変更
43	41	第3回届出時に抽出された措置	各評価からの追加措置内容について、各号機の実施予定時期をそれぞれ記載	ユニット及び調査期間の違いに伴う相違
44	42	第1回及び第2回届出時に抽出された措置の実施状況	措置の実施状況について、各号機の安全性計画の実施状況をそれぞれ記載	ユニット及び調査期間の違いに伴う相違