

高浜4号機 安全性向上評価（第2回）届出書の概要

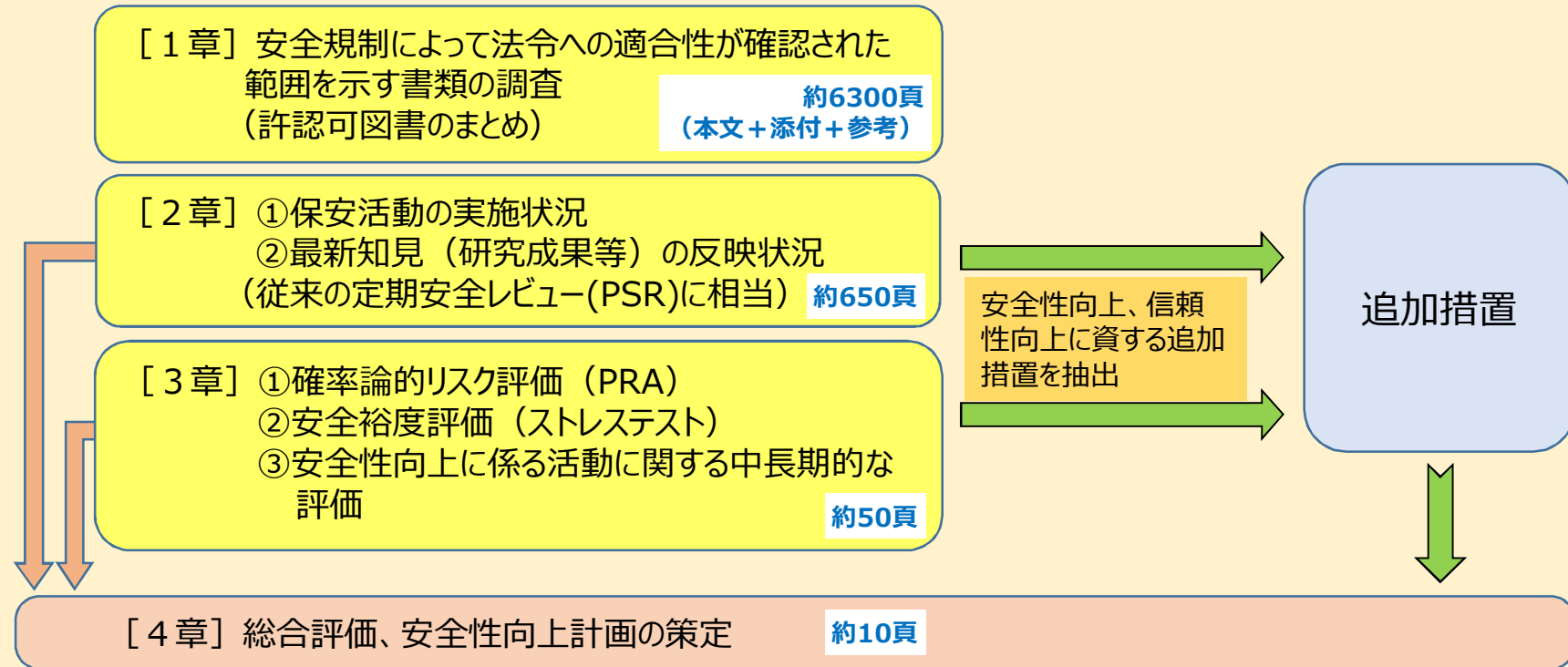
関西電力株式会社

2021年 3月10日

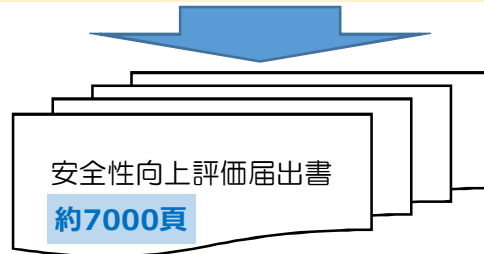


安全性向上評価

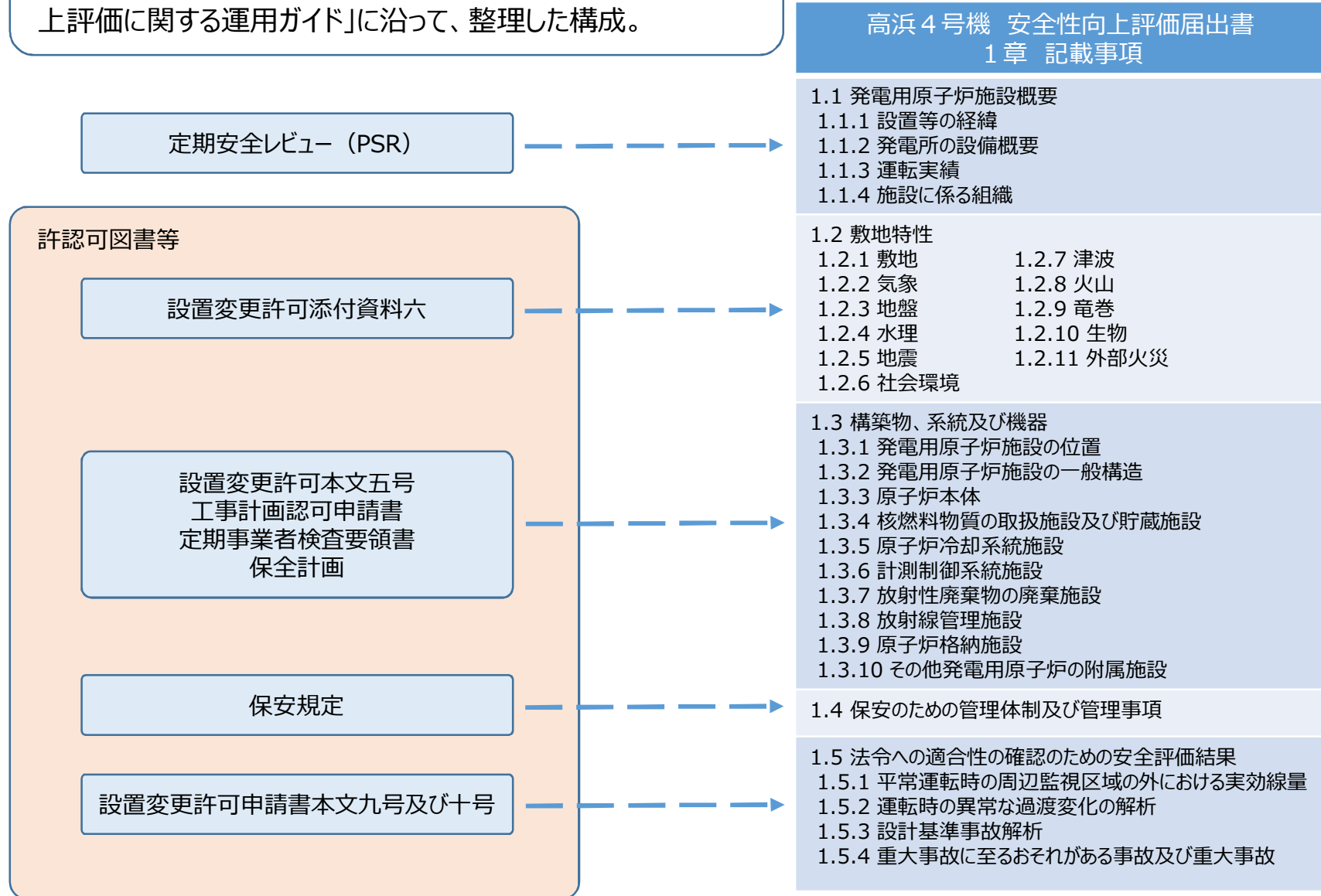
○原子炉等規制法第43条の3の29を受けて、安全性向上評価の具体的な評価内容及び届出書記載事項は「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」（2017.3.29改定）に規定されており、その内容を以下に示す。



○今回の安全性向上評価は、第1回評価時点の翌日(2018年9月29日)から次の施設検査終了時点(2020年2月26日)の状態を対象とし、検査終了後6ヶ月以内に評価を実施。(評価完了は2020年8月26日)



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）は、最新の許認可図書等を「**実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド**」に沿って、整理した構成。



○基本方針

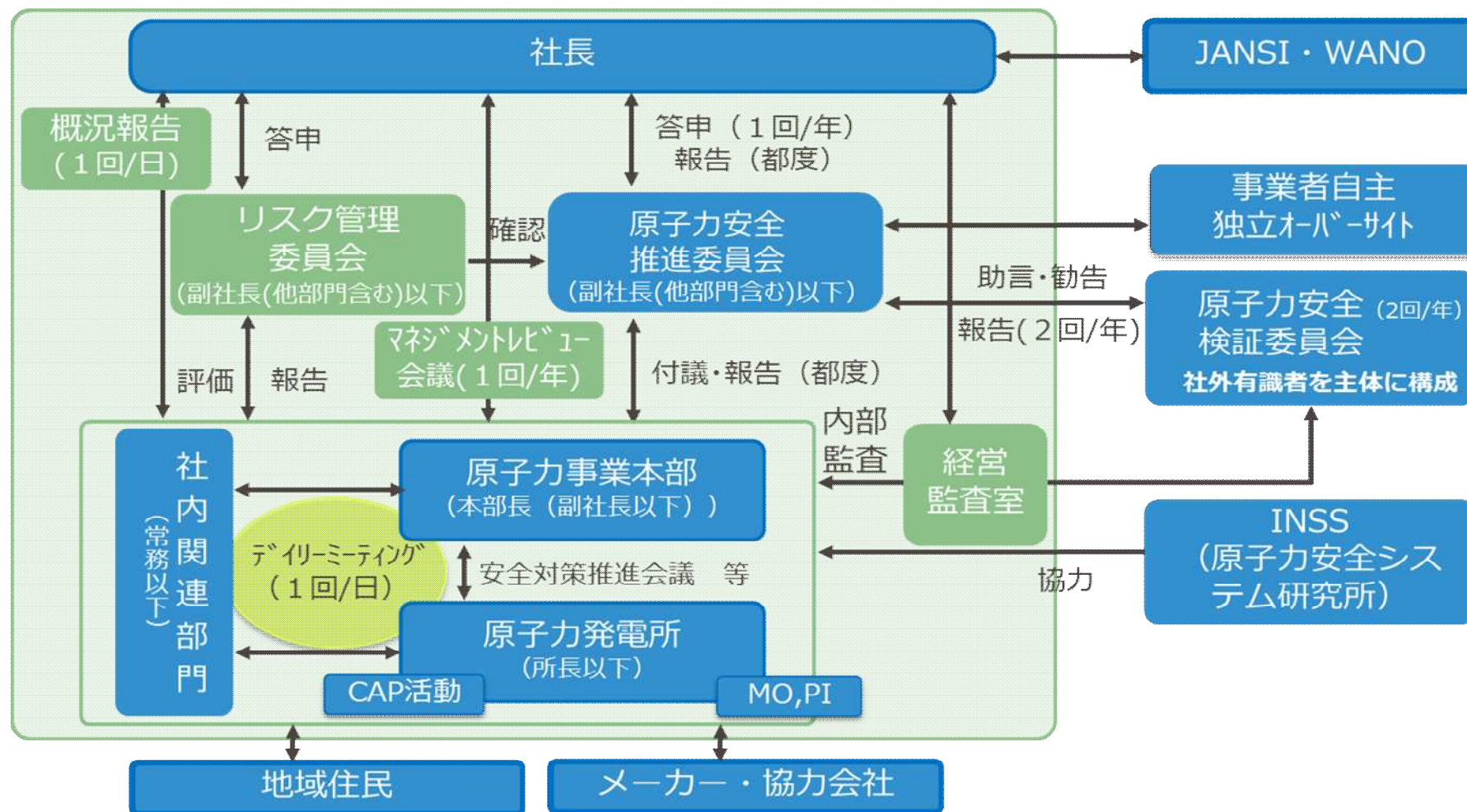
当社は、2004年8月の美浜発電所3号機二次系配管破損事故の再発防止に向けた「安全を守る。それは私の使命、我が社の使命」との社長の宣言に基づく行動方針を、2005年5月に「安全を第一とした原子力事業の運営に係る品質方針」として定め、安全は全ての事業活動の根幹であるとともに、社会から信頼を賜る源であると考え、「安全最優先」の事業活動を経営の最優先課題として展開している。

また、2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力発電固有のリスクに対する認識や向き合う姿勢が十分ではなかったのではないかとすることを教訓として、原子力発電の安全性向上に向けた自主的かつ継続的な取組の更なる充実を進めていくこととし、その取組のひとつとして、原子力安全に係わる理念を2014年8月に「原子力発電の安全性向上への決意」として明文化した。

当社は、この決意のもと、原子力安全に関する全ての取組を実践するとともに、引き続き、規制の枠組みにとどまらない自主的・継続的な安全性の向上に全社を挙げて取り組んでいく。

○原子力安全の推進に係る体系図

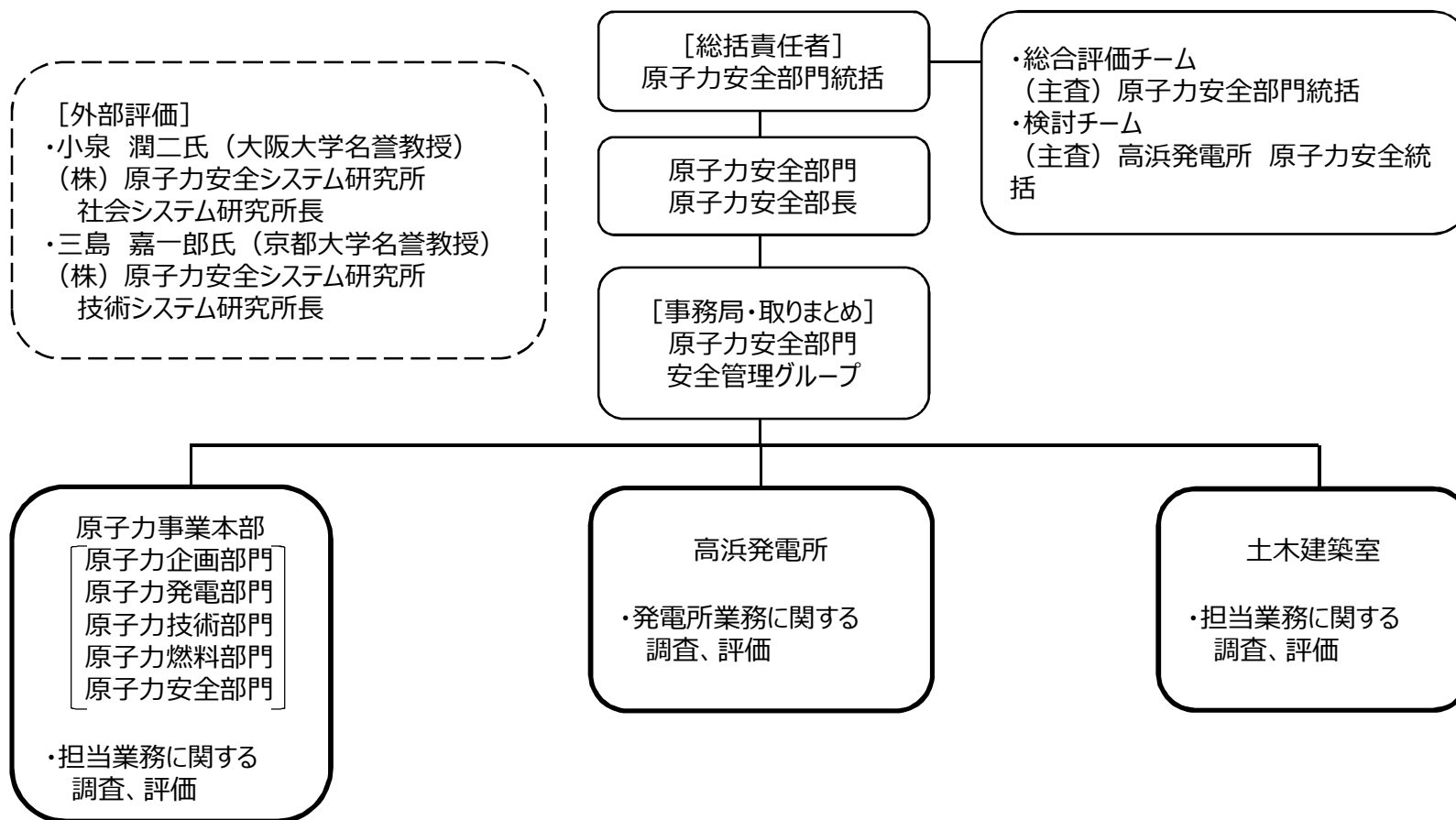
社外有識者を主体とした「原子力安全検証委員会」及び社内のすべての部門の役員等で構成する「原子力安全推進委員会」を設置し、社内外の広い視野から議論を行い、その結果を社長に報告している。



○安全性向上評価の目的及び目標

規制基準の枠組みにとどまらず、原子炉施設の安全性を自主的かつ継続的に向上させることを目的として、実行可能かつ事故の発生、進展、拡大を防止する対策の充実及び万が一に備える事故時対応能力の向上に資する措置を抽出することを目標とする。

○高浜発電所 4号機 安全性向上評価に係る実施体制



保安活動の実施状況

原子炉等規制法第43条の3の22第1項及び実用炉規則第69条の規定に基づく保安活動に加えて、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：2018年9月29日～2020年2月26日
(高浜4号機第21回施設定期検査終了日翌日から第22回施設定期検査終了日まで)
- 評価項目
以下の8つの保安活動を評価項目とする。
 - ①品質保証活動、②運転管理、③保守管理、④燃料管理、⑤放射線管理及び環境放射線モニタリング、⑥放射性廃棄物管理、⑦緊急時の措置、⑧安全文化の醸成活動
- 評価方法
 - ①評価期間中の活動の振り返り
 - ・活動実績のまとめ、及び活動記録・データの収集
 - ②活動の分析・評価
 - ・組織及び体制、マニュアル類の整備・改善状況、教育及び訓練の状況、(設備の管理が含まれる活動は) 設備の状況の観点で評価を行う。
 - ③改善事項、課題を踏まえ追加措置(案)の抽出・安全性向上計画の策定
- 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、又は有意な悪化傾向がないことから、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。
 - ・加えて、保安活動の評価結果から、さらなる安全性向上、信頼性向上の観点で取り組む事項を追加措置として抽出した。

評価項目	追加措置に係る評価	追加措置案
②運転管理	<p>○原子力安全の向上(ヒューマンエラー防止)のため、運転員のパフォーマンスの更なる向上のための活動を継続的に実施。 →<u>確実な運転操作・対応を行いプラント安全を確保するうえで必要となる運転員のパフォーマンスの更なる向上を図るため、パフォーマンス向上に重点を置いたシミュレータ訓練を実施する。</u></p> <p>○定期検査中の原子炉容器開放前に実施している原子炉冷却系統配管の水抜き工程(ミッドループ運転)について、<u>配管内の水位を従来よりも高く保持するとともに水位が低下する期間を短くすることにより、燃料の冷却に必要な保有水量に対して更なる余裕が確保でき、炉心損傷リスクの低減が図れる。</u></p>	<p>○高集約訓練(HIT)、チームパフォーマンス訓練(TPT)の実施</p> <p>○ミッドループ運転の運用改善(水位を上げた運転)</p>
③保守管理	<p>○余熱除去系統の信頼性向上の観点より、<u>低圧抽出ラインによる一次冷却材系統(RCS)の圧力調整を、通常ラインでも可能となるよう、通常抽出ラインのオリフィス1台を通水量の大きいものに取替える。</u></p> <p>○所内母線の安定化(所内への異常拡大防止)のため、<u>1相開放故障において検知性の改善が必要な変圧器を対象に、自動検知可能なシステムを設置する。</u></p> <p>○<u>コンフィギュレーション管理(CM)の設計要件の管理を強化するため、安全上重要な設計要件をまとめた設計基準文書(DBD)を整備し、運用する。</u></p>	<p>○抽出水オリフィス取替予定(2020年度)</p> <p>○1相開放故障検知システム設置予定(2020年度)</p> <p>○設計基準文書(DBD)の整備(2020年5月に整備完了し、運用中)</p>

- 発電所において、技術基準要求の機器等以外のものであって、事故の発生及び拡大の防止に資する自主的な設備（多様性拡張設備※）等を整備しており、これらの状況を調査した。
- 多様性拡張設備は、柔軟な事故対応を行うために対応手段とともに選定していることから、機能ごとに分類される対応手順に従って、多様性拡張設備、機能喪失を想定する設計基準事故対応設備及び仕様等を整理した。

多様性拡張設備整理表（例）

手順分類	機能喪失を想定する設計基準事故対応設備	対応手段	対応手順	対応手順の概要	対応設備
原子炉冷却材圧力バウンダリが低圧の状態であって、設計基準事故対応設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、発電用原子炉を冷却するために必要な手順	余熱除去ポンプ 又は 余熱除去冷却器	蒸気発生器 2次側による 炉心冷却 (注水)	電動補助給水ポンプ又はタービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への注水	1次冷却材喪失事象が発生していない場合で余熱除去設備である余熱除去ポンプの故障等により崩壊熱除去機能が喪失した場合、電動補助給水ポンプ又はタービン動補助給水ポンプにより復水タンク水を蒸気発生器へ注水する。	【重大事故等対応設備】 ・電動補助給水ポンプ ・タービン動補助給水ポンプ ・復水タンク ・蒸気発生器 【多様性拡張設備】 ・電動主給水ポンプ ・蒸気発生器水張りポンプ ・脱気器タンク ・蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ（電動） ・発電機（蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ用） ・復水タンク
			電動主給水ポンプ又は蒸気発生器水張りポンプによる蒸気発生器への注水	1次冷却材喪失事象が発生していない場合で余熱除去設備である余熱除去ポンプの故障等により崩壊熱除去機能が喪失した場合、常用設備である電動主給水ポンプ又は蒸気発生器水張りポンプにより蒸気発生器へ注水する。	
			蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ（電動）による蒸気発生器への注水	1次冷却材喪失事象が発生していない場合で余熱除去設備である余熱除去ポンプの故障等により崩壊熱除去機能が喪失した場合、蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ（電動）により蒸気発生器へ注水する。 淡水又は海水を蒸気発生器へ注水する場合、蒸気発生器器内の塩分濃度及び不純物濃度が上昇するため、蒸気発生器ブローダウンラインにより排水を行う。	

※ 技術基準上のすべての要求事項を満たすことや、すべ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章 安全性の向上のため自主的に講じた措置 [2.2.2 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見（1/2）]

○収集期間

2018年9月29日から2020年2月26日までを基本とする。

○知見の収集対象

安全研究、原子力施設の運転経験、国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関するものを含む）、規格・基準類、確率論的リスク評価用データ、メーカー提案

○評価結果

- ・高浜4号機に反映を検討すべき知見について、反映状況を確認し、予防処置や自然現象に係る情報検討会等の仕組みにより、適切に処置が行われていることを確認した。
- ・すでに反映済みもしくは反映に向けた検討が進められている新知見は43件であった。

○最新の科学的及び技術的知見の評価結果（例）

No.	件名	分野	概要	反映状況
1	中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響	国内外機関の安全研究	コンクリート骨材の石英含有率と中性子照射による累積放射線照射量が、コンクリートの強度に及ぼす影響に関する知見をとりまとめたもの	従来、高経年化技術評価においてコンクリートの強度低下が生じるとした中性子照射量よりも低い照射量にて強度低下が生じることが示されており、高浜4号の高経年化技術評価については、本知見を踏まえたコンクリートの再評価と高経年化技術評価書の見直しを実施中である。
2	伊方発電所1号機 空冷式非常用発電装置の不具合	国内の運転経験から得られた教訓	空冷式非常用発電装置1号の定期運転において、補機が起動しなかったため、制御盤を確認したところ、ケーブルが黒く変色していることを確認した。原因は、補機制御盤内の端子台に締め付けられている補機用電源ケーブル接続部において、亜酸化銅が生成されたことによる発熱現象により接続部に異常な発熱が生じ、異常な発熱を受けた補機用電源ケーブルが変色および断線し、起動しなかったと推定。	年次点検等において、補機盤および充電器盤、制御盤のケーブル接続部の締め付け確認（端子部マーキング含む）を行うことを作業手順書等に反映した。
3	1相開放（欠相）故障時の安全上の問題	国外の運転経験から得られた教訓	外部電源系の1相開放故障時に、低電圧保護継電器等の既存の検知器で検出できないケースがあることが解析等により確認された。	所内母線の安定化（所内への異常拡大防止）のため、1相開放故障において検知性の改善が必要な変圧器を対象に、自動検知可能なシステムを設置する。

2章 安全性の向上のため自主的に講じた措置
 [2.2.2 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見 (2/2)]

反映が必要な新知見及び参考情報の整理結果

高浜4号機安全性向上評価	情報分類		新知見情報	参考情報※1
a. 発電用原子炉施設の安全性を確保する上で重要な設備に関する、より一層の安全性の向上を図るための安全に係る研究等	国内	自社研 電共研	1件	-
		METI JAEA NRA (旧JNES含む)	1件	6件
	国外	OECD/NEA, ENC, EPRI, PSAM他	0件	4件
b. 国内外の原子力施設の運転経験から得られた教訓	当社トラブル情報		23件	-
	国内他社トラブル情報			
	海外トラブル情報		6件	-
	NRA指示		2件	-
c. 確率論的リスク評価を実施するために必要なデータ	故障率データ等		8件	0件
d. 国内外の基準等	国内	日本電気協会、日本機械学会、日本原子力学会	2件	-
	国外	IAEA, NRC, ASN他	0件	0件
e. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報以外）	国内	日本原子力学会、日本機械学会、電気学会 論文	0件	3件
	国外	国際機関関係（IAEA, ERMSAR他）	0件	3件
		論文、学会誌関係（ANS, ASME他）	0件	5件
f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）	地震・津波		0件	4件※2
	竜巻		0件	1件※2
	火山		0件	0件※2
g. 設備の安全性向上に係るメーカー提案	長期保全計画検討会資料		0件	-
	合計		43件	26件

※1 今後の動向を把握すべき情報

※2 自然現象に関する情報については、新知見関連情報（新たな知見を含むものの、現状の設計、評価を見直す必要がない情報）の件数を記載

○ 2章の評価を通じて抽出された追加措置

No.	追加措置	概要	評価分野
1	トラブル対応時に求められる運転員のパフォーマンスの更なる向上	運転員のパフォーマンスの更なる向上を図るため、原子力発電訓練センターのシミュレータにより、以下の訓練を実施 ・ヒューマンパフォーマンスツールの活用・習熟等、運転員のパフォーマンス向上に特化した「高集約訓練（HIT：High Intensity Training）」 ・チームパフォーマンスの向上に特化した「チームパフォーマンス訓練（TPT：Team Performance Training）」	運転管理
2	ミッドループ運転の運用改善	ミッドループ運転時の炉心損傷リスクを低減させるため、定期検査のミッドループ運転時に水位を上げた運転を実施	運転管理
3	抽出水オリフィス取替	余熱除去システムの信頼性向上の観点より、通常抽出ラインのオリフィス1台を通水量の大きいものに取替え	保守管理
4	1相開放故障検知システム設置	所内母線の安定化（所内への異常拡大防止）を図るため、所内母線への1相開放故障検知システムを設置	保守管理 新知見
5	設計基準文書（DBD）の整備・運用	コンフィギュレーション管理（CM）の設計要件の管理を強化するため、安全上重要な設計要件を取りまとめた文書（設計基準文書）を整備・運用	保守管理

追加措置の内容 (例)

ミドループ運転の運用改善

○目的

定期検査中の原子炉冷却系統の水抜き工程において、配管内の水位を従来より高く維持して保有水量を増加させること、および低水位期間を短縮することにより、燃料露出による炉心損傷リスクをより一層低減させる。

○概要

従前より、原子炉容器開放前（原子炉停止直後であって容器内に燃料がある状態）に、原子炉冷却系統（RCS）の水位を配管中心付近まで低下させ、その水位を一定期間維持する「ミドループ運転」を行ってきた。

ミドループ運転の主目的は、次の2つであるが、万が一の冷却機能が喪失した場合を想定すると、RCS水位をより高く維持することで炉心損傷リスクのさらなる低減や事故対応時間の拡充が期待できる。

①原子炉容器開放時に周辺の作業員が汚染することの防止（蒸気発生器を完全に水抜きしないと開放後に予期せぬ落水によって内部被ばくする）

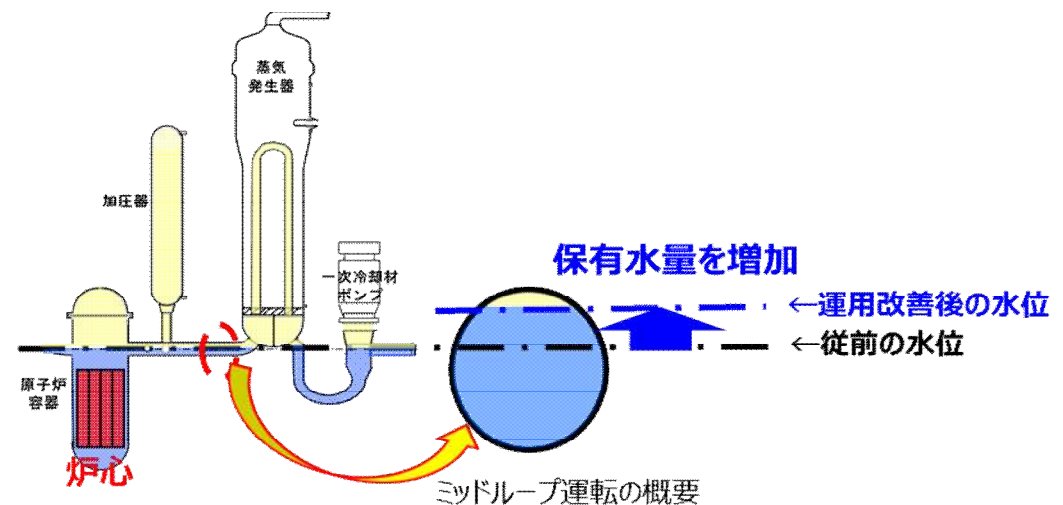
②定検期間中の作業員の被ばく低減を図ること（系統内に空気を流して配管内に付着した放射性物質を溶出させて除去する）

①については、作業員の内部被ばくを防止する観点から、蒸気発生器の水抜きは必要と判断している。

②については、薬品添加による方式に改善することで、空気注入と同等の被ばく低減が図れることを確認した。また、原子炉容器開放時の排気筒モニタの指示値についても評価を行い、十分に低い値に抑えられることを確認した。

以上の検討により、従前よりRCS水位を高めても、当初の目的である①、②を満足しつつ、万一の冷却機能喪失時において、炉心損傷リスクをより一層低減させることができ、運転員の事故対応時間の余裕をさらに確保することができることが確認できた。さらには、薬品添加により、水位を低下させている時間を大幅に短縮（約24時間→約3時間）できることも確認した。

この運用変更は高浜発電所3号機の第24回定期検査から導入したものであるが、次回、高浜発電所4号機の第23回定期検査においても同様に適用する計画である。



○当社の原子力事業について客観的な評価や外部の知見等を活用する観点で外部組織によるレビュー及び評価を受けており、調査期間中、高浜発電所4号機を対象とした実績は以下の通り。

(1) 世界原子力発電事業者協会 (WANO)及び原子力安全推進協会 (JANSI)

- ・調査期間中にWANO及びJANSIによる評価は行われていないが、今後も計画的にレビューを受け入れていく。

(2) 他事業者による評価 (「独立オーバーサイト」)

- ・他電力事業者の知見を活用する観点で、他電力事業者の専門性の高い社員により、発電所の安全に関するパフォーマンスの客観的な評価を行い、更なる安全性向上を目指す「独立オーバーサイト」の仕組みを構築している。
- ・調査期間中における実績

実施期間	参加電力
2019年2月20日～2月22日	北海道電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力株式会社 九州電力株式会社
2019年7月31日～8月2日	北海道電力株式会社、中国電力株式会社、九州電力株式会社

評価の具体的内容については、外部組織との取り決めにより非開示情報

本章では、以下の点についての調査及び分析が要求されている。

- 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（P R A）
- ④ 安全裕度評価

<今回の届出書記載概要>

- **「①内部事象及び外部事象に係る評価」は、今回の評価期間に得られた科学的知見及び技術的知見に基づき、安全評価の前提となっている内部事象及び外部事象の評価を行った。**
- **「②決定論的安全評価」及び「③内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（P R A）」にかかる第1回届出書での評価内容については、第1回届出時点以降、評価結果に影響を及ぼす大規模な工事等を行っていないため、改めて評価する必要はない^{※1}。**
- **ただし、「④安全裕度評価」については、川内1号機の議論を踏まえ、大飯3号機以降の届出では新たに地震、津波以外^{※2}のその他自然現象に対する単独評価を実施しており、本届出書においても評価結果を記載している。**

（①と④の詳細は次頁以降に示す）

※1： 実用発電原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド抜粋

直近の安全性向上評価の結果等からの大きな変更がないなど、改めて調査、分析又は評定をする必要がない場合には改訂しなくても良いこととし、必要がないと判断した理由について明らかにする。ただし、原則として5年ごとに改訂することに加え、大規模な工事を行うなど、確率論的リスク評価又は安全裕度評価の結果が変わることが見込まれる場合においても改訂する。

※2： 地震単独、津波単独、地震・津波の重畳を第1回で評価済みであり、改訂不要。

○概要

- ・最新の文献及び調査等から得られた科学的知見及び技術的知見に基づき、安全評価の前提となっている内部事象及び外部事象の評価を行う。
- ・なお、今回の安全性向上評価では、第21回施設定期検査の終了日翌日（2018年9月29日）から評価時点である第22回施設定期検査の終了日（2020年2月26日）までの期間までに得られた知見に基づき評価した。

○確認方法

- ・安全評価の前提となる原子炉施設に対しては、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なうことがない設計としている。
- ・このことから、その際の前提となっている内部事象及び外部事象として、設置変更許可申請書添付資料八において記載の設計上考慮している自然現象、外部人為事象、溢水及び火災を対象として、評価を実施した。

○評価結果

最新の文献及び調査等から得られた知見に基づき、内部事象及び外部事象に係る評価の見直し要否を確認した結果、今回の評価期間において見直しの必要はないことを確認した。

(評価例)

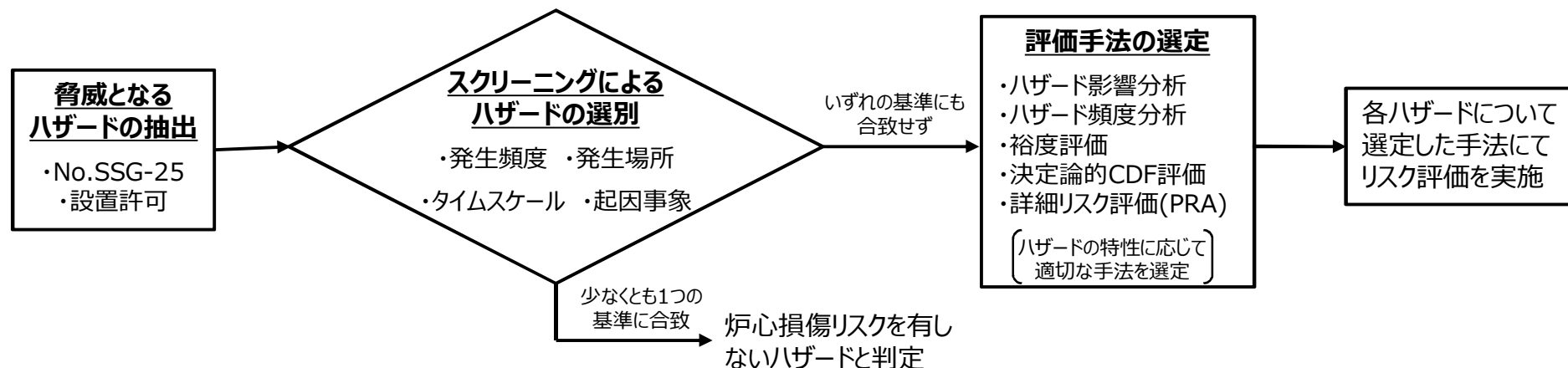
【内部火災】

- ・内部火災に関する適用規格及び適用基準について、評価期間において、設置変更許可の内容を変更する必要があるような、火災発生防止、感知・消火、影響軽減に係る改正がないことを確認した。
- ・また、設備改造等により火災評価条件に見直しがある時には、火災荷重の合計の管理及び内部火災影響評価への影響の確認を行い、必要に応じて火災の影響軽減対策を行うことを確認した。
- ・以上の確認結果を踏まえて、安全評価の前提となっている内部火災に係る設置変更許可の内容を見直しする必要はない。

○その他自然現象のリスク評価

✓ 原子力学会標準である「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準」を基に、その他自然現象に対して以下の評価を実施した。

- ① 潜在的に脅威となる自然現象として、IAEA特定安全ガイドNo.SSG-25に記載されている自然現象及び設置許可で評価対象となっている自然現象を抽出
- ② ①項で抽出した自然現象に対してスクリーニングを行い、炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象を選定
- ③ ②項で選定した炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象に対し、それぞれの特性に応じて評価手法を選定
- ④ 各自然現象に対して、③項で選定した手法を用いてリスク評価を実施し、有意な炉心損傷リスクを有しているかを判断

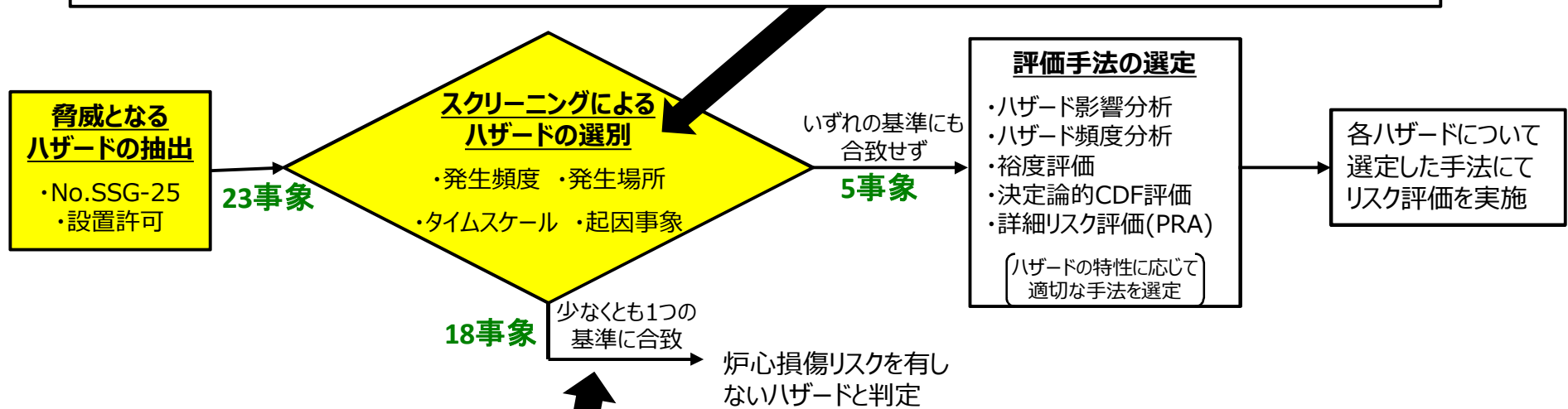


<外部ハザードに対するリスク評価手法選定の流れ>

○その他自然現象のリスク評価

<スクリーニング基準>

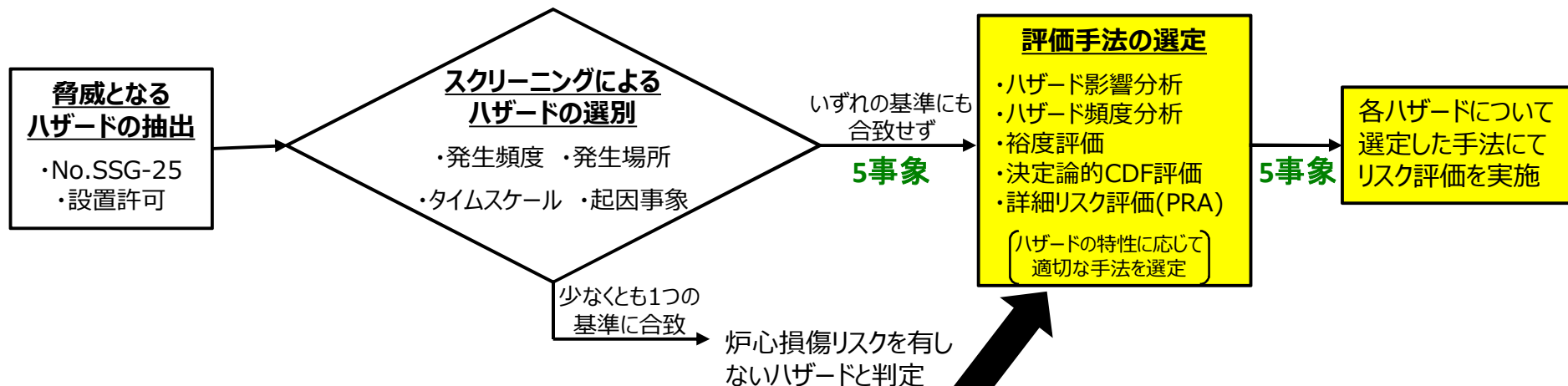
- ・発生頻度 : ハザードの発生頻度が極めて小さいことが明確である。
- ・発生場所 : ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない。
- ・タイムスケール : ハザードが進展するタイムスケールがプラントの対処時間に比べて十分に長い。
- ・起回事象 : ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起回事象を引き起こさないことが明らかである。
- ・包含 : ハザードが他のハザードに包含される。



<スクリーニングによるハザードの選別の例>

自然現象	スクリーニング理由	説明
森林火災	起回事象	発電所において最も厳しい条件で森林火災の影響評価を行い、評価上必要以上の防火帯を確保していることから、起回事象は発生しない。
降水	起回事象	敷地の地表面は海に向けて順次低く設定されており、雨水は構外に排出されることから、起回事象は発生しない。
洪水	発生場所	大飯発電所周辺地域における河川としては、敷地から南方向7kmのところ佐分利川があるが、発電所が立地している大島半島にはなく、敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることはない。
高潮	包含	津波評価に包含される。

○その他自然現象のリスク評価



<評価手法概要>

評価手法	概要
ハザード影響分析	プラントへの影響を保守的に仮定したとしても、プラントにおける炉心損傷につながる起因事象の発生、安全機能を有する設備の機能喪失がないことを決定論的に評価する。
ハザード頻度分析	プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベル（通常は設計基準）の発生頻度を評価し、当該発生頻度が判断基準値(10 ⁻⁶ /年)を下回るかを確認する。
裕度評価	炉心損傷リスクが必ず起こるハザードレベルと、プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルとして設計基準との差（安全裕度）を算出し、その裕度が十分にあるかを評価する。
決定論的なCDF評価	炉心損傷につながる起因事象の発生や安全機能を有する設備の機能喪失に対するハザードの影響を決定論的に設定してCDFを算出し、当該CDFが判断基準値(10 ⁻⁶ /年)を下回るかを確認する。
PRA等の詳細なリスク評価	PRAを適用する詳細なリスク評価を行う。

○その他自然現象のリスク評価

- ✓ スクリーニングによりハザードの選別を行なった結果、炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象として5事象が選定された。
- ✓ そのうち、火山※¹を除いた4事象の自然現象に対して、評価手法を選定し、リスク評価を実施した。
- ✓ その結果、有意な炉心損傷リスクを有する自然現象はなかった。

自然現象	評価手法	評価結果
生物学的事象	ハザード影響分析	クラゲ等の海生生物による取水量の減少により、保守的に原子炉補機冷却海水設備の機能喪失を仮定したとしても、原子炉補機海水冷却機能喪失時の収束シナリオの通り対応可能であることから、炉心損傷につながることはない。従って、プラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える生物学的事象に対して耐性を有することを確認した。
落雷	ハザード影響分析	直撃雷及び誘導サージ電流による屋外設備（送電線系、海水ポンプ）の損傷により、保守的に全交流電源喪失を仮定したとしても、以下の通り、緩和機能に必要な屋外設備は落雷の影響を受けないことから、全交流電源喪失時の収束シナリオ通りの対応が可能であり、炉心損傷につながることはない。従って、プラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える落雷に対して耐性を有することを確認した。 <ul style="list-style-type: none"> • DG機能維持に必要な海水ポンプと空冷式非常用発電装置は十分に離隔されている。また、注水等のための可搬型設備は複数有しており、それぞれ十分に離隔されている。従って、直撃雷により同時に影響を受けない。 • 可搬型設備の給電ケーブルは常設されていないため、誘導サージ電流による影響は受けない。 • 空冷非常用発電装置の給電ケーブルは、屋外に常設されているが、空冷式非常用発電装置の本体側及びプラント側のメタクラで常時切り離されているため、誘導サージ電流による影響は受けない。 • 復水タンクの水位計、補助給水元弁が誘導雷サージの影響を受けた場合でも、代替パラメータや弁の現場操作により対応可能である。
竜巻を含む強風	ハザード頻度分析	竜巻の年超過確率 10^{-6} のハザード値は風速87m/sであることから、設計基準値の風速100m/sの発生頻度は判断基準値の 10^{-6} を下回っている。従って、プラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える竜巻を含む強風が発生する可能性が極めて低いことを確認した。 台風等による強風についても、設計基準値の風速100m/sで設定した対策により防護される。
積雪	裕度評価	安全上重要な建屋のうち、最も許容積雪厚さが低いものは原子炉補助建屋の154cmとなる。この値は設計基準値(100cm)に対して十分大きく、安全裕度は十分にある。また、除雪による緩和措置も実施可能であることから、プラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える積雪に対して耐性を有することを確認した。

※ 1：火山については、大山火山の大山生竹テフラ(DNP)の噴出規模に係る設置変更許可審査中であるため、許認可の状況等を踏まえて、次回届出以降に評価を検討する。

《高浜4号機第2回届出書記載》

高浜4号機の「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、現時点では、一部の安全因子について、新規規制基準導入に伴い状況が大きく変化し、中長期（運用ガイドでは10年）の評価が難しいものがある。

具体的な評価はIAEA安全ガイドSSG-25と同等の規格である日本原子力学会標準（AESJ-SC-S006:2015）に基づき評価を行うこととし、安全因子が整い総合評価を行うことができる状況になるまでは、届出書には、評価結果ではなく、評価実施に向けた課題として、以下の2点を挙げ、今後取り組んでいくこととし、具体的な計画を明示した。

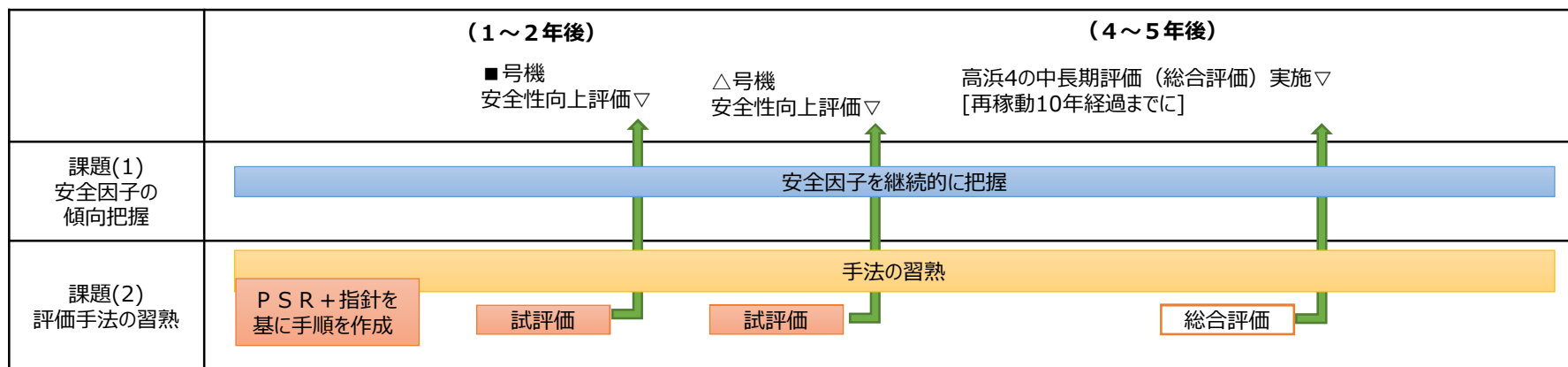
(1) 安全因子の傾向把握

安全因子のうち、新規規制基準導入後の再稼動に伴って安全因子に係る管理方法などが大きく変化し、中長期的な傾向が把握できるまでの実績がないものがあり、それらについては実績を積み重ねる。

(2) 評価方法の習熟

中長期評価としては「総合評価」を行うこととなっている。総合評価の実施に向けて、安全因子間の相関関係の分析や安全因子毎の評価等、総合評価に至る一部分の評価を取り出して試評価を行い、評価手法の習熟に努める。

○具体的な計画の進め方（イメージ）



○総合的な評価

安全性向上評価は、保安活動全般、確率論的リスク評価（PRA）、安全裕度評価（ストレステスト）等の観点から評価を実施。

今後も安全性向上評価（本評価）も活用し、リスクを把握し、そのリスクを低減・除去に努める活動を継続していく。

[保安活動全般]

- ・品質マネジメントシステムに基づく継続的改善の活動が有効に機能し、安全性向上の基盤となっている。
- ・改善の余地が認められる事項は、今後必要な安全性向上策を講じる。
- ・第1回届出書で示した追加措置（安全性向上計画）は、計画的に進捗していることを確認。

[最新の科学的知見及び技術的知見]

- ・評価期間中に収集した最新の知見に対して、評価を行い、安全性向上に資すると判断し、高浜4号機に反映すべき知見を抽出。
- ・反映すべき知見は、すでに反映されていること、又は反映に向けた検討が進められていることを確認。

[安全裕度評価]

- ・地震、津波以外の自然現象に対する単独評価を実施し、有意な炉心損傷リスクを有する自然現象はなく、原子炉施設は抽出した設計上の想定を超える自然現象に対して耐性を有することを確認。

○外部評価の結果

1. 目的

安全性向上評価結果について、技術的及び専門的視点から客観的な評価をいただく。

2. 外部評価者

三島 嘉一郎 京都大学名誉教授（原子力安全システム研究所技術システム研究所長）

小泉 潤 二 大阪大学名誉教授（原子力安全システム研究所社会システム研究所長）

当社の原子力事業の運営に関する知識を有し、評価者それぞれの専門分野における知見に基づいた評価をできる有識者として上記の有識者に評価を依頼した。

評価者が所属している原子力安全システム研究所は、「原子力発電所の安全性および信頼性の一層の向上と、社会や環境とのよりよい調和に貢献する。… 2. 独立・第三者的な立場からの客観的な研究を行い、原子力発電のための積極的な提言を行う。…」を基本理念とし、研究活動に取り組んでおり、本評価においても、同研究所の基本理念に基づき評価され、客観性を確保した。

3. 主な評価項目

- ・保安活動の実施状況 [届出書第2章]
- ・最新の科学的知見及び技術的知見 [届出書第2章]
- ・安全裕度評価（ストレステスト） [届出書第3章]

4. 外部評価実施日

2020年 6月10日（評価結果の説明）

2020年 7月 7日（届出書案の説明）

5. 外部評価を受けた対応

評価結果および届出書案を説明し、ご意見・コメントをいただき、届出書の記載の充実を図るなど、結果を安全性向上評価に反映。

①今回の評価で新たに抽出した追加措置

保安活動全般の評価から、プラントの安全性向上に資する自主的な追加措置を抽出し、その実施計画を安全性向上計画として示す。

今後の取組みとして、追加措置を以下の計画に基づき適切に実施していくとともに、措置を講じた以降も、日常の保安活動において、設備の状態あるいは措置の実施状況とその改善の状況を適宜確認し、安全性の向上を継続的に図っていく。

No.	追加措置	実施時期(予定)※	評価分野
1	<p>トラブル対応時に求められる運転員のパフォーマンスの更なる向上 運転員のパフォーマンスの更なる向上を図るため、原子力発電訓練センターのシミュレータにより、以下の訓練を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヒューマンパフォーマンスツールの活用・習熟等、運転員のパフォーマンス向上に特化した「高集約訓練（HIT：High Intensity Training）」 ・チームパフォーマンスの向上に特化した「チームパフォーマンス訓練（TPT：Team Performance Training）」 	2020年7月から 訓練実施中	運転管理
2	<p>ミッドループ運転の運用改善 ミッドループ運転時の炉心損傷リスクを低減させるため、定期検査のミッドループ運転時に水位を上げた運転を実施</p>	2020年度 (第23回定期事業者検査)	運転管理
3	<p>抽出水オリフィス取替 余熱除去システムの信頼性向上の観点より、通常抽出ラインのオリフィス1台を通水量の大きいものに取替え</p>	2020年度 (第23回定期事業者検査)	保守管理
4	<p>1 相開放故障検知システム設置 所内母線の安定化（所内への異常拡大防止）を図るため、所内母線への1相開放故障検知システムを設置</p>	2020年度	保守管理 新知見
5	<p>設計基準文書（DBD）の整備・運用 コンフィギュレーション管理（CM）の設計要件の管理を強化するため、安全上重要な設計要件を取りまとめた文書（設計基準文書）を整備・運用</p>	2020年5月に整備完了し、 運用中	保守管理

※総合評価チームによる追加措置決定時点（2020年7月22日）の状況

②-1 前回抽出した追加措置の実施状況 (措置実施未)

第1回届出書において、保安活動全般、確率論的リスク評価 (PRA)、安全裕度評価 (ストレステスト) 等の評価から抽出した安全性向上に資する自主的な追加措置のうち、今後実施予定であるものを以下に示す。

追加措置	実施時期 (第1回届出時)	実施状況※	評価分野
1次冷却材ポンプシャットダウンシール導入 全交流電源喪失時の対応能力向上及び信頼性向上を図るため、シャットダウンシールを導入	導入に向け検討中	第23回定期事業者検査時 (2020年度) に導入予定	保守管理・ 新知見・ 確率論的 リスク評価
海水ポンプ軸受取替 信頼性向上及びメンテナンス性向上を図るため、海水ポンプの軸受を潤滑水を必要としないテフロン製の軸受に取替え	対象となる海水ポンプの分解点検時に合わせて実施 Aポンプ: 2020年度 (第23回定期事業者検査) Cポンプ: 2022年度 (第24回定期事業者検査)	変更なし	保守管理
主変圧器取替 経年劣化傾向を踏まえ、予防保全対策として、主変圧器を取替え	2022年度 (第24回定期事業者検査)	変更なし	保守管理
送水車導入 重大事故等時における事故収束作業の迅速化等を図るため、消防ポンプから送水車を用いた事故対応に変更し、更に格納容器破損防止対策に係るクリフエッジの向上を図るため、送水車の保管場所を地震・津波重畳の影響を受けにくい場所に設定	高浜1,2号機の安全対策工事 (2019年度以降完了予定) に合わせて対策実施予定	高浜1号機の安全対策工事 (2020年度完了予定) に合わせて対策実施予定	緊急時の措置・安全裕度評価
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バートの導入 格納容器の過圧破損のリスクの低減を図るため、特定重大事故等対処施設を用いた格納容器スプレイ及びフィルタバートを整備	2020年度	変更なし	確率論的 リスク評価

※総合評価チームによる追加措置決定時点 (2020年7月22日) の状況

②-2 前回抽出した追加措置の実施状況 (措置実施済)

第1回届出書において、保安活動全般、確率論的リスク評価 (PRA)、安全裕度評価 (ストレステスト) 等の評価から抽出した安全性向上に資する自主的な追加措置のうち、実施済のものを以下に示す。実施済の措置についても、日常の保安活動において、設備の状態あるいは措置の実施状況とその改善の状況を適宜確認し、安全性の向上を継続的に図っていく。

追加措置	実施時期 (第1回届出時)	実施状況※	評価分野
軽微事象の検出・対応の仕組みの改善 不適合の検出・処理を行い、継続的改善を行っているが、より軽微な事象を積極的に検出し、かつ原子力安全上重要な問題への対応に資源を集中するよう仕組みを改善	新検査制度の運用開始時期 (2020年度) の実施に向けて試運用中	新検査制度の運用開始 (2020年4月) に合わせて本格運用開始	品質保証
MAAPコード※を導入した運転シミュレータでの重大事故対応訓練の実施 ※シビアアクシデント時のプラント挙動解析コード 炉心損傷後のプラント状態を模擬できる運転シミュレータで対応操作訓練を実施	2018年12月より実施中	-	運転管理
免震事務棟設置他 事故対応時の現場対応体制及び作業員の安全性を更に確保するため、免震構造を有する事務棟を設置	2019年3月下旬に運用開始予定	2019年3月から運用開始	緊急時の措置
緊急時におけるリーダーシップ能力向上研修 (たいかん訓練) の導入 緊急時に現場の指揮者クラスに要求されるリーダーシップ能力 (コミュニケーション能力やストレス下の意思決定能力等) を高める研修 (たいかん訓練; 英略号 ECOTEC) を導入	2016年から試行中の研修の結果を踏まえ本格導入予定	研修の結果を踏まえ今後も継続的に改善していく	緊急時の措置
労働災害防止に向けた活動の強化 TBM (ツール・ボックス・ミーティング) の充実、現場パトロールの強化及び作業員の体調管理強化等の活動を実施	既に取り組んでいる活動の強化・定着を図る	対策を強化し、活動継続中	安全文化醸成

※総合評価チームによる追加措置決定時点 (2020年7月22日) の状況

②-2 前回抽出した追加措置の実施状況 (措置実施済)

追加措置	実施時期 (第1回届出時)	実施状況※	評価分野
オフィスの健全性確認方法の改善 信頼性の向上を図るため、確率論的リスク評価の評価結果から見出された安全注入ライン配管のオフィス閉塞リスクの低減に向けた対応として健全性確認の手順を追加	次回定期検査時 (2019年度) に現地を調査し、具体的な実施内容を確定させる予定	第22回定期検査時 (2019年度) に現地調査を実施し、現時点での健全性を確認済	確率論的 リスク評価
運転員及び緊急時対策要員への教育・訓練プログラム策定に係るリスク情報の活用 確率論的リスク評価の評価で代表的な事故シナリオに登場する操作失敗等のリスク情報を教育・訓練プログラムの策定に活用	2018年11月より 活用中	運転員教育では保安教育においてリスク情報を活用 (2019年度) 緊急時対策要員教育では力量維持向上訓練の資料へリスク情報を導入 (2018年11月)	確率論的 リスク評価
余裕時間評価を踏まえた大規模損壊手順書の充実 時間余裕評価の結果を踏まえ、事故対応時における更なる余裕時間を確保するための方策を検討し、大規模損壊対応に係る手順書を充実	2019年3月中に 実施予定	2019年3月に手順書を充実	安全裕度 評価
緊急時対策本部要員等を対象とした教育・訓練への活用 安全裕度評価の評価で得られた知見 (例 ; 斜面崩壊の影響範囲等) を教育、訓練に活用	2019年度中に 活用開始予定	2019年4月より評価結果からの知見の活用を開始	安全裕度 評価

※総合評価チームによる追加措置決定時点 (2020年7月22日) の状況