



中部電力

2021年4月26日
静岡県防災・原子力学術会議
(原子力分科会) 資料-1

浜岡原子力発電所における 新検査制度を踏まえた 安全性向上への取り組みについて

中部電力株式会社

2021年4月26日

1. 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み

- 検査制度見直しの振り返り
- 新検査制度を踏まえた当社の取り組み

2. 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

- 安全性向上の取り組み
- 設備・機器への知見の反映
- 研究による知見の積み上げ・反映

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み

検査制度見直しの振り返り（制度見直しの経緯）

- 2016年4月、国際原子力機関（IAEA）が政府に対し、「**検査制度の見直し**」の必要性を**勧告**

＜IAEAからの勧告＞

総合規制評価サービス（IRRS）ミッション報告書 抜粋（一部趣旨を踏まえて修正）

勧告：政府は、

- 予め確認項目を定めた逐条毎の確認ではなく、効率的で、パフォーマンスベースの、リスク情報を活用した原子力安全と放射線安全の規制を行えるよう、原子力規制委員会がより柔軟に対応できるように、
- 原子力規制委員会の検査官が、いつでもすべての施設と活動にフリーアクセスができる公式の権限を持てるように、
- 可能な限り最も低いレベル（現地検査官の裁量）で原子力規制委員会としての意思決定（検査判定）が行えるように、

するために、検査制度を改善、簡素化すべきである。

変更された検査の枠組みに基づいて、原子力規制委員会は、等級別扱いに沿って、規制検査（予定された検査と事前通告なしの検査を含む）の種類と頻度を特定した、すべての施設及び活動に対する検査プログラムを開発、実施すべきである。



- 原子力規制委員会（NRA）は、より**機動性と実効性**の高い規制を実現するため検討を開始。制度設計にあたっては、**米国のReactor Oversight Process（ROP）**を**ひな型**に検討が開始された。

原子力規制庁Webサイト：日本への総合規制評価サービス（IRRS）ミッション報告書（日本語仮訳）を参考に記載

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み

検査制度見直しの振り返り（制度見直しの時系列）



年月	対応	内容
2016年 1月	規制	国際原子力機関（IAEA）による総合規制評価サービス（IRRS）ミッション受入れ
2016年 4月	規制	IRRSミッション報告書受領。「検査制度の見直し」の必要性を勧告
2016年 5月	規制	検査制度見直しに関する検討チームを設立し、検討開始
2016年11月	規制	検査制度見直しに関する検討チーム中間とりまとめ
2017年 4月	—	「原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規則に関する法律等の一部を改正する法律」の可決
	規制	検査制度見直しに関する検討チーム及び下部に設けたワーキンググループ等で制度設計の検討を継続
2018年10月	規制＋事業者	新検査制度（原子力規制検査）の試運用を開始
2020年 4月	規制＋事業者	新検査制度（原子力規制検査）本格運用開始

2019年3月22日 静岡県防災・原子力学術会議原子力分科会 原子力規制庁説明資料を参考に記載

【事業者】

【規制機関】

基本理念

- ・事業者の安全確保に関する一義的責任が果たされ、自らの主体性により継続的に安全性の向上が図られる
- ・事業者及び規制機関の双方の努力により、より高い安全水準が実現される

役割と責任

規制要求への適合を実現
その状況を確認し、かつ、維持・向上させることにより、安全確保の一義的責任を果たす

事業者の適合すべき安全上の規制要求を設定
供用開始前は、規制要求に適合していることを各段階において確認
供用開始後は、事業者の規制要求への適合を確実なものとするために保安活動を監視・評価、行政上の措置を実施

法的枠組み

安全確保に係る一義的責任を明確にした体系（事業者検査の実施義務等）

規制機関の関与の体系（段階的規制の体系による供用開始前の許認可等と、供用開始後の包括的な監視・評価）

運用のポイント

安全上の重要度に応じた効果的な活動を実現するため、客観的な指標としてリスク情報、安全確保水準データを活用

情報提供

事業者の保安活動の実績に応じた監視、安全上の重要度に応じた評価、行政上の措置を実施するため、客観的な指標としてリスク情報、安全確保水準データを活用

- ・学会等で議論された民間規格等を活用するなど、保安活動の透明性を高める
- ・積極的な情報公開、コミュニケーションを通じて、保安活動への理解を高める

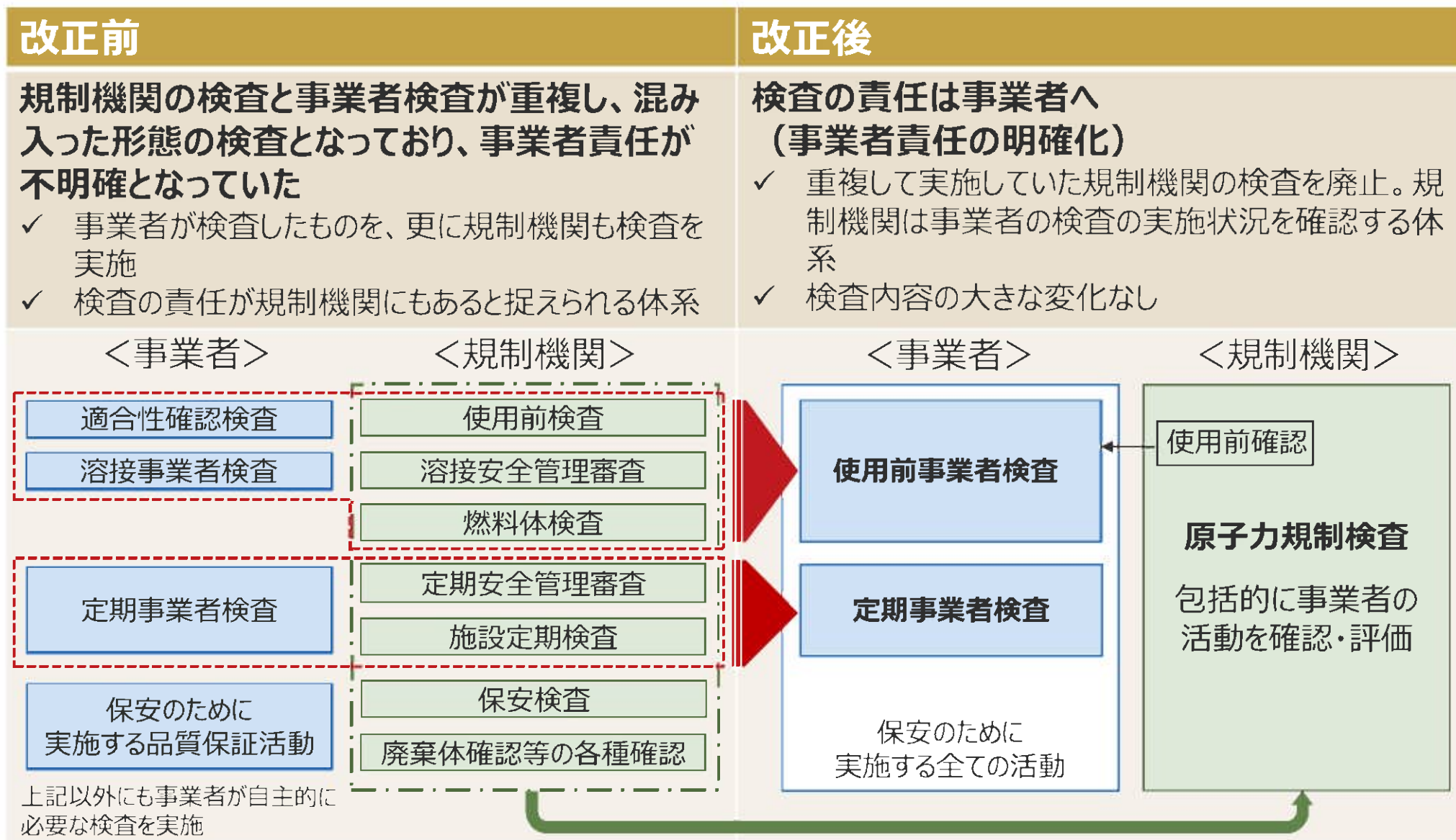
協調して実施

- ・規制判断の基準やプロセスなどの対応方針を明確にしたガイド文書等を作成・公開して、規制機関による対応の透明性・予見性を確保し、事業者の主体的取り組みを促す
- ・積極的な情報公開、コミュニケーションにより、規制機関の活動内容に対する信頼性を高める

【ポイント】

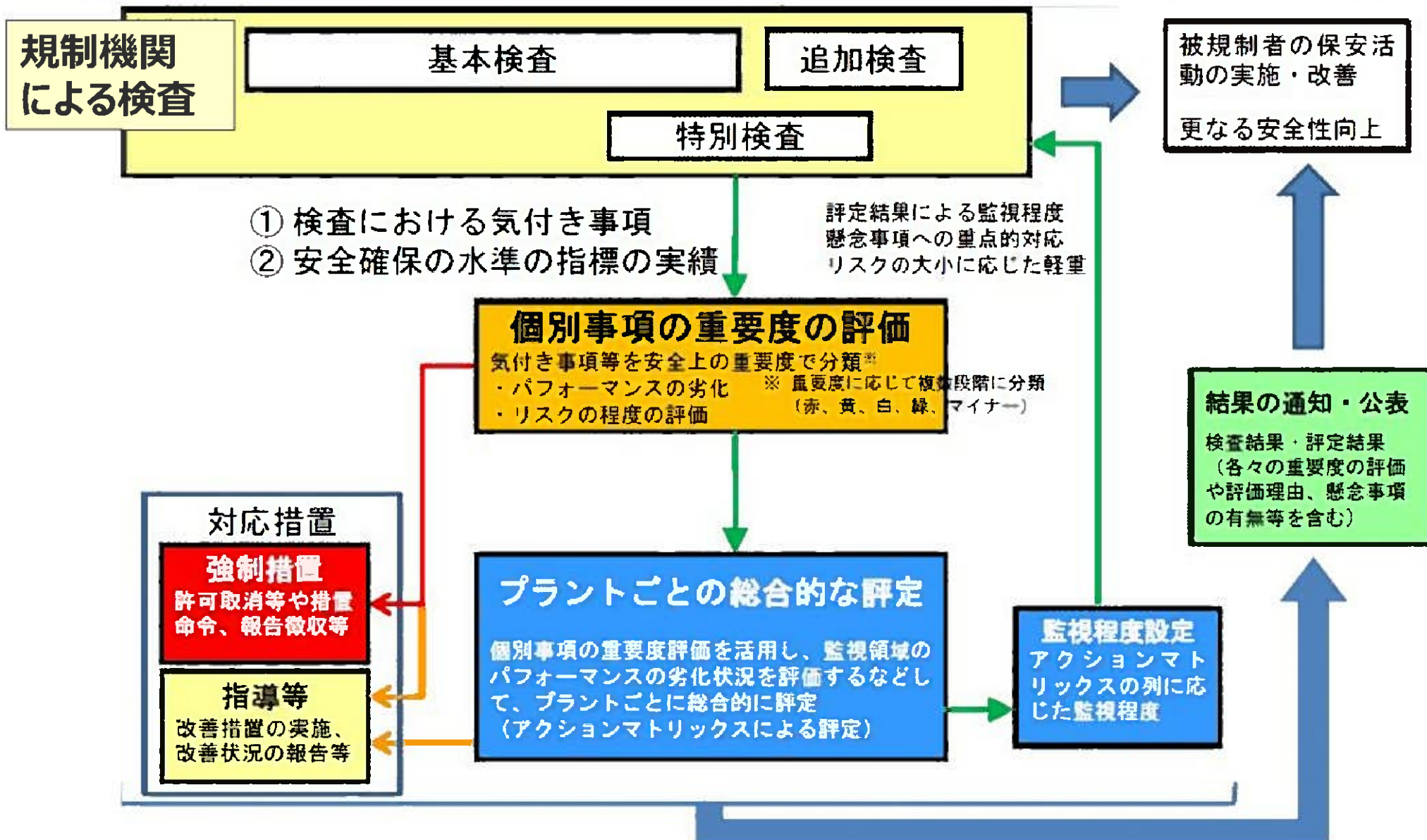
- ・「いつでも」「どこでも」「何にでも」、規制委員会のチェックが行き届く検査
- ・安全確保の観点から事業者の取り組み状況を評定
- ・これを通じて、事業者が自ら安全確保の水準を向上する取り組みを促進

	制度改正前	制度改正後
1	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者が安全を確保するという一義的責任を負っていることが不明確。 ・規制機関のお墨付き主義に陥る懸念。 ⇒ 改善を促進しない体系。	<ul style="list-style-type: none"> ・まずは事業者自らに検査義務等を課し、規制機関の役割は事業者の取り組みを確認するものへ。 ⇒ 事業者の責任の明確化と改善の促進。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・重複のある複数かつ混み入った形態の検査。 ・法令において、検査対象や検査時期が細かく決められている。 ⇒ 事業者の全ての保安活動に目が行き届かない。	<ul style="list-style-type: none"> ・規制機関の全ての検査を一つの仕組みに一本化。 ・検査の対象は、事業者の全ての保安活動。 ⇒ 規制機関のチェックの目が行き届く仕組み。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・あらかじめ決められた項目の適否をチェックする、いわゆるチェックリスト方式。 ⇒ 安全上重要なものに焦点を当てにくい体系。	<ul style="list-style-type: none"> ・安全上の重要度から検査の重点を設定。 ・リスク情報の活用や安全実績指標（PI）の反映などを取り入れた体系。 ・安全確保の視点から評価を行い、次の検査などにフィードバック。 ⇒ 安全上重要なものに注力できる体系。
4	<ul style="list-style-type: none"> ・被規制者の検査対応部門を通じた図面、記録の確認、現場巡視が中心。 ⇒ 被規制者の視点に影響される可能性。	<ul style="list-style-type: none"> ・検査官が必要と考える際に、現場の実態を直接に確認する運用。 ・規制機関が必要とする情報等に自由にアクセスできる仕組み（いわゆるフリーアクセス）を効果的に運用。



01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み

検査制度見直しの振り返り（規制機関による検査の全体の流れ）



01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み



中部電力

検査制度見直しの振り返り（規制機関による検査）

- 原子力規制検査においては、規制機関より基本検査の計画が発出され、各発電所で日常検査、チーム検査（2020年度：9件※）が実施されている。
- また、基本検査において検査指摘事項が発見された場合や、発電所において異常事象が発生した場合には基本検査以外の追加検査等も実施される。

※原子力規制庁文書（基本検査運用ガイド）単位で算出。この他に核物質防護のチーム検査も実施されている

検査名		検査内容
基本検査	日常検査	<ul style="list-style-type: none">・ 現地規制事務所の検査官が中心となり、事業者の日常的な保安活動を継続的に監視する検査・ 休祝日も含め365日が検査対象
	チーム検査	<ul style="list-style-type: none">・ 専門的知見や経験を有する本庁専門検査部門の検査官が中心となり、時期を設定し、特定の検査対象に特化して確認する検査・ 通常、1検査あたり2週間実施される（1週間単位で中1週をはさんで実施）・ 約1~2ヶ月前に日程が打診される
追加検査		<ul style="list-style-type: none">・ 検査指摘事項の重要度評価等に応じて、基本検査に加えて追加で実施される検査
特別検査		<ul style="list-style-type: none">・ 規制機関が、リスクが高く安全上重要と思われる事象（異常事象）の報告を事業者から受けた場合、各監視領域の活動目的の達成に対して影響を与える可能性があるか評価を行い、実施の要否を判断する

<新検査制度の主旨>

事業者の全ての保安活動を対象として、安全性への影響度合いに着目し、「いつでも」「どこでも」「何にでも」、規制機関が確認できる検査へ

- ① 安全確保に関する事業者責任の明確化（※）と改善の促進 ⇒（スライド12）
※原子力安全を確保する責任は事業者にあり、さらにその説明責任も事業者にあることの明確化
- ② 安全上重要なものに注力できる体系 ⇒（スライド13）
- ③ 「いつでも」「どこでも」「何にでも」、規制機関が事業者活動をチェックできる検査 ⇒（スライド18）

事業者として、自らの活動をチェックし、的確に課題を特定し、自主的かつ継続的に安全性向上を進めていくことが重要となる。

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み

制度改正の主旨①：

安全確保に関する事業者責任の明確化と改善の促進

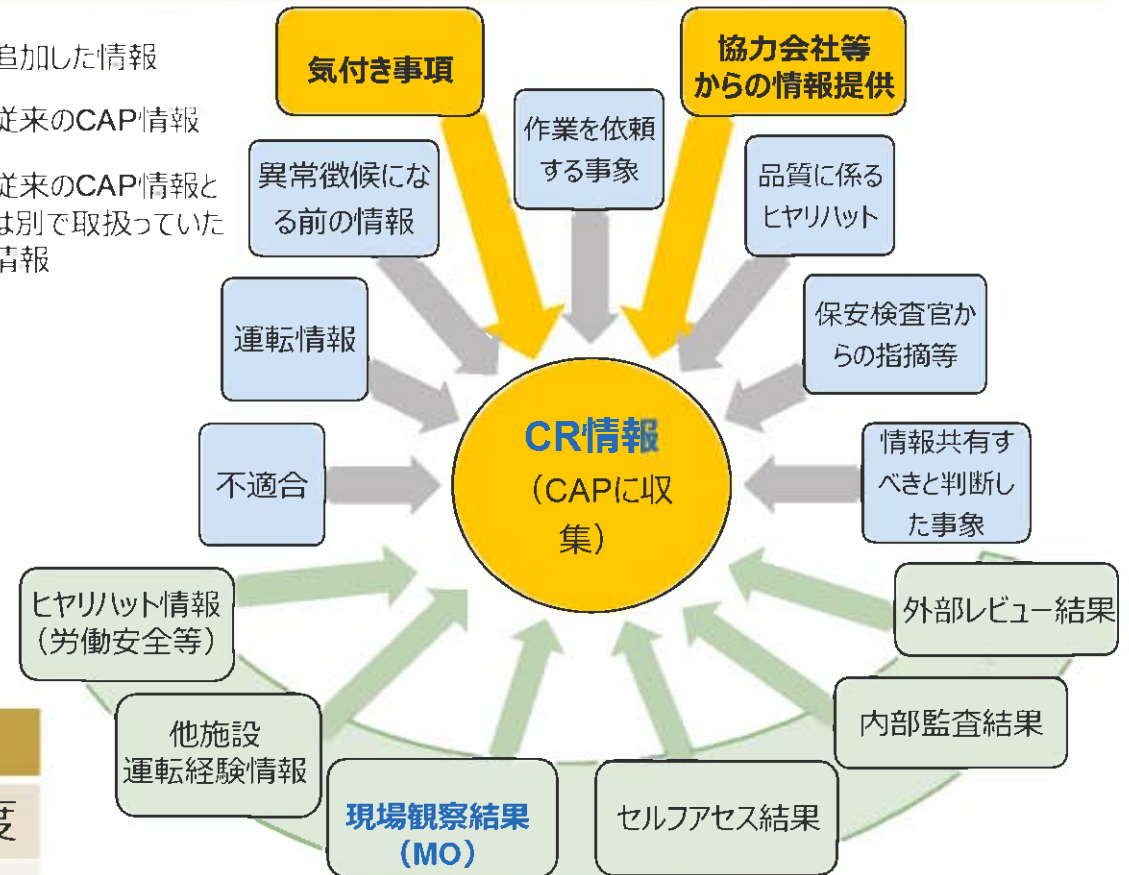
当社の取り組み：

自ら課題を見つけ改善を進める体系の強化（改善措置活動（CAP）の強化）

CAP：Corrective Action Program
CR：Condition Report
MO：Management Observation

- 従前からのルールに適合していない事象の情報に加え、発電所員・協力会社社員の気付き事項やヒヤリハットなどの情報を一元的に集めることで情報の網羅性を高め、集めた情報に対する分析評価を行うようにした。
- 情報登録のしきい値を下げ、発電所員・協力会社社員からの現場情報（現場の資機材・異物管理、ヒヤリハットなど）の提供が増えることで、データベース拡充への寄与だけでなく、**課題を見つける感度の向上や安全に対する意識向上にも繋がっている。**

- 追加した情報
- 従来のCAP情報
- 従来のCAP情報とは別で取扱っていた情報



収集した情報の件数推移（件）

2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
約1400	約5900	約10000	約8700

全ての情報を一元的に収集

CR：状態報告

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み

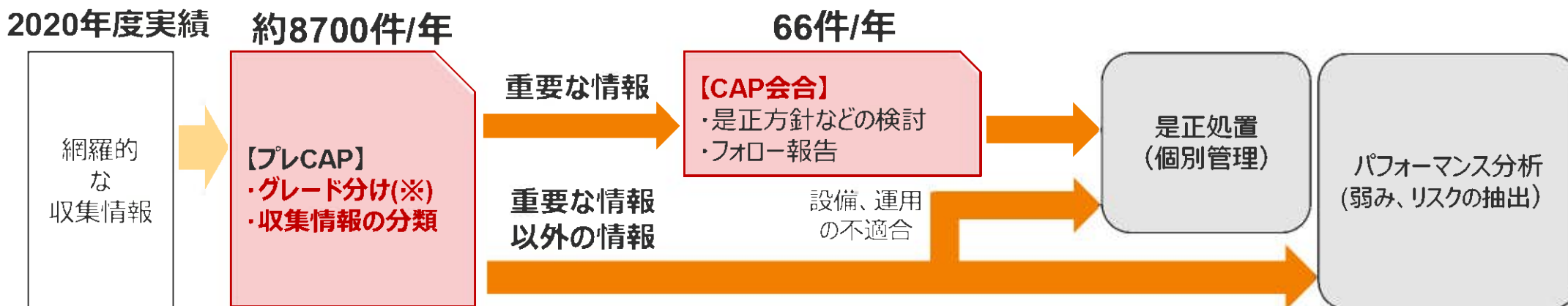
制度改正の主旨②：

安全上重要なものに注力できる体系

当社の取り組み：

安全上重要な事象を重視した対応をするための仕組み強化→リスク対策の強化

- **【日々】** 網羅的に集められた情報に対し、効果的・合理的に是正処置を図るため、プレCAPにおいて、原子力安全に係る品質影響の観点から各業務の専門家がグレード分けを行い、重要な情報は、CAP会合を開催し、上位管理層等も含めた複数の眼でチェックし、是正方針などを検討するようにしている。
- **【半期に一度】** 蓄積した情報を基にパフォーマンス分析を行い、活動の弱みや原子力安全に対するリスクを抽出し、対策を行っている。
- **原子力安全に対するリスク感受性を高めるとともに、不適合の未然防止につながることを期待。**



01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み

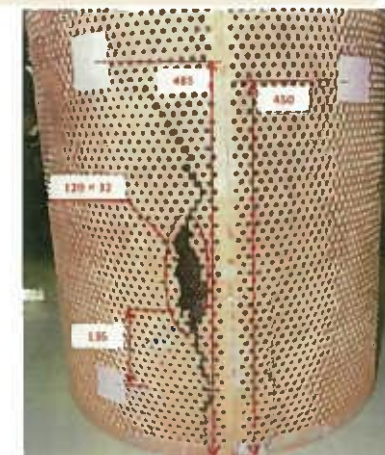
是正処置：発生した不適合に対して、同種事象の発生による安全性への影響を考慮し、設備面および運用面の双方の対策の必要性を検討し、対策を実施している。

【事 象】：5号機原子炉機器冷却海水系※1渦流除塵設備※2(A-1)の分解点検を行ったところ、フィルタにき裂、欠損が認められた。**(重要な情報に分類)**

【原 因】：フィルタに現状の保守点検（目視検査）では検知困難なき裂等の欠陥があり、設備運転中に欠陥が進展、破損に至ったと推定。

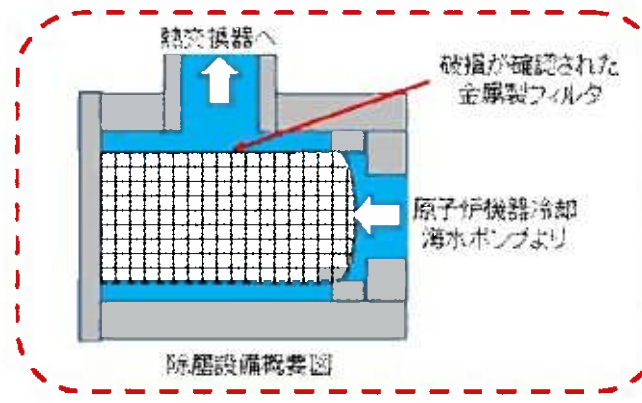
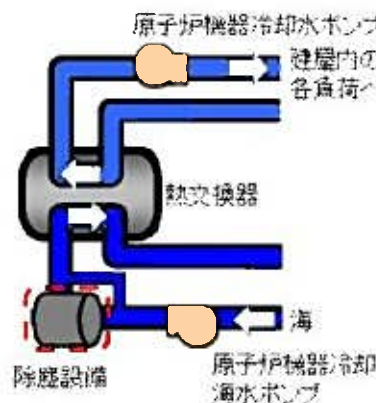
【是 正】：原子炉機器冷却海水系は安全上重要なシステムであるため、運転中におけるフィルタ損傷の発生リスク低減の観点から、き裂等の欠陥を未然に検知する必要があると判断。目視検査を上回る検出感度の検査方法を検討。

- 電力技術研究所（当社研究所）と協力して検査手法を検討し、渦流探傷試験により検知可能であることを確認。点検項目を追加。
- 渦流除塵設備は、その他の安全上重要なシステムでも使用されていることから、水平展開し未然防止を図っている。



※1 原子炉機器冷却海水系は、非常用機器で発生する熱の除去をおこなう原子炉機器冷却海水系の熱交換器へ冷却用海水を供給する設備

※2 原子炉機器冷却海水系の除塵設備は、冷却海水系に流入するごみ等が熱交換器に流入し、熱交換器性能の低下を防ぐための設備です。冷却用海水がフィルタを通過することで、ごみ等を除去する設備。



01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み



発電所機能分野マネジャー（SFAM）によるパフォーマンス分析：

浜岡では、全28分野にそれぞれSFAMを任命し、不適合未満の情報を含む全てのCR情報をインプット情報として、「期待事項」とのギャップを分析している。

インプット情報（CR情報）

- 不適合情報
- 管理職による観察結果（※）
- 品質目標の達成状況
- パフォーマンス指標（PI）
- 外部機関(JANSI, WANO)からのレビュー結果
- 他社へのベンチマーク結果 等

JANSI：原子力安全推進協会
WANO：世界原子力発電事業者協会

不適合未満	数	達成率 (%)
放射線管理に関する事項	5	100%

SFAMによるパフォーマンス分析
「期待事項」を基準として各分野の
強み・弱みを分析・評価

浜岡パフォーマンス確認会議
各分野の弱みを各部・各課で改善させ、
発電所共通の弱みを「発電所AFI（要改善事項）」として所大へ展開させる。

- <強み>
放射線安全に資する新たな取り組みを立案・検討し、被ばく・放射性廃棄物低減に寄与するいくつかの効果的な対策を実施している。（被ばく・放射性廃棄物低減等に関する改善奨励制度による活動）
- <弱み>
汚染管理区域での、汚染拡大防止に関する放射線管理員による作業員への指導や放射線管理員の放射線防護上の必要な措置の一部が適切に行われていない弱みがある。

※：期待事項で示したとおり現場の活動が実施されているが、管理職が観察した結果

SFAM：Site Functional Area Manager
PI：Performance Indicator
AFI：Area for Improvement

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み



SFAMによるパフォーマンス分析の結果を踏まえた改善に向けた取り組み（例）

要改善事項への対応方針	具体的な改善（アクション）
<p>対応① 作業員および管理層は、下記 (1) ～ (4) に着目してリスク・影響を予測できるようにする。</p> <p>(1)資機材の不適切な仮置(所在不明物品) (2)異物侵入防止措置の未実施 (3)保護具未着用 (4)吊荷の下に入るなどの危険行為</p>	<p>①協力会社の模範となるため、当社社員の労働安全徹底（保護メガネ・耳栓・安全帯着用100%）</p> <p>②協力会社を含む全所員へのリスク浸透 know why キャンペーン</p> <p>③現場における作業前の2分間レビュー</p> <p>④現場での気づき力向上教育 (当社社員、現場監督者)</p> <p>⑤協力会社主体での自律的なリスク・影響についての取り組み推進</p>
<p>対応② 管理層は、予測に基づき批判的な指摘をできるようにする。 (問題点に着眼し易くする取り組み)</p>	<p>⑥定期的な管理層による一斉プラントインスペクション</p>

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み

改善の一例：全所員へのリスク浸透（リスク浸透キャンペーン） 発電所員による協力会社社員への印刷物の配布（計8回実施）



発電所長も自ら陣頭に立って配布

- 第1回：安全保護具の着用（安全带）
- 第2回：安全保護具の着用（保護手袋）
- 第3回：異物管理
- 第4回：適切な道工具の使用
- 第5回：適切な足場設置



Know why（のうふあい）キャンペーン（第4回） ～「なぜ、そうするのか？」と疑問を持ってみませんか？～ 『適切な道工具の使用』



あなたは、この写真を見て、**違和感**を感じませんか。（裏面へ確認）

あなたの作業現場と比べて、同じところはありませんか？

写真の様に道工具を使用した場合、発電所に対しどのような影響があるでしょうか？

➡怪我につながったり、**機器に思いがけない傷や損傷を与えて漏えいが発生するなど、原子力安全に影響を及ぼす**かもしれません。

現場でおかしいな？と感じた時には、声を掛け合いましょう。

本日も、ご安全に！

品質保証G（内線821-2651）

- 第6回：適切な資材の仮置き
- 第7回：適切な可燃物管理
- 第8回：揚重作業時の遵守事項

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度を踏まえた当社の取り組み



制度改正の主旨③：

「いつでも」「どこでも」「何にでも」、規制機関が事業者活動をチェックできる検査

当社の取り組み：

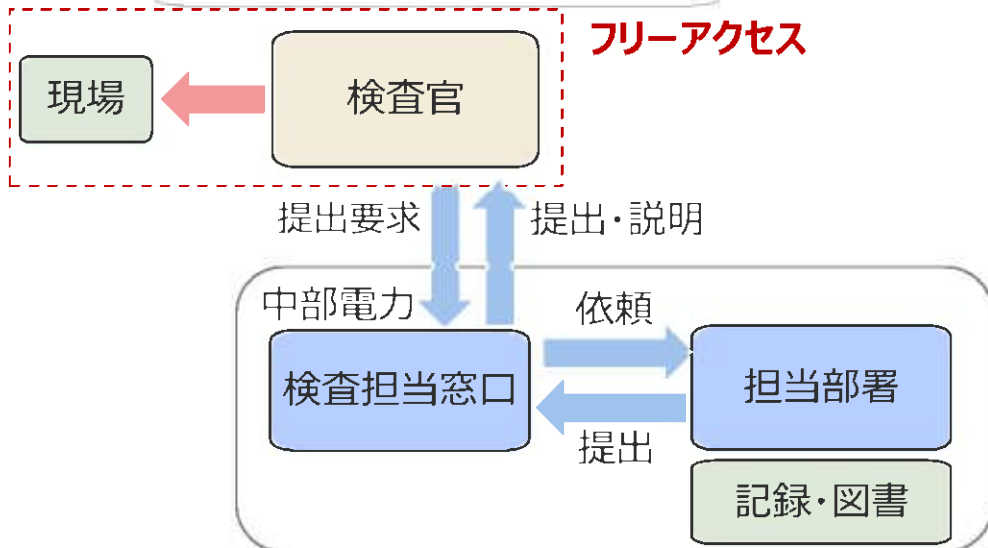
検査官の気付きは自らの活動の改善の機会と捉え、検査官の情報等へのアクセス性を向上

- 当社では、エスコートフリー（当社社員の付き添いなし）の運用を進めてきたが、さらに当社の保有する記録、図書等の情報に対しても、フリーアクセスの範囲を拡大している。
- また、記録等の情報へは、当社社員と同じシステムの使用を可能とするなどアクセス性も確保している。
- 検査官との日々のコミュニケーションからも、自らの活動の改善のきっかけが得られると考え、コミュニケーション相手を限定しない体系としている。

従前

予め決まった検査対象

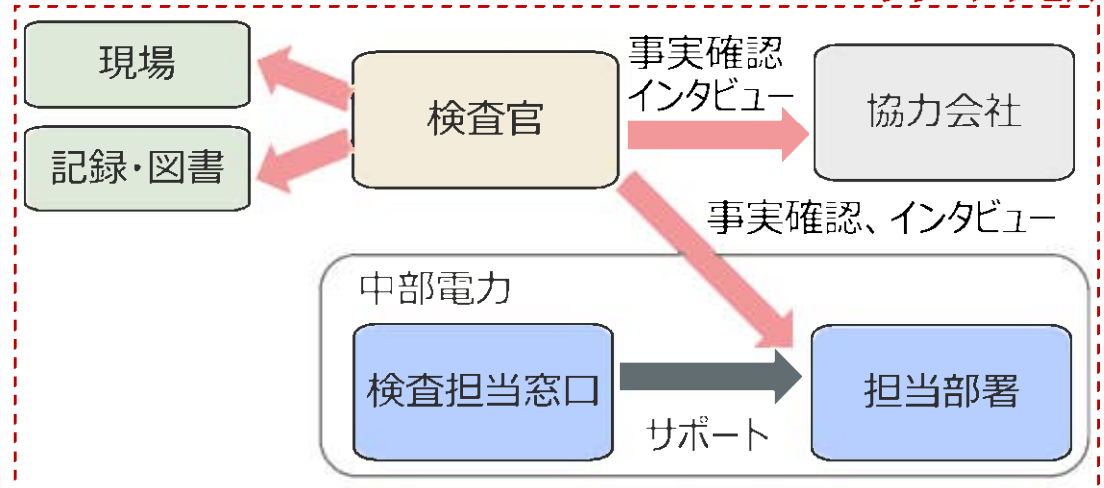
フリーアクセス



現在

事業者の全ての保安活動が検査対象

フリーアクセス



01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度の実施状況

原子力規制委員会の検査活動への協力体制を強化した結果の一例

- 当社が登録した状態報告（CR）情報をきっかけに、検査官にフリーアクセスで現場確認いただき、新たな気付きを得ることができ、安全性向上を実現した。

CR情報： ケーブルが金属板に挟まれるように布設されており、ケーブル被覆の破損等による発火リスクがあるのではないかと確認。
→ 担当部署により被覆が損傷する恐れが無いことを確認



検査官からの気付き

- ケーブル布設管理方法（管理プロセス）
- ケーブルトレイの荷重評価（耐震性）

検査官の気付きに対する確認結果

管理プロセス

- 社内手引等において、非安全系のケーブルトレイ（※）へケーブルを追加布設する場合の荷重評価手順を明確にしていなかった。
（安全系のケーブルトレイは評価手順が定められている。）

荷重評価（耐震性）

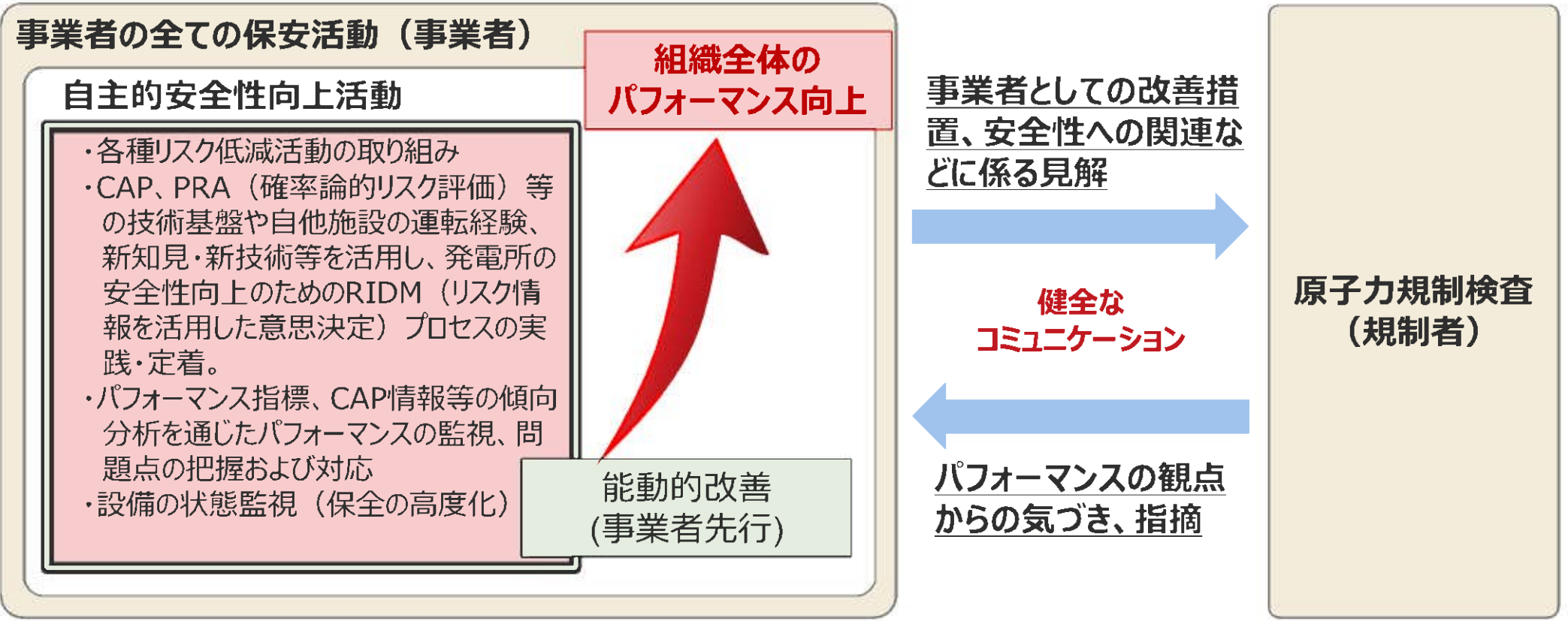
- 荷重評価が実施されていなかったため確認したところ、詳細評価が必要な荷重は超えていたものの、詳細評価の結果、許容範囲内であることを確認。

改善（是正措置）

- 社内手引等において、非安全系ケーブルトレイへケーブルを追加布設する場合にも荷重評価を実施することを明確化するとともに、評価手順を適切に定めた。

01 新検査制度を踏まえた安全性向上の取り組み 新検査制度の活用

- 新検査制度導入により、自らの活動をチェックし、的確に課題を特定し、自主的かつ継続的に安全性向上を進めていくことの重要性を強く認識。
- 新検査制度は、事業者の全ての保安活動を対象として、パフォーマンスに着目し、「いつでも」「どこでも」「何にでも」、規制機関が確認することになることから、社外から自らの活動の改善のきっかけが得られる貴重な機会と捉え、安全性向上に活用していく。



02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例） 安全性向上の取り組み

↓ 1995.1.17 阪神・淡路大震災

2005.1→2008.3 **耐震性を強化**

↓ 2006.9 耐震設計審査指針改訂

2009.1 **1,2号機の運転を終了し廃止措置へ**

↓ 2009.8.11 駿河湾地震

2011.3.11 **東北地方太平洋沖地震発生
東京電力(株)福島第一原子力発電所事故**

↓ 2011.5.6 内閣総理大臣からの運転停止要請

↓ 2011.5.14 全号機停止

2011.7.22 **津波対策の実施を決定**

2012.7.1 **浜岡原子力発電所内に原子力安全技術研究所を設置**

2012.12.20 **津波対策の強化・重大事故等対策の実施を決定**

新規規制基準施行 2013.7.8

2013.9.25

新規規制基準を踏まえた追加対策の実施を決定

4号機の新規制基準への適合性確認審査のための申請 2014.2.14 ↑

3号機の新規制基準への適合性確認審査のための申請 2015.6.16 ↑

新検査制度運用開始
2020.4.1

【安全性向上の取り組みに対する当社の基本姿勢】

- 当社はこれまでも規制基準を待つことなく、耐震性の強化や津波対策の実施など、常に最新の知見を反映し、自主的に安全性向上に努めてきた。
- 新検査制度の理念を踏まえ、引き続き、自らの活動をチェックし、的確に課題を特定することで、自主的かつ継続的に安全性向上の取り組みを進めていく。

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例） 設備・機器への最新知見の反映

○浜岡原子力発電所では、規制基準を待つことなく、常に最新の知見を反映し、自主的に安全性向上対策を進めている。

2005年1月、原子力安全委員会（当時）における耐震設計審査指針改訂の審議を契機として、自主的に耐震裕度向上工事を実施

排気筒
改造工事



緊急時ガスタービン
発電機建屋



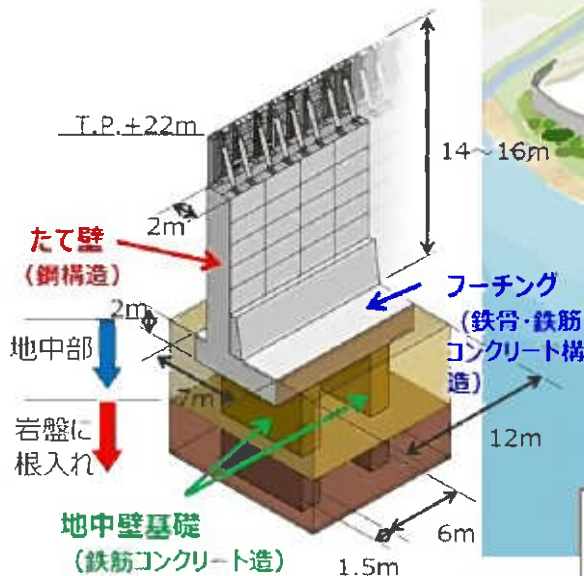
東北地方太平洋沖地震において、免震重要棟では機器等の転倒もなく、震災後の活動拠点として重要な役割を果たしたことを踏まえ、地震に対する多様性をもたせて電源設備の信頼性を向上させるため、免震構造を採用

緊急時海水取水設備



屋内のポンプ

東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、屋外の海水取水設備の多くが損壊したため、浸水防止対策を実施した緊急時海水取水ポンプ室内に緊急時海水取水設備を設置



防波壁

東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、多くの防潮堤等が倒壊したため、安定性の高い地中壁基礎の上に、靱性の高いL型の壁部を結合する新たな構造形式を採用

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例） 研究による知見の積み上げ・反映

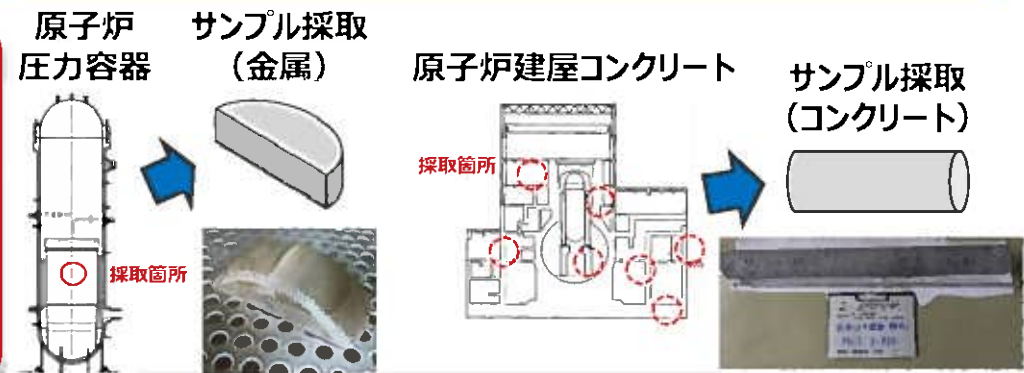
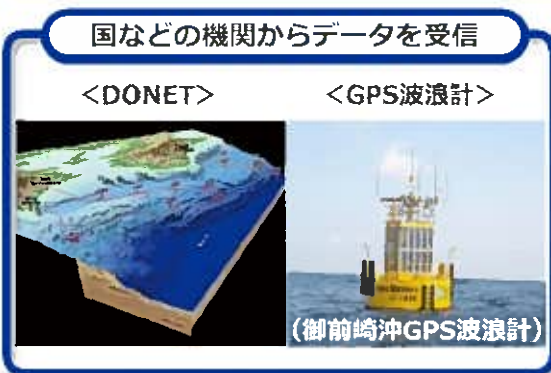


○浜岡原子力発電所のフィールドを活用し、原子力発電所の安全性向上や運営改善に資する研究を実施するため、発電所内に「原子力安全技術研究所」を設置した。（2012年7月）

研究テーマ	主な研究
原子力発電所の安全性向上に資する研究	<ul style="list-style-type: none"> ・津波監視システムに関する研究（研究例①） ・浜岡1,2号機の実機材料を活用した調査・研究（研究例②） ・宇宙線（ミュオン粒子）による原子炉の透過研究
1,2号機の運営（廃止措置）の改善に資する研究	<ul style="list-style-type: none"> ・レーザー除染技術の実用化に向けた研究
3,4,5号機の運営（保守・作業性）の改善に資する研究	<ul style="list-style-type: none"> ・AI活用研究（CR情報の分類、安全保護具の着用確認 など）
将来の技術に資する研究	<ul style="list-style-type: none"> ・公募研究（特定テーマ1件※1、一般公募20件を実施中）

研究例① 津波発生時の緊急時対応や避難の確実性の向上、迅速な点検・復旧計画の立案に役立てるため、津波の襲来状況（到達時間、高さ、収束時間）を予測する「津波監視システム」を開発。余震津波の予測アルゴリズムについても実装し、2022年度以降の本格運用を目指している。

研究例② 廃止措置中の1,2号機で、「原子炉圧力容器（金属）」や「原子炉建屋等（コンクリート）」の各部から試料を採取し、材料特性の変化を調査。中性子照射脆化や高経年化コンクリートの健全性評価などに有用なデータを収集している。

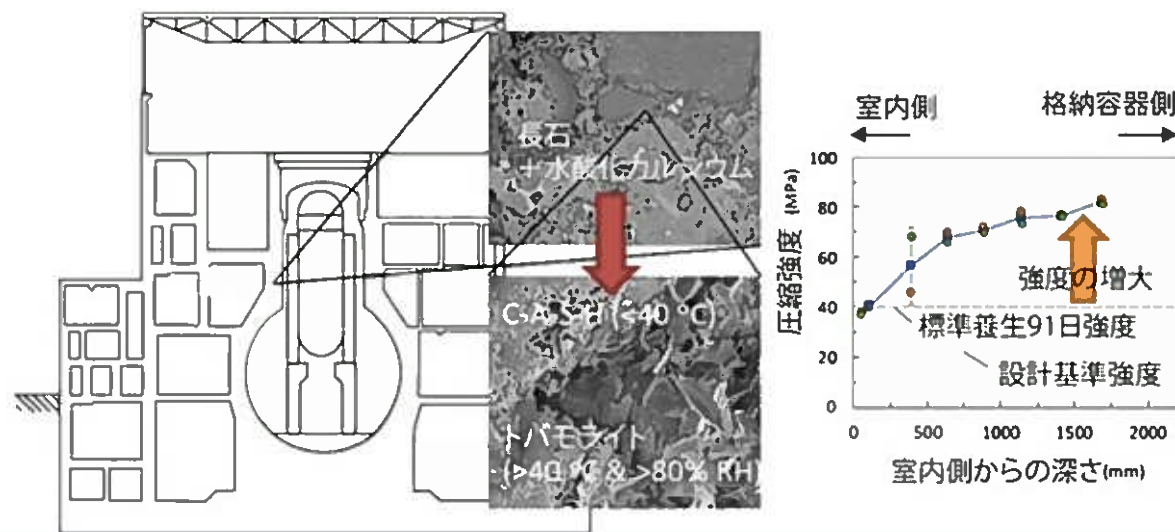


02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

研究による知見の積み上げ・反映（廃止措置プラントの活用）



- 浜岡1号機の廃材（運転中はサンプル採取できない原子炉圧力容器を構成する金属や原子炉建屋コンクリート）を活用し、最新の材料分析技術を用いてデータを採取し、中性子照射脆化や高経年化コンクリートの健全性評価手法などの研究に取り組んでいる。
- 名古屋大学、鹿島建設と共同で、浜岡1号機原子炉建屋から放射線とそれに伴う熱にさらされたコンクリートサンプルを分析し、**トバモライト**と呼ばれる天然岩石にも認められる鉱物やその前駆体の生成によって、**コンクリートの強度と耐久性が向上する現象を世界で初めて発見し、そのメカニズムの解明に成功した。**



- コンクリートの圧縮強度が、通常の2倍以上に達する現象を発見。このコンクリート強度増大を起こすメカニズムは、砂の中の鉱物とセメントの水和物が40°C以上の温度と水があるときに生ずる岩石化の反応によるものと分かった。
- この反応は、2,000年前のローマ時代に作られたコンクリートが現在も強度を増進しつづけるメカニズムと同一のものであり、本研究成果は、これまで以上に耐久性に優れたコンクリート開発への応用が期待される。
- 本研究成果は、2020年11月5日付で科学雑誌『Materials & Design』オンライン版に掲載された。また、海外科学サイトでも多数取り上げられており、世界的にも高い注目を集めている。



参考資料

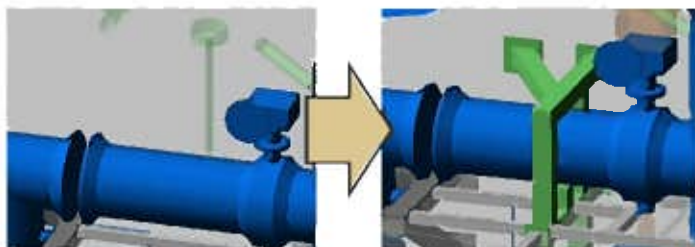
02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例） 設備・機器への知見の反映（耐震裕度向上工事）

○ 2005年1月、原子力安全委員会（当時）において、耐震設計審査指針改訂※の審議を契機として、**自主的に耐震裕度向上工事を実施した。**

※：発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（2006年9月改訂）

＜耐震裕度向上工事＞

- ✓ 3～5号機排気筒改造工事
- ✓ 配管ダクト周辺地盤改良工事
- ✓ 土留壁背後地盤改良工事
- ✓ 油タンク改造工事
- ✓ 原子炉建屋天井クレーン支持部材改造工事
- ✓ 燃料取替機レールガイド改造工事
- ✓ 配管サポート改造工事
- ✓ 電路類サポート改造工事



配管サポート改造工事の例



排気筒改造工事の例

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

設備・機器への知見の反映（免震装置の採用（緊急時ガスタービン発電機建屋））



- 東北地方太平洋沖地震において、**免震重要棟では機器等の転倒もなく、震災後の活動拠点として重要な役割を果たしたことを踏まえ、多重化された設計基準の電源設備に対して、地震に対する多様性をもたせて電源設備の信頼性を向上させるため、重大事故等対策用の緊急時ガスタービン発電機建屋に免震構造を採用した。**
- なお、中越沖地震後に設置した緊急時対策所（新規制基準上の自主設備）にも免震構造を採用している。

採用技術

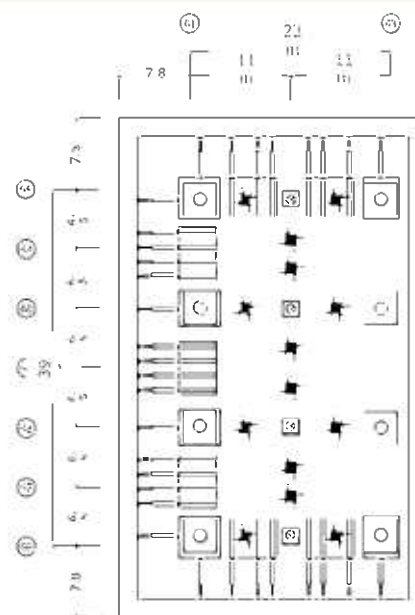
- 免震装置（鉛プラグ入り積層ゴム、弾性すべり支承、鋼材ダンパー、オイルダンパー）

新技術性

- 免震装置は、一般建物では広く採用されている技術であるが、原子力発電所の重要施設に用いられた実績がないため、新規制基準適合性審査において免震装置の設計の考え方・評価基準などの審査実績はありません。
- 原子力規制委員会の建物・構築物の免震構造に関する検討チームの議論が進み、免震構造に関する審査の考え方・評価基準が明確化されました。



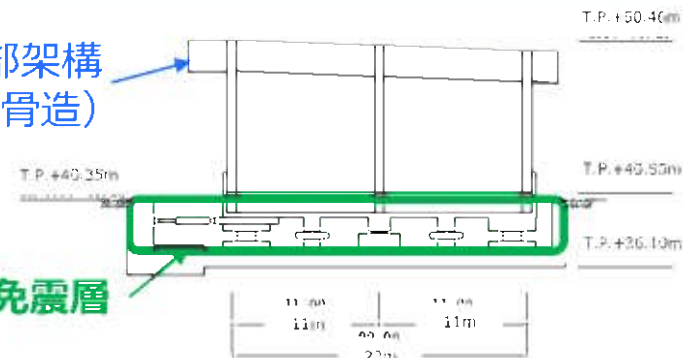
緊急時ガスタービン発電機建屋



免震装置配置図

上部架構
(鉄骨造)

免震層



断面図

(凡例)

- 鉛プラグ入り積層ゴム: 8基 ○
- 弾性すべり支承: 4基 ⊗
- 鋼材ダンパー: 14基 ■
- オイルダンパー: 32基 —

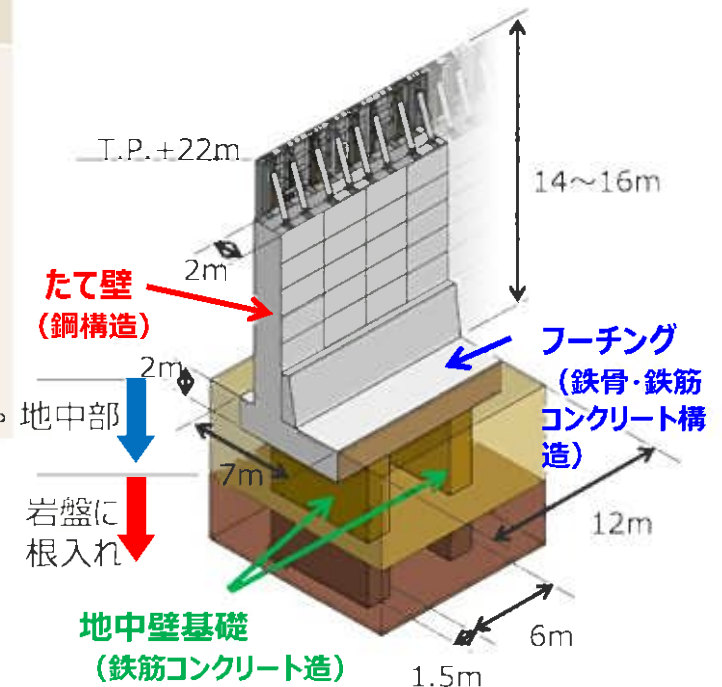
02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

設備・機器への知見の反映（防波壁への複合構造の適用）



- 震災以前には、巨大津波に対する防潮堤等の標準的な設計手法はなく、東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、釜石湾口防波堤をはじめ多くの防潮堤等が津波の波力や越流に伴う基礎部の洗掘により倒壊した。
- このため、防波壁には、巨大地震・津波に対して十分な安定性と耐力を保持し、さらに防波壁を大きく越流する津波に対しても津波防護機能を保持することが求められたことから、防波壁の構造には、**岩盤に根入れした安定性の高い鉄筋コンクリート造の地中壁基礎の上に、鋼構造と鉄骨・鉄筋コンクリート構造からなる靱性の高いL型の壁部を結合する、新たな構造形式を採用した。**

採用技術	<ul style="list-style-type: none"> ■ 複合構造（鋼構造のたて壁、鉄骨・鉄筋コンクリート構造のフーチング、鉄筋コンクリート造の地中壁基礎）
新技術性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 防波壁は越流津波に対しても津波防護機能を保持するため、橋梁、港湾施設、高層建築物等で採用されている当時の最新の要素技術を集約し、有識者による第三者委員会を設置・協議した上で「道路橋示方書・同解説」等にもとづき設計しました。 ■ 複合構造は、一般土木構造物では採用実績がある技術ですが、浜岡と同様の複合構造の設計の考え方、評価基準などについては、新規制基準適合性審査での審査実績はありません。 ■ 他社の防潮堤等の主要構造は、鋼管杭基礎を用いた標準的な構造です。



防波壁（一般部）の構造概要



防波壁イメージ図



防波壁
(敷地内より撮影)

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

設備・機器への知見の反映（浸水防止対策としてのフラップゲートの採用）

- 東北地方太平洋沖地震では、津波襲来時に防潮堤の開口部に設置された陸閘※の閉止が間に合わなかったり、電源等の喪失によりゲートが閉止できずに被害が拡大した。
- フラップゲートは、浸水時の浮力により自動的に作動する構造であるため、無動力かつ人為操作なしで閉止することが可能。
- 取水槽溢水防止壁車両ゲート、排水用ゲートおよび原子炉建屋空調開口部に採用している。

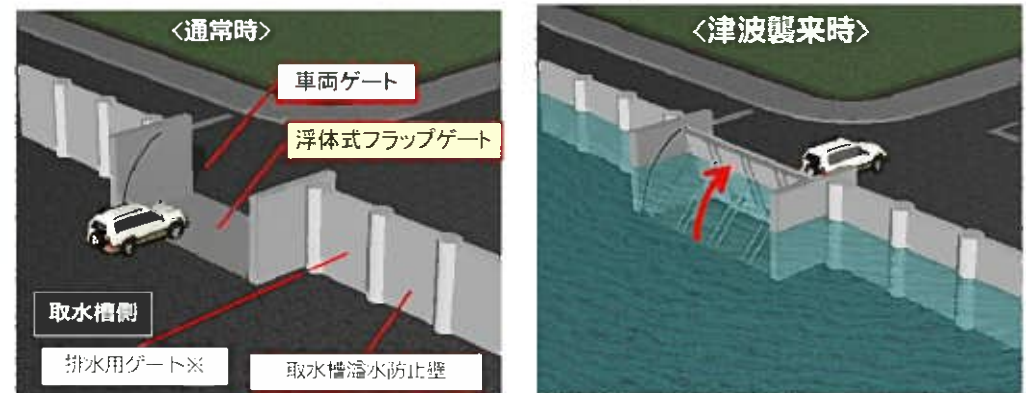
採用技術

■ 浮体式フラップゲート

新技術性

■ 浮体式フラップゲートは、防潮堤・堤防の陸閘や地下鉄の入口の防水扉等に活用されており、実験等でも機能を確認しているが、原子力発電所の浸水防止設備として適用された実績がないため、新規制基準適合性審査において浮体式フラップゲートの設計の考え方・評価基準などの審査実績はありません。

※陸閘（りっこう）：防潮堤等を通行できるように途切れさせている箇所に設置したゲート等で、増水時にはゲート等を閉止して防潮堤の役割を果たします。



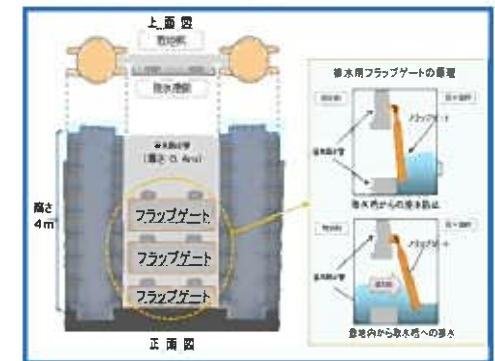
車両ゲートの構造概要（津波襲来時に自動閉鎖）

取水槽溢水防止壁の車両ゲート写真



※排水用ゲート

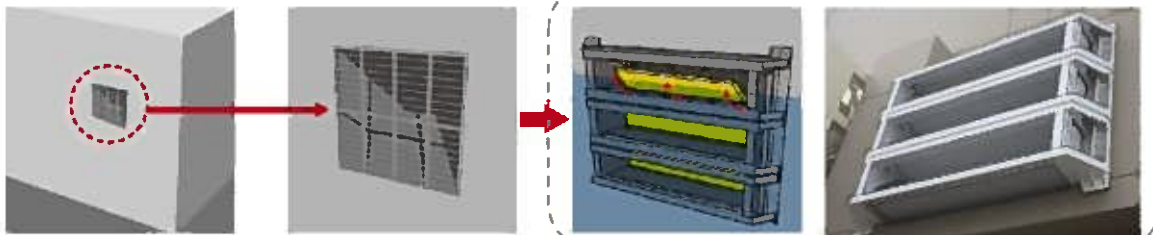
常時は閉とし津波の敷地内浸水を防ぎます。想定を超える事象が発生して発電所敷地内が浸水しても、敷地から取水槽へ排水を促すフラップゲートが自動で開となり、浸水を早期に排水します。



排水用ゲートの構造概要

【設置前】

【設置後】



空調開口部（津波襲来時に自動閉鎖）

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

設備・機器への知見の反映（大物搬入口扉の二重化（強化扉＋水密扉））

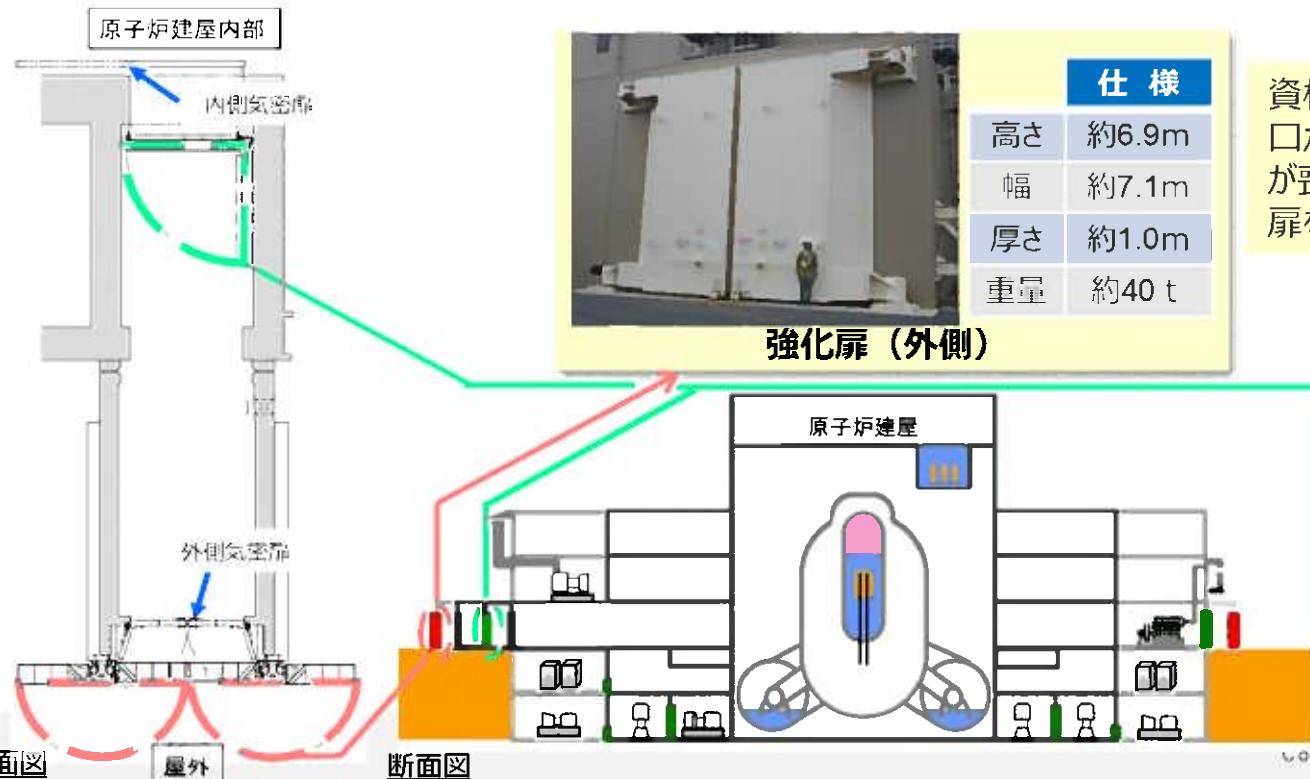
- 福島第一原子力発電所では東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、建屋の開口部から建屋内に浸水し、建屋内の電源盤等の重要機器が機能喪失した。
- 浜岡原子力発電所では、防波壁を越流する津波に対しても津波波圧や津波漂流物により、浸水防止機能を有する大物搬入口水密扉が破損しないように、大物搬入口水密扉の外側に耐波圧用の強化扉を設置し、強化扉、水密扉の二重化により建屋内への浸水防止機能の信頼性を向上させている。

採用技術

■ 浸水防止機能の信頼性向上（耐波圧用強化扉＋水密扉）

新技術性

■ 耐波圧用強化扉と水密扉の二重化による浸水防止対策の先行審査事例がないことから、耐波圧用に特化した扉の設計の考え方・評価基準などの審査実績はありません。



資機材運搬などで原子炉建屋大物搬入口が開いている状態で地震が発生し、電源が喪失した場合でも津波到来前に人力で扉を迅速に閉鎖できる構造となっています。

（参考）



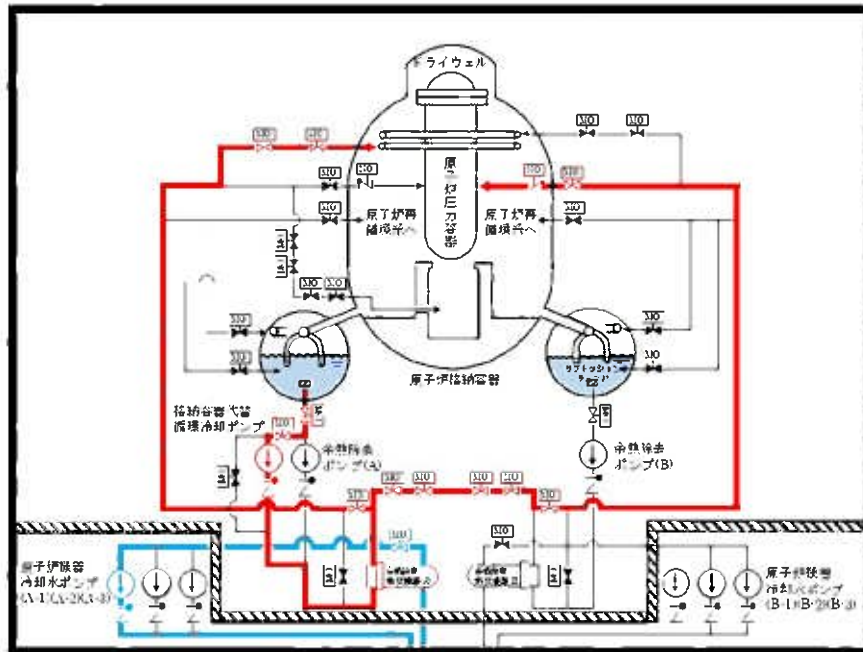
水密扉（内部）

仕様	
高さ	約5.8m
幅	約5.6m
厚さ	約0.8m
重量	約20 t

02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

設備・機器への知見の反映（緊急時海水取水系）

- 防波壁を越える津波により屋外に設置されている原子炉機器冷却海水ポンプが浸水して使用不能となった場合でも、この機能を代替する緊急時海水取水ポンプを用いて原子炉の崩壊熱を海へ逃がすことができる。
- 緊急時海水取水ポンプは津波により浸水しないよう、浸水防止対策を実施した緊急時海水取水ポンプ室に設置している。



凡例
 赤線：常設配管
 赤線：格納容器代替循環冷却系
 水色線：原子炉機器冷却水系
 青線：緊急時海水取水系

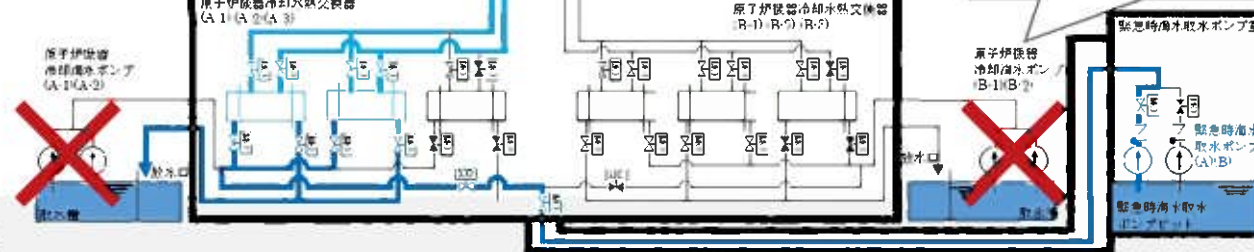


緊急時海水取水ポンプ室

屋外に設置している原子炉機器冷却海水ポンプが使用不能になっても、浸水防止対策を実施した建屋内にある緊急時海水取水ポンプで代替することが可能



屋内の緊急時海水取水ポンプ



02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

研究による知見の積み上げ・反映

宇宙線（ミュオン粒子）による原子炉の透過研究（1）



研究目的

- 原子炉内部の状況を外部から確認できる技術として、**名古屋大学と共同**で、宇宙から飛来する“ミュオン粒子”を用いてレントゲン撮影のように透視する方法を研究。
- 観測点におけるミュオン粒子の飛来方向とその本数を計測し、透過した物質内部の積算密度分布を求める。
- 名古屋大学は、本手法でエジプトのピラミッド内部の透視も行っている。

ミュオン粒子とは

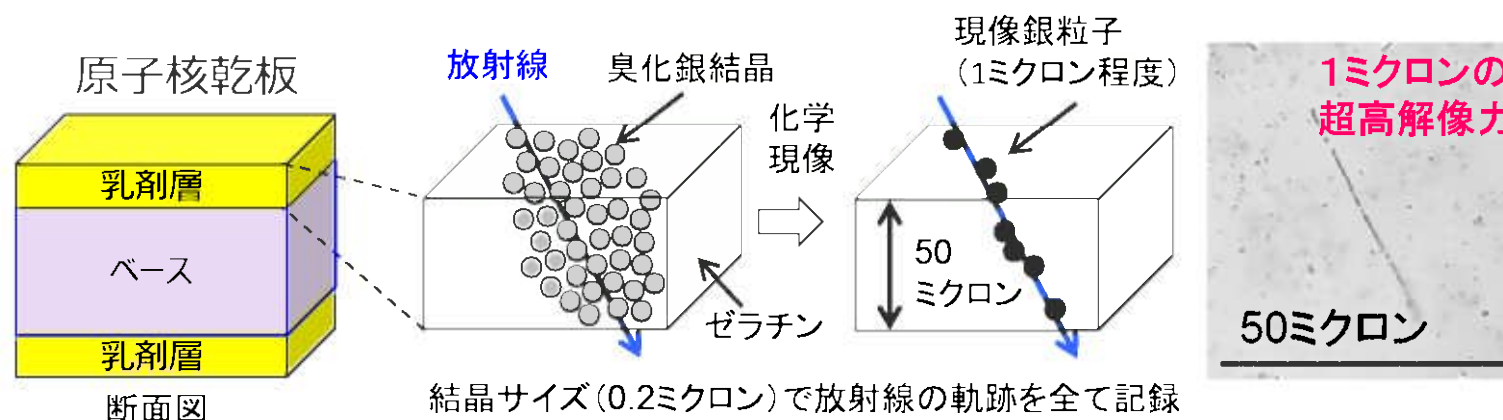
- 発生 : 宇宙からの荷電粒子が大気と衝突して発生
- エネルギー : 最大100GeV、平均1GeV
- 電荷 : 通常は-（負）の電荷
- 静止質量 : 電子の約206.7倍
- 飛来方向 : 全方向からほぼ一様に
- 飛来頻度 : ~ 1 個/cm²・min

ミュオン粒子を観測する原子核乾板

原子核乾板の特徴

- ・3次元飛跡検出器
- ・高分解能 (数mrad)
- ・電源不要
- ・軽量(300g/m²) コンパクト
- ・高い防水・防塵性

→設置場所の制約がほぼない

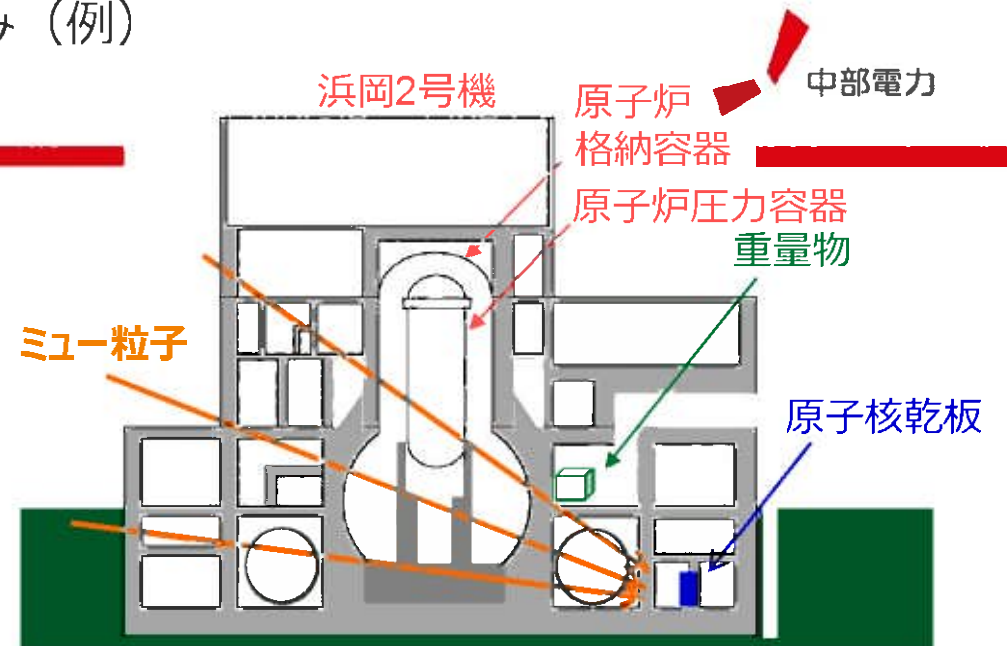


02 自主的に安全性を向上させるための取り組み（例）

研究による知見の積み上げ・反映
宇宙線（ミュー粒子）による原子炉の透過研究（2）

研究内容

- 原子炉圧力容器底部や原子炉格納容器下部を透視することができるか確認するため**浜岡2号機**の**最下階での観測**を行った。
- その際、原子炉建屋1階の重量物を2m移動し、その変化が捉えられるかも確認した。
- 現在、浜岡4号機での観測を実施中。



	浜岡2号機での観測期間
1回目	2016年8月23日～2017年2月17日
2回目	2017年10月25日～2018年2月21日



原子核乾板の設置状況
(長期安定化のため冷却)



観測対象の重量物
(縦3m,横4m,厚さ2m 約60トン)

	予想図	観測結果
1回目		
2回目		
差分解析		