

原子力事業者にとっての 継続的安全性向上

中部電力(株)原子力部長
伊原一郎

2021年3月18日

1 浜岡原子力発電所における自主的安全性向上の取り組み 設備対策例

自主的安全向上対策の経緯

↓ 1995.1.17 阪神・淡路大震災

2005.1→2008.3 自主的に耐震性を強化

↓ 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
(防波壁T.P. + 18m、水密扉等)

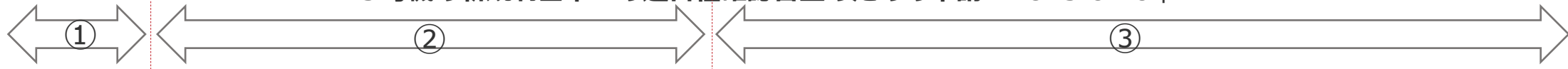
2012.12.20 津波対策の強化・重大事故等対策の実施を決定
(防波壁T.P. + 18m→T.P. + 22m、フィルバント設備設置)

2013.9.25 新規制基準を踏まえた追加対策の実施を決定
(地震動 1,000ガル→改造工事用地震動1,200ガル、
改造工事用増幅地震動2,000ガル)

新規制基準施行 2013.7.8

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 ↑



①震災前

②新規制基準以前

③新規制基準後

- ①：東北地方太平洋沖地震発生以前の取り組み
- ②：新規制基準施行以前の取り組み
- ③：新規制基準施行後～現在の取り組み

○ 浜岡原子力発電所では、南海トラフの地震の発生に備え、**東北地方太平洋沖地震発生以前から耐震性を高める工事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ました。**

○ 福島第一原子力発電所の事故以降も、**新規制基準施行前から津波対策や重大事故等対策を自主的に進めるとともに、新規制基準を踏まえた追加対策に取り組むなど、安全対策を積み重ね、リスク低減に向けた活動を実施しています。**

地震・津波対策の経緯

- 浜岡原子力発電所は南海トラフ地震の想定震源域に立地しており、耐震・耐津波安全確保は最も重要な課題であると認識し、**既存技術のみならず積極的に新たな技術※も適用**するとともに、最新の知見を反映し先進的に安全性向上に取り組んでいます。
- 特に、津波対策は東北地方太平洋沖地震が未曾有の災害であったことから、最新知見・技術を先取りし対策を進めてきました。

※他業界では既往技術であるとしても、原子力の重要施設へ初めて適用する手法について実験や解析で妥当性を確認し採用するようなものも含む

		2006年 耐震設計審査指針改訂	2011年 東北地方太平洋沖地震	2012年 内閣府モデル公表	2013年 新規制基準施行
耐震	設計	設計余裕を織込んだ耐震設計 (既往最大とされる1854年の安政東海地震他を上回る地震に対し安全性を確保)	自主的に耐震裕度向上工事を実施 (耐震設計審査指針改訂の動向を踏まえ2005年に実施を決定、2008年までに工事完了)	最新知見の収集・分析・検討 →対策へ反映	内閣府南海トラフの最大クラスの地震を踏まえ、それ以上の耐震安全性に強化
	基準	基準地震動S1 : 450gal 基準地震動S2 : 600gal	目標地震動 : 約1,000gal		基準地震動Ss1 : 1,200gal 基準地震動Ss2 : 2,000gal※ ※顕著な増幅を考慮
耐津波	設計基準事象	安政東海地震において推定される津波に対し、安全性を確認 (推定6mの津波に対し、敷地前面に10~15m高さの砂丘堤防があり津波の浸入を防げると評価)	地震随伴事象として東海・東南海モデルをベースとした痕跡再現モデルで評価	仮想M9モデル、福島津波高(15m)を踏まえ敷地内浸水防止対策、建屋内浸水防止対策を規制基準を待つことなく実施	内閣府南海トラフの最大クラスの津波等を踏まえ、それ以上の津波対策に強化
	超過事象	砂丘堤防 : 10~15m	砂丘堤防 : 10~15m	防波壁設置 T.P.+18m	防波壁嵩上げ : T.P.+22m
	超過事象			防波壁を、粘り強い構造とし、超過津波に退位する敷地内大量浸水を防止	嵩上げ部も含めた粘り強い構造とし、防波壁を大きく越流するような数十mの超過津波に対しても、敷地内大量浸水を防止

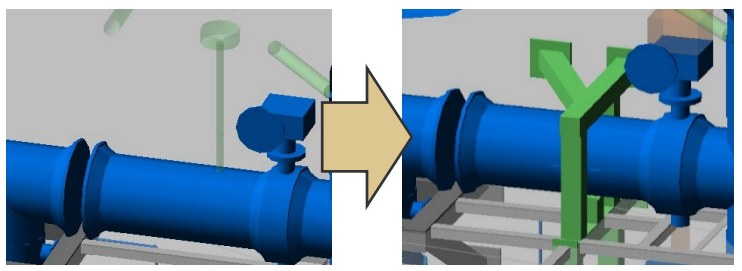
耐震裕度向上への取り組み 耐震裕度向上工事

○ 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（600ガル→1,000ガル）を実施しました。

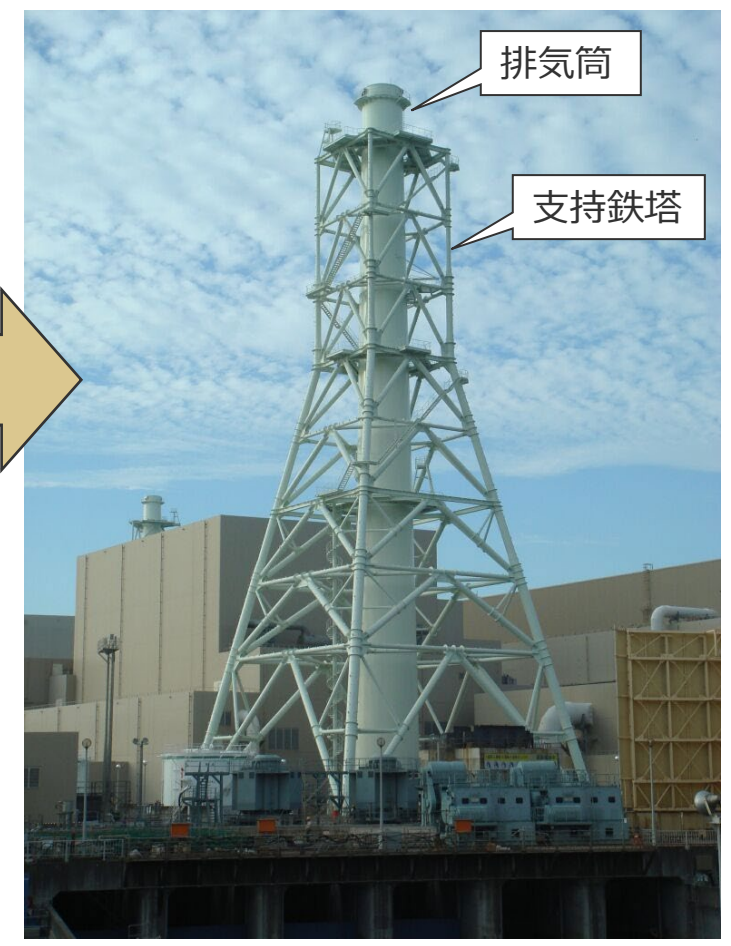
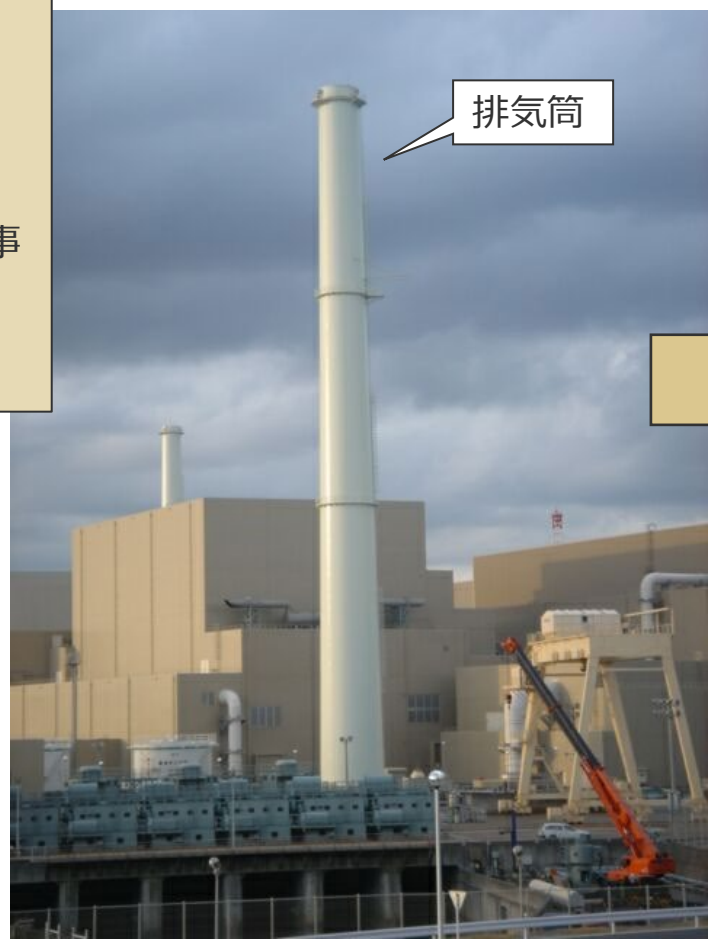
※：発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（2006年9月改訂）

＜耐震裕度向上工事＞

- ✓ 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

耐震裕度向上への取り組み

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、免震構造を採用した**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、多重化された電源設備において、**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、緊急時ガスタービン発電機建屋に採用しました。**
- なお、中越沖地震後に自主的に設置した緊急時対策所にも免震構造を採用しています。

採用技術

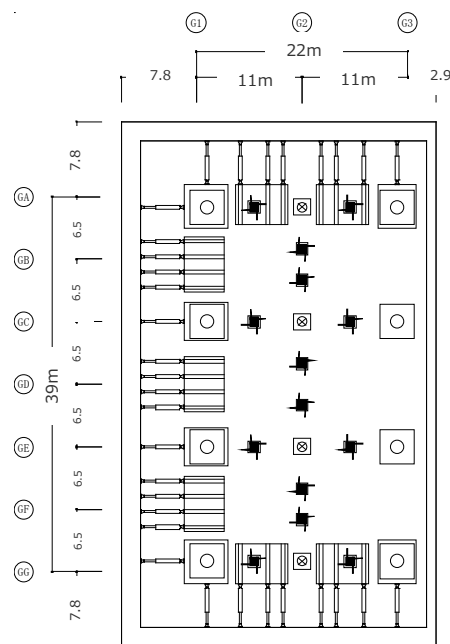
■ 免震装置（鉛プラグ入り積層ゴム、弾性すべり支承、鋼材ダンパー、オイルダンパー）

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ない
- 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

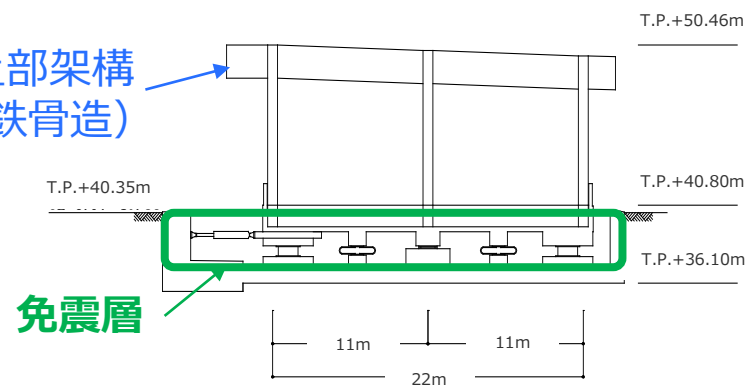


緊急時ガスタービン発電機建屋写真



免震装置配置図

上部架構
(鉄骨造)



断面図

(凡例)

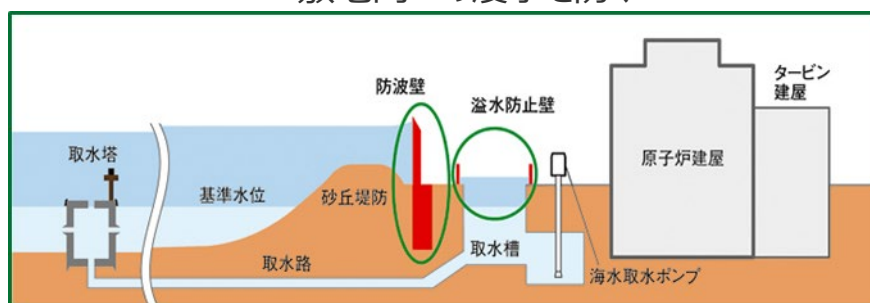
- 鉛プラグ入り積層ゴム: 8基
- 弾性すべり支承: 4基
- 鋼材ダンパー: 14基
- オイルダンパー: 32基

津波への取り組み

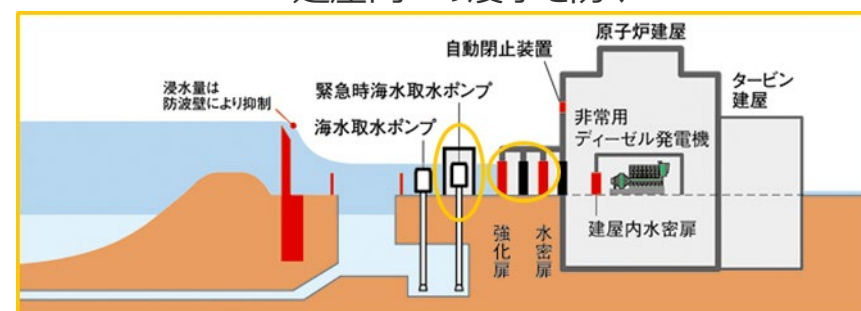
当社の津波対策の考え方

- 浜岡原子力発電所の津波対策は、2011年東北地方太平洋沖地震における最大の教訓である「想定を上回る事象は発生し得る」ことを踏まえ、「**想定を超える事象**」が発生しても原子力安全を守るように**多層化した対策を織り込んだ津波対策**（防波壁の設置等による発電所敷地内への浸水防止、敷地内浸水時の海水冷却機能維持・建屋内浸水防止）を実施しました。

敷地内への浸水を防ぐ



建屋内への浸水を防ぐ



方針 (津波レベル)	対策
敷地内への浸水を防ぐ (科学的に想定し得る最大クラスの津波)	敷地内への浸水を防止し、プラントを冷温停止するための設備を防護する ○防波壁 (T.P.+22m)、盛土 (T.P.+22~24m) 基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない ○溢水防止壁 取水路及び排水路等の経路から流入させない
建屋内への浸水を防ぐ (科学的に想定し得る最大クラスの津波のレベルを超えた津波)	敷地内浸水抑制対策、防水構造建屋を持つ海水ポンプの新設、既設建屋の浸水防止等によりプラントを冷温停止する機能を維持する ○防波壁、盛土等による浸水の抑制 ○建屋等の扉、貫通部等の浸水防止(G.L.+9m(T.P.15.0m)) ○防水構造建屋を持つ海水取水ポンプの新設
冷やす機能を確保し、重大事故に至らせない (上記の津波を更に超える津波)	プラントを高温停止する機能を維持する浸水防止高さを向上する ○防護設備を内包する原子炉建屋の浸水防止高さを向上する (G.L.+16.8m (T.P.22.8m))

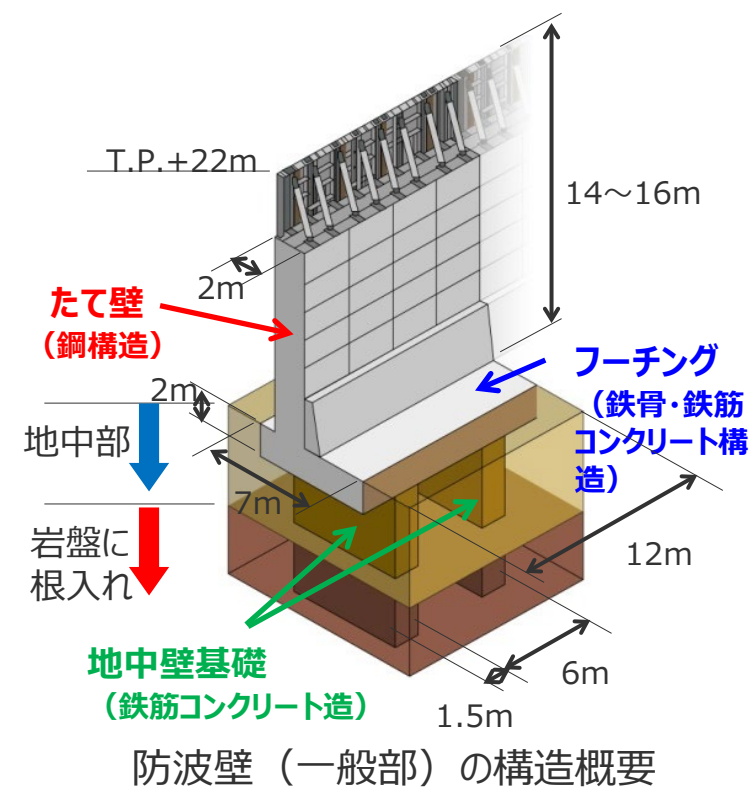
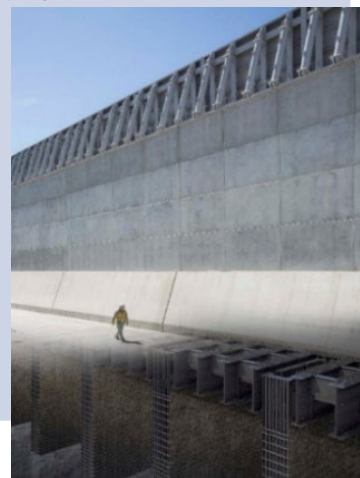
津波への取り組み 防波壁への複合構造の適用

- 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ました。
- 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ました。**

採用技術 ■ 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

- 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あり、原子力発電所の防潮堤等の津波防護施設に用いられた実績もあるが、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。
- 先行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。



津波への取り組み

浸水防止対策としてのフラップゲートの採用

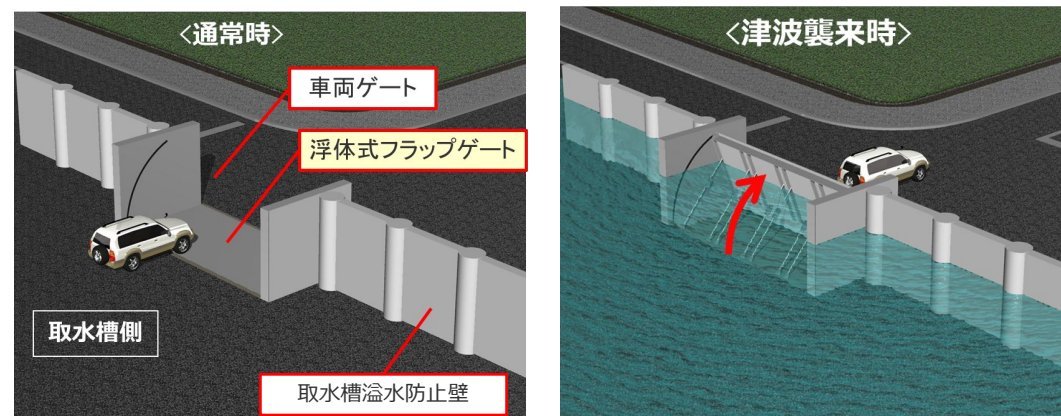
- 東北地方太平洋沖地震では、津波襲来時に防潮堤の開口部に設置された陸閘※の閉止が間に合わなかったり、電源等の喪失によりゲートが閉止できずに被害が拡大しました。
- **フラップゲートは、浸水時の浮力等により自動的に作動する構造であるため、無動力かつ人為操作なしで閉止することが可能です。**
- 取水槽溢水防止壁車両ゲートに採用する他、T.P.+15mまでの原子炉建屋空調開口部にも採用しています。

※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。

採用技術	■ 陸上設置型の浮体式フラップゲート構造による溢水防止壁
新技術性	■ 陸上設置型の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陸上設置型の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ない

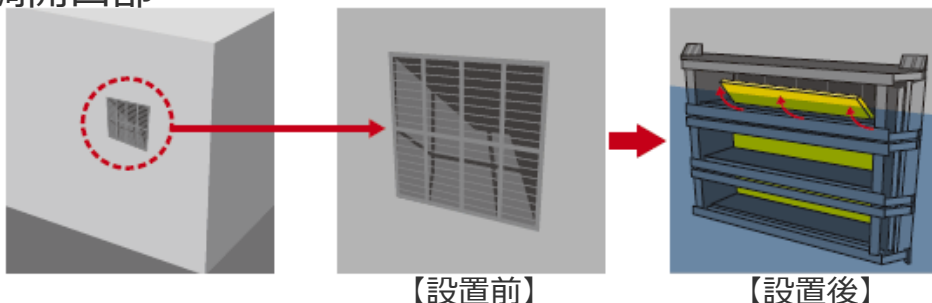


取水槽溢水防止壁の車両ゲート写真

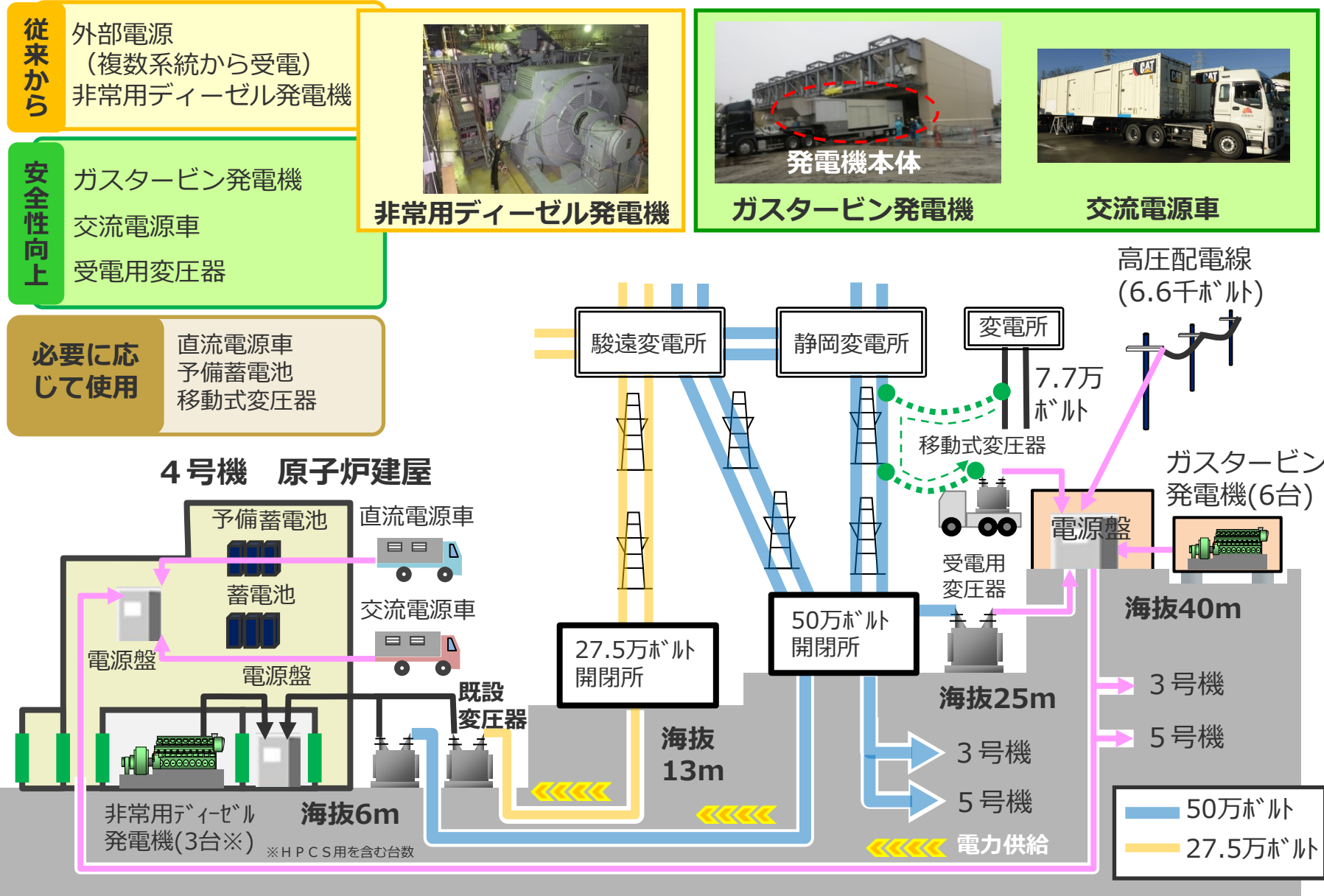


車両ゲートの構造概要

- 通常時はフラップゲートが地面に伏せた状態で車両等が通行し、津波襲来時に取水槽水位が上昇した場合にはフラップゲートが浮力等により自動的に起立して溢水防止壁として機能することから、操作遅れ等の人為ミスによる浸水リスクを回避できます。



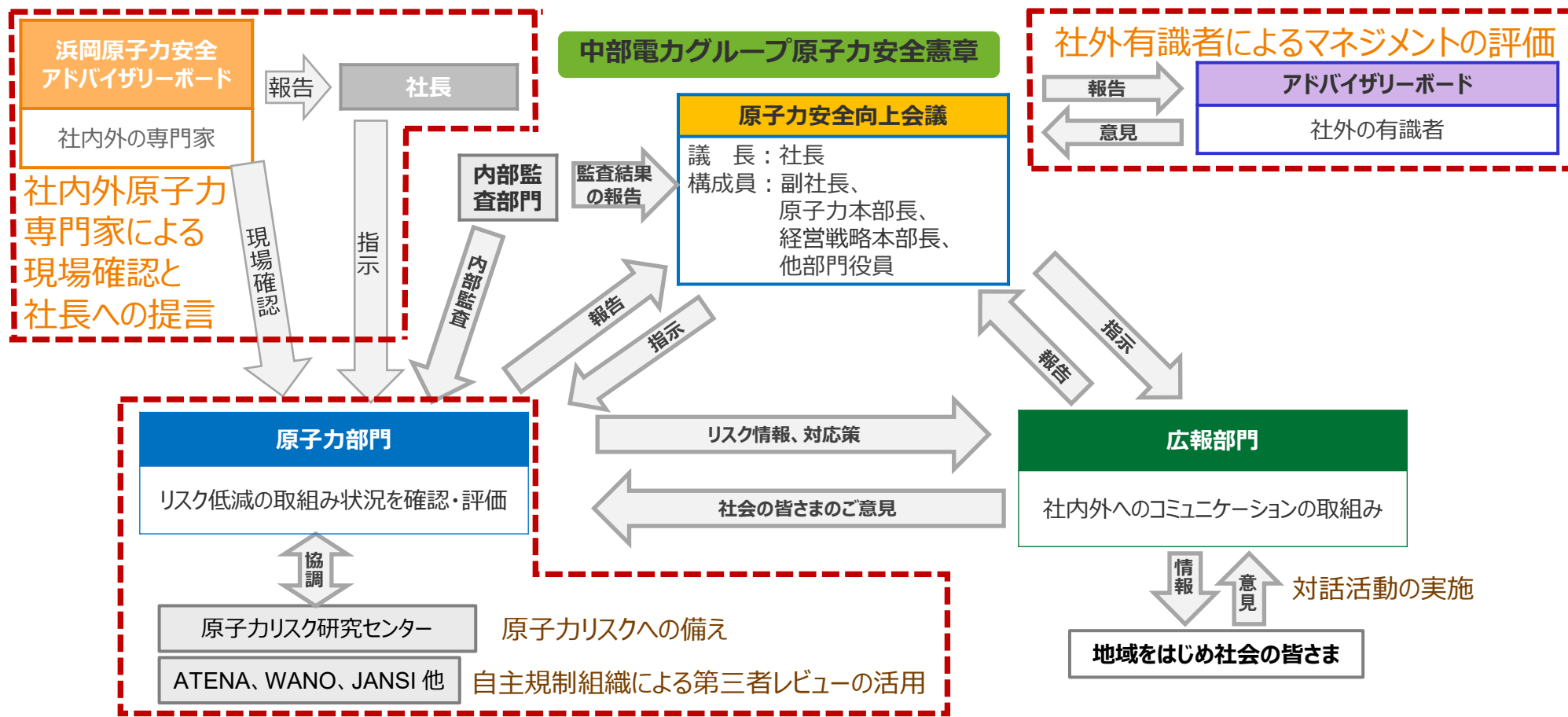
設備対策の強化例 電源の確保



2 経営トップによる自主的・継続的安全性向上の仕組み

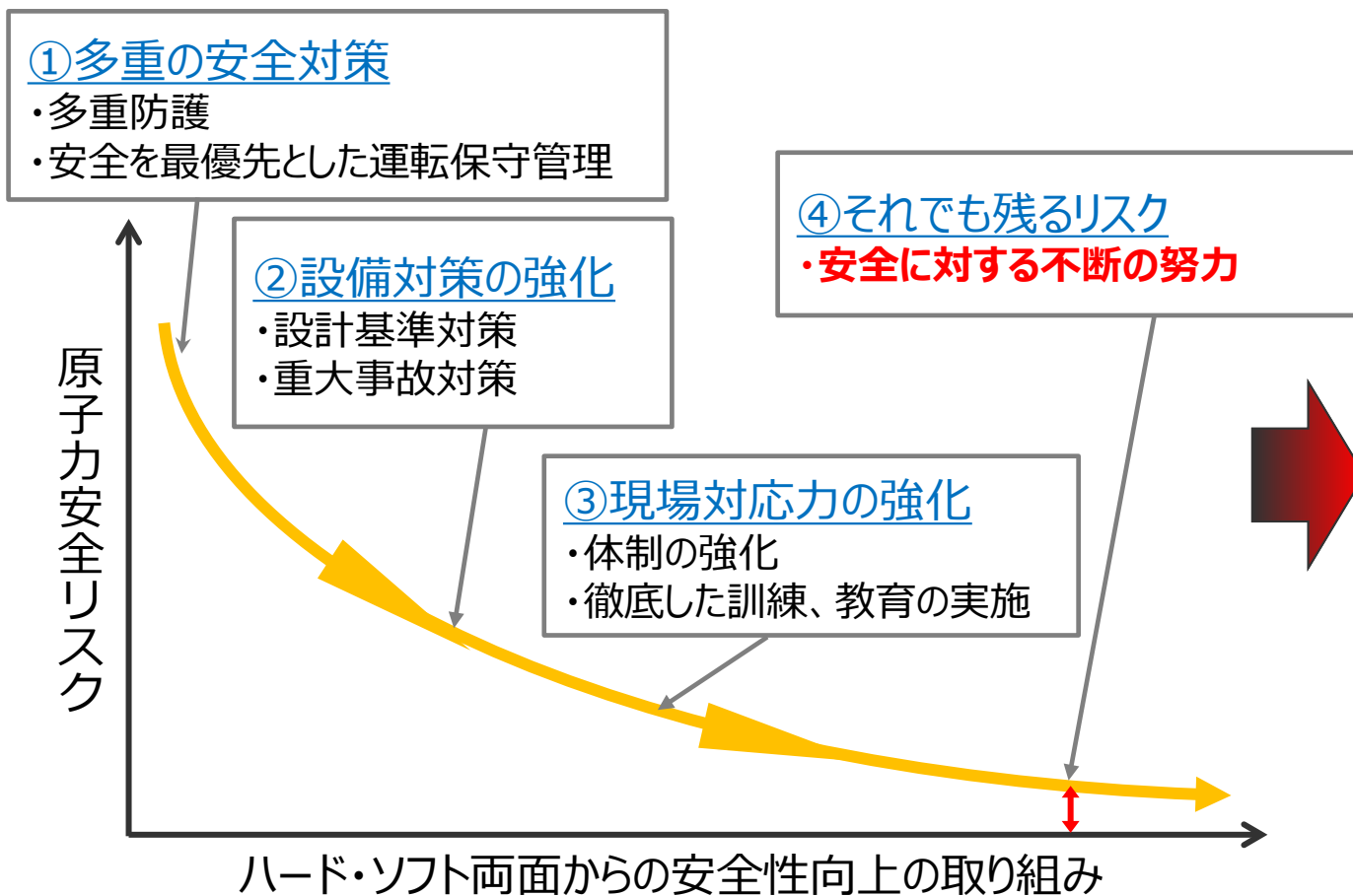
自主的安全性向上のガバナンス体制

- “安全性向上に終わりはない”との認識のもと、経営層の強いリーダーシップで、浜岡原子力発電所のリスク低減活動や安全性向上活動に取り組むべく2014年より下図の体制を構築してきました。
- 経営層は、社外有識者で構成されるアドバイザリーボードより、安全性向上の取り組みに係る経営レベルのマネジメントに対する意見を伺うとともに、社長は、浜岡原子力安全アドバイザリーボードより、原子力安全に特化した意見を伺っています。



安全性向上の取組みの基本的な考え方

●更なる安全性の向上に向け、**リスクを可能な限り低減する**という考えに基づき、規制基準を満たすことに留まらず、安全性向上の個々の取組みを継続しつつ、内外の環境変化や国内外の運転経験、新知見等を踏まえ**継続的改善を図っていきます。**



事業者の取組み

安全上重要な事項を抽出し、効果的な対策を実施

- 新たな知見（設備、運用等）の積極的な活用
- 電力共通の課題に対する対応（ATENAによる提言）
- 発電所における技術力（運転、保守等）の維持・向上
- 緊急時対応能力の維持・向上
- PRA等のリスク情報を活用した安全性向上対策の実施（NRRCと協働）
- ピアレビューの結果を踏まえた対応（WANO、JANSI等と協働）等

リスクはゼロにならないという考えに基づき、規制基準を満たすことに留まらず、**事業者の一義的責任の下、自ら安全性向上・防災対策充実を追求し、適切にリスクを管理すること**（リスクマネジメント）が重要。

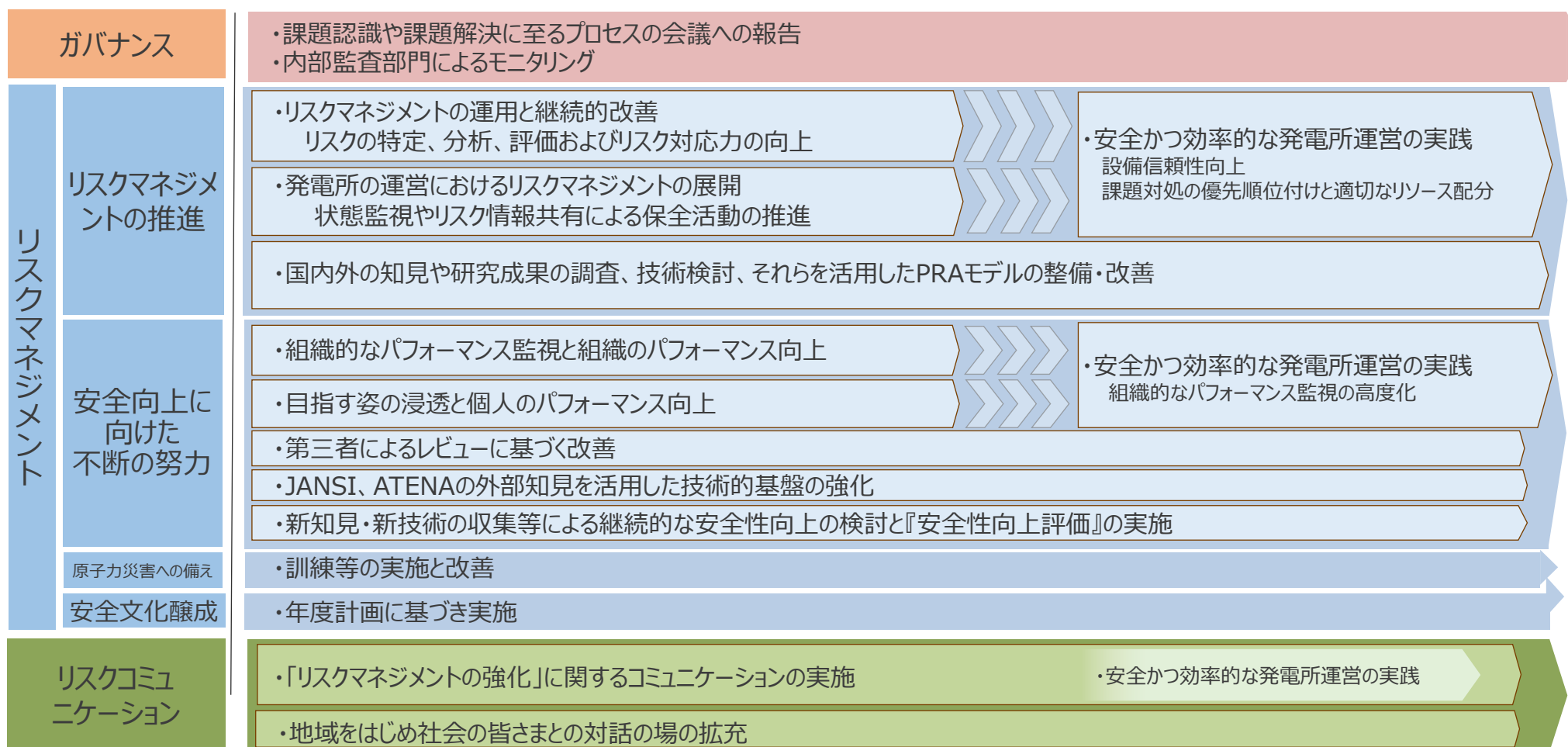
原子力安全向上に向けた取り組み（ロードマップ）

○ 当社は、原子力安全向上の取り組みとして、「ガバナンスの強化」「リスクマネジメントの強化」「リスクコミュニケーションの強化」の3つを定め、取り組みの具体的な計画を示したロードマップを2014年6月に策定し、これを基にPDCAサイクルを行い、レベルアップを図ることを目指しています。

2021年

2024年～

当社の取り組み



組織的なパフォーマンス監視と組織のパフォーマンス向上

○ 世界最高水準の安全な原子力発電所の実現を目指し、エクセレンス※に向けてパフォーマンスを向上させるため、個人と組織それぞれの役割を明確化し、一人ひとりがその繋がりを理解して取り組むよう浸透させていきます。

※：その時点での世界最高水準の安全性

原子力部門

不適合未済事象も含めた幅広い情報の入力

リスクへの適切な措置、改善

組織レベルの取組

- ・パフォーマンス指標
- ・ベンチマーク
- ・他施設運転経験情報
- ・セルフアセスメント
- ・外部レビュー
- ・現場観察 (MO) 等

パフォーマンス分析

状態報告(約430件/月)

No.	番号	件名	発生日	CAP/C
1	2019-5332	入門証忘れ(不携帯)	2020年1月6日	その他(セキュリティ)
2	2019-5333-M	3号消防設備保守点検における防火ダンパの動作不良について【R2】 保守部設備保全課	2020年1月6日	保守部
3	2019-5334	システム間い合わせ窓口の活用状況について(2019年12月実績)	2020年1月6日	その他(システム)
4	2019-5335-E	5号脱塩水ポンプ(A)モータ反食荷重ベアリング取め合い隙間について【外】 保守部電	2020年1月6日	保守部
5	2019-5336-T	5号機 補助ボイラ感焼空気流遮断ダンパ操作器(B)のエアリークについて【確認中】 保守部タービン課(マイプラ)	2020年1月6日	保守部
6	2019-5338-C	【保全情報】安全性向上対策設備点検結果について【外】 土木建築部土木課	2020年1月6日	その他(土木)
7	2019-5339-Q	3号機 サービス建屋3階エレベーター付近(非管理区域)の掲示物について【-】 保	2020年1月6日	その他(土木)

- ・是正処置やその他必要な対応を実施
 - ・対応状況のフォロー
 - ・分野や組織全体のパフォーマンスを分析・評価
- 強み、弱み、リスク
要改善事項

組織全体の パフォーマンス向上

管理職



目標管理、コーチング等による指導・助言

幅広い状態報告入力



- ・CMの活用等によりものを知り、現場設備のわずかな異常や劣化の兆候も適切に把握
- ・現場機器の不具合の他、細かな変化への気づき

各個人の力量

○ ベース活動である「訪問対話」に加え、行政や自治会等と連携した「意見交換会」の面的拡大に取り組むことで、地域の皆さまとの接点の場の充実を図っています。

<至近3年の実績（訪問対話は至近4年の実績）>

■ 意見交換会

発電所周辺の自治会や行政を含む諸団体との間で意見交換会を企画・開催。

実績	2018年度	2019年度	2020年度(2月末)	
				説明会*
	46回 (954人)	34回 (601人)	18回 (254人)	68回 (1,251人)
御前崎市	20回 (466人)	14回 (245人)	7回 (92人)	9回 (117人)
牧之原市	8回 (186人)	3回 (48人)	0回 (0人)	26回 (678人)
掛川市	4回 (65人)	6回 (120人)	0回 (0人)	33回 (456人)
菊川市	14回 (237人)	11回 (188人)	11回 (162人)	0回 (0人)

* 2020年度は、コロナ禍における意見交換会の代替として、自治会の会合等にて発電所の近況をお知らせする「説明会」を実施しています。

● 女性団体「しゃべり場」

セミナー企画（ハーバリウム、ヨガ等）と組み合わせて、エネルギーに関する意見交換会を実施しています。



実績	2018年度	2019年度	2020年度(2月末)
		10回 (235人)	18回 (431人)

■ 訪問対話 <約1年半で1巡>

御前崎市はじめ周辺4市にお住まいの方を対象に訪問対話を実施しています。（訪問対象:約84,000戸/1~3巡目の全体対話率63.3%）

実績	3巡目	4巡目	
	時期	2017年5月~	2019年3月~
戸数	37,328	20,494	



■ 発電所キャラバン

御前崎市はじめ周辺4市の、地域のイベントやショッピングセンター等にブースを設置し対話を実施しています。



実績	2018年度	2019年度	2020年度(2月末)
		22回 (2,242人)	16回 (1,968人)

■ 発電所見学会

発電所の安全性向上に向けた取り組みを現地で直接ご覧いただいています。

実績	2018年度	2019年度	2020年度(2月末)
	見学者合計	19,596人	15,303人
周辺4市（再掲）	3,695人	2,922人	419人

今後に向けて

- ・ リスク低減の取り組みや原子力防災に関する情報を社内外に積極的に発信していきます。
- ・ 地域をはじめ社会の皆さまの声を社内で共有し、リスクコミュニケーションをさらに強化にしていきます。

3 1 F 事故後の10年間と今後

- 事業者の使命と継続的安全性向上の意義

低炭素電源・準国産エネルギーとして優れたメリットのある重要電源

継続的な安全性向上を進め継続的、長期的に活用する使命

- 1 F 事故後からこれまで 10 年の振り返り

安全性の向上は？ 事業者の意識、体質は？

- 今後の継続的安全性向上に必要な要素

社会からの要請、気づきを活かす



中部電力

以下、参考資料

5 自治体等地域とのコミュニケーション 地域社会からの頂いたご要望等（例）

○事例①：2011年3月、御前崎市議会の申入書（安全性確保策）

- ・外部電源用の発電ユニット予備を高台に設置
- ・被災時に損傷した海水ポンプ等の予備系等を設置し、常時バックアップ

（実施事項）

- 海拔40mの高台にGTGを設置した。
- RCWSのバックアップとして、緊急時海水系（EWS）を設置した。

○事例②：2011年5月、御前崎市議会からの要請書

- ・高台に大型淡水タンクを設け、外部からの原子炉注水機能と熱交換器による冷却プラントを設ける等、原子炉冷却機能のバックアップ
- ・全冷却機能喪失した際、高台の大型淡水タンクから、ボタン一つで自然流下により格納容器内を水で満たして燃料を冷却

（実施事項）

- 海拔30mの高台に淡水貯槽（9000m³）設置、ポンプ車両や可搬型熱交換器車両を配備。
- 淡水貯槽から原子炉へ、可搬ポンプによる注水だけでなく、常設ポンプまたはポンプが使えない場合はヘッド差で注水できるよう配管を設置。

5 自治体等地域とのコミュニケーション 地域社会からの頂いたご要望等（例）

事例③：2016年頃、当時の牧之原市長からのご意見

- 「相手方が何を思っているのか互いに聞きあうこと」「対立ではなくそれぞれの思いを確認したり課題を整理したりすること」が大切とお考えを伺った。
- 中電と住民（推進側の市民も慎重側の市民も）が同じテーブルで浜岡原子力発電所やエネルギー問題について「対話する場」を設けてはどうかとのご意見を頂いた。

（実施事項）

- 2016年9月から11月にかけて計4回、**牧之原市主催**で浜岡原子力発電所やエネルギー問題について対話する場（ワークショップ）を開催した。本ワークショップは、「事業者が主催するわけにもいかないので主催は牧之原市が中立な立場で行う必要がある」との判断で、西原市長の音頭のもと、牧之原市主導で開催された。
- 本件をきっかけとして、牧之原市では地区単位や諸団体単位で**当社主催の少人数で話し合う場**（意見交換会）を定期的に行っており、現在も続けている。