

原子力発電所の新規制基準と 泊発電所の安全対策

平成28年9月

北海道電力株式会社

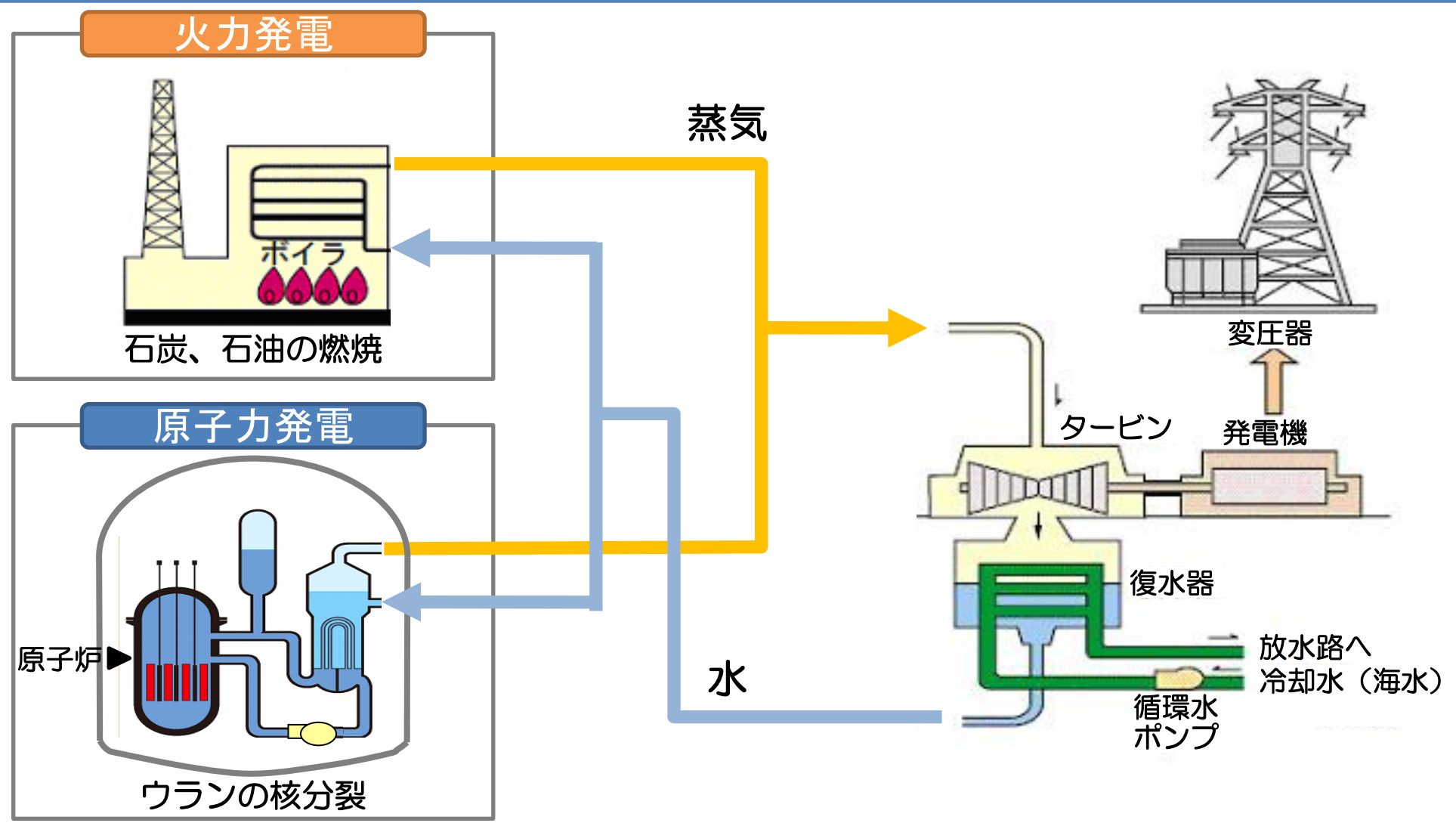
《目次》

1. 原子力発電所のしくみと泊発電所の概要 (P2~7)
2. 福島第一原子力発電所事故の概要と新規制基準 (P8~11)
3. 泊発電所における新規制基準適合性審査の対応状況 (P12~14)
4. 泊発電所における安全対策 (P15~42)
 - (1) 自然現象への対策
 - (2) 電源確保対策、炉心（燃料）等冷却対策 など
5. さらなる安全性の向上を目指して (P43~47)
- 【参考資料】 (P49~60)

1. 原子力発電所のしくみと 泊発電所の概要

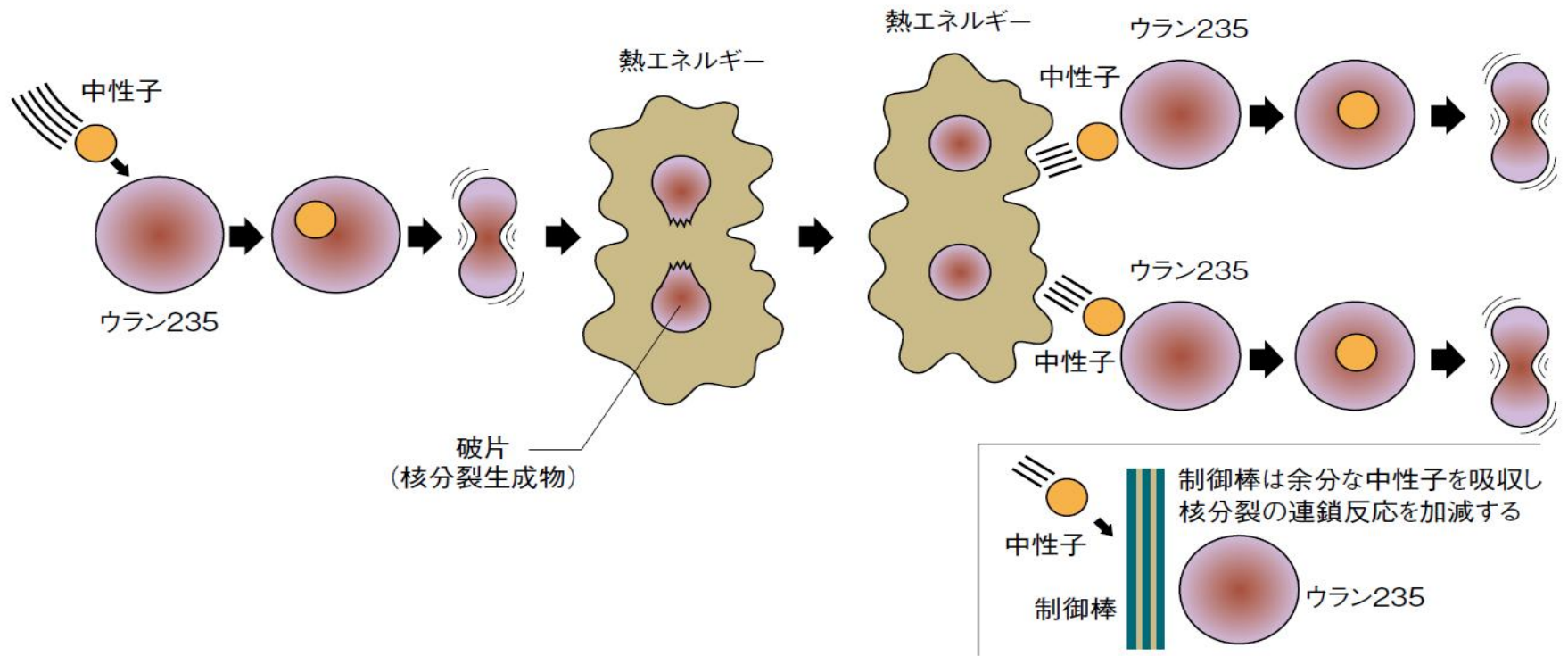
原子力発電のしくみ

- ・原子力発電も火力発電も、蒸気でタービンを回して発電するという点では同じです。
- ・異なる点は蒸気のでき方であり、火力発電が石炭・石油などを燃やして蒸気をつくるのに対し、原子力発電はウランが核分裂する時に発生する熱を利用して蒸気をつくります。



核分裂のしくみ

- 核分裂しやすいウラン（ウラン235）が中性子を吸収すると核分裂反応が起こり、熱エネルギーと新たな中性子を放出します。
- この中性子が次々と核分裂しやすいウランに吸収されると、核分裂反応が連続して起こります。
- 原子力発電所では中性子をコントロールし、核分裂の数を一定に保って運転しています。

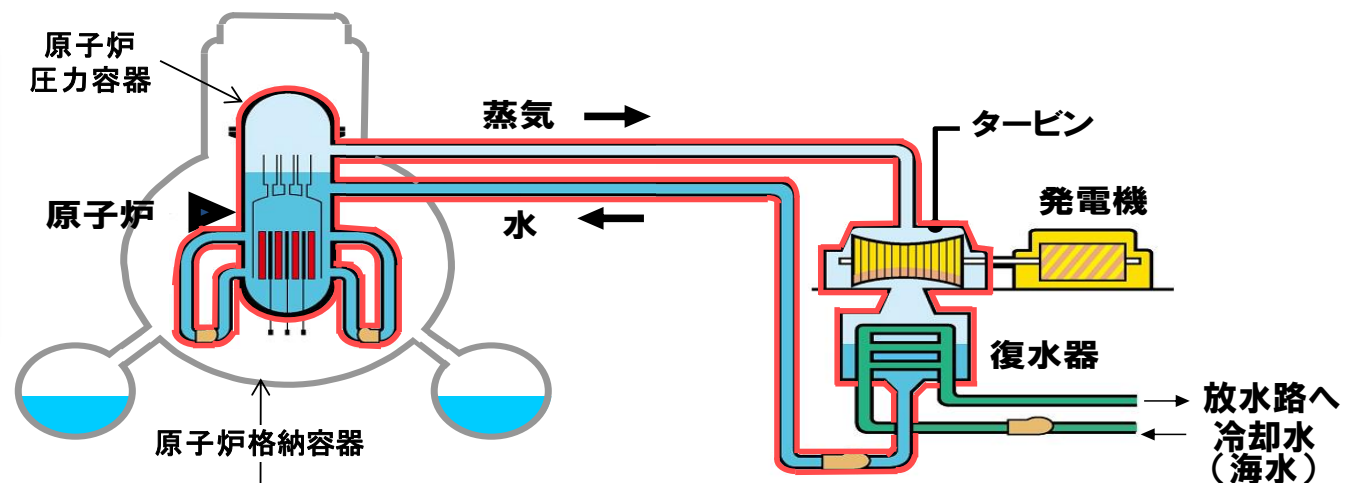


原子力発電所の種類

- ・沸騰水型（BWR）では、原子炉の中で直接蒸気を発生させタービンを回します。
- ・加圧水型（PWR）では、原子炉の中で発生した高温高压の水（1次冷却水）を蒸気発生器に送り、そこで、別の系統を流れている水（2次冷却水）を蒸気に変えてタービンを回す点が大きく異なります。

沸騰水型（BWR）

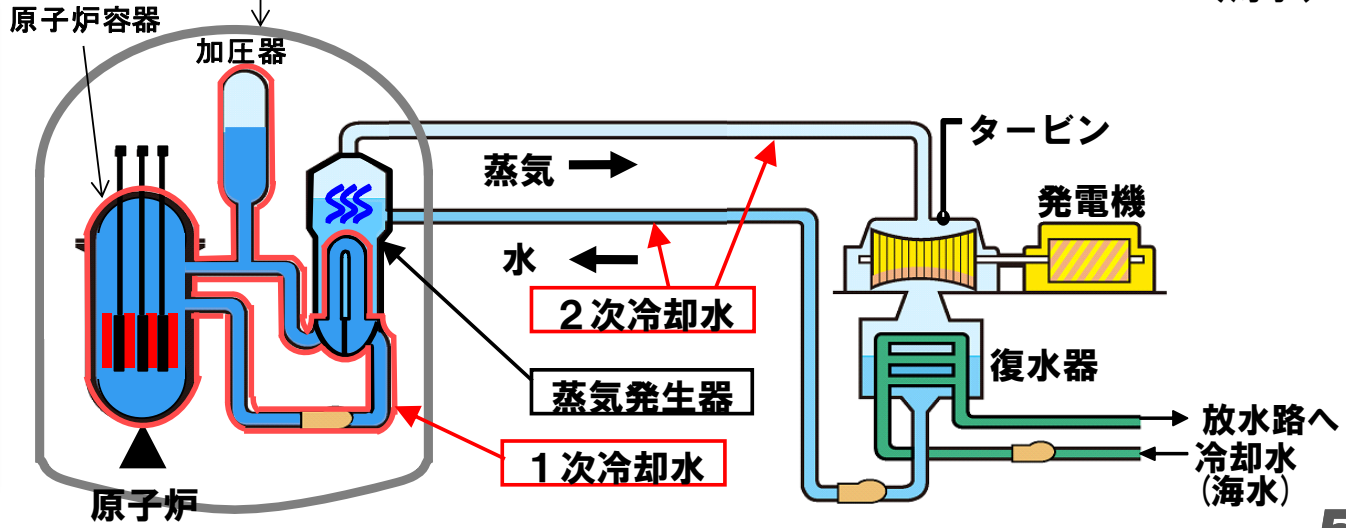
- ・福島第一原子力発電所などのタイプ。
- ・構造はシンプルだが、原子炉内で発生した放射性物質を含む蒸気が直接タービンや復水器に入るため、放射線管理が必要な範囲が広い。



加圧水型（PWR）

- ・泊発電所などのタイプ。
- ・加圧器や蒸気発生器などの機器が増えるが、原子炉内の水は蒸気発生器で分離されており、タービンや復水器に流れないため※、放射線管理の必要な範囲が少なくてすむ。

※1次冷却水中で生成されたトリチウムが蒸気発生器の金属を透過してくるため、2次冷却水中にも微量のトリチウムが含まれているが、環境への放出にあたっては、法令で定められた規制値を十分に下回ることを確認している



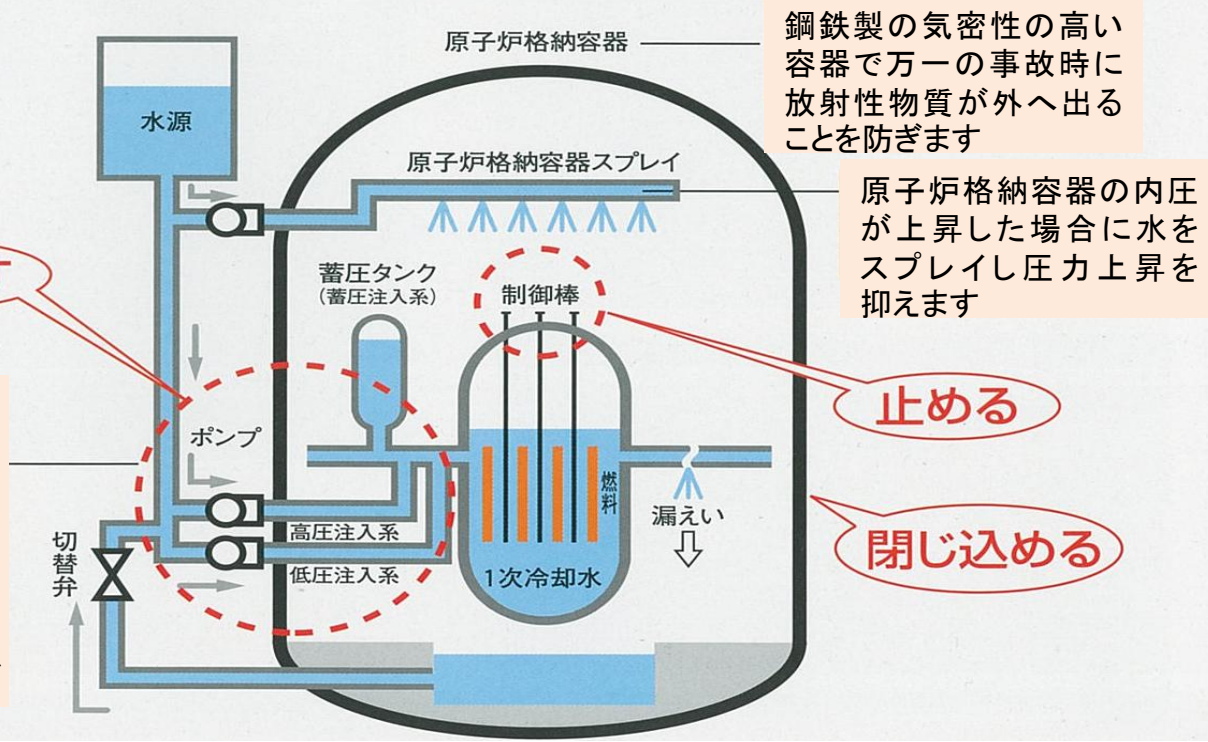
原子力発電所の基本的な安全対策

- 原子力発電所では、核分裂に伴い熱エネルギーだけでなく、様々な放射性物質が生成されます。これらの影響を周辺環境や住民におよぼさないことを基本に、多重・多様な安全対策を講じることで安全確保に努めています。

《原子力発電所の安全を守る基本機能》

- 配管が破断して冷却水が漏えいした場合や、大きな地震が発生するなど異常を検知すると、核分裂反応を止めるために、制御棒を自動的に挿入し、原子炉を緊急停止します。 **【止める】**
- 原子炉停止後も、核分裂に際して生成された核分裂生成物（P4参照）が継続して熱を発生するため、水を注入・循環させて燃料を冷却し、燃料の損傷を防ぎます。 **【冷やす】**
- さらに、放射性物質が外に出ないように頑丈に囲んでいます。 **【閉じ込める】**

加圧水型(PWR)の基本的な安全対策



鋼鉄製の気密性の高い容器で万一の事故時に放射性物質が外へ出ることを防ぎます

原子炉格納容器の内圧が上昇した場合に水をスプレイし圧力上昇を抑えます

冷やす

止める

閉じ込める

非常用炉心冷却装置 (ECCS)

主配管が破断して急に水が減った場合は、高圧注入系、低圧注入系、および動力ポンプが不要な蓄圧注入系から水を送り、原子炉を冷やします。

泊発電所の概要

- ・ 泊発電所は、平成元年の1号機運転開始以降、地域の皆さま方のご理解のもと、安全第一の発電所運営に努めてまいりました。
- ・ 運転開始以降、平成22年度末までの累計設備利用率は80%を超えています。全国平均（約70%）を上回る良好な運転実績となっており、低廉かつ安定した電力供給に貢献しています。

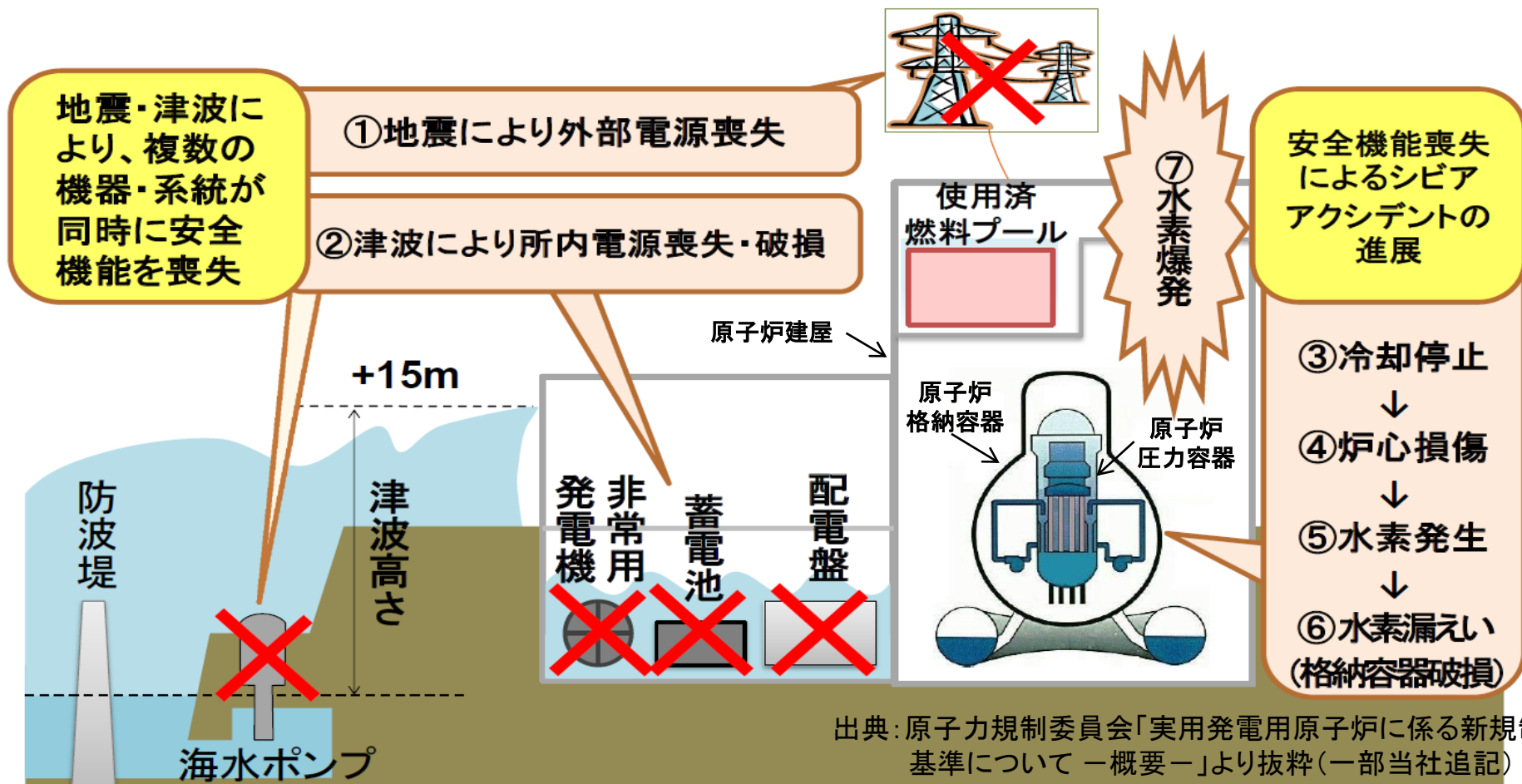


	1号機	2号機	3号機
定格電気出力	57万9千kW／基		91万2千kW
原子炉の型式	加圧水型		
着工年月	昭和59年8月		平成15年11月
営業運転開始年月	平成元年6月	平成3年4月	平成21年12月

2. 福島第一原子力発電所事故の 概要と新規制基準

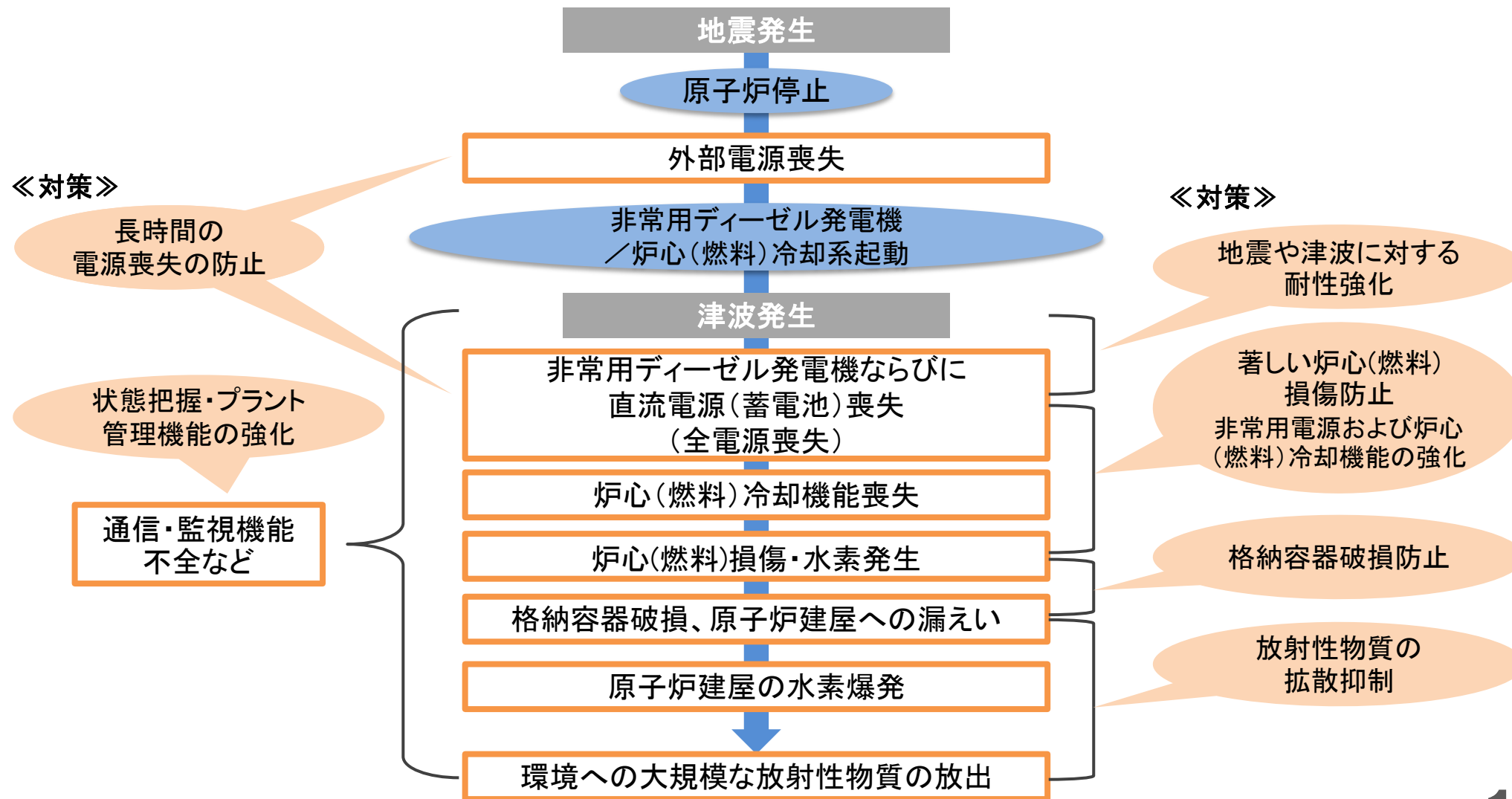
福島第一原子力発電所事故の概要

- 福島第一原子力発電所では、地震に対して原子炉は設計どおり自動停止し、原子炉を「止める」ことには成功しました。しかし、その後発生した巨大な津波により、所内電源（下図②）などの機能が喪失したことで、炉心(燃料)を継続して「冷やす」ことができませんでした。
- そのため、炉心(燃料)が損傷し、溶融した燃料の金属が周りの水蒸気と化学反応し、水素が発生。原子炉格納容器から漏れ出た水素が原子炉建屋へ流れ込み、水素爆発が発生しました。
- これにより放射性物質を「閉じ込める」こともできませんでした。



・平成25年7月に施行された原子力発電所に係る新規制基準には、福島第一原子力発電所事故の検証を通じて得られた教訓が反映されています。

福島第一原子力発電所事故の事象の進展



新規制基準のイメージ

・新規制基準は、従来の安全対策である「耐震・耐津波性能」「設計基準」を大幅に強化するとともに、これまで事業者の自主的な取組みであった「重大事故対策」を義務化することなどにより、さらなる安全性の向上を目指すものです。

【従来の規制基準】

重大事故対策は事業者の自主的な取組み	
+	
設計基準	自然現象に対する考慮
	火災に対する考慮
	電源の信頼性
	その他の設備の性能
耐震・耐津波性能	

【新規制基準】

重大事故対策	意図的な航空機衝突への対応	新設
	放射性物質の拡散抑制対策	
	格納容器破損防止対策	
設計基準	炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)	強化または新設
	内部溢水に対する考慮(新設)	
	自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)	
	火災に対する考慮	
	電源の信頼性	強化
	その他の設備の性能	
耐震・耐津波性能		強化

3. 泊発電所における新規制基準 適合性審査の対応状況

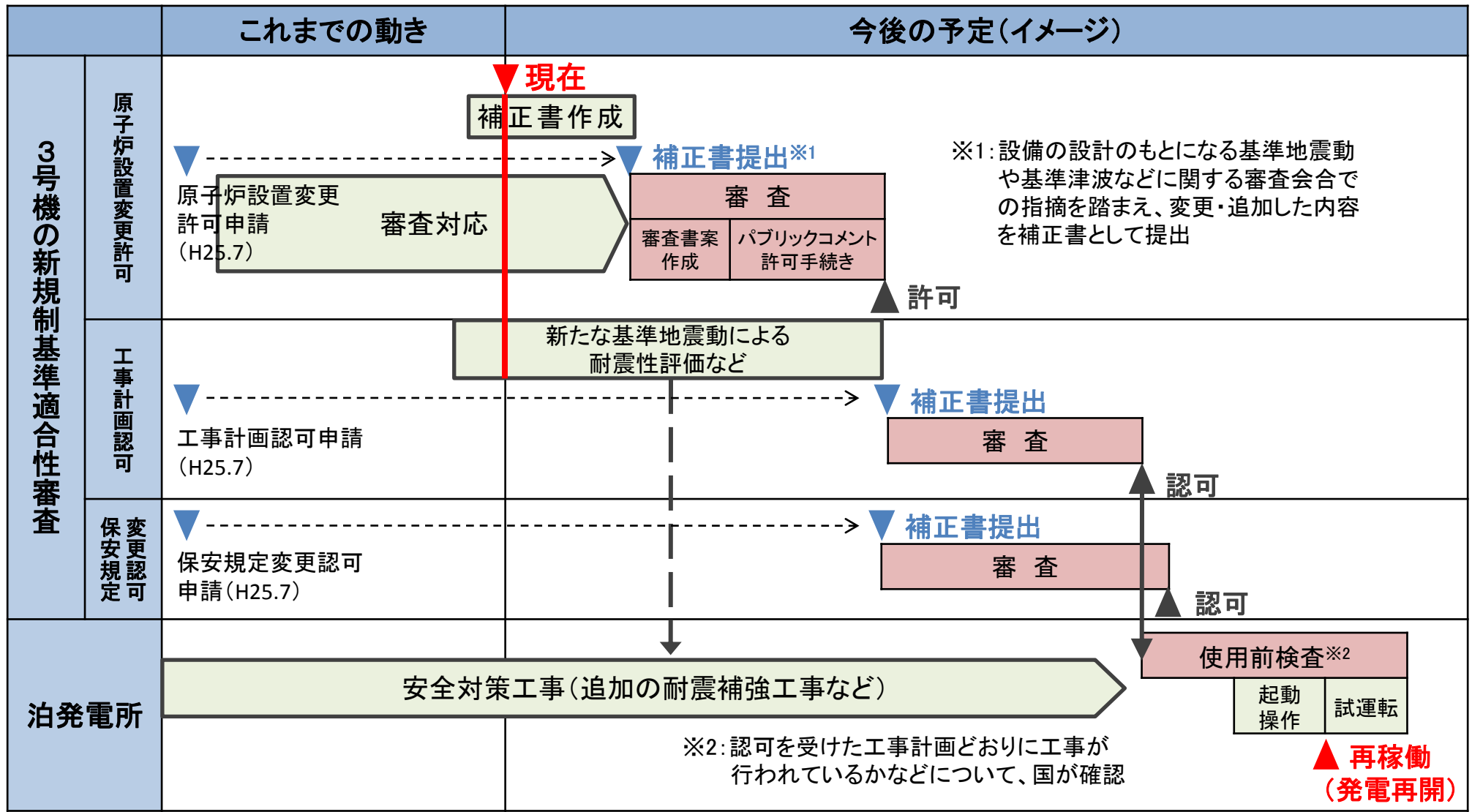
新規制基準適合性審査の対応状況

- 平成25年7月、泊発電所1, 2, 3号機の新規制基準への適合性審査を受けるため、「原子炉設置変更許可」、「工事計画認可」、「保安規定変更認可」を一括して国（原子力規制委員会）に申請しました。
- 現在、3号機の審査対応を優先しており、主に「原子炉設置変更許可申請」について、同委員会による審査を受けています。

申請書名	記載内容
① 原子炉設置変更許可 (基本設計)	原子炉施設の位置、構造および設備に関する事項、重大事故等対策の基本的な設計方針や、重大事故等への対策が有効に機能するかなどの評価結果、地震や津波といった自然現象の想定などを記載
② 工事計画認可 (詳細設計)	原子炉設置変更許可申請において記載した設備等に関する詳細設計(仕様、構造、耐震強度など)を記載
③ 保安規定変更認可 (運転管理、体制)	重大事故等対策に係る体制および設備の運転管理等を記載

3号機の今後の新規制基準適合性審査の流れ

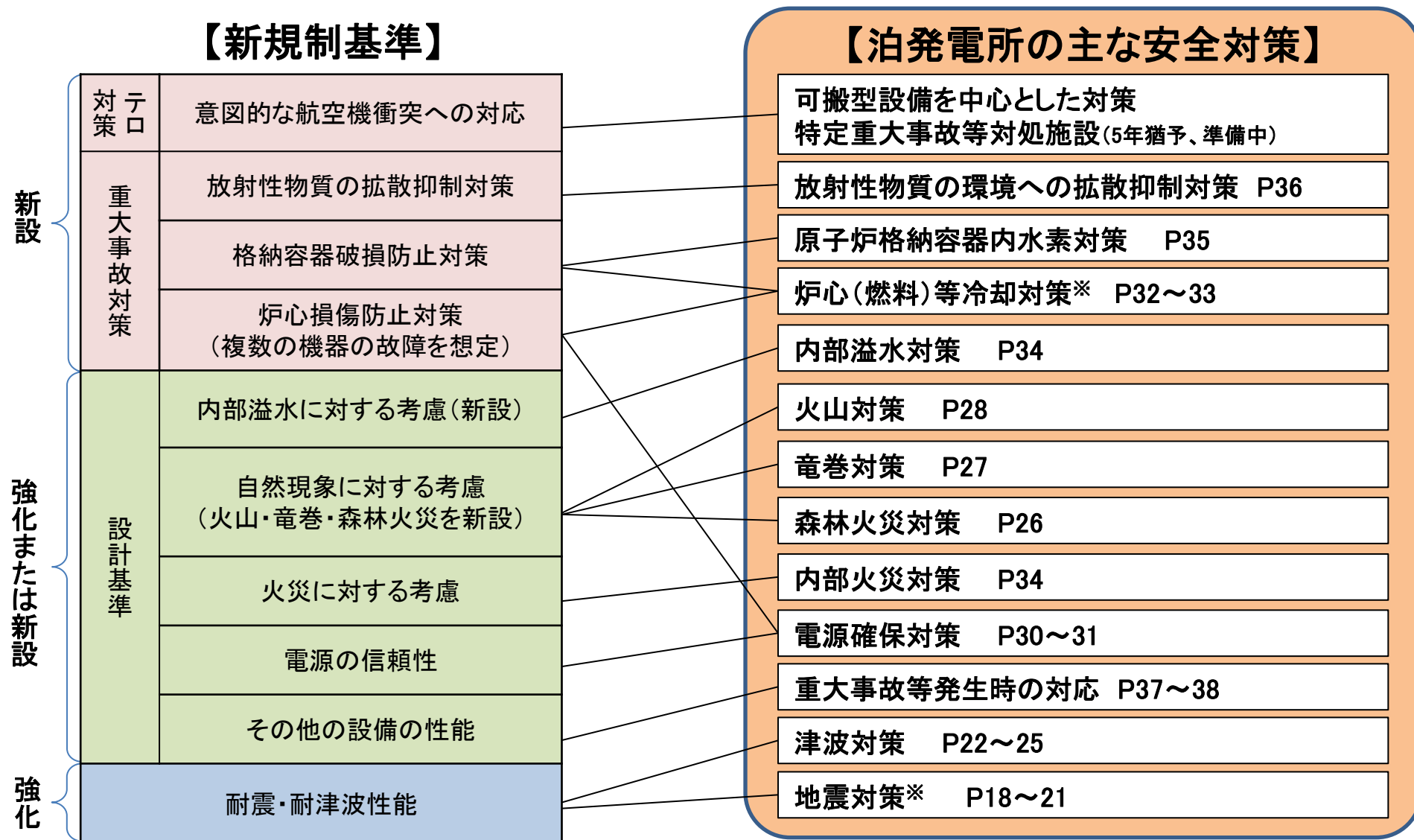
- 平成27年12月にこれまでの審査において大きな課題となっていた基準地震動がおおむね了解され、現在、原子炉設置変更許可に係る残りの審査項目について対応しています。
- 今後の審査においても、引き続き真摯に対応していきます。



4. 泊発電所における安全対策

新規制基準を踏まえた泊発電所の安全対策

・新規制基準を踏まえ、泊発電所において主に以下の安全対策を講じております。



※印の項目については、参考資料にも記載があります

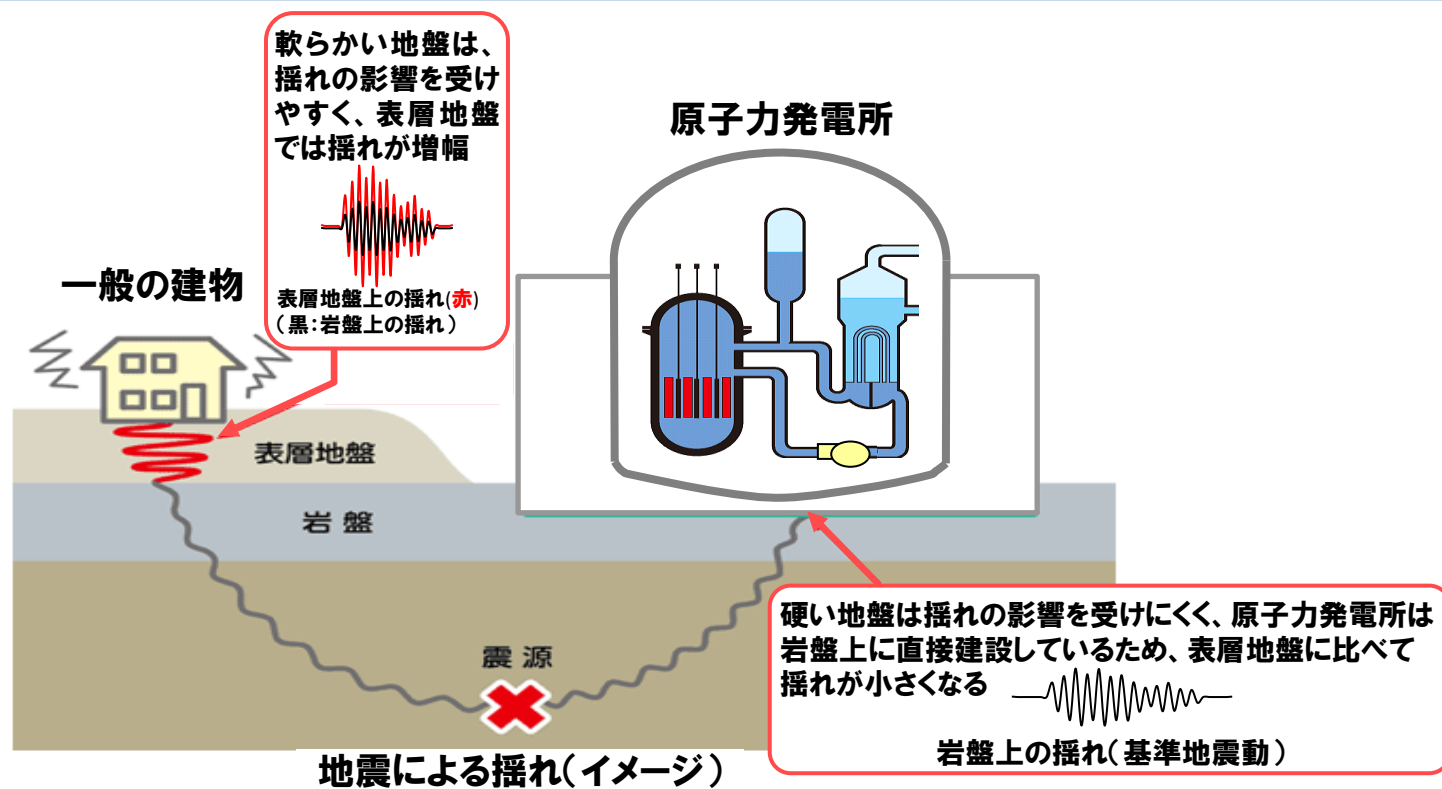
4. 泊発電所における安全対策

(1) 自然現象への対策

- ・福島第一原子力発電所の事故の直接的な原因は、津波によってすべての電源が喪失し、炉心（燃料）を冷却できなくなったことですが、新規制基準では、津波に加え地震、森林火災、竜巻などの自然現象の想定的大幅な引き上げ（より一層の厳しい基準）とそれを考慮した安全対策の強化が求められています。

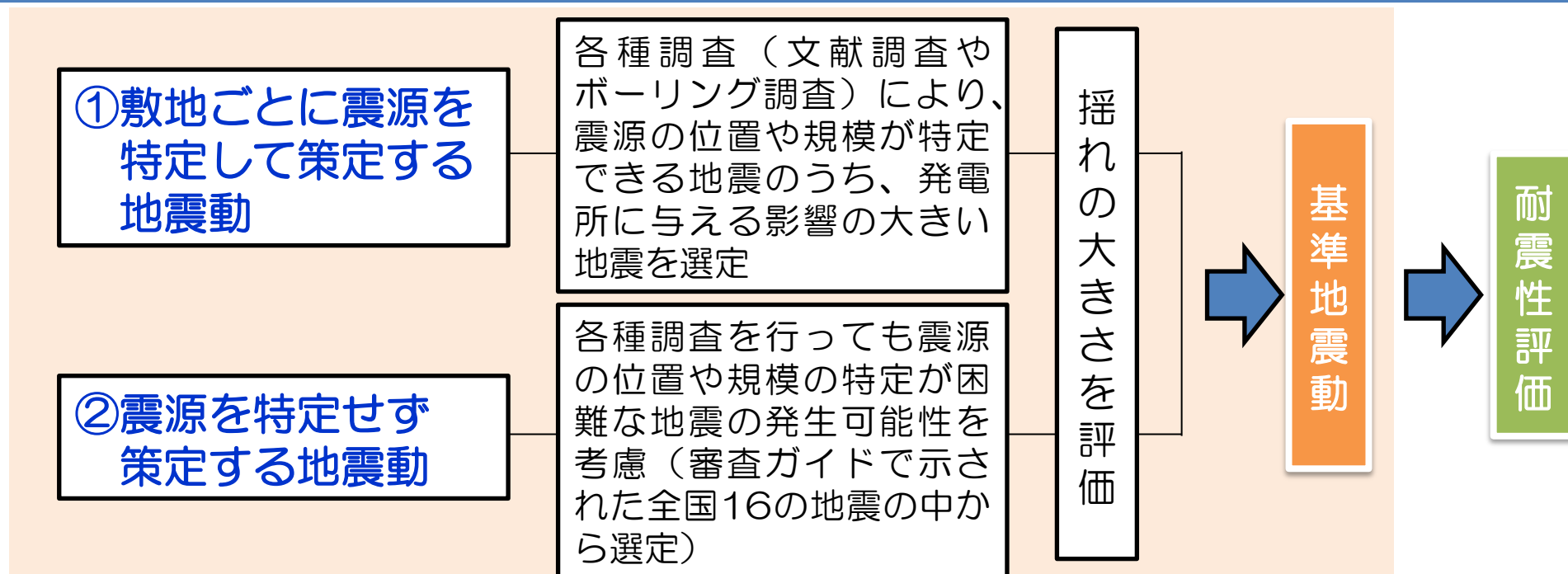
地震対策(基準地震動とは)

- 地震により炉心（燃料）損傷などの重大事故を起こさないような各種安全対策を実施する（耐震設計）ため、想定される地震による最大の揺れを適切に評価する必要があります。
- この原子力発電所の耐震設計を行うにあたり、想定する地震の揺れの大きさを「基準地震動」といいます。
- 地震による揺れの大きさは、震源からの距離、地盤の硬さなどによって決まるため、原子力発電所の立地条件により異なります。
- このため、基準地震動の策定にあたっては、立地する敷地に大きな影響を与える様々な地震を抽出した上で、地震の規模の想定などに関し、厳しい条件を設定しています。



地震対策(基準地震動策定の流れ)

- ・新規制基準においては、基準地震動の策定にあたり、2つの観点からの検討が求められています。
- ・まず、敷地周辺の地質等に関する詳細な調査を実施したうえで、発電所周辺に存在する活断層において地震が起きた場合の発電所への揺れの大きさを評価する必要があり、これを「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」といいます。
- ・また、敷地周辺の地質等に関する詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸の地震全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、事前に活断層の存在が確認されていなかった場所で発生した地震の観測記録をもとに発電所における揺れの大きさを評価する必要があり、これを「震源を特定せず策定する地震動」といいます。

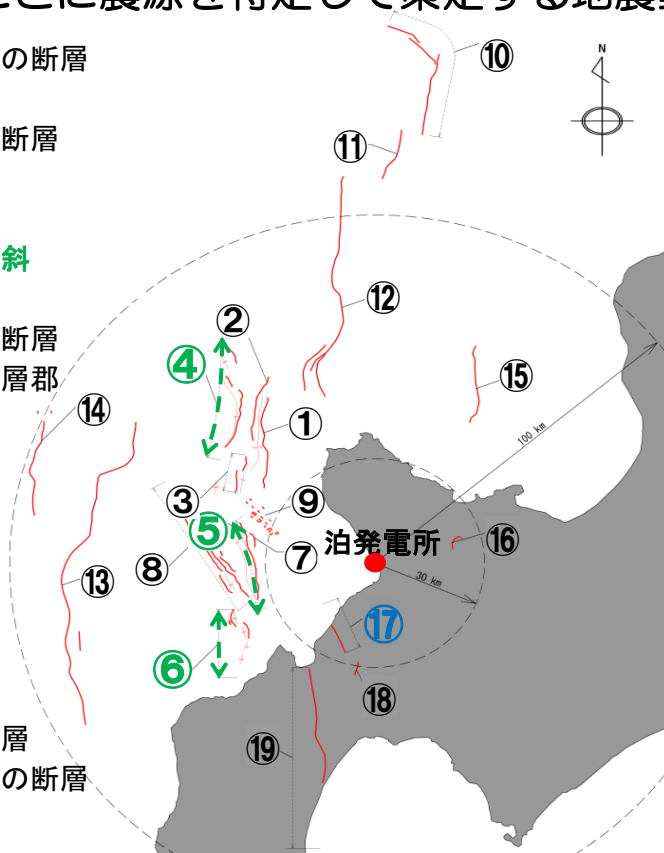


地震対策(地震の想定)

- ・「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、泊発電所周辺の活断層による地震の揺れを評価した結果、④⑤⑥「Fs-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」および⑰「尻別川断層による地震」による揺れが泊発電所に与える影響が大きいことから基準地震動として選定しました。
- ・「震源を特定せず策定する地震動」については、審査ガイドで示された全国16の地震のうち、「岩手・宮城内陸地震」および「留萌支庁南部地震」による揺れを基準地震動として選定しました。

《敷地ごとに震源を特定して策定する地震動》

- ① 神威海脚西側の断層
- ② F_D-1 断層
- ③ 岩内堆北方の断層
- ④ **Fs-10断層**
- ⑤ **岩内堆東撓曲**
- ⑥ **岩内堆南方背斜**
- ⑦ F_S-12 断層
- ⑧ 寿都海底谷の断層
- ⑨ 神恵内堆の断層群
- ⑩ F_A-1 断層
- ⑪ F_A-1' 断層
- ⑫ F_A-2 断層
- ⑬ F_B-2 断層
- ⑭ F_B-3 断層
- ⑮ F_C-1 断層
- ⑯ 赤井川断層
- ⑰ **尻別川断層**
- ⑱ 目名付近の断層
- ⑲ 黒松内低地帯の断層

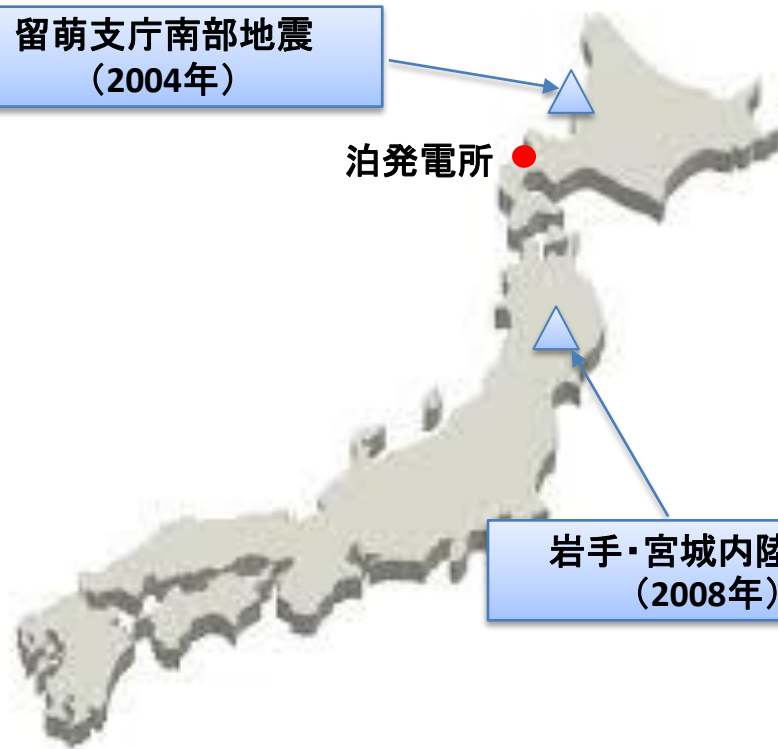


《震源を特定せず策定する地震動》

留萌支庁南部地震
(2004年)

泊発電所

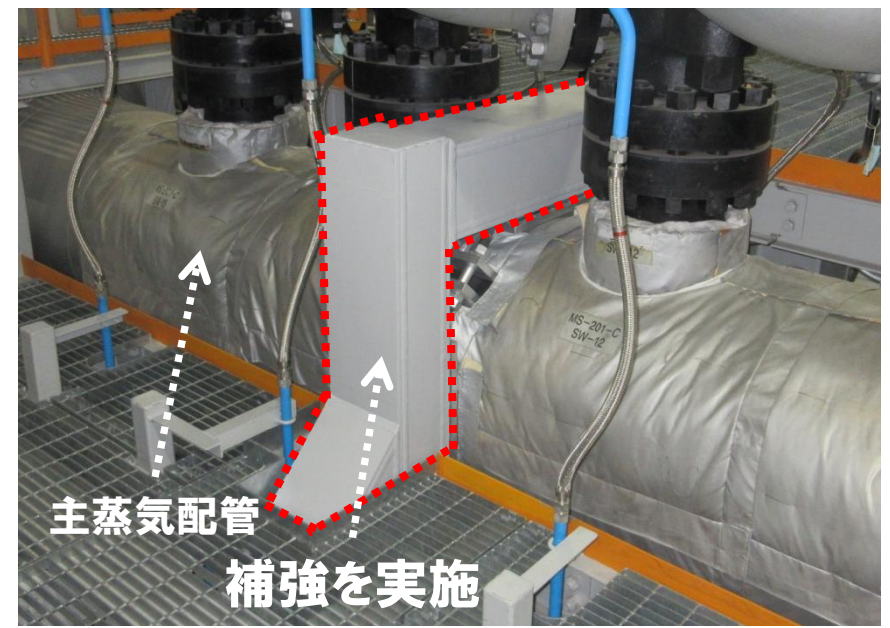
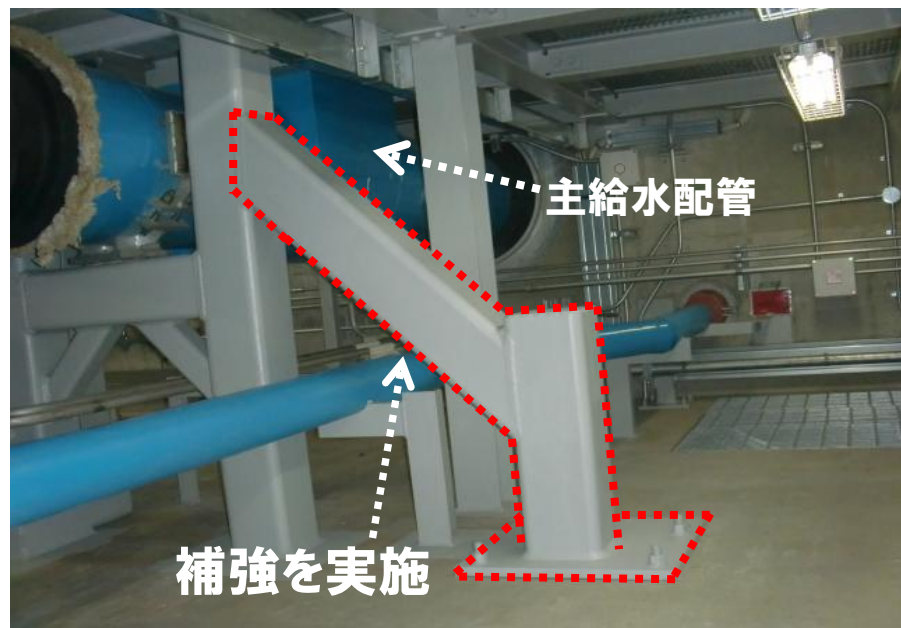
岩手・宮城内陸地震
(2008年)



地震対策(新たな基準地震動および耐震補強)

- ・「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」の揺れの大きさを評価した結果、申請時の基準地震動に加え、新たに8つの基準地震動を追加しました（最大加速度は申請時の550ガルから620ガルに引き上げ）。
- ・現在、新たな基準地震動に基づく耐震性評価を実施しており、補強等が必要な設備について、随時耐震補強工事を実施し、新たな基準地震動による揺れに耐えられるようにしています。

《耐震補強工事の例》



・地震の大きさを表す指標としては、震度（観測地点における揺れの大きさ）やマグニチュード（地震そのものの規模）が一般的ですが、**原子力発電所の耐震設計にあたっては、加速度（単位：ガル）という指標を用います。**

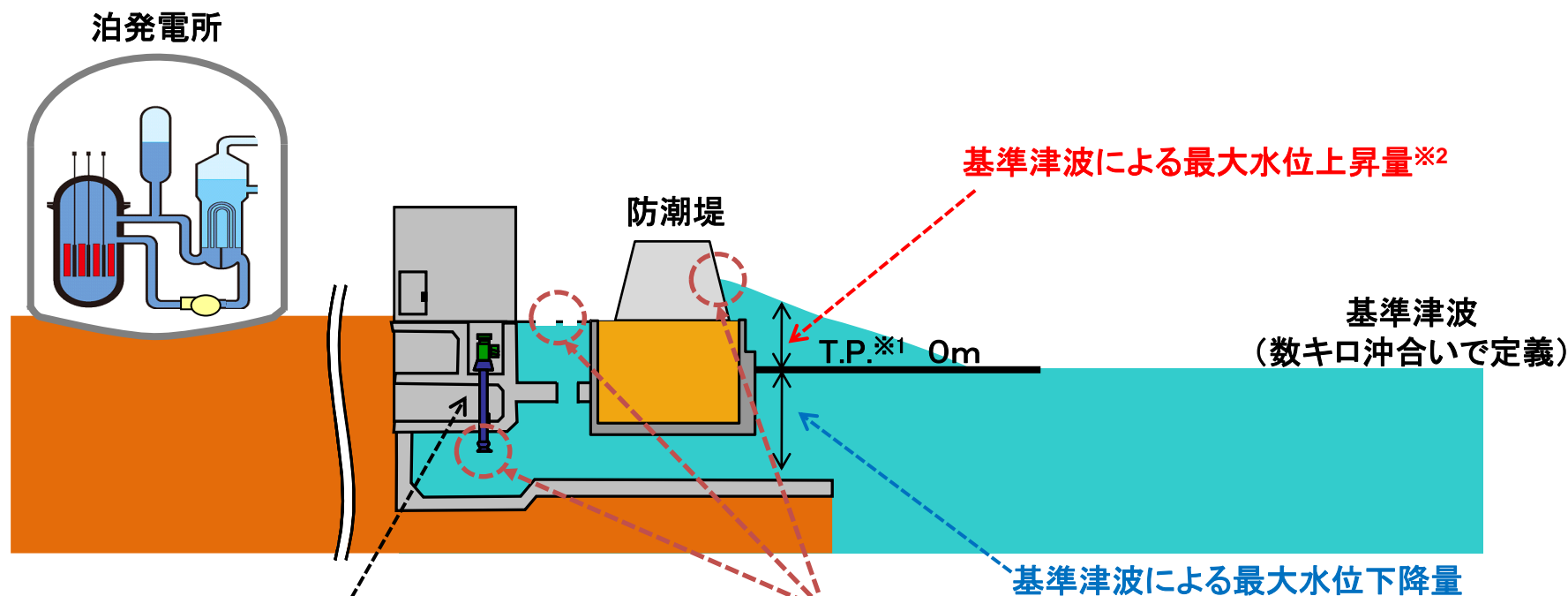
地震名	マグニチュード	泊発電所における観測値
1993年北海道南西沖地震	M7.8	5.4ガル

(参考) 泊周辺の震度 震度5：寿都、小樽 震度4：倶知安

※地震対策に関する詳細な内容は参考資料P50～59に記載

津波対策(津波対策の考え方)

- ・新規基準では、原子力発電所に大きな影響を及ぼすおそれのある最大規模の津波を「基準津波」として策定することが求められています。
- ・策定した基準津波によって敷地が浸水しないよう対策（防潮堤など）を実施するほか、引き波の発生によって機器等の冷却に必要な海水の取水に支障をきたさないことなどを考慮して、対策を実施する必要があります。



原子炉補機冷却海水ポンプ

津波対策のポイント

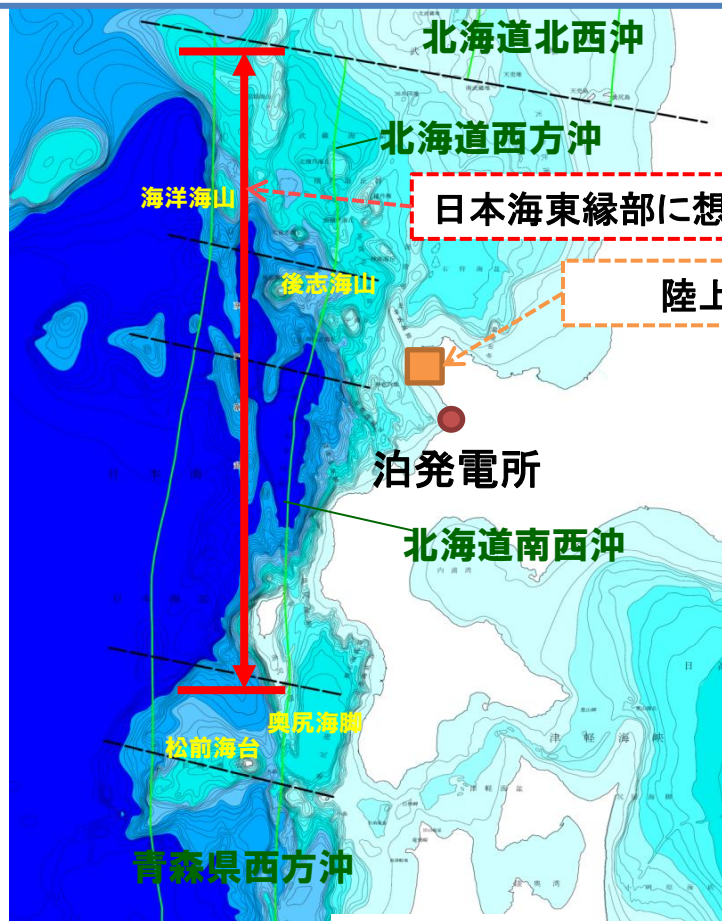
- ・敷地内の開口部を含め、敷地に浸水しないこと
- ・引き波の発生でも取水に影響しないこと

※1 T.P.: 東京湾平均海面

※2 今後、基準津波による最大水位上昇量に潮位等を考慮した津波高さ(最高水位)を審査会合において説明予定

津波対策(基準津波の波源位置)

- 平成25年7月の申請時には、基準津波による泊発電所の敷地前面における最大水位上昇量を6.95m（最大水位下降量-5.91m）としていました。
- その後、津波の発生をより一層厳しい条件で再評価（地震による津波では、東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえ、日本海東縁部において、波源域の連動を考慮したほか、川白の陸上地すべり*による津波の同時発生を考慮）し、それぞれ12.63m（-7.82m）としました。



日本海東縁部に想定される地震による津波(想定波源の長さ: 320km)

陸上地すべりによる津波(川白)

	日本海東縁部に想定される地震による津波	川白の陸上地すべりによる津波	同時発生
敷地前面最大水位上昇量	8.15m	7.69m	12.63m
3号機取水口最大水位下降量	-7.50m	-4.18m	-7.82m

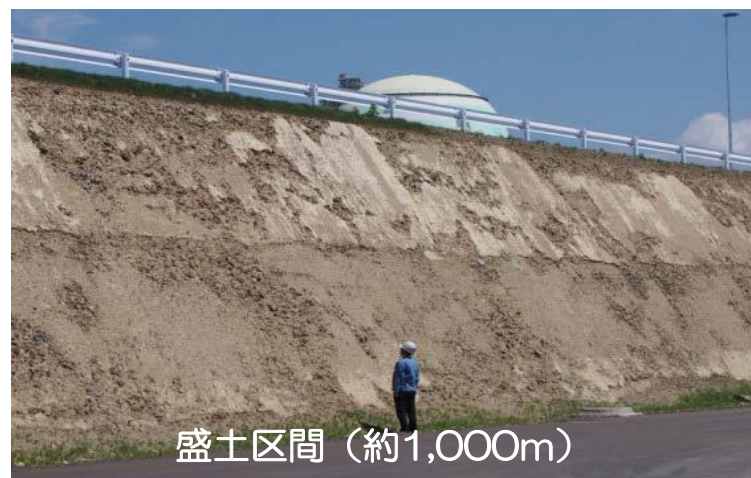
※地震以外の要因による津波として、海底火山の山体崩壊、陸上地すべり、岩盤崩壊、海底地すべりによる津波発生を考慮し、その中から最も影響の大きい「川白の陸上地すべり」による津波と日本海東縁部に想定される地震による津波の同時発生を基準津波として選定



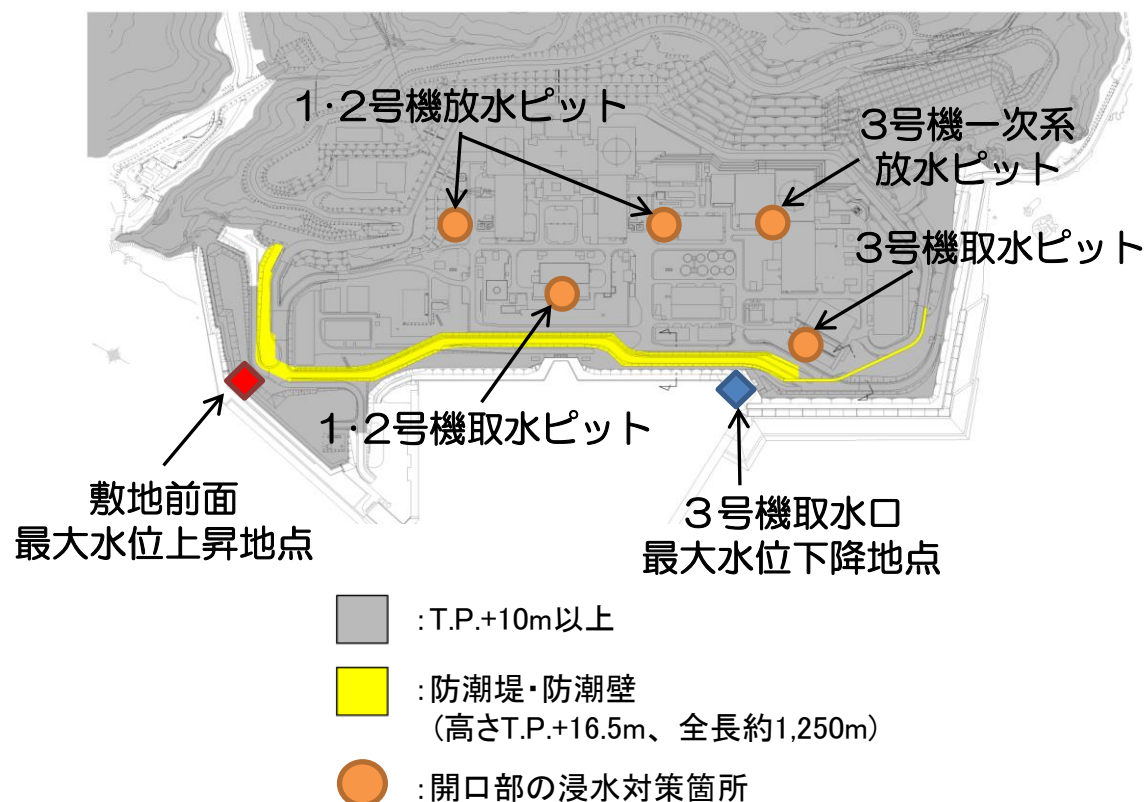
津波対策(浸水対策)

- ・基準津波による敷地前面の最大水位上昇量12.63mに対し、泊発電所では、高さ海拔16.5mの防潮堤・防潮壁をすでに設置しました。
- ・また、取水ピットなどの敷地内の開口部についても浸水対策を実施するため、12.63mの津波が来ても、敷地が浸水することはなく、泊発電所の安全性に影響はありません。

《防潮堤・防潮壁の設置状況》

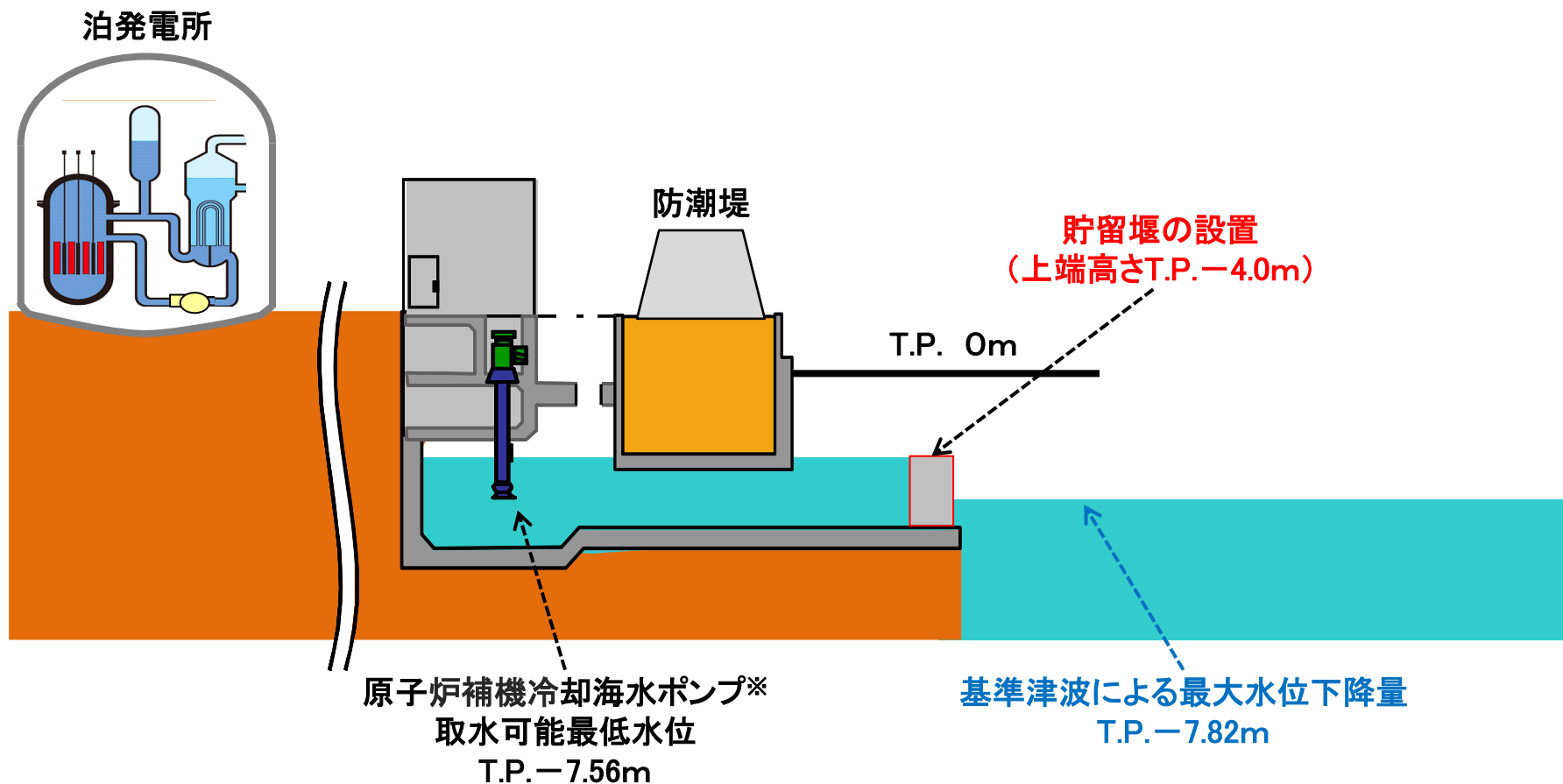


《敷地内開口部の浸水対策箇所》



津波対策(引き波対策)

- ・ 基準津波による引き波発生時においても、取水口前面に「貯留堰」を設置しており、原子炉補機冷却海水ポンプによる海水の取水は継続可能となっています。



貯留堰の設置イメージ(3号機)

※原子炉補器冷却海水ポンプ
非常用ディーゼル発電機の冷却などに必要な海水を供給する設備(4台設置)

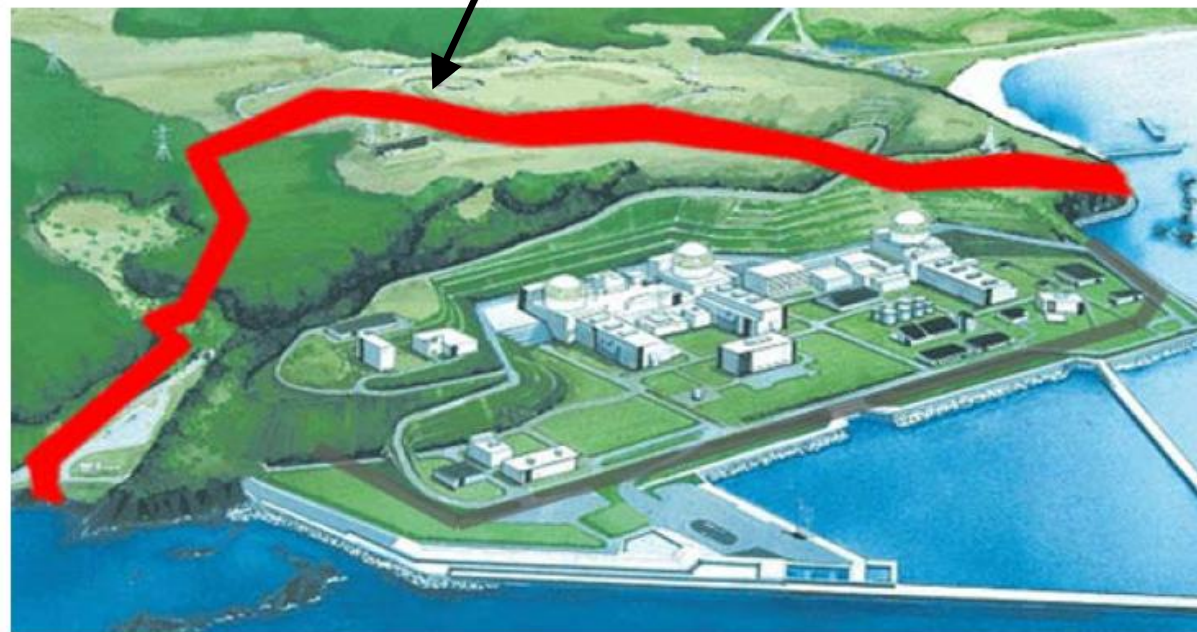
- ・ 泊発電所周辺での森林火災が発電所構内に燃え広がらないよう、幅40～66mにわたり樹木を伐採し、全長約2,120mの「防火帯」を整備しました。



発電所方向

幅20mに植生防止のため
モルタル吹き付け

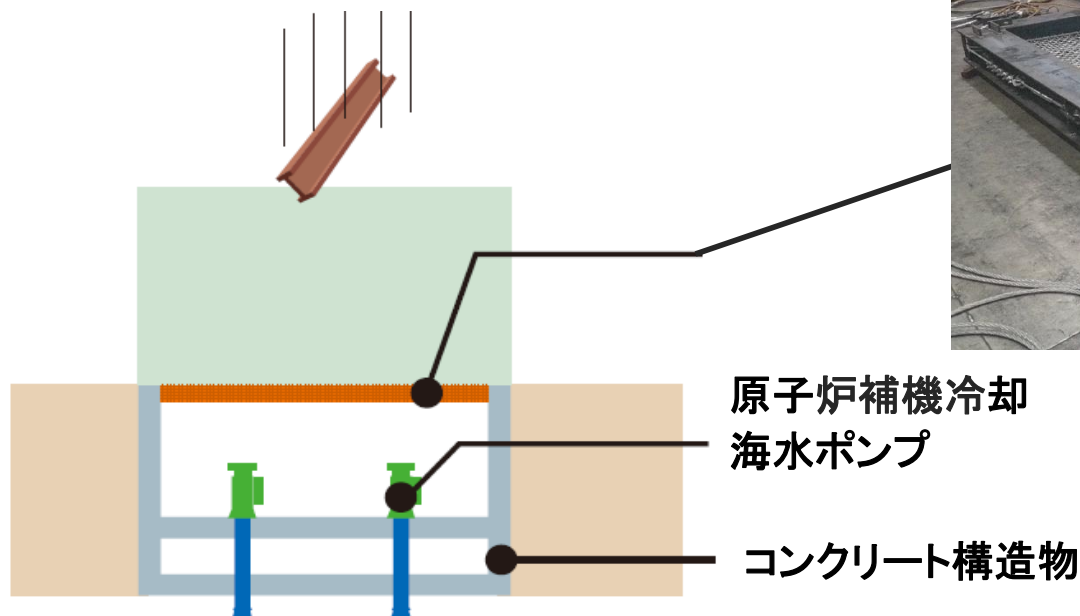
全長約2,120mの防火帯(イメージ)



- ・日本で過去に発生した最大の竜巻（F3スケール※）を考慮し、最大風速100m/秒の竜巻に対して重要な機器や配管が機能を失うことのないよう、「飛来物防護設備」の設置工事を行っています。
- ・風速100m/秒は、F4スケール※に該当しますが、日本では、これまでF4以上の竜巻は観測されていません。

鋼製材(135kgの衝突を想定)

飛来物防護設備(新設)



《飛来物防護設備の設置予定箇所》

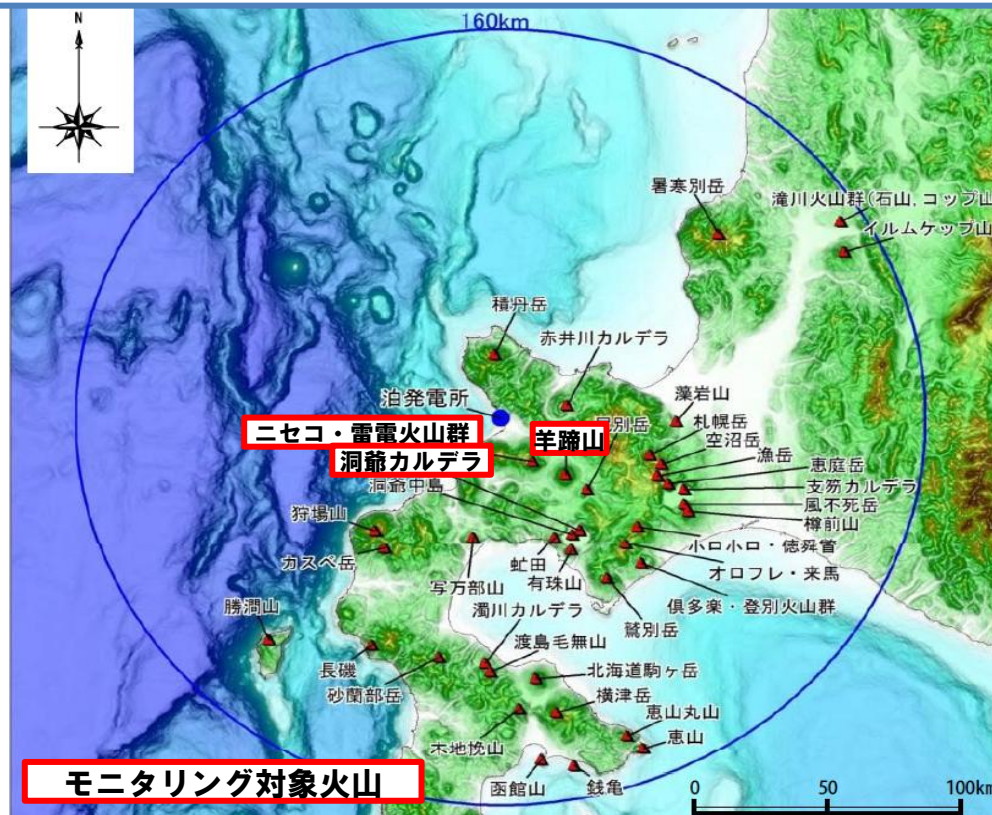
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ
- ・主蒸気系統、主給水系統等の配管
および弁

など

重要機器や配管を最大風速100m/sの
竜巻から守る飛来物防護設備を設置

※Fスケール：1971年シカゴ大学の藤田博士により考案された、竜巻などの突風により発生した被害の状況から風速を推定する基準。F0～F5まであり、階級が高いほど風速が大きい。F3（70～92m/秒）、F4（93～116m/秒）。

- ・泊発電所から半径160km以内の検討対象火山（審査ガイドで示されている対象範囲）について評価を行い、泊発電所の運用期間中に大規模な噴火は想定されないことから、火砕流等が敷地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価しています。
- ・また、上記評価とは別に影響評価が必要とされている火山灰などの降下火砕物については、40cmの堆積を想定し、建物・設備への荷重影響、配管閉塞の影響などについて評価を行い、安全性に影響がないことを確認しました。
- ・洞爺カルデラおよびニセコ・雷電火山群（羊蹄山含む）については、念のため、火山活動状況に変化がないことを定期的を確認（モニタリング）します。



モニタリング概要

- ・公的機関（国土地理院、気象庁等）の観測網によるデータを用いた地殻変動および地震観測
- ・その他、公的機関による発表情報等を収集・分析し、活動状況に変化がないことを定期的を確認
- ・当社のモニタリング評価結果について、必要に応じて、外部専門家による助言をいただく

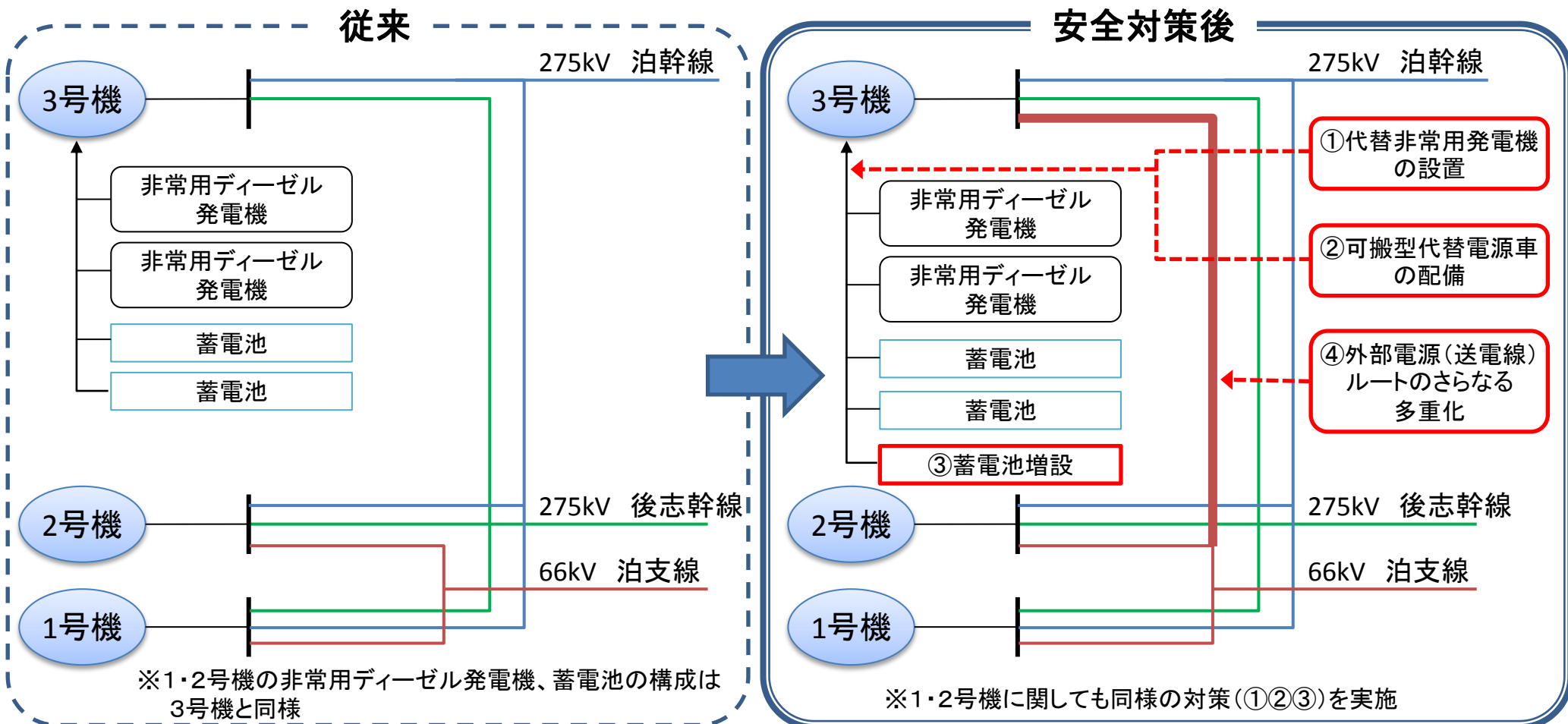
4. 泊発電所における安全対策

(2) 電源確保対策、炉心(燃料)等冷却対策、 内部火災・内部溢水対策 など

- ・ 炉心(燃料)の損傷などの重大事故を防ぐためには、炉心(燃料)を冷却し続けることが必要です。そのためには、冷却用の「水」、水を供給する「ポンプ」、ポンプを動かす「電源」などの確保が必要です。
- ・ 新規制基準では、これらの設備を多重・多様化させることで重大事故の発生を防止していくことが求められています。

電源確保対策(1)

- ・福島第一原子力発電所事故以前においても、外部電源（送電線）ルート多重化、非常用ディーゼル発電機の複数台設置などの電源確保対策を実施していました。
- ・一層の信頼性向上の観点から、バックアップ電源の拡充、蓄電池の増設、外部電源ルートさらなる多重化を実施しています。



電源確保対策(2)

①常設のバックアップ電源を高台に設置

外部電源や非常用ディーゼル発電機が使用できない場合の備えとして「代替非常用発電機（常設）」を高台に計6台設置

（1～3号機各2台）

（中央制御室から遠隔操作が可能）



②移動可能なバックアップ電源車を高台に配備

左記①が使用不能になった場合の備えとして、移動可能な「可搬型代替電源車」を高台に計8台配備

（1～3号機共用6台、予備2台）



③蓄電池の増設

運転状態を監視するための計測器や表示盤などの電源として使用する蓄電池を増設

（既設の2系統に1系統を追加）



④外部電源受電ルートのさらなる多重化

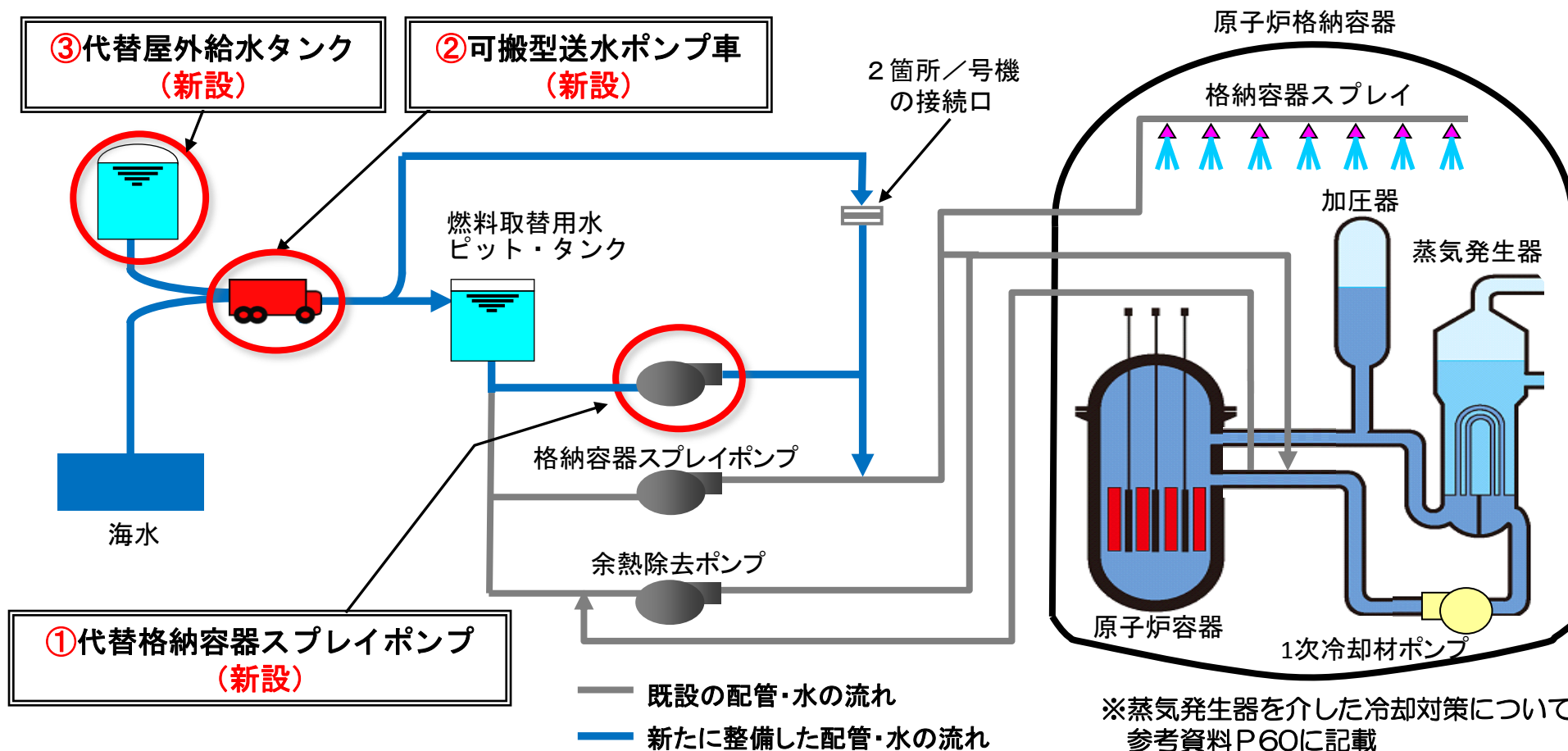
泊発電所1～3号機のすべてが、3系統の送電線から受電可能

（3号機用の変電設備を設置し、2系統から3系統に多重化）



炉心（燃料）等冷却対策（1）

- ・従来から、事故時に格納容器上部から水をスプレーして格納容器内の冷却・減圧を行う格納容器スプレーポンプなどを設置しています。
- ・既設の格納容器スプレーポンプが機能を失った場合に備え、代替格納容器スプレーポンプを新たに設置しました。このポンプは、原子炉に水を直接送り込むこともできます。
- ・さらに、各種ポンプが使用不能となった場合に備え、移動可能な可搬型送水ポンプ車を配備するとともに、代替屋外給水タンクを新たに設置し、水源の確保にも努めています。



炉心(燃料)等冷却対策(2)

①代替格納容器スプレイポンプを設置

既設の格納容器スプレイポンプが機能を失った場合の備えとして設置

(1～3号機各1台)

(原子炉に直接給水することも可能)



②ポンプ搭載車両を高台に配備

水を供給する常設の各種ポンプが使用不能となった場合に備え、移動可能な「可搬型送水ポンプ車」を高台に計14台配備



③代替屋外給水タンクを高台に設置

泊発電所では、原水槽やろ過水タンクなど複数の貯水設備を設置していますが、発電所内の新たな水源として「代替屋外給水タンク」を高台に設置

(80t×5基)



内部火災・内部溢水対策

・原子炉施設内で火災および溢水が発生した場合でも、安全上重要な施設の機能を保てるよう、対策を講じています。

○火災発生防止対策

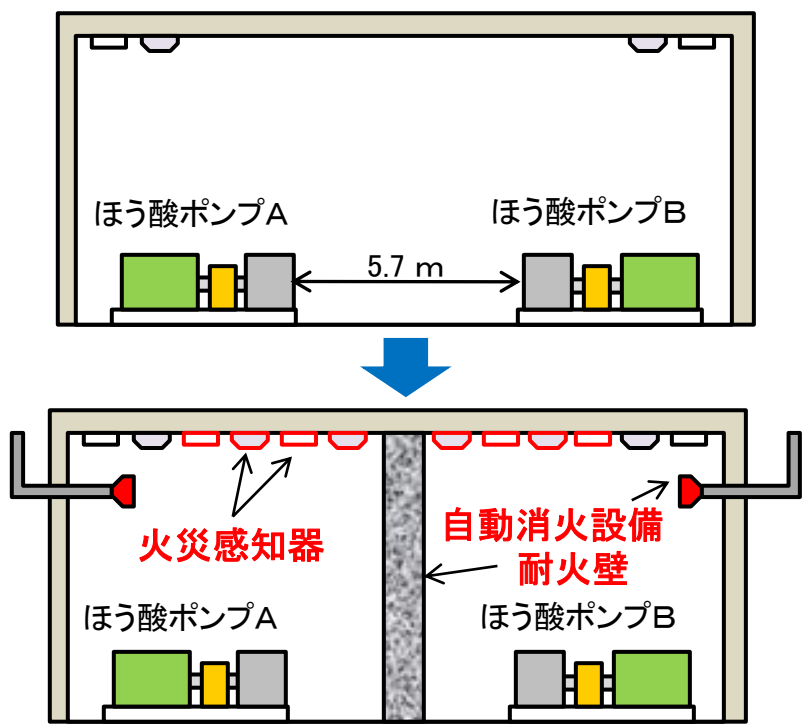
安全上重要な機器などには不燃性または難燃性材料を使用

○火災の早期感知、消火対策

自動消火設備および火災感知器を追加設置

○火災の影響軽減対策

同時に火災の影響を受けないよう耐火壁を設置



○内部溢水対策

建屋内に設置されたタンクや配管からの水漏れ等を想定し、重要な設備が浸水の影響を受けないよう、水密扉、止水板などを設置



水密扉の設置状況



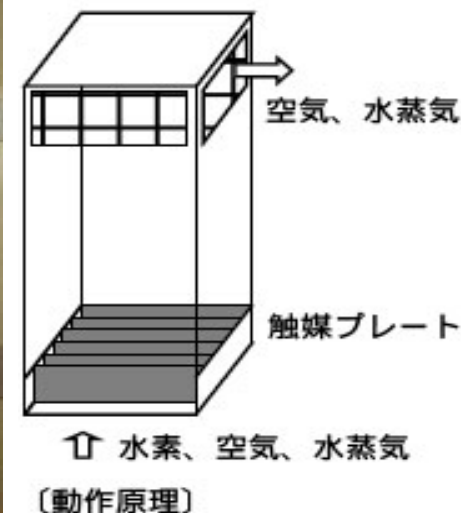
止水板の設置状況

原子炉格納容器内水素対策

- ・福島第一原子力発電所では、炉心(燃料)損傷によって発生した水素が原子炉建屋内に漏れ出し、水素爆発が起きました。
- ・この事故を受け、水素爆発を防ぐための設備を原子炉格納容器内に設置しています。

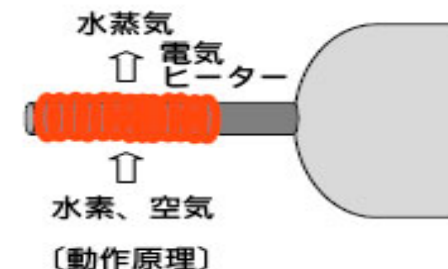
①静的触媒式水素再結合装置

電気を使わずに水素を酸素と結合させて水素を取り除く「静的触媒式水素再結合装置」を設置
(1～3号機各5台)



②イグナイタ（電気式水素燃焼装置）

水素をヒーターで加熱し、燃焼させる電気式水素燃焼装置「イグナイタ」を設置
(1, 2号機各12台、3号機13台)



放射性物質の環境への拡散抑制対策

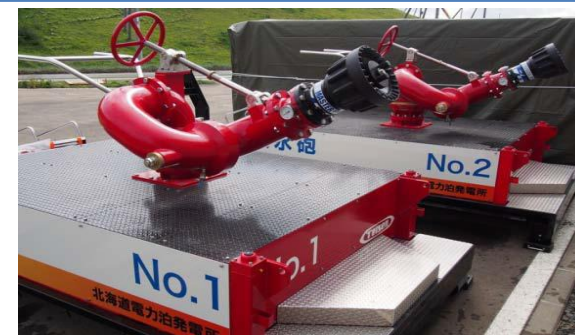
- ・重大事故の発生・進展を防止し、原子炉格納容器の健全性を確保する対策を講じましたが、それでもなお、格納容器が破損した場合の放射性物質の拡散抑制のため、以下の対策を講じています。

①放水砲

原子炉格納容器が破損した場合に、格納容器の破損箇所に高圧の水を直接噴射し、放射性物質の大気中への拡散を抑制するための「放水砲」を配備

(1～3号機共用2台、予備1台)

放水砲を使用し、落下させた放射性物質は、放射性物質を除去する吸着剤を設置した排水設備から排水されます



放水砲

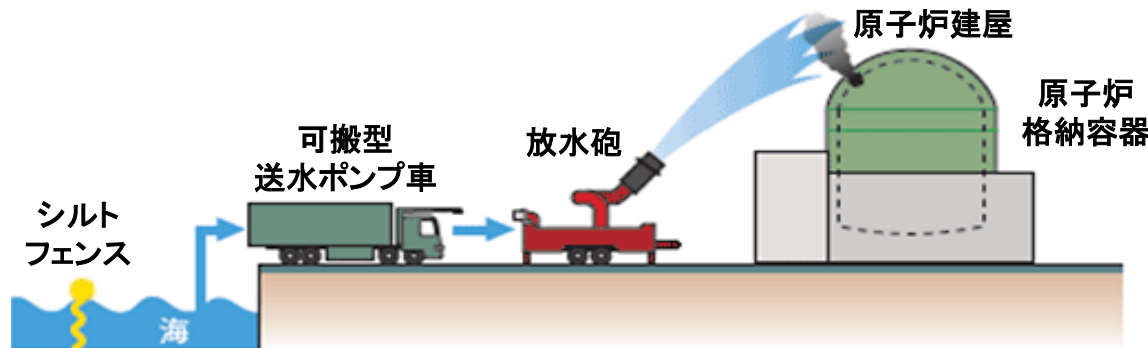


放水砲による放水（訓練時）

②シルトフェンス

前面海域への放射性物質の拡散を抑制するために

「シルトフェンス」（海中カーテン）を配備



シルトフェンス

重大事故等発生時の対応(1) (緊急時対策所、対応体制)

○重大事故の対策拠点（緊急時対策所）を整備
重大事故が起こっても円滑に対処できるよう、
1～3号機共用の「緊急時対策所」（4棟で
構成）を高台に設置し、訓練等での使用を開始



○重大事故等発生時の体制強化

勤務時間外や休日（夜間）に、3号機で万一の重大事故等が発生した場合でも、速やかに
対応できるよう、発電所内に、常時41名の要員を確保

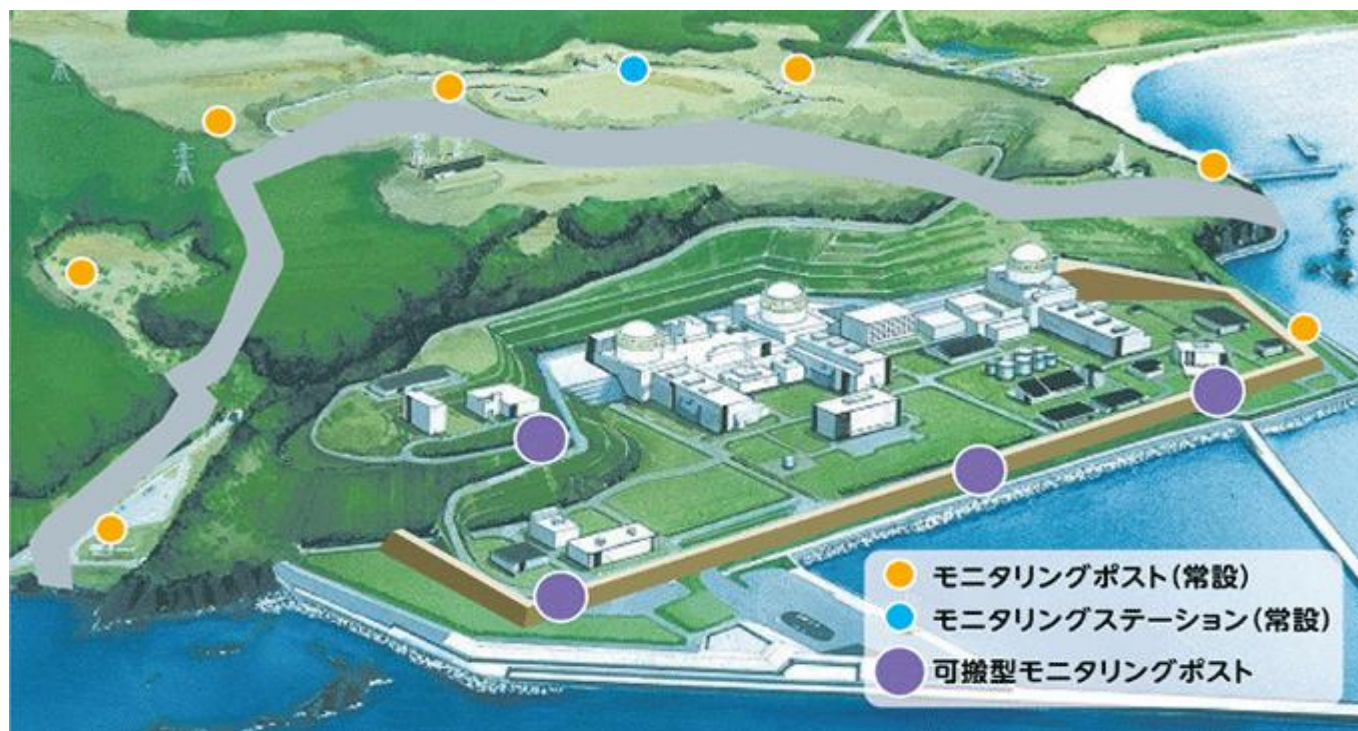
要員区分		主な役割	人数
初動対応要員 (常駐)	運転員	発電所の運転操作	6名
	災害対策要員 等 (協力会社含む)	指揮、通報、運転支援 給電・給水等 (SAT※) 瓦礫撤去 等	35名

※SAT：重大事故等対応を専門に行うシビアアクシデントチーム

初動対応要員以外の発電所災害対策要員（約500名）についても、速やかな発電所への
参集が可能となるよう、発電所への複数のアクセスルートの確保、積雪等の悪天候時の
参集訓練などを実施（P42参照）

重大事故等発生時の対応(2)(放射線量測定)

- ・ 重大事故が発生した場合には、放射線量の状況を踏まえて、適切に事故対応を行う必要があることから、敷地内の放射線量を測定するための常設モニタリング設備(8箇所)に加えて、発電所の海側など4箇所に「可搬型モニタリングポスト」を設置することにより、原子炉建屋を囲む合計12箇所の放射線量を監視・測定します。
- ・ なお、「可搬型モニタリングポスト」は、常設モニタリング設備が使用不能となった場合に代替して測定するため、13台(予備含む)を保有しています。

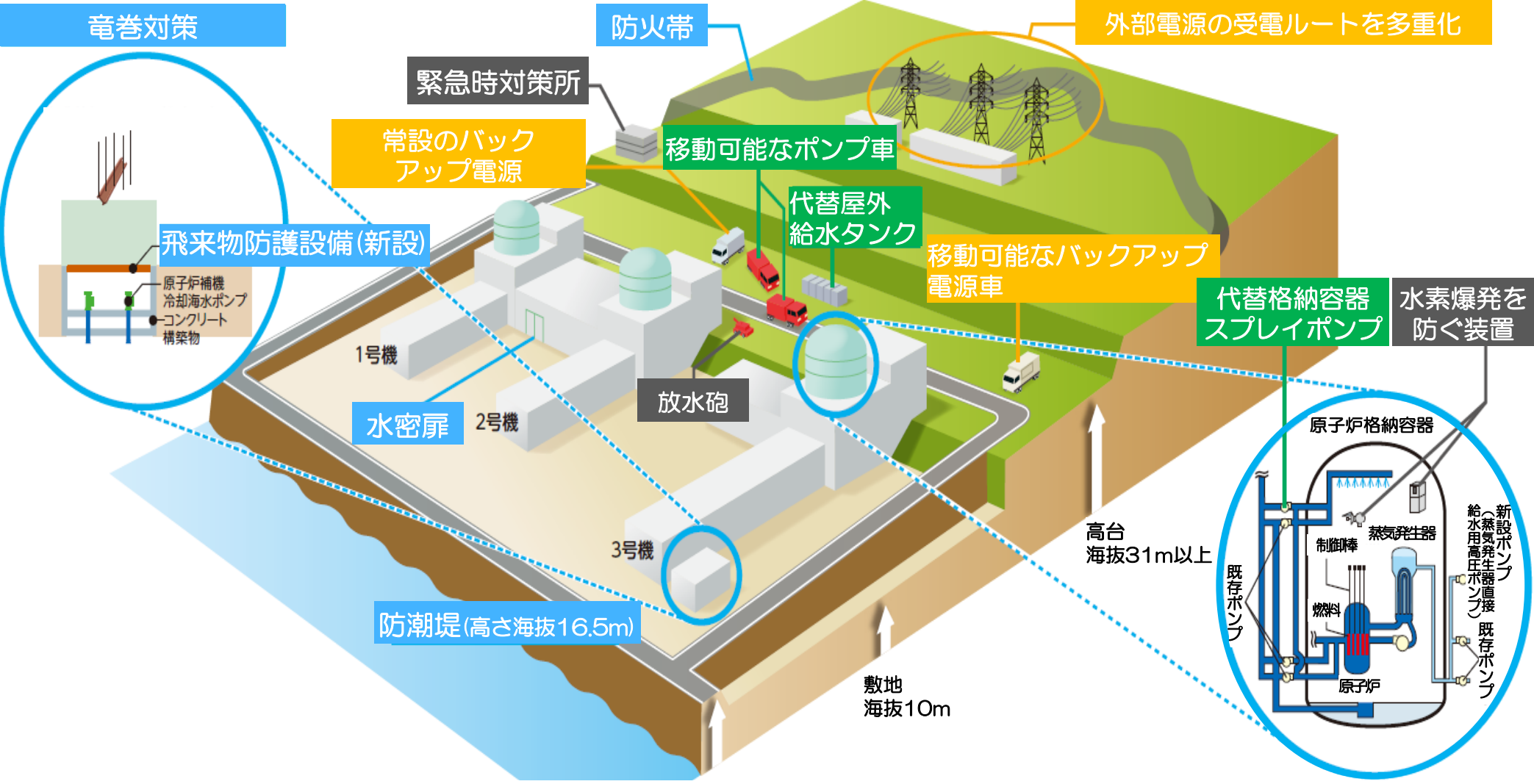


モニタリングポスト・モニタリングステーションの配置図



可搬型モニタリングポストの設置訓練

主な安全対策設備の配置イメージ



- ・ 泊発電所では、福島第一原子力発電所の事故を受け、多重・多様な安全対策を講じていますが、「それでも事故は起こりうる」「安全を守るのは人」との考えに立ち、平時から実践的な訓練を継続して実施しています。
- ・ 福島第一原子力発電所の事故以降、本店を含めた総合防災訓練や泊発電所における個別項目（代替給水・給電など）に係る訓練など延べ3,000回（平成28年3月末時点）を超える訓練を実施しています。

総合防災訓練 原子力災害対策本部設置訓練 緊急時通報・連絡訓練

本店



泊発電所



代替給水訓練 (可搬型のポンプ車を使った 原子炉への送水訓練)



- ・ 泊発電所においては、事故の状況に応じた多種多様な安全対策設備を有効に使用するための手順書を整備しています。訓練においては、整備した手順書の実効性の確認や、新たに設置した安全対策設備に対する対応要員の習熟度の向上を目的としています。
- ・ また、訓練を通じて発見された課題を手順書の改善に反映し、さらに訓練を継続していくことで、事故対応能力の一層の向上に努めています。

代替給電訓練 (可搬型代替電源車の起動、 受電設備への接続訓練)

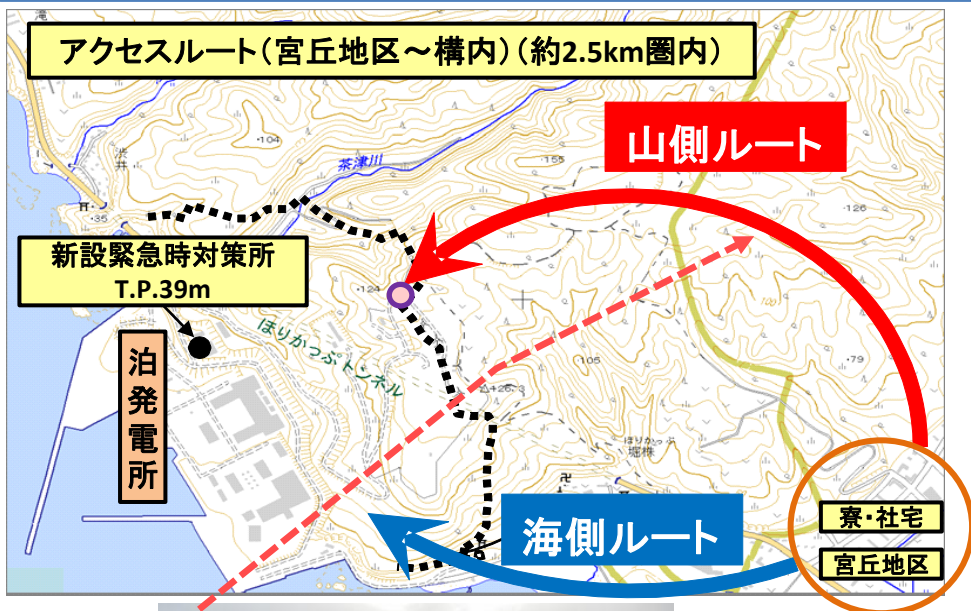


運転訓練シミュレータを 使用した事故時操作訓練



冬季の重大事故等対応能力の一層の充実強化

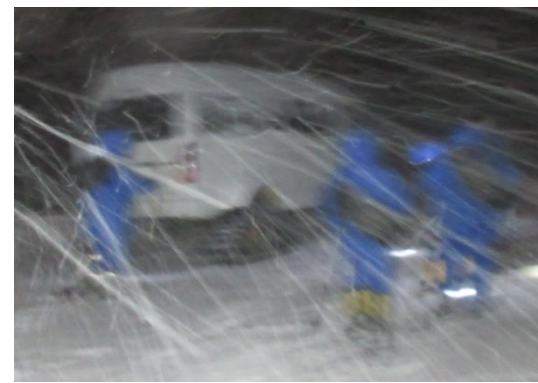
- ・ 泊発電所は、他の原子力発電所に比べて、積雪・寒冷など特有の気象条件があることから、冬季の過酷な条件下でも適切な事故対応が可能となるよう、除雪作業用重機を配備するとともに、発電所への参集訓練を継続的に実施しています。



○ 冬期間の除雪作業用重機を配備
(がれき撤去作業の習熟にも有効)



○ 冬季においても迅速な参集が可能となるよう、雪上でも走行可能なクローラ車を配備



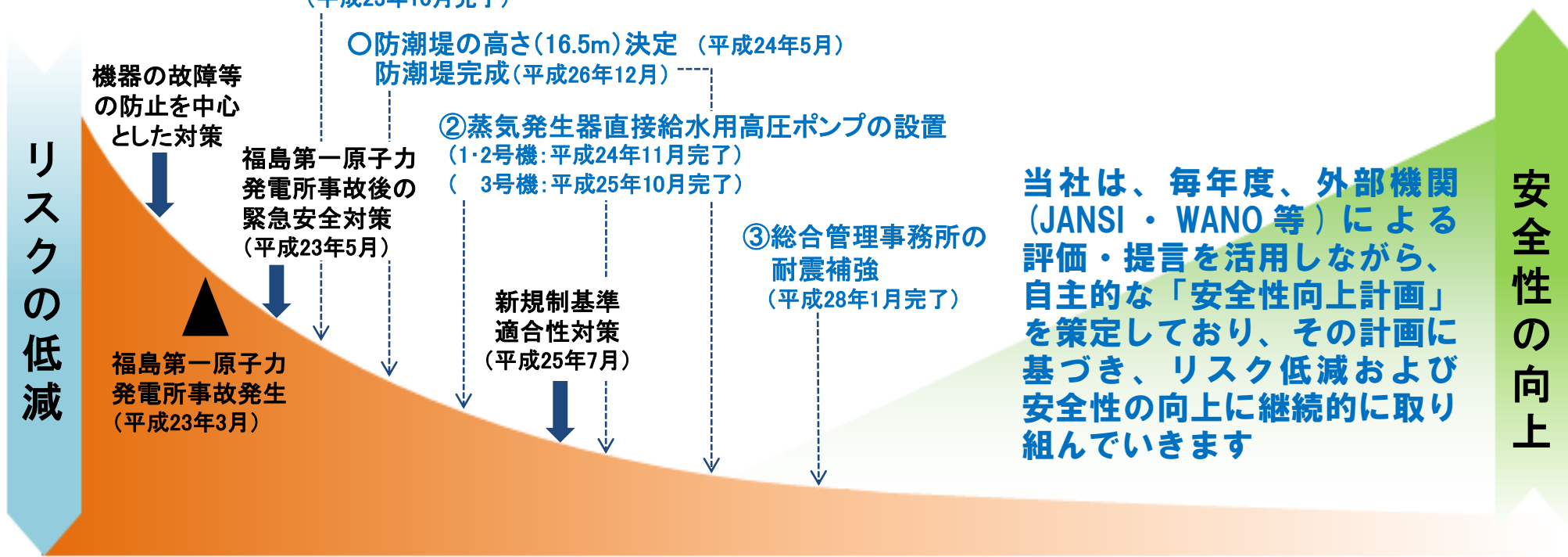
○ 夜間、吹雪などの悪天候下における重大事故等の発生を想定し、発電所への参集訓練を実施

5. さらになる安全性の向上を目指して

さらなる安全性の向上を目指した取組み

- ・ 当社は、「経営方針」の中で、原子力事故リスクを経営リスクの一番目に掲げ、「原子力事故リスクの発現防止」「万一事故リスクが発現した場合の影響低減」に全社をあげて取り組んでいます。
- ・ 新規制基準適合性対策はもとより、自主的な安全対策の実施、外部機関による提言を踏まえた「安全性向上計画」の策定・着実な実施など、様々な取組みを積み重ねることでリスク低減および安全性の向上に努めていきます。

※新規制基準施行前から自主的な安全対策を随時実施



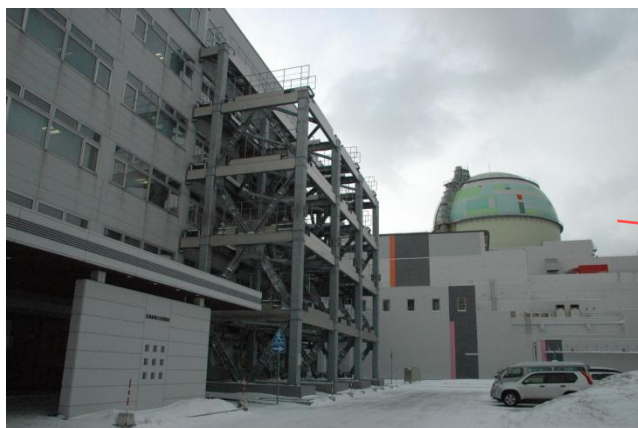
自主的な安全対策

- 当社は、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、以下のような自主的な安全対策を実施し、泊発電所の更なる安全性向上に努めています。



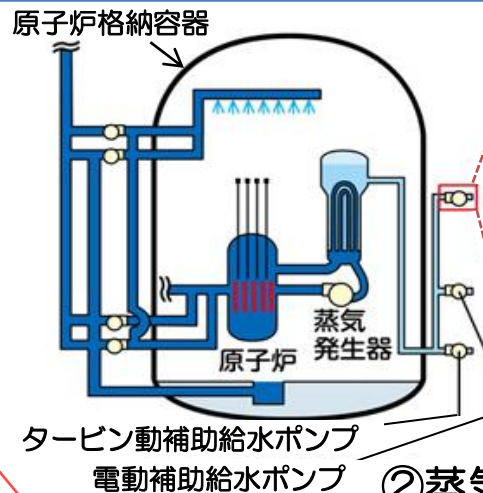
①水密扉を設置

万一、津波が敷地に侵入したとしても建屋が浸水しないよう、建屋入口に「水密扉」を設置



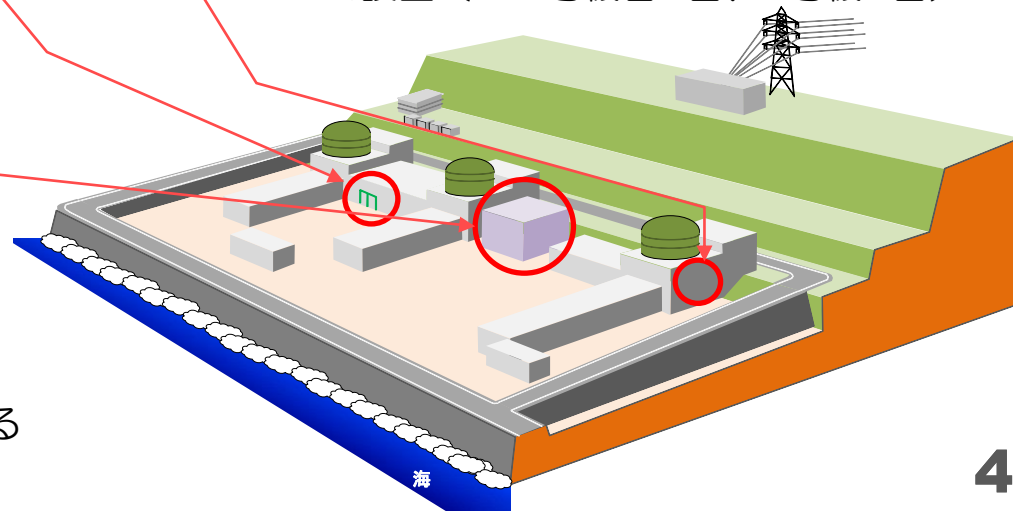
③総合管理事務所の耐震補強

緊急時の迅速な対応が可能となるよう、社員が勤務する総合管理事務所の耐震補強を実施



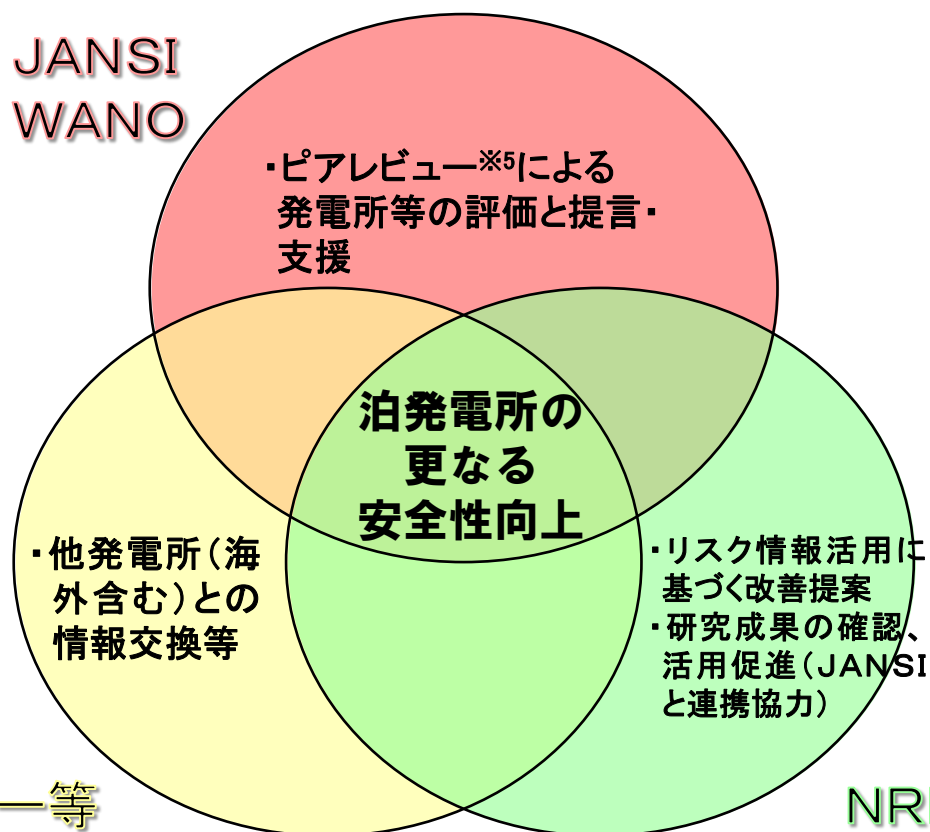
②蒸気発生器直接給水用高圧ポンプの設置

蒸気発生器を介して炉心（燃料）冷却するための既設の電動補助給水ポンプやタービン動補助給水ポンプが使用不能となった場合の備えとして設置（1・2号機各2台、3号機1台）



外部機関を活用した評価と改善

- ・ 泊発電所では、従来からJANSI※¹やWANO※²といった外部機関による評価・提言等を受けており、今後も積極的にこれらの評価・提言等を取り入れていくことで、さらなる安全性向上を目指していきます。
- ・ NRRC※³の研究活動へ参画し、確率論的リスク評価※⁴の高度化研究等の成果を積極的に取り入れていきます。
- ・ メーカーや海外電力などとの情報交換等により、安全性向上計画につながる知見を収集し、活用していきます。



※1 JANSI : 原子力安全推進協会

※2 WANO : 世界原子力発電事業者協会

※3 NRRC : 原子力リスク研究センター

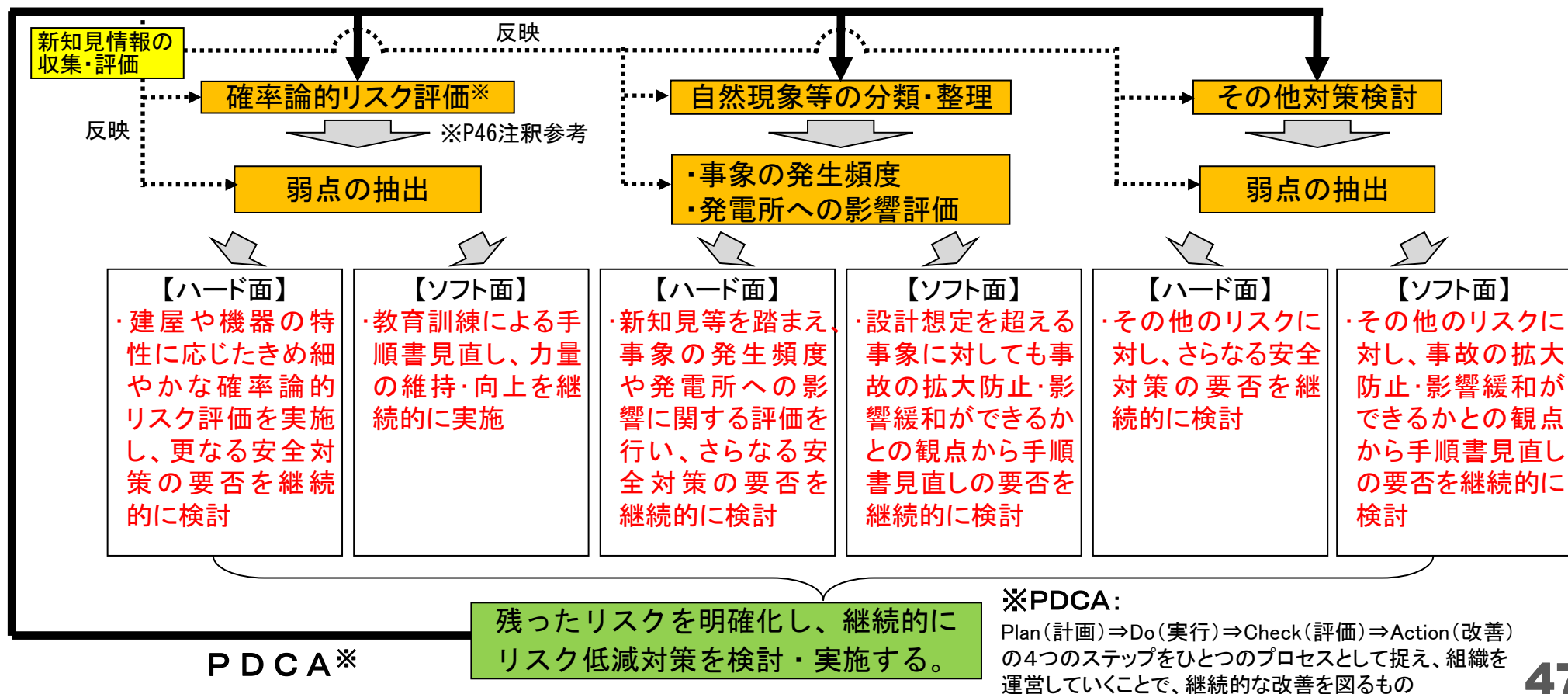
※4 確率論的リスク評価：施設を構成する機器・システム等を対象として、発生する可能性がある事象（事故・故障）を網羅的・系統的に分析・評価したうえで、重大事故に至る過程を網羅的に抽出し、それぞれの発生頻度と、万一それらが発生した場合の被害の大きさを定量的に評価する方法のこと

※5 ピアレビュー：専門的・技術的な共通の知識を有する者によって行われる評価や審査

リスク低減に向けたたゆまぬ取り組み

- ・当社は、安全性向上計画に基づき、継続的にリスク低減対策を検討・実施していきます。
- ・各種安全対策によりリスクの低減を図っても、原子力発電所の安全性向上の追求に終わりはありません。
- ・福島第一原子力発電所のような事故を決して起こさないという強い決意のもと、泊発電所の安全性向上のあくなき追求に今後とも取り組んでまいります。

(参考)安全性向上計画の検討フロー



余 白

【参考資料】

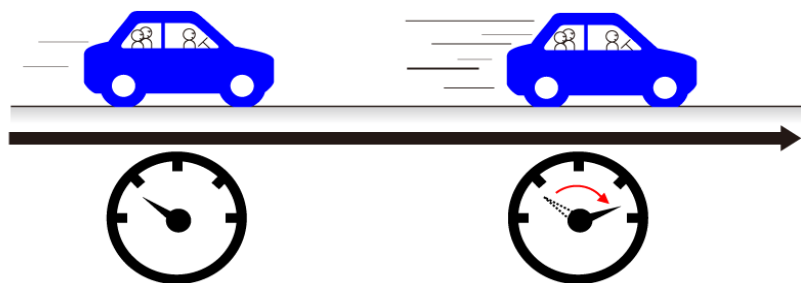
地震関係：P50～P59

安全対策関係：P60

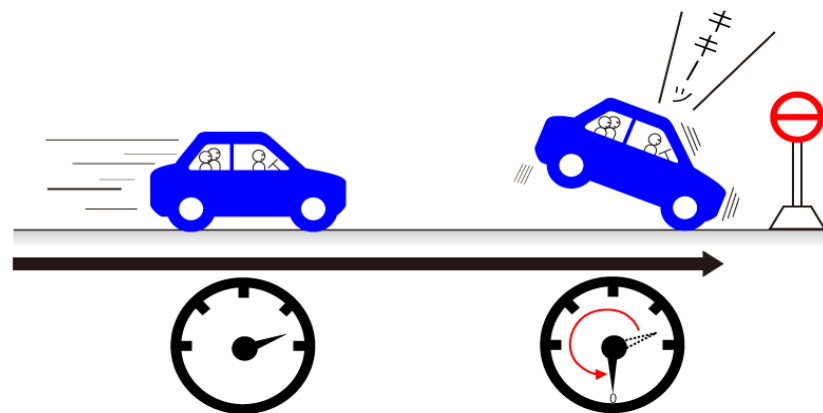
《加速度》

- ・地震による地盤や建物等の揺れの大きさを表す指標で、値が大きいほど揺れが激しいことを示します。
- ・原子力発電所の耐震設計にあたっては、加速度を用います。
- ・単位は、ガルで、1ガル=1cm/秒²(1センチメートル毎秒毎秒と読む)。
- ・1ガルは、1秒間に速さが秒速1cm変化することを意味します。

《加速度のイメージ》

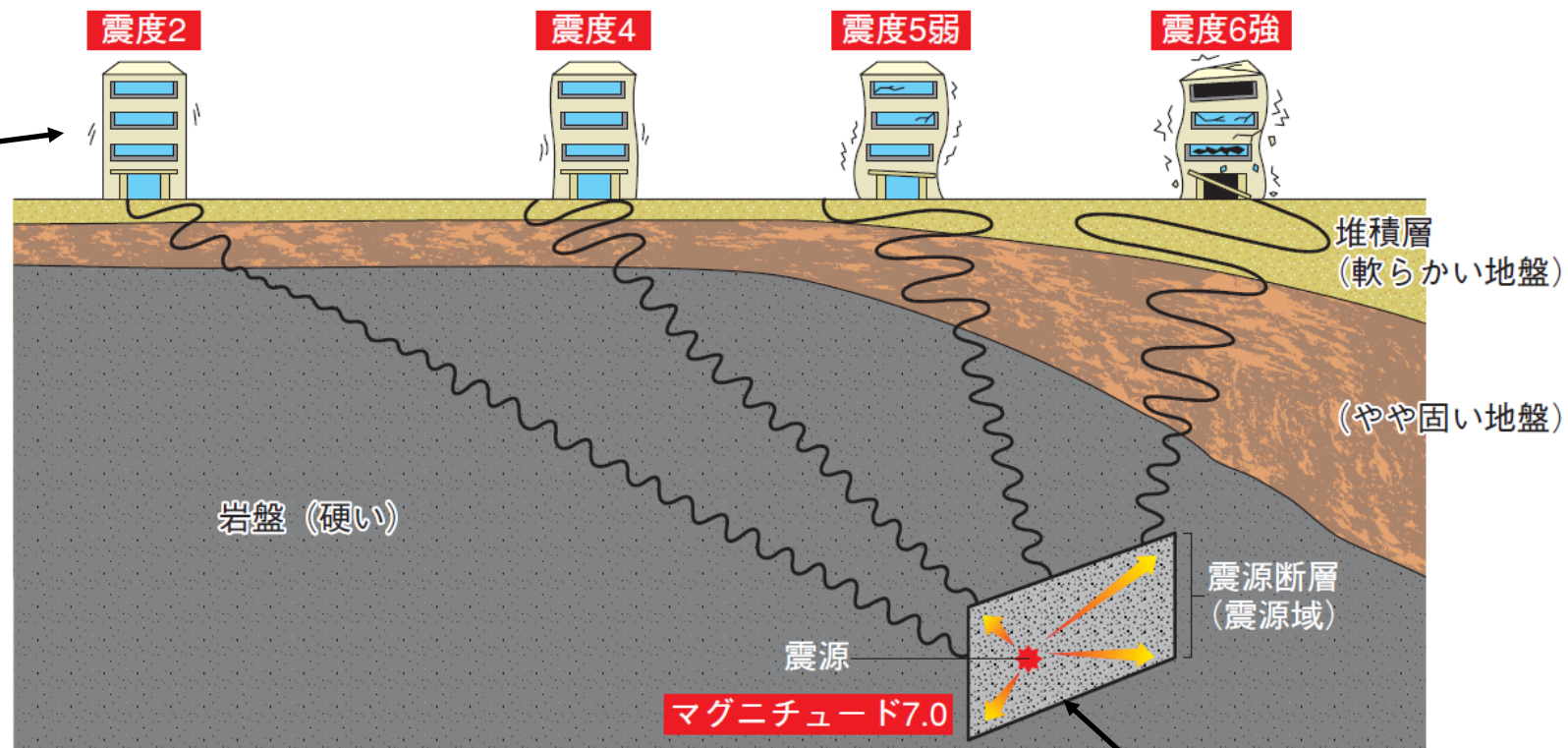


- ・一定の速度で走っていれば、加速度はゼロですが、急加速でアクセルを強く踏み込めば、体がシートに押し付けられる感じがします。
- ・そのときに感じる加速の度合いを「加速度」といいます。



- ・反対に、急ブレーキをかけたときも速度の変化(減少)があるので、加速度がかかります。

地震関係②(マグニチュード、震度、加速度)



出典:地震調査研究推進本部
「地震がわかる! Q&A」より抜粋

震度は、ある場所での地震による揺れの強さをあらわします。マグニチュードが大きくても、震源から遠いところでは、震度は小さくなります。

震度は機械により観測(計測震度)され、加速度の大きさ、揺れの周期や継続時間が考慮されます。

このため、**最大加速度**が大きい場所が**震度も大きくなる**とは限りません。

マグニチュードは地震そのものの大きさをあらわします。

地震関係③(参考:震度、加速度)

震度階級(H8.4~)

震度階	計測震度	揺れの状況(H21.3改定)
0	0.5未満	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。
1	0.5以上1.5未満	屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がいる。
2	1.5以上2.5未満	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。
3	2.5以上3.5未満	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。
4	3.5以上4.5未満	ほとんどの人が驚く。 電灯などのつり下げ物は大きく揺れる。
5弱	4.5以上5.0未満	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。
5強	5.0以上5.5未満	物につかまらなさと歩くことが難しい。棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが多くなる。
6弱	5.5以上6.0未満	立っていることが困難になる。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。
6強	6.0以上6.5未満	立っていることができず、はわないと動くことができない。固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが多くなる。
7	6.5以上	固定していない家具のほとんどが移動したり倒れたりし、飛ぶこともある。

旧震度階	河角式による 対応加速度 (ガル)
0	0.8以下
1	0.8~2.5
2	2.5~8.0
3	8.0~25
4	25~80
5	80~250
6	250~400
7	400※ 以上

※400ガル以上は気象庁が設定した値

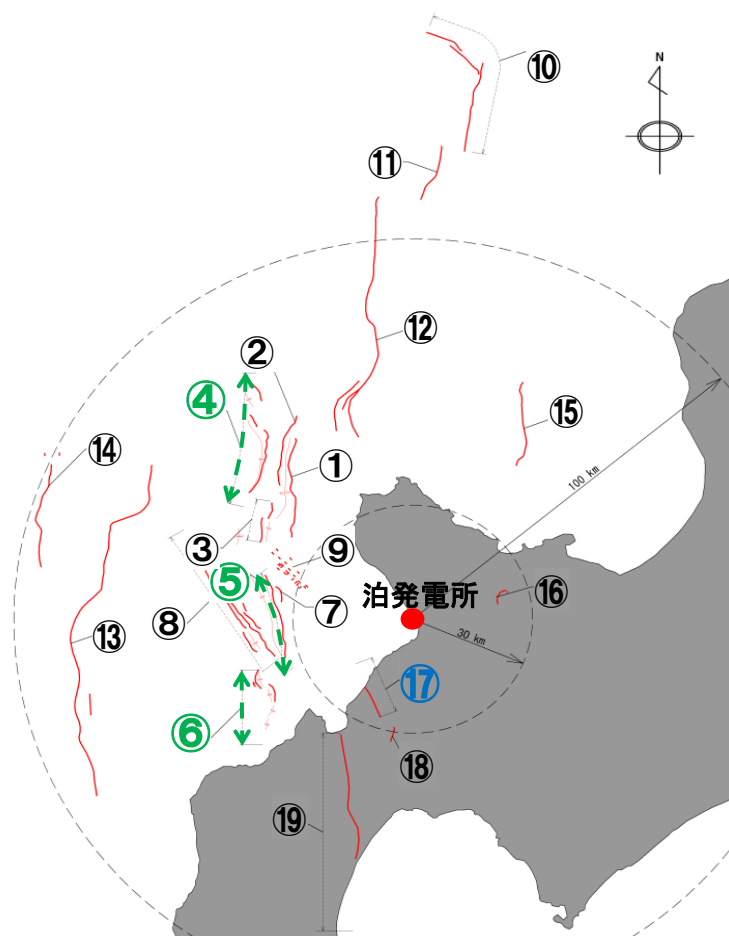
出典:気象庁験震時報第52巻
(昭和63年度)
「震度の計測化」より引用

出典:気象庁震度階級解説(平成21年3月)より抜粋

地震関係④(震源を特定して策定する地震動【詳細】)

- 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として、敷地周辺の地質等に関する詳細な調査を実施したうえで、発電所周辺に存在する活断層による揺れの大きさを評価しています。
- 揺れの評価にあたっては、自然現象の不確かさを考慮し、評価にあたっての各条件（断層の傾斜角、応力降下量、破壊の伝播速度など）を厳しく設定するなどしています。

《敷地周辺の主な活断層分布》



《敷地周辺の主な活断層》

断層の名称	断層長さ (km)	マグニチュード M	震央距離 Δ (km)
①神威海脚西側の断層	31.5	7.3	48
②F _D -1断層～③岩内堆北方の断層	39	7.5	51
④F _S -10断層～⑤岩内堆東撓曲～ ⑥岩内堆南方背斜	98	8.2	42
⑦F _S -12断層	6.7	6.2	34
⑧寿都海底谷の断層	42	7.5	47
⑨神恵内堆の断層群	—	—	34
⑫F _A -2断層	65	7.9	81
⑬F _B -2断層	101	8.2	85
⑭F _B -3断層	45	7.6	99
⑮F _C -1断層	27	7.2	59
⑯赤井川断層	5	6.0	23
⑰尻別川断層	16	6.8	22
⑱目名付近の断層	5	6.0	31
⑲黒松内低地帯の断層	51	7.7	58

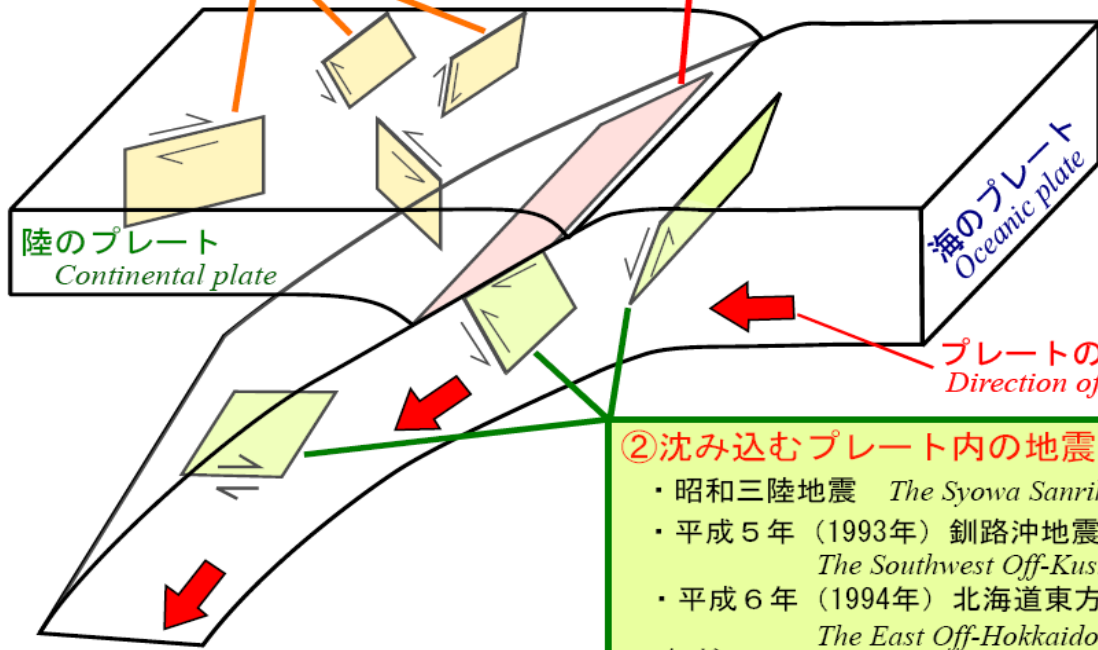
※: 赤字は、敷地に震度5程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層
 緑の網掛けは、基準地震動として選定した地震の揺れ

地震関係⑤(地震発生メカニズム)

- ③陸域の浅い地震** *Shallow Crustal Earthquakes*
- ・平成7年(1995年)兵庫県南部地震
The Southern Hyogo Prefecture Earthquake of 1995
 - ・平成16年(2004年)新潟県中越地震
The Mid-Niigata Prefecture Earthquake of 2004
 - ・平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震
The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake of 2008
 - ・長野県・新潟県県境付近の地震(2011.03.12)
The earthquake around the border of Nagano and Niigata prefectures on March 12 2011
- など

- ①プレート境界の地震** *Interplate Earthquakes*
- ・南海地震 *The Nankai Earthquake*
 - ・東南海地震 *The Tonankai Earthquake*
 - ・平成15年(2003年)十勝沖地震
The Tokachi-oki Earthquake of 2003
 - ・平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake
- など

・各種調査によって、震源の位置や規模が特定できる地震に加え、現在の知見ではどんなに調査を尽くしても、事前に震源の位置や規模の特定が困難なものがあることを踏まえ、「震源を特定せず策定する地震動」を考慮している。



・各種調査によって、震源の位置や規模が特定できる地震(敷地ごとに震源を特定して策定する地震動)

- ②沈み込むプレート内の地震** *Intraplate Earthquakes*
- ・昭和三陸地震 *The Syowa Sanriku Earthquake*
 - ・平成5年(1993年)釧路沖地震
The Southwest Off-Kushiro Earthquake of 1993
 - ・平成6年(1994年)北海道東方沖地震
The East Off-Hokkaido Earthquake of 1994
- など

地震関係⑥(震源を特定せず策定する地震動【詳細】)

- ・ 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドに示す16地震のうちMw*6.5以上の2地震 (No.1・2) については、発電所周辺の地形や地質と比べて共通する点があれば考慮すべきこととされており、泊発電所は岩手・宮城内陸地震 (No.1) を検討対象としています。
- ・ Mw6.5未満の14地震 (No.3~16) については、全国どこでも起きうるものとして考慮が必要とされており、当社では、留萌支庁南部地震 (No.13) を検討対象としています。

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

《当社の評価結果》

【岩手・宮城内陸地震について】

- ・ 泊発電所の敷地近傍・周辺の様子は、岩手・宮城内陸地震の震源域と同様な条件の地域ではないと判断されるものの、さらなる安全性の観点から、岩手・宮城内陸地震を基準地震動の検討対象とした。
- ・ 震源近傍の観測記録の評価を行い、3地点(栗駒ダム・金ヶ崎・一関東[水平])の地震動について、基準地震動として考慮。

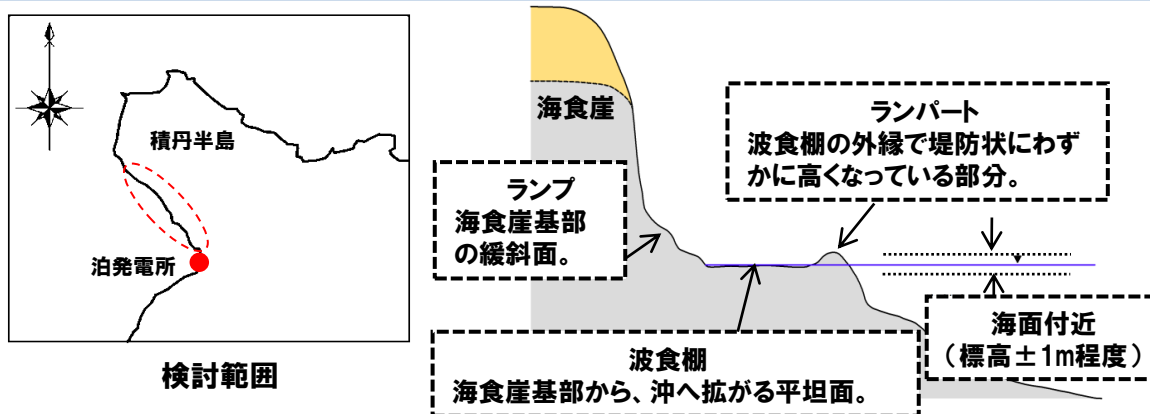
【Mw6.5未満の地震について】

- ・ 検討の結果「(No.13)2004年北海道留萌支庁南部地震」の基盤における地震動(609ガル)を620ガルに基準化した地震動として考慮

※Mw(モーメントマグニチュード):岩盤のずれの規模をもとにして計算したマグニチュードのこと。普通のマグニチュード(M)は地震計で観測される波の振幅から計算されるが、規模の大きな地震になると岩盤のずれの規模を正確に表せない。Mwの値を求めるには高性能の地震計のデータを使った複雑な計算が必要なため、地震発生直後迅速に計算することは困難なため、地震発生後直ちに発表される地震規模は普通のマグニチュード(M)。

地震関係⑦(積丹半島西岸の海岸地形)

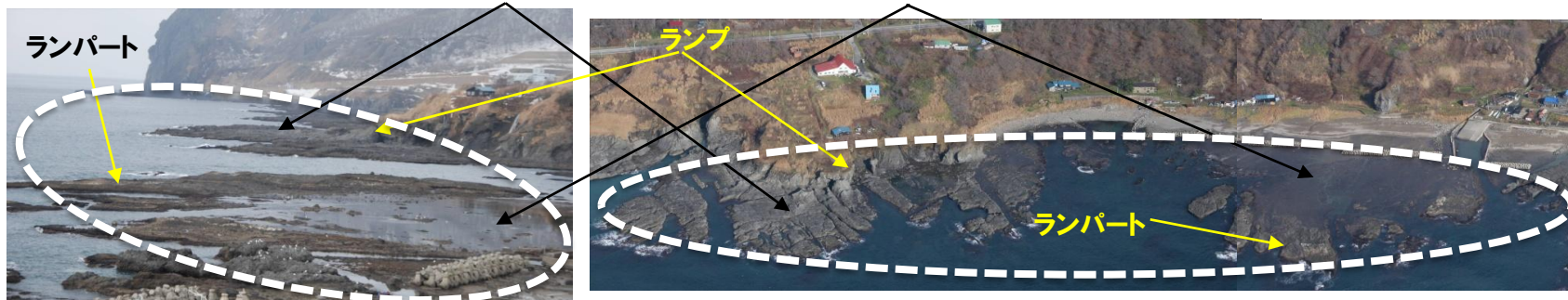
- ・ 国（原子力規制委員会）から、積丹半島西岸の海岸地形に関して、「海岸地形が海面より高いところがあり、地震性の隆起を否定できない」との指摘がありました。



検討範囲

海面付近より標高の高い地形

波食棚



積丹半島西岸部の海岸地形の例(泊村照岸付近)

- ・ 当社の見解として以下の内容を審査会合でご説明しています。
 - ✓ 指摘の地形は、地震性の隆起ではなく、波の浸食により形成されたもの
 - ✓ 陸上・海底の地質調査の結果から、泊発電所の敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には、震源として考慮すべき活構造（活断層）は認められない
- ・ 当社見解について、概ね了解を頂いていますが、平成28年7月1日の現地調査で頂いたコメントに対し、速やかにご説明するよう対応中です。

地震関係⑧(耐震設計の考え方)

- 各設備の耐震性を評価するにあたっては、選定した基準地震動による揺れが各設備にどのような揺れを生じさせるかを評価する必要があり、地震による周期ごとの揺れを表したものを「応答スペクトル図」と呼んでいます。
- 例えば、2004年留萌支庁南部地震では、地震そのものの揺れによる最大加速度は、620ガルです。
- 一方、各設備は、その形状などに応じてそれぞれ特定の揺れやすい周期（固有周期）を持っていることから、一口に2004年留萌支庁南部地震の揺れといっても、全ての設備が一律に620ガルの揺れを受けるわけではありません。仮に、周期0.02秒に固有周期を持つ設備がある場合には、620ガルの揺れ、周期0.4秒に固有周期を持つ設備では約1,700ガルの揺れとなるなど、同じ地震でも周期によって揺れ方は異なります。
（固有周期の例：低い建物は短い周期の揺れ（短周期）の影響を受けやすく、高層ビルなどの高い建物では、長いゆっくりした揺れ（長周期）の影響を受けやすいなど）
- また、2008年岩手・宮城内陸地震（金ヶ崎）では、周期0.02秒では留萌の地震の加速度を下回りますが、3秒以上の長周期では約300ガルとなり、留萌の地震を上回るなど、地震それぞれに揺れの特性があります。
- そのため、原子力発電所の耐震設計においては、各設備の固有周期の揺れを特に考慮する必要があります。（周期ごとに最も高い加速度に耐えられるよう設計する必要があります）

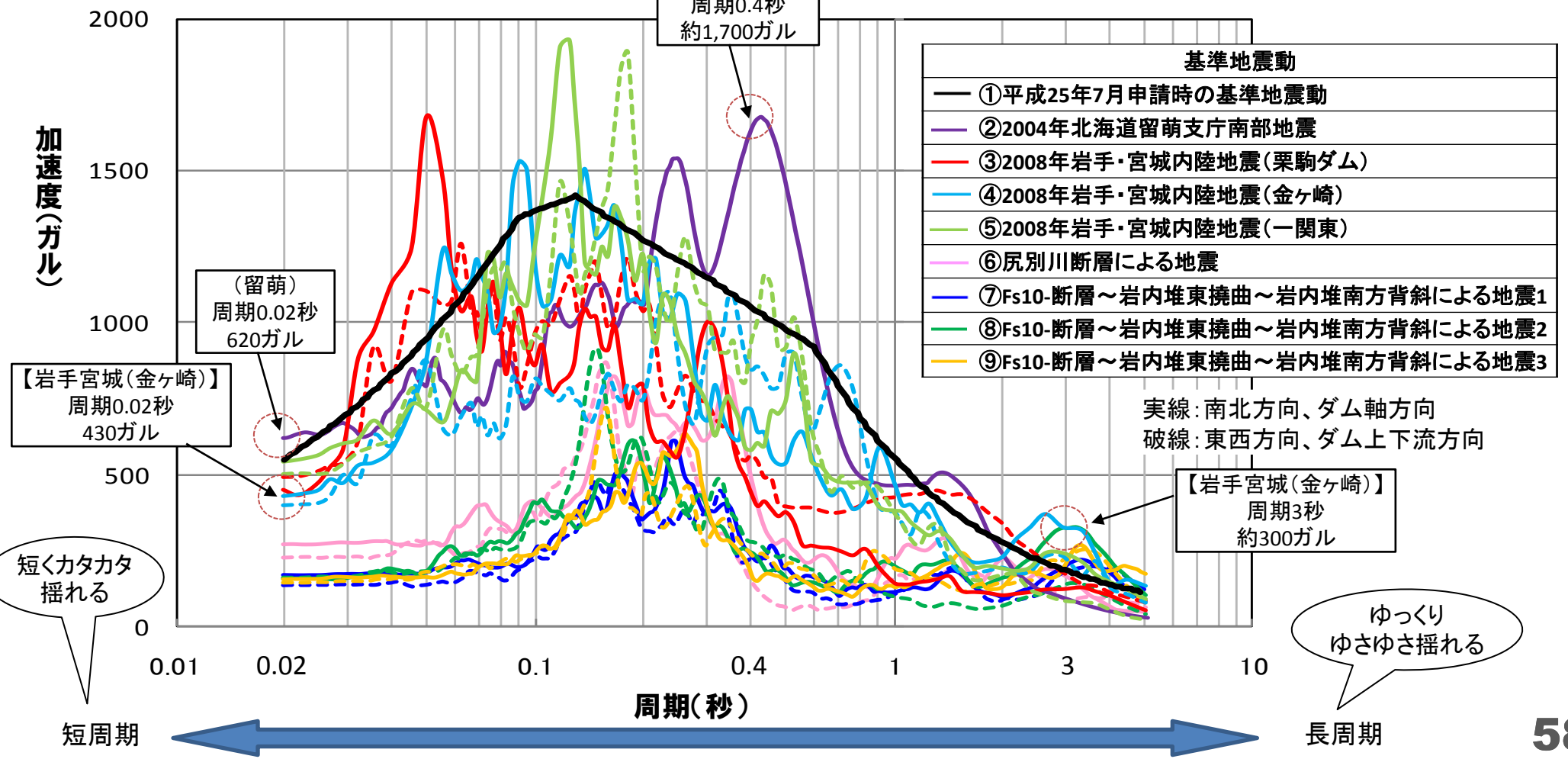
地震関係⑨(応答スペクトル図の見方)

各基準地震動に対して、周期ごとにどの程度の揺れを示すかを表した図

h=減衰
 ・機器の材質や形状により、空気抵抗や摩擦力が生じ、揺れが時間とともに徐々に小さくなること
 ・h=0.05は構造物の評価において一般的に使用される値

《応答スペクトル図》

(h=0.05)



地震関係⑩(設備の耐震重要度分類)

- 原子力発電所の耐震設計においては、放射性物質の放出を防ぐ機能を有した設備、原子炉を安全に停止させるための設備、冷却状態を維持するための設備など、その重要度に応じて、建物・構造物および機器配管系をS、B、Cクラスに分類して、それぞれに対応した耐震性の確保が求められています。

原子炉施設の耐震重要度分類

分類	主な機器・建屋	必要な耐震性
Sクラス	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉容器、原子炉格納容器、制御棒、非常用ディーゼル発電機など (止める・冷やす・閉じ込める機能を有する設備) 上記が設置されている建屋 (原子炉建屋など) 	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対して安全機能を保持できること 建築基準法で規定される地震力の3.0倍※
Bクラス	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物処理設備 など (機能喪失した場合の影響がSクラス設備と比べ小さい設備) 上記が設置されている建屋 	<ul style="list-style-type: none"> 建築基準法で規定される地震力の1.5倍※
Cクラス	<ul style="list-style-type: none"> タービン設備、発電機 など (一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される設備) 上記が設置されている建屋 	<ul style="list-style-type: none"> 建築基準法で規定される地震力の1.0倍※

※機器・配管はさらに2割増し

安全対策関係(非常電源等が機能しない場合の炉心(燃料)等の冷却)

- ・ 加圧水型である泊発電所は、従来から、蒸気発生器を介した冷却対策として、「電動補助給水ポンプ」のほか、万一外部からの電力供給が途絶え、非常用ディーゼル発電機や海水ポンプが機能を失った場合でも、蒸気発生器で発生する蒸気ので駆動し、炉心の熱を冷却することができる「タービン動補助給水ポンプ」を備えています。
- ・ さらに、電動補助給水ポンプやタービン動補助給水ポンプが使用不能となった場合に備え、新たに「蒸気発生器直接給水用高圧ポンプ」を設置しました。

