

図-1 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事

【工事概要】

国外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、1次冷却材の流れのない配管（高温環境で溶存酸素濃度が高い）の溶接部について、計画的に対策工事*1を実施しており、今回は、余熱除去系統1箇所および化学体積制御系統4箇所について耐食性に優れた材料に取り替えた。また、取替え時の作業性を考慮し、対象箇所周辺の弁や配管の一部を取り替えた。

* 1 応力集中の小さい溶接形状への変更と耐食性に優れた材料への変更

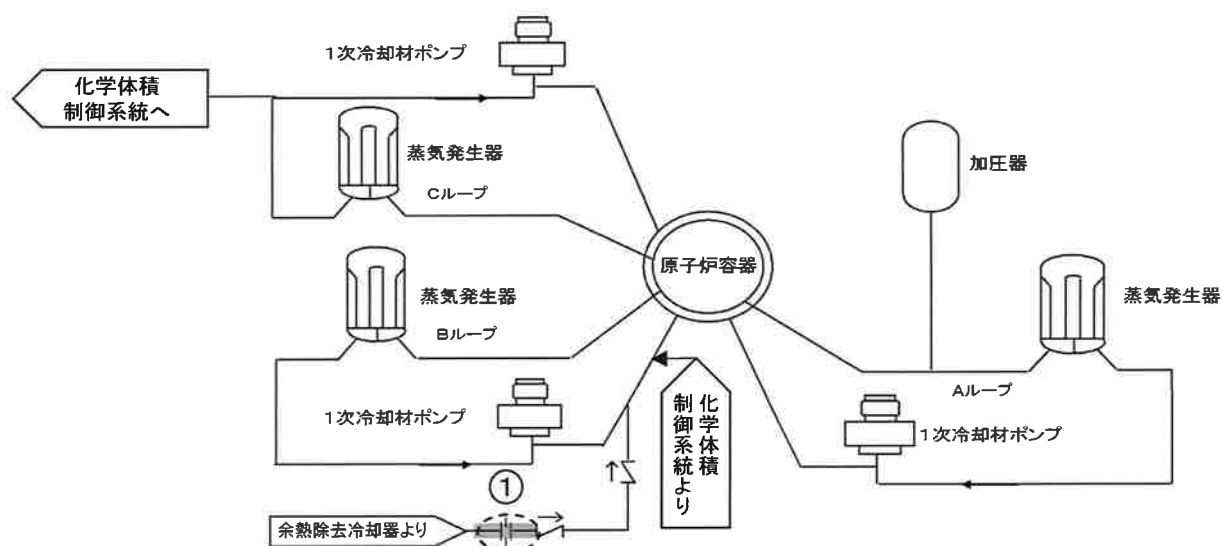
系 統 名	箇所数	図中番号
余熱除去系統	1	①
化学体積制御系統	4	②

取替範囲概略図

【原子炉冷却系統】

■ : 取替範囲

○ : 感受性が高いと考えられる部位



【化学体積制御系統】

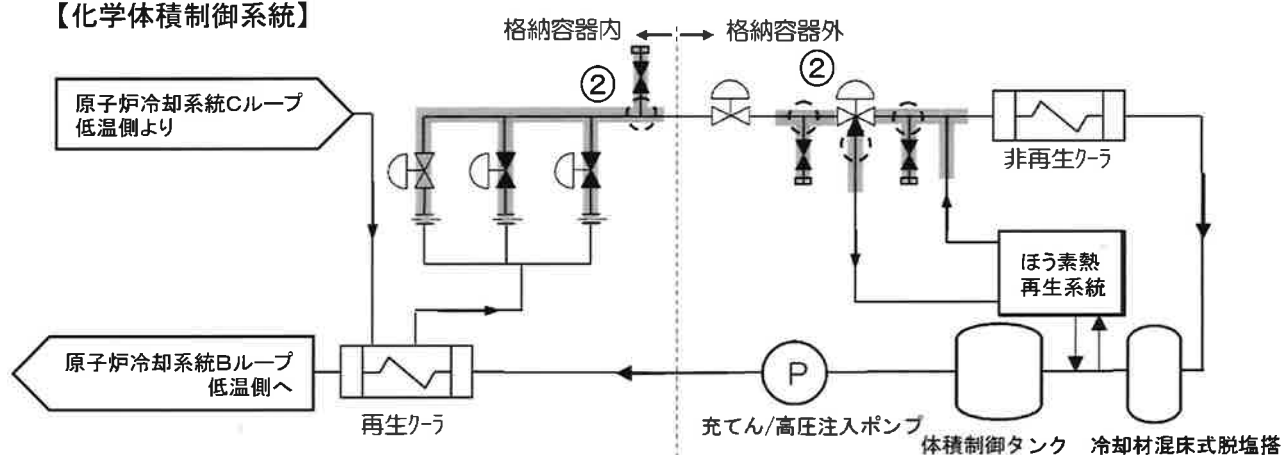
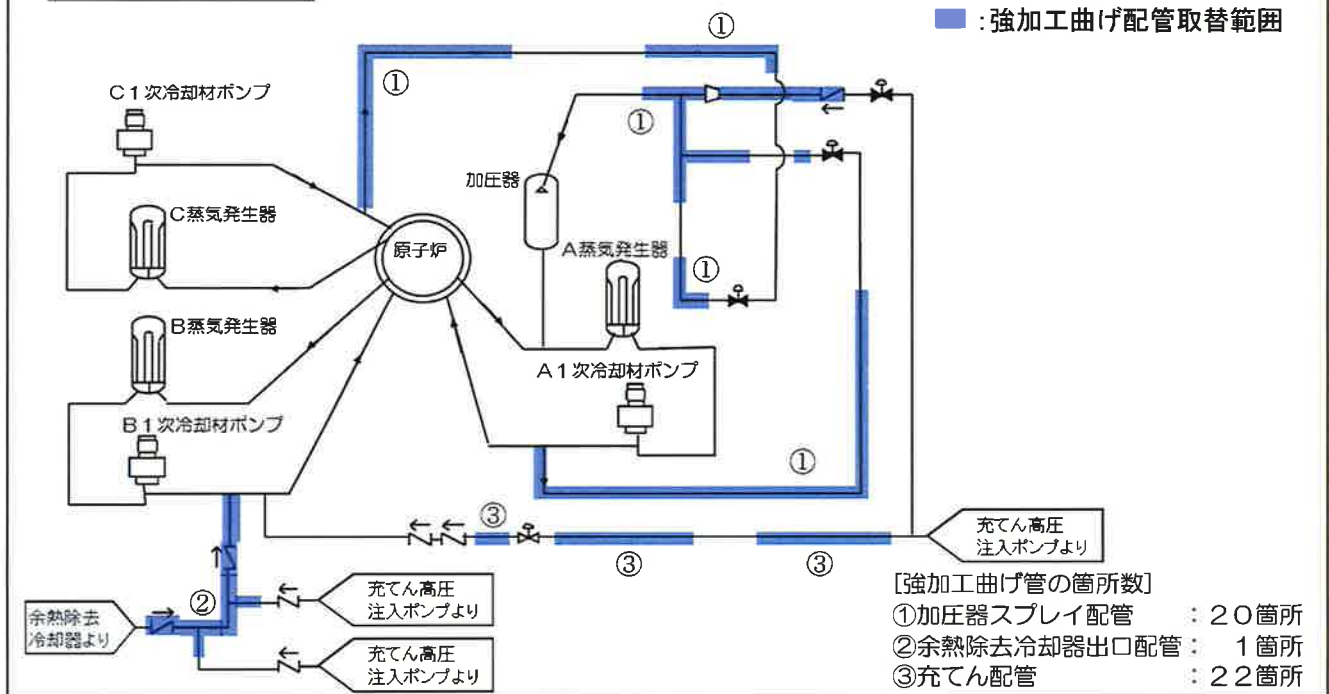


図-2 1次系強加工曲げ配管取替工事

【工事概要】

国外BWRプラントにおいて、芯金を使用して曲げ加工した配管の内面で応力腐食割れが発生した事象を踏まえ、予防保全として、1次冷却材系統につながる曲げ配管のうち、芯金を使用して曲げ加工したものを、芯金を使用せずに曲げ加工した配管等に取り替えた。

取替範囲概略図



工事概略図（曲げ加工方法）

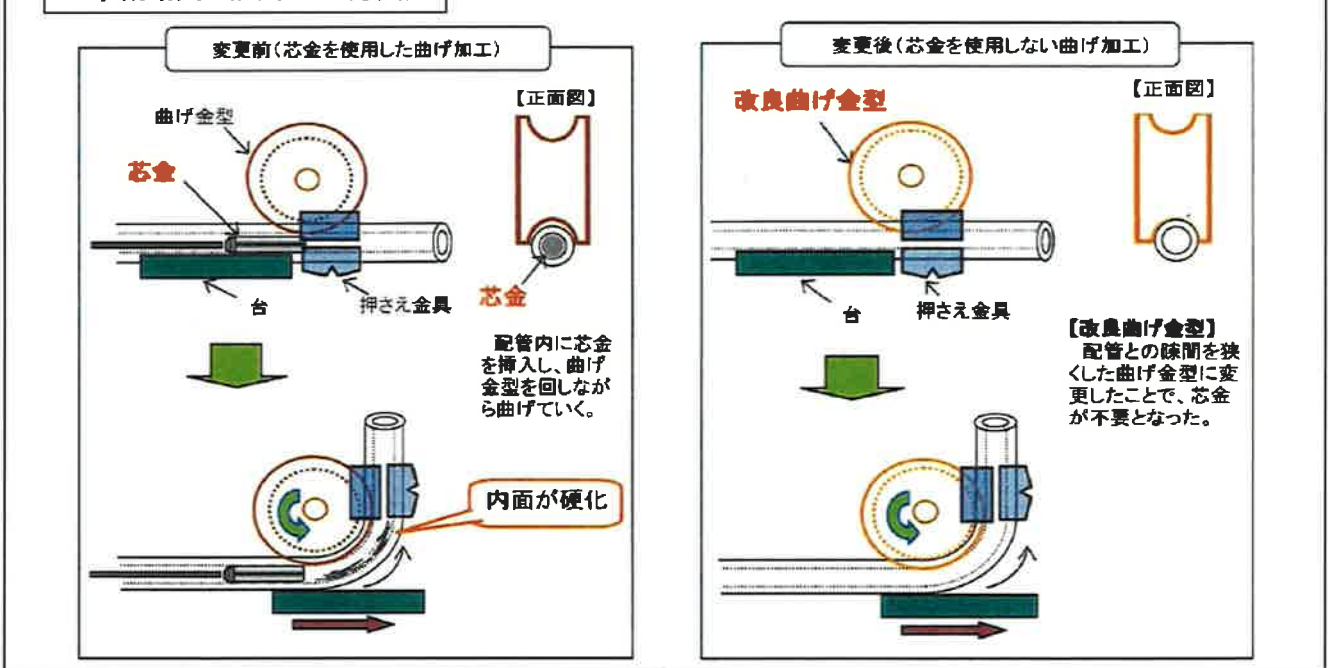


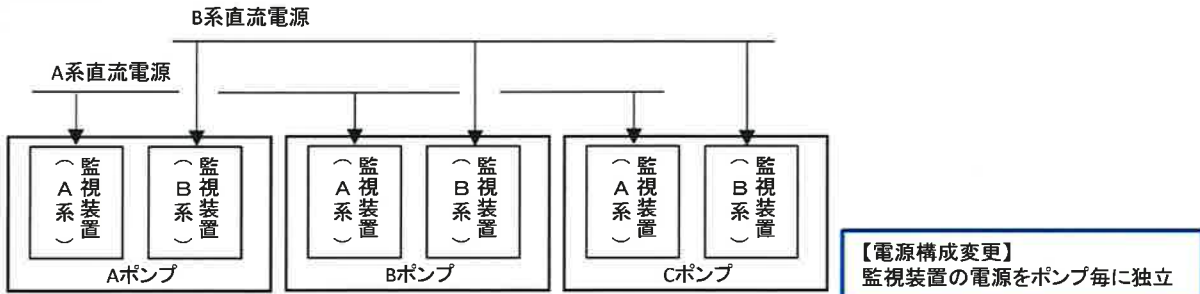
図-3 1次冷却材ポンプ電源監視回路改造工事

【工事概要】

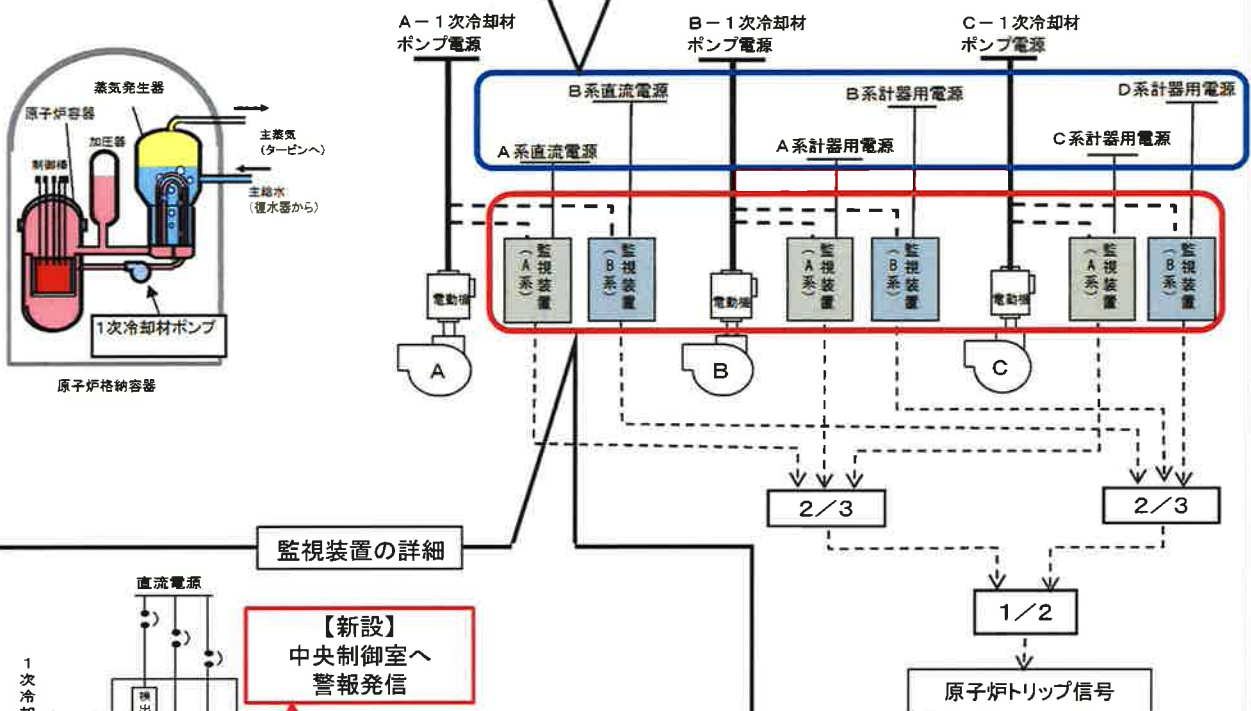
1次冷却材ポンプ駆動用電源の電圧および周波数の低下を監視する装置の電源が喪失した状態で運転することを防止するため、監視装置の電源が喪失した場合には中央制御室に警報を発報するとともに、「電源電圧低」および「電源周波数低」の信号を発信する回路構成に変更した。

1次冷却材ポンプ電源監視回路概要図

(変更前)



電源系統は、変更前は各ポンプ監視装置の電源が系統毎に共通であり、1系統が電源喪失となった場合には、すべての監視装置が原子炉トリップ信号を発信する構成であることから、ポンプ毎に独立した電源系統に変更する。



監視装置の詳細

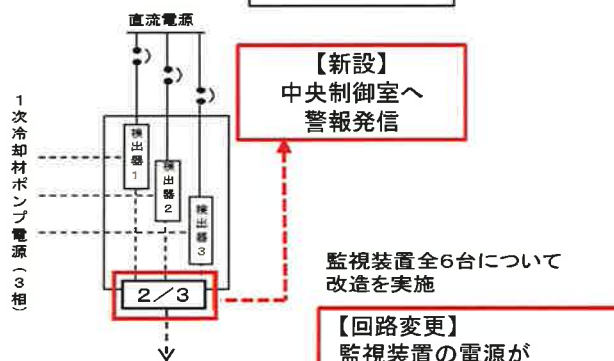


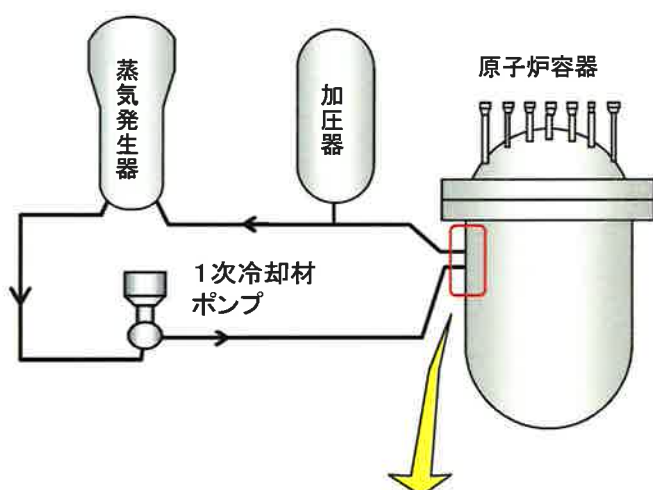
図-4 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事

【工事概要】

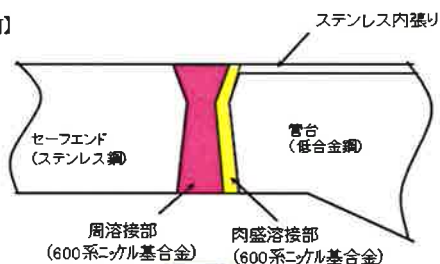
国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器出入口管台溶接部について、溶接部内面全周を研削した後、耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接を行った。

【系統概要図】

□ : 690系ニッケル基合金溶接



【工事前】



【工事後】



原子炉容器出入口管台
(原子炉容器出入口管台: 6箇所)

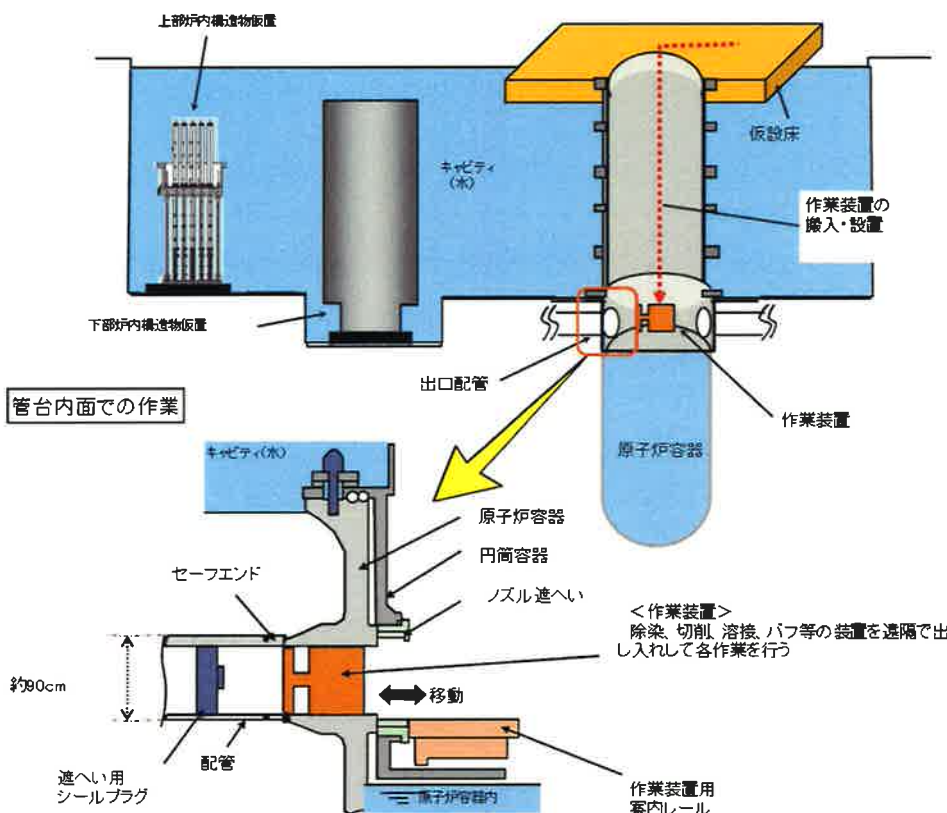


図-5 原子炉容器供用期間中検査

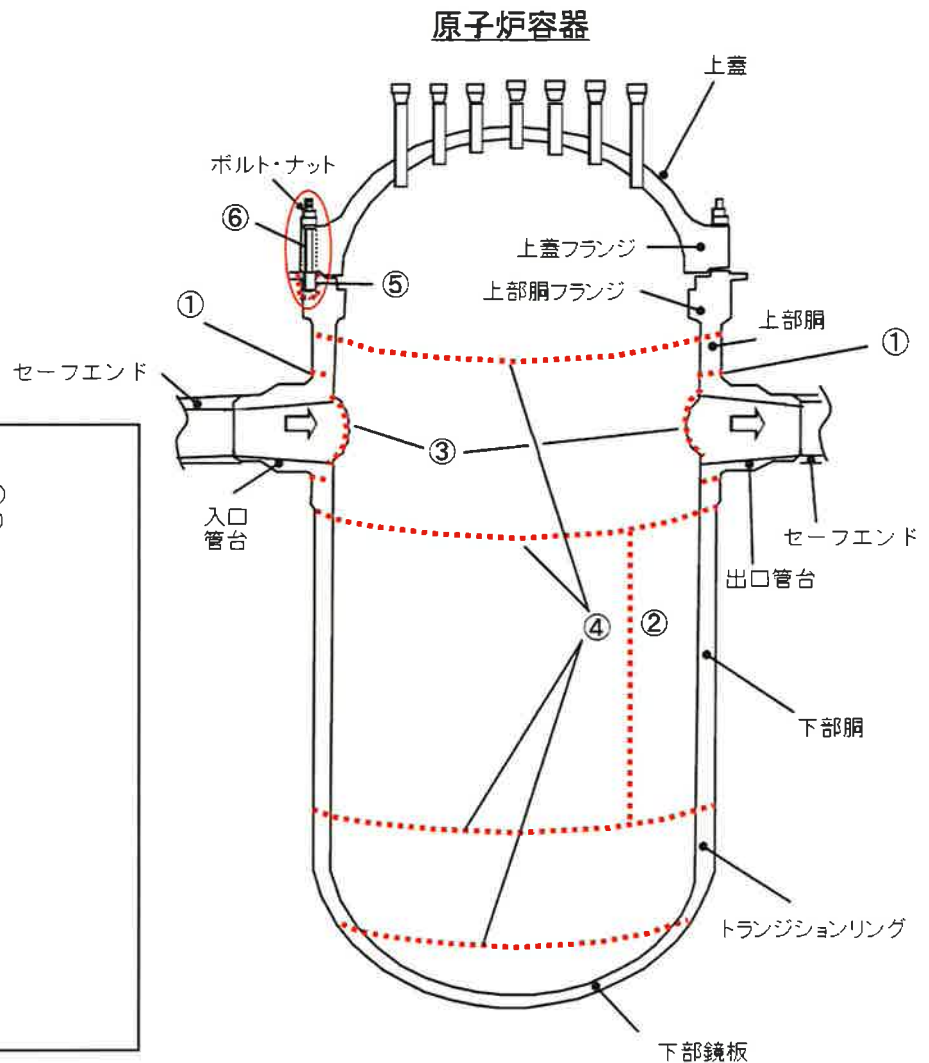
【検査概要】

原子炉容器の供用期間中検査として、原子炉容器溶接部等の超音波探傷検査を行い、健全性を確認した。

超音波探傷検査の箇所

..... : 検査箇所

- ① 入口管台と胴との溶接部(A～Cループ)
出口管台と胴との溶接部(A～Cループ)
全6箇所の溶接部を検査
- ② 下部胴の長手溶接部
全3箇所の溶接部を検査
- ③ 入口管台内面丸み部(A～Cループ)
出口管台内面丸み部(A～Cループ)
全6箇所の丸み部を検査
- ④ 胴の溶接部
全4箇所の溶接部を検査
- ⑤ 胴フランジ ネジ穴のネジ部
58箇所中19箇所を検査
- ⑥ スタッドボルト
58本中13本を検査



検査装置の概要

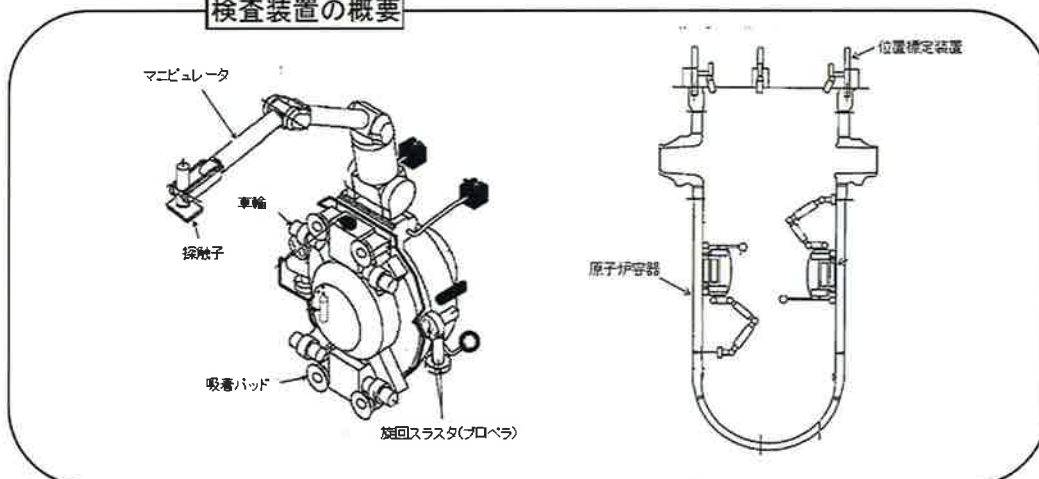


図-6 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、682箇所について超音波検査(肉厚測定)を実施した。

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく超音波検査(肉厚測定)部位

	「2次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位	今回点検実施部位
主要点検部位	1,803	464
その他部位	1,131	218
合計	2,934	682

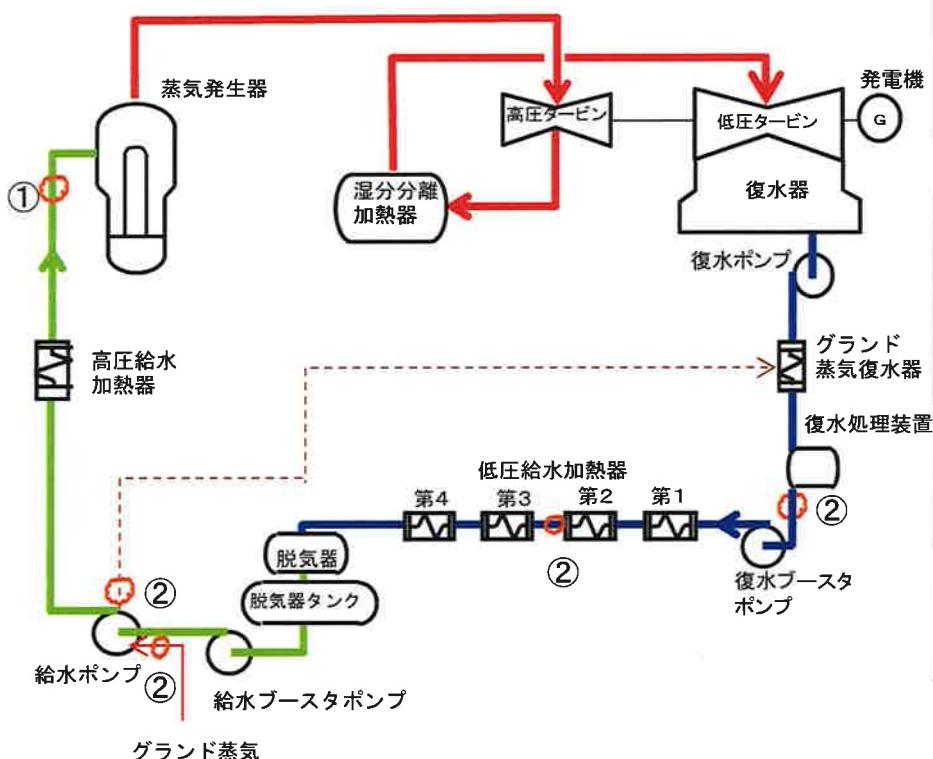
検査結果:必要最小厚さを下回る箇所および次回定期検査までに必要最小厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

【取替理由】

取替概要

過去の点検で減肉が確認された部位1箇所、今後の保守性を考慮した部位19箇所、合計20箇所を耐食性に優れたステンレス鋼または低合金鋼の配管に取り替えた。

概要図



- ① 過去の点検結果で減肉が認められているため、計画的に取り替える箇所(1箇所)
・必要最小厚さとなるまでの期間が5年以上の箇所(1箇所)
炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 1箇所
- ② 配管の保守性※を考慮して取り替える箇所(19箇所)
炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 18箇所
炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 1箇所
- 合計 20箇所

※ 狭隙部で肉厚測定がしづらい小口径配管などについて取り替える。

図-7 蒸気発生器伝熱管の損傷について

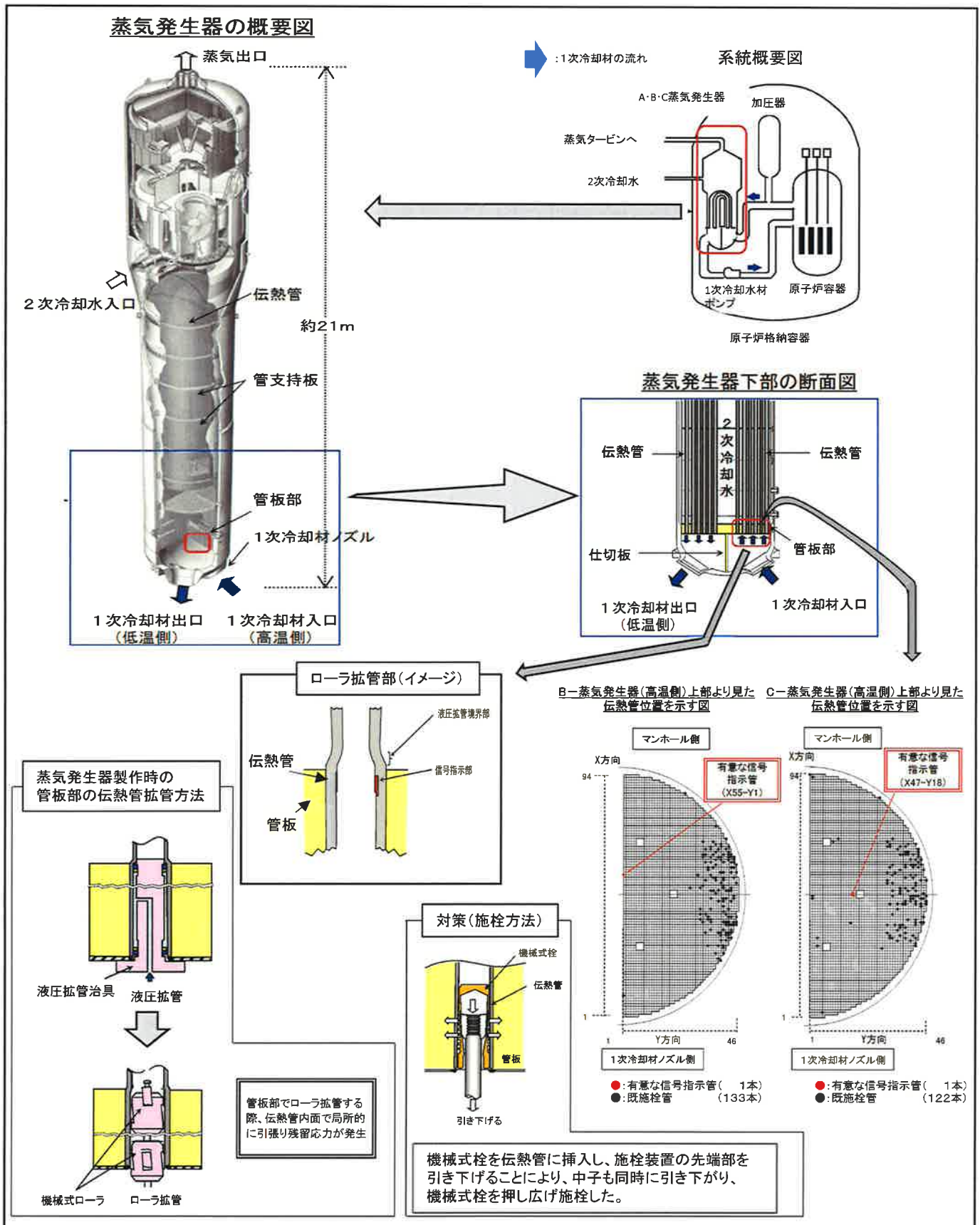
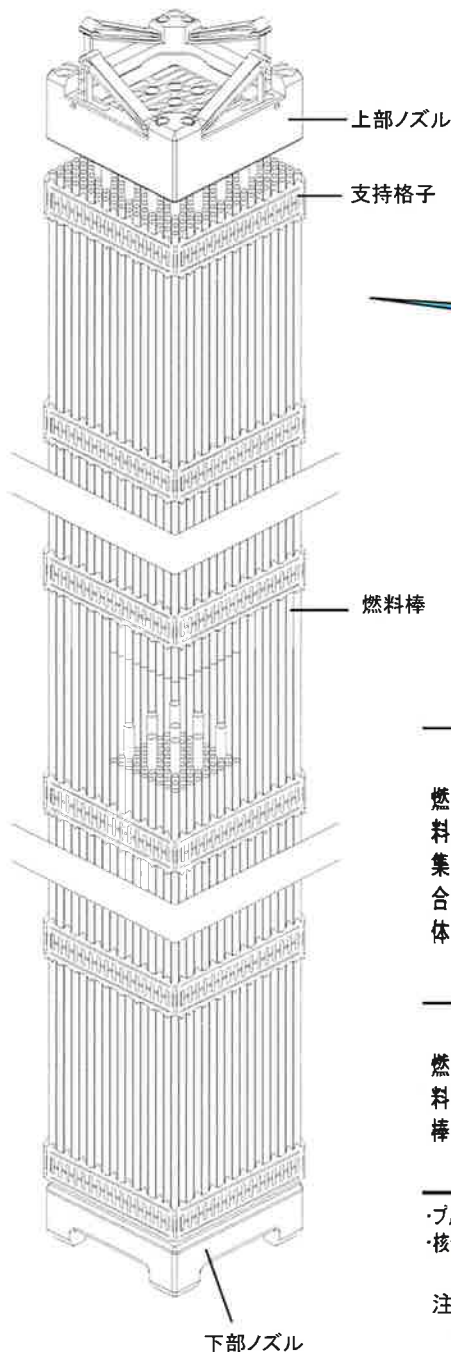


図-8 MOX燃料の概要

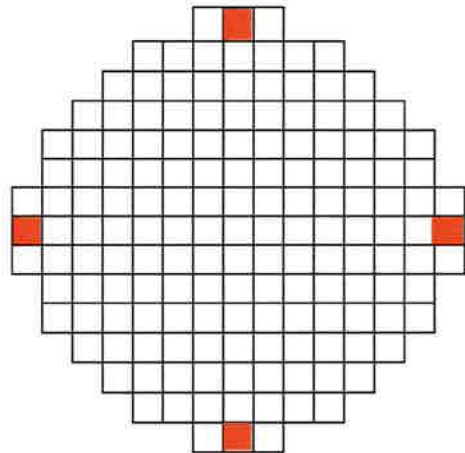
使用済燃料を再処理して得られるプルトニウムを利用したウラン・プルトニウム混合酸化物燃料（MOX燃料）を取替燃料の一部として使用した。

MOX燃料集合体概略図



原子炉容器内MOX燃料集合体配置

今回は燃料157体のうち、MOX新燃料4体



ウラン燃料とMOX燃料の仕様

		ウラン燃料(現行)	MOX燃料
燃料集合体	燃料棒配列	17×17	同左
	全長	約4.1m	同左
	燃料棒数	264本	同左
	U-235濃縮度	約4.1wt%	約0.2～0.4wt%
	平均核分裂性 プルトニウム富化度	—	約6.1wt%
	最高燃焼度	48,000MWd/t	45,000MWd/t
燃料棒	ペレット材	二酸化ウラン	二酸化ウラン・二酸化プルトニウム
	ペレット直径	約8.1～8.2mm	同左
	被覆管外径	約9.5mm	同左
	被覆管厚さ	約0.6mm	同左
	被覆管材料	ジルカロイ-4	同左

・プルトニウム富化度の値は代表例を示したもの。

・核分裂性プルトニウム富化度=(プルトニウム239+プルトニウム241)/(全プルトニウム+全ウラン)

注: MOX燃料の装荷に係るほう素濃度等の変更

・ほう素濃度

燃料取替用水タンク 1台(2800ppm以上)、ほう酸注入タンク 1台(21000ppm以上)、
蓄圧タンク 3台(2800ppm以上)

・燃料取替時のほう素濃度(2800ppm以上)

・ほう酸タンク 2台のほう酸水量(58.9m³以上)

・よう素除去薬品タンク 1台の苛性ソーダ水量(11.7m³以上)

なお、この変更に伴う設備の設置及び改造工事はない。

図-9 設計基準対策（その1）

【工事概要】

設計基準対応工事として、地震対策、津波対策、その他自然現象（竜巻対策、外部火災）火災防護対策、内部溢水対策等を実施した。

例)

地震対策：耐震補強工事、斜面崩落対策工事

津波対策：放水口側防潮堤設置、取水路防潮ゲート設置、自然現象監視カメラ、潮位計設置

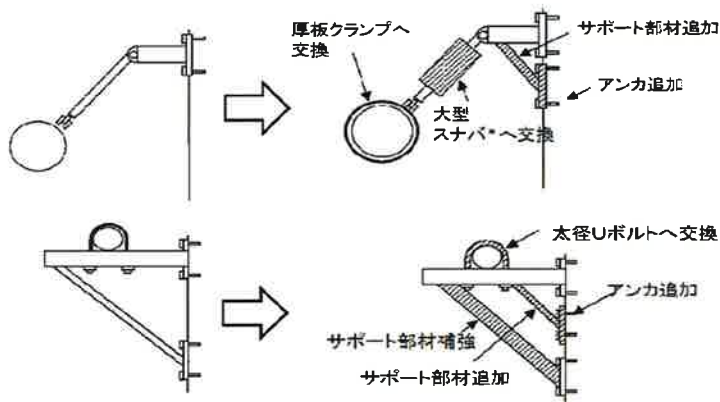
〔下線の対策を下記工事概要図に示す〕

工事概略図

【地震対策（例）】

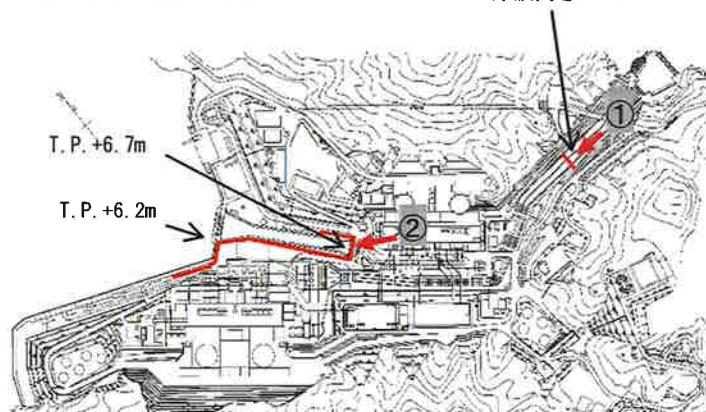
<耐震補強工事>

基準地震動：700ガル

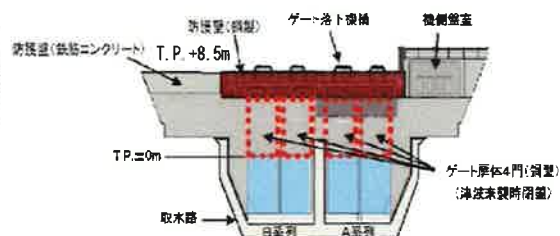


【津波対策（例）】

津波高さ：T.P. +6.2m

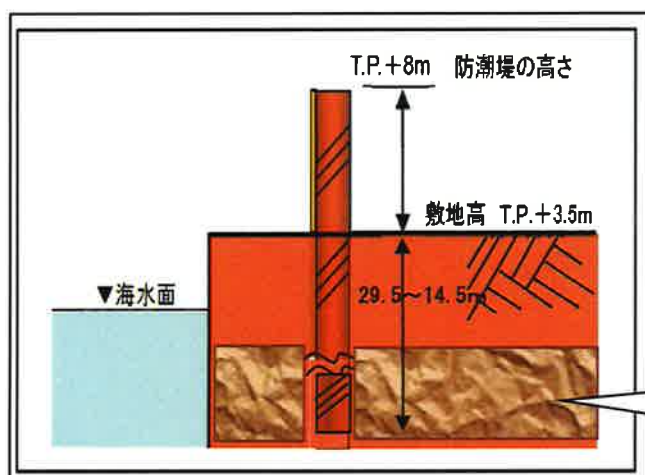


<①取水路防潮ゲート設置>



<②放水口側防潮堤設置>

放水口防潮堤



地盤の液状化により地盤の強度が低下する可能性のある層を対象に、地盤中に薬液を注入し地盤改良（浸透固化改良）を実施した。

図-9 設計基準対策（その2）

【工事概要】

設計基準対応工事として、地震対策、津波対策、その他自然現象（竜巻対策、外部火災）火災防護対策、内部溢水対策等を実施した。

例)

その他自然災害：（竜巻対策）飛来物防護壁設置、防護ネット設置
（外部火災）防火帯設置

火災防護対策：消火水バックアップタンク設置、ポンプ設置

内部溢水対策：配管逆流防止対策工事、貯留堰堤設置

[下線の対策を下記工事概要図に示す]

工事概略図

【その他自然災害（竜巻対策（例））】

<飛来物防護壁設置、防護ネット設置>（海水ポンプ室）

対策前



対策後



<上 面>

ネットで飛来物の衝突時の衝撃を吸収

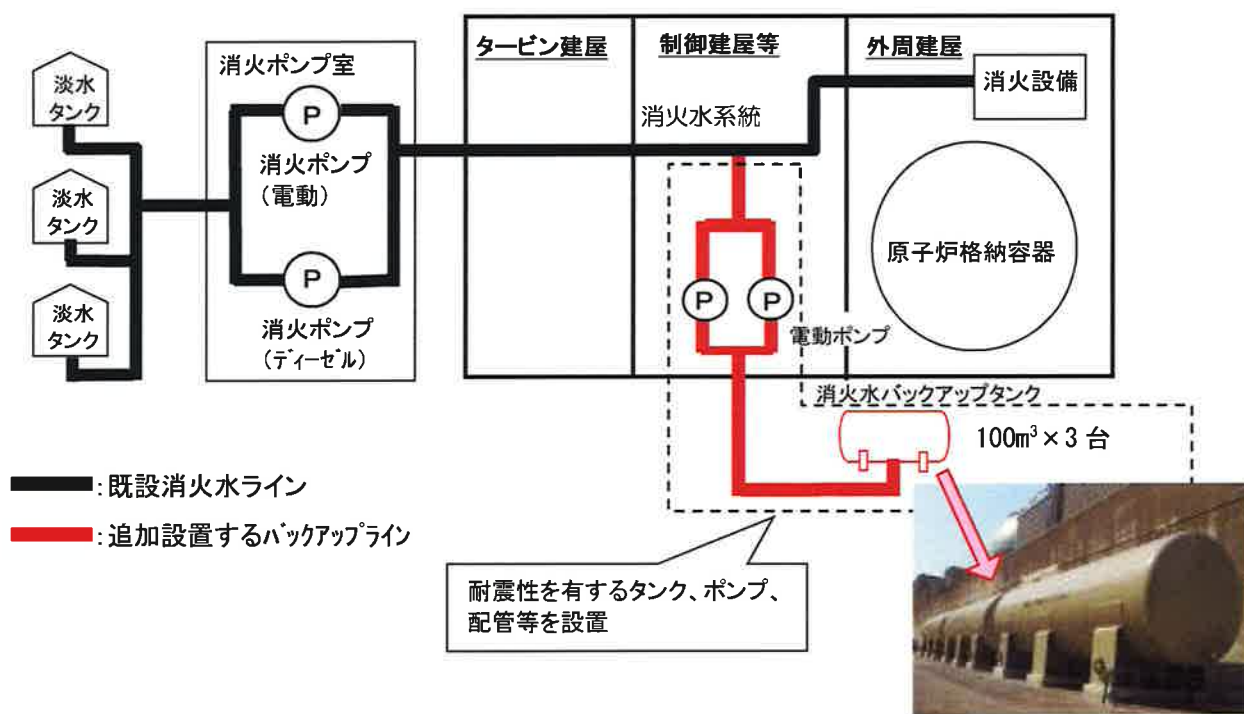
<側 面>

鋼板で飛来物の貫通を阻止

風速 100m/s の竜巻を想定

【火災防護対策（例）】

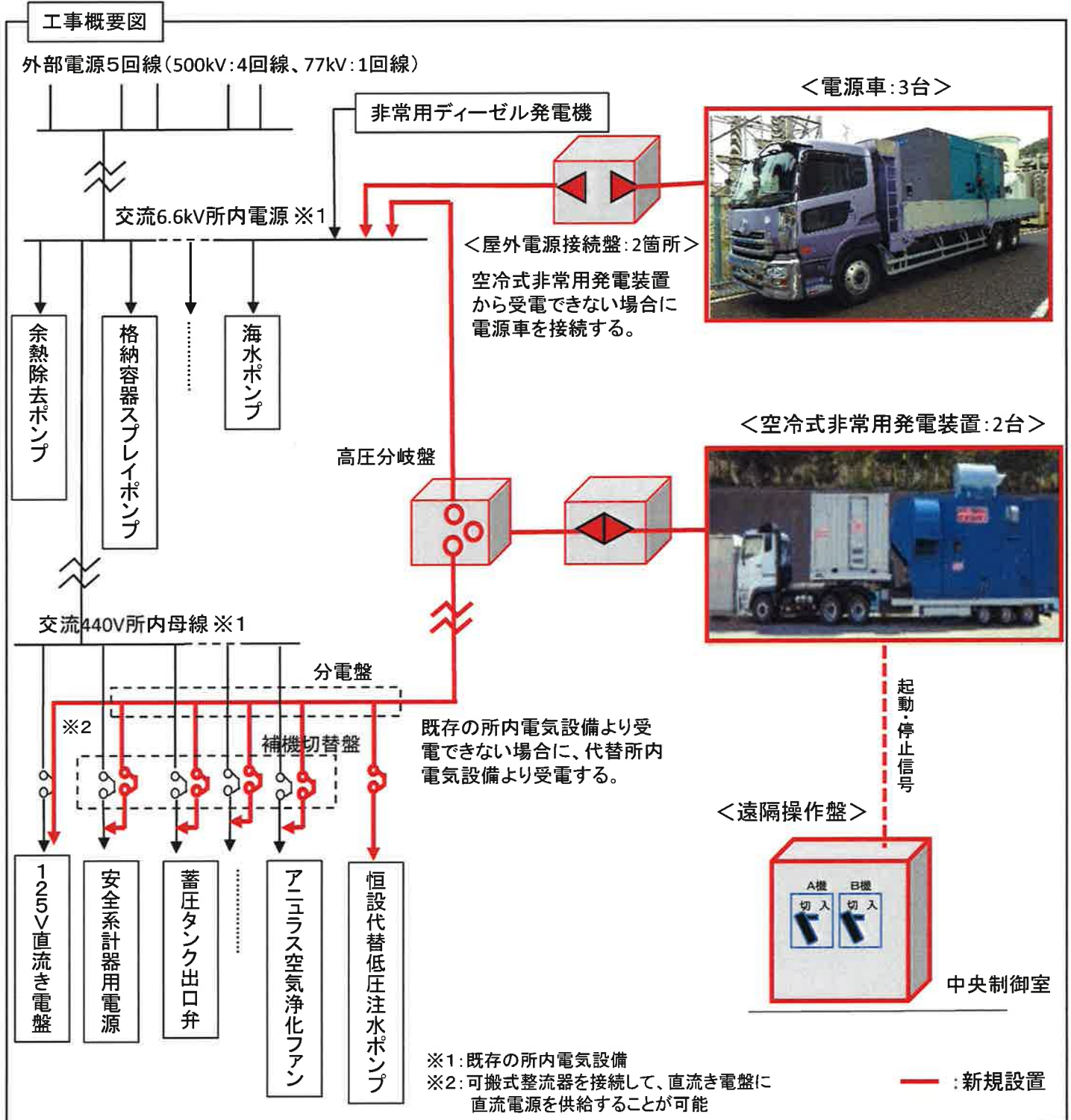
<消火水バックアップタンク設置、ポンプ設置>



図－10 重大事故対策(電源の確保:交流電源)

【工事概要】

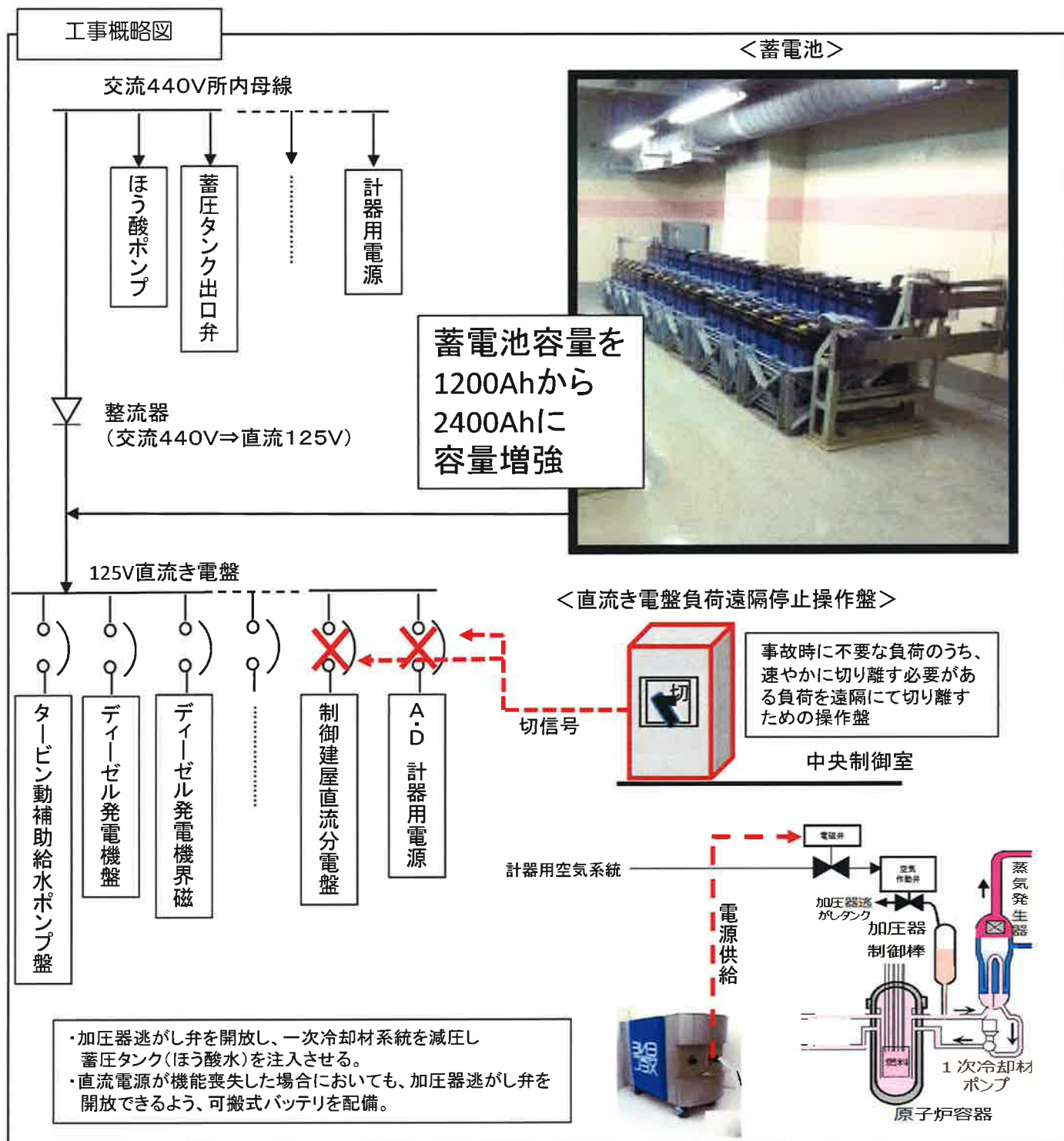
- ①外部電源が喪失して非常用ディーゼル発電機が起動しない場合の代替電源として空冷式非常用発電装置(2台)を設置するとともに、中央制御室から遠隔起動できるよう設備を改造した。
- ②空冷式非常用発電装置からの電源供給等が期待できない場合を想定し、電源車(3台、うち1台は3、4号機共用の予備)を配備するとともに、原子炉補助建屋側面に接続口(2箇所)を設置し、電源車からの電源ケーブルを接続することで蓄電池や計器用電源等への電源供給を可能とした。
- ③既存の所内電気設備が使用できない場合を想定して、空冷式非常用発電装置から恒設代替低圧注水ポンプ等の重要機器に直接給電を可能にするため、代替所内電気設備(高圧分岐盤、分電盤、補機切替盤等)を設置した。



図－11 重大事故対策(電源の確保:直流電源)

【工事概要】

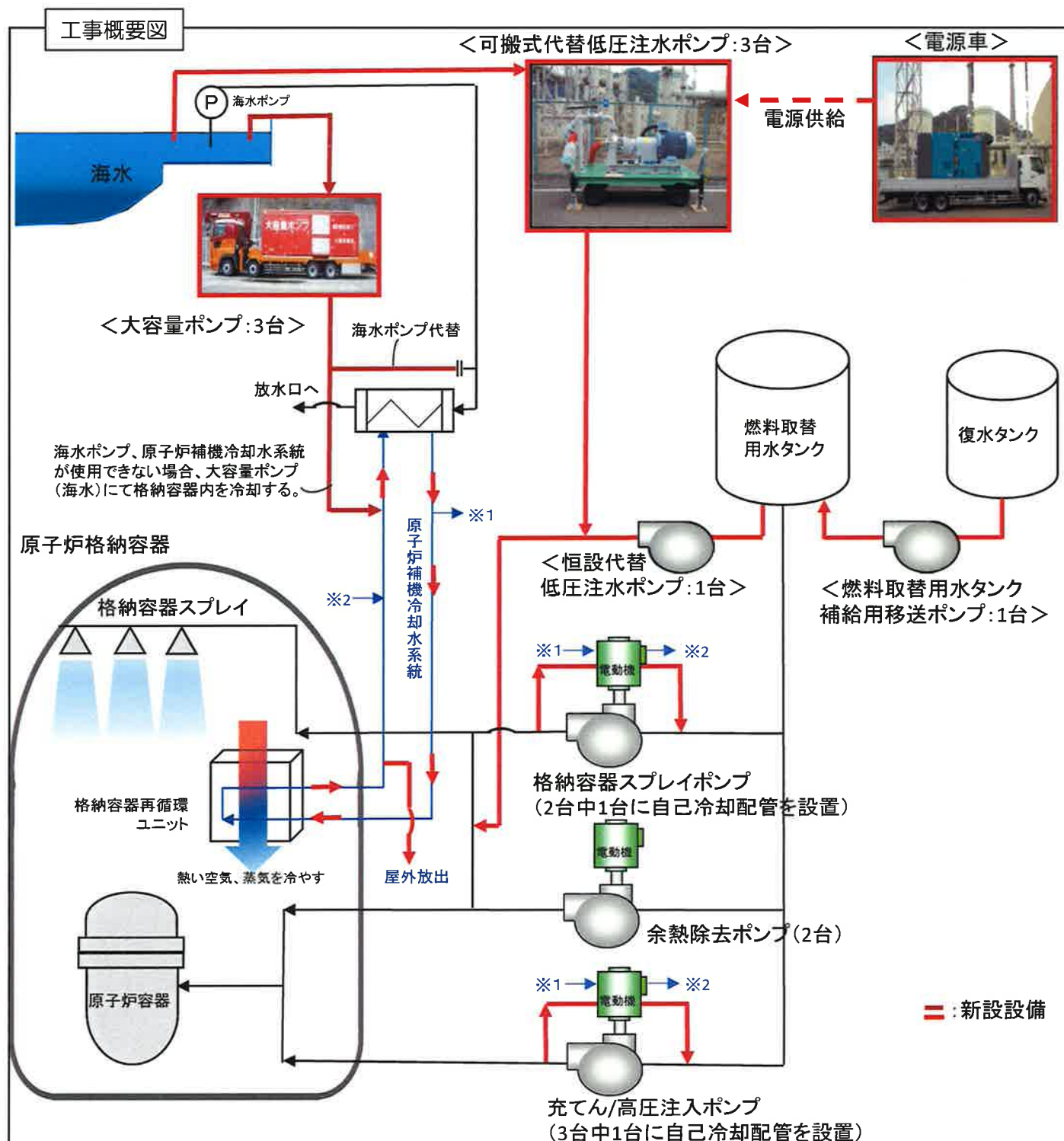
- ①蓄電池(2系列)について、全交流電源喪失時に原子炉の冷却等に必要な負荷に24時間以上電源供給を可能とするために容量の増強を行った。(蓄電池容量:1200→2400Ah(2系列とも))
- ②全交流電源喪失時における原子炉の冷却等に不要な負荷のうち、速やかに切り離す必要がある負荷を遠隔にて切り離すための操作盤を中央制御室に設置した。
- ③直流電源系統が機能喪失した場合を想定して、加圧器逃がし弁を作動させるための電磁弁に直流電源を供給するため、専用の可搬式バッテリーを配備した。



図－１２ 冷却機能の確保(炉心・格納容器の冷却)

【工事目的】

- ①電源が喪失した場合においても、原子炉および格納容器スプレイの注水を可能とするため、可搬式および恒設の代替低圧注水ポンプを設置した。
- ②原子炉補機冷却水系統が機能喪失した場合においても、ポンプ自身の吐出水によりモータ等を冷却する（自己冷却）ため、ポンプ自身の吐出水を冷却水として供給するための分岐配管等を設置した。
- ③復水タンクから燃料取替用水タンクへの移送配管およびポンプを設置した。



図－13 自主的対応工事等

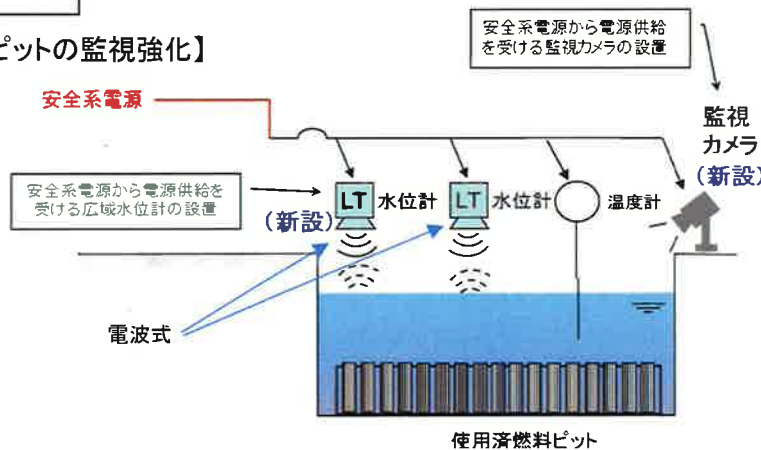
(使用済燃料ピットの監視強化、外部電源受電設備の浸水対策、代替水源の確保)

【工事概要】

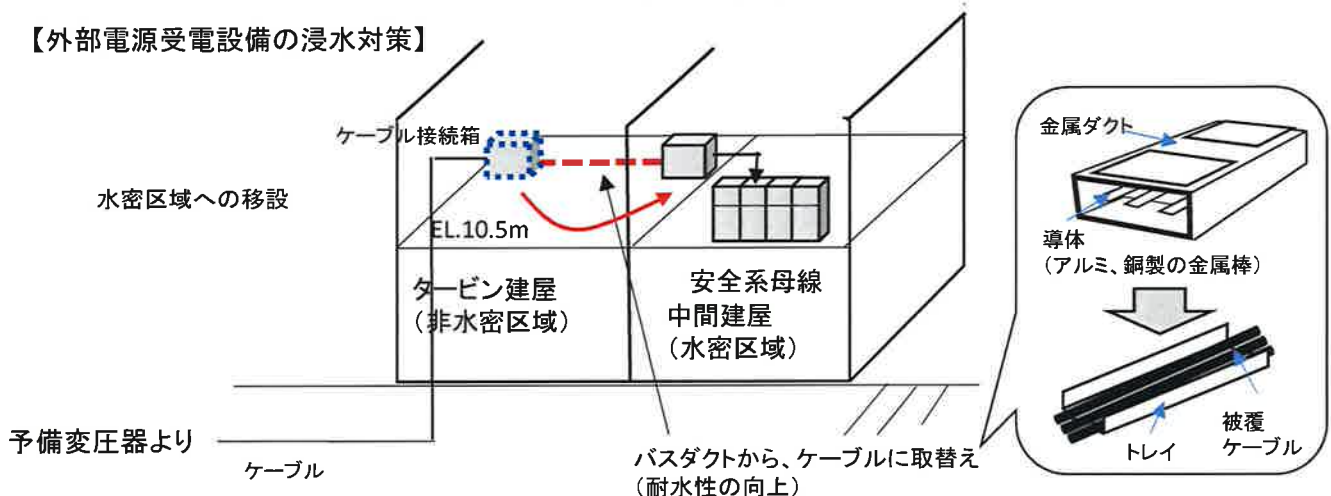
- ①使用済燃料ピットの監視強化のため、広域水位計(電波式)を増設するとともに、監視カメラを設置した。
- ②予備変圧器から安全系母線給電ルート上に設けられているバスダクトをケーブルに取り替えるとともに、ケーブル接続部の防水処理を行った。
- ③消火水バックアップタンク等に替わる水源確保の観点から、3、4号機背後斜面の湧水排出トンネル内に湧水を堰き止めて淡水貯水槽を設置し、3、4号機共用の水源とした。

工事概略図

【使用済燃料ピットの監視強化】



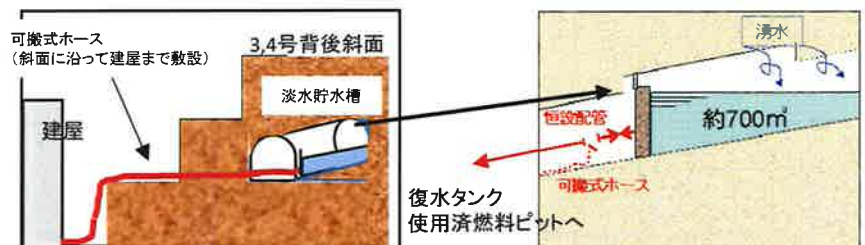
【外部電源受電設備の浸水対策】



【代替水源の確保】

＜淡水貯水槽＞
(3,4号背後斜面湧水排出トンネル)

既補給用ラインが使用できない場合、
淡水貯水槽から仮設消防ポンプを使用し
復水タンク、使用済燃料ピットへ補給する。



図－14 自主的対応工事等（非常用炉心冷却系統の支持構造物等の点検）

【工事概要】

非常用炉心冷却系統に設置されている耐震サポートなどの支持構造物や屋内外タンクの基礎ボルト等について、取り付け状況等に異常のないことを確認した。

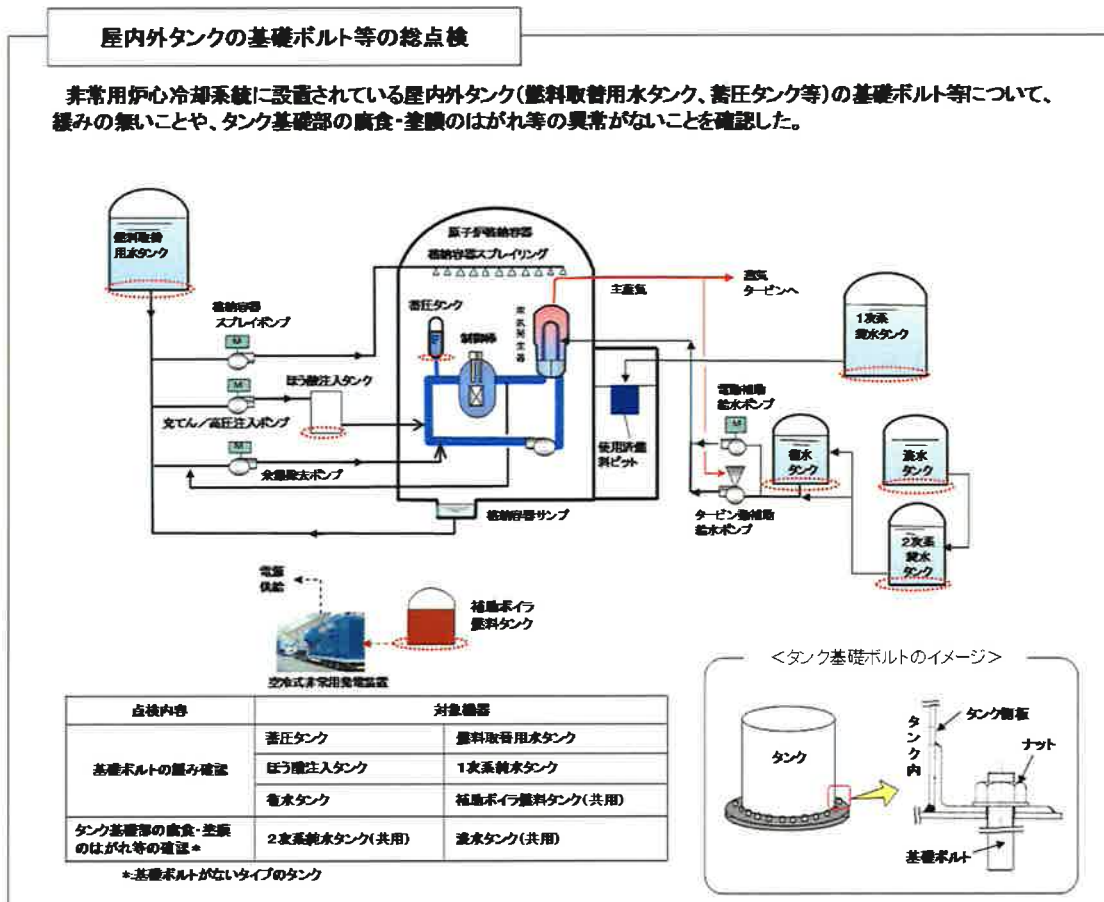
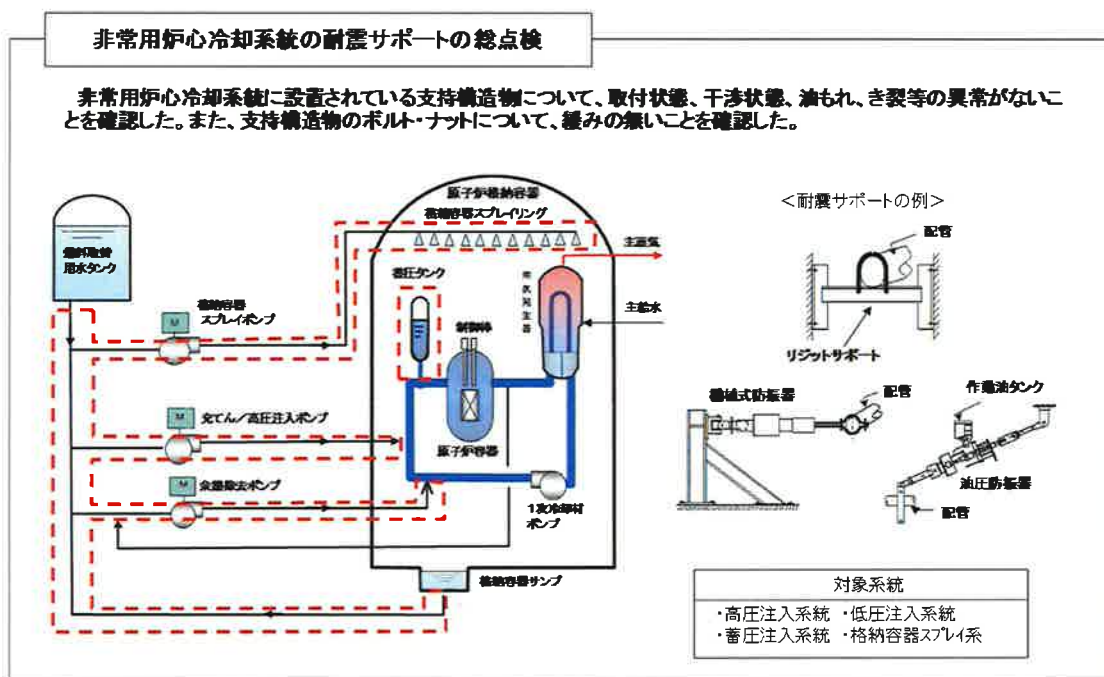


図-15 高浜発電所4号機の管理区域内における水漏れについて

