

これまでの委員からの質問への回答 (第 1 回及び第 2 回分科会時の質問)

2022年4月25日



ずっと先まで、明るくしたい。

枠囲みの範囲は、商業機密に係る事項であるため、公開できません。
(P. 7, 11, 21)

第1回及び第2回分科会時の質問

No.	質問事項	質問者	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	後藤委員 渡邊委員	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	後藤委員	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	守田委員	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	後藤委員	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	佐藤委員	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	守田委員	27～32

第1回及び第2回分科会時の質問

No.	質問事項	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	27～32

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1－1】（1／11）

1. 質問事項

取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。

2. 回 答

原子力発電所の安全な長期運転の取組みを進めていくには、国内外でのトラブル反映、経年劣化管理及び新知見の採用等に係る取組みは極めて重要であり、取替が可能な主要機器の更新については、以下の考え方を踏まえ検討を行っている。

（1）主要機器更新の考え方

主要機器の更新理由は、A～Dに分類される。

A：国内外トラブルの水平展開

B：予防保全

C：規制要求

D：その他（運用性向上/信頼性向上/被ばく低減）

（2）主要機器更新の実施に向けた詳細な検討

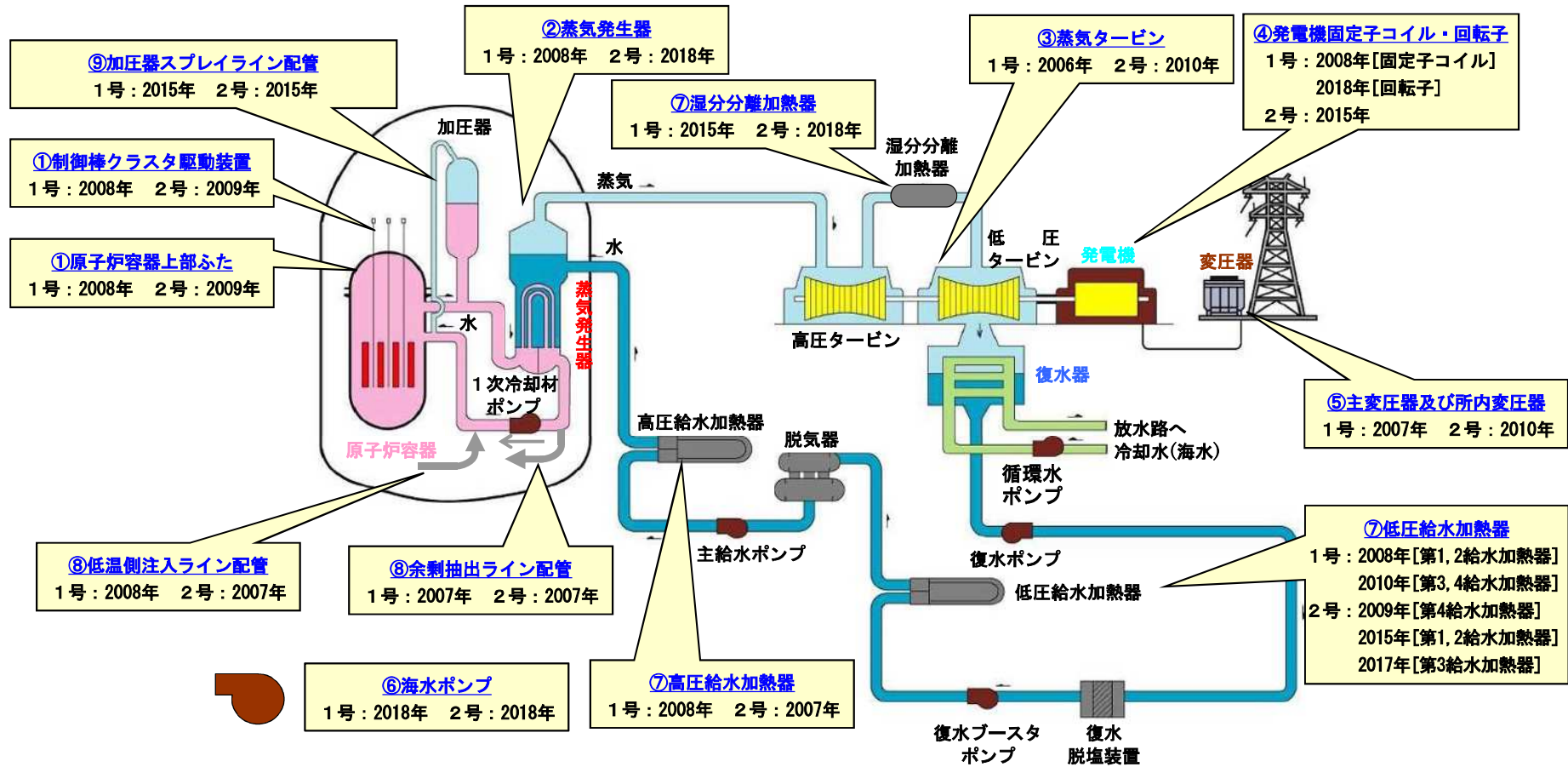
- 主要機器更新の採否に向けて、事象発生の可能性に係る考察、リスク管理対応方針、及び工程（実施時期含む）を総合的に勘案して、検討する。
- 具体的には、機器の取替範囲の検討、応力緩和等の代替検討、プラント運用面の改善、定期点検による健全性評価（現状維持）等の様々な対応策を精査する。その精査には、工事实績有無を含めた技術的な工事成立性（工程含む）、作業員への放射線影響等の詳細検討が含まれる。

※ P. 4以降に、第1回分科会で説明した主要機器更新工事に対する更新の考え方を示す。

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (2/11)

○川内原子力発電所1, 2号機については、運転開始以降、予防保全や信頼性向上の観点から様々な機器の取替えを実施しています。

【主要機器更新状況】

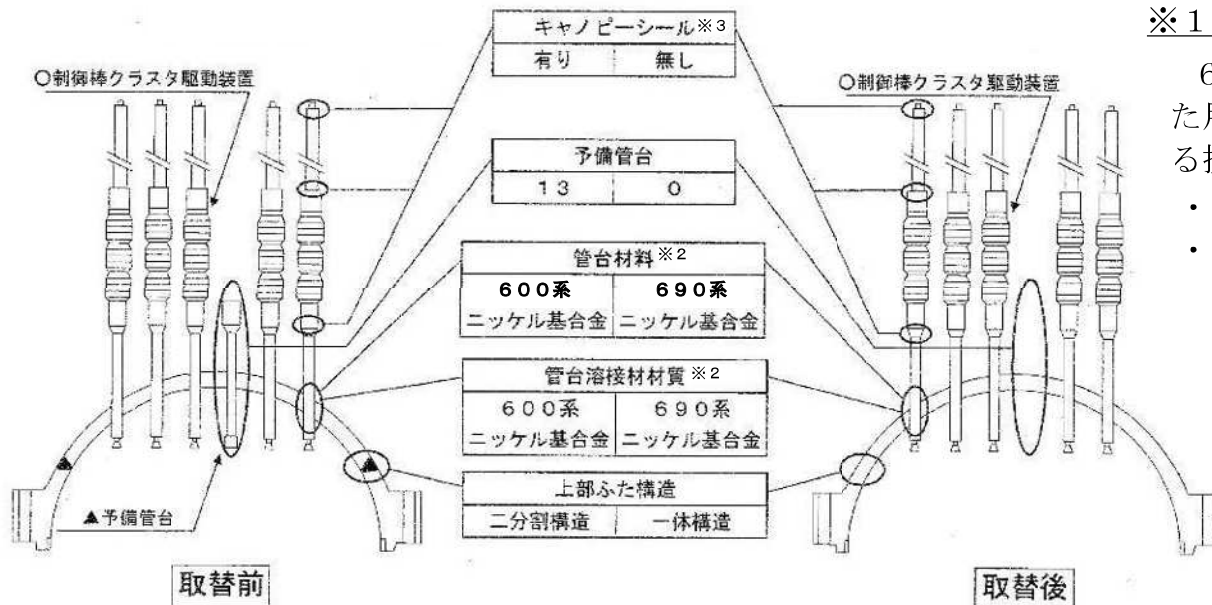


※記載された西暦は、取替えを実施した定期検査が完了した年を示す。

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (3/11)

①原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置

更新の考え方	A：国内外トラブル※ ¹ の水平展開
工事概要	国内外における原子炉容器上部ふた管台部の応力腐食割れによる損傷事象に鑑み、予防保全の観点から、原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置を一式取替えました。また、これに合わせ、管台材料をより耐食性に優れた※ ² ものに変更しました。
更新時期	1号機：2008年、2号機：2009年



【原子炉容器上部ふた及び制御棒クラスタ駆動装置 概要図】

※3 キャノピーシールの撤廃について

1996年に川内1号機において、中間キャノピーシール部の溶接部近傍に応力腐食割れによる損傷が発生し、ほう酸の析出が確認されたため、当該部の補修を実施した。その後、キャノピーシールの損傷は確認されていないが、原子炉容器上部ふたの取替にあわせて、制御棒クラスタ駆動装置の当該部の構造をキャノピーシールの無い構造へと変更した。

※1 国内外における損傷事例

600系ニッケル基合金が使用される原子炉容器上部ふた用管台及び溶接部において発生した、応力腐食割れによる損傷事象。

- ・国内：大飯3号機(2004年)
- ・国外：Bugey3号機(1991年), Davis Besse(2002年) 他

※2 耐食性に優れた材料への変更について

管台材料及び溶接材料について、600系ニッケル基合金から、Cr含有量が多く、耐応力腐食割れ性に優れた690系ニッケル基合金へ変更した。

表 変更前後のCr含有量比較

	600系 ニッケル基合金	690系 ニッケル基合金
Cr含有量 (%)	14.0 ~ 17.0	27.0 ~ 31.0

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (4/11)

②蒸気発生器

更新の考え方	A：国内外トラブルの水平展開※1、D：その他（補修作業員の被ばく低減）
工事概要	蒸気発生器伝熱管に発生した応力腐食割れによる損傷事象に鑑み、損傷時の伝熱管補修に伴う作業員の被ばく低減及び予防保全の観点から、伝熱管の材料を改良する等、最新型の蒸気発生器へ一式取替えました。
更新時期	1号機：2008年 2号機：2018年

※1 川内原子力発電所1号機における損傷事例（応力腐食割れ）

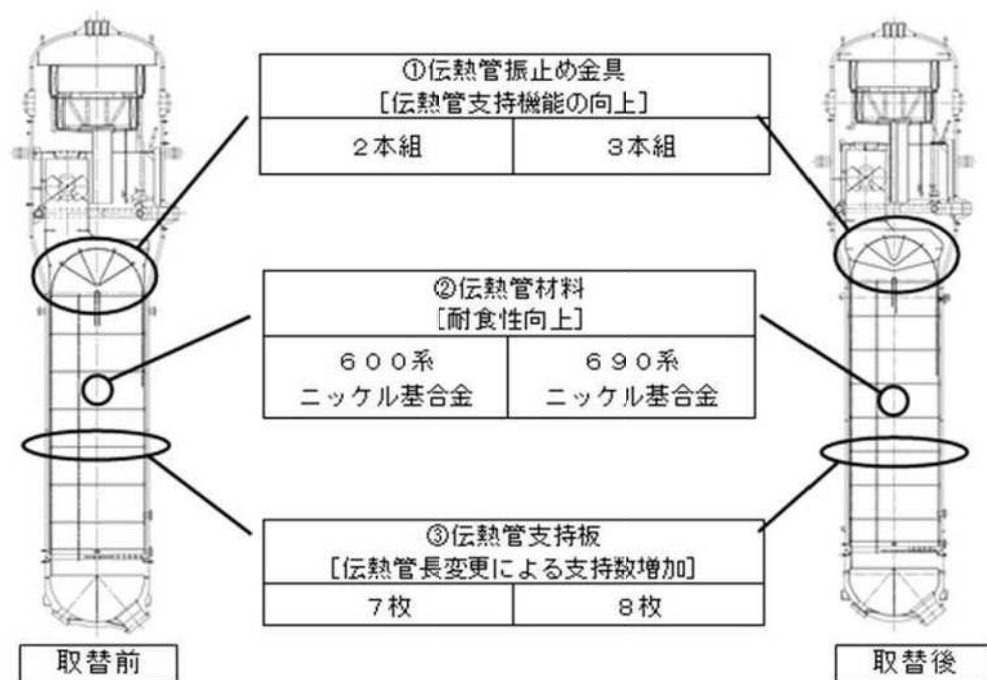
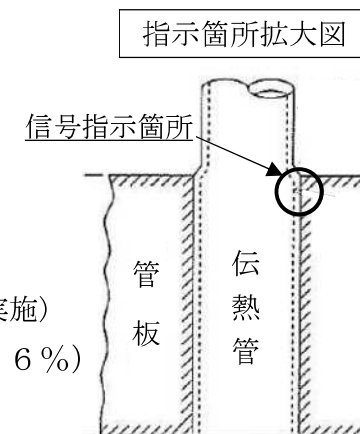
○第18回定期検査（2007年）※2

伝熱管の健全性を確認するため、渦流探傷試験を実施した結果、一部の伝熱管管板部に信号指示が認められたため、当該伝熱管に施栓を実施した。

検査結果

- ・ #A-SG： 4本/3, 277本
- ・ #B-SG： 2本/3, 290本
- ・ #C-SG： 7本/3, 274本
- 合計：13本/9, 791本
(指示本数/検査本数)

⇒ 施栓本数(第6～18回定期検査にて実施)
368本/10, 146本 (3.6%)



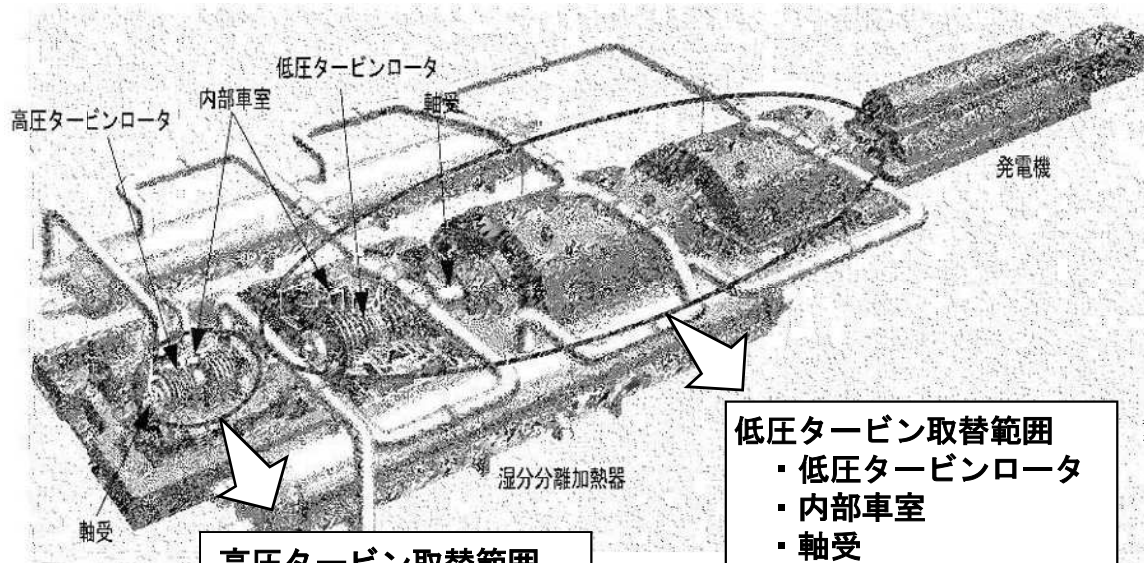
【蒸気発生器 概要図】

※2 川内原子力発電所1号機における、蒸気発生器取替え前の最後の定期検査を一例として記載。

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (5/11)

③蒸気タービン

更新の考え方	A：国内外トラブルの水平展開※1
工事概要	低圧タービンの翼（羽根）取付け部の応力腐食割れに対する予防保全の観点から、低圧タービンを取替えました。また、低圧タービンの取替えに合わせて、高圧タービンも取替えました。
更新時期	1号機：2006年 2号機：2010年



高圧タービン取替範囲

- ・高圧タービンロータ
- ・内部車室
- ・軸受

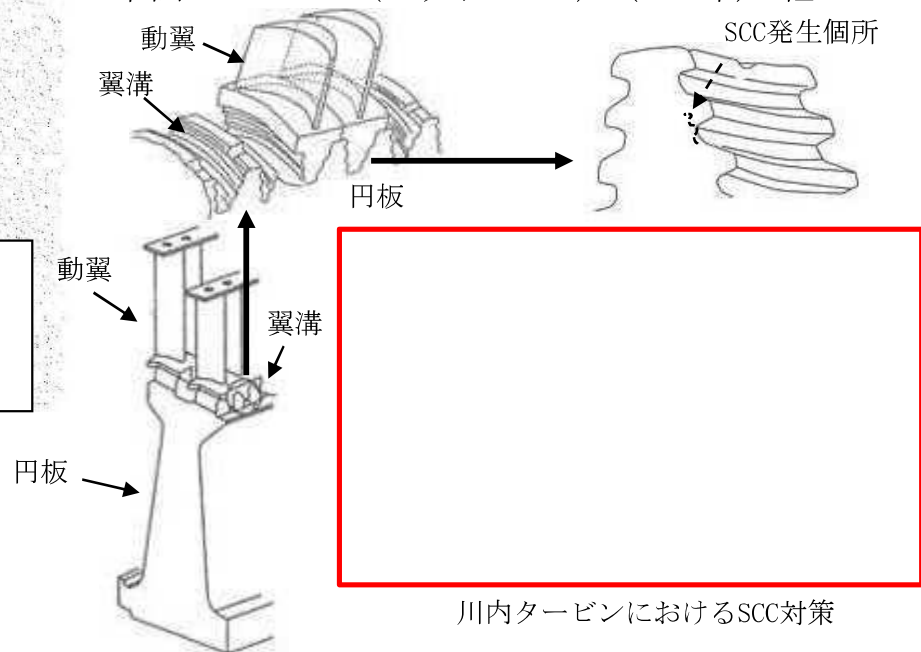
低圧タービン取替範囲

- ・低圧タービンロータ
- ・内部車室
- ・軸受

※1 国内外における損傷事例

動翼翼根部において発生した応力腐食割れ(SCC)による損傷。

- ・国内：伊方1号機（1984年）
- ・国外：KEWAUNEE（キウオーニー）（1991年） 他



川内タービンにおけるSCC対策

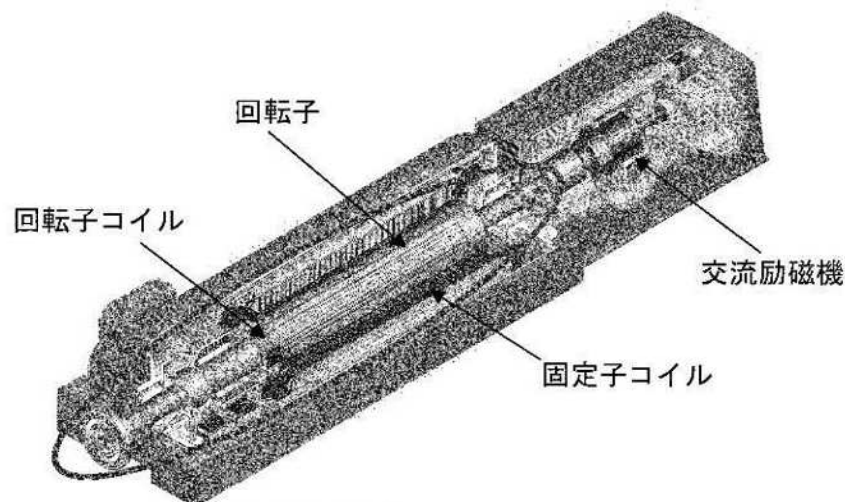
内は商業機密に係る事項であるため、公開できません。 7

【蒸気タービン 概要図】

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (6/11)

④発電機固定子コイル・回転子

更新の考え方	B：予防保全（コイルの絶縁低下）
工事概要	実機を用いた研究結果より運転時間の経過に伴い固定子コイルの絶縁に必要とされる残存耐電圧値及び回転子コイルの層間絶縁の圧縮強度が安全運転可能レベルまで低下することが予想されることから、予防保全の観点で固定子コイルの巻替え及び回転子を一式取替えました。
更新時期	1号機：2008年[固定子コイル]、2018年[回転子] 2号機：2015年[固定子コイル、回転子]



固定子コイル及び回転子取替

表 固定子コイル及び回転子取替時期と運転時間

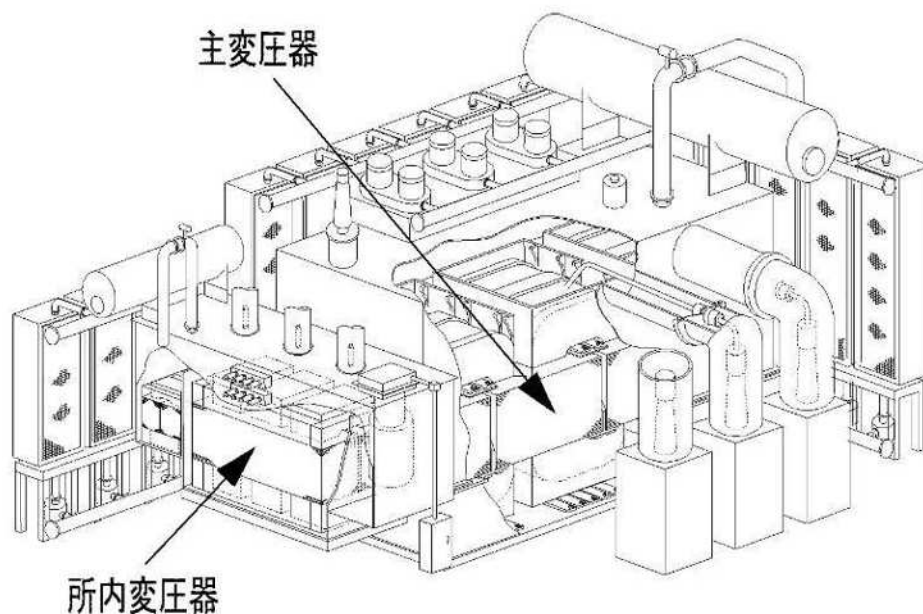
		固定子	回転子
川内1号機	取替時期	2008年	2018年
	運転時間	約19万時間	約22万時間
川内2号機	取替時期	2015年	2015年
	運転時間	約20万時間	約20万時間

【発電機固定子コイル及び回転子 概要図】

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (7/11)

⑤主変圧器及び所内変圧器

更新の考え方	B：予防保全（変圧器の絶縁低下）
工事概要	主変圧器及び所内変圧器のコイルに巻かれている絶縁紙の機械的強度を絶縁油の分析により確認した結果、寿命レベルまで強度の低下が予想されることから予防保全の観点で、主変圧器及び所内変圧器を一式取替えました。
更新時期	1号機：2007年 2号機：2010年



【主変圧器及び所内変圧器（一体型構造） 概要図】

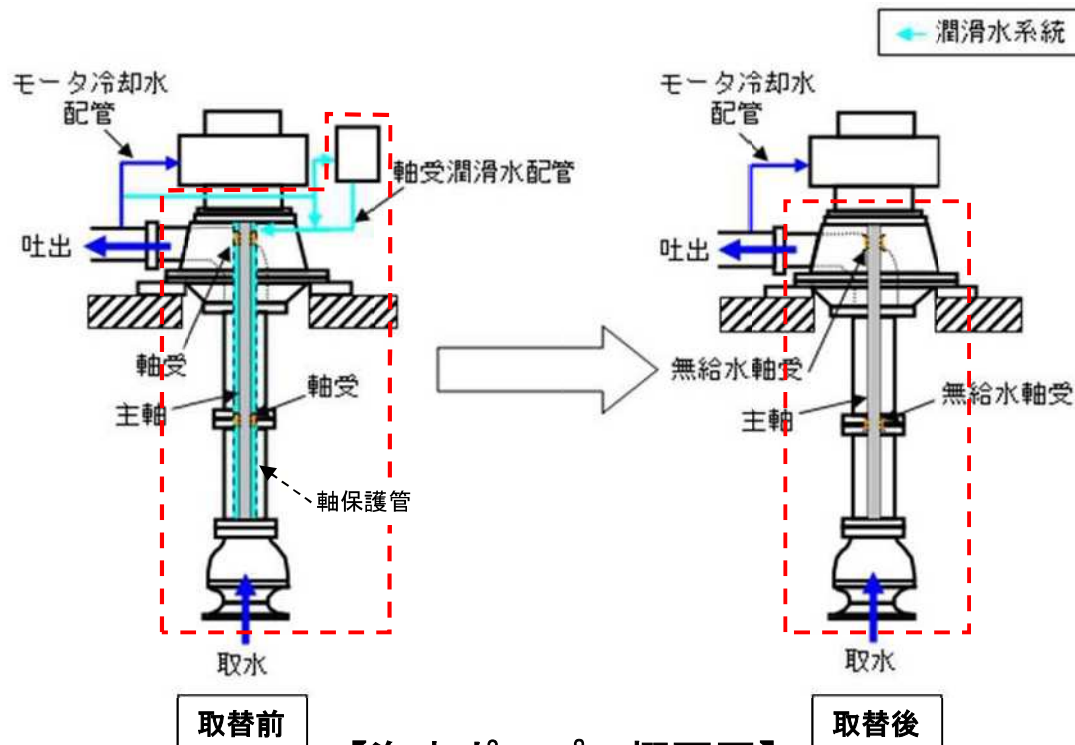
表 絶縁紙機械的強度 寿命レベル到達年数と変圧器コイル取替時期

		変圧器
川内1号機	絶縁紙 機械的強度 寿命レベル到達年数	2009年
	取替時期	2007年
川内2号機	絶縁紙 機械的強度 寿命レベル到達年数	2012年
	取替時期	2010年

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (8/11)

⑥海水ポンプ

更新の考え方	D：その他（運用性向上/信頼性向上）
工事概要	海水ポンプ起動時に軸受部への潤滑水供給が不要な無給水軸受を用いたポンプへ取替えることで、ポンプ起動時の信頼性向上を図るとともに、海水ポンプエリアの運転・保守スペースを確保しました。
更新時期	1号機：2018年 2号機：2018年



【海水ポンプ 概要図】

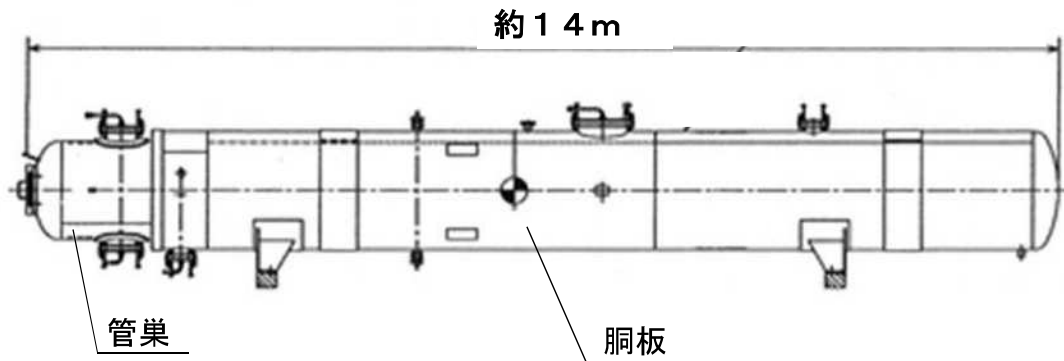
《主な更新内容》

更新内容	説明
軸受材料	無給水軸受の採用により、起動時の軸受への潤滑水供給が不要となる。 ⇒ <u>ポンプ起動時の信頼性が向上</u>
軸受潤滑水設備の撤去	無給水軸受の採用により、軸保護管が不要となり、ポンプ運転中でも軸受部が揚水で満たされることから、軸受潤滑水設備が不要となる。 ⇒ <u>海水ポンプエリア廻りの付属設備の撤去により、運転（パトロール）・保守スペースを確保</u>

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (9/11)

⑦高圧・低圧給水加熱器及び湿分分離加熱器

更新の考え方	B：予防保全（胴板及び内部構成品の減肉）
工事概要	高圧・低圧給水加熱器及び湿分分離加熱器については、胴板や内部構成品の減肉が懸念されるため、予防保全及び信頼性向上の観点から、加熱器本体を減肉に対する対策品に取替えました。なお取替にあたり、管巢の材料を侵食性に優れた材料※1へと変更しました。
更新時期	<p>○高圧給水加熱器 ⇒ 1号機：2008年、2号機：2007年</p> <p>○低圧給水加熱器 ⇒ 1号機：2008年[第1, 2給水加熱器]、2010年[第3, 4給水加熱器] 2号機：2009年[第4給水加熱器]、2015年[第1, 2給水加熱器]、2017年[第3給水加熱器]</p> <p>○湿分分離加熱器 ⇒ 1号機：2015年 2号機：2018年</p>



【例：低圧給水加熱器 概要図】

表 実機の点検データに基づく胴板の測定結果の一例

評価対象	1号機	2号機
	減肉量の測定値／減肉許容量	
低圧給水加熱器※1		

※1 高pH運転導入のため、銅系の管巢からステンレス鋼への変更を実施。

内は商業機密に係る事項であるため、公開できません。

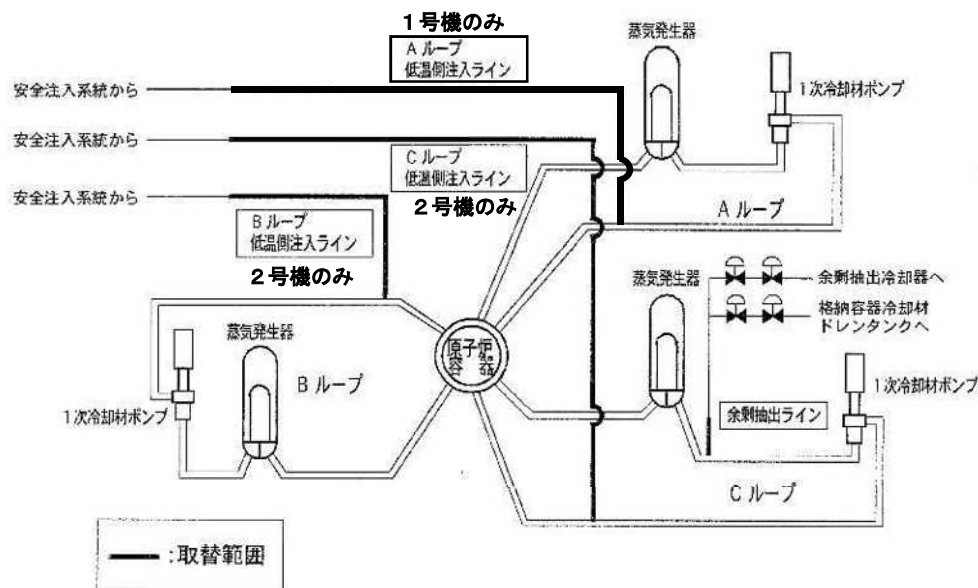
第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-1】 (10/11)

⑧余剰抽出ライン配管・低温側注入ライン配管

更新の考え方	A：国内外トラブルの水平展開、C：規制要求
工事概要	余剰抽出ライン配管及び低温側注入ライン配管の曲がり部に高温水と低温水との温度境界が存在し、配管曲がり部へ応力が発生※1がすることで疲労割れが懸念されることから、信頼性向上の観点のため、配管ルートの変更により温度境界位置を変更しました。
更新時期	1号機：2007年[余剰抽出ライン配管]、2008年[低温側注入ライン配管] 2号機：2007年[余剰抽出ライン配管、低温側注入ライン配管]

※1：応力発生メカニズムについて

(2007年1月 玄海2号炉の余剰抽出水取出配管にて発生した疲労割れの要因)



【1次冷却材系統 概要図】

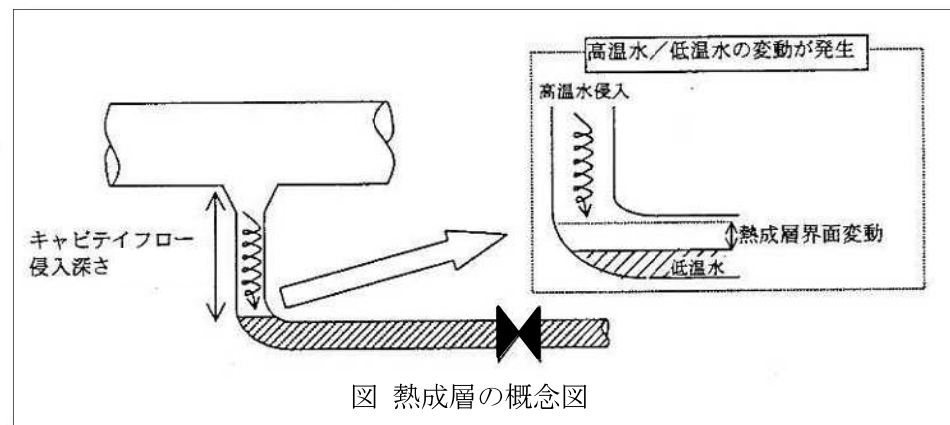
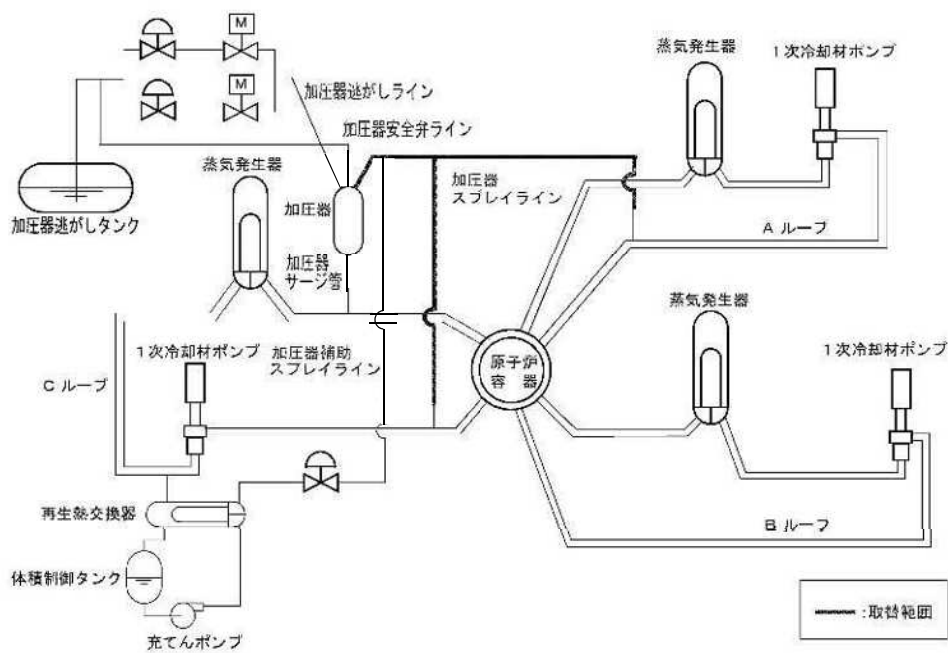


図 熱成層の概念図

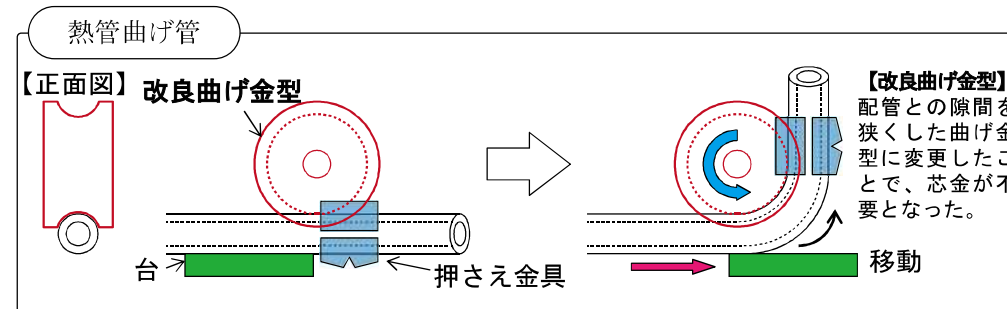
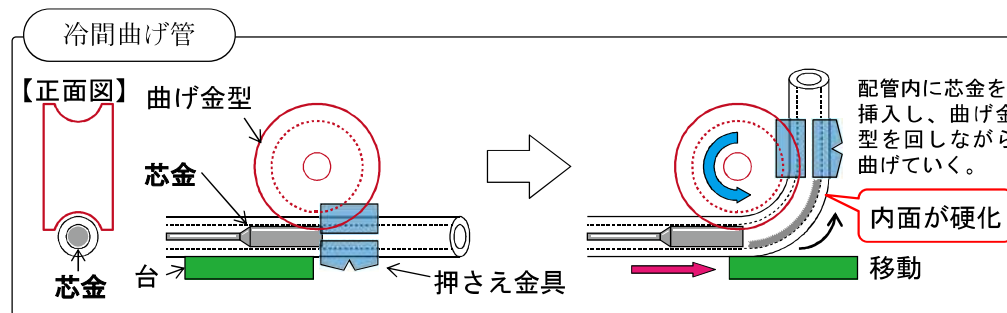
高温流体が流れる配管に接続されている閉塞配管に高温水が流入すること（キャビティフロー）により発生した熱成層の界面が、配管の曲がり部（鉛直から水平）で変動することで温度変動が繰り返され、熱疲労が発生する。

⑨加圧器スプレイライン配管

更新の考え方	A：国内外トラブルの水平展開
工事概要	国外BWRプラントにおける冷間曲げ管の内面で発生した応力腐食割れによる損傷事象を踏まえ、加圧器スプレイの配管の一部に使用している冷間曲げ管を、予防保全の観点から、残留応力が小さい熱間曲げ管に取替えました。
更新時期	1号機：2015年 2号機：2015年



【1次冷却材系統 概要図】



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配管（冷間曲げ管）を、芯金を使用せずに曲げ加工した配管（熱管曲げ管）へ取替えを実施。

第1回及び第2回分科会時の質問

No.	質問事項	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	27～32

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1－2】 (1/2)

1. 質問事項

原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。

2. 回答

川内原子力発電所1号機の全体物量と劣化状況評価対象を以下に示す。

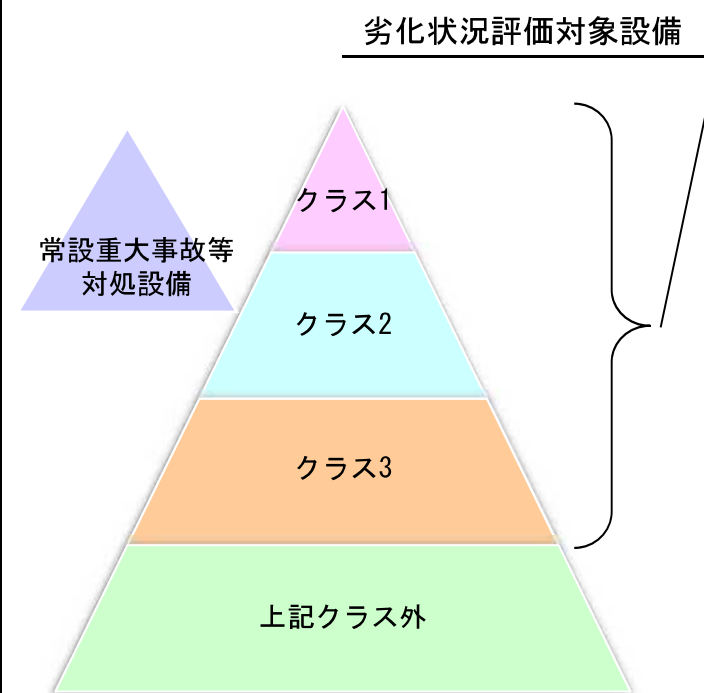
対象	全体物量	劣化状況評価対象	備考
容器	約720基	約500基	評価対象：原子炉容器、加圧器、ほう酸タンク、使用済燃料ピット等 評価対象外：復水脱塩塔等
熱交換器	約200基	約170基	評価対象：蒸気発生器、原子炉補機冷却水冷却器等 評価対象外：蒸気発生器ブローダウン熱回収冷却器等
ポンプ	約420台	約220台	評価対象：1次冷却材ポンプ、燃料取替用水ポンプ、常設電動注入ポンプ等 評価対象外：飲料水ポンプ、所内用水ポンプ等
タービン設備	7台	4台	評価対象：蒸気タービン、タービン動補助給水ポンプ、タービン動主給水ポンプ 評価対象外：なし
弁	約20,900台	約6,030台	評価対象：主蒸気逃がし弁、主蒸気隔離弁等 評価対象外：洗たく室入口連絡ラインドレン弁、飲料水流量計前弁等
空調設備	約840台	約700台	評価対象：中央制御室循環ファン、安全補機室給気ファン等 評価対象外：原子炉格納容器作業用排気ファン等
モータ	約1,180台	約500台	評価対象：海水ポンプ用電動機、ほう酸ポンプ用電動機等 評価対象外：飲料水ポンプ用電動機、タービンブローダウンポンプ用電動機等
配管長さ	約90km	約60km	評価対象：海水ストレーナ、充てんライン流量オリフィス等 評価対象外：燃料油貯油槽用ドレントラップ、補助ボイラ発生蒸気ドレントラップ等
電気設備	約2,240台	約1,460台	評価対象：メタクラ、パワーセンタ、非常用ディーゼル発電機、蓄電池、タービン発電機等 評価対象外：雑動力変圧器、原子炉建屋照明分電盤、発電機炭酸ガス供給装置等
ケーブル長さ	約2,100km	約510km	評価対象：海水ポンプ用電動機用ケーブル、1次冷却材圧力計測制御設備用ケーブル等 評価対象外：飲料水ポンプ用電動機用ケーブル、所内用水タンク水位計測制御設備用ケーブル等
コンクリート構造物※	約660,000m ³	約540,000m ³	評価対象：原子炉建屋、原子炉補助建屋、タービン建屋、取水ピット等 評価対象外：サービスビル本館、第一保修事務所等

※ 1, 2号機の全体物量を示す。

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1-2】 (2/2)

劣化状況評価対象の設備は、安全機能及び重要度により分類されるクラス1～3及び常設重大事故等対処設備の機器等である。

クラス1	機器の故障等により発生する事象によって、 <u>炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある機器等。</u> また、 <u>異常発生時に原子炉を緊急停止し、敷地公衆への過度の放射線の影響を防止する機器等。</u>	例) 原子炉容器 蒸気発生器 主蒸気逃がし弁
クラス2	機器の故障等により発生する事象によって、 <u>炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある機器等。</u> また、 <u>上記機器等の故障等により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする機器等。</u>	例) 使用済燃料ピット 燃料取替用水ポンプ
クラス3	異常状態の起因事象となるもので、クラス1, 2以外の機器等。 また、運転時の異常な過渡変化があっても、クラス1, 2とあいまって、事象を緩和する機器等。	例) 蒸気タービン タービン発電機
常設重大事故等対処設備	重大事故等に対処するための機能を有する設備のうち、常設のもの。	例) 常設電動注入ポンプ
上記クラス外	クラス1, 2, 3に該当しない機器等。	例) 飲料水ポンプ



第1回及び第2回分科会時の質問

No.	質問事項	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	27～32

資料1で説明済み

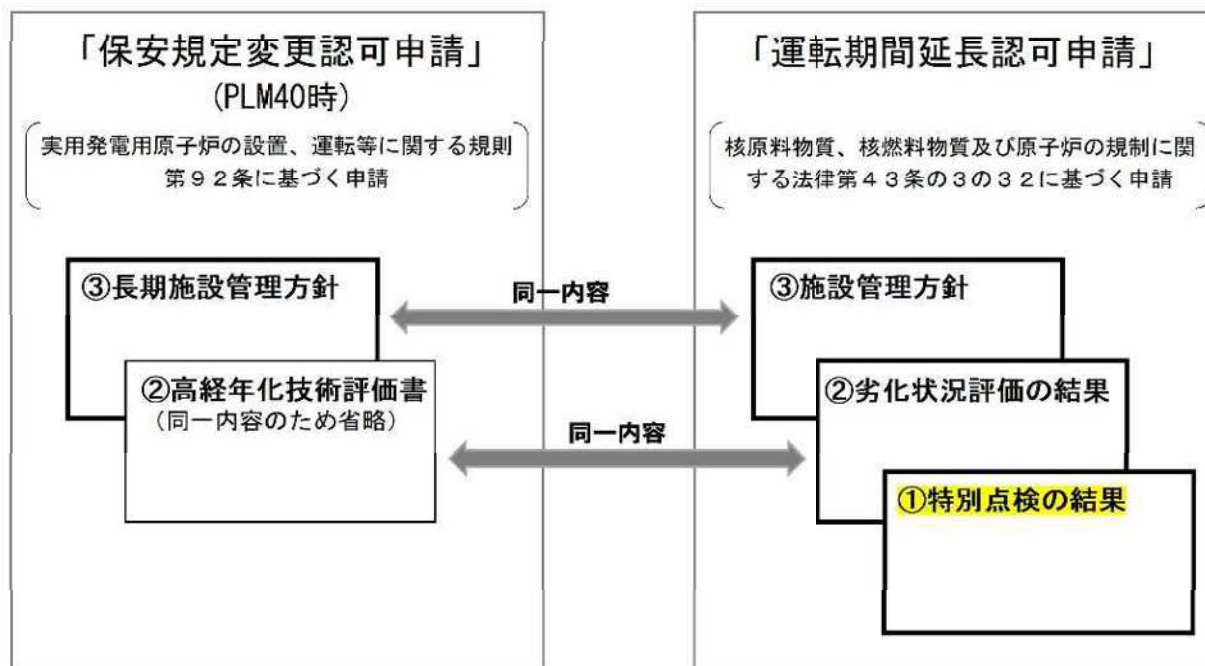
〔資料名称：劣化状況評価（高経年化技術評価）に係る制度について〕
（P. 4）

第1回分科会における質問事項への回答【No. 1－3】〔参考〕

資料名称：劣化状況評価（高経年化技術評価）に係る制度について（P. 4）

申請書の構成

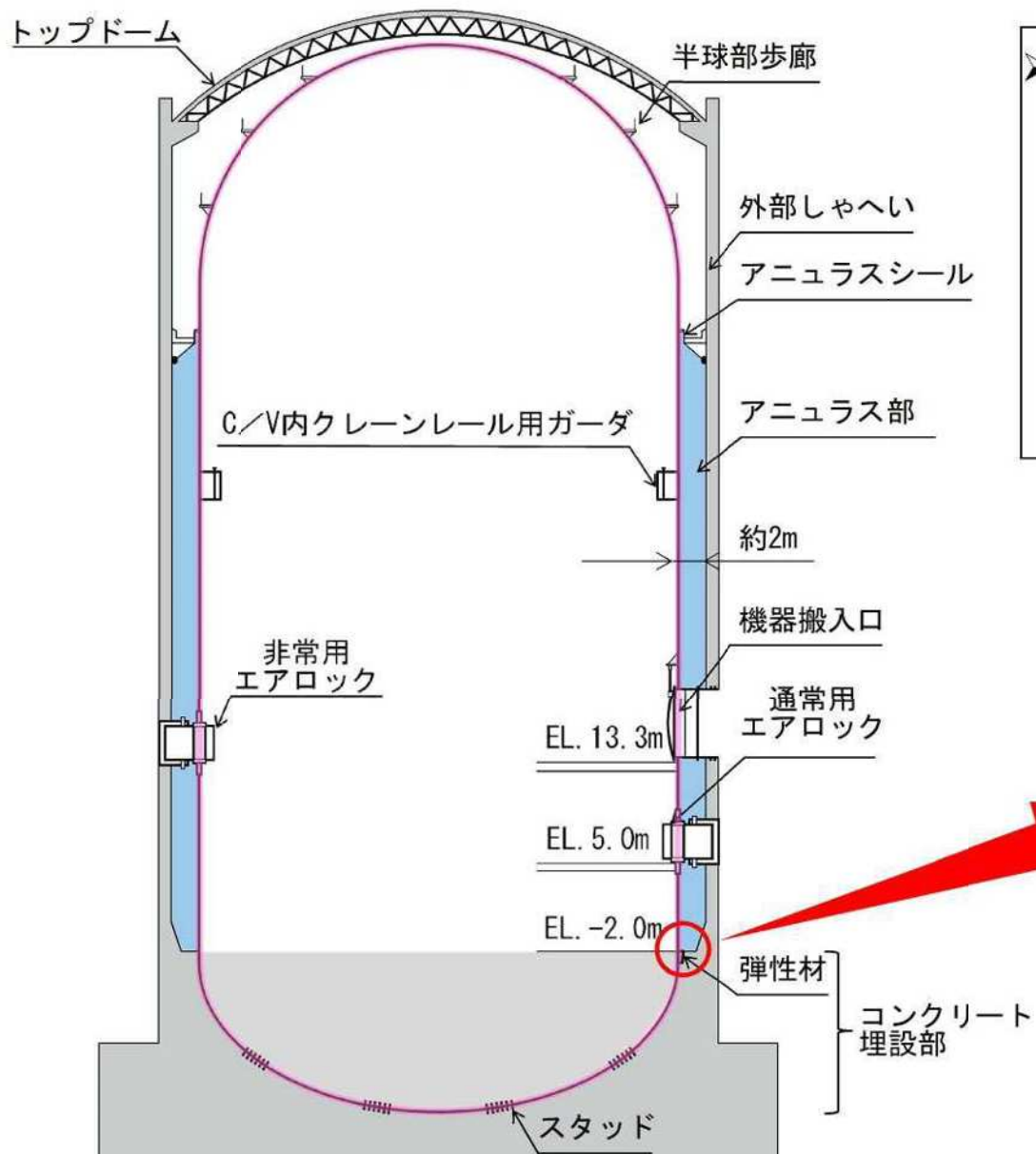
運転期間延長認可申請時には、
運転開始後30年目の高経年化技術評価(PLM30)時の保安規定変更認可申請と同様の書類(②高経年化技術評価書及び③長期施設管理方針)を添付して、40年目の高経年化技術評価(PLM40)に係る「保安規定変更認可申請」を行うとともに、②と③と同一内容の資料に加え、①特別点検の結果を添付して、「運転期間延長認可申請」を行う必要がある。



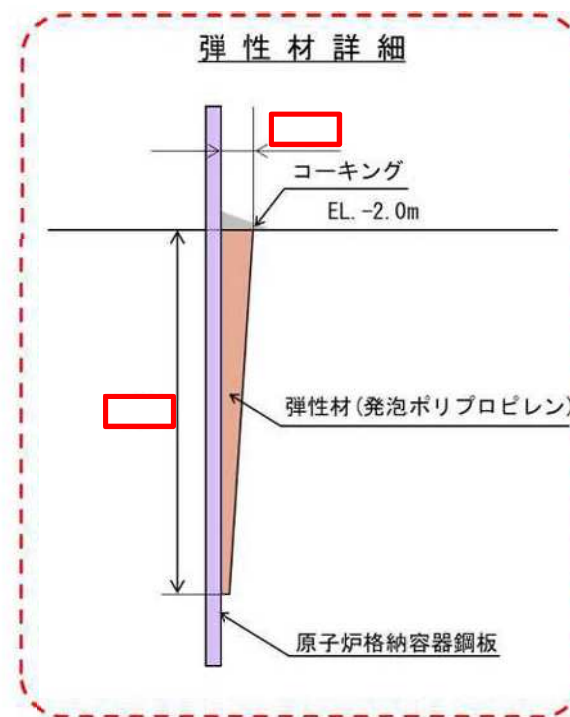
第1回及び第2回分科会時の質問

No.	質問事項	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	27～32

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-1】 (1/1)



➤ 原子炉格納容器鋼板とコンクリート埋設部の境界には、事故時の内圧・熱荷重又は事故時の内圧・地震荷重を考慮した場合にコンクリートに埋め込まれている原子炉格納容器の拘束を緩和するために、弾性材を施工している。



内は商業機密に係る事項であるため、公開できません。

第 1 回及び第 2 回分科会時の質問

No.	質 問 事 項	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	27～32

資料2で説明済み

〔川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) P. 20~22〕

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-2】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 20)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

2-1-5. 地下水のコンクリートへの影響

a. 水質調査の目的

地下水の水質によっては、屋内よりも屋外地中部の方が環境状態が厳しいことが考えられるため、原子炉建屋近傍にて地下水の水質調査を実施するものである

b. 水質調査の位置

下図に示す位置より地下水を採取した (採取日: 2014年3月6日)

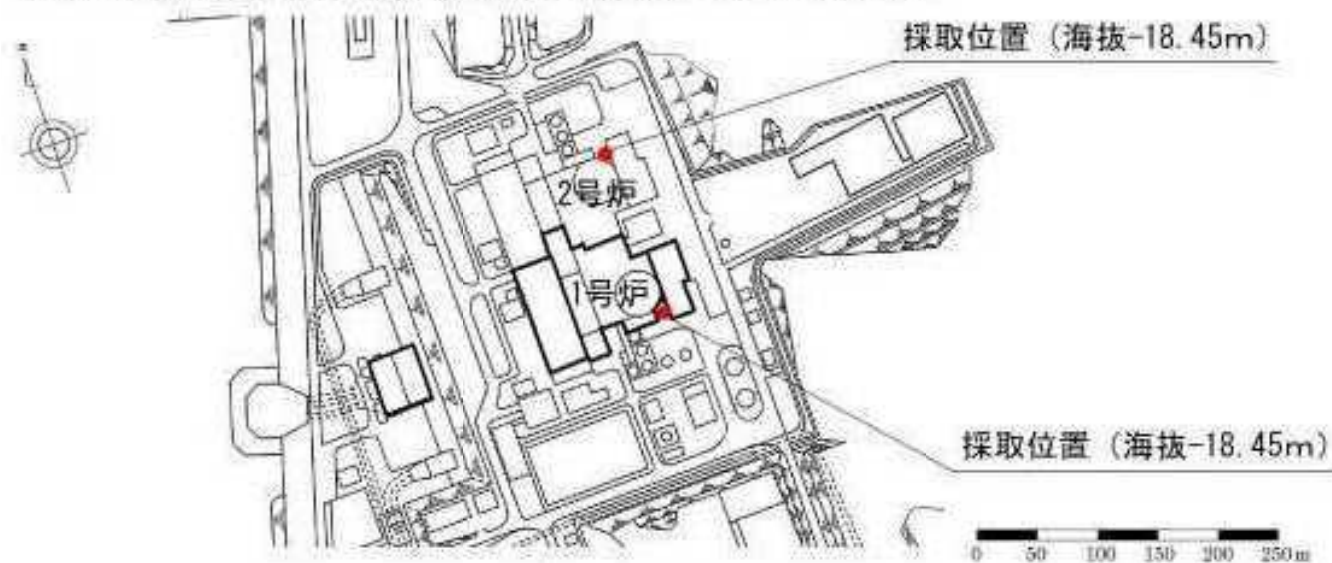


図1 地下水の採取位置

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-2】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 21)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

c. 水質調査方法と結果

コンクリートへの侵食に関わる測定項目(地盤調査法:地盤工学会(1995)参照)について、JIS規格や上水試験方法^{※2}に基づき水質調査を行った調査結果を表1に示す

表1 地下水の水質調査結果

測定項目	単位	結果		水が示す侵食性の判定基準 ^{※3}		
		1号炉	2号炉	弱侵食性	強侵食性	非常に強い侵食性
水素イオン濃度 (pH)	—	8.1	8.1	6.5~5.5	5.5~4.5	4.5以下
遊離炭酸 ^{※2}	mg/l	2	1	15~30	30~60	60以上
アンモニウムイオン	mg/l	0.03未満	0.03未満	15~30	30~60	60以上
マグネシウムイオン	mg/l	10	4.4	100~300	300~1,500	1,500以上
硫酸イオン	mg/l	60	110	200~600	600~3,000	3,000以上

※2:「上水試験方法 II-8-14.4.1 浮遊炭酸算出法」(日本水道協会)

※3: DIN4030 (ドイツ規定)

21

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-2】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 22)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

d. まとめ

- (1) 水質調査結果では、すべての項目において侵食性の判定基準値を下回っており、地下水によるコンクリートの侵食の可能性が低いことを確認した
- (2) 地下水の水素イオン濃度指数 (pH値) は、中性である (7) に対し、弱アルカリ性を示す値であった
また、遊離炭酸 (水中に溶けている炭酸ガス) の数値も判定基準に対し十分低い
- (3) アンモニウムイオン (弱塩基) や硫酸イオン (硫酸塩) 等についても弱侵食性の判定基準に対し十分低い
- (4) 建設当時の工事記録により原子炉建屋、原子炉補助建屋の地下埋設部分の外壁については、防水仕上げを行っている

以上のことから、地中部のコンクリートに対する中性化や塩分浸透による影響は少ないと判断できたため、屋内にてコンクリートサンプルを採取して試験を行い、その試験結果を踏まえて技術評価を実施することとしている

第1回及び第2回分科会時の質問

No.	質問事項	頁
1-1	取替機器について、何が起きて、それをどう評価して取り替えたのか、今後説明すること。	2～13
1-2	原子力発電所にある全ての機器や構造物の全体物量を示し、発電所全体のどの程度を劣化状況評価の対象としているか、一般の方にも分かりやすい説明をすること。	14～16
1-3	高経年技術評価や運転延長認可制度など、制度が重複しているように見えるので、それらの相関を説明すること。	17～19
2-1	CVの鋼板とコンクリート埋設面との弾性充てん材について詳細に説明すること。	20, 21
2-2	屋内より屋外（地中）の方が環境条件として厳しいと考えられるが、地下水の水質の確認は行っているか。その場合、どのような評価をしているのか。地下水のコンクリートへの影響について説明すること。	22～26
2-3	コンクリートが37年程度経過した現状評価は確認できると思うが、今後、延長運転する場合の予測評価はどのように実施するのか説明すること。	27～32

資料2で説明済み

〔川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) P. 16~19〕

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-3】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 16)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

2-1-3. 中性化による強度低下

a. 評価対象部位

- (1) 屋内：原子炉補助建屋
- (2) 屋外：取水構造物

b. 評価点及び選定理由

(1) 評価点

- ・ 屋内：各フロア (EL-15.0m、EL-2.0m、EL+20.3m)、主蒸気管室、非常用ディーゼル発電設備室
- ・ 屋外：気中帯、干満帯、海中帯

(2) 選定理由

- ・ 屋内：仕上げが無く、中性化速度係数[※]が最も大きい原子炉補助建屋のうち、使用環境等を考慮して選定
- ・ 屋外：仕上げが無い取水構造物のうち、使用環境の違いを考慮して選定

※中性化推定式(森永式)における使用環境等を考慮した中性化の速度係数

c. 評価手順

(1) 中性化深さの推定

- ・ 中性化推定式(岸谷式、森永式、 \sqrt{t} 式)により、運転開始60年時点の中性化深さを算出

(2) 最大中性化深さ推定値の抽出

- ・ 上記3式のうち最大値となる中性化深さを抽出

(3) 運転開始後60年経過時点の中性化深さの評価

- ・ 推定された最大の中性化深さと鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さを比較

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-3】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 17)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

d. 健全性評価結果

運転開始後60年経過時点における中性化深さが最大となる評価点において、鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さに達していないことから、中性化による強度低下はない

中性化深さ推定値と鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さの比較

	中性化深さ (cm)			判定
	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)	推定値 運転開始後60年経過時点 (推定式)	鉄筋が腐食 し始める 時点	
原子炉補助建屋 (EL-15.0m)	2.2 (27年)	6.1 (岸谷式)	9.0	OK
取水構造物 (気中帯)	0.8 (27年)	1.3 (√t式)	9.1	OK

第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-3】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 18)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

2-1-4. 塩分浸透による強度低下

a. 評価対象部位

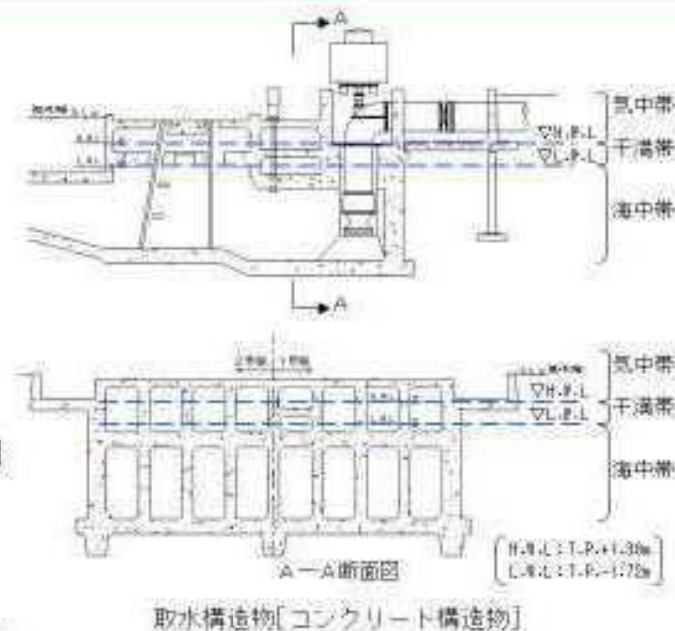
取水構造物

b. 評価点及び選定理由

- (1) 評価点：気中帯、干満帯、海中帯
- (2) 選定理由：仕上げの無い取水構造物のうち、使用環境の違いを考慮して選定

c. 評価手順

- (1) 運転開始後60年時点における鉄筋腐食減量の算出
 - ① フィックの拡散方程式：運転開始経過年数ごとの鉄筋位置における塩化物イオン量を算出
 - ② 森永式：塩化物イオン量を用いて、運転開始経過年数ごとの鉄筋腐食減量
- (2) かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点における鉄筋腐食減量の算出
 - ・ 森永式：鉄筋径およびかぶり厚さを用いて、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点における鉄筋腐食減量を算出
- (3) 運転開始後60年時点における鉄筋腐食減量の評価
 - ・ (1)(2)の鉄筋腐食減量を比較



第2回分科会における質問事項への回答【No. 2-3】〔参考〕

資料名称：川内原子力発電所1号炉の30年目高経年化技術評価結果について
(コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下について) (P. 19)

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下 (含む鉄骨構造の強度低下)

d. 健全性評価結果

運転開始後60年経過時点における鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を下回っていることから、塩分浸透による強度低下はない

鉄筋腐食減量の推定値とかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量の比較

	調査時期 (運転開始後経過年)	鉄筋位置での 塩化物イオン濃度及び量 上段 (%) 下段 (kg/m ³)	鉄筋の腐食減量 [*] ($\times 10^{-4}$ g/cm ²)		判定
			運転開始後 60年経過時点	かぶりコンクリートに ひび割れが発生する時点	
取水構造物 (気中帯)	2011年 (27年)	0.02	3.9	84.5	OK
		0.5			
取水構造物 (干潟帯)		0.09	2.9	88.7	OK
		2.0			
取水構造物 (海中帯)		0.09	2.0	86.4	OK
		2.0			

^{*}森永式 (森永「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究-東京大学学位論文(1986)」)