

美浜3号炉－特別点検（共通）－1 rev2

<p>タイトル</p>	<p>(全体) 原子炉容器、格納容器、コンクリート構造物の特別点検に係る体制、計画、方法、教育訓練、記録等に係る事項について、どのような品質管理を行ったか説明すること。</p>
<p>説明</p>	<p>特別点検については下記の業務プロセスの通り実施し、品質管理を行っております。</p> <p>1. 品質マネジメントシステム上の実施プロセス 各点検業務は当社の品質マネジメントシステム文書である社内標準に基づき以下のとおり適切に実施されている。</p> <p>1.1 点検計画 原子力事業本部 高経年対策 GCM<sup>※1</sup>は、実用炉規則第 113 条及び「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」（以下、運用ガイドという）に基づく特別点検の実施に関する基本方針を策定し、本部内関係箇所に詳細検討を依頼している。 関係箇所である原子力事業本部 機械設備 GCM と土木建築設備 GCM は点検要領書を策定し、美浜発電所 原子炉保修課長及び土木建築課長に点検実施を依頼している。 ※1 GCM：グループチーフマネジャー</p> <p>1.2 点検の実施 発電所原子炉保修課長及び土木建築課長は、「美浜発電所保修業務所則」等に基づき点検要領書の内容を満足するよう調達文書（工事仕様書）を作成し、点検業務の調達管理を行っている。調達先は以下のとおりである。なお、これらの調達先については、「原子力部門における調達管理要綱」等に基づき、原子力設備調達 GCM が調達先の品質マネジメントシステムについて記述された品質保証計画書を定期的に徴収し、保修管理 GCM 及び品質保証 GCM が徴収した品質保証計画書を審査している。また、品質保証 GCM が品質保証計画書に記載された内容について調達先の実施状況を監査により確認している。</p> <p>（調達先）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○原子炉容器                               ：三菱重工業株式会社</li> <li>○原子炉格納容器                         ：非破壊検査株式会社</li> <li>○コンクリート構造物                    ：株式会社環境総合テクノス</li> </ul> <p>調達先は、調達文書の要求事項を満足するよう作業計画書を発電所原子炉保修課長及び土木建築課長に提出し、事前に承認を得たうえで点検を行っている。</p> <p>また、発電所原子炉保修課長及び土木建築課長は、「美浜発電所保修業務所則」等に基づき、調達要求事項が調達先により適切に履行されるよう、作業計画書に従って立会・記録確認を行って工事管理を行っている。</p> <p>発電所原子炉保修課長及び土木建築課長は、点検工事に使用する測定機器のうち、調達先所管分について、「原子力発電所請負工事一般仕</p>

様書に関する要綱指針」等に基づき、「計量器点検チェックシート」を用いて適切な管理を行うことを要求するとともに、校正周期に基づき校正された計量器の使用を要求している。また、工事仕様書においても使用前に試験器・計量器の検定証（写）等の提出を要求し、当該計量器の管理が適切に行われていること（有効期限内であるか、トレーサビリティ等）を確認している。

なお、今回の特別点検において当社所管分の計量器は使用していない。

### 1.3 点検結果の確認

調達先が作成した点検記録は、「美浜発電所保守業務所則」等に基づき発電所原子炉保修課長及び土木建築課長が承認している。

また、発電所原子炉保修課長及び土木建築課長は、点検記録のうち、必要な記録を点検結果報告書として取りまとめ、原子力事業本部 機械設備 GCM と土木建築設備 GCM に報告している。

原子力事業本部 機械設備 GCM 及び土木建築設備 GCM は、点検結果報告書を確認し、点検が適切に実施されていることを確認している。

特別点検結果は、運転期間延長認可申請書の添付書類としてまとめ、原子力事業本部 発電部門統括が承認している。

## 2. 力量の確認

非破壊試験等の力量が必要な作業について、発電所原子炉保修課長及び土木建築課長が「美浜発電所保守業務所則」等に基づき、試験員が必要な力量を有することを確認している。また、当社社員については、「教育・訓練要綱」に基づく力量管理により、業務の遂行に必要な力量を持つ要員が従事している。

## 3. 文書・記録管理

発電所原子炉保修課長及び土木建築課長は、特別点検要領書に基づき、特別点検記録（点検結果報告書）を、また、「美浜発電所文書・記録管理所達」等に基づき、工事総括報告書を保管している。

添付1：美浜3号炉 特別点検の業務実施プロセスと所管箇所、関連文書・記録の関係

以 上

美浜3号炉 特別点検の業務実施プロセスと所管箇所、関連文書・記録の関係

業務プロセス	所管箇所	業務内容	関連文書・記録
点検計画	高経年対策G	<ul style="list-style-type: none"> <li>運用ガイドの要求に従い点検対象とする機器・構造物、対象部位、点検方法・点検項目を設定し、事業本部所管Gに点検の実施計画を指示。</li> </ul>	点検基本方針
	機械設備G 土木建築設備G	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検基本方針に基づき点検要領書を作成し、美浜発電所所管課に対する業務連絡文書により点検実施を指示。</li> <li>点検要領書の内容を満足するよう、調達文書（工事仕様書）を作成。</li> </ul>	特別点検要領書 業務連絡文書 工事実施りん議
点検の実施	原子炉保修課 土木建築課	<ul style="list-style-type: none"> <li>調達先から提出された作業計画書の内容を審査・承認。</li> <li>作業計画書に基づき、立会・記録確認を行うことで工事管理を実施。</li> <li>「美浜発電所保修業務所則」等に基づき測定機器に対する計量器管理を実施。</li> </ul>	工事総括報告書 （作業計画書を含む）
	原子炉保修課 土木建築課	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検結果報告書を作成し承認。</li> <li>業務連絡文書により原子力事業本部所管Gに報告。</li> </ul>	点検結果報告書 業務連絡文書
点検結果の確認	機械設備G 土木建築設備G	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検結果報告書の内容を確認。</li> <li>機械設備Gは劣化状況評価の所管Gである高経年対策Gに報告。</li> </ul>	
	高経年対策G 土木建築設備G他	<ul style="list-style-type: none"> <li>特別点検結果は運転期間延長認可申請書の添付書類としてまとめ、発電部門統括が承認。</li> </ul>	申請りん議
力量の確認	原子炉保修課 土木建築課	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な力量・資格を有する試験員が業務に従事していることを確認。</li> <li>当社社員は、「教育・訓練要綱」に基づく力量管理により、業務の遂行に必要な力量を持つ要員が従事。</li> </ul>	工事総括報告書 （作業計画書を含む） 力量管理表
文書・記録管理	原子炉保修課 土木建築課	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検結果報告書、工事総括報告書の保管。</li> </ul>	点検結果報告書 工事総括報告書

美浜3号炉－共通－3

タイトル	日常劣化管理に関する劣化傾向の把握について (劣化状況評価書-共通-13)
説明	<p>劣化傾向管理に関して、劣化トレンドの管理のため状態監視保全及び点検手入れ前データの活用を行っており、下記の診断等を社内文書として定め、実施している。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1 状態監視保全<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 回転機器の軸受部に対する振動診断</li><li>(2) 回転機器に使用されている潤滑油の診断</li><li>(3) 電気設備や機械的摺動部に対する赤外線サーモグラフィ診断</li></ol></li><li>2 点検手入れ前データ<ol style="list-style-type: none"><li>(1) As-foundデータの収集・保全への反映</li></ol></li></ol> <p style="text-align: right;">以上</p>

# 回転機器振動診断実施マニュアル

## 目 次

第1章 総則	4
1. 目的	4
2. 適用範囲	4
3. 関係する外部文書（法令、民間規格等）	4
4. 関係する内部文書（社内標準等）	4
5. 用語の定義	4
第2章 振動診断業務の実施に係る役務	6
1. 目的	6
2. 役割分担	6
第3章 振動診断の実施に必要な力量	8
1. 目的	8
2. 必要とする力量	8
3. 力量管理	8
4. 教育訓練	8
第4章 振動診断の実施	9
1. 目的	9
2. 振動診断の業務プロセス	9
(1) 対象範囲の策定	9
(2) 振動診断実施計画の策定	9

## 別紙 1 4

## 回転機器潤滑油診断実施マニュアル

## 目 次

第 1 章 総則	
1. 目的	4
2. 適用範囲	4
3. 関係する外部文書（法令、民間規格等）	4
4. 関係する内部文書（社内標準等）	4
5. 用語の定義	4
第 2 章 潤滑油診断業務の実施に係る役務	
1. 目的	6
2. 役割分担	6
第 3 章 潤滑油診断の実施に必要な力量	
1. 目的	7
2. 必要とする力量	7
3. 力量管理	7
4. 教育訓練	8
第 4 章 潤滑油診断の実施	
1. 目的	9
2. 潤滑油診断の業務プロセス	9
(1) 対象範囲の策定	9
(2) 潤滑油診断実施計画の策定	9
(3) 潤滑油診断実績管理	10

## 別紙 15

## 赤外線サーモグラフィー診断実施マニュアル

## 目 次

第1章 総則	
1. 目的	3
2. 適用範囲	3
3. 関係する外部文書（法令、民間規格等）	3
4. 関係する内部文書（社内標準等）	3
5. 用語の定義	3
第2章 サーモグラフィー診断業務の実施に係る役割	
1. 目的	5
2. 役割分担	5
第3章 サーモグラフィー診断の実施に必要な力量	
1. 目的	7
2. 必要とする力量	7
3. 力量管理	7
4. 教育訓練	7
第4章 サーモグラフィー診断の実施	
1. 目的	8
2. サーモグラフィー診断の業務プロセス	8
(1) 対象範囲の策定	8
(2) サーモグラフィー診断実施計画の策定	8
(3) サーモグラフィー診断実績管理	8
(4) 測定	9
(5) 評価	9
(6) 対応の検討	10
(7) 対応の計画、処置	10
第5章 マスターデータ、赤外線診断システムおよび赤外線熱画像計測装置の管理	
1. 目的	12
2. マスターデータの管理	12
3. 赤外線診断システムの管理	12
4. 赤外線熱画像計測装置の管理	12
第6章 サーモグラフィー診断結果の定期的な報告	
1. 目的	13
2. サーモグラフィー診断結果の定期的な報告	13

保修業務ガイド別紙33

## 点検手入れ前データ採取業務マニュアル

平成22年12月7日 制 定

原子力事業本部 保修管理グループ



保-第 27 号

件 名

美浜3号機 第2回特別な保全計画（追加点検）に伴う  
保全の有効性評価の結果について

【承認者】

所長	副所長 (技術)	運営統括長 (1,2号)	運営統括長 (3号)	品質保証 室長	安全・防災 室長	品質保証室 課長	安全・防災室 課長	技術 課長	原子燃料 課長
[Redacted]									

放射線 管理課長	発電 室長	電気 保修課長	計装 保修課長	原子炉 保修課長	ケビン 保修課長	電気工事 グループ課長	機械工事 グループ課長	機械工事 グループ課長	機械工事 グループ課長
[Redacted]									

所長室 課長(劣安)	発電所 課長(BT)	発電所 課長(所則)	電気技術 アドバイザー	機械技術 アドバイザー
[Redacted]				

【保全計画課】

課長	計画 係長	保全技術 係長	係
[Redacted]			

【土木建築課】

課長	土木建築 係長	土木 係長	建築 係長
[Redacted]			

標記については、美浜3号機 第2回特別な保全計画（追加点検）に伴う保全の有効性評価の結果について、下記のとおり報告します。

記

1. 評価年月日  
以下品質保証委員会をもって、3号機 第2回特別な保全計画（追加点検）に伴う保全の有効性評価の内容についてのレビューを行った。  
・平成26年6月17日（火）
2. 評価者  
1項記載の品質保証委員会出席者（詳細添付1 議事録参照）
3. 評価結果  
保全の有効性について評価した結果および改善内容等については、添付2の評価資料参照。

以上

添付1：平成26年度 第2回 品質保証委員会 議事録 (H26.6.23)  
2：美浜3号機 第25回定検中 保全の有効性評価

美浜発電所 第3号機 第25回定検中の保全の有効性評価結果について

美浜発電所 保守業務所別に基づき、有効性評価を実施。

定量的な評価のインプット			総合評価
分類1	分類2	対象期間	
a 保全活動管理指標の監視結果		H24.10.1～H26.3.31	
		H24.10.1～H26.3.31	
b 保全データ検診及び経年劣化の長期的傾向監視の実績		第25回定検および長期停止に伴う保全計画に採取したデータ	
		H24.10.1～H26.3.31に採取したデータ	
		H24.10.1～H26.3.31	
		長期停止に伴う追加点検に採取したデータ	
		第26回定検および長期停止に伴う保全計画(H24.11.26～H25.11.6)	
c トラブルなど運転経験		H24.10.1～H26.3.31	
d 高齢年化技術評価及び定期安全レビューの結果		定検中であり対象外	
e 他プラントのトラブル及び経年劣化傾向に係るデータ		H24.10.1～H26.3.31	
		H24.10.1～H26.3.31	
f リスク情報、科学的知見		定検中であり対象外	
		H24.10.1～H26.3.31	
g その他		H24.10.1～H26.3.31	
		H24.10.1～H26.3.31	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉－共通－4

タイトル	保全活動の有効性について (劣化状況評価書-共通-15)
説明	保全活動の有効性については、添付－1に示す社内文書として定め、保全活動管理指標の監視により確認している。

## 保全活動管理指標の設定および監視マニュアル

添付

### 3号機第24保全サイクル: 保全活動管理指標監視結果一覧


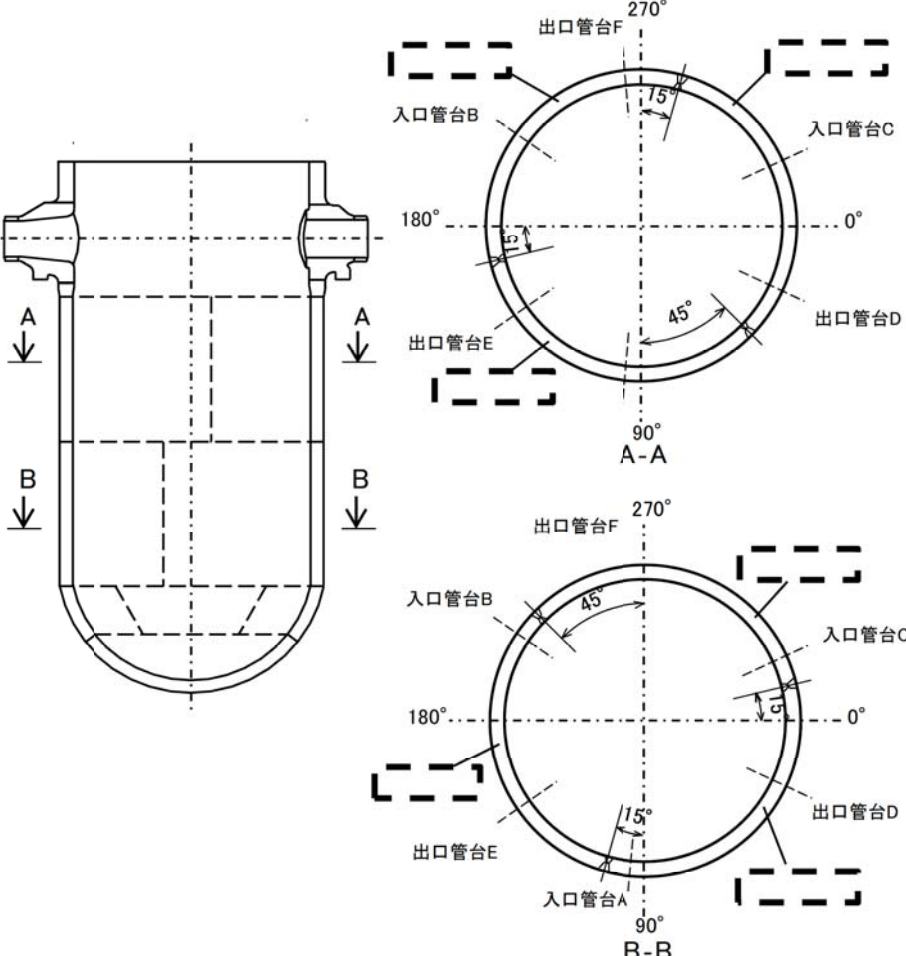
#### 1. プラントレベル(監視期間:平成21年12月13日～平成23年2月14日)

項目	目標値	実績値	備考
計画外自動停止回数			
計画外出力変動回数			
工学的安全施設の計画外作動回数			

#### 2. システムレベル(監視期間:平成21年12月13日～平成23年2月14日) システムレベル指標(MPFF、UA時間積算)について、カウント実績無し。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉—中性子照射脆化— 1 rev1

<p>タイトル</p>	<p>原子炉圧力容器の炉心領域の構造及び構成材料の母材及び溶接金属のミルシート（化学成分）について。</p>																
<p>説明</p>	<p>原子炉圧力容器の炉心領域部は  枚の低合金鋼で製作されている。各母材のミルシート（化学成分表）を表に示す。なお、溶接金属としてのミルシートはありません。</p> <p style="text-align: right;">(重量%)</p> <table border="1" data-bbox="422 622 1348 891"> <thead> <tr> <th>チャージNo.</th> <th>Cu</th> <th>Ni</th> <th>Mn</th> <th>Mo</th> <th>Si</th> <th>P</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">母材</td> <td colspan="7" style="text-align: center;">[Redacted]</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">図 原子炉容器の各板材の配置</p>	チャージNo.	Cu	Ni	Mn	Mo	Si	P	S	母材	[Redacted]						
チャージNo.	Cu	Ni	Mn	Mo	Si	P	S										
母材	[Redacted]																

美浜3号炉－中性子照射脆化－2

タイトル	運転開始後 60 年時点で照射量が $1.0 \times 10^{21} \text{n/m}^2$ をこえる範囲並びにその各部位に係る関連温度及び計算過程について。
説明	運転開始後 60 年時点で照射量が $1.0 \times 10^{21} \text{n/m}^2$ ( $1.0 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$ ) をこえる範囲を示した図を添付 1 に示す。各部位に係る関連温度及び計算に必要な数値を添付 2 に示す。

60年時点で照射量が  $1.0 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$  を超える範囲

60年時点の原子炉容器軸方向中性子照射量分布を図1に、照射量が  $1 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$  を超える範囲を図2に示す。図1より60年時点での照射量は、入口管台溶接部では  $1 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$  を上回るものの、入口管台ノズルコーナ部、出口管台及び下部鏡では  $1 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$  を下回る。

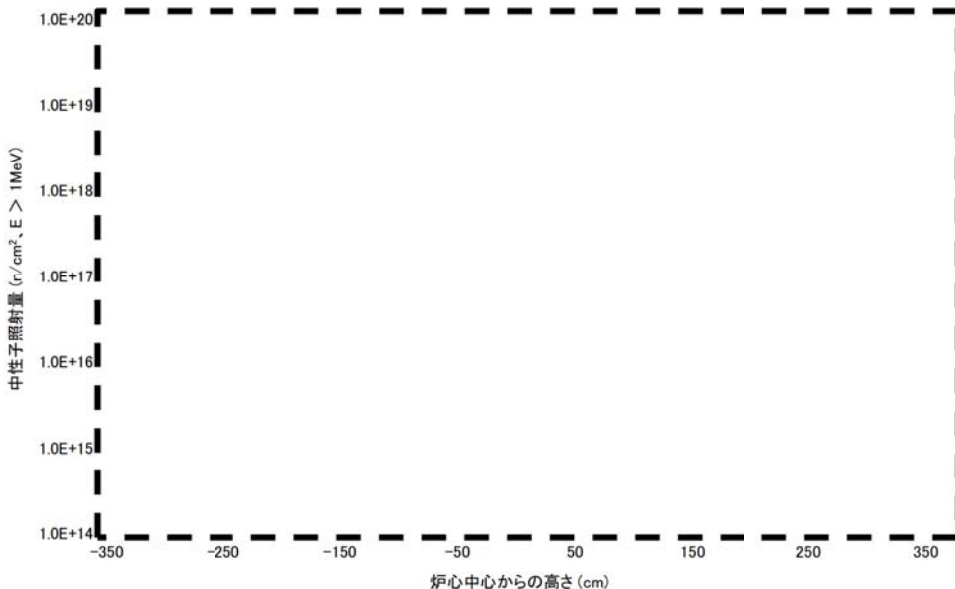


図1 原子炉容器の軸方向中性子照射量分布

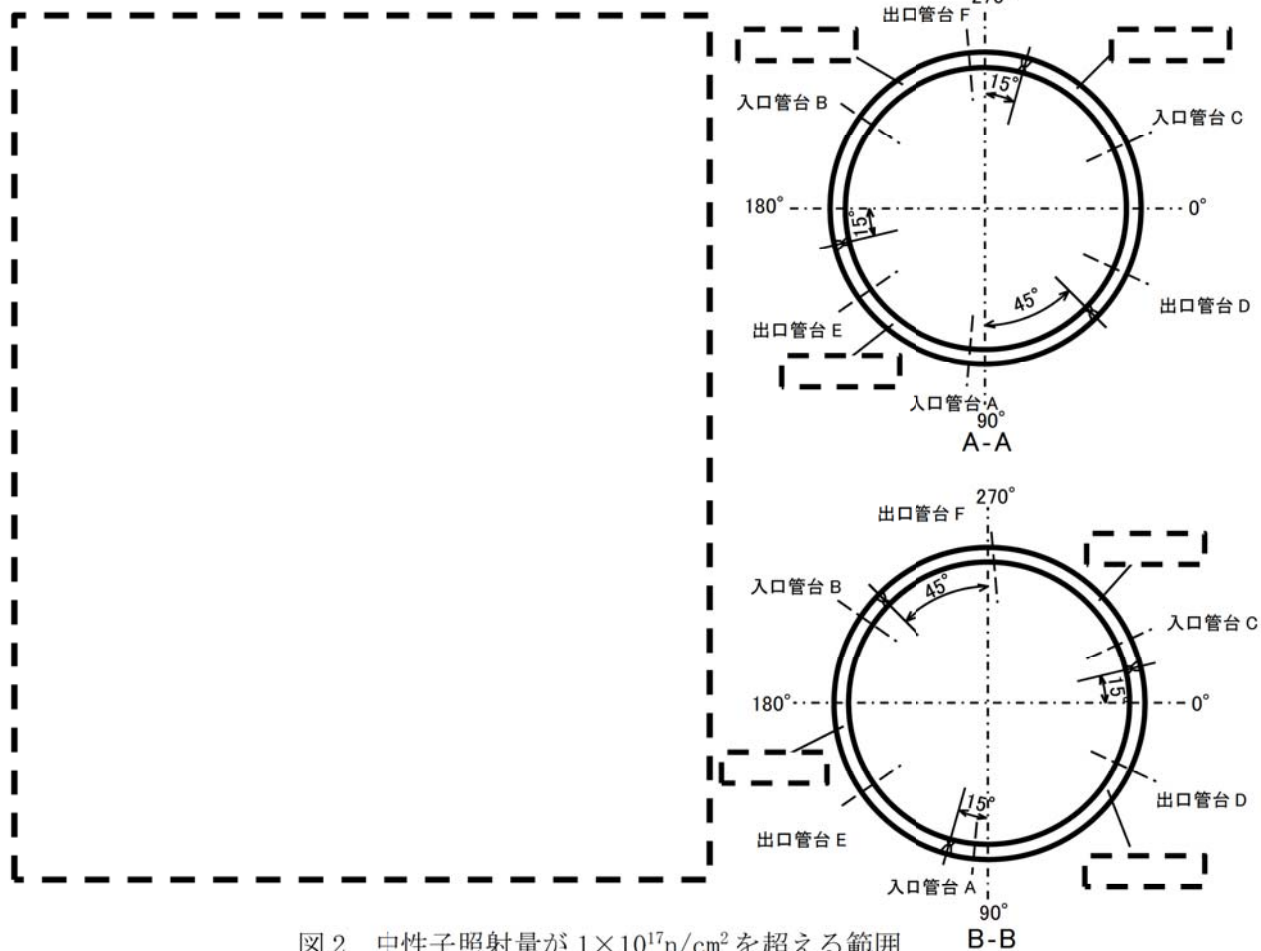


図2 中性子照射量が  $1 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$  を超える範囲

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



## 1. 関連温度算出に係る数値

関連温度の算出に用いる各部材の化学成分、RTNDT初期値及び公称照射温度を表-1に、各部位の中性子照射量及び中性子束を表-2に示す。

表-1 各部材の化学成分、RTNDT初期値、公称照射温度

部材	チャージ No.	化学成分 (mass%)*1			RTNDT 初期値 (°C)	公称照射温度 (°C)
		Cu	Ni	P		
中間胴母材						
下部胴母材						
入口管台						
上部胴						

表-2 運転開始後 60 年時点における各部材の 1/4T 位置での中性子照射量，中性子束

部材	チャージ No.	中性子照射量 (n/cm <sup>2</sup> ) [E>1MeV]	中性子束 (n/cm <sup>2</sup> ・s) [E>1MeV]
中間胴母材			
下部胴母材			
入口管台			
上部胴			

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

## 2. 関連温度算出結果

表-1 及び 2 のデータを用いて算出した運転開始後 60 年時点における各時期の  $\Delta R T_{NDT}$  計算値を表-3 に、関連温度を表-4 に示す。

表-3 運転開始後 60 年時点における各部材の 1/4T 位置での  $\Delta R T_{NDT}$  計算値

部材	チャージ No.	$\Delta R T_{NDT}$ 計算値
		運転開始後 60 年時点
中間胴母材		
下部胴母材		
入口管台		
上部胴		

表-4 運転開始後 60 年時点における各部材の 1/4T 位置での関連温度

部材	チャージ No.	関連温度
		運転開始後 60 年時点
中間胴母材		
下部胴母材		
入口管台		
上部胴		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉－中性子照射脆化－7

タイトル	2015年11月時点及び運転開始後60年時点の関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測の計算過程及び計算に用いた数値について。
説明	2015年11月時点及び運転開始後60年時点の関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測の計算過程及び計算に用いた数値を添付資料に示す。 脆化予測法はJEAC4201-2007[2013追補版]を用いて評価している。

## 1. 関連温度の算出

## 1.1 関連温度算出の詳細な要領

RTNDTの予測値(RTNDT調整値)は次の通り算出する。

$$RTNDT調整値 = RTNDT初期値 + \Delta RTNDT予測値 \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\Delta RTNDT予測値 = \Delta RTNDT計算値 + MR \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

RTNDT初期値 : 照射前の試験により決定したRTNDT(°C)

$\Delta RTNDT$ 計算値 : 以下のように設定する。

$\Delta RTNDT$ 計算値(°C)はJEAC4201-2007/2013追補版の附属書表B-2100-1(PWRの場合)より、公称照射温度から適用表を選択し、中性子束、Cu含有量、Ni含有量及び中性子照射量又はEFPYにより比例法及び対数補間にて算出する。なお、中性子照射量  $f$  ( $\times 10^{19}n/cm^2$ 、 $E > 1MeV$ )は、容器内面からの深さを  $a$  (mm) とすると次式で与えられる。

$$f = f_0 \cdot \exp(-0.24a/25.4) \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

ここで、 $f_0$  : 容器内面での中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ 、 $E > 1MeV$ )

MR : マージン(°C)であり、22°Cである。

しかしながら、監視試験による $\Delta RTNDT$ の実測値が(1.2)式で求まる $\Delta RTNDT$ 予測値を上回った場合は実測値を包絡するようにMRを定め直す。

当該材料に対して2個以上の監視試験による $\Delta RTNDT$ の実測値がある場合、そのデータを用いて以下の様に $\Delta RTNDT$ 予測値を求め、それと(1.1)式を用いてRTNDT調整値を求める。

$$\Delta RTNDT予測値 = [\Delta RTNDT計算値 + Mc] + MR \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

$\Delta RTNDT$ 計算値 : 附属書表B-2100-1より求めた $\Delta RTNDT$ 計算値(°C)

Mc : 実測値で補正する場合に用いるマージン(°C)であり、次式で求める。

ただし、 $[\Delta RTNDT計算値 + Mc]$  が負となる場合は、 $[\Delta RTNDT計算値 + Mc]$  を0とする。

$$Mc = \frac{\sum_{i=1}^n \{(\Delta RTNDT実測値)_i - (\Delta RTNDT計算値)_i\}}{n} \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

ここで、 $n$  : 監視試験データ数  
 $(\Delta RTNDT実測値)_i$  : 第  $i$  回監視試験より得られた  $\Delta RTNDT$ の実測値(°C)

この場合、(1.4)式のマージン $M_R$ は18°Cとすることができる。

本脆化予測法の適用範囲を以下に示す。

	(母材及び溶接金属)
・ 材料のCu含有量 (mass%)	0.25以下
・ 材料のNi含有量 (mass%)	0.5~1.1
・ 材料のP含有量 (mass%)	0.025以下
・ 中性子照射量 ( $n/cm^2$ 、 $E>1MeV$ )	$1.0 \times 10^{17} \sim 1.3 \times 10^{20}$
・ 中性子束 ( $n/cm^2/s$ 、 $E>1MeV$ )	$1.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^{12}$
・ 公称照射温度 (°C)	270~290

[注記]

- ・ Cu含有量が0.04mass%以下の場合は、Cu含有量は0.04mass%として関連温度移行量を予測する。

## 1.2 関連温度算出結果

関連温度の算出に用いる各部材の化学成分及び公称照射温度を添付表-1、各時期（照射前～第4回監視試験時点、2015年11月時点(25EFPY)及び運転開始後60年時点(41EFPY)における中性子照射量、中性子束、RTNDT実測値を添付表-2に示す。

添付表-1 各部材の化学成分及び公称照射温度

部材	化学成分 (mass%)			公称照射温度 (°C)
	C u	N i	P	
母材 (熱影響部)	0.09	0.55	0.010	-
溶接金属	0.09	0.84	0.012	

添付表-2 各時期における中性子照射量、中性子束、RTNDT実測値

監視試験回次 及び評価時期	中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E>1MeV]	中性子束 ( $\times 10^{10}n/cm^2/s$ ) [E>1MeV]	RTNDT実測値 (°C)		
			母材	熱影響部	溶接金属
0	—	—	-20	-42	-62
1	0.25	-	2	-52	-60
2	2.04		22	-33	-27
3	3.46		30	-26	-26
4	5.76		57	-5	-21
2015年11月末時点*1	2.86		—	—	—
運転開始後60年時点*1	4.69		—	—	—

\*1 : 1/4T位置

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

1.1項に従い添付表-1及び2のデータを用いて算出した $\Delta RT_{NDT}$ 計算値を添付表-3に示す。

添付表-3 各時期における $\Delta RT_{NDT}$ 計算値

監視試験回次 及び評価時期	$\Delta RT_{NDT}$ 計算値(°C)		
	母材	熱影響部	溶接金属
1			
2			
3			
4			
2015年11月末時点*			
運転開始後60年時点*			

\*：1/4T位置

1.1項に従い添付表-2及び3のデータを用いて算出した $M_C$ 及び $M_R$ を添付表-4に示す。

添付表-4 各部材における $M_C$ 及び $M_R$ 

部材	$M_C$	$M_R$
母材		
熱影響部		
溶接金属		

ここで、(1.1)式及び(1.4)式に従い、関連温度の算出式をまとめると、以下の通り。

$RT_{NDT}$ 調整値

$$= RT_{NDT} \text{初期値} + [\Delta RT_{NDT} \text{計算値} + M_C] + M_R \dots\dots\dots (1.6)$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

1. 1項に従い添付表-2～4のデータを用いて、(1. 6)式より2015年11月時点(25EFPY)及び  
運転開始後60年時点(41EFPY)における関連温度を算出した結果を以下に示す。

①2015年11月時点(1/4T位置)

母材	53 (°C)	≒	
熱影響部	-4 (°C)	≒	
溶接金属	-7 (°C)	≒	

②運転開始後60年時点(1/4T位置)

母材	64 (°C)	≒	
熱影響部	7 (°C)	≒	
溶接金属	3 (°C)	≒	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



## 2. 上部棚吸収エネルギーの算出

## 2.1 上部棚吸収エネルギー算出の詳細な要領

USEの予測値(USE調整値)は次の通り算出する。

$$\text{USE調整値 (J)} = \text{USE初期値} \times (1 - \Delta \text{USE予測値}/100) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

USE初期値 : 照射前の試験により決定したUSE (J)

$$\Delta \text{USE予測値 (\%)} = C_0 + [CF_U] \cdot [FF_U]_{(f)} + M_U \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$C_0$  : 母材(含む熱影響部)については-0.95、溶接金属については-2.78

$[CF_U]$  : 化学成分 (mass%) による係数

母材(含む熱影響部)

$$[CF_U] = 5.23 + 9.36 \cdot (0.5 + 0.5 \cdot \tanh\{(Cu - 0.087)/0.034\}) \\ \times (1 + 0.59 \cdot Ni) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

溶接金属

$$[CF_U] = 9.78 + 3.96 \cdot (0.5 + 0.5 \cdot \tanh\{(Cu - 0.086)/0.045\}) \\ \times (1 + 3.63 \cdot Ni) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Cu : 銅の含有量 (mass%)

Ni : ニッケルの含有量 (mass%)

$[FF_U]_{(f)}$  : 中性子照射量  $f$  ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ,  $E > 1MeV$ ) による係数

$$\text{母材(含む熱影響部)} \quad [FF_U]_{(f)} = f^{(0.349 - 0.068 \log f)} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{溶接金属} \quad [FF_U]_{(f)} = f^{(0.234 + 0.015 \log f)} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$f = f_0 \cdot \exp(-0.24a/25.4) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$f_0$  : 容器内面での中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ,  $E > 1MeV$ )

$a$  : 容器内面からの深さ (mm)

MU : 以下のように設定する。

1) 当該の材料に対して監視試験による ΔUSEの実測値が2個未満の場合

$$MU = 2\sigma_{\Delta U} \dots\dots\dots (2.8)$$

$\sigma_{\Delta U}$  : ΔUSEに関する標準偏差 (%)  
 母材(含む熱影響部)については6.9%、溶接金属については7.5%。

ただし、監視試験(第1回)による ΔUSEの実測値が(2.2)式で求まる ΔUSE予測値を上回った場合は実測値を包含するようにMUを定め直す。

2) 当該の材料に対して監視試験による ΔUSEの実測値が2個以上の場合

$$MU = \frac{\sum_{i=1}^n \{(\Delta USE \text{実測値})_i - (C_0 + [CF_U] \cdot [FF_U]_{(fi)})\}}{n} \dots\dots\dots (2.9)$$

$(\Delta USE \text{実測値})_i$  : 第i回監視試験より得られた ΔUSEの実測値 (%)  
 n : 監視試験データ数

ただし、監視試験による最大の ΔUSEの実測値が(2.2)式で求まる ΔUSE予測値を上回った場合は実測値を包含するようにMUを定め直す。

国内USE予測式の適用範囲を以下に示す。

	母材	溶接金属
・ 材料の Cu含有量 (mass%)	0.25以下	0.20以下
・ 材料の Ni含有量 (mass%)	0.5~1.0	0.5~1.1
・ 材料の P含有量 (mass%)	0.020以下	0.016以下
・ 中性子照射量 (n/cm <sup>2</sup> 、E>1MeV)	1.0 × 10 <sup>17</sup> ~1.2 × 10 <sup>20</sup>	
・ 公称照射温度 (°C)	274~310	

## 2.2 上部棚吸収エネルギー算出結果

上部棚吸収エネルギーの算出に用いる各部材の化学成分及び公称照射温度を添付表-5、各時期(照射前～第4回監視試験時点, 2015年11月時点(25EFPY)及び運転開始後60年時点(41EFPY)における中性子照射量, USE実測値を添付表-6に示す。

添付表-5 各部材の化学成分及び公称照射温度

部材	化学成分 (mass%)			公称照射温度 (°C)
	C u	N i	P	
母材(熱影響部)	0.09	0.55	0.010	
溶接金属	0.09	0.84	0.012	

添付表-6 各時期における中性子照射量, USE実測値

監視試験回次 及び評価時期	中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E>1MeV]	USE実測値 (J)		
		母材	熱影響部	溶接金属
0	—	149	194	197
1	0.25	129	201	192
2	2.04	128	179	141
3	3.46	128	176	158
4	5.76	139	190	172
2015年11月時点*1	2.86	—	—	—
運転開始後60年時点*1	4.69	—	—	—

\*1 : 1/4T位置

ここで、(2.1)式及び(2.2)式に従い、上部棚吸収エネルギーの算出式をまとめると、以下の通り。

$$\text{USE調整値} = \text{USE初期値} \times (1 - (C_0 + [CF_U] \cdot [FF_U]_{(f)} + M_U) / 100) \dots\dots\dots (2.10)$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

2. 1項に従い添付表-5及び6のデータを用いて $[CF_U]$ 、 $[FF_U]_{(f)}$ 及び $M_U$ を算出し、(2. 10)式より2015年11月時点(25EFPY)及び運転開始後60年時点(41EFPY)における上部棚吸収エネルギーを算出した結果を以下に示す。

①2015年11月時点(1/4T位置)

$$\text{母材} \quad 129 \text{ (J)} \doteq 149 \times (1 - ((-0.95) + \frac{1}{100}))$$

$$\text{熱影響部} \quad 178 \text{ (J)} \doteq 194 \times (1 - ((-0.95) + \frac{1}{100}))$$

$$\text{溶接金属} \quad 137 \text{ (J)} \doteq 197 \times (1 - ((-2.78) + \frac{1}{100}))$$

②運転開始後60年時点(1/4T位置)

$$\text{母材} \quad 125 \text{ (J)} \doteq 149 \times (1 - ((-0.95) + \frac{1}{100}))$$

$$\text{熱影響部} \quad 173 \text{ (J)} \doteq 194 \times (1 - ((-0.95) + \frac{1}{100}))$$

$$\text{溶接金属} \quad 131 \text{ (J)} \doteq 197 \times (1 - ((-2.78) + \frac{1}{100}))$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉—中性子照射脆化—8

タイトル	PTS事象として設定した、小破断LOCA、大破断LOCA及び主蒸気管破断、2次系からの除熱機能喪失のKI曲線について。
説明	<p>国内PWRに対しては、発電技検「溶接部等熱影響部信頼性実証試験」のうち、「原子炉圧力容器加圧熱衝撃試験」において、設計基準事象から主蒸気管破断事故、小破断冷却材喪失(LOCA)事故、大破断冷却材喪失(LOCA)事故が制限的なPTS事象として選定されており、これらを評価対象として、現行のJEAC4206に反映されている。PTS評価は、これに従って評価を実施している。</p> <p>(参考) 溶接部等熱影響部信頼性実証試験に関する調査報告書「原子炉圧力容器加圧熱衝撃試験」[総まとめ版](平成4年3月、財団法人発電設備技術検査協会)</p> <p>遷移曲線設定条件及びPTS評価における応力拡大係数の計算条件を添付資料に示す。添付資料は代表的な3ループプラントでの評価であるが、PTS事象の中で最も厳しくなる大LOCAの条件について、主要条件を比較した結果、下記の観点から美浜3号炉は代表プラントと同等であり、適用性に問題ないと判断している。</p> <p>①ステップ状温度低下幅(初期温度<math>\square\square^{\circ}\text{C}\rightarrow\square\square^{\circ}\text{C}</math>) 美浜3号炉は代表プラントと同条件。</p> <p>②再循環切替時間(<math>\square\square^{\circ}\text{C}\rightarrow\square\square^{\circ}\text{C}</math>) 代表プラントでは<math>\square\square</math>であるのに対し、美浜3号炉は<math>\square\square</math>であり、再循環切替時間は代表プラント以下であることから安全側の評価となっている。</p> <p>③圧力 美浜3号炉は代表プラントと同条件。</p> <p>④冷却水温度(<math>\square\square^{\circ}\text{C}</math>) 美浜3号炉は代表プラントと同条件。</p> <p>また、工事計画(平成28年11月申請)の内容を反映したPTS評価結果を添付2に示す。工事計画において、低温/高圧となりPTS事象の観点から設計基準事故状態よりも厳しい状態となる可能性のある事象を複数の炉心損傷防止シーケンスから検討した結果、2次冷却系からの除熱機能喪失を選定している。</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

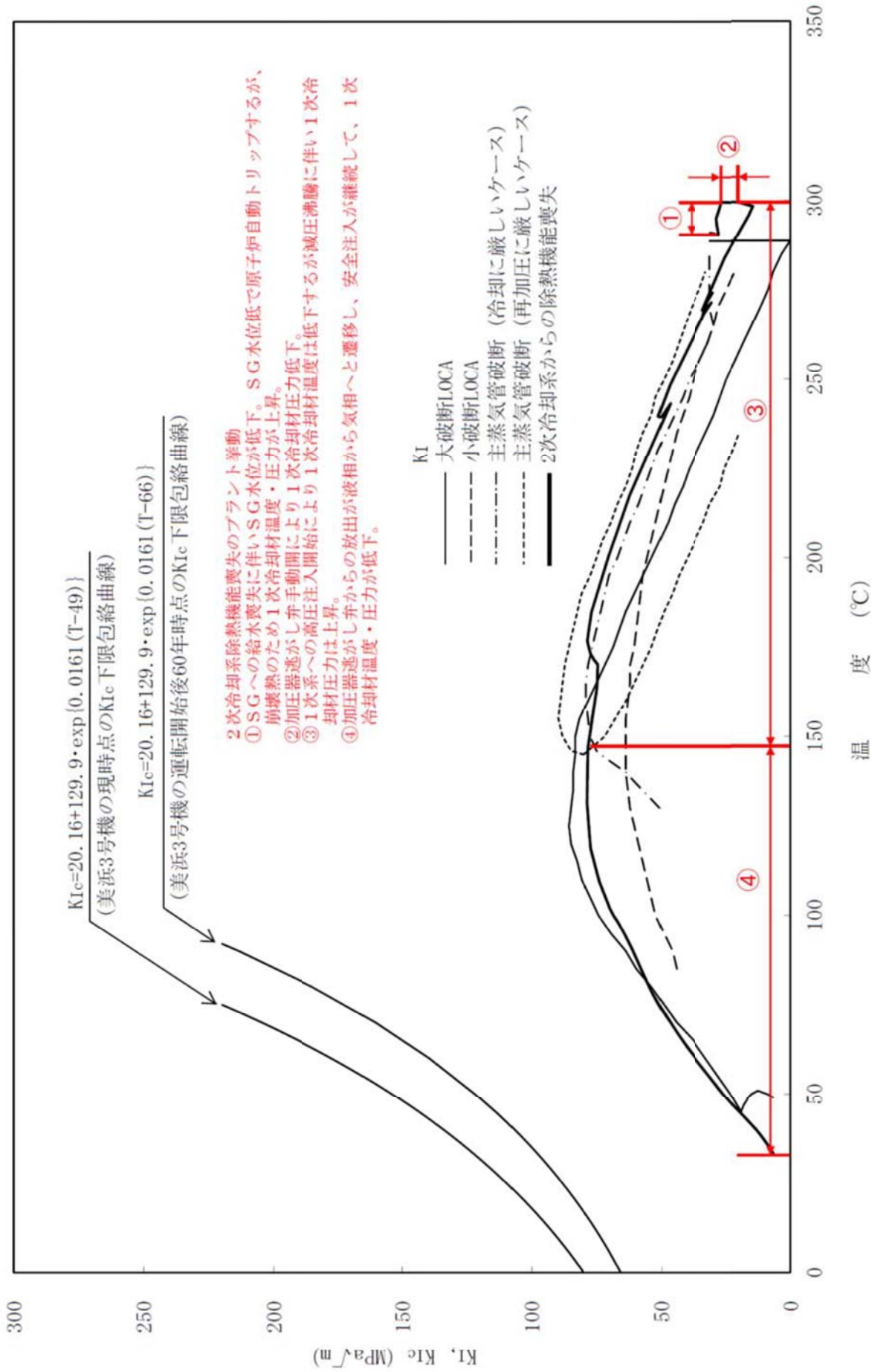
表1 3ループプラントの状態遷移曲線

パラメータ	3ループプラントの状態遷移曲線
き裂形状 ① 深さ ②軸方向長さ	
温度条件	
圧力条件	

表2 PTS評価における応力拡大係数の計算の条件

項目	算出方法	備考
過渡条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>主蒸気管破断事故</li> <li>小破断冷却材喪失事故(小破断LOCA)</li> <li>大破断冷却材喪失事故(大破断LOCA)</li> </ul> <div style="border: 2px dashed black; height: 300px; width: 100%;"></div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計基準事象から1次冷却材温度が低温となりPTS評価上厳しい過渡を選定。</li> <li>選定した過渡のうち、最もPTS評価上厳しい大破断LOCAは、安全側に冷却水の混合を考慮しないステップ状の温度変化を与えている。</li> </ul>
応力解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>内圧による応力は、厚肉円筒の式より算出</li> <li>熱による応力は、厚肉円筒の内外温度差による熱応力の式を使用し算出</li> </ul>	
応力拡大係数の算出	<ul style="list-style-type: none"> <li>C. B. Buchalet &amp; W. H. Bamford の応力拡大係数式より算出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>応力解析により求められた応力分布に基づき仮想欠陥最深部での応力拡大係数を算出。</li> <li>評価式はJEAC4206-2007 C-3120 (3)に規定されている。</li> </ul>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



美浜3号炉 原子炉容器胴部 (炉心領域部) 中性子照射脆化に対するP T S評価結果  
 [深さ10mmの想定き裂を用いた評価]

美浜3号炉—中性子照射脆化—9, 11

<p>タイトル</p>	<p>破壊靱性値の評価を行う上で用いたTpの値、Tpの設定に用いた全ての監視試験データ（破壊靱性）、中性子照射量、2015年11月時点及び運転開始後60年時点の温度移行量とその計算過程について。</p>
<p>説明</p>	<p>監視試験データは JEAC4206-2007 附属書 C に規定されている一般評価により計算し、Tp を設定している。脆化予測には、JEAC4201-2007/2013 追補版の附属書 B に規定されている国内脆化予測法を適用している。</p> <p>美浜3号炉のTpの評価に用いた詳細データを添付資料に示す。 また、2015年11月時点及び運転開始後60年時点において下限包絡線で厳しくなる に対するTpの算出過程は以下の通り。</p> <p>2015年11月時点（欠陥深さ10mm）  <math display="block">\Delta TK_{IC} = \Delta RT_{NDT}(\text{評価時期}) - \Delta RT_{NDT}(\text{監視試験時点}) + \sigma_{\Delta}</math> <math display="block">T(\text{シフト後温度}) = T(\text{試験温度}) + \Delta TK_{IC}</math> <math display="block">T_p = T(\text{シフト後温度}) - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{KIc - 20.16}{129.9}\right)</math> <math display="block">= 48.2</math></p> <p>運転開始後60年時点（欠陥深さ10mm）  <math display="block">\Delta TK_{IC} = \dots</math> <math display="block">T(\text{シフト後温度}) = \dots</math> <math display="block">T_p = \dots - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{KIc - 20.16}{129.9}\right) \doteq 65.3</math></p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



<p>説明</p>	<p>2015年11月時点（欠陥深さ5mm）</p> $\Delta TK_{IC} = \Delta RT_{NDT}(\text{評価時期}) - \Delta RT_{NDT}(\text{監視試験時点}) + \sigma_{\Delta}$ $= 10.0 - 10.0 + 10.0 = 10.0$ $T(\text{シフト後温度}) = T(\text{試験温度}) + \Delta TK_{IC}$ $= 10.0 + 10.0 = 20.0$ $T_p = T(\text{シフト後温度}) - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{K_{IC} - 20.16}{129.9}\right)$ $= 20.0 - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{10.0 - 20.16}{129.9}\right) \approx 49.3$ <p>運転開始後60年時点（欠陥深さ5mm）</p> $\Delta TK_{IC} = 10.0 - 10.0 + 10.0 = 10.0$ $T(\text{シフト後温度}) = 10.0 + 10.0 = 20.0$ $T_p = 20.0 - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{10.0 - 20.16}{129.9}\right) \approx 67.2$ <p>【記号の説明】</p> <p><math>T_p</math> : 当該プラントにおけるプラント評価時期の破壊靱性遷移曲線を設定する際に定まるプラント個別の定数（℃）</p> <p><math>\Delta TK_{IC}</math> : 破壊靱性(<math>K_{IC}</math>)の温度移行量（℃）</p> <p><math>\Delta RT_{NDT}</math> : 関連温度移行量の計算値（℃）</p> <p><math>\sigma_{\Delta}</math> : 標準偏差（℃）（JEAC4201-2007/2013 追補版の <math>M_R</math> と読み替える）</p> <p><math>T</math> : 破壊靱性試験片の試験温度（℃）</p>
-----------	---

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜 3 号機(10mm 深さ位置)の 2015 年 11 月時点における  $T_p$  算出結果

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	シフト後 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$KIc$ ( $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ )	$T_p$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	評価
[Redacted Content]						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜 3 号機(10mm 深さ位置)の 60 年時点における  $T_p$  算出結果

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	$KIc$ ( $MPa\sqrt{m}$ )	$T_p$ (°C)	評価
[Redacted Content]						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号機(5mm 深さ位置)の2015年11月時点における  $T_p$  算出結果

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	シフト後 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$KIc$ ( $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ )	$T_p$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	評価
[Redacted Content]						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜 3 号機 (5mm 深さ位置) の 60 年時点における  $T_p$  算出結果

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	シフト後 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$KIc$ ( $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ )	$T_p$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	評価
[Redacted Content]						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉－絶縁低下－6



タイトル	電気ペネトレーションの取替実績について。 (4-3. 3-16頁)
説明	これまでに美浜3号炉の電気ペネトレーションの取替実績はない。

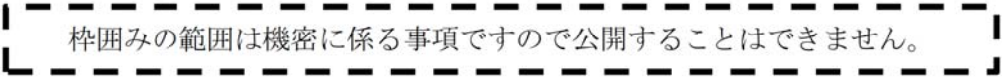
美浜3号炉－絶縁低下－1 O rev1

タイトル	長期健全性試験を実施した各代表ケーブル及びケーブル接続部の絶縁体等の活性化エネルギーについて。																																																																								
説明	<p>長期健全性試験を実施した各代表ケーブル及びケーブル接続部の絶縁体等の活性化エネルギーとその根拠は以下の通り。</p> <table border="1" data-bbox="421 580 1350 1352"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">代表ケーブル または ケーブル接続部</th> <th colspan="3">絶縁体等</th> </tr> <tr> <th>名称</th> <th>活性化エネルギー (kcal/mol)</th> <th>根拠</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>難燃高圧CSHV ケーブル</td> <td>架橋ポリエチレン</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>難燃KKケーブル</td> <td>シリコンゴム</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>難燃PHケーブル</td> <td>難燃EPゴム</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>SHVVケーブル</td> <td>特殊耐熱ビニル</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>VVケーブル*1</td> <td>ビニル</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>三重同軸ケーブル</td> <td>ポリエチレン</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>難燃三重同軸 ケーブル－2</td> <td>架橋ポリエチレン</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>気密端子箱接続</td> <td>エチレンプロピレンゴム</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>直ジョイント</td> <td>難燃架橋ポリエチレン</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">10</td> <td rowspan="2">原子炉格納容器内 電動弁コネクタ接 続</td> <td>エチレンプロピレンゴム (リング、ブッシュ)</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>ジアルフルレート樹脂 (絶縁物)</td> <td></td> <td>EPRI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">11</td> <td rowspan="2">三重同軸コネクタ －1 接続</td> <td>エチレンプロピレンゴム (リング)</td> <td></td> <td>メーカーデータ</td> </tr> <tr> <td>架橋ポリスチレン (絶縁物)</td> <td></td> <td>メーカーカタログ 値</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 1：長期健全性試験を実施した製造メーカーのケーブル</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>				No.	代表ケーブル または ケーブル接続部	絶縁体等			名称	活性化エネルギー (kcal/mol)	根拠	1	難燃高圧CSHV ケーブル	架橋ポリエチレン		メーカーデータ	2	難燃KKケーブル	シリコンゴム		メーカーデータ	3	難燃PHケーブル	難燃EPゴム		メーカーデータ	4	SHVVケーブル	特殊耐熱ビニル		メーカーデータ	5	VVケーブル*1	ビニル		メーカーデータ	6	三重同軸ケーブル	ポリエチレン		メーカーデータ	7	難燃三重同軸 ケーブル－2	架橋ポリエチレン		メーカーデータ	8	気密端子箱接続	エチレンプロピレンゴム		メーカーデータ	9	直ジョイント	難燃架橋ポリエチレン		メーカーデータ	10	原子炉格納容器内 電動弁コネクタ接 続	エチレンプロピレンゴム (リング、ブッシュ)		メーカーデータ	ジアルフルレート樹脂 (絶縁物)		EPRI	11	三重同軸コネクタ －1 接続	エチレンプロピレンゴム (リング)		メーカーデータ	架橋ポリスチレン (絶縁物)		メーカーカタログ 値
No.	代表ケーブル または ケーブル接続部	絶縁体等																																																																							
		名称	活性化エネルギー (kcal/mol)	根拠																																																																					
1	難燃高圧CSHV ケーブル	架橋ポリエチレン		メーカーデータ																																																																					
2	難燃KKケーブル	シリコンゴム		メーカーデータ																																																																					
3	難燃PHケーブル	難燃EPゴム		メーカーデータ																																																																					
4	SHVVケーブル	特殊耐熱ビニル		メーカーデータ																																																																					
5	VVケーブル*1	ビニル		メーカーデータ																																																																					
6	三重同軸ケーブル	ポリエチレン		メーカーデータ																																																																					
7	難燃三重同軸 ケーブル－2	架橋ポリエチレン		メーカーデータ																																																																					
8	気密端子箱接続	エチレンプロピレンゴム		メーカーデータ																																																																					
9	直ジョイント	難燃架橋ポリエチレン		メーカーデータ																																																																					
10	原子炉格納容器内 電動弁コネクタ接 続	エチレンプロピレンゴム (リング、ブッシュ)		メーカーデータ																																																																					
		ジアルフルレート樹脂 (絶縁物)		EPRI																																																																					
11	三重同軸コネクタ －1 接続	エチレンプロピレンゴム (リング)		メーカーデータ																																																																					
		架橋ポリスチレン (絶縁物)		メーカーカタログ 値																																																																					

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉－絶縁低下－13

<p>タイトル</p>	<p>屋外ケーブル水トリーに対する現状保全内容について。 (8-1-12頁)</p>
<p>説明</p>	<p>1. ケーブルの浸水対策について 屋外ケーブルトレンチ内については、の頻度で水溜りの有無を確認している。 なお、ケーブルトレイは、コンクリート製のトレンチ内の高所に布設されており、ケーブルが浸水する状況になることは考え難く、さらに当該トレンチと繋がっている排水ピットには、水位を感知して自動起動する恒設の排水ポンプが設置され、また水位高になると警報が中央制御室および現地盤に発信し、現場確認することになる。 以上のことから、ケーブルの浸水の観点から、トレンチ内の目視確認の周期はで問題ないとする。</p> <p>2. 恒設排水ポンプの保全について 恒設の排水ポンプについては、必要に応じて分解点検等を実施しており、点検の際には、天候等の状況により、仮設のポンプを設置してから実施することとしている。</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

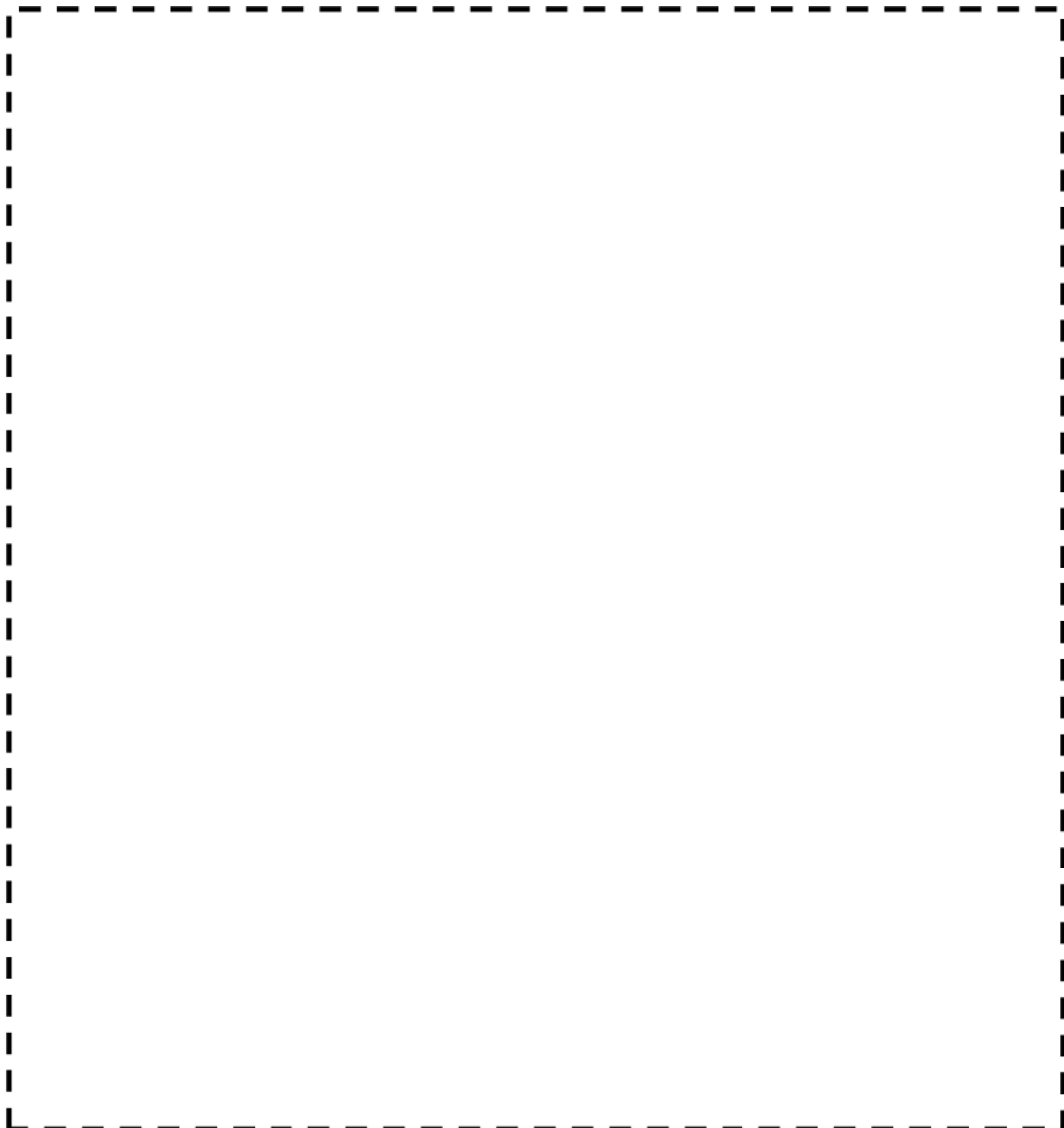


美浜3号炉－絶縁低下－16

タイトル	各ポンプモータの固定子取替実績について。 (一)
説明	<p>各ポンプモータの固定子取替実績は以下の通り。</p> <p>①電動補助給水ポンプモータ（2台）：取替実績なし</p> <p>②内部スプレポンプモータ（4台）：取替実績なし</p> <p>③1次系冷却水ポンプモータ（4台）：固定子取替実績あり 取替理由：予防保全のため 取替時期：第18回定検時（2000年度）に2台取替 第19回定検時（2001年度）に1台取替 第21回定検時（2004～2006年度）に1台取替</p> <p>④余熱除去ポンプモータ（2台）：取替実績なし</p> <p>⑤ほう酸ポンプモータ（3台）：モータ取替実績あり 取替理由：予防保全のため 取替時期：第24回定検時（2009年度）に1台取替 第25回定検時（2011年度～）に2台取替</p> <p>⑥燃料取替用水ポンプモータ（2台）：モータ取替実績あり 取替理由：予防保全のため 取替時期：第24回定検時（2009年度）に1台取替 第25回定検時（2011年度～）に1台取替</p> <p>⑦海水ポンプモータ※（4台）：固定子取替実績あり 取替理由：予防保全のため 取替時期：第18回定期検査時（2000年度）に2台取替 第21回定期検査時（2004～2006年度）に2台取替</p> <p>⑧充てん／高圧注入ポンプモータ※（3台）：固定子取替実績あり 取替理由：予防保全のため 取替時期：第18回定期検査時（2000年度）に1台取替 第19回定期検査時（2001年度）に1台取替 第21回定期検査時（2004～2006年度）に1台取替</p> <p>※：劣化状況評価書にも記載あり</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

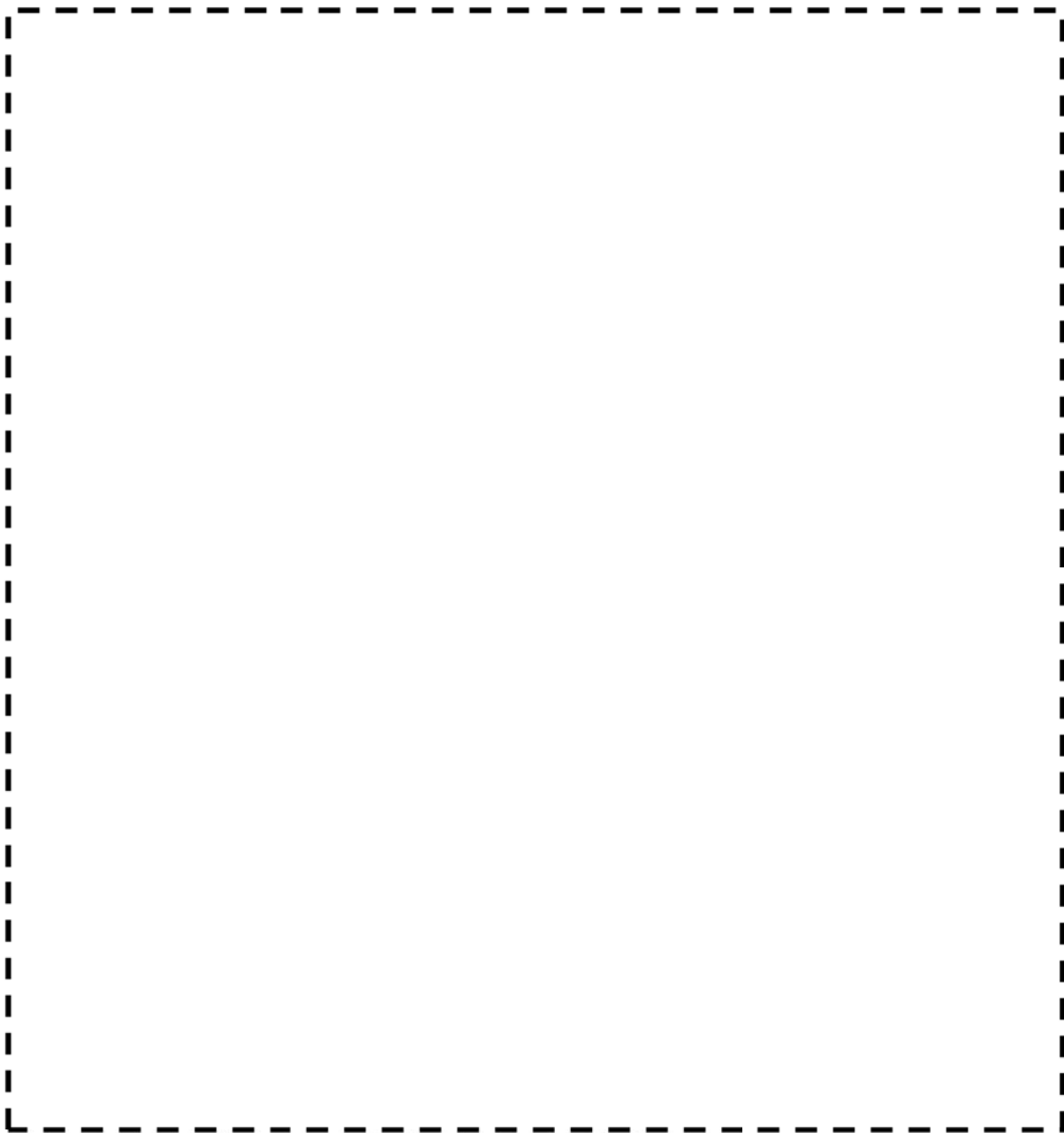
美浜3号炉－絶縁低下－17

<p>タイトル</p>	<p>設計基準事故時雰囲気環境下において機能要求のある弁電動装置について。 (6-2.1-2頁)</p>																				
<p>説明</p>	<p>設計基準事故時雰囲気環境下において機能要求のある電動弁の名称および台数については以下の通り。電源は全て交流である。 なお、電動弁の設置箇所は添付-1～3の配置図に示す。</p> <table border="1" data-bbox="512 770 1270 1158"> <thead> <tr> <th>名 称</th> <th>台数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>余熱除去ポンプ入口弁（第1弁）</td> <td>2台</td> </tr> <tr> <td>余熱除去ポンプ入口弁（第2弁）</td> <td>2台</td> </tr> <tr> <td>加圧器逃がし弁入口止弁</td> <td>2台</td> </tr> <tr> <td>アキュムレータ出口電動弁</td> <td>3台</td> </tr> <tr> <td>冷却材ポンプモータ冷却水出口第1しゃ断弁</td> <td>1台</td> </tr> <tr> <td>冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口しゃ断弁</td> <td>1台</td> </tr> <tr> <td>封水戻り第1隔離弁</td> <td>1台</td> </tr> <tr> <td>B冷却材ループ高温側サンプル第1隔離弁</td> <td>1台</td> </tr> <tr> <td>格納容器R-11・12隔離弁</td> <td>1台</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">以 上</p>	名 称	台数	余熱除去ポンプ入口弁（第1弁）	2台	余熱除去ポンプ入口弁（第2弁）	2台	加圧器逃がし弁入口止弁	2台	アキュムレータ出口電動弁	3台	冷却材ポンプモータ冷却水出口第1しゃ断弁	1台	冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口しゃ断弁	1台	封水戻り第1隔離弁	1台	B冷却材ループ高温側サンプル第1隔離弁	1台	格納容器R-11・12隔離弁	1台
名 称	台数																				
余熱除去ポンプ入口弁（第1弁）	2台																				
余熱除去ポンプ入口弁（第2弁）	2台																				
加圧器逃がし弁入口止弁	2台																				
アキュムレータ出口電動弁	3台																				
冷却材ポンプモータ冷却水出口第1しゃ断弁	1台																				
冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口しゃ断弁	1台																				
封水戻り第1隔離弁	1台																				
B冷却材ループ高温側サンプル第1隔離弁	1台																				
格納容器R-11・12隔離弁	1台																				



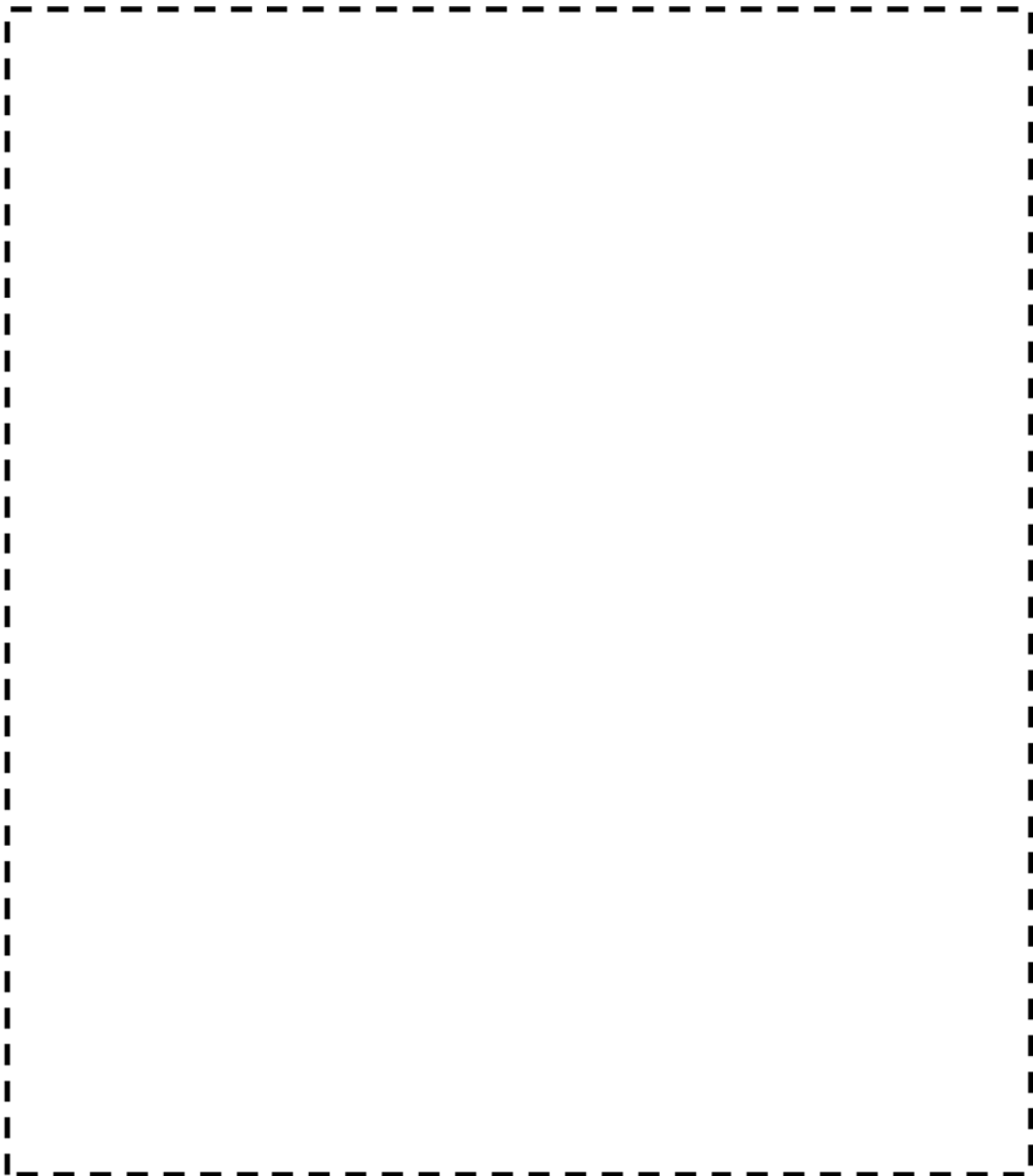
弁番号	名 称
MOV-8112	封水戻り第1隔離弁
MOV-8701A	A余熱除去ポンプ入口弁（A冷却材ループ連絡第2弁）
MOV-8701B	B余熱除去ポンプ入口弁（B冷却材ループ連絡第2弁）
MOV-8702A	A余熱除去ポンプ入口弁（A冷却材ループ連絡第1弁）
MOV-8702B	B余熱除去ポンプ入口弁（B冷却材ループ連絡第1弁）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



弁番号	名 称
MOV-5004B	B冷却材ループ高温側サンプル第1隔離弁
MOV-5298	冷却材ポンプモータ冷却水出口第1しゃ断弁
MOV-5299	冷却材ポンプサーマルバリア冷却水出口しゃ断弁
MOV-8808A	Aアキュムレータ出口電動弁
MOV-8808B	Bアキュムレータ出口電動弁
MOV-8808C	Cアキュムレータ出口電動弁

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



弁番号	名 称
MOV-6756A	格納容器R-11・12隔離弁
MOV-8000A	加圧器逃がし弁（PCV-445）入口止弁
MOV-8000B	加圧器逃がし弁（PCV-444A）入口止弁

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉－絶縁低下－23

タイトル	設計基準事故時雰囲気環境下において機能要求のある弁電動装置の取替実績について。 (6-2.1-22頁)
説明	事故時雰囲気環境下において機能要求のある弁電動装置の取替実績は添付-1の通りである。 なお、取替理由は全て「弁の耐環境化」となる。

弁番号	名 称	型式	取替時期
MOV-8112	封水戻り第1隔離弁	SMB-00	第18回定期検査時 (2000年度)
MOV-8701A	A余熱除去ポンプ入口弁 (A冷却材ループ連絡第2弁)	SMB-3	第17回定期検査時 (1999年度)
MOV-8701B	B余熱除去ポンプ入口弁 (B冷却材ループ連絡第2弁)	SMB-3	第17回定期検査時 (1999年度)
MOV-8702A	A余熱除去ポンプ入口弁 (A冷却材ループ連絡第1弁)	SMB-3	第19回定期検査時 (2001年度)
MOV-8702B	B余熱除去ポンプ入口弁 (B冷却材ループ連絡第1弁)	SMB-3	第17回定期検査時 (1999年度)
MOV-5298	冷却材ポンプモータ冷却水出口 第1しゃ断弁	SMB-00	第18回定期検査時 (2000年度)
MOV-5299	冷却材ポンプサーマルバリア 冷却水出口しゃ断弁	SMB-0	第18回定期検査時 (2000年度)
MOV-8808A	Aアキュムレータ出口電動弁	SMB-4	第18回定期検査時 (2000年度)
MOV-8808B	Bアキュムレータ出口電動弁	SMB-4	第18回定期検査時 (2000年度)
MOV-8808C	Cアキュムレータ出口電動弁	SMB-4	第18回定期検査時 (2000年度)
MOV-8000A	加圧器逃がし弁 (PCV-445) 入口止弁	SMB-0	第17回定期検査時 (1999年度)
MOV-8000B	加圧器逃がし弁 (PCV-444A) 入口止弁	SMB-0	第17回定期検査時 (1999年度)
MOV-5004B	B冷却材ループ高温側サンプル第 1隔離弁	SMB-000	第15回定期検査時 (1996年度)
MOV-6756A	格納容器R-11・12隔離弁	SMB-000	第11回定期検査時 (1990～1991年度)

美浜3号炉ーコン&鉄骨ー2, 3, 13

タイトル	中性化による強度低下における、評価対象および評価点の選定過程について
説明	<p>中性化の評価対象および評価点の選定過程を以下に示す。</p> <p>1. 環境測定</p> <p>中性化の進展度合いは、空気環境条件（二酸化炭素濃度、温度、相対湿度）の影響を受けることから、2014年から2015年に空気環境測定を実施した。</p> <p>1-1. 測定方法</p> <p>環境測定に使用した機器を添付-1「環境測定 使用機器」に示す。温度、相対湿度の測定は、平成26年4月18日から平成27年3月10日の期間で実施し、1時間間隔で連続測定を行った。二酸化炭素濃度の測定は、平成26年4月から平成27年3月の期間で各月ごとに3日間を対象とし、各日当たり3回測定を行った。</p> <p>1-2. 測定位置</p> <p>二酸化炭素濃度、温度、相対湿度とも、建屋内外で計237箇所にて測定を実施した。測定位置図を添付-2「環境測定 測定位置図」に示す。</p> <p>1-3. 測定結果</p> <p>対象の部位ごとの測定結果を添付-3「環境測定 測定結果」に示す。</p> <p>2. 評価対象の選定過程</p> <p>中性化の評価対象は、上記の環境測定の結果などに基づく中性化に及ぼす影響度の大きさ、空気環境の影響を遮断する仕上げの状況および特別点検での中性化深さの測定結果を踏まえ、以下のとおり選定した。</p> <p>2-1. 仕上げ状況</p> <p>対象構造物のうち、仕上げが無い箇所がある構造物を選定し、設置環境が屋内の構造物と屋外の構造物に分類する。屋外の構造物については、対象となる構造物が取水構造物のみであることから、取水構造物を評価対象として選定し、屋内については次項の中性化に及ぼす影響度の大きさを踏まえて選定した。</p>



## 2-2. 中性化に及ぼす影響度の大きさ

仕上げが無い箇所がある対象建築物のうち、設置環境が屋内の構造物から、環境測定の結果等に基づく中性化に及ぼす影響度が最も大きくなった内部コンクリートを選定した。なお、中性化に及ぼす影響度については、各環境条件（二酸化炭素濃度、温度、相対湿度）が入力値となる森永式を引用し、環境条件による係数によって算出した。影響度の算出結果を添付-4「環境条件による影響度」に示す。なお、特別点検による中性化深さの点検箇所については、この影響度に応じて選定している。

## 2-3. 中性化深さの測定結果

対象建築物の特別点検結果の値が最も大きい原子炉補助建屋を選定した。特別点検の結果を添付-5「特別点検結果（中性化深さ）」に示す。

## 3. 評価点の選定過程

中性化の評価点については、上記の選定過程による評価対象構造物（内部コンクリート、原子炉補助建屋、取水構造物）のうち、環境条件等により、以下のとおりに選定した。

### 3-1. 内部コンクリート

塗装等のコンクリート表面仕上げが無い内部コンクリート（上部）とする。

### 3-2. 原子炉補助建屋

特別点検における中性化深さの実測値が最大であった原子炉補助建屋（基礎マット）とする。

### 3-3. 取水構造物

海水によりコンクリート表面が湿潤とならず、空気環境の影響を受ける取水構造物（気中帯）とする。

添付-1 環境測定 使用機器

添付-2 環境測定 測定位置図

添付-3 環境測定 測定結果

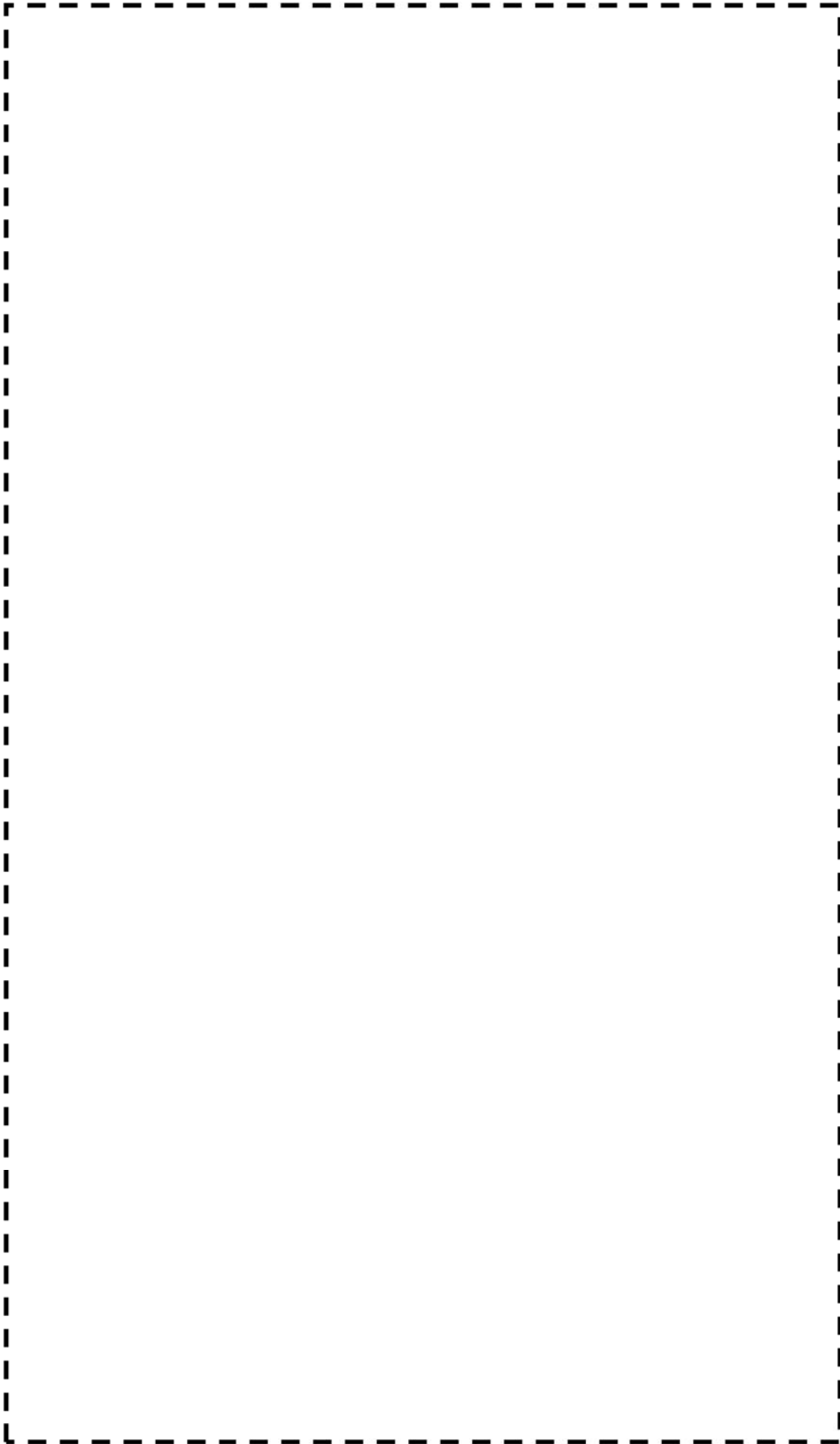
添付-4 環境条件による影響度

添付-5 特別点検結果（中性化深さ）

## 環境測定 使用機器

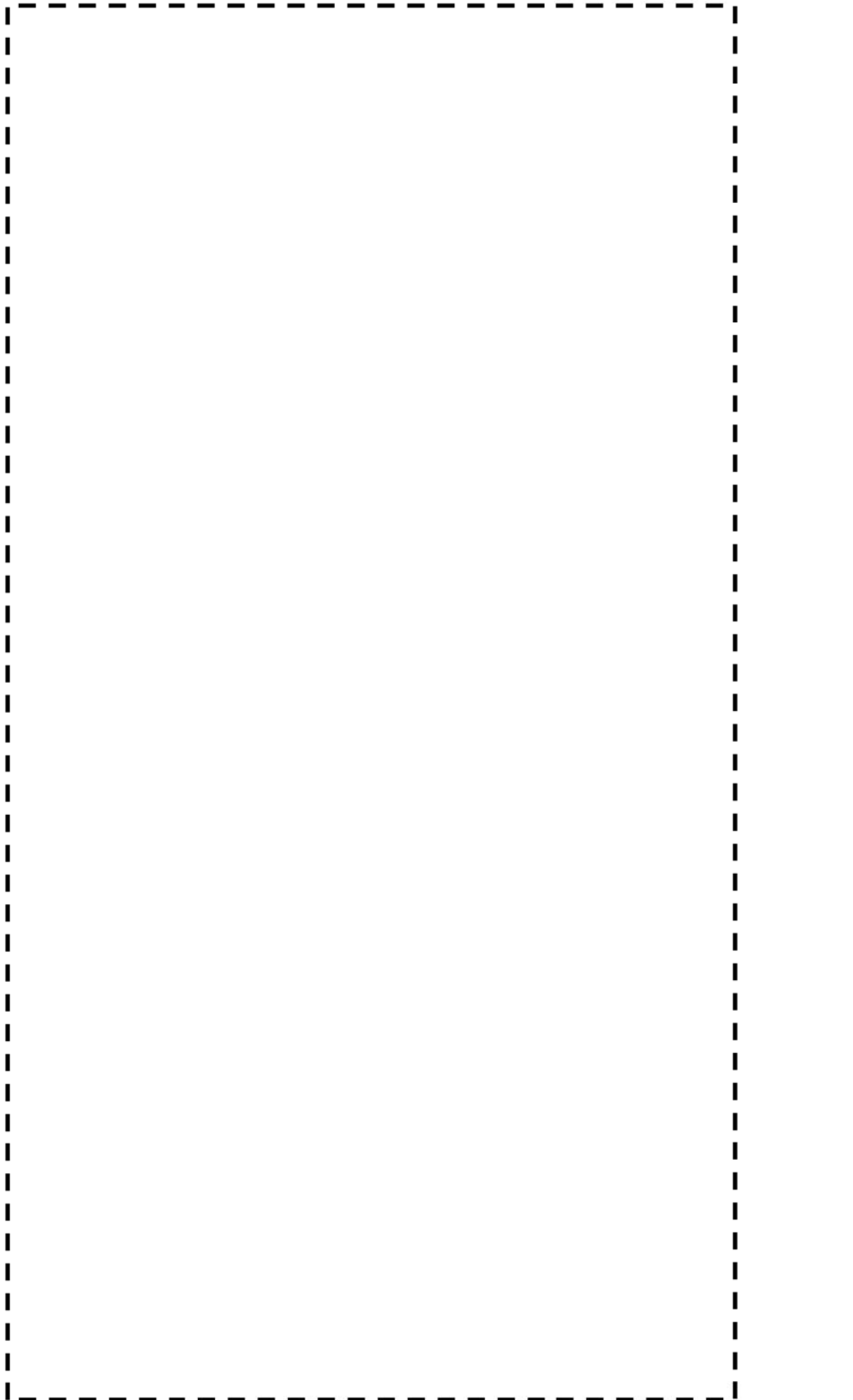
測定場所	機器名称	型式	備考
構内各所	温湿度計		
	真空法ガス採取器		
	二酸化炭素検知管		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



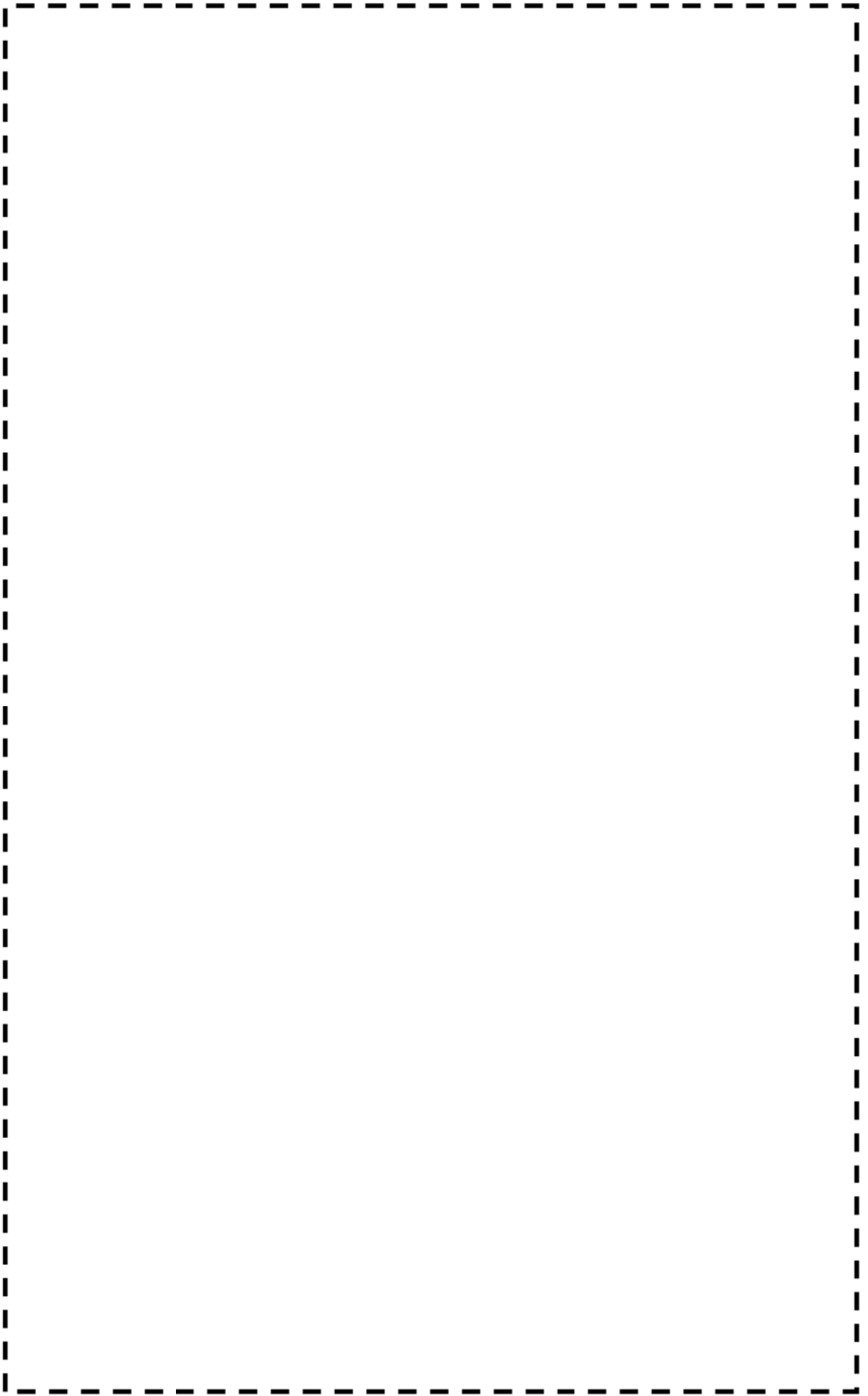
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



環境測定 測定結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	対象の部位毎における測定期間の平均値	
		温度 (°C)	湿度 (%) 二酸化炭素濃度 (ppm)
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁		
	内部コンクリート		
	基礎マット		
	外壁		
原子炉補助建屋	内壁及びび床		
	使用済み燃料プール		
	基礎マット		
タービン建屋	内壁及びび床		
	基礎マット		
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	タービン架台		

測定期間：平成26年4月18日～平成27年3月10日

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

環境条件による影響度

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定結果に基づく環境条件(測定期間の平均値) <sup>※1</sup> の入力値		環境条件による影響度 <sup>※1,2</sup>	備考
		温度 (°C)	湿度 (%)		
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁				補正実施
	内部コンクリート				補正実施
	基礎マット				
原子炉補助建屋	外壁				塗装あり
	内壁及び床				補正実施
	使用済み燃料プール				
	基礎マット				
タービン建屋	内壁及び床				
	基礎マット				
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	タービン架台				補正実施

測定期間：平成26年4月18日～平成27年3月10日

※1 対象の部位毎に影響度が最も大きくなったものを示す

※2 森永式における環境条件による係数（下記赤部）から算出

$$x = \sqrt{C} \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022T) \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (4.6 \cdot w/c/100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

x：中性化深さ (mm)      RH：湿度 (%)

T：温度 (°C)            w/c：水セメント比 (%)

t：材齢 (日)             R：中性化比率

C：炭酸ガス濃度 (%)  
(1%=10,000ppm)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 特別点検結果（中性化深さ）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検結果		備考
		平均中性化深さ* (mm)	点検実施日	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	33.7	平成27年6月1日	
	内部コンクリート	4.5	平成27年5月27日	
	基礎マット	6.8	平成27年5月18日	
原子炉補助建屋	外壁	13.6	平成27年6月23日	
	内壁及び床	5.7	平成27年6月1日	
	使用済み燃料プール	6.1	平成27年5月27日	
	基礎マット	42.5	平成27年6月10日	
タービン建屋	内壁及び床	36.1	平成27年6月16日	
	基礎マット	36.9	平成27年6月16日	
取水槽	海中帯	4.4	平成27年5月27日	
	下満帯	0.5	平成27年5月27日	
	気中帯	0.6	平成27年5月26日	
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」に含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」に含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む)	タービン架台	6.0	平成27年7月2日
上記以外の構造物(安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎 (配管も含む)	5.6	平成27年5月26日	

美浜3号炉ーコン&鉄骨ー14 rev1

<p>タイトル</p>	<p>中性化による強度低下における、調査時点および運転開始後60年経過時点の中性化深さの推定値の算定過程（推定式、条件、パラメータ）および結果について</p>																									
<p>説明</p>	<p>調査時点および運転開始後60年経過時点の中性化深さの推定値の算定過程（推定式、条件、パラメータ）および結果を以下に示す。</p> <p>1. 推定式、条件、パラメータ</p> <p>以下の中性化深さを推定する速度式を用いて評価を実施した。推定式の詳細、条件およびパラメータは、添付ー1「中性化深さの推定値の算定過程および結果」に示すとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸谷式</li> <li>・森永式</li> <li>・中性化深さの実測値に基づく<math>\sqrt{t}</math>式</li> </ul> <p>2. 結果</p> <p>運転開始後60年経過時点の中性化深さの推定値が、鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さを下回っていることを確認した。</p> <p>中性化深さを評価した結果は、以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="421 1216 1369 1675"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="3">中性化深さ (cm)</th> <th rowspan="3">鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">測定値 (調査時点の運転開始後経過年)</th> <th colspan="2">推定値<sup>※1</sup></th> </tr> <tr> <th>調査時点 (中性化速度式)</th> <th>運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>内部コンクリート (上部)</td> <td>0.5 (38年)</td> <td>4.3 (森永式)</td> <td>5.3 (森永式)</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>原子炉補助建屋 (基礎マット)</td> <td>4.3 (38年)</td> <td>3.1 (岸谷式)</td> <td>5.3 (<math>\sqrt{t}</math>式)</td> <td>10.0</td> </tr> <tr> <td>取水構造物 (気中帯)</td> <td>0.1 (38年)</td> <td>2.0 (岸谷式)</td> <td>2.5 (岸谷式)</td> <td>8.55</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：岸谷式、森永式および中性化深さの実測値に基づく<math>\sqrt{t}</math>式による評価結果のうち最大値を記載</p> <p>添付ー1 中性化深さの推定値の算定過程および結果</p>		中性化深さ (cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)	推定値 <sup>※1</sup>		調査時点 (中性化速度式)	運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)	内部コンクリート (上部)	0.5 (38年)	4.3 (森永式)	5.3 (森永式)	6.0	原子炉補助建屋 (基礎マット)	4.3 (38年)	3.1 (岸谷式)	5.3 ( $\sqrt{t}$ 式)	10.0	取水構造物 (気中帯)	0.1 (38年)	2.0 (岸谷式)	2.5 (岸谷式)	8.55
	中性化深さ (cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)																						
	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)		推定値 <sup>※1</sup>																							
		調査時点 (中性化速度式)	運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)																							
内部コンクリート (上部)	0.5 (38年)	4.3 (森永式)	5.3 (森永式)	6.0																						
原子炉補助建屋 (基礎マット)	4.3 (38年)	3.1 (岸谷式)	5.3 ( $\sqrt{t}$ 式)	10.0																						
取水構造物 (気中帯)	0.1 (38年)	2.0 (岸谷式)	2.5 (岸谷式)	8.55																						

中性化深さの推定値の算定過程および結果

: 中性化深さの推定に必要なパラメータ  
 : 推定結果

1. 岸谷式

	内部コンクリート 屋内面(上部)	原子炉補助建屋 基礎マット	取水構造物 気中帯	備考
W/C:水セメント比(%)				
$\alpha$ :劣化外力係数				
$\beta$ :仕上げ材による係数				
$\gamma$ :セメントによる係数				
調査時点の推定値(cm)		3.1	2.0	
運転開始後60年経過 時点の推定値(cm)			2.5	

岸谷式 
$$t = \frac{7.2}{R^2 \cdot (4.6 \cdot w - 1.76)^2} \cdot x^2$$

$t$ : 深さ  $x$  まで中性化する期間(年)       $R$ : 中性化比率 ( $R=\alpha \times \beta \times \gamma$ )  
 $x$ : 中性化深さ (cm)       $\alpha$ : 劣化外力の区分による係数  
 $w$ : 水セメント比 (比)       $\beta$ : 仕上げ材による係数  
 $\gamma$ : セメントによる係数

2. 森永式

	内部コンクリート 屋内面(上部)	原子炉補助建屋 基礎マット	取水構造物 気中帯	備考
W/C:水セメント比(%)				
R:仕上材の中性化率				
二酸化炭素濃度(%)				
T:温度(°C)				
RH:湿度(%)				
調査時点の推定値(cm)	4.3			
運転開始後60年経過 時点の推定値(cm)	5.3			

森永式 
$$x = \sqrt{\frac{C}{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022 \cdot T) \cdot (4.6 \cdot w/c/100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

$x$ : 中性化深さ(mm)       $c$ : 二酸化炭素濃度 (%)  
 $R$ : 中性化比率       $RH$ : 相対湿度 (%)  
 $w/c$ : 水セメント比 (%)       $T$ : 温度 (°C)  
 $t$ : 材齢 (日)

3.  $\sqrt{t}$  式

	内部コンクリート 屋内面(上部)	原子炉補助建屋 基礎マット	取水構造物 気中帯	備考
中性化 実測深さ(cm)	0.5	4.3	0.1	
運転開始後60年経過 時点の推定値(cm)		5.3		

$\sqrt{t}$ 式 
$$x = A \cdot \sqrt{t}$$

$x$ : 中性化深さ(mm)  
 $t$ : 中性化期間 (年)  
 $A$ : 中性化速度係数 (中性化実測深さと中性化期間により算出)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

岸谷式の内部コンクリート（上部）、原子炉補助建屋（基礎マット）用いた劣化外力係数の算出にあたっては、岸谷式の根拠となっている屋外二酸化炭素濃度データは「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針（案）・解説 日本建築学会」を参照し、最低値である300ppmを基準として、当該部位での二酸化炭素濃度の実測値を300ppmで除した値の平方根で算出した。

- ・内部コンクリート（上部）

$$\text{劣化外力係数 } \alpha = \sqrt{C/C_0} = \sqrt{\quad}$$

$C_0$ ：屋外二酸化炭素濃度データの最低値（300ppm）、

$C$ ：内部コンクリート（上部）における二酸化炭素濃度の実測値  $\sqrt{\quad}$

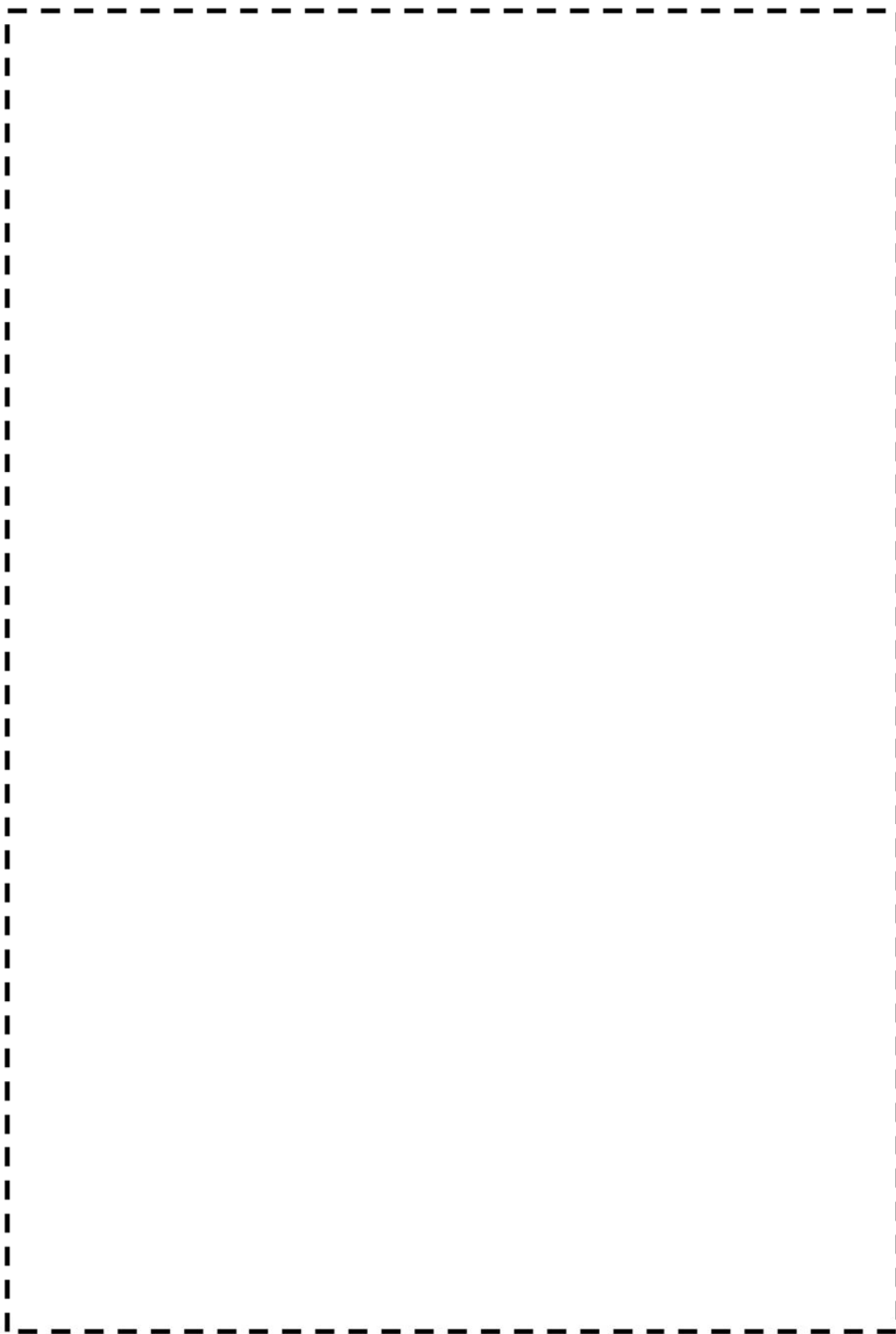
- ・原子炉補助建屋（基礎マット）

$$\text{劣化外力係数 } \alpha = \sqrt{C/C_0} = \sqrt{\quad}$$

$C_0$ ：屋外二酸化炭素濃度データの最低値（300ppm）、

$C$ ：原子炉補助建屋（基礎マット）における二酸化炭素濃度の実測値  $\sqrt{\quad}$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉—コン&鉄骨—18 rev1

<p>タイトル</p>	<p>塩分浸透による強度低下における、鉄筋の腐食減量の算定過程（方法、条件、パラメータ）及び結果について</p>																			
<p>説明</p>	<p>鉄筋の腐食減量の算定過程（方法、条件、パラメータ）および結果を以下に示す。</p> <p>1. 方法</p> <p>(1) 拡散方程式により、コンクリート表面からの塩化物イオンの浸透を予測</p> <p>(2) 森永式により、コンクリートにひび割れが発生する腐食減量を予測することで、鉄筋の腐食減量の評価を実施</p> <p>2. 条件およびパラメータ</p> <p>添付—1「塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値算定の過程および結果」に示すとおり。</p> <p>3. 結果</p> <p>運転開始60年時点の鉄筋腐食減量が、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を確認した。</p> <p>鉄筋の腐食減量の算定結果は、以下に示す。</p> <p>なお、塩分浸透による鉄筋腐食メカニズムは添付—2に示すとおり。</p> <table border="1" data-bbox="466 1328 1315 1711"> <thead> <tr> <th rowspan="2">対象の部位</th> <th colspan="3">鉄筋の腐食減量 (<math>\times 10^{-4} \text{g/cm}^2</math>)</th> </tr> <tr> <th>調査時点</th> <th>運転開始後 60年経過時点</th> <th>かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>取水構造物 (気中帯)</td> <td>4.8</td> <td>10.4</td> <td>90.1</td> </tr> <tr> <td>取水構造物 (干満帯)</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>90.1</td> </tr> <tr> <td>取水構造物 (海中帯)</td> <td>3.9</td> <td>10.4</td> <td>90.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>添付—1 塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値算定の過程および結果 添付—2 コンクリート強度低下（塩分浸透）の健全性評価のうち鉄筋腐食減量の算出過程について（平成26年7月29日第6回原子力発電所の高経年化技術評価等に係る審査会合資料1-6 抜粋）</p>	対象の部位	鉄筋の腐食減量 ( $\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ )			調査時点	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)	4.8	10.4	90.1	取水構造物 (干満帯)	0.0	0.0	90.1	取水構造物 (海中帯)	3.9	10.4	90.1
対象の部位	鉄筋の腐食減量 ( $\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ )																			
	調査時点	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)	4.8	10.4	90.1																	
取水構造物 (干満帯)	0.0	0.0	90.1																	
取水構造物 (海中帯)	3.9	10.4	90.1																	



塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値算定過程および結果

	取水構造物			備考
	気中帯	干満帯	海中帯	
x: かぶり厚さ(mm)				
C: 鉄筋位置における塩化物イオン量(kg/m <sup>3</sup> )	2.50	0.21	5.87	特別点検結果(塩分浸透の点検結果)
Co: コンクリート表面の塩化物イオン量(kg/m <sup>3</sup> )				
D: コンクリート中の塩化物イオンの見かけ上の拡散係数(mm <sup>2</sup> /年)				
Cl: 鉄筋位置における塩化物イオン量(kg/m <sup>3</sup> ) (推定値)				
x: かぶり厚さ(mm)				
d: 鉄筋径(mm)				
W: 単位水量(kg/m <sup>3</sup> )				
W/C: 水セメント比(比)				
T: 温度(°C)				
RH: 相対湿度(%)				
O: 酸素濃度(比)				
N: 練り混ぜ水の塩分濃度(%)				
q <sub>t</sub> : 調査時点(38年経過)の鉄筋の腐食減量 (×10 <sup>-4</sup> g/cm <sup>2</sup> )	4.8	0.0	3.9	
q <sub>1</sub> : 運転開始後60年経過時点の鉄筋の腐食減量(×10 <sup>-4</sup> g/cm <sup>2</sup> )	10.4	0.0	10.4	
Q <sub>CR</sub> : かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量 推定値(×10 <sup>-4</sup> g/cm <sup>2</sup> )	90.1	90.1	90.1	

- : (1)拡散方程式により、コンクリート表面からの塩化物イオンの浸透を予測するに必要なパラメータ
- : (1)の予測結果
- : (2)森永式により、鉄筋の腐食減量の評価を実施するのに必要なパラメータ
- : (2)の推定結果

拡散方程式

$$C = C_0 \cdot \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \right]$$

C: 鉄筋位置における塩化物イオン量(kg/m<sup>3</sup>)  
 Co: コンクリート表面の塩化物イオン量(kg/m<sup>3</sup>)  
 erf: 誤差関数

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

x: かぶり厚さ(mm)  
 D: コンクリート中の塩化物イオンの見かけの拡散係数(mm<sup>2</sup>/年)  
 t: 材齢(年)

森永式

$$q = q_1 \cdot \frac{q_2}{q_2'}$$

$$q_1 = \frac{d}{c^2} \left[ -0.51 - 7.60N + 44.97(W/C)^2 + 6795N(W/C) \right]$$

$$q_2 = 2.59 - 0.05T - 6.89H - 22.87O - 0.99N + 0.14TH + 0.51TO + 0.01VN + 60.81HO + 3.36HN + 7.32ON$$

$$q_2' = 0.56528 + 1.4304 N$$

q: 鉄筋の腐食速度(×10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup>/年)  
 q1: 塩分環境下での腐食速度(×10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup>/年)  
 q2: 寿命予測対象部位で、塩分環境下での腐食速度(×10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup>/年)  
 q2': 寿命予測対象部位で、標準環境下(温度15°C、湿度69%、酸素濃度20%)での腐食速度(×10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup>/年)  
 Q<sub>CR</sub>: かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の腐食減量(×10<sup>-4</sup>g/cm<sup>2</sup>/年)  
 d: 鉄筋径(mm)  
 c: かぶり厚さ(mm)  
 N: 練り混ぜ水の塩分濃度(%)  
 W/C: 水セメント比(比)  
 T: 温度(°C)  
 H: 湿度に関する項 H=(RH-45)/100  
 RH: 相対湿度(%)  
 O: 酸素濃度(比)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

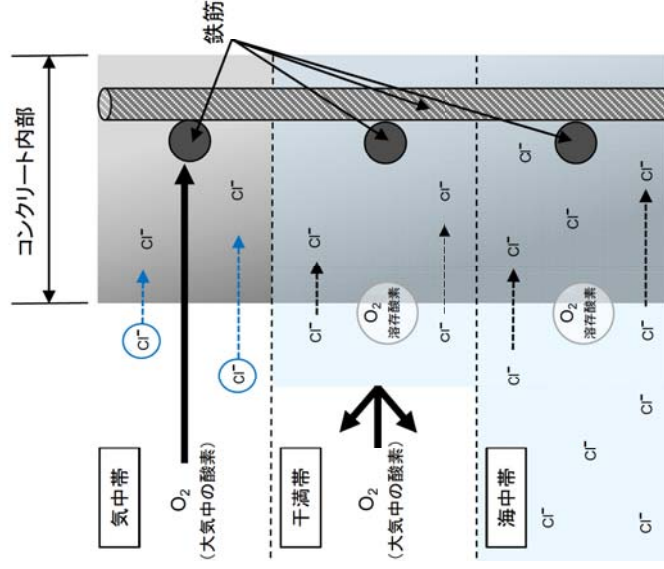
## 1. コンクリート強度低下(塩分浸透)の健全性評価のうち鉄筋腐食減量の算出過程について

### 1-1. 塩分浸透による鉄筋腐食メカニズム

コンクリート中に塩化物イオンが浸透して鉄筋位置まで達すると、鉄筋表面の不動態被膜が破壊されるため、鉄筋は、コンクリート中の水分、酸素の作用により腐食し始める。なお、コンクリート内部への塩化物イオンの浸透および酸素の供給量は、コンクリートの含水率に強い影響をうける。

### 1-2. 部位の違いによる鉄筋腐食進行の特徴

- a. 気中帯
  - ・塩化物イオンの浸透量は飛沫の影響に左右される。
  - ・海水の影響を受けないため、大気中からの酸素の供給により鉄筋腐食の進行が早い。
- b. 干満帯
  - ・海水との接触があるためコンクリート表面の塩化物イオン量は多いが、コンクリートの含水率は高い状態を維持しているため浸透しにくく、鉄筋位置での塩化物イオン量は少ない。
  - ・海水の影響により、コンクリートの含水率は高い状態を維持しており、大気中からの酸素は遮断されるため、鉄筋位置への酸素の供給量が少なく鉄筋腐食の進行は遅い。
- c. 海中帯
  - ・常時海水に接触しており、非常に多く塩化物イオンが存在しているため、コンクリートの含水率が高く浸透しにくいものの鉄筋位置での塩化物イオン量は多い。
  - ・海中であり、大気中からの酸素は遮断されるため、鉄筋位置への酸素の供給量が少なく鉄筋腐食の進行は遅い。



美浜3号炉ーコン&鉄骨ー23

<p>タイトル</p>	<p>現状保全における、長期保守管理方針に基づいて第22回および第25回定期検査時に実施した非破壊試験について</p>														
<p>説明</p>	<p>第22回および第25回の定期検査時に実施した非破壊試験については以下のとおり。</p> <p>1. 試験方法 JIS A 1155 「コンクリートの反発度の測定方法」による。</p> <p>2. 判定基準 検査対象部位の圧縮強度推定値の平均値が以下に示す設計基準強度以上であること。</p> <table border="1" data-bbox="477 956 1324 1451"> <thead> <tr> <th>検査対象部位</th> <th>設計基準強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部遮蔽壁</td> <td>20.6N/mm<sup>2</sup> (210kgf/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>内部コンクリート</td> <td>20.6N/mm<sup>2</sup> (210kgf/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>原子炉格納施設基礎</td> <td>20.6N/mm<sup>2</sup> (210kgf/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>原子炉補助建屋</td> <td>17.7N/mm<sup>2</sup> (180kgf/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>タービン建屋 (タービン架台)</td> <td>17.7N/mm<sup>2</sup> (180kgf/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>取水構造物</td> <td>23.5N/mm<sup>2</sup> (240kgf/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 位置 添付ー1 「非破壊試験位置」に示すとおり。</p> <p>4. 結果 添付ー2 「第22回定期事象者検査成績書 抜粋」および添付ー3 「第25回定期事象者検査成績書 抜粋」に示すとおり。</p> <p>添付ー1 非破壊試験位置 添付ー2 第22回定期事象者検査成績書 抜粋 添付ー3 第25回定期事象者検査成績書 抜粋</p>	検査対象部位	設計基準強度	外部遮蔽壁	20.6N/mm <sup>2</sup> (210kgf/cm <sup>2</sup> )	内部コンクリート	20.6N/mm <sup>2</sup> (210kgf/cm <sup>2</sup> )	原子炉格納施設基礎	20.6N/mm <sup>2</sup> (210kgf/cm <sup>2</sup> )	原子炉補助建屋	17.7N/mm <sup>2</sup> (180kgf/cm <sup>2</sup> )	タービン建屋 (タービン架台)	17.7N/mm <sup>2</sup> (180kgf/cm <sup>2</sup> )	取水構造物	23.5N/mm <sup>2</sup> (240kgf/cm <sup>2</sup> )
検査対象部位	設計基準強度														
外部遮蔽壁	20.6N/mm <sup>2</sup> (210kgf/cm <sup>2</sup> )														
内部コンクリート	20.6N/mm <sup>2</sup> (210kgf/cm <sup>2</sup> )														
原子炉格納施設基礎	20.6N/mm <sup>2</sup> (210kgf/cm <sup>2</sup> )														
原子炉補助建屋	17.7N/mm <sup>2</sup> (180kgf/cm <sup>2</sup> )														
タービン建屋 (タービン架台)	17.7N/mm <sup>2</sup> (180kgf/cm <sup>2</sup> )														
取水構造物	23.5N/mm <sup>2</sup> (240kgf/cm <sup>2</sup> )														

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL-1.6m~+4.0m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



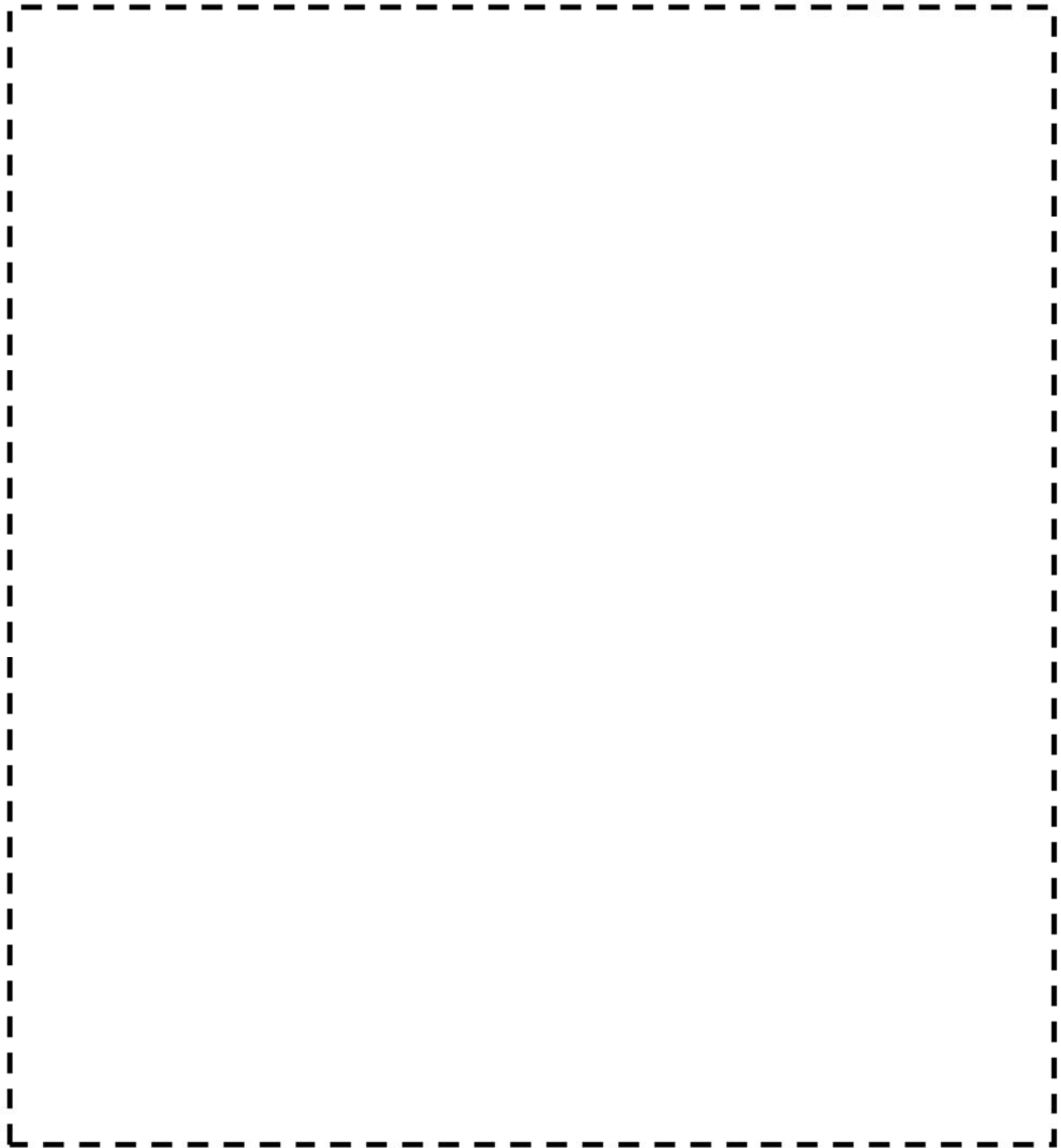
原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+4.0m~5.3m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+9.7~11.7m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



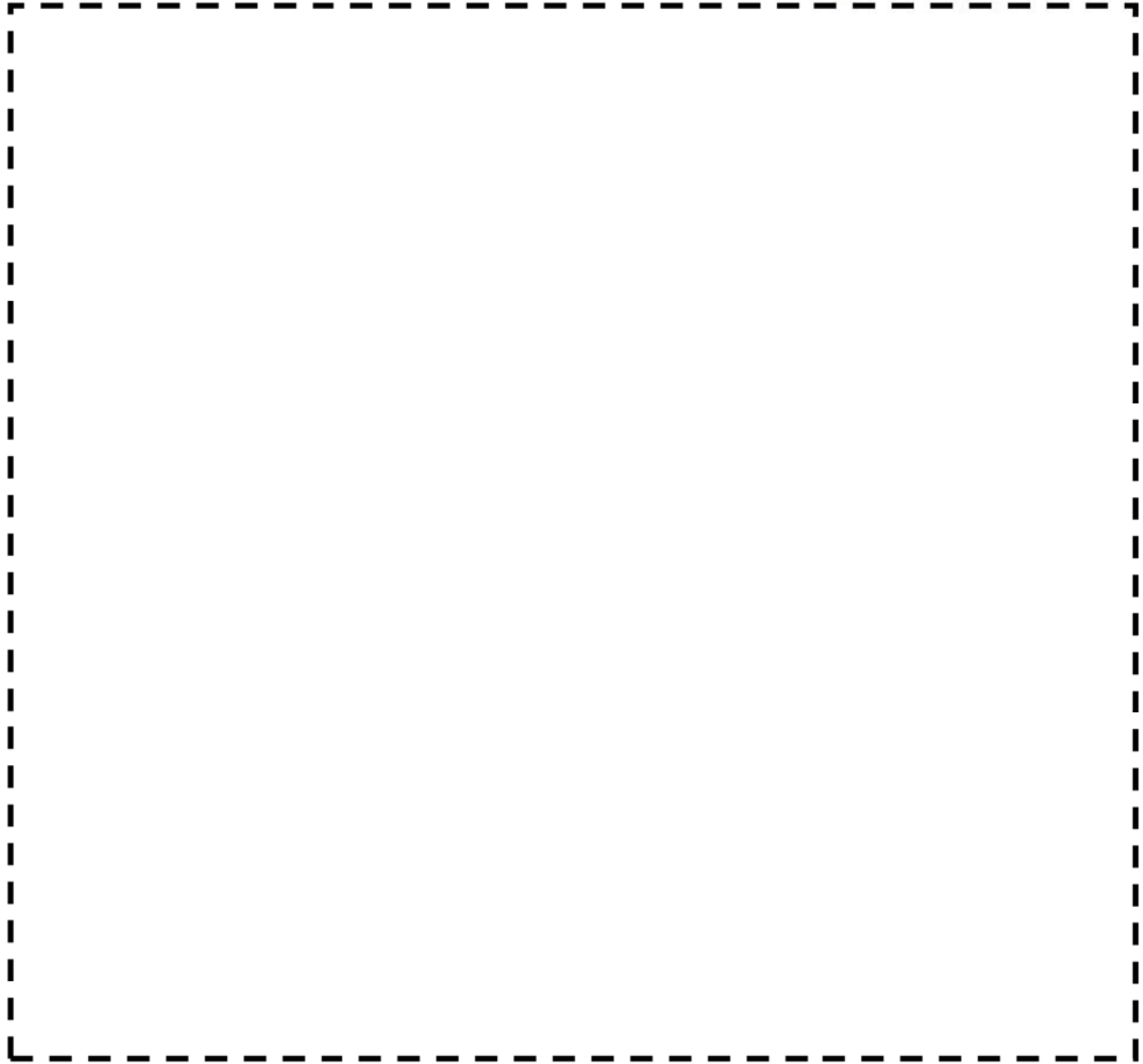
原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+17.0m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+22.5m~25.0m

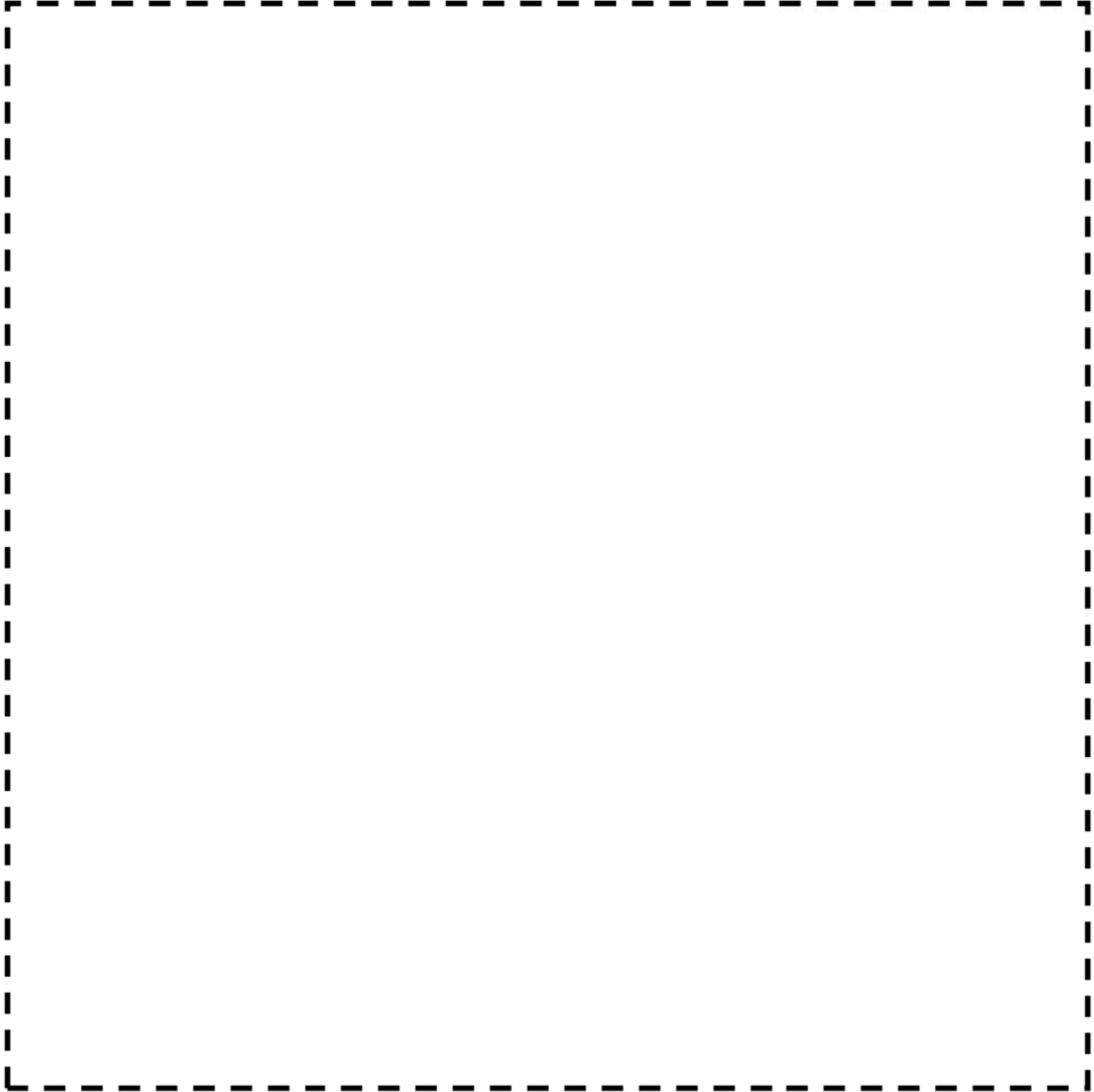
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+32.3m~35.95m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



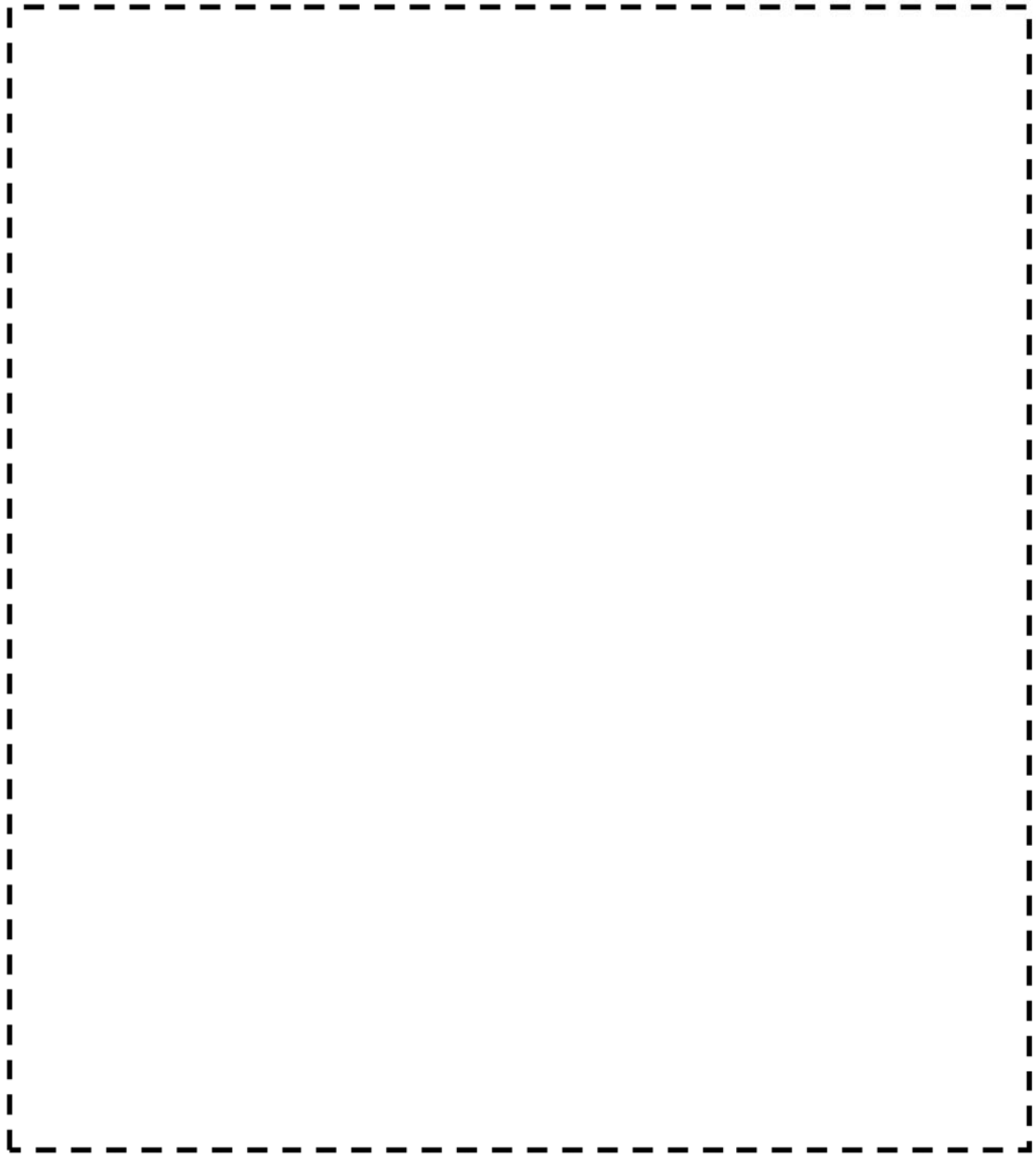
原子炉格納施設等、原子炉補助建屋 EL+38.1~40.8m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

非破壊試験位置

凡例

▼ : 非破壊試験位置



取水構造物 EL+3.0m

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第22回定期事業者検査成績書 抜粋

関西電力株式会社 美浜発電所

第3号機 第22回

定期事業者検査成績書

設備名：コンクリート及び鉄骨構造物

検査名：高経年化対応検査のうちコンクリート構造物検査

要領書番号：M3-22-306

## 非破壊検査記録 (圧縮強度)

対象 部位	測定 部位	圧縮強度 推定値(Fc) N/mm <sup>2</sup>	圧縮強度 推定値の 平均値 N/mm <sup>2</sup>	設計基準 強度 N/mm <sup>2</sup>	結 果	検 査 年月日	検 査 員
外部遮へい壁 (OS)				20.6N/mm <sup>2</sup>	良	H19.5.23	
内部 コンクリート (IC)				20.6N/mm <sup>2</sup>	良	H19.5.23	
原子炉格納施設 基礎(BM)				20.6N/mm <sup>2</sup>	良	H19.5.22	
原子炉補助建屋 (AB)				17.7N/mm <sup>2</sup>	良	H19.5.22	
タービン架台 (TG)				17.7N/mm <sup>2</sup>	良	H19.5.22	
取水構造物 (WI)				23.5N/mm <sup>2</sup>	良	H19.5.18	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第25回定期事業者検査成績書 抜粋

関西電力株式会社 美浜発電所

第3号機 第25保全サイクル

定期事業者検査成績書

設備名：コンクリート及び鉄骨構造物

検査名：高経年化対応検査のうちコンクリート構造物検査

要領書番号：M3-25-306a

## 非破壊検査記録 (圧縮強度)

対象 部位	測定 部位	圧縮強度 推定値(Fc) N/mm <sup>2</sup>	圧縮強度 推定値の 平均値 N/mm <sup>2</sup>	設計基準 強度 N/mm <sup>2</sup>	結 果	検 査 年月日	検 査 員
外部遮へい壁 (OS)				20.6N/mm <sup>2</sup>	良	H25.2.13	
内部 コンクリート (IC)				20.6N/mm <sup>2</sup>	良	H25.2.13	
原子炉格納施設 基礎(BM)				20.6N/mm <sup>2</sup>	良	H25.2.12	
原子炉補助建屋 (AB)				17.7N/mm <sup>2</sup>	良	H25.2.13	
タービン架台 (TG)				17.7N/mm <sup>2</sup>	良	H25.2.12	
取水構造物 (WI)				23.5N/mm <sup>2</sup>	良	H25.2.14	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉－その他の経年劣化事象－5

<p>タイトル</p>	<p>母管の腐食（流れ加速型腐食）に係る「2次系配管肉厚の管理指針」と日本機械学会 発電用原子力設備規格「加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（2006年版）」の相違について （5-3-14, 27頁）</p>
<p>説明</p>	<p>日本機械学会 発電用原子力設備規格「加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（2006年版）」と「2次系配管肉厚の管理指針」の相違点を添付－1に示す。また、点検実績の例を添付－2に示す。 なお、高経年化プラントについては、運転開始後30年を経過する直前の定検から、点検対象部位の点検済み箇所については3定検以内に全数の再度点検を実施、余寿命が10年未満の箇所については毎回点検を実施、減肉傾向が認められる部位で余寿命が10年未満のものについては、原則として数回の定検で耐食性に優れた材料への取替を計画することとしている。</p>



J S M E 配管減肉管理規格（J S M E S N G 1 - 2 0 0 6）と2次系配管肉厚の管理指針（社内文書）との比較

流れ加速型腐食（F A C）

項目	J S M E 配管減肉管理規格	2次系配管肉厚の管理指針
試験対象系統及び部位	CA-1100 ・試験対象系統：表CA-1100の薄墨部の流体条件に該当する炭素鋼配管及び薄墨部以外は記載されている系統のうち炭素鋼配管 ・試験対象部位：CA-1100に規定される偏流発生部位	・主要点検部位は、CA-1100と同等 ・その他部位として、2次系冷却水が常時流れる系統等を自主的に追加管理
試験実施時期	CA-1200 ・初回の実施時期 初期設定減肉率 $W_0$ （表CA-1100による）を用いて算出した余寿命の5年前までの期間内に試験が完了するよう設定 ・2回目以降の実施時期 余寿命の5年前までの適切な時期を次回（n+1）に設定	CA-1200と同等 余寿命が5年となる時期までに実施時期を設定し、繰り返す。さらに自主的に以下の運用も併せて実施する。 <b>【主要部位】</b> ・初回の実施時期：[ ] ・2回目以降の実施時期： [ ] ・10年を点検間隔の最長限度とする。 <b>【その他部位】</b> ・初回の実施時期：[ ] ・2回目以降の実施時期： [ ]
試験方法	CA-2100 超音波パルス反射法による厚さ測定方法（JIS Z 2355）	CA-2100と同等
試験員の要件	CA-2200 認定機関による、レベル1の技量を有する者、または、同等以上のレベルを有する者	CA-2200と同等
試験の実施	CA-2300～CA-2320 <b>【通常測定】</b> CA-2310-1～12に例示する測定点に対して測定を実施する。 <b>【詳細測定】</b> 外面測定時に判定基準厚さを下回る場合には、判定基準厚さを下回った測定点の周辺に対して測定間隔20mm程度の格子点を設けて測定を実施し、最小の厚さを特定する。内面測定時は、内面から減肉状況を把握し、著しい減肉が認められる部分に対して測定を実施し、最小の厚さを特定する。	CA-2300～CA-2320と同等。
評価	CA-3000～CA-3300 <b>【減肉率の算出】</b>	CA-3000～CA-3300と同等。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初回試験時：公称肉厚法</li> <li>・2回目試験時：Point to Point法</li> <li>・3回目以降試験時：最小自乗法</li> </ul> <p>【余寿命の算出】</p> $\text{余寿命 (年)} = (\text{最小測定厚さ} - \text{必要最小厚さ}) / \text{最大減肉率} / 8760\text{hr}$ <p>【判定基準】</p> <p>算出された余寿命が次回の定期事業者検査までの期間以上であること。</p>	
措置	<p>CA-4000～CA-4100</p> <p>余寿命が次回の定期事業者検査までの期間を下回る場合には、取替えまたは補修を行う。</p>	<p>CA-4000～CA-4100と同等であり、併せて以下の措置も実施する。</p> <div style="border: 1px dashed black; height: 50px; width: 100%;"></div>

## 液滴衝撃エロージョン (LDI)

項目	JSME配管減肉管理規格	配管減肉管理要領書
試験対象システム及び部位	<p>CB-1100</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験対象システム：負圧機器に接続されオリフィスまたは制御弁により連続的に高速二相流が流れるシステムを配管材料に係らず選定する。</li> <li>・試験対象部位：オリフィス等で急激に減圧されフラッシングが発生する部位の下流管およびそれ以降負圧機器に至るまでの配管のエルボ、曲管、ティー管</li> </ul>	<p>CB-1100と同等。</p>
試験実施時期	<p>CB-1200</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・初回の実施時期 供用開始からの運転時間が10年を経過するまでに実施する。</li> <li>・2回目以降の実施時期 CA-1200 (2) に準じる。</li> </ul>	<p>CB-1200と同等であり、併せて以下の措置も実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・初回の実施時期 <span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span></li> </ul> <p>(2回目以降の実施時期はCA-1200主要部位の記載に同じ)</p>
試験方法	<p>CB-2100</p> <p>CA-2100に準じる。</p>	<p>CB-2100と同等。</p>
試験員の要件	<p>CB-2200</p> <p>CA-2200に準じる。</p>	<p>CB-2200と同等。</p>
試験の実施	<p>CB-2300～CB-2320</p> <p>CA-2300～CA-2320に準じる。</p>	<p>CB-2300～CB-2320と同等。</p>
評価	<p>CB-3000～CB-3300</p> <p>CA-3000～CA-3300に準じる。</p>	<p>CB-3000～CB-3300と同等。</p>
措置	<p>CB-4000～CB-4100</p> <p>CA-4000～CA-4100に準じる。</p>	<p>CB-4000～CB-4100と同等であり、併せて流れ加速型腐食の措置と同様の措置を実施する。</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

系統	余寿命 20 年未満 の点検箇所数*	最短の余寿命 (年)
主蒸気系統配管	20	9.0
主給水系統配管	5	11.5
低温再熱蒸気系統配管	5	14.2
第 2 抽気系統配管	4	13.4
第 3 抽気系統配管	7	13.3
第 4 抽気系統配管	2	18.6
グランド蒸気系統配管	140	5.9
補助蒸気系統配管	16	8.4
蒸気発生器ブローダウン系統配管	8	11.6
復水系統配管	22	8.3
ドレン系統配管	93	6.2

\* : 平成 2 8 年 1 月末時点