

No.	高浜1-IASCC-6	事象：IASCC								
質 問	(別冊-7-22頁) 炉内構造物のうち炉心支持構造物（炉心そう及び下部炉心板を除く）の使用材料名（JIS等規格による種別）を提示すること。									
回 答	<p>炉心支持構造物（炉心そう及び下部炉心板を除く）の使用材料名を下表に示します。</p> <table border="1" data-bbox="437 801 1311 1037"> <thead> <tr> <th data-bbox="437 801 852 846">部 位</th> <th data-bbox="852 801 1311 846">材 質</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="437 846 852 880">上部炉心支持板</td> <td data-bbox="852 846 1311 880" rowspan="5" style="border: 1px dashed black;"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="437 880 852 913">上部炉心支持柱</td> </tr> <tr> <td data-bbox="437 913 852 947">上部炉心板</td> </tr> <tr> <td data-bbox="437 947 852 981">下部炉心支持柱</td> </tr> <tr> <td data-bbox="437 981 852 1037">下部炉心支持板</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">以上</p>		部 位	材 質	上部炉心支持板		上部炉心支持柱	上部炉心板	下部炉心支持柱	下部炉心支持板
部 位	材 質									
上部炉心支持板										
上部炉心支持柱										
上部炉心板										
下部炉心支持柱										
下部炉心支持板										

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

No.	高浜1-IASCC-9	事象：IASCC									
質 問	<p>(別冊-7-39頁) 炉内構造物（炉心支持構造物を含む）が接する1次冷却材の水質（溶存酸素、溶存水素、pH、塩素濃度、その他の不純物）についての管理値及び実績値（至近サイクルの例）を提示すること。</p>										
回 答	<p>1次冷却材の水質の管理値を下表に示します。各項目について定期的に水質の分析を行い、管理値内であることを確認しています。至近サイクルにおける実績値の例を添付1に示します。</p> <table border="1" data-bbox="560 875 1193 1151"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">管理値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>溶存酸素</td> <td rowspan="6" style="border: 1px dashed black;"></td> </tr> <tr> <td>溶存水素</td> </tr> <tr> <td>pH</td> </tr> <tr> <td>塩素イオン</td> </tr> <tr> <td>硫酸イオン</td> </tr> <tr> <td>フッ素イオン</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">以 上</p>			管理値	溶存酸素		溶存水素	pH	塩素イオン	硫酸イオン	フッ素イオン
	管理値										
溶存酸素											
溶存水素											
pH											
塩素イオン											
硫酸イオン											
フッ素イオン											

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

高浜発電所 水質記録

平成22年12月

日	高浜発電所				放射線管理課 化学系				
	1.2.0係	3.4.0係	1.2.0係	3.4.0係	1.2.0係	3.4.0係	1.2.0係	3.4.0係	
1 (水)	22.12.1	22.12.1	22.12.1	22.12.1	22.12.1	22.12.1	22.12.1	22.12.1	1.2.4号機 ETA投入中 1.2.4号機9PM 4号機 3PM
2 (木)	22.12.2	22.12.2	22.12.2	22.12.2	22.12.2	22.12.2	22.12.2	22.12.2	同上
3 (金)	22.12.3	22.12.3	22.12.3	22.12.3	22.12.3	22.12.3	22.12.3	22.12.3	同上
4 (土)	22.12.4	22.12.4	22.12.4	22.12.4	22.12.4	22.12.4	22.12.4	22.12.4	同上
5 (日)	22.12.5	22.12.5	22.12.5	22.12.5	22.12.5	22.12.5	22.12.5	22.12.5	同上
6 (月)	22.12.6	22.12.6	22.12.6	22.12.6	22.12.6	22.12.6	22.12.6	22.12.6	同上
7 (火)	22.12.7	22.12.7	22.12.7	22.12.7	22.12.7	22.12.7	22.12.7	22.12.7	同上
8 (水)	22.12.8	22.12.8	22.12.8	22.12.8	22.12.8	22.12.8	22.12.8	22.12.8	同上
9 (木)	22.12.9	22.12.9	22.12.9	22.12.9	22.12.9	22.12.9	22.12.9	22.12.9	同上
10 (金)	22.12.10	22.12.10	22.12.10	22.12.10	22.12.10	22.12.10	22.12.10	22.12.10	同上
11 (土)	22.12.11	22.12.11	22.12.11	22.12.11	22.12.11	22.12.11	22.12.11	22.12.11	同上
12 (日)	22.12.12	22.12.12	22.12.12	22.12.12	22.12.12	22.12.12	22.12.12	22.12.12	同上
13 (月)	22.12.13	22.12.13	22.12.13	22.12.13	22.12.13	22.12.13	22.12.13	22.12.13	同上
14 (火)	22.12.14	22.12.14	22.12.14	22.12.14	22.12.14	22.12.14	22.12.14	22.12.14	同上
15 (水)	22.12.15	22.12.15	22.12.15	22.12.15	22.12.15	22.12.15	22.12.15	22.12.15	同上
16 (木)	22.12.16	22.12.16	22.12.16	22.12.16	22.12.16	22.12.16	22.12.16	22.12.16	同上
17 (金)	22.12.17	22.12.17	22.12.17	22.12.17	22.12.17	22.12.17	22.12.17	22.12.17	同上
18 (土)	22.12.18	22.12.18	22.12.18	22.12.18	22.12.18	22.12.18	22.12.18	22.12.18	同上
19 (日)	22.12.19	22.12.19	22.12.19	22.12.19	22.12.19	22.12.19	22.12.19	22.12.19	同上
20 (月)	22.12.20	22.12.20	22.12.20	22.12.20	22.12.20	22.12.20	22.12.20	22.12.20	同上
21 (火)	22.12.21	22.12.21	22.12.21	22.12.21	22.12.21	22.12.21	22.12.21	22.12.21	同上
22 (水)	22.12.22	22.12.22	22.12.22	22.12.22	22.12.22	22.12.22	22.12.22	22.12.22	同上
23 (木)	22.12.23	22.12.23	22.12.23	22.12.23	22.12.23	22.12.23	22.12.23	22.12.23	同上
24 (金)	22.12.24	22.12.24	22.12.24	22.12.24	22.12.24	22.12.24	22.12.24	22.12.24	同上
25 (土)	22.12.25	22.12.25	22.12.25	22.12.25	22.12.25	22.12.25	22.12.25	22.12.25	同上
26 (日)	22.12.26	22.12.26	22.12.26	22.12.26	22.12.26	22.12.26	22.12.26	22.12.26	同上
27 (月)	22.12.27	22.12.27	22.12.27	22.12.27	22.12.27	22.12.27	22.12.27	22.12.27	同上
28 (火)	22.12.28	22.12.28	22.12.28	22.12.28	22.12.28	22.12.28	22.12.28	22.12.28	同上
29 (水)	22.12.29	22.12.29	22.12.29	22.12.29	22.12.29	22.12.29	22.12.29	22.12.29	同上
30 (木)	22.12.30	22.12.30	22.12.30	22.12.30	22.12.30	22.12.30	22.12.30	22.12.30	同上
31 (金)	22.12.31	22.12.31	22.12.31	22.12.31	22.12.31	22.12.31	22.12.31	22.12.31	同上

1.2.4号機
ETA投入中
1.2.4号機9PM
4号機 3PM

高浜1号機 水質記録表(平成22年12月)

1 - 1 - 1

試料 項目	出力	1次冷却材													化学系 濃縮液		
		pH	電導度 μS/cm at 25°C	総硬度 ppm	カルシウム ppm	マグネシウム ppm	鉄 ppm	銅 ppm	マンガン ppm	亜鉛 ppm	コバルト ppm	ニッケル ppm	シリカ ppm	濃度 ppm	Co-137 Bq/cm ³	Co-134 Bq/cm ³	
取																	
日																	
時																	
分																	
秒																	
1	00:00																
2	05:00																
3	10:00																
4	15:00																
5	20:00																
6	00:00																
7	05:00																
8	10:00																
9	15:00																
10	00:00																
11	05:00																
12	10:00																
13	15:00																
14	00:00																
15	05:00																
16	10:00																
17	15:00																
18	00:00																
19	05:00																
20	10:00																
21	15:00																
22	00:00																
23	05:00																
24	10:00																
25	15:00																
26	00:00																
27	05:00																
28	10:00																
29	15:00																
30	00:00																
31	05:00																
最大値																	
最小値																	
平均値																	
記号																	

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

No.	高浜1-IASCC-10	事象：IASCC
質 問	<p>(別冊-7-40頁) 炉内構造物の各部位に対する予防保全等について、応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮（【事例規格】発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮」（NC-CC-002））に対応した内容を提示すること。</p>	
回 答	<p>炉内構造物の各部位にはオーステナイト系ステンレス鋼とニッケル基合金（X750）を採用しており、【事例規格】発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮」（NC-CC-002）によると、応力腐食割れ（SCC）発生因子である「材料」「応力」「環境」を改善することでSCC発生を抑制する対応が示されています。</p> <p>ニッケル基合金（X750）については、PWR水質環境の高応力下でSCC発生の可能性があるが、SCC発生の可能性を低下させるためには固有の熱処理と応力の管理の組み合わせが有効であることが事例規格で示されています。これに対し、炉内構造物のニッケル基合金（X750）使用部位である、支持ピンおよびたわみピンについては、新熱処理材の採用と応力低減化構造のピンに取替を行い、応力低減対策を実施していることから、SCC発生の可能性は小さいと考えています。</p> <p>オーステナイト系ステンレス鋼については、溶存酸素濃度が低く管理されているPWR水質環境ではSCCは発生し難いことが事例規格で示されています。高浜1号炉においては、1次冷却材の水質を溶存酸素5ppb以下に管理していることからSCC発生の可能性は小さいと考えています。</p> <p>また、オーステナイト系ステンレス鋼で高い中性子照射量を受ける部位については、「材料」が変化することで照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）が生じる可能性があると考えられています。</p> <p>このIASCCに対し、「材料（中性子照射による材料の変化）」「応力」「環境（温度）」の3因子で炉内構造物のうち最も厳しい部位を抽出した結果、最も厳しい部位はバッフルフォーマボルトとなります。バッフルフォーマボルトのIASCCに対しては、高浜1号炉では以下の応力低減への配慮を実施しています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・首下の応力集中を低減するための首下形状の変更 ・耐力に対する発生応力の比を低減するため、機械的強度に優れるSUS316CWの採用 <p>また、バッフルフォーマボルトについては、「照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）評価技術に関する報告書（（独）原子力安全基盤機構）」に示された評価ガイドに基づく評価をした結果、運転開始後60年時点でのボルト損傷本数は管理損傷ボルト本数（ボルト全数の20%）以下であり、安全に関わる機能を維持できることを確認しています。</p> <p>さらに、高浜1号炉については、IASCCへの対策も含めた炉内構造物全体に対する予防保全の推進、信頼性の向上を図る観点から炉内構造物一式の取替を計画しています。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	高浜 1－その他の経年劣化事象－ 6	事象：摩耗－ 6
質 問	<p>(別冊-14機械設備-1重機器サポート-30頁)</p> <p>パッド、ヒンジ等摺動部の摩耗について、現状保全の具体的内容（運転開始後の検査内容（方法、頻度、判断基準及び結果を含む）及び製造時の検査内容（方法、判断基準及び結果を含む））を提示すること。</p>	
回 答	<p>パッドの摩耗により、原子炉容器とキャビティに高低差が生じた場合にはキャビティシールからの漏えいが生じるが、定期的¹にキャビティシールリングリークテストを実施し、漏えいのないことを確認しています。判定基準は、シールリングの内外ガスケット間に空気圧を加えて5分間保持し、圧力降下が目標値内であることとしています。点検結果の例を添付－1に示します。</p> <p>蒸気発生器と1次冷却材ポンプの支持脚のヒンジ等摺動部の摩耗に対しては、ヒートアップ点検等の際¹に目視確認することとしています。判定基準はヒンジ部に摩耗のないこととしています。保全指針および作業要領書を添付－2に示します。</p> <p>パッド等製造時の検査方法については、パッドについては材料検査、超音波探傷検査、磁粉探傷検査、寸法検査を実施しております。蒸気発生器と1次冷却材ポンプの支持脚のヒンジの製造時の検査については材料検査および寸法検査を実施しております。例としてパッドの製造時の検査結果を添付－3に示します。</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

[Redacted]							ラス
所長	副所長	運営統括長	品質保証部長	課長	係長	班長	係
[Redacted]							[Redacted]

機械技術アドバイザー

[Redacted]

保全指針変更
要否検討内容
保全計画詳細
確認

[Redacted]

関西電力(株)高浜発電所 1号機

第26回定検

資料室管理番号
1-2001-26R001

原子炉容器定期点検工事

総括報告書
兼定期点検工事記録

原子力技術資料：クラスB B

発行	高浜定検作業所										作成	平成21年11月26日	
作業所図書番号	改訂	所長	副所長	品質	安全	放射	工場総括	異物	経費	配電	作費	作成	
KT1-26-D100	0	[Redacted]											
現地配布先	関電	作業所	放射	機器	燃料	計装	検査	作費	控	関連資料図書番号改訂			
内容	注文主	工事番号	年月日	[Redacted]									
本文	-	関西電力(株)	S207601	H . .	[Redacted]								
図表	-	高浜発電所			[Redacted]								
表紙	438枚	1号機			[Redacted]								
備考	原紙保管	[Redacted]											
作成	平成	年	月	日	[Redacted]								
出書	平成	年	月	日	[Redacted]								
配布先	控 図書番号												

フォーマットコード: T1006110

記録No. 6

キャピティシールリングリークテスト記録

プラント名: KTN-1 第26回定検
 確認者:
 記録者:
 施工日: H21.9.20
 計測器具: 圧力計

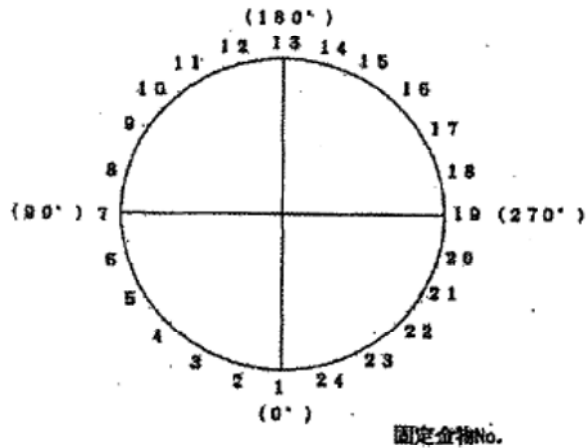
発電立会者

1. リークテスト記録

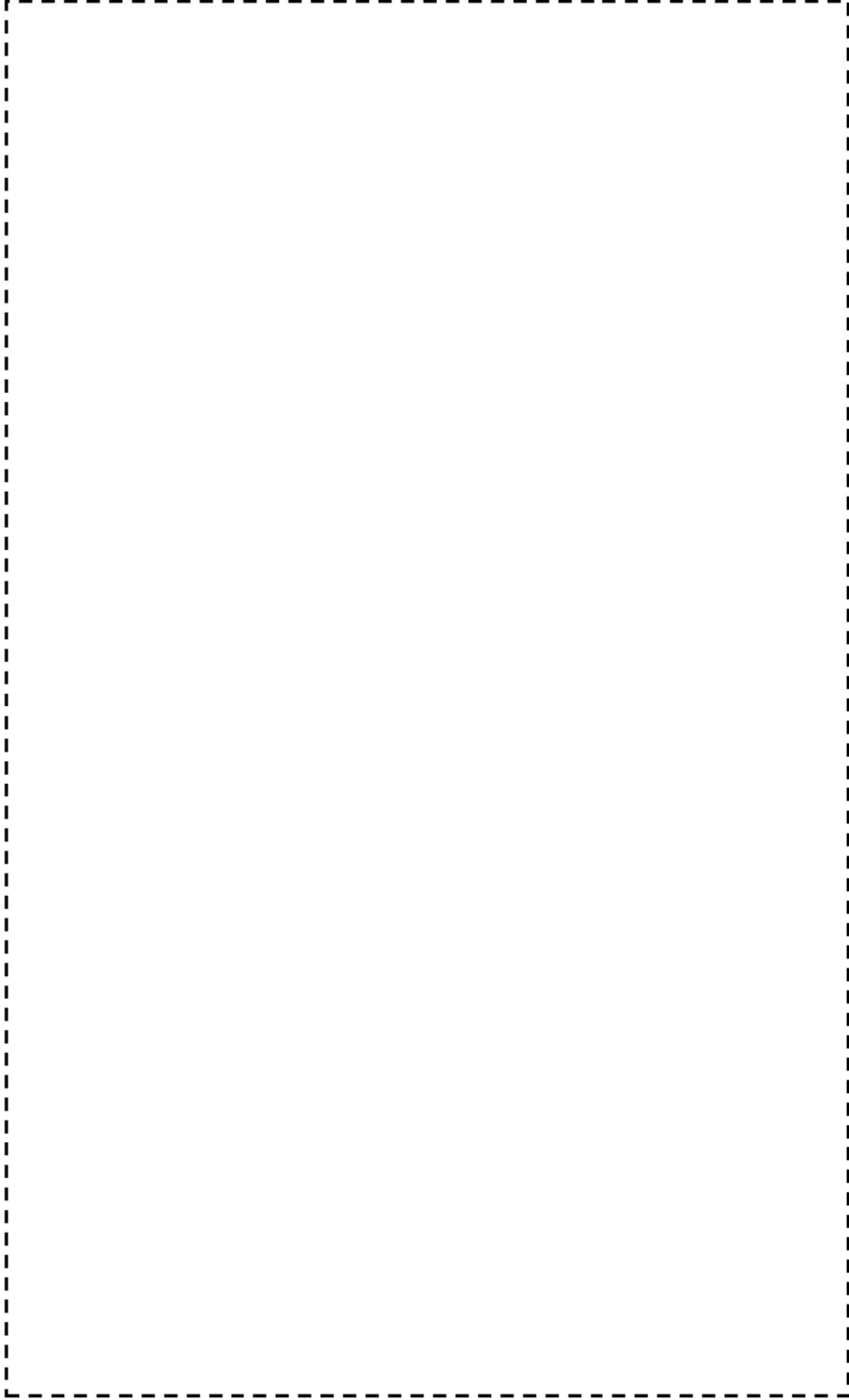
基準加圧力値 0.1MPa (1kgf/cm²G)
 基準保持時間 5分間
 目標値: 降圧量

番号	テスト回数	加圧圧力 (MPa)	保持時間 (分)	降圧量 (MPa)	判定	圧力計管理番号
内側	1	0.1	5	0.00	良	M1-R-338
外側	1	0.1	5	0.00	良	M1-R-344
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

2. キャピティシールリング配置図



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 」

A クラス

原子炉保修課

機 械 技 術
ア ー ク ラ ス

課 長	係 長	班 長	作 業 長	担 当
[Redacted]				

関西電力(株)高浜発電所 1・2号機

工 事 件 名

蒸気発生器細管検査他付帯工事のうち

主冷却材ポンプシール部定期点検工事



別冊作業実施要領書

審 査	定検等管理委託会社	[Redacted]	
	課 長	受託責任者	定検管理員
[Redacted]			

作 成 許 可 及 び 確 認	定検作業所長	技術指導員
	[Redacted]	

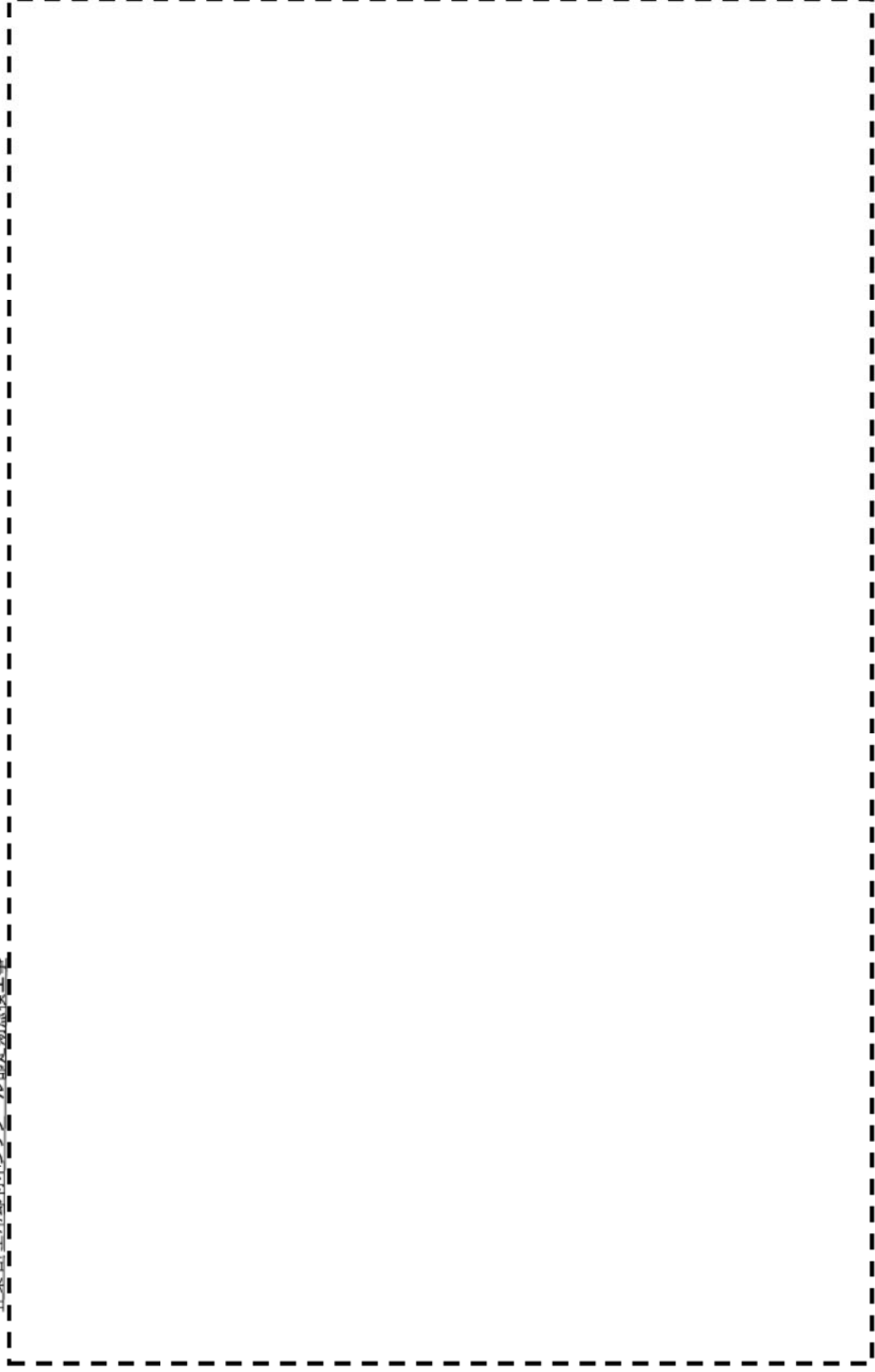
関西電力(株)高浜発電所

作 成 日	平成 23年 10月 28日						
現場代理人	現場副代理人	総 責	作 責	安 全	放 管	品 管	作 成
[Redacted]							

配 布 先 部	現 場	関 西 電 力	控 室	計	計 画 書 No.	原 紙 保 管
					22M-015 (R1)	品 管
	1	1	1	3		

作業要領(手順)

作業名: 主冷却材ポンプシール部定期点検工事



RA



神 岡 原	s.p.N. No.
7-480701	TAK-RCESRS

関西電力株式会社
高浜発電所第 1 号機
KEP-TAKAHAMA NUCLEAR POWER
PLANT UNIT NO.1

RT 支持構造物

REACTOR VESSEL
SUPPORT HARDWARE

検 査 記 録
Inspection Record

監 督 檢 印		
[Redacted]		
原子力部 品質管理課		
課 長	係 長	係 員
[Redacted]		

昭和 47 年 9 月 17 日

神岡KT-1-*

Dwg. No. 69-02550

送	出	池	重	原	現	機	機	W
付	文	工	工	核	地	機	機	J
先	主	作	作	設	地	機	機	SP
	3	/	/	/	/	1	1	11

RA

CHECK SHEET (Material) FOR VESSEL

素材チェックシート (容器用)



NAME OF PLANT

発電所名

KTN-1

高申

神

号原

ARTICLE 品名	REACTOR VESSEL SUPPORT HARDWARE
原子炉容器支持構造物	

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

K078 A4 72-1 100x60

MATERIAL TEST RESULTS

Purchaser : XXXXXXXXXX

Project : XXXXXXXXXX Tokai Unit-1
 : Kansai Electric Power Co.

J.S.W. Job No. : FWL-4077

Applicable Spec. No.: N-5318 Rev.0

File No.: 147-1-101

Date of Issue: May 9, 1972

Date of Test: May 9, 1972

Room Temp.: at 20°C

Item : Support Shoe

Part No.: 11

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

御注文元 (Name of Client) [Redacted]

注文元番号 (Order Number) 7-480701 YK 301040

符号 (Item Number) 1

原子力圧力容器用超音波探傷検査成績表
(Ultrasonic Examination Record for the part of nuclear pressure vessel)

関連高浜1号原子炉容器用
サボート3/2

File No. [Redacted]

Date of Issue May 27, 1972

[Redacted]

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

御注文元 (Name of Client) [Redacted] File No. [Redacted]

注文元番号 (Order Number) 7-480701 YK301040

原子力圧力容器用部品磁粉探傷検査成績表
(Magnetic particle Examination Record
for the part of nuclear pressure vessel)

関電高浜1号原子炉容器用

符号 (Item Number) 1

Date of Issue May 27, 1972

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

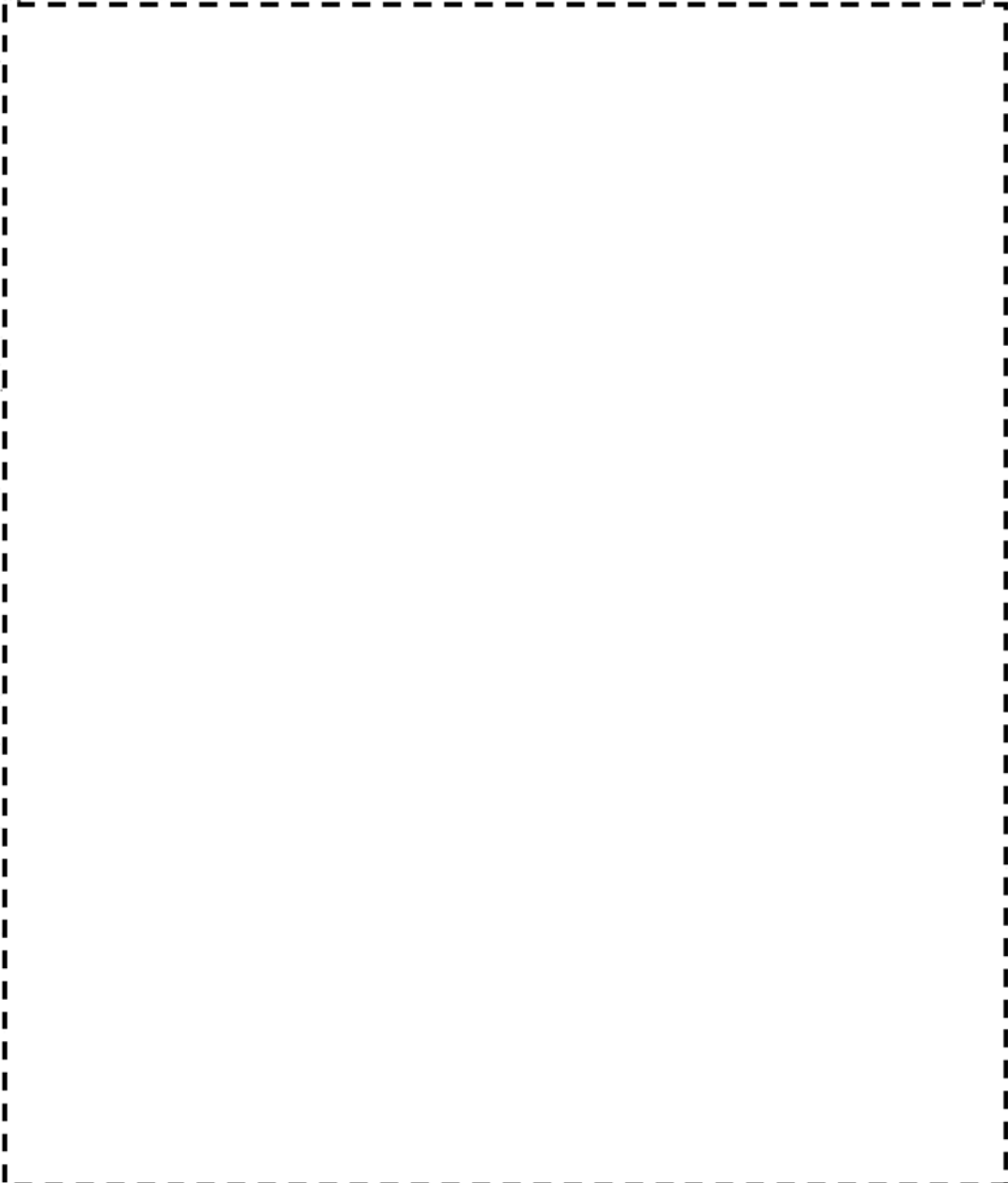
1/4

DIMENSIONAL RECORD 寸法計測記録		Date Aug. 18, 1972	
9/8/72 WT. N. Kawamura for G. F. Keller		神 号原	
Order 工事番号	7-480701	Client 発電所名	KEP-TAKAHAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力高浜発電所第 1 号機
Name of Article 品 名	REACTOR VESSEL SUPPORT HARDWARE	Drawing No. 図面番号	69-02550

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

34

DIMENSIONAL RECORD 寸法計測記録		Date 神 号原	
Order 工事番号	7-480701	Client 発電所名	KEP-TAKAHAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力高浜発電所第 I 号機
Name of Article 品名	REACTOR VESSEL SUPPORT HARDWARE	Drawing No. 図面番号	69-02550



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

8

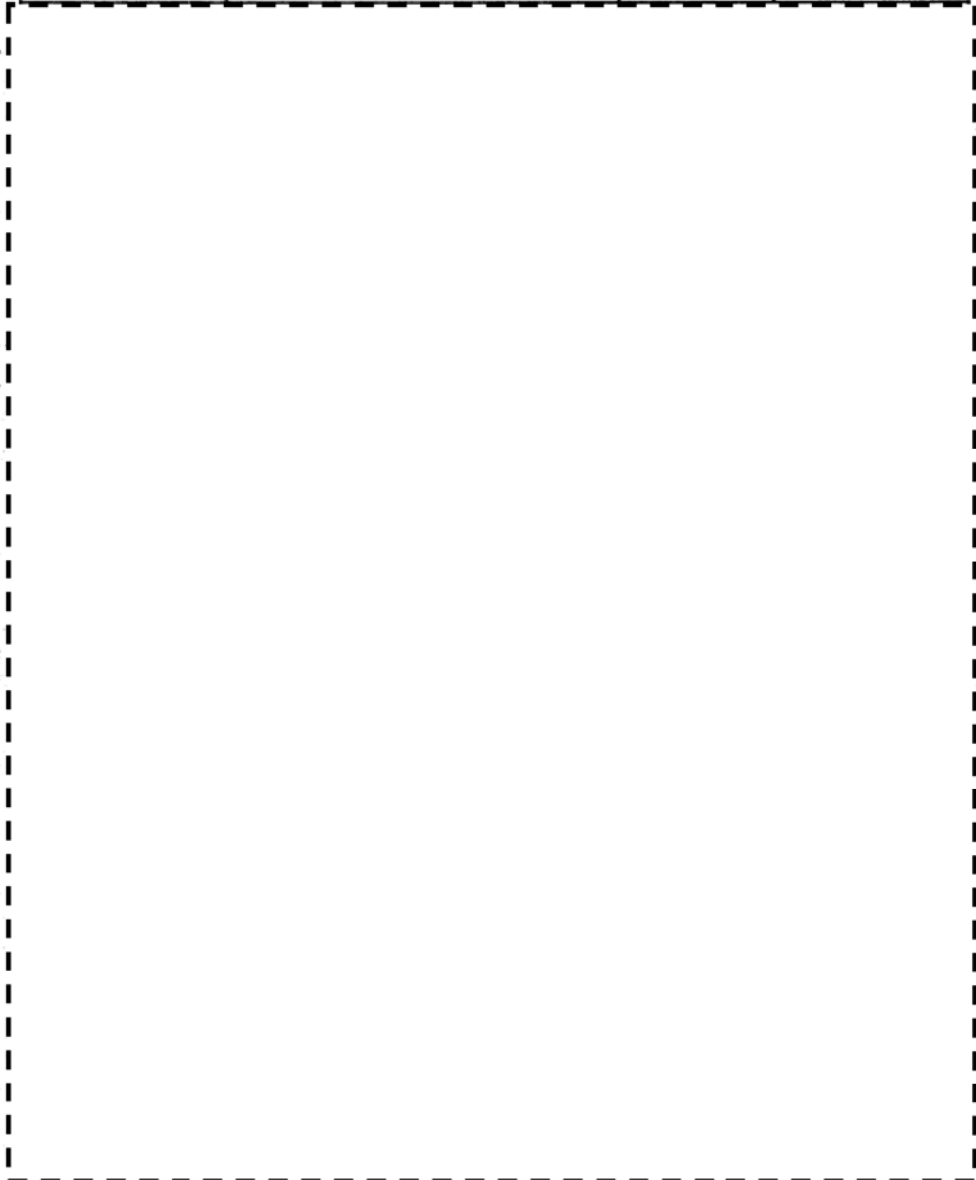
※

DIMENSIONAL RECORD 寸法計測記録		Date 神 号原	
Order 工 事 番 号	7-480701	Client 発 電 所 名	KEP-TAKAHAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力高浜発電所第 I 号機
Name of Article 品 名	REACTOR VESSEL SUPPORT HARDWARE	Drawing No. 図 面 番 号	69-02550

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

9
片

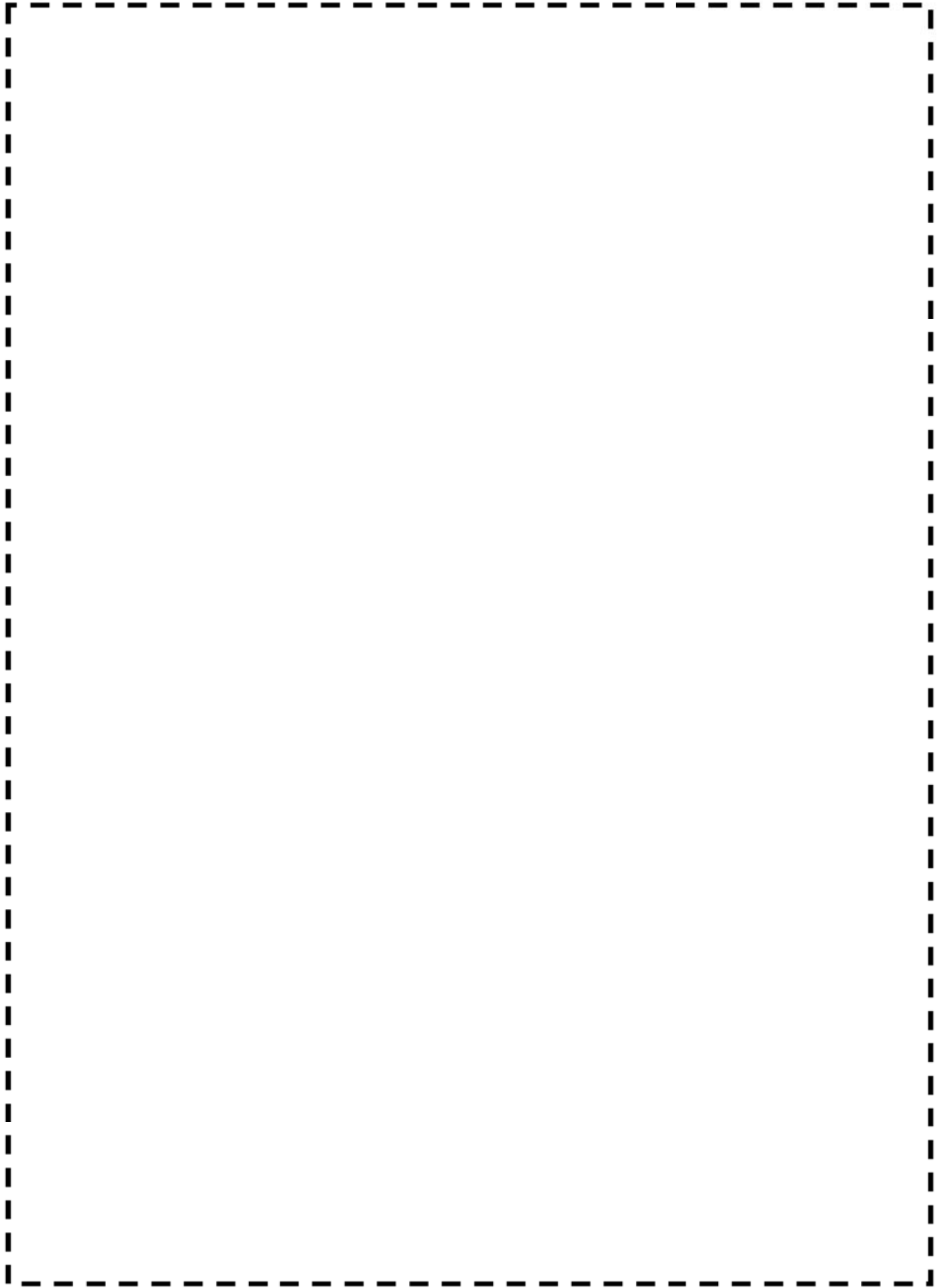
DIMENSIONAL RECORD 寸法計測記録		Date 神 号原	
Order 工 事 番 号	7-480701	Client 発 電 所 名	KEP-TAKANAMA NUCLEAR POWER PLANT UNIT 関西電力高浜発電所第 I 号機
Name of Article 品 名	REACTOR VESSEL SUPPORT HARDWARE	Drawing No. 図 面 番 号	69-02550

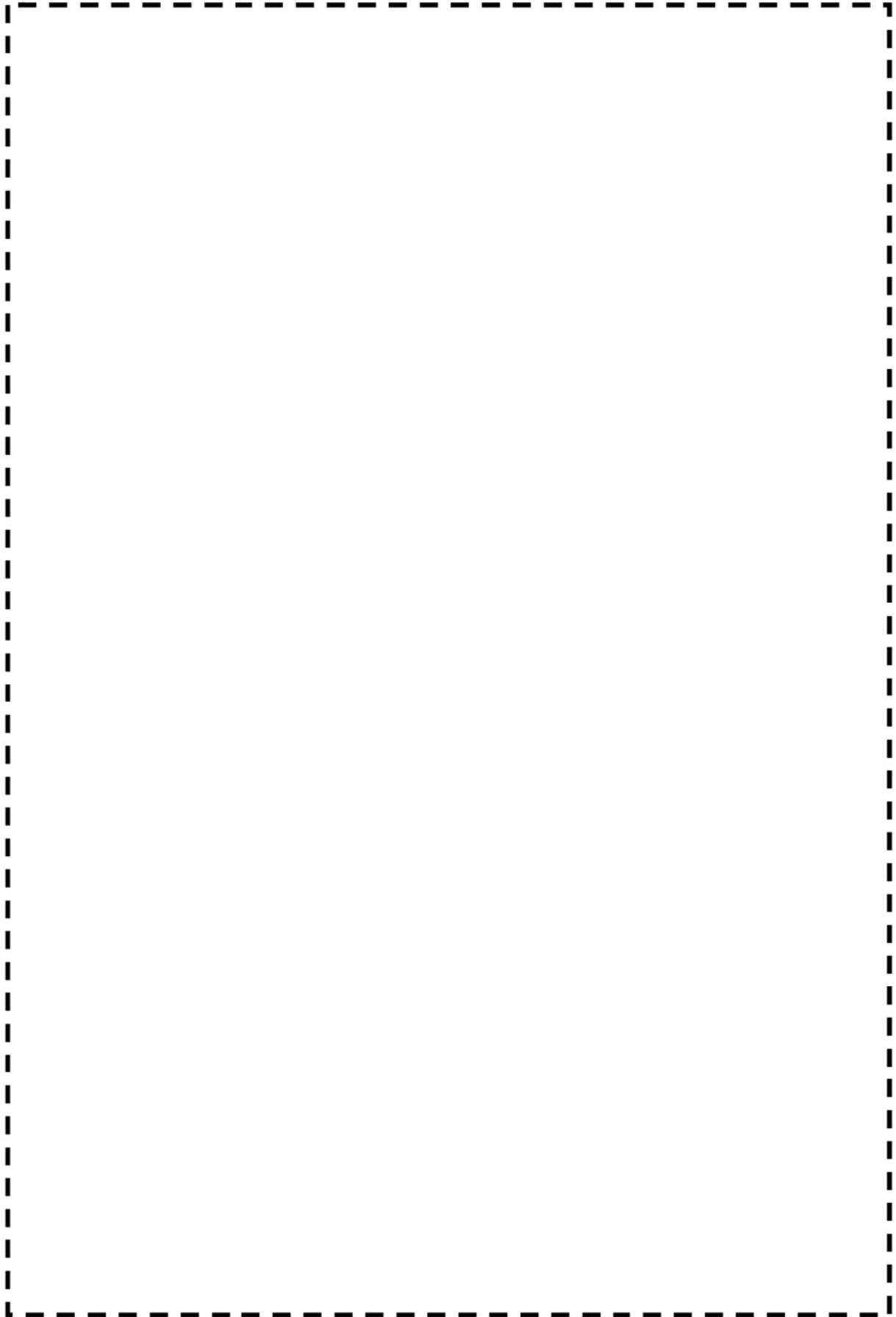


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

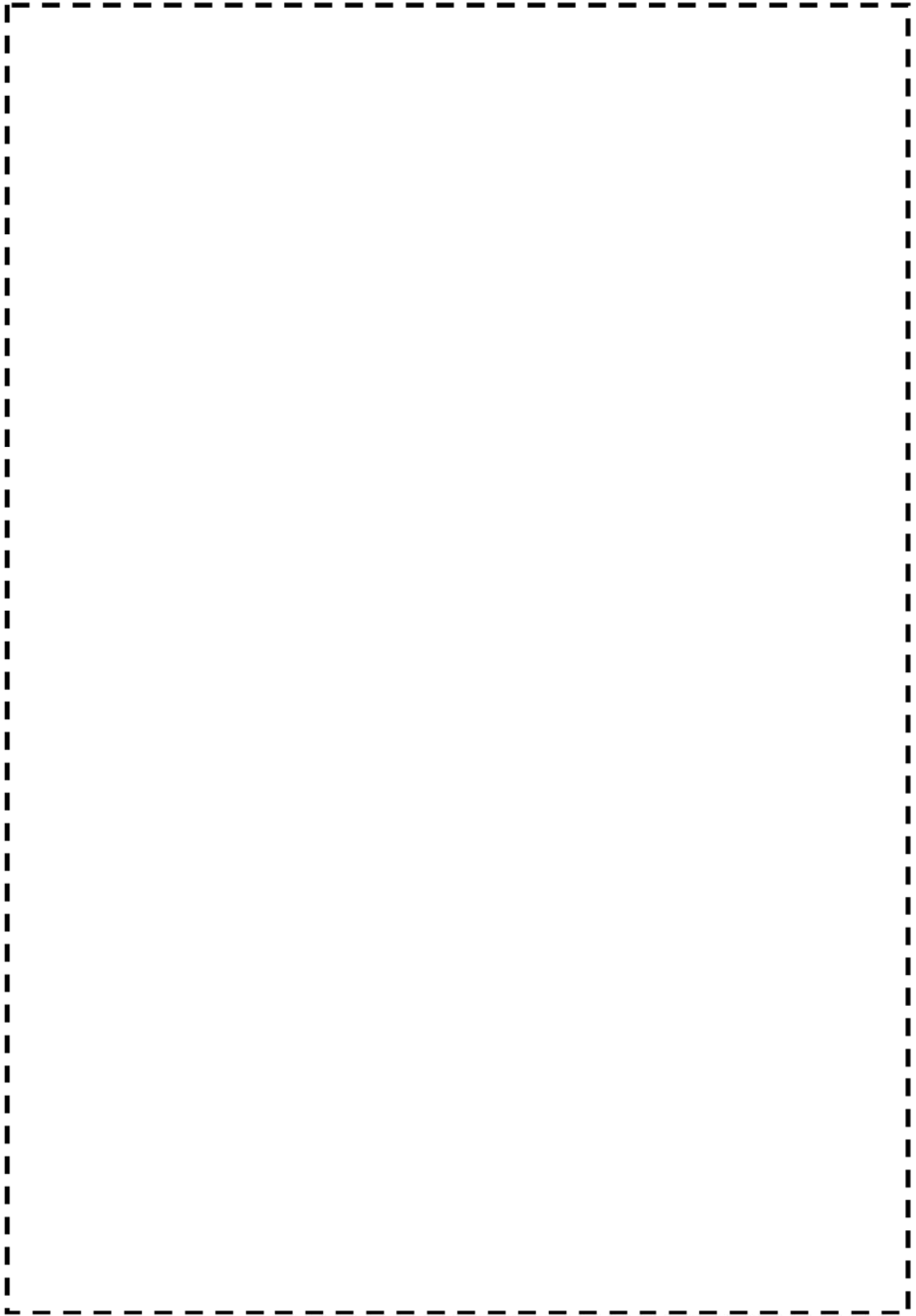
No.	高浜1－その他の経年劣化事象－8	事象：摩耗－8				
質 問	(別冊-14機械設備-5非核燃料炉心構成品-7頁) 被覆管の摩耗について、現状保全の具体的内容（運転開始後の検査内容（方法、頻度、判断基準及び結果を含む）及び製造時の検査内容（方法、判断基準及び結果を含む））を提示すること。					
回 答	<p>被覆管の摩耗については、平成13年に経済産業省に提示致しました資料「PWRプラントの制御棒クラスタにおける経年劣化に関する管理方法について」に記載されている摩耗進行曲線によると、 で摩耗深さが被覆管肉厚に達することから、摩耗深さが被覆管厚さに達する前の運転 時点にて制御棒クラスタ全引き抜き位置を変更 しています。結果を添付-1に示します。さらに同じ時間経過するまでに計画して取替を実施しております。</p> <p>なお、制御棒被覆管製造時の検査方法について、 を実施しております。詳細を表1に示します。点検結果を添付-2に示します。</p> <p style="text-align: center;">表1 制御棒被覆管の製造時検査（方法、判断基準）</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">検査項目（内容）</th> <th style="width: 50%;">判断基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="height: 150px; border: 1px dashed black;">[Redacted content]</td> </tr> </tbody> </table>		検査項目（内容）	判断基準	[Redacted content]	
検査項目（内容）	判断基準					
[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





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

No.	高浜1－その他の経年劣化事象－12	事象：流れ加速型腐食－4
質 問	<p>(別冊-10タービン設備-1高圧タービン-10頁)</p> <p>主蒸気入口管、車室およびノズル室の腐食（流れ加速型腐食）について、対象となる部位を提示すること。主蒸気入口管についてはこれまでの配管減肉管理記録（配管肉厚測定結果及び余寿命評価結果）を提示すること。また、車室およびノズル室については、目視確認の状況（点検頻度、点検結果）を提示すること。</p>	
回 答	<p>主蒸気入口管、車室およびノズル室の腐食（流れ加速型腐食）について、対象となる部位を添付1（図1、2）に示します。</p> <p>主蒸気入口管の配管減肉管理記録を添付2に示します。（配管肉厚測定結果及び余寿命評価結果）</p> <p>また、車室およびノズル室の腐食（流れ加速型腐食）については、定期的な開放点検を行い対象部位全体の目視確認を実施しています。判定基準は、表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打こん、変形及び摩耗がないこととしています。添付3に点検記録を示します。なお、これまでに補修実績はありません。</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

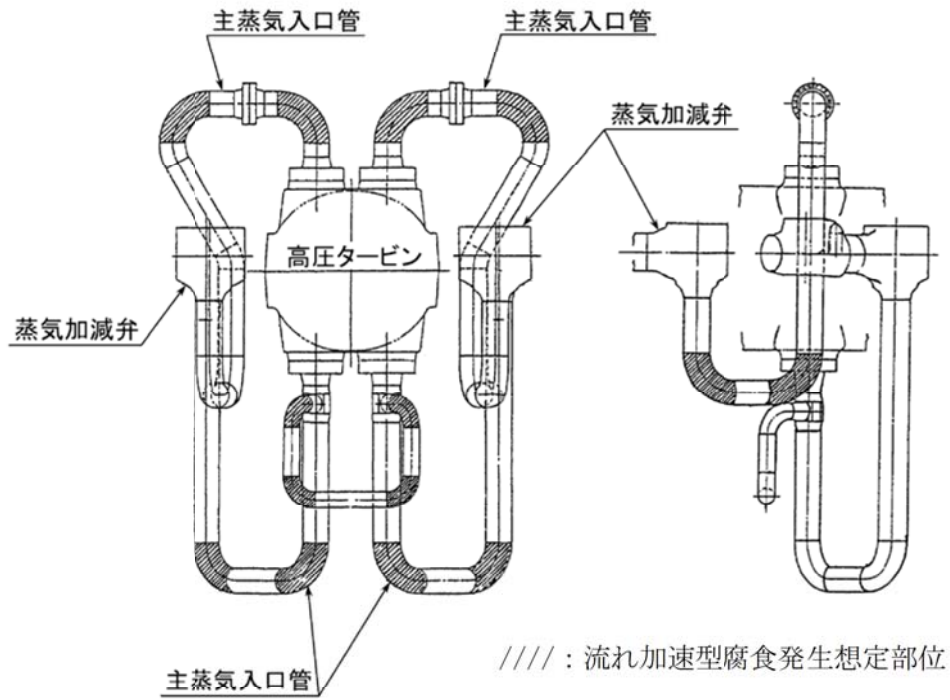


図1 高浜1号炉 高圧タービン
主蒸気入口管の流れ加速型腐食発生想定部位 (概念図)

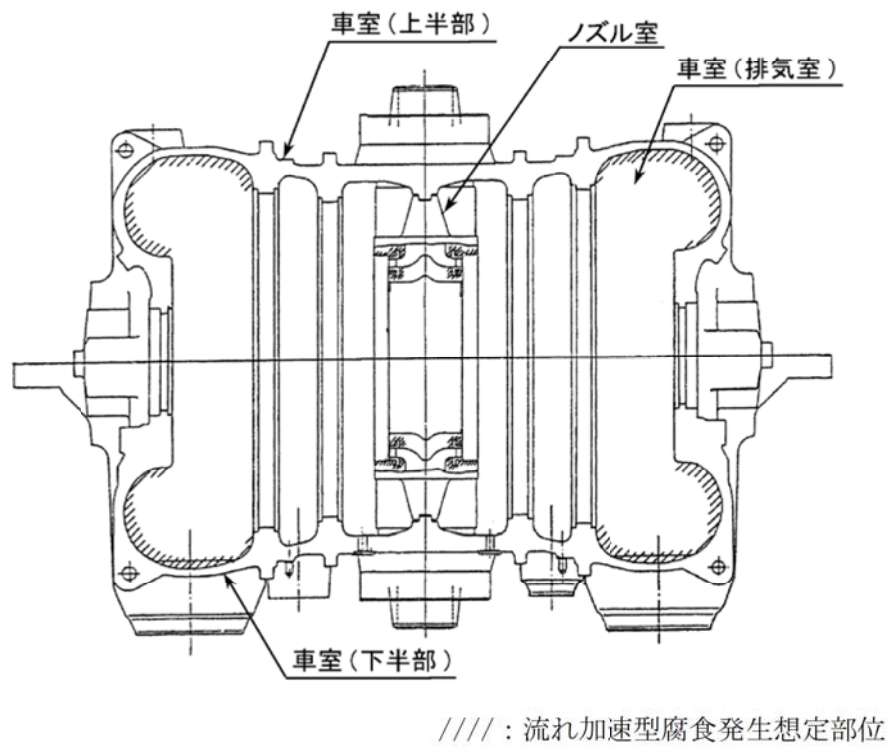


図2 高浜1号炉 高圧タービン
車室、ノズル室の流れ加速型腐食発生想定部位 (概念図)

Aクラス	1.2U運営統括長 [Redacted]	機械技術アドバイザー [Redacted]	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">課長</td> <td style="width: 25%;">係長</td> <td style="width: 25%;">班長</td> <td style="width: 25%;">係</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">[Redacted]</td> </tr> </table>	課長	係長	班長	係	[Redacted]			
課長	係長	班長	係								
[Redacted]											
所長 [Redacted]	関西電力(株) 高浜発電所 1号機 (第 25 回 定検工事)										
副所長 [Redacted]	工事件名: 2次系配管経年変化調査工事 工事コード: 071P007383										
<h2 style="text-decoration: underline;">総 括 報 告 書</h2>											
資料室管理番号 1-2001-25T021(1/11)											
発行	[Redacted] 高浜営業所										
作成認可欄	営業所所長	放管責任者	品管責任者	安全責任者	作業責任者						
	[Redacted]										
	課長	担当	作成	照査							
[Redacted]											
配布先	関電			控	合計						
1				1	2						
				作成日	平成20年8月4日						
				原紙保管	[Redacted] 高浜営業所						
				文書番号	NK T-1608-014-0						

発電所名：関電高浜1号機定期検査

肉厚測定部点検査結果整理票

系統名		TKUDD								46-5	
No		主進気入口管バランスタ管								別定部点	
測定点		1	2	3	4	5	6	7	8	第25回定期測定結果グラフ	
X		-	-	-	-	-	-	-	-	1 2 3 4 5 6 7 8	
A										上流側より異なる。	
B											
C										<p>特記事項</p> <ul style="list-style-type: none"> 片流れ・枝管のみ両流れ Zは、46-6のAと重複 C4, 8は、枝管の為測定不可 マーキング寸法は、別紙参照 	
D										<p>足場裏</p> <p>保温 有 無</p> <p>判定処置記入</p>	
E	5 T管 (その他)									<p>圧力 x 温度 (MPa x °C)</p> <p>最小管厚 (tn)</p> <p>判定基準厚さ (tn)</p> <p>必要最小厚さ (tn)</p>	
F										<p>1. 点検年月日 #22 (177,998時間) 2004.04</p> <p>2. 点検部位 T管 枝管</p> <p>3. 測定値最小値</p> <p>4. 測定厚 6 0.034 F 0.208</p> <p>5. 寿命 (年) 261.8 14.2</p> <p>6. 次回定検回 25 (主):差、(枝):差</p>	
G										<p>1. 点検年月日 #24 (197,679時間) 2006.11</p> <p>2. 点検部位 T管 枝管</p> <p>3. 測定値最小値 A-3 0.503 H-8 0.252</p> <p>4. 測定厚 16.7 19.0</p> <p>5. 寿命 (年) 29 (主):自、(枝):自</p> <p>6. 次回定検回 #25 (207,170時間) 2008.03</p>	
H										<p>1. 点検年月日</p> <p>2. 点検部位</p> <p>3. 測定値最小値</p> <p>4. 測定厚</p> <p>5. 寿命 (年)</p> <p>6. 次回定検回</p>	
Z										<p>1. 点検年月日</p> <p>2. 点検部位</p> <p>3. 測定値最小値</p> <p>4. 測定厚</p> <p>5. 寿命 (年)</p> <p>6. 次回定検回</p>	
										備考	
										添付資料あり	
										F1, 5は周辺の測定結果による	
										添付資料あり	

資料室管理番号
1-2001-25T001

Aクラス

課長	係長	班長	係
[Redacted]			

1.2a
運営統括部長
[Redacted]

機械技術
アドバイザー
[Redacted]

関西電力(株)高浜発電所1号機

第 25 回

工事件名 タービン主機定期点検工事

(タービン主機定期点検検査工事)

工事コード 071P007382M500

統括報告書

(兼定期点検工事記録)

審 査	定検管理委託会社 (高浜事業所)		
	課長	受託責任者	定検管理員
	[Redacted]		

作 成 認 可 ・ 確 認	タービン主機定期点検検査工事	
	作業所所長	技術指導員
	[Redacted]	


作 成 認 可 欄	高浜作業所					
	作業所所長	作業責任者	品管	安全	異物	放管
	[Redacted]					
配 付 先	課長	係長	担当	作成	照査	
	[Redacted]					
控				作成	平成 20年 8月 12日	原紙保管
				図面番号	PB3-2-1904R	[Redacted]
1 1 1 1						高浜作業所

(立は立会、記は記録確認を示す)

関西電力 (定検管理員)	技術指導員	品管	作業
()	(5/29)	(5/29)	(5/29)
立・記	記	記	記

目 視 検 査 記 録

プラント名	高浜発電所 第1号機	工事件名	タービン主機定期点検工事
品 名	高圧車室	個 数	1車室
実 施 日	平成 20 年 5 月 29 日	検査員 (評価者)	
判定基準	表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打こん、変形及び摩耗がないこと。		
判定結果	<input checked="" type="checkbox"/> 合格		
	<input type="checkbox"/> 不合格 (状況:)		
処 置	<input checked="" type="checkbox"/> 無		
	<input type="checkbox"/> 有 (処置内容:)		
備考			

No.	高浜 1 - その他の経年劣化事象 - 19 事象 : SCC - 3	
質 問	<p>(別冊-14機械設備-6濃縮減容設備-20頁)</p> <p>蒸発器胴側等のステンレス鋼使用部位の応力腐食割れについて、使用環境（温度、塩化物イオン濃度等）における応力腐食割れの可能性について具体的に説明すること。また、目視確認及び漏えい試験の方法、頻度及び結果について提示すること。</p>	
回 答	<p>蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプおよび配管の内部流体は濃縮廃液であり、塩化物イオン濃度が高く、かつ高温であるため、応力腐食割れが発生する可能性があると考えており、添付 1 に高経年化技術評価書の抜粋を示します。</p> <p>蒸発器胴側等については、定期的  の頻度で分解点検を行い、内面の目視確認を実施しています。確認範囲は胴内面の全体としており、判定基準は損傷等、異常のないこととしています。割れに対しては、目視で判別可能なものを可能な限り見つけることとしています。</p> <p>また、蒸発器胴側等の漏えい確認については、分解点検後の最終確認として、内部の通水を実施し、フランジ部等から漏えいのないことを確認しております。</p> <p>点検結果の例として、26 回定検時に実施した目視確認および漏えい確認記録を添付 2 に示します。</p> <p>なお、これまでに応力腐食割れによる不具合により補修を実施した実績はありません。</p>	

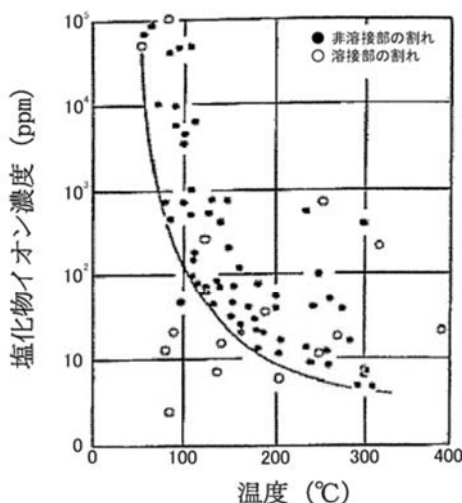
(4) ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ

蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプおよび配管の内部流体は濃縮廃液であり、塩化物イオン濃度が高く、かつ高温であるため、応力腐食割れが発生する可能性がある。

応力腐食割れの発生要因は、腐食環境、材料、残留応力の3つが考えられる。腐食環境としては、塩化物イオン濃度、流体温度が支配的であり、応力腐食割れ発生の関係を図2.2-Aに示す。

蒸発器等の内部では廃液が蒸発濃縮することにより、塩化物イオン濃度が上昇することとなり、また、温度も約105℃となることから、応力腐食割れ発生の可能性は否定できない。

しかしながら、これまでの目視確認において有意な割れは認められていない。



注：下記出典では、「曲線は非溶接部の応力腐食割れの起る下限」とされている。


図2.2-A 18Cr-8Ni系ステンレス鋼の応力腐食割れ
に関する温度と塩化物イオン濃度との関係

[出典：総合技術センター「プラントの損傷事例と経年劣化・寿命予測法」]

現状保全として、蒸発器胴側等のステンレス鋼使用部位の応力腐食割れに対しては定期的に内面目視を、配管については系統機器分解点検時に内面目視を、また加熱器伝熱管については定期的に漏えい試験を実施し、有意な異常のないことを確認している。

したがって、今後も現状保全を継続することで、機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

Aクラス	電気技術 アドバイザー	熱機技術 アドバイザー	課長	係長	班長	係長
1.2a	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
関西電力㈱ 高浜発電所 1号機 (第26回 定期点検工事) タービン主機他一般設備定期点検工事のうち						
工事件名: 廃棄物処理設備定期点検工事						
総括報告書 兼定期点検工事記録				資料室管理番号 1-2001-26R013		
定検等管理委託会社 (関西電力㈱)						
確 認	計 装		電 気		機 械	
	課 長	受託責任者	定検管理員	受託責任者	定検管理員	受託責任者
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
作 成 認 可 欄	発行 [Redacted] 高浜事業所					
	技術課長	安全課長	課 長	係 長	作 責	
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
		品質保証課長	課 長	係 長	作 責	
		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
配 布 先	関電				合計	作成日
	1				1	平成21年 11 月 30 日
						文書番号
						T01-26-機B-0119-E
						原紙保管
						機械課 機械係



1721年 12月 8日
高浜事業所

工事コード: 091P003965E241

別冊作業実施要領書番号
T01-機B-0119-D

[Redacted] 高浜事業所

関電(定検管理員)	品・管	作 責

廃液蒸発装置
蒸発器点検チェックシート

1.開放前点検

	項 目	日 付	結 果	点検者
1	損傷外観点検は良いか	H21.7.29	良	
2	各フランジ部より漏れ等はないか	H21.7.29	良	

2.開放時点検

	項 目	点検内容	日 付	結 果	点検者
1	水室内部	異物等がないか 損傷等、異常がないか	H21.7.30	良	
2	水室側シート面	損傷等、異常がないか	H21.7.30	良	
3	本体側シート面	損傷等、異常がないか	H21.7.30	良	
4	ボルト・ナット	ネジ山の損傷等異常がないか	H21.8.3	良	
5	基礎ボルト	ナットの緩み等がないか	H21.7.30	良	
6	各サポート	ナットの緩み等がないか	H21.7.30	良	
7	保温材	へコミ、損傷等がないか	H21.7.30	良	
8	各マンホール 各フランジ	へコミ、損傷等がないか	H21.8.3	良	

3.復旧時点検

	項 目	日 付	結 果	点検者
1	水張り時に漏れ等異常はないか	H21.8.19	良	
2	試運転時に漏れ等異常はないか	H21.8.10	良	

No.	高浜 1 - 耐震 - 1	事象：耐震
質 問	<p>(本冊/別冊-16耐震)</p> <p>浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）をリストアップしたうえで、耐震安全性評価の評価対象設備について、抽出根拠、抽出プロセス及び評価内容を具体的に提示すること。</p>	
回 答	<p>高浜 1 号の「浸水防護施設」のうち、耐震安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐震安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について 耐震安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。</p> <p>(1) 津波防護施設：該当なし[高浜 4 号炉設備、1・2・3・4 号炉共用] (2) 浸水防止設備：・取水構造物（浸水防止蓋）… a (3) 津波監視設備：・潮位計 … b</p> <p>2. 想定される劣化事象※ (1) 鉄骨構造物（対象 a） a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△事象） ・腐食 …① ・風などによる疲労 …② (2) 計測制御設備（対象 b） a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△事象） ・樹脂の劣化（ケミカルアンカー）③</p> <p>※：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化及び導通不良については、耐震性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略します。</p> <p>3. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出 「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～③について、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを下表に整理しました。</p>	

回 答

表1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

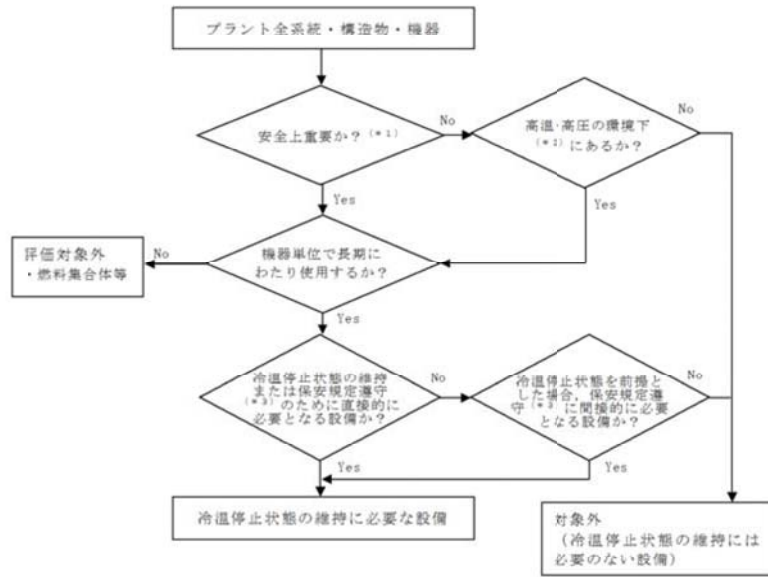
「技術評価」で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2		ステップ3	
経年劣化対策 上層目すべき 経年劣化事象	下記 1)~2)を除く経年劣化事象	○	i	現在発生しておらず、 今後も発生の可能性が ないもの、または小さいもの	×	×
			ii	現在発生しているか、 または将来にわたって 起こることが評価でき ないもの	○	① 振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できない事象 ② 振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象
経年劣化対策 上層目すべき 経年劣化事象 ではない事象	1)	○	ii	現在発生しているか、 または将来にわたって 起こることが評価でき ないもの	○	① 振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できない事象 ② 振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象
	2)	-	-		-	①

○：評価対象として抽出
 -：評価対象から除外
 ×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外
 ■：振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外
 ◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出

以上より、高浜1号の「浸水防護施設」については、◎となる対象は無かったことから、経年劣化を考慮した耐震安全性評価を実施したものではありません。

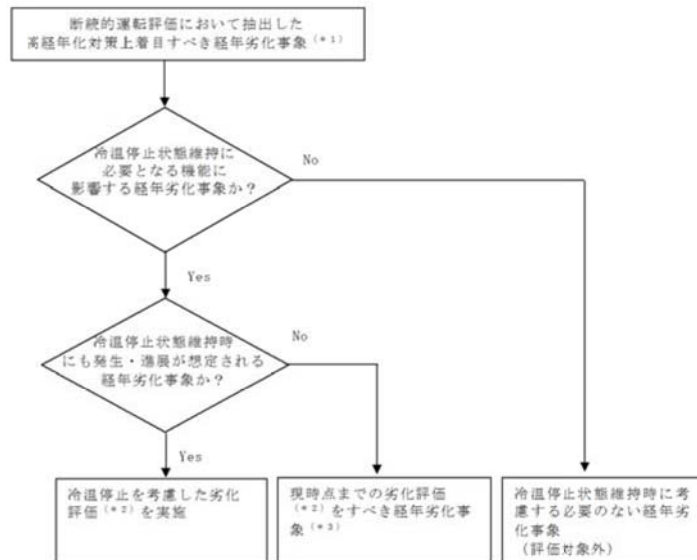
以 上

No.	高浜 1 - 耐震 - 2 Rev1	事象：耐震
質 問	<p>(別冊-16耐震) 既に認可された冷温停止状態が維持されることを前提にした耐震安全性評価との相違点を整理し提示すること。</p>	
回 答	<p>「冷温停止状態が維持されることを前提とした評価」（以下、冷温停止前提評価という）では、冷温停止状態維持に必要なない設備（図1参照）、及び冷温停止状態維持に考慮する必要のない経年劣化事象（図2参照）については耐震評価を実施していないが、本「運転を断続的に行うことを前提とした評価」（以下、本評価という）ではこれらを評価対象としている。具体的に追加で実施している耐震評価の対象は、以下1～5に示すとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 熱交換器：胴板等の腐食(流れ加速型腐食) <ul style="list-style-type: none"> ・ 湿分分離加熱器 ・ 第1 低圧給水加熱器 ・ 第2 低圧給水加熱器 ・ 第3 低圧給水加熱器 ・ 第4 低圧給水加熱器 2. 容器：中性子照射による関連温度上昇（うちPTS評価） 中性子照射による上部棚領域の靱性低下 <ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉容器 3. 配管：母管の内面からの腐食(流れ加速型腐食) <ul style="list-style-type: none"> ・ 低温再熱蒸気系統配管 ・ 第3 抽気系統配管 ・ 第4 抽気系統配管 ・ グランド蒸気系統配管 ・ 復水系統配管 ・ ドレン系統配管 4. 炉内構造物：バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れ及び制御棒クラスタ案内管の摩耗 <ul style="list-style-type: none"> ・ 制御棒（挿入性） 5. タービン設備：母管の内面からの腐食(流れ加速型腐食) <ul style="list-style-type: none"> ・ 主蒸気入口管 	



- *1: 重要度クラス1, 2 (*4)
- *2: 重要度クラス3のうち、最高使用温度が95℃を超え、最高使用圧力が1900kPaを超える環境（原子炉格納容器外に限る）
- *3: 保安規定で定義されている原子炉の運転モード5, モード6および運転モードに関係なく要求される機能を対象とする。
- *4: 「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）の重要度分類

図1 冷温停止状態維持に必要な設備抽出フロー



- *1: 断続的運転評価において着目すべき経年劣化事象ではない事象（△事象）が冷温停止維持時に着目すべき経年劣化事象（○事象）になる場合はそれらも合わせて抽出する。
- *2: プラント通常運転時に起こり得る設計基準事故時の評価は要しない。
- *3: 技術評価対象外の事象であるが、耐震安全性評価の前提条件として必要となるため、現時点までの評価を実施する。

図2 冷温停止状態維持を考慮した劣化事象抽出フロー

なお、「冷温停止状態」と「断続的運転状態」の差異から生じた相違点ではないが、別の理由で生じた差異は以下のとおり。

- ・本評価では、屋内機器の基礎ボルトの全面腐食に対し、技術評価側で、過去の点検で腐食が認められておらず高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと評価していることから耐震評価を実施せず、屋外機器の基礎ボルトの全面腐食に対してのみ耐震評価を対象としている。
- ・評価用地震動については冷温停止前提評価では、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（平成18年9月19日原子力安全委員会決定）による旧耐震バックチェックで用いた基準地震動 S_s と S_2 の大きい方（ただし、基礎ボルトは S_s 評価のみ）としていたが、本評価では、新規制基準への適合に係る設置変更許可申請／工事計画認可申請の基準地震動 S_s としている。
- ・技術評価の対象として「浸水防護施設」や「常設重大事故等対処設備」が追加されている（ただし、◎事象として耐震安全性評価を追加で実施したものはない）。
- ・工事計画認可申請の内容を踏まえ反映したことによる相違（高浜1-耐震QA-7で示すとおり）が生じている。

以 上

No.	高浜 1 - 耐震 - 8	事象：耐震
質 問	<p>(別冊-16耐震)</p> <p>耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）について、各々の分子と分母の値を単位とともに提示すること。また、分子については、その算出に用いた地震力の種別（S s、S d、静的等）を提示すること。</p>	
回 答	<p>耐震評価結果を比率で示したもののうち、耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に対し、添付-1の緑色セル内に、元となる「許容値」及び「発生値」を示す。</p> <p>なお、Sクラスの設備のうち、静的震度により算出した評価値を分子とした応力比はない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

機種	章	機器名称	部位 非代表設備	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	疲労累積係数※本字: 環形疲労		
									通常 運転時	地震時	
熱交換器	多管円筒形 熱交換器	1次系冷却水クーラ	伝熱管	内面腐食 (流れ加速型腐食)	S				0.58		
		湿分離加熱器	鋼制耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.25		
		第1低圧給水ヒータ	鋼制耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.21		
		第2低圧給水ヒータ	鋼制耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.34		
蒸気発生器	蒸気発生器	第3低圧給水ヒータ	鋼制耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.28		
		第4低圧給水ヒータ	鋼制耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.30		
		冷却材出入口管台	冷却材出入口管台	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.53		
		セーフエント	セーフエント	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.34		
配管	ステンレス鋼配管	余熱除去系統配管	母管	高サイクル熱疲労割れ (高低温水合流部)	S				0.95		
		主蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.24		
	炭素鋼配管	主給水系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.42		
		低温再熱蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.70		
	配管サポート	アンカー	第3抽気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.51	
			第4抽気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			1.22	0.275
			補助蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.25	
			グラント蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.36	
			復水系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.60	
			ドレン系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.48	
			蒸気発生器ブロワーダウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.88	
			アンカー	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.84	
配管サポート			母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.94		
配管サポート			母管	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次+二次			0.67		
炉内構造物	高圧タービン	アンカー	ラグとフレートの溶接部等のサ ポート取付部	疲労割れ	S	配管とラグの溶接部 ラグとフレートの溶接 部			0.51		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.43		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				1.02	0.004	
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.76		
タービン	高圧タービン	アンカー	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.68		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.78		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.82		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.15		
空調設備	冷凍機	アンカー	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.02		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.39		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.25		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.19		
空調設備	冷凍機	アンカー	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.04		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S				0.63		
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S						
		炉内構造物	母管	照射誘起型応力腐食割 れ	S						

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。

機種	章	機器名称	部位 非代表設備	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	応力比	疲労累積係数※本字: 環境疲労		
										通常 運転時	地震時	
機械設備	重機サポート	原子炉容器サポート	サポートブラケット	中性子およびγ線照射脆化	S	補強材			0.36			
		蒸気発生器サポート(支持脚)	ヒンジ摺動部	摩耗	S	ボルト			0.35			
		1次冷却材ポンプサポート(支持脚)	ヒンジ摺動部	摩耗	S	蒸気発生器支持脚	一次			0.20		
		格納容器外制御用空気圧縮装置	格納容器外制御用空気だめめ等(格納容器外制御用空気乾燥器)	腐食(全面腐食)	S	1次冷却材ポンプ支持脚	一次 一次十二次			0.58		
	空気圧縮装置	非核燃料炉心構成部品	格納容器外制御用空気圧縮装置	格納容器外制御用空気だめめ等(格納容器外制御用空気乾燥器)	腐食(全面腐食)	S	計器用空気圧縮機			0.25		
			制御棒クラスタ	伝熱管等(加熱器、濃縮液ポンプ)	摩耗	S	空気だめめ			0.11		
	濃縮減容設備	ポンプ	廃液蒸発装置	胴板等(蒸発器、加熱器、濃縮液ポンプ、配管)	腐食(全面腐食)	B	計器用空気乾燥器			0.14		
			海水ポンプ	海水ポンプ	腐食	S	被覆管			0.48		
	基礎ボルト	基礎ボルト	熱交換器	脱気器タンク	腐食	C	廃液蒸発装置 加熱器伝熱管			0.01		
			容器	燃料取替用水タンク	腐食	S	廃液蒸発装置			0.14		
				復水タンク	腐食	S	蒸発器脚板	引張荷重 せん断荷重			0.11	
				主蒸気系統配管	腐食(全面腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重 せん断荷重			0.07	
				伝熱管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重 せん断荷重			-	
				母管		S	基礎ボルト	引張荷重 せん断荷重			0.70	
電源設備	非常用ディーゼル機関付属設備(配管)	伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト			0.42			
					S	M30X8(本) M36X8(本)			0.36			
					S	空気冷却器			0.18			
					S						合計	

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。

No.	高浜 1－耐震－ 1 3	分類：配管																																																																														
質 問	余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）を提示すること。																																																																															
回 答	<p>余熱除去系統配管のアンカーサポートにかかる荷重をもとに、各応力を算出した過程は以下のとおりです。また、サポートの位置を添付－1の系統図、アイソメ図に示します。</p> <p>1. 評価用荷重の算出</p> <p>配管を3次元梁モデル化してSs、Sd地震時の支持点荷重をスペクトルモーダル解析にて算出しています。評価部位はサポートラグ（固定点）であり、隣接する解析ブロックとの境界部になります。この為、両ブロックの解析結果から得られた荷重を合成し、評価用荷重としています。さらに、当該アンカーサポートをモデル化し、算出された評価用荷重を用いて評価対象部位の部材力を算出した結果を表1、表2に示します。</p> <p style="text-align: center;">表1 評価用荷重（Ss：部材力）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">配管とラグ</th> <th colspan="2">ラグと底板</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表2 評価用荷重（Sd：部材力）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">配管とラグ</th> <th colspan="2">ラグと底板</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		方向	配管とラグ		ラグと底板		1次	1次+2次	1次	1次+2次	Fx					Fy					Fz					Mx					My					Mz					方向	配管とラグ		ラグと底板		1次	1次+2次	1次	1次+2次	Fx					Fy					Fz					Mx					My					Mz				
方向	配管とラグ			ラグと底板																																																																												
	1次	1次+2次	1次	1次+2次																																																																												
Fx																																																																																
Fy																																																																																
Fz																																																																																
Mx																																																																																
My																																																																																
Mz																																																																																
方向	配管とラグ		ラグと底板																																																																													
	1次	1次+2次	1次	1次+2次																																																																												
Fx																																																																																
Fy																																																																																
Fz																																																																																
Mx																																																																																
My																																																																																
Mz																																																																																

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. 応力の算出

溶接部に発生する応力は、下式で算出しています。本評価式は、材料力学に基づく公式をもとにして設定したものであり、設計・建設規格や耐震設計審査指針等に規定されたものではないことから、応力集中係数に係る規定はありません。また、支持構造物は、降伏点を許容値としており許容値を厳しくする設計体系となっていることから、発生応力の算出において応力係数を考慮する必要はないと判断しています。なお、本評価式により適切な応力が評価できることは、FEM解析により確認し採用しているものです。

$$\sigma_1 = \frac{|Mx| + |Fy| \cdot L}{Z_{wx}} + \frac{|My| + |Fx| \cdot L}{Z_{wy}} + \frac{|Fz|}{A_w}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\left(\frac{Fx}{A_w}\right)^2 + \left(\frac{Fy}{A_w}\right)^2} + \frac{|Mz|}{Z_{wp}}$$

A_w : 溶接部の断面積

Z_{wx} , Z_{wy} , Z_{wp} : 各方向の溶接部の断面係数

L : 荷重作用点から評価部位までの距離

応力評価は、以下の組合せ応力を用います。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\sigma_2^2}$$

3. 評価仕様

評価に用いたデータを以下に示します。

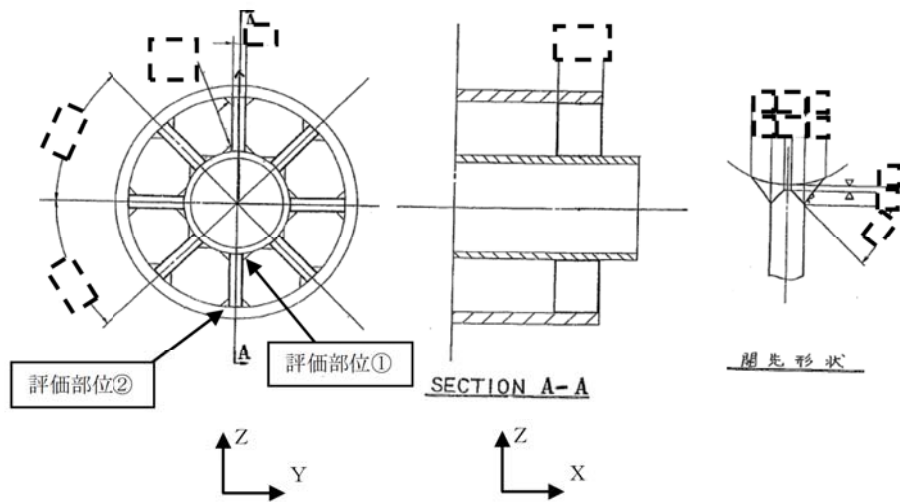


図-1 配管サポートの外形図

表4 諸元表

(単位: mm)

母管 外径	リブの長さ	リブの厚さ	スリーブ外径	スリーブの厚さ
b_1	a	t_1	b_2	t_2

評価部位	L (mm)	A_w (mm^2)	Z_{wx} (mm^3)	Z_{wy} (mm^3)	Z_{wp} (mm^3)
①配管とラグの 溶接部					
②ラグと底板の 溶接部					

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。

4. 評価結果

各部位の許容応力を表5に、評価結果を表6に示します。

表5 許容応力 (MPa)

部 位		リブ (ラグ)	スリーブ (底板)
物 性 値	材 質		
	使用温度(°C)		
	F 値		
1 次応力の許容値			
1 次 + 2 次応力の許容値			

表6 (1/2) 配管とラグの溶接部 (評価部位①)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

表6 (2/2) ラグと底板の溶接部 (評価部位②)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

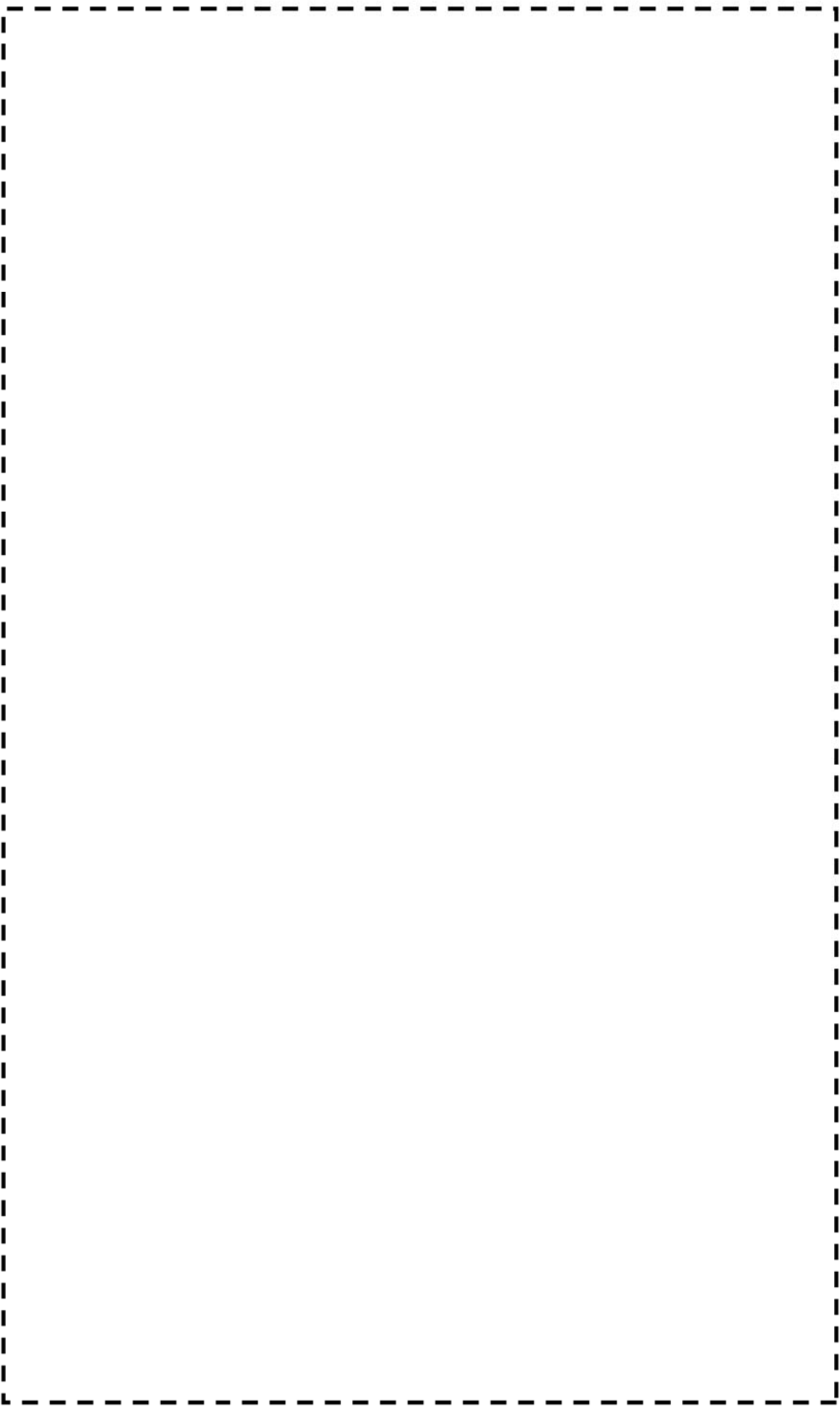
(注1) S_s地震力がS_d地震力および静的地震力より大きく、S_s地震力による評価応力が共用状態C_sの許容応力を下回るため、S_d地震力および静的地震力による評価を省略した。

以上

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。

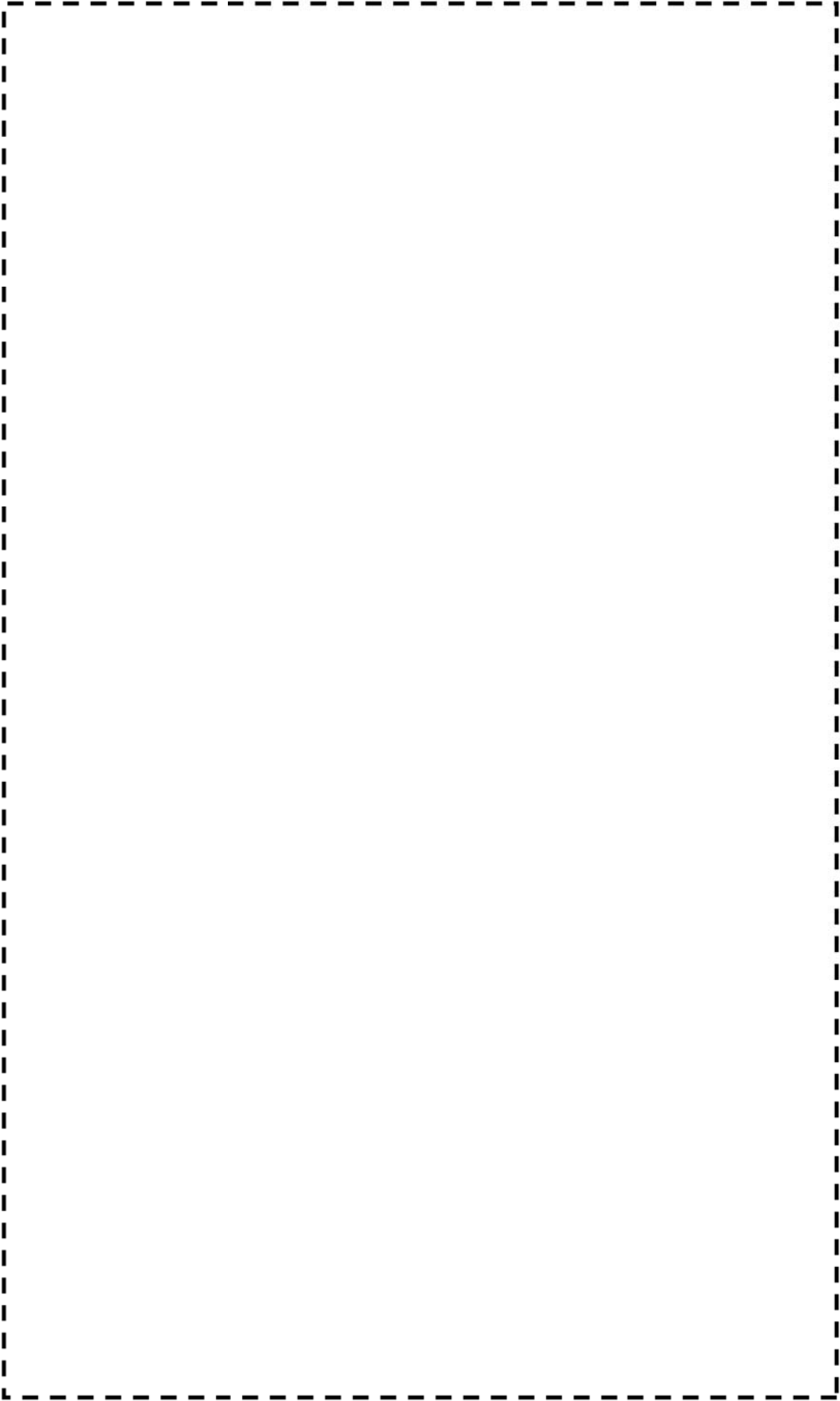
高浜1号機 余熱除去系統図 (評価対象アンカーサポートの設置位置)

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。



高浜1号機 余熱除去系統配管(A-余熱除去クーラー出口配管(PEN側))

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ありません。



高浜1号機 余熱除去系統配管(B-余熱除去クーラ出口配管(PEN側))

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。

No.	高浜1-耐震-18	事象：耐震
質問	<p>(別冊-16耐震-3.7炉内構造物-3.7.15, 16頁) バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れに対する評価の具体的内容(評価仕様、解析モデル、入力条件(変位、加速度、抗力)等)について、評価結果を含む)を提示すること。</p>	
回答	<p>以下のとおり評価の具体的内容を示します。 なお、本評価については、別紙のとおり、工認に合せた評価手法を反映し再評価を行うこととしています。</p> <p>1. ボルト損傷本数と想定箇所 技術評価において、原子力安全基盤機構「照射誘起型応力腐食割れ(IASCC)評価技術」事業で得られた最新知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数(全体の20%)以下との結果が得られていますが、本耐震安全性評価では、図1に示すとおり2~7段全てのバッフルフォーマボルト(全バッフルフォーマボルト□□本のうち、□□本の損傷を想定)が損傷したと仮定しました。</p> <div data-bbox="582 1120 1220 1780" data-label="Diagram"> </div> <p>図1 バッフルフォーマボルト損傷想定箇所</p> <p>【評価対象部位】 他のバッフル板で端が支持されていない③、⑤のバッフル板(地震荷重を全てボルトで受けるため厳しい)のうち、幅が大きくボルト1本あたりの地震荷重が最も大きくなる「バッフル板③」のボルトを評価対象としました。</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。

2. 解析モデル及び諸元

(1) 地震応力

バップルフォーマボルトが受ける地震荷重は、図1に記載のバップル板③をはり要素でモデル化し、これを組込んだ炉内構造物耐震評価モデル(図2)を用いて、スペクトルモーダル法によるSs地震時の応答解析を実施し算出しました。

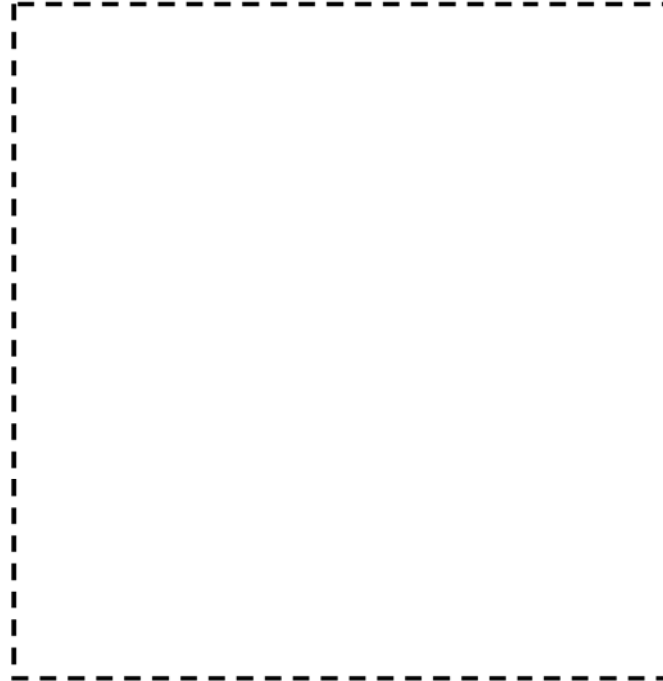


図2 炉内構造物耐震評価モデル

(2) 機械的荷重による応力

機械的荷重として、運転時の差圧によるバップル板荷重を考慮しました。評価には最大差圧 $[\quad] \text{ kg/cm}^2$ を用い、最上段及び最下段のそれぞれ4本のボルトが受ける荷重は、図3に示す斜線部面積に作用する荷重としました。

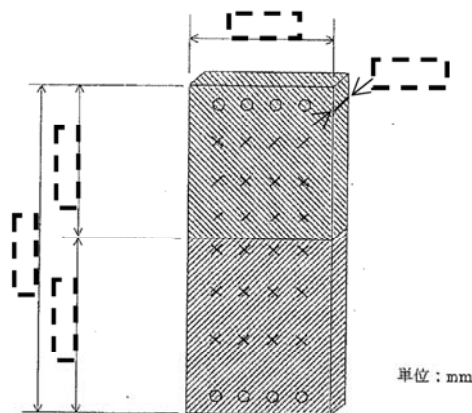


図3 バップルフォーマボルト応力評価モデル

(3) 許容応力

許容応力については、炉内構造物の許容応力の $D_s (IV_{AS})$ の規定を適用しました。

表1 炉内構造物の許容応力

	一次応力強さ(一般膜応力)
$D_s (IV_{AS})$	$\text{Min}(2.4S_m, 2/3S_u)$
材料	
温度	

3. 評価内容

(1) 地震応力

算出された、最上段及び最下段のボルト1本あたりに作用する地震荷重をもとに、地震応力を算出しました。

ボルト1本に作用する地震荷重(軸力):

[] (最上段)
[] (最下段)

ボルトシャンク径:

[]

ボルトの地震応力(軸方向応力):

[] (最上段)

[] (最下段)

(2) 機械的荷重による応力

ボルト1本に作用する差圧荷重(軸力):

[] (最上段)
[] (最下段)

ボルトの機械的荷重による応力(軸方向応力):

[]
[]

(3) 地震時の応力(合計)

地震時のバップルフォーマボルトの応力は以下の通りです。

[] (最上段)
[] (最下段)

[] 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。 []

4. 評価結果

バップルフォーマボルトの地震時における応力評価結果を表2に示します。発生応力は許容応力を超えることはなく、耐震安全上問題がないことを確認しました。なお、発生応力は大きい方の最下段の評価結果を採用しました。

表2 高浜1号炉

バップルフォーマボルトの照射誘起応力腐食割れに対する耐震安全性評価結果

評価部位	地震時の発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
バップルフォーマボルト (最下段)			0.15

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。

5. 制御棒挿入性評価

バッフルフォーマボルトの照射誘起応力腐食割れに対する評価として実施する、制御棒挿入時間評価の内容は以下のとおりです。

(1) 評価仕様

制御棒挿入時間評価は、制御棒クラスタが自重で落下する時に受ける各種の抗力を考慮し、下記の運動方程式を解くことで、最終的に制御棒クラスタの挿入距離と挿入時間を求めるものです。地震時の挿入時間の算出においては、制御棒挿入経路機器である制御棒駆動装置、制御棒クラスタ案内管、燃料集合体（制御棒案内シンプル）の地震応答に対応する制御棒挿入抗力を考慮し、挿入時間を算出します。

バッフルフォーマボルトの照射誘起応力腐食割れに対する評価として実施する制御棒挿入時間評価では、燃料集合体の応答解析において、バッフルフォーマボルトの損傷を仮定した燃料集合体群振動解析モデルにより算出される応答を用いて挿入時間を算出することで、バッフルフォーマボルト損傷の影響を評価しています。

なお、地震応答に対応する制御棒挿入抗力は各機器に対する静的抗力測定試験や正弦波加振下での制御棒落下試験結果を基に、機器の応答変位や応答加速度に対応する抗力データを取得しています。

制御棒挿入時間解析においては、機器の時刻歴応答解析結果とこれらの抗力データから、解析の各タイムステップにおいて地震外力による抗力を求め、運動方程式に反映し、挿入時間を求めています。

添付-1に制御棒挿入時間評価の全体の流れ、制御棒挿入時間評価において考慮する各種抗力、及び制御棒挿入時間解析における抗力の取り扱いを示します。

$$M \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = M \cdot g - (F_f + F_v + F_m + F_u)$$

ここで、

M	:	質 量
x	:	制御棒クラスタ挿入距離
t	:	制御棒クラスタ挿入時間
g	:	重力加速度
F _f	:	流体による抗力
F _v	:	地震外力による抗力
F _m	:	メカニカル抗力
F _u	:	浮 力

(2) 入力条件

①ボルト損傷本数と想定箇所

技術評価において、原子力安全基盤機構「照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術」事業で得られた最新知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数 (全体の20%) 以下との結果が得られていますが、本耐震安全性評価では、図1に示すとおり2~7段全てのバッフルフォーマボルト (全バッフルフォーマボルト□□本のうち、□□本の損傷を想定) が損傷したと仮定しました。(「1. ボルト損傷本数と想定箇所」と同じ)

②挿入経路機器の地震応答

制御棒挿入時間評価の入力となる地震時の制御棒挿入経路機器の最大応答変位を表1に示します。これらの機器応答に対応する地震時の制御棒挿入抗力を求め、挿入時間を算出します。

表1 地震時 制御棒挿入経路機器応答

最大変位 (mm)		
制御棒 駆動装置	制御棒クラスタ 案内管	燃料集合体 (制御棒案内シンプル)

(3) 評価結果

制御棒挿入時間の評価結果を表2に示します。バッフルフォーマボルトの損傷を考慮した場合も、挿入時間は規定時間を満足しており、耐震安全上問題がないことを確認しました。

表2 制御棒クラスタ挿入時間計算結果

(単位: 秒)

	制御棒クラスタ挿入時間*1	規定時間*2
通常運転時	1.31	1.8
地震時 (バッフルフォーマボルトの損傷を考慮)	1.45	

*1: 各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2: 設置許可申請書 添付10の値

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。

(4) 補足 (バッフルフォーマボルト損傷を考慮しない場合)

①地震時 制御棒挿入経路機器応答

最大変位 (mm)		
制御棒クラスタ 駆動装置	制御棒クラスタ 案内管	燃料集合体 制御棒案内シンプル

②評価結果

(単位：秒)

	制御棒クラスタ挿入時間*1	規定時間*2
地震時挿入時間	1.43	1.8

*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2：設置許可申請書 添付10の値

以上

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。

制御棒挿入性評価について

制御棒挿入性の評価については、新規制基準への適合に係る工認側で評価手法を見直した再評価を実施中であるため、これに合わせた評価手法として評価の見直しを行う。

	現評価 (H27.11補止申請)	工認に合せた評価手法反映
評価条件	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA連成モデル FA減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA連成モデル FA減衰率： <u>1%</u>
評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クサカ案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クサカ案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：<u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クサカ案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：<u>最大抗力一定</u> ・制御棒クサカ案内管：<u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法

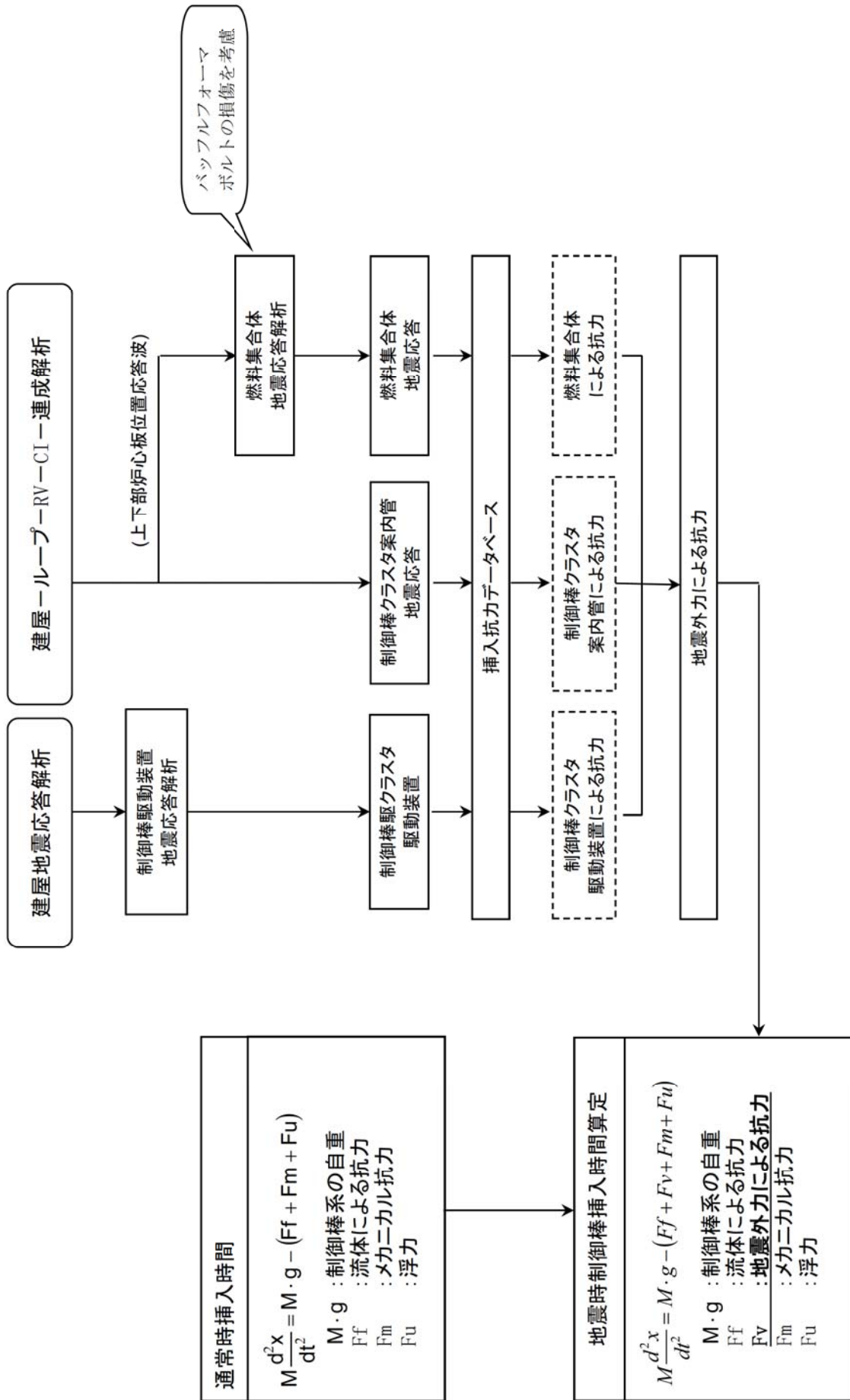


図 1 制御棒挿入時間評価の流れ

パツフルフォーマ
ボルトの損傷を考慮

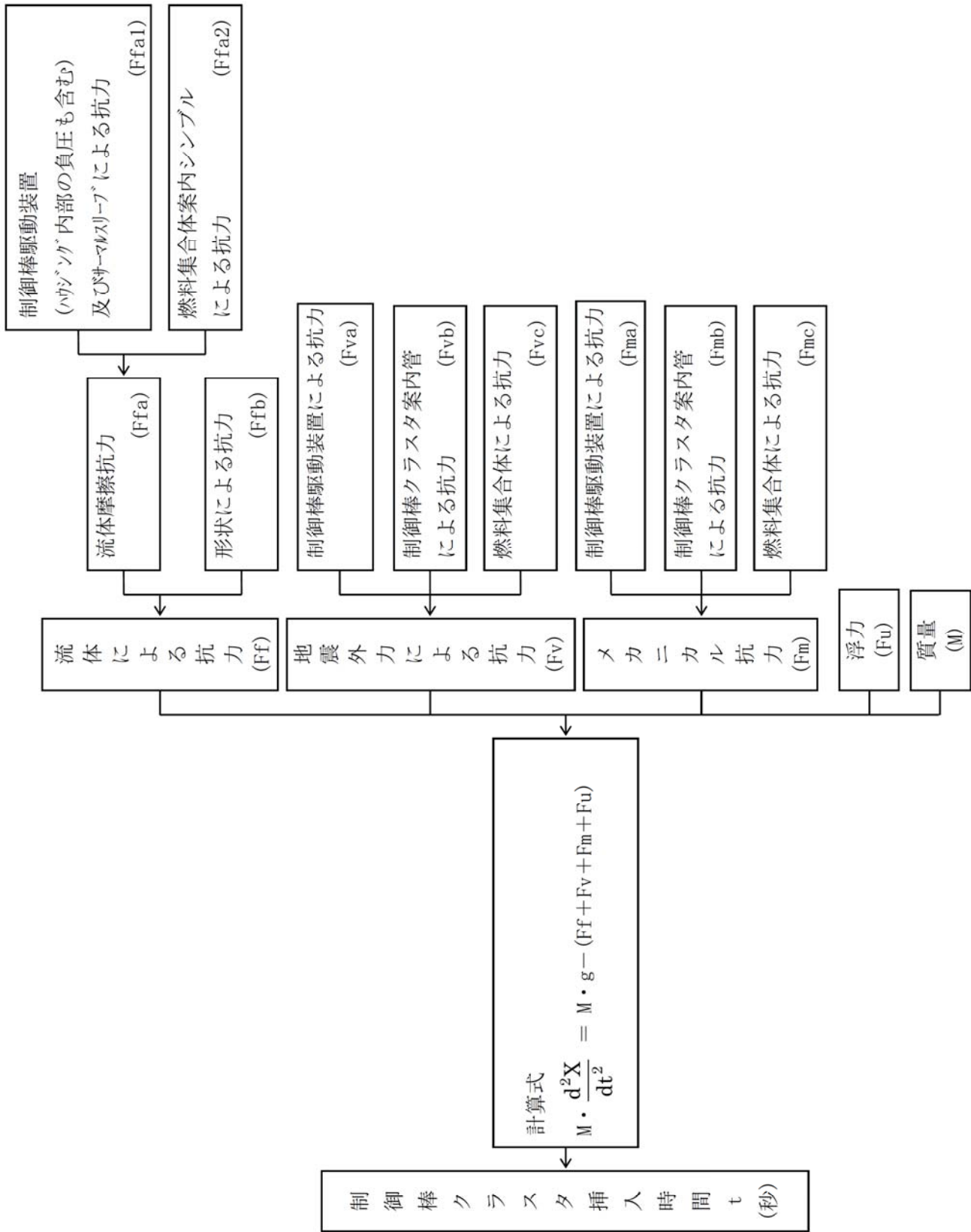
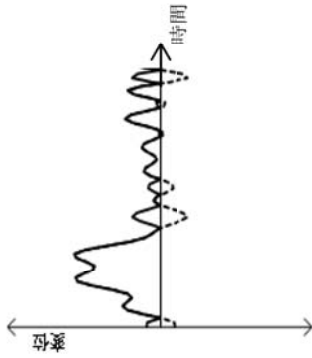


図 2 制御棒挿入時間評価において考慮する各種抗力

<地震応答及び抗力の取り扱い>

- ・地震応答の取り扱い
機器の応答解析結果から時々刻々と変化する変位、加速度を用いる



- ・抗力データ
各機器に対し、変位量に対応する挿入距離に対する抗力テーブル及び加速度抗力係数を設定（下図はFA変位抗力の例）



機器の時刻歴応答（変位、加速度）及び抗力テーブル、加速度抗力係数より、解析の各タイムステップにおいて、その時刻の応答変位、応答加速度と挿入距離に対応する抗力を算出し、運動方程式に反映する

<入力条件>

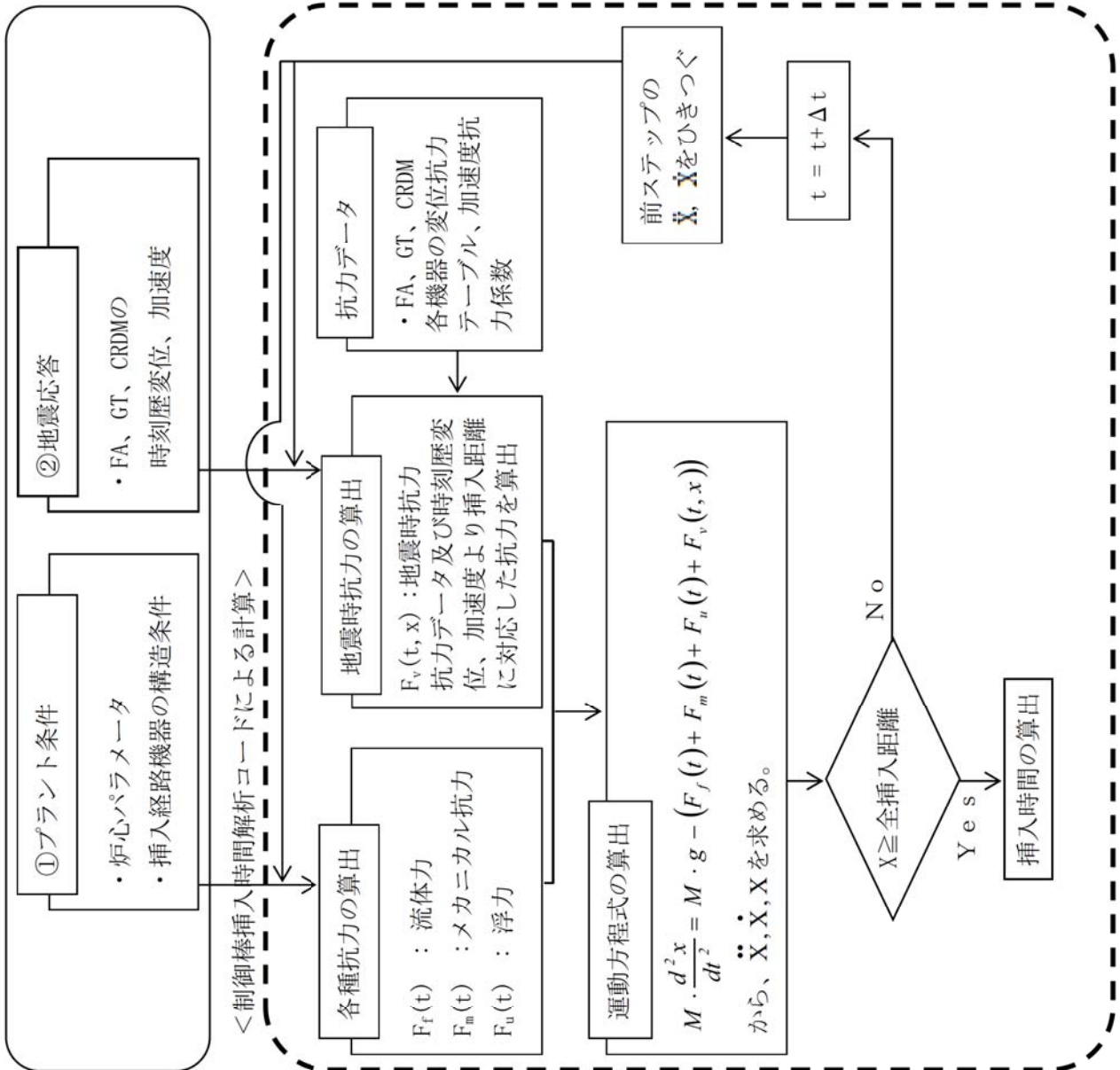


図 3 制御棒挿入時間解析における抗力の取り扱い

No.	高浜 1 - 耐震 - 1 9	事象：耐震
質問	<p>(3. 14. 49, 50 頁)</p> <p>制御棒被覆管の摩耗に対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力条件（変位、加速度、抗力）、評価結果を含む）を提示すること。</p>	
回答	<p>制御棒被覆管の摩耗に対する具体的評価内容（応力評価）について、添付- 1 に示します。</p> <p>また、制御棒被覆管の摩耗に対する具体的評価内容（挿入時間の評価）について、添付- 2 に示します。</p> <p>なお、本評価については、別紙のとおり、工認に合せた評価手法を反映し再評価を行うこととしています。</p>	

制御棒挿入性評価について

制御棒挿入性の評価については、新規制基準への適合に係る工認側で評価手法を見直した再評価を実施中であるため、これに合わせた評価手法として評価の見直しを行う。

	現評価 (H27.11 補正申請)	工認に合せた評価手法反映
評価条件	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>
評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クランク案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クランク案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：<u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クランク案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：<u>最大抗力一定</u> ・制御棒クランク案内管：<u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法

被覆管の摩耗に対する耐震安全性評価

1. 計算方法の概要

制御棒クラスタの被覆管に摩耗を想定した場合の耐震安全性評価については、摩耗なしの場合の計算を実施し、摩耗なしの状態が発生応力が最大となる条件に対して、膜成分は断面積の減少分を、曲げ成分は断面係数の減少を考慮し、評価を実施する。

2. 制御棒クラスタの構造

制御棒クラスタは、1つの制御棒スパイダ及び20本の制御棒から構成される。

制御棒スパイダは、スパイダ本体より放射状に配置したバーン及び円筒形のフィンガから構成される。

制御棒は、ねじによりフィンガと接合され、ピンにより回り止めされている。

制御棒は、中性子吸収材である[]銀、[]インジウム、[]カドミウムの合金をステンレス鋼製の被覆管に挿入し、被覆管両端に端栓を溶接した密封構造となっている。

制御棒には、更にコイルばねが入れられており、中性子吸収材の軸方向の動きを制限している。

構造説明図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

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。

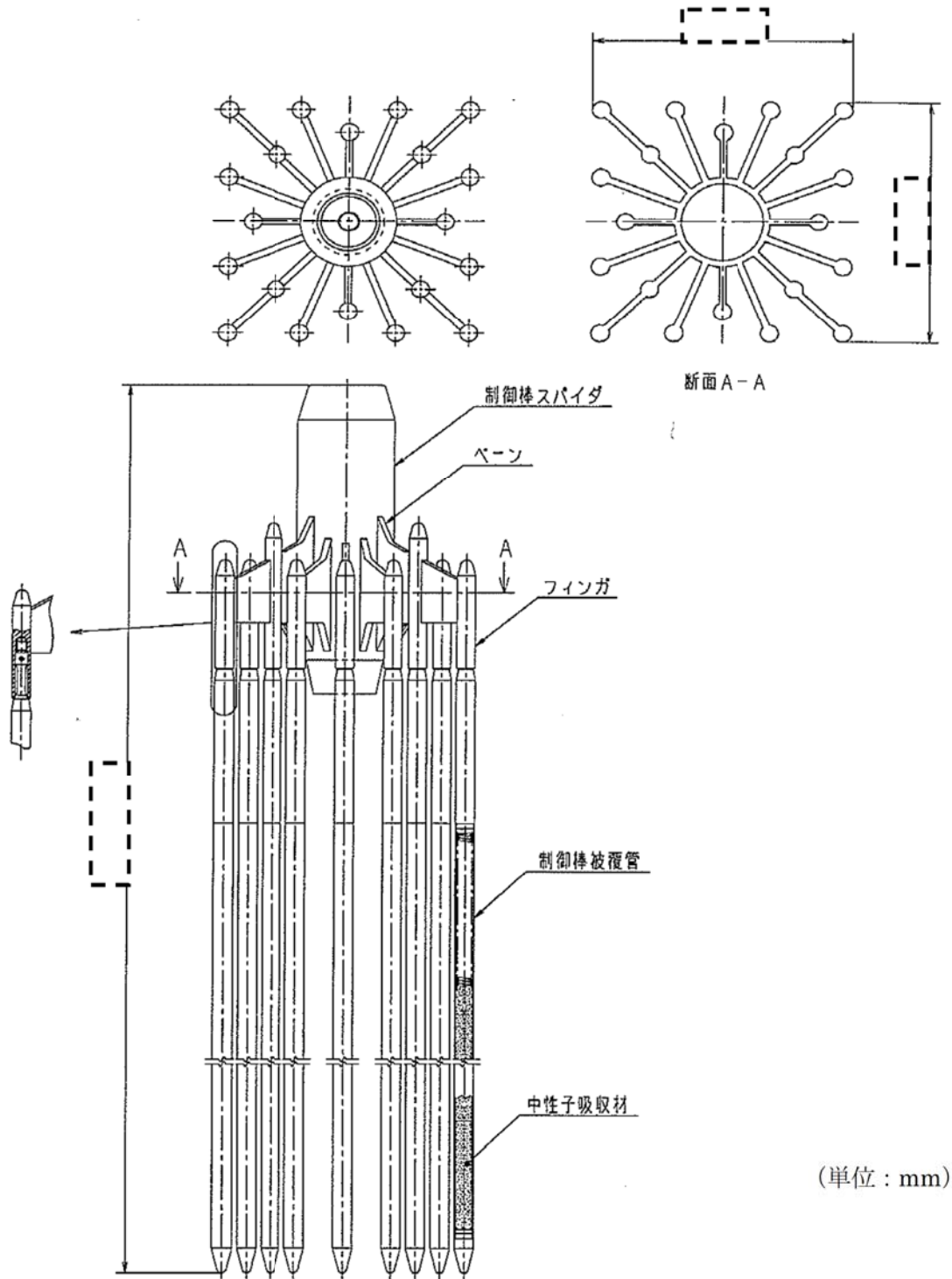


図 2-1 15×15 型制御棒クラスター構造図

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。

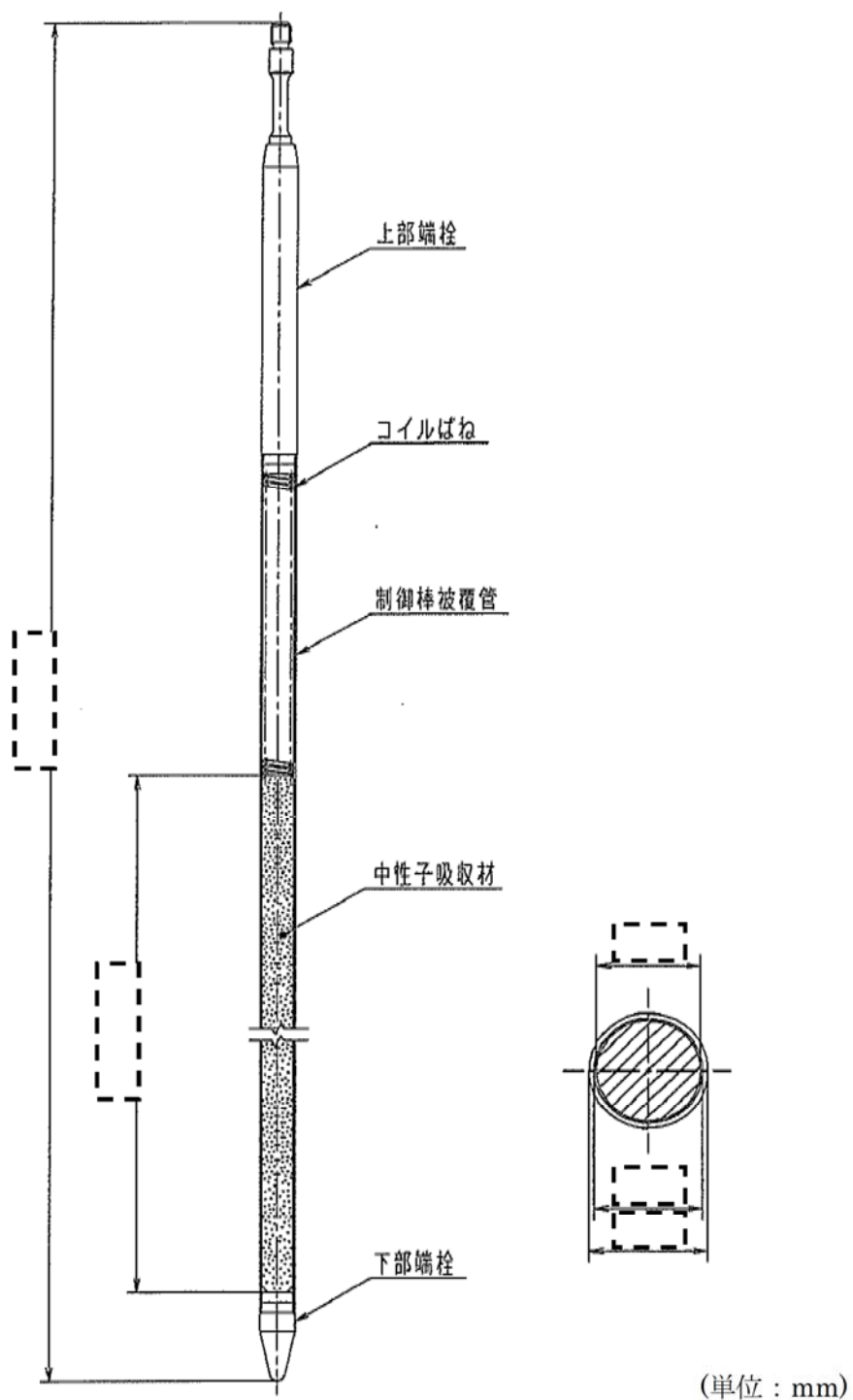


図 2-2 15×15 型制御棒構造図

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。

3. 地震時応力の算出（解析モデル及び入力条件について）

制御棒クラスタの耐震解析モデルを図 3-1 に、また、各挿入状態におけるこのはりモデルの支持点位置、荷重及び変位を入力する位置を図 3-2 に示す。入力条件として、等分布荷重（制御棒クラスタ案内管加速度）又は、強制変位（燃料集合体変位）を与えて計算により求める。

解析モデルの各はりに対する諸数値を表 3-1 に示す。表 3-1 に示す諸数値は摩耗なしの場合の数値となる。

水平方向については、制御棒クラスタの挿入位置によって地震荷重が変化するので、次の状態について、制御棒クラスタの応力計算を行う。

(1) 全引抜き状態

制御棒クラスタは制御棒クラスタ案内管内に位置し、ほぼ等間隔で水平方向に支持されている。したがって、制御棒クラスタ案内管の最大応答加速度を制御棒の入力加速度とする。

(2) 全挿入状態

全挿入状態では、制御棒クラスタは燃料集合体内に位置し、燃料集合体の振動変位に追従して変形する。したがって、全挿入状態での地震荷重は燃料集合体変位を強制変位として与える。強制変位は、第 2 支持格子（上部側から）の変位が最大となる際の変位とする。

(3) 半挿入状態

制御棒クラスタのうち、制御棒クラスタ案内管内に位置している部分については、全引抜き状態の考え方を適用し、制御棒クラスタ案内管の最大応答加速度を制御棒の入力加速度とし、また、燃料集合体内に挿入されている部分については全挿入状態の考え方を適用し、燃料集合体変位を強制変位として与える。

以上、評価の入力条件である制御棒クラスタ案内管加速度及び燃料集合体変位を表 3-2 に示す。

表 3-1 計算モデルの各はりに対する諸元

はり 番号	部 材	縦弾性係数 E (MPa)	断面二次モーメント I (mm ⁴)	はり長さ ℓ (mm)	単位長さ質量 ρ・A (kg/mm)	断面積 A (mm ²)
1	制御棒スパイダ					
2	上部端栓細径部					
3	上部端栓					
4	制御棒プレナム部					
5	制御棒吸収材部					
6	下部端栓					

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 3-2 入力条件

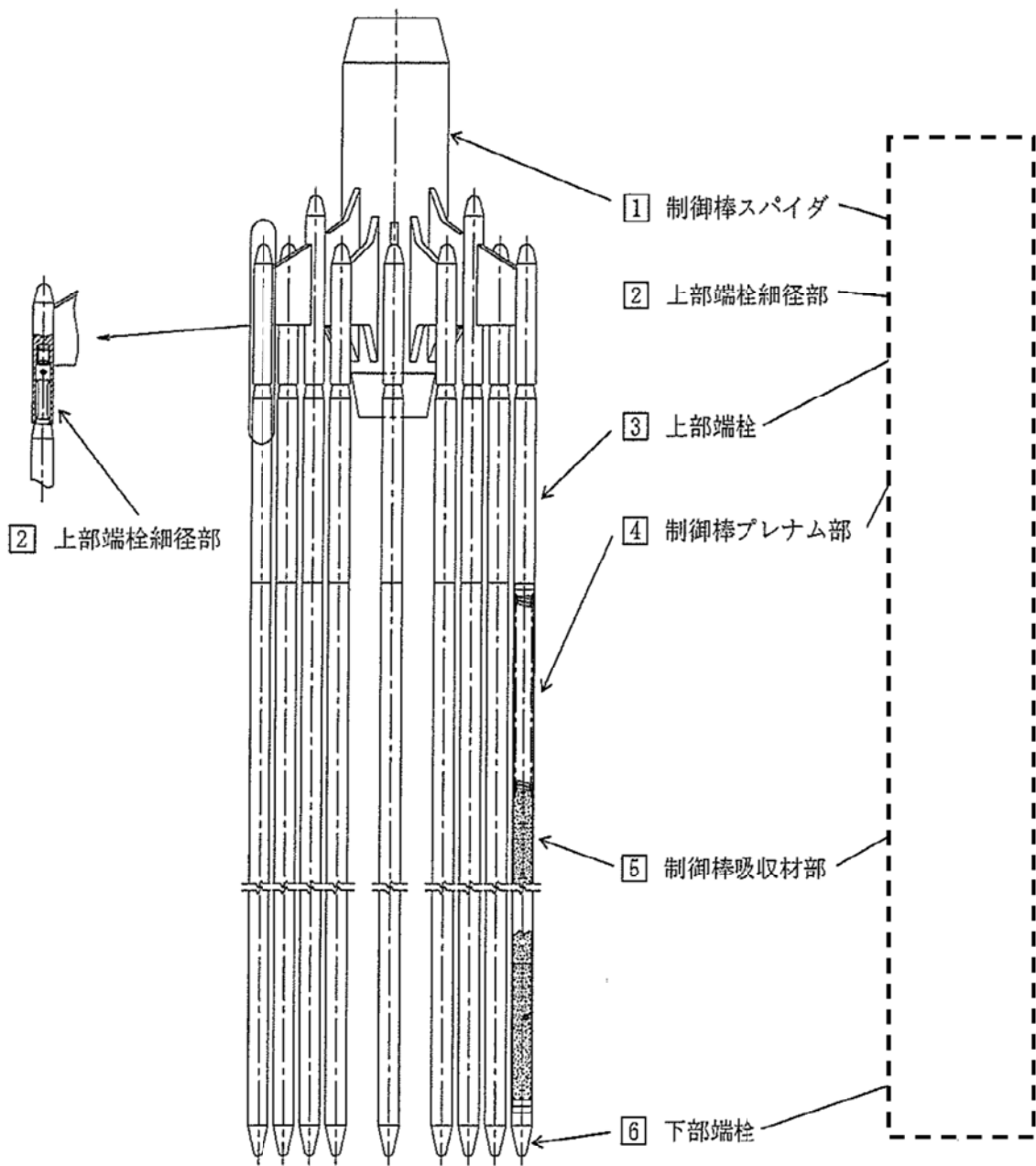
荷 重 条 件			S _s 地震波
水平	全引抜き 状 態	動的加速度 (G)	
	全 挿 入 状 態	燃料集合体最大変位 (mm)	
	半 挿 入 状 態	動的加速度 (G)	
		燃料集合体最大変位 (mm)	
鉛 直	動的加速度 (G)		

※1：S_s-1 波による制御棒クラスタ案内管の加速度

※2：S_s-7 波による燃料集合体の最大変位

※3：S_s-1 波による制御棒駆動装置の加速度

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。



要素数 : []
節点数 : []

20本の制御棒を1本の
はりでモデル化する。

図 3-1 計算モデル (はりモデル要素分割)

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。

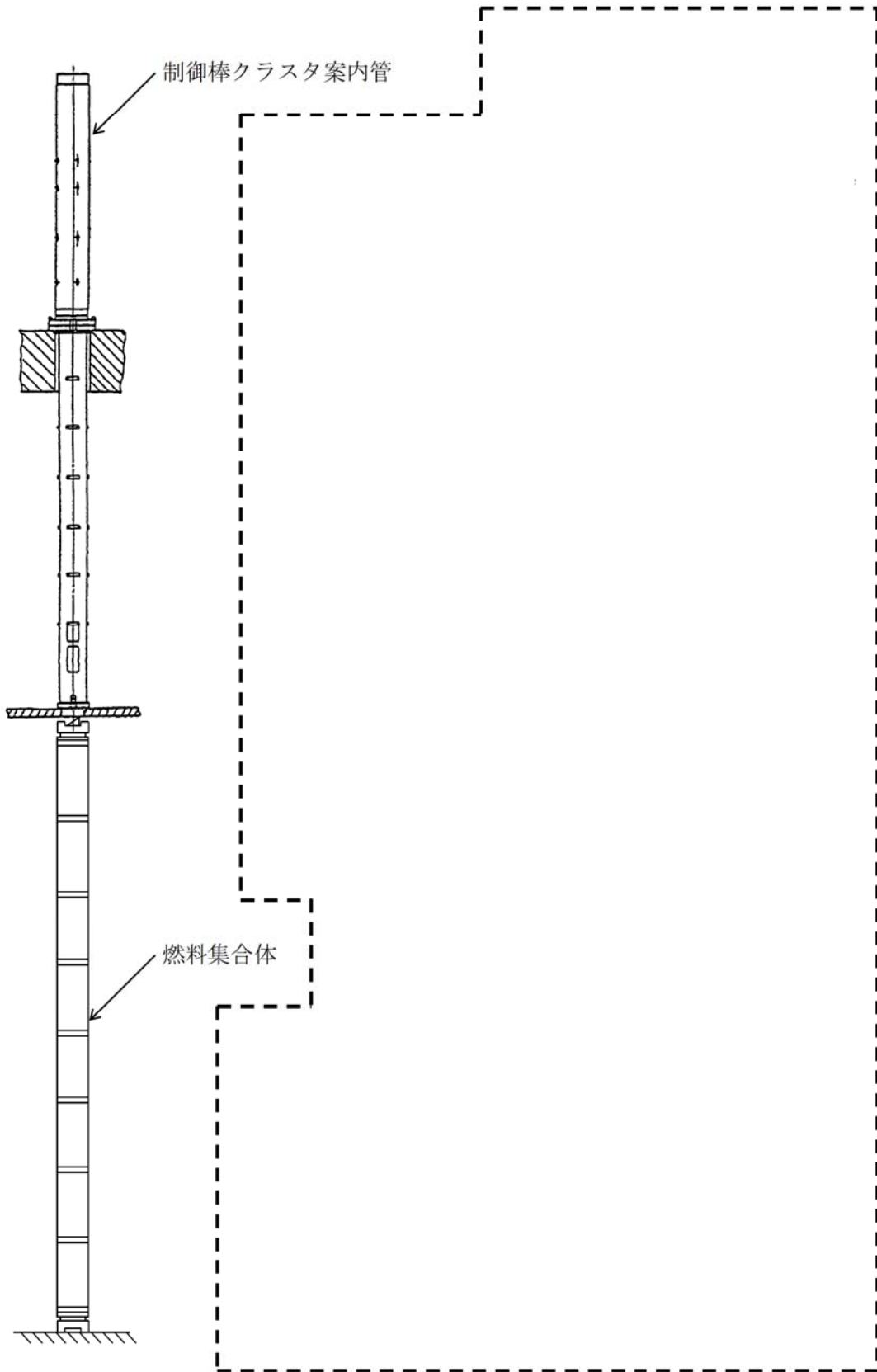


図 3-2 制御棒クラスター応力計算における外力及び支持条件

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。

4. 運転時応力（自重及び機械的荷重による応力）の算出について

運転時に制御棒クラスタの被覆管には、自重及び制御棒クラスタ挿入によるスクラム荷重が加わる。軸荷重及び自重による応力は下式により計算する。また、入力となる設計条件を表 4-1 に示す。

$$\sigma_x = \frac{N}{A}$$

ここで、

σ_x : 軸方向応力

N : 軸荷重

A : 断面積

表 4-1 設計の条件

項目		数値
死荷重	自重 (N) (制御棒 1 本当たり)	
機械的荷重	スクラム荷重 (N) ^(注) (制御棒 1 本当たり)	

(注) 駆動軸質量と制御棒クラスタ質量の和に、制御棒クラスタの挿入時加速度を考慮している。

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。

5. 計算結果

被覆管の摩耗なしの状態での各挿入状態における運転時応力及び地震荷重による応力を表5-1に示す。

表5-1 計算結果まとめ

(単位：MPa)

状態	運転時応力 σ_x	地震時応力 σ_x	
		膜応力	曲げ応力
全引き抜き			
半挿入			
全挿入			

6. 摩耗を考慮した計算

被覆管の摩耗なしの状態に対し、発生応力が最大となる全挿入状態において、膜成分は断面積の減少を、曲げ成分は断面係数の減少を考慮した評価を行う。

被覆管摩耗は、図6-1に示す通り貫通時の被覆管断面積の欠損割合が最も大きな摩耗形状を考慮する。

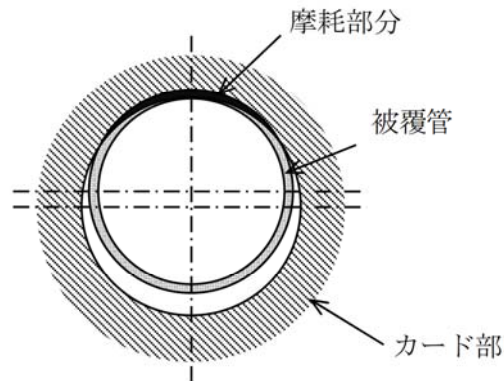


図6-1 評価で想定する被覆管の摩耗形状

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。

被覆管摩耗なしでの地震荷重による応力計算結果(表 5-1)より、地震時の膜応力及び曲げ応力は以下となる。

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (曲げ成分)} &= \text{---} \\ \sigma \text{ (膜成分)} &= \text{---} \end{aligned}$$

次に、被覆管貫通摩耗を想定した場合の地震時曲げ応力は、被覆管貫通摩耗を想定したモデルを用いた応力解析より算出する。

図 6-1 に示す被覆管貫通摩耗を想定した場合の解析モデルを用い、強制変位(燃料集合体支持格子変位)与えて解析を実施し以下のとおり曲げ応力を算出した。

$$\sigma' \text{ (曲げ応力)} = \text{---} \text{MPa}$$

一方、膜応力は、被覆管断面積の比から、以下のとおり求める。

$$\sigma' \text{ (膜成分)} = \sigma \text{ (膜成分)} \times (A/A')$$

ここで A : 摩耗のない被覆管の断面積 : $\text{---} \text{mm}^2$

A' : 貫通摩耗ありの断面積 : $\text{---} \text{mm}^2$

従って、被覆管が貫通した場合の地震時膜応力は以下のとおりとなる。

$$\sigma' \text{ (膜応力)} = \text{---} \text{MPa}$$

以上より、被覆管貫通摩耗時の地震荷重による発生応力(σ_x')は、以下のとおり求める。

$$\sigma_x' \text{ (一次膜+一次曲げ応力)} = \sigma' \text{ (曲げ応力)} + \sigma' \text{ (膜応力)}$$

従って、被覆管が貫通した場合の地震時の膜+曲げ応力は以下のとおりとなる。

$$\sigma_x' \text{ (一次膜+一次曲げ応力)} = \text{---} \text{MPa}$$

運転時応力は膜応力であるので、被覆管断面積の比から以下のように求められる。

$$\sigma_x' \text{ (運転時応力)} = \sigma_x \text{ (運転時応力)} \times (A/A')$$

運転時応力は $\text{---} \text{MPa}$ なので、

$$\sigma_x' \text{ (運転時応力)} = \text{---} \text{MPa} \text{ となる。}$$

以上の評価結果から、被覆管摩耗に対する応力強さを表 6-1 に示す。また、評価結果のまとめを表 6-2 に示す。表 6-2 より、発生応力は許容値を満足することが確認できる。

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 6-1 地震時の被覆管摩耗に対する評価結果

(MPa)

運転時応力 ^(注1)	地震時応力 ^(注1)	合計応力 ^(注2)

(注 1) 負の数値は圧縮応力、正の数値は引張応力であることを示す。

(注 2) 上段が地震荷重による応力の符号を正にとり、下段が地震荷重による応力の符号を負にとったものである。

表 6-2 評価結果まとめ

発生応力 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
		0.48

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。

被覆管に摩耗が存在する時の制御棒挿入性評価

制御棒被覆管の摩耗に対する評価として実施する、制御棒挿入時間評価の内容は以下のとおりです。

1. 評価仕様

制御棒挿入時間評価は、制御棒クラスタが自重で落下する時に受ける各種の抗力を考慮し、下記の運動方程式を解くことで、最終的に制御棒クラスタの挿入距離と挿入時間を求めるものです。地震時の挿入時間の算出においては、制御棒挿入経路機器である制御棒クラスタ駆動装置、制御棒クラスタ案内管、燃料集合体（制御棒案内シンプル）の地震応答に対応する制御棒挿入抗力を考慮し、挿入時間を算出します。

また、制御棒被覆管の摩耗に対する評価では、制御棒の摩耗及び制御棒クラスタ案内管案内板の摩耗を考慮した挿入抗力を地震時の制御棒挿入抗力に付加し、挿入時間を算出します。評価の全体フローを図2に示します。

$$M \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = M \cdot g - (F_f + F_v + F_w + F_m + F_u)$$

ここで、

M	:	質 量
x	:	制御棒クラスタ挿入距離
t	:	制御棒クラスタ挿入時間
g	:	重力加速度
F _f	:	流体による抗力
F _v	:	地震外力による抗力
F _w	:	摩耗による抗力
F _m	:	メカニカル抗力
F _u	:	浮 力

2. 入力条件

(1) 地震外力による抗力

制御棒挿入時間評価の入力となる地震時の制御棒挿入経路機器の最大応答変位を表 1 に示します。この最大変位に対応する地震時の制御棒挿入抗力を求め、挿入時間を算出します。

表 1 地震時 制御棒挿入経路機器応答

最大変位 (mm)		
制御棒駆動装置	制御棒クラスタ案内管案内管	燃料集合体制御棒案内シムプル

(2) 摩耗による抗力

制御棒に対しては、保守的に制御棒の被覆管の一部が 100%摩耗することを仮定しています。また、制御棒クラスタ案内管の案内板は図 1 に示す様な摩耗を仮定しています。

これらの摩耗条件を組み合わせた場合に最大となる制御棒挿入抗力を、摩耗による抗力として設定しています。

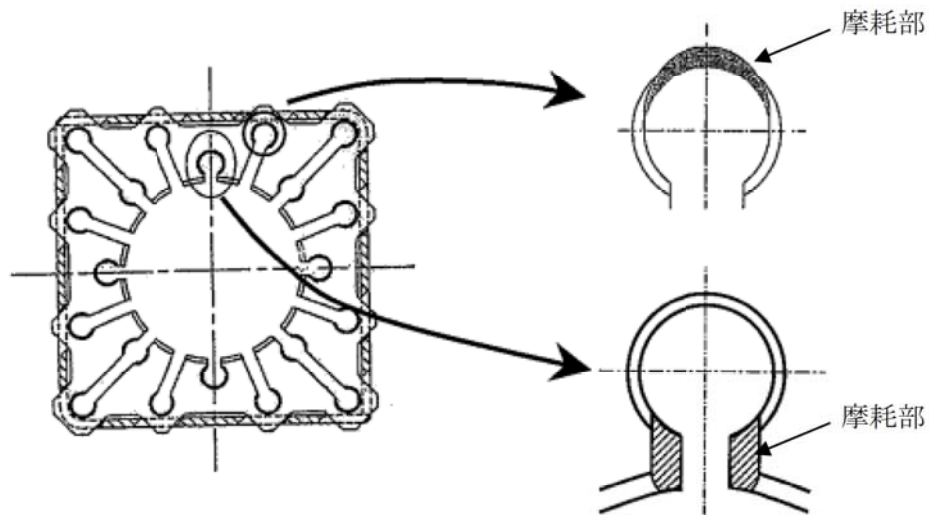


図 1 制御棒クラスタ案内管 案内板摩耗の仮定

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。

3. 評価結果

制御棒挿入時間の評価結果を表2に示します。

表2 制御棒クラスタ挿入時間計算結果

(単位：秒)

	制御棒クラスタ挿入時間*1	規定時間*2
通常運転時	1.31	1.8
地震時 (制御棒クラスタ案内管 案内板、制御棒被覆管 摩耗考慮)	1.45	

*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2：設置許可申請書 添付10の値

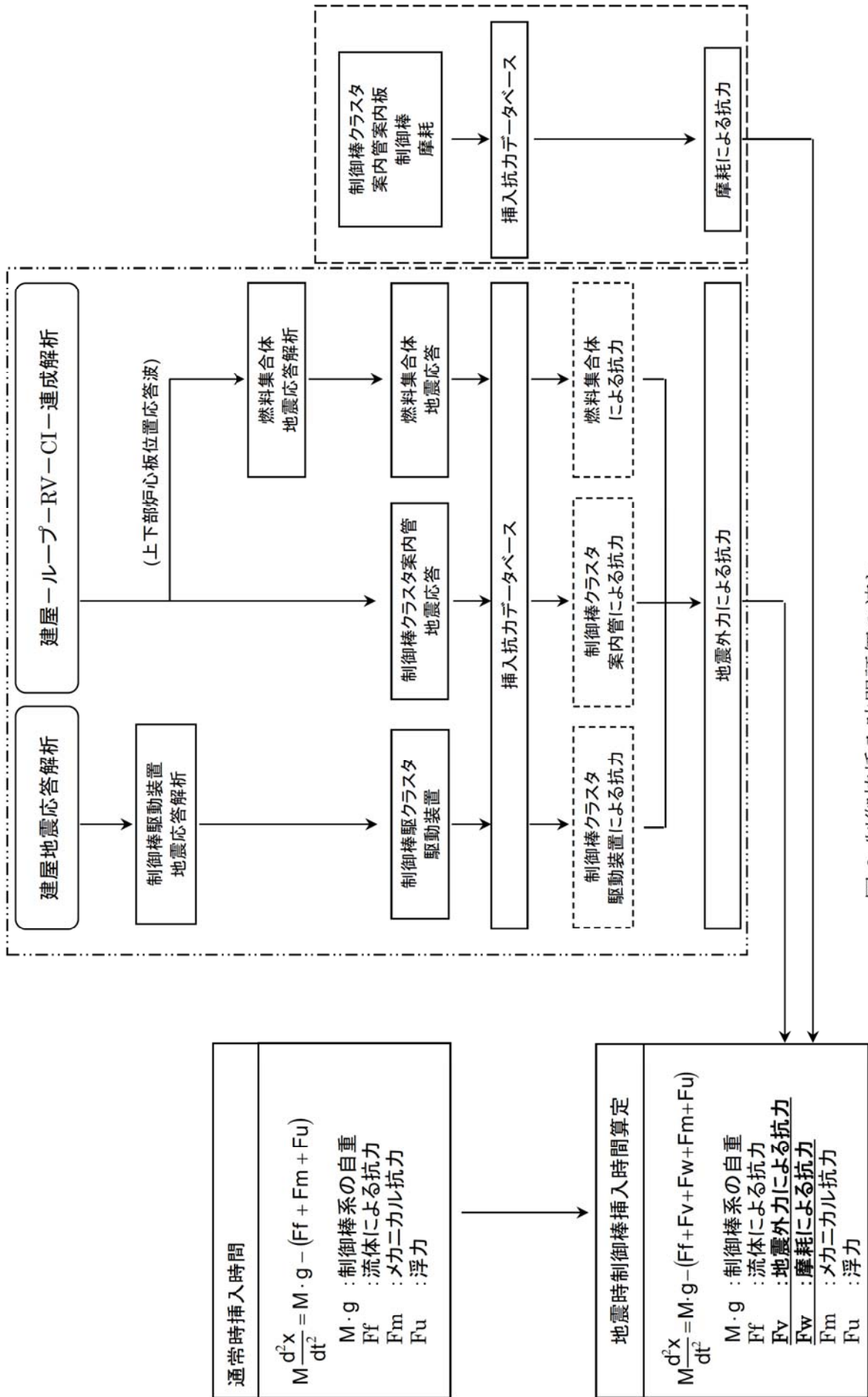


図2 制御棒挿入時間評価の流れ

No.	高浜1-40年目追加評価-9 rev1	事象：劣化傾向の評価																		
質 問	<p>(別冊-18 40年目追加評価-2相ステンレス鋼の熱時効-14頁) 30年目の評価と40年目評価で加圧器サージライン管台は共通の評価部位となっているが、これに加えて、30年目の評価ではホットレグ直管が、一方40年目評価では安全注入系ライン用管台がそれぞれ評価部位として抽出されている。30年目の評価と40年目評価でこれらの評価対象部位が異なった理由を説明すること。</p>																			
回 答	<p>高浜1号炉の30年目の高経年化技術評価では、フェライト量と応力の双方の条件を考慮し、母管と管台の部位別にそれぞれ1つずつ代表点を選定しました。</p> <p>この結果、母管としてホットレグの原子炉容器出口直管部、管台として加圧器サージライン管台を選定しました。</p> <p style="text-align: center;">高浜1号炉 30年目熱時効評価対象部位一覧</p> <table border="1" data-bbox="448 987 1337 1182"> <thead> <tr> <th colspan="2">評価部位</th> <th>選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>母管</td> <td>ホットレグ直管部</td> <td>フェライト量、荷重が総合的に高い</td> </tr> <tr> <td>管台</td> <td>加圧器サージライン管台</td> <td>フェライト量、荷重が総合的に高い</td> </tr> </tbody> </table> <p>一方、40年目の劣化状況評価では、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」に基づき、1次冷却材管の2相ステンレス鋼を使用している部位に対して、母管、管台の区別をせずにフェライト量、応力の観点から最も厳しくなる評価点を選定しています。</p> <p>この結果、フェライト量最大として6B安全注入系ライン用管台、応力最大として加圧器サージライン用管台を選定しました。</p> <p>30年目評価、40年目評価ともにフェライト量と応力に着目して厳しくなる評価点を代表とするという考えは共通ですが、40年目評価ではフェライトと応力による厳しい部位をそれぞれ抽出することで部位の選定理由をより明確化しました。</p> <p style="text-align: center;">高浜1号炉 40年目熱時効評価対象部位一覧</p> <table border="1" data-bbox="477 1704 1307 1821"> <thead> <tr> <th colspan="2">評価部位</th> <th>選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">6B安全注入系ライン用管台</td> <td>フェライト量最大</td> </tr> <tr> <td colspan="2">加圧器サージライン管台</td> <td>応力最大</td> </tr> </tbody> </table>		評価部位		選定理由	母管	ホットレグ直管部	フェライト量、荷重が総合的に高い	管台	加圧器サージライン管台	フェライト量、荷重が総合的に高い	評価部位		選定理由	6B安全注入系ライン用管台		フェライト量最大	加圧器サージライン管台		応力最大
評価部位		選定理由																		
母管	ホットレグ直管部	フェライト量、荷重が総合的に高い																		
管台	加圧器サージライン管台	フェライト量、荷重が総合的に高い																		
評価部位		選定理由																		
6B安全注入系ライン用管台		フェライト量最大																		
加圧器サージライン管台		応力最大																		

No.	高浜 1 - 40年目追加評価 - 1 1	事象：保全実績の評価
質 問	<p>(別冊-18 40年目追加評価-保全実績の評価-23頁) 「過去約10年間の保全実績に基づきその有効性を評価し課題を抽出する。」とあるが、有効性を評価した期間を提示すること。</p>	
回 答	<p>保全実績の評価対象期間については、劣化状況評価書の作成に先立ち実施した40年目の技術評価書(冷温停止状態が維持されることを前提とした評価)の評価期間(2003年4月以降から2013年4月)に加え、劣化状況評価書の総括評価書(本冊) 4. 2. 2 国内外の新たな運転経験および最新知見の反映と同様、2014年12月まで(2003年4月以降から2014年12月)としている。</p>	