

No.	高浜 1－熱時効－ 2 rev1	事象：2相ステンレス鋼の熱時効																												
質 問	<p>(別冊-1ポンプ-2 1次冷却材ポンプ-7頁)</p> <p>羽根車の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした具体的内容（羽根車は耐圧部ではなく運転中発生する応力は小さいとした根拠（これら部位に係る設計図面、使用温度、フェライト量（材料の化学成分を含む）、作用応力等を含む）、製造時の検査内容（方法、判断基準及び結果を含む）、分解点検時の検査内容（方法、判断基準及び結果を含む）等を含む）を提示すること。</p>																													
回 答	<p>1次冷却材ポンプ羽根車については、高経年化技術評価書での評価結果の通り、き裂の発生原因となる経年劣化事象および応力が想定されず、かつ経年劣化メカニズムまとめ表で熱時効が想定されていないため熱時効の評価を行っていません。</p> <p>き裂の発生が想定されないとした理由は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1次冷却材ポンプ羽根車について、当社プラント及び国内原子力発電所では過去にき裂に関する不具合は発生しておりません。（国内原子力発電所については、原子力施設情報公開ライブラリーの登録情報による） ・1次冷却材ポンプ羽根車は圧力バウンダリではなく、想定される応力として定格運転時のインペラの遠心力と流体からの応力について想定し評価したところ、結果は であり1次冷却材管など他部位と比較して大きな荷重がかからないことからき裂が発生、進展していくことはないと考えられます。 <p>図1に設計図面を示します。</p> <p>使用温度および1次冷却材ポンプ羽根車の化学成分（表1）を下記に示します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用温度（286℃） <p>フェライト量については、ミルシートの化学成分から、ASTM A800に基づき算出している。（図2）</p> <p style="text-align: center;">表1 製造時ミルシートによる材料成分表示</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8">化学成分（溶鋼分析） %</th> <th rowspan="2">Cre/Nie</th> <th>フェライト量</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>Ni</th> <th>Mo</th> <th>Cb(Nb)</th> <th>N</th> <th>F%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="9" style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、熱時効評価に対する抽出の考え方を添付1に示しますが、1次冷却材ポンプ羽根車については①（最高使用温度）→②→③→評価対象外と判断しています。</p> <p>製造時の記録を添付-2に示します。 分解点検時の検査内容および記録を以下に示します。（添付-3）</p>		化学成分（溶鋼分析） %								Cre/Nie	フェライト量	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb(Nb)	N	F%									
化学成分（溶鋼分析） %								Cre/Nie	フェライト量																					
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cb(Nb)	N		F%																					
																														

1 次冷却材羽根車

点検頻度：ISIの定点であるB号機について []。
 それ以外のA・C号機は []。

点検方法, 判定基準：目視確認（表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂(※)、打痕、変形及び摩耗が無いこと）に加えて、設計・建設規格に基づき浸透探傷検査（PT）を実施。（記録は至近点検時の平成14年時で、当時の判定基準は告示501号に基づき実施）

点検結果：結果良好です。

※：維持規格においては、き裂を検出するための試験として目視試験（VT-1あるいはMVT-1）を定めていますが、当該箇所の目視確認は維持規格の条件を満たすものではありません。

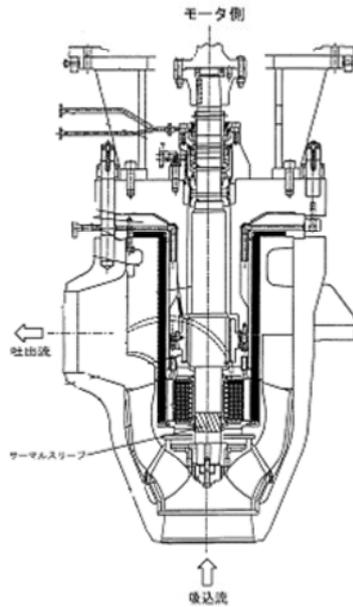
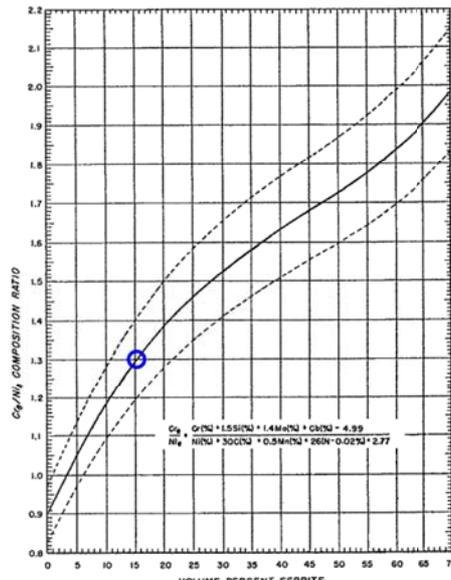


図1 RCP全体図面

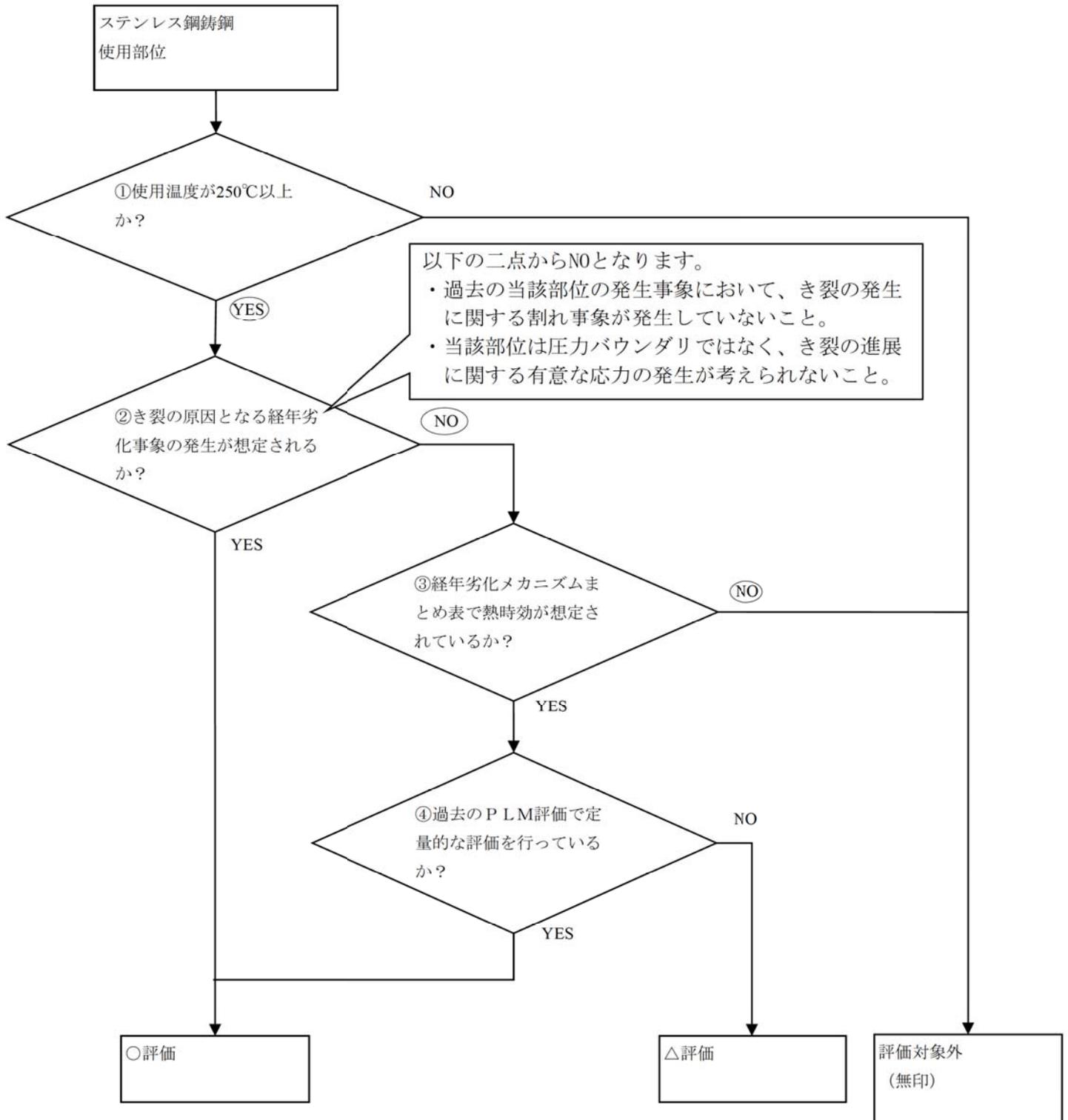


Schoefer Diagram for Estimating the Average Ferrite Content in Austenitic Iron-Chromium-Nickel Alloy

図2 フェライト量導出図



内は商業機密に属しますので公開できません。



DRAWING #: 9750D05 REV. 3
PART #: 9750D05H01
WEC SERIAL #: 2455

RADIOGRAPHIC EXAMINATION REPORT

Tech No: WE-090	Rev. A	Page 1 of 1
Customer: [REDACTED]	[REDACTED]	Serial No: N 28421-2
Pattern No: 933D923J01	P.O. No: BEWA023048	PO ITEM 001
Material Specification: CUST. SPEC.: 9907A06 REV. 3, ASTM A351-94A GRADE: CF8		
Description: NU IMPELLER		Heat No: 420897

PROCEDURE: [REDACTED] QA-120 REV 11 ASTM A351-94A, SUPPLEMENT S5.	Area	Gas	Inclu.	Shrink	Surf.	Weld	Accept	Remarks
	ACCEPTANCE: 9907A06 REV. 3, PARA. 3.2.5. ASTM E446, E186 & E280 SEVERITY LEVEL 3 AS APPLICABLE TO SECT- ION THICKNESS. COVERAGE: HUB AREA PER DWG #: 9750D05 REV. 3, NOTE 4. ALL REPAIRS IN RT COVERAGE AREAS. QUALITY LEVEL: 2-2T FILM QUANTITY: 14x17:3	A-B-C-D						X

ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXP. DATE 9/23/98.

INSPECTOR/SNT-TC-1A LEVEL II

CUSTOMER WITNESS

DATE: 8-28-97

DATE: _____

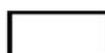
FN 91130505

ATLAS
23

PAGE 11 OF 31

RADIOGRAPHIC TECHNIQUE		[REDACTED]	
NO: <u>WE-090</u>	REV: <u>A</u>	DRAWING #: 9750D05 REV. 3 PART #: 9750D05H01	
S/N: <u>N 28421</u>		P.O. NO: <u>BEWA023048</u> PO ITEM <u>001</u>	
SOURCES			
1. VARIAN LINATRON 2000 - 8 MEV - FOCAL SPOT .0689" DIAMETER 2. COBALT 60 - 200 CURIES NOMINAL - PHYSICAL SIZE .194" x .326" 3. IRIIDIUM 192 - 100 CURIES NOMINAL - PHYSICAL SIZE .141" x .213" 4. AUTOMATION IND. 300 KV X-RAY - F.S. 4.5 MM SQ.- PORTED - END GRD. ANODE - SPX-300KV			
LEAD SCREENS		FILTERS (MINIMUM)	
FRONT	BACK	FRONT	BACK
VIEW (INCLUDING MARKERS)	A-B-C-D		
SOURCE	SCREENS	1	C
MIN. S.F.D.			
MATERIAL THICKNESS	MIN MAX		
DESIGN MATERIAL THICKNESS	MIN MAX		
PENETRATOR GROUP I	MIN MAX		
PEN. BLOCK GROUP I	MIN MAX		
MINIMUM FILM QUANTITY	VIEW SIZE TYPE		
SOURCE POSITION NO.			
FILM POSITION NO.			
OR EQUIVALENT TYPE ONE AND TWO			
ACTUAL FILM COUNT SHALL BE INDICATED ON THE R.E. REPORT - MINIMUM QUANTITY IS:			
<u>2</u> 14X17	<u> </u> 7X17	<u> </u> 4.5X17	<u> </u> 11X14
	<u> </u> 8X10	<u> </u> 5X7	<u> </u> 10X12
ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXP. DATE 9/23/98.			PAGE 2 OF <u>3</u>

FN 9110516

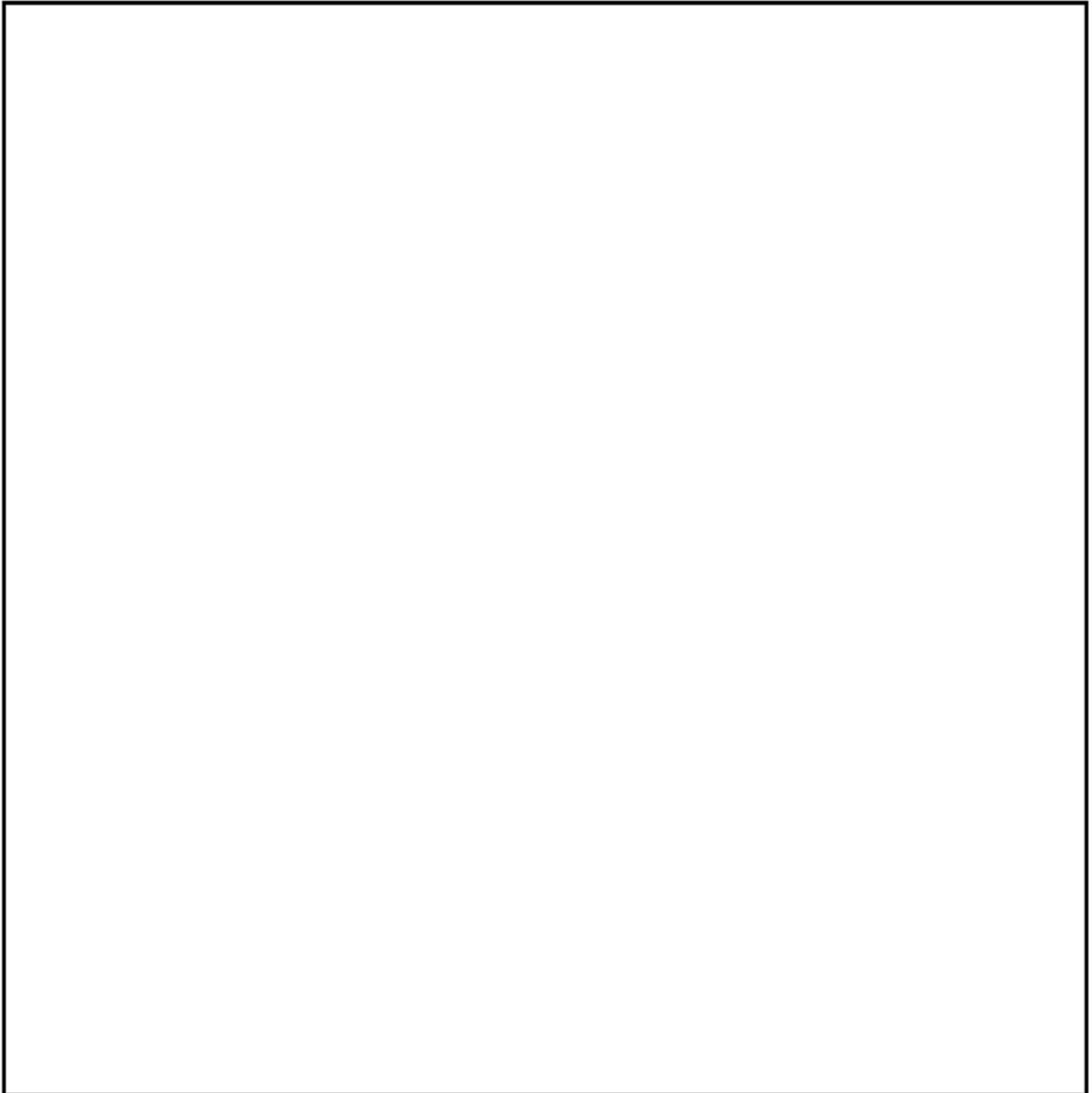


内は商業機密に属しますので公開できません。

RADIOGRAPHIC TECHNIQUE

No. WE-090	Rev. A	Page 3	of 3
Customer: [REDACTED]	[REDACTED]	Serial No. N 28421	
Pattern No.: 933D923J01		P.O. BEWA023048	PO ITEM 001
DRAWING #:9750D05 REV. 3, PART #:9750D05H01			

ASME QUALITY SYSTEM CERTIFICATE NO. QSC-204 EXP. DATE 9/23/98.



内は商業機密に属しますので公開できません。

CERTIFICATION OF LIQUID PENETRANT EXAMINATION

Customer :
 P.O. No. : BEWA023048
 Customer Spec. : 9907A06 REV. 3
 Material Spec. : ASTM A 351-94A
 Grade : CF8
 Pattern No. : 933D923J01
 Serial No. : N 28421 - 2
 Heat No. : 420897
 Special Information: SERIAL# 2455
 DWG# 9750D05 REV. 3, P.O. ITEM# 001, PART# 9750D05H01

Inspector(s) Qualification(s): SNT TCIA Level II OTHER
 Inspect Procedure: QA131 REV 11 IN131A1401
 ASTM A351-94A SUPPLEMENT S6

Coverage : All accessible surfaces, weld preps, weld repairs.
 Accept Criteria : 9907A06 REV. 3, PARA. 3.2.4.1, IN131A1401

Acceptance of
 (check one)
 Weld Final
 Prep Surface

	Name	Date
Inspector:	[REDACTED]	6-3-97
Cust. Witness:		
Inspector:		6-25-97
Cust. Witness:		
Inspector:		9-4-97
Cust. Witness:		
Inspector:		9-11-97
Cust. Witness:		
Inspector:		9-12-97
Cust. Witness:		

Quality Control Verification No : [REDACTED] 9-12-97

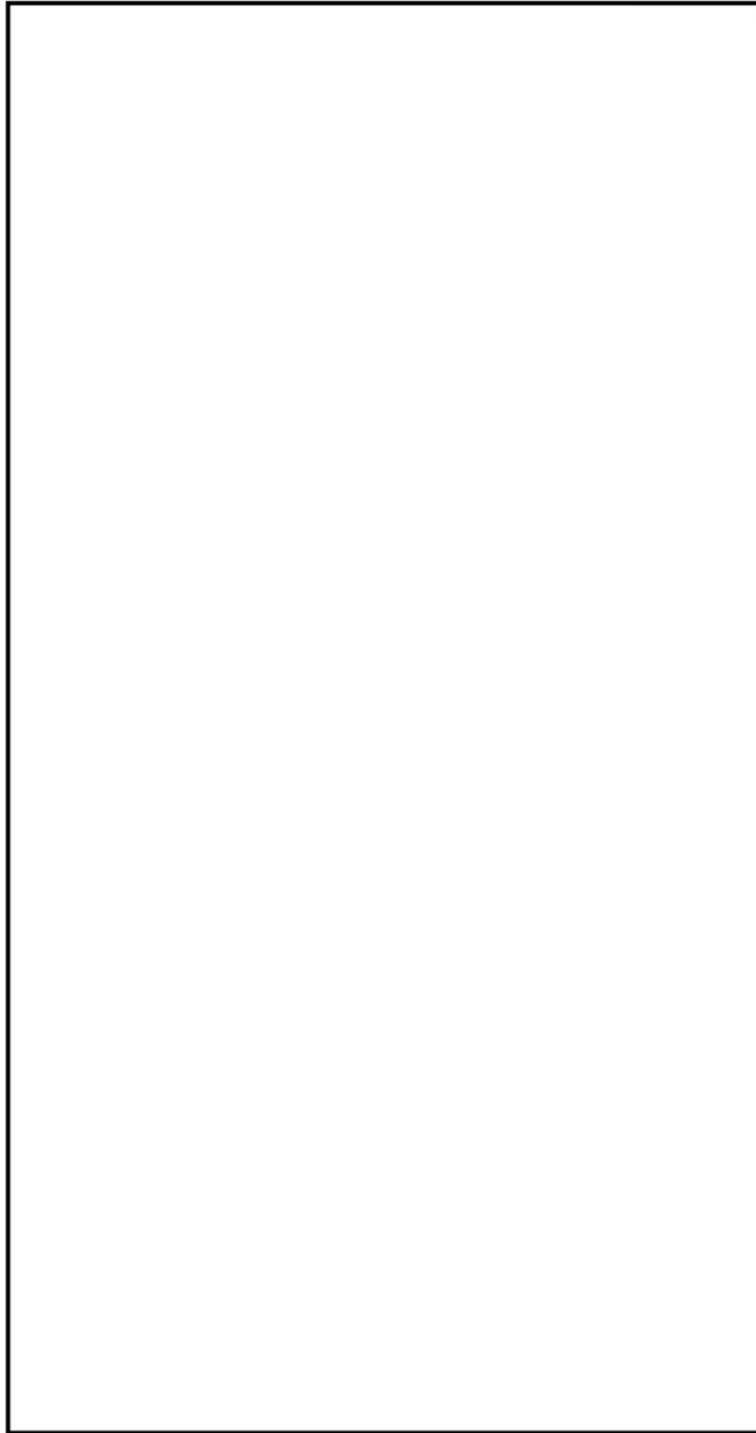
ASME Quality System Certificate No. QSC-204, Expires 9/23/98

Method of pre and post cleaning was Steam Cleaning with water and "Simple Green" degreaser.
 Penetrant materials applied by spraying.

Part Temp. - [] Penetrant Materials Temp. - []
 Penetrant dwell time [] Drying time [] Developing time []

ATLAS
23

Manufacturing Weld Locations ^{mol}
ACCEPTABLE P.T. INDICATIONS



VIEW NO.:

SERIAL NO.: 028421-2

HEAT NO.: 420897

CUSTOMER:

PATTERN NO.: 933D925501

DRAWING NUMBER:

00178-2

PAGE 5 OF 31



内は商業機密に属しますので公開できません。

A121-R037-1
資料室保管

登録済

登録済

クラス

関西電力(株)高浜発電所 1号機

第21回定検

主冷却材ポンプ分解点検工事

総括報告書
兼定期点検工事記録

Bs

発行		高浜定検作業所			作成	平成15年2月15日						
作業所図書番号		改訂	所長	副所長	QA	安全	異物	放管	総責	作責	作成	
KT1-21-D171		0										
現地	客先	作業所控	放管	機器	燃料	計装	検査	作責	控	関連資料図書番号		改訂
配布先	1	1							1			
内容		注文主	工事番号	年月日								
本文	一頁		アイテム	照合者								
図表	一枚	関西電力(株) 高浜発電所 1号機	2207127	H . .	部長	次長	Gr長	担当	作成			
表紙共	94枚		0100									
備考	原紙保管 NUSEC ポンプ部			H . .	作成	平成	年	月	日			
配布先					出書	平成	年	月	日	改訂		
					控	図書番号						
					1							

記録-9

羽根車点検記録



ポンプ号機	分解時 / UB号機	組立時 U 号機	予備
年月日	14.12.17	計測者	
計測器具	アウトサイドマイクロメータ (計測器具、管理番号 261-A-74 / 261-A-70)		
記事			



単位 mm

ラピリンスシール部計測記録		
計測方法	計測部	(A) 吸込側 (B) 吐出側
計 画 値		
キー方向 (aφ)		
キー直角方向 (bφ)		

羽根車キー目視点検	1. 主軸嵌合部当り目視点検	(良) ・ 否
(良) ・ 否	2. 翼の割れ・欠け目視点検	(良) ・ 否
	3. インペラナット廻り止めボルト溶接部目視点検	(良) ・ 否
	4. カバープレートの溶接部P. T検査	(良) ・ 否



内は商業機密に属しますので公開できません。

記録-25

PENETRANT EXAMINATION RECORD
浸透探傷試験記録

品質保証部検査課
Q. A. Department
Inspection Section

Order No. 工事番号	2-207127	Customer 注文主	関西電力(株)高浜発電所1号機	
Name of Part 品名	羽根車	Drawing No. 図番	114E801-R12	
Material 材料	ASTM-A351-CF8	Quantity 数量	1	
DETAIL WRITTEN PROCEDURE TABLE 探傷条件表				
Test Method 検査方法	<input checked="" type="checkbox"/> Color Contrast Penetrant Method 染色浸透探傷法		<input type="checkbox"/> Fluorescent Penetrant Method 蛍光浸透探傷法	
Penetrant 浸透液	<input type="checkbox"/> SUPER-CHECK UP-		<input checked="" type="checkbox"/> RED MARK R-1A NT SPECIAL <input type="checkbox"/> NEO-GLO ()	
Emulsifier 乳化液	<input type="checkbox"/> SUPER-GLO ()		<input type="checkbox"/> NEO-GLO ()	
Remover 洗浄液	<input type="checkbox"/> SUPER-CHECK UR-		<input checked="" type="checkbox"/> RED MARK R-1M NT SPECIAL <input type="checkbox"/> WATER	
Developer 現像液	<input type="checkbox"/> SUPER-CHECK UD-		<input checked="" type="checkbox"/> RED MARK R-1S NT SPECIAL <input type="checkbox"/> NEO-GLO ()	
Penetrant Method 浸透方法	<input type="checkbox"/> Aerosol Cans エアゾール	<input checked="" type="checkbox"/> Brushes ハケ塗	<input type="checkbox"/> Dipping 浸漬	Penetrant Time 浸透時間
Emulsify Method 乳化方法	<input type="checkbox"/> Dipping 浸漬	<input type="checkbox"/> Washing 注ぎかけ		Emulsify Time 乳化時間
Drying Method 乾燥方法	<input checked="" type="checkbox"/> Normal Evaporation 自然乾燥	<input type="checkbox"/> Dryer 乾燥装置		Drying Time 乾燥時間
Developing Method 現像方法	<input checked="" type="checkbox"/> Aerosol Cans エアゾール	<input type="checkbox"/> Spray スプレー	<input type="checkbox"/> Dry 乾式	Developing Time 現像時間
Test of Area 探傷箇所	羽根車の先端部(吸込, 吐出側)斜線部			
Time of Test 試験時期	平成14年度第21回定検時	Procedure No. 要領書番号	KT1-21-A171	
Remarks 備考				
		Test. Date 検査日	H14.12.17	Result 結果
				合格

No.	高浜 1－絶縁低下－15	事象：絶縁低下
質 問	<p>(別冊-3ポンプモータ-共通) 余熱除去ポンプモータ、内部スプレポンプモータ及び1次冷却水ポンプモータ、燃料取替用水ポンプモータについて、これまでに取替実績がある場合は、取替理由、機器数及び取替時期を提示すること。</p>	
回 答	<p>各ポンプモータの取替実績は以下の通りです。</p> <p>① 余熱除去ポンプモータ 台数 : 2台 取替時期：取替実績なし</p> <p>② 内部スプレポンプモータ 台数 : 4台 取替時期：取替実績なし</p> <p>③ 1次冷却水ポンプモータ 台数 : 4台 取替理由：予防保全のため 取替時期：第16回定検時（1995～1996年度）及び 第17回定検時（1997年度）に2台ずつ取替</p> <p>④ 燃料取替用水ポンプモータ 台数 : 2台 取替時期：取替実績なし</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜 1－絶縁低下－ 2 7	事象：絶縁低下
質 問	<p>(別冊-8ケーブル-2低圧ケーブル/3同軸ケーブル)</p> <p>設計基準事故時の環境下において機能要求のある低圧ケーブル及び同軸ケーブルについて、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)」及び「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049)」に示されている知見及び健全性評価方法に従った場合の評価について説明すること。</p>	
回 答	<p>平成 2 7 年 1 1 月 1 6 日の運転期間延長認可申請書の補正申請により劣化状況評価書の一部補正を行い、設計基準事故時の環境下において機能要求のある低圧ケーブル（難燃PHケーブル及び難燃KKケーブル）及び同軸ケーブル（難燃三重同軸ケーブル）に対し、「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049)」に示されている知見を踏まえた健全性評価を行いました。その結果は低圧ケーブル評価書のP27～28及び同軸ケーブル評価書のP18にて記載しています。</p> <p>なお、評価においては「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)」の試験結果を用いた健全性評価を行っております。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜 1 - 耐震 - 3	事象：耐震
質 問	<p>(3, 8-44頁)</p> <p>表 2 の高経年化対策上着目すべきでない経年劣化事象において、機器基礎ボルトの腐食（表3. 14. 11-1参照）が耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象（表中◎）として抽出されない理由を提示すること。</p>	
回 答	<p>機器基礎ボルトの評価では、屋外の基礎ボルト共通として、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を下記のとおり評価しています。</p> <p>【大気接触部の腐食（塗装なし部）】 機器の振動応答特性上・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できるとは言えず、耐震安全性評価対象とした。</p> <p>【大気接触部の腐食（塗装あり部）】 塗膜の管理を行っており、仮に腐食が発生しても、現状保全によって管理される程度の範囲の進行では剛性低下への影響は軽微であることから、耐震安全性に影響を与えるものではない。</p> <p>従いまして、表 2 の抽出結果として「大気接触部の腐食（塗装なし部）」：◎、「大気接触部の腐食（塗装あり部）」：■と見直し、上記の評価内容を判断理由として記載することとします。</p>	

No.	高浜 1 - 耐震 - 4	事象：耐震
質 問	<p>(5頁) 機器に作用する地震力の算定に関する基準地震動 S s 及び弾性設計用地震動 S d の最大加速度振幅（水平方向、鉛直方向）を提示すること。</p>	
回 答	<p>「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）」に基づき策定した基準地震動 S s により評価を行っています。</p> <p>○震源を特定して策定する基準地震動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・応答スペクトルに基づく地震動評価結果による基準地震動 Ss-1：設計用模擬地震波 （水平最大加速度700cm/s²、鉛直最大加速度467cm/s²） ・断層モデルを用いた手法による地震動評価結果による基準地震動 （上端深さ3km断層波） Ss-2～4：F0-A～F0-B～熊川断層 Ss-5：上林川断層 <p>○震源を特定せず策定する基準地震動 （鳥取県西部地震、北海道留萌支庁南部地震） Ss-6 (EW) (NS)：鳥取県西部地震を考慮した地震動 （賀祥ダム観測波（EW方向）（NS方向）） Ss-7 : 北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動</p> <p>弾性設計用地震動 S d については、S s に対して係数0.5を乗じた地震動を弾性設計用地震動として設定しています。</p> <p>基準地震動 S s 及び弾性設計用地震動 S d の最大加速度振幅を表 1， 2 に示します。</p> <p>また、基準地震動 S s の応答スペクトルを図 1 に、基準地震動 S s の加速度時刻歴波形を図 2 に示します。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

表 1 基準地震動 S_s の最大加速度

基準地震動		最大加速度	
		水平方向	鉛直方向
S _s -1	設計用模擬地震波	700 cm/s ²	467 cm/s ²
S _s -2	F0-A～F0-B～熊川断層 を考慮した地震波	376 cm/s ²	334 cm/s ²
S _s -3		396 cm/s ²	313 cm/s ²
S _s -4		255 cm/s ²	218 cm/s ²
S _s -5	上林川断層を考慮した地震波	374 cm/s ²	320 cm/s ²
S _s -6	鳥取県西部地震波 (EW方向)	531 cm/s ²	485 cm/s ²
	鳥取県西部地震波 (NS方向)	528 cm/s ²	
S _s -7	北海道留萌支庁南部地震波	620 cm/s ²	320 cm/s ²

表 2 弾性設計用地震動 S_d の最大加速度

弾性設計用地震動		最大加速度	
		水平方向	鉛直方向
S _d -1	設計用模擬地震波	350 cm/s ²	233 cm/s ²
S _d -2	F0-A～F0-B～熊川断層 を考慮した地震波	188 cm/s ²	167 cm/s ²
S _d -3		198 cm/s ²	157 cm/s ²
S _d -4		128 cm/s ²	109 cm/s ²
S _d -5	上林川断層を考慮した地震波	187 cm/s ²	160 cm/s ²
S _d -6	鳥取県西部地震波 (EW方向)	266 cm/s ²	243 cm/s ²
	鳥取県西部地震波 (NS方向)	264 cm/s ²	
S _d -7	北海道留萌支庁南部地震波	310 cm/s ²	160 cm/s ²

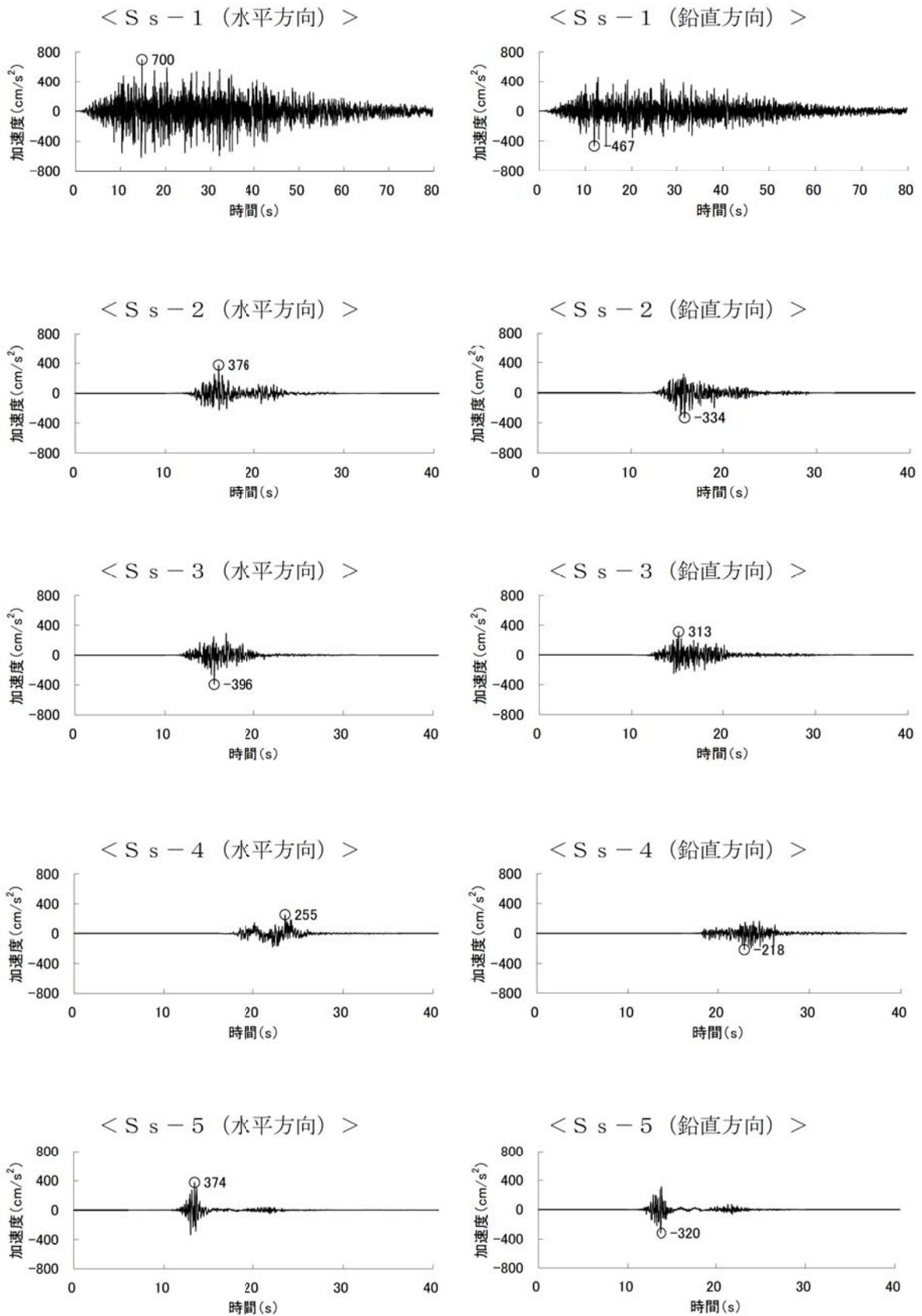


図2 基準地震動の時刻歴波形 (1/2)

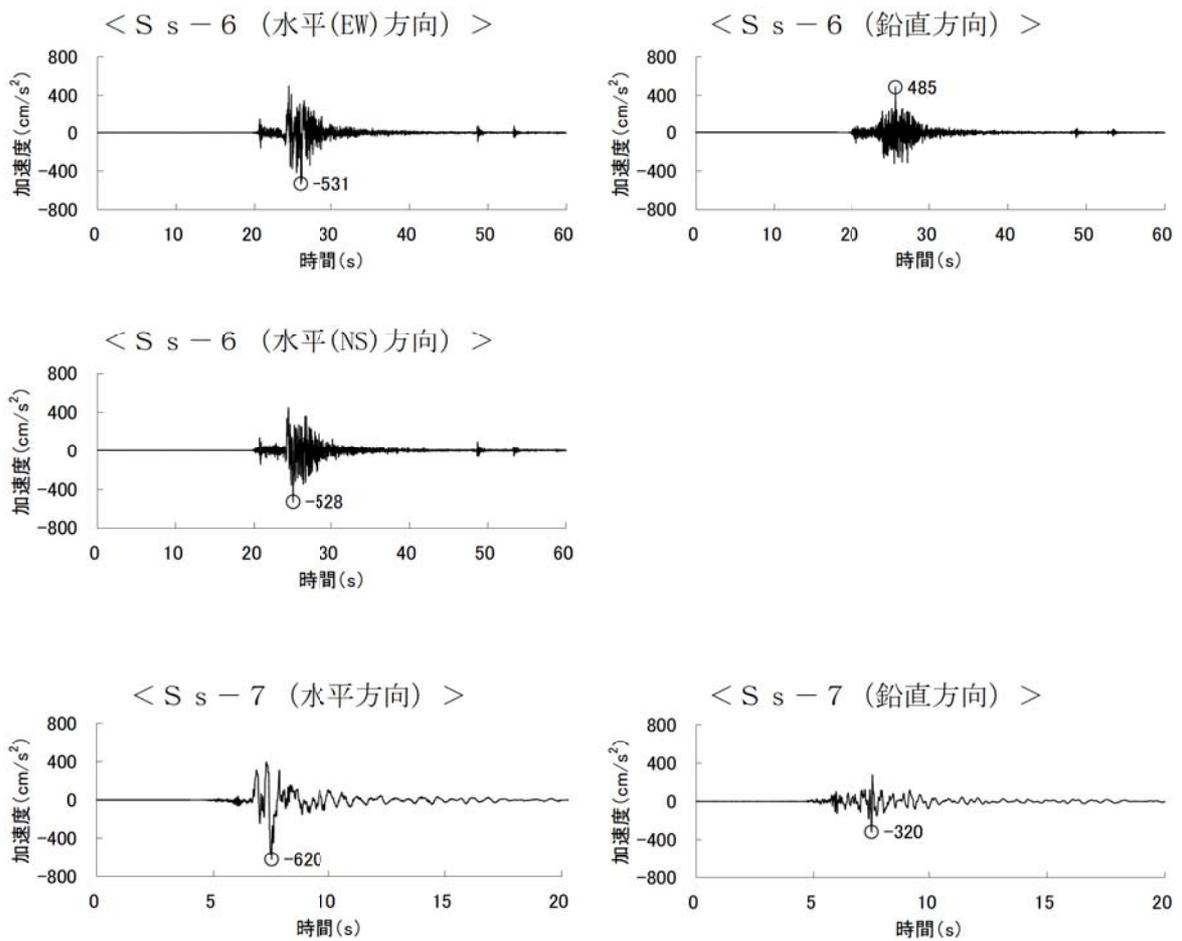


図2 基準地震動の時刻歴波形 (2/2)

No.	高浜1-耐震-10	分類：容器
質問	<p>(3.4.41,42頁) 原子炉容器の中性子照射脆化（関連温度上昇）に対する耐震安全性評価の具体的内容（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。</p>	
回答	<p>回答</p> <p>① PTSでの応力評価部位と応力値 PTS事象のK_1上限包絡曲線については、技術評価書「容器-原子炉容器」に示すとおり、小破断1次冷却材喪失事故（小破断LOCA）、大破断1次冷却材喪失事故（大破断LOCA）、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失に対するK_1曲線を上限包絡して示したものです。 K_1値は、特別点検の結果を踏まえ、原子炉容器胴部に想定欠陥（長さ <input type="text"/>、深さ5mmの半楕円表面欠陥）を仮定し評価しています。</p> <p>② Ss地震時の応力評価部位と応力値 Ss地震による原子炉容器胴部に生じる曲げモーメントとして、最大となる節点（原子炉容器管台ノズル部（図中 <input type="text"/> の <input type="text"/>）を使用しています。この曲げモーメントを断面係数 <input type="text"/> で除して算出した曲げ応力値（σ_b）は <input type="text"/> になります。</p> <div data-bbox="560 1285 1179 2007" style="border: 2px solid black; height: 300px; width: 100%;"></div>	

内は商業機密に属しますので公開できません

③ K_{IC} の算出式とその根拠

K_{IC} はJEAC4206-2007の附属書C「供用状態C, Dにおける加圧水型原子炉圧力容器の炉心領域部に対する非延性破壊防止のための評価方法」に基づき、以下の式で計算しています。（技術評価書「容器-原子炉容器」参照）

$$K_{IC} = 20.16 + 129.9 \exp\{0.0161(T - T_p)\} \quad (MPa\sqrt{m})$$

④ K_I 値の評価結果

PTS事象での K_I 上限包絡曲線（上記①）に、 S_s 地震で生じる K_I 値を一律でかさ上げしています。 S_s 地震の K_I 値は、原子炉容器胴部に仮定した想定欠陥（長さ[] 深さ5mmの半楕円表面欠陥、母材厚さ[] に上記②の荷重が作用した場合に生じる値として、ASME Sec. XI App. Aの式を用いて[]を算出しました。

PTS事象の K_I 値はJEAC4206-2007でPTS事象の K_I 値算出に引用されているC. B. Buchalet & W. H. Bamfordの応力拡大係数式（附属図C-2000-1及びC-2000-2の係数を使用）を用いて算出されたものですが、 S_s 地震で生じる K_I 値の算出に対しては規定がないため、JEAC4206-2007の附属書F「応力拡大係数」にて記載のあるASME Sec. XI App. Aの式を使用しています。

応力拡大係数を計算する際のき裂寸法は、長さ[] 深さ5mmの半楕円表面欠陥です。

S_s 地震で生じる K_I 値：[]の算出過程は以下のとおりです。
ASME Sec. XI App. A A-3320(b)により、 K_I 値を算出します。想定欠陥のサイズは、

欠陥深さ	$a = 5 \text{ mm} = 0.197 \text{ in}$
欠陥長さ	$l = []$
母材厚さ	$t = []$

TABLE A-3320-1（添付-1）において、 $a/t = []$ $a/l = []$ より、

$$M_m = G_0 = []$$

$$G_1 = []$$

よって、

$$q_y = \left[\frac{(\sigma_m \cdot M_m + A_p \cdot M_m + \sigma_b \cdot M_b)}{\sigma_{ys}} \right]^2 / 6$$

$$= []^2 / 6 []$$

ここで $A_p = 17.16 \text{ MPa} \approx 2.49 \text{ ksi}$

$$M_b = G_0 - 2(a/t) G_1 = []$$

$$\sigma_{ys} = 304.3 \text{ MPa} = 44.1 \text{ ksi}$$

($T_c = 288.6^\circ\text{C}$ におけるJSME S NC1-2005/2007の値)

$$\sigma_m = 0$$

$$Q = 1 + 4.593(a/l)^{1.65} - q_y = []$$

※：欠陥面にかかる内圧は、PTS事象とし考慮している小破断LOCA、大破断LOCA、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失時の最高圧力を上回る、最高使用圧力（17.16MPa）を評価に用いています。

以上より、

$$K_l = [(\sigma_m + A_p)M_m + \sigma_b \cdot M_b] \sqrt{\pi a / Q}$$

$$= \boxed{\hspace{15em}}$$
$$= \boxed{\hspace{2em}} \cdot \boxed{\hspace{2em}}$$

以 上

$\boxed{\hspace{2em}}$ 内は商業機密に属しますので公開できません

2004 SECTION XI, DIVISION 1

TABLE A-3320-1
COEFFICIENTS G_0 THROUGH G_3 FOR SURFACE CRACK AT POINT 1

		Flaw Aspect Ratio a/t					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
UNIFORM G_0	0.00	1.1208	1.0969	1.0856	1.0727	1.0564	1.0366
	0.05	1.1461	1.1000	1.0879	1.0740	1.0575	1.0373
	0.10	1.1945	1.1152	1.0947	1.0779	1.0609	1.0396
	0.15	1.2670	1.1402	1.1058	1.0842	1.0664	1.0432
	0.20	1.3654	1.1744	1.1210	1.0928	1.0739	1.0482
	0.25	1.4929	1.2170	1.1399	1.1035	1.0832	1.0543
	0.30	1.6539	1.2670	1.1621	1.1160	1.0960	1.0614
	0.40	2.1068	1.3840	1.2135	1.1448	1.1190	1.0772
	0.50	2.8254	1.5128	1.2693	1.1757	1.1457	1.0931
	0.60	4.0420	1.6372	1.3216	1.2039	1.1699	1.1058
0.70	6.3743	1.7373	1.3610	1.2237	1.1866	1.1112	
0.80	11.991	1.7899	1.3761	1.2285	1.1902	1.1045	
LINEAR G_1	0.00	0.7622	0.6635	0.6826	0.7019	0.7214	0.7411
	0.05	0.7624	0.6651	0.6833	0.7022	0.7216	0.7413
	0.10	0.7732	0.6700	0.6855	0.7031	0.7221	0.7418
	0.15	0.7945	0.6780	0.6890	0.7046	0.7230	0.7426
	0.20	0.8267	0.6891	0.6939	0.7067	0.7243	0.7420
	0.25	0.8706	0.7029	0.7000	0.7094	0.7260	0.7451
	0.30	0.9276	0.7193	0.7073	0.7126	0.7282	0.7468
	0.40	1.0907	0.7584	0.7249	0.7209	0.7338	0.7511
	0.50	1.3501	0.8029	0.7454	0.7314	0.7417	0.7566
	0.60	1.7863	0.8488	0.7671	0.7441	0.7520	0.7631
0.70	2.6125	0.8908	0.7882	0.7588	0.7653	0.7707	
0.80	4.5727	0.9288	0.8063	0.7753	0.7822	0.7792	
QUADRATIC G_2	0.00	0.6009	0.5078	0.5310	0.5556	0.5815	0.6084
	0.05	0.5969	0.5086	0.5313	0.5557	0.5815	0.6084
	0.10	0.5996	0.5109	0.5323	0.5560	0.5815	0.6085
	0.15	0.6088	0.5148	0.5340	0.5564	0.5815	0.6087
	0.20	0.6247	0.5202	0.5364	0.5571	0.5815	0.6089
	0.25	0.6475	0.5269	0.5394	0.5580	0.5817	0.6093
	0.30	0.6775	0.5350	0.5430	0.5592	0.5820	0.6099
	0.40	0.7651	0.5545	0.5520	0.5627	0.5835	0.6115
	0.50	0.9048	0.5776	0.5632	0.5680	0.5869	0.6144
	0.60	1.1382	0.6027	0.5762	0.5760	0.5931	0.6188
0.70	1.5757	0.6281	0.5907	0.5874	0.6037	0.6255	
0.80	2.5997	0.6513	0.6063	0.6031	0.6200	0.6351	
CUBIC G_3	0.00	0.5060	0.4246	0.4480	0.4735	0.5006	0.5290
	0.05	0.5012	0.4250	0.4482	0.4736	0.5006	0.5290
	0.10	0.5012	0.4264	0.4488	0.4736	0.5004	0.5290
	0.15	0.5059	0.4286	0.4498	0.4737	0.5001	0.5289
	0.20	0.5152	0.4317	0.4511	0.4738	0.4998	0.5289
	0.25	0.5292	0.4357	0.4528	0.4741	0.4994	0.5289
	0.30	0.5483	0.4404	0.4550	0.4746	0.4992	0.5291
	0.40	0.6045	0.4522	0.4605	0.4763	0.4993	0.5298
	0.50	0.6943	0.4665	0.4678	0.4795	0.5010	0.5316
	0.60	0.8435	0.4829	0.4769	0.4853	0.5054	0.5349
0.70	1.1207	0.5007	0.4880	0.4945	0.5141	0.5407	
0.80	1.7614	0.5190	0.5013	0.5085	0.5286	0.5487	

GENERAL NOTE: Interpolations in a/t and a/ℓ are permitted.

 ...欠陥深さ 5mm
 ...欠陥深さ 10mm

No.	高浜 1 - 耐震 - 1 1	分類：容器
質 問	<p>(3.4.43頁) 原子炉容器の中性子照射脆化（上部棚吸収エネルギーの低下）に対する耐震安全性評価の具体的内容（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。</p>	
回 答	<p>1. 弾塑性破壊力学評価</p> <p>(1) J_{mat} の算出 欠陥深さ a に対する上部棚破壊靱性 J_{mat} は次式で評価しています。 $J_{mat} = M_j \cdot C_1 \cdot \Delta a^{C_2}$ $M_j = 0.863$ [供用状態 A, B] $C_1 = \exp\{0.147 + 2.64 \cdot \log(\text{USE 調整値}) - 0.00087 \cdot T\}$ $C_2 = -0.549 + 0.383 \cdot \log(C_1)$ USE 調整値：60 年運転時点における 1/4t 深さでの値 (= <input type="text"/>) T：評価位置での温度 (= <input type="text"/> C) (出典：JEAC4206-2007 附属書 G G-3200)</p> <p>(2) J_{app} の算出 欠陥深さ a に対するき裂進展力 J_{app} は次式、及び表 1 の評価条件を基に評価しています。 $J_{app} = 1000 \cdot (K_I')^2 / E'$ $K_I' = \sqrt{\frac{a_e}{a}} \cdot K_I$ $a_e = a + \left(\frac{1000}{6\pi} \right) \cdot \left[\frac{K_I}{\sigma_y} \right]^2$ σ_y：降伏応力 (MPa) $K_I = 0.961(K_{IP}^e + K_{I-S2}^e) + 0.961C \cdot K_{II}^e$ $C = 1.0 - \{-0.159(a/t) + 0.155\} (\sigma_t / \sigma_{total})$ ただし、C の下限は次式とする。 $C = 1.0 - 0.12 \cdot (\sigma_t / \sigma_{total})$ σ_t：欠陥深さ位置の熱応力 (MPa)、 σ_{total}：欠陥深さ位置の応力 (S s 地震力含む) (MPa) t：胴部母材厚さ (= <input type="text"/> mm) K_{IP}^e：内圧応力に対する応力拡大係数 K_{II}^e：熱応力に対する応力拡大係数 K_{I-S2}^e：S s 地震力に対する応力拡大係数 (出典：JEAC4206-2007 附属書 G G-6200)</p> <p>※ K_{IP}^e 及び K_{II}^e は、ASME Code Section XI, Appendix A の解（作用分布応力を多項式近似する場合）により算出する。 K_{I-S2}^e は、ASME Code Section XI, Appendix A の解（作用分応力を線形近似する場合）により算出する。</p>	

表1 評価に使用した各条件

仮想欠陥 ^{※1※2}	内圧 ^{※4}	温度過渡 ^{※3}	地震 ^{※4}
深さ <input type="text"/> mm (1/4t) 長さ <input type="text"/> mm (1.5t)	<input type="text"/> (MPa) 一定 (最高使用圧力の 1.1 倍)	<input type="text"/> °C/h (停止までの下降率)	<input type="text"/> (MPa) (Ss地震時の曲げ応力)

※1:tは原子炉容器胴部の板厚

※2:欠陥の想定位置は、回答 10 におけるPTS評価部位(炉心領域モデル④番部位)と同じ位置

※3:温度過渡から求める α 、 K_{IT} は一定値ではなく過渡に伴う変数となります。 $\Delta a=0\text{mm}$, 1mm, 2mm, 2.5mm, 3mmにおいて、それぞれの α 及び K_{IT} の履歴をもとに算出したJapp値の履歴のうち最大値となるJappを評価値としています。

※4: $\Delta a=0\text{mm}$, 1mm, 2mm, 2.5mm, 3mmにおける、それぞれの K_{IP} および K_{I-Ss} を表2に示します。

表2 各想定欠陥深さにおける内圧による応力拡大係数 K_{IP} 及びSs地震による応力拡大係数 K_{I-Ss}

Δa [mm]	内圧による応力拡大係数 K_{IP} [MPa \sqrt{m}]	Ss地震による応力拡大係数 K_{I-Ss} [MPa \sqrt{m}]
0	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(算出に必要な条件)

【RV 寸法】

内半径： mm (クラッド[°]内面)、 mm (母材内面)

母材板厚： mm

【熱伝導率、熱膨張率】

ASME Sec II Part D の Table TCD を使用 (母材: Group C、クラッド[°]: Group D)

【縦弾性係数】

母材： $\times 10^{11}$ Pa

【熱膨張係数】

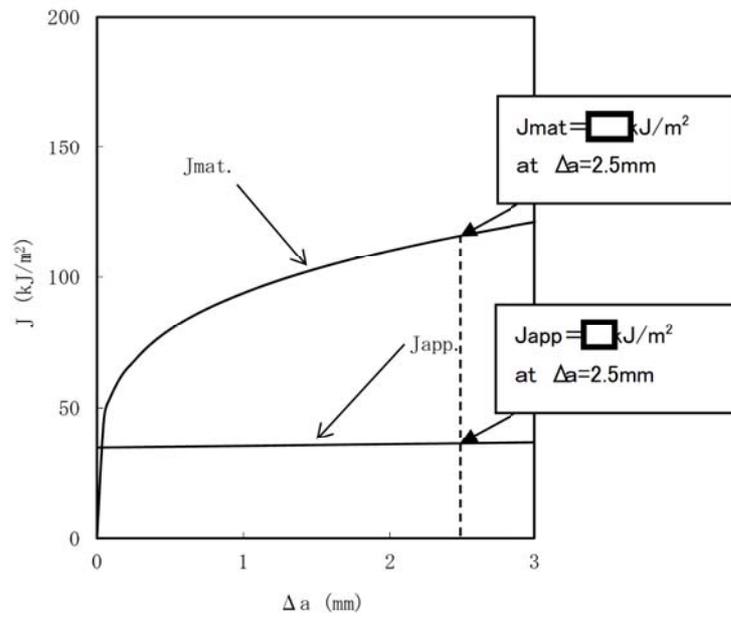
母材： $\times 10^{-6}$ mm/mm $^{\circ}$ C

【ポアソン比】

【降伏応力 σ_y 】

MPa

(3) 評価結果
評価結果を下図に示します。



高浜1号 S s 地震を考慮した供用状態A, Bに対するき裂安定性評価結果

[] 内は商業機密に属しますので公開できません