

大飯発電所3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部における有意な指示について

頂いたご質問について、以下のとおり回答します。

No	ご質問内容	ページ
【UTの精度について】		
1	超音波探傷試験の結果、欠陥深さを4.6mmとしているが、測定誤差や測定精度をどのように考慮しているか説明すること。(UTの精度、亀裂箇所(シーニング部)の形状を加味してもサイジング精度は確保できるのか。	1
【SCCについて】		
2	欠陥の進展要因を応力腐食割れ(SCC)と想定しているが、その根拠を説明すること。	10
3	溶接部に亀裂が進展することはないか。SCCであれば溶接部の境界に沿って進展するが、新発見であれば溶接部内での進展評価も別途必要ではないか。	21
【評価について】		
4	進展評価の期間は事業者が設定できるが、評価期間を10年とした根拠を説明すること。	23
5	初期寸法(直近10年で進展した亀裂の深さ)を4.6mm、今後10年で進展する亀裂の深さを0.6mmとしているが、あまりにも進展評価に差が出ている。詳細な評価内容を示すこと。	24
6	配管に累積された残留応力が想定される場合、それによる亀裂の進捗速度に影響があるため、配管の残留応力をどのように考えているか説明すること。	25
7	当該部の今回並びに前回の検査結果との比較はできるか。具体的データを示して説明してほしい。	27
8	設計上の最小肉厚を8.2mmとしている根拠を示すこと。 Tsrは最高使用圧力と温度で評価しているが、SAで評価しなくてよいのか、SA時の数値もあるのか。	29
【法令上の取扱いについて】		
9	原子炉等規制法第四十三条の三の十六第四項では、技術基準を満たせない可能性がある場合には、健全性評価を行うよう求めているが、これに対する考え方を示すこと。	33
【その他】		
10	今回の事案と類似の亀裂が発生する恐れのある箇所に対する検査の必要性や考え方について説明すること。(判断根拠、設定範囲の妥当性)	34
11	大飯3号機の定期検査工程への影響の有無について説明すること。	36

: 枠組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。

Q 1

超音波探傷試験の結果、欠陥深さを4.6mmとしているが、測定誤差や測定精度をどのように考慮しているか説明すること。(UTの精度、亀裂箇所(シーニング部)の形状を加味してもサイジング精度は確保できるのか。

A 1

亀裂箇所(シーニング部)における配管内表面はシーニング加工(内径加工)されており、UT指示部近傍の配管内表面にテーパ部は存在しない。そのため、UT評価の影響を与える疑似信号等は発生しておらず、精度は確保できている。
(添付1)


なお、今回適用したUT手法における最小欠陥検出精度及びサイジング精度は以下の通りである。最小欠陥検出精度：2.8mm(原子力発電施設検査技術事象事業に関する報告書(添付2))

サイジング精度：RMSE0.25mm(メーカー自主試験(添付3))

非破壊検査記録 (/)

(1) 検査の判定

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象箇所	検査箇所
B9.11	B-J	配管	配管の同種金属溶接継手 (呼び径100A以上：周継手) 加圧器スプレイライン (Dループ)	FW-4

検査方法	検査年月日	立会実績	結果	検査員	備考
目視検査	年 月 日	有・無			
表面検査 浸透探傷検査	年 月 日	有・無			
体積検査 超音波探傷検査	2020年8月31日	有・無	*		
判定基準	添付-1-1(4/5)、添付-1-1(5/5)に記載				

*判定基準を満足し、欠陥の検出が認められず。

非破壊検査記録 (/)

(2) 検査記録

検査年月日 2020 年 8 月 3 日

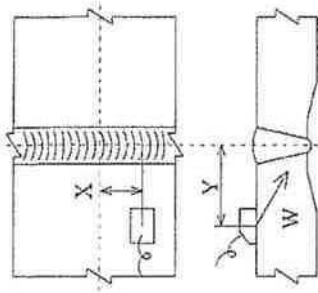
助勢員 A XXXXXXXXXX

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象箇所	検査箇所		
B9.11	B-J	配管	配管の同種金属溶接継手 (呼び径100A以上：周継手) 加圧器スプレイライン (Dループ)	FW-4		
検査 実施 内容	目視 検査	1. 直接目視検査 (VT-) 2. 遠隔目視検査 (VT-)				
	表面 検査	浸透 探傷 検査	探傷剤	温度	浸透時間	現像時間
	体積 検査	超音波 探傷 検査	探傷器	探触子	試験片	感度
			菱電湘南エレクトロニクス㈱ UI-25 (U110G261240)	MSEB4E (57462-05181) MWB45-2E(直角) (56921-04624) MWB45-2E(平行) (56921-04627) C542(45°) (直角) (697618)	KON3.4-4B	CRT 80% 52.0dB CRT 80% 36.5dB CRT 80% 40.0dB CRT 80% 40.0dB
			リジェクション	接触媒質	パルス幅	
			OFF	ソニコート	—	
	検査方法		確認※	助勢員 A		備考
	目視検査					
	表面 検査	浸透 探傷 検査				
	体積 検査	超音波 探傷 検査	*	XXXXXXXXXX (UTレベル3)		
確認項目		添付-1-1(4/5)、添付-1-1(5/5)に記載				
評価		角度の取り方 (上流側より見る)				
<p>起 点：配管の天を0°とした。 垂 直：DAC20%を超える反射波を認めず。 斜角45° (直角)：下流側120°～240°間は、エルボ腹のため小型探触子(C542(45°))を適用した。 DAC20%を超える反射波は、裏波部、外表面部による形状エコー、柱状晶伝搬による金属組織エコー及び不連続部による要記録エコーである。 DAC20%を超える反射波のうち、不連続部による要記録エコーは前回と比較した結果、新たに供用中発生したと認められる。 斜角45° (平行)：DAC20%を超える反射波を認めず。</p>						
		検査実施者 XXXXXXXXXX (UTレベル2)				

※確認項目に対し異常がない場合は、「確認」欄に「レ」と記載する。

*判定基準を満足しない欠陥の検出が認められた。

超音波探傷データシート a (配管インデインデーションの記録)



配管系統及びライン名 加圧器スプレイライン (Dループ) 溶接線番号 FW-4
 上流側 管台 下流側 エルボ 探傷角度 45° (直角)

No.	探傷サイド		ピーク指示部					DAC20%		DAC100%		備考
	上流側	下流側	X (mm)	Y (mm)	W (mm)	CRT (%)	DAC (%)	指示範囲 (mm)	指示長さ (mm)	指示範囲 (mm)	指示長さ (mm)	
12	○	○	240° +16	13	21.0	38	36	240° +0 ~ 0° -24	96			裏波部*
13	○	○	270° +17	14	21.0	56	53	240° +0 ~ 0° -24	96			裏波部*
14	○	○	300° +18	31	38.0	61	65	240° +0 ~ 120° +0	240			外表面部
15	○	○	60° +2	3	16.0	70	57	60° -1 ~ 60° +13	14			柱状晶伝搬エコー
16	○	○	300° +5	3	16.0	53	43	300° -5 ~ 300° +7	12			柱状晶伝搬エコー
17	○	○	0° +3	15	20.0	192	176	0° -24 ~ 30° +13	67	0° -12 ~ 30° -16	26	不連続部エコー
						以下	余白					

備考 * : 30° 毎の記録点間の最大エコー (ピーク) が前後の記録点のエコー高さを超える反射液を示す。

インデイクエーションの位置

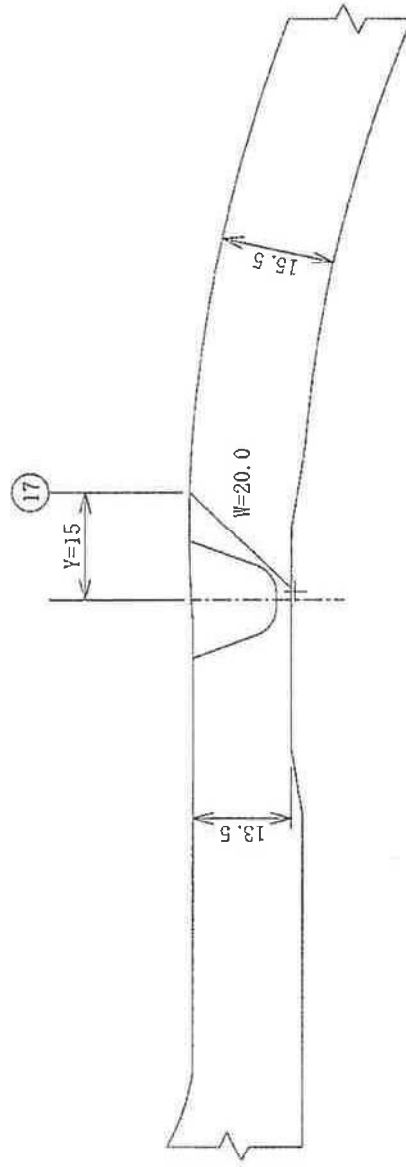
縮尺：1/1

単位：mm

配管系統及びライン名 加圧器スプレイライン (Dループ)

溶接線番号 FW-4

探触子 MWB45-2E (SUS : 42.3°)



上流側 (管台)

下流側 (エルボ)

平成16年度

原子力発電施設検査技術実証事業

に関する報告書

(超音波探傷試験における欠陥検出性及び

サイジング精度の確認に関するもの)

[総括版 (1/2)]

平成17年4月

独立行政法人 原子力安全基盤機構

b. 欠陥寸法と欠陥検出率の関係

検出レベルをDAC20%からDAC100%まで変化させた場合の欠陥寸法と欠陥検出率の関係を図4.5.3.3(1)～図4.5.3.3(4)に示す。また、表4.5.3.8に検出レベルがDAC20%の場合の欠陥寸法と欠陥検出率の関係のまとめを示す。

表 4.5.3.8 欠陥寸法と欠陥検出率の関係のまとめ（検出レベル：DAC20%）

	試験体	検出率 100%の 最小欠陥深さ寸法(mm) *1	特徴的傾向
	150A×10t	2.8 [1.5] (1.3)*2[1.5]	概ね欠陥深さ 2mm 程度でアスペクト比 0.2 程度（約 10mm 長さ）の SCC に対して、DAC20% 検出レベルを確保できる傾向にあった。
	350A×25t	1.4 [2.4]	
	500A×35t	<1.7 [2.9]	
	600A×50t	3.4 [4.8]	
	N1(47t)*4	<5.4*3 [4.8]	
	N9(18.5t)*5	<4.4 [1.8]	
	全体	3.2	
まとめ	<p>(1) 厚さ 10mm の場合、検出レベルを DAC20%に設定した場合に 100%検出できる最小欠陥寸法（欠陥深さ）は 2.8mm であり、評価不要欠陥寸法を超えていた。また、疲労き裂の場合と比較して検出率は低くなった。（参考：厚さ 10mm の疲労き裂の場合、最小検出寸法：1.6mm、評価不要欠陥寸法：1.5mm）</p> <p>(2) 厚さ 25mm～厚さ 50mm の場合は、評価不要欠陥寸法以下の微小な欠陥の一部を除くと、最大エコー高さが DAC50%を超えており、評価不要欠陥寸法を超える欠陥に対する検出性は十分確保できるものと考えられる。</p> <p>(3) 厚さ 10mm の評価不要欠陥寸法を超える欠陥で検出率が 100%に満たないケースの探傷データを見ると、検出できたチームの最大エコー高さ及び検出率は以下の通りである。いずれの欠陥も軸方向欠陥であり、周軸両方向の探傷結果によると、過半数のチームが検出していることから、試験員の技量、熟練度が影響していると考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ PSS12：軸方向探傷結果…エコー高さ DAC62～68%（検出率：60%） 周方向探傷結果…エコー高さ DAC67、68%（検出率：40%） ・ PSS13：軸方向探傷結果…エコー高さ DAC31～42%（検出率：80%） 周方向探傷結果…エコー高さ DAC42～55%（検出率：60%） <p>(4) 図 4.5.3.3(1)a.(a), (c)で見ると、欠陥深さ 2mm×欠陥長さ 10mm 程度以上でほぼ検出率 100%（DAC20%検出レベル）に達し、図 4.5.3.3(4)で示すように欠陥深さ 3mm 程度以上で安定して検出できた。（特定のチームの結果を除く）。</p>		

《次頁に続く》

表4.5.3.2(1) 直管ステンレス鋼SCC付与試験体の欠陥検出性試験条件（当初試験）（1/3）

項目	直管ステンレス鋼 (厚さ10mm)	直管ステンレス鋼 (厚さ25mm)
品名	直管ステンレス鋼(150A×10t)	直管ステンレス鋼(350A×25t)
材質	SUS304TP	SUS304TP
試験体寸法	φ 165.2×10t	φ 355.6×25t
試験範囲	9欠陥領域+18無欠陥領域(80mm/1領域)	12欠陥領域+18無欠陥領域(80mm/1領域)
対象欠陥	SCC9個 (PSS11～PSS19)	SCC12個 (PSS21～PSS29、PSS2A～2C)
手法	手動探傷	手動及び自動探傷
試験チーム	5チーム	手動：5チーム，自動：1チーム/1回
試験方法	維持基準原案UT指針	維持基準原案UT指針
超音波探傷器	アナログ表示式	アナログ表示式及びデジタル表示式
探触子	垂直	垂直
	横波 45°	横波 45°
使用機材	2Z10/2ND	5Z10/2ND
	5Z10/2ND*1	2Z10×10A45
接触媒質	2Z10×10A45	2Z10×10A45
	5Z10×10A45*1	
対比試験片	グリセリンペースト	グリセリンペースト
試験上の制限	P150A-10T-SUS304-AC2	P350A-25T-SUS304-AC2
その他	ブラインド試験 1週間/1チーム *1：1チームが5MHzを採用した。	ブラインド試験 1週間/1チーム

フェーズドアレイ法による欠陥深さサイジング精度結果（メーカー自主試験）

1. 検査手法

今回使用する要領書にて選定されているフェーズドアレイ探触子を用いた端部エコー法によりサイジングした結果を示す。

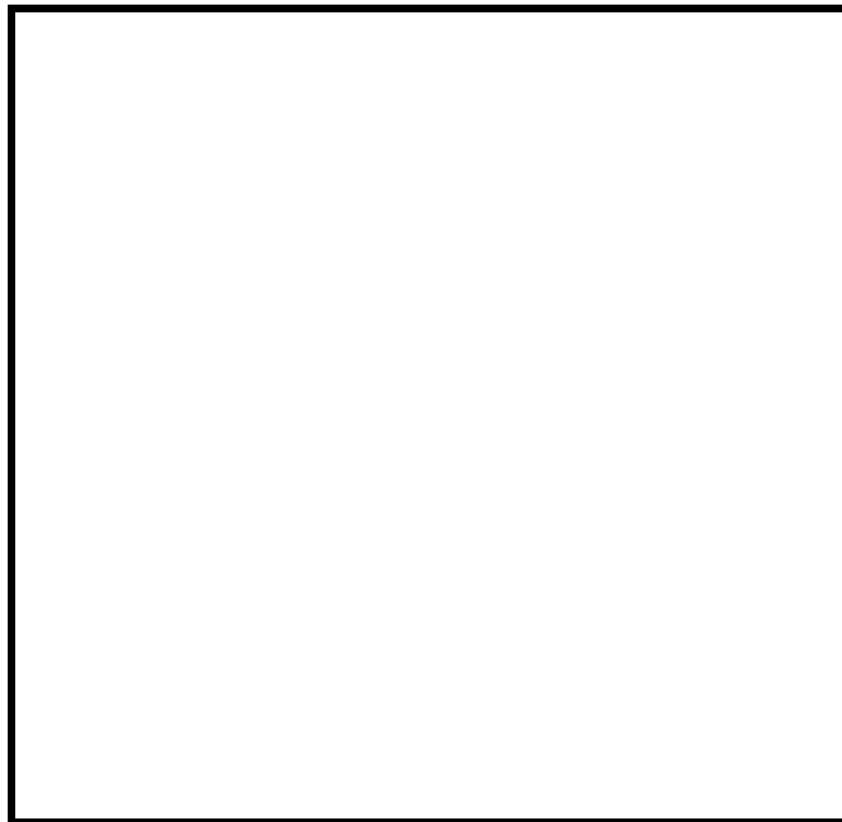
2. 実施内容

以下の条件である試験体及び欠陥に対しサイジングを実施。

- ① 試験体サイズ：6B、10B、14B
- ② 対象欠陥：EDM 【深さ実測値：1.0mm～7.2mm】

3. 結果

サイジング結果と深さ実測値を比較した結果、平均二乗誤差(RMSE)0.25mmであった(図一1)。なお、SCCについてはサンプル数が少ないものの、モックアップ試験にて端部エコーを検出できることを確認済みである。本要領を用いてPD試験*を受験し、合格していることから十分なサイジング精度を有していると考ええる。



※：PD試験ではSCCが付与された試験体を使用したブラインド試験により合否判定がなされる。なお合否判定は、真値との誤差が最大4.4mmを超えないこと及びRMSEが3.2mmを超えないことと規定されている。

以上

Q 2

欠陥の進展要因を応力腐食割れ（SCC）と想定しているが、その根拠を説明すること。

A 2

体積検査の結果より、今回認められた欠陥は配管の周方向の平面状欠陥であることから、亀裂であると推測しています。この指示は、建設時・PSI及び第10回定検のISIでも認められていない（添付-1）ことから、初期欠陥の可能性は低く、運転中に発生した亀裂と判断しております。

運転中に発生する亀裂として、疲労割れ、応力腐食割れ（SCC）が考えられますが、疲労割れについては、当該部の累積疲労係数は1より小さく、発生の可能性は小さいと考えております（添付-2）。SCCについては、鋭敏化 SCC（O₂SCC）、塩化物 SCC、材料硬化による SCC（強加工 SCC）が挙げられるが、当該部材料は炭素量を低減させた SUS316 で有意な鋭敏化が生じにくいこと（添付-3）と、環境の溶存酸素が低いため想定されず、塩化物 SCC についても亀裂の起点である配管内面への付着はないことから、想定されません（添付-4）。残る強加工 SCC は、200℃以上の環境で接液部が硬化した条件で進展することが試験研究で確認されております。当該部は 200℃以上であり、溶接部周辺の配管母材内面は表面の硬化を伴うシンニング加工が施されていることから、強加工 SCC が発生する懸念があります（添付-5）。

以上より、当該部で認められた亀裂は、強加工 SCC である可能性が高いと判断しております。

フィルム判定結果 TEST RESULT			
溶接線番号 WELD JOINT NO	KON3-RC5 016 Fw 4, Fw 6 (各1~7)	撮影日付 SHOT DATE	4.26.90
検査官 INSPECTOR	財団法人 元増設機技術検査協会	検査日付 DATE OF REVIEW	5.31.90
	客 先		
フィルム番号 RADIOGRAPH NO	欠陥の位置と種類 LOCATION & TYPE OF DEFECT 有効長 55 mm	判定 EVALUATION	備考 REMARK
KON3-RC5016 Fw 4 - 1	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
2	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
3	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
4	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
5	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
6	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
7	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
Fw 6 - 1	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
2	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
3	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
4	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
5	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
6	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
7	▽	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
	以下余白	<input type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> 合格 PASS <input type="checkbox"/>	

欠陥の種類 TYPE OF DEFECT	C : クラック CRACK	検査員 EXAMINER LEVEL 1
P : ポロシティ POROSITY	IP : 溶け込み不良 INCOMPLETE PENETRATION	
S : スラッグ巻き込み SLAG INCLUSION	LF : 融合不良 LACK OF FUSION	
T : タングステン巻き込み TUNGSTEN INCLUSION	A : フィルム欠陥 FILM ARTIFACT	

規格 JIS Z 5036 (機品管)

三菱重工業株式会社 神戸造船所
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. KOBE SHIPYARD & MACHINERY WORKS

PSI/非破壊試験記録

- VT: 肉眼試験 PT: 液体浸透探傷試験 MT: 磁粉探傷試験
 UT: 超音波探傷試験 RT: 放射線透過試験

No.

項目	カテゴリ	機器名	試験箇所		
B4.6	B-J	第一種管の動座部	RCS 加圧器スプレイライン(Dループ)		
<p>略図</p>					
H2-3911015					
試験方法	試験条件		試験日付	試験員	試験結果
肉眼試験	直接肉眼試験 透視肉眼試験()				NI, NRI, RI ()
表面試験	PT	探傷剤 温度 浸透時間			NI, NRI, RI ()
	MT	磁化方法 装置名 磁化電流 磁粉			NI, NRI, RI ()
体積試験	UT	添付シート参照	H2.9.29		NI, NRI, RI (別紙参照)
備考:			NI: 欠陥指示無 NRI: 記録すべき指示無 RI: 指示有		

関西電力株式会社

担当

三菱重工業株式会社 神戸造船所

非破壊検査記録 (/)

検査年月日 平成16年5月11日

検査員 XXXXXXXXXX

項目番号	カテゴリ	機器名	検査の対象箇所	検査箇所		
B9.11	B-J	配管	配管の同種金属溶接継手 (呼び径100mm以上:周継手) 加圧器スプレイルイン	PW-4		
検査実施内容	検査目視	1. 直接目視検査 (VT-) 2. 遠隔目視検査 (VT-)				
	表面検査	浸透探傷	探傷剤	温度	浸透時間	現像時間
		磁粉探傷	探傷器	磁粉	試験片	その他
	体積検査	超音波探傷検査	探傷器	探触子	試験片	感度
			湘菱電子機 UI-23DH (6101B23489)	MSEB-4E (S7442-06141) MWD45-2E (直角) (G6921-04424) MWD45-2E (平行) (G6921-04427) A5335 (45°) (直角) C314138)	KON3.4-4B	CRT 80% 44.5dB CRT 80% 30.5dB CRT 80% 33.0dB CRT 80% 38.5dB
		リジェクション	接触媒質	パルス幅		
		OFF	ソニコート	-		
		線源	線源寸法	線源・フィルム距離	増感紙	
	放射線透過検査	透過度計の型	透過度計の位置	材厚	はさみ金	
	検査実施結果	検査項目		結果	備考	
目視検査						
表面検査		浸透探傷検査				
		磁粉探傷検査				
体積検査		超音波探傷検査	良	検査員:	XXXXXXXXXX	
	放射線透過検査					
<p>評価</p> <p>配点: 配管の天を0°とした。 直: 欠陥からの反射波及び20% DACを超える反射波を認めず。 斜角45° (直角): 欠陥からの反射波を認めず。 20% DACを超える反射波は、裏被膜及び外表面部による形状エコーである。 下旋側: 120° ~ 240° 間は、エルボ型の為小型探触子 (A5333 (45°)) を適用した。 斜角45° (平行): 欠陥からの反射波及び20% DACを超える反射波を認めず。</p> <div style="text-align: right;"> 角度の取り方 (上流側より見る)  </div>						
検査実施者 XXXXXXXXXX						

45-7 - 391 -

今回UT指示が確認された加圧器スプレイラインの疲労累積係数を以下に示す。

許容値に対し十分に小さな値であり、疲労割れ発生の可能性は考え難い

当該加圧器スプレイライン疲労評価結果 (出典:三菱社内確認資料)

() 供用状態A, Bにおける疲労累積係数(クラス1配管)

節点番号	圧力による応力 (MPa)	外荷重による応力 (MPa)	板厚方向線形温度差による応力 (MPa)	構造上の不連続による熱応力 (MPa)	板厚方向非線形温度差による応力 (MPa)	ピーク応力強さ (Mpa)	繰返しピーク応力強さ (MPa)	繰返しピーク応力強さ (MPa) (注)	疲労累積係数	許容値
400	53.6	11.5	296.1	0.0	117.5	479	240	244	0.00012	1.0
622	48.8	28.8	268.1	0.0	117.1	463	232	232	0.00008	1.0
258	53.2	56.0	268.1	0.0	117.1	495	248	248	0.00012	1.0
260	79.3	31.1	319.9	0.0	221.3	652	326	350	0.20928	1.0
264	79.9	38.5	351.9	0.0	221.3	692	346	371	0.33096	1.0
266	79.9	44.8	351.9	0.0	221.3	698	349	374	0.34744	1.0
1203	79.9	46.4	351.9	0.0	221.3	700	350	375	0.35069	1.0
1202	91.3	204.9	6.8	0.0	2.6	306	153	172	0.00013	1.0
179	91.3	192.8	6.8	0.0	2.6	294	147	165	0.00011	1.0
180	91.3	167.9	6.8	0.0	2.6	269	135	151	0.00007	1.0
182	91.3	146.5	6.8	0.0	2.6	248	124	139	0.00005	1.0
183	80.0	84.7	6.8	0.0	2.6	175	88	98	0.00000	1.0



1

素材チェックシート (2/1)								
プラント名			関西電力(株)大規模電源第3号機			工事番号		2003239/1100
品名			一次冷却設備配管(その他)			図番		E2-3911016
符号 部品名称	H/S 仕質	寸法 (H/A) 	製造メーカー	材料識別番号	社内	立合者	備考	
001 PIPE	I	SUS316TP 318.50 33.30	住友	ONKD9016-A9	02.01.17 岸部	02.01.22 南岡 T		
002 PIPE	I	SUS316TP 114.30 13.50	住友	NKC3522-A9	01.07.12 本田秀	01.11.02 山元 T		
005 PIPE	I	SUS316TP 114.30 13.50	住友	NKC3523-A9	01.07.12 本田秀	01.10.20 南岡 T		
009 E90L	I	SUS316TP 4B S160	住友	NKX4994-A8	01.06.12 岸部	01.07.13 本山 T		
010 E45L	I	SUS316TP 12B S160	住友	NKX9553-A9	01.12.16 米田	01.12.22 坂井 T		
011 E60L	I	SUS316TP 4B S160	住友	NKX4993-A8	01.06.12 岸部	01.07.13 本山 T		


 住友金属工業株式会社 鋼管 検査 証明書
 SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.
 STEEL TUBE WORKS
 (Chubu-cho, Higashi-ku, Aoyama, Tokyo)

検査報告書 No. **NKK4983** 頁数 **1** 発行日 **1988-12-27**
 送り先 **057-JFR-F8180311** 8T18S6455

顧客名 **MITSUBISHI HEAVY INDUSTRY LTD. KOBE SHIPYARD & MACHINERY WORKS**
 品名 **SEAMLESS BUTT WELDING FITTINGS 60° L-R. ELBOW (NOT FORMED)**
 規格 **JIS B2312 SUS316 (1982)**
 標準 **JIS G3459 SUS316P (1984)**

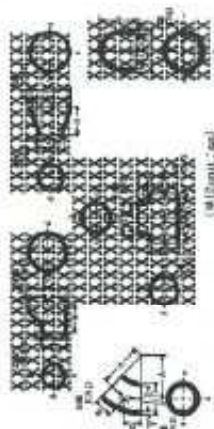
検査番号 **20032392JM22727-02-5E**
 仕様書 **JLE-2101-0**

検査項目	規格	検査結果	検査方法	検査場所	検査日	検査員	検査機	検査結果	検査方法	検査場所	検査日	検査員	検査機																											
材料番号	NKK4983	4B	SCH-160	2																																				
化学成分	<table border="1"> <tr> <th>元素</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.05</td> <td>0.025</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>0.40</td> <td>0.20</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>0.50</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>Cr</td> <td>16.00</td> <td>16.50</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td>10.00</td> <td>10.00</td> </tr> <tr> <td>Mo</td> <td>0.010</td> <td>0.010</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>0.010</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>0.010</td> <td>0.005</td> </tr> </table>													元素	規格	検査結果	C	0.05	0.025	Si	0.40	0.20	Mn	0.50	0.25	Cr	16.00	16.50	Ni	10.00	10.00	Mo	0.010	0.010	P	0.010	0.005	S	0.010	0.005
元素	規格	検査結果																																						
C	0.05	0.025																																						
Si	0.40	0.20																																						
Mn	0.50	0.25																																						
Cr	16.00	16.50																																						
Ni	10.00	10.00																																						
Mo	0.010	0.010																																						
P	0.010	0.005																																						
S	0.010	0.005																																						
引張試験	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>引張強さ</td> <td>50.0NM</td> <td>55.0</td> </tr> <tr> <td>降伏強さ</td> <td>18.0</td> <td>18.0</td> </tr> <tr> <td>伸び</td> <td>15.0</td> <td>15.0</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	引張強さ	50.0NM	55.0	降伏強さ	18.0	18.0	伸び	15.0	15.0															
試験項目	規格	検査結果																																						
引張強さ	50.0NM	55.0																																						
降伏強さ	18.0	18.0																																						
伸び	15.0	15.0																																						
衝撃試験	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>衝撃試験</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	衝撃試験	35	35																					
試験項目	規格	検査結果																																						
衝撃試験	35	35																																						
硬度試験	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>硬度試験</td> <td>21</td> <td>21</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	硬度試験	21	21																					
試験項目	規格	検査結果																																						
硬度試験	21	21																																						
金相検査	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>金相検査</td> <td>10001600200</td> <td>10001600200</td> </tr> <tr> <td>金相検査</td> <td>14001800300</td> <td>14001800300</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	金相検査	10001600200	10001600200	金相検査	14001800300	14001800300																		
試験項目	規格	検査結果																																						
金相検査	10001600200	10001600200																																						
金相検査	14001800300	14001800300																																						
MT試験	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>MT試験</td> <td>GOOD</td> <td>GOOD</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	MT試験	GOOD	GOOD																					
試験項目	規格	検査結果																																						
MT試験	GOOD	GOOD																																						
PT試験	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>PT試験</td> <td>GOOD</td> <td>GOOD</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	PT試験	GOOD	GOOD																					
試験項目	規格	検査結果																																						
PT試験	GOOD	GOOD																																						
超音波検査	<table border="1"> <tr> <th>試験項目</th> <th>規格</th> <th>検査結果</th> </tr> <tr> <td>超音波検査</td> <td>GOOD</td> <td>GOOD</td> </tr> </table>													試験項目	規格	検査結果	超音波検査	GOOD	GOOD																					
試験項目	規格	検査結果																																						
超音波検査	GOOD	GOOD																																						
熱処理	HEAT TREATMENT : SOLUTION 1060°C x 30' M.Q.																																							
検査結果	検査結果は規格に適合し、品質に問題ありません。																																							
検査員	検査員																																							
検査機	検査機																																							
検査場所	検査場所																																							
検査日	検査日																																							
検査員	検査員																																							

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN
 DESCRIBED HAS BEEN MANUFACTURED, INSPECTED AND
 TESTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE STANDARD AND
 SPECIFICATION AND SATISFIES THE REQUIREMENTS.

寸法測定表 SHEET OF DIMENSIONAL MEASUREMENTS

Customer: MITSUBISHI HEAVY IND., LTD. KOBE SHIPYARD & MACHINERY WORKS
 注文番号: MHX4993 Q 17 製造廠: 神戸製鋼所 J 536
 製造所番号: 20032992JH27272-02-SE
 Order No.: SEWLESS BUT WELDING FITTINGS 50" L.R.
 Article: H.H.O.W (HOT FORMED)
 品番: 4B SCH.160
 Size: 115.0
 Spec: 115.03469 SUS316 (1987)
 規格: 115.03469 SUS316P.J (1984)



No.	O.D. at Head			I.D. at Head			Wall Thickness			T. at Head End			Center			Remarks
	a-c	b-d	e-f	g-h	i-j	k-l	m-n	o-p	q-r	s-t	u-v	w-x	y-z	AA	BB	
1	115.0	114.9	89.3	89.3	15.2	16.5	16.7	16.8	13.1	15.1	12.9	12.5	153.0		88.3	GOOD
2	115.2	115.1	89.5	89.5	14.7	15.1	17.2	15.7	12.9	12.9	12.9	12.6	153.0		88.3	GOOD
3	115.2	115.2	89.3	89.3	15.5	16.2	18.3	17.2	12.8	12.8	12.7	12.7	152.8		88.2	GOOD
4	115.0	115.0	89.3	89.3	15.7	15.3	17.6	17.3	12.8	12.8	12.6	12.6	153.3		88.5	GOOD
A																
B																
C																
A																
B																
C																
合計	114.3		89.5				13.5						152.4		88.0	
公差	+ 1.6	115.9	+ 0.25	89.75									+ 2.7	155.1	+ 1.6	89.6
公差	- 0.8	113.5	- 0.25	89.25	- 1.65		11.82						- 2.7	149.7	- 1.6	86.4
公差																
公差																

DATE: DEC. 27, 1988
 住友金属工業株式会社 钢管製造所 技 術 部 品質保証室
 SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. Steel Tube Works Quality Assurance Section

超音波探傷検査成績表

ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

No. NKX4983

住友重工業株式会社
 検査部
 SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES LTD.
 STEEL TUBE WORKS
 QUALITY ASSURANCE SECT.

注文先 Customer: MITSUBISHI HEAVY IND., LTD. KOBE-SHIPYARD & MACHINERY WORKS
 項目 Project: KON-3 RCS-M
 工事番号 Job No.:
 注文番号 Order No.: 2003239ZJH22727-02-SE
 運用規程 Applied Specification: 規格 JIS B2312 E65316
 標準 JIS G3459 SUS316TP)
 仕様 Spec. ZJE-2101-0
 寸法 4φ SCH.160
 数量 2
 検査日 Date of Exam. 平成 12 年 12 月 1 日

探傷条件 Examination Condition: *探傷機をマーク Mark the applicable column

探傷時期 Exam. Stage	探傷機 Equipment	探傷方法 Exam. Method	探傷方向 Exam. Direction	探傷子 Transducer	音程調整 Calibration	探傷範囲 Examined Area
	*探傷機をマーク Mark the applicable column 東京計測機 (株) UM751 検査機: FP180 材料: 鋼材 検査方法: 縦波探傷 検査条件: 縦波探傷 検査位置: 縦波探傷 検査方向: 縦波探傷 検査子: 縦波探傷 音程調整: 縦波探傷 探傷範囲: 縦波探傷	表面状態 Surface Condition: 0 探傷機: 0 標準ノッチ (故障部工) Standard Notch (Discharged): 90% (内部), 80% (外部) 探傷子: 縦波探傷 音程調整: 縦波探傷 探傷範囲: 縦波探傷	寸法 Size: 4φ 探傷方向 Exam. Direction: 縦波探傷 探傷子 Transducer: 縦波探傷 音程調整 Calibration: 縦波探傷 探傷範囲 Examined Area: 縦波探傷	探傷子 Transducer: 縦波探傷 音程調整 Calibration: 縦波探傷 探傷範囲 Examined Area: 縦波探傷	音程調整 Calibration: 縦波探傷 探傷範囲 Examined Area: 縦波探傷	探傷範囲 Examined Area: 縦波探傷

結果 Result: 0 OK (ACCEPTABLE)
 検査 Examined by: [Redacted]
 判定 Judged by: [Redacted]
 513.12.1

検査範囲 Examined Area: 縦波探傷

当該溶接部は通常運転中、水質管理された一次冷却材が流れているラインであり溶存酸素濃度は0.005ppm以下に管理されているため、溶存酸素環境下で発生する鋭敏化 SCC とは考え難い。

また、塩素濃度も0.05ppm以下に管理されており、Cl-SCCの発生も考え難い。

表1 PWR 1次系水質基準値例

分析項目	単位	基準値	制限値	推奨分析項目基準値	実績値
1 pH	25℃	*1			
2 導電率	25℃C ₁ S/cm	*1			
3 ホウ素	mgB/l	*2			
4 塩化物イオン	mgCl ⁻ /l	≦0.05	≦0.15		<0.05
5 硝酸物イオン	mgF ⁻ /l	≦0.05	≦0.15		<0.05
6 溶存酸素	mgO ₂ /l	≦0.005	≦0.1		<0.005
7 溶存水素	CC-STP/kg-H ₂ O	25~35	≧15 ≦50		~30
8 リチウム	mgLi ⁺ /l	0.2~2.2			
9 硬度	mg/l				
10 酸可溶鉄	mgFe/l	≦1		≦0.05	<0.1
11 シリカ	mgSiO ₂ /l			≦0.5	<0.1

*1 B-Li系の各濃度の組合せによって決まる(μS/cm 1~40・pH4.2~10.5)
 *2 プラント運転状況によって変化する(0~4000mg/l)

表1 PWR一次系水質管理基準

(出典：「発電プラントの腐食とその防止 P177」火力原子力発電技術協会)

PWR一次系水質管理値
 ・DO₂ ≦0.005ppm
 ・Cl⁻ ≦0.05ppm

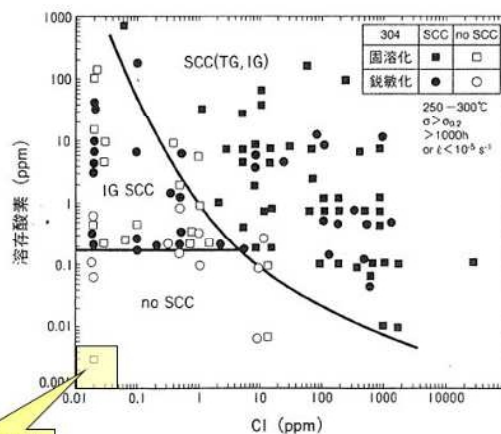


図1 304ステンレス鋼の高温高圧水による応力腐食割れにおよぼす溶存酸素とCl-イオンの関係
 出典：「新版 金属の腐食損傷と防食技術 P389」小若正倫 著

図 1 に示す通り、PWR 環境中であっても高硬度の場合はき裂進展が認められている。これによれば硬さ 200HV 以上でき裂は進展するものと考えられる。



一方、図 2 に示す様に、当該配管溶接部の板厚内硬度分布は、200HV を超える領域を有しており、強加工 SCC き裂進展の要因としての可能性は否定できない。



Q 3

溶接部に亀裂が進展することはないか。SCC であれば溶接部の境界に沿って進展するが、新知見であれば溶接部内での進展評価も別途必要ではないか。

A 3

添付のとおり

Q 4

進展評価の期間は事業者が設定できるが、評価期間を10年とした根拠を説明すること。

A 4

I S I の検査間隔である10年を参考に設定いたしました。

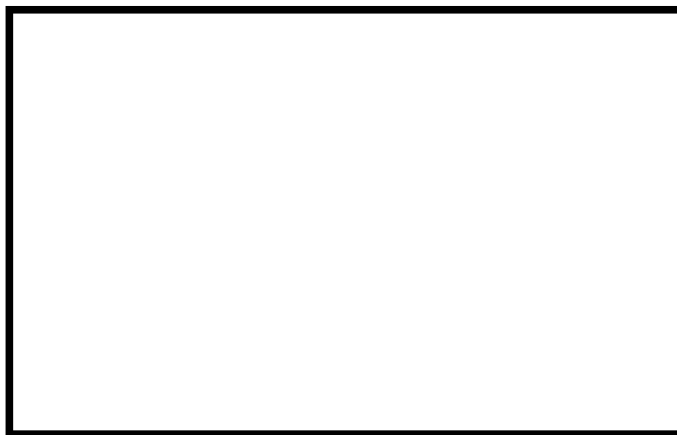
Q 5

初期寸法(直近10年で進展した亀裂の深さ)を4.6 mm、今後10年で進展する亀裂の深さを0.6 mmとしているが、あまりにも進展評価に差が出ている。詳細な評価内容を示すこと。

A 5

き裂進展速度は、板厚内部の応力分布と硬さによって決まります。

溶接による残留応力分布は下図のとおりであり、内面から4mm付近以降は引張応力が小さくなることから、き裂進展速度は減少する。



また、硬さ分布に関しても、内面から外面に向かうにつれ母材の硬度に近づくが、過去の計測結果によると、内面から4mm付近以降は硬さが下がるため、進展速度が緩やかになる。



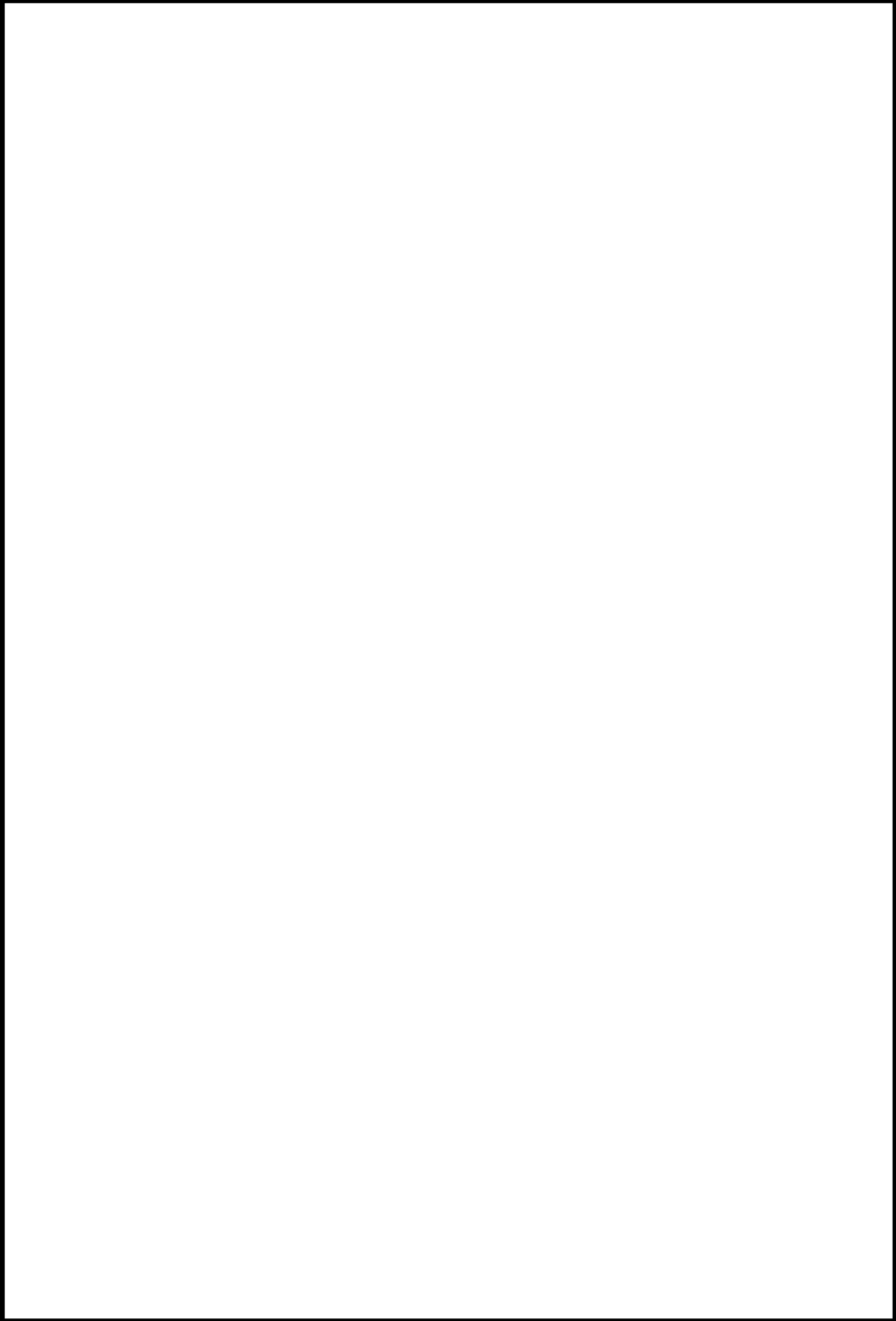
以上のことから、内面から4mm付近以降はき裂進展速度が遅くなることが想定される。

Q 6

配管に累積された残留応力が想定される場合、それによる亀裂の進捗速度に影響があるため、配管の残留応力をどのように考えているか説明すること。

A 6

添付のとおり



Q 7

当該部の今回並びに前回の検査結果との比較はできるか。具体的データを示して説明してほしい。

A 7

添付のとおり

今回 UT データ (大飯 3 号機第 1 8 回定検)

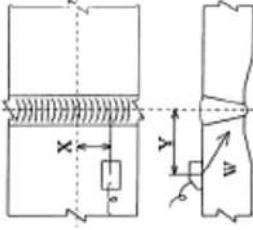
超音波探傷データシート a (配管インデインデーションの記録)

配管系統及びライン名 加圧器スプレイライン (Dループ)

溶接線番号 FW-4

上流側 管台 下流側 エルボ

探傷角度 45° (直角)



探傷サイト	ピーク 指示 部		DAC 20%		DAC 100%		備考			
	上流側	下流側	指示範囲 (mm)	DAC (%)	指示長さ (mm)	指示範囲 (mm)		指示長さ (mm)		
17	0° +3	15	20.0	192	176	0° 30° ~ -24 ~ +13	67	0° 30° ~ -12 ~ -16	26	不連続部エコー

当該部の UT データ (有意な指示)

検査日付 2020年 8月17日 検査実施者

前回 UT データ (大飯 3 号機第 1 0 回定検)

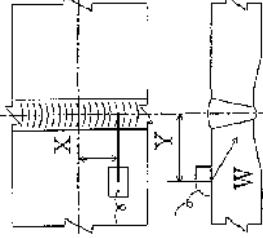
超音波探傷データシート a (配管インデインデーションの記録)

配管系統及びライン名 加圧器スプレイライン

溶接線番号 FW-4

上流側 管台 下流側 エルボ

探傷角度 45° (直角)



探傷サイト	ピーク 指示 部		20% DAC		100% DAC		備考			
	上流側	下流側	指示範囲 (mm)	DAC (%)	指示長さ (mm)	指示範囲 (mm)		指示長さ (mm)		
9	330° +16	15	21.0	33	32	240° +0 ~ 120° +0	240			感波部*
10	0° +2	29	38.0	52	57	240° +0 ~ 120° +0	240			外表面部*
11	120° -16	30	40.0	28	30	240° +0 ~ 120° +0	240			外表面部*

備考 * : 30° 毎の記録点間の最大エコー (ピーク) が前後の記録点のエコー高さを超える反射波を示す。

当該部周辺における前回 UT データ

検査日付 平成 16 年 5 月 8 日 検査実施者

Q 8

設計上の最小肉厚を 8.2mm としている根拠を示すこと。
Tsr は最高使用圧力と温度で評価しているが、SA で評価しなくてよいのか、SA 時の数値もあるのか。

A 8

計算上必要厚さ (tsr) の算出根拠とSA条件考慮の必要性

クラス1管の計算上必要厚さ (tsr) の算定は、設計・建設規格のPPB-3411で算出するように規定されている。(添付-1参照)

同規定では、評価に用いる圧力は、最高使用圧力/温度により算定するものと規定されています。

ここで、最高使用圧力は、設計・建設規格のGNR-2120で「供用状態A」を定義する運転状態において機器が受ける最高の圧力以上の圧力と定められている(添付-2参照)。

従い、供用状態AではないSA状態の圧力/温度にてtsrを算定する必要はない。

(参考：TSR 算出にあたり、設計・建設の規格の式を使用した根拠)

説明資料上の tsr に関する記載は、維持規格に基づく判定値として記載したものではなく、技術基準上の構造・強度の計算値としての値を参考値として記載したものである。維持規格上は tsr を超えたき裂であっても、き裂進展を考慮し、評価期間末期のき裂形状による破壊評価にて、許容基準を満足すれば問題ないと判断される。

Q 9

原子炉等規制法第四十三条の三の十六第四項では、技術基準を満たせない可能性がある場合には、健全性評価を行うよう求めているが、これに対する考え方を示すこと。

A 9

原子炉等規制法第43条の3の16第4項および実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第58条の第2項に基づく発電用原子炉施設の評価を行っているので、炉規法第43条の3の16第4項および実用炉規則第58条第5項に基づき評価を実施後速やかに報告する予定である。

<原子炉等規制法>

第43条の3の16 定期事業者検査

4 定期事業者検査を行う発電用原子炉設置者は、当該定期事業者検査の際、発電用原子炉施設であつて原子力規制委員会規則で定めるものに関し、一定の期間が経過した後に第四十三条の三の十四の技術上の基準に適合しなくなるおそれがある部分があると認めるときは、当該部分が同条の技術上の基準に適合しなくなると見込まれる時期その他の原子力規制委員会規則で定める事項について、原子力規制委員会規則で定めるところにより、評価を行い、その結果を記録し、これを保存するとともに、原子力規制委員会規則で定める事項については、これを原子力規制委員会に報告しなければならない。

<実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則>

第58条 発電用原子炉施設の評価

2 法第四十三条の三の十六第四項の規定により、次の表の上欄に掲げる事項に応じて、それぞれ同表の下欄に掲げる方法により、評価を行う。

評価事項	評価方法
一 技術基準規則第十八条の規定に適合しなくなると見込まれる時期	次に掲げるところにより当該発電用原子炉施設ごとに評価を実施する。 一 定期事業者検査により確認した亀裂、孔その他の損傷（以下「亀裂等」という。）の発生原因を推定するとともに、亀裂等の形状及び大きさを特定すること。 二 前号で特定した亀裂等の形状及び大きさに基づき、所定の期間を設定して、その期間における亀裂等の進展を予測すること。 三 前号の予測どおりに亀裂等が進展したと仮定したとき、技術基準規則の規定に適合しなくなると見込まれる時期を求めること。
二 補修等の措置の内容	この表の第一号の下欄に掲げる評価方法により評価した結果、補修等の措置を講ずる必要があるときには、その時期、範囲及び方法が適切であること。

5 法第四十三条の三の十六第四項の評価の結果の報告は、第三項第一号から第六号までに掲げる事項について、その評価が実施された後、速やかに行うものとする。

Q 10

今回の事案と類似の亀裂が発生する恐れのある箇所に対する検査の必要性や考え方について説明すること。(判断根拠、設定範囲の妥当性)

A 10

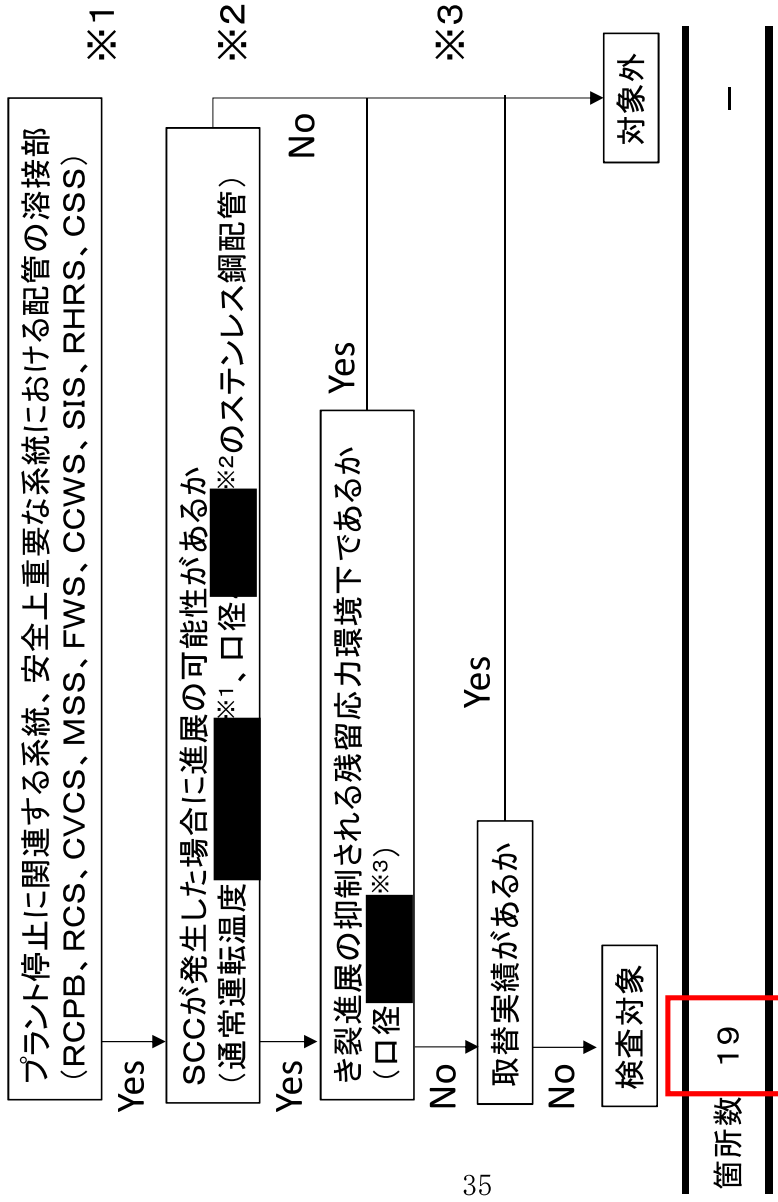
- J S M E 維持規格の追加試験規定 (IA-2330) に則り、欠陥指示または特異な状態を発見した停止期間中に計画されていた試験の数に等しい数または範囲以上に対する追加の検査を実施する。

- なお、維持規格の追加試験規定によれば、追加試験は原則として材料と使用条件が類似な溶接継手、部品または範囲から選定するものとするが、管の場合には欠陥指示または特異な状態を検出した当該管系統以外から選定してもよいこととなっている。

(別紙参照)

類似箇所を選定の考え方について

別紙



今回の発生箇所を本フローにて評価すると、「検査対象」に該当する。抽出の結果、これらの箇所は維持規格における今回事象と同カテゴリであり、維持規格に基づき追加試験として検査を実施する。

大飯3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部における有意な指示について

Q 11

大飯3号機の定期検査工程への影響の有無について説明すること。

A 11

- まずは、弊社の評価結果について、ご理解いただけるようにしっかりご説明します。現時点における次の工程は、燃料装荷を予定しておりましたが、ご理解いただいたのち、実施することとします。