

No.	高浜 1－特別点検（原子炉容器）－ 7 rev1
質 問	<p>(添付－ 2)</p> <p>中間胴に係る非破壊試験 (UT) 記録が、適切な探傷等により得られた結果であることを示す記録 (キャリブレーション、対比試験片、要員の力量、エコーの評価等) を提示すること。</p>
回 答	<p>関連する記録は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用した探傷器の性能 JEAC4207-2008に準じて、超音波探傷器の校正を実施している。 超音波探傷器性能試験成績書 (添付-1)</li> <li>・ キャリブレーション (感度校正方法) 及び対比試験片 超音波探傷試験 (UT) 記録に感度校正方法および対比試験片の形状を記載している。(添付-2)</li> <li>・ 要員の力量 特別点検の非破壊試験 (UT) 従事者は、JIS Z 2305に基づき認定された UT レベル 2 以上の要員にて作業を実施している。 なお、認定された要員については、特別点検の作業員名簿にて管理している。(添付-3) 「非破壊検査技術者 (NDI) UT-超音波検査」の欄に●の記載がある者が試験員または試験評価員に該当する従事者である。</li> <li>・ エコーの評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 斜角法では距離振幅曲線の 20% を超える記録すべきエコー (不連続部エコー、欠陥エコー) は検出されなかった。</li> <li>② 垂直法で検出された記録レベルを超えるエコーについて JEAC4207-2008 に基づき評価した結果、いずれのエコーも設計・建設規格または溶接規格の判定基準内であり、不連続部エコーと評価している。 これらは斜角法で検出されなかったことから板表面に平行な性状であり、ほぼ板厚中央部付近で検出されていることから通常の圧延工程で発生する偏析部と推定されるため、健全性の観点で問題となるものではない。</li> </ul> </li> </ul> <p>容器探傷試験記録及び解析図 (添付-4)</p>

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		点検結果 <input checked="" type="checkbox"/> 合格	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G-V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.7	- 0.7	-
4	63.1	61.7	- 1.4	-
6	50.1	50.6	+ 0.5	-
8	39.8	39.4	- 0.4	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.1	± 0.0	-
14	20.0	19.5	- 0.5	-
16	15.8	15.1	- 0.7	-
18	12.5	12.0	- 0.5	-
20	10.0	9.5	- 0.5	-
22	7.9	7.4	- 0.5	-
24	6.3	6.1	- 0.2	-
26	5.0	4.7	- 0.3	-
30				消失せず
	+h= + 0.5 %		-h= - 1.4 %	

時間軸直線性

測定範囲	50mm	125mm	350mm	1000mm
Bn				
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合格判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書

(JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		[Redacted]	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	[Redacted]
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	79.0	- 0.4	-
4	63.1	61.7	- 1.4	-
6	50.1	50.7	+ 0.6	-
8	39.8	39.6	- 0.2	-
10	31.6	31.5	- 0.1	-
12	25.1	25.2	+ 0.1	-
14	20.0	19.6	- 0.4	-
16	15.8	15.0	- 0.8	-
18	12.5	12.0	- 0.5	-
20	10.0	9.4	- 0.6	-
22	7.9	7.3	- 0.6	-
24	6.3	6.0	- 0.3	-
26	5.0	4.7	- 0.3	-
30				消失せず
	+h= + 0.6 %		-h= - 1.4 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		点検結果	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.8	- 0.6	-
4	63.1	62.0	- 1.1	-
6	50.1	50.6	+ 0.5	-
8	39.8	39.5	- 0.3	-
10	31.6	31.5	- 0.1	-
12	25.1	25.0	- 0.1	-
14	20.0	19.4	- 0.6	-
16	15.8	15.1	- 0.7	-
18	12.5	11.9	- 0.6	-
20	10.0	9.3	- 0.7	-
22	7.9	7.3	- 0.6	-
24	6.3	5.8	- 0.5	-
26	5.0	4.6	- 0.4	-
30				消失せず
	+h= + 0.5 %		-h= - 1.1 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合格判定は以下のとする。  
増幅直線性:h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内



超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		点検結果	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	79.4	± 0.0	-
4	63.1	62.4	- 0.7	-
6	50.1	51.1	+ 1.0	-
8	39.8	40.1	+ 0.3	-
10	31.6	31.5	- 0.1	-
12	25.1	25.6	+ 0.5	-
14	20.0	19.9	- 0.1	-
16	15.8	15.5	- 0.3	-
18	12.5	12.3	- 0.2	-
20	10.0	9.8	- 0.2	-
22	7.9	7.6	- 0.3	-
24	6.3	6.2	- 0.1	-
26	5.0	4.9	- 0.1	-
30				消失せず
	+h = + 1.0 %		-h = - 0.7 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合格判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		[Redacted]	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	[Redacted]
	STB-G-V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	79.6	+ 0.2	-
4	63.1	64.1	+ 1.0	-
6	50.1	50.8	+ 0.7	-
8	39.8	39.9	+ 0.1	-
10	31.6	31.5	- 0.1	-
12	25.1	25.0	- 0.1	-
14	20.0	19.5	- 0.5	-
16	15.8	15.5	- 0.3	-
18	12.5	12.0	- 0.5	-
20	10.0	9.2	- 0.8	-
22	7.9	7.5	- 0.4	-
24	6.3	5.8	- 0.5	-
26	5.0	4.2	- 0.8	-
30				消失せず
	+h= + 1.0 %		-h= - 0.8 %	

時間軸直線性

測定範囲	50mm	125mm	350mm	1000mm
Bn				
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性:h=±3%以内、時間軸直線性:ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子			
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.8	- 0.6	-
4	63.1	63.7	+ 0.6	-
6	50.1	50.8	+ 0.7	-
8	39.8	39.7	- 0.1	-
10	31.6	31.6	± 0.0	-
12	25.1	25.3	+ 0.2	-
14	20.0	19.6	- 0.4	-
16	15.8	15.6	- 0.2	-
18	12.5	12.1	- 0.4	-
20	10.0	9.5	- 0.5	-
22	7.9	7.7	- 0.2	-
24	6.3	6.1	- 0.2	-
26	5.0	4.7	- 0.3	-
30				消失せず
+h = + 0.7 %		-h = - 0.6 %		

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子			
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.4	- 1.0	-
4	63.1	63.0	- 0.1	-
6	50.1	51.4	+ 1.3	-
8	39.8	39.5	- 0.3	-
10	31.6	31.5	- 0.1	-
12	25.1	26.4	+ 1.3	-
14	20.0	20.5	+ 0.5	-
16	15.8	16.0	+ 0.2	-
18	12.5	12.8	+ 0.3	-
20	10.0	9.8	- 0.2	-
22	7.9	7.7	- 0.2	-
24	6.3	6.1	- 0.2	-
26	5.0	4.7	- 0.3	-
30				消失せず
	+h= + 1.3 %		-h= - 1.0 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性:h=±3%以内、時間軸直線性:ΔX=±1%以内



超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子			
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.5	- 0.9	-
4	63.1	62.8	- 0.3	-
6	50.1	51.3	+ 1.2	-
8	39.8	39.7	- 0.1	-
10	31.6	31.3	- 0.3	-
12	25.1	26.3	+ 1.2	-
14	20.0	20.3	+ 0.3	-
16	15.8	15.9	+ 0.1	-
18	12.5	12.6	+ 0.1	-
20	10.0	9.7	- 0.3	-
22	7.9	7.6	- 0.3	-
24	6.3	6.1	- 0.2	-
26	5.0	4.8	- 0.2	-
30				消失せず
	+h= + 1.2 %		-h= - 0.9 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		点検結果	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.0	- 1.4	-
4	63.1	62.7	- 0.4	-
6	50.1	50.6	+ 0.5	-
8	39.8	39.2	- 0.6	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.4	+ 0.3	-
14	20.0	19.5	- 0.5	-
16	15.8	15.7	- 0.1	-
18	12.5	12.5	± 0.0	-
20	10.0	9.8	- 0.2	-
22	7.9	7.9	± 0.0	-
24	6.3	6.3	± 0.0	-
26	5.0	5.6	+ 0.6	-
30				消失せず
	+h = + 0.6 %		-h = - 1.4 %	

時間軸直線性

測定範囲	50mm	125mm	350mm	1000mm
Bn				
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h = ±3%以内、時間軸直線性: ΔX = ±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		点検結果	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G-V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.0	- 1.4	-
4	63.1	62.7	- 0.4	-
6	50.1	50.7	+ 0.6	-
8	39.8	39.3	- 0.5	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.4	+ 0.3	-
14	20.0	19.8	- 0.2	-
16	15.8	15.7	- 0.1	-
18	12.5	12.6	+ 0.1	-
20	10.0	9.9	- 0.1	-
22	7.9	8.0	+ 0.1	-
24	6.3	6.4	+ 0.1	-
26	5.0	5.6	+ 0.6	-
30				消失せず
	+h = + 0.6 %		-h = - 1.4 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h = ±3%以内、時間軸直線性: ΔX = ±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		[Redacted]	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	[Redacted]
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.0	- 1.4	-
4	63.1	62.7	- 0.4	-
6	50.1	50.4	+ 0.3	-
8	39.8	39.1	- 0.7	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.2	+ 0.1	-
14	20.0	19.4	- 0.6	-
16	15.8	15.4	- 0.4	-
18	12.5	12.2	- 0.3	-
20	10.0	9.6	- 0.4	-
22	7.9	7.7	- 0.2	-
24	6.3	6.3	± 0.0	-
26	5.0	5.6	+ 0.6	-
30				消失せず
+h = + 0.6 %		-h = - 1.4 %		

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性:h=±3%以内、時間軸直線性:ΔX=±1%以内



超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子			
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	77.8	- 1.6	-
4	63.1	62.5	- 0.6	-
6	50.1	50.2	+ 0.1	-
8	39.8	38.9	- 0.9	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.0	- 0.1	-
14	20.0	19.3	- 0.7	-
16	15.8	15.4	- 0.4	-
18	12.5	12.2	- 0.3	-
20	10.0	9.6	- 0.4	-
22	7.9	7.8	- 0.1	-
24	6.3	6.3	± 0.0	-
26	5.0	5.7	+ 0.7	-
30				消失せず
	+h= + 0.7 %		-h= - 1.6 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性:h=±3%以内、時間軸直線性:ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子			
接触媒質	マシン油	点検結果	⊕・否
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G-V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	77.8	- 1.6	-
4	63.1	62.8	- 0.3	-
6	50.1	50.7	+ 0.6	-
8	39.8	39.3	- 0.5	-
10	31.6	31.3	- 0.3	-
12	25.1	25.3	+ 0.2	-
14	20.0	19.5	- 0.5	-
16	15.8	15.6	- 0.2	-
18	12.5	12.3	- 0.2	-
20	10.0	9.5	- 0.5	-
22	7.9	7.6	- 0.3	-
24	6.3	6.2	- 0.1	-
26	5.0	5.4	+ 0.4	-
30				消失せず
	+h = + 0.6 %		-h = - 1.6 %	

時間軸直線性

測定範囲	50mm	125mm	350mm	1000mm
Bn				
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		[Redacted]	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	[Redacted]
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	77.8	- 1.6	-
4	63.1	62.9	- 0.2	-
6	50.1	50.3	+ 0.2	-
8	39.8	39.0	- 0.8	-
10	31.6	31.3	- 0.3	-
12	25.1	25.1	± 0.0	-
14	20.0	19.4	- 0.6	-
16	15.8	15.6	- 0.2	-
18	12.5	12.3	- 0.2	-
20	10.0	9.6	- 0.4	-
22	7.9	7.8	- 0.1	-
24	6.3	6.3	± 0.0	-
26	5.0	5.7	+ 0.7	-
30				消失せず
	+h= + 0.7 %		-h= - 1.6 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h=±3%以内、時間軸直線性: ΔX=±1%以内

超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子		点検結果	
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.4	- 1.0	-
4	63.1	63.2	+ 0.1	-
6	50.1	50.7	+ 0.6	-
8	39.8	39.3	- 0.5	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.3	+ 0.2	-
14	20.0	19.7	- 0.3	-
16	15.8	15.7	- 0.1	-
18	12.5	12.4	- 0.1	-
20	10.0	9.7	- 0.3	-
22	7.9	7.9	± 0.0	-
24	6.3	6.3	± 0.0	-
26	5.0	5.8	+ 0.8	-
30				消失せず
	+h = + 0.8 %		-h = - 1.0 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX (%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

備考

・JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性: h = ±3%以内、時間軸直線性: ΔX = ±1%以内



超音波探傷器性能試験成績書 (JIS Z 2352-1992)

使用探傷器		承認	担当
使用探触子			
接触媒質	マシン油		
試験片	STB-A1, A2, V2, V8	点検者	
	STB-G・V15-5.6		
	RV-ISI用時間軸検定用試験片	試験実施日	平成26年10月21日
探傷器調度		有効期限	平成27年10月20日

増幅直線性

dB	理想値 (%)	測定値 (%)	d(±) (%)	エコーの消失
0	100.0	100.0	± 0.0	-
2	79.4	78.8	- 0.6	-
4	63.1	63.7	+ 0.6	-
6	50.1	50.9	+ 0.8	-
8	39.8	39.6	- 0.2	-
10	31.6	31.4	- 0.2	-
12	25.1	25.5	+ 0.4	-
14	20.0	19.8	- 0.2	-
16	15.8	15.9	+ 0.1	-
18	12.5	12.6	+ 0.1	-
20	10.0	9.8	- 0.2	-
22	7.9	8.0	+ 0.1	-
24	6.3	6.4	+ 0.1	-
26	5.0	5.8	+ 0.8	-
30				消失せず
	+h= + 0.8 %		-h= - 0.6 %	

時間軸直線性

測定範囲 Bn	50mm	125mm	350mm	1000mm
B 2	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm	a2= 0 mm
B 3	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm	a3= 0 mm
B 4	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm	a4= 0 mm
B 5	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm	a5= 0 mm
ΔX(%)	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

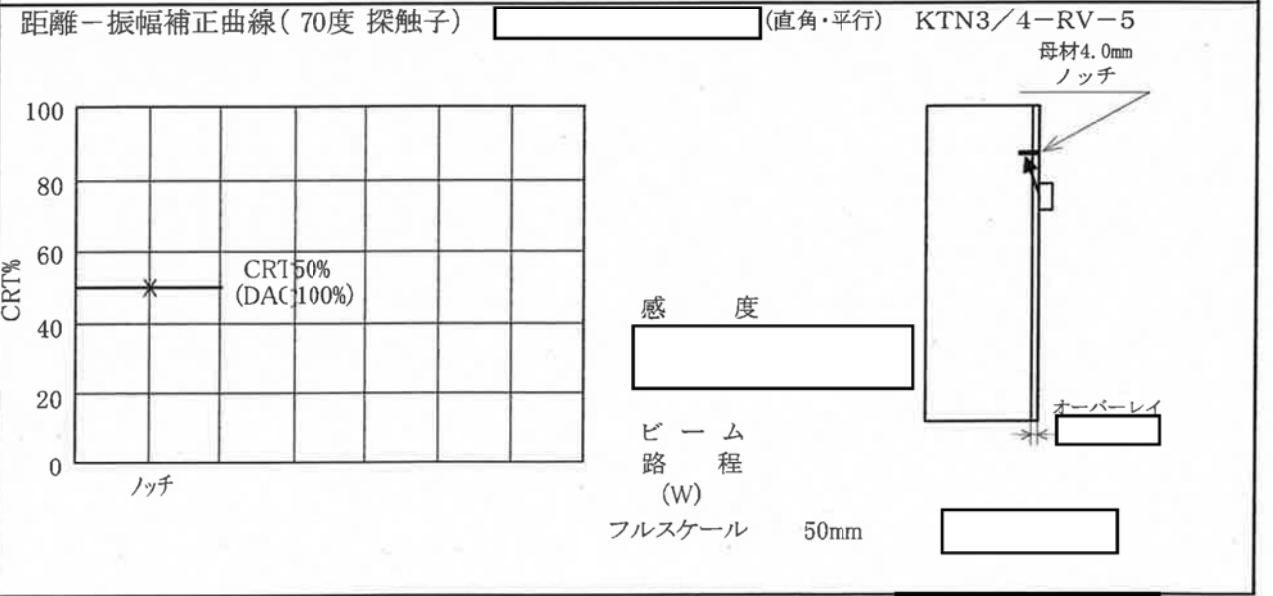
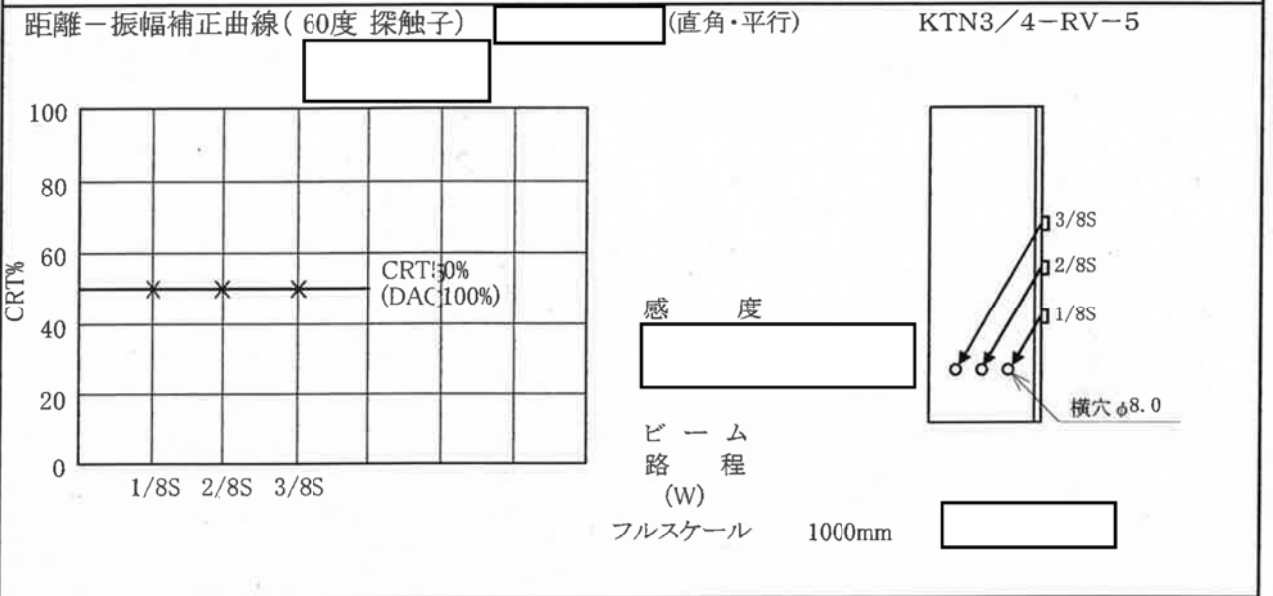
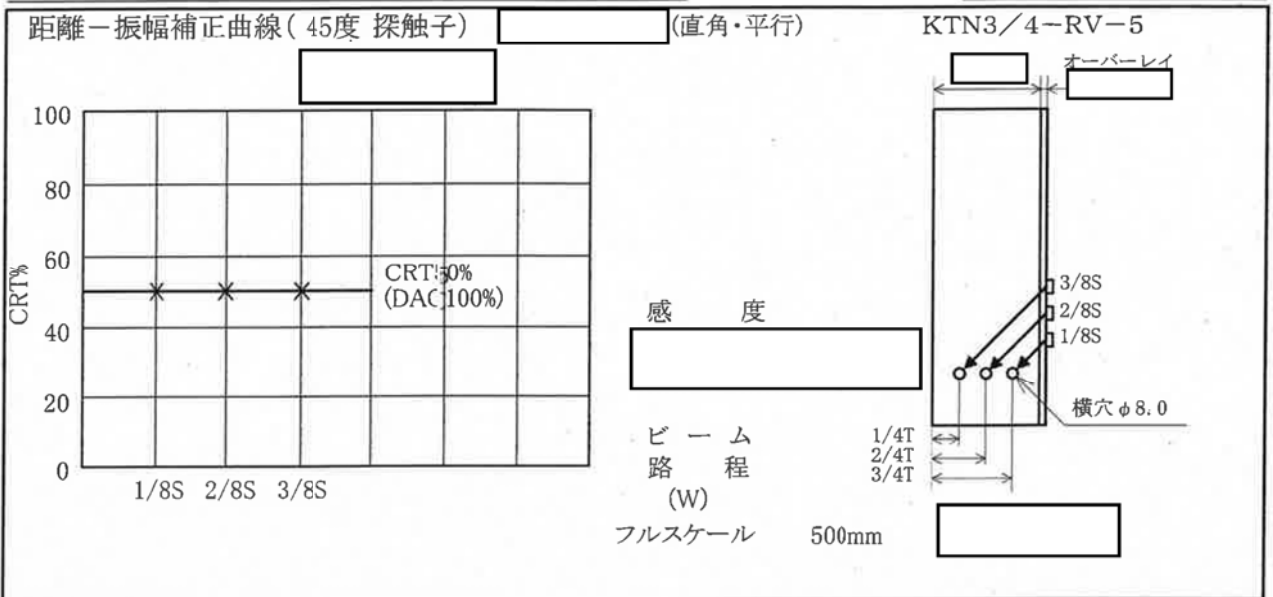
備考

\*JEAC4207-2008年版の校正要領に基づき合否判定は以下のとする。  
増幅直線性:h=±3%以内、時間軸直線性:ΔX=±1%以内

# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴

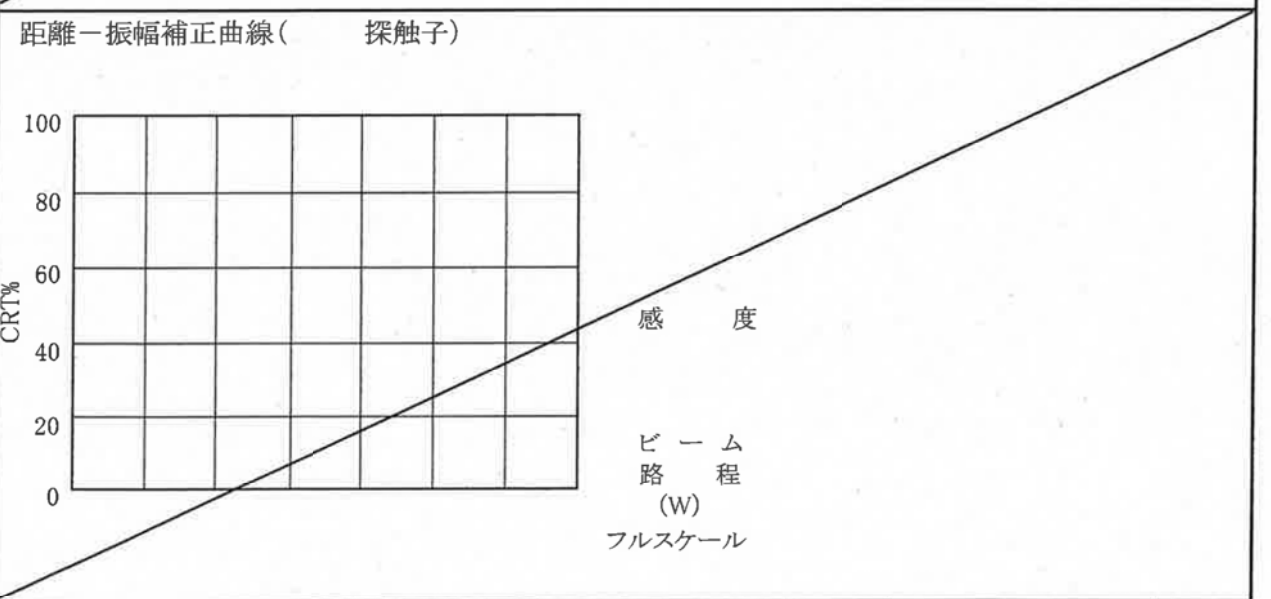
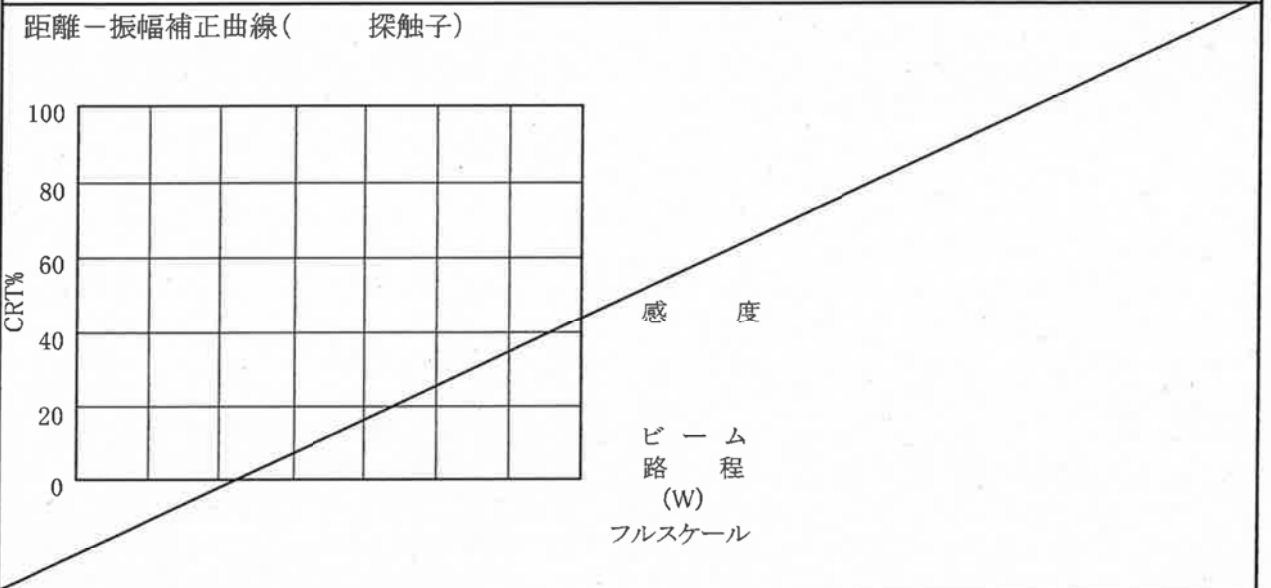
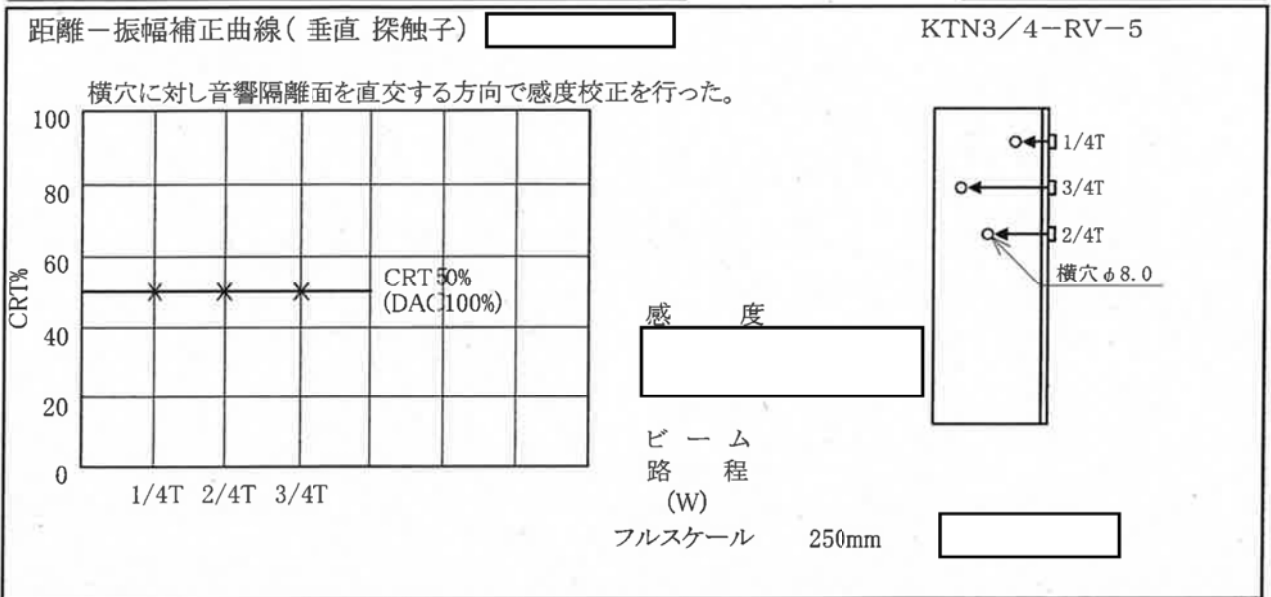
溶接線番号 -



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴

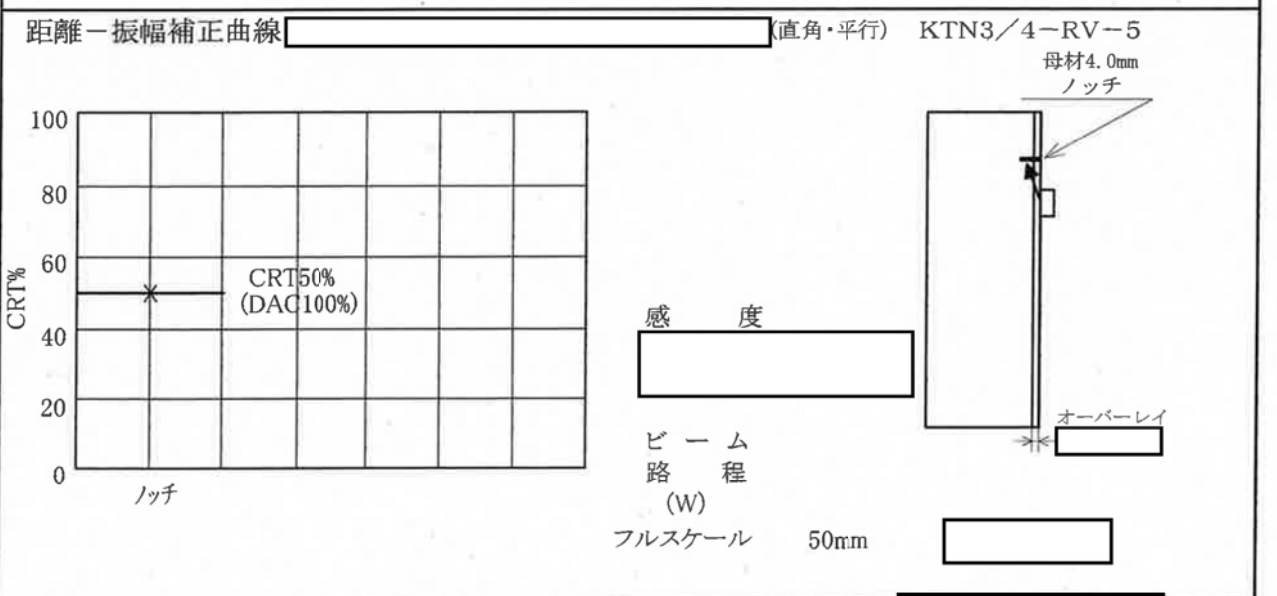
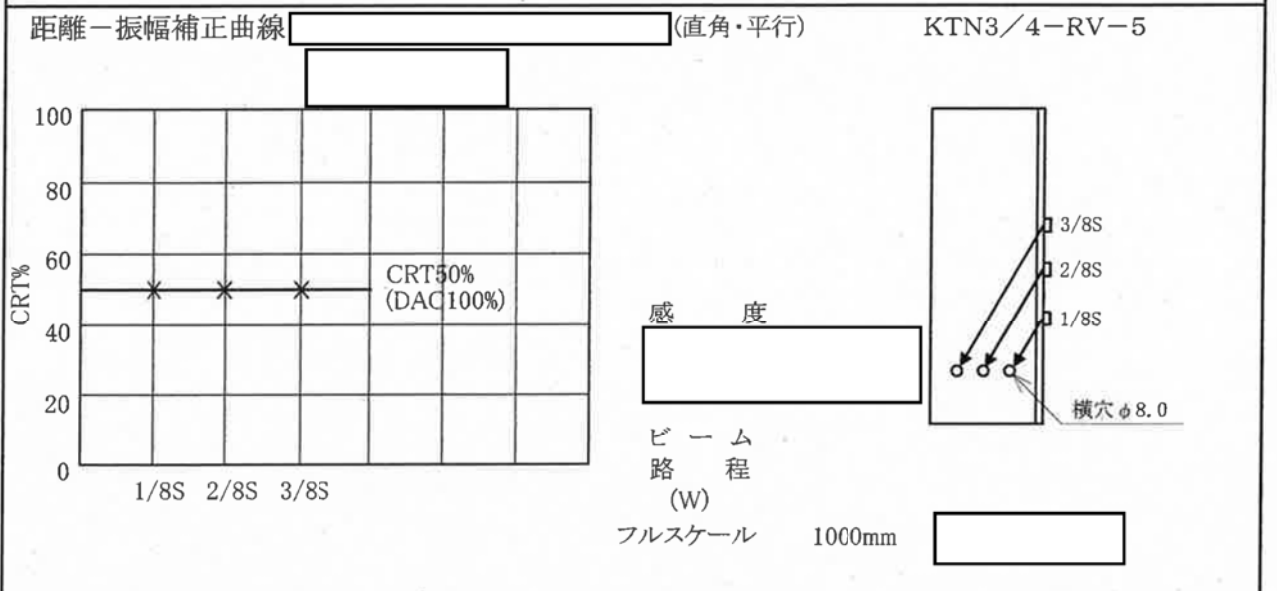
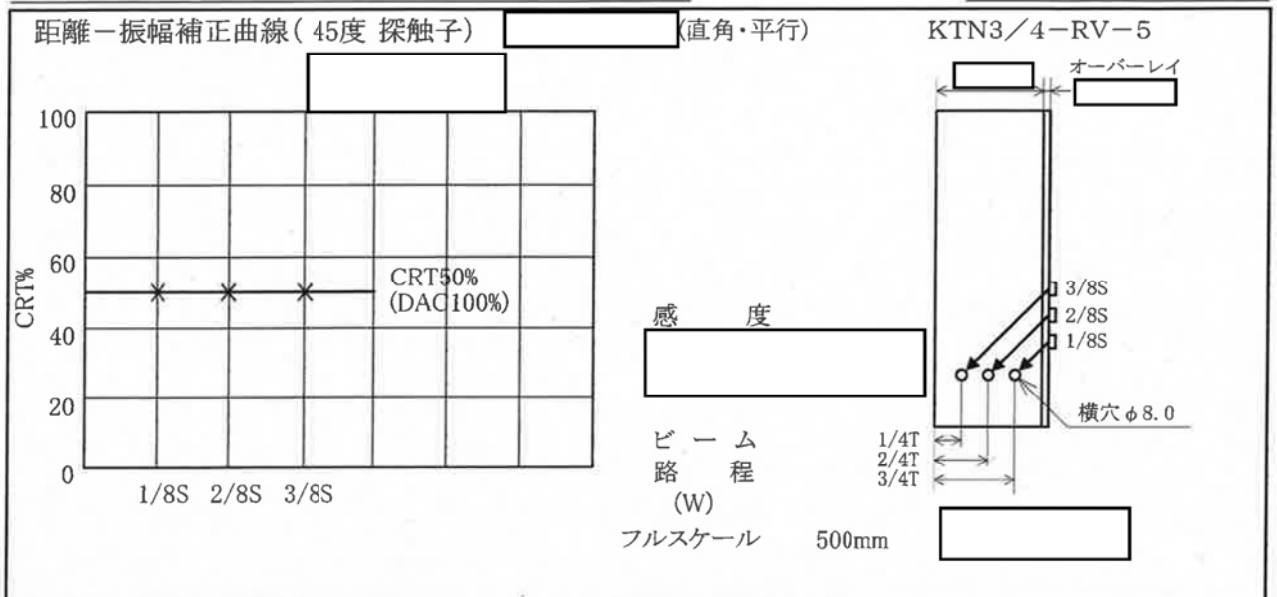
溶接線番号 -



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴

溶接線番号 -





# 超音波探傷試験 (UT) 記録

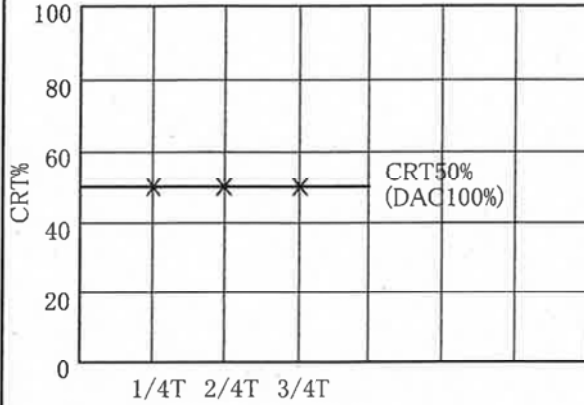
試験箇所 中間胴

溶接線番号 -

距離-振幅補正曲線 (垂直 探触子)

KTN3/4-RV-5

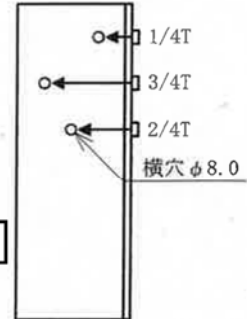
横穴に対し音響隔離面を直交する方向で感度校正を行った。



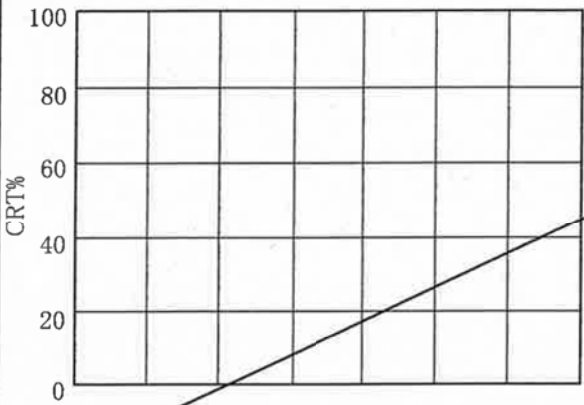
感 度

ビーム  
路 程  
(W)

フルスケール 250mm



距離-振幅補正曲線 ( 探触子)

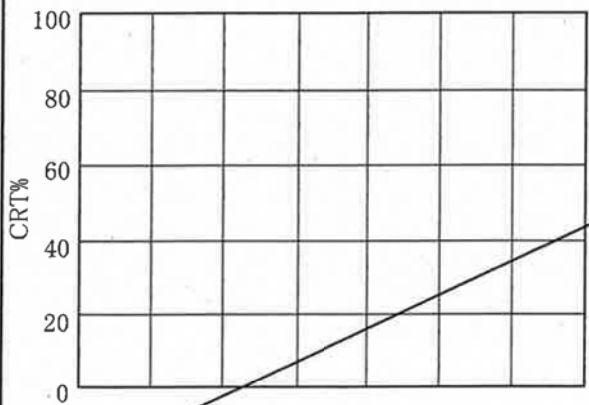


感 度

ビーム  
路 程  
(W)

フルスケール

距離-振幅補正曲線 ( 探触子)



感 度

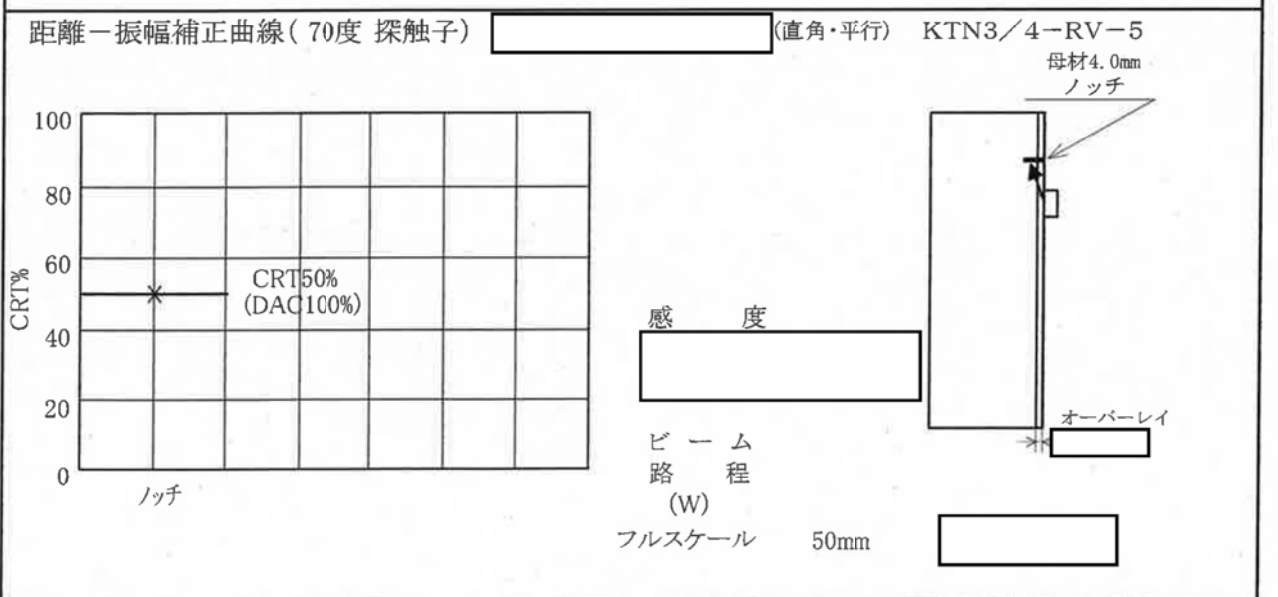
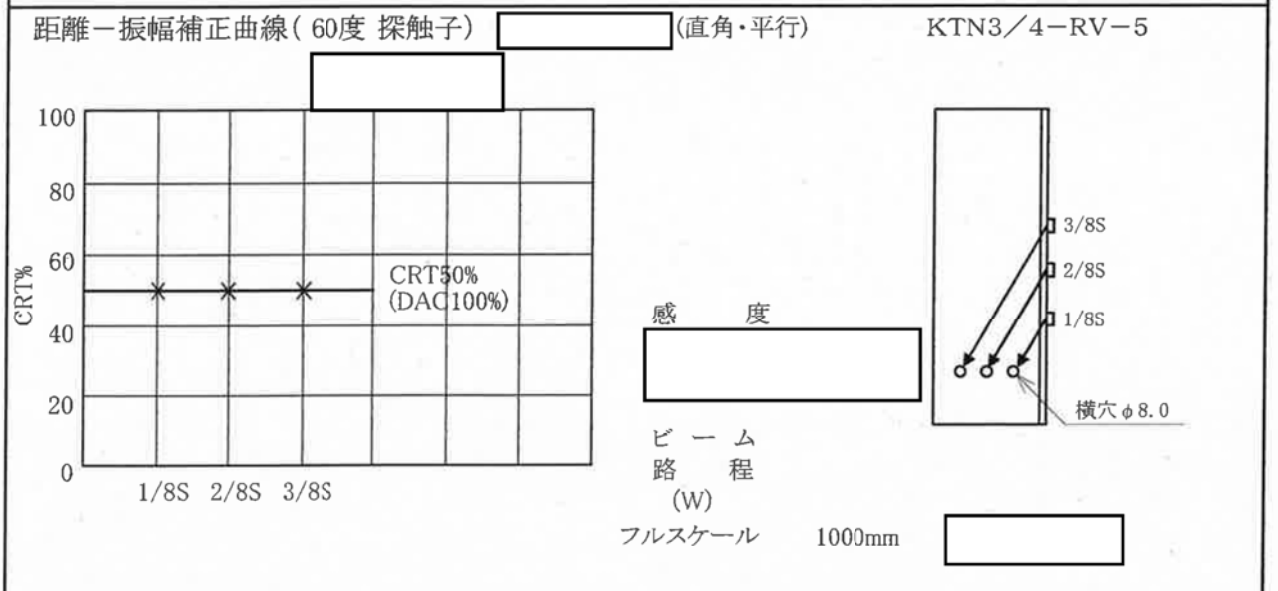
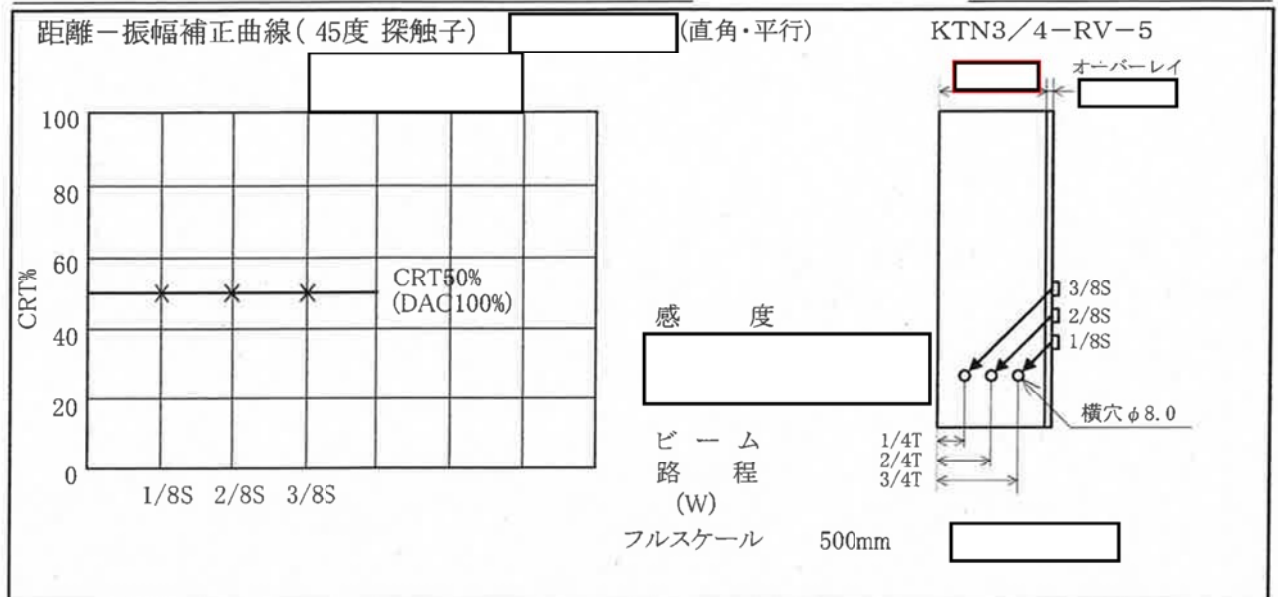
ビーム  
路 程  
(W)

フルスケール

超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴

溶接線番号 -



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

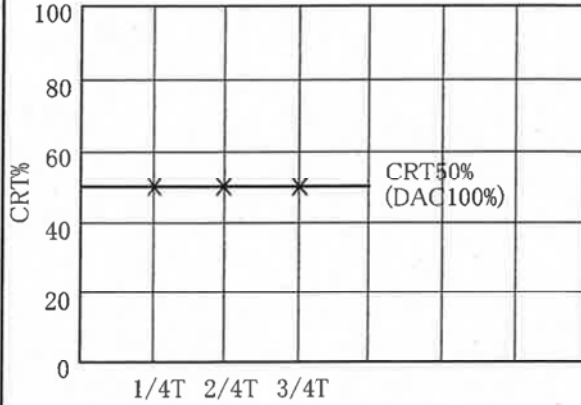
試験箇所 下部胴

溶接線番号 -

距離-振幅補正曲線 (垂直 探触子)

KTN3/4-RV-5

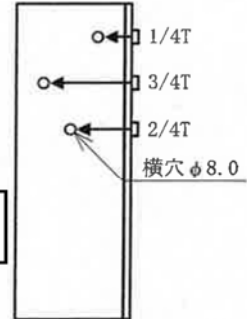
横穴に対し音響隔離面を直交する方向で感度校正を行った。



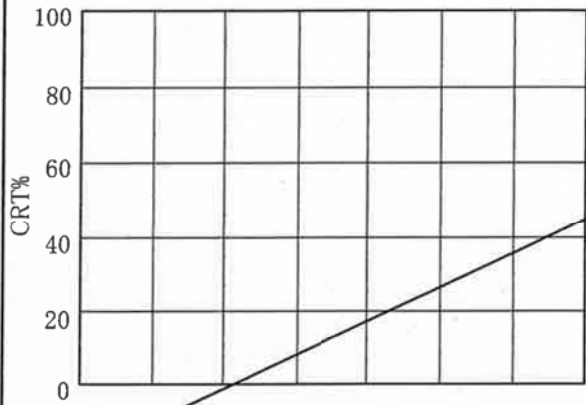
感 度

ビーム  
路 程  
(W)

フルスケール 250mm



距離-振幅補正曲線 ( 探触子)

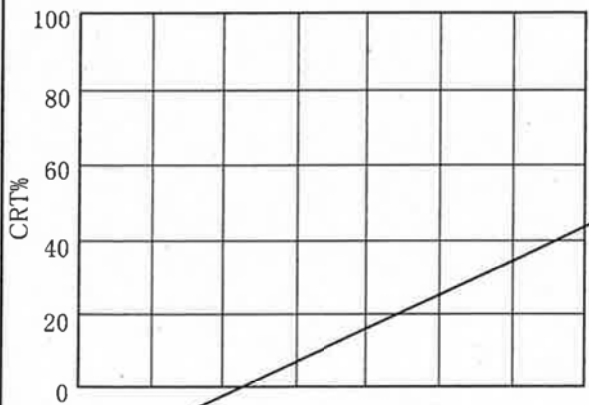


感 度

ビーム  
路 程  
(W)

フルスケール

距離-振幅補正曲線 ( 探触子)



感 度

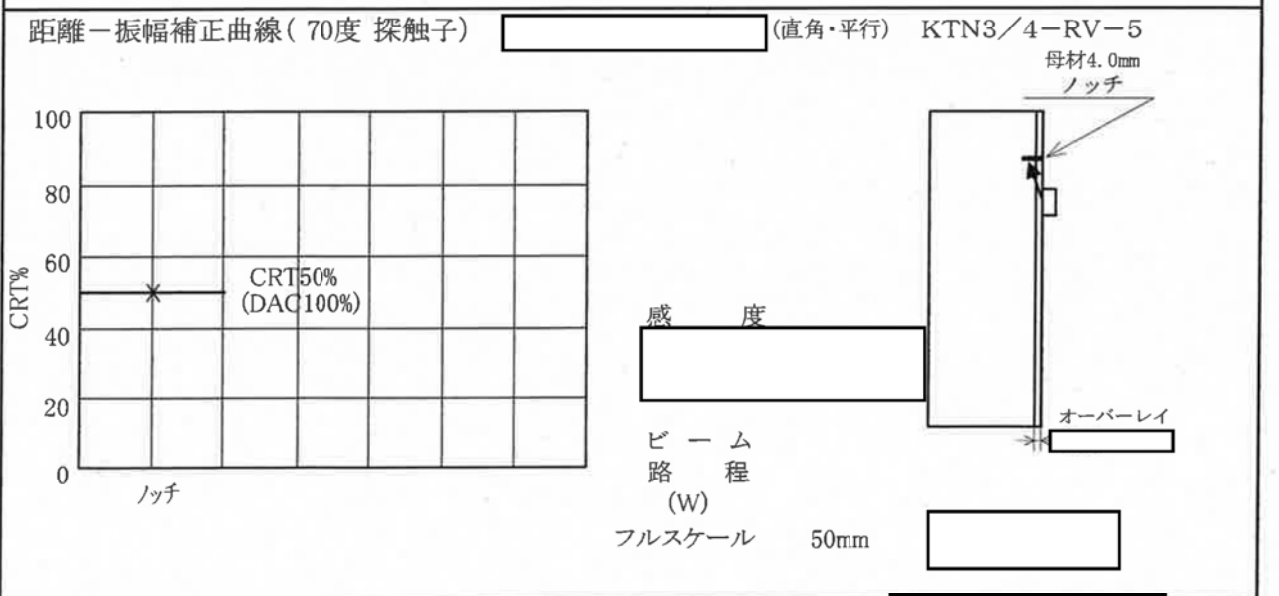
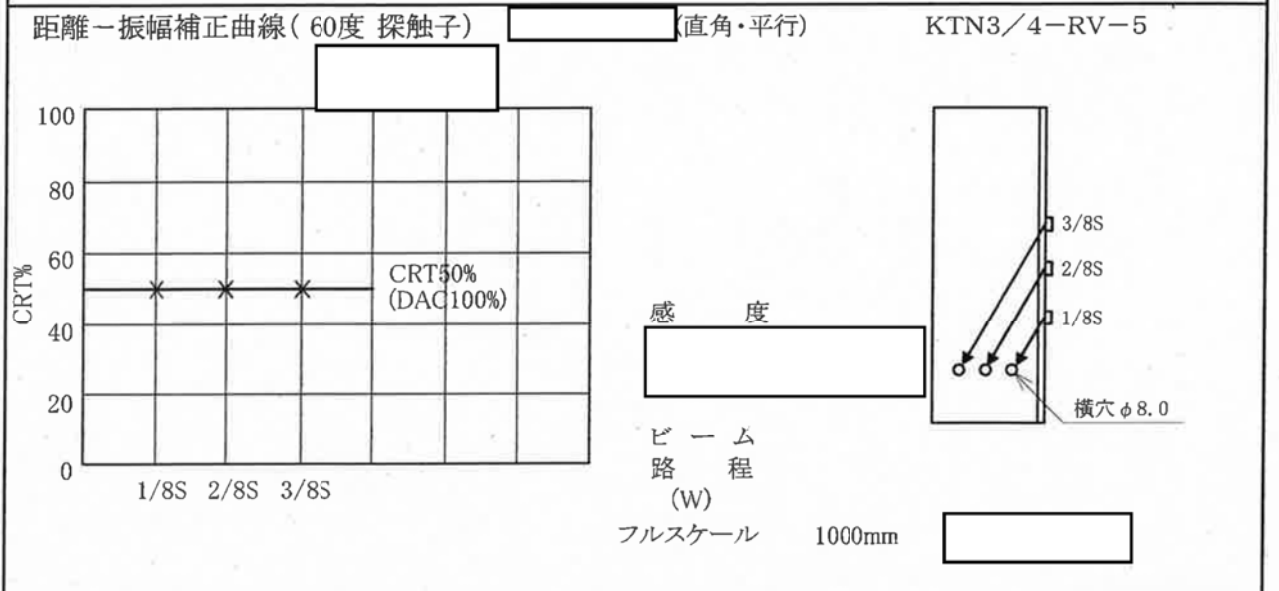
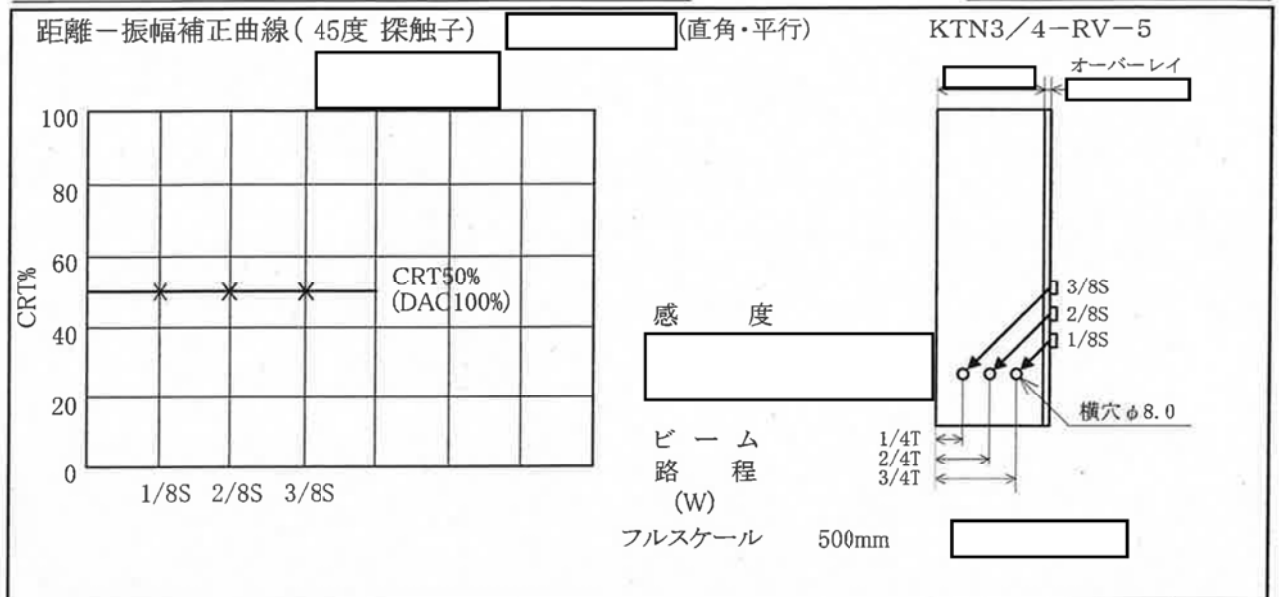
ビーム  
路 程  
(W)

フルスケール

超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴

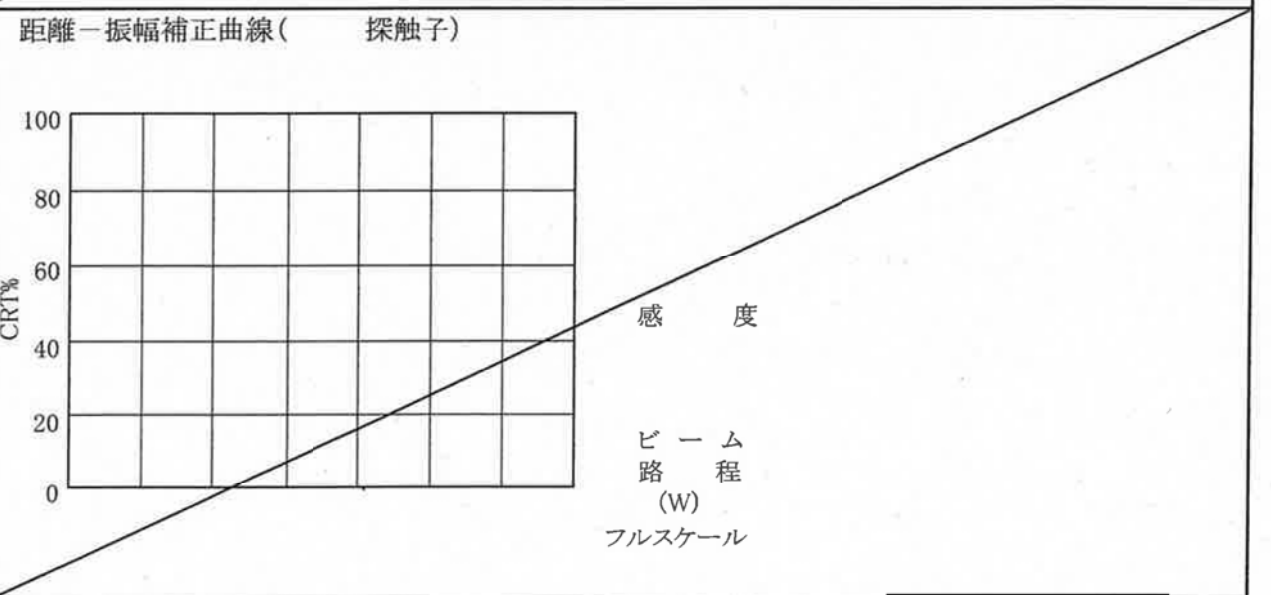
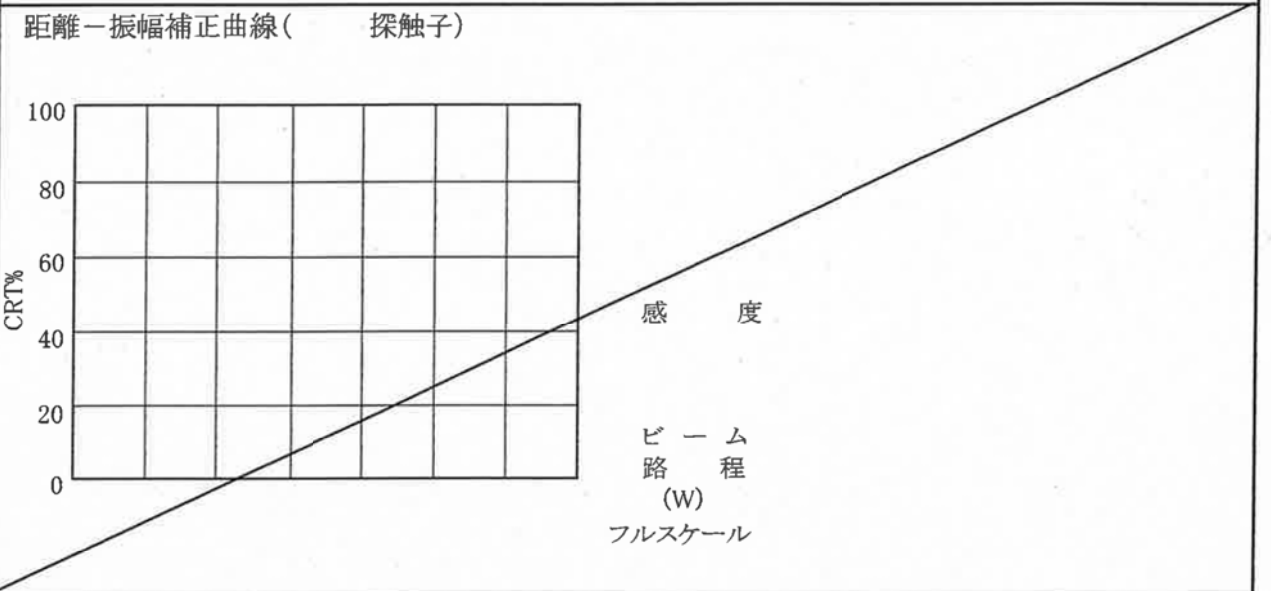
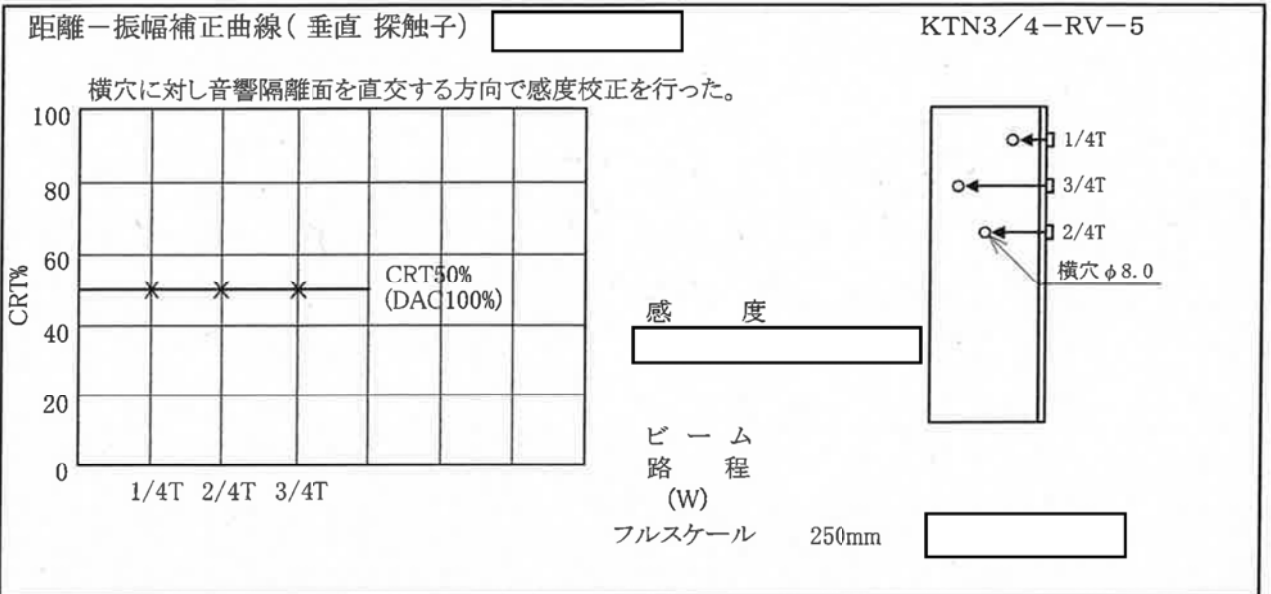
溶接線番号 -



超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴

溶接線番号 -

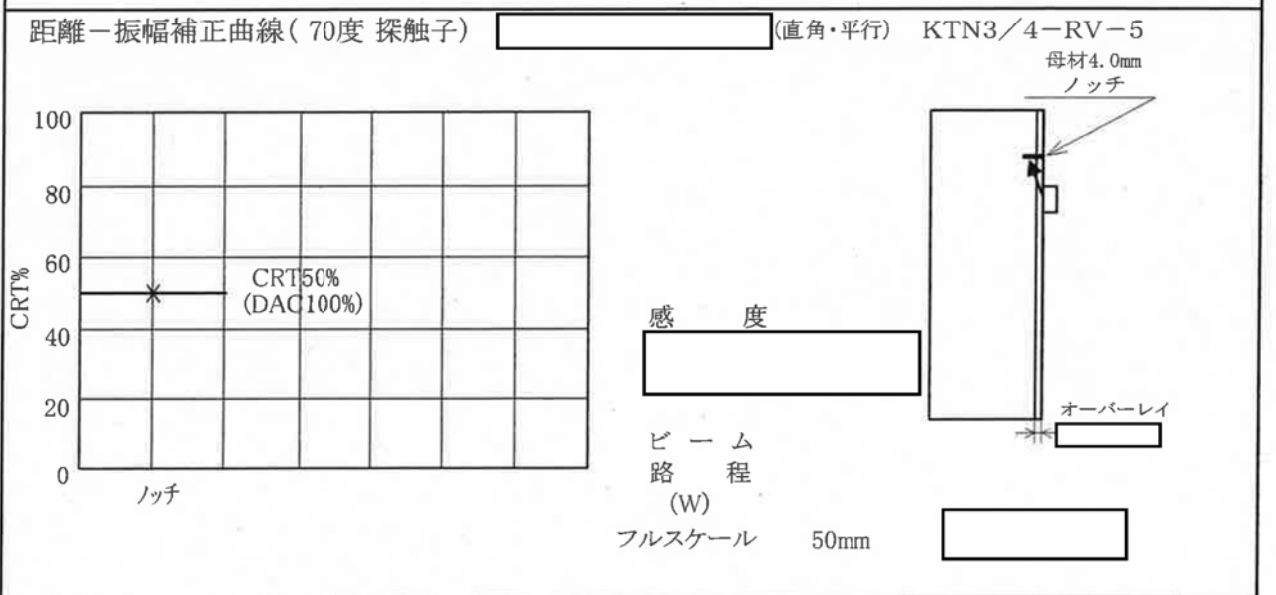
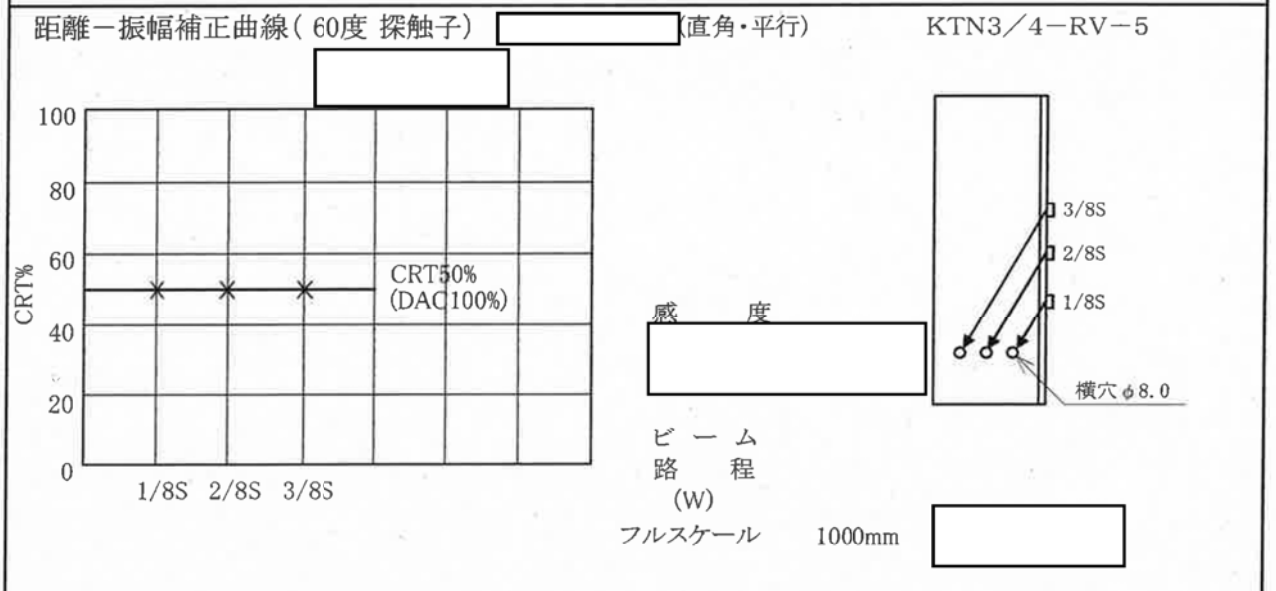
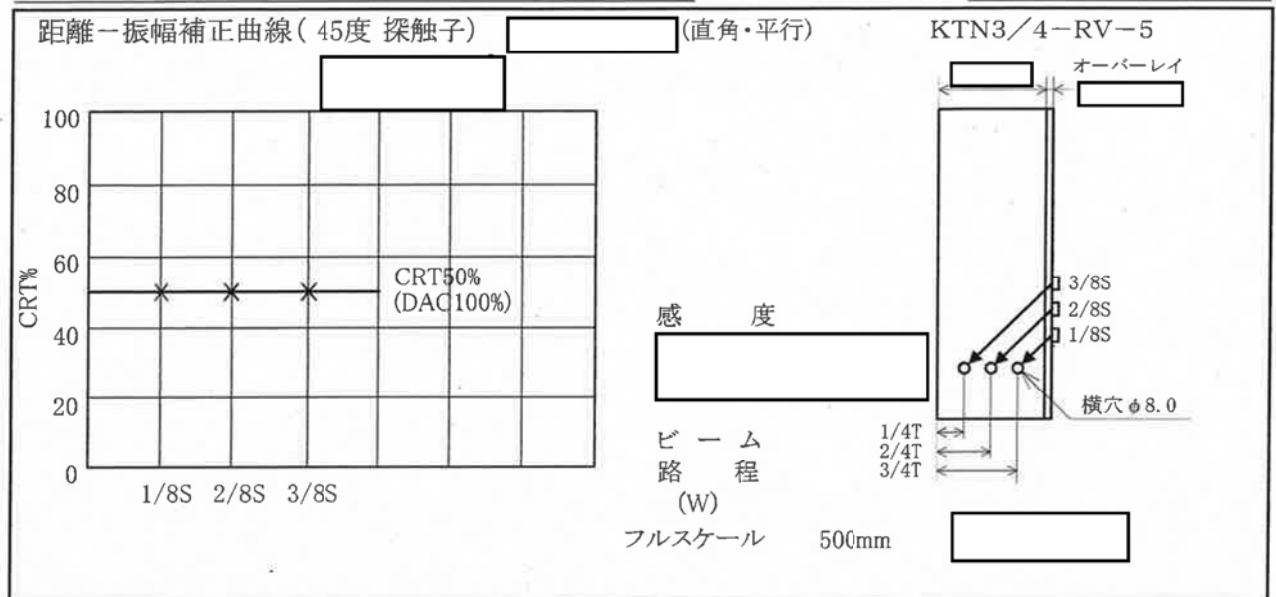




超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴と下部胴との周継手

溶接線番号 W-501-8

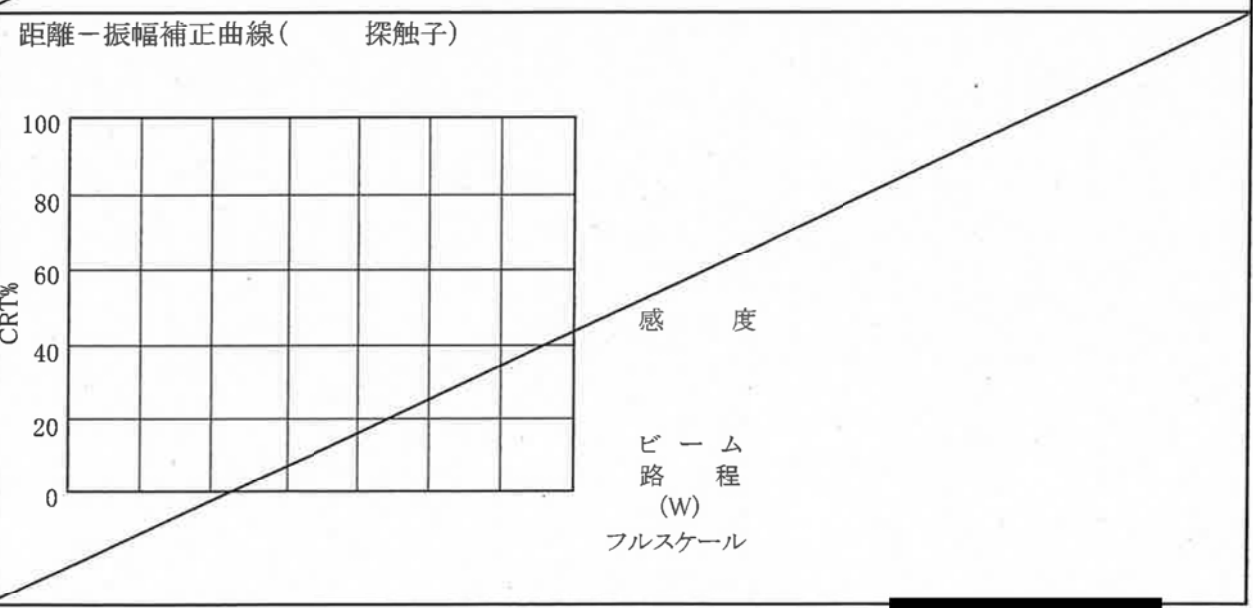
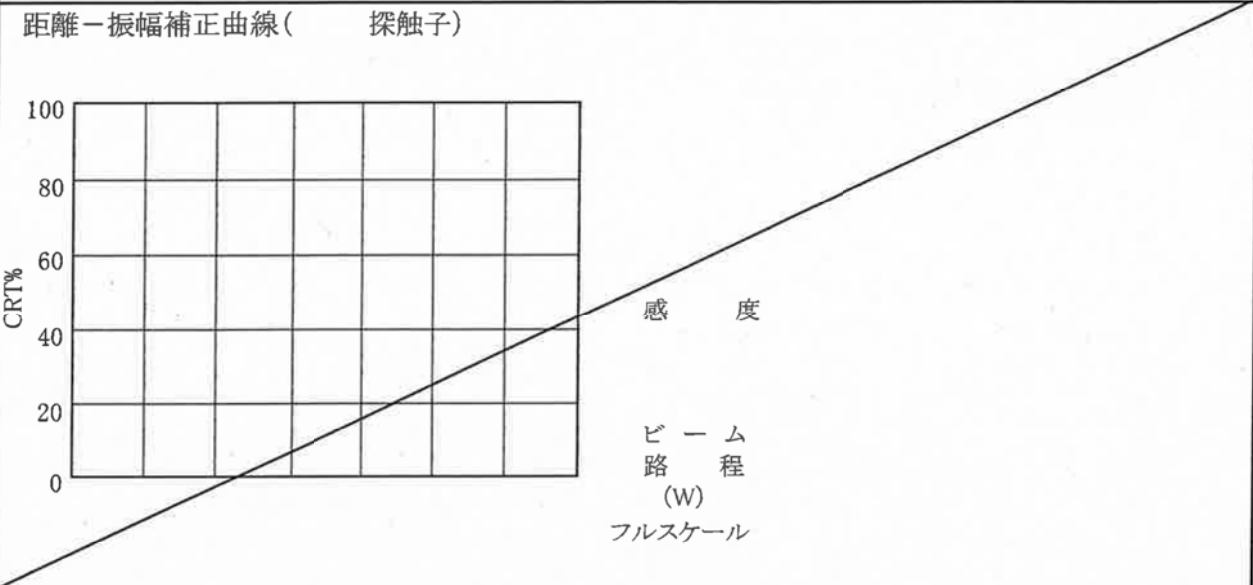
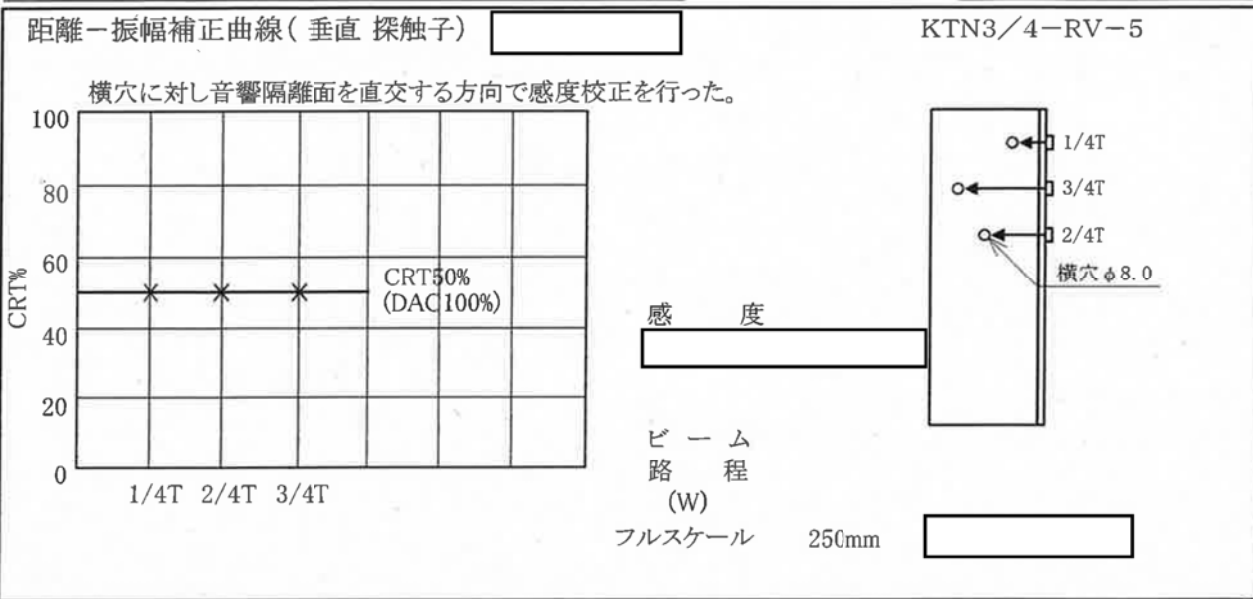


# 超音波探傷試験 (UT) 記録

高浜1-特別点検 (原子炉容器) -7  
添付-2 (10/22)

試験箇所 中間胴と下部胴との周継手

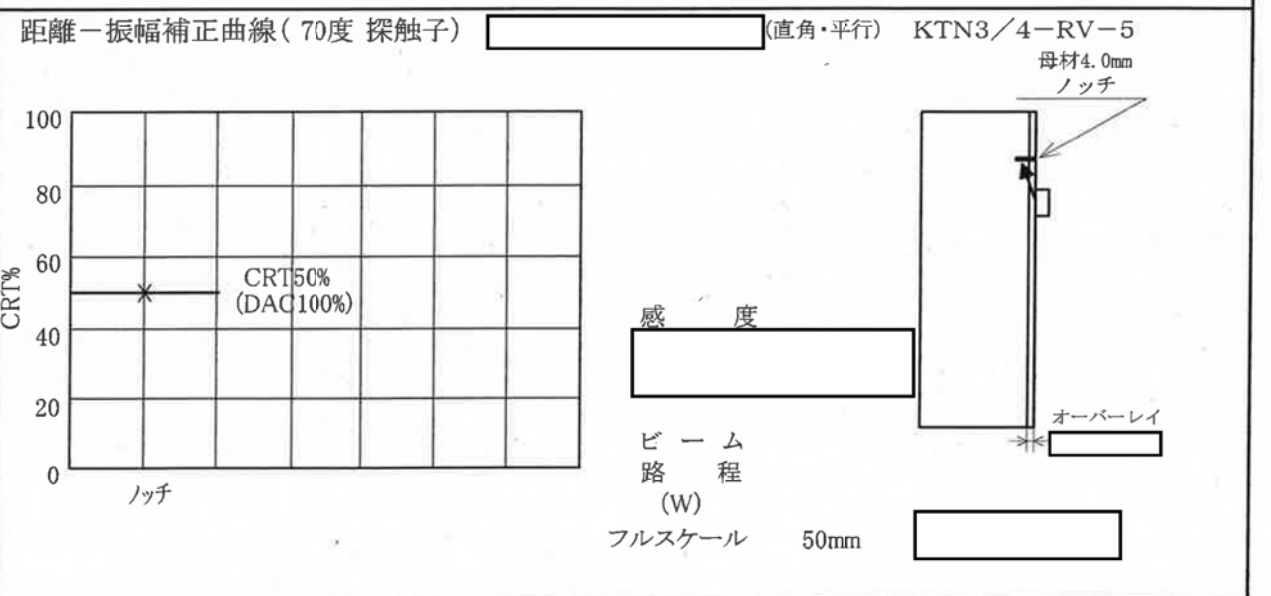
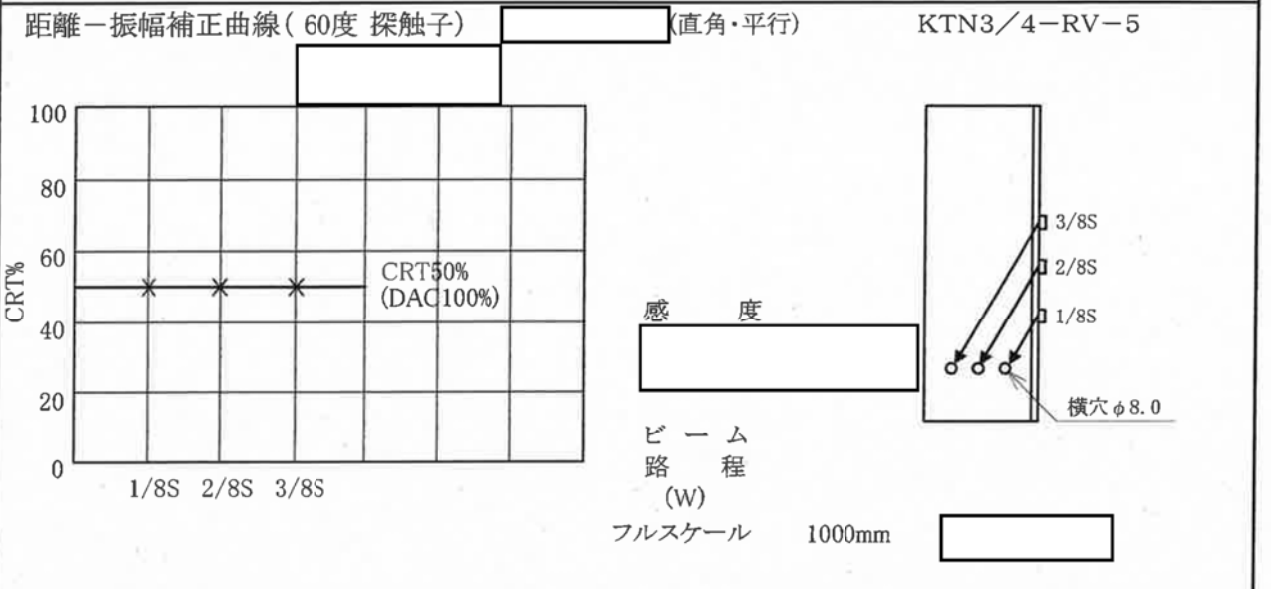
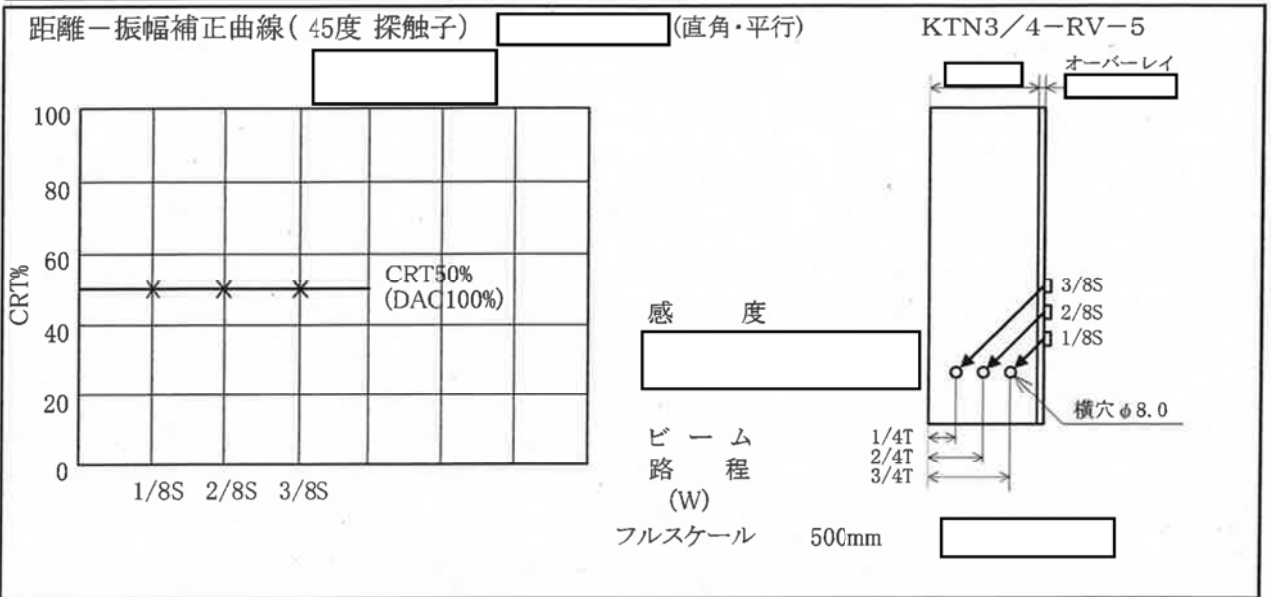
溶接線番号 W-501-8



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴の長手継手

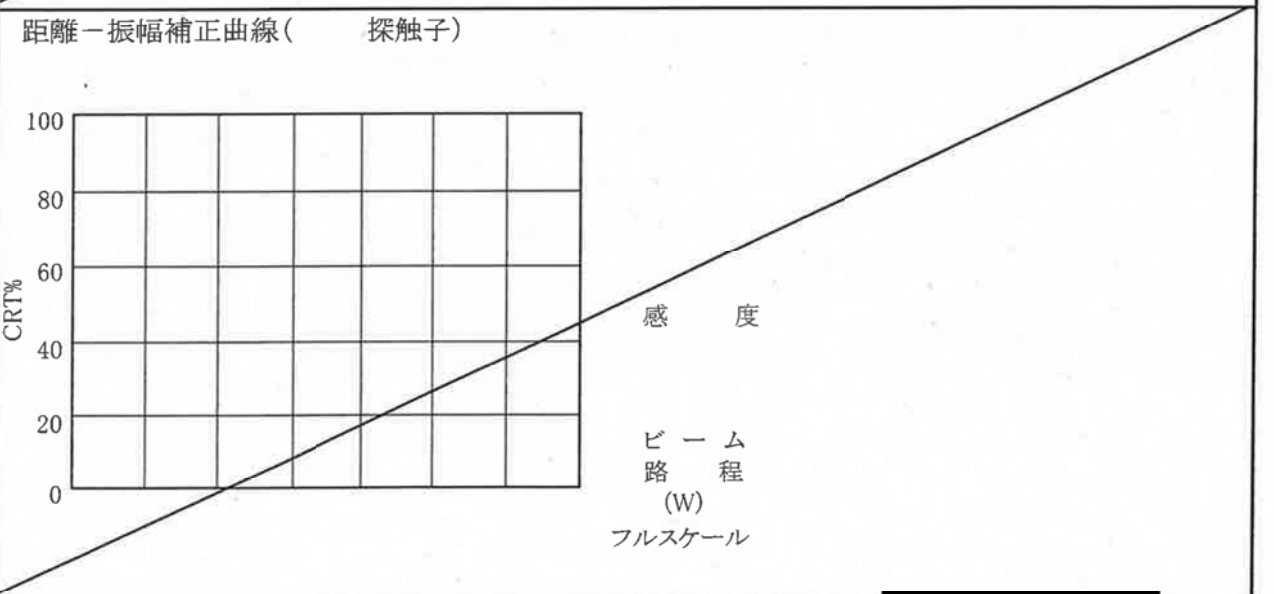
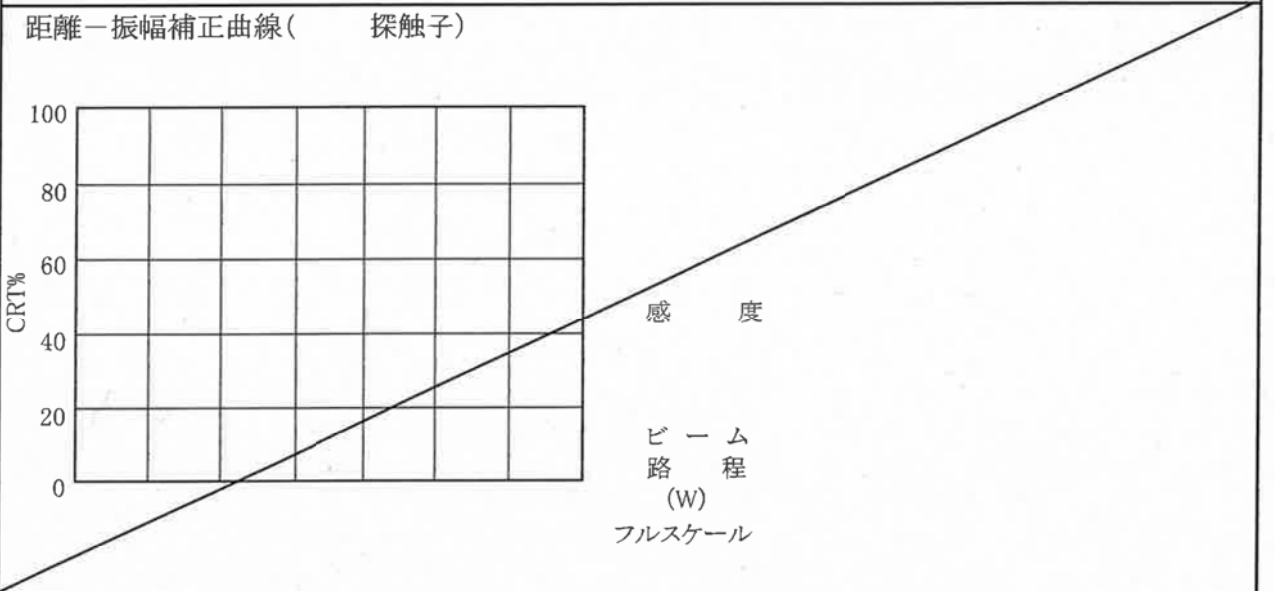
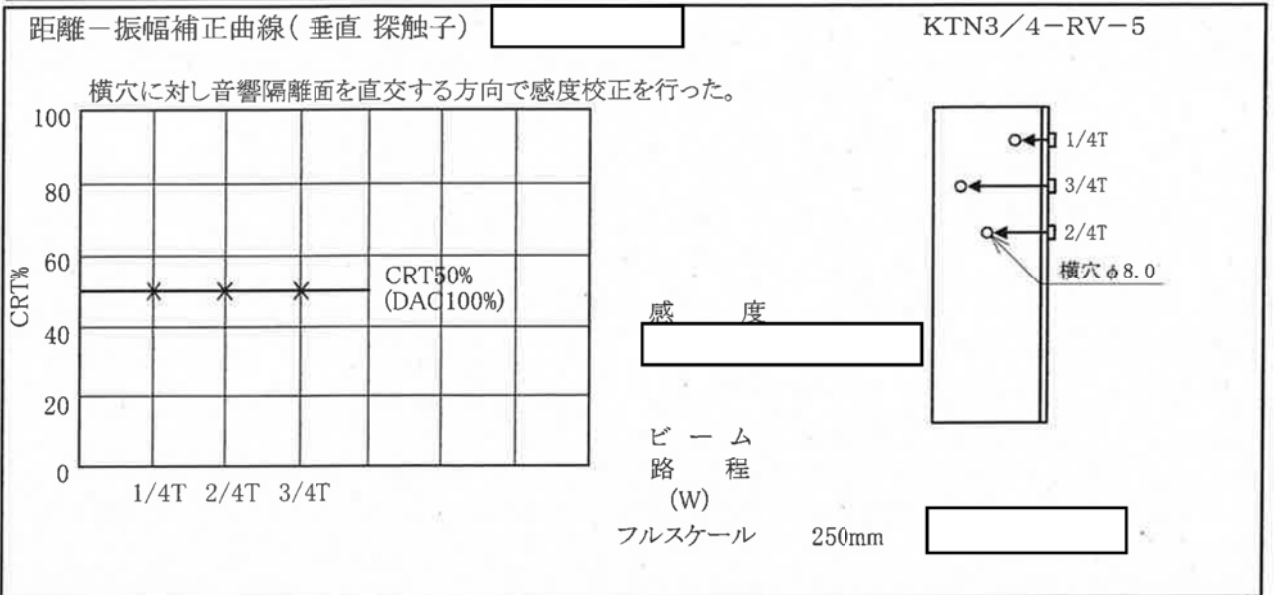
溶接線番号 W-501-1A



超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴の長手継手

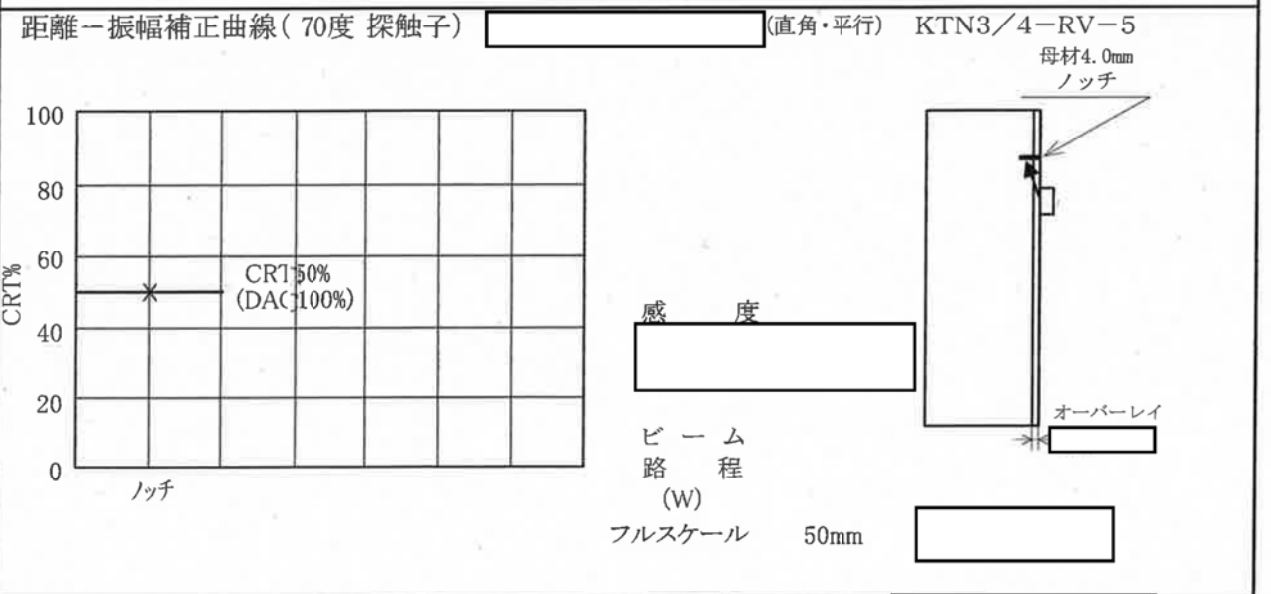
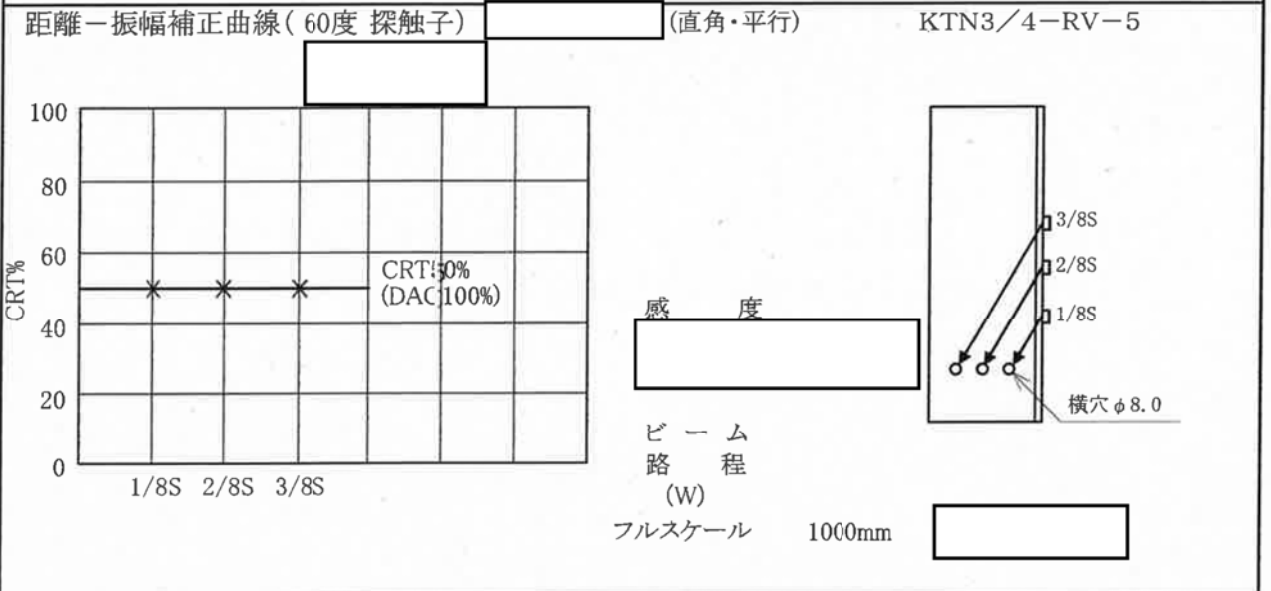
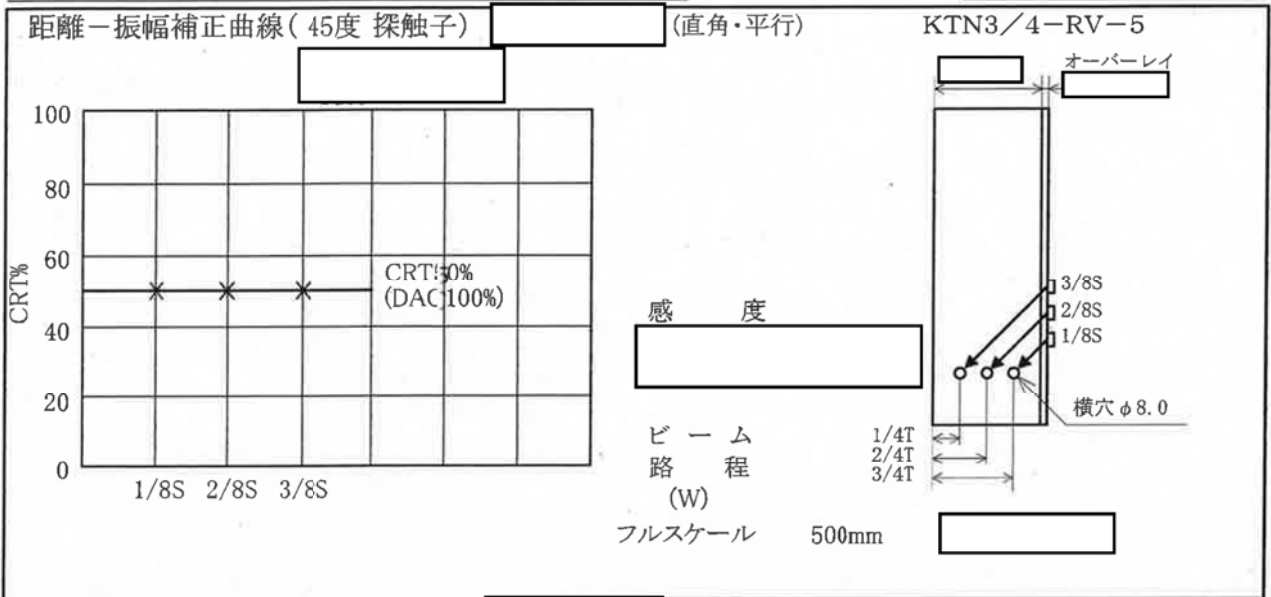
溶接線番号 W-501-1A



超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴の長手継手

溶接線番号 W-501-1B

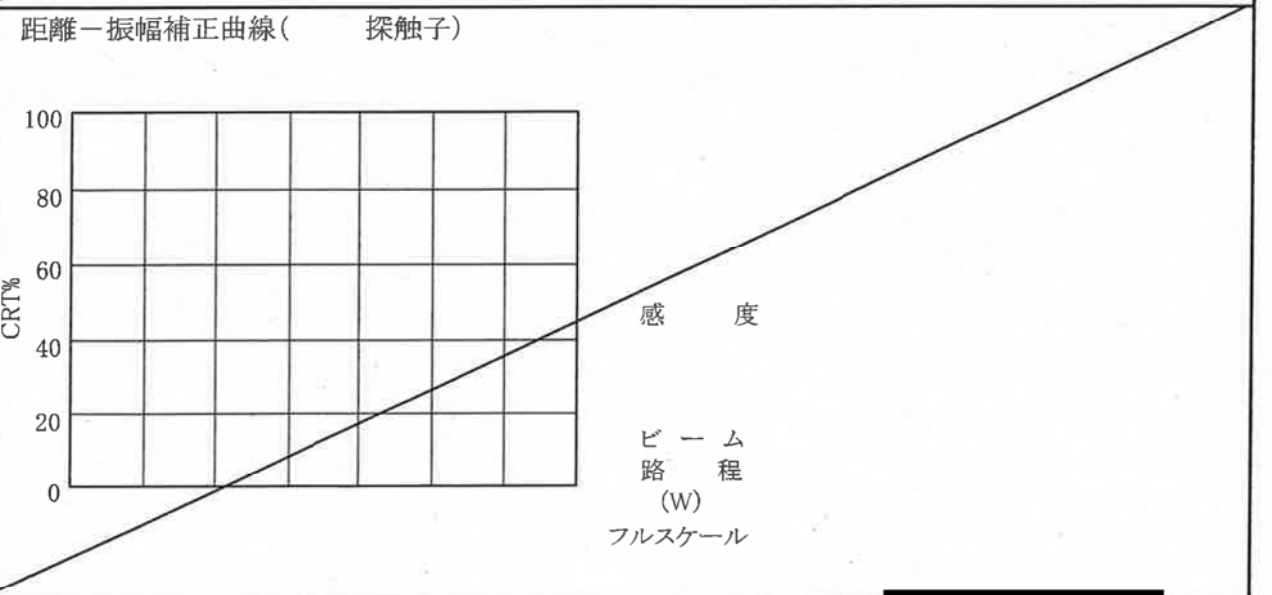
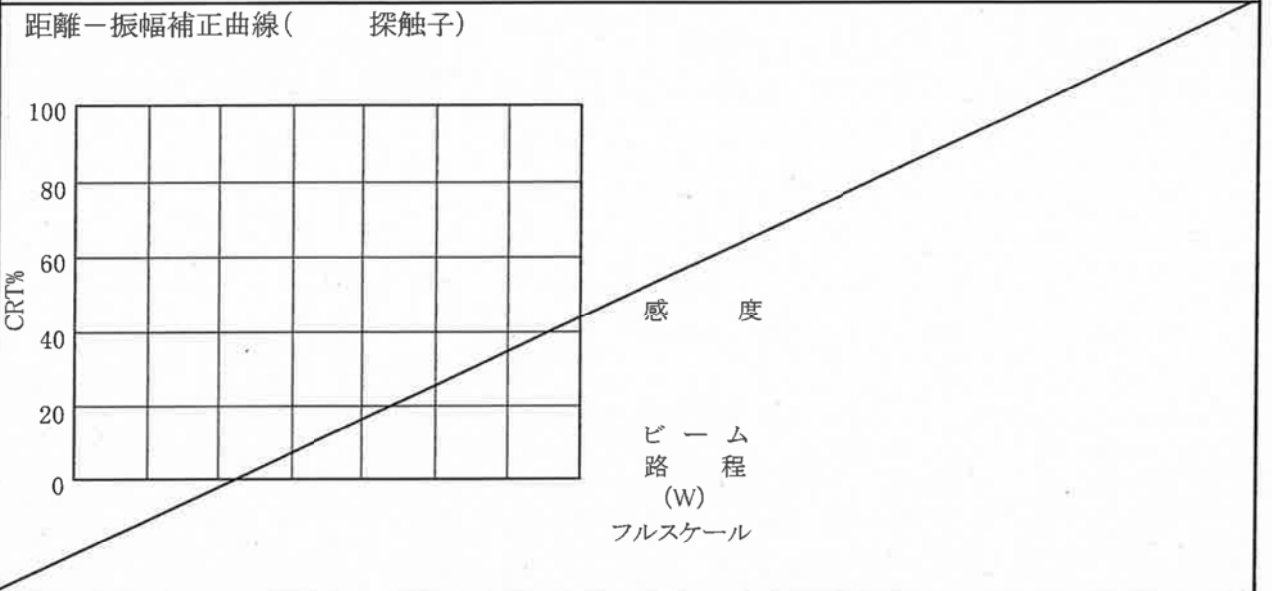
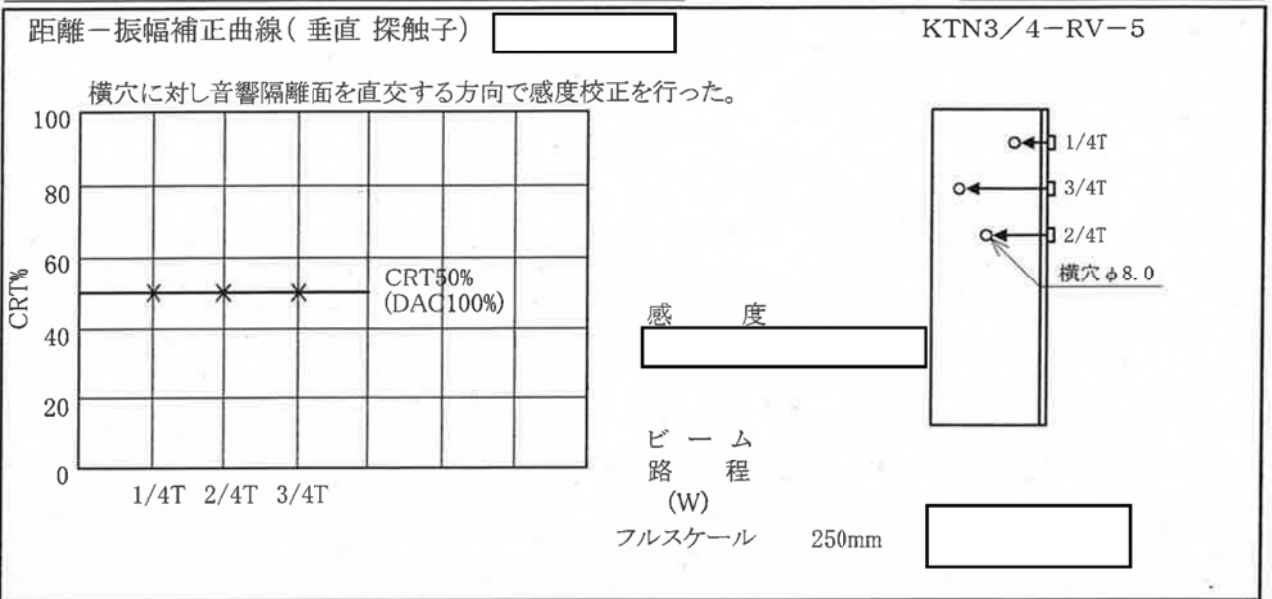




# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴の長手継手

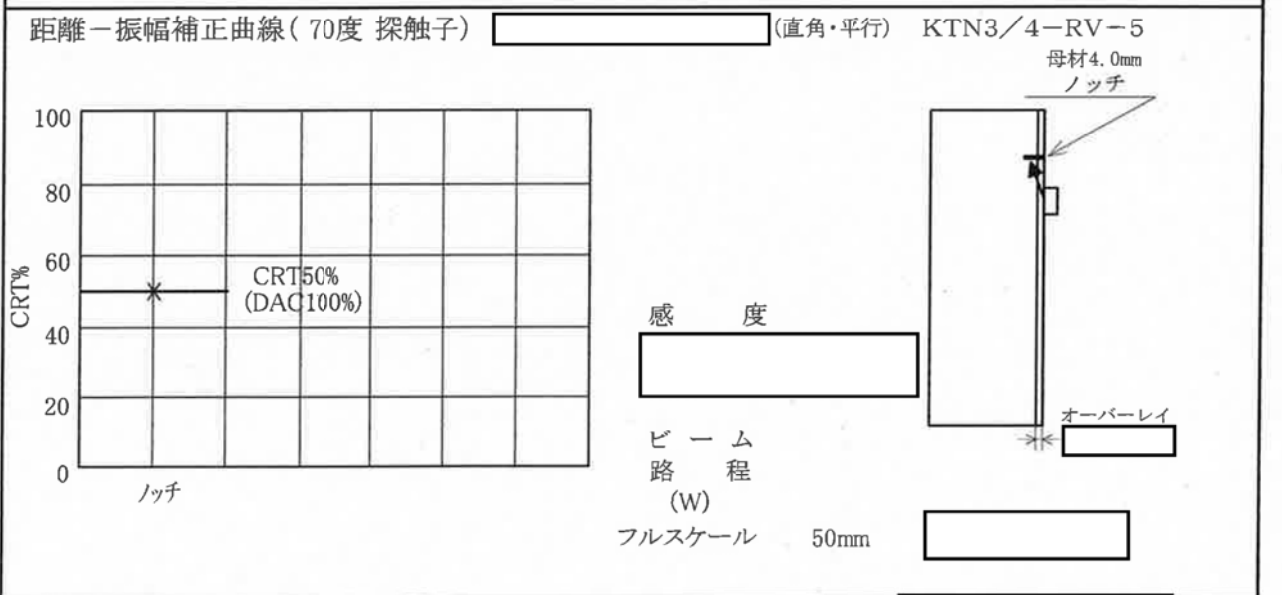
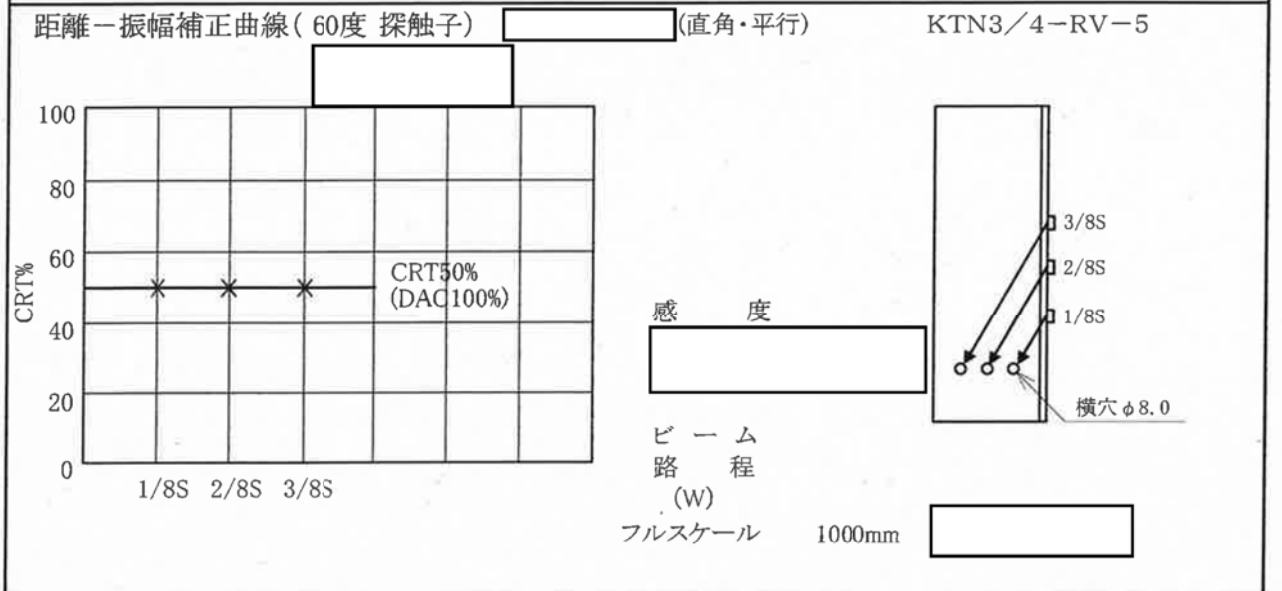
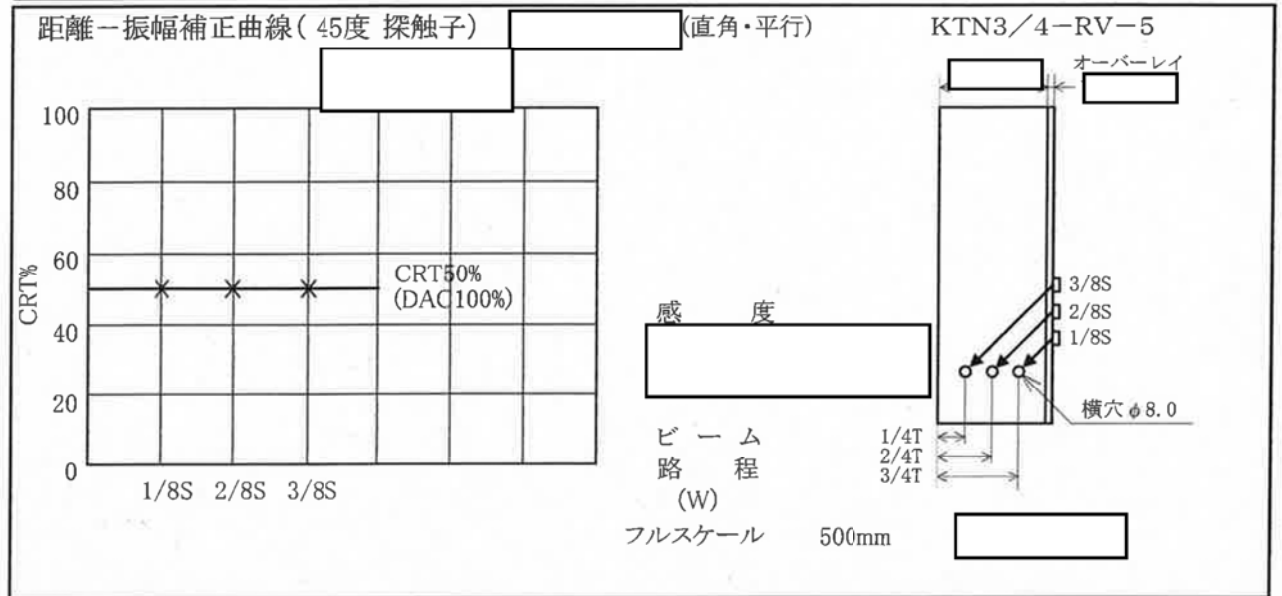
溶接線番号 W-501-1B



超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴の長手継手

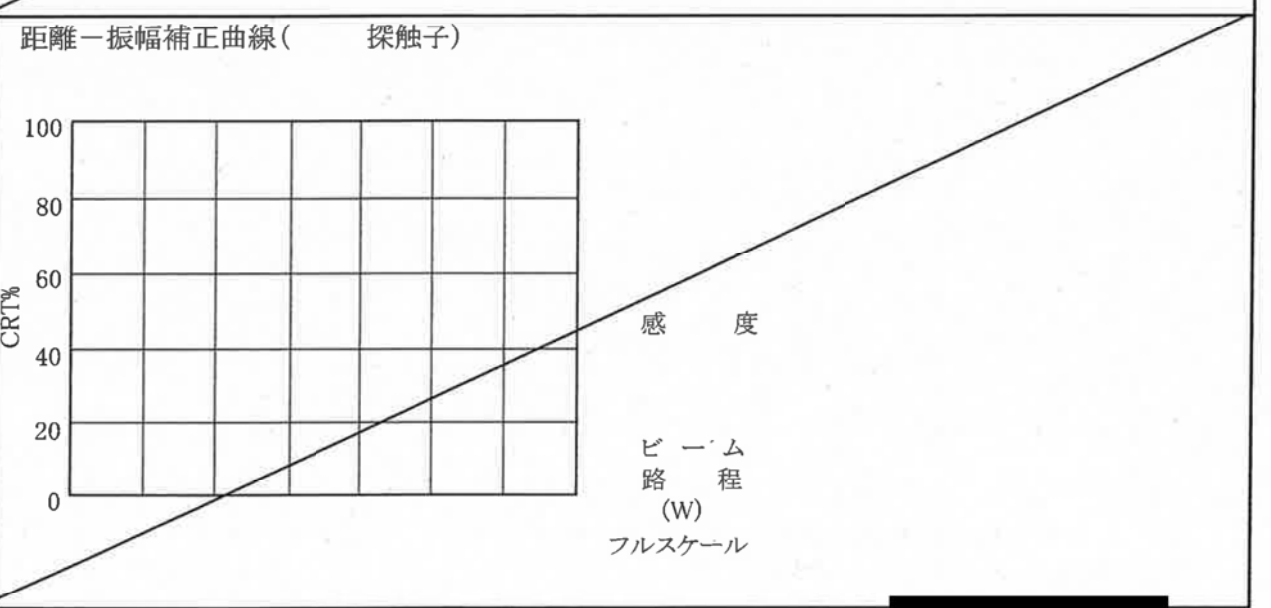
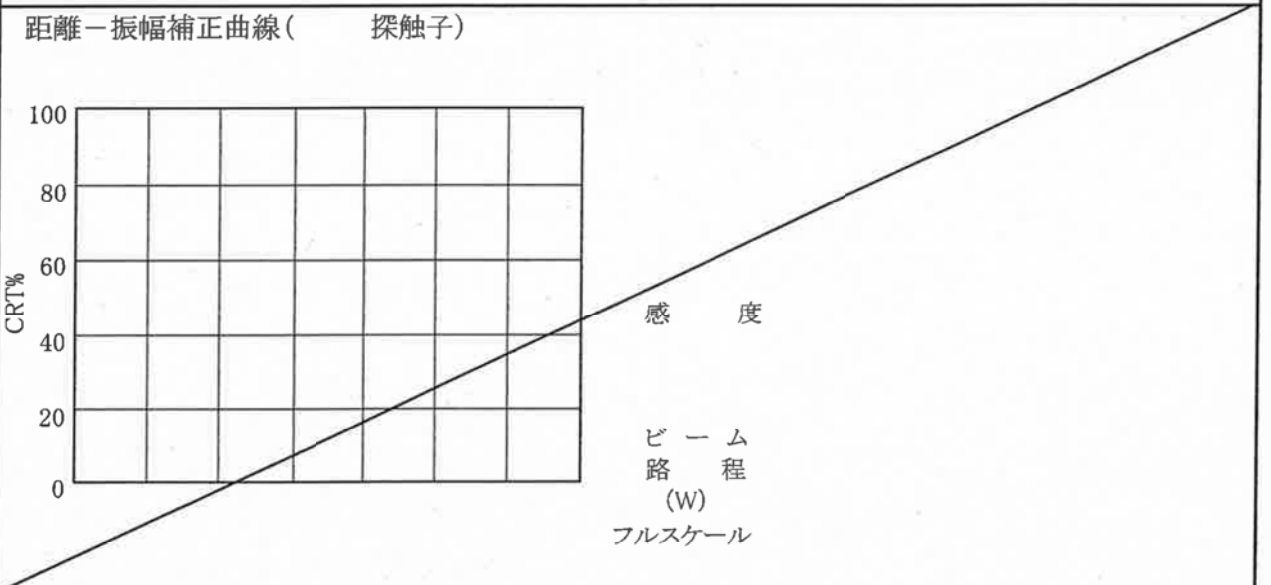
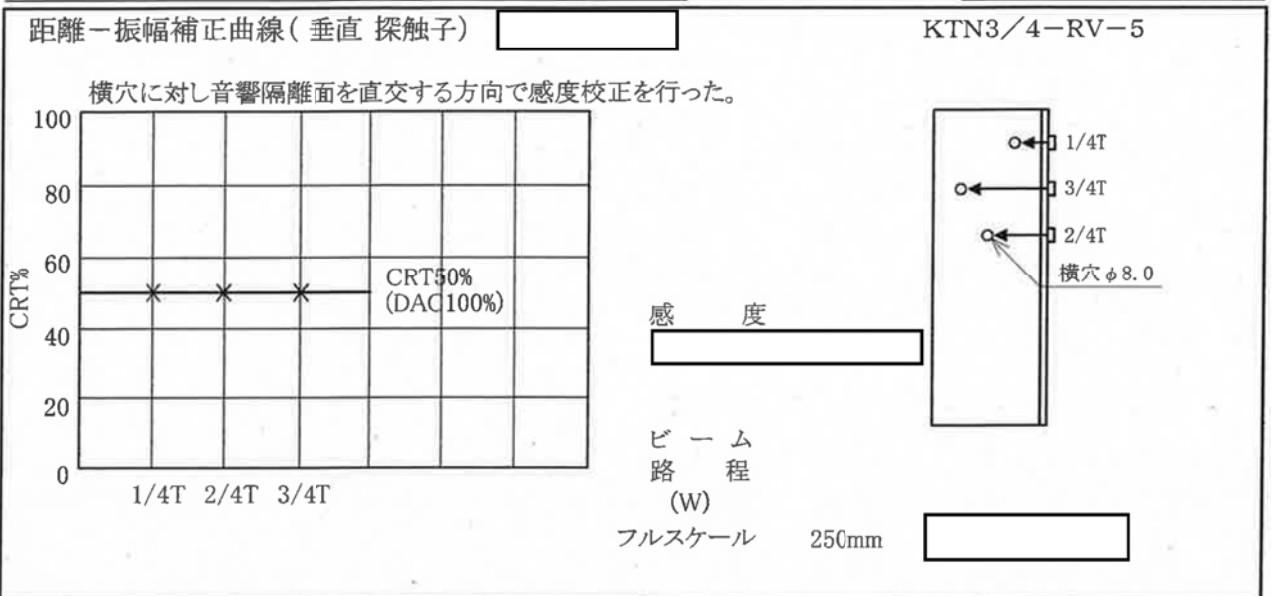
溶接線番号 W-501-1C



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 中間胴の長手継手

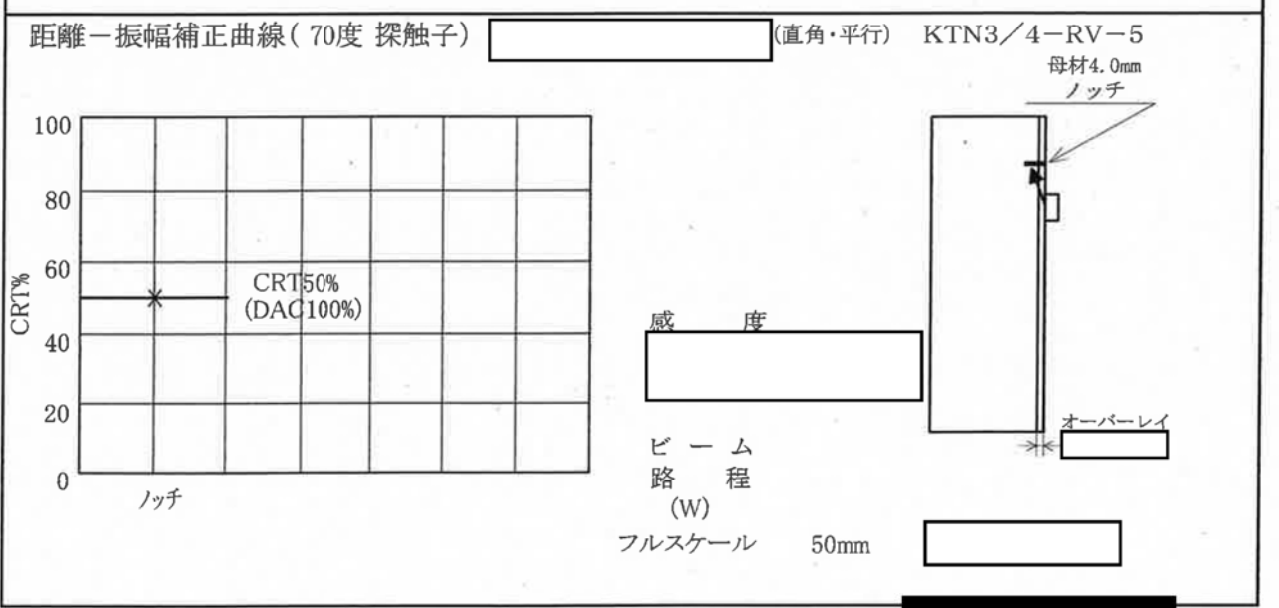
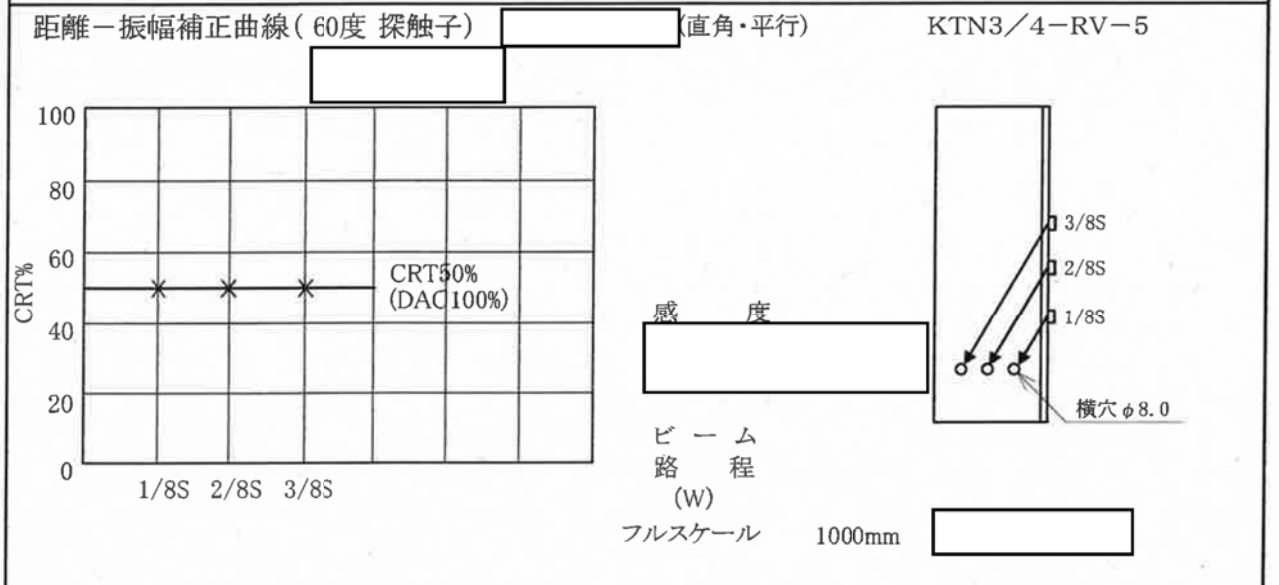
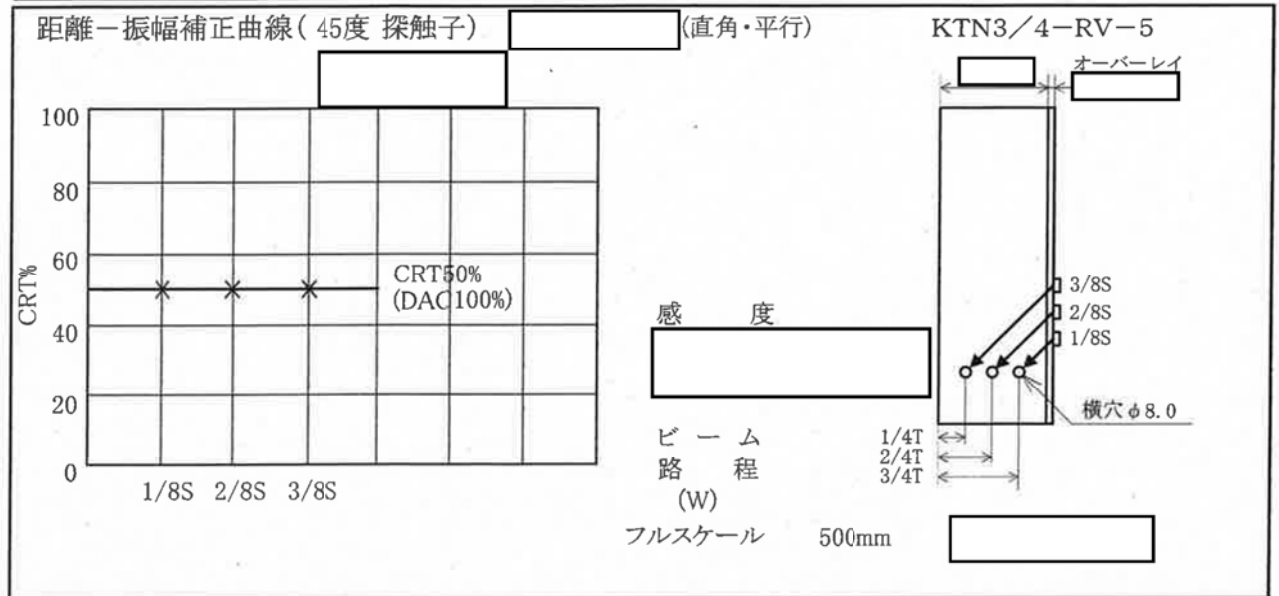
溶接線番号 W-501-1C



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴の長手継手

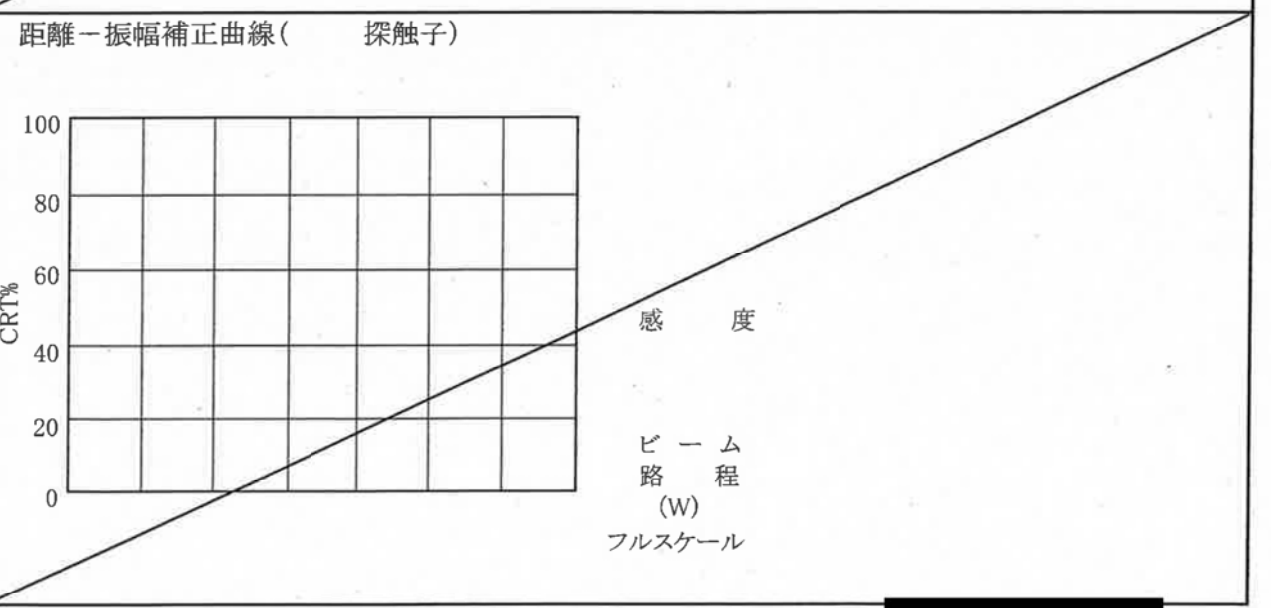
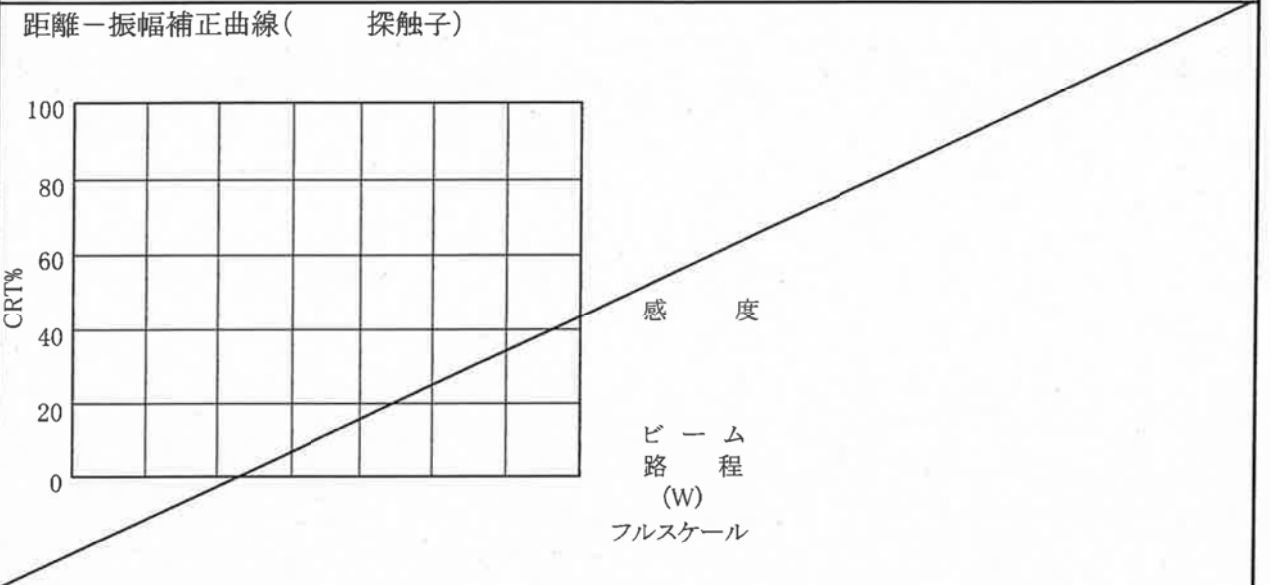
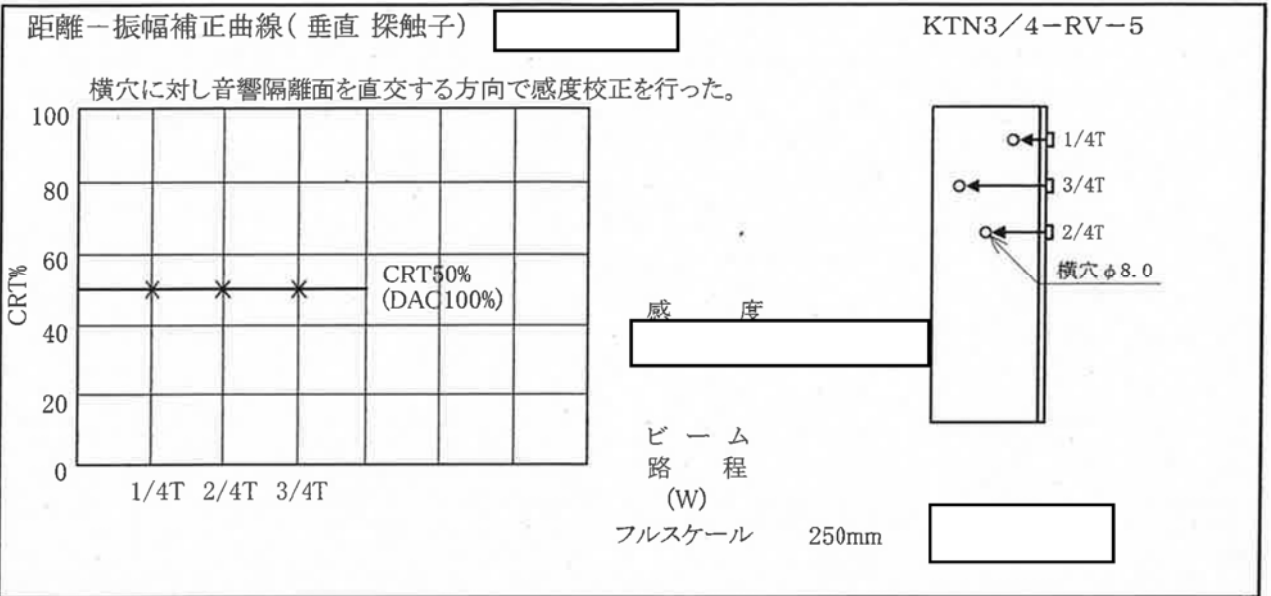
溶接線番号 W-501-2A



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴の長手継手

溶接線番号 W-501-2A

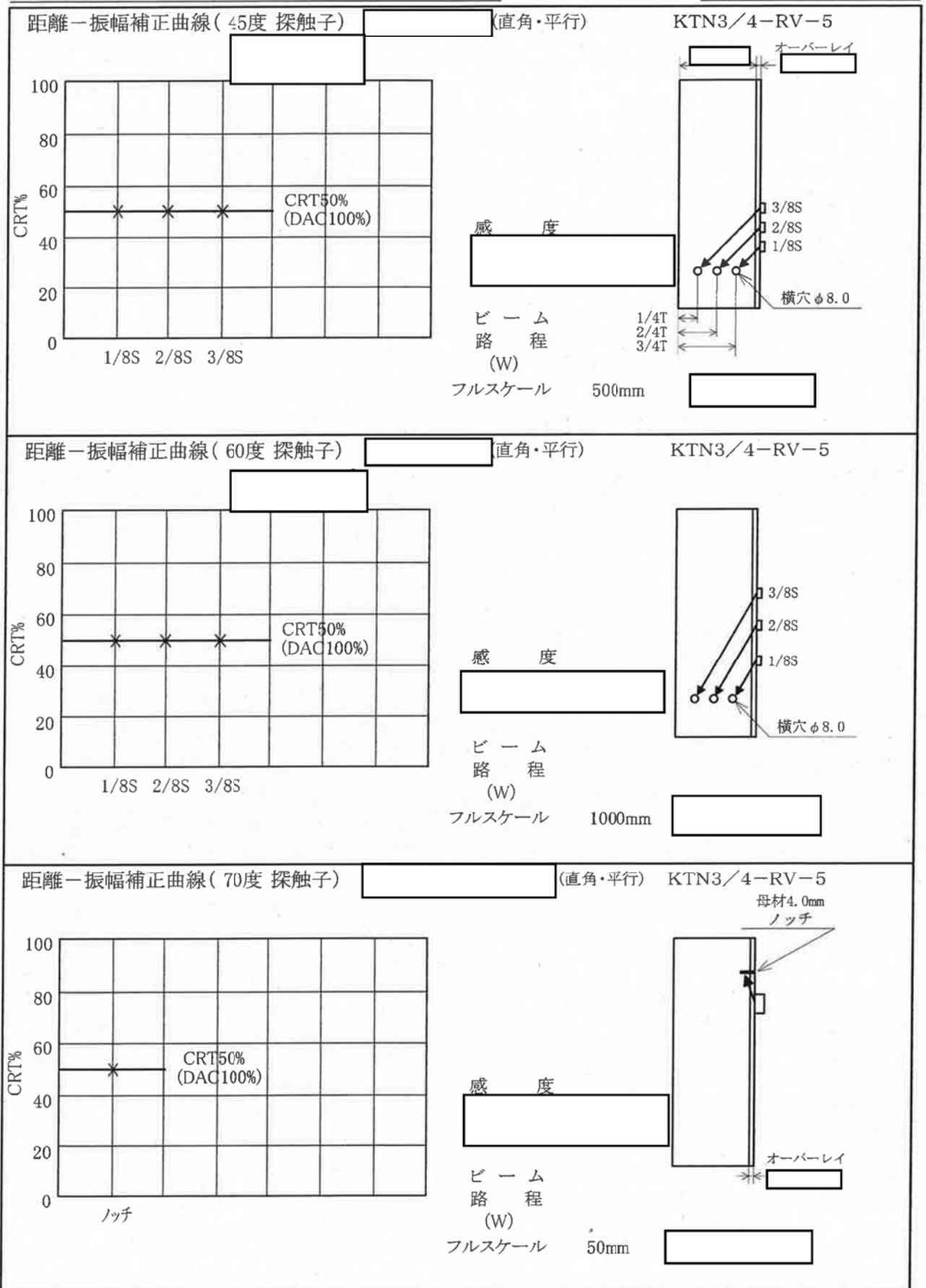




## 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴の長手継手

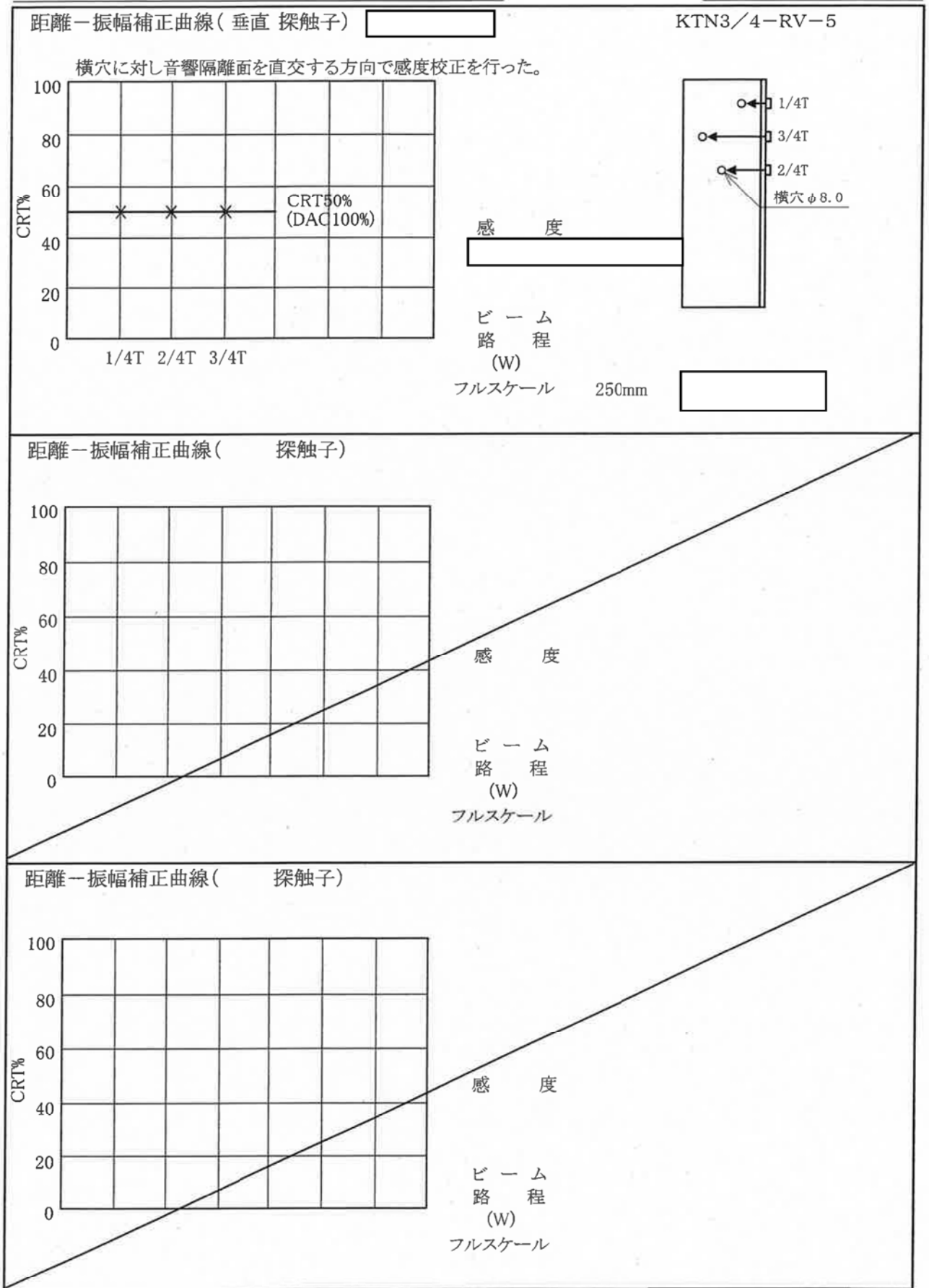
溶接線番号 W-501-2B



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴の長手継手

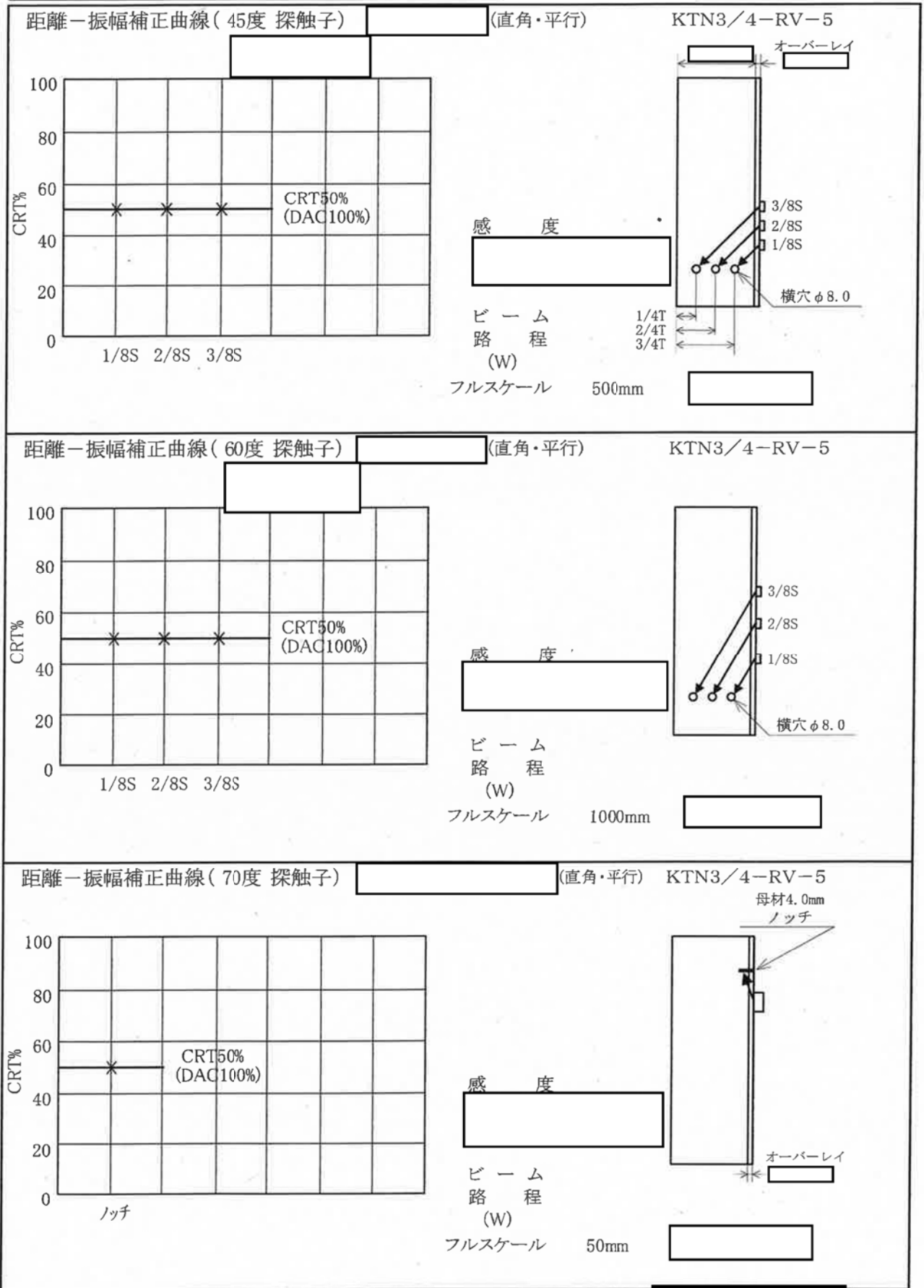
溶接線番号 W-501-2B



# 超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴の長手継手

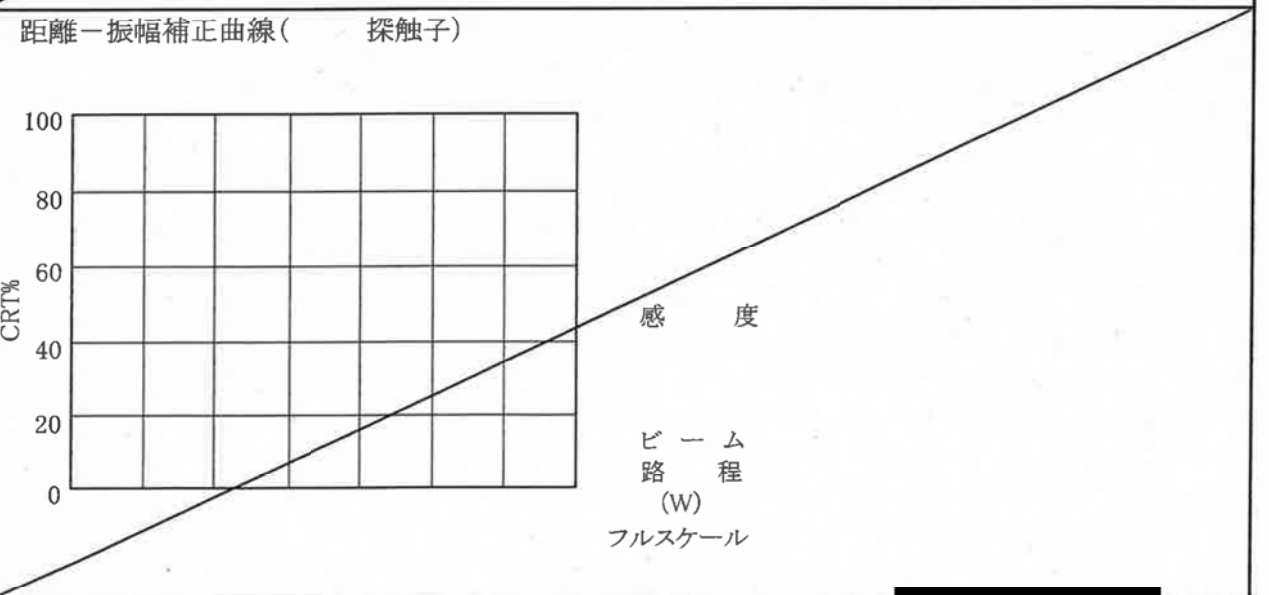
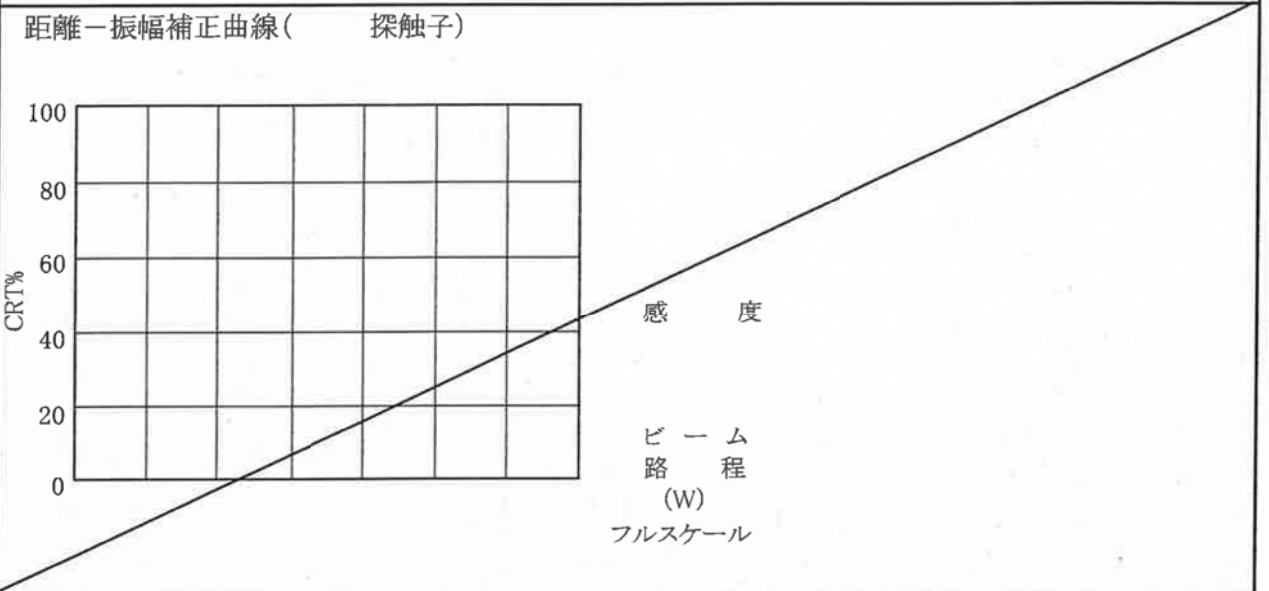
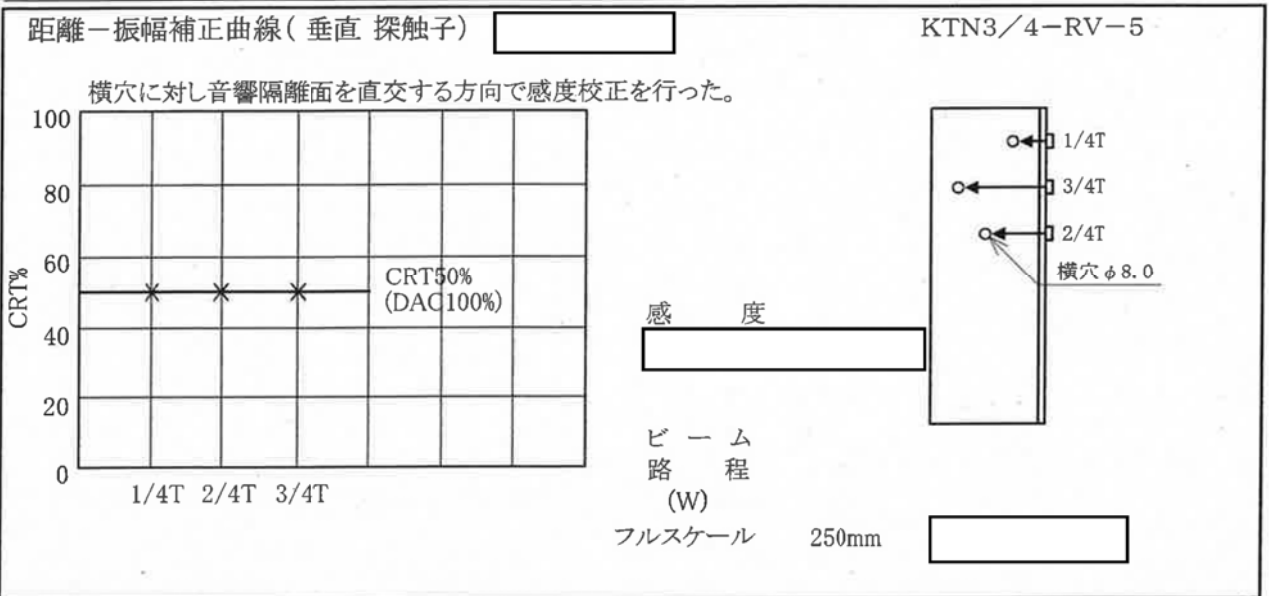
溶接線番号 W-501-2C



超音波探傷試験 (UT) 記録

試験箇所 下部胴の長手継手

溶接線番号 W-501-2C









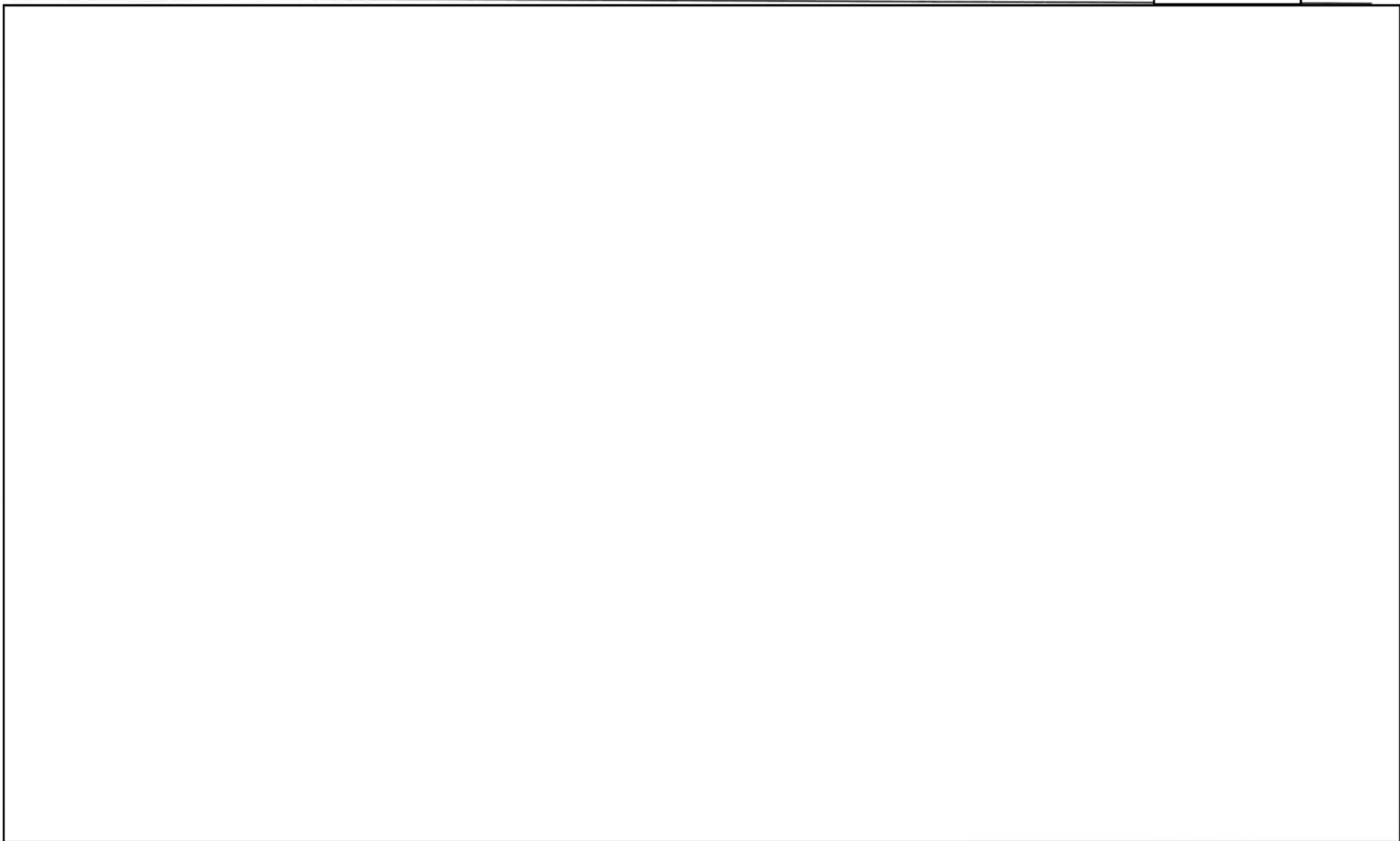


### 容器探傷試験記録

試験範囲		炉心領域		探傷器		探傷子		接触媒質		まう酸水			
対比試験片		KTN3A-RV-5		探傷子		探傷子		接触媒質		まう酸水			
試験実施者				接触媒質		まう酸水							
No.	試験箇所	探傷角度	走査方向	最大エコー高さ		指示長さ(mm)		ビーム路程 W(mm)	探傷子位置		指示位置	指示No.	
				CRT%	DAC%	DAC20%	DAC100%		θ	H			
1	中間胴の母材領域	垂直					---				不連続部エコー		
2	"	垂直					---				不連続部エコー		
3	"	垂直					---				不連続部エコー		
4	"	垂直					---				不連続部エコー		
5	"	垂直					---				不連続部エコー		
6	"	垂直					---				不連続部エコー		
7	"	垂直					---				不連続部エコー		
8	"	垂直					---				不連続部エコー		
9	下部胴の母材領域	垂直					---				不連続部エコー		
10	"	垂直					---				不連続部エコー		
11	"	垂直					---				不連続部エコー		
12	中間胴の長手溶接継手 (W-501-1C)	垂直					---				不連続部エコー		
13	"	垂直					---				不連続部エコー		
			以下	余	白								

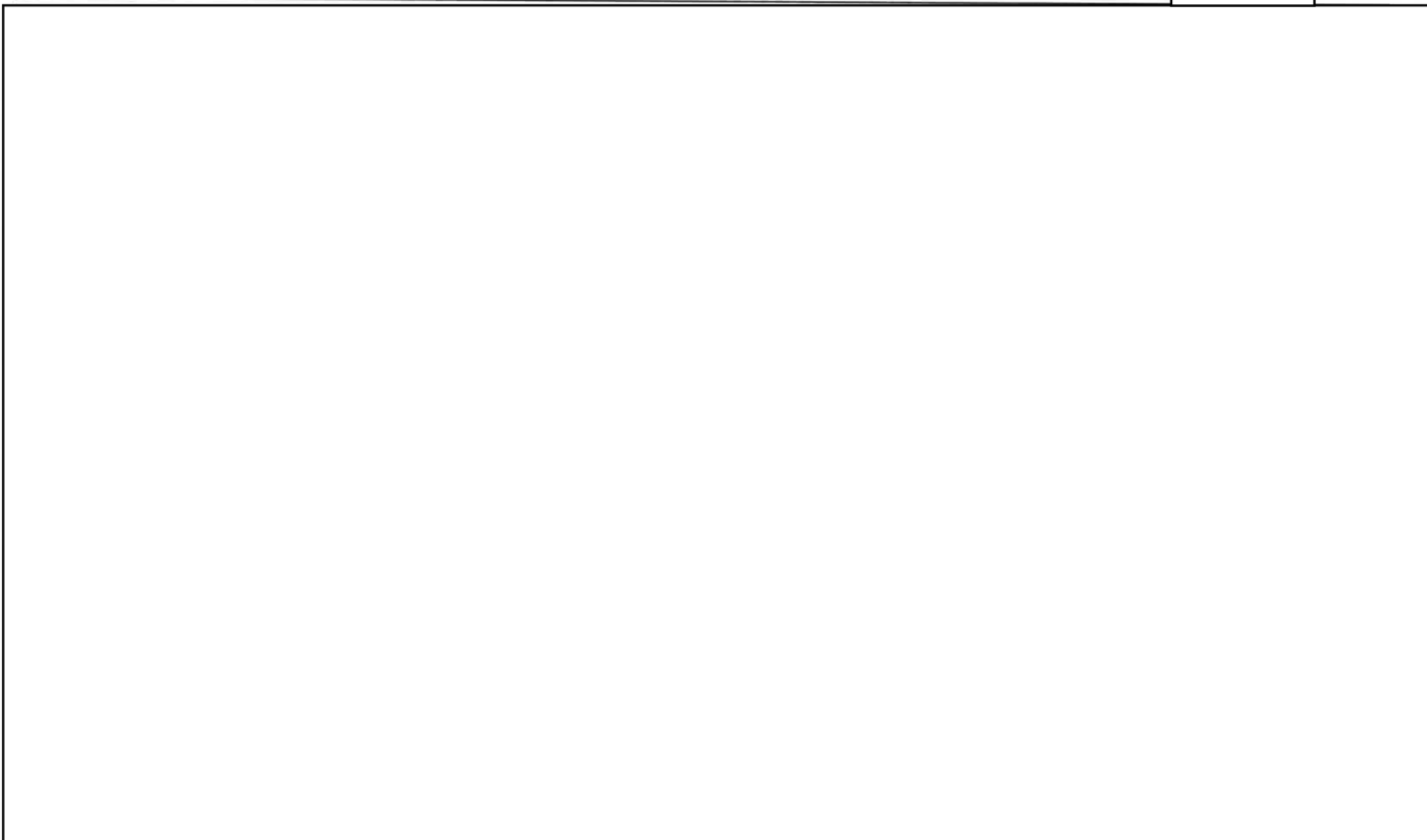
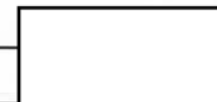
中間胴の母材領域 I

不連続部エコー



中間胴の母材領域 I

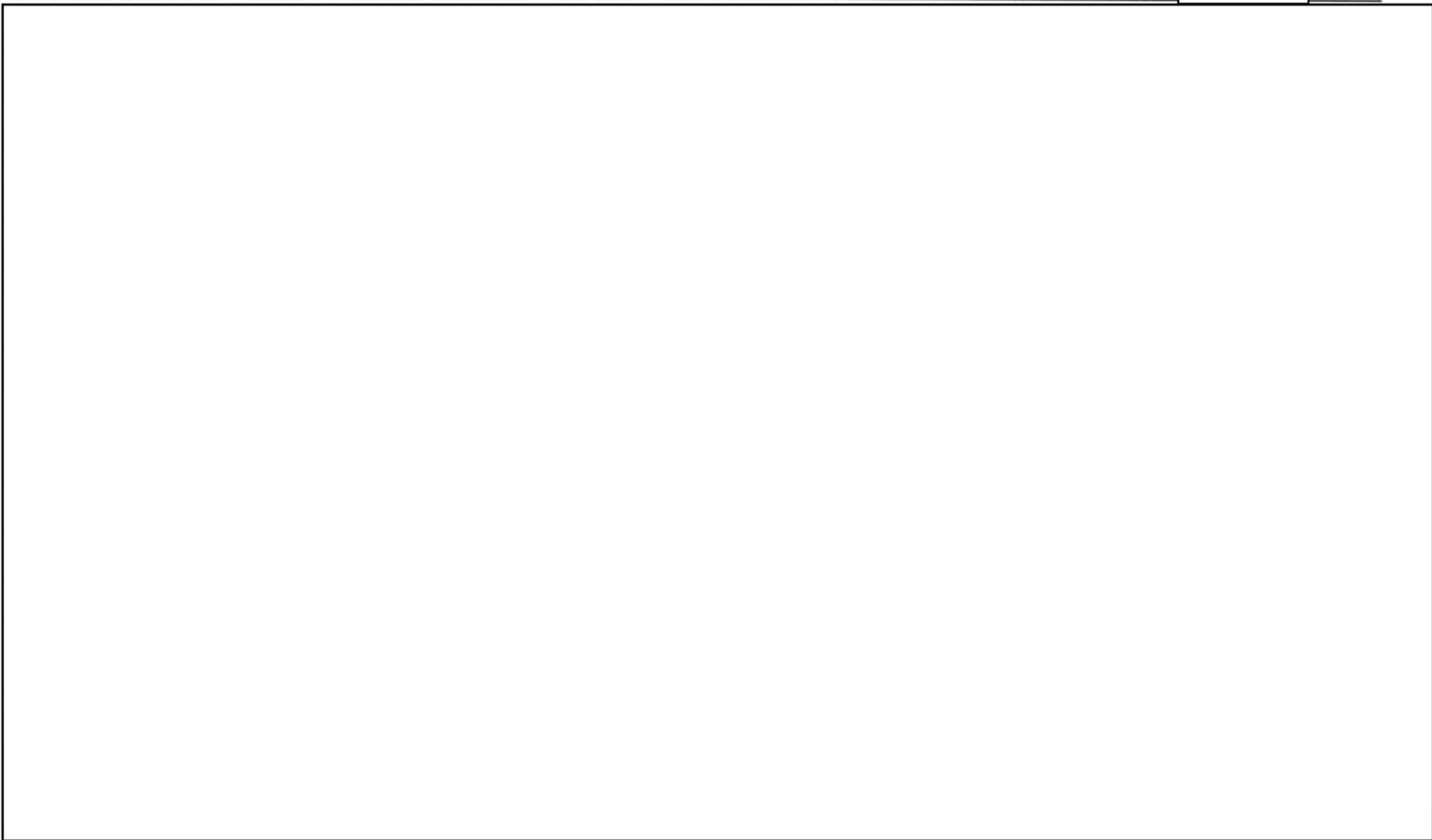
不連続部エコー





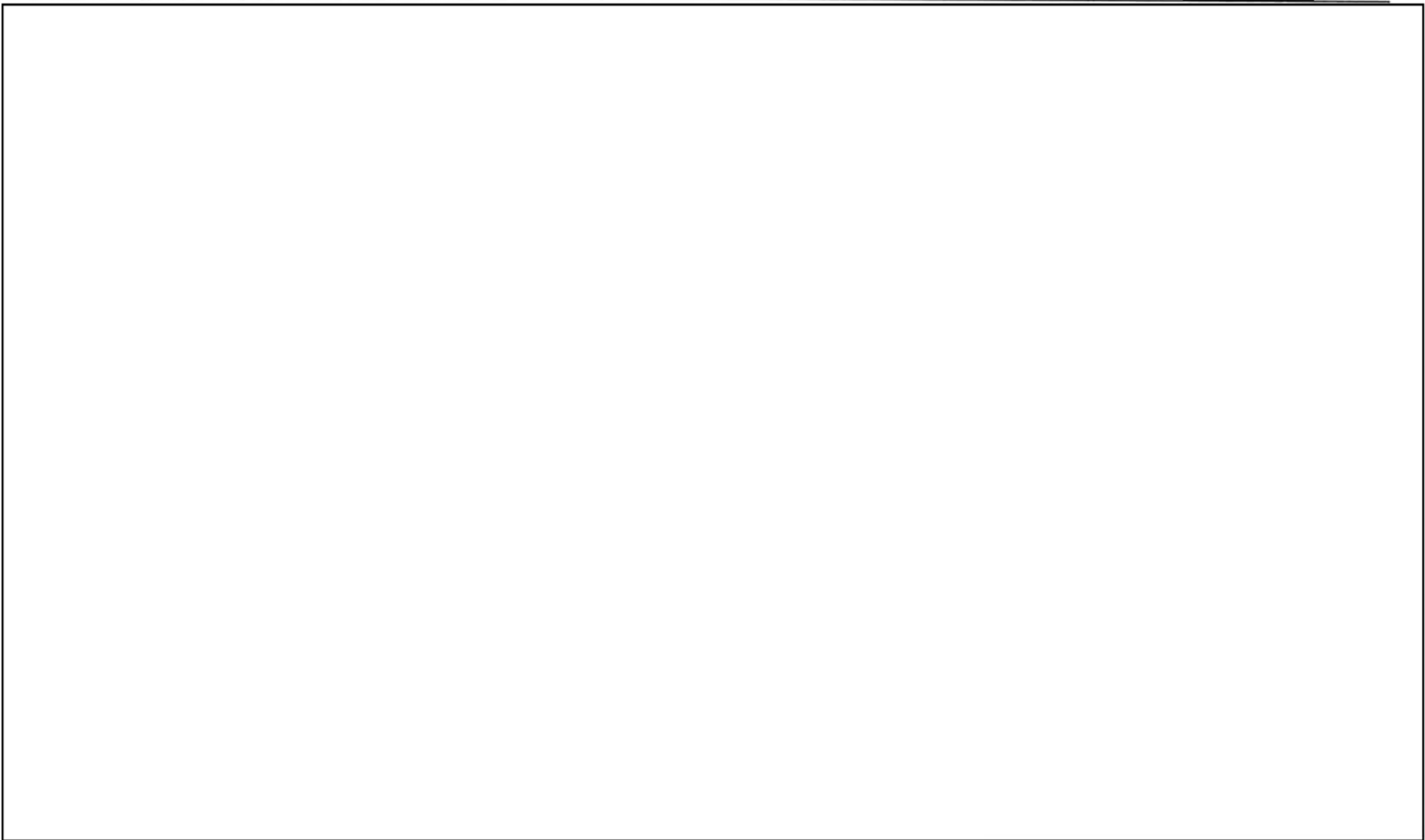
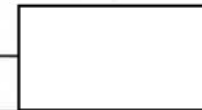
中間胴の母材領域 I

不連続部エコー



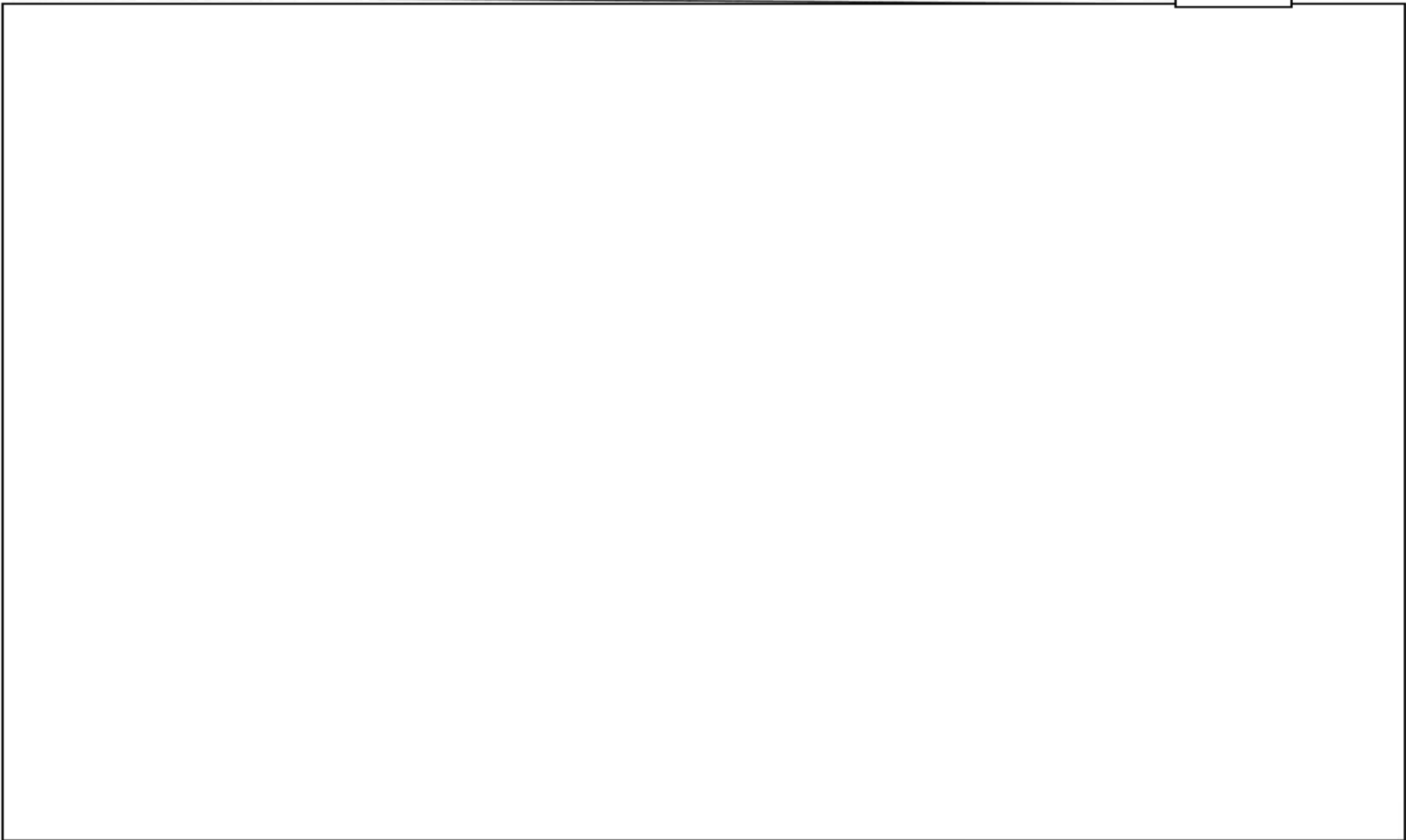
中間胴の母材領域Ⅲ

不連続部エコー



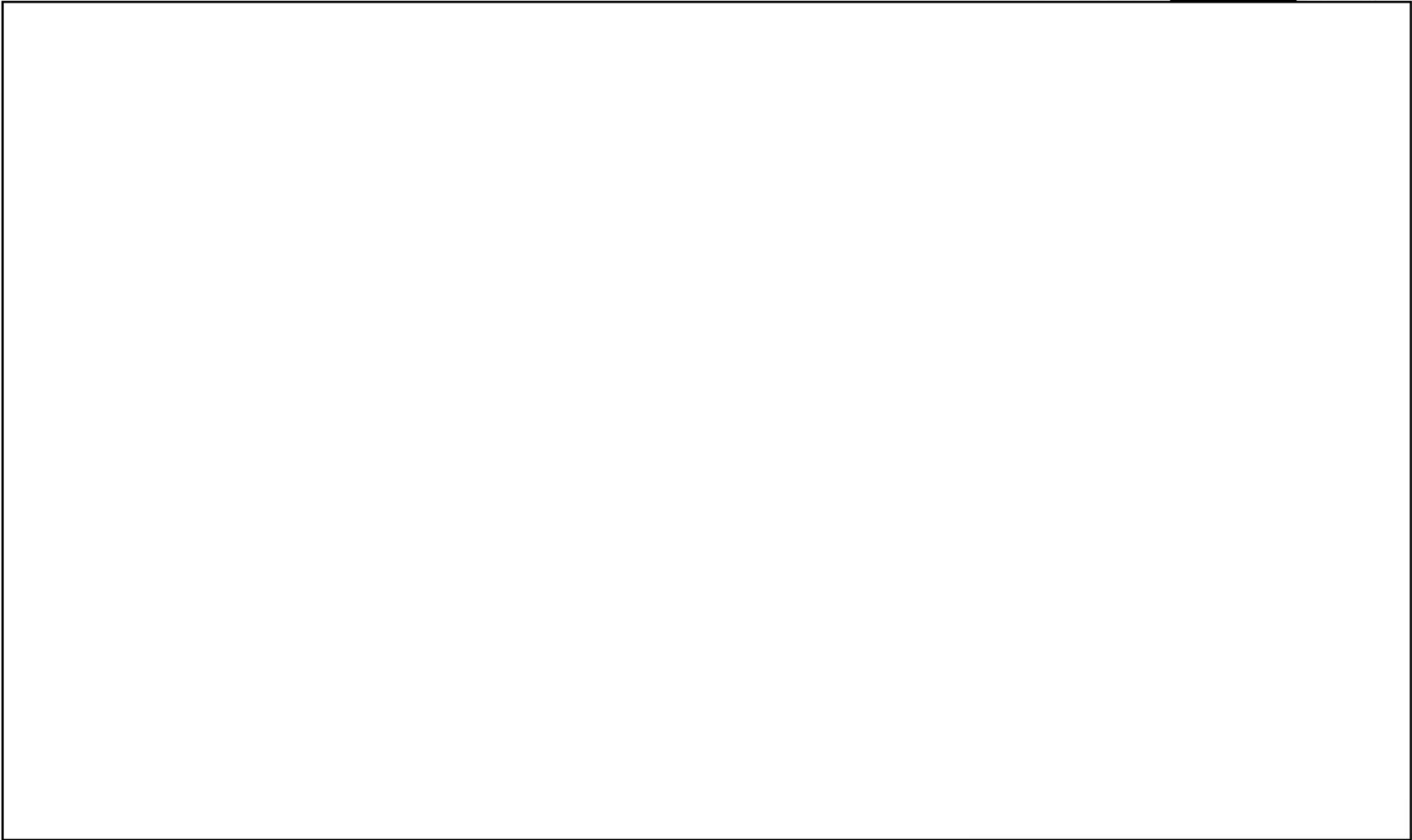
中間胴の母材領域Ⅱ

不連続部エコー



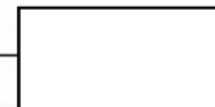
中間胴の母材領域Ⅱ

不連続部エコー



中間胴の母材領域Ⅱ

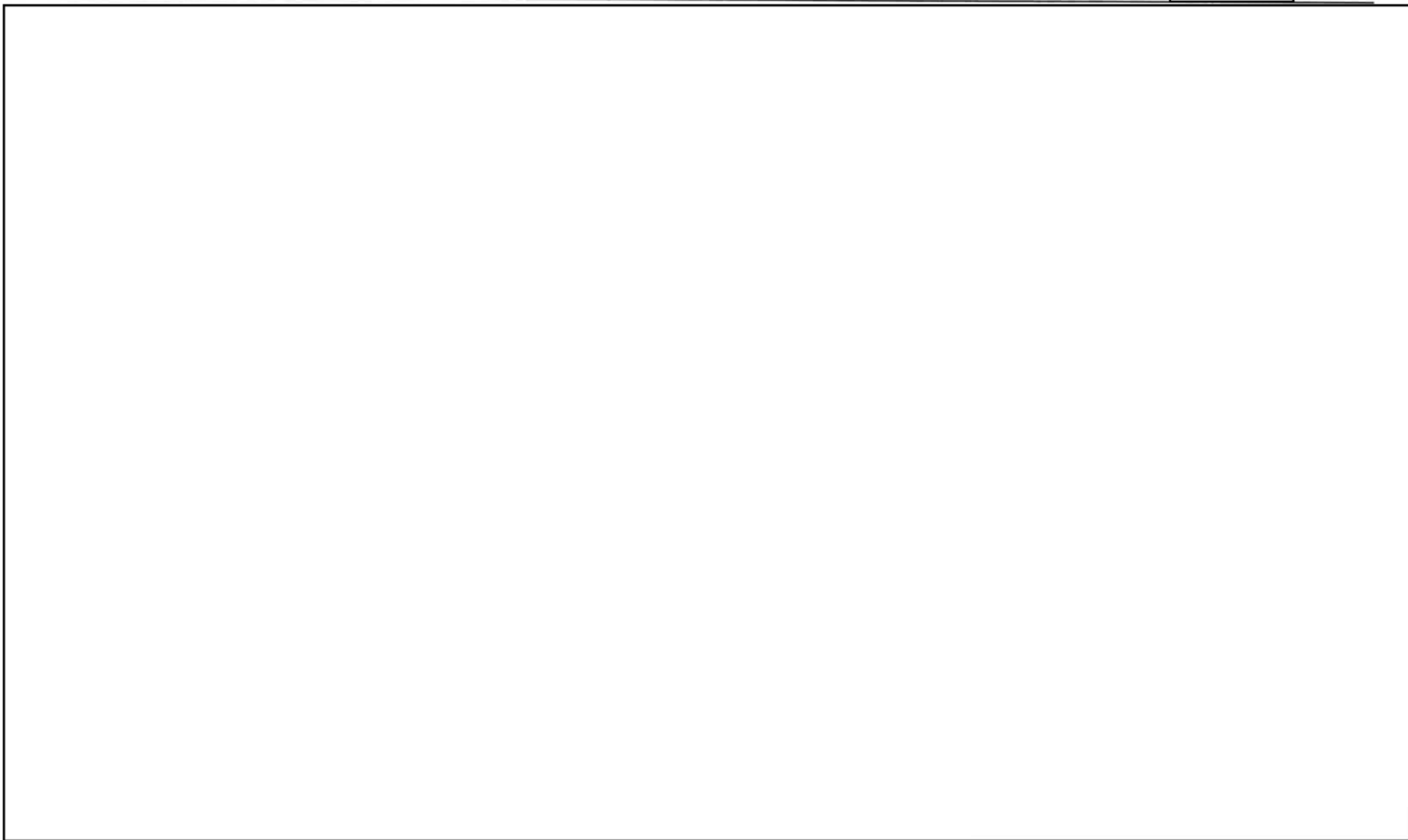
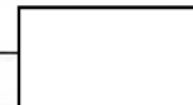
不連続部エコー





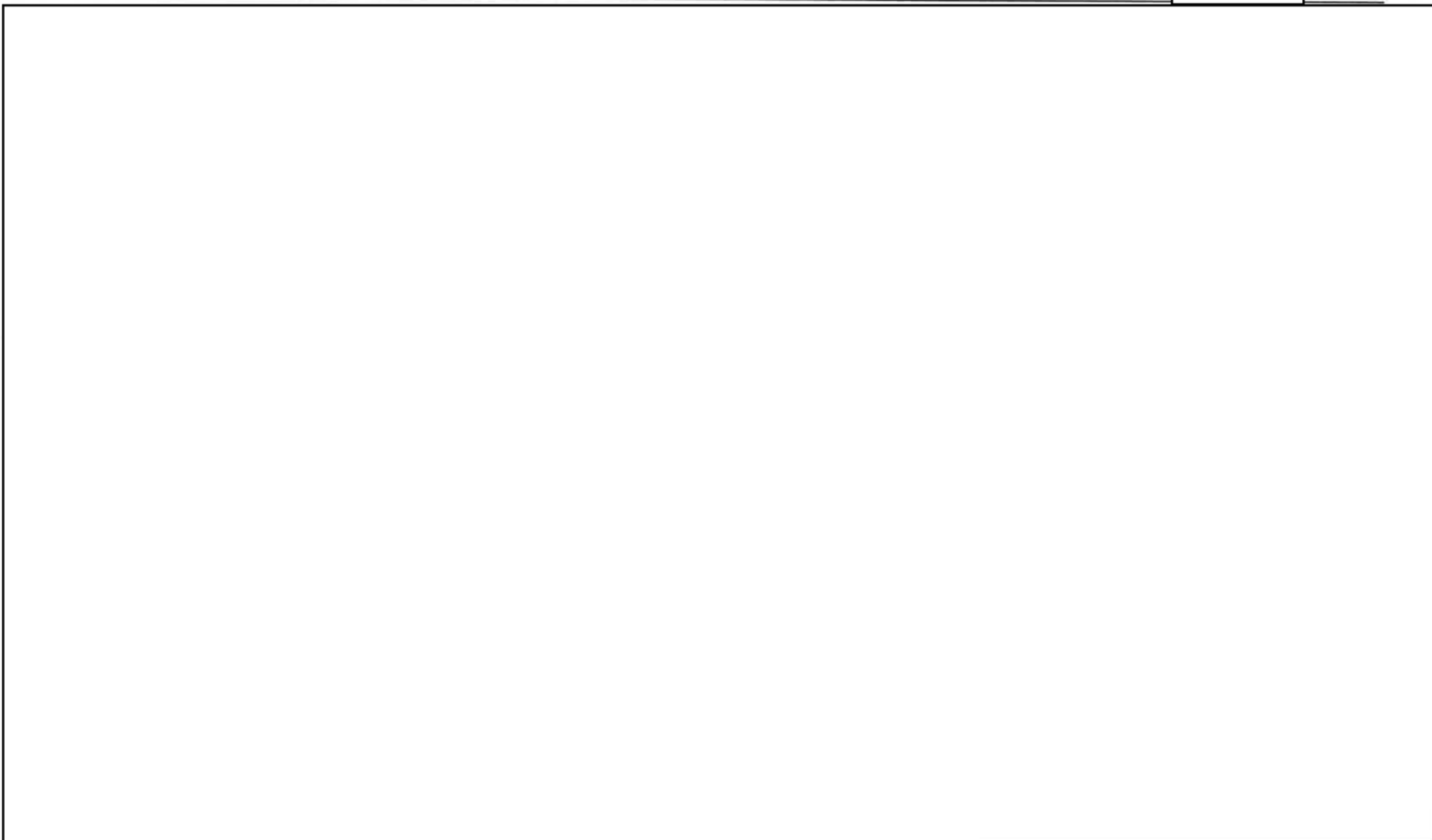
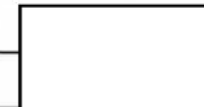
中間胴の母材領域Ⅱ

不連続部エコー



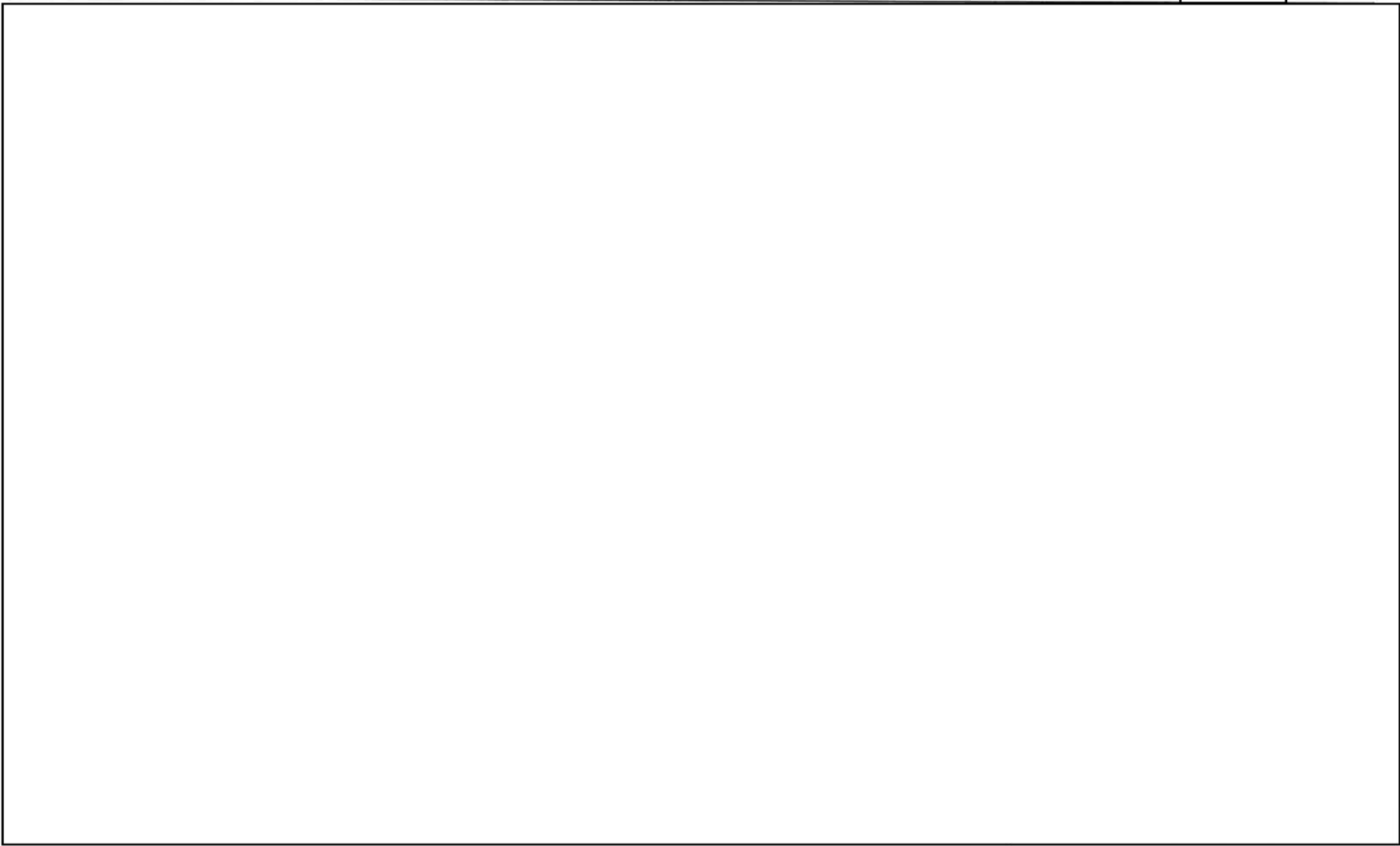
下部胴の母材領域Ⅱ

不連続部エコー



下部胴の母材領域 I

不連続部エコー



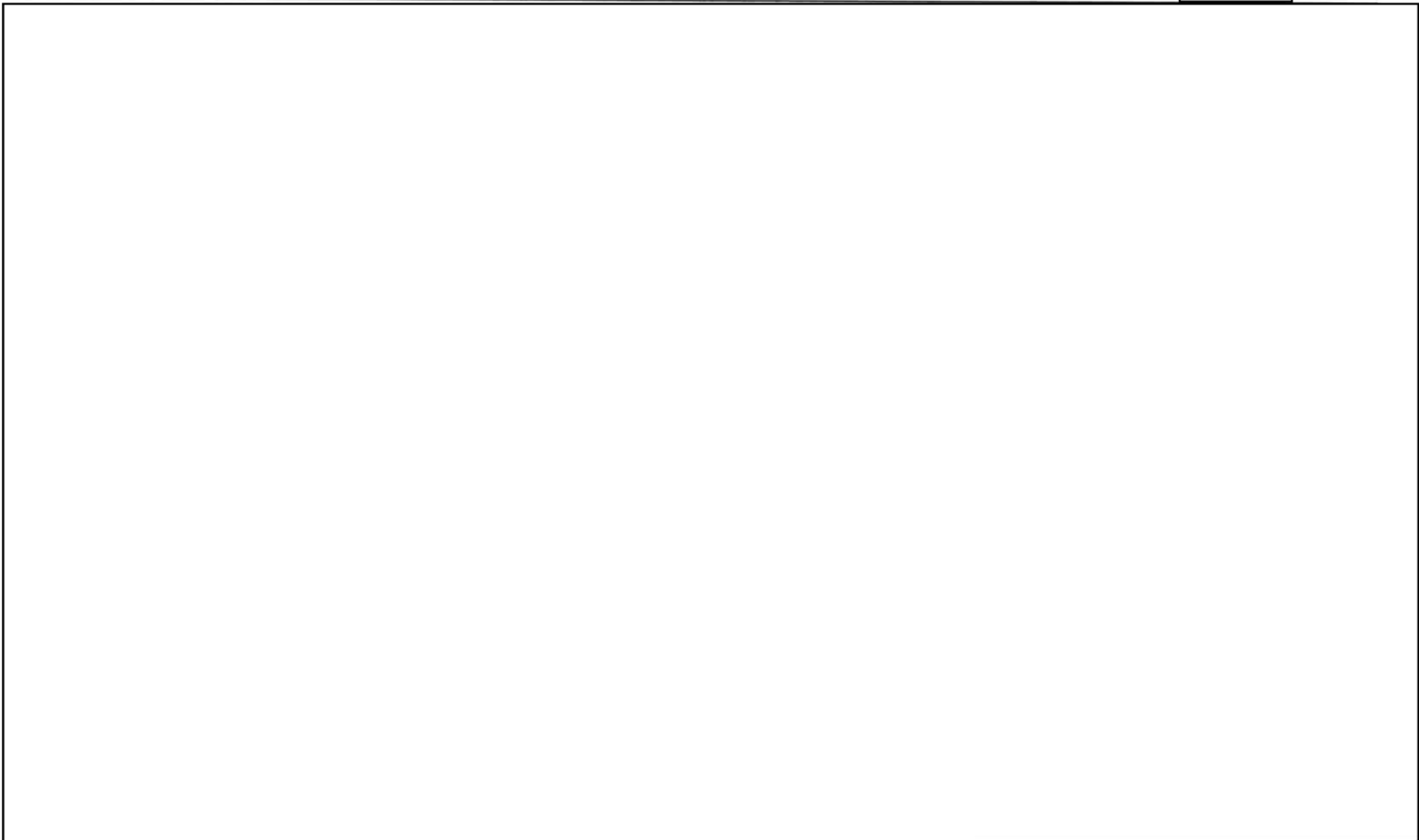
下部胴の母材領域 I

不連続部エコー



中間胴の長手溶接継手

不連続部エコー





中間胴の長手溶接継手

不連続部エコー



No.	高浜 1－特別点検（原子炉格納容器）－ 8 rev3
質 問	<p>(添付 2)</p> <p>非破壊試験 (VT-4) の判定基準「原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食」の判断基準又は限界見本を提示すること。</p>
回 答	<p>判断基準としては、添付 1 の通り、塗膜に割れ、欠け、剥がれ、膨れの有無、下塗りの健全性、母材の発錆の有無等を確認することで、構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食がないかを判断している。</p> <p>添付 1 に示す点検フローの考え方を以下に示す。</p> <p>①原子炉格納容器の塗膜に割れ、欠け、剥がれ、膨れの異常が認められなければ、塗膜の劣化がないと判断。</p> <p>②原子炉格納容器の塗膜は、上塗り、中塗り、下塗りの 3 層からなり、たとえ上塗り及び中塗り部分に割れ等の損傷があっても、下塗りが健全で原子炉格納容器鋼板の表面を覆っていれば、金属表面が大気にさらされないことから、原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える塗膜の劣化はないと判断。</p> <p>③下塗りが健全でない、または下塗りの健全性が確認できない状況である場合、発錆が認められなければ、原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある腐食ではないと判断。</p> <p>④金属母材が見えているような薄い表面錆が確認されたとしても、侵食されて母材板厚が変わるほどの影響がなければ、これも構造健全性または気密性に影響を与える恐れのある腐食ではないと判断。</p> <p>本点検フローは、点検実施前の作業計画書の読み合わせの際に点検施工会社へ周知を行い調達要求事項としている。議事録を添付 2 に示す。</p> <p>なお、今回の特別点検では、添付 3 のとおり点検の結果、「問題なし」と判断したもののうち、添付 1 の点検フローの②が該当する場合は気付き事項として点検施工会社より連絡を受けており、当該部位については機器保全の観点から塗膜状態の確認を行なうとともに塗装を実施している。</p> <p>(現状保全と特別点検の比較)</p> <p>PWR の原子炉格納容器鋼板は水に接していないことから、維持規格において定期的な検査は要求されていないが、現状の保守管理として、定期</p>

的な原子炉格納容器漏えい率試験時に目視点検を実施している。  
従来の点検（漏えい率試験時）と今回の特別点検の点検方法の比較を表1に示す。

表1 点検方法の比較

	原子炉格納容器 漏えい率試験時の点検 (従来の点検)	特別点検 (今回の点検)
点検範囲	原子炉格納容器鋼板 (円筒部外面上部等を除く)	原子炉格納容器鋼板 (接近できる点検可能範囲 の全て)
点検方法	目視点検 ・高所は双眼鏡を用いた点検 ・点検時の照度、グレーカードの確認等なし	目視点検 (VT-4) ・高所は高倍率のカメラ等を使用 ・点検時の照度、グレーカードの確認・検証あり

今回の特別点検では、従来の点検と比較して確認が容易でなかった円筒部外面上部等を含め、仮設足場やゴンドラを使用して可能な限り点検不可範囲を低減させる手法を選択して点検を実施した。

点検不可範囲について、従来の点検と特別点検の比較を表2に示す。

表2 点検不可範囲の比較

従来の点検	特別点検	点検不可範囲の違い
点検不可 (×)	点検可能 (○)	・円筒部外面上部 ・高所の干渉物裏 (鋼板より距離あり) 恒設足場が設置されていない範囲については従来の点検が容易でない。特別点検では足場やゴンドラを利用して点検実施
点検可能 (○)	点検不可 (×)	・フロア付近の干渉物裏 特別点検として要求するVT-4の要求条件での点検は不可であったものの、現状保全にて目視点検は実施できる
点検不可 (×)	点検不可 (×)	・高所の干渉物裏 (鋼板より距離なし) 恒設足場が設置されていない範囲については従来の点検が容易でない。特別点検にてゴンドラ等を利用して近接した場合でも、VT-4の要求条件の確保ができず点検不可範囲となる

(点検結果を踏まえた考察)

今回の特別点検では、従来と比較して確認が容易でなかった円筒部外面上部等を含め、足場やゴンドラ等も利用して接近できる点検可能な全ての範囲を対象として、視認性を実証できる条件で点検を実施した。その結果、一部の鋼板において塗膜の割れ等が確認されたが、下塗りは健全であったことから、原子炉格納容器の構造健全性または気密性に影響を与える塗膜の劣化は確認されなかった。



今回の点検で塗膜の割れ等が確認された範囲は半球部外面（屋外）及び原子炉格納容器内外のフロア・足場が設置されている範囲が大半であった。

半球部外面の鋼板は屋外大気に曝され、紫外線・水分（雨水）といった塗膜に対して厳しい環境であるため、これまでも従来の点検結果等により、適宜塗装を実施している。一方で、半球部内面や円筒部内外面の鋼板は屋外大気に曝されていなく、半球部外面の鋼板ほど厳しい環境にないが、点検結果等により、必要に応じて塗装を実施している。

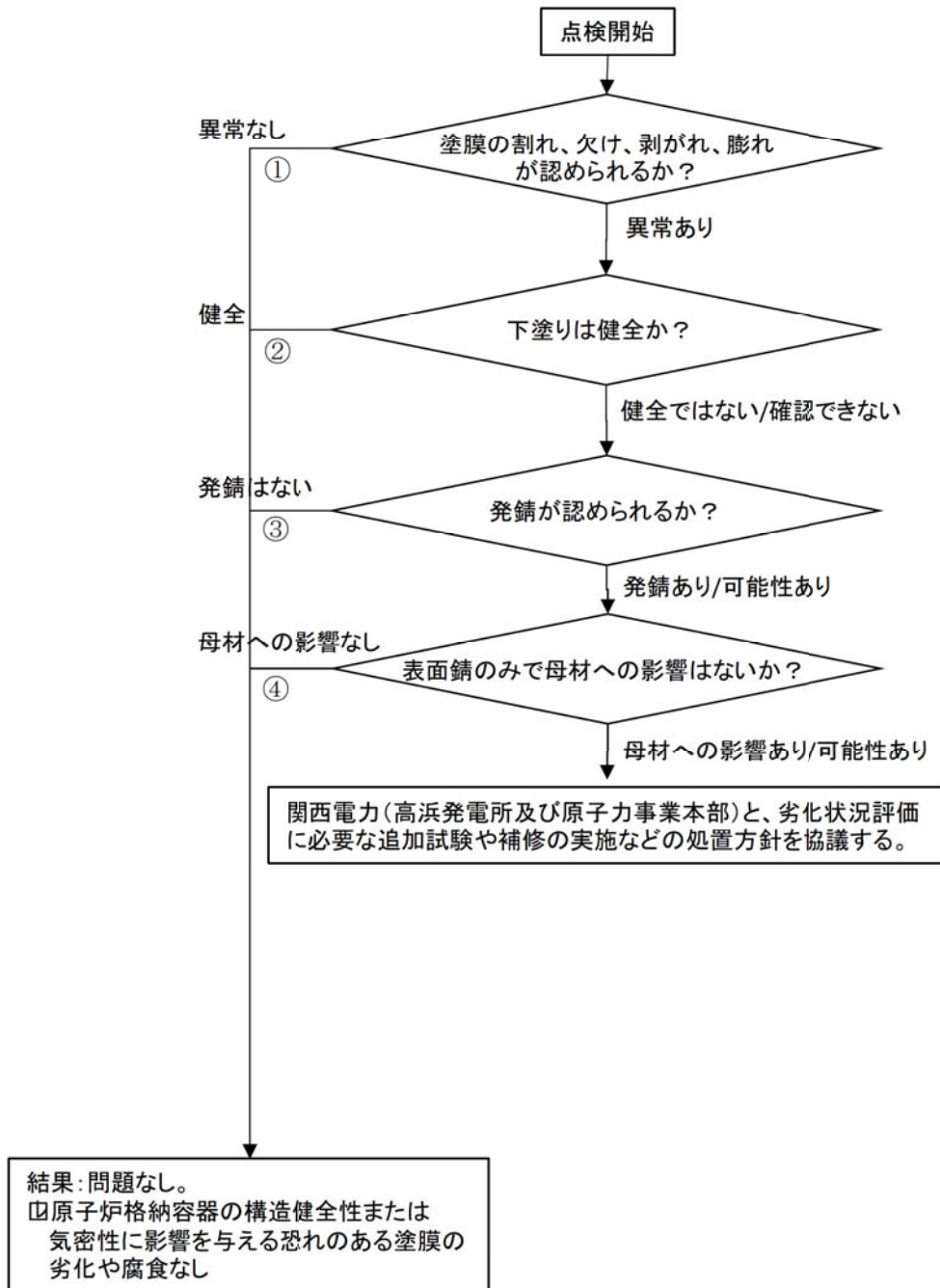
従来の点検、今回の特別点検それぞれについて点検不可範囲は存在するものの、以下（表3）の通り現状で塗膜の健全性が担保されていることと点検不可範囲は屋内であり、腐食が促進される環境でないことから、今後も現状の保安全管理を継続することで原子炉格納容器鋼板の健全性を維持することができると思う。

表3 保全の考え方

従来の点検	特別点検	今後の保全についての考え方
点検不可 (×)	点検可能 (○)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・円筒部外面上部</li> <li>・高所の干渉物裏（鋼板より距離あり）</li> </ul> 当該範囲の点検において塗膜の劣化は少なく、確認された塗膜の劣化については必要に応じて塗裝修繕を行い塗膜の健全性を確保したことに加えて、劣化の少ない屋内環境であることから、現状保全を継続することで今後の運転延長期間において格納容器の気密性・構造健全性は保たれる
点検可能 (○)	点検不可 (×)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フロア付近の干渉物裏</li> </ul> 従来の点検でVT-4の要求条件ではないものの点検が実施できており、塗膜の劣化はなかったことを確認していることから、現状保全を継続することで今後の運転延長期間において格納容器の気密性・構造健全性は保たれる
点検不可 (×)	点検不可 (×)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高所の干渉物裏（鋼板より距離なし）</li> </ul> 干渉物裏の極めて限定された範囲のみが点検不可範囲であり、周辺の鋼板は現状保全で点検可能な範囲である。環境条件は周囲の鋼板と同じであり、周辺を塗裝修繕する際は点検不可範囲についても合わせて塗装実施していることから、現状保全を継続することで今後の運転延長期間において格納容器の気密性・構造健全性は保たれる

以上

## CV特別点検における点検フロー(判断基準について)





# 議 事 録 (1 / 2)

平成 26 年 11 月 28 日 作成

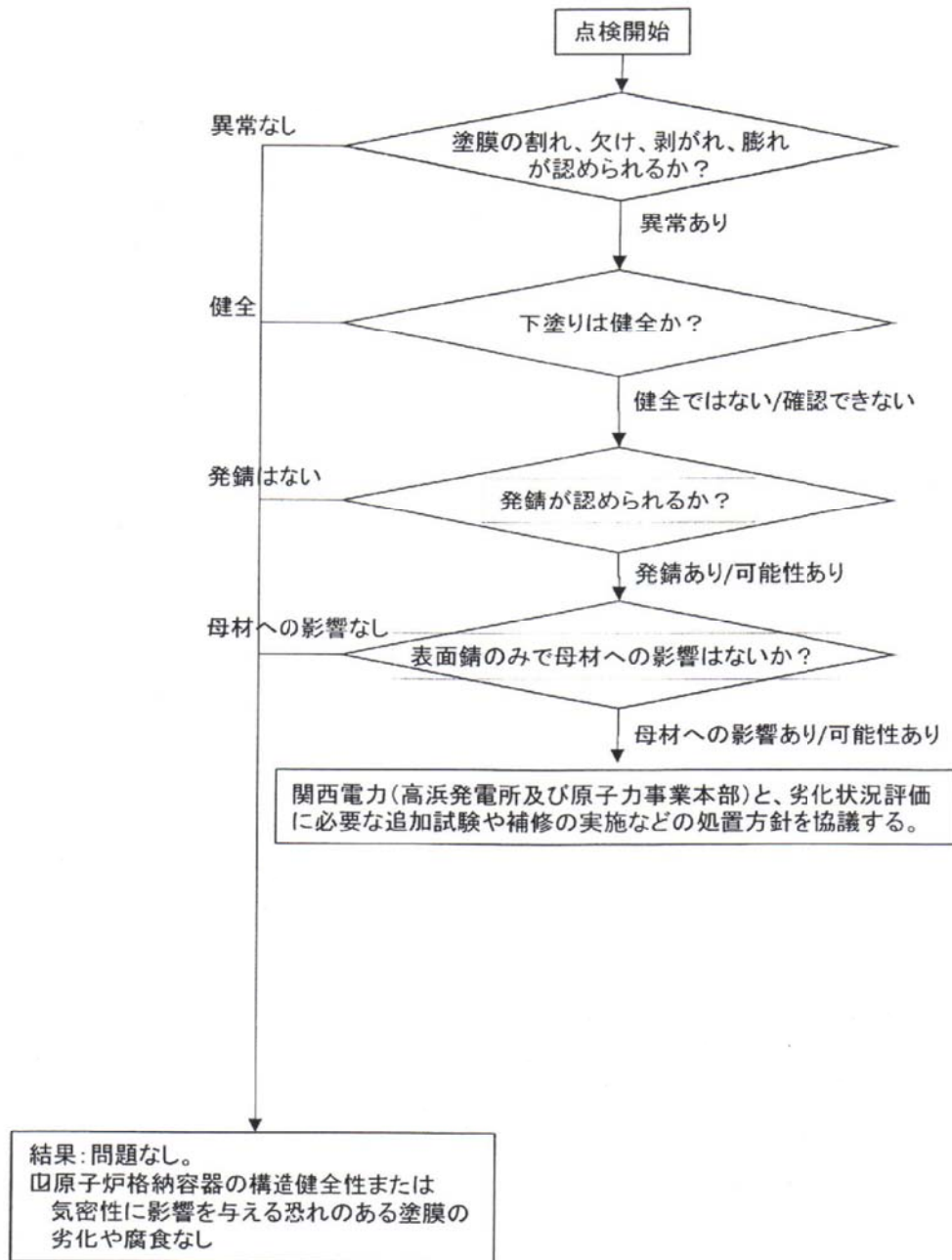
承認	作成者

議題	高浜発電所 1, 2 号機 原子炉格納容器特別点検工事 作業前読み合せ議事録			添付資料の有無 ○ 有 ・ 無
日時	平成 26 年 11 月 28 日 10:00~10:30	場所	KTN 第 1 ビル 302 会議室	出席者
打ち合わせ内容				対応者
<p>「高浜発電所 1, 2 号機 原子炉格納容器特別点検工事」に関して、作業前読み合せを実施した。</p> <p>1. 計画書の流れに沿って、説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 体制確認</li> <li>➤ 立会い <ul style="list-style-type: none"> <li>・ FL 毎かつ 90° 毎 (0°、90°、180°、270° の 4 箇所)</li> <li>・ [REDACTED] の都合に合わせて実施</li> <li>・ 立会いを受ける鋼板は NDI にて選定する。</li> </ul> </li> <li>➤ 資機材搬入 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 12/1 [REDACTED] と 2 号 17m 機器ハッチより</li> </ul> </li> <li>➤ 計画書のサイン <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 11/28 以降の日付で</li> </ul> </li> <li>➤ 工程 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1, 2u 半球部外面 : 12/1~</li> <li>・ 半球部内面についてはポーラクレーン占有期間内で実施</li> <li>・ 1/12~17 2u 2 直体制</li> <li>・ 円筒部外面 <ul style="list-style-type: none"> <li>1u : 2/2~14</li> <li>2u : 3/2~14</li> </ul> </li> <li>・ 円筒部内面 32m 以上は、自由な工程となっている。</li> </ul> </li> </ul>				処置日

## 議 事 録 (2 / 2)

打ち合わせ内容	対応者	処置日
<p>2. 当て板部の点検について</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ ゴンドラ使用箇所や、点検と同時に可能な箇所については本点検と並行して実施する。</li><li>➤ 複雑な形状のペネや、機器ハッチ等の点検に時間のかかりそうな箇所は、本点検完了後に実施する。</li></ul> <p>3. 判断フローについて</p> <p>異常箇所の判断フローについて [REDACTED] より説明有り。</p> <p>項目 4 の母材への影響なしについての判断は、関西電力殿へ連絡の上、確認して頂くことで確認を取った。</p> <p>4. 塗装の注意表示</p> <p>点検前にはがし、点検後に復旧する。</p> <p>パイオランテープも同様。</p> <p>5. 試験実施日、試験実施者</p> <p>点検実施日、点検実施者に変更。</p> <p>(工事記録・特別点検記録共に)</p> <p>6. 放射線管理専任者より</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ 1A 区域へ移動時は、物品のサーベイを必ず行うこと。</li><li>➤ アニュラス立入後は、30 分程度待機してから退出すること。</li></ul> <p style="text-align: right;">以上</p>		

### CV特別点検における点検フロー(判断基準について)





No.	高浜1-共通-1 rev.1	事象：共通																																																																					
質 問	<p>(本冊-共通)                  劣化状況評価書の耐震安全性評価において、「表2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象に対する耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果」で◎の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している事象については、各機器の技術評価書の記載内容（健全性評価及び現状保全の内容）を充実して提示すること。</p>																																																																						
回 答	<p>耐震上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出している事象について、記載を充実させた内容（下記表の事象）を添付の通り提示いたします。</p> <p>なお、この充実させた内容については、今後、評価書に反映することといたします。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">高浜1号機</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">15機種</th> <th style="width: 20%;">章</th> <th style="width: 60%;">事象</th> <th style="width: 10%;">添付頁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">熱交換器</td> <td>多管円筒形熱交換器</td> <td>胴側耐圧構成品等の腐食(流れ加速型腐食)</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>多管円筒形熱交換器</td> <td>伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>蒸気発生器</td> <td>冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れ</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">配管</td> <td>ステンレス鋼配管</td> <td>母管の高サイクル熱疲労割れ(高低温水合流型)</td> <td>5~6</td> </tr> <tr> <td>炭素鋼配管</td> <td>母管の腐食(流れ加速型腐食)</td> <td>7,8</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">炉内構造物</td> <td>炉内構造物</td> <td>制御棒クラスタ案内管の摩耗</td> <td>9~11</td> </tr> <tr> <td>炉内構造物</td> <td>炉内計装用シンプルチューブの摩耗</td> <td>12~14</td> </tr> <tr> <td>炉内構造物</td> <td>炉心そうの中性子照射による靱性低下</td> <td>15~18</td> </tr> <tr> <td>タービン設備</td> <td>高圧タービン</td> <td>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)</td> <td>19~21</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">空調設備</td> <td>空調ユニット</td> <td>海水冷却コイルの腐食(流れ加速型腐食)</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">冷凍機</td> <td>伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)</td> <td>23~24</td> </tr> <tr> <td></td> <td>蒸発器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素呼応または鑄鉄使用部位の腐食</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">機械設備</td> <td>重機器サポート</td> <td>パッド、ヒンジ等摺動部の摩耗</td> <td>26~30</td> </tr> <tr> <td>重機器サポート</td> <td>ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子およびγ線照射脆化</td> <td>31~39</td> </tr> <tr> <td>空気圧縮装置</td> <td>計器用空気圧縮機空気だめ等の腐食(全面腐食)</td> <td>40~41</td> </tr> <tr> <td>非核燃料炉心構成品</td> <td>被覆管の摩耗</td> <td>42~44</td> </tr> <tr> <td>濃縮減容設備</td> <td>ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ</td> <td>45~46</td> </tr> <tr> <td>電源設備</td> <td>非常用ディーゼル発電機関</td> <td>空気冷却器伝熱管の内面の腐食(流れ加速型腐食)</td> <td>47</td> </tr> </tbody> </table>		高浜1号機				15機種	章	事象	添付頁	熱交換器	多管円筒形熱交換器	胴側耐圧構成品等の腐食(流れ加速型腐食)	1,2	多管円筒形熱交換器	伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)	3	蒸気発生器	冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れ	4	配管	ステンレス鋼配管	母管の高サイクル熱疲労割れ(高低温水合流型)	5~6	炭素鋼配管	母管の腐食(流れ加速型腐食)	7,8	炉内構造物	炉内構造物	制御棒クラスタ案内管の摩耗	9~11	炉内構造物	炉内計装用シンプルチューブの摩耗	12~14	炉内構造物	炉心そうの中性子照射による靱性低下	15~18	タービン設備	高圧タービン	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)	19~21	空調設備	空調ユニット	海水冷却コイルの腐食(流れ加速型腐食)	22	冷凍機	伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)	23~24		蒸発器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素呼応または鑄鉄使用部位の腐食	25	機械設備	重機器サポート	パッド、ヒンジ等摺動部の摩耗	26~30	重機器サポート	ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子およびγ線照射脆化	31~39	空気圧縮装置	計器用空気圧縮機空気だめ等の腐食(全面腐食)	40~41	非核燃料炉心構成品	被覆管の摩耗	42~44	濃縮減容設備	ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ	45~46	電源設備	非常用ディーゼル発電機関	空気冷却器伝熱管の内面の腐食(流れ加速型腐食)	47
高浜1号機																																																																							
15機種	章	事象	添付頁																																																																				
熱交換器	多管円筒形熱交換器	胴側耐圧構成品等の腐食(流れ加速型腐食)	1,2																																																																				
	多管円筒形熱交換器	伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)	3																																																																				
	蒸気発生器	冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れ	4																																																																				
配管	ステンレス鋼配管	母管の高サイクル熱疲労割れ(高低温水合流型)	5~6																																																																				
	炭素鋼配管	母管の腐食(流れ加速型腐食)	7,8																																																																				
炉内構造物	炉内構造物	制御棒クラスタ案内管の摩耗	9~11																																																																				
	炉内構造物	炉内計装用シンプルチューブの摩耗	12~14																																																																				
	炉内構造物	炉心そうの中性子照射による靱性低下	15~18																																																																				
タービン設備	高圧タービン	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)	19~21																																																																				
空調設備	空調ユニット	海水冷却コイルの腐食(流れ加速型腐食)	22																																																																				
	冷凍機	伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)	23~24																																																																				
		蒸発器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素呼応または鑄鉄使用部位の腐食	25																																																																				
機械設備	重機器サポート	パッド、ヒンジ等摺動部の摩耗	26~30																																																																				
	重機器サポート	ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子およびγ線照射脆化	31~39																																																																				
	空気圧縮装置	計器用空気圧縮機空気だめ等の腐食(全面腐食)	40~41																																																																				
	非核燃料炉心構成品	被覆管の摩耗	42~44																																																																				
	濃縮減容設備	ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ	45~46																																																																				
電源設備	非常用ディーゼル発電機関	空気冷却器伝熱管の内面の腐食(流れ加速型腐食)	47																																																																				



○ 胴側耐圧構成品等の腐食（流れ加速型腐食）〔湿分分離加熱器〕

高温水または2相流体を内包する胴板他の炭素鋼使用部位に流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。

湿分分離加熱器については、ワイヤーメッシュにおいて蒸気の湿分を1%以下とする湿分除去機能を有しており、湿分除去以降では流れ加速型腐食による減肉進行の可能性は十分小さいと考える。ワイヤーメッシュより上流の部位で蒸気の流路を構成する胴板、胴側鏡板および蒸気溝板については、湿り度も高く、また温度的にも減肉を生ずる域にある。

しかしながら、減肉想定箇所にはステンレス鋼の内張りを実施していることから、減肉進行の可能性はないと考えるが、ステンレス鋼の内張りのない部位については、減肉傾向の監視が必要と考える。

その他胴側の主要な構成品として邪魔板や支持板があり、流れ加速型腐食による穴部の拡大が想定されるが、湿分分離加熱器においては、支持板（管群入口）部での蒸気の湿り度を約1%以下としており、支持板の穴部の減肉拡大の可能性は十分小さいと考える。

現状保全として、胴側については、定期的な目視確認により有意な腐食のないことを確認している。また、有意な腐食が生じている場合には寸法計測により腐食進行程度を把握し、補修を行っている。

表1に湿分分離加熱器の主な補修経歴を示す。

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。

表1 高浜1号炉 湿分分離加熱器の主な補修経歴

第24回定期検査	1A、2A、3A胴板、鏡板等のステンレス鋼内張板補修
第25回定期検査	2B胴板、鏡板等のステンレス鋼内張板補修



## ○胴側耐圧構成品等の腐食（流れ加速型腐食）

### 〔第1 低圧給水ヒータ、第2 低圧給水ヒータ、第3 低圧給水ヒータ、第4 低圧給水ヒータ〕

第1 低圧給水ヒータ、第2 低圧給水ヒータ、第3 低圧給水ヒータおよび第4 低圧給水ヒータの胴側耐圧構成品等は炭素鋼または低合金鋼であり、流れが乱れる部位では、流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。

支持板については、過去に胴板の腐食が見られたことから、穴部の減肉拡大の可能性は否定できない。その他の部位については、減肉想定箇所にステンレス鋼の内張りを順次実施していることから、減肉進行の可能性はないと考える。

現状保全として、支持板の穴部の減肉状況の監視（渦流探傷検査による伝熱管の減肉傾向監視）を実施している。

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。

○ 伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食） [1次系冷却水クーラ]

1次系冷却水クーラの伝熱管は銅合金であり、内部流体により流れ加速型腐食が発生する可能性がある。

銅合金は腐食電位の高い貴な金属であり、耐食性が良いが、限界流速以上の流水中で使用すると、流れ加速型腐食が発生する。

「復水器工学ハンドブック：川辺ら（愛智出版）」に示されている海水中での潰食発生限界流速と管内流速を比較し、流れ加速型腐食発生の可能性を評価する。

1次系冷却水クーラの管側流速は、表2に示すとおり、海水中での潰食発生限界流速以下であり、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

ただし、管側流体が海水であることから、貝等の異物の付着により流れ加速型腐食が発生する可能性があるが、貝等の混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であり、管壁とのすき間の局所的な流速の増大については、一律で定量的な評価は困難である。

表2 高浜1号炉 伝熱管の管内流速と潰食発生限界流速との比較

対 象 機 器	管側流速／潰食発生限界流速
1次系冷却水クーラ	約1/3

現状保全として、伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）に対しては、定期的に渦流探傷検査を実施しており、また、有意な減肉が生じている場合には腐食進行程度を把握し、補修を行っている。

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。

### ○ 冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れ

2007年9月、美浜2号炉のA-蒸気発生器冷却材入口管台セーフエンド（ステンレス鋼製）内面において、非常に軽微な粒界割れが管台と溶接部境界近傍の機械加工部において確認されている。美浜2号炉の蒸気発生器冷却材入口管台セーフエンドにおいて確認された粒界割れは、割れの起点は確認できていないが、製作時出入口管台とセーフエンド溶接近傍の内面の極表層部において高い残留応力が発生し、溶接部近傍において運転中に粒界割れが進展したものと推定されており、これまでの研究ではPWR環境中の冷間加工層で応力腐食割れ発生は確認されていないが、硬さの上昇とともに進展速度が増加することがわかっている。また、硬さの上昇とともに応力腐食割れ発生の感受性も高まることから、割れ発生の可能性は否定できない。

現状保全として、冷却材出入口管台の応力腐食割れに対しては、定期的に溶接部の超音波探傷検査により有意な欠陥がないことを確認し、漏えい試験により耐圧部の健全性を確認している。さらに、定期的に溶接部の渦流探傷検査により有意な欠陥がないことを確認することとしている。

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。

## ○ 母管の高サイクル熱疲労割れ [余熱除去系統配管]

余熱除去クーラ出口配管とバイパス配管の合流部（高低温水合流部）においては、局部的にバイパス配管からの高温水が流入し、複雑な流況による熱過渡を受け、疲労が蓄積されることから、高サイクル熱疲労割れが発生する可能性がある。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては、「日本機械学会 配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針（JSME S 017-2003）」に基づき評価を実施した。

疲労評価に用いた過渡回数を表3に示す。

評価結果を表4に示すが、許容値に対し余裕のある結果が得られている。

なお、余熱除去クーラ出口配管とバイパス配管の合流部については、第25回定期検査時（2007年度～2008年度）に取替済である。

現状保全として、定期的に漏えい試験により健全性を確認している。さらに、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

表3 高浜1号炉 余熱除去クーラ出口配管とバイパスライン配管合流部の疲労評価に用いた過渡回数

過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数
	運転開始後60年時点での推定値*1
起 動 (温度上昇率55.6°C/h)	37
停 止 (温度下降率55.6°C/h)	37
1次系漏えい試験	43

\*1：第25回定期検査時（2007年度～2008年度）取替を実施

表4 高浜1号炉 余熱除去クーラ出口配管とバイパスライン配管合流部の疲労評価結果

評 価 対 象 部 位 (使 用 材 料)	疲 労 累 積 係 数 (許容値：1以下)
余熱除去クーラ出口配管・ バイパスライン配管合流部 (ステンレス鋼)	0.540

また、通常運転時使用されず閉塞滞留部となる余熱除去系統配管の一部において、第1隔離弁にグランドリークが生じると、水平管部において熱成層が発生（弁グランドリ

ーク型熱成層)、消滅を繰り返すことにより疲労割れが発生する可能性がある。

しかしながら、定期的に隔離弁の分解点検を実施し、弁ディスク位置の調整により弁シート部の隙間を適正に管理していくことにより、機器の健全性を維持している。

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。



## ○ 母管の腐食（流れ加速型腐食） [主蒸気系統配管、主給水系統配管]

高温水または2相流体を内包する炭素鋼配管では、エルボ部、分岐部、レジューサ部等の流れの乱れが起きる箇所では流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。

流れ加速型腐食による減肉は、流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件から発生する可能性は推定できるものの、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であるため、配管の減肉管理については減肉の可能性のある箇所の肉厚測定を行い、減肉の有無、減肉率を判断し、寿命評価を実施することとしている。

配管減肉に対しては、減肉発生の見解、調査結果に基づき作成した「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）により、減肉の点検対象として主要点検部位（「日本機械学会 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006）」に定められた偏流発生部位および下流範囲を含む部位）およびその他部位（主要点検部位以外の部位）について管理対象とし、超音波による肉厚測定を行いデータの蓄積を図ってきた。

また、美浜3号炉2次系配管破損事故（2004年8月）以降は、保安院指示文書（平成20・12・22原院第4号 NISA-163c-08-5）や日本機械学会の規格（加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006））に定められた内容に従い、対象系統および部位や実施時期等の考え方を「2次系配管肉厚の管理指針\*」に反映し、これに基づき配管減肉の管理を実施している。

現状保全として、「2次系配管肉厚の管理指針\*」に基づき、超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っており、さらに運転開始後30年を越えるプラントについては、点検対象部位の点検済み箇所について3定検以内に全数の再度点検を実施すること、余寿命が10年未満の箇所については定検毎に点検することとしている。3定検以内の全数再度点検については、第23回定期検査時（2005年度）、24回定期検査時（2006年度）および25回定期検査時（2007年度～2008年度）で主要点検部位およびその他部位の全ての管理対象箇所について点検を完了した。また、肉厚測定およびデータの管理にあたっては、検査装置から計測結果をパソコンに取り込み、データベース化し管理している。

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。

\*：「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）に従い、社内管理方法を定めたもの。



## ○ 母管の腐食（流れ加速型腐食およびエロージョン）

### [低温再熱蒸気系統配管、第4抽気系統配管、第3抽気系統配管、第2抽気系統配管、グラウンド蒸気系統配管、補助蒸気系統配管、蒸気発生器ブローダウン系統配管、復水系統配管、ドレン系統配管]

高温水または2相流体を内包する炭素鋼配管では、エルボ部、分岐部、レギュレーサ部等の流れの乱れが起きる箇所で流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。また、復水器に繋がる蒸気、凝縮水が流れる配管等では、高減圧部で流速が大きくなるため、エロージョンにより減肉が発生する可能性がある。

代表機器と同様に、流れ加速型腐食による減肉は、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であり、エロージョンによる減肉の進行程度も、正確に定量的な評価を行うことは困難である。しかし、美浜3号炉2次系配管破損事故（2004年8月）以降は、保安院指示文書（平成20・12・22原院第4号 NIS A-163c-08-5）や日本機械学会の規格（加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（JSME S NG1-2006））に定められた内容に従い、対象系統および部位や実施時期等の考え方を「2次系配管肉厚の管理指針\*」に反映し、これに基づき配管減肉の管理を実施することで、機器の健全性に影響を与える可能性は小さいと考える。

現状保全として、「2次系配管肉厚の管理指針\*」に基づき、超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っている。また、肉厚測定およびデータの管理にあたっては、検査装置から計測結果をパソコンに取り込み、データベース化し管理している。

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。

\*：「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（平成2年5月）に従い、社内管理方法を定めたもの。

## ○ 制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗

通常運転時の1次冷却材の流れにより、制御棒クラスタ案内管内で制御棒が流体振動を起こす。その結果、制御棒と制御棒クラスタ案内管（案内板）との間で摩耗が発生する可能性がある。制御棒被覆管については摩耗減肉が認められていることから、長期的には制御棒クラスタ案内管（案内板）側が摩耗する可能性は否定できない。

制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗により、制御棒の案内機能に影響を及ぼす可能性がある事象としては、制御棒の制御棒クラスタ案内管（案内板）からの抜け出しが考えられる。制御棒被覆管の摩耗が進行し、径が細くなると、制御棒クラスタ案内管（案内板）から抜け出しやすい状態となる。現行の制御棒の管理では、予防保全的に制御棒被覆管の摩耗深さが肉厚を超えないよう定期的に制御棒の取替等を行っている。制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗管理については、安全側に制御棒被覆管の摩耗深さが肉厚に至った場合を仮定すると、制御棒クラスタ案内管（案内板）からの抜け出しの可能性が出てくると考えられるのは図1に示す摩耗長さ74%と評価されることから、高浜1号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗が制御棒の案内機能に与える影響については、次のように評価される。

高浜1号炉で採用している3ループ15×15型制御棒クラスタ案内管について、日本機械学会 維持規格（JSME S NA1-2008）に基づき評価を実施した結果、高浜1号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）が摩耗長さ74%に達するまでの時間は約62.7万時間と評価される。一方、2015年4月時点の運転実績は約23万時間である。

以上より、高浜1号炉の制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗が制御棒の案内機能に直ちに影響を及ぼす可能性はないと考える。

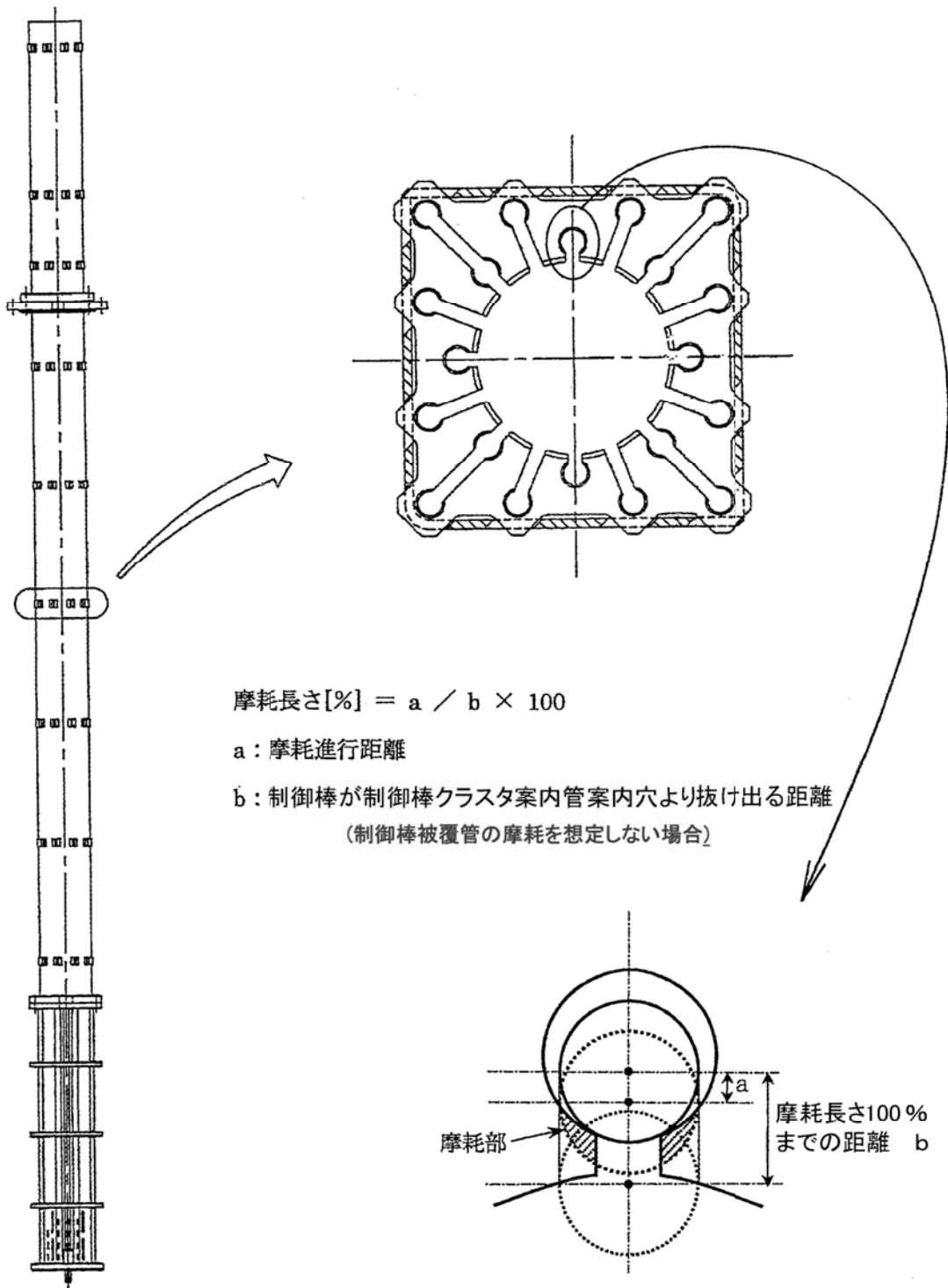


図2 高浜1号炉 制御棒クラスタ案内管（案内板）摩耗長さ

現状保全として、制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗による制御棒の案内機能への影響は、定期的に全制御棒の落下試験を実施しており、挿入時間に問題がないことによりその健全性を確認している。

さらに、同型の高浜2号炉の第21回定期検査時（2003年度）に摩耗計測を実施して、制御棒の案内機能の健全性を確認している。

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。

### ○ 炉内計装用シンプルチューブの摩耗

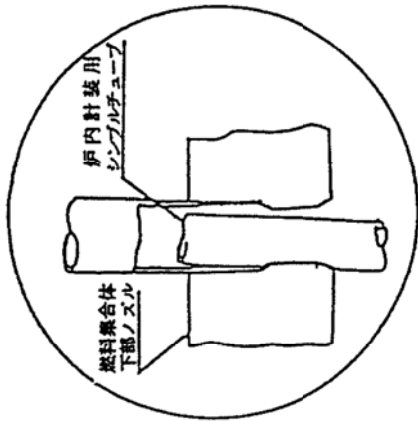
1981年3月、米国セーレム（Salem）発電所1号炉他で炉内計装用シンプルチューブの摩耗による減肉が認められており、国内でも同様の事象が認められていることから、摩耗が発生する可能性がある。炉内計装用シンプルチューブの減肉が、シンプルチューブまわりの軸流による流体振動に起因することをモックアップ試験により確認している。また、減肉した炉内計装用シンプルチューブの耐圧健全性を確認するため、実機での減肉形状を模擬して外圧による圧壊試験を行い、限界減肉率を求めている。

一方、摩耗に関する一般知見として、現象が同じであれば単位時間当たりの摩耗体積は一定であり、摩耗発生箇所においては、炉内計装用シンプルチューブおよび炉内計装案内管の各形状（図3）から、摩耗の進展に応じて、X部、Y部では接触面積が大きくなるため、摩耗深さの進展は緩やかになる。

炉内計装用シンプルチューブの摩耗による減肉については、限界減肉率に比べ十分小さい状態で管理している。



X 部



Y 部

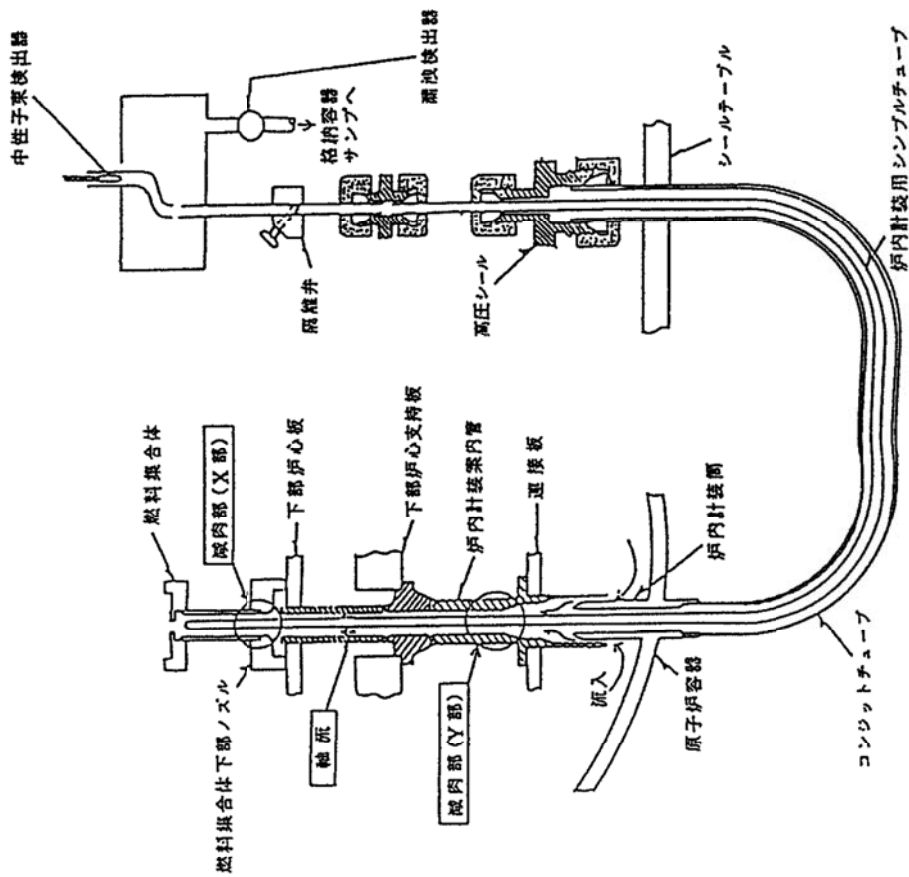
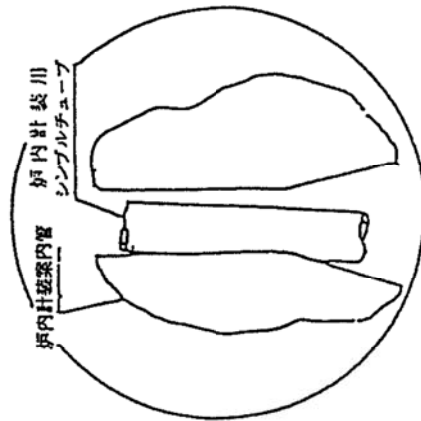


図3 炉内計装用シンプルチューブ減圧部位および形状概念図



現状保全として、炉内計装用シンプルチューブの摩耗に対しては、定期的に渦流探傷検査により摩耗状況を確認するとともに、必要に応じて位置変更または取替を実施している。

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。

## ○ 炉心そうの中性子照射による靱性低下

炉心そうに使用しているステンレス鋼は、中性子照射により靱性低下など機械的特性が変化する。

中性子照射による靱性低下は、従来より原子炉容器を中心に検討評価されてきている。原子炉容器に使用されている材料はフェライト系の材料であり、この材料は中性子照射によって、関連温度の上昇や上部棚吸収エネルギーの低下が顕著なため、従来から重要な経年劣化事象として評価されている。

一方、炉心支持構造物であり強度上重要な炉心そうに使用されている材料はオーステナイト系の材料であって、フェライト系材料とは金属結晶構造が異なり、靱性が高い材料である。しかし、発電設備技術検査協会の「プラント長寿命化技術開発」報告書によるとオーステナイト系照射ステンレス鋼の破壊靱性値 $J_{IC}$ 試験の結果、図4に示すように、中性子照射に対して靱性値の低下が認められる。

しかしながら、中性子照射により、靱性値が低下しても、炉内構造物に有意な欠陥が存在しなければ、不安定破壊を起こす可能性は小さいと考える。なお、炉心そう溶接部は、応力集中がなく照射量が少ないため日本機械学会 維持規格 (JSME S NA1-2008) に基づく評価では、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は小さい。

さらに、ここで万一有意な欠陥が存在すると仮定し、地震発生時のき裂安定性評価を実施した。想定欠陥は、日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) を準用し深さを板厚の1/4、長さは板厚の1.5倍の表面欠陥を周方向に仮定した (図5)。平板中の半楕円表面き裂の応力拡大係数 $K$ を求めるRaju-Newmanの式 (Raju, I. S. and Newman, J. C., Jr., NASA Technical Paper 1578, 1979.) を用いて想定欠陥の応力拡大係数 $K$ を算出した結果、 $5.9 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ となった。一方、図4中の $J_{IC}$ 最下限値 $14 \text{ kJ/m}^2$ から、換算式により破壊靱性値 $K_{IC}$ を求めると $51 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ となる。

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)}} \times J_{IC}$$

$E$  : 縦弾性係数 ( $173000 \text{ N/mm}^2$  at  $350^\circ\text{C}$ )

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

$J_{IC}$  : 破壊靱性値の下限 ( $14 \text{ kJ/m}^2$  at  $350^\circ\text{C}$ )

よって、想定欠陥の応力拡大係数は、破壊靱性値を下回っており、不安定破壊は生じないことを確認した。

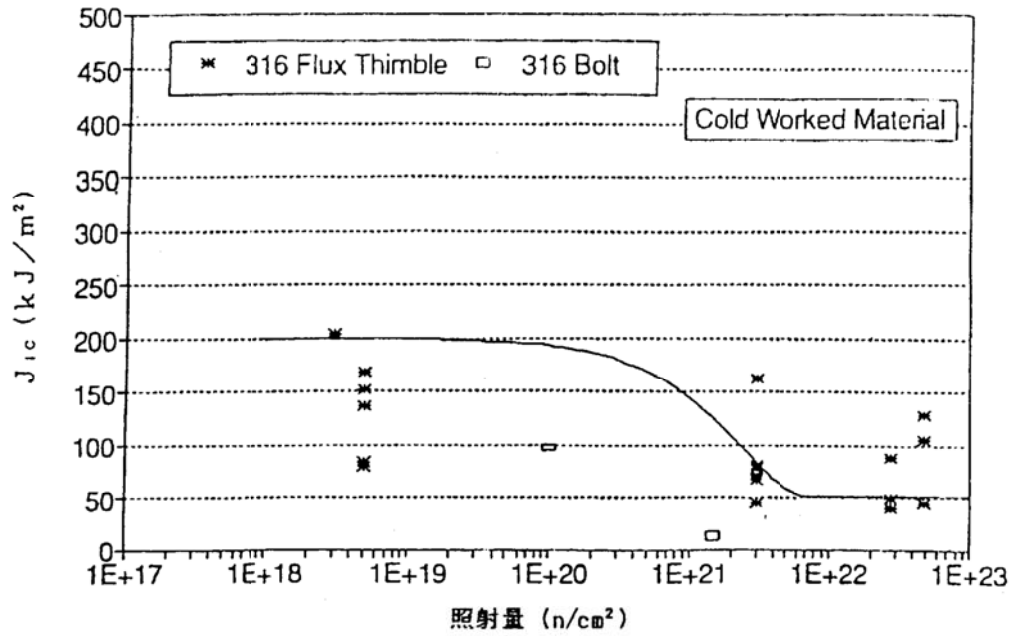


図4 破壊靱性値 $J_{1c}$ と照射量の関係

[出典：発電設備技術検査協会「プラント長寿命化技術開発」報告書]

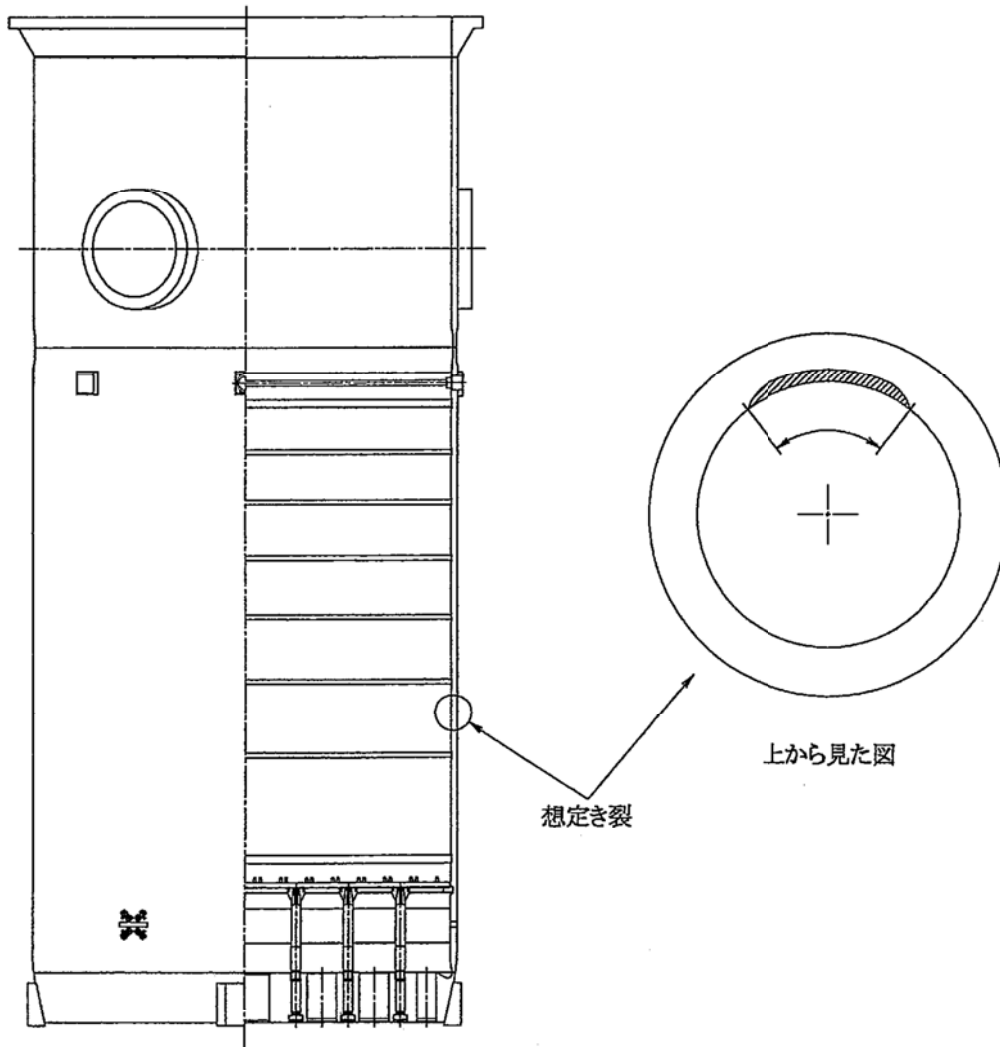


図5 高浜1号炉 中性子照射による靱性低下に対する炉心そのの想定き裂

現状保全として、炉心そうについては、定期的に水中テレビカメラによる可視範囲の目視確認を実施し、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。

○ 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）

主蒸気入口管、車室およびノズル室は、炭素鋼または炭素鋼鋳鋼であり、湿り蒸気流に常時さらされているため、流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。主蒸気入口管、車室およびノズル室の流れ加速型腐食発生想定部位をそれぞれ図6および図7に示す。



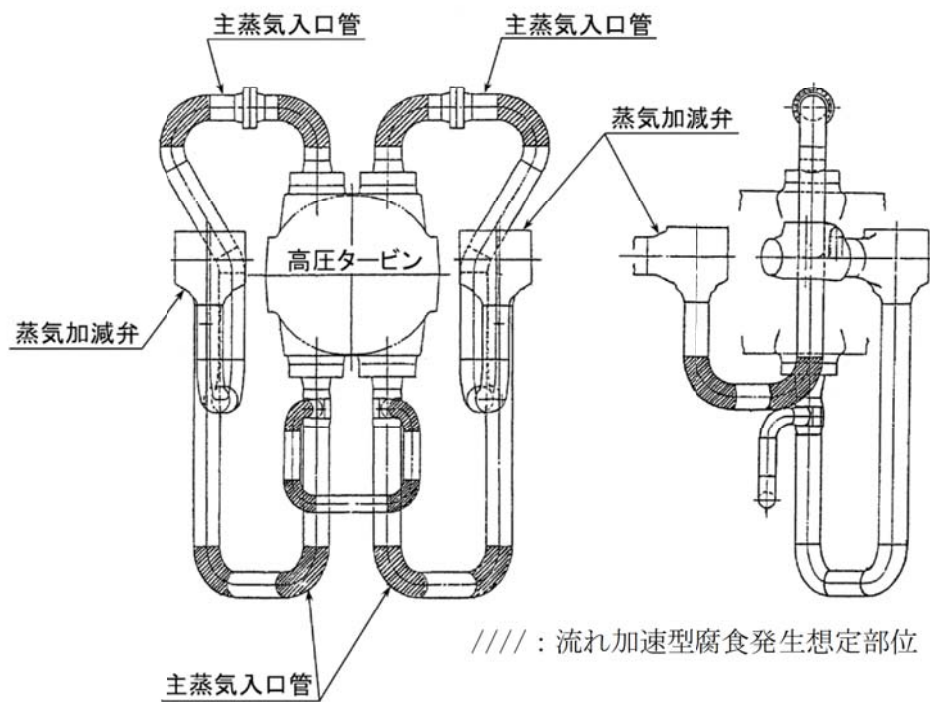


図6 高浜1号炉 高圧タービン  
主蒸気入口管の流れ加速型腐食発生想定部位 (概念図)

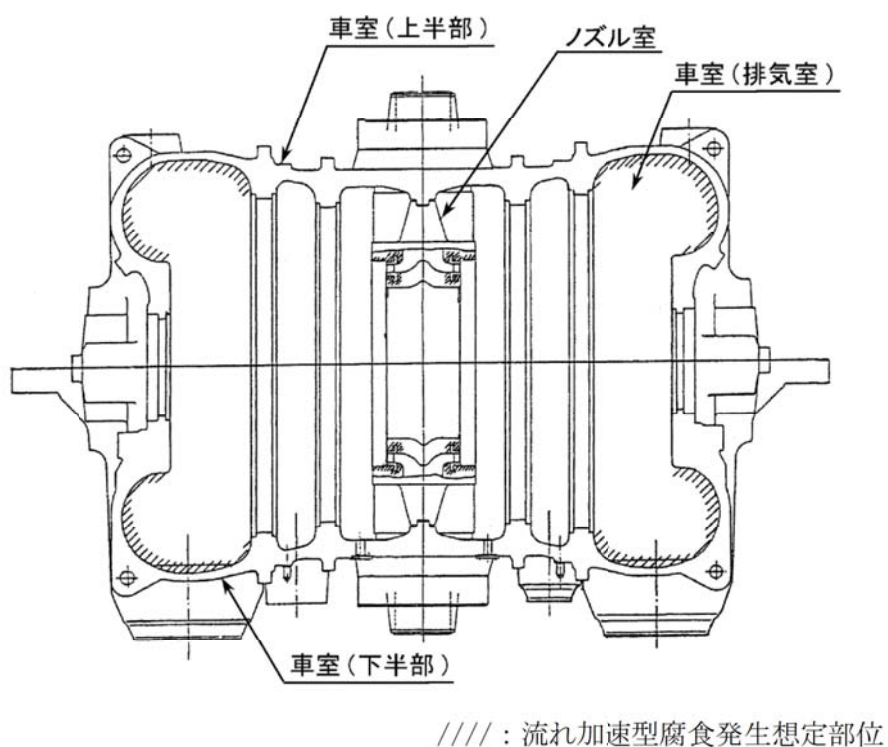


図7 高浜1号炉 高圧タービン  
車室、ノズル室の流れ加速型腐食発生想定部位 (概念図)

主蒸気入口管等については、流れ加速型腐食による減肉の可能性が考えられる。流れ加速型腐食による減肉の進行程度は物理的因子である流速、湿り度、渦流の発生の有無等、また、化学的因子である水質、温度等により影響されるが、それらの諸条件は機器単位で異なっていると考えられ、一律に流れ加速型腐食について正確に定量的な予測を行うことは困難である。

現状保全として、主蒸気入口管の流れ加速型腐食に対しては、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、超音波を用いた肉厚測定を実施し、肉厚測定結果に基づく余寿命評価から次回測定または取替時期を設定している。

ノズル室の外面および車室については、定期的を目視確認を実施し、有意な減肉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。

○ 海水冷却コイルの腐食（流れ加速型腐食）

[1次系冷却水ポンプ室冷房ユニット]

海水冷却コイルは銅合金であり、内部流体が海水であることから、流れ加速型腐食が生じる可能性がある。海水中での潰食発生限界流速と海水冷却コイルの流速を比較し、流れ加速型腐食発生の可能性を評価すると、表5に示すとおり、海水冷却コイルの流速は海水中での潰食発生限界流速に対して十分小さく、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

また、分解点検時の渦流探傷検査で有意な減肉が認められていないことから、流れ加速型腐食の発生により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

しかしながら、流体が海水であるため、貝等の異物が海水に混入した場合、流れ加速型腐食が発生する可能性が否定できない。また、海水への混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であり、管壁とのすき間の局所的な流速の増大については、一律で定量的な評価は困難である。

現状保全として、海水冷却コイルの腐食（流れ加速型腐食）に対しては、定期的に渦流探傷検査を実施し、有意な腐食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。

表5 高浜1号炉 1次系冷却水ポンプ室冷房ユニット海水冷却コイルの  
流速と潰食発生限界流速との比較

管側流速／潰食発生限界流速
約 1 / 4

○ 伝熱管の内面腐食（流れ加速型腐食）

チラーユニットの凝縮器および蒸発器の伝熱管は銅合金であり、内部流体による保護皮膜破壊により流れ加速型腐食が発生する可能性がある。流れ加速型腐食が想定される代表的な部位を図8に示す。

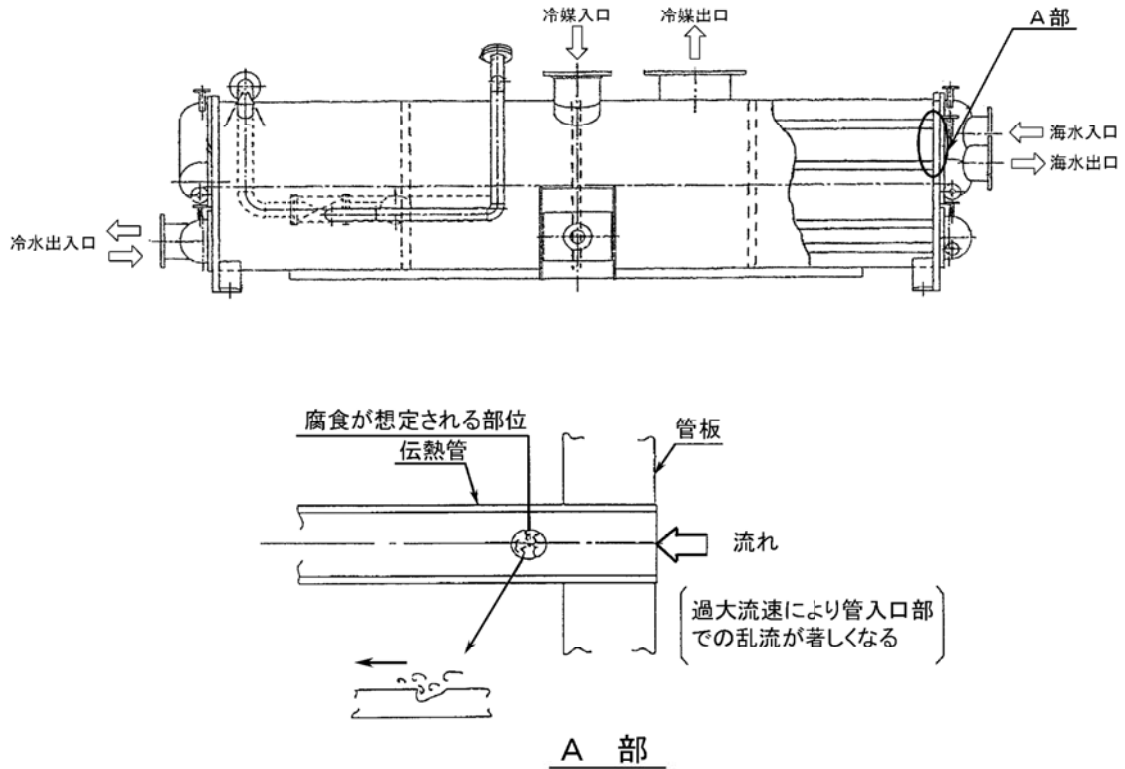


図8 高浜1号炉 凝縮器伝熱管の流れ加速型腐食想定部位

銅合金は腐食電位の高い貴な金属であり、耐食性は良いが、限界流速以上の流水中で使用すると、流れ加速型腐食が発生する。

ここでは、凝縮器について「復水器工学ハンドブック：川辺ら（愛智出版）」に示される海水中での潰食発生限界流速等と伝熱管内の流速を比較し、流れ加速型腐食発生の可能性を評価する。

凝縮器の伝熱管内流速は、表6に示すとおり、潰食発生限界流速以下であり、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

ただし、管側流体が海水である凝縮器については、貝等の異物の付着により流れ加速型腐食が発生する可能性があるが、貝等の混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であり、管壁とのすき間の局所的な流速の増大については、一律で定量的な評価は困難である。

一方、蒸発器については、定期的な渦流探傷検査を実施し、これまでの減肉管理の実績から急激な減肉の発生する可能性は小さい。

現状保全として、凝縮器と蒸発器のいずれも定期的に渦流探傷検査を実施している。

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。

表6 高浜1号炉 凝縮器伝熱管の流速と潰食発生限界流速との比較

対象機器	流速／潰食発生限界流速
凝縮器	約1／2



○ 蒸発器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼または鋳鉄使用部位の腐食  
(全面腐食)

チラーユニットの蒸発器管側接液部（管板、水室）および冷水系統（配管、冷水ポンプケーシング、冷水ポンプ羽根車、冷水サージタンク胴板、冷水サージタンク底板、冷水サージタンク天板）には、炭素鋼または鋳鉄を使用しており、内部流体が純水であるため、長期使用により腐食が発生する可能性がある。図9に示す酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）に示すように腐食の可能性は否定できない。

現状保全として、定期的な系統機器分解点検時に目視確認を実施し、有意な腐食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。

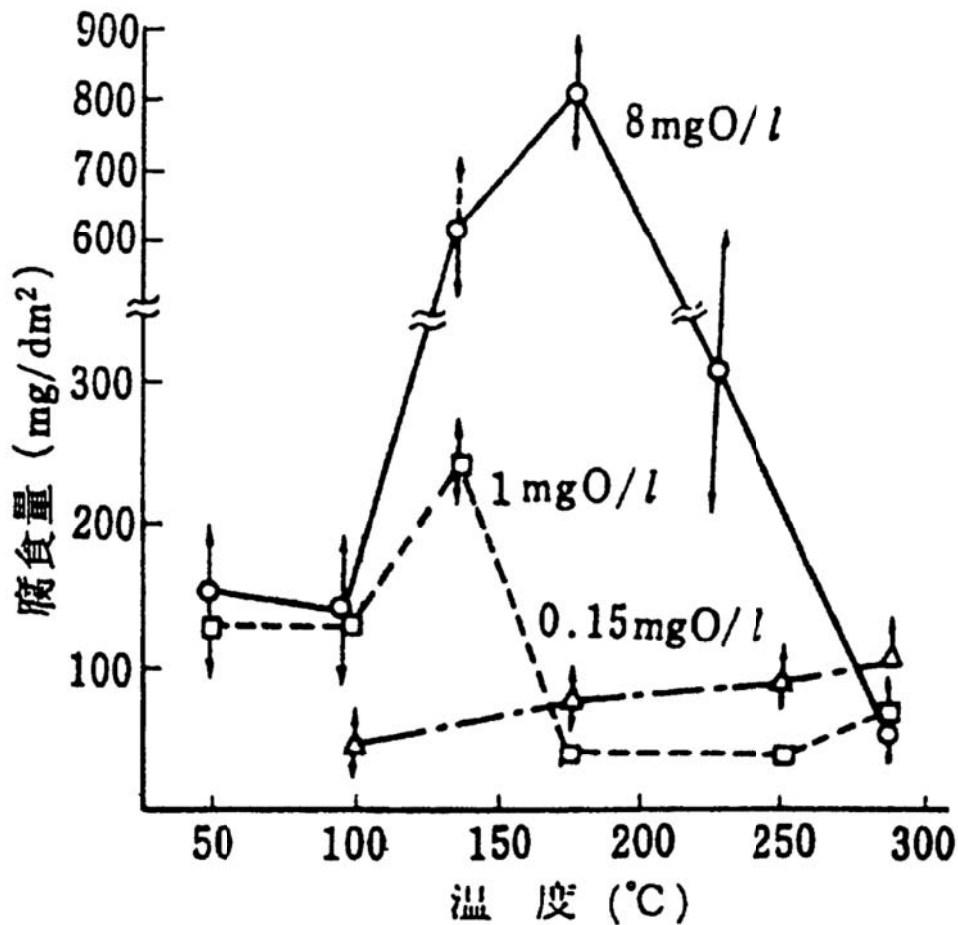


図9 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響、200hr

[出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編]

## ○ パッド、ヒンジ等摺動部の摩耗

### [原子炉容器サポート、蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]

機器の移動を許容するサポートの摺動部材（原子炉容器サポートパッド、ヒンジ、リングフレーム、壁側スナバブラケット、ブラケット、ブッシュ、連結棒）は、機器熱移動や振動により摩耗が発生し、支持機能に影響を及ぼす可能性がある。摩耗が想定される代表部位として原子炉容器サポートの摺動部を図9に、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部を図10に示す。

蒸気発生器および1次冷却材ポンプのオイルスナバは地震時の水平方向変位を拘束するものであり、蒸気発生器および1次冷却材ポンプの上部サポートにかかる荷重は小さく、また、通常運転における熱移動はサイクル数が少ない（最大変位が想定されるのはヒートアップ・クールダウンの年2回）ため、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。また、振動による摩耗については発生荷重が十分小さく、可動部を摺動させるほどの力は生じないと考えられる。

ただし、原子炉容器サポート、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部は、重機器の自重を支えていることから当該部に発生する荷重は小さいとは言えないため、運転開始後60年時点における推定摩耗量を評価した。

摩耗量については、現在定量的に評価する理論が確立されていないが、ここではホルム（Holm）の理論式（機械工学便覧（日本機械学会編））により、概略の摩耗量の推定を行った。

$$\text{ホルムの式： } W = K \cdot S \cdot P / P_m$$

W : 摩耗量 [m<sup>3</sup>]

K : 摩耗係数 [-]

S : すべり距離 [m]

P : 荷重 [N]

P<sub>m</sub> : かたさ [N/m<sup>2</sup>]

なお、評価にあたっては、通常運転時における評価対象サポートに加わる荷重を算出した。すべり距離については計算により求めた熱移動量を基に表7に示す運転状態Ⅰおよび運転状態Ⅱの過渡条件とその回数から算出した。

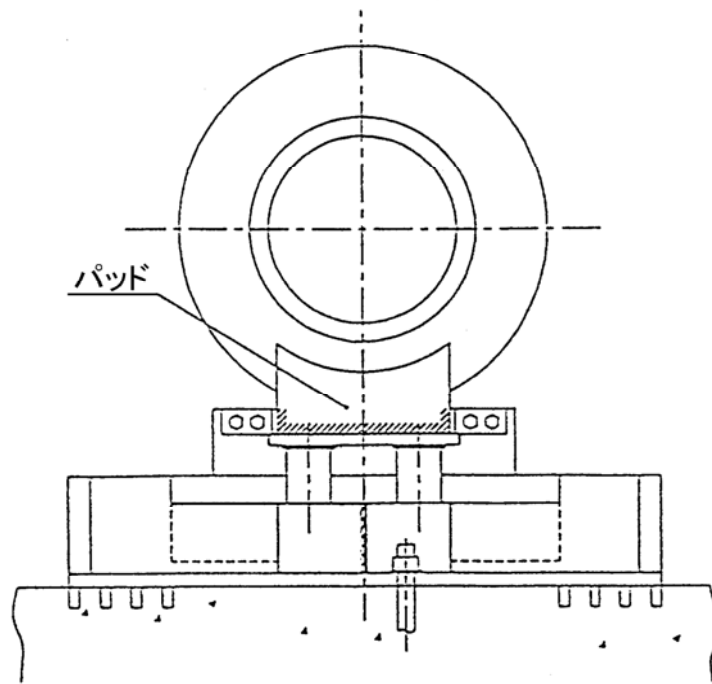
摩耗係数および硬さについてはJ. F. Archard & W. Hirst, Proc . Roy. Soc. , 236, A, (1956), 397より使用温度での硬さの変化を考慮しても安全側の評価となるよう、実機より柔らかい材料である潤滑材なしの軟鋼-軟鋼のデータを引用した。

評価結果を表8に示すが、運転開始後60年時点の推定摩耗深さ（推定減肉量）は微少であり、許容値に比べ十分小さい。また原子炉容器パッドについてはキャビティシール据付時に漏えい検査を実施しており、原子炉容器とキャビティに機器の健全性に影響を及ぼすような有意な高低差は認められないことから、長期運転にあたっても支持機能に影響を及ぼす可能性はないと考える。

現状保全として、ヒンジ等摺動部の摩耗に対しては、定期的にかみ合い部を目視確認し、機器の健全性に影響のないことを確認している。また、パッドの摩耗に対しては、定期的に原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことをキャビティシール据付時の漏えい検査により確認している。

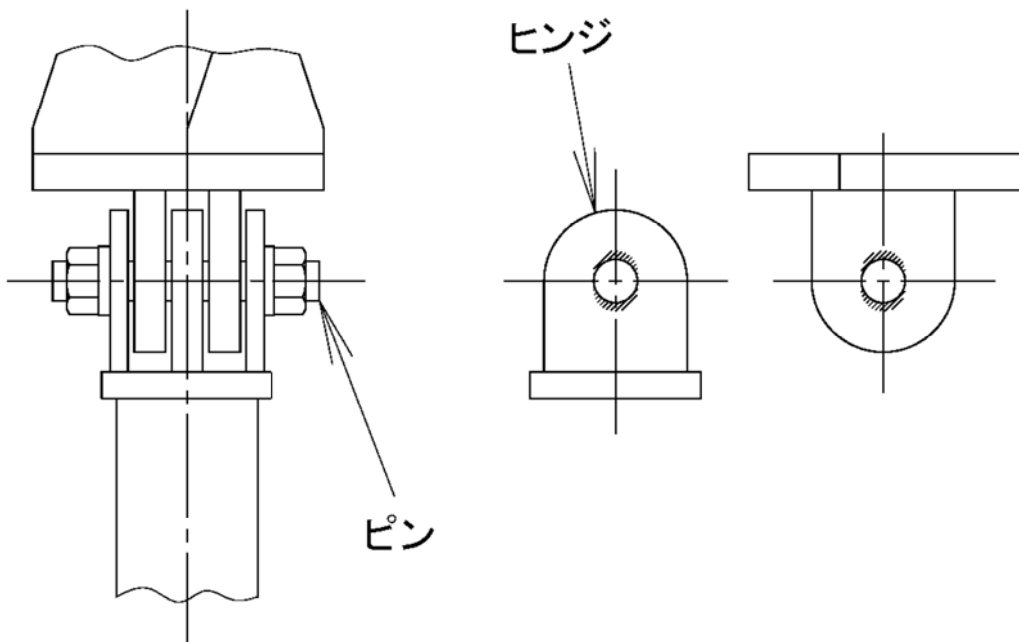
なお、蒸気発生器支持脚については、第16回定期検査時（1996年度）の蒸気発生器取替時に合わせて取替を実施している。

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。



//// 摩耗が想定される部位

図9 高浜1号炉 原子炉容器サポートの摺動部（パッド）



//// 摩耗が想定される部位

図10 高浜1号炉 蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部（ヒンジ）

表7 高浜1号炉 重機器サポート摺動部の摩耗評価に用いた過渡回数

運転状態 I

過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
	2009年度末時点	運転開始後60年 時点の推定値
起動 (温度上昇率 5.6℃/h)	64	99
停止 (温度下降率 5.6℃/h)	64	99
負荷上昇 (負荷上昇率 5%/min)	387	710
負荷減少 (負荷減少率 5%/min)	364	687
90%から100%へのステップ状負荷上昇	4	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	5	6
100%からの大きいステップ状負荷減少	3	4
定常負荷運転時の変動*1	—	—
燃料交換	27	55
0%から15%への負荷上昇	72	112
15%から0%への負荷減少	51	86
1ループ停止/1ループ起動		
Ⅰ) 停 止	0	1
Ⅱ) 起 動	0	1

運転状態 II

過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
	2009年度末時点	運転開始後60年 時点の推定値
負荷の喪失	3	4
外部電源喪失	2	5
1次冷却材流量の部分喪失	1	4
100%からの原子炉トリップ		
Ⅰ) 不注意な冷却を伴わないトリップ	9	12
Ⅱ) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	1
Ⅲ) 不注意な冷却と安全注入を伴う トリップ	0	1
1次冷却系の異常な減圧	0	1
制御棒クラスタの落下	3	6
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	1
1次冷却系停止ループの誤起動	0	1
タービン回転試験	10	10
1次系漏えい試験	65	105

\*1: 設計評価においては、1次冷却材温度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、1次冷却材圧力 $\pm 0.34\text{MPa}$  ( $\pm 3.5\text{kg/cm}^2$ ) の変動があるものとしているが、この過渡項目の摩耗深さへの寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない。



表8 高浜1号炉 重機器サポート摺動部の摩耗量評価結果

部 位	運転開始後60年時点 の推定摩耗深さ / 許容値
原子炉容器パッド	約 1 / 3
蒸気発生器支持脚 ヒンジ	約 1 / 1 2 5 0
1次冷却材ポンプ 支持脚ヒンジ	約 1 / 1 1 5 0

## ○ ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子および $\gamma$ 線照射脆化

### 〔原子炉容器サポート〕

原子炉容器サポートは他の重機器サポートに比べ原子炉容器炉心近傍に設置されており、中性子および $\gamma$ 線照射により材料の靱性が低下する可能性がある。

図11に照射脆化評価を行った評価部位を示す。

評価部位は原子炉容器サポートのうちせん断荷重が大きいボルトおよび補強材とし、当該部の運転開始後60年時点における照射脆化評価を行った。

評価は、運転開始後60年時点において $S_s$ 地震力を受けたとしてもサポートの健全性が保たれることを破壊力学評価を用いて検討した。

破壊力学評価に用いた初期関連温度等の材料物性値は、国内PWRプラントの建設時のミルシートを基に製作した供試材を用いて引張試験、落重試験、シャルピー衝撃試験、破壊靱性試験（静的破壊靱性試験、動的破壊靱性試験）を実施して算出した。図12にシャルピー遷移曲線を示す。なお、初期関連温度（推定 $T_{NDT}$ ）には、「日本機械学会 設計・建設規格（JSME S NC1-2005/2007）」の付録材料図表 Part5 表4およびJ E A C 4 2 0 6に記載されている吸収エネルギー値を満足する温度を用いた。

高浜1号炉に対する初期関連温度（ $T_{NDT}$ ）の推定に際しては、上記試験データによる遷移曲線（遷移曲線A）と国内外データ・文献データ等の吸収エネルギー遷移曲線（遷移曲線B）に対して求めた $C_v(T_i)$ と推定 $T_{NDT}$ の関係をプロットし、高浜1号炉のミルシート記載の吸収エネルギーを当てはめ、 $T_{NDT}$ を推定した。 $T_{NDT}$ の推定の流れを図13に示す。

また、評価式は供試材を用いた静的破壊靱性試験および動的破壊靱性試験から ASME Section III Appendix G に記載されている  $K_{IR}$  式が図14に示すとおり供試材を包絡することから原子炉容器サポート使用部材に適用できることを確認した。ASME Section III Appendix G に記載されている  $K_{IR}$  式を以下に示す。

$$K_{IR} = 29.43 + 1.344 \exp(0.0261(T - T_{NDT} + 88.9))$$

$K_{IR}$  : 破壊靱性値 [MPa $\sqrt{m}$ ]

$T$  : 最低使用温度 [°C]

$T_{NDT}$  : 関連温度 [°C]

さらにボルト材(A-540 B24 材)に対しては過度に裕度を有していることから、新たにボルト材に対する  $K_{IR}$  式を設定した。

ボルト材に対する  $K_{IR}$  式の設定に際しては、図15に示すように供試材の動的破壊靱性試験結果を基に、ASTM E1921-97のフェライト鋼の遷移域での破壊靱性測定法に記載の標準偏差 ( $\sigma$ ) として約28%を採用し、(平均値  $-2\sigma$ ) とした次式を設定カーブとした。

$$K'_{IF} = 0.44 (41.6 + 197.8 \exp(0.0258(T - T_{NDT})))$$

$K'_{IF}$  : ボルトに対する破壊靱性値 [MPa $\sqrt{m}$ ]

$T$  : 最低使用温度 [°C]

$T_{NDT}$  : 関連温度 [°C]

原子炉容器サポート回りの中性子照射量は米国オークリッジ国立研究所(以降 ORNL と呼ぶ)で開発改良された2次元輸送解析コード“DORT”を用いて全エネルギー領域にわたって算定し、この値を基に図16に示す NUREG-1509 (“Radiation Effects on Reactor Pressure Vessel Supports” R. E. Johoson, R. E. Lipinski NRC 1996 P14)に記載されている ORNL の HFIR 炉のサーベイランスデータおよび米国 SHIPPINGPORT (Shippingport) 炉の材料試験データ等の上限を包絡する曲線を基にした脆化予測曲線を用いてボルトおよび補強材の脆化度(遷移温度: 脆化量推定値 ( $\Delta T_{NDT}$ ) °C) を推定した。

評価は、原子炉容器サポートの最低使用温度を基準として  $S_s$  地震が発生したとき、製造時または溶接時の欠陥を想定した場合に脆性破壊が発生するか否かを破壊力学評価を基に検討した。

評価に用いた欠陥寸法は、ボルトは「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」に規定されている超音波探傷試験を行う装置の適合基準における最小欠陥検出寸法とし、補強材は、JEAC4206に準拠し、板厚の1/4とした。き裂のアスペクト比（深さと表面長さの比率）はASME Sec. III Appendix Gに準拠して共に1/6とした。

なお、破壊力学評価に用いる応力拡大係数は、ボルトは丸棒に置き換え、軸方向に垂直な表面き裂を想定し、A. LevanとJ. Royerの文献に記載されている次式を使用した。（引用文献：Part-circular surface cracks in round bars under tension, bending and twisting(A. Levan and J. Royer)）

$$K = F(a/R) \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$F(a/R) = 1.1261 - 0.04796 \cdot (a/R) - 0.1979 \cdot (a/R)^2 + 2.5140 \cdot (a/R)^3$$

ここで、Rは丸棒の半径、aはき裂深さである。F(a/R)は応力拡大係数の補正係数である。

また、補強材に対しては平板要素としてRaju-Newmanの次式を使用した。

$$K_I = F \sigma \sqrt{\pi a/Q}$$

$$F = (M_1 + M_2 \cdot (a/t)^2 + M_3 \cdot (a/t)^4) g \cdot f_\phi \cdot f_w$$

0 < a / c ≤ 1 の場合

$$Q = 1 + 1.464 (a/c)^{1.65}$$

$$M_1 = 1.13 - 0.09 \cdot (a/c)$$

$$M_2 = -0.54 + 0.89 / (0.2 + a/c)$$

$$M_3 = 0.5 - 1 / (0.65 + a/c) + 14(1 - a/c)^{24}$$

$$f_\phi = ((a/c)^2 \cos^2 \phi + \sin^2 \phi)^{1/4}$$

$$g = 1 + (0.1 + 0.35 \cdot (a/t)^2) (1 - \sin \phi)^2$$

$$f_w = (\sec(\pi c \sqrt{(a/t)/2b}))^{1/2}$$

1 < a / c < 2 の場合

$$Q = 1 + 1.464 (c/a)^{1.65}$$

$$M_1 = \sqrt{(c/a)} (1 + 0.04 \cdot c/a)$$

$$M_2 = 0.2 \cdot (c/a)^4$$

$$M_3 = -0.11 \cdot (c/a)^4$$

$$f_\phi = ((c/a)^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi)^{1/4}$$

$$g = 1 + (0.1 + 0.35 \cdot (c/a) (a/t)^2) (1 - \sin \phi)^2$$

$$f_w = (\sec(\pi c \sqrt{(a/t)/2b}))^{1/2}$$

ここで、

- a : き裂深さ
- c : 表面長さの半長
- t : 平板の厚さ
- b : 平板の幅の半長
- $\phi$  : き裂前縁の位置を表す角度

表9に評価結果を示す。評価結果よりボルトおよび補強材はプラント運転開始後60年時点を想定し原子炉容器サポートの最低使用温度でS<sub>s</sub>地震が発生したとしても、破壊靱性値(K<sub>IR</sub>)が応力拡大係数(K<sub>I</sub>)を上回っていることから、原子炉容器サポートの健全性は保たれることを確認した。

現状保全として、定期的に原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことをキャビティシール据付時の漏えい検査により確認している。

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。

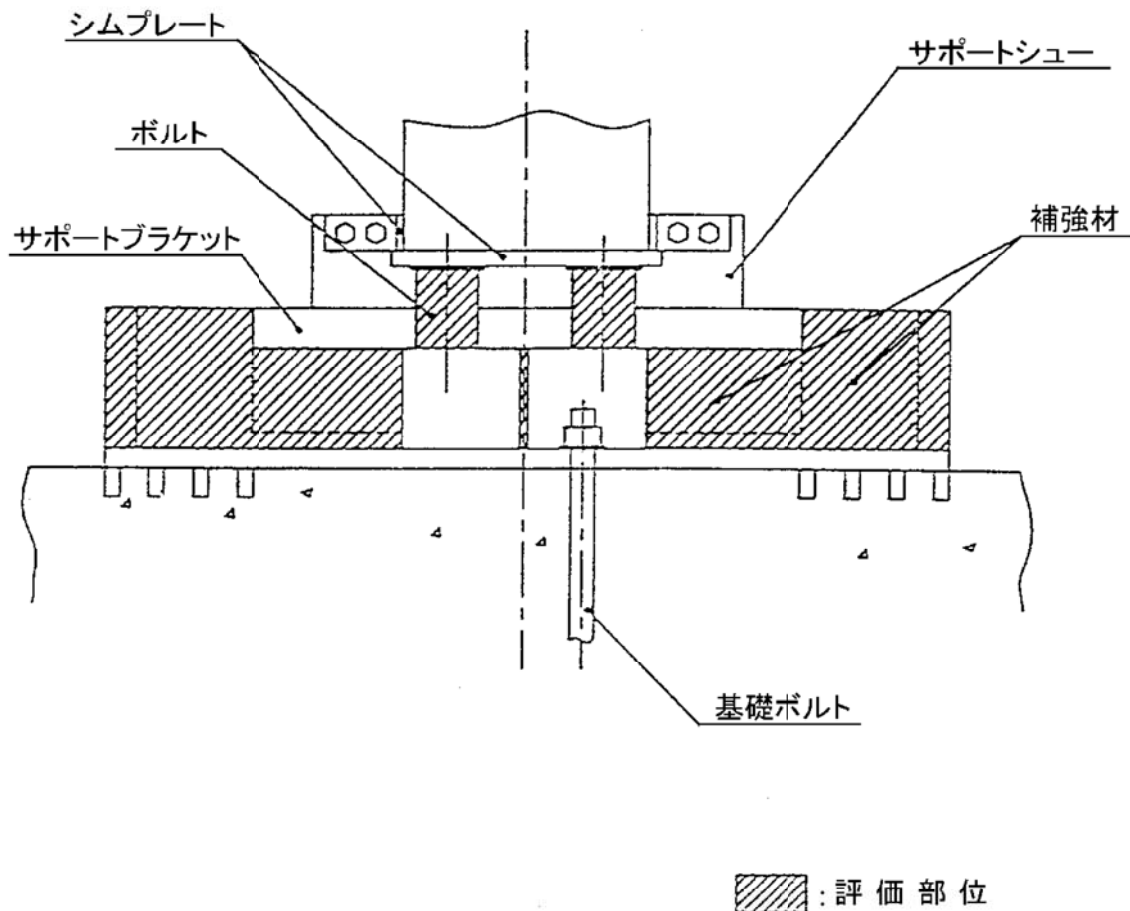


図11 高浜1号炉 原子炉容器サポートの照射脆化評価部位



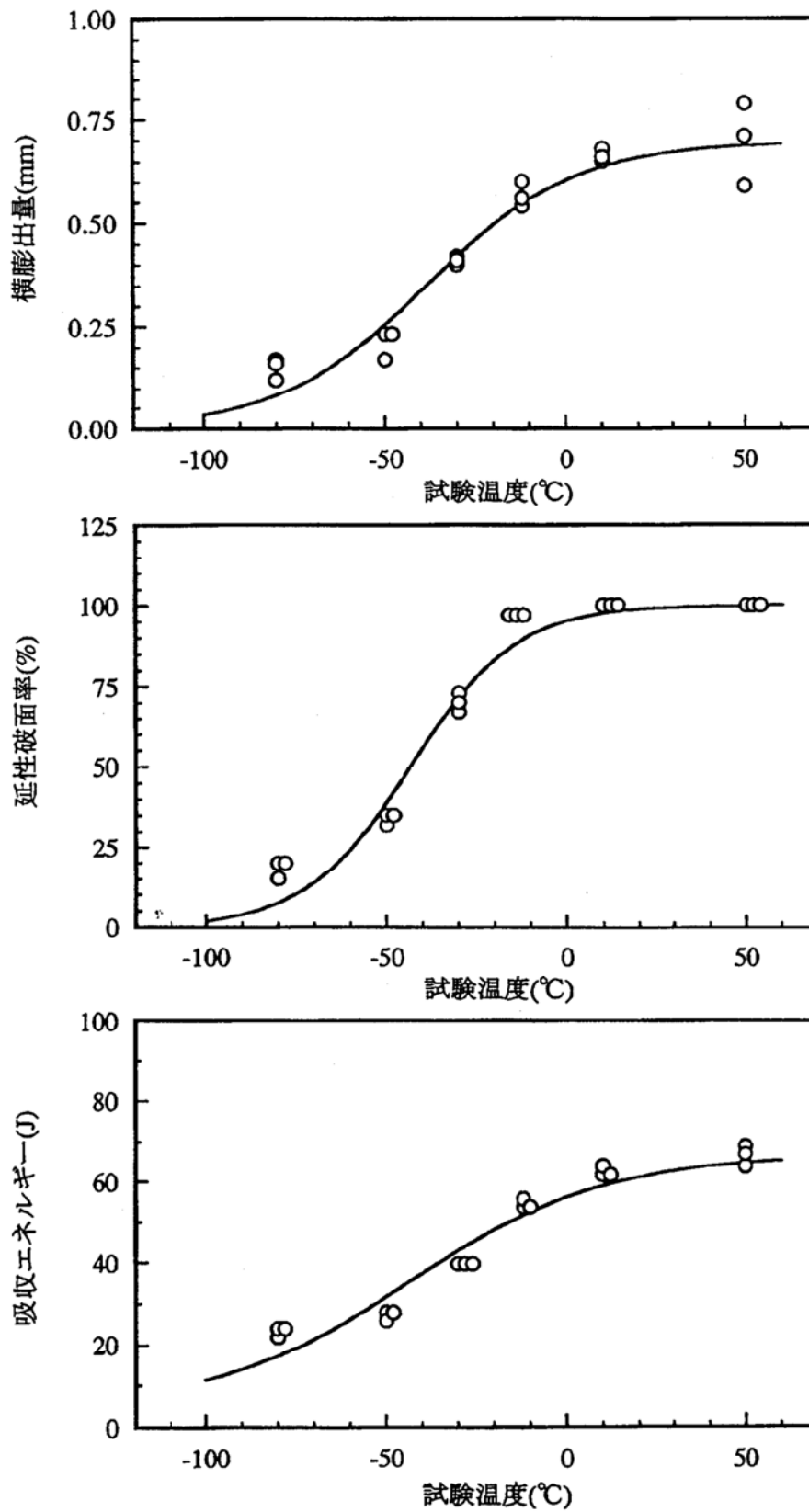


図12(1/2) ボルト材のシャルピー遷移曲線 (A-540 B24鋼)

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」1999年度]

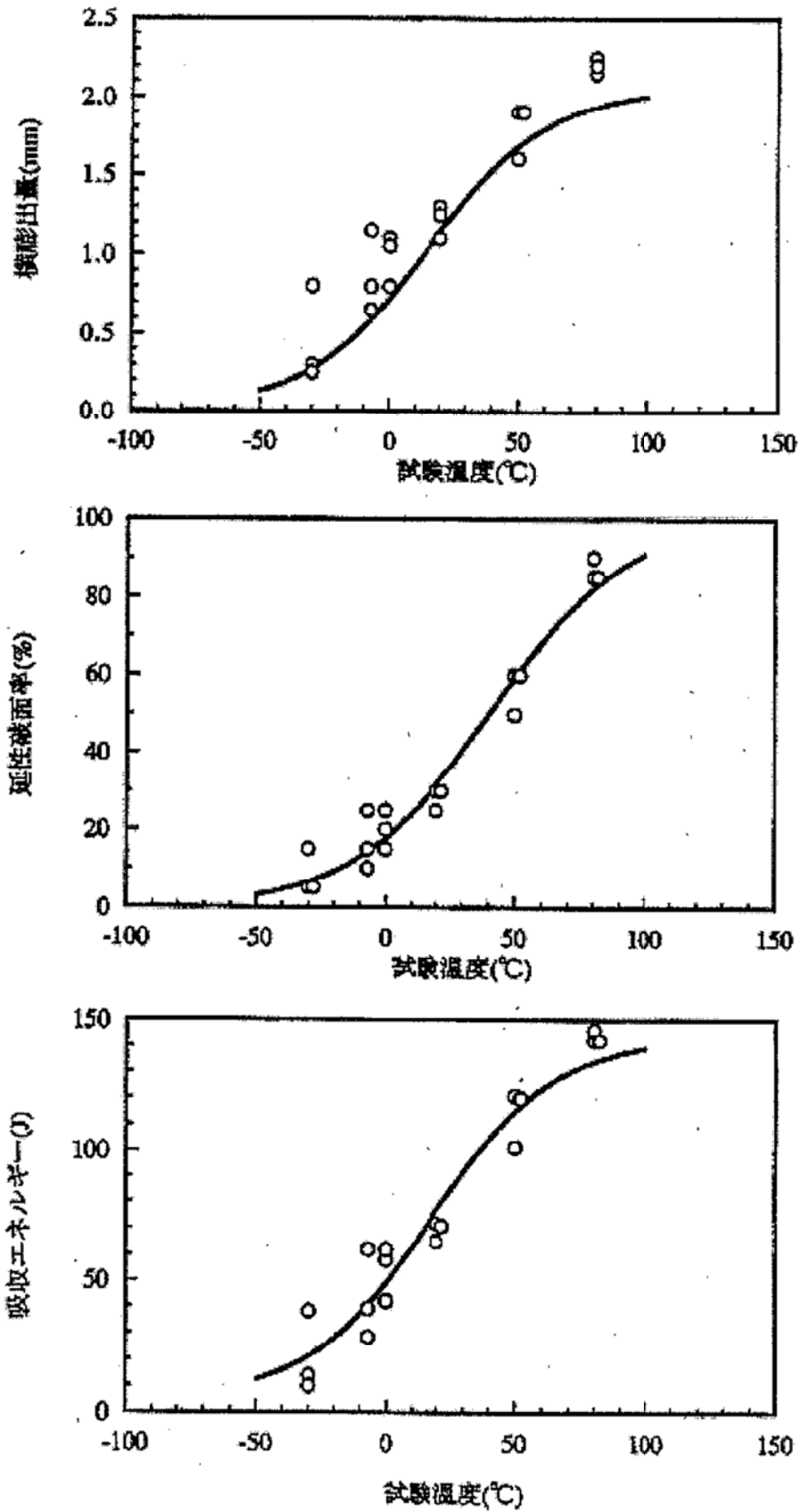


図12(2/2) 補強材のシャルピー遷移曲線 (SM50YB鋼)

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」1999年度]

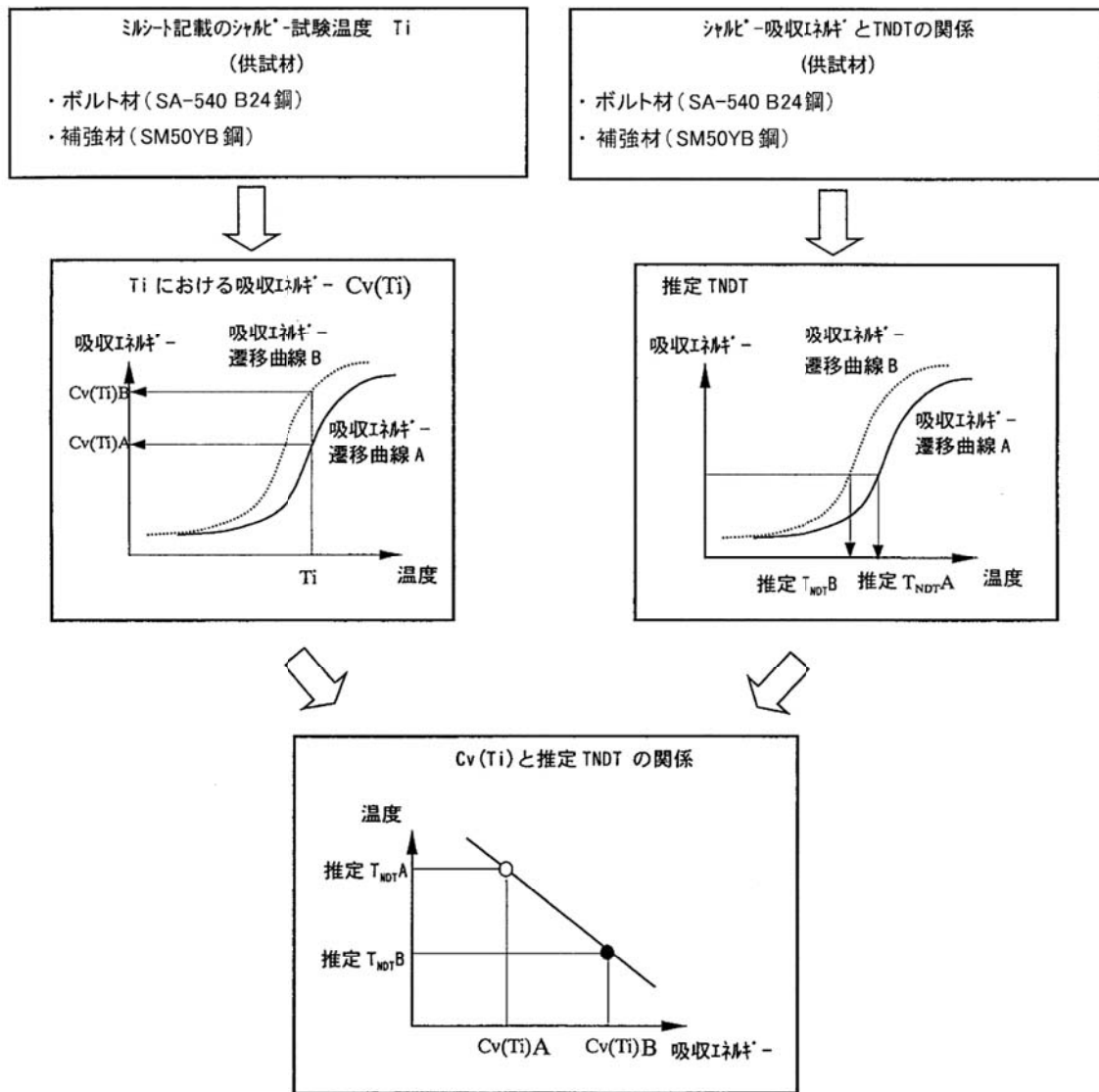


図13 シャルピー吸収エネルギー  $C_v(T_i)$  と推定  $T_{NDT}$  の関係

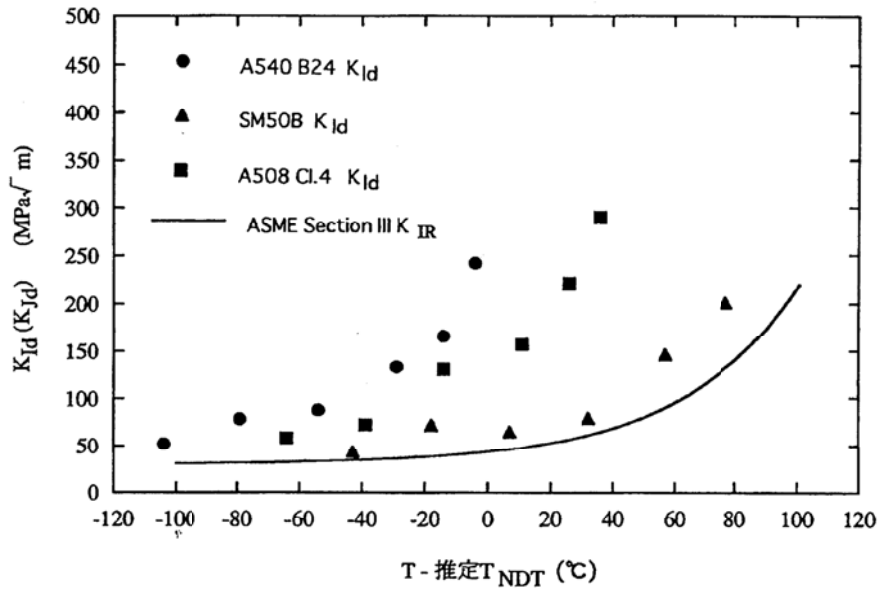


図14 動的破壊靱性と (T-推定T<sub>NDT</sub>) の関係

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」 1999年度]

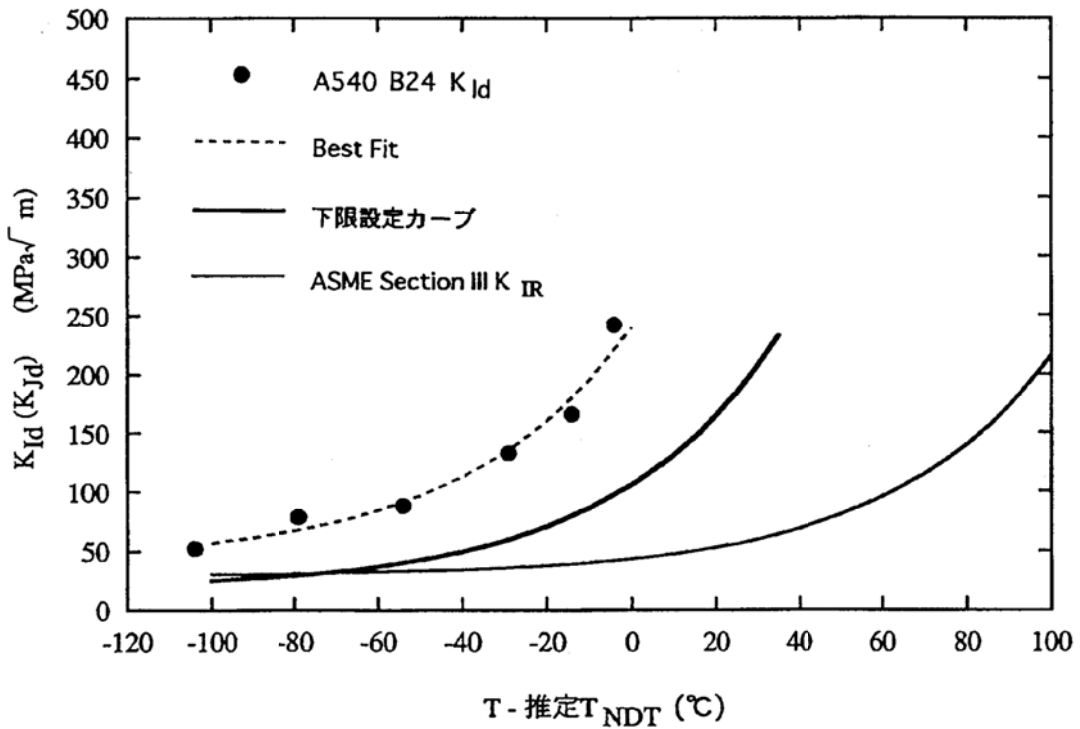


図15 ボルト供試材 (A540 B24鋼) の設定K<sub>IR</sub>カーブ

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」 1999年度]

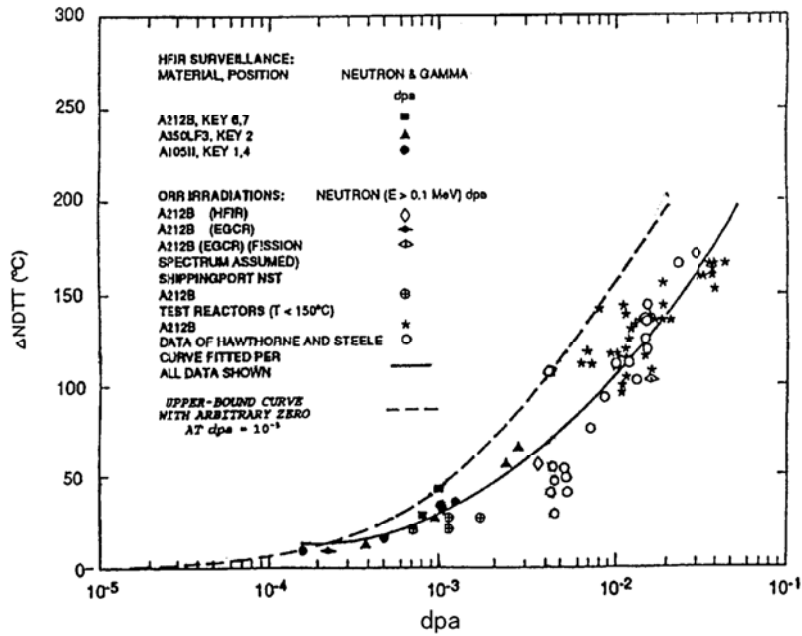


図16 原子炉容器サポートの脆化予測曲線

[出典：NUREG-1509 “Radiation Effects on Reactor Pressure Vessel Supports”

R. E. Johoson, R. E. Lipinski NRC 1996 P14]

表9 高浜1号炉 ボルトおよび補強材の脆化評価結果

評価部位 (材 料 名)	ボルト (SA-540 B24)	補強材 (SM50YB)
$K_I / K_{IR}$	0.35	0.36
評 価	○	○



○ 計器用空気圧縮機空気だめ等の腐食（全面腐食）

計器用空気圧縮機空気だめ等の湿り空気雰囲気中で炭素鋼を使用している部位は長期使用により腐食する可能性がある。

計器用空気圧縮機空気だめの下部鏡板内面は塗装を施しているが、安全側に塗装がないと仮定して、図17に示す酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より初期腐食量を求め、水中での基本的な腐食挙動は放物線則に従うことから、運転開始後60年間の腐食量を評価した。その結果、表10に示すとおり運転開始後60年時点での推定腐食量は、設計上の腐れ代に対して小さいことから、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、これまで実施してきた分解点検時の目視確認においても有意な腐食は認められていない。

表10 高浜1号炉 計器用空気圧縮機空気だめ等の腐食評価結果

運転開始後60年時点での推定腐食量	腐れ代
約4 / 5以下	

現状保全として、計器用空気乾燥器の脱湿塔、ヒータ、空気冷却器、出口ドレンセパレータ、比例弁および配管については、定期的な分解点検時に目視確認を実施し、有意な腐食がないことを確認している。

そして、計器用空気圧縮機空気だめについては、定期的にドレントラップを分解して目視確認を実施し、腐食によるスラッジが流入してい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。

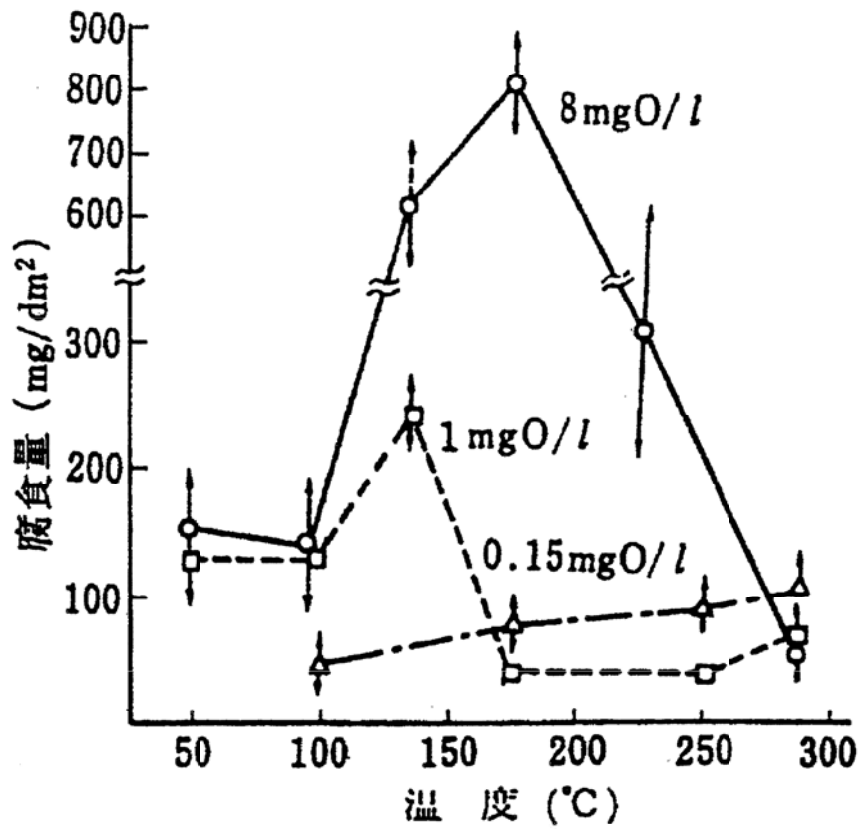


図17 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響、200hr

[出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編]

### ○ 被覆管の摩耗

通常運転時の1次冷却材の流れにより、制御棒クラスタ案内管内等で制御棒が流体振動を起こす。その結果、制御棒と制御棒クラスタ案内管案内板等との間で摩耗が発生する可能性がある。制御棒クラスタの構造と挿入位置関係を図18に示す。

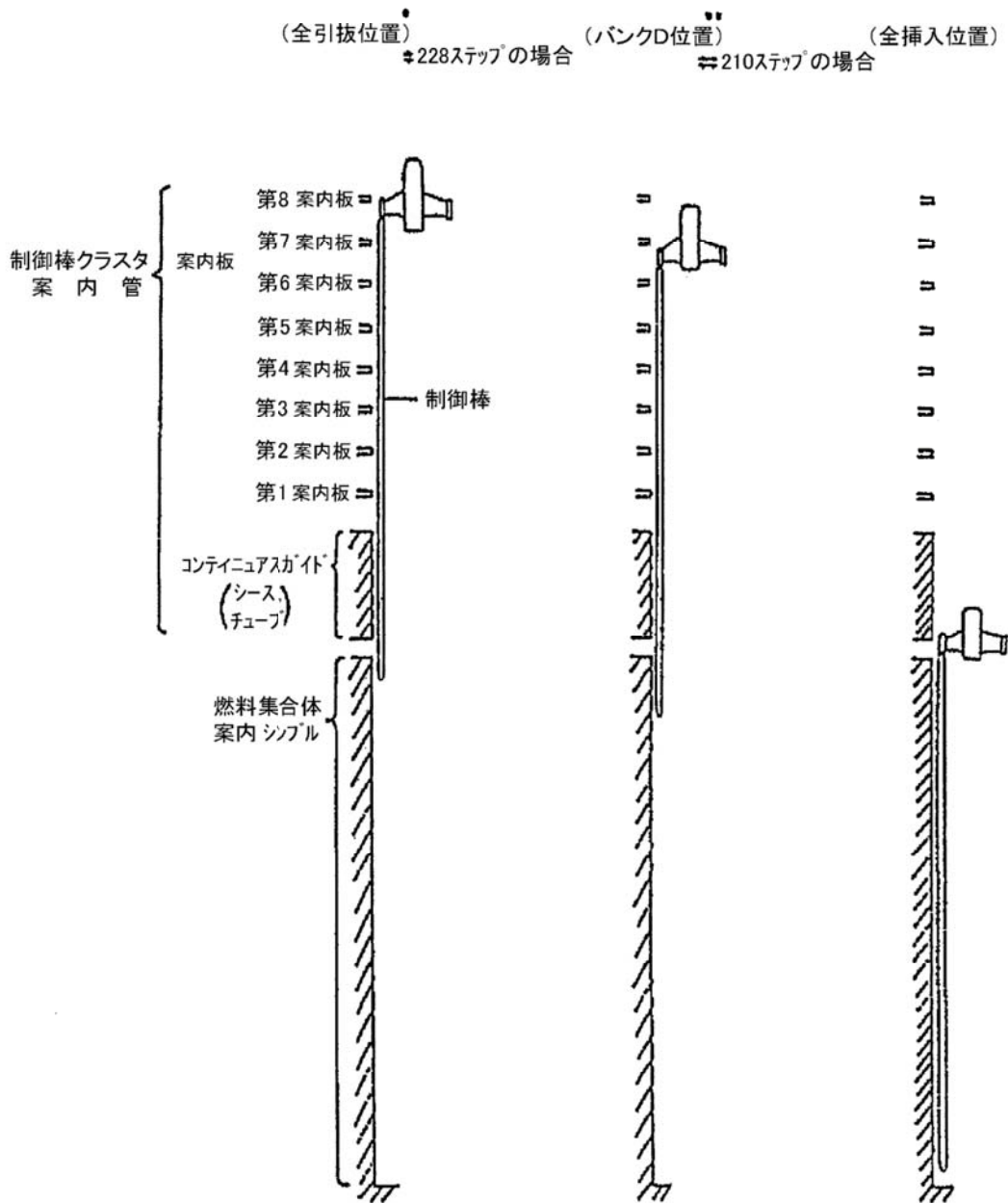


図18 高浜1号炉 制御棒クラスターの構造と挿入位置関係

米国ポイントビーチ (Point Beach) 発電所2号炉で被覆管の摩耗が認められたという報告が、1984年3月にされたため、国内プラントでも検討を行い、摩耗測定結果から摩耗の進行を評価しており、予防保全的に摩耗深さが肉厚を超えないよう定期的に取り替を行っている。

なお、万一被覆管が減肉により貫通してもただちに制御棒クラスタの機能に与える影響は小さいことを確認している。

- ・被覆管強度 : 摩耗減肉後、さらに貫通した状態で、最も条件が厳しいステッピング荷重を考慮しても、応力や疲労評価上問題なく、被覆管強度は保たれる。
- ・中性子吸収体の溶出 : 被覆管に穴が開いても、中性子吸収体が1次冷却材中に溶出する量は微量であり、制御能力にはほとんど影響ない。
- ・挿入性、挿入時間への影響 : 被覆管が貫通しても挿入性は確保される。

現状保全として、予防保全的に摩耗深さが肉厚を超えないような管理を行なっている。具体的には、制御棒クラスタ案内管案内板部については摩耗が被覆管肉厚に達するまでに、制御棒引抜き位置をステップ変更することにより（原子炉停止余裕や反応度の補償機能への影響は問題ない）被覆管と制御棒クラスタ案内管案内板との干渉範囲をずらし、さらに同じ時間経過するまでに取替を実施している。

また、定期的に、全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題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。

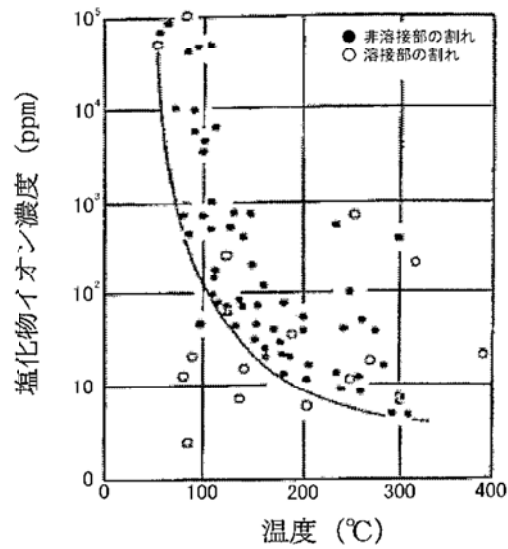
### ○ ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ

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、応力腐食割れ発生との関係を図19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

図19 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。

### ○ 空気冷却器伝熱管の内面の腐食（流れ加速型腐食）

空気冷却器伝熱管には銅合金を使用しており、内部流体が海水であるため、保護皮膜破壊により流れ加速型腐食が発生する可能性がある。伝熱管に使用している銅合金は腐食電位の高い貴の金属であり、耐食性は良いが、限界流速以上の流水中で使用すると流れ加速型腐食が発生する。

「復水器工学ハンドブック：川辺ら（愛智出版）」に示されている海水中での潰食発生限界流速と管内流速を比較し、流れ加速型腐食発生の可能性を評価する。

管内流速は表11に示すとおり、海水中での潰食発生限界流速以下であり、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

表11 高浜1号炉 空気冷却器伝熱管の流速と潰食発生限界流速との比較

管側流速／潰食発生限界流速
約 2 / 5

しかしながら、内部流体が海水であるため、貝等の異物が海水に混入した場合、流れ加速型腐食が発生する可能性は否定できない。

海水への混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であり、管壁との隙間の局所的な流速の増大については一律で定量的な評価が困難である。

現状保全として、定期的に漏えい検査を実施し、健全性を確認している。また、定期的に渦流探傷検査を実施し、有意な減肉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。

No.	高浜1-絶縁低下-4 Rev.1	事象：絶縁低下
質 問	<p>(別冊-4容器-3.3電気ペネトレーション-14頁)                  表2.3-5について、39年間の通常運転時の使用条件に基づく熱劣化試験条件を算定する際に考慮した部位、材料、活性化エネルギー及び活性化エネルギーの根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>60年間の運転期間に相当する条件を算定する際に考慮した部位は外部リードの絶縁体で、その材料、活性化エネルギー値およびその根拠は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・材料：シリコーンゴム</li> <li>・活性化エネルギー： <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span></li> <li>・根拠：委託研究で寿命評価に用いた活性化エネルギー                  (委託研究にてメーカ提供のアレニウスプロットより算出)</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	



内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜1-絶縁低下-17	事象：絶縁低下																			
質問	<p>(別冊-6弁-2.1電動装置-21頁)                  表2.3-3の加速熱劣化の試験条件に関し、以下についての説明を提示すること。                  ①試験条件が高浜1号炉の環境条件に余裕をみた75℃-60年間の運転を包絡していることの根拠                  ②試験条件を設定する際に考慮した部位、材料、その材料の活性化エネルギー、及び活性化エネルギーの値の根拠</p>																				
回答	<p>①各部の試験条件は、下表に示すように、高浜1号炉の環境条件に余裕をみた75℃-60年間の運転を包絡しており、運転年数60年相当以上での健全性を確認しています。</p> <table border="1" data-bbox="406 884 1348 1317"> <thead> <tr> <th>対象部位</th> <th>加速熱劣化試験条件</th> <th>75℃換算</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">固定子コイル (ポリイミド/ ポリイミド)</td> <td rowspan="2">[ ]</td> <td>28153日 (77年)</td> <td rowspan="2">29548日 (80年)</td> </tr> <tr> <td>1395日 (3年)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">固定子コイル (エポキシ樹脂)</td> <td rowspan="2">[ ]</td> <td>20941日 (57.3年)</td> <td rowspan="2">22057日 (60.4年)</td> </tr> <tr> <td>1116日 (3.1年)</td> </tr> <tr> <td>口出線・接続部品*3 (シリコンゴム)</td> <td>[ ]</td> <td>21972日 (60.1年)</td> <td>同左</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件                  *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件                  *3：試験の都合上、*2の試験条件に加え、固定子コイルと同じ試験条件 [ ] も実施しているが、*2の試験条件で60年を包絡しているため、記載を省略した。</p> <p>②試験条件を設定する際に考慮した部位、材料、活性化エネルギー、およびその根拠は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>固定子コイル：ポリイミド/ポリイミド、[ ]、メーカーデータ                      エポキシ樹脂、[ ]、メーカーデータ</li> <li>口出線・接続部品：シリコンゴム、[ ]、メーカーデータ</li> </ul> <p style="text-align: right;">以上</p>			対象部位	加速熱劣化試験条件	75℃換算	合計	固定子コイル (ポリイミド/ ポリイミド)	[ ]	28153日 (77年)	29548日 (80年)	1395日 (3年)	固定子コイル (エポキシ樹脂)	[ ]	20941日 (57.3年)	22057日 (60.4年)	1116日 (3.1年)	口出線・接続部品*3 (シリコンゴム)	[ ]	21972日 (60.1年)	同左
対象部位	加速熱劣化試験条件	75℃換算	合計																		
固定子コイル (ポリイミド/ ポリイミド)	[ ]	28153日 (77年)	29548日 (80年)																		
		1395日 (3年)																			
固定子コイル (エポキシ樹脂)	[ ]	20941日 (57.3年)	22057日 (60.4年)																		
		1116日 (3.1年)																			
口出線・接続部品*3 (シリコンゴム)	[ ]	21972日 (60.1年)	同左																		

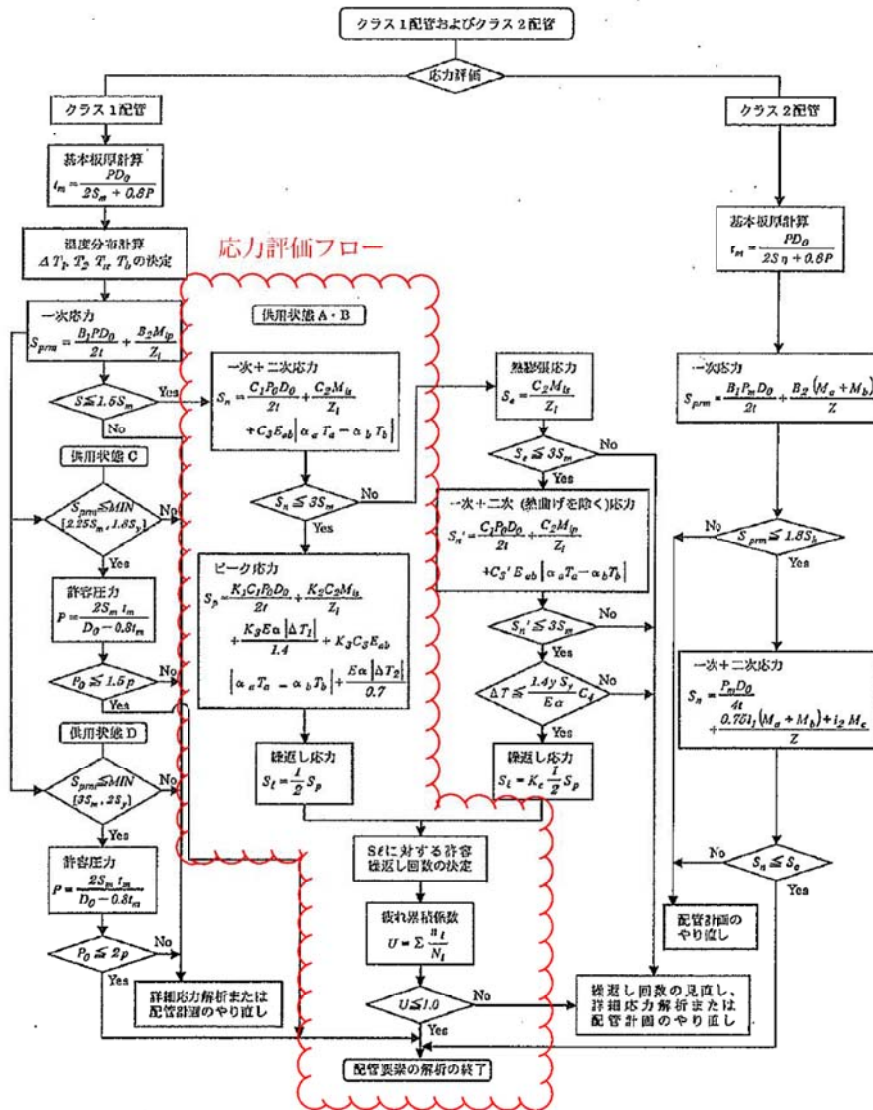
[ ] 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜1－絶縁低下－19	事象：絶縁低下
質 問	<p>(別冊-6弁-2.1電動装置-21頁)          表2.3-3の機械的劣化の試験条件について、高浜1号炉の60年間の動作回数が約1000回であるとしていることの根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>ループ余熱除去系第1入口弁電動装置の第24回定期検査解列日(2006.11)から第27回定期検査解列日前日(2011.1)までの3保全サイクル<sup>※1</sup>における開閉回数の平均値は約19回/保全サイクルであり、これまでと同じ頻度で定期検査を実施すると仮定すると、下記の計算により、60年間の開閉回数は1000回未満となります。</p> $19(\text{回/保全サイクル}) \times \{ (26(\text{保全サイクル}) / 36(\text{年})^{*2}) \times 60(\text{年}) \}$ $= 823(\text{回}) < 1000(\text{回})$ <p>※1：定期検査解列日から次回定期検査解列日前日までの期間          ※2：第1回定期検査解列日から第27回定期検査解列日前日までの高浜1号炉の運転年数</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	



No.	高浜1-低サイクル疲労-13	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-5配管-3炭素鋼配管-22頁)  主給水系統配管の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数、環境評価パラメータを含む)を提示すること。</p>	
回 答	<p>(1) 応力分類  図1応力評価フローチャート(添付1参照)  荷重の組合せ：内圧、自重、熱、機械的荷重(設計・建設規格による)</p> <p>(2) 材料物性値  ヤング率：<math>1.90 \times 10^5</math> (MPa)  熱膨張係数：<math>1.238 \times 10^{-5}</math> (mm/mm・°C)</p> <p>(3) 解析モデル(添付2参照)</p> <p>(4) 最大応力評価点の選定  評価範囲を全て計算してもっとも厳しいものを記載しています。</p> <p>(5) Ke係数  簡易弾塑性解析を実施していないため該当ありません。</p> <p>(6) 環境評価パラメータ  JSME S NF1-2009による係数倍法を適用しています。  ・温度は最高使用温度(230°C)  ・硫黄含有量：規格で許容される最大含有量(0.035wt%)  PWR 2次系環境の式に適用し、<math>F_{en}=4.435</math> を評価に用いています。</p>	



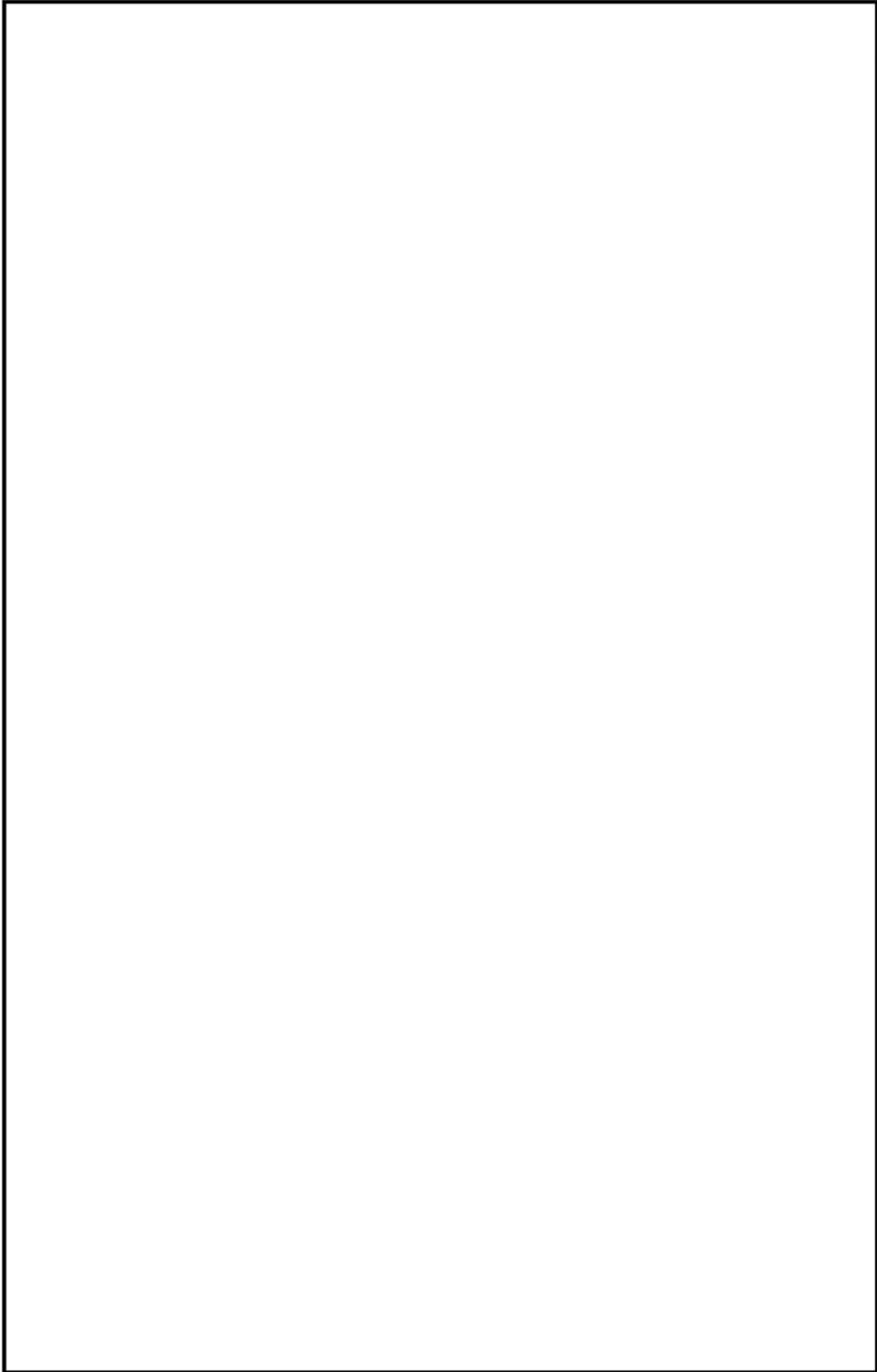


(備考) クラス 2 配管の解析手順には管の機械的荷重により生じるモーメント  $M_b$  を含む場合の式のみを記載した

解説図 PPB-3511-1 配管要素の解析手順

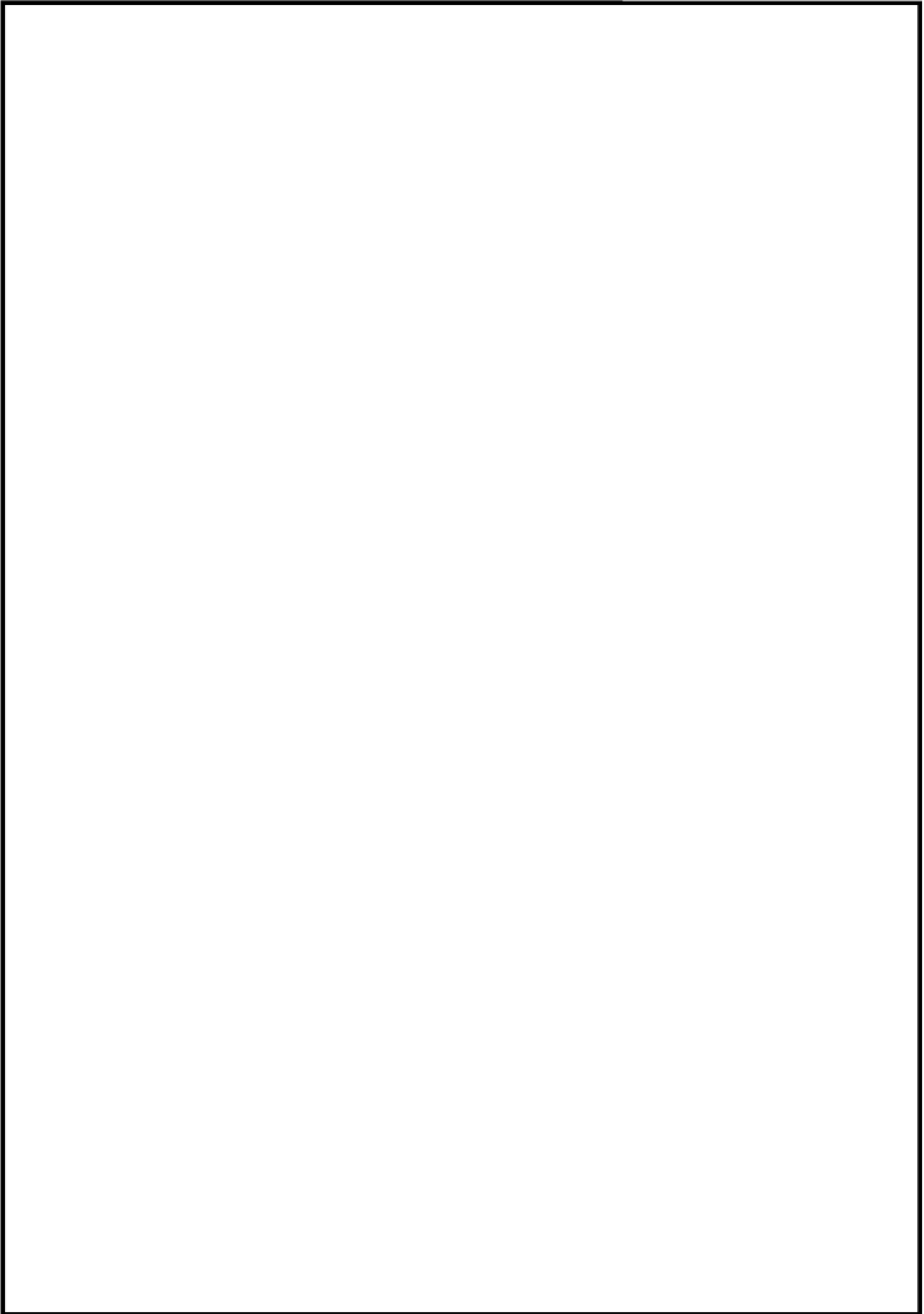
I-解説 5-8

図1 応力評価フローチャート




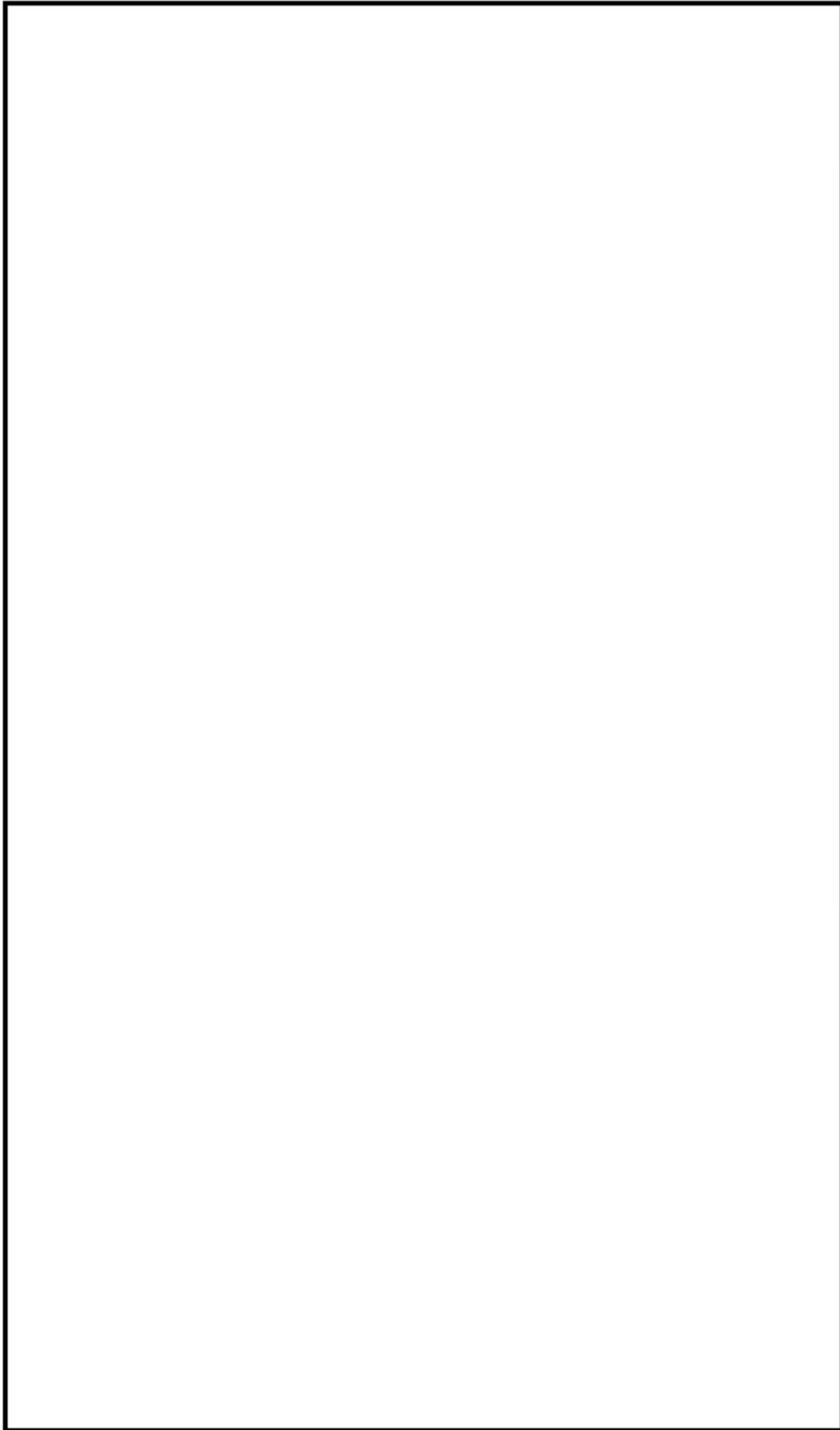
高浜1号炉 A-主給水配管 (CV内)

内は商業機密に属しますので公開できません



高浜1号炉 B-主給水配管 (CV内)

内は商業機密に属しますので公開できません



高浜1号炉 C-主給水配管 (CV内)

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜1ー低サイクル疲労ー15	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-6弁-1.1仕切弁-38頁)                  ループ余熱除去系第1入口弁の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数、環境評価パラメータを含む)を提示すること。</p>	
回 答	<p>・解析モデル/材料物性/最大評価点の選定/応力分類/Ke係数                  JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300による評価を実施しています。</p> <p>解析モデル                  規格計算を実施しているため解析モデルに該当するものではありません。                  評価パラメータは添付参照</p> <p>材料物性                  材質：<input data-bbox="517 1041 624 1079" type="text"/>                  ヤング率：<math>1.78 \times 10^5</math> (MPa)                  熱膨張係数：<math>1.844 \times 10^{-5}</math> (mm/mm・°C)</p> <p>最大評価点の選定                  JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300の規格計算をしているため該当するものではありません。</p> <p>応力分類                  荷重の組合せ：圧力、配管反力、熱による応力                  (JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300によって規定されています)</p> <p>Ke係数                  簡易弾塑性解析を実施していないため該当ありません。</p> <p>環境評価パラメータ                  添付参照</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った応力解析結果を表 1 に示す。

また、設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った疲労累積係数と、環境疲労評価手法による環境疲労累積係数の算出結果を表 2 に示す。

表 1 応力解析結果

評 価	弁箱に生ずる応力はすべて許容応力以下であるので、強度は十分である。

内は商業機密に属しますので公開できません





環境効果補正係数 ( $F_{en}$ ) の算出根拠

環境疲労補正係数については、環境疲労評価手法の簡易評価手法によって算出している。

例として起動時及び停止時の過渡の組み合わせ  の導出の過程を説明する。

環境疲労評価手法 EF-2320 (オーステナイト系ステンレス鋼及びこれらの溶接部) より、PWRプラント環境 (鋳鋼) では、下記のように定まる。

$$\ln(F_{en}) = (C - \dot{\epsilon}^*) \times T^*$$

$$C = 3.910$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(49.9) : [\dot{\epsilon} > 49.9] (\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(\dot{\epsilon}) : [0.00004 \leq \dot{\epsilon} \leq 49.9] (\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) : [\dot{\epsilon} < 0.00004] (\%/s)$$

$$T^* = 0.000782 \times T : [T \leq 325] (^{\circ}C)$$

$$T^* = 0.254 : [T > 325] (^{\circ}C)$$

ここで、

$$\dot{\epsilon} < 0.00004 (\%/s)$$

であるから、 $\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) = -10.12663$

$$T = \text{$$

であるので、 $T^* = \text{$

したがって、

$$F_{en} = \text{$$

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜1-低サイクル疲労-16	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-6弁-1.2玉形弁-44頁)          抽出水しゃ断弁の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数、環境評価パラメータを含む)を提示すること。</p>	
回 答	<p>・解析モデル/材料物性/最大評価点の選定/応力分類/Ke係数          JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300による評価を実施しています。</p> <p>解析モデル          規格計算を実施しているため解析モデルに該当するものではありません。          評価パラメータは添付参照</p> <p>材料物性          材質：<input data-bbox="517 1039 667 1079" type="text"/>          ヤング率：<math>1.78 \times 10^5</math> (MPa)          熱膨張係数：<math>1.844 \times 10^{-5}</math> (mm/mm・℃)</p> <p>最大評価点の選定          JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300の規格計算をしているため該当するものではありません。</p> <p>応力分類          荷重の組合せ：圧力、配管反力、熱による応力          (JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300によって規定されています)</p> <p>Ke係数          簡易弾塑性解析を実施していないため該当ありません。</p> <p>環境評価パラメータ          添付参照</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った応力解析結果を表 1 に示す。

また、設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った疲労累積係数と、環境疲労評価手法による環境疲労累積係数の算出結果を表 2 に示す。

表 1 応力解析結果

評 価	弁箱に生ずる応力はすべて許容応力以下であるので、強度は十分である。
-----	-----------------------------------

内は商業機密に属しますので公開できません

表2 疲労累積係数・環境疲労評価結果

運転状態	過渡の組合せ		S <sub>pl</sub> (MPa)	N (回)	N* (回)	N/N*	Δt (sec)	E (MPa)	ε̇ (%/sec)	ε̇* (-)	T (°C)	T* (°C)	Fen (-)	Fen×N/N*
	加熱過程	冷却過程												
起動時及び停止時 1次系漏えい試験(注1)	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">UF</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">0.02688</div> <div style="margin-left: 20px;">→0.027</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">環境UF</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">0.40213</div> <div style="margin-left: 20px;">→0.403</div> </div>													
起動時及び停止時 以外														

注) Spi: ピーク応力強さの変動幅(MPa)、 N: 繰り返し回数(回)、 N\*: 許容繰り返し回数(回)、  
 N/N\*: 疲労累積係数、 Δt: 過度継続時間(s)、 E: 縦弾性係数(MPa)、  
 ε̇: ひずみ速度(%/s)、 ε̇\*: ひずみ速度依存パラメータ、 T: 温度(°C)、  
 T\*: 温度依存パラメータ、 Fen: 環境効果補正係数、 Fen×N/N\*: 環境疲労累積係数  
 を示す。

 内は商業機密に属しますので公開できません

環境効果補正係数 ( $F_{en}$ ) の算出根拠

環境疲労補正係数については、環境疲労評価手法の簡易評価手法によって算出している。

例として起動時及び停止時の過渡の組み合わせ  の導出の過程を説明する。

環境疲労評価手法 EF-2320 (オーステナイト系ステンレス鋼及びこれらの溶接部) より、PWRプラント環境 (鋳鋼) では、下記のように定まる。

$$\ln(F_{en}) = (C - \dot{\epsilon}^*) \times T^*$$

$$C = 3.910$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(49.9) : [\dot{\epsilon} > 49.9](\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(\dot{\epsilon}) : [0.00004 \leq \dot{\epsilon} \leq 49.9](\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) : [\dot{\epsilon} < 0.00004](\%/s)$$

$$T^* = 0.000782 \times T : [T \leq 325](^{\circ}C)$$

$$T^* = 0.254 : [T > 325](^{\circ}C)$$

ここで、

$$\dot{\epsilon} < 0.00004(\%/s)$$

であるから、 $\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) = -10.126631$

$$T = \text{$$

であるので、 $T^* = \text{$

したがって、

$$F_{en} = \text{$$

内は商業機密に属しますので公開できません



No.	高浜1-低サイクル疲労-18	事象：疲労																					
質 問	<p>(別冊-14機械設備-1重機器サポート-42頁)                  加圧器スカート溶接部の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数を含む)を提示すること。</p>																						
回 答	<p>加圧器スカート溶接部の疲労累積係数の算出根拠を添付に示します。</p> <table border="1" data-bbox="344 779 1441 1010"> <thead> <tr> <th data-bbox="344 779 483 913"></th> <th data-bbox="483 779 619 913">応力フロー チャート</th> <th data-bbox="619 779 754 913">荷重の組合 せ</th> <th data-bbox="754 779 890 913">材料物性値</th> <th data-bbox="890 779 1026 913">形状、評価 点及び解析 モデル</th> <th data-bbox="1026 779 1161 913">最大評価点 の選定結果</th> <th data-bbox="1161 779 1297 913">Ke係数</th> <th data-bbox="1297 779 1441 913">環境評価パ ラメータ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="344 913 483 1010">スカート 溶接部</td> <td data-bbox="483 913 619 1010">図1</td> <td data-bbox="619 913 754 1010">表1-1</td> <td data-bbox="754 913 890 1010">表1-2</td> <td data-bbox="890 913 1026 1010">図2</td> <td data-bbox="1026 913 1161 1010">表2-1</td> <td data-bbox="1161 913 1297 1010">表2-2</td> <td data-bbox="1297 913 1441 1010">—</td> </tr> </tbody> </table>								応力フロー チャート	荷重の組合 せ	材料物性値	形状、評価 点及び解析 モデル	最大評価点 の選定結果	Ke係数	環境評価パ ラメータ	スカート 溶接部	図1	表1-1	表1-2	図2	表2-1	表2-2	—
	応力フロー チャート	荷重の組合 せ	材料物性値	形状、評価 点及び解析 モデル	最大評価点 の選定結果	Ke係数	環境評価パ ラメータ																
スカート 溶接部	図1	表1-1	表1-2	図2	表2-1	表2-2	—																

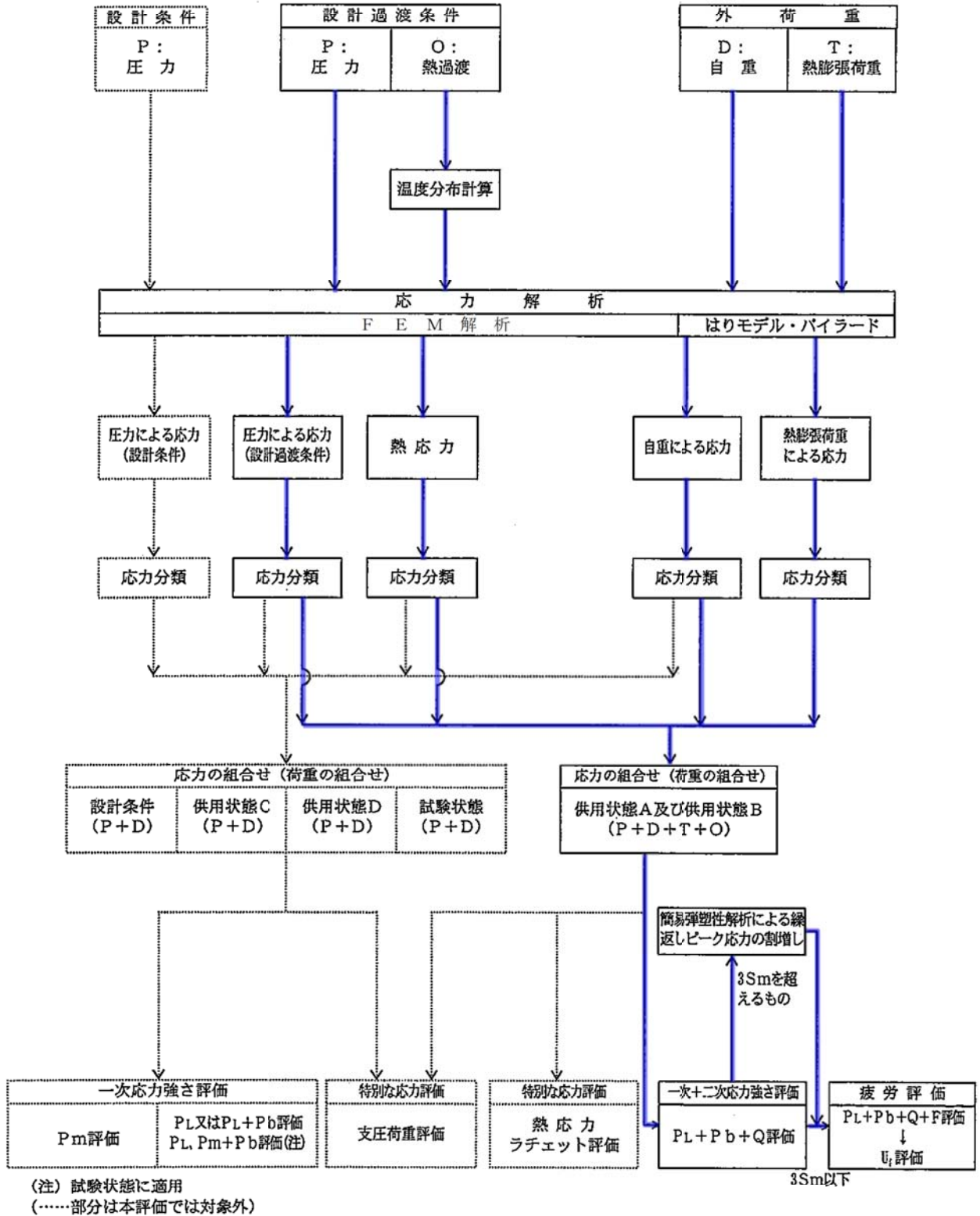


図1 応力評価フローチャート

表1-1 荷重の組合せ

状態	荷重の組合せ
供用状態A, B	P + O + D + T

(記号)

P : 圧力 O : 熱過渡 D : 自重 T : 熱膨張荷重

表1-2 材料物性値 (設計応力強さ)

評価部位	材料	設計応力 (MPa)
		345°C
下部胴板、下部鏡板		

--

 内は商業機密に属しますので公開できません

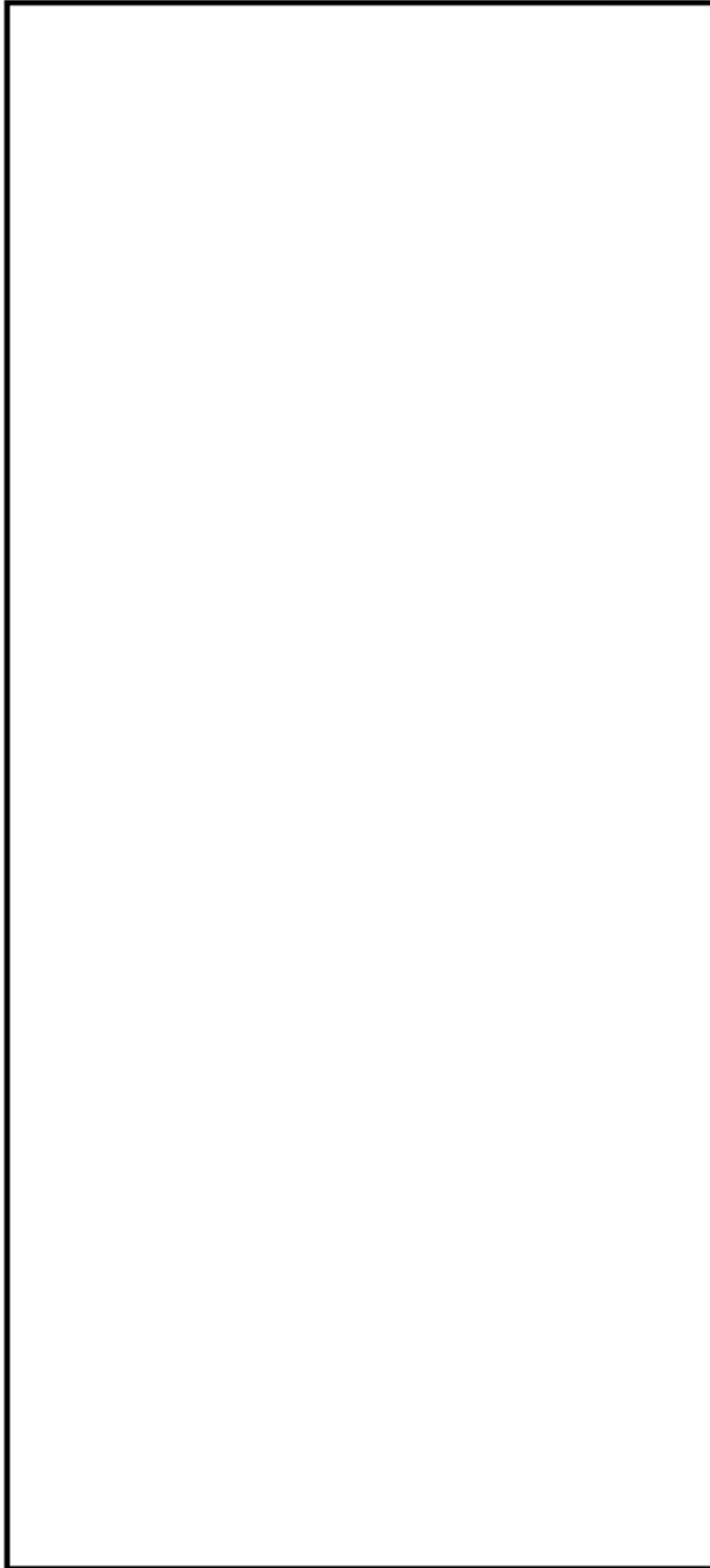


図2 加圧器スカート溶接部形状寸法、評価点及び解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません

表2-1 疲労累積係数 (加圧器スカート溶接部)

評価点	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	0.21516
8	

許容値  $U_f = 1.0$

表2-2 疲労解析結果 (加圧器スカート溶接部)

評価点 7  
(S31)

応力強さ (単位: MPa)					繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	
							疲労累積係数 = 0.21516

Ke : 割増し係数  
 ALT : 繰返しピーク応力強さ  
 ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値  
 N : 設計繰返し回数  
 N\* : 許容繰返し回数

→0.216

なお、繰返しピーク応力強さが最大となる過渡の組み合わせは、起動&停止である。

内は商業機密に属しますので公開できません