

平成 26 年 3 月 5 日
第 30 回環境安全委員会

東京 PCB 廃棄物処理施設の操業状況について

1. 施設の稼働状況

平成 25 年度下期の操業状況を表 1 に示す。高濃度処理は、12 月までは安定的に処理を継続しており、トランス・コンデンサ・PCB を含む油とも、計画台数、重量ともに計画を上回るペースで推移していた。1 月 10 日の No. 2 水熱設備トラブルによる操業停止の影響で、計画からの遅れが生じるが、停止前に計画より 1 割強処理が進んでいたことと No. 3 水熱設備の 2 月 18 日からの運転開始等により、年度末累計では前年度より若干下回り、計画より若干の未達で収まる見込み。

表 1 平成 25 年度下期の操業状況

設 備 等	H24 年 度累計	H25 年 度上期 累計	H25 年度下期						H25 年 度 累計	前年 度比 計画 比		
			10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月				
水熱設備	No.1 稼働	—	—	→	→	→	→		—	—		
	No.2 稼働	—	—	→	→	→	→		—	—		
	No.3 稼働	—	—	→	→	→	→	→	—	—		
高濃度 処理施設 受入物	トランス リアクトル	台数	実績 510	191	52	70	59	26		398	78%	
		計画	430	166	34	35	32	34	32	36	369	108%
	重量	実績	619,009	313,453	53,288	63,818	65,386	16,887			512,832	83%
		計画	442,740	275,527	59,223	57,954	58,308	54,223	51,748	54,831	611,814	84%
	コンデンサ	台数	実績 6,241	2,853	655	738	712	155			5,113	82%
		計画	5,470	2,630	635	595	585	605	555	595	6,200	82%
	重量	実績	356,715	189,269	43,667	42,293	41,884	9,516			326,629	92%
		計画	315,225	168,040	40,720	37,920	37,220	38,620	35,690	38,490	396,700	82%
	廃 PCB 油 (kg)	実績	186,374	71,306	14,756	13,133	15,545	2,700			117,440	63%
		計画	148,500	62,100	14,850	14,850	14,850	14,850	13,500	13,500	148,500	79%
純 PCB 処理量 (kg)	実績	426,396	225,540	53,398	49,115	32,800	9,926			370,779	87%	

注 1: 数値は投入ベースを示す。注 2: 計画とは予算値を示す。注 3: 重量の単位は kg とする。

高濃度処理施設における操業開始時からの処理状況を表 2 に示す。

平成 25 年度 1 月まで累計進捗率（投入台数ベース）は、トランス類が **57.3%**、コンデンサ類が **37.9%**、純 PCB 換算で **44.7%** となっている。

表 2 高濃度処理施設での操業開始時からの処理状況

処理対象物	H17 年 ~18 年度	H19 年度	H20 年度	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年 度 1 月迄	累 計	登録 数量	進捗率 (%)
トランス類(台)	120	84	232	295	349	397	510	398	2,385	4,161 ^{*1}	57.3
コンデンサ類(台)	749	898	2,243	3,478	4,384	4,793	6,241	5,113	27,899	73,533 ^{*1}	37.9
PCB 分解量(t)	55	52	158	273	331	343	426	371	2,009	4,491 ^{*2}	44.7

*¹JESCO 事業管理システム(平成 25 年 7 月末現在)より *²処理施設設計仕様書(平成 15 年)より

平成23年度、平成24年度及び平成25年度1月までの、トランス、コンデンサ、純PCB換算の月別及び累計処理量の比較グラフを図1、図2、図3に示す。

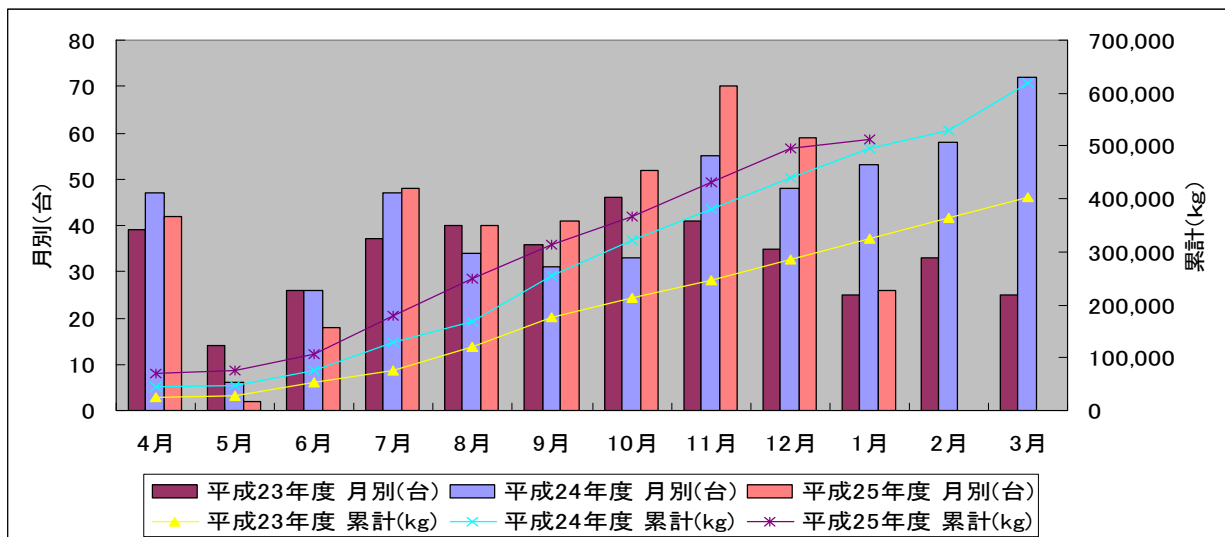


図1 トランス処理量比較

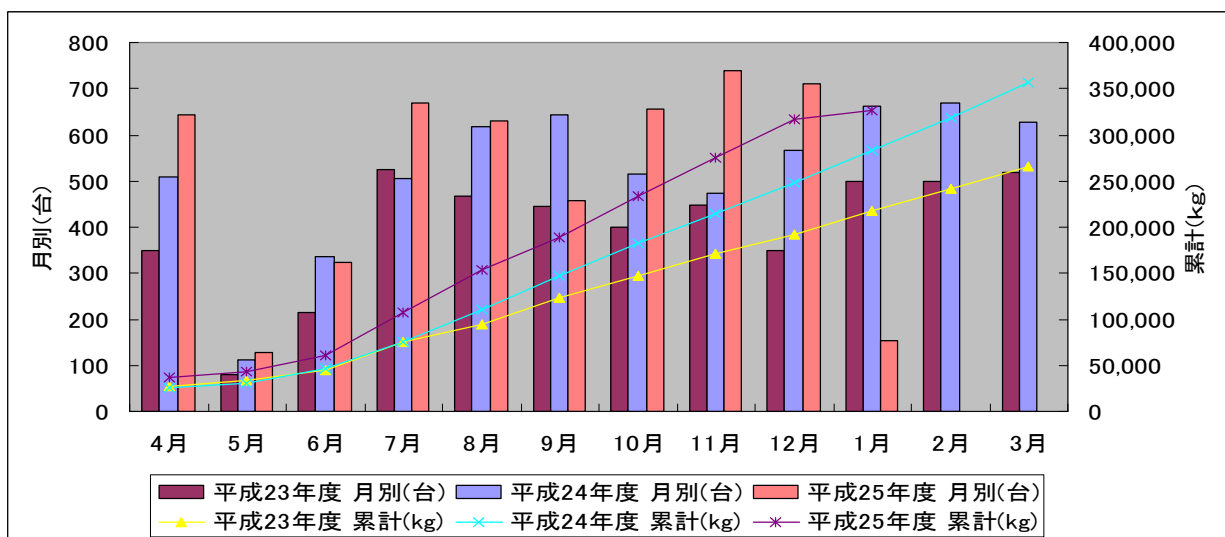


図2 コンデンサ処理量比較

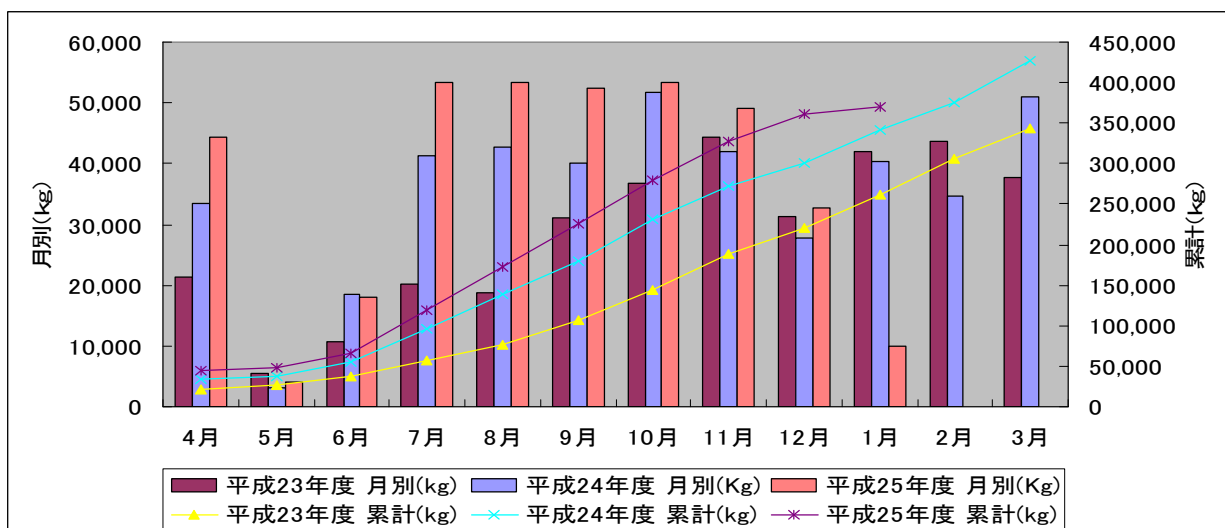


図3 純PCB換算処理量比較

2. 排出源モニタリング及び敷地境界測定結果

施設からの排気・換気や排水及び敷地境界大気や雨水については定期的に測定を行い、処理状況とともに、東京都及び江東区へ毎月報告している。環境モニタリング一覧を「別紙1」に示す。

(1) 排気・換気

平成24年度と平成25年度の排気・換気の測定結果を表3に示す。

全て環境保全協定値を下回り、良好な状態を維持している。

表3 排気・換気の測定結果

測定場所	測定項目	単位	測定結果		環境保全協定値	測定頻度
			H24年度	H25年度		
排気系統1 (水熱分解・洗浄系)	PCB	mg/N m ³	0.0005 未満	0.0005 未満	0.01 以下	月1回
	DXNs	pg-TEQ/N m ³	0.042~0.45	0.035~0.64	100 以下	年4回
	IPA	ppm	3.2	0.1 未満~1.4	40 以下	年2回
排気系統2 (解体系)	PCB	mg/N m ³	0.0005 未満	0.0005 未満	0.01 以下	月1回
	DXNs	pg-TEQ/N m ³	2.7~15	0.50~8.6	100 以下	年4回
換気系統1 (水熱分解・洗浄系)	PCB	mg/N m ³	0.0005 未満	0.0005 未満	0.001 以下	月1回
	DXNs	pg-TEQ/N m ³	0.036~0.098	0.048~0.10	5 以下	年4回
換気系統2 (解体系)	PCB	mg/N m ³	0.0005 未満	0.0005 未満	0.001 以下	月1回
	DXNs	pg-TEQ/N m ³	0.15~0.80	0.063~0.79	5 以下	年4回

注:DXNsは、協定の年間2回に対し自主測定も含め年4回(4月,7月,10月,1月)実施している。

(2) 排水

平成24年度と平成25年度上期の排水の測定結果を表4に示す。

表4 排水の測定結果

測定項目	単位	測定結果		環境保全協定値等	測定頻度
		H24年度	H25年度※		
PCB	mg/l	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0015 以下	月1回
pH	—	8.2~8.4	8.2~8.7	5を超え9未満	月1回
n-Hex 抽出物質	mg/l	1 未満~1	1 未満	5 以下	月1回
BOD	mg/l	0.8~5.8	0.5 未満~2.0	600 以下	月1回
SS(浮遊物質)	mg/l	1 未満~10	1~3	600 以下	月1回
N(全窒素)	mg/l	2.9~14	3.7~8.7	120 以下	月1回
DXNs	pg-TEQ/l	5.6(2.1) *	0.054~0.33	5 以下	年2回
Zn(亜鉛)	mg/l	0.05 未満~0.68	0.05 未満~0.30	2 以下	月1回

*H24.8.8のDXNs測定結果5.6pg-TEQ/l、H24.9.25再測定結果は2.1pg-TEQ/lだった。 ※H25年度は1月迄の値。

平成24年8月8日に採水した排水中ダイオキシン類の自主管理目標値5pg-TEQ/l(法規制値10pg-TEQ/l)超過に関しては、設備対応及び維持管理、水質管理強化を実施し、今年度は良好な状態を維持している。

(3) 敷地境界(大気質)

敷地境界の大気質 PCB 濃度に関し、直近 4 回の測定結果を表 5 に示す。
 全て定量下限 (0.0005mg/m³) 未満で、管理指標としている暫定濃度を下回っている。

表 5 敷地境界の大気測定結果(PCB)

測定項目	測定箇所	暫定濃度*	測定日	測定結果	風向き
PCB (mg/m ³)	南東端	0.0005 以下	H25.2.21~2.28	0.0005 未満	北北東
			H25.4.23~4.30	0.0005 未満	南南西
			H25.7.10~7.17	0.0005 未満	南南西
			H25.10.17~10.24	0.0005 未満	北東
	北西端	0.0005 以下	H25.2.21~2.28	0.0005 未満	北北東
			H25.4.23~4.30	0.0005 未満	南南西
			H25.7.10~7.17	0.0005 未満	南南西
			H25.10.17~10.24	0.0005 未満	北東

* 暫定濃度は環境庁大気保全局長通達(昭和 47 年環大気 141 号)に基づく。

敷地境界の大気質 DXNs 濃度に関し、直近 4 回分の測定結果を表 6 に示す。
 環境基準値は年間平均値であり、測定結果は、基準値を下回り良好な状態を示している。

表 6 敷地境界の大気測定結果(DXNs)

測定項目	測定箇所	環境基準値	年平均値	測定日	測定結果	風向
DXNs (pg-TEQ/m ³)	南東端	年平均 0.6 以下	0.027	H25.2.21~2.28	0.023	北北東
				H25.4.23~4.30	0.023	南南西
				H25.7.10~7.17	0.037	南南西
				H25.10.17~10.24	0.026	北東
	北西端	年平均 0.6 以下	0.047	H25.2.21~2.28	0.027	北北東
				H25.4.23~4.30	0.038	南南西
				H25.7.10~7.17	0.10	南南西
				H25.10.17~10.24	0.023	北東

* 環境保全協定書における測定頻度は年 1 回であるが、現在は自主測定として年 4 回実施している。

平成 22 年 2 月以降の敷地境界大気質 DXNs 濃度の推移を表 7 に示す。
 平成 23 年 8 月に高い値 (年平均値は基準値内) が確認されたが、その後は低い値で推移している。

表 7 敷地境界の大気測定結果(DXNs)濃度の推移

		(pg-TEQ/m ³)														
	H22.4	H22.8	H22.11	H23.2	H23.4	H23.8	H23.9	H23.11	H24.2	H24.6	H24.9	H24.11	H25.2	H25.4	H25.7	H25.10
南東端	0.19	0.028	0.031	0.051	0.090	1.2	0.030	0.017	0.024	0.019	0.018	0.096	0.023	0.023	0.037	0.026
北西端	0.63	0.028	0.029	0.051	0.11	0.16	0.074	0.018	0.027	0.022	0.022	0.10	0.027	0.038	0.10	0.023
風 向	南西	東南 東	北東	北北 東	北北 東	東北 東	北東	北北 東	北北 東	北東	南南 西	北	北北 東	南南 西	南南 西	北東

(4) 雨水

平成 25 年 6 月及び平成 25 年 12 月測定 of 雨水 PCB と DXNs 濃度を表 8 に示す。いずれも自主管理目標値（環境保全協定値）を下回っているものの、No. 6 雨水枡の DXNs 分析結果が、3.3pg-TEQ/l と高めの測定結果となった。11 月～12 月は降雨量が少なく測定タイミングがとれないので次年度以降は、梅雨時期と秋雨時期の測定にする。また、引き続き雨水側溝の清掃や仮設活性炭交換等の対策を行なっていく。

表 8 雨水の測定結果

測定箇所	測定項目	単位	測定日	測定結果	自主管理目標値	測定頻度
No.3 雨水枡	PCB	mg/l	H25.6.27	不検出	0.0015 以下	年 2 回
			H25.12.20	不検出		
	DXNs	pg-TEQ/l	H25.6.27	0.011	5 以下	
			H25.12.20	0.13		
No.6 雨水枡	PCB	mg/l	H25.6.27	不検出	0.0015 以下	年 2 回
			H25.12.20	不検出		
	DXNs	pg-TEQ/l	H25.6.27	0.009	5 以下	
			H25.12.20	3.3		
No.11 雨水枡	PCB	mg/l	H25.6.27	不検出	0.0015 以下	年 2 回
			H25.12.20	不検出		
	DXNs	pg-TEQ/l	H25.6.27	3.5	5 以下	
			H25.12.20	1.3		

* 環境保全協定書における測定頻度は年 1 回であるが、自主測定を含め年 2 回実施している。

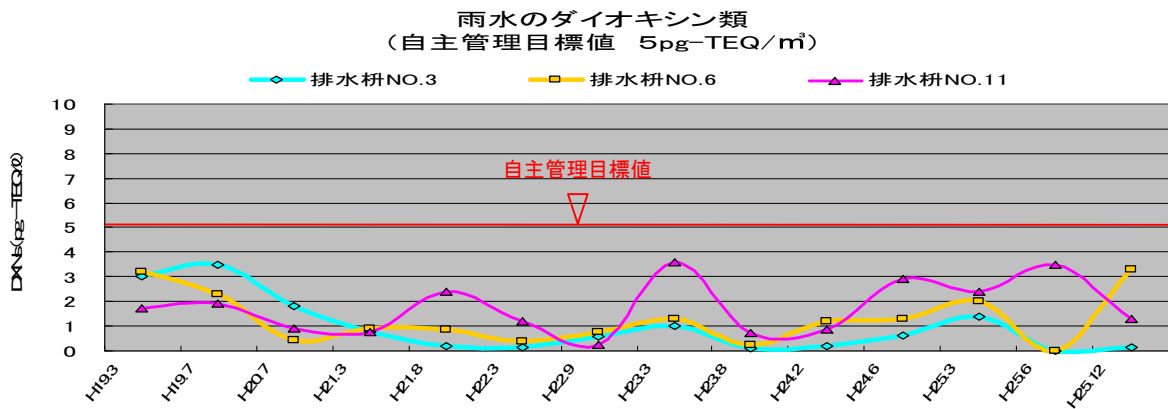


図 4 雨水 DXNs 推移グラフ

(5) 測定位置

敷地境界（大気質）及び雨水排水の測定位置を図 5 に示す。

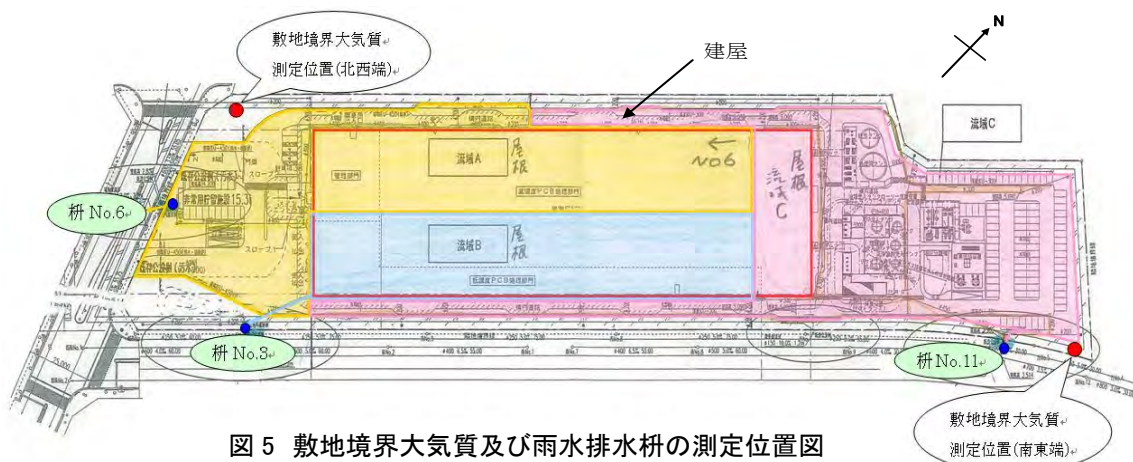


図 5 敷地境界大気質及び雨水排水枡の測定位置図

3. 運転時トラブルの状況について

(1) 排気系統における PCB 濃度「高々」

東京事業所では、排気中の PCB 濃度を活性炭槽中間部のオンラインモニタリング（以下 OLM）で測定・監視を行い、濃度が排気出口の環境保全協定値である 0.01mg/Nm³ 以上になった場合は PCB 濃度「高々」警報を発報、インターロックが作動、同系統の機械設備及び排気ファンが停止となる。

平成 25 年 11 月 23 日にトランス破砕系局所排気の PCB 濃度「高々」警報が発生した。警報直後に当該排気口を塞ぎ、排気のオフラインサンプリングを実施したところ全て定量下限値（0.0005mg/Nm³）未満で外部環境への影響はなかった。

表9 OLM 濃度「高々」の発生

発生日時	OLM値	推定原因	主な対策
11月23日 (土) 1時40分	0.0213 mg/Nm ³	PCB濃度高高となった時間帯には、大型五面加工機で中型トランスの付属品取り外し作業を行っていた。原因は付属の窒素タンクのセーバーゾーによる切断作業と考えられる。窒素タンクはトランス内の絶縁油が温度変化等による液面変動を吸収するために設けられており通常は PCB 液はタンク内に流入することはないが、運搬作業等により窒素タンク内に少量の PCB 液が混入することがある。窒素タンクの構造上、予備洗浄ができない部分があり、当該箇所の切断時に高濃度 PCB ガスが瞬間的に発生し、PCB 濃度高々を検出した可能性がある。	①追加活性炭槽(H24年11月使用開始)の活性炭を交換した。 ②窒素タンク等の付属品でトランス本体の予備洗浄時に洗浄が同時にできない箇所は、予備洗浄後に除染室内で絶縁油の液張り・液抜きを行い、PCB 濃度を下げる。これを作業手順に明記する。

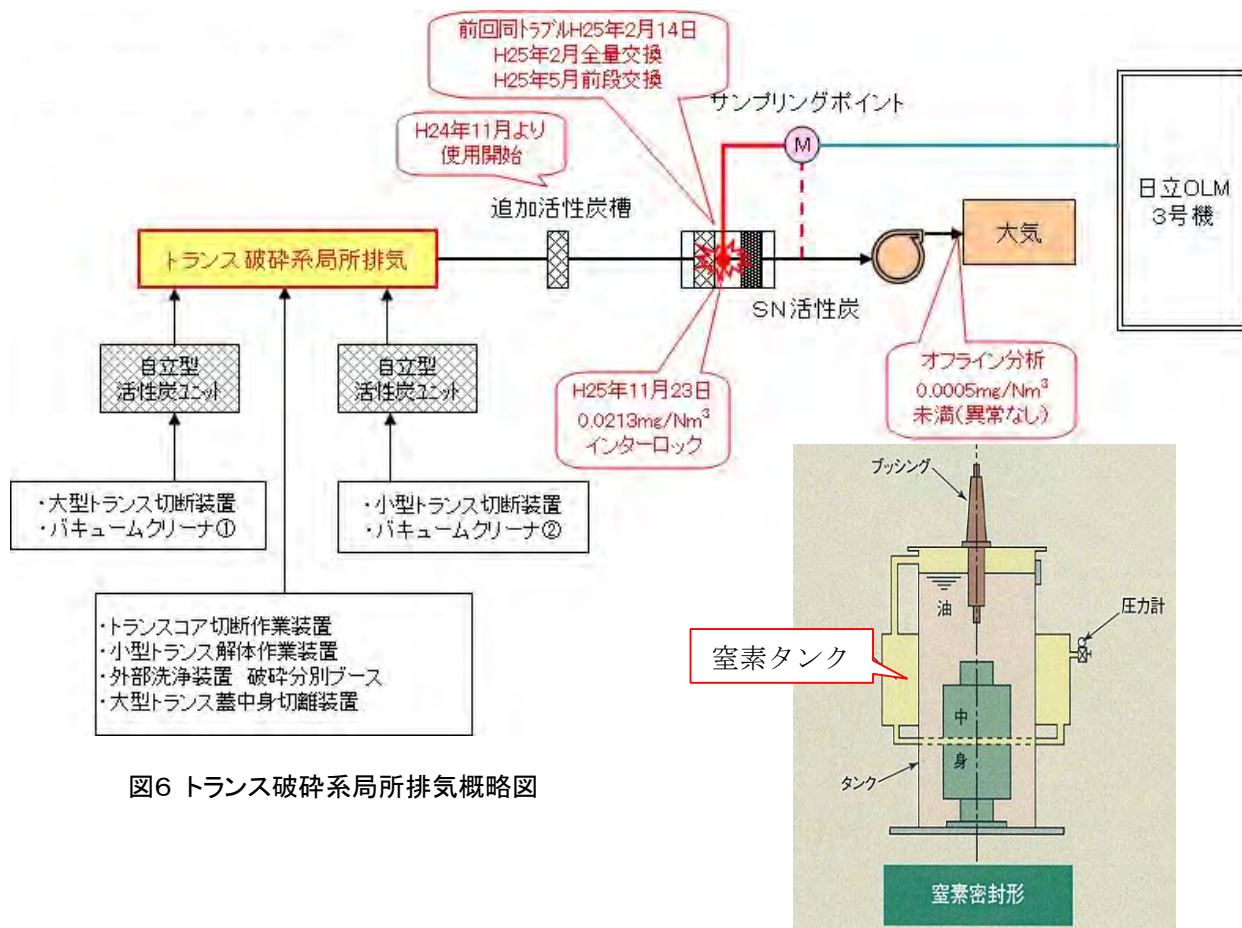


図7 窒素密封型トランスの内部構造略図

4. 水熱酸化分解設備の配管からの水蒸気噴出

(1) 事象概要

平成 26 年 1 月 10 日に、当社の東京 PCB 廃棄物処理施設の水熱反応器室の火災報知機が発報した。東京事業所では、消防署に連絡するとともに 3 基設置している水熱酸化分解設備の反応器のうち運転中であったNo.2 及びNo.1 の反応器を緊急停止させた。

消防により火災でないことが確認された後に、東京事業所にて設備の確認を行なったところ、No.2 反応器に処理対象物であるスラリ（※）を投入する配管の一部に直径約 3mm（配管外側）の穴が開いていることを確認した。

※ スラリ：「コンデンサやトランスの内部に使用されていた PCB を含む紙、木等をすり潰し、水と混合して泥状にしたもの」をいう。

(2) トラブルの発生状況(図8、9参照)

No.2 反応器にスラリを投入するために設けている配管に約 3mm の穴があき、そこから水蒸気が漏洩した。配管の材質は高クロムのニッケル基合金である NCF690 で、設計肉厚 6.4mm、最小必要肉厚(Tsr) は 3.3mm である。

スラリ配管は、水熱反応器のNo.1 とNo.2 に接続されており、No.3 については、管台（反応器本体に配管を取り付けるための台をいう。

以下同じ。）は設けられているがスラリ配管は接続されておらず、スラリを投入したことは無い。なお、スラリ処理については、昨年 9 月に停止している。

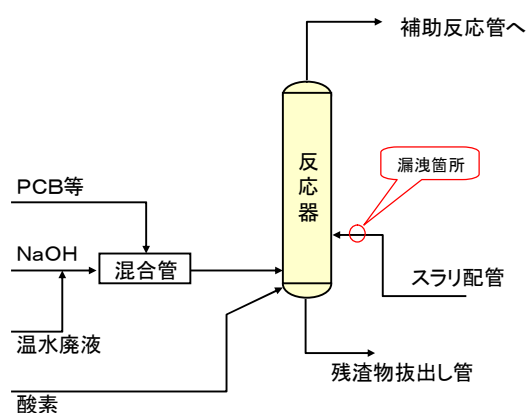


図 8 No.2 反応器での漏洩箇所図

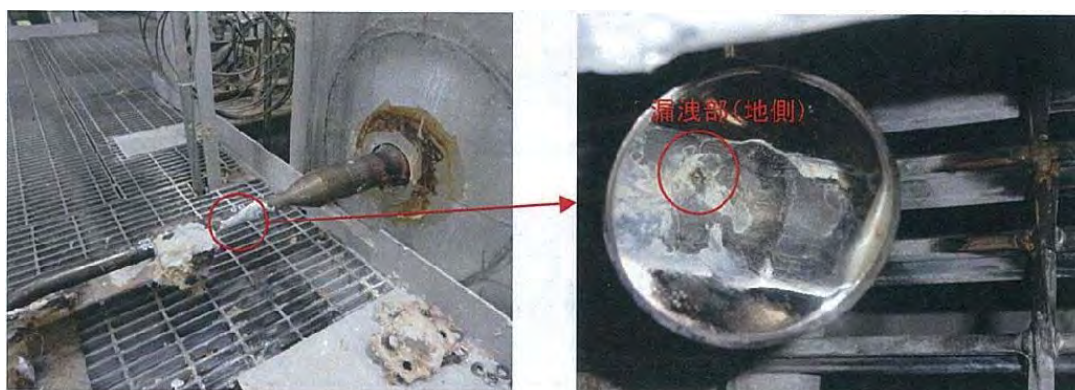


図9 漏洩箇所の写真
(配管の下側に穴があり、右は穴の部分を鏡に映した拡大写真)

(3)環境面の影響

水熱反応器室の換気系統にはオンラインモニタリング（以下、OLM という）装置のサンプリングポイントを設けており、必要な場合には測定ができるようにしている。

直ちに換気設備排気口で公定法に準じた分析を行うと共に、OLM の監視を開始した。OLM 値は定量下限値以下、また公定法による分析結果は定量下限値以下の 0.0005mg/Nm³ 未満（協定値 0.001mg/Nm）であり、今回の事象による外部環境への影響はないことを確認した。なお、10 日から 11 日にかけて、敷地境界にて外部分析機関による公定法に基づく測定を行い、PCB 濃度は定量下限値以下(0.00005mg/Nm³ 未満)であることを確認している。

(4)漏洩の発生原因(考察)

当該スラリ配管では、前回定期点検時（平成 25 年 6 月）の定点観測では異常が確認できなかったが、次に述べるような現象により局部減肉を生じ破損に至ったものと考えられる。

- 1) 平成 25 年 9 月にスラリ処理を停止したことに伴い、スラリ投入配管内に残っていたスラリに起因する堆積物の下に塩素（Cl）イオン濃縮が生じたと推定される。（スラリ処理中は、堆積が生じていても腐食に至る初期段階でスラリ及び水パージにより洗い流されていたと考えられる。）
- 2) 配管使用材料の NCF690 は、370℃では腐食はほとんど生じないが、150～250℃の温度域では耐食性の低下が認められる。昨年 9 月のスラリ処理の停止により、スラリ投入配管内が上記温度域になり、①の現象と相まって腐食が発生したと推定される。
- 3) ステンレス基合金は、局部腐食の発生状態において、銅（Cu）イオンの存在により腐食（孔食）が促進するとされている。配管使用材料（NCF690）についても同様と考えられるので、本件事象についても、上記の①、②の機構が動き出した時点で、同様にスラリ中に混在した銅（Cu）の存在により腐食が急速に進行したと推定される。

(5)反応器管台等の確認

1) 反応器の肉厚検査の実施

減肉が他の部位でも生じているか否かを確認するため、念のために実際に破孔が生じたスラリ投入管台のほか、反応器のその他の管台と配管及び、反応器下流側の NCF690 を使用している箇所についても肉厚検査を行った。

検査は、超音波探傷（UT）検査を中心にを行い、UT 検査が困難な部位については放射線透過（RT）検査を、さらに UT 検査も RT 検査も困難な箇所については、配管を切断してファイバースコープ（FS）検査により確認を行った。

2) 肉厚検査の結果（No. 3 反応器）

① UT 検査結果

No.3 反応器の同一部位の管台については、腐食は認められなかった。（No.3 反応器

では、管台は存在しているがスラリ投入配管は接続されていない。)

その他、No. 3 反応器の当該管台を含む全 30 箇所を検査した結果、3 箇所について軽微の局部減肉が認められたが、いずれも管理基準値以内で問題はないことが判明した。

② RT 検査・FS 検査結果

No. 3 反応器の 27 箇所の管台配管について RT 検査を、また 5 箇所の管台配管について FS 検査を行った結果、腐食に伴う減肉は認められず、問題はなかった。

3) 肉厚検査の結果 (No. 1、No. 2 反応器)

① UT 検査結果

UT 検査の結果、No. 1 反応器で 4 箇所、No. 2 反応器で 3 箇所の軽微な局部減肉が認められたが、いずれも管理基準値以内で問題はないことが判明した。

② RT 検査・FS 検査結果

No. 3 反応器と同様に RT 検査と FS 検査を行ったが、No. 1 反応器において各 1 箇所づつ軽微な腐食が確認されたが、No. 2 には腐食に伴う減肉は認められなかった。No. 1 反応器の 2 箇所の減肉箇所については、いずれも管理基準値以内で問題はないことが判明した。

その他の箇所については、腐食に伴う減肉は認められず、問題のないことを確認した。

(6) 今回の事象の発生原因が判明したことに伴う運転措置

1) No.3 反応器

No.3 反応器については、今回の水蒸気漏れを生じたスラリ投入配管は接続されておらず、このため今回のトラブルとは無縁とも考えられる。

念のために本体のノズルを対象に上記(5)2)に記した検査を行なった結果、一年後の定期点検(平成27年5月)までに肉厚が管理基準値の範囲を下回ることはないことが判明した。

このため、本年5月に次回定期検査を予定しており、適切な管理の下での当面の運転は十分に可能と判断したことから、関係者に対する説明終了後の2月18日より運転を開始した。

2) No.1, No.2 反応器

① 配管部分の措置

当面スラリ投入配管は使用しないことから、No. 3 反応器と同様に接続配管を取り外してキャップを取り付け、閉止処理を行なった。

② その他の配管部分の確認

No.3 反応器と同様に、No.1, No.2 反応器についても、上記(5)3)に記した検査を行った結果、問題がないことを確認した。

このため、No.1, No.2 反応器についても、今後、速やかに運転を再開する。

(7) 運転開始後の措置

1) 温度の確認

反応器の付属管台部の NCF690 部では温度が腐食に影響しているため、UT 検査で減肉が認められた配管部の外側に熱電対を設け、定期的に温度測定を行い腐食との関係を把

握する。

2) 定期点検時等の措置

今回の検査で、軽微であっても局部減肉が認められた部分については、次回定期検査時に継続して検査・確認を行っていく。

3) その他

北九州事業所及び大阪事業所で発生する廃粉末活性炭の一部を東京事業所で処理することについて検討を行っており、処理を行う場合は(6)2)①で措置する閉止部分からの投入を検討する。

その際には、配管部の温度、堆積物の存在が配管部に悪影響をもたらすことが判明したため、廃粉末活性炭の投入停止時にも常に通液するなど、問題が生じないような対策を講じることとする。

(8) 東京事業部会での審議内容

2月28日(金)に開催された「PCB 廃棄物処理事業検討委員会 東京事業部会」(平成25年度第4回)において、委員からは次のような発言があった。

- ① 腐食自体は塩素によるものと考えますが、それが銅の存在により加速されるということは理解できる。
- ② 運転方法を変える場合などは、新たな問題が生じないかを十分に吟味・確認するべきである。

全体として、今回報告の漏洩発生原因の解明、トラブル後の対応、運転措置・その後の措置などについては了承された。

5. 運転及び設備における対策や改善状況

(1) 水熱分解設備の腐食について

① 混合管の点検結果

表 10 前回と今回の予測残寿命比較

水熱	前回: H25年5月(定期点検検査結果)				今回: H25年11月~H26年1月			
	部位 (管理値)	測定肉厚 (減肉量)	減肉 速度	予測 残寿命	部位 (管理値)	測定肉厚 (減肉量)	減肉 速度	予測 残寿命
No.1	④-e (11.2 mm)	27.7mm (3.5mm)	1.27mm /1000hr	1.8年	④-e (11.2 mm)	25.4mm (2.3mm)	0.71mm /1000hr	2.8年
	⑥-b (11.2 mm)	15.9mm (0.3mm)	0.11mm /1000hr	3年以上	⑥-b (11.2 mm)	14.7mm (1.2mm)	0.37mm /1000hr	1.3年
No.2	②-e の 10mm 下流 (11.2 mm)	35.5mm (1.5mm)	0.65mm /1000hr	3年以上	②-e の 10mm 下流 (11.2 mm)	30.8mm (4.7mm)	1.30mm /1000hr	2.1年
	⑥-b (11.2 mm)	16.6mm (0.0mm)	0.00mm /1000hr	3年以上	⑥-b (11.2 mm)	15.3mm (1.3mm)	0.36mm /1000hr	1.6年
No.3	⑥-c (11.2 mm)	14.3mm (0.9mm)	0.36mm /1000hr	1.2年	⑥-c (11.2 mm)	12.7mm (1.6mm)	0.38mm /1000hr	0.5年

予測残寿命は管理値まで減肉する年数を示したものであり、管理値には各余裕シロが含まれており、直ちに穿孔するものではない。

肉厚計測位置図 (No.1~3混合管)

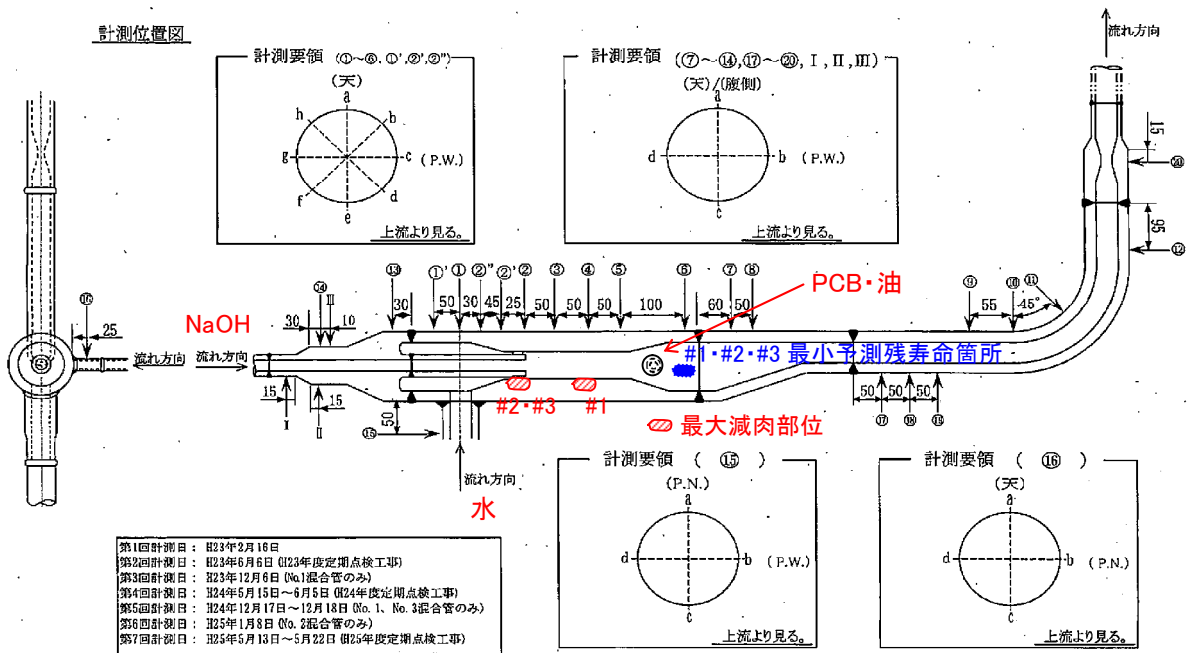


図 10 混合管の測定位置図

今回の検査結果により今年の定期点検時にNo.1及びNo.3水熱に接続されている混合管更新を行うこととし、No.2水熱に関しては今年の定期点検時の更新を基本とするが、点検時の測定結果に基づき混合管本体の更新を行うか検討する。尚、更新に当たっては肉厚を増やす等した新型混合管に変更する。また、No.3水熱に関しては予測残寿命と今年の定期点検までの期間が近いことから、監視体制を強化し、定検前の停止を早めるなどの検討を行う。

② 再生熱交換器の出口側配管防食対策の検証

平成25年度の定期点検(5月)時に、再生熱交換器の出口側配管の腐食対策として、14カ所に計17個の犠牲陽極を設置した(短管を挿入した場合は、溶接線が2カ所になるため、

管長によって犠牲陽極2個設置することになる)。昨年11月から本年1月にかけて犠牲陽極の防食効果の確認を行った。

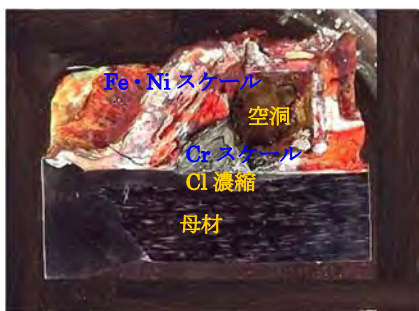
No.1は平成25年11月、No.2は平成25年12月、No.3は平成26年1月に設置した犠牲陽極17個に対して超音波探傷(UT)による肉厚検査を行った。結果、17個中15個の犠牲陽極近傍で局部減肉が認められ、過去に減肉が発生した8ヵ所において比較した結果、7ヵ所に減肉が再発し、犠牲陽極設置によるはっきりした効果は認められなかった。

表 11 減肉再発率 100%部位における犠牲陽極施工後の再発率

系統	犠牲陽極	更新継手数	減肉再発	減肉なし	減肉再発率
No.1	なし	7	7	0	100%
	あり	4	3	1	75%
No.2	なし	7	7	0	100%
	あり	3	3	0	100%
No.3	なし	1	1	0	100%
	あり	1	1	0	100%
合計	なし	15	15	0	100%
	あり	8	7	1	88%

今回、先行して超音波探傷(UT)検査を行ったNo.1系統において減肉が認められた4ヵ所について、犠牲陽極施工部で発生した局部減肉の状況確認および犠牲陽極が機能していたか調べるために抜管サンプル調査を実施し、昨年12月中旬に以下の点が確認された。

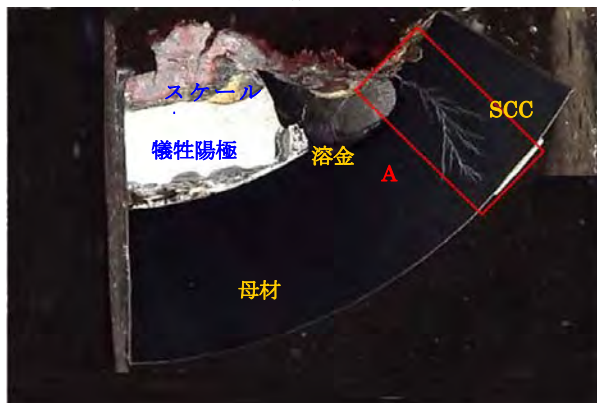
- ・減肉が発生した管において犠牲陽極が溶出しているものとしていないものの両方があった。
- ・犠牲陽極はFeの酸化物(もしくは炭酸化合物)の厚いスケールで覆われていた。
- ・犠牲陽極の施工部近傍で応力腐食割れ(SCC)が発生しているものが1ヵ所(No.83)あった。
- ・犠牲陽極施工位置と減肉の発生位置に明確な相関は認められなかった。



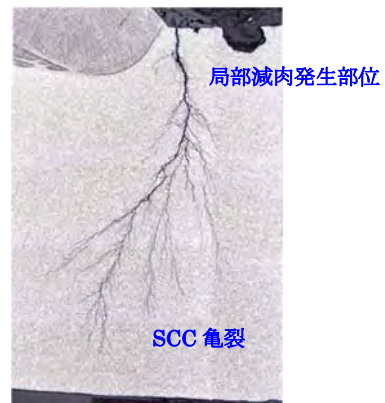
スケール内に空洞が出来、犠牲陽極が溶出している



管内のスケール



断面マクロ組織写真



A部断面マイクロ組織写真

図 11 犠牲陽極を設置した配管の抜管サンプル調査

以上の結果、犠牲陽極施工部の一部では、減肉に対して防食効果があった可能性が考えられるものの、応力腐食割れ(SCC)の発生リスクも考えられることから、今後、溶接部への犠牲陽極の施工は実施しないこととし、設置した犠牲陽極は昨年12月にNo.1の8個、本年1月にNo.2とNo.3の9個の17個全てを取り外した。今後はこれまで以上に、超音波探傷(UT)検査による定期的な肉厚測定等に加えて、適切な保全・管理のあり方について検討していく。

6. 作業従事者の労働安全衛生について

(1) 作業環境測定結果

毎年2回(8月と3月頃)に法定(自主)作業環境測定を外部分析機関に委託している。また、毎月1回以上は運転会社による作業環境測定、床の拭取り、ドアノブの拭き取り試験を行い、作業環境を管理している。平成25年度上期(9月測定)の法定(自主)作業環境測定の結果をが出たので、図12、13に示す。

前回までの法定(自主)測定結果は、概ね横ばい傾向にあるが、一部で上昇傾向が見られていた。今回の結果より、処理量増加に伴う作業環境への影響は、著しい傾向は見られなかった。またコンデンサ解体エリアにおいては、冬季測定に比べ夏季測定の上昇傾向が見られた。前回報告したトランスのコア解体エリアの作業環境対策(定期点検期間中にコア解体エリアの大掃除の実施、局所排気や工具類の追加・改善、作業レイアウト改善等)により、作業環境測定結果は、3階コア解体付属品取外で顕著な改善が見られた。コア解体バンドソーコア切断でも、取扱い量の増減による影響も考えられるが、作業環境改善による効果もあったと考えている。引き続き作業環境改善に取り組んでいく。

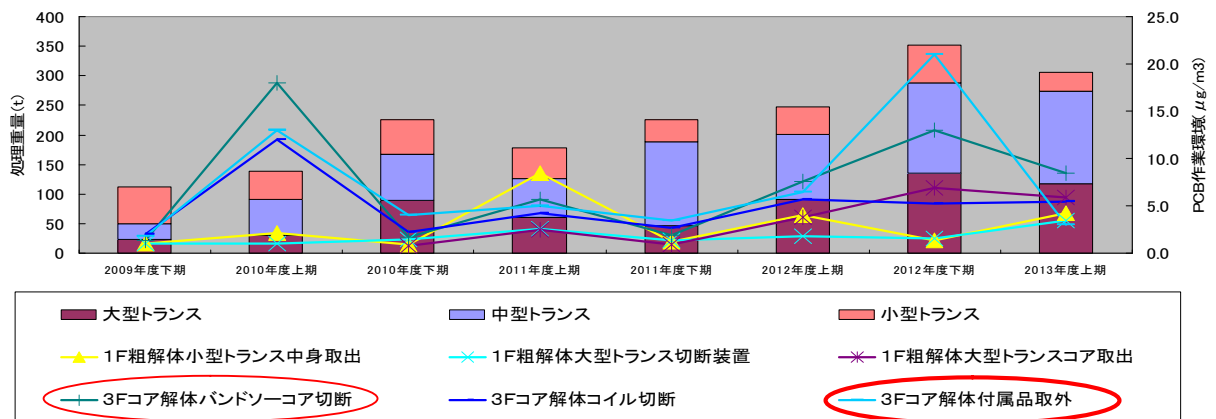


図12 トランス処理量と主な作業環境推移

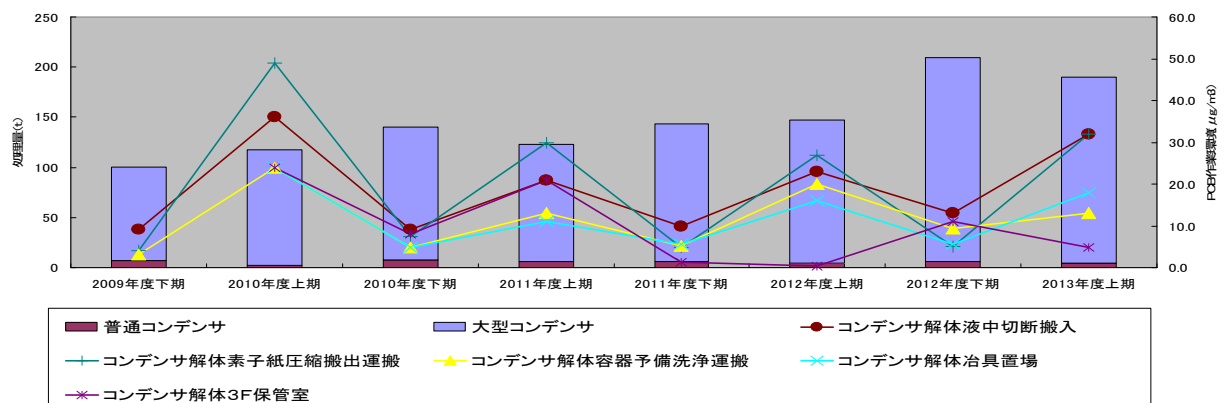


図13 コンデンサ処理量と主な作業環境推移

(2) 血中 PCB 濃度の状況 (H25 年 8 月測定結果)

測定者 154 名のうち、作業従事者は 134 名であり、前年度との比較可能対象者は 122 名は、横ばい又は減少者が 95 名と約 8 割だったが、微少なながら増加傾向者も 27 名 (約 2 割) いた。

今回の最大濃度値は 13.00ng/g-血液であり許容値の半分程度だったが、10ng/g-血液を超えているものが 6 名 (前処理 5 名、水熱 1 名、尚、H21.1 退職者は除く) おり、そのうち増加傾向が 2 名、残りの 4 名は横ばい・減少傾向にあった。

増加傾向者のうち、25 名は前処理、2 名が水熱だった。また、前処理 25 名のうち、粗解体とコンデンサ解体班が 20 名おり、受入払出班が 2 名、コア解体班が 1 名、各班直の作業長が 2 名だった。

処理量の増加に伴う濃度上昇が懸念されたが、測定結果はほぼ横ばいのトレンドが維持されており、控室ドアノブ濃度の見える化、保護具の現場指導等の日常改善活動など、今後もより一層の対策の徹底を図っていくこととしている。

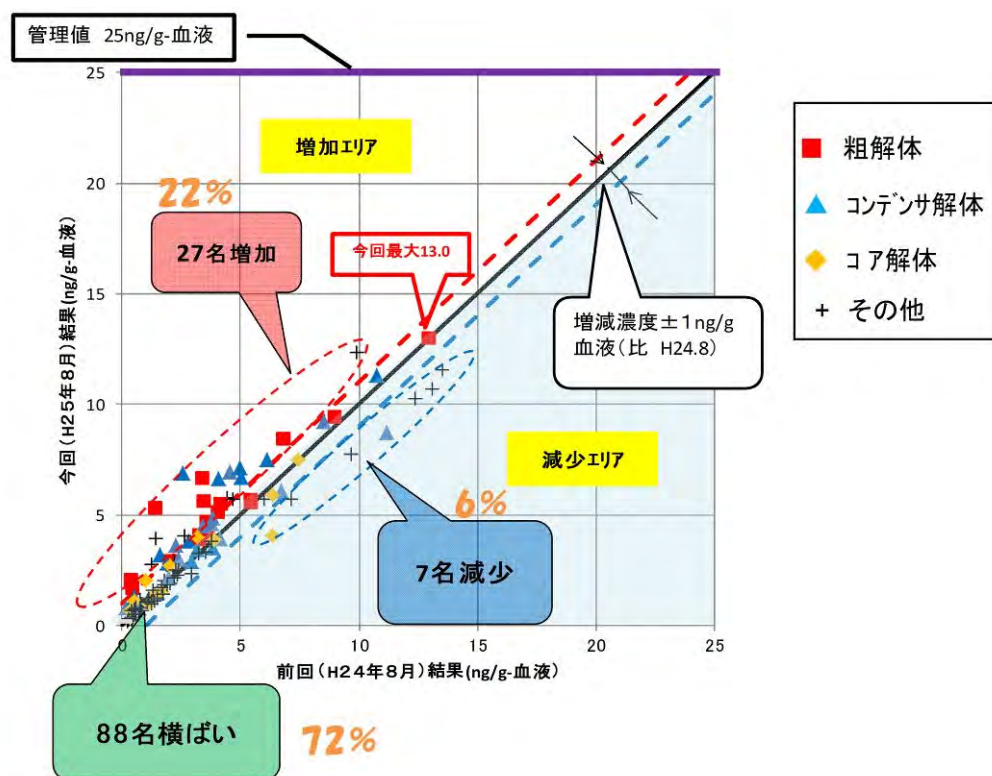


図 14 血中PCB測定結果 (H25 年 8 月 / H24 年 8 月)

7. ヒヤリハット(HHK)活動の状況

平成 25 年度も平成 24 年度に引続き提案が多く出され活性化が継続している。今年度も「想定ヒヤリ」が「体験ヒヤリ」と比較して約 3 倍の提案件数となり、より安全への意識が高まっていると思える。また、ヒヤリハット提案とそれに伴う改善提案について運転会社と打ち合わせを行うなどし、より効率的・効果的な改善方法について検討・実施している。

特にリスクランクが高いヒヤリハット報告については当事業所ヒヤリハット(HH 報告)報告処置手順書において JESCO 及び運転会社幹部による「HH 対策会議」を開催しリスク回避する対策を実施することとしている。昨年 10 月以降のリスクレベルⅣの重大ヒヤリハットは 12 月に PCB 暴露に伴う血中濃度の上昇(想定ヒヤリ)、1 月に No. 3 薬品混合槽 pH 計故障に伴う六価クロムの流出(体験ヒヤリ)の 2 件が提案されており、ソフト面の対策は先行して実施しつつ、今後、「HH 対策会議」を経て、ハード面を加えた対策を検討することとしている。

また、安全パトロール等で実施した対策の確認を行ない安全性の向上につなげている。

表 12 ヒヤリハット提案の件数

リスクレベル等	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年上期	10 月	11 月	12 月	1 月	H25 年度累計
リスクレベル										
Ⅳ重大(15 点以上)	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2
Ⅲ問題あり(10~14 点)	6	16	18	19	3	0	1	0	3	7
Ⅱ多少問題あり(6~9 点)	77	99	122	188	70	8	12	9	25	124
Ⅰ殆ど問題なし(3~5 点)	153	163	208	250	193	24	28	23	53	321
合計	236	278	349	457	256	32	41	33	82	454
体験・想定										
体験ヒヤリ	167	185	150	111	74	6	8	11	13	112
想定ヒヤリ	69	93	199	346	182	26	33	22	69	332

表 13 改善提案の件数

効果	H25 年上期	10 月	11 月	12 月	1 月	H25 年度累計
提案件数	60	16	10	10	2	98
安全性・信頼性向上	43	12	5	8	1	69
作業性・業務効率化	45	12	5	5	2	69
コストダウン	4	2	0	1	0	7
作業環境改善	11	5	1	3	0	20
その他	0	0	1	0	0	1
合計	103	33	12	17	3	166

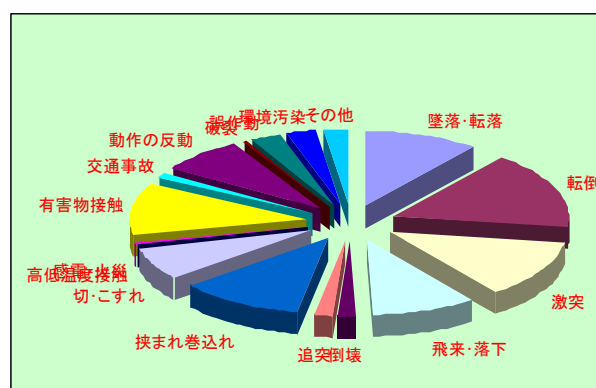


図 15 HHK 分類グラフ

8. 教育・訓練等の実施状況

(1) 安全教育・訓練の実施状況

前回報告以降に実施した主な安全教育や訓練項目を表 14 に示す。

表 14 主な安全教育・訓練

実施月日	教育・訓練内容	会社	参加人員
9/26～30	除染ブース～控室の作業環境に係る OJT 教育	TEO	18 名
9/27	防災訓練 (B 直)	TEO	27 名
10/1～4	月例安全訓示	TEO	152 名
10/4	絶縁抵抗測定手順勉強会	TPT	4 名
10/8～30	災害事例勉強会	TPT	延べ 48 名
10/9	普通救命講習会	—	19 名
10/24, 30	安衛法特別教育「ウォーカーリフト」	TEO	5 名
10/25	防災訓練 (D 直)	TEO	27 名
10/29	劇物 (硫酸) 勉強会	TPT	9 名
11/1～7	月例安全訓示	TEO	154 名
11/6	安全講話「安全第一への道のり」(JESCO、TEO、TPT)	—	78 名+
11/13	危険物管理者研修	TEO	2 名
11/19	江東区安全衛生推進大会	—	2 名+
11/21～12/9	放水訓練	TEO	32 名
11/29	防災訓練 (A 直)	TEO	24 名
12/2～5	月例安全訓示	TEO	150 名
12/10	危険物保安講習 (東京消防庁)	TEO	2 名
12/19	防災訓練 (C 直)	TEO	23 名
12/19, 24	コンデンサ受入安全手順教育	TEO	7 名
12/19～26	玉掛安全教育	TEO	25 名
12/26	夜間通報訓練 (JESCO、TEO)	—	42 名
1/6～10	月例安全訓示	TEO	138 名
1/15～30	五面加工機 OJT 教育	TEO	2 名
1/22	三次元計測器 OJT 教育	TEO	3 名

(2)総合防災訓練等

平成 25 年度の防災訓練は夜間・休日を想定した訓練で交替各班を対象に計 4 回実施した。防災訓練概要を表 15 に示す。総合防災訓練は、3 月に予定している。

表 15 防災訓練の実施状況

実施日	訓練計画	主な訓練結果
平成 25 年 9 月 27 日 (金)13:00 前回報告	○訓練目的 夜間・休日における防災体制および初動活動の理解と検証 ①運転会社直要員のみによる対応 ②当事業所の運転員は、4 班 2 交替制であることから、訓練を交替各班で実施	(1)訓練シナリオに基づき夜間・休日における自衛防災組織で事前検討会を実施し、活動内容および役割分担等の確認が行なわれ、防災活動知識の向上が図られた (2)夜間、休日の自衛防災組織員が少ない(幹部、日勤者は非常招集)体制での防災活動であったが、現地指揮本部代行者の的確な指揮と防災員の対応により、概ね的確な防災活動が実施された
10 月 25 日 (金)13:00	○訓練想定 ①3階蒸留設備で、IPA(洗浄液)配管のフランジから漏洩し、一部がオイルパンから溢れて通路に拡散	(3)その他、反省会において、体制および活動等に係る改善事項が提起され、検討結果を次回訓練に反映することにした (主な反省点)
11 月 29 日 (金)13:00	②上記の漏洩回収作業中に漏洩油に着火し火災発生	①人員の確認は各ポイントで行うべきだ
12 月 19 日 (木)13:00	③初期消火(消火器)による消火が不調のため、粉末消火設備による消火で鎮火	②緊急用機材(防災 PHS)や公設消防引渡し図面等は中央制御室に置いたほうが良い。
防災訓練	○検証 自衛防災組織本部長 & 各班長が訓練に立合い、訓練全般についてチェックし反省会において問題点と改善案を提起	③一斉放送等を利用し、逐次、最新情報を各班に伝えるべきだ ④今回はシナリオがあり、事前検討会を何回か実施したが、シナリオ無しの訓練も必要 ⑤粉末消火設備の起動について細かく想定しておく必要がある

年度計画通り緊急通報訓練を 3 回実施した。12 月 26 日に実施した 3 回目の訓練の概要を表 16 に示す。

表 16 緊急時通報訓練の実施状況

実施日	訓練計画	主な訓練結果
平成 25 年 12 月 26 日 通報訓練	○訓練目的 夜間・休日における緊急連絡体制が確立されていることを確認する。 ○訓練想定 18 時 58 分頃、屋外の洗浄溶剤タンクのフランジ部から漏洩発生、漏洩は防液堤内で環境への影響は無い。次の連絡まで待機。 ○訓練内容 「緊急時連絡体制表」及び「事業所連絡網」に従い、訓練を実施する。 (1)緊急異常事態を中制で覚知 (2)中制(当直長)より、「緊急時連絡体制表」に基づき、JESCO(運転管理課長)、TEO 幹部、TPT 幹部にメール連絡 (3)JESCO 通報訓練 運転管理課長より事業所連絡網に従い、事業所幹部へ連絡。安全対策課長より各職員へメールで連絡 (4)運転会社内通報訓練	(1)「緊急時連絡体制表」及び「事業所連絡網」に基づく緊急連絡体制が維持されていることを確認した。 (2)今回の訓練における反省事項を次回訓練に反映する。 ①通報順序の上位者が未受信の場合は次位者が上位者に代わって通報継続する。 ②通報受信者は、確認したことを発信者に返信メールする。

9. 施設見学の状況

平成 24 年度及び平成 25 年度 2 月までの施設見学の状況を表 17 に示す。

平成 24 年度は 90 件 823 名、平成 25 年度 2 月までは 88 件 1,140 名の方々に来場いただき、東京施設における PCB 廃棄物処理について、わかり易く説明した。

表 17 施設見学件数・見学者数

年月	平成 24 年度	平成 25 年度上期											合計
		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	
件数	90(69)	5	8	8	12	6	8	10	13	6	2	10	88
見学者数	823(596)	53	104	96	113	62	101	128	232	97	3	203	1192

() 内は H23 年度の実績を示す。



早稲田大学
(PCB 処理施設の見学講座として)



石川県立金沢桜丘高校
(企業訪問研修の見学施設として)

図 16 施設見学の様子

10. PCB 廃棄物の収集・運搬

PCB 廃棄物搬入車両の状況

平成 24 年度及び平成 25 年度 1 月までの月別 PCB 廃棄物搬入車両台数を表 18 に示す。

定期点検期間を除いては、一日平均 3 台～6 台程度の搬入車両があるが、低濃度の受入完了 (6 月) に伴い減少している。1 月は、水熱設備のトラブルで搬入を停止した影響が出ている。PCB 廃棄物の収集運搬途中に発生した交通事故については前回報告したが、本トラブルの周知と注意喚起を行い再発防止に努め、それ以降は引き続き、関係法令や PCB 廃棄物収集・運搬ガイドラインや受入基準に基づく入門許可手続き、PCB 収集運搬計画書による事前の確認、PCB 廃棄物の収集運搬時の安全性の高い運搬容器の使用や運搬中の GPS システムを利用した監視等により安全を確保している。

表 18 PCB 廃棄物搬入車両台数

	H24 年度	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	H25 年度累計
高濃度	845	41	0	66	93	74	75	69	94	108	32	652
低濃度	603	70	26	23	完了	—	—	—	—	—	—	119
合計	1,148	111	26	89	93	74	75	69	94	108	32	771

11. 二次廃棄物等(低濃度)の搬出実績

8月より搬出開始。9月までは前回報告した。

10月以降の二次廃棄物等の搬出状況を表19に示す。

表19 二次廃棄物等の搬出状況

月・日	搬出先	種別	数量	
10月	4日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(活性炭)	7.5 t
	7日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(活性炭)	7.5 t
	11日	(株) クレハ環境	処理物(木・紙)	4.5 t
	15日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(活性炭)	6.0 t
	25日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	4.1 t
	計		トラック台数 5台	29.6 t
11月	5日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	4.2 t
	7日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(活性炭)	7.5 t
	15日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	2.5 t
			運転廃棄物(木・紙)	1.8 t
	18日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(スラリ残渣)	7.5 t
	22日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	1.7 t
			運転廃棄物(木・紙)	2.5 t
29日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	3.4 t	
計		トラック台数 6台	31.1 t	
12月	5日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(活性炭)	7.5 t
	6日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(木・紙)	1.0 t
			処理物(木・紙)	3.4 t
	17日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(保護具)	3.5 t
	19日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(スラリ残渣)	6.4 t
	20日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(木・紙)	0.8 t
			処理物(木・紙)	3.3 t
26日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(木・紙)	1.6 t	
		処理物(木・紙)	2.5 t	
計		トラック台数 6台	30.0 t	
1月	8日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(活性炭)	7.5 t
	10日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(木・紙)	2.3 t
			処理物(木・紙)	1.6 t
	17日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	4.1 t
	24日	(株) 富山環境整備	運転廃棄物(木・紙)	3.5 t
	29日	(株) クレハ環境	運転廃棄物(活性炭)	7.5 t
	31日	(株) 富山環境整備	処理物(木・紙)	1.7 t
運転廃棄物(保護具・木・紙)			2.9 t	
計		トラック台数 6台	31.1 t	

平成26年3月4日の入札により、来年度の搬出先は群桐エコロ(株)(予定)に変更となります。

水熱分解設備 反応器管台及び類似箇所 減肉状況の検査結果

平成26年2月28日

三菱重工業株式会社 技術統括本部 長崎研究所
三菱日立パワーシステムズ株式会社 ボイラ技術部

検査結果概要(1/3)

<経緯>

水熱分解設備No.2反応器スラリー投入管台漏洩を受けて、反応器管台及び類似箇所(30箇所/系統)の接続配管を含む全数検査を実施しました。全箇所を網羅するため、管台及び接続配管の、直管部及びベンド部は超音波探傷(UT)検査、UTによる垂直探傷が困難なレジューサ部は放射線(RT)検査、冷却管が巻きつけられている冷却部はファイバースコープによる内部観察(FS)検査を実施しました。ただし、RT検査及びFS検査の結果、減肉が発生している傾向が認められた場合及び判定が困難な場合には、冷却管を取り外し、UT検査により減肉状況を確認しました。

検査結果の概要を以下に記載します。「表1 反応器管台及び類似箇所検査結果一覧」参照)

<UT検査結果>

1. No.1系統で30箇所中4箇所、No.2で30箇所中3箇所、No.3で30箇所中3箇所に軽微な局部減肉が認められました。
2. No.1系統で30箇所中2箇所、No.2で30箇所中4箇所、No.3で30箇所中2箇所に軽微な均質減肉が認められました。
3. 上記の減肉箇所のうち最小必要肉厚(tsr)を下回る箇所はありませんでした。
4. N-22(残渣物排出管台)を除き、配管接続がない(閉止キャップ施工)管台には、減肉は認められませんでした。
5. 減肉が認められた箇所の材料は、いずれもNCF690でした。
6. No.1~No.3系統に共通して、局部減肉は冷却部の近傍で発生しやすい傾向がありました。
7. 局部減肉は、水平配管の地側で発生しやすい傾向がありました。

<RT検査結果>

1. RT対象の81箇所(27箇所/系統)のうち、1箇所(No.1 N-22 残渣物抜き出し管台)で局部減肉が認められました。
2. 上記減肉部を除き、レジューサ部に明確な減肉は認められませんでした。
3. No.1 N-22 残渣物抜き出し管台の減肉部について、減肉深さを計測するためUTを実施した結果、減肉量は約3mm(肉厚:15.5mm)であり、tsrを下回るような減肉ではありませんでした。

<FS検査結果>

1. FS検査を実施した16箇所(5箇所/系統+No.1サンプリング管台)のうち、1箇所(No.1 反応器連絡管空気抜き管台)で局所的なスケールが認められました。
2. 上記箇所について、冷却管を取り外し、UTを実施した結果、減肉量は約1.7mm(肉厚:6.6mm)であり、tsrを下回るような減肉ではありませんでした。
3. 堆積物及びベンドの形状によりFS検査による判定が困難であった4箇所について、UTを実施した結果、明確な減肉は認められませんでした。
4. 上記減肉部を除き、冷却部には明確な局部減肉の傾向は認められませんでした。

検査結果概要(2/3)

評価記号

- : 問題なし
- ◇ : 局部減肉なし, 軽微な均質減肉あり
- △ : 軽微な局部減肉あり
- : 検査対象外

※1 : RTで減肉が認められたため, UTを実施

※2 : FS検査後, 冷却管を取り外してUTを実施

表1 反応器管台及び類似箇所検査結果一覧

系統 検査手法 対象部位	1系統			2系統			3系統		
	UT 直管, ベンド	RT レジャーサ	FS 冷却部	UT 直管, ベンド	RT レジャーサ	FS 冷却部	UT 直管, ベンド	RT レジャーサ	FS 冷却部
N-1	◇	○	-	◇	○	-	◇	○	-
N-3	○	○	○※2	◇	○	○※2	○	○	○
N-6	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-7	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-8	△	○	○※2	○	○	○※2	△	○	○
N-9	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-10	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-11	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-12	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-13	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-14	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-15	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-16	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-17	○	○	-	◇	○	-	○	○	-
N-18	○	○	-	◇	○	-	○	○	-
N-19	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-20	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-22	○	△※1	-	△	○	-	△	○	-
N-23	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-24	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-26	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-28	○	○	-	○	○	-	○	○	-
N-29	○	○	-	○	○	-	○	○	-
空気抜き管	◇	○	△※2	△	○	○	○	○	○
サンプリング管	△	○	○	○	○	-	○	○	-
反応器連絡管圧力計	△	○	○	○	○	○	△	○	○
補助反応管出口圧力計	△	-	○	○	-	○	◇	-	○
NaOH注入管	○	-	-	○	-	-	○	-	-
補助反応管ドレン管	○	-	-	△	-	-	○	○	-
補助反応管検査管台	○	-	-	○	-	-	○	-	-

検査結果概要(3/3)

<まとめ>

管台及び接続配管の、直管部及びベンド部はUT検査、レジューサ部はRT検査、冷却部はファイバースコープによる内部観察(FS)検査を実施し、漏洩が発生したNo.2反応器スラリ投入管台の類似箇所を網羅する検査を実施しました。

各検査の結果及びサンプル調査、過去の材料試験結果から、本設備におけるNCF690の局部減肉は以下の条件が揃った場合に発生すると考えます。(右図)

- ①腐食性流体の存在
- ②堆積物の滞留(腐食性物質の濃縮)
- ③腐食しやすい温度(約150℃～約250℃)

ここで、検査の結果、漏洩が発生したNo.2反応器スラリ管台のような著しい減肉は認められませんでした。漏洩部のサンプル調査の結果から、スラリ管台の特徴として、堆積物の成分がほとんど銅であり、銅の存在はステンレス鋼の局部腐食を助長することが知られています。本設備環境のNCF690についても同様の事象が生じている可能性が考えられ、スラリ管台では銅が他の管台と比べて明らかに多量に存在することから、上記①～③の局部減肉発生の条件に加えて、銅の存在が局部減肉の加速要因となっていたと推定します。

他の管台でスラリ管台のように銅が主成分として堆積物が滞留していることは考えにくく、現在スラリ処理は停止しているため、今後の運転でスラリ管台のように銅が加速要因となる局部減肉は発生しないと考えます。

<今後の対応>

各検査の結果から、管台及び接続配管に減肉の発生は認められたものの、減肉部で最小必要肉厚(tsr)を下回る箇所はありませんでした。減肉量とこれまでの運転時間から減肉速度を算出して評価したところ、少なくともH27年度定検までにtsrを下回ると判断される箇所はありませんでした。

したがって、今後の対応としては、H26年度定検で、今回減肉が認められた箇所について経過観察することを推奨します。

なお、減肉速度の評価において、局部減肉の速度は長時間側で緩やかになる傾向があるため、H26年度定検で経過観察し、今回と合わせて2点のデータで腐食速度を再評価したうえで、対処方法を判断する必要があると考えます。

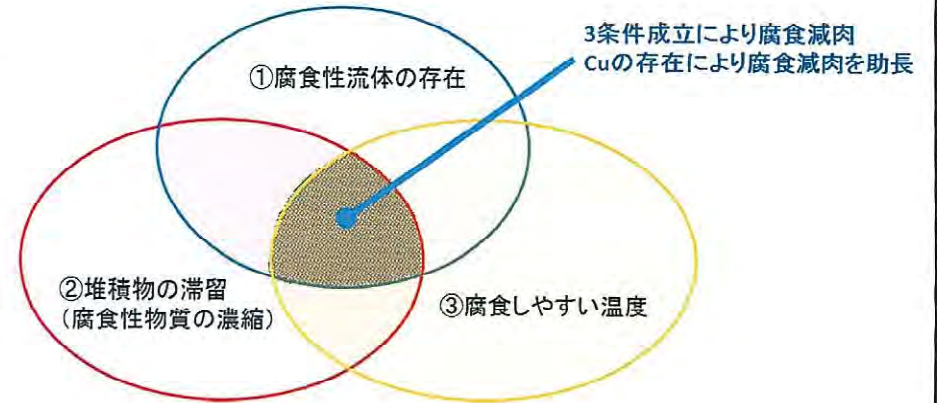


図1 局部減肉発生条件と加速要因

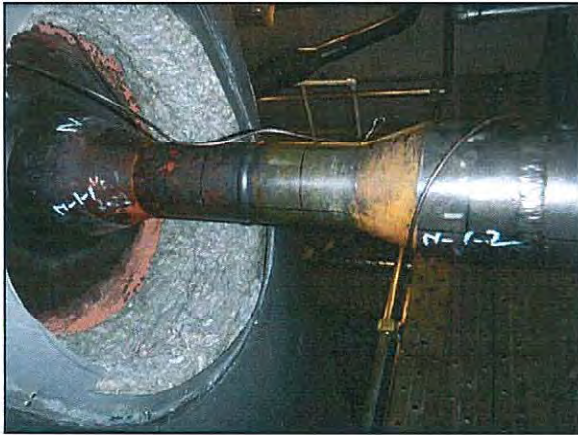
表2 運転時間実績と今後の運転時間(評価に用いた仮定)

運転時間	No.1	No.2	No.3
累計運転時間(H17～現在)	41373 h	40751 h	38092 h
H24年度定検以降	10543 h	10593 h	10778 h
現在～H26年度定検(仮)	1500 h	1500 h	2000 h
H26年度定検～H35年度末(仮)	72000 h	72000 h	72000 h
H26年度定検～H27年度定検(仮)	7200 h	7200 h	7200 h

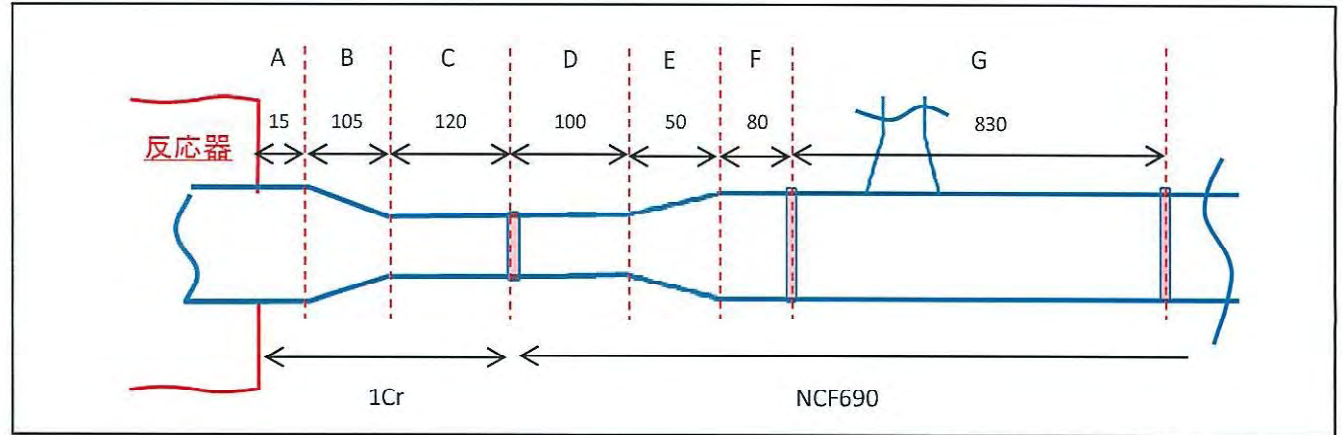
UT結果詳細(減肉部)

No.1 N-1 反応器出口管台

外観



検査位置略図



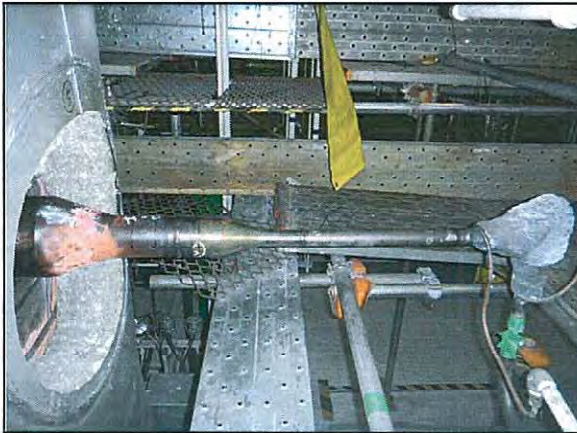
括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

位置(mm)	A			C				D (12.0, 7.8 27.5, 7.8)				F (13.5, 11.2)			G (13.5, 11.2)																							
	5	15		5	40	80	115	5	20	60	100	0	40	80	5	50	100	300	500	750																		
(天側) 0°	44.6			9.6	9.5	9.6		11.4	27.3	27.3		13.1	13.1		12.6	12.6	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.6	12.6	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7			
90°	44.7			9.6	9.5	9.5		11.5	27.4	27.4		13.1	13.1		12.7	12.7	12.8	12.7	12.7	12.6	12.6	12.6	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.6	12.6	12.8				
(地側) 180°	44.6			9.6	9.6	9.5		11.4	27.4	27.3		13.1	13.0		12.9	13.0	12.9	13.0	12.9	13.0	12.9	12.9	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.9	12.8	12.9	12.9	12.8	12.8	12.9	12.9	13.1	
270°	44.7			9.6	9.6	9.6		11.4	27.3	27.3		13.1	13.1		12.8	12.8	13.1	13.1	12.8	12.9	12.8	12.8	12.8	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	13.1			
360°																																						

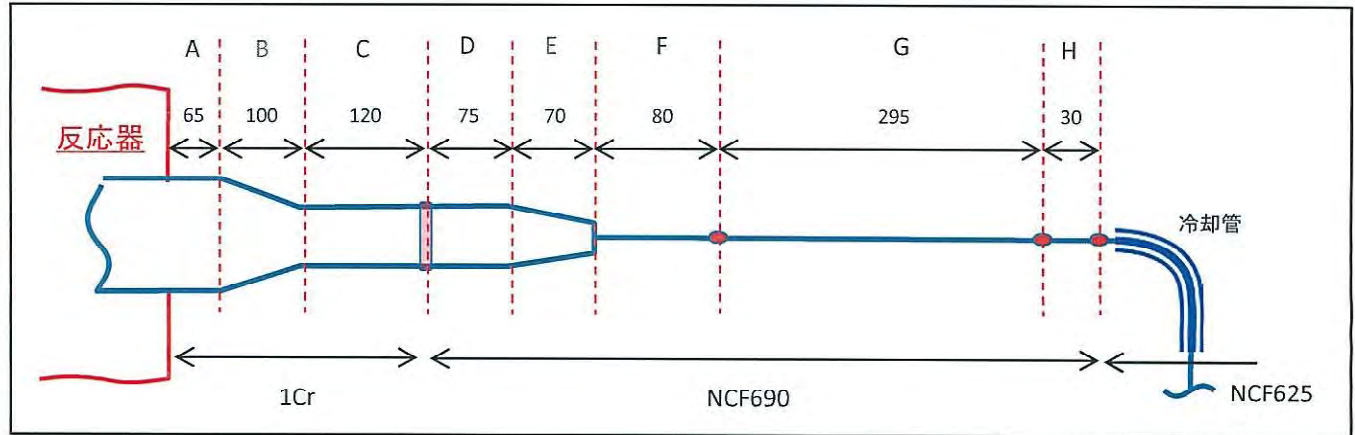
➤ G部に1mm未満の軽微な均質減肉が認められました。

No.1 N-8 安全弁管台

外観



検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

	A		C			D (13.65, 7.8)		F (6.4, 3.3)		G (6.4, 3.3)			H (6.4, 3.3)							
位置 (mm)	5	32	5	40	80	115	5	35	75	5	15	65	75	5	15	275	290	5	25	
(天側)																				
0°	44.9	45.1	9.9	9.9	9.8	13.4	13.4	減肉なし		減肉なし			5.9	7.1						
90°	44.7	44.8	9.9	9.8	9.8	13.4	13.4	減肉なし		減肉なし			4.7	5.8						
(地側)																				
180°	44.9	44.9	9.9	9.8	9.8	13.4	13.4	減肉なし		減肉なし			5.2	4.1						
270°	44.4	44.4	9.9	9.8	9.8	13.4	13.4	減肉なし		減肉なし			6.1	7.0						
360°																				

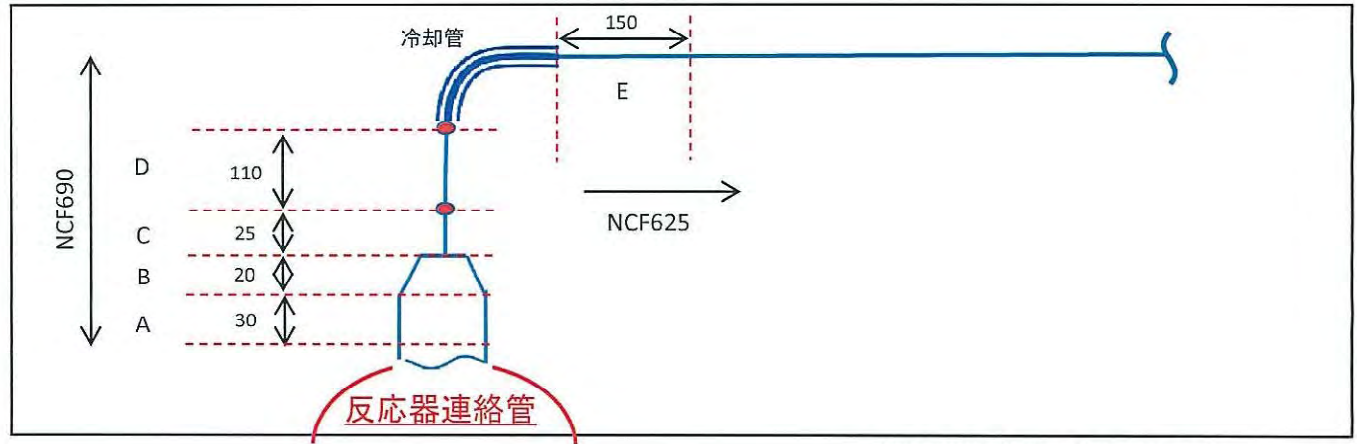
➤ G部及びH部の地側に局部減肉が認められました。

No.1 反応器連絡管空気抜き管

外観



検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

位置 (mm)	A (13.65, 4.7)		C (6.4, 3.3)		D (6.4, 3.3)				E (6.4, 2.6)			
	5	20	5	25	5	35	70	110	5	35	70	110
(No.1側) 0°	13.0		6.0		5.6	5.5	5.4		6.0	6.0	6.0	
90°	13.0		6.0		6.0	5.5	5.6		5.9	5.8	5.9	
(No.3側) 180°	13.0		6.0		5.7	5.5	5.4		5.8	5.9	5.8	
270°	13.0		6.0		5.6	5.4	5.3		6.0	5.9	5.9	
360°	13.0		6.0		5.6	5.4	5.3		6.0	5.9	5.9	

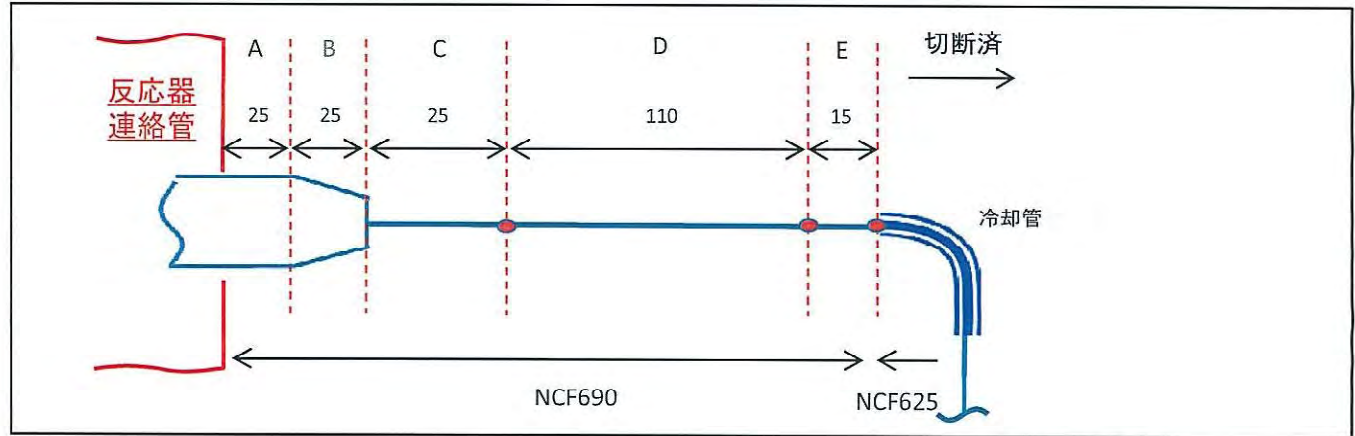
➤ D部に軽微な均質減肉が認められました。

No.1 反応器連絡管サンプリング管

外観



検査位置略図

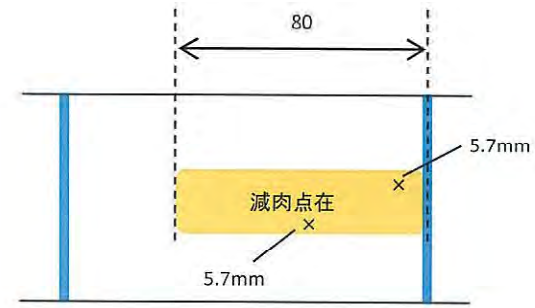


括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

		A (13.65, 4.7)		C (6.4, 3.3)		D (6.4, 3.3)				E (6.4, 3.3)	
位置 (mm)		5	20	5	25	5	35	70	110	5	45
(天側)	0°	13.4		6.4		6.4	6.5	6.5		6.0	
	90°	13.4		6.4		6.2	5.7	5.8		6.2	
	180°	13.4		6.4		5.9	5.7	5.7		6.1	
(地側)	270°	13.4		6.4		6.3	6.3	6.3		6.0	
	360°	13.4		6.3							

D部詳細



地側より見る

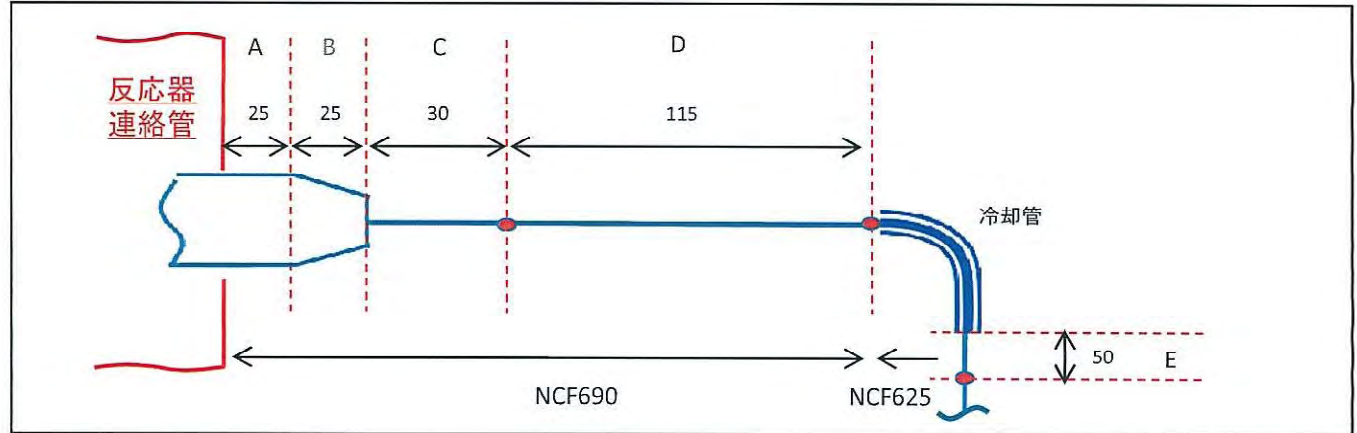
- D部に局部減肉が点在していました。
- 局部減肉は最大で0.7mm程度の深さでした。

No.1 反応器連絡管圧力計

外観



検査位置略図

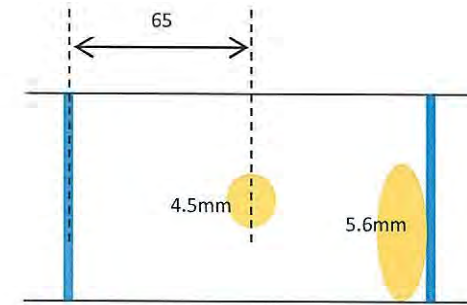


括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

	A (13.65, 4.7)		C (6.4, 3.3)		D (6.4, 3.3)			E (6.4, 2.6)		
位置 (mm)	5	20	5	25	5	35	70	110	5	45
(天側) 0°	13.2		6.2		6.2	6.2	6.2		6.2	
90°	13.2		6.2		6.2	6.2	5.7		6.2	
(地側) 180°	13.2		6.2		6.2	4.5	5.6		6.2	
270°	13.2		6.2		6.2	6.2	5.7		6.2	
360°	13.2		6.2		6.2	6.2	5.7		6.2	

D部詳細



地側より見る

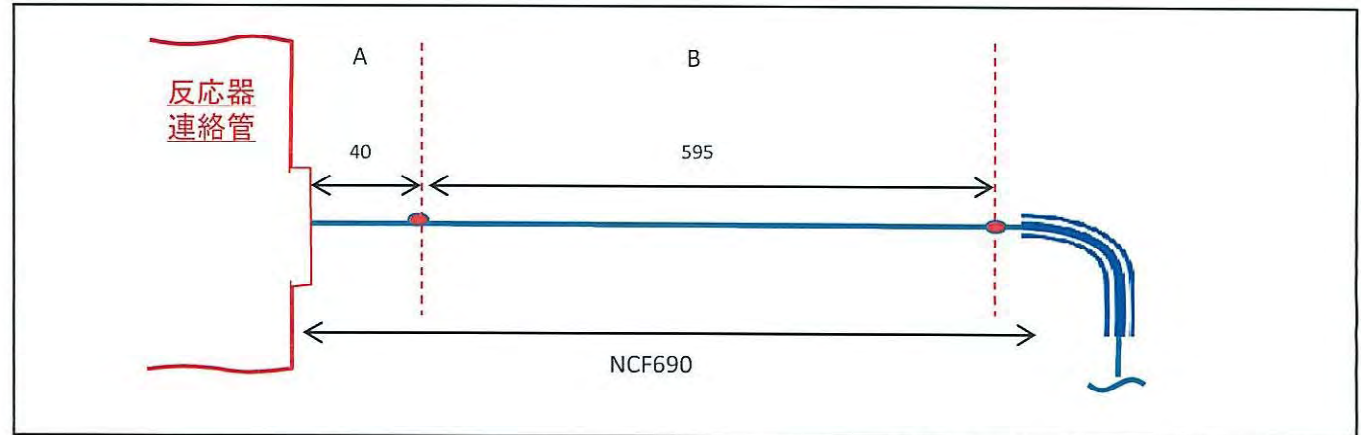
- D部の中央部及び冷却部近傍に局部減肉が認められました。
- 局部減肉は最大で1.9mm程度の深さでした。

No.1 補助反応管出口圧力検出管

外観

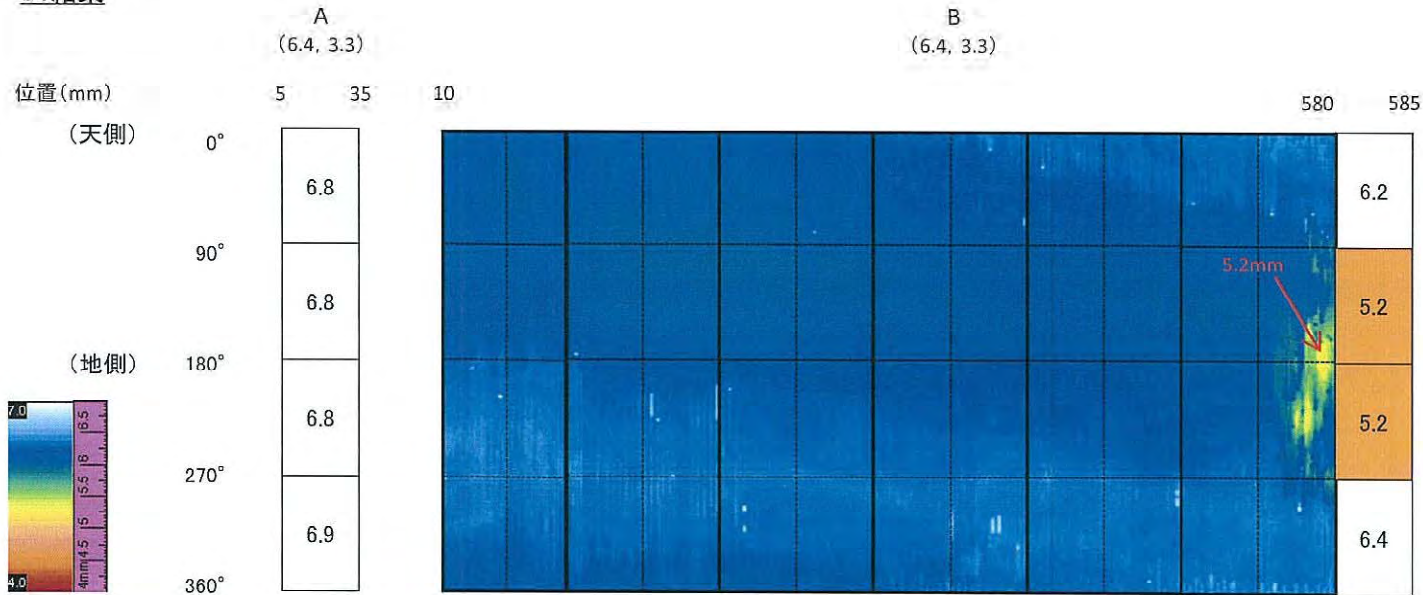


検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果



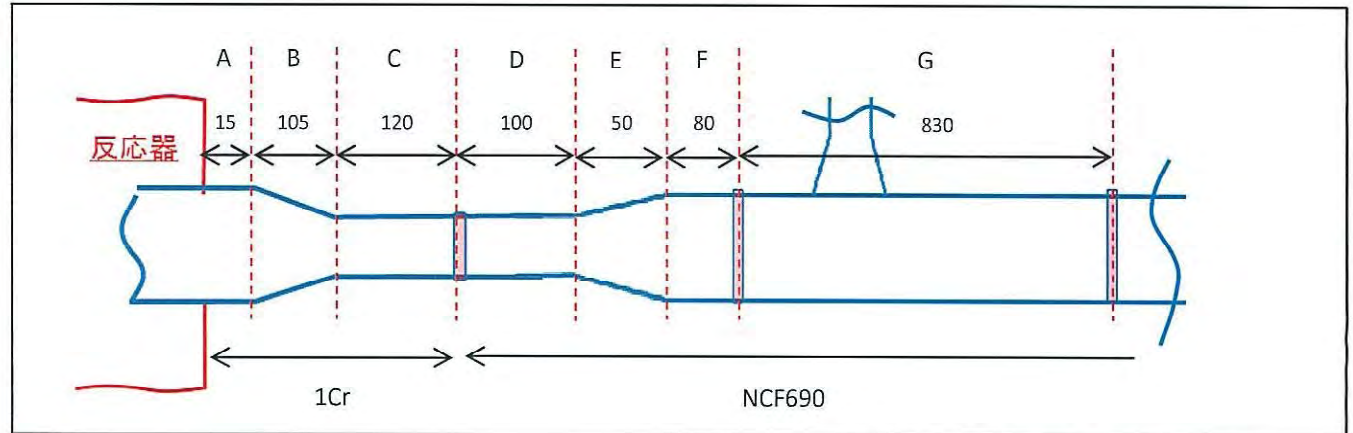
- D部の冷却部近傍に局部減肉が認められました。
- 局部減肉は最大で1.2mm程度の深さでした。

No.2 N-1 反応器出口管台

外観



検査位置略図



UT結果

括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

	A			C			D (12.0, 7.8 27.5, 7.8)			F (13.5, 11.2)			G (13.5, 11.2)																									
位置 (mm)	5	15	5	40	80	115	5	20	60	100	0	40	80	5	50	100	300	500	750																			
(天側)	0°	44.0		9.6	9.6	9.5	11.6	26.7	26.7		12.8	12.8		12.5	12.8	12.7	12.8	12.7	12.7	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8		
	90°	43.8		9.5	9.5	9.5	11.6	26.8	26.8		12.9	13.0		12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	(地側)	180°	44.4		9.9	9.7	9.7	11.6	26.7	26.7		13.1	13.1		12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
		270°	44.6		9.7	9.6	9.6	11.6	26.7	26.7		12.8	12.8		12.5	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	360°																																					

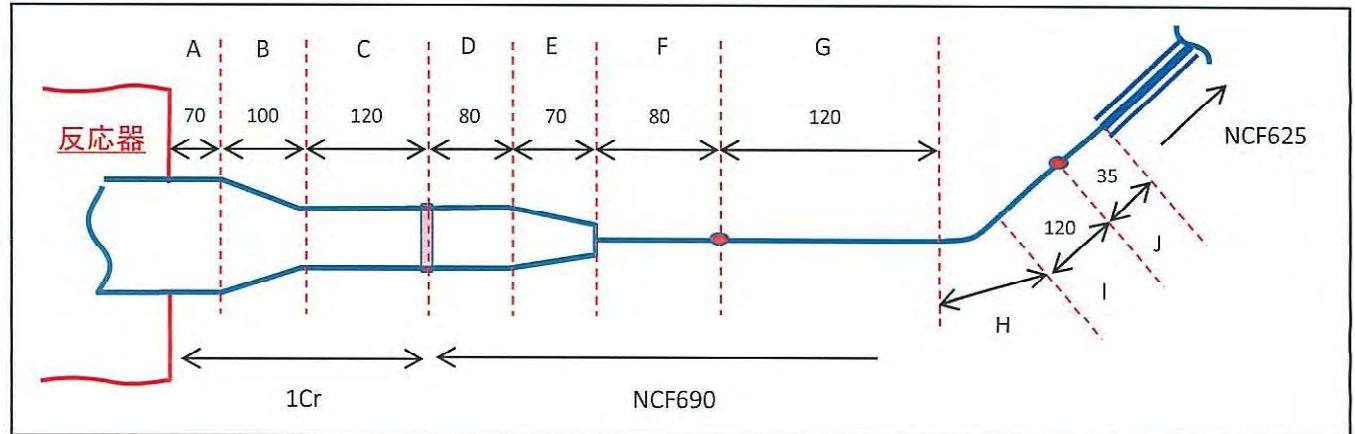
➤ G部に1mm以下の軽微な均質減肉が認められました。

No.2 N-3 圧力検出管台

外観



検査位置略図



UT結果

括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

	A			C				D (13.65, 7.8)			F (6.4, 3.3)			G (6.4, 3.3)			H (6.4, 3.3) ベンド 中心				I (6.4, 3.3)			J (6.4, 3.3)			
位置 (mm)	5	35	70	5	40	80	115	5	40	80	5	10	65	75	5	40	120					0	115		5	30	
(天側) 0°	44.5	44.8		10.0	9.9	9.9		13.5	13.5		6.4		6.4		6.3			6.1	6.0	6.0	6.0	6.3	6.3	6.1	5.0		
90°	44.5	45.0		10.0	10.0	10.0		13.5	13.5		6.3		6.3		6.4			6.0	6.0	6.0	5.9	6.3	6.4	6.0	5.7		
(地側) 180°	44.8	45.1		10.0	10.0	10.0		13.5	13.5		6.3		6.3		6.4	6.5	6.5	6.4	6.3	6.4	6.0		6.3	6.4	6.0	5.7	
270°	44.6	45.0		9.9	9.9	10.0		13.5	13.5		6.4		6.4		6.3			6.4	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.1	5.1		
360°																											

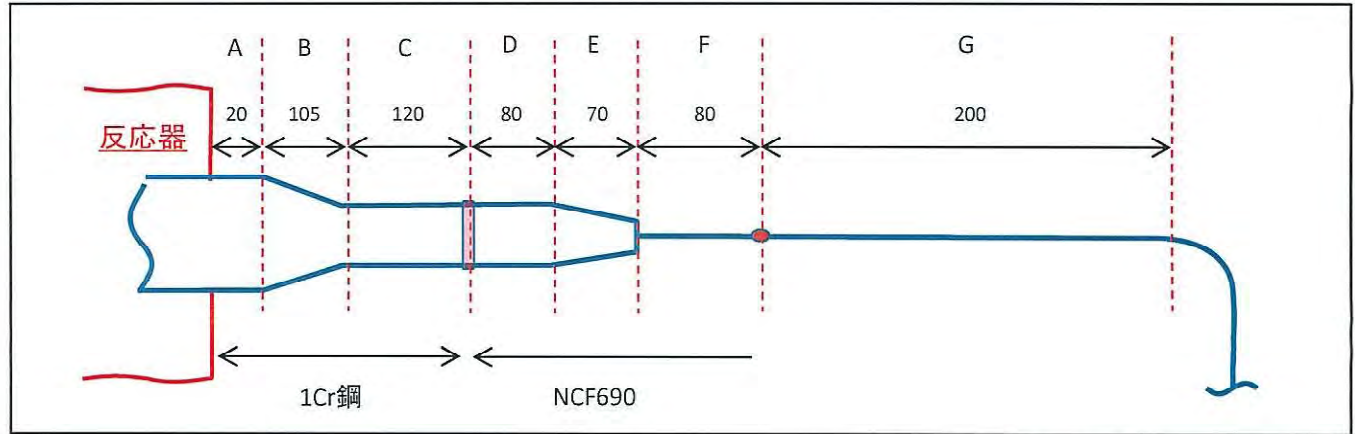
- J部に均質減肉が認められました。
- 減肉は地側より天側で大きい傾向が認められました。

No.2 N-17 給水・PCB投入管台

外観



検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

	A		C				D (12.0, 7.8 27.5, 7.8)				F (5.1, 3.3)				G (6.4, 3.3)				ベンド 中心			
位置 (mm)	5	20	5	40	80	115	5	20	50	75	5	10	70	75	5	10	200					
(天側) 0°	44.4		9.6	9.6	9.5		11.9	27.9	27.9		4.5		4.6		5.7			5.4	5.4	5.4	5.4	
90°	44.6		9.5	9.5	9.4		11.8	27.9	27.8		4.5		4.6		5.7			5.6	5.6	5.7	5.7	
(地側) 180°	44.5		9.4	9.4	9.6		11.8	27.9	27.9		4.7		4.9		5.8			5.9	5.9	5.9	6.0	
270°	44.4		9.4	9.4	9.4		11.8	27.9	27.9		4.6		4.7		5.8			5.4	5.4	5.4	5.4	

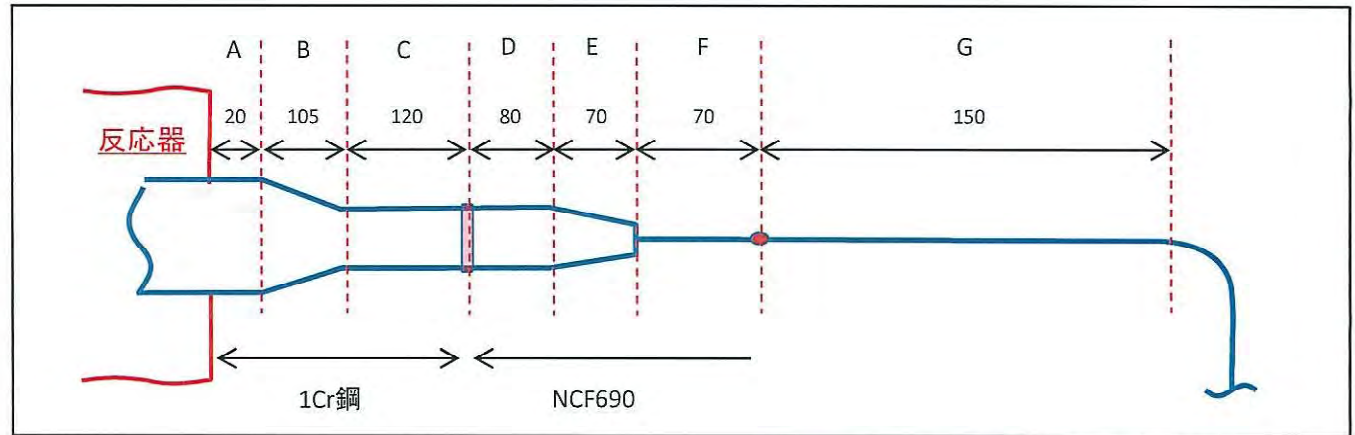
➤ F部に1mm未満の軽微な均質減肉が認められました。

No.2 N-18 給水・PCB投入管台

外観



検査位置略図



UT結果

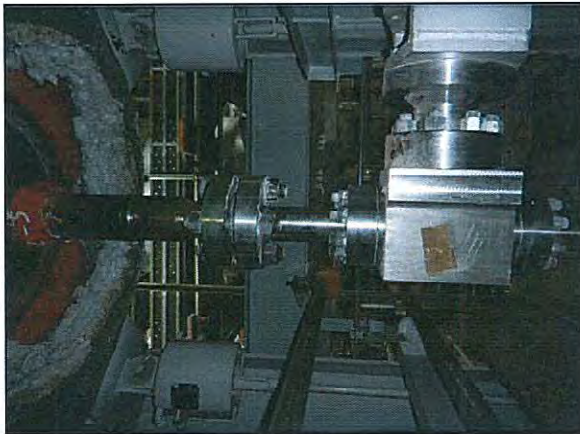
括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

	A		C			D (12.0, 7.8 27.5, 7.8)				F (5.1, 3.3)			G (6.4, 3.3)				
位置 (mm)	5	20	5	40	80	115	5	20	40	65	5	10	70	75	5	10	150
(天側) 0°	44.8		9.4	9.4	9.4		11.5	27.9	27.9		4.6	4.6	4.6	4.6	5.8		
90°	44.6		9.4	9.4	9.4		11.5	27.8	27.8		4.7	4.6	4.6	4.6	5.8		
(地側) 180°	44.6		9.4	9.4	9.4		11.5	27.8	27.8		4.9	4.9	4.9	4.9	5.9		
270°	44.6		9.4	9.4	9.4		11.5	27.8	27.8		4.8	4.7	4.7	4.7	5.9		
360°	44.6		9.4	9.4	9.4		11.5	27.9	27.9		4.8	4.7	4.7	4.7	5.9		

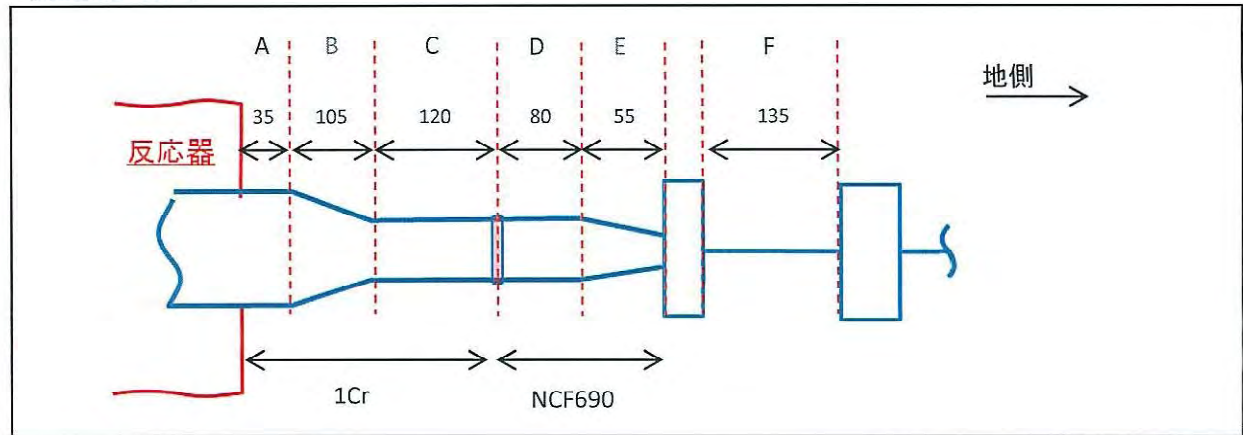
➤ F部に1mm未満の軽微な均質減肉が認められました。

No.2 N-22 残渣物抜き出し管台

外観



検査位置略図

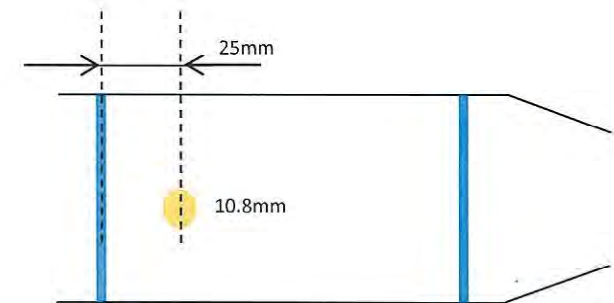


括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

位置 (mm) (No.1側)	A		C			D (13.65, 7.8)			
	5	30	5	40	80	115	5	40	75
0°	44.2		9.6	9.6	9.6		10.8	13.1	
90°	44.5		9.5	9.5	9.5		13.1	13.1	
(No.3側)									
180°	44.8		9.5	9.5	9.5		13.1	13.1	
270°									
360°	44.5		9.6	9.6	9.6		10.9	13.2	

D部詳細



No.1反応器側より見る

注) 約0° 方向に減肉部があるため、表示上、2箇所が減肉が示されている

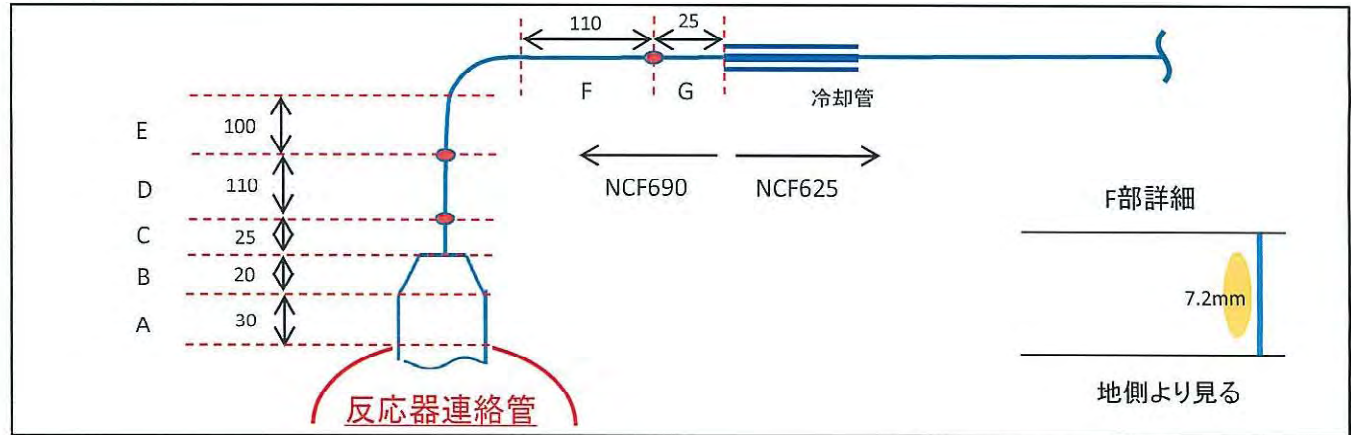
- D部の0° 方向に局部減肉が認められました。
- 局部減肉は最大で2.8mm程度の深さでした。

No.2 反応器連絡管空気抜き管

外観

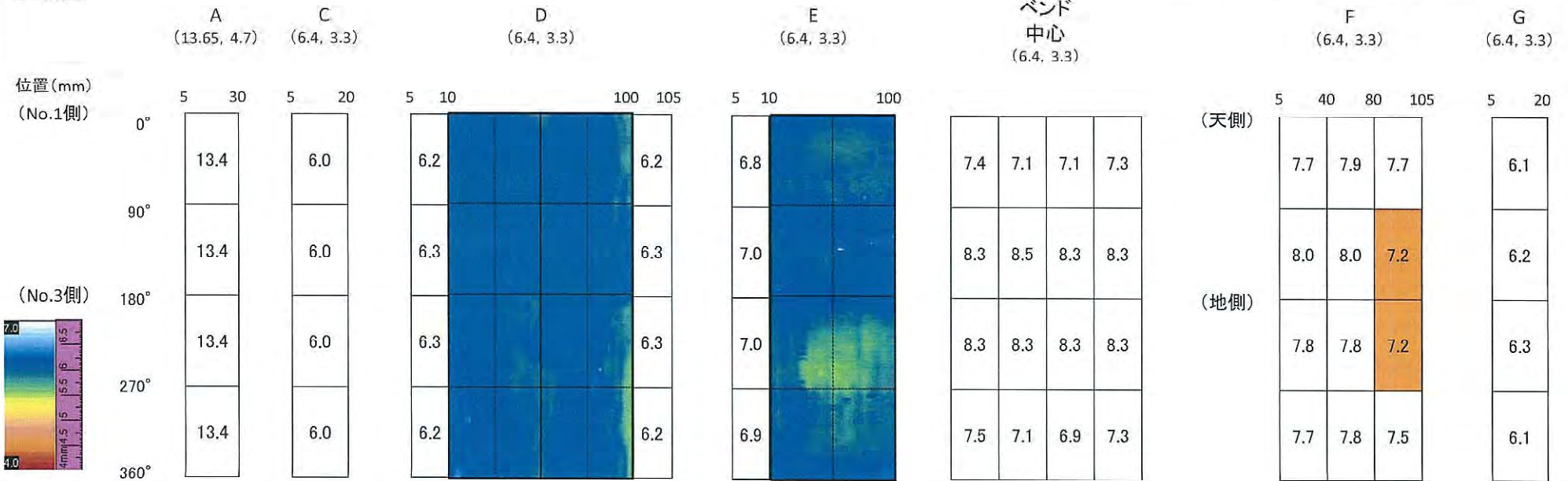


検査位置略図



UT結果

括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)



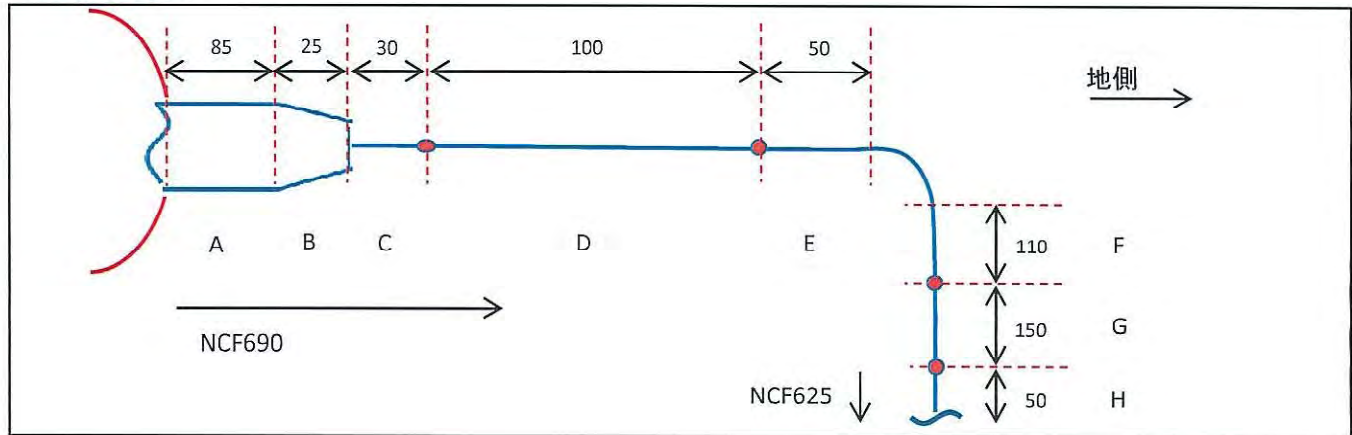
➤ F部(水平管)に1mm未満の軽微な局部減肉が認められました。

No.2 補助反応管ドレン管

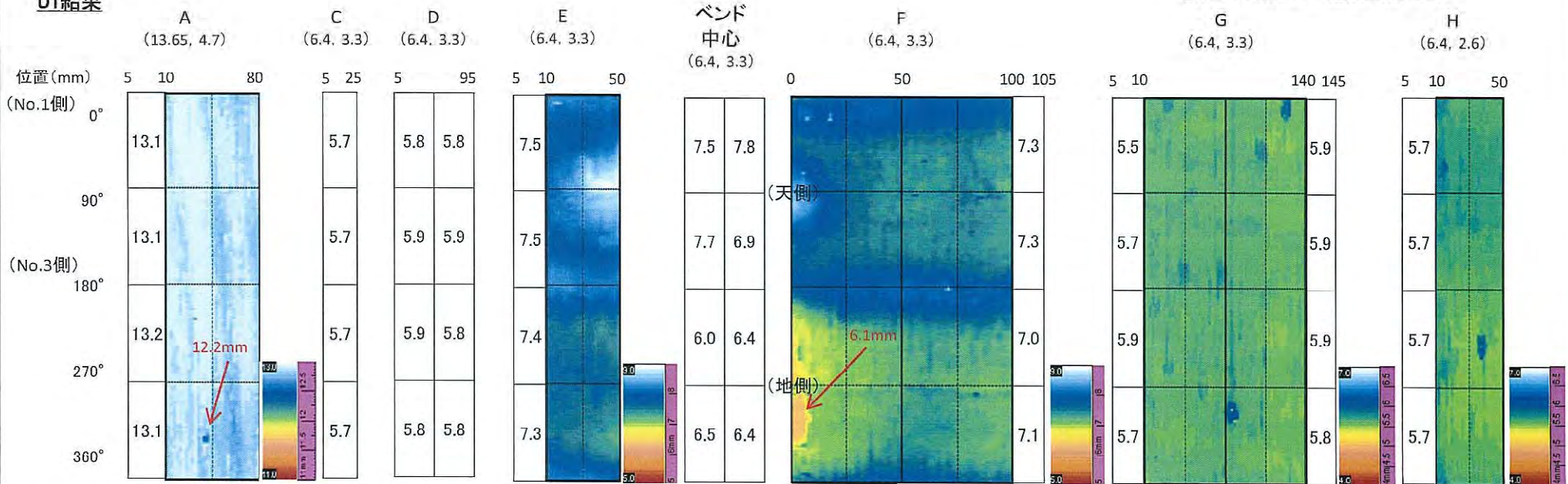
外観



検査位置略図



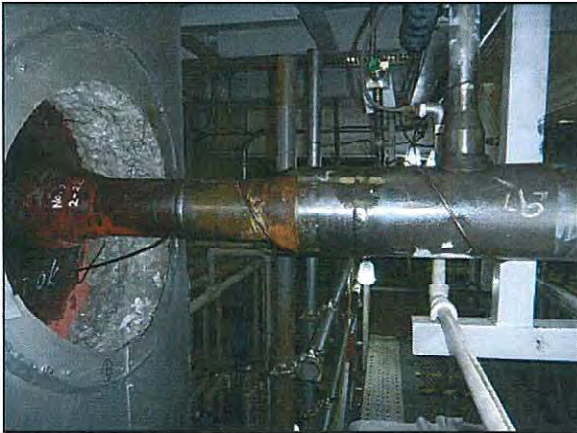
UT結果



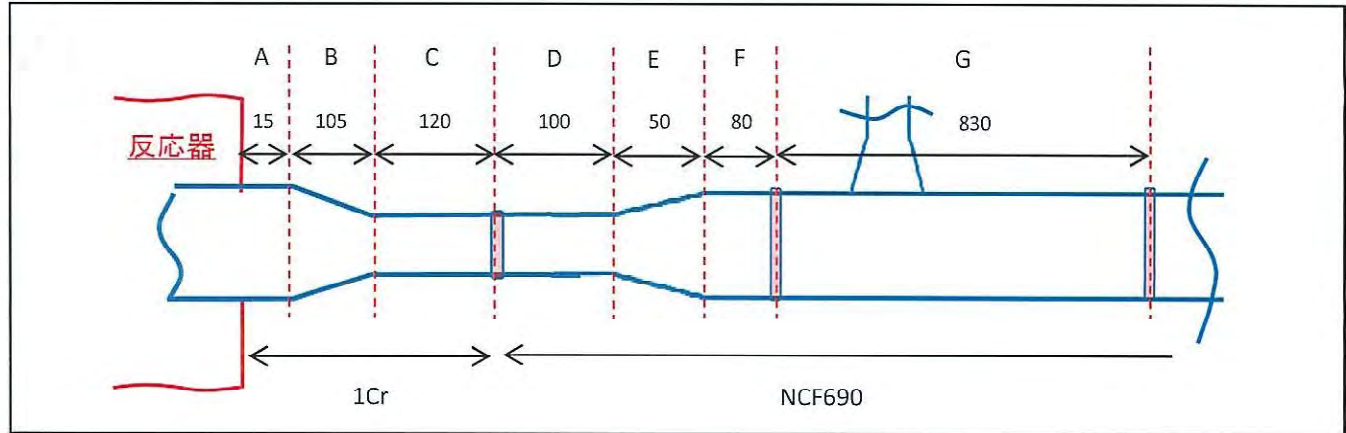
➤ A部及びF部のバンド近傍地側に局部減肉が認められました。

No.3 N-1 反応器出口管台

外観



検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

	A			C			D (12.0, 7.8 27.5, 7.8)			F (13.65, 7.8)			G (13.5, 11.2)																
位置(mm)	5	15	5	40	80	115	5	20	60	100	0	40	80	5	50	100	300	500	750										
(天側) 0°	44.4		10.0	10.0	10.0		12.0	27.2	27.2		13.4	13.3		13.3	13.2	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.4	13.4	13.4	13.4	13.5	13.4	13.4	13.4
90°	45.0		10.1	10.0	10.0		12.0	27.2	27.3		13.5	13.4		13.3	13.3	13.3	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.1
(地側) 180°	45.0		10.0	10.0	10.0		11.9	27.3	27.2		13.4	13.4		12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.7	12.9	12.8	12.8	12.9	12.8	12.8
270°	44.9		10.0	10.0	10.0		12.0	27.1	27.1		13.4	13.4		12.9	12.9	12.9	12.9	12.8	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8
360°																													

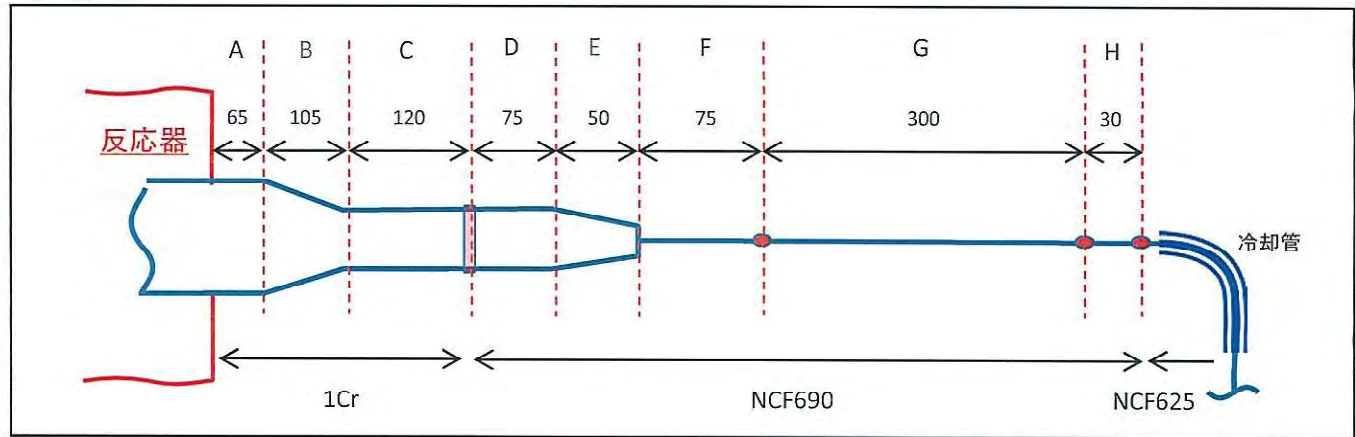
➤ G部に1mm未満の軽微な均質減肉が認められました。

No.3 N-8 安全弁管台

外観



検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

	A		C			D (13.65, 7.8)		F (6.4, 3.3)		G (6.4, 3.3)			H (6.4, 3.3)		
位置 (mm)	5	32	5	40	80	115	5	35	75	5	15	285	295	5	25
(天側) 0°	44.9	45.1	10.0	10.0	10.0		13.4	13.5							
90°	45.0	45.2	10.1	10.1	10.0		13.5	13.5							
(地側) 180°	44.9	45.1	10.0	10.0	10.0		13.5	13.5				6.4			7.7
270°	44.8	45.1	10.0	9.9	10.0		13.4	13.5				6.4			6.5
360°												6.4			6.6
															7.5

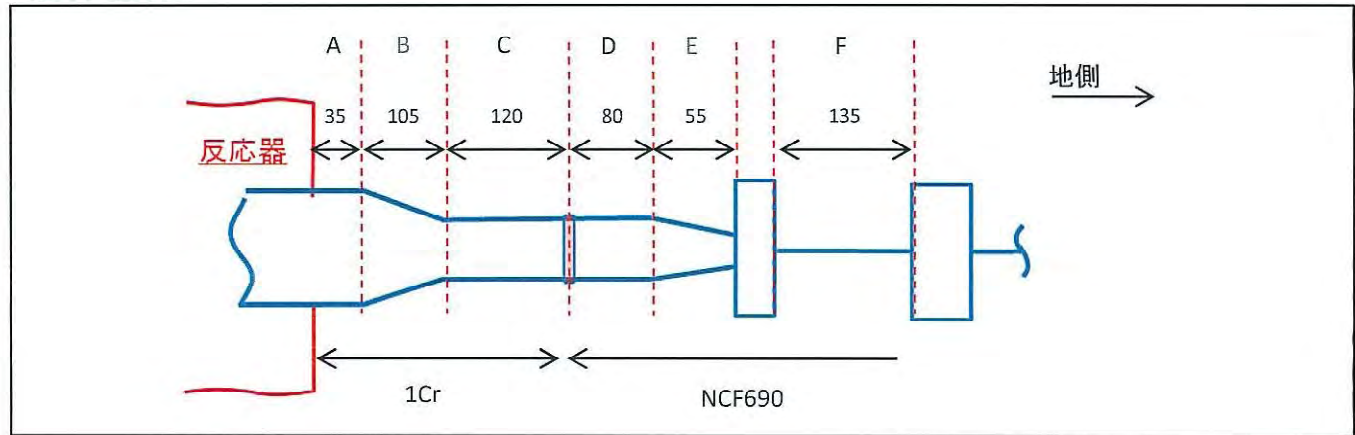
➤ G部及びH部の地側に最大で1.4mm深さ程度の局部減肉が認められました。

No.3 N-22 残渣物抜き出し管台

外観



検査位置略図

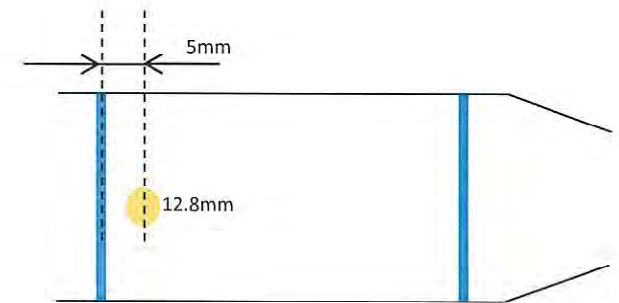


括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

位置 (mm)	A		C			D (13.65, 7.8)			
	5	32	5	40	80	115	5	40	75
(No.1側) 0°	44.5		9.8	9.8	9.7		12.8	13.4	
90°	44.7		9.8	9.8	9.8		13.4	13.4	
(No.3側) 180°	44.9		9.9	9.9	9.7		13.4	13.4	
270°	44.4		9.8	9.8	9.8		13.4	13.4	
360°									

D部詳細



No.1反応器側より見る

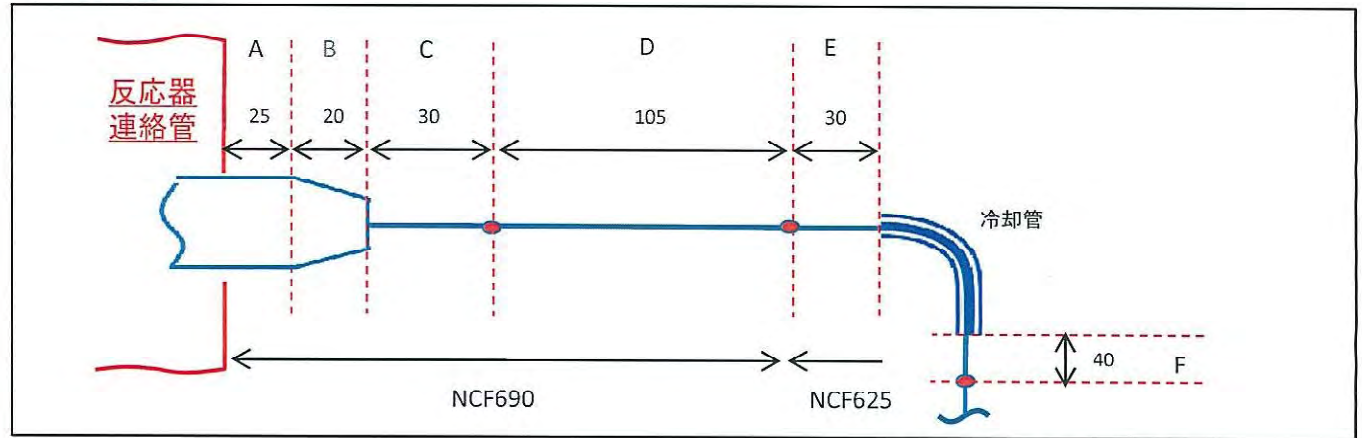
➤ D部の0° 方向に0.8mm深さ程度の局部減肉が認められました。

No.3 反応器連絡管圧力計

外観



検査位置略図

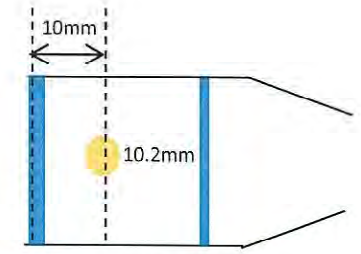


括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

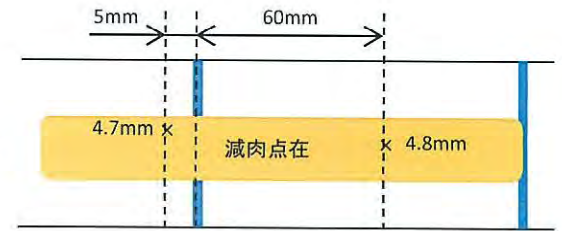
位置 (mm)	A (13.65, 4.7)		C (6.4, 3.3)		D (6.4, 3.3)				E (6.4, 3.3)		F (6.4, 2.6)	
	5	20	5	25	5	35	70	100	5	25	5	35
(天側) 0°	13.5		6.2		6.3	6.3	6.3		5.9		6.5	
90°	10.2		4.7		5.0	4.8	5.1		6.4		6.5	
(地側) 180°	11.5		4.8		5.8	5.7	5.1		6.5		6.5	
270°												
360°	12.1		6.2		6.2	6.3	6.3		6.4		6.5	

A部詳細



地側より見る

C, D部詳細



地側より見る

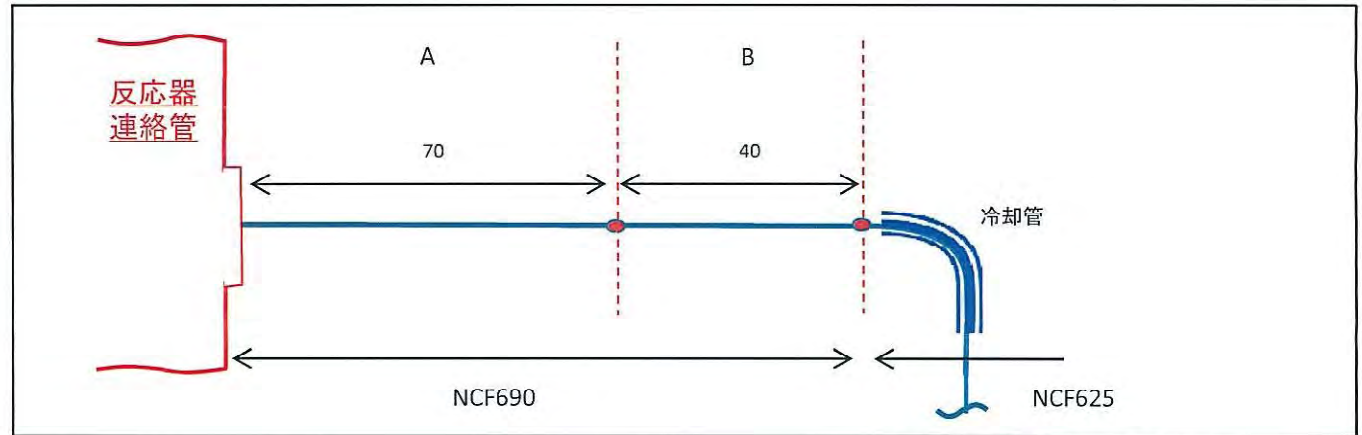
- A～D部の地側に局部減肉が点在して認められました。
- 局部減肉は、A部(管台)で最大3.4mm深さ、C、D部(配管)で最大1.7mm深さでした。

No.3 補助反応管出口圧力検出管

外観



検査位置略図



括弧内の数値は、(設計肉厚, tsr)

UT結果

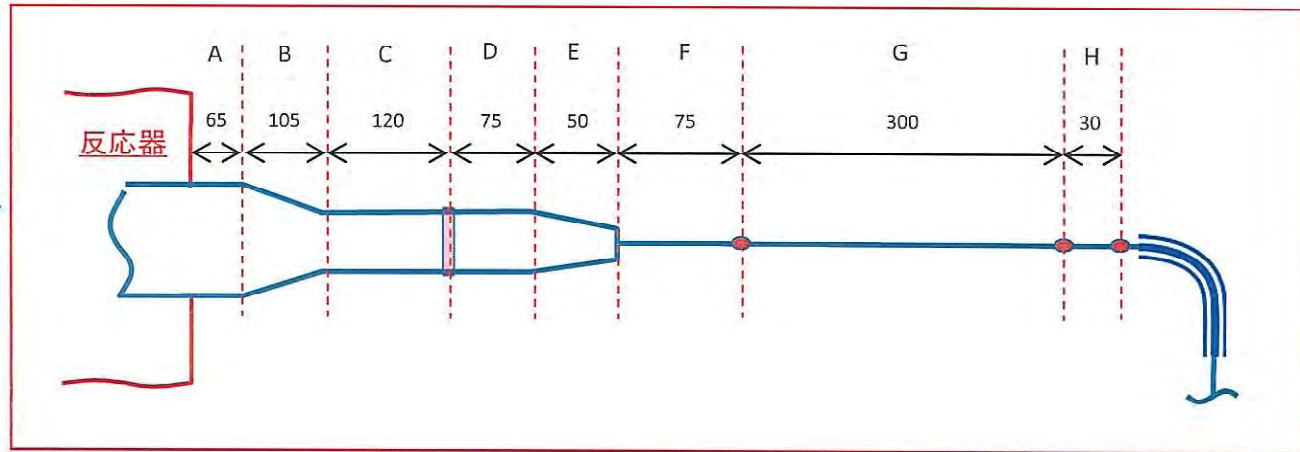
		A (6.4, 3.3)	
位置 (mm)		5	35
(天側)	0°	6.8	6.8
	90°	6.8	6.8
(地側)	180°	6.8	6.8
	270°	6.8	6.8
	360°	6.8	6.8

		B (6.4, 3.3)	
位置 (mm)		5	35
		4.6	
		5.2	
		5.4	
		4.8	

- B部に均質な減肉が認められました。
- 減肉量は、地側より天側で大きい傾向が認められました。

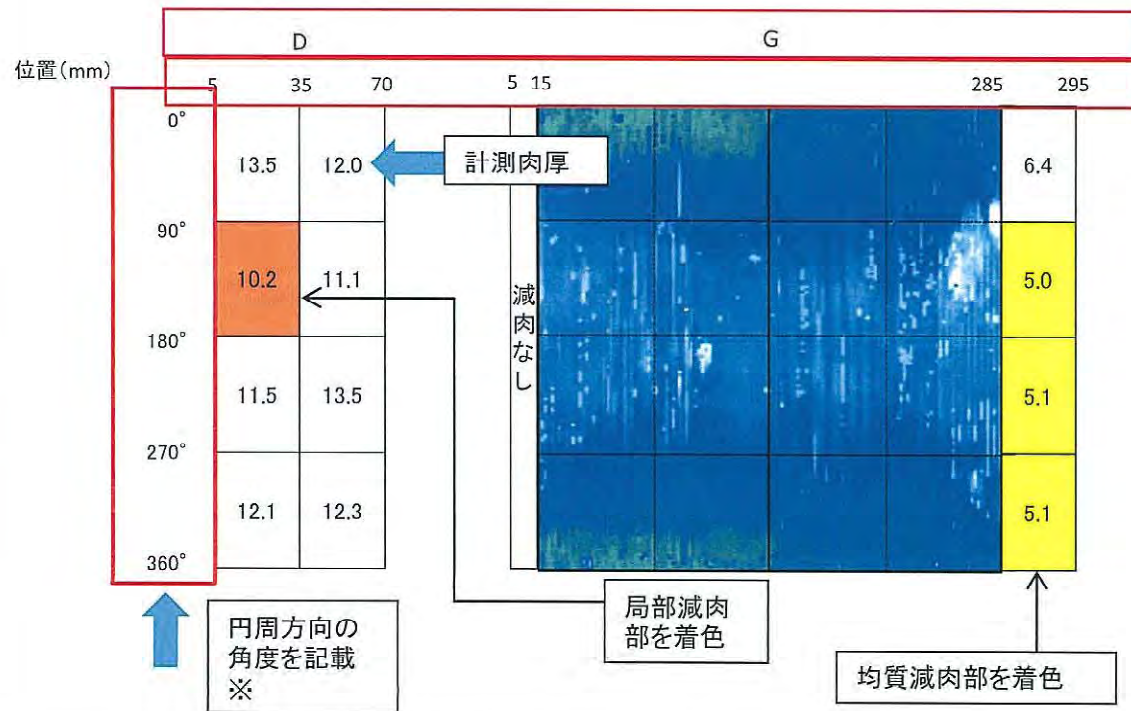
添付資料 詳細結果の記載要領

管台の概略図
本図に合わせて計測結果を下記に記載



(手探傷)

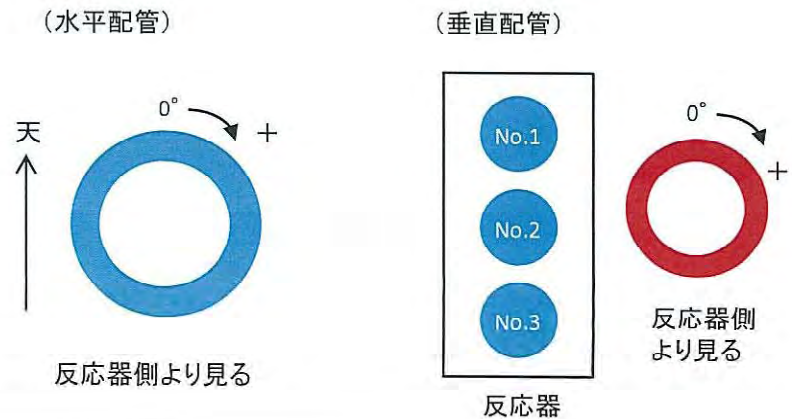
(ジグ使用の場合)



計測した範囲を上略図に併せて記載
上記範囲内での位置を記載 (反応器側を基準)

※ 円周方向の角度の定義

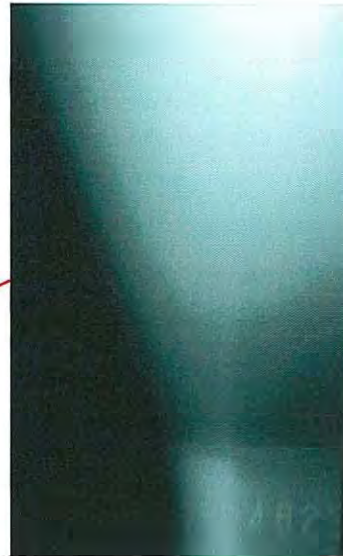
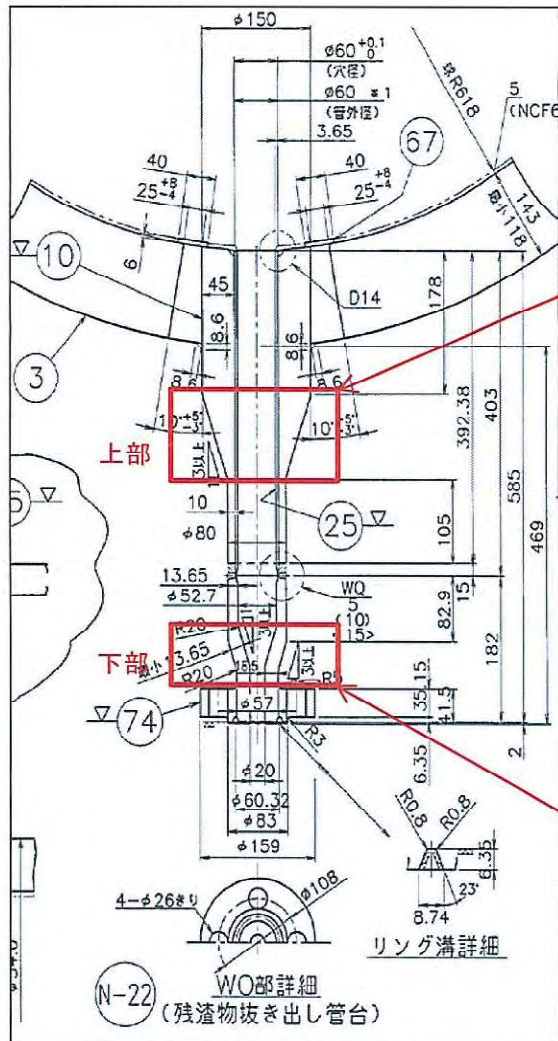
注) 水平配管と垂直配管が混在する場合は、管台側の配管に合わせて角度を定義する。



RT結果詳細(減肉部)

No.1 N-22 残渣物抜き出し管台

RT検査対象部位



減肉部のUT計測結果

健全部肉厚 : 18.5mm
 減肉部肉厚 : 15.5mm
 tsr(大径端部) : 6.48mm
 tsr(小径端部) : 3.08mm



(参考)

No.2 N-22 残渣物抜き出し管台(下部)



No.3 N-22 残渣物抜き出し管台(下部)

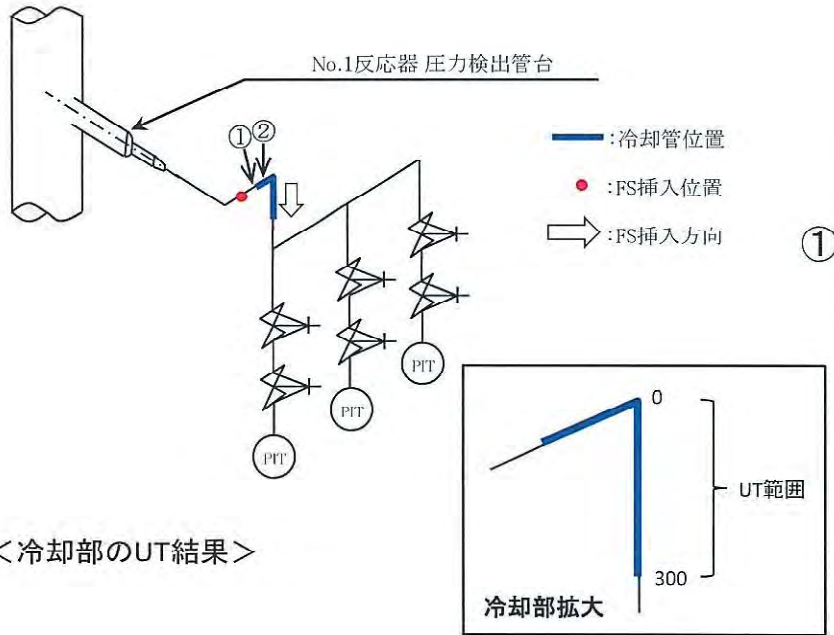


- No.1 N-22 残渣物抜き出し管台の下部のレジャーサに減肉部が認められました。
- 減肉部のUTの結果, 肉厚は15.5mmであり, 減肉量としては3mm程度でした。(減肉箇所の管内外面が平行であったためUTを実施可能でした。)

FS結果詳細

No.1 N-3 反応器圧力検出管台

FS検査位置(冷却部)



<冷却部のUT結果>

冷却部 ベンド～垂直管

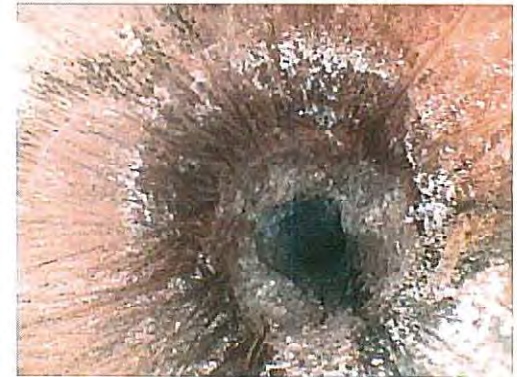
位置 (mm)	0	50	100	200	300
0°					
(No.1側) 90°	5.9	6.2	6.3	6.2	6.2
180°	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2
(No.3側) 270°	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4
360°	5.9	6.3	6.3	6.3	6.3

tsr
2.6mm

清掃前



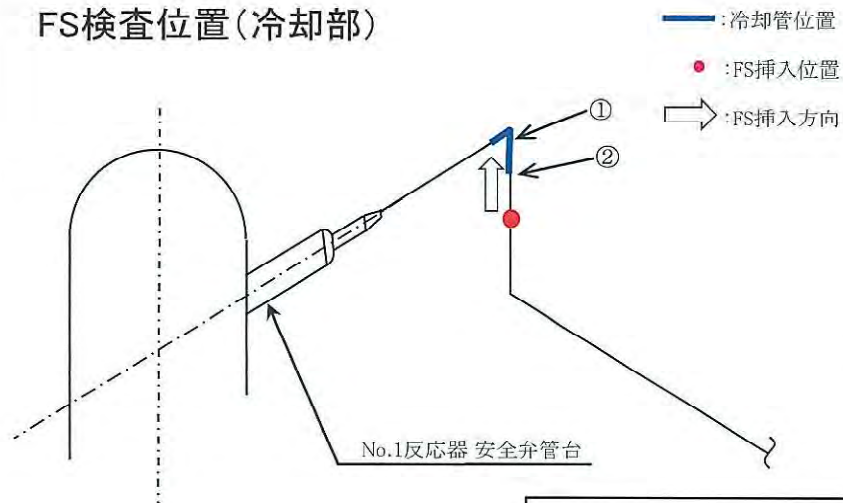
清掃後



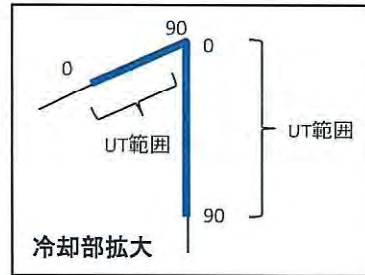
- 冷却部の水平管には清掃前には多量の堆積物が認められましたが、堆積物除去後の内部観察において、明確な減肉の傾向は認められませんでした。
- 冷却部垂直管のUTの結果、明確な減肉は認められませんでした。

No.1 N-8 安全弁管台

FS検査位置(冷却部)



<冷却部のUT結果>



位置(mm)	水平管		垂直管		tsr 2.6mm
	0	45	0	90	
(天側) 0°	6.8	6.7	6.3	6.5	
90°	6.6	6.5	6.2	6.3	
(地側) 180°	6.5	6.5	6.3	6.4	
270°	6.6	6.6	6.4	6.5	
360°					

①

清掃前



清掃後



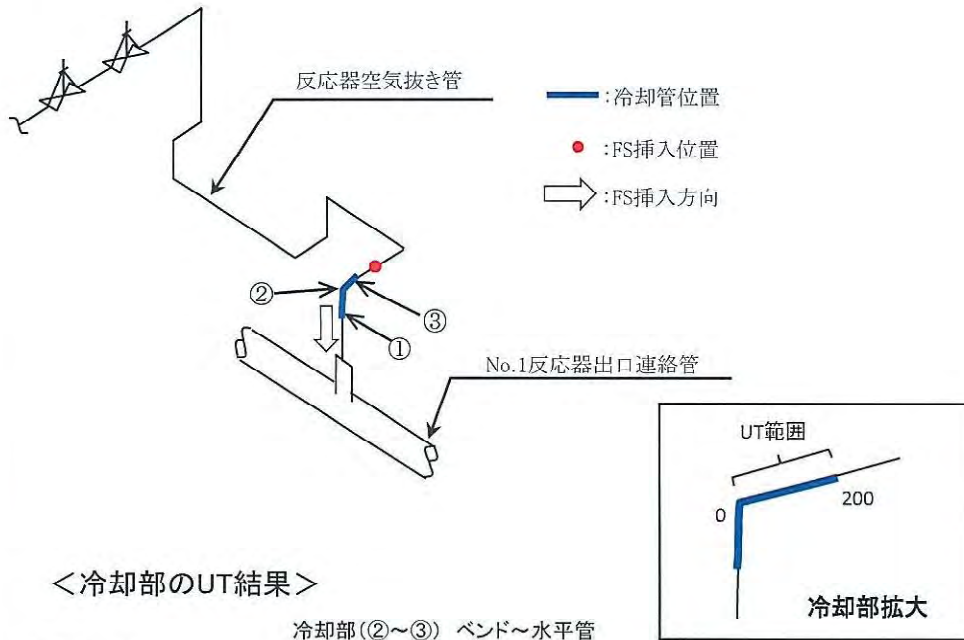
②



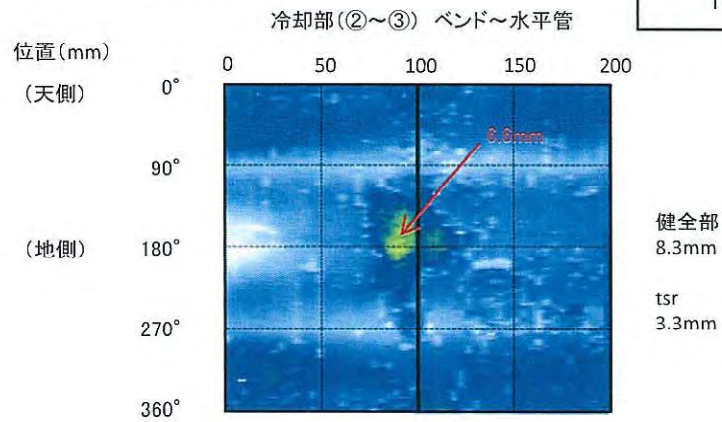
- 内部観察の結果、冷却部の垂直管には、局部減肉に伴う局所的なスケール生成は認められませんでした。
- 冷却部の水平管はFSでの観察が困難であったため、UTを実施しました。明確な減肉は認められませんでした。

No.1 反応器連絡管空気抜き管

FS検査位置(冷却部)



<冷却部のUT結果>



清掃前

清掃後

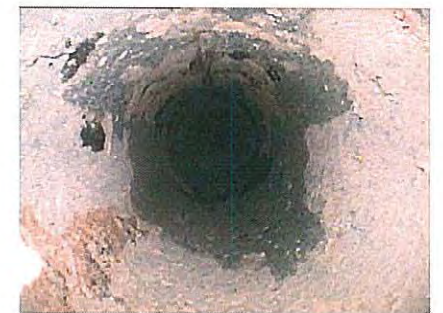
①



②



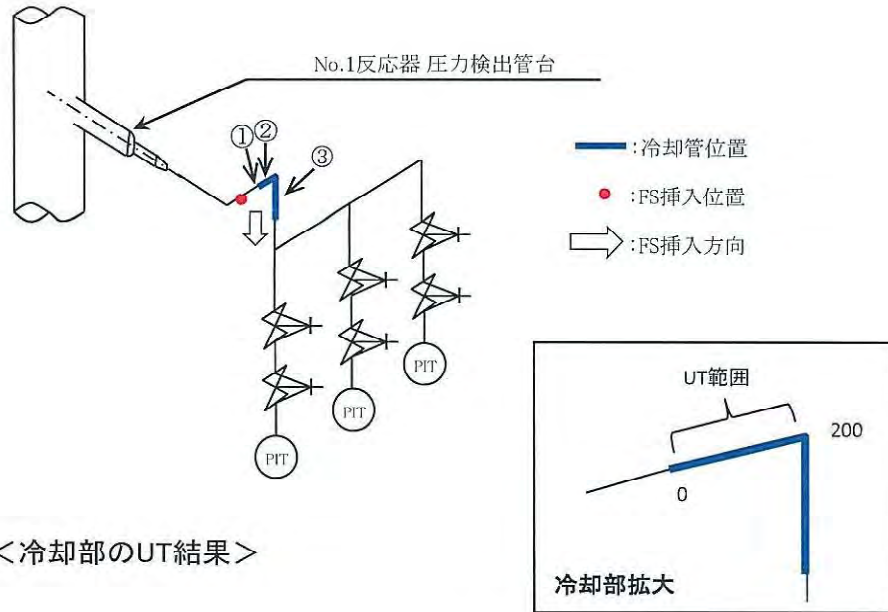
③



- 冷却部の①, ③部には, 局部減肉に伴う局所的なスケールは認められず, 清掃後の観察の結果, 明確な減肉の傾向は認められませんでした。
- 冷却部のベンド部(②)地側に局所的なスケールが認められ, UTの結果, ベンド中心から約100mmの位置(水平管)に深さ1.7mmの局部減肉が認められました。

No.2 N-3 反応器圧力検出管台

FS検査位置(冷却部)



<冷却部のUT結果>

冷却部(②) 水平管~ベンド

位置 (mm)	0	50	100	150	200
(天側) 0°	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0
90°	6.4	6.4	6.3	6.3	6.3
(地側) 180°	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
270°	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
360°	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9

t_{sr}
2.6mm

清掃前

清掃後

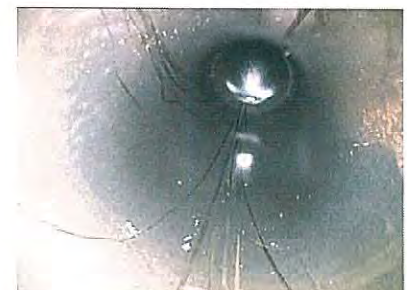
①



②



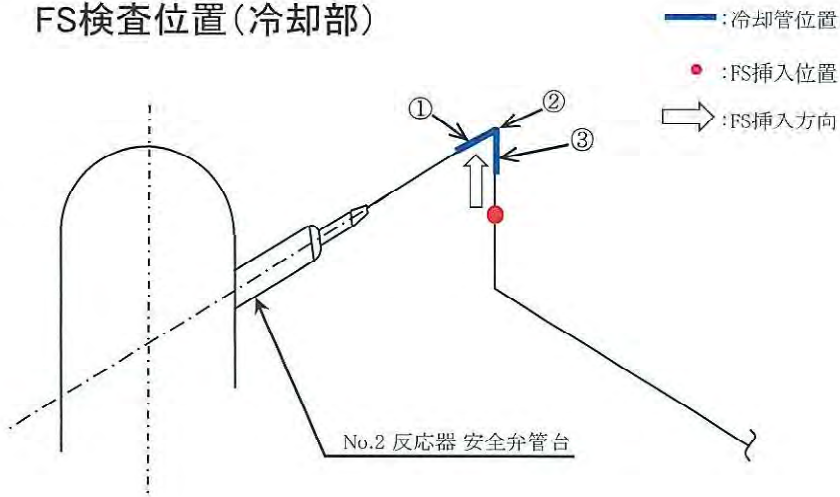
③



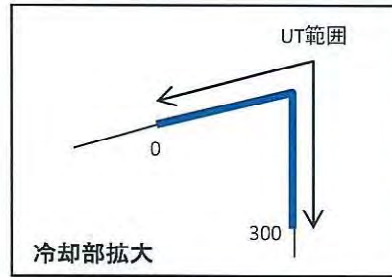
- 冷却部の水平管(①), 垂直管(②)には, 局部減肉に伴う局所的なスケールの生成は認められませんでした。
- ベンド部(③)は, 清掃後の観察から明確な減肉の傾向は認められず, UT結果においても明確な減肉は認められませんでした。

No.2 N-8 安全弁管台

FS検査位置(冷却部)



<冷却部のUT結果>



位置(mm)	0	50	100	200	300		
(天側) 0°	6.6	6.4	6.1	6.2	6.2	6.2	6.5
90°	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
(地側) 180°	6.6	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5
270°	6.5	6.4	6.2	6.2	6.2	6.2	6.6
360°							

(No.1側)

(No.3側)

tsr
2.6mm

清掃前

清掃後

①



②



③



- ①部には清掃前には多量の堆積物が認められましたが、堆積物除去後の内部観察において、明確な減肉の傾向は認められませんでした。
- 冷却部(ベンド部)のUTの結果、明確な減肉は認められませんでした。

水熱分解設備 No.1反応器 スラリ投入管台配管 抜管調査結果

平成26年2月28日

三菱重工業株式会社 技術統括本部 長崎研究所
三菱日立パワーシステムズ株式会社 ボイラ技術部

経緯

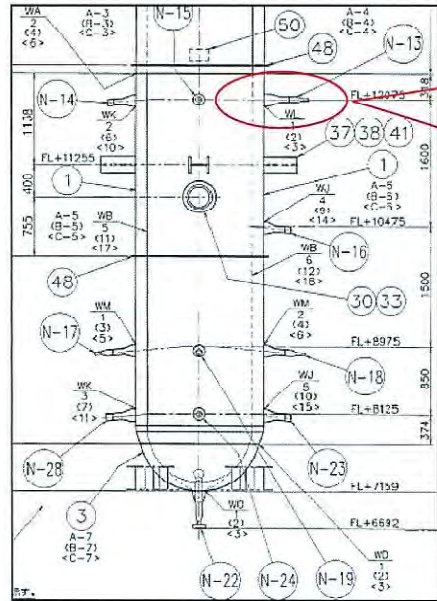


図1 スラリー投入管台位置

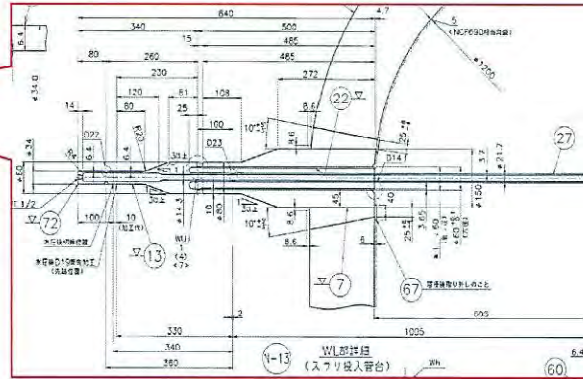


図2 スラリー投入管台図面

経緯

漏洩が発生したNo.2反応器スラリー投入管台の類似箇所として、No.1反応器スラリー管台について、漏洩発生後にRTを実施しました。RTの結果、スラリー配管に局部減肉と考えられる指示が認められたため、当該部の抜管調査を実施しました。

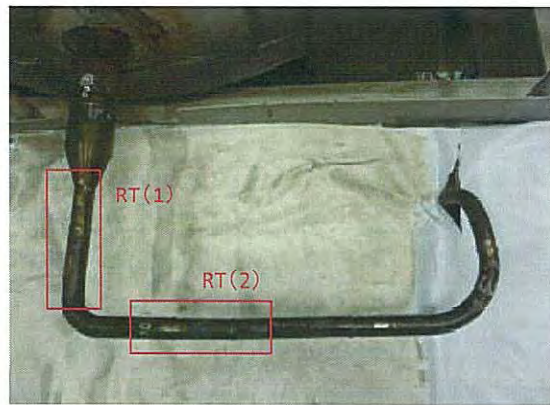


図3 スラリー管台外観及びRT撮影位置

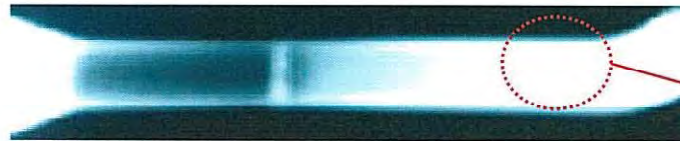
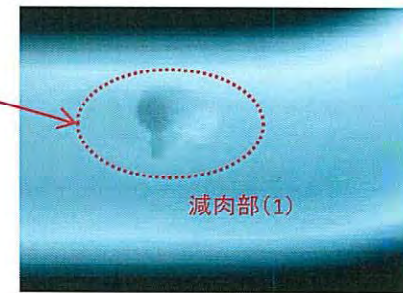


図4 RT(1)結果



RT(1)拡大

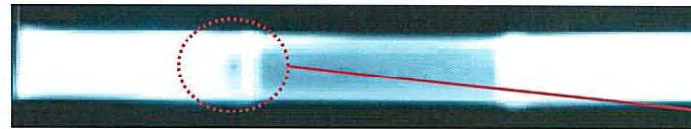
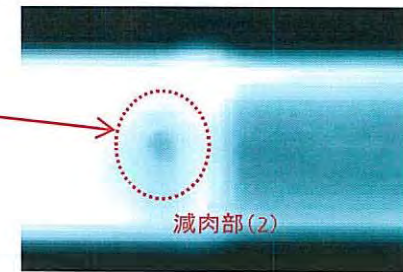


図5 RT(2)結果



RT(2)拡大

内面観察

1. スラリ配管を天側と地側に切断して内面を観察したところ、天側には緑色の一様なスケールが生成しており、地側には灰色の堆積物が認められました。
2. RTで減肉が確認された位置(ベンド近傍の地側)に、局所的なスケールの生成が認められました。
3. 局所的に認められたスケールは、灰色及び緑色を帯びていました。(切断時に脱落)



図6 抜管調査位置

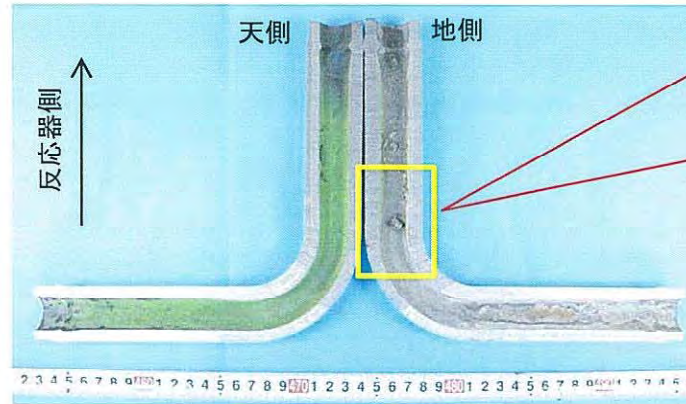


図8 内面状況



10mm

図9 局所スケール部内面状況拡大

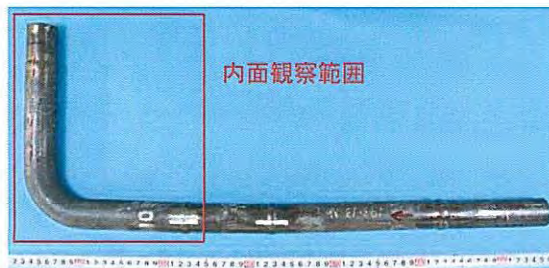


図7 抜管部受け入れ外観



サンプル切断加工時に脱落

図10 局所スケール外観

内面観察(天側)

1. 反応器側では緑色のスケールの生成は認められず、黒色のスケールが生成していました。
2. 緑色スケール生成部に、部分的にムラが認められ、当該部には軽微な局部減肉が認められました。
3. 局部減肉部の肉厚は最小7.5mmであり、健全部と比較して、約1mm程度の減肉でした。

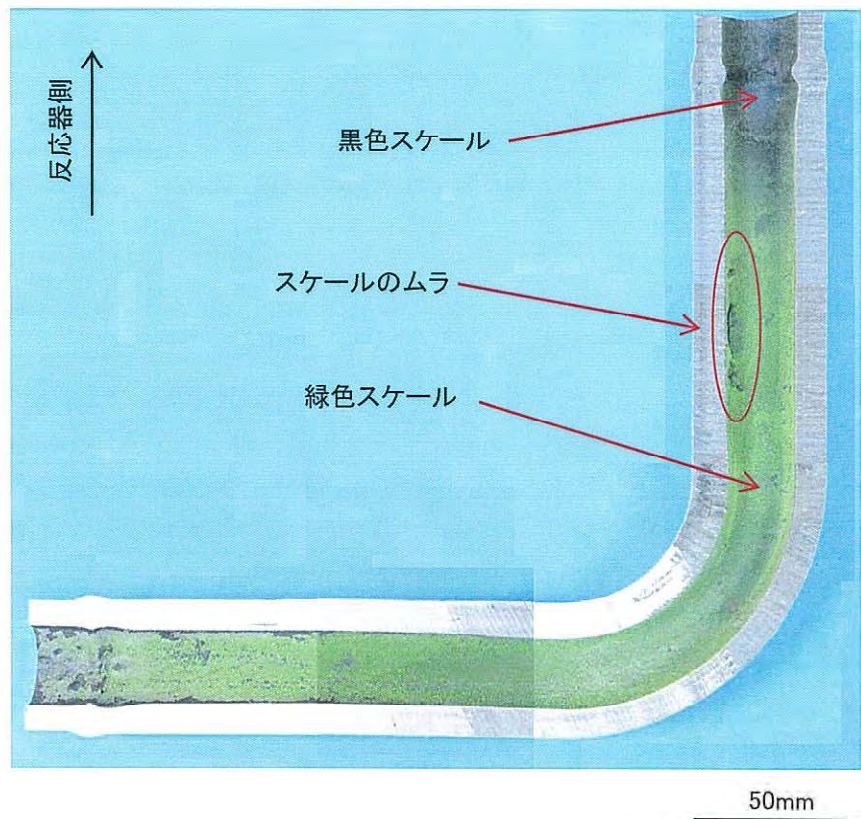


図11 スラリ投入管台天側内面状況

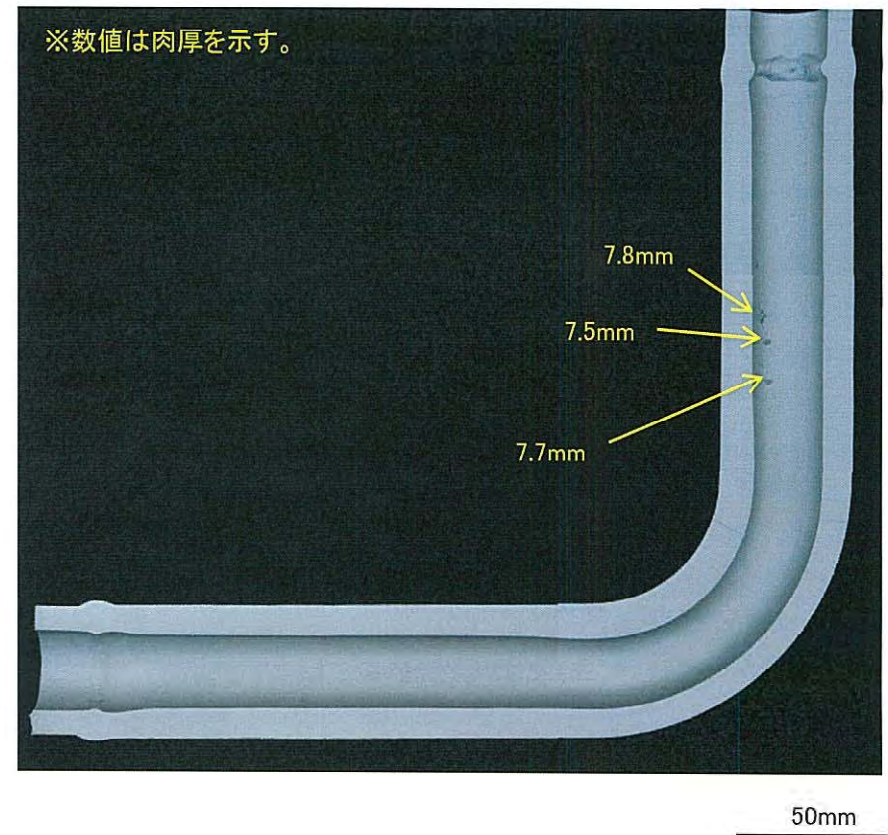


図12 スラリ投入管台天側内面状況(スケール除去後)

内面観察(地側)

1. 天側と比較して、地側では局部減肉の発生が顕著に認められました。
2. RTで確認された減肉部のうち、減肉部(1)には局所的なスケールの生成が認められましたが、減肉部(2)には局所的なスケールは認められませんでした。
3. 減肉部(2)の肉厚は5.5mmであり、健全部と比較して約3mmの減肉深さでした。
4. 減肉部(2)には局所スケールが認められなかったことから、当該部の減肉の進行はほとんど停止していたと推定します。



図13 スラリ投入管台地側内面状況

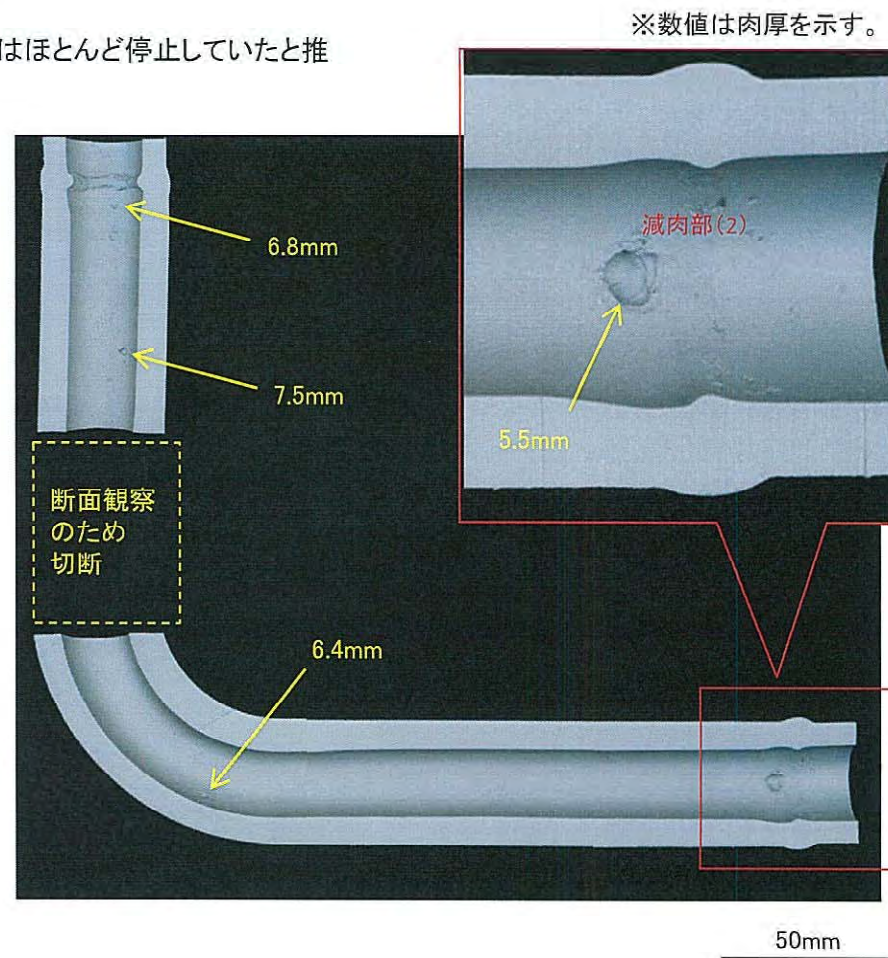
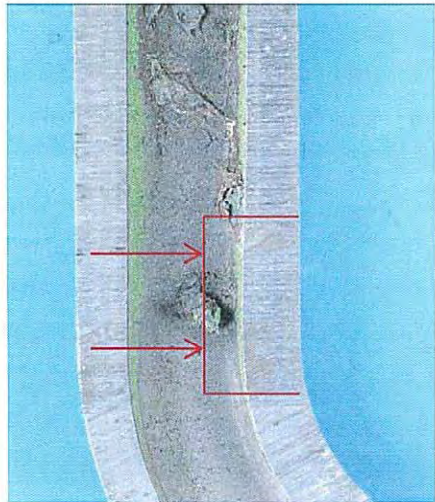


図14 スラリ投入管台地側内面状況(スケール除去後)

断面観察(減肉部(1))

1. RTで確認された減肉部(1)に、深さ2.3mmの局部減肉が認められました。
2. 当該部には局所的なスケールの生成が認められており、減肉が進行中であったと考えられます。
3. 母材の断面に、欠陥や金属組織の異常は認められませんでした。



10mm

図15 断面観察位置(減肉部(1))



10mm

図16 断面マクロ組織

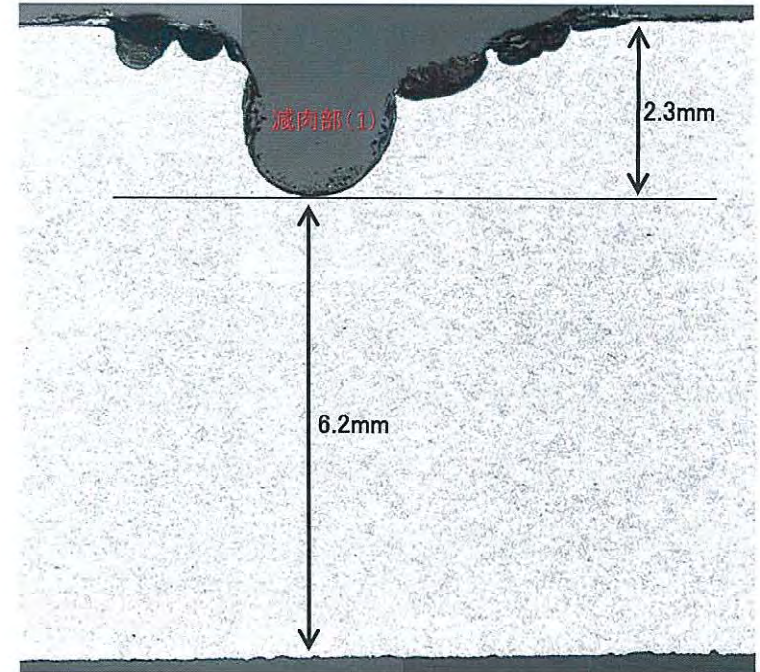


図17 断面ミクロ組織

1mm

まとめ

漏洩が発生したNo.2反応器スラリ投入管台の類似箇所として、No.1反応器スラリ管台について抜管調査を実施しました。以下に調査結果の概要を記載します。

1. スラリ配管を天側と地側に切断して内面を観察したところ、天側には緑色の一様なスケールが生成しており、地側には灰色の堆積物が認められました。
2. RTで減肉が確認された位置(バンド近傍の地側)に、局所的なスケールの生成が認められました。
3. 天側と比較して、地側では局部減肉の発生が顕著に認められました。
4. スラリ配管の地側に複数認められた局部減肉の深さは、最大で約3mmでした。
5. 母材の断面に、欠陥や金属組織の異常は認められませんでした。

上記の調査結果より、No.1反応器のスラリ管台配管で認められた局部減肉は、No.2反応器スラリ管台配管と同様に、堆積物下で腐食性物質(CI)が濃縮したことによって発生したものと推定します。また、RTで減肉が認められた2箇所のうち、減肉部(1)では局所的なスケールの生成が認められたことから、腐食減肉が進行中であったものと考えます。減肉部(2)には、局所スケールは認められず、腐食減肉はスケールが脱落した段階でほとんど進行が停止していたと考えます。

水熱分解設備 No.2反応器 スラリ投入管台漏洩部 抜管調査結果

平成26年2月28日

三菱重工業株式会社 技術統括本部 長崎研究所
三菱日立パワーシステムズ株式会社 ボイラ技術部

目次

- 1 経緯
- 2 抜管位置及び受入外観
- 3 内面観察
- 4 NCF625部 肉厚計測
- 5 断面観察(漏洩部)
- 6 断面観察(減肉部Ⅰ)
- 7 断面観察(減肉部Ⅱ)
- 8 EPMA分析(減肉部Ⅱ)
- 9 EPMA分析(減肉部Ⅰ)
- 10 XRD分析, XRF分析(地側減肉部近傍の堆積物)
- 11 まとめ

補足資料

1 経緯

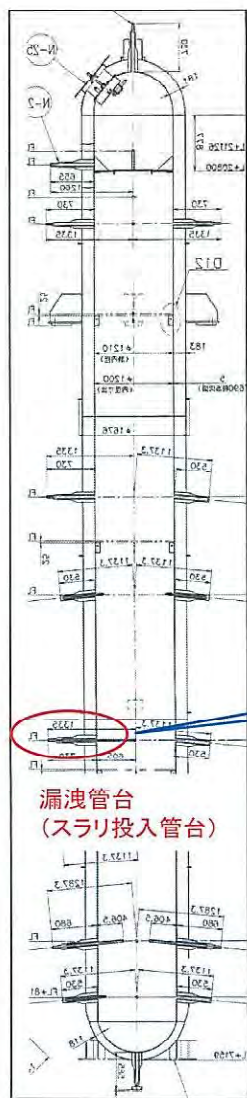


図1 反応器断面図

平成26年1月10日に、水熱分解設備No.2反応器スラリー投入管台近傍で漏洩が発生しました。現場確認の結果、管台と配管の接続溶接部下流側(反応器側)の地側に、漏洩部と考えられる小孔が認められました。漏洩部配管の使用材はNCF690です。

漏洩部の配管は、スラリー処理を実施している間はスラリーが流れて、低温に保たれますが、スラリー処理をしていない間は反応器の内容物が流入し、温度が上昇します。平成25年9月以降はスラリー処理を中止しており、当該部は中温域に曝されていた可能性があると考えられます。

また、平成24年度定検時の点検において、当該管台部位には、腐食の原因(堆積物下での腐食性物質の濃縮)となり得る堆積物が確認されています(当時、配管を切断し内部の清掃を実施)※1。

漏洩原因解明のため、抜管した漏洩部を含む配管の調査を実施しました。

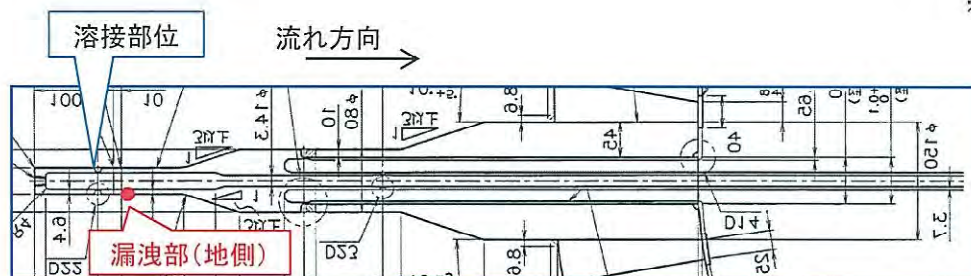


図2 スラリー投入管台断面図

※1 : 堆積物の成分分析結果は補足資料に添付

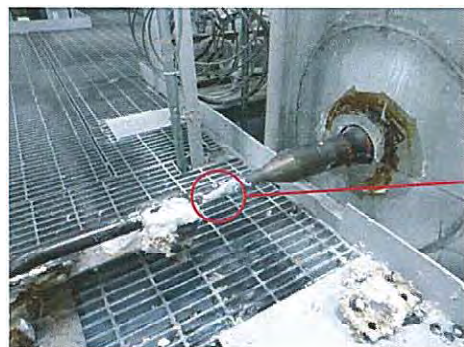


図3 漏洩時の状況写真



図4 漏洩部拡大写真

配管仕様	
材質	: NCF690
寸法	: 25A × Sch 160
設計温度	: 425°C
設計圧力	: 29MPa

2 抜管位置及び受入外観

<抜管位置>

図5に示すように、漏洩部と漏洩部上流側の溶接部3継手を含む350mm範囲を抜管しました。

<受入外観>

1. 抜管部下流側(NCF690)の地側に漏洩部と考えられる小孔を確認しました(図6)。
2. 小孔は溶接部端部から10mmの位置にあり、孔の大きさは3mmでした(図8)。

なお、抜管前にRTが実施されています。RTの結果、漏洩部の他に、漏洩部の上流側の短管の溶接部近傍地側に、減肉部が2箇所認められています(図7)。

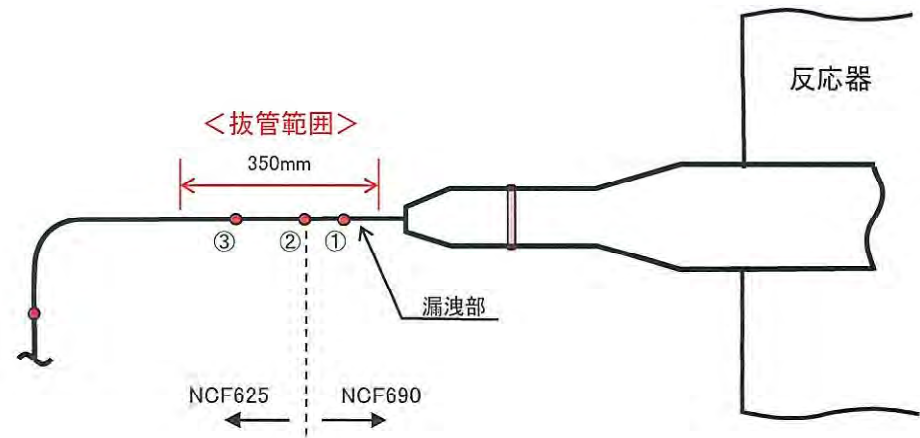


図5 抜管位置

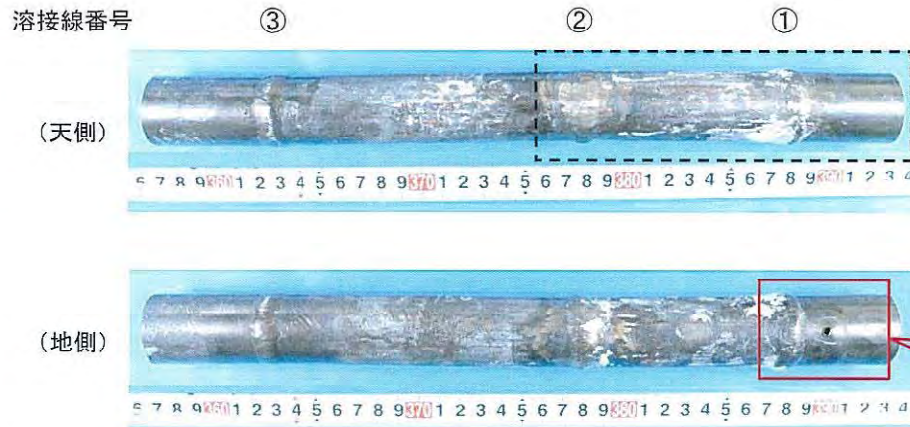


図6 抜管部受入外観

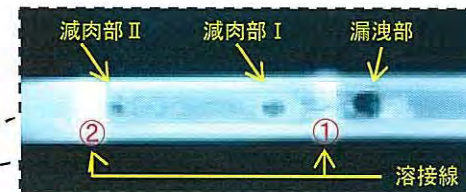


図7 抜管前RT結果(天側より撮影)

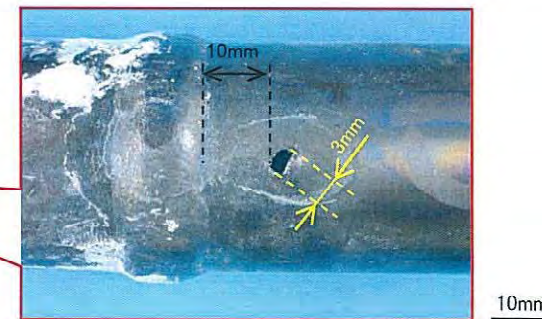


図8 漏洩部拡大

3 内面観察

1. 漏洩部には孔食状の減肉(貫通)が認められ、漏洩部周囲にも減肉が認められました(図9, 10)。
2. 抜管部内部の地側に黒色の堆積物が認められ、溶接線①より上流側で顕著な傾向がありました(図9)。
3. 抜管部天側には灰色の付着物が薄く認められ、一部には緑色の付着物も認められました(図9)。
4. 局部減肉はNCF690部のみ認められ、特に地側で顕著な傾向が認められました(図10)。
5. NCF625部は、均質的に減肉している傾向が認められました(図10)。

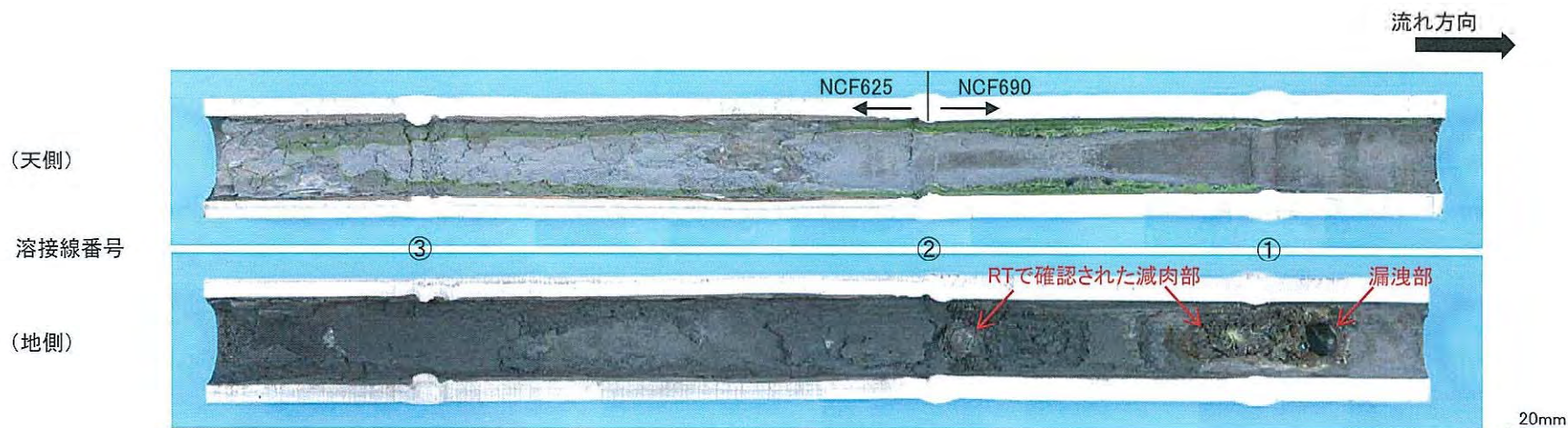


図9 抜管部内面状況

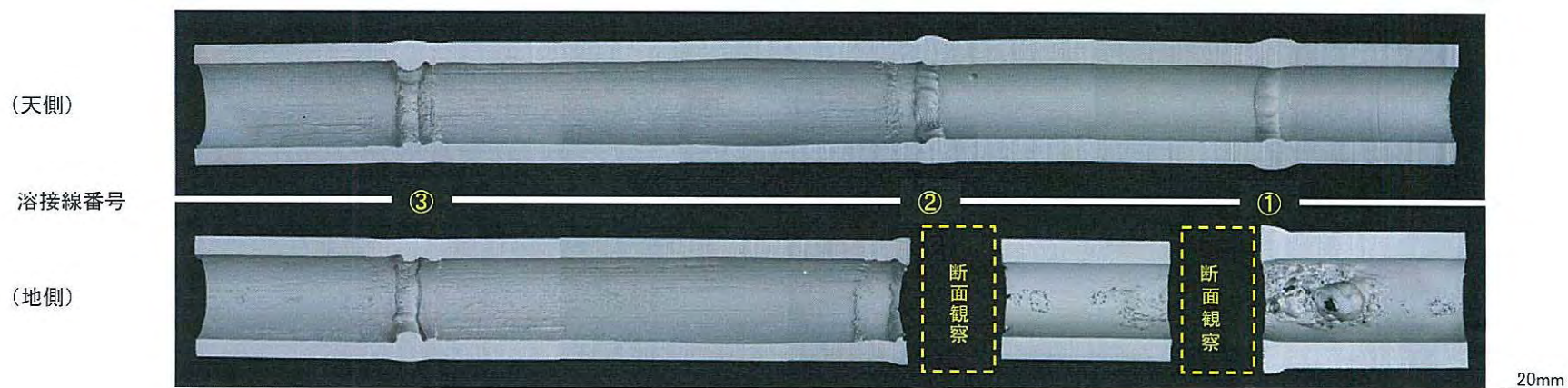


図10 抜管部内面状況(スケール除去後)

4 NCF625部 肉厚計測

1. NCF625部には局部的な減肉は認められませんが、均質的に減肉しており、最大で2mm程度の減肉が認められました(表1)。
2. 減肉の管軸方向の分布として、溶接線③からの距離が-20mm及び100mm位置で減肉が大きく、20mm及び120mm位置で減肉が小さい傾向が認められました(図12)。
3. 減肉の円周方向の分布として、天側で減肉が大きく、地側で小さい傾向が認められました(図13)。

表1 NCF625部の肉厚計測結果 (設計肉厚:6.4mm)

角度	溶接線③からの距離 (mm)									
	-40	-20	7	20	40	60	80	100	120	135
0°	4.50	4.46	-	5.18	5.02	4.86	4.69	4.36	4.90	5.23
45°	4.64	4.58	-	5.33	5.30	4.95	4.78	4.52	5.02	5.38
135°	5.16	5.07	6.13	5.66	5.57	5.31	5.08	4.84	5.19	-
180°	5.28	5.16	6.10	5.66	5.57	5.5	5.38	5.13	5.54	-
225°	5.07	5.01	6.17	5.54	5.44	5.28	5.23	4.94	5.29	-
315°	4.80	4.69	-	5.26	5.16	4.79	4.42	4.45	5.00	5.16

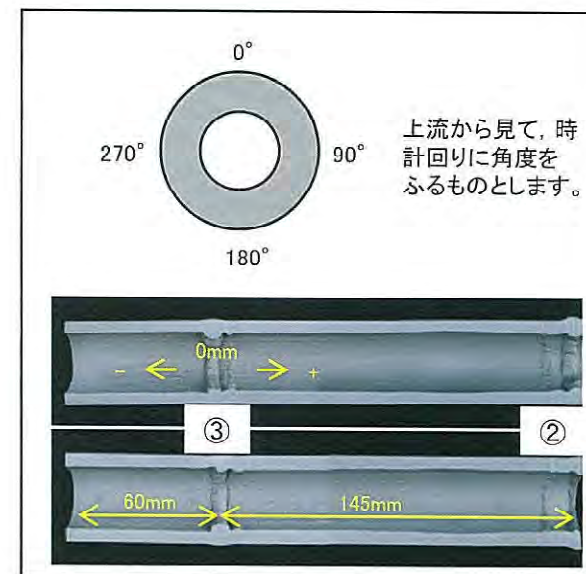


図11 角度及び距離の定義

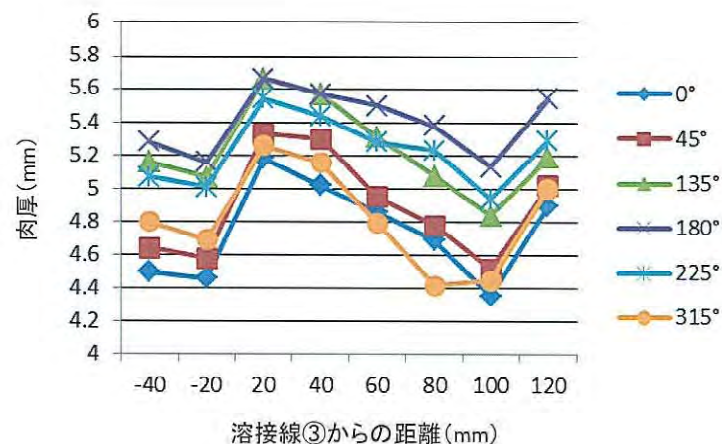


図12 NCF625部の肉厚分布(管軸方向)

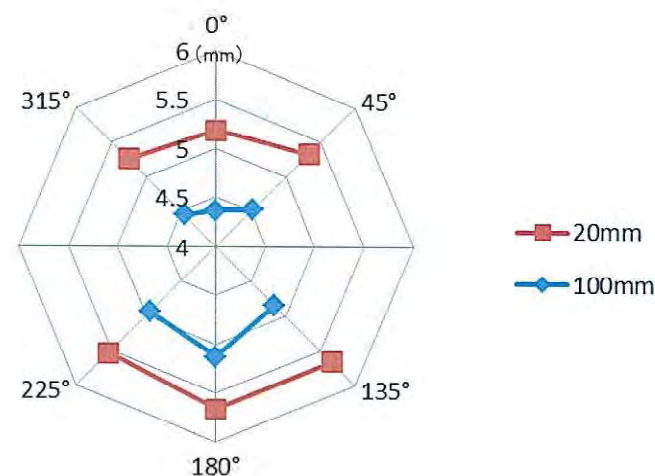


図13 NCF625部の肉厚分布(円周方向)

5 断面観察(漏洩部)

1. 漏洩部の断面観察の結果、直径10mm程度の局部減肉が認められ、減肉により、管厚を貫通していました(図15)。
2. 漏洩部には、応力腐食割れ(SCC)等によるき裂は認められませんでした(図16)。
3. 漏洩部の母材組織には、欠陥等を含め、特に異常は認められませんでした(図17, 図18)。

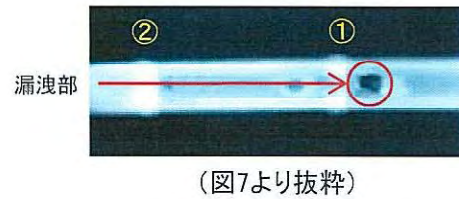


図14 断面観察位置

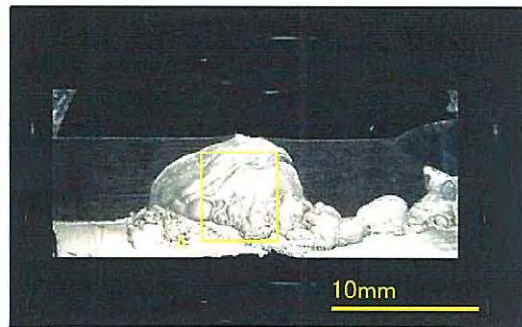


図15 断面マクロ組織

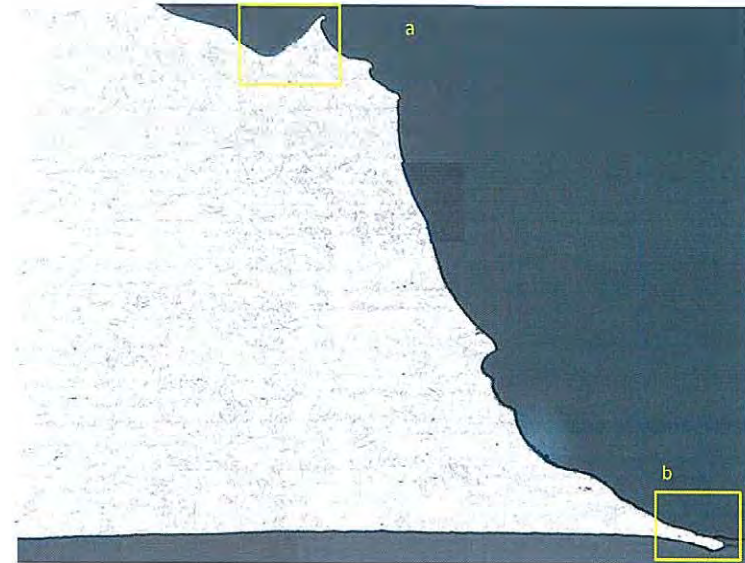


図16 断面マイクロ組織(A部)

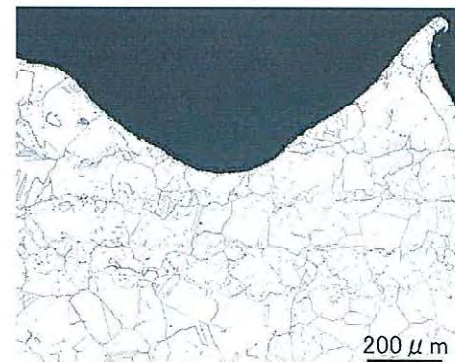


図17 a部拡大

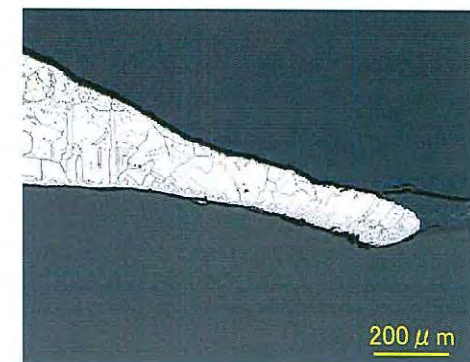


図18 b部拡大

6 断面観察(減肉部 I)

1. RTで減肉が確認された部位の断面観察の結果、直径10mm程度、深さ4mm程度の局部減肉が認められました(図20)。
2. 減肉部の底部に厚さ2mm程度の腐食スケールが認められました(図22)。
3. 断面マイクロ組織観察において、減肉部のスケールはii層が灰色、i層が黒色になっており、2層構造になっていました(図22, 図23)。
4. 減肉部には、SCC等によるき裂は認められませんでした(図22)。
5. 減肉部分の母材組織には、欠陥等を含め、特に異常は認められませんでした(図22)。

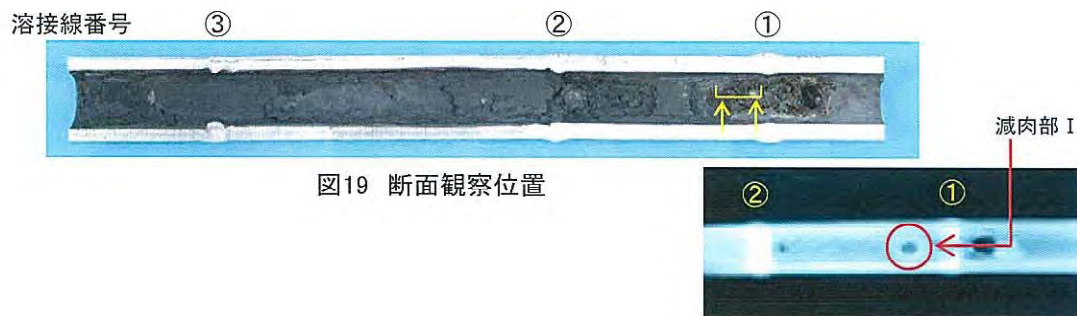
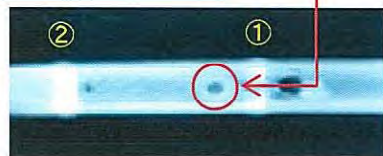


図19 断面観察位置



(図7より抜粋)

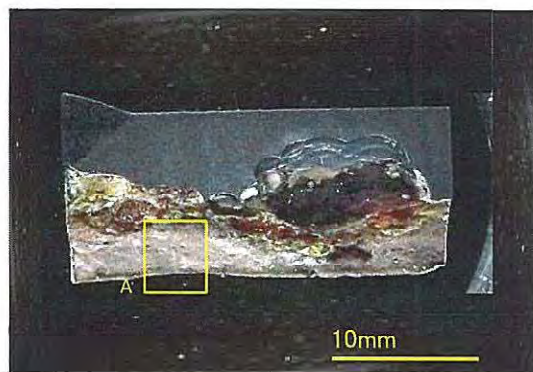


図20 断面マクロ組織

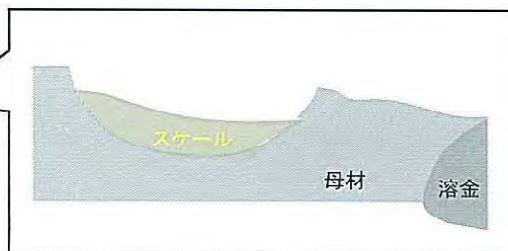


図21 断面マクロ組織簡略図

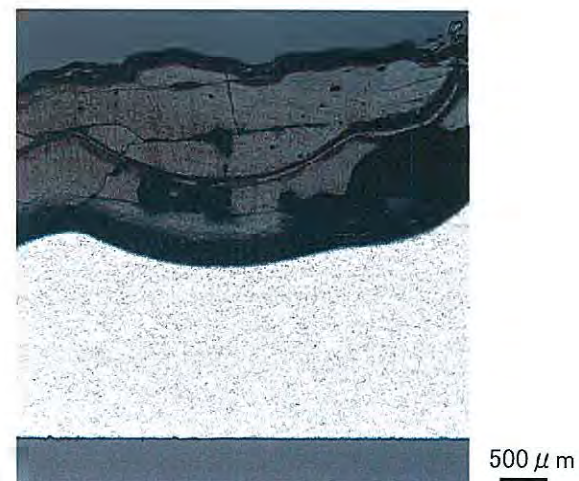


図22 断面マイクロ組織(A部)

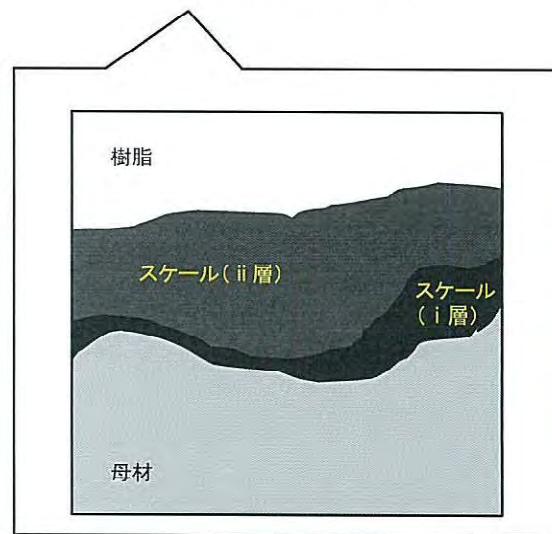


図23 断面マイクロ組織簡略図

7 断面観察(減肉部Ⅱ)

1. RTで減肉が確認された部位(図20)の断面観察の結果、直径6mm程度、深さ2mm程度(最大3mm程度)の局部減肉が認められました(図25)。
2. 減肉部の底部に厚さ2mm程度の腐食スケールが認められました(図27)。
3. 断面マイクロ組織観察において、減肉部のスケールは複数の層構造になっていました(図27, 図28)。
4. 減肉部には、SCC等によるき裂は認められませんでした(図27)。
5. 減肉部分の母材組織には、欠陥等を含め、特に異常は認められませんでした(図27)。

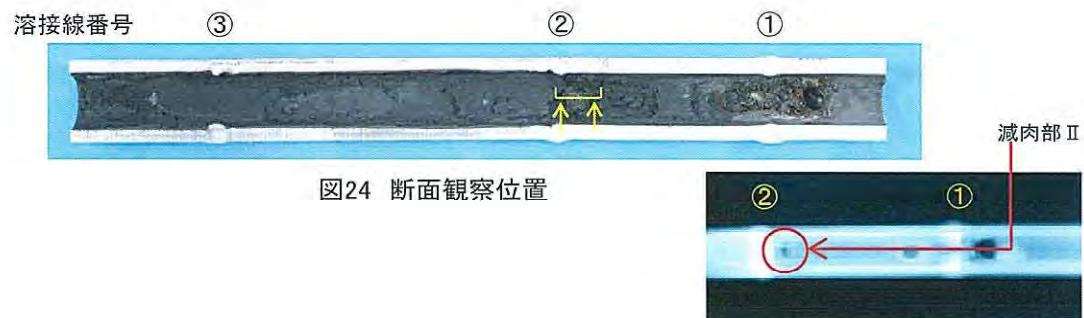


図24 断面観察位置

(図7より抜粋)

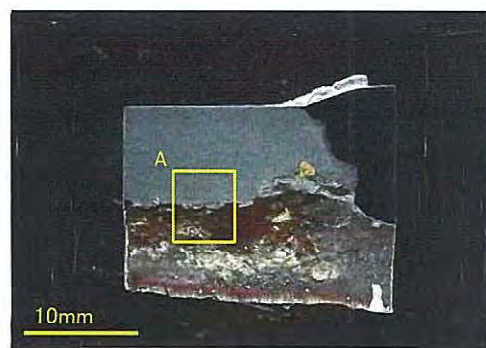


図25 断面マクロ組織

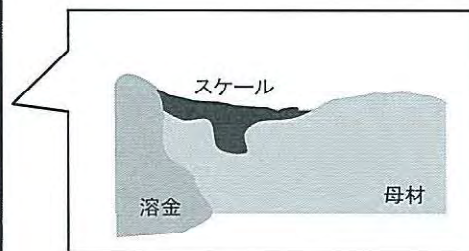


図26 断面マクロ組織簡略図

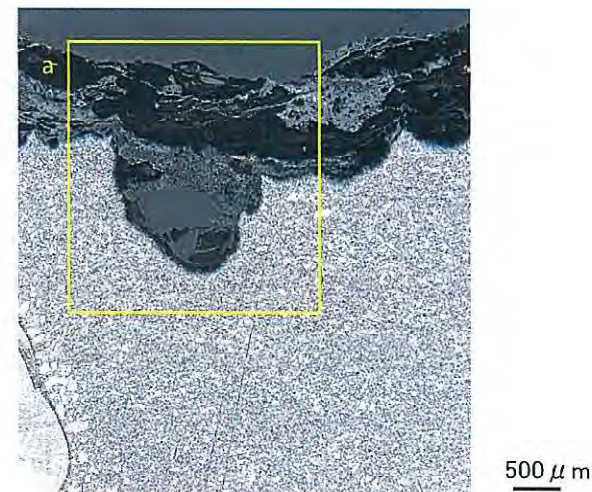


図27 断面マイクロ組織(A部)

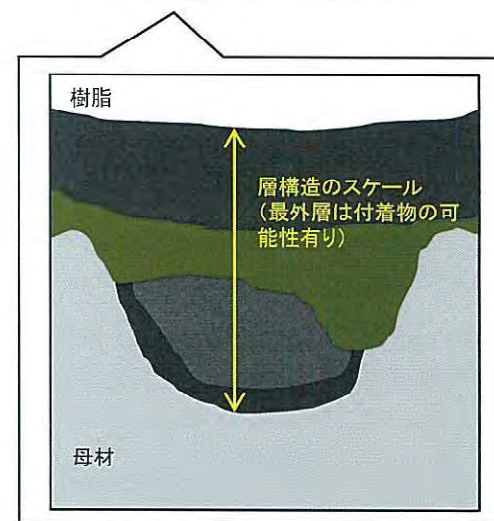


図28 断面マイクロ組織簡略図(a部)

8 EPMA分析(減肉部Ⅱ)

1. 減肉部のスケールは多層構造になっていました(図29)。
2. EPMA分析の結果, スケールは3層に大別され, 主要構成元素:Cr, Cl, Oの i 層及び ii 層と, 主要構成元素:Ni, Fe, Oの iii 層が認められました(図30)。
3. これらの層は, 分布状況から i 層及び ii 層が内層, iii 層が外層に対応すると考えられ, 大きな減肉をもたらす要因は内層の形成に伴うClによる酸性域での腐食と考えられました。
4. なお, i 層と ii 層は構成元素に大差が無く, また, ii 層を覆うように i 層が形成されていることから, 脱水・乾燥時形成された可能性が考えられました(図30)。
5. また, 内層形成(Cl濃縮)の初期要因として, 堆積物の形成に伴う隙間腐食的な要素が推測されました。

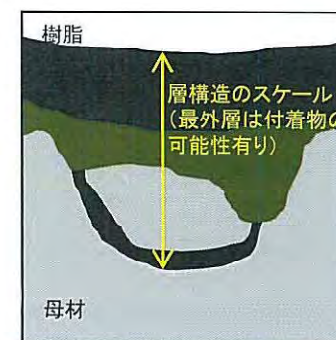
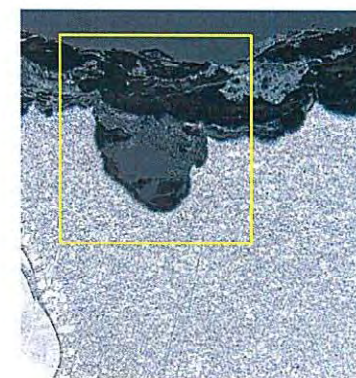
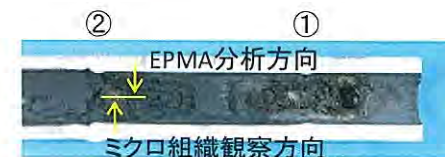


図29 EPMA分析位置及び断面マイクロ組織

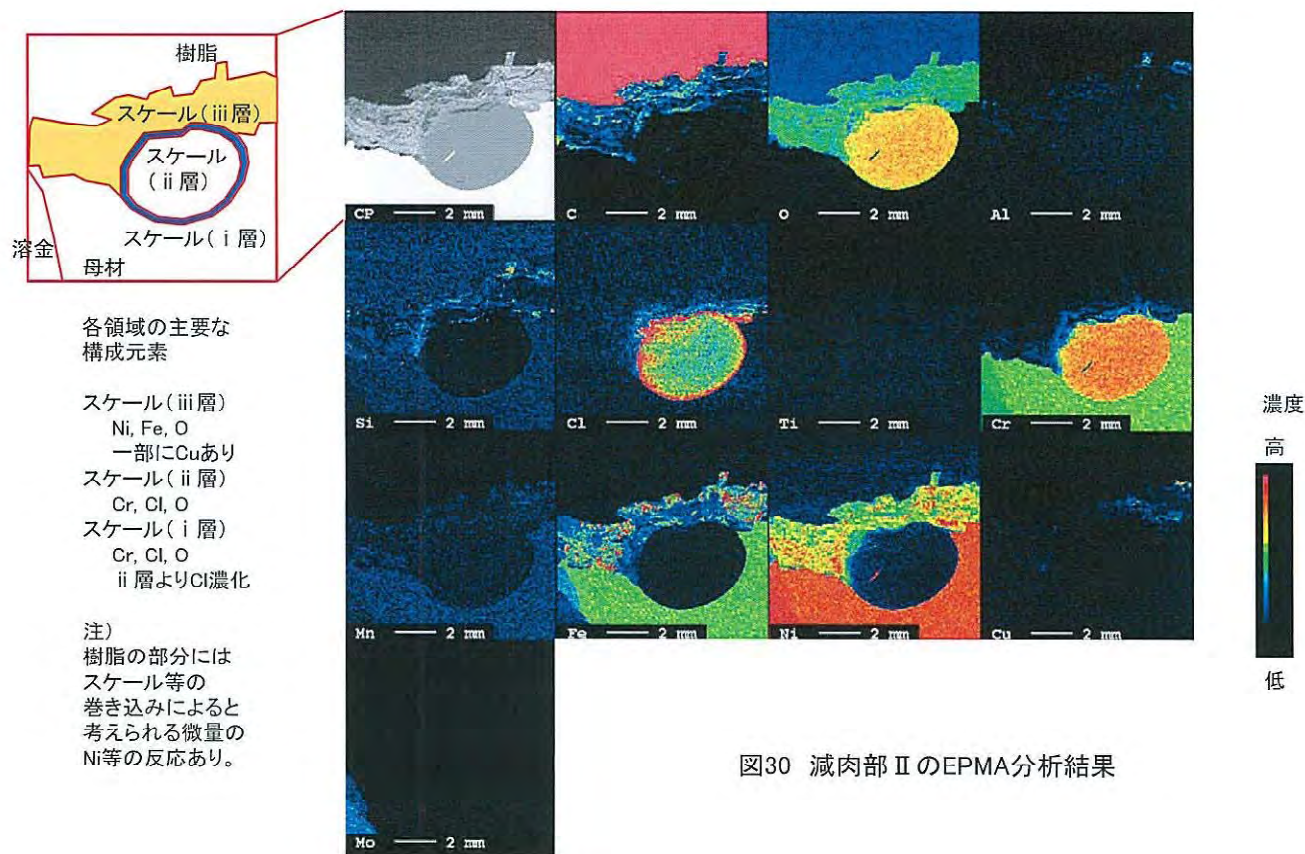


図30 減肉部ⅡのEPMA分析結果

9 EPMA分析(減肉部 I)

1. 減肉部のスケールは2層構造になっていました(図31)。
2. EPMA分析の結果, 2層のスケールは何れも, 主要な構成元素はCr, Cl, Oで, i層(母材側)はii層に比べてClが濃化していました(図32)。
3. また, 母材の構成元素であるNiやFeの明瞭なスケールは認められませんでした。これは前項(減肉部 II)の分析結果を考慮すると, 本項分析位置(減肉部 I)では内層スケールのみが残存し, 外層スケールが脱落等により散逸しているものと考えられました。
4. Clの濃化が認められることから, 大きな腐食減肉は局所的なClの濃縮による酸性域での腐食によるものと推測されました。

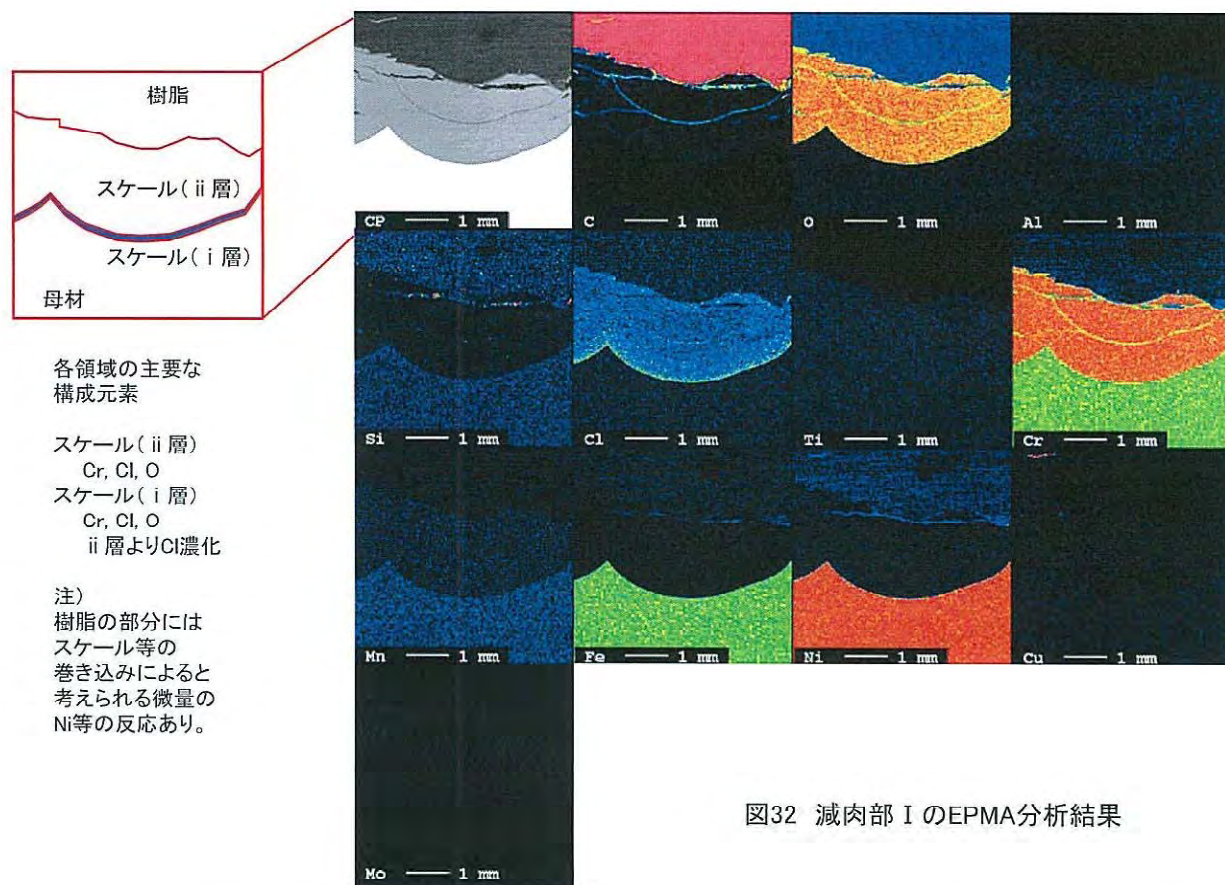


図32 減肉部 I のEPMA分析結果

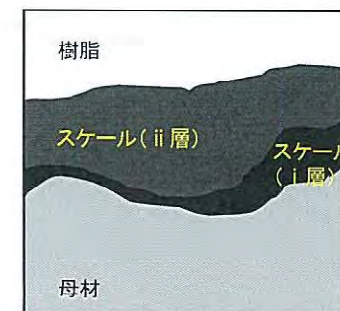
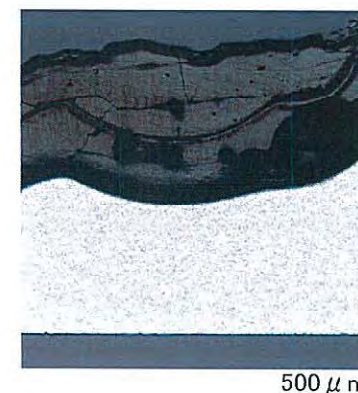
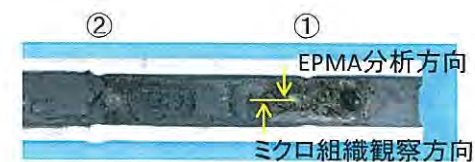


図31 EPMA分析位置及び断面マイクロ組織

10 XRD分析, XRF分析(地側減肉部近傍の堆積物)

1. 堆積物は地側の減肉部近傍から採取しました(図30)。
2. 堆積物中には明瞭にCuが多く含まれていました(図32)。Cuはスラリに起因するものと考えられ、当該部は反応器内部の一般部とは異なる堆積物の形成状況であった可能性が考えられました。
3. CuはCu²⁺イオン等の還元反応により、ステンレス鋼の孔食を促進することが知られており、当該部においても同様の現象により、局部腐食が促進された可能性が考えられました。



図33 堆積物採取箇所

試料	XRF(蛍光X線分析)結果																		XRD(X線回折分析)結果	
	定性分析			F.P法による半定量分析結果(wt%)																確認された化合物
	主成分(>5%)	少量成分(5~0.5%)	微量成分(<0.5%)	元素	Ca	Mg	Fe	Ni	Zr	Cu	Mn	Si	Zn	Sn	Y	Al	Na	Cr		
			酸化物	CaO	MgO	Fe2O3	NiO	ZrO2	CuO	MnO	SiO2	ZnO	SnO2	Y2O3	Al2O3	Na2O	Cr2O3	Nb2O5		
投入口	Cu, Ni	Zr, Fe, Al, Si, Nb	Cr, Sn, Na, Mg, Y, Co, Cl, Ti, Mn, P, Ca, Zn	元素換算値	-	-	3.6	21.6	5.0	63.4	-	1.0	-	-	-	1.9	-	-	1.0	CuO (Tenorite) NiO (Bunsenite) ZrO ₂ (Baddeleyite) Spinel (NiFe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄ 等) NiCO ₃ (Gaspeite) Kaolinite [Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ , (Ni ₂ Al)(AlSi) ₂ O ₅ (OH) ₄ 等]
				酸化物換算値	-	-	4.0	21.3	5.2	61.3	-	1.7	-	-	-	2.8	-	-	1.1	

参考情報：平成24年度定検時のNo.1反応器内堆積物の分析結果

試料	主成分	少量成分	微量成分	元素換算値	Ca	Mg	Fe	Ni	Zr	Cu	Mn	Si	Zn	Sn	Y	Al	Na	Cr	Nb	確認された化合物
					酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	酸化物換算値	
スラリー投入口	Ca, Mg, Fe, Ni, Zr	Cu, Mn, Si, Zn	Sn, Y, Al, Na, Sr, Cr, Ti, Cl, S, P	57	15	7.5	5.9	5.6	3.7	1.3	0.9	0.9	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	-	-	CaMg(CO ₃) ₂ (Dolomite) CaCO ₃ (Calcite) Spinel (Fe ₃ O ₄ , NiFe ₂ O ₄ , etc) ZrO ₂ (Baddeleyite) SnO ₂ (Cassiterite)
酸素投入口	Ni, Fe, Ca, Zr, Zn, Sn	Al, Mg, Cu, Si, Cr, Y, Na, Mn	Cl, Ti, Sr, Pb, P, S	12	3.5	13	33	11	3.4	0.6	2.8	7.7	6.1	0.6	3.7	0.6	0.8	-	-	CaMg(CO ₃) ₂ (Dolomite) NiCO ₃ (Gaspeite) (Ni ₂ Al)(AlSi) ₂ O ₅ (OH) ₄ (Brindleyite) CaCO ₃ (Calcite) Spinel (Fe ₃ O ₄ , NiFe ₂ O ₄ , etc) ZrO ₂ (Baddeleyite) SnO ₂ (Cassiterite)
				酸化物換算値	13	4.7	14	30	10	3.0	0.5	4.8	6.7	5.3	0.5	5.6	0.7	0.9	-	

※F.P.法(Fundamental Parameter法)による半定量結果は、酸化物換算値をNa~Uまでの元素で100%にノーマライズした結果である。
 ※また、スラリー投入口については試料量が50mg以下と極微量であったため参考値扱いとする。

まとめ

平成26年1月10日に発生した水熱分解設備No.2反応器スラリ投入管台の漏洩原因調査のため、漏洩部を含む配管の抜管調査を実施しました。

調査結果の概要を以下に記載します。

1. 漏洩部には、直径10mm程度の局部減肉が認められ、減肉の進行により管厚を貫通していました。
2. 漏洩部には、材料欠陥や母材組織の異常、応力腐食割れ(SCC)等は認められませんでした。
3. 抜管部内部の地側に黒色の堆積物が認められ、溶接線①より上流側で顕著な傾向がありました。
4. 局部減肉はNCF690部のみに認められ、特に地側で顕著な傾向が認められました。
5. 減肉部の底部には腐食スケールが認められ、減肉部のスケールは層構造になっていました。
6. 腐食スケールは大きくは外層(iii層)と内層(i層及びii層)の2層に区分され、外層はNi, Fe, Oが主体で、内層はCr, Cl, Oが主体で構成されていました。
7. 上記スケール構造から、大きな減肉をもたらす要因は内層の形成に伴うClによる酸性域での腐食と考えられました。
8. 堆積物の分析から、スラリ投入管台の堆積物は他に比べて明瞭にCuが多く含まれていました。

上記の結果を纏めると以下となります。

(事象) スラリ投入管台部で生じた漏洩は、NCF690の地側で生じた局部腐食によるものでした。

(発生要因) スラリ運用の停止に伴い、堆積物が常在する状況となったことで、堆積物下でのClの濃化が生じ得る環境になったものと考えられます。

また、この状況で当該部の温度は、NCF690で腐食の感受性が高くなる温度域になった可能性が考えられます。

更に、堆積物中に多量のCuが含まれていることで腐食を促進した可能性が考えられます。

補足資料リスト

補足資料1 : 定検時定点計測結果との対比

補足資料2 : 平成25年3月14日報告の以下の資料より抜粋
水熱分解設備 再生熱交換器
出口連絡管溶接部 抜管材調査結果
(平成24年12月及び平成25年1月検査時抜管材)

補足2 (1) : 再生熱交換器No.3 #13管内より採取したスケール調査結果

補足2 (2) : 再生熱交換器No.3 #18抜管材調査結果

補足2 (3) : 再生熱交換器腐食モデルの推定

補足資料3 : 反応器管台等で生じる局部腐食機構の推定

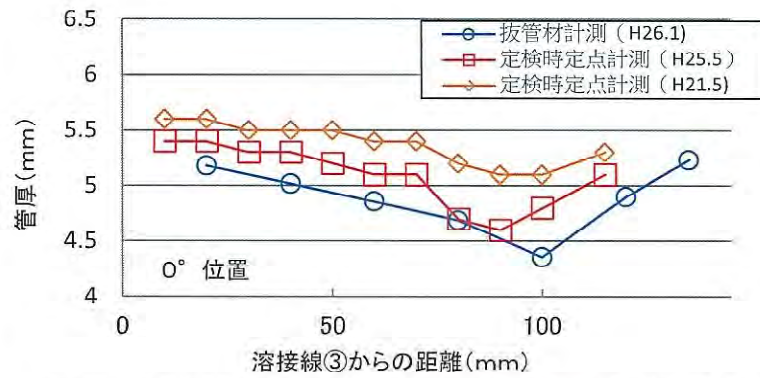
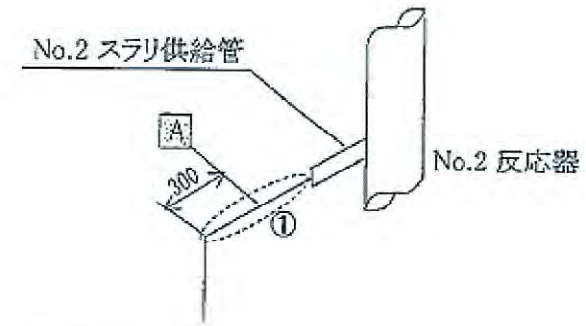
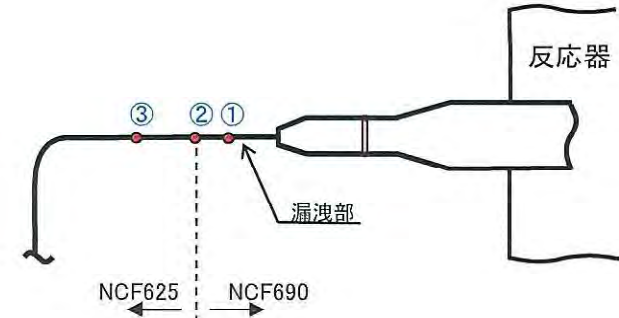
補足1 : 反応器環境中での腐食量の温度依存性

定検時定点計測結果 (H25年5月)

角度	溶接線③からの距離 (mm)															
	-40	-20	7	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	115	120	135
0°	-	-	-	5.4	5.4	5.3	5.3	5.2	5.1	5.1	4.7	4.6	4.8	5.1	-	-
34°	-	-	-	5.4	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.8	4.7	4.8	-	-	-
45°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90°	-	-	-	-	-	5.6	-	-	-	-	-	-	-	5.4	-	-
135°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180°	-	-	-	-	-	5.7	-	-	-	-	-	-	-	5.5	-	-
225°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
270°	-	-	-	-	-	5.5	-	-	-	-	-	-	-	5.4	-	-
315°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
326°	-	-	-	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2	5.0	5.1	4.8	4.6	4.8	-	-	-

抜管材計測結果 (H26年1月)

角度	溶接線③からの距離 (mm)															
	-40	-20	7	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	115	120	135
0°	4.50	4.46	-	-	5.18	-	5.02	-	4.86	-	4.69	-	4.36	-	4.90	5.23
34°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45°	4.64	4.58	-	-	5.33	-	5.30	-	4.95	-	4.78	-	4.52	-	5.02	5.38
90°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135°	5.16	5.07	6.13	-	5.66	-	5.57	-	5.31	-	5.08	-	4.84	-	5.19	-
180°	5.28	5.16	6.10	-	5.66	-	5.57	-	5.50	-	5.38	-	5.13	-	5.54	-
225°	5.07	5.01	6.17	-	5.54	-	5.44	-	5.28	-	5.23	-	4.94	-	5.29	-
270°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
315°	4.80	4.69	-	-	5.26	-	5.16	-	4.79	-	4.42	-	4.45	-	5.00	5.16
326°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

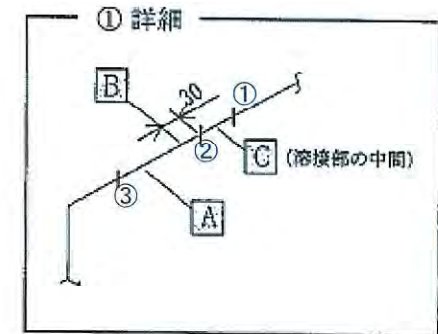


抜管材計測の減肉分布と、定検時定点計測の結果は概ね整合している。

位置+90mm角度0° の管厚推移 (mm)

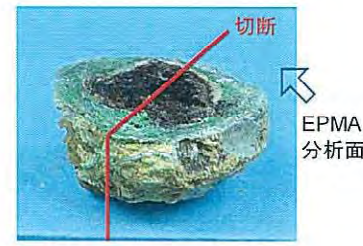
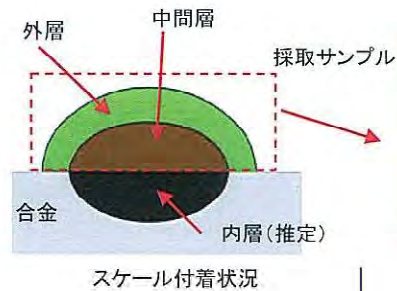
計測時	H21.5	H22.5	H23.5	H24.5	H25.5
計測値	5.1	4.8	4.7	4.7	4.6

(備考)
 抜管材調査と定検時定点計測の溶接線からの位置は多少のずれがある可能性あり。
 抜管材調査では、内面観察を目的とし、水平方向で切断した後、調査結果から上記計測を実施することにしたため、90°及び270°の計測値はない。
 定検時定点計測では0°を基準に両側10mm離れた位置を計測しており、ここではこれらを34°及び326°と記載した。
 また、定検時定点計測では定点Aから-20mmまでが計測可能位置であることから、この点を溶接線③から10mmの位置とした。(定点Aの位置を、溶接線③から30mmの位置とした)



補足2 (1) : 再生熱交換器No.3 #13管内より採取したスケール調査結果

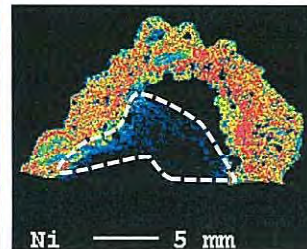
外観観察



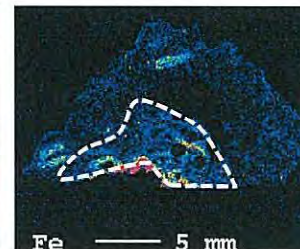
XRD分析

外層主成分: $\text{Ni}(\text{HCO}_3)_2$
中間層主成分: $\text{CrO}(\text{OH})$

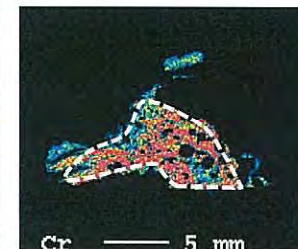
EPMA分析



Niは外層に存在



Feは主に中間層に存在



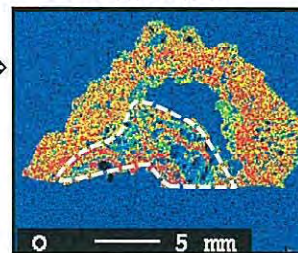
Crは主に中間層に存在

各元素の特性X線像 ⇒

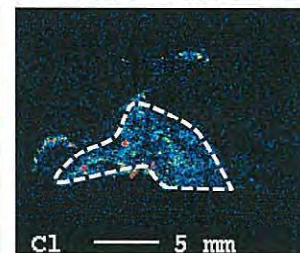


↑ 高濃度

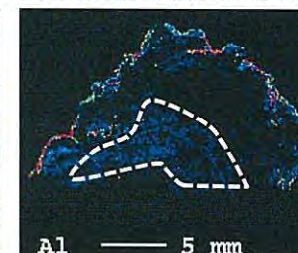
注) 相対的な分布を表す



Oは全体に存在



Clは主に中間層に存在

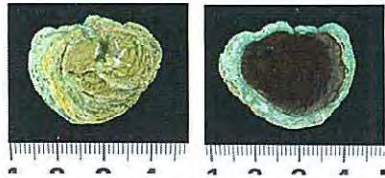


Alは主に最外表面に存在

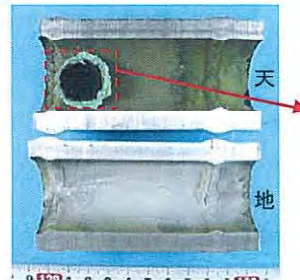
- ① 管内面に付着していたスケール(但し減肉内部を除く)は、外側が緑味を帯びた白色、内側が黒色の2層構造のスケールであることが確認されました。これは、前述の外層と中間層に対応しています。
- ② EPMA分析の結果、外層にはNiが認められ、中間層にはCr, Feが認められるとともに、環境成分としてClが存在していることが確認されました。
- ③ XRD分析の結果、外層の主成分は $\text{Ni}(\text{HCO}_3)_2$ であり、中間層の主成分は $\text{CrO}(\text{OH})$ であることが確認されました。

補足2 (2) : 再生熱交換器No.3 #18抜管材調査結果

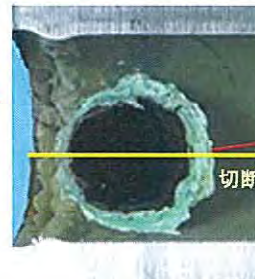
外観観察



脱落スケール外観(受入時)

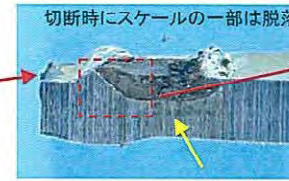


管内面状況

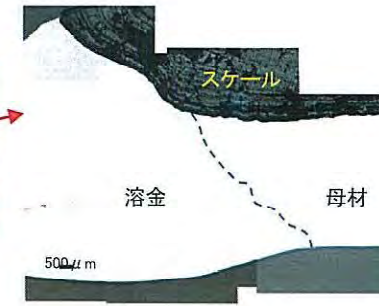


内面拡大

断面観察



減肉部



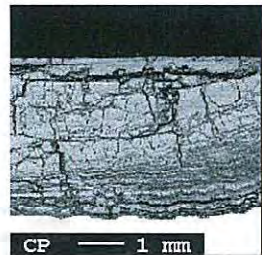
スケール

溶金

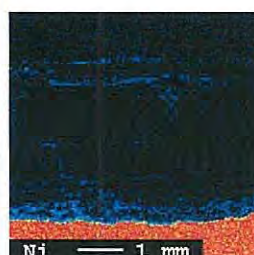
母材

500μm

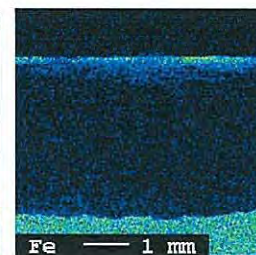
EPMA分析



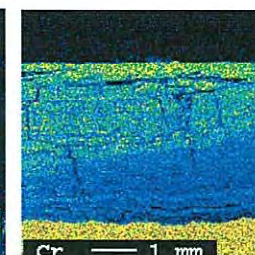
反射電子像



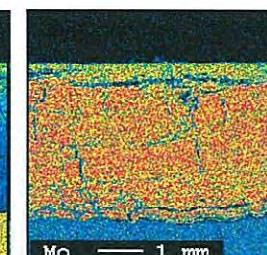
Niは殆ど存在しない



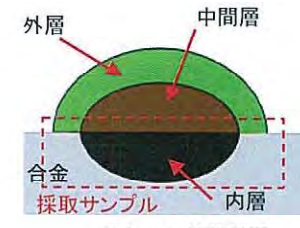
Feは殆ど存在しない



Crが存在



Moが存在



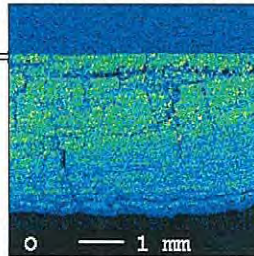
スケール付着状況

各元素の特性X線像

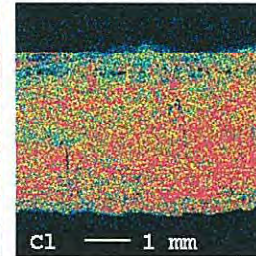


↑ 高濃度

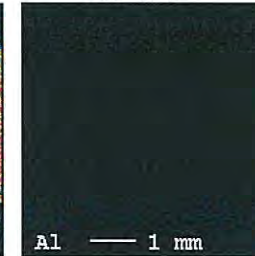
注) 相対的な分布を表す



Oが存在



Clが存在



Alは存在しない

XRD及びXRF分析

XRD分析不可
(非結晶状態)

XRF分析
...Cl濃度 : 約5%(元素比)

- ① 減肉は、母材、溶金ともに発生していました。
- ② 内層は、Cr及びMoが主体で、環境成分はO及びClが存在していましたが、Alの存在は認められませんでした。
- ③ XRD分析では結晶物質が特定できませんでした。
- ④ しかし、XRFの結果でClが約5%存在していることが確認でき、金属元素と何らかの化合物を形成しているものと推測されます。

補足2 (3) : 再生熱交換器腐食モデルの推定

抜管材調査の結果から、以下が判明しました。

- ・スケールは3層構造(内層, 中間層, 外層)となっている。
- ・各層で構成物質が異なる。
- ・SCC発生部(割れ内部)で, Clが検出された。

ここで, 内層の特徴は, Clが存在すること, Alが存在しないことです。Alが存在しないことは, 環境側の溶液が直接は侵入していないことが推測されます。また, Clが局在して存在することは, 以下に示す隙間腐食で提唱されているモデルを考えると, 内層ではpH低であることが推測されます。

隙間内の反応 $M \Rightarrow M^{2+} + 2e^{-}$ (e-は隙間外へ移動) M: 金属元素

隙間外の反応 $H_2O + 1/2 O_2 + 2e^{-} \Rightarrow 2OH^{-}$

⇒ 隙間内で形成される M^{2+} に引き寄せられる形で Cl^{-} が隙間内に濃縮 ⇒ HClを形成して隙間内のpHを低下させる。

ここで, 内層のpHが低下しているとすれば, 低pHでのSCCを発生させる可能性が生じる。

また, 腐食が進行するためには, 内層を維持する必要があり, 強固な障壁である外層の存在が不可欠となる。

翻って, 外層が破壊されると, 内層が維持できなくなり, 腐食の進行が止まる(十分小さくなる)ことが考えられる。

同定化合物

外層:

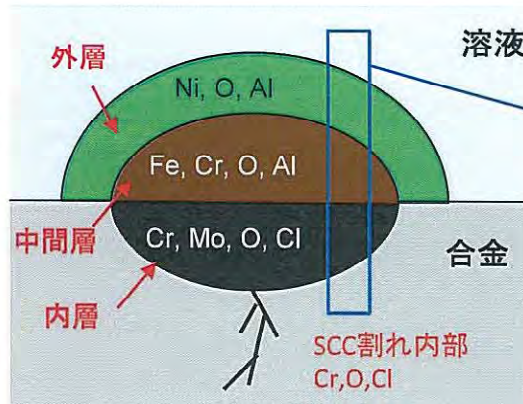
$NiCO_3, Ni(HCO_3)_2$

中間層:

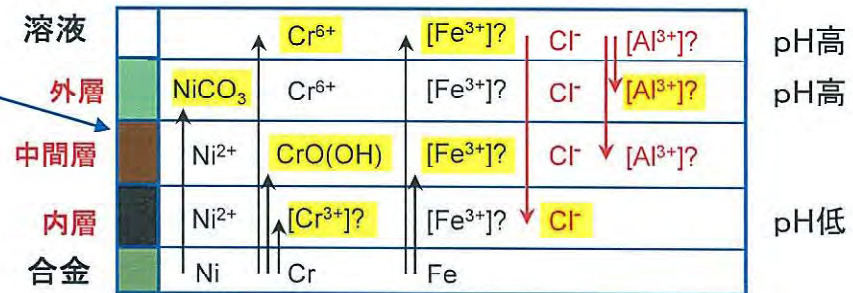
$CrO(OH), AlO(OH)$

内層:

なし



注) Clは分析対象外



主要な物質の移動モデル 安定

補足3 : 反応器管台等で生じる局部腐食機構の推定

反応器管台等で生じる局部腐食は、内層でClの濃化が生じることで生じる酸性域の腐食と考えられる。
基本的な材質毎の腐食感受性に関する温度依存性は、下図で示されるものと考えられ、以下の特徴がある。

・NCF690はNCF625に比べて、腐食感受性が高い。

。NCF690の腐食感受性は温度依存性が大きく、300℃程度から急激に低下し、370℃では顕著な腐食感受性を持たない。

これに対して、実機の管台等では以下の事象が生じている。

- ① 実機環境は堆積物下のClの濃化が考えられるため、下図の試験環境より厳しくなっている可能性がある。
 - ② 管台部は配管側からの冷却等により温度が低い可能性がある。
 - ③ 特異事象として、スラリー投入配管ではCuが高濃度に存在しており、これによる腐食の促進現象も考えられる。
- ①～③の事象が重畳することで、
今般のスラリー投入管台部漏洩に
至ったものと推定される。

