

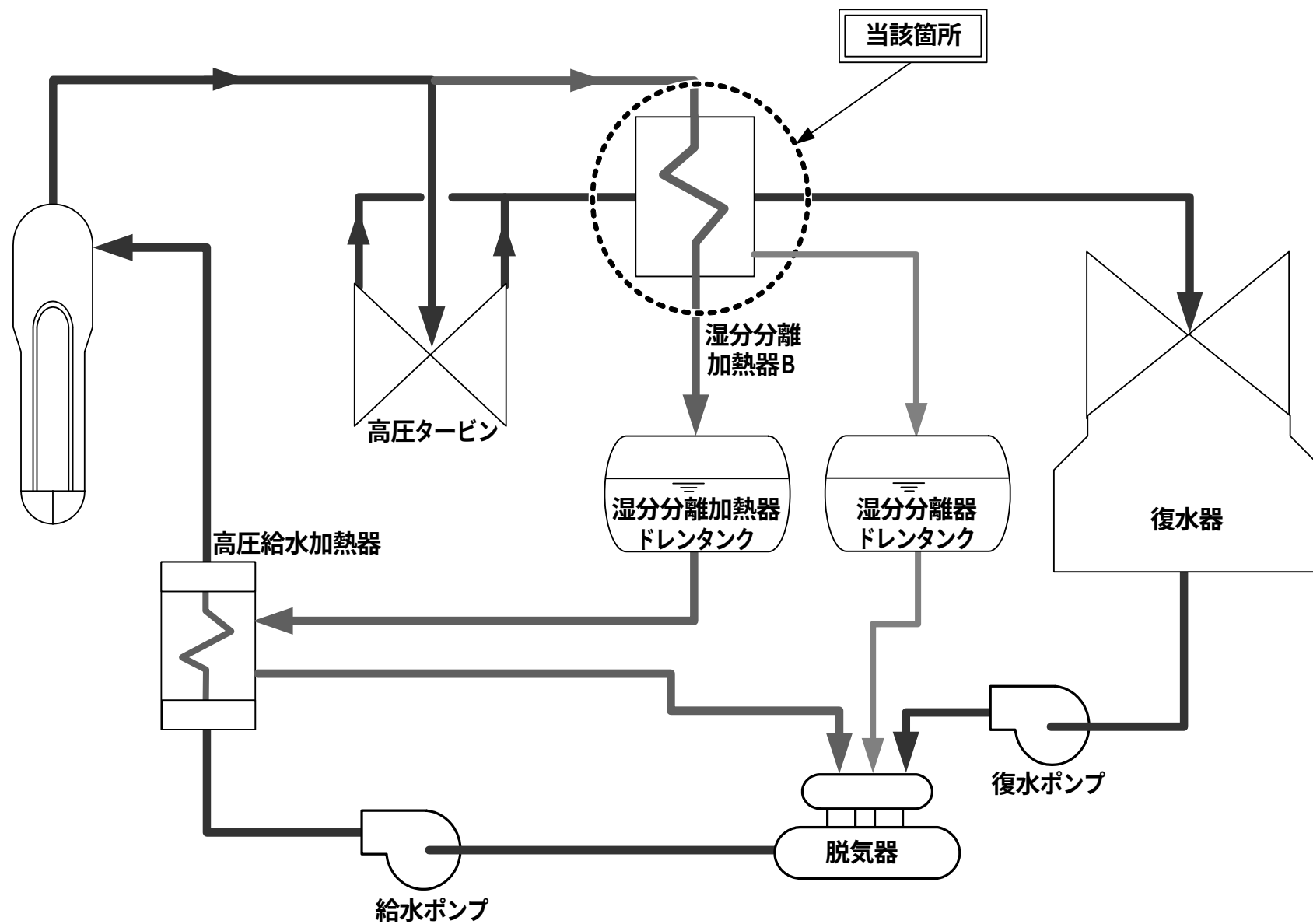
【添 付 資 料】

1. 湿分分離加熱器 1 B 廻り概略系統図
2. 湿分分離加熱器 1 B 構造図
3. 湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板割れ状況調査結果
4. 湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板の割れに係る要因分析図
5. 天板の溶接による変形量の測定結果
6. 製作履歴調査結果
7. 湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板取替要領
8. 付着塩分量調査結果
9. 金属調査結果（外観観察）
10. 金属調査結果（破面観察）
11. 金属調査結果（断面ミクロ観察）
12. 金属調査結果（のど厚測定）
13. 金属調査結果（破面 S E M 観察）
14. 金属調査結果（E D X 分析）
15. 金属調査結果（硬度測定）
16. 疲労による割れの発生に関する評価
17. 天板復旧溶接のない場合の疲労評価
18. 伊方 2 号機湿分分離加熱器蒸気整流板取替概要
19. 事象発生 の 推定メカニズム
20. 当該蒸気整流板及び天板取替概要

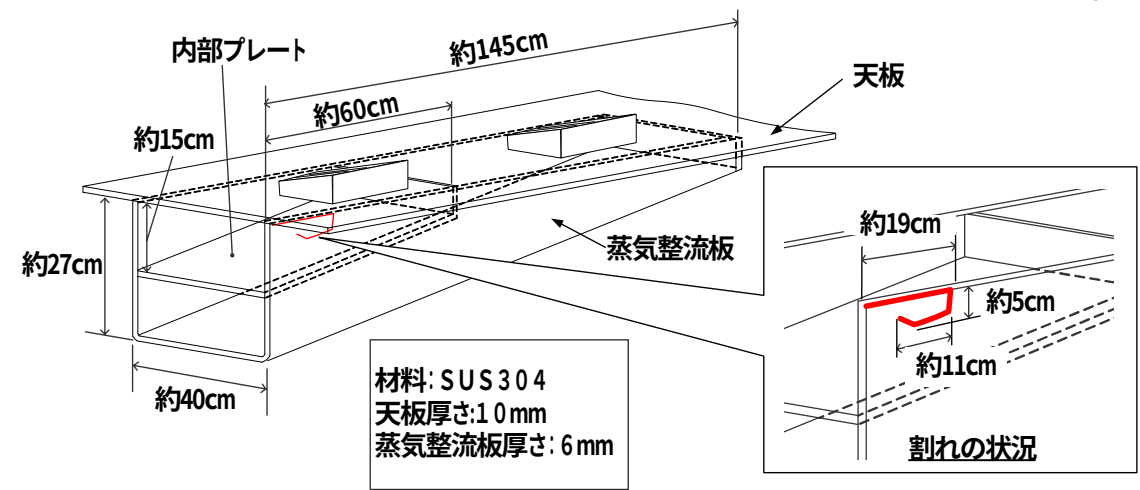
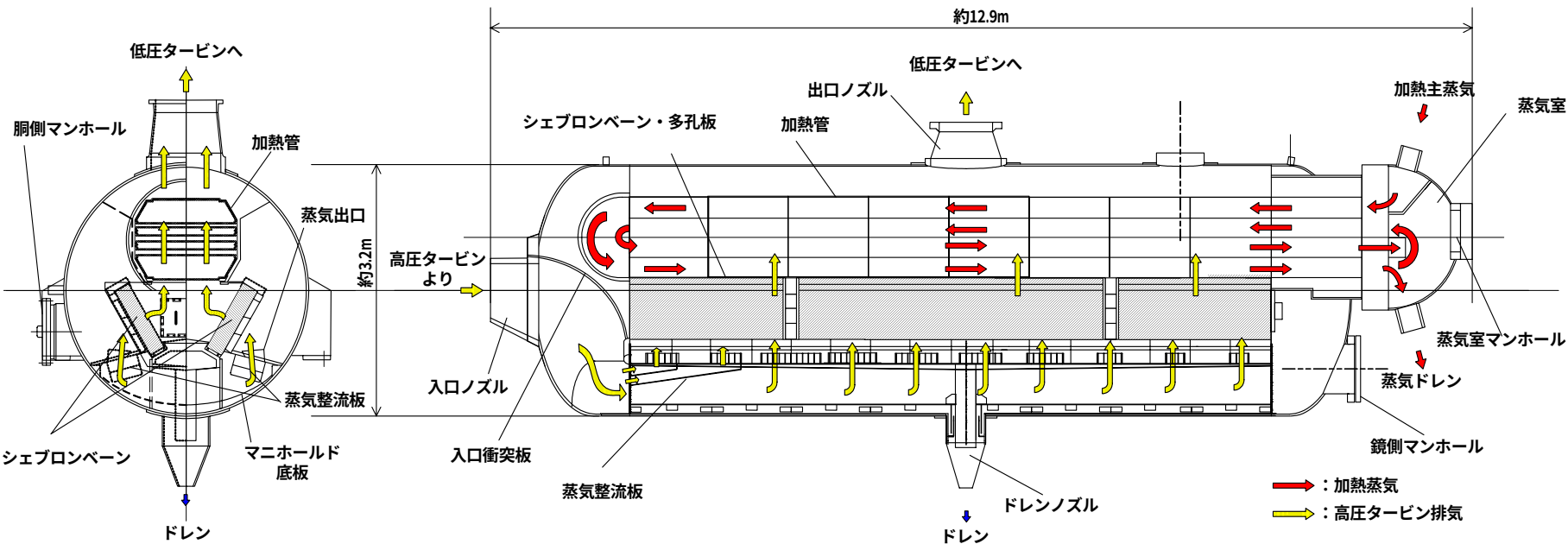
【参 考 資 料】

用 語 説 明

湿分分離加熱器1 B廻り概略系統図



湿分分離加熱器1B構造図

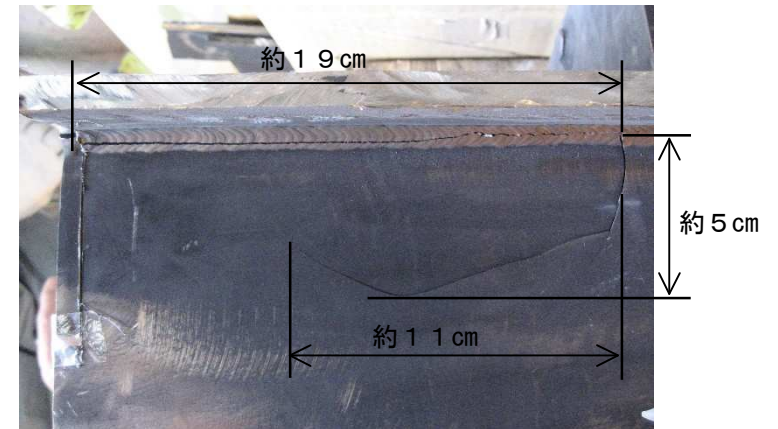
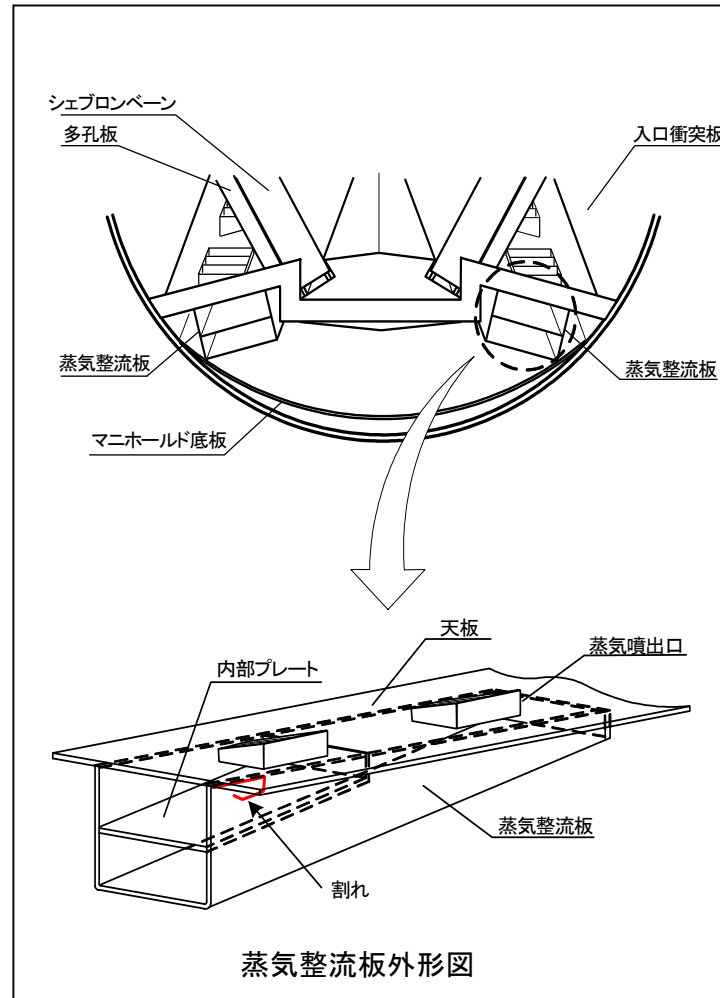


蒸気整流板概要図

湿分分離加熱器 仕様

種類	横置1段加熱U字管式	
温度	入口	約180℃
	出口	約270℃
最高使用温度	蒸気室側	約290℃
	胴側	約270℃
最高使用圧力	蒸気室側	約7.5MPa
	胴側	約1.2MPa

湿分分離加熱器1B蒸気整流板 割れ状況調査結果



蒸気整流板外側



蒸気整流板内側

割れは、蒸気整流板と天板の溶接部に蒸気入口部の端部から溶接部に沿って奥へ長さ約19cm あり、そこから折れ曲がり、蒸気整流板本体に湾曲して約16cm 発生しており、合計すると約35cm の連続した割れであることを確認した。

湿分分離加熱器1 B 蒸気整流板の割れに係る要因分析図

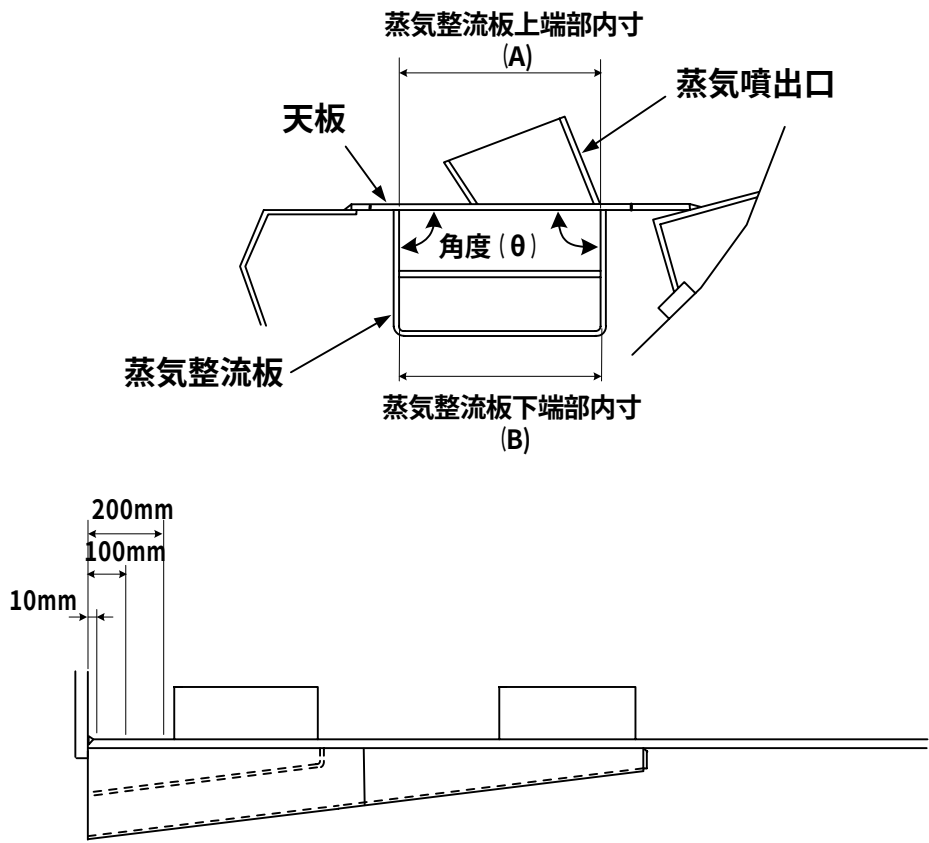
〔備考〕
△：可能性あり。
×：可能性なし。

事象	要因	因子	調査内容	調査方法・結果	評価	添付資料		
湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板 の割れ	強度不足	延性割れ	過大応力	設計資料等の調査	・ 蒸気整流板の設計は、実績のある標準設計と変更のないことを確認した。	×	—	
				製作・施工状況調査	・ 製作記録調査により、蒸気整流板の製作に問題はなく、寸法・構造は設計仕様どおりであることを確認した。	×	6	
				据付状況の調査	・ 前回不具合事象の箇所については、念のため約1 0 0 mmの廻し溶接を行ったが、今回割れのあった当該部においては、特に問題がなかったため廻し溶接までは必要と考えなかった。 ・ 蒸気整流板は、取替前と同じ寸法、形状に復旧しており、また、各工程毎に、所定の検査を実施し、問題のないことは確認していたが、天板は切断位置で溶接により復旧していることから、溶接部が増えていた。	△	7	
				運転履歴調査	・ 運転履歴調査により、運転パラメータに問題はないことを確認した。	×	—	
				金属調査	・ 外観観察の結果、蒸気整流板と天板との溶接部に沿って約1 9 cm、蒸気整流板の母材にあつては鉛直方向に約5 cm、水平方向に約1 1 cmの割れを確認した。 ・ 金属調査（破面観察、断面ミクロ観察、S E M、硬度測定、E D X）の結果、 ○疲労破面の特徴であるストライエーション状の模様が認められたこと ○溶接部に溶け込み不足があり金属組織の流れが認められたこと ○応力腐食割れ及び介在物、腐食ビットも認められなかったこと ○異常な硬化組織は認められず、金属組織に問題はなかったことを確認した。	×	9,10,11 12,13,14 15	
		疲労割れ	材料不良	材料仕様の調査	・ 材料証明書により、蒸気整流板及び天板の材料は設計仕様どおりであることを確認した。 ・ また、溶接材料は、材料証明書により、ステンレス鋼であり問題ないことを確認した。	×	6	
				運転履歴調査	・ 運転履歴調査により、運転パラメータに問題はないことを確認した。	×	—	
				金属調査	・ 外観観察の結果、蒸気整流板と天板との溶接部に沿って約1 9 cm、蒸気整流板の母材にあつては鉛直方向に約5 cm、水平方向に約1 1 cmの割れを確認した。 ・ 金属調査（破面観察、断面ミクロ観察、S E M、硬度測定、E D X）の結果、 ○疲労破面の特徴であるストライエーション状の模様が認められたこと ○溶接部に溶け込み不足があり金属組織の流れが認められたこと ○応力腐食割れ及び介在物、腐食ビットも認められなかったこと ○異常な硬化組織は認められず、金属組織に問題はなかったことを確認した。	△	9,10,11 12,13,14 15	
				振 動	疲労評価	・ 溶接部の溶け込み不足を模擬したモデルにて、天板復旧溶接のひずみから生じる平均応力を考慮すると、蒸気入口部の溶接部端部の溶け込み不足により応力集中が生じる構造の箇所、等価応力振幅が疲労限を上回ることを確認した。	△	16
				天板溶接のひずみ	変形量の測定	・ 変形量の測定の結果、蒸気整流板は天板取付部が外側に広がっていることを確認した。 ・ 天板は、中央部が高いことを確認した。	△	5
	溶接不良	溶接欠陥	施工不良	溶接施工調査	・ 溶接施工記録等により、溶接材料、施工方法および検査に問題ないことを確認した。	×	6	
				金属調査	・ 外観観察の結果、蒸気整流板と天板との溶接部に沿って約1 9 cm、蒸気整流板の母材にあつては鉛直方向に約5 cm、水平方向に約1 1 cmの割れを確認した。 ・ 金属調査（破面観察、断面ミクロ観察、S E M、硬度測定、E D X）の結果、 ○疲労破面の特徴であるストライエーション状の模様が認められたこと ○溶接部に溶け込み不足があり金属組織の流れが認められたこと ○応力腐食割れ及び介在物、腐食ビットも認められなかったこと ○異常な硬化組織は認められず、金属組織に問題はなかったことを確認した。	△	9,10,11 12,13,14 15	
			材料不良	材料仕様の調査	・ 材料証明書により、蒸気整流板及び天板の材料は設計仕様どおりであることを確認した。 ・ また、溶接材料は、材料証明書により、ステンレス鋼であり問題ないことを確認した。	×	6	

事象						[備考] △：可能性あり。 ×：可能性なし。	
要因		因子	調査内容	調査方法・結果	評価	添付資料	
腐食	応力腐食割れ	材料 環境 応力	金属調査 付着塩分量調査等	・外観観察の結果、蒸気整流板と天板との溶接部に沿って約1 9 cm、蒸気整流板の母材にあっては鉛直方向に約5 cm、水平方向に約1 1 cmの割れを確認した。 ・金属調査（破面観察、断面ミクロ観察、SEM、硬度測定、EDX）の結果 ○疲労破面の特徴であるストライエーション状の模様が認められたこと ○溶接部に溶け込み不足があり金属組織の流れが認められたこと ○応力腐食割れ及び介在物、腐食ピットも認められなかったこと ○異常な硬化組織は認められず、金属組織に問題はなかったことを確認した。	×	9,10,11 12,13,14 15	
				・付着塩分量測定により、いずれも判定値を満足しており問題ないことを確認した。	×	8	
	その他腐食	全面腐食 局部腐食	金属調査	・外観観察の結果、蒸気整流板と天板との溶接部に沿って約1 9 cm、蒸気整流板の母材にあっては鉛直方向に約5 cm、水平方向に約1 1 cmの割れを確認した。 ・金属調査（破面観察、断面ミクロ観察、SEM、硬度測定、EDX）の結果 ○疲労破面の特徴であるストライエーション状の模様が認められたこと ○溶接部に溶け込み不足があり金属組織の流れが認められたこと ○応力腐食割れ及び介在物、腐食ピットも認められなかったこと ○異常な硬化組織は認められず、金属組織に問題はなかったことを確認した。	×	9,10,11 12,13,14 15	

天板の溶接による変形量の測定結果 (1／2)

○測定箇所



○測定結果

蒸気整流板内寸

	蒸気入口側からの寸法		
	10mm	100mm	200mm
上端内寸 (A)	394mm	394mm	393mm
下端内寸 (B)	397mm	397mm	398mm
(B) - (A)	3mm	3mm	5mm

蒸気整流板内角度

	蒸気入口側からの寸法					
	20mm		100mm		200mm	
	左	右	左	右	左	右
角度 (θ)	94 °	92 °	93 °	92 °	測定不可	測定不可

製作履歴調査結果 (材料・寸法調査)

○材料調査

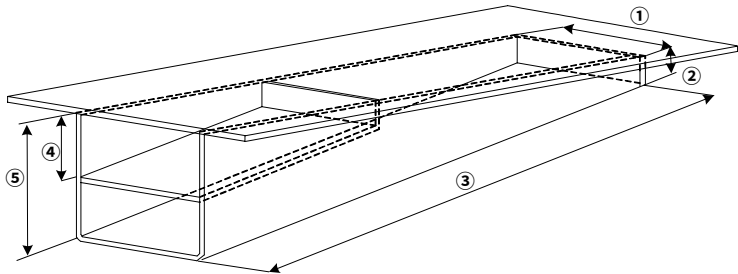
・蒸気整流板本体

項 目	化学成分 (重量%)							引張強さ (MPa)	伸び (%)	硬さ
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni			
規格値 (JIS SUS304)	MAX 0.08	MAX 1.00	MAX 2.00	MAX 0.045	MAX 0.030	18.0 ~20.0	8.0 ~10.5	MIN 520	MIN 40	MAX 90 (HRB90)
材料証明書記載値	0.06	0.42	0.77	0.026	0.006	18.05	8.10	694	53	89

・天板

項 目	化学成分 (重量%)							引張強さ (MPa)	伸び (%)	硬さ
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni			
規格値 (SA-240-TYPE304L)	MAX 0.08	MAX 0.75	MAX 2.00	MAX 0.045	MAX 0.030	18.0 ~20.0	8.0 ~10.5	MIN 515	MIN 40	MAX 92 (HRB92)
材料証明書記載値	0.03	0.34	1.60	0.028	0.002	18.03	8.27	610	51	89

○寸法調査

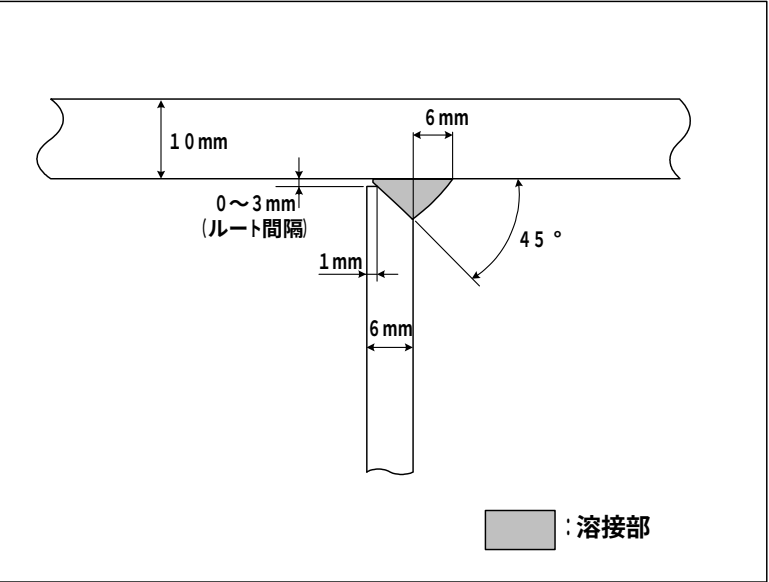


単位:mm

測定位置	設計寸法	許容値	測 定 値
①	394	±3	395.5
②	71	±3	71
③	1,442	±5	1,439
④	146	±3	143
⑤	273	±3	272

- ・材料証明書より、規格値を満足しており、問題ないことを確認した。
- ・製作記録により、各部の寸法・構造は設計仕様どおりであり、問題ないことを確認した。

製作履歴調査結果 (溶接施工状況調査)



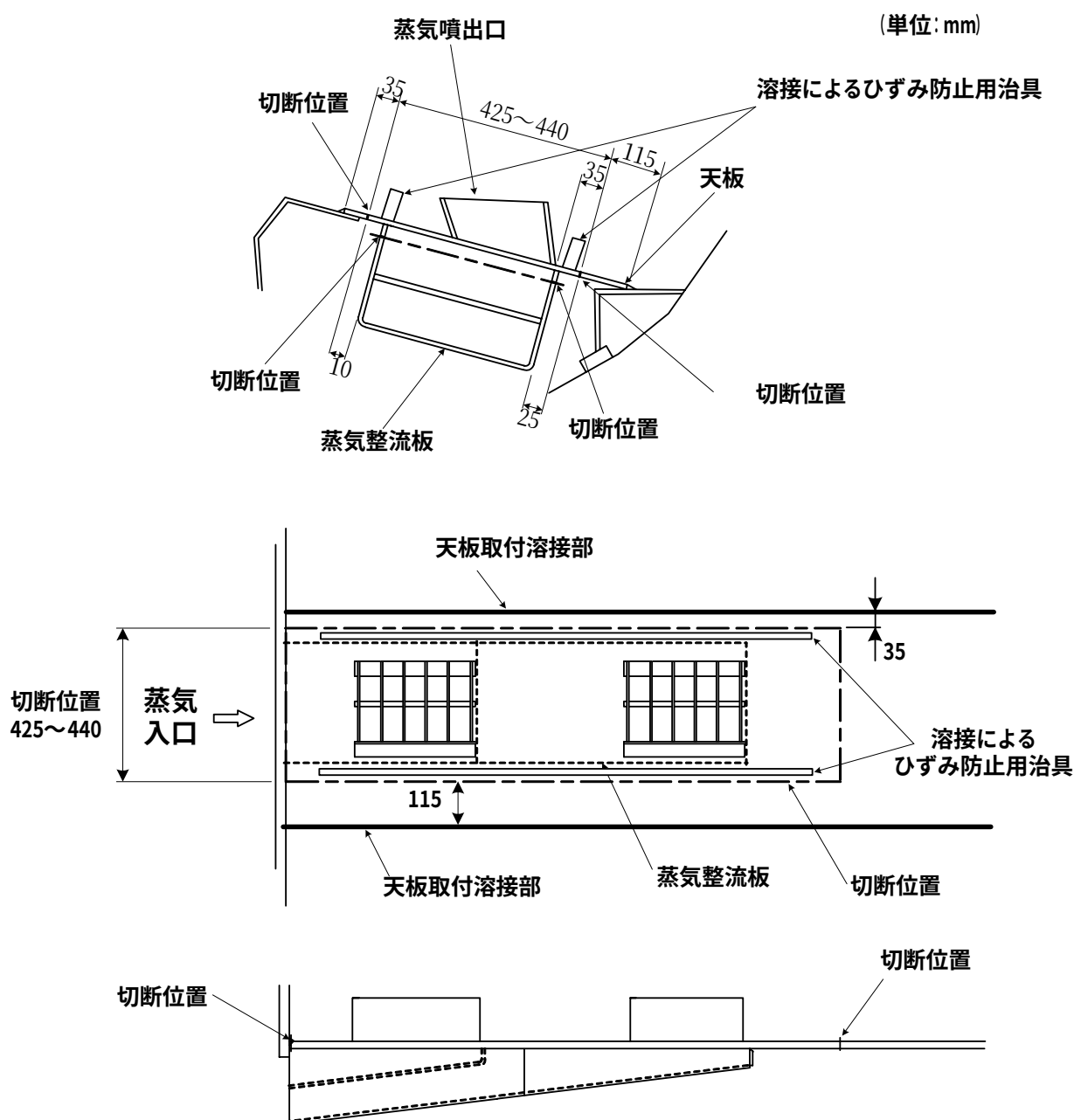
溶接部設計形状図 (開先)

項 目	内 容	調 査 方 法	結 果
溶接方法 (非耐圧部)	レ形開先+すみ肉 連続溶接	製作図面 溶接作業検査記録	問題なし
	ティグ溶接		
溶接材料	ステンレス鋼 (308)	材料証明書	問題なし
開先	外観・寸法 (開先角度等)	開先検査記録	問題なし
溶接部	外観・寸法 (脚長)	外観検査記録	問題なし
	浸透探傷検査	浸透探傷検査記録	

- ・溶接施工方法は、溶接作業検査記録により問題のないことを確認した。
- ・溶接材料は、ステンレス鋼であり、材料は規格値を満足しており、問題のないことを確認した。
- ・開先は、開先検査記録により、問題のないことを確認した。
- ・溶接部は、外観検査記録および浸透探傷検査記録により、問題のないことを確認した。

湿分分離加熱器1B 蒸気整流板取替要領 (1／2)

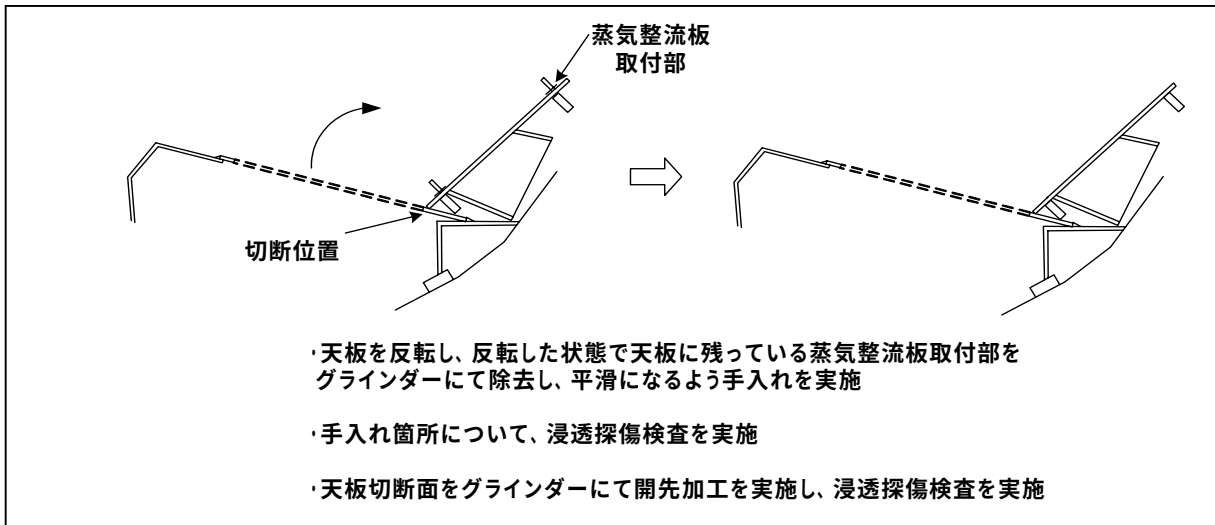
① 蒸気整流板切断、天板切断



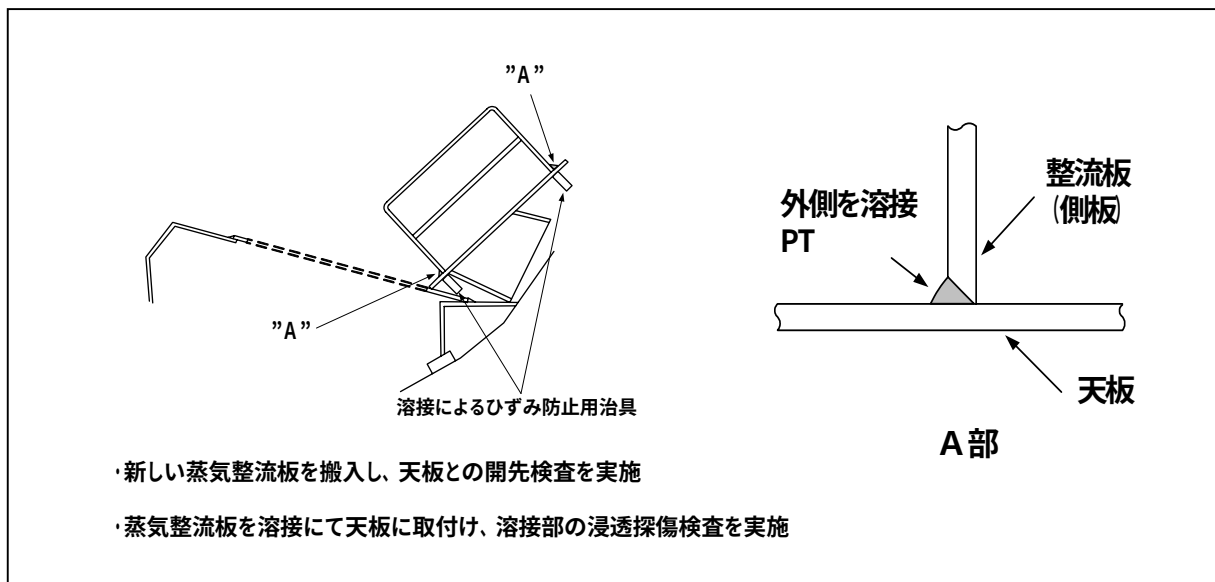
- ・蒸気整流板をグラインダーにて天板との取付部を残して切断し、取り出し
- ・天板上面に溶接による熱ひずみを防止するための治具を部分溶接にて取付
- ・天板をグラインダーにて切断

湿分分離加熱器1B 蒸気整流板取替要領 (2／2)

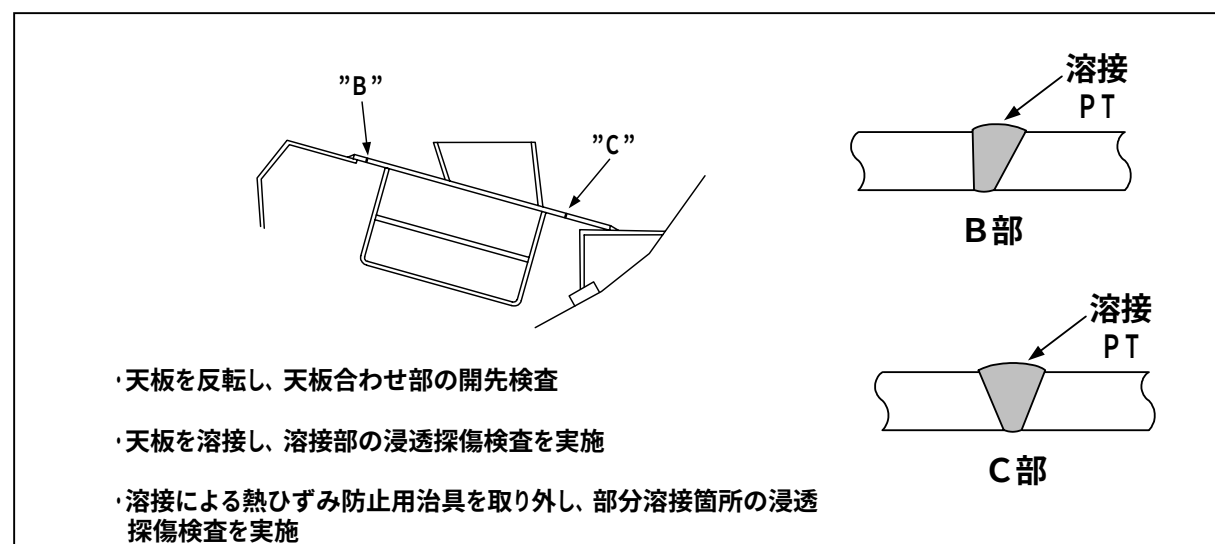
② 天板反転、蒸気整流板の残り部分の除去



③ 蒸気整流板取付け

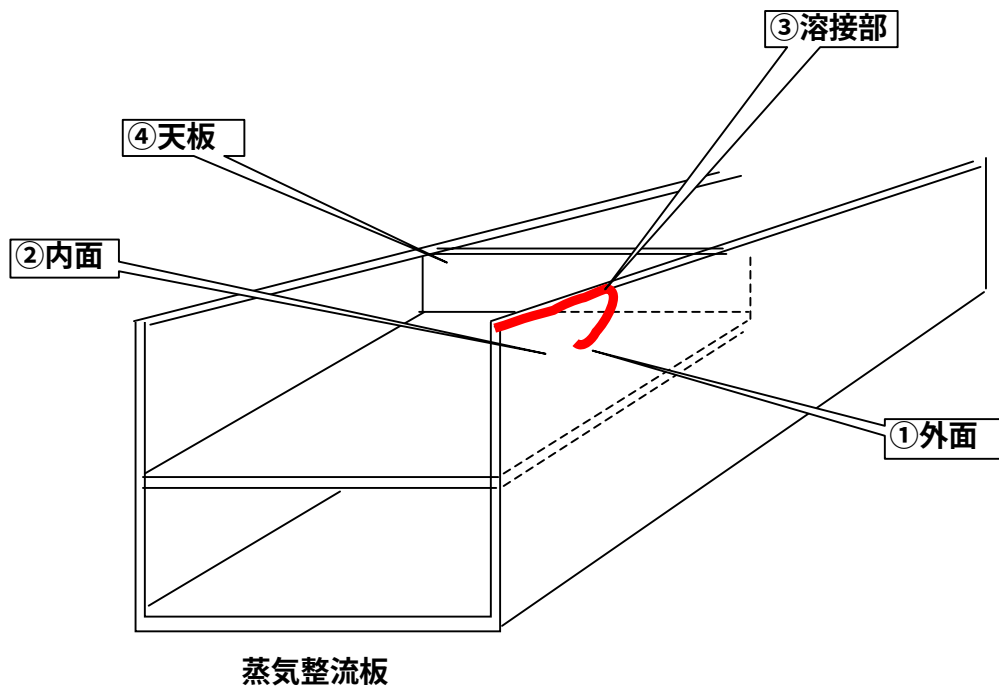


④ 天板反転、天板の復旧



付着塩分量調査結果

○測定箇所

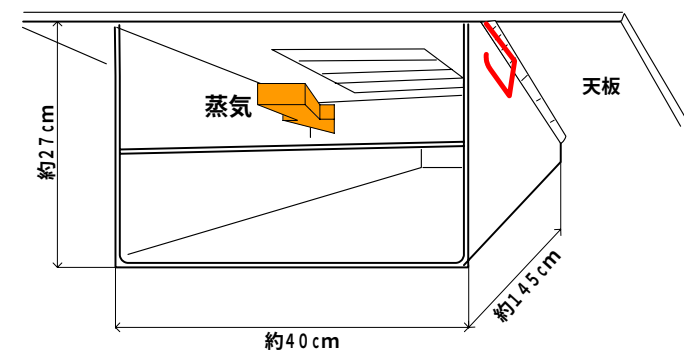


○測定結果

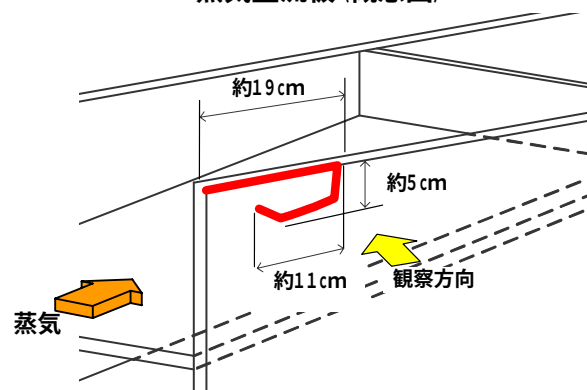
採取番号	試料採取箇所	付着塩分量 (mg as Cl/m ²)	判定値 (mg as Cl/m ²)
①	蒸気整流板外面	< 1	100
②	蒸気整流板内面	< 1	
③	蒸気整流板取付溶接部	< 1	
④	天板上面	< 1	

蒸気整流板の付着塩分量を測定した結果、判定値を満足しており問題ないことを確認した。

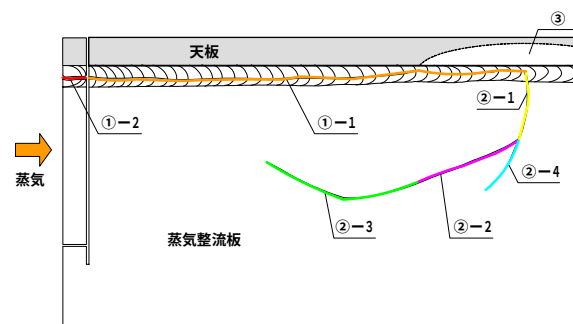
金属調査結果 (外観観察)



蒸気整流板 (概念図)

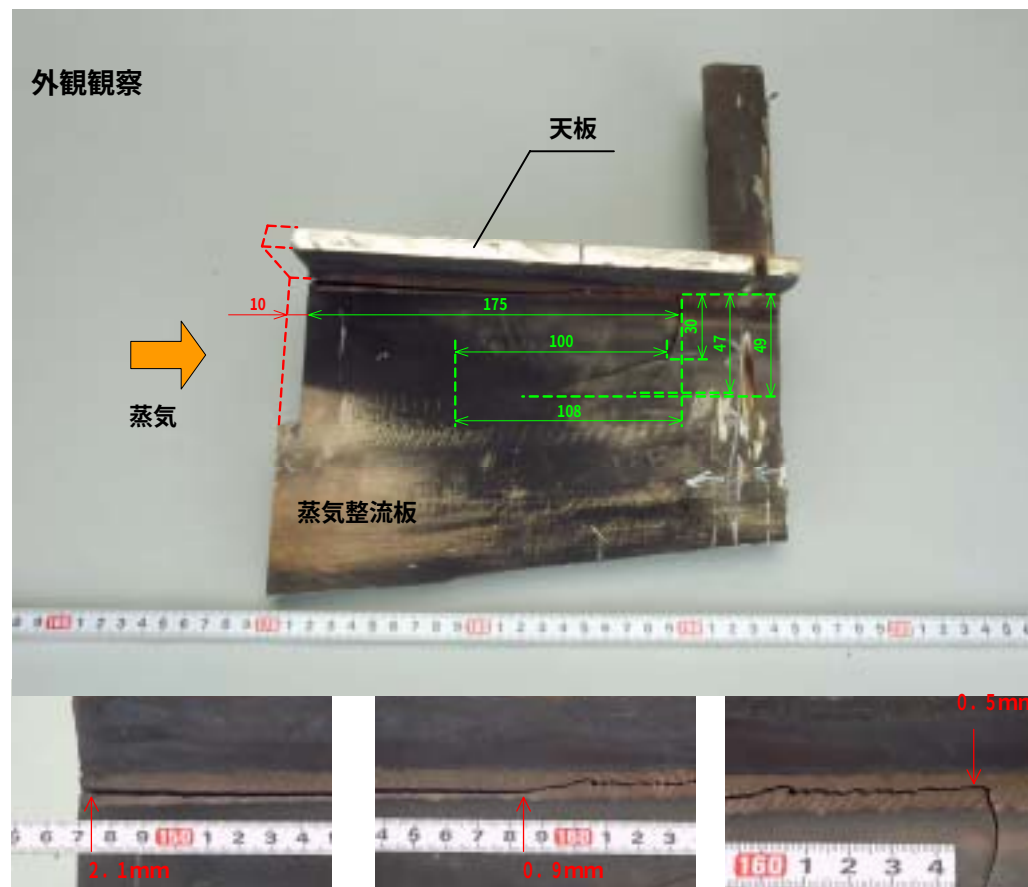


割れ箇所 (概念図)



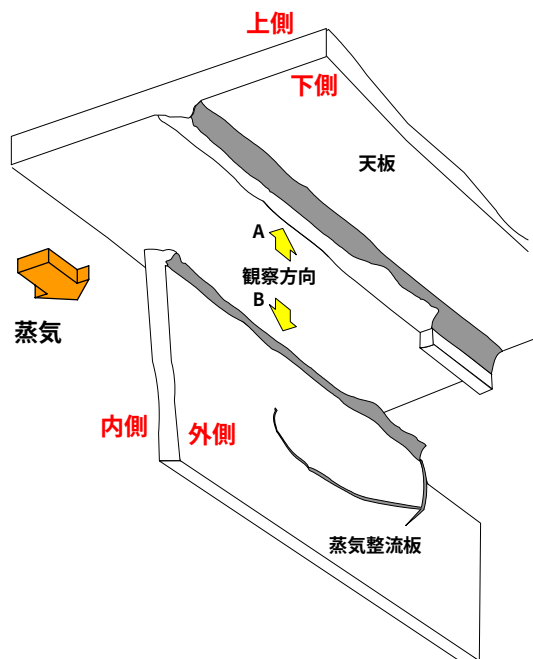
割れ番号図

外観観察

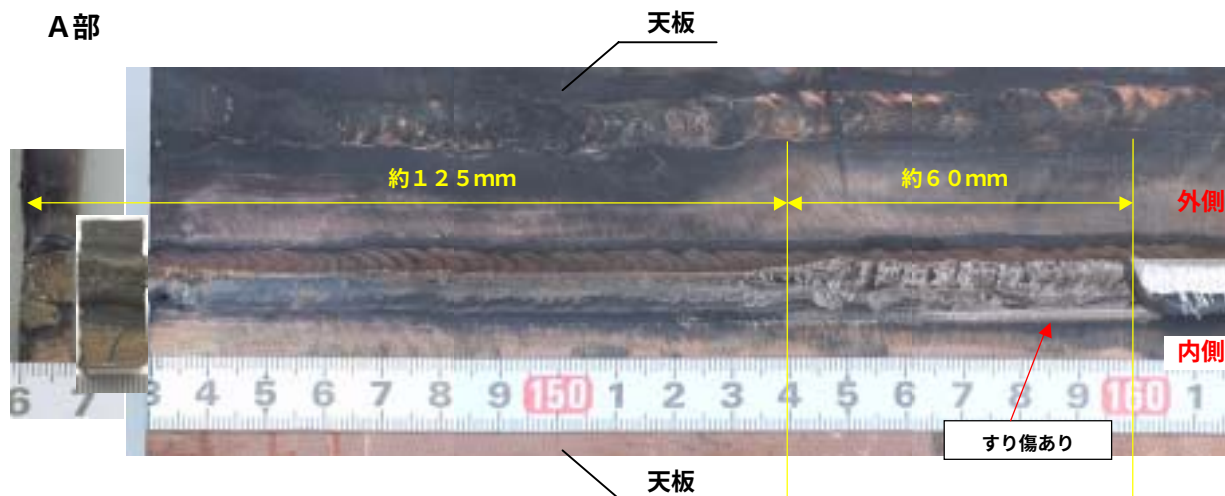


- ・割れは溶接部および蒸気整流板本体の母材部に生じていた。
- ・溶接部では蒸気入口部の端部から約19 cm連続した溶接部に沿った割れが認められた。
- ・蒸気整流板本体では鉛直方向に約5 cmの割れ及び水平方向に約11 cmの割れが認められた。
- ・蒸気入口部近傍の割れ開口幅は約2.1 mm、中間部の割れ開口幅は約0.9 mm、最終端部近傍の割れ開口幅は約0.5 mm、蒸気入口部近傍の開口幅が大きかった。

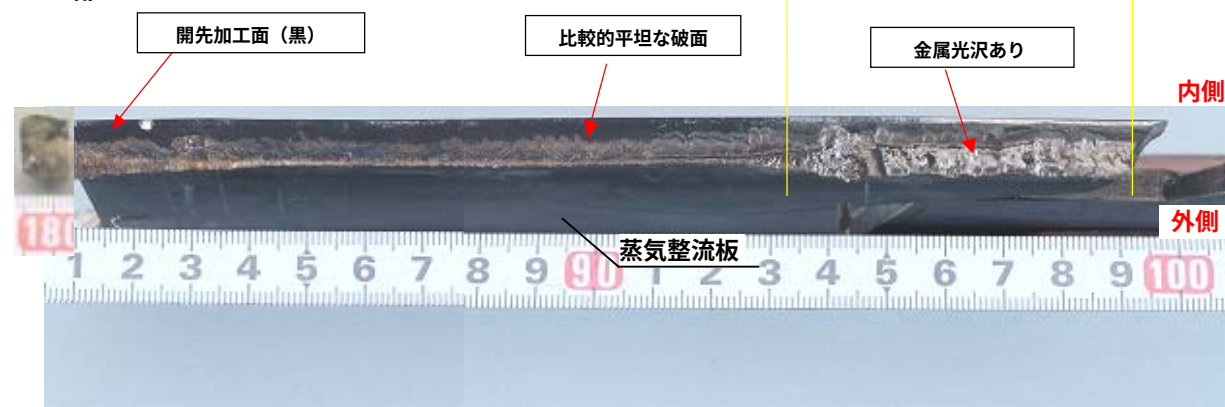
金属調査結果 (破面観察)



A部

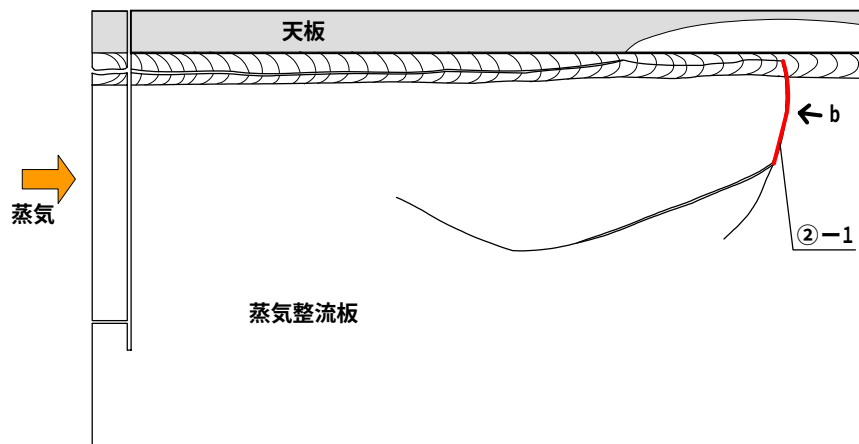
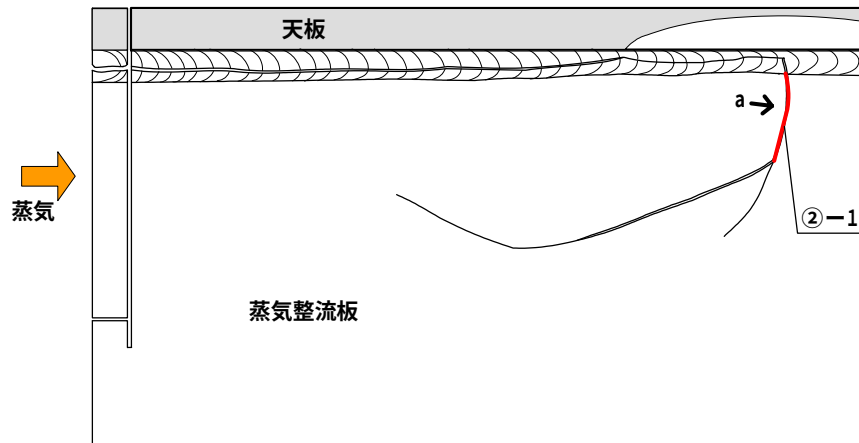


B部



- ・割れは貫通していた。
- ・溶接部の破面は、蒸気入口部の端部から約125mmまでの範囲において、比較的平坦であることが認められた。
- ・溶接部の破面は、蒸気入口部の端部から約125mm以降の範囲においては、すり傷や金属光沢が認められた。

金属調査結果 (②－1破面観察)



a

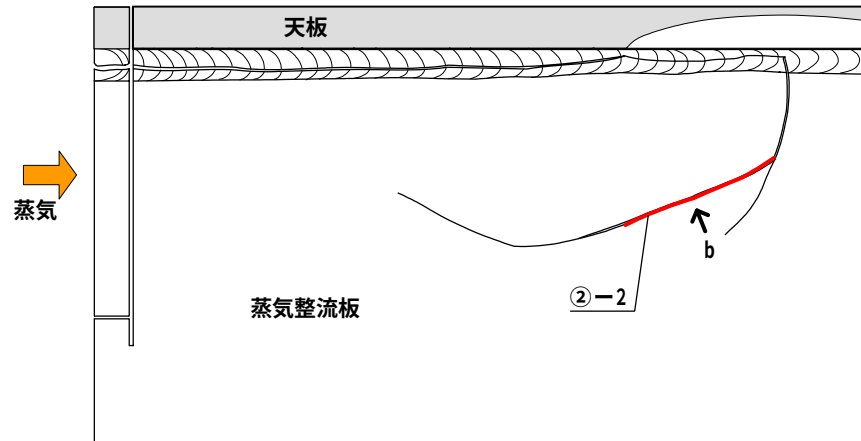
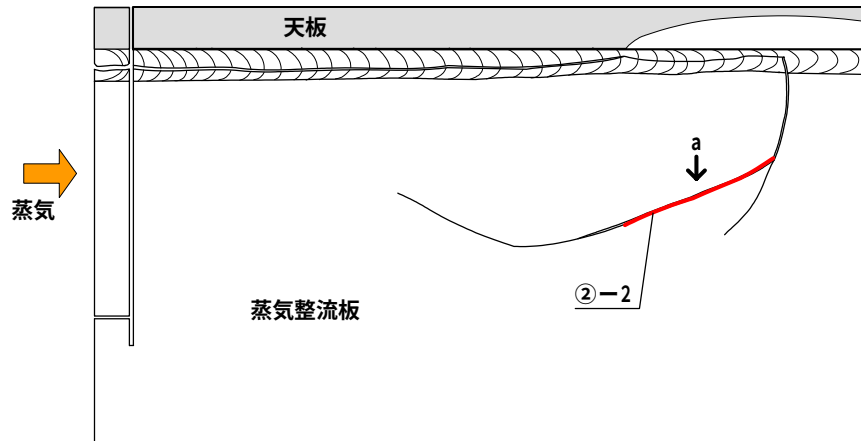


b



- ・割れは貫通していた。
- ・破面は、ほぼ平坦であり、き裂前縁の形状は半だ円状であることが認められた。

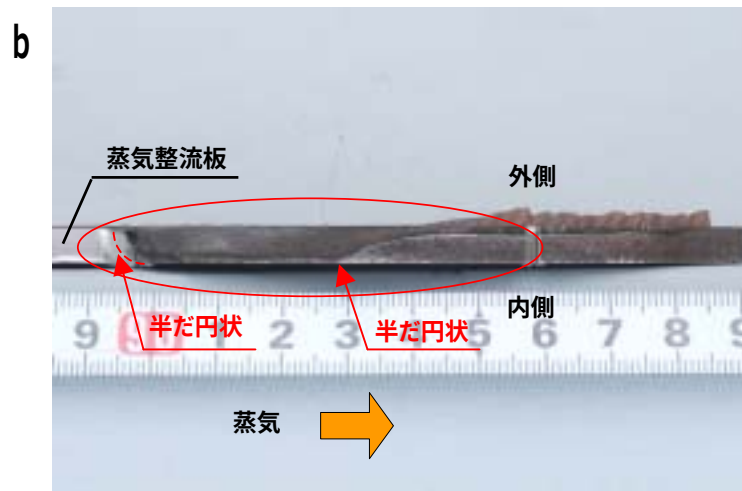
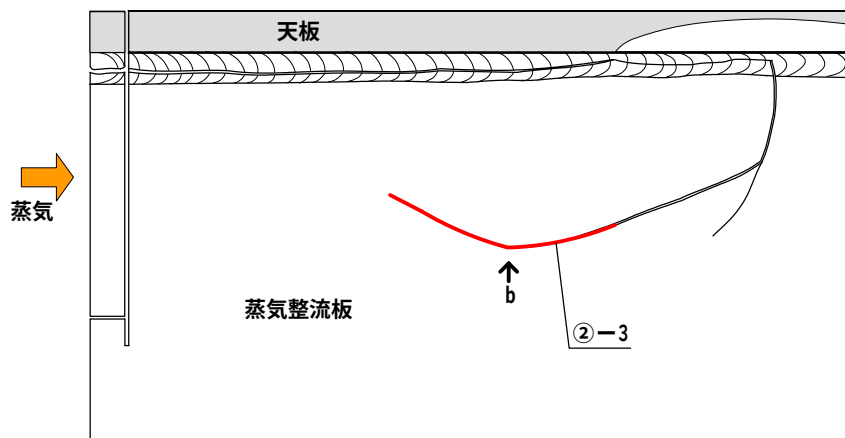
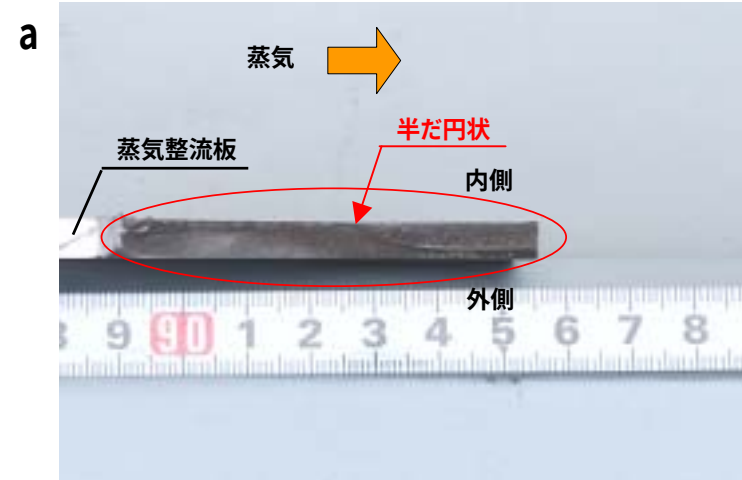
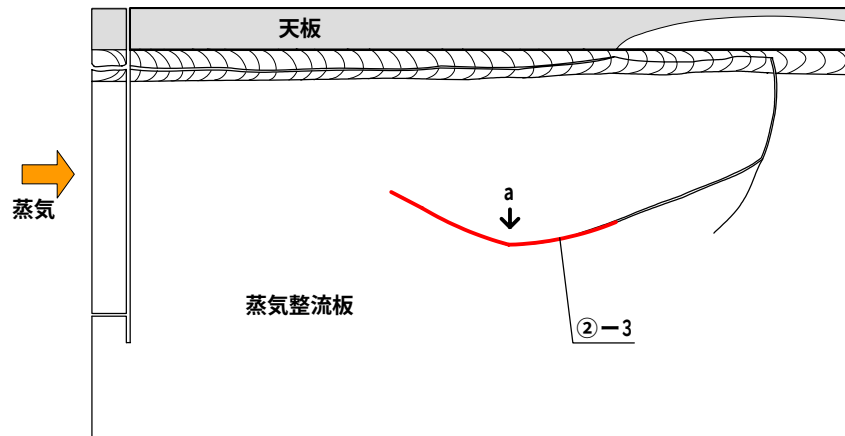
金属調査結果 (②－2破面観察)



- ・割れは貫通していた。
- ・破面は、ほぼ平坦であることが認められた。

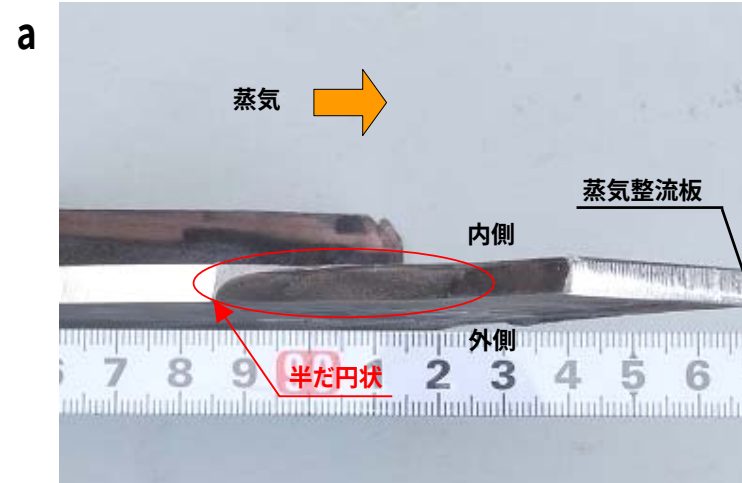
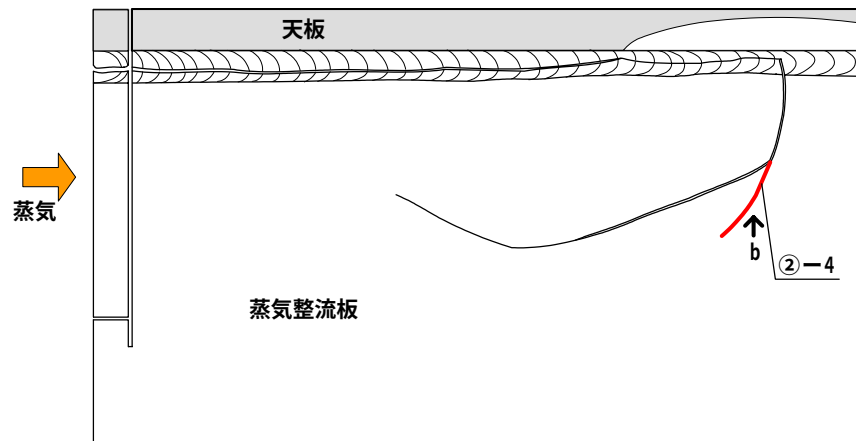
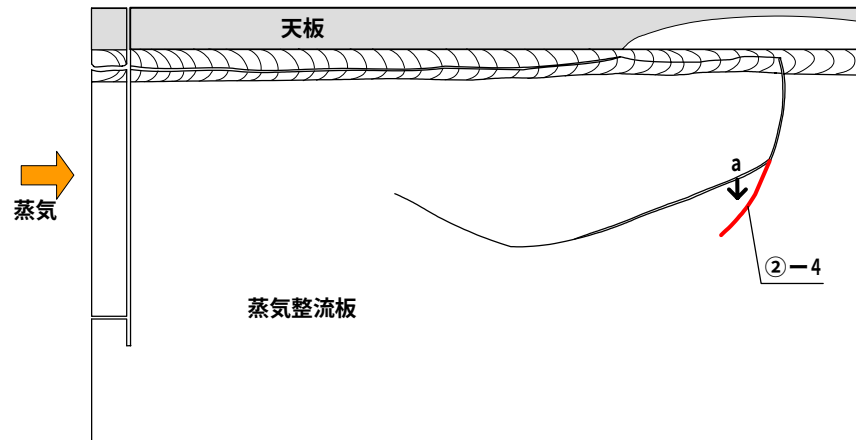


金属調査結果 (②－3破面観察)



- ・割れは貫通していた。
- ・破面は、ほぼ平坦であり、き裂前縁の形状は半だ円状であることが認められた。

金属調査結果 (②－4破面観察)



- ・割れは貫通していた。
- ・破面は、ほぼ平坦であり、き裂前縁の形状は半だ円状であることが認められた。