

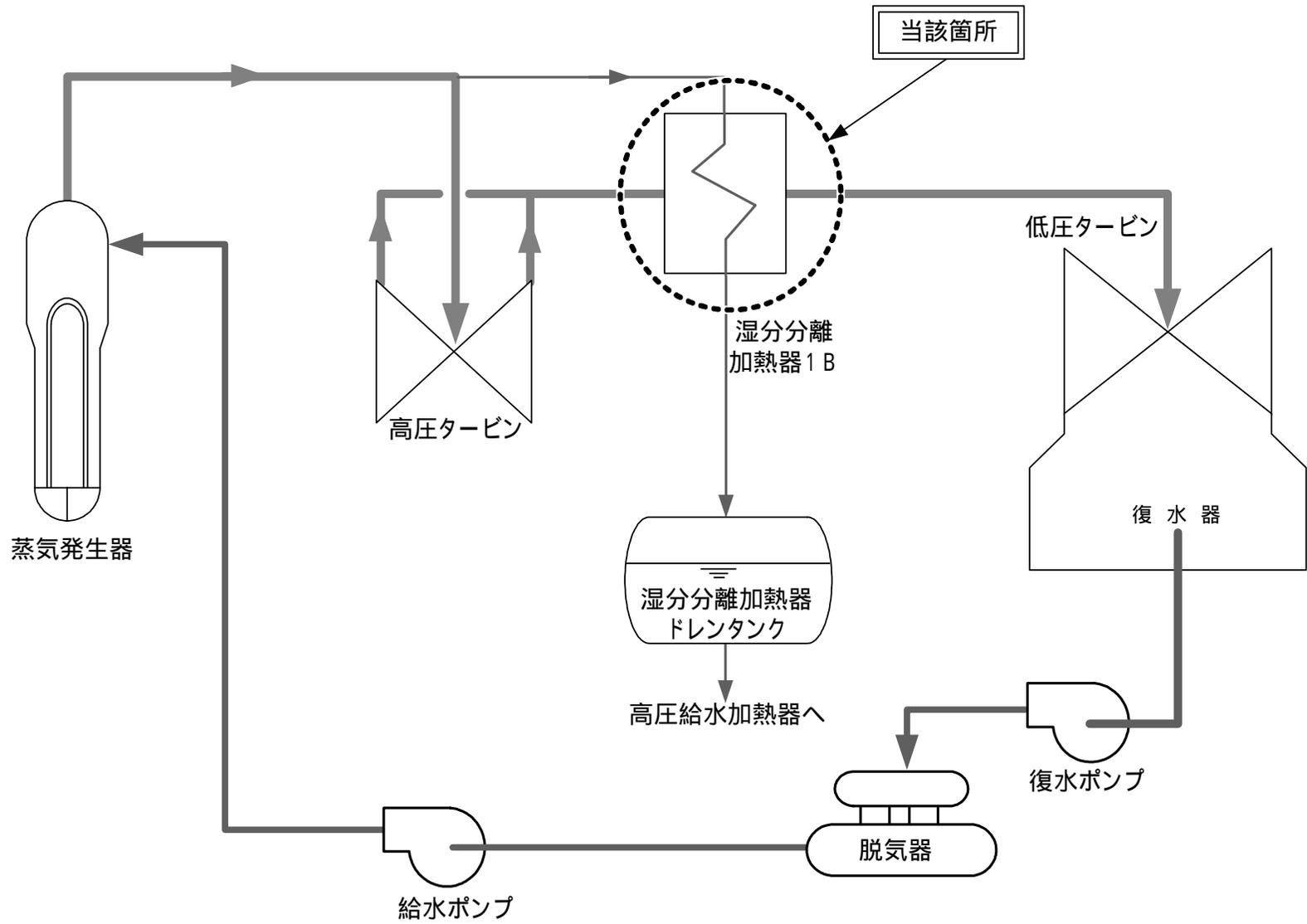
【添 付 資 料】

- 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 外部点検調査結果
- 4 . 湿分分離加熱器 1 B 内部点検調査結果
- 5 . 湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板割れ状況調査結果
- 6 . 湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板溶接部の割れに係る要因分析図
- 7 . 製作履歴調査結果
- 8 . 金属調査結果（外観観察）
- 9 . 金属調査結果（破面観察）
- 10 . 金属調査結果（断面ミクロ観察）
- 11 . 金属調査結果（のど厚測定）
- 12 . 金属調査結果（破面SEM観察）
- 13 . 金属調査結果（EDX分析）
- 14 . 金属調査結果（硬度測定）
- 15 . 付着塩分量測定結果
- 16 . 疲労による割れの発生に関する評価
- 17 . 事象発生の推定メカニズム
- 18 . その他の同じ箇所の調査結果
- 19 . 湿分分離加熱器の溶接部の健全性調査結果
- 20 . 蒸気整流板復旧概要
- 21 . 伊方2号機 音響監視装置構成計画図
- 22 . 蒸気整流板が破損した場合の影響について

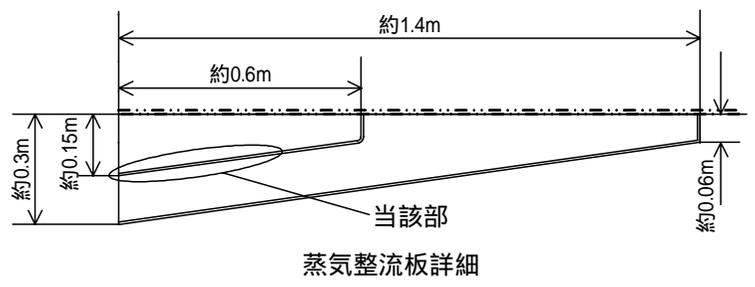
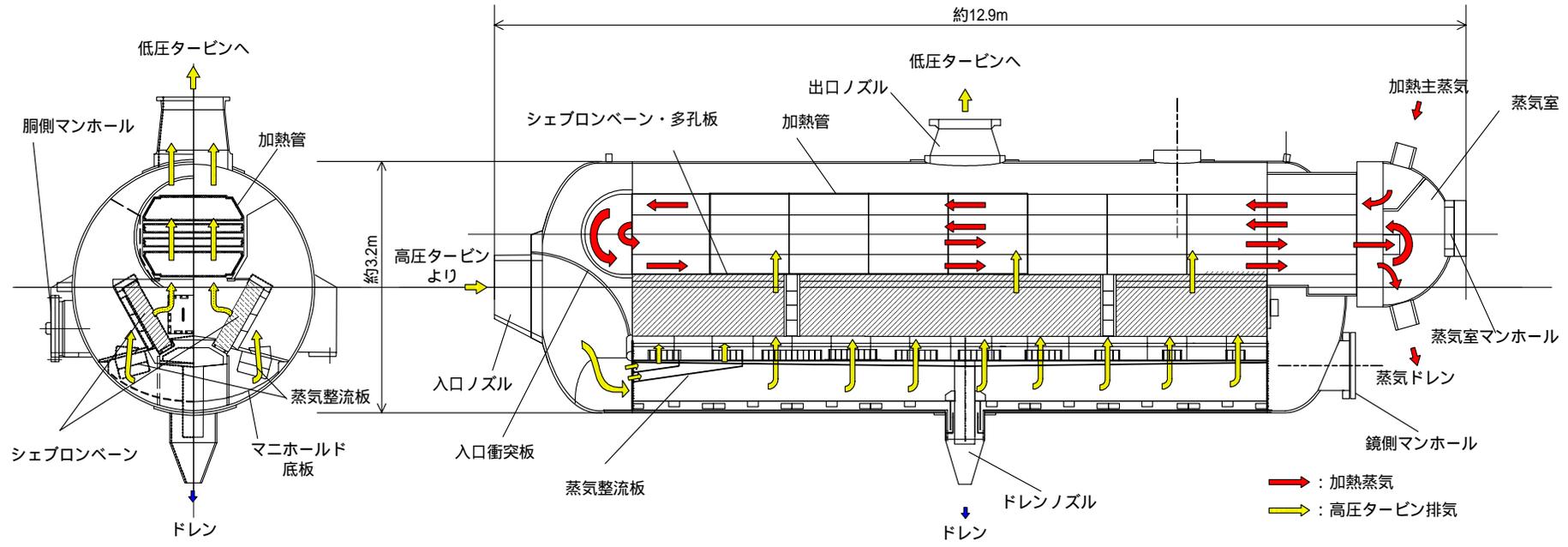
【参 考 資 料】

用語説明

湿分分離加熱器 1 B 廻り概略系統図



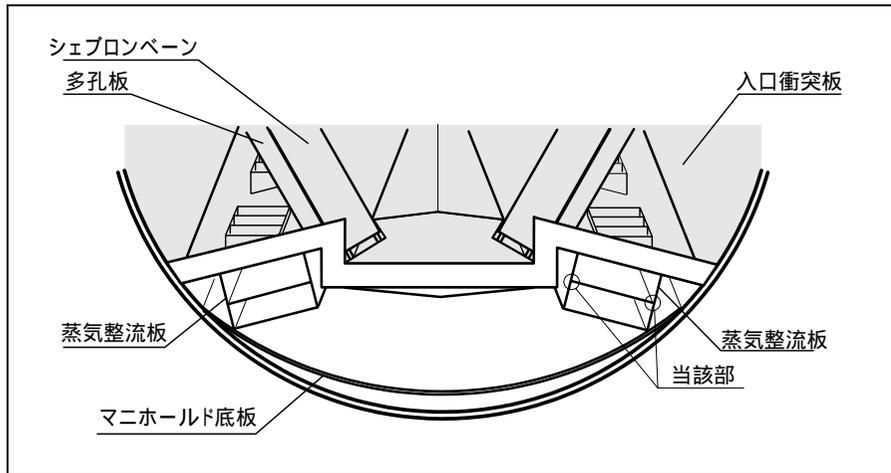
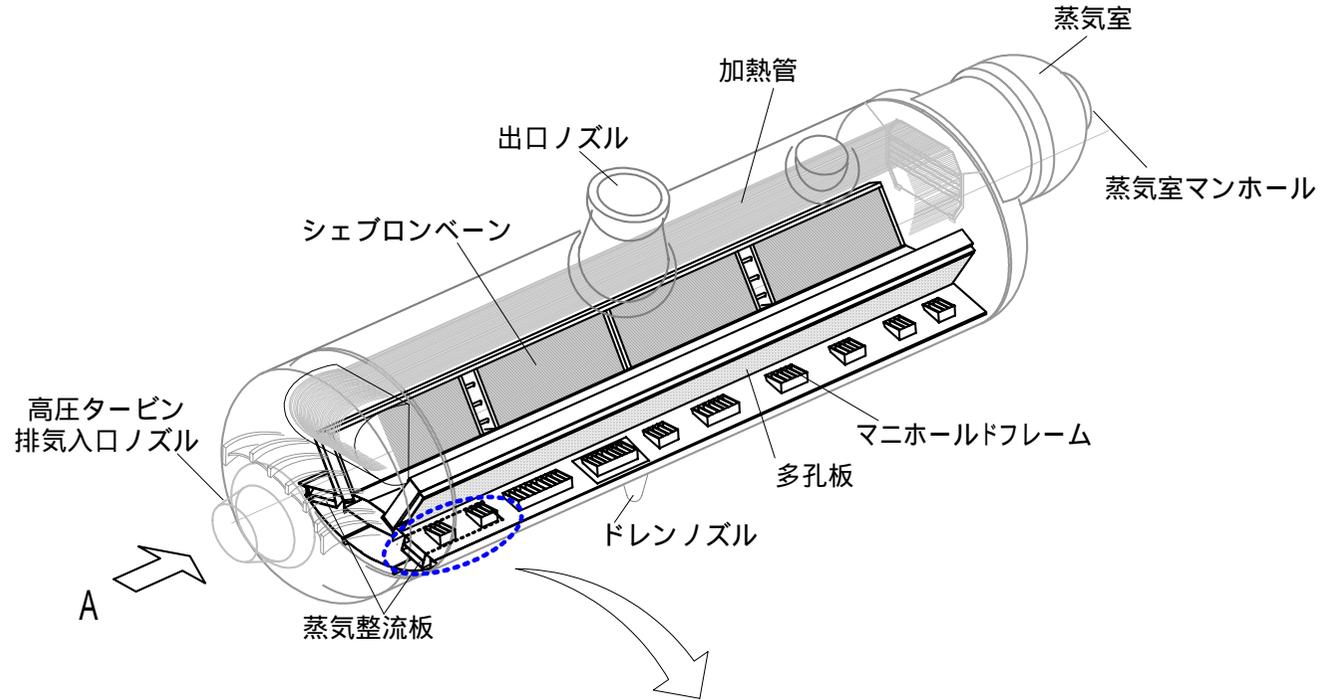
湿分分離加熱器1B構造図(1/2)



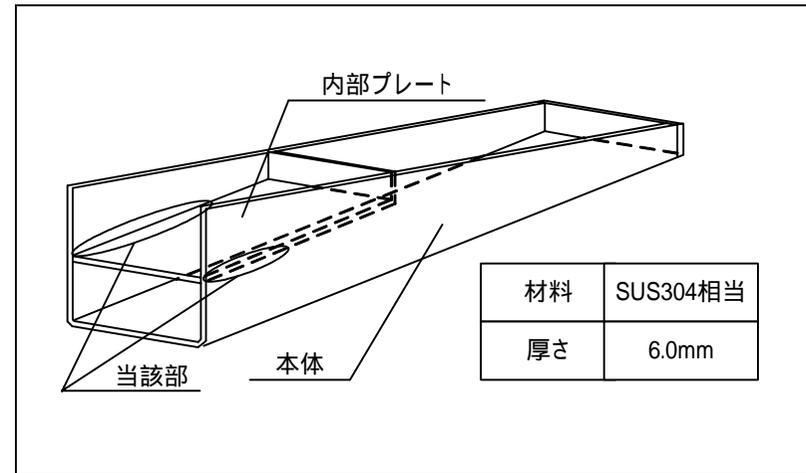
湿分分離加熱器 仕様

| 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構造図(2 / 2)



高圧タービン排気入口部(Aより)



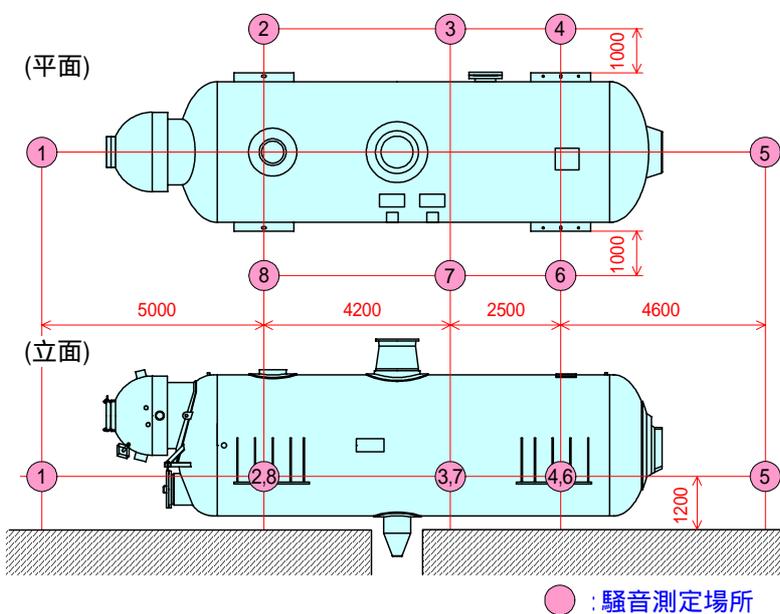
蒸気整流板構造図

湿水分離加熱器 1 B 外部点検調査結果

外観点検結果



異常音調査結果



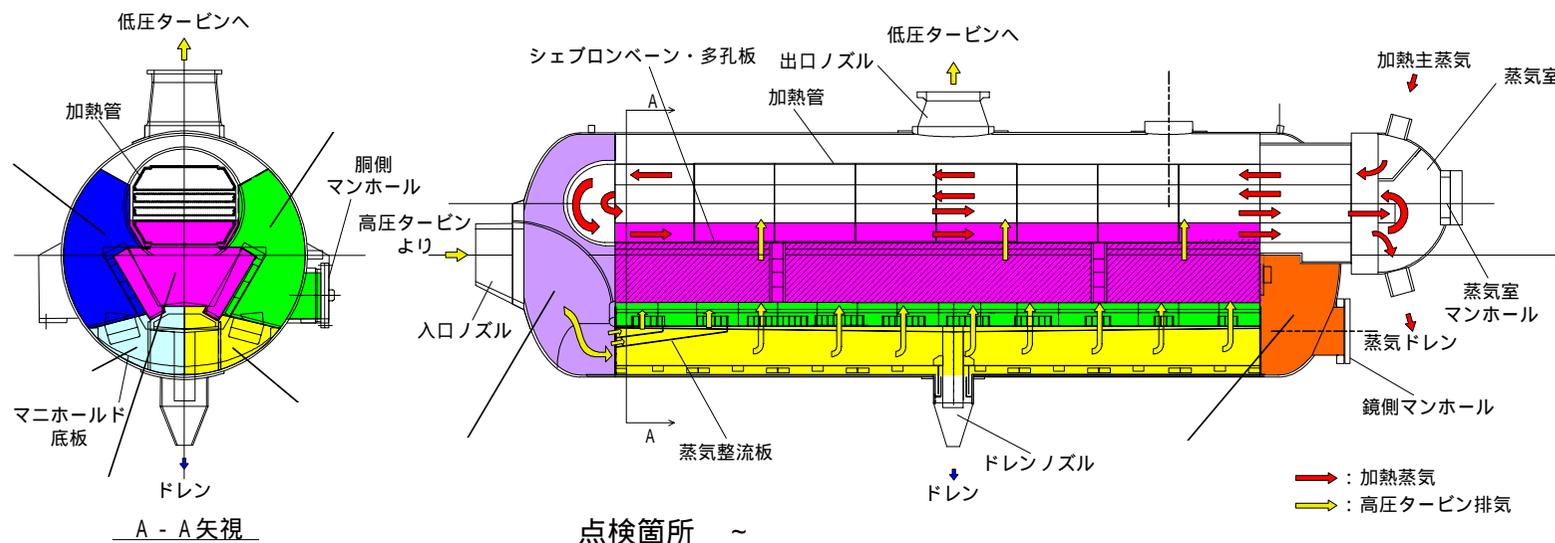
測定結果 (単位: dB)

| 測定箇所 | 湿水分離加熱器 | |
|------|---------|------|
| | 1 B | 1 D |
| | 85.7 | 84.9 |
| | 88.6 | 85.7 |
| | 92.6 | 86.4 |
| | 90.4 | 86.8 |
| | 87.4 | 86.6 |
| | 88.5 | 85.7 |
| | 90.5 | 86.3 |
| | 87.4 | 86.6 |

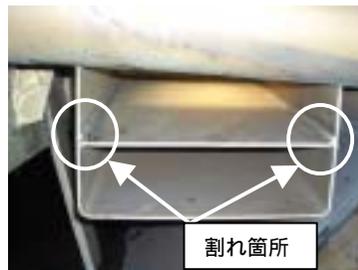
(1 Bの は、他と比べて若干音が大きく聞こえた)

- ・外観点検の結果、保温材の外れ、蒸気漏えい等の異常はなく、問題ないことを確認した。
- ・湿水分離加熱器 1 B および湿水分離加熱器 1 D 付近の騒音測定の結果、1 B のマンホール付近に「カタカタ」という他の箇所より若干高いレベルの連続の異常音を確認した。

湿分分離加熱器 1 B 内部点検調査結果



マンホール付近点検状況
(点検箇所 も同様)



右側蒸気整流板付近点検状況



シェvronペーンおよびジャッキ
ボルト点検状況



左側蒸気整流板付近点検状況



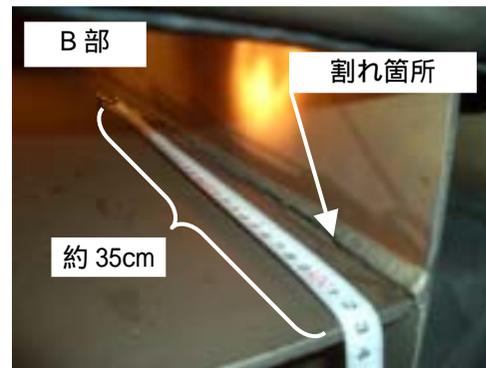
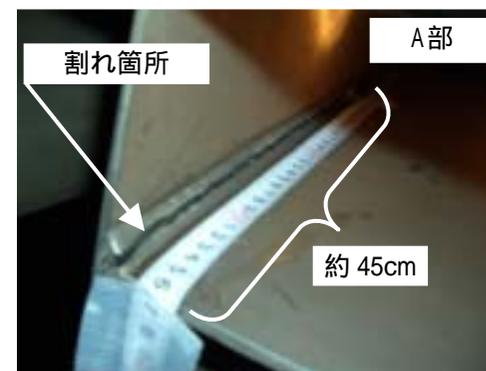
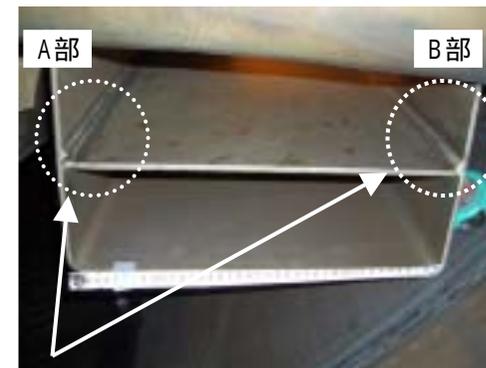
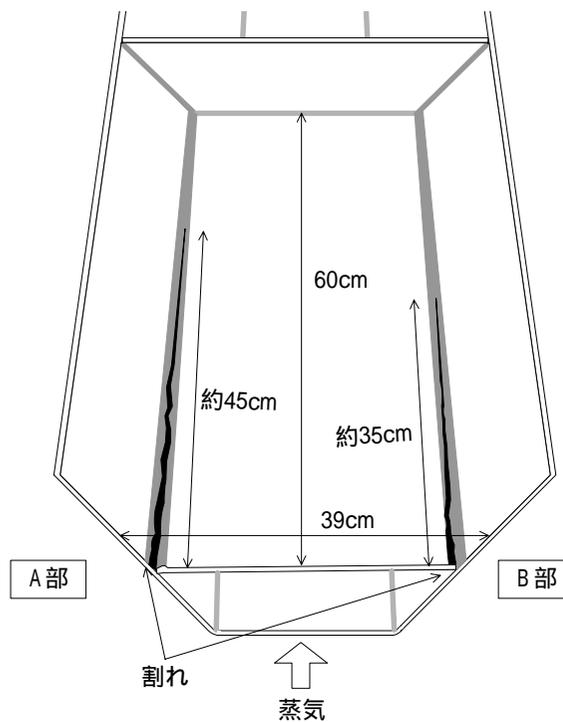
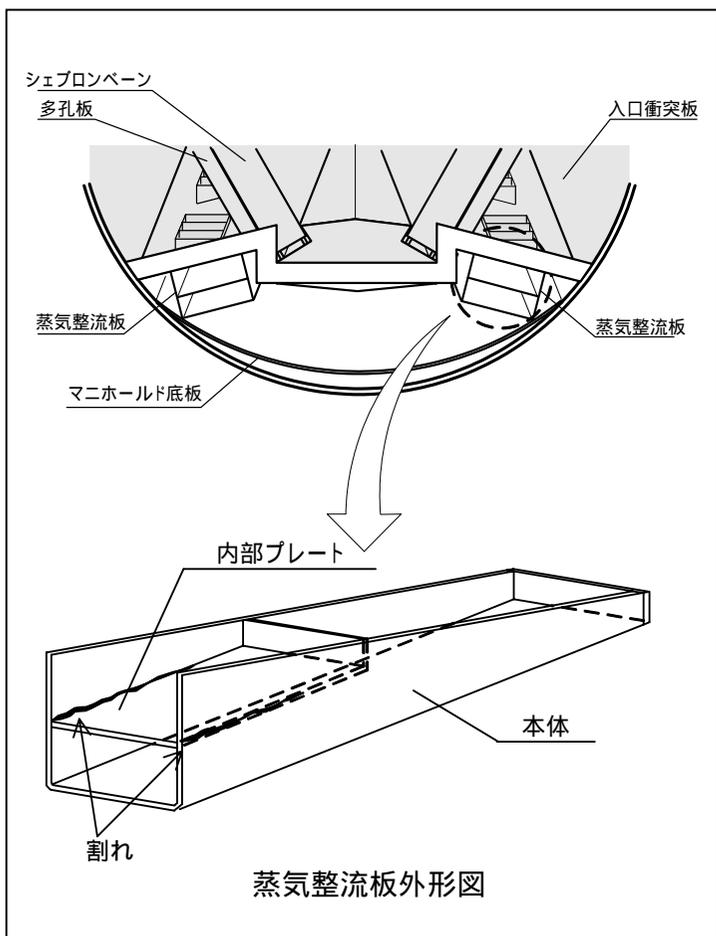
入口衝突板付近点検状況



内部マンホール付近点検状況

内部点検調査の結果、入口ノズル部近傍における右側蒸気整流板の溶接部において、割れが確認された。その他に異常音の原因となるような部品脱落、割れの発生等の異常は認められなかった。

湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板 割れ状況調査結果



蒸気整流板のうち、入口ノズルから見て右側の蒸気整流板について、本体と内部プレートとの溶接部に長さ約45cm(A部)および約35cm(B部)の割れを確認した。

湿分分離加熱器 1 B 蒸気整流板溶接部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 溶接部の割れ | 強度不足 | 延性割れ | 過大応力 | 設計資料等の調査 | ・蒸気整流板の設計において、実績のある標準設計が採用されていることを確認した。 | × | - |
| | | | 過大応力 | 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・施工に問題はなく、寸法・構造は設計仕様どおりであることを確認した。 | × | 7 |
| | | | 過大応力 | 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。 | × | - |
| | | | 過大応力 | 金属調査 | ・外観観察の結果、蒸気整流板本体と内部プレートとの溶接部に長さ約49cmおよび約37cmの割れを確認した。 ・金属調査（破面観察、断面マイクロ観察、SEM、硬度測定、EDX）の結果 割れは枝分かれのない粒内割れであること 材料欠陥、腐食割れは認められないこと 溶接部内部に溶け込み不良部があること 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を確認した。 | × | 8, 9, 10 11, 12, 13 14 |
| | 疲労割れ | 材料不良 | 材料不良 | 材料仕様の調査 | ・材料証明書により、蒸気整流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。 | × | 7 |
| | | | 温度・圧力過渡 | 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。 | × | - |
| | | | 温度・圧力過渡 | 金属調査 | ・外観観察の結果、蒸気整流板本体と内部プレートとの溶接部に長さ約49cmおよび約37cmの割れを確認した。 ・金属調査（破面観察、断面マイクロ観察、SEM、硬度測定、EDX）の結果 割れは枝分かれのない粒内割れであること 材料欠陥、腐食割れは認められないこと 溶接部内部に溶け込み不良部があること 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を確認した。 | | 8, 9, 10 11, 12, 13 14 |
| | | | 温度・圧力過渡 | 振動 | 疲労評価 | ・蒸気の流れにより生じる変動応力を算出し、疲労評価を実施した結果、溶接部に発生すると推定される変動応力は、疲労限を上回り疲労損傷が発生する可能性があることを確認した。 | |
| | 溶接不良 | 溶接欠陥 | 施工不良 | 溶接施工調査 | ・溶接施工記録により、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。 ただし、開先加工の状況は確認できなかった。 ・当該溶接部に製作会社が実施した溶接施工要領等の承認状況の確認にとどまっている。 | | 7 |
| | | | | 施工不良 | 金属調査 | ・外観観察の結果、蒸気整流板本体と内部プレートとの溶接部に長さ約49cmおよび約37cmの割れを確認した。 ・金属調査（破面観察、断面マイクロ観察、SEM、硬度測定、EDX）の結果 割れは枝分かれのない粒内割れであること 材料欠陥、腐食割れは認められないこと 溶接部内部に溶け込み不良部があること 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を確認した。 | |
| 材料不良 | | | 材料不良 | 材料仕様の調査 | ・材料証明書により、蒸気整流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。 | × | 7 |

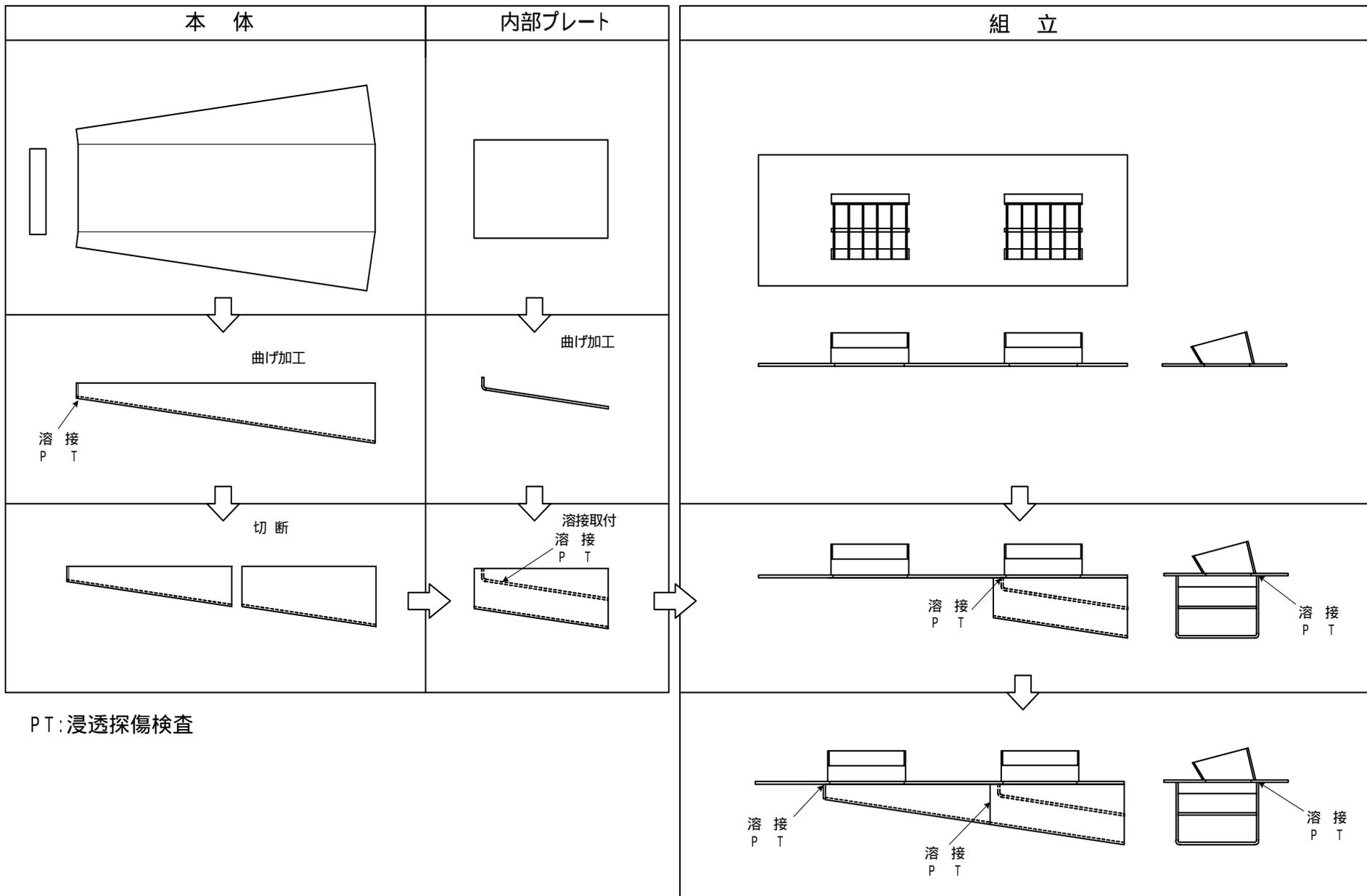
[備考]

:可能性あり。

x :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 |
|----|--------|----------------|---------------------------------------|---|----|------------------------------|
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・外観観察の結果、蒸気整流板本体と内部プレートとの溶接部に長さ約4.9 cmおよび約3.7 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 割れは枝分かれない粒内割れであること 材料欠陥、腐食割れは認められないこと 溶接部内部に溶け込み不良部があること 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を確認した。 | x | 8, 9, 10 11, 12, 13 14 |
| | | | 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。 | x | 15 | |
| | その他腐食 | 全面腐食 局部腐食 | 金属調査 | <ul style="list-style-type: none"> ・外観観察の結果、蒸気整流板本体と内部プレートとの溶接部に長さ約4.9 cmおよび約3.7 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 割れは枝分かれない粒内割れであること 材料欠陥、腐食割れは認められないこと 溶接部内部に溶け込み不良部があること 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を確認した。 | x | 8, 9, 10 11, 12, 13 14 |

製作履歴調査結果(製作フロー)



製作履歴調査結果(材料・寸法調査)

材料調査

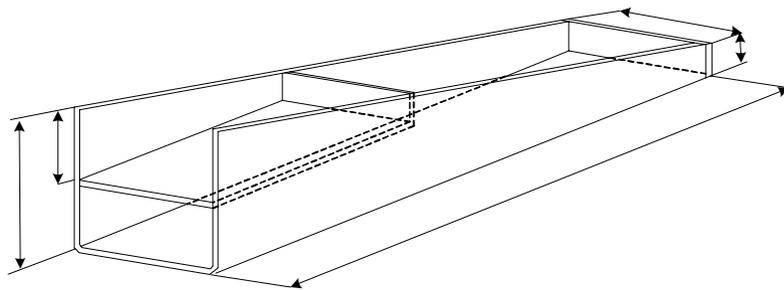
・蒸気整流板本体

| 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 (SA-240-TYPE304L) | MAX 0.030 | MAX 0.75 | MAX 2.00 | MAX 0.045 | MAX 0.030 | 18.0 ~ 20.0 | 8.0 ~ 12.0 | MIN 485 | MIN 40 | MAX HB201 |
| 材料証明書記載値 | 0.021 | 0.38 | 1.77 | 0.038 | 0.001 | 18.3 | 8.2 | 605 | 54 | 165 |

・蒸気整流板内部プレート

| 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-TYPE304) | 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 HB201 |
| 材料証明書記載値 | 0.05 | 0.49 | 1.67 | 0.027 | 0.001 | 18.1 | 8.1 | 615 | 55 | 167 |

寸法調査

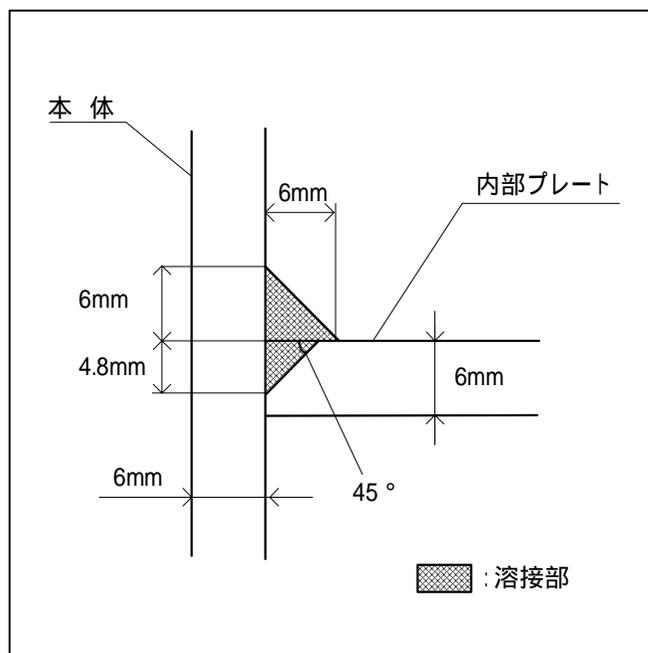


単位:mm

| 測定位置 | 設計寸法 | 許容値 | 測定値 | |
|------|-------|-----|-------|-------|
| | 394 | ± 3 | 393 | 394 |
| | 64 | ± 3 | 63 | 64 |
| | 1,448 | ± 5 | 1,450 | 1,449 |
| | 146 | ± 3 | 146 | 146 |
| | 273 | ± 3 | 273 | 273 |

- ・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)



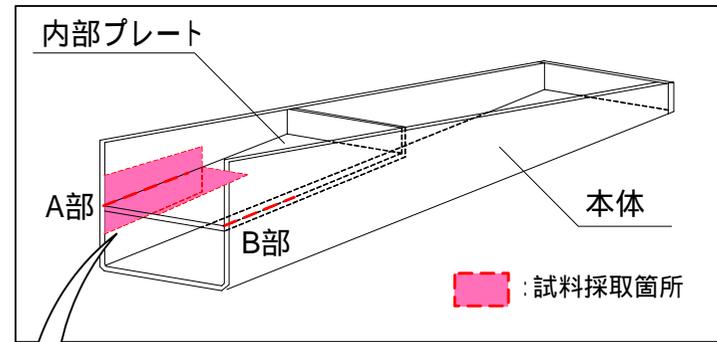
溶接部設計形状図(開先)

| 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 溶接施工記録等 | 問題なし |
| | 炭酸ガスアーク溶接 | | |
| 溶接材料 | ステンレス鋼 (308L) | 材料証明書 | 問題なし |
| 非破壊検査 | 浸透探傷検査 | 浸透探傷検査記録 | 問題なし |

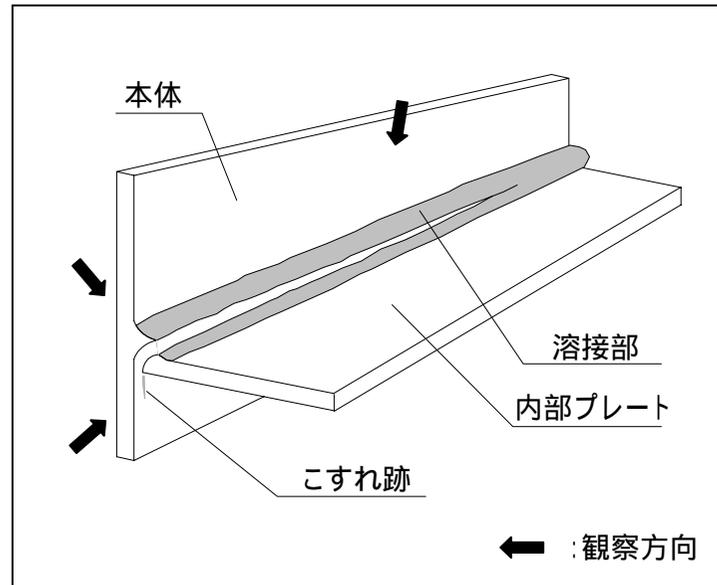
:開先加工後の施工記録なし

- ・溶接施工方法は、製作図面および溶接施工記録等により問題のないことを確認した。ただし、開先加工の状況は確認できなかった。
- ・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。
- ・溶接部は、浸透探傷検査を実施しており、問題のないことを確認した。

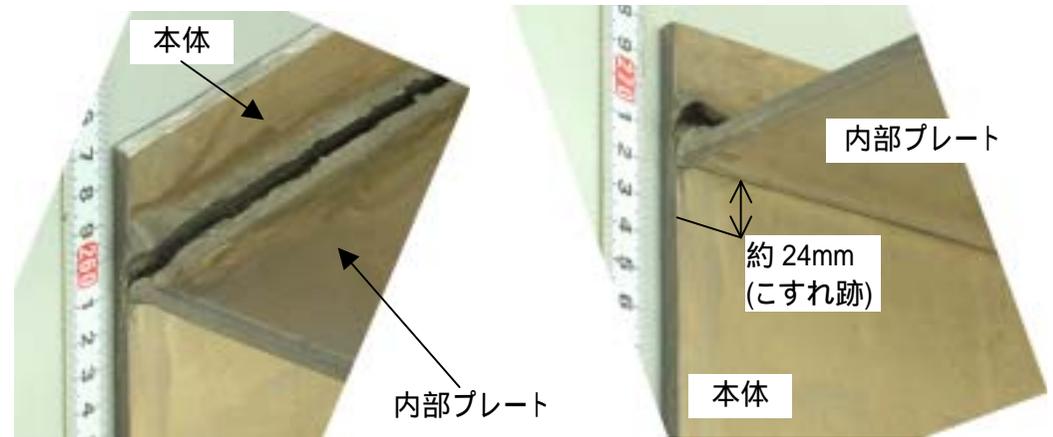
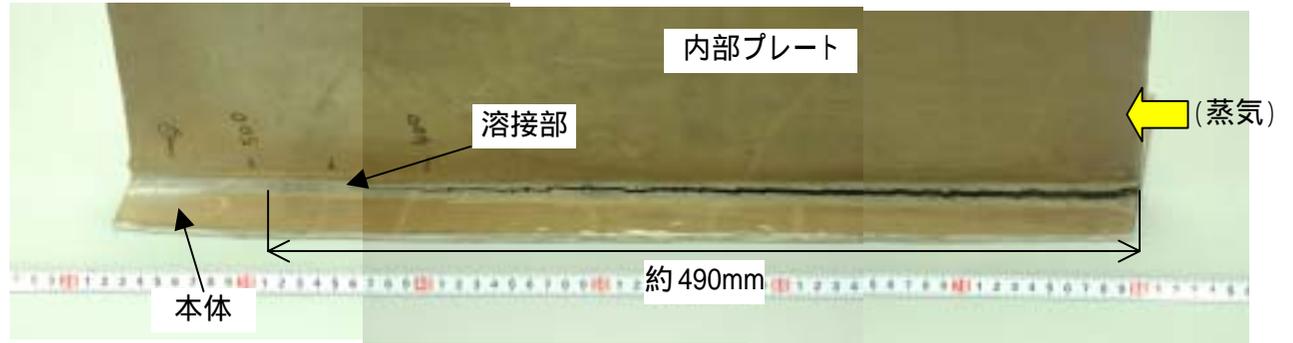
金属調査結果(外観観察(A部))



蒸気整流板外形図



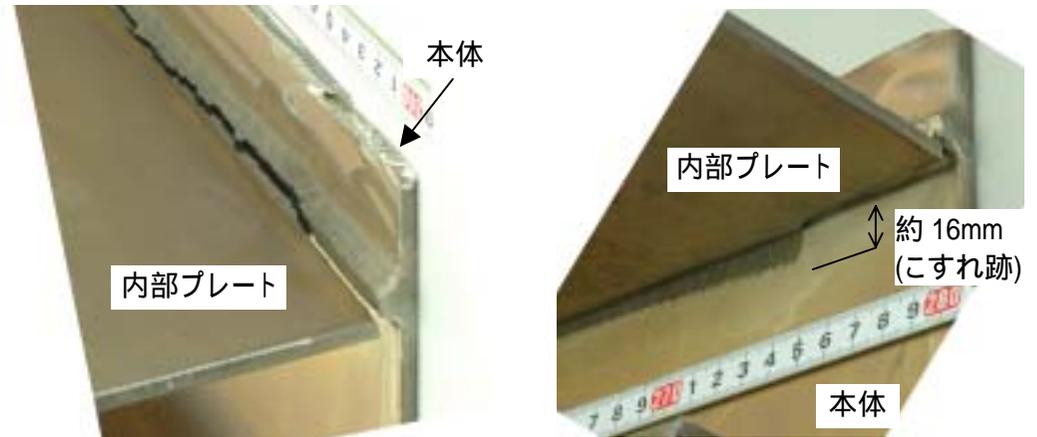
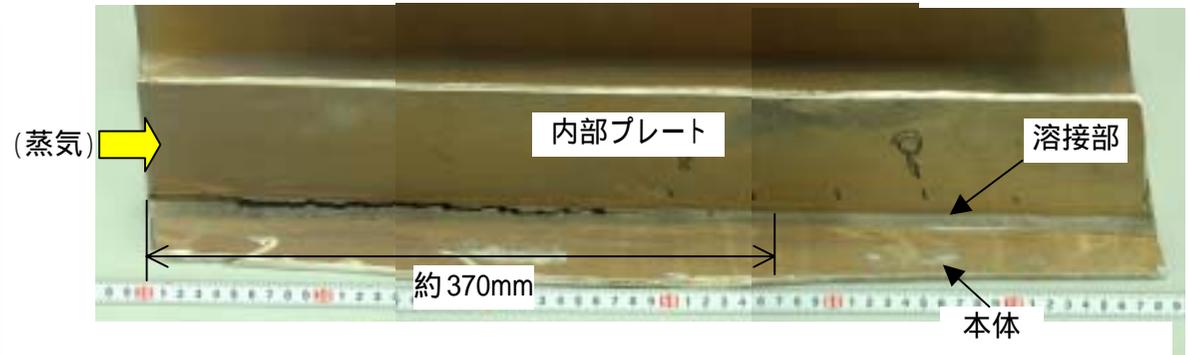
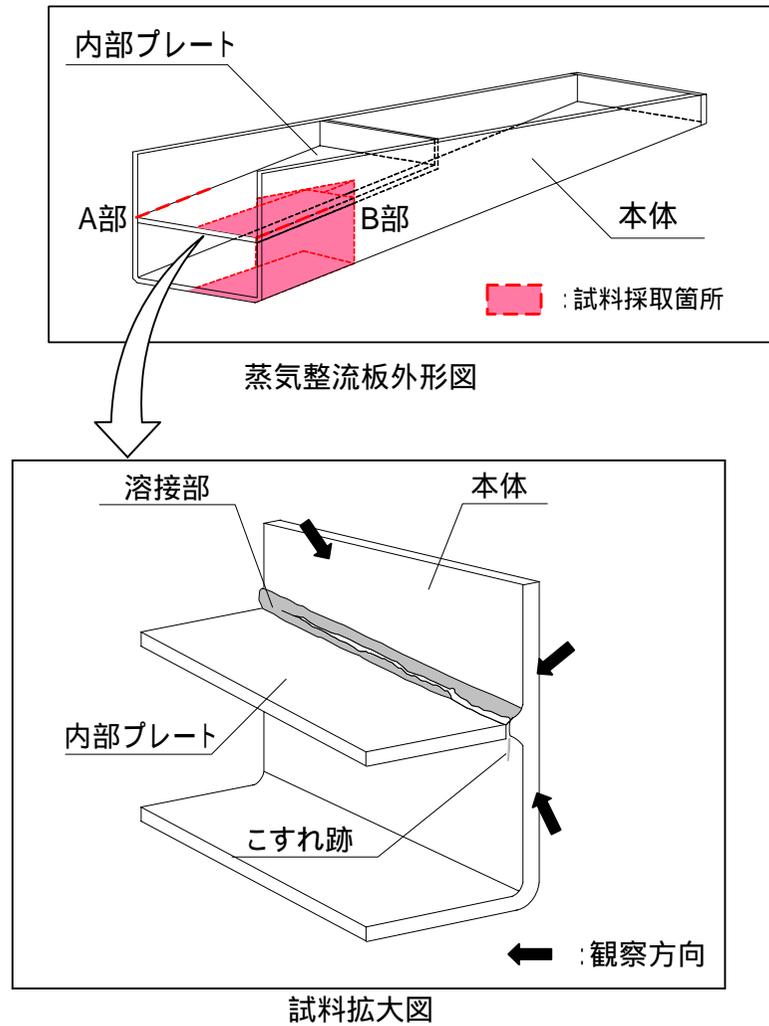
試料拡大図



【外観観察結果】

- ・割れは長さ約490mmであった。
- ・割れは本体と内部プレートの溶接部にあった。
- ・本体に内部プレートのこすれ跡(長さ約24mm)があった。

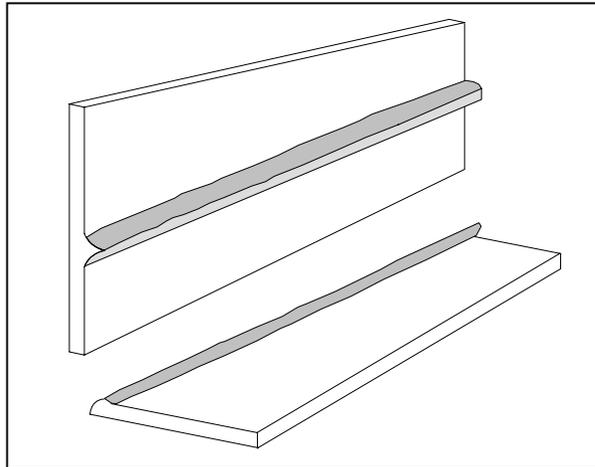
金属調査結果(外観観察(B部))



【外観観察結果】

- ・割れは長さ約370mmであった。
- ・割れは、内部プレートの母材部と溶接部の2箇所にあった。
- ・本体に内部プレートのこすれ跡(長さ約16mm)があった。

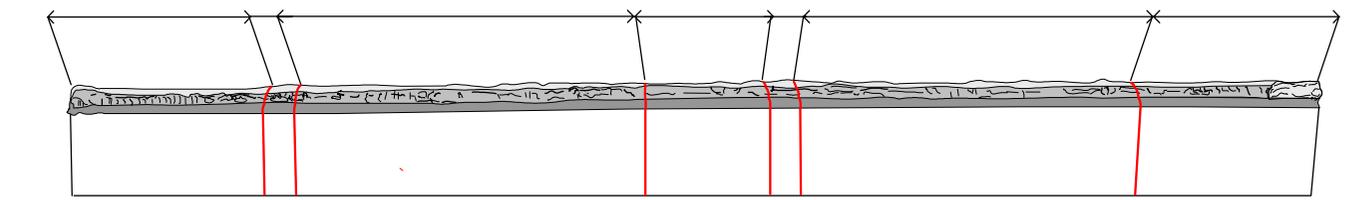
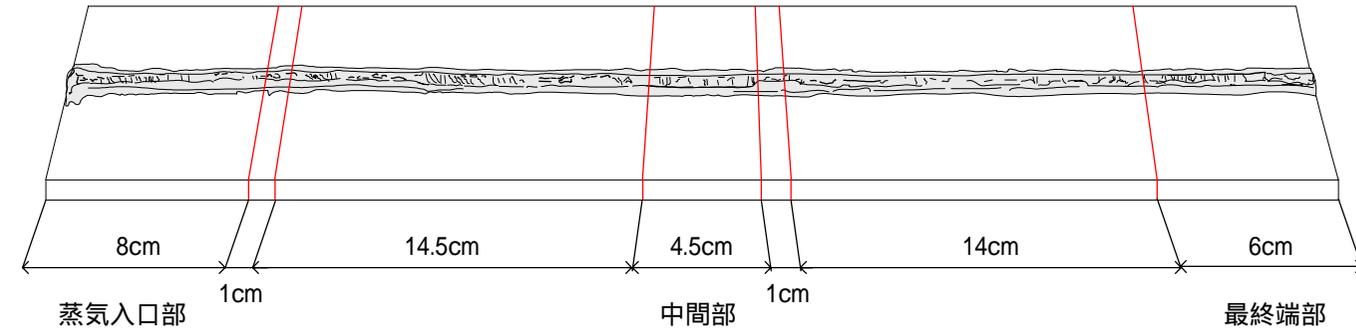
金属調査結果(破面観察(A部全体))



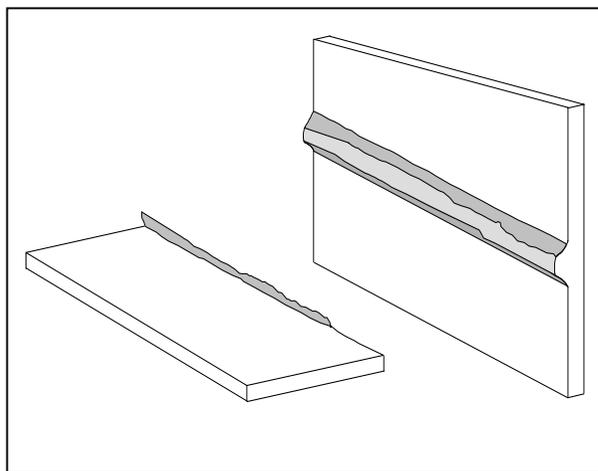
試料採取位置

【破面観察結果】

- ・割れは本体と内部プレートの溶接部を貫通する割れであった。
- ・破面全体に打撃および摺動により摩耗した金属光沢破面が認められた。



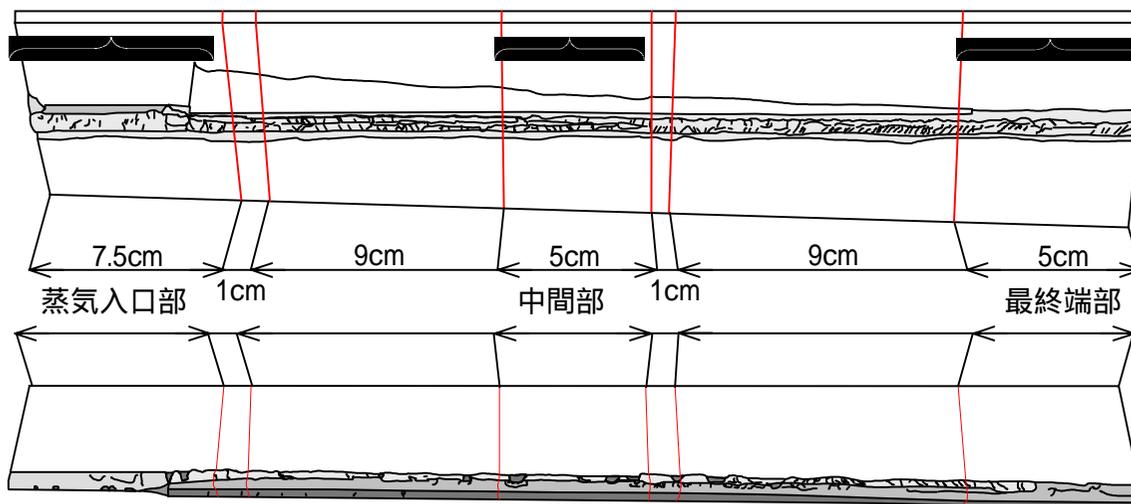
金属調査結果(破面観察(B部全体))



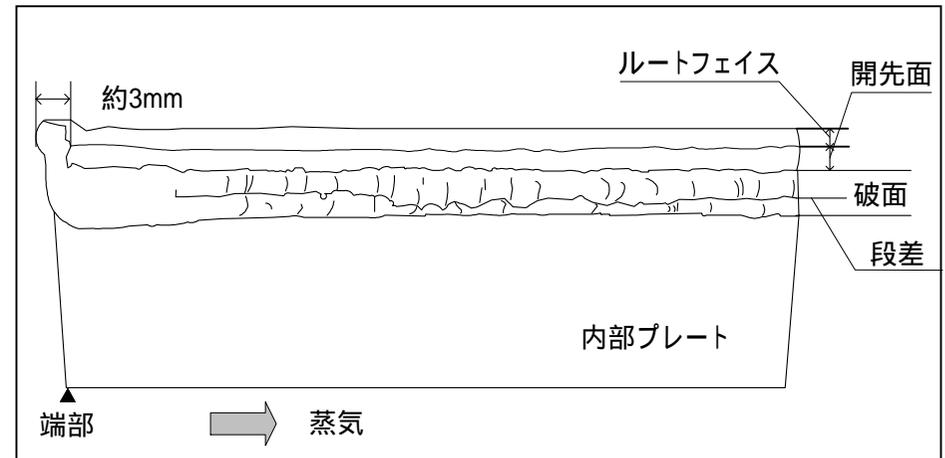
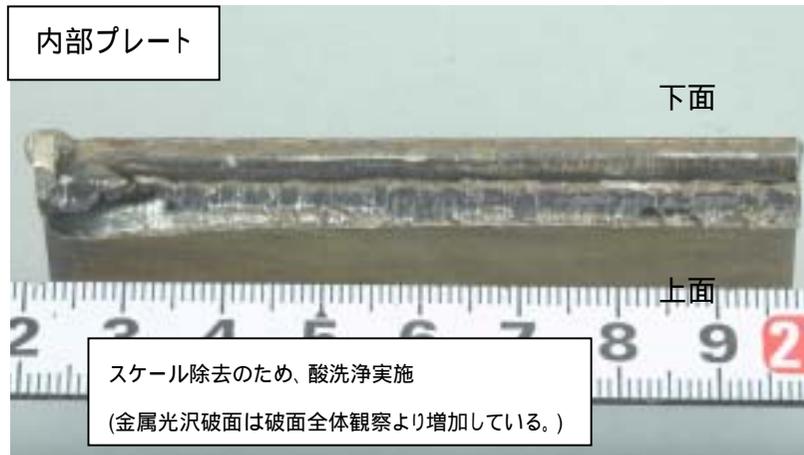
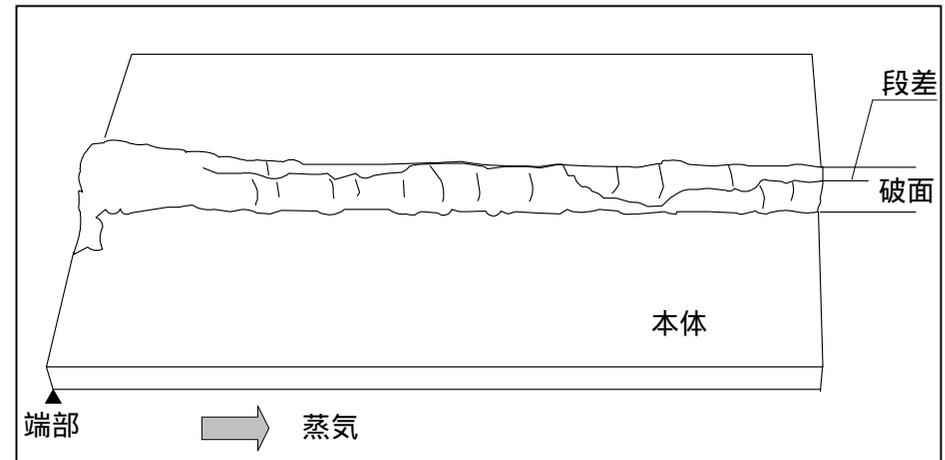
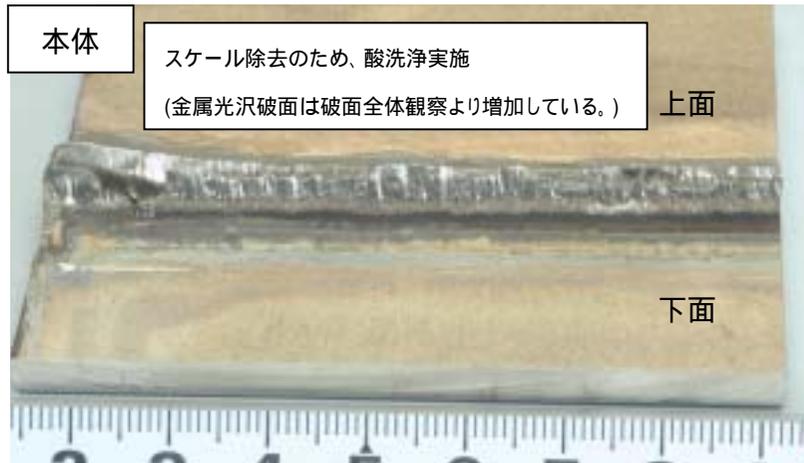
試料採取位置

【破面観察結果】

- ・破面全体に打撃および摺動による摩耗した金属光沢破面が認められた。
- ・蒸気入口部の端部から約50mmの範囲は、内部プレートの母材部に割れが生じており、残る部分は溶接部の割れであった。



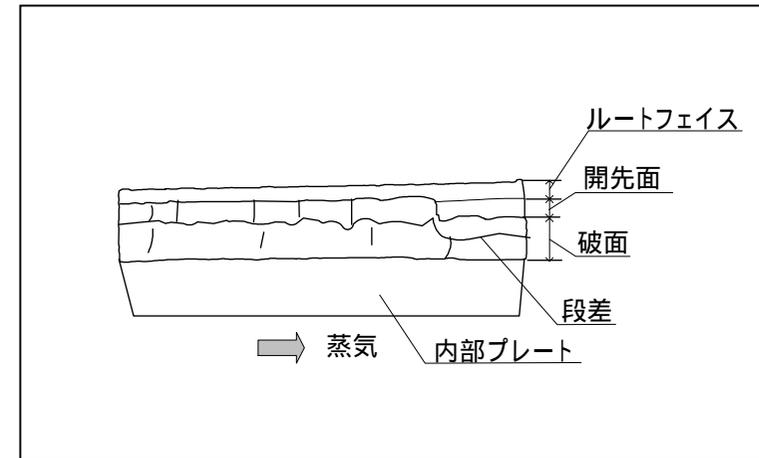
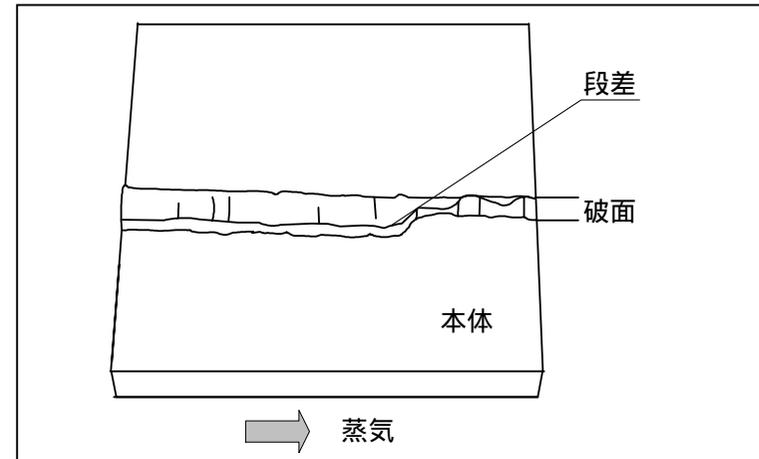
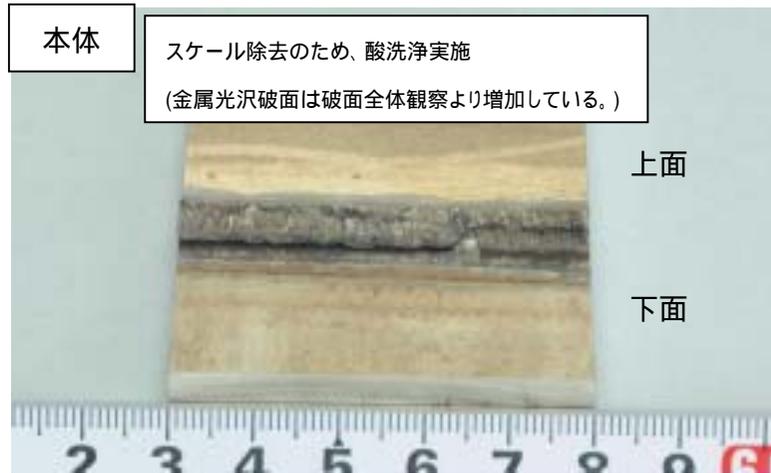
金属調査結果(破面観察(A部蒸気入口部))



【破面観察結果】

- ・内部プレート側には蒸気入口部の端部から約3mmの範囲を除き、ルートフェイスと開先面が連続しており、開先先端部に未溶着部分が生じていることが認められた。
- ・破面に、蒸気の流れ方向と平行に連続した段差が付いていることが認められた。

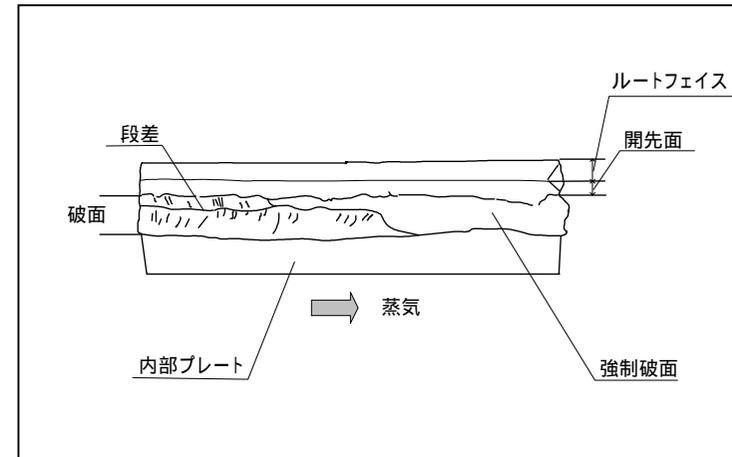
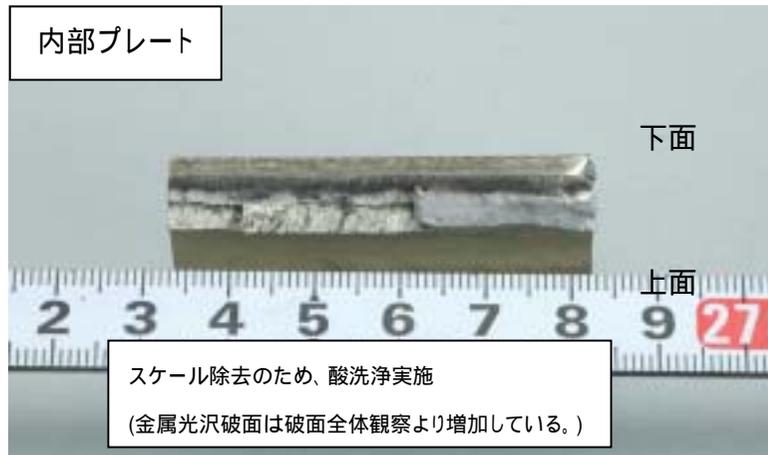
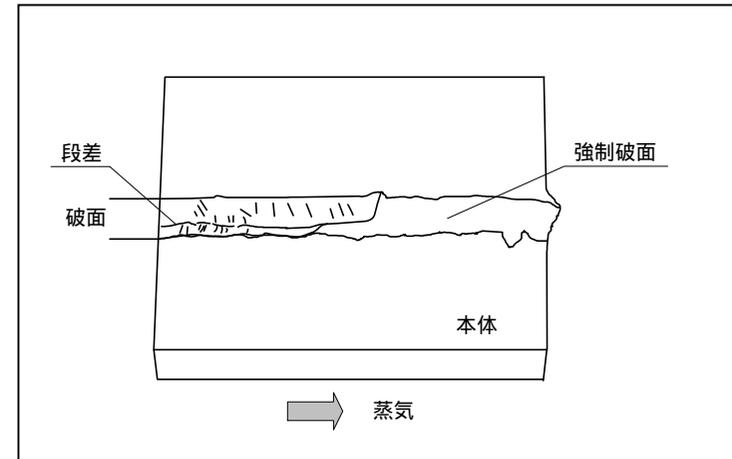
金属調査結果(破面観察(A部中間部))



【破面観察結果】

- ・内部プレート側には、ルートフェイスと開先面が連続しており、開先先端部に未溶着部分が生じていることが認められた。
- ・破面に、蒸気の流れ方向と平行に連続した段差が付いていることが認められた。

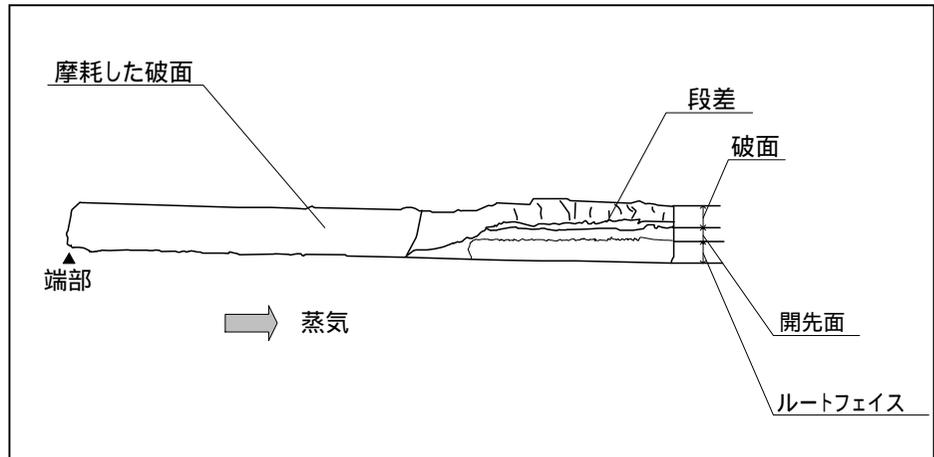
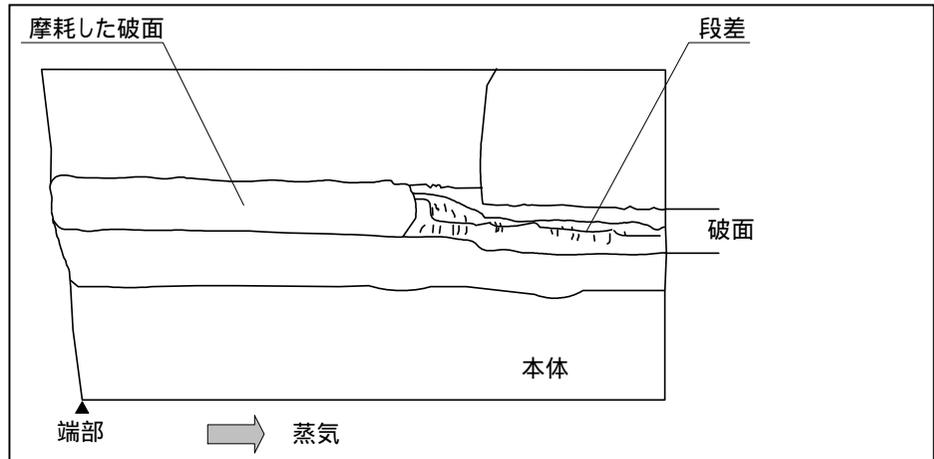
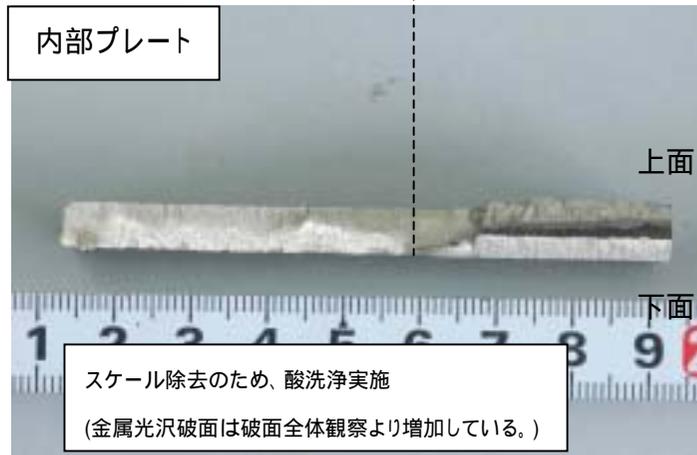
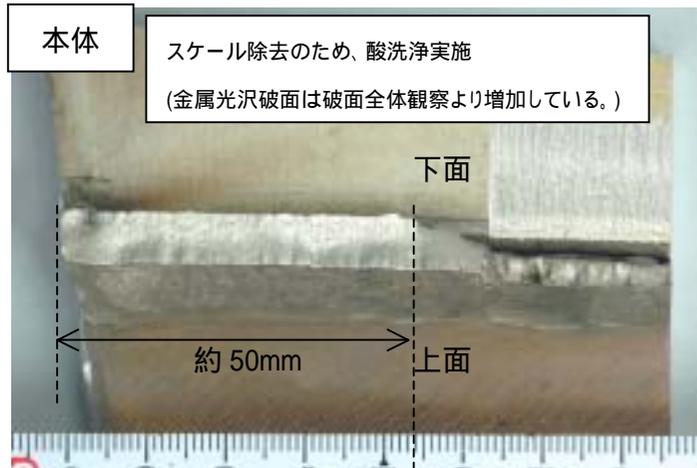
金属調査結果(破面観察(A部最終端部))



【破面観察結果】

- ・内部プレート側には、ルートフェイスと開先面が連続しており、開先先端部に未溶着部分が生じていることが認められた。
- ・破面に、蒸気の流れ方向と平行に連続した段差が付いていることが認められた。

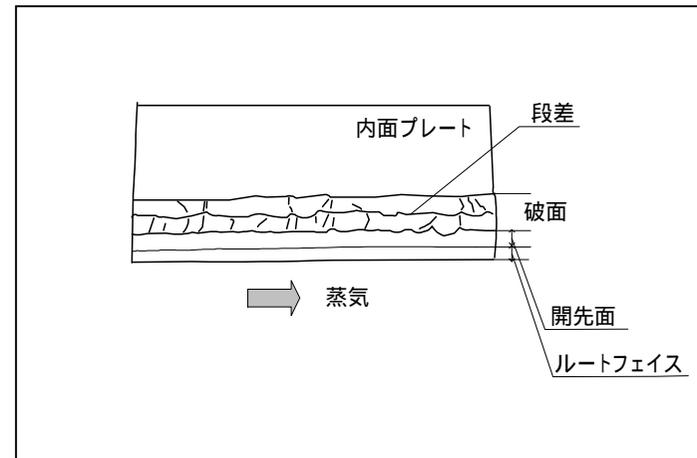
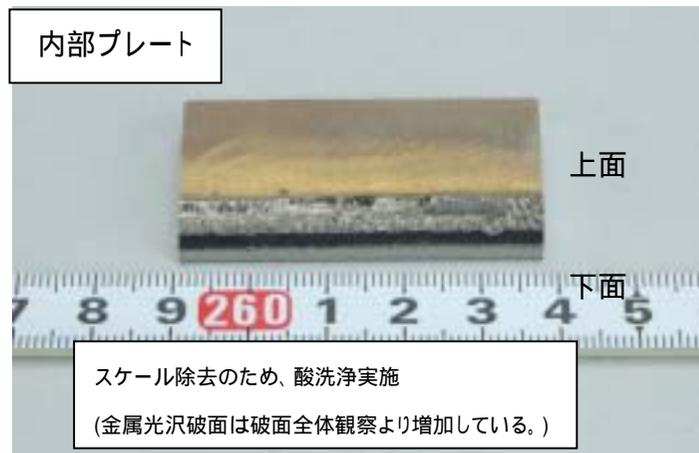
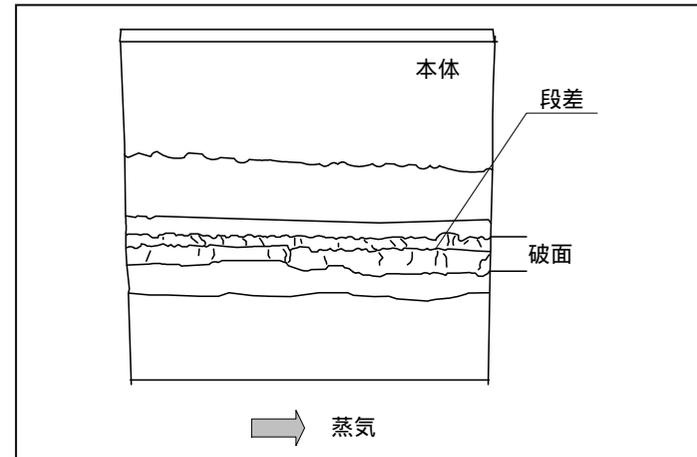
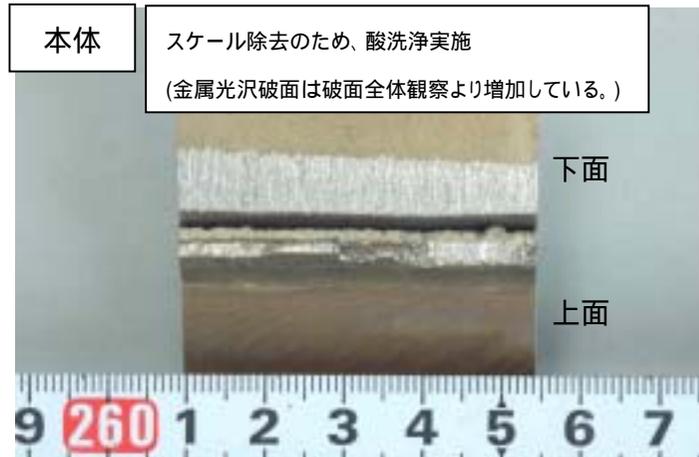
金属調査結果(破面観察(B部蒸気入口部))



【破面観察結果】

- ・蒸気入口部の端部から約50mmの範囲を除き、ルートフェイスと開先面が連続しており、開先先端部に未溶着部分が生じていることが認められた。
- ・蒸気入口部の端部から約50mmの範囲は、内部プレートの母材部に割れが生じており、残る部分は溶接部の割れであった。
- ・溶接部の破面に、蒸気の流れ方向と平行に連続した段差が付いていることが認められた。

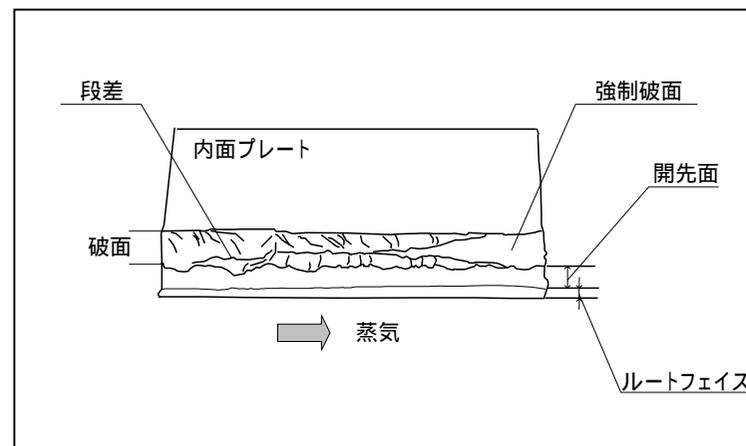
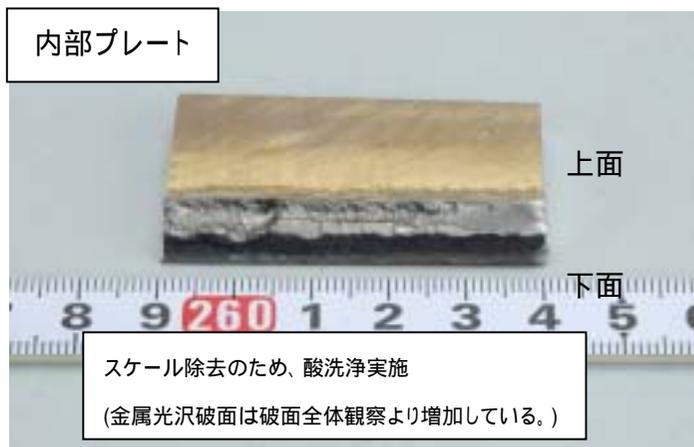
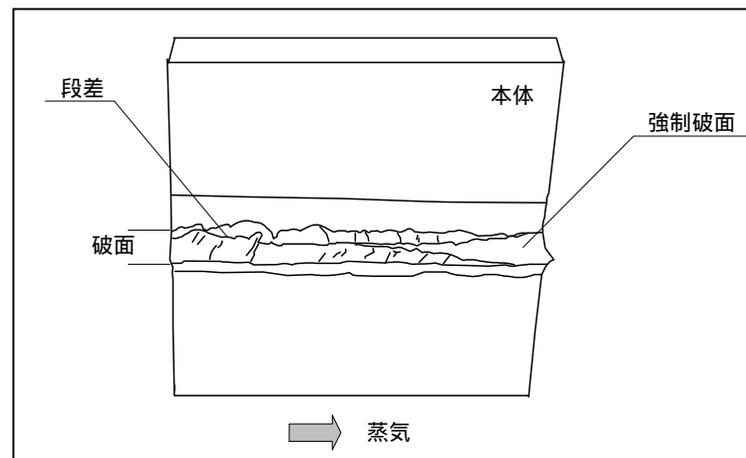
金属調査結果(破面観察(B部中間部))



【破面観察結果】

- ・内部プレート側には、ルートフェイスと開先面が連続しており、開先先端部に未溶着部分が生じていることが認められた。
- ・破面に、蒸気の流れ方向と平行に連続した段差が付いていることが認められた。

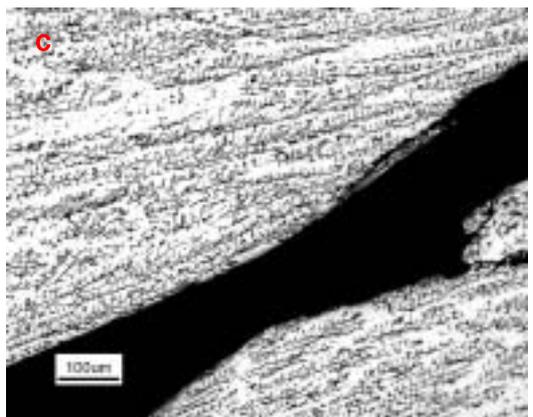
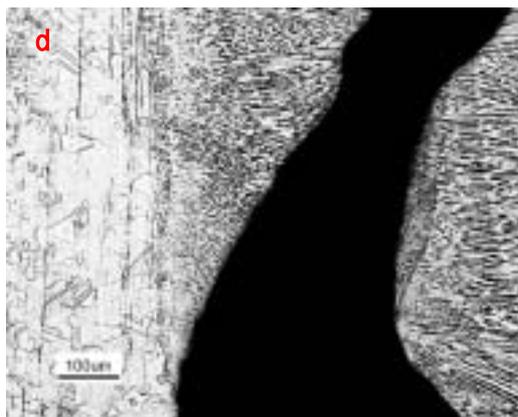
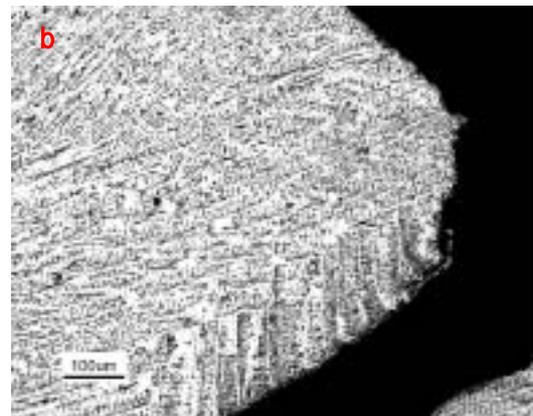
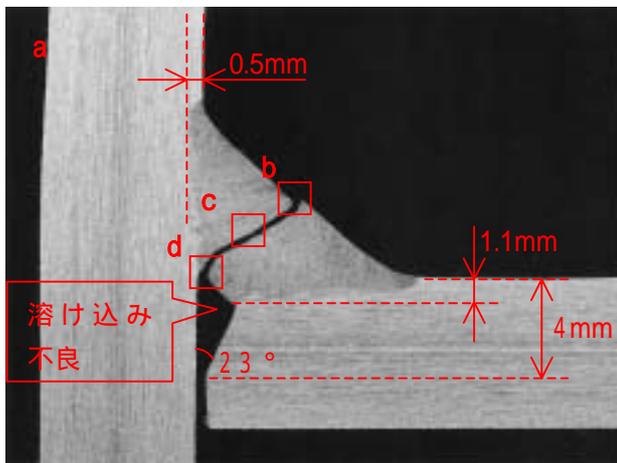
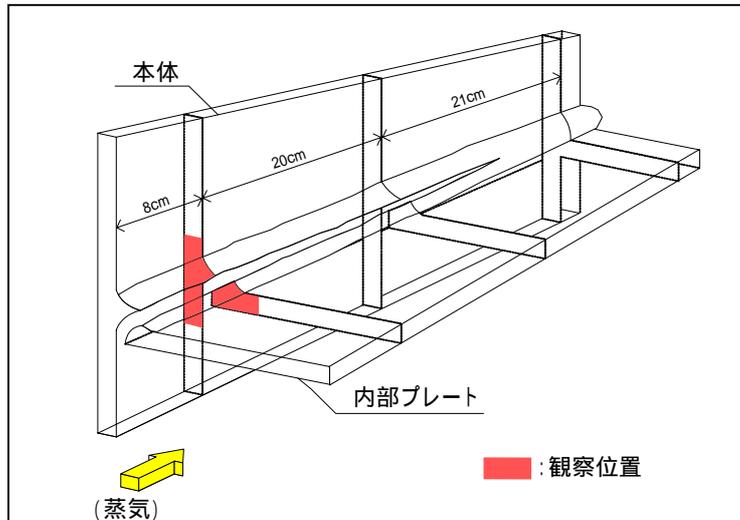
金属調査結果(破面観察(B部最終端部))



【破面観察結果】

- ・内部プレート側には、ルートフェイスと開先面が連続しており、開先先端部に未溶着部分が生じていることが認められた。
- ・破面に、蒸気の流れ方向と平行に連続した段差が付いていることが認められた。

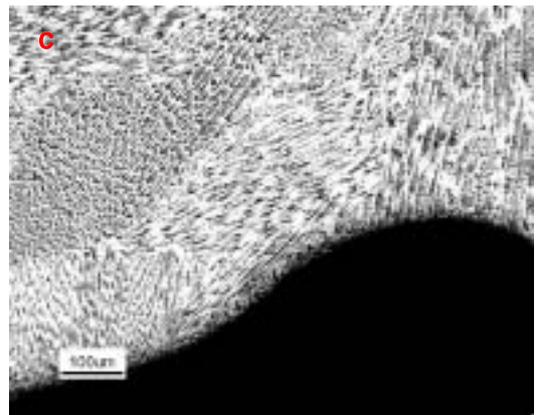
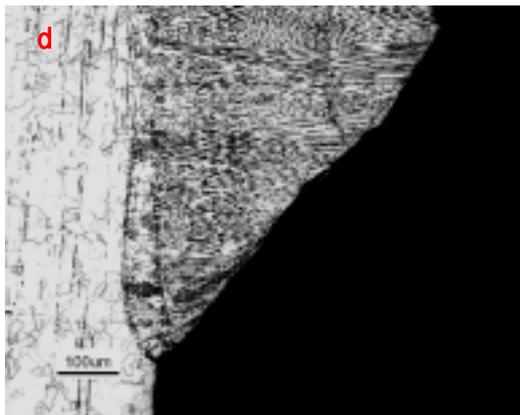
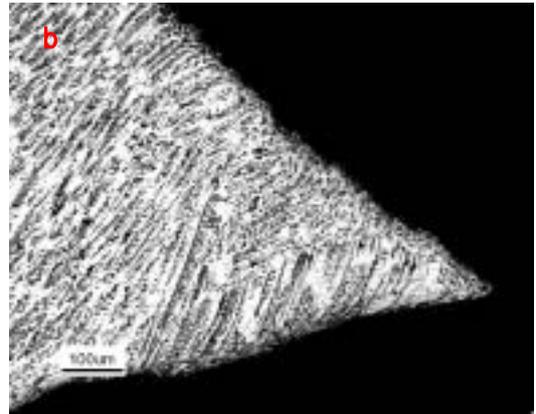
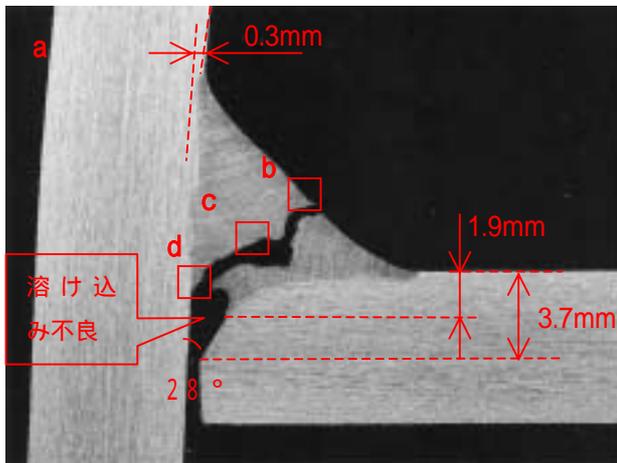
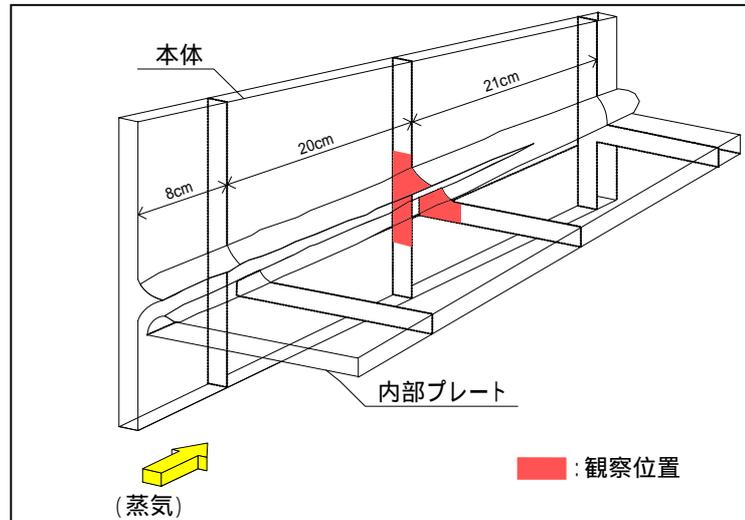
金属調査結果(断面ミクロ観察(A部))



【断面観察結果】

- ・割れは、枝分かれのない粒内割れであり、材料欠陥、腐食ピットは認められなかった。
- ・溶接部に、溶け込み不良が認められた。
- ・割れが接近し破断したことを示す破面中央付近での屈曲が確認されたことより、起点は溶け込み不良部および溶接外表面にあることが確認された。
- ・溶け込み不良部の形状から、開先角度は約 23° 、開先深さは約4mmと推定される。(設計仕様：開先角度 45° 、開先深さ4.8mm)

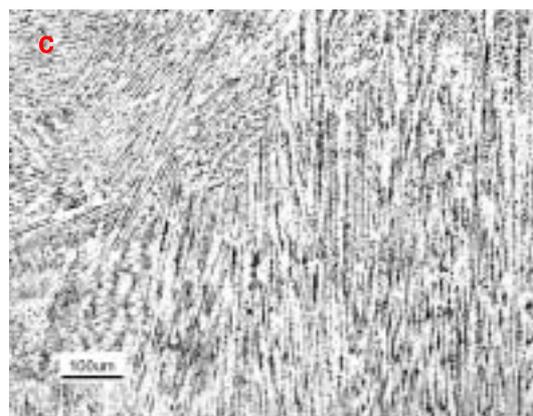
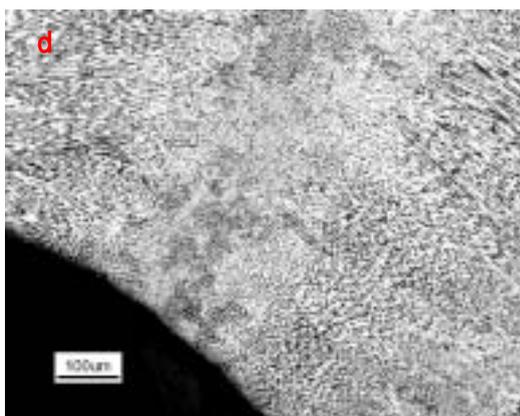
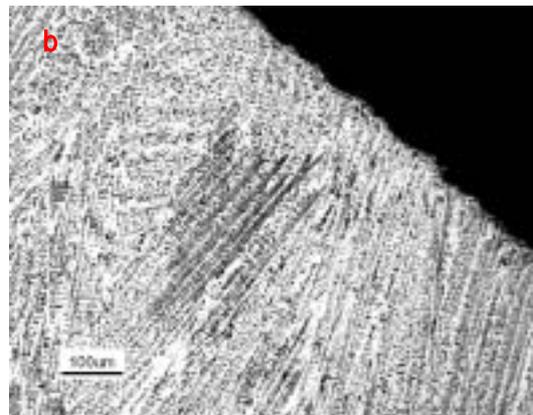
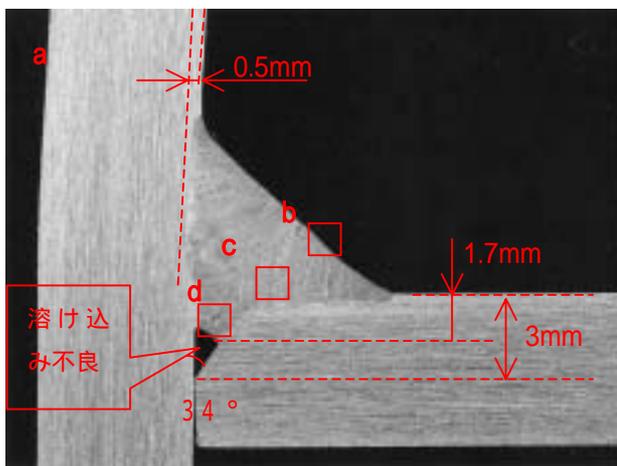
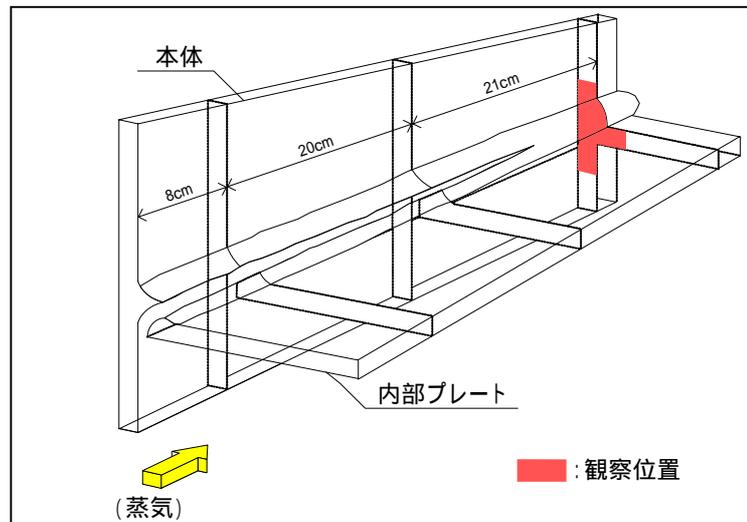
金属調査結果(断面ミクロ観察(A部))



【断面観察結果】

- ・割れは、枝分かれのない粒内割れであり、材料欠陥、腐食ピットは認められなかった。
- ・溶接部に溶け込み不良が認められた。
- ・割れが接近し破断したことを示す破面中央付近での屈曲が確認されたことより、起点は溶け込み不良部および溶接外表面にあることが確認された。
- ・溶け込み不良部の形状から、開先角度は約 28° で、開先深さは約 3.7mm と推定される。

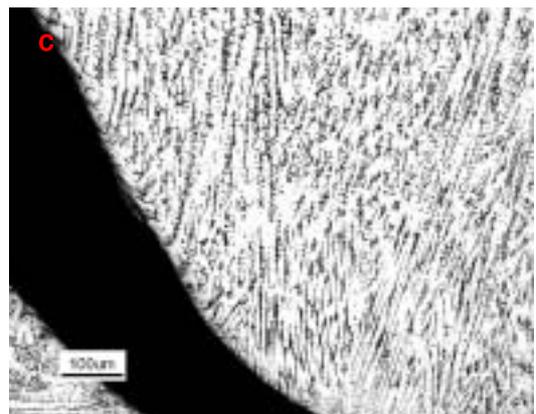
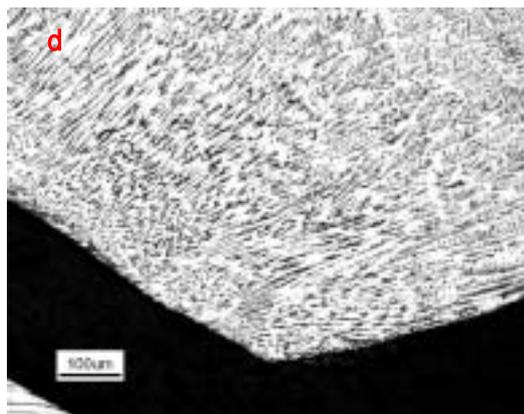
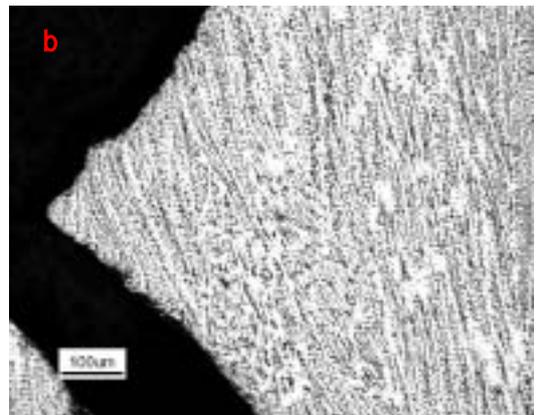
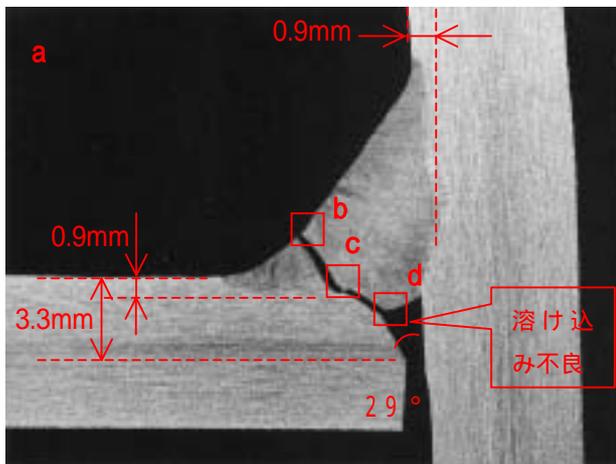
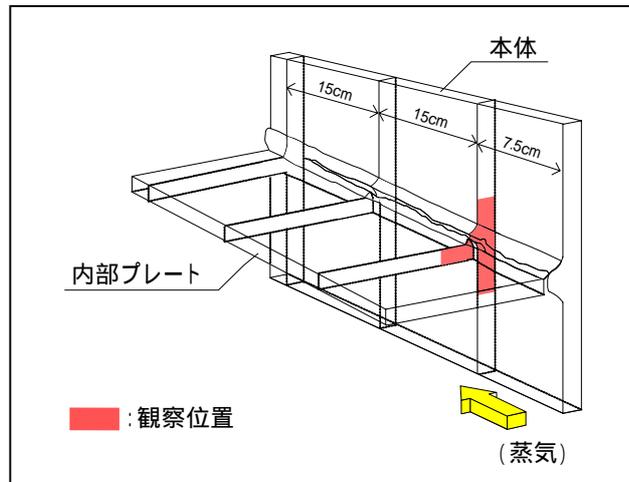
金属調査結果(断面ミクロ観察(A部))



【断面観察結果】

- ・材料欠陥、腐食ピットは認められなかった。
- ・溶接部に溶け込み不良部が認められた。
- ・溶け込み不良部の形状から、開先角度は約34°、開先深さは約3mmと推定される。

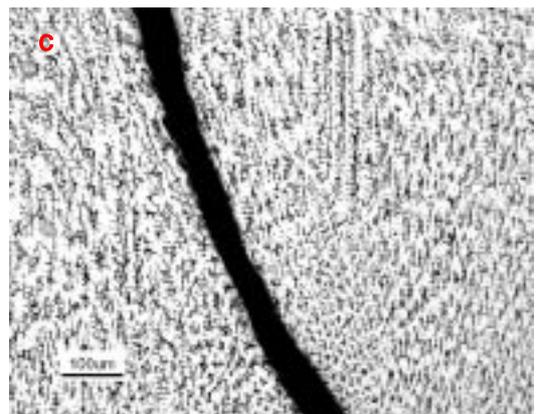
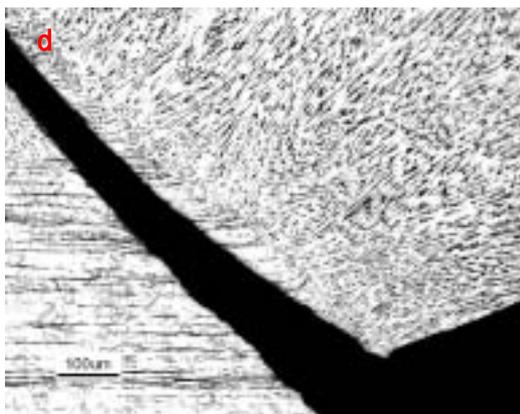
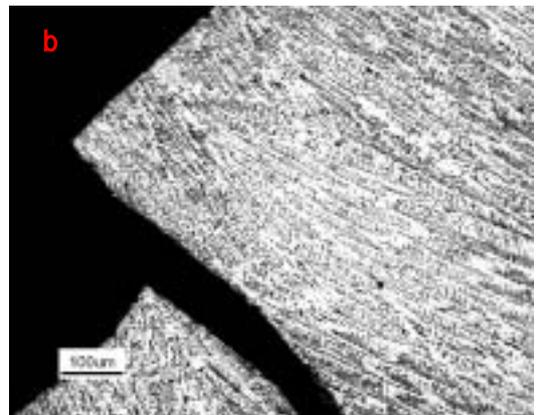
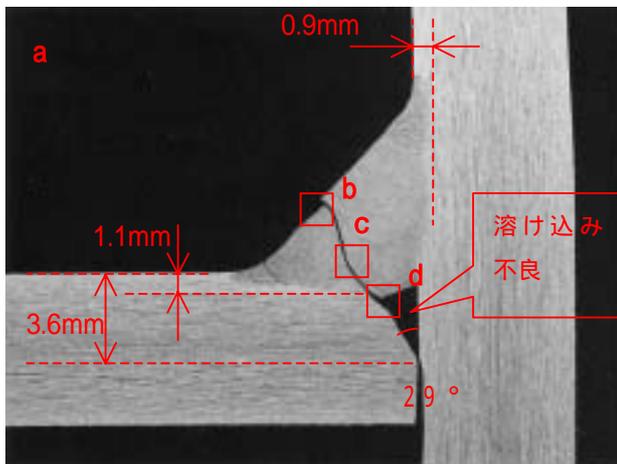
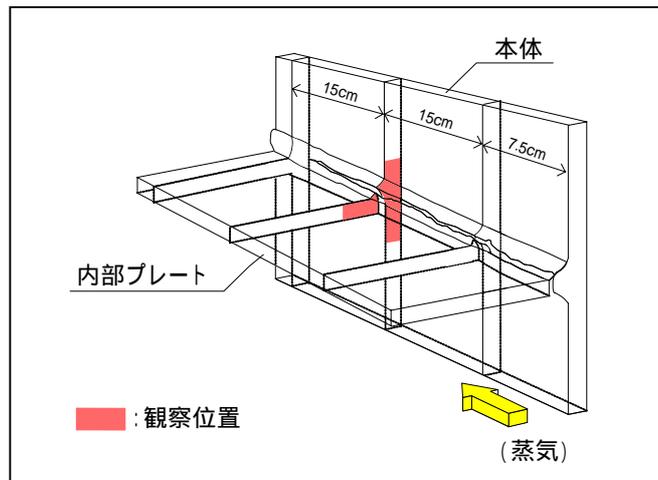
金属調査結果(断面ミクロ観察(B部))



【断面観察結果】

- ・割れは、枝分かれのない粒内割れであり、材料欠陥、腐食ピットは認められなかった。
- ・溶接部に、溶け込み不良が認められた。
- ・割れが接近し破断したことを示す破面中央付近での屈曲が確認されたことより、起点は溶け込み不良部および溶接外表面にあることが確認された。
- ・溶け込み不良部の形状から、開先角度は約29°、開先深さは約3.3 mmと推定される。(設計仕様：開先角度45°、開先深さ4.8 mm)

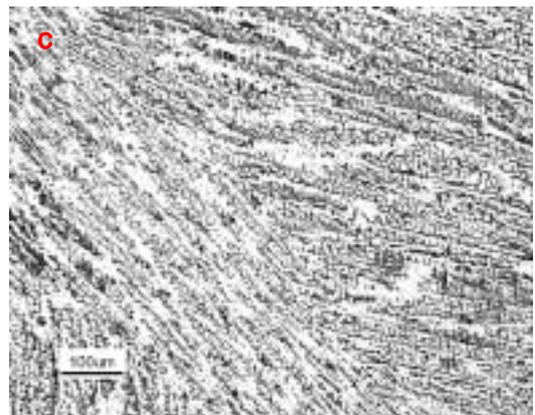
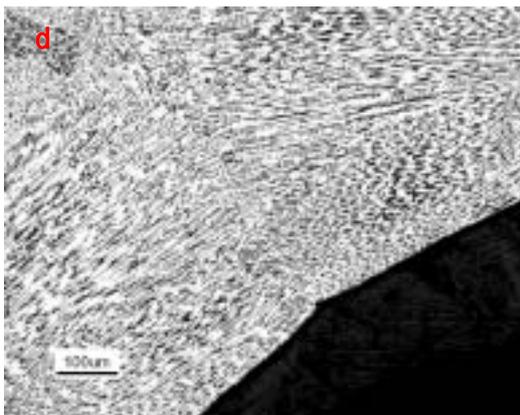
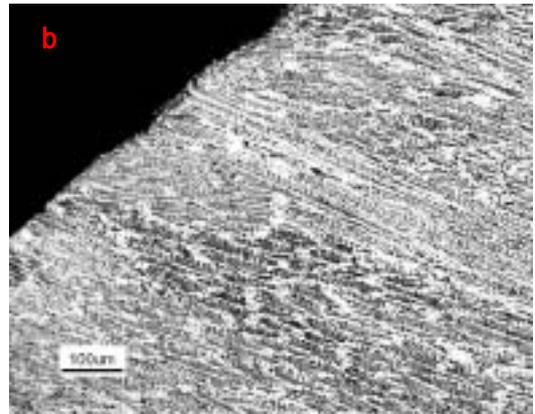
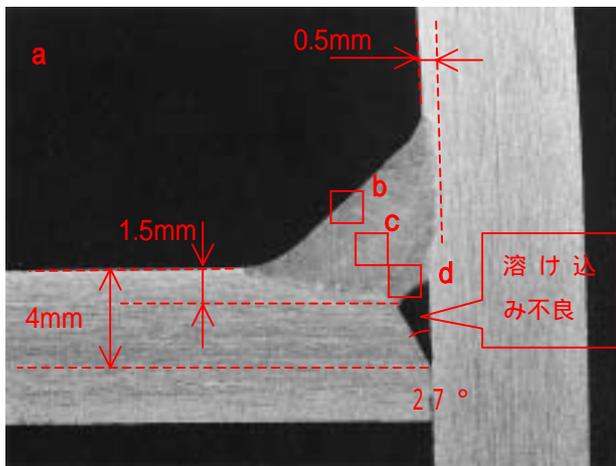
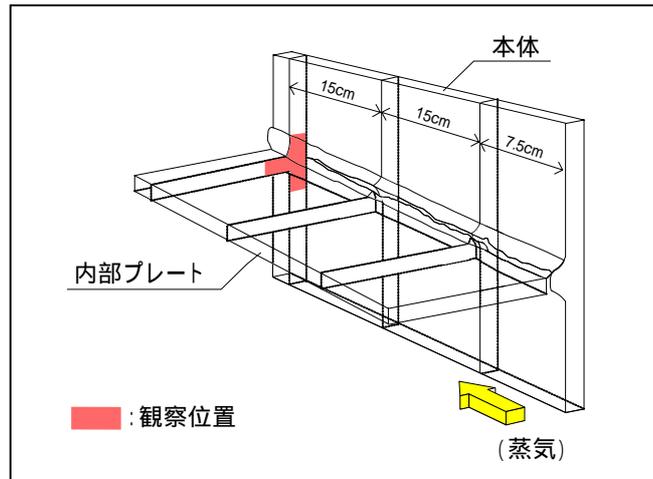
金属調査結果(断面ミクロ観察(B部))



【断面観察結果】

- ・割れは、枝分かれのない粒内割れであり、材料欠陥、腐食ピットは認められなかった。
- ・溶接部に溶け込み不良が認められた。
- ・割れが接近し破断したことを示す破面中央付近での屈曲が確認されたことより、起点は溶け込み不良部および溶接外表面にあることが確認された。
- ・溶け込み不良部の形状から、開先角度は約 29° で、開先深さは約 3.6mm と推定される。

金属調査結果(断面ミクロ観察(B部))



【断面観察結果】

- ・材料欠陥、腐食ピットは認められなかった。
- ・溶接部に溶け込み不良部が認められた。
- ・溶け込み不良部の形状から、開先角度は約 27° 、開先深さは約4mmと推定される。