

敦賀発電所2号機の1次冷却水の漏えいについて (原因調査状況について)

このことについて、日本原子力発電株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

敦賀発電所2号機（加圧水型軽水炉；定格出力 116.0万kW）は、定格出力運転中の7月12日、格納容器内で1次冷却水の漏えいが発生したと判断し、06時48分に原子炉を手動停止した。その後の格納容器内の立入調査で、化学体積制御系再生熱交換器の抽出側連絡配管部で漏えいが確認されたため、同日20時16分に抽出系統の隔離操作を行い、漏えいを停止した。

なお、本事象に伴う周辺環境への放射能の影響はない。

漏えい配管部について、外観点検を行った結果、配管曲がり部で貫通割れが確認された。

<平成11年7月12日、13日、16日、19日、22日、8月2日 記者発表済>

[調査状況]

(1) 試験施設における調査の状況

当該漏えい部配管曲がり部、比較のための下流側配管曲がり部、配管切断後の調査により割れが確認された管台部について、試験施設にて詳細な調査を実施しているが、これまでの調査結果は以下のとおりである。

① 当該配管曲がり部の調査

- ・当該配管曲がり部については、試験施設での外観観察や浸透探傷試験の結果、貫通割れを含め9箇所の割れが確認された。
- ・超音波探傷試験の結果、9箇所の割れの他に、2箇所で欠陥信号指示が認められ、当該2箇所について断面観察を実施した結果、内面からの微小な割れが確認された。
- ・割れの破面観察の結果、内面に起点が複数あり、ビーチマーク（貝殻状模様）が認められ、さらに詳細破面観察では組織状模様やストライエーション状模様が観察された。なお、起点部に介在物等は認められず、金属組織にも異常は認められなかった。
- ・曲げ管部等について、寸法測定、硬さ測定、材料の化学分析等を実施した結果、材料の異常は認められなかった。また、ひずみ測定の結果、周

方向には内面で引張りの残留応力が、外面には圧縮の残留応力が認められた。

- ・以上のことから、割れは内面からの疲労割れによるものと推定された。
- ・今後は、引張り試験片を採取し機械的性質の確認を行うほか、酸化皮膜測定等の詳細調査を引き続き実施する。

② 下流側の配管曲がり部の調査（比較調査）

- ・浸透探傷試験、超音波探傷試験を実施した結果、欠陥指示は認められなかった。また、硬さ測定、寸法測定等を実施した結果、漏えい配管部と同等であり、特に問題となるものは認められなかった。

③ 管台部の調査

- ・内面の浸透探傷検査の結果、2箇所割れが確認された。
- ・割れの破面観察の結果、内面を起点としたビーチマークが認められ、さらに詳細破面観察により組織状模様が観察された。このため、割れは内面からの疲労割れによるものと推定された。
- ・サーマルスリーブについて内面を観察した結果、赤みを帯びた黒色と緑色を帯びた黒色の変色を確認されたことから、今後、材料分析等の詳細調査を実施する。

(2) 発電所での再生熱交換器まわり健全性調査状況

- ・再生熱交換器の他の連絡配管（抽出側1本、充てん側2本）の配管曲がり部や管台部について、超音波探傷試験を実施した結果、欠陥指示は認められなかった。
- ・熱交換器上段と中段の抽出側連絡配管を切断し、拘束状態を確認するとともに、切り出した連絡配管の内面の浸透探傷試験、管台部について内面の浸透探傷試験および超音波探傷試験を実施した結果、欠陥指示は認められなかった。
- ・再生熱交換器の充てん側について加圧し、伝熱管の漏えいの有無を確認した結果、異常は認められなかった。
- ・再生熱交換器中段の胴側出口管台よりCCDカメラを挿入し、出口管台付近の胴側内部を観察した結果、特に異常は認められなかった。
- ・再生熱交換器下段の支持脚と架台の拘束状態の調査や熱交換器胴本体の超音波探傷試験による健全性調査を引き続き実施する。

(3) その他

- ・再生熱交換器の製造履歴調査として、熱交換器の製造・組立過程の調査を行うとともに、材料検査証明書、非破壊検査記録、組立記録等の品質管理の記録を調査した結果、特に問題は認められなかった。
- ・割れは内面からの疲労割れによるものと推定されたことから、今後は、発生応力評価や疲労評価等の解析評価を行うとともに、解析評価結果の確認などのために実機模擬試験（モックアップ試験）の実施する。また、運転履歴や保修履歴についても調査を実施する。なお、解析評価等にあたっては、特に、割れを発生させ得るような定常応力および変動応力の作用、熱交換器の構造による影響等について詳細な検討を行う。

別 紙

敦賀発電所 2 号機の点検・調査状況について（中間状況）

本報告は、「損傷原因調査計画の全体概要」（別添 1）及び「再生熱交換器抽出側配管損傷要因分析図」（別添 2）に基づき実施している当該エルボ及び上流管台の詳細調査結果、再生熱交換器の製造履歴等について取りまとめた。

1. 民間調査機関における詳細調査結果

(1) 当該エルボ及び上流側管台調査結果

① 割れの調査結果

・ 上流側管台について 2 分割後、内面の浸透探傷試験を実施した結果、現地調査で認められた割れ（割れ d）の約 180° 反対側に新たに軸方向割れ（割れ n）が認められた。（別添 3）

なお、サーマルスリーブについては、2 分割後、内面を観察した結果、変色が認められた。

・ これまでの超音波探傷試験で指示が認められていた 2 箇所（j 及び k）を断面ミクロ観察した結果、内面からの微小な割れが確認された。

・ 当該エルボの破面・断面の詳細調査の結果、割れはいずれも内面を起点にしたものであり、破面にはマクロ的にビーチマークが、ミクロ的には組織状模様及び一部にストライエーション状模様が認められ、割れ形態は粒内割れであった。

なお、起点部に介在物等は認められず、金属組織にも異常は認められなかった。

② その他の調査結果

不純物分析、硬さ測定、寸法測定、化学成分分析、金属組織観察（介在物の調査）、表面粗さ測定、ひずみ測定を実施した結果、材料の異常は認められなかった。

③ これまでに得られた調査の結果、材料不良、全面腐食、局部腐食及び内外面からの応力腐食割れは見られず、割れはいずれも内面から発生した疲労によるものと考えられる。

(2) 比較エルボ調査結果

比較エルボについて、浸透探傷試験及び超音波探傷試験を実施した結果、割れは認められなかった。

また、寸法測定、金属組織観察、硬さ測定及び化学成分分析を実施した結果、特に異常は認められなかった。

2. 発電所における再生熱交換器及び連絡配管健全性調査状況

(1) 熱交換器上段と中段の連絡配管（胴側）

連絡配管を切断し、拘束状態を確認した。切り出した連絡配管を分割し、内面の浸透探傷試験を実施した結果、指示は認められなかった。また、管台内面の浸透探傷試験及び管台部の超音波探傷試験を実施した結果、指示は認められなかった。

(2) 熱交換器伝熱管

充てんラインを加圧し伝熱管の漏えいの有無を確認した結果、異常は認められなかった。

(3) 再生熱交換器胴側内部の健全性確認

胴側出口管台より小型カメラ（CCDカメラ）を挿入し、内筒支持リング等を観察した結果、大きな変形、異常等は認められなかった。

3. 再生熱交換器製造履歴調査結果

当該エルボ・管台及び再生熱交換器本体の製造・組立過程の調査を行うとともに、材料検査証明書、非破壊検査記録、組立記録等の品質管理記録の調査を行った。

再生熱交換器の製造については、当社とプラントメーカー間の契約時の基本仕様に基づく品質保証計画書に従って詳細設計、製造及び検査が行われた。当該エルボ、管台等の各部品は素材メーカーで製作され、プラントメーカーに納品されたのち熱交換器本体として組み立てられた。

その製作過程において、品質管理要領に基づく検査が実施されていることを確認した。

4. 格納容器内除染作業等に伴う放射線管理

一次冷却材漏えい箇所の調査作業、格納容器内の除染作業等において実施した放射線管理作業について、保安規定、保安規定運用要項、線量当量管理要領、作業毎に作成している放射線作業手順などに基づき確認した。

5. 今後の主な調査内容

(1) 民間調査機関での詳細調査

- ① 当該エルボの機械的性質を確認するため引張り試験を行う。
- ② 破面上の酸化皮膜の厚さ測定等破面について引き続き調査を継続する。
- ③ 上流側管台のサーマルスリーブに認められた変色について詳細調査を実施する。

(2)発電所での再生熱交換器健全性確認調査

- ①再生熱交換器下段の支持脚と架台の拘束状態について引き続き調査する。
- ②再生熱交換器胴本体について、超音波探傷試験による健全性調査等を引き続き実施する。

(3)その他解析評価等

「損傷原因調査計画の全体概要」に基づき、解析評価を実施するとともに、解析評価結果の確認等のための実機連絡配管などを模擬した試験（モックアップ試験）についても実施する。また、運転履歴及び保修履歴についても引き続き調査を行う。

なお、解析評価等に当たっては、特に、当該エルボ、管台に割れを発生させ得るような定常応力及び変動応力の作用、熱交換器の構造による影響等について詳細な検討を行う。

以 上

損傷原因調査計画の全体概要

1. 製造履歴調査

- (1)再生熱交換器、エルボ、連絡配管の製造履歴
- (2)設計、製作、構造、材料、製造プロセス、等
- (3)施工プロセス等

2. 運転履歴調査

- (1)今回漏えい発生前後の運転パラメータ挙動調査
- (2)過去の運転履歴調査

3. 保修履歴調査

- (1)点検履歴調査
- (2)保守履歴調査

4. 損傷メカニズム調査

- (1)現地調査
外観調査、寸法調査、拘束測定、等
- (2)ラボ調査
破面調査、ミクロ組織観察、残留応力測定、等

5. 解析評価

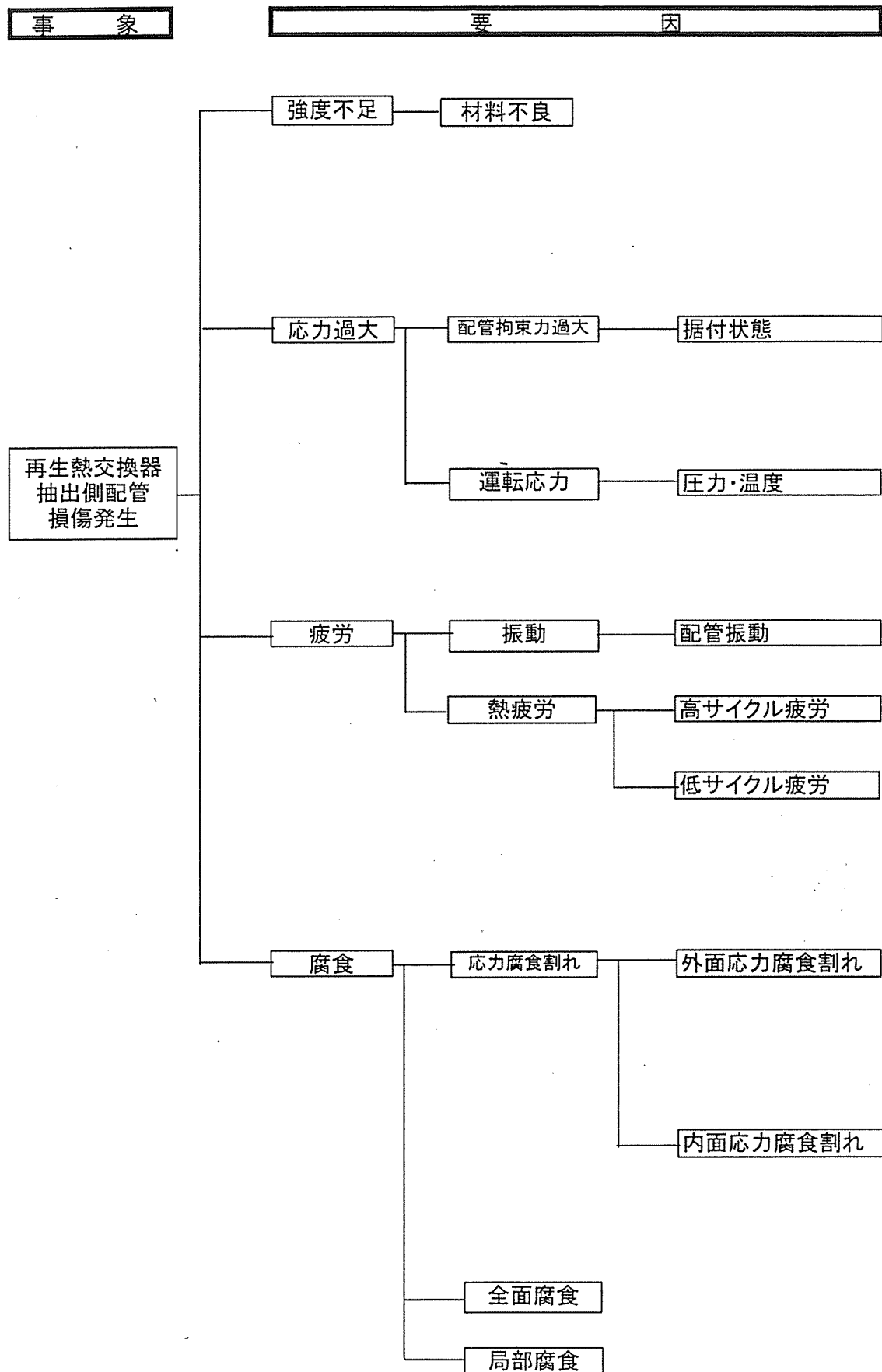
- (1)通常運転時発生応力評価
- (2)連絡配管拘束条件下での応力評価
- (3)疲労評価
- (4)疲労き裂進展解析
- (5)振動解析

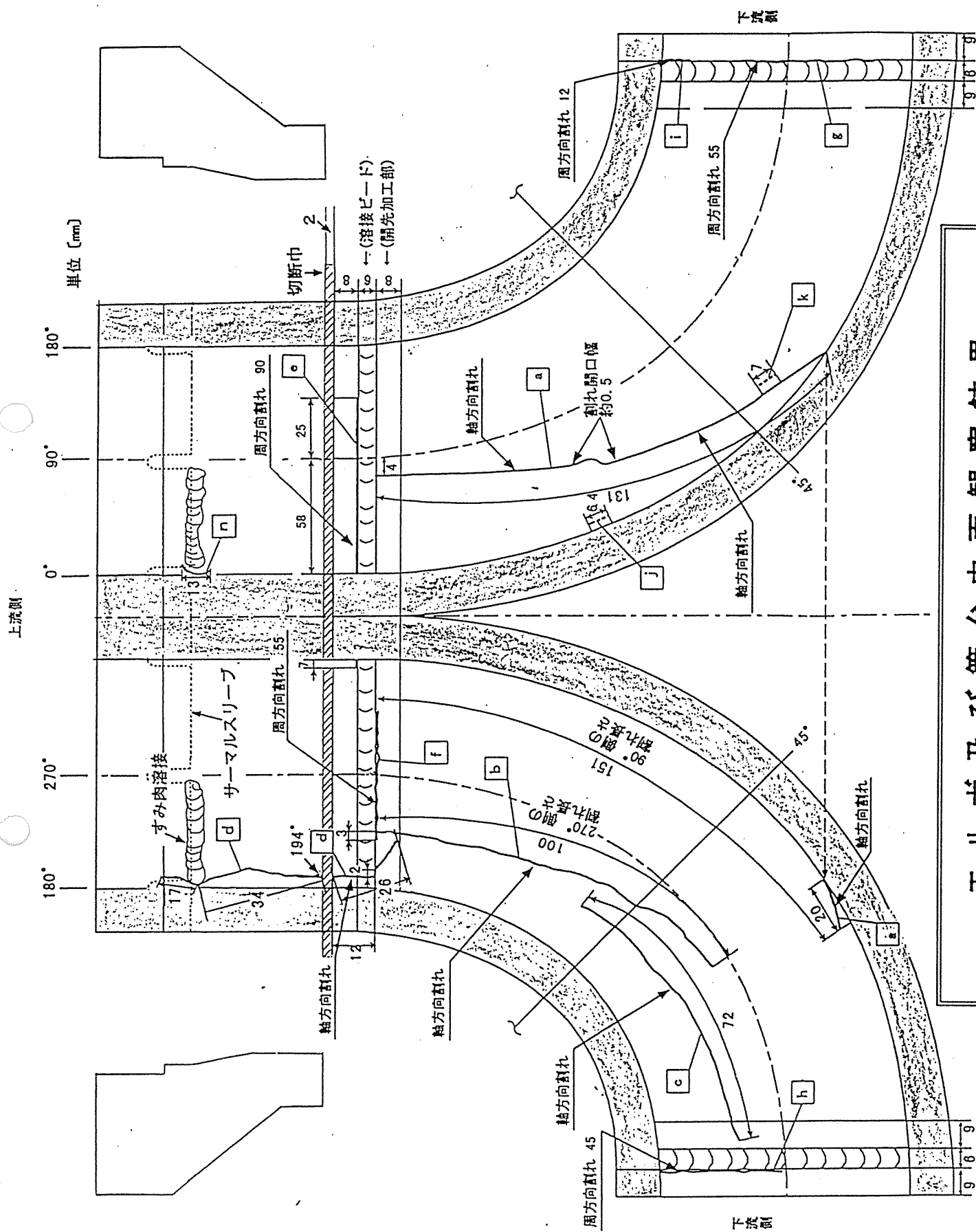
6. 過去の事象との比較検証

7. 推定原因に関する検討評価

- 1～6を踏まえた推定原因に関する総合評価

再生熱交換器抽出側配管損傷要因分析図





工ル米及び管台内面観察結果

添付資料リスト

資料1 民間調査機関における調査結果

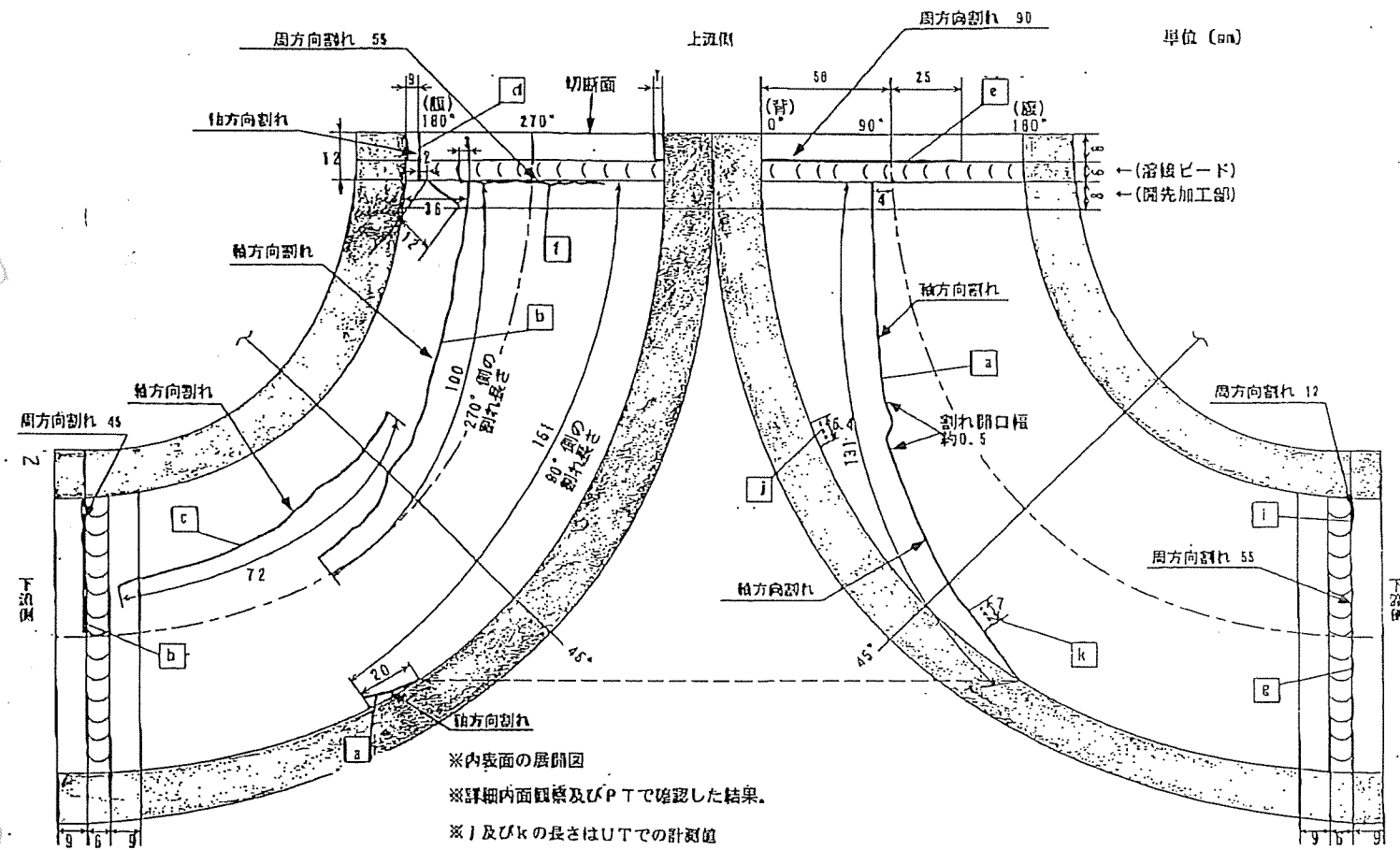
資料2 発電所における再生熱交換器及び連絡配管健全性調査状況

- (1) 変位量測定の確認
- (2) 再生熱交換器上段、中段連絡配管切断前後の測定結果
- (3) 他連絡配管切断箇所の超音波探傷試験結果
- (4) 連絡配管内面の外観観察及び浸透探傷試験結果
- (5) 再生熱交換器胴側管台の外観観察及び浸透探傷試験結果
- (6) 伝熱管の健全性確認
- (7) 再生熱交換器中段胴内部の健全性確認

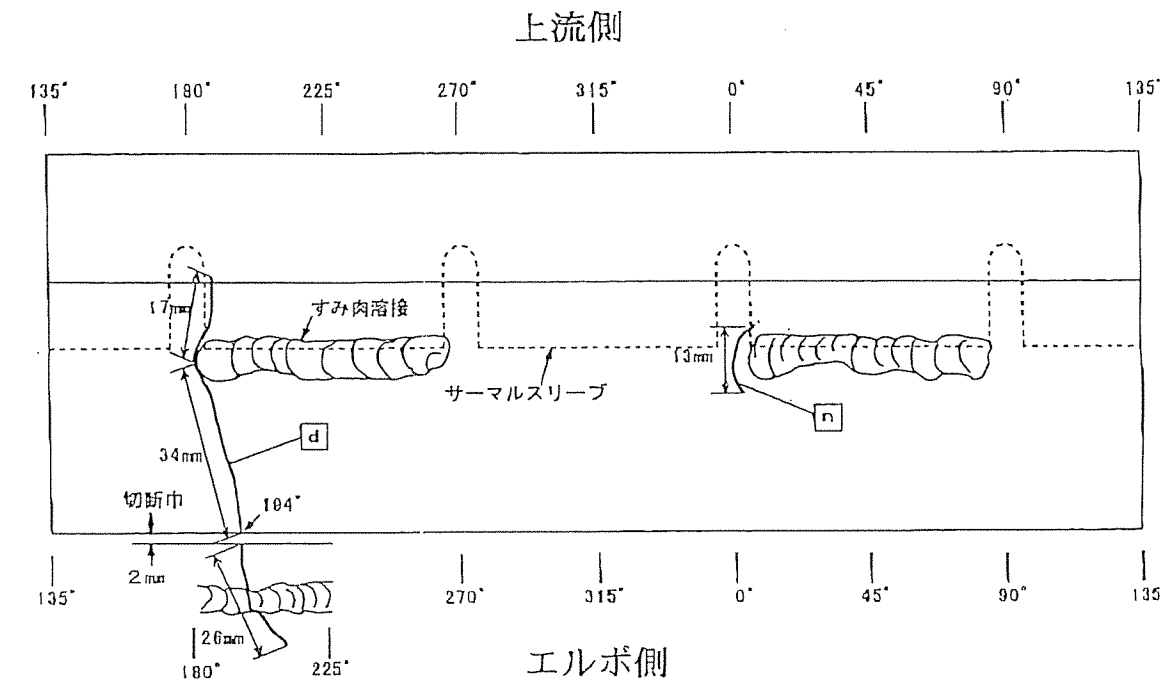
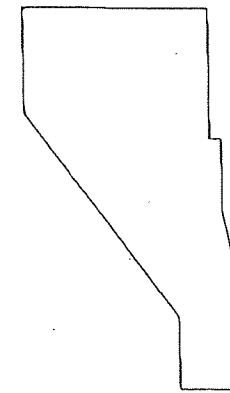
資料3 製造履歴調査結果

- (1) 再生熱交換器建設時における品質保証及び製作工程
- (2) エルボ製造履歴
- (3) 管台製造履歴
- (4) 連絡配管製造履歴
- (5) 再生熱交換器製作履歴（工場製作）
- (6) 再生熱交換器製作履歴（現地据付け）
- (7) 原子炉冷却系統設備の構造図（再生熱交換器）

資料4 敦賀発電所2号機の一次冷却水漏えいに伴う放射線管理について

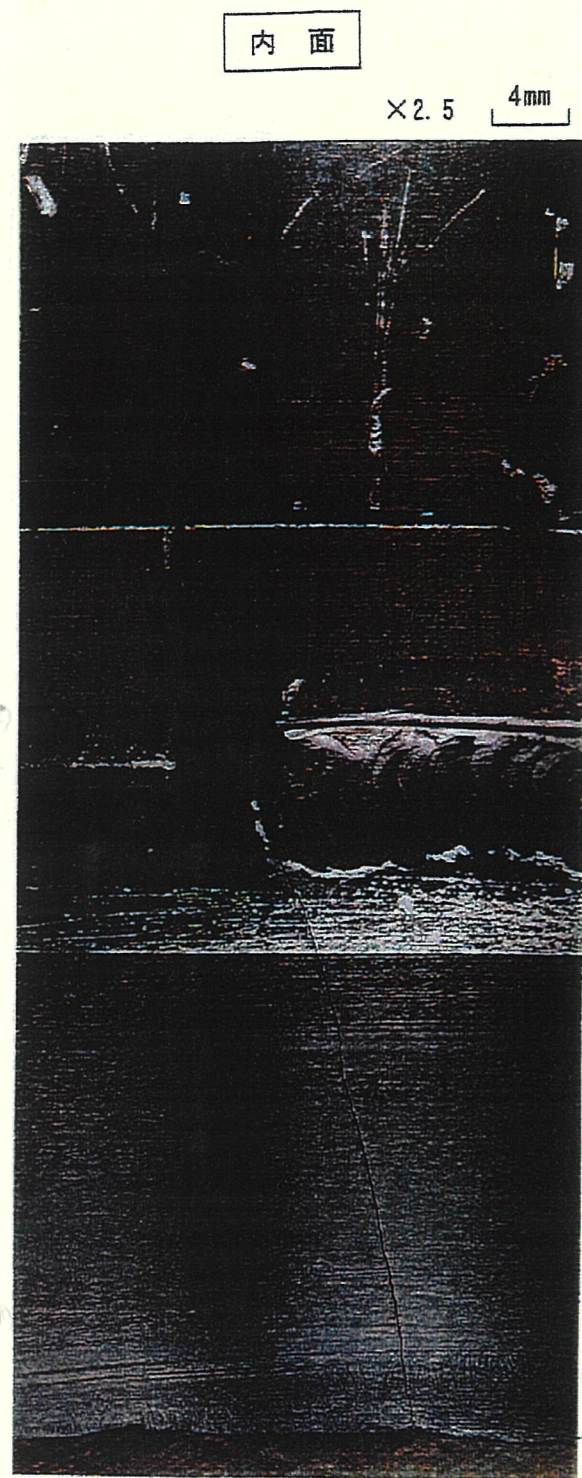


エルボ部



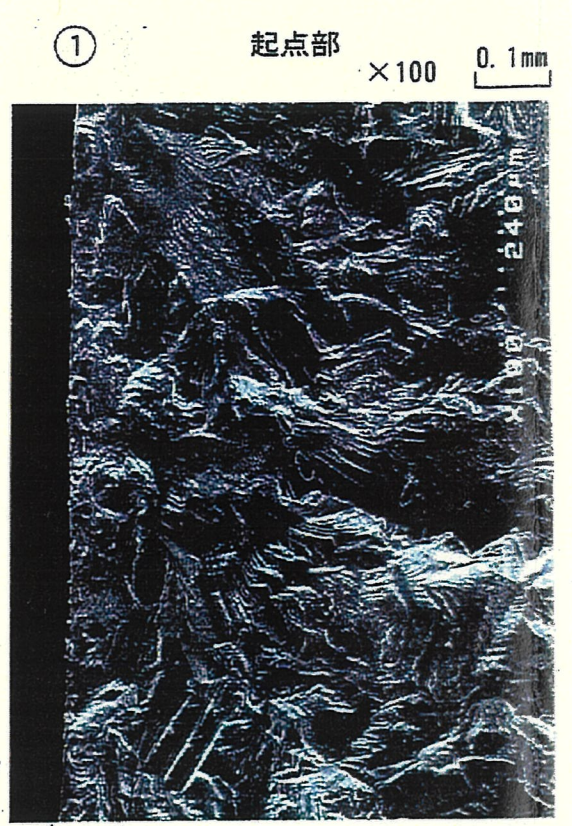
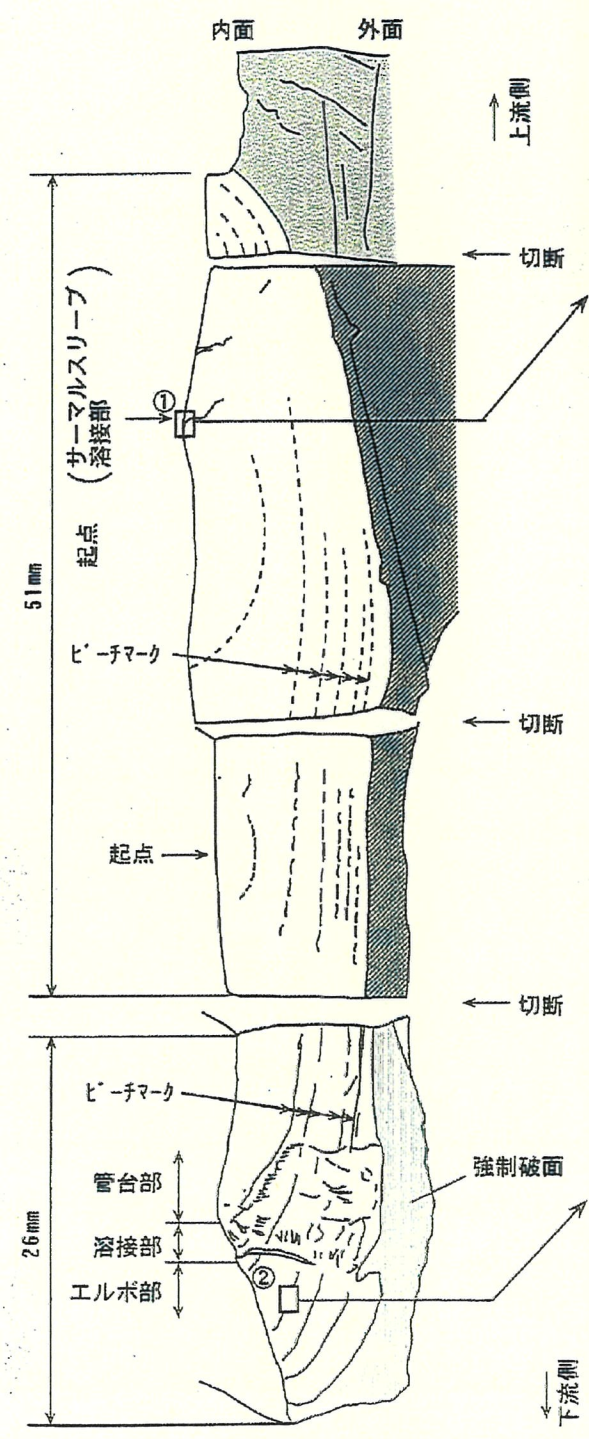
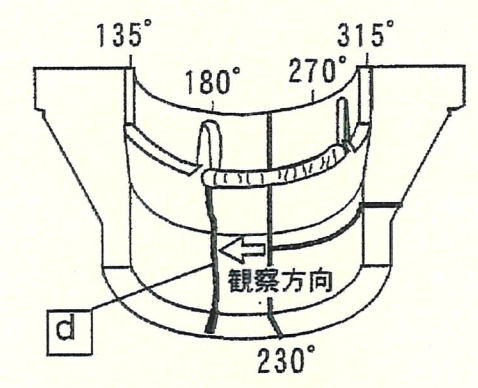
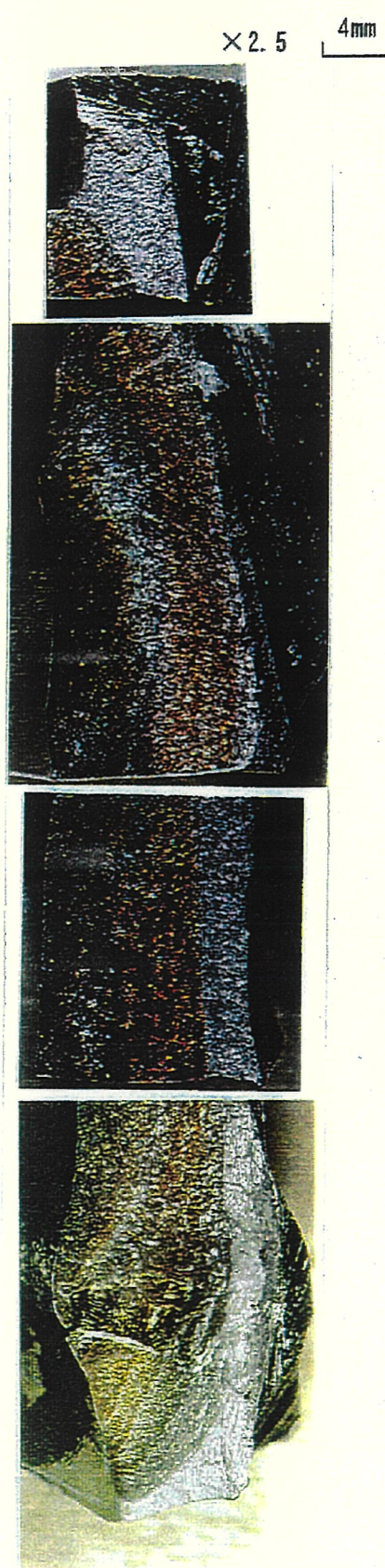
管台部

エルボ及び管台内面観察結果



破面

- 破面は平坦で、ビーチマークが複数認められる。
- 溶接止端部近傍が起点。
- 割れは溶接止端部を除きほぼ直線状である。



内面

- 起点部には欠陥なし
- 破面は組織状破面



破面は組織状破面

- 割れ形態は粒内割れ
- 金属組織はオーステナイトであり、異常な組織は認められなかった。

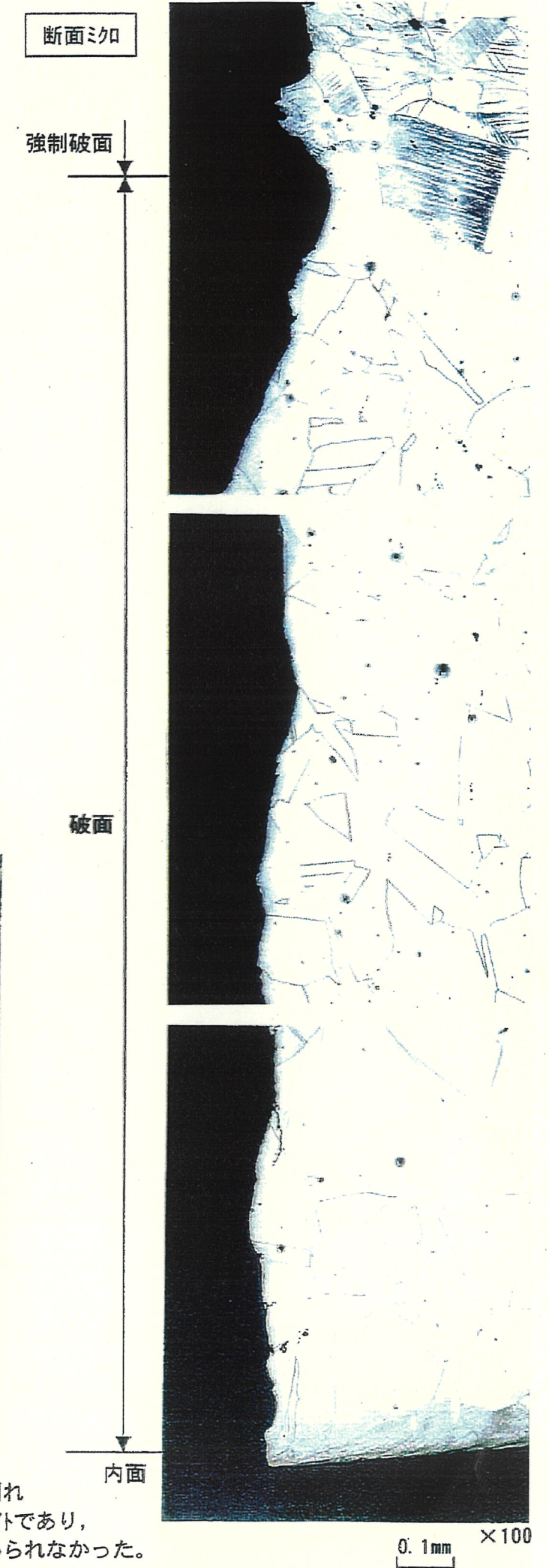
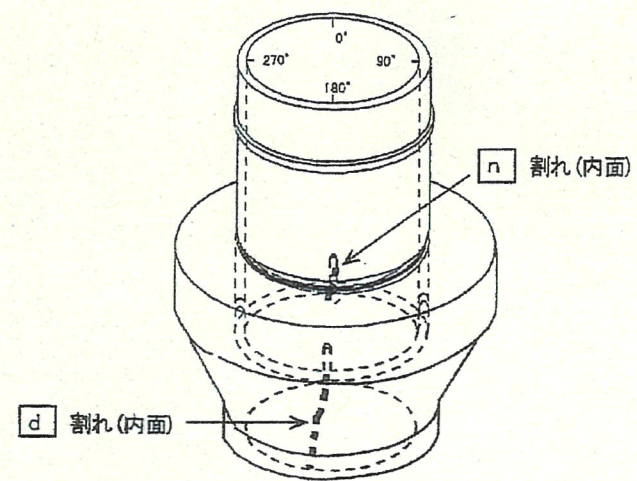
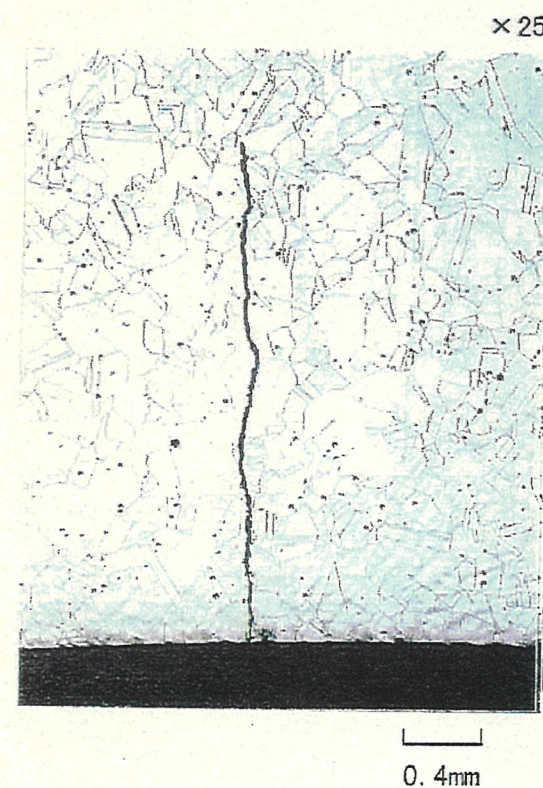
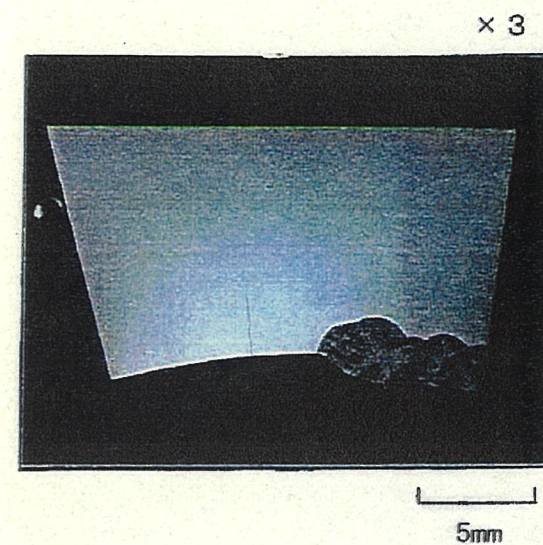
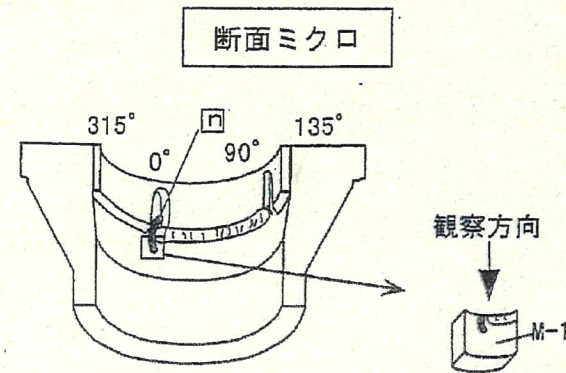
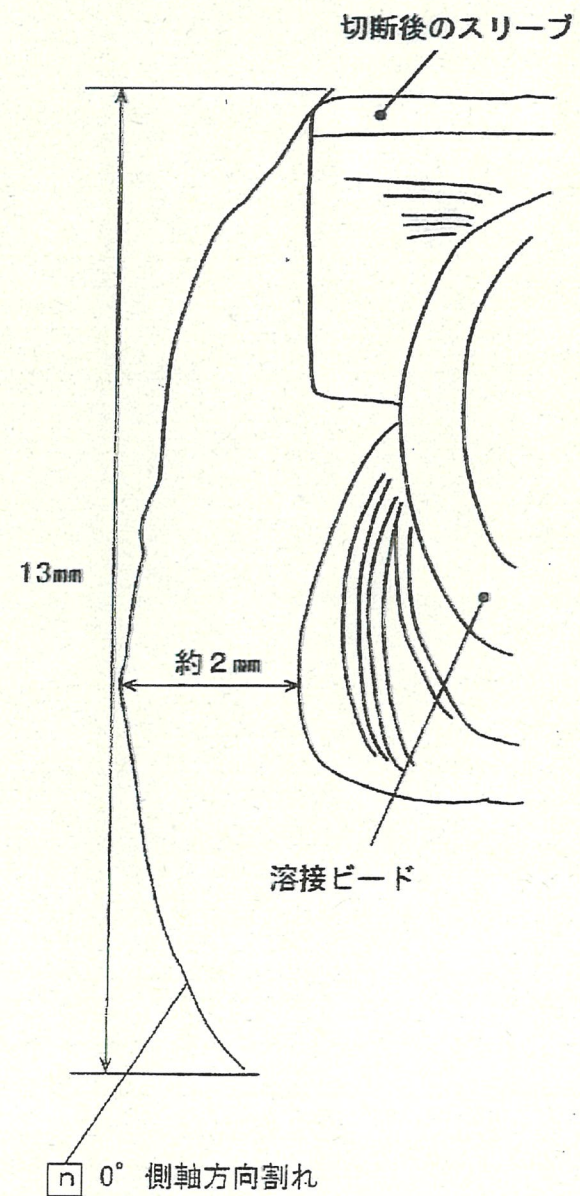


図-1 管台部に生じた軸方向割れ(割れ d)



内面

○ 割れは溶接止端部
近傍より発生

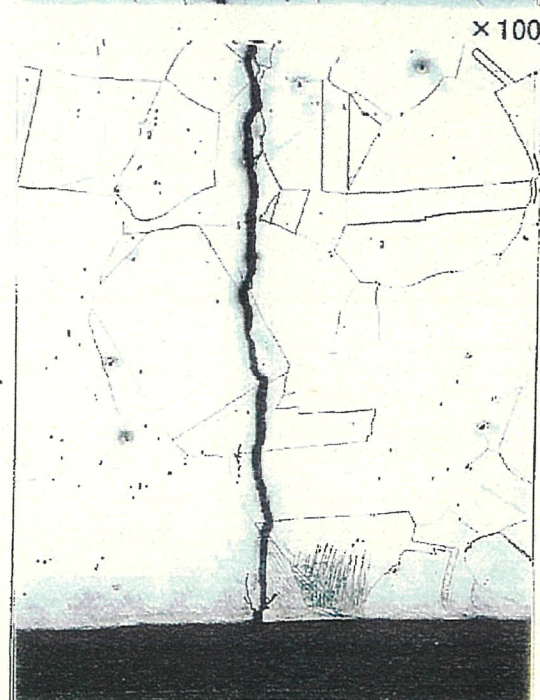
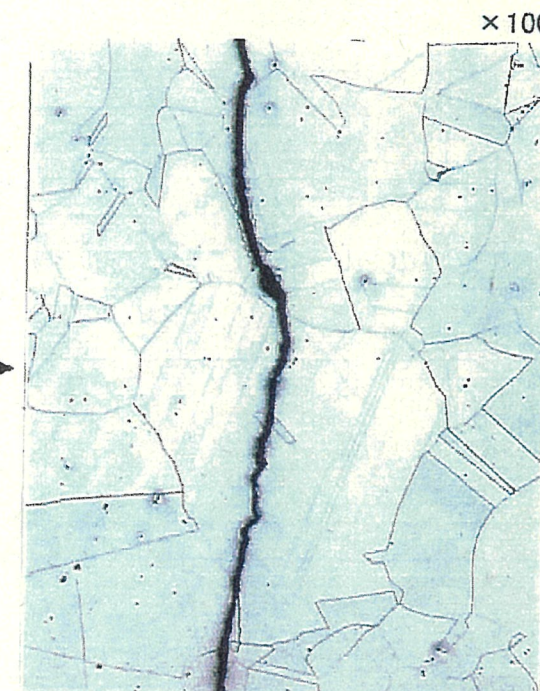
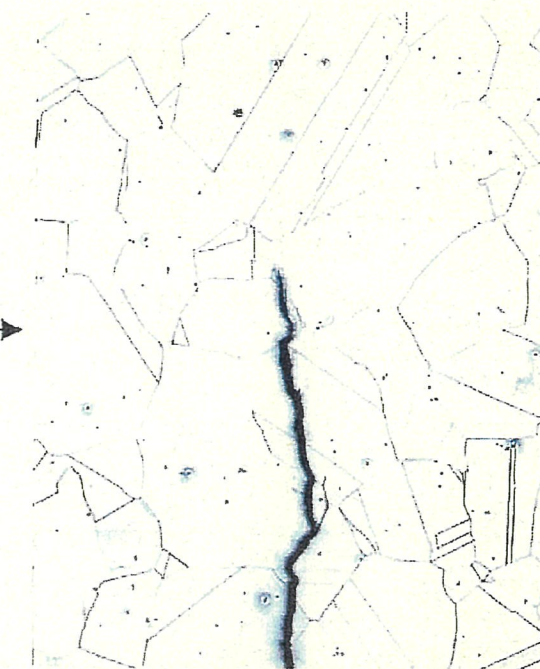


○ 割れは分枝のほとんどない直線状。
○ 割れの形態は粒内割れ。
○ 金属組織はオーステナイトであり異常な組織は認められなかった。

拡大

拡大

拡大



1-3 0.1mm ×100

図-2 管台部に生じた軸方向割れ(割れn)

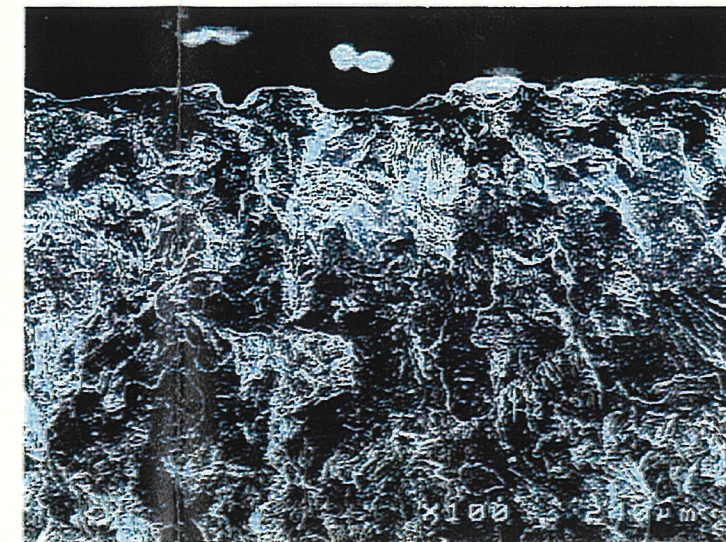
②



- ・ 割れ先端の一部の領域にストライエーション状模様が認められた。
- ・ 腐食生成物が破面上に確認された。

×5000
2 μm

①

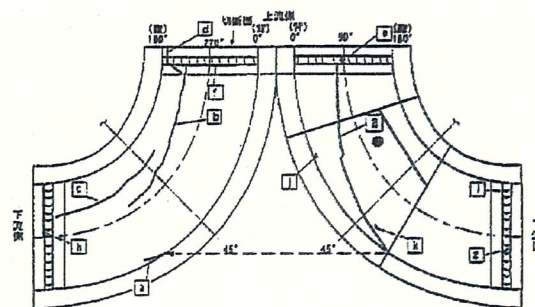


- 起点部
- ・ 起点部には欠陥なし
 - ・ 破面は組織状破面

×100
0.1 mm

破面

- ・ 破面は平坦でビーチマークが複数認められた。
- ・ 起点は内面に複数認められた。



下流側

切断

内表面割れ長さ151mm

起点B

起点C

起点A

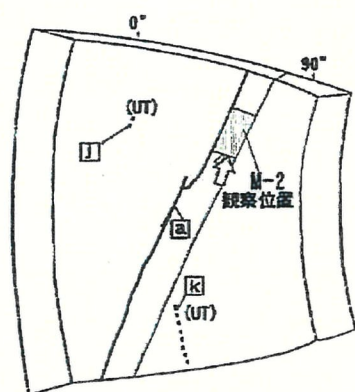
ミ加試料

割れ開口部(約47mm)

切断 切断

→ 上流側

断面ミクロ



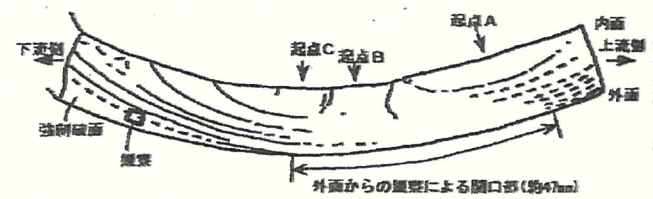
×100
0.1 mm

内面
加工層

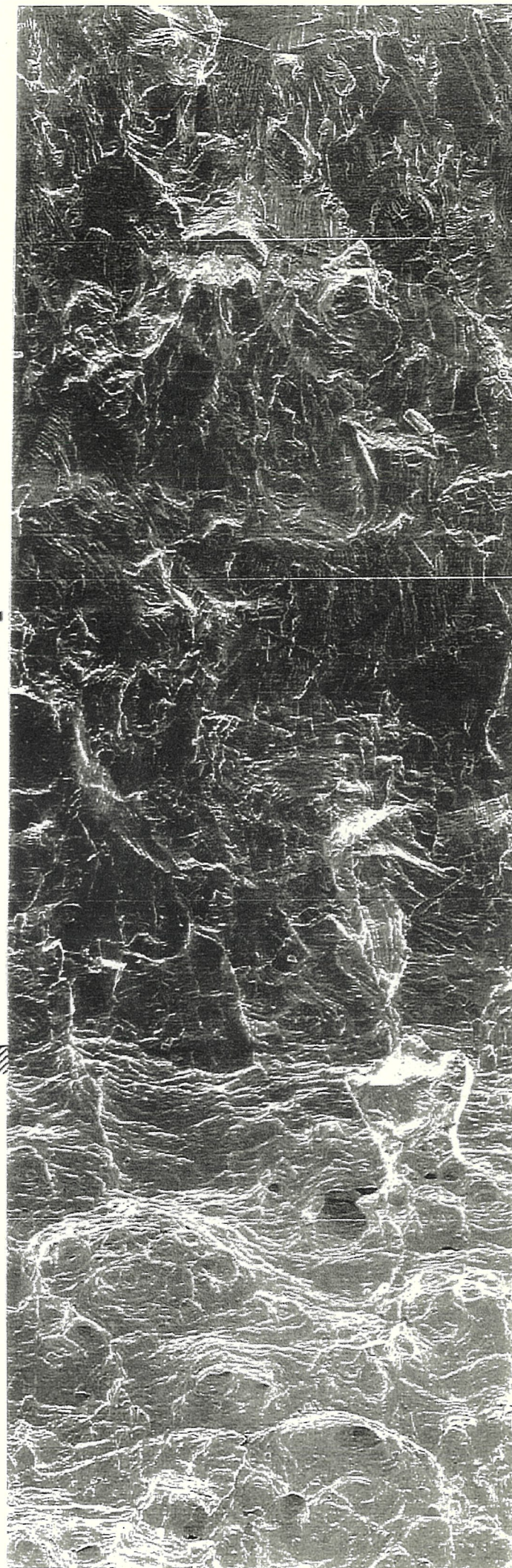
- ・ 小さな割れが連結し大きな割れへと成長している。
- ・ 割れ分枝のほとんどない直線状
- ・ 割れの形態は粒内割れ
- ・ 金属組織はオーステナイトであり異常な組織は認められなかった
- ・ 表面にグラインダーによる加工層が認められた。

×2.5
4 mm

図-4 エルボ部に生じた軸方向割れ(割れa)



破面
強制破面

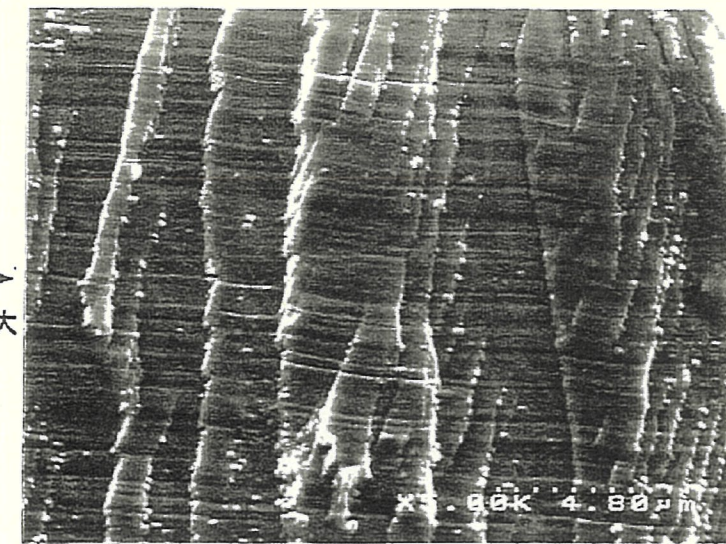


拡大

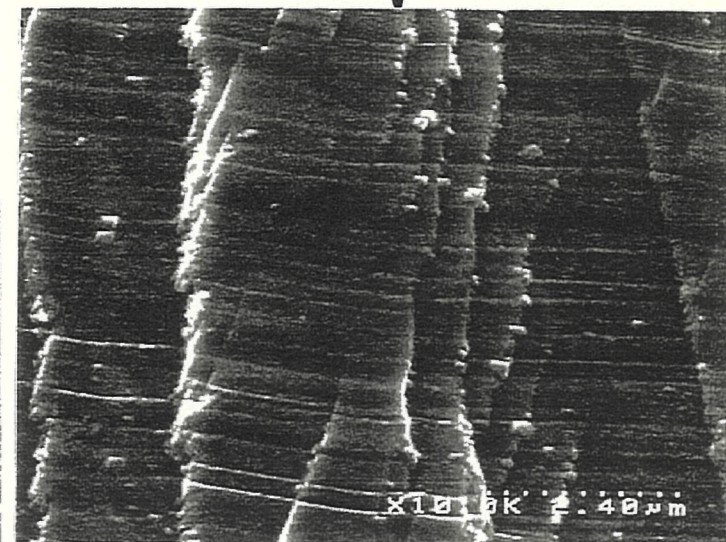


① 破面部の拡大

拡大

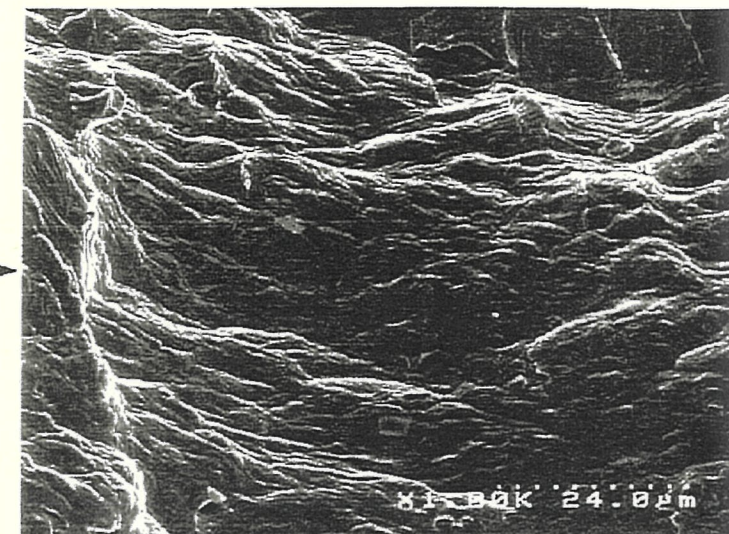


拡大



ストライエーション状模様破面上に腐食生成物が観察された。

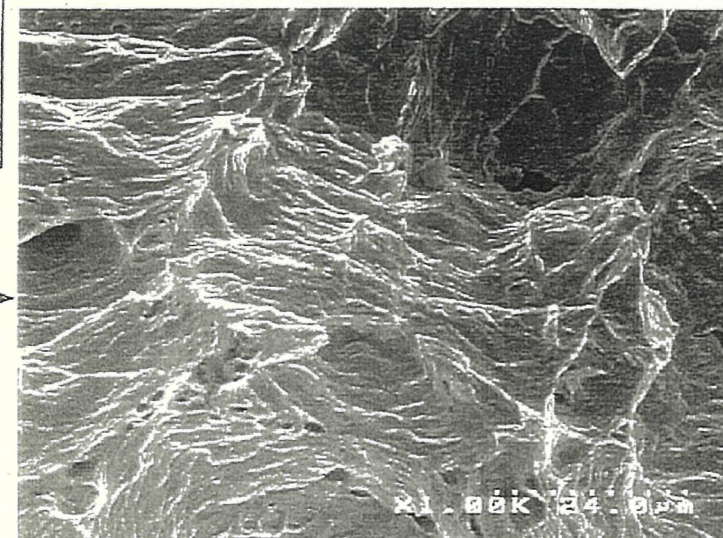
約
0.5mm



② 強制破面部の拡大

×1000

拡大



③ 強制破面部の拡大

×1000

拡大

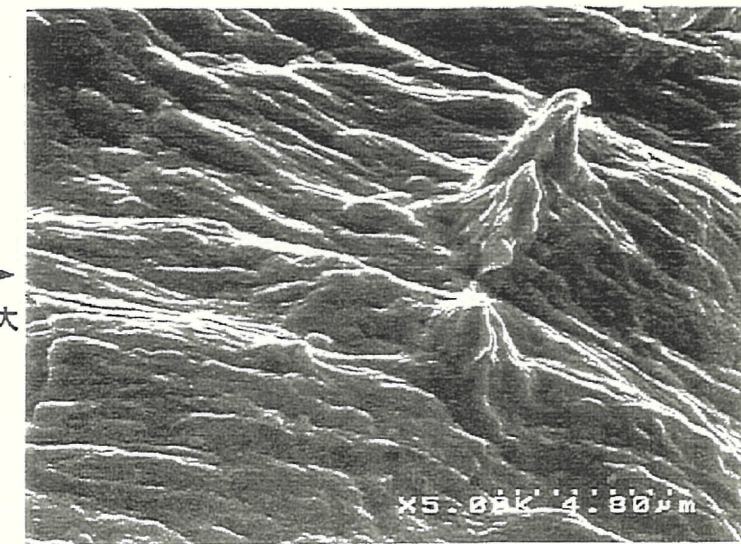
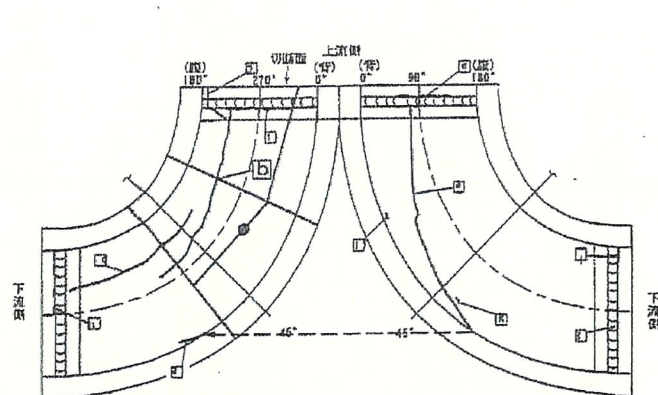


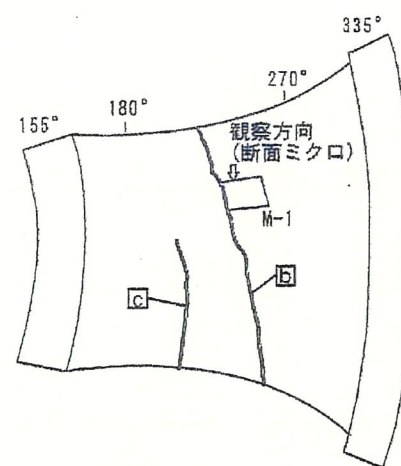
図-A 貫通割れaで見られたストライエーション状模様近傍の観察結果



破面

- 破面は平坦で、ビーチマークが複数認められた。
- 起点は内面に複数認められた。

×2.5 4mm

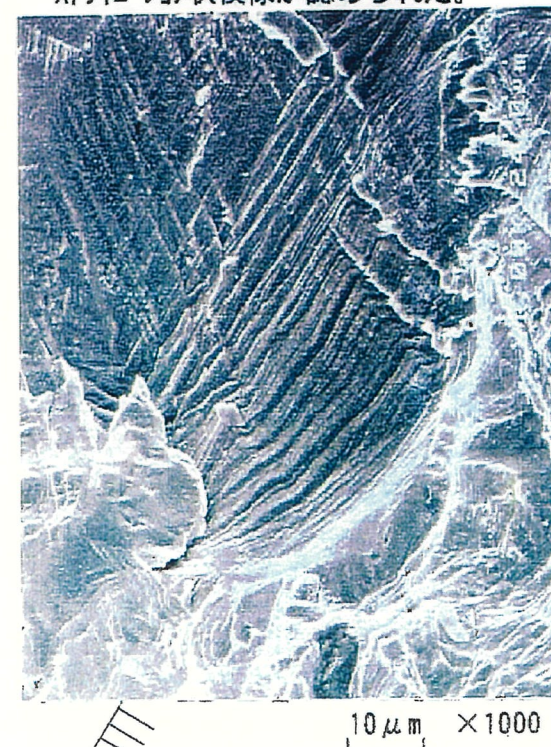


断面ミクロ

- 割れは分枝のほとんどない直線状
- 割れの形態は粒内割れ
- 金属組織はオーステナイトであり異常な組織は認められなかった。
- 表面にグラインダーによる加工層が認められた。
- 破面上に腐食生成物が認められた。

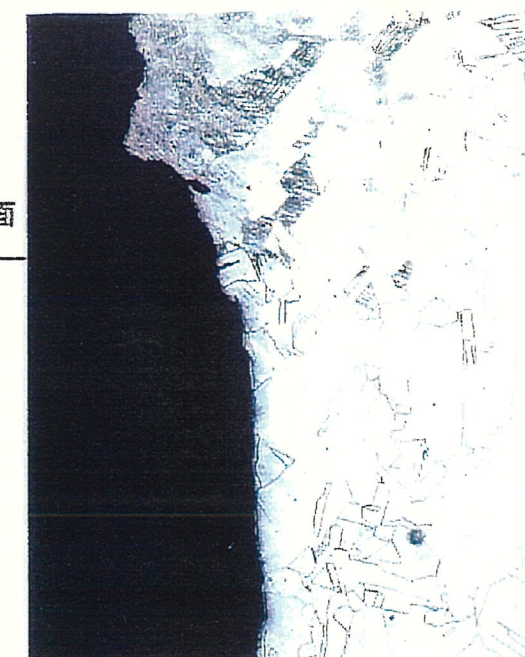


- 割れ先端の一部の領域にストライション状模様が認められた。

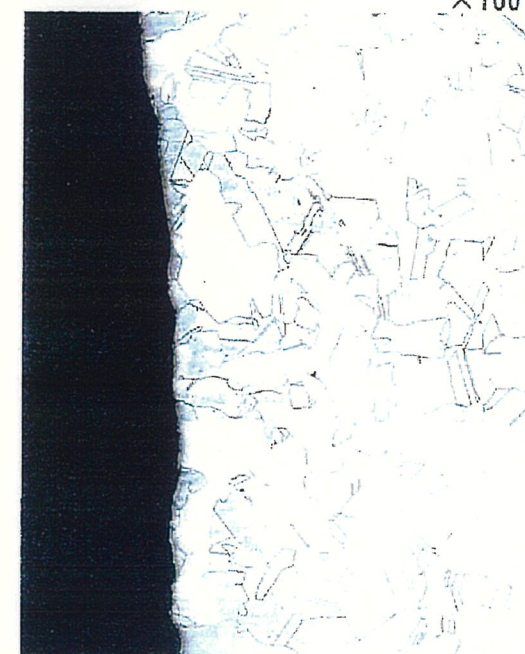


強制破面

強制破面



×100



×100

破面

内面

0.1mm ×100

内面

×2.5 4mm

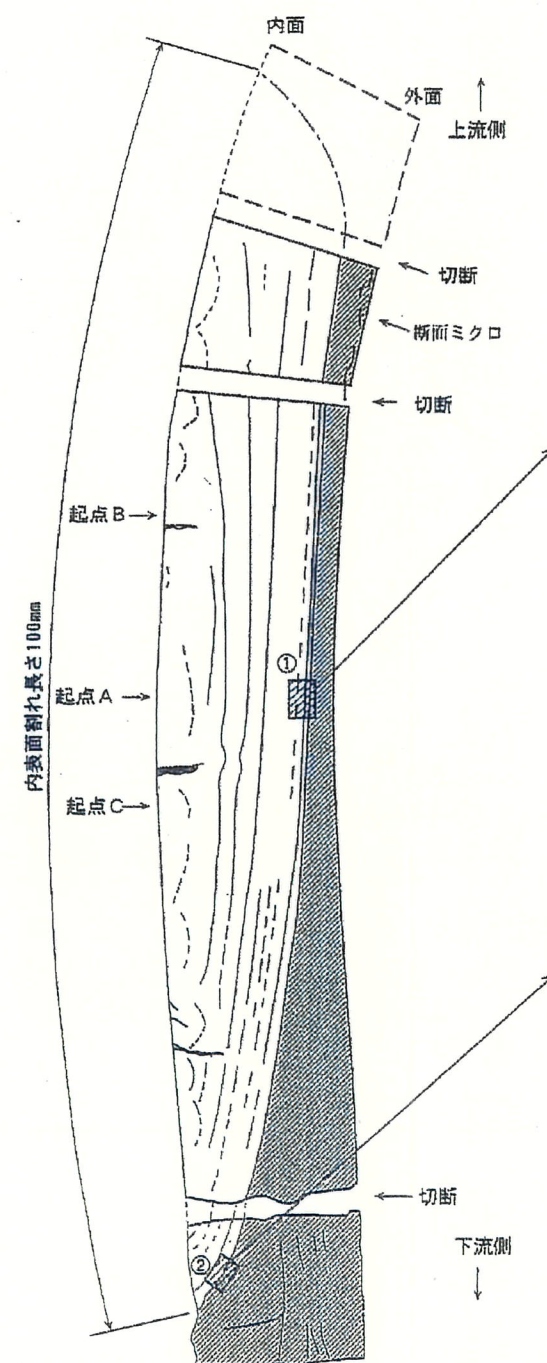
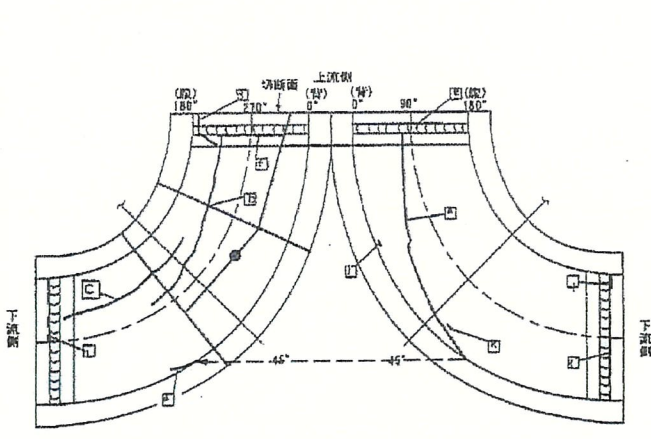


図-5

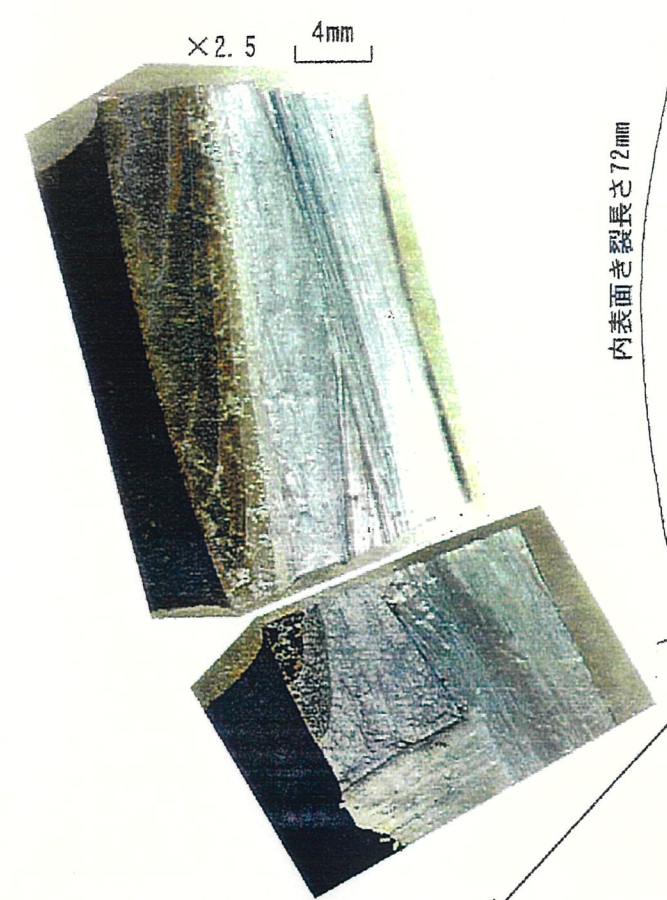
エルボ部に生じた軸方向割れ(割れb)

- 小さな割れが合体し、大きな割れに成長
- 割れは直線状である。

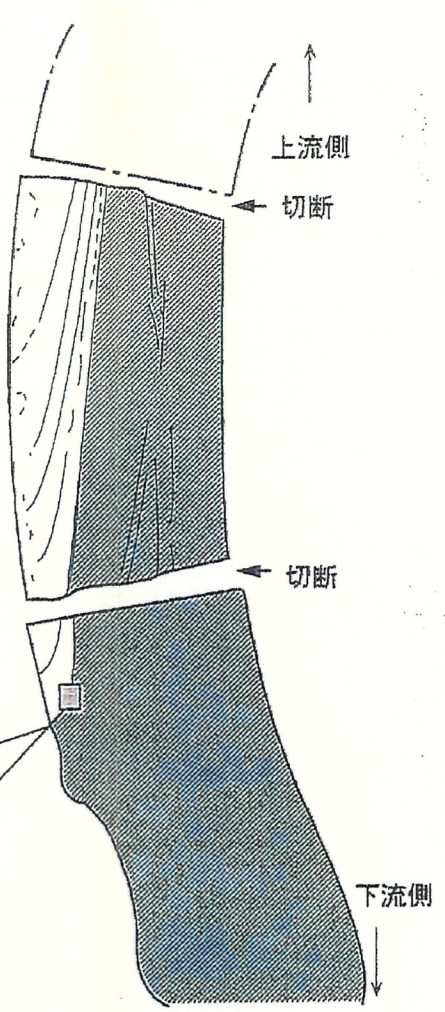


破面

・破面は平坦で、ビーチマークが複数認められた。

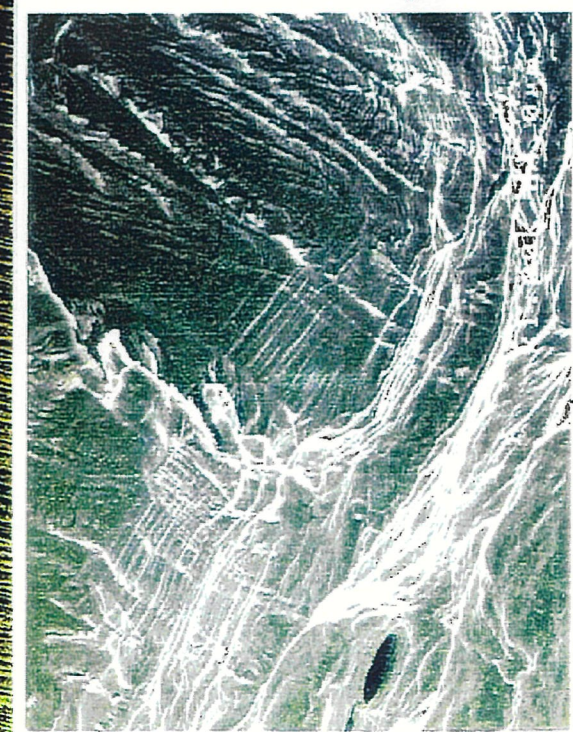
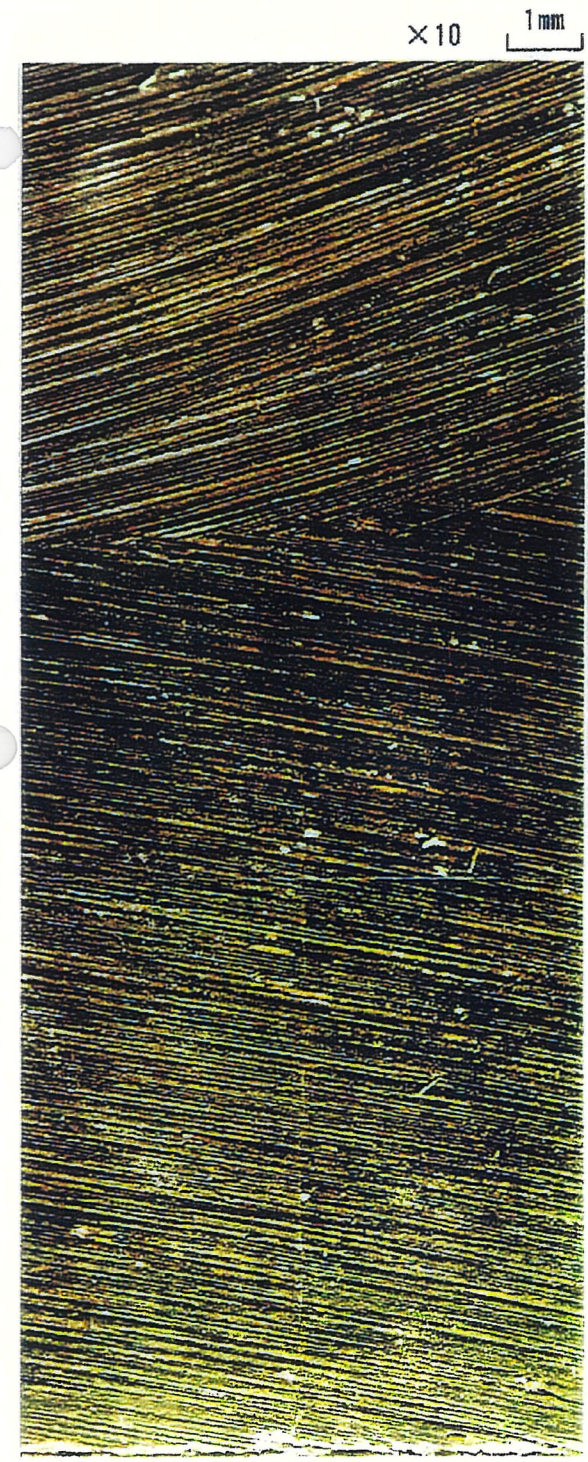


内表面き裂長さ72mm



内面 (上流側)

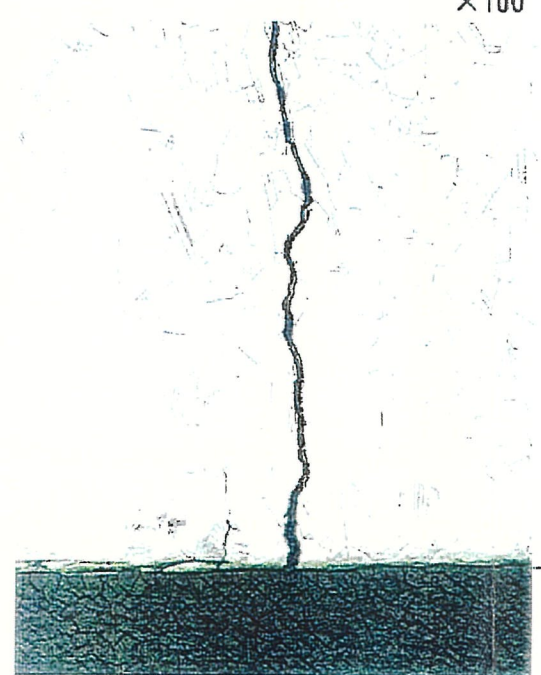
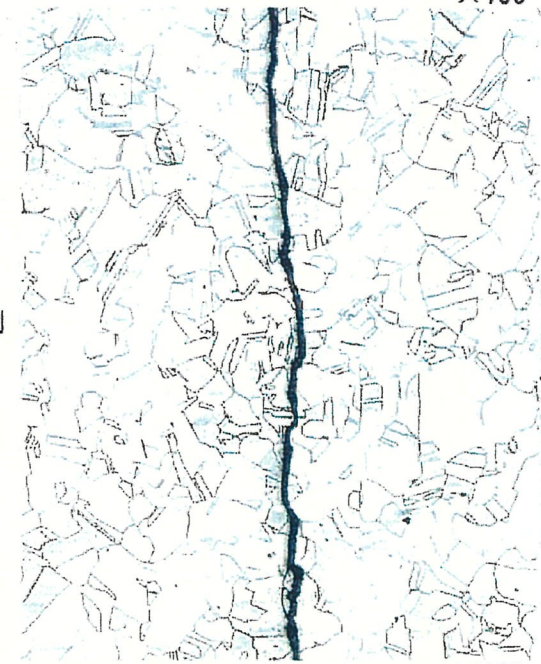
・割れは直線状である



強制破面



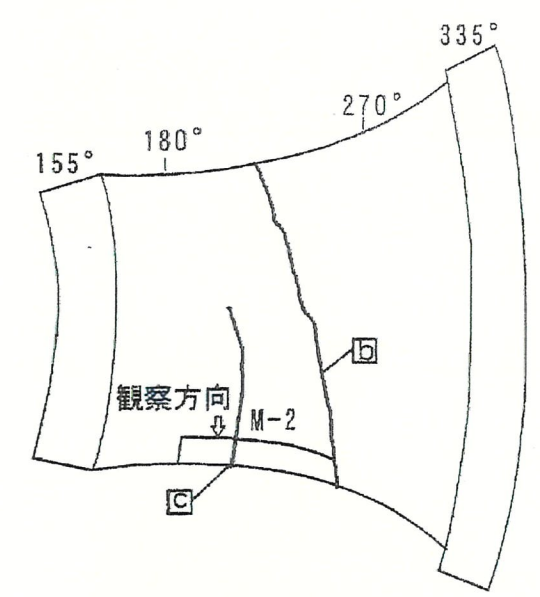
・割れ先端の一部の領域にストライエーション状模様が認められた。
・破面上に腐食生成物が認められた。



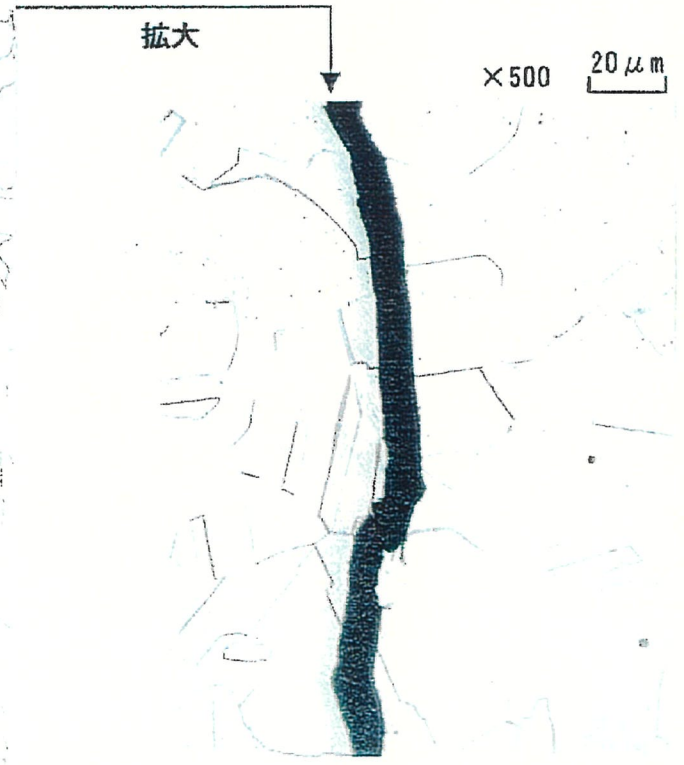
0.1mm ×100

内面

断面ミクロ



・割れは分枝のほとんどない直線状
・割れの形態は粒内割れ
・金属組織はオーステナイトであり異常な組織は認められなかった。
・表面にグラインダーによる加工層が認められた。



拡大

図-6 エルボ部に生じた軸方向割れ(割れc)

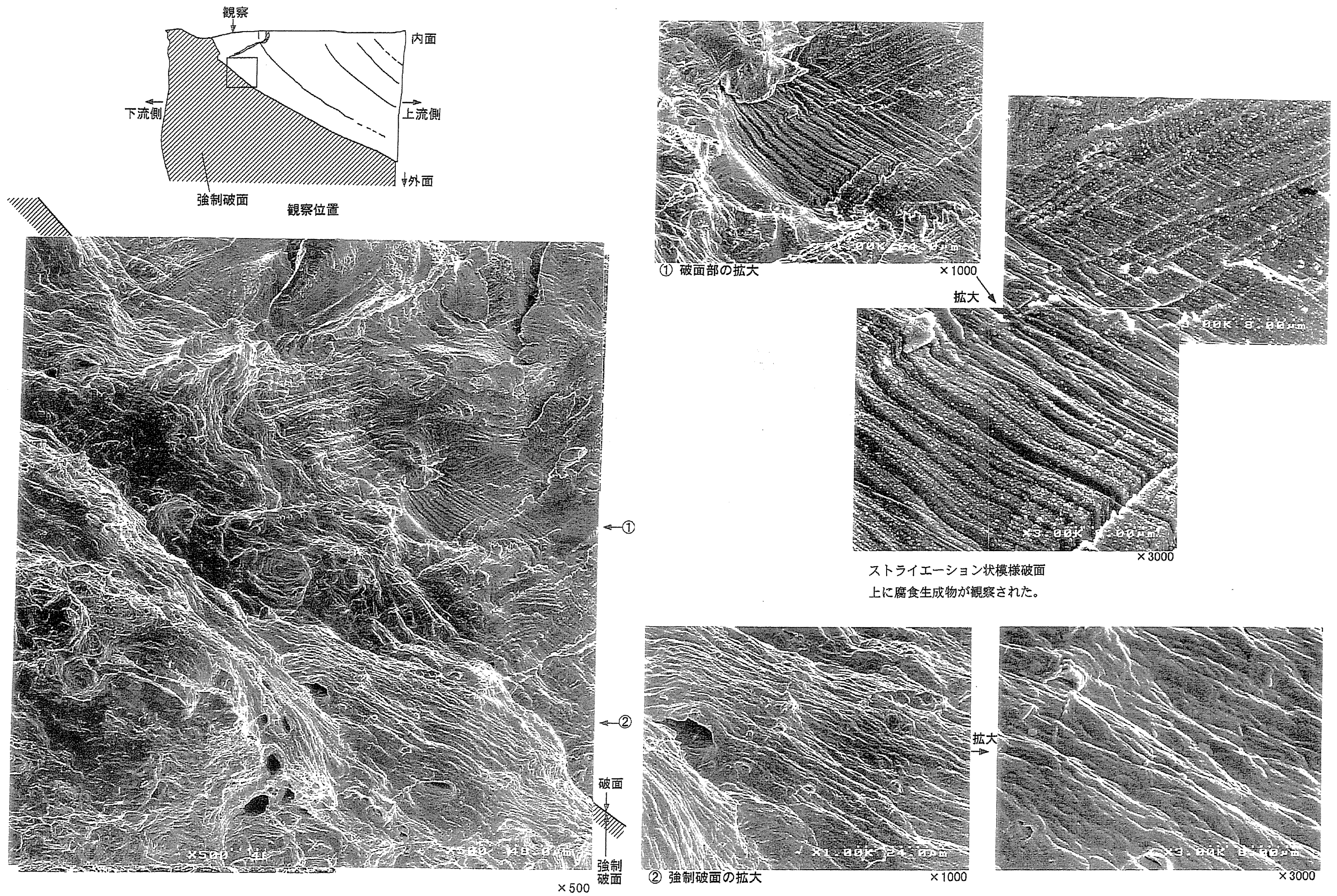
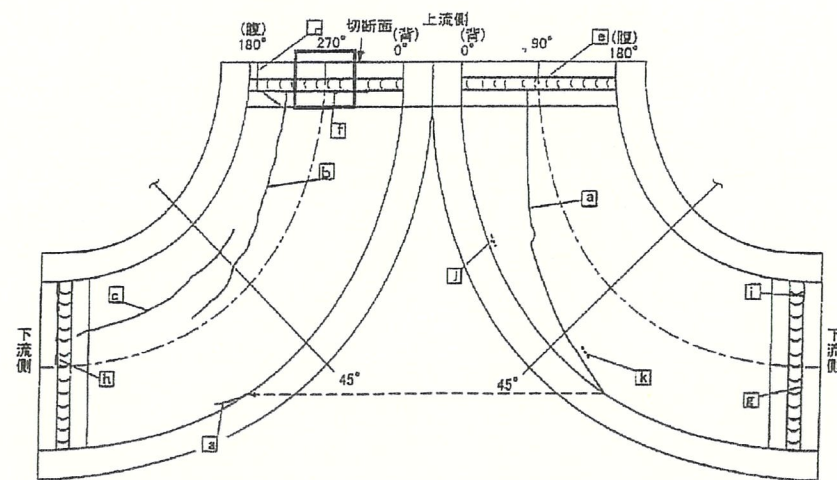
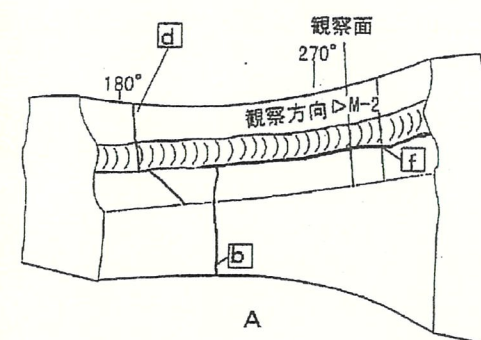


図-B 未貫通割れbで見られたストライエーション状模様近傍の観察結果

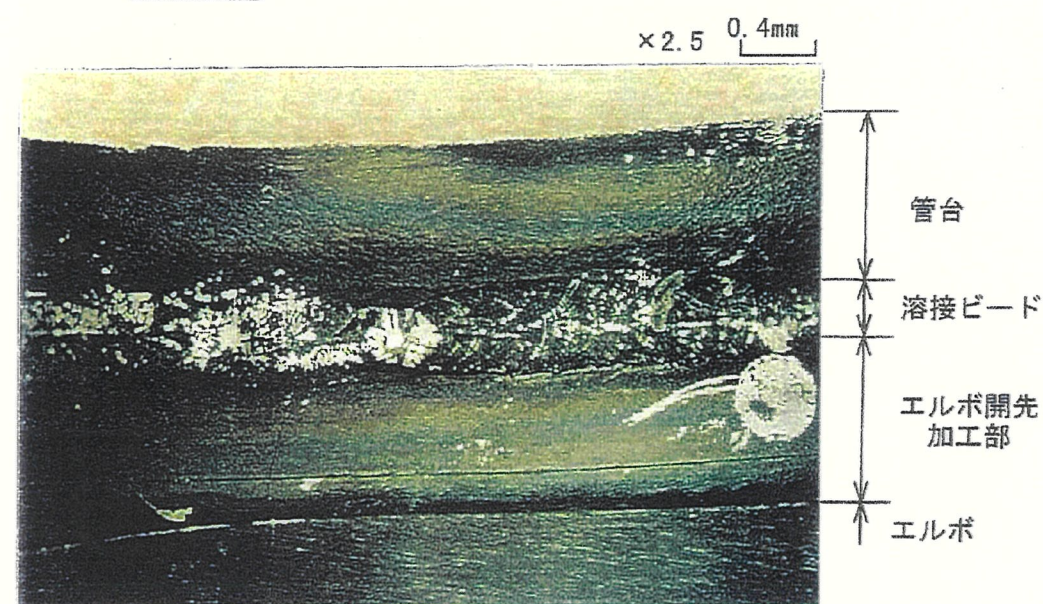


断面ミクロ

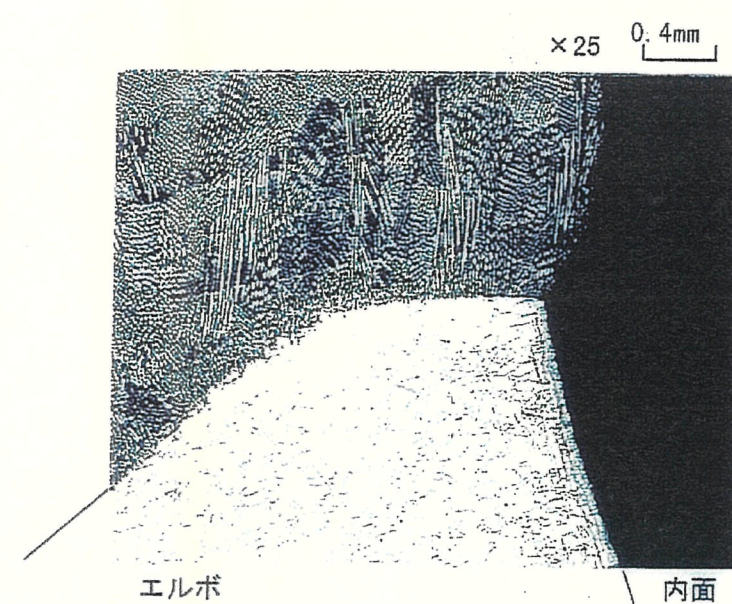


- 割れは溶接止端から発生し、ほぼ直線状
- 割れの形態は粒内割れ

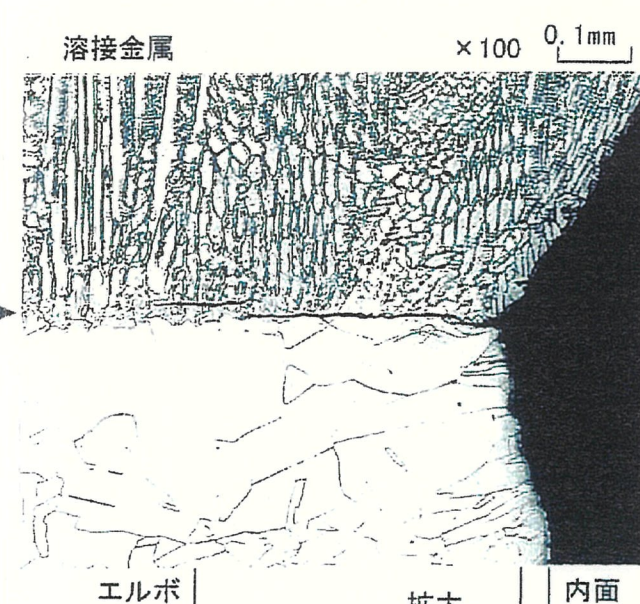
内面 ○ 割れは溶接止端に沿っている



溶接金属



拡大

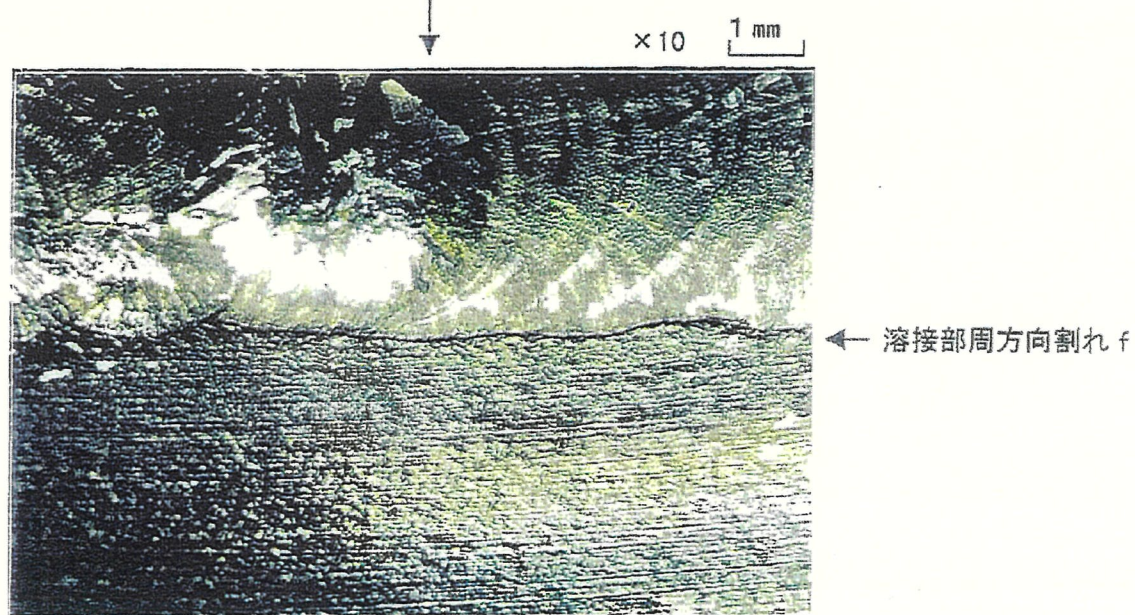


拡大

エルボ

拡大

内面



← 溶接部周方向割れ f

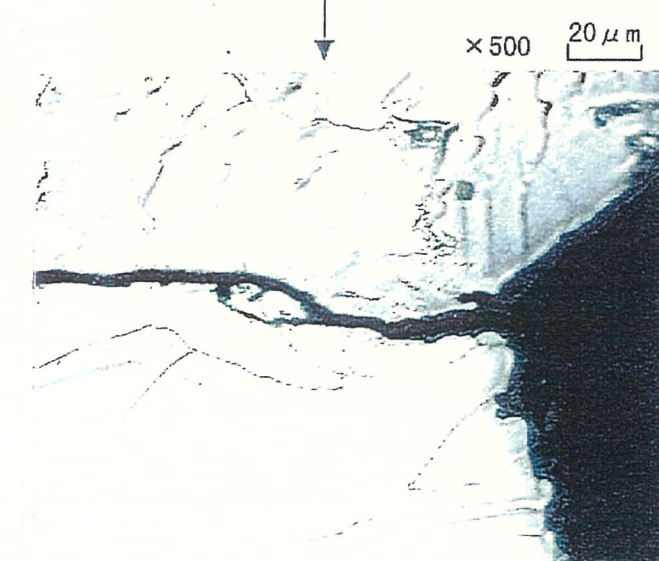
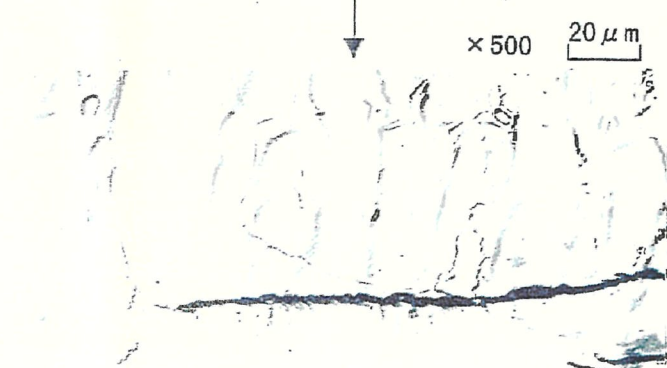
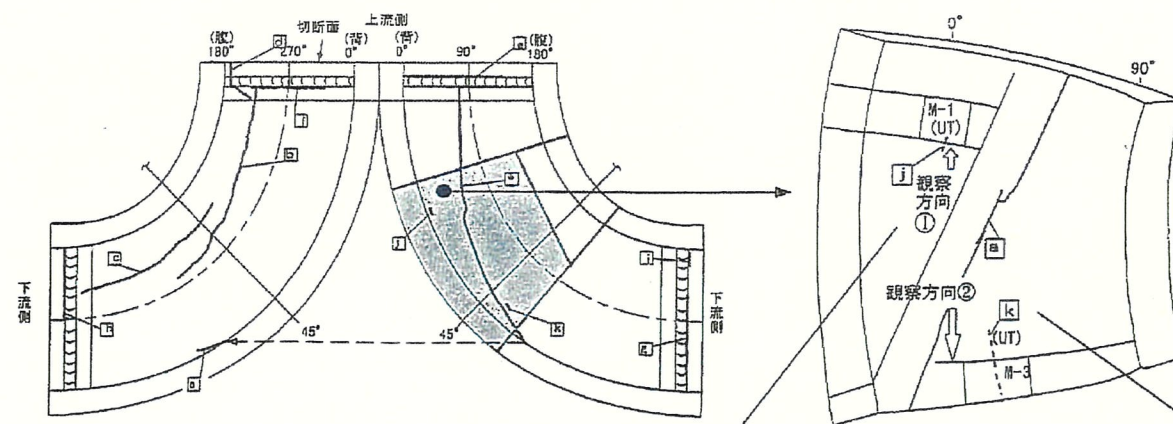


図-7 エルボ部に生じた周方向割れ(割れ f)



断面ミクロ

- 割れはほぼ直線状
- 割れの形態は粒内割れ

① 割れ j

② 割れ k

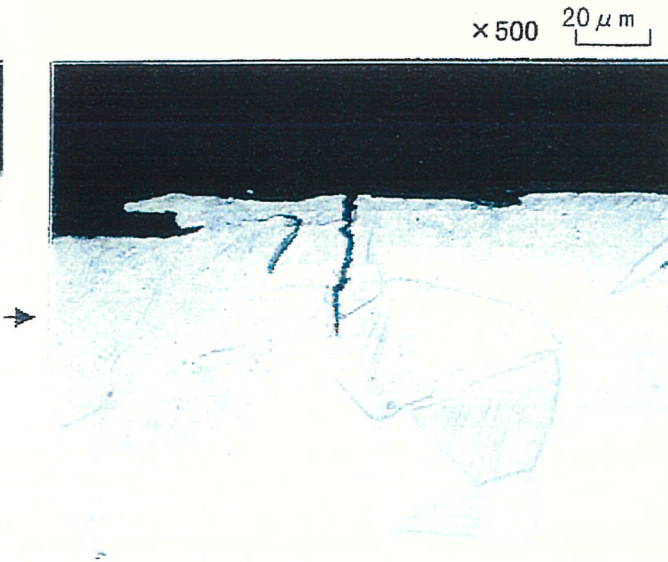
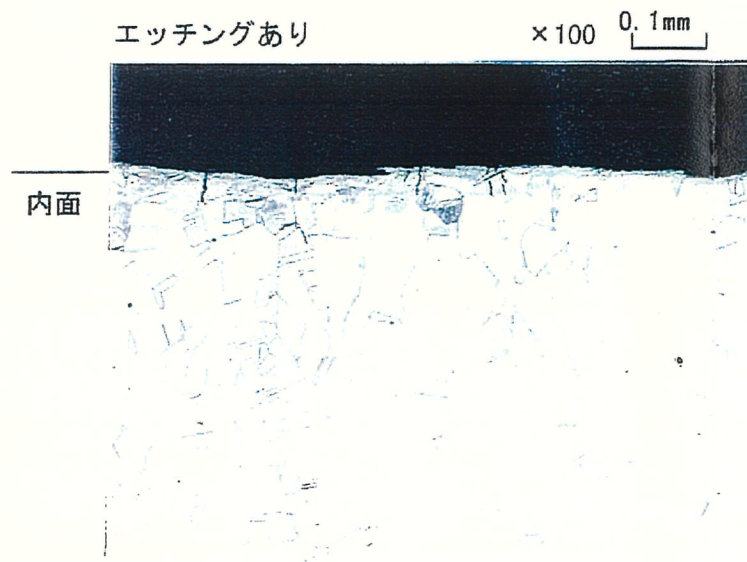
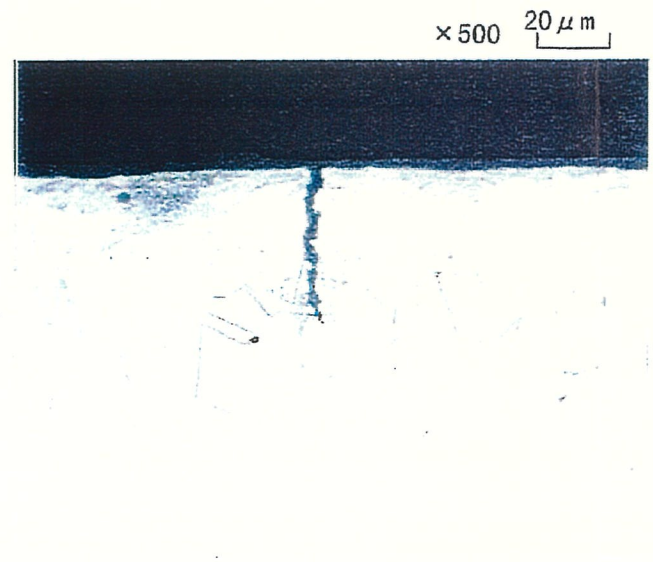
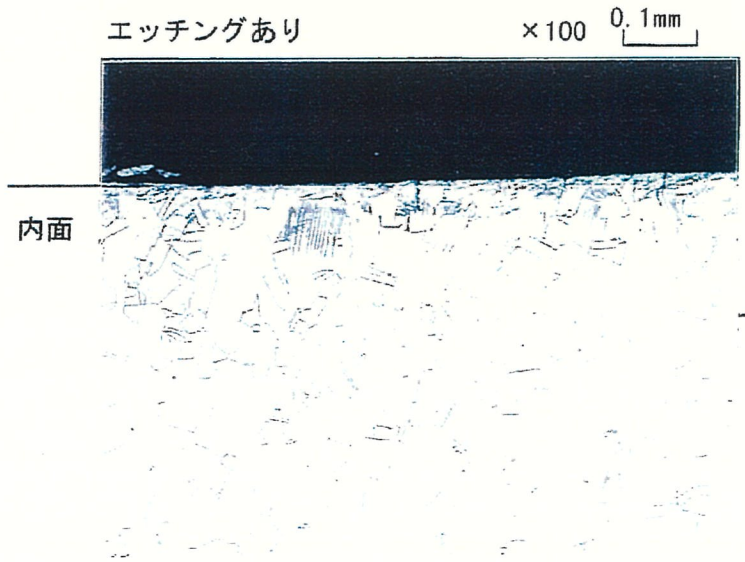
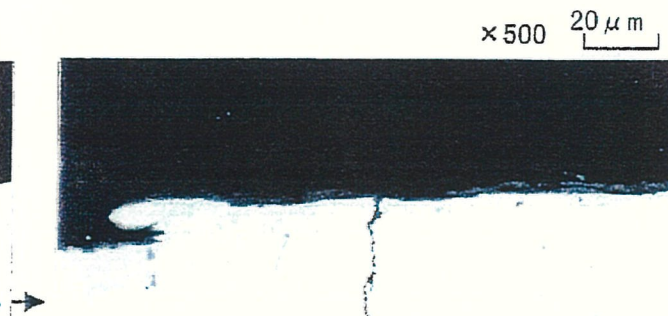
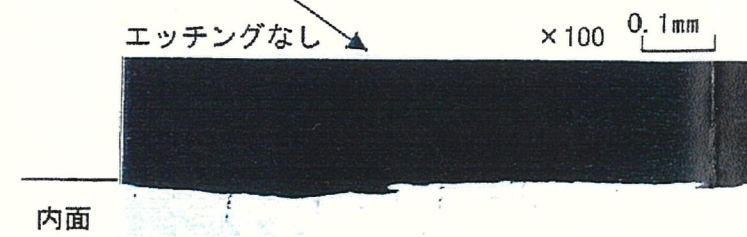
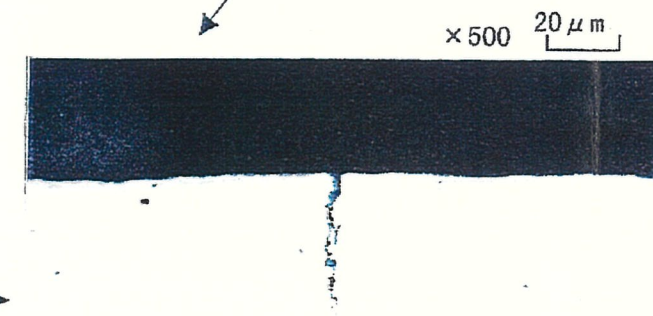
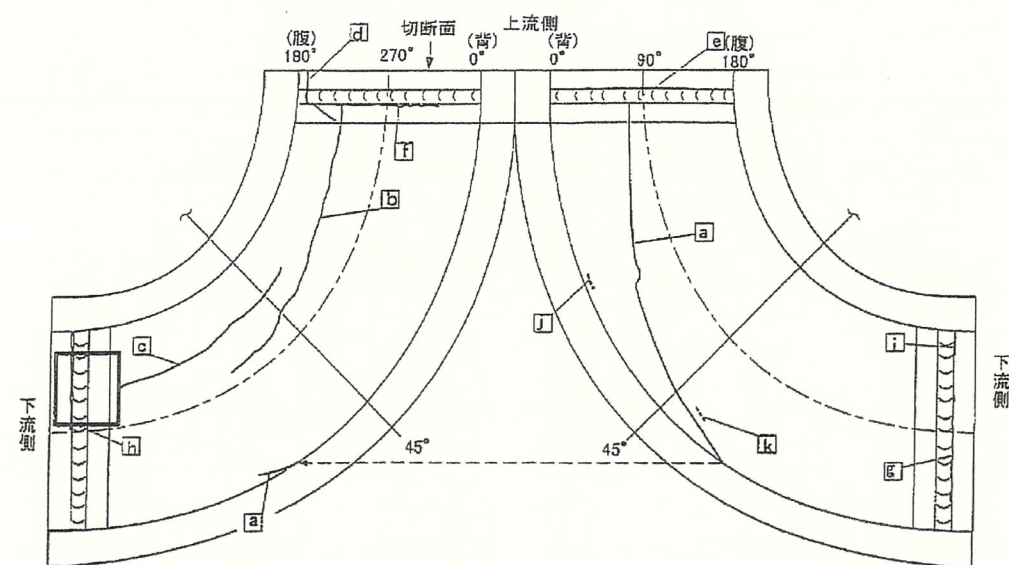
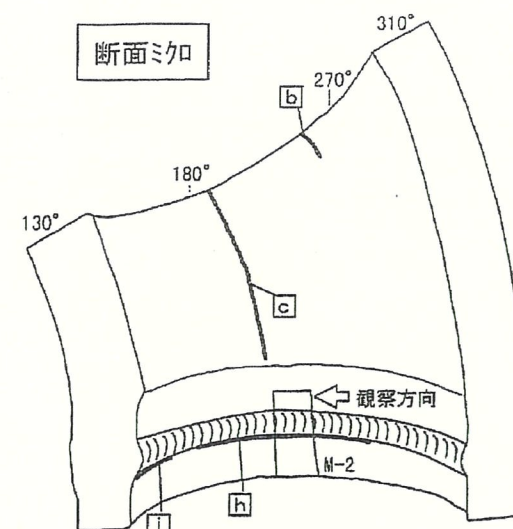


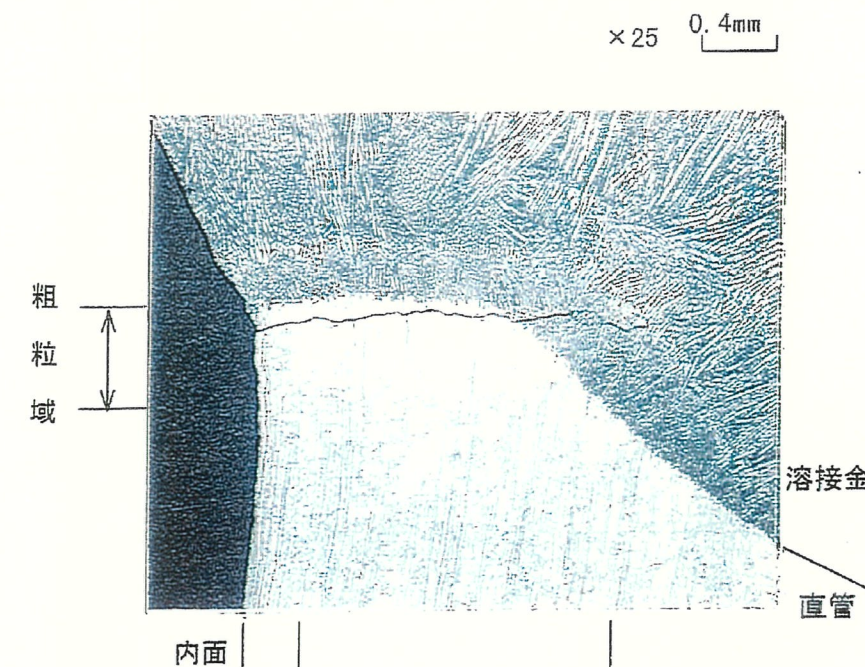
図-8 エルボ部に生じた割れ(割れ j, k)



観察位置



- 割れは溶接止端から発生し、ほぼ直線状に粗粒域(鋭敏化域)を横断していた。
- 割れの形態は粒内割れ

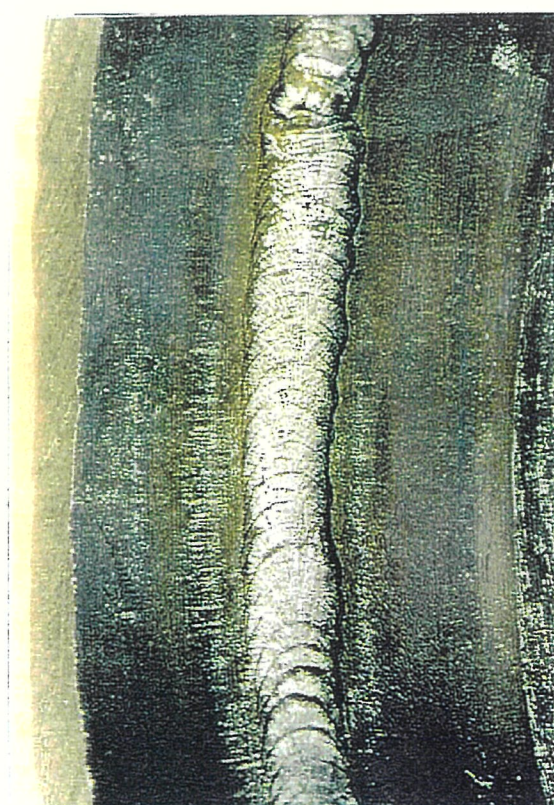


内面

- 割れは溶接止端に沿っている

×2.5 4mm

×10 1mm



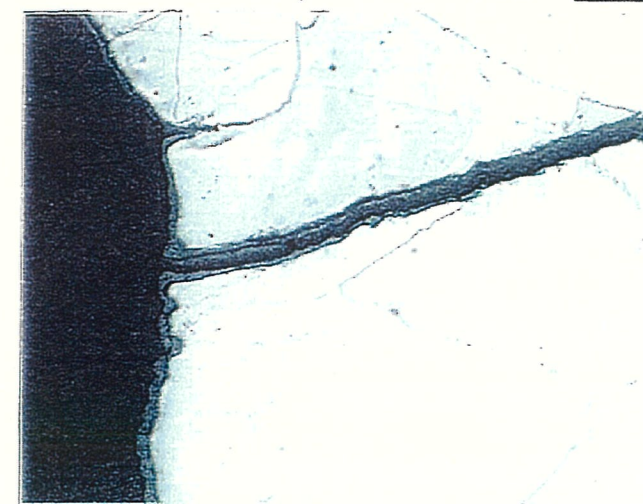
拡大



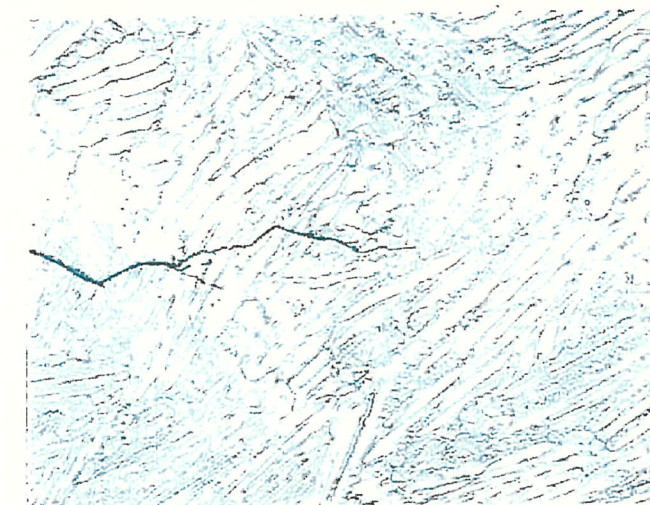
粗粒域

内面

×500 20μm



×100 0.1mm



×500 20μm

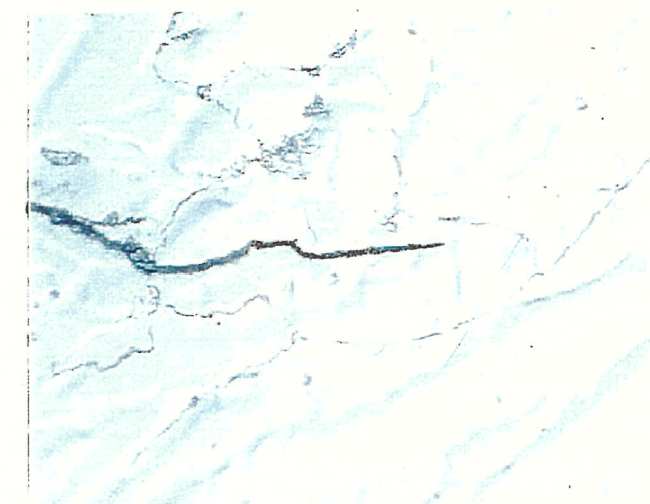
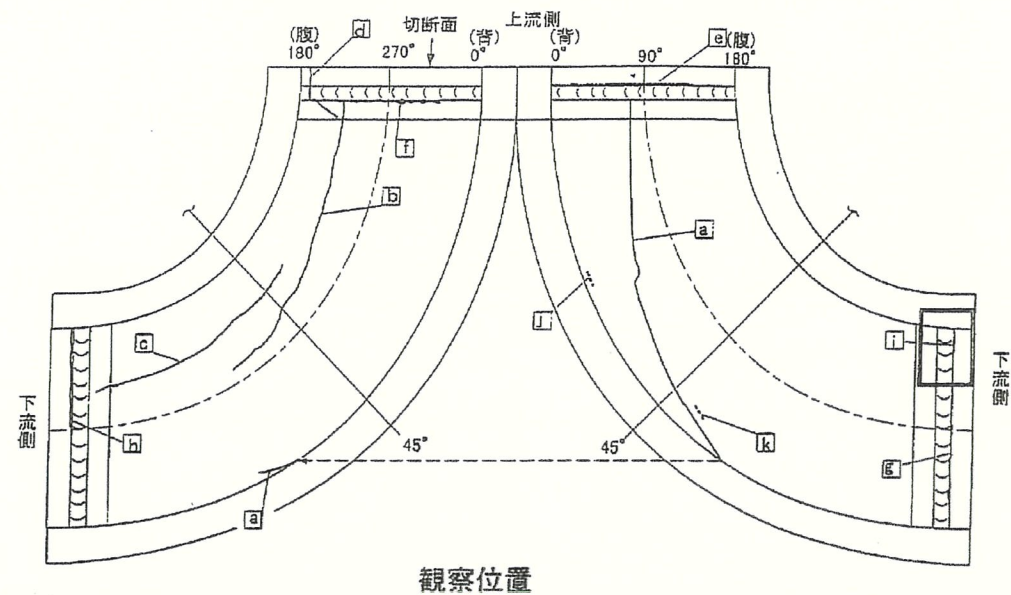


図-9 直管側溶接部に生じた周方向割れ(割れh)



内面

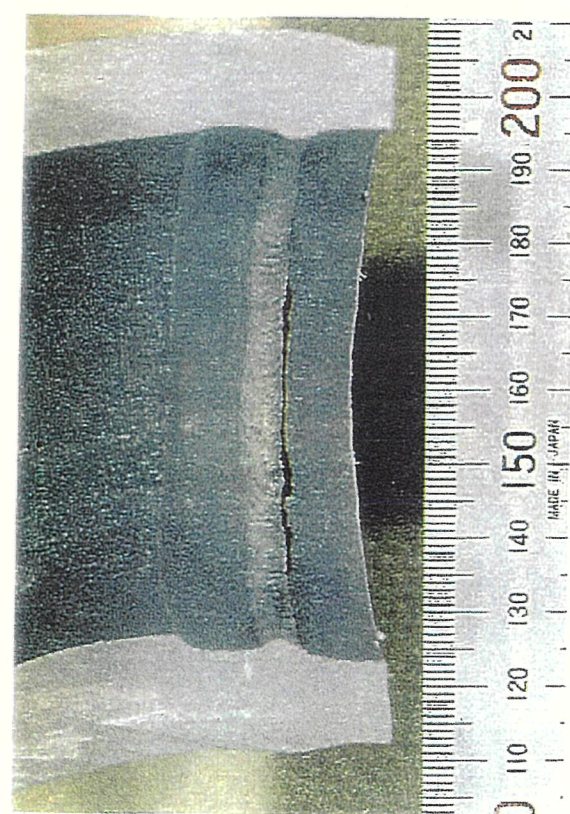
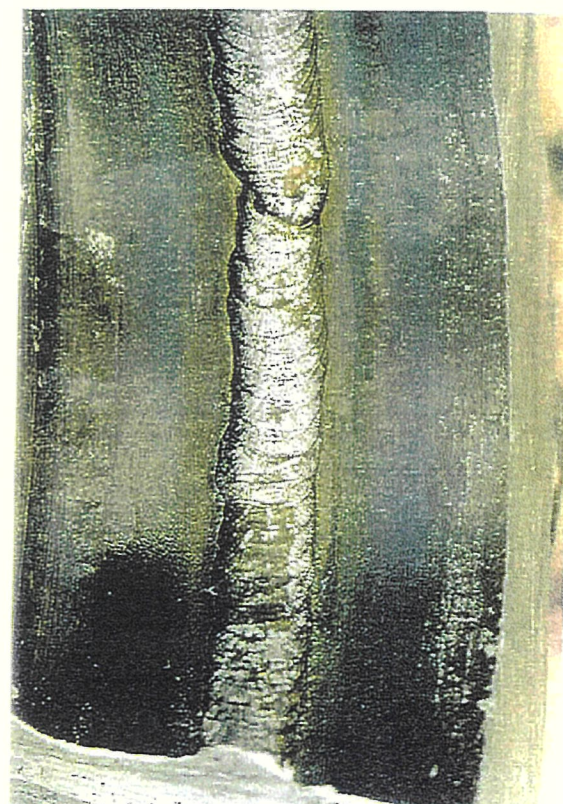
- 割れは溶接止端に沿っている。
- 拡大観察では割れ確認できず。

×2.5 4mm

(浸透探傷試験後)

×1

断面ミクロ実施中



エルボ 溶接 管台 切断面
開先加工部 ビード

図-10 直管側溶接部に生じた周方向割れ(割れ i)

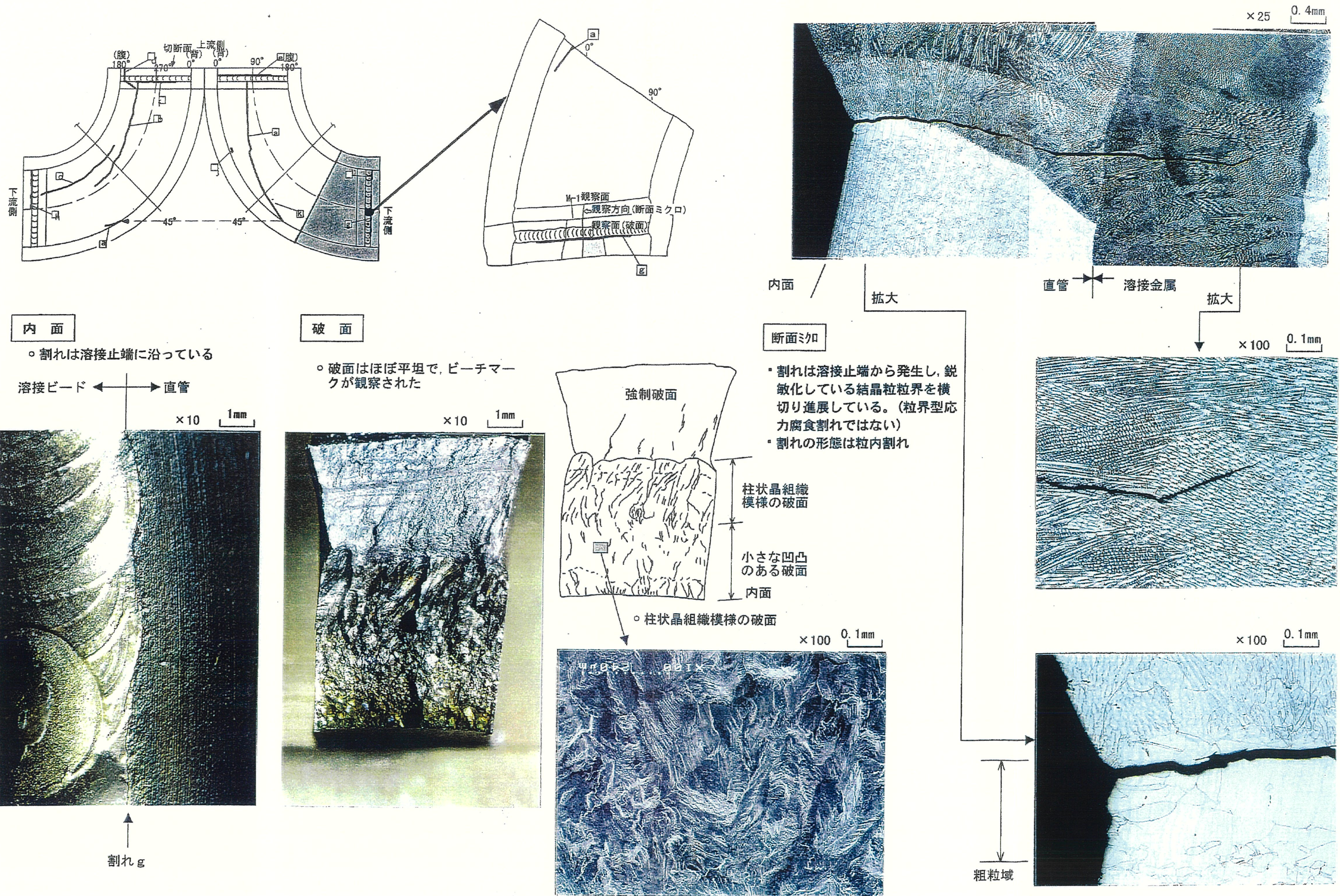
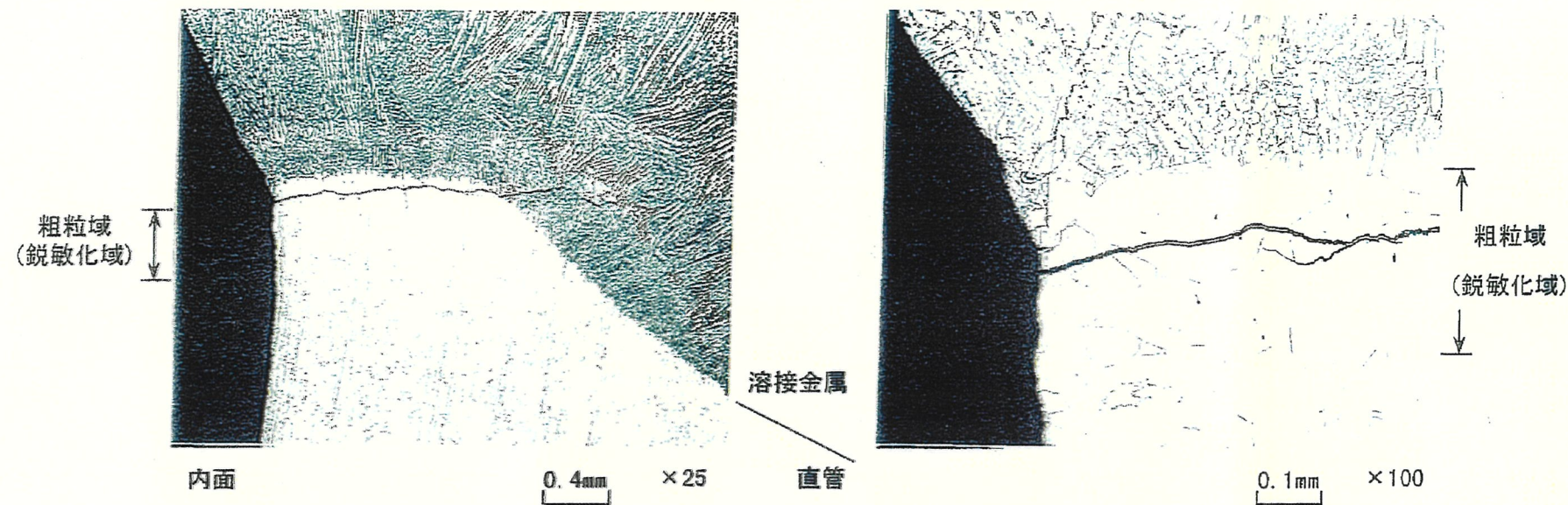


図-11 直管側溶接部に生じた周方向割れ(割れ g)

(A) 粒界割応力腐食割れでない根拠

○ 応力腐食割れが進展する鋭敏化粒界を(粗粒域)を横切り、溶接金属内部まで進展している。

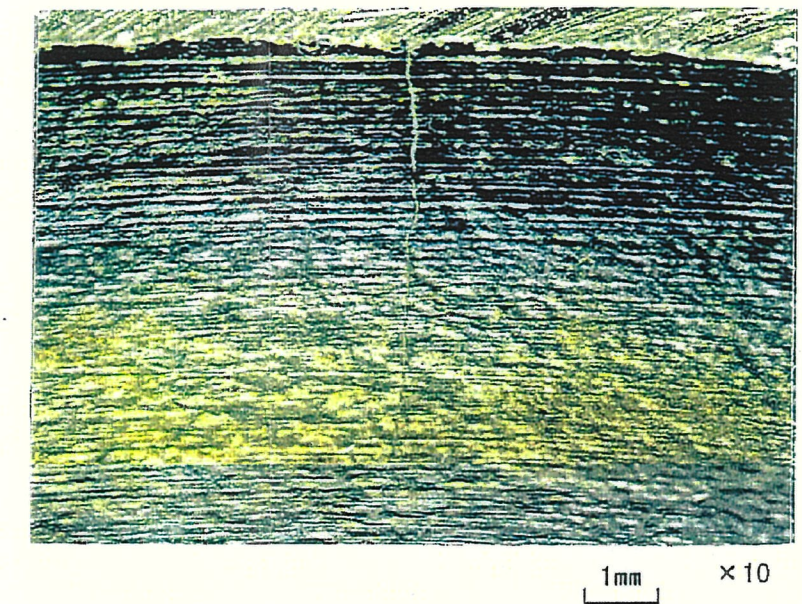
直管部周方向割れの断面ミクロ(割れh)



(B) 局所腐食及び全面腐食でない根拠

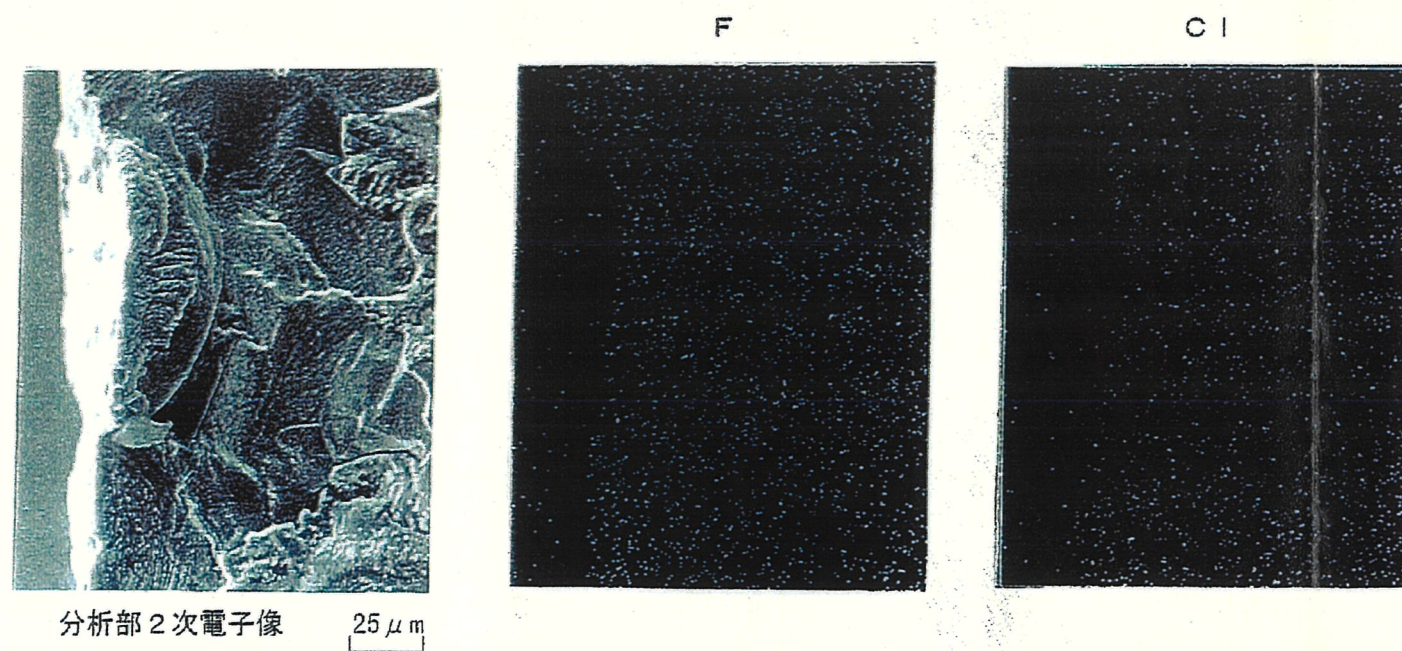
○ 内面観察の結果、局所腐食及び全面腐食は認められなかった。

内面拡大観察結果(割れd近傍)



○ SCC発生を助長させるような不純物(CI, F)は破面上に認められなかった。

エルボ部軸方向割れ起点部のEPMA分析結果(割れb)



(割れc近傍)

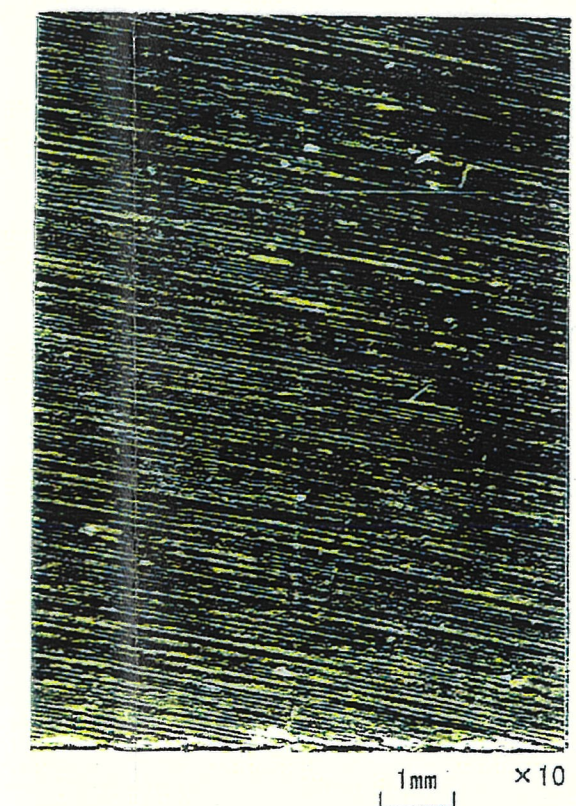
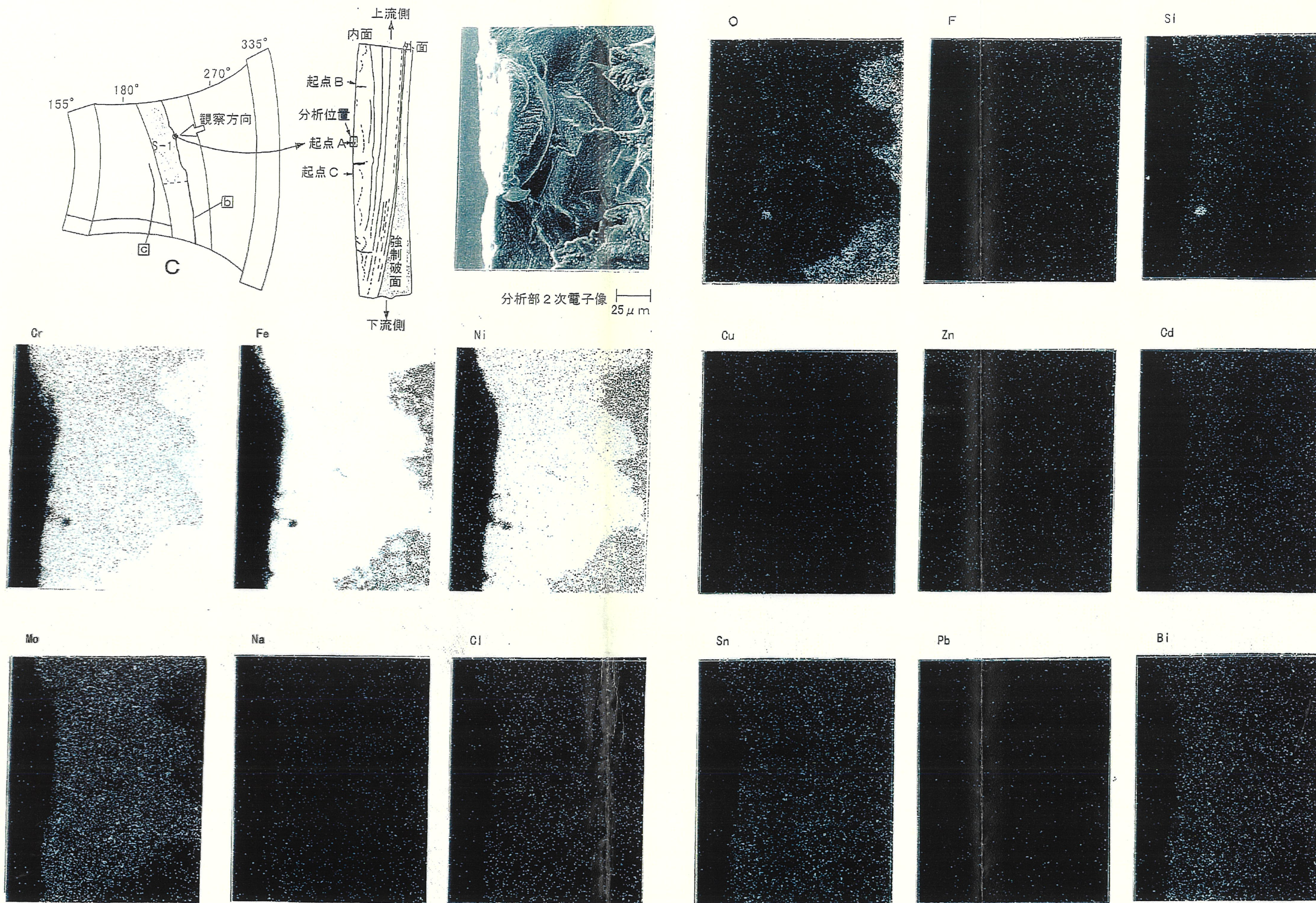


図-12 粒界型応力腐食割れ, 局部腐食, 全面腐食でない状況



図一13 EPMAによる破面元素分析結果例

合金成分であるCr、Ni、Mo及びベース金属であるFeが明瞭に観察された。
塩素やフッ素等耐食性に有害な化学成分は認められなかった。

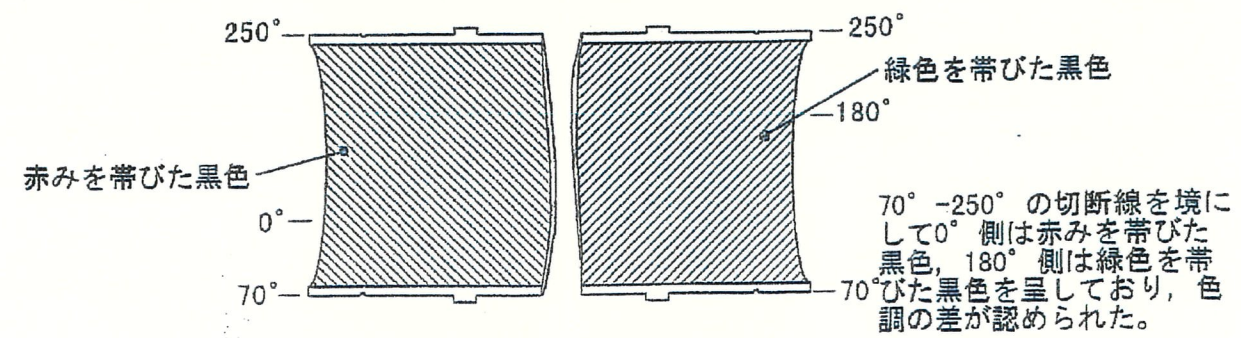
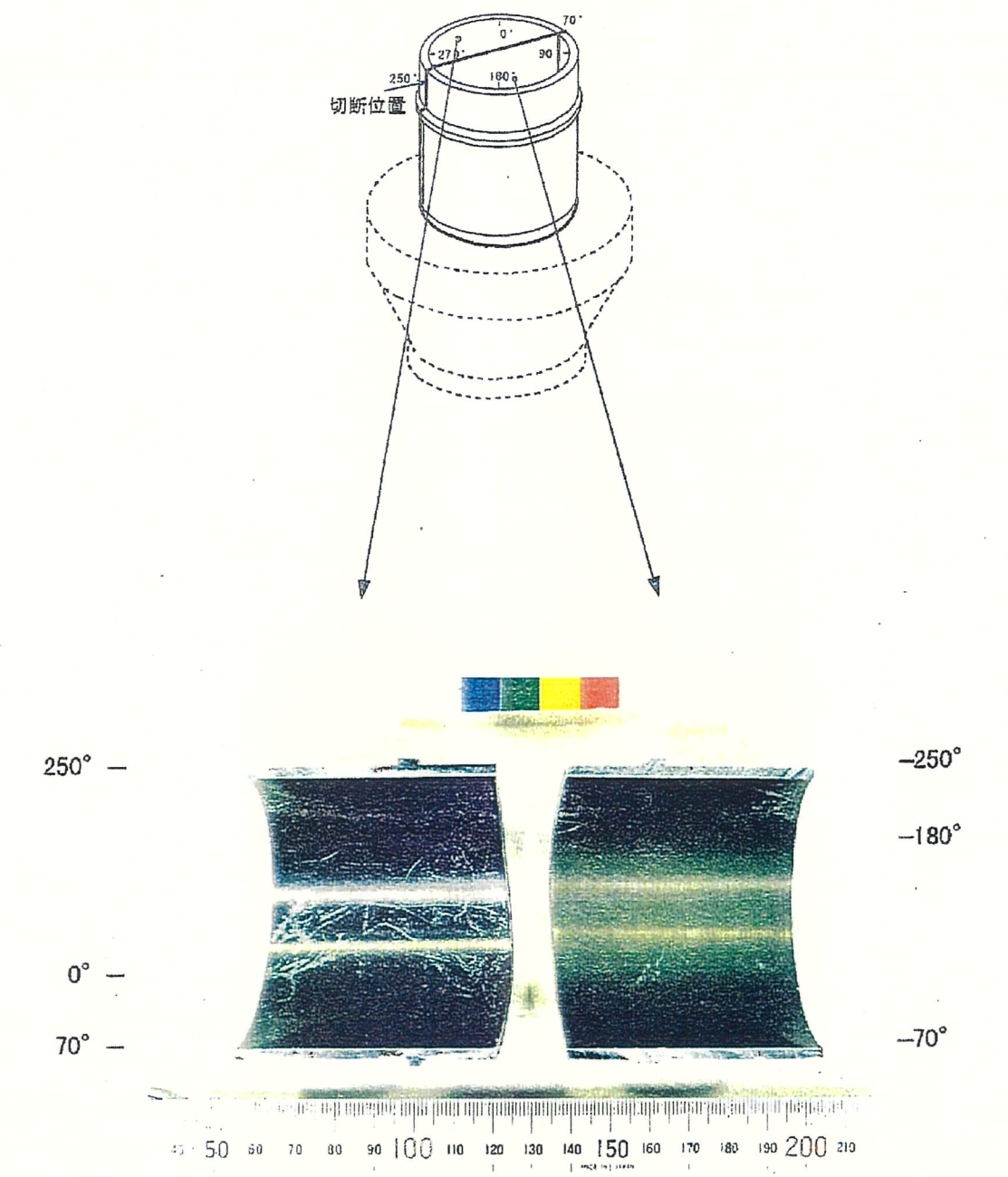


図-14 サーマルスリーブ内面観察状況

化学成分等調査結果（その1）

1. 化学成分分析結果

当該エルボ、比較エルボ、管台ともにミルシート値とほぼ一致するとともに、規格値を満足している。溶接金属の化学成分は規格値を満足している。

表1 母材の分析結果

		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
エルボ	当該エルボ	0.041	0.54	1.52	0.026	0.004	12.9	16.4	2.10
	比較エルボ	0.041	0.54	1.54	0.026	0.004	12.7	16.4	2.05
	ミルシート値	0.04	0.52	1.52	0.025	0.004	12.95	16.15	2.00
	規格値 JIS G3459 SUS316TP	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.040	≤0.030	10.00-14.00	16.00-18.00	2.00-3.00
管台	当該管台	0.043	0.50	1.84	0.026	0.012	12.8	16.8	2.04
	ミルシート値	0.042	0.55	1.76	0.022	0.012	12.59	16.74	2.21
	規格値 JIS G3214 SUSF316	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.040	≤0.030	10.00-14.00	16.00-18.00	2.00-3.00

(注) 湿式化学分析

表2 溶接金属の分析結果

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
管台-当該エルボ溶接部	—	0.31	1.57	—	—	13.3	17.3	2.23
当該エルボ-直管溶接部	—	0.27	1.54	—	—	13.6	17.1	2.37
比較エルボ-管台溶接部	—	0.29	1.55	—	—	13.2	17.5	2.33
規格値 JIS Z3221 D316	≤0.08	≤0.90	≤2.50	≤0.040	≤0.030	11.0-14.0	17.0-20.0	2.00-2.75

(注) EPMAにより分析

2. 寸法計測結果

- ・当該エルボの外径は91.7mm～92.65mmであり、比較エルボと同等である。(JIS B2305)
- ・当該エルボの肉厚は12.18～16.65mmで、腹側が背側より厚肉であり、比較エルボと同等であった。
- ・管台の外径、肉厚は設計寸法と比較し問題のない寸法であった。

表3 エルボの外径計測結果

区分	位置	0°～180°	45°～225°	90°～270°	135°～315°
当該エルボ	a	92.65	91.80	92.00	92.10
	b	92.30	91.70	92.00	92.20
	c	92.30	91.80	91.85	92.20
	d	92.20	91.70	91.90	92.30
	e	92.20	91.70	91.85	92.40
比較エルボ	a	92.15	92.20	91.90	91.60
	b	92.25	92.50	91.95	91.50
	c	92.15	92.30	91.70	91.30
	d	92.20	92.40	91.80	91.50
	e	92.60	92.30	91.60	91.50

表4 エルボの肉厚計測結果

区分	位置	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
当該エルボ	a	12.30	12.66	13.32	14.54	16.65	13.69	13.22	12.61
	b	12.18	12.36	13.52	14.23	15.73	14.07	13.36	12.44
	c	12.30	12.33	13.54	13.90	14.56	13.96	13.09	12.32
	d	12.13	12.74	13.78	15.20	15.35	14.05	13.13	12.72
	e	12.53	12.67	13.59	15.70	16.13	13.95	13.25	12.75
比較エルボ	a	12.41	12.68	13.33	13.85	16.53	14.34	13.28	12.56
	b	12.22	12.50	13.16	13.81	16.00	14.34	13.63	12.44
	c	13.00	12.16	12.86	13.86	16.66	14.00	13.47	12.43
	d	12.23	12.53	13.14	13.86	16.07	14.33	13.66	12.58
	e	12.27	12.66	13.46	13.39	16.08	14.49	13.39	12.53

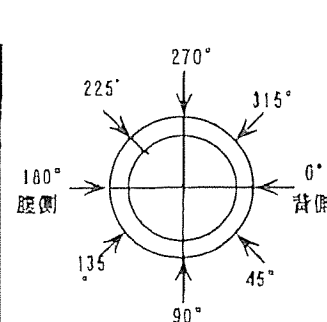
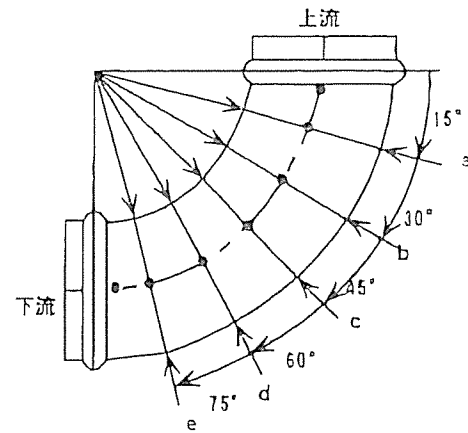


表5 管台の外径計測結果 (単位mm)

	① 管台肉厚部 外径	② 管台直管部 外径
0-180°	145.32	88.78
45-225°	145.32	88.93
90-270°	145.31	89.02
135-315°	145.27	89.10
図面寸法	145	89.1

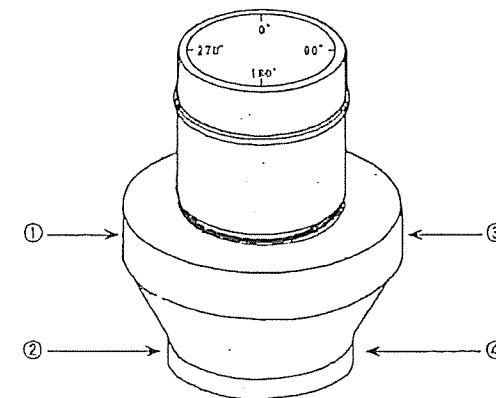
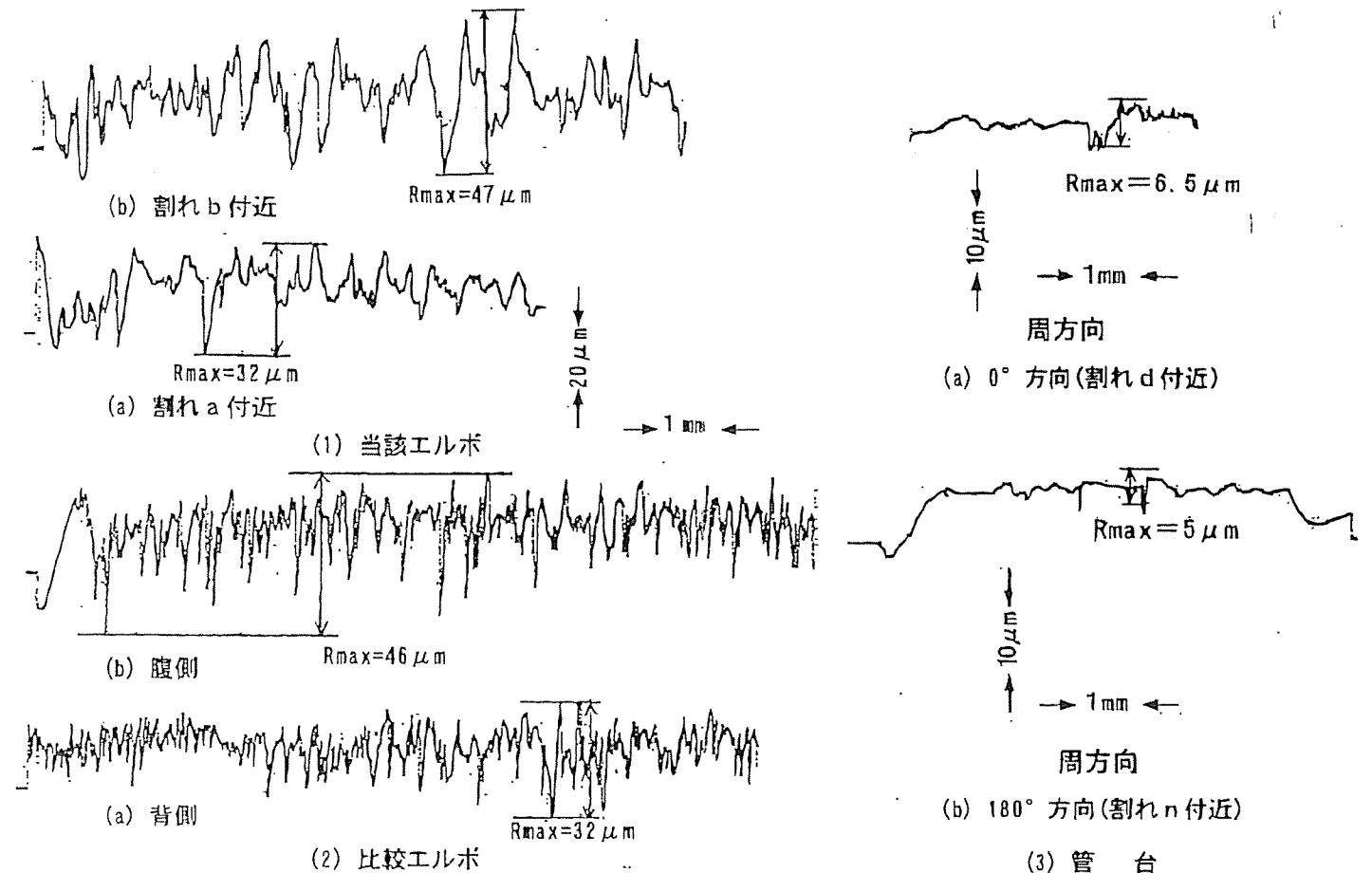


表6 管台の肉厚測定結果 (単位mm)

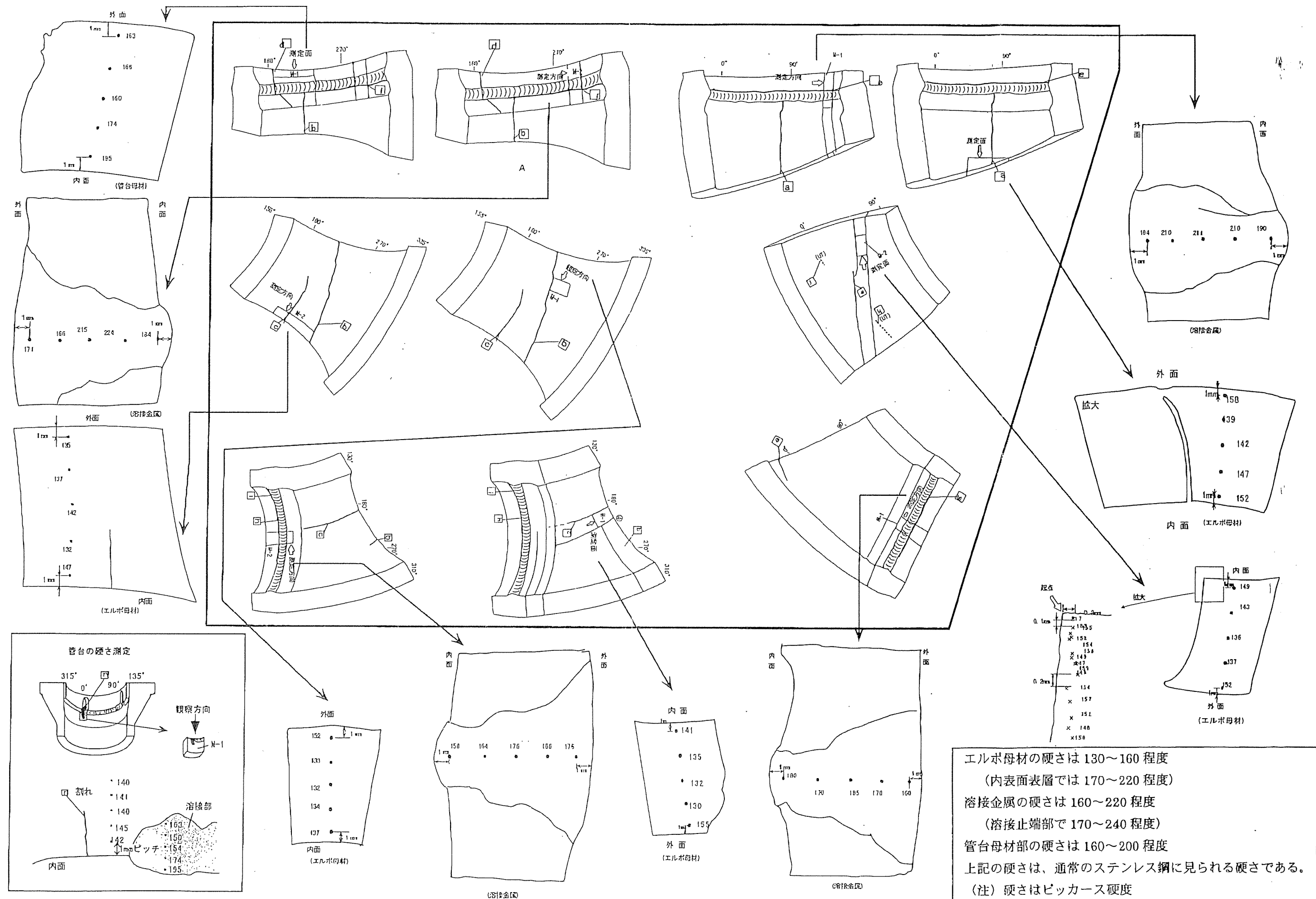
	③ 管台上肉厚 (スリブ取り外し後の測定可能箇所)	④ 管台直管部 肉厚
0°	36.28	11.39
45°	36.00	11.51
90°	35.90	11.49
135°	35.35	11.39
180°	35.21	11.33
225°	34.90	11.33
270°	36.24	11.24
315°	36.07	11.42
図面寸法	35	11.1

3. 粗さ測定結果

- ・当該エルボ及び比較エルボ内面のグラインダー跡に垂直方向に粗さ分布を測定した。その結果、当該エルボ及び比較エルボとも約30～45μmの粗さであり、通常の加工範囲内であった。
- ・管台内面の周方向粗さは約5μmであり、通常の加工範囲内であった。



化学成分等調査結果(その2)



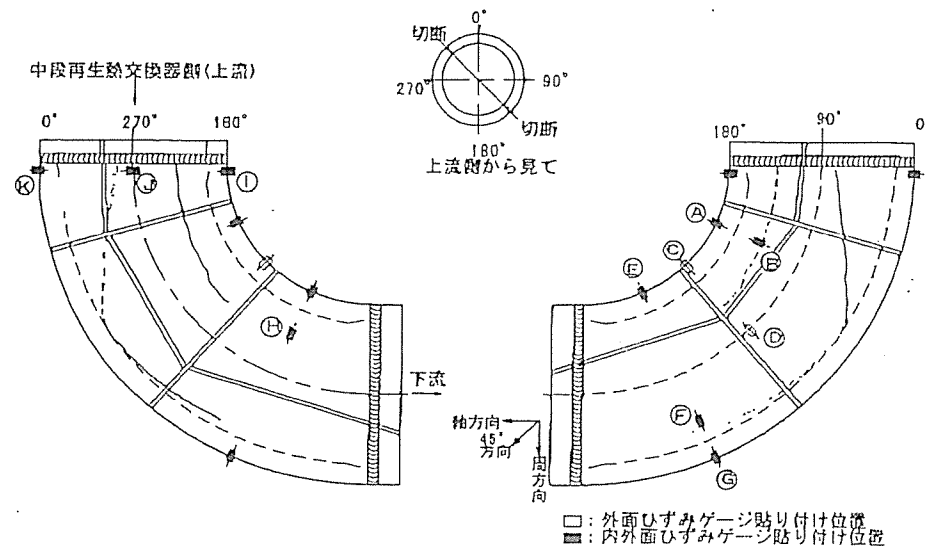
化学成分等調査結果（その3）

4. 残留応力測定結果

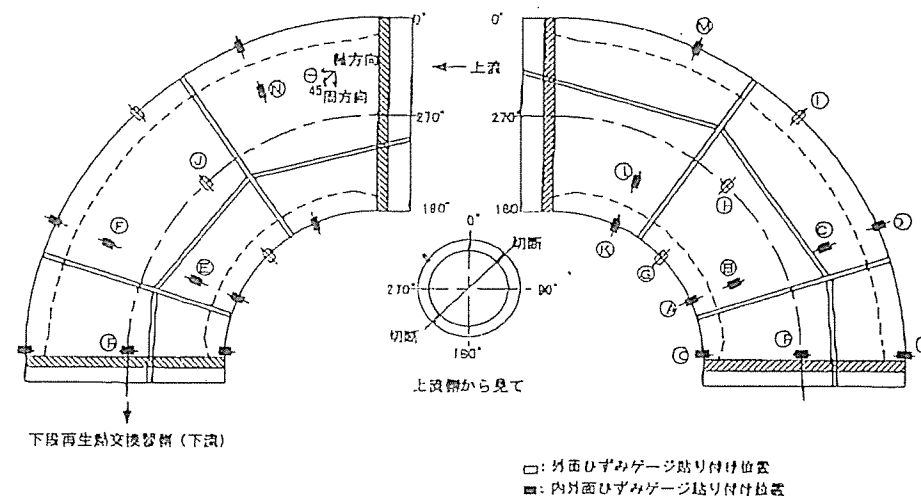
○歪ゲージ法で内外面の残留応力を測定した。その結果、エルボでは周方向には内面で引張の残留応力が外面には圧縮の残留応力が認められたが、傾向が異なる場合もあった。

当該エルボと比較エルボの残留応力には有意な差は認められなかった。

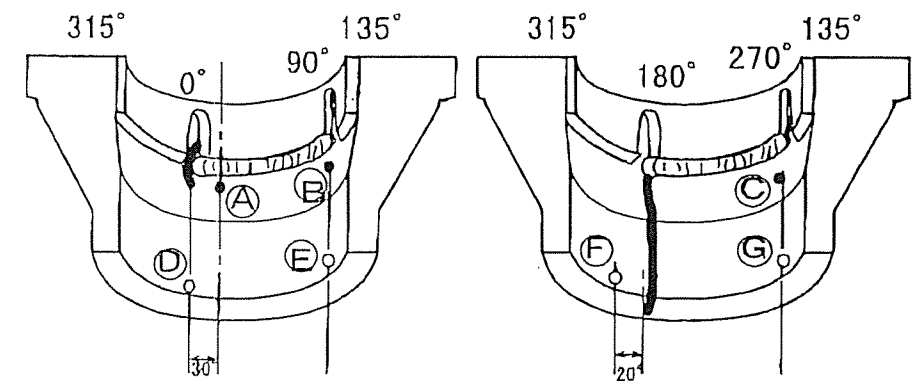
○管台の内面のサーマルスリーブ溶接部近傍には引張の残留応力が認められた。



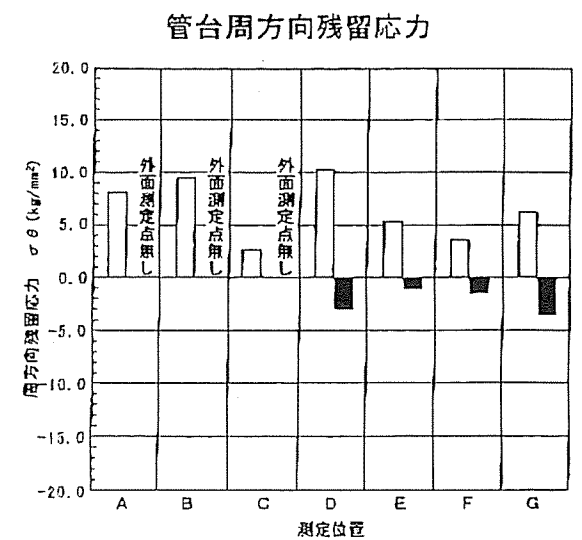
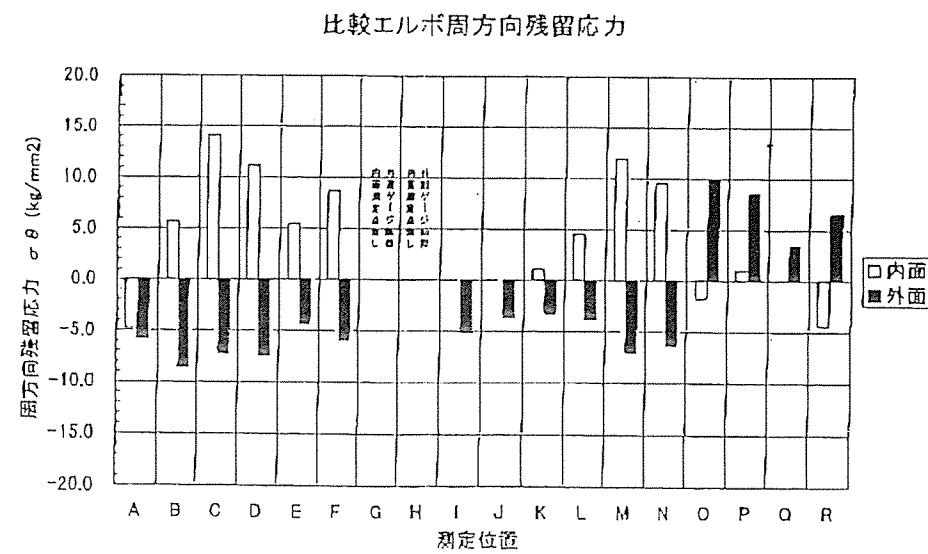
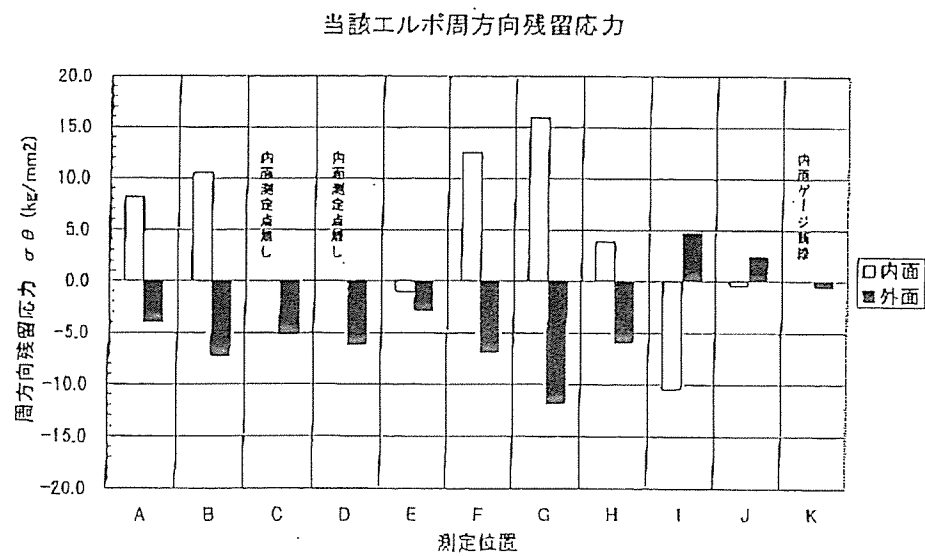
当該エルボひずみゲージ貼付位置



比較エルボひずみゲージ貼付位置(下流側エルボ)



●内面にひずみゲージ貼付
○内面, 外面にひずみゲージ貼付



変位量測定の確認

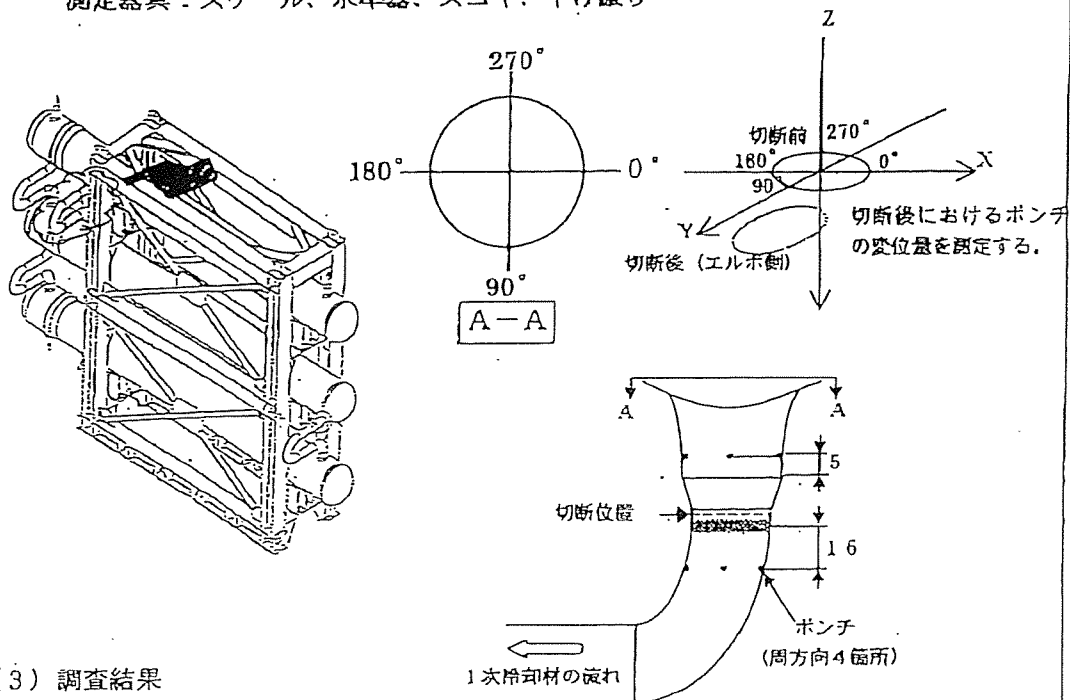
目的 再生熱交換器上段、中段の連絡配管の切断時における拘束力状態の確認する。

(1) 調査日時 平成11年8月4日(切断前)
5日(切断後)

(2) 調査箇所

測定方法：切断前に周方向4箇所の管台部及びエルボ部の刻印(ポンチ)位置に於るX,Y,Z方向の寸法を計測する。切断後に管台部の刻印を天とし、切断前と同様の計測を実施して、変位量を算出する。

測定器具：スケール、水準器、スコヤ、下げ振り



(3) 調査結果

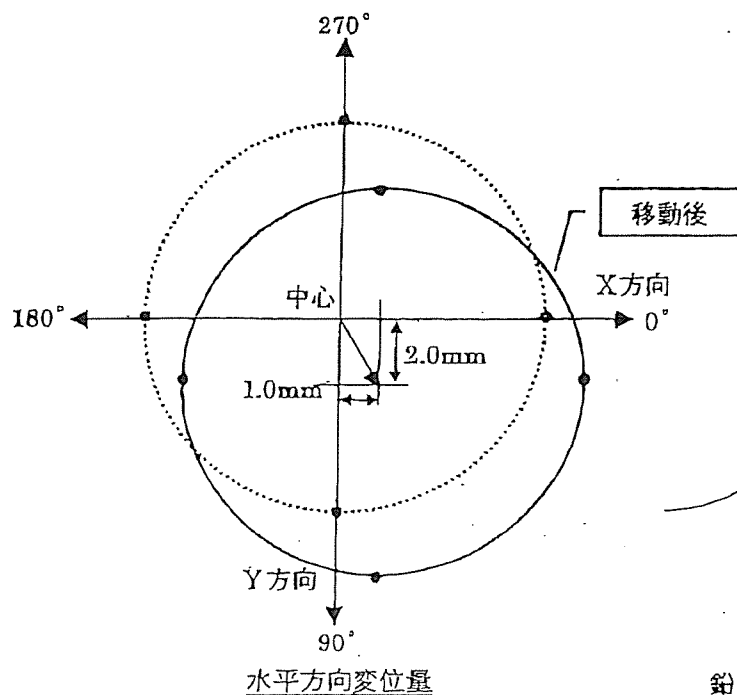
方位	計測部	切断前 計測値	切断後 計測値	変位量(切断後-切断前)
0°	X	-28.5	-27.5	+1.0
	Y	-3.5	-1.5	+2.0
	Z	88.5	91.0	+2.5
90°	X	-1.0	0	+1.0
	Y	-27.0	-25.0	+2.0
	Z	83.0	87.0	+4.0
180°	X	24.0	25.0	+1.0
	Y	-9.0	-7.0	+2.0
	Z	85.0	89.0	+4.0
270°	X	-1.0	0	+1.0
	Y	27.0	29.0	+2.0
	Z	87.0	90.0	+3.0

(配管表面温度40℃：切断前)
(配管表面温度40℃：切断後)

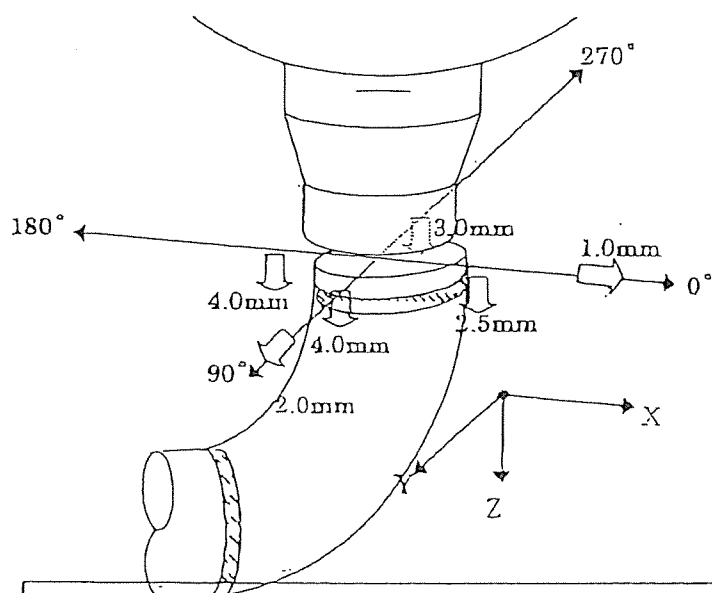
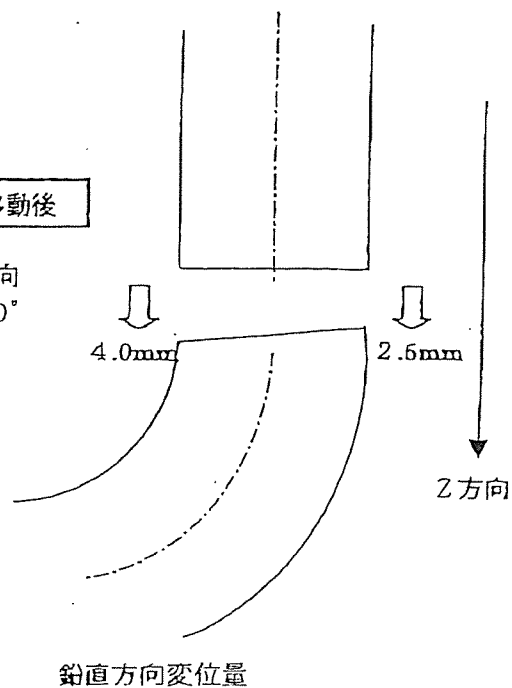
単位：mm

再生熱交換器上段、中段連絡配管切断前後の測定結果

再生熱交換器上段（上から）から見た図



9-0° 側から見た図



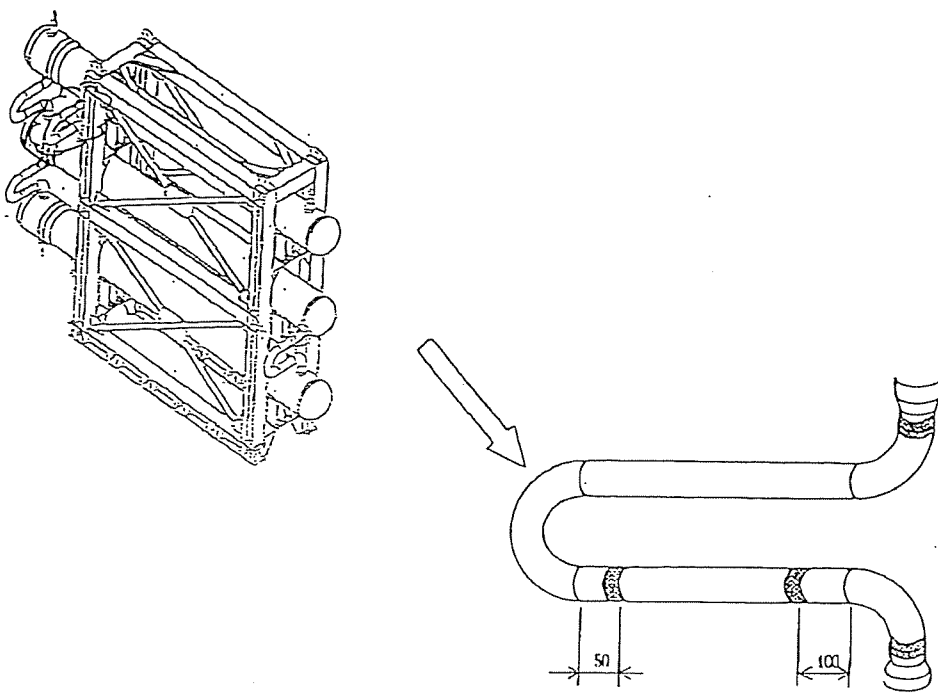
0°・90°・180°・270° の位置に、切断線上側（管台側）、下側（エルボ側）にマーキングし、切断後、下側のマーキングが元の位置よりどのように変位したかを測定した。

エルボ側測定点の変位量

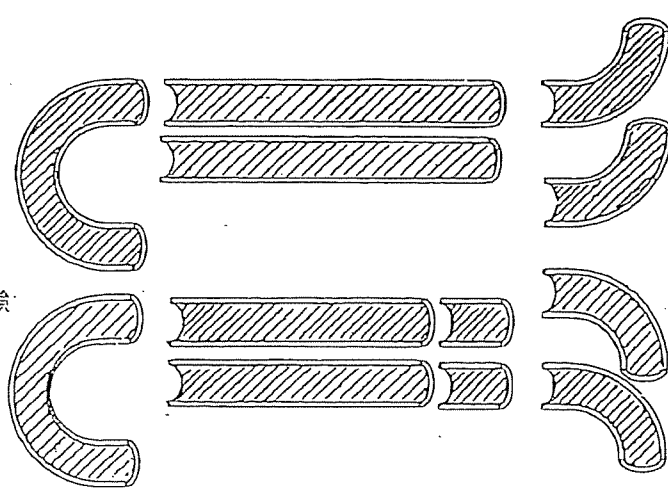
測定点	方向	変位量 (mm)
0°	X	+1.0
	Y	+2.0
	Z	+2.5
90°	X	+1.0
	Y	+2.0
	Z	+4.0
180°	X	+1.0
	Y	+2.0
	Z	+4.0
270°	X	+1.0
	Y	+2.0
	Z	+3.0

(配管表面温度 40℃)

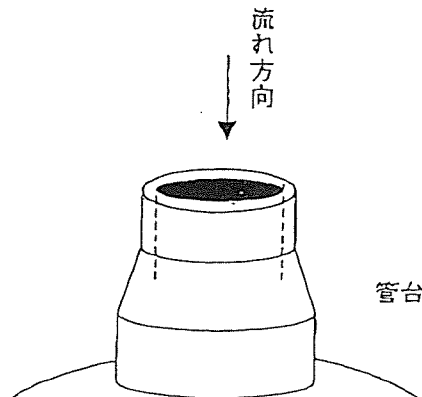
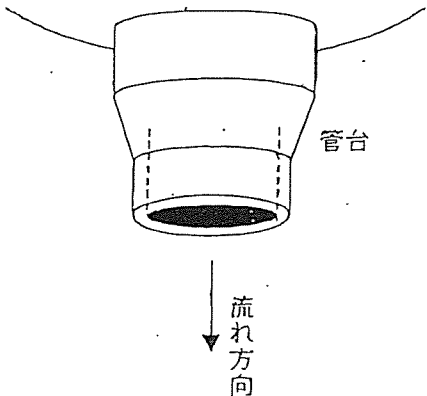
他連絡配管切断箇所の超音波探傷試験結果

目的	他連絡配管の切断箇所について超音波探傷試験を行い、健全性を確認する。
結果	(1) 調査日時 平成11年8月3日 (2) 調査箇所 試験器具：超音波探傷器、45° 探触子  (3) 調査結果 指示は認められず。 試験範囲：  部

連絡配管内面の外観観察および浸透探傷試験結果

目的	再生熱交換器上段と中段の連絡配管内面について、外観観察および浸透探傷試験を行い、健全性を確認する。
結果	(1) 調査日時 平成11年8月7・8日 (2) 調査箇所 使用器具：デジタルカメラ、PT器材  調査箇所 (3) 調査結果 外観観察：欠陥は認められなかった。 浸透探傷試験：指示は認められなかった。

再生熱交換器胴側管台部の外観観察および浸透探傷試験結果

目	再生熱交換器中段胴側入口と上段胴側出口管台部の内面について、外観観察および浸透探傷試験を行い、健全性を確認する。
結	(1) 調査日時 平成11年8月6日 (2) 調査箇所 使用器具：デジタルカメラ、PT器材 流れ方向 ↓  管台 再生熱交換器中段胴側 再生熱交換器上段胴側  管台 流れ方向 ↓ 調査箇所 ・管台内面
果	(3) 調査結果 外観観察：欠陥は認められなかった。 浸透探傷試験：指示は認められなかった。

再生熱交換器胴側管台部の超音波探傷試験結果

目的 再生熱交換器中段胴側入口と上段胴側出口管台について、超音波探傷試験により健全性を確認する。

(1) 調査日時 平成11年8月8日

(2) 調査箇所
使用器具：超音波探傷器、探触子30°

(3) 調査結果
指示は認められなかった。(探傷範囲は下図参照)

注) 熱交換器胴側探傷範囲の差異は、管台と胴溶接部のRと探触子が干渉するため。

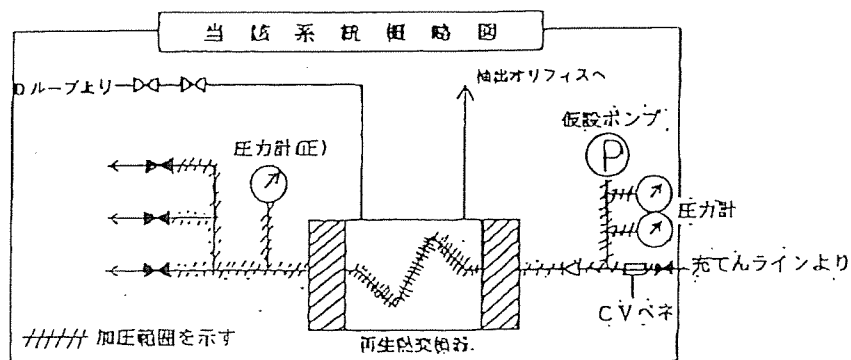
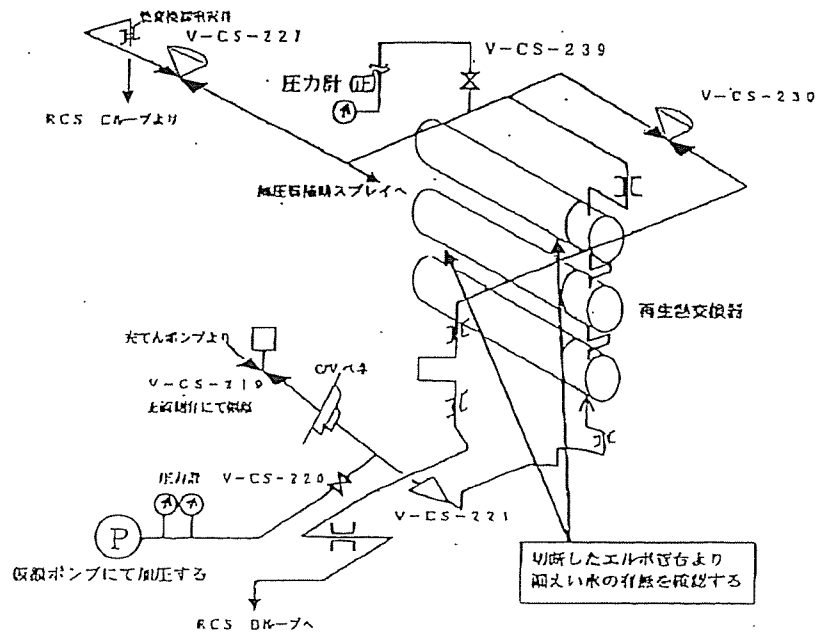
伝熱管の健全性確認

目 再生熱交換器の伝熱管健全性確認のため、充てんラインを加圧して伝熱管からの漏えいが
的 ない事を確認する。

(1) 確認日時 平成11年8月7日

(2) 確認範囲 再生熱交換器上段・中段（連絡配管が切断されており管台部で漏えいが確
認できる上段・中段とする）。

試験圧力：30 Kg/cm²G 保持時間：4時間以上 室温：35℃



(3) 結果

漏えいは認められなかった。

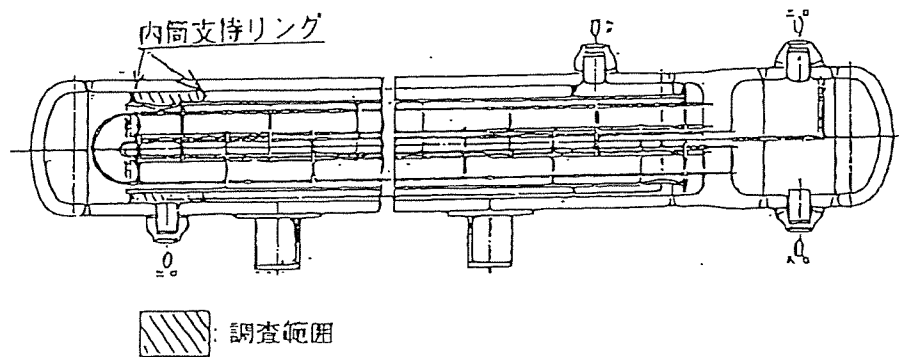
再生熱交換器中段胴内部の健全性確認

目的 再生熱交換器中段胴内部の内筒支持リング等に異常のないことをCCDカメラにて確認する。

(1) 調査日時 平成11年8月10日

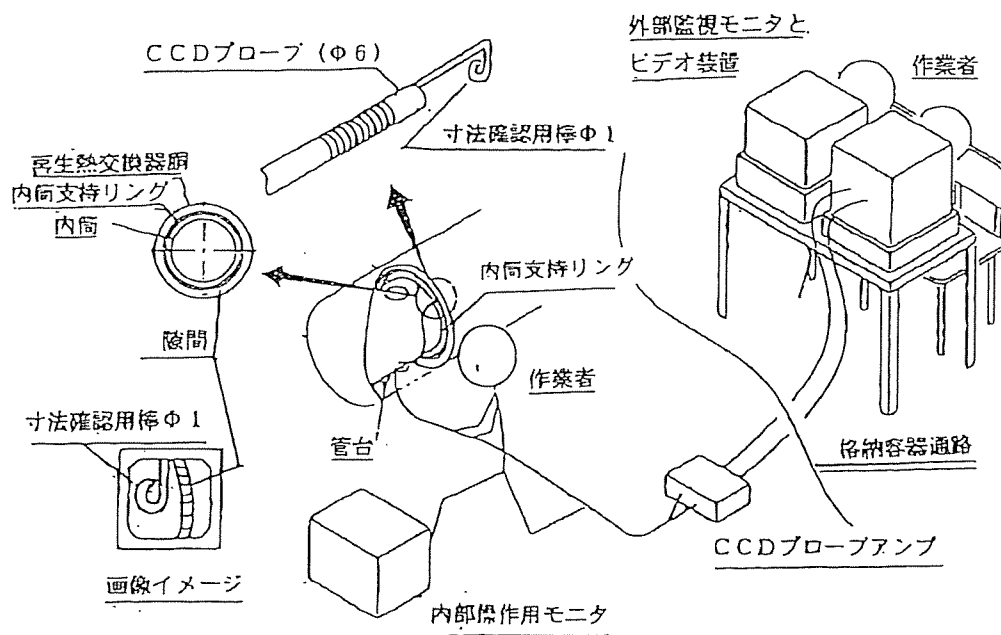
(2) 調査箇所

使用器具：CCDカメラ、ビデオ装置



結

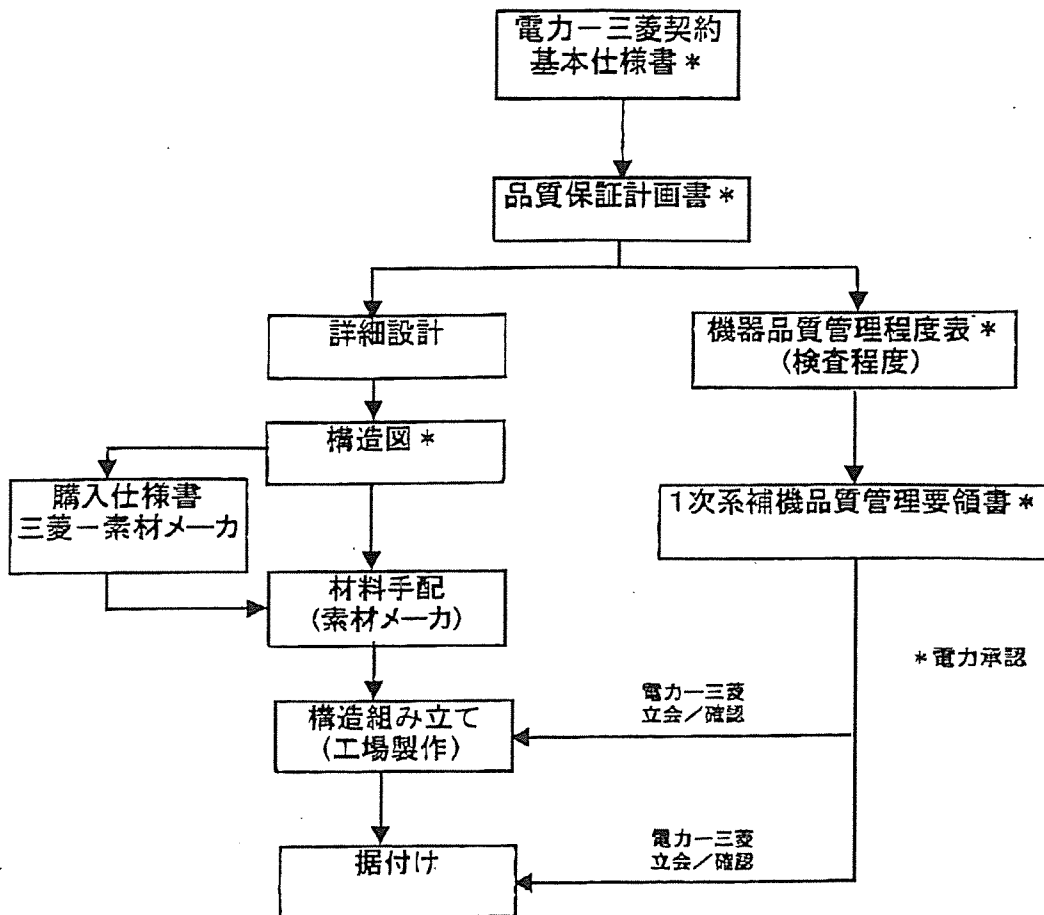
果



(3) 調査結果

大きな変形等の異常は認められなかった。

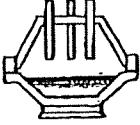
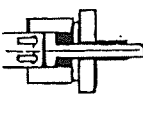
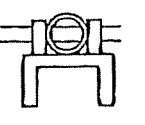
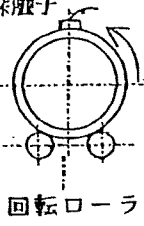
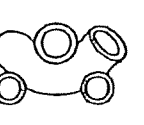
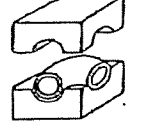
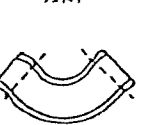
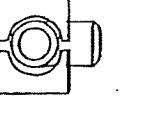
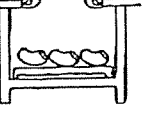
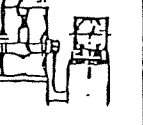
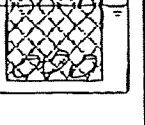
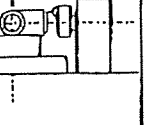
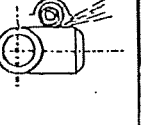
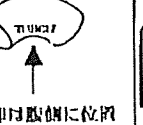
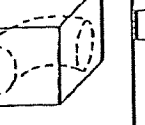
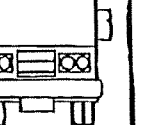
再生熱交換器建設時における品質保証及び製作工程



再生熱交換器 製作／据付 実績工程

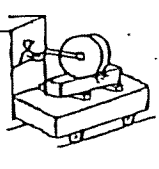
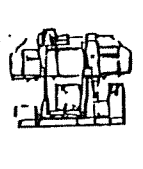
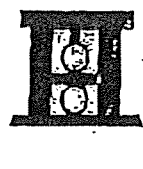
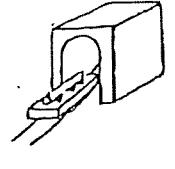
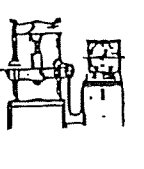
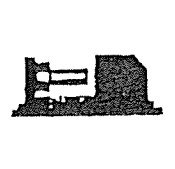
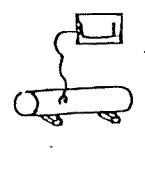
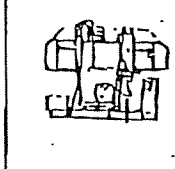
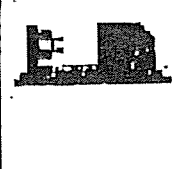
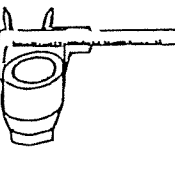
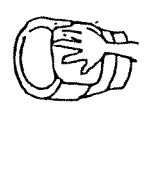
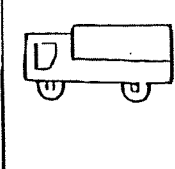
	S57	S58	S59	S60
① 当該エルボ及び管台等製作	S57. 9月	S58. 5月		
② 熱交換器組立 (工場)		S58. 5月	S59. 3月	
③ 現地搬入／据付			S59. 3月▽ 現地搬入	S60. 1月 S60. 6月

エ ル ボ 製 造 履 歴

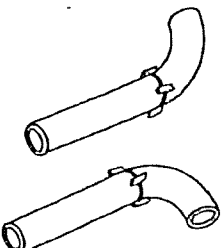
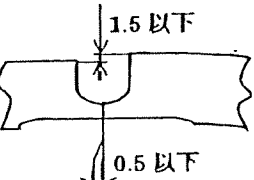
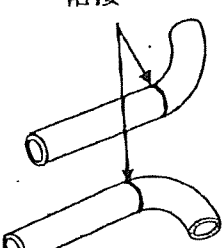
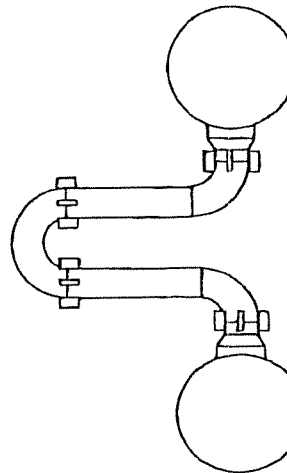
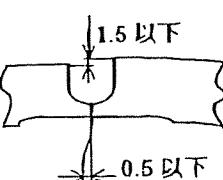
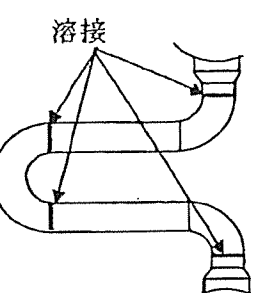
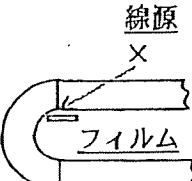
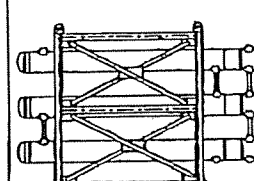
	溶解造塊	熱間押出	切断	超音波 探傷検査	ロール押曲げ	金型成形	余長切断	修正	熱処理	試験試料採 取素材試験	酸洗	開先加工	手入	検査・最終洗浄	梱包	出荷
工 程																
作 業 概 要	所定の成分に調整し溶解した後、圧延にて丸鋼に仕上げる。	丸鋼を加熱し所定の寸法に押出製管を行う。	所要長さに原管を切断し、8本に切り分ける。	原管に判定基準を超える欠陥指示がないことを確認する。	加熱炉で短管を 900～1100℃に加熱し、ロール金型にセットし直ちに成形する。	900～1100℃に再加熱し、金型で成形する。	開先加工が出来るように余長部を切断する。	冷間プレスにて管端を修正する。 (必要に応じ)	溶体化処理のため、熱処理炉で約 1080℃に加熱し、所定時間保持した後、水で冷却する。	試験試料を採取し、現品と同じ熱処理を付与した後、引張試験及び製品分析を行う。	酸洗槽に浸漬させ、スケールを除去する。 酸洗後、高圧水にて洗い流し、その後、湯洗し乾燥させる。	適用図面通りに開先加工を行う。	ハント・グライダにて内外面を手入れする。	内外面の浸透探傷検査、外観及び寸法検査を実施する。 その後、最終洗浄(脱脂、弗硝酸洗浄、水/湯洗)及びマーキング表示を行う。	製品をポリシート袋に収め、ダンボール箱に詰める。	出荷許可証と共に送り状を添付し発送する。 (出荷許可証は現地のみ)
品 質 管 理 項 目	1. 溶解温度 2. 成分 3. 注入条件	1. 押出温度 (1150～1260℃)	1. 原管長さ 2. 切断面のバリ 3. 識別刻印施工	4 方向(周、軸 2 方向)斜角探傷 (5%1/3で校正)	1. 加熱温度 (炉温設定 1000℃) 2. 材質 3. 工具管理 4. 潤滑剤	1. 加熱温度 (炉温設定 1000℃) 2. 工具管理 3. 潤滑剤 4. 外観・寸法	1. 寸法 (初品のみ) 2. マーキング確認	1. 寸法	1. 熱処理温度、時間 2. 表面清浄度 3. 水温管理	1. 常温引張試験 2. チック分析	1. 温度管理 2. 酸洗条件 3. 外観	1. 切削条件 2. 外観	1. 寸法 2. 手入れグレード	1. 浸透探傷検査 2. 外観 3. 寸法 4. ミルシート 5. マーキング表示 6. 清浄度	1. 梱包形態	1. 発送先
品 質 管 理 確 認 記 録	ミルシート (成分)	—	—	超音波探傷 検査記録	—	—	—	—	ミルシート (熱処理温度)	ミルシート (引張試験成分)	—	—	—	ミルシート {浸透探傷検査 外観 寸法} 浸透探傷 検査記録 寸法記録	—	—
他 プラ ント との 相 違 (注)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

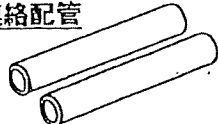
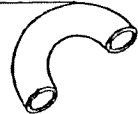
注) 内筒付きの再生熱交換器で至近の定期検査において当該エルボ部の超音波探傷検査を行い、異常のないことが確認されている 1 プラントとの比較を行った。

管台製造履歴

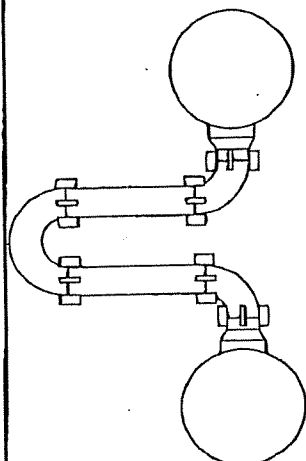
	溶解	一次鍛造	手入	材取切断	仕上圧延	熱処理	試験試料採取 素材試験	荒加工	中間検査	材取切断	仕上加工	最終検査	洗浄	梱包・出荷
工 程														
作業概要	所定の成分に調整し所定の溶鋼温度で鋼塊を鋳造する。	鍛造温度(1100~1200℃)にて角材に一次鍛造する。	グラインダーで素材表面を手入れる。	所定の長さに鋸にて切断する。	圧延温度(1080~1180℃)にて直径150に圧延する。	熱処理炉で約1080℃に加熱し、所定の時間保持した後、水で冷却する。	直径150×長さ180、1本の試験試料を採取し、引張、硬さ、ミクロ組織(結晶粒度)、製品分析を行う。	超音波探傷検査ができるように直径146×長さ880に荒加工する。	超音波探傷検査(垂直探傷)を実施する。	仕上代を考慮した長さで6つに切り分ける。	適用図面に従い仕上加工する。	全表面浸透探傷検査、寸法検査及び外観検査を実施する。	最終検査終了後、純水により洗浄し、白い清浄な布で水分を拭き取り、異物等のないことを目視で確認する。	製品をポリシートでカバーし、木箱に詰める。出荷許可証と共に送り状を添付し発送する。
品質管理項目	1、成分 2、溶鋼温度	1、鍛造温度 2、寸法 3、外観 4、切捨量	1、寸法 2、外観	1、寸法	1、圧延温度 2、寸法	1、熱処理温度及び時間 2、水温管理	1、引張試験 2、硬さ 3、ミクロ組織(結晶粒度) 4、成分分析	1、寸法	1、超音波探傷検査	1、寸法 2、個数	1、寸法	1、寸法 2、外観 3、浸透探傷検査 4、7-11%表示	1、清浄度	1、梱包形態 2、発送先
品質管理確認記録	・ミルシート(成分)	—	—	—	—	・ミルシート(熱処理温度及び時間) ・鋼材次工程材熱処理作業票 ・熱処理チャート	・ミルシート(引張試験、硬さ、ミクロ組織成分)	—	・中間検査指示票 ・超音波探傷検査記録	—	—	・寸法記録、浸透探傷検査記録 ・外観記録 ・7-11%記録	—	・機械加工品検査・出荷・出庫指示票
他プラントとの相違	—	—	—	—	鍛造仕上(直径170)	1050℃熱処理	—	直径162×長さ1520	—	12ヶ取り	—	—	—	—

連絡配管製造履歴

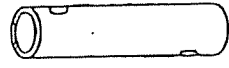
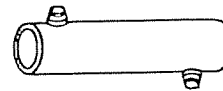
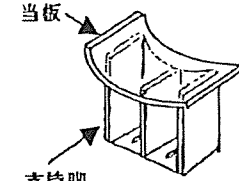
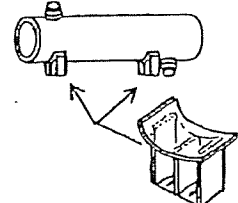
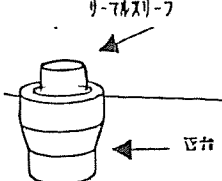
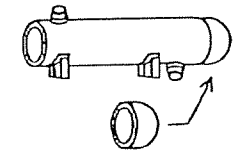
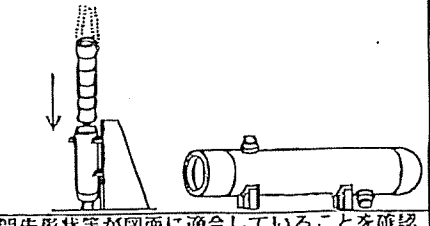
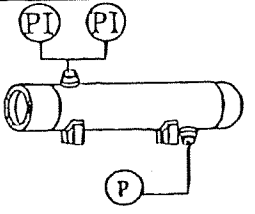
	材料確認	90° 1/4" 管と連絡管の開先合せ	検 査	溶 接	管台と連絡管、180° 1/4" 管の寸法調整・仮合せ	開先合せ	検 査	溶 接	検 査	耐 圧
工 程	・ 90° 1/4" 管  ・ 連絡配管  ・ 180° 1/4" 管 									
作業概要	配管材料をメーカーから受入れ後、設計の仕様通りであることを確認する。	90° 1/4" 管と連絡管との開先部を、固定する。	取付け方向及び開先形状等が図面に適合していることを確認する。	初層 TIG 溶接、続いて被覆アーク溶接を行い、終了後、グラインダにて外面を仕上げる。	上下の管台の取付け位置のずれを考慮して、刃先(開先先端)の成形により調整する。	開先部を固定する。	取付け方向及び開先形状が図面に適合していることを確認する	初層 TIG 溶接、続いて被覆アーク溶接を行い、終了後、グラインダにて外面を仕上げる。	溶接部について、非破壊検査を実施し健全性を確認する。	圧力低下・漏洩がないことを確認する。
品質管理項目	1. 材質・材料番号・化学成分・機械的性質 2. 員数 3. 外観	—	1. 開先形状 2. 開先の隙間 3. 面のくい違い 4. 材質・材料番号 5. 取り付け方向	1. 溶接施工法 (TIG+被覆アーク溶接) 2. 溶接士技量資格 3. 溶接施工条件	—	—	1. 開先形状 2. 開先の隙間 3. 面のくい違い 4. 材質・材料番号 5. 取り付け方向	1. 溶接施工法 (TIG+被覆アーク溶接) 2. 溶接士技量資格 3. 溶接施工条件	1. 放射線透過検査 2. 浸透探傷検査	1. 圧力 2. 保持時間
品質管理確認記録	・ 素材チェックシート ・ ミニシート	—	・ 開先合わせ検査記録	・ 溶接施工記録	—	—	・ 開先合わせ検査記録	・ 溶接施工記録	・ 放射線透過検査記録 ・ 浸透探傷検査記録	・ 耐圧漏洩検査記録 (MITI は使用前検査、熱機関協会は溶接検査として立会っている。)
他プラントとの相違	—		別 図 参 照				—	—	—	—

連絡配管製作工程	材料受入
	・ 90° 1本  ・ 連絡配管  ・ 180° 1本 
作業概要	配管材料をメーカーから受入れ後、設計の仕様通りであることを確認する。

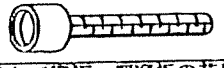
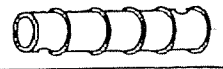
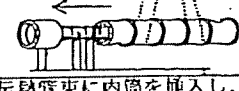


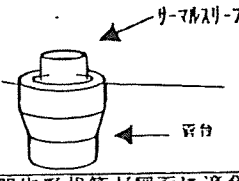
開先合せ

90° エルボと管台、 90° エルボと連絡配管、 連絡配管と 180° エルボ 各々の開先部の位置のず れを調整し、仮合せ・固 定する。

再生熱交換器製作履歴(工場製作)

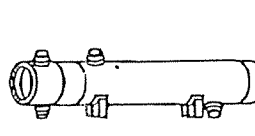
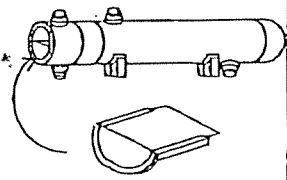
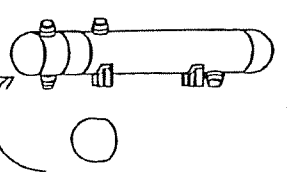
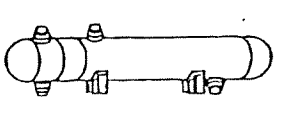
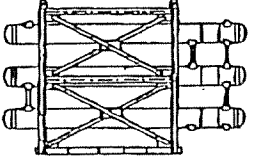
製作工程	機械加工	出入口管台取付け	支持脚組立て	支持脚取付け	リ-マスリ-ブ取付け	鏡板取付け	管板取付け	胴側耐圧
								
	図面寸法通りに穴加工を行う。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により組立てる。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	圧力低下、漏洩がないことを確認する。
	①開先面検査 (PT)	①開先合わせ ②溶接施工記録 ③溶接仕上げ (PT)	①開先合わせ ②溶接施工記録 ③溶接仕上げ (PT) ④溶接仕上げ (NT)	①開先面検査 (PT) ②開先合わせ ③溶接施工記録 ④溶接仕上げ (PT)	①開先合わせ ②溶接施工記録 ③溶接仕上げ (PT)	①開先面検査 (PT) ②開先合わせ ③溶接施工記録 ④溶接仕上げ (PT) ⑤溶接仕上げ (RT)	①開先面検査 (PT) ②開先合わせ ③溶接施工記録 ④溶接仕上げ (PT) ⑤溶接仕上げ (RT)	①胴側耐圧試験 ②外観検査 ③寸法検査
	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録
の相違	-	-	リ-マスリ-ブ取付け	→鏡板取付け	→管板取付け	→支持脚組立て	→支持脚取付け	-

(注) PT : 浸透探傷検査
RT : 放射線透過検査
NT : 磁粉探傷検査

製作工程	管板と邪魔板・伝熱管取付け	内筒と支持リングの取付け	内筒取付け
			
	吊具上で管板・邪魔板の芯出しを行った後、伝熱管を挿入し、溶接を行う。	胴にゲージ通しを行い、胴内径を確認する。また、その結果により支持リングの外径を機械加工し、内筒に溶接にて取付ける。	伝熱管束に内筒を挿入し、熱遮蔽板・支持板と内筒とをすみ肉溶接にて取付ける。
	①開先合わせ ②溶接施工記録 ③溶接初層 (PT) ④溶接仕上げ (PT) ⑤清浄度・異物検査	①胴内径ゲージ通し ②溶接施工	①内筒内径ゲージ通し ②溶接施工
	溶接検査記録 清浄度・異物検査記録	胴内径検査記録	-
の相違	-	-	-

製作工程	機械加工	出入口管台取付	リ-マスリ-ブ取付け
			
	図面寸法通りに穴加工を行う。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。
	①開先面 P T	①開先合わせ ②溶接施工記録 ③溶接仕上げ (PT)	①開先合わせ ②溶接施工記録 ③溶接仕上げ (PT)
	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録
の相違	-	-	-

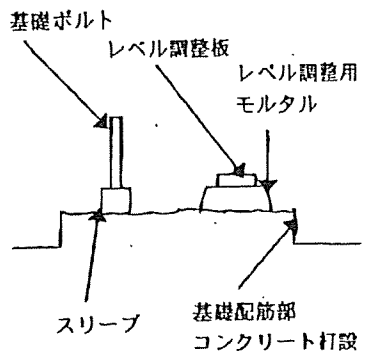
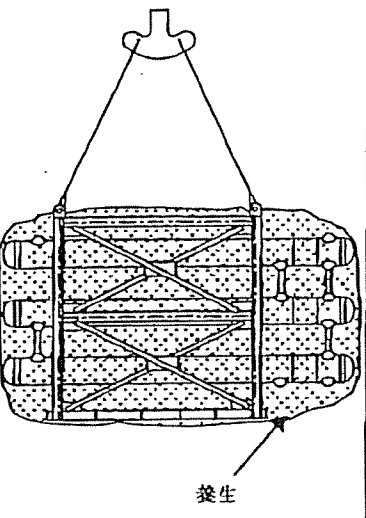
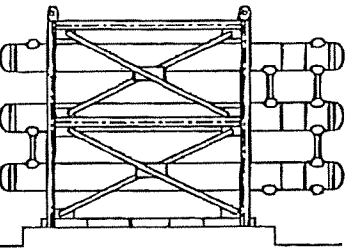
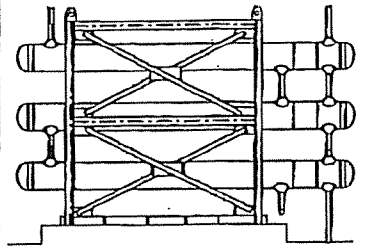
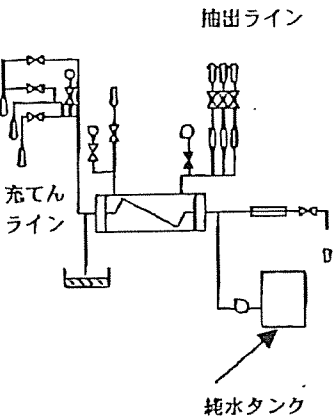
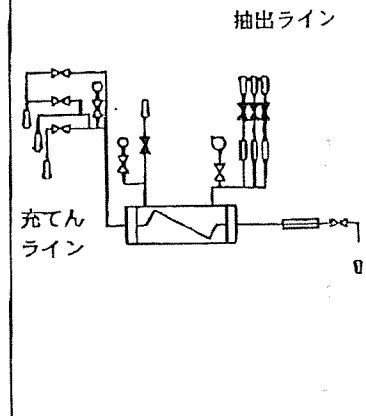
管板取り付け

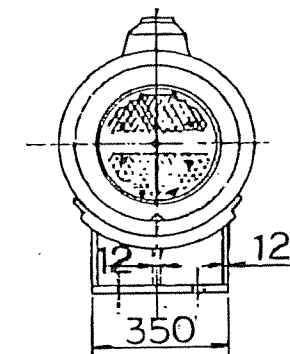
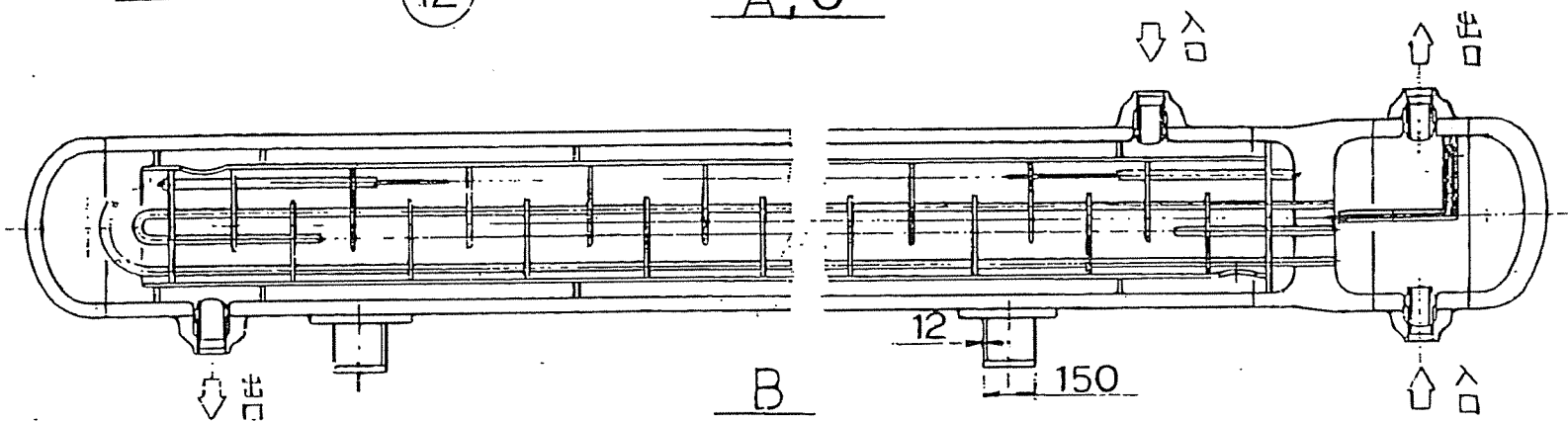
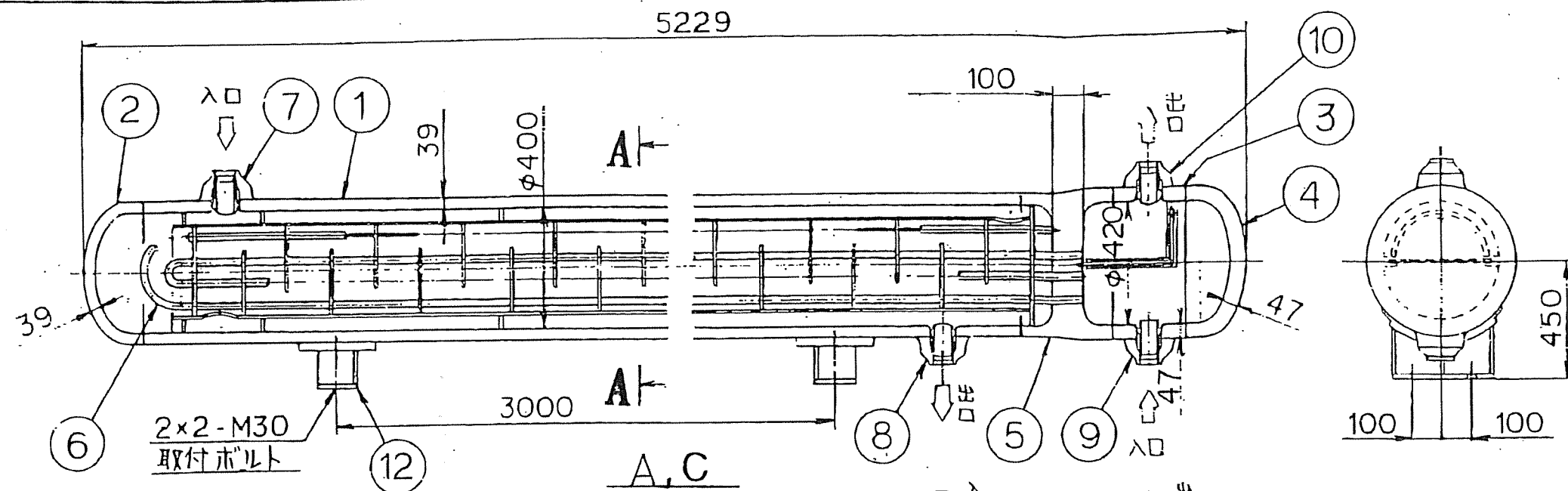
製作工程	管側胴取付け	水室仕切板取付け	管側鏡板取付け	熱交換器(単体)完成	架台への組込み
					
	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	開先形状等が図面に適合していることを確認し、溶接により取付ける。	全体の外観検査を行い、架台への据付準備をする。	架台上で上段、中段、下段の位置合わせを行い、連結配管を取付け、固定ボルト及び移動ボルトを運搬時に緩まない程度に締付けて本体を固定し、梱包する。
	①開先面検査 (PT) ②開先合わせ ③溶接施工記録 ④適はつり (PT) ⑤溶接仕上げ (PT) ⑥溶接仕上げ (RT)	①開先面検査 (PT) ②開先合わせ ③溶接施工記録 ④溶接仕上げ (PT)	①開先面検査 (PT) ②開先合わせ ③溶接施工記録 ④溶接仕上げ (PT) ⑤溶接仕上げ (RT) ⑥清浄度・異物検査	①外観検査	①位置合せ ②寸法検査 ③外観検査 ④梱包検査
	溶接検査記録	溶接検査記録	溶接検査記録 清浄度・異物検査記録	-	-
の相違	-	-	-	-	-

管側胴取付け

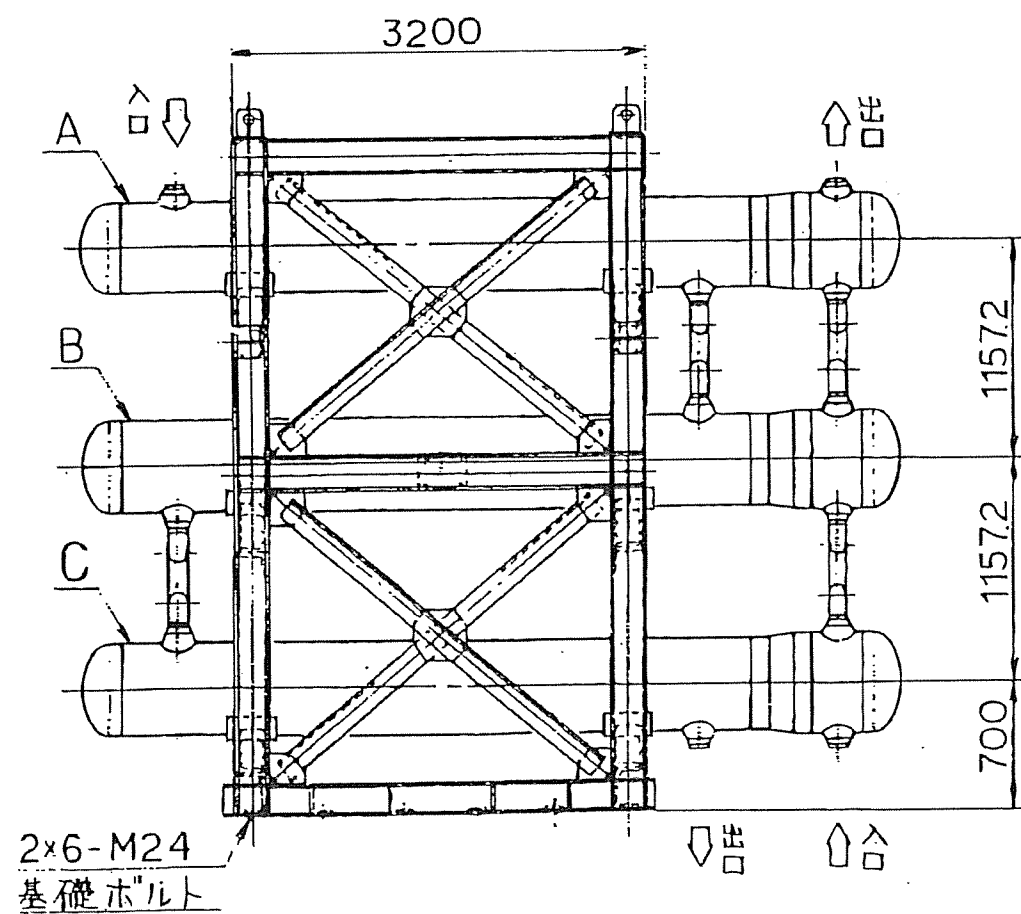
注) 素材メーカーから胴、伝熱管、管板、邪魔板、内筒、支持脚、鏡板、支持リング、サーマルスリーブ等を受入後、工場にて組立を行っている。

再生熱交換器製作履歴（現地据付）

	基礎工事	搬入（仮置き）	据付	配管継ぎ込み	系統フラッシング	系統耐圧	試運転
工 程	 基礎ボルト レベル調整板 レベル調整用モルタル スリーブ 基礎配筋部 コンクリート打設	 養生			 抽出ライン 充てんライン 排水タンク	 抽出ライン 充てんライン	—
作業概要	- 基礎ボルト設定 - 基礎打設 - レベル調整板設定	- 入荷 - 横持ち運搬 - サイドクレーンにて吊り込み - 基礎上仮置き - 落下防止養生（この後、建築工事（約10ヶ月））	- 正規位置に移動 - 据付け - 基礎ボルト及び支持脚取付ボルト締付け - 機器架台サポート取付け	現地取合配管溶接	フラッシングを行い、系統を清浄にする。	圧力低下・漏洩がないことを確認する。	運転状態確認
品質管理項目	- 基礎ボルト位置固定用枠の取付 - 基礎ボルト寸法・外観 - 基礎ボルト組込み	- 外観 - 機器番号	- 据付け - ボルト締付け - のび代	現地取合配管溶接検査	洗浄	- 外観据付 - 耐圧・漏えい	- 外観 - 漏えい
品質管理確認記録	据付記録	据付記録	据付記録	溶接検査記録	フラッシング成績書	- イ項使用前検査成績書 - 溶接検査記録	



断面A-A



主 要 目 表				
種 類		—	横置3胴U字管式	
容 量		kcal/h個	$4.47 \cdot 10^6$	
最高使用圧力		kg/cm^2	(管側)	(胴側)
			204	175
最高使用温度		$^{\circ}\text{C}$	(管側)	(胴側)
			343	343
放射性物質濃度		$\mu\text{Ci/cm}^3$	(管側)	(胴側)
			1以上	1以上
伝 熱 面 積		$\text{m}^2/\text{個}$	67.0	
重 量	空の時	kg	12700	
	満水時	kg	14350	
個 数		—	1	

12	支持脚	SS41	—
11	管側及胴側連絡管	SUSJ16TP	3 ^B ×Sch160
10	管側出口管台	SUSF316	3 ^B ×Sch160
9	管側入口管台	SUSF316	3 ^B ×Sch160
8	胴側出口管台	SUSF316	3 ^B ×Sch160
7	胴側入口管台	SUSF316	3 ^B ×Sch160
6	伝熱管	SUSJ16TB	12.7 ^{OD} ・12.2
5	管板	SUSF316	—
4	管側鏡板	SUSF316	—
3	管側胴板	SUSJ16TP	—
2	胴側鏡板	SUSF316	—
1	胴側胴板	SUSJ16TP	—
番号	名称	材料	記号

敦賀発電所2号機

原子炉冷却系統設備の構造図

(再生熱交換器)

日本原子力発電株式会社

敦賀発電所2号機の一次冷却水漏えいに伴う放射線管理について

1. 放射線管理プログラム

放射線作業について、保安規定第83条において「各課長は、管理区域内で作業を行う場合は、作業による線量当量及び作業環境に応じた作業方法を必要に応じ立案し、作業による被ばくを低くするよう努める」と規定されており、その下部規定である保安規定運用要項第134条では「作業担当課長は、作業方法について、あらかじめ環境保安課長の放射線管理に関する承認を得る」こと及び「環境保安課長は、承認に当たっては、防護衣及び線量当量の測定器の着用、作業時間の制限、作業環境の測定・監視の要否、放射線管理担当者立会い必要性等の承認条件を付し、作業担当課長に指示する」と規定されている。

また、保安規定第82条において「環境保安課長は、所員の放射線業務従事者の線量当量を別表に定める項目、頻度に基づき評価する」ことが規定されており、保安規定運用要項第131条において「環境保安課は規定第82条に規定するもののほか、次の各号に掲げる場合の内部被ばくによる線量当量を評価する」とし、「(1) 放射性物質を異常に摂取した場合、又は摂取した恐れのある場合」と規定されている。また、敦賀発電所線量当量管理要領において、内部被ばくによる線量当量の評価は、ホールボディカウンタ（以下「WBC」とする）によるものと規定し、WBCにより監視が出来ない場合、バイオアッセイまたは作業環境測定結果等を用いて評価することが規定されている（別添1参照）。

2. 作業環境の把握及び防護措置

環境保安課長は、当該作業に係る内部被ばく管理に要する防護措置条件の付与を行うために作業環境の把握を行い、その結果に基づき、作業担当課長に防護措置を指示した。作業担当課長はその指示に基づき、防護措置を施し作業を実施した。

(1) 格納容器内の放射性物質の核種

1) 漏えい水中の放射性核種

一次冷却材中の放射能濃度は、一次冷却材連続モニタ及びサンプリング分析により測定評価している。事象発生前に当該モニターの指示変化は安定しており、サンプリング分析結果も定検前の状態と同様の核種組成であること及び、前回の停止操作でも燃料破損は生じていないことから、燃料破損による核分裂生成物（以下「FP」とする）の放出は無いものと判断した（別添2参照）。

2) 格納容器内の空气中放射性核種

漏えいに伴い、格納容器ガスモニタは事象発生後1時間程度で最大に達した後、数時間減少し、その後はなだらかな減少を呈しているため、初期は短半減期の ^{11}C 、 ^{13}N 、

^{41}Ar が主で、後半は半減期の比較的長い希ガス(Xe 、 Kr)と判断した。また、格納容器じんあいモニターの指示事象発生後2時間程度で最大に達し、格納容器空気浄化ファンの運転により大きく減少していることから、初期は短半減期核種の ^{18}F が主要核種であり、後半は炉水温度の低下に伴い燃料表面より放出されたクラッド(^{58}Co 、 ^{60}Co 等)であると判断した。

このため、原子炉低温停止状態に至って現場調査を開始する時点における防護装備の対象核種としてはクラッドと判断した。

3) 格納容器中の放射性核種の検証

①一次冷却材中の放射性核種

原子炉停止後の一次冷却材中の放射性核種濃度の分析結果により、FPの増加は認められないことから停止操作により燃料破損は発生していないことを確認した(別添3参照)。

②格納容器内の空気中放射性核種

前記核種組成推定の妥当性について、7月13日に格納容器内の空気を採取し、空気中の希ガス(^{133}Xe 、 ^{135}Xe)濃度を測定した。また、運転中の一次冷却材が格納容器内に51トン漏えいし、全量が空気中に移行した場合の希ガス濃度を算定し、測定値と比較するとほぼ一致した(別添4参照)。

(2) 作業環境の放射能レベル及び防護装備

1) 漏えい箇所の調査作業

漏えい箇所の確認調査のため、7月12日18時45分から23時30分を実施したが、この時の防護装備は、環境保安課長が決定した放射線作業手順(AWP)

「C/V内漏えい箇所特定のためのC/V立入作業」に基づき下記の通り実施した。

①漏えい水が身体に付着しないように酢酸ビニル(PVA)製のスーツ(以下「PVAスーツ」とする)、長靴、ゴム手袋を着用

②放射性物質の体内取込みの防護は、格納容器じんあいモニターがほぼ通常指示値(通常指示値との差分約 20cpm : $1.0\times 10^{-6}\text{Bq}/\text{cm}^3$)に戻り、防護措置上の措置を要しないが、漏えい水の顔面付着を防止するため全面マスク(顔全体を面で覆い、粒子状物質除去フィルターを通じ空気を取り入れるマスク)を着用

③警報機能付き個人線量当量計を着用(標準装備)

2) 格納容器内の除染作業

除染作業に先立ち、7月13日14時から20時にかけて、格納容器内の床、壁、機器の放射性物質の表面密度及び空気中濃度を調査した。この時の防護装備は、前記1)の計画に基づき同一装備にて実施した。

また、7月14日15時25分から15日14時50分を実施した格納容器内の除染作業時の防護装備は、汚染状況調査結果を反映した放射線作業手順(AWP)

「管理区域内外清掃作業」に基づき、下記の通り実施した。なお、この汚染レベルは定期検査時に実施される燃料移送後の原子炉キャビティ除染作業と同様の環境

(表面汚染密度 $\sim 10^5 \text{ Bq/cm}^2$ 、空気中濃度 $\sim 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$)である。

- ①漏えい水残渣等の身体付着防止にPVAスーツ、ゴム手袋、長靴を着用
- ②放射性物質の体内取込みの防護は、上記環境に対応した全面マスクを着用
- ③警報機能付き個人線量当量計を着用(標準装備)

3) 当該箇所調査作業

漏えい箇所について、7月16日6時から19日3時40分にかけて保温材取外し及び鉛マット取付け、外観観察、配管切断等を実施した。作業環境測定の結果から、再生熱交換器室内の空気中濃度が $\sim 4 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ であるため防護装備計画は、放射線作業手順(AWP)「再生熱交換器抽出側配管点検工事」に基づき以下の通り実施した。

- ①漏えい水残渣等の身体付着防止にPVAスーツ、切断による切り粉等の身体付着防止にタイベックを着用すると共にゴム手袋、長靴を着用
- ②放射性物質の体内取込みの防護は、上記環境に対応した全面マスクを着用
- ③警報機能付き個人線量当量計を着用(標準装備)

3. 内部被ばくの線量当量評価について

環境保安課長は、内部被ばくによる線量当量評価を以下の通り実施した。

- 1) 作業環境における核種の放射能レベルは、定検時に実施される作業と同程度(空気中濃度 $\sim 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$)であり、防護装備もこれまでに十分な利用実績を有しその性能が確認されているため、環境保安課長は当該作業において放射性物質を異常に摂取した恐れが無いものと考え、臨時の預託線量当量の評価は不要と判断した。

なお、発電所の規則において線量当量評価はWBCにより定期的及び退所時に実施することが規定されており、これに基づき当該作業に従事した者37名の測定を実施した。その結果は、記録レベル(預託線量当量で 2 mSv)以下であり、防護機能が十分であったことを確認した。

- 2) 格納容器内の α 線及び β 線放出核種は、一次冷却材中の核種組成及び2.(1)3)①②で述べた検証結果から ^3H を除き存在比率が低く、大半が γ 核種で占められていることから、WBC測定結果及びその存在比率から推定可能であり、前述の通り問題ないものと判断した。また、別挙動を示す ^3H については除染作業時の格納容器内の空気中 ^3H 濃度測定値(最大 1 Bq/cm^3)と作業時間(管理区域内滞在最長者: 12時間47分、平均者: 4時間1分)から預託線量当量を求めると、最大 0.38 mSv 、平均 0.12 mSv で、いずれも記録レベル(2 mSv)以下であり、 ^3H に着目したバイオアッセイによる線量当量評価は不要と判断した。なお、一部の作業員(16名)について7月24日から27日にかけて確認のためバイオアッセイを実施したところ、全て記録レベル以下であった(添付5参照)。

以上

添付資料一覧

別添 1. 内部被ばく線量評価のためのフロー図

別添 2. 今回停止時前及び第 9 回定検前の一次冷却材中の放射能濃度

別添 3. 今回停止時前及び停止後の一次冷却材中の放射能濃度

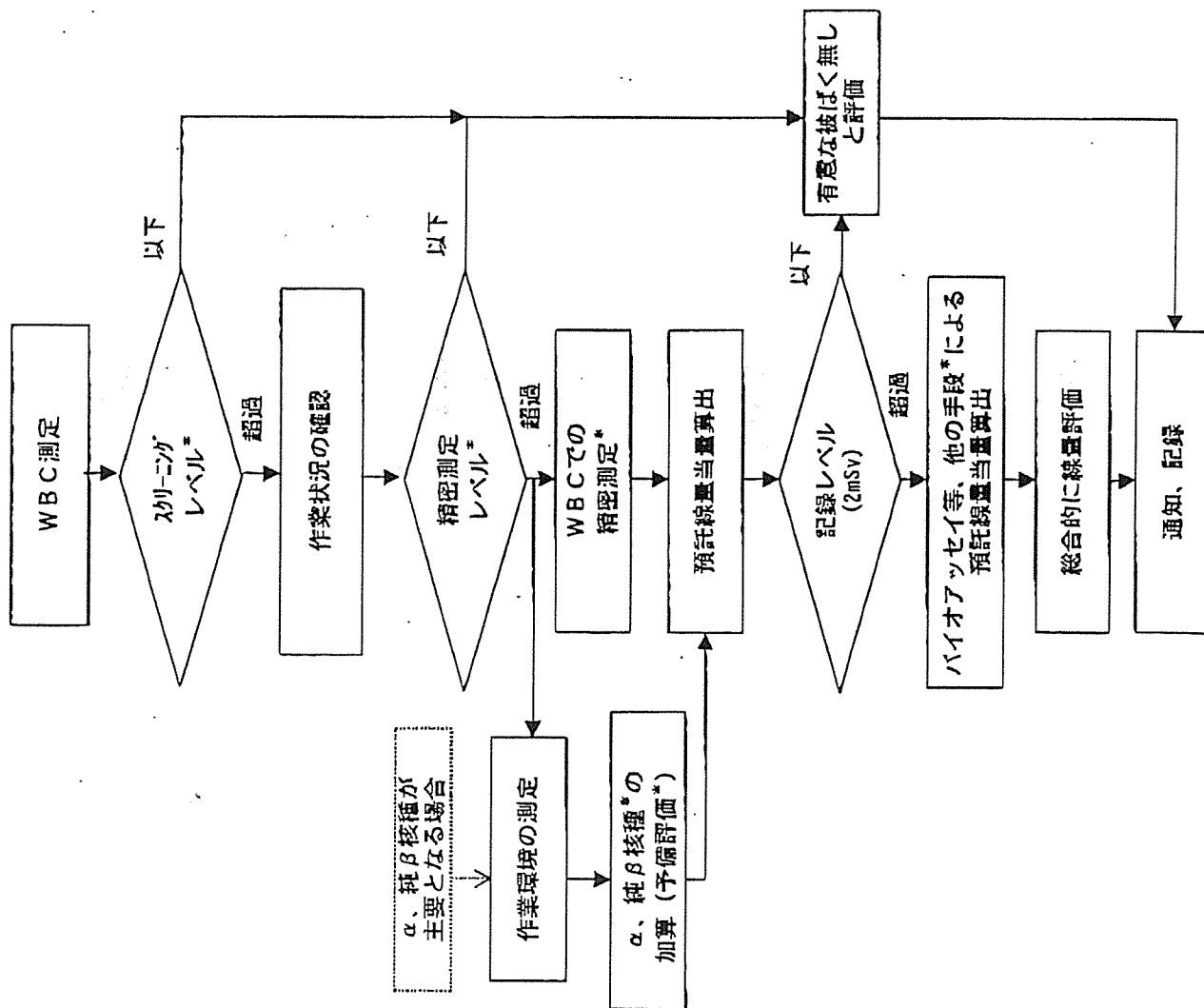
別添 4. 格納容器内放射性希ガス濃度について

別添 5. バイオアッセイの実施状況について

別添 1

内部被ばく線量評価のためのフロー図

内部被ばく線量評価のためのフロー



スクリーニングレベル：
作業状況等を調査するレベル
5,000カウント/2分

精密測定レベル：
WBCでの精密測定（核種、部位、量）を行うレベル
27,000カウント/2分（Co-60で最大1.8mSv相当）

WBCでの精密測定：
NaI検出器を用いて体内沈着の核種及び沈着量を測定する。

精密測定検出器：NaI(Tl) シンチレーション検出器
(通常測定検出器：プラスチックシンチレーション検出器)

α核種：
Np-237、Pu-238～240等

純β核種：
H-3、Sr-89、90、Y-90等

予備評価：
α、純β核種の摂取が疑われる場合、空气中濃度からの計算方法等の簡便な方法で予備的に評価を行う。

バイオアッセイ：
予備評価でα、β核種を加算した場合に実施する。

他の手段：
作業環境のα/γ、β/γ比から求める方法等、状況に応じた最適な算出方法を組み合わせる。

別添 2

今回停止時前及び第 9 回定検前の一次冷却材中の放射能濃度

今回停止前および第9回定検前の1次冷却水中の主要FP放射能濃度(Bq/ml)

今回停止前(停止日:平成11年7月12日)

	Cs-138 (1)	I-131 (2)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)	Kr-85m (3)	Kr-87 (3)	Kr-88 (3)	Xe-133 (3)	Xe-133m (3)	Xe-135 (3)	Xe-138 (3)
6月7日	3.3E+01	4.9E-01	1.9E+01	5.9E+00	3.3E+01	1.8E+01	3.0E+00	6.5E+00	5.5E+00	2.4E+01	-	2.2E+01	1.7E+01
6月14日	3.3E+01	4.9E-01	2.0E+01	6.1E+00	3.5E+01	1.7E+01	2.7E+00	6.3E+00	4.5E+00	2.2E+01	-	2.0E+01	1.5E+01
6月21日	3.4E+01	5.1E-01	2.1E+01	5.9E+00	3.6E+01	1.9E+01	2.7E+00	6.3E+00	4.5E+00	2.1E+01	-	1.9E+01	1.7E+01
6月28日	3.3E+01	5.2E-01	2.0E+01	6.2E+00	3.3E+01	1.9E+01	2.8E+00	6.7E+00	4.8E+00	2.2E+01	1.4E+00	2.2E+01	1.6E+01
7月5日	3.3E+01	5.4E-01	2.2E+01	5.9E+00	2.8E+01	1.7E+01	3.1E+00	6.8E+00	5.6E+00	2.4E+01	-	2.2E+01	1.6E+01

第9回定検前(停止日:平成10年9月11日)

	Cs-138 (1)	I-131 (2)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)	Kr-85m (3)	Kr-87 (3)	Kr-88 (3)	Xe-133 (3)	Xe-133m (3)	Xe-135 (3)	Xe-138 (3)
8月17日	3.8E+01	6.0E-01	2.4E+01	7.7E+00	3.8E+01	2.1E+01	3.1E+00	7.1E+00	5.5E+00	2.2E+01	1.3E+00	2.1E+01	1.6E+01
8月24日	4.0E+01	6.0E-01	2.4E+01	7.5E+00	3.7E+01	1.8E+01	3.6E+00	7.9E+00	6.1E+00	2.5E+01	8.6E-01	2.5E+01	2.0E+01
8月31日	3.5E+01	5.7E-01	2.4E+01	8.0E+00	3.9E+01	2.0E+01	3.6E+00	8.6E+00	6.2E+00	2.6E+01	1.7E+00	2.5E+01	1.6E+01
9月7日	2.3E+01	6.0E-01	2.5E+01	8.6E+00	3.6E+01	2.1E+01	3.2E+00	7.2E+00	5.7E+00	2.2E+01	1.2E+00	2.2E+01	1.8E+01

"-":検出限界値未満を示す。

注 (1):1次冷却材試料をフィルタ及びイオン交換紙に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

注 (2):I-131の検出精度向上の観点から(1)の試料を1日放置し、短半減期核種を減衰させ測定した結果

注 (3):1次冷却材試料から抽出した希ガス成分を測定した結果

至近1ヶ月の1次冷却水中の放射性核種濃度レベル(Bq/ml)

	Be-7 (1)	Na-24 (1)	Si-31 (1)	Cl-38 (1)	K-40 (1)	Cr-51 (1)	Mn-54 (1)	Mn-56 (1)	Fe-59 (1)	Co-58 (1)	Co-60 (1)	Ni-65 (1)	Zn-65 (1)	Cu-64 (1)	As-76 (1)	Br-82 (1)	Br-84 (1)	Br-85 (1)
6月7日	1.5E+01	2.3E+01	-	9.8E+00	1.5E+01	-	2.0E+00	2.8E+00	6.4E-02	1.8E+00	2.2E-01	-	-	-	-	-	-	-
6月14日	1.4E+01	2.2E+01	-	1.2E+01	1.5E+01	-	2.0E+00	2.8E+00	5.9E-02	5.0E+00	3.6E-02	-	4.2E-01	-	-	-	-	-
6月21日	1.4E+01	2.2E+01	-	8.8E+00	1.4E+01	-	2.7E+00	2.8E+00	4.6E-02	1.5E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
6月28日	1.2E+01	2.3E+01	-	9.4E+00	1.3E+01	1.0E-01	2.1E+00	3.0E+00	3.8E-02	2.1E+00	2.3E-01	-	-	-	-	-	-	-
7月5日	1.3E+01	2.3E+01	-	7.8E+00	1.4E+01	-	1.9E+00	2.0E+00	3.4E-02	1.9E+00	1.8E-02	-	-	-	-	5.1E-01	-	-

	Sr-89 (1)	Sr-91 (1)	Sr-92 (1)	Y-88 (1)	Y-91 (1)	Y-92 (1)	Zr-95 (1)	Zr-97 (1)	Nb-95 (1)	Nb-97 (1)	Mo-99 (1)	Ru-103 (1)	Ag-110m (1)	Sb-124 (1)	Sb-125 (1)	Tc-132 (1)	Tc-134 (1)	Cs-134 (1)
6月7日	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6E-01	-	3.3E+00	-	-	-	-	-	-	-
6月14日	-	-	-	-	-	-	4.9E-02	1.6E-02	6.7E-02	-	2.8E+00	-	2.2E+00	-	-	-	-	-
6月21日	-	-	-	-	-	-	-	1.3E-01	-	-	-	-	2.2E+00	-	-	-	-	-
6月28日	-	-	-	-	-	-	-	-	4.1E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7月5日	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Cs-136 (1)	Cs-137 (1)	Cs-138 (1)	Ba-140 (1)	La-140 (1)	Co-141 (1)	Ce-144 (1)	W-187 (1)	F-18 (1)	I-131 (2)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)	N-16 (3)	Ar-41 (3)	Kr-85m (3)	Kr-87 (3)
6月7日	-	-	3.3E+01	-	-	-	-	-	2.8E+03	4.9E-01	1.9E+01	5.9E+00	3.3E+01	1.8E+01	-	4.0E+01	3.0E+00	6.5E+00
6月14日	-	-	3.3E+01	-	-	-	-	2.2E+00	2.8E+03	4.9E-01	2.0E+01	6.1E+00	3.5E+01	1.7E+01	-	4.0E+01	2.7E+00	6.3E+00
6月21日	-	-	3.4E+01	-	-	-	-	2.8E+00	3.0E+03	5.1E-01	2.1E+01	5.9E+00	3.6E+01	1.9E+01	-	3.9E+01	2.7E+00	6.3E+00
6月28日	-	-	3.3E+01	-	-	-	-	-	2.9E+03	5.2E-01	2.0E+01	6.2E+00	3.3E+01	1.9E+01	-	3.3E+01	2.8E+00	6.7E+00
7月5日	-	-	3.3E+01	-	-	-	-	1.4E+00	2.8E+03	5.4E-01	2.2E+01	5.9E+00	2.8E+01	1.7E+01	-	3.4E+01	3.1E+00	6.8E+00

"-" : 検出限界値未満を示す。

注 (1) : 1次冷却材試料をフィルタ及びイオン交換紙に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

注 (2) : I-131の検出精度向上の観点から(1)の試料を1日放置し、短半減期核種を減衰させ測定した結果

注 (3) : 1次冷却材試料から抽出した希ガス成分を測定した結果

至近1ヶ月の1次冷却水中の放射性核種濃度しべル(Bq/ml)

	Kr-88 (3)	Rb-88 (3)	Rb-89 (3)	Xe-131m (3)	Xe-133 (3)	Xe-133m (3)	Xe-135 (3)	Xe-138 (3)	H-3	C-11	N-13
6月7日	5.5E+00	1.7E+01	-	-	2.4E+01	-	2.2E+01	1.7E+01	6.6E+04	4.70E+02	7.60E+03
6月14日	4.5E+00	9.9E+00	-	-	2.2E+01	-	2.0E+01	1.5E+01	平成11年 6月測定値	平成5年9 月測定値	平成6年8 月測定値
6月21日	4.5E+00	1.7E+01	-	-	2.1E+01	-	1.9E+01	1.7E+01	平成11年 6月測定値	をばう桑 濃度補正	
6月28日	4.8E+00	2.0E+01	-	-	2.2E+01	1.4E+00	2.2E+01	1.6E+01			
7月5日	5.6E+00	1.9E+01	-	-	2.4E+01	-	2.2E+01	1.6E+01			

“-”:検出限界値未満を示す。

注 (1):1次冷却材試料をフィルタ及びイオン交換柱に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

注 (2):I-131の検出精度向上の観点から(1)の試料を1日放置し、短半減期核種を減衰させ測定した結果

注 (3):1次冷却材試料から抽出した希ガス成分を測定した結果

第9回定検前(平成10年)の1次冷却水中の放射性核種濃度レベル(Bq/ml)

	Be-7 (1)	Na-24 (1)	Si-31 (1)	Cl-38 (1)	K-40 (1)	Cr-51 (1)	Mn-54 (1)	Mn-56 (1)	Fe-59 (1)	Co-58 (1)	Co-60 (1)	Ni-65 (1)	Zn-65 (1)	Cu-64 (1)	As-76 (1)	Br-82 (1)	Br-84 (1)	Br-85 (1)
8月17日	4.7E+00	2.3E+01	-	-	1.8E+01	-	2.8E+00	2.2E+00	9.2E-02	1.5E+00	7.5E-02	-	-	-	-	-	-	-
8月24日	4.5E+00	2.2E+01	-	-	1.9E+01	-	2.6E+00	2.8E+00	7.4E-02	1.6E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
8月31日	4.2E+00	2.1E+01	-	-	1.5E+01	-	2.9E+00	3.0E+00	5.8E-02	1.4E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
9月7日	-	1.9E+01	-	-	1.6E+01	-	2.4E+00	2.2E+00	6.9E-02	1.3E+00	-	-	-	-	-	-	-	-

	Sr-89 (1)	Sr-91 (1)	Sr-92 (1)	Y-88 (1)	Y-91 (1)	Y-92 (1)	Zr-95 (1)	Zr-97 (1)	Nb-95 (1)	Nb-97 (1)	Mo-99 (1)	Ru-103 (1)	Ag-110m (1)	Sb-124 (1)	Sb-125 (1)	Te-132 (1)	Te-134 (1)	Cs-134 (1)
8月17日	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8月24日	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8月31日	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9E-01	-	4.1E+00	-	-	-	-	-	-	-
9月7日	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8E-01	-	2.7E+00	-	-	-	-	-	-	-

	Cs-136 (1)	Cs-137 (1)	Cs-138 (1)	Ba-140 (1)	La-140 (1)	Ce-141 (1)	Ce-144 (1)	W-187 (1)	F-18 (1)	I-131 (2)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)	N-16 (3)	Ar-41 (3)	Kr-85m (3)	Kr-87 (3)
8月17日	-	-	3.8E+01	-	-	-	-	2.2E+00	3.0E+03	6.0E-01	2.4E+01	7.7E+00	3.8E+01	2.1E+01	-	5.5E+01	3.1E+00	7.1E+00
8月24日	-	-	4.0E+01	-	-	-	-	-	3.1E+03	6.0E-01	2.4E+01	7.5E+00	3.7E+01	1.8E+01	-	5.2E+01	3.6E+00	7.9E+00
8月31日	-	-	3.5E+01	-	-	-	-	3.2E+00	3.0E+03	5.7E-01	2.4E+01	8.0E+00	3.9E+01	2.0E+01	-	5.8E+01	3.6E+00	8.6E+00
9月7日	-	-	2.3E+01	-	-	-	-	3.3E+00	3.1E+03	6.0E-01	2.5E+01	8.6E+00	3.6E+01	2.1E+01	-	5.3E+01	3.2E+00	7.2E+00

“-”:検出限界値未満を示す。

注 (1):1次冷却材試料をフィルタ及びイオン交換樹脂に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

注 (2):I-131の検出精度向上の観点から(1)の試料を1日放置し、短半減期核種を減衰させ測定した結果

注 (3):1次冷却材試料から抽出した希ガス成分を測定した結果

第9回定検前(平成10年)の1次冷却水中の放射性核種濃度シベル(Bq/ml)

	Kr-88 (3)	Rb-88 (3)	Rb-89 (3)	Xe-131m (3)	Xe-133 (3)	Xe-133m (3)	Xe-135 (3)	Xe-138 (3)	H-3	C-11	N-13
8月17日	5.5E+00	2.0E+01	-	-	2.2E+01	1.3E+00	2.1E+01	1.6E+01	4.5E+04	1.30E+02	7.60E+03
8月24日	6.1E+00	2.6E+01	-	-	2.5E+01	8.6E-01	2.5E+01	2.0E+01	平成10年 6月測定値	平成5年9 月測定値	平成6年8 月測定値
8月31日	6.2E+00	1.2E+01	-	-	2.6E+01	1.7E+00	2.5E+01	1.6E+01		をばう案 濃度補正	
9月7日	5.7E+00	2.6E+01	-	-	2.2E+01	1.2E+00	2.2E+01	1.8E+01			

“-”:検出限界値未満を示す。

注 (1):1次冷却材試料をフィルタ及びイオン交換柱に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

注 (2):I-131の検出精度向上の観点から(1)の試料を1日放置し、短半減期核種を減衰させ測定した結果

注 (3):1次冷却材試料から抽出した希ガス成分を測定した結果

別添 3

今回停止時前及び停止後の一次冷却材中の放射能濃度

今回停止前および停止後の1次冷却水中の主要FP放射能濃度(Bq/ml)

停止前

	Cs-138 (1)	I-131 (2)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)	Kr-85m (3)	Kr-87 (3)	Kr-88 (3)	Xe-133 (3)	Xe-133m (3)	Xe-135 (3)	Xe-138 (3)
6月7日	3.3E+01	4.9E-01	1.9E+01	5.9E+00	3.3E+01	1.8E+01	3.0E+00	6.5E+00	5.5E+00	2.4E+01	-	2.2E+01	1.7E+01
6月14日	3.3E+01	4.9E-01	2.0E+01	6.1E+00	3.5E+01	1.7E+01	2.7E+00	6.3E+00	4.5E+00	2.2E+01	-	2.0E+01	1.5E+01
6月21日	3.4E+01	5.1E-01	2.1E+01	5.9E+00	3.6E+01	1.9E+01	2.7E+00	6.3E+00	4.5E+00	2.1E+01	-	1.9E+01	1.7E+01
6月28日	3.3E+01	5.2E-01	2.0E+01	6.2E+00	3.3E+01	1.9E+01	2.8E+00	6.7E+00	4.8E+00	2.2E+01	1.4E+00	2.2E+01	1.6E+01
7月5日	3.3E+01	5.4E-01	2.2E+01	5.9E+00	2.8E+01	1.7E+01	3.1E+00	6.8E+00	5.6E+00	2.4E+01	-	2.2E+01	1.6E+01

停止後(7月12日6時48分以降)

	Cs-138 (1)	I-131 (1)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)	Kr-85m (1)	Kr-87 (1)	Kr-88 (1)	Xe-133 (1)	Xe-133m (1)	Xe-135 (1)	Xe-138 (1)
10:00	-	-	1.6E+01	4.5E+00	1.9E+01	4.5E+00							
17:25	9.1E-01	2.8E-01	7.9E+00	1.7E+00	1.2E+02	1.2E+00							
20:00	-	-	4.8E+00	6.9E-01	-	-							

"-":検出限界値未満を示す。

"/":測定対象外を示す。(停止中はよう素のみで管理できるため。)

注 (1):1次冷却材試料をフィルタ及びイオン交換紙に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

注 (2):I-131の検出精度向上の観点から(1)の試料を1日放置し、短半減期核種を減衰させ測定した結果

注 (3):1次冷却材試料から抽出した希ガス成分を測定した結果

停止(7月12日6時48分)後の1次冷却水中の放射性核種濃度(Bq/ml)

	Be-7 (1)	Na-24 (1)	Si-31 (1)	Cl-38 (1)	K-40 (1)	Cr-51 (1)	Mn-54 (1)	Mn-56 (1)	Fe-59 (1)	Co-58 (1)	Co-60 (1)	Ni-65 (1)	Zn-65 (1)	Cu-64 (1)	As-76 (1)	Br-82 (1)	Br-84 (1)	Br-85 (1)
10:00	-	9.7E+00	-	-	3.6E+00	5.5E+00	3.2E+02	2.2E+01	1.2E+01	1.4E+02	2.5E+01	5.0E+00	-	-	-	-	-	-
17:25	-	4.0E+00	-	-	9.1E-01	5.4E+01	4.2E+02	2.8E+02	8.7E+01	3.9E+03	1.2E+02	1.5E+01	-	-	-	3.2E-01	-	-
20:00	-	2.7E+00	-	-	-	5.1E+01	3.8E+02	1.3E+02	3.5E+01	5.3E+03	1.2E+02	-	-	-	-	-	-	-

	Sr-89 (1)	Sr-91 (1)	Sr-92 (1)	Y-88 (1)	Y-91 (1)	Y-92 (1)	Zr-95 (1)	Zr-97 (1)	Nb-95 (1)	Nb-97 (1)	Mo-99 (1)	Ru-103 (1)	Ag-110m (1)	Sb-124 (1)	Sb-125 (1)	Tc-132 (1)	Tc-134 (1)	Cs-134 (1)
10:00	-	7.6E+00	3.3E+00	-	-	-	3.3E-01	6.5E-01	4.7E-01	2.5E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
17:25	6.6E+02	-	-	-	-	-	4.4E+00	3.7E+00	6.5E+00	1.0E+01	5.0E-01	-	-	-	-	-	-	-
20:00	-	-	-	-	-	-	2.4E+00	2.3E+00	3.6E+00	2.3E+02	9.1E-01	-	-	-	-	-	-	-

	Cs-136 (1)	Cs-137 (1)	Cs-138 (1)	Ba-140 (1)	La-140 (1)	Co-141 (1)	Ce-144 (1)	W-187 (1)	F-18 (1)	I-131 (1)	I-132 (1)	I-133 (1)	I-134 (1)	I-135 (1)
10:00	-	-	-	2.5E+00	6.2E-02	-	-	-	4.3E+02	-	1.6E+01	4.5E+00	1.9E+01	4.5E+00
17:25	-	-	9.1E-01	-	-	8.0E-02	-	9.4E+00	1.2E+01	2.8E-01	7.9E+00	1.7E+00	1.2E+02	1.2E+00
20:00	-	7.9E-01	-	-	3.9E-01	-	-	4.8E+00	-	-	4.8E+00	6.9E-01	-	-

"-":検出限界未満を示す。

注 (1):1次冷却材試験料をフィルタ及びイオン交換紙に通水後これらに捕捉される放射性核種を測定した結果

別添 4

格納容器内放射性希ガス濃度について

格納容器内放射性希ガス濃度について

①格納容器内放射性希ガス濃度について

7月13日 17:10 に格納容器内の空気をサンプリングし、空気中に含まれる放射性希ガス濃度を測定した結果は以下のとおりである。

Xe-133 1.3×10^{-3} Bq/cc

Xe-135 1.8×10^{-3} Bq/cc

②漏洩量から推定した格納容器内希ガス濃度について

漏洩時の1次冷却材に含まれるXe-133, 135の濃度は運転中の測定値(7/5測定)と同じであると、漏洩量511に含まれるすべてのXe-133, 135が格納容器内に放出されたとした場合の格納容器内放射性希ガス濃度は、漏洩から上記測定までの減衰を考慮し以下の値となる。

Xe-133

$$51 \times 10^6 (\text{cc}) \times 23.6 (\text{Bq/cc}) / 72900 \times 10^6 (\text{cc}) \times \exp(-\ln(2)/5.29/24 \times 35) \\ = 1.4 \times 10^{-2} (\text{Bq/cc})$$

Xe-135

$$51 \times 10^6 (\text{cc}) \times 22.3 (\text{Bq/cc}) / 72900 \times 10^6 (\text{cc}) \times \exp(-\ln(2)/9.083 \times 35) \\ = 1.1 \times 10^{-3} (\text{Bq/cc})$$

③結果

以上に示すとおり、格納容器内の放射性希ガス濃度の測定結果は、運転中の測定値及び漏えい量511から計算した格納容器内の放射性希ガス濃度とほぼ同じであり、原子炉の停止に伴う新たな核分裂生成物の放出はない。

以 上

別添5

バイオアッセイの実施状況について

一次冷却材漏洩に係るバイオアッセイの実施状況について

一次冷却材漏洩に伴う格納容器内の除染作業に従事した者の ^3H による預託線量当量（50年間の線量当量）について、格納容器内の空気中 ^3H 濃度（ 1 Bq/cm^3 ）と管理区域内の滞在時間（最長滞在者：12時間47分、平均滞在者：4時間1分）から計算により求めると、最長滞在者は0.38 mSv、平均滞在者は0.12 mSvであり、記録レベル（預託線量当量で2mSv）を超えていないことを確認し、バイオアッセイの実施を省略した。

措置の妥当性を確認するため、7月24日から27日に16名について敦賀発電所に設置されている計測装置を用いてバイオアッセイを実施した。その結果から、除染作業者については7月14日、漏洩箇所確認等の作業者については7月12日に放射性物質（ ^3H ）を摂取したものとし、預託線量当量を評価した結果は下表の通りで、最大は0.13 mSvであり、除染作業に従事した者の管理区域立入時間は12時間14分であった。いずれの者も記録レベル未満であることが確認できた。

作業内容	人 数 (人)	預託線量当量 (mSv)	
除染作業 (7/14~15)	5	最大	0.13
		最小	0.02
		平均	0.06
漏洩箇所確認等 (7/12~24)	11	最大	0.11
		最小	0.00
		平均	0.03
(参考) バイオアッセイ分析技術確立のため 過去に測定した従事者 (H1~6年度)			0.00 ~0.06

なお、除染作業に従事した者で管理区域立入時間最長者（12時間47分）の預託線量当量は0.07 mSvであった。

また、実測値は、計算値を下回っているが、これは計算において格納容器のみの滞在時間記録がないため、記録のある管理区域滞在時間を用いたことにより、過大評価になったものと考えられる。因みに、バイオアッセイ受検者で預託線量当量が最大の者の管理区域滞在時間は12時間14分であるが、聴き取り調査による格納容器滞在時間は4~5時間であり、4.5時間として計算した場合の預託線量当量は、0.13mSvで一致が見られる。

以上