

平成12年2月8日
原子力安全対策課
(11-144)
<13時00分記者発表>

敦賀発電所1号機のシュラウドサポート部損傷の調査状況について

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1号機（沸騰水型軽水炉；定格出力35.7万kW）は、平成11年8月20日から第26回定期検査を開始し、シュラウド取替工事を行っていたところ、12月9日、下部シュラウドサポート部の溶接部等に複数のひび割れが認められた。

このため、切断保管していた上部シュラウドサポート部も含め、詳細な状況調査を実施した。その結果、ひび割れが認められた部位は、

- ①下部シュラウドサポート部と原子炉圧力容器との取付溶接部（内側）
- ②下部シュラウドサポート部母材部（インコネル材平板）の縦溶接部
- ③下部シュラウドサポート部母材部に施工された溶接部や溶接部跡
- ④下部シュラウドサポート部と上部シュラウドサポート部（ステンレス材）との溶接部

に発生しており、これらひび割れ部位の表面組織観察（レプリカ観察）結果で、割れは溶接部の金属組織の結晶粒界に沿った特徴が観察された。

このため、原因調査として、各割れ部の金属サンプル片等を採取し、破面観察、金属組織観察、硬さ測定、化学成分分析等の調査や割れの深さ測定等を実施することとした。

なお、本事象に伴う環境への放射能の影響はない。

[平成11年12月10日、12月22日発表済み]

採取した金属サンプル片等の調査は現在も実施しているが、これまでの調査で、一部（3ヶ所）が貫通し、④の上部シュラウドサポート部外側にも一部（10ヶ所）ひび割れが認められるが、割れの殆ど（293ヶ所）は、下部シュラウドサポート部の内側の溶接部であった。各部（①～④）のひび割れは、それぞれの溶接部に発生しており、溶接金属組織の結晶（柱状晶組織）粒界に沿った特徴が認められた。また、②③④のシュラウドサポート部母材部では、溶接部の割れが枝分かれし、母材（インコネルまたはステンレス材）組織でのひび割れも一部認められた。

下部シュラウドサポート部と原子炉圧力容器との取付溶接部（内側）のひび割れ5箇所について、段階的に切削し深さ測定を行ったところ、深さは最大約34mmで、ひび割れが原子炉圧力容器本体（低合金鋼）にまで至っていないことが確認された。

これまでの調査で、今回の損傷は、インコネル材の溶接部に発生した応力腐食割れの可能性が高いと推測されることから、引き続き、金属サンプル片の破面観察等の詳細調査を継続するとともに、割れ発生の要因として考えられる材料組成や残留応力を含む応力評価、運転時の環境条件を把握するため、シュラウドサポート部に係る製造履歴や運転履歴の調査、応力解析評価等を行う予定である。

また、下部シュラウドサポート部の取付溶接部（内側）については、ひび割れが多いことから、これらについては割れの大きさを把握するため、全て切削する予定である。

（通商産業省による I N E S の暫定評価尺度）

基準 1	基準 2	基準 3	評価レベル
—	—	0 —	0 —

敦賀発電所 1 号機のシュラウドサポート部損傷の調査状況について

1. ひび割れ発生部の概要

発 生 箇 所	ひび割れの状況	割れの特徴
①下部シュラウドサポート部と 原子炉圧力容器との取付溶接部 (内側)	内側溶接部で 2 2 8 ヶ所 最大長さ 約60mm 最大深さ 約34mm	全て 溶接金属部 概ね縦方向
②下部シュラウドサポート部 母材部 (インコネル材平板) の 縦溶接部	内側溶接部で 1 1 ヶ所 最大長さ 約50mm	縦溶接部中央 一部母材 概ね縦方向
③下部シュラウドサポート部 母材部に施工された溶接部や 溶接部跡	内側で 8 ヶ所 うち 1 ヶ所が貫通 最大長さ 約93mm	溶接金属部で 一部母材 概ね縦方向
④下部シュラウドサポート部と 上部シュラウドサポート部 (ステンレス材) との溶接部	内側で 4 6 ヶ所 外側で 1 0 ヶ所 うち 2 ヶ所が貫通 最大長さ 約32mm	溶接金属部 一部母材 概ね縦方向

2. レプリカ調査

ひび割れが認められた部位のうち、17箇所について表面の組織観察（レプリカ観察）を実施しているが、これまで14箇所について調査が終わり、割れの特徴は、金属組織の結晶粒界に沿ったものであることが観察された。

引き続き、残りの 3 箇所について調査を実施している。

3. サンプル調査

上部・下部シュラウドサポート部およびシュラウドサポート取付溶接部のひび割れ発生箇所よりサンプル13箇所を選定し、破面観察等を実施している。これまでに終了した 9 箇所のうち、代表 4 箇所の調査結果は以下のとおりで、5 箇所は評価中である。残りについては、引き続き調査を実施している。

(1) サンプルNo. 1 (下部シュラウドサポート部 0°) (添付3-1参照)

特徴：下部シュラウドサポート部母材部 (インコネル材平板) の縦溶接部の溶接金属から母材にかけて割れが認められた部位

割れは、溶接金属部で発生し、柱状結晶に沿って進展し、一部母材部にも進展したと考えられる。溶接金属部および母材部における割れは、いずれも粒界破面 (溶接金属部は柱状結晶粒破面、母材部はロックキャンディ状破面) であった。

(2) サンプルNo. 2 (下部シュラウドサポート部 120°) (添付3-2参照)

特徴：下部シュラウドサポート部母材部 (インコネル材平板) の縦溶接部の溶接金属内で割れが認められた部位

割れは、下部シュラウドサポート内側から、結晶粒界 (柱状結晶粒界) に沿って枝分かれしながら進展しているのが認められた。

(3) サンプルNo. 3 (下部シュラウドサポート部240°) (添付3-3参照)

特徴：下部シュラウドサポート部母材部に割れが認められた部位

当該部は、建設時に金属試料（サンプル）を採取した後、溶接した部位と考えられ、破面観察の結果、溶接金属部で発生し、柱状結晶に沿って進展して母材部にも進展したものと考えられる。溶接金属部および母材部における割れはいずれも粒界破面（溶接金属部は柱状結晶破面、母材部はロックキャンディ状破面）であった。

(4) サンプルNo. 7 (シュラウドサポート取付溶接部215°) (添付3-4参照)

特徴：下部シュラウドサポート部と原子炉圧力容器との取付溶接部の溶接金属部で複数に割れが認められた部位

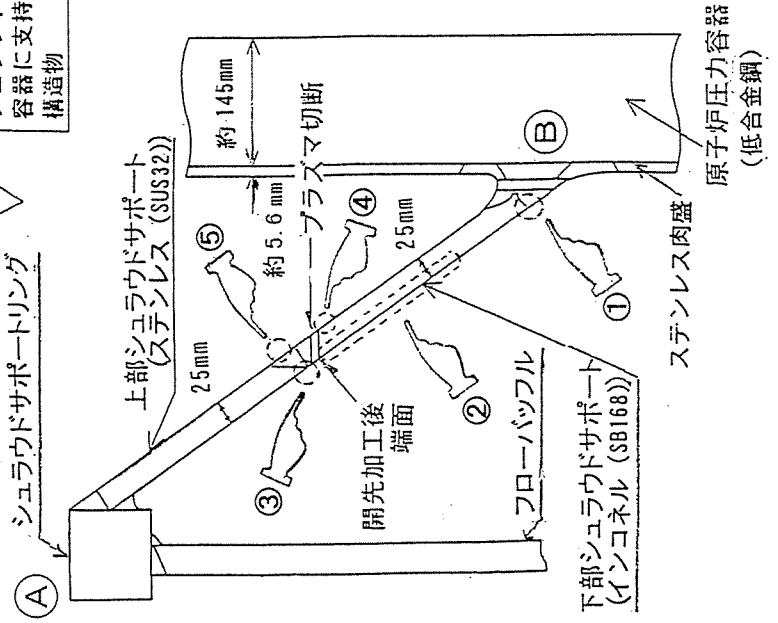
溶接金属部は粒界破面（柱状結晶粒破面）で、結晶粒界（柱状結晶粒界）に沿って枝分かれしながら進展しているのが認められた。

4. ひび割れの深さ測定・確認 (添付4参照)

シュラウドサポートと原子炉圧力容器との取付溶接部のひび割れ5箇所の深さを測定したところ、最大約34mmの深さとなっており、原子炉圧力容器本体には至っていなかった。

また、シュラウドサポート取付溶接部のひび割れ部について全て研削し、割れの程度を確認する。

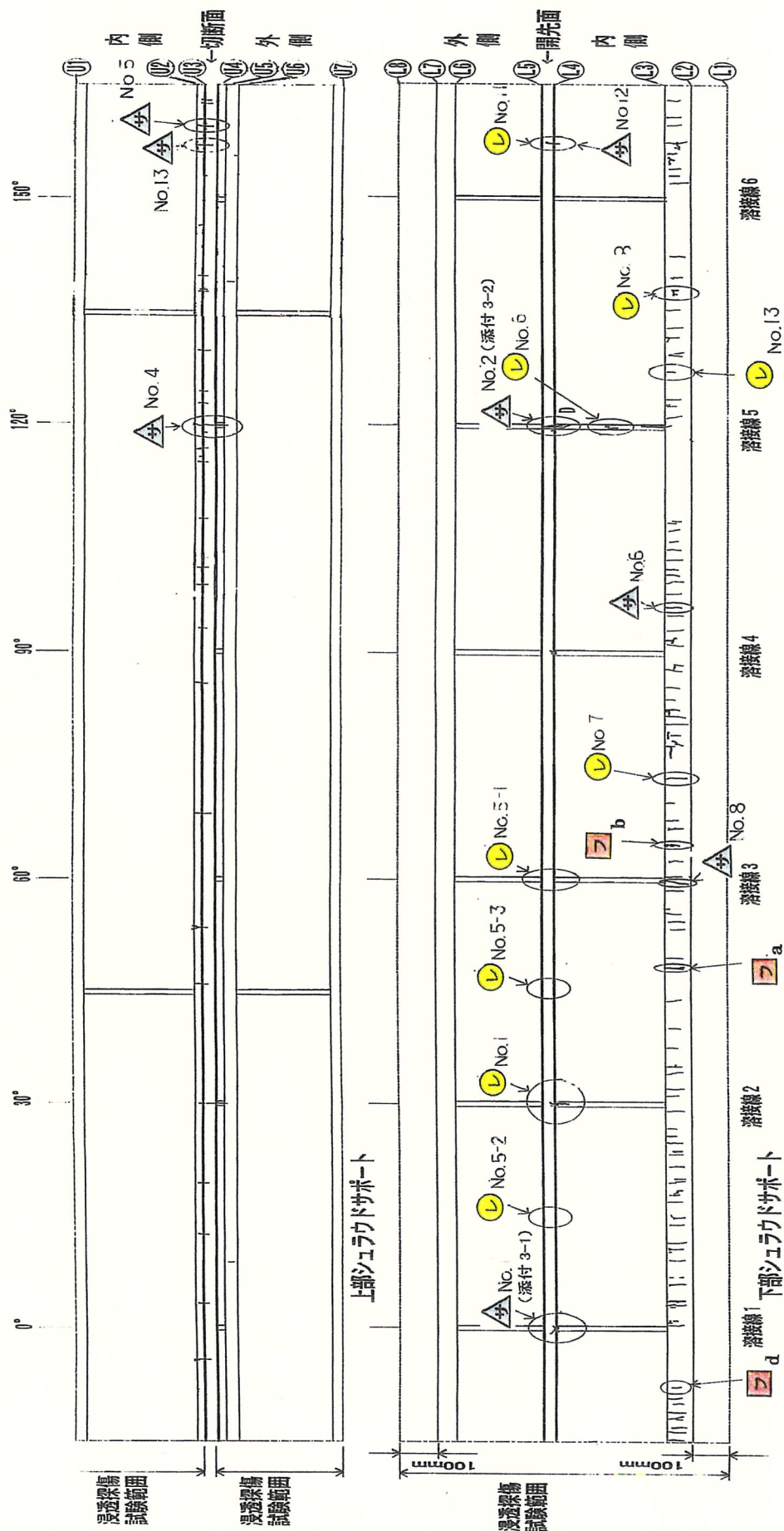
なお、今後調査状況に応じて、サンプル調査等を追加して実施する。



- ①下部シュラウドサポート部と原子炉圧力容器との溶接部内側に228箇所
- ②下部シュラウドサポートの縦溶接部内側及び溶接部跡等で認められた部位に19箇所
- ③上部シュラウドサポートと下部シュラウドサポートの周方向溶接部内側又はその近傍に46箇所
- ④下部シュラウドサポート外側に内側から進展して貫通と考えられる割れ1箇所
- ⑤上部シュラウドサポートに残っていて下部シュラウドサポートの縦方向溶接部外側に4箇所(そのうち、貫通と考えられる割れ2箇所)と周方向溶接部外側に6箇所

形状	円筒形	
主要寸法	胴高さ	約 6.7m
	胴最大内径	約 3.7m
	胴板厚	約 4cm
材料	胴	SUS316L

ひび割れ状況とサンプル、リブリカ位置

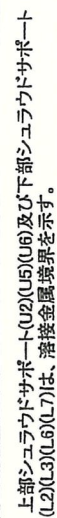
 $(345^{\circ} \sim 0^{\circ} \sim 165^{\circ})$ 

⑤:レプリカ採取箇所(17ヶ所)

△：サンプル採取箇所(13ヶ所)

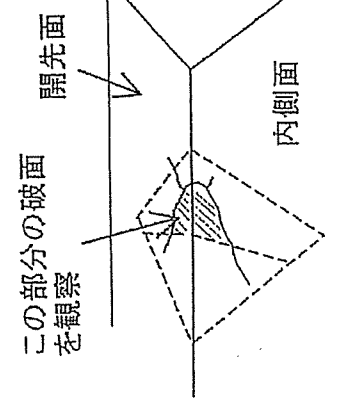
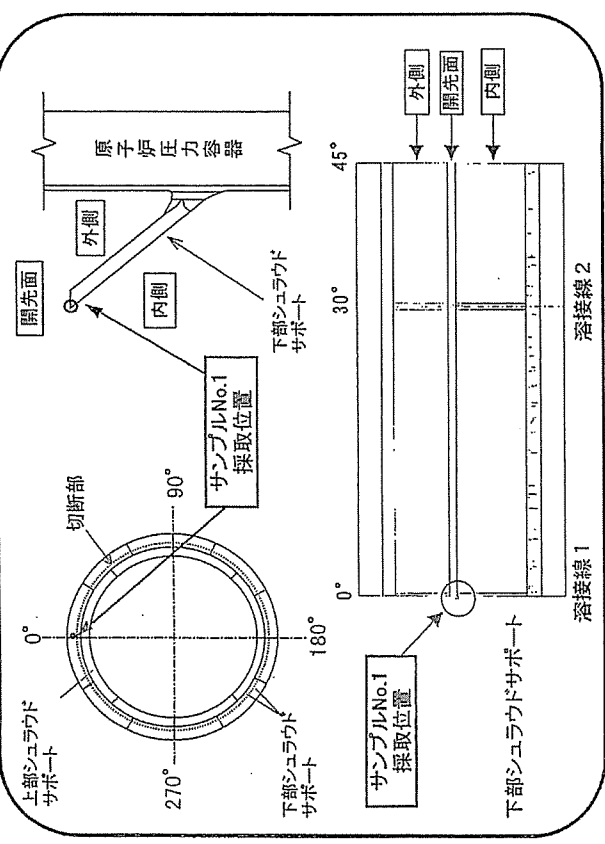
フ : 深さ測定箇所 (5ヶ所)

上部シュラウドサポート(U2)(U5)(U6)及び下部シュラウドサポート(U2)(L3)(L6)(L7)は、溶接金属境界を示す。

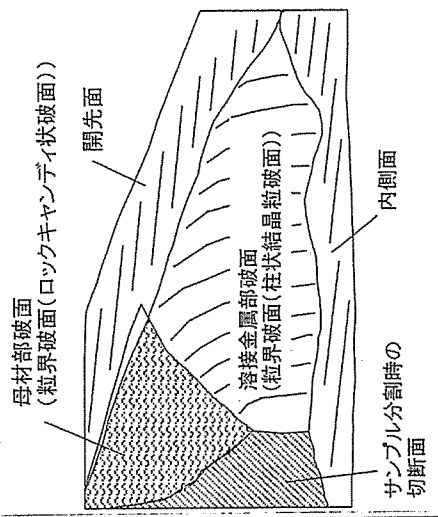
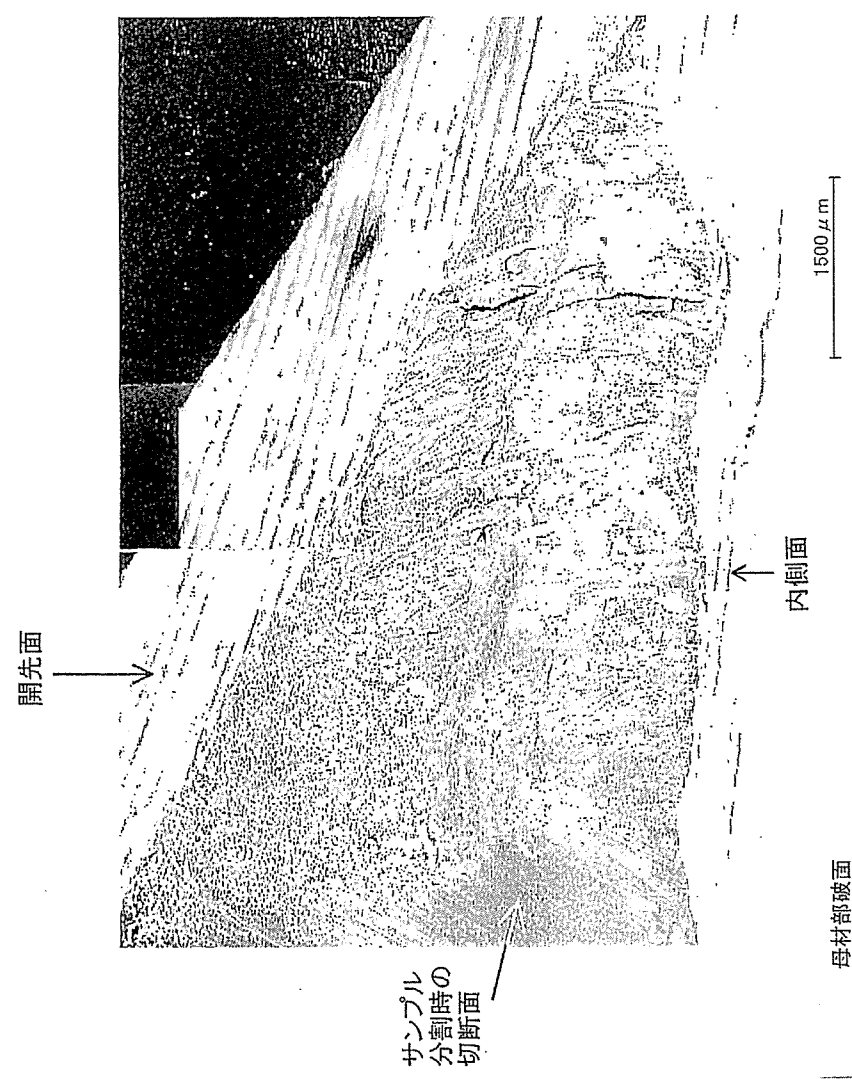


ひび割れ部サンプル詳細調査結果(サンプルNo. 1) 2. 調査結果【破面観察(SEM)】

1. サンプル採取位置



2. 1 低倍率破面

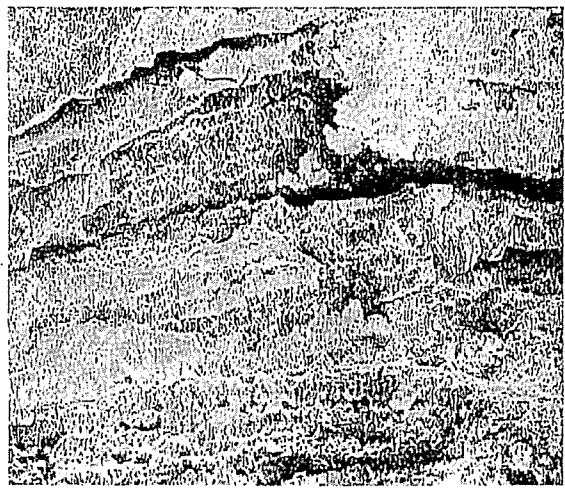


破面の特徴

- 溶接金属部は、粒界破面(柱状結晶粒破面)である。
- 母材部は粒界破面(ロックキャンディ状破面)である。
- 当該部の割れは溶接金属部で発生し、柱状晶に沿って進展し、一部母材側にも進展したと考えられる。

①溶接金属(その1): 粒界破面(柱状結晶粒破面)
であり、2次割れも認められる

②溶接金属(その2): 粒界破面(柱状結晶粒破面)



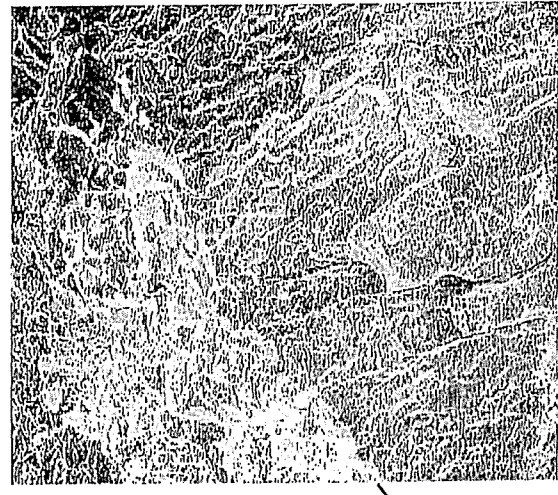
300 μ m



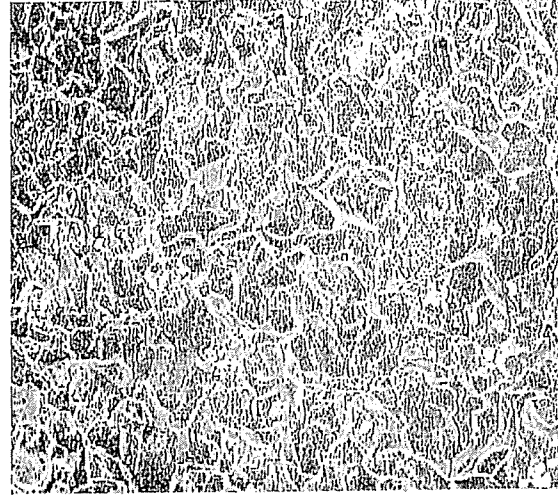
300 μ m

③溶接金属/母材境界部: 粒界破面(柱状結晶粒破面)、
粒界破面(ロックキャンディ状破面)が認められる

④母材部: 粒界破面(ロックキャンディ状破面)



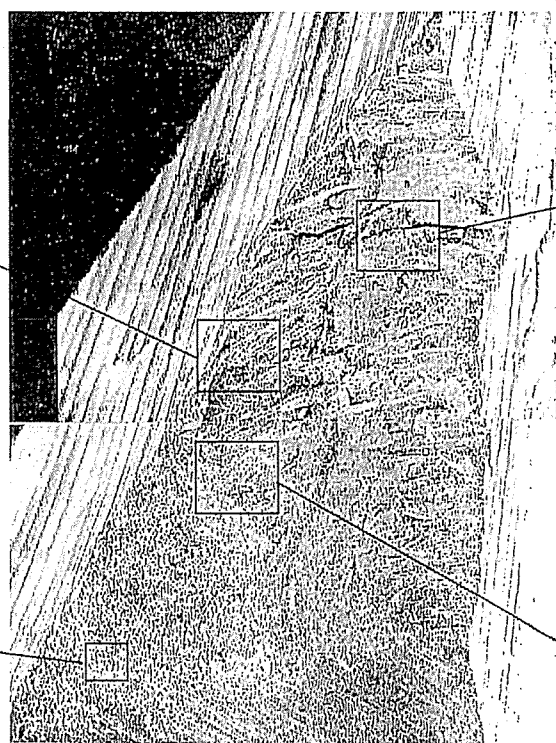
300 μ m



150 μ m

④母材部
粒界破面(ロックキャンディ状破面)

②溶接金属部 (その2)
粒界破面(柱状結晶粒破面)



①溶接金属部 (その1)
粒界破面(柱状結晶粒破面)

③溶接金属/母材境界部
粒界破面(柱状結晶粒破面)/粒界破面(ロックキャンディ状破面)

母材

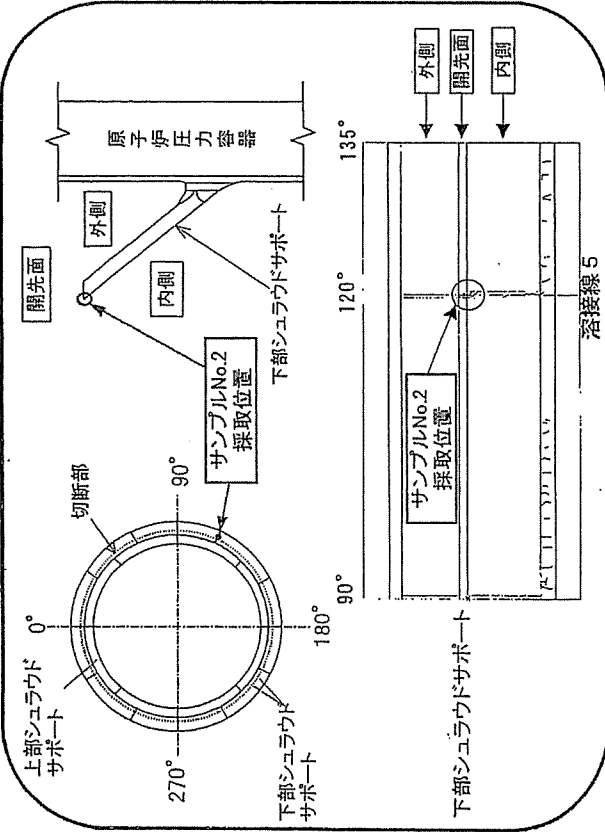
粒界破面(ロックキャンディ状破面)

粒界破面(柱状結晶粒破面)

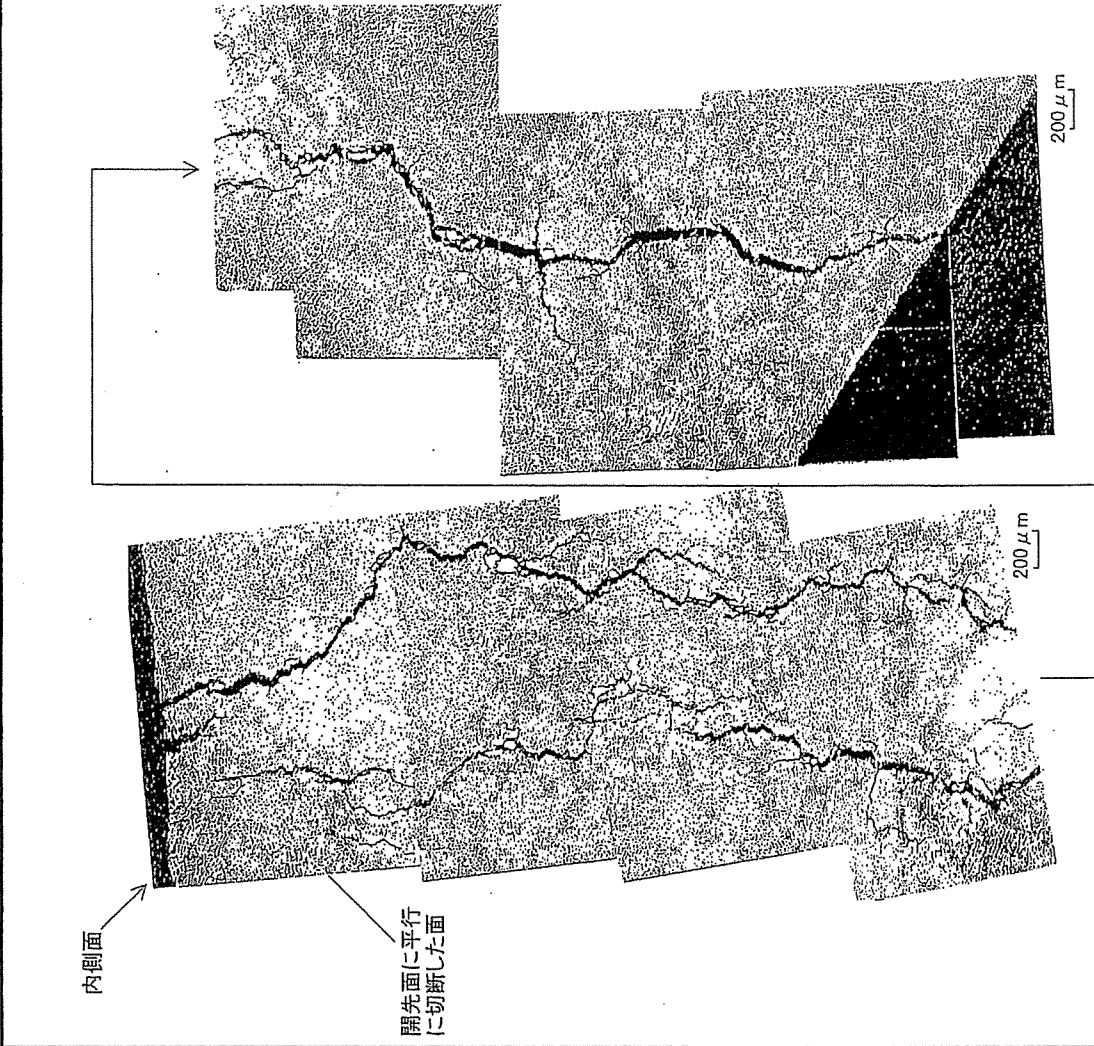
溶接金属

ひび割れ部サンプル詳細調査結果(サンプルNo. 2)

1. サンプル採取位置

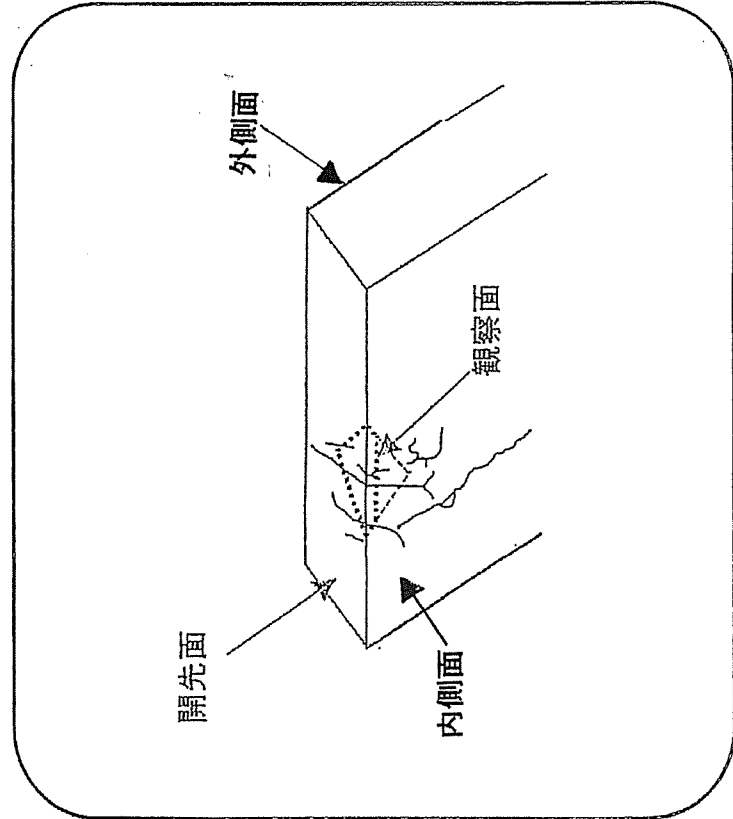


2. 調査結果【断面ミクロ観察(光学顕微鏡)】

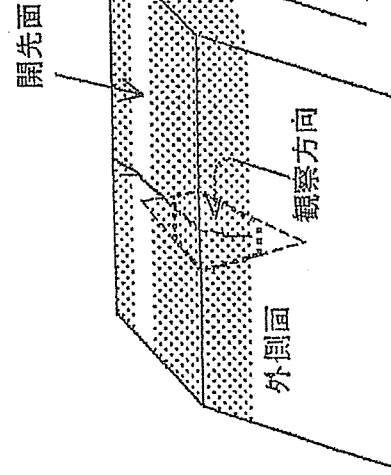
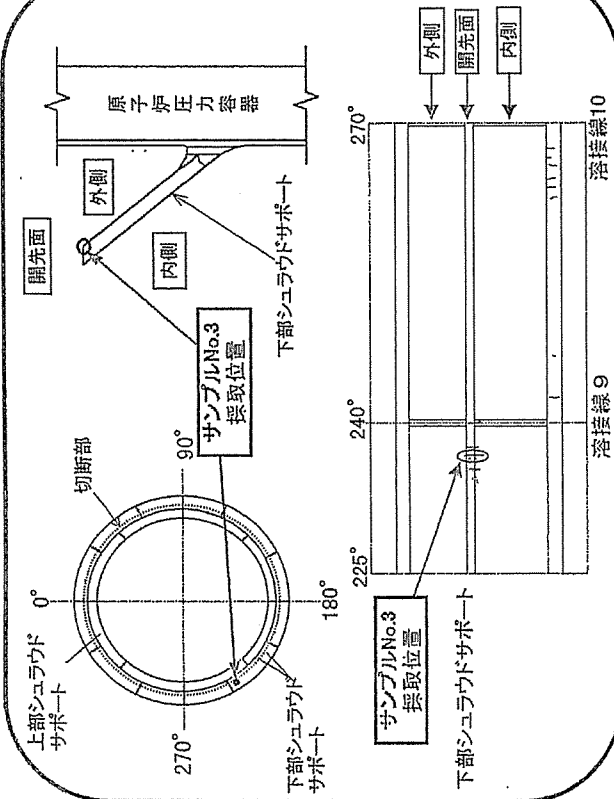


ひび割れの特徴

- ひび割れは下部シュラウドサポート内側から結晶粒界(柱状晶粒界)に沿って、枝分かれしながら進展しているのが認められる。
- 組織は通常の凝固組織に認められる柱状晶組織を呈している。



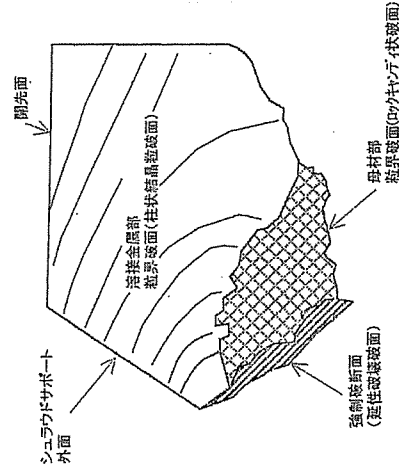
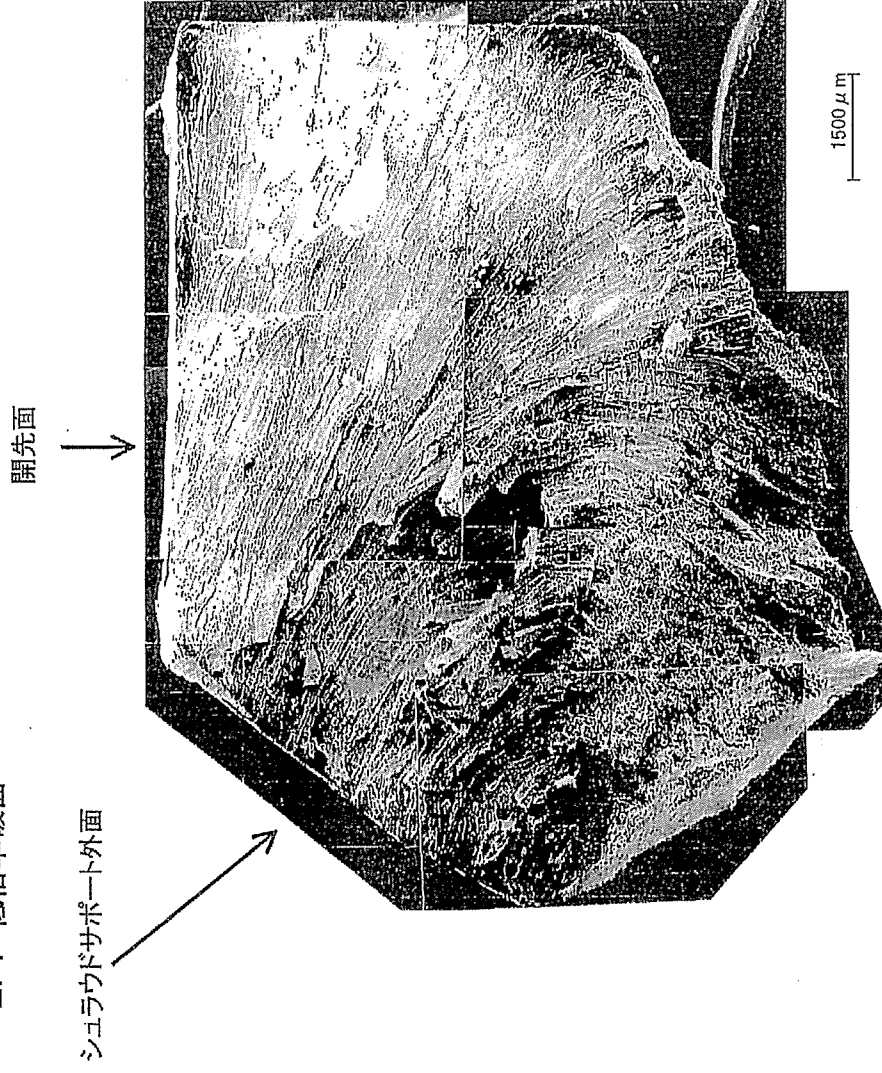
1. サンプル採取位置



工場製作時にテストピースを採取した部位であり、溶接部が存在。

2. 調査結果【破面観察(SEM)】

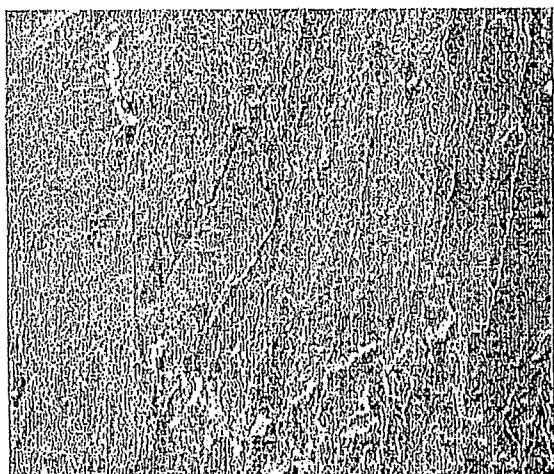
2.1 低倍率破面



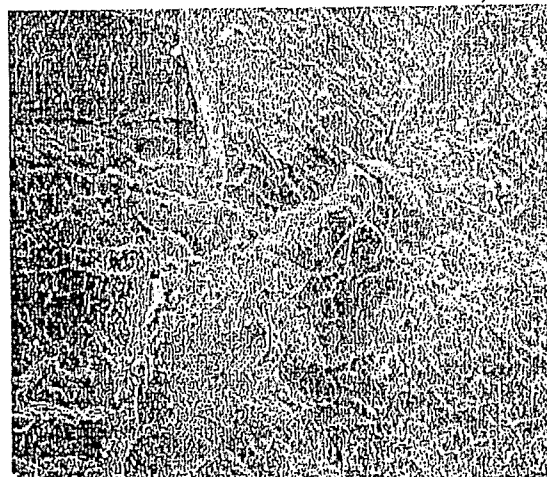
破面の特徴

- ・溶接金属部は、粒界破面(柱状結晶粒破面)である。
- ・母材部は、粒界破面(ロクキヤンディ状破面)である。
- ・強制破断部は、デインブルを伴う延性破壊破面である。

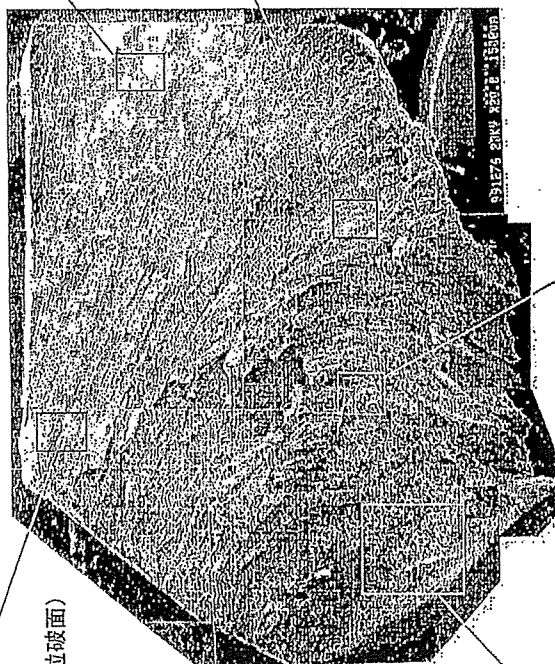
①溶接金屬部(その1):粒界破面(柱状結晶粒破面)

300 μ m

⑤溶解金属と母材境界部 粒界破面(柱状結晶粒破面及びブロックヤンデ破面)が認められる

300 μ m

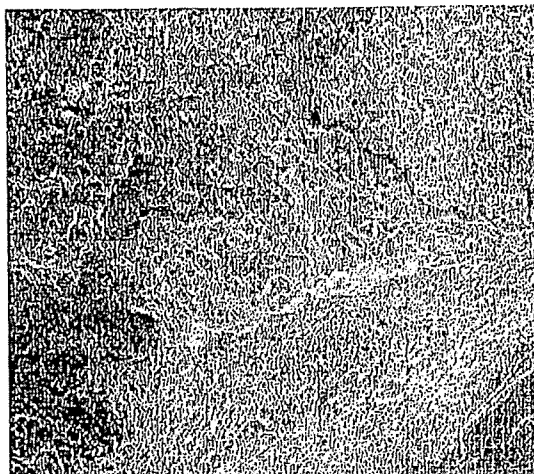
③溶接金屬部
(その3)
粒界破面
(柱状結晶粒破面)



④母材部
粒界破面(ロッキングキャンディ状破面)
／強制破断面

④ 母材部: 粒界破面(ロウヤンテ破面)
(強靱断面部にディングル)

④母材部:粒界破面(ロッキンゲン状破面)
(強制破断部にディンプル)



強制破断面 ← → 粒界破面(ロッキングイ状破面)

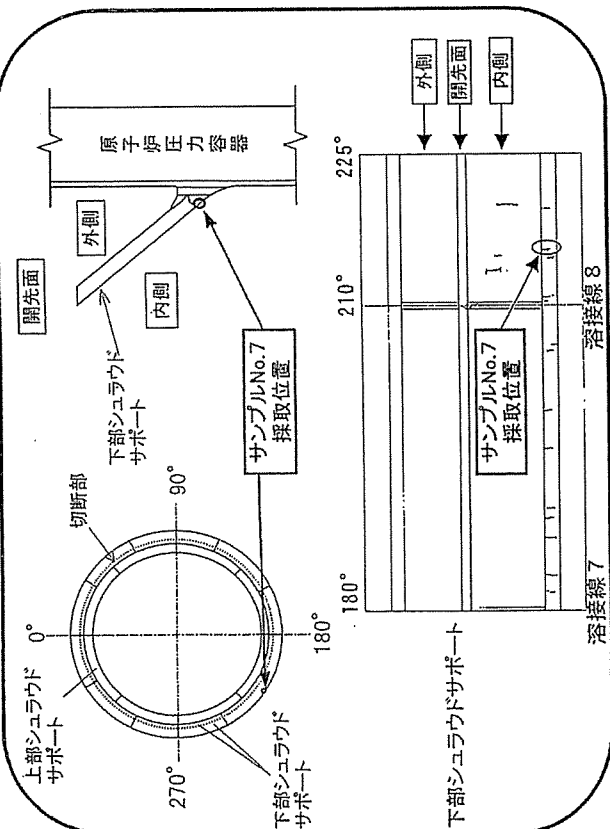
 $600 \mu m$ 

300 4 m

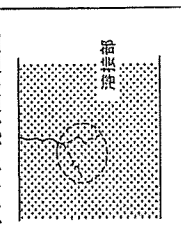
ひび割れサンプル詳細調査結果(サンプルNo.7)

2. 調査結果【破面観察(SEM)ー1】

1. サンプル採取位置



サンプル切り出し位置

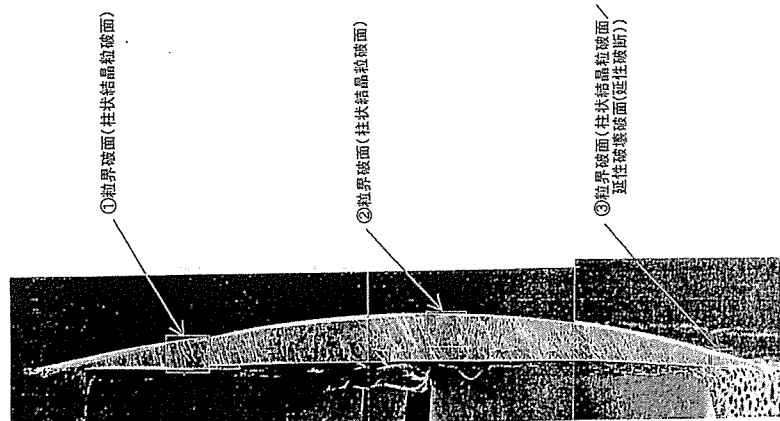
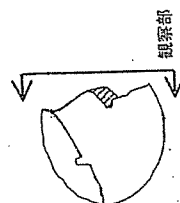


- : 切断線
- : 溶接金属
- : 母材
- ▨ : 破面

16
9
(単位: mm)
サンプル厚さ: 最大約1mm

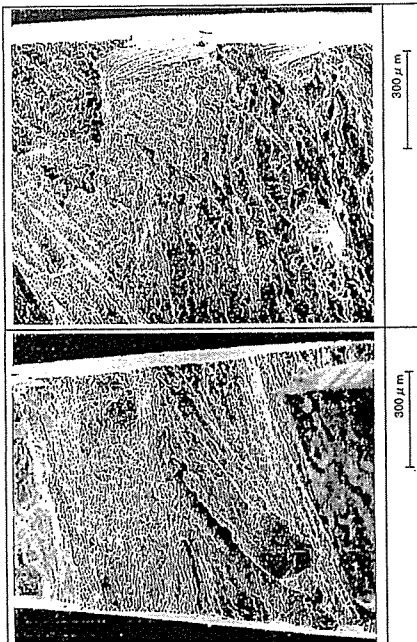


・破面観察(SEM)

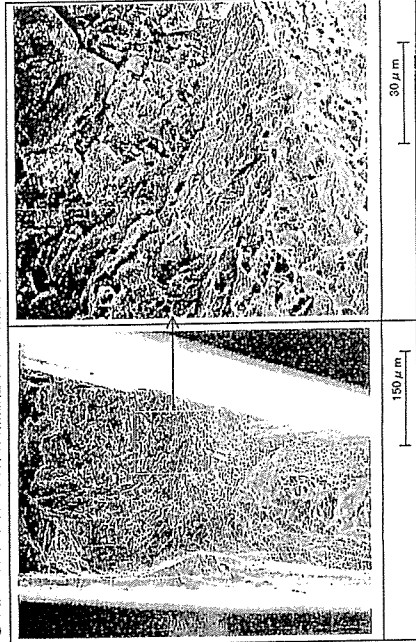


①溶接金属部: 粒界破面(柱状結晶粒破面)

②溶接金属部: 粒界破面(柱状結晶粒破面)



③溶接金属部: 粒界破面(柱状結晶粒破面/延性破壊破面(延性破断))



破面の特徴

・溶接金属部は、粒界破面(柱状結晶粒破面)である。

