



平成 11 年 8 月 12 日
日本原子力発電株式会社

敦賀発電所 2 号機の点検・調査状況について（中間状況）

平成 11 年 7 月 12 日に格納容器内での 1 次冷却水漏えいにより手動停止しました、当社、敦賀発電所 2 号機（加圧水型軽水炉：定格出力 116.0 万 KW）につきまして、原因究明のために、割れが確認された配管及び管台を民間試験施設に搬送して、外観観察、破面観察等の詳細調査を実施するとともに、現場での再生熱交換器健全性確認調査、製造履歴確認調査等を実施しております。

8 月 2 日にこれまでの点検・調査状況をお知らせいたしましたが、その後に判明しましたことを別紙のとおりとりまとめましたので、お知らせします。

今後、引き続き各種調査を継続実施するとともに、解析評価等を実施し、それらの結果を踏まえて原因調査を行っていく予定です。

以上

別 紙	<u>敦賀発電所 2 号機の点検・調査状況について（中間状況）</u>
別 添 1	<u>損傷原因調査計画の全体概要</u>
別 添 2	<u>再生熱交換器抽出側配管損傷要因分析図</u>
別 添 3	<u>エルボ及び管台内面観察結果</u>
別 添 4	<u>管台溶接部に生じた周方向割れ（割れ e）</u>
別 添 5	<u>エルボ部に生じた軸方向割れ（割れ a）</u>
別 添 6	<u>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</u>
別 添 7	<u>エルボ部に生じた軸方向割れ（割れ b）</u>
別 添 8	<u>エルボ部に生じた軸方向割れ（割れ c）</u>
別 添 9	<u>直管側溶接部に生じた周方向割れ（割れ g）</u>

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。
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

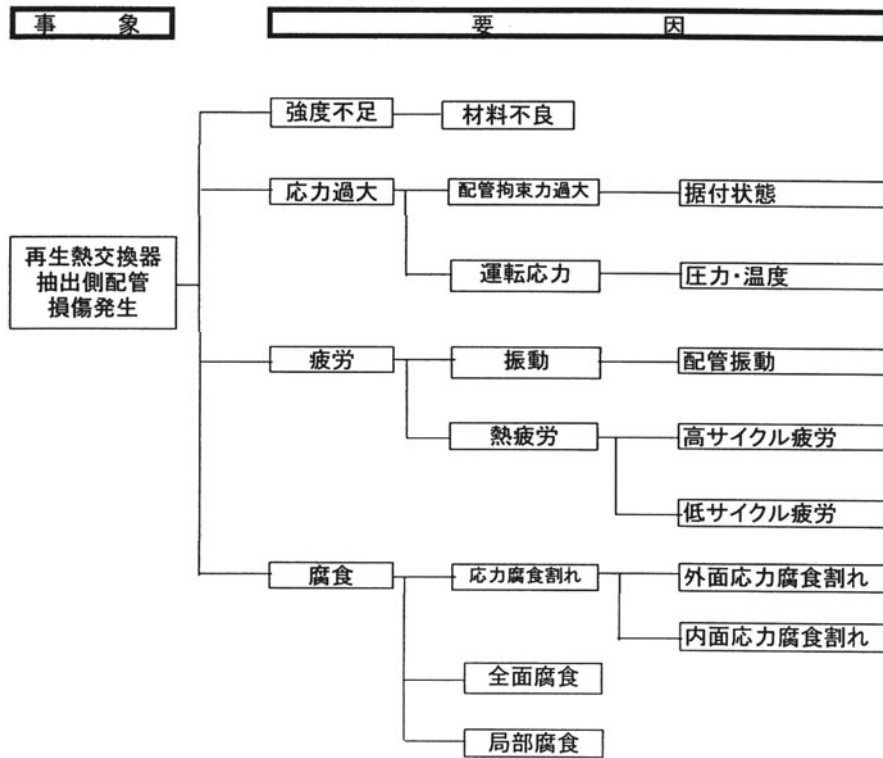
- (1) 通常運転時発生応力評価
- (2) 連絡配管拘束条件下での応力評価
- (3) 疲労評価
- (4) 疲労き裂進展解析
- (5) 振動解析

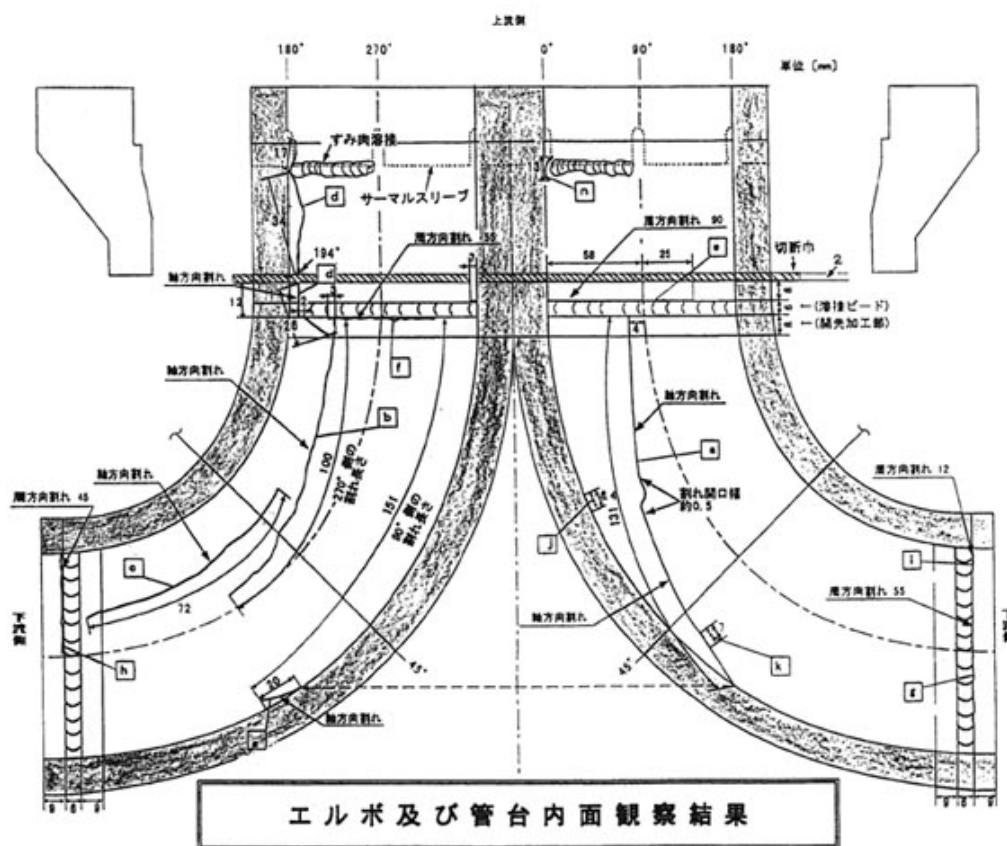
6. 過去の事象との比較検証

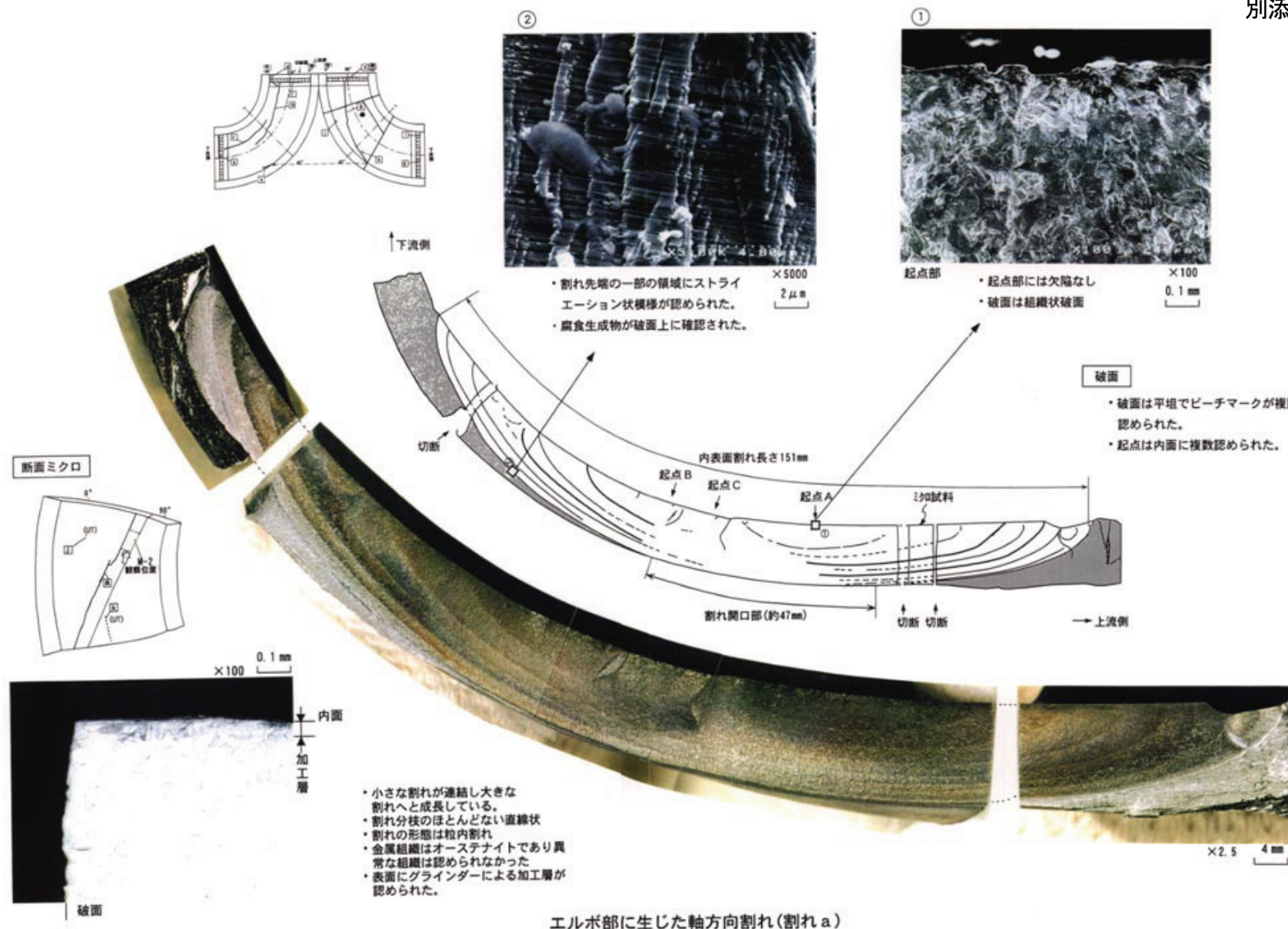
7. 推定原因に関する検討評価

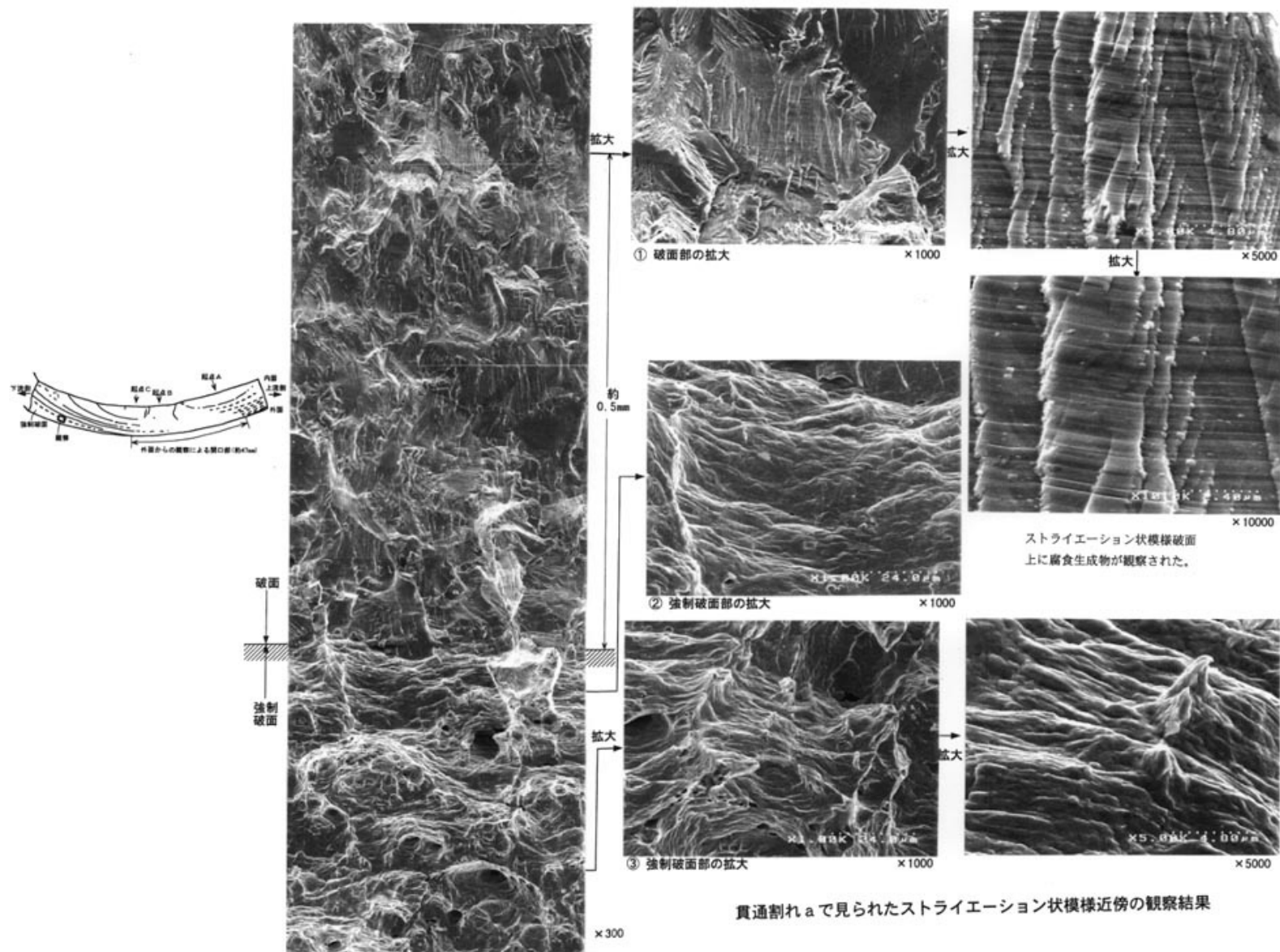
1～6を踏まえた推定原因に関する総合評価

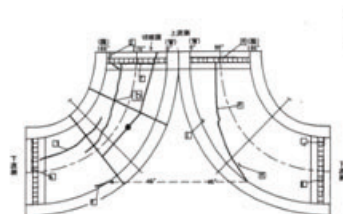
再生熱交換器抽出側配管損傷要因分析図







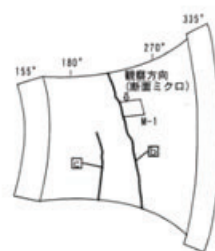




破面

- ・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。

×1000 10μm



- ・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。



10μm ×1000

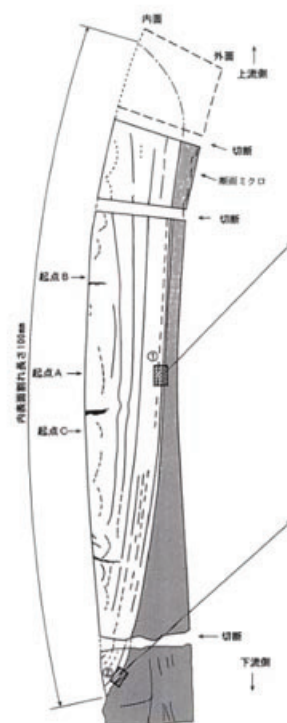
強制破面

内面

×2.5 4mm

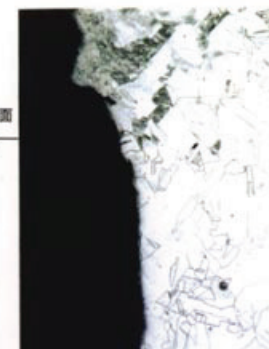


- ・小さな割れが合体し、大きな割れに成長
- ・割れは直線状である。



エルボ部に生じた軸方向割れ(割れb)

強制破面



×100

破面



×100

内面



0.1mm ×100

