

[原因と対策の報告の公表文（様式2）]

伊方発電所から通報連絡のあった異常に係る原因と対策の報告について（平成14年2月分他）

14. 4. 10
環境政策課
(内線2443)

1 四国電力(株)から、伊方発電所で平成14年2月に発生した設備異常3件及び平成13年12月26日に発生した復水流量計測用配管元弁からの漏えいについて、原因と対策の報告がありましたので、お知らせします。

なお、2月に発生した高圧タービンエンドウォール加熱蒸気圧力の低下、主給水制御弁の制御装置の故障、脱気器水面計配管からの漏えいについては、原因調査中等のため、原因と対策の報告があった段階で公表します。

[報告書の概要]

県の公表区分	異常事項	発生年月日	推定原因等	対策
C	復水流量計測用配管元弁からの漏えい (1号機)	13.12.26	当該部が海岸近くの屋外に設置されていること、破面観察結果、運転中に塩化物応力腐食割れ発生温度である50℃を超えること等から、海塩粒子の混入による塩化物応力腐食割れと推定される。	○当該部及び前後の弁・配管の取替え、外表面の塗装を実施し復旧する。 ○屋外のステンレス製弁・配管のうち、50℃を超えるもの全てについて、今定期検査中に点検を行うとともに、純水拭きのうえ塗装を実施する。 ○1号機脱気器周りに今年度中を目途に囲いを設置する。
C	給水ポンプのミニマムフロー弁駆動用空気配管からの空気漏えい (2号機)	14. 2. 4	ミニマムフロー弁駆動部の振動が当該空気配管に伝播し、残留応力の大きい配管継ぎ手の拡管部を起点に疲労破壊したものと推定される。	○当該空気配管を新品に取替え、復旧済。 ○次回定期検査において、配管取付位置を振動の影響の少ない場所へ変更するとともに、空気作動弁の配管継ぎ手を拡管部の無い型式に取替える。
C	低圧給水加熱器伝熱管の損傷 (1号機)	14. 2.14	製造工程での伝熱管挿入作業において、伝熱管外面に打痕（へこみ）が生じ、そこを起点に応力腐食割れが発生したものと推定される。	○漏えいのあった伝熱管1本の施栓を実施済。 ○伝熱管全数の渦流探傷検査の結果、施栓基準を超えた伝熱管9本について予防施栓を実施。

C	エタノールアミン排水処理装置の自動停止(1,2,3号機共用)	14. 2.22	電解槽の電極板めっき層の厚さが運転に伴い減少したため、電圧が徐々に上昇し、自動停止電圧に達したものと推定される。	○電圧高信号が発信したA系電解槽の全ての電極板を取替え、復旧済。 ○電極板の取替について、従来の累積運転時間による管理に加え、電圧値による管理を行うこととし、巡視点検チェックシートに追加する。
---	--------------------------------	----------	--	---

2 県としては、伊方発電所に職員を派遣し、当該部の復旧状況の確認など、四国電力の対策が確実に実施されていることを確認しています。

原運発 第2933号
平成14年4月9日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 大西
淳

伊方発電所第2号機主給水ポンプ2Aミニマムフロー弁駆動用空気配管からの漏えい他3件にかかる報告書の提出について

平成14年2月4日に発生しました伊方発電所第2号機主給水ポンプ2Aミニマムフロー弁駆動用空気配管からの漏えい他2件及び昨年12月26日に発生しました伊方発電所第1号機復水流量計測用配管元弁溶接部近傍からの漏えいにつきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第10条第4項及び第11条第2項に基づき別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

なお、伊方発電所第2号機高圧タービンエンドウォール加熱蒸気圧力制御弁の不具合(平成14年2月11日発生)及び伊方発電所第3号機原子炉制御系計器ラックの不具合(平成14年2月13日発生)につきましては、現在、原因調査等を行っており、また、伊方発電所第2号機脱気器水面計配管からの漏えい(平成14年2月14日発生)につきましては、2号機第16回定期検査において原因調査等を行うこととしており、結果がまとまりましたら報告いたします。

以 上

伊方発電所第2号機

主給水ポンプ2 A ミニマムフロー弁駆動用空気配管
からの漏えいについて

平成14年4月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第2号機 主給水ポンプ2A ミニマムフロー弁駆動用空気配管からの漏えいについて

2. 事象発生の日時

平成14年2月4日 21時20分頃（発見）

3. 事象発生の設備

主給水ポンプ ミニマムフロー弁

4. 事象発生時の運転状況

定格出力（566MW）運転中

5. 事象の概要

伊方発電所第2号機は、定格出力（566MW）にて運転中のところ、平成14年2月4日21時20分頃、運転員がパトロール中に主給水ポンプ2Aのミニマムフロー弁駆動用空気配管から空気が漏れていることを発見した。その後、主給水ポンプ2Aを予備の2Cに切り替えて停止し、当該空気系統を隔離して調査した結果、主給水ポンプ2Aミニマムフロー弁の空気供給調整器との接続部の空気配管に割れがあることを確認した。

このため、当該空気配管を新品に取り替えて漏えいがないことを確認した後、主給水ポンプを2Cから2Aに切り替えて、翌5日1時43分、通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラント運転への影響および環境への放射能の影響はなかった。

[\(添付資料-1\)](#)

6. 事象の時系列

平成14年2月4日

21時20分頃 主給水ポンプ2Aのミニマムフロー弁駆動用空気配管から空気が漏

れていることをパトロール中の運転員が発見

22時09分 主給水ポンプ2C起動

22時47分 主給水ポンプ2A停止

22時50分 現場調査開始

23時00分 空気配管の取替開始

23時50分 空気配管の取替終了

平成14年2月5日

0時19分 主給水ポンプ2Aのミニマムフロー弁駆動用空気配管からの漏えいがないことを確認

1時00分 主給水ポンプ2A起動

1時43分 主給水ポンプ2C停止

7. 調査結果

(1) 現地調査

a. 外観調査結果

主給水ポンプ切替前の現地確認にて、主給水ポンプ2Aミニマムフロー弁の空気供給調整器出口継ぎ手部（ミニマムフロー弁駆動部側）を外観触手することにより、当該継ぎ手部から駆動用空気が漏えいしていることを確認した。

当該箇所以外の駆動用空気配管及び継ぎ手部には漏えいは認められず、正常であった。

また、当該継ぎ手部にミニマムフロー弁駆動部の振動に起因する微振動が生じていることを確認した。

なお、当該弁は駆動用空気を供給すると全閉となり、喪失時には全開となるが、弁開度は全閉で保持されていたことから、弁の閉止機能に影響を及ぼさない程度の漏えい量であったと推定された。

b. 分解調査結果

当該継ぎ手と駆動用空気配管とのシールは、配管端を拡管したフレア継ぎ手*構造であり、主給水ポンプ2A停止後、当該部を分解点検した結果、拡管部に割れが発生していることを確認した。

[\(添付資料-2\)](#)

c. 振動調査結果

当該空気配管取替後、当該ミニマムフロー弁を含め、同型のフレア継ぎ手を使用している弁全数（12台）について継ぎ手部の振動調査を行った結果、当該ミニマムフロー弁の最大加速度は3.84Gであり、その他の弁の測定値（最大0.39G）に対し、大きな値であった。

なお、これら同型フレア継ぎ手を使用している弁全数について、当該継ぎ手部に漏えいの無いことを確認した。

以上より、当該空気配管の拡管部に発生した割れにより、駆動用空気が漏えいしたと判断した。

なお、当該空気配管は据付け(昭和56年)以降、取り替えは実施していなかった。

*フレア継ぎ手

配管、ボディ、スリーブ及びナットで構成され、接続する配管は先端を専用治具によりフレア型に広げるための前加工（拡管）を行う。

なお、拡管部には前加工を行うことにより残留応力が発生する。

（２）工場調査結果

当該配管の拡管部に割れが発生した原因を調査するため、取り外した配管をメーカーの工場に持ち込み、破面(割れ)の詳細調査を実施した。 [（添付資料－3、4）](#)

a. 破面の外観観察結果

破面外観観察の結果、拡管部の径変化開始部に沿って進展した範囲は、配管表面と同様に黒色に変色しており、割れ径変化開始部を起点として長時間かけて進展したものと推定される。

また、割れの発生部には、顕著な塑性変形は認められず、割れの両先端の形状は滑らかな曲線であった。

b. 破面の走査型電子顕微鏡（SEM）による拡大観察結果

走査型電子顕微鏡による破面観察の結果、割れ進展の方向性を示すビーチマーク※¹が認められるとともに、随所にストライエーション※²が認められ、これらの形成状態から、割れは配管外表面から内表面に向かって進展したと推定される。また、破面には腐食に起因する破壊であることを示す腐食ピットは認められなかった。

以上の調査結果に示すとおり、今回の割れは、疲労破壊の特徴的な破面として観察されるビーチマーク及びストライエーションが認められることから、疲労破壊によるものと推定される。

※¹：疲労破面には、ビーチマークと呼ばれる貝殻状の縞模様が形成される場合が多い。ビーチマークは進行したき裂の前縁を示すマークであり、このパターンから起点を知ることができる。

※²：ストライエーションとは、電子顕微鏡による観察において、疲労破壊の特徴的な破面として認められる繰り返し応力のサイクル毎に形成された縞模様。

8. 推定原因

当該空気配管の割れは、ミニマムフロー弁駆動部の振動が、長期間に渡り、当該空気配管に伝播し、残留応力が大きく、構造上、応力が集中する拡管部の径変化開始部を起点として疲労破壊に至ったものと推定される。

9. 対 策

- (1) 当該空気配管を新品に取り替えた。
- (2) 2号機主給水ポンプミニマムフロー弁3台について、ミニマムフロー弁駆動部の振動による当該空気配管への影響を軽減するため、次回定検で当該空気配管をフレキシブルチューブに取り替えるとともに、空気供給調整器の固定位置を弁駆動部から分離した振動の影響の少ない位置に変更する。
- (3) フレア継ぎ手を使用されている2号機の12台の空気作動弁については、次回定検において、拡管部の無いスウェージロック・チューブ継ぎ手への取替を実施する。

なお、1号機については、同型のフレア継ぎ手を採用していた空気作動弁全数について、既にスウェージロック・チューブ継ぎ手への取替を実施済みである。また、3号機については、当初よりスウェージロック・チューブ継ぎ手を採用している。

以 上

添 付 資 料

[添付資料－1 主給水ポンプ2Aミニマムフロー系統概要図](#)

[添付資料－2 駆動用空気配管割れ発生状況図](#)

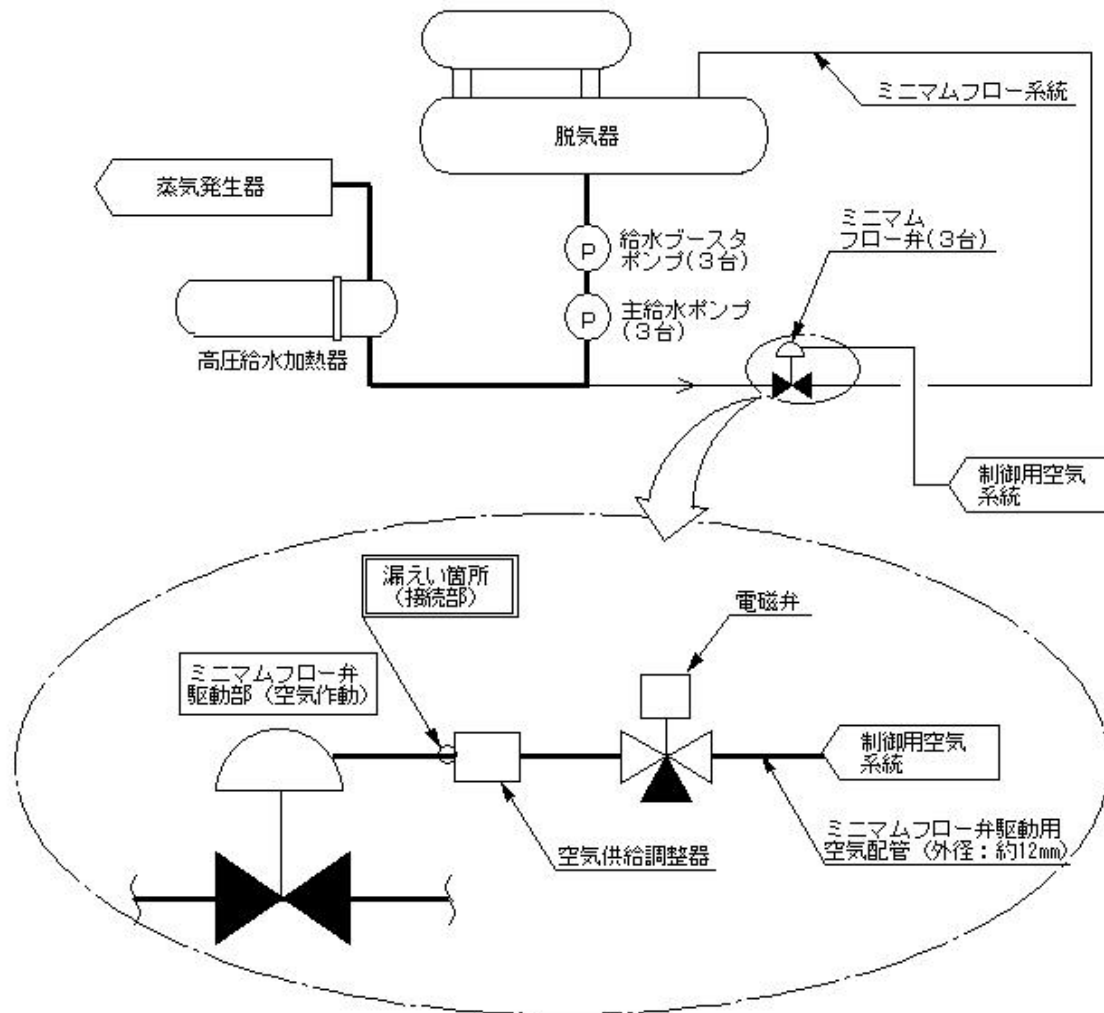
[添付資料－3 破面の外観観察結果](#)

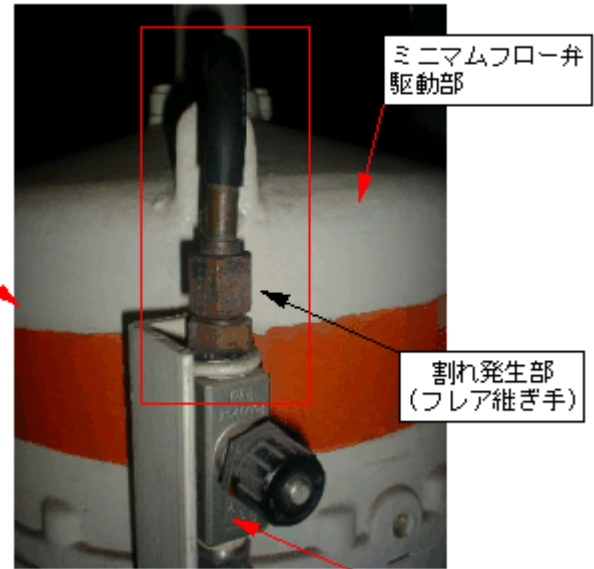
[添付資料－4 破面の走査型電子顕微鏡（SEM）による拡大観察結果](#)

主給水ポンプ2 A ミニмумフロー系統概要図

*ミニмумフロー弁

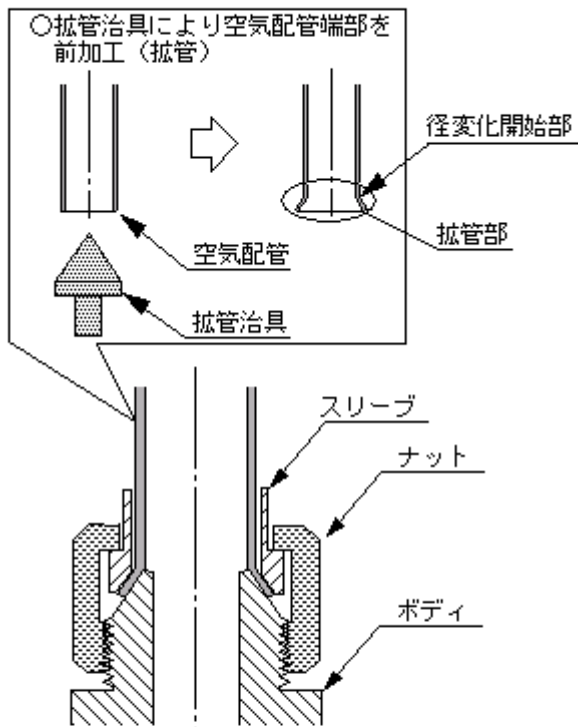
ポンプを安定して運転するために最低限必要な流量を確保するために設けている弁。





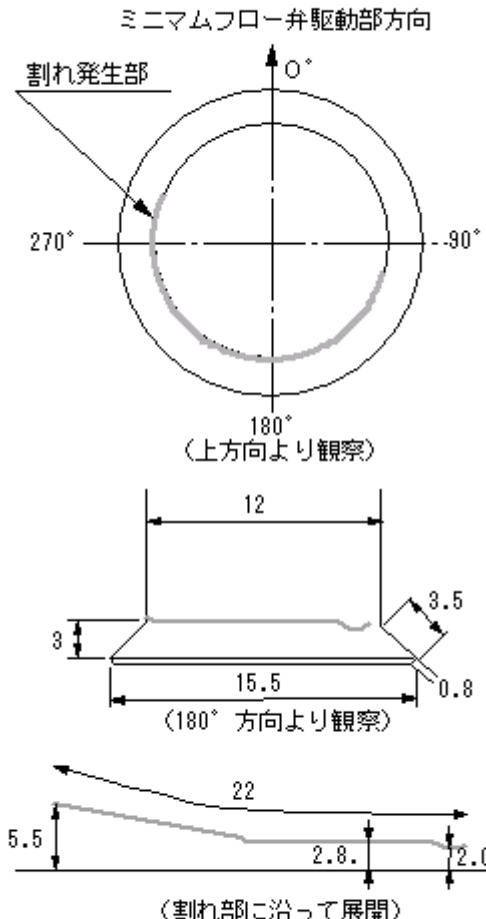
当該駆動用空気配管接続状況

空気供給調整器



- 前加工した配管端部内面をスリーブによりボディのテーパ部に押し付けることによりシールされる。スリーブはナットによりボディに締め付けられる。
- 掘管部には前加工時の残留応力が存在し、さらに径変化開始部は、構造上、空気配管に生じる応力が集中する。

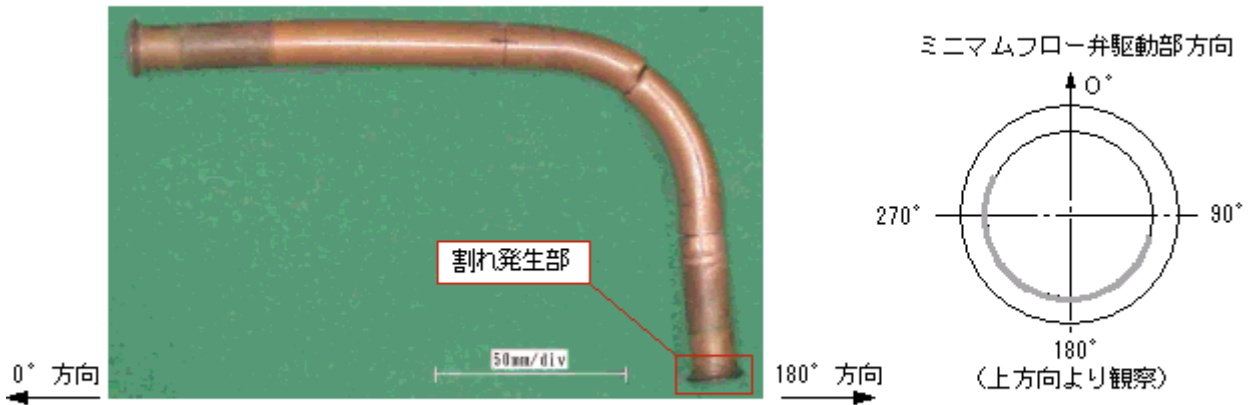
フレア継ぎ手の構造



注：寸法は概略寸法
単位：mm

割れ発生部の寸法

駆動用空気配管割れ発生状況図

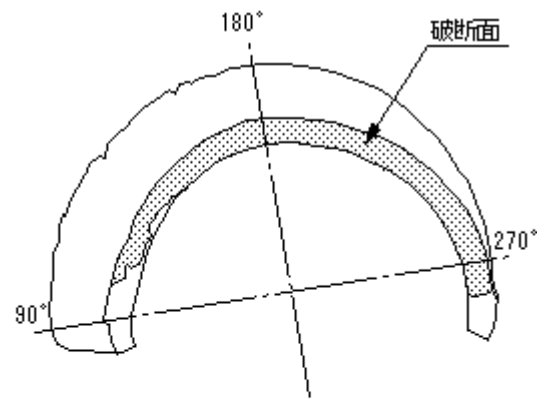


(270° 方向より観察)



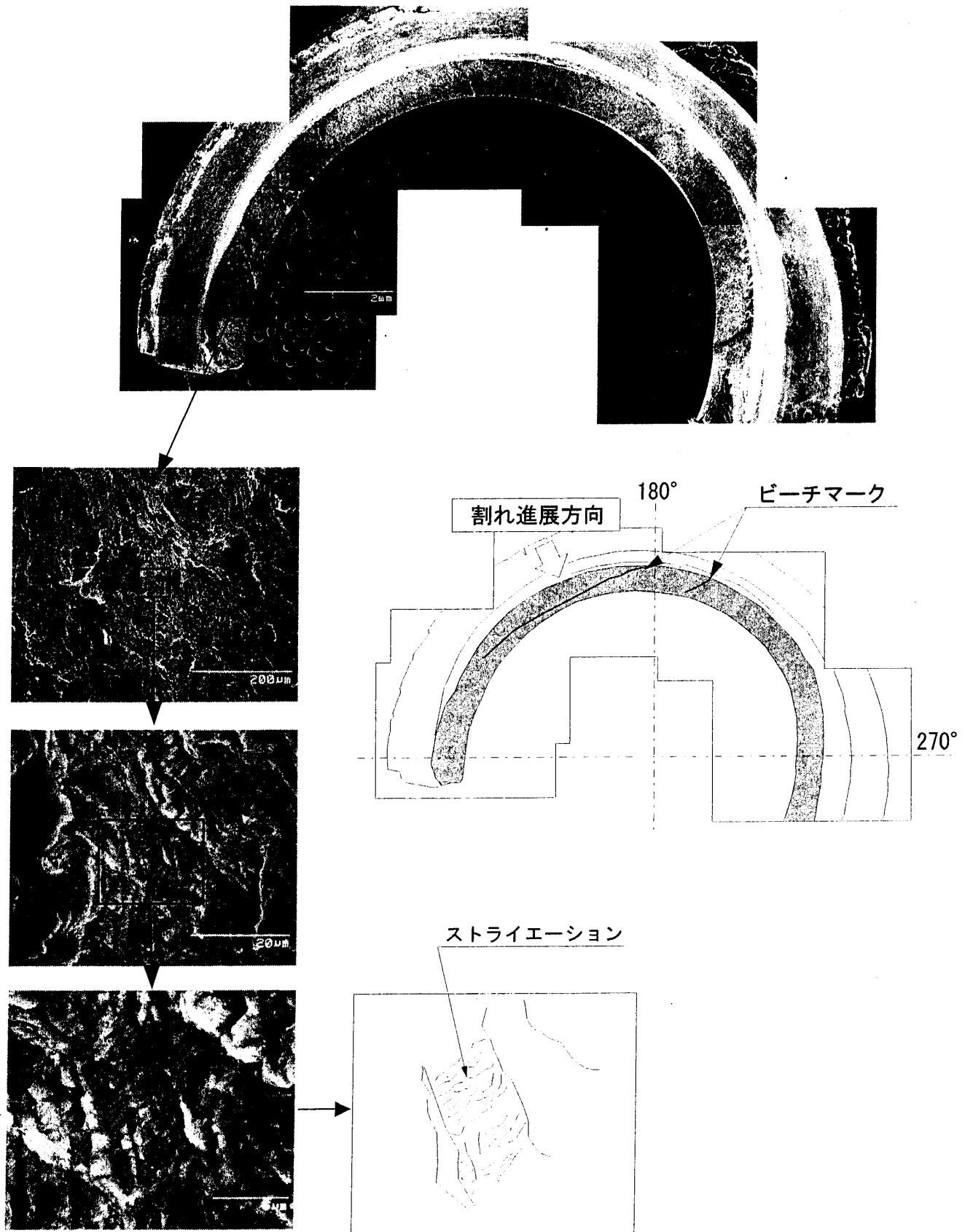
(180° 方向より観察)

割れ発生状況



先端側破面状況

破面の外観観察結果



破面の走査型電子顕微鏡 (SEM) による拡大観察結果