

# 美浜 3 号機二次系配管破損事故と今後の対応

Lesson learned from secondary pipe rupture at Mihama Unit 3 and our future strategy

関西電力株式会社 原子力事業本部 伊藤 肇 Hajime ITO Member

**Abstract:** The secondary system pipe rupture occurred on August 9, 2004, at Mihama nuclear power plant unit 3. Eleven workers, who were preparing for an annual outage that was to start from August 14<sup>th</sup>, suffered burn injuries, of who five died.

We sincerely and deeply apologized to the victims and their families. We will make every possible effort to ensure that such an accident will never happen again.

It is estimated that the disturbed flow of water, downstream of the orifice, caused erosion / corrosion and developed wall thinning, leading to a rupture at the thinnest section.

We conducted visualization test of flow condition, to compare the result of test and the actual condition of wall thinning at the concerned area. It resulted in confirming our estimate right.

**Keywords:** secondary system, nuclear power plant, erosion / corrosion

## 1. 緒言

美浜 3 号機において、2004 年 8 月 9 日（定格熱出力で運転中）、2 次系配管の破損事故が発生した。この事故により、8 月 14 日から始まる定期検査の準備作業に従事していた作業員 11 人が火傷を負い、うち、5 人の方が死亡した。

被災者の方々、ご家族の方々に心から、陳謝するとともに、このような事故が再び発生させないための再発防止対策をとるように努めたいと考えている。

## 2. 事象および調査

破損場所は、第 4 低圧給水加熱器と脱気器間の A 系統復水ラインであり、復水流量を測定するためのオリフィスの下流部にあたる。(Fig.1)

破損配管は、直径 558.8mm（ノミナル値）、配管肉厚 10mm（ノミナル値）の炭素鋼製である。破損時、肉厚は、最小ポイントにおいて、0.4mm まで減肉していた。

当社は以下のとおり、破損部について調査を実施し、配管破損メカニズムを特定した。

連絡先：伊藤肇 〒530-8270 大阪府大阪市北区中之島 3 丁目 6 番 16 号、関西電力株式会社 原子力事業本部機械技術グループ、電話：06-7501-0157、e-mail:ito.hajime@c2.kepco.co.jp

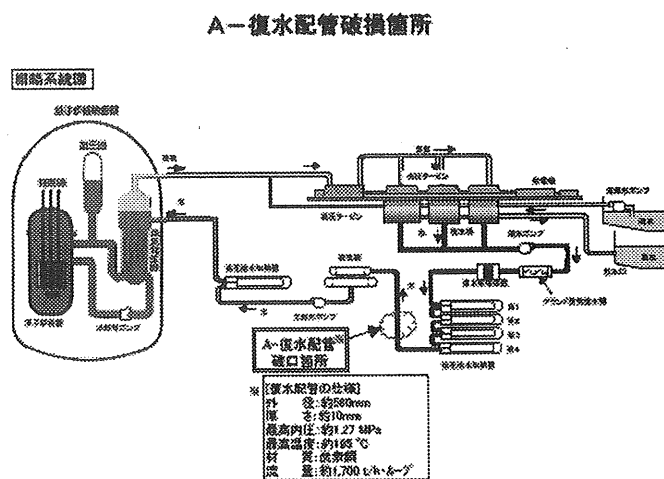


Fig.1 破損箇所

### (1) 配管調査

#### a. 外観観察

A 系配管（破損配管）は頂上部近傍で軸方向および周方向に大きく破口し、破口幅は、軸方向に約 515mm、周方向に約 930mm であった。(Fig.2)

下流側に向かって、右方向に進展した周方向き裂は、上流側、下流側ともに溶接部直近で停止し、左方向に進展した周方向き裂は、管底部近傍で停止していた。

## A—復水配管破口部の状況(写真)

①方向

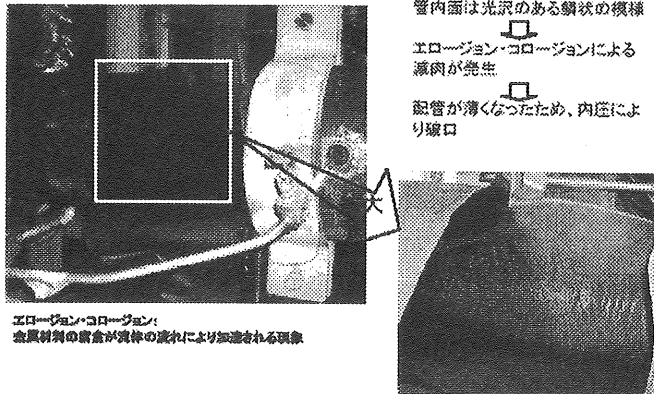


Fig.2 破口部の状況

### b. 肉厚測定

A系配管およびB系配管について、超音波肉厚測定器等による肉厚測定を実施した結果、いずれもオリフィス下流側においては、ほぼ全周にわたり減肉傾向が認められた。一方、オリフィス上流側においては、有意な減肉傾向は認められなかった。

### c. 配管内面観察

A系配管のオリフィス下流部について、破口部からデジタルマイクロスコープで内面を観察した結果、残留水によって表面が腐食し表面状態が変化したと推定される180°位置(配管底部)を除くすべての内面に、約1mm幅の鱗片状模様が一樣に認められた。オリフィス近傍では、鱗片状模様は約3~5mm幅とやや大きいものであった。

以上の調査結果を踏まえると、オリフィス下流部に鱗片状模様を伴った減肉が認められたことから、当該部位はオリフィス下流部でエロージョン/コロージョンが発生したことにより減肉が進行し、肉厚が薄くなった部位を中心にき裂が発生した結果、破損したものと推定される。

## (2) 可視化試験と実機減肉との比較 (エロージョン/コロージョン評価)

当該部位はオリフィス下流部の流れの乱れによりエロージョン/コロージョンが発生していたと考え

られることから、A系配管とB系配管のオリフィス下流部の流れの乱れの状況を確認するために試験を実施した。

### a. 可視化試験

A系配管、B系配管の上流のヘッダ部を含め1/2.6モデルの試験装置を製作し、ヘッダ部およびオリフィスの上下流部を可視化するとともに、オリフィス上流部の流速分布およびオリフィス下流部の圧力変動を計測した。その結果、A系配管、B系配管ともに旋回流が発生し流れに乱れが発生していることが確認された。

また、A系配管はB系配管に比べて強い旋回流が発生し、オリフィス下流部で比較的大きな非定常な流れの乱れが発生しているという特徴を確認した。

(Fig.3)

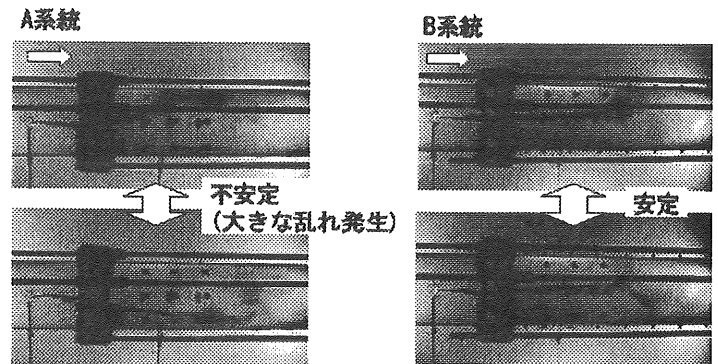


Fig.3 可視化試験による旋回流の状況

なお、これら旋回流はヘッダ部からの配管分岐部で発生していることを確認した。

### b. 可視化試験と実機減肉との比較

可視化試験で計測したオリフィス下流部の圧力変動分布傾向と実機で計測した減肉分布傾向について、軸方向と周方向で比較した結果、軸方向では実機の最大減肉位置と可視化試験の最大圧力変動位置が対応しており、また、周方向では実機の減肉量の傾向(A系配管がB系配管より大きい)が可視化試験の圧力分布の傾向(A系配管がB系配管より大きい)に対応しており、両者は比較的良く一致していた。(Fig.4)

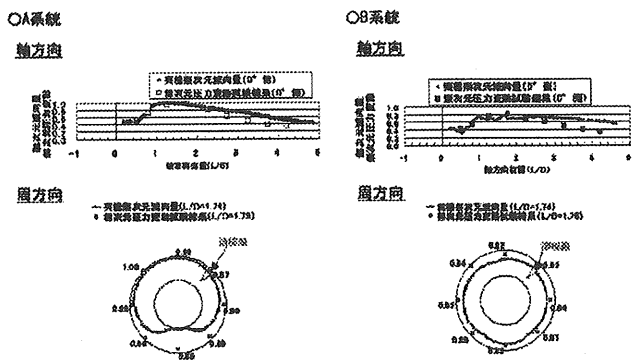


Fig.4 可視化試験と実機減肉の比較

### (3) 検討結果

以上の検討から、配管破損メカニズムは、オリフィス下流部で流れの乱れによってエロージョン/コロージョンによる減肉が発生し、このエロージョン/コロージョンによる減肉が、当該部位で進行したことによって、肉厚が薄くなり内圧によって破損したものと考えられる。

## 3. 今後の行動計画

関西電力では、1975年頃から、2次系配管のうち、とりわけ炭素鋼製の配管について、肉厚管理を行ってきた。1990年には、こうした検査結果や海外の事例を分析して、PWRプラントの2次系配管管理指針を作成した。

破損部の配管は、この指針における肉厚管理対象箇所にあたっていたが、検査リストから、抜け落ちていた。

今回の事故の直接的な原因は、当社、三菱重工業、日本アームの3者が関与する2次系配管の減肉管理ミスによって、要管理箇所が当初に管理リストから欠落し、かつ、事故に至るまで修正できなかったことである。

事故直後、当社は速やかに、減肉指針に沿って未点検箇所があるかどうかをチェックするとともに、全ての発電所をいくつかのグループに分け、順番に停止させ、類似の配管の減肉調査を実施した。また、主な改善事項として2次系配管肉厚管理の厳正化に努めるとともに、

エロージョン/コロージョン管理プログラムの改善を実施した。また、運転中プラントへの立ち入り制限、協力会社との情報共有を図った。

今後は、以下に示す基本行動方針のもと、全社を挙げて安全文化を築き上げ、事故の再発防止対策を確実に実施していく所存である。

### <基本行動方針>

- ①安全を最優先します
- ②安全のために積極的に資源を投入します
- ③安全のために保守管理を継続的に改善し、メーカー、協力会社との協業体制を構築します。
- ④地元の皆様からの信頼の回復に努めます
- ⑤安全への取組みを客観的に評価し、広くお知らせします。

最後に、改めて、被災者の方々、ご家族の方々に心から、陳謝するとともに、このような事故が再び発生しないように、再発防止対策をとるよう努めたいと考えている。

## 参考文献

美浜3号機 二次系配管破損事故について(H17.3 関西電力株式会社)

