

**原子力資料情報室**  
**第 53 回公開研究会**

**美浜原発 3 号炉配管破断事故**  
**何が起ったのか？**  
**なぜ防げなかったのか？**



2004 年 8 月 26 日  
全水道会館  
原子力資料情報室

## URL 集

原子力資料情報室 <http://cnic.jp>

関西電力 <http://www.kepco.co.jp>

経済産業省 <http://www.meti.go.jp>

原子力安全・保安院 <http://www.nisa.meti.go.jp>

原子力安全委員会 <http://www.nsc.go.jp>

福井県原子力安全対策課 <http://www.atom.pref.fukui.jp>

福井新聞 <http://www.fukuishimbun.co.jp>

NRC <http://www.nrc.gov>

**何が起ったのか**

## 原子力資料情報室公開研究会

美浜3号炉：配管破裂・熱水／蒸気噴射・11人死傷事故  
なにがおきたか？

2004年8月26日

上澤千尋（原子力資料情報室）

### 0. 美浜3号炉とは.

◆所在地：福井県三方郡美浜町丹生66号川坂山5—3.

◆1976年12月1日，営業運転開始.

◆加圧水型炉，電気出力82.6万キロワット.

◆おもな事故

：主蒸気管内でウォーターハンマー（1999）.

：原子炉水位計ハウジングのキャノピーシール部からの漏えい（1995）.

：蒸気発生器細管の損傷（多数）.

### 1. 美浜3号炉事故，2004年8月9日，なにがおきたか.

◆復水配管の破裂.

◆熱水／蒸気噴射.

◆11人死傷—ついに「犠牲者」.

（うち5人死亡：8月25日の時点）

### 2. 配管破裂の原因は，なにか.

◆炭素鋼配管.

◆流量計測のためのオリフィスによる乱流.

◆エロージョン／コロージョン（浸食／腐食）による配管減肉.

◆運転開始以来，肉厚の検査なし.

### 3. 関西電力には原発を運転する資格がない！

◆定期検査開始前にタービン建屋に多数の労働者が入域.

◆大飯1号炉での減肉など，事故発生は事前に予測できた.

◆他にも多くの未点検，未管理箇所.

◆破断前漏えい（LBB）による事故検知は不可能.

## 美浜原発の位置

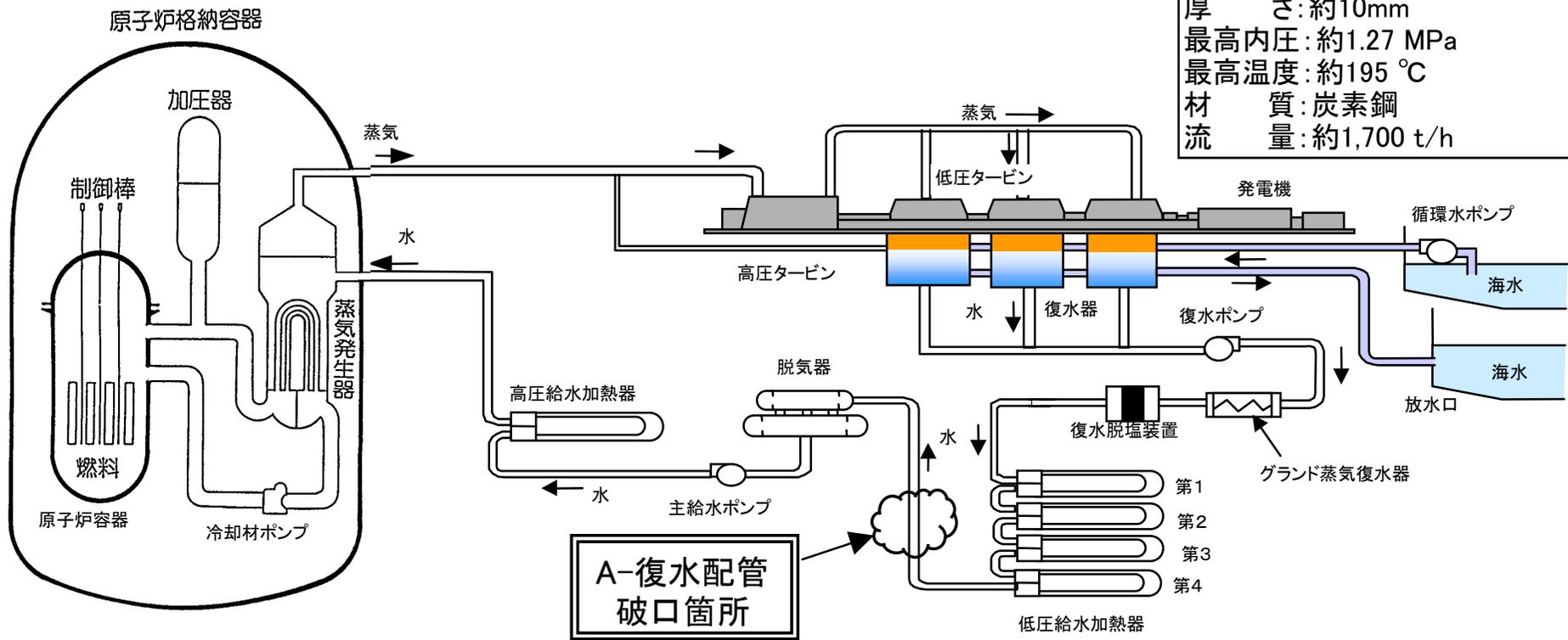


## 美浜原発（左から1・2・3号炉）



# A-復水配管破口箇所

概略系統図



[復水配管]  
 外 径: 約560mm  
 厚 さ: 約10mm  
 最高内圧: 約1.27 MPa  
 最高温度: 約195 °C  
 材 質: 炭素鋼  
 流 量: 約1,700 t/h

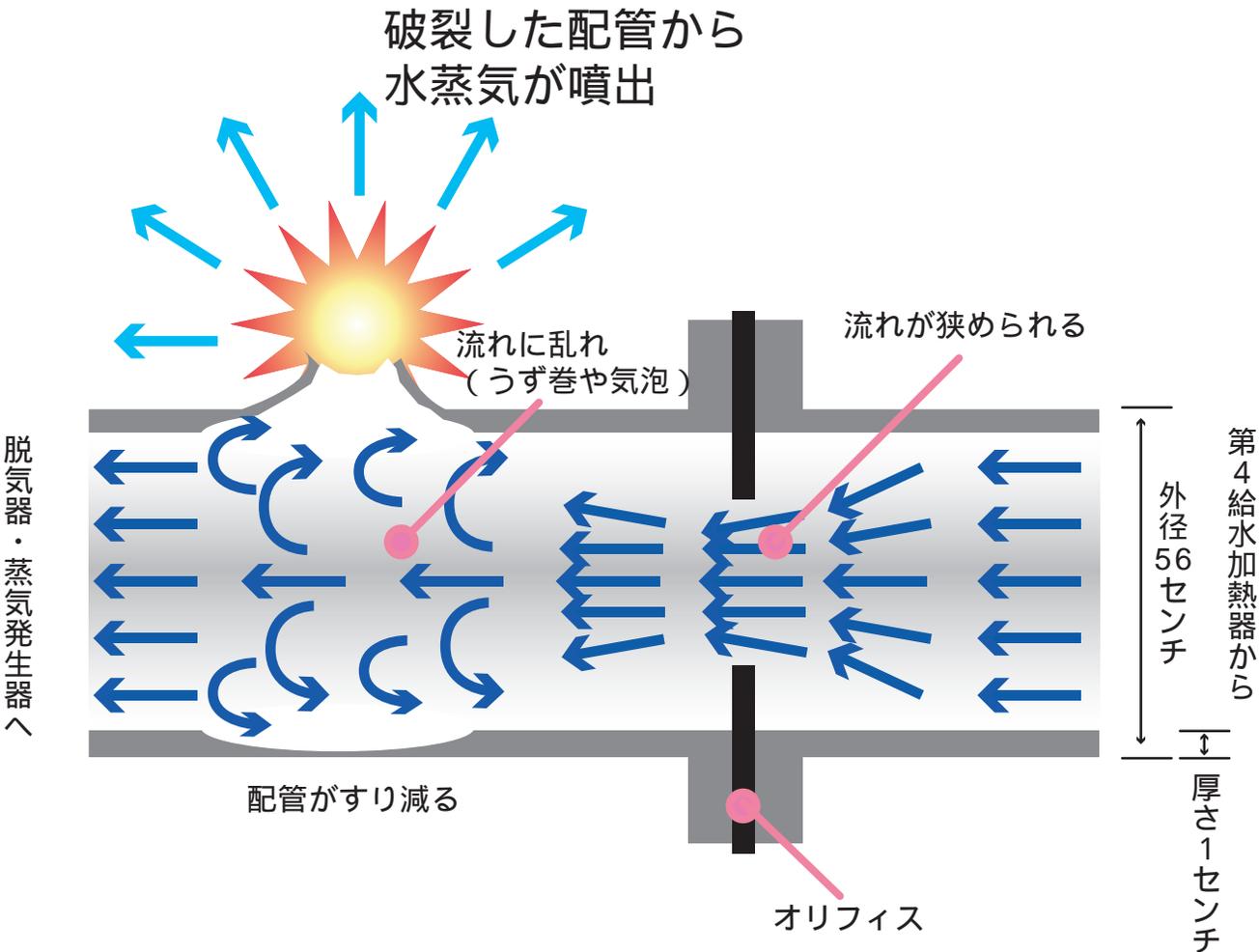


# 美浜3号炉事故

## エロージョン/コローションによる配管破裂

(削れ/サビ)

破裂した配管から  
水蒸気が噴出



散熱器 A

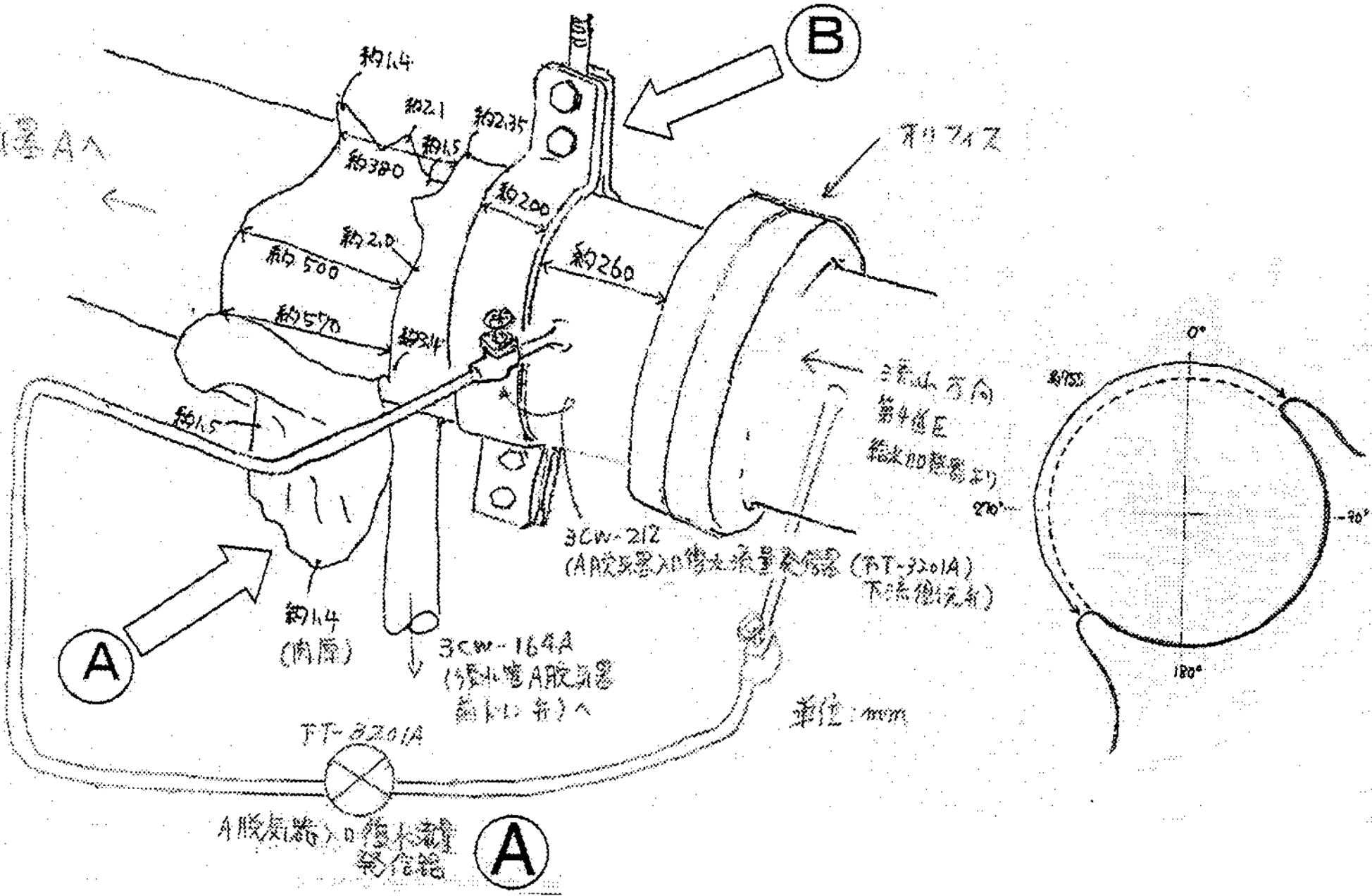


表1 美浜発電所3号機におけるプラント状況の推移

日 時	プラント状況
8/09	
15:22	「火災報知機動作」警報発信 「T/B2階取水口階段」他多数警報発信 「B系直流接地」警報発信
15:23	「A系直流接地」警報発信
15:26	緊急負荷降下開始
15:28	A-SG給水流量 < 蒸気流量不一致トリップ 「3A SG給水 < 蒸気流量不一致トリップ」ファーストアウト警報発信 (プラントトリップ状態良好)
15:35	プラント高温停止状態安定確認
15:44	脱気器の水位が低下していることを確認
15:58	RCSボレーション開始
16:00	RCS脱ガス開始
16:05	主蒸気隔離(タービンバイパス弁から主蒸気逃がし弁に切替)
16:26	給水隔離弁閉止
16:41	タービンターニング開始
16:55	SG水位 約33% (電動/タービン動補助給水ポンプ運転中)
17:12	タービン動補助給水ポンプ停止 ★タービン動補助給水ポンプ 流量調整弁の開放操作 (3台中2台の弁が不作動)
18:04	4ヒータ出口弁 CW-016A・B・C 閉止
18:05	1ヒータ出口弁 CW-015A・B・C 閉止
18:30	★タービン動補助給水ポンプ 流量調整弁グランドを若干緩めた (不作動)
23:30	RCSクールダウン開始
8/10	
01:04	CVパーズ開始
01:20	★タービン動補助給水ポンプ 流量調整弁の再動作試験 (作動)

T/B:タービン建屋、SG:蒸気発生器、RCS:1次冷却系、CV:格納容器

参考資料:「美浜発電所3号機の原子炉自動停止について(23時00分現在)」、関西電力株式会社ホームページ、プレスリリース、2004/8/9

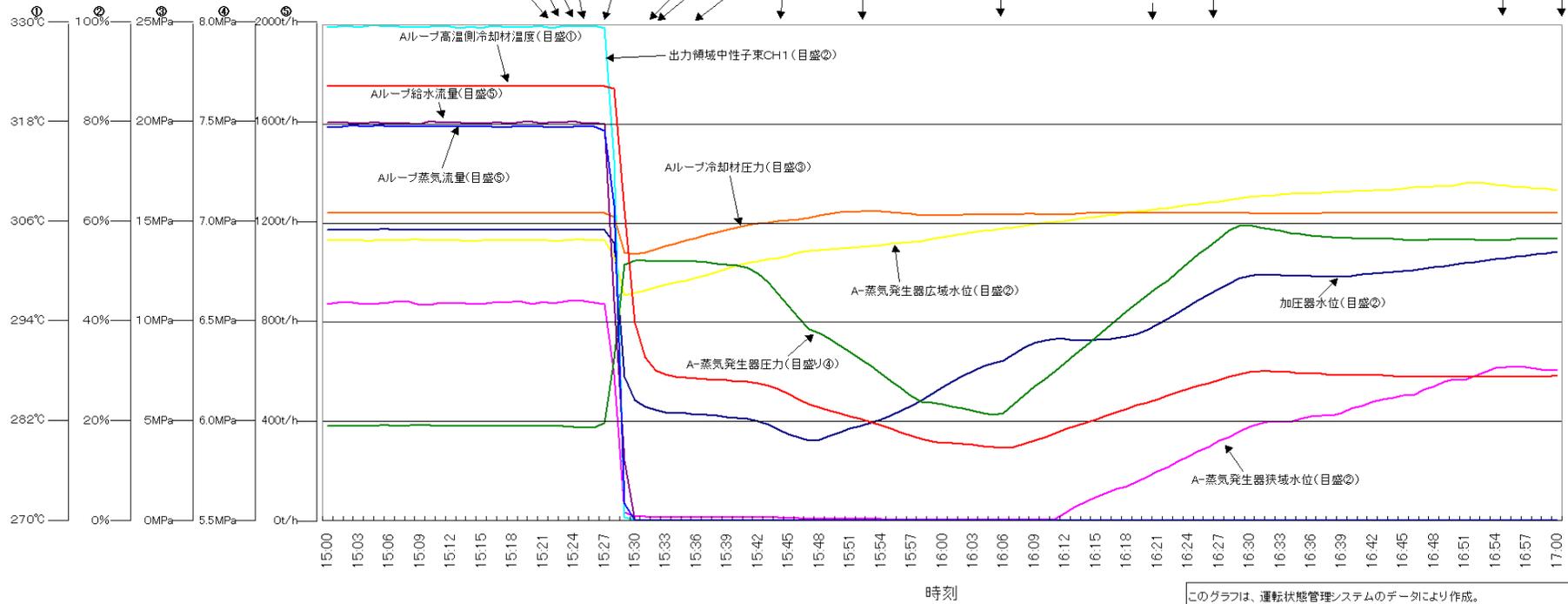
★:同上プレスリリースに一部追加

# プラント主要パラメータの推移

1-4

- 15時22分 「火災報知器動作」警報発信
- 15時22分 「3B直流接地」警報発信
- 15時23分 「3A直流接地」警報発信
- 15時25分 タービン建屋3階で蒸気充滿確認
- 15時26分 緊急負荷降下
- 15時28分 A・B電動補助給水ポンプ自動起動
- 15時28分 C給水ポンプ自動起動
- 15時28分 原子炉トリップ
- 15時31分 タービ電動補助給水ポンプ自動起動
- 15時32分 補助給水流量制御弁閉止
- 15時35分 原子炉高温停止状態
- 15時44分 脱気器水位制御弁閉止
- 15時53分 タービン建屋2、3階の蒸気量減少確認
- 16時05分 タービンバイパスから主蒸気逃がし弁に切替
- 16時05分 A・B・C主蒸気隔離弁閉止
- 16時20分 タービンランド蒸気を主蒸気から補助蒸気へ切替
- 16時26分 A・B・C主給水隔離弁閉止
- 16時55分 S/G狭域水位が通常無負荷水位回復
- 17時00分 A・B・C/S/Gプロ1再開

パラメータについては、A・B・Cループ共ほ同様の挙動を示しているため、Aループ(A蒸気発生器)のみを記載

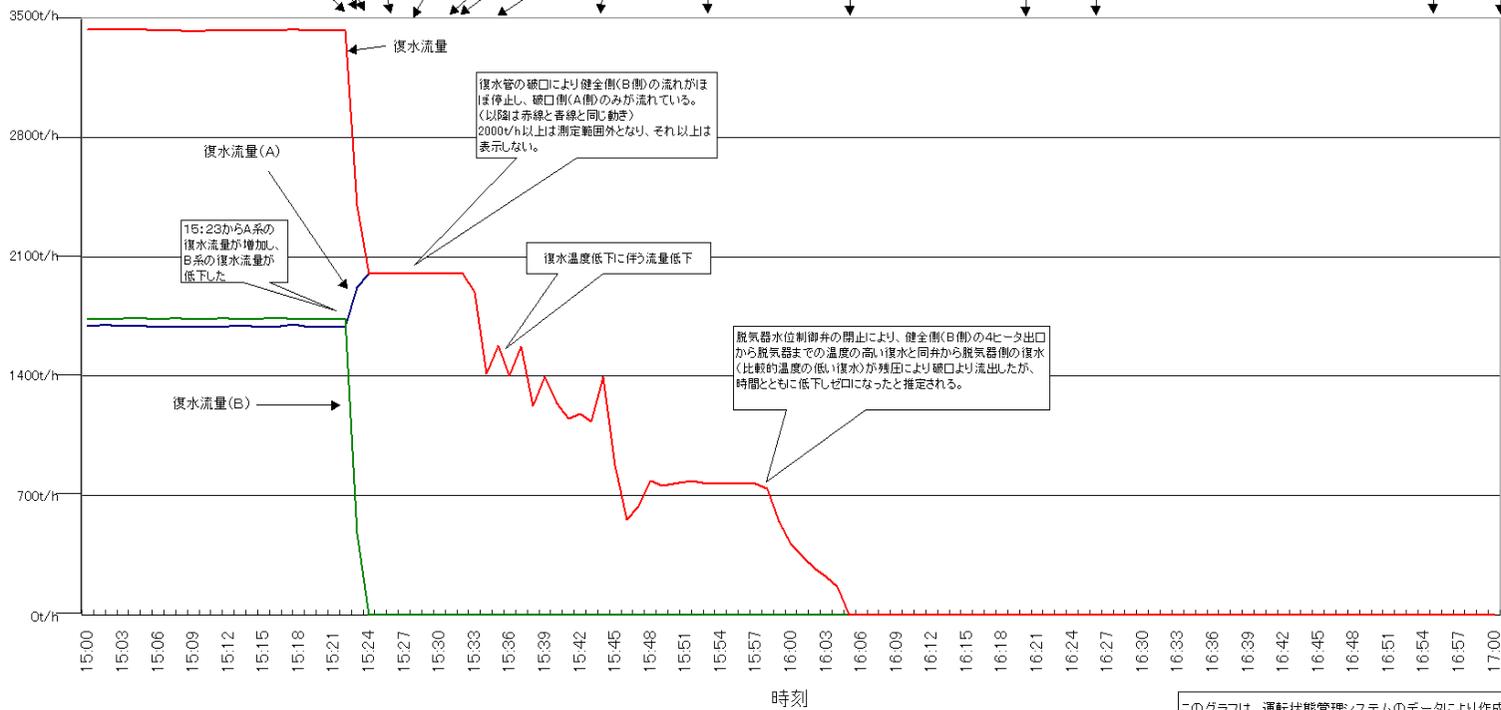


このグラフは、運転状態管理システムのデータにより作成。  
 運転状態管理システムとは、プラントコンピュータのデータを取出す装置。

# 復水関連パラメータの推移

- 1 5 時 2 2 分 「火災報知器動作」警報発信
- 1 5 時 2 2 分 「3 B 直流接地」警報発信
- 1 5 時 2 3 分 「3 A 直流接地」警報発信
- 1 5 時 2 5 分 タービン建屋3階で蒸気充滿確認
- 1 5 時 2 6 分 緊急負荷降下
- 1 5 時 2 8 分 A・B 電動補助給水ポンプ自動起動
- 1 5 時 2 8 分 C 給水ポンプトリップ
- 1 5 時 2 8 分 原子炉トリップ
- 1 5 時 3 1 分 タービン補助給水ポンプ自動起動
- 1 5 時 3 2 分 補助給水流量制御弁閉止
- 1 5 時 3 5 分 原子炉高温停止状態
- 1 5 時 4 4 分 脱気器水位制御弁閉止
- 1 5 時 5 3 分 タービン建屋2、3階の蒸気量減少確認
- 1 6 時 0 5 分 A・B・C 主蒸気隔離弁閉止
- 1 6 時 0 5 分 タービンバイパスから主蒸気逃がし弁に切替
- 1 6 時 2 0 分 タービングラウンド蒸気を主蒸気から補助蒸気へ切替
- 1 6 時 2 6 分 A・B・C 主給水隔離弁閉止
- 1 6 時 5 5 分 S/G 狭域水位が通常無負荷水位回復
- 1 7 時 0 0 分 A・B・C・S/G ブロー再開

復水流量 = 復水流量(A) + 復水流量(B)  
 測定範囲 復水流量(A) : 0~2000t/h  
 復水流量(B) : 0~2000t/h

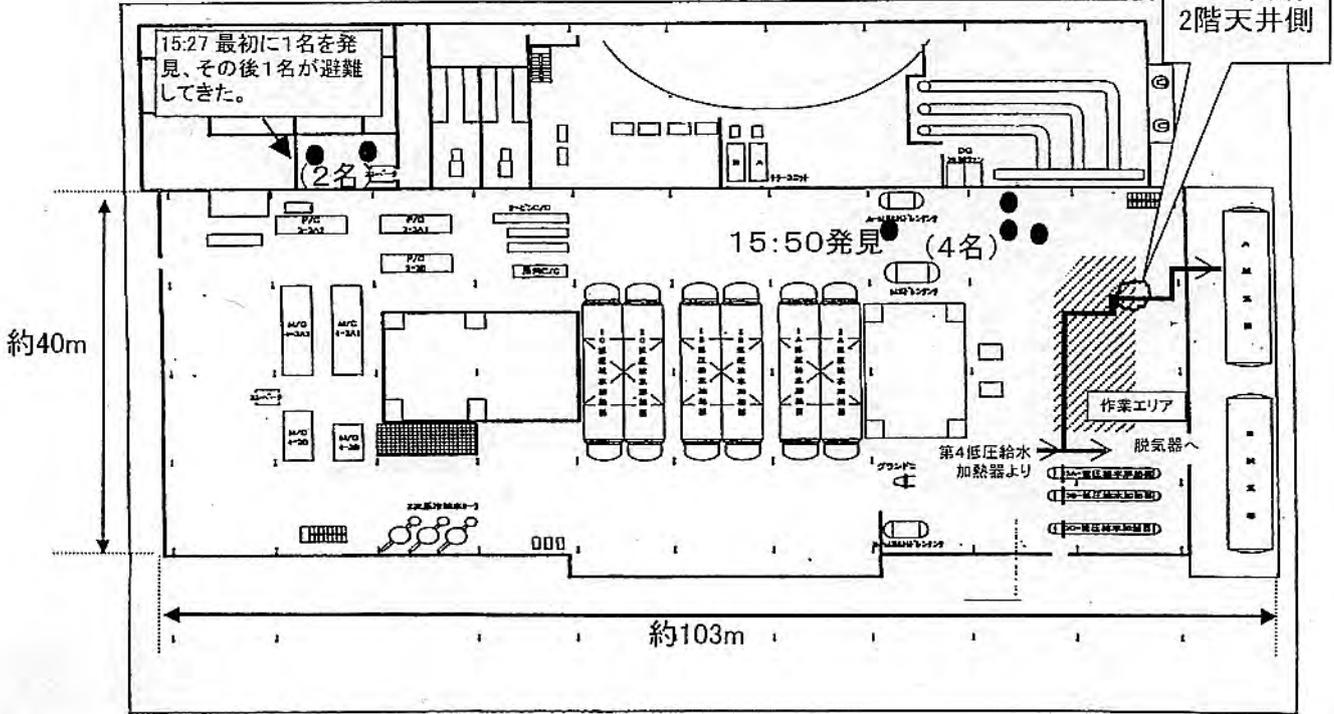


このグラフは、運転状態管理システムのデータにより作成。  
 運転状態管理システムとは、プラントコンピュータのデータを取り出す装置。

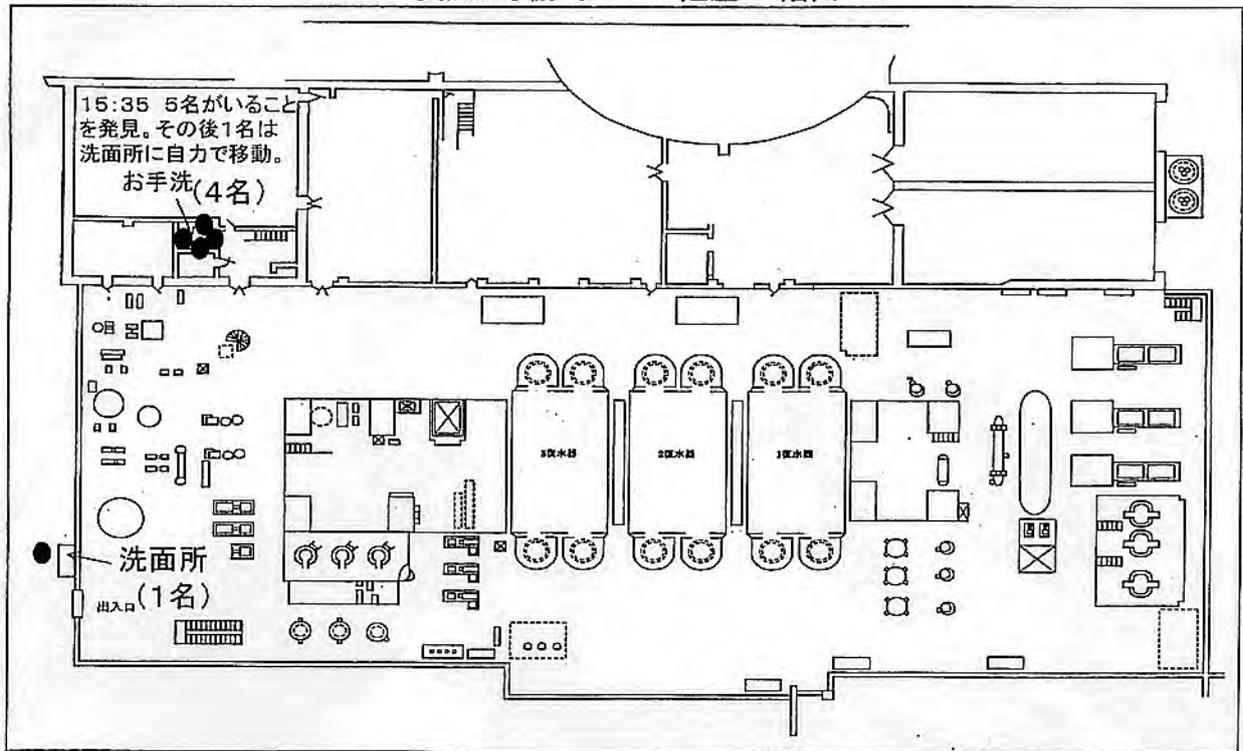
# 被災者の発見場所

● : 発見場所

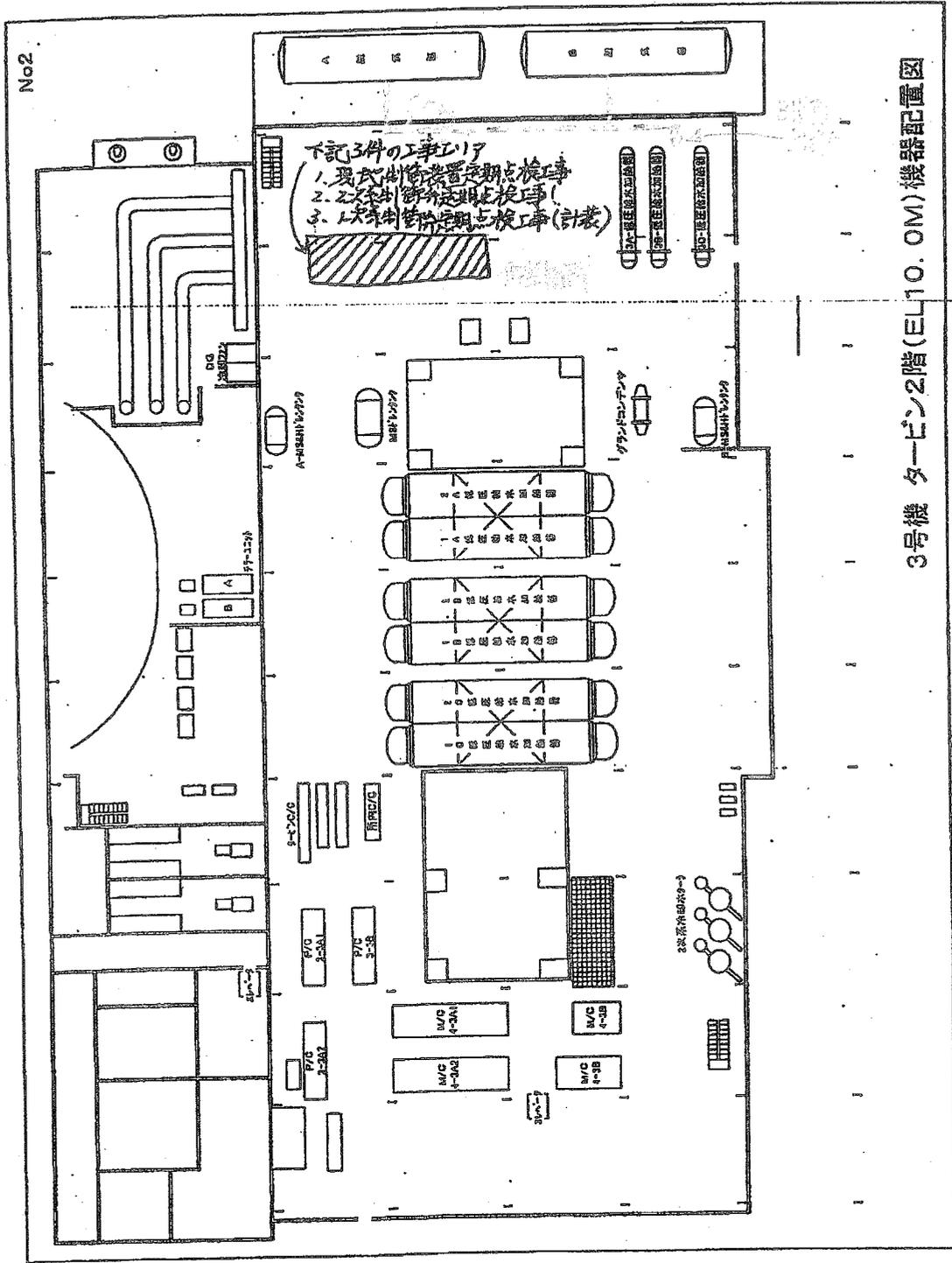
## 美浜3号機 タービン建屋 2階面



## 美浜3号機 タービン建屋 1階面



No.2



3号機 ターピン2階(EL10.0M)機器配置図

美浜3号機において被災された方々(8月10日16時時点)

	性別	年齢	搬送先	病状
1	男	29	市立敦賀病院	死亡
2	男	41	市立敦賀病院	死亡
3	男	46	市立敦賀病院	死亡
4	男	30	市立敦賀病院	死亡
5	男	44	市立敦賀病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中治療室で治療中</li> <li>・意識明瞭・面会可能</li> <li>・熱傷20～30%</li> </ul>
6	男	23	市立敦賀病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中治療室で治療中</li> <li>・意識明瞭・面会可能</li> <li>・熱傷20～30%</li> </ul>
7	男	29	市立敦賀病院→福井県立病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中治療室で治療中</li> <li>・全身熱傷40～50%</li> <li>・気道熱傷で重症</li> <li>・意識あり</li> <li>・人工呼吸器気管内挿管</li> <li>・痛みがあり麻酔をしている。</li> </ul>
8	男	46	市立敦賀病院→福井大学病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中治療室で治療中</li> <li>・熱傷Ⅱ度で70%の重傷</li> <li>・鎮静剤を投与中</li> <li>・呼吸、心肺、循環機能は保たれている</li> <li>・意識は清明</li> </ul>
9	男	43	国立福井病院→福井赤十字病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・治療中</li> <li>・意識明瞭</li> <li>・熱傷50～60%</li> </ul>
10	男	54	国立福井病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・治療中</li> <li>・意識明瞭</li> <li>・熱傷10%</li> <li>・2週間程度入院の見込</li> <li>・8/10昼から食事摂取</li> </ul>
11	男	30	国立福井病院→福井大学病院	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中治療室で治療中</li> <li>・熱傷Ⅱ～Ⅲ度で80%の重体</li> <li>・腎機能低下 排尿なし</li> <li>・人工呼吸器装着</li> <li>・鎮静剤を投与中</li> <li>・全身皮膚を減圧切開処置</li> </ul>

【平成16年8月10日付け関西電力㈱のプレス発表資料(第6報)による】

## 美浜原発 3 号機配管破断事故（負傷者救出時系列）

2004/8/9		美浜原発 3 号炉タービン建屋立入者 221 名（事故発生時 104 名：死傷者 11 名）(8/14 からの第 21 回定期検査の準備作業：床の養生、作業エリア区画、工具類の搬入等)
	15:22	火災報知器警報発報（5 箇所）、「タービン建屋火災発生」の斉放送
	15:23	火災報知器警報発報（21 箇所）
	15:24	火災報知器警報発報（5 箇所）（以降報知器が建屋内各エリアで発報）
	15:25	タービン建屋 3 階で蒸気充滿確認
	15:26	タービン発電機の出力、緊急降下開始。
	15:27	発電室運転員、タービン建屋 2 階踊り場で負傷者 1 名を確認
	15:28	発見した運転員、制御員、当直課長、発電室長、所次長および所長室に死傷者の報告
		原子炉トリップ（緊急自動停止）
	15:30	タービン建屋からの避難指示を断続的に放送。要員が現場へ。 119 通報（救急車を数台要請）（消防署：救急車 2 台を出動と回答）
	15:30 頃	閉電から福井県原子力安全対策課、美浜町役場原子力対策室に電話で第一報、「タービン建屋内で警報が作動、原子炉が自動停止した」。
	15:35	負傷者の捜索開始
	***	*****
		【タービン建屋 2 階踊り場 2 名（15:27 確認された 1 名を含む）】
	15:35	タービン建屋 2 階階段踊り場で 2 名倒れていた。階段に近い 1 名を 3 号機休憩室へ担架で救出
	~ 40	タービン建屋 2 階階段踊り場の 2 人目を休憩室へ担架で救出
		【タービン建屋 1F トイレの 5 名】
	15:35	タービン建屋 1 階トイレに 5 名（1 名が 4 名の作業着の上からホースで水をかけ、全身を冷やしていた。）。
	15:45	タービン建屋 1 階トイレの 1 人目はタービン建屋外の洗面所に自力で行き、3 号機休憩室へ移動
		タービン建屋 1 階トイレの 2 人目は自力で 3 号機休憩室へ移動
	15:47	タービン建屋 1 階トイレの 3 人目を休憩室に担架で救出
	16:10	タービン建屋 1 階トイレの 4 人目を休憩室に担架で救出
	16:30	タービン建屋 1 階トイレの 5 人目を休憩室に担架で救出
		【タービン建屋 2 階：破断配管付近で倒れていた 4 名】
	15:50	（下請け作業員の 2 階にまだ人がいるとの情報から）タービン建屋 2 階破断配管付近から 1 人目を休憩室へ担架で救出
	16:00	タービン建屋 2 階破断配管付近から 2 人目を休憩室へ担架で救出
	16:05	タービン建屋 2 階破断配管付近から 3 人目を休憩室へ担架で救出
	16:10	タービン建屋 2 階破断配管付近から 4 人目を休憩室へ担架で救出
	***	*****
	15:43	閉電から美浜町役場へ電話連絡、「放射能漏れはなく、周辺環境に影響はない」
	15:58	消防車（救急隊員）到着
	16:00 頃	救急隊員、閉電職員、下請け作業員がタービン建屋 1、2 階の捜索開始（耐火服着用）
	16:00	救急車 1 台目出発（1 名搬送）
	16:13	救急車 2 台目出発（3 名搬送）
	16:15	美浜町役場、ケーブルテレビと各家庭に設置したスピーカーで事故状況を公報。山口町長が現場に向かう。
	16:20	救急車 3 台目出発（2 名搬送）
	16:25	負傷者 11 名、全員が木内計測の社員であることを確認
	16:27	消防救急隊と閉電職員がタービン建屋 3 階の捜索開始（耐火服着用）
	16:38	救急車 4 台目出発（2 名搬送）（電気補修課員 1 名救急車に同乗、市立敦賀病院へ）
	16:46	救急車 5 台目出発（2 名搬送）および消防車出発（1 名搬送）
	16:45	閉電本店で松村原子力事業本部長らが会見。「周辺環境への放射能の影響はない。」
	17:00	敦賀消防本部司令室からの要請で、放射線管理課員が市立敦賀病院へ
	17:25	市立病院診療放射線技師の指示により負傷者 2 名、救急室と医療機材の放射線測定実施。
	18:24	市立病院の放射線測定終了、汚染なし。
	18:30 頃	市立敦賀病院で待機中の閉電社員が、4 名の死亡を確認。
	18:32	（消防の判断で）タービン建屋立入制限解除
	19:00	消防隊のタービン建屋 1F～3F、地下および中間建屋の捜索終了。他に負傷者なしを確認。
		市立敦賀病院・杉浦診療部長会見「（死亡した 4 人について）全員 50%以上の全身火傷。顔は真っ白で、急激な熱が加わったことで、水分が飛んだのだろう。「（生存者について）皮膚の一部ががれて神経が露出するので相当な痛みだろう」
	20:00	福井県庁で県と閉電が記者会見
	20:20 頃	東京へ向かった藤社長、「けが人」の報で閉電本店へ戻る。 原子力安全・保安院は今回の事故を、「0+（ゼロプラス = 安全上重要でないが、安全に影響を与える事象）」と暫定評価した。 【8/9 現在、死亡 4 名、重体 3 名、重症 2 名、軽傷 2 名】
2004/8/25	17:15	重体の 1 名が死亡。 【8/25 現在、死亡 5 名、重体 2 名、重症 2 名、軽傷 1 名。（1 名は退院）】

【原子力資料情報室作成：関西電力プレスリリース、原子力安全・保安院資料、新聞報道等から】

**なぜ防げなかった  
のか**

# なぜ防げなかったか + 再発防止対策は十分か

藤野

- ・ 検査リスト漏れに前例はなかったのか
- ・ 管理指針はどう作られどのような方法にもとづいているか
- ・ 数々の背景、そして警告としての大飯 1 号減肉問題
- ・ 事故が再度提起した原発の安全管理への疑問

「今までに事故を防ぐポイントがあった。それが抜けていたと思う」  
関西電力・藤社長 8月25日、福井県議会

- 遅くとも 96 年にさかのぼる検査リスト漏れ認識可能性
- ・ 関西電力 日本アーム 三菱重工
- ・ リスト漏れ 事故があってはじめて続々と明るみに
- ・ PWR23 基中すでに 5 基で検査欠落を確認 最近対策済み  
(今の所 90 年以前の運転開始のもの 共通要因はあるか?)
- ・ なぜ、多くの局面で必要な行動を取れなかったのか?

その場しのぎの背景

- ・ サリー、トロージャンなど 日本では起こらない?
- ・ MOX 燃料の検査データ不正や原子力分野での一連の検査偽装問題
- ・ 美浜 3 号定期安全レビューと通産省による承認
- ・ 「東電事件」 関電も関係あるという態度で臨まず
- ・ 三菱グループの不正、関電火発不正 「原発は問題ない」

「原子力設備 2 次系配管肉厚の管理指針 (PWR)」

- ・ 85 年からのデータ収集。主要点検系統、主要点検部位、「その他」
- ・ 150 度付近がもっとも減肉が大きい
- ・ 大飯 1 号の主給水配管減肉問題 (反省点の多くは美浜 3 事故にも該当)
- ・ 指針の減肉予測 (余寿命計算) は当てになるのか  
当該箇所の余寿命も一様でない
- ・ 「同様の炉・部位で大丈夫なら大丈夫と推定」 (運転続行の根拠) は成立つか 他で大丈夫だから判断していて事故に至ったのでは?
- ・ 「局部減肉の予測はできないというのが結論です」 (事故調)

保安院の報告徴収と関電の実測

- ・ 是非が問われている指針自体を前提とした対象選定と書類検査
- ・ 対象 14 万箇所につき検査漏れのほか 7 万箇所が実質上未検査 (BWR 高率)
- ・ 泊 1 など実際に検査漏れだったものがカウントされず - 再徴収すべき
- ・ 関電の実測対象は「・ 今回破損した配管と同位置であるオリフィスの下流部位・その他の給水、復水系統オリフィス下流部位・調査によって必要と判断された部位」

リスト漏れさえなければいいのか 「手探り」は変わらず

# 美浜 3 号配管破断までの歴史

藤野

1934 ( 1964 再編 )

三菱重工発足

1951

関西電力発足

1956

日本アーム発足

1970 年代

[ 大飯 1 号の ] 「建設当時 ( 1970 年代 )、配管内の流況によるエロージョン・コロージョンへの影響についての知見が当時ほとんどなかったことから、その影響について検討がなされなかった」 ( 大飯 1 号減肉報告書 )

1973

美浜 1 号で燃料破損事故。関電は隠蔽。

1976

美浜 3 号運転開始。

美浜 1 号燃料破損事故、内部告発で発覚。

1980 ~

「原子力発電所でのエロージョン・コロージョンに対する検討が具体的に行われるようになったのは、1980 年代に入ってからである」 ( 大飯 1 号減肉報告書 )

「配管の内側が削られる「減肉」現象が原因で配管に穴が開くトラブルが 1980 ~ 0 年に、全国の沸騰水型原子力発電所 4 基で計 5 件起きていた」 ( 毎日 )

1983

「当社は、昭和 58 年頃から、2 次系配管の減肉による漏えい事象を経験」 ( 大飯 1 号減肉報告書 )

1985-90

「 a . 当社は、昭和 58 年頃から、2 次系配管の減肉による漏えい事象を経験し、その反映として昭和 60 年より 2 次系配管の体系的減肉調査...を実施した。 b . 昭和 61 年 12 月に発生した米国サリー発電所の主給水配管破断事象を受け、昭和 63 年度から、上記 a 項で得られたデータを体系的、網羅的に抽出し、3 ループプラントを代表として評価・分析した結果を用いて、実機配管の減肉事象の実態把握をするための合理的な点検計画 ( 点検指針 ) の策定を行った」 ( 大飯 1 号減肉報告書 )

1986

12 月 9 日、サリー事故。

美浜事故調第一回での梶田検査課長発言「61 年以降、代表プラントを選定して、BWR についても追加的な調査が行われております」。

1987

「三菱重工業は、米国サリー発電所の主給水配管破断事故の発生を機に昭和 62 年度より配管減肉に係る調査を開始し、関電殿の支援を受け、平成 2 年 5 月に「原子力設備 2 次系配管肉厚の管理指針 ( PWR ) 」を作成致しました」 ( 三菱重工「関西電力美浜発電所 3 号機 原子力二次系配管減肉管理について」2004/8/10 )

「加圧水型軽水炉 ( PWR ) の二次冷却系の直線部にある炭素鋼製の配管で肉厚が大幅に減少する「減肉」が起きる危険性を、一九八七年の時点で米原子力規制委員会 ( NRC ) が強く警告していた」「八七年八月に米オレゴン州のトロージャン原発で定期検査が行われた際、二次冷却系配管の直線部で、肉厚が最低基準 ( 約五ミリ ) とほぼ同じ水準に

まで減少した部分が二カ所発見された。次期定期検査までに、肉厚が最低基準を下回ることが確実視されたため同原発を運営していた業者は配管の交換を行った。当時の米国の検査基準では、この直線部配管の肉厚検査は義務づけられていなかったが、事態を重視したNRCは、全米の原発事業者に対して直線部の減肉が「普遍的な問題となる可能性がある」と警告し、曲折部などと合わせて直線部の肉厚検査を実施することを求めている」（産経）

1987年3月12日、サリー事故について通産省（当時）資源エネルギー庁が報告書。「エネ庁では、わが国の原子力プラントでは同様の二次系配管の給水・復水配管について電力会社が自主的に肉厚測定を行っており、水質管理も徹底していることから、特段の対策を改めて行う必要はないと見ている。」（87年3月13日電気新聞「日本ではありえぬミス、米サリー原子力事故、ずさんな水質管理」「通産省では「この種の事故がわが国で起こるとは考えられない」としている」（87年3月1日原子力産業新聞「日本では起こりえない」通産省が調査報告、米国サリー原発事故）」

「わが国におけるPWRプラント二次系配管では、水の流速が局所的に大きくなる箇所は、複雑な配管形状を避けて、できるだけ直管にして流れを滑らかにしている。また、局所的に流速が上昇するオリフィスや絞りでは、キャビテーションを生じないような構造としている」日本原子力学会誌1987/11号「サリー原子力発電所の配管破断事故」

## 1989

4月、「原子力設備二次系配管肉厚の管理指針（PWR）」の基本的事項を決定。（大飯1号減肉報告書）

「関西電力は1989年から三菱重工に検査を委託していたが、96年に日本アームに切り替えた」（共同）

日本アーム「元々は電柱に取り付ける鉄製部品やくいなどを製造販売し、89年に火力発電所の配管検査業務に進出」（朝日）

大飯1号「平成元年に、二次系の検査を担当する協力会社（プラントメーカ）〔三菱重工〕が、当該部（A、B、C、D系統）の点検を行っている。点検の結果、若干の減肉が認められたが、当時、計算上の必要厚さに対して十分余裕があったことから、軽微な減肉であり継続的な監視は不要と判断した。また、点検指針策定にあたり、減肉が認められた場合、発電所から上位機関へ報告する仕組みを作っていたが、報告する基準を定めていなかったことから、減肉データが上位機関へ報告されず、点検指針への反映が行われなかったものと推定された」（大飯発電所1号機の定期検査状況について（二次系主給水配管曲がり部の減肉の原因と対策〔その後の調査結果〕））

## 1990

「原子力設備二次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（5月付。6月制定。8月本格運用）（大飯1号減肉報告書）

「原子力設備二次系配管肉厚の管理指針（PWR）」「PWRプラントにおいては、昭和60年度より3～5ヶ年の計画で二次系配管の減肉調査を二相流はもとより水系、蒸気系の広範囲にわたって実施し、ほとんどのプラントでは既に1プラント当たり3000～5000箇所へのぼる全調査対象箇所についての調査が完了した。本指針は、これらの調査の結果得られたデータを統計的に評価し、今後のPWR二次系炭素鋼配管の減肉に対する管理方法についてとりまとめたものである。」

「昭和60年より実施した二次系配管の体系的減肉調査において、得られた減肉データを統計的に処理し、湿り度、温度、流速の要因に区分し整理した結果、限られた流体条件では減肉が顕著に発生することが判明したため、この流体条件に当てはまる系統を「主要点検系統」として傾向監視保全に、それ以外の系統を「その他系統」として時間計画保全に整理した」（大飯1号減肉報告書）

美浜事故調第一回での辻川委員発言「平成2年5月という日付で、通産省の二次系配管

経年変化管理指針案（PWR）という資料が出てまいりまして、その中は、昭和60年、つまり1985年から3～5カ年の計画で、PWRの2次系配管の減肉調査が、1プラント当たり3,000とか5,000カ所という広い範囲であって、この日付の平成2年5月というのは、そういうのがほぼ完了しているということで、例えば150度が温度的には一番減肉が大きいとか、そういうようなことも含めて、管理指針に足るような、そういう現場の資料を広範に集められた時代。これ、だから、サリーがちょうど1986年に終わった、85年という、そのちょっと前になるんですが、ほとんどそれと前後した形で、国内のPWRでそういうことが調べられている」「当時のエネ庁の顧問部会でいろいろ、サリー発電所の事故を踏まえて議論をし、そういった議論も踏まえて、別途PWR事業者が共通の管理指針として平成2年5月に定めた」。

## 1991

美浜3号「今回破損した個所は三菱側が91年、関電の「2次系配管肉厚の管理指針」に沿って点検検査台帳を見直した際に登録から漏れた」（朝日）

泊1号の復水管オリフィス下流部、北海道電力が「91年に三菱重工と検査台帳を作成した際に漏れた」（朝日）

2月9日、美浜2号でSG細管ギロチン破断事故。

## 1993

「平成5年には、蒸気発生器取替工事の一環として、1次系の検査を担当する協力会社（プラントメカ）[三菱重工]が当該部（B，D系統）の点検を行っている。点検の結果、減肉の進展が認められたが、計算上の必要厚さに対して十分余裕があったことから、具体的な点検計画などの検討が行われなかったものと推定された」（大飯発電所1号機の定期検査状況について（2次系主給水配管曲がり部の減肉の原因と対策〔その後の調査結果〕））

大飯1号「93年に三菱側が「復水管〔主給水管〕3本で減肉が進み、00年には国の基準を下回る恐れがある」と関電に報告した情報が日本アームに伝わらず、04年7月の定期検査まで点検されないままだった」（朝日）

## 1996

泊1号「96年に台帳を見直して見つけた。このため同年9月の定期検査から超音波によって肉厚を測定。10ミリあった厚みは7.4ミリに減肉していたが、計算上必要な厚みは4.6ミリで余裕があった。その後定検ごとに監視し、99年に5.7ミリと必要肉厚を割り込むまでの余寿命が2年余となり交換を決めた」「00年に交換した」（朝日）

泊1号と美浜3号は同じ91年にリスト漏れしているのだから、泊1号のリスト漏れが判明した時点で美浜3号のリスト漏れも認識されるべき。

「関西電力は1989年から三菱重工に検査を委託していたが、96年に日本アームに切り替えた」（共同）

大飯1号「平成8年には、減肉調査の管理を行っていた2次系の検査を担当する協力会社を変更した。その際当社は、変更前の協力会社（プラントメカ）から[三菱重工]過去に採取した点検データの提供を受け、変更後の協力会社[日本アーム]にその協力会社が構築したデータ管理システム[引用注：NIPS]にデータを入力するよう指示を行った。この際、当社[関西電力]が1次系の検査を担当する協力会社[三菱重工]に、2次系配管の調査データの引渡しを依頼しなかったため、平成5年のB，D系統の当該曲がり部の減肉点検結果を含むデータが入力されず、当該データが引き継がれないこととなった」（大飯発電所1号機の定期検査状況について（2次系主給水配管曲がり部の減肉の原因と対策〔その後の調査結果〕））

通産省（当時）「高経年化に関する基本的な考え方」

通産省（当時）は96年6月「運転開始後相当の年数が経過した」原発について「定期安全レビュー」を出させることにした。

1998

「日本アーム（本社大阪市）によると、点検漏れは同社の検査管理システムのデータ更新の際に見つかり、高浜4号は一九九八年に、美浜1号は二 二 年に肉厚測定を行った」（福井新聞）

原子力安全委員会原子炉安全総合検討会「発電用軽水型原子炉施設の高経年化対策について」

1999

美浜3号「三菱側は99年4月と00年8月、「減肉現象が起こりやすい。点検した方がいい」と検査を引き継いだ日本アームに注意を促した」（朝日）

敦賀2「三菱重工によると、この部分は水流の乱れで配管が削り取られる可能性があり1999年ごろ、削り取りが予想以上に早いケースを把握、同型炉で検査が必要と判断した」「日本アーム（大阪市）によると、99年に三菱重工から指摘を受けたが「この場所を特定したのではなく、ほかの原発の検査結果から大丈夫」と判断、関電にも伝えないまま検査を見送った」（共同）

「当社が実施した検査結果と、必要な処置、特に主復水管オリフィス下流部について水平展開するため、日本アーム社に、平成11年4月と平成12年8月に説明、報告しております」（三菱重工「関西電力美浜発電所3号機 原子力二次系配管減肉管理について」2004/8/10）

美浜3号「96年まで同原発の検査を請け負っていた三菱重工業は、事故まで点検漏れに気づけなかったと、説明を修正した。事故直後は「漏れていることに気づいて99年4月と00年8月に日本アームに指摘した」としていた。その後の社内調査で、破裂部分が想定以上の減肉を起こす危険性があるとの注意喚起だったとわかったという」（朝日）

関電が発注したBNFLのMOX不正発覚。

2000

美浜3号「三菱側は99年4月と00年8月、「減肉現象が起こりやすい。点検した方がいい」と検査を引き継いだ日本アームに注意を促した」（朝日）

敦賀2号「三菱重工業は配管が摩耗する「減肉現象」が起きやすいオリフィス下流部のリスト漏れに気づき、十二年二月、日本原電に定期検査での点検を提案した」（産経）

5月、関電「美浜発電所3号機定期安全レビュー報告書」。「給水・復水配管についても、曲管部、合流・分岐部を中心に昭和60年頃からPWR点検計画として計画的な肉厚測定が行われており、当時、特に異常な減肉を示している部分は認められなかった。また、我が国では徹底した水質管理が行われているため、サリー発電所2号機のような事象は発生しないと考えられたが、念のため、当面の間はPWR点検計画を継続することとした。PWR点検計画は、各ユニット膨大な箇所の肉厚測定を数年間で実施するものであり、その後、各配管の減肉傾向が把握できたため、現在は、より合理的な点検基準を策定し運用している」「プラントを停止し、電気事業法に基づいて定期検査を実施しているが、この期間中に並行して各設備については計画的に定期点検（点検・手入れ、検査等の整備）を行い、設備の健全性の確保に努めている。特に設備の定期的な使用によって発生する経年変化に対しては、定期検査及び定期点検時にその徴候を把握、評価し、経年変化の傾向を把握することにより、設備の性能・機能が基準値を下回る前に計画的な取替・補修を実施している」

同じ5月のうちに、通産省資源エネルギー庁は「関西電力株式会社美浜発電所3号機定期安全レビューの評価について」（2000年5月）で「妥当なものと認める」と承認。このときお墨付きを与えた原子力発電技術顧問が美浜3号事故調委員となる。

4月、美浜2号化学体積制御系でオリフィスが原因の漏洩。

2001

敦賀2号「原電によると、三菱重工の提案を受け、01年に点検し、安全上必要な配管

の厚さの残り寿命は4・3年と評価。ことし[2004]12月からの定期検査で交換する予定」(共同)

## 2002

美浜1号と高浜2号「日本アーム(本社大阪市)によると、点検漏れは同社の検査管理システムのデータ更新の際に見つかり、高浜4号は一九九八年に、美浜1号は二二年に肉厚測定を行った」(福井新聞)

美浜1号「美浜1号は、二二年時点で残り寿命が「五十年以上」と評価された」(福井新聞)

## 2003

美浜3号「日本アームは、検査漏れという認識をもったのは03年4月とし、関電側には同年11月に報告したと説明している」(朝日)

美浜3号「11月、検査会社の日本アームから今夏の定期検査に向けた減肉検査のリストが電子メールで美浜原発の担当者に送られてきた。300~400カ所が記載され、破裂箇所もあったが、「初回点検」とされただけで「点検漏れ」との注釈はなかった」(朝日)

高浜4号「高浜4号は、計算上の残り寿命が二年となった昨[2003]年、再点検を実施。あらためて「二年」が確認されたため、現在行っている定検で配管を取り替える計画を立てた」(福井新聞)

大飯1号「平成15年までのデータ管理システムは、余寿命が簡単に検索できるシステムではなかったため、平成元年のデータから評価される余寿命が認識されなかった。平成15年度にシステムの改良を行っている」(大飯発電所1号機の定期検査状況について(2次系主給水配管曲がり部の減肉の原因と対策[その後の調査結果]))

## 2004

4月以降、関電火発不正発覚。「この部門では常態化していたと考えざるを得ないが、原子力には一切ない」[藤社長](福井新聞)。「火力部門の意識風土は原子力ほど法令順守の精神が徹底していなかった」(福井新聞)。「原発は問題ない」(日経産業)。

7月、大飯1号の主給水配管減肉発表(疑問・本当に発見も7月か?)。反省点として「減肉傾向が認められているにもかかわらず、減肉に対する認識が不足していた。」「余寿命評価に対する認識が不足していた。」「入力されていない減肉データがあることを認識していない。」「点検記録の管理、情報伝達を十分に実施すべきであった。」(大飯1号減肉報告書)

保安院04年7月27日文書「関西電力株式会社大飯発電所1号機の定期検査中に発見された主給水配管の減肉の原因と対策に係る関西電力株式会社からの報告及び検討結果について」「今後、同型の主給水隔離弁を有する大飯発電所2号機を含め、当該部位について、減肉傾向の監視を強化する。また、他プラントを含め、主給水系統で著しい減肉が発生する可能性のある部位についても、同様の措置を講じる」「減肉が発生した原因の推定とその背景にある保守管理上の不適切な部分の分析、及びこれらに対する対策は首肯できるものと考える」

大飯1号減肉を受けて、「保修に関する社内標準(原子力発電所保修業務要領指針)」に以下の部分を追加。「担当グループチーフマネージャーおよび担当課(室)長は、安全上重要な設備について、調査・分析を実施する協力会社を変更する場合、若しくは管理システムを変更する場合には、過去の懸案事項等を整理、把握し、確実に引き継がれることを確認すること」(大飯1号減肉報告書)

8月9日、美浜3号復水管破断事故。

8月14日(美浜3号定検開始予定日)

8月15日、東電子会社相馬火力で配管破裂。

# 原発パイプ点検強化

## 通産省 肉厚減での事故防止

通産省は、原子力発電所のパイプの点検を強化することを決めた。これまでは、この種のパイプは点検が義務づけられていた。米田パシフィア州のサリー原発で昨年十月、熱水の通りパイプが半回転で破断し四人が死亡した事故が、パイプ肉厚の減少を原因とする異相の発生を招いた。同原発は、破断したパイプは、異常な減肉が起っていた場所を、異常な減肉が起っていた場所と見做され、パイプ肉厚が減少していることが、調査の結果明らかになった。同原発は、異常な減肉が起っていた場所を、異常な減肉が起っていた場所と見做され、パイプ肉厚が減少していることが、調査の結果明らかになった。

力産新

# 「日本では起こり得ない」

## 通産省報告 米国サリー原発事故

通産省は、原子力発電所のパイプの点検を強化することを決めた。これまでは、この種のパイプは点検が義務づけられていた。米田パシフィア州のサリー原発で昨年十月、熱水の通りパイプが半回転で破断し四人が死亡した事故が、パイプ肉厚の減少を原因とする異相の発生を招いた。同原発は、破断したパイプは、異常な減肉が起っていた場所を、異常な減肉が起っていた場所と見做され、パイプ肉厚が減少していることが、調査の結果明らかになった。

本報は、原子力発電所のパイプの点検を強化することを決めた。これまでは、この種のパイプは点検が義務づけられていた。米田パシフィア州のサリー原発で昨年十月、熱水の通りパイプが半回転で破断し四人が死亡した事故が、パイプ肉厚の減少を原因とする異相の発生を招いた。同原発は、破断したパイプは、異常な減肉が起っていた場所を、異常な減肉が起っていた場所と見做され、パイプ肉厚が減少していることが、調査の結果明らかになった。

九二二あるはずのところ、破断部付近は三九・九ほど一様に厚く、最も薄い部分は一・二しかなかった。NRCはこの異常な減肉の原因を最終的に断定していないが、T字形分岐点近くの曲がり部で発生していることから、乱流による削り取り、水質の悪化による腐食が主な原因と見做されている。通産省は、異常な減肉が起っていた場所を、異常な減肉が起っていた場所と見做され、パイプ肉厚が減少していることが、調査の結果明らかになった。

# 美浜発電所 3号機

## 定期安全レビュー報告書

平成12年 5月

関西電力株式会社

評価過程で意見を聴いた通商産業省原子力発電技術顧問は、以下のとおりである。

顧問氏名	所 属
阿部 清治	日本原子力研究所
石川 迪夫	(財)原子力発電技術機構
岸上 守孝	(財)発電設備技術検査協会
近藤 駿介	東京大学教授
斯波 正諄	(財)原子力発電技術機構
平野 光将	(財)原子力発電技術機構
廣田 隼人	(財)電気安全環境研究所
占山 照夫	(財)原子力発電技術機構
宮 健二	東京大学教授
宮崎 慶次	大阪大学名誉教授
吉川 榮和	京都大学教授

(敬称略、五十音順)

#### ウ. サリー発電所給水配管の破断

昭和61年(1986年)12月9日、米国バージニア電力のサリー発電所2号機(PWR 当時は81.1万kW)において、原子炉トリップ後に2次系給水ポンプ入口配管(炭素鋼:口径450mm)が破断し、作業員8名が火傷し、うち4名が死亡した。

この破断は、当該破断部付近の配管内面が著しく減肉しており、原子炉トリップ後の通常起こりえる圧力変動に耐えられなかったために発生したものであり、著しい減肉の原因は、サリー発電所2号機では初期の運転期間中に塩分濃度が高くなるなど、十分な水質管理がなされていなかったこと及び当該給水・復水配管については、肉厚測定が行われていなかったことによるものである。

我が国では、減肉の予想される蒸気・水の二相流配管はもとより、給水・復水配管についても、曲管部、合流・分岐部を中心に昭和60年頃からPWR点検計画として計画的な肉

厚測定が行われており、当時、特に異常な減肉を示している部分は認められなかった。

また、我が国では徹底した水質管理が行われているため、サリー発電所2号機のような事象は発生しないと考えられたが、念のため、当面の間はPWR点検計画を継続することとした。

PWR点検計画は、各ユニット膨大な箇所肉厚測定を数年間で実施するものであり、その後、各配管の減肉傾向が把握できたため、現在は、より合理的な点検基準を策定し運用している。

【加圧水型原発復水管の  
水量測定装置周辺の検査状況】

	検査年	検査時の余寿命 または交換年
北海道電力泊 1号	00 <sup>(96.99)</sup>	00年交換
2号	04	04年交換
関西電力美浜 1号☆	02	50年以上
2号	90	18年
3号☆	今年予定	04.8.9破断
高浜 1号	96	50年以上
2号A	01	12年以上
B	97	50年以上
3号	98	99年交換
4号☆	03 <sup>(97)</sup>	04年交換予定
大飯 1号A	03	04年交換
B	97	10年
2号A	95	25年
B	04	24年
3号	同様の部分に設置なし	
4号	同様の部分に設置なし	
四国電力伊方 1号	94	94年交換
2号	93	93年交換
3号	01	21~22年
九州電力玄海 1号	01	145年
2号	01	01年交換
3号	02	852年
4号	04	69年
川内 1号	03	21年
2号	03	47年
日本原子力発電		
敦賀 2号☆	03 <sup>(01)</sup>	04年交換予定

検査済

# 高浜4、美浜1も点検漏れ

## 子会社が指摘、検査

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

関西電力美浜原発3号機の死傷事故で、新たに関西電力高浜4号機と美浜1号機でも過去に美浜3号の配管破損部と同じ個所の点検漏れがあったことが、子会社の話から十六日までに分かった。既に検査を実施し、高浜4号では現在行っている定期検査で配管の取り替え作業を進めている。これとは別に関西電力は同日、美浜3号など四基で、冷暖房装置などに補助蒸気を送る付属配管計四カ所に未点検箇所が確認されたと発表した。

以上と評価されたという。日本アームは関西電力の委託検査を九六年に三菱重工から引き継ぎ、独自にデータ管理システムを構築。定検が近づくと関西電力と点検内容を協議し、関西電力の発注を受けて超音波検査をしている。

3号機事故について、同社の伊藤彦二経営企画室長は「点検リストから漏れていたことに気付くのが遅れた。当社にも事故責任はある」と話している。

関西電力が昨年十一月に日本アームから3号の点検漏れの提案を受けたと公表していることに関して「警察が捜査中なのでコメントは控えたい」と話している。

過去の点検漏れ把握していない  
岸田副社長  
関西電力高浜原発4号機と美浜原発1号機でも、過去に美浜3号機の配管破損部と同じ個所

の点検漏れがあったことについて、同社の岸田哲二副社長は、福井新聞社の取材に対して「四カ所の点検漏れだけと聞いている。それ以外には把握していない」と話した。

## 新たに点検漏れ4カ所

美浜3、大飯3、4、高浜1号

### 関西電力「履歴調査で判明」

美浜原発死傷事故を受け、他の原発でも点検個所の漏れがないか履歴調査をしてきた関西電力は、新たに県内四基で計四カ所の点検漏れがあったことを明らかにした。運転以来、一度も検

# 関西電力 美浜3号と同配管個所

(27面に関連記事)

# 日本原電

## 敦賀2号も点検漏れ

### 美浜3号事故と同じ場所の配管 関電以外で初

日本原子力発電(原電)の敦賀原発2号機(敦賀市、加圧水型炉)

で、十一人が死傷した関西電力美浜3号機(美浜町)事故で破損し

たのと同じ場所の配管が、二〇〇一年に初めて点検するまで対象リ

ストから漏れていたことが二十日、分かった。

## 01年、指摘受け検査

関電以外で、破損配管と同じ部分が点検対象から漏れていたのが判明したのは初めて。

検査委託先の三菱重工(東京)の指摘で、対象に加えた。三菱重工はほぼ

同時期に美浜3号機についても指摘したが点検は見送られており、敦賀2号機のような対応が取られていれば、事故を防げた可能性があるとみられる。

の部分は水流の乱れで配管が削り取られる可能性があり一九九九年ごろ、削り取りが予想以上に早いケースを把握、同型炉で検査が必要と判断した。

工の提案を受け、〇一年に点検し、安全上必要な配管の厚さの残り寿命は四・三年と評価。ことし十二月からの定期検査で交換する予定。

美浜3号機の検査を請け負った関電子会社の日本アーム(大阪府)によると、九九年に三菱重工から指摘を受けたが「この場所を特定したものではなく、ほかの原発の検査結果から大丈夫」と判断、関電にも伝えないまま

ま検査を見送った。

### 運転停止3基 肉厚測定終了

高浜3号は23日から

美浜原発死傷事故を受け、点検のため運転を停止していた関西電力美浜4号の三基で、超音波による肉厚測定作業が二十日終わった。今後データを解析、評価した上で国や県に報告し、運転再開の判断を求める。新たに

停止した高浜3号は二十三日から肉厚点検に入る。

県内原発を止めて点検を求める県の要請に応じ

て関電は、まず三基を十

三日に停止。美浜3号の

破損配管と同じ位置のオ

リフィス(流量計)下流

部や、他系統の類似箇所

を点検していた。

位と同じ箇所の肉厚を検査したところ、測定最小値は六・六ミリで、計算上必要な厚さ(六・二ミリ)を辛うじて上回っていた。

同配管は今回定検で当初からステンレス配管に交換する予定になっている。

一方、二次系配管の肉厚管理で八カ所の点検登録漏れが見つかり十九日に原子炉を停止した高浜3号機は、二十三日から配管の点検作業に入る。

点検が適正に行われるかチェックするため、県から職員や原子力安全専門委員、国からも保安検査官が立ち会う方針。

また、定期検査に入っている高浜4号で、破損部

が十カ所、高浜2号二十四カ所、大飯4号四十四カ所。超音波探傷検査の結果、配管の肉厚測定値が計算上必要な厚さを下回

っている箇所はなかった。

また、定期検査に入っている高浜4号で、破損部

が十カ所、高浜2号二十四カ所、大飯4号四十四カ所。超音波探傷検査の結果、配管の肉厚測定値が計算上必要な厚さを下回

っている箇所はなかった。

また、定期検査に入っている高浜4号で、破損部

が十カ所、高浜2号二十四カ所、大飯4号四十四カ所。超音波探傷検査の結果、配管の肉厚測定値が計算上必要な厚さを下回

っている箇所はなかった。

また、定期検査に入っている高浜4号で、破損部

体質改善、情報公開 関電に強く求める

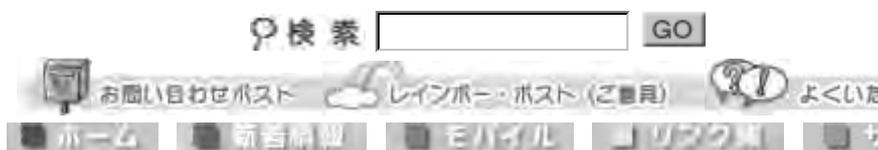
小浜市環安協

美浜原発3号機の死傷事故を受け、原子力発電小浜市環境安全対策協議会(会長・村上利夫市長)

は二十日、同市役所に関電を呼び、今後の体質改善や真相究明に向けた情報公開の徹底を強く求めた。

同協議会を組織する市議や市内各種団体の代表ら五十人が出席。関電若狭支社の大谷昌徳安全管理

本部長ら八人が事故の概要説明を行った。委員からは厳しい意見が相次いだ。



プレスリリース > 平成16年度 >

## 泊発電所 復水管オリフィス下流部の過去における管理状況について(H16.8.25)

当社は、平成16年8月18日に、泊発電所1・2号機の2次系配管について、当社が定めた「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針(PWR)」に基づく肉厚管理の実施状況を調査した結果、現時点で肉厚管理が未実施である部位がないことを確認した旨、経済産業省に報告しました。

その後、泊発電所1号機について、美浜発電所3号機で漏えいが発生した復水管オリフィス下流部と同じ部位の過去の肉厚管理開始時期について調査を実施したところ、第5回定期検査(平成7年5月～8月)までは肉厚管理対象箇所としておらず、第6回定期検査(平成8年9月～12月)から、肉厚管理対象箇所として管理を開始したことがわかりましたのでお知らせします。

(ご参考)

- 泊発電所2号機では、当該部位を、初回定期検査(平成4年4月～8月)から肉厚管理対象箇所として管理を行ってきました。
- 1号機は第9回定期検査(平成12年9月～11月)、2号機は第10回定期検査(平成16年3月～7月)で、当該部位をステンレス鋼配管に取替えています。

復水配管オリフィス下流部のリスト(主要点検系統)漏れ

	(オリフィス下流部) 00年交換 三菱重工 日本アーム	(オリフィス下流部) 04年交換計画 三菱重工 日本アーム	(オリフィス下流部) 02年で余命50年 三菱重工 日本アーム	(主給水管) 89・93年は余裕あり 三菱重工 日本アーム	(オリフィス下流部) 89年で要交換 三菱重工 日本アーム	(美浜3)
	泊1(1989~)	高浜4(1985~)	敦賀2(1987~)	奥浜1(1970~)	大飯1(1979~)	奥浜3(1976~)
1996	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 主給水管を	1 リスト漏れ
1996	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス(89)	2 リスト漏れ
1996	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 主要点検系統から漏れ	3 リスト漏れ
1996	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
1996	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
1996	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
1996	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
1996	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
1996	9 測定7.4mm	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
1996	10	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
1996	11	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
1996	12	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
1997	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
1997	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
1997	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
1997	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
1997	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
1997	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
1997	7	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
1997	8	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
1997	9	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
1997	10	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
1997	11	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
1997	12	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
1998	1	1 測定?	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
1998	2	2 測定?	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
1998	3	3 測定?	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
1998	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
1998	5	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
1998	6	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
1998	7	7	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
1998	8	8	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
1998	9	9	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
1998	10	10	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
1998	11	11	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
1998	12	12	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
1999	1	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
1999	2	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
1999	3	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
1999	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
1999	5	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
1999	6	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
1999	7	7	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
1999	8	8	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
1999	9	9	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
1999	10	10	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
1999	11	11	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
1999	12	12	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
2000	1	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
2000	2	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
2000	3	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
2000	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
2000	5	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
2000	6	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
2000	7	7	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
2000	8	8	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
2000	9	9	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
2000	10	10	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
2000	11	11	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
2000	12	12	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
2001	1	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
2001	2	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
2001	3	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
2001	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
2001	5	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
2001	6	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
2001	7	7	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
2001	8	8	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
2001	9	9	9 リスト漏れ	9 リスト漏れ	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
2001	10	10	10 リスト漏れ	10 リスト漏れ	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
2001	11	11	11 リスト漏れ	11 リスト漏れ	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
2001	12	12	12 リスト漏れ	12 リスト漏れ	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
2002	1	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
2002	2	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
2002	3	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
2002	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
2002	5	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
2002	6	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
2002	7	7	7 リスト漏れ	7 リスト漏れ	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
2002	8	8	8 リスト漏れ	8 リスト漏れ	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
2002	9	9	9 リスト漏れ	9 測定・余命50	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
2002	10	10	10 測定・余命50	10 測定・余命50	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
2002	11	11	11 測定・余命50	11 測定・余命50	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
2002	12	12	12 測定・余命50	12 測定・余命50	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
2003	1	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
2003	2	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
2003	3	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
2003	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
2003	5	5	5 再測定・余命2	5 再測定・余命2	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
2003	6	6	6 再測定・余命2	6 再測定・余命2	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
2003	7	7	7 再測定・余命2	7 再測定・余命2	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
2003	8	8	8	8	8 「その他」に分類ミス	8 リスト漏れ
2003	9	9	9	9	9 「その他」に分類ミス	9 リスト漏れ
2003	10	10	10	10	10 「その他」に分類ミス	10 リスト漏れ
2003	11	11	11	11	11 「その他」に分類ミス	11 リスト漏れ
2003	12	12	12	12	12 「その他」に分類ミス	12 リスト漏れ
2004	1	1	1 リスト漏れ	1 リスト漏れ	1 「その他」に分類ミス	1 リスト漏れ
2004	2	2	2 リスト漏れ	2 リスト漏れ	2 「その他」に分類ミス	2 リスト漏れ
2004	3	3	3 リスト漏れ	3 リスト漏れ	3 「その他」に分類ミス	3 リスト漏れ
2004	4	4	4 リスト漏れ	4 リスト漏れ	4 「その他」に分類ミス	4 リスト漏れ
2004	5	5	5 リスト漏れ	5 リスト漏れ	5 「その他」に分類ミス	5 リスト漏れ
2004	6	6	6 リスト漏れ	6 リスト漏れ	6 「その他」に分類ミス	6 リスト漏れ
2004	7	7	7 リスト漏れ	7 善治以下の減肉	7 「その他」に分類ミス	7 リスト漏れ
2004	8	8	8 交換計画	8 M3事故後も運転中!	8 放置すると破断の危険	8 リスト漏れ
2004	9	9	9	9	9 交換	9 リスト漏れ
2004	10	10	10	10	10	10 リスト漏れ
2004	11	11	11	11	11	11 リスト漏れ
2004	12	12	12	12	12	12 リスト漏れ

三菱重工が「1999年ごろ、削り取りが予想以上に早いケースを把握、同型炉で検査が必要と判断した」(共同)

三菱が日本アームに連絡  
「減肉現象が起こりやすいし、点検した方がいい」(朝日)  
連絡と定検が合致

開電MOX不正  
JCO臨界事故

三菱が日本アームに連絡  
「減肉現象が起こりやすいし、点検した方がいい」(朝日)  
連絡と定検が合致

「東電事件」

03年大飯1号のデータ管理システムを改良

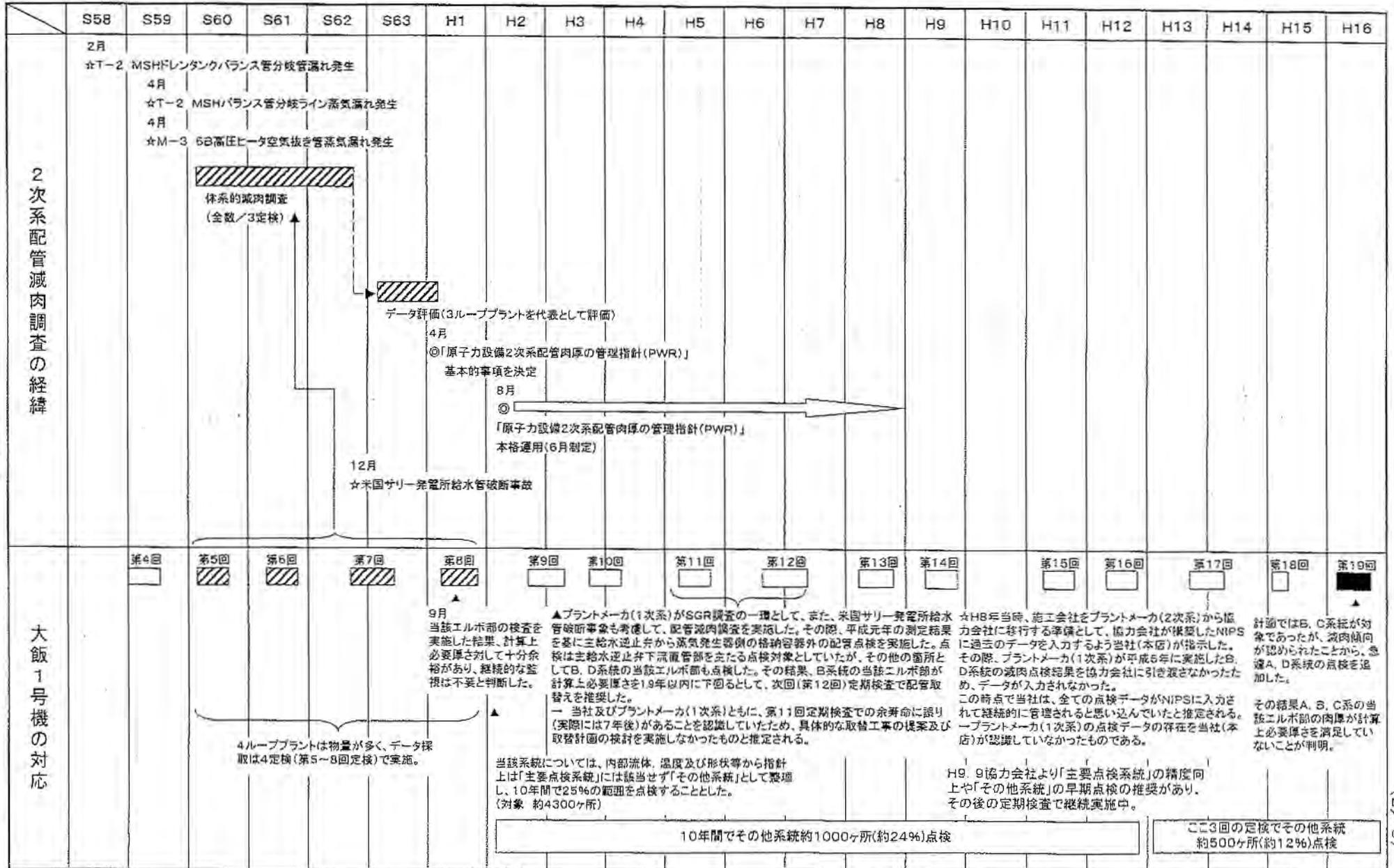
日本アームが欠落を認識  
ここで交換していれば.....

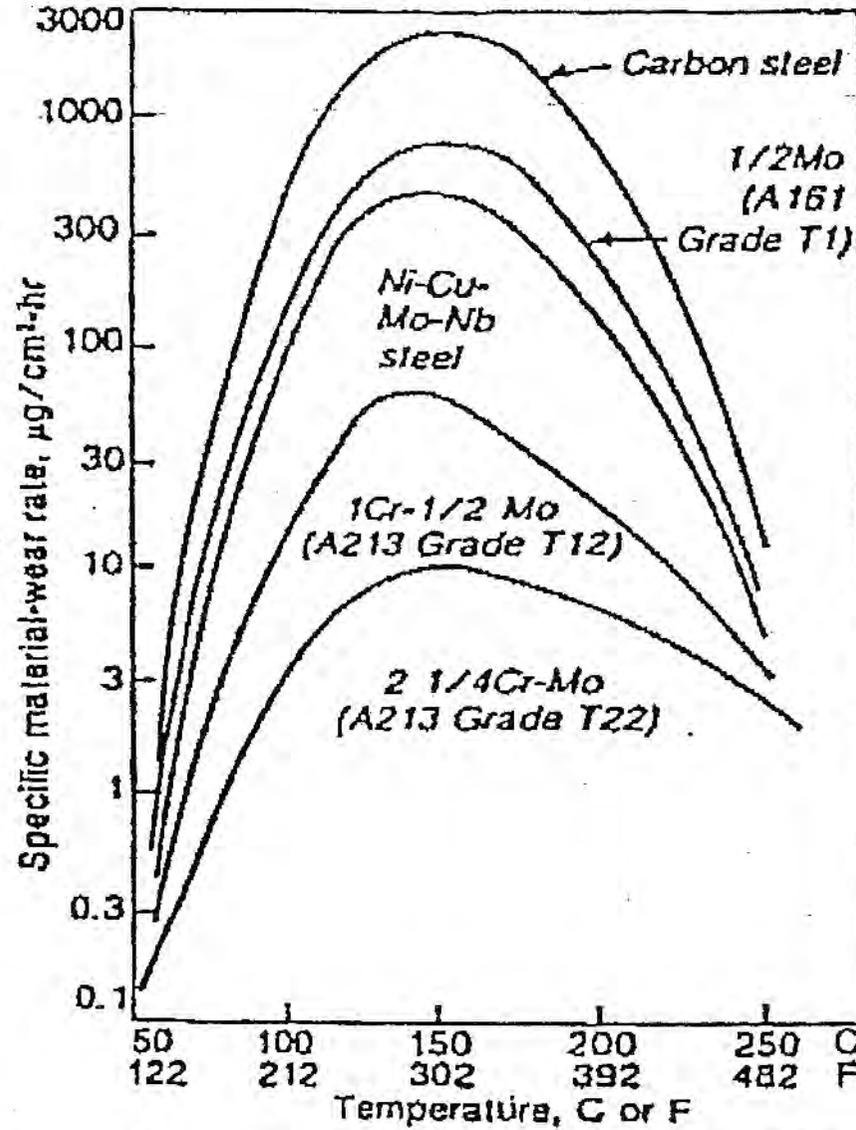
日本アームが開電に連絡

開電火発不正

大飯1号で2次系主給水管の減肉発見  
11人死傷

## 2次系配管減肉調査の経緯





エロージョン/コロージョンに対する温度,材料の影響

「火力原子力発電腐食形態と対策2」

O.Janas, "Control Erosion/Corrosion of Steels in Wet Steam", Power, March, p102, (1985) より

原子力設備 2 次系配管肉厚の管理指針（PWR）

平成 2 年 5 月

# 目 次

- 1 . まえがき
- 2 . 適用範囲
- 3 . 点検方法
- 4 . 点検対象
- 5 . 点検頻度
- 6 . 判定基準及び対策

添付 - 1 主要点検系統

添付 - 2 余寿命設定要領

## 1. まえがき

PWRプラントにおいては、昭和60年度より3～5ヶ年の計画で2次系配管の減肉調査を二相流はもとより水系、蒸気系の広範囲にわたって実施し、ほとんどのプラントでは既に1プラント当たり3000～5000箇所へのぼる全調査対象箇所についての調査が完了した。

本指針は、これらの調査の結果得られたデータを統計的に評価し、今後のPWR2次系炭素鋼配管の減肉に対する管理方法についてとりまとめたものである。

## 2. 適用範囲

PWRプラントの2次系炭素鋼配管に適用する。

但し、計装配管等の小口径管は除く。

## 3. 点検方法

JIS Z 2355「超音波パルス反射法による厚さ測定方法」に準拠し、超音波肉厚測定器にて肉厚測定を行う。

## 4. 点検対象

### (1) 主要点検系統(添付-1)

二相流：湿り度5%以上、温度150～250の配管

但し、湿り度5%未満の場合でもドレンを巻き込む可能性がある系統は、150以上の配管も点検対象とする。

水系：温度100～200の配管

制御弁下流部及び玉型逆止弁下流部については、温度100～250の配管も点検対象とする。

### (2) 主要点検部位

偏流発生部位及び下流の2×Dを主要点検部位とする。(Dは配管口径)

〔 制御弁下流部，玉型逆止弁下流部，エルボ，T管，オリフィス下流部，  
スウィング型逆止弁下流部，レジューサ，曲管 〕

### (3) その他

減肉傾向のない箇所についても念のため、偏流発生部位について10年間に約25%を点検対象とする。

## 5．点検頻度

計算上必要な肉厚になるまでの余寿命を各系統の部位毎に算出し、余寿命が2年以下になるまでに点検を行う。

点検結果を評価し、再度余寿命を算出して、余寿命が2年以下になるまでに再点検を行う。  
以下これを繰り返す。(添付 - 2 )

## 6．判定基準及び対策

点検結果より、余寿命を算出し、余寿命が2年以下の場合は取替計画を立案し、耐食性材料(SUS304等)等と取替えるものとする。

主 要 点 検 系 統

区 分	条 件			代 表 系 統 名	備 考
	湿 り 度	流 速	温 度		
二 相 流	15%以上	30m / sec未満	150 ~ 200	第 6 高圧ヒータドレン管, 第 5 高圧ヒータドレン管	主 要 点 検 部 位 全 て に 適 用 する
			200 ~ 250	湿分分離加熱器ドレンタンクドレン管	
		30 ~ 50m / sec	150 ~ 200	—————	
			200 ~ 250	—————	
		50m / sec以上	150 ~ 200	高圧排気管ドレン管	
			200 ~ 250	—————	
	5 ~ 15%	30m / sec未満	150 ~ 200	—————	
			200 ~ 250	スチーム・コンバータ加熱蒸気管	
		30 ~ 50m / sec	150 ~ 200	第 5 抽気管, 第 4 抽気管	
			200 ~ 250	—————	
		50m / sec以上	150 ~ 200	第 5 抽気管, 第 4 抽気管	
			200 ~ 250	第 6 抽気管, 第 5 抽気管	
	5%未満 (ドレン巻込みの可能性あり)	30m / sec未満	150 ~ 200	脱気器空気抜管	
			200 ~ 250	第 6 高圧ヒータ空気抜管, 第 5 高圧ヒータ空気抜管	
			250 以上	湿分分離加熱器バランス管	
		30 ~ 50m / sec	150 ~ 200	—————	
			200 ~ 250	—————	
			250 以上	湿分分離加熱器バランス管	
50m / sec以上		150 ~ 200	—————		
		250 以上	—————		
単 相 流	水	3m / sec未満	100 ~ 150	主復水管	
			150 ~ 200	給水ブースタポンプ吸込管, 湿分分離器ドレン管	
		3 ~ 6m / sec	100 ~ 150	—————	
			150 ~ 200	主給水管, 給水ブースタポンプ吐出管	
		6m / sec以上	100 ~ 150	—————	
			150 ~ 200	—————	
二 相 流	15%以上	30m / sec未満	100 ~ 150	第 4 低圧ヒータドレン管	制 御 弁 下 流 部 及 び 玉 型 逆 止 弁 下 流 部 の みに 適 用 する
		30 ~ 50m / sec		—————	
		50m / sec以上		—————	
単 相 流	水	3m / sec未満	200 ~ 250	—————	
		3 ~ 6m / sec		主給水管	
		6m / sec以上		—————	

————— : 現状のプラントでは該当する配管なし

# 余寿命設定要領

表 - 1  $L_r^{(0)}$ 設定に使用の $W_r^{(0)}$ の値

		温 度						
		100 未満	100 - 150	150 - 200	200 - 250	250 以上		
二相流 湿り度 15%以上	流速	30m/sec 未満	制御弁下 流部のみ	0.35				
		30m/sec ~ 50m/sec					0.30	1.15
		50m/sec						
		以上						
二相流 湿り度 5~15%	流速	30m/sec 未満		0.35				
		30m/sec ~ 50m/sec					1.15	
		50m/sec						
		以上						
二相流 湿り度 5%未満 (ドリフ 込みの 可能性 有り)	流速	30m/sec 未満		0.35				
		30m/sec ~ 50m/sec					1.15	
		50m/sec						
		以上						
水単相流	流速	3m/sec 未満	0.45		制御弁下 流部及び 玉型逆止 弁下流部 のみ			
		3m/sec ~ 6m/sec					0.30	
		6m/sec						
		以上						

注) 1.  $W_r^{(0)}$ の単位は  $\times 10^{-4}$  mm / Hr  
(実測の最大減肉率を包括したものである)

2. 表中の範囲  
(1) 制御弁下流部は表中の数値に5倍する。  
(2) 玉型逆止弁下流部は表中の数値に2倍する。

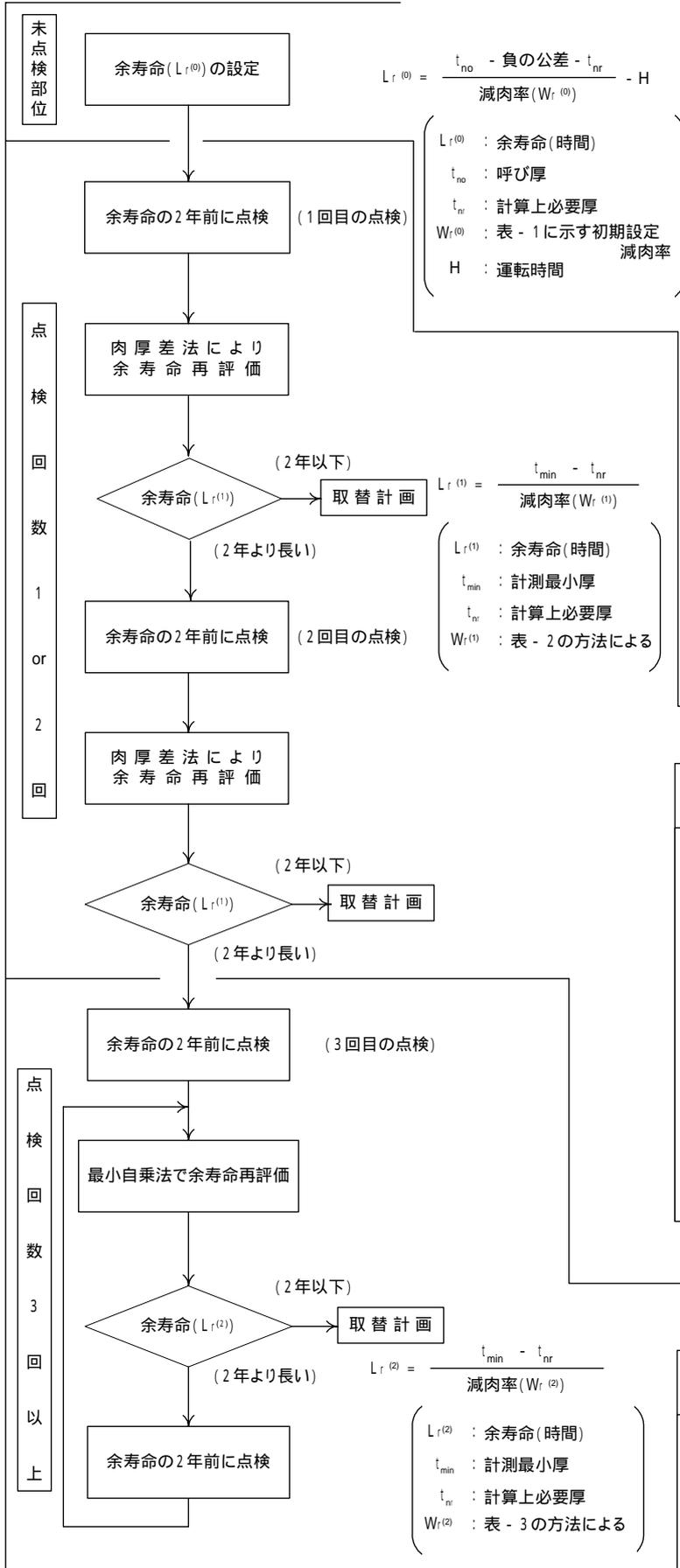


表 - 2 減肉率 $W_r^{(1)}$ 算出方法

方法区分 (対象部位)	減肉率算出要領
長手肉厚差法 製造時の肉厚が長手方向で均一なもの  (エルボ、T管の母管側、曲管)	$W_r^{(1)} = \frac{\text{管軸方向最大肉厚差}}{\text{運転時間}}$ 最大肉厚差 $= t_{MAX} - t_{min}$
円周肉厚差法 製造時の肉厚が円周方向で均一なもの * * (レジーサ、直管、T管の枝管側)	$W_r^{(1)} = \frac{\text{管軸方向最大肉厚差}}{\text{運転時間}}$ 最大肉厚差 $= t_{MAX} - t_{min}$
公称肉厚法 * * (レジーサ、直管)	$W_r^{(1)} = \frac{\text{呼び厚} - \text{計測最小厚}}{\text{運転時間}}$

\* ) レジーサ及び直管については肉厚差法または公称肉厚法の減肉率の内、いずれか大きい方の値で評価する。

表 - 3 減肉率 $W_r^{(2)}$ 算出方法

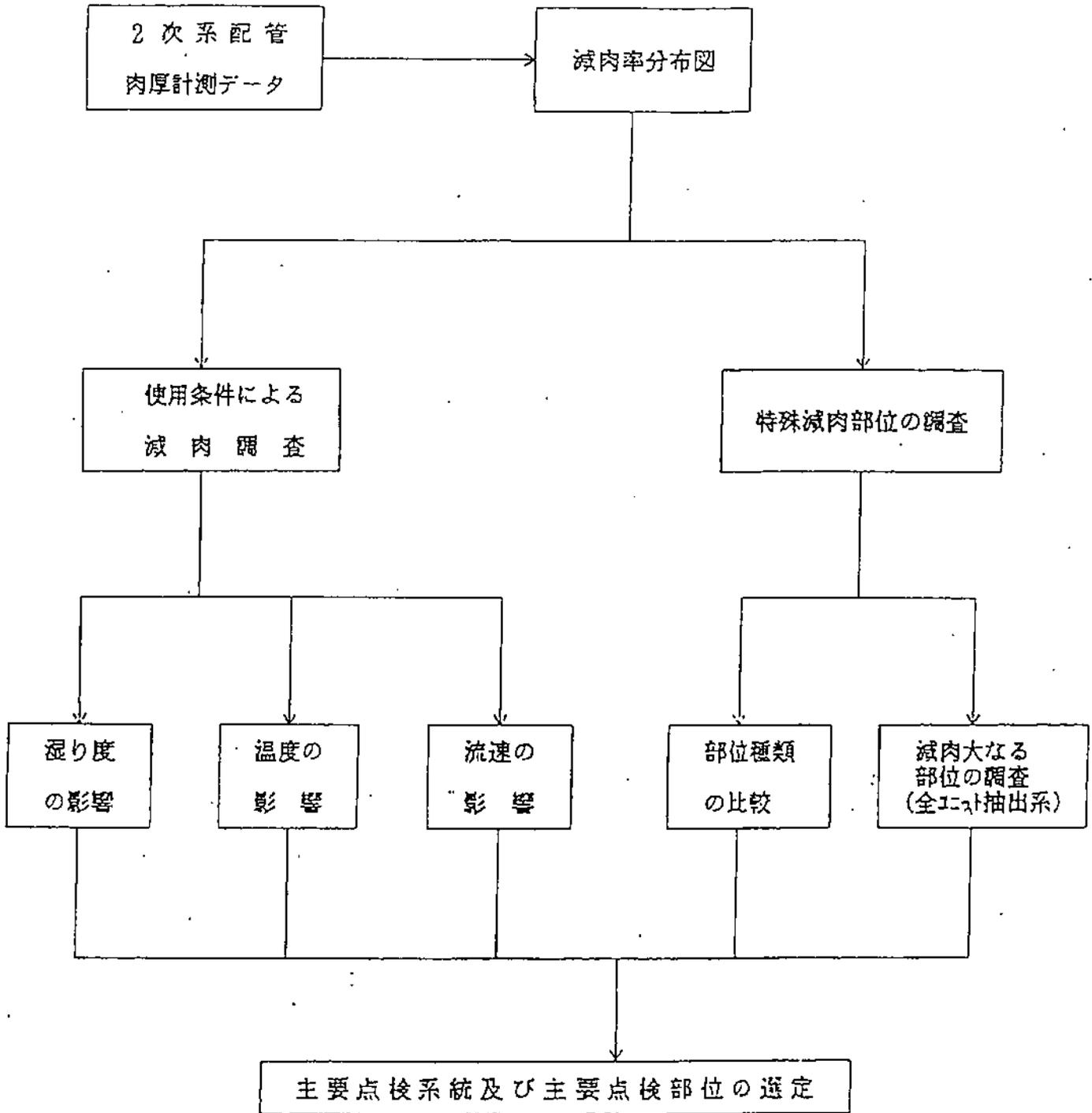
方法区分 (対象部位)	減肉率算出要領
最小自乗法 (全ての部位)	傾きを最小自乗法で求め $W_r^{(2)}$ とする。 計測肉厚 運転時間

添付 - 2

## 参 考

1. 主要点検系統及び主要点検部位の選定
2. 使用条件による減肉調査
3. 特殊減肉部位の調査
4. 配管経年減肉発生状況

主要点検系統及び主要点検部位の選定



使用条件による減肉調査

38

実験記号の  
減肉調査結果

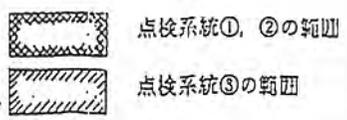
- (1) 減肉は限られた使用条件下で発生する。
- (2) 湿り度が低いCグループ及び蒸気単相のDグループでは減肉は発生しない。

実験配管調査結果一覧表

二相流		水	
15%以上		5%未満	
【Aグループ】		【Cグループ】	
【Bグループ】		【Dグループ】	
【Eグループ】		【Fグループ】	

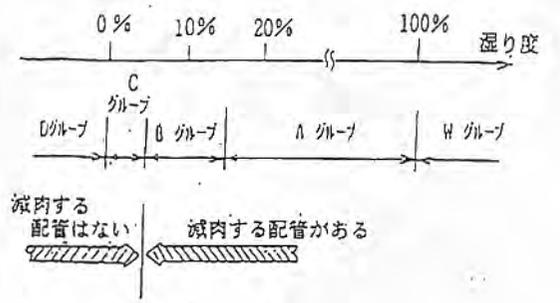
- : 減肉の徴候あり, ○: 減肉の徴候なし, ×: 該当配管なし,
- : 特殊な部位 (制御弁下流部及び玉型逆止弁下流部) を除き減肉の徴候なし,
- ▲: 減肉対策ズミのためデータなし

- 主要点検系統
- ① 二相流: 湿り度5%以上, 温度150℃~250℃の配管  
但し, 湿り度5%未満の場合でもドレンを巻き込む可能性がある系統は, 150℃以上の配管も点検対象とする。
  - ② 水系: 温度100℃~200℃の配管
  - ③ 制御弁下流部及び玉型逆止弁下流部については, 温度100℃~250℃の配管も点検対象とする。



湿り度の影響

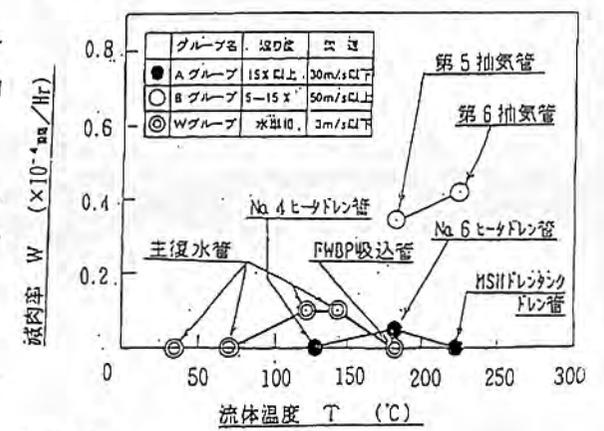
- (1) 湿り度の低いCグループ及び乾き蒸気の流れるDグループの配管には減肉の徴候が見られない。
- (2) 湿り度5%以上の配管では減肉が発生する。
- (3) 但し, 湿り度が低くてもドレンを巻き込む可能性を持つ配管は減肉の徴候を持つ。



温度の影響

- (1) 二相流の場合, 減肉は150~250℃の範囲で発生し, 200℃前後にそのピークがある。
- (2) 水系の場合, 減肉は100~200℃の範囲で発生し, 150℃前後にそのピークがある。

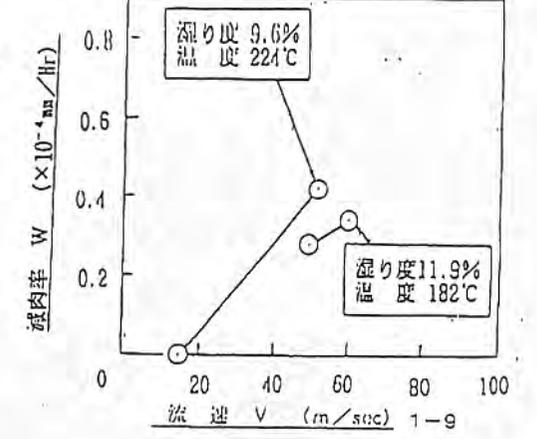
代表ユニット



流速の影響

- (1) 流速が大になると減肉率は高くなる。

代表ユニット



特殊減肉部位の調査

【39】

部位種類の比較

(1) 部位形状の違いによる流れの乱れの差により減肉程度は変化する。

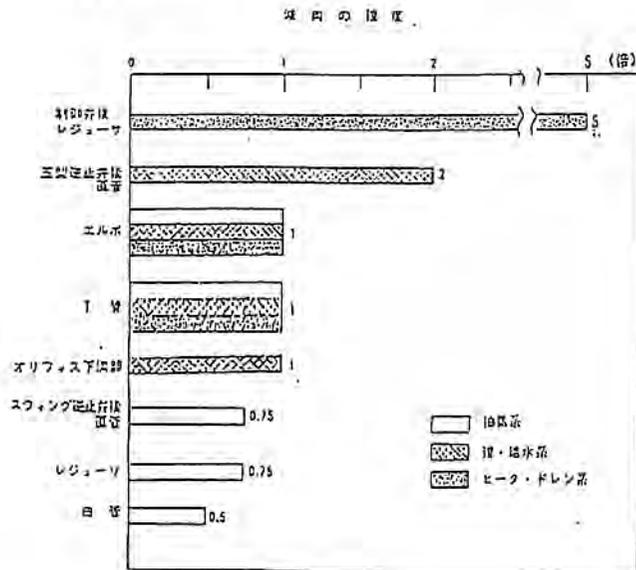
・減肉の発生し易さの順序

制御弁後 > 玉型逆止弁後 > エルボ、T管 > オリフィス下流部

スワンing型 > レジューサ > 曲管  
逆止弁後

制御弁下流の配管は、エルボが減肉徴候を示す使用条件範囲外でも減肉を起こす。

代表ユニット



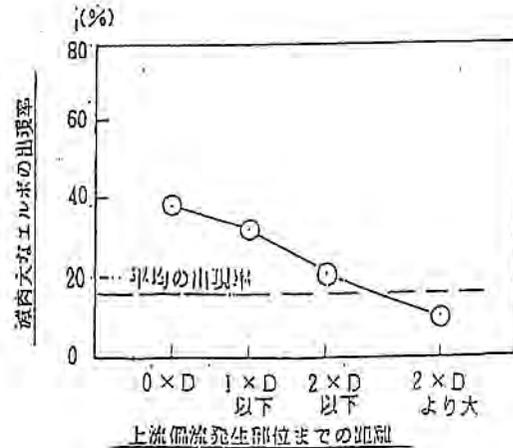
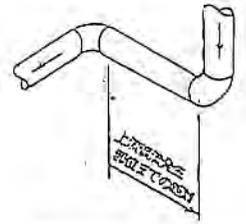
減肉大な部位の調査

(全エント抽気系)

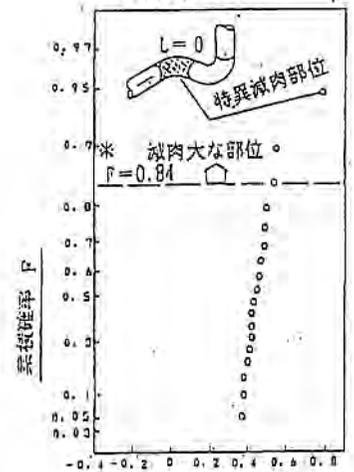
(1) 同一配管中のエルボの中で、上流偏流発生部位までの距離が短いもの程減肉が大となる傾向を示す。

(2) 上流偏流発生部位までの距離が配管口径の2倍を越すと ( $L > 2D$ )、その影響は見られなくなると考えられる。

(3) 上流偏流発生部位までの距離が0 ( $L = 0$ ) の場合、一般的な減肉傾向と異なる特異な減肉を示すことがある。



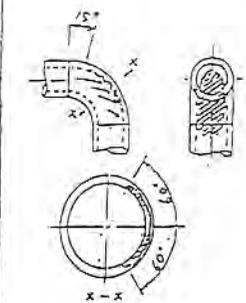
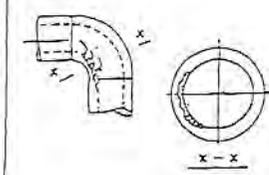
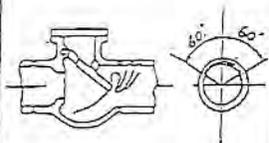
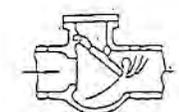
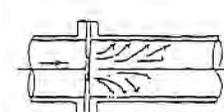
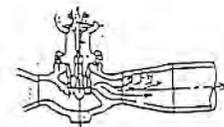
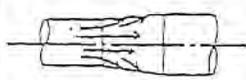
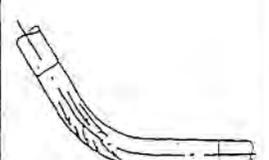
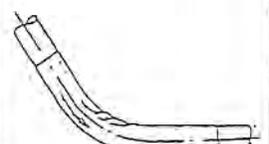
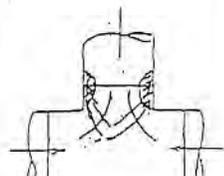
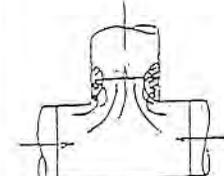
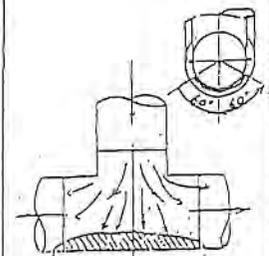
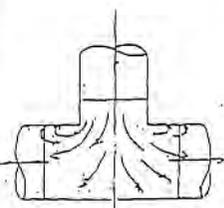
(減肉率分布図の例)



\*  $P = 0.84$ ; 平均値 + 標準偏差

 破線が示す範囲が顕著な経年減肉の発生する範囲

【40】

部位(目的)	ボ (流れの方向をかえる)		スウィング型逆止弁下流部		オリフィス下流部 (減圧及び流束計側)	制御弁下流部	玉型逆止弁下流部
	二相流	単相流	二相流	単相流	単相流	単相流	単相流
減肉状況図							
減肉メカニズム	湿り蒸気中の水分(ミスト)が管壁面に衝突することによる	流れの内側に渦をまくことによる	湿り蒸気中の水分(ミスト)が管壁面に衝突することによる	弁の下流で渦をまくことによる	絞り要素に於いて、下流側に渦をまくことによる	絞り要素に於いて下流で渦をまくことによる	弁の下流に渦をまくことによる
部位(目的)	レギュレータ (流れの絞り及び拡大)	曲管 (流れの方向をかえる)		T管 (流れの合流及び分枝)			
流れの状況	二相流	二相流	単相流	二相流	単相流	二相流	単相流
減肉状況図							
減肉メカニズム	湿り蒸気中の水分(ミスト)が管壁面に衝突することによる	湿り蒸気中の水分(ミスト)が管壁面に衝突することによる	流れにより内側に渦をまくことによる	湿り蒸気中の水分(ミスト)が管壁面に衝突することによる	流れにより内側に渦をまくことによる	湿り蒸気中の水分(ミスト)が管壁面に衝突することによる	流れにより、渦をまくことによる

関西電力

# 大飯1号機も検査漏れ

## 復水管、基準下回る薄さ

手続水

関西電力美浜原発3号機(福井県美浜町)の蒸気噴出事故にからみ、関西電力大飯原発1号機(同県大飯町)でも、検査会社を代えた際の引き継ぎミスから2次冷却系の復水管が点検対象から漏れ、国の基準を下回るほど管が薄くなっていたことが12日、わかった。

(一面参照)

関西電力によると、定期検査中の大飯原発1号機で7月、原子炉格納容器内にある蒸気発生器に2次冷却水を送る復水管4本のうちの3本で減肉が見つかった。設計では2ミリの配管の厚みが、安全性を保つための国の基準で

ある15・7ミリを下回る12

・1・14・5ミリまで薄くなっていた。同社は減肉した配管を新品に交換したうえで調整運転をし、1カ月遅れの今月末に運転を再開する予定だ。

国原子力安全対策課によると、関西電力は93年、配管を検査したメーカーの三菱重工業から「減肉が進んでおり、00年に配管の厚みが国の基準を下回る恐れがある」との報告を受けていた。

しかし関西電力は96年に検査会社を三菱重工業から関西電力の日本アーム(本社・大阪市)に代えた際、日本アームにその情報を伝えなかった。

日本アームも通常の配管と同じように40年に1回の点検でよいと判断。

今年の定期検査まで11年間検査がされず、減肉が進んだという。

減肉が起きたのはいずれも配管がカーブしている部分で、近くに、事故時に蒸気発生器に水が流

れないようにする弁がとりつけられていた。このため、水流が乱れ減肉が起きやすいとして、当初から自主点検の検査台帳に入れられていた。

関西電力は、検査データを再点検する▽引き継ぎを社則に定めて定期的に監査する—などの改善策

を真に示している。美浜原発の蒸気噴出事故では、破損した復水管が要点検対象だったにもかかわらず、76年の運転開始時からずっと点検台帳から漏れていた。三菱重工業は99年と00年の2

回、検査を引き継いだ日本アームに注意を促したが、日本アームは03年になって初めて問題の箇所が未点検だと関西電力に報告。関西電力は日本アームの報告を受けて今年14日から始める予定だった定期

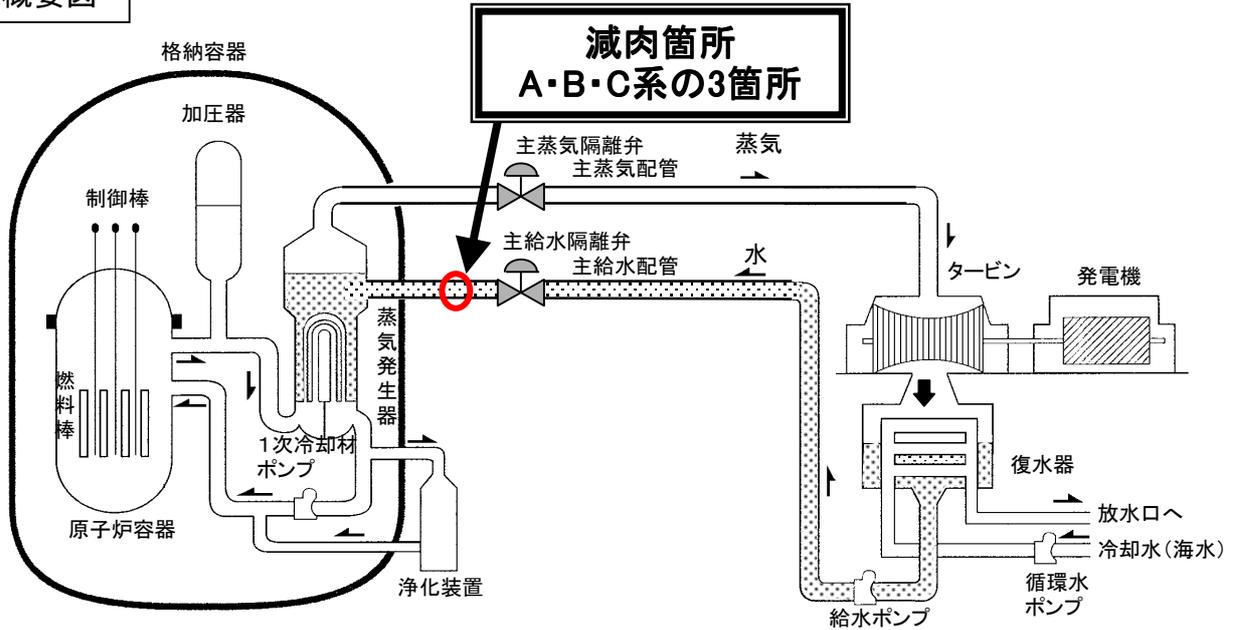
検査で初めて点検を実施することになっていた。関西電力地域共生・広報室は「大飯1号機で検査データが引き継がれていなかったのは事実で、当社のミスだった。美浜3号機のケースについては現在調査中だ」と話している。

プルサーマル「手続き進まぬ」福井知事 関西電力美浜原発の事故に関連して、福井県の

美浜3号事故と別に分けていた問題点

# 2次系主給水配管曲がり部の減肉の調査結果について

## 系統概要図



## 測定結果

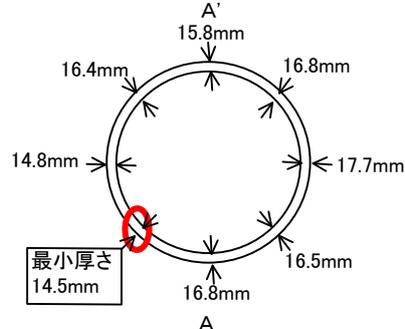
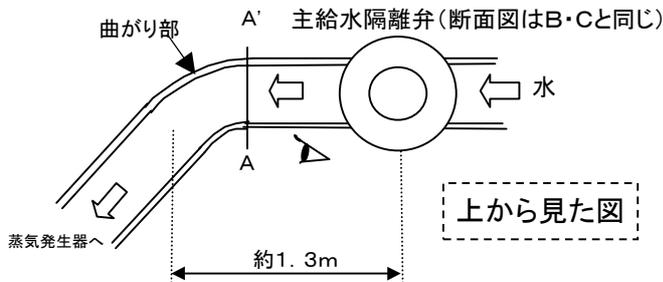
配管形状	計算上の必要厚さ	実測最小値
A-主給水管曲がり部(45°)	15.7mm	14.5mm
B-主給水管曲がり部(90°)		12.1mm
C-主給水管曲がり部(90°)		13.9mm
D-主給水管曲がり部(90°)		20.0mm

## 配管仕様

外 径: 約410mm  
 厚 さ: 約21mm  
 最高内圧: 約8MPa  
 最高温度: 約230°C  
 材 質: 炭素鋼鋼管  
 流 量: 約1,700t/h・ループ

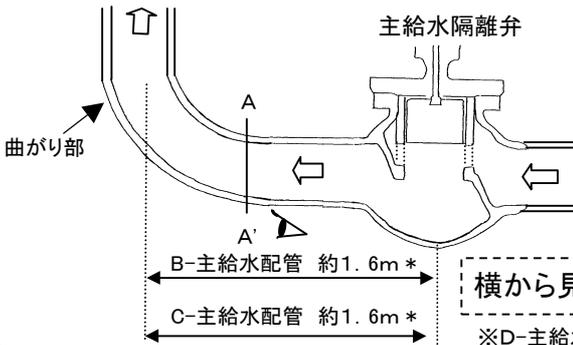
## A-主給水管曲がり部の減肉状況

### 曲がり部(45°)イメージ

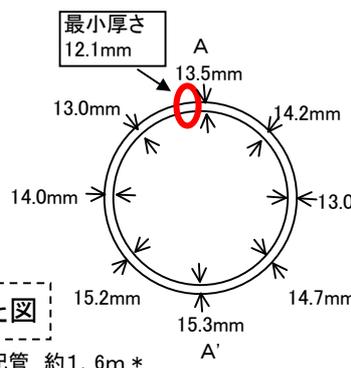


## B・C-主給水管曲がり部の減肉状況

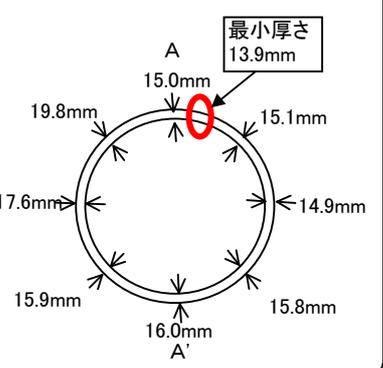
### 曲がり部(90°)イメージ



### (B-主給水管曲がり部)

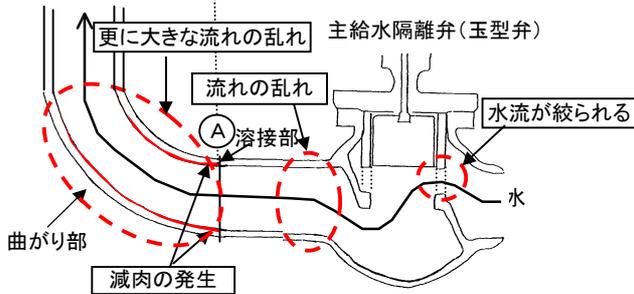
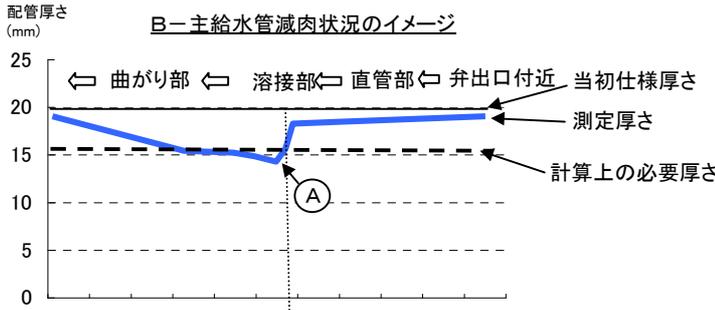


### (C-主給水管曲がり部)



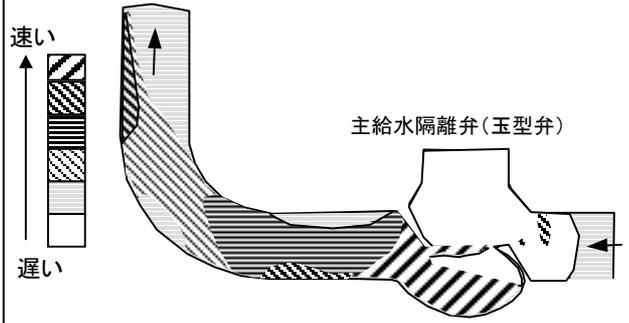
【訂正】 \* 前回発表値 B-主給水配管 約1.1m, C-主給水配管 約1.0m, D-主給水配管 約1.5m

## 減肉発生メカニズム



主給水隔離弁を水が通過する際に、水流に乱れが生じ、配管曲がり部において更に流れが大きく乱れたことによりエロージョンが発生し、徐々に減肉が進展したものと推定

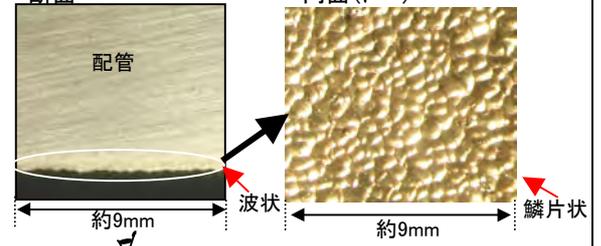
## 流況解析



主給水隔離弁下流部で流れに乱れが生じ、エロージョンを起こす可能性があることが確認された

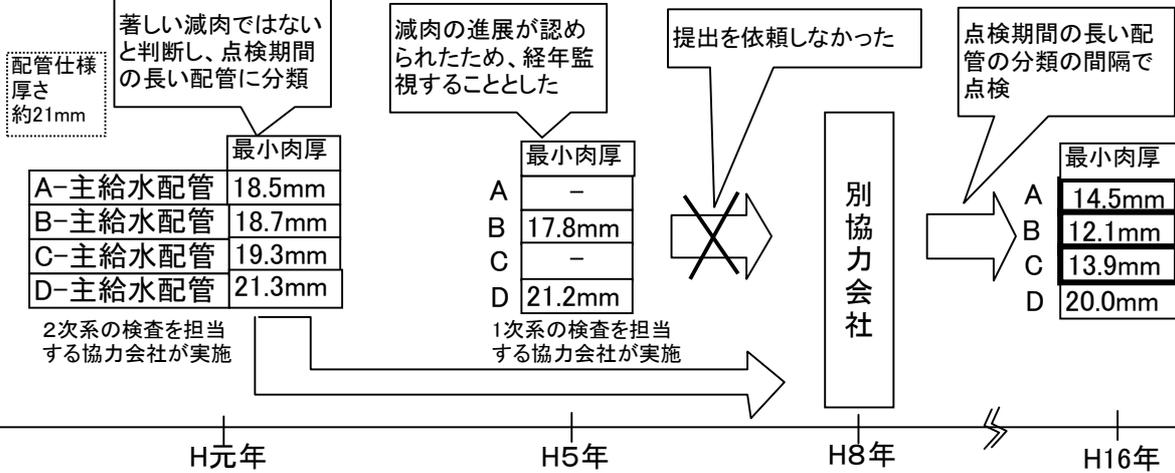
## 拡大観察 (A 部)

(例)B-主給水管曲がり部切断面の拡大観察結果



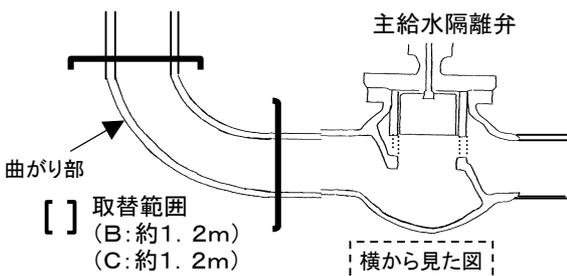
エロージョン特有の鱗片状模様を呈し減肉していた。

## 過去の点検履歴



## 対策

(例)B・C-主給水管曲がり部(90°)の取替



- 当該系統(A~D)を含め、主給水隔離弁と同型式の弁を有する系統について、弁の下流側曲がり部などの減肉傾向の監視を強化することとし、点検指針に反映する。
- 協力を会社を変更した際にデータの提出を依頼しなかったことを踏まえ、記録データの確実な引き継ぎを行うことを関西電力の規則に定め、定期的に監査する。

## 大飯発電所1号機の定期検査状況について (2次系主給水配管曲がり部の減肉の原因と対策(その後の調査結果))

大飯発電所1号機(加圧水型軽水炉 定格電気出力117万5千キロワット、定格熱出力342万3千キロワット)は、平成16年6月4日から第19回定期検査を実施中ですが、計画的に実施している2次系配管の自主点検<sup>\*1</sup>として、7月1日から5日にかけて、主給水隔離弁<sup>\*2</sup>から蒸気発生器までの、主給水配管の超音波による厚さ測定を行ったところ、4系統ある配管のうち、3系統(A, B, C)の主給水隔離弁下流の配管曲がり部で、部分的な減肉により当該部位について法律に基づき国に報告する対象となる厚さ(15.7mm)を下回っている(実測最小値...A:14.5mm、B:12.1mm、C:13.9mm)ことが確認されました。

\*1:2次系配管の自主点検

国内外の原子力発電所で発生した2次系配管のエロージョン・コロージョン(壊食・腐食)による減肉事象に鑑み、平成2年から、自主点検として計画的に2次系配管の厚さ測定を行い、健全性の確認を行っている点検。

\*2:主給水隔離弁

事故時に蒸気発生器への給水を早期に隔離する弁。

[平成16年7月5日 お知らせ済]

当該配管曲がり部減肉の原因は、当該配管曲がり部の上流に位置する主給水隔離弁注水を水が通過する際に、水流に乱れが生じ、当該配管曲がり部を通過する際に、配管曲がり部において乱れが重畳することにより、エロージョンが発生し、徐々に減肉が進展したものと推定されました。

また、今回の事象に至ったのは、協力会社を変更した際にデータ引き継ぎがなされなかったことや、過去の肉厚測定結果のデータが点検指針に反映されていなかったことが背景にあることがわかりました。

対策として、当該配管曲がり部(3箇所)は、同寸法・同材料の配管に取り替え、当該系統(A～D)を含め、主給水隔離弁と同型式の弁を有する系統について、弁の下流側曲がり部等の減肉傾向の監視を強化し、点検指針に反映することとしました。なお、従来自主点検として実施していた主給水隔離弁から主蒸気隔離弁までの配管(当該配管曲がり部を含む)の肉厚測定については、今定期検査から、定期事業者検査<sup>\*3</sup>として実施することとしました。

また、これまでに蓄積されたデータ等を再度整理し、調査・分析した上で、点検指針の見直しを検討するとともに、協力会社を変更した際などには、記録データを確実に引き継ぐことを当社の社内規則に定め、定期的に監査を実施することとしました。

\*3:定期事業者検査

電気事業法第55条に基づく検査で、記録の作成・保存が必要となり、国の安全管理審査の対象となる。

[平成16年7月16日 お知らせ済]

注:玉型弁を採用しており、同型式の主給水隔離弁を採用しているプラントは、大飯1,2号機のみである。玉型弁の下流側の水流の乱れは、他プラントで採用している仕切弁に比べて大きい。

その後、過去の点検結果が点検指針に反映されなかった経緯などについて、保守管理などの観点から、より詳細に調査を行いました。

### 1. 調査結果

#### (1)点検指針の考え方

当該配管曲がり部の点検頻度については、平成2年6月に、PWR電力事業者で策定した点検指針(基本的事項は平成元年に決定)に基づいて実施していました。点検指針では、体系的な減肉調査で採取したデータを基に、減肉傾向を監視し減肉状況に応じて点検計画を策定する「主要点検系統」と、「その他系統」(10年で対象箇所の25%を点検)に分類しました。

#### (2)当該配管における過去の点検結果データの取り扱い

過去の点検結果および当時の対応等について、保守管理の観点から整理すると以下のとおりです。

- 平成元年に、2次系の検査を担当する協力会社(プラントメーカー)が、当該部(A, B, C, D系統)の点検を行っている。点検の結果、若干の減肉が認められたが、当時、計算上の必要厚さに対して十分余裕があったことから、軽微な減肉であり継続的な監視は不要と判断した。また、点検指針策定にあたり、減肉が認められた場合、発電所から上位機関へ報告する仕組みを作っていたが、報告する基準を定めていなかったことから、減肉データが上位機関へ報告されず、点検指針への反映が行われなかったものと推定された。
- 平成5年には、蒸気発生器取替工事の一環として、1次系の検査を担当する協力会社(プラントメーカー)が当該部(B, D系統)の点検を行っている。点検の結果、減肉の進展が認められたが、計算上の必要厚さに対して十分余裕があったことから、具体的な点検計画などの検討が行われなかったものと推定された。
- 平成8年には、減肉調査の管理を行っていた2次系の検査を担当する協力会社を変更した。その際当社は、

変更前の協力会社(プラントメーカー)から過去に採取した点検データの提供を受け、変更後の協力会社はその協力会社が構築したデータ管理システムにデータを入力するよう指示を行った。この際、当社が1次系の検査を担当する協力会社に、2次系配管の調査データの引渡しを依頼しなかったため、平成5年のB、D系統の当該曲がり部の減肉点検結果を含むデータが入力されず、当該データが引き継がれないこととなった。

- 平成15年までのデータ管理システム\*4は、余寿命\*5が簡単に検索できるシステムではなかったため、平成元年のデータから評価される余寿命が認識されなかった。

\*4:平成15年度にシステムの改良を行っている。

\*5:余寿命 計算上の必要厚さを割り込むまでの期間。

## 2. 対策

詳細調査結果を踏まえ、更に保守管理面について下記対策を実施します。

(1) 点検指針の「その他系統」に分類された2次系配管で著しい減肉が認められた場合は、点検指針の見直しについて検討することを点検指針に明記します。

(2) 1次系の検査を担当する協力会社が行った2次系配管の過去の調査データを、現在運用しているデータ管理システムに入力します。

今回、保守管理上の問題点が明らかになったことを踏まえ、保守管理にかかるシステム全般について点検を行い、必要な対策を講じることとします。

以上

(経済産業省によるINESの暫定評価)

基準1	基準2	基準3	評価レベル
-	-	0 -	0 -

INES: 国際原子力事象評価尺度

 [このページ](#)

平成16年7月27日  
 経済産業省  
 原子力安全・保安院

【46】

## 関西電力㈱大飯発電所1号機の定期検査中に発見された主給水配管の減肉の原因と対策に係る関西電力㈱からの報告及び検討結果について

定期検査中の大飯発電所1号機(加圧水型軽水炉、定格電気出力117万5千キロワット)において、主給水配管の一部の減肉が確認された事象(平成16年7月5日発表済み)に関し、関西電力㈱は、本日(7月27日)、原子力安全・保安院(以下「当院」という。)に対し、原因と対策に係る報告書を提出した。

### 1. 関西電力㈱の原因と対策に係る報告書の要点

#### (1) 調査結果

切断した配管の内面を目視点検した結果、割れや腐食等の異常は認められなかったが、ほぼ全面にわたりエロージョン・コロージョン\*に見られる鱗片状模様を呈し減肉していた。

また、当該曲がり部及びその上流にある主給水隔離弁(玉型弁)による流況について解析を実施した結果、当該弁内部で生じた流れの乱れが、曲がり部でさらに強くなっており、エロージョン・コロージョンを発生させる可能性があることが確認された。

一方、当該曲がり部においては、平成元年と平成5年に関西電力㈱から自主点検が実施されており、減肉傾向が認められていたことが判明した。

\* 金属材料の腐食が流体の流れにより加速される現象。

#### (2) 推定原因

報告対象となる厚さに至る減肉が発生した原因は、主給水隔離弁(玉型弁)の構造に起因して大きく乱れた水流が、当該曲がり部においてさらに乱れたことにより減肉が発生し、ゆるやかに進展したためと推定される。

また、今回の原因調査の過程において、過去に把握された減肉傾向について、フォローアップの方針が明確でなかったこと等、保守管理上の不適切な点が抽出された。

#### (3) 対策

当該配管曲がり部については、同寸法・同材料の配管に取り替える。玉型弁下流の曲がり部での減肉発生の見解が得られたため、今後、同型の主給水隔離弁を有する大飯発電所2号機を含め、当該部位について、減肉傾向の監視を強化する。また、他プラントを含め、主給水系統で著しい減肉が発生する可能性のある部位についても、同様の措置を講じる。今般の保守管理上明らかになった問題点に関し、保守管理に係るシステム全般について点検を行うとともに、その結果を踏まえた対策を講じる。

### 2. 本報告に係る当院の評価について

当院として、関西電力㈱から提出された報告書について検討した結果、報告対象となる厚さに至る減肉が発生した原因の推定とその背景にある保守管理上の不適切な部分の分析、及びこれらに対する対策は首肯できるものとする。

また、関西電力㈱が今回の事象を踏まえ、保守管理に係るシステムについても点検を行うこととしていることを踏まえ、当院としては、保安検査等の機会を通じ、関西電力㈱の保守管理活動に関する取組み状況を適宜確認していくこととする。

#### (INESによる暫定評価)

基準1	基準2	基準3	評価レベル
-	-	0-	0-

#### 【本発表資料のお問い合わせ先】

原子力安全・保安院

原子力防災課原子力事故故障対策室 前田、天野

電話：03-3501-1511(内)4911

03-3501-1637

**対策は十分か**

平成16年8月11日  
経済産業省  
原子力安全・保安院

## 配管減肉事象に係る点検に関する報告徴収について

平成16年8月9日に発生した関西電力株式会社美浜発電所3号機2次系配管破損事故に鑑み、経済産業省は、電気事業法第106条第1項に基づき、電気事業者が所有する原子力発電所のうち、以下の対象設備について、以下の方法により調査を実施し、平成16年8月18日までに報告することを指示しました。

また、調査の結果、肉厚管理が未実施である部位のあることが確認された場合は、今後の対応策を併せて報告することを指示しました。

### 1. 対象設備

- (1) 加圧水型原子炉にあっては、2次系配管
- (2) 沸騰水型原子炉にあっては、復水系統、給水系統、主蒸気系統、抽気系統及びドレン系統に係る配管

### 2. 方法

- (1) 加圧水型原子炉にあっては、事業者が定める「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針(PWR)」に照らして、対象範囲の配管の肉厚管理が未実施である部位(炭素鋼に係るものに限る)の有無について確認すること。
- (2) 沸騰水型原子炉にあっては、加圧水型原子炉における「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針(PWR)」を準用し、又は自らの管理方法を適用する場合にあってはその適切性を同指針に照らして確認した上で、対象範囲の配管の肉厚管理が未実施である部位(炭素鋼に係るものに限る)の有無について確認すること。

#### 【問い合わせ先】

原子力安全・保安院

原子力発電検査課 森下、山口、関

電話：03-3501-1511(内)4871~5

03-3501-9547(直通)

表 報告徴収 調査結果(肉厚管理実施状況)

		点検結果					備考
		点検対象部位		肉厚管理実施部位		肉厚管理未実施部位(*5)	
		当初計画(*1)	指示に基づく確認後(*2)	点検済(*3)	点検未実施(*4)		
PWR (23基)	復水系統	12,027	12,027	8,985	3,042	0	肉厚管理未実施部位において美浜3号破損箇所は除いている
	給水系統	7,374	7,374	6,761	613	0	
	主蒸気系統	14,376	14,376	9,834	4,542	0	
	抽気系統	4,353	4,357	3,139	1,214	4	
	ドレン系統	35,661	35,661	28,859	6,802	0	
	その他	7,974	7,974	4,356	3,618	0	グランド蒸気系統、SGブローダウン等 (なお、当該系統をドレン系統、主蒸気系統に計上している社もある)
	小計(*6)	81,765	81,769	61,934	19,831	4(*6)	
BWR (29基)	復水系統	33,462	33,462	6,143	26,560	0	一部事業者において、低合金鋼を採用している部位を点検対象に計上しつつ、肉厚管理対象としていないため、数が一致していない。
	給水系統	7,140	7,140	2,525	4,432	0	同上
	主蒸気系統	7,937	7,937	966	6,629	0	同上
	抽気系統	2,128	2,128	388	1,647	0	同上
	ドレン系統	14,452	14,452	1,298	12,925	0	同上
	小計	65,119	65,119	11,320	52,193	0	同上
<b>合計</b>		146,884	146,888	73254	72024	4	

(\*1)「点検対象部位」のうち「当初計画」: 報告徴収以前の総点検部位数

(\*2)「点検対象部位」のうち「指示に基づく確認後」: PWR管理指針と比較した上で、点検対象部位を見直した場合の総点検部位数

(\*3)「肉厚管理実施部位」のうち「点検済」: 報告時点で点検実施済みの部位数

(\*4)「肉厚管理実施部位」のうち「点検未実施」: 代表部位で管理できると判断された部位数のうち点検を実施していない部位数及び今後点検を予定している部位数

(\*5)「肉厚管理未実施場所」: 肉厚管理がなされていない部位数

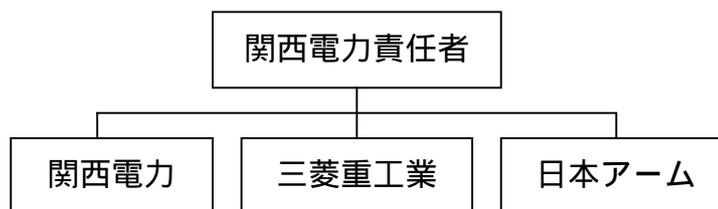
(\*6) 関西電力より報告された同一仕様の他プラントでの測定結果をもって健全性を確認したとしている11部位については集計対象から除外されている。

「配管減肉事象に係る点検に関する調査報告書」概要

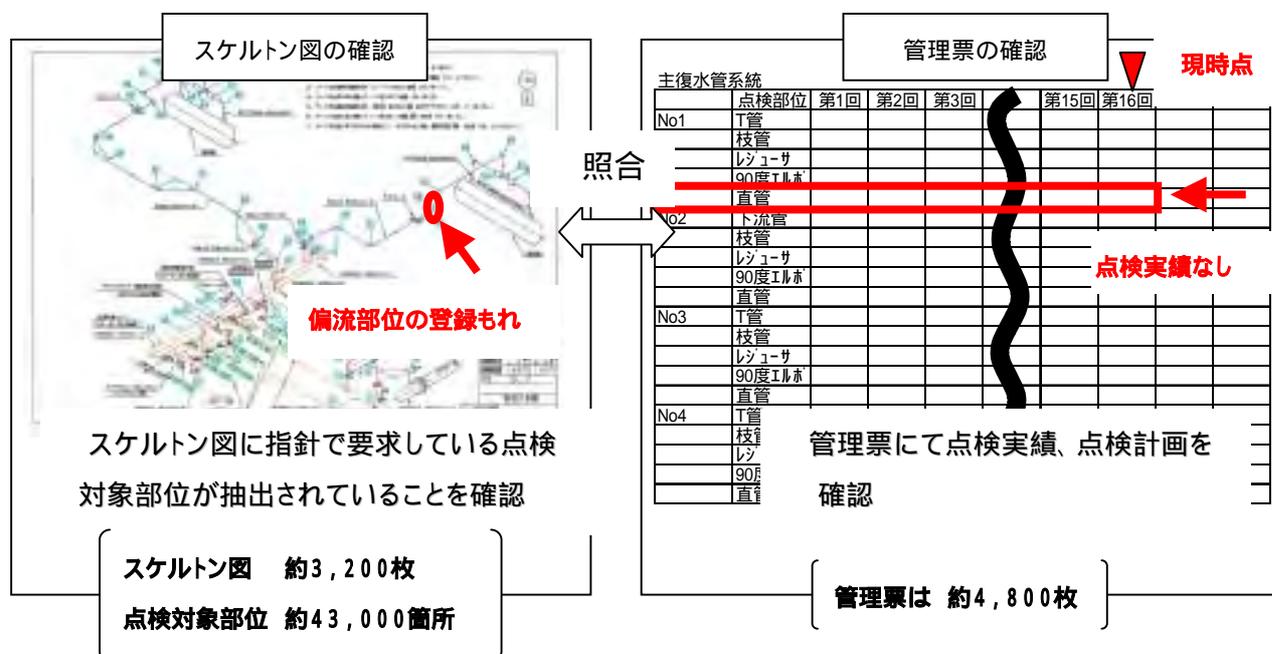
1. 経済産業省からの指示

- (1) 対象設備：2次系配管
- (2) 方法：事業者が定める「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針(PWR)」に照らして、対象範囲の配管の肉厚管理が未実施である部位(炭素鋼に係るものに限る)の有無について確認すること。
- (3) 調査の結果、肉厚管理が未実施である部位のあることが確認された場合は、今後の対応策を併せて報告すること。

2. 調査体制



3. 調査方法



\*:各数字は全ユニット分を示す

#### 4. 調査結果

(1) 国への報告対象のうち、4箇所については肉厚管理が未実施であった。

なお、運転中のスチームコンバータについては停止、隔離を終了している。

点検対象部位		肉厚管理未実施部位
当初計画	確認後	
43,179	43,183*	4

\* 美浜発電所3号機当該箇所及びB系統を除く

##### 肉厚管理未実施の一覧

プラント名	部 位
美浜発電所3号機	スチームコンバータ加熱蒸気管 オリフィス下流部
高浜発電所1号機	スチームコンバータ加熱蒸気管 オリフィス下流部
大飯発電所3号機	スチームコンバータ加熱蒸気管 制御弁下流部
大飯発電所4号機	スチームコンバータ加熱蒸気管 制御弁下流部

(2) 点検対象部位の当初計画(43,179箇所)に含まれていなかったが、同一仕様他プラントの測定結果から健全性が確認された部位が11箇所あった。

##### 同一仕様他プラントの測定結果から健全性が確認された部位の一覧

プラント名	数量	部 位
高浜発電所3号機	2	湿分分離器ドレンポンプ吐出管 レジューサ
	2	主給水管 弁下流部
	2	主給水管 ティース
	1	第6高圧ヒータ空気抜管 ティース
	1	スチームコンバータ加熱蒸気管 弁下流部
高浜発電所4号機	1	スチームコンバータ加熱蒸気管 オリフィス下流部
大飯発電所3号機	2	湿分分離器ドレンポンプ吐出管 オリフィス下流部

#### 5. 今後の対応策

肉厚管理未実施部位について

スチームコンバータが停止している場合

準備出来次第配管の肉厚測定により健全性を確認していく。

スチームコンバータが運転している場合

スチームコンバータを停止し、隔離することにより、安全確保を図ったうえで、配管の肉厚測定を行い健全性を確認していく。

同一仕様の他プラントの測定結果によって健全性が確認された部位について  
県民の皆様をはじめとする地域の皆様方に早期にご安心いただくため、  
高浜発電所3号機を停止し、点検することによって、その健全性を確認する。

また、高浜発電所4号機、大飯発電所3号機については現在停止中であり、  
停止期間中に当該箇所を点検し、その健全性を確認する。

以 上

## (3) NRCの対応に関する分析

NRCは調査チームを両発電所に派遣した。こうして規制当局の責任を再検討した。

サリー事故はNRCの規制対象範囲外で発生したのだが、トロージャンの場合は、前述したようにNRCの規制対象範囲内においても配管の劣化が発見された。そこで1987年7月にNRCは全

電力会社に対して、全ての原子力発電所で確認された侵食/腐食に関するデータおよび各社が実施している配管劣化検査計画を報告するように指示した。

1988年1月の段階では、まだ全てのデータについての分析は終了していないが、その予備的な評価では、表2に示す34基の発電所の配管に、

表2 侵食/腐食状況

発電所	州	運開年月	单相流	侵食/腐食が発見された場所			
				エルボ一部	直管	継手部	その他
サンオノフレ-1	カリフォルニア	1967.6					×
ハダムネック	コネチカット	1968.1	×				×
オイスター・クリーク	ニュージャージー	1969.5	×	×			
ドレスデン-1	イリノイ	1970.1	×	×			
ロビンソン-1	サウスカロライナ	1970.9					×
ピルグリム-1	マサチューセッツ	1972.6	×	×			
サリー-1	バージニア	1972.7	×			×	
ターキー・ポイント-3	フロリダ	1972.10				×	
サリー-2	バージニア	1973.3	×			×	
フォート・カルホーン	ネブラスカ	1973.8	×	×	×		
フォート・セント・ブレイン	コロラド	1974.1			×		
デュアン・アーノルド	アイオワ	1974.3		×	×		×
アーカンサス-1	アーカンサス	1974.8	×	×			×
ランチュ・セコ	カリフォルニア	1974.9			×		
カルバート・クリフト	メリーランド	1974.10		×	×		×
ミルストン-2	コネチカット	1975.10	×	×			×
トロージャン	オレゴン	1975.12	×	×	×		×
カルバート・クリフト-2	メリーランド	1976.11		×	×		×
セーラム-1	ニュージャージー	1976.12	×				×
クック-2	マサチューセッツ	1978.3		×			
ノース・アナ-1	バージニア	1978.4	×	×	×		
アーカンサス-2	アーカンサス	1978.12					×
ノース・アナ-2	バージニア	1980.6		×	×		
セコイヤ-1	テネシー	1980.7	×	×	×		
セーラム-2	ニュージャージー	1980.8	×				×
セコイヤ-2	テネシー	1981.11	×	×			
サン・オノフレ-2	カリフォルニア	1982.7	×				×
サン・オノフレ-3	"	1983.8	×				×
ディアブロ・キャニオン-1	"	1984.4		×	×		
キャラウェイ	ミズーリ	1984.10	×	×			
ディアブロ・キャニオン-2	カリフォルニア	1985.8		×			×
リバー・ベンド-1	ルイジアナ	1985.10					×
ベリー	オハイオ	1986.6			×		
シャーロン・ハリス	ノースカロライナ	1986.10					×
合計			18	18	12	3	17

**Table 2: Summary of Previously Identified Pipe Wall Thinning Issues and Events**

Date	Site	Details	Ref.
1976	Oconee 3	Pinhole leak in an extraction steam line. A surveillance program utilizing ultrasonic examination of extraction steam lines was initiated and, in 1980, identified two degraded elbows identical to the Unit 2 elbow that subsequently failed in 1982. The elbows were replaced.	IN 82-22
1981	Millstone 2	Use of engineering personnel unfamiliar with plant operating conditions, plant as-built designs, or erosion/corrosion history.	IN 93-21
January 1982	Vermont Yankee	Licensee shut down the plant after identifying steam blowing from a leak in the 12-inch-diameter drain line between a moisture separator and heater drain tank.	IN 82-22
January 1982	Trojan	Steam line failure resulting in plant shutdown.	IN 82-22
February 1982	Zion 1	Steam leak in 150 psig high-pressure exhaust steam line originating from an 8-inch crack on a weld joining 24-inch piping with the 37.5-inch high-pressure steam exhaust piping leading to the moisture separator reheater. The event resulted in plant shutdown.	IN 82-22
June 1982	Oconee 2	While operating at 95-percent power, a 4-square-foot rupture occurred in a 24-inch-diameter long-radius elbow in a feedwater heat extraction line. The reactor was manually tripped, a steam jet destroyed a non-safety-related load center and certain non-safety-related instrumentation. Personnel were hospitalized overnight with steam burns. An ultrasonic inspection had identified substantial erosion of the elbow In March 1982, but the erosion failed to meet the licensee's criteria for rejection.	IN 82-22
June 1982	Browns Ferry 1	Steam line failure resulting in plant shutdown.	IN 82-22
March 1983	Dresden 3	Steam leak from the shell side of the 3C3 low-pressure feedwater heater near the extraction steam inlet nozzle. The leak was attributed to erosion by deflected extraction steam. The feedwater heaters had not been included in a periodic inspection program.	IN 99-19
March 1985	Haddam Neck	Pipe rupture, approximately ½-by-2-1/4-inch, downstream of a normal level control valve for a feedwater heater.	GL 89-08
December 1986	Surry 2	Catastrophic failure of 18-inch MFW pump suction line elbow when a main steam isolation valve failed closed on one of the steam generators. A 2-by-4-foot section of the elbow was blown out and came to rest on an overhead cable tray. The reactive force completely severed the suction line. The free end whipped and came to rest against the discharge line for another pump. The failure of the piping, which was carrying single-phase fluid, was caused by erosion/corrosion of the carbon steel pipe wall. The unit had been operating at full power. An automatic plant trip occurred and four workers suffered fatal injuries. Released steam caused the fire suppression system to actuate, releasing halon and carbon dioxide into emergency switchgear. The NRC dispatched an augmented inspection team to the site.	IN 86-106 Bulletin 87-01 IN 88-17 GL 89-08
June 1987	Trojan	MFW degradation was discovered by the licensee in at least two areas of the straight sections of ASME Class 2 safety-related MFW piping inside containment. The thinning was discovered when the Trojan steam piping inspection program was expanded to include single-phase piping. The thinning was attributed to high fluid flow velocities and other operating factors.	IN 87-36 IN 88-17 GL 89-08
December 1987	LaSalle 1	Through-wall pinhole leaks due to erosion were discovered in a 45-degree elbow down stream of a turbine-driven reactor feedwater pump minimum-flow control valve. Subsequent inspections identified additional areas of wall thinning.	IN 88-17

September 1988	Surry 2	The pipe wall of an elbow installed on the suction side of a MFW pump during a 1987 refueling outage was discovered to have thinned more rapidly than expected, losing 20 percent of its 0.500-inch wall thickness in 1.2 years. Wall thinning was also observed in safety-related MFW piping and in other non-safety-related condensate piping.	GL 89-08
December 1988	Brunswick 1	Inspection indicated areas of significant but localized erosion on the internal surfaces of several carbon steel valve bodies. The affected safety-related valves were the 24-inch residual heat removal/low pressure core injection (RHR/LPCI) system injection and 16-inch suppression pool isolation valves.	IN 89-01
April 1989	Arkansas Nuclear One Unit 2	Steam escaping from a ruptured 14-inch high-pressure steam extraction line caused a spurious turbine/reactor trip from 100-percent power. This straight run of piping terminates at an elbow that was replaced during the previous outage because of erosion-induced wall thinning. The pipe and those of similar geometries had not been included in the licensee's surveillance samples, and the degraded condition was not detected during the elbow replacement.	IN 89-53
March 1990	Surry 1	Rupture of a straight section of piping downstream of a level control valve in the low-pressure heater drain (LPHD) system. The LPHD system was included in the licensee's FAC program at the time, but the program did not provide an inspection for the affected section of piping.	IN 91-18
May 1990	Loviisa 1 (foreign)	A flow-measuring orifice flange in the main feedwater system ruptured after one of five main feedwater pumps tripped, causing a check valve in the line to slam shut, creating a pressure spike. Subsequent inspections determined that 9 of 10 flanges had thinned to below minimum wall requirements.	IN 91-18
July 1990	San Onofre 2	The licensee was forced to shut down the unit after discovering a steam leak in one of the feedwater regulating valve bypass lines.	IN 91-18
December 1990	Millstone 3	Two 6-inch pipes in the moisture separator drain (MSD) system ruptured when a MSD pump was stopped to facilitate component isolation for repairs. Stopping the pump caused a pressure transient. The high-energy water flashed to steam and actuated portions of the turbine building fire protection deluge system. Two 480-volt motor control centers and one non-vital 120-volt inverter were rendered inoperable by the flooding, resulting in the loss of the plant process computer and the isolation of the instrument air to the containment building.	IN 91-18
November 1991	Millstone 2	Rupture at an 8-inch elbow of a moisture separator reheater. High-energy water flashed to steam, actuating portions of the turbine fire protection deluge system. The license had not selected the ruptured elbow for ultrasonic testing in its erosion/corrosion monitoring program. See LER 50-336/91-12.	IN 91-18
1992	Millstone 3	See LER 50-309/92-07.	IN 93-21
1992	Maine Yankee	See LER 92-007.	IN 93-21
1992	Salem 1	Improper determination of code minimum wall thickness acceptance criteria resulted in improper disposition of degraded components. See Inspection Report 50-272/92-08.	IN 93-21
1992	Hope Creek	Lack of baseline thickness measurements (history) of originally designed piping was identified. See Inspection Report 50-354/92-11.	IN 93-21
1992	Millstone 1	Lack of baseline thickness measurements of replacement piping before the replacement piping was put into service. See Inspection Report 50-245/92-80.	IN 93-21
1992	Hope Creek	Use of engineering personnel who are unfamiliar with plant operating conditions, plant as-built designs, or erosion/corrosion history.	-----
1993	Diablo Canyon 1	Erosion/corrosion wear was discovered behind a thermal sleeve in the interior of the feedwater nozzle and on the feedwater nozzle itself.	IN 93-21
November 1994	Sequoyah 1	Licensee identified a 180-degree circumferential crack in a reduced section of 14-inch condensate piping used for flow-metering. The section of piping	IN 95-11

		had been modeled incorrectly in CHECMATE™ without any diameter or thickness changes and had not been visually inspected.	
April 1997	Fort Calhoun	Manual scram and emergency boration following a 6-square-foot rupture of a 12-inch diameter sweep elbow in the fourth-stage extraction steam piping. A non-safety-related electrical load center, several cable trays and pipe hangers were damaged. In addition, asbestos-containing insulation was blown throughout the turbine building and portions of the fire protection system were actuated.	IN 97-84
May 1999	Point Beach 1	Manual trip from 100-percent power and manual safety injection actuation when the shell side of the feedwater heater ruptured. The fish-mouth rupture was approximately 27-inches long and 0.75-inch at its widest point. Feedwater heater leaks were also identified at Pilgrim Station and the Susquehanna units. None of the feedwater heaters had been included in a periodic inspection program.	IN 99-19
August 1999	Callaway	Operators manually tripped the reactor on indication of a steam leak in the turbine building. An 8-inch line from the first stage reheater drain tank to the high-pressure heater experienced a double-ended guillotine break.	Event Notification 36015

## 美浜発電所3号機 2次系配管破損事故に係る当社原子力発電所の点検の実施について

### 2次系配管破損事故に係る原子力発電所の点検について

#### 1. 点検対象部位と内容

##### 点検対象部位

- ・今回破損した配管と同位置であるオリフィスの下流部位
- ・その他の給水、復水系統オリフィス下流部位
- ・調査によって必要と判断された部位

##### 内容

- ・減肉測定

#### 2. 停止するプラントのグループ分けと停止する順序

- ①大飯4号機、高浜2号機、美浜2号機
- ②大飯2号機、高浜1号機、美浜1号機
- ③大飯1号機、高浜3号機

なお、①のグループについては、本日、速やかに負荷降下を開始致します。

#### 3. 現在停止中のプラント

大飯3号機、高浜4号機、美浜3号機

#### 4. グループ分けの考え方

以下の考え方でグループ分けを行う

- ・大飯、高浜、美浜の各原子力発電所において、各1基ずつを停止することとし、これをグループとする。
- ・今回破損した配管と同位置であるオリフィスの下流側配管減肉に対する次回測定の時期が近い美浜2号機(次回測定 2006年)、高浜2号機(次回測定 2011年)は第1グループとし早期に点検する。

#### 5. 安全確保策

- ・点検停止するプラントについては、圧力、温度を低下させて安全に停止し、点検を実施する。
- ・運転中のプラントについては立ち入り制限等の防護措置を実施する。

以上



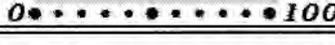
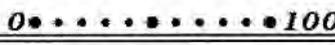
# 原子力発電所運転状況

## 【発電所の定検情報等】

- 定期検査中:大飯発電所3号機(2004/ 4/20~)
- 大飯発電所1号機(2004/ 6/ 4~)
- 高浜発電所4号機(2004/ 8/10~)
- 事故停止中:美浜発電所3号機(2004/ 8/ 9~)
- 点検停止中:美浜発電所2号機(2004/ 8/13~)
- 高浜発電所2号機(2004/ 8/13~)
- 高浜発電所3号機(2004/ 8/19~)
- 大飯発電所4号機(2004/ 8/13~)

運転出力状況リアルタイム表示  
8月26日 16時20分

- ▼ 運転出力状況
  - リアルタイム表示
  - 美浜発電所トレンド
  - 大飯発電所トレンド
  - 高浜発電所トレンド
- ▼ 排気筒モニタ
  - リアルタイム表示
  - 美浜発電所トレンド
  - 大飯発電所トレンド
  - 高浜発電所トレンド
- ▼ 放水口モニタ
  - リアルタイム表示
  - 美浜発電所トレンド
  - 大飯発電所トレンド
  - 高浜発電所トレンド
- ▼ 美浜発電所
  - リアルタイム表示
- ▼ 大飯発電所
  - リアルタイム表示
- ▼ 高浜発電所
  - リアルタイム表示
- お知らせ
- 原子力発電所運転状況
- 環境モニタリング
- 気象観測
- ホームページ

発電所	号機	定格出力	運転出力
美浜	1号機	34.0万kW	100% 
	2号機	50.0万kW	0% 
	3号機	82.6万kW	0% 
大飯	1号機	117.5万kW	99% 
	2号機	117.5万kW	100% 
	3号機	118.0万kW	0% 
	4号機	118.0万kW	0% 
高浜	1号機	82.6万kW	104% 
	2号機	82.6万kW	0% 
	3号機	87.0万kW	0% 
	4号機	87.0万kW	0% 

・原子力発電所の運転方法は、定格電気出力一定運転と定格熱出力一定運転があり、定格熱出力一定運転を採用しています。  
 ・発電所の定期検査情報等については、「お知らせ」をご覧ください。  
 ・運転中、定期的にタービン蒸気弁の健全性を確認するために、運転出力を数%低下させて試験を実施することがあります。  
 ・測定装置の点検作業時は、「調整中」を表示します。

## 追記・出所について

この PDF には鮮明さのため発表資料のデジタルデータを用いた部分があります。

PDF の頁数（配布資料の【頁】ではありません）と出所

・ 6/63

関西電力「美浜発電所 3 号機 2 次系配管破損事故に係る報告について」

<http://www.meti.go.jp/committee/downloadfiles/g40819a2110j.pdf>

・ 11-12/63

関西電力「美浜発電所 3 号機 2 次系配管破損事故に係る報告について」

<http://www.meti.go.jp/committee/downloadfiles/g40819a2110j.pdf>

・ 14/63

福井県原子力安全対策課「美浜発電所 3 号機の原子炉自動停止について [ 8 月 9 日 20 時 00 分 ] 」

<http://www.atom.pref.fukui.jp/announce/h16/047-H160809-M3trouble-2.pdf>

・ 30/63

北海道電力「泊発電所復水管オリフイス下流部の過去における管理状況について（H16.8.25）」

<http://www.hepco.co.jp/press/h16/0825.html>

・ 34-39/63

原子力設備 2 次系配管肉厚の管理指針（PWR）

<http://www.yonden.co.jp/press/re0408/data/pr008-02.pdf>

（40-44/63 は事故調提出資料スキャン）

・ 46-47/63

関西電力「2 次系主給水配管曲がり部の減肉の調査結果について」

[http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/images/071/63j\\_10139\\_1\\_21\\_0716\\_2\\_1.pdf](http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/images/071/63j_10139_1_21_0716_2_1.pdf)

・ 48-49/63

関西電力「大飯発電所 1 号機の定期検査状況について（2 次系主給水配管曲がり部の減肉の原因と対策〔その後の調査結果〕）」

<http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/0727-1j.html>

・ 50/63

原子力安全・保安院「関西電力株式会社大飯発電所 1 号機の定期検査中に発見された主給水配管の減肉の原因と対策に係る関西電力株式会社からの報告及び検討結果について」

<http://www.meti.go.jp/press/0005445/0/040727genniku.pdf>

・ 52/63

原子力安全・保安院「配管減肉事象に係る点検に関する報告徴収について」

<http://www.meti.go.jp/press/0005493/0/040811mihama.pdf>

・ 53/63

原子力安全・保安院「配管減肉事象に係る点検に関する報告徴収結果について」（事故調第二回）

<http://www.meti.go.jp/committee/downloadfiles/g40819a2140j.pdf>

・ 54-56/63

関西電力「配管減肉事象に係る点検に関する調査報告書」概要」

[http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/images/0818-1j\\_10367\\_1\\_21\\_0818\\_1\\_1.pdf](http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/images/0818-1j_10367_1_21_0818_1_1.pdf)

・ 58-60/63

NRC” NRC INFORMATION NOTICE 2001-09: MAIN FEEDWATER SYSTEM DEGRADATION IN SAFETY-RELATED ASME CODE CLASS 2 PIPING INSIDE THE CONTAINMENT OF A PRESSURIZED WATER REACTOR”

<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/gen-comm/info-notices/2001/in01009.html>

・ 61/63

関西電力「美浜発電所 3 号機 2 次系配管破損事故に係る当社原子力発電所の点検の実施について」

[http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/0813-1\\_1j.html](http://www.kepco.co.jp/pressre/2004/0813-1_1j.html)