

平成16年 11月 1日
関西電力株式会社

大飯発電所4号機 第9回定期検査における
2次系配管肉厚測定結果について

大飯発電所4号機第9回定期検査における2次系配管の肉厚測定については、当初から計画していた部位(283箇所)に加え、2次系配管肉厚管理の充実を図ることを主な目的として追加部位(805箇所)について測定を実施し、その結果がまとまったので以下の通り報告します。

1. 測定結果

(1) 主要点検部位(77箇所)

計算必要厚さを下回る部位1箇所(B-主給水ポンプブースタポンプ吐出管エルボ部)が確認された。

その他の主要点検部位については、必要厚さを下回る部位はなかった。
余寿命評価の結果、1年以下の部位はなかった。

(その他の主要点検部位での余寿命の最低は4.2年であった。)

(2) その他部位(1011箇所)

計算必要厚さを下回る部位はなかった。

余寿命評価の結果、1年以下の部位はなかった。

(余寿命の最低は3.1年であった。)

2. 補修実績

計算必要厚さを下回ったB-主給水ポンプブースタポンプ吐出管エルボ部については、同材料の配管に取替えた。

以上

配管肉厚測定結果表

(次回定検での余寿命評価結果が5年以下の箇所一覧)

ユニット:大飯発電所4号機

スケルトン 図番号	部位 番号	名称	公称 肉厚 (mm)	測定 最小値 (mm)	計算 必要厚さ (mm)	今定期検査 での余寿命 (年)	次回定期 検査時点 での余寿命 (年) [*]	部位 分類	系統名	対 応
13	6	主給水ポンプブースタポンプ吐出管(1/3) 45°エルボ	15.0	12.7	10.9	4.2	3.2	主要	給水	次回定期検査での取替えを計画する。
39	7	主復水管装置(8/15) 90°エルボ	12.7	11.7	8.8	3.1	2.1	その他	復水	配管取替(前回)後の初回計測データであることから、評価精度向上の観点より、次回定期検査での計測を計画する。
		主復水管装置(8/15) 下流管	12.7	11.7	8.8	3.9	2.9	その他	復水	同上
45	1	主復水管装置(14/15) 90°曲管	9.5	8.2	6.4	6.0	5.0	主要	復水	次回定期検査での計測を計画する。
104	12	スチームコンバータ加熱蒸気管(4/4) 90°曲管	7.1	6.0	3.8	5.8	4.8	その他	主蒸気	同上
152	4	第2段湿分分離加熱器加熱蒸気管(2/4) レジュース	17.4	16.8	13.5	5.7	4.7	その他	主蒸気	同上
		第2段湿分分離加熱器加熱蒸気管(2/4) 小径側	12.7	11.9	9.2	5.6	4.6	その他	主蒸気	同上
152	10	第2段湿分分離加熱器加熱蒸気管(2/4) レジュース	17.4	16.8	13.5	5.8	4.8	その他	主蒸気	同上
154	4	第2段湿分分離加熱器加熱蒸気管(4/4) 小径側	12.7	11.9	9.2	5.6	4.6	その他	主蒸気	同上
173	2	第2段湿分分離加熱器トレンタンクドレン管 (5/10) 90°曲管	11.0	10.0	7.0	5.7	4.7	その他	ドレン	同上
175	1	第2段湿分分離加熱器トレンタンクドレン管 (7/10) 90°曲管	11.0	9.4	7.0	5.4	4.4	その他	ドレン	同上
413	16	蒸気発生器C7ローダウンス水回収管 直管	7.6	5.2	3.8	6.0	5.0	その他	ドレン	同上
517	1	Aグループ主蒸気ライン大気放出配管 90°エルボ	15.1	13.6	11.4	5.5	4.5	その他	主蒸気	同上
524	5	タービン動補助給水ポンプ蒸気供給配管 (3/6) 90°曲管	11.0	9.0	7.1	5.5	4.5	その他	主蒸気	同上

※:次回定期検査における余寿命の想定であり、今定期検査での余寿命より次回定期検査までの期間として1年を引いた値

全12箇所 (内訳:次回取替予定 1箇所、点検継続 11箇所)

配管肉厚測定結果表

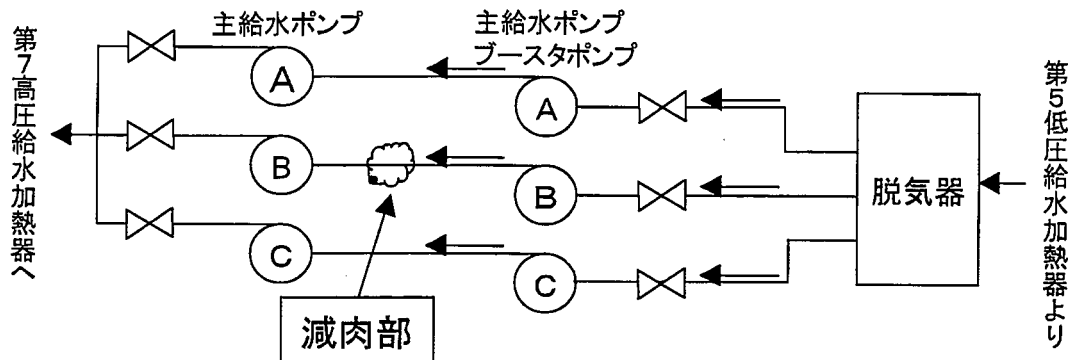
(今定検での余寿命評価結果により取替えた箇所)

ユニット: 大飯発電所4号機

スケルトン 図番号	部位 番号	名称	公称 肉厚 (mm)	測定 最小値 (mm)	計算 必要厚さ (mm)	今定期検査 での余寿命 (年)	部位 分類	系統名	対応
14	5	主給水ポンプブロースタポンプ吐出管(2/3) 90°エルボ	15.0	10.7	10.9	-	主要	給水	今定期検査で同種(炭素鋼)管に取替済。 (測定記録の詳細は別添-1参照)

取替補修概要図

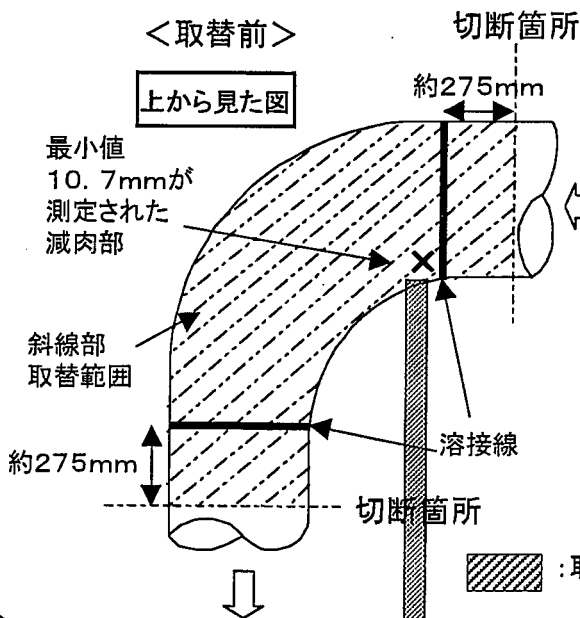
(B-主給水ポンプブースタポンプ吐出管)



取替方法

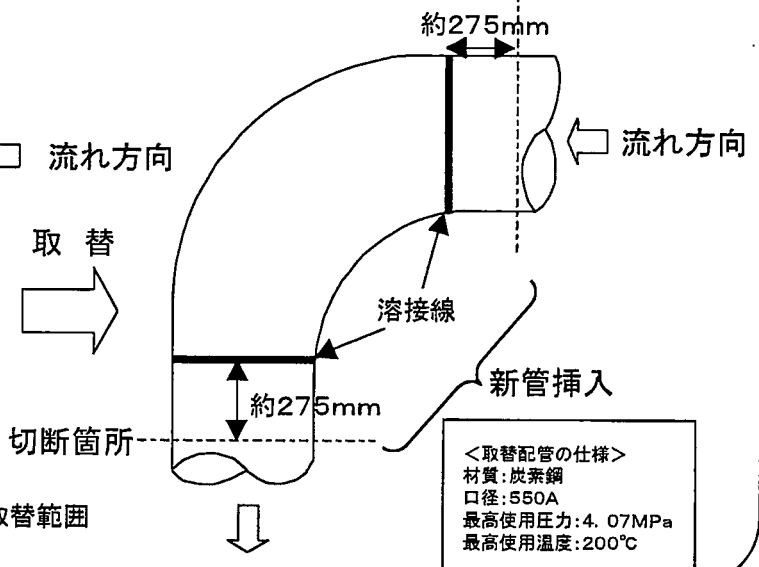
<取替前>

上から見た図



<取替後>

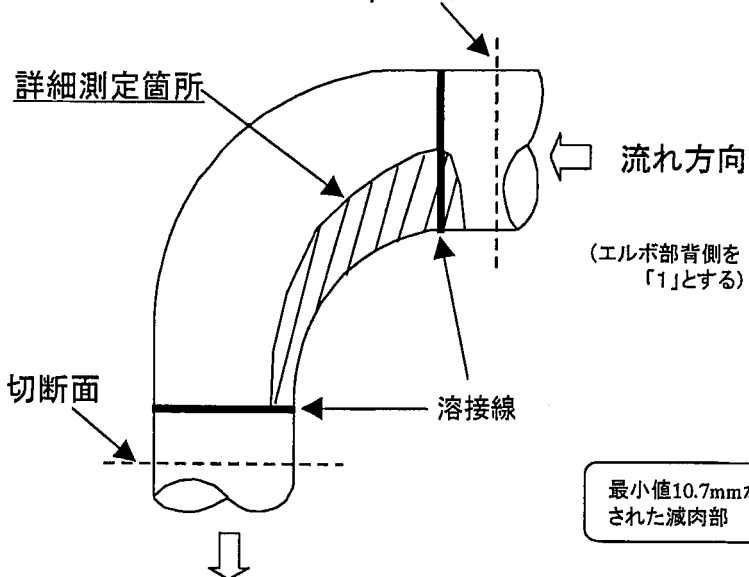
切断箇所



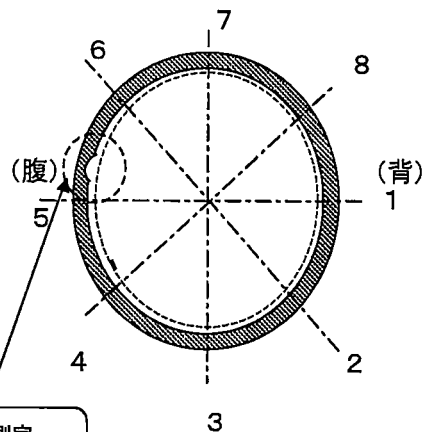
断面イメージ図

<取替後>

切断面



B-主給水ポンプブースタポンプ吐出管
上流側より見る
(破線の円は減肉前の配管内面線)



最小値10.7mmが測定された減肉部

大飯発電所4号機における
B-主給水ポンプブースタポンプ吐出管の減肉について

大飯発電所4号機第9回定期検査2次系配管の肉厚測定において、B-主給水ポンプブースタポンプ吐出管に減肉が確認された。

このことから、本事象に対して以下の通り考察を行った。

1. 当該系統（B系統）及び類似系統（A，C系統）の健全性

主給水ポンプブースタポンプは、タービン動給水ポンプブースタポンプ2台（A，B系統）と電動給水ポンプブースタポンプ1台（C系統）の3系統が設置されている。

A，C系統の当該部位の余寿命は、A系統で4.2年，C系統で約90年と評価しており十分に健全であることを確認している。

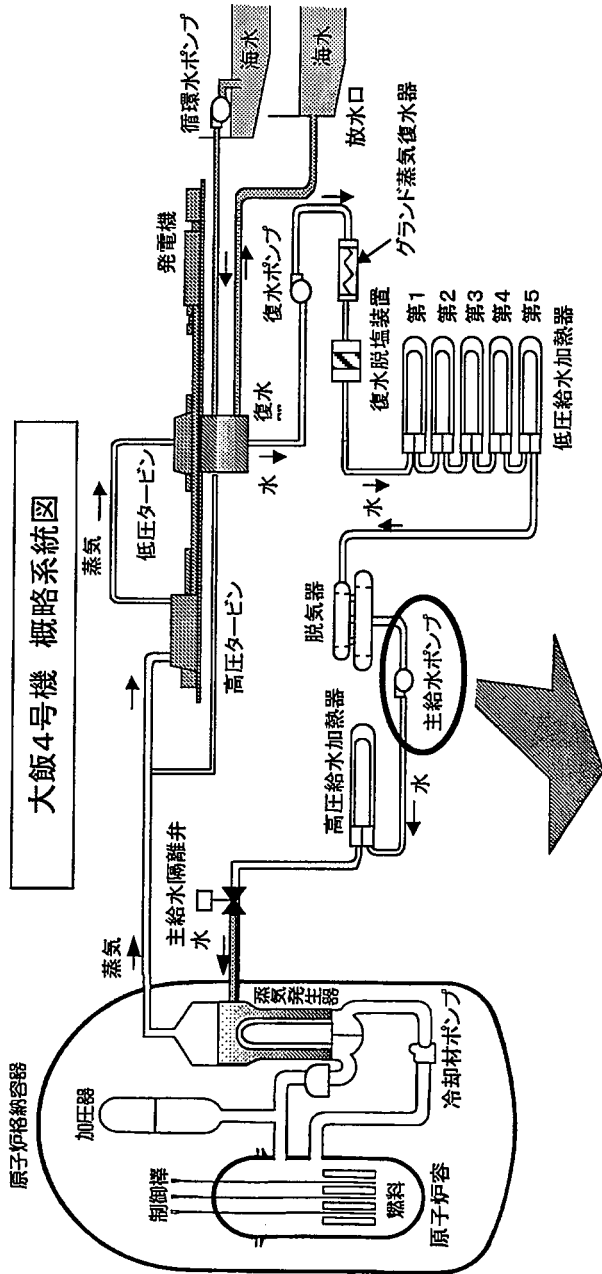
また、過去の測定から減肉傾向にある部位（A，Bポンプ吐出部近傍）については、既に耐食性の高いステンレス鋼に取替えるとともに、それ以外の部位についても、十分に余寿命があることを確認し健全であることを確認している。

2. 考 察

大飯発電所4号機の第9回定期検査から新しい管理方法を導入し、余寿命が5年以下（従来は2年となる前）の時期に肉厚測定を行うこととした。今回の事象は導入過渡期に発生したものであり、今後新しい管理方法を継続的に適用していけば、事象発生前に肉厚測定を行い測定結果に基づき配管を取り替えることが可能となる。

以 上

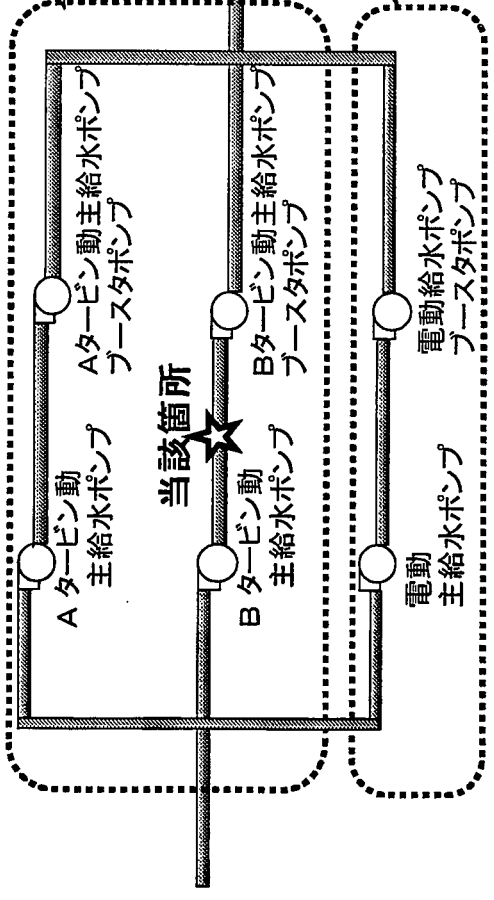
原子炉格納容器



大飯4号機 概略系統図

【 主給水系 】

主給水ポンプブースタポンプ吐出管



通常運転は、A・B号機を使用

通常運転中は使用しない
(プラント起動時とA・B号機のバックアップ)

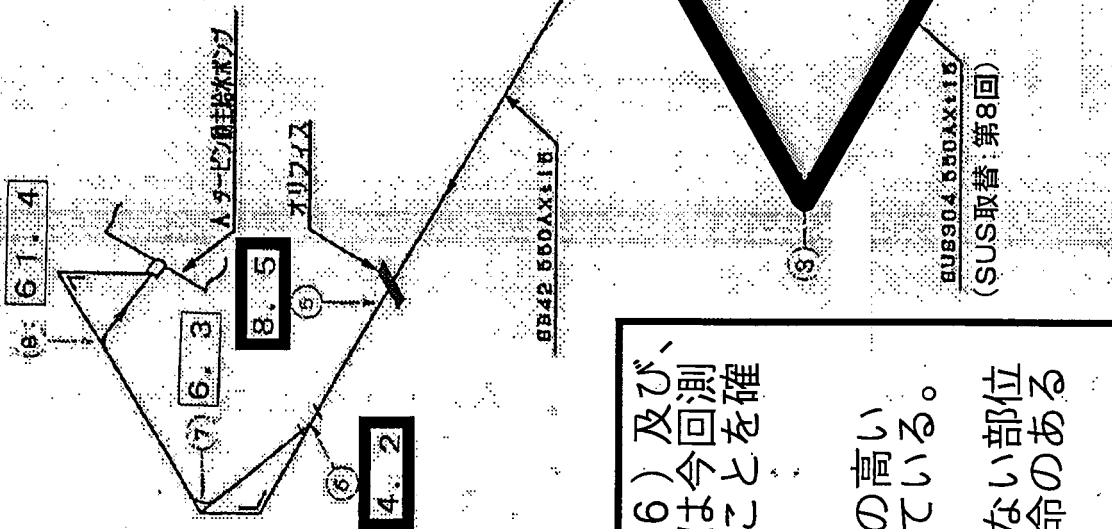
013

主

: 今年測定
 : 過去測定

数字は、現時点での余寿命を示す。

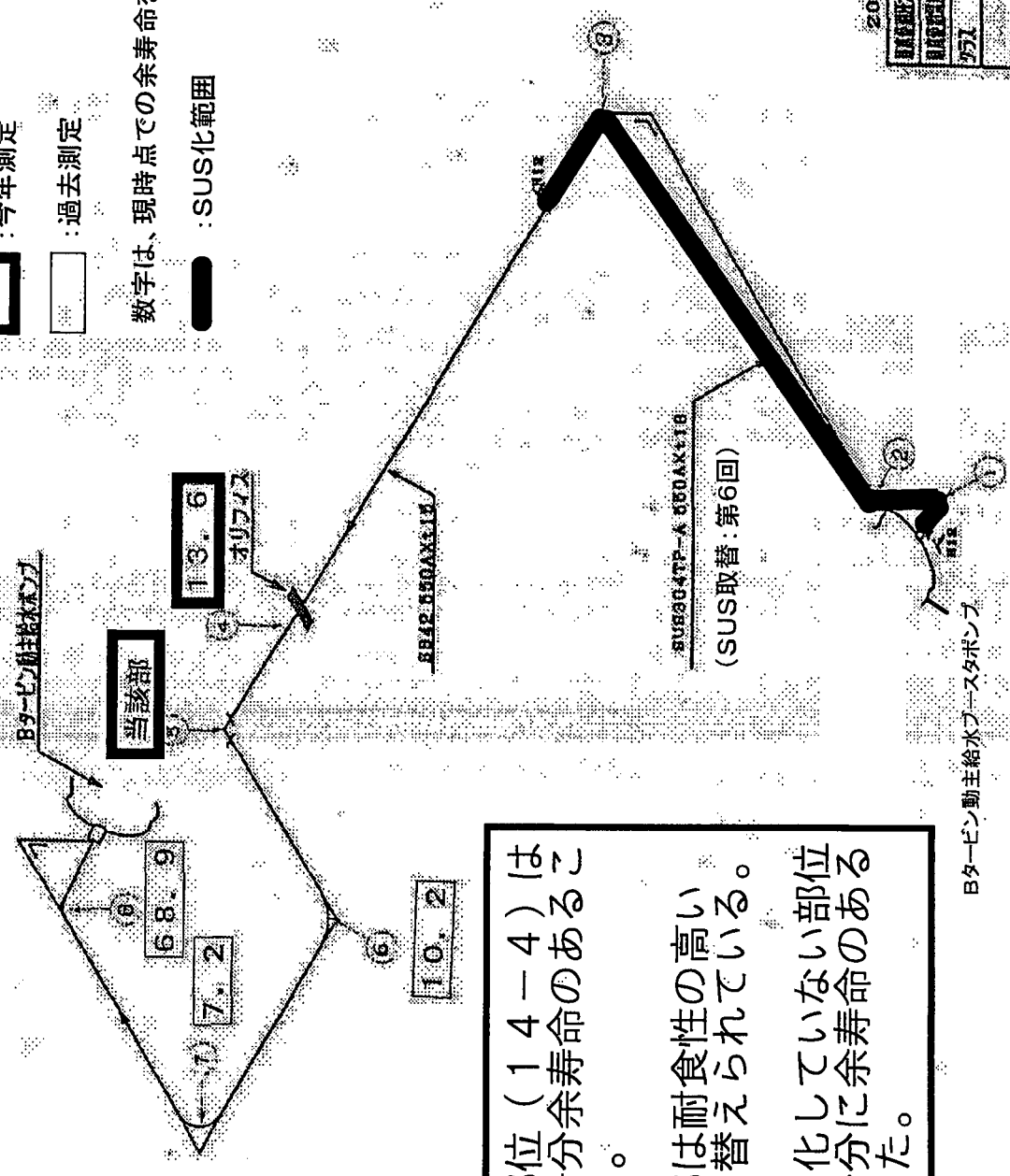
● : SUS化範囲



測定電力	4.07 MPa
測定流量	200 t/h
測定温度	27.1
2000.9.4 測定	
大阪4号機	
設備番号	主給水ポンプブースト
測定位置	ポンプ吐出部 (1/3)
検査年月日 2003.05	

014
 主

□ : 今年測定
 □ : 過去測定
 数字は、現時点での余寿命を示す。
 ■ : SUS化範囲



○当該部直近部位(14-4)は今回測定し十分余寿命のあることを確認した。
 ○ポンプ吐出部は耐食性の高いSUSに取り替えられている。
 ○また、SUS化していない部位について也十分に余寿命のあることを確認した。

2001.3.20 現
圧力 4.07 MPa
流量 200 t
757
大阪4号機
主給水ポンプ
ポンプ吐出管(2/3)
2001.3.20

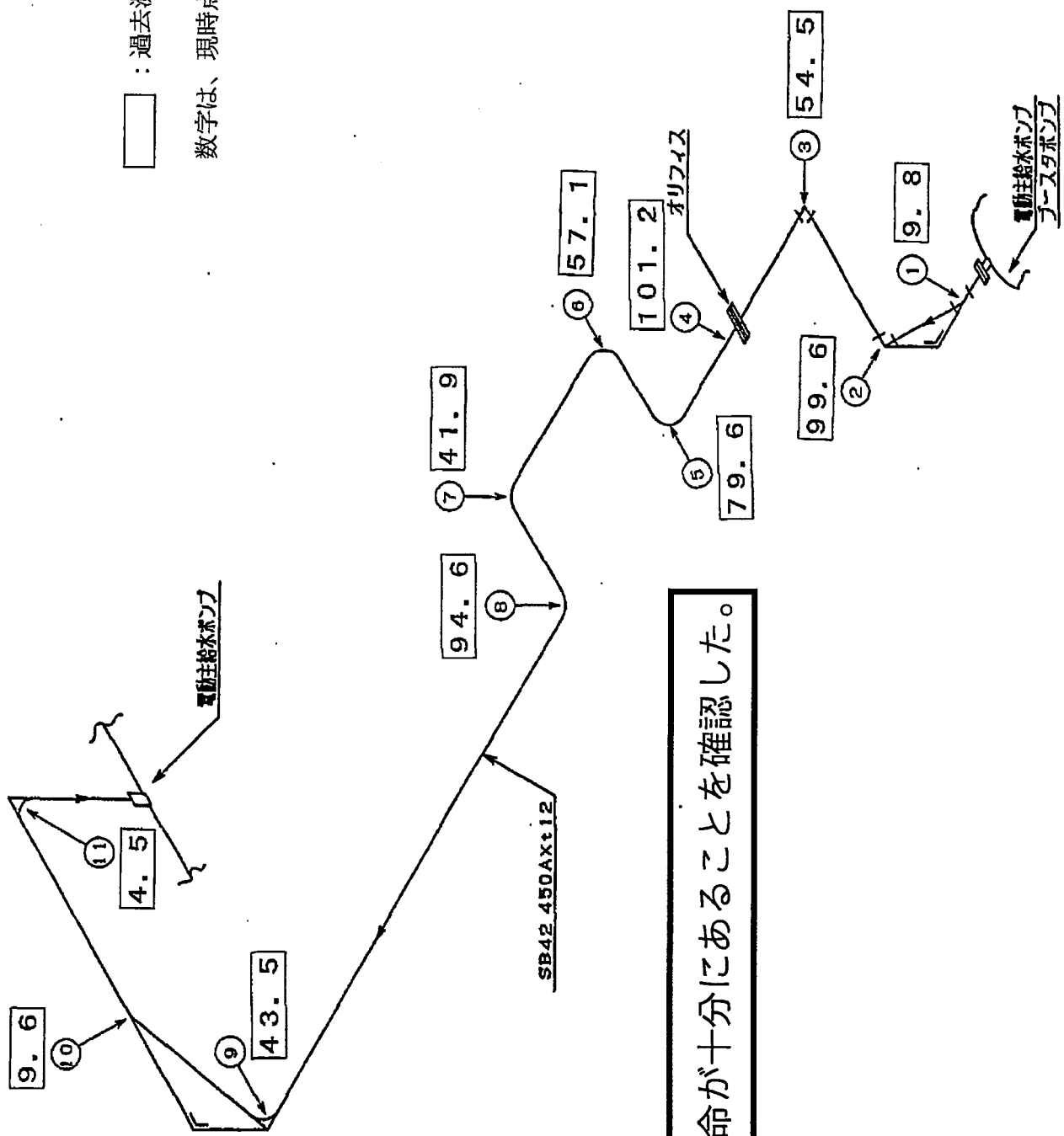
Bタービン動主給水ブースタポンプ

015

□ : 過去測定

主

数字は、現時点での余寿命を示す。



○余寿命が十分にあることを確認した。

2000.9.4 検閲

設計使用圧力	3.58 MPa
設計流量	200 G
クラス	
大飯4号機	
LI-02001	主給水ポンプブースタポンプ吐出管 (3/3)

美浜発電所 3 号機の安全確保対策の実施結果と今後の取り組みについて

美浜 3 号機については現在、原因調査を継続中ですが、安全確保対策を実施しましたので、その結果を報告します。また、今後、事故に伴う設備影響調査を実施することとします。

1. 安全確保対策の実施結果

(1) 原子炉からの燃料取出し

原子炉から燃料ピットへの燃料取出しを実施しました。

(2) 事故に伴う設備類の安全確保対策

現場点検を実施し、安全確保上必要な防災設備（火災報知器、誘導灯、消火設備等）および建屋付帯設備（PHS 設備、作業用電源、照明灯等）において、故障等が認められたものは補修を実施しました。

また、その他の設備についても点検し、ただちに安全確保上問題となるものはないことを確認しましたが、一部の機器については熱水、蒸気等の影響が認められました。

これらの点検を通して、熱水、蒸気等の到達範囲はタービン建屋全域、中間・制御建屋の一部であることを確認しました。

(3) 2 次系配管、機器の保管措置

配管機器の腐食防止等のために、現在乾燥保管中です。

2. 今後の取り組み

・事故に伴う設備影響調査の実施

安全確保対策の一環として現場点検を行い、熱水、蒸気等の影響範囲を確認したことを受け、事故の早期全容把握のために、影響範囲にある設備について外観点検（目視、動作試験等）を行います。その結果、影響があると認められる機器については、詳細な開放調査（必要により工場に持ち帰り調査）を行います。

3. その他

通常の定期検査の実施については、原因調査の進捗状況等を踏まえ検討します。

以上

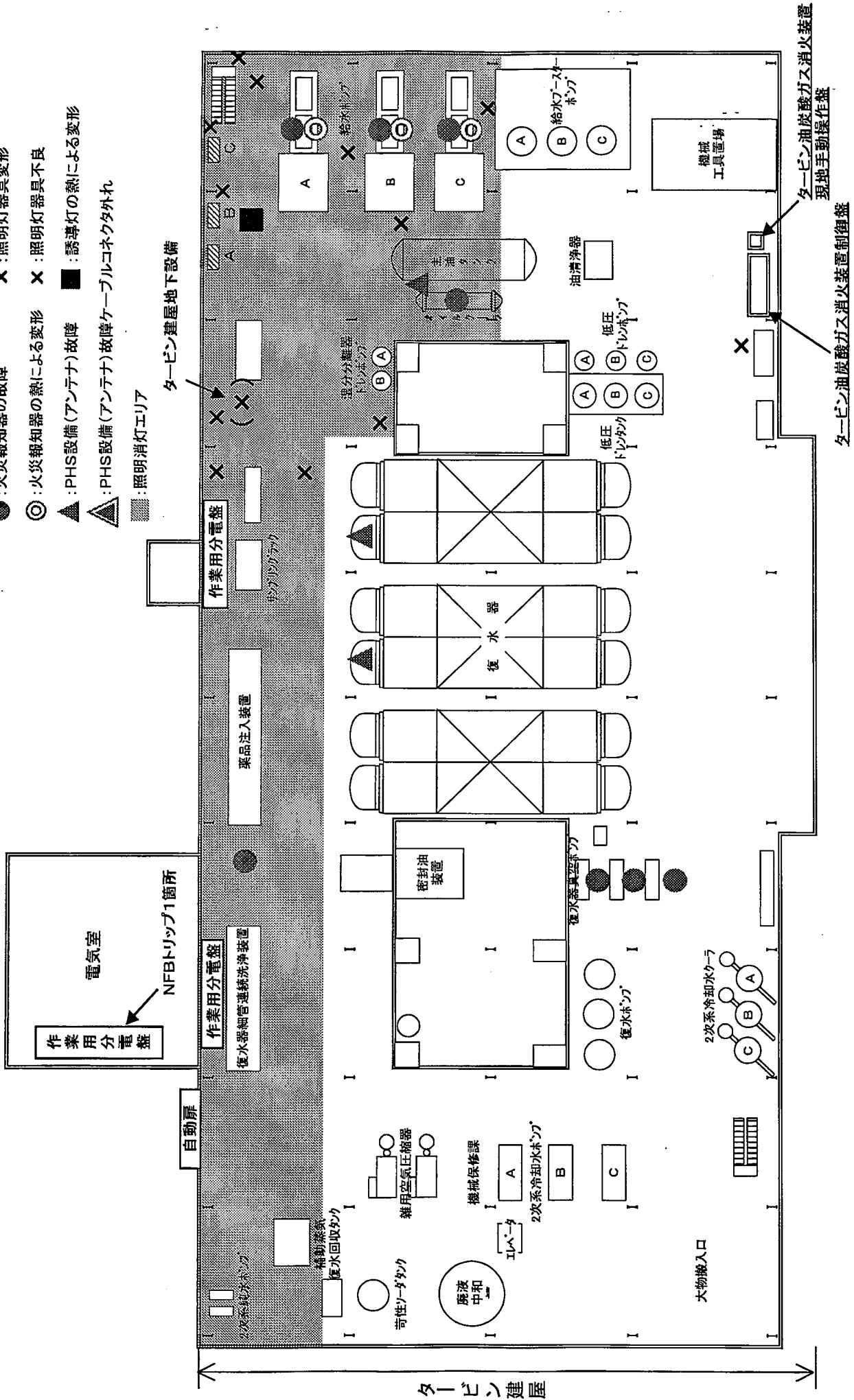
安全確保のための機器の点検結果及び補修状況

設備区分	設備名	点検結果	補修状況
防災設備	火災報知器 (60台)	・火災感知器の故障16台 (うち、熱による変形が10台)	・故障16台と水分の影響を受けた30台を含め、計46台を取替済
	誘導灯 (35台)	・誘導灯2灯が熱により変形	・取替済
	炭酸ガス消火設備(タービン) 同上(D/G)	・炭酸ガス消火装置(タービン)の現地手動操作盤内に水分が浸入し、また制御盤電圧計の指示が不良	・自動消火機能は異常がないため安全上の問題は無い。(電圧計は今後取替予定)
	ハロゲン消火装置 (一式)	・ハロゲン消火装置現地手動操作盤内に蒸気が浸入、滴化し手動操作スイッチを誤動作させ、ハロゲンが誤放出	・ハロゲン消火設備は、タービン発電機起動まで機能要求がないので、安全上の問題は無い。 (操作盤は今後取替予定)
	ペーシング設備 (一式)	・異常はなかった	—
建屋付帯設備	PHS設備 (アンテナ) (40台)	・アンテナユニット11台故障(うち、1台はケーブルコネクタが外れていた)	・取替、修理済
	作業用電源 (分電盤50面)	・絶縁不良の分電盤8面(10回路)、NFBトリップ4箇所	・修理済
	照明灯 (678灯)	・消灯146灯、器具変形15灯、器具不良11灯	・配管破口箇所近辺(12灯)については、仮設照明を設置した。それ以外は取替済。
	クレーン・ホイスト (6台)	・ホイストペンダントスイッチへの水分の混入により動作不良1台	・不良のペンダントスイッチは取替済
	自動扉・シャッター (13台)	・水分の混入により自動扉動作不良2台	・修理済
	エレベーター (1台)	・異常はなかった	—

タービン建屋 1階 (EL4.0M)

凡例

- : 火災報知器の故障
- ⊗ : 火災報知器の熱による変形
- ▲ : PHS設備(アンテナ)故障
- ▲ : PHS設備(アンテナ)故障ケーブルコネクタ外れ
- : 照明消灯エリア
- ⊗ : 照明灯器具変形
- ⊗ : 照明灯器具不良
- : 誘導灯の熱による変形



タービン油炭酸ガス消火装置
現地手動操作盤

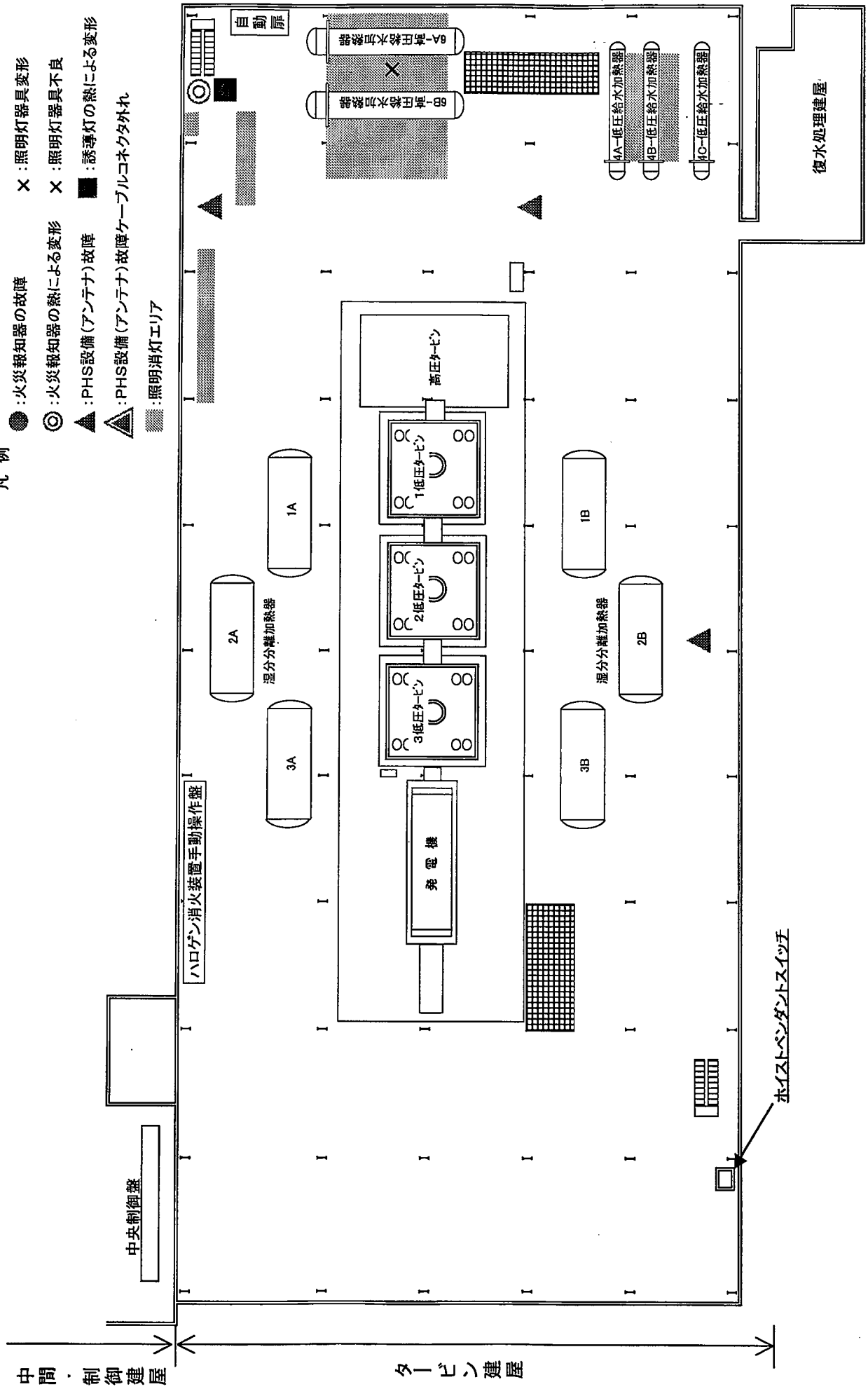
タービン油炭酸ガス消火装置制御盤

タービン建屋

タービン建屋 3階 (EL17.0M)

凡例

- : 火災報知器の故障
- ⊗ : 照明灯器具変形
- ⊙ : 火災報知器の熱による変形
- ⊗ : 照明灯器具不良
- ▲ : PHS設備(アンテナ)故障
- : 誘導灯の熱による変形
- ▲ : PHS設備(アンテナ)故障ケーブルコネクタ外れ
- : 照明消灯エリア



現場点検で判明したプラント設備の状態

対象機器名	場所	確認結果
給水ポンプモータ:3台(A1、A2、B1) 復水ポンプモータ:1台(C) 復水ブースタポンプモータ:1台(B) 非常用油ポンプモータ:1台	タービン建屋 タービン建屋 復水処理建屋 タービン建屋	絶縁抵抗測定の結果、値が低かったもの(判定基準:7.6MΩ以上) ・給水ポンプモータ 0.6~0.9MΩ ・復水ポンプモータ 2.5MΩ ・復水ブースタポンプモータ 9.0MΩ(前回測定値に比べ大きく低下) ・非常用油ポンプモータ 0MΩ
復水ブースタポンプモータ:2台(A、B) タービン軸受ジャッキグ油ポンプモータ :1台(B) タービン建屋天井ファンモータ	復水処理建屋 タービン建屋 タービン建屋	・配管破口からの復水流出により、復水器水位低下でモータが自動停止し、その後復水器水位上昇によりモータが再起動する自動起動停止が4回繰返し発生した。その結果、モータ連続起動制限回数*(3回)を超えた。 ・モータに熱水(蒸気)がかかった可能性がある。また、0.1秒の間に自動起動停止信号を6回発信し、モータ連続起動制限回数*(4回)を超えた可能性がある。 ・天井ファン電源のトリップ
制御回路 3回路:主蒸気隔離弁制御回路 相分離母線冷却盤制御回路 主蒸気安全弁表示制御回路	タービン建屋 タービン建屋 中間建屋	・主蒸気隔離弁制御回路の接地警報発信 ・相分離母線冷却盤制御電源のトリップ ・主蒸気安全弁が閉止しているのに、計算機表示画面は「開」を表示
中央制御盤 ・換気空調盤、所内盤、送電盤、オシロコ直流電源装置 計器用電源装置	制御建屋 中間建屋 中間建屋	盤面、盤内に水分の痕跡があり蒸気が進入した可能性がある
流量計 2台:6A給水加熱器ドレン流量計 指示計 1台:タービンサンプ水位指示計 他	タービン建屋 タービン建屋	・トリップ後もドレン流量1時間積算値が大きくな値を示している ・タービンサンプ水位計の指示不良
給水ポンプ :3台(A、B、C) 給水ブースタポンプ :3台(A、B、C) 復水ポンプ :2台(A、C) 復水ブースタポンプ :2台(A、B)	タービン建屋 タービン建屋 タービン建屋 復水処理建屋	・脱気器水位低下に伴うキャパティションによる影響が懸念される ・脱気器水位低下に伴うキャパティションによる影響が懸念される ・復水器水位低下に伴うキャパティションによる影響が懸念される ・復水器水位低下に伴うキャパティションによる影響が懸念される
脱気器 :2台(A、B)	屋外	天井板のスプレインズルの一部変形

*:モータ起動時には定格運転中の約4~8倍の電流が流れることから、モータ巻線温度等が上昇する。短時間に連続して起動すると温度上昇により損傷する恐れがあることから、起動回数に制限を設けている。(連続運転状態からは3回、停止状態からは4回)

美浜3号機 設備影響調査の内容

主要対象機器	影響(○:有り)		調査内容		特記事項
	熱水	蒸気 衝撃	外観点検	開放調査 ^{※1}	
	(外観点検等の結果により必要に応じて実施)				
1. 電気設備					
モータ(約100台) 給水ポンプモータ他	○	○	目視点検、油分析、絶縁抵抗測定(*2)	(分解点検)	(*1) 既に安全確保のために 行った現場点検で判明 したプラント設備(添付 資料-2)については、 開放調査まで実施する (*2) 高圧モータ、高圧ケー ブルについては、絶縁 診断試験も実施する
ケーブル(一式) 高圧、低圧、制御ケーブル	○	○	目視点検、絶縁抵抗測定(*2)	-	
所内開閉装置(一式) メタクラ遮断器他		○	目視点検、絶縁抵抗測定	(しゃ断器分解点検)	
発電機設備(一式) 発電機本体、励磁機他		○	目視点検、油分析、絶縁抵抗測定	(軸受周り他分解点検)	
2. 計装設備					
電気式計装品(約1600台) 指示計、伝送器、電磁弁他	○	○	目視点検、特性・動作試験	(分解点検)	
空気式計装品(約1200台) 制御弁・作動弁駆動部他	○	○	目視点検、特性・動作試験	(分解点検)	
現地計器(約500台) 圧力計・温度計他	○	○	目視点検、特性・動作試験	-	
3. 機械設備					
ポンプ(37台) 主給水ポンプ、復水ポンプ他		○	目視点検、油分析	(分解点検)	
熱交換器(30基) 復水器、低圧給水加熱器、 脱気器他		○	目視点検	(開放点検)	
配管(一式)		○ ○	目視点検	-	
弁(約3300台) 安全弁、電動弁、手動弁他		○	目視点検、作動試験	(分解点検)	
タービン設備(一式) 高・低圧タービン、保安装置他		○	目視点検、油分析 EH高圧油系統機能試験	(主油タンク内部点検)	

美浜3号機2次系配管破損事故 今後の取り組みについて

項 目	8月	9月	10月	11月	12月
1. 安全確保対策		8/26 原子炉容器 上蓋開放	9/20 原子炉容器 上蓋開放 燃料 取出	10/3 燃料 取出	
(1) 原子炉からの燃料取出し					
(2) 事故に伴う設備類の安全確保対策		8/26 防災設備他点検・補修 現場点検 (一部の設備の外観点検等)			
(3) 2次系配管、機器の保管措置		9/13 保管準備	9/21 保管開始		
2. 現場設備の影響調査				機器開放を含めた 詳細な影響調査	
3. 事故の原因調査 (関西電力の調査)					
(1) 破損メカニズム解明のための解析、試験		流動解析 流況可視化試験	材料分析		
(2) プラントシミュレーション解析			評価行制作成		
(3) 破損事故の影響範囲に関する解析			2次系再現解析 1次系再現解析		
4. タービン動補助給水ライン流量制御弁 開不能原因調査			破口部からの衝撃力解析 動作確認、 外観・分解点検		
(参考)					
国(原研、基盤機構)による事故の 原因調査			乱流解析、2相流解析 構造連成解析		
			破損部現場調査		
					原因調査 とりまとめ