

平成12年1月24日
原子力安全対策課
(11-143)
<16時15分記者発表>

敦賀発電所2号機の原子炉起動と調整運転開始について (第10回定期検査)

このことについて、日本原子力発電株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

敦賀発電所2号機（加圧水型軽水炉；定格出力116.0万kW）は、定格出力運転中の平成11年7月12日に、化学体積制御系再生熱交換器連絡配管からの一次冷却水漏えいにより、原子炉を手動停止した。

その後の調査の結果、漏えい原因は、再生熱交換器の内部構造に起因して、当該連絡配管等に高サイクル熱疲労割れが発生したためと判明したことから、再発防止策として、当該再生熱交換器を取替えることとし、11月27日より第10回定期検査を開始した。

再生熱交換器取替工事を含む再発防止対策工事が終了し、本日、再生熱交換器の性能および温度変動確認の結果、問題のないことが確認されたことから、明日1月25日午前に原子炉を起動し、同日夕刻に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、1月下旬（1月28～29日頃※）に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、2月下旬には通商産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

※タービンバランシング作業（調整運転開始前にタービンの回転数を上昇させて振動を測定し、振動が大きい場合には、タービンの車軸におもりを取り付け、振動が小さくなるように調整する作業）の実施の有無により、調整運転の開始が前後する。

1. 一次冷却水漏えい事故を踏まえた対策工事

(図－1 参照)

(1) 化学体積制御系再生熱交換器取替工事

再生熱交換器内で、内筒の内側を流れる「主流（低温）」と内筒の外側を流れる「バイパス流（高温）」の温度差に起因して、胴内部の流況が周期的に変化（フローパターン変動）し、大きな温度変動が与えられ、高サイクル熱疲労による損傷が生じたため、内筒を有しない構造の熱交換器（連絡配管を含む）に取替えた。

(2) 検査の充実

① 高サイクル熱疲労割れの発生防止

過去の高サイクル熱疲労による国内外の損傷事例を十分踏まえ、類似対象箇所を抽出し、健全性確認のため、今後計画的に点検を実施することとした。

今回、以下の部位（15箇所）について超音波探傷検査を行い、異常のないことを確認した。

- ・熱成層の発生を考慮した箇所の溶接部〔充てん系統、余熱除去系統、余剰抽出系統（ループドレン系統）、安全注入系統〕
- ・第3種管で、高温低温水合流部の母材及び溶接部〔抽出系統低圧抽出配管接続部、余熱除去系熱交換器バイパスライン接続部、余熱除去ポンプ入口ミニマムフローライン接続部〕

② 格納容器内第3種管の検査の充実

今回の事故を踏まえ、第3種管のうち、格納容器内でプラント運転中に第1種管と同等の温度、圧力の1次冷却水が流れている範囲の点検を強化し、第1種管並みの頻度（25％／10年）で超音波探傷検査を実施することとした。対象となる化学体積制御系抽出系統および充てん系統の主冷却材管から再生熱交換器までの範囲の溶接部 120箇所のうち、30箇所について超音波探傷検査を行い、異常のないことを確認した。

(3) 運転管理面の改善

格納容器内で発生する1次冷却水漏えい事故時において、漏えい量をより一層低減するため、漏えい箇所の早期特定のための監視方法の充実を図るとともに、漏えい箇所の隔離や原子炉の停止・冷却に関する運転手順の整備を図った。

＜漏えい箇所の早期特定、漏えい量抑制のための改善工事＞

- ・漏えい箇所の早期特定のため、監視カメラを9台増設した。
- ・化学体積制御系に係る流量・温度等の運転パラメータの記録機能の拡充を行った。

2. 主要工事等

(1) 湿分分離加熱器・スチームコンバータ等伝熱管取替工事（図－2 参照）

蒸気発生器の信頼性向上の観点から、湿分分離加熱器（A・B）第2段、スチームコンバータ、スチームコンバータドレンクーラーの伝熱管を銅系材料のものからステンレス系材料のものに取替え、蒸気発生器への不純物持ちこみの低減化を図った。

3. 加圧器逃しタンクからの漏えい

（図－3 参照）

一次冷却系の水張り準備作業として、1月15日に、一次冷却水ポンプパージ水ヘッドタンクへ補給水を供給する作業を実施していたところ、加圧器逃しタンクの圧力開放板が開放し、タンク水が格納容器内に漏えいした（漏えい量は約1 m³）。なお、周辺環境への放射能の影響はなかった。

圧力開放板が開放した原因は、一次系統の真空引き後、加圧器逃しタンク補給水止め弁を開状態から閉にすべきところ、使用した手順書に改訂時の差し替え不備があったことと、系統状態の復旧確認が不十分であったことにより、当該止め弁が開の状態、一次冷却水ポンプパージ水ヘッドタンクへの補給水供給を開始したため、加圧器逃しタンクに補給水が供給され続け、タンク内圧が上昇したためと判明した。

開放した圧力開放板については、予備品と取替え、復旧した。また、差し替えミスがあった手順書については修正するとともに、操作の際の系統状態の確認について徹底を図った。

< 1月20日発表済み >

4. 燃料集合体の検査結果

- ・燃料集合体全数 193体のうち、48体（これらは全て新燃料集合体で高燃焼度燃料集合体）を取り替えた。
- ・燃料集合体の外観検査(64体)を実施した結果、異常は認められなかった。

5. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器伝熱管全数（計13,524本）について、渦流探傷検査を実施した結果、異常は認められなかった。

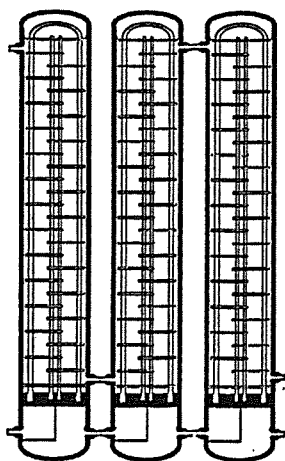
6. 次回定期検査の予定

平成13年 春頃

格納容器内一次冷却水漏えい事故に係る再発防止対策の概要

1. 再生熱交換器の取替

内筒なし構造への取替



2-1. 高サイクル熱疲労に対する点検の充実

次の配管について超音波探傷検査を実施
 高温・低温混合型点検 ⇒ 余熱除去系統等配管の混合部 (5箇所)
 熱成層型点検 ⇒ ループドレン配管等 (10箇所)

2-2. 定期検査における検査の充実

格納容器内の3種配管のうち、一次冷却材と同温・同圧の流体が流れる配管について超音波探傷検査を実施

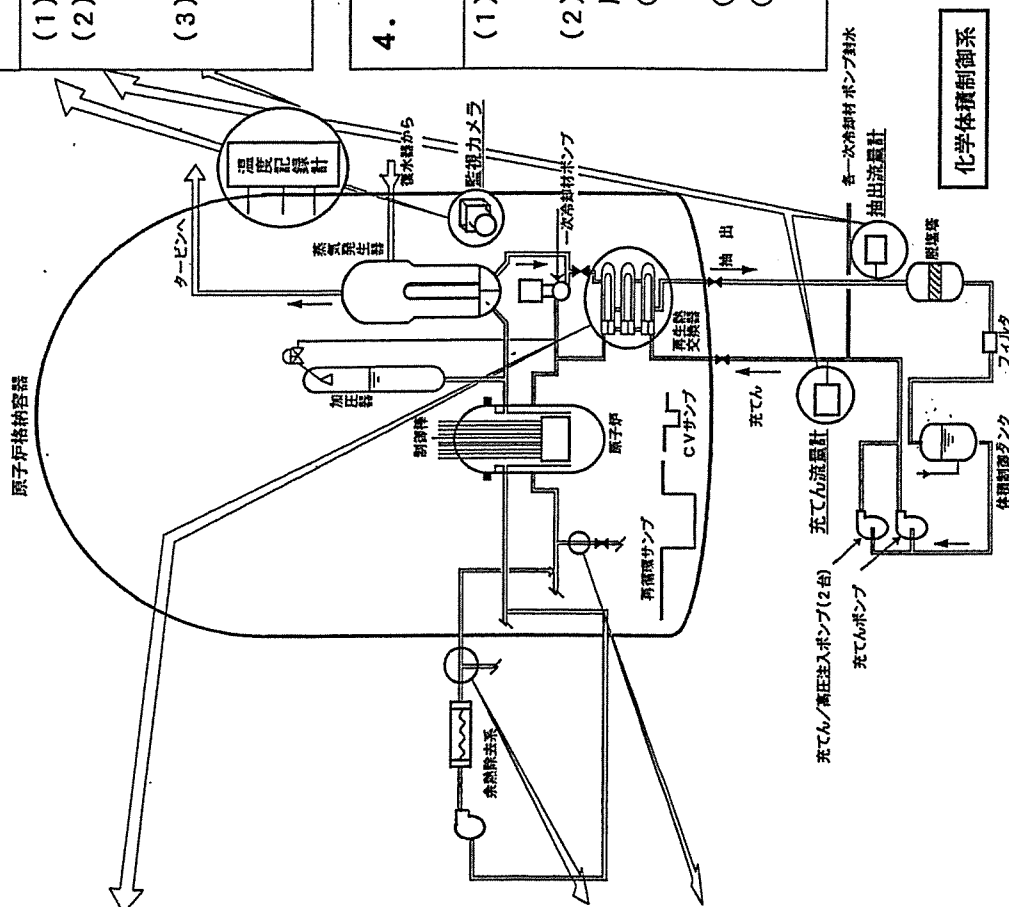
溶接部	検査頻度	今回検査対象
120箇所	25%/10年	30箇所

3. 運転管理面の改善 (漏えい箇所の早期特定)

- (1) 監視カメラの増設 (9台)
- (2) 監視記録計の拡充
〔化学体積制御系の温度・圧力・流量を記録計化〕
- (3) 格納容器内の雰囲気温度記録計の整備
〔計測点84点を94点に増やし、監視機能(漏えい監視用、空調用等)別に整理〕

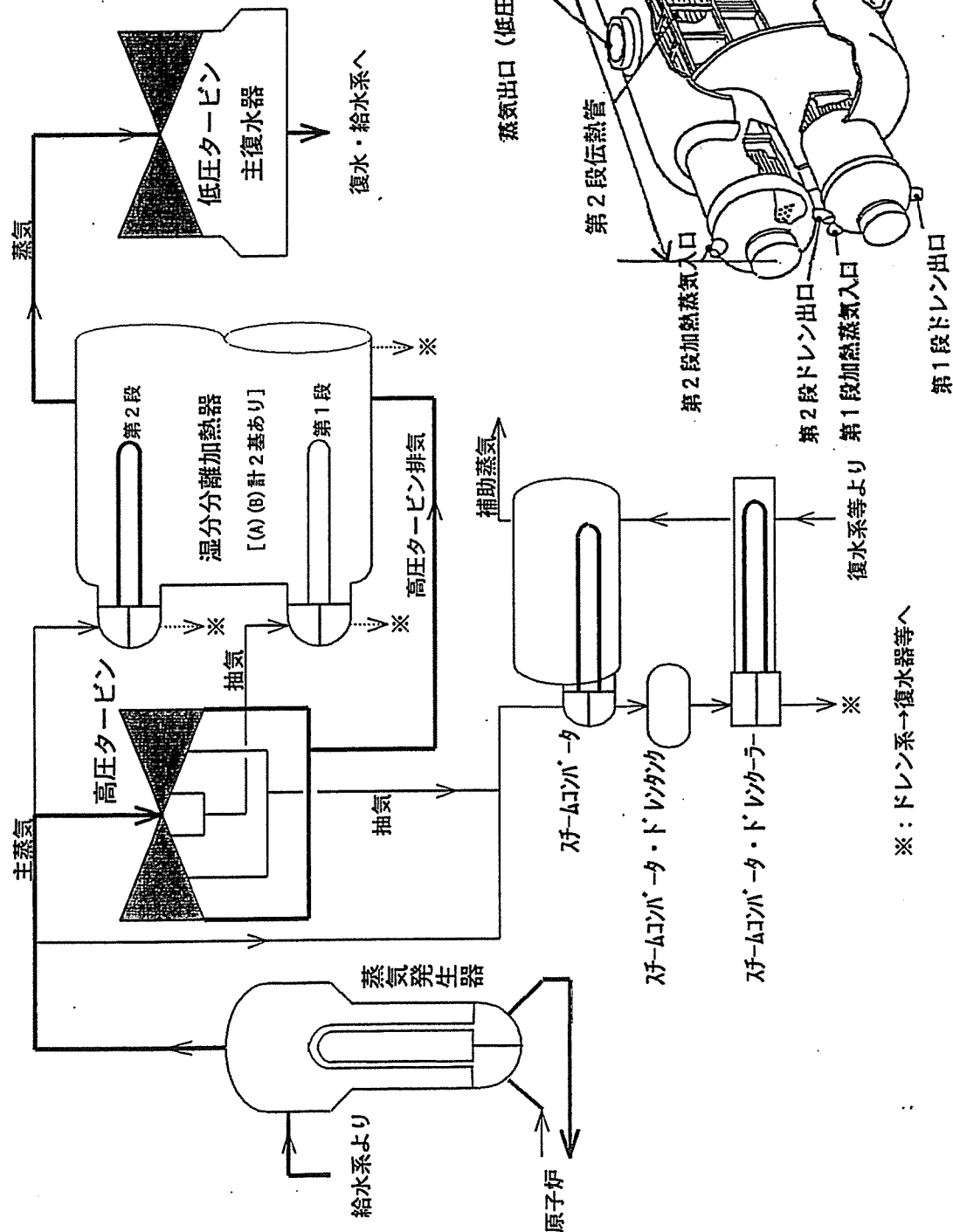
4. 運転管理面の改善 (漏えい量の抑制)

- (1) 漏えい箇所の隔離手順書の整備
(化学体積制御系充てん・抽出系統等)
- (2) 一次冷却材漏えい発生時における原子炉早期停止・冷却手順の策定
 - ①漏えい率が大さい場合の原子炉手動トリップ時期の明確化
 - ②原子炉停止後の一次冷却系の早期減圧
 - ③原子炉の早期冷却のための温度低下率の増加



湿分分離加熱器・スチムポンプ等 伝熱管取替工事

取 替 え 計 画	
(以下の機器の伝熱管を銅系材料からステンレス系材料に取替える。)	
第10回定検(平成11年度)	
・湿分分離加熱器 A, B 第2段	
・スチムポンプ	
・スチムポンプ・ドレンクーラー	
第11回定検(平成12,13年度)	
・湿分分離加熱器 A, B 第1段	



※：ドレン系→復水器等へ

図—2

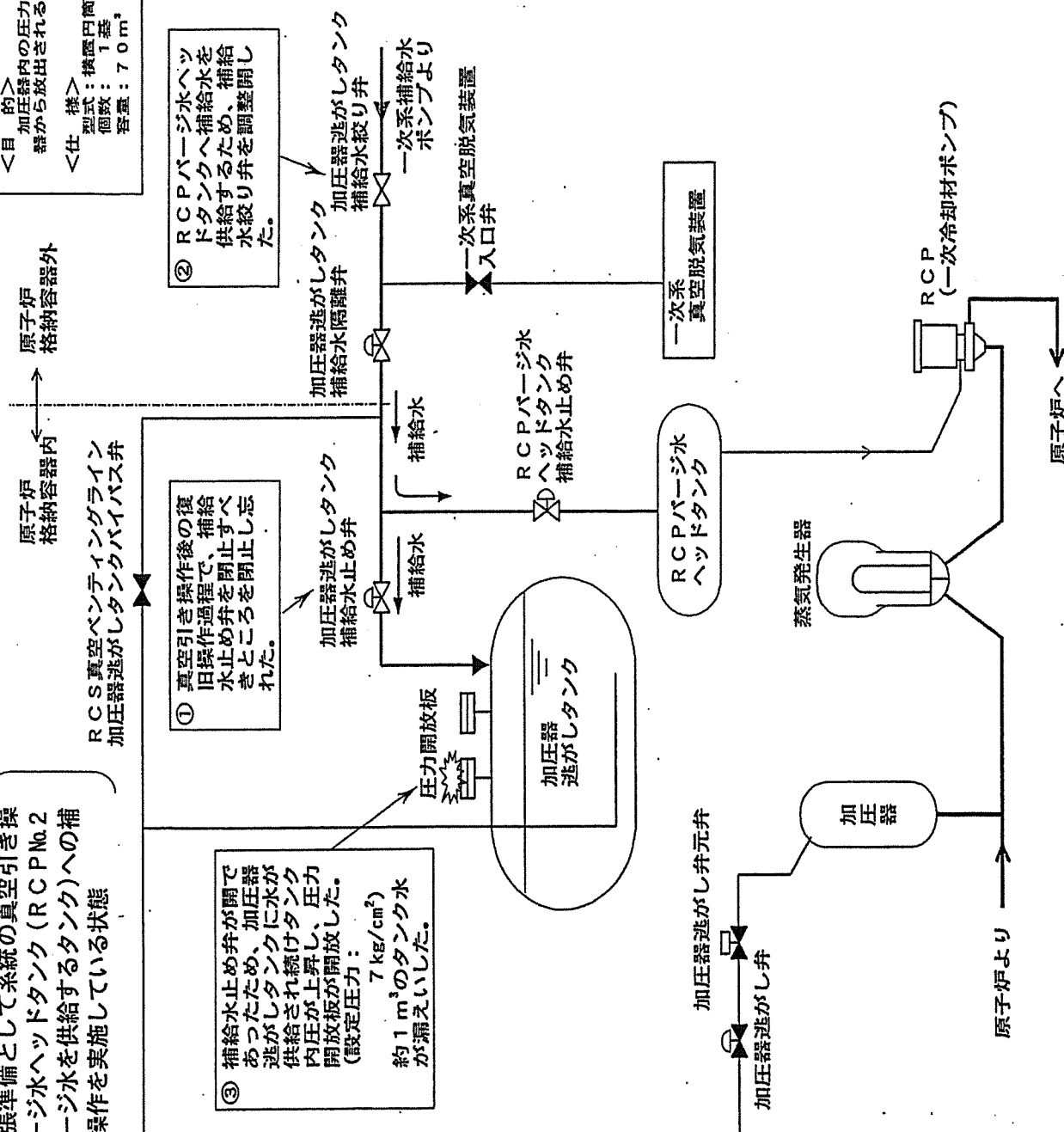
加圧器逃がしタンク圧力開放板動作状況

一次冷却材系統の水張準備として系統の真空引き操作を終了し、RCPパージ水ヘッドタンク(RCP No.2メカニカルシール)にパージ水を供給するタンクへの補給水供給ラインの復旧操作を実施している状態

加圧器選がしタンクの目的と仕様

＜目的＞ 加圧器内の圧力が上昇した場合に加圧器から放出される蒸気を凝縮させる設備

＜仕 様＞
型式：横置円筒型
個数：1基
容量：70m³



化学体積制御系からの漏えいに係る対策実施工程

	H11年			H12年	
	9月	10月	11月	12月	1月
第10回定期検査 主要工程				定期検査開始 ▼	調整運転開始 ▽
				原子炉容器開放 燃料取出 燃料検査	原子炉容器復旧 燃料装荷 起動前試験

新再生熱交換器 取替	材料手配等	法令に基づく工事計画届出 ▼11/8	工場製作 ▼12/13	性能、温度変動確認 ▼
			現地搬入、据付、検査 ▼1/11	
供用期間中検査 (特別検査)				▼1/14
運転改善		手順書整備		▼1/14
			監視カメラの追加設置等、流量・温度等の記録機能の拡充	▼1/17

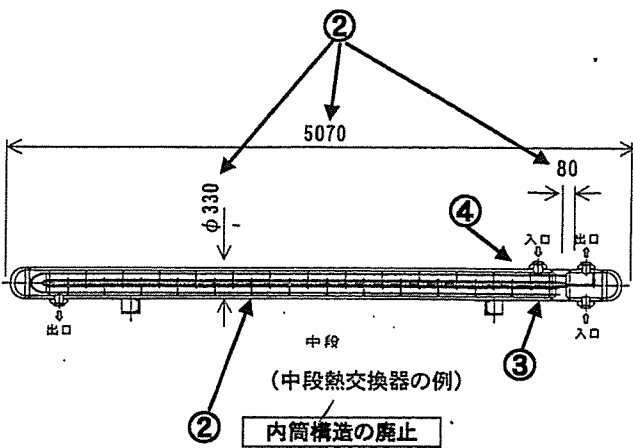
: 実施済
 : 実施予定

再生熱交換器の取替

参考-1

1. 新再生熱交換器の設計

- (1) 内筒を有しない構造の熱交換器に取替えた。
- (2) 伝熱性能は既設と同じ、構造強度は技術基準等に従い設計した。
- (3) 最新先行プラントの設計を基本とし、一部改善した。
- (4) 念のため、熱交換器内部を流れる水による高サイクル熱疲労に対して健全性を確認した。



<既設からの変更点>

No.	変更箇所		内 容
①	内筒なし		バイパス流が生じない内筒なしの構造。
②	内筒なしによる寸法の変更	胴内径	内筒なし→胴内径 (小) 胴側胴：400→330mm 管側胴：420→330mm
		全長	鏡板厚さ・深さを小さくした及び管板コーナR形状見直し→全長 (短) 5229→5070mm
		管板厚さ	胴内径 (小) → 管板厚さ (小) 100→80mm
③	管板コーナR部		管板コーナ部Rを小さくした。 (胴側) R59→R20 (管側) R71→R20
④	サーマルスリーブ	溶接方法見直し及びショットピーニングの実施	管台への取付方法を周長の90°分×2箇所から、全周溶接へと変更し、ショットピーニング施工により表面部に圧縮残留応力を付与し疲労強度を向上。
⑤	連絡配管	エルボ内表面のグラインダ加工の廃止	固溶化熱処理後の内表面グラインダ加工をやめエルボ内面の残留応力及び表面粗さを低減。

2. 新再生熱交換器の検査

新再生熱交換器の工場製作、現地据付段階において下記の検査を実施し、問題のないことを確認した。
また、性能検査についても、試運転段階において問題のないことを確認した。

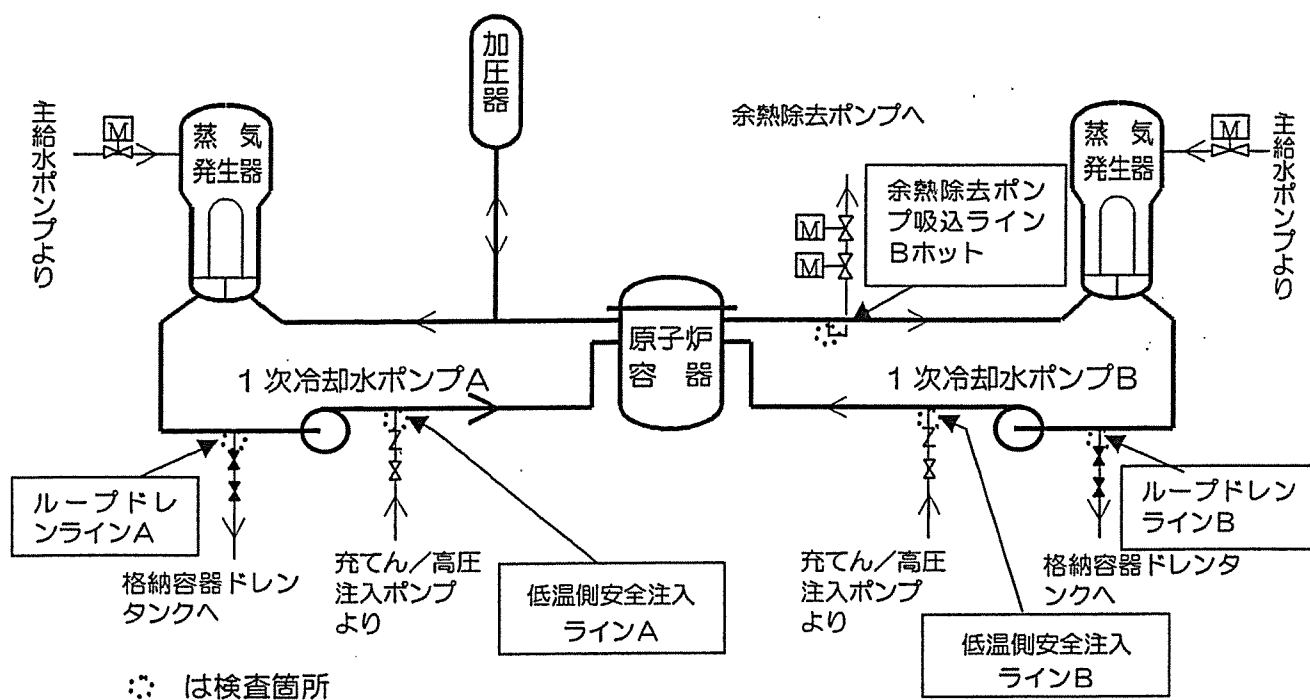
No.	項 目	内 容	備 考
1	材料検査	熱交換器構成部品	
2	寸法検査	主要寸法及び構造強度評価上確認すべき寸法	
		熱交換器の性能上確認すべき寸法	今回追加した項目
3	耐圧・漏えい検査	熱交換器胴側、管側、伝熱管の耐圧・漏えい検査	
4	外観・据付検査	熱交換器各部の外観検査、据付後の据付検査	
5	性能検査	熱交換器性能確認	今回追加した項目
		熱交換器胴及び連絡配管の温度変動確認	今回追加した項目
		摺動脚の摺動状況確認	今回追加した項目

なお、平成11年12月27日および平成12年1月11日に国の耐圧漏えい検査等の使用前検査を受けた。
今後は運転状態において国の性能に係る使用前検査を受ける予定である。

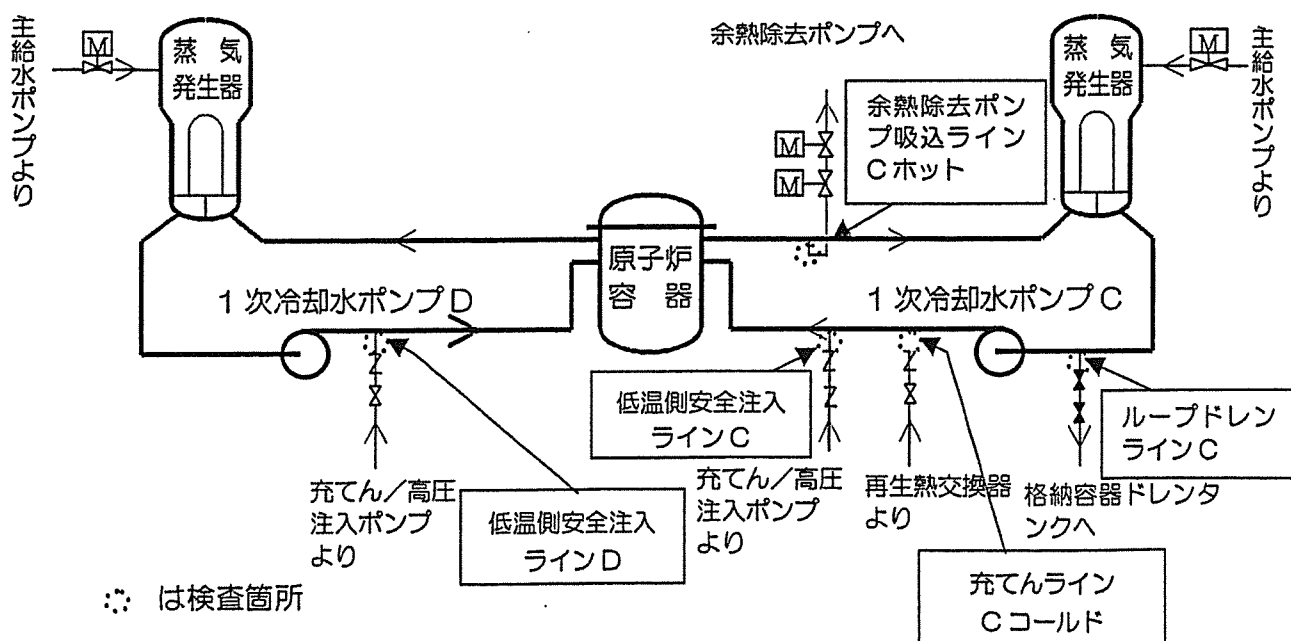
高サイクル熱疲労対策

第1種管特別検査（熱成層）

- (1) 概要：熱成層による高サイクル熱疲労割れに対する健全性確認
 (2) 検査内容：類似箇所の水平展開として、超音波探傷検査を10箇所（配管溶接部23箇所）について実施し、健全性を確認した。



注：本系統図はA・Bループを示す。

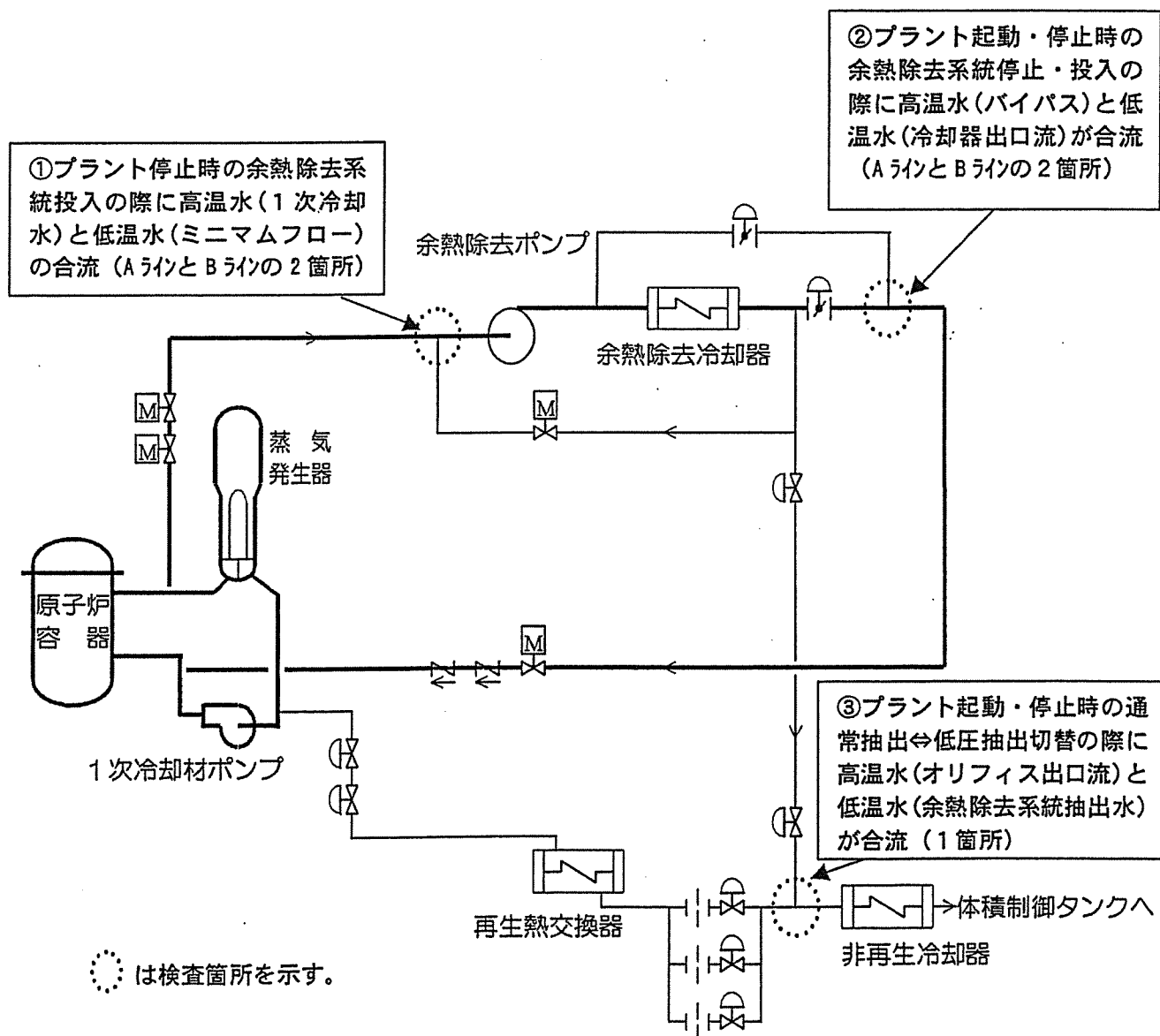


注：本系統図はC・Dループを示す。

高サイクル熱疲労対策

第3種管特別検査（高温低温水合流部）

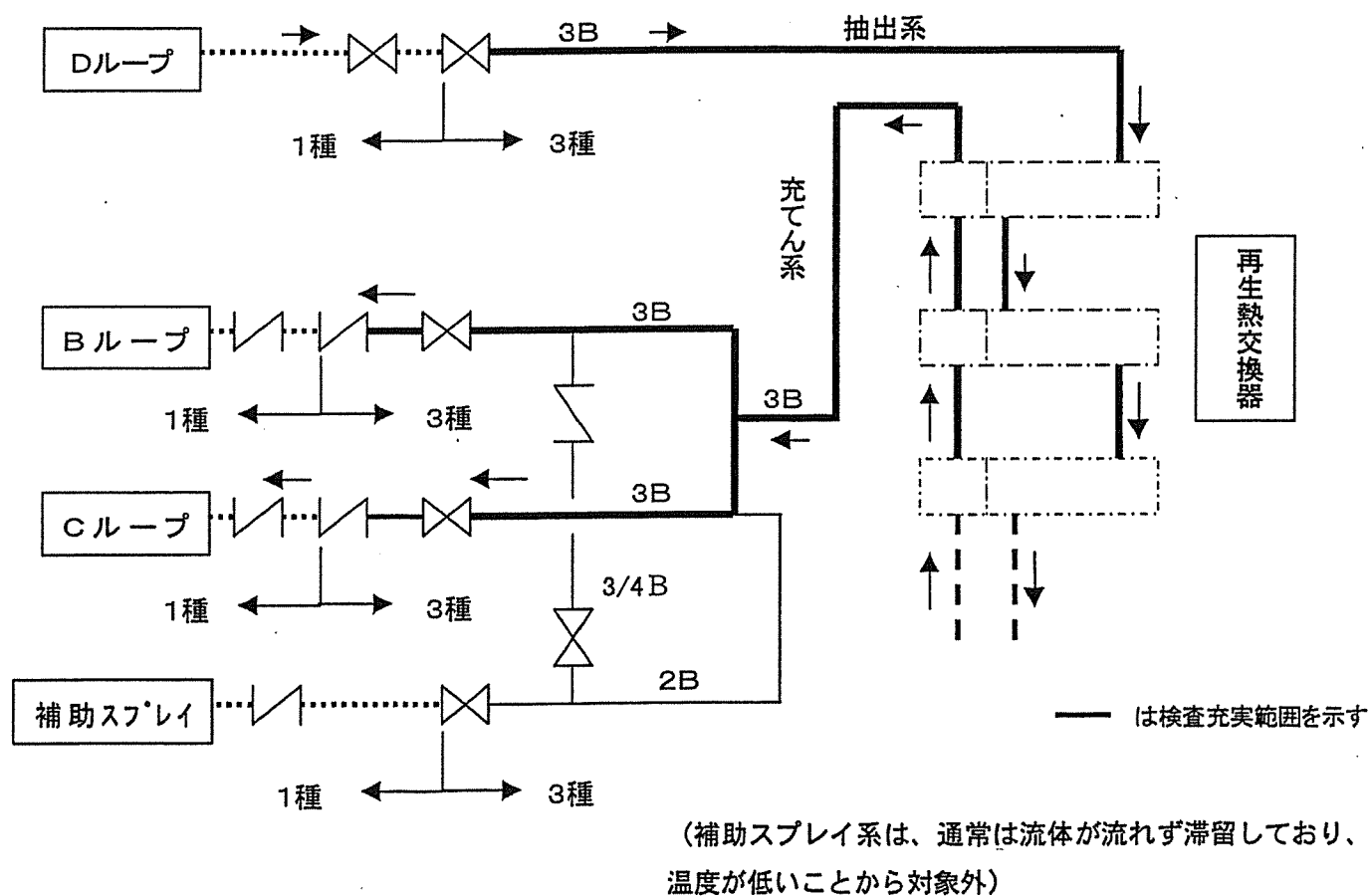
- (1) 概要：フランスのシボー発電所の事例から高温水と低温水の合流による高サイクル熱疲労割れに対する健全性確認
- (2) 検査内容：類似箇所の水平展開として、超音波探傷検査を3系統5箇所（配管溶接部および継手母材部 67箇所）について実施し、健全性を確認した。



第3種管検査の充実

第3種管特別検査（格納容器内）

- (1)概 要： プラント運転中に原子炉と同じ圧力・温度の流体が流れる第3種管について第1種管並みの検査を実施し、健全性確認
- (2)検査内容： 化学体積制御系抽出系統及び充てん系統の一次冷却系統から再生熱交換器までの突合せ配管溶接部 120 箇所について、第1種管並みの頻度（10 年で 25%）で実施することとし、今定期検査では 30 箇所について超音波探傷検査を実施し、健全性を確認した。



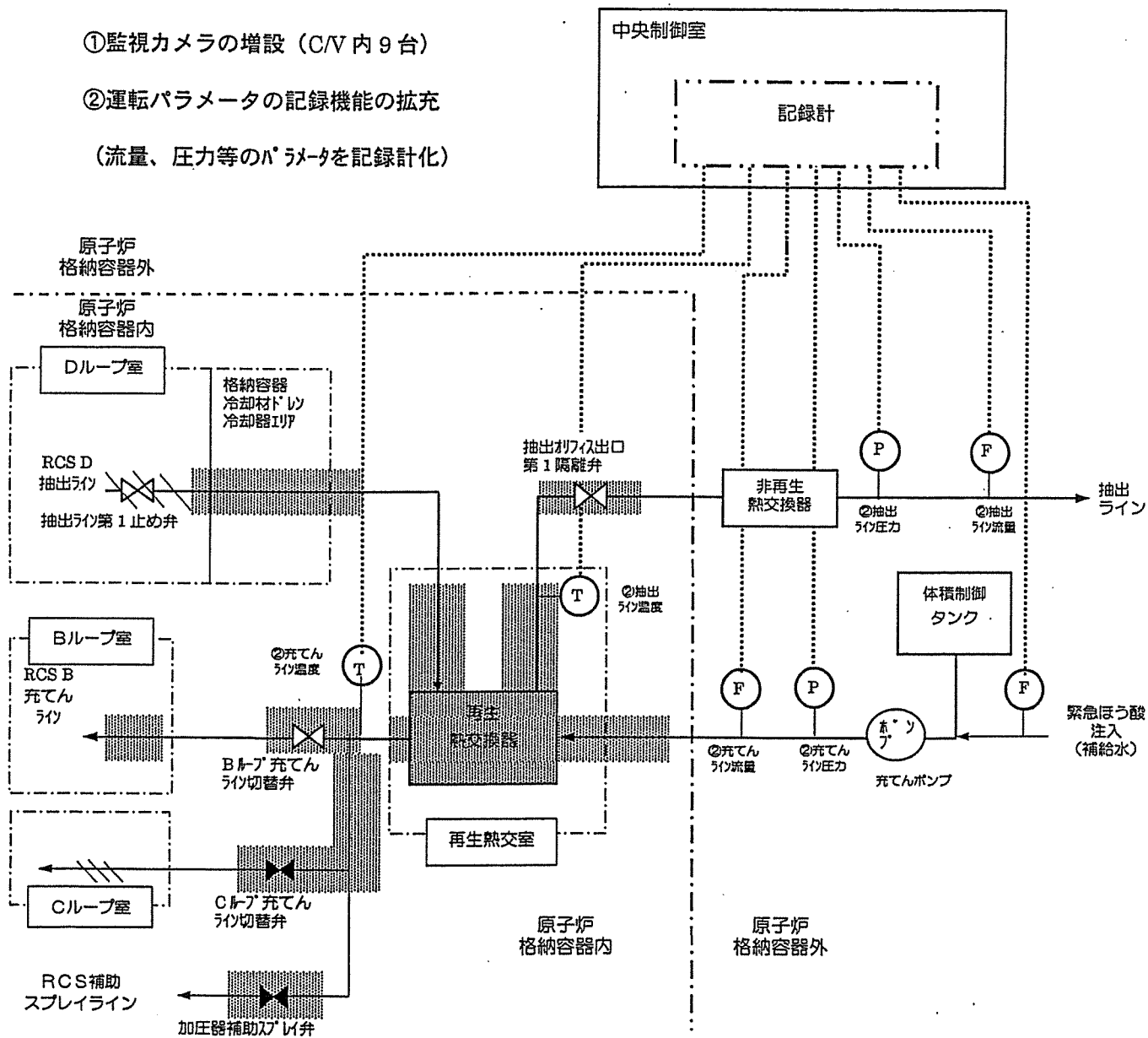
第1種管とは、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管。

第3種管とは、原子炉を安全に停止するために必要な設備又は非常時に安全を確保するために必要な設備の配管。

格納容器内 I T V 監視カメラ増設等

--- : 新設記録計
 : 追設信号ライン

- ①監視カメラの増設 (C/V 内 9 台)
- ②運転パラメータの記録機能の拡充
 (流量、圧力等のパラメータを記録計化)



①監視カメラ増設による可視範囲状況 (9 台)

現状監視可能な範囲



増設により監視可能となった範囲

