

伊方発電所第2号機

定期検査中の加圧器逃がし弁の誤動作について

平成15年2月
四国電力株式会社

1. 件 名

伊方発電所第2号機 定期検査中の加圧器逃がし弁の誤動作について

2. 事象発生の日時

平成15年1月29日 14時19分

3. 事象発生の設備

原子炉冷却系統設備 一次冷却設備

4. 事象発生時の運転状況

第16回定期検査中

5. 事象の概要

伊方発電所第2号機は、平成15年1月27日から第16回定期検査を開始し、プラント運転停止後の1次冷却材の脱ガス運転を行っていたところ、1月29日14時19分、1次冷却材ポンプ、加圧器逃がしタンク等の運転パラメータの異常を示す警報が発信するとともに、1次冷却系統の圧力が約28 kg/cm²から約2 kg/cm²まで低下した。

このため、運転中の1次冷却材ポンプB号機を手動で停止するとともに、原因調査を行った結果、同日実施していた加圧器圧力回路試験において入力した模擬信号により、本来閉止状態にあるべき加圧器逃がし弁2台が一時的に開状態となり1次冷却材が加圧器逃がしタンクに流入し、1次冷却系統の圧力が低下したことが判明した。

その後、1次冷却系統の圧力を当初の圧力まで回復させて系統の健全性を確認した後、1次冷却材ポンプA号機を起動し、1月30日7時15分、正常状態に復旧した。なお、本事象による周辺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

1月27日

0時20分

解列

5時48分

1次冷却系統脱ガス運転開始

19時00分

1次冷却系統圧力28 kg/cm²、同系統温度75℃整定

1月29日

13時55分頃

加圧器圧力回路試験開始

14時10分頃

模擬信号入力開始

14時19分

1次冷却系統圧力の低下を確認（警報発信）

14時20分

1次冷却材ポンプB号機手動停止

14時26分頃

再度模擬信号入力開始

14時31分

運転員が加圧器逃がし弁作動と判断

14時32分

加圧器圧力回路試験中止

17時15分

1次冷却系統昇圧開始

17時36分

1次冷却系統圧力28 kg/cm²整定、健全性確認

1月30日

5時15分

1次冷却材ポンプA号機起動

7時15分

正常状態に復旧

7. 調査結果

(1) 1次冷却系統圧力低下原因の調査

警報発信及び1次冷却系統の圧力低下を確認後、運転員が原因調査のため、各パラメータについて確認を行った結果は以下のとおりであった。

- a. 格納容器サンプ水位、モニタ等、系外への漏えいを検知するための各パラメータについて確認した結果、何れも異常は認められず、配管、機器の損傷等による系外への漏えいが無いことを確認した。
- b. 1次冷却系統に接続する各機器のパラメータを確認した結果、
 - ・加圧器逃がしタンクの圧力、温度、水位が何れも有意に上昇していること
 - ・加圧器逃がし弁（以下、「逃がし弁」という）2台の出口温度が何れも上昇していることを確認した。
- c. 運転員が各パラメータを確認中、逃がし弁の開閉表示灯の「赤」（開状態）が点灯したことを確認した。

以上のことから、事象発生時には閉状態（自動待機状態）にあるべき逃がし弁が一時的に開状態となったことから、1次冷却材が逃がし弁を経由して加圧器逃がしタンクに流入し、1次冷却系統の圧力が低下したことが判明した。

このため、逃がし弁を制御する信号系統に係る定検作業について確認したところ、当該回路へ模擬信号を入力する加圧器圧力回路試験（以下、「当該作業」という）を実施しており、当該作業において入力した模擬信号により自動待機状態にあった逃がし弁が一時的に開状態となったことが判明した。（添付資料－2）

なお、これまでの定期検査において当該作業は、1次冷却系統圧力が大気圧となる時期に実施していたが、今回の定期検査においては、点検作業の平準化を図る観点から、従来よりも早い時期に実施するよう計画していた。

(2) 逃がし弁自動待機状態において当該作業が実施された原因の調査

定検作業の実施においては、作業の安全と設備の安全を確保するため、以下の手続きで管理を行っている。

○作業計画段階

- ・ 保修員は、「作業許可申請書」を作成するとともに、当該作業を安全に実施するために必要となる、電源停止や系統水抜き等の措置を記載した「隔離操作票」を添付して、運転系統の安全措置を担当する発電課(定検班)に提出する。

○作業許可段階

- ・ 保修員から作業許可依頼を受けた定検班員は、当直長の許可を得た後、隔離操作票に基づく運転系統の安全措置を行う。
- ・ 当直長は、隔離操作票に基づく安全措置が実施されていることを確認のうえ、作業許可申請書に捺印し、「作業許可書」として発行する。
- ・ 保修員は、作業許可書の交付を受けて、作業に着手する。

今回の事象が発生した要因について、これらの段階別に調査を実施した。

(添付資料－3、4)

a. 作業計画段階における要因の調査

(a) 人に関する要因

○保修員

イ. 保修員は、過去4回の定検において原子炉制御保護装置（以下、「R C P S」という）点検作業を担当し、各種改良工事も担当しており、知識、経験とも豊富であった。

ロ. 勤務状況については、多忙ではあったが当該作業の工程を検討する時間は十分にあった。

ハ. 保修員が当該作業の計画にあたって検討した経緯は以下のとおりであった。

- ・ 隔離操作票作成にあたり、従来は、R C P S点検作業に係る全ての隔離作業について一括して隔離操作票を作成していたが、一連の隔離操作票の中で実際の隔離操作時期が異なる場合が混在しており、点検作業時期に対する制限事項が注記されていた反面、管理が複雑になっていた。このため、管理レベル向上の観点からプラント状態の変化に合わせて段階的に管理できる隔離操作票に再編集した。加圧器圧力回路

の点検作業については、これまで、当該作業は、1次冷却系統圧力が大気圧の状態、逃がし弁を動作させない措置を講じた時期に実施してきたことから、隔離操作票に逃がし弁を動作させない措置に関する記載は不要と考えた。

- ・当該作業については、作業許可申請書及び隔離操作票には、作業対象機器名は記載されていたが、具体的な作業内容がわかりづらいものであった。また、作業許可申請書には、作業の実施時期を示す工程表は、添付していなかった。
- ・定検班へ隔離操作票を提出した後、保修員は、逃がし弁が1月30日までは自動待機状態であることを失念していたため、加圧器圧力回路を隔離する1月29日以降、当該作業が実施可能であると誤って認識していた。
- ・点検業者から保修員への当該作業の実施可能時期についての問い合わせに対し、1月29日以降実施可能である旨を回答した。
- ・これを受けて、点検業者から従来の定検と比べて前倒し変更となる1月29日に当該作業を実施する計画とした工事要領書が提示されたが、保修員は1月29日以降であれば実施可能と誤って認識していたため、問題ないと判断した。
- ・さらに、保修員は当該作業の実施時期が変更となったことを定検班員に連絡していなかった。

○定検班員

- イ. 提出された隔離操作票について検討した定検班員は、長年の運転経験があり、また、過去2回の定検においてR C P S点検作業に伴う隔離・復旧を担当し、十分な経験を有していた。
- ロ. 勤務状況については、定検班員として12月から隔離検討を開始しており検討期間は十分にあった。
- ハ. 定検班員は、提出された隔離操作票について以下のとおり検討した。
 - ・当該作業は、これまで1次冷却系統圧力が大気圧の状態を実施されており、今回も同じ時期に実施される予定となっていたため、隔離操作票に逃がし弁を動作させない措置に関する記載が無くても問題ないと考えた。
 - ・さらに、隔離操作票に逃がし弁が自動待機状態を解除された時期に実施する旨も注記しなかった。

(b) 管理に関する要因

○保守員の管理者

- イ. 保守員の管理者は、長年にわたり保守業務に携わっており、R C P S 点検作業及びその隔離に対する十分な知識、経験を有していた。
- ロ. 保守員の管理者は、当該作業について以下のとおり確認した。
 - ・ R C P S 点検作業が標準化されていることから、隔離操作票については問題ないと考えた。
 - ・ また、工事要領書の内容について、作業体制は確認したものの、工程変更については確認しなかった。

○定検班員の管理者

- イ. 定検班員の管理者は、長年にわたり運転業務に携わっており、R C P S 点検作業に伴う隔離・復旧に十分な知識、経験を有していた。
- ロ. 定検班員の管理者は、R C P S 点検作業に伴う隔離操作票について、当該作業は、標準化された作業であり、作業内容及び作業時期については従来どおりと認識した。

b. 作業許可段階における要因の調査

(a) 人に関する要因

- ・ 保守員は1月28日にR C P S 点検作業の作業許可書発行を定検班員に依頼したが、その際、1月29日に加圧器圧力回路試験を実施することは連絡していなかった。
- ・ 定検班員は、隔離操作票に加圧器圧力回路に係わる作業が含まれていたが、許可する作業は加圧器圧力計の計器弁の閉止操作のみであり、逃がし弁待機中は回路試験を実施させない旨を当直長に説明し、作業許可を得た。
- ・ 定検班員は、作業許可書を保守員に交付する際、回路試験は逃がし弁待機中には実施しないことを保守員も認識していると思い込み、保守員には伝えていなかった。
- ・ 作業許可を受けた保守員は、1月29日、計画どおりに当該作業を実施した。

(b) 管理に関する要因

- ・ 当直長は、長年にわたり当直業務に携わっており、R C P S を含めてプラントに対する知識、経験は十分であった。

- ・当直長は、逃がし弁待機中は、加圧器圧力計の計器弁の閉止操作のみであると定検班員から聞き、これを条件に作業許可を行った。

(3) 1次冷却系統圧力低下に伴う関連機器への影響について

事象発生時運転中であった1次冷却材ポンプB号機は、1次冷却系統圧力の低下に伴い、No.1シールの出入口差圧が低下したことから、手動停止したが、軸封部等の点検を行った結果、No.1シールの回転リングと固定リングのシール面に接触跡が認められたものの、割れ等の損傷は認められなかった。

また、その他の点検項目についても異常は認められなかった。

(添付資料－5)

8. 推定原因

以上の検討結果から、加圧器逃がし弁自動待機状態で加圧器圧力回路試験が実施され、加圧器逃がし弁が一時的に開状態となった原因は、以下のとおりと考えられる。

- ・ 保修員は、当初は従来どおりの時期に回路試験を計画していたが、作業時期の変更に際して、作業の制約となる逃がし弁が自動待機状態であることを失念していたため、問題がないと判断した。
また、保修員の管理者は、作業時期の変更の確認をしなかった。
- ・ 計画段階での隔離操作票の作成において、保修員および定検班員は、今回も当該作業は従来と同じ時期に実施される予定となっていたため、作業許可条件となる逃がし弁を動作させない措置に係る記載は不要と考えて隔離操作票を作成した。
また、作業許可申請書および隔離操作票は、作業対象機器名は記載されていたが、具体的な作業内容がわかりづらいものであった。
- ・ 作業許可の段階で、作業内容と実施時期について保修員から定検班員への情報連絡が不十分であり、定検班員が当直長に加圧器圧力計の計器弁の閉止操作のみの作業と説明したため、当直長は、計器弁の閉止操作のみの作業許可を行ったが、定検班員は、この条件を保修員に伝えなかった。

その結果、加圧器圧力回路試験が実施されたため、加圧器逃がし弁が一時的に開状態となった。

9. 今回の定期検査における点検作業の調査

以下の観点から、今回の定期検査における定期的な点検作業全般(2,874件)について確認を行い、本事象の要因となった作業1件を除き、問題がないことを確認した。

- ・ 作業工程表等の提出の有無
- ・ 従来の作業工程の考え方との変更点の有無
- ・ 作業許可条件がある点検について隔離操作票への記載の有無
- ・ 作業許可書及び隔離操作票等から作業内容がわかるか否か

(添付資料－6)

10. 対 策

(1) 以下の対策を実施することとし、「定検時の隔離作業等実施マニュアル」に反映した。また、今回の事象について「ワンポイントレッスン」等により所内関係者に周知した。

- ・作業条件の十分な検討を行う観点から、定期的な点検作業でプラント状態が異なる時期への変更等、従来と異なる条件で作業する場合は、作業可能かどうか、保修課において、副長または主任を含めて確認する。また、必要に応じ、作業条件または隔離操作票を再検討する。
- ・作業許可申請書や隔離操作票の記載事項の明確化を図る観点から、作業許可条件がある点検作業については、隔離操作票に明記する。また、作業許可申請書および隔離操作票は、作業内容がわかる記載にするとともに、作業時期がわかる点検工程表等を作業許可申請書に添付する。
- ・保修員と定検班員の情報連絡の徹底を図る観点から、作業許可にあたっては、注意事項の有無について、保修員と定検班員で確認し合う。また、作業条件の変更については、認識の齟齬が生じないように遅滞なく定検班に連絡する。

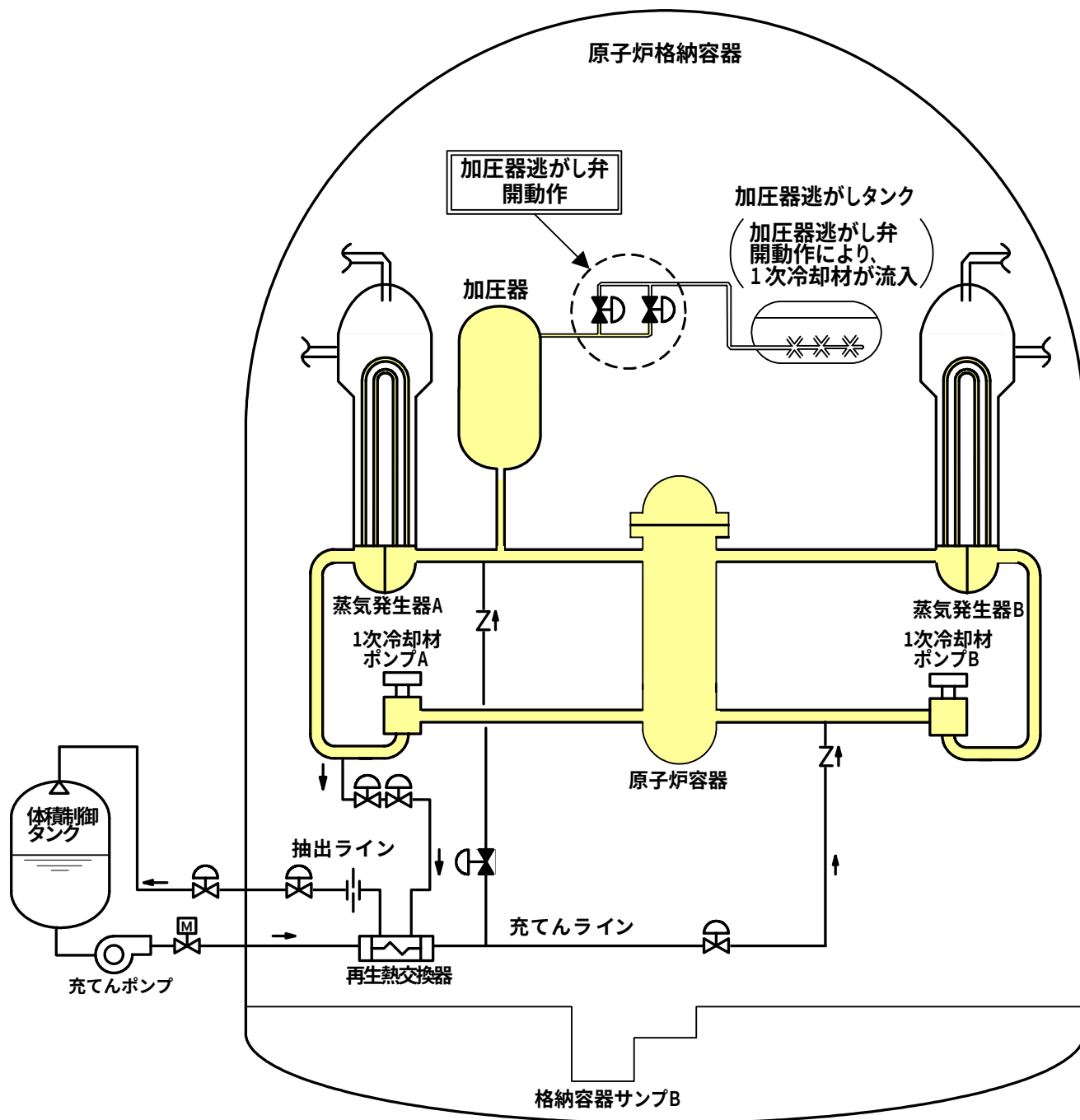
(2) 1次冷却材ポンプB号機については、接触跡の認められたNo.1シール（回転リング及び固定リング）を新品に取り替える。

以 上

添 付 資 料

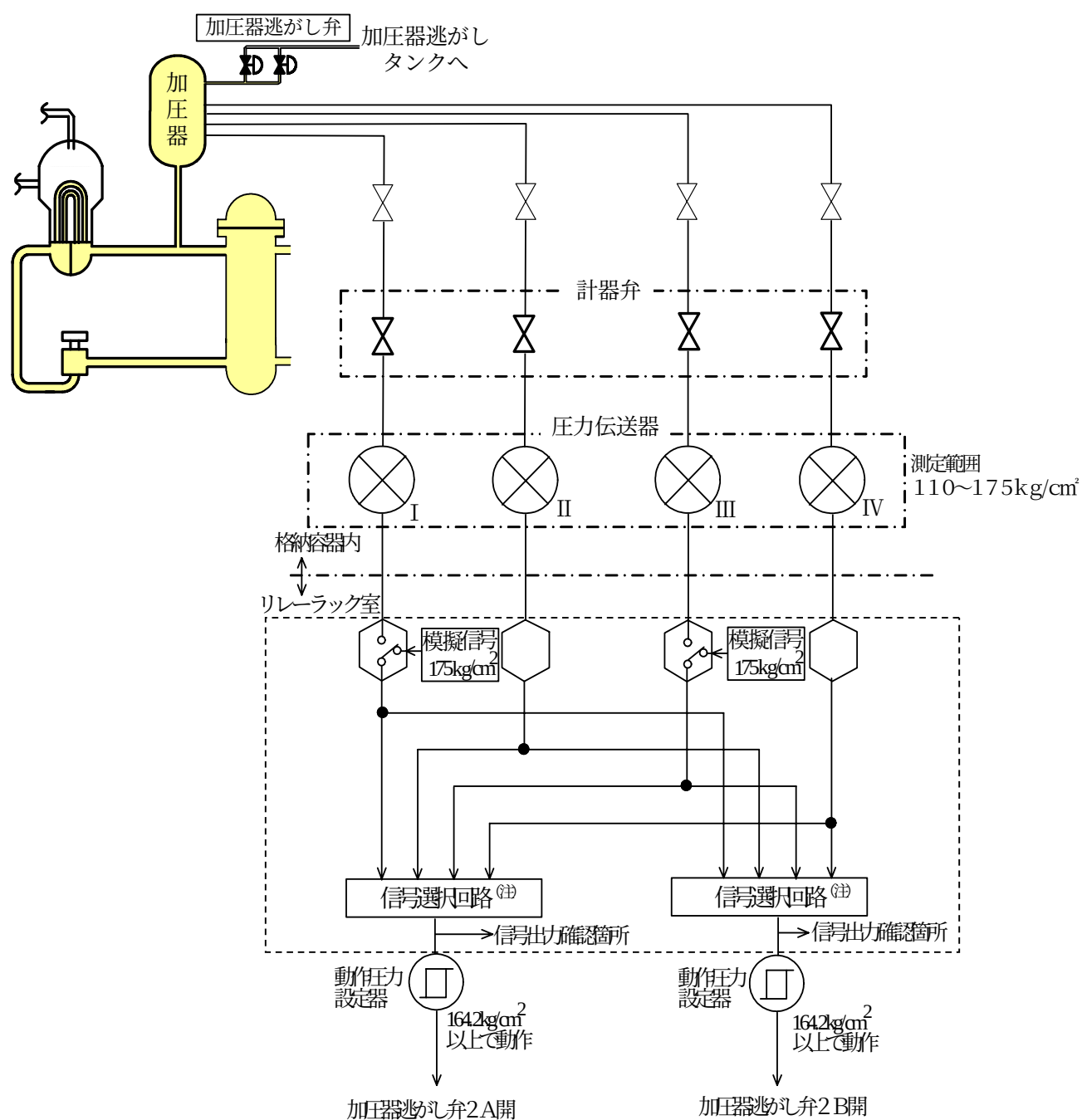
- 添付資料－ 1 伊方発電所第 2 号機 1 次冷却系統概略系統図
- 添付資料－ 2 加圧器圧力回路試験について
- 添付資料－ 3 加圧器逃がし弁信号回路の点検作業工程
- 添付資料－ 4 R C P S の点検作業実施フロー
- 添付資料－ 5 1 次冷却材ポンプ 2 B 点検結果
- 添付資料－ 6 伊方発電所第 2 号機
加圧器逃がし弁誤動作に係る水平展開の結果について

伊方発電所第2号機1次冷却系統概略系統図



加圧器圧力回路試験について

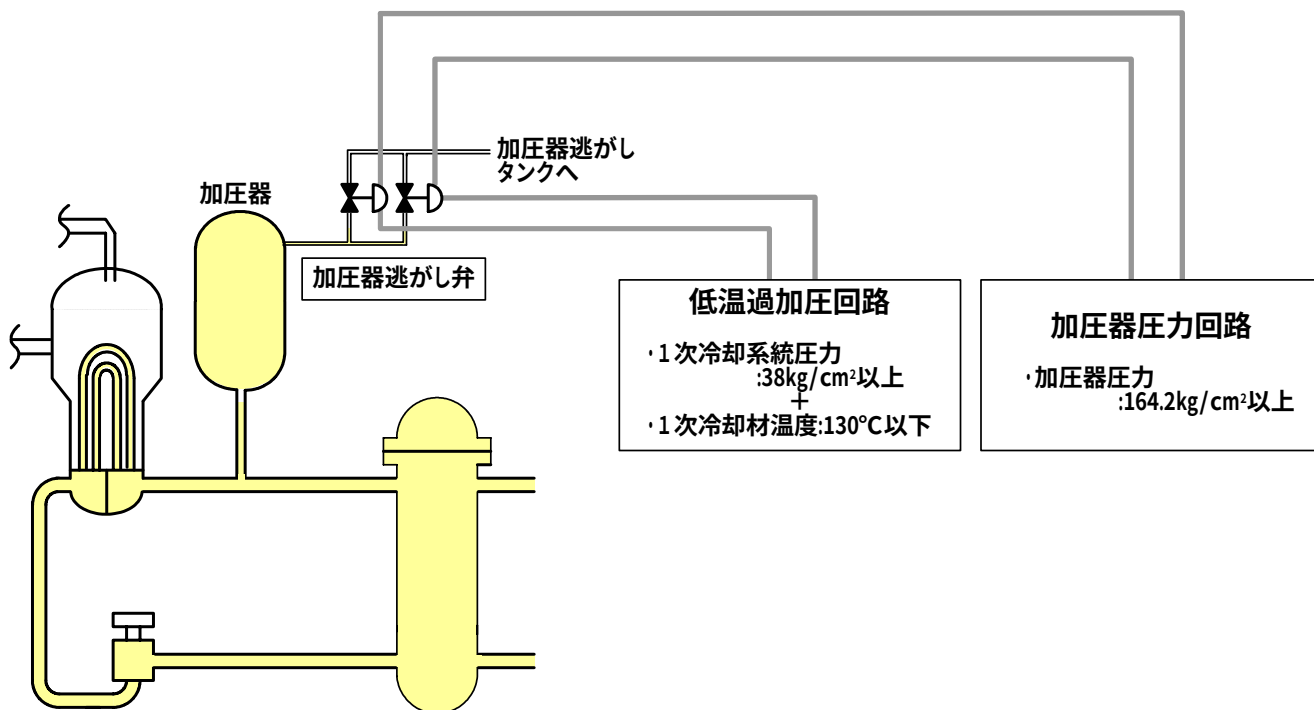
○加圧器の圧力を測定する回路に模擬信号を入力し、回路部分の出力信号を測定することにより、回路の機能が正常であることを確認する。



部：加圧器圧力回路試験の範囲

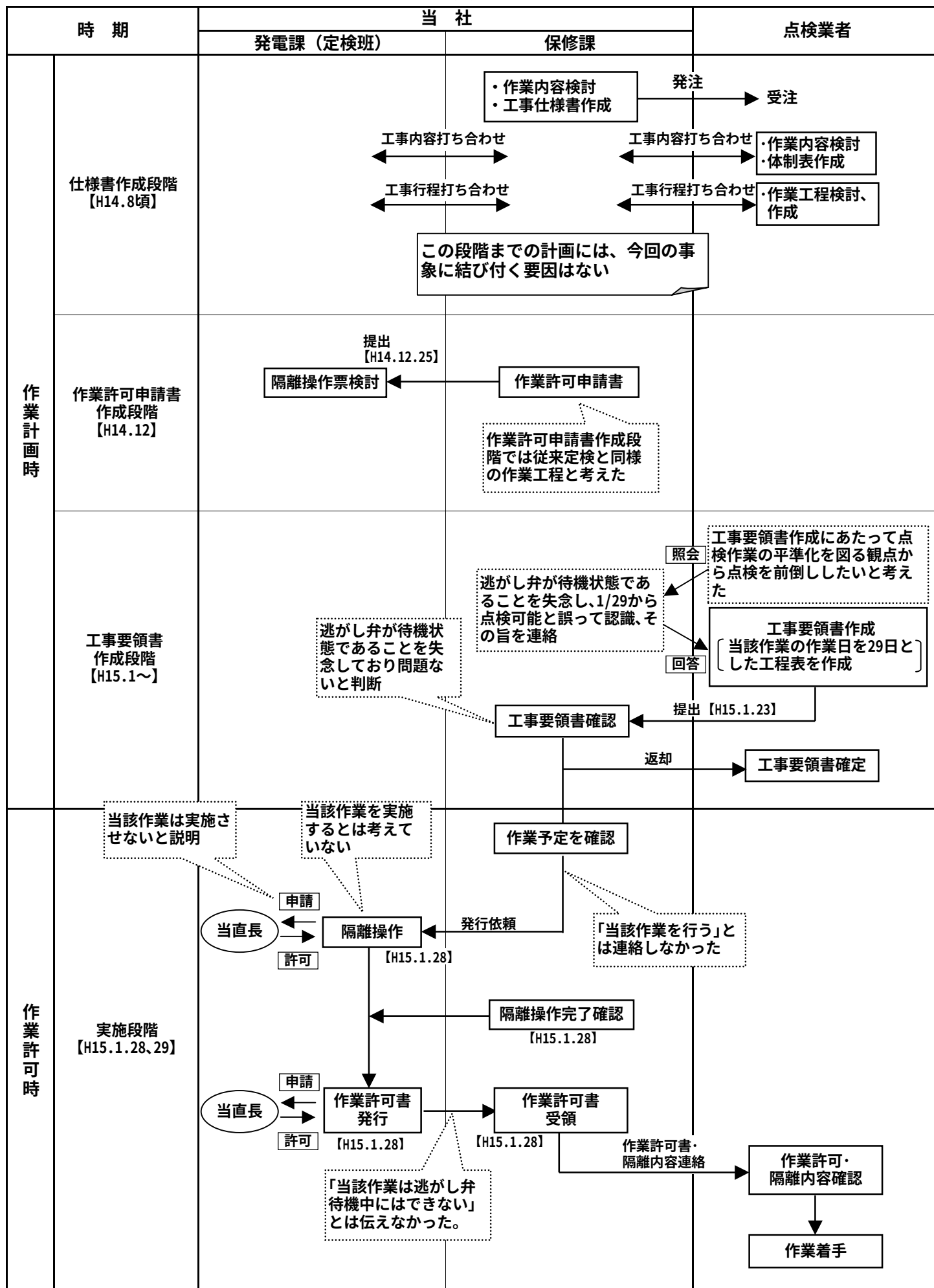
(注) 信号選択回路：2番目に高い入力信号を出力させる回路

加圧器逃がし弁信号回路の点検作業工程



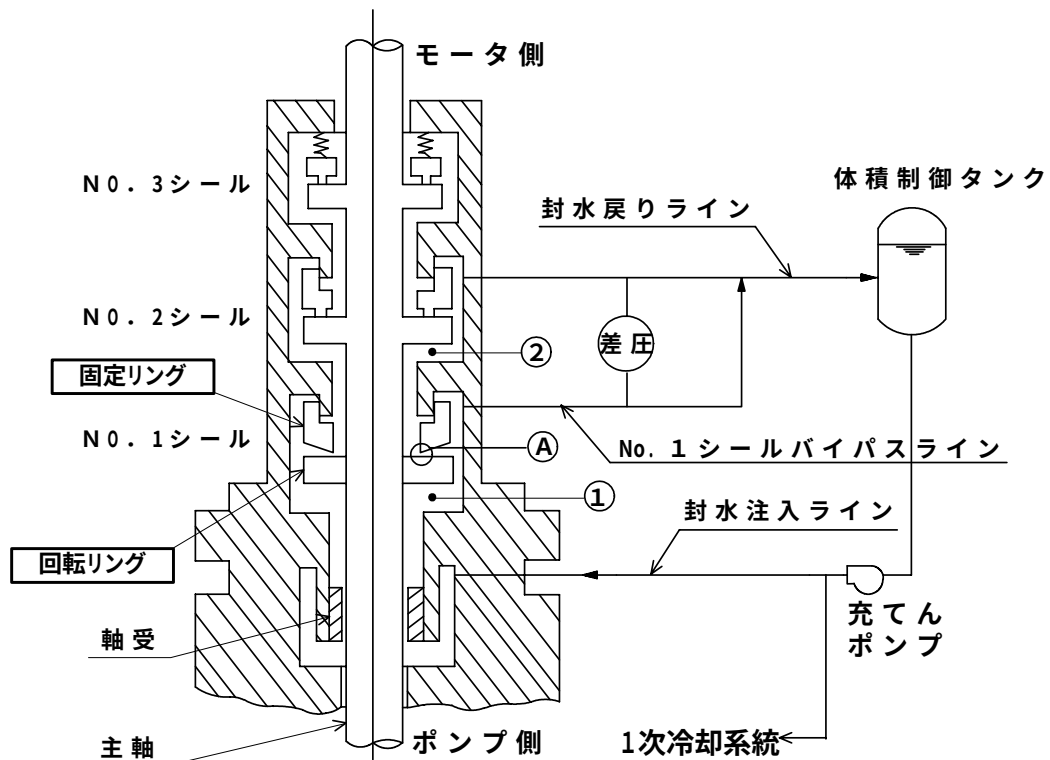
月日		1月					
		26日	27日	28日	29日	30日	31日
定期検査主要工程		解列 ▼(0:20) 157kg/cm ² 事象発生 ▼(14:19) <1次冷却系統圧力> 28kg/cm ² 大気圧					
加圧器逃がし弁運転状態		自動待機状態 開閉可能状態 待機解除					
加圧器逃がし弁 信号回路隔離 可能期間	低温過加圧回路						
	加圧器圧力回路	作業許可 ▼(9:00)					

R C P S の点検作業実施フロー

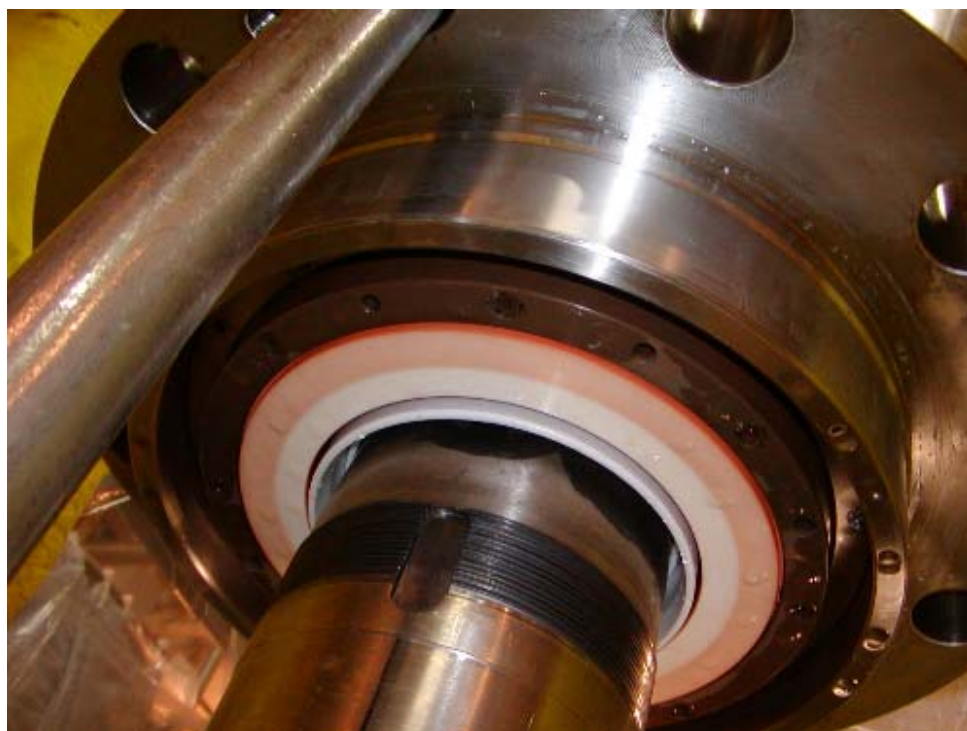


1 次冷却材ポンプ 2 B 点検結果

点検項目		点 検 内 容	結 果
軸 封 部 外 観 点 検	No.1シールの封水戻りライン配管内部点検	・シール部分解前に目視で内部異物の有無を確認した。	良
	No.3シール外観点検	・摺動面の異常な接触傷の有無を確認した。	良
	No.2シール外観点検	・摺動面の異常な接触傷の有無を確認した。	良
	No.1シール外観点検	・シール面の異常な接触傷の有無、割れ等の有無を確認した。	シール面(全幅約40mm)に接触跡(約17mm幅)が認められたが、割れ等の損傷は認められなかった
ロータ自重及びターニング 確認		・バネ秤をロータに取付け、ロータを吊り上げ、自重を計測した。 (ロータ自重：約2000kg)	良
		・吊り上げた状態で、ハンドターニングし、自重変化の有無を確認した。	良
		・ハンドターニング時のトルク計測を実施した。(軽く回ること)	良
軸受け外観点検		・ファイバースコープを使用し、軸受け部の異物の有無を確認した。	良



※本来ならば、①部と②部の圧力差により、固定リングが浮上して回転リング、固定リング間は微少な間隙を保っているところが、本事象時には、1次冷却材圧力の低下に伴い、①部、②部の差圧が低下したため、固定リングの浮力が失われ、A部で回転リングと接触したものと推定される。



№.１シール（固定リングシート面）



№.１シール（回転リングシート面）

伊方発電所第2号機 加圧器逃がし弁誤動作に係る水平展開の結果について

本年1月29日に発生した伊方2号機加圧器逃がし弁誤開事象に鑑み、伊方2号機第16回定検における実施作業全般にわたり、作業工程が適切に計画されていることを確認した。

1. 対 象

伊方2号機第16回定検における定期的な点検作業全般

2. 着眼点

- ・作業工程表等の提出の有無
- ・従来の作業工程の考え方との変更点の有無
- ・作業許可条件がある点検について隔離操作票への記載の有無
- ・作業許可書及び隔離操作票等から作業内容がわかるか否か

3. 期 間

平成15年1月31日 ～ 平成15年2月3日

4. 確認結果

	機械設備	電気設備	計装設備	合計
総作業件数	797	739	1,338	2,874
工程表未提出件数	0	0	1	1
従来工程からの変更件数	0	0	1	1
対策件数（＊）	0	0	1	1

（＊）作業許可条件及び作業内容の記載についても問題がないことを確認した。