

高浜発電所 4号機  
原子炉自動停止について  
(原因調査状況)

2023年2月14日



	説明項目	ページ番号
1	事象の概要	3
2	原因調査	6
3	点検スケジュール	1 1
4	まとめ	1 2

## <事象概要>

高浜発電所 4 号機は定格熱出力一定運転中（モード 1）のところ、2023年1月30日15時21分、B 中央制御室に「P R 中性子束急減トリップ※<sup>1</sup>」警報が発信し、原子炉が自動停止するとともにタービンおよび発電機が自動停止した。

その後、1月30日15時35分に高温停止状態（モード 3）、1月31日10時12分にモード 4、同日 20時33分にモード 5 へ移行した。

本事象は、原子炉の運転が停止していることから、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第134条に該当することを1月30日15時21分に判断した。

## <事象発生の経緯>

1月25日7時24分、1月29日16時46分および1月30日00時12分において「C R D M 重故障※<sup>2</sup>」警報が発信した。（1月25日7時24分および1月29日16時46分の警報発信時は、いずれも電流値等に異常はなく、警報をリセット）

1月30日00時12分の警報発信時は、制御棒を電磁力で保持している 2 箇所※<sup>3</sup> のコイルのうち M G コイルの電流値が通常よりも低かった。（09時05分 同事象の再発を検知できるようにするため、警報をリセット）

そのため、「P R 中性子束急減トリップ」警報が発信する直前まで C R D M 制御盤内の詳細点検（M G コイルの抵抗測定）を行っていた。（15時18分～21分頃 当該 M G コイル（ケーブル含む）の抵抗値を測定するため、2 B D パワーキャビネットの当該 M G コイルおよび制御電源 2 箇所の電源を開放）

- ※ 1 : 運転中（出力領域（PR））の中性子束を測定する検出器が 4 つ設置されており、2 つの中性子束検出に異常があった場合、原子炉を停止させる警報が発信する。（PR : Power Range）
- ※ 2 : C R D M の故障を示す警報であり、制御棒を電磁力で保持している 2 箇所のラッチのうち、1 箇所以上で電流の異常を検知するなど、駆動装置の不調を検知した場合に発信する。
- ※ 3 : 可動つかみコイル（Movable Gripperコイル : 以下、M G コイル）および固定つかみコイル（Stationary Gripperコイル : 以下、S G コイル）

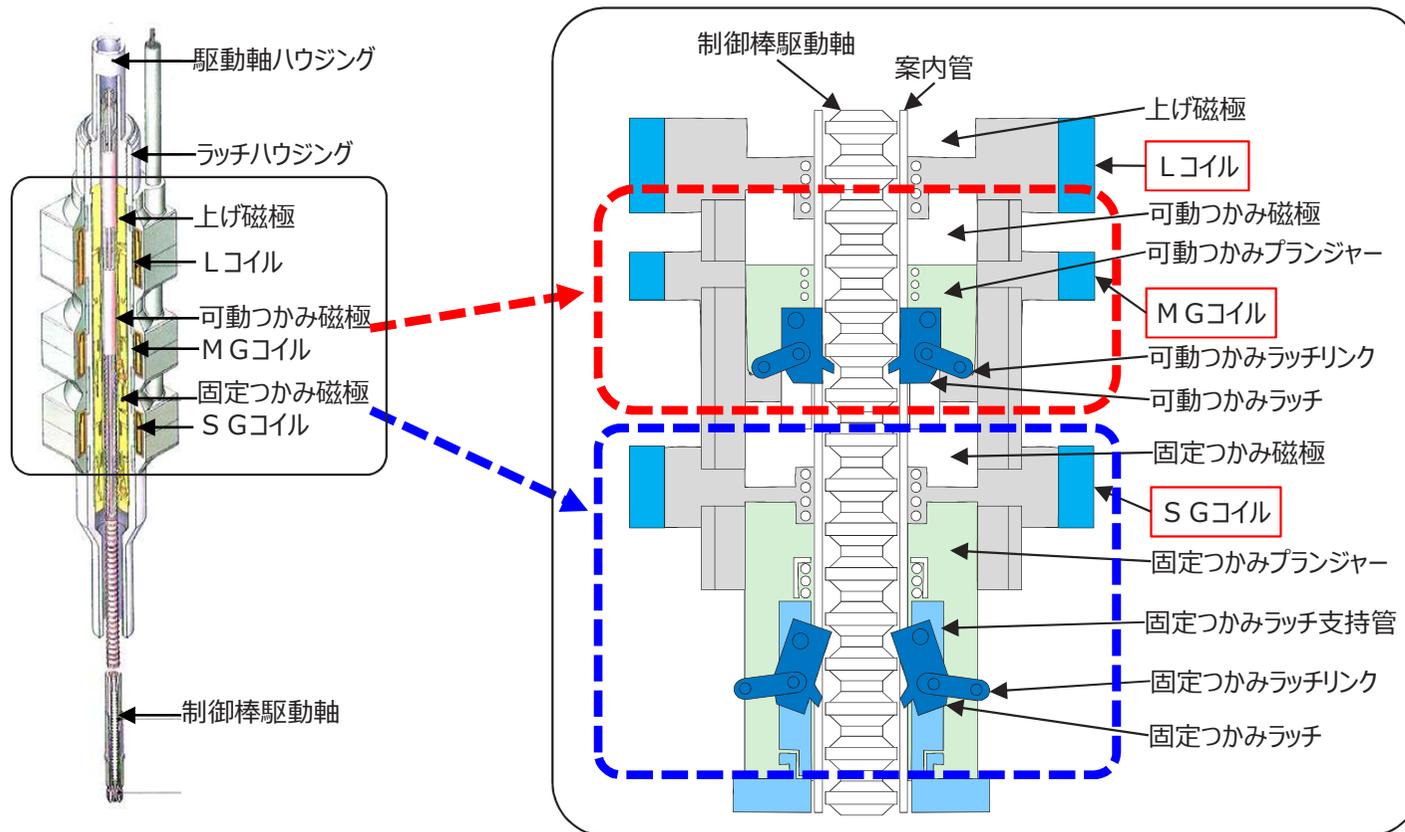
# 1. 事象の概要（設備の概要（1 / 2））

CRDM概要図

CRDMは、上から上げコイル※、MGコイル、SGコイルが設置され、それぞれのコイルを励磁・消磁することにより、ラッチ機構を介して制御棒駆動軸を上下させる。

なお、原子炉トリップ信号または停電でコイルが消磁されると、制御棒駆動軸等の重量でラッチが外れて制御棒は自重で炉心内へ落下する仕組みとなっている。

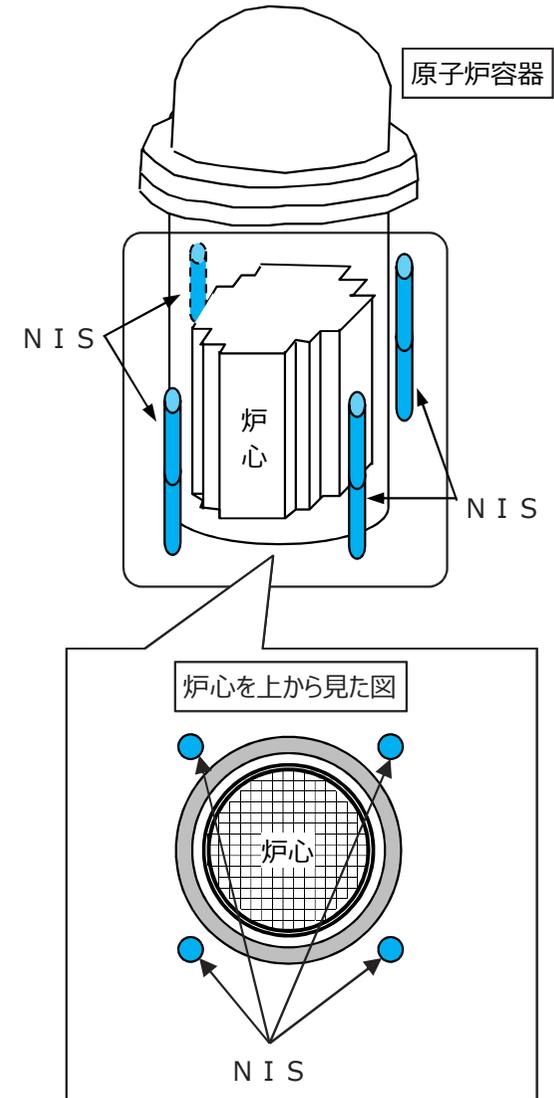
※：Liftコイル（制御棒を引き抜く際に使用するコイル。以下、Lコイル）



炉外核計装装置（検出器）位置図

炉外核計装装置（以下、N I S）は、運転中の中性子束を測定する検出器を4つ設置している。

2つ以上の中性子束検出に異常があった場合、原子炉を停止させる。

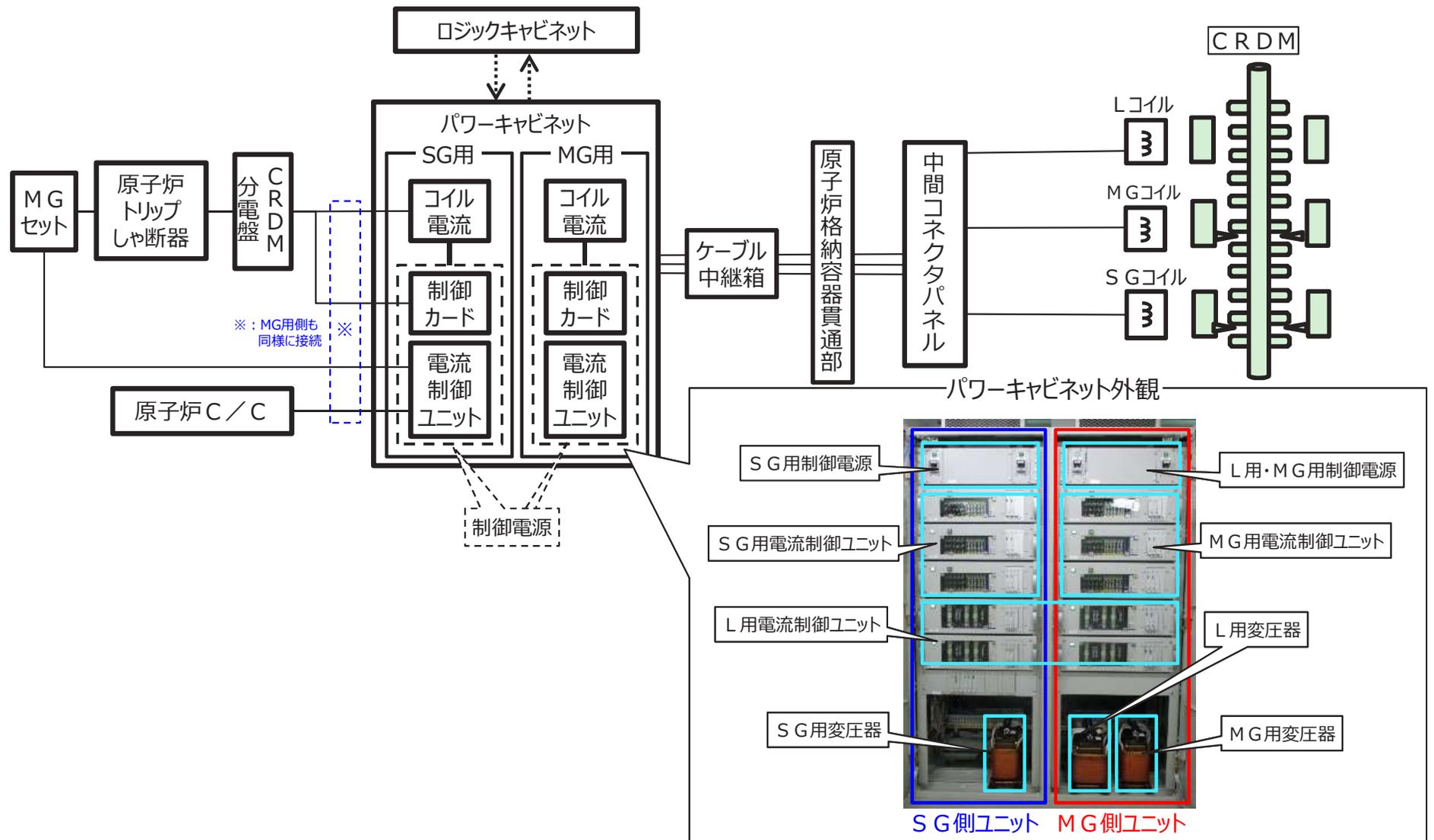


## ● CRDMの構成図

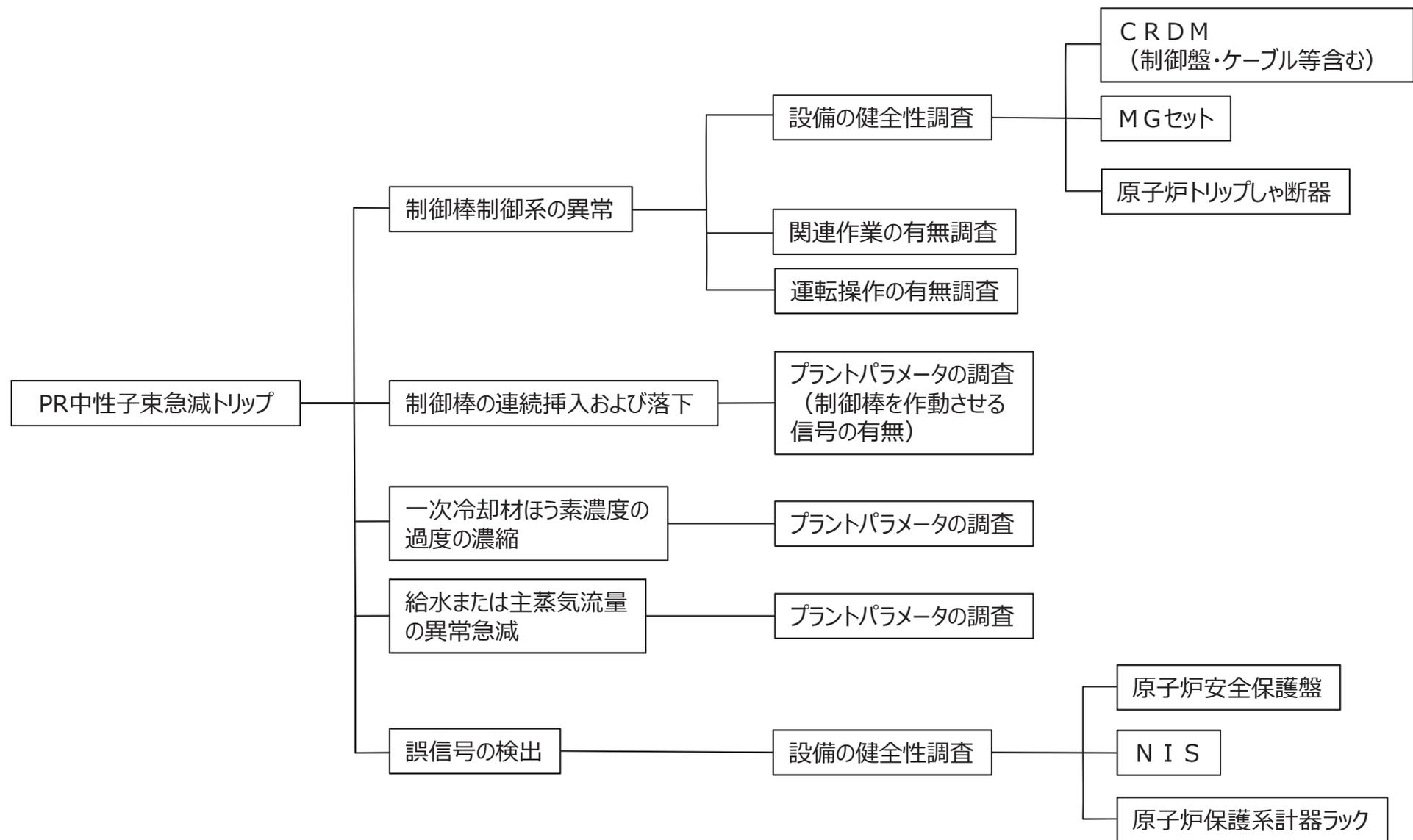
CRDMは、モータ発電機セット（以下、MGセット）および原子炉コントロールセンタ（以下、C/C）から電源が供給され、制御棒駆動軸を上下させる動作を制御している。

中央制御室での操作によりロジックキャビネットに指示が入力され、パワーキャビネットを介してCRDMを動作させている。

なお、原子炉を緊急停止する際には、原子炉トリップしゃ断器を動作させることにより、制御棒が自重で炉心内へ落下する仕組みとなっている。



## ● 原因調査に関する点検項目（要因分析）

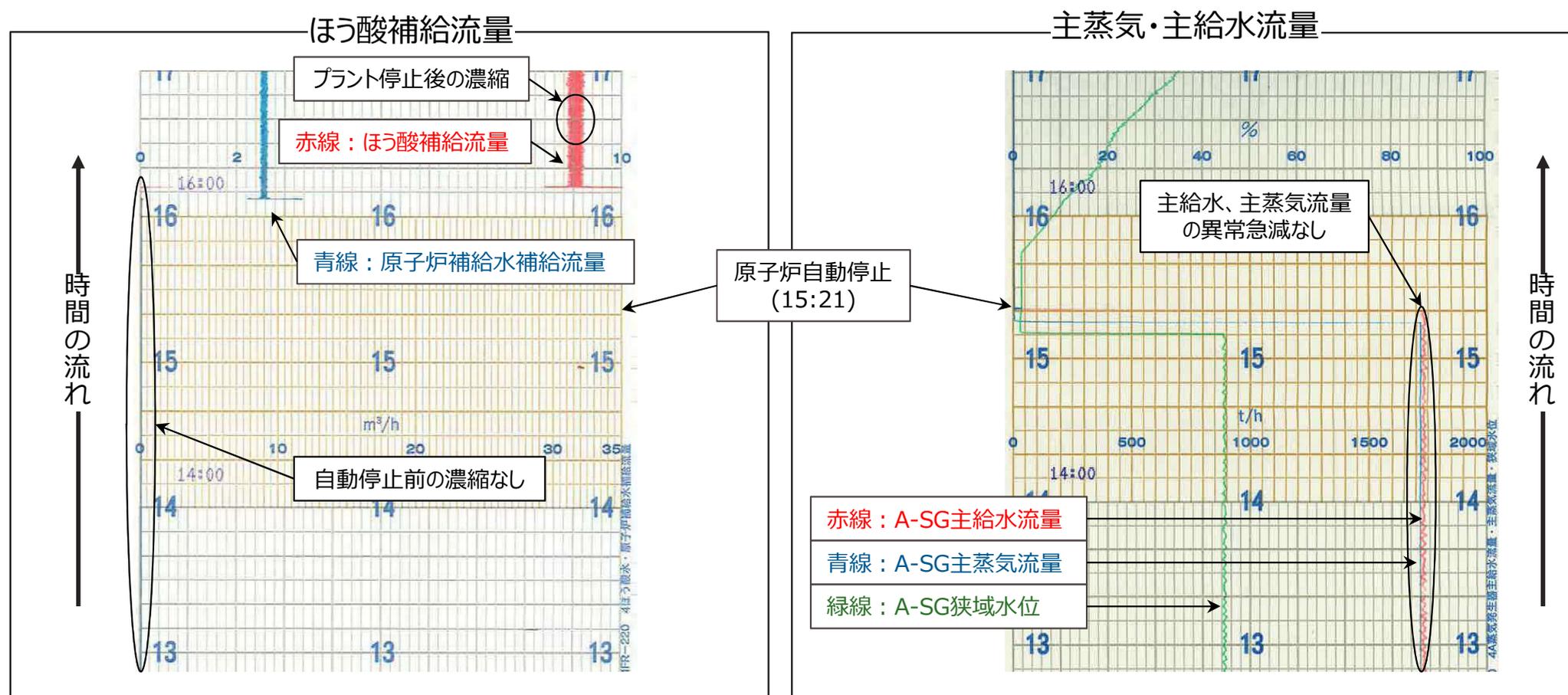


警報発信の要因として、一次冷却材系統のほう素濃度の過度の濃縮や主給水、主蒸気流量の異常急減などが考えられることから、それらのパラメータの履歴等を調査した結果、異常はなかった。

また、定期検査終了から原子炉自動停止までの運転期間中のプラントパラメータに異常はなかった。

なお、運転操作および作業の有無について、運転員および保守課員に聞き取りを行った結果、制御棒に関する操作および作業は行っていないことを確認した。

C R D Mについては、定期検査ごとにC R D Mの動作性やラッチ部の健全性に異常がないことを確認している。また、運転中は制御棒作動試験（1回/月）を実施しており、至近の1月17日の結果について確認し、異常はなかった。



N I Sの検出器および制御盤の点検・健全性確認を実施した結果、異常がないことを確認した。

### 検出器の点検および健全性確認

- ①コネクタで切り離し、検出器側の絶縁抵抗、静電容量測定を実施
- ②高圧電源をステップ状に上昇させて信号回路の反応を確認
- ③原子炉自動停止時の検出器の指示値は4chとも低下傾向を示しており、故障の可能性は低い

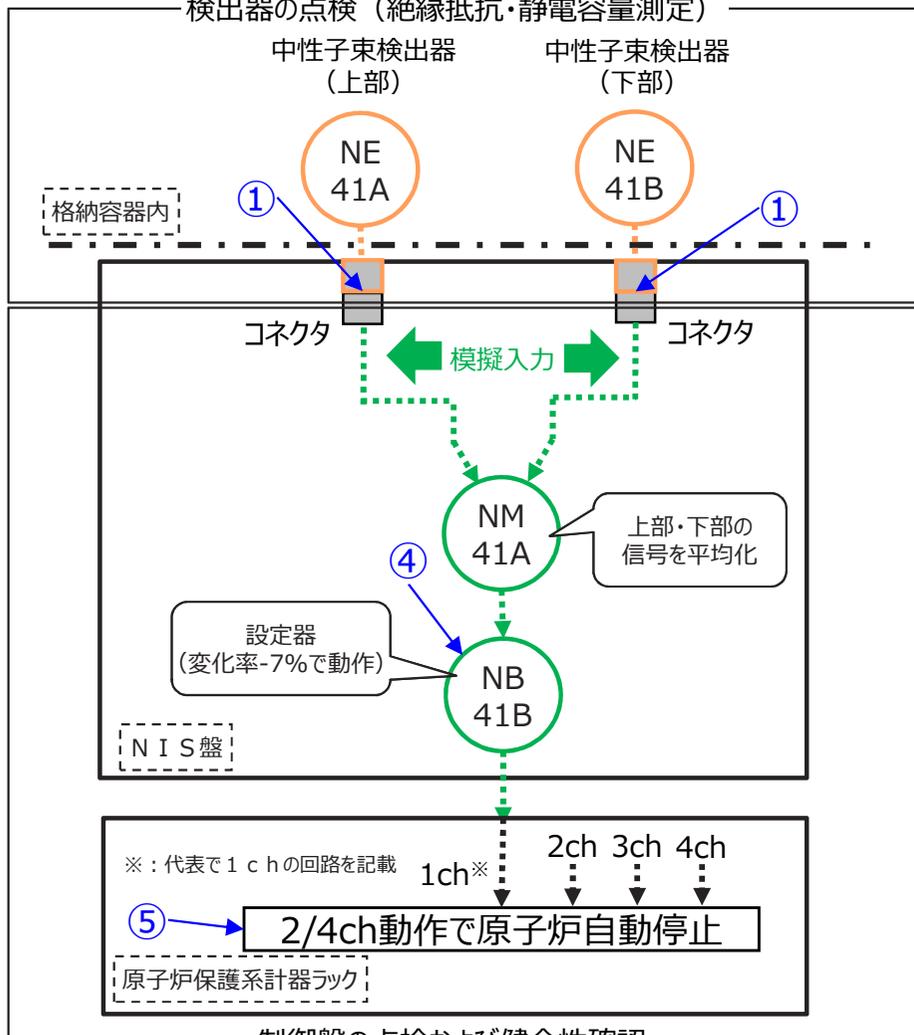
異常なし

### 制御盤の点検および健全性確認

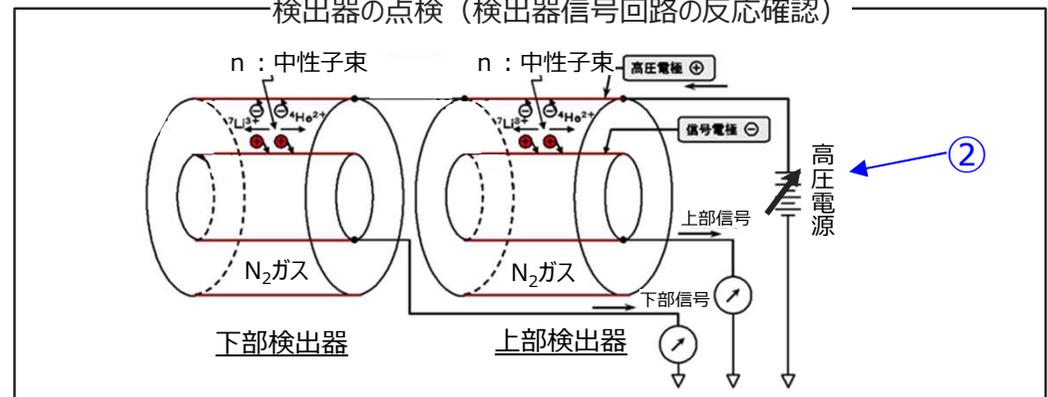
- ④模擬入力により設定器が動作する事および動作信号が原子炉保護系計器ラックへ伝達している事を確認
- ⑤原子炉保護系計器ラック以降の制御盤は実際に中性子束の指示値が低下し、動作している

異常なし

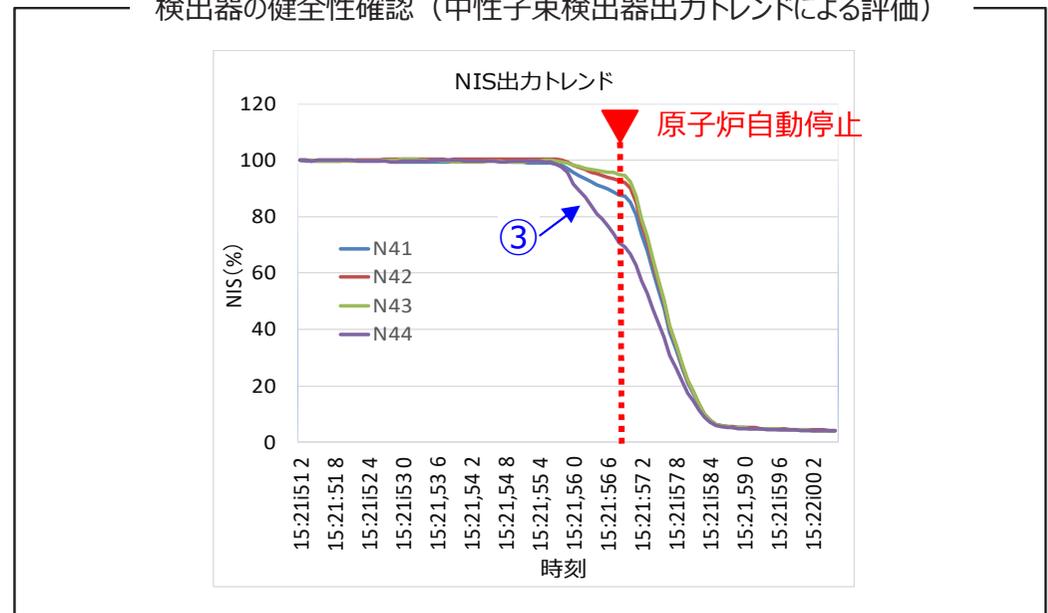
### 検出器の点検（絶縁抵抗・静電容量測定）



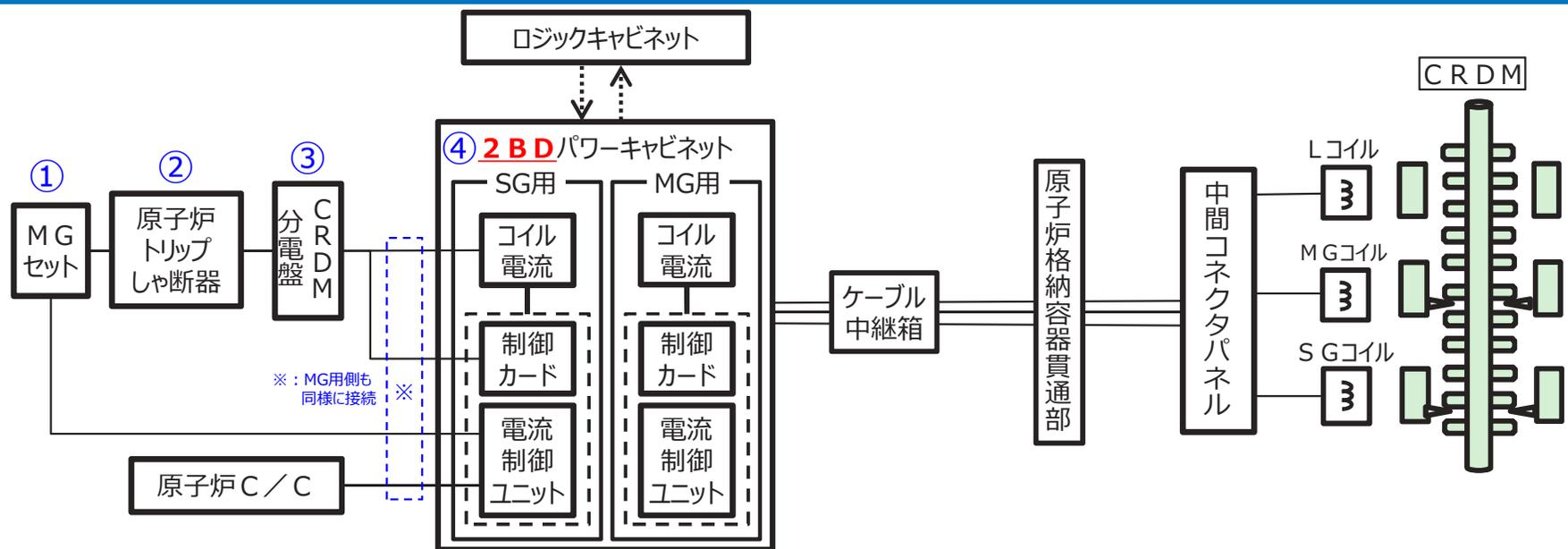
### 検出器の点検（検出器信号回路の反応確認）



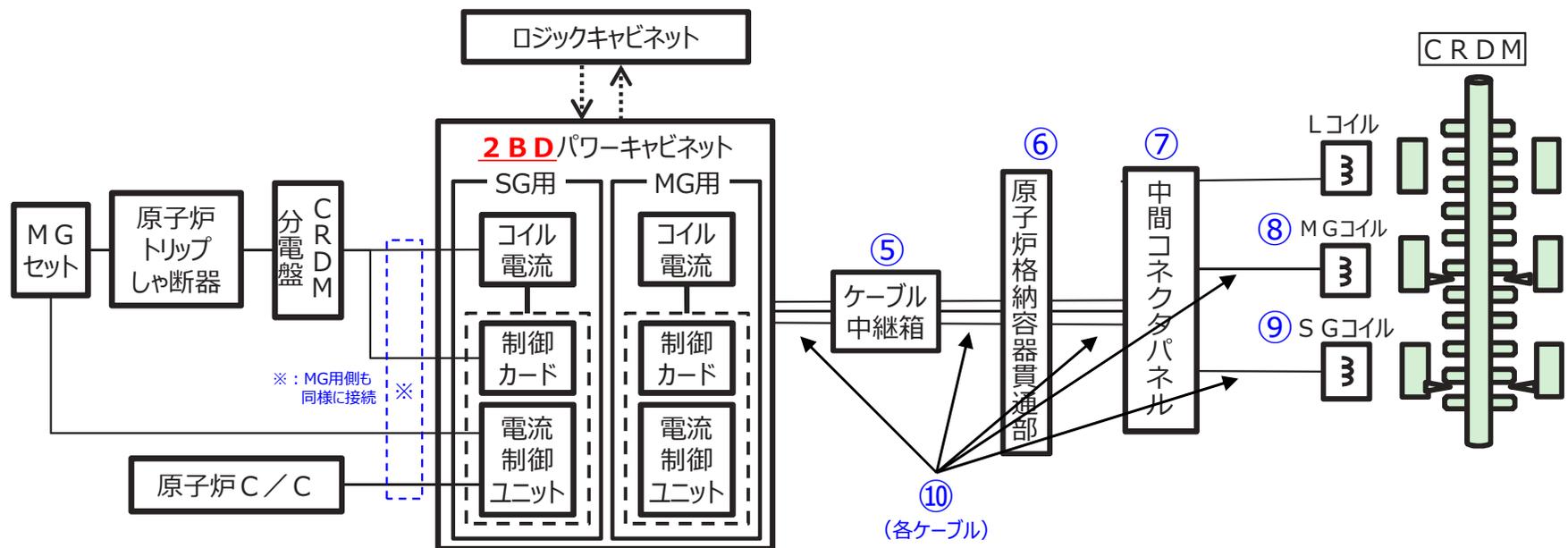
### 検出器の健全性確認（中性子束検出器出力トレンドによる評価）



## 2. 原因調査（CRDMの点検（1 / 2））



点検部位	点検内容	点検箇所（測定箇所）	判定基準	点検結果
① MGセット	絶縁抵抗測定	MGセット	1 MΩ以上	異常なし
	試運転	MGセット	メーカー基準を満足すること	
② 原子炉トリップしゃ断器	絶縁抵抗測定	原子炉トリップしゃ断器	10 MΩ以上	異常なし
	外観点検	原子炉トリップしゃ断器	損傷、変色がないこと	
	動作確認（手動・電動）	原子炉トリップしゃ断器	動作に異常がないこと	
③ CRDM分電盤	NFB状態確認	CRDM分電盤	NFB「入」であること	異常なし
④ CRDM制御盤（パワーキャビネット）	制御盤内外観点検	パワーキャビネット	損傷、焼損がないこと	調査中  （現時点では異常が認められないが、引き続き調査を継続）
	サージアブソーバー単体試験	パワーキャビネット	メーカー基準を満足すること	
	絶縁抵抗測定	パワーキャビネット	1 MΩ以上	
	制御回路電圧測定	パワーキャビネット	メーカー基準を満足すること	
	制御盤内ケーブル接続状態確認	パワーキャビネット	接続状態に異常がないこと	
	再現確認試験（電圧・電流波形測定）	パワーキャビネット	各部位の電圧・電流波形測定	
	電流制御ユニット構成部品（工場調査）	パワーキャビネット	メーカー基準を満足すること	



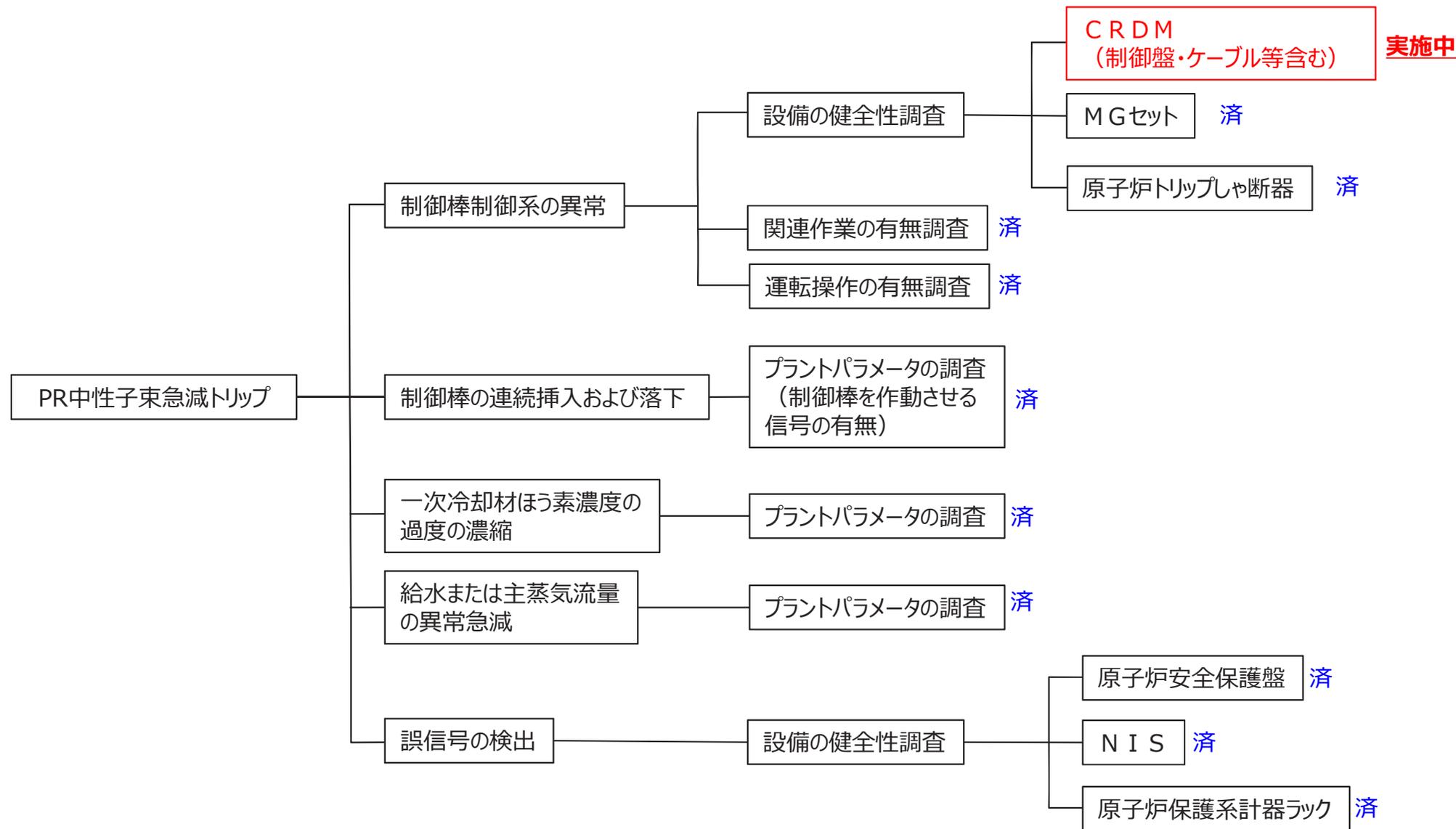
点検部位	点検内容	点検箇所 (測定箇所)	判定基準	点検結果	
⑤	ケーブル中継箱	ケーブル接続状態確認	ケーブル中継箱	接続状態に異常がないこと	調査中 〔現時点では異常が認められないが、引き続き調査を継続〕
⑥	原子炉格納容器貫通部	外観点検	原子炉格納容器貫通部	接続状態に異常がないこと	
⑦	中間コネクタパネル	外観点検	中間コネクタパネル	接続状態に異常がないこと	
⑧	MGコイル	絶縁抵抗測定	ケーブル中継箱	10 MΩ以上	
		コイル抵抗測定	ケーブル中継箱	メーカー基準を満足すること	
		コイル電流測定	パワーキャビネット	メーカー基準を満足すること	
⑨	SGコイル	絶縁抵抗測定	ケーブル中継箱	10 MΩ以上	
		コイル抵抗測定	ケーブル中継箱	メーカー基準を満足すること	
		コイル電流測定	パワーキャビネット	メーカー基準を満足すること	
⑩	各ケーブル	外観点検	各ケーブル	損傷、変色がないこと	
		絶縁抵抗測定	各ケーブル	10 MΩ以上	

# 3. 点検スケジュール

調査項目	~2/2 (木)	2/3 (金)	2/4 (土)	2/5 (日)	2/6 (月)	2/7 (火)	2/8 (水)	2/9 (木)	2/10 (金)	2/11~ (土)	
N I S 点検	データ評価・事象解明 [ ]		トリップ回路動作確認 [ ]		〔バイステータブル動作確認 検出器健全性確認〕						
	再現性確認試験（電流変化の確認） [ ] 〔・再現性なし〕										
C R D M 点検	パワーキャビネット点検 [ ]		ケーブル点検 [ ]		MGセット・原子炉トリップしゃ断器他点検 [ ]		※		各部接続状態とした点検 [ ]		}}
	〔NFB目視点検 電圧試験、導通試験、 絶縁抵抗確認〕		〔接続部目視点検 コネクタ部タッピング 導通試験、絶縁抵抗確認〕		〔2/5部分挿入事象の原因調査 電源回路点検（制御電源の要因箇所の特定） 追加動作試験、データ分析〕		〔ステッピング試験〕		〔各部を接続した状態で電流値 の異常有無等を連続確認 電流制御ユニットとの比較検証〕		}}
	通電試験 [ ]		〔模擬コイル接続による 通電試験〕		駆動部のコイル・機構調査 [ ]		メーカー工場詳細調査 [ ]				}}

※：電流制御ユニット(2BD SGA、MGA) 予備品入替

● 原因調査に関する点検状況



（これまでの調査の結果）

- 警報発信前後のプラントパラメータ（温度、圧力、ほう素濃度の過度の濃縮等）に異常はなかった。
- 全ての中性子束検出器（4つ）を点検した結果、異常は認められなかった。

これらのことから、警報発信の要因は、制御棒の挿入が原因と考えられるため、制御棒駆動装置の点検等を実施したところ、

- 警報発信前に1本の制御棒のMGコイルの電流値が通常よりも低かった。
- 調査の過程で、制御棒駆動装置の電源投入を行ったところ、制御棒2本が部分挿入される事象が発生したことなどが確認された。

（今後の予定）

- 引き続き、制御棒駆動装置制御盤の構成部品をメーカ工場で調査するとともに、制御棒駆動装置等の詳細点検を行っていく予定である。