

伊方発電所第2号機  
制御棒位置のずれについて

平成18年12月  
四国電力株式会社

## 1 . 件名

伊方発電所第2号機制御棒位置のずれについて

## 2 . 事象発生の日時

平成18年12月16日 11時10分頃(確認)

## 3 . 事象発生の原子炉施設

計測制御系統設備 制御棒駆動装置

## 4 . 事象発生時の運転状況

2号機定期検査中

## 5 . 事象発生の状況

伊方発電所第2号機(定格電気出力566MW)は、第19回定期検査において、臨界到達後の炉心設計の妥当性などを確認するための炉物理検査を実施していたところ、12月16日11時10分頃、制御バンクDの制御棒4本(全ステップは228)のうち1本の位置指示が、他の制御棒より約20ステップ下方にずれていることが確認された。

このため、制御バンク(A, B, C, D)の全ての制御棒を挿入し、原子炉を停止して詳細調査を実施した。

詳細調査において、位置ずれの原因として制御棒駆動機構への微小なクラッド等の付着が考えられたことから、動作再現確認および40回の繰り返し動作確認を実施するとともに、定期事業者検査「制御棒クラスタ動作検査」を実施し動作状況に異常のないことを確認した。

(添付資料 - 1, 2)

## 6 . 時系列

12月15日

11時50分 炉物理検査開始

12月16日

0時00分 臨界到達

11時10分 制御バンクDの制御棒1本(C-7)の位置ずれを確認

12時38分 制御バンクA~Dの全制御棒挿入開始

13時24分 同上制御棒の全挿入が完了し、炉物理検査を中断

13時30分 原因調査を開始

12月17日

13時00分 制御棒動作確認ならびに定期事業者検査を実施

12月18日

22時24分 炉物理検査（再開）

## 7. 調査結果

制御棒位置指示がずれる原因としては、

- ・ 制御棒位置指示装置の表示不良
- ・ 制御棒駆動装置の動作不良

が考えられるため以下の調査を実施した。

### (1) 制御棒位置指示装置（以下「RPI」という）の調査

制御バンクDの制御棒位置指示について、RPI盤にて入出力値を確認した結果、C-7の制御棒クラスタ2次コイル電圧が、他の3本に比べ低い値であった。また、炉物理検査における反応度データとも整合していることから、RPIは健全であると判断した。

（添付資料 - 3）

### (2) 制御棒駆動装置の調査

制御棒駆動系は制御回路、駆動用電源・コイルおよび機械的な駆動機構から構成される。総合的に調査するため、制御バンクDについて全挿入位置から全引き抜き位置までの動作確認を繰り返し実施した。

（添付資料 - 4）

#### a. 制御棒動作再現確認

制御棒の引き抜き、挿入操作により動作確認を行ったところ、1回目の挿入操作時に同じ制御棒（C-7）で前回とは異なった位置で位置ずれが確認された。

#### b. 制御棒動作確認

全挿入～全引き抜き～全挿入を2回繰り返し実施し、電流波形や機械的駆動機構の動作状況（動作音を加速度計で測定）を確認した結果、電流波形や動作シーケンスおよび駆動状況のいずれも異常は認められなかった。

#### c. 繰り返し動作確認

全挿入～全引き抜き～全挿入を8回繰り返し実施し、電流波形を確認した。その結果、同じ制御棒（C-7）において2回目および4回目の可動つかみコイルの電流波形の1カ所に可動つかみ部の動作の遅れと思われる波形の乱れが認められた。なお、制御棒の位置ずれの発生はなかった。

また、5回目以降の繰り返し動作確認では、可動つかみコイルの電流波形や動作シーケンスおよび駆動状況のいずれにも異常は認められなかった。

d . 繰り返し再度動作確認

繰り返し動作確認で2回の電流波形の乱れが認められたことから再度全挿入～全引き抜き～全挿入の駆動状況確認を9回と電流波形の確認および駆動状況の確認1回を1セットとして2セット(合計20回)繰り返し実施したが、電流波形や動作シーケンスおよび駆動状況のいずれにも異常は認められなかった。

さらに、全引き抜き～全挿入の電流波形確認および駆動状況確認を10回繰り返したが、異常は認められなかった。

e . 炉物理検査における動作確認

炉物理検査において制御棒駆動装置の動作確認を実施した結果、異常はなかった。

(3) 保守状況調査

a . 制御棒駆動装置の駆動機構および駆動軸の保守状況を調査した結果、駆動機構については、第15回定検(平成14年1月)の原子炉容器上蓋取替に合わせて、また駆動軸については、第18回定検(平成18年3月)の炉内構造物取替に合わせて取替しており、これらの工場製作時の寸法検査、材料検査、作動試験など試験・検査結果を確認した結果、いずれも良好であり異常は認められなかった。

b . 第19回定検における、制御棒駆動装置の制御装置(制御盤、駆動コイル等)の保守状況を確認した結果、特に異常は認められていない。

c . 制御棒駆動機構および駆動軸の機能については、これらを駆動させるため制御装置や電源、駆動コイルも含めて、保守点検や機能試験を毎定検実施しているが、これまで異常は認められていない。

なお、本事象がプラント運転中に発生した場合でも制御棒が挿入する方向でありトリップ機能を損なうものではない。

8 . 他の制御棒の調査

制御バンクA, B, Cについても、念のため全挿入位置から全引き抜き位置までの動作確認を行い異常のないことを確認した。

9 . 推定原因

以上の調査結果から、制御棒駆動装置について動作再現確認において、同事象が発生したが、その後の40回の繰り返し動作確認において位置ずれは再現しておらず、異常は認められなかったことから、一時的に動作が緩慢となったことにより制御棒位置ずれが発生したと考えられる。

その原因としては、

- ・ プラント停止時の直後には、1次冷却材中のクラッドが一時的に増加する。
- ・ 制御棒駆動軸へ付着したクラッドが、制御棒を引き抜くことにより駆動装置内に進入した。

- ・ 進入したクラッドが駆動機構の可動つかみ部動作部分に付着した。
- ・ 微小なクラッド等の付着により可動つかみ部動作部分の摺動抵抗が通常に比べてやや高くなり、ラッチ部の動作時間遅れが発生した。
- ・ これにより、可動つかみラッチ部のツメが駆動軸の溝に十分かみ合わない状況となり、この状態で固定つかみラッチがはずれたことから、制御棒が自重により挿入された。
- ・ 約20ステップスリップした時点で、可動つかみラッチ部が駆動軸にかみ合い制御棒のスリップが停止した。

上記のことにより、制御棒の位置ずれが発生したものと推定される。

その後、制御バンクDの動作試験を繰り返し実施した結果、制御棒は正常に動作する状態となっていることを確認した。

(添付資料 - 5)

## 10 . 対策

- (1) 今後、制御棒駆動装置動作時には念入りに動作状況を確認する。
- (2) 制御棒動作試験時(2ヶ月毎)およびシステムフリーテスト時(2ヶ月毎)には制御棒を操作することから、念のため当面の間、制御棒動作時のデータを採取し、異常のないことを確認する。
- (3) プラント停止時には、1次冷却材中のクラッドが一時的に増加し、制御棒駆動軸にクラッドが付着し、起動時に制御棒駆動軸の操作により駆動装置に入りこむ可能性があるため、プラント停止時の脱ガス運転時および起動時においては、制御棒動作の間は浄化流量を最大とし、クラッドの低減に努める。  
また、通常運転中においてクラッド濃度は低濃度で安定しており同様な事象が発生する可能性は低い、クラッド濃度を適宜測定し、適切な浄化流量で管理する。

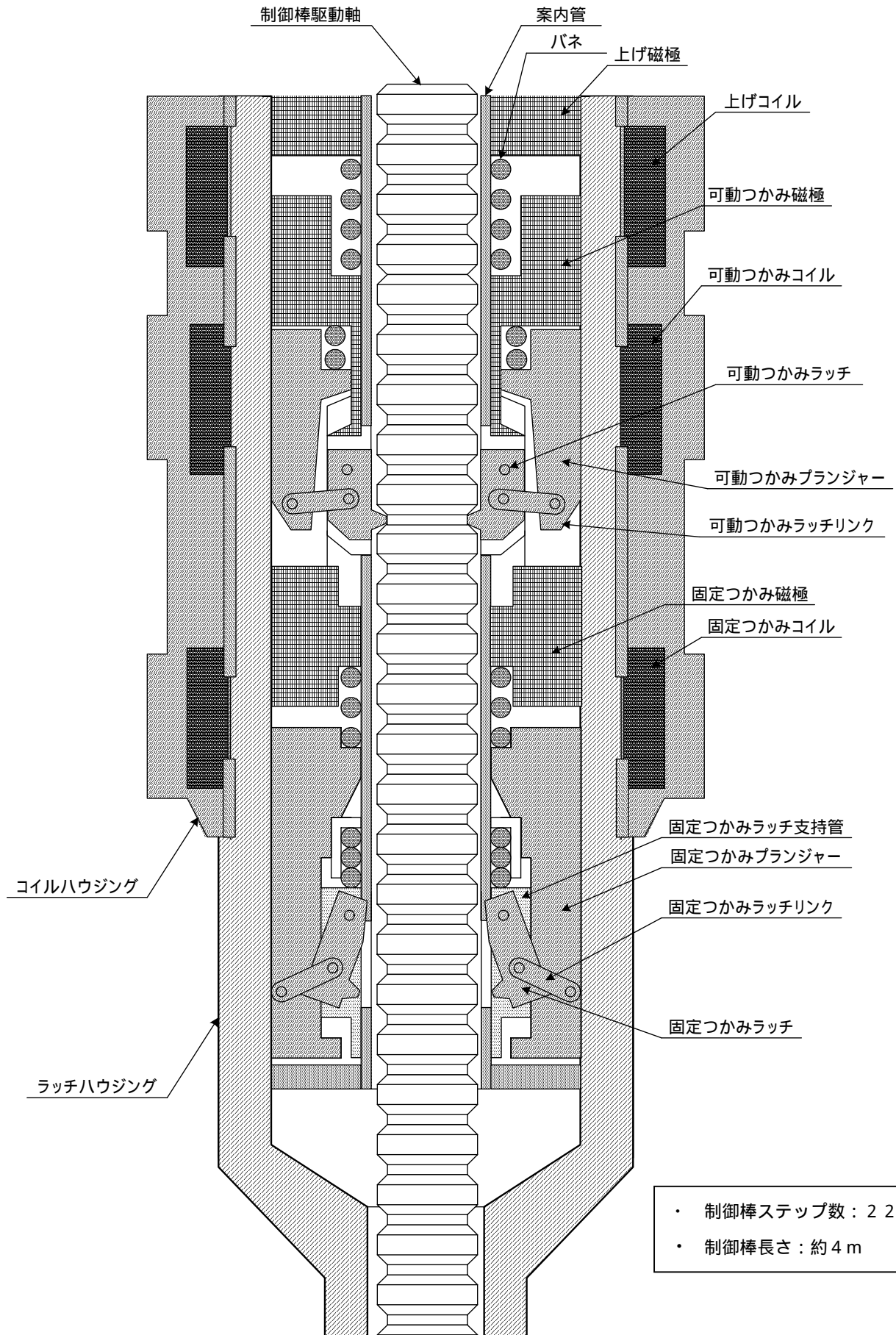
以上

## 添 付 資 料

- 添付資料 - 1 伊方発電所 2 号機制御棒駆動装置信号・電源系統図
- 添付資料 - 2 伊方発電所 2 号機制御棒駆動機構図
- 添付資料 - 3 制御棒位置指示装置の調査結果
- 添付資料 - 4 制御バンク D の動作確認要領
- 添付資料 - 5 クラッド付着のメカニズム



# 伊方発電所 2号機 制御棒駆動機構図

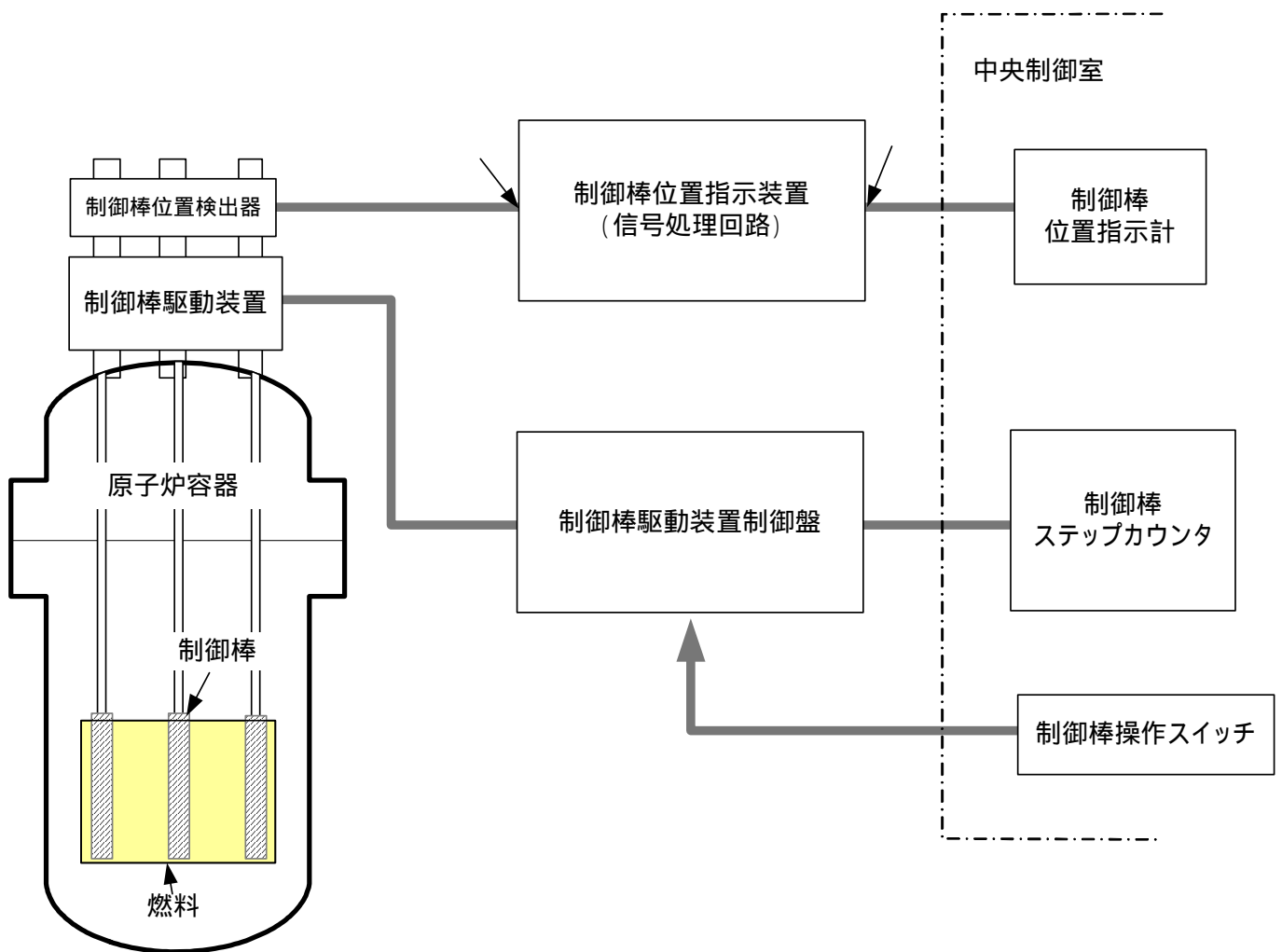




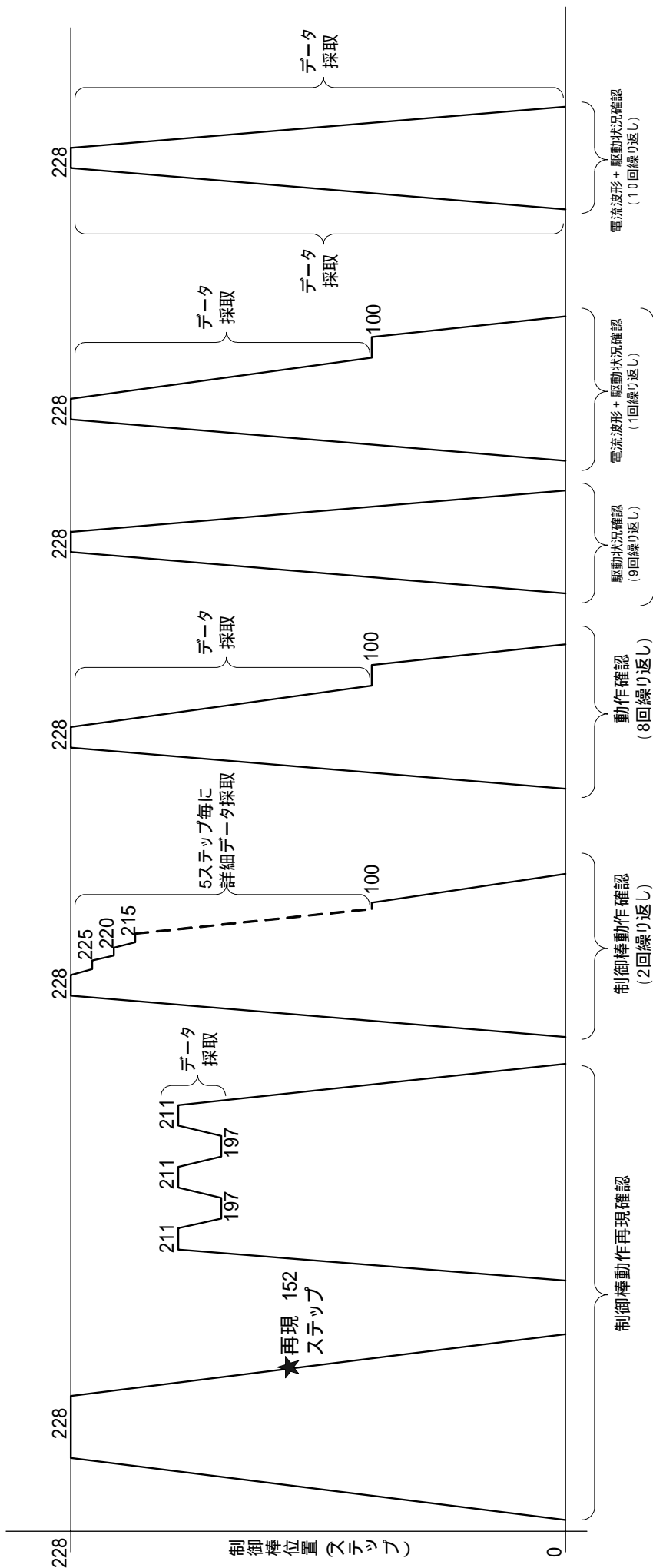
### 制御棒位置指示装置の調査結果

制御棒クラス	2次コイル(V)	タップ電圧(V)	カード出力(V)	換算値(STEP)	制御棒位置指示計 [中央制御室](STEP)
C-7	13.82	4.89	2.805	187	187
G-3	14.16	5.38	3.139	209	209
G-11	14.01	5.30	3.129	209	208
K-7	14.11	5.33	3.138	209	209

伊方発電所2号機制御棒位置指示装置概略系統図



# 制御バンクDの動作確認要領



繰り返し再度動作確認(2セット)

## クラッド付着のメカニズム

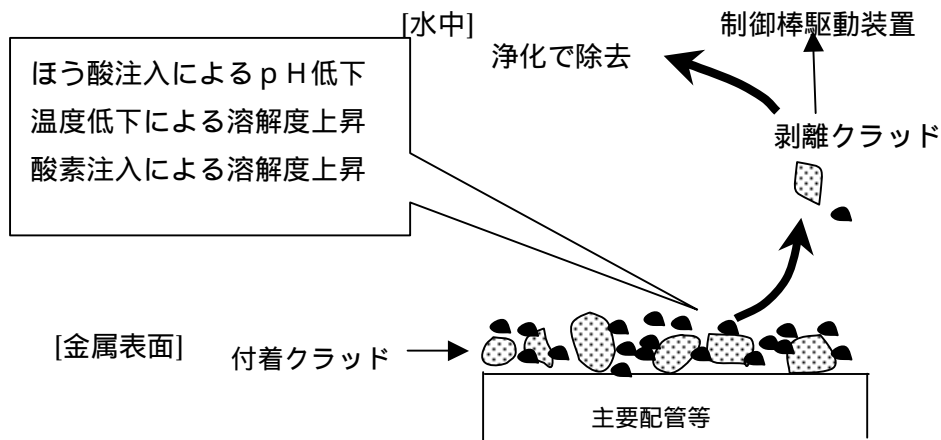
配管等に付着した付着クラッドにはコバルト等放射性物質が多く含まれるため、定検開始時定検時の被ばくを低減するため、脱ガス運転および酸化運転を行い、水溶性クラッドを溶出させるとともに非水溶性クラッドの剥離を促進する。

溶出または剥離させたクラッドは浄化設備により除去する。

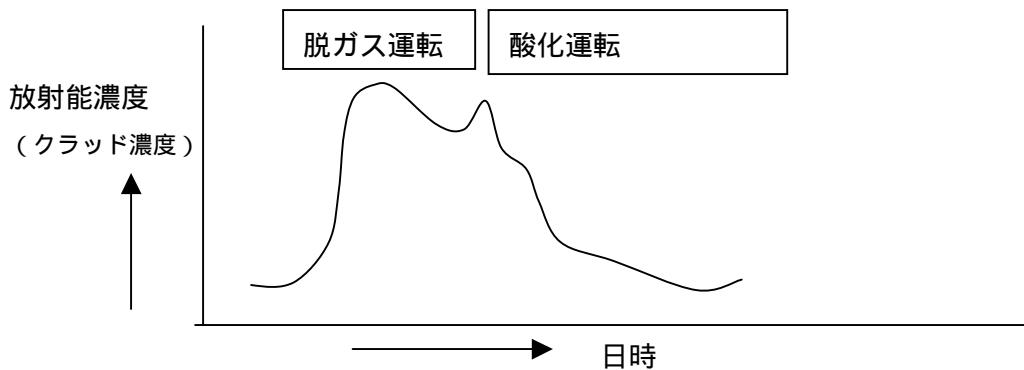
(クラッド溶出方法)

- ほう酸注入による pH の低下
- 温度低下による溶解度上昇
- 酸素注入による溶解度上昇 等がある。

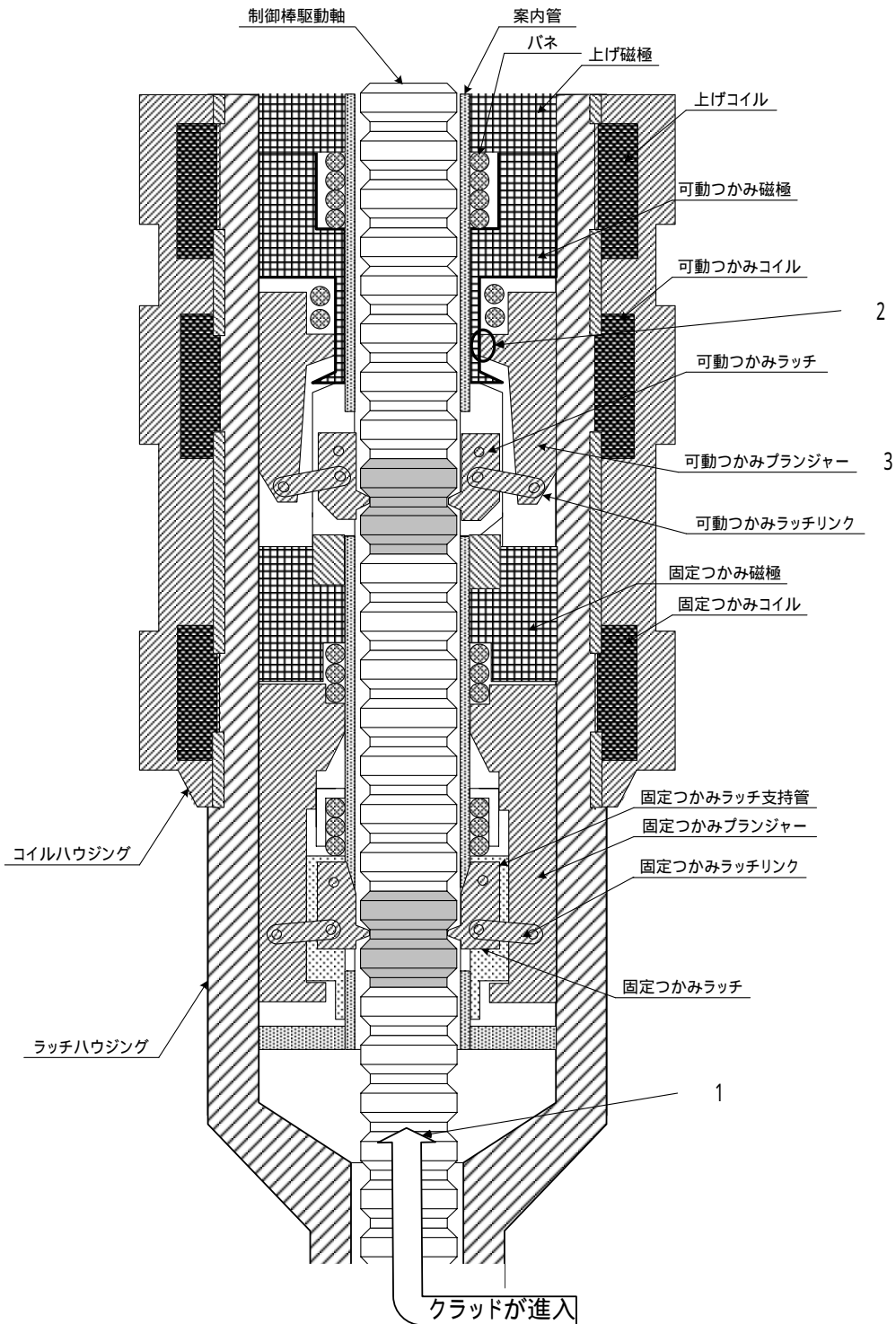
クラッドのほとんどは浄化設備により除去されるが、一部制御棒駆動装置の狭い隙間に侵入する。水溶性クラッドは水抜き操作により除去できるが、非水溶性クラッドは制御棒駆動装置に付着する。通常、多量のクラッドが制御棒駆動装置に持ち込まれることはなく、今回は偶発的に混入したものと考えられる。



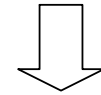
(クラッド濃度上昇イメージ)



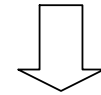
# クラッド付着のメカニズム



( 1 )の部分から、クラッドが制御棒駆動軸への付着等により侵入



( 2 )の可動つかみプランジャ摺動面に付着



( 3 )の可動つかみプランジャの摺動によりクラッドが剥離し、除去される。

## 用語説明

### 1. クラッド

原子炉冷却設備で使用している金属材料には、主成分としてニッケル、鉄、クロムがふくまれており、酸素と反応して金属酸化物を発生する。発生した粒子状の物質を通常「クラッド」と呼んでいる。

### 2. 脱ガス運転

原子炉容器開放のため、冷却材中に含まれる水素及び放射性希ガス濃度を低減する操作を脱ガス運転という。

### 3. 酸化運転

定検作業時の放射線被ばくを低減させるため、放射線源となる1次冷却材系機器(原子炉容器、蒸気発生器、配管等)の内面に蓄積した放射性クラッドを、クラッドの溶解特性を効果的に利用し、溶出させ浄化系統で除去するための運転を酸化運転という。