

原子力発電所の運営状況について

2023年4月4日
関西電力株式会社

当社の原子力発電所における運営状況について、以下のとおりお知らせします。

1. 運転状況について（2023年4月3日現在）

発電所		電気出力 (kW)	運 転 状 況	備 考
美 浜 発 電 所	3号機	82.6万	運転中	
高 浜 発 電 所	1号機	82.6万	第27回 定期検査中 2011年1月10日～2023年6月3日 ^{※1}	
	2号機	82.6万	第27回 定期検査中 2011年11月25日～2023年7月15日 ^{※1}	
	3号機	87.0万	運転中	高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について 詳細は3（3）のとおり
	4号機	87.0万	運転中	高浜発電所4号機の原子炉自動停止について（「PR中性子束急減トリップ」警報発信に係る原子炉施設故障等報告書の提出） 詳細は3（1）のとおり
大 飯 発 電 所	3号機	118.0万	運転中	
	4号機	118.0万	運転中	

※1：並列予定日

<新規制基準適合性審査に係る申請を行ったプラント> (2023年4月3日現在)

1. 重大事故等対処施設

発電所名	申請	申請日	補正日	許認可日
大飯 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2013. 7. 8	2016. 5. 18 2016. 11. 18 2017. 2. 3 2017. 4. 24	2017. 5. 24
	工事計画認可申請	2013. 7. 8 2013. 8. 5 ^{*1}	2016. 12. 1 2017. 4. 26 2017. 6. 26 2017. 7. 18 2017. 8. 15	2017. 8. 25
	保安規定変更認可申請	2013. 7. 8	2016. 12. 1 2017. 8. 25	2017. 9. 1
	使用前検査申請	3号機:2017. 8. 28 (開始:2017. 9. 11) 4号機:2017. 8. 28 (開始:2017. 9. 14)	2017. 11. 30	3号機:2018. 4. 10 4号機:2018. 6. 5
高浜 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2013. 7. 8	2014. 10. 31 2014. 12. 1 2015. 1. 28	2015. 2. 12
	工事計画認可申請	2013. 7. 8 2013. 8. 5 ^{*1}	2015. 2. 2 2015. 4. 15 2015. 7. 16 ^{*2} 2015. 7. 28 ^{*2} 2015. 9. 29 ^{*3}	3号機:2015. 8. 4 4号機:2015. 10. 9
	保安規定変更認可申請	2013. 7. 8	2015. 6. 19 2015. 9. 29	2015. 10. 9
	使用前検査申請	3号機:2015. 8. 5 (開始:2015. 8. 17) 4号機:2015. 10. 14 (開始:2015. 10. 21)	3号機:2015. 10. 14 ^{*4} 3号機:2015. 11. 25 4号機:2015. 11. 25 3号機:2016. 2. 8	3号機:2016. 2. 26 4号機:2017. 6. 16
美浜3号機	原子炉設置変更許可申請	2015. 3. 17	2016. 5. 31 2016. 6. 23	2016. 10. 5
	工事計画認可申請	2015. 11. 26	2016. 2. 29 2016. 5. 31 2016. 8. 26 2016. 10. 7	2016. 10. 26
	保安規定変更認可申請	2015. 3. 17	2019. 7. 31	2020. 2. 27
	使用前検査申請	2017. 12. 15 (開始:2018. 1. 15)	2019. 2. 6 2020. 4. 7 2020. 8. 21 2021. 1. 25 2021. 5. 12 2021. 5. 21	2021. 7. 27
高浜 1、2号機	原子炉設置変更許可申請 (高浜1～4号機)	2015. 3. 17	2016. 1. 22 2016. 2. 10 2016. 4. 12	2016. 4. 20
	工事計画認可申請	2015. 7. 3	2015. 11. 16 2016. 1. 22 2016. 2. 29 2016. 4. 27 2016. 5. 27	2016. 6. 10
	保安規定変更認可申請	2019. 7. 31	-	2021. 2. 15
	使用前検査申請	2016. 10. 7 (開始:2016. 11. 14)	1、2号機:2019. 2. 6 1、2号機:2020. 4. 7 1号機 :2020. 8. 21 1号機 :2021. 2. 25 2号機 :2021. 4. 30 1、2号機:2021. 8. 2 1、2号機:2022. 2. 28 1、2号機:2022. 3. 15 1、2号機:2022. 7. 1	-

※1: 高浜発電所3、4号機では2015. 2. 2の補正書に、大飯発電所3、4号機では2016. 12. 1の補正書に、2013. 8. 5の申請内容を含めたため、2013. 8. 5の申請を取り下げ。

※2: 高浜発電所3号機および共用設備のうち3号機に分類した設備について補正書を提出。

※3: 高浜発電所4号機および共用設備のうち4号機に分類した設備について補正書を提出。

※4: 高浜発電所4号機の共用設備の使用前検査時期を高浜発電所3号機の使用前検査工程に反映した記載内容の変更。

2. 特定重大事故等対処施設

発電所名	申請	申請日	補正日	許認可日
高浜 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2014. 12. 25	2016. 6. 3 2016. 7. 12	2016. 9. 21
	工事計画認可申請	2017. 4. 26	2018. 12. 21 2019. 4. 26 2019. 7. 17 2019. 7. 30	2019. 8. 7
	保安規定変更認可申請	2020. 4. 17	2020. 9. 8 2020. 9. 17 2020. 9. 28	2020. 10. 7
	使用前検査申請	2019. 8. 13	2019. 8. 30 2020. 2. 3 2020. 2. 27 2020. 3. 24 2020. 4. 7 2020. 4. 23 2020. 12. 4 2021. 3. 5	3号機:2020. 12. 11 4号機:2021. 3. 25
高浜 1、2号機	原子炉設置変更許可申請 (高浜1～4号機)	2016. 12. 22	2017. 4. 26 2017. 12. 15	2018. 3. 7
	工事計画認可申請	(第1回)2018. 3. 8	(第1回)2018. 10. 5 (第1回)2019. 2. 19 (第1回)2019. 3. 20 (第1回)2019. 4. 9 (第1回)2019. 4. 19	(第1回)2019. 4. 25
		(第2回)2018. 11. 16	(第2回)2019. 5. 31 (第2回)2019. 8. 2 (第2回)2019. 8. 21	(第2回)2019. 9. 13
		(第3回)2019. 3. 15	(第3回)2019. 8. 2 (第3回)2019. 9. 27	(第3回)2019. 10. 24
		(第4回)2019. 5. 31	(第4回)2019. 12. 25 (第4回)2020. 2. 13	(第4回)2020. 2. 20
	保安規定変更認可申請	2022. 5. 23	2022. 12. 2	2023. 1. 13
	使用前検査申請	(第1回)2019. 7. 9	2020. 3. 24	-
(第2回)2019. 10. 17		2020. 12. 4		
(第3回)2019. 11. 12		2021. 4. 22		
	(第4回)2020. 2. 27	2021. 8. 2 2022. 3. 15 2022. 4. 15 2022. 7. 1		
美浜3号機	原子炉設置変更許可申請	2018. 4. 20	2020. 4. 1 2020. 5. 22	2020. 7. 8
	工事計画認可申請※ ¹	2020. 7. 10	2021. 3. 24 2021. 3. 31	2021. 4. 6
	保安規定変更認可申請	2021. 9. 17	2022. 2. 24 2022. 3. 24	2022. 3. 25
	使用前検査申請※ ²	2021. 4. 7	2021. 5. 12 2021. 7. 5 2021. 8. 2 2022. 2. 7 2022. 3. 15 2022. 6. 17 2022. 7. 1	2022. 7. 28
大飯 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2019. 3. 8	2019. 12. 26 2020. 2. 5	2020. 2. 26
	工事計画認可申請※ ¹	(第1回)2020. 3. 6	(第1回)2020. 4. 14 (第1回)2020. 12. 14	(第1回)2020. 12. 22
		(第2回)2020. 8. 26	(第2回)2021. 4. 30 (第2回)2021. 8. 13	(第2回)2021. 8. 24
	保安規定変更認可申請	2021. 9. 17	2022. 2. 24	2022. 3. 24
	使用前検査申請※ ²	3号機 : (第1回)2021. 1. 8 4号機 : (第1回)2021. 5. 12	3号機 : (第1回)2021. 4. 28 3,4号機: (第1回)2021. 6. 29 3号機 : (第1回)2021. 8. 2	3号機:2022. 12. 8 4号機:2022. 8. 10
3,4号機: (第2回)2021. 9. 3		3,4号機: (第2回)2022. 1. 27 3,4号機: (第2回)2022. 2. 7 3,4号機: (第2回)2022. 3. 15 4号機: (第2回)2022. 5. 30 3,4号機: (第2回)2022. 7. 1 3号機: (第2回)2022. 10. 17	3号機:2022. 12. 8 4号機:2022. 8. 10	

※1 : 2020. 4. 1以降は関係法令等の改正（新検査制度導入）により「設計及び工事計画認可申請」として申請

※2 : 2020. 4. 1以降は関係法令等の改正（新検査制度導入）により「使用前確認申請」として申請

2. 廃止措置の状況（2023年4月3日現在）

発電所名	廃止措置の状況
美浜1号機	<ul style="list-style-type: none"> 2次系設備の解体撤去作業中（2018.4.2～） 原子炉周辺設備の解体撤去作業中（2022.10.24～）
美浜2号機	<ul style="list-style-type: none"> 2次系設備の解体撤去作業中（2018.3.12～） 原子炉周辺設備の解体撤去作業中（2022.10.24～）
大飯1号機	<ul style="list-style-type: none"> 2次系設備の解体撤去作業中（2020.4.1～） 第2回 定期事業者検査中*（2022.7.6～未定） 残存放射能調査作業中（2022.8.1～）
大飯2号機	<ul style="list-style-type: none"> 2次系設備の解体撤去作業中（2020.4.1～） 残存放射能調査作業中（2022.7.15～）

※放射性廃棄物の廃棄設備である廃樹脂処理装置の検査の中で取り替えることとした部品の製造に時間を要しているため

3. トラブル情報等について

（1）法令に基づき国に報告する事象（安全協定の異常時報告事象にも該当する事象）

発電所名	高浜発電所4号機	発生日	2023年1月30日
件名	高浜発電所4号機の原子炉自動停止について （「PR中性子束急減トリップ」警報発信に係る原子炉施設故障等報告書の提出） 添付資料1 参照		
事象概要 および 対策等	<p>高浜発電所4号機（加圧水型軽水炉）は、定格熱出力一定運転中、1月30日15時21分、「PR中性子束急減トリップ」の警報^{※1}が発信し、原子炉が自動停止しました。</p> <p>警報発信の要因として、制御棒の挿入、炉心状態の急変もしくは中性子検出器の不具合などが考えられるため、事象発生前後のプラントパラメータの調査や中性子検出器、制御棒駆動装置の点検等を実施しました。</p> <p>その結果、プラントパラメータや検出器に異常はなく、制御棒が実際に挿入されたことにより、検出器の指示値が大きく低下し、警報発信に至った可能性があると推定しました。</p> <p>その後、調査の過程で、制御棒駆動装置の点検として制御棒（48本）の引き抜き、挿入操作^{※2}を行いました。動作性に異常は認められませんでした。このため、詳細点検として、制御棒駆動装置制御盤の構成部品を工場で調査するとともに、制御棒駆動装置制御盤を通电した状態での各部（制御回路や各ケーブル）の電流値の連続測定（モニタリング）等を行い、データの解析等を実施することとしました。</p> <p>なお、環境への放射能の影響はありません。</p> <p>※1 原子炉の周囲には、運転中の中性子を測定する検出器が4つ設置されている。中性子検出に異常があった場合、警報が発信する。</p> <p>※2 制御棒は、上部で制御棒駆動軸と連結されており、駆動軸を動作させるために可動用と保持用のラッチ（爪）があり、ラッチにはコイルが取り付けられており、このコイルに通電することでラッチが駆動軸をつかむ状態となる。</p> <p>当社は、調査結果や原因と対策を取りまとめ、3月7日、原子力規制委員会に原子炉施設故障等報告書を提出しました。</p> <p>1. 警報発信の要因に係る調査結果</p> <p>（1）プラントパラメータ等の確認結果</p> <p>2022年12月1日に第24回定期検査を終了し、1月30日に原子炉が自動停止するまで定格熱出力一定運転を継続していました。この間の1次冷却材系統の温度、圧力などプラントパラメータの履歴等を確認した結果、異常はありませんでした。</p> <p>また、警報発信の要因として、1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、異常はありませんでした。</p> <p>その他、当直員および保修課員に聞き取りを行った結果、警報発信前に関連する運転操作等は行っていないことを確認しました。</p>		

(2) 中性子検出器等の点検結果

中性子検出器4つのうち、2つ以上の検出器の中性子束指示が低下すると警報が発信します。警報発信の要因として、中性子検出器の不具合も考えられるため、4つの中性子検出器を点検した結果、異常はありませんでした。

また、警報発信時の指示値を確認した結果、制御棒が実際に挿入されたことにより、4つのうち2つの中性子検出器の指示値が大きく低下し、警報発信に至った可能性があることを確認しました。

その他、誤信号の検出の有無について確認するため、原子炉安全保護盤、原子炉保護系計器ラック^{※3}の健全性を確認した結果、異常はありませんでした。

※3 原子炉トリップ信号によって、原子炉の自動停止を行う設備。

(3) 制御棒駆動装置の点検作業実績等

「PR中性子束急減トリップ」警報が発信する前の1月25日、29日に「CRDM重故障」の警報^{※4}が発信したため、制御棒駆動装置制御盤の点検を行いました。制御棒駆動部のコイルに供給する電流値に異常は認められませんでした。

1月30日0時12分に再度、「CRDM重故障」警報が発信したため、コイルに供給する電流値を測定したところ、1本の制御棒(D6)の可動ラッチのコイルに供給する電流値が通常よりも低いことを確認しました。

このため、制御棒駆動装置の制御盤内の詳細点検を行うこととし、異常を確認した1本(D6)を含む4本の制御棒(D6、F12、M10、K4)^{※5}について、保持ラッチのコイルの通電を継続し、制御棒を保持した状態で、同日15時18分に、可動ラッチのコイルの主電源を切り、15時21分に、制御電源を切りました。

その後、「PR中性子束急減トリップ」警報が発信し、原子炉が自動停止しました。

※4 CRDM(制御棒駆動装置)重故障警報は制御棒を電磁力で保持している保持コイルおよび可動コイルのうち、いずれかまたは両方で電流の異常(低下)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。

※5 電流制御装置により、制御棒は4本単位で制御している。

2. 制御棒駆動装置の詳細点検結果

制御棒駆動装置の駆動部については、毎月1回、制御棒作動試験を実施しており、至近の試験(2023年1月17日)で異常は認められておらず、調査の過程でも制御棒の引き抜き、挿入操作を行い動作性に異常はないことなどから駆動部の機械的要因によるものではないことを確認しました。

このため、保持ラッチのコイルへの通電により、制御棒が原子炉上部で保持されていたにも関わらず、原子炉内に挿入された可能性が高いことから、制御棒駆動装置の電気的な故障によるものと推定しました。

その後、2月1日、「PR中性子束急減トリップ」警報発信前に実施していた操作(保持ラッチのコイルの通電を継続し、制御棒を保持した状態で、可動ラッチのコイルの主電源を切とした状態)の再現性確認試験を実施しましたが、制御棒の挿入等の異常は認められなかったことから、制御棒駆動装置制御盤に通電した状態での各部(制御回路や各ケーブル)の電流値の連続測定(モニタリング)等を行い、データの解析等を実施しました。

(1) 制御棒駆動装置制御盤の構成部品の工場調査

制御棒駆動装置制御盤の構成部品(ダイオード、ヒューズ等)について、電流の入出力試験等を実施した結果、異常は認められませんでした。

(2) 制御棒駆動装置制御盤から制御棒駆動部(コイル)までの点検

制御棒駆動装置制御盤の構成部品を予備品に取り替え、健全性を確認した後、当該制御盤に通電した状態で、当該制御盤からコイルまでの電流値の連続測定(モニタリング)を行っていたところ、2月12日、「CRDM重故障」警報が発信し、4本の制御棒(D6、F12、M10、K4)のうち、1本の制御棒(D6)の可動ラッチのコイルに供給する電流値が通常よりも低いことを確認しました。

これらのことから、「CRDM重故障」警報発信の原因は、制御盤の出口からコイルまでの電気回路にあると推定しました。その後、制御盤を切り離れた上で、制御盤の出口からコイルまでの電気回路の電流値のモニタリングを継続していたところ、3本の制御棒（D6、M10、K4）に繋がる電気ケーブル^{※6}4本（D6の可動ラッチコイル用、M10の可動および保持ラッチコイル用、K4の保持ラッチコイル用）の電流波形に一時的な電流の低下が認められました。その一時的な電流低下が発生した箇所は、原子炉格納容器貫通部の端子箱の間であることを確認しました。

なお、原子炉格納容器貫通部の端子箱の間の区間以外の設備や他の制御棒の45本については、2月20日から電流値のモニタリングを実施していますが、異常は認められていません。

※6 制御棒1本に対して電気ケーブル6本が接続されており、3本の制御棒（D6、M10、K4）で計18本ある。

（3）原子炉格納容器貫通部の端子箱間の点検

端子箱の内部を点検した結果、原子炉格納容器貫通部出口（格納容器内側）と端子台の間の貫通部出口側電気ケーブル上にコイル側へ向かう電気ケーブル（コイル側電気ケーブル）束が覆いかぶさっていることを確認しました。

さらに、詳細に調査した結果、3本の制御棒（D6、M10、K4）に繋がる貫通部出口側電気ケーブルのうち、3本（D6の可動ラッチコイル用、M10の保持ラッチコイル用、K4の保持ラッチコイル用）は、覆いかぶさったコイル側電気ケーブル束と接しており、その荷重を受けやすい状況となっていました。

また、貫通部出口側電気ケーブルの抵抗値を測定した結果、4本の電気ケーブルの抵抗値^{※7}が高いことを確認しました。

これらのことから、貫通部出口側電気ケーブルが、コイル側電気ケーブル束の荷重を受けることで、原子炉格納容器貫通部内から引き抜かれる方向に力が働き、貫通部内の接続部において接触不良が発生したものと推定しました。

なお、他の原子炉格納容器貫通部の端子箱の内部点検を実施した結果、ケーブル束が覆いかぶさっていないことを確認しました。

※7 抵抗値が高くなると電流値が低下する。

3. 挿入された制御棒の特定に係る調査結果

原子炉周囲には、円周上に4つの中性子検出器が等間隔（90度毎）で配置されています。「PR中性子束急減トリップ」警報発信前の中性子検出器の指示値の動きを確認したところ、まず、1つの検出器（N44）が反応し、他の3つの検出器の指示値に比べて大きく低下していることを確認しました。

これらのことから、検出器（N44）近傍の制御棒が挿入された可能性が高いと推定しました。

また、「CRDM重故障」警報発信の原因と推定される制御棒4本（D6、F12、M10、K4）を対象に、制御棒挿入に伴う中性子検出器の指示値の解析（シミュレーション）を実施した結果、制御棒1本（M10）が挿入された場合、今回と同様の傾向を示すことを確認しました。

このため、「PR中性子束急減トリップ」警報発信直前に制御棒1本（M10）が挿入されたものと推定しました。

4. その他

今回の原子炉自動停止事象に係る原因調査の中で、2月5日に制御棒駆動装置制御盤の一部の電源を「切」状態から「入」に切り替えたところ、本来作動すべき制御棒とは別の2本（作動すべき制御棒と同じ制御盤から通電され、電源「入」の状態）が部分挿入し、その後の追加試験でも再発しましたが、本事象は、制御棒駆動装置の制御盤の主電源を入れた際に、ラッチコイルの電流が瞬間的に喪失することで発生する事象であり、設備の異常ではないこと、また、今回の原子炉停止事象とは関連がないことを確認しました。

事象概要 および 対策等	<p>5. 推定原因</p> <p>原子炉が自動停止した「PR中性子束急減トリップ」警報発信の原因は、点検のために可動ラッチのコイルの電源を切り、保持ラッチのみで制御棒を保持していたところ、原子炉格納容器貫通部内で接続している電気ケーブルに接触不良が発生したことにより、制御棒駆動部のコイルに供給する電流値が低下し、保持ラッチが開放され、制御棒1本（M10）が挿入されたためと推定しました。</p> <p>その結果、中性子検出器の指示値が中性子急減トリップの設定値に至ったため、原子炉が自動停止したものと推定しました。</p> <p>また、電気ケーブルの接触不良の原因は、原子炉格納容器貫通部出口（格納容器内側）と端子台の間において、貫通部出口側電気ケーブルに、コイル側電気ケーブルが覆いかぶさっていたことにより、原子炉格納容器貫通部内から引き抜かれる方向に力が働いていたためと推定しました。</p> <p>6. 対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3本の制御棒（D6、M10、K4）の原子炉格納容器貫通部の端子箱（原子炉格納容器外側）から同貫通部の端子箱（原子炉格納容器内側）までの電路について、電流低下が認められた電気ケーブルを介さずに、予備用として敷設されている他の原子炉格納容器貫通部のルートに変更しました。 ・今回の事象を踏まえ、原子炉格納容器貫通部のケーブルに関する点検・保守方法や、ケーブル敷設時の注意事項を社内マニュアルに反映しました。 <p style="text-align: center;">（2023年1月30日、2月15日、3月7日、3月23日お知らせ済み）</p> <p>対策が完了したことから、3月24日に原子炉を起動し、3月25日に発電を再開しました。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>
--------------------	---

（2）安全協定の異常時報告事象
 なし

(3) 保全品質情報等

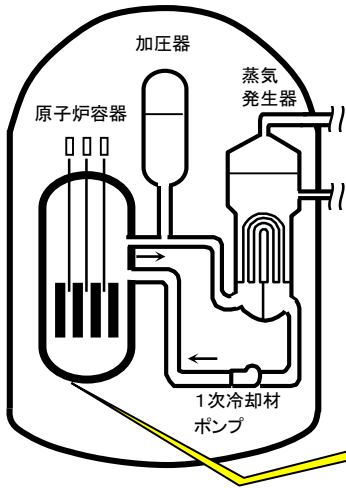
発電所名	高浜発電所3号機	発生日	2023年3月15日
件名	高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について 添付資料2参照		
事象概要 および 対策等	<p>高浜発電所3号機（定格熱出力一定運転中）において、2月28日、原子炉補機冷却水サージタンク^{※1}の水位の指示値が低下していることを運転員が確認しました。</p> <p>その後の調査の中で、原子炉補機冷却水冷却器^{※2}1台から、冷却水が漏えいしている可能性があることを確認しました。詳細点検を行うため、当該冷却器を隔離したことから、3月15日17時00分に保安規定の運転上の制限^{※3}を満足していない状態にあると判断しました。</p> <p>その後、漏えいの可能性があるC原子炉補機冷却水冷却器を詳細に点検した結果、伝熱管1本に微小な貫通穴を確認しました。</p> <p>また、当該冷却器の伝熱管全数^{※4}について、渦流探傷検査（ECT）^{※5}を実施した結果、当該伝熱管1本を含む108本の伝熱管の厚さが判定基準を満足していないことを確認したことから、それらの伝熱管を施栓し、使用しないこととしました。</p> <p>その後、耐圧試験や通水確認を実施し、異常がないことを確認したことから、3月20日21時30分に保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰しました。</p> <p>本事象による環境への放射能の影響はありません。</p> <p>※1 原子炉補機冷却水の熱変動による膨張、収縮などを緩和することで、原子炉補機冷却水ポンプの入口圧力を維持し、ポンプの損傷の原因となる気泡の発生を防止するための設備。</p> <p>※2 温度上昇した原子炉補機冷却水を海水ポンプから供給された海水で冷却する熱交換器であり、高浜発電所3号機には4台設置している。</p> <p>※3 運転上の制限とは、安全機能を確保するために必要な機器（ポンプ等）の台数や、原子炉の状態毎に遵守すべき温度や圧力の制限を定めているもの。一時的にこれを満足しない状態が発生すると、運転上の制限からの逸脱を宣言し、予め定められた時間内に措置を行うことが必要となる。</p> <p>※4 既施栓管を除く2,810本。</p> <p>※5 高周波電流を流したコイルを、伝熱管に接近させることで対象物に渦電流を発生させ、対象物のきず等により生じた渦電流の変化を電気信号として取り出すことできず等を検出する検査。</p> <p style="text-align: right;">（2023年3月15日、3月21日お知らせ済み）</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		

以上

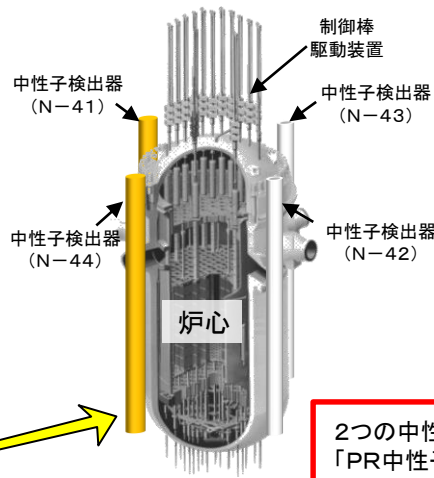
高浜発電所4号機の原子炉自動停止の原因と対策

事象概要

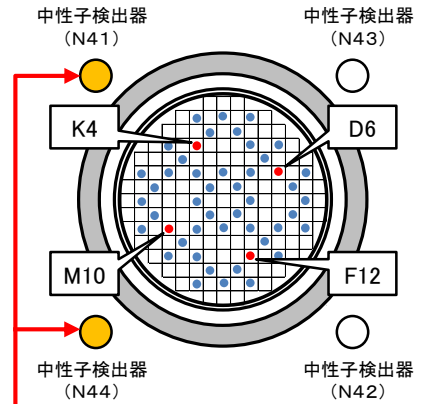
<原子炉格納容器>



<原子炉容器>



<炉心を上から見た図>



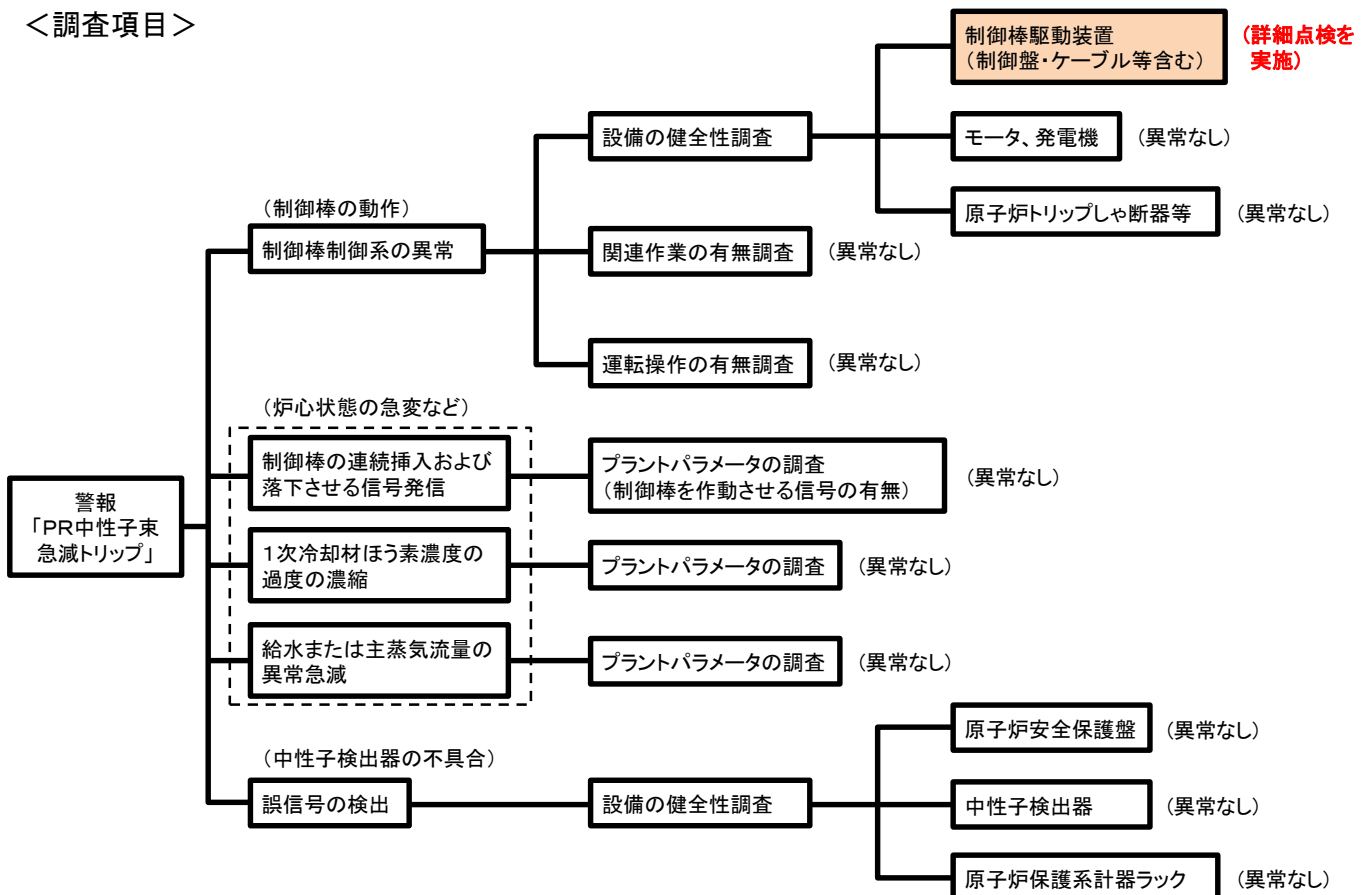
2つの中性子検出器の指示値が急減し、「PR中性子束急減トリップ」警報が発信

□ 燃料集合体(157体)
● 制御棒(48本)

これまでの調査結果

- ・事象発生前後のプラントパラメータ、中性子検出器等の設備の健全性、運転操作等の調査を実施した結果、異常はありませんでした。
- ・制御棒が実際に挿入されたことにより、検出器の指示値が大きく低下し、警報発信に至った可能性があるかと推定したことから、制御棒駆動装置の詳細点検を行いました。

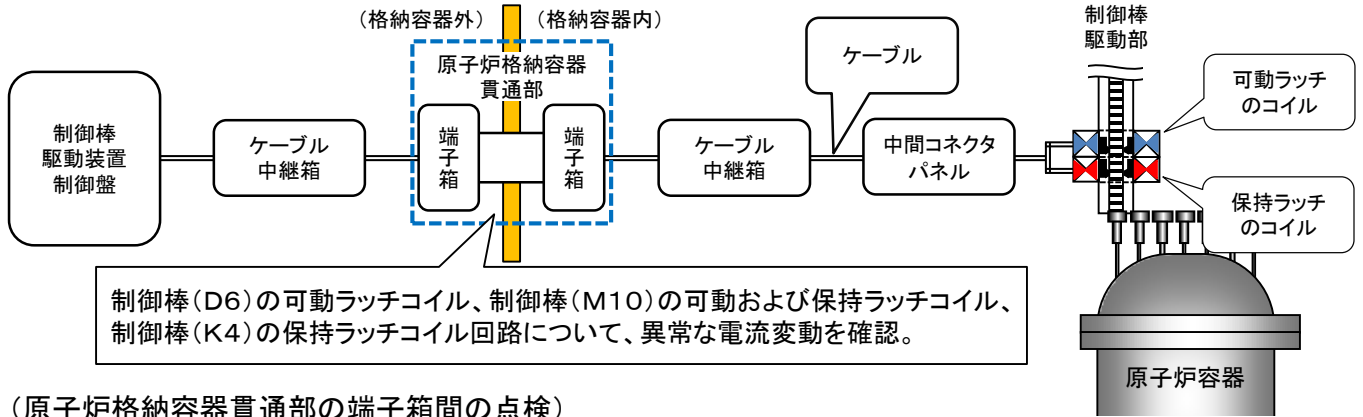
<調査項目>



制御棒駆動装置の詳細点検

(制御棒駆動装置制御盤から制御棒駆動部(コイル)までの点検)

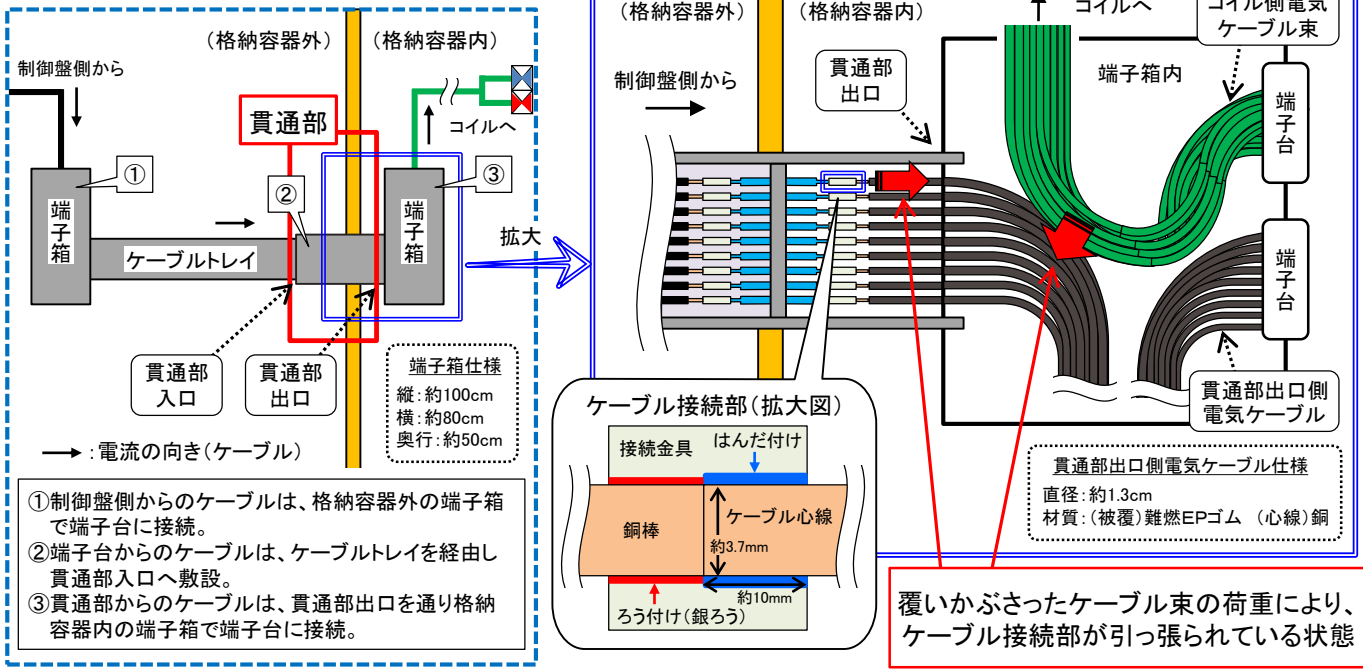
警報発信は、制御棒駆動装置の電氣的な故障による制御棒の挿入が原因と考え、制御棒駆動装置制御盤から制御棒駆動部(コイル)までの点検を実施。



(原子炉格納容器貫通部の端子箱間の点検)

制御棒挿入の原因は原子炉格納容器貫通部の端子箱間にあると考え、当該端子箱間のケーブルや端子台を確認。

<貫通部の端子箱間イメージ(横断面図)>



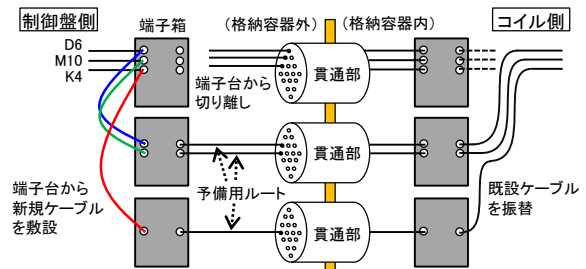
推定原因

原子炉が自動停止した「PR中性子束急減トリップ」警報発信の原因は、点検のために可動ラッチのコイルの電源を切り、保持ラッチのみで制御棒を保持していたところ、原子炉格納容器貫通部内で接続している電気ケーブルに接触不良が発生したことにより、制御棒駆動部のコイルに供給する電流値が低下し、保持ラッチが開放され、制御棒1本(M10)が挿入されたためと推定しました。

また、電気ケーブルの接触不良の原因は、原子炉格納容器貫通部出口(格納容器内側)と端子台の間において、貫通部出口側電気ケーブルに、コイル側電気ケーブルが覆いかぶさっていたことにより、原子炉格納容器貫通部内から引き抜かれる方向に力が働いていたためと推定しました。

対策

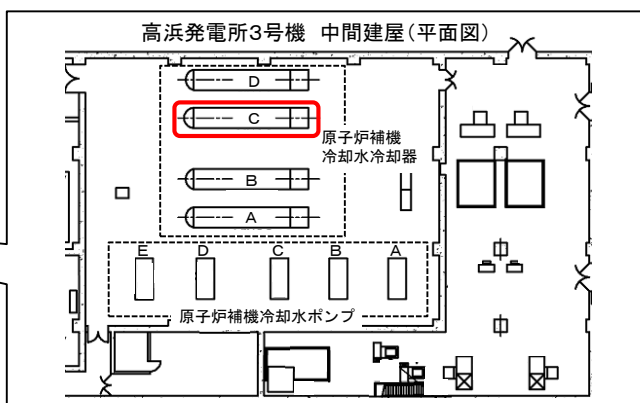
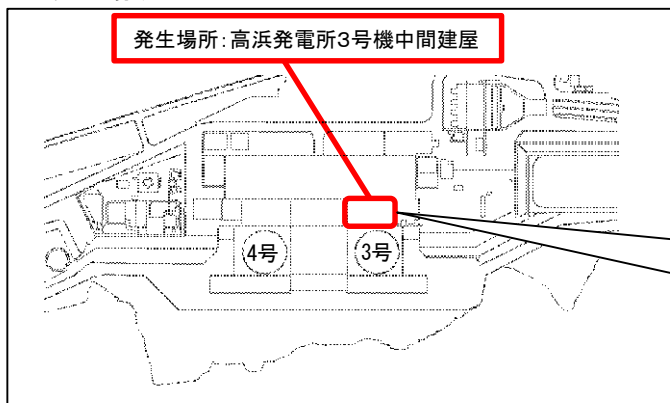
- 3本の制御棒(D6、M10、K4)の原子炉格納容器貫通部の端子箱(原子炉格納容器外側)から同貫通部の端子箱(原子炉格納容器内側)までの電路について、電流低下が認められた電気ケーブルを介さず、予備用として敷設されている他の原子炉格納容器貫通部のルートに変更しました。
- 今回の事象を踏まえ、原子炉格納容器貫通部のケーブルに関する点検・保守方法や、ケーブル敷設時の注意事項を社内マニュアルに反映しました。



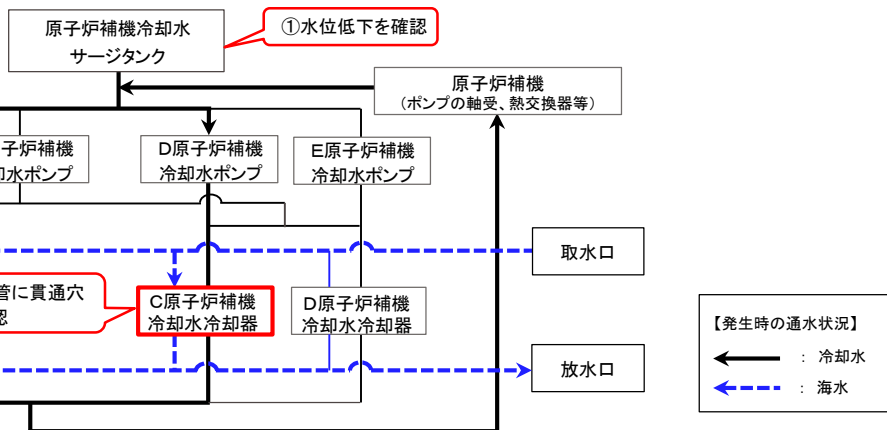
高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について

事象概要

<発生場所>

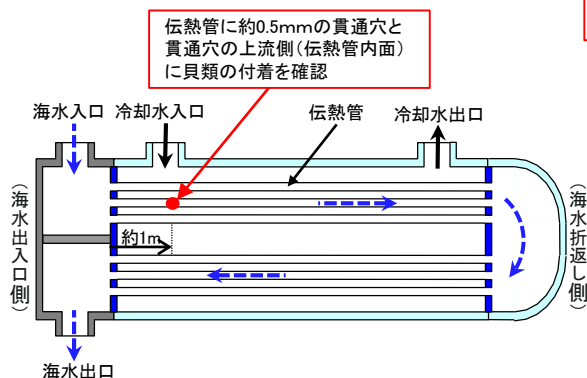


<原子炉補機冷却水系統概略図>



※原子炉補機冷却水冷却器は、AとBで1系統、CとDで1系統となっており、1系統のいずれかを常時運転状態として定期的に切り替えを行っている。

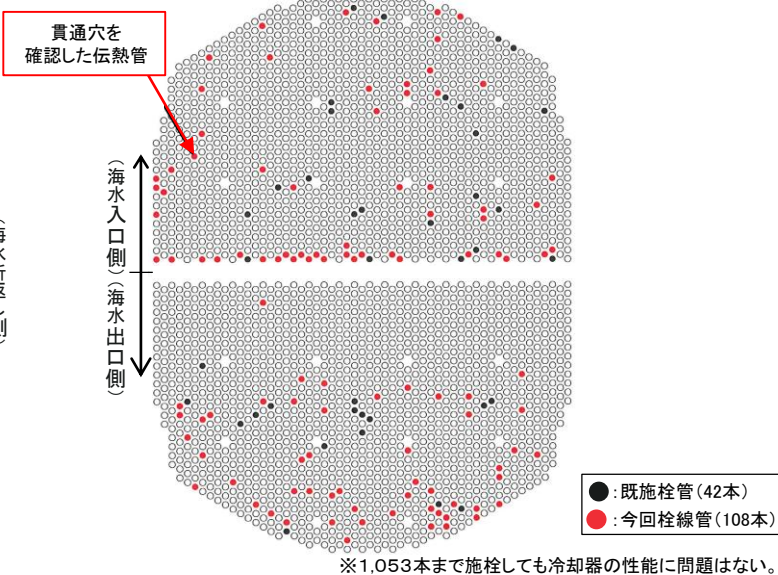
<C原子炉補機冷却水冷却器>



【原子炉補機冷却水冷却器の仕様】
 長さ: 約10.4m
 高さ: 約2.1m
 伝熱管の本数: 2,852本

【伝熱管の仕様】
 長さ: 約8m
 外径: 19mm
 肉厚: 1.2mm
 材質: アルミニウム黄銅

<伝熱管の断面図(海水折返し側)>



※1,053本まで施栓しても冷却器の性能に問題はない。

調査結果

C原子炉補機冷却水冷却器を詳細に点検した結果、伝熱管1本に微小な貫通穴および、貫通穴の上流側(伝熱管内面)に貝類の付着を確認しました。

このため、配管内を流れる海水に乱流が発生し、配管の厚みが部分的に薄くなったことで貫通穴が開いたと推定しました。