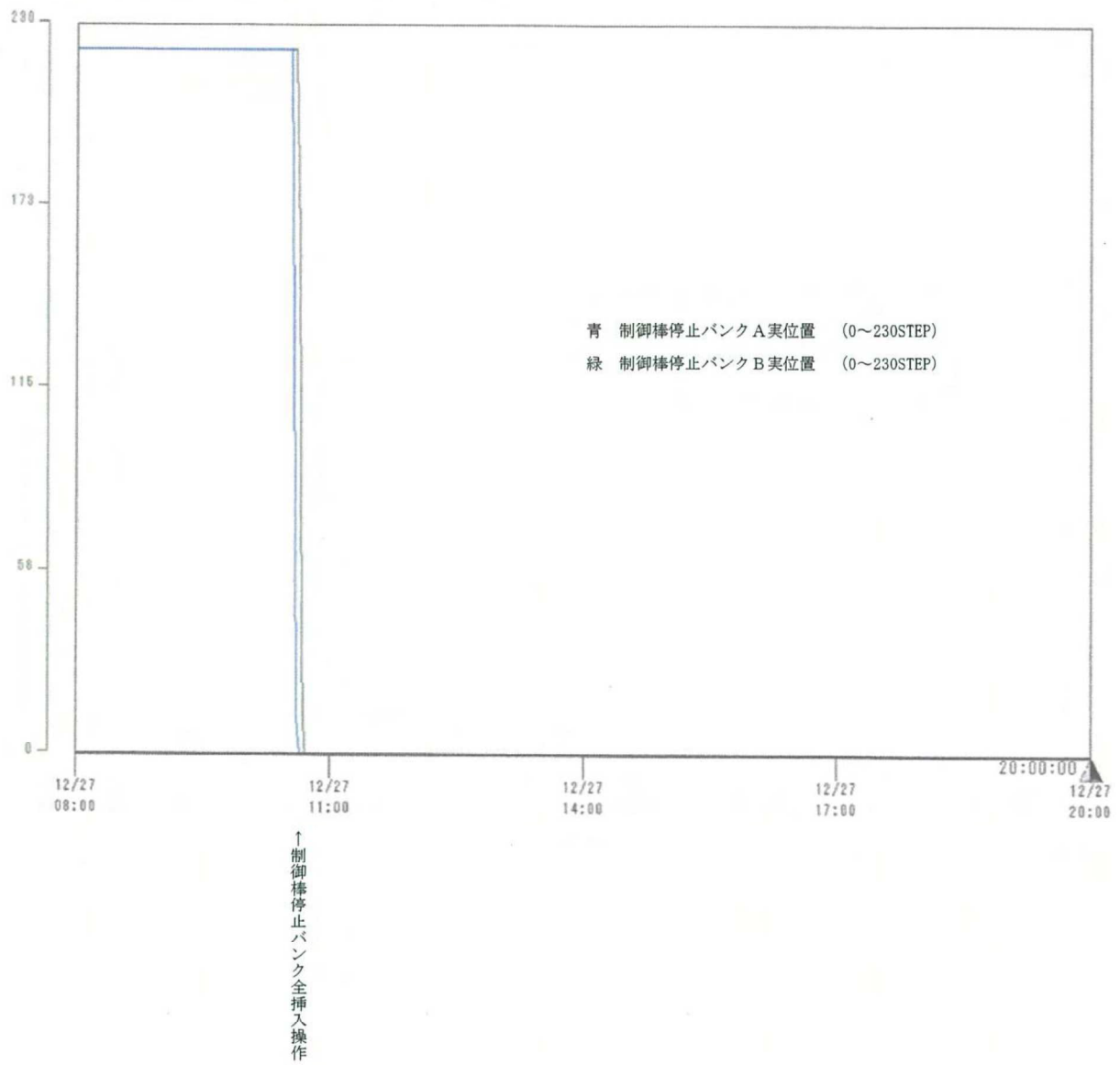


○制御棒位置 停止バンク A・B制御棒位置
[12月27日 8時～27日20時]



3. 駆動軸取り外し工具の駆動源の確認

駆動軸取り外し工具の駆動源である所内用空気について確認した。

所内用空気が、0.69MPa以下となれば、中央制御室に警報が発信する機能を有しているが、事象発生付近において所内用空気圧力の異常を示す警報の発信は確認されず、駆動軸取り外し工具の駆動源である所内用空気の圧力に異常な低下がないことを確認した。

4. 燃料取替作業時の余熱除去流量の制限について

燃料取替作業時の燃料取出完了までは、余熱除去系統にて、燃料の崩壊熱を除去し、1次冷却材系統の温度を維持している。

燃料取替作業時の余熱除去流量は原則 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ とする。余熱除去流量制限は以下の2つの相反する条件を満足するため、設けられている。

- ・RCS（1次冷却材系統）温度管理のため冷却水流量の確保
- ・UCI（上部炉心構造物）、燃料、R/V（原子炉容器）隔離蓋作業時の水流による揺れ防止のための流量制限

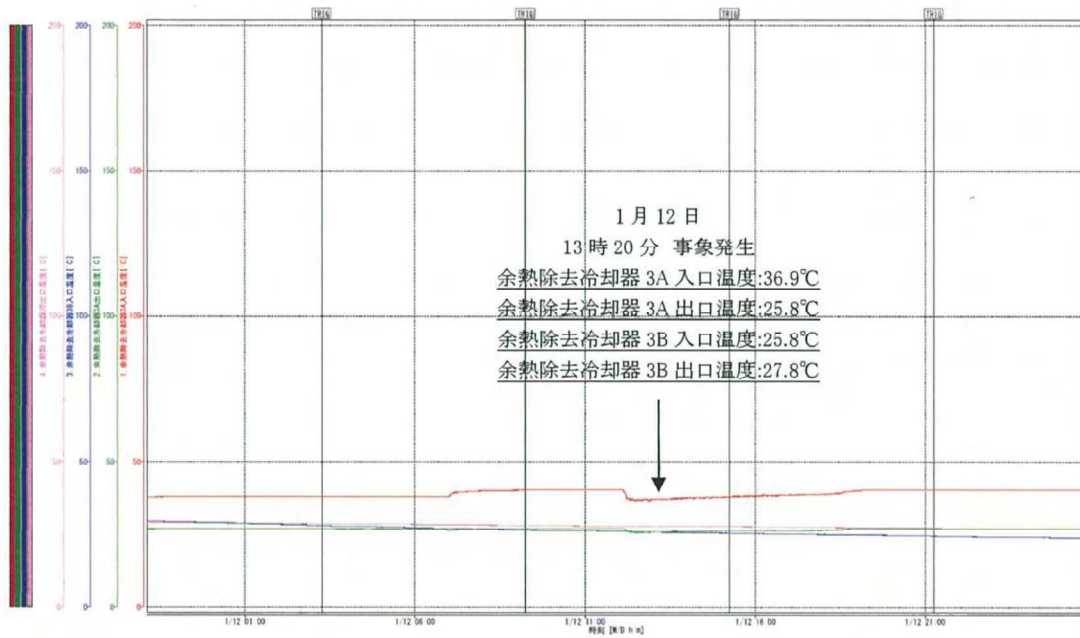
また、RCS温度が維持できない場合は、 $350 \text{ m}^3/\text{h}$ までの流量増加を可能とするが、水流による影響を受けやすいので次の期間は、流量の増加を禁止している。

- ・UCI吊り上げ時、吊り込み時
 - ・燃料取り出し前と装荷後の炉内点検のように投げ込み式カメラを使用する場合
- また、 $350 \text{ m}^3/\text{h}$ まで流量増加しても温度維持ができない場合は、燃料取り扱い機器操作者との連絡調整を行い、徐々に流量調整を行うものとしている。

これらの事項を遵守し、燃料取替中の1次冷却材温度が 45°C 以下となるように管理している。

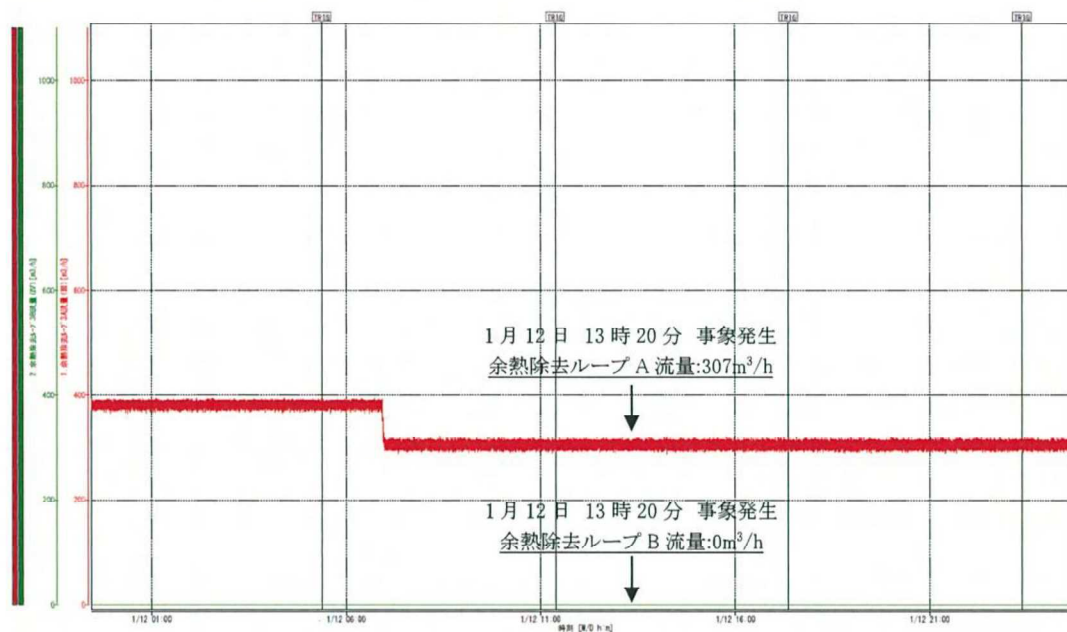
○余熱除去冷却器入口・出口温度

[1月12日 1時00分~21時00分]



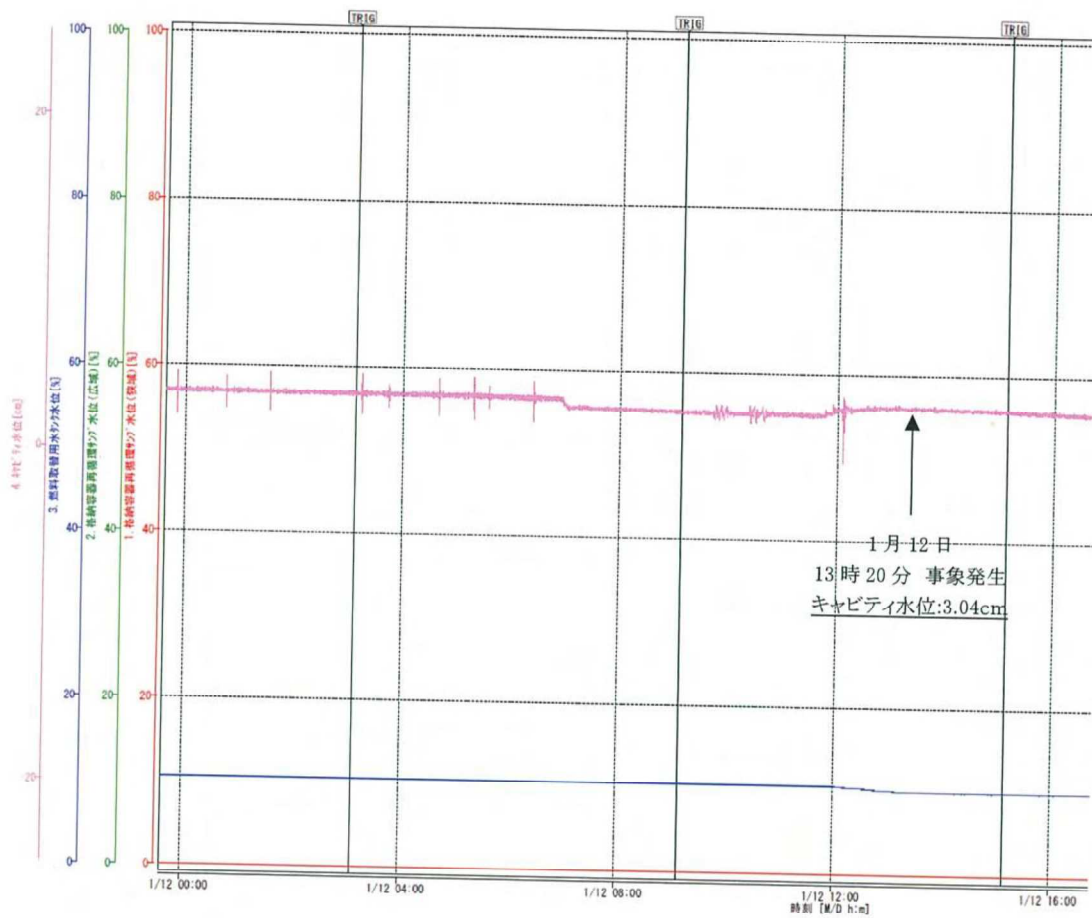
○余熱除去ループA, B流量

[1月12日 1時00分~21時00分]



○キャビティ水位

[1月12日 0時00分～16時00分]



類似事例調査結果

1. 制御棒クラスタ引き上がり事象の類似事例調査

(1) 国内事例

国内の加圧水型軽水炉において燃料取出前の上部炉心構造物吊り上げ時に同時に制御棒クラスタが引き上がった事象は確認されなかった。

(2) 海外事例

海外の加圧水型軽水炉において、燃料取出前の上部炉心構造物吊り上げ時に同時に制御棒クラスタが引き上がった事象について調査した結果、表－1のとおり5件の事例を確認した。

海外の発電事業者は、一部に原因は特定できていない事例はあるものの、全ての事例において、推定される原因に対して作業要領の見直し等により再発防止対策を行っている。

2. 駆動軸等に関する不具合事例調査

(1) 国内事例

国内の加圧水型軽水炉において駆動軸等の不具合事例を抽出した結果、表－2のとおり8件の事例を確認した。

当該不具合事例が制御棒クラスタ引き上がりに発展する可能性を踏まえても、伊方3号機における今回の事象の発生原因となる可能性は無いことを確認した。

なお、伊方2号機および大飯2号機のクラッドによる制御棒クラスタ動作中のラッチ機構の不具合事例(制御棒位置のずれ事象)については、伊方3号機では、伊方2号機の事象の対策と同様の対策を実施しており問題はない。(別添)

(2) 海外事例

海外の加圧水型軽水炉において駆動軸等の機械的なトラブル事例を抽出した結果、表－2のとおり5件の事例を確認した。

当該不具合事例が制御棒クラスタ引き上がりに発展する可能性を踏まえても、伊方3号機における今回の事象の発生原因となる可能性は無いことを確認した。

表一 1 制御棒クラスタ引き上がり事象の類似事例（海外）

発電所	発生日	制御棒数 ^{※1}	推定原因		主な対策		当社の状況
			当社の状況	推定原因	当社の状況	主な対策	
HBロビンソン2号 ^{※2} (米国)	1974.5.26	1	<p>【作業ミスの疑い】</p> <ul style="list-style-type: none"> 工具類及び手順書の不備を確認できなかったことから、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業中に何らかの作業を怠ったと推測される。 	<ul style="list-style-type: none"> 作業記録および聞き取り調査より、定められた手順どおりに操作が行われていることを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①各切り離し作業後の重量確認を追加した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①従来から実施済み 	
ドーム2号 ^{※2} (ベルギー)	1976.11.15	9	<p>【作業ミスの疑い】</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業ミスにより制御棒クラスタと駆動軸が部分的に再結合したと推測される。 	<ul style="list-style-type: none"> 作業記録および聞き取り調査より、定められた手順どおりに操作が行われていることを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①各切り離し作業後の重量確認の追加した。 ②全切り離し作業終了後、キャビティ水位を駆動軸上端部まで下げての駆動軸高さ確認を追加した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①従来から実施済み ②キャビティ水位を下げずに各切り離し作業後に駆動軸高さ確認を実施 	
フェルゼン(A1号 ^{※2} (フランス)	1979.3.17	3	<p>【作業ミス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 手順書に記載されている作業を怠ったことにより制御棒クラスタと駆動軸が再結合した。 	<ul style="list-style-type: none"> 作業記録および聞き取り調査より、定められた手順どおりに操作が行われていることを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①各切り離し作業の前後に、駆動軸上端部の高さ確認を追加した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①従来から実施済み 	
レヴエ12号 ^{※2} (フランス)	1981.7.20	48 (全数)	<p>【作業ミス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業手順書とチェックシートの不整合により、不完全な切り離し作業となり、制御棒クラスタと駆動軸が再結合した。また、切り離し確認手順が抜けたこととで再結合に気付かなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 今回の作業手順書は過去の定検時と同様であり、過去の定検時に同様の事象は発生していない。また、作業手順書とチェックシートは整合している。 	<ul style="list-style-type: none"> ①作業要領書の内容を忠実にチェックシートに追記した。 ②各切り離し作業の前後に、駆動軸上端部の高さ確認を追加した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①作業要領書とチェックシートは整合 ②従来から実施済み 	
ワトソン-1号 ^{※3} (米国)	1997.10.27	1	<p>【作業ミス、設備不良】</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業ミスにより制御棒クラスタと駆動軸の部分的な結合が継続した。 当該駆動軸の摩耗力が高い状態であり、切り離し作業に手間取った。 	<ul style="list-style-type: none"> 作業記録および聞き取り調査より、定められた手順どおりに操作が行われていることを確認した。 駆動軸動作確認により、駆動軸取外し軸の上下動作に問題は無く、他の駆動軸とも有意な差は無いことを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> ①音声付き水中カメラでの結合/切り離し作業の確認を必須としたが、現任、新工具を導入したことにより停止している。 ②全結合/切り離し作業終了後の重量確認を追加したが、現任、全結合/切り離し作業終了後の重量確認は実施しておらず、各結合/切り離し作業後の重量確認のみ実施している。 	<ul style="list-style-type: none"> ①当該プラントの新工具相 当の工具を使用 ②各結合/切り離し作業後の重量確認は従来から実施済み 	

※1: 同時に引き上がった制御棒クラスタの数
 ※2: 出典 (IPSN, Analyse De L' Incident Du 20 Juillet 1981 A La Centrale Nucleaire De Bugey - Tranche 2, "Extraction Intempestive des Grappes de Contrôle Lors de la Levée des Internes Supérieurs", Dec. 1982)

※3: 出典 (Nuclear Regulatory Commission - Home Page; LICENSEE EVENT REPORT DOCKET NUMBER: 05000335)

表一 2 駆動軸等に関する不具合事例（国内）

発電所	発生日	事象概要	推定原因	主な対策	今回の事象との関連
美浜発電所1号 ^{※1}	1981. 8. 18	定期検査中に、上部炉心構造物の駆動軸頂部が他に比較して劣化程度低いことを確認した。駆動軸を点検調査した結果、ピックアップボタンの損傷があるのを確認した。	原子炉容器上蓋の駆動軸案内管下端部の構造から、本定検中キャビティ水抜きのため原子炉容器上蓋を取付けたときに、駆動軸頂部と案内管下端部とが干渉したためと考えられる。	当該駆動軸は念のため取替えるとともに、駆動軸頂部については干渉をさけるために全数について面取りを実施する。	原子炉容器上蓋の駆動軸案内管と駆動軸との関連はない。
敦賀発電所2号 ^{※1}	1986. 4. 23	燃料装荷後の駆動軸と制御棒クラスタとの結合作業において、制御棒クラスタ1体の引抜き時に過大な荷重が生じた。点検した結果、当該制御棒クラスタベーンに損傷及び制御棒クラスタ案内管の圧入が確認された。	キャビティから混入したボルトは、1次冷却材の漏れにより、上部炉心構造物制御棒クラスタ案内管と干渉したものと推定される。	当該制御棒クラスタおよび制御棒クラスタ案内管を新品に交換するとともに、異物管理を強化する。	制御棒クラスタと制御棒クラスタ案内管が異物により異常結合した場合は、制御棒クラスタの引き上げりに発展する可能性があるが、今回の制御棒クラスタ切り離し作業時に制御棒クラスタと制御棒クラスタ案内管の干渉は確認されていない。
高浜発電所1号 ^{※1}	1996. 5. 9	原子炉容器上蓋取替作業中に、駆動軸と制御棒クラスタとの接続不良が発生し、駆動軸先端接合部が変形した。	駆動軸先端接合部の熱処理が不備であったことが判明した。再現試験により、熱処理が不備で芯ずれが大きいため、熱処理が不備で芯ずれが大きい場合には変形が生じることが確認された。	駆動軸先端部の接手については、全制御棒48体について適切に熱処理を実施したものと取り替えるとともに、品質管理を強化する。	駆動軸の接手に変形が生じた場合は、制御棒クラスタの引き上げりに発展する可能性があるが、伊方3号機の駆動軸接手は適切に熱処理されたものを使用していることを確認しており、外観確認でも変形は確認されていない。
大飯発電所2号 ^{※1}	1999. 1. 29	定期検査中の調整運転時に、制御棒引き抜き操作中のとき、制御棒1本が落下した。この原因調査のため、制御棒を挿入していたところ、別の制御棒1本がスリップした。	取替原子炉容器上蓋が長期間潤滑状態に置かれていたことにより、制御棒駆動装置ラッチアッセンブリ内で発生した腐食生成物が、駆動装置リフト動作時滑り落ちたことにより、制御棒の落下およびスリップが発生したものと推定される。	制御棒駆動装置のラッチアッセンブリを全数新品に取り替える。	制御棒クラスタ動作中のラッチ機構に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。
美浜発電所3号 ^{※1}	2006. 5. 16	定期検査中に、仮設の制御棒駆動軸清掃装置にキャビティ浄化装置のスキマフィニッシュを接続するため、ホースを巻き取り外し箇所から水漏れが発生した。	運転中であつたキャビティ浄化装置のホースを取り外したことから、漏れが発生した。	作業手順書の明確化および浄化装置を運転状態を容易に識別可能となるように表示を行う。	キャビティ浄化装置に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。
伊方発電所2号 ^{※1}	2006. 12. 16	炉物検査中に、制御棒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。	駆動軸へ付着したクラックが、制御棒駆動装置内の可動部が高くなったことにより、可動部が制御棒の動作遅れが発生し、制御棒が自重によりスリップしたと考えられる。	プラント停止時の脱ガス運転時および起動時において、制御棒動作の間は浄化流量を最大とし、クラックの低減に努める。	制御棒クラスタ動作中のラッチ機構に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。
高浜発電所2号 ^{※1}	2007. 10. 2	定期検査中に、パンクオーバーラップ操作検査を実施中のあるところ、全挿入位置であるはずの制御棒1本がほぼ全挿入位置にあることが分かった。点検の結果、制御棒の動作不良であると判断した。	制御棒の動作時に、下部制御棒案内管のCチユープと制御棒の隙間に異物が挟まり、当該制御棒の動作不良が発生したものと推定した。	当該機器については新品等に取り替えるとともに、異物混入防止対策を行う。	制御棒クラスタと制御棒クラスタ案内管が異物により異常結合した場合は、制御棒クラスタの引き上げりに発展する可能性があるが、今回の制御棒クラスタ切り離し作業時に制御棒クラスタと制御棒クラスタ案内管の干渉は確認されていない。
大飯発電所2号 ^{※1}	2008. 3. 12	定格運転中に、制御棒動作確認試験を実施していたところ、制御棒を引抜いた際に制御棒1本が滑り落ちたことから、原子炉熱出力を75%以下とした。	1次冷却材中に存在するクラックが、制御棒駆動機構内に侵入し、制御棒駆動機構の摺動部位に入り込み、摺動抵抗が増したことにより、制御棒駆動機構の動作遅れが発生し、制御棒が自重で滑り落ちたと推定した。	プラント起動時に、低温停止状態で実施している動作確認に加え、高温停止状態においても新たに動作確認を実施する。	制御棒クラスタ動作中のラッチ機構に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。

※1：原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシス）登録情報から炉型「PWR」および全文検索「制御棒駆動軸」から抽出した結果ならびにメーカーに確認した結果

表一 3 駆動軸等に関する不具合事例 (海外)

発電所	発生日	事象概要	推定原因	主な対策	今回の事象との関連
ブライドウッド1号 ^{※1} (米国)	1987. 2. 24	高温停止時、制御棒位置指示計のサーベイレランス試験を実施したところ、制御棒を47ステップ挿入したにもかかわらず、位置指示計では制御棒1体が18ステップ挿入と表示されていた。位置ずれの上限である24ステップを超えていたため、原子炉を手動トリップした。	制御棒位置がずれた原因は不明であるが、制御棒駆動装置ラッチ箇所に関するフラットが蓄積したことが原因である可能性が高い。	制御棒は引き抜き、挿入中は正常な動作をしていったため、設備上の対策はない。	制御棒クラスタ動作中のラッチ機構に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。
ブライドウッド2号 ^{※2} (米国)	1994. 4. 5	タービントリップ後の原子炉トリップにおいて、制御棒が231ステップから210ステップまでしか挿入されなかった。調査の結果、金属製の異物が制御棒案内板内にあり、制御棒の挿入を妨げていた。	異物となった、原子炉内の熱電対コラムノズルのファンネルに対しては、設計通りに溶接されていたいなかった。		制御棒クラスタと制御棒クラスタ案内管が異物により異常結合した場合は、制御棒クラスタの引き上げりに発展する可能性があるが、今回の制御棒クラスタ切り離し作業時に制御棒クラスタと制御棒クラスタ案内管の干渉は確認されていない。
ワヤ2号 ^{※3} (米国)	1994. 7. 22	原子炉容器上蓋を原子炉容器へ据え付ける作業中に、駆動軸がサーマルスリーブ案内管と芯ずれを起したことから、上蓋を下降させる際に駆動軸が損傷した。点検の結果、サーマルスリーブに接続されていたファンネルが外れ、上部炉心構造物の駆動軸に吊り下がっていた。	流れによる振動等により、サーマルスリーブファンネルの保持ピンが摩耗したため、ファンネルが外れた。	サーマルスリーブファンネルを加工してピンを撤去した後に、サーマルスリーブに溶接した。	原子炉容器上蓋のサーマルスリーブ案内管と駆動軸の干渉に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。
ベルグ2号 ^{※4} (フランス)	1998. 6. 11	出力運転中、格納容器スプレイが誤作動し、原子炉が自動緊急停止したものの、原子炉停止の際に、制御棒1体が高い位置で固着した。	制御棒駆動装置のネジが破損したため、制御棒クラスタが固着していた。	当該制御棒駆動装置の交換およびその他の制御棒駆動装置の点検を実施する。	制御棒駆動装置に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。
サウサキ1号 ^{※5} (米国)	2010. 2. 3	原子炉上蓋取替後の出力運転中、制御棒動作定期試験において、制御棒1本が引き抜きできなくなったため、出力を75%以下まで低下させた。他の制御棒については、動作に問題はなかった。一ヶ月後の定期試験において、別の制御棒1本が引き抜けなくなったことからプラント停止することになった。停止操作中、別の制御棒1本が不整合であることが確認された。停止操作後の追加の試験において、さらに別の制御棒1本が炉底から引き抜けなかったことが分かった。	新しく取替えた制御棒駆動装置のラッチ機構の加工と不動態化工程で生成する腐食生成物の除去と分散が不十分だったため、腐食生成物が原因による摩擦増加で制御棒が動作不能となった。	腐食生成物を除去するため、再起動前に、全引抜位置からの10回の制御棒落下を含め、制御棒を全挿入位置から全引抜位置になるまで複数回動作させる。	制御棒クラスタ動作中のラッチ機構に関する不具合であり、今回の事象との関連はない。

※1: 出典 (NRC Licensee Event Report (LER Number:4561987015))

※2: 出典 (NRC Information Notice 94-40, "Failure of a Rod Control Cluster Assembly to Fully Insert Following a Reactor Trip at Braidwood Unit2", May 26, 1994.)

※3: 出典 (NRC Information Notice 94-40, Supplement 1, "Failure of a Rod Control Cluster Assembly to Fully Insert Following a Reactor Trip at Braidwood Unit2", Dec.15, 1994.)

※4: 出典 ("INES Level 2 Event Cleanup to Keep Belleville-2 Shut Three More Week", Nucléonics Week, June 25, 1998, pp. 1-2)

※5: 出典 (NRC Licensee Event Report (LER Number:4982010001))

制御棒クラスタ駆動装置の動作不良への対策

- 伊方2号機の制御棒位置のずれ事象への対応として、伊方3号機において以下の対策を実施している。
 - ・ プラント停止時の脱ガス運転時および起動時の高温停止時において浄化流量を最大とし、クラッド低減に努める。
 - ・ プラント起動時の低温停止および高温停止時における制御棒の全挿入・全引抜き操作の回数を従来よりも増やすことにより、クラッド排出を促進する。

- なお、制御棒クラスタ駆動装置の駆動機構に関連する点検としては下表の点検を実施している。

表 制御棒クラスタ駆動装置の駆動機構に関連する点検内容

点検項目		点検内容
低温停止時	ステッピング検査等	モード5 ^{※1} のステッピング検査において、すべての制御棒について、引抜き・挿入操作を実施し、駆動機構の動作タイミングが適切であり、正常に作動することを確認。 また、バンクオーバーラップ検査等において、すべての制御棒について、引抜き・挿入操作を2往復実施し、動作遅れやすべりの傾向がないことを確認。 【伊方2号事象対応；停止バンクの引抜き・挿入操作2往復を追加実施】
	高温ならし運転	モード3 ^{※2} において、すべての制御棒について、引抜き・挿入操作を4往復実施し、動作遅れやすべりの傾向がないことを確認。 【伊方2号事象対応；本項目を追加実施】
高温停止時	制御棒位置指示確認検査	モード3 ^{※2} の100%流量において、ほう素による停止余裕を確保したうえで、すべての制御棒について、引抜き・挿入操作を1往復実施し、それぞれの制御棒位置で制御棒位置指示に問題ないことを確認。
	制御棒落下検査	モード3 ^{※2} の100%流量において、ほう素による停止余裕を確保したうえで、すべての制御棒を全引抜き位置まで引抜いた状態にて原子炉トリップ信号を発信させ、挿入時間が2.5秒以下であることを確認。
運転中	制御棒動作試験	プラント運転中において、1回/3カ月の頻度にて、すべての制御棒について、6～15ステップを挿入・引抜きし、制御棒動作に問題ないことを確認。
	制御棒位置確認	プラント運転中は運転員により常時監視しており、1時間ごとに制御棒の位置が正常であることを確認している。

※1：約2.75MPa、約75℃

※2：約15.4MPa、約286℃

※3：原子炉トリップ信号発信から全ストロークの85%に至るまでの時間

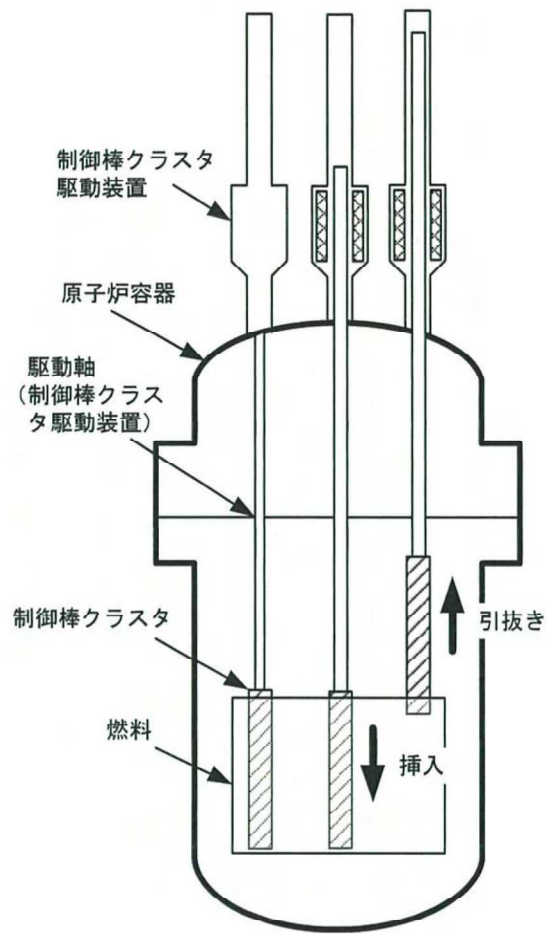


図 制御棒引抜き・挿入操作概略図

引き上がり事象発生時の不完全結合状態ケース検討

1. 目的

本検討では、今回の調査結果（製造記録、外観確認等）との整合性の観点から、引き上がり事象発生時の結合状態を推定する。

ここで、制御棒クラスタと駆動軸の結合状況等の確認において、上部炉心構造物と制御棒クラスタが引き上がった後、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作を行うことなく制御棒クラスタが切り離されていたことから、完全に結合している状態ではなく、不完全な結合状態であったと考えられる。

よって、不完全結合状態として、以下のケースを想定する。（図－1参照）

- ・ケース1：仮置き状態位置で不完全結合している場合
- ・ケース2：スパイダ頭部1山目位置で不完全結合している場合
- ・ケース3：スパイダ頭部2山目位置で不完全結合している場合
- ・ケース4：スパイダ頭部3山目位置で不完全結合している場合
- ・ケース5：完全結合位置であるが、位置決めナットはボタンアップ位置にあり、不完全結合している場合
- ・ケース6：スパイダ頭部外部側で不完全結合している場合
- ・ケース7：スパイダ頭部外部側で、位置決めナットがボタンアップ位置で不完全結合している場合

2. 実施内容

(1) 検討項目

a. 幾何学的な整合

ケース毎のスパイダ頭部と接手の不完全結合位置が幾何学的な観点から起こり得るか否か（整合するか否か）を検討した。

検討の観点としては、

- ・設計図での検討
- ・M－4個別の測定値での検討

の2点とし、それぞれを重畳させた場合でも起こり得るか否かを総合評価として判断した。

ここで、製造記録確認結果から、駆動軸および制御棒クラスタは、設計図通り製作されていたことから、設計図の検討では、製作・組立時の公差を考慮すると共に製作・組立公差を駆動軸が最も大きく傾くように仮定した場合の駆動軸の傾きについても考慮する。

b. 外観確認結果との整合

ケース毎のスパイダ頭部と接手の不完全結合位置を想定した場合に、図－2に

示す外観確認で確認された接手内外面の接触痕、位置決めナットの接触痕が生じるか否か（整合するか否か）を検討した。

c. 手順との整合

ケース毎のスパイダ頭部と接手の不完全結合状態が、今回の事象が発生した際の手順において起こり得るか否か（整合するか否か）を検討した。

3. 検討結果

表－1にケース毎の検討項目 a, b, c に対して検討した結果を示す。

a. 幾何学的な整合

ケース1～5の不完全結合状態については、起こり得る（整合する）という結果になった。一方、ケース6, 7の不完全結合状態については、製作・組立公差および駆動軸の傾きを最大限考慮し、M-4の接手の開きも重畳させたとしても起こり得ない（整合しない）という結果となった。

b. 外観確認結果との整合

全ての接触痕と整合する不完全結合状態はなかったが、全てのケースにおいて、いずれかの接触痕がつく可能性はあった。

c. 手順との整合

ケース1, 6は、駆動軸切り離し後に、位置決めナットが所定の位置まで下降しているため、整合する。また、ケース2～4は、位置決めナットが所定位置まで下降しないという条件付きの場合において整合し、ケース5, 7においては、位置決めナットがボタンアップ位置に留まっており、整合しないという結果になった。

以上より、ケース1～7のうち、検討項目 a, b, c が3つとも整合する（条件付きで整合する場合含む）ケース1～4については、その不完全結合状態が起こり得ると考えられるため、部分モデルによる引き上がり状態実証試験を行い、当該不完全結合状態で実際に制御棒クラスタを引き上げ得るか添付資料－11で確認する。

以上

表1 引き上がり事象発生時の不完全結合状態ケース検討

不完全結合状態		a. 幾何学的な整合				b. 外観確認結果との整合						c. 手順との整合	部分モデル実証試験の結果
不完全結合位置	ケース№	設計図(共通)	駆動軸の傾き ^{※1}	M-4個別測定値(接手の開き)	総合評価	① 接手外面直線部の局所的な接触	② 接手外面テーパ部の周方向接触	③ 接手内面直線部の接触	④ 位置決めナットの接触	⑤ スパイダ頭部の円環状の接触(色の変化)	⑥ スパイダ頭部の内部テーパ部の接触(色の変化)		
位置決めナット位置	ケース1	○	○	○	○	×	○	×	×	×	○	○	○
スパイダ頭部1山目位置	ケース2	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	△	○
スパイダ頭部2山目位置	ケース3	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	△	○
スパイダ頭部3山目位置	ケース4	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	△	○
完全結合位置(位置決めナットはボタンアップ位置)	ケース5	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	×
スパイダ頭部外部側	ケース6	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×
スパイダ頭部内部側	ケース7	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×

※1: 製作・組立公差と駆動軸の長さも大きく関係している。詳細は別添参照

※2: 詳細は別添参照

○: 整合する
△: 条件付きで整合する
×: 整合しない

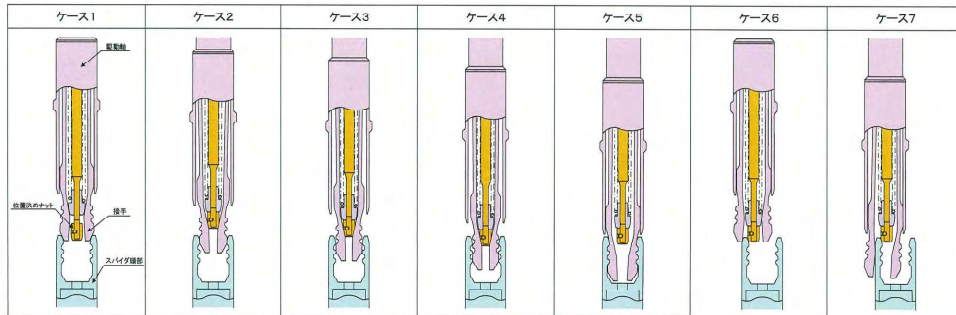


図-1: 各ケースの概要図

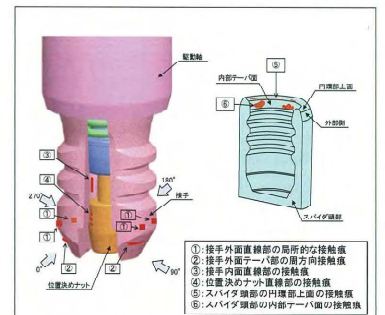


図-2: 駆動軸およびスパイダ頭部の外観確認結果

ケース 6, 7における幾何学的な整合検討結果

1. はじめに

不完全結合状態であるケース 6, 7の状態が幾何学的に起こり得るか否か（整合するか否か）を検討した結果を示す。

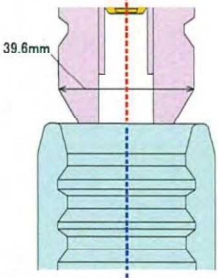
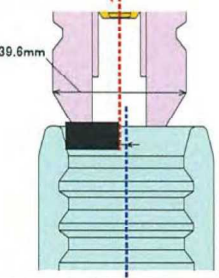
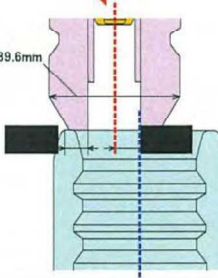
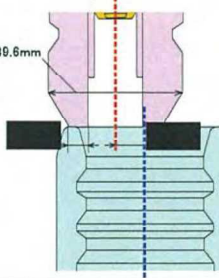
2. 検討結果

ケース 6, 7の状態が、幾何学的に起こり得るか否かを検討する際、駆動軸の接手先端がスパイダ頭部の円環部上面を乗り越えるか否かが重要となる。

ここで、検討に際しては、設計上考え得る接手先端とスパイダ頭部の水平方向のずれおよび測定結果であるM-4の接手の開き量39.6mmを考慮してもスパイダ頭部の円環部上面を乗り越えるか否かを表-1のとおり、ステップ毎に検討した。各ステップは以下のとおり。

- ・ステップ 1：M-4の接手の開き量39.6mmを考慮する。
(駆動軸とスパイダ頭部のアライメントのズレなし)
- ・ステップ 2：設計上考え得る製作・組立公差を保守的に絶対和で積み上げ、その値を接手先端とスパイダ頭部のアライメントのズレとし、ステップ 1の接手の開き量に付加する。(表-2参照)
- ・ステップ 3：ステップ 1, 2の状態、駆動軸全体を制御棒クラスタ案内管内部の空間の範囲内で傾かせる。(表-2参照)

表-1 幾何学的な整合における各ステップでの検討

ステップ 1	ステップ 2	ステップ 3	
			
<p>アライメントのズレなしの状態、M-4の接手の開き量39.6mmを考慮。</p>	<p>保守的に製作・組立公差の絶対和の積み上げをアライメントのズレとして考慮。</p>	<p>駆動軸を制御棒クラスタ案内管内部の空間の範囲内で最大[]水平移動。</p>	<p>駆動軸全体を制御棒クラスタ案内管内部の空間の範囲内で傾かせる。この時の傾き[]による水平方向ずれ量は、[]</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表-2 ステップ 2, 3 で考慮した水平方向のズレ

の積み上げの考え方	の考え方	の考え方	の考え方	の考え方
	<p>・最大隙間【C】 $\leftarrow [C] \times \sqrt{2}$</p>	<p>・最大隙間【E】 $[D] + [E]$</p>	<p>A部詳細</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上部炉心板 (網掛け部分) と下部制御棒クラスタ案内管 (緑色部分) のずれ量 (公差の積み上げ)【A】 ・上部炉心板 (網掛け部分) と制御棒クラスタ案内管 (水色部分) のずれ量 (公差の積み上げ)【B】 	<p>$[C] \times \sqrt{2}$</p> <p>$[A] + [B]$</p> <p>$\theta \times \sin$</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表-1より、幾何学的に設計上考え得る接手先端とスパイダ頭部の水平方向のずれおよび測定結果であるM-4の接手の開き量を考慮してもスパイダ頭部の円環部上面を乗り越えることはなく、ケース6, 7の様にスパイダ頭部外部側で不完全結合することはないと考えられる。

以上

部分モデルによる引き上がり状態実証試験

1. 目的

本試験では、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作後の意図しない駆動軸と制御棒クラスタの再結合により、制御棒クラスタが引き上がる可能性を想定して、駆動軸と制御棒クラスタの取り合いを部分的に模擬した供試体を用いて、制御棒クラスタの引き上がりが生じるかどうかを確認する。

また、制御棒クラスタと駆動軸の結合状況等の確認において、上部炉心構造物と制御棒クラスタが引き上がった後、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作を行うことなく制御棒クラスタが切り離されていたことから、実証試験においては、引き上がり後に容易に切り離されるかの観点でも確認を行う。

実証試験は、添付資料－ 1 0 で選定したケース 1, 2, 3, 4 とするが、ケース 4 については、ケース 3 で代表し、引き上がり状態が生じた可能性がケース 1, 2 よりケース 3 の方が高い場合に実施する。

ここで、表－ 1 にケース 1, 2, 3 の不完全結合イメージとモデル化した供試体を示す。

- ・ケース 1 : 仮置き位置（駆動軸が着座した位置：駆動軸が制御棒クラスタと結合した状態（駆動軸が着底した位置）から 4 8 mm 上方）で押付け力がかかった場合
- ・ケース 2 : スパイダ頭部の上端から 1 山目の直線部分と接手先端から 1 山目の直線部分（局所的な接触痕が観察された位置）が接触した場合
（幾何学的な関係から位置決めナットは接手先端から約 2 7 . 5 mm 上方）
- ・ケース 3 : スパイダ頭部の上端から 2 山目の直線部分と接手先端から 1 山目の直線部分（局所的な接触痕が観察された位置）が接触した場合
（幾何学的な関係から位置決めナットは接手先端から約 2 7 . 5 mm 上方）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表-1 ケースごとの供試体

	不完全結合イメージ図	モデル化	供試体
ケース1		⇒	
ケース2		⇒	
ケース3		⇒	