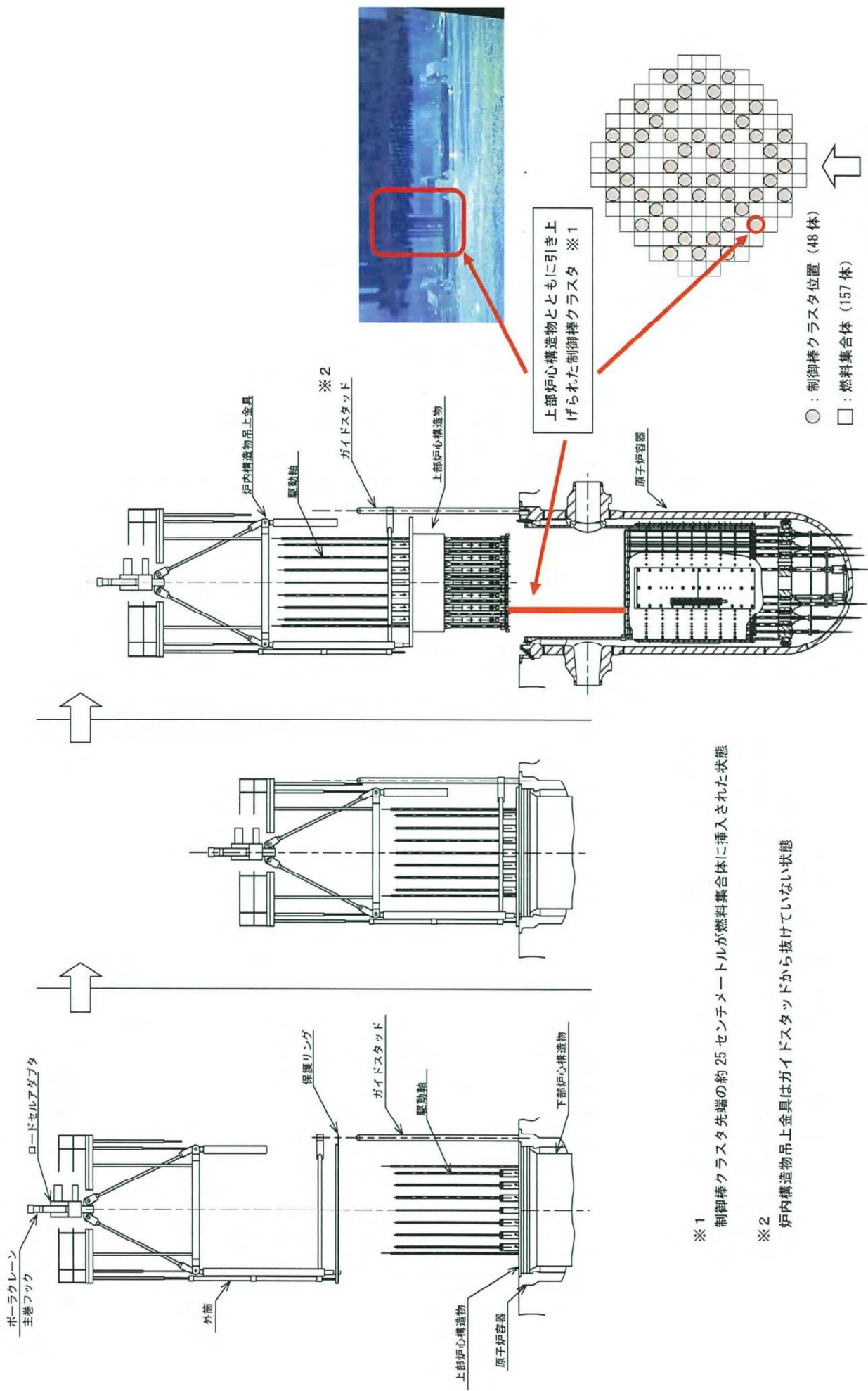


図-2 制御棒クラスタ切り離し

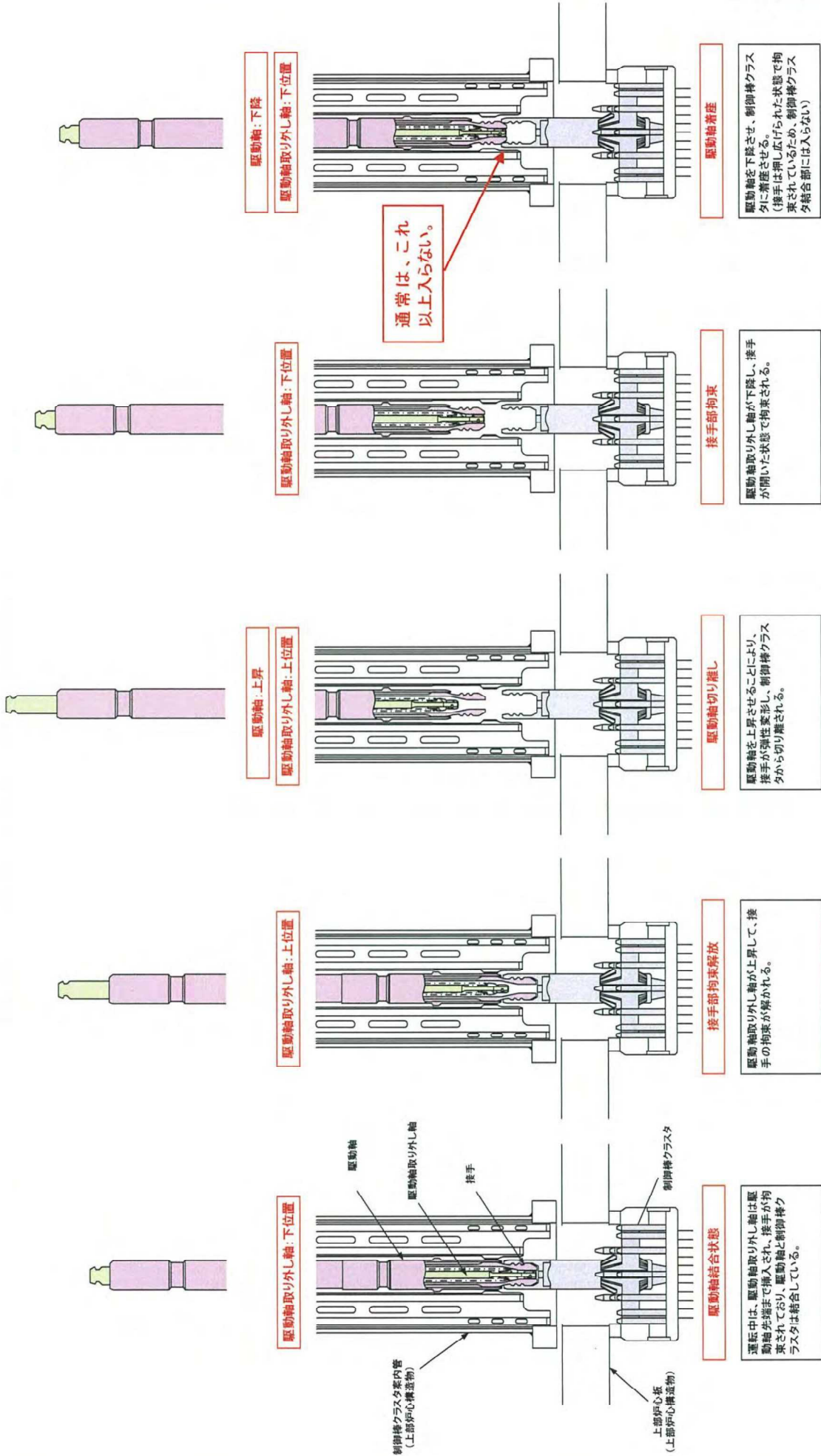


※1 制御棒クラスタ先端の約 25 センチメートルが燃料集合体に挿入された状態

※2 炉内構造物上金具はガイドスタッドから抜けていない状態

図-3 上部炉心構造物吊り上げ

駆動軸と制御棒クラスタの結合・切り離し説明図





要因分析図

事象	要因		調査項目	調査結果	評価		
	詳細	添付					
上部炉心構造物吊り上げ時の制御棒クラスト引き上げ	制御棒クラストと駆動軸の結合	駆動軸切り離し操作の不良	駆動軸取り外し工具の動作不良	・駆動軸取り外し工具の外観確認を実施し、傷、変形、付着物が無いことを確認した。 ・駆動軸取り外し工具の動作確認を実施し、取り外し時の引き上げ・押し下げ動作に異常無く、正常に動作することを確認した。	×	8-2	
			駆動軸切り離し作業に用いる計測器の不良	・計測器調査	・使用された荷重計について、使用前点検で異常が確認されていないこと、およびウェイトを用いた動作確認により表示値に異常が無いことを確認した。 ・使用されたスケールについて、外観確認により有意な損傷等が無いことを確認した。	×	8-3
			駆動軸切り離し作業における操作不良	・手順書の不備 ・作業記録確認 ・類似事例調査	・作業記録より、当社にて承認された手順書に基づき実施していることを確認した。また、今回の作業で用いた手順書は過去の定検時と同様であり、過去の定検で同様の事象は発生していないことを確認した。 ・今回の作業手順書は、重量確認と寸法確認で確実に制御棒クラストと駆動軸が切り離されていることを確認できる手順書であったが、切り離し確認以降に異常とは異なる不適合な状態に陥った場合は制御棒クラストの引き上げが生じる可能性がある。 ・類似事例の発生原因等を踏まえても、当社の制御棒クラストと駆動軸の切り離し操作に問題となる点はなかった。	△	8-1 8-4
		駆動軸切り離し動作の不良	不適切な操作	・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。また、当社立会いにより、作業が確実に行われていることを確認した。 ・事象発生後の駆動軸引き上げ時に制御棒クラストは引き上げられなかったことから、手順の抜けやアドレス間違等の根本的な作業ミスは考え難い。 ・作業員への聞き取りにより、当該駆動軸切り離しの確認作業時に制御棒クラストを切り離すために駆動軸取り外し工具を握る操作をしたことが確認されたが、当該駆動軸に損った操作ではなく、他のほとんどの駆動軸で同様の操作を行っていることおよびこれまでの定検時にも同様の操作を行っているとのことであり、一時的に行っている操作であることを確認した。	×	8-1 8-4	
			作業環境の影響	・運転履歴調査	・駆動軸切り離し作業中のキャビオ水位や余熱除去ループ流量確認、作業環境に影響を及ぼすような有意な変動がなかったことを確認した。	×	8-3
			設計不良	・製造履歴調査	・図面より、駆動軸と制御棒の結合部の機構は、1分な奥行きがある17×17燃料タイプフロントの標準設計であることを確認した。	×	8-1
		製造不良	・製造履歴調査	・駆動軸について、製造記録より材料・寸法が設計どおり製作されていること、および駆動軸と標準制御棒クラストを組み合わせでスナッピング試験を実施しており異常の発生はなかったことを確認した。 ・制御棒クラストについて、製造記録より材料・寸法が設計どおり製作されていること、および模擬駆動軸換手を用いた適合性試験に問題がなかったことを確認した。	×	9-1	
		点検不良	・点検履歴調査	・制御棒クラストについて、これまでの定期点検検査（制御棒クラスト検査）で実施した外観確認で異常が確認されていないことを確認した。 ・駆動軸については、13回定検の再検査に向けた点検において、外観確認で異常が確認されていないことを確認した。	×	8-2	
		制御棒クラストと駆動軸の結合部の異常	駆動軸取り外し工具の駆動軸の取合部の異常	・外観確認（制御棒クラスト、駆動軸） ・接合部観察 ・駆動軸の寸法計測 ・電機検査	・駆動軸の外観確認を実施し、当該駆動軸の接手の内外面および位置決めマークに接合部が確認された。 ・制御棒クラストの外観確認を実施し、スライダ頭部の円周面およびスライダ内部のテーパ面に接合部（色調の変化）が確認された。 ・一部の接合部は金属光沢を有しており、比較対象にないことから考慮したものである可能性がある。 ・制御棒クラストの外観確認により、スライダ頭部内に堆積物が確認され、分析の結果、マグネタイトであることを確認した。 ・駆動軸の寸法計測を実施し、接合部の寸法が設計値を満足していることを確認した。	△	8-4 8-5 8-6
				・外観確認（駆動軸、工具） ・駆動軸動作確認	・外観確認により、駆動軸取り外し工具と駆動軸の取合部に異常な噛み込み等の痕跡が無いことを確認した。 ・駆動軸動作確認により、駆動軸の結合・切り離し、駆動軸取り外し軸の上下動作に問題が無いことを確認した。	×	8-2 8-5
				・運転履歴調査（所内用空気圧） ・駆動軸動作確認	・所内用空気圧について、事象発生時、所内用空気圧の異常を発生警報は発生していません。空気圧に異常が低下していないことを確認した。 ・駆動軸動作確認により、指定の所内用空気圧（約0.2MPa）で、問題なく駆動軸取り外し軸の引き上げ操作ができることを確認した。なお、空気圧が低い状態（約0.2MPa）では取り外し軸の引き上げが不十分となるが、他の駆動軸と同様であり、特異なものではないことを確認した。	×	8-5 9-3
		駆動軸取り外し軸のばねの異常	異物混入	・外観確認（駆動軸） ・駆動軸動作確認	・ロックばねについては、接合部からの可視範囲の外観確認により、ばね押しつけ状態に異常の無いことを確認した。 ・また、駆動軸動作確認により、駆動軸取り外し軸の上下動作に問題はなく、他の駆動軸とも有意な差は無いことから、ばね（軸用ばね、ロックばね）の異常は無いと考えられる。	×	8-5
				・外観確認（駆動軸） ・駆動軸動作確認 ・堆積物調査	・外観確認により、目視可能範囲に異物は確認されなかった。 ・駆動軸動作確認により、駆動軸取り外し軸の上下動作に問題はなく、他の駆動軸とも有意な差は無いことを確認した。 ・制御棒クラストの外観確認により、スライダ頭部内に堆積物が確認され、分析の結果、マグネタイトであることを確認した。	△	8-5 8-6
				・製造履歴調査 ・運転履歴調査 ・制御棒クラストと駆動軸の結合状況確認 ・外観確認（制御棒）	・図面により、上部炉心構造物と制御棒の位置関係から物理的に干渉する箇所が無いことを確認した。 ・製造記録により、上部炉心構造物に組み込まれた制御棒クラスト案内管単体に対する拘束力試験で、制御棒クラスト案内管と制御棒クラストのインターフェースに問題無いことを確認した。 ・所定戻り後の制御棒クラストの操作において、異常な動作がなかったことを確認した。 ・事象発生後、駆動軸と制御棒クラストを結合させた状態で、上下方向に操作して、上部炉心構造物と干渉せずスムーズに操作できることを確認した。 ・制御棒クラストの外観確認により、スライダ頭部の外面に上部炉心構造物（制御棒クラスト案内管）と干渉した痕跡が無いことを確認した。	×	8-4 9-1 9-3

△：可能性あり  
×：可能性なし



各機器等の調査結果

## 作業体制および手順等の調査結果

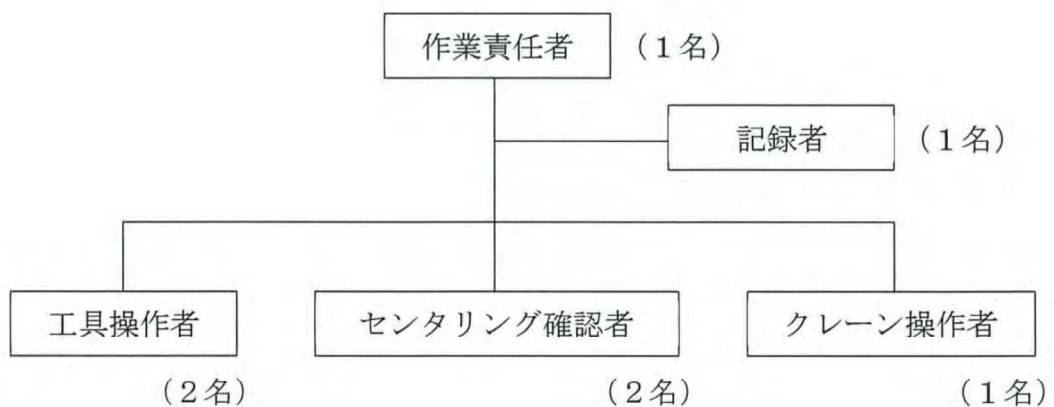
本事象は、上部炉心構造物吊り上げ時に、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作を行ったにもかかわらず、制御棒クラスタが引き上がった状況であることから、事象発生時の作業管理状況の調査および作業員等への聞き取り調査により、不適切な操作の有無、操作中に特異な事象が発生していなかったかどうかについて確認した。

### 1. 作業管理

#### (1) 作業体制

制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業は、図－1に示すとおり、作業責任者1名の指揮のもと、駆動軸取り外し工具の操作（寸法・動作確認を含む）を行う作業員（工具操作者）2名、制御棒クラスタと駆動軸の切り離しができたことを重量および寸法により確認を行う作業員（記録者）1名、駆動軸取り外し工具と駆動軸のラッチのためセンタリング確認を行う作業員（センタリング確認者）2名、クレーン操作を行う作業員（クレーン操作者）1名、計7名の複数人で実施しており、過去に十分な実績のある作業体制と同じであることを確認した。

また、1月12日の作業前ミーティングでは、当日の作業内容の説明、配員の周知および体調や勤務状況の確認を含む安全確認を行っていた。



図－1 作業体制図

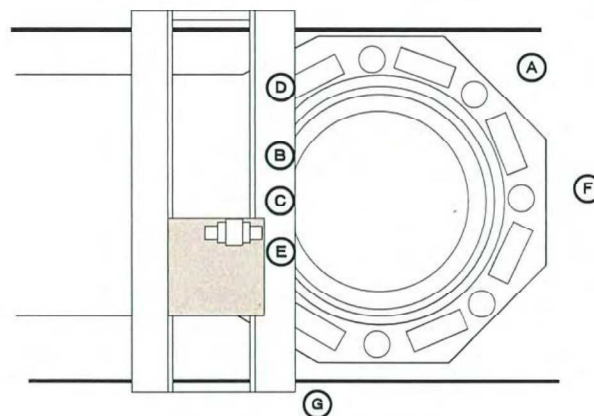
#### (2) 作業責任者、作業員の力量

制御棒クラスタと駆動軸の切り離しのため駆動軸取り外し工具の操作を行う作業責任者（経験年数10年以上）および工具操作者（経験年数7年以上）等の主要な操作を行う者は、過去に伊方発電所の原子炉容器の開放作業において制御

棒クラスタと駆動軸の切り離し作業を経験しており、現場操作に十分な経験と知識を有していた。

表－1 作業要員経歴

要員		経験年数	当該作業経験
作業責任者	1名	A	10年以上 有 (伊方有り)
記録者	1名	B	10年以上 有 (伊方有り)
工具操作者	2名	C	10年以上 有 (伊方有り)
		D	7年 有 (伊方有り)
クレーン操作者	1名	E	10年以上 有 (伊方有り)
センタリング確認者	2名	F	4年 有 (伊方有り)
		G	1年 無



図－2 要員配置図

### (3) 作業手順書

制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業は、当社が承認した作業手順書に基づき実施している。また、今回の作業手順書は過去の定検（第1回～第14回）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ことを確認した。

今回の作業手順書は、重量確認と寸法確認で確実に制御棒クラスタと駆動軸が切り離されていることを確認できる手順書であったが、切り離し確認以降に通常とは異なる不完全な結合状態に至った場合は制御棒クラスタの引き上がりが生



じる可能性がある。

制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業状況概要図を図-3に示す。また、作業手順を図-4、5に示す。

なお、現地作業開始前には元請会社従業員、下請会社従業員ならびに当社設備担当課長、副長および担当者が参加して作業手順書の読み合わせを実施しており、原子炉容器の開放作業に係る一連の作業手順の確認、過去の不具合事例紹介および安全管理、品質管理、放射線管理上の注意事項等について確認している。

また、1月12日の作業当日には、TBM-KYにて、当日の作業内容の再確認、役割分担、過去の経験から得た教訓や注意事項の共有を行っていた。

#### (4) 作業記録

制御棒クラスタ切り離し時の作業記録より、定められた手順どおりに重量確認と寸法確認が実施され、確実に制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業が行われていることを確認した。また、過去の定検（第1回～第14回）の作業記録と比べても、今回の作業記録に特異な点は確認されなかった。

なお、今回上部炉心構造物とともに引き上げられた制御棒クラスタの切り離し作業は、48体中6体目の作業であった。

事象発生後の駆動軸引き上げ時に制御棒クラスタは引き上がらなかったことから、切り離し操作自体をしていないといった重要な手順の抜けやアドレス間違い等の作業ミスは考え難い。

#### (5) 作業環境

作業場所における照明、騒音、気温および作業エリアの観点から確認を行った。制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業を行った作業場所は、原子炉格納容器内であり、照明、騒音および気温について問題はなかった。作業エリアについては、燃料取替クレーン歩廊上で実施したが、これまでの定検時と同様で当該作業においては十分な作業エリアであり問題なかった。

作業時の装備については、管理区域標準装備（管理服、綿手袋、靴下）に加えて、防護服（1重）、ゴム手袋（2重）、靴下（1重）を着用しての作業であるが、これまでの定検時にも同様の装備での作業であり、安全面も含めて問題はなかった。

また、当該作業時に全面マスク等の着用は必要なく、作業員間のコミュニケーションに問題はなかった。

## 2. 作業員等への聞き取り調査

### (1) 制御棒クラスタと駆動軸の切り離し作業時

作業責任者、作業員は、制御棒クラスタと駆動軸の切り離し操作をするため、作業手順書に従い駆動軸取り外し工具の操作、荷重計（ロードセル）による重量確認および寸法確認等を行っており、作業手順に問題ないことを確認した。また、

操作および計測時は、複数人による確認を行い、作業が確実に行われていることを確認した。

当該作業時、当社立会により、作業が確実に行われていることを確認している。

なお、当該駆動軸切り離しの確認作業時に制御棒クラスタを切り離すために駆動軸取り外し工具を揺する操作をしたことが確認されたが、当該駆動軸に限った操作ではなく、他のほとんどの駆動軸で同様の操作を行っていることおよびこれまでの定検時にも同様の操作を行っているとのことであり、一般的に行っている操作であることを確認した。

## (2) 上部炉心構造物吊り上げ作業時

作業責任者、作業員および四電担当者は、上部炉心構造物吊り上げ操作をするため、作業手順書に従い炉内構造物吊上金具の取付、荷重計（ロードセル）による上部炉心構造物等の重量確認および水中カメラによる上部炉心構造物吊り上げ状況確認等を行っており、作業手順に問題はなかった。

当該作業時、当社立会により作業が確実に行われていることを確認した。

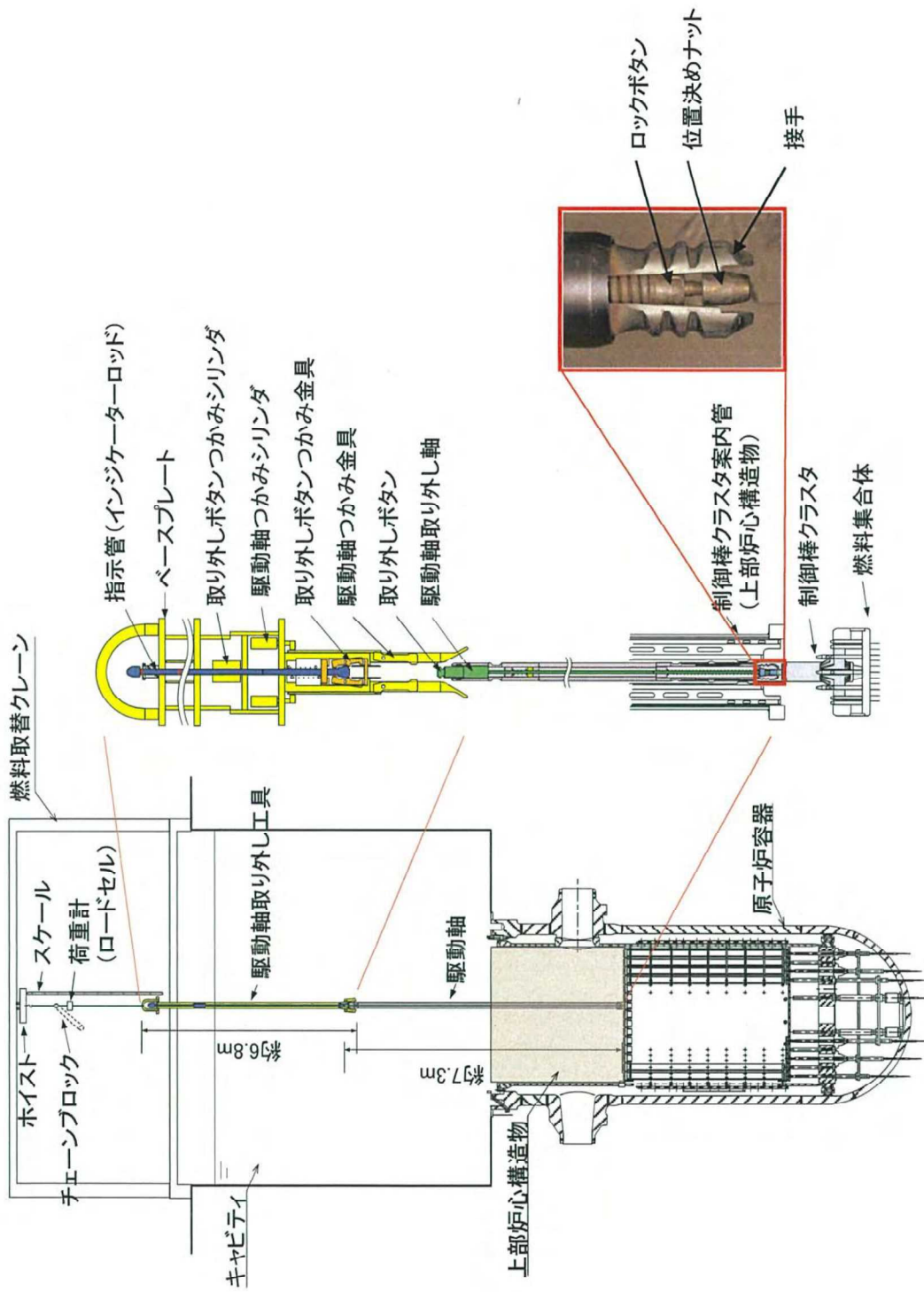


図-3 作業状況概要図



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。

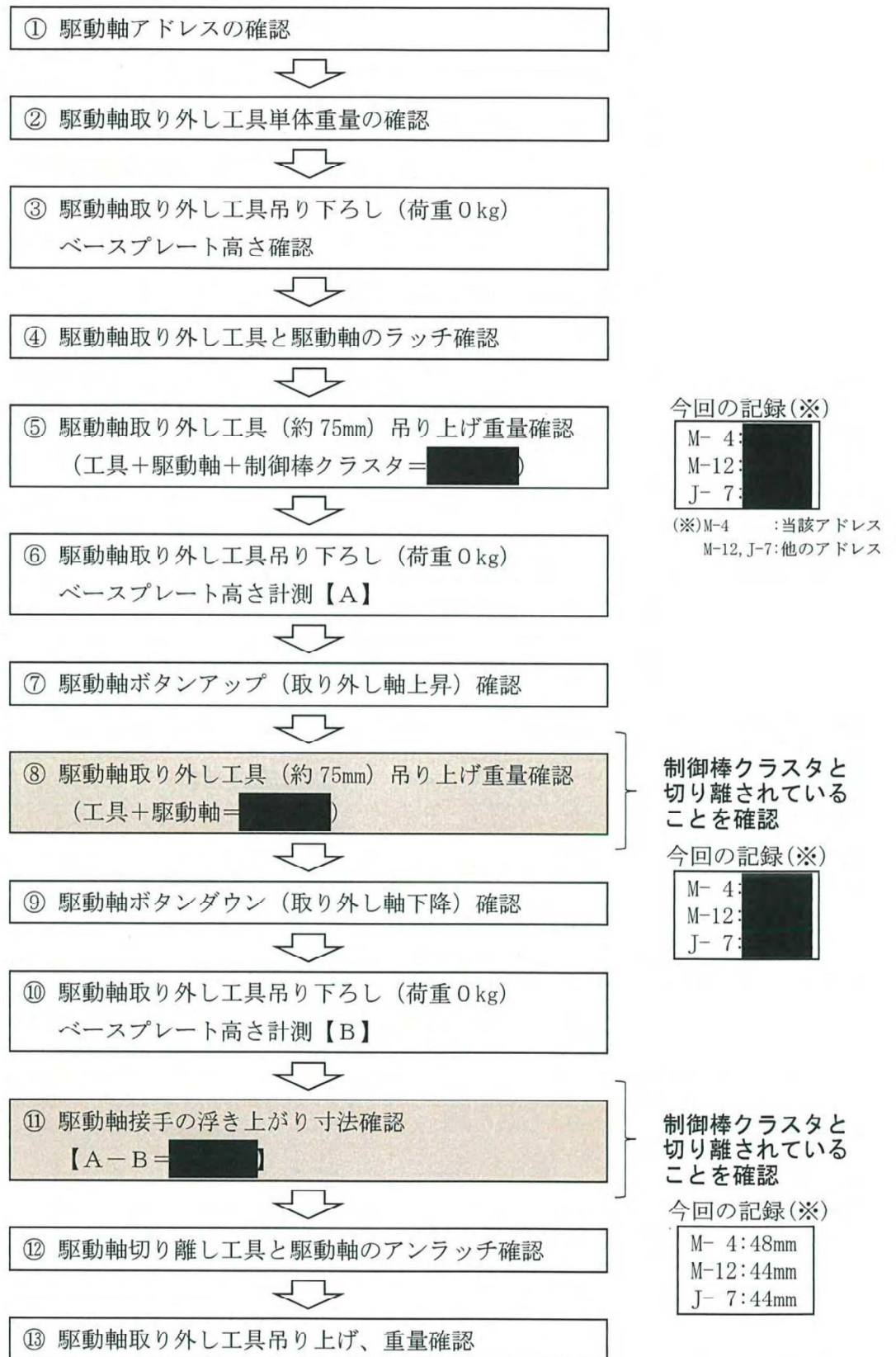
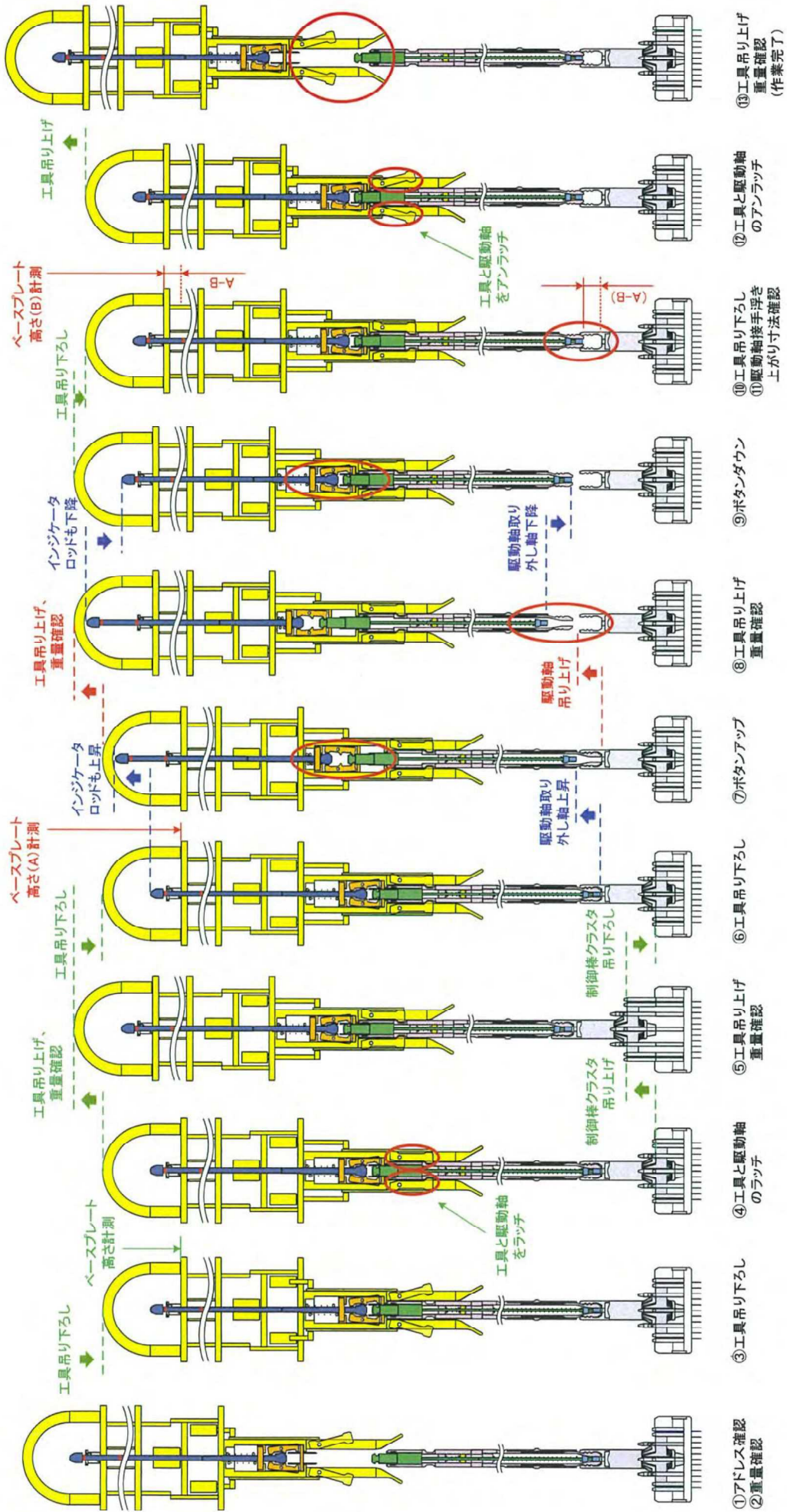


図-4 作業フロー図

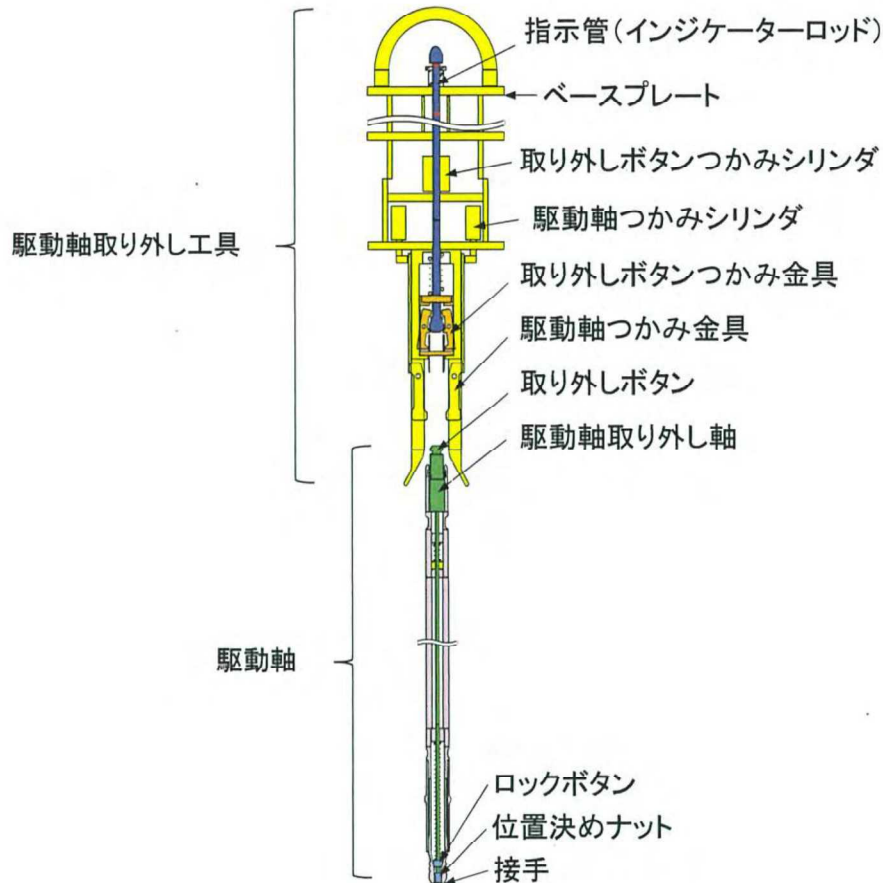


図一5 作業手順概要図

## 駆動軸取り外し工具の調査結果

### 1. 調査対象

駆動軸取り外し工具



図－ 1 駆動軸取り外し工具

### 2. 調査内容

#### (1) 駆動軸取り外し工具の調査内容

##### ① 外観確認

傷、変形、付着物の有無を確認する。

##### ② 駆動軸取り外し工具単体での、駆動軸取り外し軸の引き上げ位置／押し下げ位置操作に係る動作確認を行う。(ストローク確認含む)



表-1 ストローク確認表

項目	判定値 [mm]
①取り外しボタンのラッチ/アンラッチに関わるストローク (作動ボタンがシャフトに接するまでのストローク:A寸法)	
②取り外しボタンの上昇/下降に関わるストローク (つかみ金具ハウジングの上昇ストロークの確認:B寸法)	

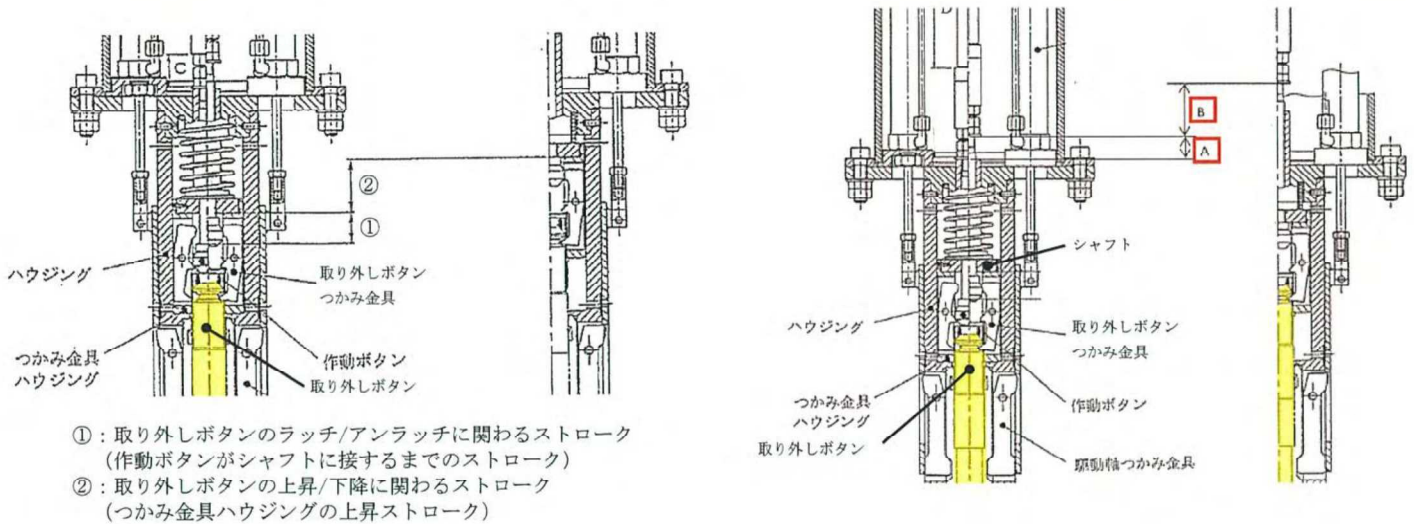

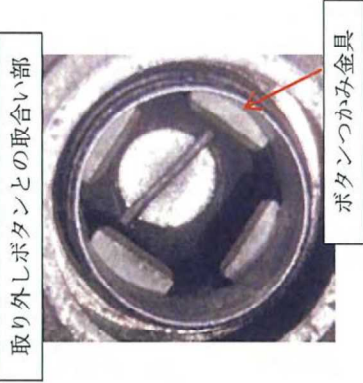
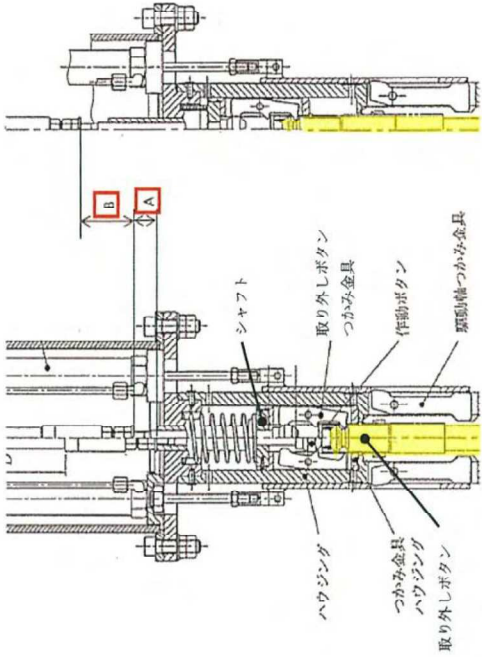


図-2 ストローク確認のための計測箇所

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。

### 3. 調査結果

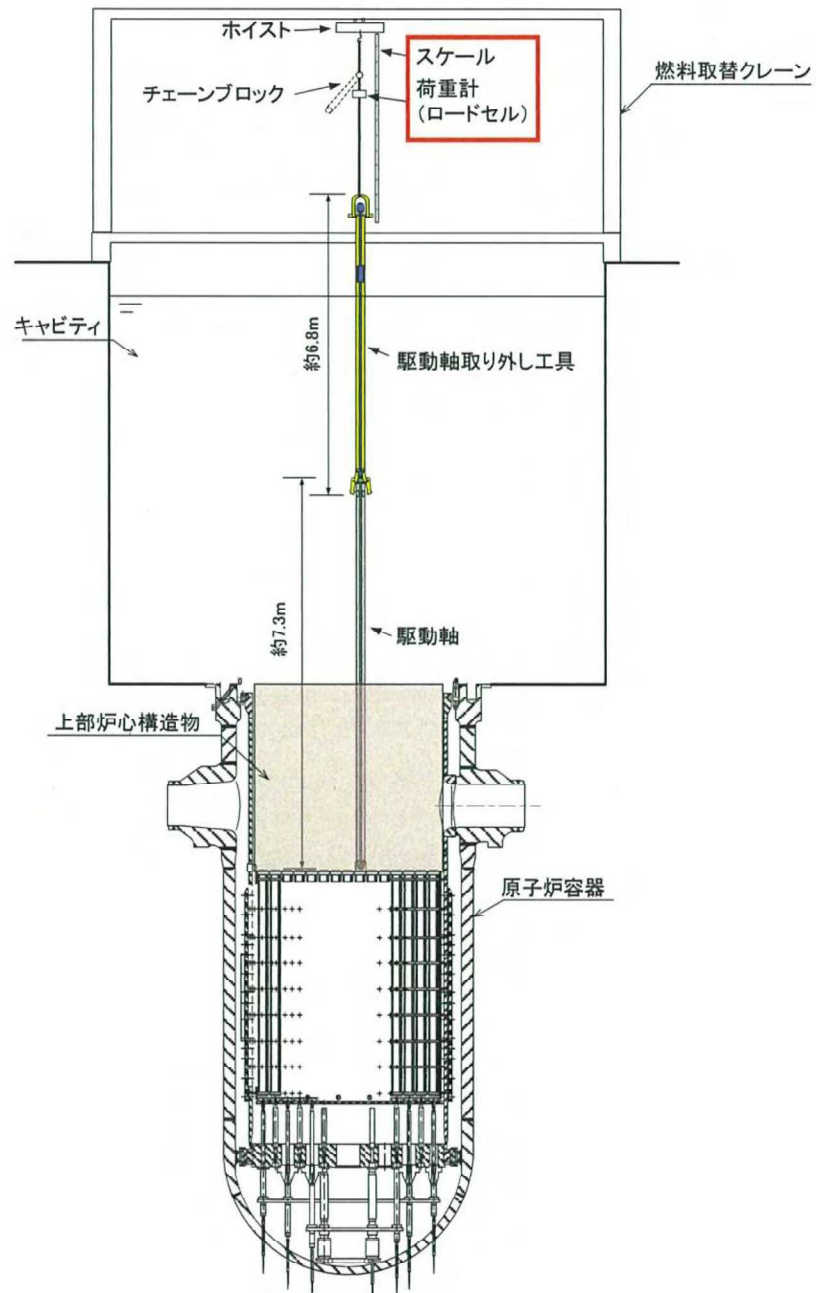
調査結果																						
<p>調査項目</p> <p>外観</p>	<p>調査結果</p> <p>✓ 工具と駆動軸本体の取り合い部に、傷、変形、付着物等の異常なし</p> <p>✓ 工具と取り外しボタンの取り合いに、傷、変形、付着物等の異常なし</p>  																					
<p>駆動軸取り外し工具</p>	<p>✓ 工具動作は設計値を満足</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ストローク</th> <th>計測値 (mm)</th> <th>設計値 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>取り外しボタンの把持</td> <td>28.5</td> <td>■</td> </tr> <tr> <td>取り外しボタン上昇ストローク</td> <td>48.0</td> <td>■</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>取り外し軸引き上げ荷重</th> <th>計測値 (kg)</th> <th>設計値 (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>空気圧 0.588 MPa (6.0kgf/cm<sup>2</sup>)</td> <td>340</td> <td>■</td> </tr> <tr> <td>空気圧 0.637MPa (6.5kgf/cm<sup>2</sup>)</td> <td>364</td> <td>■</td> </tr> <tr> <td>空気圧 0.686MPa (7.0kgf/cm<sup>2</sup>)</td> <td>400</td> <td>■</td> </tr> </tbody> </table> 	ストローク	計測値 (mm)	設計値 (mm)	取り外しボタンの把持	28.5	■	取り外しボタン上昇ストローク	48.0	■	取り外し軸引き上げ荷重	計測値 (kg)	設計値 (kg)	空気圧 0.588 MPa (6.0kgf/cm <sup>2</sup> )	340	■	空気圧 0.637MPa (6.5kgf/cm <sup>2</sup> )	364	■	空気圧 0.686MPa (7.0kgf/cm <sup>2</sup> )	400	■
ストローク	計測値 (mm)	設計値 (mm)																				
取り外しボタンの把持	28.5	■																				
取り外しボタン上昇ストローク	48.0	■																				
取り外し軸引き上げ荷重	計測値 (kg)	設計値 (kg)																				
空気圧 0.588 MPa (6.0kgf/cm <sup>2</sup> )	340	■																				
空気圧 0.637MPa (6.5kgf/cm <sup>2</sup> )	364	■																				
空気圧 0.686MPa (7.0kgf/cm <sup>2</sup> )	400	■																				
	<p>• 工具と駆動軸の取り合いに問題なし</p> <p>• 工具による駆動軸取り外し軸の引き上げ/押し下げ動作に問題なし</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。

計測器の調査結果

1. 調査対象

- (1) 荷重計 (ロードセル)
- (2) スケール



図－ 1 荷重計およびスケール



## 2. 調査内容

### (1) 荷重計（ロードセル）の調査内容

荷重計（ロードセル）の点検記録、作業記録により計測器の動作に問題がないことを確認する。

- ・使用前点検記録確認
- ・おもり（ウェイト）による動作確認（140kg、200kg、260kg）※<sup>1</sup>

※<sup>1</sup> 駆動軸取り外し工具 [ ]、駆動軸 [ ]、制御棒クラスタ [ ]  
合計 [ ] を考慮

### (2) スケールの調査内容

スケールについて、外観確認およびJ I Sマークを確認する。

## 3. 調査結果

### (1) 荷重計（ロードセル）の調査結果

荷重計（ロードセル）の使用前点検、作業記録の確認および動作確認を行った結果、計測器の動作に問題がないことを確認した。

表-1 荷重計（ロードセル）の調査結果

調査項目	調査結果
使用前点検	<ul style="list-style-type: none"><li>・荷重計（ロードセル）表示が出ていること、遠隔表示機の表示値が本体表示値と同じであることを確認した。</li><li>・外観確認により有意な損傷等がないことを確認した。</li></ul>
動作確認	<ul style="list-style-type: none"><li>・140kg、200kg、260kgのおもり（ウェイト）による動作確認を実施し、荷重計（ロードセル）表示値が各重量（140kg、200kg、260kg）を示すことを確認した。</li></ul>

### (2) スケールの調査結果

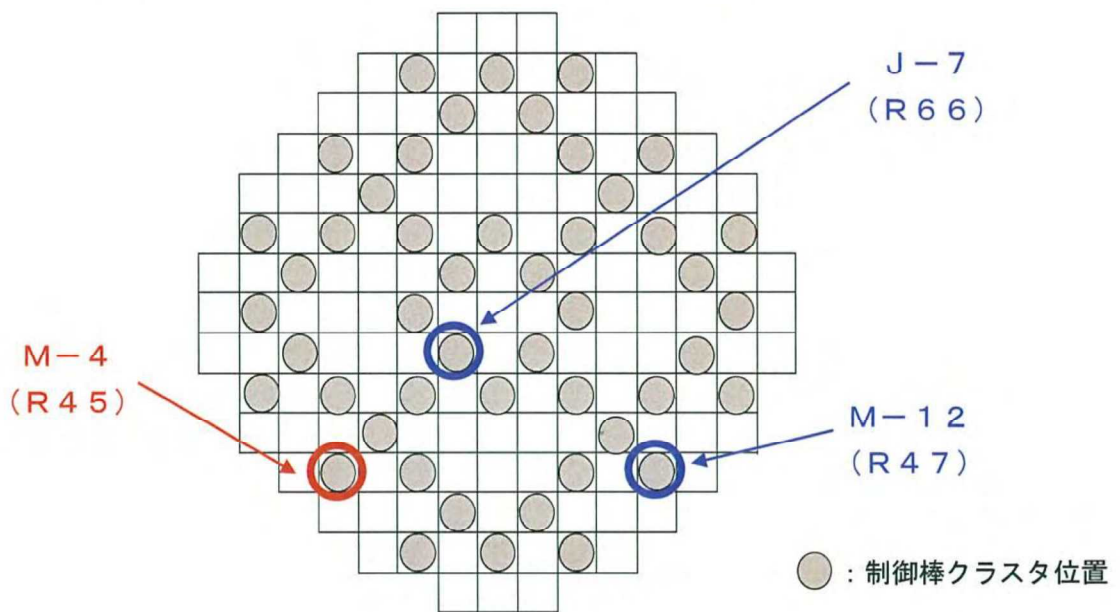
スケールについて、外観確認により有意な損傷等がないことおよびJ I S 1級であることを確認した。

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。

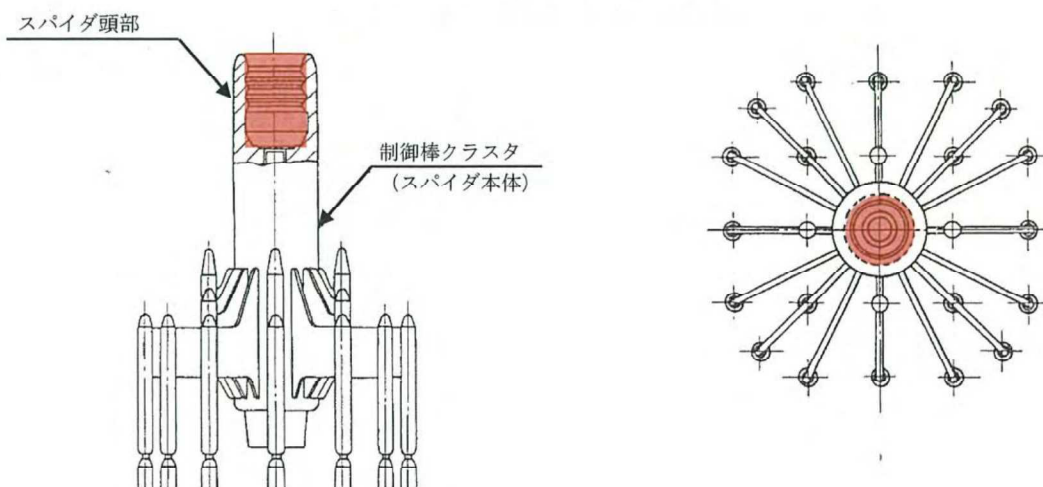
### 制御棒クラスタの調査結果

#### 1. 調査対象

番号	アドレス	使用期間	選定理由	
R 4 5	M－ 4	1 5 C y	当該制御棒クラスタ	
R 4 7	M－ 1 2	1 5 C y	比較対象	制御棒クラスタの使用期間が同等
R 6 6	J－ 7	1 C y		炉心中心近傍のアドレス



図－1 制御棒クラスタのアドレス



図－2 制御棒クラスタ・スパイダ頭部詳細図

## 2. 調査内容

### (1) 図面確認

制御棒クラスタのスパイダ頭部と制御棒クラスタ案内管（上部炉心構造物）が、設計上、物理的に干渉しないことを図面により確認する。

### (2) 外観確認

制御棒クラスタのスパイダ頭部の外観確認を実施し、損傷、変形の有無を確認するとともに、異物の有無を確認する。

また、詳細確認のため、水中カメラを制御棒クラスタのスパイダ頭部に近づけて外観確認を実施し、損傷、変形の有無を確認する。

## 3. 調査結果

### (1) 図面確認結果

制御棒クラスタのスパイダ頭部と制御棒クラスタ案内管（上部炉心構造物）との位置関係から、設計上、物理的に干渉する可能性がないことを確認した。

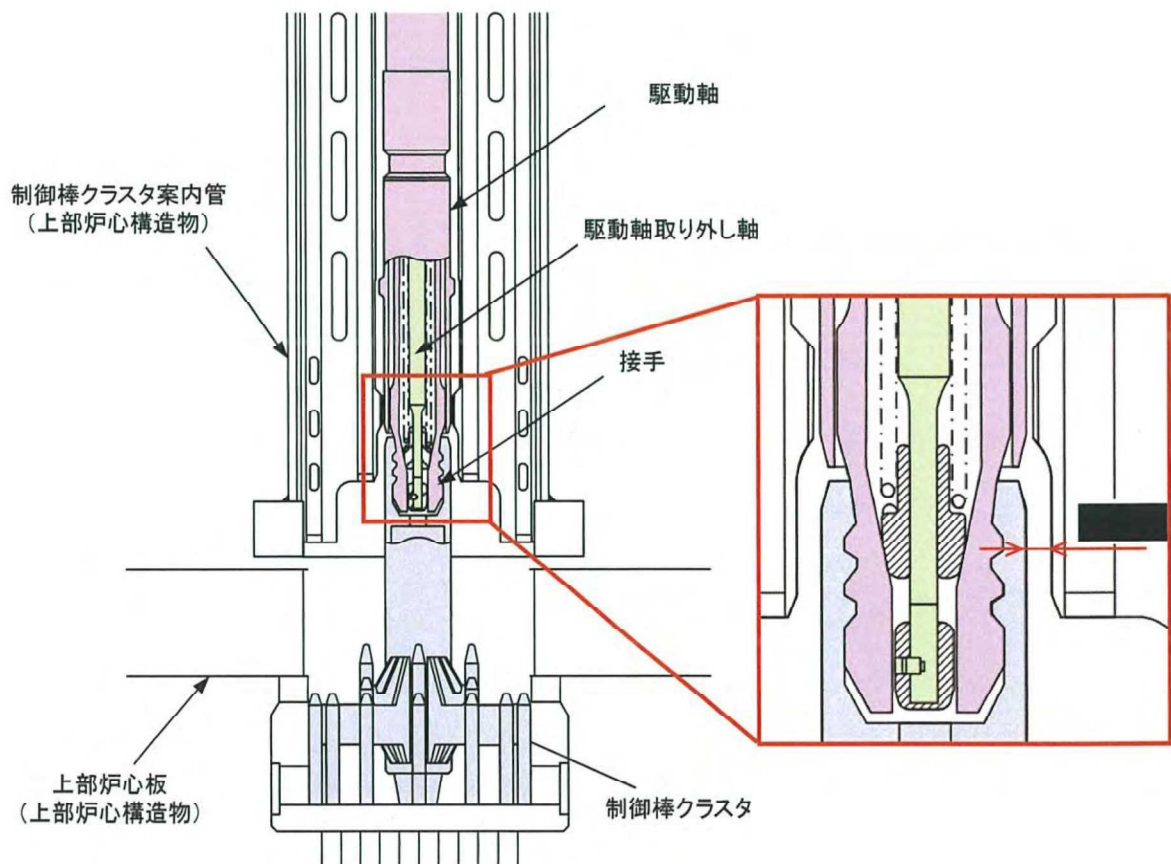
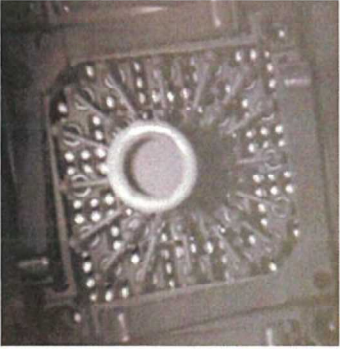


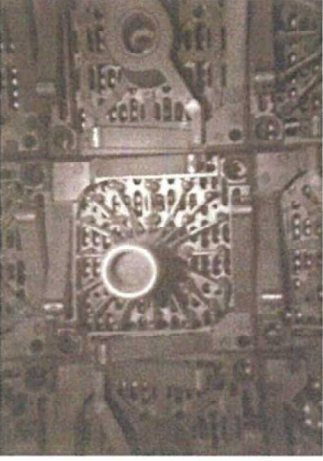


図-3 位置関係 概略図



(2) 外観確認結果

調査項目	M-4 の調査結果	比較対象アド레스の調査結果	
制御棒クラスタ	<p>【原子炉容器内点検】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 水中カメラ（白黒）により、スパイダ頭部を確認したところ外観形状に異常はないことを確認</li> <li>✓ スパイダ内部に堆積物あり</li> </ul>	<p>【原子炉容器内点検】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 同左</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• スパイダ頭部に堆積物が確認された</li> <li>• 制御棒クラスタ案内管（上部炉心構造物）との干渉の痕跡は認められない</li> </ul>
外観		 <p style="text-align: center;">M-12</p>	
スパイダ頭部		 <p style="text-align: center;">J-7</p>	