

御棒予備孔に装荷されていた炉上部照射用実験装置を取り出し、この孔からの観察を追加することにより、観察範囲を拡大した（平成 20 年 2 月 20 日～3 月 14 日）。

(2) 観察状況

集合体頂部等の撮影は、回転プラグを操作することで、カメラの位置を各集合体等の直上に調整して行ったが、1 回の観察で撮影できる範囲は集合体約 1 体分に限られることから、集合体頂部等の全体を観察するため、約 650 回の撮影を実施した。これらの撮影写真を貼り合わせ 1 枚の画像としたものを図-2 に示す。この観察から、集合体頂部等にルースパーツがないこと及び有意な傷等の異常がないことを確認した。

なお、炉心第 2 列に装荷された集合体 1 体（図-2 の集合体頂部等の観察画像の白抜き部分）については、回転プラグの操作範囲が限定されるため、直上からのカメラによる撮影はできなかったが、ファイバースコープによる水平方向からの観察より、当該位置についてもルースパーツがないことを確認した。

3.2 炉心上部機構下面の観察

(1) 観察装置

炉心上部機構下面の状態を、三角形の影を含めて詳細に確認することを目的として、炉心上部機構を下面から上方に観察する装置を新規に製作した（図-3 参照）。炉心上部機構を下面から観察するためには、直径約 110mm の炉内検査孔（B）から観察装置を炉内に挿入し、炉心上部機構下面と集合体頂部の間隙（約 70mm）に観察装置を挿入する必要がある。炉心上部機構下面観察装置は、観察用ファイバースコープを装填した先端屈折部を有し、当該部を炉内で L 字型に折り曲げ、炉心上部機構下面と集合体頂部の間隙に挿入する構造となっている（図-4 参照）。また、先端屈折部を挿入する際に障害物等がないことを確認するため、監視用のファイバースコープを有している。

なお、炉心上部機構下面の観察に先立って、炉内設備等に影響を与えることなく、炉心上部機構下面観察装置の屈折操作、炉心上部機構と集合体頂部の間隙への挿入操作を遠隔で行えることを確認するため、炉心上部機構下面と集合体頂部

等のモックアップを製作し、炉外動作試験を実施した（図-5 参照）。

(2) 観察方法

炉心上部機構下面観察装置先端屈折部上面から炉心上部機構下面までの距離が約 40mm と近接しており、1 回の観察で撮影できる範囲が狭いため、直径約 1m の炉心上部機構下面を 57 領域に分割し、それぞれの領域で先端屈折部の位置を調整した上で、回転プラグを操作して炉心上部機構を移動させながら撮影を行った（図-6 参照）。

炉内のガンマ線等の影響により、観察中にファイバースコープの画質が低下することから、ファイバースコープを交換して観察を 2 回実施した。また、観察装置の撮影範囲が狭いことから、変形を受けた箇所、変形量等の詳細な評価を実施するためには、非常に多くの観察画像の貼り合わせ等が必要であり、作業を継続している。

(3) 観察状況

観察状況を以下に示す。

- ① MARICO-2 試料部のハンドリングヘッドが保持部と接続された状態で、炉心上部機構内の MARICO-2 上部案内管内部に存在し、炉心上部機構が移動した方向（平成 19 年 6 月 1 日に、炉内ラック R16 上での MARICO-2 試料部切離作業終了後、回転プラグを基準位置に戻した際の炉心上部機構の移動方向）の反対側の方向に傾いていることを確認した（図-7 参照）。また、MARICO-2 のハンドリングヘッドと試料部を接続していた固定ピン 6 本（概略寸法：直径 6mm、長さ 13mm）は、ハンドリングヘッド部分では確認できなかった。
- ② 炉心上部機構が移動した方向と反対側の方向に上部案内管の下端が変形していることを確認した（図-7 参照）。この変形は、炉心上部機構が移動した際に、MARICO-2 上部案内管と MARICO-2 試料部が接触したことにより生じたものである。
- ③ 炉心上部機構下面の三角形の影は、整流板が破損・変形し、下側に約 27mm 変位したものであることを確認した（図-8 参照）。概ね炉心上部機構下面と MARICO-2 試料部が接触した領域に沿って整流板及び案内スリーブの変形が生

じている。なお、回転プラグを基準位置に戻した時の移動軌跡から評価した炉心上部機構下面における MARICO-2 試料部と整流板が接触した長さは約 80cm である。

- ④ 炉心上部機構が移動した方向と反対側の方向にセンター孔案内スリーブが移動し、変形していることを確認した（図-9 参照）。センター孔案内スリーブの移動及び変形は、炉心上部機構を移動した際に、MARICO-2 試料部と接触して生じたものである。
- ⑤ 集合体出口温度測定用熱電対 115 本のうち、センター孔案内スリーブに隣接した少なくとも 2 本について、相対位置の変位があることを確認した（一例：図-9 参照）。
- ⑥ 制御棒 No. 2 の上部案内管の一部に変形があり、当該制御棒上部案内管に近接した炉心上部機構フランジ下面に擦り跡があることを確認した（図-10 参照）。これらの変形等は、炉心上部機構を移動した際に、MARICO-2 試料部との接触により生じたものである。

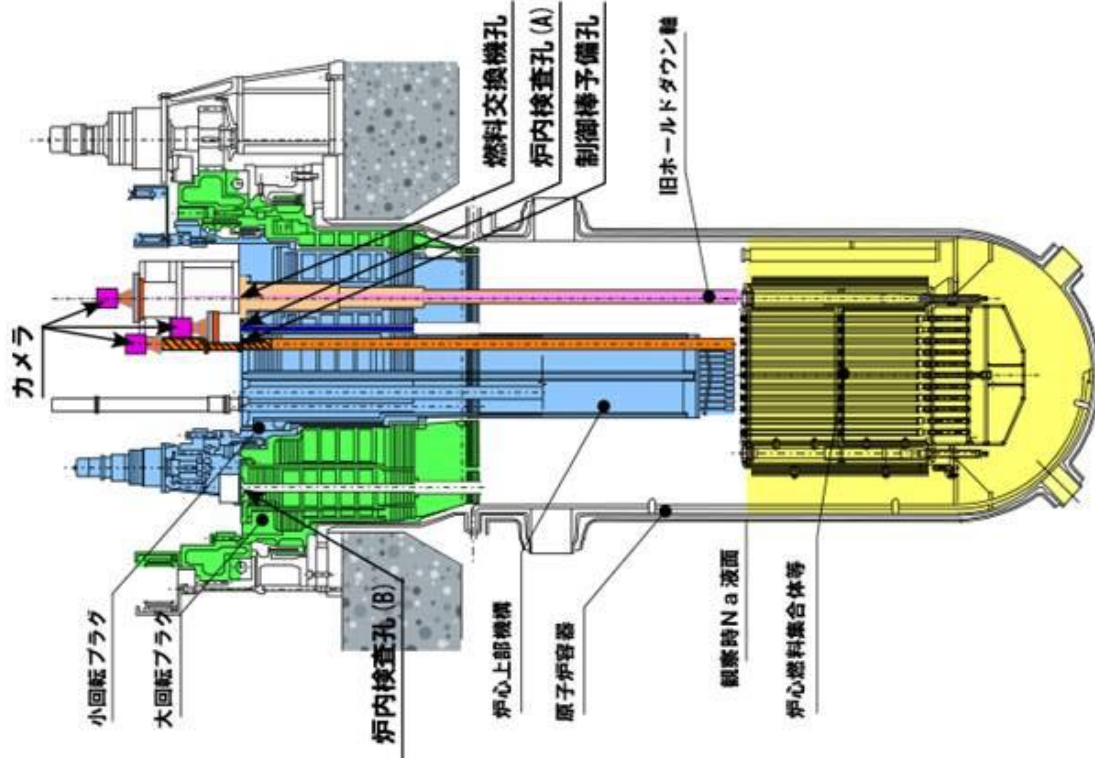
4. 原因

上記 3.2 に示したように、MARICO-2 試料部のハンドリングヘッドが、保持部に接続された状態で MARICO-2 上部案内管内部に存在することを確認した。当該観察より、原子炉停止後、炉内ラック R16 において MARICO-2 試料部と保持部の切離作業を実施した際に、試料部が正常に切り離されなかったことが、MARICO-2 試料部が突き出た原因であることが確認できた。試料部が正常に切り離されなかった原因については、現在、究明作業を進めている。

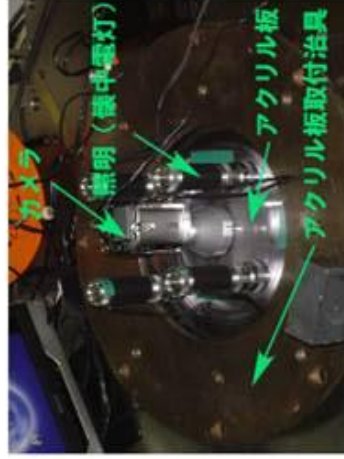
5. 今後の予定

炉心上部機構下面の変形箇所や変形量等を評価するため、炉心上部機構下面観察画像の貼り合わせ等の観察画像の整理・分析を継続し、これらの結果を踏まえて復旧に向けた対策を検討する。原因究明、ルースパーツの確認及び復旧に向けた対策については、今後報告する。

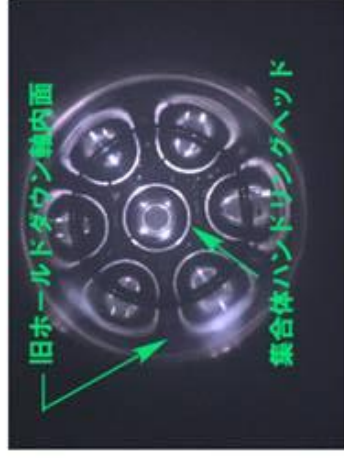
以上



燃料交換機孔、炉内検査孔(A)、制御棒予備孔からの観察

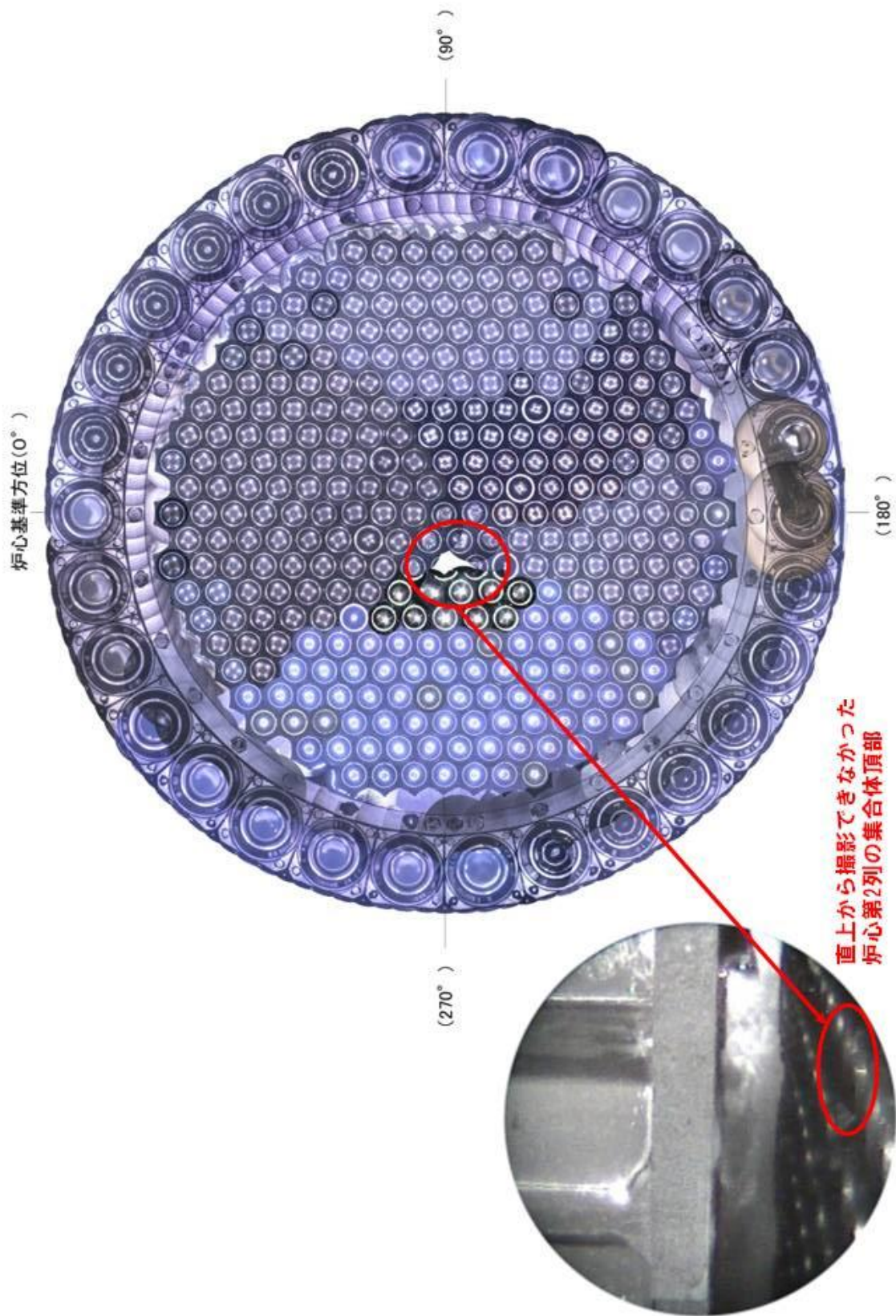


デジタルビデオカメラ等設置状態
(一例：燃料交換機孔)



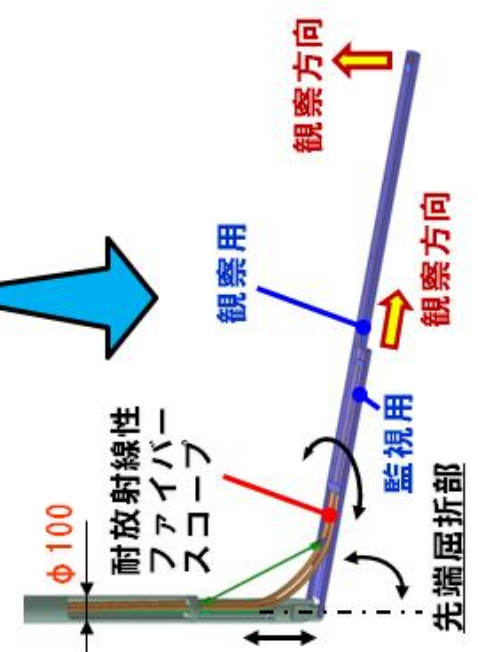
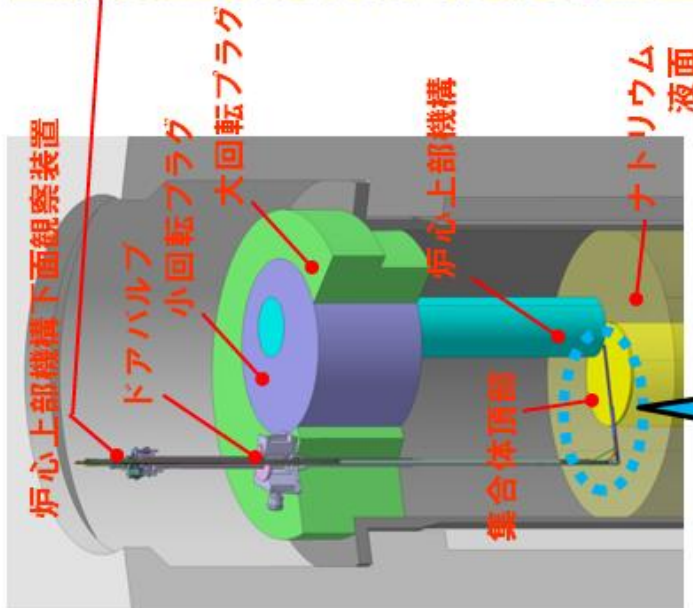
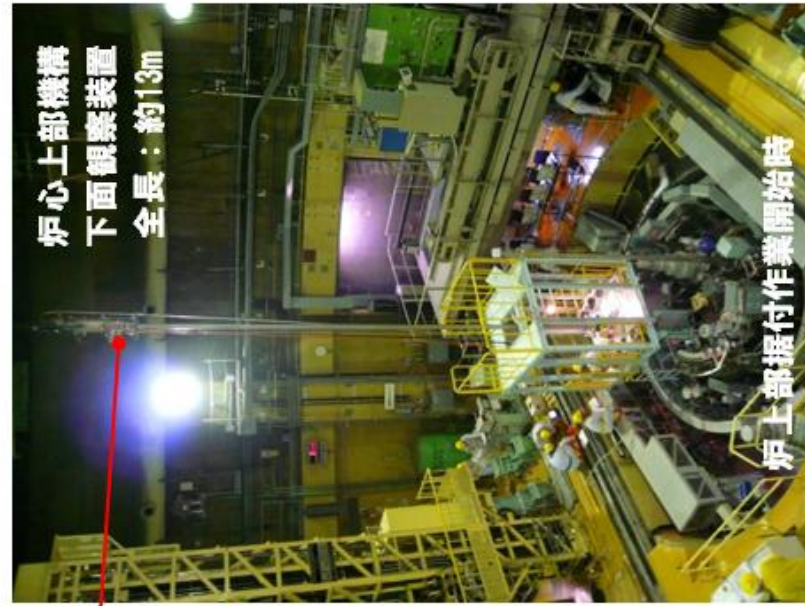
観察画像(炉心アドレス：4A1)
(一例：燃料交換機孔)

図-1 炉内観察装置の概要



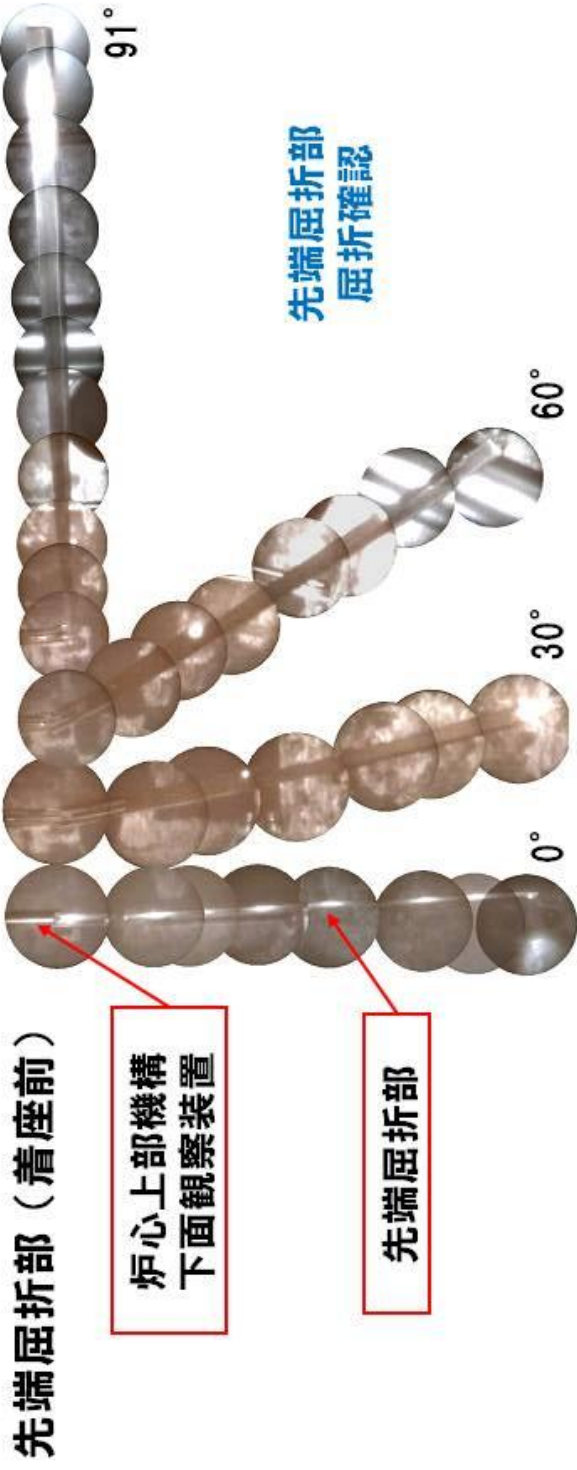
炉内検査孔(A)からの観察(平成19年10月10日撮影)

図-2 集合体頂部等観察画像



- ファイバースコープの仕様**
- ① 種類：耐放射線性石英イメージファイバー
 - ② 画素数：30,000
 - ③ 視野角及び焦点深度
 - 【監視用】視野角：15°
焦点深度：100mm～2,000mm
 - 【観察用】視野角：60°
焦点深度：30mm～400mm

図-3 炉心上部機構下面観察装置の概要



先端屈折部 (着座後) : 炉心上部機構下面と集合体頂部の間隙に挿入)

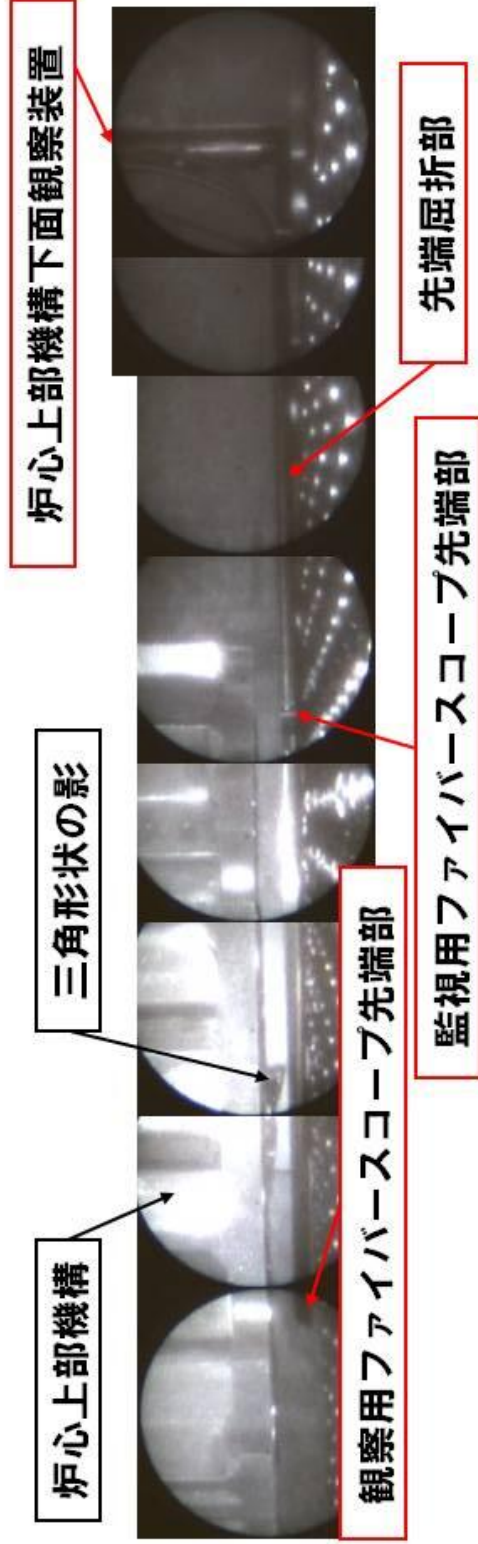


図-4 炉心上部機構下面観察装置の炉内据付状況

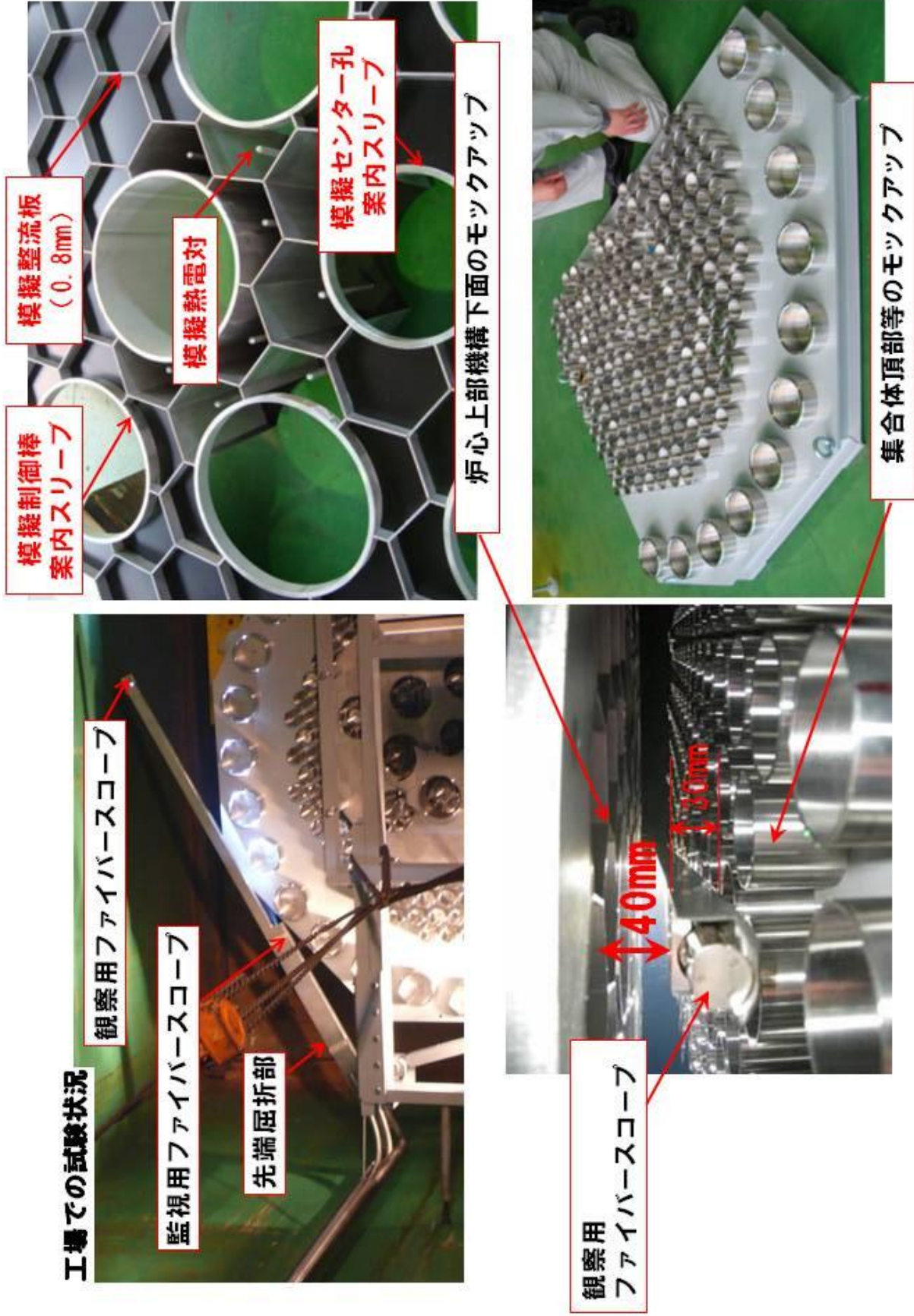


図-5 炉心上部機構下面観察モックアップ試験の状況

炉心上部機構下面観察位置

観察領域（57領域）に応じて先端屈折部の角度を変更・設定する。

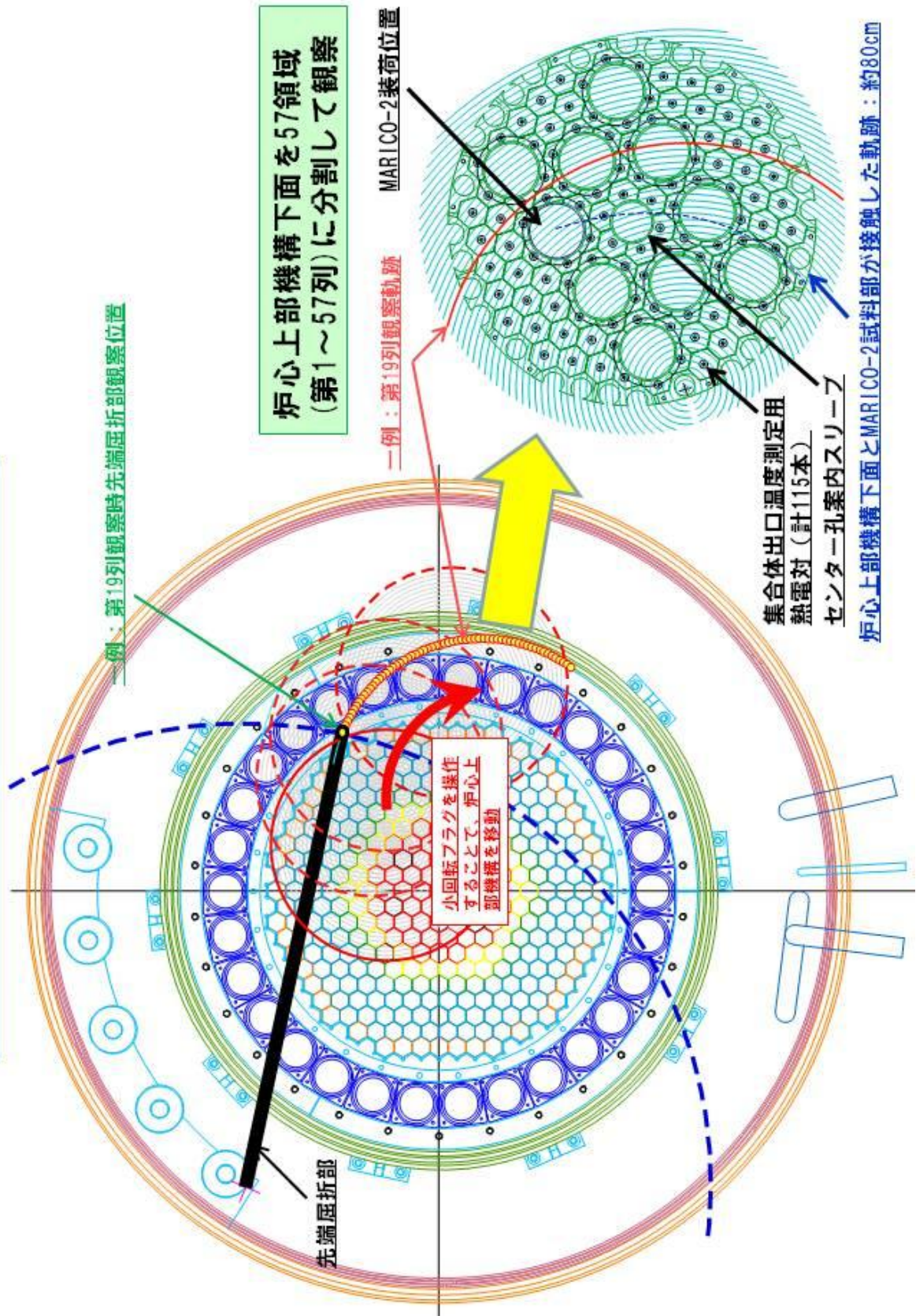
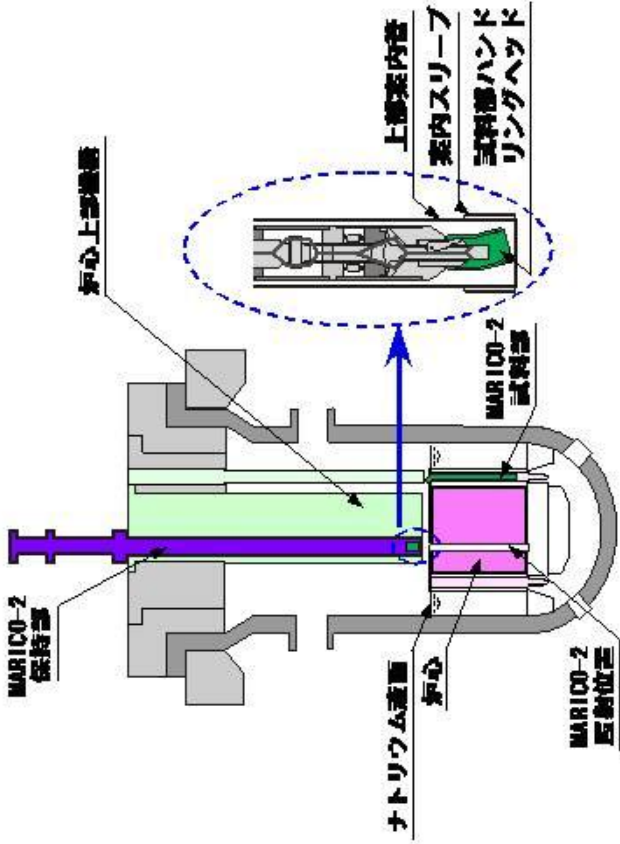
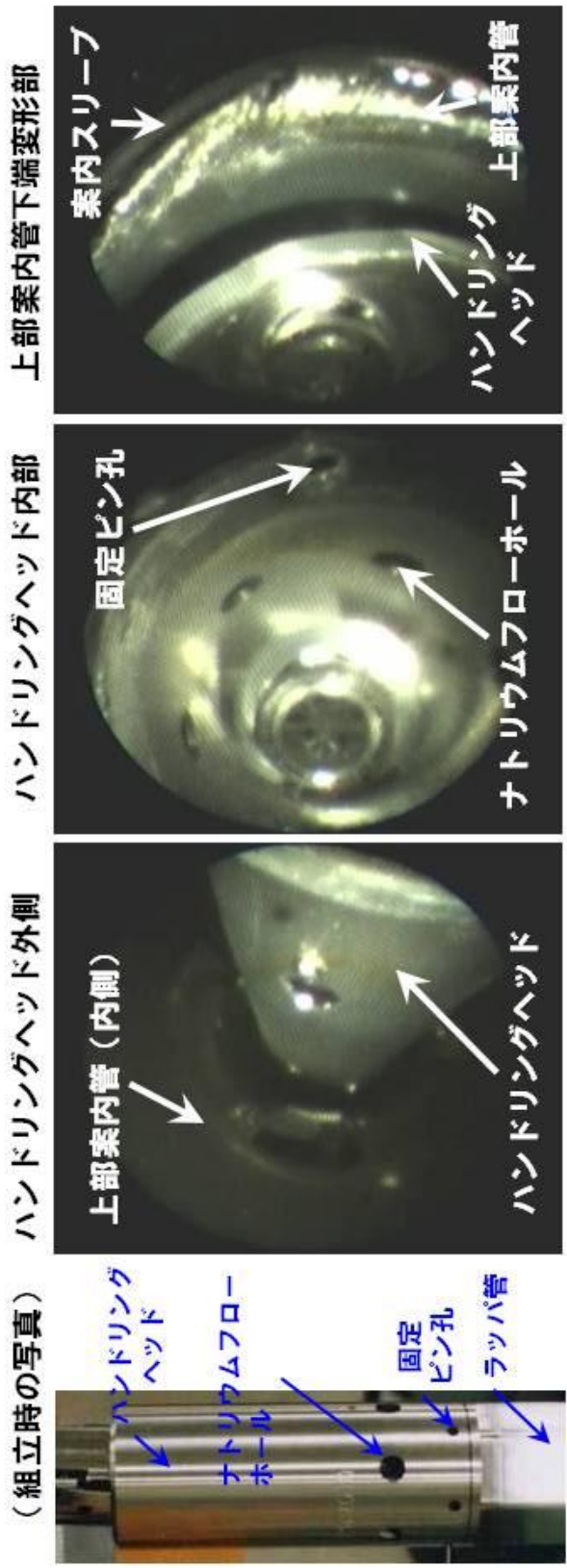


図-6 炉心上部機構下面観察方法の概要



- 炉心上部機構内のMARICO-2保持部に、試験部ハンドリングヘッドが接続されていた。
- MARICO-2上部案内管下端に変形があった。
- ハンドリングヘッドと試験部を接続していた固定ピン6本（概略寸法：直径6mm、長さ13mm）は、ハンドリングヘッド部分では確認できなかった。

図-7 MARICO-2 上部案内管・ハンドリングヘッドの観察画像

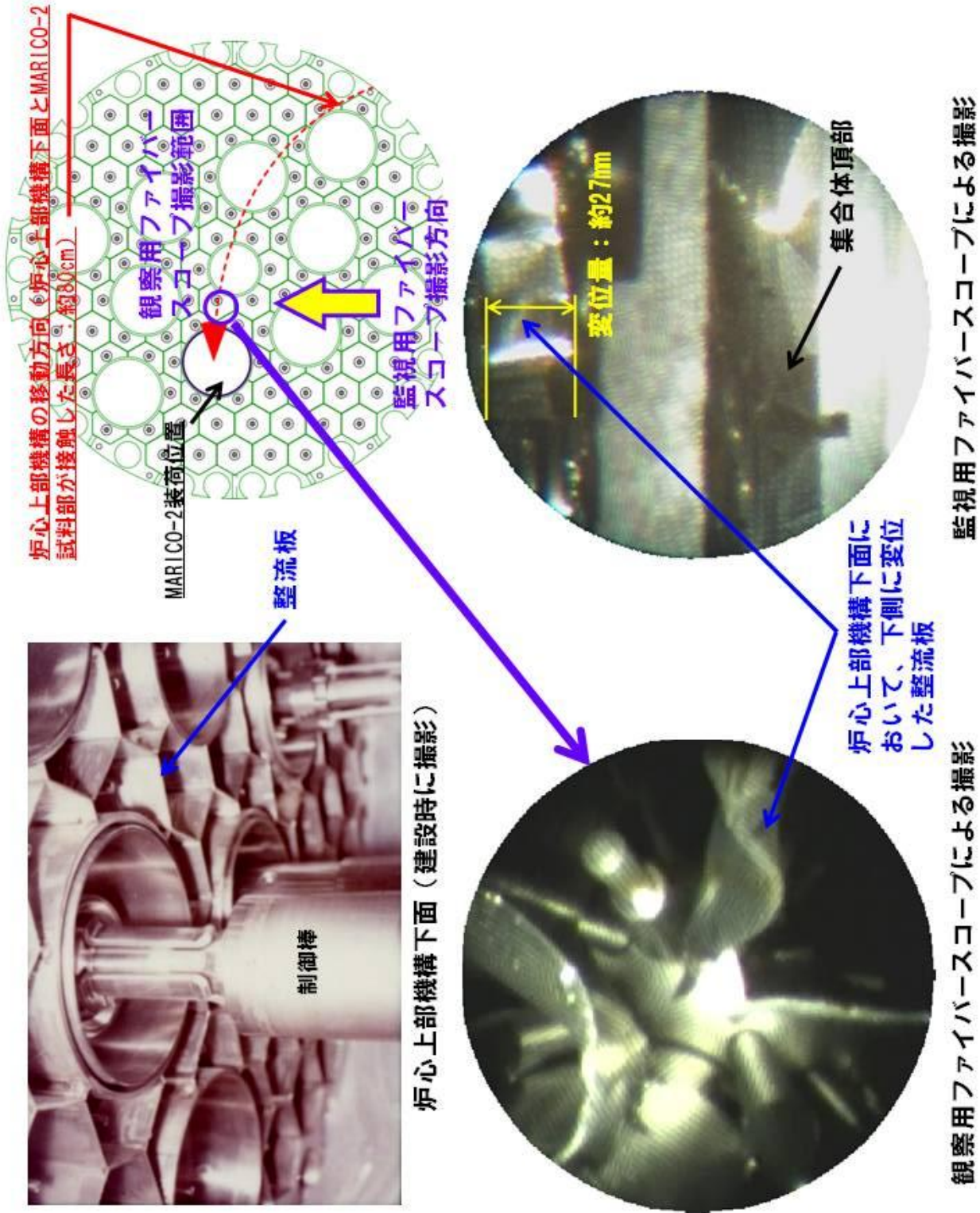


図-8 整流板（三角形の影の該当部）の観察画像

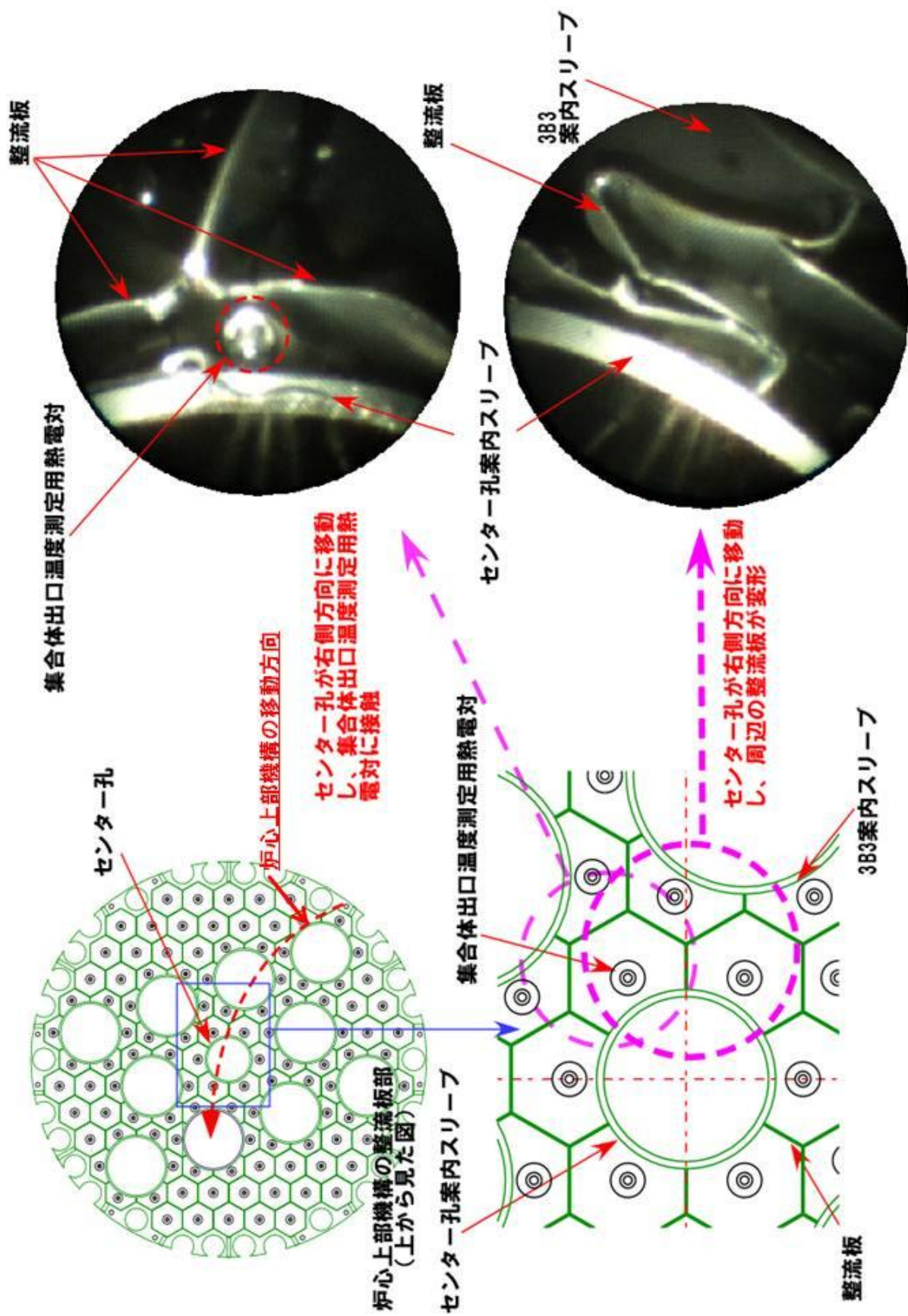


図-9 センター孔案内スリーブ付近の観察画像

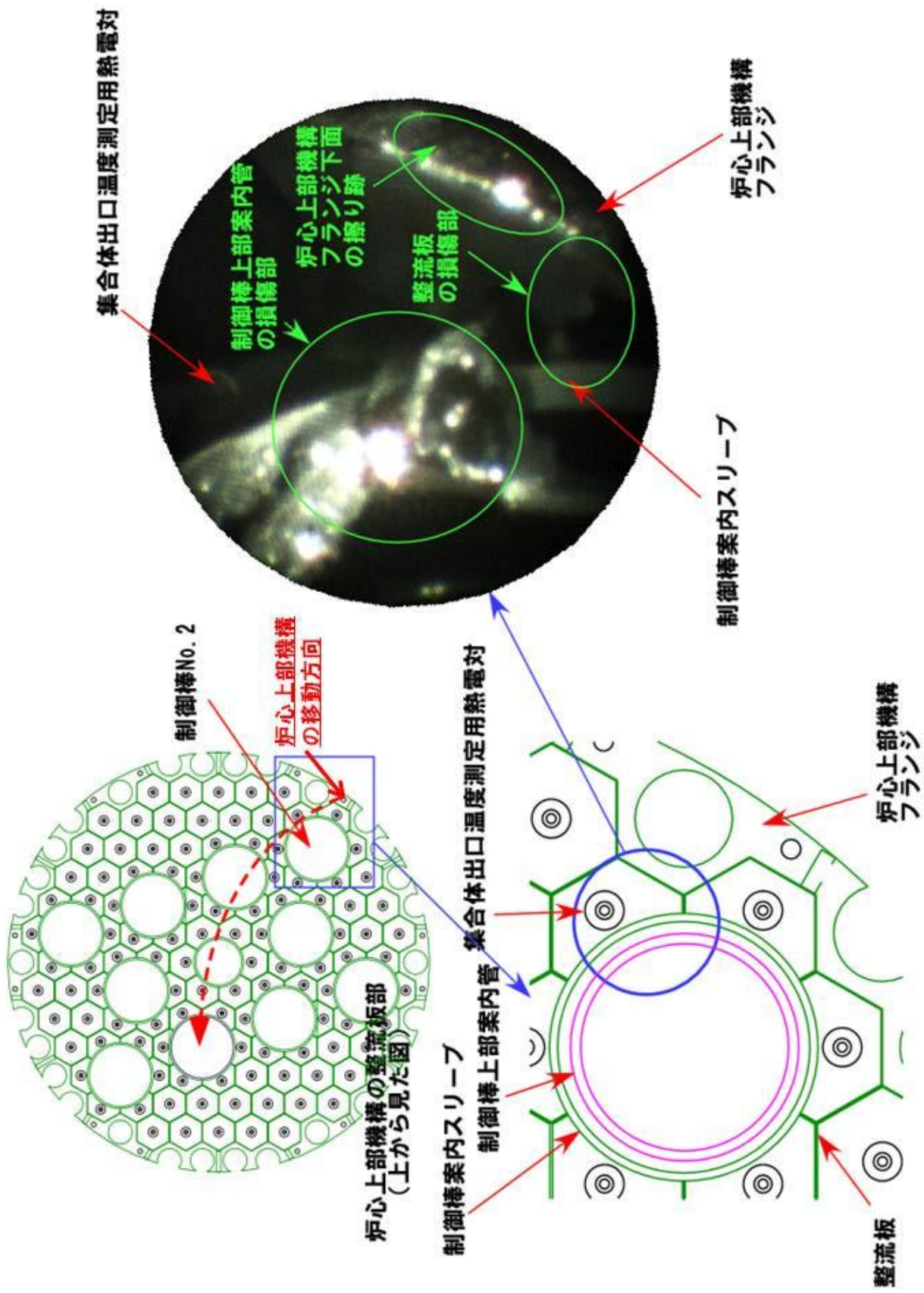


図-10 制御棒 No. 2 上部案内管・案内スリーブ付近の観察画像

参考資料 1

時系列

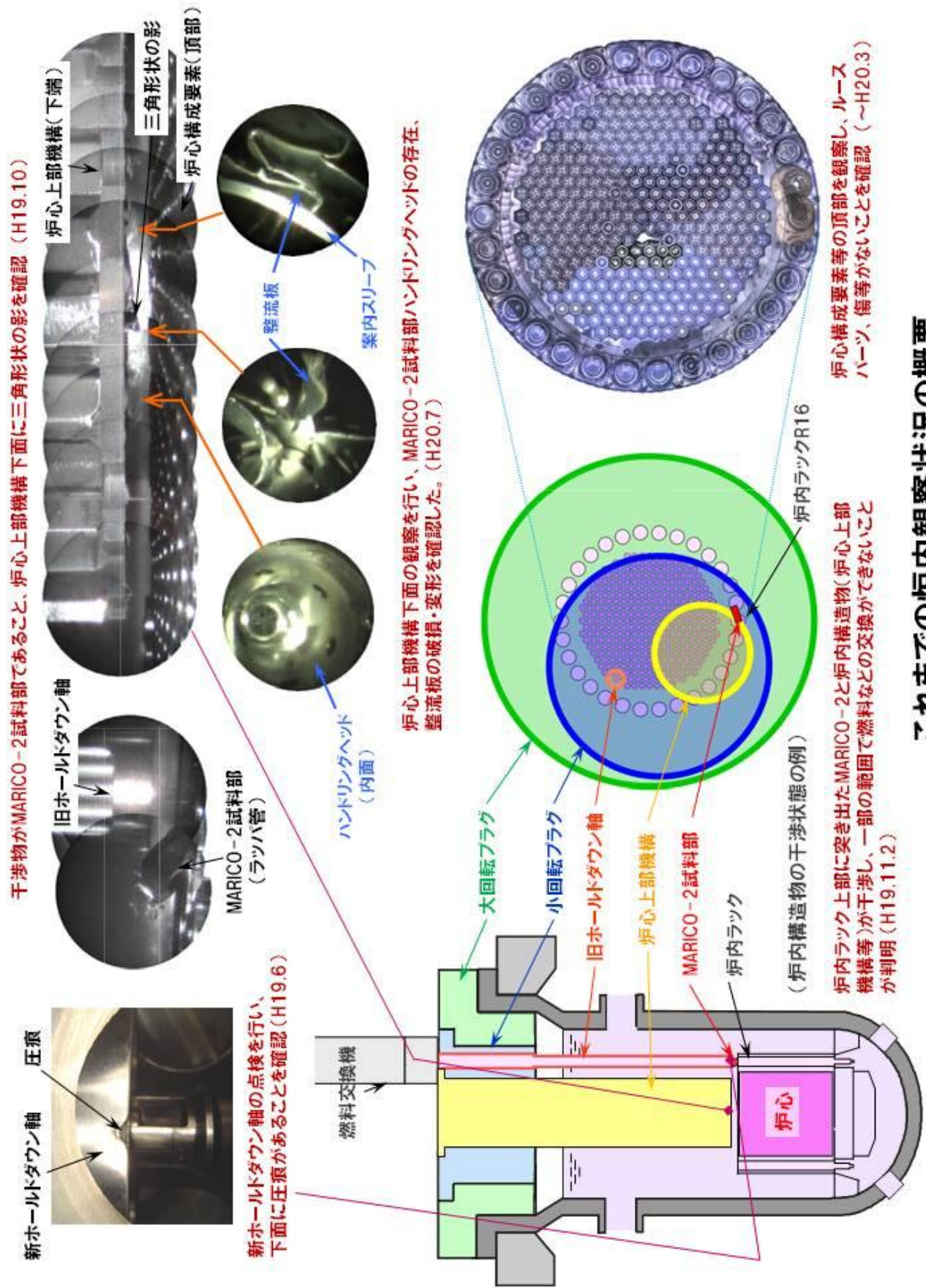
(1/4)

日付	実施内容	備考
平成 19 年		
5 月 14 日	MK-Ⅲ第 6' サイクル終了。	
5 月 15 日	第 15 回施設定期検査を開始した。	
5 月 28 日	回転プラグを操作して MARICO-2 を照射位置（炉心第 3 列：3E3）から炉内ラック R16 へ移動した。	
5 月 30 日	ガス配管及び熱電対ケーブル等を切断し、MARICO-2 の保持部と試料部を切り離れた。	
6 月 1 日	回転プラグを操作し、MARICO-2 保持部を元の位置（炉心第 3 列：3E3）に戻した。	回転プラグ駆動モータ電流値の異常な上昇等はなかった。
↓	この間、外部電源喪失試験（定期検査）、燃料交換に向けた運転前確認を実施した。	
6 月 11 日	燃料交換作業の準備として、燃料交換機を回転プラグ上に取り付け、回転プラグを炉内ラック R16 の近傍の基準位置で下降させた際に、燃料交換機の新ホールドダウン軸に荷重異常が発生した。	
6 月 15 日	荷重異常の確認について週報で報告した。	
6 月 19 日	新ホールドダウン軸を点検し、下面 2 ヶ所に圧痕があることを確認した。	
6 月 22 日	新ホールドダウン軸先端部の圧痕について週報で報告した。	
6 月 28 日	新ホールドダウン軸の詳細点検を行い、真円度に問題がなく、曲がりも生じていないこと、グリップ先端部の構成部品に脱落等がないことを確認した。圧痕の寸法を測定し、その他の部位に圧痕等の異常がないことを確認した。	
8 月 21 日	燃料交換機孔から炉内ラック R16 上部を観察し、黒い影のようなもの確認した。	炉心の崩壊熱の低下を待ってナトリウム液位を集合体頂部以下まで下げて観察を実施
9 月 11 日	昭和 62, 63 年に使用したファイバースコープにより炉内ラック R16 上部等を観察し、干渉物からの反射と思われる光を確認した。また、炉心上部機構下端部に三角形状の黒い影を確認した。	

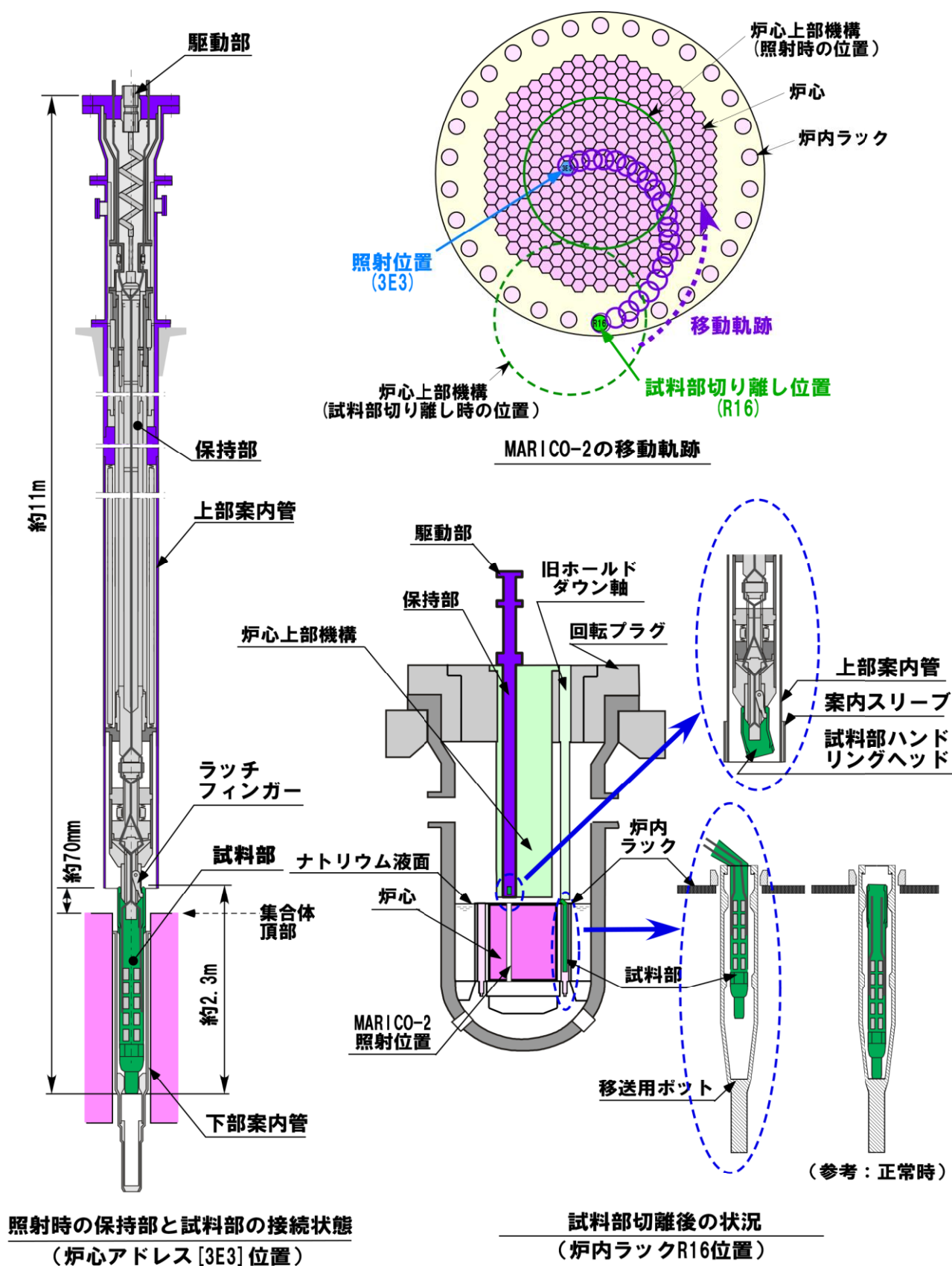
日付	実施内容	備考
9月14日	ホールドダウン軸と接触したと推定される物について週報で報告した。	
10月10日	炉内検査孔(A)から新規に製作したファイバースコープを挿入し、干渉物がMARICO-2試料部であること、また、炉心上部機構の下端部に三角形状の黒い影を確認した。	
10月11日	炉内検査孔(B)からファイバースコープを挿入し、炉心上部機構の下端部に三角形状の黒い影を確認した。	
10月17日	炉内検査孔(B)を移動して、10月10日と反対方向からMARICO-2試料部を水平方向から観察し、ハンドリングヘッドがラッパ管の継ぎ手部分から外れていることを確認した。	
10月18日	炉内検査孔(B)より、MARICO-2試料部を垂直方向から観察した。	
10月22日	炉内検査孔(B)より、小回転プラグを操作しながら、炉心上部機構下端部の三角形状の黒い影を観察した。	
10月23日	炉内検査孔(A)にカメラを取り付け、真上方向からMARICO-2試料部を観察した。	
↓ 10月29日	これまでの観察結果を整理した。炉内検査孔(A)をMARICO-2試料部に接近させるための手順等を確認した。	
10月31日	炉内検査孔(A)をMARICO-2試料部に接近させ、炉内ラックR16上に突き出た試料部の寸法等を観察した。	
11月1日	MARICO-2試料部の寸法及び角度等から、回転プラグの操作範囲を評価した。	
11月2日	計測線付実験装置の干渉による回転プラグ燃料交換機能の一部阻害を確認し、文部科学省、茨城県及び関係市町村へ報告した。また、集合体頂部等の観察を開始した。	

日付	実施内容	備考
11月9日	高速実験炉「常陽」計測線付実験装置との干渉による回転プラグ燃料交換機能の一部阻害について（第1報）を提出した。	平成19年11月9日付け19原機（大速）035
11月16日	MARICO-2 試料部との干渉により、直上からのカメラによる観察ができなかった範囲を除き、集合体頂部等の観察を終了した。	
↓	集合体頂部等の観察結果の整理作業を実施した。	
11月19日	炉上部照射用実験装置の取出作業を開始した。	
12月3日	原因究明作業の一環として、事象再現試験を実施するため、MARICO-2 試料部切離機構のモックアップの製作を開始した。	
12月20日	炉心上部機構下面観察装置用ファイバースコープの設計・製作を開始した。	
↓	炉上部照射用実験装置の取出作業を終了した。	
平成20年 1月9日		
↓	集合体等の観察結果の整理作業を終了した。集合体頂部等にルースパーツがないこと及び傷等の異常がないことを確認した。	
1月18日		
1月23日	炉心上部機構下面観察装置の設計・製作を開始した。	
1月30日	施設定期検査期間を変更し、三カ年運転計画を届け出た。	2月1日付週報で報告。
2月20日	炉上部照射用実験装置を取り出した孔等からの集合体頂部等の観察を開始した。	
↓	炉上部照射用実験装置を取り出した孔等からの集合体頂部等の観察を終了した。また、集合体頂部等の観察結果の整理作業を実施した。	
3月14日		
↓	炉心上部機構下面観察装置用ファイバースコープの設計・製作を終了した。	
3月19日		
3月24日	炉心上部機構下面観察装置用ファイバースコープ（交換用）の設計・製作を開始した。	
↓	炉心上部機構下面観察装置の設計・製作を終了した。	
4月30日		

日付	実施内容	備考
5月12日	原因究明の一環として、保管中の MARICO-1 の観察作業を開始した。	
5月16日	炉心上部機構下面観察装置のモックアップ試験準備中に、観察用ファイバースコープが折損していることが判明した。	
5月20日	炉心上部機構下面観察装置用ファイバースコープの再製作を開始した。	
↓ 5月30日	MARICO-1 の観察作業を終了した。	
↓ 6月6日	炉心上部機構下面観察装置用ファイバースコープ（交換用）の設計・製作を終了した。	
6月10日	炉心上部機構下面観察装置のモックアップ試験を開始した。	
↓ 6月20日	MARICO-2 試料部切離機構のモックアップの製作を終了した。	
↓ 6月24日	炉心上部機構下面観察装置のモックアップ試験を終了した。	
↓ 7月4日	炉心上部機構下面観察装置用ファイバースコープの再製作を終了した。	
7月8、9日	炉心上部機構下面観察（その1）を実施した。	
7月15日	MARICO-2 試料部切離機構のモックアップを用いた事象再現試験体系の設定を開始した。	
↓ 7月25日	炉心上部機構下面観察装置のファイバースコープの交換を実施した。	
7月28、29日	炉心上部機構下面観察（その2）を実施した。	
↓	炉心上部機構下面観察結果の整理作業を継続中である。	



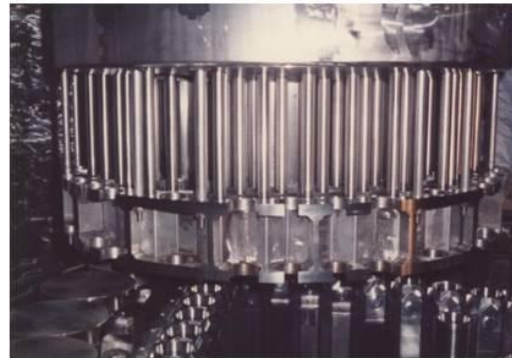
これまでの炉内観察状況の概要



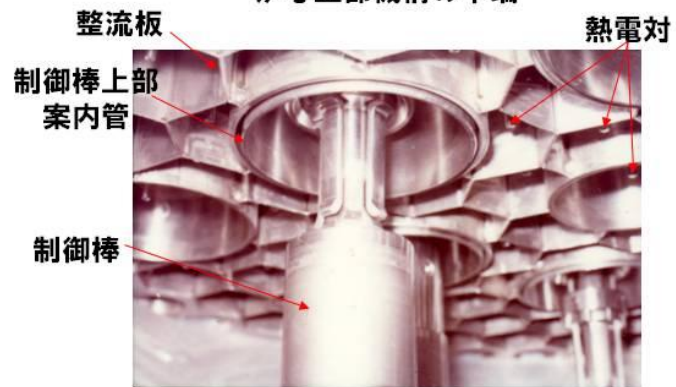
MARICO-2 の概要



炉心上部機構



炉心上部機構の下端



炉心上部機構の下面



炉心上部機構の外観（建設時に撮影）