

平成 24 年 8 月 8 日  
原子力安全対策課  
( 2 4 - 2 1 )  
< 18 時資料配付 >

## 高速増殖原型炉もんじゅ 炉内中継装置の復旧について

このことについて、日本原子力研究開発機構から下記のとおり連絡を受けた。

### 記

原子力機構は、高速増殖原型炉もんじゅ（定格電気出力 28.0 万 kW）において平成 22 年 8 月 26 日に発生した炉内中継装置<sup>\*1</sup>落下の原因と対策及び落下による設備への影響評価をとりまとめ、本年 3 月 9 日に、原子力安全・保安院に報告した。

その後、5 月 28 日、落下の原因となったグリッパ（つかみ具）の構造変更を行った原子炉機器輸送ケーシング<sup>\*2</sup>を用いて、新たに製作した炉内中継装置を原子炉容器内に据え付け、6 月 19 日から 6 月 21 日にかけて燃料交換機能の確認を行い、国の使用前検査に合格した。<sup>\*3</sup>また、7 月 4 日に、炉内中継装置を原子炉容器内から引き抜く作業を完了し、炉内中継装置を保管状態とした。

本日、原子力安全・保安院は、炉内中継装置に対する使用前検査や現地での確認等の結果を踏まえ、原子力機構の報告内容は妥当であると評価した。

- \* 1 : 燃料交換時に炉心と燃料出入設備との間で炉心構成要素（燃料等）を移送する燃料交換設備の構成機器の一つ
- \* 2 : 原子炉上部に設置し、アルゴンガス中でグリッパを用いて、炉内中継装置等を昇降させる装置
- \* 3 : 平成 23 年 3 月から炉内中継装置を製作し、平成 24 年 3 月 21 日にもんじゅに搬入した。大気中での回転ラックの回転機能確認を行った後、原子炉内に据え付けて、ナトリウム中での回転機能を確認した。また、炉外燃料貯蔵槽と原子炉容器との間で、炉内中継装置を介して炉心構成要素である中性子遮へい体を移送することにより、燃料交換が正常に実施できることを確認した。

別紙：炉内中継装置落下について（原因と対策）

問い合わせ先（担当：有房） 内線 2353・直通 0776(20)0314
--

## [別紙]

### 炉内中継装置落下について (原因と対策)

#### 1 発生状況

- ・平成22年8月26日、燃料交換の片付け作業として、原子炉機器輸送ケーシングのグリッパ（つかみ具）で炉内中継装置をつかみ、原子炉容器内から引き抜く作業を実施していたところ、約2m吊り上げた時点で炉内中継装置が落下した。
- ・落下した炉内中継装置の状態確認等を行ったところ、一部に変形が認められたため、通常の方法で引き抜くことができないと判断し、平成23年2月21日から平成23年6月24日にかけて、炉内中継装置を原子炉容器上部ふたの燃料出入孔スリーブと一体で引き抜く作業を行った。

#### 2 調査結果

##### (1) グリッパの調査

- ・外観調査の結果、グリッパの2本の爪を開閉させるロッド（爪開閉ロッド）とロッドを上下させる駆動部（パワーシリンダ）を接続するU字金具のネジ部が緩んでいたため、爪開閉ロッドが回転した状態で押し込まれ、爪が十分に開いていないことが確認された。
- ・燃料交換作業にあたって行う原子炉機器輸送ケーシングの据付け・取外し作業を再現した結果、原子炉機器輸送ケーシングを立てる際や倒す際の振動で、U字金具のねじが緩み、爪開閉ロッドが回転することが確認された。
- ・また、グリッパの片方の爪の先端部に、炉内中継装置のハンドリングヘッド部（グリッパの引っかかり部）から外れた際に生じたと推定されるめくれが認められた。

##### (2) 炉内中継装置の調査

- ・外観調査の結果、先端部がめくれていた方の爪がかかる炉内中継装置のハンドリングヘッド部分に、すり痕が確認された。
- ・据付フランジや回転ラック部等で接触痕（圧痕）やすり傷等が確認された。また、回転ラック駆動軸のジョイント部のピンの破損、案内管接続部の変形が確認された。いずれの部位も欠損等はなく、部品の脱落等もなかった。

#### 3 推定原因

- ・燃料交換作業にあたって行う原子炉機器輸送ケーシングの据付け・取外し作業時の振動により、U字金具のねじ部が徐々に緩み、爪開閉ロッドが回転して、グリッパの爪が十分に開かない状態となった。
- ・このため、グリッパの片方の爪がハンドリングヘッドにかかった片づり状態で、炉内中継装置を吊り上げたことにより、途中で爪が外れて落下したものの

と推定された。

#### 4 対策

##### (1) グリッパの構造変更

- ・パワーシリンダロッドとU字金具を一体構造とすることにより、緩みが生じるねじ部をなくした。また、グリッパの爪が取り付けられている爪支持板を、爪開閉ロッド部分も含めて両面から挟み込む形状とすることにより、爪開閉ロッドが回転しない構造とした。

##### (2) 吊り状態の確認機能の強化

- ・グリッパの状態を確実に把握するため、吊り上げ開始時にグリッパに荷重が掛かり始める位置を正確に検出できるように、位置検出装置の精度を向上させる等の改善を行った。

##### (3) 吊り上げ機能を有する設備の構造確認

- ・原子炉機器輸送ケーシングと同様にグリッパ機構を有する設備や安全上重要な機器を吊り上げる設備について、確実に落下防止策が施されていることを確認した。

#### 5 炉内中継装置落下による影響の評価

- ・落下時に生じた接触痕の状況等から、炉内中継装置は原子炉上部の燃料出入孔スリーブに沿ってほぼ真っ直ぐに落下し、下部ガイドに接触してガイドされながら、通常的位置に収まったと推定された。
- ・構造解析の結果等から、炉内中継装置が落下した際に荷重を受けた燃料出入孔スリーブ、下部ガイド等は健全であると評価された。

#### 6 グリッパの設計から運用に係る調査と品質マネジメントシステム（QMS）の改善等

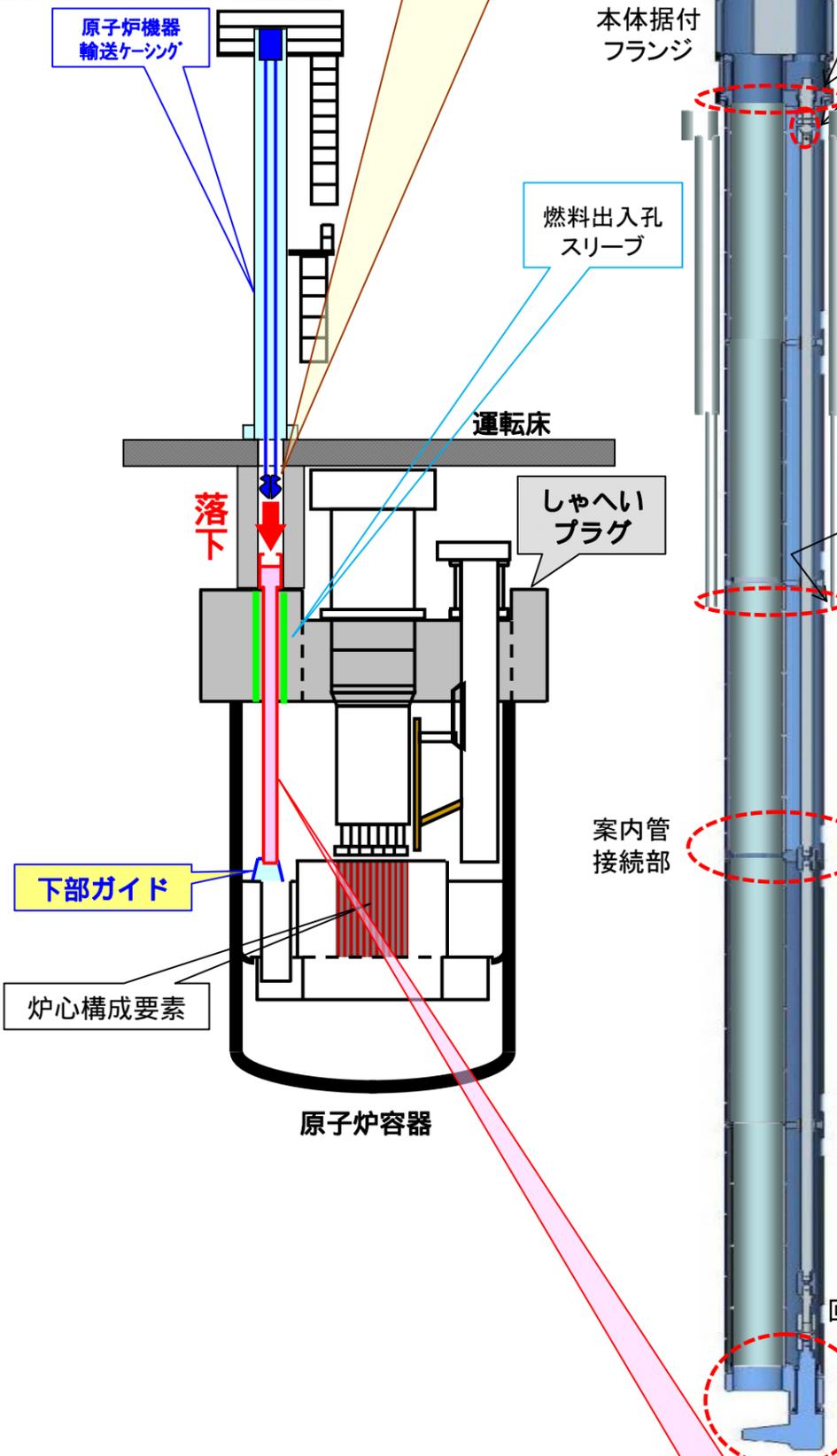
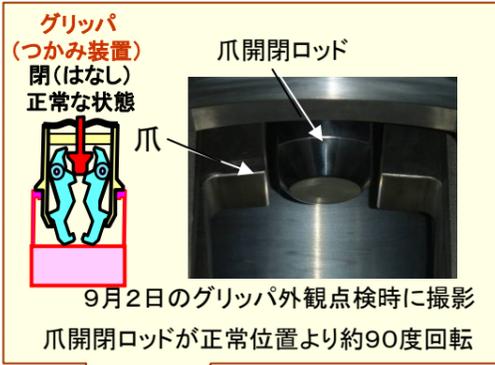
- ・設計当時、製作メーカーは爪開閉ロッドは上下方向の駆動のみであり、回転力は発生しないと考えたため、ロッドの回転に関する基本設計やつかみ機能の維持に係る検討等が十分行われず、原子力機構においても、これらの点について検討や確認が行われなかった。
- ・このため、原子力機構は、設計段階において、安全上重要な機器に加え、安全上重要な機器に影響を与える機器についても設計管理の対象として、機器の機能が喪失した場合の影響評価等を実施する。また、設計審査能力を向上させるため、資格認定や設計審査プロセスの改善、教育を実施する
- ・炉内中継装置の落下発生について、通報連絡に時間を要したことから、燃料交換作業を担当した燃料環境課と外部への連絡を行う関連部署との連携強化や通報連絡に対する教育・訓練の強化等を実施する。

(参考)

### これまでの経過

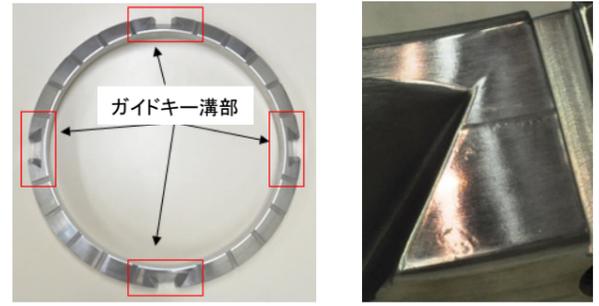
平成22年	8月26日	炉内中継装置の引抜き作業中に同装置が落下
	8月27日	原子力安全・保安院が、事象の状況、設備への影響及び通報連絡に時間を要した経緯の確認及び、原因調査とその再発防止対策について報告するよう指示
	10月1日	炉内中継装置の落下に係る中間報告書を、原子力安全・保安院に提出
	10月4日	炉内中継装置の引抜き作業実施 (グリッパの荷重計ノイズ発生により中断)
	10月13日	炉内中継装置の引抜き作業実施 (グリッパの引抜き荷重超過により中断)
	11月9日	炉内中継装置の内側案内管の内面観察を実施し、その結果を、原子炉等規制法に基づき国へ報告
	11月16日	予備孔に挿入した観察装置による炉内中継装置の接続部近傍の外面観察を実施
	12月16日	燃料出入孔スリーブとの一体引抜き方針を決定
平成23年	1月18日	炉内中継装置等検討委員会を設置(以降、5回開催)
	2月21日	炉内中継装置の引抜き工事に係る準備作業開始
	5月24日	炉内中継装置の引抜きに向けた工事開始
	6月23日	炉内中継装置の引抜き作業開始
	6月24日	炉内中継装置の引抜き作業完了
	7月12日	炉内中継装置本体の分解点検の終了
	8月29日	原子炉上部での復旧工事開始
	11月11日	原子炉上部での作業終了
平成24年	3月9日	原子力安全・保安院へ炉内中継装置の落下に係る原因と対策について報告
	6月15日	原子力安全・保安院へ炉内中継装置の落下による変形に係る根本原因分析の拡充及び対策の報告
	6月21日	炉内中継装置の機能確認(国による使用前検査)
	6月22日	炉内中継装置の機能確認後の後片付け作業開始
	8月8日	炉内中継装置の機能確認後の後片付け作業終了

# 炉内中継装置の外観調査結果



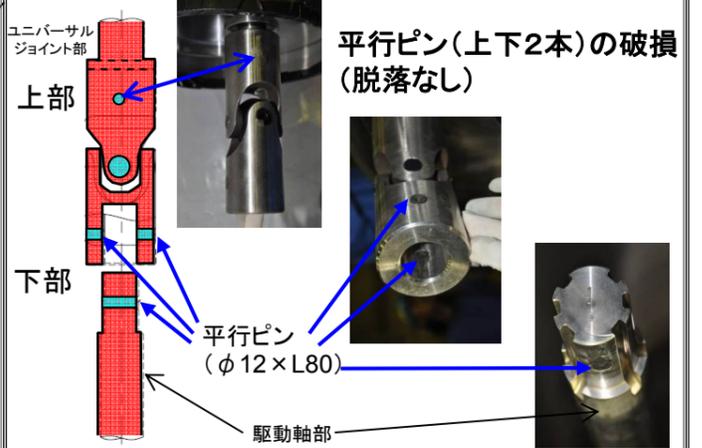
## 【炉内中継装置本体】

### ■ 据付フランジ



圧痕(計8か所)  
(深さ最大約0.1mm)

### ■ 回転ラックの駆動軸部

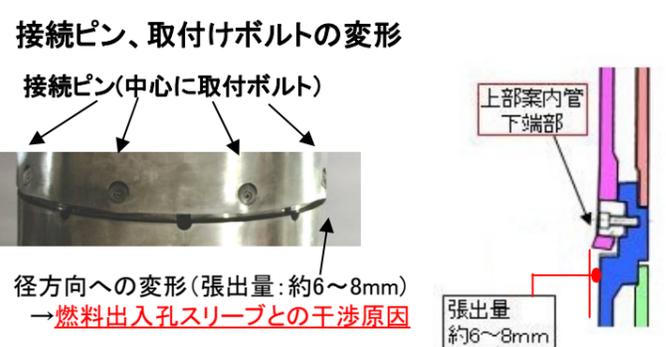


### ■ 燃料出入孔スリーブ

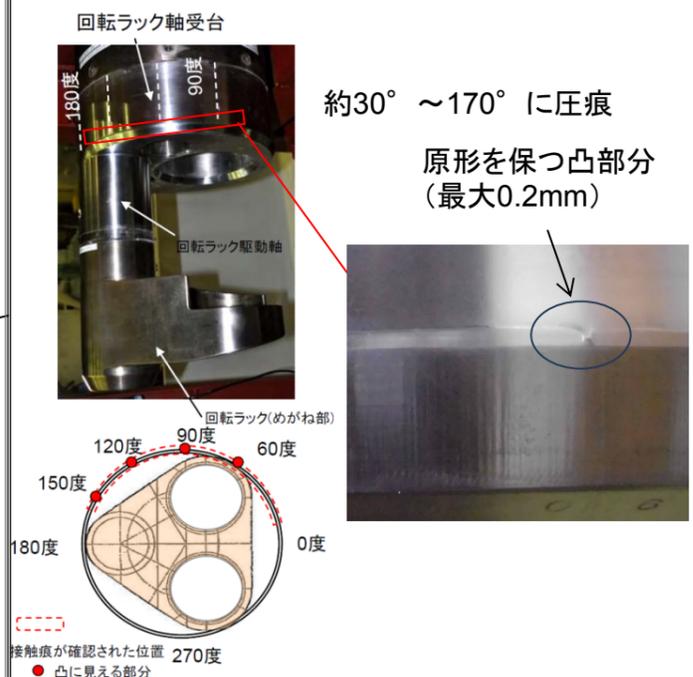


圧痕(計6か所)  
(長さ最大約0.48mm)

### ■ 上部・下部案内管接続部

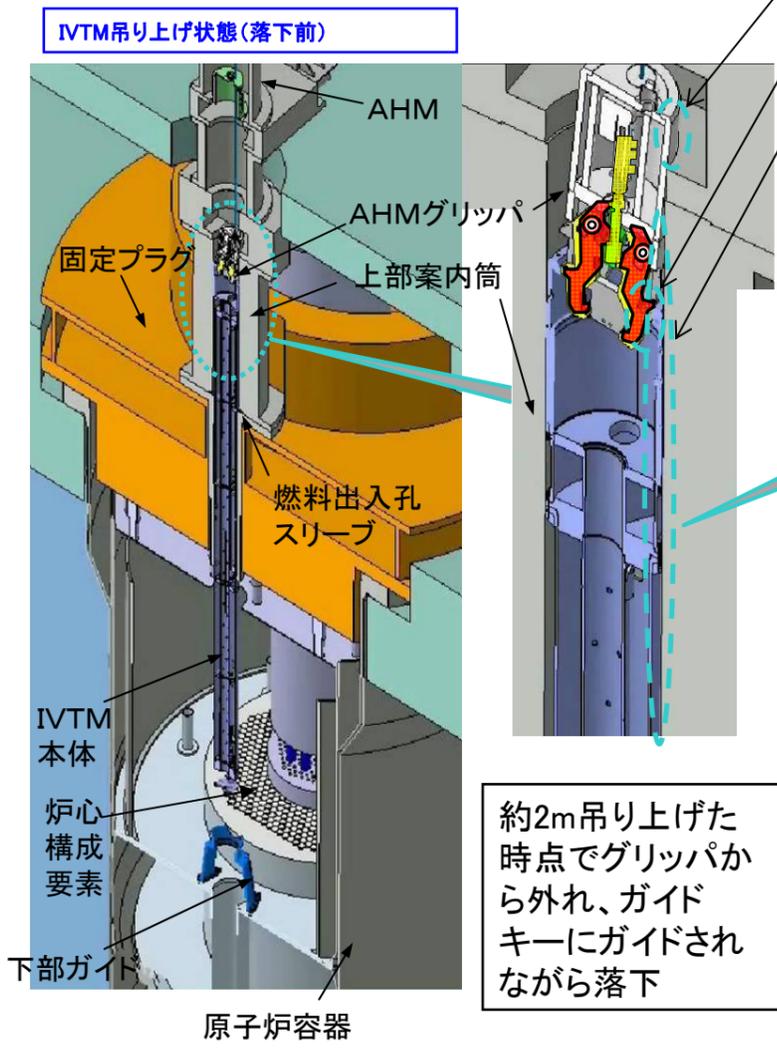


### ■ 回転ラック部



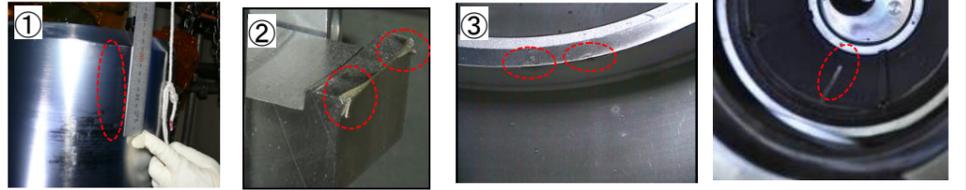
## 炉内中継装置

# 炉内中継装置の落下の原因と対策

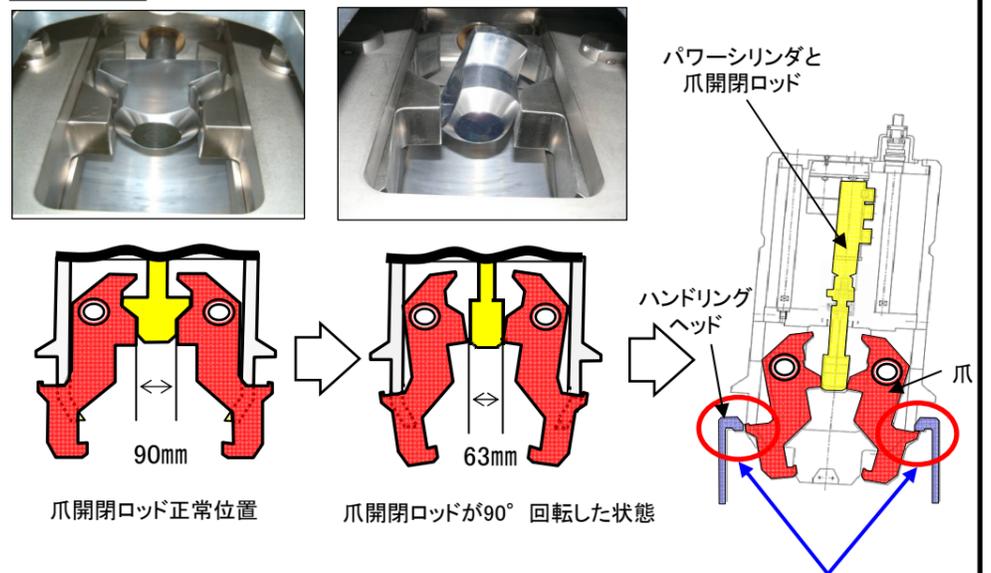


## 片吊り状態

- ①グリッパのケーシング外面にすり傷
- ②グリッパ先端部のめくれ
- ③ハンドリングヘッド部のすり痕
- ④上部案内筒の内面に白い筋



## 原因

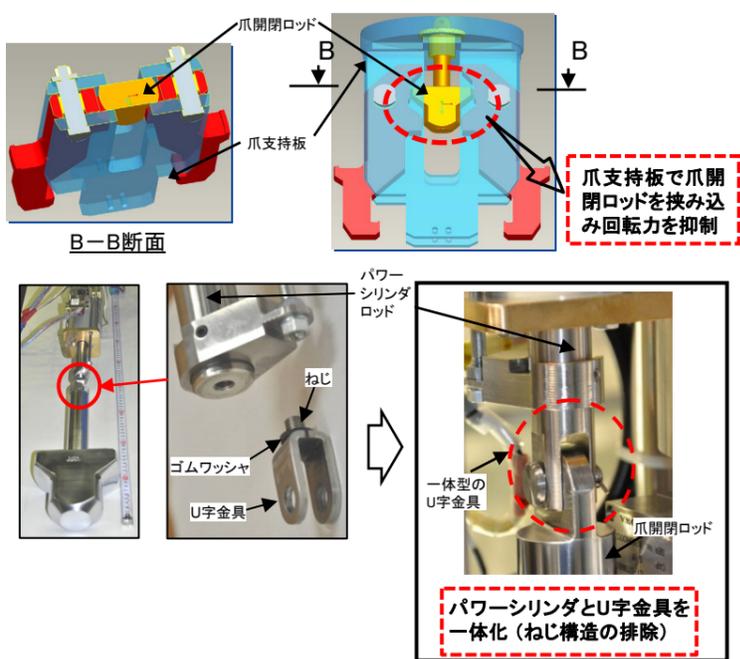


## 【落下の直接原因】

グリッパの爪開閉ロッドが回転し、爪が正常に開かなかったため、ハンドリングヘッドに両方の爪がかからず、片吊りとなり、グリッパの傾きが変わった際に爪が外れ、落下した。

## 再発防止対策

### 1. グリッパ構造の変更



### 2. 吊り・不吊り判定機能の強化

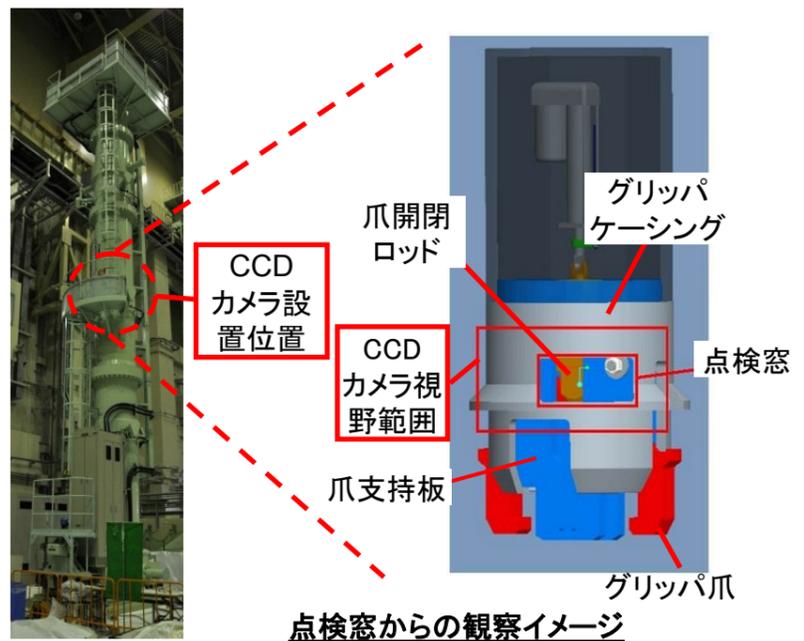
- ・グリッパの位置検出装置の精度向上
- ・グリッパ昇降速度を遅くする



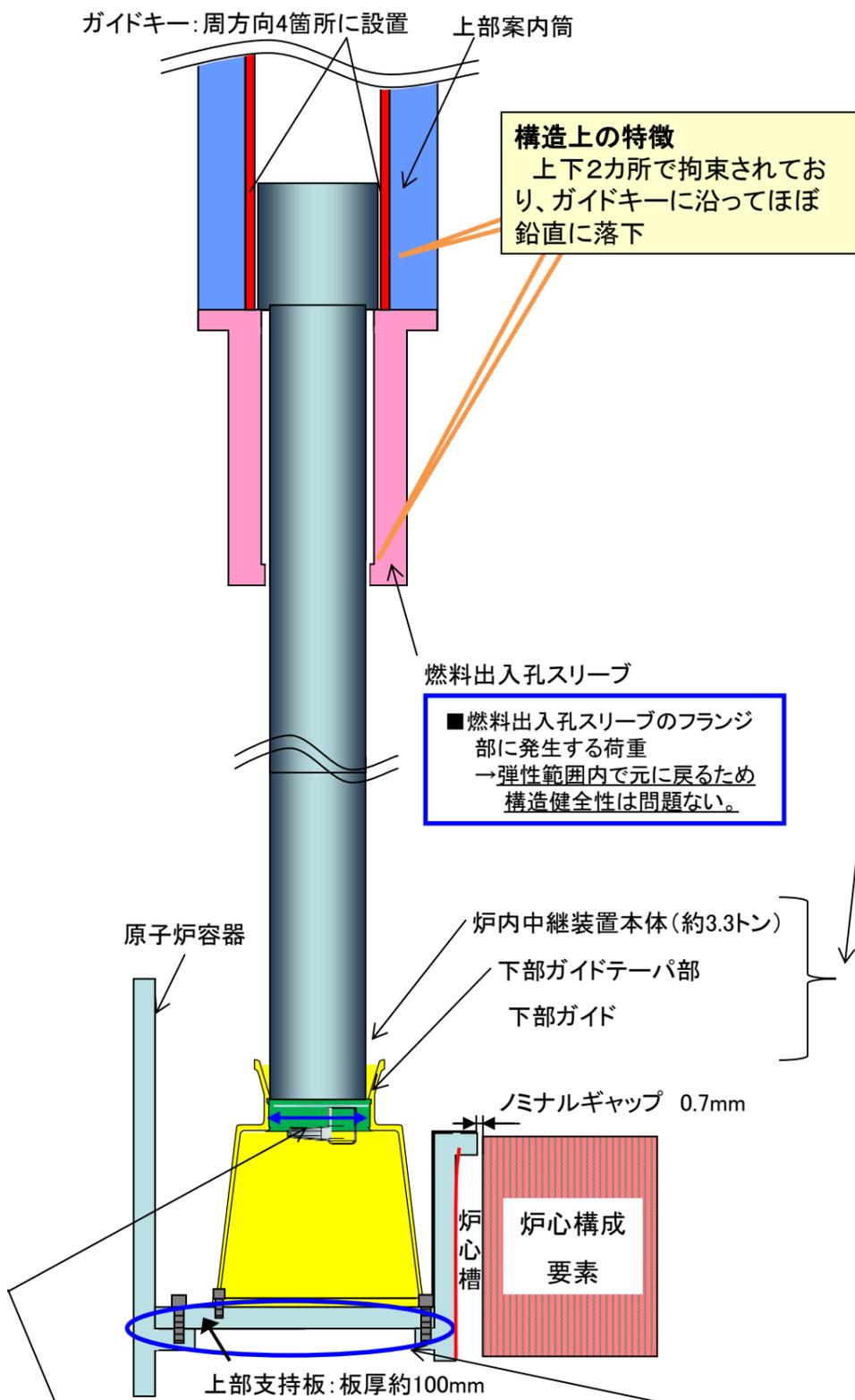
吊り上げ開始時のグリッパに荷重が掛かり始める位置の差を確実に検出して判定する

### 3. グリッパ部の動作確認

- ・グリッパのケーシングに点検窓を追加
- ・吊り上げ作業直前に原子炉機器輸送ケーシングの点検孔からCCDカメラで爪の開閉動作を確認

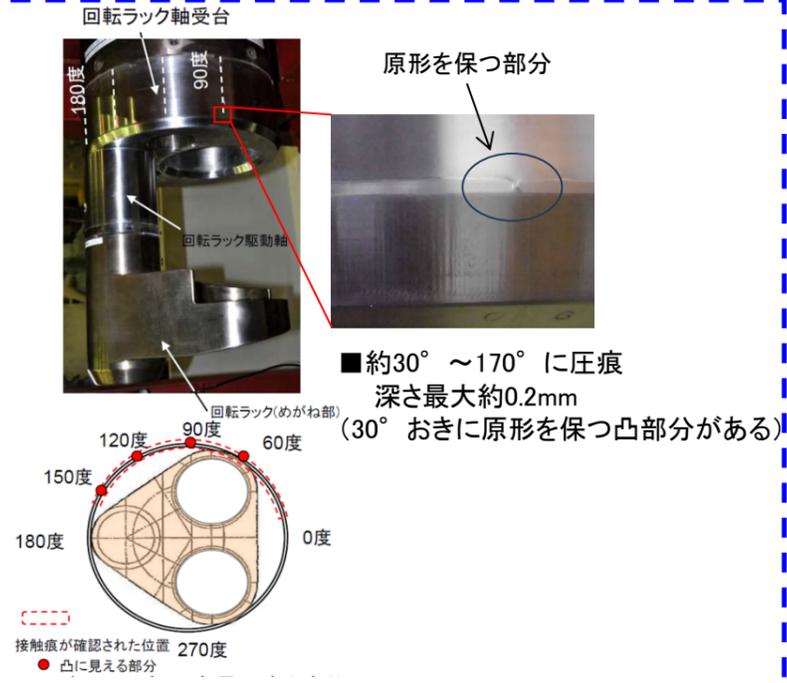


# 炉内中継装置の落下による影響評価



**構造上の特徴**  
 上下2カ所で拘束されており、ガイドキーに沿ってほぼ鉛直に落下

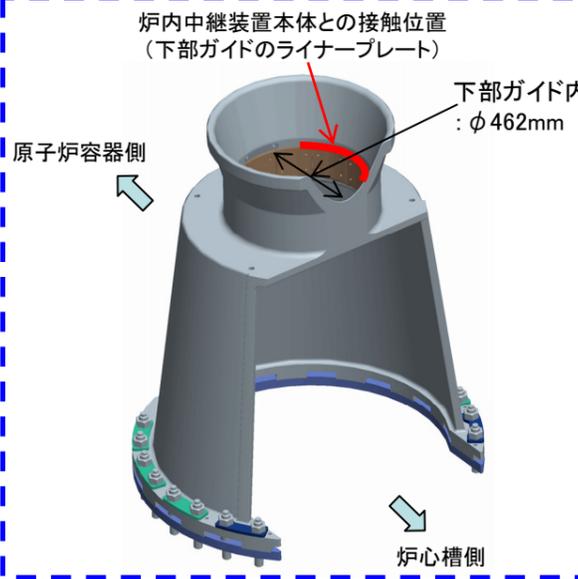
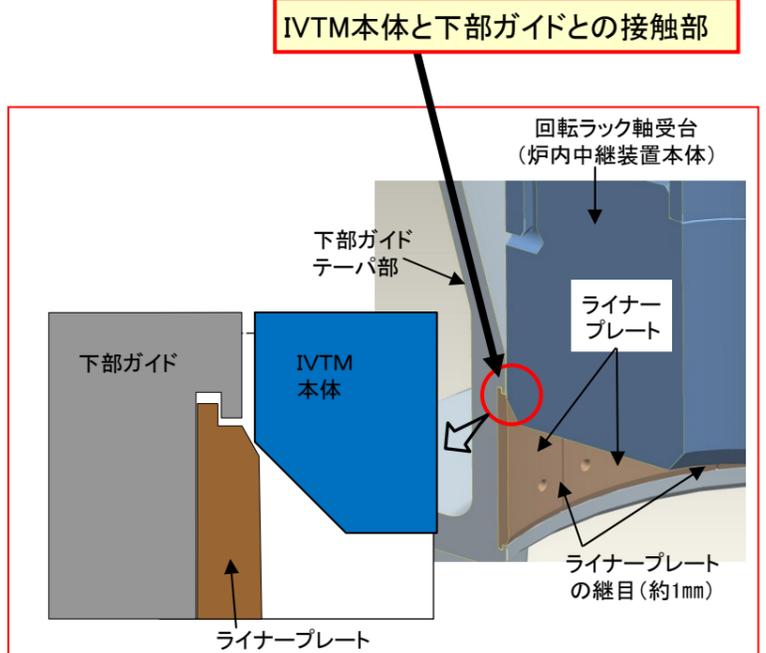
■燃料出入孔スリーブのフランジ部に発生する荷重  
 →弾性範囲内で元に戻るため  
 構造健全性は問題ない。



■約30° ~170° に圧痕  
 深さ最大約0.2mm  
 (30° おきに原形を保つ凸部分がある)

・回転ラック軸受台に残る接触痕と原型を保つ凸部はライナープレートの配置と継目が一致

・IVTM本体はほぼ鉛直に落下し、下部ガイドのテーパ部とは接触せず、下部ガイド円筒部内の硬いライナープレートに直接接触したものと推定



■下部ガイド支持部(円筒部)  
 ・径の変位量  
 -0.11mm~+0.15mm

比較 ↑ ↓ 変形量は十分小さい。  
 →下部ガイドの機能は確保されている

・炉内中継装置本体(460mm)と下部ガイド内径(462mm)の間にあるギャップ  
 ・下部ガイドの内径(462mm)の製造公差±2mm

■炉心槽の変位  
 ・最大0.07mm (弾性範囲内で元に戻る)  
 炉心槽と炉心構成要素とのギャップの中で吸収される。  
 →炉心燃料への影響はない

■原子炉容器、炉心槽、上部支持板、取付けボルト等に加わる力は弾性範囲内で元に戻るため構造健全性は問題ない。  
 →原子炉容器、炉内構造物に落下の影響はない