

平成22年10月 1日  
独立行政法人  
日本原子力研究開発機構  
敦賀本部

高速増殖原型炉もんじゅ燃料交換片付け作業中における  
炉内中継装置の落下について（中間報告）

原子力機構は、高速増殖原型炉もんじゅにおいて平成22年8月26日に発生した燃料交換あと片付け作業中における炉内中継装置の落下について、原因究明調査及び事象の評価を行い、落下防止対策の検討並びに落下による影響評価を進めるとともに、通報連絡の遅れの経緯について確認を行ってまいりました。

本件については、平成22年8月27日、経済産業省原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）から、当該事象に関する報告を求める文書<sup>\*1</sup>を受領しており、本日、当該事象に関して、落下の直接原因と落下防止対策をまとめるとともに、原子炉容器から炉内中継装置を引抜くために確認すべき事項に係る調査結果及び評価を中間報告としてとりまとめ、保安院及び地元自治体に提出しましたので、お知らせいたします。

※ 高速増殖原型炉もんじゅの炉内中継装置取り出し作業の中断について（指示）（平成22年8月27日経済産業省原子力安全・保安院）

別紙：高速増殖原型炉もんじゅ燃料交換片付け作業中における炉内中継装置の落下  
について（中間報告）〔概要〕

以上

高速増殖原型炉もんじゅ燃料交換片付け作業中における炉内中継装置の落下について  
（10月1日 中間報告資料）（全文）については、[こちら](#)からご確認下さい。

高速増殖原型炉もんじゅ 燃料交換片付け作業中における炉内中継装置の落下について  
(中間報告)  
〔概要〕

## 1. 概要

高速増殖原型炉もんじゅは、平成 22 年 8 月 26 日、燃料交換作業の後片付け作業として、原子炉建物において、原子炉機器輸送ケーシング<sup>\*1</sup>を用い、重量約 3.3t の炉内中継装置<sup>\*2</sup>本体の頂部をつかんで吊り上げ、原子炉容器内から取り出す作業を行っていたところ、同日 14 時 48 分頃、約 2m 吊り上げた時点で吊り荷重が急減し、その直後に衝突音を確認した。調査の結果、吊り荷重の急減は、炉内中継装置本体が落下したことによるものと判明した。

炉内中継装置本体の落下については、直接的な原因の究明を踏まえ、原子炉機器輸送ケーシングに落下防止対策を施すとともに、炉内中継装置本体の据付状態や下部ガイド<sup>\*3</sup>との干渉について評価し、原子炉容器から炉内中継装置本体が安全に引き抜けることを確認することとした。また、炉内中継装置本体を引き抜き、落下による設備の影響評価を行うとともに、ルースパーツ(脱落部品)がないことを確認することとした。更に、設計管理、調達管理等の調査を進め、根本的な原因を究明し、再発防止対策を策定することとした。

本中間報告は、落下の直接原因と落下防止対策をまとめるとともに、原子炉容器から炉内中継装置本体を引き抜くために確認すべき事項に係る調査結果及び評価をとりまとめたものである。

- \* 1 : AHM: Auxiliary Handling Machine 炉内中継装置等を炉内に挿入あるいは炉外に搬出する際に使用する輸送容器
- \* 2 : IVTM: In-Vessel Transfer Machine 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を移送する燃料交換設備の構成機器の一つ
- \* 3 : 炉内中継装置本体の下端部を振れ止めし、保持する機器

## 2. 原因調査

事象発生の変因分析を踏まえ、発生変因の検証と機器の健全性確認を目的として、原子炉機器輸送ケーシング及び炉内中継装置本体を調査した。

### 2. 1 原子炉機器輸送ケーシングの調査結果

原子炉機器輸送ケーシングは、グリッパで炉内中継装置本体をつかんで吊り上げ、内部に収納する。グリッパは、炉内中継装置本体上部のハンドリングヘッドに接続し、2個の爪(グリッパ爪)を開いてハンドリングヘッドを内側からつかむ。グリッパ爪の開閉は、爪開閉ロッドの位置を上下に移動させることにより行う。爪開閉ロッドの移動はパワーシリンダで行う。爪開閉ロッドは、パワーシリンダロッドにU字金具により接続されている。原子炉機器輸送ケーシングの調査結果は次の通りである。

- ・ 爪開閉ロッドが正規位置に対して約 90 度回転していることを確認した。(爪開閉ロッドが、この状態であると、グリッパ爪を正常な位置まで開かせることが出来ない。)
- ・ 爪開閉ロッドとパワーシリンダを連結するU字金具のねじが緩んでおり、手廻しにて締め

ることが可能な状態であることを確認した。

- ・ パワーシリンダのロッド下端と U 字金具上端との間隙を隙間ゲージで測定した結果、その間に入れられているワッシャ(ニトリルゴム)の公称厚さ 2mm と同等であり、U 字金具はほとんど締め付けられていない状態であることを確認した。
- ・ 270° 方向のグリッパ爪において、先端部の引っ掛かり部にずれ痕(メクレ)を確認した。90° 方向のグリッパ爪においては、ずれ痕は認められないものの、グリッパ爪の側面にすり傷を確認した。
- ・ 爪開閉ロッドの先端円筒面の 90° 側、270° 側の各々について、炉内中継装置本体及び燃料交換装置本体のつかみ時にグリッパ爪と接触する位置付近に、複数個のロッド軸方向の接触痕を確認した。
- ・ グリッパ爪(270° 方向)に観察されたメクレ部について、体積比較等の測定データから、メクレ部と母材側のメクレ痕部に欠損はなく、本メクレ部がルースパーツとなった可能性はないと判断した。
- ・ グリッパ荷重データのトレンドより、グリッパ上昇開始時の炉内中継装置本体荷重変動から、炉内中継装置本体の荷重がグリッパにかかった瞬間に片側のグリッパ爪が外れて片吊り状態になったと推定した。
- ・ 過去 3 年間に実施した炉内中継装置本体収納時のグリッパ昇降荷重値を比較した結果、今回ケースのみ約  $3.0 \times 10^3$  N 増加していることから、グリッパと上部案内筒(原子炉容器固定プラグと原子炉機器輸送ケーシングを接続する筒状設備)との接触があったものと推定した。

## 2. 2 炉内中継装置の調査結果

- ・ 炉内点検窓からの目視観察、並びにファイバースコープ及び CCD カメラによる近接観察の結果から、炉内中継装置本体頂部にグリッパのつかみを阻害するような欠け、変形等の異常がないことを確認した。
- ・ 上部案内筒内面について、ほぼ 270° 側上部にドアバルブ下面から下方に向かって約 1.7m 長さのやや細い帯状の白い筋を確認した。(炉内中継装置本体を吊り上げた際、グリッパの外枠と上部案内筒が接触したものと推定)
- ・ レーザ距離計による測定結果や回転ラック駆動装置(炉心構成要素を移送するため、炉内中継装置の回転ラックを動かす装置)の駆動軸が問題なく挿入できることから、炉内中継装置本体が所定の位置に着座していると判断した。
- ・ 炉内中継装置本体については、炉内から引抜き後、詳細調査を行う計画である。

## 3. 事象の評価

### (1) 爪開閉ロッドの回転事象に係る考察

- ・ 爪開閉ロッドの下部円筒面での接触痕から、爪開閉ロッドは、今回の炉内中継装置本体吊り上げ以前の段階で、爪開閉ロッドの向き(角度)を複数回変えながら、徐々に回転が進行したと推定した。

- ・ 爪開閉ロッドの回転を生じさせる要因としては、爪開閉ロッドがグリッパ爪により拘束されていない状態での振動等の可能性がある。
- ・ グリッパ爪に負荷がかかっていない状態で振動が加わるのは、原子炉機器輸送ケーシングの起立・転倒、移送、原子炉機器輸送ケーシング内部でのグリッパ昇降、無負荷でグリッパ爪開閉を行う場合が考えられる。

#### (2) 原子炉機器輸送ケーシングの爪開閉ロッドの回転事象

- ・ 今回の事象発生前の燃料交換装置の取り付け及び取り出し作業は、問題なく実施できた。
- ・ 爪開閉ロッドに回転防止のための措置がないことに加え、U 字金具が振動等により緩み、爪開閉ロッドが徐々に回転し、今回、炉内中継装置本体を吊り上げる段階で爪開閉ロッドが正常な位置から 90 度回転したと推定した。

#### (3) 炉内中継装置本体の落下事象

- ・ 片方のグリッパ爪(270° 方向)上面にずれ痕があり、落下する際、滑った可能性がある。
- ・ もう一方のグリッパ爪(90° 方向)上面にはずれ痕はない。
- ・ これらの事実から、グリッパが正常なつかみができず、炉内中継装置本体が片吊りになった後、上部案内筒を出た位置でグリッパの傾きが大きくなり、グリッパ爪が外れて落下したと推定した。

### 4. 落下防止対策

- ・ 爪開閉ロッドの回転を制限する当て板を付加するとともに、パワーシリンダ先端と U 字金具との接続部は従来のワッシャ(ニトリルゴム)に加え、ねじ部に接着剤による廻り止めを行った。
- ・ 対策の検証を目的として、工場での機能確認の他、現地においてグリッパ単体試験、炉内中継装置本体の重量を模擬した錘を用いた取扱試験を実施し、グリッパ爪のつかみ・はなし機能、本体の昇降動作などの動作・機能に異常がないことを確認した。

### 5. 設備への影響評価

本事象では、重量約 230 トンの固定プラグ(直径約 9.5m、厚さ約 2m)上に重量約 3.3 トンの炉内中継装置本体が落下した。炉内中継装置本体落下による影響評価を以下に示す。

なお、最終的な設備への影響評価は、炉内中継装置本体引き抜き後の炉内中継装置本体、固定プラグ側の炉内中継装置本体据付座等の外観調査、点検結果を踏まえ、総合的に評価する。

#### 5.1 炉内中継装置

炉内中継装置本体の落下により、局所的に大きな荷重(応力)が生じる固定プラグ側の炉内中継装置本体据付座と炉内中継装置本体の据付フランジとの接触部を対象に構造強度評価を実施し、以下の結果を得た。

- ・ 炉内中継装置本体の落下荷重を受けた固定プラグの本体据付座は平均的な応力及び

局所的な応力共に評価目安値を下回り、落下による影響はない。

- ・ 炉内中継装置本体の据付フランジ部については、局所的な応力は評価目安値を若干超えているが、平均的な応力は評価目安値を十分に下回っており、フランジとしての機能上の問題はない。
- ・ 原子炉容器については、固定プラグからの荷重を直接受けない構造となっているため、落下による影響はない。

## 5.2 下部ガイド

炉内中継装置本体と下部ガイドのテーパ部は接触することを考慮した設計がなされている。炉内中継装置本体は上部案内筒のガイドに沿って下降し、所定の位置に着座したと考えられる。落下時、本体に生じる最大の傾きを想定した場合でも、下部ガイドのテーパ部に接触し、接触後はテーパ部を摺動しながら降下し挿入されたものと推定した。このため、引き抜きに支障となる下部ガイドの変形はないと評価した。

## 6. 類似機器の確認

原子炉機器輸送ケーシングと同様にグリッパ機能を有する機器は、原子炉機器輸送ケーシングの他 14 基ある。このうち、2 基については、グリッパ爪の代わりに長方形のピンが飛び出し固定する構造であり、同様の問題は生じない。また、グリッパ爪を爪開閉ロッドで開閉させる 10 基については、爪開閉ロッドが円柱又は球形状であり、ロッドの回転によっても爪の開閉に影響を及ぼすことはない。残りの 2 基についても、以下のとおり、グリッパ爪の開閉に影響を及ぼすことはないことを確認した。

- ① プラグ取扱機：爪開閉ロッドは板形状であるが、スリットを設けガイドボルトを通す構造としており、爪開閉ロッドは回転しない。
- ② 燃料交換装置昇降駆動装置：爪開閉ロッドが円柱形状であるため、回転しても爪開閉機能に影響を与えない。更に、グリッパ爪の内側構造が爪開閉ロッドを下支えする構造であるため、ねじが外れるまで回転することはない。

## 7. 炉内中継装置本体の引き抜き

炉内中継装置本体の落下については、その直接原因が明らかとなった。更に、落下防止対策については、対策の検証を実施し、原子炉機器輸送ケーシングの機能に問題がないことを確認するとともに、炉内中継装置本体の据付状態や下部ガイドとの干渉についての評価から、原子炉容器から炉内中継装置本体を安全に引き抜くことが可能であると判断した。

今後、炉内中継装置本体の引き抜き作業にあたっては、炉内中継装置本体の荷重を監視し、本体回転ラック部が下部ガイド、燃料出入孔スリーブ等に引っ掛かっていないことを確認しながら慎重に実施することとする。

## 8. 通報連絡遅れの経緯について

本事象は原子炉容器内の装置に係る異常であり、本来、事象発生後迅速に外部関係機

関へ連絡すべきであったが、本事象の外部への第 1 報の通報は、事象発生から約 1 時間 30 分後であった。

本来の通報連絡は「発見者→当直長→連絡責任者」であるが、今回外部への通報連絡が迅速に対応できなかったのは、異常発見時、発見者が直ちに当直長に連絡しなかったこと、当該連絡がなされているかどうかを発見者の上司である課長が確認しなかったことによるものである。その要因に、現場担当者の当直長への連絡の認識不足、通報・連絡要領の記載が限定的であったことなどがあったことから、当面の対策として当直長への連絡の周知等を実施した。

原因究明及び再発防止対策については、検討を引き続き実施する。

## 9. まとめ

平成 22 年 8 月 26 日に高速増殖原型炉もんじゅで発生した炉内中継装置本体の落下に係る調査、原因究明及び対策について中間報告としてまとめた。

原因調査の結果、本事象の直接原因は、爪開閉ロッドに回転防止のための措置が施されていなかったため、原子炉機器輸送ケーシングのグリッパのパワーシリンダU字金具のねじの緩みにより、爪開閉ロッドが正規位置から約 90° 回転したものであり、そのため、グリッパ爪が正常に開閉せず、炉内中継装置本体が片吊り状態となった後、グリッパ爪から外れて落下に至ったものと推定した。

落下防止対策を施したグリッパを用いて炉内中継装置本体を原子炉容器から引き抜き、設備に対する影響評価を実施する。このため、炉内中継装置本体の引き抜きまでに確認すべき事項として、(1)炉内中継装置本体が原子炉機器輸送ケーシングで吊り上げ可能なこと、(2)炉内中継装置本体が正常な据付状態にあること、(3)下部ガイドとの干渉がないことを定め、これら条件を満たしていることを確認した。これら確認事項、内容及び調査結果を表 1 にまとめる。

以上により、原子炉容器から炉内中継装置本体を安全に引き抜くことが可能であると判断した。

## 10. 今後の予定

今後、落下防止対策を施した原子炉機器輸送ケーシングにより炉内中継装置本体の引き抜きを行い、炉内中継装置本体の外観・分解調査を行い、炉内中継装置本体の損傷状況及び下部ガイドへの影響に関して、総合的な評価を行う。

さらに、これら炉内中継装置等に係る調査結果を踏まえ、当該装置の内部部品の脱落や損傷の有無について確認するとともに、落下による設備への影響評価、根本的な原因究明及び再発防止対策の検討等を進める。

以上

表1 炉内中継装置本体の引き抜きまでに確認すべき事項

確認事項	調査内容	調査結果
<p>① 炉内中継装置本体が原子炉機器輸送ケーシングで吊り上げ可能であること。</p>	<p>a. 炉内中継装置本体頂部(ハンドリングヘッド)に有害な欠け、変形、割れがないこと。</p>	<p>ハンドリングヘッドにすり傷やすり痕が確認されたが、欠け、変形等の異常はなかった。</p>
	<p>b. 落下の直接原因が究明され、落下防止対策が完了していること。</p>	<p>・落下の直接原因は、原子炉機器輸送ケーシンググリッパの爪が炉内中継装置本体のハンドリングヘッドから外れたことによるもので、それに至る原因として、原子炉機器輸送ケーシンググリッパの爪開閉ロッドに回転防止のための措置がないことに加え、パワーシリンダの U 字金具が振動等により緩んで、爪開閉ロッドが回転したことによるものと推定。          ・爪開閉ロッドが回転しない構造に変更した。さらに U 字金具のねじ部に接着剤による廻り止めを行なった。</p>
<p>② 炉内中継装置本体が正常な据付状態にあること。</p>	<p>a. 炉内中継装置本体頂部が正規の据付位置(レベル)にあること。</p>	<p>レーザ距離計による据付位置の測定及び炉内中継装置回転ラック駆動軸の挿入確認により、炉内中継装置本体が正規の据付位置に着座していると判断した。</p>
	<p>b. 据付部が衝撃力に耐え、損傷していないこと。</p>	<p>固定プラグ(燃料出入孔スリーブ)の本体据付座及び炉内中継装置本体の据付フランジについて、衝突により発生する平均的な応力及び局所的な応力を評価した結果、炉内中継装置本体の据付フランジで局所的な応力が評価目安値を若干超えるが、損傷までには至らないと判断した。</p>
<p>③ 下部ガイドとの干渉がないこと。</p>	<p>a. 回転ラックの旋回角度が基準位置(下部ガイド内側に収納された状態)にあること。</p>	<p>回転ラックの角度指示計の指示値から回転ラックが基準位置であることを確認した。</p>
	<p>b. 引き抜きに支障となる下部ガイドの変形がないこと。</p>	<p>炉内中継装置本体が傾いた場合の干渉量を評価した結果、炉内中継装置本体は下部ガイドのテーパ面で接触し、その後、テーパ面を摺動しながら降下した可能性がある。炉内中継装置本体が正規の据付位置にあることから、炉内中継装置本体の下端は下部ガイドの所定の深さまで挿入されていると推定し、引き抜きに支障となる下部ガイドの変形はないと評価した。</p>

高速増殖原型炉もんじゅ  
燃料交換片付け作業中における炉内中継装置の落下について  
(中間報告)

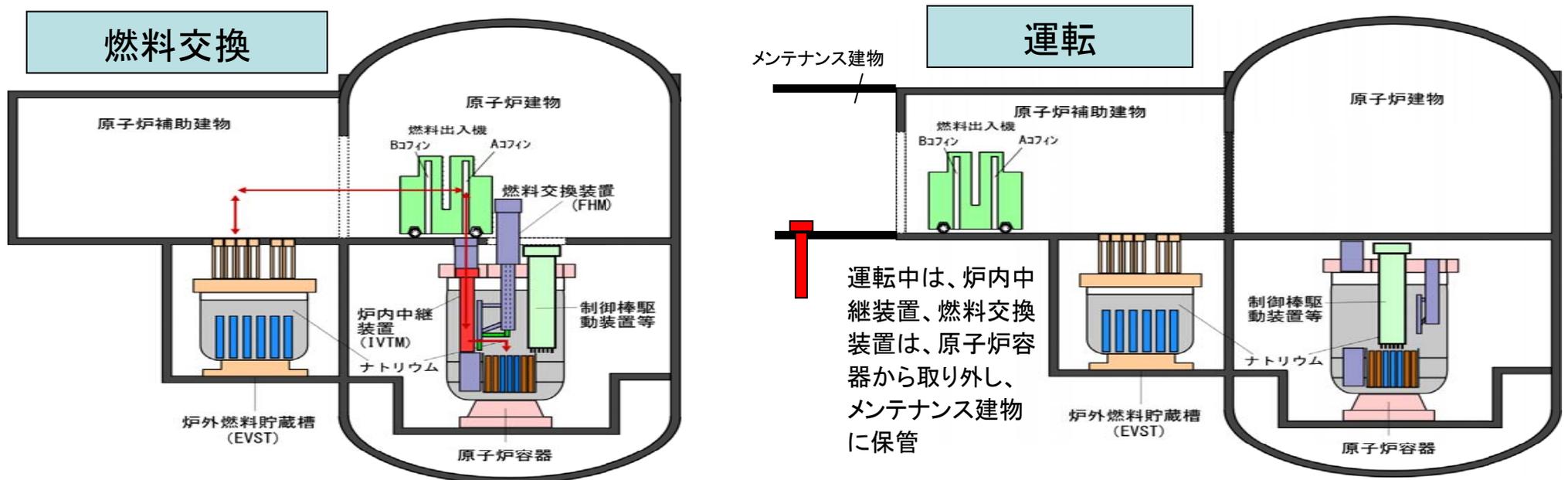
参 考 資 料

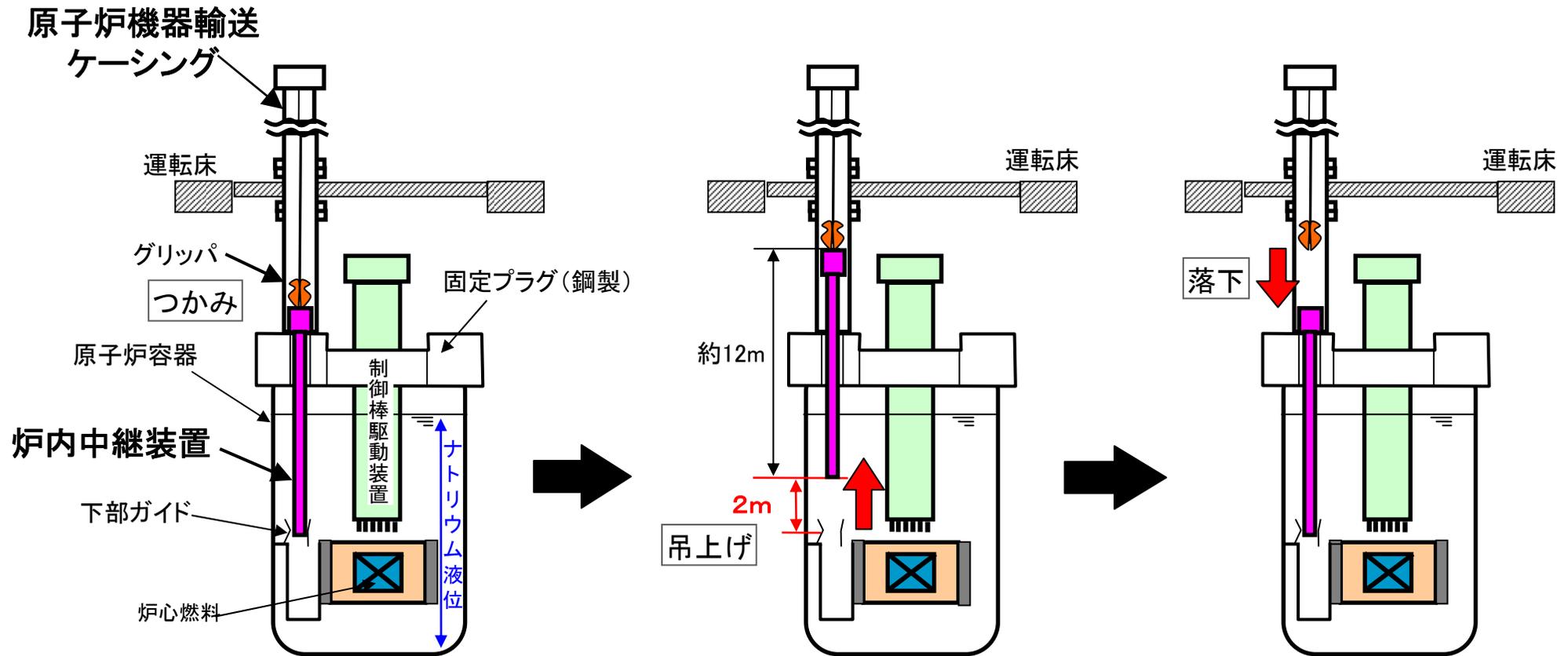
平成22年8月26日(水)14時48分頃、燃料交換作業の後片付けのため、原子炉建物において、輸送ケーシングを用いて、炉内中継装置を取り出す作業をしていたところ、原子炉容器内より約2m吊り上げた時点で、炉内中継装置が落下しました。

## 炉内中継装置とは

「もんじゅ」の燃料交換では、炉外燃料貯蔵槽にある新燃料と、炉心の使用済燃料を1体ずつ交換します。炉内中継装置は、燃料交換時に使用する設備で、原子炉容器へ新燃料を運び込む作業と使用済燃料を運び出す作業を行なうため、炉内で受渡しする設備で、「もんじゅ」特有のものです。

また、原子炉運転時は取り外して、メンテナンス建物に保管しています。





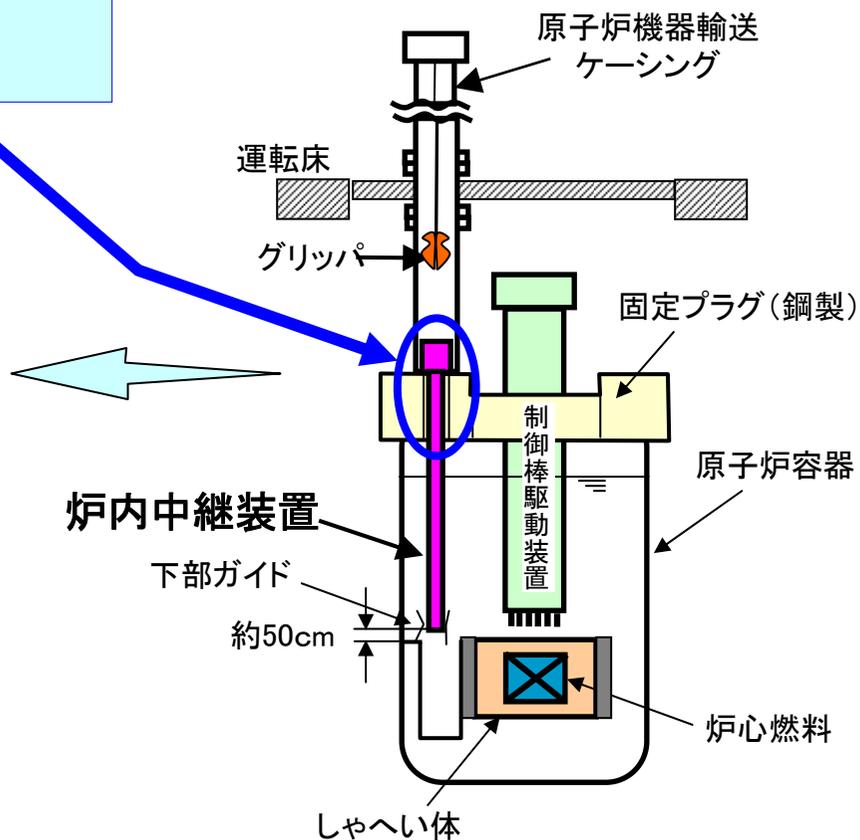
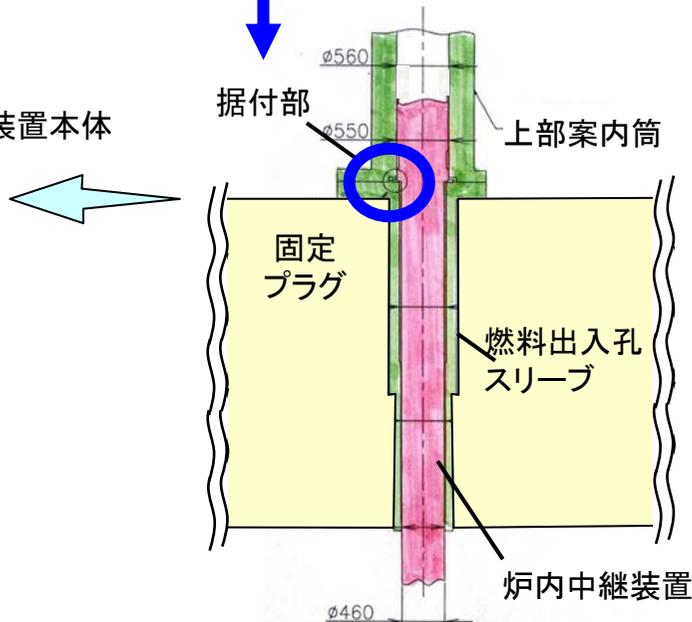
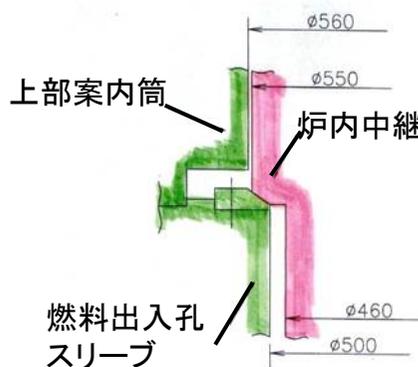
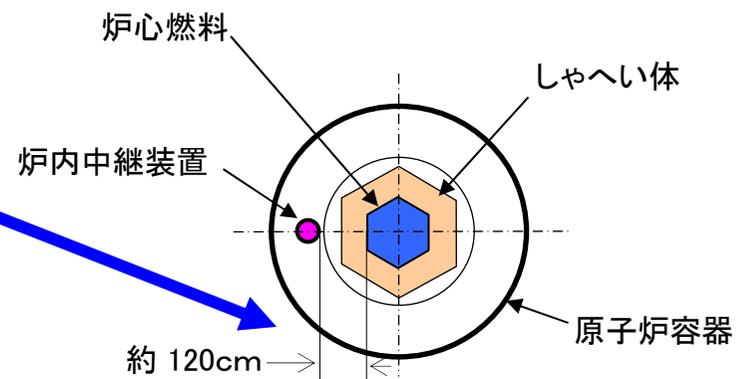
①燃料交換の後片付け作業として、原子炉機器輸送ケーシングを使って、原子炉容器内から、炉内中継装置を取り外す。  
そのため原子炉機器輸送ケーシングのグリッパ(つかみ装置)で炉内中継装置をつかむ。

②炉内中継装置を吊り上げた

③約2m吊り上げた時、原子炉機器輸送ケーシングのグリッパ(つかみ装置)から、炉内中継装置が外れ、落下した。

□ 炉内中継装置は、炉心燃料から、約120cmの距離にある。  
⇒炉心燃料にあたらぬ配置

□ 炉内中継装置は、燃料交換時に固定プラグ側に吊り下げられ、下端部は下部ガイドに挿入され、振れ止めされている構造。  
⇒原子炉容器内に落ちない構造



## ① どこに落ちているか？ (原子炉容器や燃料を壊していないか？)

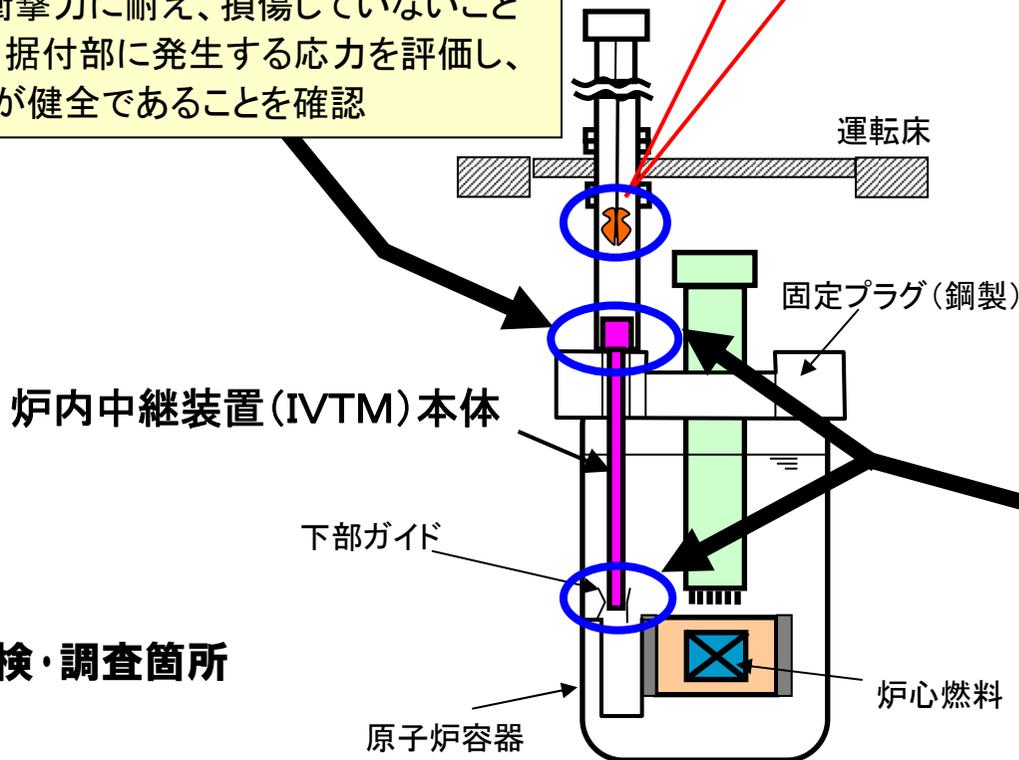
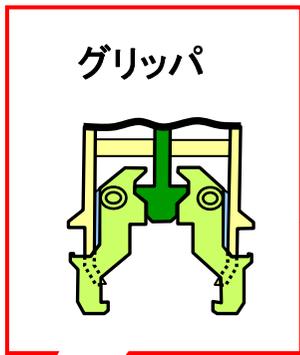
正常な据付状態にあることを確認  
⇒原子炉容器本体や燃料への影響は無いと判断

- a) IVTM本体頂部が正規の据付位置にあること
  - ・レーザ距離計による据付位置の確認などにより所定の据付位置にあることを確認
- b) 据付部が衝撃力に耐え、損傷していないこと
  - ・衝突により据付部に発生する応力を評価し、支持機能が健全であることを確認

## ② 何故落ちたか？ (炉内中継装置を引抜く対策は大丈夫か？)

落下の直接原因を解明し、IVTM本体を引抜くための落下防止対策を完了

- a) 落下の直接原因を究明
  - ・グリッパ部について内部観察、分解調査、工場調査により原因を究明
- b) 原因に基づく落下防止対策を完了
  - ・落下防止対策の実施
  - ・単体試験、動作試験による対策の検証



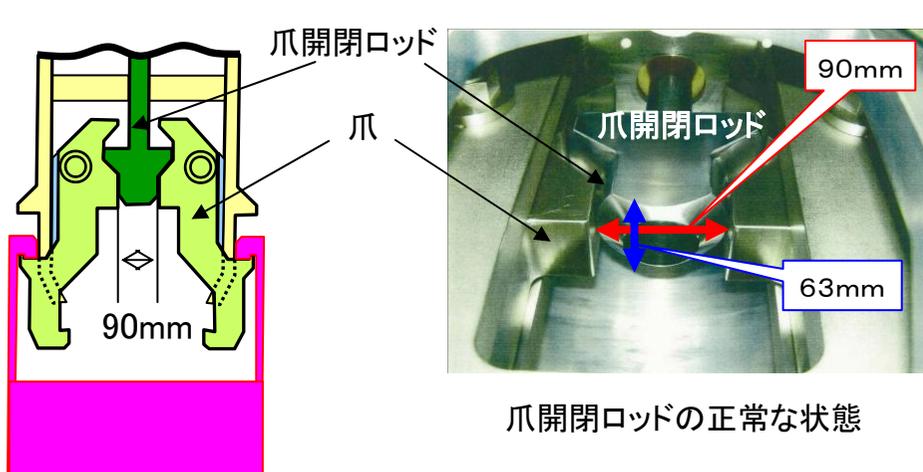
○ 点検・調査箇所

## ③ 炉内中継装置本体を引抜けるか？

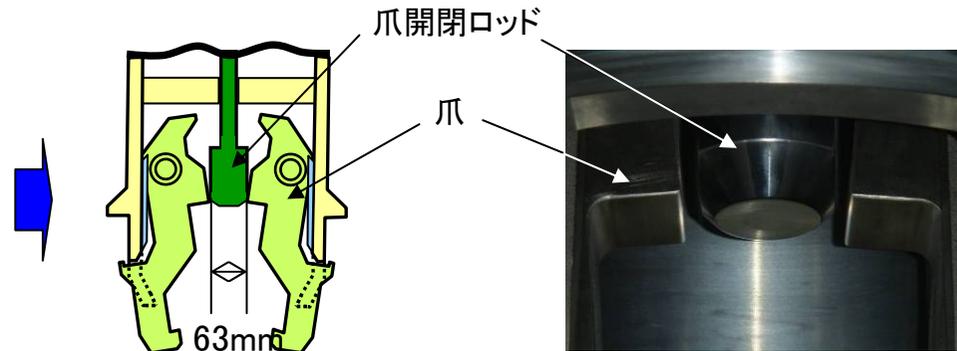
IVTM本体が吊り上げ可能であることを確認

- a) IVTM本体頂部に異常のないことを確認
  - ・内部観察により本体頂部に欠け、変形がないことを確認
- b) 下部ガイドとの干渉がないことを確認
  - ・下部ガイドへの影響を評価し、所定の深さまで本体が挿入されていることを確認

グリッパ爪を開閉する「爪開閉ロッド」が、グリッパ爪に対して正しい状態から約90°回転していることを確認した。



爪開閉ロッドの正常な状態

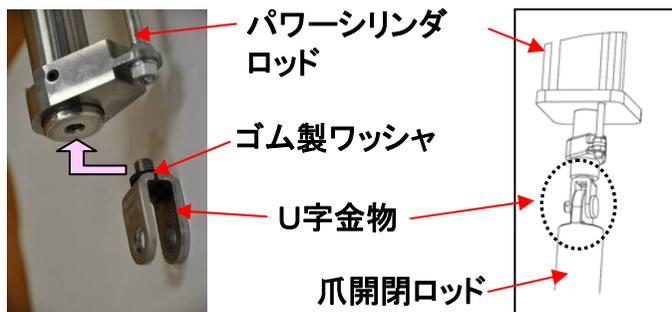


爪開閉ロッドの90度回転

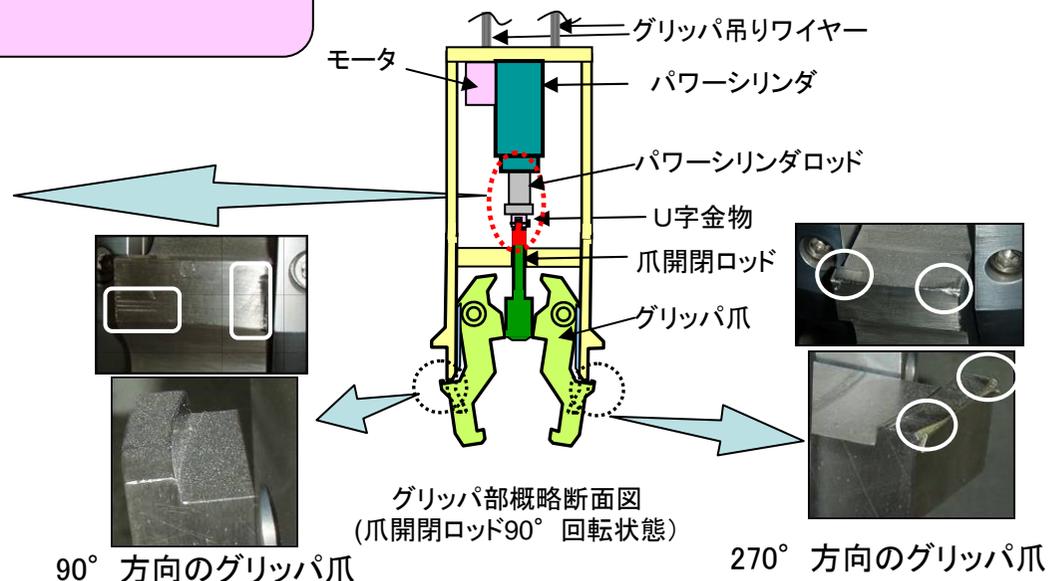
9月2日のグリッパ外観点検時に撮影

爪開閉ロッドが正常位置より約90度回転  
 [爪開閉ロッドが掴み位置まで下がっても、グリッパの爪が十分に開ききらない]

グリッパ部の点検を行ったところ、パワーシリンダロッドと爪開閉ロッドが90°回転していた。原因は、U字金物のネジ部の緩みによるものと確認した。また、2つあるグリッパ爪のうち片側にずれ痕を確認した。



U字金物が、パワーシリンダにネジで固定されているところの緩みを確認した。ネジは、U字金物に溶接で固定されている。

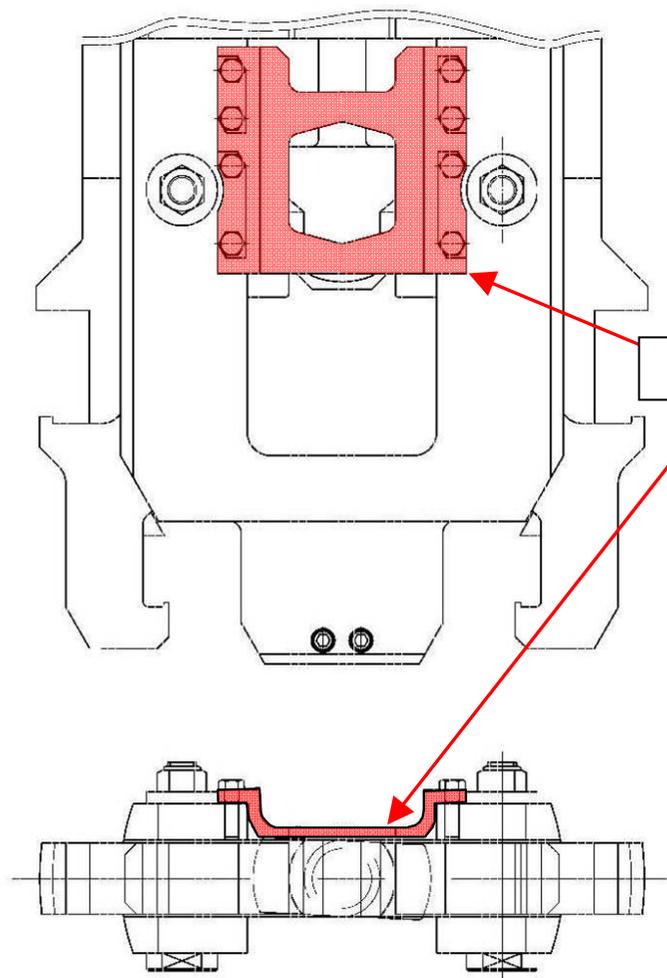


グリッパ部概略断面図 (爪開閉ロッド90°回転状態)

90°方向のグリッパ爪

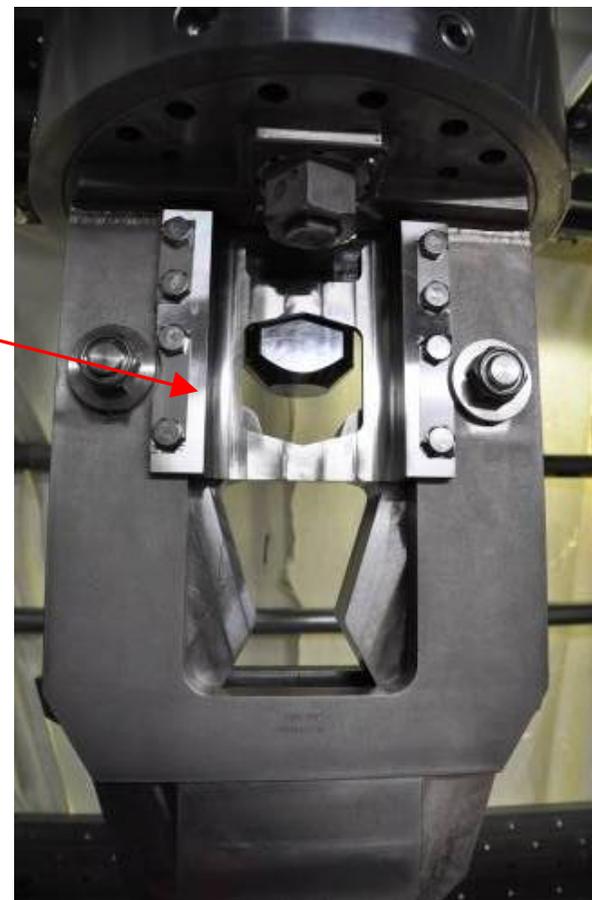
270°方向のグリッパ爪

グリッパの爪開閉ロッドの回転が落下した直接原因であることから、爪開閉ロッドが回転しない構造とした。  
 (1) 爪開閉ロッドの回転を制限する廻り止め当て板(金属板)をグリッパ爪を収容する支持板に取り付ける。  
 (2) 爪開閉ロッドとそれを押すためのシリンダロッドを結合するねじを、金属ねじ緩み止め用接着剤により固定し、回転を防止する。

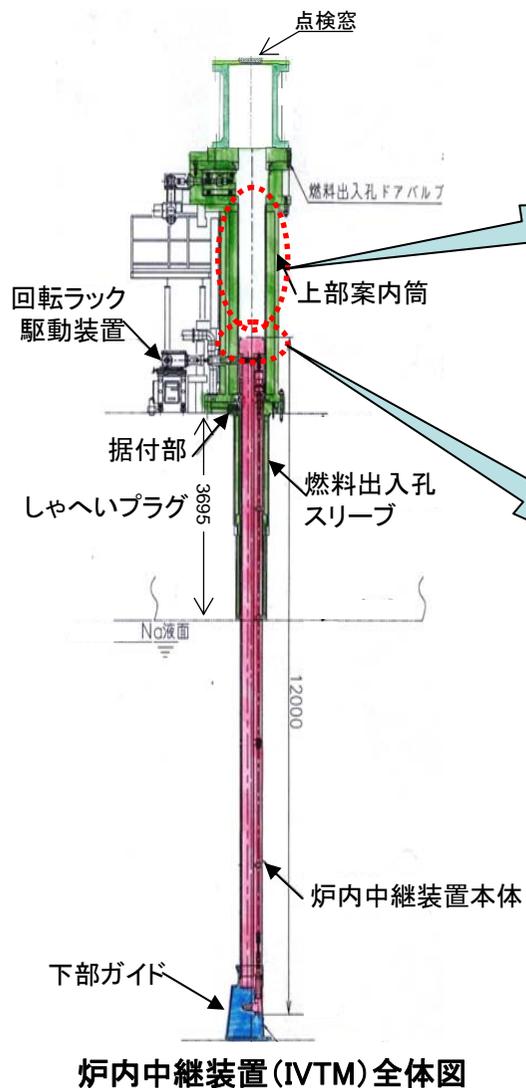


廻り止め当て板(金属板)

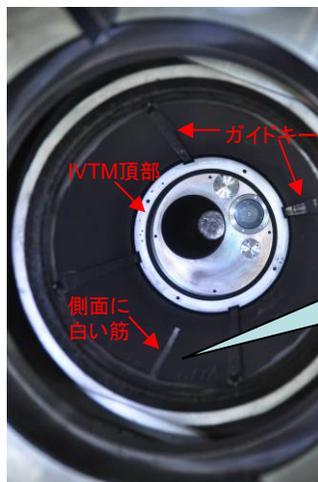
金属板を設置することにより、爪開閉ロッドが回転しないようにする。



上部案内筒側面に帯状の白い筋を確認するとともに、炉内中継装置の頂部は割れ、欠けがないことを確認した。

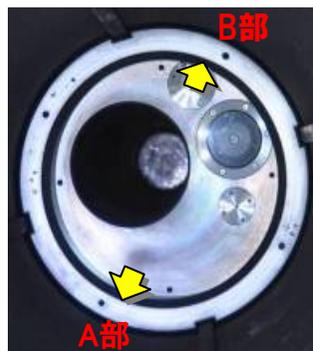


## 上部案内筒の点検結果

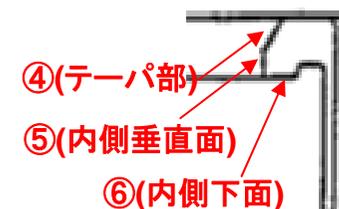
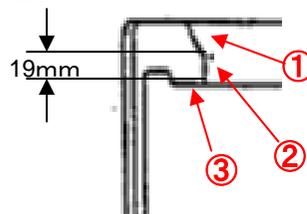
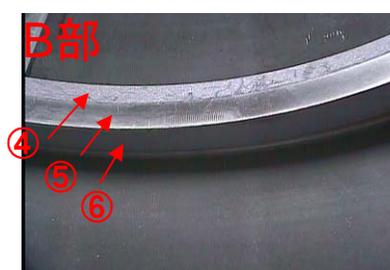
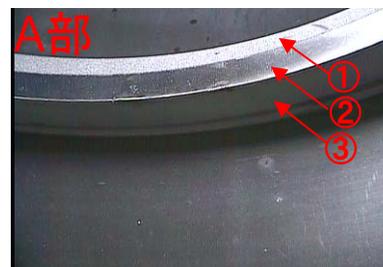


## 炉内中継装置頂部の点検結果

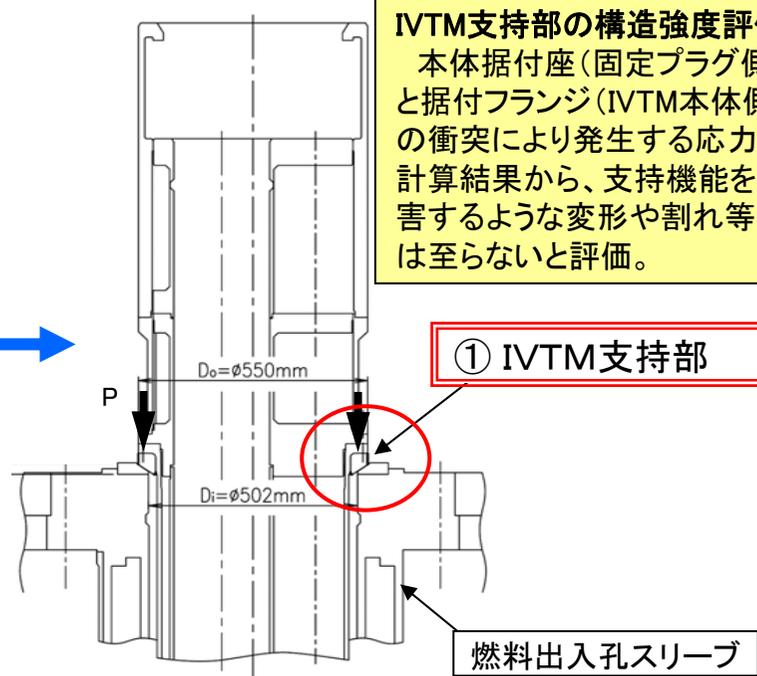
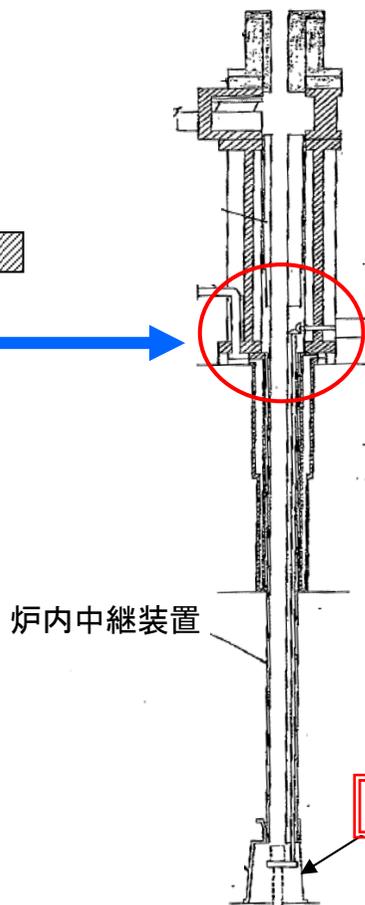
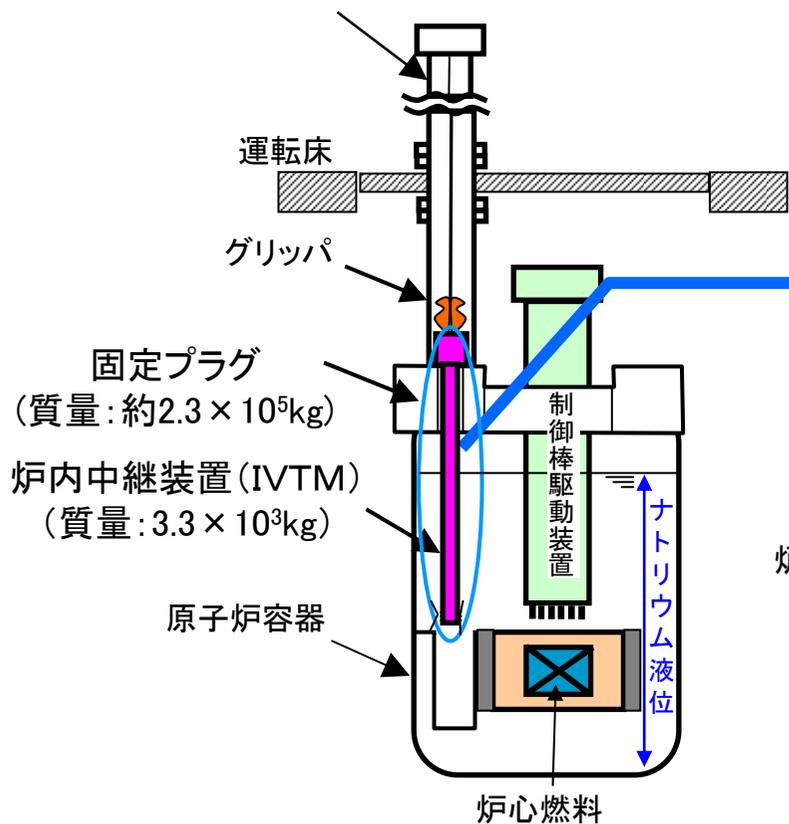
A・B部ともすり傷やすり痕が確認されたが、欠け・変形等の異常は認められない



➡ : グリッパ爪のつかみ位置

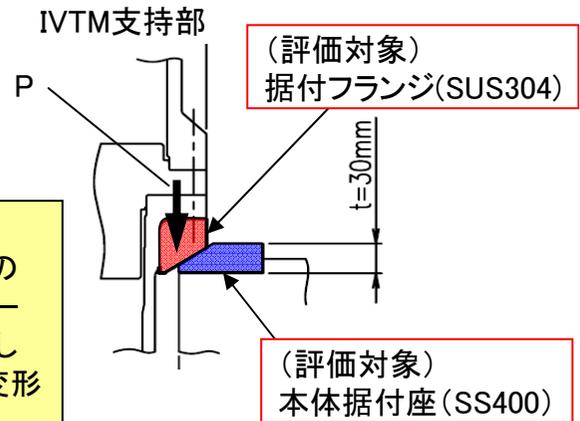


## 原子炉機器輸送ケーシング



**IVTM支持部の構造強度評価**  
 本体据付座(固定プラグ側)と据付フランジ(IVTM本体側)の衝突により発生する応力の計算結果から、支持機能を阻害するような変形や割れ等には至らないと評価。

② 下部ガイド



**固定プラグ及び原子炉容器への影響評価**  
 炉内中継装置の重量は固定プラグに対して軽いため、落下時に受けた応力は設計許容応力より十分小さく、固定プラグ全体の構造健全性に影響を与えないと評価。また、原子炉容器は固定プラグからの荷重を直接受けない構造となっており、原子炉容器に影響を与えないことを確認。

**下部ガイドの健全性評価**  
 炉内中継装置 (IVTM) は、落下時の構造上の最大傾きを考慮しても、IVTMは下部ガイドテーパ部に接触し、テーパ部を摺動しながら降下したと推定。下部ガイドに引抜きに支障となる変形はないものと評価。

IVTM本体の引き抜きに支障はないと評価した。  
 最終的な設備への影響評価は、IVTM本体引抜き後の各機器の外観点検結果等を踏まえて総合的に評価する。

### ○現在までの調査、対応状況

- ・ 炉内中継装置が落下した原因は、グリッパの爪開閉ロッドが90° 回転したため、グリッパの爪が正常に作動せず、落下したものと推定した。
- ・ 下部ガイド(炉内中継装置の振れ止め)について、落下した炉内中継装置との干渉について確認した結果、引抜きに支障となる変形はないと評価した。
- ・ グリッパの爪開閉ロッドの回転防止策を実施し、落下した炉内中継装置の引抜きが可能であることを確認した。

### ○今後の対応

- ・ 落下防止対策を施した原子炉機器輸送ケーシングを用いて炉内中継装置を原子炉容器から引き抜き、外観・分解調査を実施する。
- ・ 調査結果を踏まえ、炉内中継装置の損傷状況及び下部ガイドへの影響に関して、総合的な評価を実施する。
- ・ 炉内中継装置の内部部品の脱落や損傷の有無について確認するとともに、落下による設備の影響評価、根本的な原因究明及び再発防止対策の検討等を進める。

作業ステップ	事象進展の推定内容
燃料交換装置の作業中 [2010年8月21~23日]	原子炉機器輸送ケーシング(AHM)グリッパは、爪開閉ロッドの円筒部に当たる状態で作業は終了した。但し、爪開閉ロッド円筒部の接触痕より、本作業前に約20° 近くまで回転していたものと推定した。
炉内中継装置の移動・据付 [2010年8月24~25日]	炉内中継装置(IVTM)をつかむまでの間に、AHMの起立・転倒、移送など、無負荷時の振動等で爪開閉ロッドが回転し、ロッド角部を過ぎた位置(約25° 以上回転)まで至ったと推定した。
IVTMを吊上げ 作業開始時 [2010年8月26日]	1 爪開閉ロッドが約25° 以上回転すると、爪がフリーな状態となるため、重力によりグリッパ爪が外側に開く力が爪開閉ロッドに加わり、爪開閉ロッドを更に回転させた。この状態でグリッパをIVTMに降ろした。
	2 爪外面のテーパに沿って、グリッパがIVTMのハンドリングヘッド内に挿入されて着座し、グリッパを「つかみ」位置にしたことで、爪開閉ロッドが押し込まれ、グリッパ爪の内側に当り、爪開閉ロッドが更に回転した。
	3 爪開閉ロッドを「つかみ」位置の状態にしてグリッパを引上げたが、グリッパ爪がフリー状態であったため広がらず、爪先端の引っかかり部がIVTM本体のハンドリングヘッドの溝に入らず、ハンドリングヘッドの下向き面に当たった状態となった。
	4 グリッパ爪にIVTM本体の荷重がかかると、その荷重によって爪が内側にずれて行き、爪開閉ロッドを挟み込むことで、爪開閉ロッドは強制的に90° 回転した位置に至った。
	5 270° 方向のグリッパ爪の上面にずれ痕があるため、グリッパとハンドリングヘッドの中心のずれやグリッパのガタ等によりグリッパが270° 側にずれ、この方向の爪の引っかかり量が大きくなった。
	6 90° 方向の爪には上面にずれ痕がなく側面に僅かにすり傷が残っていること等から、90° 方向の爪先端は外れる状態に近くっており、また、吊り始めの荷重変動から考えると、IVTM本体の吊り上げ動作に移った時に90° 方向の爪がIVTM本体ハンドリングヘッドから外れ、片吊り状態となった。
	7 吊り上げる過程では、270° 方向の爪1本で支える形になったため、荷重の掛かっている270° 方向にAHMグリッパが約4° 倒れ、上部案内筒内面にAHMグリッパハウジングの上端が寄りかかる形となった。調査結果より、270° 側の上部案内筒内面に白い筋があり、また270° 方向のグリッパハウジング上端にすり傷があることから、擦りながら吊り上げられた。
	8 IVTMを約2m吊り上げた位置にドアバルブの箱型の空間があり、AHMグリッパが上部案内筒から出たときに傾きが約6° と大きくなった。
	9 270° 方向のAHMグリッパハウジングの側面には、上部案内筒の上端部を通過した際に付いたと考えられるすり傷がある。ここを通過した時の衝撃等でグリッパ爪が外れて、落下した。



爪開閉ロッド  
90° 回転

爪先端がIVTMハンドリングヘッドにかかる

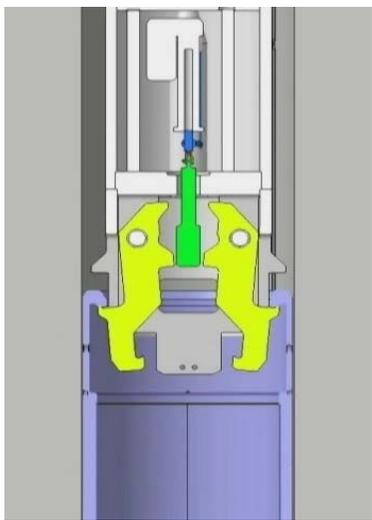
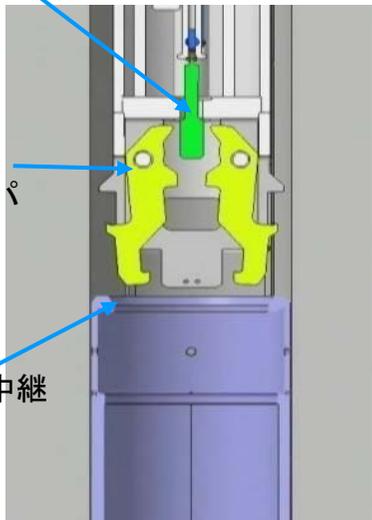
片吊りでの吊上げ

ドアバルブの空間でAHMグリッパの傾きが大きくなる

爪開閉ロッド

AHM  
グリッパ

炉内中継  
装置

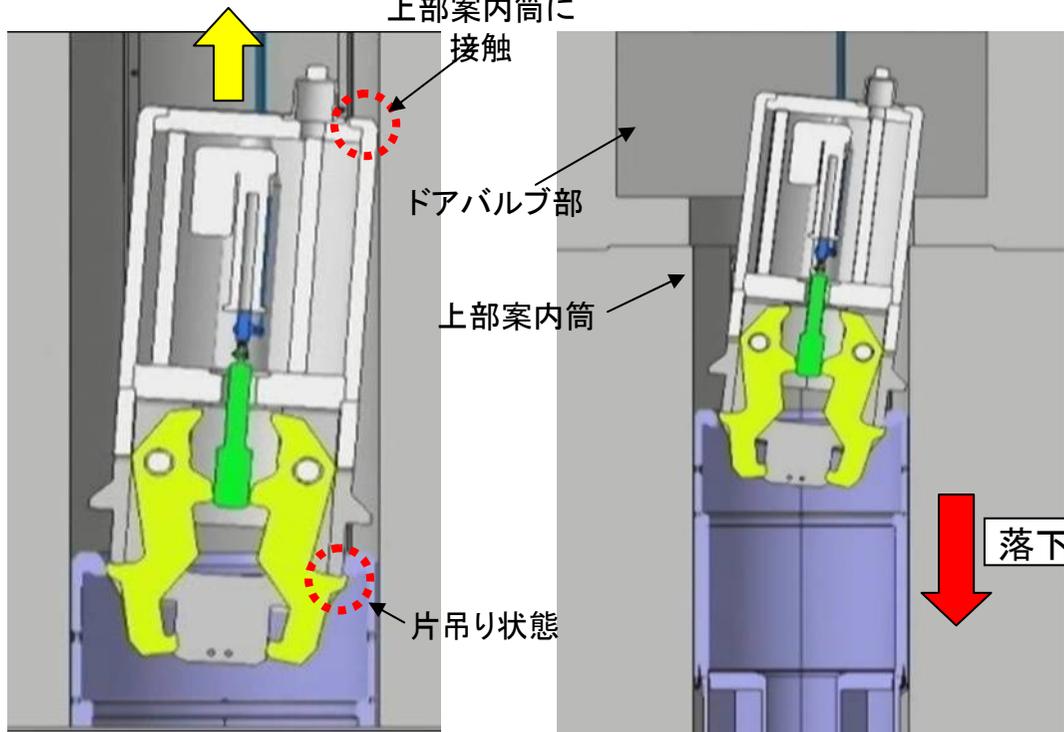


上部案内筒に  
接触

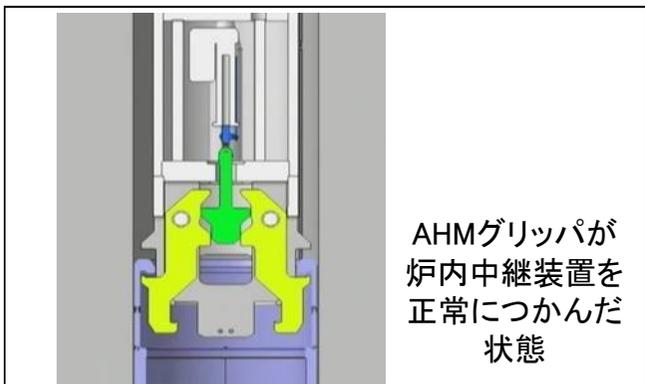
ドアバルブ部

上部案内筒

片吊り状態



落下



AHM: 原子炉機器輸送ケーシング