

福島第一原子力発電所 1/2号機排気筒解体工事  
1～4ブロック作業の振り返りについて

2019年12月11日



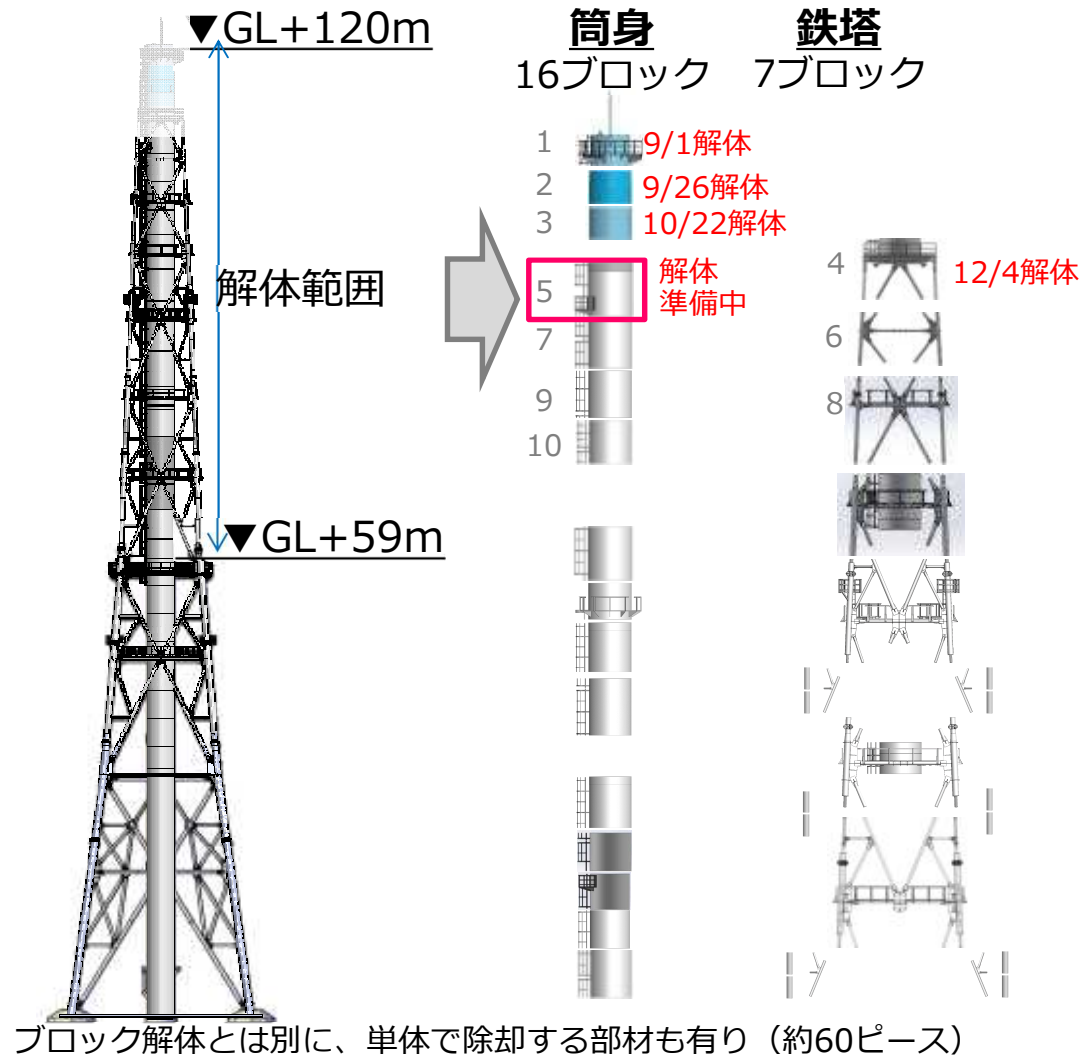
東京電力ホールディングス株式会社

## 1-1. 概要

- 10月27日より4ブロック目の解体作業に着手し、準備作業段階での不具合事象や悪天候により作業が一時中断していたが、筒身約85%と支柱材4本・斜材8本の切断が完了した。
- 11月27日の4ブロック目筒身切断時（約85%）に発生した切断装置(チップソー)の噛み込み事象により作業を中断。
- 筒身切断作業中のチップソーの刃の噛み込み解消が困難であったことから、12月3日・4日に作業員が搭乗設備を使用して昇筒し、グラインダーを用いて作業員が筒身を切断。12月4日に切断した筒身の吊り下ろし完了。
- 4ブロック目解体作業にあたっては、10月27日の電線管クランプ落下、11月11日の鉄塔解体装置フレームの一部破損、11月15日の挿入ガイド落下、11月22日の遠隔操作車両の不具合等、準備作業段階での不具合が発生し、作業を一時的に中断する事象が発生した。
- 5ブロック目の着手にあたり、4ブロック目までの解体作業の振り返りを行う。
- なお、5ブロック目については、3ブロック目と同様に筒身単体の切断ブロックであるが、今回得られた知見も反映し、より安全に作業を進めることとする。

# 1-2. 1/2号機排気筒解体計画

- 本工事は耐震上の裕度向上を目的に、上部約60mの解体工事に2019年8月から着手。
- 23ブロックに分けて解体する計画のうち、4ブロック目までの解体を12月4日に完了。
- 5ブロック目の解体に向けて、準備作業を進めている。



## 主な解体部材

名称	筒身解体ブロック
個数	3ブロック/16ブロック 完了
姿図	
名称	筒身+鉄塔一括解体ブロック
個数	1ブロック/3ブロック 完了
姿図	
名称	鉄塔解体ブロック
個数	0ブロック/4ブロック 完了
姿図	

## 2-1. 作業の状況(4ブロック目)

- 10/27より4ブロック目の解体作業に着手し、鉄塔解体装置で、斜材(8本)の切断を11/7に完了、支柱材(4本)の切断を11/27に完了。
- 11/27に、筒身約85%まで切断完了したが切断作業中にチップソーの噛み込み事象が発生。



【写真①】筒身切断状況(10月27日)



【写真②】斜材切断状況(11月6日)



【写真③】斜材切断状況(11月7日)

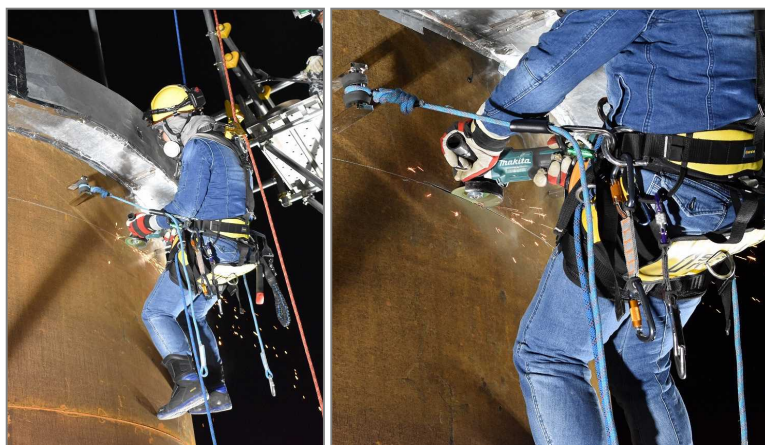


【写真④】支柱材切断状況(11月26日)



## 2-2. 作業の状況(4ブロック目・有人昇筒作業)

- 11/27の筒身切断作業中のチップソーの刃の噛み込み解消が困難であったことから、12/3・4に作業員が搭乗設備を使用して昇筒し、グラインダーを用いて作業員が筒身を切断。



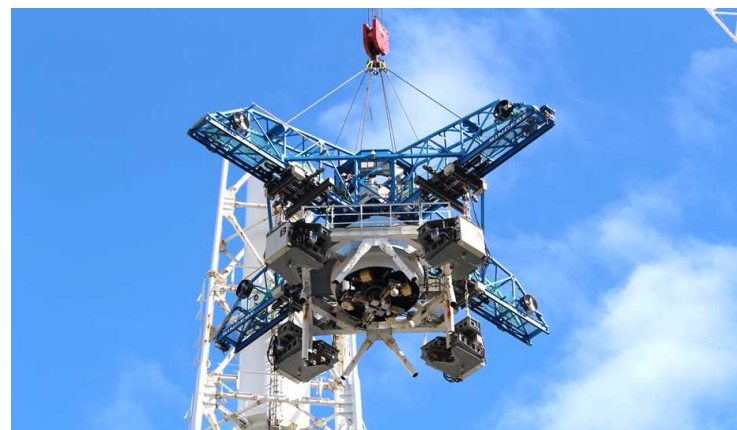
【写真⑤】筒身切断訓練の様子(11月30日)



【写真⑥】給油作業の状況(12月3日)



【写真⑦】筒身切断状況(12月4日)



【写真⑧】筒身・鉄塔吊り下ろし状況(12月4日)

### 3. 1～4ブロック振り返り概要

#### 1. 作業手順・計画の見直し

##### <解体作業>

- 1/2ブロックの筒身解体作業のトラブル等については、対策検討が完了し3ブロックで効果を確認。
- 4ブロック終盤で発生した噛み込み事象については、チップソーの差し込み深さなど、切断方法の更なる見直しにより対応。

##### <準備作業>

- 準備作業での工程短縮やトラブル解消のために、準備作業についても手順書を整備する。ただし、現場での運用をみながら、手順書の改善は都度進めていく。

#### 2. 今後のスケジュール見直し

- 1～4ブロックの解体作業の実績を積んできているが、鉄塔解体作業や地上準備作業の手順見直しの妥当性確認のために、短い期間でHPを設けながら、作業見直しを行っていくことが必要と判断。

## 4-1. 不具合対応の反映（一覧）

番号	発生日	事象	原因	対策
1	8/1	排気筒解体装置の揚重作業時に6軸アームのうち1台が動作しない事象が発生。	操作用P Cの一時的な動作不良、または有線通信接続部の接触不良と想定。	通信系の再接続ならびに操作用P Cの再起動により復旧。
2	8/1	筒身解体装置のカメラが避雷針に接触し脱落。	旋回スピードが速過ぎたことで、旋回停止の指示が間に合わなかった。	カメラを交換し、装置を取り外す際の作業手順を見直し。
3	8/7	切断装置の過負荷により、チップソー1台が動作しない事象が発生。	排気筒溶接ビート周辺が想定、および実証試験の模擬体溶接部よりも硬かったことによる。	硬かった溶接ビート廻りを切断する際の、切断方法を見直し。部品の交換頻度を見直し。
4	8/7	下クランプ装置が傾く事象が発生	振れ防止の為、クランプと筒身のクリアランスを少なくしていた。	部品交換の実施と装置取り外し時の作業手順を見直し。
5	8/21	チップソー1台の動作不良が発生。 (3. の事象とは別要因)	チップソーケーブル接続部の外れ。	チップソーユニットを予備品に交換する。(内周切断装置ごと交換) 類似箇所点検を実施。
6	8/31	750tクローラークレーン油漏れ	ブローバイガスに含まれる気化したエンジンオイルが液化した	オイルパン及び吸着マットを設置
7	8/31	副発電機動作不良	電源切替え盤マグネットスイッチの故障及びスロットル位置誤りにより、電源が出力されなかった。	点検手順に副発電機の出力確認及び副発電機電源での各機器の動作確認を盛り込む。
8	9/1	ドリルシャックリング動作不良	ドリルモーター本体のサーキットブレーカーの動作(27A)により電源断となった。	操作ソフトのリミットを25Aとすることでモーター本体の電源断を防ぐとともに操作手順の見直しを行う。

## 4-2. 不具合対応の反映（一覧）

番号	発生日	事象	原因	対策
9	9/12	動作確認時の通信不具合	アンテナ水抜き穴から雨水が浸入して内部に溜まり、通信不具合が発生	水抜き穴に雨水侵入防止カバーを設置
10	10/27	クランプの落下	装置の姿勢を変えた際に油圧ハンドからクランプが外れた 油圧ハンドとクランプの把持確認が不十分であり、落下防止線の付け忘れていた	油圧ハンドとクランプの形状を変更 解体装置吊り上げ前の確認手順を見直す
11	11/11	鉄塔解体装置フレームの一部破損	ワイヤー（4組8本）を750tクレーンフックに取付け、展張させる作業において4組（8本）同時に750tクレーンフックで展張しようとした際に引っ掛かりに気づくのが遅れた	4組（8本）の吊り上げ用ワイヤーのクレーンフックへの取付を1組（2本）ずつ取り付ける手順とし、作業員の監視がより行き届くように見直す。
12	11/15	鉄塔解体装置挿入ガイドの破損・落下	実証試験において、風による解体装置の揺れ・回転の制止に有効であったことから、今回の挿入ガイド落下時も同様の運用を行っていた。（本来の用途とは異なる）	<ul style="list-style-type: none"> <li>挿入ガイドの運用の見直し。</li> <li>挿入ガイドの改良。</li> <li>落下防止ワイヤーの二重化。</li> </ul>
13	11/22	遠隔操作車両の不具合	電気系統の機器故障	今後、当該車両のエンジンは始動しない運用とする。 （当該車両の照明の電源は外部から取り、照度を確保）
14	11/27	チップソーモーターユニットの損傷	噛み込みを解消しようとした際、モーターに引っ張る力が、旋回機構が損傷した	損傷したユニットは交換する 噛み込みが発生しにくいように切断手順を見直す



## 5-1. これまでに得られた知見の反映

番号	作業分類	事象	得られた知見	知見の反映内容
1	筒身切断	チップソーの摩耗が早い	チップソーの刃の摩耗には偏りが発生する。	溶接ビート部を含めミシン切りにより切断する。 クレーンテンションを掛ける際のドリル位置を、切断箇所近くになるように見直す。 新刃を採用する。 モックアップと現地部材の拘束条件に相違がないことを作業前に確認。相違が確認された場合は工法を変更する。
2	筒身切断	チップソーが噛み込んだ	実機の筒身では断面が拘束されていないため、切断が進むと水平方向にずれていく	
3	筒身切断	チップソーが噛み込んだ	チップソーの刃先が真っ直ぐに入らないと水平切りを進めても詰まりやすくなる。	
4	筒身切断	モックアップと現場に相違があり切断に時間を要した	モックアップの拘束条件が現地部材と違っており切断に影響	
5	通信	通信障害の発生	公共電波との干渉により一時的な通信障害が発生する（他工事でも同様の事象が発生）	
6	トラブル対応	施工手順書と異なる作業が必要になった際に、切断作業のオペレーションに時間がかかった	トラブル発生時に操作者に的確な指示を送るために、協力企業棟の把握できる情報の拡充が必要	

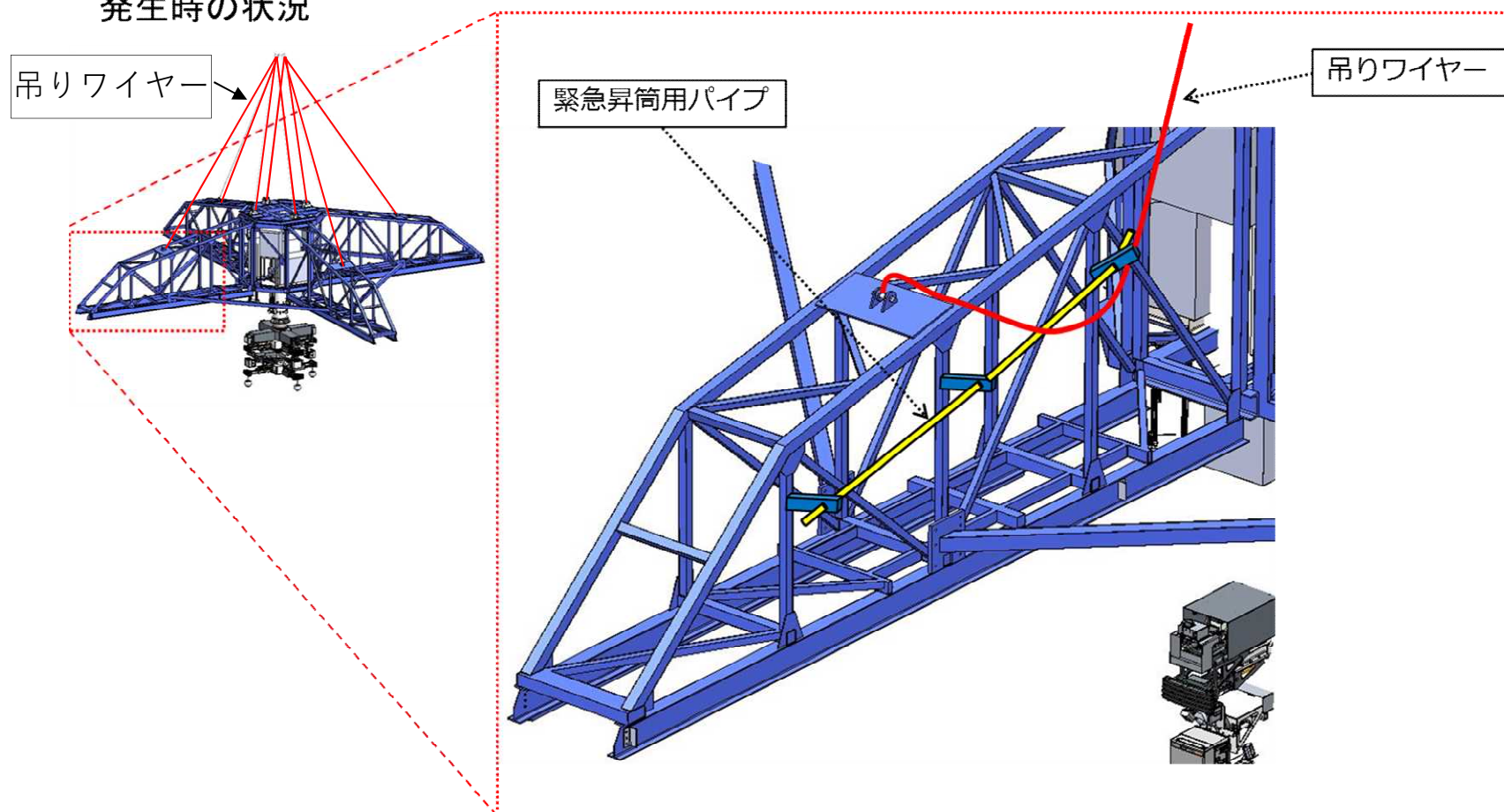
## 5-2. これまでに得られた知見の反映

番号	作業分類	事象	得られた知見	知見の反映内容
7	トラブル 対応	搭乗設備を使用し作業員が直接排気筒上にアクセスする作業が発生した	搭乗設備による作業自体は計画通りに行えることがわかった	今回の作業計画を別班にも水平展開する ただし、搭乗設備を使用する前段階でのリカバリー策について、継続して改善検討していく。
8	発電機 燃料	主発電機が作業開始後、約42時間で燃料切れとなった	消費電力から想定した約48時間より短い時間（約42時間）で燃料切れを起こした。	筒身切断が約50%及び約70%時点で、残量（残時間）を確認。作業状況から解体装置を地上に下ろし、給油するか判断を行う。
9	装置 設置	解体装置の吊り上げ・設置に時間を要した	避雷針と解体装置の干渉を避けるため風待ちに時間を要した	避雷針が撤去され今後は改善される見込み
10	筒身 切断	チップソーが噛み込み外れなくなった。	切断線をつなげる作業をする際は、筒身の変形が進み、刃が噛み込みやすくなる。 刃の差し込み深さを大きくすると排気筒解体の際に噛み込みやすくなる。	侵入深さを見直し手順書に反映する。 切断線をつなぐ箇所については、旋回切りはおわず、押し切りにて切断を行う。
11	トラブル 対応	搭乗設備を使用し作業員が直接排気筒を切断する作業が発生した	実証試験・直前の実機確認なども行った結果、切断作業自体は計画通りに行うことが出来た。	今回の作業計画を別班にも水平展開する

## 6-1. 鉄塔解体装置フレームの一部破損について

- 1/2号機排気筒解体作業において、鉄塔解体装置を用いた斜材切断作業を11月6日午後0時45分から開始し、11月7日午前6時11分に斜材8箇所を切断を完了した。
- その後、装置のメンテナンスや段取り替え等を実施し、11月11日 午前0時10分より鉄塔解体装置（支柱材切断装置）取付のため、鉄塔解体装置を吊っているワイヤーの整線作業中において、ワイヤーを巻き上げた際に（地切り前）鉄塔解体装置と吊り上げ用ワイヤーが接触し、鉄塔解体装置と吊り上げ用ワイヤーの一部が損傷した。

発生時の状況



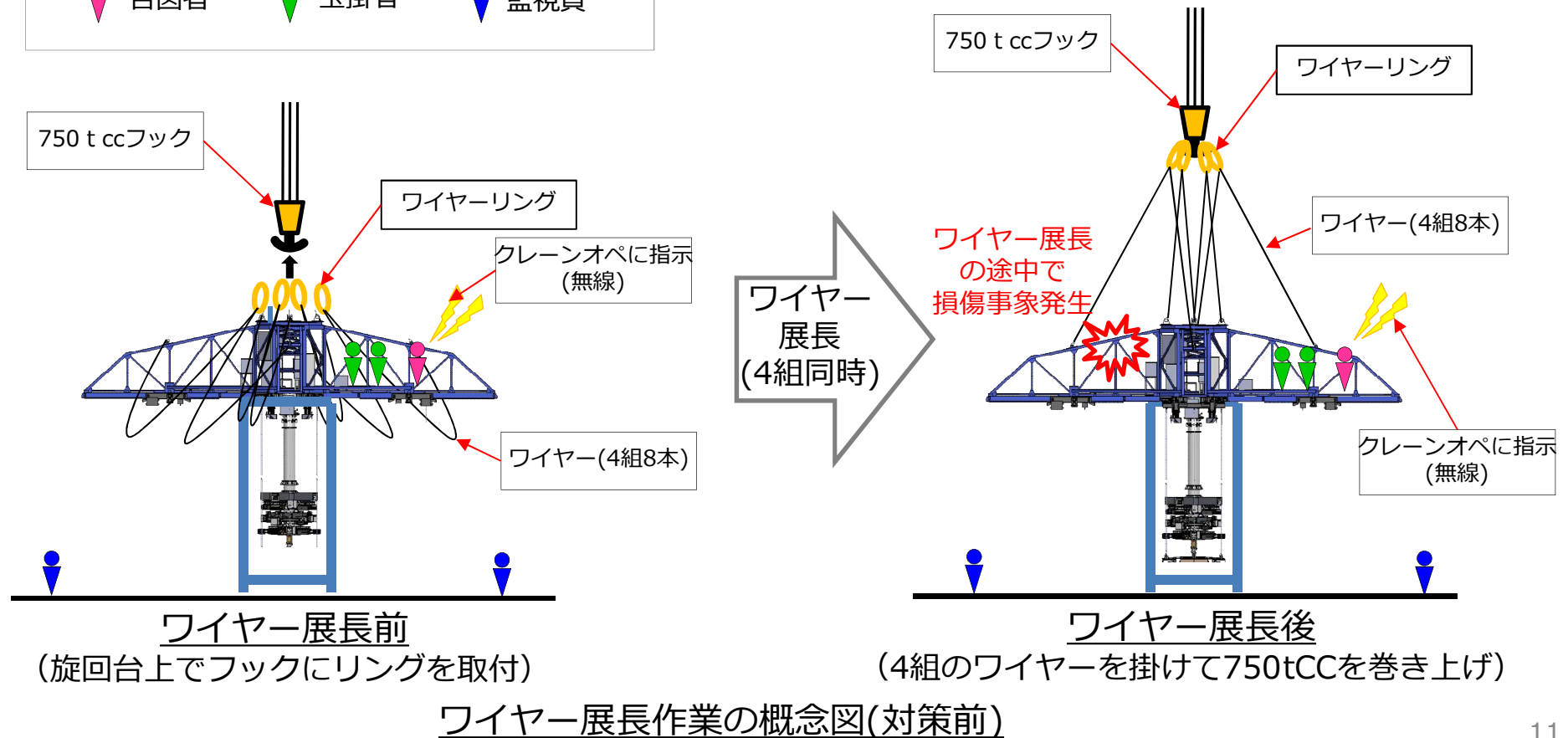
## 6-2. 鉄塔装置フレーム破損事象の発生原因

### 【原因】

- ワイヤー（4組8本）を750 t クレーンフックに取付け、展張させる作業において4組（8本）同時に750 t クレーンフックで展張しようとした際に引っ掛かりに気づくのが遅れたことが原因と考えている。

#### 凡例

合図者 玉掛者 監視員



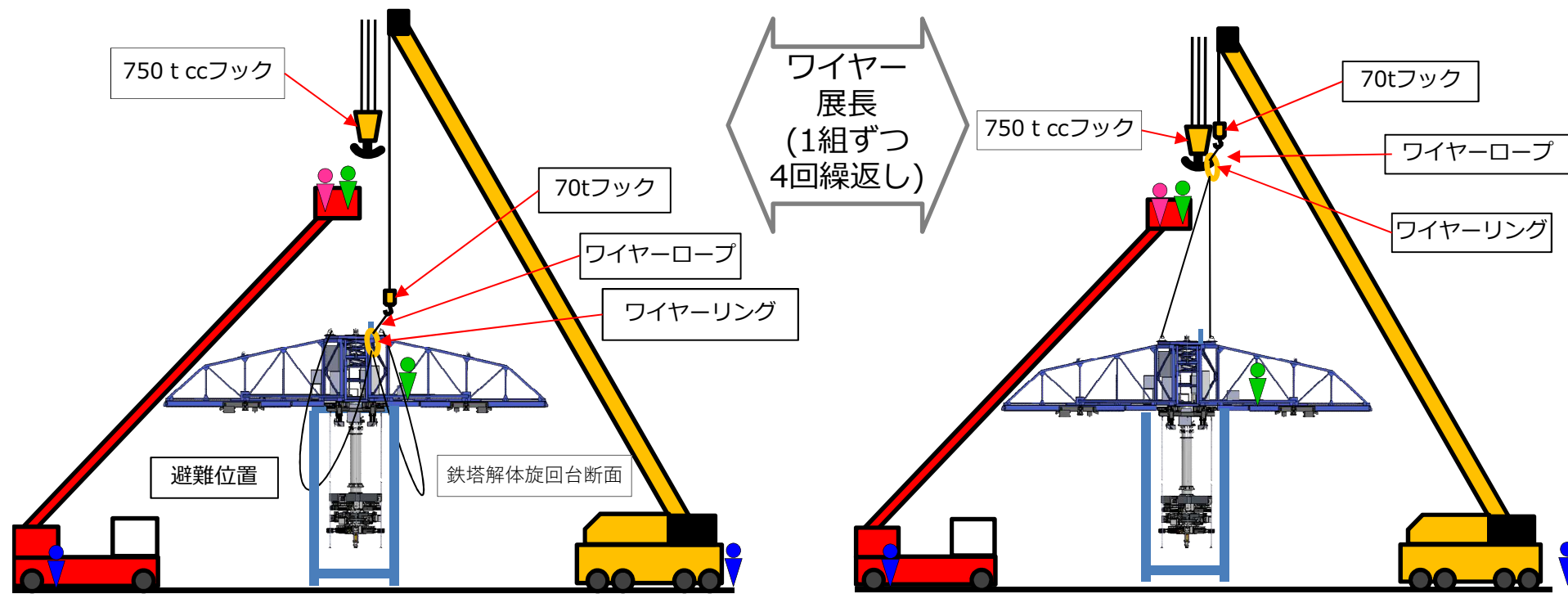
## 6-3. 鉄塔装置フレーム破損事象の対策

### 【対策】

- 4組（8本）の吊り上げ用ワイヤーのクレーンフックへの取付を1組（2本）ずつ取り付ける手順とし、作業員の監視がより行き届くように見直す。

#### 凡例

合図者 玉掛者 監視員



ワイヤー展長前  
旋回台上で1組ずつ70tRCの  
フックにリングを取付

ワイヤー展長後  
1組ずつ70tCCで持ち上げて高所作業車  
で750tCCフックに玉掛け

ワイヤー展長作業の概念図(対策後)



# 7-1. 鉄塔解体装置挿入ガイド落下について

## □ 概要

鉄塔解体装置を排気筒筒身へ設置する作業を行っている際、一時的な強風により鉄塔解体装置が回転しながら振れたことにより挿入ガイドが筒身に過大に接触し、鉄塔解体装置の挿入ガイド4箇所中1箇所が落下した。

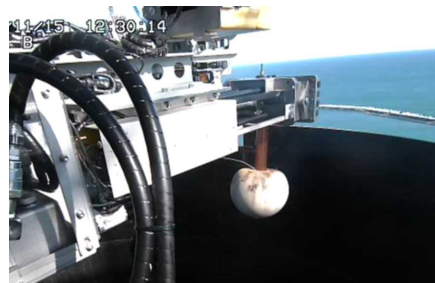
落下した挿入ガイドは『ボール部』と『バー部』に分かれ、『ボール部』は筒身内に落下、『バー部』は排気筒グレーチング上に落下した。



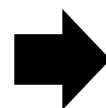
写真：挿入ガイド



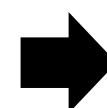
写真：挿入ガイド (拡大)



接触前



接触中



落下時

写真：挿入ガイド 落下状況

## 7-2. 鉄塔解体装置挿入ガイド落下の概要

### 挿入ガイドの機能

- 挿入時に解体装置を筒身に接触して損傷させないためのガイド

### 11月15日（金曜日）の作業状況

#### 【気象条件】

天候：晴れ

風：吊り上げ開始前の気象予測 平均風速 3 m/s

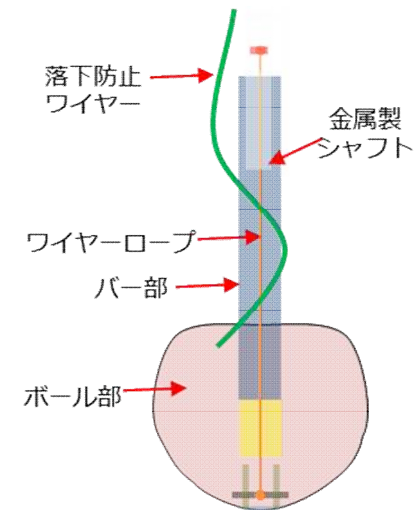
落下時のクレーン風速計 平均風速5～6m/s

※作業基準：平均風速10m/s以上→作業中止

但し、吊上げ設置時は平均風速5～10m/s→上空待機

#### 【作業概要】

- 14日より風が強くなり作業自体を待機していたが、15日未明には風がおさまったので準備作業を開始し、10時の気象予測を確認した上で、10時40分頃から解体装置の吊り上げ作業を開始した。
- 鉄塔解体装置が排気筒上部まで到達したが、一時的な強風により解体装置が回転し、作業を待機していた。
- 風が弱まったタイミングで作業を再開したが、設置作業の途中で再び一時的に風が強くなり、姿勢制御ファンが効かなかった為、装置の回転を挿入ガイドで止めようとした。この際、挿入ガイドが筒身端部に接触しながら過大に変形し、挿入ガイドが破損し落下した。

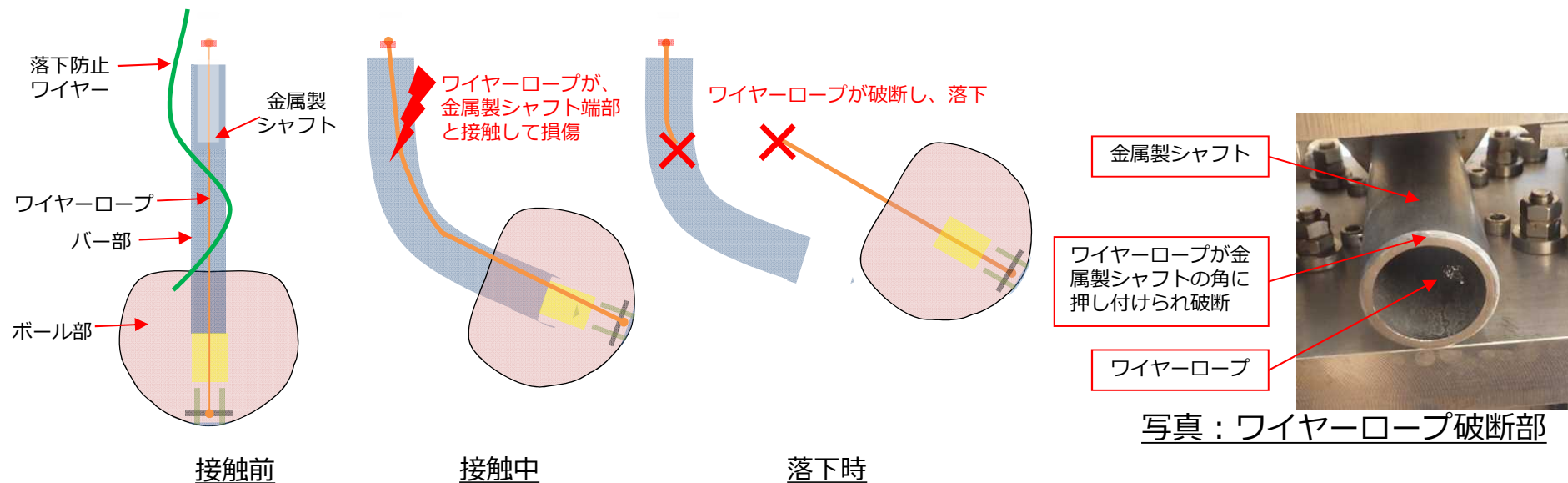


図：挿入ガイド

## 7-3. 鉄塔解体装置挿入ガイド落下 事象①

### 【事象①】

- ❑ 挿入ガイドが変形した際、バー部の中で、ワイヤーロープが金属製シャフトの端部と接触して擦れ合うことで損傷し、破断したことで、挿入ガイドが落下した。
- ❑ 他の挿入ガイド3箇所についても、金属製シャフトの端部と同じ高さで、ワイヤーロープに傷みが見られた。

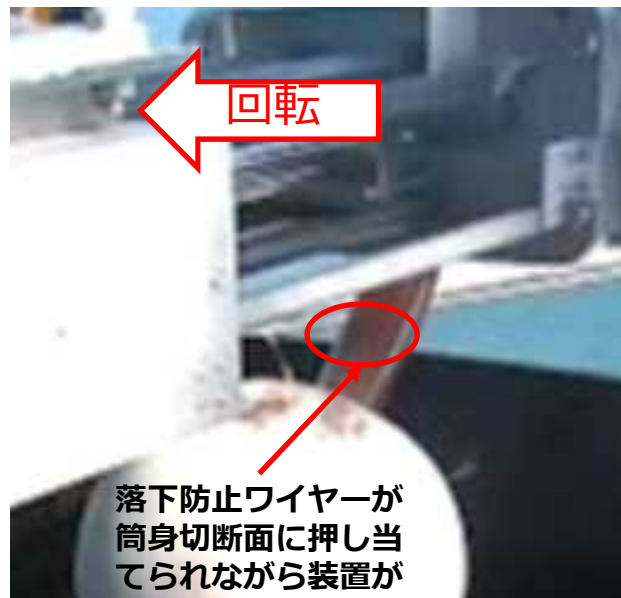


図：ワイヤーロープ切断状況

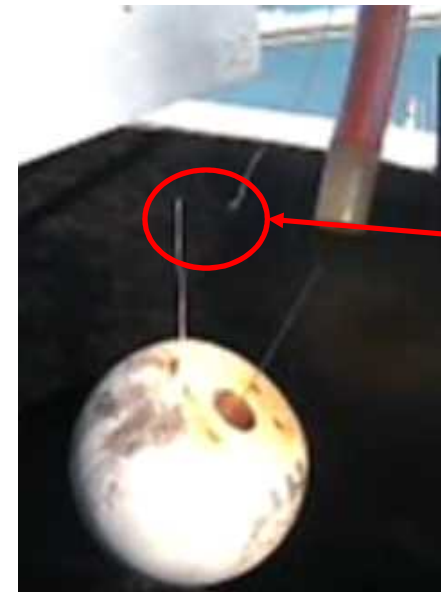
## 7-4. 鉄塔解体装置挿入ガイド落下 事象②

### 【事象②】

- 挿入ガイドに設けていた落下防止ワイヤーは、筒身の切断面に押し当てられながら装置が回転して擦れたことで、挿入ガイド内部のワイヤーよりも先に破断していた。



落下防止ワイヤーが筒身切断面に押し当てられながら装置が回転したことでワイヤーが損傷・破断



落下防止ワイヤー



写真：落下防止ワイヤー



## 7-5. 鉄塔解体装置挿入ガイド落下原因と対策

### 【原因】

- 実証試験において、風による解体装置の揺れ・回転の制止に有効であったことから、今回の挿入ガイド落下時も同様の運用を行っていた。
- 結果として、挿入ガイドに過大な変形が発生して損傷した。

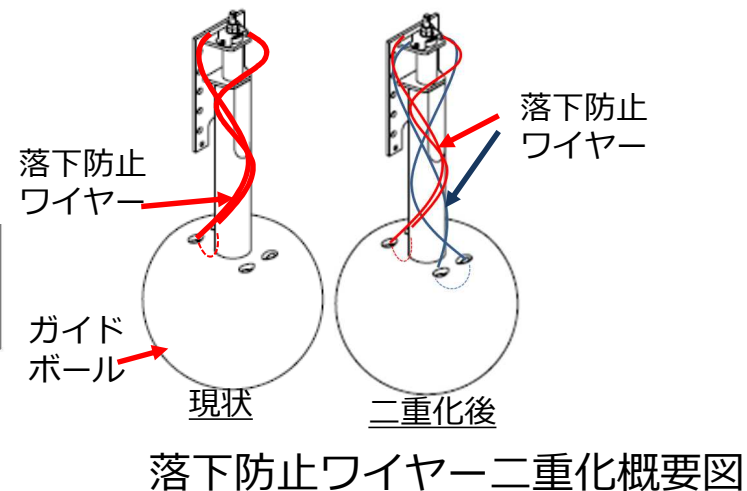
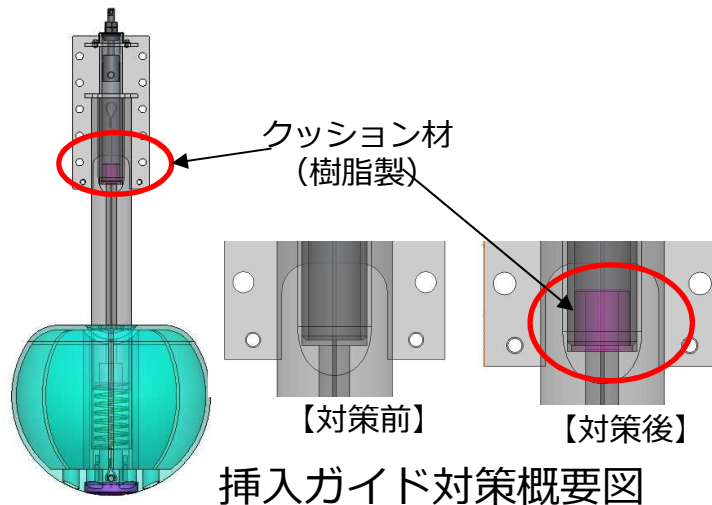
### 【対策】

#### 管理的対策

- ① 挿入ガイドを、風による解体装置の揺れ・回転の制止に使用しないことを手順に明記する。
- ② 装置の吊上げ設置時、風による装置の揺れや回転が制御出来ない場合は装置を安全な位置まで退避させる。

#### 物的対策

- ① 挿入用ガイドに変形が発生しても挿入ガイドを固定するワイヤーが切れ難い構造とする。
- ② 落下防止ワイヤーについても二重化し、落下防止策を強化する。





## 8-1. 遠隔操作車両の不具合

### 【概要】

- 11月22日14時40分頃、1/2号機排気筒解体作業再開準備として、遠隔操作に使用するバス（以下、「当該車両」と言う）のエンジンを始動したところ、当該車両が従来の駐車位置から約16m移動する不具合が発生した。
- 当該車両の移動に伴い、敷設している電源ケーブル等が引っ張られ、一部損傷や線抜けが発生したが、けが人はなく、他の設備への影響（損傷）も発生していない。
- 当該車両は、11月23日に元の位置に戻し、電源ケーブル等の復旧も完了したが、悪天候（降雨）により、23日、24日の解体作業は中止とした。（26日午後から解体作業実施）

### 【車両不具合の原因】

- 電気系統の不良やマグネットクラッチの故障と推定。  
（詳細については、解体作業の合間に調査予定）

### 【対策】

- 今回の車両不具合を踏まえ、今後、当該車両のエンジンは始動しない。  
（エンジンの始動キーは現場に持って行かず事務所で保管する運用）
- 当該車両の照明の電源は外部から取り、照度を確保する。
- 当該車両の前後輪に輪留めを追設置する。

## 8-2. 遠隔操作車両の不具合発生状況

### ■ 遠隔操作車両の現場状況

- 鉄塔解体装置の入電作業中、遠隔操作車両のエンジンを始動したところ、当該車両が突然動き出した。
  - \* 輪留めは左後輪に取り付け、シフトはニュートラルに入れており、サイドブレーキも引いていた。
- 遠隔操作車両が動いている間は、フットブレーキ、サイドブレーキ、クラッチは効かず、運転操作者はエンジンを停止させて車両を停止させた。
- 車外の発電機から当該車両に敷設している電源ケーブル等の一部損傷や線抜けが発生した。



遠隔操作車両定位置



【遠隔操作車両（通常の停止位置）】



【発電機】

# 9-1. 筒身切断時における噛み込み事象

## 【概要】

- 1/2号機排気筒解体作業については、11月27日の筒身切断作業において、チップソーの刃の噛み込みが発生し、その解消が困難であることから、12月3日に作業員が搭乗設備を使用して昇筒し、12/3,4でグラインダーを用いて作業員が筒身を切断した。

## 【作業状況】

### 11月26日

PM 鉄塔解体装置の吊り上げを開始

### 11月27日

- ・ 支柱材4本の切断が完了
- ・ 筒身残り50%切断開始
- ・ 3箇所目（南西）の切断作業中にチップソー噛み込み発生(筒身全体の約85%切断済み)
- ・ 噛み込み解消作業（クレーンテンション・クランプ・装置旋回など遠隔操作による作業）
- ・ 旋回機構の動作不良を確認 ⇒作業中断を判断

### 12月3日（搭乗設備を使用した作業）

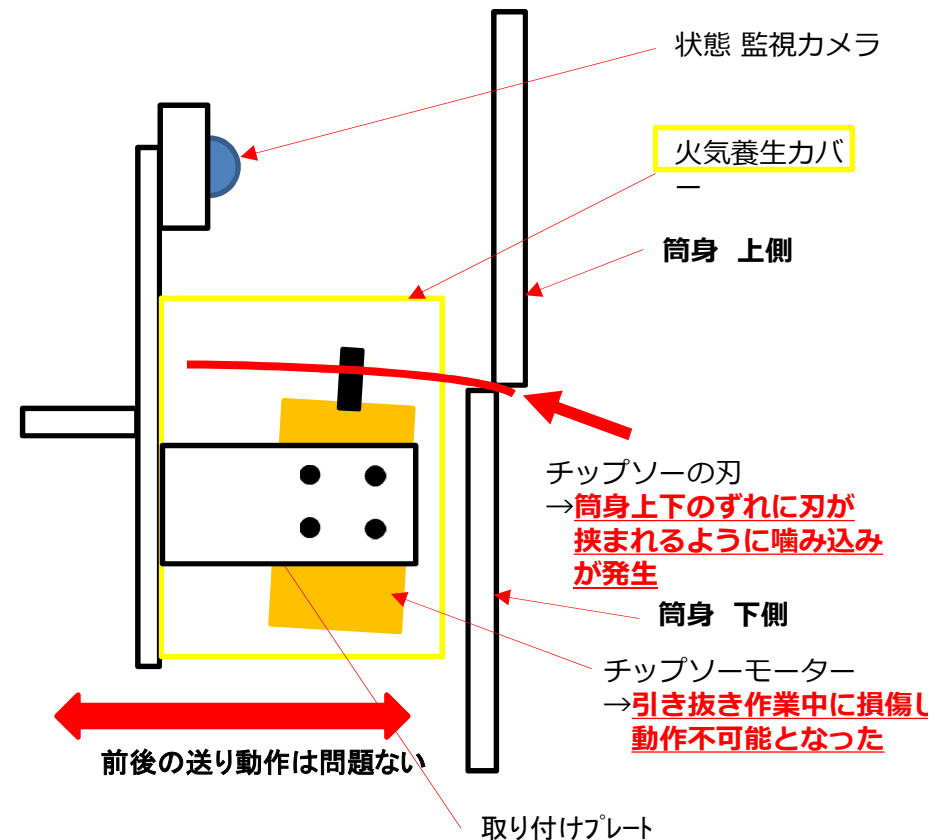
- ・ 上空線量調査作業
- ・ 給油作業・グレーチング取り外し作業
- ・ 筒身切断作業（筒身全体の98%まで切断）

### 12月4日（搭乗設備を使用した作業）

- ・ 筒身切断作業

### 12月4日（搭乗設備を使用しない作業）

- ・ 筒身・鉄塔の吊り下ろし



【内周切断装置 チップソーの噛み込みイメージ図】

## 9-2. 噛み込みが外れなかった原因と対策

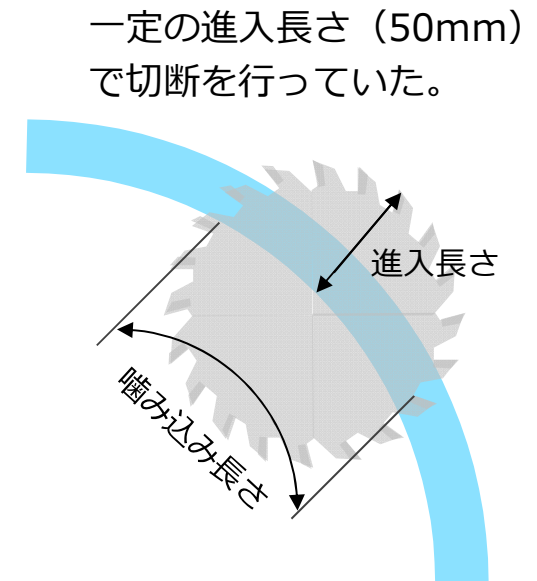
### 【原因（推定）】

#### <噛み込みが発生した原因①>

- ✓ ミシン切りにおける旋回切りで縦切り部分と繋がる時に、進入深さを50mm(切断効率をあげるために50mmとしていた)と深くしていたため、切断面の上側と下側の筒身が水平に噛みこんだ。

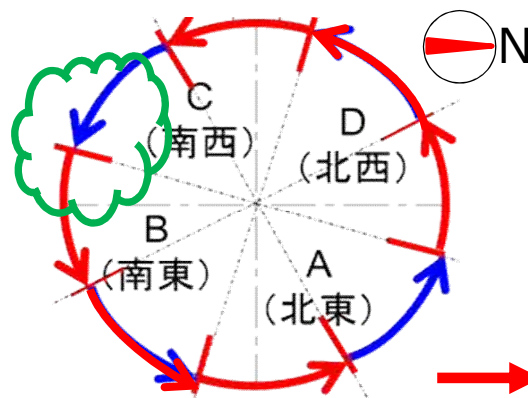
#### <噛み込みを解消できなかった原因②>

- ✓ クレーンでテンションを掛けながら引き抜き作業を行っていたが、残りの筒身断面が少なく切断面の上側と下側に水平方向でズレが生じている中で、チップソーの進入深さが50mmと深かった(噛み込み長さが長くなる)ため引き抜き作業が難航し、その途中で装置が動作しなくなり、引き抜き作業ができなくなった。

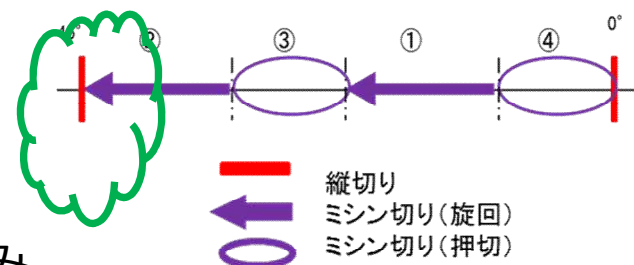


### 【対策】

- ✓ 切断線が繋がる箇所については、①噛み込み防止のために旋回切りから押し切りに手順を見直し、②噛み込んだ場合も解消しやすいように進入深さは20mmに見直す。
- ✓ なお、20mm程度の噛み込み事象については、1～3ブロック解体時にも発生しており、解消できることを確認している。



既存の縦切りと繋がり、縁が切れる際に、噛み込みが発生

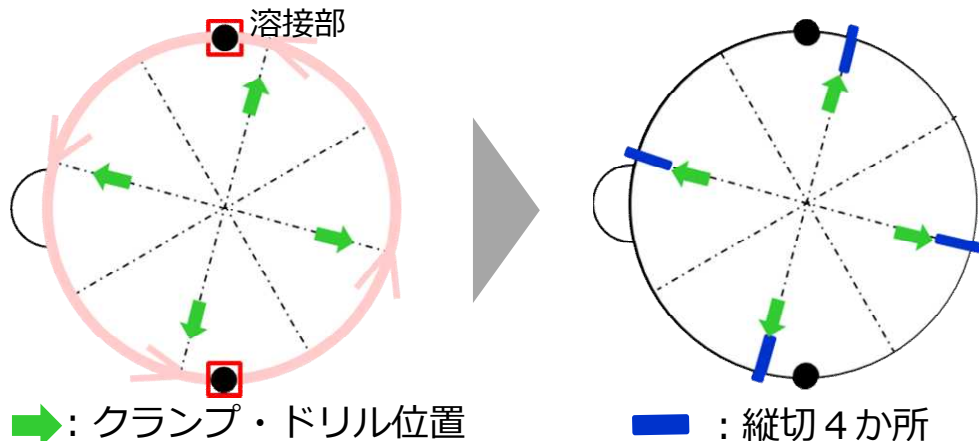




# 9-3. 筒身の切断手順

- 解体作業の見直しとして、1～4ブロック目の知見を反映し、5ブロック目以降は以下の通り、筒身の切断手順を見直した。

当初計画



手順見直し

見直し①  
縦切りは8箇所  
先行実施

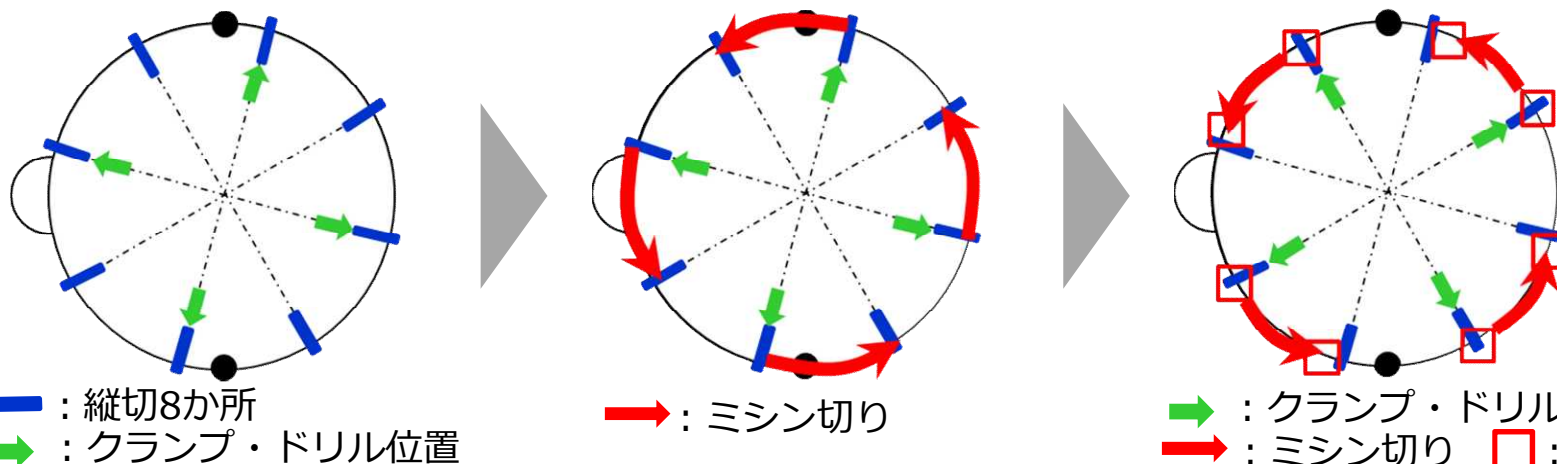
見直し②  
ミシン切り採用

見直し③  
約50%切断後  
刃の状態確認・交換

見直し④  
クランプ・ドリル位置の見直し

見直し⑤  
切断線をつなぐ  
箇所は押切り

5ブロック目以降



※チップソーの刃は、耐久性に優れた新刃を使用する



# 10. 搭乗設備を使用した筒身切断作業について

- 搭乗設備の使用は最終手段であるため、原則は遠隔解体装置で切断作業が出来るように計画していくが、今回得られた知見を踏まえて、万々に備えた準備も進めていく。

## 【事前の安全確認】

- 構外では実作業に近い作業環境での訓練を実施。 <11/30~12/1>
- 搭乗設備吊り上げ時に風が吹いた場合の同装置への影響を確認（平均風速約7m/sの環境で、搭乗設備が安定していることを確認） <12/1>
- 切断で使用するグラインダーを用いて、実物の筒身を問題なく切断できることを確認 <12/2>。

### 搭乗装置の風の影響確認

- 実施日時：2019年11月30日、12月1日
- 気象状況：最大瞬間風速9.5m/s



### 搭乗装置の風の影響確認

- 実施日時：2019年12月1日 14時頃
- 風速：4~9m/s（平均約7m/s）



### 排気筒頭頂部筒身の切断調査

- 実施日時：2019年12月2日 13時頃



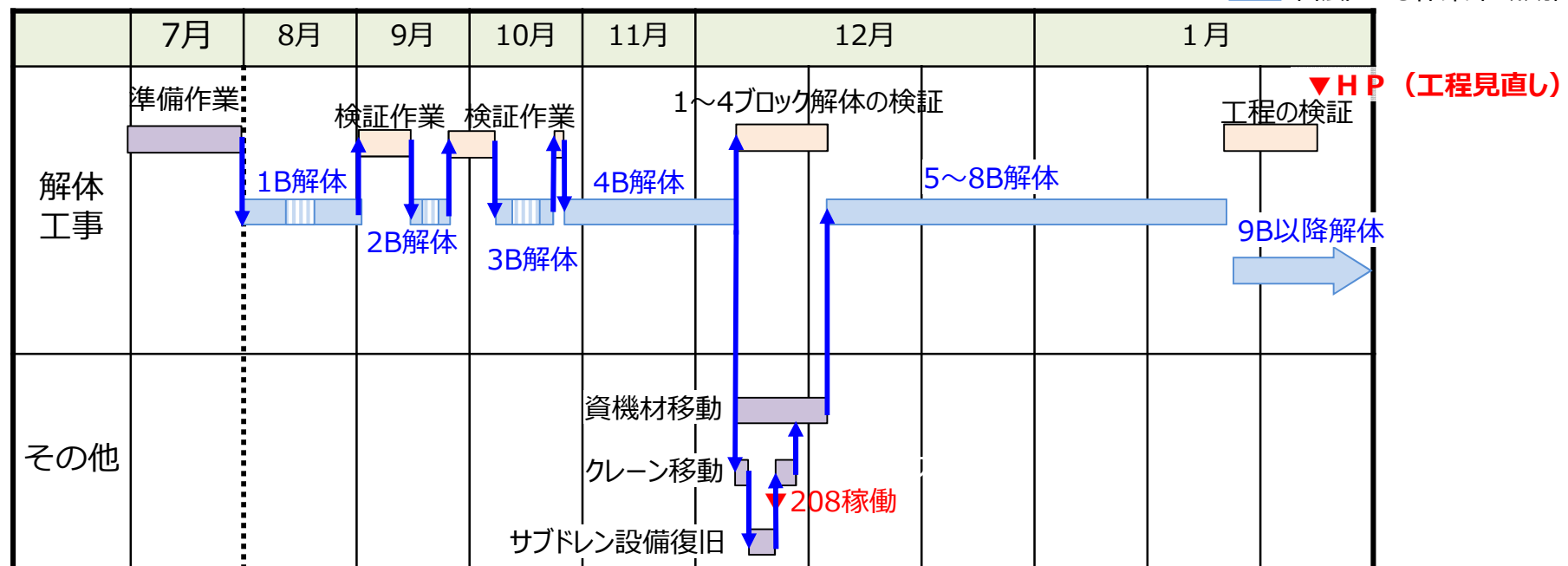
## 【作業の実績と万々に備えた追加対策】

- 12/3,4の2日間で合計4班（延べ12名）が作業に当たり、1班あたり約1~5時間の作業時間(搭乗設備吊り上げ開始から、地上への戻りまで)で、個人最大被ばく線量は0.52mSv/人・日であった。
- 切断作業では切り口にくさびを打つことで噛み込みを防止し、作業は計画通り実施することができたが、今後も万一の作業に備え、搭乗設備への遮へい追加等、作業者の更なる安全対策を準備する。

# 11. 今後のスケジュール

- 筒身解体装置のみで解体する5ブロック目については、準備が整い次第解体を進める予定。
- 1～4ブロックの解体作業の実績を積んできているが、鉄塔解体作業や地上準備作業の手順見直しの妥当性確認のために、短い期間でHPを設けながら、作業見直しを行っていくことが必要と判断。
- 全体工程の見直しは、鉄塔解体作業や地上準備作業の手順見直しの妥当性確認のために、筒身と鉄塔の解体を各2回実施した時点（1月予定）で見直しを行う。

排気筒解体工事 工程表



※ 2 『B』 は解体ブロックの番号を示す