

福島第一原子力発電所 1/2号機排気筒解体工事の4ブロック目解体作業について

2019年10月31日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

0. 目次

1. 概要

- ① 概要
- ② 解体装置概要

2. 準備状況

- ① クレーン・揚重計画の確認状況
- ② 不具合対応の状況
- ③ 動作確認項目

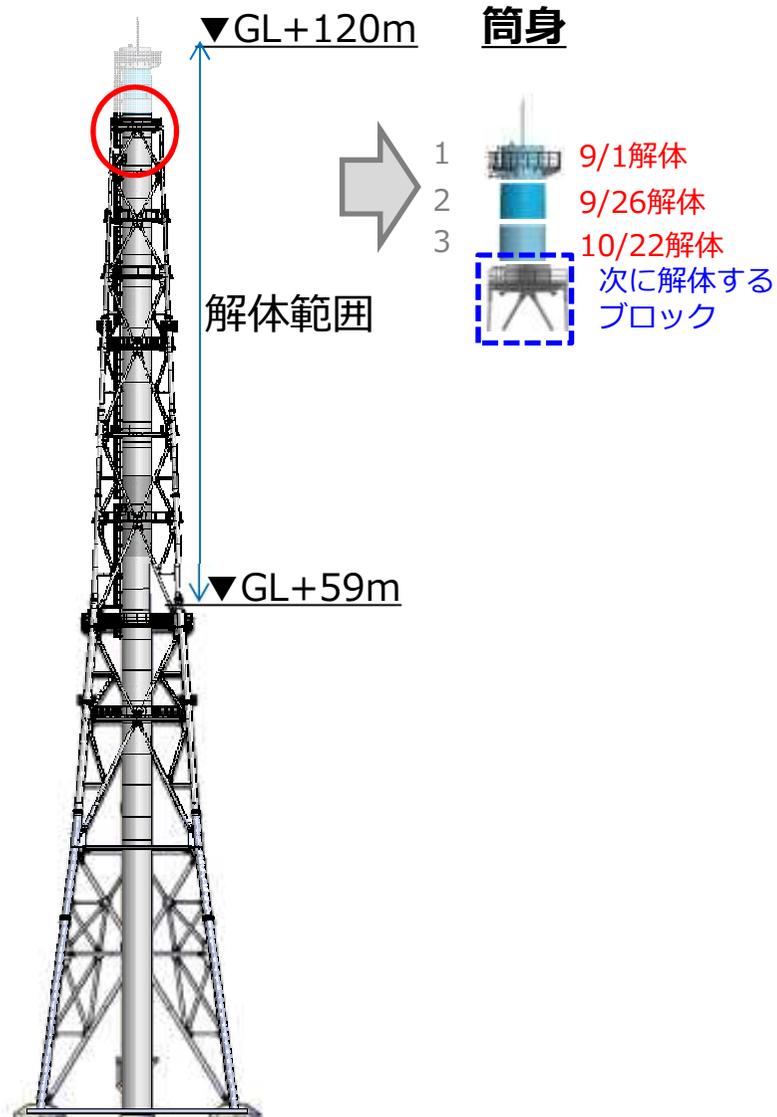
3. 施工計画

- ① 施工手順（切り方）
- ② 不測事態の対応

4. 作業進捗

5. 参考資料

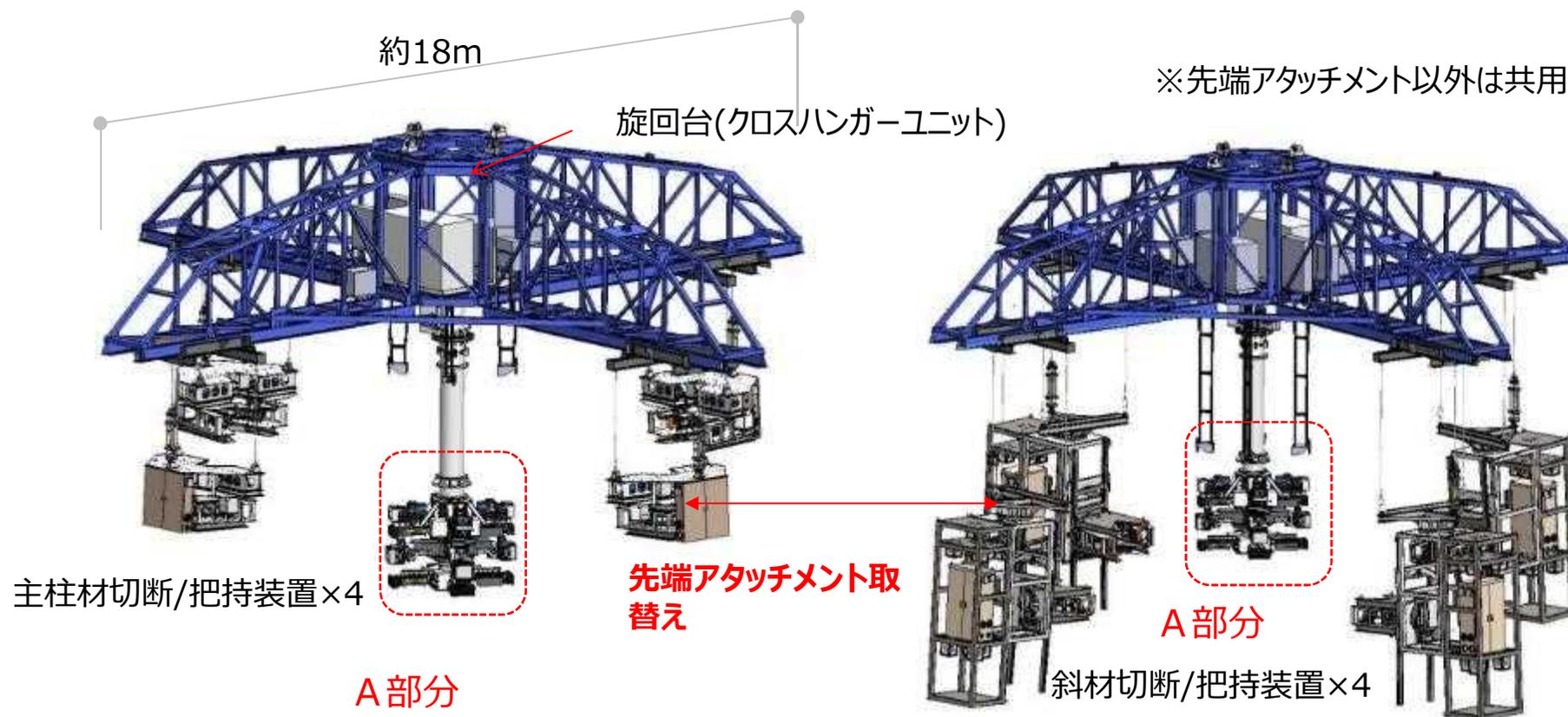
1 - 1. 概要



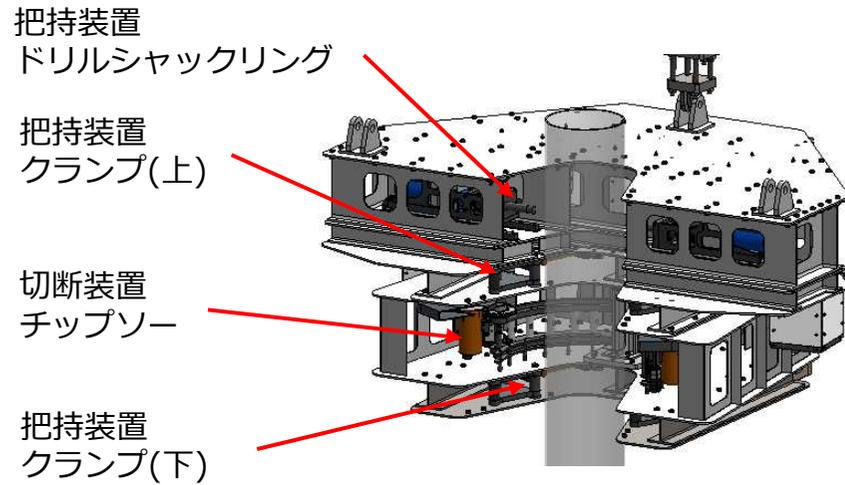
- 排気筒解体工事の準備作業を7月に完了し、8月1日から解体工事に着手している。
- 解体装置の動作不良や切断装置の噛み込み対応や台風対策の実施などにより、当初計画よりも時間を要したが、9月1日に頂上ブロック・9月26日には2ブロック目の解体が完了した。
- 10月7日より3ブロック目の解体に着手し、筒身の50%まで切断が完了した後、台風19号通過に伴うクレーン対策とその後の復旧作業等により作業を中断したが、10月21日に切断作業を再開すると、翌10月22日には3ブロック目の解体が完了した。
- 10/27より4ブロック目の解体作業に着手し、筒身50%までの切断作業が完了している。
- 4ブロック目では、鉄塔解体装置を初めて使用するブロックになり、現在は、鉄塔解体に向けて準備を進めている。準備が整い次第、鉄塔解体装置を使用して、鉄塔と筒身残り50%を切断する作業を進め、筒身と鉄塔を一体で解体する。

1 - 2. 装置概要 (鉄塔解体装置)

- 鉄塔解体装置は、筒身解体ツール(下図のA部分：筒身解体装置と同じ)を筒身内に差し込んで、2種類の把持装置により旋回台(クロスハンガーユニット)を固定する。
- 旋回台の四隅から吊り下げた切断/把持装置により、支柱材および斜材を把持して切断する。
- 対象部材(支柱材, 斜材)に応じ、先端アタッチメントを取り替える。



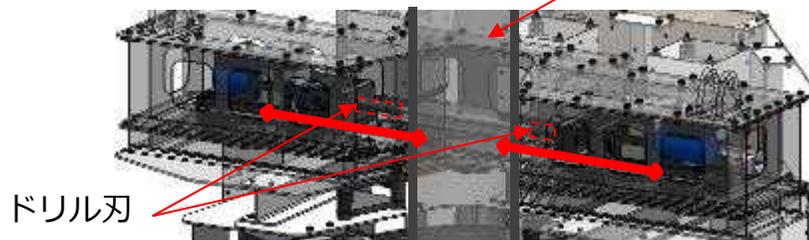
1 - 3. 解体装置アタッチメント



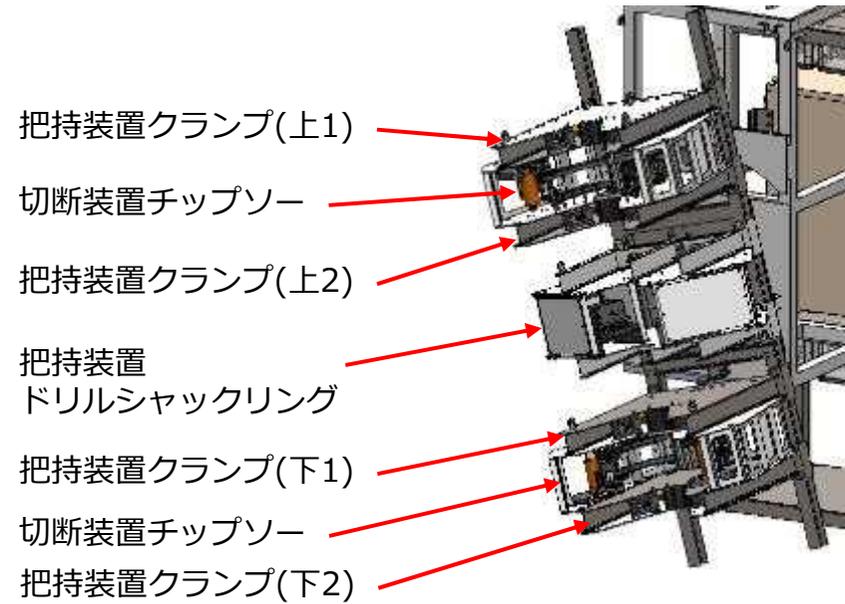
主柱材把持/切断装置

ドリルシャックリングと上下のクランプで主柱材を把持し、中央のチップソーで切断

主柱材



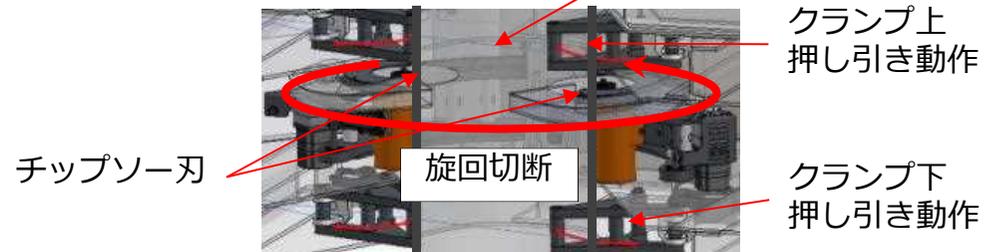
ドリルシャックルイメージ



斜材把持/切断装置

ドリルシャックリングと上下のクランプで斜材を把持し、上下のチップソーで切断

斜材

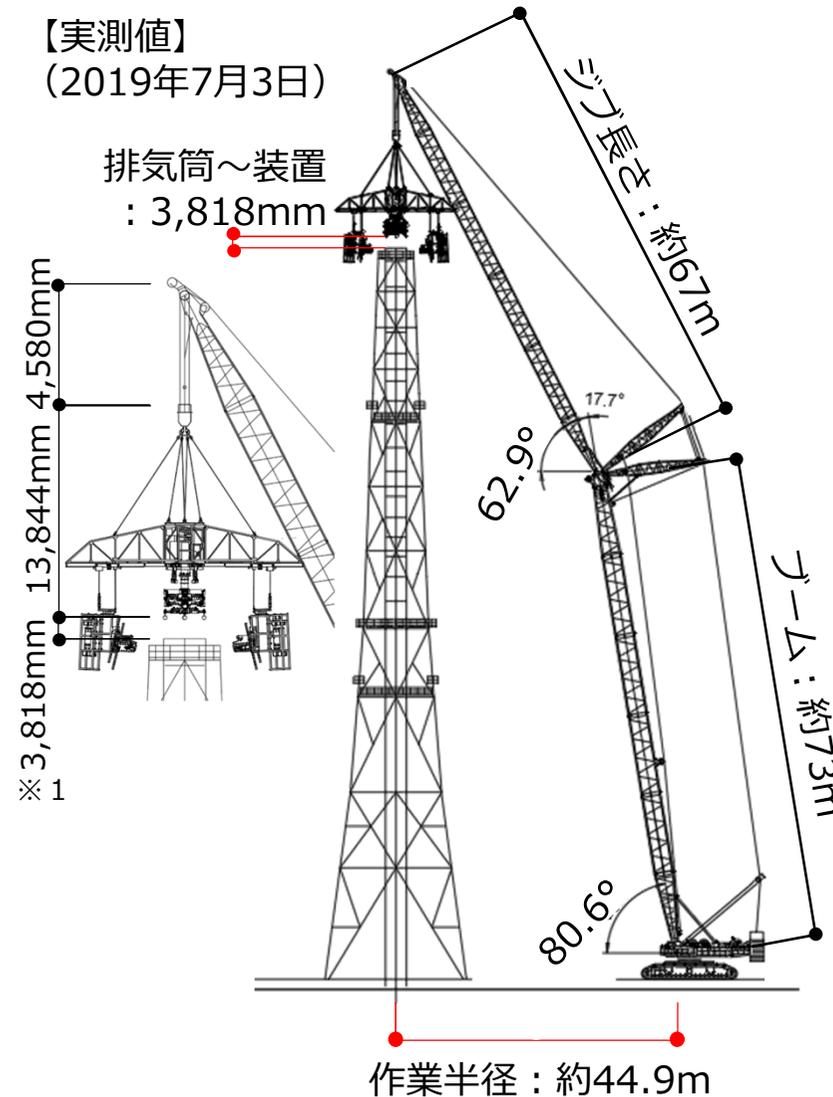


切断イメージ

準備状況

2-1-1. 吊り上げ可能高さの確認

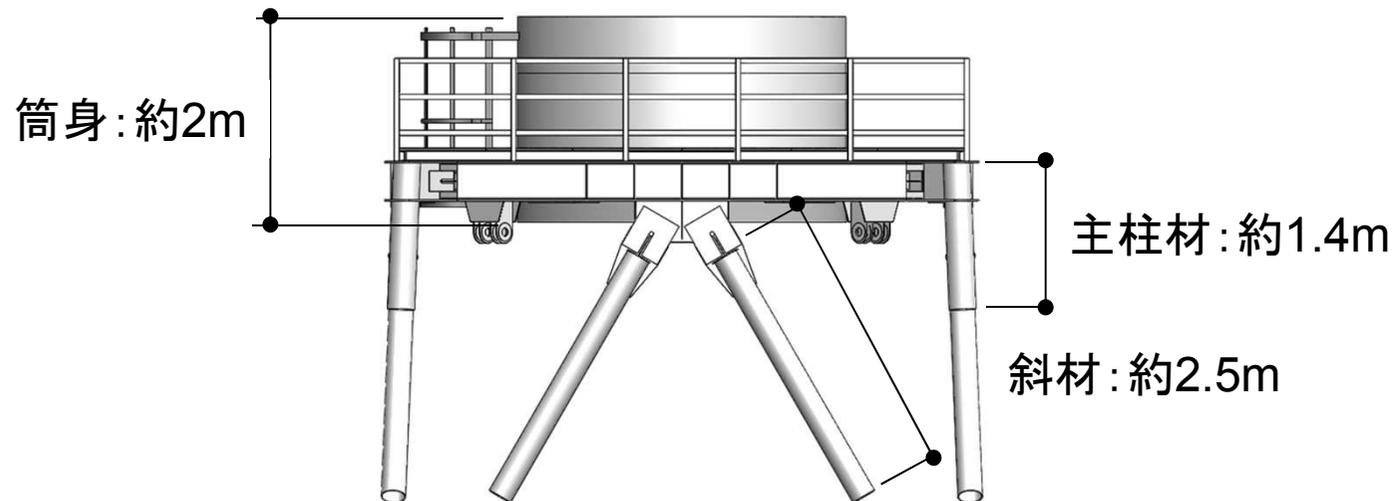
- 鉄塔解体装置は筒身解体装置よりも大きいいため、懐高さが筒身解体装置に比べて大きくなる。
- 実測により、約3.6mの裕度を持って設置可能となる計画



※1
リミットが作動するとクレーンが停止するため、リミット手前(200mm程度)で吊上げを停止する必要がある、実際の解体作業時のクリアランスは3,618mmと想定。

2-1-2. 揚重計画の確認

- クレーン定格荷重55.3 tに対し, 安全率83.8%の揚重計画



解体物重量	9.84
装置重量	31.7
総重量	41.54
※吊り具重量を除く	

2-2-1. これまでの不具合に対する対応①

- これまで発生している不具合対応のうち、鉄塔解体装置にも水平展開が必要な項目は10件中6件となっており、いずれも対応済み

番号	発生日	事象	原因	対策	鉄塔装置対応状況
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PC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PCの再起動により復旧。	対象外
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。	対象外
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。	溶接ビート部を含めマ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、切断箇所付近になるように見直し。 新刃を採用する。	対策済み (施工手順)
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。	対策済み (施工手順)
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。	点検実施済み
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	対象外

2-2-2. これまでの不具合に対する対応②

番号	発生日	事象	原因	対策	鉄塔装置 対応状況
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。	対策済み (確認手順)
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。	対策済み (施工手順)
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、通信不具合を発生	水抜き穴に雨水侵入防止カバーを設置	カバー設置済み
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	対象外

2-3-1. 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 (筒身解体装置)	主柱材・斜材 装置への反映
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マ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。	対象外 主柱材・斜材は元々押し切り中心の切り方のため。
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。		筒身切断時と同様、切断に時間を要した場合、一度立ち止まり（振り返りを行い）、切断方法の見直しを行う。
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）	電波干渉による通信障害が発生した場合の主通信機と予備通信機の切り替え手順を整備。	同左
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	現場（遠隔操作バス）と本部（東電・協力企業）を常に電話を繋いだ状態にする	11月初には画像も共有できるように改善予定

2-3-2. 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	支柱材・斜材装置への反映
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。	同左
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。	消費電力から想定すると48時間で燃料切れとなる。支柱、斜材切断時は作業開始後24時間の時点で、残量（残時間）を確認。筒身残り50%切断時は、約70%切断時点で、残量を確認。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	対象外

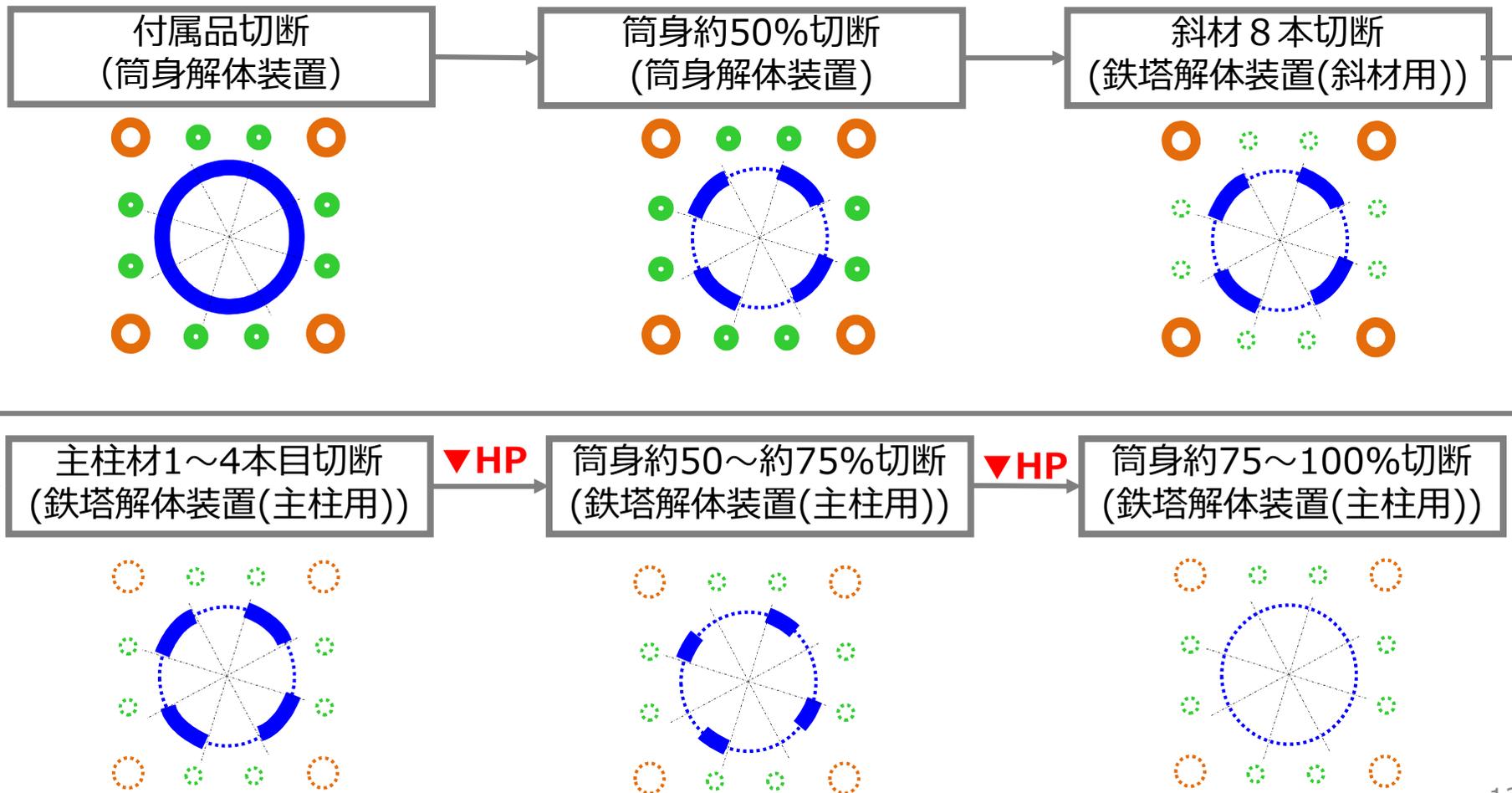
施工計画

3-1-1. 施工フロー

- 下記のフローで切断を計画している。(作業状況に応じ順番を入れ替える可能性はある)
- 4ブロック目の解体には、解体装置3種類を使用して解体する。

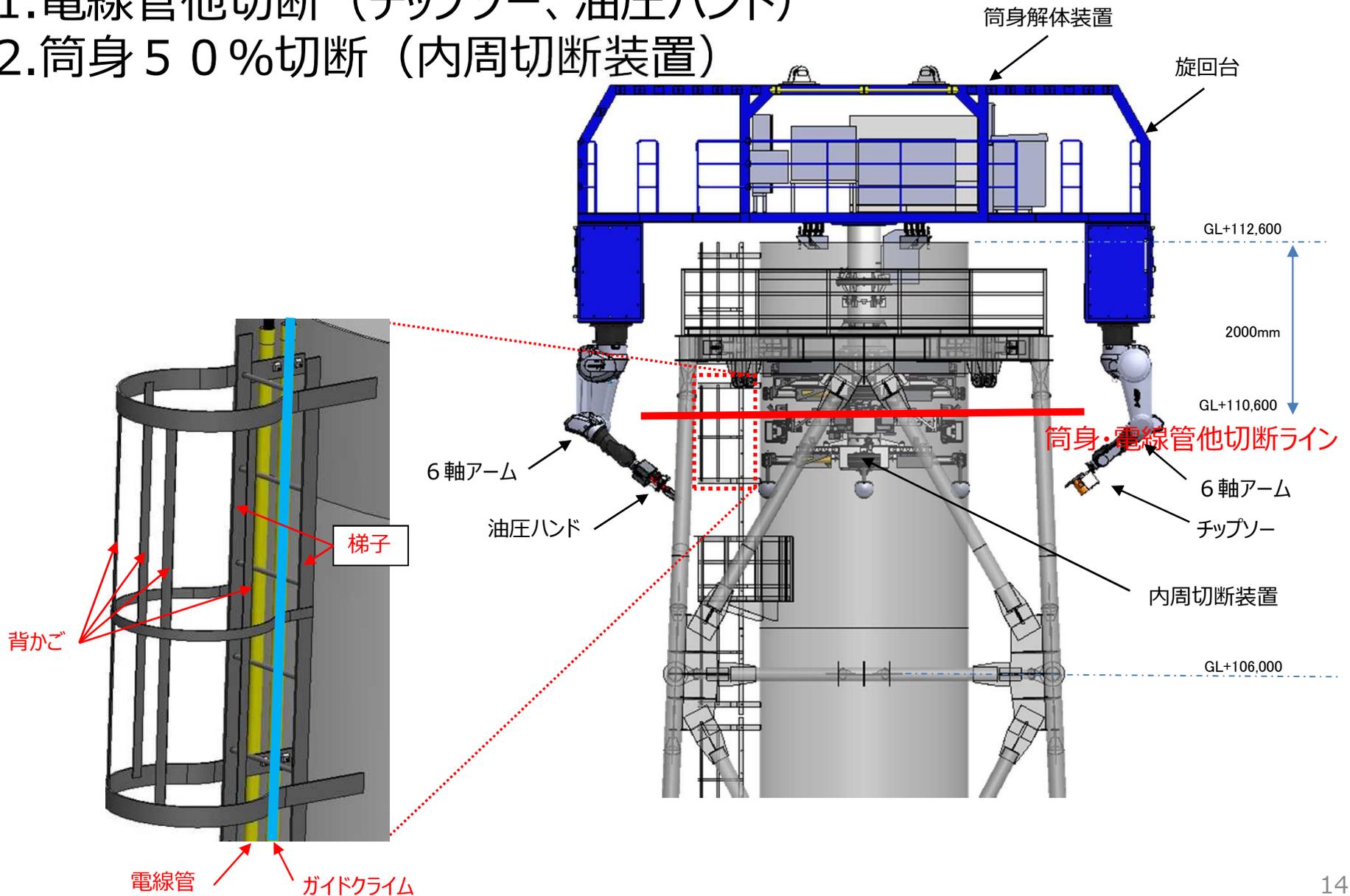
凡例

(実線)未切断部分
 (点線)切断済部分
 (青線)筒身
 (橙線)支柱材
 (緑線)斜材



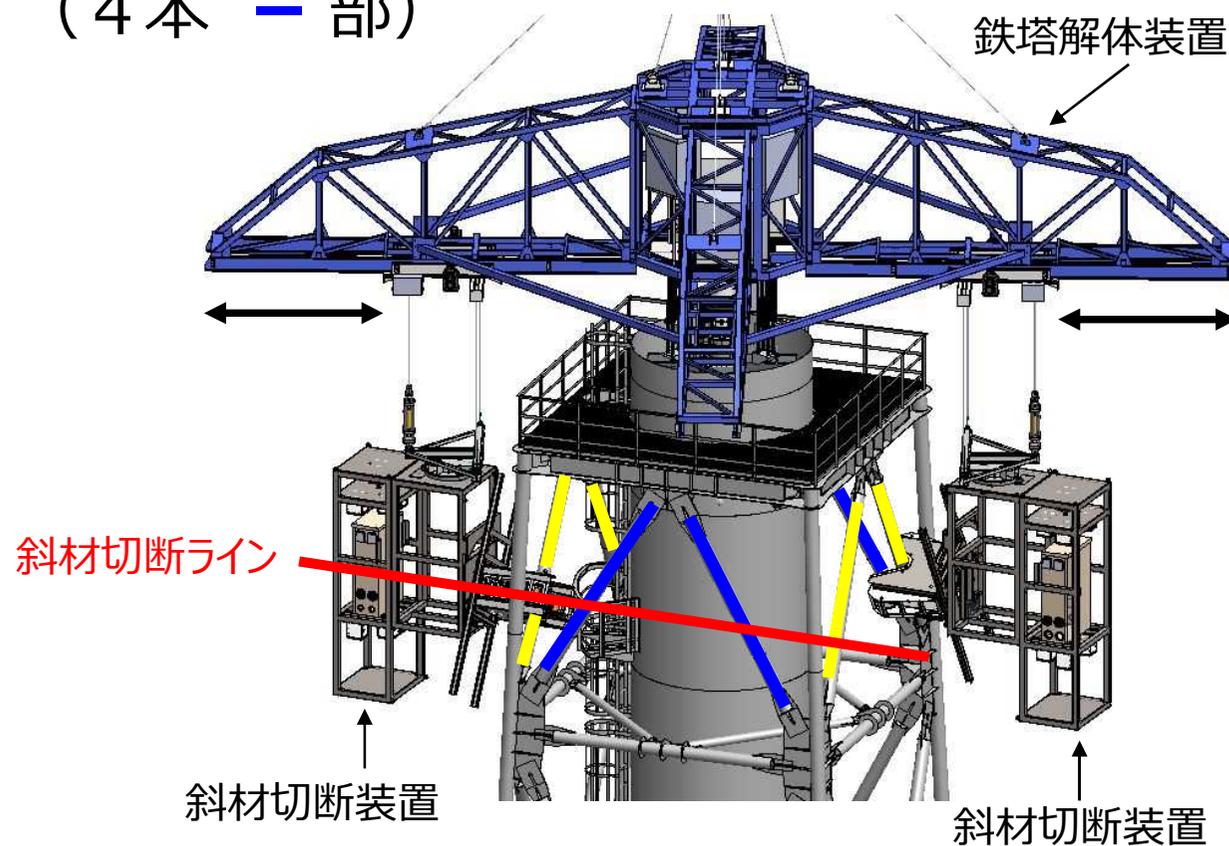
3-1-2. Step 1 電線管他切断、筒身50%切断 **PCO**

- 1.電線管他切断 (チップソー、油圧ハンド)
- 2.筒身50%切断 (内周切断装置)



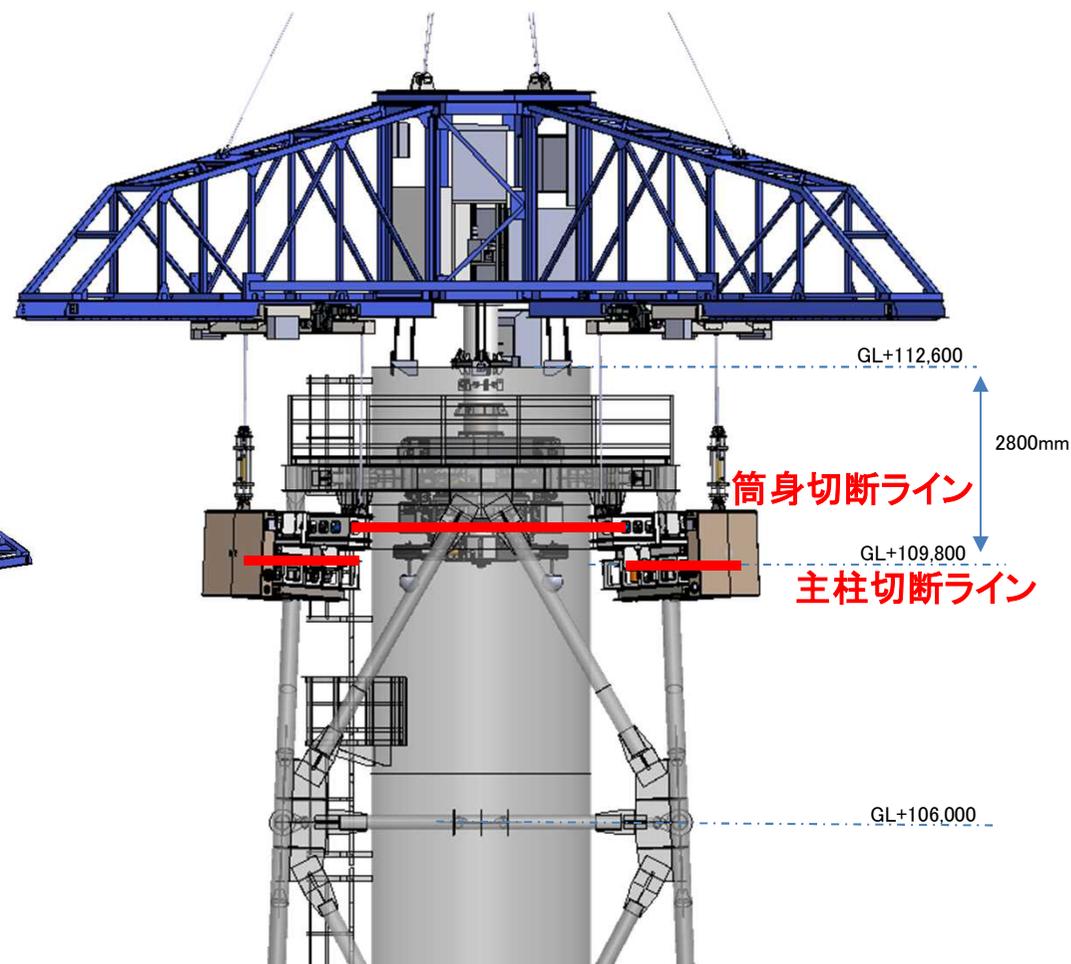
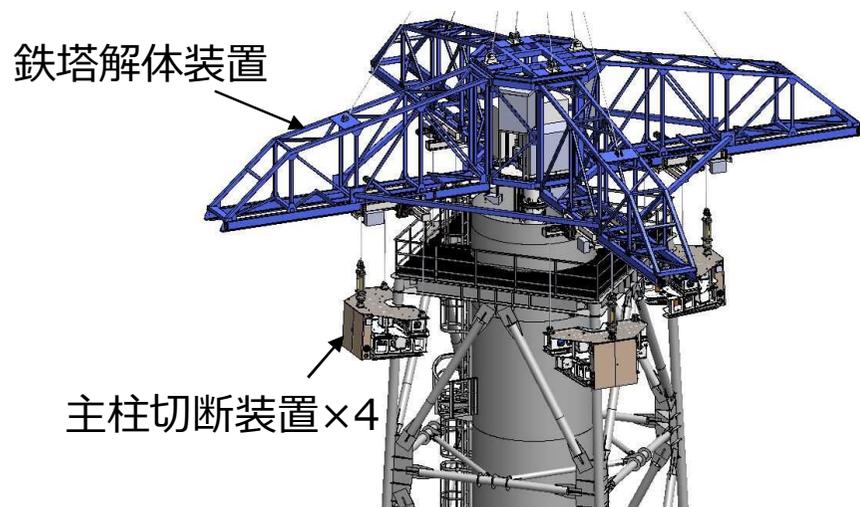
3-1-3. Step 2 斜材切断

- 1.斜材切断（縁切り）（4本 **黄** 部）
- 2.空中で段取替え（90度回転）
- 3.斜材切断（縁切り）（4本 **青** 部）



3-1-4. Step 3 主柱、筒身50%切断

- 1.主柱切断（縁切）（4本）
- 2.筒身切断 残り50%
- 3.装置、除却片吊下し



3-2-1. 筒身の切断手順

筒身切断手順

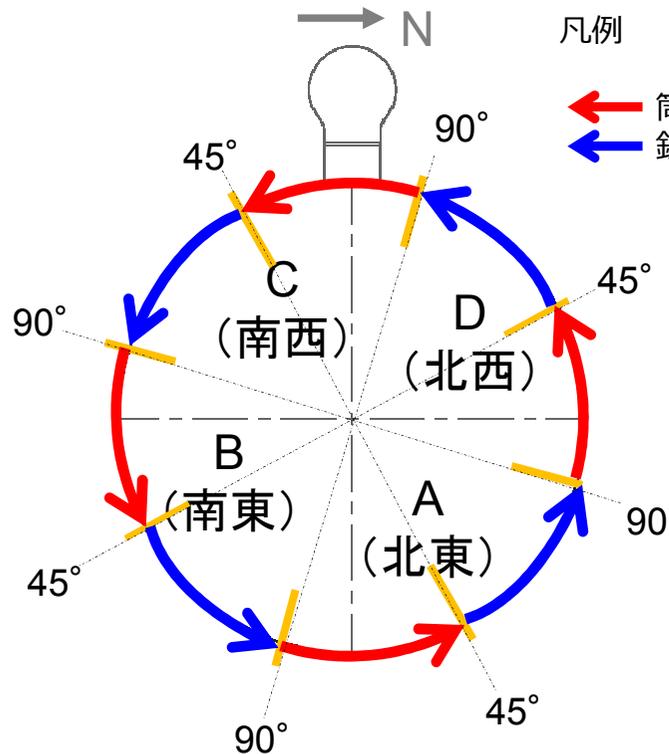
縦切り 8箇所

45°ずつミシン
切り
(4箇所)

45°ずつミシン
切り
(4箇所)

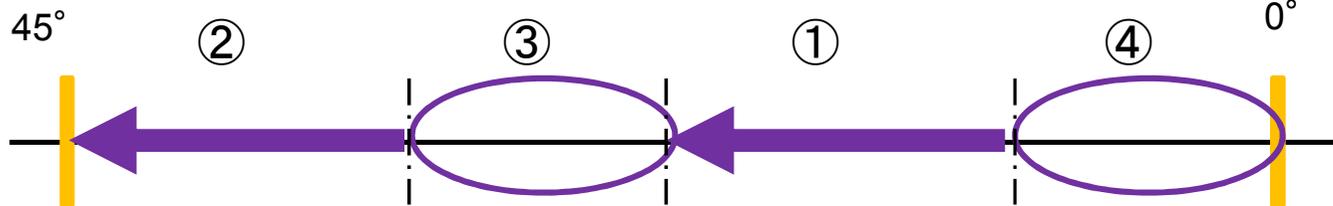
筒身解体
装置

鉄塔解体
装置



凡例

- ← 筒身解体装置で切断 (0%~50%)
- ← 鉄塔解体装置で切断 (50%~100%)



凡例

- 縦切り
- ← ミシン切り(旋回)
- ミシン切り(押切)

筒身内側より外側を見る

※縦切りは最初に実施する

3-2-2. 主柱材の切断手順

- 主柱材については、押し切りと旋回切りを組み合わせる計画

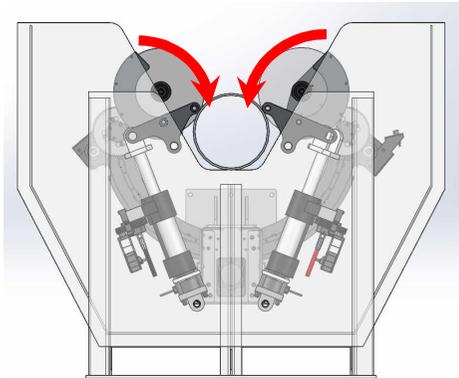
■ 切り方手順

1. ①～④を押し切り。
2. ⑤～⑥を旋回切り。

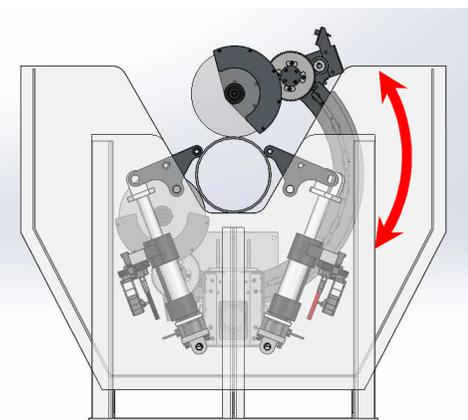
※筒身と比べて径が小さく、断面が変形しにくいいため、
実証試験と同様の環境と想定。

— 押し切り

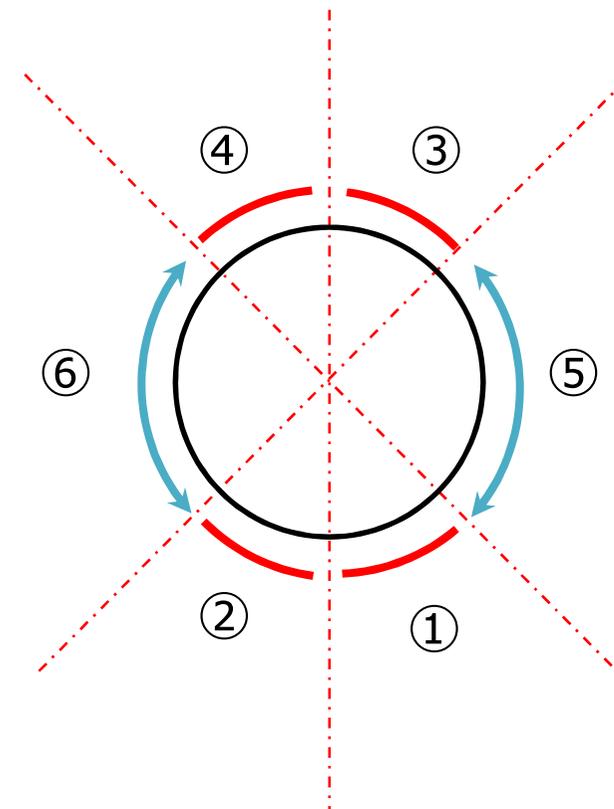
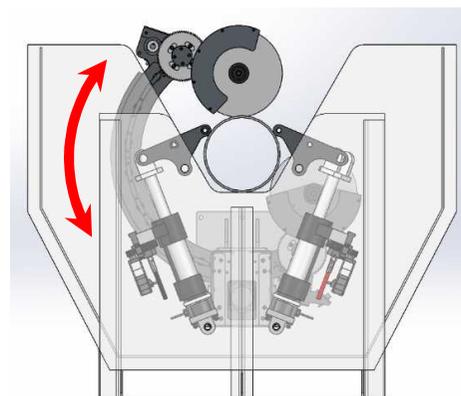
— 旋回切り



押し切りイメージ



旋回切りイメージ



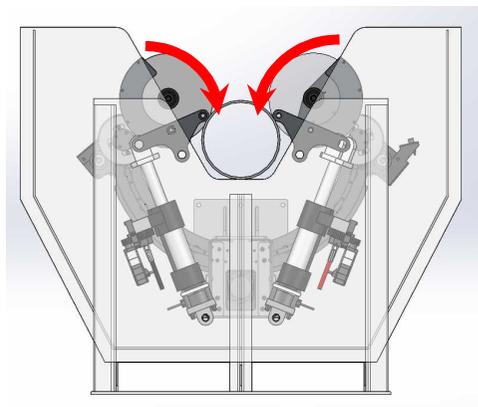
3 - 2 - 3. 斜材の切断手順

■ 斜材については、押し切りで切断する計画

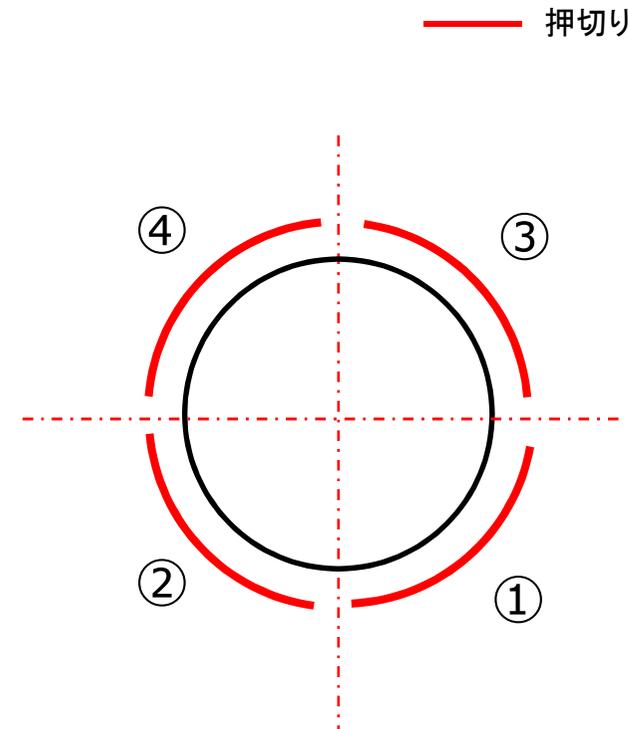
■ 切り方手順

1. ①～④を押し切り。

※筒身と比べて径が小さく、断面が変形しにくいいため、
実証試験と同様の環境と想定。



押し切りイメージ



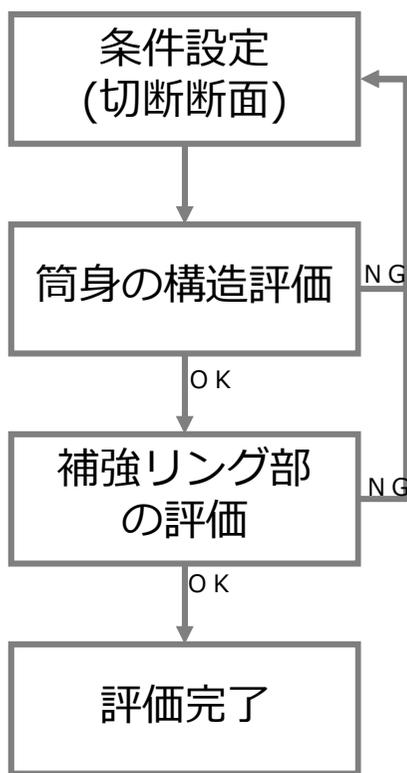
3 - 3 - 1. 不具合発生時の対応

- 筒身と鉄塔は支持リングを介して溶接固定されている。
- 作業中における不具合発生時の構造安定性を確認するために、建築基準法に定める算定式に基づく風圧力に対して、筒身を約70%切断し、支柱材を全て切断した状態で相当の裕度で許容応力に収まることを解析で確認している。(3 - 3 - 1 参照)
- Step1筒身50%切断, Step2斜材切断作業中に装置不具合が発生した場合は, 吊り下ろす対応を前提とする
- Step3の支柱材切断完了後(筒身切断約50%)及び筒身切断約70%時点を判断ポイントの目安とし, 状況に応じて事前に検討している対応策を適用する。

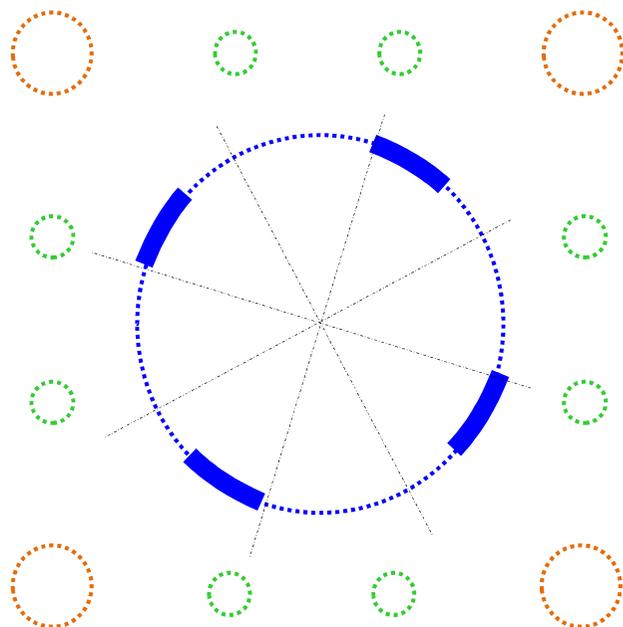
不具合発生時 切断進捗率	対策方針
概ね50%以下	解体装置を地上に吊り下ろし, 原因追求を行った上で, 対策完了後作業再開する。対策に時間を要する場合は, 後日作業を再開する可能性有り。
約50%超過 約70%以下	休工を挟むこと無く解体作業を継続する。 原則として, 解体装置を地上に吊り下ろし, 対策完了後ただちに作業再開する。
約70%を越える	休工を挟むこと無く解体作業を継続する。 原則として, 解体装置を下ろさずに, 予備機(不具合が発生していないチップソー等)を使用した遠隔操作, または, レスキューBOXにて装置に寄りつき, 人にて装置復旧もしくは切断作業実施する。

3-3-2. 解体作業時の断面検討(鉄塔筒身一体型)

- 作業途中の一時的な状態の評価のため、建築基準法相当の風荷重に対して評価を行い、鉄塔部材は全て切断し、筒身断面の約70%切断時であっても、構造安全性に問題が無いことを確認している。

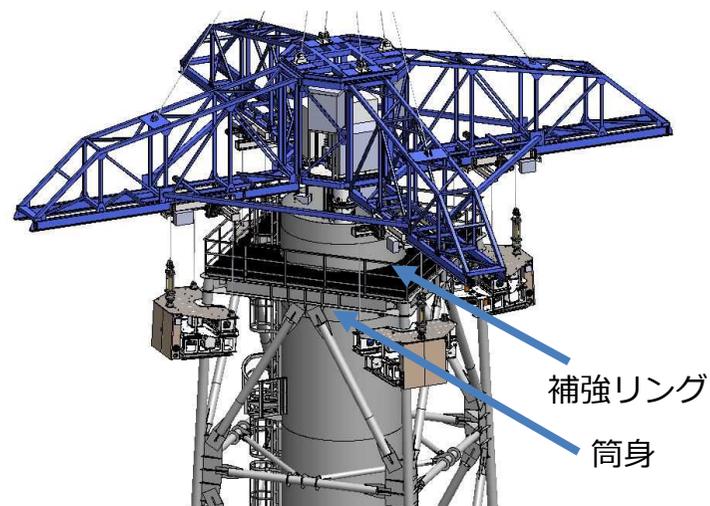


評価のフロー



- 凡例
- (実線)未切断部分
 - (青線)筒身
 - (点線)切断済部分
 - (橙線)支柱材
 - (緑線)斜材

今回評価の断面
(筒身約70%切断)



評価対象部位

3-3-3. 解体作業時の断面検討(鉄塔筒身一体型)

■ 下記条件で風荷重に対する評価※¹を行い、構造安全性が確保されていることを確認している。

◆ 排気筒切断状況

筒身75%切断、主柱全4本切断、斜材全8本切断

◆ 評価対象

筒身、補強リング(筒身と鉄塔接続部)

◆ 算定式(建築基準法施行令第87条)

$$W = q \cdot Cf$$

$$q = 0.6 E V_0^2 \quad (E = E_r^2 Gf)$$

W [N/m²] 風圧力
 q [N/m²] 速度圧
 Cf 風力係数
 Er 平均風速の高さ方向分布係数
 Gf ガスト影響係数(平均風に対する瞬間最大風の応答比)
 Vo [m/s] 基準風速(地表における10分間平均風速)

◆ 検討条件

- ✓ 基準風速V₀ = 30 [m/s]
(建築基準法で定められる福島県の基準風速)
- ✓ 地表面粗度区分：Ⅱ
(建築基準法で地域ごとに規定)
- ✓ 風圧力は今回切断高さ(地上110m付近)で評価
- ✓ 筒身切断部材の高さは計画値の約2.5mで評価

◆ 評価結果

	発生応力度		許容応力度		検定比	判定
	$s\sigma_c$ (N/mm ²)	$s\sigma_b$ (N/mm ²)	$s f_c$ (N/mm ²)	$s f_b$ (N/mm ²)	$\frac{s\sigma_c}{s f_c} + \frac{s\sigma_b}{s f_b}$	
筒身	6.6	4.3	235	235	0.05	OK

	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	検定比	判定
補強リング※ ²	10.8	117	0.10	OK

記号の説明

- $s f_c$ 圧縮応力に対する許容値
- $s f_b$ 曲げ応力に対する許容値
- $s\sigma_c$ 圧縮応力
- $s\sigma_b$ 曲げ応力

※¹ 建設時工事認可図書より、静的地震力(震度0.3)よりも、風荷重が卓越することを確認している。

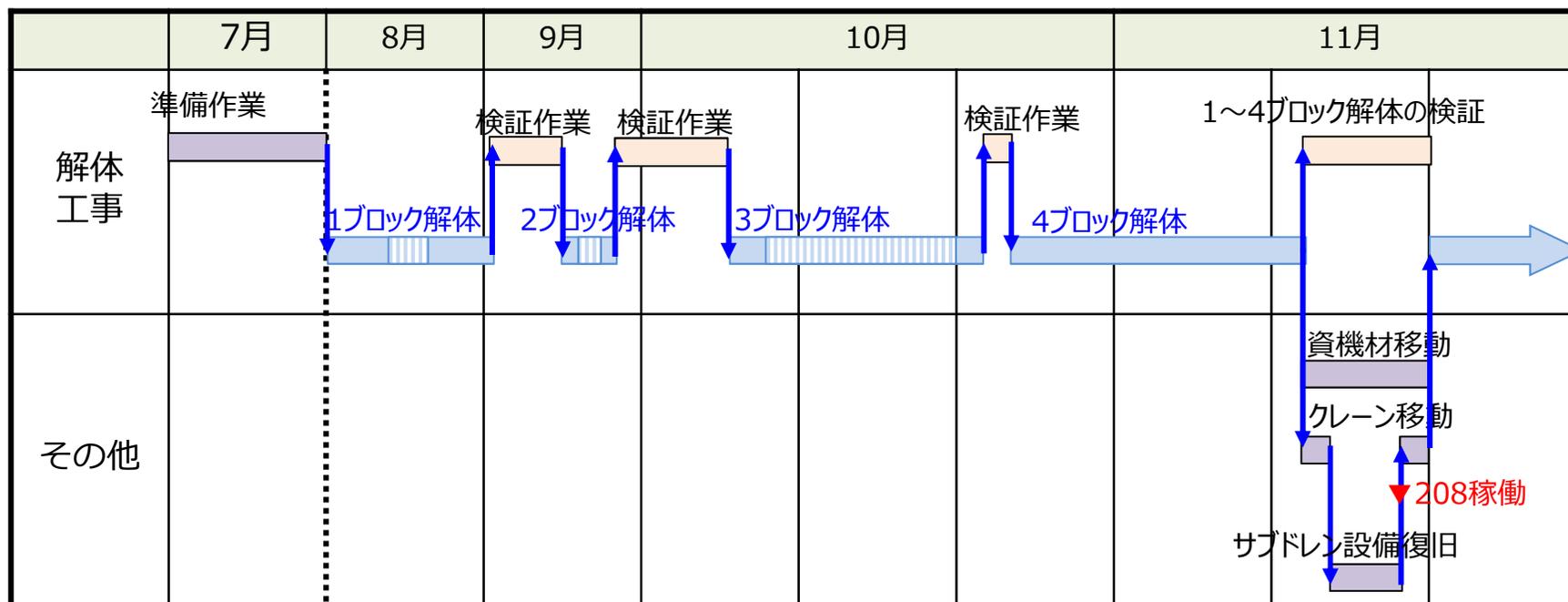
※² 建設時構造計算書より、補強リングの隅肉溶接部の許容応力度を引用(単位換算のみ実施)

5. スケジュール

- 3ブロック目は、見直した作業計画に基づき作業を進めた結果、切断作業を概ね計画通りに進めることができた。
- 今後、4ブロック目の解体を終えた後、これまでの解体作業の検証とサブドレン復旧作業を並行して実施し、5ブロック目以降の工程見直しを行う。

排気筒解体工事 工程表

台風による作業中断期間

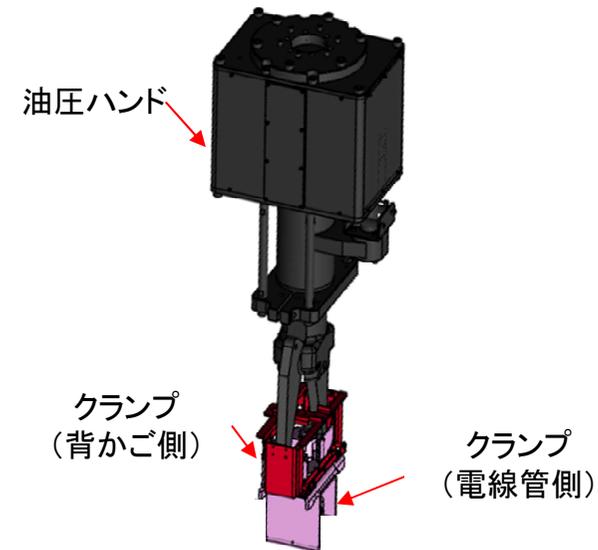
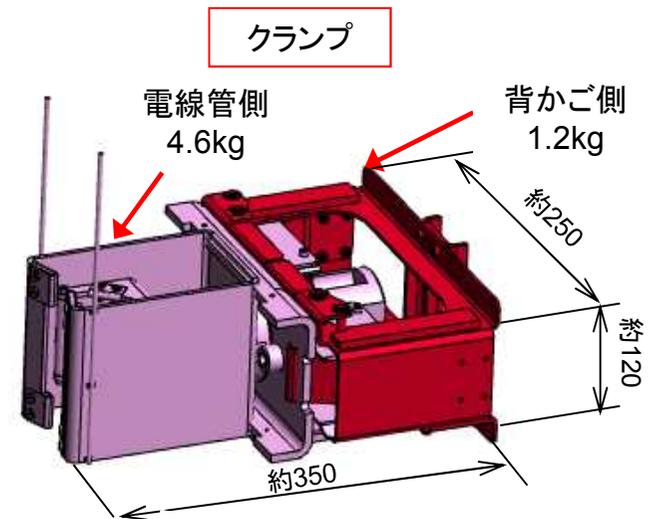
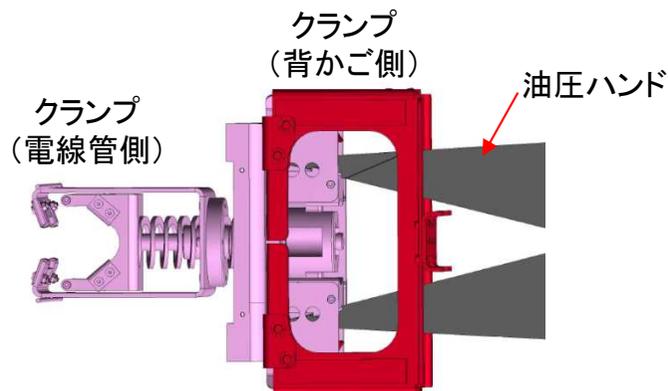
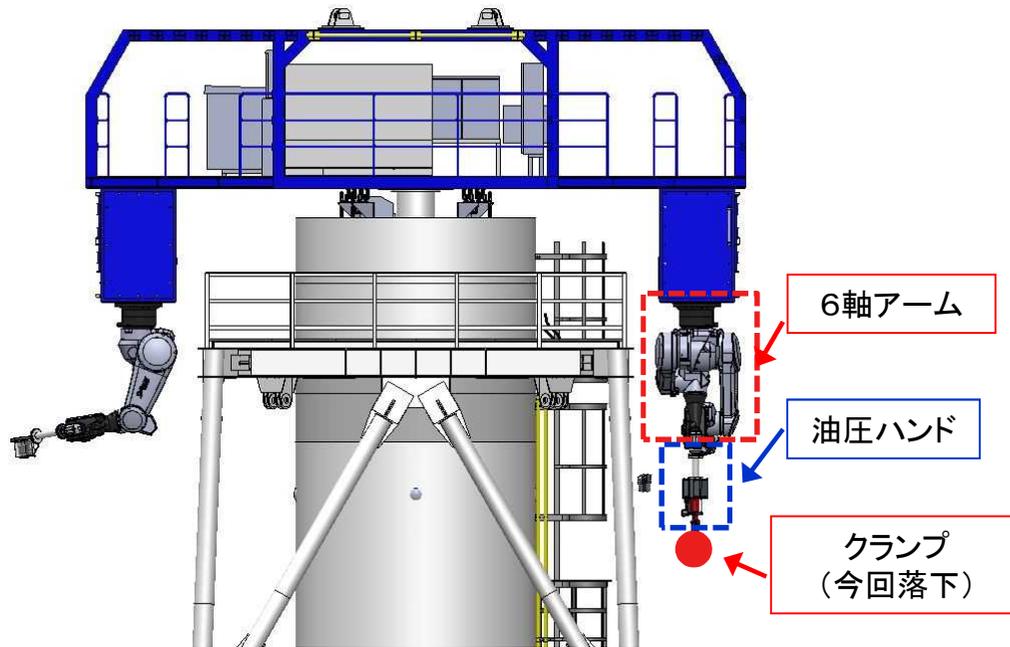


※天候などにより工程は見直しになる可能性がある

作業進捗

4-1. クランプ落下事象について (1/4)

●電線管に取り付ける前に6軸アームに付けている油圧ハンドで把持していたクランプ（落下防止金具）が6軸アームを下に向けた際に排気筒真下に落下したが、立ち入り禁止エリアを設定しており安全上問題はないことを確認している。



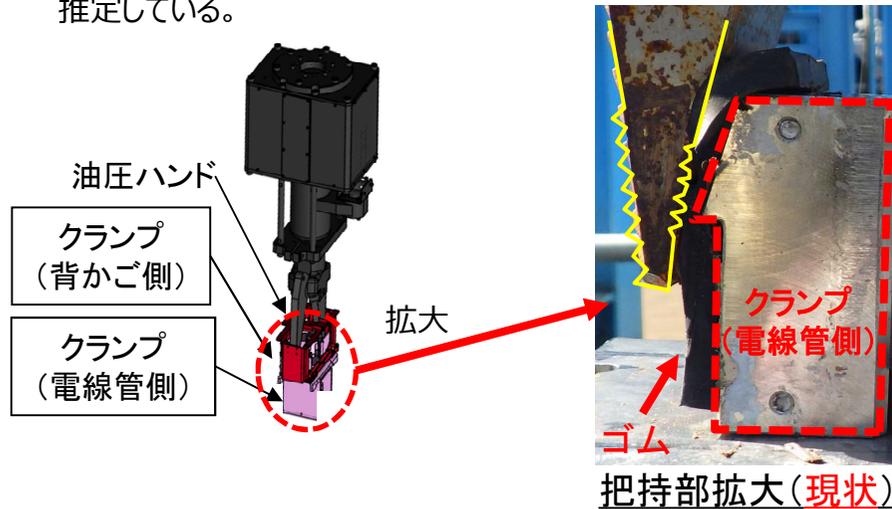
油圧ハンドはクランプ(電線管側)を挟んで把持
(背かご側と電線管側は吊上げ時点で一体)

4-2. クランプ落下事象について (2/4)

原因①油圧ハンドとクランプの形状と対策

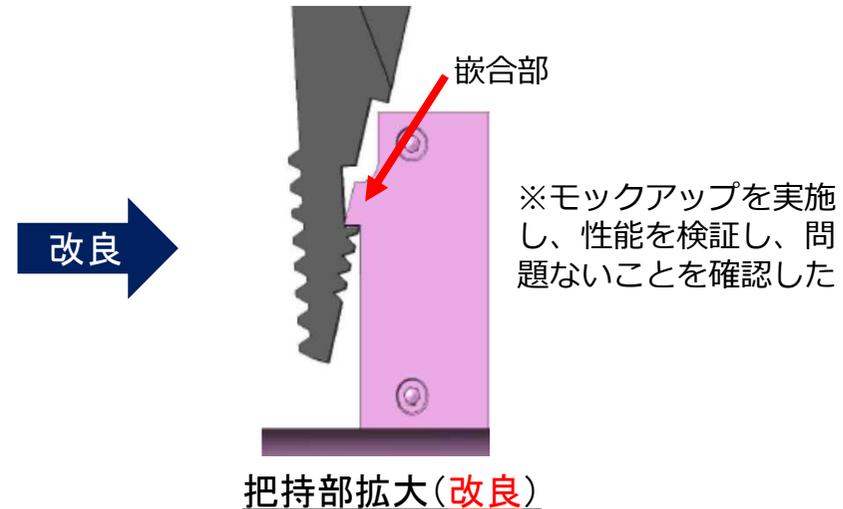
【現状】(原因)

接触部のかかりが不十分の為、ゴムの摩擦でクランプを把持していた。
ゴムとクランプ(電線管側)の接着面が弱まり、クランプが落下したと推定している。



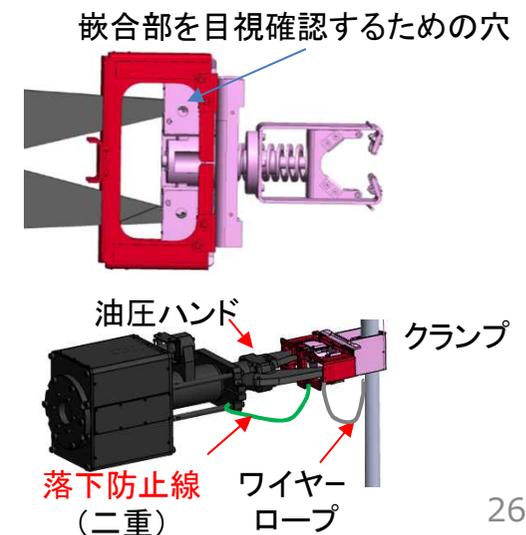
【改良】

油圧ハンド先端とクランプの接触部形状を見直す。(ゴムは取り外す)



原因② 油圧ハンドとクランプの把持確認が不十分

- 油圧ハンドによるクランプの把持について、以下の通り手順の見直しを行う
 - 水平状態に加えて、油圧ハンドを下向きにした状態でも把持状態の確認を行う
(目視確認およびクランプを揺り動かしてもズレないことを確認する)
 - 油圧ハンドとクランプの嵌合部を目視確認する



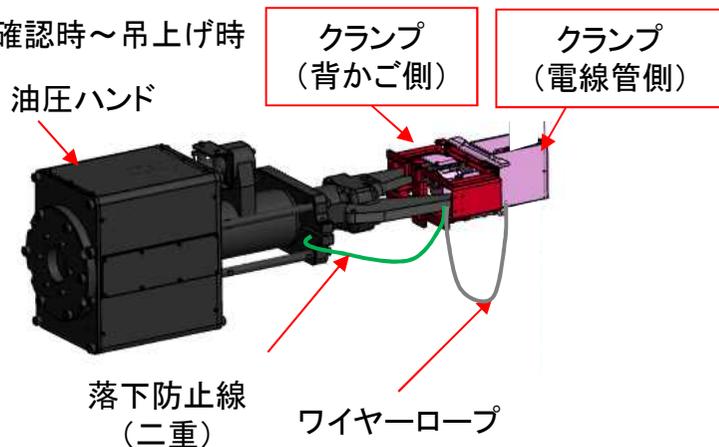
原因③ 落下防止線の付け忘れ

- 落下防止線の取付けおよび取付け確認漏れを防ぐため、以下の通り手順の見直しを行う
 - クランプは、落下防止線を取付けてから現場に持ち込む
 - 落下防止線の取付けについて、現場責任者が確認する他、装置吊り上げ前に、エイブル本部に、取付けを確認した旨の報告を受けてから作業を開始する。
- ⇒見直した手順は手順書、チェックリストへ反映する

4-3. クランプ落下事象について (3/4)

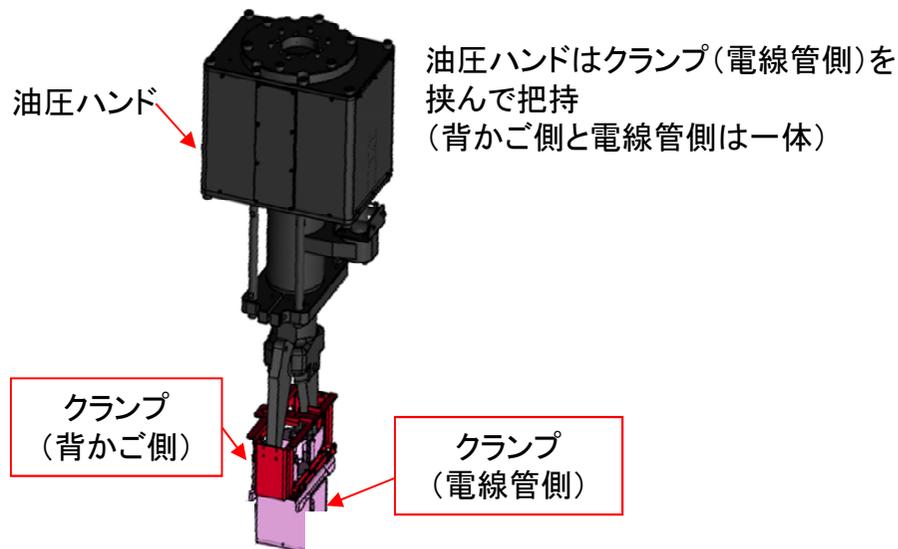
〈参考〉クランプ機構 (1/2)

①取付・確認時～吊上げ時

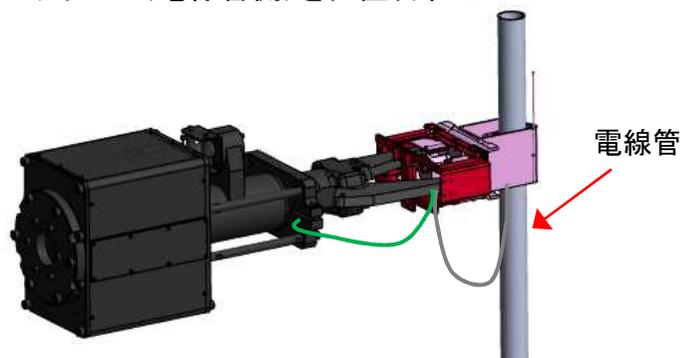


油圧ハンドはクランプ(電線管側)を挟んで把持
(背かご側と電線管側は一体)
水平の状態を目視および揺らして固定を確認

②アームと排気筒の干渉回避時(今回、クランプ落下時)

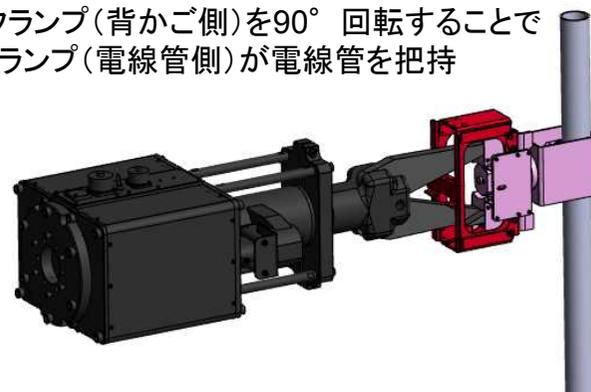


③電線管にクランプ(電線管側)を位置合わせ



油圧ハンドはクランプ(電線管側)を挟んで把持
(背かご側と電線管側は一体)

④クランプ(背かご側)を90°回転することで
クランプ(電線管側)が電線管を把持

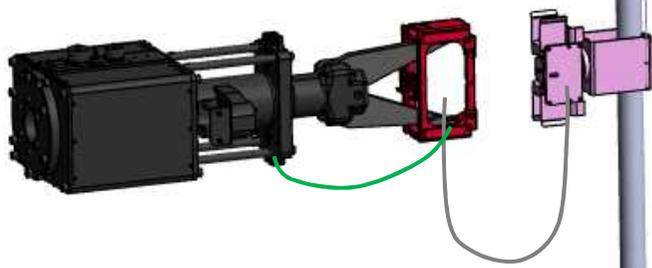


油圧ハンドはクランプ(電線管側)を挟んで把持

4-4. クランプ落下事象について (4/4)

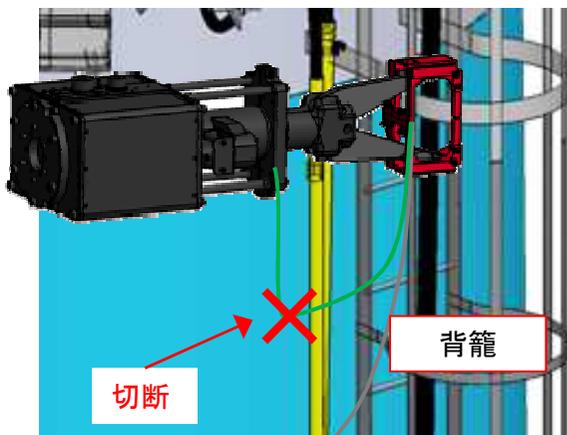
〈参考〉クランプ機構 (2/2)

- ⑤ 油圧ハンドを開いて
クランプ(背かご側)を引き抜く



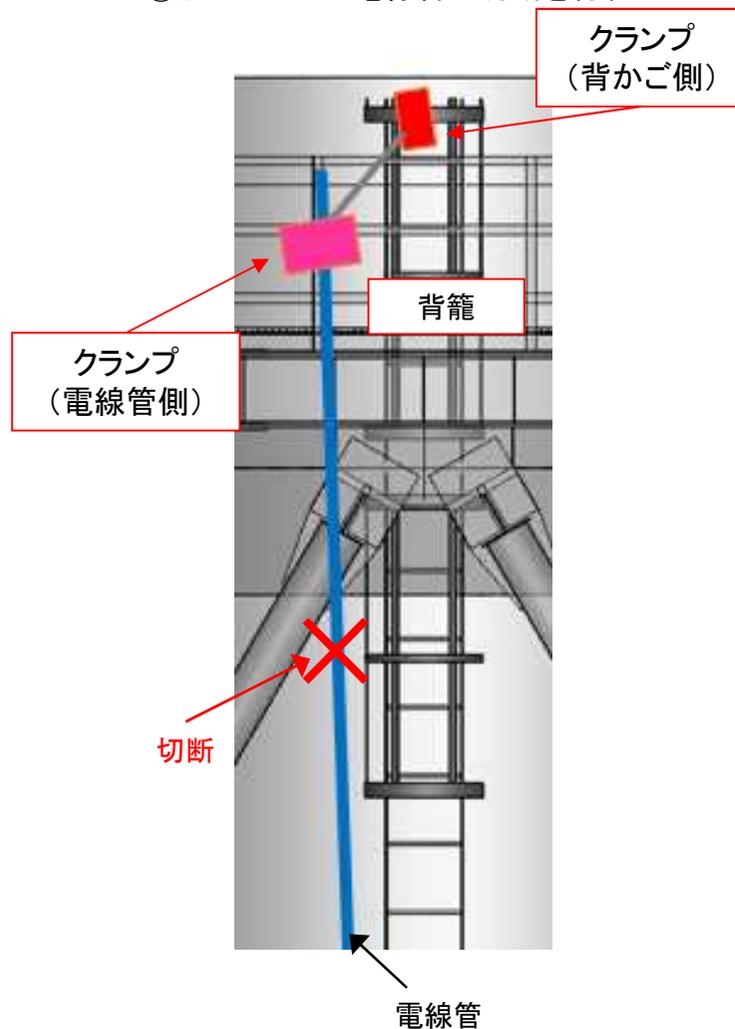
油圧ハンドを開いてクランプ(背籠側)を把持

- ⑥ クランプ(背かご側)を背籠かご横地に引っ掛ける
油圧ハンドを閉じてクランプ(背かご側)から取外し
油圧ハンド(はさみ部)で落下防止線を切断



油圧ハンドを開いてクランプ(背籠側)で把持

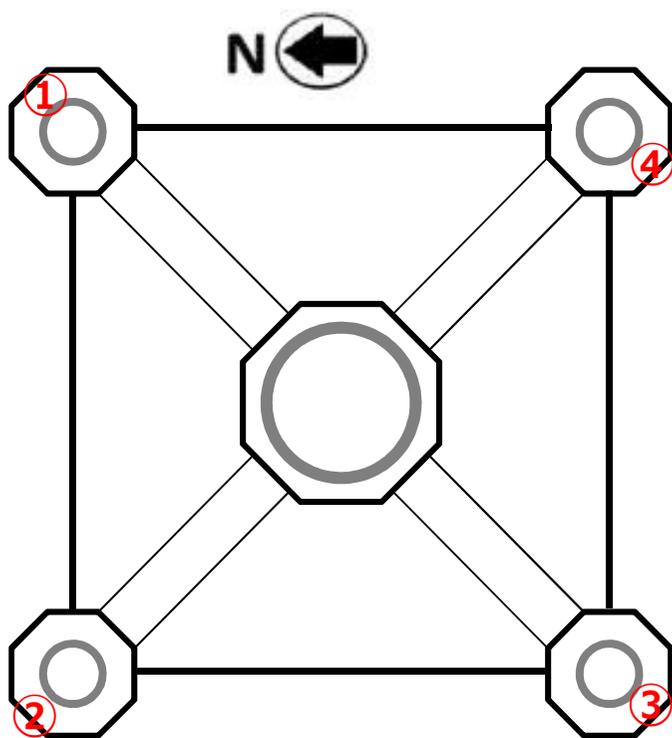
- ⑦ 油圧ハンドで電線管の切断を行う



参考資料

参考. 鉄塔脚部の汚染状況調査結果

- 2019/5/10に鉄塔下部(地上1m,1.5m)のスミヤ採取を行い, β 汚染は最大55Bq/cm², α 汚染は未検出(<0.064Bq/cm²)であった。



採取箇所配置図

表面汚染密度(間接法)

2019.5.10 測定

No.	高さ (地上[m])	Gross [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]
①	1.0	500	4.9
	1.5	450	4.2
②	1.0	250	1.6
	1.5	190	0.79
③	1.0	4300	55
	1.5	3600	46
④	1.0	1800	22
	1.5	2000	25

【参考】天候不良時（風等）_悪天候時の作業中止基準



天候の種類	中止基準	いつ	誰が	確認方法	基準適用作業	対応	作業再開基準	
強風	10分間の平均風速が毎秒10m以上の風 筒身解体装置・鉄塔解体装置設置時 初回解体作業時は風速3m/s以上※ それ以外は風速5m/s以上 ※回転制御ファンの操作性から設定	作業開始前	工事担当者 (指揮者)	気象予報ソフト	クレーンを使用する作業	作業を中止する	強風、大雨、大雪が収束し、15分様子を確認し風が収まった状況を確認(風速) 15分間風速が想定値以内に収まることを確認する(大雨・大雪) 15分間の現場状況や気象予測を確認し、工事担当者(指揮者)、工事責任者、主管Gで協議して再開を判断	
大雨	1回の降雨量※が50mm以上の雨							
大雪	1回の降雪量※が25cm以上の雪							
落雷	雷光から雷鳴までの時間が30秒又は雷鳴が聞こえた時(雷雲からの距離がおおよそ10km) 雷光から雷鳴までの時間が20秒以内になった時(雷雲からの距離がおおよそ7km)	作業中	当社監理員	現地にて確認	クレーン作業等重機を使用する作業	作業を中止し、直ぐに避難できる様に準備を行う	落雷が収束した状況を確認	
竜巻	竜巻注意情報発令後、当社監理員より連絡受領後直ぐ				全作業	全ての作業を中止し、一旦多核種ヤードへ避難する 多核種ヤードでは安全確認後、点呼を取り、企業厚生棟に移動する		竜巻注意情報解除を確認
地震 (中震以上)	震度4以上の地震				当社監理員より作業責任者へ指示後、全ての作業を中止し、一旦多核種ヤードへ避難する 多核種ヤードでは安全確認後、点呼を取り、企業厚生棟に移動する	地震後点検完了後、当社監理員による再開指示		
津波	津波警報発令後、当社監理員より連絡受領後直ぐ			注意報発令の発話(緊急時対策本部)			津波警報解除を確認	

※本工事では当該日のクレーン作業時間内に予想される降雨・降雪総量とする