

福島第一原子力発電所 1/2号機排気筒解体工事の進捗について

2019年9月2日



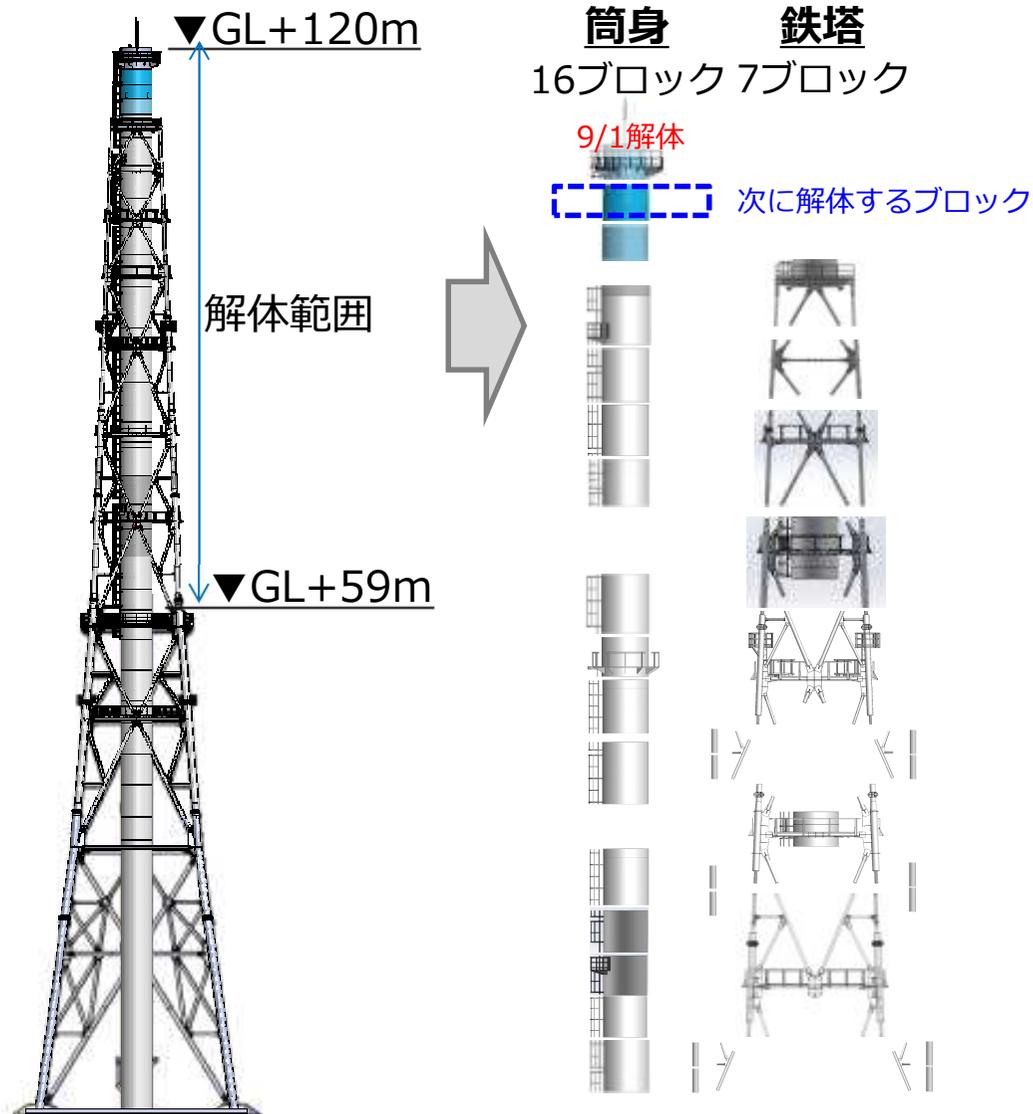
東京電力ホールディングス株式会社

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た。（付属品の一部切断を実施：P.3参照）
- 8月7日からは筒身本体の切断を開始したが、頂部ブロックの筒身断面約50%の切断まで完了した段階で、解体装置の動作不良等（参考2,3参照）が発生したため、切断作業を一時中断した。
- 解体装置の動作不良については、構外に保管していた予備品への交換等により8月8日に不具合は解消したが、台風が近接していたため、クレーンの台風対策を実施し、切断作業は台風通過後に実施することとした。
- 8月21日から切断作業を再開し、8月7日時点で切り残していた溶接部1箇所を切断したが、解体装置の動作不良で再度中断した。（筒身頂部ブロックの切断範囲は約50%）
- 動作不良があったチップソーについては、構外に保管していた予備品への交換等を行い、8月30日より再開し、9月1日に頂部ブロックの解体が完了した。（詳細時系列は、参考1参照）

2. 解体計画概要

- 排気筒は60mの高さを23ブロックに分けて解体する計画。
- 現在は筒身の2ブロック目解体に向けて準備中。



ブロック解体とは別に、単体で除却する部材も有り（約60ピース）

主な解体部材

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

3-1. 作業の状況①

- 8月1日に筒身の付属品切断を開始し、8月6日には付属品切断作業が完了した。【写真①②】
- 8月7日に頂上ブロックの切断作業を開始し、筒身の約50%まで切断が完了した。【写真③④】



【写真①】 解体装置の設置状況 (8月1日)



【写真②】 背カゴの切断作業写真 (8月1日)



【写真③】 ドリルシャックリング設置状況(8月7日)



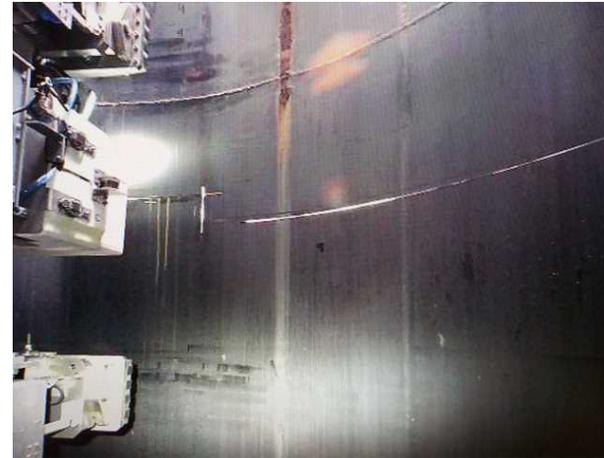
【写真④】 筒身内部の切断状況(8月7日)

3-2. 作業の状況②

- 9月1日には頂上ブロックの切断作業が完了し、地上への吊り下ろしが完了した。



【写真⑤】 切断作業状況・外側(9月1日)



【写真⑥】 切断作業状況・内側 (9月1日)



【写真⑦】 吊り下ろし状況(9月1日)



【写真⑧】 解体前後の比較 (9月1日)

4. 解体部材の線量測定状況（速報）

- 吊り下ろした解体部材について、2号機原子炉建屋西側で、解体部材内側の線量測定(東西南北の4方向)を行った結果、当該エリアの線量(γ 線)と同等の約0.04mSv/hであった。
- なお、4月に測定した際の頂部ブロック内部の線量(γ 線)は0.07~0.08mSv/hであった。



【写真⑨】 解体した部材

5. これまで解体工事中に発生した事象

- 8月1日の解体工事着手以降、解体装置の動作不良等が発生しているが、予め準備をしていた予備品への交換や作業手順の見直し等により対応。上記に加えて、熱中症やクレーン不具合も発生しているが、対策を実施の上、作業は再開している。
- 今後も、安全最優先で作業を進めるため、作業の中で不具合が発生や悪天候を予見した場合には、一度立ち止まり、対策を検討して着実に作業を進めていく。

番号	発生日時	事象	原因	対策
1	8月1日	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。
2	8月1日	筒身解体装置のカメラが避雷針に接触し脱落。	回転スピードが速過ぎたことで、回転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月7日	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月7日	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月21日	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. スケジュール

- 悪天候や装置の動作不良等に伴い、着手時の計画（8月下旬に4ブロック解体完了）に対して、現時点で約4週間の遅れが発生しているが、予備日等に作業をすることで2019年度内の解体完了を目指す。
- なお、1ブロック目の解体完了時期が遅れていることから、4ブロック解体後に計画していたサブドレン208の復旧時期は、現時点で9月下旬以降になる見込みである。
- 頂部ブロックの解体作業を通じて得られた知見も解体作業に反映し、引き続き安全最優先で、着実に作業を進める計画。

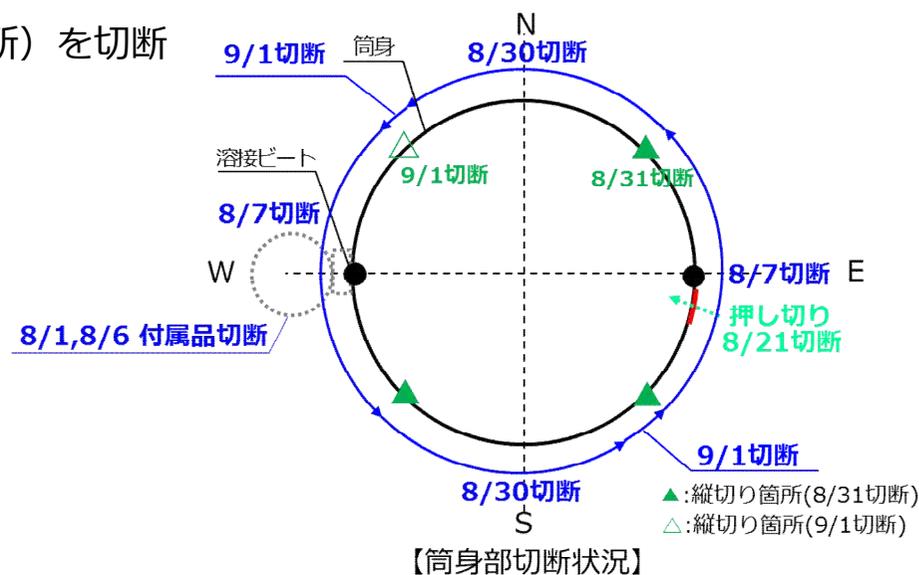
排気筒解体工事 工程表

	7月	8月			9月	
解体工事	資機材搬入、架台移動・固定	排気筒解体(1ブロック)			排気筒解体(2~4ブロック)	
その他					サブドレン設備復旧	排気筒解体 資機材移動 クレーン移動 208稼働

※天候などにより工程は見直しになる可能性がある

【参考1】 解体作業の主な時系列

- 8月01日 排気筒解体工事に着手（付属品の一部切断を実施）
- 8月06日 頂部ブロックの付属品切断完了
- 8月07日 頂部ブロックの筒身本体の切断を開始。筒身の周方向断面で約50%を切断
- 8月21日 溶接部（1箇所）を切断
- 8月30日 06:33 解体装置の吊り上げ開始
13:29 切断作業開始
14:47 通信不良発生（16:33 復旧）
18:20 切断作業再開（31日 1:00頃 切断作業中止）
- 8月31日 08:50頃 クレーン下部からの油漏えい確認
10:18 切断作業再開
10:40 通信不良発生（11:40 復旧）
11:50 縦切り箇所（1箇所目／全4箇所）を切断
13:05 通信不良発生（14:22 復旧）
14:45 クレーン点検（漏油対応）完了
16:38 縦切り（2箇所目）を切断
16:58 縦切り（3箇所目）を切断
19:27 主発電機停止（燃料切れ）
- 9月01日 06:54 主発電機への給油完了
11:52 切断作業再開
12:00 縦切り（4箇所目）の切断
15:07 頂部ブロックの筒身切断完了
15:20 頂部ブロックの吊り下ろし開始
16:10 頂部ブロックの吊り下ろし完了



【参考2】筒身切断装置の一部動作不良について

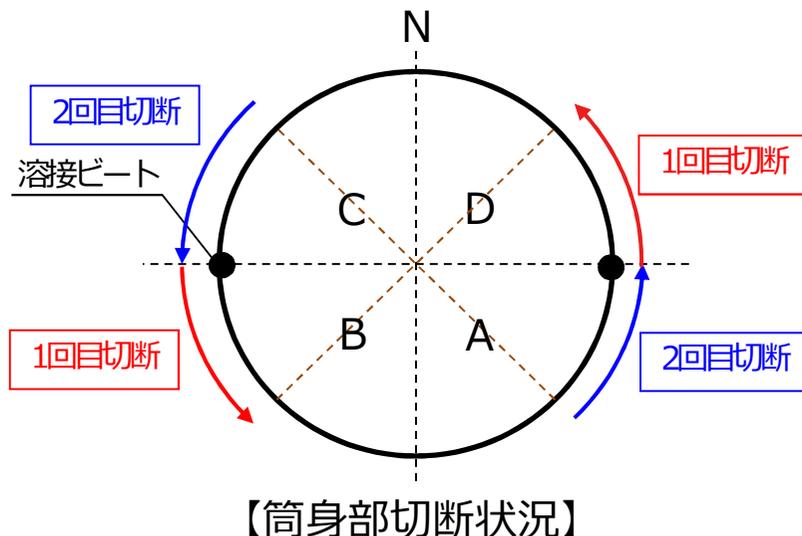
【概要】

- 8月7日、午前7時から筒身解体装置吊り上げを開始し、午前9時11分に筒身切断作業を開始しました。その後、チップソーの刃4枚のうち2枚（AとC）の摩耗が早かったことから刃を2枚交換する必要があると判断した。交換後に再度、排気筒頂部へ解体装置を設置し切断を開始しようとした際に、チップソー（A）が動作しないことを確認した。
- 刃の摩耗及びチップソー（A）の動作不良の原因については、10cm程度の溶接ビート廻り（熱影響部）が溶接時の熱による影響で硬化していたことにより、刃及びモーターの部品（カーボンブラシ※）に過負荷がかかり、摩耗したことが原因と判断した。

【対応状況】

- 硬かった溶接ビート廻りを切断する際は溶接ビート同様に刃及びモーターの過負荷にならないように押し切りで丁寧に切断することにより、チップソーの刃の摩耗やモーターの負荷を軽減させる工法に変更する。（Cについては押し切りにて実施済み）

※カーボンブラシとは、電動工具のモーター回転させるために必要な部品であり、モーター内で電気を一方向へ流す役割をしている。



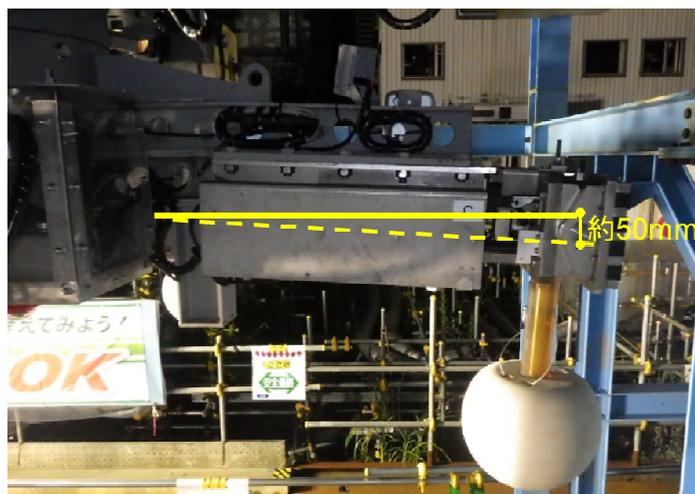
【参考3】内周切断装置におけるクランプ傾きについて

【概要】

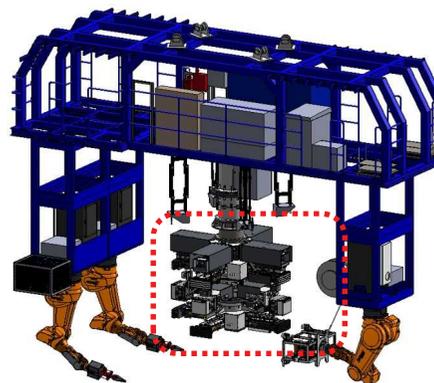
- 8月7日の作業終了後の点検で、内周切断装置の把持装置（以下、クランプ）Cの下段が約50mm傾いていることを確認しており、8月8日、内周切断装置を予備品に取替える作業を実施した。
- クランプを排気筒頭頂部から引き上げる際は、強風時に装置と筒身の接触時の衝撃を小さくするために、クランプを必要な分張り出した状態で保持したまま引き上げる手順としており（頂部内径3m 筒身3.2m）、吊り上げた際に下クランプがひっかかったと推測。

【対応状況】

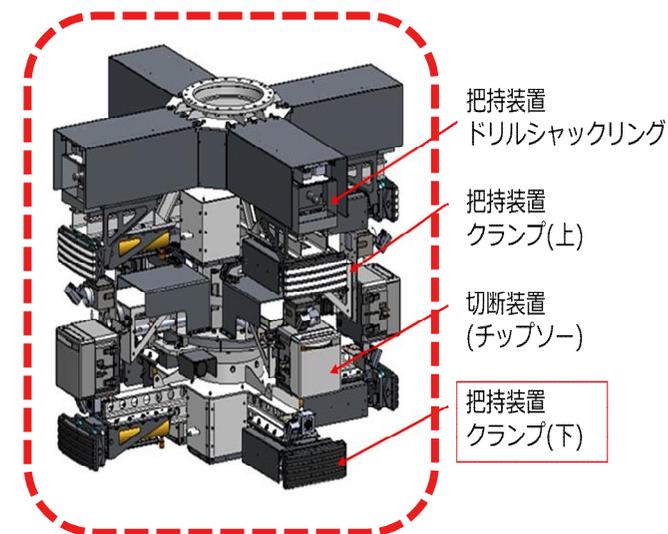
- カメラにてクランプ先端と筒身との接触状況を確認しながら、ゆっくり引き上げるとともに、下クランプを15cm縮め吊り上げることを実施する。



【傾きが確認されたクランプ（C）】



【筒身解体装置】



【内周切断装置】

【参考4-1】筒身切断装置(チップソー) の動作不良について(概要)

【概要】

- 8月21日 午前8時18分から筒身解体装置吊り上げを開始し、午後1時45分に筒身の切断を開始した。(8月7日に切り残した北西側溶接ビート廻りをチップソー (A) で切断。)
- その後、午後3時頃から残りの筒身をチップソー (BとD) で切断開始しようとした際に、チップソー (B) が動作しないことを確認した。
 - ※ 吊り上げ前の動作確認時はすべてのチップソーが正常に動作することを確認済み。

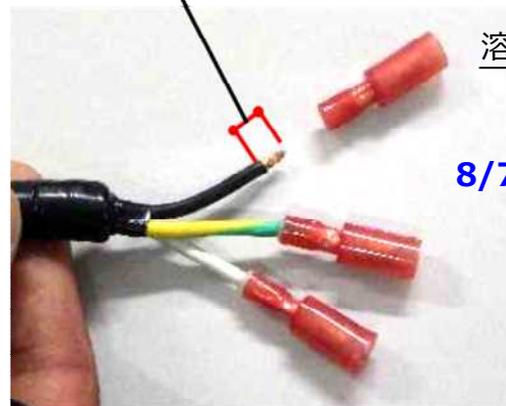
【不具合調査の結果】

- 解体装置を地上に下ろした後、装置を取り外すためにケーブル接続箇所の保護チューブを外したところケーブル3本の接続部のうち1本が圧着部より外れていることを確認した。
- 圧着部のケーブルの剥き代長さを測定したところ、剥き代の規定寸法7mm～8mmに対して、外れたケーブルの剥き代は5mmであることを確認した。
- 適正工具は使用していたものの剥き代の数値管理ができていなかった。

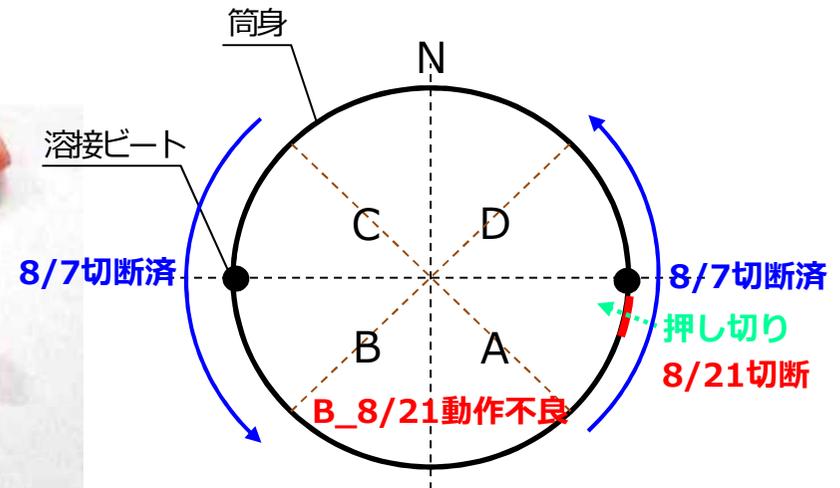
規定寸法では7mmだが実測結果は5mm



【チップソー本体】



【圧着端子写真】



【筒身部切断状況】

【参考4-2】筒身切断装置(チップソー)の動作不良について(原因と対策)

【不具合事象の原因】

- 当該接続部に対して、ケーブルの剥き代が短いこと、及び圧着端子への挿入部が浅くなっていたことから、チップソー移動時にケーブル接続部へ通常動作時のテンションが加わったことで、接続部が外れたものと推測している。
なお、当該箇所の接続（被覆付圧着端子）は、現場でのモーターの単体交換をしやすいように、当該箇所のみを採用している。

【是正処置】（実施済み）

- チップソーモーター接続部の圧着再施工を実施。
（手順書作成の上、数値管理）

【水平展開】

- 右記フローに従って、直近の切断に使用する解体装置（電気部品・機械部品）の接続部の点検を実施する。（実施済み）
- 残りの解体装置の接続部も使用前までに順次、点検を実施予定。

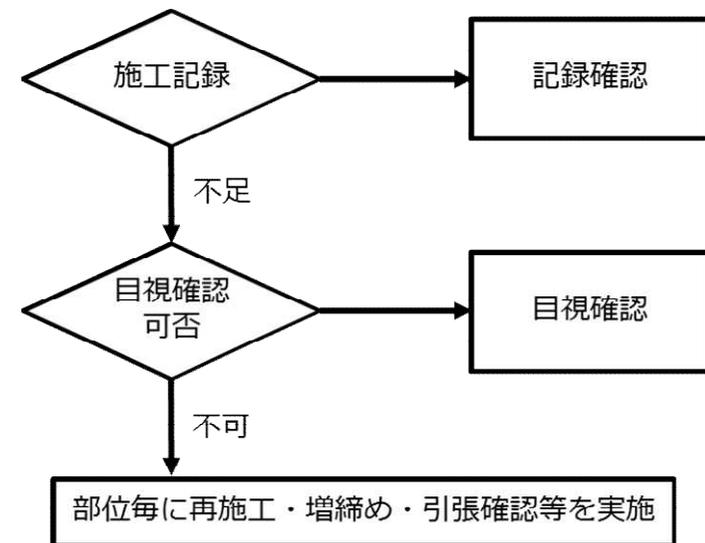


図 点検方法の選定フロー

【振り返り、経時劣化の確認】（今後実施予定）

- 解体作業のワンスルー※（4ブロック解体）を実施後に、解体手順および解体装置の運用に関する振り返りを実施し、より確実性を高めて以降の解体作業を実施する。
- また、摺動部を対象として、劣化状況の確認を実施する。

※筒身切断、鉄塔斜材切断、鉄塔支柱切断（一括除却による）の一連の解体装置使用

【参考5】作業中における不具合発生時の対応方針

- 筒身切断については切断開始後直ぐに構造的に不安定になる訳ではなく、縦切り完了(筒身切り離しの直前)までは自立可能な構造となっている。(参考7 参照)
- 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%切断した状態で許容応力に収まることを解析で確認している。(参考6 参照)
- 今回工事では、更に保守的に断面切断約50%時点を判断ポイントの目安とし、対応方針を定めているが、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す ○原因追求を行い、対策完了後作業再開。
50%を越える	原則として、解体完了まで解体作業を継続 ○トラブル内容や切断作業の進捗率により判断。 <ul style="list-style-type: none">・装置回収し、不具合対応後直ぐに作業再開。・予備機(不具合が発生していないチップソー等)を使用し遠隔操作で作業を実施。・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を実施。

【参考6】筒身切断時の断面検討

- 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、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。
- なお、筒身は4つのチップソーで、10cm段違いになるように切断し（詳細次頁）、最後に縦方向に切断線とつなげて切り離すため、その直前までは自立可能な構造となっている。

◆ 算定式(建築基準法施行令第87条)

$$W = q \cdot Cf$$

$$q = 0.6 E V_0^2 \quad (E = E_{r2} Gf)$$

◆ 検討条件

- ✓ 基準風速 $V_0 = 30$ [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：Ⅲ
(建築基準法で地域ごとに規定)
- ✓ 排気筒約70%切断時断面積 227.6[cm²]
- ✓ 風圧力は排気筒再頂部(地上120m地点)で評価
- ✓ 切断部材の高さは保守的に4.2m(実際は約2.5m)で評価

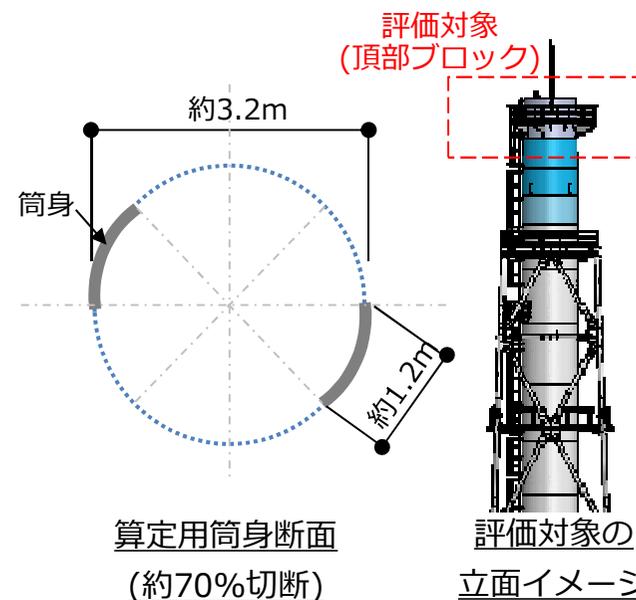
◆ 評価

- 排気筒切断面における風圧力による短期曲げ
 - ・せん断応力が許容応力内であること

◆ 評価結果

	最大発生応力	許容応力	判定
曲げ (短期)	7.8N/mm ²	235N/mm ²	OK
せん断 (短期)	1.2N/mm ²	135N/mm ²	OK

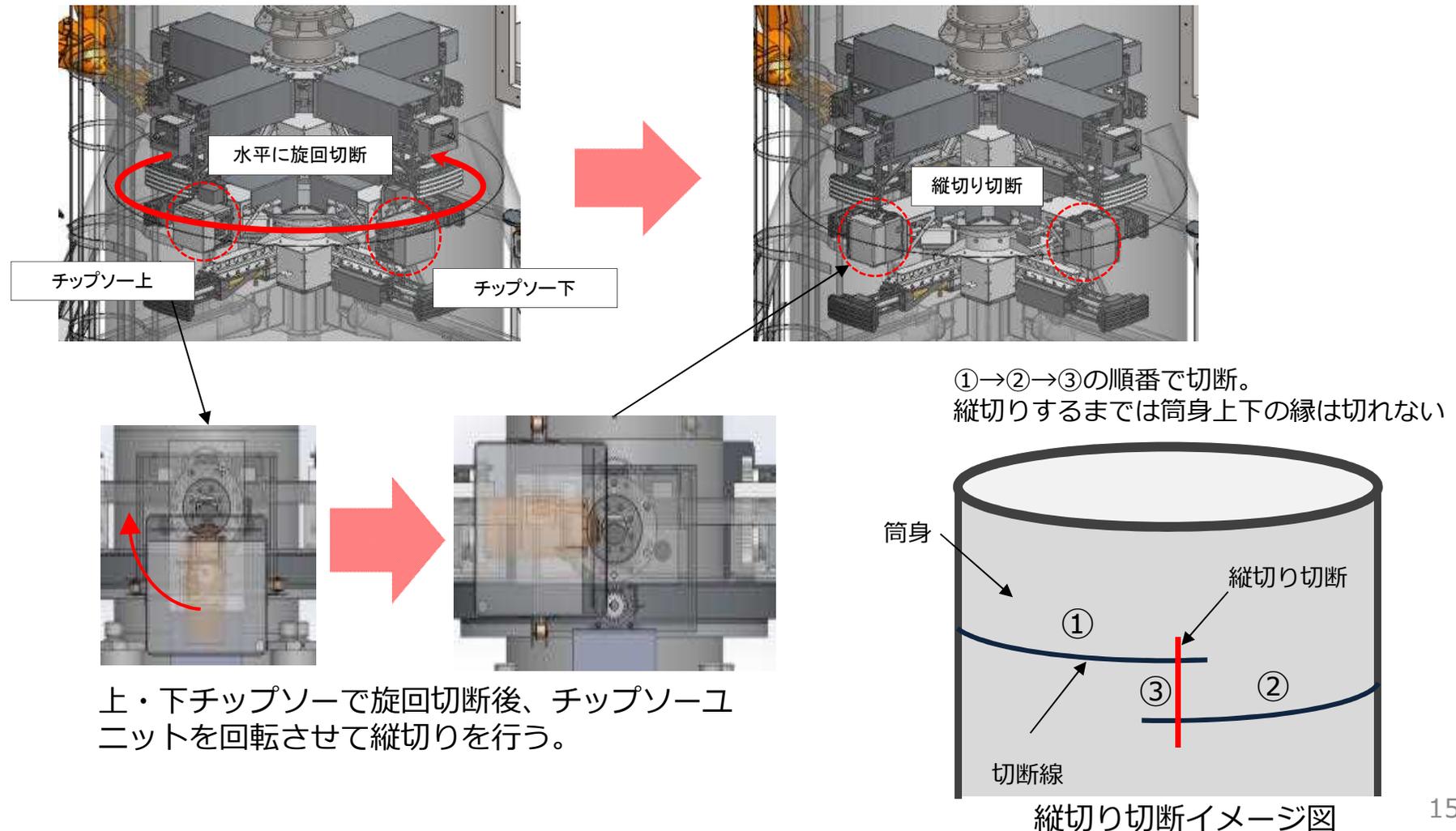
W [N/m²] 風圧力
 q [N/m²] 速度圧
 Cf 風力係数
 E_r 平均風速の高さ方向分布係数
 Gf ガスト影響係数(平均風に対する瞬間最大風の応答比)
 V_0 [m/s] 基準風速(地表における10分間平均風速)



※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。

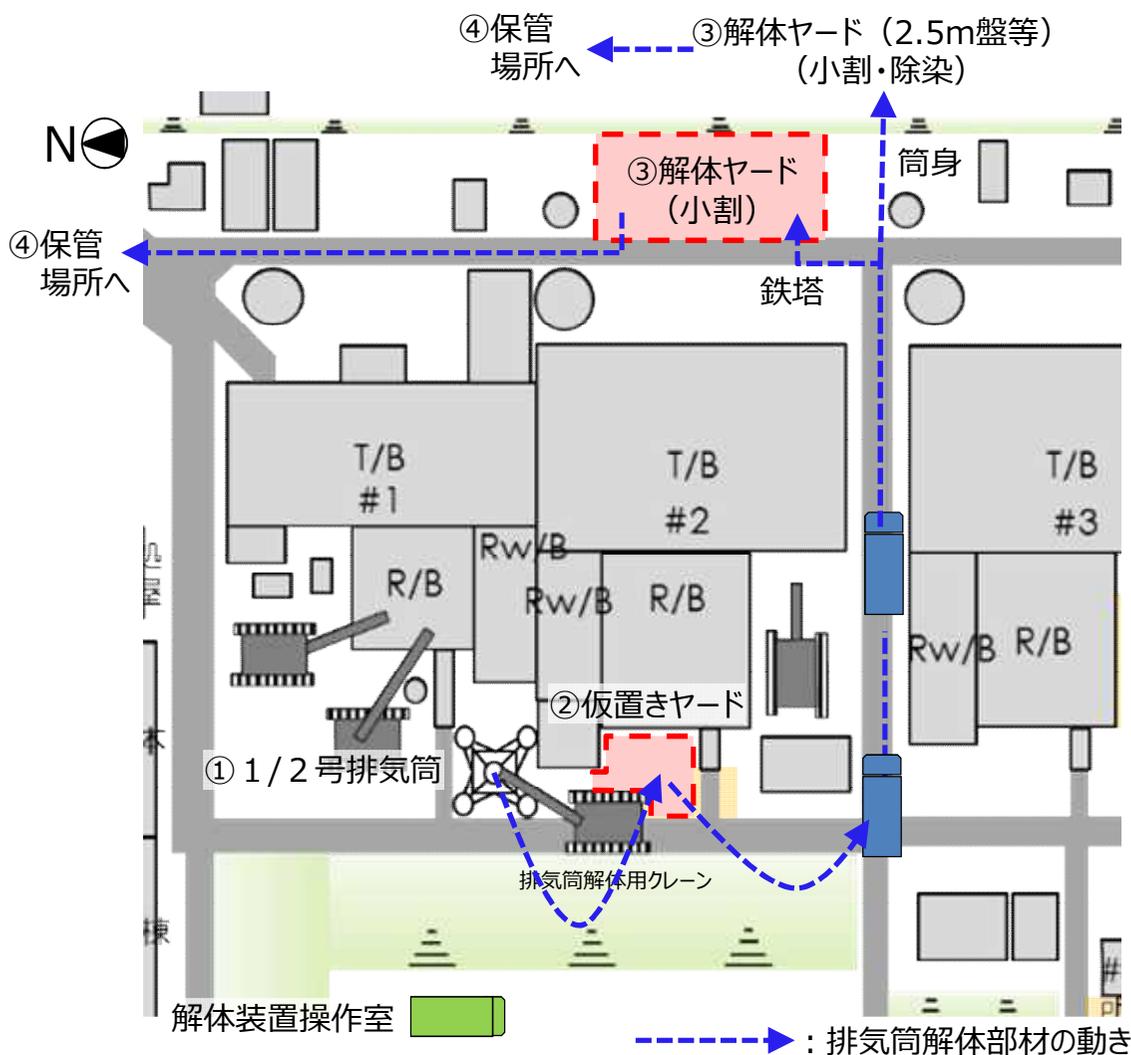
【参考7】筒身切断方法

- 筒身切断のチップソーユニットは、4方向に設置されているが作業状況監視の観点から対角線の2つのチップソーを使用し切断する計画
- チップソーユニットは、チップソーの刃の位置を上下にずらすことで縦切り完了まで筒身の自重が刃に掛けないことで噛み込み防止を図る

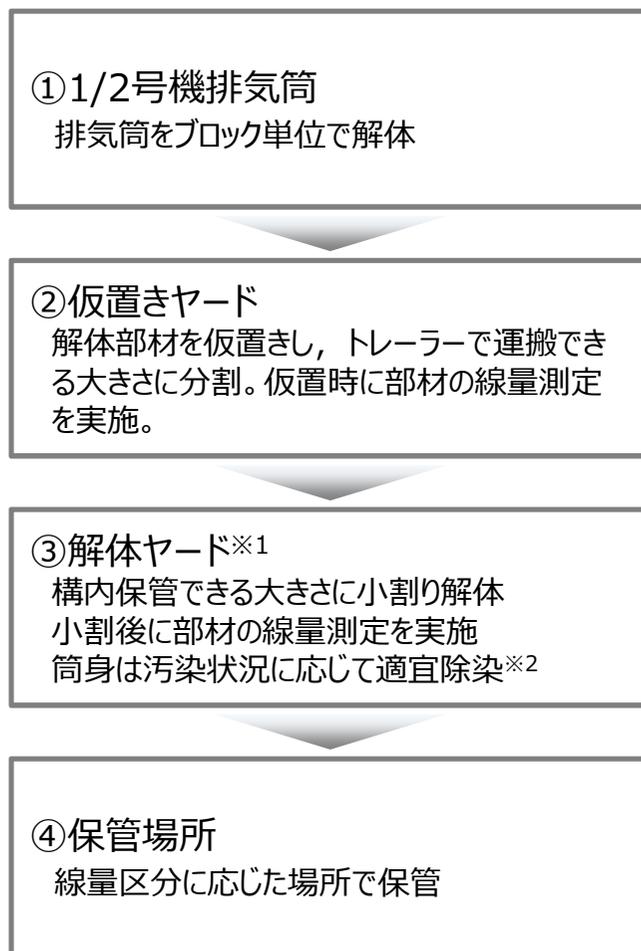


【参考8】全体作業フロー

- 1/2号機排気筒解体における解体から保管までのフローを以下に示す。排気筒はブロック単位で吊り降ろした後、小割解体や除染を適宜行い、線量区分に応じた場所へ保管する。



解体計画配置図



※1 現場状況に応じて解体ヤードは変更する可能性有り
 ※2 汚染が低いことを確認しており、解体物を測定した上で構内既往技術から除染工法を選定し実施する

解体の流れ

【参考9-1】サブドレン208ピット稼働停止の影響評価（通常時）TEPCO

- これまでの凍土壁等の重層的な対策により、45基のサブドレンのうちの一部のサブドレンがメンテナンス等で一定期間停止し、稼働率が低下した場合においても、建屋周辺の地下水位を低位に維持できる状況。
- 過去のNo208の停止中においても、周辺サブドレン（No18,19）のくみ上げ量に大きな変化はなかったことから、建屋周辺の地下水位は維持されていたと推定。
- 以上より、No208が一定期間停止した場合でも、地下水位の上昇は抑制可能であり、建屋流入量にはほとんど影響しないと考えられる。

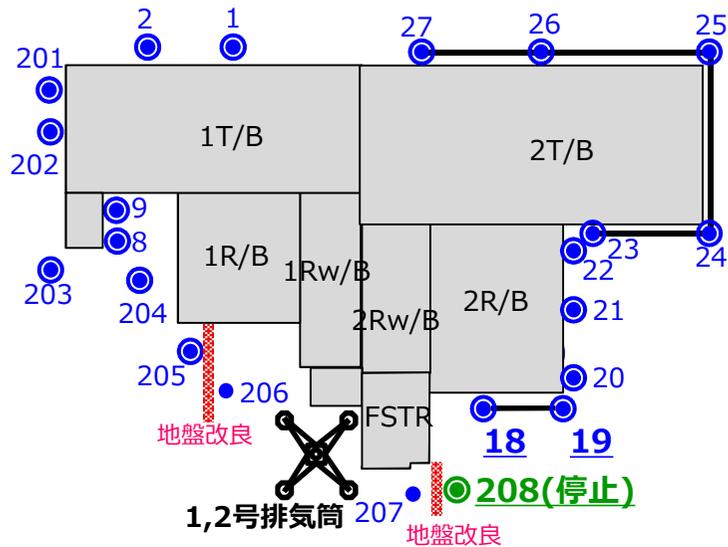
(参考)

- ・直近（4/9～5/12）のNo.208を停止した際のNo.18,19の水位を図1に示す。
- ・No.208の停止前後でNo.18,19のくみ上げ量（ポンプ起動回数）に変化はなく、No18,19周辺の地下水位は208停止後も維持できていると考えられる。

※No.208停止した場合に主に影響を受けるのは、周辺サブドレン(No.18,19)である。

※No.207は、排気筒周辺地盤改良により現在はNo.208の水位連動が小さくなっている。

※No.208の汲み上げ量は24h稼働した場合、推定20~30m³/日程度*。（*ピット内の水位変化・ポンプ稼働時間から概略評価）



サブドレン配置図

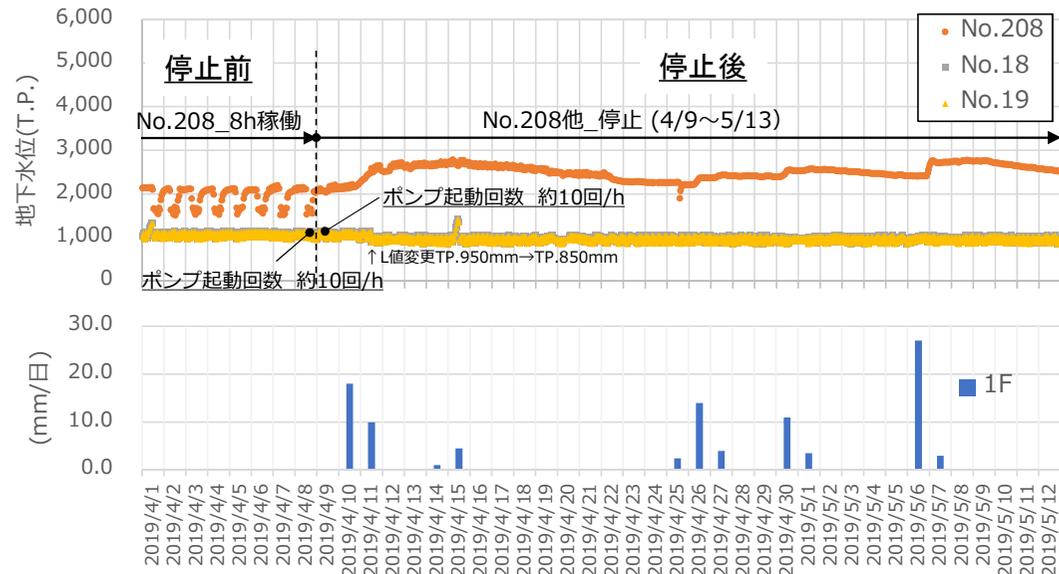


図1 No.208停止前後のNo.18,19稼働状況

【参考9-2】サブドレン208ピット稼働停止の影響評価（台風時）TEPCO

- 2017年10月台風時において、大雨の影響でサブドレンや地下水ドレンのくみ上げ量が増加し、くみ上げ量が処理能力を上回る見通しとなったため、護岸エリアのくみ上げを優先し、サブドレンの稼働を抑制（稼働ピット数 約12基※1/42基）した結果、全サブドレンの平均水位は約2.8m上昇※2し、地下水起因の建屋流入量も増加。 ※1_2017年10月23日、24日の平均稼働数 ※2_2017年10月21日と24日の日平均水位比較
- 一方、2018年3月にサブドレン設備の増強が完了し、900m³/日から1500m³/日に処理能力が向上していることから、現状では、サブドレンを稼働抑制することなく、最大限稼働することで地下水位の上昇を抑制することが可能となっている。
- このため、仮にNo208の停止中に、2017年10月台風と同程度の大雨があったとしても、当時よりも地下水起因の建屋流入量を抑制することが可能と考えられる。
- なお、豪雨時の汚染水発生量増加のリスクを低減する観点から、No208の停止期間を極力短くすることとし、早期の復旧を図る。

