

廃炉・汚染水対策現地調整会議
資料1-2-4(2019年3月19日)
を一部修正

福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会
資料(4)

1/2号機排気筒解体工事の状況について

2019年3月26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

概要

- 現在、1/2号機排気筒の解体装置の実証試験を実施している。
- 2/12よりStep3(作業手順の確認)に入り、4月上旬にStep3を完了予定である。
- 実証試験で得られた知見を踏まえ、装置改造やトラブル対応策の確認などを追加で計画し、現場でのトラブルリスクを低減するように解体工事計画・実証試験の見直しを随時実施している。



斜材切断の状況



支柱切断作業の状況

1. 実証試験の経過概要

- これまでの実証試験で得られた知見により、現場でのトラブルリスク低減の観点から、計画を見直した主な内容は以下の通り。

No.	分類	項目	内容
1	装置の改造	解体装置設置時の挿入ガイド追加	遠隔解体装置を筒身に挿入する際の装置の振れにより筒身と装置が接触・故障するリスクを低減するために、内周切断装置下部に挿入ガイドを追加する。
2	装置の改造	鉄塔解体装置に水平切断ガイド追加	鉄塔の水平材切断の際に切断装置の横ブレに伴う、チップソーに刃こぼれが生じるリスクを低減するために、横ブレを防止するガイド部材を追加する。
3	装置の改造	近接センサの信頼性向上	遠隔解体装置クランプの初期位置や各装置の原点およびリミット値の管理を行う近接センサが装置のノイズを拾ってしまい故障してしまうリスクを低減するため、近接センサ周囲にノイズフィルタBOXを追加する。
4	装置の改造	遠隔解体装置の配線調整	遠隔解体装置が排気筒解体時の電源喪失リスク低減のために、各装置のケーブルコネクタの防水性確認や養生と、ケーブルが装置の金属部に直接接触する可能性のある箇所に対するケーブル保護材の追加と配線調整を行う。
5	装置の改造	制御盤の防水性向上	解体装置の制御盤（防水型）の結露対策を含めた更なる防水性向上のため、「盤内に乾燥剤を設置」「盤内ケーブル接続部を絶縁被膜でコーティング」「盤外コネクタ（防水型）の盤貫通部周りのゴムパッキン付け、シリコンシール」を実施する。
6	通信手段変更	通信の有線化	悪天候やクレーン配置による通信障害を克服するために遠排気筒解体工事において、解体装置側の映像確認や装置制御を遠隔制御で実施するにあたり無線+有線の組み合わせた通信手段とする。
7	トラブルの対応	工事中装置トラブル時の対応策確認	実証試験を踏まえ、装置改良や施工手順見直しによりトラブルリスクを低減しているが、解体作業時に遠隔作業による対応ができない場合に備え、クレーン吊りの搭乗設備により解体装置にアクセスし、専用の昇降設備を用いて不具合箇所に人がアクセスすることを計画している。実証試験の中で、アクセス方法の確認や、アクセス後の対応手順の確認を追加する。

2-1. 装置の改造（挿入ガイドの追加）

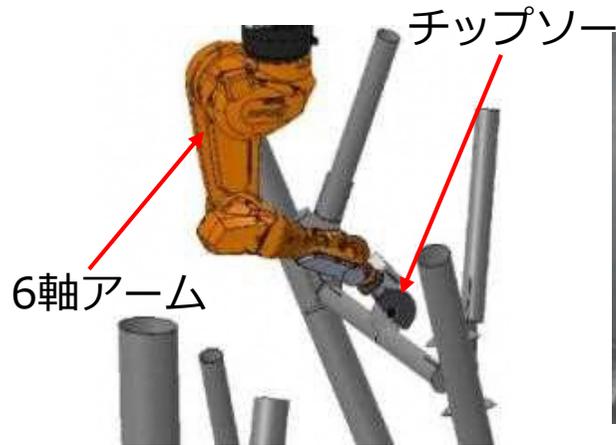
- 遠隔解体装置を筒身に挿入する際、装置の振れにより筒身と装置が接触・故障することが懸念される。
そこで、内周切断装置下部に挿入ガイドを取付け、挿入時に挿入ガイドと筒身上部を接触させることで、より安全に筒身への遠隔解体装置挿入を行う。



挿入ガイド取付状況

2-2. 装置の改造（水平切断ガイド追加）

- 鉄塔の水平材切断の際に切断装置の横ブレに伴う、チップソーに刃こぼれが生じたことにより横ブレを防止するガイド部材の追加を行う。



水平材切断イメージ

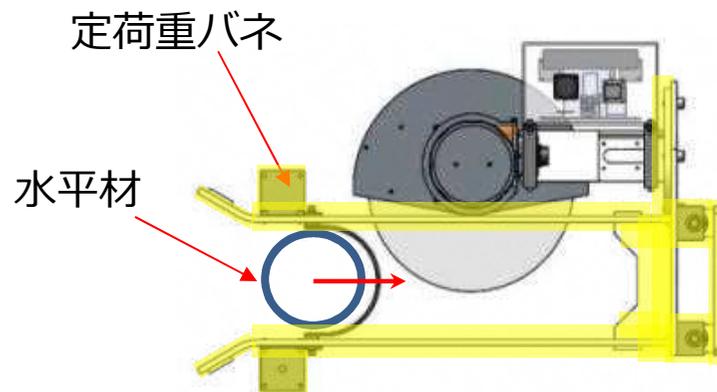


水平材切断横ブレ画像

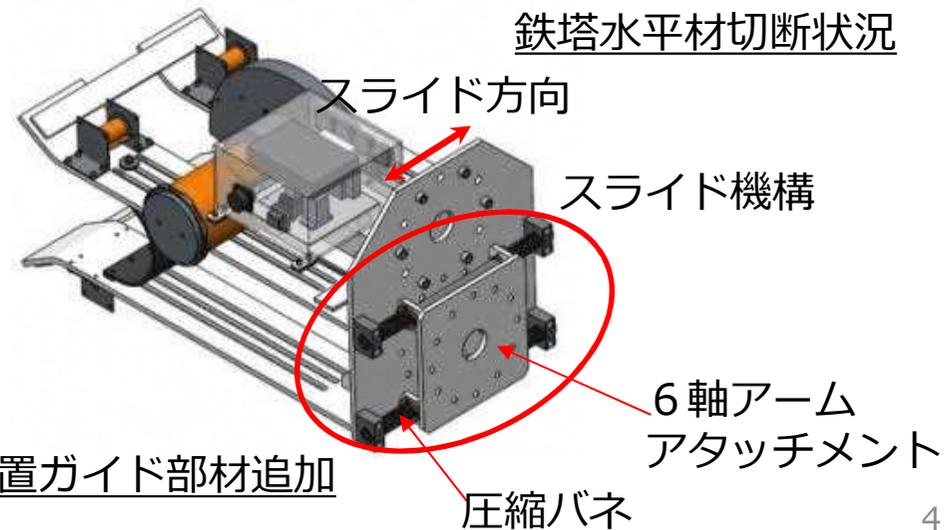
強風により装置が揺れたため切断口が横に広がった。
また、横ブレによりチップソーに刃こぼれが生じた。



鉄塔水平材切断状況



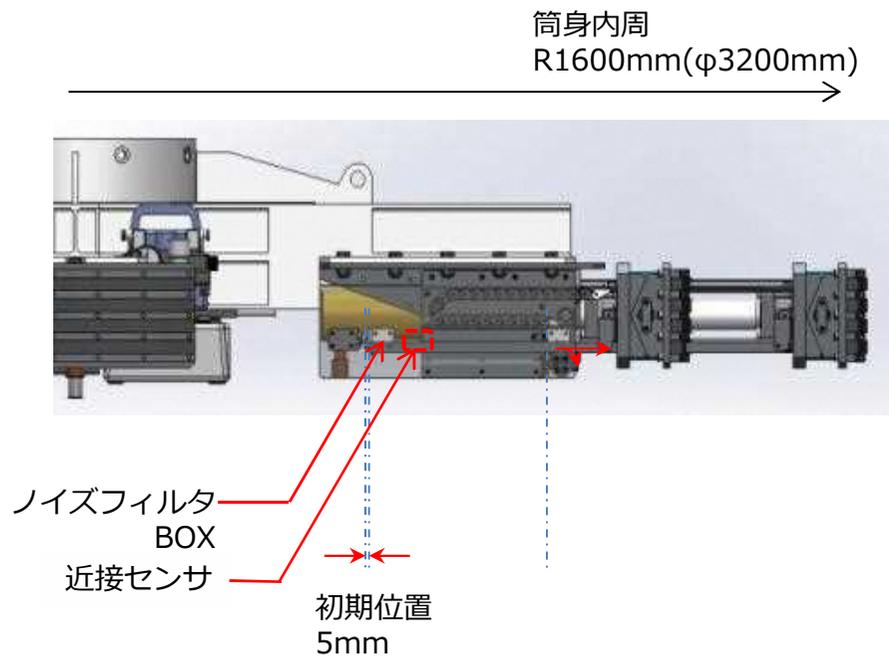
鉄塔水平材切断装置ガイド部材追加



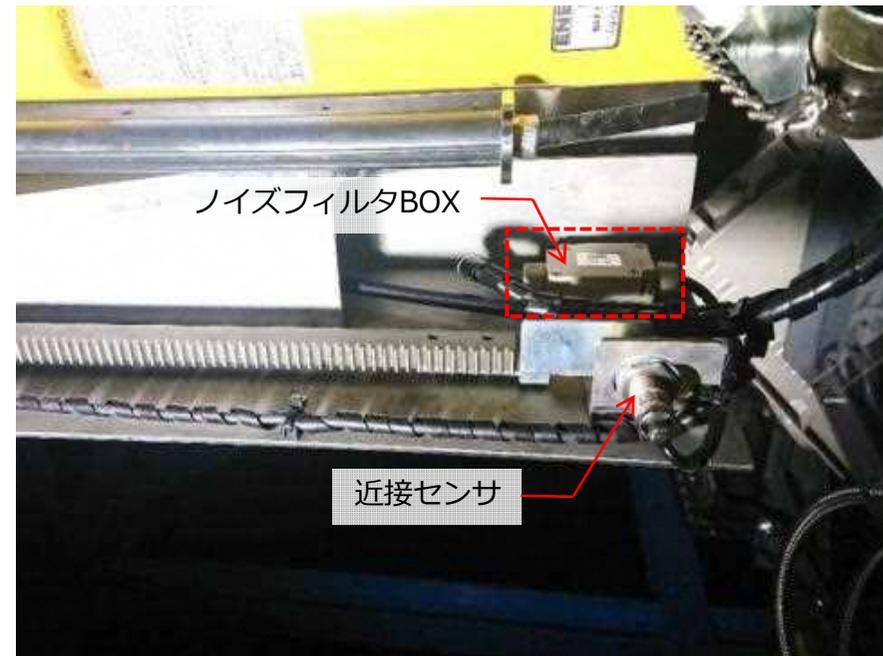
2-3. 装置の改造（近接センサの信頼性向上）

- 遠隔解体装置のクランプの初期位置および各装置の原点やリミット位置の管理を行う目的で設置している近接センサが装置のノイズを拾ってしまい故障してしまうリスクを低減するため、近接センサ周囲にノイズフィルタBOXの追加を行う。

- 内周切断装置 8箇所×2台
- 支柱切断装置 2箇所×4台
- 斜材切断装置 4箇所×4台



内周切断装置近接センサ設置位置



ノイズフィルタBOX写真

2-4. 装置の改造（遠隔解体装置の配線調整）

- 遠隔解体装置への電氣的保護対策を目的として各装置のケーブルが装置金属部に直接接
触する可能性のある箇所に対してケーブル保護材を取り付けさらに整線の見直しを行う。
以下に6軸アームロボットのケーブルへの保護材の一例を示す。



6軸アームロボットケーブル保護材
設置前



6軸アームロボットケーブル保護材
設置後

2-5. 装置の改造（制御盤の防水性向上）

- 解体装置の制御盤（防水型）の結露対策を含めた更なる防水性向上のうち、一例として「盤内ケーブル接続部を絶縁被膜でコーティング」を示す。



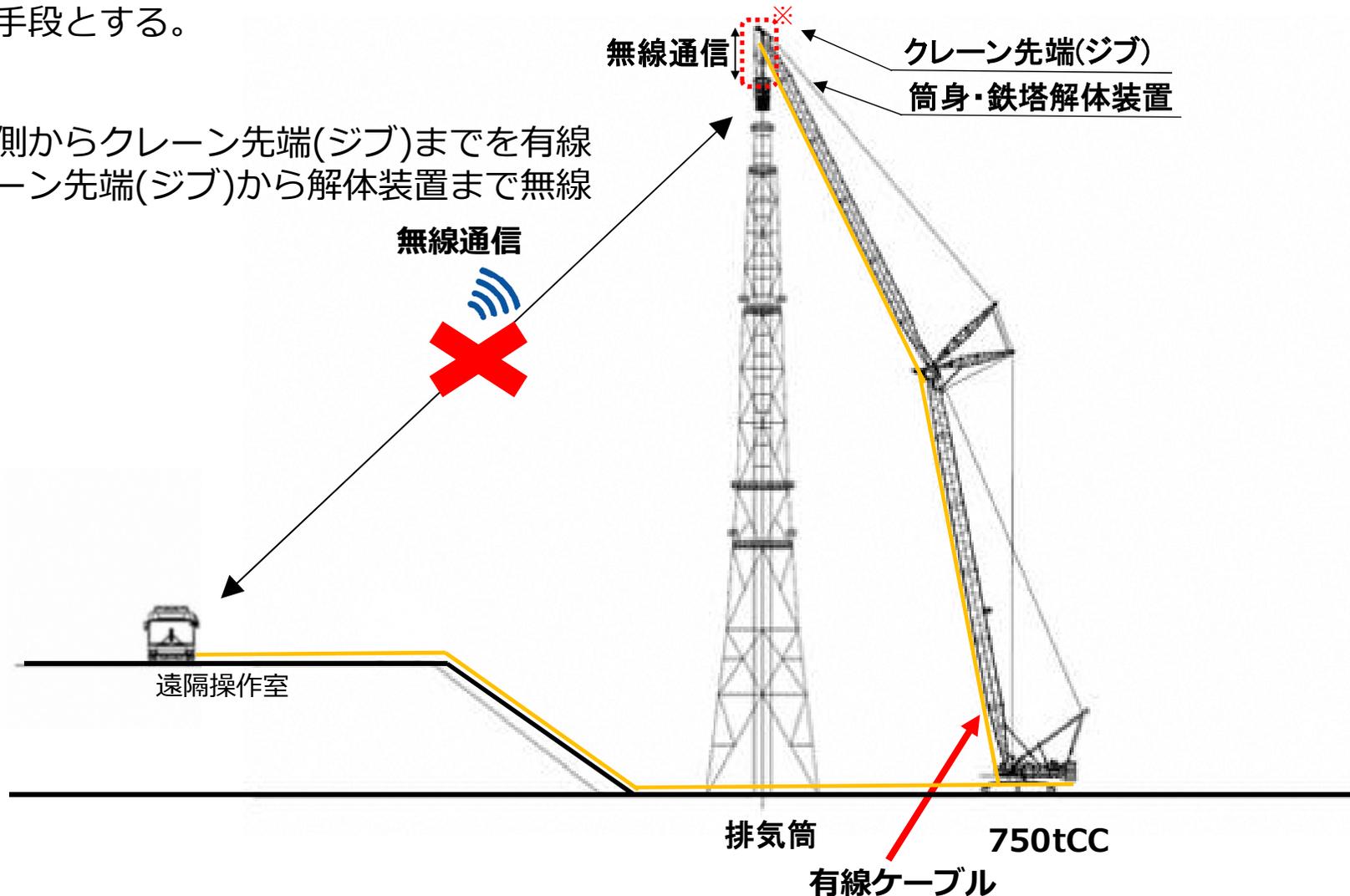
チューブ取り付け前にコーティングを実施し、チューブ取り付け後に再度コーティングを実施

2-6. 通信手段変更（通信の有線化）

- 悪天候やクレーン配置による通信障害を克服するために遠排気筒解体工事において、解体装置側の映像確認や装置制御を遠隔制御で実施するにあたり無線+有線の組み合わせた通信手段とする。

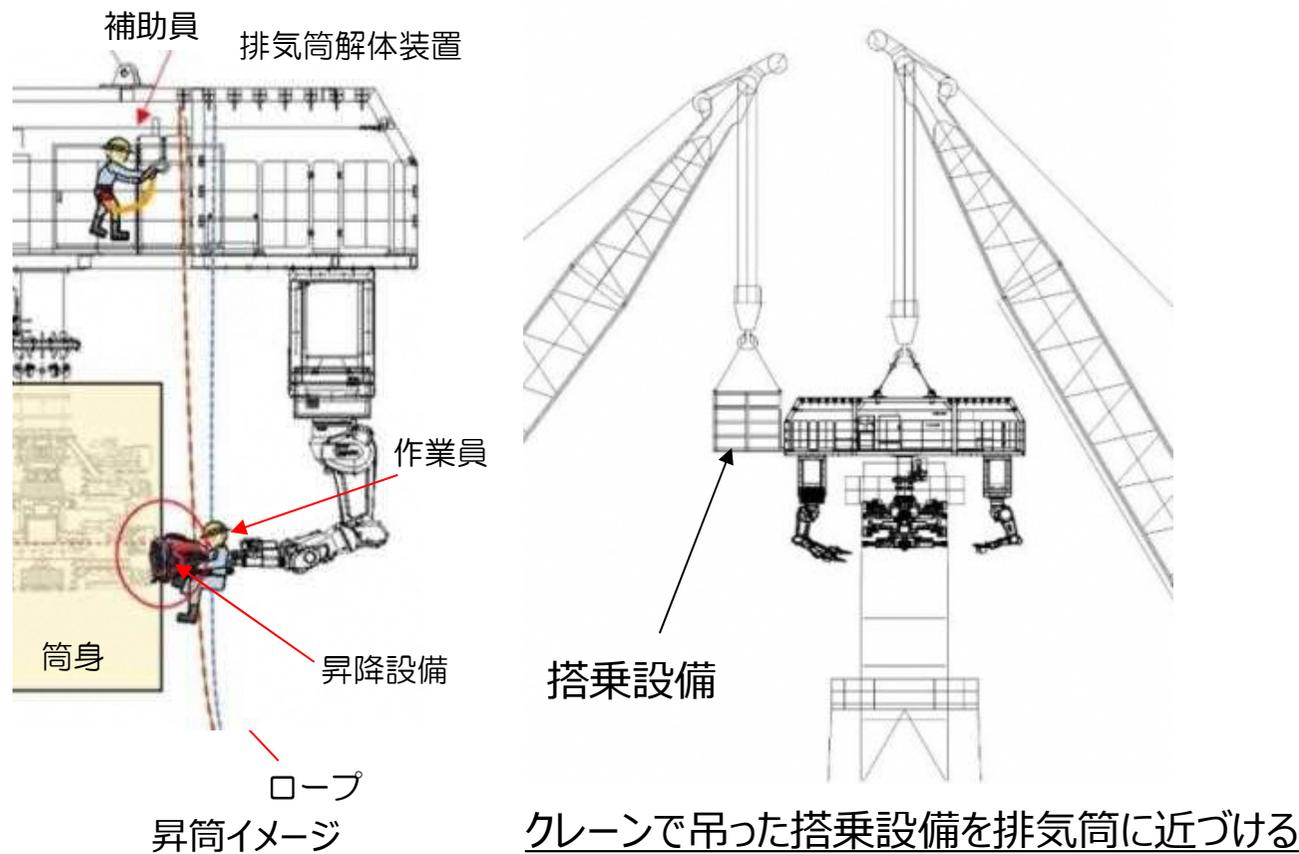
※

- 地上側からクレーン先端(ジブ)までを有線
- クレーン先端(ジブ)から解体装置まで無線



2-7. トラブルの対応

- 遠隔解体装置は、予備電源を別系統で備え、万が一主電源が停止した場合も遠隔により予備電源を起動し、アタッチメント1台分の機能を発揮できる設備構成としている。
- また、実証試験を踏まえ、装置改良や施工手順見直しによりトラブルリスクを低減している。
- ただし、解体作業時に遠隔作業による対応ができない場合は、クレーン吊りの搭乗設備により解体装置にアクセスし、専用の昇降設備を用いて人がアクセスすることを計画している。

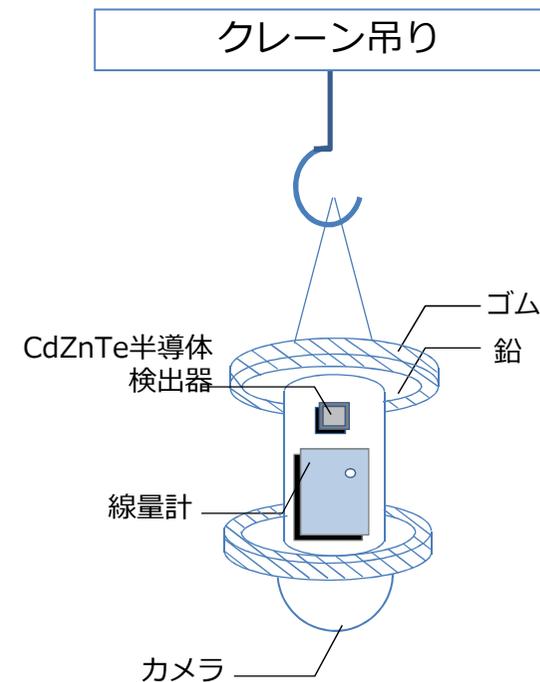
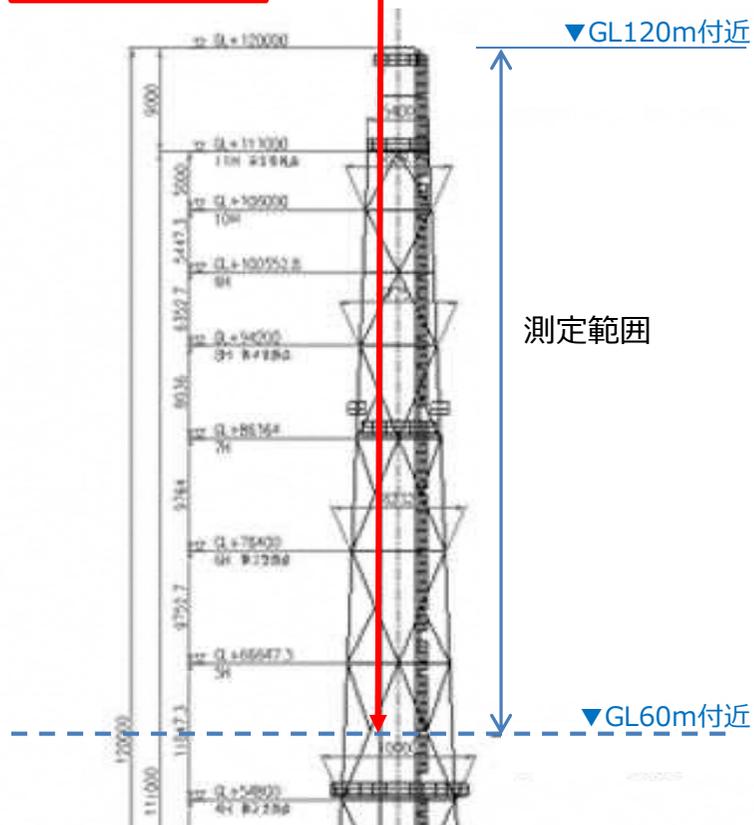


訓練状況

3. 排気筒の解体前調査

- 排気筒解体用の大型クレーンが2月に組立て完了しており、より安全に排気筒解体工事を行うために、筒身内部に大型クレーンで機材を吊り下ろしての事前調査を4月上旬から実施予定。
- 今回調査では、排気筒の筒身内部及び外部の線量，γ線スペクトルの測定を行い筒身内部の汚染状況を把握する。（過去の環境影響評価(参考4)の評価結果と比較）
- また、2016年10月のドローンによる調査で確認された支障物（筒身内）以外に支障物がないかカメラによる筒身内部の調査を行う。合わせて、排気筒外部から鉄塔および筒身のカメラによる調査を行う。

線量計+カメラ



4. スケジュール

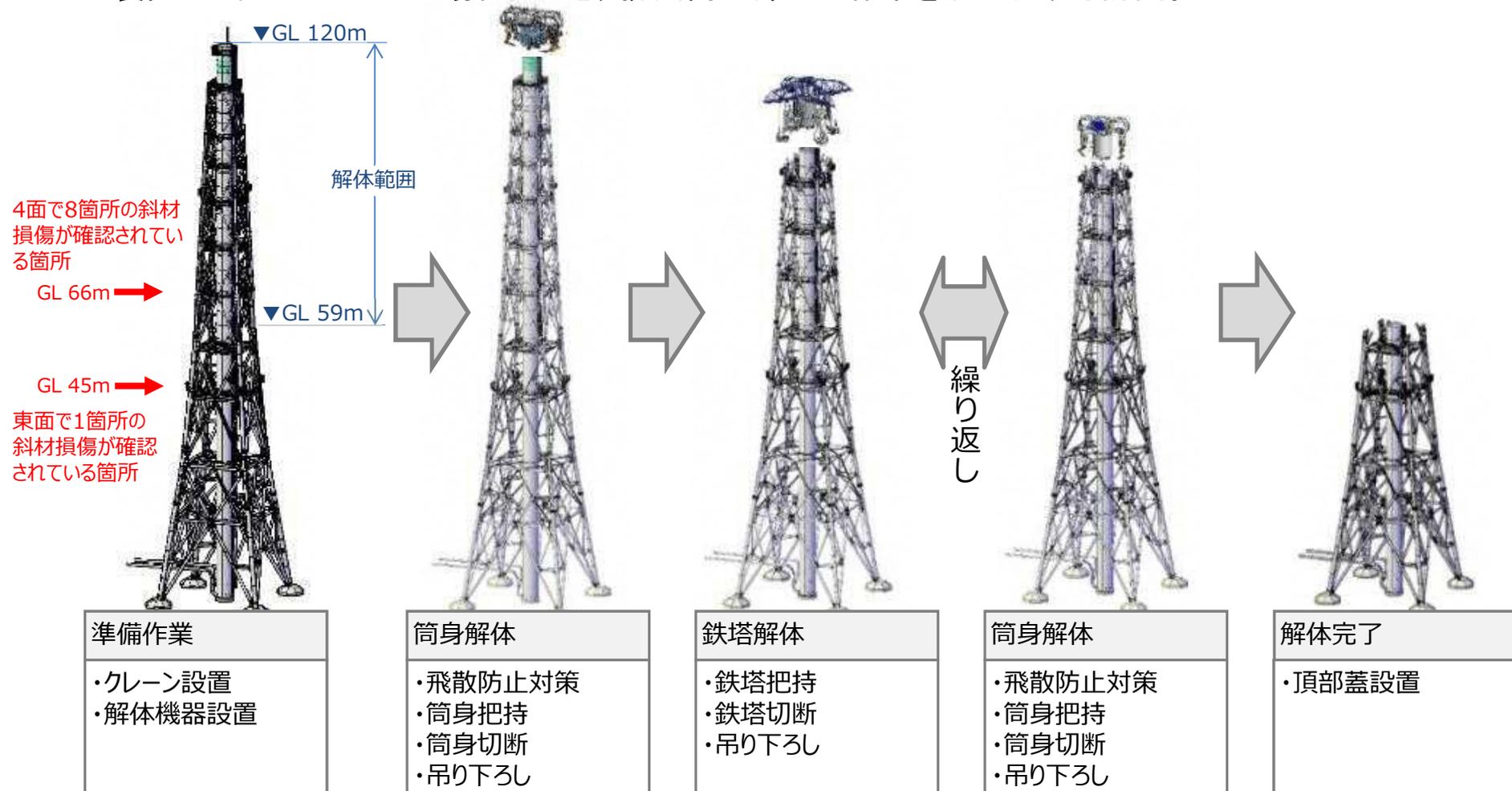
- これまでの実証試験の中で確認された課題への対応など解体工事におけるリスクの低減とサイト内に入ってからの手戻り防止のために慎重に実証試験を進めている。
- 4月上旬より、サイト内に解体装置を移送し組み立て、2019年度5月中旬（連休明け）より解体工事に着手していく予定。

排気筒解体工事 工程表

	2018年度										2019年度				
	8月~1月	2月				3月				4月	5月	6月	2Q	3Q	
		1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W						
装置製作	装置組立・調整														
実証試験	Step1 解体装置の性能検証 Step2 施工計画の検証 Step3 作業手順の確認 Step3' トラブル時対応の確認										* 1 実証試験の進捗により、期間は変わる可能性がある * 2 実証試験の結果を踏まえ、工事着手時期・工程を確定する予定				
工事	解体準備作業(クレーン組立等)										解体前調査 解体準備作業(装置組立・動作確認等) 排気筒解体				

【参考1】解体工事計画概要

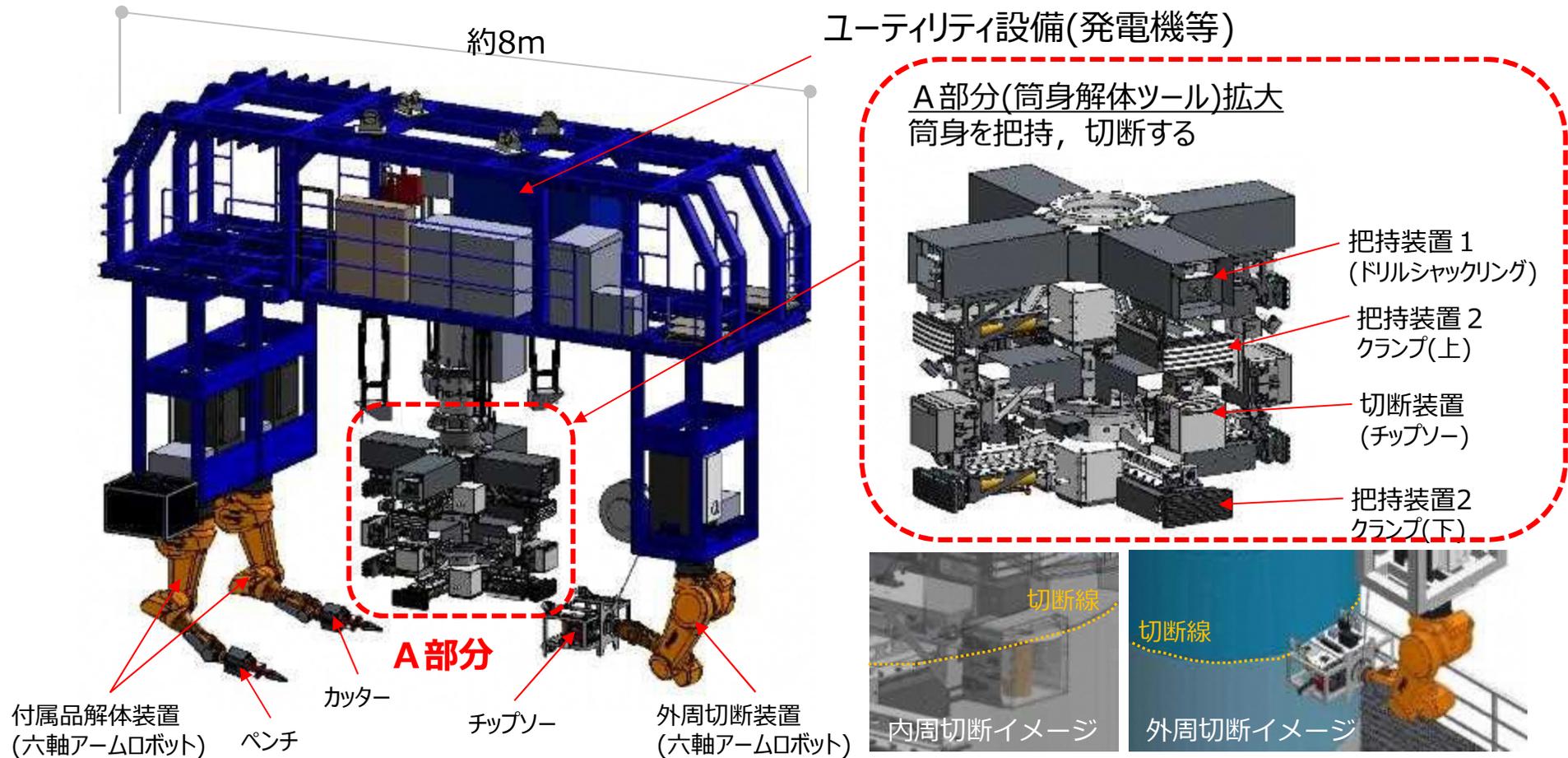
- 1/2号機共用排気筒は、排気筒の地上からの高さ約60m～120mを解体する計画としている。
- 燃料取り出し工事で使用する大型クレーンを使用し、筒身や鉄塔をブロック単位で解体する。
- 初めに突き出ている筒身を解体した後は、鉄塔・筒身の順に解体を繰り返す。
- 装置にトラブルが生じた場合を除き、排気筒上部での作業を無人化する計画。



※1 GL45m付近の破断斜材については、取り除く予定

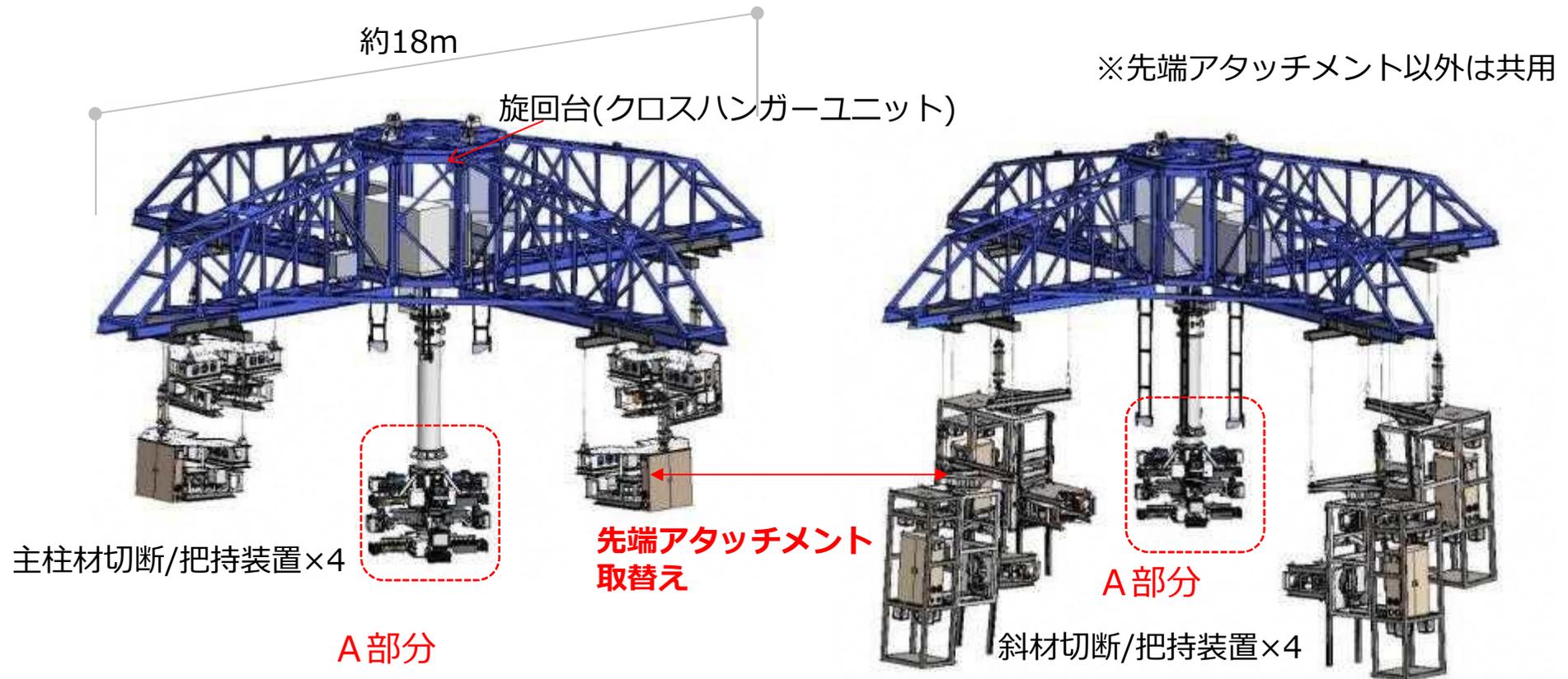
【参考2】装置概要（筒身解体装置）

- 筒身解体装置は、筒身解体ツール(下図のA部分)を筒身内に差し込んで、2種類の把持装置により把持・固定する。
- 原則、筒身内側よりチップソーにて切断する。(内部に梁材がある1箇所は外側から切断)
- 筒身切断時に干渉する筒身外部の付属品(梯子・電線管)は、六軸アームロボットにより撤去する。
- 飛散防止剤は別装置にて散布する。



【参考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。



【参考3】筒身切断時のダスト対策

- 過去の線量調査の結果からは筒身上部が高濃度で汚染している可能性は低いと想定されるが、筒身切断時は3つのダスト飛散対策を実施し、ダスト飛散対策に万全を期す計画とする。

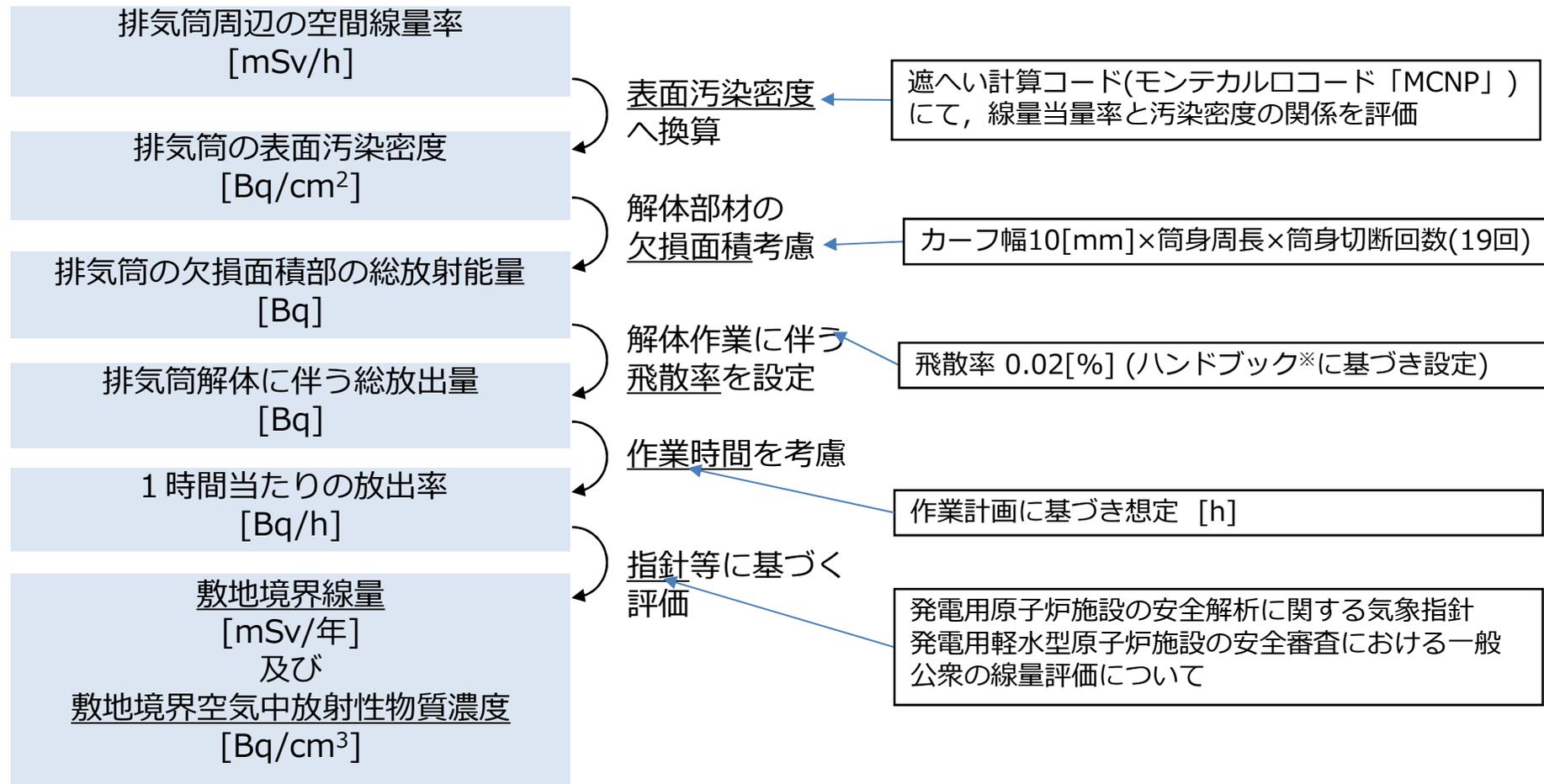
	【対策①】 飛散防止剤散布	【対策②】 ダスト飛散抑制カバー	【対策③】 ダスト監視
概要	解体前には筒身内部にダスト飛散防止剤を散布	筒身切断時には切断装置(チップソー)をカバーで覆い、カバー内ダストを吸引 (内周・外周切断装置共)	作業時のダスト濃度の監視を行うために、解体装置にダストモニタを設置し、遠隔操作室でリアルタイム監視
概念図			

【参考4】解体作業に伴う周辺環境への影響の評価(1/4)

- 排気筒周辺の雰囲気線量率の調査結果から保守的に筒身の表面線量率を推定し、表面積から気中へ放出される放射性物質放出量の評価を行った。（評価方法は下記フローの通り）

<評価フロー>

<パラメータ>



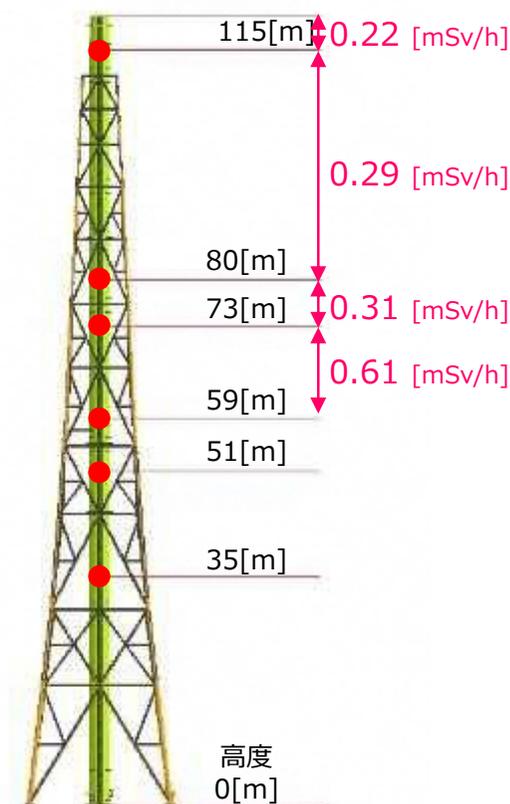
※ (財) 電力中央研究所「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック(第3次版)」 (平成19年3月)

【参考4】解体作業に伴う周辺環境への影響の評価(2/4)

- 汚染密度の評価にあたり、2016年10月に実施した線量調査結果(下表)より推定
- 筒身内表面の汚染密度推定にあたっては、最もバックグラウンドの影響が小さい※西側で排気筒に最も近い位置の線量率のデータに基づき算定する。
- 評価にあたっては、西側線量率データは保守的に全て排気筒に起因すると仮定する。(実情は排気筒以外に起因する可能性が高い)
- 筒身内表面に均質濃度で付着しているものと仮定した。

※線源の可能性が高い1号R/B, Rw/BやSGTS配管から最も離れている

測定高度 [m]	西エリア		北エリア		南エリア	
	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]
115	0.22	4.1	0.43	4.1	0.51	4.1
80	0.29	4.1	0.68	4.1	0.48	4.1
73	0.31	4.5	0.70	4.5	0.57	4.5
59	0.61	5.0	0.92	5.0	0.77	5.0
51	0.91	5.8	1.07	5.8	0.83	5.8
35	0.76	7.0	1.36	7.0	1.50	7.0



- 排気筒解体作業では、飛散防止剤の事前散布により、ダストが固着されている状態とする
- 筒身表面の放射性物質については飛散防止剤により固着されていると考えられることから、筒身の切断時の飛散率は、ハンドブックに記載のある『チップソーによる放射化金属切断時の飛散率』を適用し、0.02%とする
- 鉄骨切断に伴うカーフ幅は、チップソーの厚み(3mm)に対して保守的に10mmと設定
- なお、実機ではチップソーには、カバーを取り付けダストを吸引する計画であり、『飛散率』はより小さいと考えられる（切断時のダスト回収効果は本評価では見込まない）
- チップソーの回転方向と切断方向は飛散抑制を考慮し同方向とする。



筒身切断用チップソー
(実際に使用するものとは異なる可能性あり)



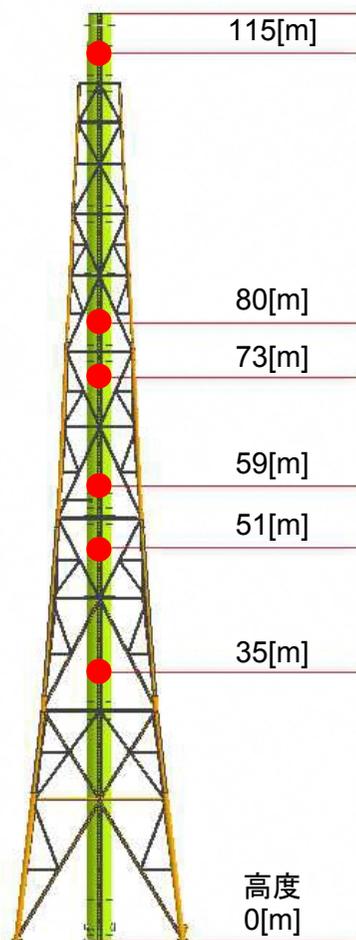
飛散防止カバー

【参考4】解体作業に伴う周辺環境への影響の評価(4/4)

- 排気筒筒身内の表面線量率や表面積から、気中へ放出する総放出量を保守的な値を用いて概略評価した結果、敷地境界における年間被ばく線量の管理目標値に与える影響は非常に少ない
 - 排気筒の切断に伴う放射性物質の総放出量
 1.1×10^6 [Bq]
 - 作業1時間当たりの放出率 (総放出量[Bq] ÷ 作業時間[h])
 2.3×10^3 [Bq/h]
 - 筒身の切断に起因する放出による敷地境界線量 (プルーム、地表沈着、吸入の合計)
 4.2×10^{-7} [mSv/年] < 1 [mSv/年] (「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」において、求められている敷地境界線量)
 - 筒身の切断に起因する敷地境界空气中放射性物質濃度
 3.1×10^{-10} [Bq/cm³] (< 1.0×10^{-5} Bq/cm³) (モニタリングポスト近傍ダストモニタの警報設定値)

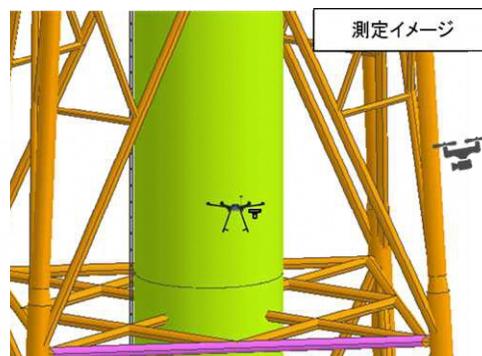
【参考5】排気筒の線量調査結果(ドローン調査)

- 排気筒の北南西面について、下表の高度毎に筒身近傍の点の線量率測定を実施
→ 頂部から下部に行く程、線量率は上昇する傾向。南北面に対し、西面は線量率が低い。



測定位置 (立面)

測定高度 [m]	西エリア		北エリア		南エリア	
	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]	線量率 [mSv/h]	筒身から の距離[m]
115	0.22	4.1	0.43	4.1	0.51	4.1
80	0.29	4.1	0.68	4.1	0.48	4.1
73	0.31	4.5	0.70	4.5	0.57	4.5
59	0.61	5.0	0.92	5.0	0.77	5.0
51	0.91	5.8	1.07	5.8	0.83	5.8
35	0.76	7.0	1.36	7.0	1.50	7.0



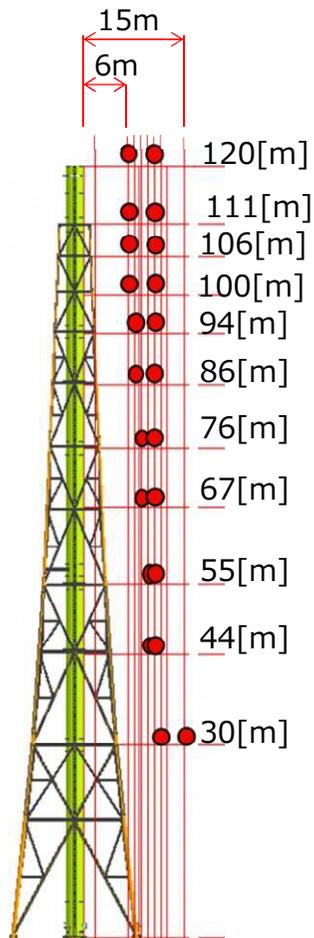
測定イメージ

調査日：2016年10月4日～5日

【参考5】排気筒の線量調査結果(ドローン調査2)

- 排気筒の北南西面について、下表の高度毎に筒身表面から異なる距離の線量率測定を実施
→ 頂部から下部に行く程、線量率は上昇する傾向。北南面に対し、西面は線量率が低い。

筒身表面からの距離

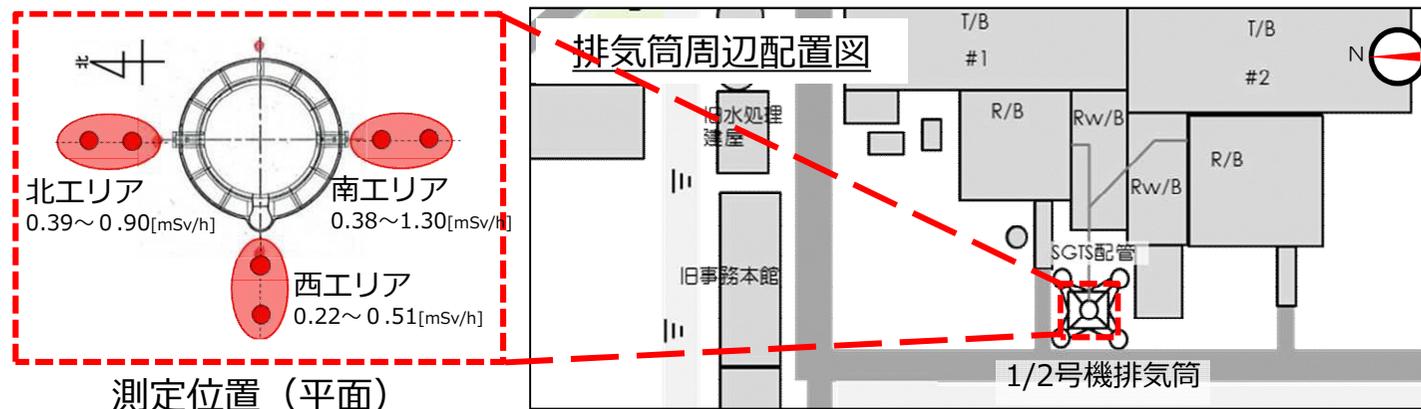


測定位置 (立面)

測定高度 [m]	西エリア_線量率[mSv/h]							北エリア_線量率[mSv/h]							南エリア_線量率[mSv/h]									
	筒身表面からの距離[m]							筒身表面からの距離[m]							筒身表面からの距離[m]									
	6	7	8	9	10	11	15	6	7	8	9	10	11	15	6	7	8	9	10	11	15			
120	0.22				0.22			0.39					0.39				0.38					0.40		
111	0.22				0.23			0.40					0.44				0.39					0.40		
106	0.22				0.24			0.43					0.45				0.48					0.50		
100	0.22				0.25			0.45					0.53				0.47					0.50		
94		0.23			0.25				0.52				0.55					0.56				0.51		
86		0.29			0.26				0.55				0.64					0.72				0.57		
76			0.29		0.30					0.58			0.67						0.63			0.59		
67			0.33		0.30					0.60			0.68						0.64			0.71		
55				0.42	0.39						0.90	0.88								0.81	0.83			
44				0.43	0.40						0.90	0.87								0.64	0.82			
30						0.51	0.48						0.90	0.89								1.30	1.19	

調査日：2016年9月24日～25日

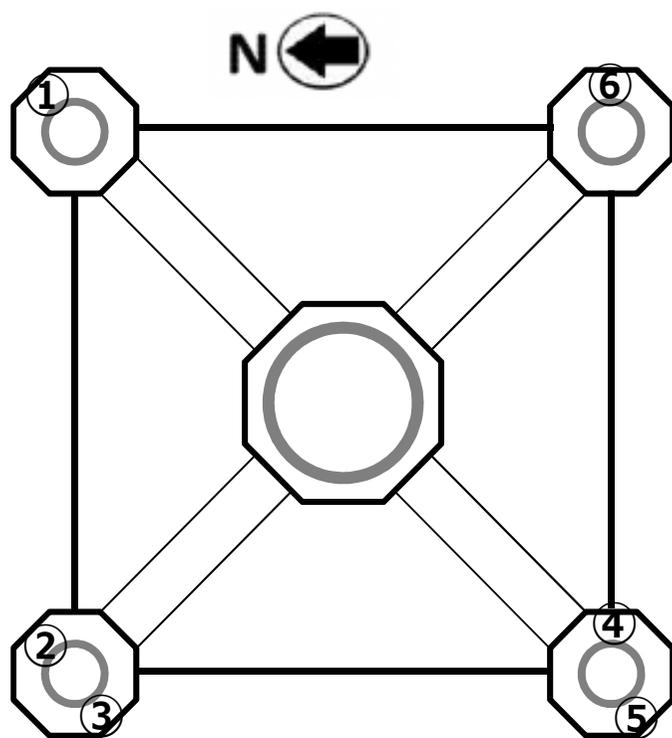
※測定高度は、小型無人飛行機の高度計をもとに計測しているため、若干の誤差はあります。



測定位置 (平面)

【参考6】排気筒の線量調査結果(鉄塔脚部)

- 2018.4に鉄塔下部(地上1m, 1.5m)のスミヤ採取を行い, 表面汚染密度(1.2~150Bq/cm²)を確認している。



採取箇所配置図

表面汚染密度(間接法)

2018.4 測定

No.	高さ (地上[m])	Gross [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]
①	1.0	500	5.4
	1.5	350	3.3
②	1.0	200	1.2
	1.5	600	6.7
③	1.0	930	11
	1.5	500	5.4
④	1.0	650	7.4
	1.5	450	4.7
⑤	1.0	11000	150
	1.5	4000	53
⑥	1.0	5300	71
	1.5	600	6.7

※解体作業に伴う周辺環境への影響の評価のために保守的に計算した排気筒の汚染密度は, $1.7 \times 10^5 \sim 4.3 \times 10^5 \text{Bq/cm}^2$ である。