

# 1 / 2号機排気筒解体工事の状況について

2019年5月20日



東京電力ホールディングス株式会社

# 概要

- 1/2号機排気筒については、4月2日に福島第一原子力発電所構外での実証試験を完了し、4月13日、18日に、解体前調査として、筒身内部及び周辺の雰囲気線量測定やカメラによる内部状況の撮影を行い、現在の解体工事計画に支障が無いことを確認した。
- 4月25日に福島第一原子力発電所構内にて、遠隔解体装置組立が完了し、今後、大型クレーンを使用した総合動作試験を行った上で、排気筒解体工事を行う計画。(時期調整中)
- 5月11日に解体装置が最頂部に設置可能か確認を行ったところ、計画時の吊り上げ可能高さとの排気筒頂部の高さに差異が確認された。
- クレーン吊り上げ可能高さ確保の対策について調整中。



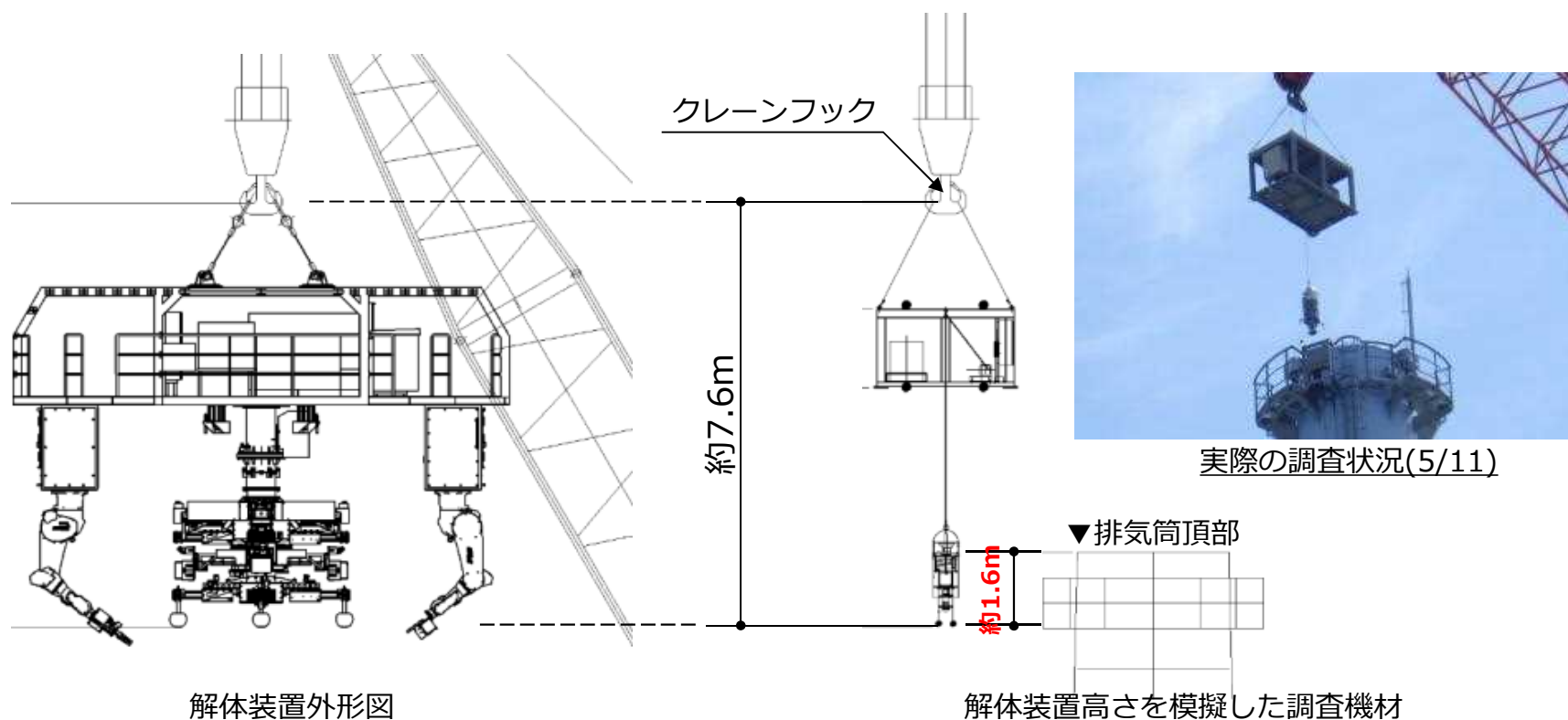
ヤードの鳥瞰写真



解体装置写真

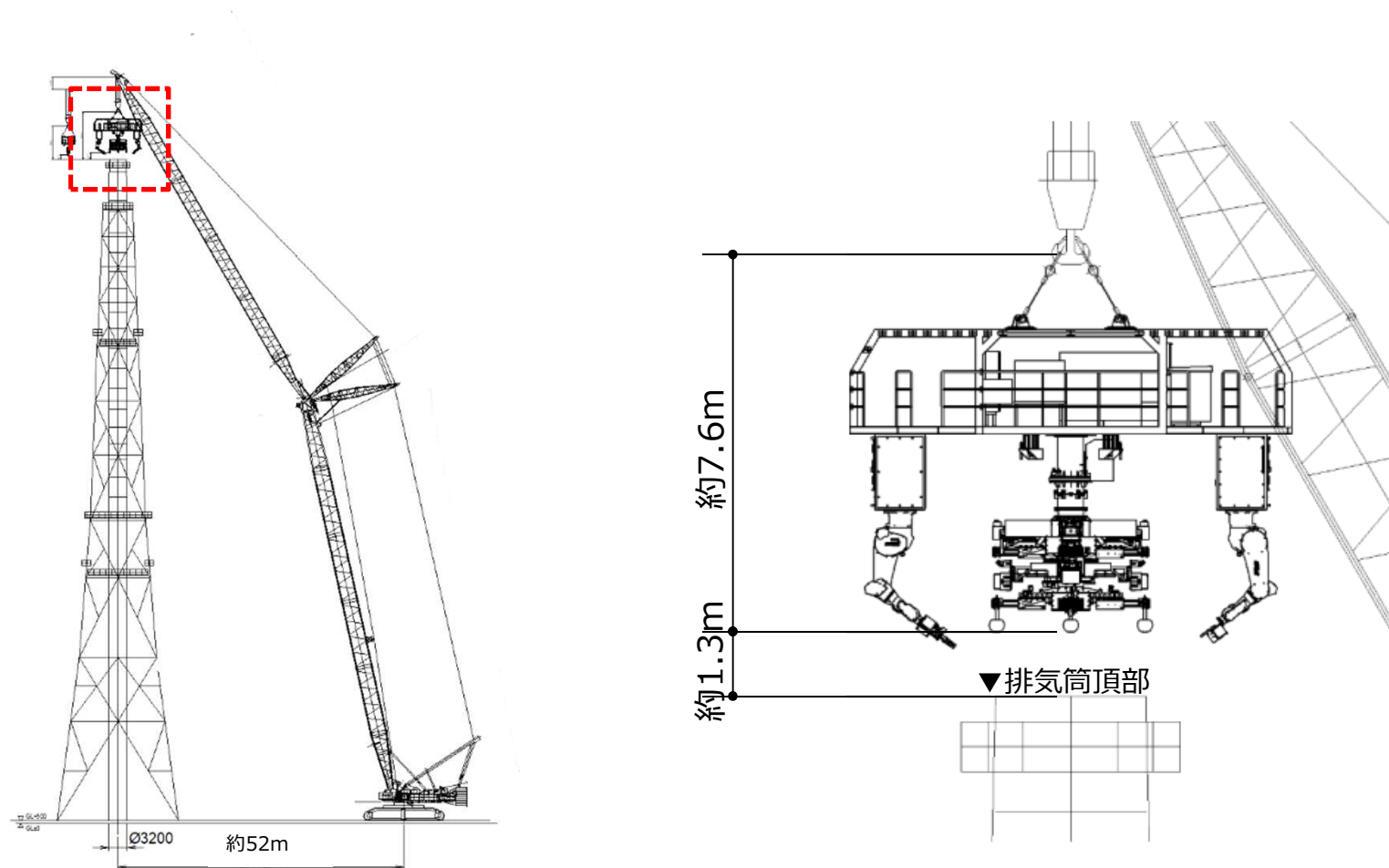
## 1-1. 排気筒解体クレーンの準備状況について

- 1/2号機排気筒解体工事については、解体準備作業として、4月25日に装置組立を完了し、5月9日に解体工事に使用するクレーンの修理が完了していた。
- クレーンの修理が完了したことから、5月11日に解体装置が最頂部に設置可能か確認するため、事前調査で使用した機材を使用し確認を行ったところ、計画時の吊り代※と実際の吊り代に差異があり、最頂部に装置を設置できない可能性があることを確認した。 ※ クレーンのフックから排気筒頂部までの距離
- 5月11日の吊り代確認結果の検証や解体装置高さの調整検討を行ったが、5月13日にクレーンの吊り上げ可能高さを伸ばす（ブームの長さを1.6m以上伸ばす等）必要があると判断した。



## 1-2. クレーン計画と吊り上げ可能高さの差異

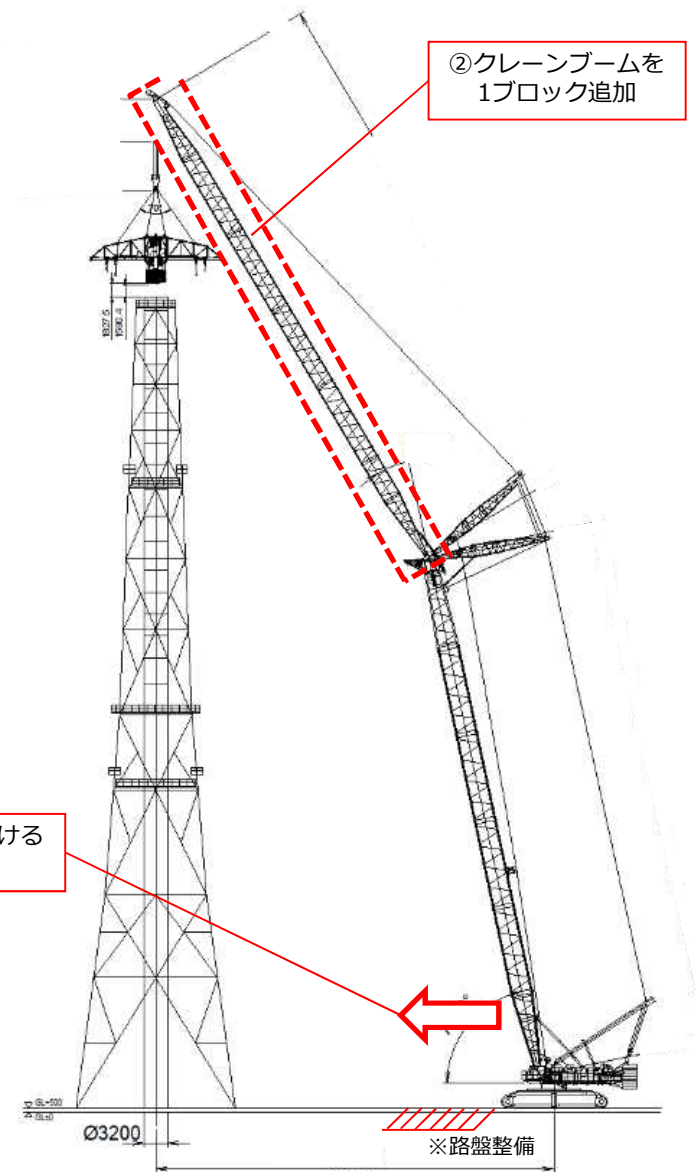
- 計画では、排気筒頂部と解体装置との間に約1.3mのクリアランスを確保する予定であったが、今回の調査で装置の吊り上げ可能高さと排気筒頂部の高さに差異が確認された。



計画段階の解体装置吊り上げ位置

### 1-3. 今後の対応方針について

- 本事象の要因については、ブームの長さや角度を測定し、計画値に対する差異を検証していく。
- 要因分析と平行して、クレーンの吊り上げ可能高さを確保するための方策を検討・実施を進めていく。
- クレーン吊り上げ可能高さ確保策の一例としては、『①クレーンをより排気筒に近い位置に配置する』『②クレーンブームを1ブロック追加する(構内に部材はあり)』などが考えられるが、工程や廃炉他作業への影響を考慮し、安全な作業を計画できる手法を選定する。
- 本事象を踏まえ対策を実施後、解体工事に着手する。



クレーン吊り上げ可能高さの確保策

## 2-1. 実証試験のまとめ（実証試験と現場環境の相違と対応）

- 実証試験では、使用する解体装置・電源設備や遠隔操作室は全て現場と同じ設備とするなど、極力、現場環境を再現するように検証を進めてきた。
- 現場環境を再現しきれない項目については、装置の信頼性を向上させる改造や構内での総合動作確認等につぶし込み作業を実施した。
- 現場環境が沿岸部なため、実証試験と同様に1 F 構内においても解体装置メンテナンス時に腐食状況を確認し必要に応じ修理を行う。

No.	項目	実証試験と現場の違い	対応内容
1	作業高さ	実証試験は18mの試験体を使用しているが、実際は120mの高さとなり、クレーンの大きさや風の受け方が変わり、装置設置時の操作性が違う	【装置の改良】 ・ 解体装置に設置用ガイドパーツを追加した。
2	解体装置と操作室の距離	装置設置時の実工事では、地上からの目視は難しいため、遠隔カメラによる視認性のさらなる向上が望ましい。	【装置の改良】 ・ カメラ位置を調整及び台数増大した。
3	通信環境	1 F構内では、他工事でも遠隔作業を行っているため、無線が混線する可能性がある。	【施工計画に反映】 ・ 1 F構内で解体装置組立後にクレーンで吊った状態の総合動作試験を実施予定 【装置の改良】 ・ 「中継器の追加」「有線化」を実施した。
4	放射線環境	実証試験時は、作業服だが、現場では線量環境に応じて装備が異なる。	【施工計画に反映】 ・ クレーンには遮へいを実施し、オペレーターの被ばく低減をはかり、訓練を積んだオペレーターが作業できるように計画している ・ 遠隔操作室は、低線量エリアに設置し、特殊な装備をしない環境で、解体装置の操作ができる環境としている
5	トラブル対応	実証試験時は、高所作業車等での対応が可能だが、現場では簡単に近づくことができない。	【施工計画に反映】 ・ 解体装置に取り付けた専用の昇降設備を用いて、人が不具合箇所へアクセスする対応策を実証試験で検証した。

## 2-2.作業高さの相違と対応内容

- 実証試験での検証環境（地上高さ18m）に比べ、実際の作業高さ（地上高さ60m～120m）は、よりクレーン操作難易度が上がると想定し、挿入ガイドを筒身解体装置下部に設置し、より安全に筒身への遠隔解体装置挿入を行う計画に見直した。

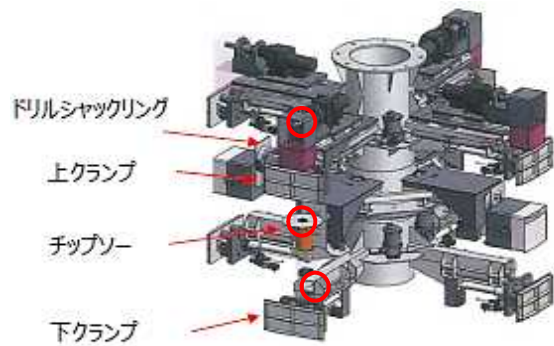


挿入ガイド

挿入ガイド取付状況

## 2-3.作業高さの相違と対応内容

- 装置設置時の実工事では、地上からの目視は難しいため、遠隔カメラによる視認性を向上させた。
- 実証試験でも装置操作者は遠隔操作室からのモニタのみでの作業を訓練してきた。



ドリルシャックリング



チップソー



クランプ



遠隔カメラによる画像の一例

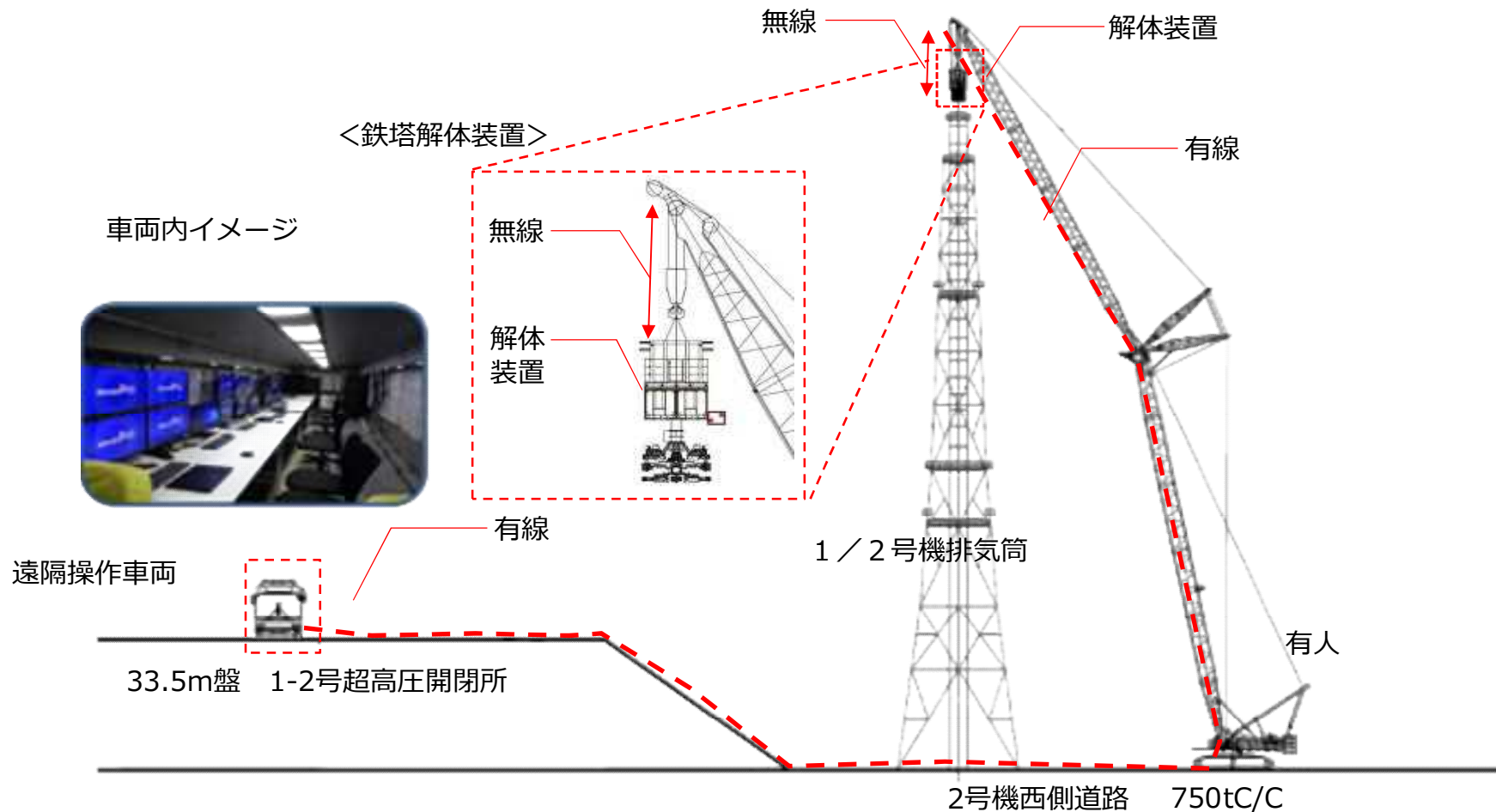


遠隔カメラによる画像の一例



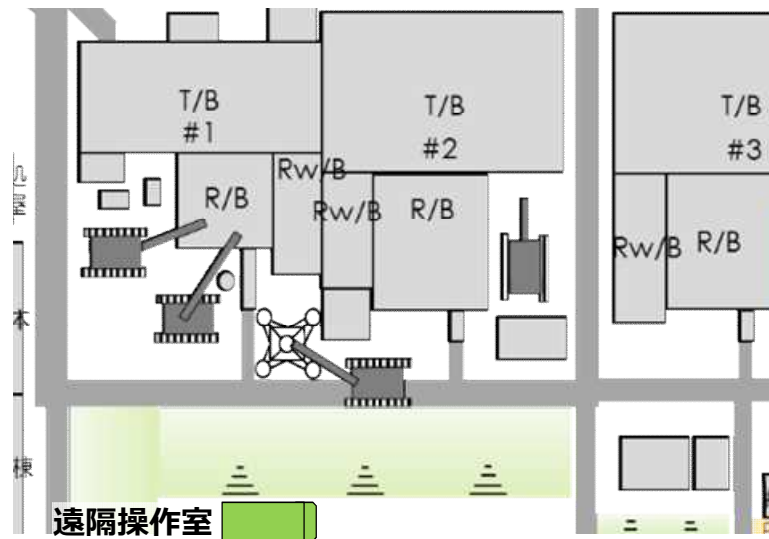
## 2-4.通信環境改善の対応

- 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中において、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した。



## 2-5.放射線環境の相違と対応

- クレーンには遮へいを設置しており、クレーン操作者(4名)は解体工事完了まで実証試験で訓練を積んだオペレータが継続して従事する計画。
- 遠隔操作室は、特殊な装備無く、解体装置の操作ができる環境としている。



全体配置図



遠隔操作室

## 2-6.作業員の被ばく線量の管理等

### 【解体装置操作室】

- 遠隔操作設備の利用による被ばく低減

排気筒解体装置は遠隔操作により無人で操作する  
操作室は 大型バスに組み込み、自走にて線量が比較的低い1/2号機開閉所西側に設置する

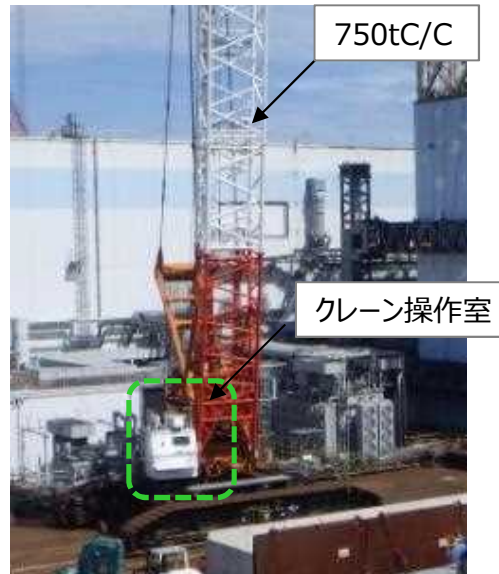


操作室イメージ

### 【クレーン操作室】

- 遮へいの設置による作業環境の線量低減

750tクローラークレーン操作室へ遮へい鉛板を設置することにより、クレーン操作者の被ばく線量を低減する

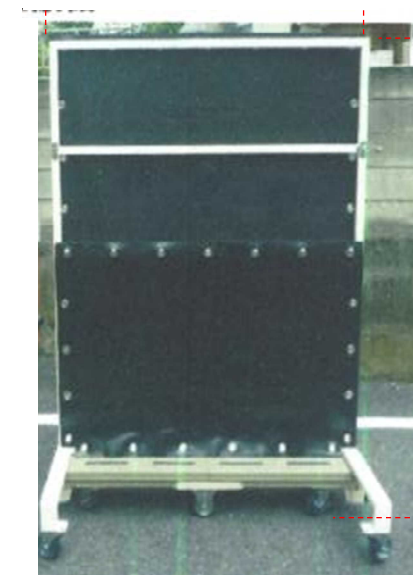


750tC/C写真

### 【ヤード】

- 移動式遮へい設置による作業環境の線量低減

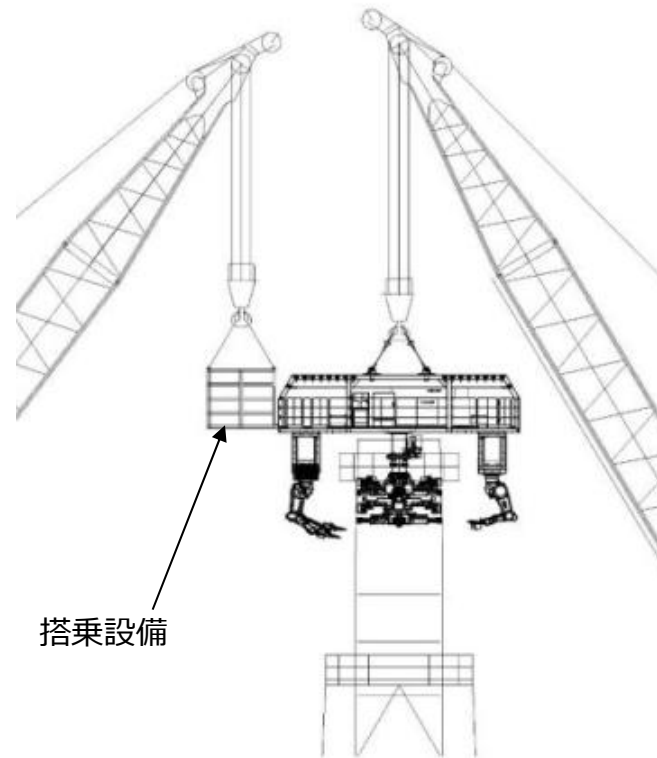
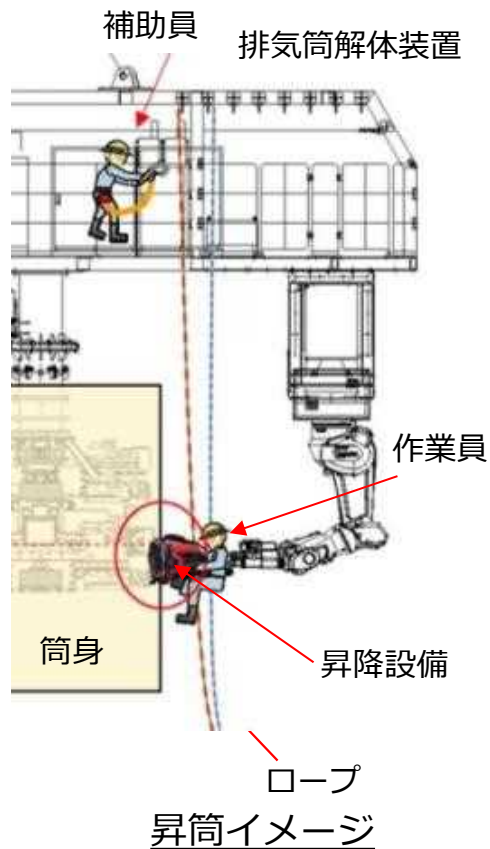
遠隔解体装置の段取り替えなどを行う空間線量が特に高い作業場所周辺に移動式遮へいを設置する



移動式遮へい設置イメージ

## 2-7.トラブル対応

- 実証試験を入念に行い、装置改良や施工手順見直しを行っており、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。（アクセスやトラブル訓練は実証試験で実施済み）



訓練状況

鉄塔解体装置

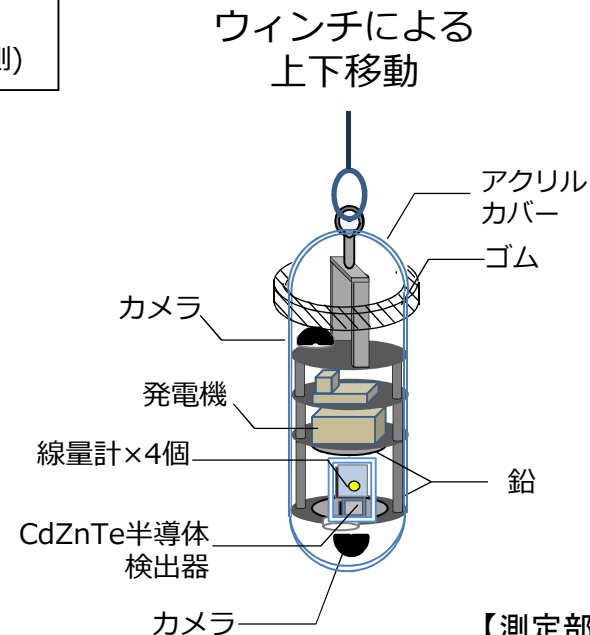
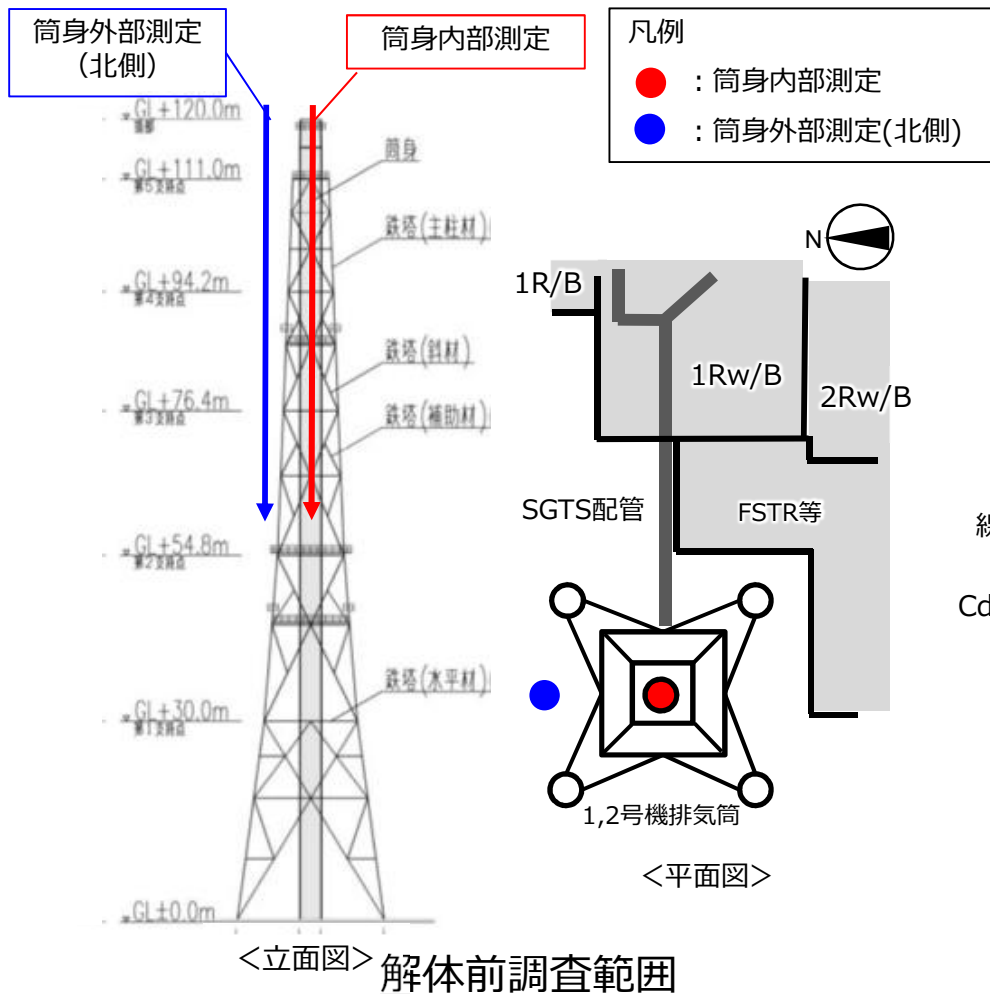
搭乗設備



クレーンで吊った搭乗設備を排気筒に近づける

### 3-1. 排気筒の解体前調査概要

- 排気筒の筒身内部及び外部（排気筒北側）の線量，ガンマ線スペクトルの測定を行い，それらのデータを解析して，排気筒解体作業に伴う周辺環境への影響を評価した。
- また，2016年10月に実施したドローンによる調査で確認した支障物（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と共に，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った。



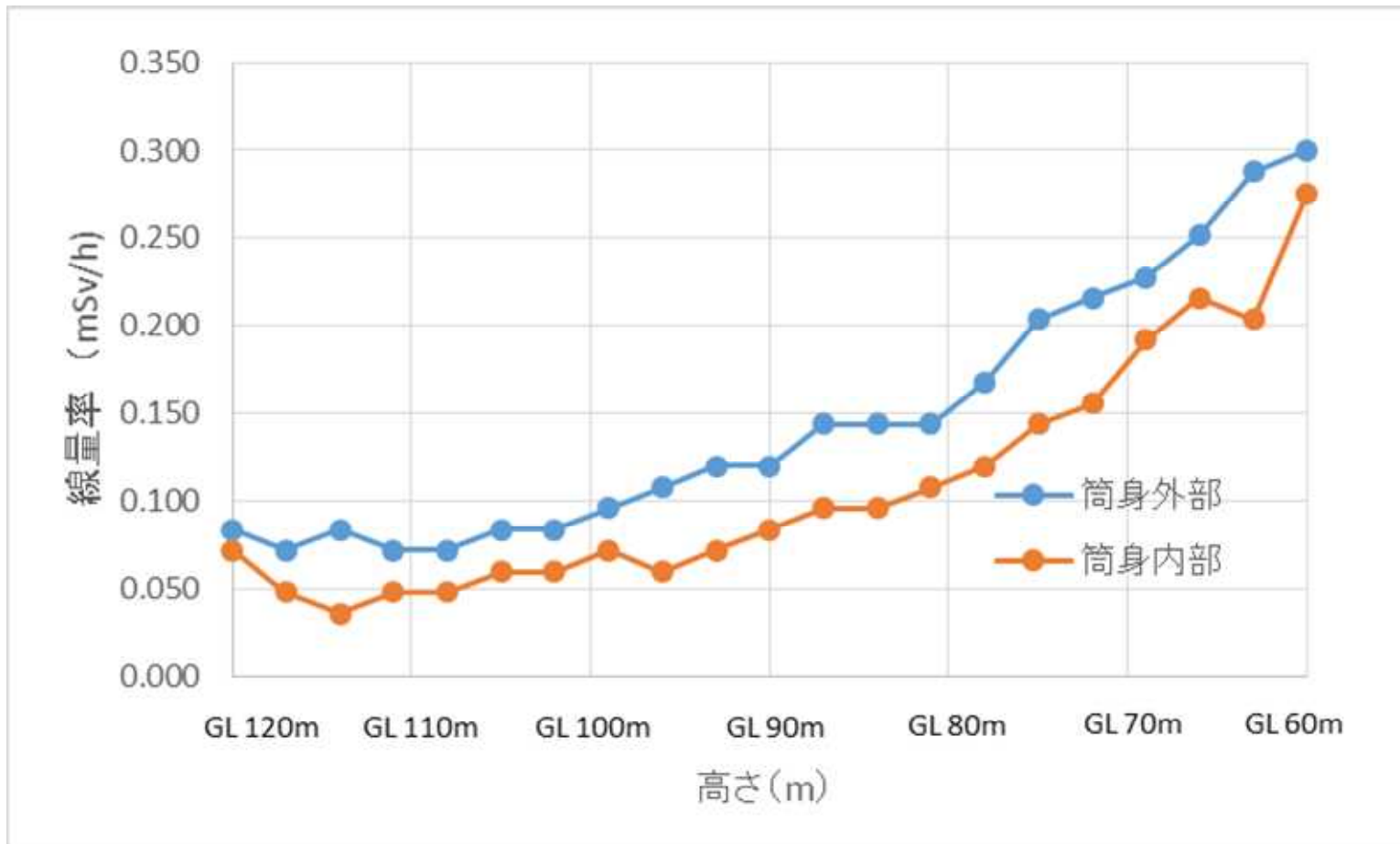
【測定部分】  
 線量計  
 CdZnTe半導体検出器



測定装置概要

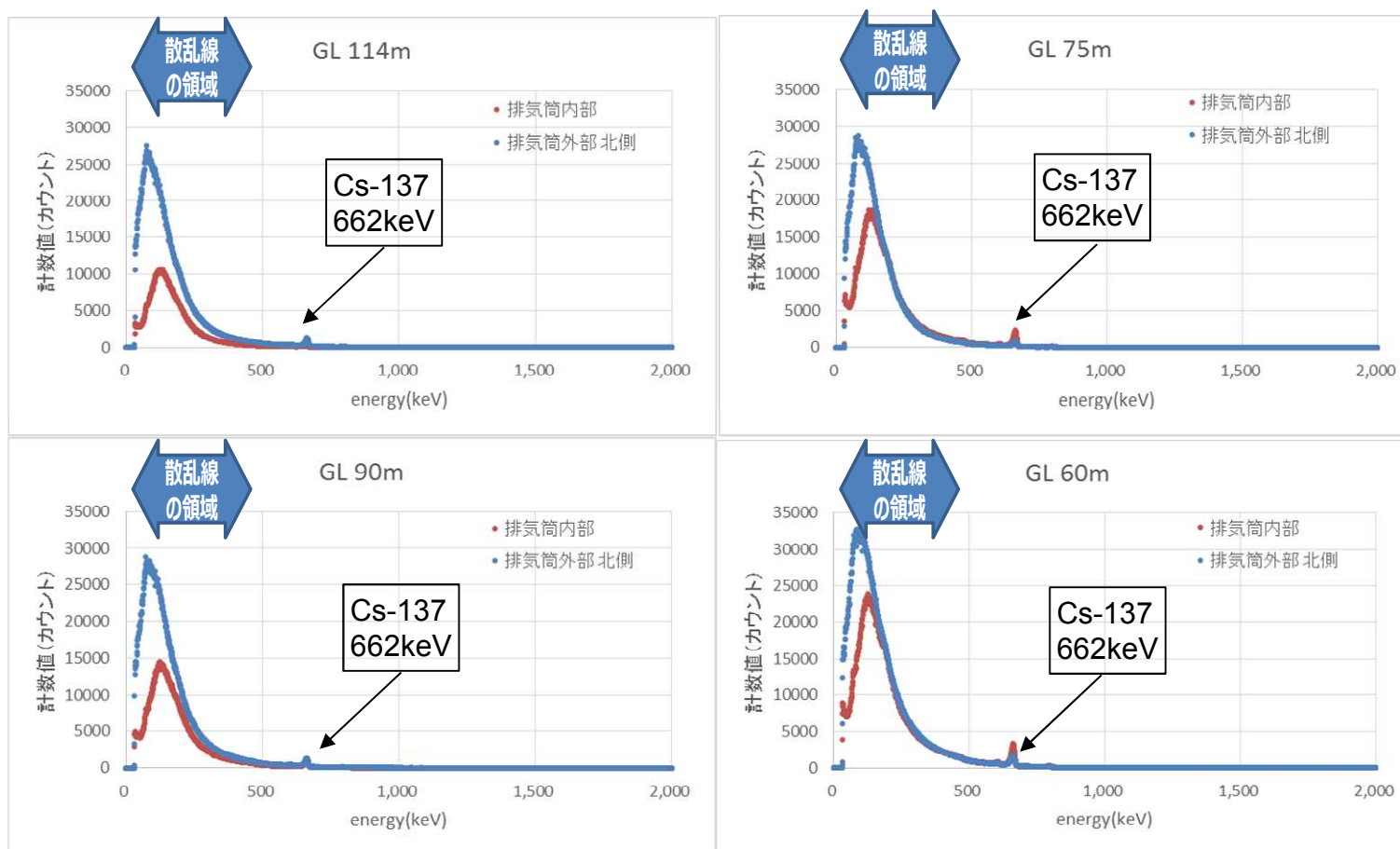
### 3-2. 筒身内部・外部の線量測定結果の比較

- 筒身内部と外部の線量測定結果を比較すると、排気筒のどの高さにおいても筒身外部の方が線量が高い。
- 1号機オペフロからの散乱線の線量寄与が大きいいため、筒身自体（約9mm鉄製）による遮へいで筒身内部の線量が外部よりも低くなっていることが考えられる。



### 3-3. 筒身内部・外部のガンマ線スペクトル測定結果の比較

- 主な検出核種は、散乱線領域のピークとCs-137のピークであったが、筒身の外周及び内部のCsのピークは小さく、散乱線領域のピークが特に大きいことから、筒身自体の汚染起因ではなく、1号機オペフロからの散乱線の線量寄与が大きいと考えられる。



### 3-4. 排気筒解体作業に伴う周辺環境への影響評価

- 排気筒の筒身内側の線量及びガンマ線スペクトルの測定結果から、遮へい計算コード（モンテカルロコード「MCNP」）にて、排気筒内部の表面汚染密度を評価した。

<評価条件>

- ・筒身内側の測定結果から、1号機オペフロからの線量寄与が特に大きいと想定しているが、評価にあたっては、保守的に全て筒身からの寄与とし、筒身内表面に均一な汚染（Cs-134,Cs-137）が付着しているものと仮定した。
- 前回同様（p.14参照）に筒身切断面積，飛散率等を考慮して，排気筒解体に伴う総放出量，1時間当たりの放出率を算出し，敷地境界線量[mSv/年]及び敷地境界空气中放射性物質濃度[Bq/cm<sup>3</sup>]を評価した結果を下表に示す。
- 今回の評価値は，前回評価結果を下回り，敷地境界線量 **<1mSv/年**，敷地境界空气中放射性物質濃度 **< 1.0×10<sup>-5</sup>Bq/cm<sup>3</sup>**(モニタリングポスト近傍ダストモニタの警報設定値)を大きく下回ることを確認した。

環境影響評価結果

評価項目	今回評価結果	前回評価結果
総放出量	<b>5.9 ×10<sup>4</sup>[Bq]</b>	1.1×10 <sup>6</sup> [Bq]
1時間当たりの放出率	<b>1.4×10<sup>3</sup>[Bq/h]</b>	2.3×10 <sup>4</sup> [Bq/h]
敷地境界線量	<b>2.3×10<sup>-8</sup>[mSv/年] (&lt;1 [mSv/年] )</b>	4.2×10 <sup>-7</sup> [mSv/年]
敷地境界空气中放射性物質濃度	<b>1.8×10<sup>-11</sup>[Bq/cm<sup>3</sup>] (&lt;1.0×10<sup>-5</sup> [Bq/cm<sup>3</sup>] )</b>	3.1×10 <sup>-10</sup> [Bq/cm <sup>3</sup> ]



### 3-5. 排気筒の解体前調査結果②（筒身内部・外部の撮影結果）

- 筒身内部のカメラ調査を行い、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）以外に支障物が無いことを確認した。
- なお、上記支障物は、排気筒筒身上端から約60mの位置にあるH鋼と判明し、現在の解体工事計画に影響が無いことを確認した。
- 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った結果、解体工事計画に支障が出るような劣化や支障物が無いことを確認した。



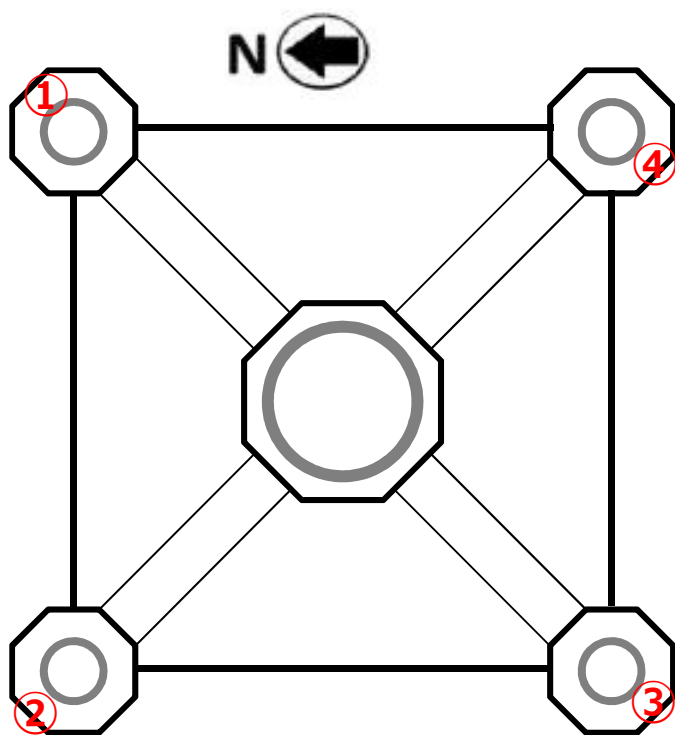
筒身内部調査の実施状況写真



筒身内部支障物（H鋼）写真

### 3-6. 鉄塔脚部の汚染状況調査結果

- 5/10に鉄塔下部(地上1m,1.5m)のスミヤ採取を行い、 $\beta$ 汚染は最大55Bq/cm<sup>2</sup>、 $\alpha$ 汚染は未検出(<0.064Bq/cm<sup>2</sup>)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 <sup>2</sup> ]
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

### 3-7. 解体前調査結果のまとめ

- 線量測定及びスペクトル測定の結果，筒身内外の線量（ $\gamma$ 線）は，1号機原子炉建屋オペ  
フ口等からの散乱線の寄与が高く，筒身の汚染が低いことを確認した。
- 今回の線量調査結果に基づき排気筒の汚染を再評価したところ，これまでに評価してきた  
結果よりも大幅に低いことがわかった。よって，排気筒解体に伴う，敷地境界線量[mSv/  
年]及び敷地境界空气中放射性物質濃度[Bq/cm<sup>3</sup>]は前回評価を下回ることを確認した。
- カメラ調査の結果，既往の調査で確認していた筒身内部の梁材は地上60m付近にあり，  
それ以外に支障物が無いことを確認した。
- 今回得られた調査結果は，筒身の汚染および内部支障物ともに，解体計画で織り込んでい  
た範囲内であることから，これまで実証試験で検証してきた解体計画に基づき解体作業を  
行うこととする。
- なお，これまでの想定よりも筒身の汚染は低いことがわかったが，より安全・安心に作業  
を進める観点から，飛散防止剤の散布，ダスト飛散抑制カバーによるダスト吸引，ダスト  
モニタによる監視は計画通り実施する。

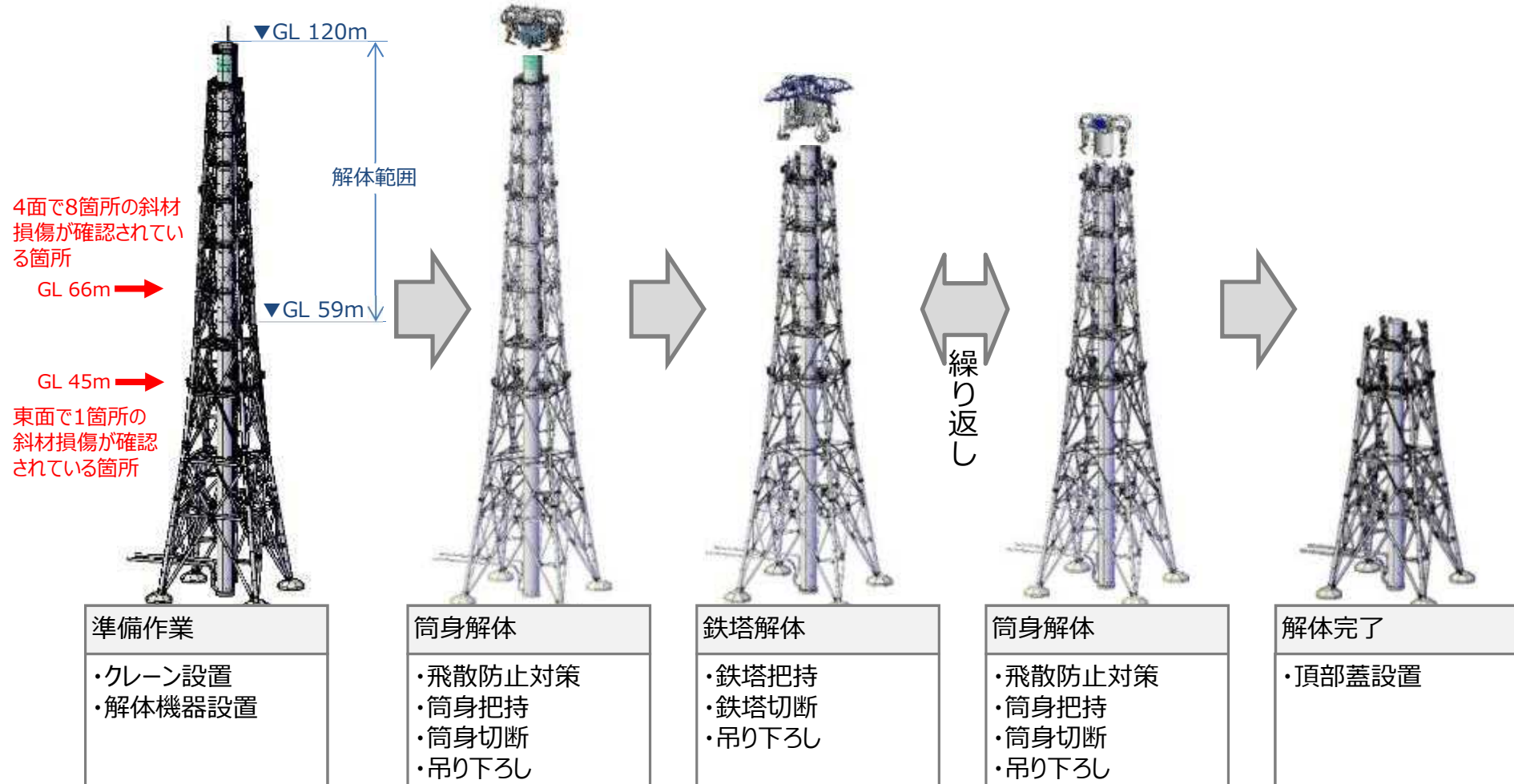
## 【参考1】筒身切断時のダスト対策

- 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2】解体工事計画概要

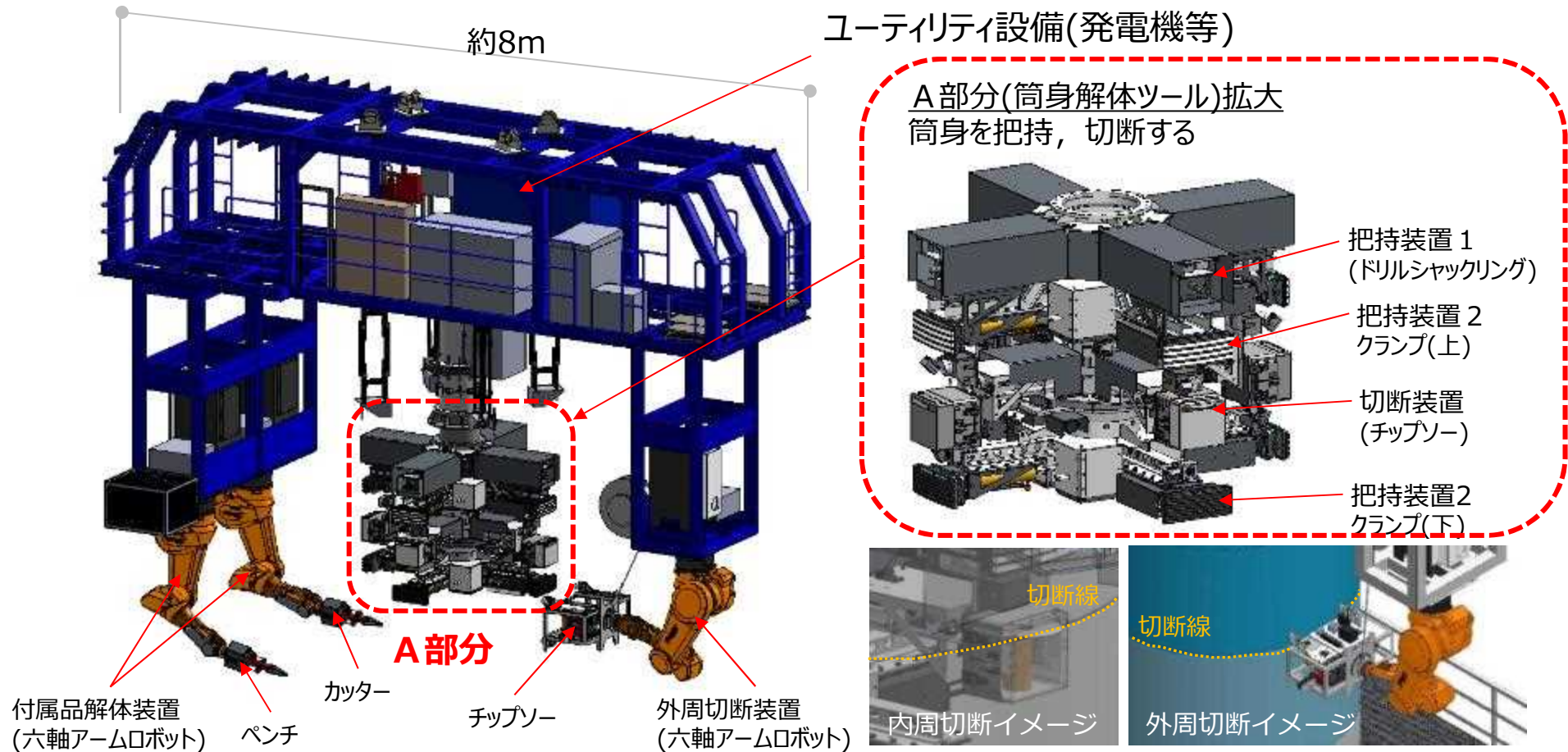
- 1/2号機共用排気筒は、排気筒の地上からの高さ約60m～120mを解体する計画としている。
- 燃料取り出し工事で使用する大型クレーンを使用し、筒身や鉄塔をブロック単位で解体する。
- 初めに突き出ている筒身を解体した後は、鉄塔・筒身の順に解体を繰り返す。
- 装置にトラブルが生じた場合を除き、排気筒上部での作業を無人化する計画。



※1 GL45m付近の破断斜材については、取り除く予定

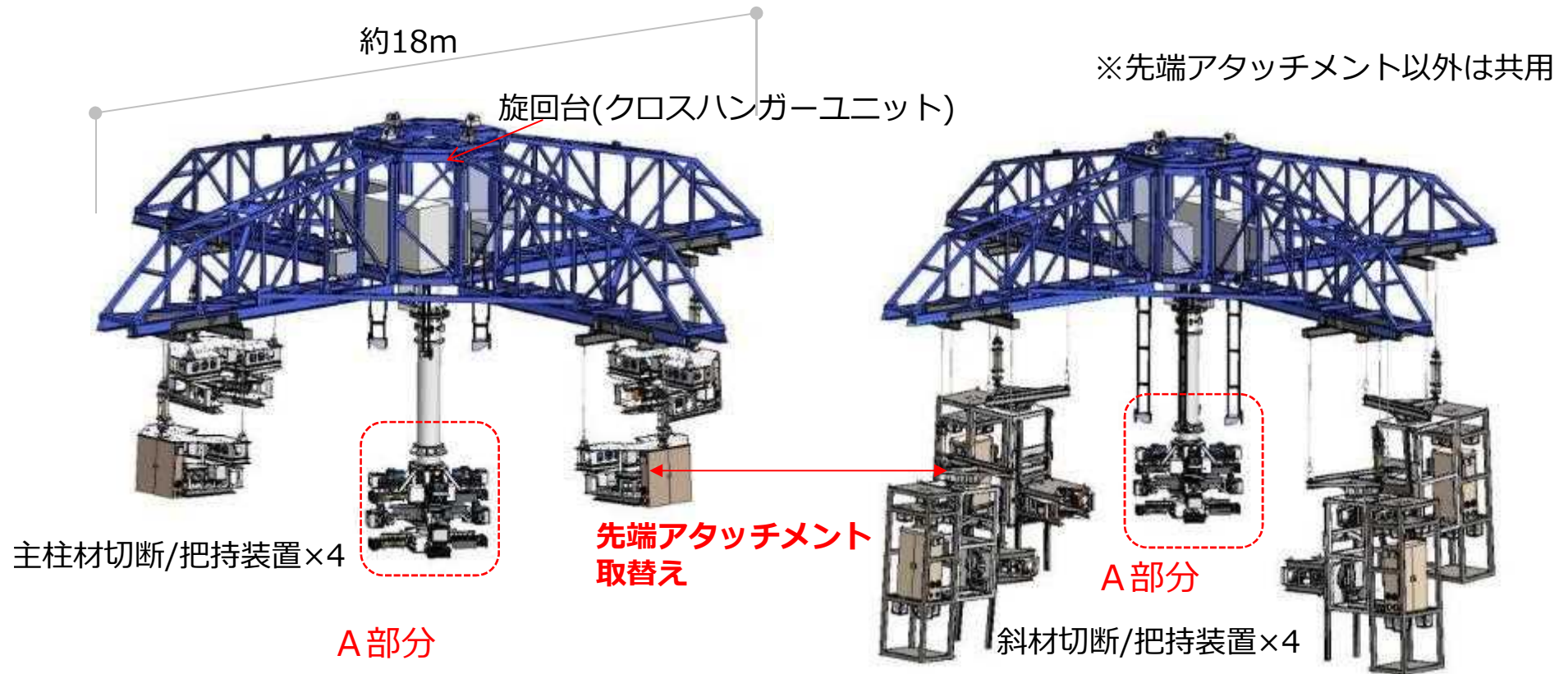
## 【参考2】装置概要（筒身解体装置）

- 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。



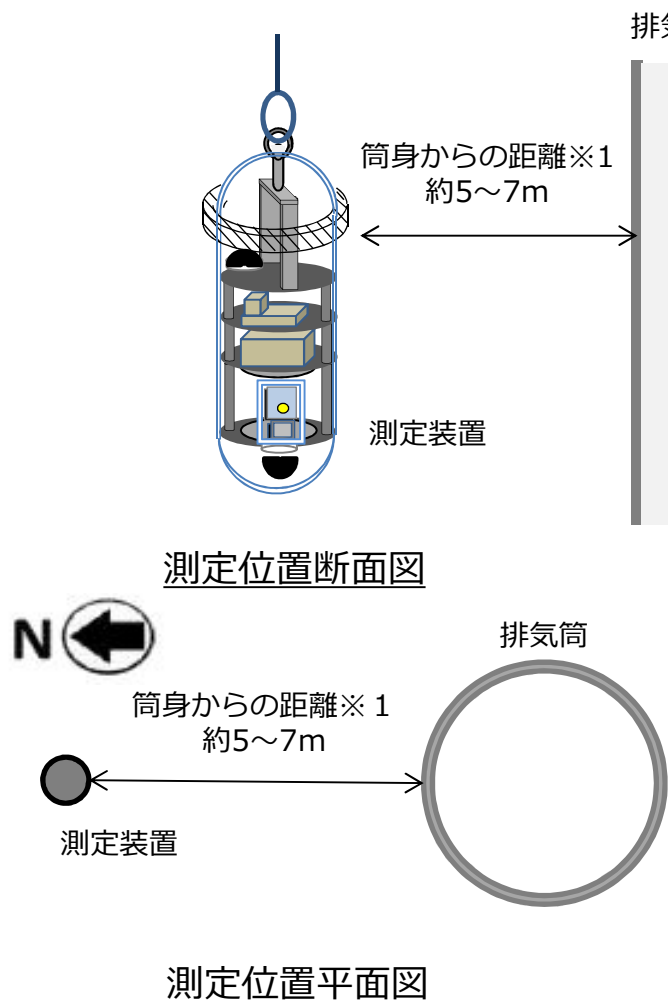
## 【参考2】装置概要（鉄塔解体装置）

- 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】排気筒の解体前調査結果①（外部：線量測定結果）

- 筒身外部の線量（γ線）は、0.07mSv/h～0.30mSv/hであった。
- 排気筒下方が高い傾向で、2016年9月に行ったドローンによる測定結果（p15参照）と同様。



線量測定結果（4つの線量計で計測した線量のうち最大値の線量）

高さ※2 GL[m]	γ線量 [mSv/h]	高さ※2 GL[m]	γ線量 [mSv/h]
120	0.08	87	0.14
117	0.07	84	0.14
114	0.08	81	0.14
111	0.07	78	0.17
108	0.07	75	0.20
105	0.08	72	0.22
102	0.08	69	0.23
99	0.10	66	0.25
96	0.11	63	0.29
93	0.12	60	0.30
90	0.12		

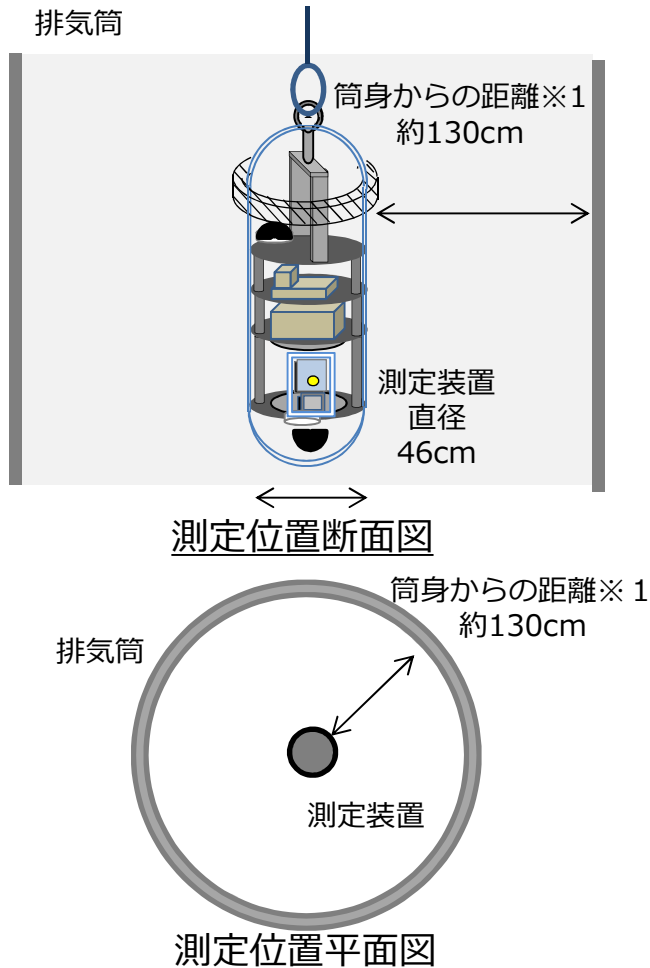
※1 測定装置の吊り下げによる揺れや風による影響を受ける時はあったが、筒身との距離は概ね一定にして測定を実施。

※2 ウィンチのワイヤー長さから求めた高さ



## 【参考3】排気筒の解体前調査結果②（内部：線量測定結果）

- 筒身内部の線量（γ線）は、0.04mSv/h～0.28mSv/hであった。
- 排気筒下方が高い傾向は、筒身外部と同じ傾向。



線量測定結果（4つの線量計で計測した線量のうち最大値の線量）

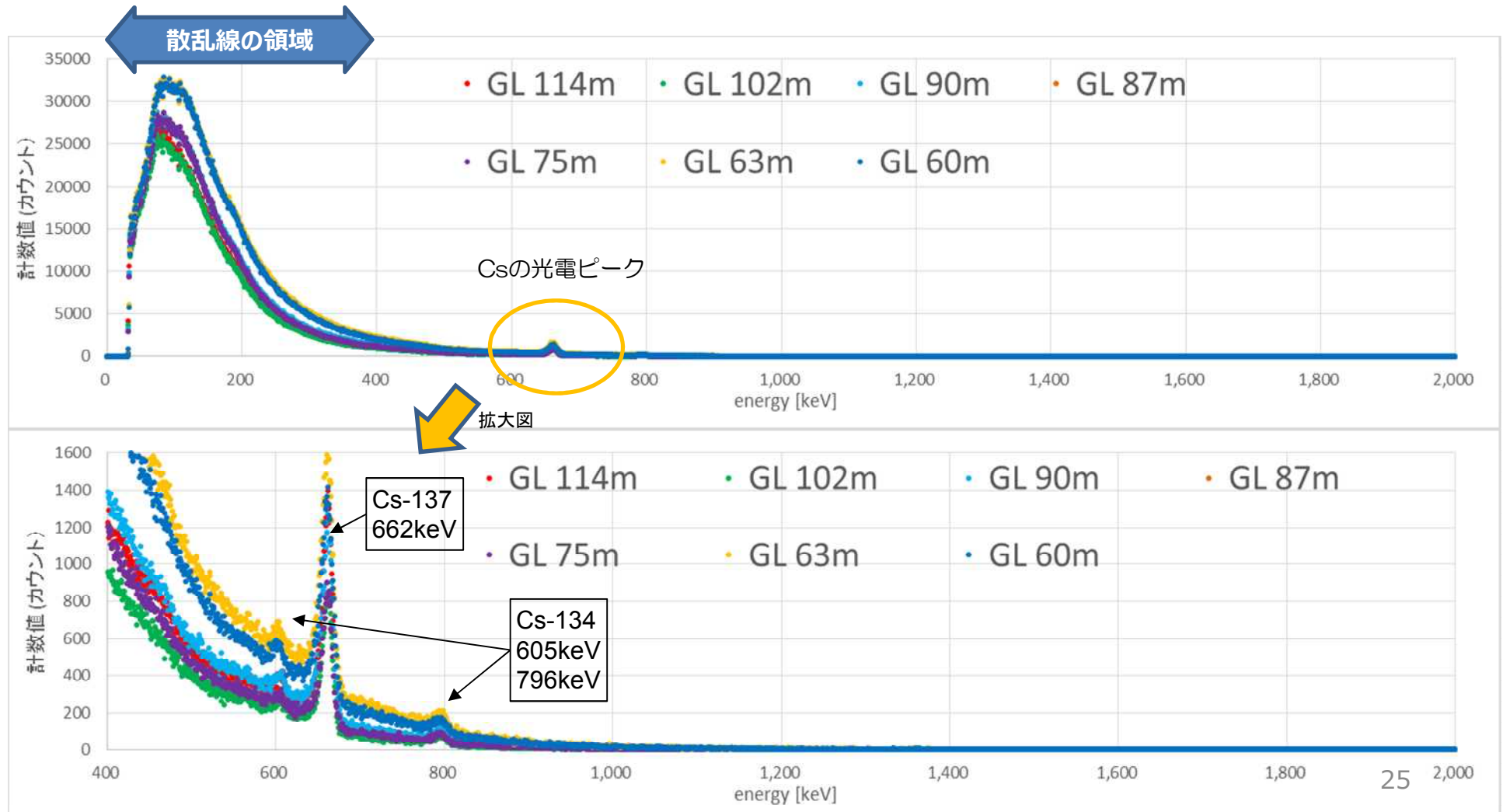
高さ※2 GL[m]	γ線量 [mSv/h]	高さ※2 GL[m]	γ線量 [mSv/h]
120	0.07	87	0.10
117	0.05	84	0.10
114	0.04	81	0.11
111	0.05	78	0.12
108	0.05	75	0.14
105	0.06	72	0.16
102	0.06	69	0.19
99	0.07	66	0.22
96	0.06	63	0.20
93	0.07	60	0.28
90	0.08		

※1 測定装置の吊り下げによる揺れによる影響を受ける時があったが、筒身との距離は概ね一定にして測定を実施。

※2 ウィンチのワイヤー長さから求めた高さ

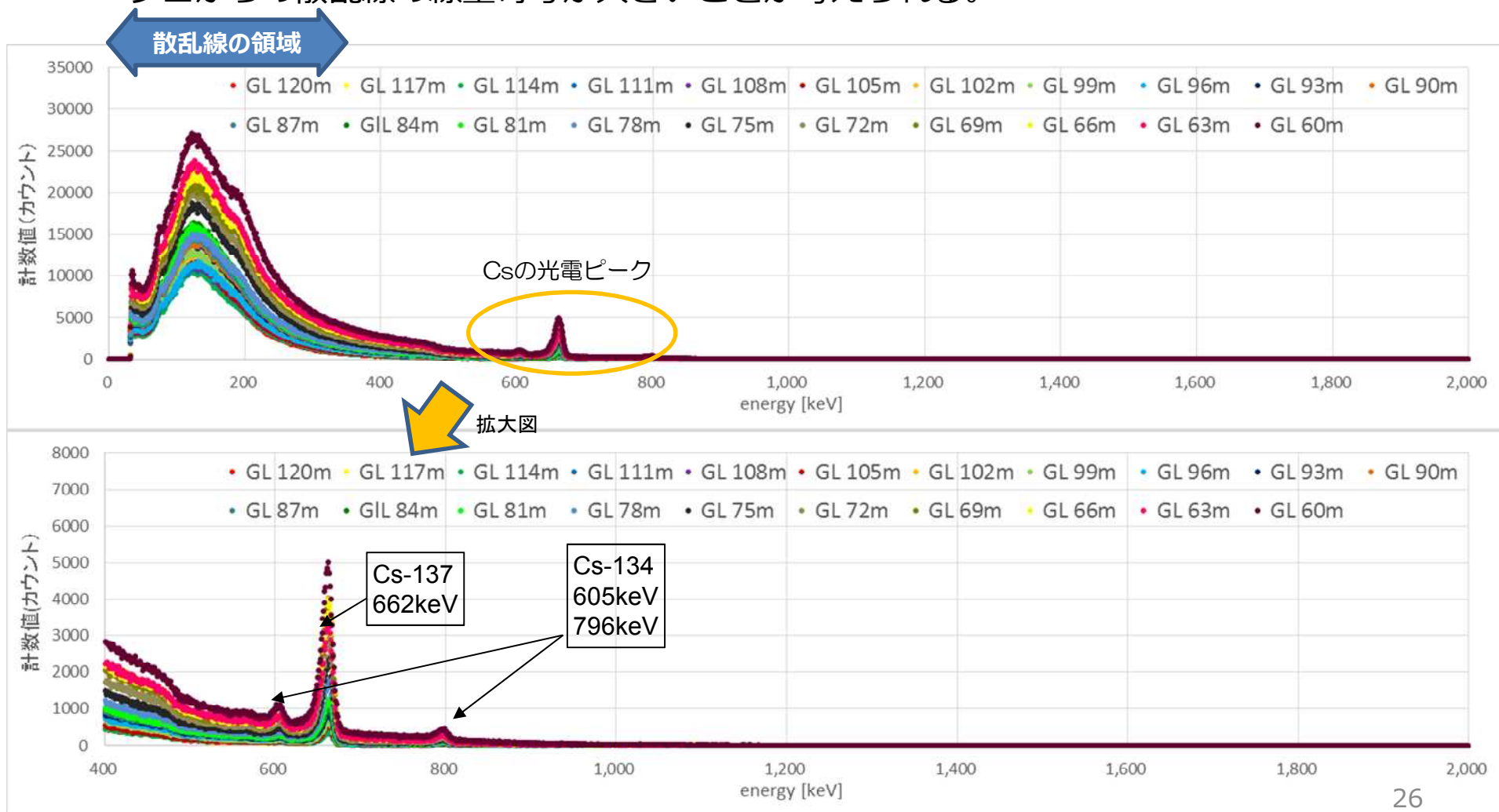
【参考3】排気筒の解体前調査結果①（外部：ガンマ線スペクトル測定結果）

- 検出された核種は、散乱線領域のピークとCs-134, Cs-137のピークであった。Csのピーク高さは小さく、散乱線領域のピークが特に大きい。また、排気筒下方が高い傾向にある。
- ガンマ線スペクトル測定結果から、筒身外周には汚染は少なく、排気筒近傍にある1号機オペフロからの散乱線の線量寄与が大きいことが考えられる。



【参考3】排気筒の解体前調査結果②（内部：ガンマ線スペクトル測定結果）

- 検出された核種は、散乱線領域のピークとCs-134, Cs-137のピークであった。Csのピーク高さは小さく、散乱線領域のピークが特に大きい。また、排気筒下方が高い傾向にある。
- ガンマ線スペクトル測定結果から、筒身内部も汚染は少なく、筒身を透過した1号機オペフロからの散乱線の線量寄与が大きいことが考えられる。

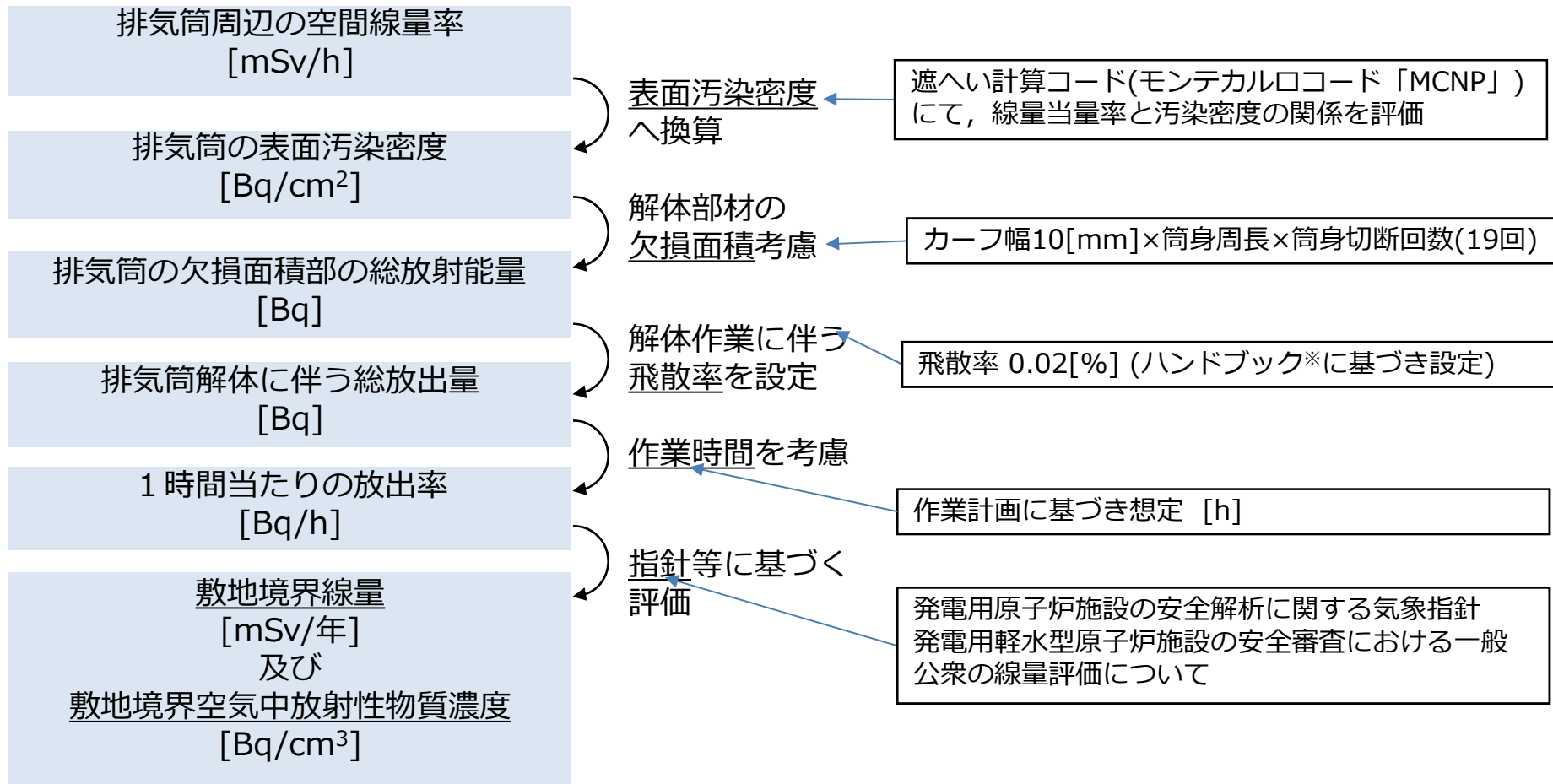


## 【参考4】解体作業に伴う周辺環境への影響の評価

- 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

- 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（排気筒外側近傍で測定した線量）より推定した。
- 筒身内表面の汚染密度推定にあたっては、線源と考えられる周辺建屋からの寄与が小さい※排気筒の西側で測定したデータに基づき算定した。
- 線量調査結果から、周辺建屋からの寄与が大きいと想定されるが、評価にあたっては線量は保守的に全て排気筒からの寄与とし、筒身内表面に均一な汚染（Cs-134,Cs-137）が付着しているものと仮定した。
- 筒身内表面に付着した汚染の核種は確認できていないが、排気筒下部のスタックドレンサンプルピットの分析結果から、主要核種はCs-134, 137と想定する。

※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

表 評価に使用した線量調査結果(2016年10月)

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

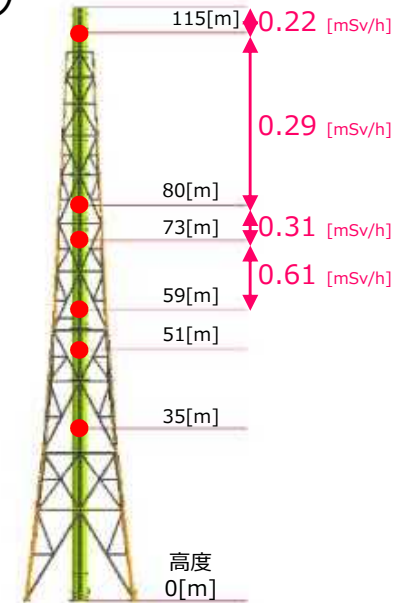


表 1/2号機排気筒ドレンサンプルピット溜まり水分析結果

採取日	全α放射能	全β放射能	Cs-134	Cs-137	Sr-90	Sr-89	Co-60	H-3
	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L
H28.9.12	<8.3E+00	6.0E+07	8.3E+06	5.2E+07	5.1E+04	<4.2E+03	<2.1E+04	1.7E+05
H30.6.12	-	1.7E+07	1.4E+06	1.5E+07	1.0E+04	-	<4.6E+03	3.3E+04

## 【参考4】解体作業に伴う周辺環境への影響の評価

- 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

- 筒身内表面の汚染密度を推定し、排気筒の表面積と筒身切断時の飛散率から、気中へ放出する総放出量を評価した結果、敷地境界線量や敷地境界空气中放射性物質濃度に与える影響は非常に小さいと考えられる。
  - 排気筒の切断に伴う放射性物質 (Cs-134,Cs-137) の総放出量  
 $1.1 \times 10^6$  [Bq]
  - 作業1時間当たりの放出率 (総放出量[Bq] ÷ 作業時間[h])  
 $2.3 \times 10^4$  [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)  
 $4.2 \times 10^{-7}$  [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  
 $3.1 \times 10^{-10}$  [Bq/cm<sup>3</sup>] ( <  $1.0 \times 10^{-5}$  Bq/cm<sup>3</sup> ) (モニタリングポスト近傍ダストモニタの警報設定値)
- なお、今回の評価では排気筒の汚染密度推定や切断面積が保守的であることと、飛散防止カバーの効果の評価上は考慮していないことから、実際の作業時の影響は更に小さいと推定される。