

福島第一原子力発電所 増設雑固体廃棄物焼却設備の状況

2022年7月25日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 増設雑固体廃棄物焼却設備の状況

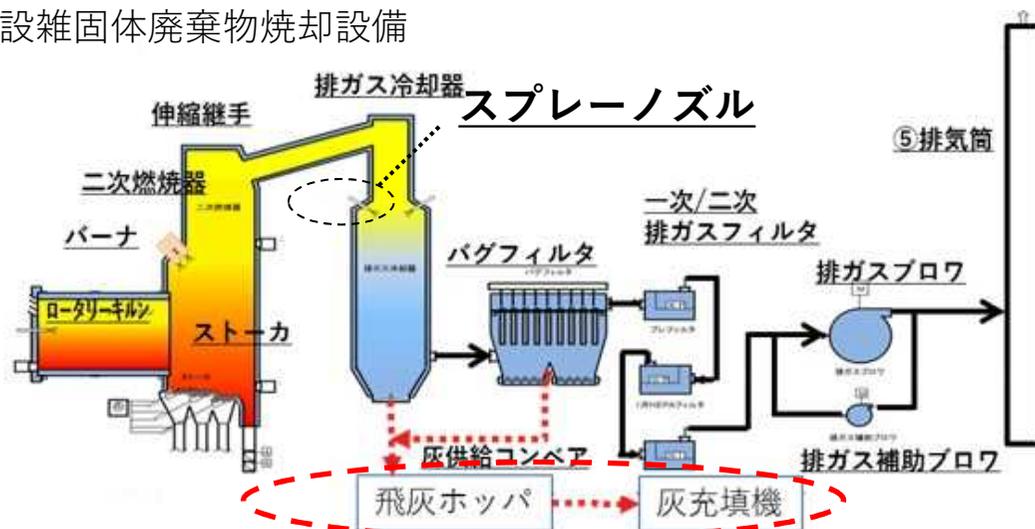
- 5月23日、灰の詰まりにより停止していた増設雑固体廃棄物焼却設備は焼却運転を再開した。
- 6月10日、飛灰の取出し系統に水があることを確認し、点検のため焼却運転を停止した。なお、外部への放射性物質の漏えいはない。
 - 飛灰の容器充填作業に際し、充填機内部を確認したところ、充填口から水滴下を確認。
 - 更に、充填機上流にある飛灰ホッパ(飛灰を貯留する容器)内部に水があることを確認。
- 当該系統に水を供給する機器としては、排ガス冷却器のスプレー水があり、噴霧機構に不具合が生じ、蒸発しきれない水分が系統に混入している可能性がある。
- スプレーの噴霧試験を実施中。 (2.参照)

- 6月18日、パトロールにおいて、二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート、ロータリーキルン取合円筒の溶接部に亀裂等があることを確認した。
- 確認時、焼却運転は停止しており、また、亀裂のあった系統内はブロアにより負圧に維持されていることから、外部への放射性物質の漏えいはない。
- 亀裂破面観察の結果、過大な応力により延性破壊したものであり、3月16日地震の影響と推定。 (3.参照)

- 上記不具合の発生を踏まえ、設備の水平展開調査を実施。新たにボルトの緩みや炉内耐火材のクラック等の不具合を確認。
- 現在、修理方法を検討中であり、早期復旧を目指す。 (4.~6.参照)

2. 飛灰ホップ内の様子と原因調査状況

増設雑固体廃棄物焼却設備



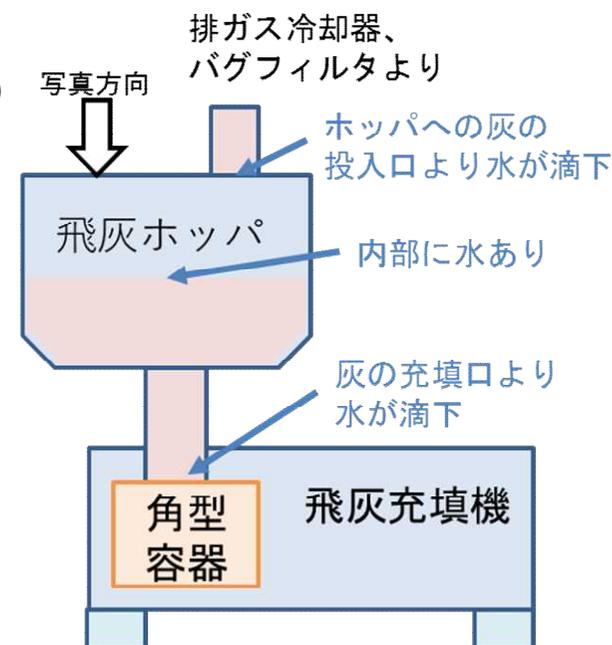
飛灰ホップ内部の様子

飛灰ホップ内の様子

- 灰と水分が攪拌され、泥状になっていた。(右上写真参照)

原因調査状況

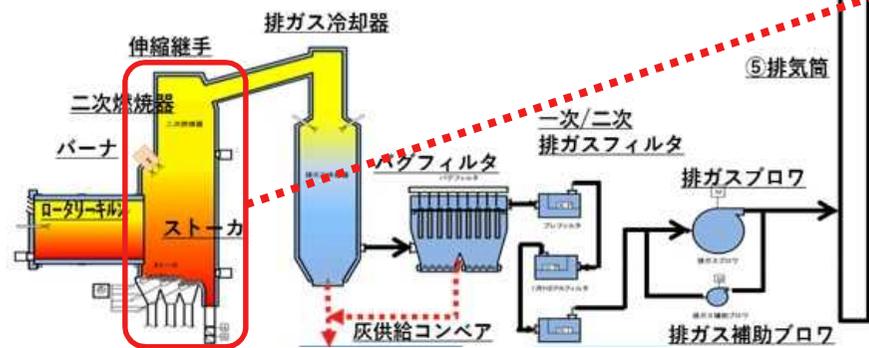
- 現場調査結果から、排ガス冷却器スプレーの不具合によるものと推定。
 - 排ガス冷却器底部および排ガス冷却器から発生した灰の搬送コンベア内部に、湿潤した灰を確認。
 - 一方、バグフィルタで発生した灰の搬送コンベア内部の灰は乾燥していることを確認。
- スプレーノズル外観には灰の詰まり等、異常は確認されていない。ノズルの噴霧試験を実施中。
- なお、水分が確認された系統内部は清掃実施済。



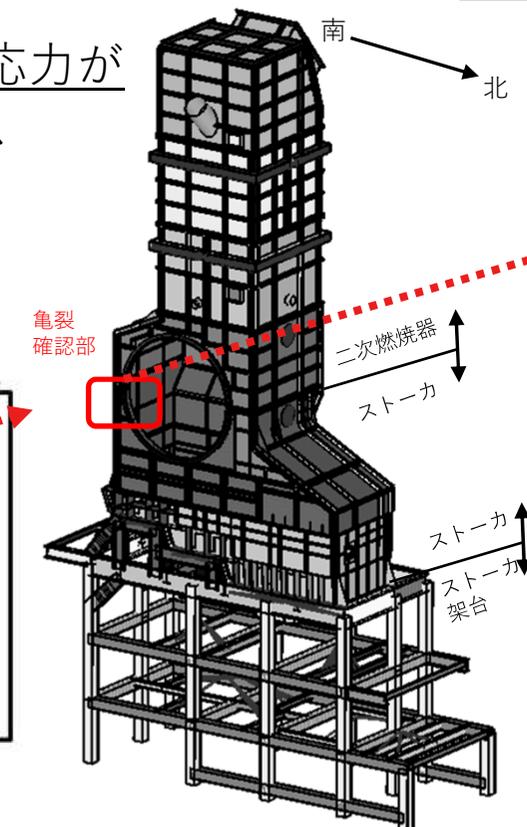
飛灰ホップ及び飛灰充填機の模式図

3. 二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート他の亀裂確認

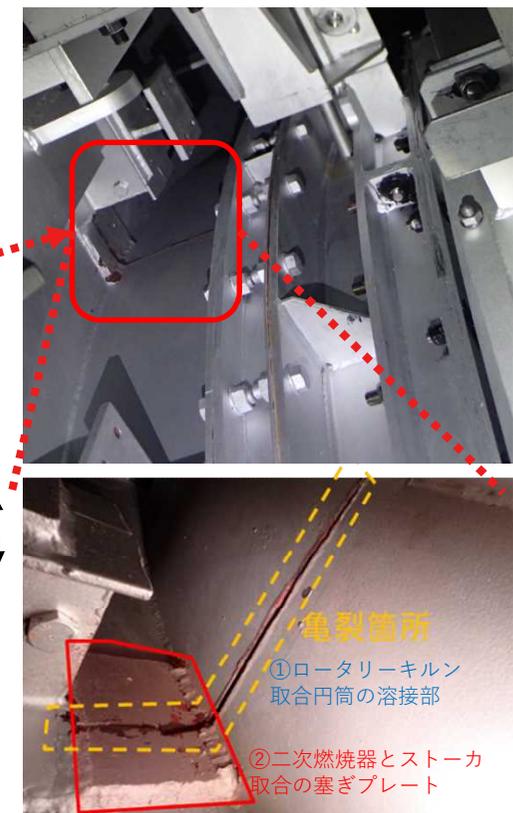
- 増設雑固体廃棄物焼却設備について、下記の亀裂を確認。
 - ①ロータリーキルン取合円筒の溶接部（北、南両側）
 - ②二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート（南側）
- 系統内はブロアにより負圧を維持していること及び亀裂部は焼却物と直接接する箇所ではないことから、当該亀裂部からの放射性物質の漏えいはない。
- 亀裂発生箇所はいずれも構造材本体ではないことから、構造強度に影響はない。
- 亀裂部の破面観察の結果、過大な応力が作用し、延性破壊したものであり、3月16日地震の影響と推定。



増設雑固体廃棄物焼却設備系統図



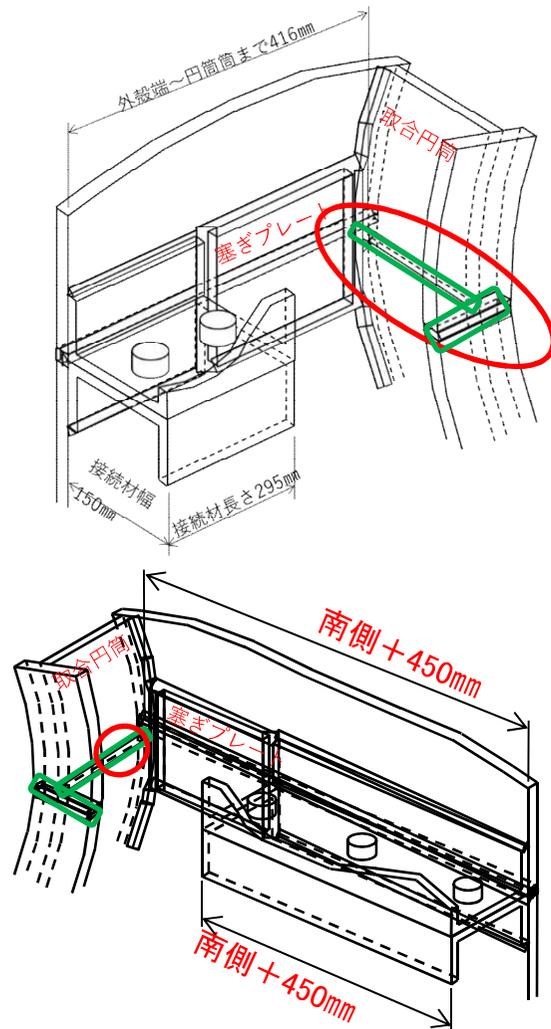
二次燃焼器・ストーカ立体図



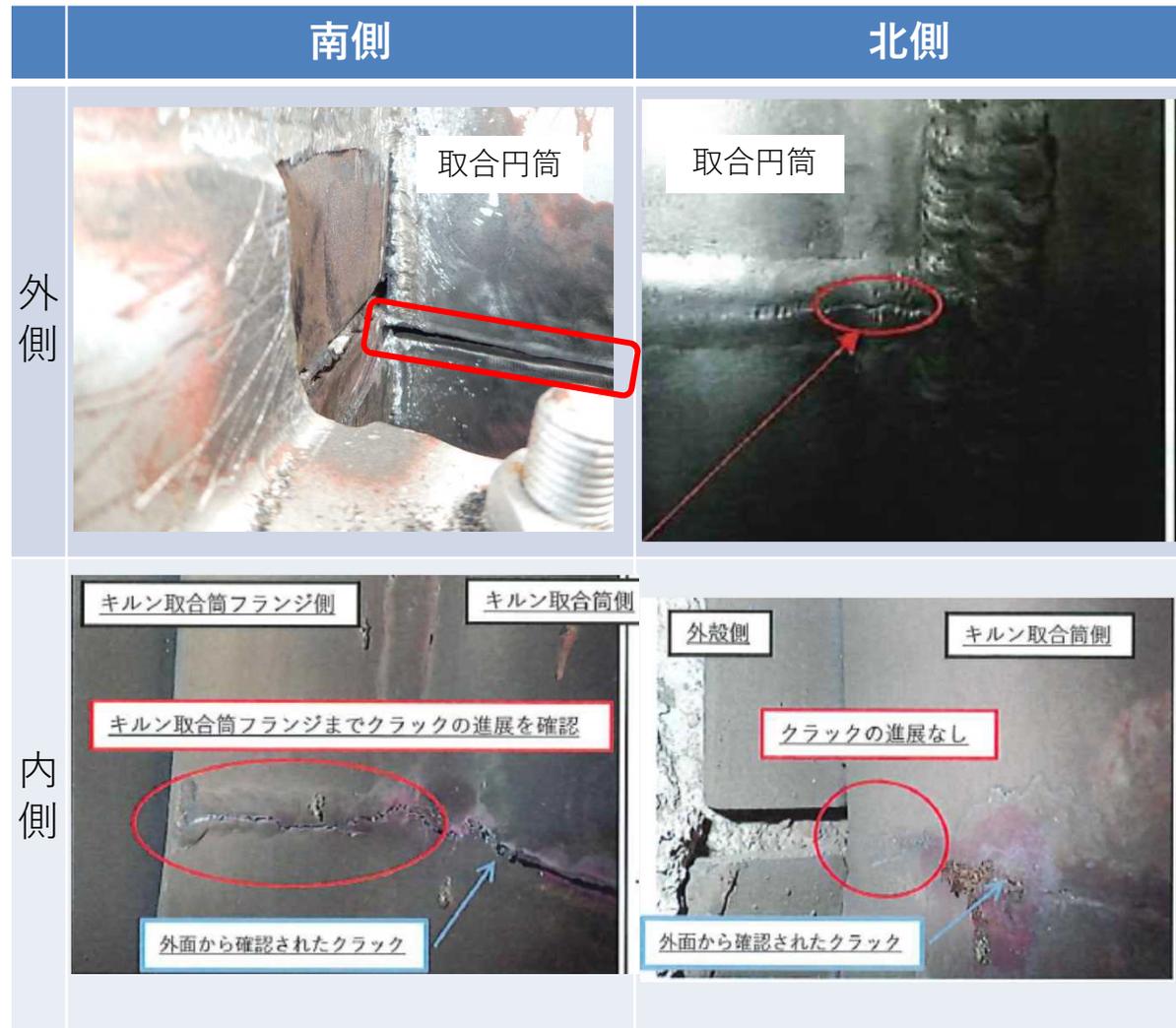
亀裂確認箇所(南側)現場写真

3. 二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート他の亀裂確認 (1) ロータリーキルン取合円筒の溶接部

- 鋼材を溶接接続(下図緑線部)し、取合円筒を構成。本円筒にキルンの摺動部を接続。
- 南北の溶接部共に溶接線に沿って亀裂を確認。
- 南側の亀裂は、円筒先に接続されているフランジ部にも伝播。

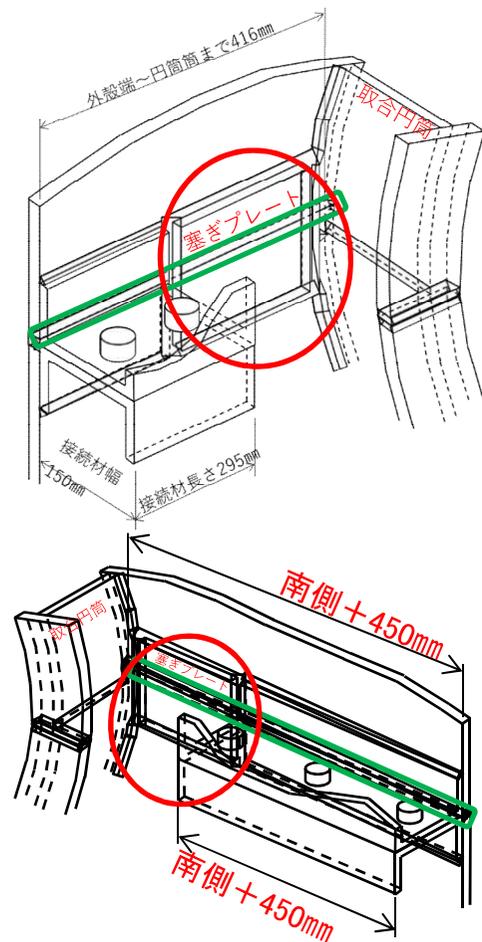


亀裂発生箇所の構造 (上：南側、下：北側)

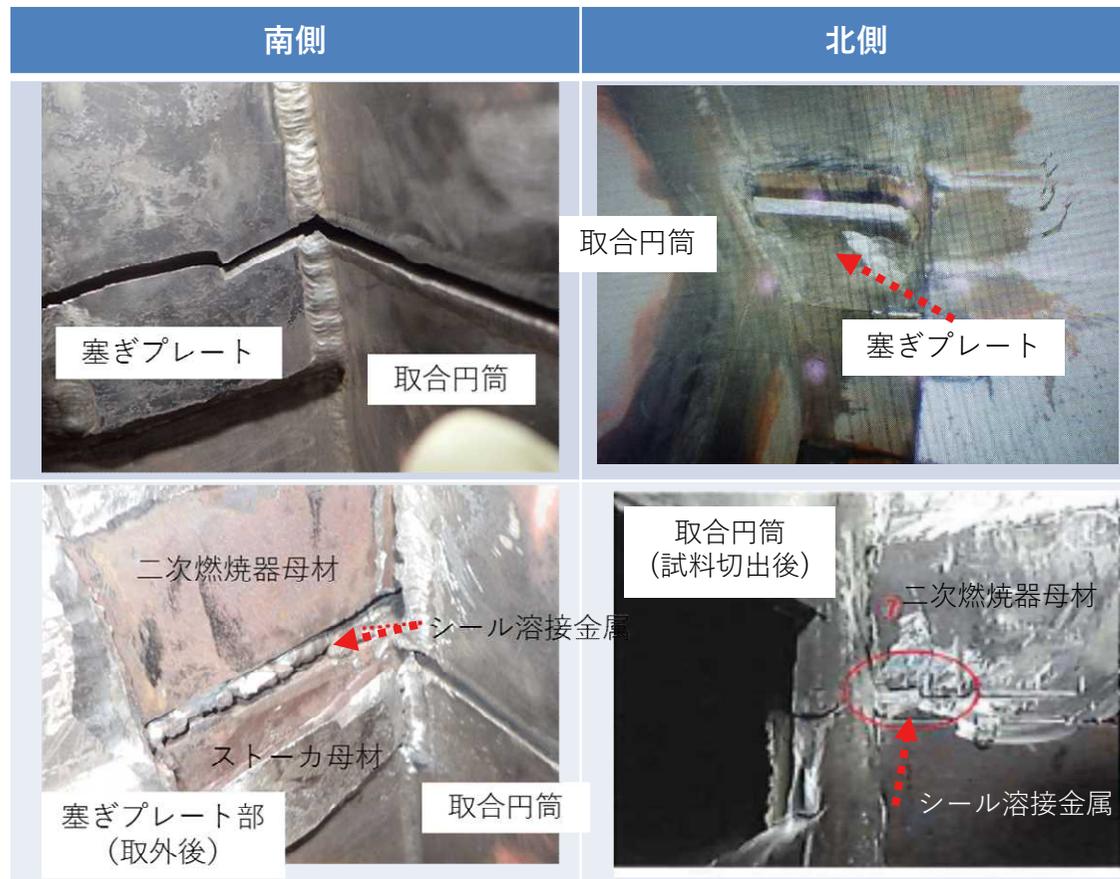


3. 二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート他の亀裂確認 (2) 二次燃焼器とストーカ取合とその塞ぎプレート

- 南側のプレート鋼材自体に亀裂が入り上下に分断。北側のプレートは異常無し。
- プレートは、ストーカ・二次燃焼器取合部内側のシール溶接(下図緑線部)の裏当て金の用途。
- 当該プレートを取り外し、ストーカおよび二次燃焼器の構造材(母材)に亀裂等の異常は確認されなかったが、シール溶接部は割れを確認。

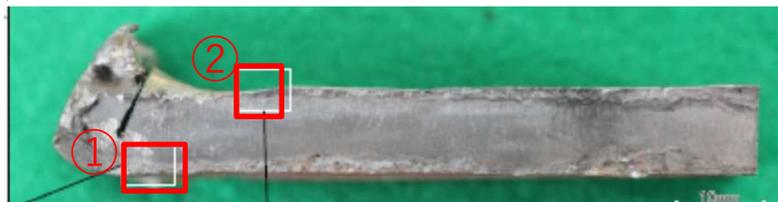
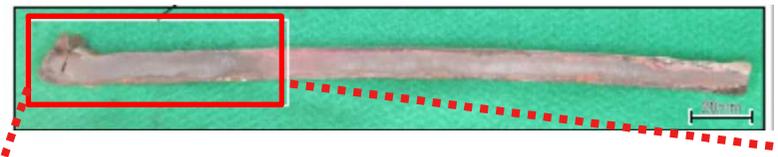


亀裂発生箇所の構造 (上：南側、下：北側)



3. 二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート他の亀裂確認 (3) 亀裂の破面観察結果および発生要因

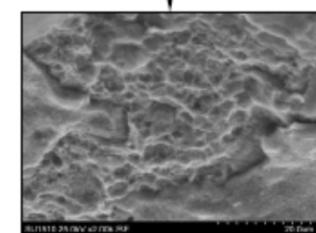
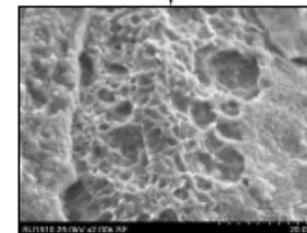
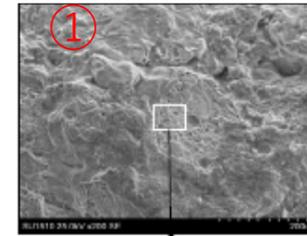
- 破面観察の結果、過大な応力で延性破壊に至ったもので、3月16日地震影響が直接原因と推定。
- 取合円筒の溶接部亀裂（南側）のSEM観察結果
 - 破面は円筒表面の溶接金属部であり、ディンプル模様が確認され、延性破壊と推定。
 - 当該部は突き合わせ溶接で、開先をとらない施工法であったことから、溶接金属の溶込厚さが小さく、設計よりも強度が低かったと推定。



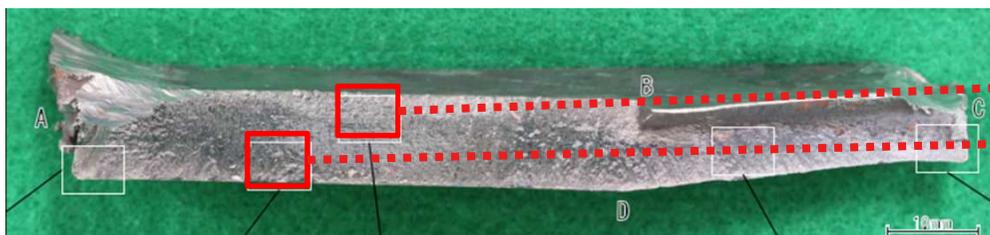
取合円筒破面（南側）



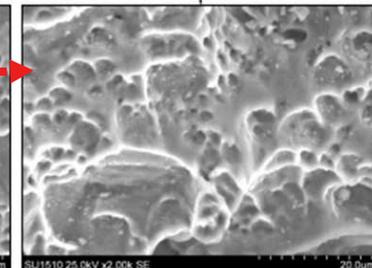
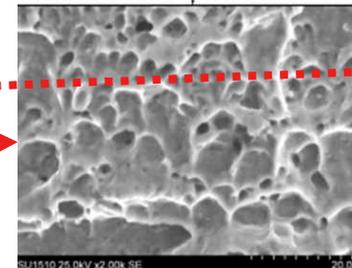
取合円筒破面模式図（桃色：溶接金属部）



- 塞ぎプレートの亀裂のSEM観察結果
 - 破面にディンプル模様が確認され、過大な応力が作用し、延性破壊に至った。
 - 破面は接触による損傷部分が多く、破断後に破面同士の接触が繰り返されたと推定。

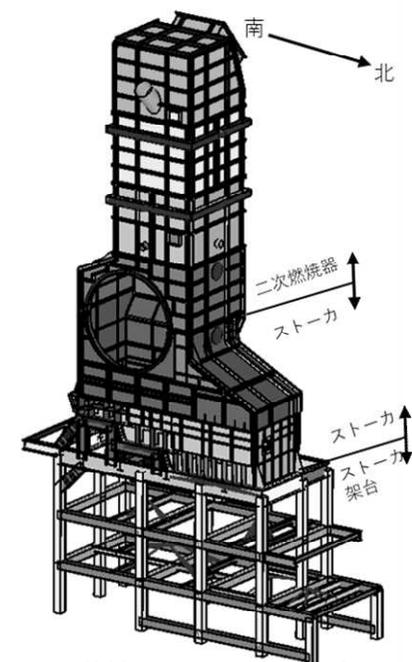


塞ぎプレート破面（上側）

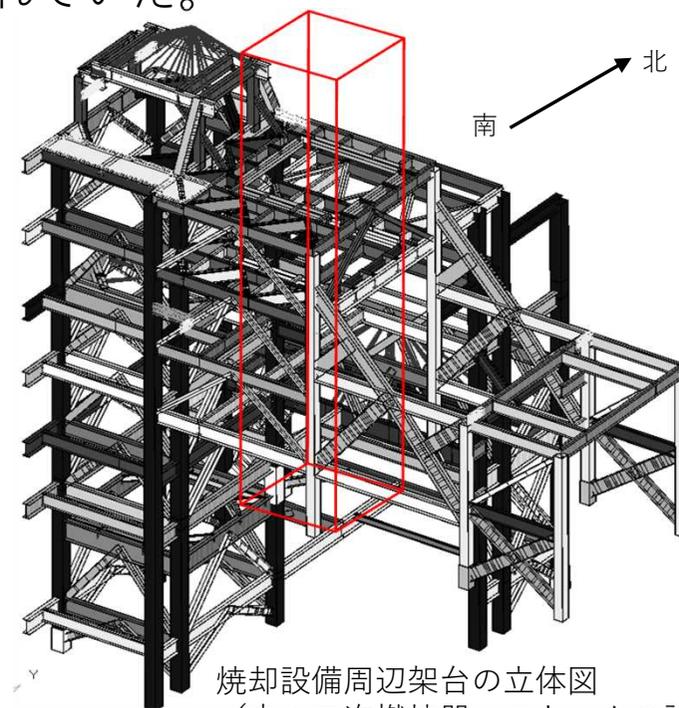


4. 二次燃焼器とストーカの水平展開調査

- 亀裂の発生を踏まえ、二次燃焼器・ストーカについて水平展開調査を実施。
- 調査の結果、新たに下記の不具合を確認。
 - (1) 二次燃焼器・ストーカのボルト接続部の緩み
 - (2) 炉内耐火物のクラック
 - (3) 二次燃焼器外殻補強材および振れ止め材の溶接接続部の割れ
 - (4) ストーカ・架台据付部のシムプレートのずれ
- なお、6月10日までの焼却運転中も、負圧は維持され、温度や排気流量及び排ガスモニタ指示値等の運転パラメータに異常はなかった。
- ボルトの緩みについても、二次燃焼器・ストーカは周囲の架台に接続及び振れ止めされる構造であり、安全は確保されていた。



二次燃焼器・ストーカ立体図



焼却設備周辺架台の立体図
(赤：二次燃焼器・ストーカの設置位置概略)

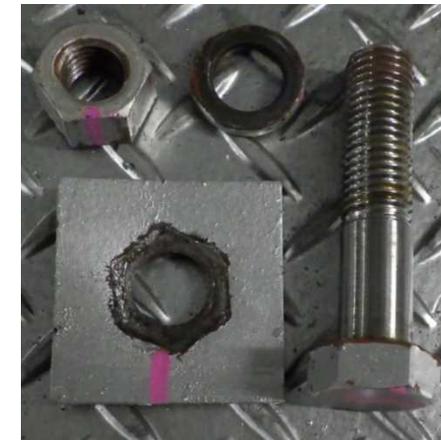
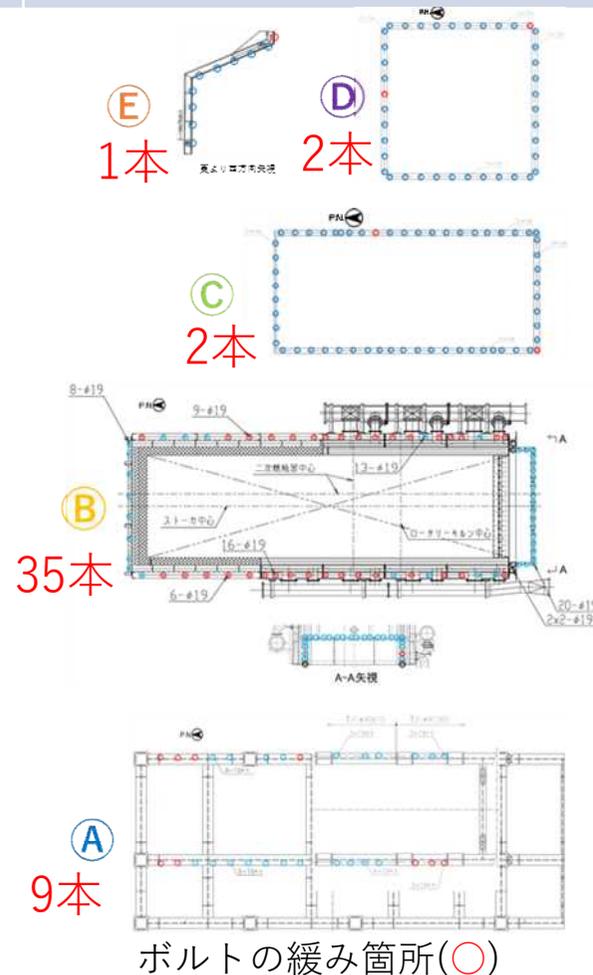
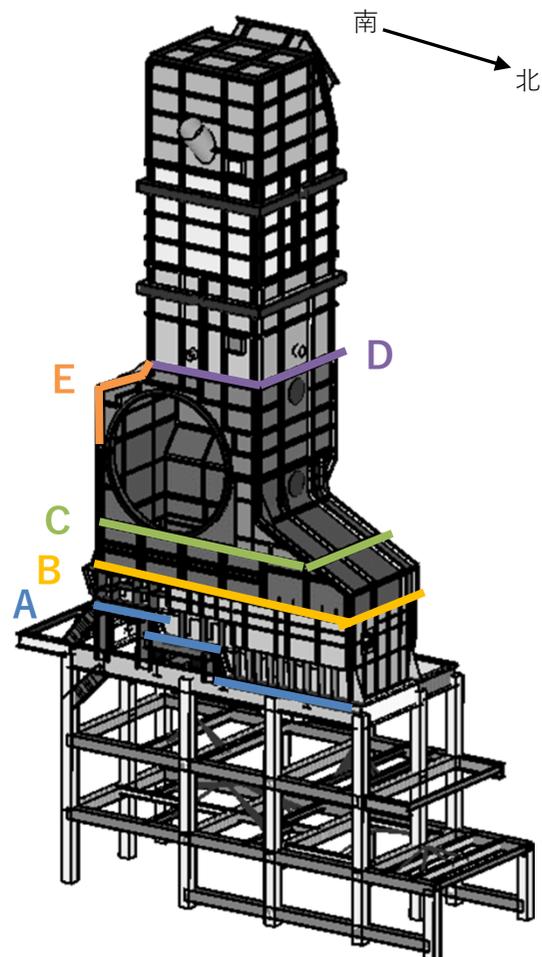
4. 二次燃焼器とストーカの水平展開調査

(1) 二次燃焼器・ストーカのボルト接続部

TEPCO

- 亀裂箇所以外の水平展開調査においてボルト締結部計49本/164本に緩みを確認。
- ストーカ下部に緩み箇所が集中。取り外して調査し、ボルトや座金の歪みを確認。

調査事項	点検内容
ボルト接続部の健全性確認	各部の接続ボルト・座金について寸法や歪みを調査 ボルト穴の径や座金の材質等について妥当性を確認中



ボルト及び座金等
締結部材の状態

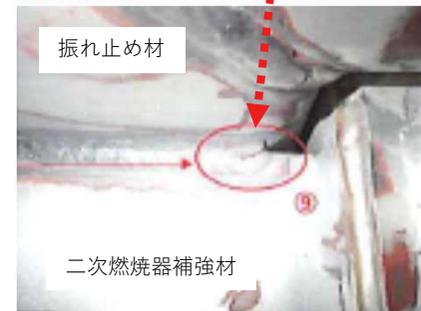
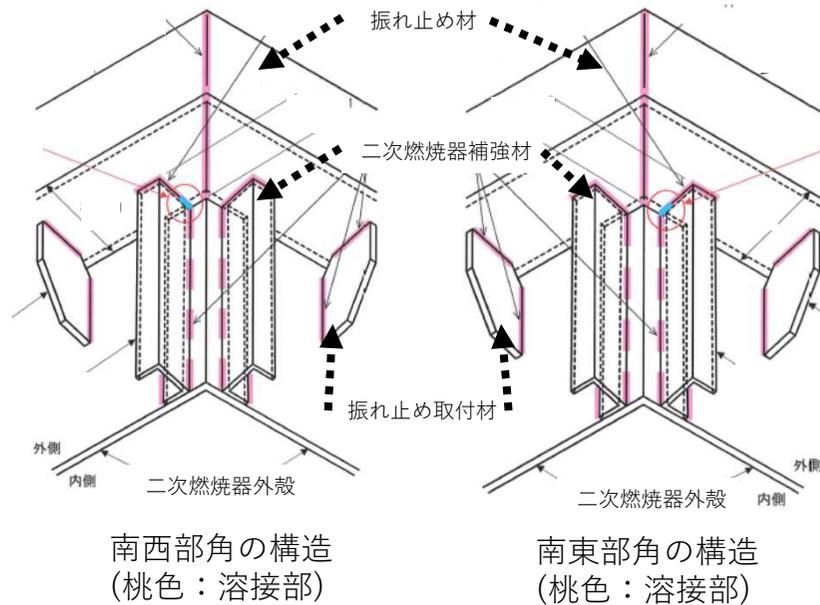
4. 二次燃焼器とストーカの水平展開調査

(3) 二次燃焼器外殻補強材と振れ止め材の溶接接続部

(4) ストーカ・架台据付部のシムプレート

(3) 二次燃焼器外殻補強材と振れ止め材の溶接接続部

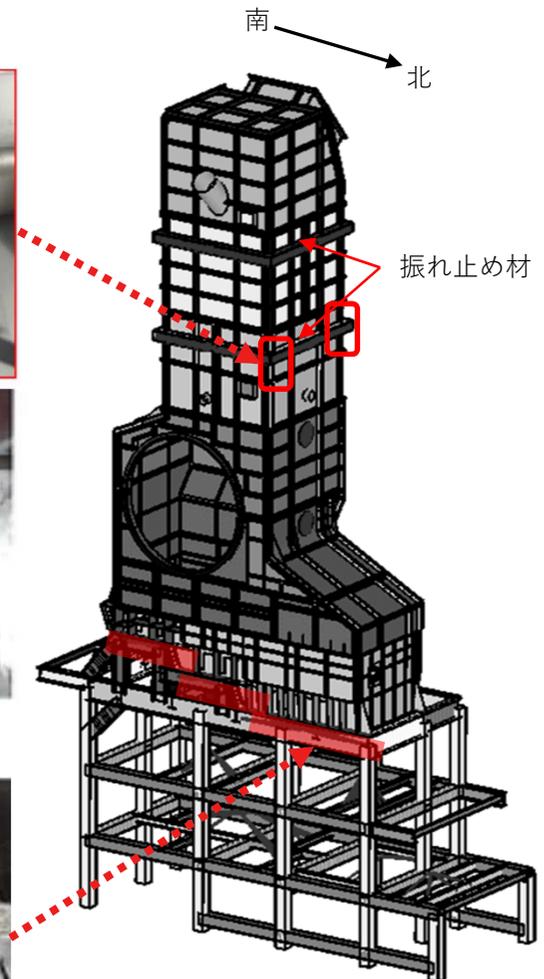
- 二次燃焼器外殻補強材と振れ止め材の溶接接続部について、南東・南西角部に割れを確認。
- 北東角・北西角部に割れはない。
- 当該部位は、二次燃焼器の構造部材ではない。



南西部角部の溶接部割れ



シムプレートのずれ



(4) ストーカ・架台据付部のシムプレート

- ストーカと架台の据付部に挿入するシムプレートのずれを複数箇所を確認。
- 当該プレートは機器の傾き調整、荷重分散の用途。

5. 各不具合箇所及要求機能と復旧の方向性（1/2）

- 各不具合は3月16日地震の影響が直接原因と推定。なお、割れが発生した箇所に溶接部強度が低い部位が確認されており、溶接施工法選定も影響したと推定。また、ボルトの緩みに関しては、ボルト径や座金の材質等の妥当性も確認中。
- 各不具合に関しては、運転中も系統内は負圧に維持され、放射性物質の漏えいはない。また、各機器は架台に締結・振止めされる構造であり、安全も確保されていたと判断。
- 各不具合箇所及要求機能(気密性、強度)を踏まえ、修理方法・時期を検討中。必要な機能を復旧後、再起動する。
- 本事象を踏まえ、今後大規模地震等が発生した際の設備健全性確認において、得られた知見を反映する。
- 並行して3月16日地震の耐震評価を踏まえ、追加対策要否を検討・実施していく。

各不具合部位の要求機能と復旧の方向性（1/2）

	用途・要求機能			復旧の方向性
	用途	気密性	強度	
ロータリーキルン取合円筒	キルン及び二次燃焼器・ストーカ間をシールする摺動部を本円筒に接続	要求有	要求有 ・ 強度部材ではないが、耐震Bクラス地震力に対して許容応力未満とする設計 ・ 開先無の突合せ溶接では必要な溶込厚さが確保されず、溶接部が破断する可能性有	必要な溶込厚さが確保できる、開先をとった溶接とする 他溶接部の施工法選定に問題ないか確認
二次燃焼器・ストーカ接続部のシール溶接部	接続部の気密性を向上(一般は外面ボルト締結のみ)	要求有	—	外面からのシール溶接等により気密性を確保

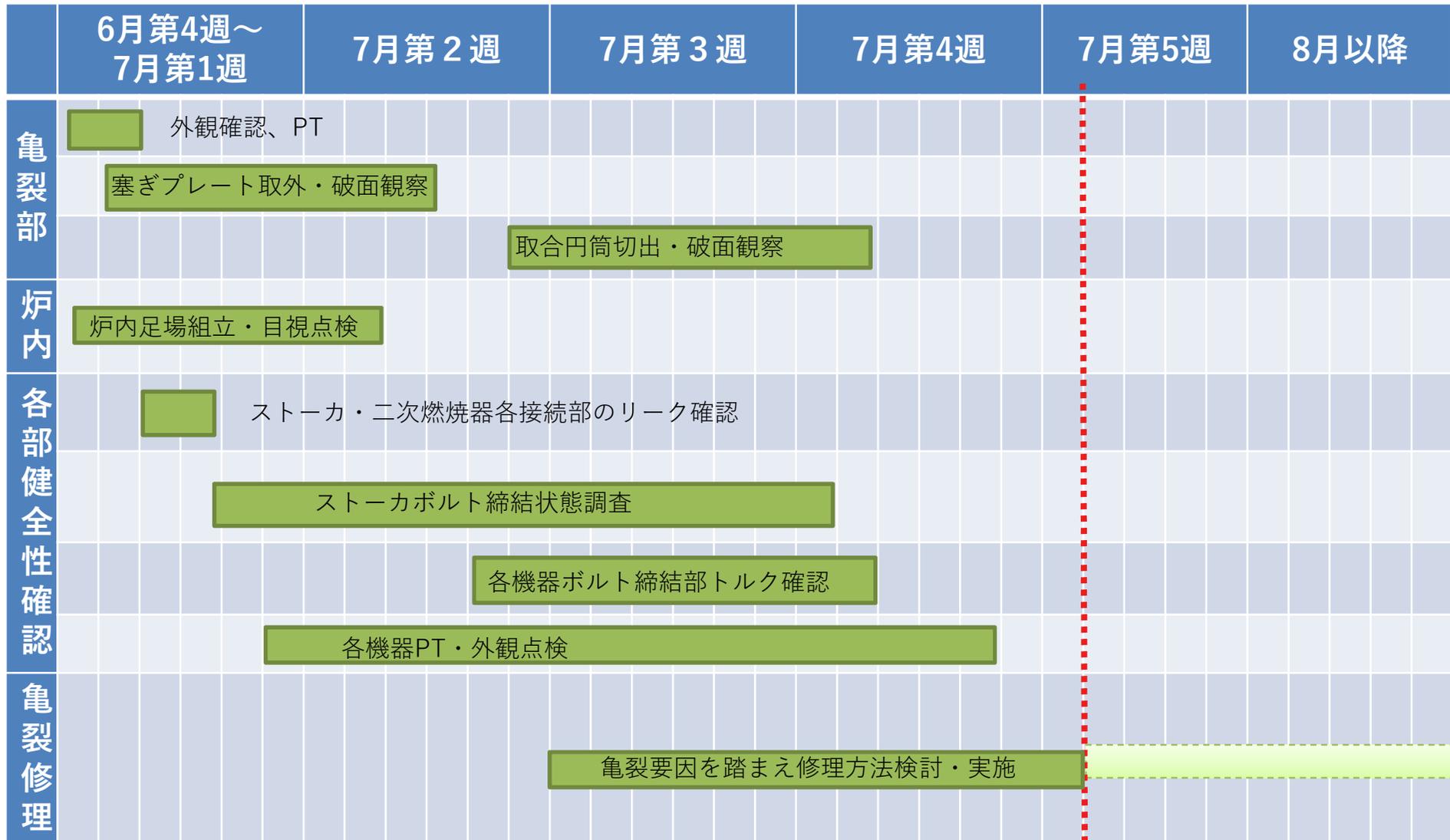
5. 各不具合箇所及安全上の影響と復旧の方向性 (2/2)

各不具合部位の要求機能と復旧の方向性 (2/2)

	用途・要求機能			復旧の方向性
	用途	気密性	強度	
シール溶接部の塞ぎプレート	シール溶接の補助部材(裏当て金)	要求有	—	気密性を確保する修理方法を検討中
ストーカ・二次燃焼器の各ボルト接続部	ストーカ・二次燃焼器各要素を接続	要求有	要求有 ・ 耐震Bクラス地震力に対して許容応力未満とする設計	ボルト・座金の変形が確認されており、ボルト締結施工法について検討中
炉内耐火材	焼却時における炉内高温環境から外殻材を保護	—	—	現状は脱落等の恐れが無いため、経過観察
二次燃焼器外殻補強材と振れ止め材の接続部	二次燃焼器の補強材と振れ止め材を溶接接続	—	—	溶接接続可否を含め検討中
ストーカ・架台据付部のシムプレート	機器の傾き調整及び荷重分散	—	—	ずれ止め方法を検討中

6. 各不具合の調査・点検工程

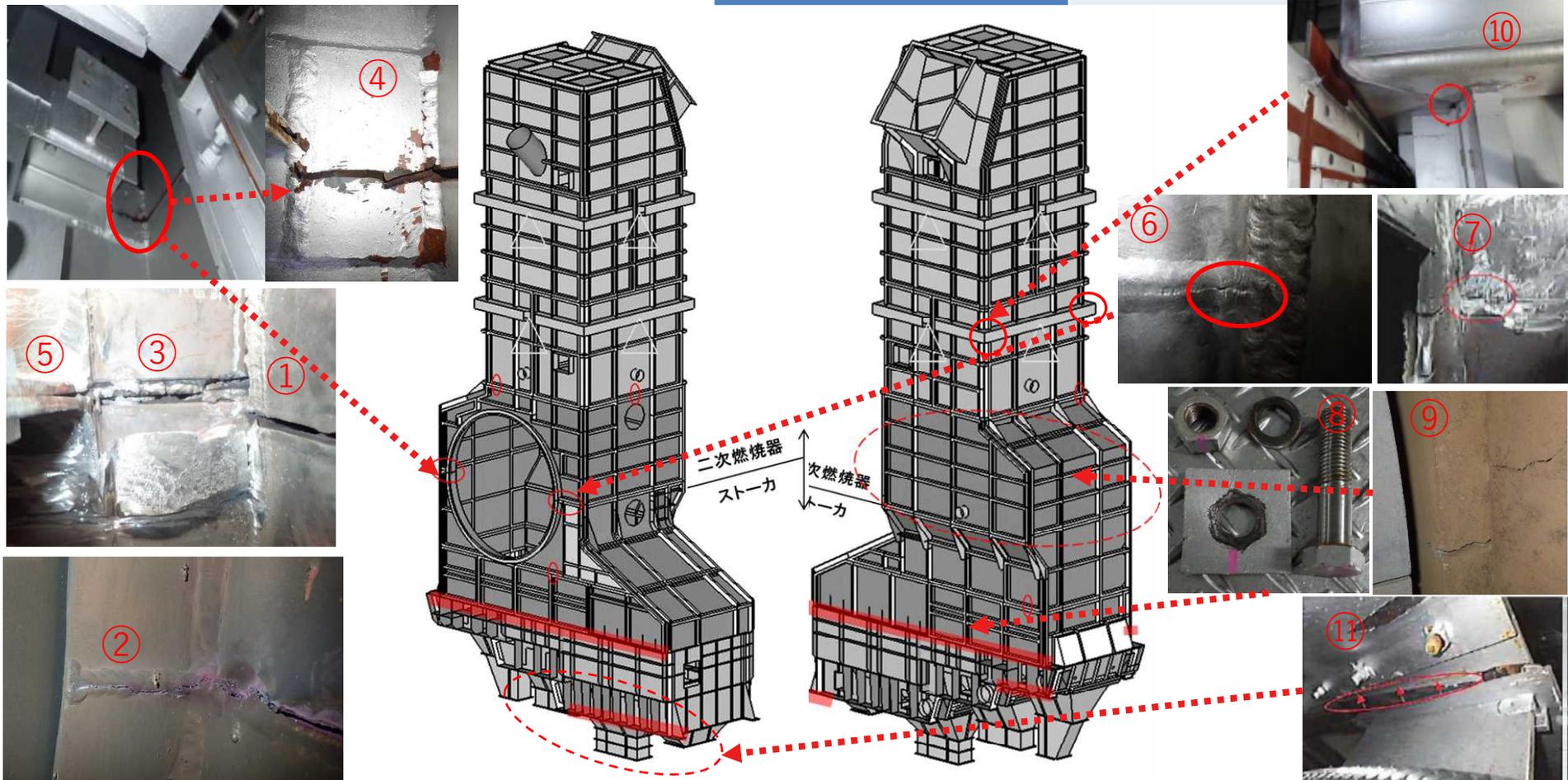
- 設備の確認はおおよそ終了し、修理方法・時期を検討中。



以降、参考資料

【参考】二次燃焼器・ストーカの不具合確認箇所の全体像

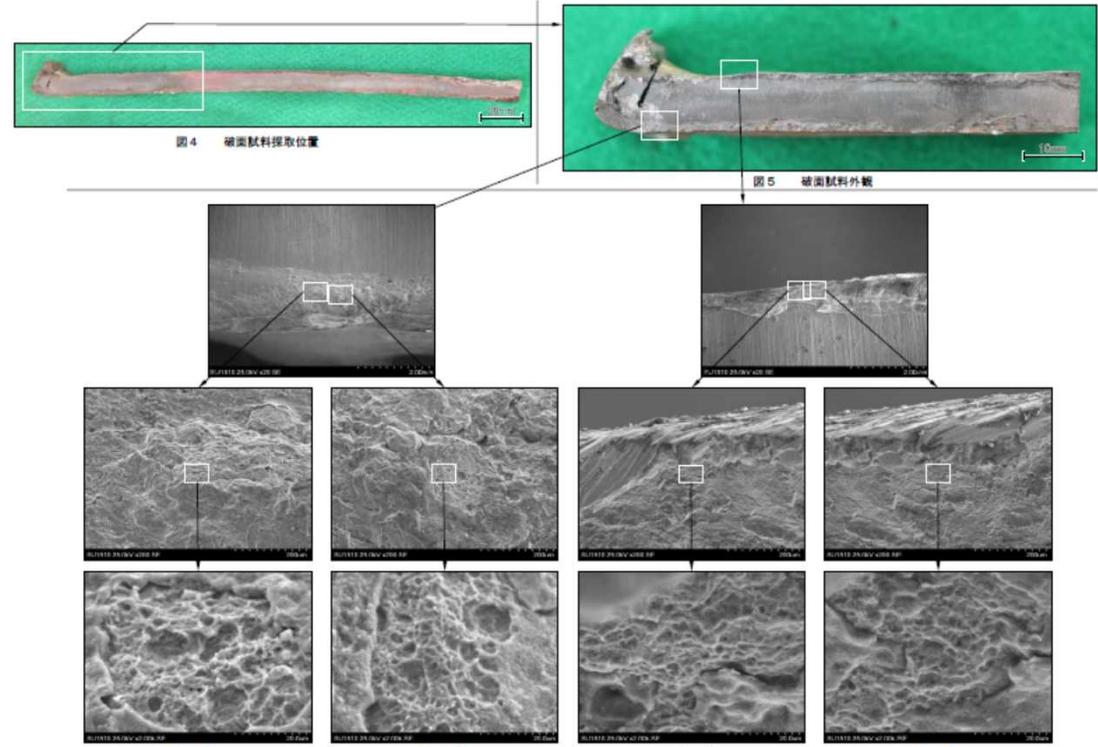
キルン取 合円筒	①,⑥ 溶接割れ・開き	3.(1) 参照	ストーカ・二次燃焼器 接続ボルト	⑧ ボルト緩み ボルト・座金歪み	4.(1)参照
	② フランジ 内面溶接割れ		内部耐火物	⑨ 南北にクラック	4.(2)参照
ストーカ・二 次燃焼器 接続部	③,⑦ シール溶接割れ・開き	3.(2) 参照	二次燃焼器外殻補強材・ 振れ止め材接続部	⑩ 溶接部割れ	4.(3)参照
	④ 塞ぎプレート破断		ストーカ・架台据付部	⑪ シムプレートずれ	4.(4)参照
	⑤ 外殻接続材開き				



【参考】 二次燃焼器とストーカ取合の塞ぎプレート他の亀裂確認 - 取り合い円筒溶接部の亀裂の破面調査（南側）

■ 取り合い円筒溶接部亀裂（南側）のSEM観察結果

- 破断面は内外表面近傍の溶接金属部であり、ディンプル模様が確認されたことから、延性破壊と推定
- 当該部は突き合わせ溶接であり、溶接金属の厚さについて、強度評価上必要とされる内外面各々1.5mmを下回る箇所が存在
- 開先をとらない溶接部の設計であったことから、溶け込み厚さが小さく、必要な強度が確保されていなかったものと推定



破断面のSEM観察画像



表1 溶接金属厚測定結果（ノギスにて測定）

位置	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	平均値
距離	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	
外面側	0.8	1.3	2.0	1.8	1.7	1.6	2.9	1.1	1.7	2.0	4.1	1.9
内面側	2.1	1.1	3.5	1.6	1.4	3.2	1.9	1.6	1.8	1.8	3.9	2.2

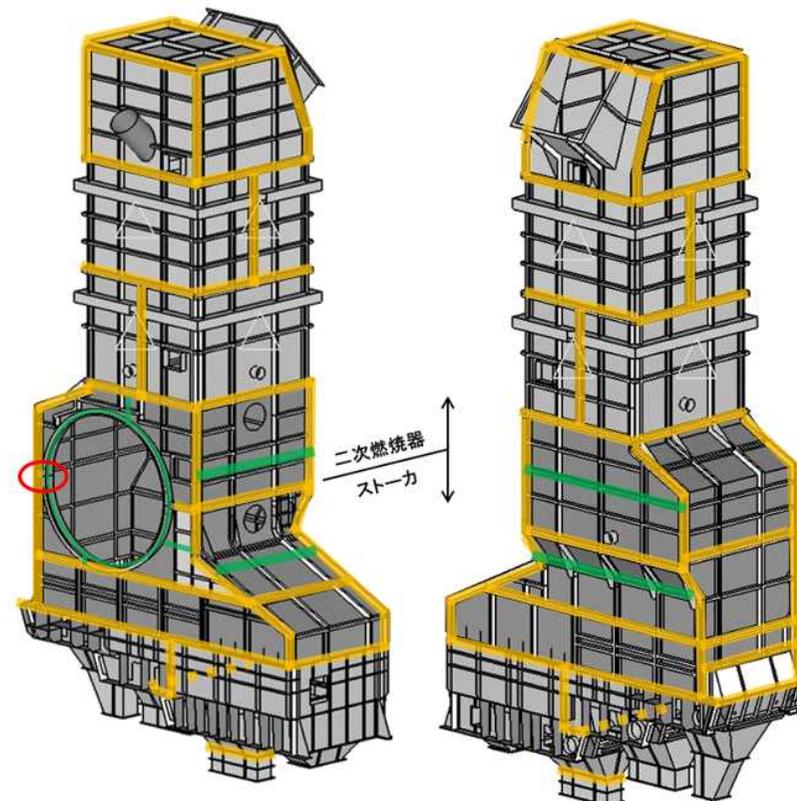
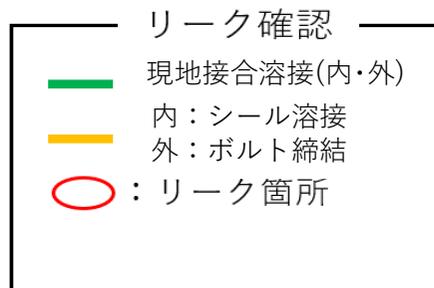
溶接金属範囲模式図

【参考】 その他の水平展開調査 ①各接続部位の気密性確認

■ 亀裂箇所以外の水平展開調査

- ① 二次燃焼器・ストーカの各要素接続部の気密性確認のため、スモークテストでインリーク箇所有無を点検
- ② 各機器の取付・基礎ボルトの締結状態に異常が無いか、締め付けトルクを確認

調査事項	点検内容	点検結果
①ストーカおよび二次燃焼器各要素の接続部の気密性確認	接続部外面からスモークテストにて亀裂の有無を確認	亀裂発生箇所近傍以外にインリーク箇所は確認されず



【参考】 その他の水平展開調査 ②基礎・取付ボルト締結部の健全性確認

■ 亀裂箇所以外の水平展開調査

- ① 二次燃焼器・ストーカの各要素接続部の気密性確認のため、スモークテストでインリーク箇所有無を点検
- ② 各機器の取付・基礎ボルトの締結状態に異常が無いか、締め付けトルクを確認

調査事項	点検内容
ボルト締結部の健全性確認	二次燃焼器・ストーカのボルト緩み・ボルト及び座金の歪みを確認したことから、その他機器の基礎ボルト・取付ボルトに範囲拡大して調査

ボルト締結状態確認部位

機器名	部位	結果
ロータリーキルン	基礎ボルト	異常無
ストーカ架台	取付ボルト	異常無
排ガス冷却器	取付ボルト	異常無
バグフィルタ	取付ボルト	異常無
焼却炉室共通架台	基礎ボルト	異常無
排ガス処理室共通架台	基礎ボルト	異常無

【参考】 雑固体廃棄物焼却設備の復旧状況

- 3月16日地震等による不具合の復旧が完了し、B系統は6月29日、A系統は7月21日より再起動。

不具合箇所	状況
① 焼却炉バーナ 軽油減圧弁	下部プラグから漏えい
② 自動倉庫	パレットずれ
③ 二次燃焼器	点検口耐火レンガ落下・位置ずれ
④	点検口耐火レンガ落下・位置ずれ
⑤ 排ガス冷却器	取付ボルト合マークずれ
⑥	解砕機・ダブルダンパ内にレンガ等落下
⑦ 二次燃焼器～ 排ガス冷却器 間伸縮継手	伸縮継手中央部の断熱材の破損

