

# 雑固体廃棄物焼却設備の対応状況について

2016年10月27日

**TEPCO**

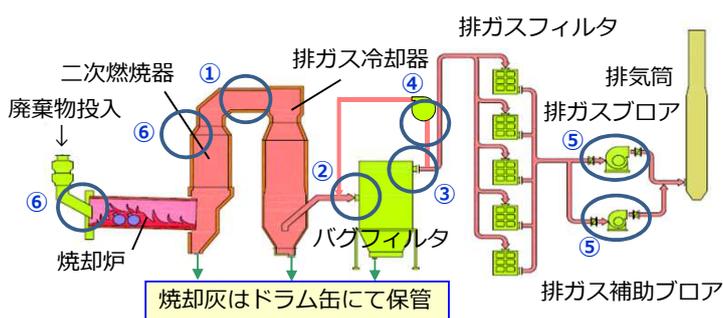
## 東京電力ホールディングス株式会社

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

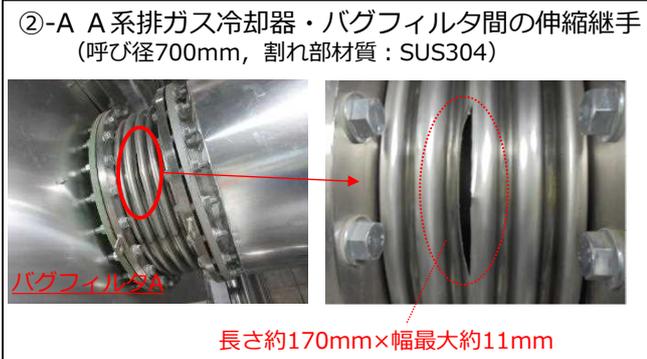
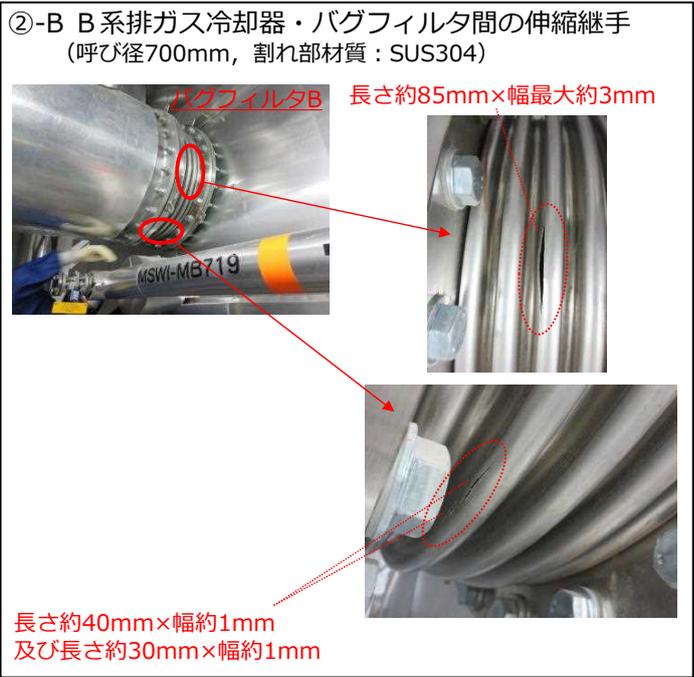
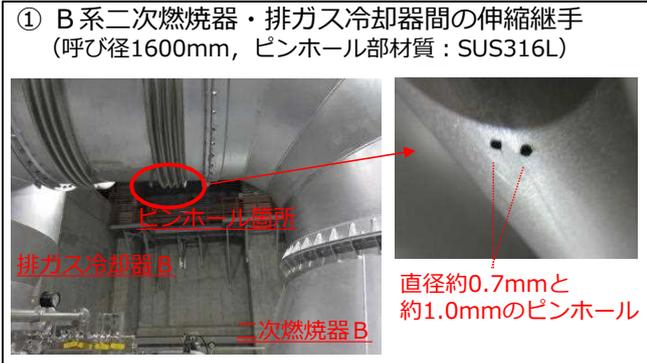
### 事象概要

**TEPCO**

- 2016年3月より運転開始している雑固体廃棄物焼却設備は、使用済保護衣（カバーオール）を中心に焼却運転を行っていた。
- 定期点検後の起動中、8/9に二次燃焼器と排ガス冷却器接続部の伸縮継手（B系）にピンホールが発見され、8/10に排ガス冷却器とバグフィルタ接続部の伸縮継手（A・B系）に割れが確認されたことから設備を停止した。調査の結果、それぞれ孔食、応力腐食割れによるものと推定された。
- 水平展開にて他機器の調査を行ったところ、他のステンレス製伸縮継手、小口径配管、機器ノズルにおいても、応力腐食割れが確認された他、煙道※内面の塗装剥離、腐食も確認された。  
※煙道：排ガスが流れる配管



部位	事象
① 二次燃焼器・排ガス冷却器間の伸縮継手（B）	孔食（SUS316L）
② バグフィルタ入口部の伸縮継手（A・B）	応力腐食割れ（SUS304）
③ バグフィルタ出口部の伸縮継手（B）	応力腐食割れ（SUS304）
④ バグフィルタ出口温風循環ラインの伸縮継手（A・B）	応力腐食割れ（SUS304）
⑤ 排ガス補助ブロア前後の伸縮継手及び周辺の小口径配管（A・B）	応力腐食割れ（SUS304）
⑥ 二次燃焼器機器ノズル（A・B） 入口フード機器ノズル（B）	応力腐食割れ（SUS304）
- 煙道の一部（排ガス冷却器～排気筒）	塗装剥離・腐食（炭素鋼）

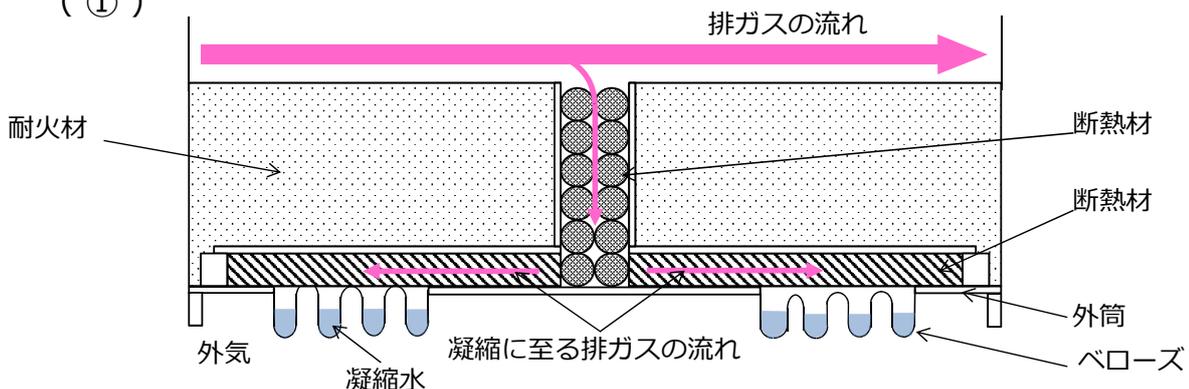


- ピンホールからの滴下跡をスミヤ測定した結果、放射性物質の検出限界値未満であったこと、割れについては、インリーク（系統内は負圧維持）であったことを確認している。

## 孔食の発生原因

- ・ 構造上内部を流れる排ガスが外表面（ベローズ部、外筒部）まで流れ込む構造であり、焼却炉立上げ時、冷えた状態のベローズ部に排ガスが廻り込み、冷やされることで凝縮水が発生した。
- ・ 焼却運転開始後もベローズ内部に残留している凝縮水に、廃棄物焼却時の排ガスに含まれる塩化物イオンが溶解・蓄積することで、凝縮水中の塩化物イオン濃度が上昇した。
- ・ 高濃度の塩化物イオン環境になったことにより、ベローズ部に孔食が発生した。

( ① )



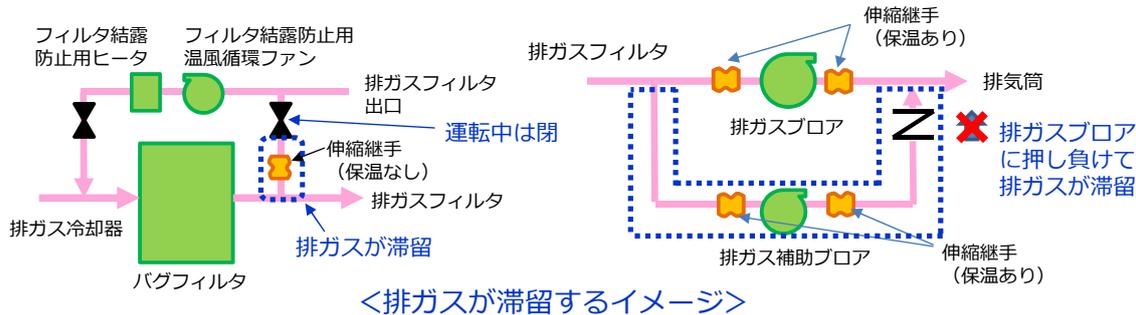
以下の通り、環境、応力、材料の3因子が重畳し、応力腐食割れが発生した。(②~⑥)

**I 塩化物イオンを含む凝縮水の発生 (環境因子)**

- ・ バグフィルタ手前で吹き込む消石灰が、排ガスに含まれる塩化物と反応して、塩化カルシウムとなり、系統の一部に付着した。外気で冷却される伸縮継手内表面において、排ガス中の水蒸気を吸収して潮解し、高濃度の塩化物イオンを含む水溶液が発生した。(②、③)
- ・ 系統上排ガスが滞留する部分にて、長時間の滞留により温度低下が発生する箇所があった。温度低下の結果、発生した凝縮水に塩化物イオンが溶解・蓄積した。(④、⑤)
- ・ 計装用分岐座や機器ノズル等、排ガスの滞留、冷却が発生しうる箇所で局所的に凝縮水が発生し、塩化物イオンが溶解・蓄積する構造であった。(⑤、⑥)

**II 残留応力の作用 (応力因子)**

- ・ 伸縮継手のベローズ部は、成形後の熱処理 (残留応力除去) を行っていない。(②~⑤)



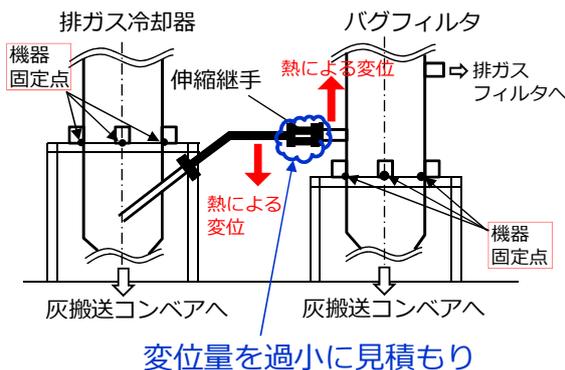
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

**III ステンレス鋼の採用 (材料因子)**

- ・ 塩化物イオンを含む凝縮水が発生する環境で応力腐食割れに感受性の高いSUS304を使用していた。

**その他に腐食・割れを促進した要因**

- ・ バグフィルタ手前の伸縮継手 (②) は、熱による変位量を評価しているが、変位量を過小に見積もっていることが確認されており、伸縮継手内面に軸方向の過大な応力が作用していた。
- ・ 内部確認の結果、伸縮継手、小口径配管 (④、⑤) の一部に煙道から発生した錆等の付着を確認。伸縮継手や小口径配管の腐食を助長させる要因となっていた。



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

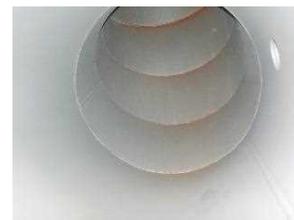
➤ 応力腐食割れを発生させた伸縮継手近傍の煙道にて塗装剥離、腐食が確認された。



<排ガス補助プロアB入口側煙道>



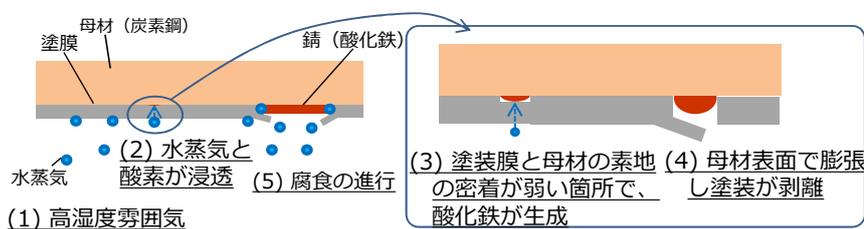
<バグフィルタB出口側煙道>



<参考：健全部>

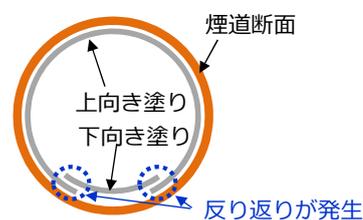
現場調査の結果、塗装の剥離に至った原因は主に2ケースであった。

1. 排ガスが滞留し、凝縮水が発生したと推定される箇所であることから、高湿度雰囲気となり、塗膜内に水蒸気及び酸素が浸透し、素地の炭素鋼を腐食させた。腐食により発生した錆（酸化鉄）により、塗装が浮き上がり、塗装剥離に至った。
2. 重ね塗りで塗装膜厚が厚くなった箇所があった。塗装が厚くなると、素地への付着力が弱くなるため、クラックが発生し、剥離に至った。



<高湿度雰囲気による塗装剥離>

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.



<重ね塗りの影響による塗装剥離>

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

## 本事象の発生原因について

現段階で明らかになっている、本事象の主な発生原因は、以下の3つに分けられるが、今後更なる根本原因調査を行い、対策・水平展開を実施する。

### A 【環境】 排ガスからの凝縮水発生を防止する熱設計が不足していた。

⇒ 受注者：受注者で設計経験のない箇所や系統内の局所的な部分において、温度低下を考慮した熱設計が不足しており、腐食物質を含む排ガスの凝縮水発生があり、腐食環境の形成・高湿度環境による塗膜剥離が発生した。

弊 社：受注者が初めて採用する設計に関して、設計の妥当性を検証する観点が出ていた。

### B 【応力・材料】 排ガスが凝縮するリスクを踏まえた材料選定・加工ではなかった。

⇒ 受注者：排ガスが凝縮するリスクを考慮していなかったため、耐食性を考慮した材料選定・加工が出来ず、応力腐食割れが発生し得る条件となっていた。

弊 社：凝縮水発生を防止する熱設計であることを前提とした確認に留まっていた。

### C 【その他】 熱による変位量を過小に見積もっていた。

⇒ 受注者：一部伸縮継手において熱変位計算結果のチェックが抜けており、過小に見積もっていたため、過大な応力が負荷されることとなり、応力腐食割れを助長させていた。

弊社は、発注者として調達管理、設計管理における問題点について洗い出しを行い、今後の対策を検討する。

主な発生原因が、凝縮水発生であったことから、温度低下や排ガス滞留部など結露しうる箇所の洗い出しを行い、発生メカニズムを考慮して以下の対策を実施することとした。

➤ 孔食への対策

- ・局所的な温度低下による凝縮水を発生させないよう、ヒータ設置、保温施工により伸縮継手の温度低下の抑制を行う。

➤ 応力腐食割れへの対策

**環境因子**

- ・排ガスが滞留しないよう、排ガス補助ブロワの運転方法の見直しを行う（⑤のみ）
- ・結露、潮解を防止するため、排ガス滞留部、消石灰付着箇所へのヒータ、保温の設置

**応力因子**

- ・残留応力を軽減するため、伸縮継手ベローズ部は加工後に固溶化熱処理を行う

**材料因子**

- ・耐食性を有する材料（SUS316L）への変更

➤ 熱による変位量の過小見積もり

- ・伸縮継手の熱による変位量の誤りは、再評価の上、適用可能な仕様に変更

➤ 煙道の塗装剥離、腐食への対策

- ・伸縮継手と同様の対策により高湿度雰囲気防止する。
- ・剥離した塗装部の再塗装及び付着した錆の清掃・手入を実施する。

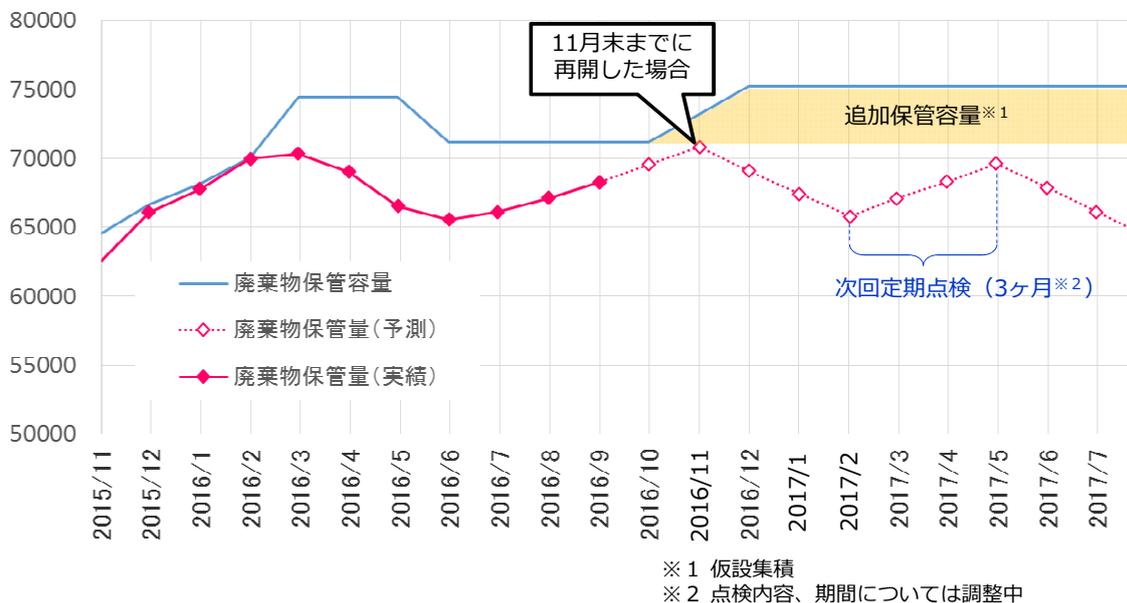
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

今後のスケジュール

	8月	9月	10月	11月	12月
原因調査	—————				
水平展開, 追加調査 健全性確認	—————				
対策検討・実施	-----	製品手配 -----	据付 -----	ヒーター設置、保温施工 -----	
起動、焼却運転		煙道清掃、再塗装 -----		▽A系 ▽B系 -----	

対策の妥当性確認は、次回点検時（平成29年2月以降）に実施予定

本設備で焼却を行っている使用済保護衣等の保管量は、約68,000m<sup>3</sup>（9月末時点）となっており、毎月約1,300m<sup>3</sup>発生している。焼却運転は、11月末までに再開する予定であるが、焼却運転の再開が遅れるリスクを考え、保管場所を確保する。



以下、参考資料

## <参考> 調査結果（ピンホール）

- ・内部確認の結果、凝縮水は確認されなかったものの溜まり水の痕跡を確認。
- ・ベローズ内面の付着物を分析した結果、腐食成分である塩素（Cl）が多く含まれることを確認。
- ・ベローズ内面には、ピンホール部以外にも孔食を複数確認。



<ベローズ切断後>



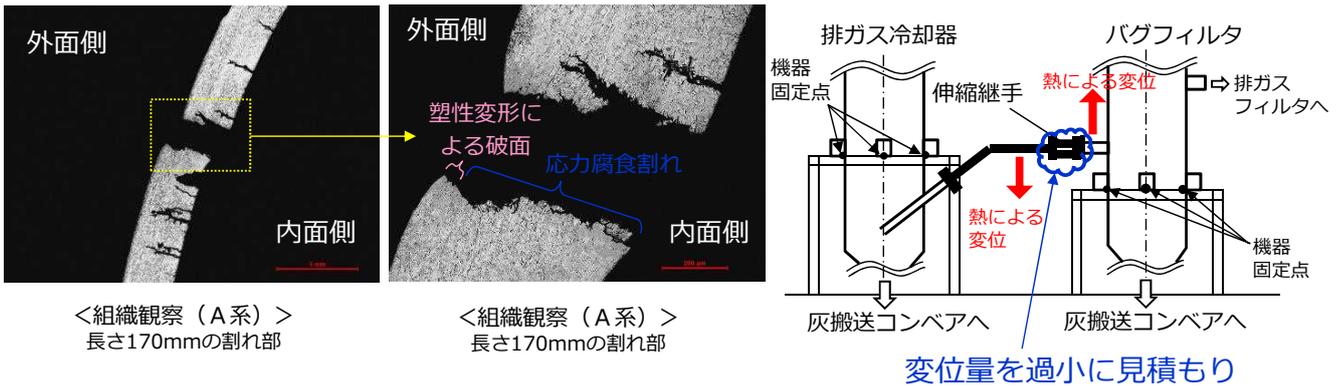
<ベローズ内面>



<ベローズ内面（拡大）>  
(ピンホール発生箇所隣の底部)

※ピンホール部周辺の付着物は少ない状態であったが、これはベローズ切り出し作業時の振動により付着物が剥離したものと推定。

- ・組織観察の結果、応力腐食割れとみられる亀裂を確認。また、亀裂部近傍において孔食が発生していることを確認。
- ・ベローズ内面の付着物を分析した結果、排ガス対策としてバグフィルタに吹き込んでいる消石灰の主成分であるカルシウム（Ca）および腐食成分である塩素（Cl）の存在を確認。
- ・当該伸縮継手の要求仕様を決定するにあたり、熱による変位量の評価を実施しているが、当該評価において、変位量を過小に見積もっていることを確認。



<参考> 調査結果（煙道及び小口径配管等）

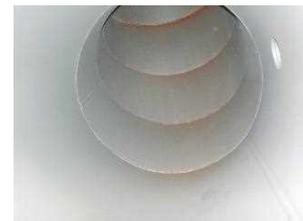
- 伸縮継手内部に煙道からと推定される塗装の剥離片が確認されたことから、煙道の内部確認を実施。これまでに煙道の一部に塗装の剥離や腐食が発生していることを確認。



<排ガス補助フロアB入口側煙道>



<バグフィルタB出口側煙道>



<参考：健全部>

- ステンレス製伸縮継手に応力腐食割れが確認されたことから、応力腐食割れの発生が懸念されるステンレス製の小口径配管・ノズルについて、状態確認を実施。一部の箇所において、亀裂やPT検査での指示模様があり、腐食が発生していることを確認。



<排ガスフロアA逆止弁ドレン配管>



<排ガスフロアA吐出圧力計接続配管>

