

自家発電設備 爆発事故について

いわき大王製紙株式会社

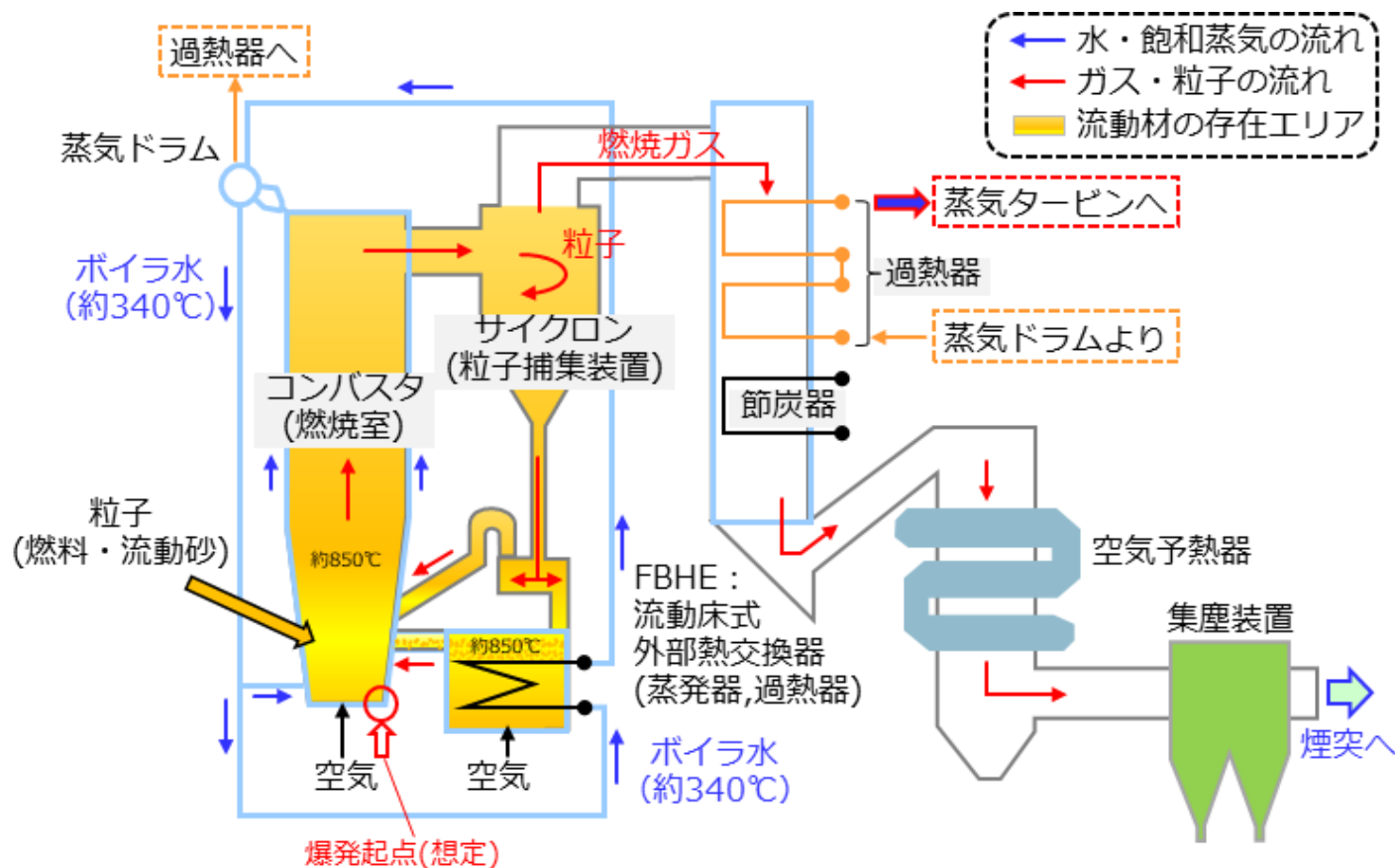
はじめに

- ・いわき大王製紙(株) (所在地：福島県いわき市) は大王製紙(株)の関連会社。
- ・大王製紙(株)では、18缶の多様な発電用ボイラー(石炭、ソーダ回収、流動床、ストーカー、重油)の運転、保守管理実績あり。
いわき大王製紙(株)は、大王製紙(株)と点検方法やトラブル情報・対策について情報共有し、保守管理を行う。
- ・太平洋セメント(株)埼玉工場様のボイラー爆発事故を受け、2021年7月に三菱重工パワーインダストリー(株)様より同型ボイラーを保有する弊社に対し、外部熱交換室及び蒸発器管に関しては、入念に検査されるよう文書にて連絡あり。
- ・外部熱交換室及び蒸発器管の検査は、6ヶ月周期の定期修理毎に実施。
直近は2022年5月、三菱重工パワーインダストリー(株)様に依頼。
- ・今回の水蒸気爆発事故は、大王製紙グループとしても初めての経験。
- ・事故調査にあたり、「なぜ爆発したか」だけでなく「なぜここまで損壊するか」の究明が必要と考える。

1. 発電設備概要

	いわき大王製紙(株)	参考：太平洋セメント(株)埼玉工場 様
発電出力	33,333キロワット	50,000キロワット
ボイラ型式	循環流動層式 (CFB) ボイラ	同左
蒸発量	170t/h	178t/h
蒸気圧力	13.8MPa：常用 (15.8MPa：設計最大)	10.3MPa：常用
蒸気温度	538℃：常用 (548℃：設計最大)	541℃：常用
燃料	木質チップ、RPF、タイヤチップ、構内廃棄物	石炭、木質チップ、RPFなど
運転開始年月	2008(平成20)年10月	1996(平成8)年4月
製造者	三菱重工株式会社	三菱重工株式会社

<ボイラ概略図>



【循環流動層 (CFB : Circulating Fluidized Bed) ボイラの特徴】

熱交換の効率を良くするため、粒子 (主に流動砂) を熱交換媒体として使用。

その粒子をサイクロン等の捕集装置で分離・捕集し、再度燃焼室へ循環させる構造を有している。

2. 事故概要

1) 事故発生の経緯 ※スライド4ページ参照

発生日 2022(令和4)年9月6日

6:00 正常に運転(蒸発量146t/h 定格の86%)

6:49 爆発音が発生。ボイラーがドラムレベル極低のインターロックにより緊急停止。付属するタービンも停止。

自家発電能力の約80%を失い、紙製造設備も緊急停止。

※爆発前に、異常兆候を示すトレンド変化、警報なし。

7:00 設備点検実施。ボイラー本体、外壁に大規模損傷確認。
保温材、耐火材、ガラス等通路に飛散。

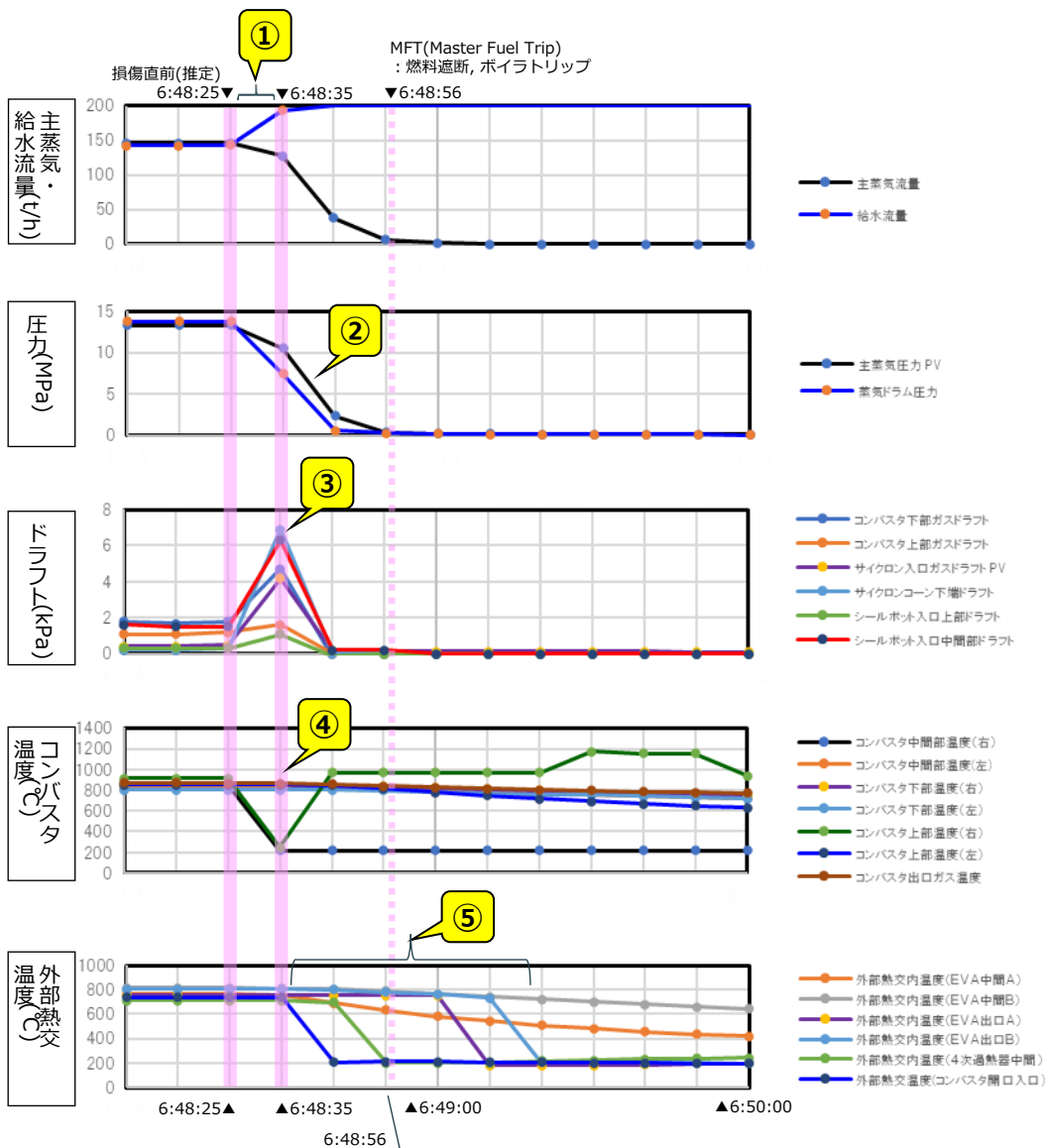
2) 被害状況

- ・ 人的被害 ボイラー付近で作業していた協力会社社員1名が爆発音を聞き、避難途中で飛散した砂、灰などが体に触れ、火傷を負う。
火傷の程度：頭部から背部にかけ1～2度熱傷と診断。
入院40日※感染症予防のため
- ・ 近隣被害 飛散した砂、灰、耐火材などの一部が工場北側市道に達する。
人、車の通行はなし。
- ・ 設備被害 火炉(コンバスタ)全損、
外部熱交室全損、
後部煙道各壁一部損傷及び変形。
その他周辺補機類多数損傷
※スライド5ページ参照

【破損状況写真】



3) 事故発生の詳細経緯



※グラフのプロットは10秒間隔データの解析結果につき、実際とは多少のスレがある可能性あり

①ドラフト関連異常が多数確認される、**6時48分25~30秒※頃に損傷事象が発生した**と考えられます。

(※.csv及びイベントリストデータから5分55秒差し引いた時間)

②蒸気ドラム圧 (●●) の方の変化が主蒸気圧力 (●●) より速い為、火炉壁管または外部熱交蒸発器管がまず損傷した可能性が高いと考えられます。

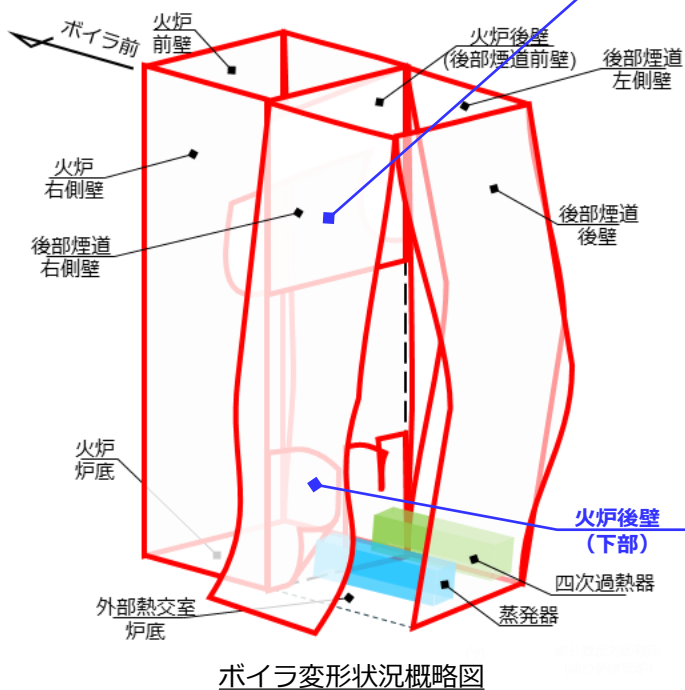
③コンバスタ、サイクロン、シールポットの各所ドラフト圧力が6:48:35に一時的に上昇しており、爆発による圧力上昇が反映されたものと考えられます。

④コンバスタ温度が6:48:35に低下

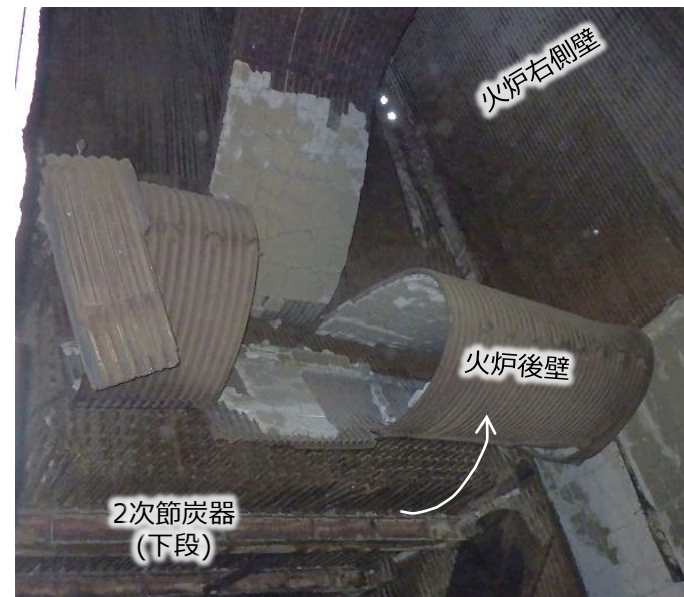
⑤コンバスタより遅れて外部熱交内の温度が低下

➡**損傷はコンバスタ側が先**であった可能性が考えられます。

<発電設備の損壊状況>



火炉後壁 (上部)

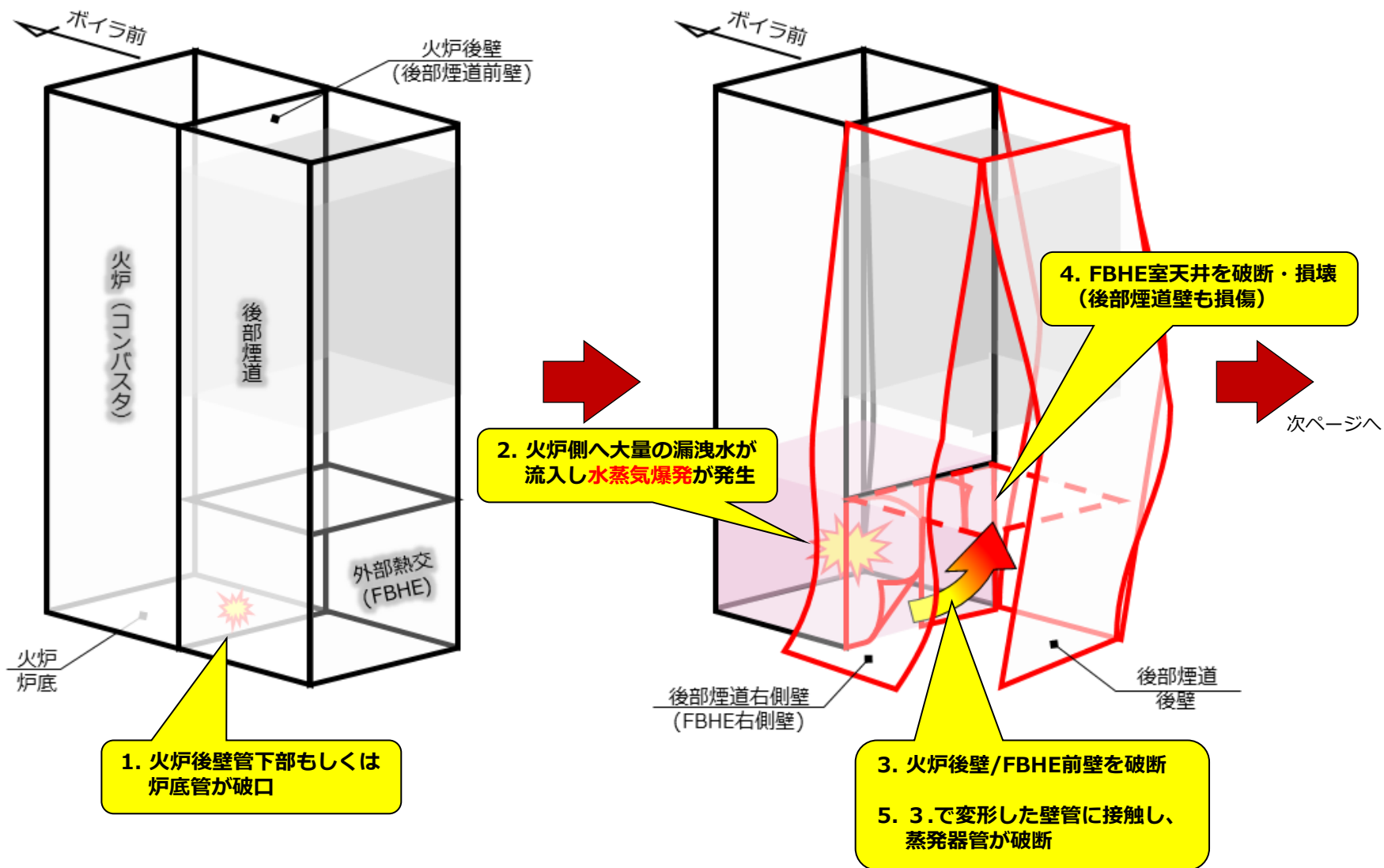


梁の変形状況(代表部)

ボイラ 本体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火炉、煙道、外部熱交室の各壁管の湾曲、圧壊 ・ 蒸発器及び四次過熱器の変形、脱落
ボイラ 架構	<ul style="list-style-type: none"> ・ 柱及び各階梁の変形 ・ 床の各所穴あき、脱落、変形 ・ 一部階段の変形

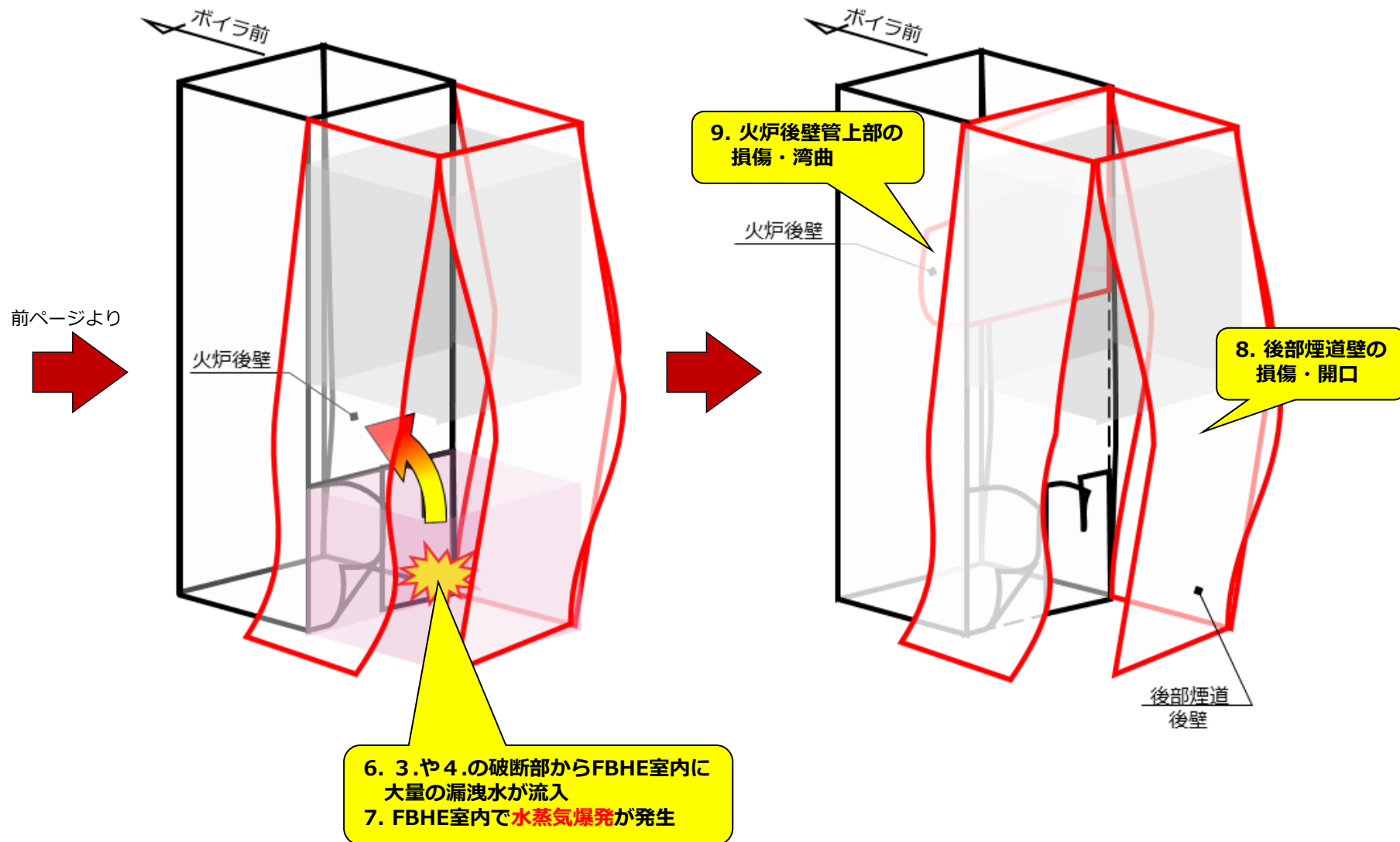
3. 現在の原因究明状況

1) 推定される損傷シナリオ(1/2)



3. 現在の原因究明状況

1) 推定される損傷シナリオ(2/2)



<爆発の起点と想定される箇所>

ボイラ前

火炉後壁

火炉 (コンバスタ)

シールフィン

三角室

三角スペース

火炉炉底

No.30管 破口部

水の流れ

No.28管 破口部

火炉 (コンバスタ)

後部煙道

外部熱交換室 (FBHE※)

三角室

管No. (ボイラ左から数える)

火炉側 ↑

三角室側 ↓

30 29 28 27 26

左図位置を上から見た状況

拡大

No.30管 破口イメージ

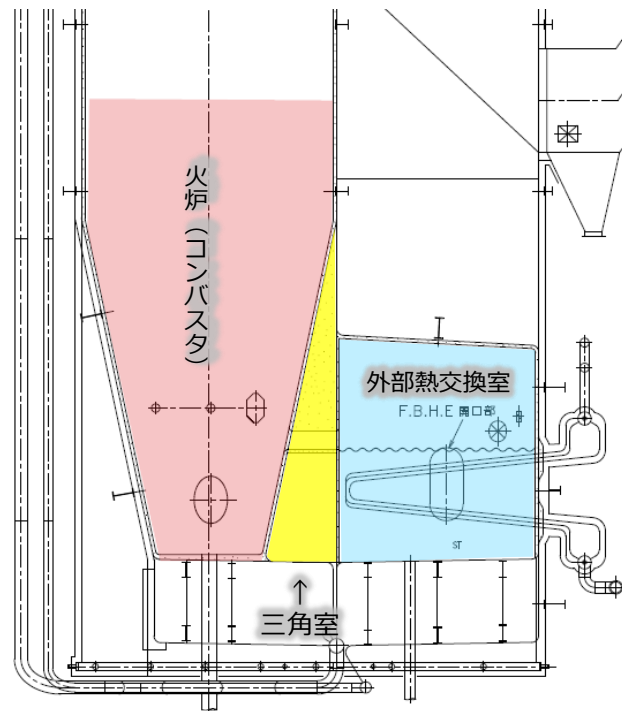
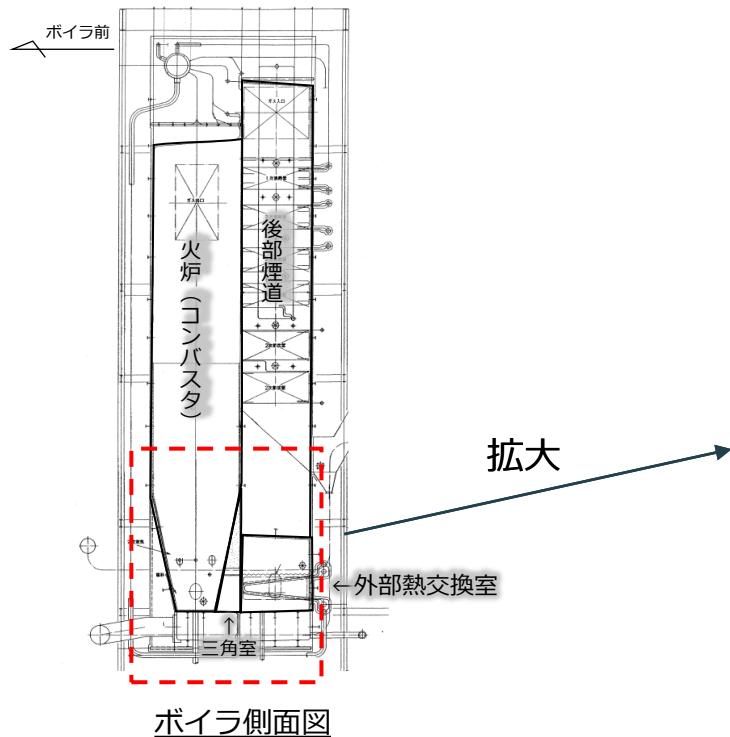
三角室側 ↓

火炉側 ↑

No.30管 破口部拡大

No.28管 破口部拡大

4. これまでの保守管理・点検状況



ボイラー前より見て右側面図

分類	火炉 (コンバスタ)	外部熱交換室(蒸発器管・4次過熱器管)	三角室
水管	<ul style="list-style-type: none"> 水管の溶射膜測定及び再溶射 (耐火物直上及びコーナー部) 水管の目視点検及び肉厚測定 	<ul style="list-style-type: none"> 蒸発器管の目視点検及び詳細肉厚測定 4次過熱器管の目視点検及び肉厚測定 	<ul style="list-style-type: none"> 目視点検のみ
耐火物	<ul style="list-style-type: none"> 耐火ライニングの目視及び打音点検 不適合時は打ち替え工事实施 	同左	<ul style="list-style-type: none"> 耐火ライニングなし

※定期修理 (6ヵ月周期) 毎にて実施。直近は2022年5月。

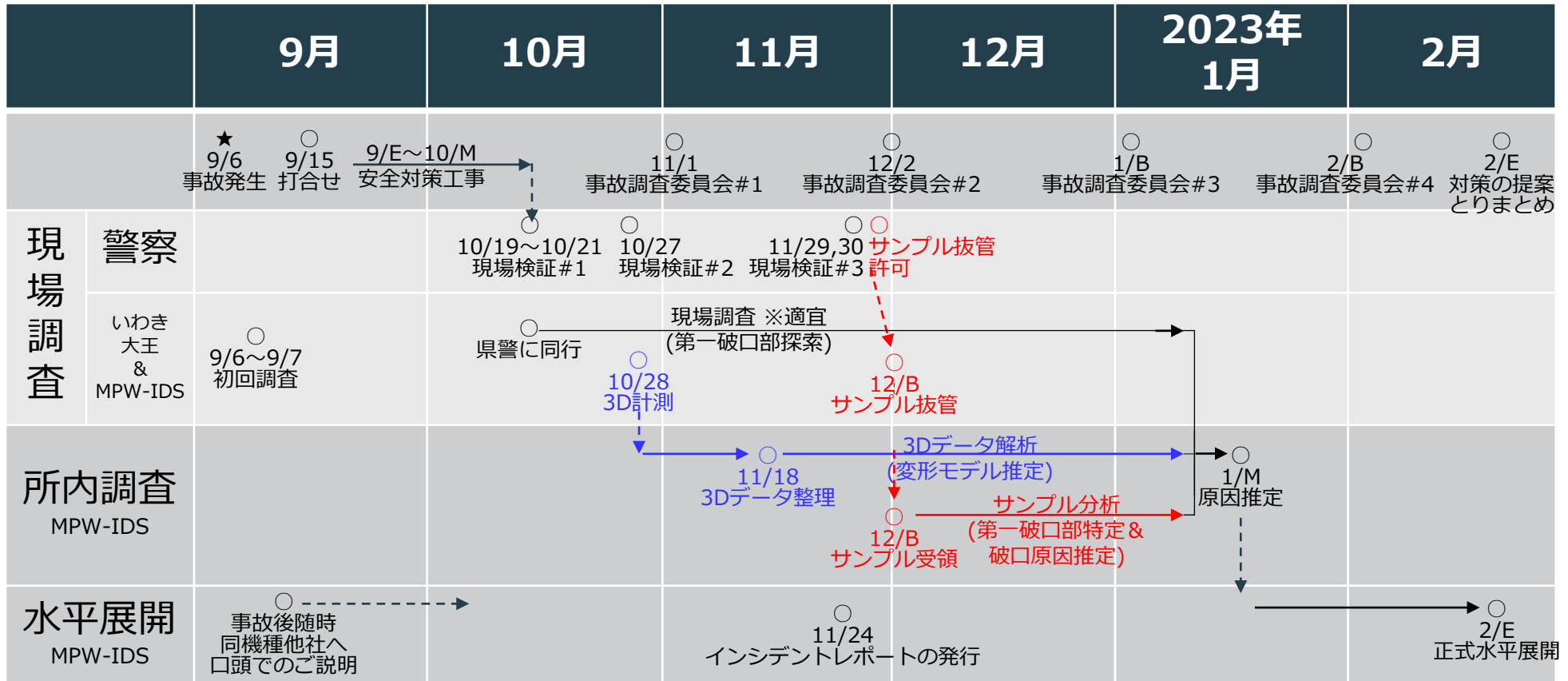
※ 5月の点検結果と補修実績

管：目視点検及び肉厚測定は三菱重工パワーインダストリー(株)様へ依頼。

管理値以下の管 (蒸発器管 1箇所、4次過熱器管 3箇所) を肉盛り溶接補修実施。

耐火物：火炉前壁、後壁側の一部に浮き上がり、剥離を確認。補修実施。

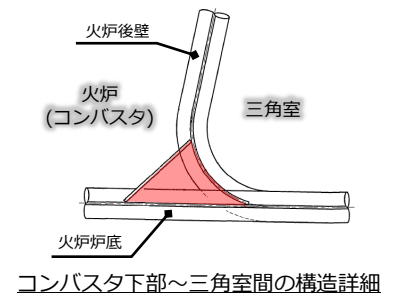
5. 今後の概略スケジュール



安全対策工事实施後、またコンバスタ及び外部熱交側の清掃後(流動砂撤去後)に炉内確認を実施したものの、現時点では新たな目立った損傷を見つけることはできておりません。

第一破口部の特定により漏洩水量(温度)－炉内温度－炉内容積の関係から体積膨張(圧力上昇)の検討が可能であることから、3D計測データの整理・解析、及び現状第一破口の可能性が高いとされるコンバスタ下部～三角室間(右図参照)のサンプル調査を主なアクションとして考えております。

サンプル調査項目としては、5～6箇所の破口部に対し、
①減肉傾向有無、②破面観察、③断面マクロ・ミクロ観察
などによる、第一破口部の特定を主目的とした調査を考えております。



＜事故調査委員会の構成員＞

委員長

大王製紙(株) 生産本部三島工場 工場長代理

委員（操業管轄）

いわき大王製紙(株) 工場長

いわき大王製紙(株) 動力部 部長

ダイオキシエン지니어リング(株) 委員（ホィー-建設、メンテナンス管轄）

いわきホィー-建設プロジェクト 部長

保全本部 いわき保全部 部長

保全本部 いわき保全部(BT主任技術者) 係長

保全本部 動力保全部（三島工場） 部長

大王製紙(株) 委員

生産本部 E補修-企画部 部長

事務局

ダイオキシエン지니어リング(株)

いわきホィー-建設プロジェクト 部長

課長

三菱重工パワーインダストリー(株) 委員（ホィー-メーカー）

サービス推進部ソリューションG（原因究明） グループ長

サービス事業部（警察対応） 事業部長(代)

サービス事業部（全般） シニアPM

社外委員

横浜国立大学工学研究院 教授

社外アドバイザー

経済産業省 関東東北産業保安監督部 東北支部

電力安全課

6.補足事項

2008年(平成20年)10月の運転開始から2022年9月の間に発生した、電気事故(主要電気工作物破損)一覧を以下に示す。

発生日	事象	原因	再発防止策	今回事故との類似性	警報の有無	破孔箇所数(2次被害含む)
2013.3.2	後部煙道後壁管漏洩	<ul style="list-style-type: none"> ・スーツプロア過剰運転によるスチームアタック(蒸気と排ガス中の灰による摩耗減肉) ・燃料中の塩素による管表面の化学腐食摩耗 ・管の点検漏れ(目視及び肉厚測定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・スーツプロア運転回数の適正化 ・管の目視点検及び肉厚測定の実施 	無し	有り	1箇所
2015.2.22	火炉後壁管漏洩(火炉と外部熱交室を繋ぐ流動材連絡通路部)	<ul style="list-style-type: none"> ・流動砂による摩耗減肉 ・耐火物補修工法誤りによる耐摩耗性能低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火物補修方法の見直し(流し込み工法に限定) ・水管レイアウトの変更(=耐火厚確保) 	有り	有り	2箇所
2016.2.1	蒸発器管漏洩(外部熱交室内)	<ul style="list-style-type: none"> ・流動砂による摩耗減肉 	<ul style="list-style-type: none"> ・水管を保護するプロテクターの設置 	無し	有り	18箇所
2017.1.30	1次節炭器管漏洩(後部煙道内)	<ul style="list-style-type: none"> ・フライアッシュによる摩耗減肉 	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラー蒸発量の抑制 ・煙道ダクト改造による排ガス流速の低減 	無し	無し	1箇所
2017.9.17	火炉 炉底管漏洩	<ul style="list-style-type: none"> ・流動砂による摩耗減肉(火炉前壁耐火物脱落により通常上向きの流動エアが下向きに変わり炉底耐火材と水管を摩耗させた) 	<ul style="list-style-type: none"> ・火炉耐火物の更新(耐火物及びアンカー仕様見直し) 	有り	有り	5箇所

いずれの事象も、原因は流動砂や排ガス中の灰による摩耗減肉(エロージョン)または表面腐食(コロージョン)による減肉破口であるが、今回の破口部位については、現時点で減肉は確認されていない。