

埼玉工場  
自家発電設備 爆発事故について

太平洋セメント株式会社

## 目次

事故概要

原因（爆発のメカニズムも含む）

再発防止策

水平展開

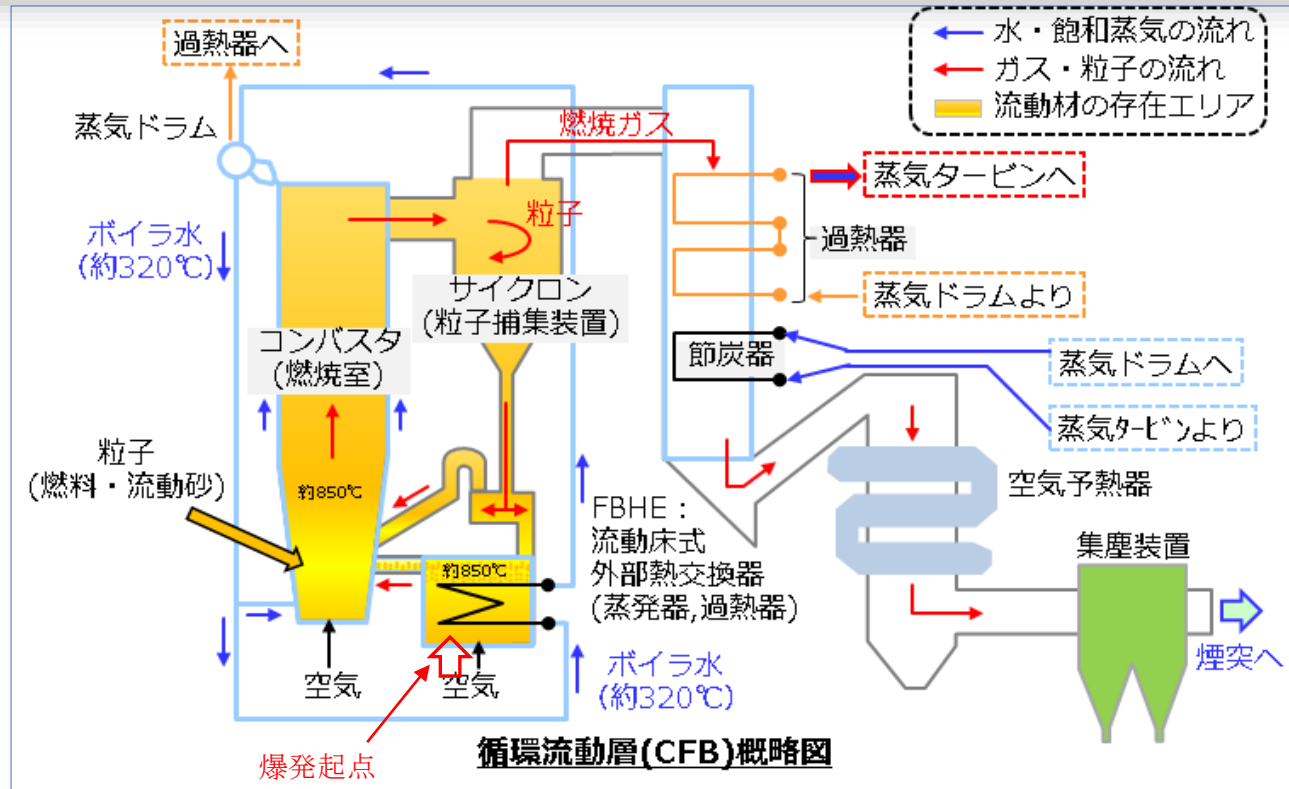
## (1) 事故概要

- ・2021年4月26日21時58分に埼玉県日高市の太平洋セメント株式会社埼玉工場自家発電設備ボイラが通常運転中に爆発
- ・飛散物による工場外での火災、建物・車両等への破損ならびに汚損、農作地への汚損が発生

### <発電設備概要>

発電出力	50,000キロワット（1基）
ボイラ型式	循環流動層式（CFB）ボイラ ※CFB：Circulating fluidized bed／循環流動層
燃料	石炭、木質チップ、RPFなど ※RPF：Refuse derived paper and plastics densified fuel 主に産業系廃棄物のうちマテリアルリサイクルが困難な古紙および 廃プラスチック類を主原料とした高品位の固形燃料
運転開始年月	1996（平成8）年4月

## <CFB概略図>



### 【CFBボイラの特徴】

熱交換の効率を良くするため熱交換媒体として燃料が燃焼後に発生する灰を流動砂として使用している。

### 【FBHEの役割】

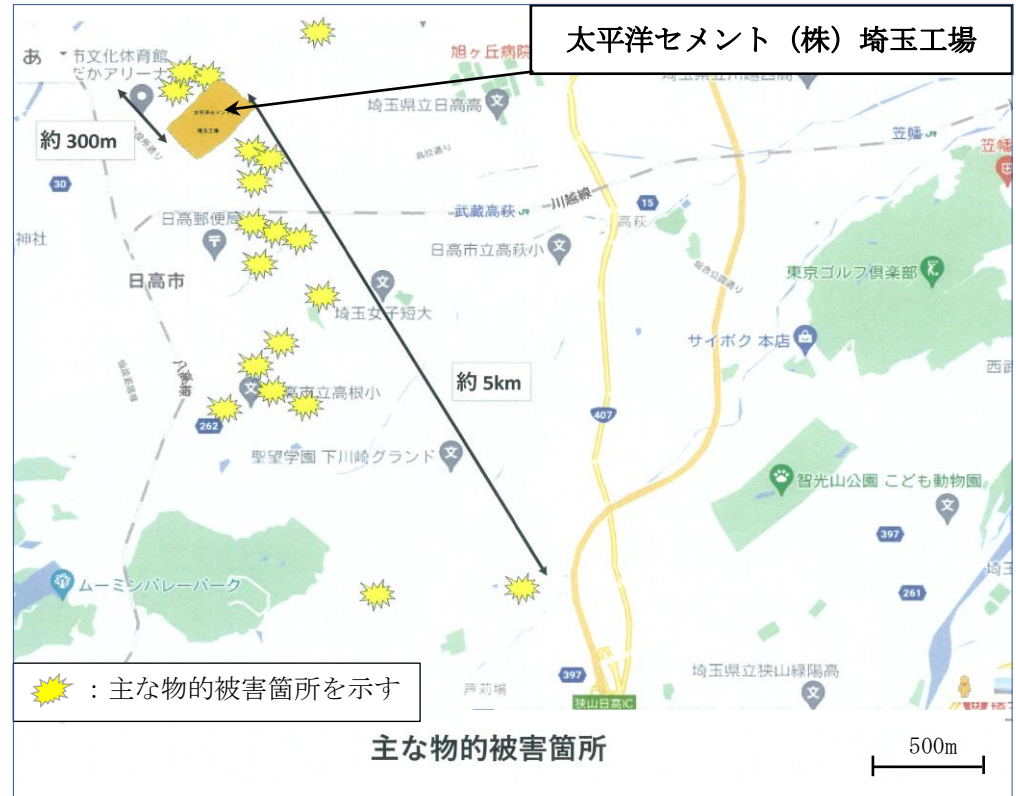
FBHEは過熱器管と蒸発器管で構成されており、高温(550~850°C)の流動砂により熱交換を行っている。

サイクロンで捕集された流動砂は、シールポットと呼ばれる分配器により火炉側とFBHEへ振り分けられ、火炉温度をコントロールしている。

FBHE蒸発器管では、蒸気ドラムから降水した飽和水が流動砂との熱交換により、飽和蒸気まで加熱される。また、FBHE内は下部からブロワ空気により流動砂が流動化された状態になっており、熱交換後の流動砂はFBHEから火炉へオーバーフローし、ボイラ内を循環する構造となっている。

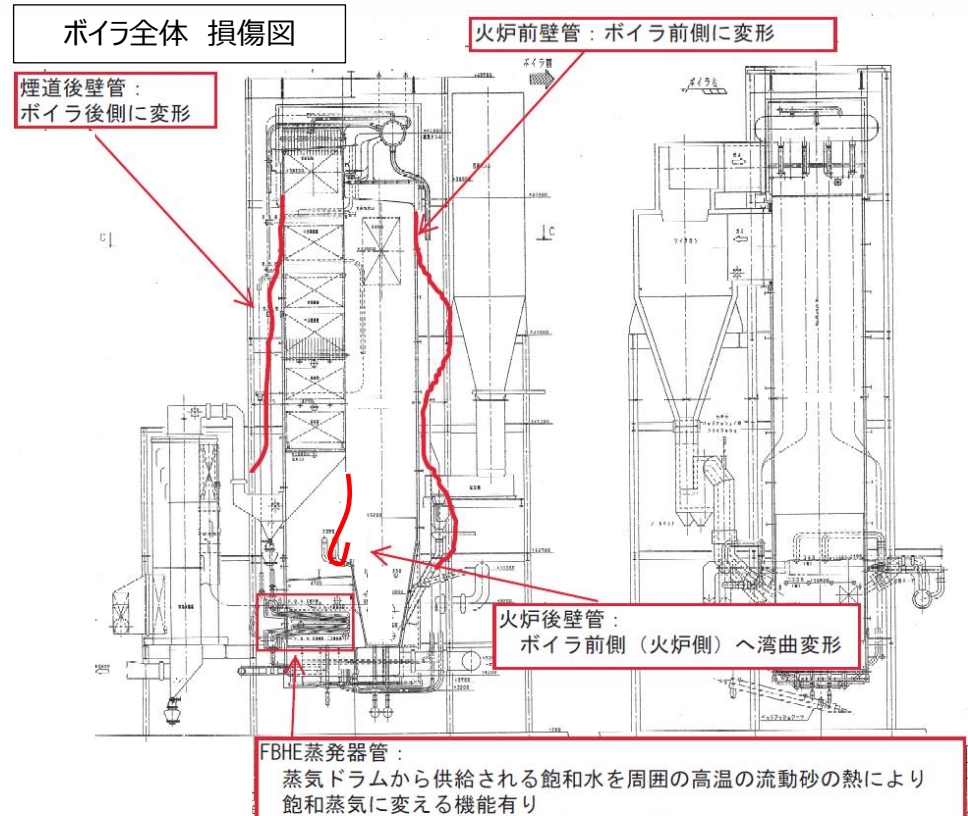
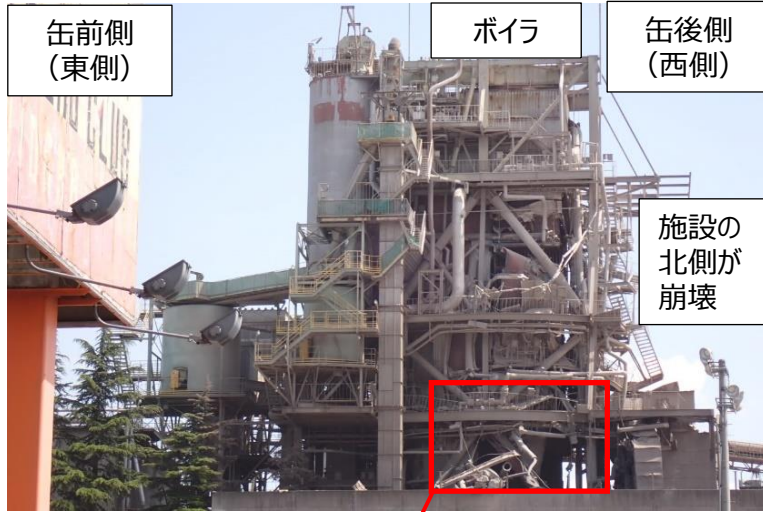
## <外部への被害状況>

<p>人的被害</p>	<p>腰痛 2 件 耳の不調 1 件 体調不良 1 件</p>
<p>近隣への被害</p>	<p>①工場北側に位置するパチンコ店 ・店舗屋根穴あき ・屋上照明設備・屋外駐輪場・監視カメラ・駐車場舗装損傷。 ・駐車場への飛散物堆積。 （範囲：約9,900㎡） ・4日間の休業。</p> <p>②パチンコ店駐車中の車両40台（スクータ1台含む）の焼損、破損。</p> <p>③工場周辺および工場から南南東方向へ最大5kmにわたって建屋・家屋・車両・畑への降灰。 （家屋・畑：60件、車：87件）</p>



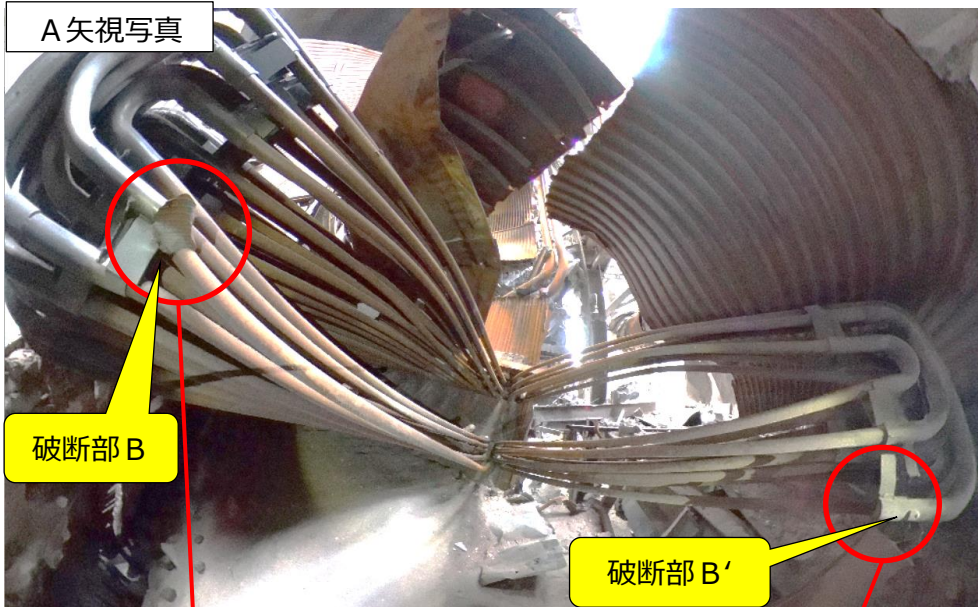


## <発電設備の損壊状況>



ボイラ本体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・火炉および煙道の前壁、後壁、右壁管パネル湾曲変形圧壊</li> <li>・FBHE変形脱落</li> </ul>
ボイラ架構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・柱および各階梁変形</li> <li>・床の各所穴あき、脱落、変形</li> <li>・一部階段の脱落</li> </ul>

## <爆発事故の起点になったと思われる箇所>



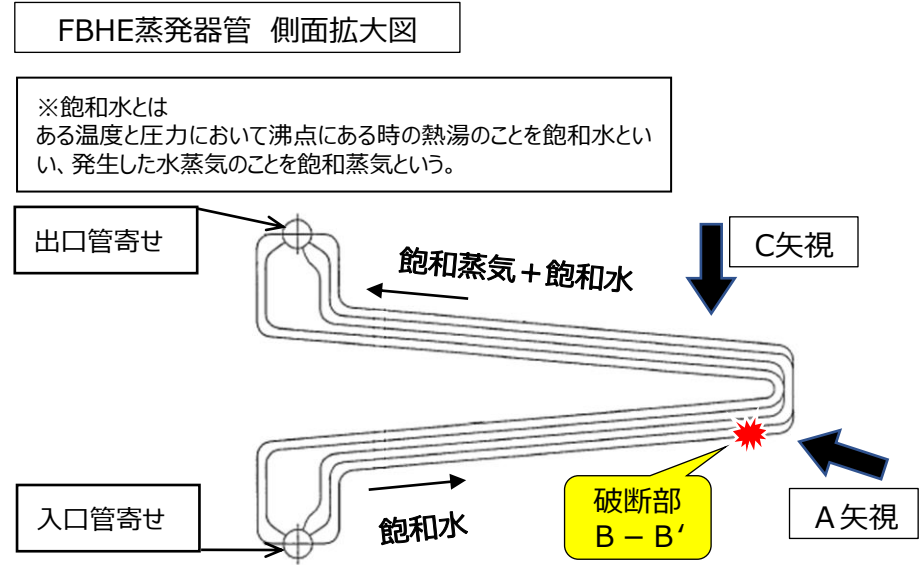
※破断部 B - B'は元々つながっていた



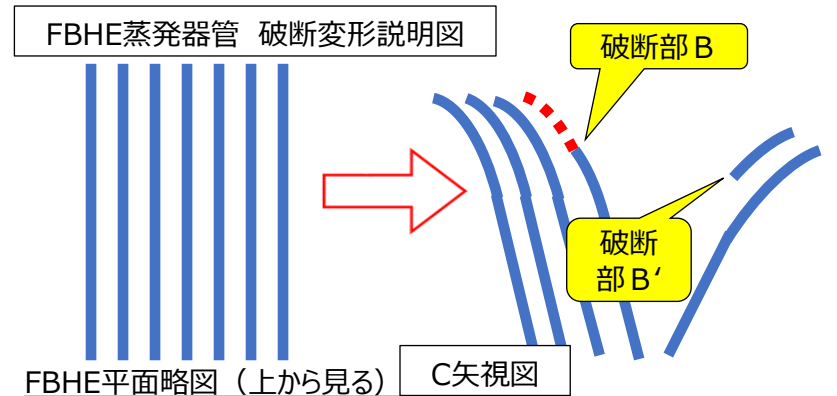
※技術情報に係る部分は加工しております。



※技術情報に係る部分は加工しております。

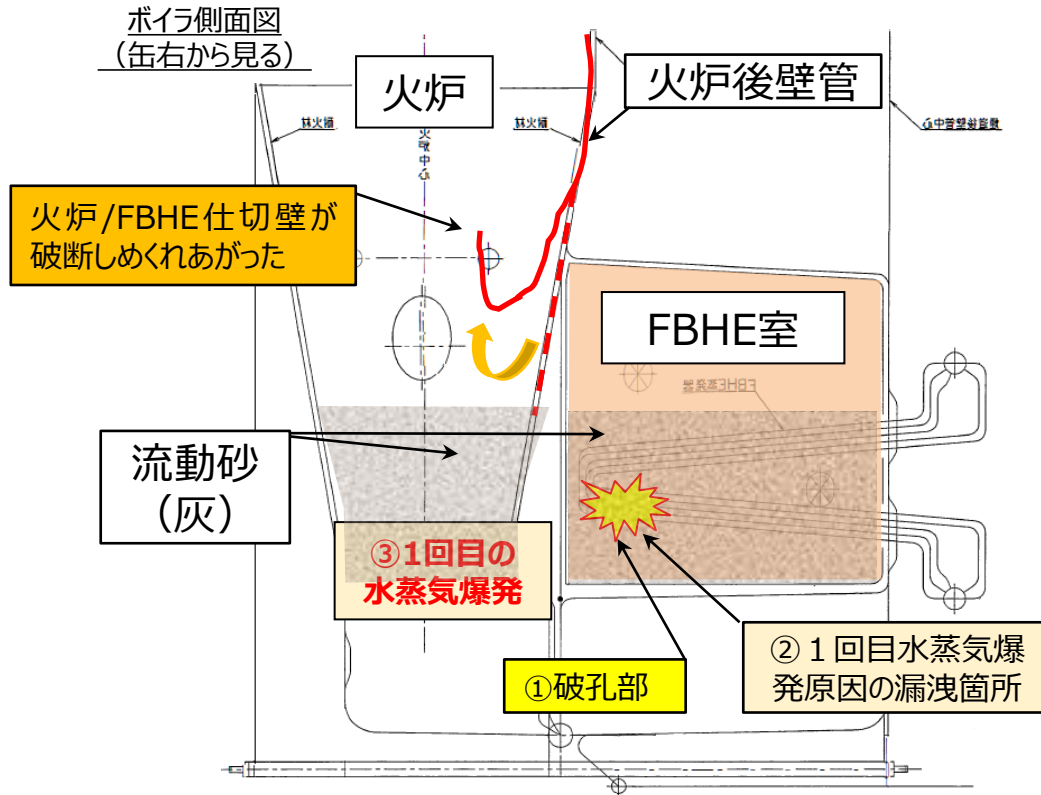


FBHE蒸発器管側面図（缶左から見る）





## (2) 原因 <爆発のメカニズム>



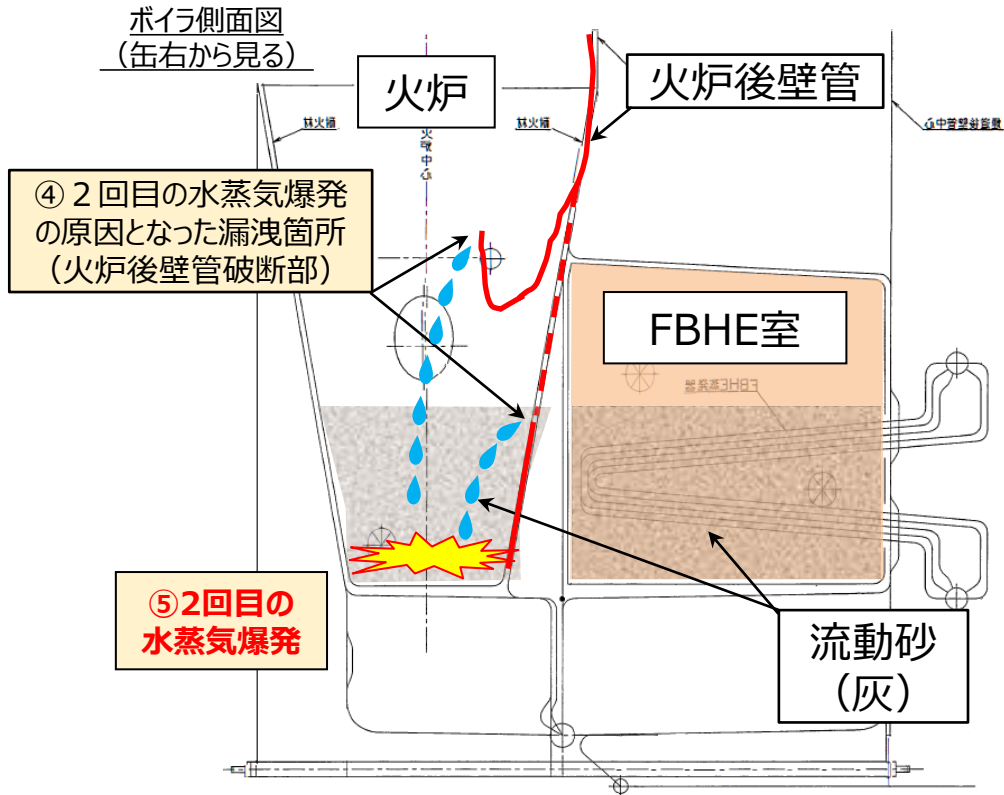
### <過程>

- ① 減肉によるFBHE蒸発器管の破孔
- ② **FBHE室の狭い空間で大量かつ高温の流動砂(灰)が存在する空間で大量の飽和水が漏洩**
- ③ **FBHE室の損傷 (1回目水蒸気爆発)**  
漏洩した大量の飽和水が大量の流動砂(灰)からの受熱により水蒸気となりFBHE内の圧力が急上昇し**(1回目水蒸気爆発)**、以下のFBHE損傷が発生
  - ・火炉/FBHE仕切壁破断
  - ・FBHE右側壁上部破断 等

※FBHE室の容積：約140m<sup>3</sup>



## <爆発のメカニズム>



### <過程>

④ 火炉後壁管の破断部から火炉側に漏洩した飽和水が大量に流入



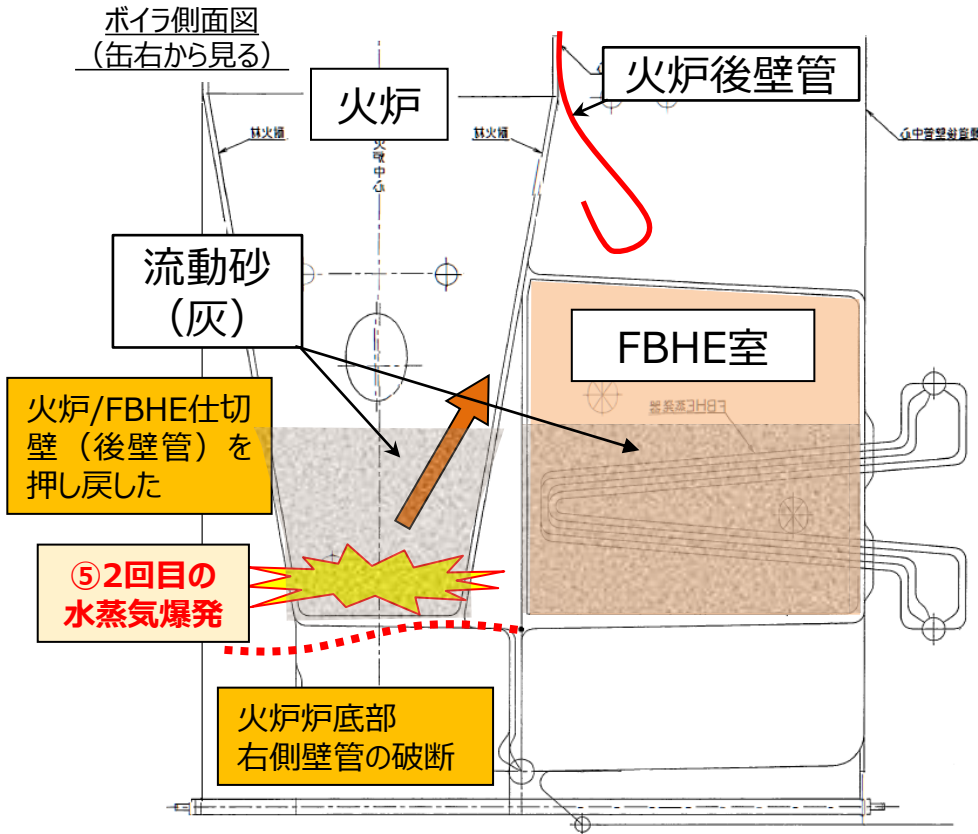
⑤ 火炉の損傷 (2回目水蒸気爆発)

火炉側に流入した大量の飽和水が大量の流動砂(灰)からの受熱により水蒸気となり圧力が急上昇し(2回目水蒸気爆発)

以下の事象が発生

- ・火炉炉底部右側壁管の破断 等

## <爆発のメカニズム>



### ⑤ 火炉の損傷 (2回目水蒸気爆発)

火炉側に流入した大量の飽和水が大量の流動砂(灰)からの受熱により水蒸気となり圧力が急上昇し(2回目水蒸気爆発)以下の事象が発生

- ・火炉炉底部右側壁管の破断 等



⑥ 爆発音が一回しか確認されていないことから瞬時の爆発現象となりボイラ全体の破損に至ったと考察できる。

### 水蒸気圧力と機器耐圧の関係

事象	漏洩水量推定値	漏洩水流量推定値	漏水→水蒸気による最大発生圧力推定値	構造的破壊に必要な圧力推定値
③ FBHE の損傷 (1回目爆発)	101kg	112kg/秒	0.60MPa	0.05MPa (FBHE 右側壁破断)
⑤ 火炉の損傷 (2回目爆発)	1,421kg	1,586kg/秒	0.64MPa	0.77MPa (火炉炉底部右側壁管破断) 0.06MPa (火炉前壁変形)

最大発生圧力推定値と、構造的破壊に必要な圧力推定値のオーダーは一致しており、水蒸気爆発によるボイラ破損の可能性が高いと判断

## < F B H E 蒸発器管の摩耗を検出できなかった原因 >

### ・法定点検

電気事業法に基づき F B H E 蒸発器管は内面腐食による減肉確認と外面減肉確認を毎年の定期点検時に実施しています。その他の点検箇所についても測定は毎年実施され、ボイラ伝熱管の切替など適切にメンテナンスを行ってまいりました。

### ・破孔の原因となった蒸発器管の外部減肉点検

1996年の運転開始から2008年まで外面測定データから摩耗進行が見られなかったため、検査会社の推奨を参考に2009年からは目視点検としていました。しかしながら目視では摩耗を発見することが困難であったことにより、今回の事故が発生しました。

## (3) 再発防止策

- ・ F B H E における点検基準の見直し (定期的な U T 肉厚測定実施)
- ・ 担当者の増員 (2 名体制) と上職による確認体制
- ・ 本社・工場間およびメーカーとの情報共有
- ・ 定期的な教育の実施 (毎年のメーカー教育等を実施)

## (4) 水平展開

### 【太平洋セメント社内】

弊社では埼玉工場のみならず、他工場においても発電設備だけでなく工場内諸設備についても有効と思われる安全対策を実施してまいります。

同型の循環流動層（CFB）ボイラを有する上磯工場には再発防止策の横展開を進めてまいります。

### 【製造メーカー対応】

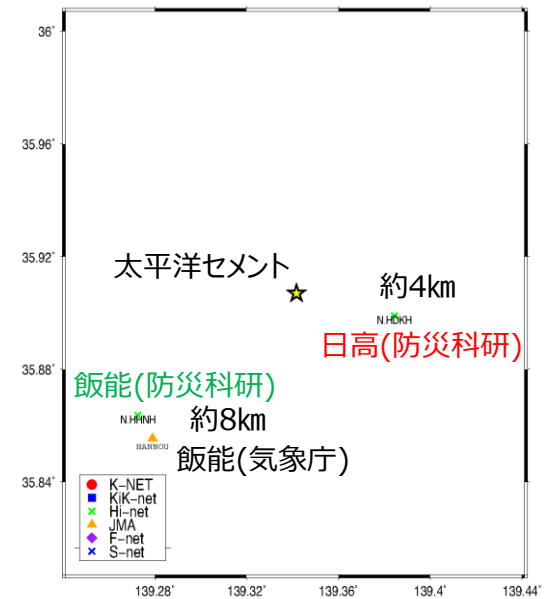
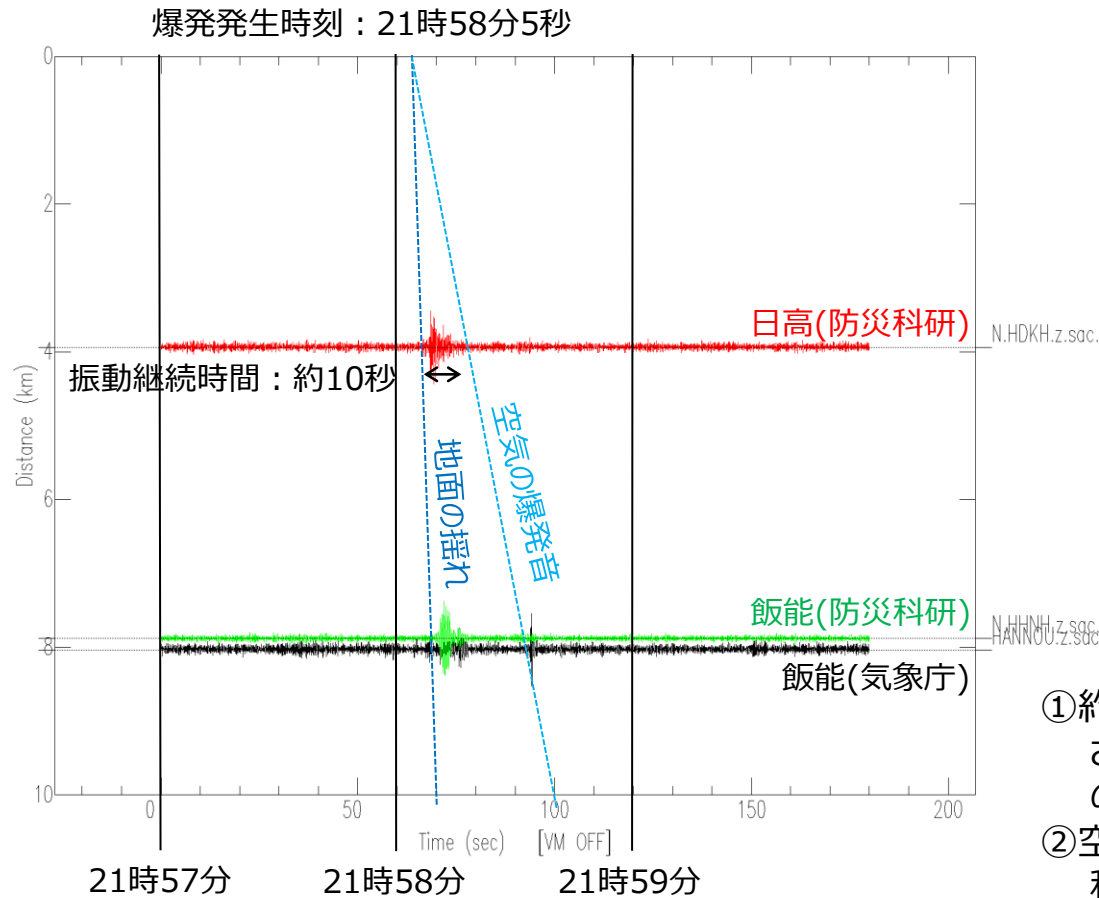
製造メーカーは2021年6月29日付「インシデントレポート」をもって納入したすべての循環流動層（CFB）ボイラ使用者へ今回事象の周知を実施し、稼働中すべて9缶（12缶納入、2缶休止、1缶埼玉）に異常がないことを確認及び今後のメンテナンスについても水平展開を実施済みです。

### 【終わりに】

今回の事故を受け、安全は工場操業における最大の基本であることを改めて認識し、信頼回復に向けて全力を尽くしてまいります。

## (参考) 地震波形記録(防災科研、気象庁)

地震観測点の場所



- ①約4 km離れた地点では、地面の揺れが約10sec確認された。また、約8 km離れた地点でも同様に約10secの揺れが確認された。
- ②空気伝播の爆発音は、約8 km離れた地点で1~2sec程度確認された。
- ③地面伝播（青色）、空気伝播（水色）から、爆発は21時58分5秒に発生したと推測される。