



エネルギーを新しい時代へ

JERAパワー武豊合同会社

武豊火力発電所における火災事故について 再発防止対策

【第21回電気設備自然災害等対策WG】

2024年9月10日

武豊火力発電所における火災事故調査委員会

【委員長】

(株)JERA 取締役副社長執行役員

【委員】

(株) JERA 執行役員 O&M・エンジニアリング運営統括部長

O&M・エンジニアリング技術統括部長

JERAパワー武豊合同会社

武豊火力発電所長

【委員（社外）】

名古屋大学教授（未来材料・システム研究所）

三菱重工業（株）SPMI事業部 事業部長代理

IHI運搬機械（株）運搬システム事業部 理事 生産統括部長

【事務局】

(株) JERA

O&M・エンジニアリング技術統括部

技術部 上席推進役

【オブザーバー】

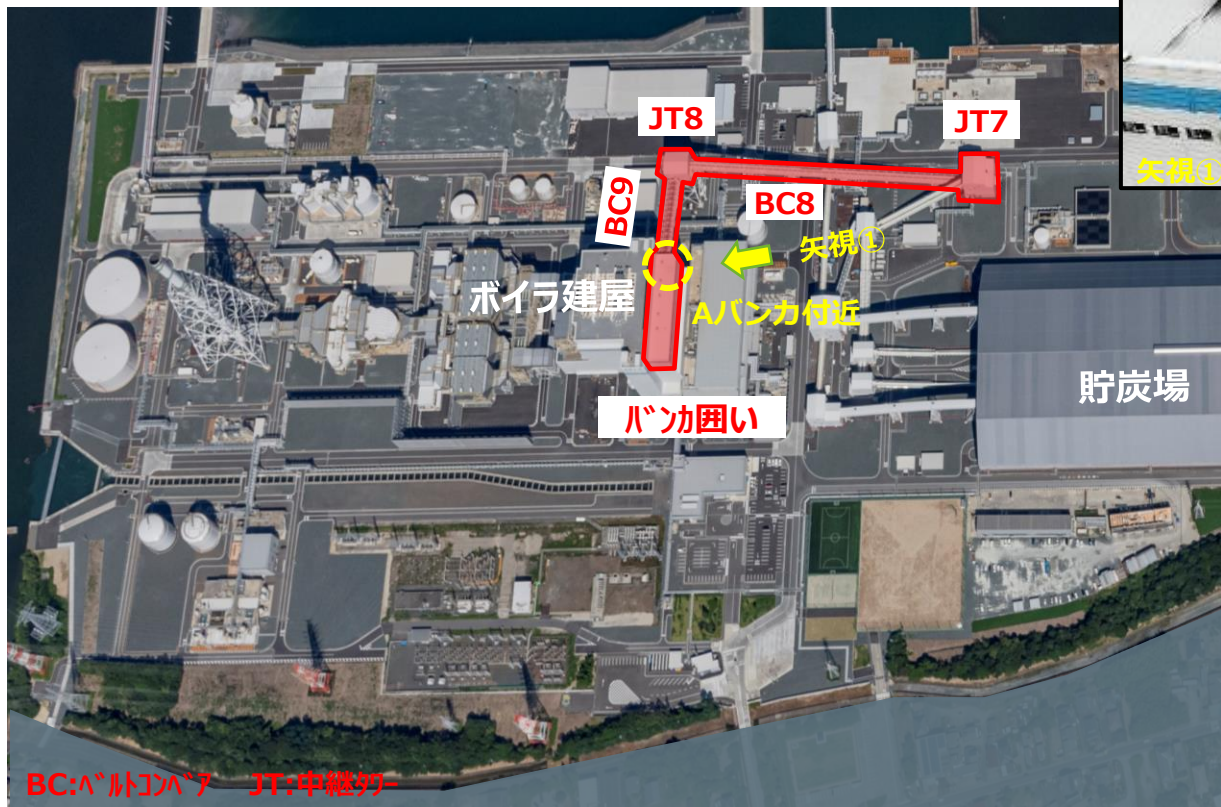
経済産業省 中部近畿産業保安監督部

電力安全課

事故概要 (1/2)

- ・映像データ等より着火場所はAバンカ付近と考えられる
- ・事象はバイオマス燃料による粉じん爆発と考えられる
- ・バンカ囲い～JT7の範囲以外の設備には著しい損傷は認められない

火災による主要設備損傷範囲



【事故発生の時系列】

(1) 事故発生前の状況

2024年1月31日（水）

- ・第5号機ユニット 1,070MW運転中
- ・14時頃よりバイオマス燃料の輸送開始

(2) 事故発生の経緯

2024年1月31日（水）

15:11 ボイラより爆発音、ボイラ建屋
13FL付近から黒煙を確認
人身災害なし

20:04 鎮火確認

2024年2月1日（木）

2:40 ヘルトコンベア付近にて再出火

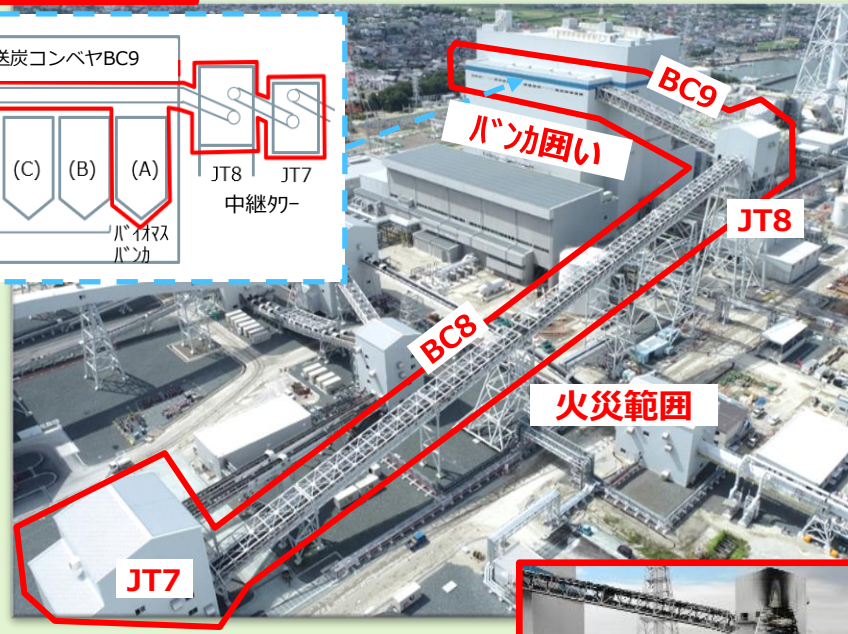
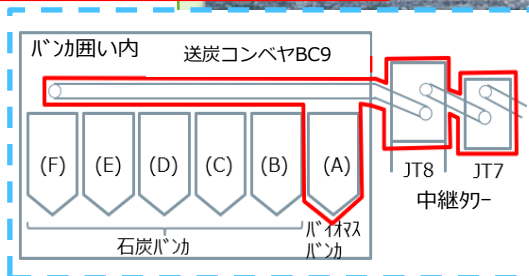
3:34 鎮火を確認

事故概要 (2/2)

Aバunk付近 爆発による損傷



BC9 爆発伝播による損傷



JT 8 爆発伝播による損傷



JT7延焼による損傷

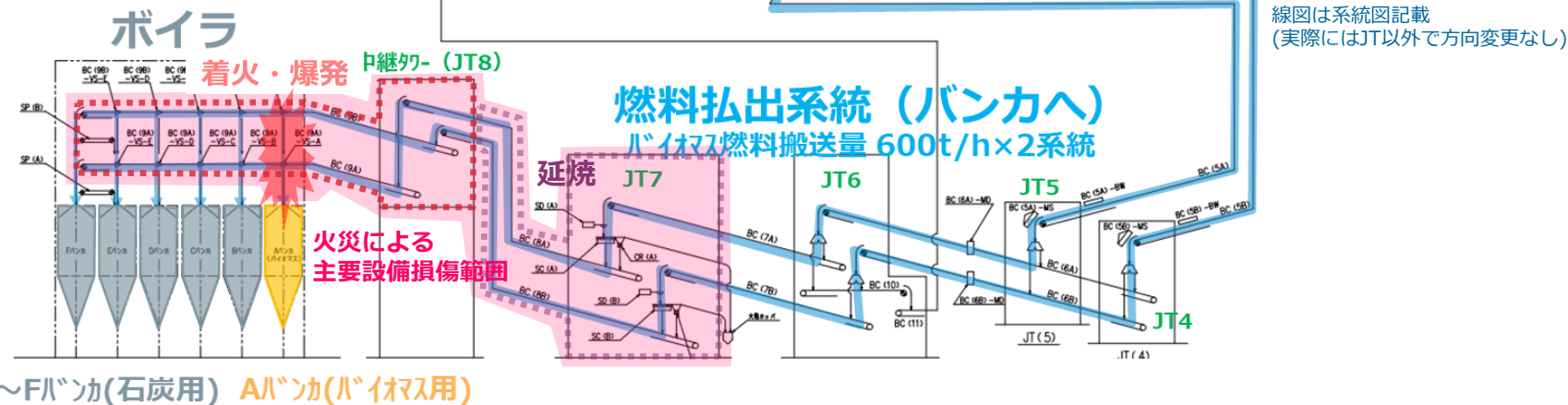
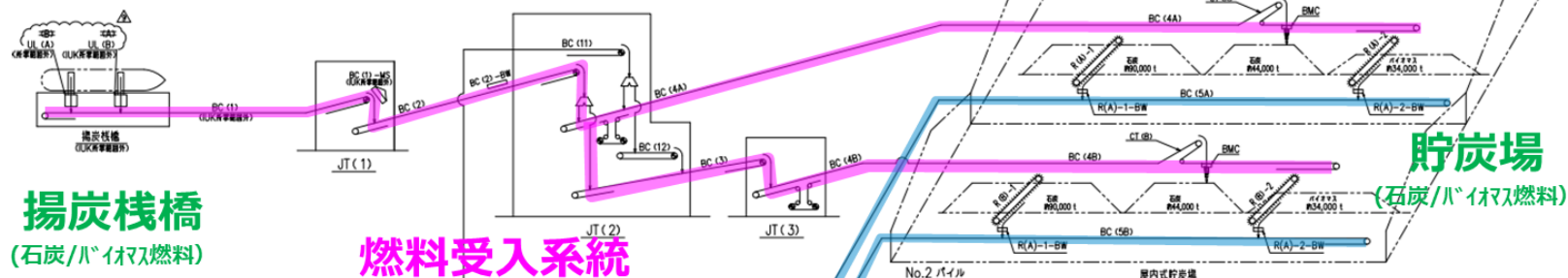
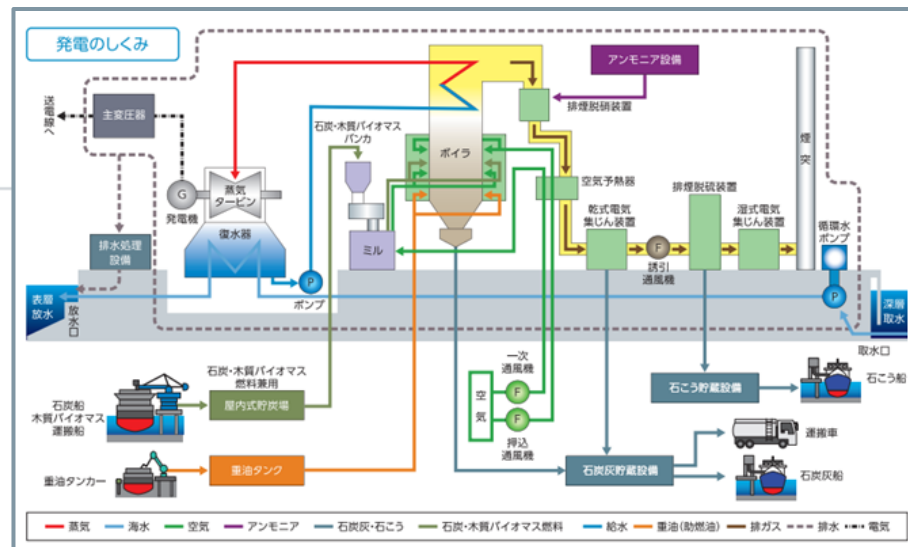


BC8延焼による損傷

BC:バunkコンベヤ JT:中継ター

設備概要

- 燃料は石炭とバイオマス燃料の2種類
- 燃料搬送のためのベルトコンベヤ（BC）は、石炭とバイオマス兼用（バイオマス燃料搬送量 600t/h×2系統）
- 貯炭場からボイラに隣接したバンカ（一時貯蔵用の設備）へ払出
→ ボイラの燃料として使用
- 中継タワー（JT）はコンベヤ輸送の方向、角度を変えるために設置されているコンベヤの乗継部



線図は系統図記載
(実際にはJT以外で方向変更なし)

第3回までの事故調査委員会での審議結果まとめ

事故のメカニズム（複合的原因）

粉じん

高速大量搬送により搬送流路内の
バイオマス粉じんが増加

+

バンカ内部から投炭装置シュート
上部まで粉じん濃度が爆発下限界
以上に増加

着火源

スクレーパが通常より下がった位置で固定

+

ベルトとカバープレートとの間の摩擦が増加

+

点検・清掃困難な部位に粉じんが堆積

+

摩擦による発熱で堆積粉じんに着火

一次爆発の発生

→ バンカ囲い内粉じん飛散による二次爆発発生・伝播

- 今回の事象は、バイオマス燃料（ホワイトペレット）固有の特性に起因
- 燃料性状の違いにより石炭では同様な事故は発生しない

今回の報告内容： 再発防止対策まとめ

第4回事故調査委員会 9月3日

対策の基本方針

- ・「複合的原因で発生した着火源リスク」と「粉じん濃度」の低減を行なう
- ・万一爆発兆候が発生した際も、火災・爆発に至る前に抑制する
- ・過去発生した発煙事象も含め類似事象の発生を防止する

具体的対策

今回/過去 事象	要 因	対 策
摩擦による 発熱/火花発生	着火源	・バイオマス払出設備は専用の空気搬送設備を設置し機械的摩擦を排除、投炭装置を不使用化 ・バイオマス燃料を搬送するコンベヤ設備については搬送速度を引き下げて摩擦による着火のリスクを低減
バイオマス粉じん増加	粉じん	・バイオマス払出設備は専用の空気搬送設備を設置、粉じんが浮遊、堆積しやすい投炭装置を不使用化 ・バイオマス燃料を搬送するコンベヤ設備について搬送速度を引き下げて粉じん発生を低減 ・粉じん発生箇所（乗継部・貯炭場）での集塵機増強

+

爆発、火災の伝播や二次爆発を防止するための安全装置をバイオマス搬送設備全体へ設置する

過去の発煙事象と今回の事故原因について

前頁に記載の具体的対策により今回事象と過去事象の再発を防止する

今回の火災爆発事故

原因（複合的）

着火源

- ・スクレーパが**下がった位置で固定**されていた
- ・ベルトとカバープレートの**摩擦が増加**
- ・摩擦でカバープレートが発熱し、清掃困難な部位の**堆積粉じん**に着火

粉じん

- ・バイオマス燃料の**高速大量搬送**によって搬送流路内の**バイオマス粉じんが増加**
- ・バンカ内部から投炭装置シュートの上部まで **粉じん濃度が爆発下限界以上に増加**

過去の発煙事象

過去の発煙事象	原因		対策
払出搬送設備（BC9）発煙 （2022年8月3日）	着火源 （摩擦）	・スクレーパ案内板接続軸端部の割ピンが脱落 ・抜け出した軸とベルトとの 摩擦により発熱	・割ピン点検、健全性確認
	粉じん	・床面へ 堆積していたバイオマス粉じん に着火し発煙	・スクレーパ下部の清掃、監視強化
払出搬送設備（JT8）発煙 （2022年9月29日）	着火源 （摩擦）	・ベルトコンベヤ駆動装置ブレーキ作動時のパット 摩擦により火花発生	・ブレーキ動作回路見直し
	粉じん	・床面に 堆積したバイオマス粉じん に着火し発煙	・JT内清掃、監視強化
受入搬送設備（BC1）発煙 （2023年1月23日）	着火源 （摩擦）	・ベルトコンベヤ下部キャリアローラへ異物が噛み込み、ローラとの 摩擦により火花発生	・ローラと架台間の間隙を大きくし噛みこみを防止 ・温度監視装置設定見直し
	粉じん	・キャリアローラ架台、ケーシングに 堆積したバイオマス粉じん に着火し発煙	・荷役後の清掃、監視強化

再発防止対策 全体内容

バイオマス専用空気搬送設備 —
 ベルトコンベヤ搬送速度引き下げ — —
 集塵機増強 ●
 爆発放散口/爆発抑制装置 ● —
 空気搬送式アンローダ ■

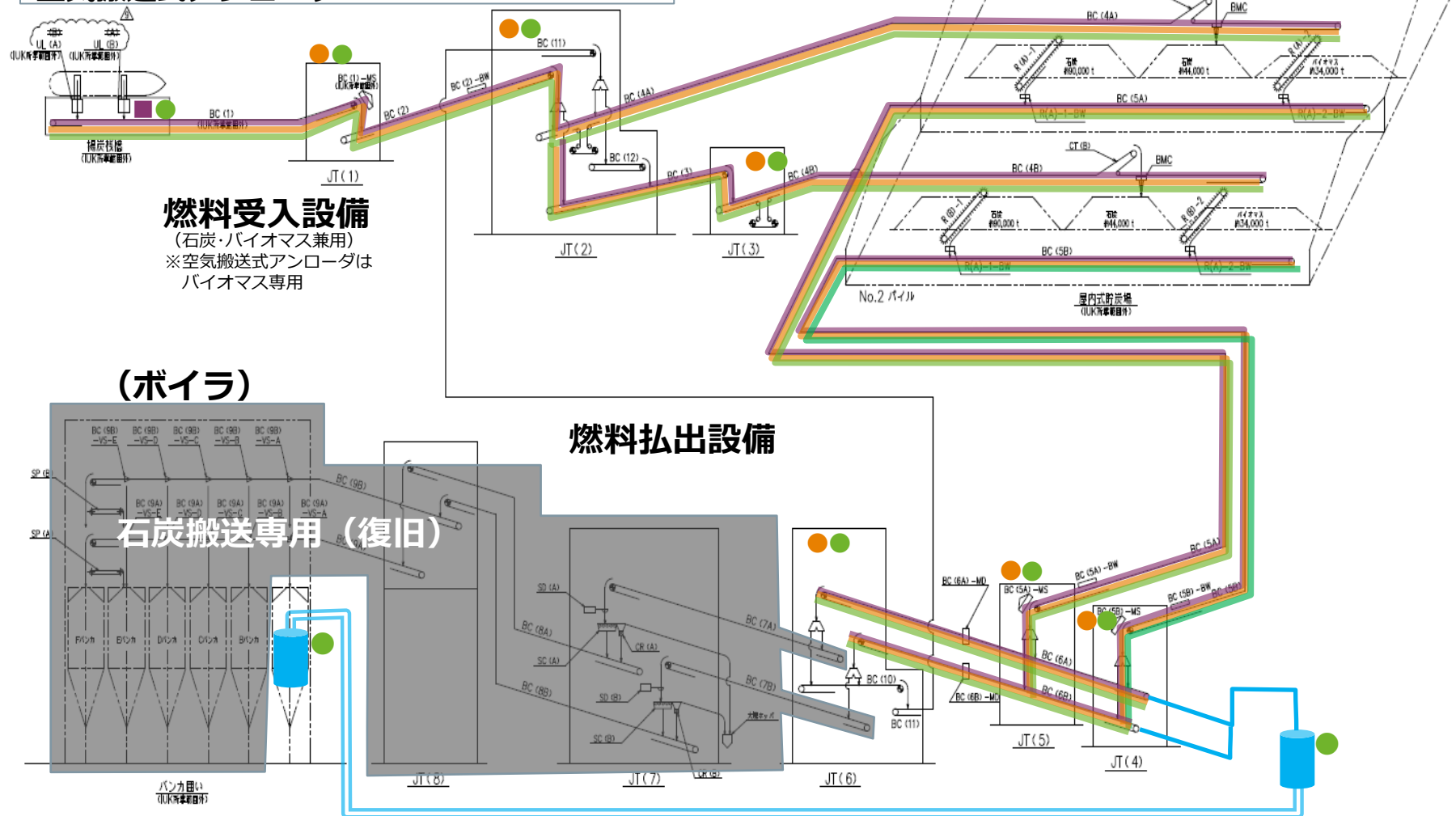
着火源・粉じん対策

着火源対策

粉じん対策

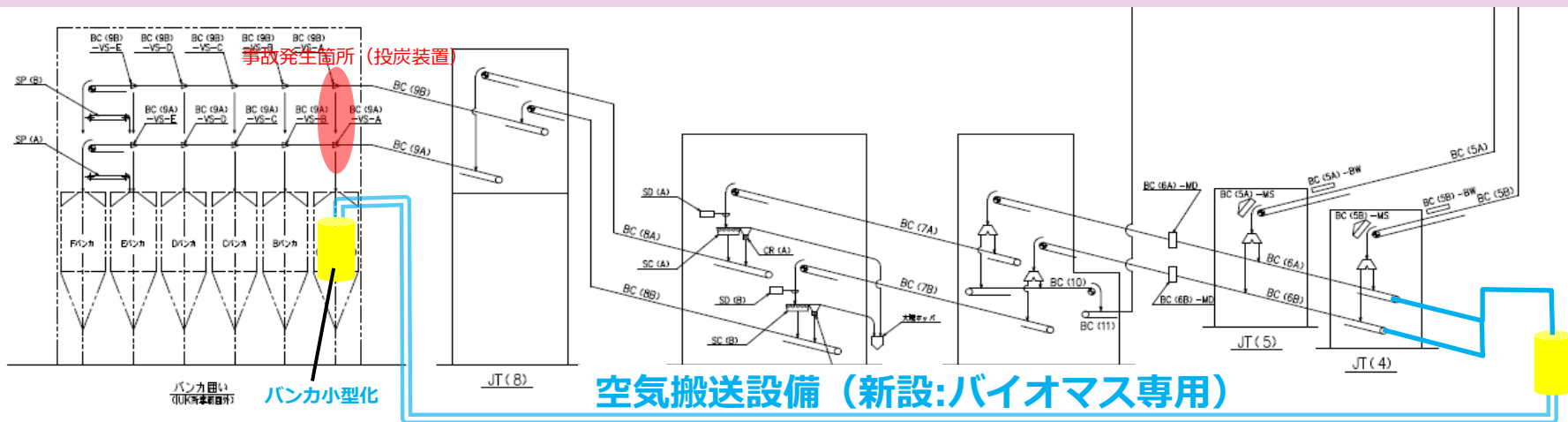
安全装置※一部消火装置

【燃料搬送設備全体図】

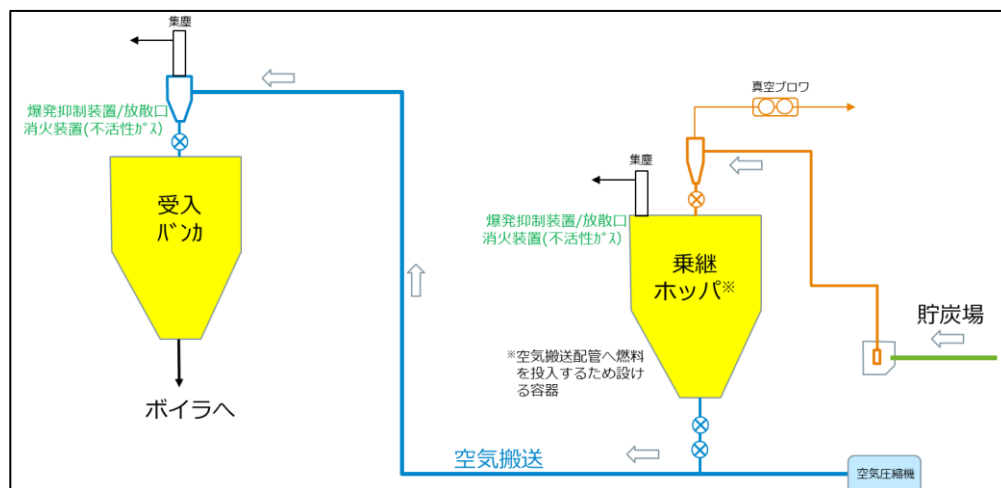


再発防止対策① バイオマス専用空気搬送設備

- バイオマスの輸送を空気搬送とすることで、可動部を無くし摩擦発熱リスクを排除、粉じんが浮遊・堆積する投炭装置を不使用化
- 乗継ホッパと受入バンカには、爆発抑制装置・消火設備を設置



<空気圧送設備概略図>



再発防止対策② 搬送速度引き下げ（1/2）

- 現状のベルトコンベヤ搬送速度（受入側：4 m/s）は 海外実績に比較して高速度
- 搬送速度は、今回の事故原因である「粉じんの増加」と「摩擦による発熱」の双方に関連すると考えられるため試験装置を用いて搬送速度との関連性について評価を実施

【試験要領】

- ・ 42m長のコンベヤ 2 基を組み合わせ、燃料を循環して搬送させることによって、乗り継ぎの衝撃による微粉化や摩擦による温度上昇を評価
- ・ 2 基のコンベヤ速度を 1 ～ 4 m/s で変化させて試験を実施

【試験結果】

試 験	試験内容	試験結果
微粉率	循環中の燃料をサンプリングし微粉率を測定 微粉率：約3mmのふるいを通過した粉体の重量割合	微粉率は 1m/sと2m/sは同程度であるが 4m/sは顕著に増加
摩擦 発熱性	コンベヤのローラを強制的に固着させ、ベルトと摩擦させることによる温度上昇を測定 (※固着させない場合は温度上昇はほとんど見られない)	固着したローラとの摩擦発熱は 搬送速度増加にほぼ比例して上昇

【評価】

- ・ 搬送速度を4m/sから2m/s以下へ引き下げることによって、全体の粉じん量は抑えられる
- ・ 摩擦による発熱、温度上昇については、速度を半減することでおおよそ半減される

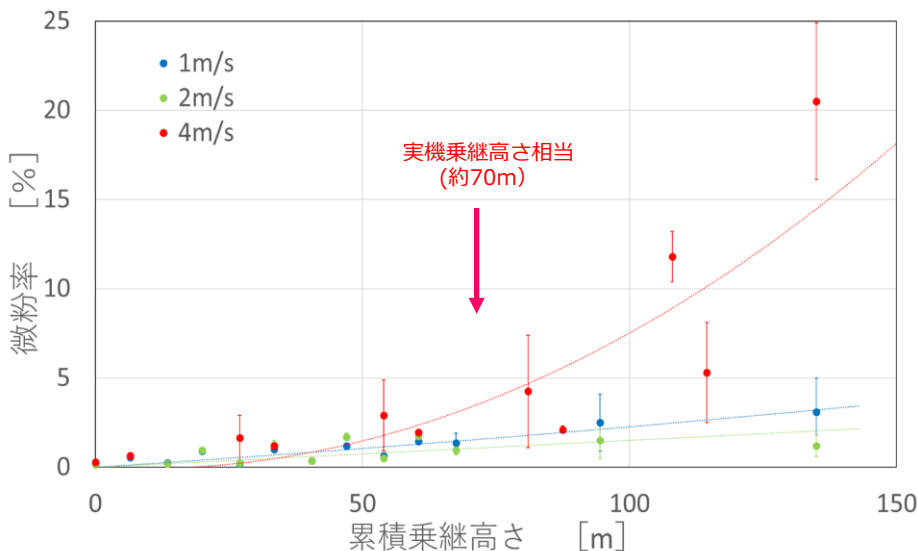
→ 以上より、バイオマス粉じん量、摩擦発熱のリスクを低減する観点から、

バイオマス燃料の搬送においては、ベルトコンベヤ速度を引き下げる（2 m/s以下）

（搬送速度2m/s以下にて安全であると考えるが、実機において1m/sから確認、検証していく）

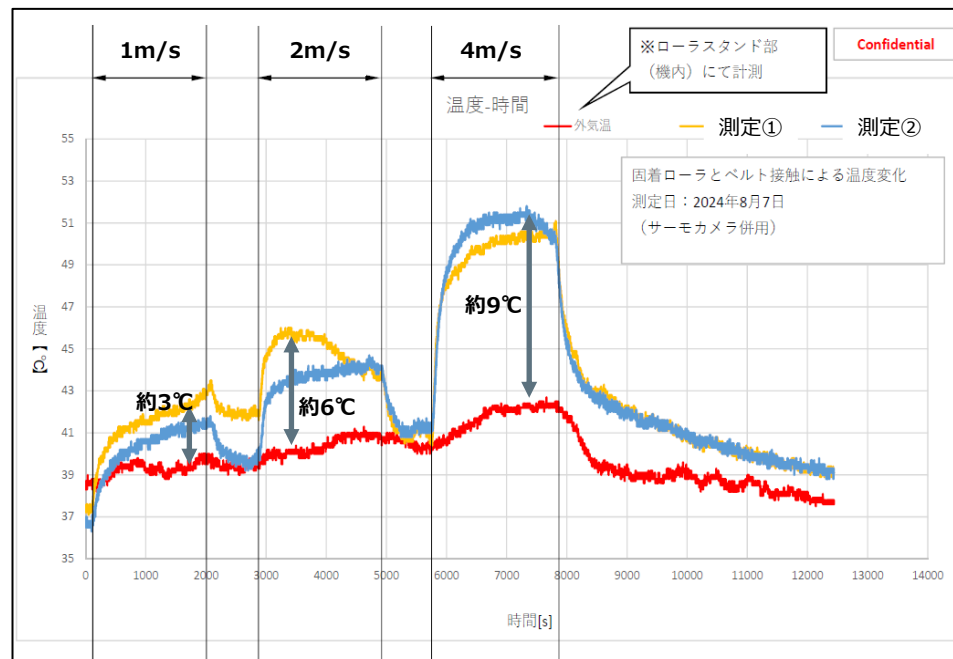
再発防止対策② 搬送速度引き下げ（2/2）

【①微粉率試験】



微粉率は1m/sと2m/sでは同程度であるが、4m/sになると乗継部で燃料がシュートに衝突することにより微粉率が増加する傾向が顕著に見られる。

【②摩擦発熱性試験】



- 摩擦による温度上昇は搬送速度にほぼ比例
- 摩擦発熱による到達温度は40～50℃程度とバイオマス燃料着火温度に比較し十分に低い値

※摩擦による発熱量は一般的に以下の式で決まり動摩擦係数、荷重、相対速度に比例

$$Q = \mu \cdot W \cdot v / J \quad [\text{cal/s}] \quad (\mu: \text{動摩擦係数} \quad W: \text{荷重} \quad v: \text{相対速度} \quad J: \text{熱の仕事当量})$$

動摩擦係数や荷重が増加し着火温度に近い温度へ上昇する摩擦条件においても、搬送速度を半減することによって温度上昇はほぼ半減されるものと考えられる。

再発防止対策③ 安全装置設置

- 万一爆発兆候が発生した際も、爆発抑制装置または爆発放散口/消炎ベントを設置し、火災・爆発に至る前に抑制する
- 安全装置はバイオマス搬送設備のベルトコンベアおよび乗継部、集塵機、バンカ等に設置する

安全装置の特徴

爆発抑制装置



一次爆発の圧力波を検知し瞬時に
消火剤を噴霧し、二次爆発を防止

爆発放散口・消炎ベント



爆発放散口



消炎ベント

一次爆発による圧力を放散口より逃がす
ことで機器の損傷を防止
消炎ベントは火炎放散防止

バイオマス燃料と石炭との比較

石炭のみの使用においては、今回と同様な事故は発生せず安全上問題ないと考えられる。

	バイオマス	石 炭	評 価
粉じん濃度	・ 木の屑は燃料中の微粉量が多い ・ 粒径分布上、小さい粒が多く飛散しやすい ・ 搬送や乗継により粉じん量が増加、系統内の粉じん濃度が高い ・ 爆発下限界濃度小（95g/m3程度） ・ 実測値（乗り継ぎ建屋等） 最大80g/m3程度	・ 石炭の微粉量は木の屑の約 1/5 程度 ・ 粒径分布上、大きい粒が多く、表面水分もあるため飛散しにくい ・ 系統内の粉じん濃度は木の屑の約 1/500 程度 ・ 爆発下限界濃度大（230g/m3程度） ・ 石炭搬送中のバンカ、サイロの粉じん濃度測定結果2～7mg/m3程度と極めて低い	石炭は粉じん発生や着火発熱のリスクが少なく、流路内の粉じん濃度も爆発下限界以下と考えられるため、同様な事故は発生しないと考えられる
着火源	・ 粉じんが堆積しやすい ・ 着火しやすい （最小着火エネルギー - 12mJ以下） ・ 長期堆積時に発酵発熱により自然発火のリスク高	・ 粉じん堆積は少ない ・ 着火しにくい 石炭の最小着火エネルギーは木の屑の10倍以上 （最小着火エネルギー - 300mJ以上） ・ バイオマスと比較して長期堆積時の発熱リスクは低い	
事事故例 (国内他社含む)	粉じん爆発事事故例複数あり	コンベヤ設備における粉じん爆発事事故例なし	

要因分析・調査項目・調査結果（1/2）

対策

着火源	機器起因	投炭装置部の発熱・着火	スクレーパ吊りロッドが低い位置で固定されており、スクレーパの上方移動が妨げられたことでカバ-プレート部に過剰な荷重が作用し摩擦発熱によって、堆積した粉じんへ着火した可能性が高い	高	バイオマス払出設備は専用の空気搬送設備を設置し、機械的摩擦を排除
		電動機等からの発熱・着火	電気品の損傷状況確認結果、特別な異常は認められない	低	
		静電気による着火	機器アースの設置状況確認および接地抵抗測定結果問題なし また、静電気では着火に至る可能性は低い	低	バイオマス燃料を搬送するコンベヤ設備について、搬送速度を引き下げ摩擦による着火のリスクを低減
		機器の部材の接触・摺動による着火	コンベヤの摺動部であるローラの分解点検結果、異常は認められない 内装部品に脱落は認められない 過去にピンが抜けだし、部材接触による発熱事象があるが、今回部品の脱落等は認められない	低	
	異物混入	ライター等自身が着火源となる異物混入	Aバンカ内ペレット上面に異物混入なし	低	爆発の伝播や二次爆発を防止するための安全装置をバイオマス搬送設備全体へ設置
		金属、石等の燃料中の異物の接触による着火	Aバンカ内の燃料を全量抜き取り、調査を行った結果、異物は認められなかった	低	
	燃料起因	発酵発熱による自然発火	巡視点検により、発熱、自然発火に至るような粉じんの堆積は認められていない	低	
		着火、爆発しやすい燃料	バイオマス燃料は石炭に比べて着火しやすい	高	
	外的要因	放火等	不審者の入構なし	低	

要因分析・調査項目・調査結果（2/2）

対策

粉じん源
粉じん飛散、
浮遊

燃料起因

粉化しやすい燃料

搬送系統に残存していたアメリカ産ペレットの分析結果、微粉率は30%程度となっており高速大量搬送過程での粉化が認められる

高

粉じんが浮遊しやすい

投炭装置シュート～バンカ内は粉じん濃度が高い

高

仮設集じん装置試験にて発生、回収した粉じん0.6トン当日午前中にAバンカへ投入しているが、バンカ内粉じん濃度への寄与度は全体の6%程度と小さい

低

機器起因

集塵機的能力

シュート～バンカ内の粉じん濃度は高い環境であった

高

集塵した粉じんの
排出先

BC9(A)(B)の集塵機の粉じんはB・C・Dバンカへ排出のため今回事象との関係性は低い

低

粉じんが堆積しやすい

カバプレート下部に点検・清掃困難で粉じんが堆積しやすい箇所がある

高

搬送起因

投炭装置部の粉じん発生

高速大量搬送・多数の乗り継ぎにより搬送時の粉じん量が多くなる

高

管理起因

清掃頻度・方法

清掃は計画どおりに行われていた

低

バイオマス燃料を搬送するコンベヤ設備について、搬送速度を引き下げ粉じん発生を低減

バイオマス払出設備は専用の空気搬送設備を設置、投炭装置は使用しない

搬送・貯蔵設備の集塵機増強

+

爆発の伝播や二次爆発を防止するための安全装置をバイオマス搬送設備全体へ設置

粉じん以外の要因

可燃性ガス

燃料の発酵、発熱による
ガスの発生

事象発生までCO濃度の上昇は認められない

低

バンカ内に貯蔵されていたバイオマス燃料の保管期間1日と短くガス発生の可能性は低い

低

漏洩油

潤滑油などの漏洩

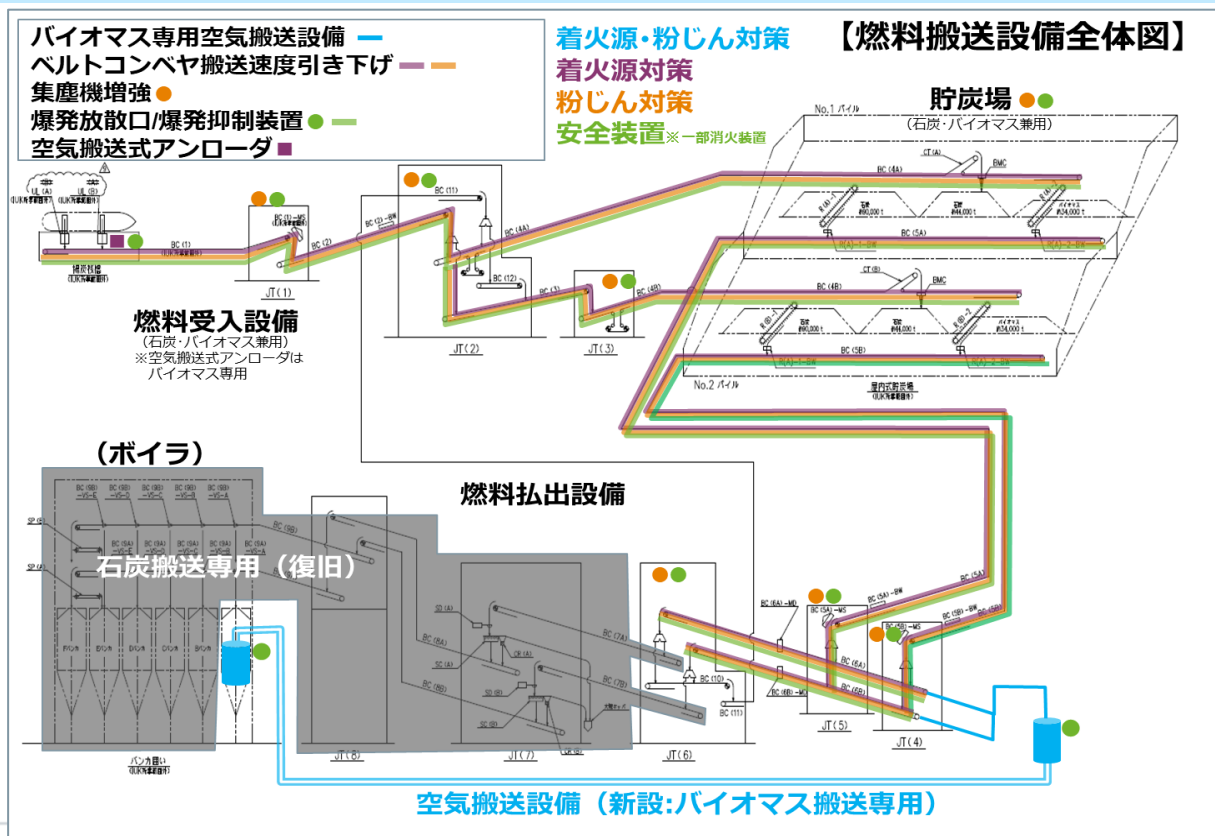
着火場所付近には潤滑油なし

低

まとめ

【再発防止対策】

- 火災が発生した燃料払出設備は、石炭とバイオマス燃料の兼用を取りやめ、石炭搬送専用とする。バイオマス燃料の搬送については、専用の空気搬送設備を設置し、バイオマスの輸送を空気による搬送とすることで可動部を無くし機械的摩擦発熱リスクを排除、投炭装置を不使用とする
- 燃料受入設備は、バイオマス燃料専用の空気搬送式アンローダを追設するとともに、バイオマス燃料搬送時の搬送速度を引き下げる
- バイオマス燃料搬送設備に爆発抑制装置等の安全装置を設置



武豊火力発電所における火災事故対応スケジュール

2024年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
大工程	電気事故(中間)報告2/27▼		▼電気設備自然災害等対策WG (3/21)					電気設備自然災害等対策WG▼	▼9/3 第4回事故調査委員会 (最終回)	
		▼1/31 火災発生	▼2/10 第1回事故調査委員会	▼3/13 第2回事故調査委員会						
原因調査 対策検討		▼2/1,2 消防現場検証			▼4/30 第3回事故調査委員会 (原因究明・メカニズム特定)					
		現場・機器調査(変形,変色,過熱,異物,異常の有無 他)								
		運転・映像データ解析								
		燃料分析								
		粉じん濃度評価								
		着火メカニズム検証								
					バイオマス対策検討					