

令和5年度
ボイラー・タービン主任技術者会議

下関バイオマス発電所 サービスバンカー火災について

2024年3月1日

下関バイオマスエナジー合同会社
高倉 譲二

下関バイオマス発電所 サービスバンカー火災について（目次）

- 1 発電所概要
- 2 火災発生状況
- 3 設備被災状況
- 4 火災発生原因
- 5 原因対策追及
- 6 再発防止対策
- 7 おわりに

1 発電所概要



発電所名	下関バイオマス発電所
事業会社	下関バイオマスエナジー合同会社
出資者	九電みらいエナジー株式会社 西日本プラント工業株式会社 九電産業株式会社
事業地	山口県下関市彦島迫町7丁目3-50
燃 料	WP（カナダ、ベトナム産） PKS（インドネシア産）
出 力	74,980kW
運 開	2022年2月2日
FIT対象期間	20年間

1 発電所概要

項 目	仕 様
ボ イ ラ	型 式：循環流動層自然循環単胴形ボイラ 通風方式：平衡通風方式 蒸気圧力（過熱器出口/再熱器出口）：12.9MPa/3.78MPa 蒸気温度（過熱器出口/再熱器出口）：513℃/541℃ 最大連続蒸発量：260t/h
蒸気タービン	型 式：単気筒再熱抽気復水タービン 出 力：74,980kW 回 転 数：3,600rpm 復 水 器：クーリングタワー方式（水冷式）
発 電 機	型 式：横軸円筒回転界磁全閉空冷形 励磁方式：ブラシレス 端子電圧：13,800V 回 転 数：3,600rpm
燃 料 貯 蔵	サイロ 容 量：6,000t×2基 貯蔵量：12,000t 公共埠頭倉庫（下関海陸運送所有） 貯 蔵 量：16,000t 合計貯蔵量：28,000t（約1ヶ月分）

2 火災発生状況

○発生日時：2023年1月21日（土） 21:00頃

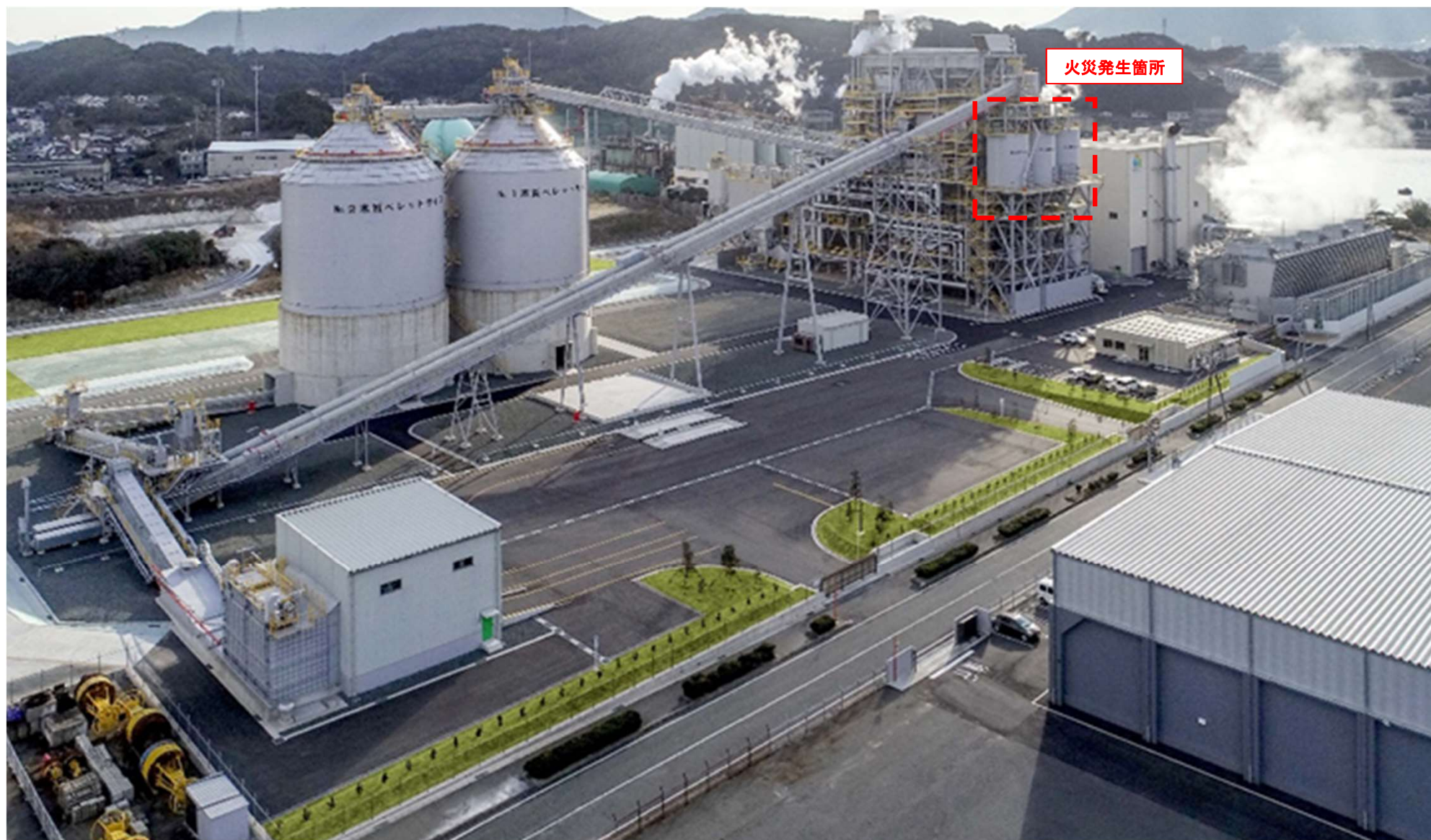
○事故時の状況：1月23日（月）からの点検工事に向けて、発電所の停止操作中

○事故発生の概要

日 時	内 容
1月21日 17:21	・ 発電停止
19:18	・ 重油バーナー点火（木質ペレットと重油の混焼状態） ・ 点検に向けて3基（容量300m ³ ）のサービスバンカー内に残ったペレットを焚き切るための操作を開始
20:59	・ PKS/WPサービスバンカー焚き切りのため、供給開始（PKS/WPサービスバンカーレベル：0.00m） ・ B-WPサービスバンカーレベル低下のため、供給停止（B-WPサービスバンカーレベル：0.00m）
21:00頃	・ 大きな音及び揺れと同時に、防災監視盤にて警報発生（No.7BC火災検知器動作） ・ 構内監視カメラで炎、発煙を確認したため火災と判断
21:01	・ ボイラ緊急停止（消火）
21:02	・ 消防へ通報
21:02～	・ ボイラ緊急停止後のプラント整定操作
21:11	・ 消防到着、消防指揮下のもとで消火活動を開始（水源：工水タンクより）
21:56	・ C-消火ポンプ起動 ・ No. 8, 9BC及びサービスバンカー散水弁 開
22:32	・ 火災制圧
1月23日 8:15	・ 火災鎮火

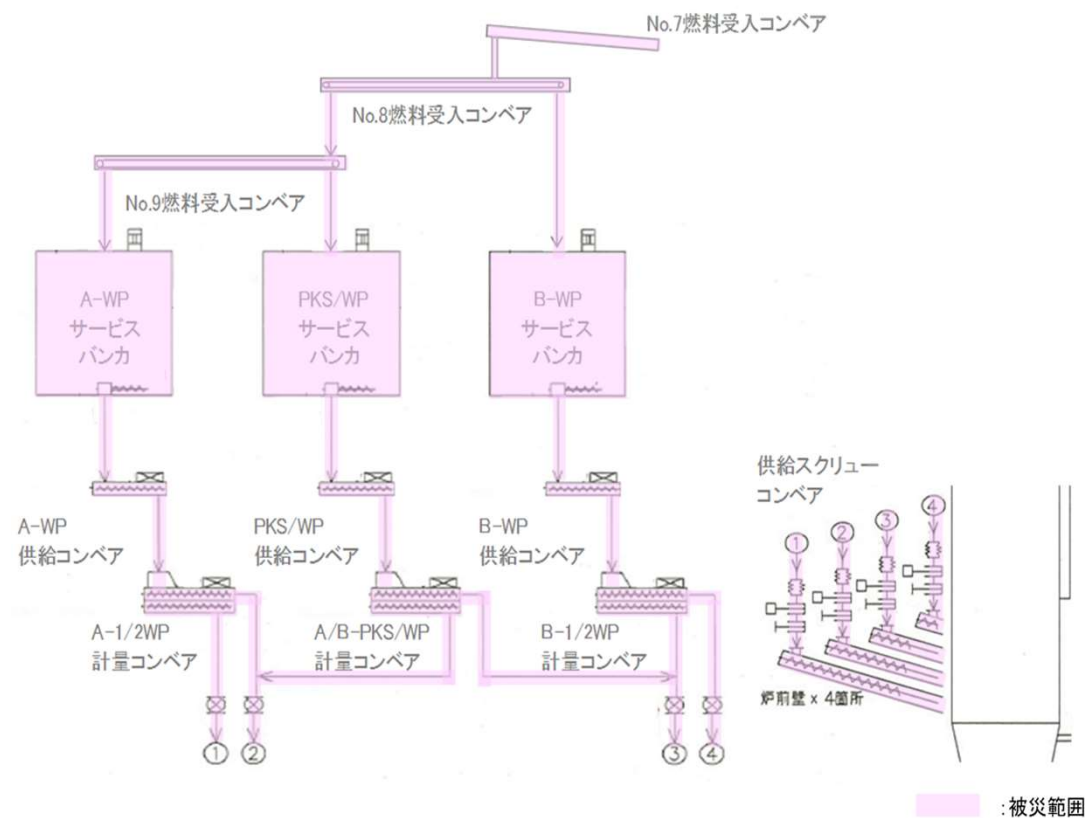
2 火災発生状況

○発生箇所：サービスバンカー、周辺機器



3 設備被災状況

No.	設 備	損傷状況
1	No.7燃料受入コンベア	・コンベアカバー飛散、集塵機損傷、火防線断線他
2	No.8燃料受入コンベア	・ケーシング変形、ローラー脱落、点検口外れ他
3	No.9燃料受入コンベア	・ケーシング変形、ローラー脱落、点検口外れ他
4	A-WPサービスバンカー	・バンカー天井部焦げ、集塵装置損傷他
5	PKS/WPサービスバンカー	・バンカー天井部焦げ、集塵装置損傷他
6	B-WPサービスバンカー	・バンカー天井部焦げ、集塵装置損傷、伸縮継手損傷他
7	A-WP供給コンベア	・ラプチャーディスク破損
8	PKS/WP供給コンベア	・コンベア出口部焦げ、ラプチャーディスク破損他
9	B-WP供給コンベア	・ラプチャーディスク破損
10	A-1/2-WP計量コンベア	・ラプチャーディスク破損
11	A/B-PKS/WP計量コンベア	・コンベア入口部焦げ、バランシングシュート部点検窓焼損、ラプチャーディスク破損他
12	B-1/2-WP計量コンベア	・ラプチャーディスク破損
13	A-WP供給スクリーコンベア	・被害なし
	A-PKS/WP供給スクリーコンベア	
	B-PKS/WP供給スクリーコンベア	
	B-WP供給スクリーコンベア	



3 設備被災状況

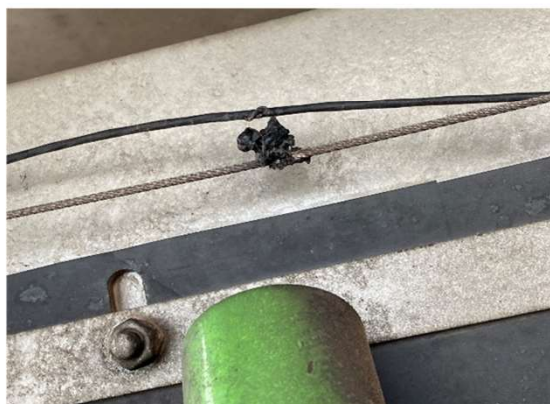
No.7燃料受入コンベア



コンベアカバー飛散



集塵機損傷



火防線断線

No.8燃料受入コンベア



ケーシング変形



ベルト状況



内部躯体状況

No.9燃料受入コンベア



ケーシング変形



ベルト状況



内部躯体状況

3 設備被災状況

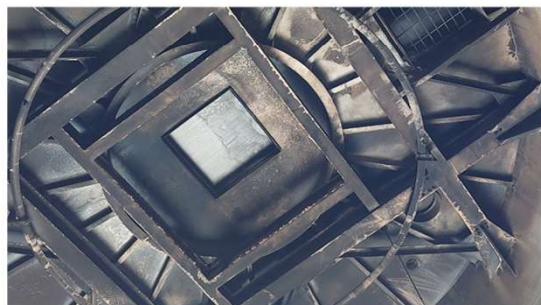
サービスバンカー



サービスバンカー内部状況



燃料落口状況



サービスバンカー天井部焦げ

サービスバンカー集塵装置



A-WPサービスバンカー集塵装置損傷



PKS/WPサービスバンカー集塵装置損傷



B-WPサービスバンカー集塵装置損傷

サービスバンカー払出装置

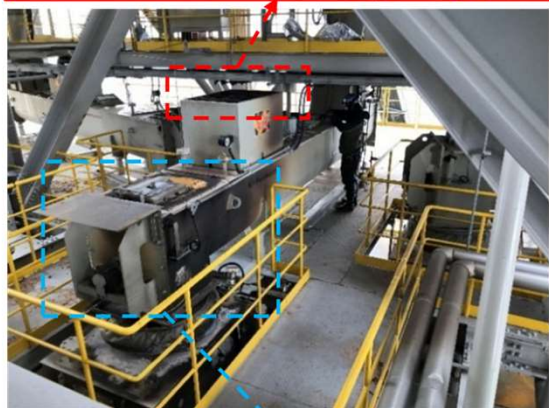


B-WPサービスバンカー払出装置
布製伸縮継手損傷

3 設備被災状況

A-WP、PKS/WP、B-WP供給コンベア

各ラプチャーディスク破損



PKS/WP供給コンベア出口部焦げ

A-1/2WP、A/B-PKS/WP、B-1/2WP計量コンベア



A/B-PKS/WP計量コンベア入口部焦げ

A-WP、A-PKS/WP、B-PKS/WP、B-WP供給スクリュウコンベア



A-WP供給スクリュウコンベア



A-PKS/WP供給スクリュウコンベア



B-PKS/WP供給スクリュウコンベア

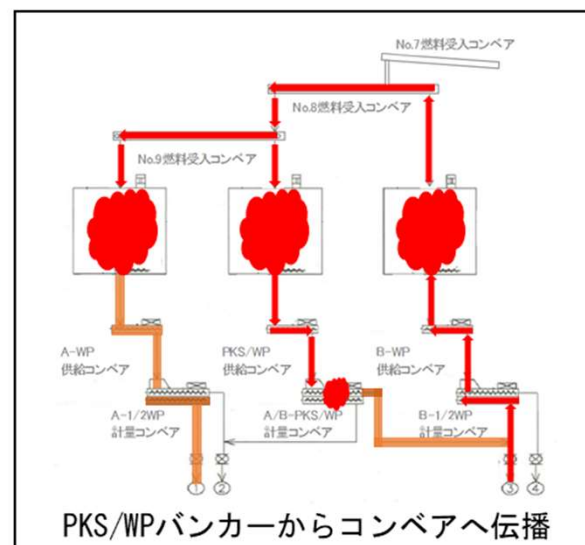
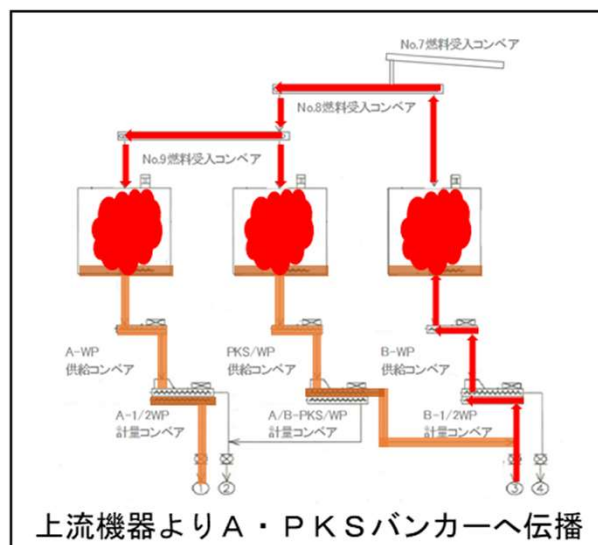
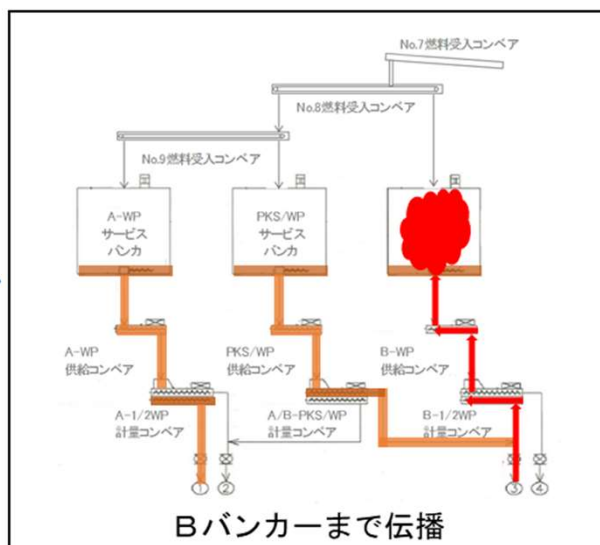
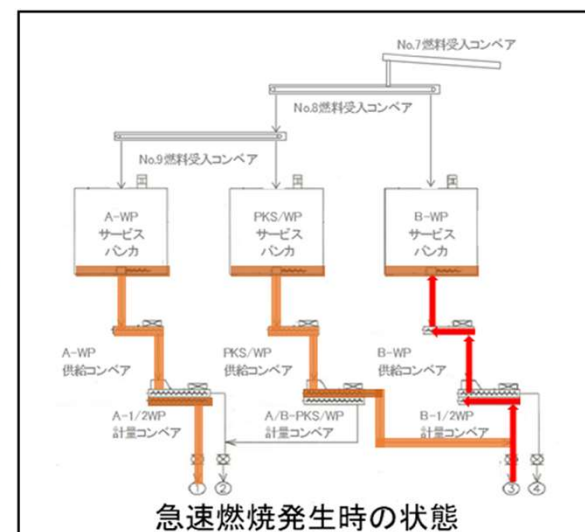
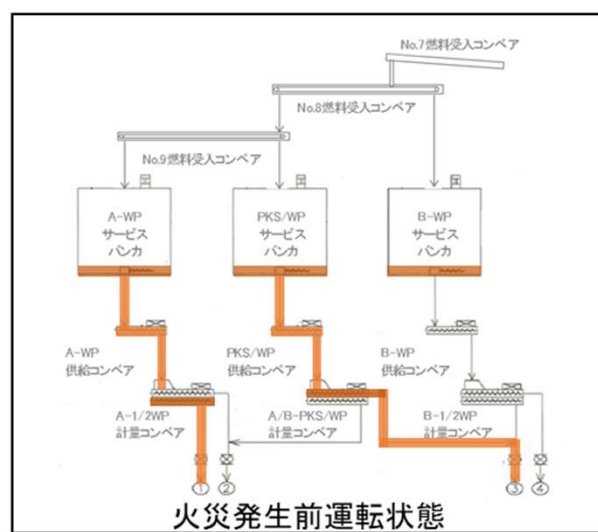
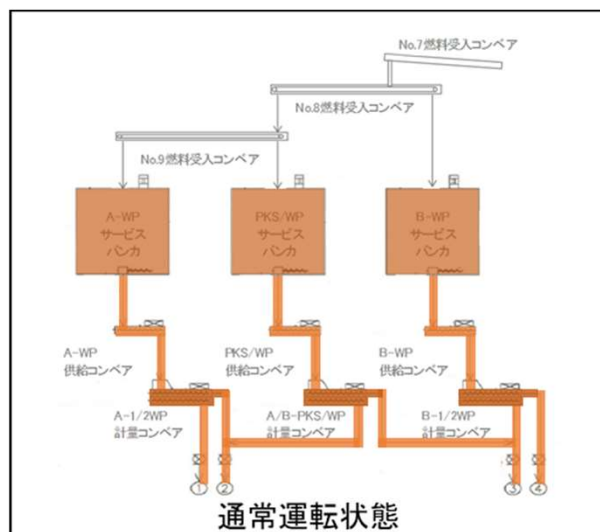


B-WP供給スクリュウコンベア

4 火災発生原因

サービスバンカー内部点検を行うため燃料（WP）を焚き切る操作を行っており、通常とは違う状態となっていた。

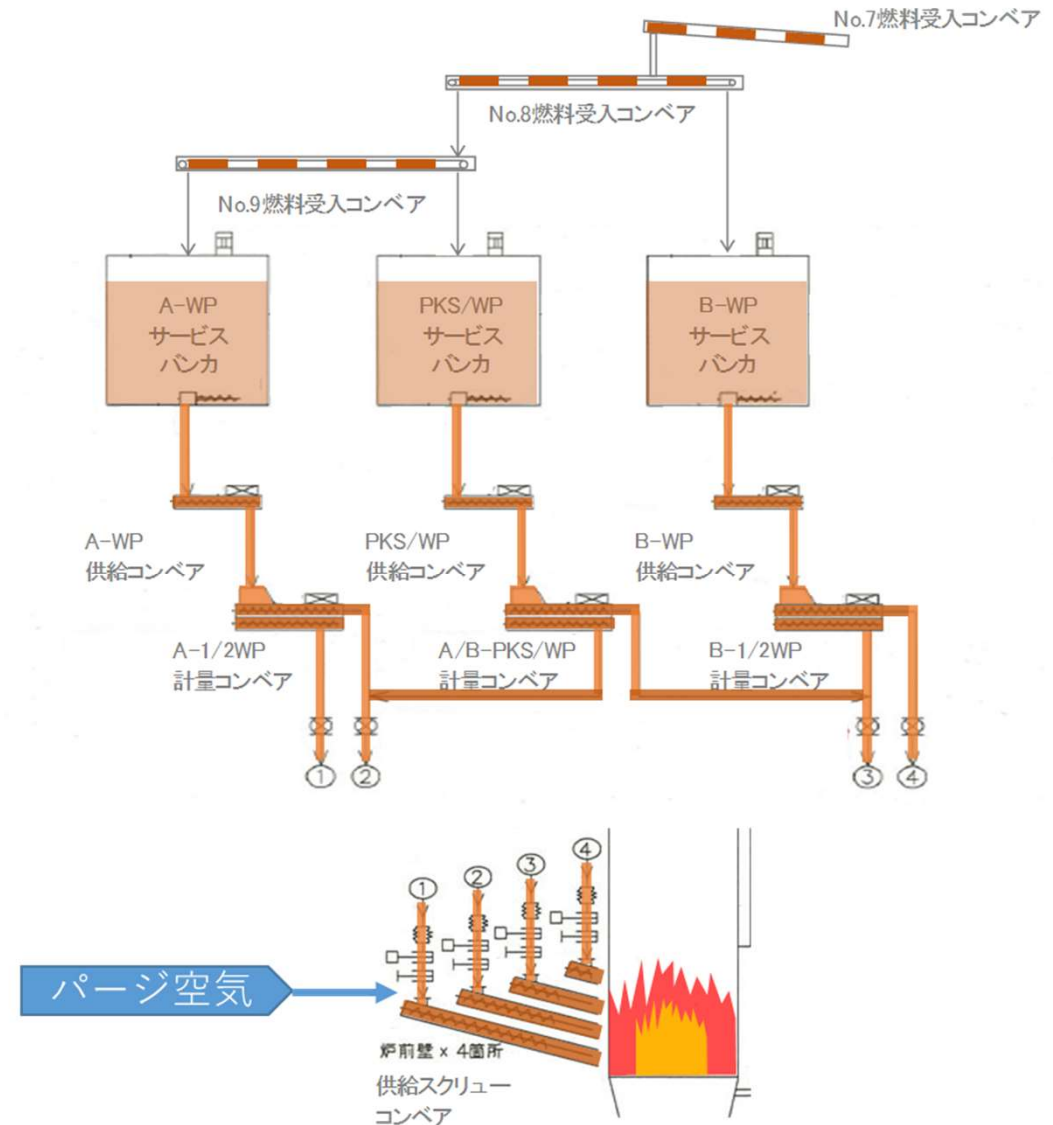
- 焚き切りのため起動したPKS/WPサービスバンカー系統で、ボイラの火炎が飛び火しスクリュコンベア内で急速燃焼が発生
- サービスバンカーは焚き切りのため最低レベル近くであり、内部に粉状のペレットが滞留した状態
- B-WPサービスバンカー系統の各コンベアは内部が空の状態であり、ボイラーからサービスバンカーまで火炎が伝播しやすい状態



4 火災発生原因

【通常運転状態】

- ① 燃料供給の系統は発電量に合わせて、A-WPサービスバンカー、PKS/WPサービスバンカー、B-WPサービスバンカーの3系統を使い分ける。
出力50MW以下では、2系統での運転となる。
- ② 通常時WPは、供給コンベア、計量コンベア、スクリーコンベア内に燃料が充填された状態でボイラへ供給される。
- ③ ボイラへのWP投入は、4台の供給スクリーコンベアにより投入している。
- ④ ボイラからの逆火防止対策として、供給シュートパージ用空気を通気している。



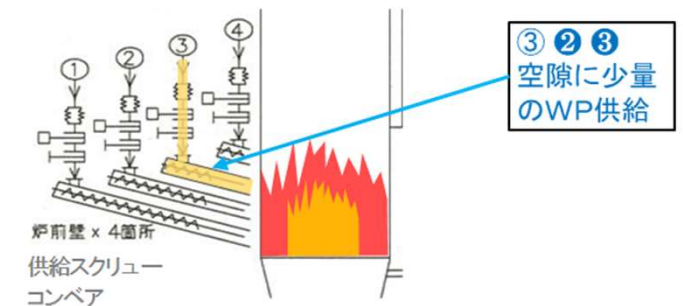
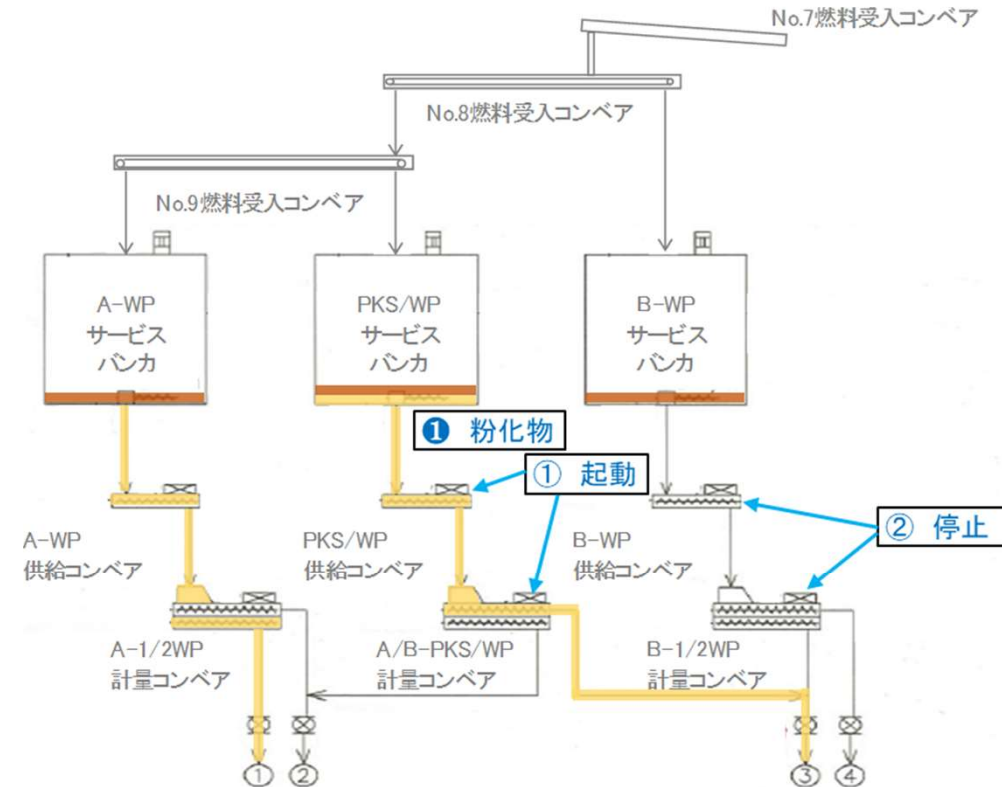
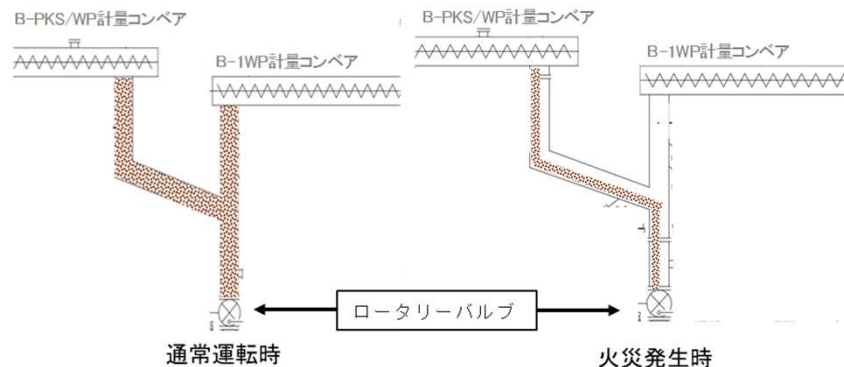
4 火災発生原因

【火災発生前運転状況】

- ① B-WPサービスバンカーのレベルが最低となり、焚き切り運転が完了したことから、PKS/WPサービスバンカーに残ったWPの焚き切り運転を行うためにB-PKS/WP計量コンベアを起動した。
- ② 上記①の操作後、B-1/2WP計量コンベアを停止した。
- ③ ロータリーバルブ上部シュート部、スクリュウコンベアは通常燃料が充填された状態で運転されているが、B-バンカーレベルが低下し計量コンベアからの供給が停止しているため、空の状態になっていた。

問題点

- ① PKS/WPサービスバンカーは、受入コンベア内で発生した粉化物を回収するため、他のサービスバンカーより粉化物の割合が多い。
- ② B-WP供給コンベア停止直後はB-PKS/WP供給スクリュウコンベア内が空の状態であった。
- ③ ロータリーバルブ上部シュート部内が空の状態であったため、通常より少量のWPが供給された。



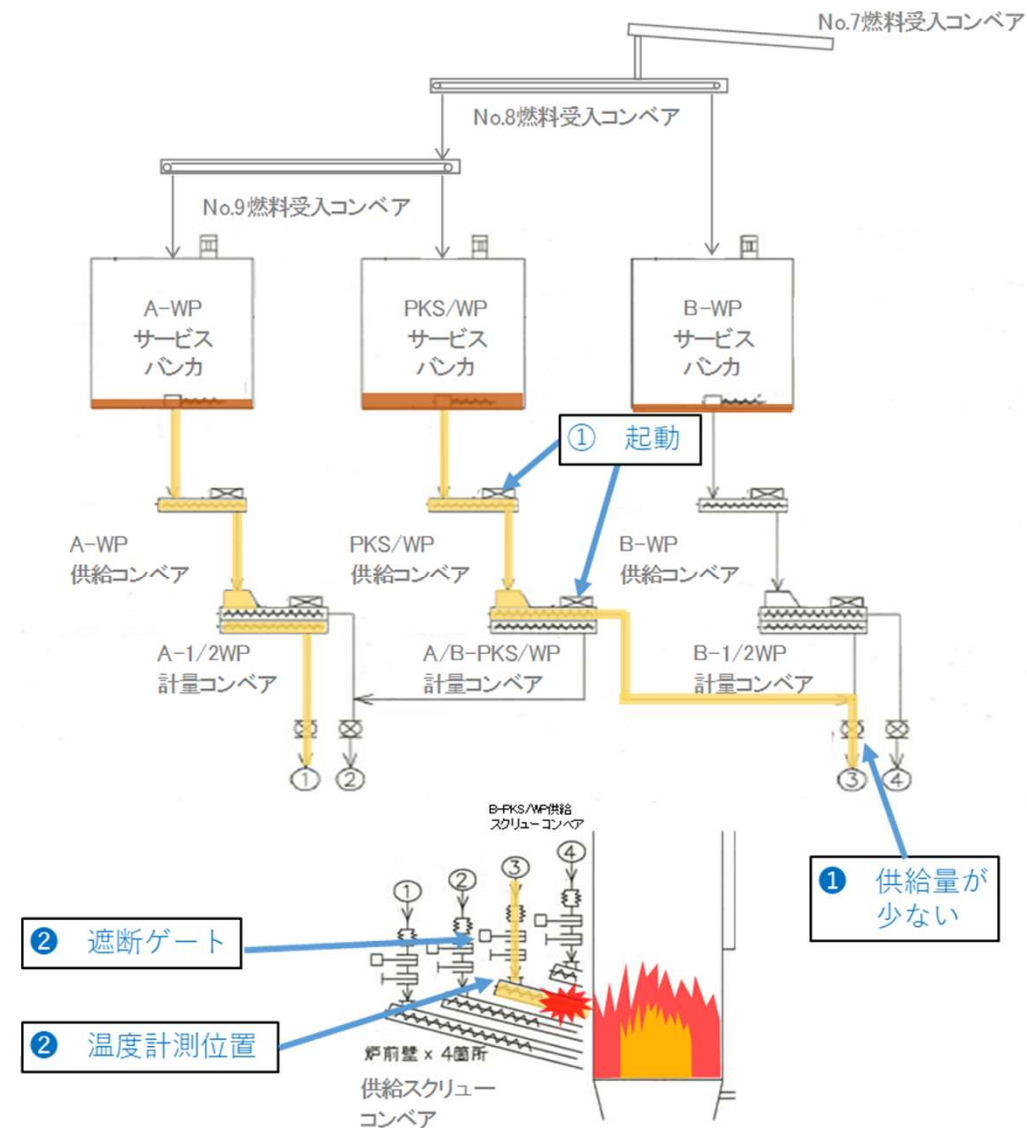
4 火災発生原因

【B-PKS/WP供給スクリーコンベアで急速燃焼発生状況】

- ① PKS/WP供給コンベア、B-PKS/WP計量コンベアを起動したことで、パージ空気のみが流れている状態の供給スクリーコンベアに少量のWPが供給された。それにより、パージ空気により粉化したWPが巻き上げられた状態となり、火炉からの火種が飛び込み、スクリーコンベア内で急速燃焼が発生。

問題点

- ① 上部シュートが空であったため、ロータリーバルブからの供給量が少ない量となっていた。
- ② スクリーコンベア上部遮断ゲートの閉動作条件がシュート部温度であったため、急速燃焼発生時の遮断ゲート閉が遅れた。

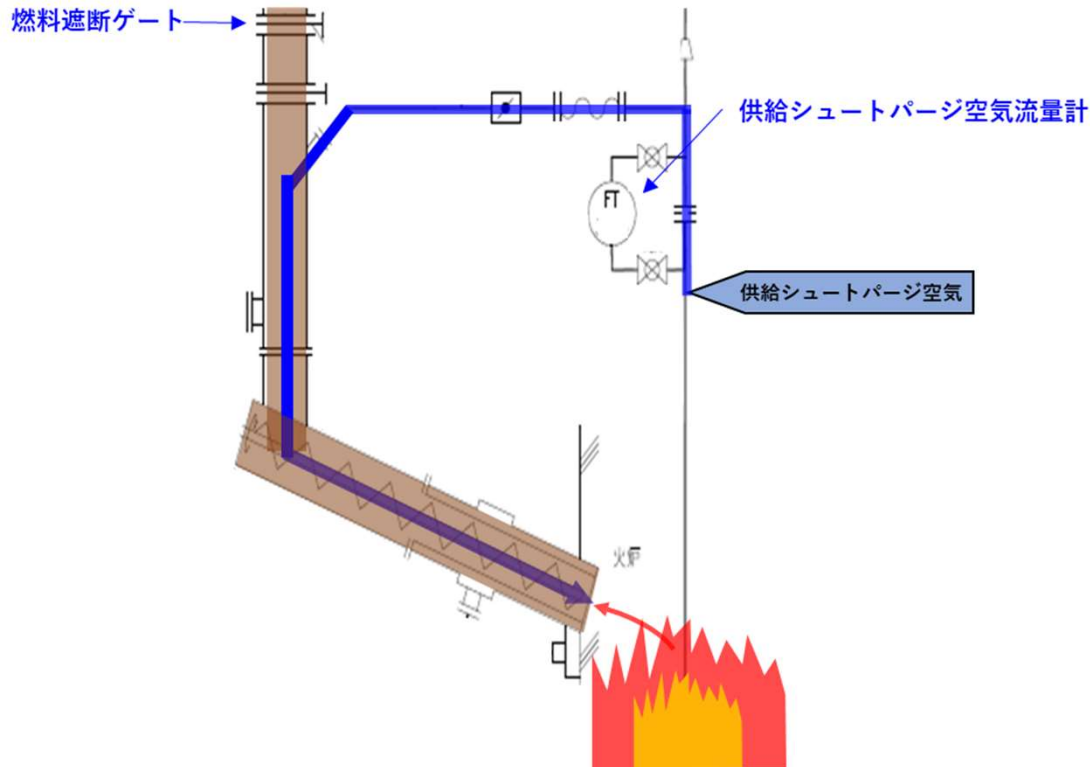


4 火災発生原因

【逆火発生メカニズム】

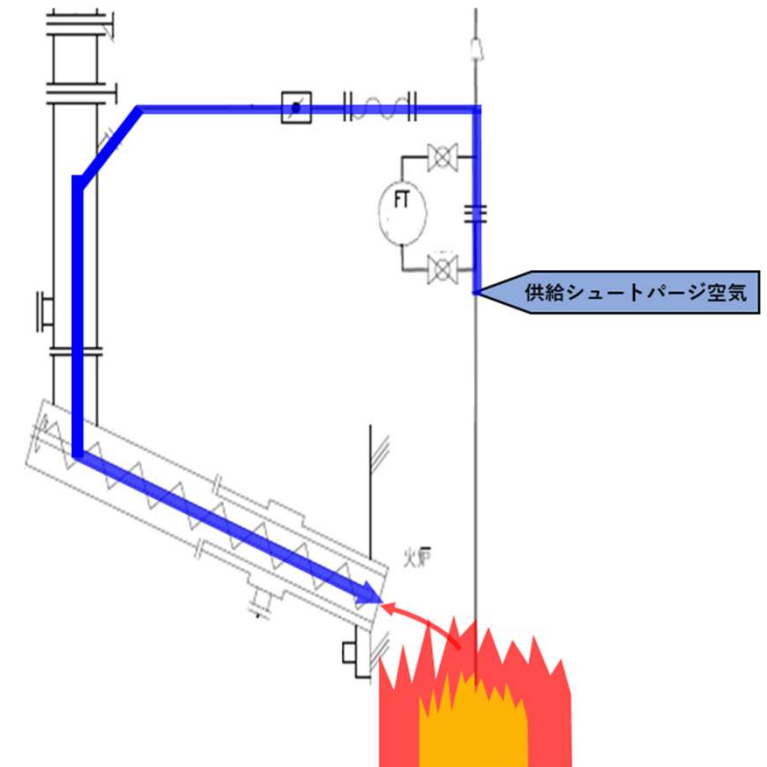
通常運転状態

木質ペレット



通常運転時は、燃料供給スクリーコンベア先端の空隙に火炉から火種が飛び込むこともあるが、シュートパージ空気で火炉側に押し戻される。

B-PKS/WP供給前



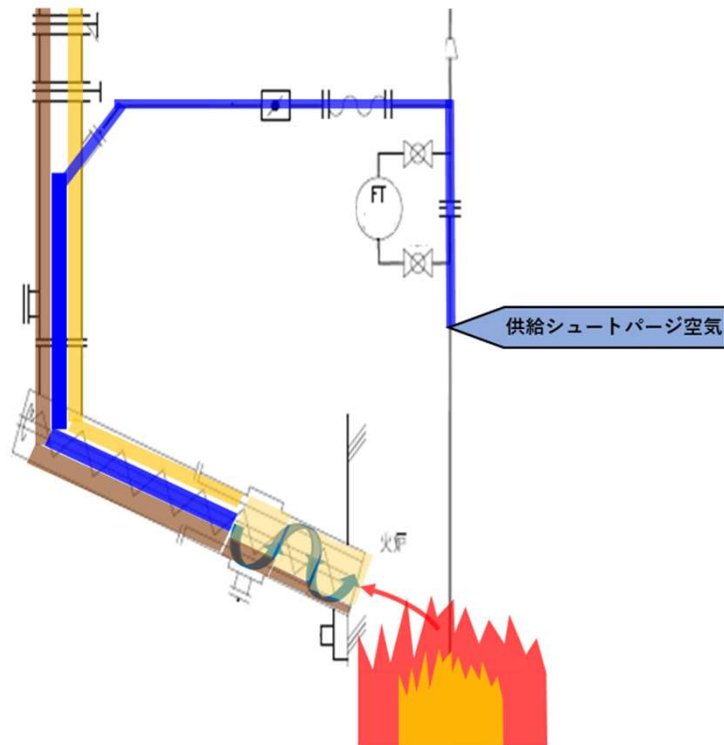
B-PKS/WP供給系統にはWPが供給されておらず、供給スクリーコンベア内はシュートパージ空気のみが流れている状態。

4 火災発生原因

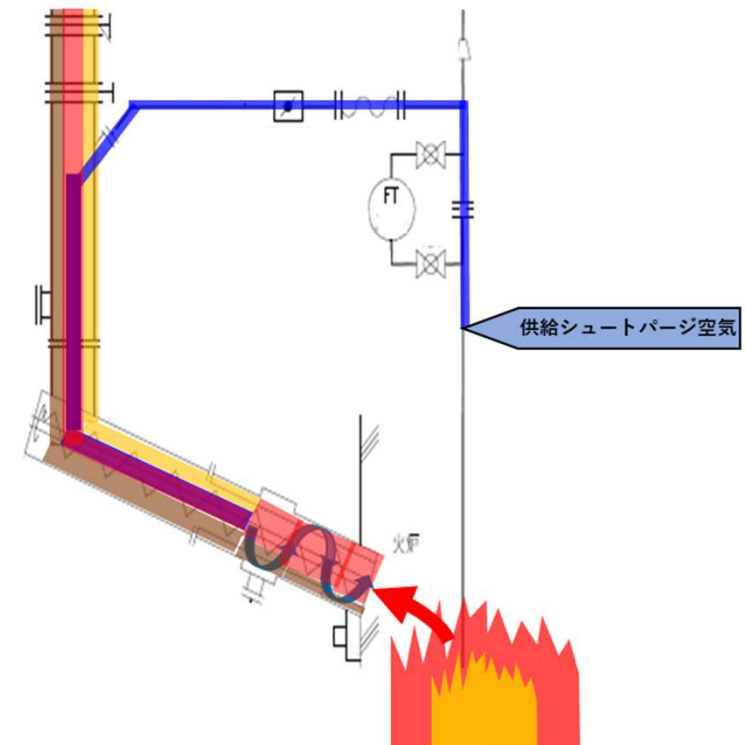
【逆火発生のメカニズム】

B-PKS/WP供給時

木質ペレット
木質ペレット粉化物



急速燃焼発生時



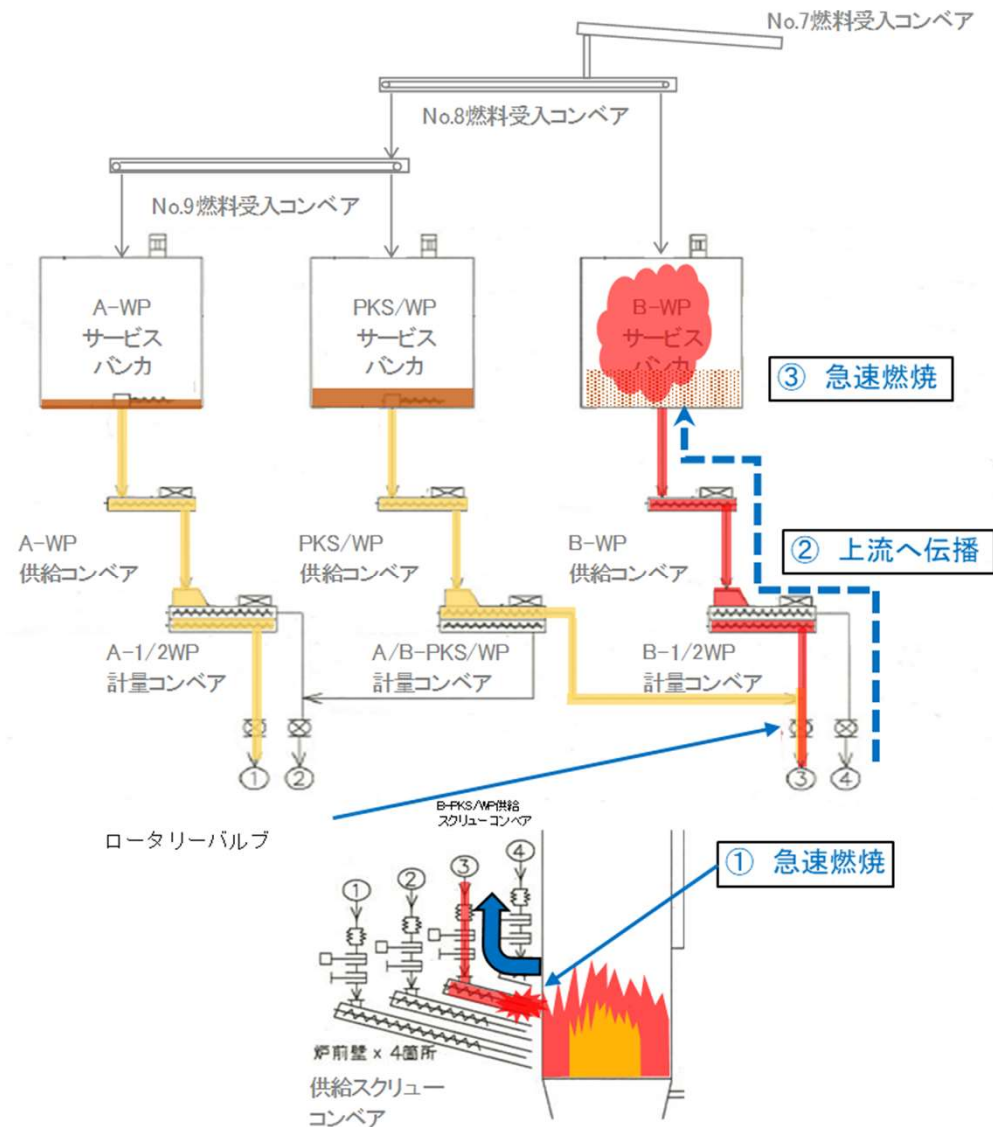
B-PKS/WP計量コンベアを起動した際、少量のWPが供給スク
リューコンベアに供給されたことで、先端の空隙でパージ
空気により粉化したWPが巻き上げられた。

巻き上げられた粉化したWPに火炉から火種が飛び込み、
急速燃焼が発生した。

4 火災発生原因

【スクリーコンベア内での急速燃焼を起因とし、B-WPサービスバンカー内まで伝播】

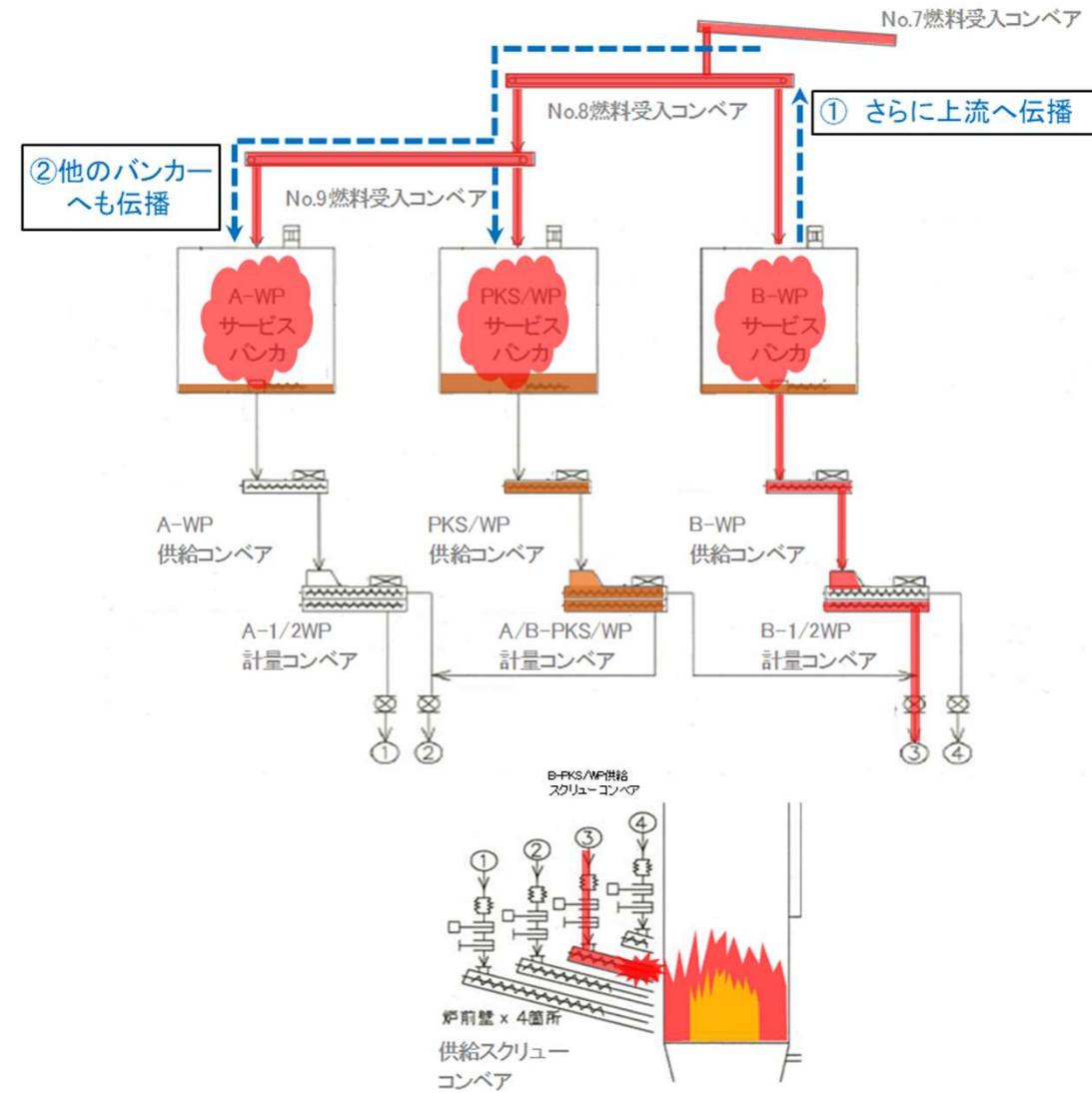
- ① スクリューコンベア内への飛び火を起因とした急速燃焼により空隙があるコンベア内を通じて上流側機器へ燃焼が伝播した。
- ② B-PKS/WP供給スクリーコンベアからB-WP計量コンベア⇒B-WP供給コンベアを經由して、B-WPサービスバンカーへ最初に燃焼が伝播した。
※ロータリーバルブのブレード部が摩耗し間隙が広がっていたため、燃焼が伝播
- ③ B-WPサービスバンカー内に残った粉化WPが急速なガスの熱膨張を伴う急速燃焼が発生した。



4 火災発生原因

【B-WPサービスバンカーより上流機器及び他のサービスバンカーへ伝播】

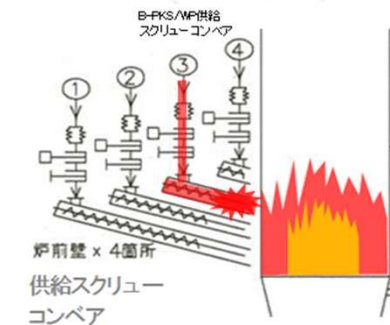
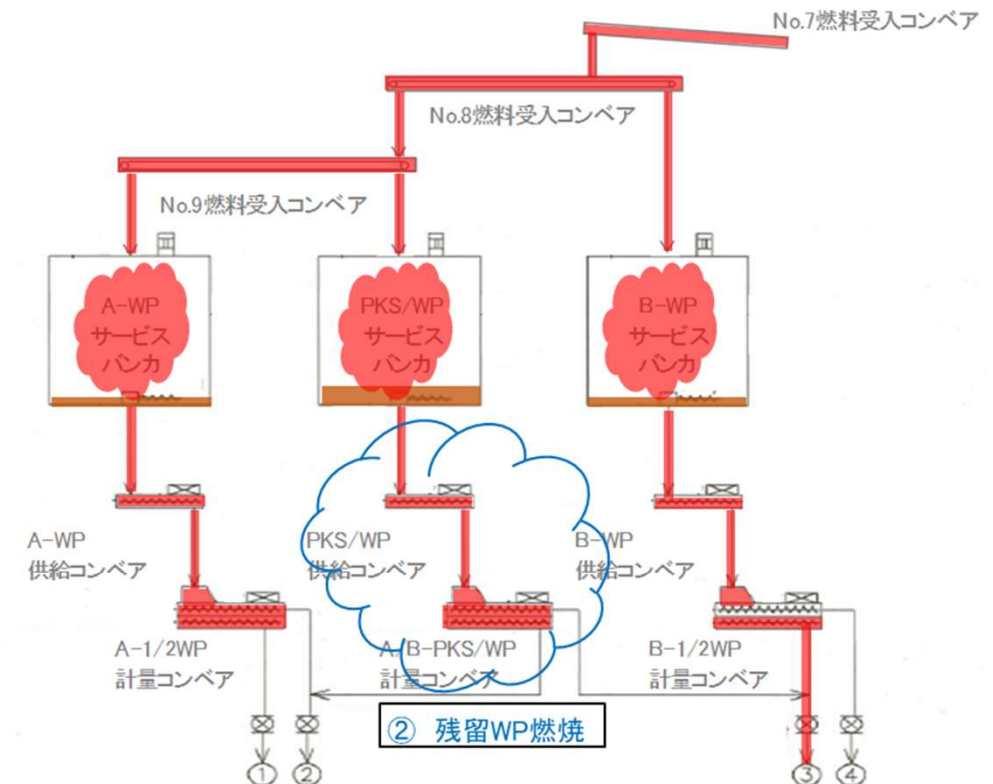
- ① B-WPサービスバンカーへの燃焼伝播後に上流機器であるNo. 8、No. 9燃料受入コンベアまでさらに燃焼が伝播した。
- ② No. 8、No. 9燃料受入コンベアを通じて隣接するPKS/WPサービスバンカー及びA-WPサービスバンカーへ燃焼が伝播した。



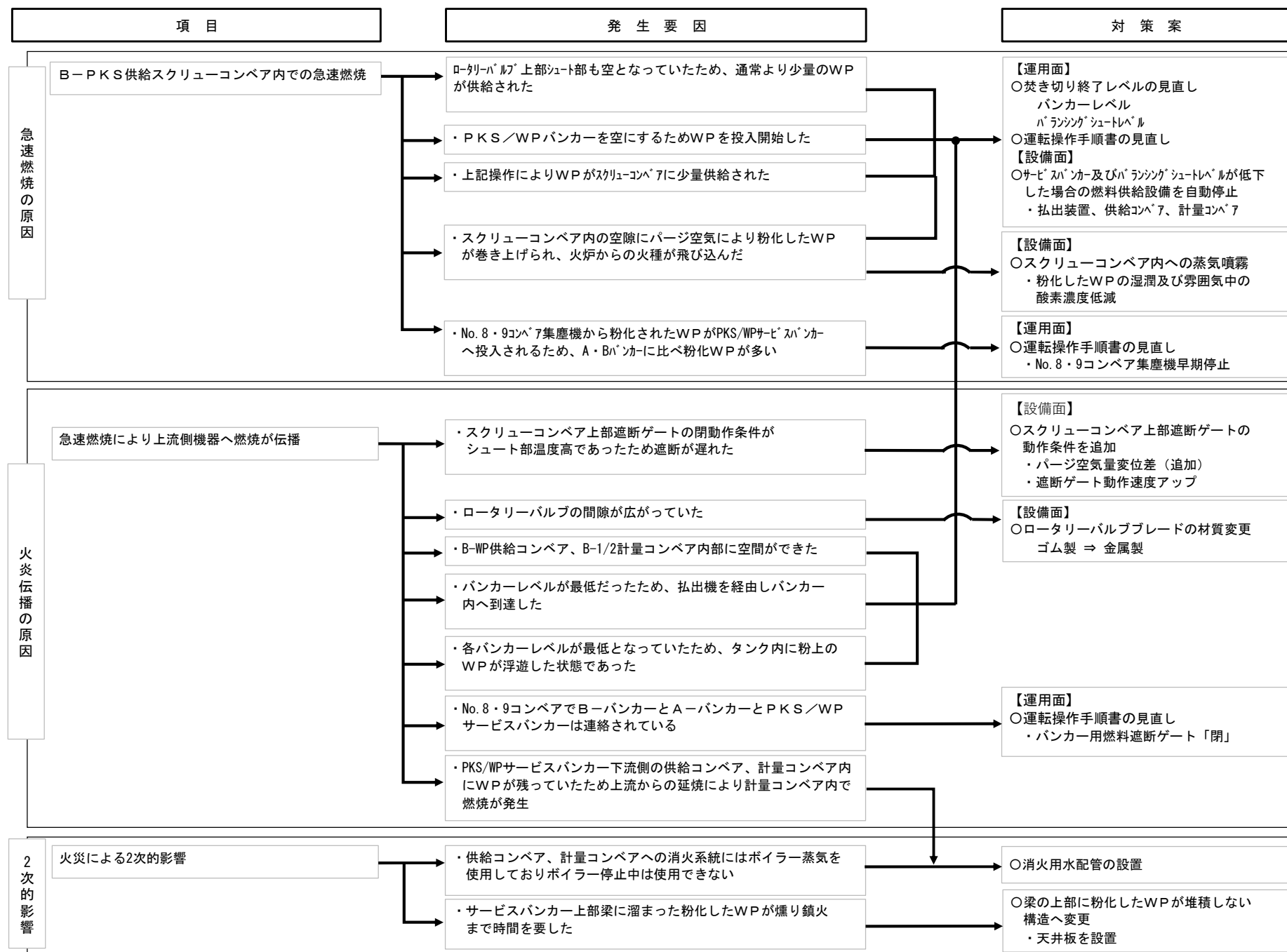
4 火災発生原因

【PKS/WPサービスバンカー下流側機器へ伝播】

- ① PKS/WPサービスバンカー下流側機器である供給コンベア、計量コンベア内にはWPが残っていたため、WPの燃焼が継続した。

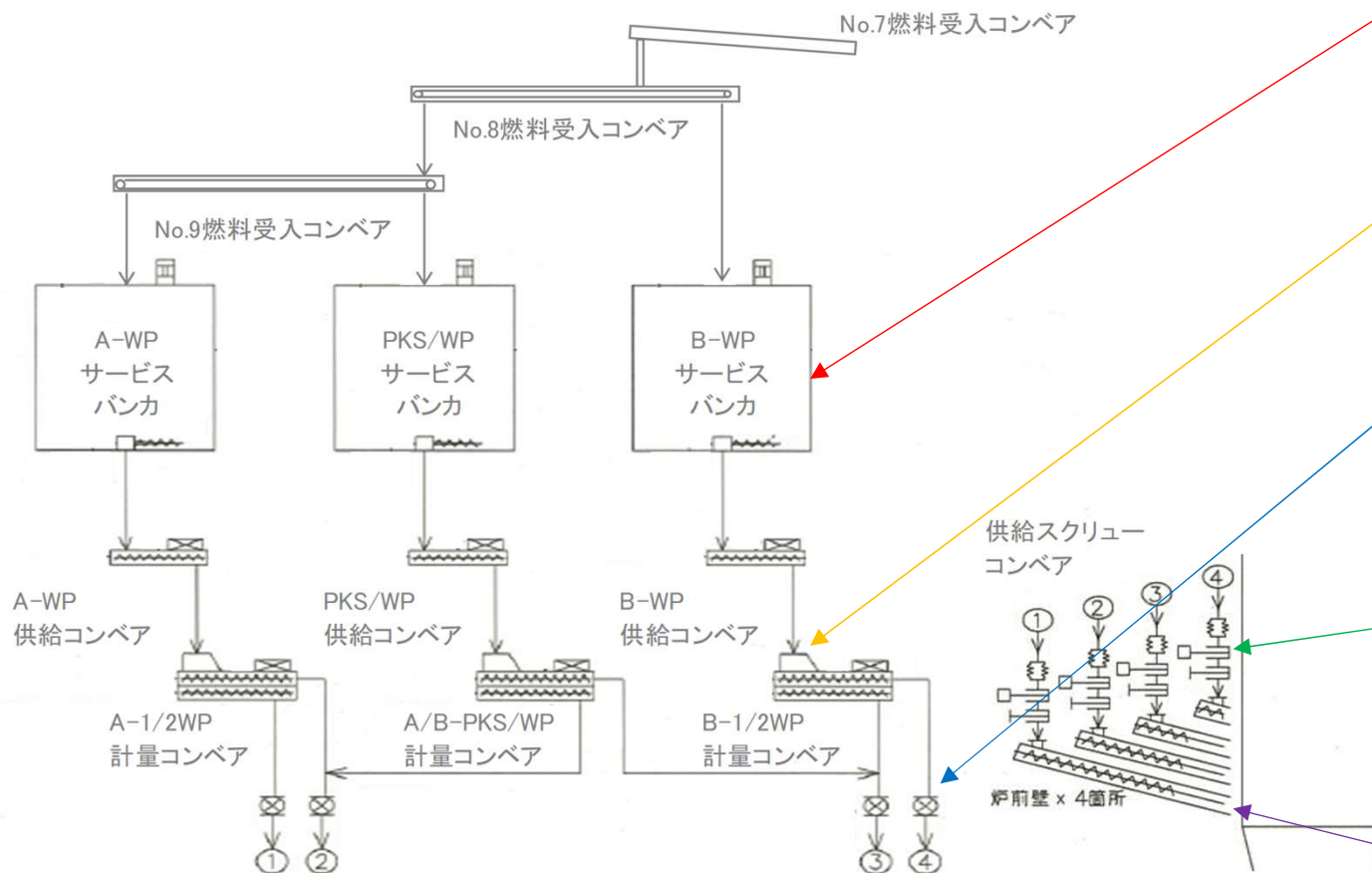


5 原因対策追及



6 再発防止対策

【設備改造】



焚き切り終了レベルの見直し

- ・ サービスバンカーレベルが設定値より低下した場合、燃料供給設備を自動停止

バランシングシュートレベルの見直し

- ・ バランシングシュートレベルが設定値より低下した場合、燃料供給設備を自動停止

ロータリーバルブブレードの金属化

- ・ ロータリーバルブブレードの材質をゴム製から金属製に変更

スクリューコンベア上部遮断ゲート動作条件追加

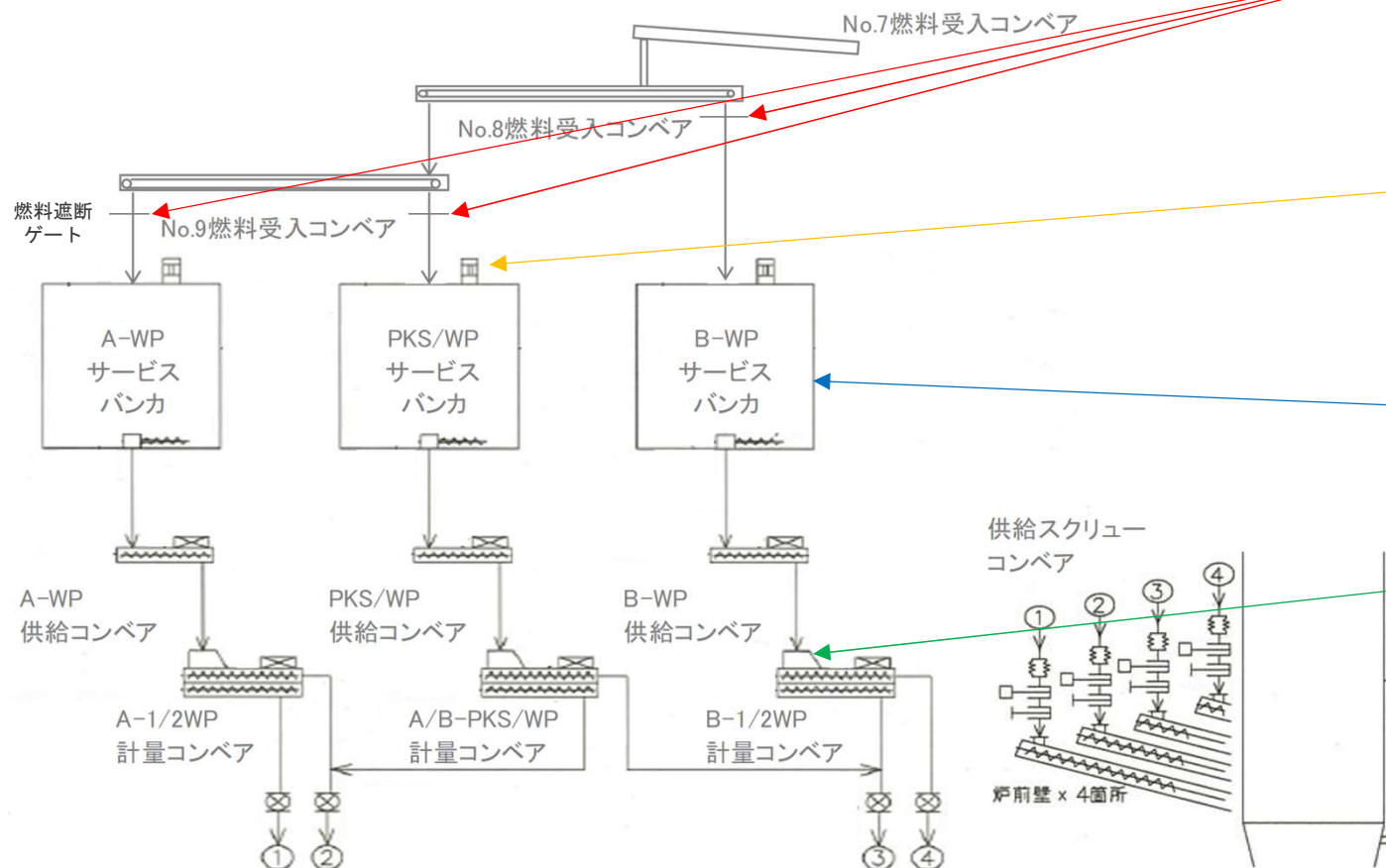
- ・ 温度高による動作遅れが判明したため、パージ空気量変位差高で遮断ゲートを自動的に「閉」
- ・ 遮断ゲート動作速度アップ

スクリューコンベア内への蒸気噴霧

- ・ 粉化したWPの湿潤及び雰囲気中の酸素濃度低減

6 再発防止対策

【運用変更】



バンカー用燃料遮断ゲート「閉」

- ・ No. 8・9コンベアから他のサービスバンカーへの延焼防止として燃料移送系統停止後バンカー用燃料遮断ゲートを閉する

No. 8・9コンベア集塵機停止

- ・ ボイラー停止操作時 No. 8・9集塵機を早期停止することでPKS/WPサービスバンカーへ粉化したWPの持込みを低減

焚き切り終了レベルの見直し

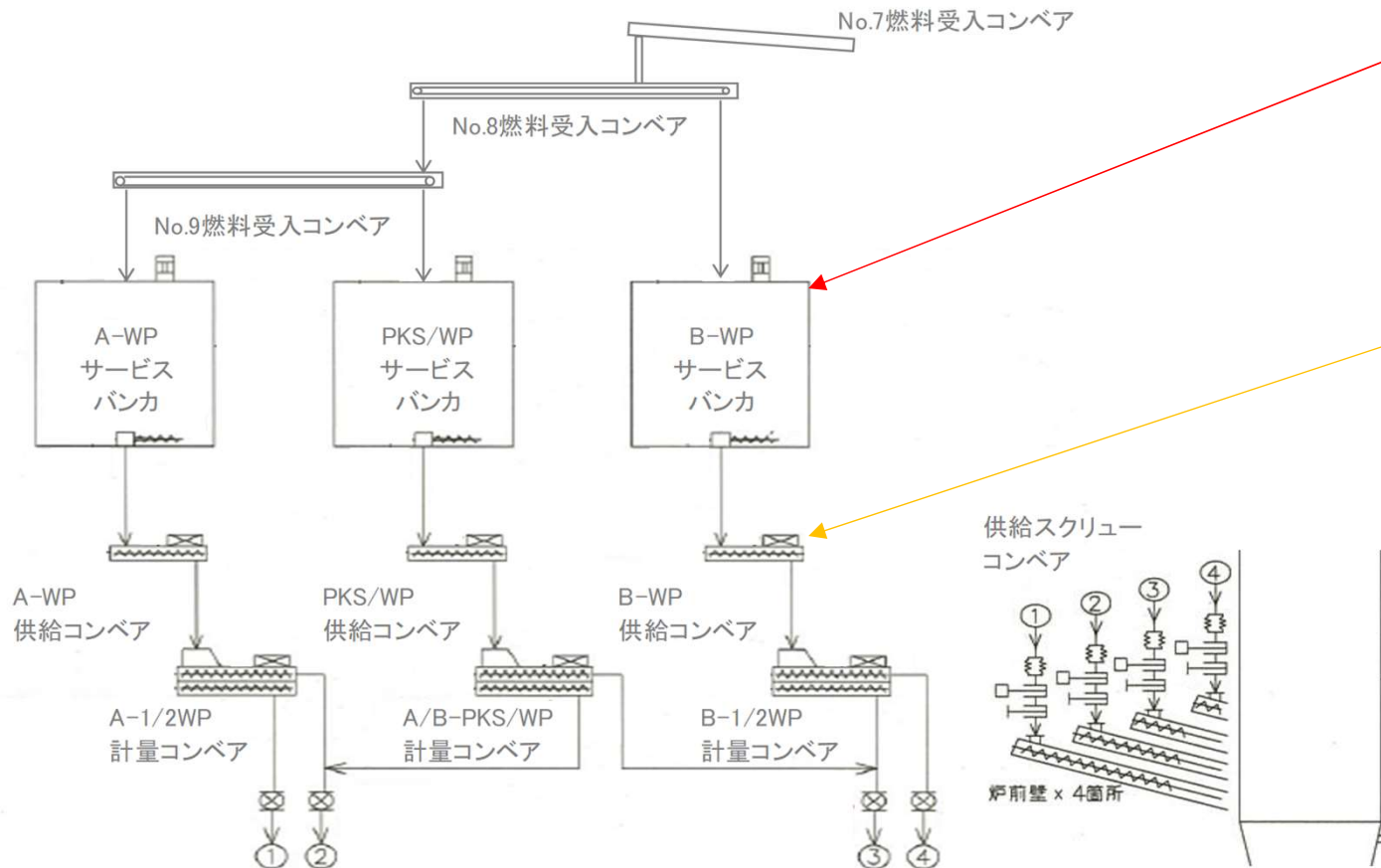
- ・ サービスバンカー運用最低レベルを設定し、運転操作手順書を変更

バランシングシュートレベルの見直し

- ・ バランシングシュート運用最低レベルを設定し、運転操作手順書を変更

6 再発防止対策

【その他】



サービスバンカー梁の上部に粉化したWPが堆積しない構造へ変更

- ・ サービスバンカー梁の上部に粉化したWPが堆積し燻る状況が継続したため、天井板を設置し梁の部分に粉化したWPが堆積しない構造に変更

消火用水配管の設置

- ・ 供給コンベア及び計量コンベアの消火に蒸気を使用しているが、ボイラーが停止中は供給ができなくなるため、消火用水の供給配管を新たに設置

7 おわりに

【火災防止対策】

○ボイラ投入時

ボイラ起動・停止操作中 ⇒ 供給量少量で投入 ⇒ ボイラ逆火 ⇒ 火災

対策：今回の火災の再発防止として、設備改造、運用変更を実施

○サイロ貯蔵時

長期貯蔵 ⇒ WP発酵 ⇒ 自然発熱 ⇒ 火災

対策：貯蔵量を極力減らす、長期貯蔵の回避、温度／CO監視

○コンベア搬送時

ペレット・粉化物の飛散、堆積 ⇒ 着火源 ⇒ 火災

対策：清掃による堆積物除去、着火源となる機器の適正管理・補修

ご清聴ありがとうございました。

《連絡先》

下関バイオマスエナジー合同会社

高倉譲二（jouji.Takakura@sh-be.co.jp）