

新日鐵住金株式会社 名古屋製鐵所  
コークス火災事故調査報告書

2015 年 4 月 7 日

新日鐵住金株式会社  
コークス事故対策委員会

新日鐵住金株式会社 名古屋製鐵所  
コークス火災事故調査報告書

1. 序	1
2. 火災事故の概要	4
3. 事故発生工程(コークス製造工程)の概要	8
4. 事故の発生状況	15
5. 火災事故発生原因の調査	27
6. 再発防止対策	74
7. 全社としての取り組み体制	83
8. おわりに	88

## 目次

1. 序	1
1.1. はじめに	1
1.2. 事故対策委員会	1
1.2.1. 事故対策委員会の目的および構成	1
1.2.2. 事故対策委員会の開催実績	2
2. 火災事故の概要	4
2.1. 火災事故発生場所および火災事故対象設備	4
2.2. 火災事故発生日時	5
2.3. 気象状況	5
2.4. 被害状況	5
2.4.1. 人的被害状況	5
2.4.2. 物的被害状況	6
2.5. 環境への影響	7
3. 事故発生工程(コークス製造工程)の概要	8
3.1. コークス製造工程の概要	8
3.2. 事前処理工程の概要	9
3.2.1. 石炭の種類と特徴	9
3.2.2. 事前処理工程	10
3.3. 乾留工程の概要	11
3.3.1. コークス炉	11
3.3.2. コークス炉周辺の設備	12
4. 事故の発生状況	15
4.1. 火災事故発生に至る過程	15
4.1.1. 石炭塔の異常検知	15
4.1.2. 石炭塔からの石炭払い出し作業	16
4.1.3. 火災事故発生後の対応	17
4.2. 火災事故の発生に関する解析	18
4.2.1. 火災事故発生場所の推定	18
4.2.1.1. サーモビューアの記録	18
4.2.1.2. 一酸化炭素(CO)濃度計の記録	19
4.2.1.3. 光ファイバー温度計の記録	19
4.2.2. 炭槽内の内容物	21

4.2.3.	火災事故発生後の炭槽の状況	23
4.2.4.	炭槽内石炭の発熱の想定原因	26
5.	火災事故発生原因の調査	27
5.1.	火災事故発生フローの推定	27
5.2.	直接原因 炭槽内の石炭が発熱したメカニズムの検証	27
5.2.1.	想定原因の可能性検討	27
5.2.2.	炭槽内残留物の物性	39
5.2.3.	DAPS 炭が急激な温度上昇をしない領域を見極める試験	41
5.2.4.	DAPS 設備排出後の DAPS 炭の搬送過程での温度推移	58
5.2.5.	想定原因の絞込み結果	59
5.3.	直接原因 可燃性ガスの発生から火災事故に至るメカニズムの検証	60
5.3.1.	炭槽内の時系列変化の推定	60
5.3.2.	火災事故発生前の可燃性ガス発生量の検証	66
5.4.	直接原因のまとめ (推定)	67
5.5.	間接要因	68
5.5.1.	間接要因の掘下げ	68
5.5.2.	間接要因の詳細 (想定)	70
5.6.	間接要因のまとめ (想定)	73
6.	再発防止対策	74
6.1.	直接原因に対する再発防止対策 (設備面の対策)	74
6.2.	間接要因に対する再発防止対策 (管理面の対策)	77
7.	全社としての取り組み体制	83
7.1.	製鐵所への経営資源(設備・人)の投入	83
7.2.	本社組織体制の強化、防災活動の推進	83
7.3.	人材育成の強化(現場力の向上)	85
7.4.	事故の風化防止、安全意識の向上	86
8.	おわりに	88

## 1. 序

### 1.1. はじめに

2014年(平成26年)9月3日(水)12時35分、新日鐵住金株式会社(以下、「新日鐵住金(株)」)名古屋製鐵所(愛知県東海市)コークス工場 No.1 コークス炉石炭塔において火災事故が発生し、負傷者15名の人的被害が発生した。

本事故の発生を受けて、新日鐵住金(株)は2014年9月4日、本事故の原因究明と再発防止対策の策定を目的として、名古屋コークス事故対策委員会を設けた。

当委員会においては、2014年10月11日に第1回事業対策委員会を開催し、以降事故現場の検証をはじめ、新日鐵住金(株)から提供された事故当日の画像記録や状況に関する証言、各種試験・実験の計画とそのデータの検討や解析結果、並びに過去の事故記録類を含む関係書類や証言について検証を行い、各委員および社内の専門家とも討論を重ね、計8回の委員会を開催した。

その結果、今般、当委員会は、本事故の発生に至る原因等を究明し、また、再発防止対策の提言をまとめるに至ったことから、本調査報告書をもって最終報告を行うものとする。

### 1.2. 事故対策委員会

#### 1.2.1. 事故対策委員会の目的および構成

当委員会は、科学技術的立場から事故に至った経過と機構(メカニズム)を明らかにし、事故原因を究明し、その結果に基づき、事故の再発防止対策を提言することを目的として、社外の有識者を委員長とする学識経験者4名並びに新日鐵住金(株)の技術総括、安全推進およびプロセス技術に関わる2名(2014年11月以降 3名)をメンバーとして構成された。

<役職は2015年3月31日時点>

委員長	持田 勲	九州大学名誉教授
委員	土橋 律	東京大学大学院 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授
	寶田 恭之	群馬大学大学院 理工学府 環境創生部門 教授
	牧野 尚夫	一般財団法人 電力中央研究所 首席研究員
	藤野 伸司	新日鐵住金(株) 常務取締役 [現 名古屋製鐵所長]

(2014年10月まで)

(2014年11月以降)

	今野 直樹	新日鐵住金(株) 執行役員 技術総括部長
	佐藤 直樹	新日鐵住金(株) 執行役員 安全推進部長
	浜田 直也	新日鐵住金(株) プロセス研究所長

### 1.2.2. 事故対策委員会の開催実績

当委員会の開催日、開催場所および主な審議内容は以下のとおりである。

- 1) 第1回事故対策委員会 2014年10月11日(土)
  - (1) 開会 9:00～10:30
  - (2) 委員長挨拶 新日鐵住金(株) 本社
  - (3) 火災事故発生の概要の報告、議論
  - (4) 委員会の進め方とスケジュール
  
- 2) 第2回事故対策委員会 2014年10月23日(木)
  - (1) 名古屋事故現場調査 15:00～19:00
    - ① 事故現場見学 新日鐵住金(株) 名古屋製鐵所
    - ② 質疑応答
  - (2) 本事故発生原因究明に向けたアプローチ方法について
    - ① 火災事故発生時の状況整理
    - ② 社内防災対策実施状況
    - ③ 火災事故発生前の異常検知状況
    - ④ 石炭発熱・発火に関する社内知見
  
- 3) 第3回事故対策委員会 2014年11月24日(月)
  - (1) 前回議事内容の確認 13:00～16:00
  - (2) 前回指摘事項の確認 新日鐵住金(株) 本社
  - (3) 火災事故原因の推定について
    - ① 炭槽内石炭の自己発熱
    - ② 炭槽内への局所的な高温物混入
  - (4) 再発防止対策の方向性
    - ① 設備面(急激な温度上昇防止対策、火災早期検知対策、延焼防止対策)
    - ② 管理面(設備・操業管理)
    - ③ 委員長の視点
  
- 4) 第4回事故対策委員会 2014年12月17日(水)
  - (1) 前回議事内容の確認 12:00～14:30
  - (2) 前回指摘事項の確認 新日鐵住金(株) 本社
  - (3) 火災事故原因の推定と対策について
  - (4) 一次取りまとめ論点整理
  - (5) 管理面の状況報告と議論

- 5) 第5回事故対策委員会(一次取りまとめ) 2014年12月26日(金)  
(1) 前回議事内容の確認 9:00~12:00  
(2) 一次取りまとめ内容確認 新日鐵住金(株) 本社  
(3) 火災事故発生メカニズムの検証  
① 火災事故に至るまでの炭槽内の状況整理  
② 火災事故発生メカニズムの検証  
(4) 再発防止に向けた管理面の対策の検討
- 6) 第6回事故対策委員会 2015年2月8日(日)  
(1) 前回議事内容の確認 14:00~17:00  
(2) 一次取りまとめ最終確認 新日鐵住金(株) 本社  
(3) スケールアップ試験進捗状況報告  
(4) 火災事故発生メカニズムの検証  
(5) 再発防止対策について(管理面の対策)  
(6) 委員長提言
- 7) 第7回事故対策委員会 2015年2月28日(土)  
(1) 委員長と名古屋事故関係者との対話 13:00~18:00  
(2) 火災事故発生メカニズムの最終確認 新日鐵住金(株) 名古屋製鐵所  
(3) 再発防止対策について(管理面の対策)  
(4) 最終報告書の内容について
- 8) 第8回事故対策委員会 2015年3月14日(土)  
(1) 最終報告書(案)の審議 13:00~16:00  
新日鐵住金(株) 本社

## 2. 火災事故の概要

### 2.1. 火災事故発生場所および火災事故対象設備

1) 火災事故発生場所：愛知県東海市東海町5丁目3番地

新日鐵住金(株) 名古屋製鐵所 コークス工場



図 2-1 名古屋製鐵所レイアウト (航空写真)

### 2) 火災事故対象設備

コークス工場 No.1 コークス炉石炭塔

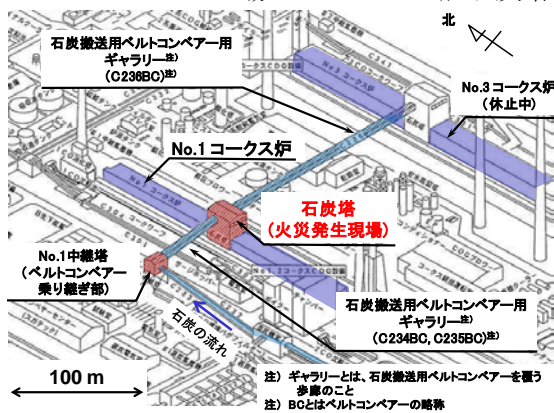


図 2-2 コークス工場 No.1 コークス炉付近鳥瞰図

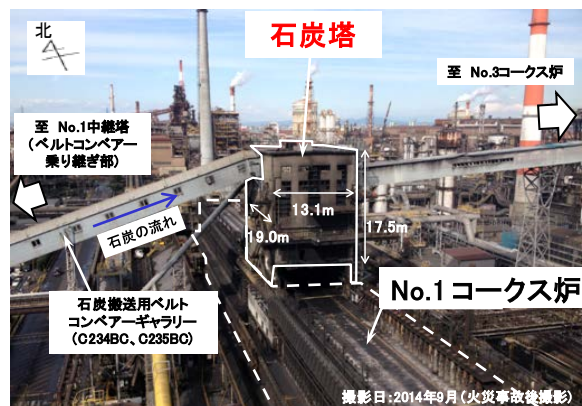


図 2-3 コークス工場 No.1 コークス炉外観



## 2.2. 火災事故発生日時

2014年9月3日(水) 12時35分

## 2.3. 気象状況

天候:晴れ      気温:28.5℃      風向:南東      風速:5m/sec

## 2.4. 被害状況

火災事故の影響による人的および物的被害は、事故発生時の熱風および風圧等によるものであった。人的および物的被害の状況は以下のとおりである。

### 2.4.1. 人的被害状況

人的被害状況は以下のとおりである。

- ・中程度の熱傷      7名 (新日鐵住金(株)従業員6名、協力会社従業員1名)
  - ・軽度の熱傷      4名 (新日鐵住金(株)従業員4名)
  - ・軽処置のみ      4名 (新日鐵住金(株)従業員1名、協力会社従業員3名)
- 合計 15名

図 2-4、図 2-5 の数字は被災場所を表している。

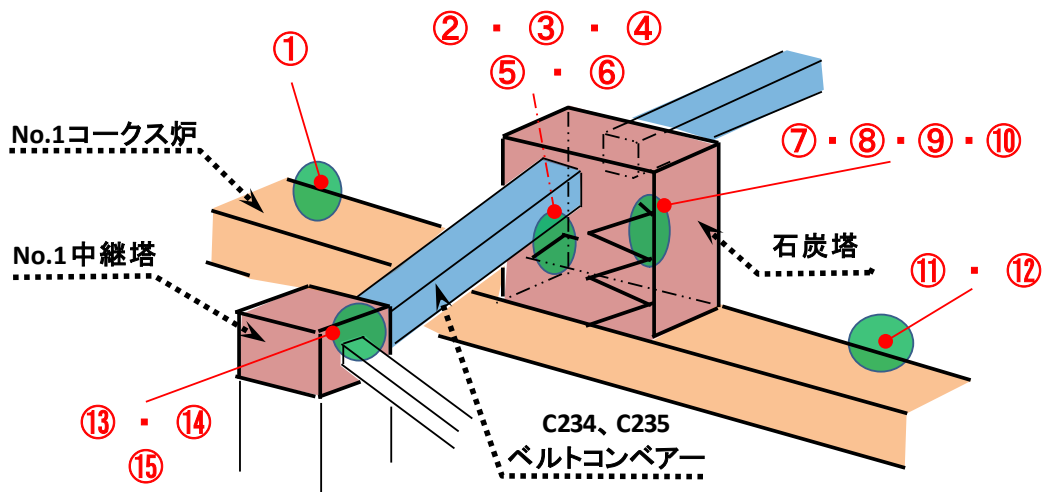


図 2-4 被災者被災位置の詳細

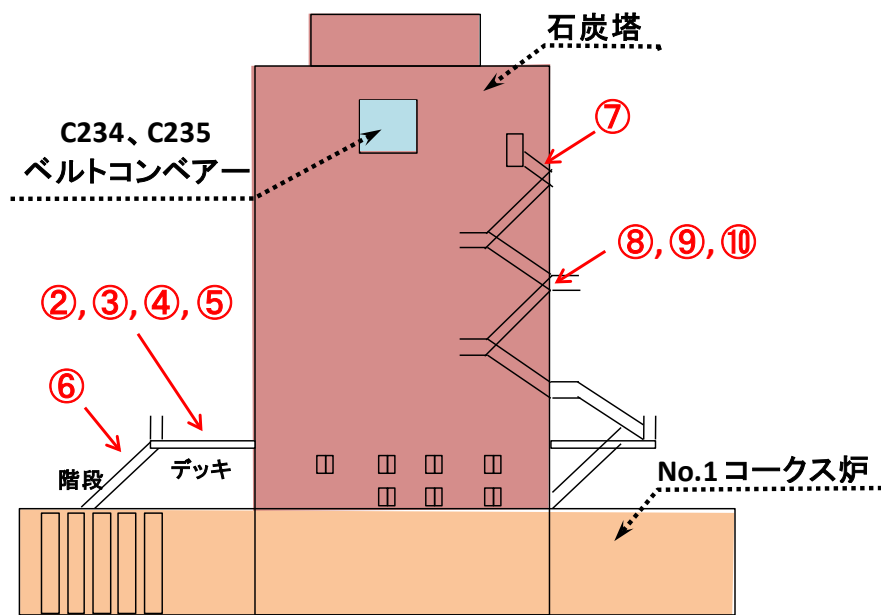


図 2-5 被災者被災位置の詳細 (石炭塔付近拡大)

#### 2.4.2. 物的被害状況

火炎の伝播は、No.1 中継塔から No.3 コークス炉へ向かうギャラリーまでの広範囲におよんだ。火炎の伝播に伴い発生した風圧によって No.1 中継塔の屋根の一部やギャラリーの壁が部分的に破損をしたが、ギャラリーにある多くの窓ガラスは原形を保っていた。

## 2.5. 環境への影響

火災事故発生後、敷地境界の複数地点において環境測定を実施したが、全地点において全測定項目(一酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、二酸化窒素)で異常値は確認されなかった。さらに、火災事故当時の行政モニタリングデータでも、環境測定項目の数値は環境基準値以下で推移していた(図 2-6)。

以上より、火災事故に伴い発生した発煙や火炎の影響は事故発生現場付近に留まり、製鐵所周辺地区の大気系への影響はごく軽微なものであった。

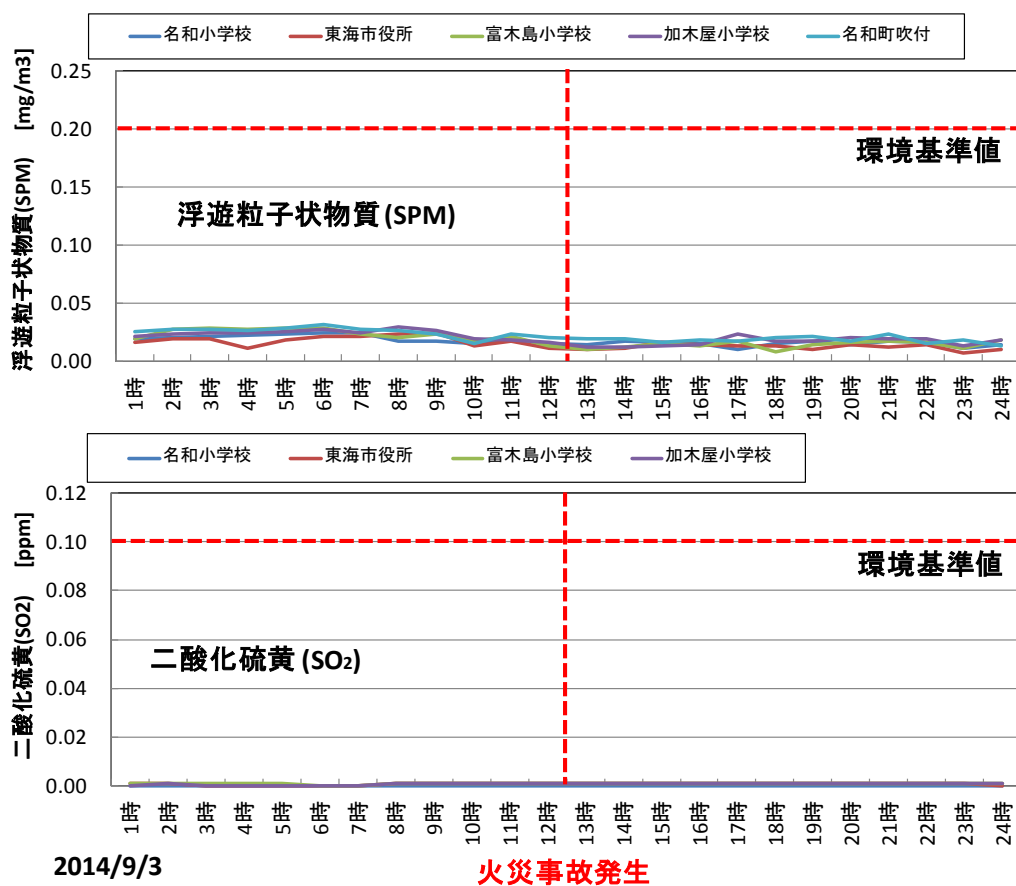


図 2-6 火災事故発生時の行政モニタリングデータ  
 出典: 東海市ホームページ  
<http://www.kankyoutokai.jp/wshour.htm>

### 3. 事故発生工程(コークス製造工程)の概要

#### 3.1. コークス製造工程の概要

本コークス火災事故が発生した工程(コークス製造工程)は、銑鉄の原料となる石炭(原料炭)から製鉄用コークスを製造する工程である。コークスとは、高炉で使用する原料の一つである。高炉内におけるコークスの役割は、①鉄鉱石の還元材、②鉄鉱石を熔融するための熱源、③熱風ガスの通気確保であり、コークス品質には物理的強度が必要である。

コークス製造工程は事前処理工程と乾留工程から構成されている。原料炭は事前処理工程で粉砕や調湿・分級処理を受けた後、コークス炉で乾留される(乾留工程)ことで安定した品質のコークスになる。

名古屋製鐵所 No.1 コークス炉の製造工程を図 3-1 に示す。また、各設備の設備能力を表 3-1 に示す。

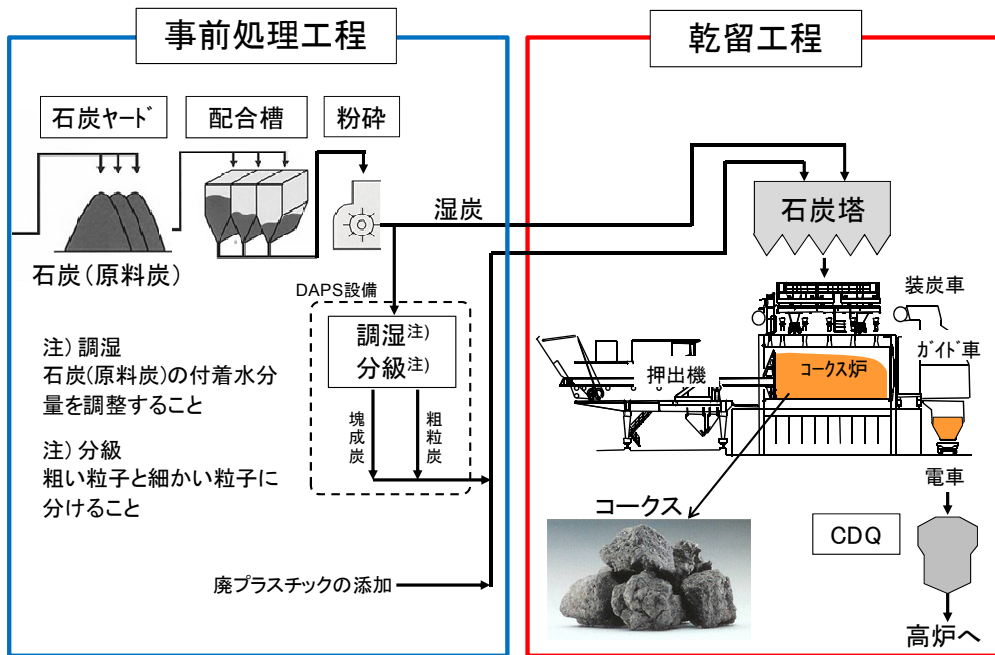


図 3-1 コークス製造工程 (名古屋製鐵所 No.1 コークス炉)

表 3-1 名古屋製鐵所 No.1 コークス炉の各設備の設備能力

配合槽	14400 t
粉砕	1500 t/h
調湿・分級	510 t/h
石炭塔 (No.1 コークス炉)	1000 t
石炭使用量 (No.1 コークス炉)	2225 t/d
コークス生産量 (No.1 コークス炉)	1567 t/d

### 3.2. 事前処理工程の概要

石炭は植物に由来する自然物であり、生成期間等の違いでその性質は異なる。製鉄用コークスの製造に使用される原料炭も同様に、石炭銘柄毎にその性質が異なる。事前処理工程は、原料炭を配合、粉碎および調湿・分級することで、このような石炭銘柄毎の性質の違いを均質化し、安定した品質のコークスを得るための工程である。

#### 3.2.1. 石炭の種類と特徴

石炭は生成までの期間と炭素含有率の違いによって図 3-2 のように呼称される。また、用途によって以下の二つに分類される。

- 1) 一般炭：発電やボイラーの燃料として使用される石炭。
- 2) 原料炭：粘結性を有し製鉄用コークスの原料として使用される石炭。

粘結性とは、石炭の乾留過程における石炭粒子同士の接着度合いを評価する指標で、粘結性が高いほど高品質のコークスが得られる。原料炭は瀝青炭と亜瀝青炭の一部のみであり、粘結性の高い原料炭は粘結炭、粘結性の低い原料炭は非微粘結炭と呼ばれる。粘結炭は可採埋蔵量が少ないため供給はタイトであるが、非微粘結炭は比較的余力がある。すなわち、非微粘結炭の使用量を増やすことは資源利用拡大のために重要である。

コークスは、品質を目標値に合わせるために数十種類の原料炭(粘結炭、非微粘結炭)を組み合わせ(配合)して製造している。先述のとおり、事前処理工程は原料炭の性質を均質化する工程であり、この工程を経ることにより安定した品質のコークスを確保すると同時に、資源拡大を図ることができる。

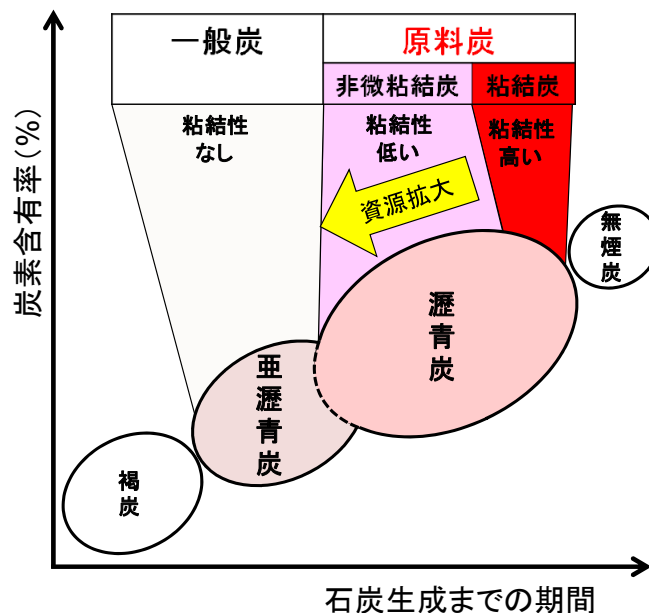


図 3-2 石炭の呼称と分類

### 3.2.2. 事前処理工程

事前処理工程では、安定的なコークス品質の確保および資源拡大のために、以下の工程で原料炭の事前処理を行う。

#### 1) 石炭ヤード

石炭ヤードでは、世界各地の石炭を船舶から受け入れ、銘柄毎に貯炭しながら配合槽へ原料炭を搬送する。

#### 2) 配合槽

コークスは品質を目標値に合わせるために、数十種類の原料炭(粘結炭、非微粘結炭)を組み合わせ使用。配合槽では、銘柄毎の原料炭を入れ分け、品質の目標値に合わせた比率に配合する。

#### 3) 粉砕

粉砕工程では、バラツキのある石炭の粒度を、粉砕機で調整する。

#### 4) 調湿・分級 (DAPS: Dry-cleaned and Agglomerated Precompaction System)

石炭を調湿・分級し非微粘結炭比率を引き上げる工程であり、原料炭に対し以下の(1)-(3)の処理を行う。DAPS 設備の構成を図 3-3 に示す。

- (1) 流動床調湿機下部から熱風(約 200°C)を吹き込み、水分を含む原料炭と接触させ、石炭の水分量を調整(調湿)する
- (2) 原料炭を粗粒炭と微粉炭(粒度 $\leq 0.3\text{mm}$ )に分離(分級)する
- (3) 微粉炭は、塊成機で塊成炭とする

湿炭の場合、非微粘結炭の使用比率を上げるとコークス強度が低くなるため非微粘結炭は10%程度しか使用できない。DAPS 技術により、コークス強度を高めるまたは非微粘結炭の使用比率を40%程度まで引き上げることができる。

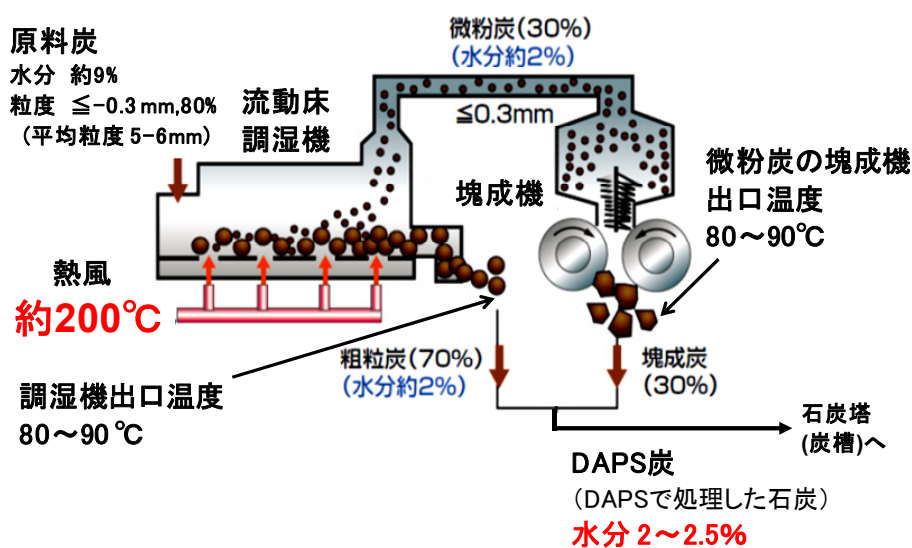


図 3-3 DAPS 設備の概要

### 3.3. 乾留工程の概要

乾留工程は、事前処理された原料炭をコークス炉内で乾留しコークス化して高炉へ搬送する工程である。設備としては、原料炭を乾留する煉瓦の構造物であるコークス炉と原料炭を一時的に貯炭する石炭塔および原料炭・コークスを搬送するための移動機などの設備から構成される。

#### 3.3.1. コークス炉

コークス炉は、事前処理した原料炭を無酸素状態で蒸し焼きにする設備であり、主に珪石煉瓦を積み上げた構造物である。コークス炉の構造を図 3-4 に示す。炭化室と加熱室が珪石煉瓦で仕切られた構造をしている。コークス炉上部から炭化室内に原料炭を装入し、加熱室で燃焼させたガスの熱で原料炭を間接加熱し乾留する。名古屋 No.1 コークス炉は 100 窯の炭化室で構成されている。

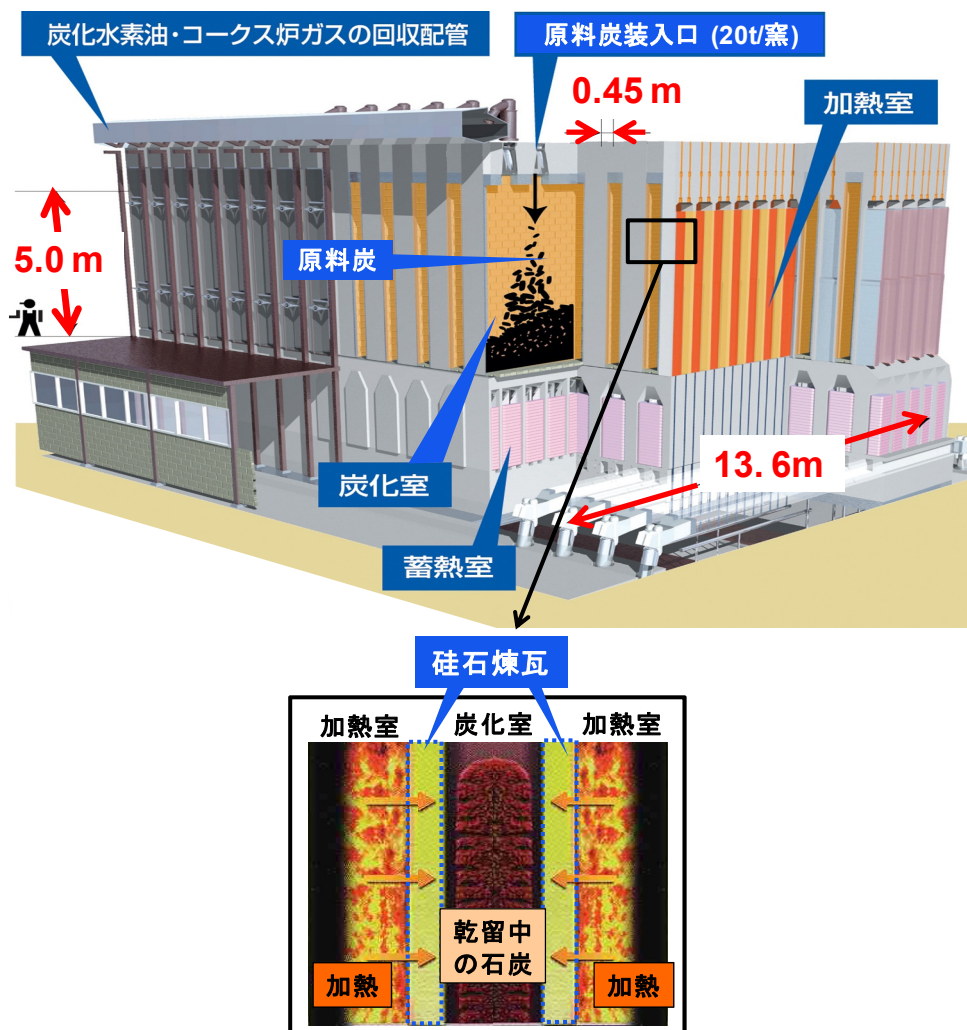


図 3-4 コークス炉の構造

### 3.3.2. コークス炉周辺の設備

コークス炉の周辺には、原料炭を貯炭する石炭塔および原料炭・コークスを搬送するための移動機などの設備がある。

#### 1) 石炭塔

事前処理された原料炭を、装炭車へ払い出すために一時的に石炭を貯炭する設備であり、コークス炉の上部に位置する(一回の払い出し量約 21 t、約 50 回分貯蔵可能)。石炭塔の下部には、炭槽(ホッパー)があり、列、槽に仕切られた構造をしている。炭槽の構造を図 3-5 に示す。各列には異なる原料炭の入れ分けが可能である。

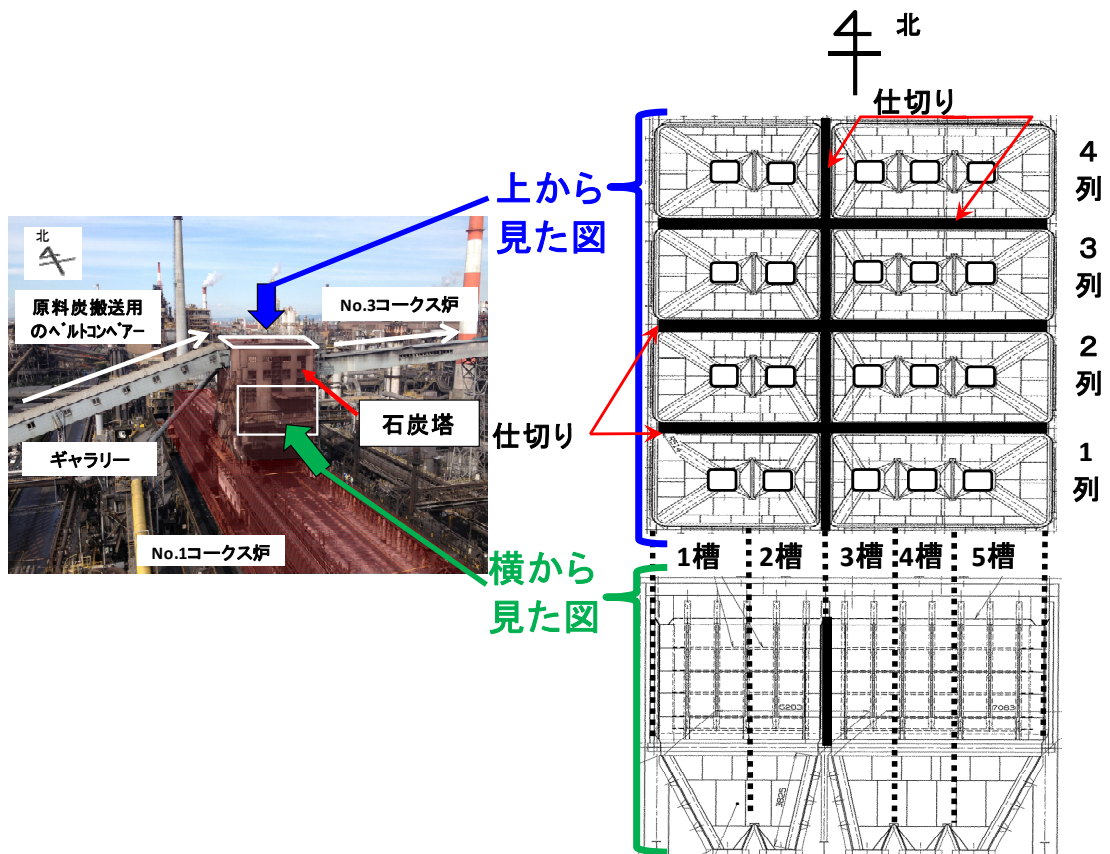


図 3-5 石炭塔の外観と構造



## 2) 装炭車

装炭車は、原料炭を運搬する機能をもつ移動機械であり、炭槽から払い出された原料炭を装炭車のホッパーに受け、炭化室まで原料炭を運搬、装入する役割を持つ軌道車である。図 3-6 に装炭車の外観と内部構造を示す。装炭車内部には、炭槽の槽と同じ数の 5 つのホッパーを有しており約 21 t/回の原料炭をコークス炉の炭化室へ運搬・装入できる。装炭車は、コークス炉の上部で、原料炭の払い出し毎に、炭槽下部の原料炭を払い出す列と石炭を装入する炭化室の間を往復する。装炭車は、原料炭を炭化室に装入するときに熱で焙られるため、耐熱性の高い設計となっている。

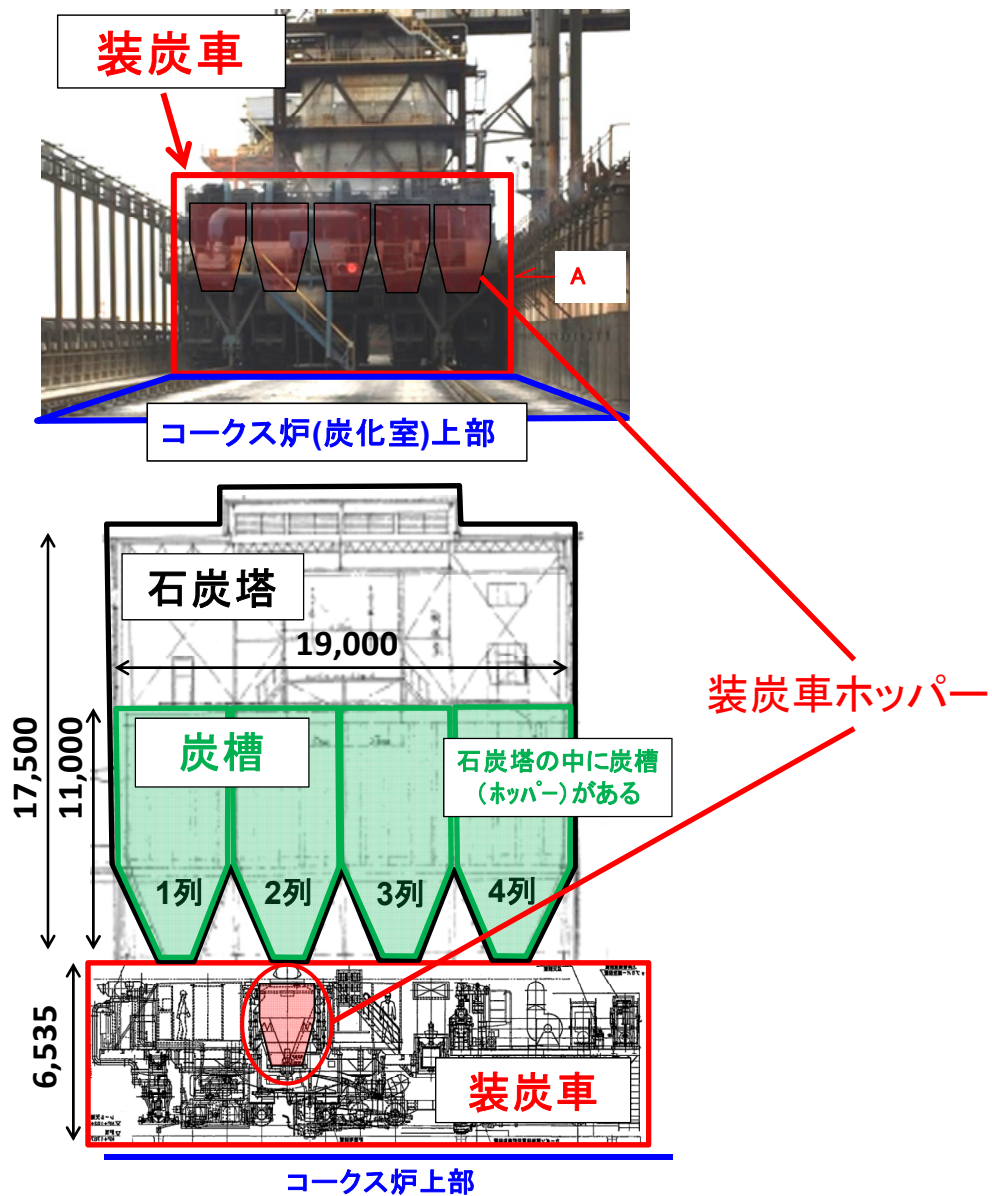


図 3-6 装炭車の外観と内部構造(矢視 A)

3) その他の周辺設備

図 3-7 に、その他の設備を含め、コークス炉周辺の設備のレイアウトと機能を示す。以下の(1)-(5)の工程で原料炭およびコークスが運搬される。

(1) 装炭車

石炭塔から払い出された原料炭をコークス炉の各炭化室まで運搬し、炭化室へ装入する。

(2) 押出機

押出機は、乾留を終えたコークス（装入から約 22 時間経過後）を炭化室から押し出す。

(3) ガイド車

押し出された赤熱したコークスをガイド車を介してバケットに積載する。

(4) 電車

電車は、赤熱コークスが積載されたバケットを CDQ まで運搬する。

(5) CDQ

チャンバー内で赤熱したコークスに対し、不活性ガスを循環させながら冷却して高炉へ搬送する。回収した熱は、製鐵所内の電力に転換され使用される。

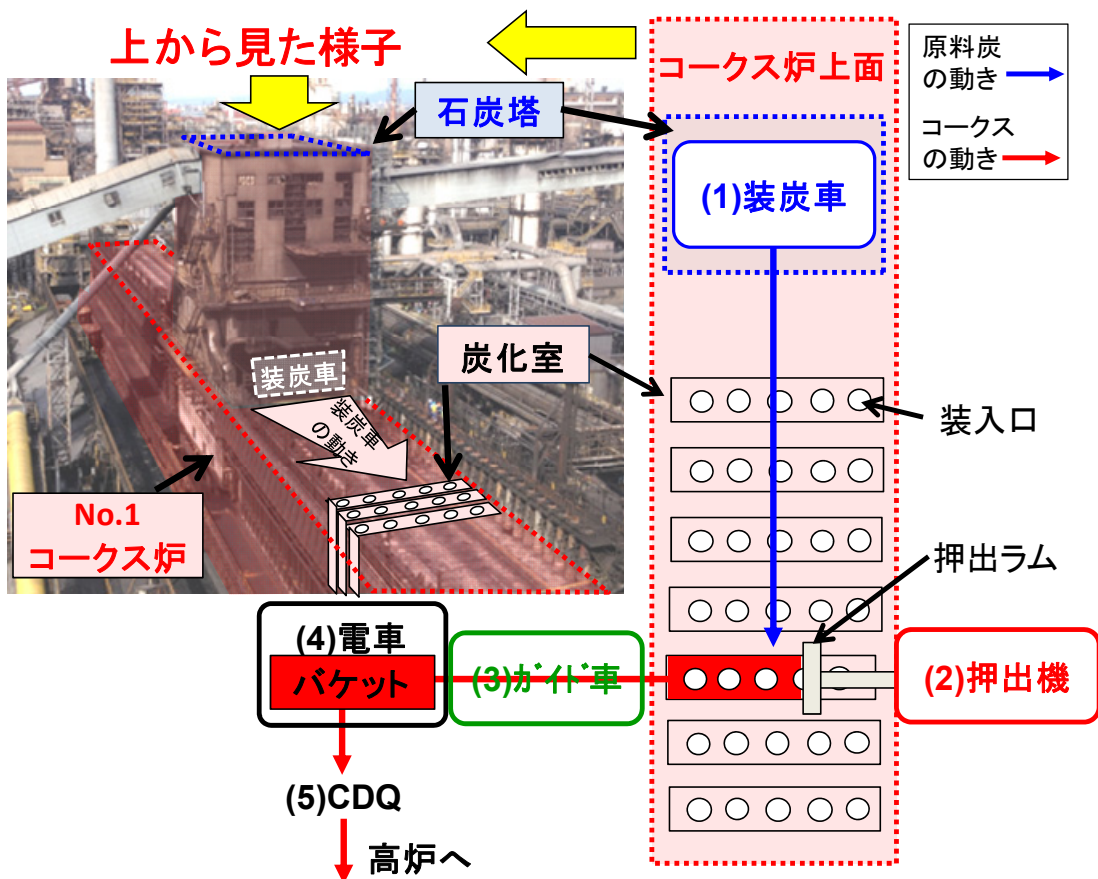


図 3-7 移動機のレイアウトと動き

## 4. 事故の発生状況

### 4.1. 火災事故発生に至る過程

名古屋製鐵所コークス工場では、資源拡大を目的として、湿炭(水分:約 9%)を DAPS 設備で処理した調湿炭(以下、DAPS 炭と記載。水分:約 2%)を原料に使用している。当時、DAPS 設備は 2014 年 8 月 31 日から 15 日間の定期修繕工事(以下、定修と記載)を予定しており、同年 8 月 30 日から設備停止の準備を行っていた。DAPS 設備の定修中は DAPS 炭での操業ができないため、湿炭を使用して操業を行う。

DAPS 設備は 8 月 30 日の 21 時 50 分に No.1 コークス炉石炭塔へ DAPS 炭の最終送炭(後述する石炭塔 2 列炭槽には 8 月 30 日 13 時 32 分に最終送炭)を完了し、翌 8 月 31 日の 9 時に定修を開始した。8 月 30 日から定修開始までの間は、石炭塔内に 4 列ある炭槽内の石炭を DAPS 炭から湿炭へ逐次入れ替える作業を行っていたが、2 列炭槽のみは湿炭への入れ替えは行われず、DAPS 設備の定修を開始した。

DAPS 設備の定修期間中の操業は湿炭を使用するため、2 列炭槽から DAPS 炭の払い出しは行われていない。以下に火災事故発生までの事故当日の状況を時系列順に示す。

#### 4.1.1. 石炭塔の異常検知

表 4-1 火災事故発生までの時系列 (その1:石炭塔の異常検知)

日時		作業と監視の記録
8 月 30 日	13:32	DAPS 炭の 2 列最終送炭 (2 列炭槽に約 100tを貯炭)
8 月 31 日	9:00	DAPS 定期修繕により停止
9 月 3 日	10:24	石炭塔内東側サーモビューアーが 80℃超 を検知警報発報
	10:30	石炭塔内 CO 濃度計警報発報 統括センターより別作業中の現場作業者に石炭塔の確認を依頼
	10:45 頃	現場作業者が現場に到着し、炭槽 2 列の白煙を確認
	10:51	工場から自衛消防へ通報
	10:58	自衛消防から公設消防へ通報
	11:01	環境ビデオカメラで石炭塔を撮影開始
	11:05	自衛消防が現地到着

2014 年 9 月 3 日 10 時 30 分に、石炭塔内の一酸化炭素(CO)濃度計の警報発報(CO 濃度 100ppm 以上 10 分間継続)を受け、統括センターのオペレーターは、別の作業をしていた現場作業者に炭槽の確認を依頼した。現場作業者は、異常の原因を確認するため速やかに石炭塔へ向かった。

10 時 45 分頃に石炭塔に到着した現場作業者は炭槽 2 列から白煙の発生を確認し統括センターのオペレーターへ連絡。10 時 51 分に自衛消防隊への通報が、10 時 58 分に公設

消防への通報が順次実施された(自衛消防隊は 11 時 05 分に現場到着)。11 時 01 分には遠方に設置されている監視カメラ(環境ビデオカメラ)からも白煙が確認されている。

#### 4.1.2. 石炭塔からの石炭払い出し作業

表 4-2 火災事故発生までの時系列 (その2:石炭払い出し作業)

日時	作業と監視の記録
9月3日	(石炭塔内の CO 濃度が高く、直接散水を断念)
11:15	炭槽 2 列 DAPS 炭払い出し (1 回目) 装炭車 石炭塔へ入車
11:18 頃	公設消防隊(5 名)が現地到着 (第一陣)
11:21	装炭車 石炭塔から出車
11:25	公設消防第二陣が DAPS 炭払い出し作業現場に到着 工場管理者と共に数回の払い出し作業に立会 (以降の払い出し作業は、工場管理者監視の下で実施)
11:29	石炭塔内北側サーモビューア①が 80℃超 を検知警報発報
11:29	炭槽 2 列 DAPS 炭払い出し (2 回目) 装炭車 石炭塔へ入車
11:34	装炭車 石炭塔から出車
11:45	炭槽 2 列 DAPS 炭払い出し (3 回目) 装炭車 石炭塔へ入車
11:51	装炭車 石炭塔から出車
11:51	公設消防予防課入構
12:00	炭槽 2 列 DAPS 炭払い出し (4 回目) 装炭車 石炭塔へ入車
12:00 頃	公設消防予防課長以下3名が到着
12:01	石炭塔内北側サーモビューア②が 80℃超 を検知警報発報
12:01	石炭塔からの煙が黒色化
12:05	石炭塔内南側サーモビューア①が 80℃超 を検知警報発報
12:05	装炭車 石炭塔から出車
12:08	石炭塔内南側サーモビューア②が 80℃超 を検知警報発報
12:10 頃	炭槽 2 列 DAPS 炭払い出し (5 回目)
12:14	公設消防予防課 3 名が状況確認のため現地に残り、公設消防車両は撤収 (12:21 正門通過)
12:25	装炭車 石炭塔から出車
12:35	No.1 コークス炉石炭塔内で火災事故発生

注)サーモビューアおよび CO 濃度計の設置個所は P.18 図 4-1 および P.19 図 4-2 参照

白煙を確認した現場作業者は石炭塔内への直接散水を試みるも石炭塔内には白煙が立ち込めており CO 濃度が高く断念。工場管理者は、白煙が上がっている 2 列炭槽から装炭車に石炭を払い出すことを指示した。

11 時 15 分から石炭を払い出す作業を開始した。11 時 18 分頃には公設消防隊が現場に到着。工場管理者とともに石炭の払い出し作業に立ち会った。石炭の払い出し作業は、12 時 10 分頃まで計 5 回実施した。作業中に火点が見当たらないため、公設消防隊は、散水を行わず、状況確認のための人員 3 名を残して 12 時 14 分に車両を撤収した。

石炭払い出しの作業中、石炭塔内のサーモビューアーが複数個所で警報を発報している。また、石炭塔から上がる白煙が黒煙化する様子も観察されている。これらのことから、5 回の石炭の払い出し作業中に石炭塔内の状況が悪化していったことがうかがえる。

上記の石炭払い出し作業後の 12 時 35 分に No.1 コークス炉石炭塔内で火災事故が発生した。

#### 4.1.3. 火災事故発生後の対応

表 4-3 火災事故発生後の時系列 (その3:火災事故発生後の対応)

日時		作業と監視の記録
9 月 3 日	12:35	救急車要請
	12:39	公設消防要請
	12:45	救急車両到着
	12:46	公設消防車入構(2 台)
	12:47	公設消防車入構(4 台)
	13:00 頃	被災者搬送開始 No.3 コークス炉に向かうギャラリーに延焼したため立ち入り できず
	15:04	公設消防が延焼防止のため No.3 コークス炉石炭塔上部へ放水 開始
	16:00	被災者 15 名搬送終了
9 月 4 日	20:15	No.1 コークス炉石炭塔(炭槽含む)に散水開始
	3:33	No.1 コークス炉石炭塔鎮火確認
	3:38	No.3 コークス炉石炭塔放水停止、公設消防撤収

火災事故発生後、救急車を要請。13 時 00 分頃より被災者の搬送を開始。16 時 00 分に被災者全員の搬送が完了した。

一方で、延焼防止のために No.3 コークス炉への放水を開始。20 時 15 分の公設消防の立入許可後、公設消防、自衛消防および工場が炭槽内を含む石炭塔への散水を開始。石炭塔以外の場所で見られた燻り箇所にも散水を行った。

上記消火活動を行った結果、9 月 4 日 3 時 33 分に火災は鎮火した。

## 4.2. 火災事故の発生に関する解析

火災事故原因究明のため、石炭塔内に設置されている各種センサー(サーモビューアー、一酸化炭素(CO)濃度計、光ファイバー温度計)の火災事故発生までのデータ解析、火災事故発生現場の調査および社内、社外で過去に発生した類似火災事例を基にして、火災事故発生箇所の特特定と火災事故原因のケース検討を行った。

### 4.2.1. 火災事故発生場所の推定

#### 4.2.1.1. サーマビューアーの記録

まず、サーモビューアーのデータ解析を行った。火災事故が発生した石炭塔内にはサーモビューアーが 5 箇所に設置されている。石炭塔内の炭槽の配置と各サーモビューアーの設置位置の関係を図 4-1 に示す。また、80℃超の温度異常を検知した時刻を整理した。

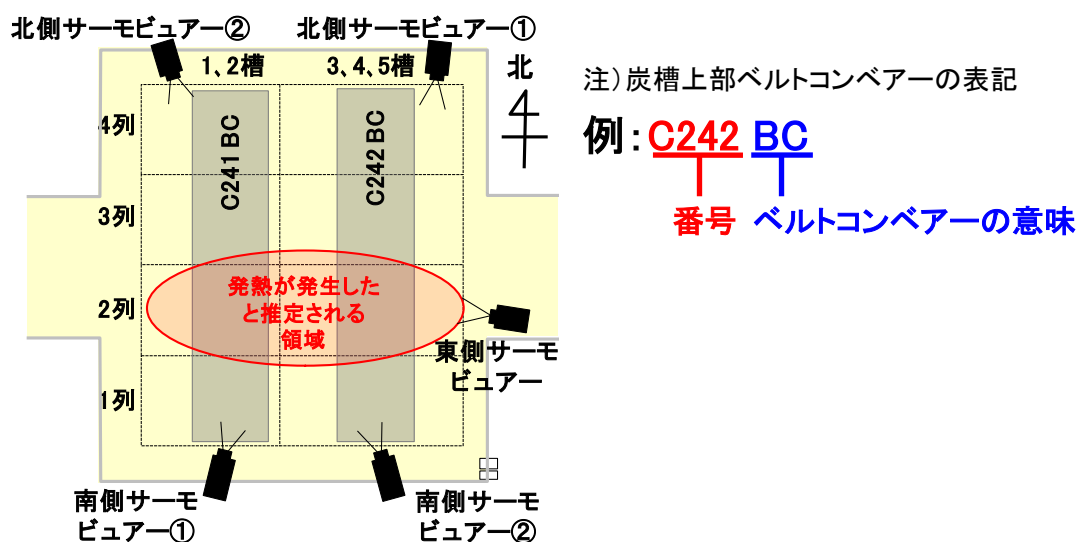


図 4-1 石炭塔内の炭槽配置およびサーモビューアーの設置位置関係

発報順番	警報発報時刻	サーモビューアー名称
1)	10 時 24 分	東側サーモビューアー
2)	11 時 29 分	北側サーモビューアー①
3)	12 時 01 分	北側サーモビューアー②
4)	12 時 05 分	南側サーモビューアー①
5)	12 時 08 分	南側サーモビューアー②

サーモビューアーの設置位置と警報発報時刻から、2 列炭槽付近を監視しているサーモビューアーが早期に発報していることが分かる。

#### 4.2.1.2. 一酸化炭素(CO)濃度計の記録

次に、CO濃度計のデータ解析を行った。CO濃度計は、100ppm以上のCO濃度を10分間継続して検知した場合に警報を発報するように設定されていた。CO濃度計の警報は10時30分に発報している(表4-1)が、事故の調査でデータ解析を行った結果、3箇所のCO濃度計が10時10分頃から断続的に100ppm以上の高濃度のCOを検知していたことがわかった。

10時10分頃に100ppm以上の高濃度を検知したCO濃度計の設置位置と石炭塔内の炭槽の位置関係を図4-2に示す。

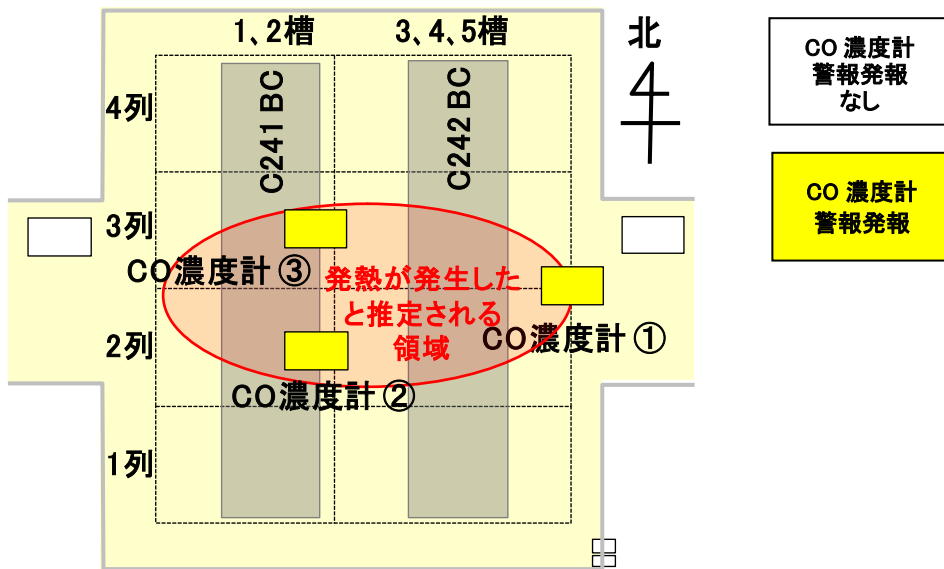


図4-2 石炭塔内の炭槽配置およびCO濃度計の設置位置関係

#### 4.2.1.3. 光ファイバー温度計の記録

さらに、光ファイバー温度計のデータ解析も実施した。

コークス工場では火災の早期発見を目的として、ベルトコンベアーの脇に光ファイバー温度計を敷設している。光ファイバー温度計は、心線である光ファイバー(材質:石英ガラス)の周りを樹脂で被覆した構造をしており、その材質特性から外部から200℃程度の熱を受けると溶解して断線する性質をもつ。

光ファイバー温度計の計測温度の経時変化を図4-3に示す。図より、12時00分前から温度上昇をし、12時09分には石炭塔の南端から9mの位置で断線していたことがわかった。石炭塔内の炭槽の位置と光ファイバー温度計の敷設位置関係を図4-4に示す。図より、光ファイバー温度計が断線した位置は2列炭槽付近であることがわかる。

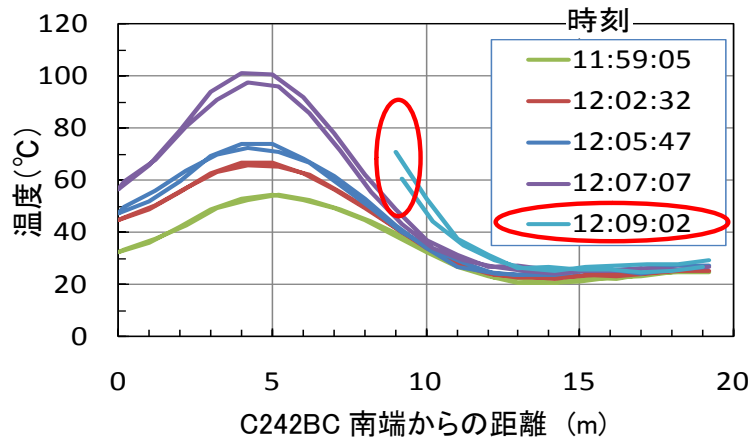


図 4-3 光ファイバー温度計の計測温度経時変化

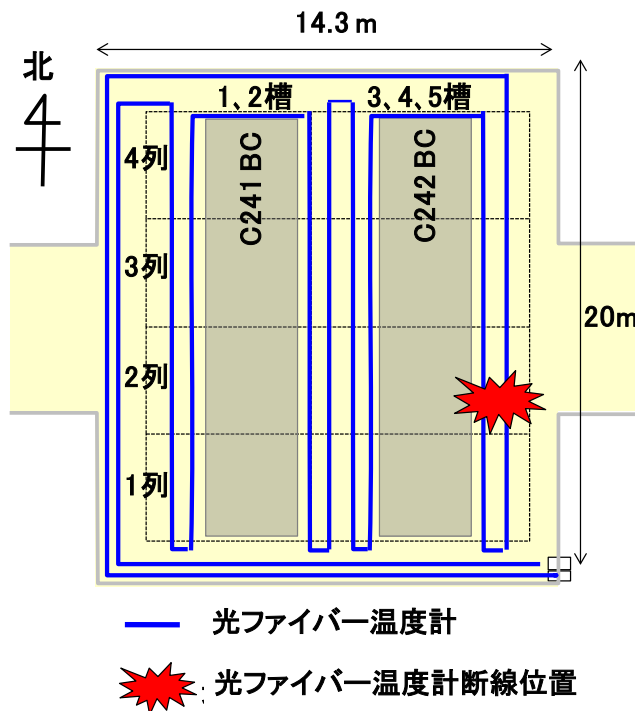


図 4-4 石炭塔内の炭槽配置および光ファイバー温度計の敷設位置関係

以上のように石炭塔内に設置された各種センサーのデータを解析した結果、石炭塔内の 2 列炭槽から発熱が始まったといえる。



#### 4.2.2. 炭槽内の内容物

石炭塔内に設置された各種センサーのデータを解析した結果、石炭塔内の 2 列炭槽で異常が生じたことがわかった。そこで、火災事故発生当日に 2 列炭槽に貯炭されていた内容物およびその貯炭状況を調査した。

炭槽内の内容物の構成と構成比率を表 4-4 に示す。炭槽内の内容物は、DAPS 炭および廃プラスチック(以下、廃プラと記載)で構成されている。DAPS 炭には、微粉炭を塊成化するために使用するバインダーが含まれている。また、廃プラは、化学原料の再利用を目的として、系外から投入している(図 3-1 参照)。内容物の構成比率は、9 割以上が DAPS 炭で占められており炭槽内の内容物の性状は、それに含まれる DAPS 炭の性状で代表的に評価できると考えた(詳細は 5 章にて後述)。

表 4-4 炭槽内の内容物の構成とその構成比率

DAPS 炭			廃プラスチック	計
粗粒炭	塊成炭			
	微粉炭	バインダー		
69.3 %	27.1 %	2.6 %	1.0 %	100 %

火災事故発生前のベルトコンベアー等の運転記録から火災事故発生直前の 2 列炭槽内の貯炭状況を推定した。ベルトコンベアー石炭搬送履歴の調査結果を図 4-5 に示す。3.3.2 項で先述したとおり、1,2 槽と 3,4,5 槽の間には仕切りがあり、完全に区切られた構造をしている。そのため、1,2 槽と 3,4,5 槽へは石炭を同時に送炭することができず、送炭先を 1,2 槽から 3,4,5 槽へ変更するときはベルトコンベアーを切り替えなくてはならない。2 列炭槽には 2014 年 8 月 30 日 13 時 32 分まで DAPS 炭が送炭され、その後この炭槽に DAPS 炭は送炭されていない。



図 4-5 8 月 30 日の 2 列炭槽への石炭搬送履歴調査結果

8 月 30 日 13 時 32 分 当時の 2 列炭槽の正確な貯炭情報が存在しないため、8 月 30 日 13 時 32 分の時点で 2 列炭槽の 1,2 槽と 3,4,5 槽の貯炭量が満量であったと仮定して以下の試算を行った。

2 列炭槽へ DAPS 炭が最終送炭されてから、湿炭操業へ移行するまでの間に、2 列炭槽か

ら7回程度 DAPS 炭を払い出している可能性があることがわかった。これらの事実から推測される火災事故発生前(事故当日の払い出し前)までの2列炭槽の貯炭状況を表4-5に示す。

表4-5 火災事故発生前(事故当日の払い出し前)までの2列炭槽内のDAPS炭貯炭量(推測値)

日付	項目	1,2槽	3,4,5槽	合計
8月30日	炭槽満量時の貯炭量 (t)	122	141	263
-	一回当たりの払い出し量 (t/回)	9	12	21
9月3日	火災事故発生前(事故当日の払い出し前)までの推測貯炭量 (t)	59	57	116

次に、火災事故発生当日の2列炭槽からの払い出し実績から2列炭槽の貯炭量変化を整理した結果を表4-6に示す。

表4-6 火災事故発生当日の2列炭槽内のDAPS炭貯炭量の推移(推測値)

項目	1,2槽	3,4,5槽	合計
火災事故発生前(事故当日の払い出し前)までの推測貯炭量 (t)	59	57	116
4回目払出し後の推測貯炭量 (t)	23	9	32
5回目払出し後の推測貯炭量 (t)	14	0	14
火災事故後の実績貯炭量[目視] (t)	16以上	1~4	-

火災事故発生当日の9月3日、2列炭槽から計5回の払い出しを行ったが、このうち5回目の払い出しでは、装炭車の3,4,5槽用ホッパーで満量検知がされなかった(12t採炭できなかった)事実と一致する。また、火災事故発生後に1,2槽に残炭が多く残っていた事実とも一致する(後述)。

以上から、9月3日の火災事故発生時に2列炭槽内には、DAPS炭が約4日間貯炭され続けていたことがわかった。また、火災事故発生前のベルトコンベア等の運転記録から2列炭槽の貯炭状況を推測すると、事故当日、5回目の払い出し後に3,4,5槽に比べて1,2槽にDAPS炭が多く残っていたことは妥当である。

#### 4.2.3. 火災事故発生後の炭槽の状況

火災事故発生後、石炭塔内炭槽の状況調査および2列炭槽から回収したDAPS炭の性状分析を行った。

炭槽内部の状況を上部から観察した結果を図4-6に示す。

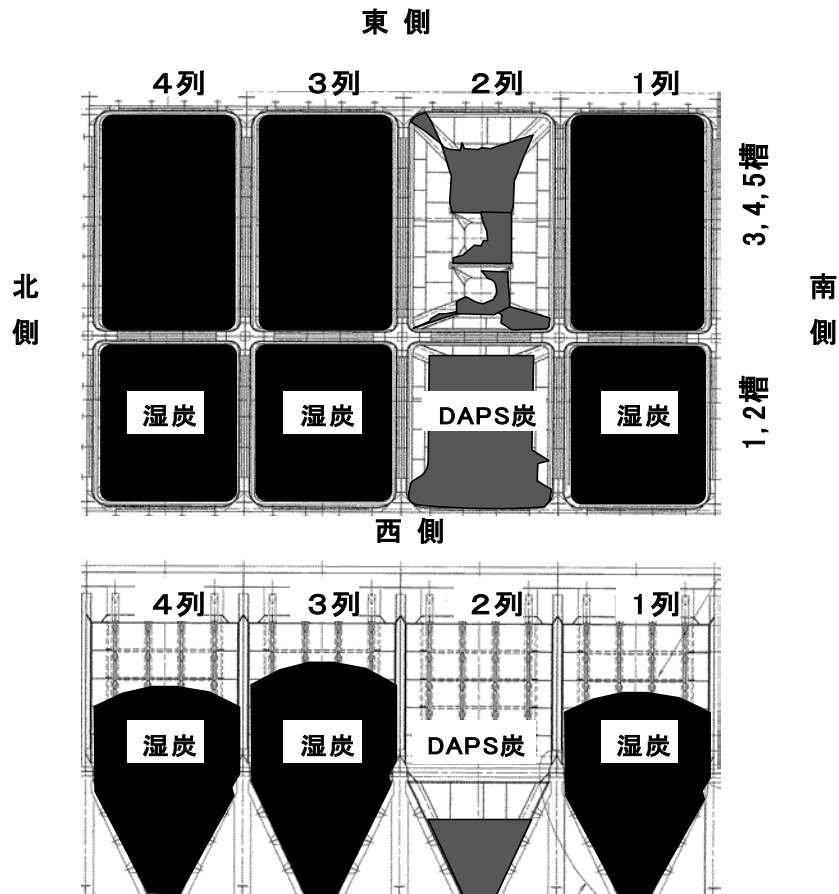


図4-6 火災事故発生後の石炭塔内炭槽の状況

上段) 上部から観察した図

下段) 西側から見た想定図

炭槽2列にはDAPS炭、それ以外の炭槽列には湿炭が貯炭されていた。2列の3,4槽は底部(石炭の払い出し口)を確認することができ、ほぼ空槽状態であった。一方、2列の5槽は東側に残留炭があり、底部を確認することはできなかった(2014年9月22日当局石炭採炭後、9月26日観察状況)。

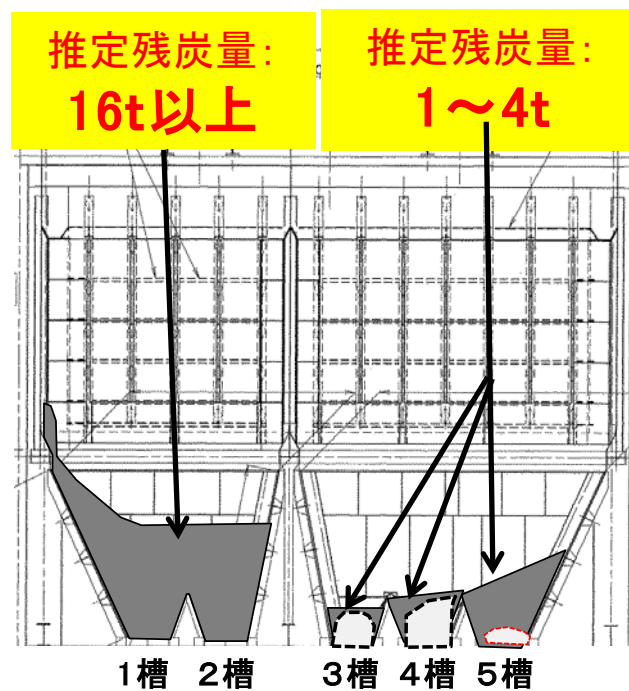


図 4-7 火災事故後の炭槽 2 列の状況  
(南側から見た推定図)

上部からの観察結果から残炭の高さを推定し、炭槽 2 列の 1,2 槽および 3,4,5 槽の残炭量を推定した。南側から見た炭槽 2 列内の推定図を図 4-7 に示す。推定残炭量は、1,2 槽が 16t 以上、3,4,5 槽が 1~4t とされる。1,2 槽の残炭量が 3,4,5 槽に比べて多いが、この理由は 4.2.2 項で先述したとおりである。

次に、炭槽 2 列 1,2 槽および 3,4,5 槽からそれぞれ DAPS 炭を回収し、回収物の外観観察と性状分析を行った。結果を図 4-8 に示す。図中には比較のため、通常操業で使用する DAPS 炭の性状分析結果も併記した。


試料名	揮発分 wt.%,dry	灰分(Ash) wt.%,dry	3槽から回収した コークス化したDAPS炭
通常のDAPS炭	28.1	8.3	
1槽から回収した DAPS炭	28.2	9.0	
3槽から回収した コークス化した DAPS炭	12.5	10.8	

図 4-8 炭槽 2 列から回収した DAPS 炭の性状分析結果および写真

1 槽から回収した DAPS 炭と 3 槽から回収した DAPS 炭の揮発分を比較すると、3 槽から回収した DAPS 炭の揮発分が低かった。また、1 槽から回収した DAPS 炭の揮発分は通常操業で使用する DAPS 炭と大差がなかった。DAPS 炭などの原料炭は熱を受けると、可燃性ガス等の揮発分を発生させながらコークス化することが知られている。すなわち、揮発分の減少は炭槽内に熱が加わっていたことを示しており、この分析結果から火災事故発生当時の 1,2 槽は熱が加わっていなかった一方で、3,4,5 槽は熱が加わっていたと言える。また、3 槽からはコークス化した DAPS 炭も回収されており、先述の傍証となる。

以上、火災事故発生後の炭槽内から回収した DAPS 炭を調査した結果、火災事故発生当時、炭槽 2 列 3,4,5 槽内の DAPS 炭には熱が加わっており可燃性ガスを発していたことがわかった。

#### 4.2.4. 炭槽内石炭の発熱の想定原因

以上、石炭塔内に設置された各種センサーのデータ解析と火災事故発生後の現地調査の結果、炭槽2列3,4,5槽内が火災事故発生箇所であると特定した。次に、火災事故想定原因のケース検討を行うため、過去に発生した石炭関連トラブル類の調査を行った。調査結果を基に、今回発生した火災事故の想定される原因を列挙して図4-12のように整理した。想定原因は大きく以下の2つに分類される。

- (1) 炭槽内石炭の酸化による自己発熱
- (2) 炭槽内への局所的な高温物混入による石炭の自己発熱の促進

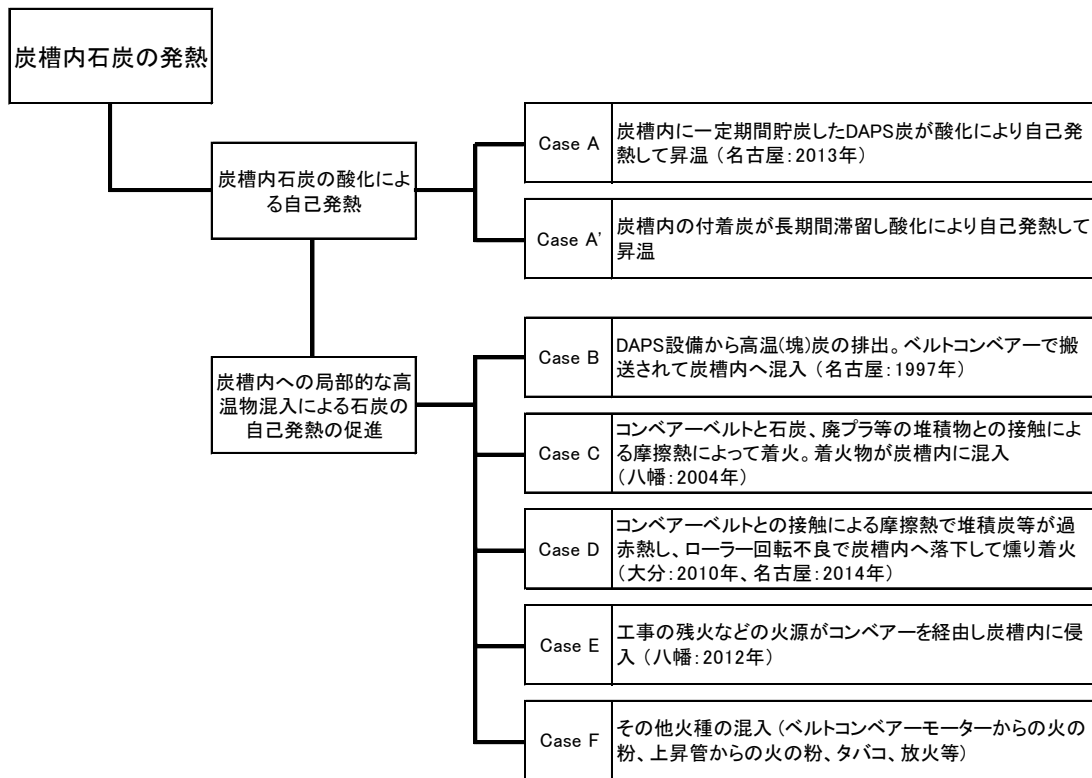


図 4-12 炭槽内石炭の発熱に至るまでの想定原因

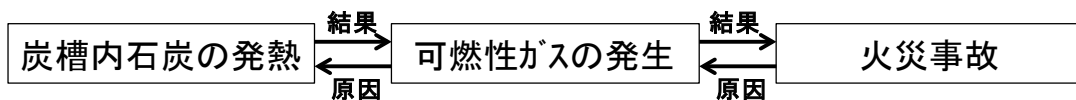
次章ではここに挙げた想定原因について、その可能性を評価して原因の絞込みを行うとともに、再発防止対策についても検討を行った。

## 5. 火災事故発生原因の調査

これまでに火災事故発生時の各種センサーのデータ解析、火災事故発生後の現地調査および社内外の類似災害の過去事例を基に、火災事故の想定原因(直接原因)を複数ケース列挙した。本章では、これまでに列挙した想定原因(直接原因)の絞込みを行い、可能性が高い想定原因(直接原因)については、評価試験等を行いさらなる検証を行った。また、間接要因についても検討を行った。

### 5.1. 火災事故発生フローの推定

物質が燃焼するためには、①可燃物、②着火源、③酸素の三要素が必要であり、燃焼現象を検証する際は、これらの要素に着目して進めることが有効である。今回の火災事故発生までの経過状況と火炎の形状から、可燃物は可燃性ガスが主体であると判断される。そこで、以降の検討を可燃物に着目して進めることとした。先述(4.2.3 項)のとおり、2 列炭槽 3,4,5 槽には DAPS 炭が貯炭されており、当該 DAPS 炭に熱が加わって可燃性ガスを発生させていたとの見地より、今回の火災事故に至ったフローを以下のように推定した。



原因究明を行うにあたり、火災事故に至ったフローを以下のように 2 段階に分割し、各段階のメカニズムについて詳細検討をした。

第 1 段階：炭槽内石炭が発熱し、可燃性ガスが発生

第 2 段階：可燃性ガスが着火し、火災事故が発生

### 5.2. 直接原因 炭槽内の石炭が発熱したメカニズムの検証

#### 5.2.1. 想定原因の可能性検討

まず、第 1 段階のメカニズムについて検討を行い、前章で列挙した想定原因の絞込みを行った。

1) 過去のトラブル事例① 名古屋 No.4 コークス炉石炭塔 石炭燻りトラブル (Case A)

(1) 発生製鐵所 名古屋製鐵所

(2) 発生日時 2013年7月23日

(3) 事故概要

No.4コークス炉石炭塔2列炭槽に9日間貯炭されていたDAPS炭が発熱して燻り、COと白煙が発生(7月14日に2列炭槽の石炭払い出し用カットゲート集塵機が故障したため払い出しを中止していた)。散水と石炭の払い出しを行い、白煙およびCOの発生が解消。

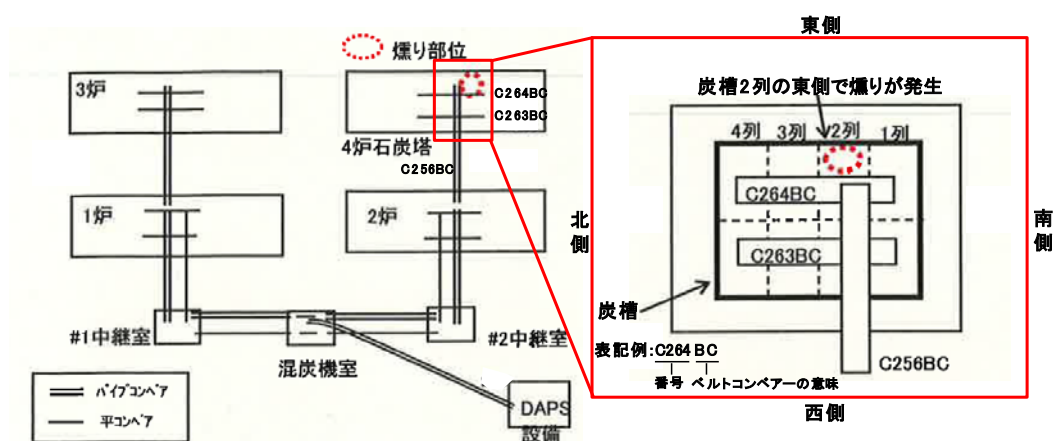


図 5-1 名古屋コークス工場のベルトコンベアーフローと4炉石炭塔内部の概略図

時系列

- 9:58 No.4コークス炉石炭塔内のCO濃度計が警報吹鳴。点検者へ点検依頼。
- 10:15頃 点検者が2列炭槽の東側から白煙が上るのを発見(火は確認できず)。  
2列炭槽内へ散水を実施。また、2列炭槽内石炭の払い出しを依頼。
- 10:44 自衛消防に通報。
- 11:12 自衛消防が鎮火を確認。
- 13:20 2列炭槽内の石炭の全量払い出しを完了。

(4) 当時の対策

- ① 残炭日数に関する暫定処置を設定(暫定処置:貯炭3日間以下)

(5) 本コークス火災事故との関連

本事例は、DAPS炭を長期間貯炭したことが原因であると推定していた。  
今回の火災事故でも貯炭日数は異なるが、DAPS炭を約4日間貯炭していた。



## 2) 炭槽内壁付着炭の自己酸化発熱性評価 (Case A')

炭槽内壁に DAPS 炭が付着(以下、付着炭と記載)して長時間滞留したときに、付着炭が酸化により自己発熱する可能性を炭槽内の伝熱計算をすることによって評価した。

伝熱計算は以下のような前提条件を設定し、付着炭厚みを変更したときの付着炭温度変化を試算した。

### 前提条件

- |              |   |   |
|--------------|---|---|
| (1) 付着炭厚み    | 250 mm  |   |
| (2) 付着炭初期温度  | 60 °C   |   |
| (3) 付着炭熱物性   | 125 W/t   | (付着炭は自己酸化発熱をすると仮定。雰囲気は酸素濃度 21 %。発熱量は 5.2.4 項の評価試験結果から算出。) |
| (4) 境界条件     | 炭槽壁面は外気への放熱を考慮。炭槽内側は 60°C の DAPS 炭が炭槽上部から供給されると仮定。(通常操業状態を想定) |   |
| (5) 外気温      | 25 °C   |   |
| (6) 放熱面の伝熱係数 | 2 W/(m <sup>2</sup> ・°C)                                      |   |
| (7) 付着炭の伝熱係数 | 0.1 W/(m・°C)  |   |

計算結果を図 5-2 に示す。図より、付着炭内部の温度分布は炭槽壁面から炭槽内へ向かうにつれて高くなる傾向をもつが、200 時間を経過すると温度は漸近して変化が無くなる。結果、炭槽壁に付着している付着炭は炭槽外壁からの放熱による冷却の影響を受けるため、付着炭の温度は炭槽内部温度(本条件では 60 °C)以上にならないことがわかる。

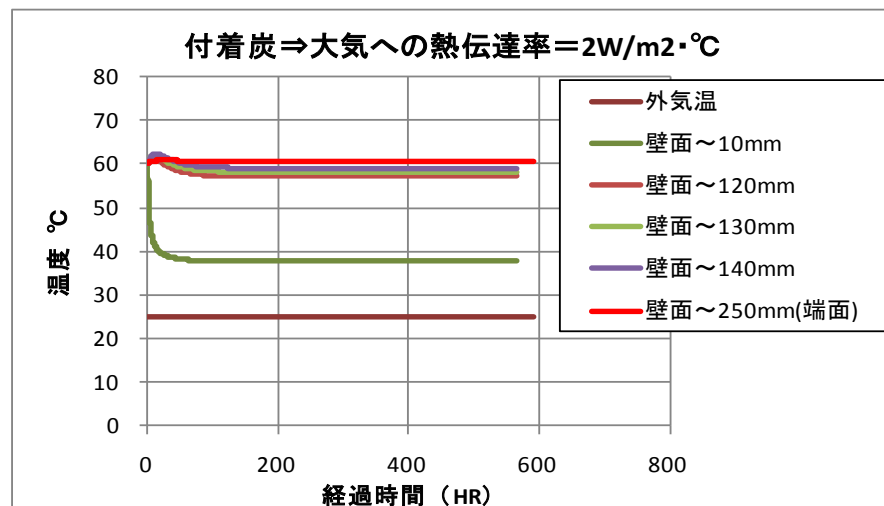


図 5-2 炭槽壁付着炭温度の経時変化

通常操業では、付着炭の周囲は石炭層に覆われているため、酸素が透過し難く、酸素濃度が 21%よりも低いと想定される。上記の前提条件を参照すると、今回の試算は付着炭が通常操業よりもより発熱し易い条件で行っている。また、付着炭は微粉が凝集したものであるため密度が高く、発熱に必要な酸素は付着炭の深部まで透過し難い。

以上のことを考慮すると、長期間滞留しても自然発熱による急激な温度上昇はしないと言える。

### 3) 過去のトラブル事例② 名古屋 石炭輸送コンベアー火災事故 (Case B)

(1) 発生製鐵所 名古屋製鐵所

(2) 発生日時 1997年3月27日

(3) 事故概要

DAPS 設備から排出された高温(塊)炭(後述)が、ベルトコンベアー下に堆積していた石炭粉またはベルトコンベアーのリターンベルトに落下。結果、ベルトコンベアーが着火して延焼した。

(4) 当時の対策

- ① 早期発見対策 (ITV、CO 濃度計、光ファイバー温度計を設置)
- ② 高温(塊)炭対策 (BC 放射温度計および自動散水装置を設置)
- ③ 高所 BC 散水装置の設置

(5) 本コークス火災事故との関連

本事例は、ベルトコンベアー下の堆積炭と高温(塊)炭が原因であった。

まず、堆積炭については、堆積し易い箇所の設備改造、コンベアー下床面のコンクリート化(清掃容易化)、堆積管理基準の作成等、コンベアー下に石炭を堆積させない取り組みを全社的に実施中である。

次に、DAPS 設備からの高温(塊)炭の排出のメカニズムとそれに対する対策状況について調査をした。

先述(3.2.2項)のとおり、DAPS 設備は流動床調湿機の下部から熱風(約200℃)を吹き込み、水分を含む原料炭と接触させ、石炭の水分量を調湿する設備であり、流動床調湿機の入口から入った石炭は下部からの熱風によって出口側へ徐々に押し出される構造となっている。そのため、熱風が下部から均一に吹き出されることが DAPS 操業の安定化には重要であり、目詰まり等で熱風の吹き出し口が閉塞すると、熱風が偏流して石炭の移動が不安定化する。

図 5-3 に DAPS 操業の一例として、流動床調湿機内にサイズの大きな塊が混入した場合の調湿機内の概念図を示す。

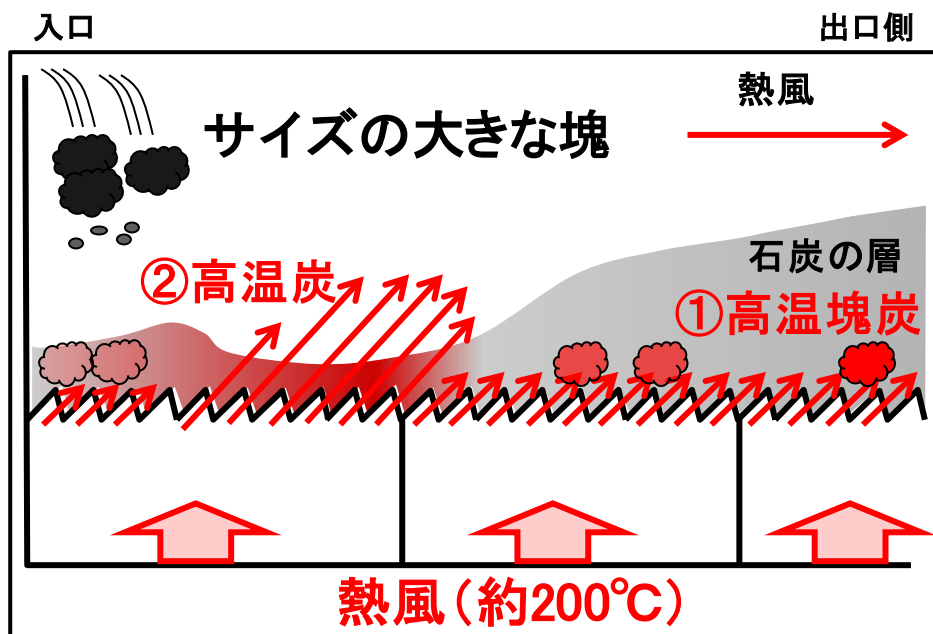


図 5-3 サイズの大きな塊が混入したときの流動床調湿機内の様子 (概念図)

サイズの大きな塊は重量が重いため、熱風で押し出され難く長時間調湿機内に滞在する。すなわち、大きな塊は熱風と接触時間が長いため、熱風温度に近い高温の塊となって調湿機から排出される(この様な塊を以下、高温塊炭と記載)。また、サイズの大きな塊の直下にある熱風の吹き出し口は疑似的に塞がれた状態となるため、その周囲の吹き出し口からの熱風の風量は多くなる。風量が多くなるとその部分の石炭層厚は薄層化する。薄層化した箇所の石炭は熱風から過剰量の熱を供給されるため、周辺石炭よりも高温で調湿機から排出される(この様な石炭を以下、高温炭と記載)。

上記のようなメカニズムによって、DAPS 設備からは高温塊炭や高温炭といった高温物が排出されることがある。

このような高温物が石炭塔へ搬送され、火災等が生じることを防止するため、名古屋製鐵所では流動床調湿機の出口のベルトコンベアーに、高温物を検知するための放射温度計とその放射温度計の警報で作動する自動散水装置を2重に備えていた。図5-4に設備フロー図を示す。

流動床調湿機から排出された高温物は散水装置によって冷却され石炭塔へ搬送される。しかし、火災事故発生前の設備作動状況チェックリストを調査した結果、事故発生前、温度検知不良により自動散水設備が十分に機能していなかった可能性があることがわかった。すなわち、火災事故発生前に、高温塊炭または高温炭が流動床調湿機から排出されていたとすると、これが石炭塔へ搬送されていた可能性があることが判明した。

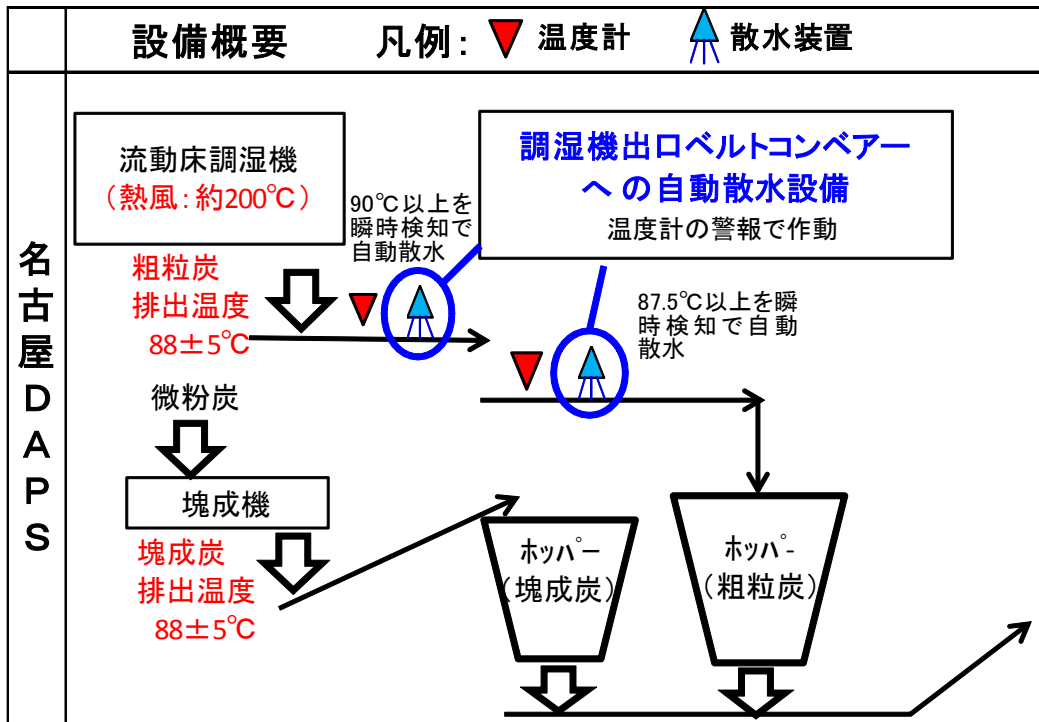


図 5-4 流動床調湿機出側の設備フロー図

#### 4) 過去のトラブル事例③ 八幡 No.5 コークス炉炭槽火災事故 (Case C)

(1) 発生製鐵所 八幡製鐵所

(2) 発生日時 2004年4月29日

##### (3) 事故概要

ベルトから飛散して堆積していた石炭・廃プラスチック(以下、廃プラと記載)がベルトコンベアーと接触。ベルトとの摩擦により廃プラが加熱。廃プラが発熱・燃焼し炭槽ホッパーに落下。事故に至った(図 5-5)。

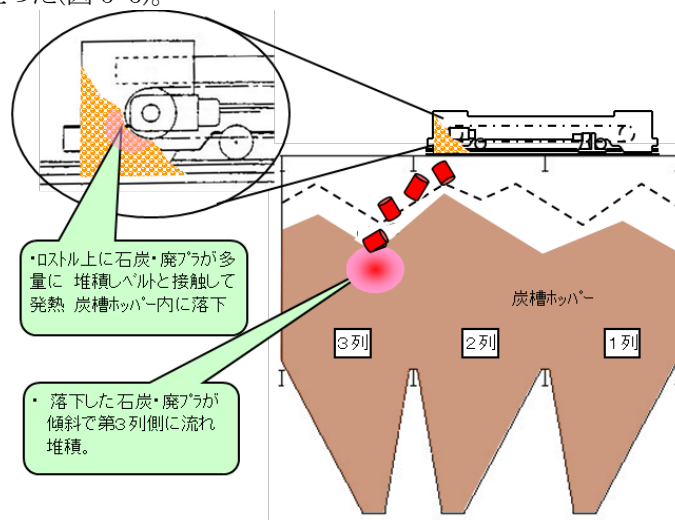


図 5-5 八幡 No.5 コークス炉炭槽火災事故 炭槽内の概念図

##### (4) 当時の対策

- ① 石炭堆積防止対策
- ② 火災の早期発見対策
- ③ 火災発生時の被害拡大防止対策

##### (5) 本コークス火災事故との関連

本事例は、ベルトコンベアー下に堆積した廃プラとベルトが接触したことが原因であった。

コンベアー下の堆積については、堆積しやすい箇所の設備改造、コンベアー下床面のコンクリート化(清掃容易化)、堆積管理基準の作成等、コンベアー下に石炭を堆積させない取り組みを全社的に実施中であり、名古屋製鐵所では当該箇所を設備改造して石炭が堆積しない仕組みになっている。

5) 過去のトラブル事例④ 大分石炭ヤード石炭搬送ベルトコンベアー火災事故 (Case D)

(1) 発生製鐵所 大分製鐵所

(2) 発生日時 2010年3月31日

(3) 事故概要

ベルト受けローラーの缶体が割損。ローラーと架台との接触摩擦により発熱。ローラーシール材(ポリオキシメチレン樹脂。気化温度 250℃)が加熱されて気化。ローラーと架台との接触で発生した火花により気化ガスが燃焼し、樹脂へ引火。引火した樹脂がリターンベルトに滴下し、ベルト延焼(図 5-6)。

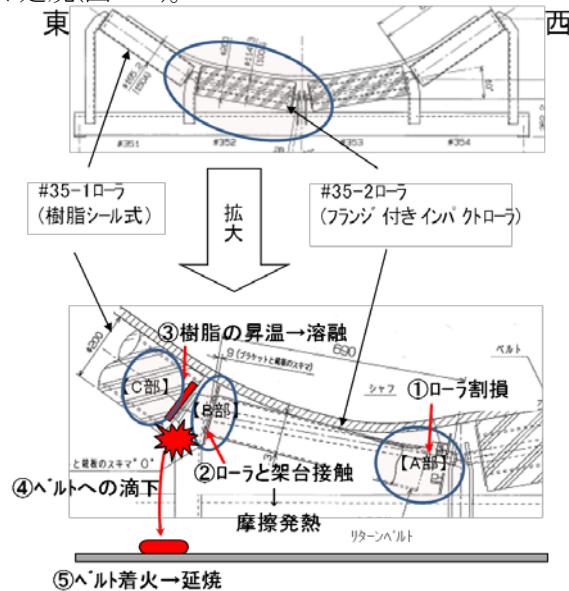


図 5-6 石炭ヤード石炭搬送ベルトコンベアー火災事故の概要

(4) 当時の対策

- ① 日常ローラー管理強化
- ② ローラー構造の変更
- ③ 火災の被害拡大防止対策

(5) 本コークス火災事故との関連

本事例は、ローラーの構造が問題であった。

名古屋製鐵所では本件で問題となった構造のローラーを使用していない。

6) 過去のトラブル事例⑤ 名古屋 石炭搬送ベルトコンベアー火災事故 (Case D)

(1) 発生製鐵所 名古屋製鐵所

(2) 発生日時 2014年5月8日

(3) 事故概要

清掃が困難なエリアに堆積していた石炭とベルトコンベアーまたはキャリアローラーが接触し摩擦熱が発生。摩擦熱が熱源となり堆積炭が発火。ベルトコンベアーが延焼。(図5-7)

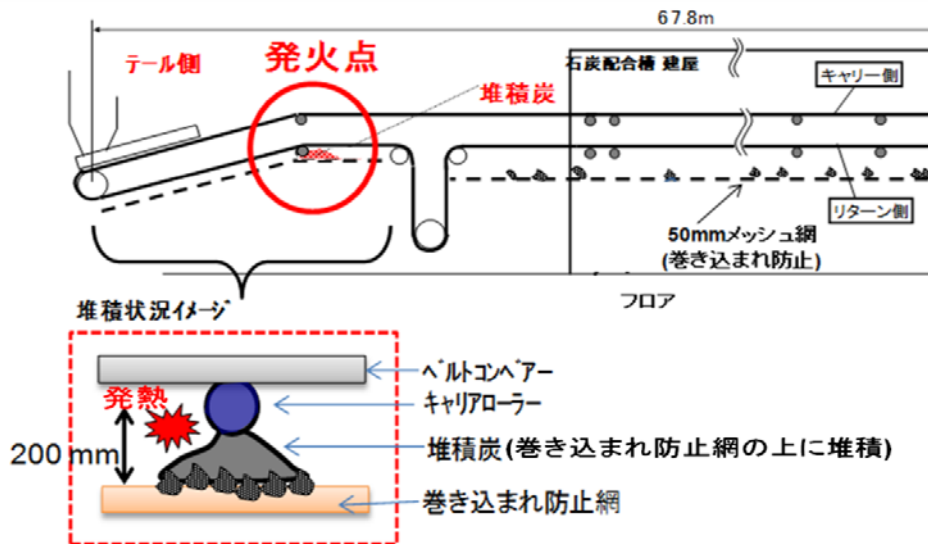


図 5-7 石炭搬送ベルトコンベアー火災事故の概要

(4) 当時の対策

- ① 石炭堆積防止対策
- ② 火災の被害拡大防止対策

(5) 本コークス火災事故との関連

本事例は、ベルトコンベアー下の堆積炭とベルトが接触したことが原因であった。

堆積炭については、堆積し易い箇所の設備改造、コンベアー下床面のコンクリート化(清掃容易化)、堆積管理基準の作成等、コンベアー下に石炭を堆積させない取り組みを全社的に実施中である。名古屋製鐵所では当該箇所を設備改造して石炭が堆積しない仕組みになっている。



## 7) 過去のトラブル事例⑥ 八幡 DAPS 建設工事における防災事故 (Case E)

(1) 発生製鐵所 八幡製鐵所

(2) 発生日時 2012 年 8 月 6 日

(3) 事故概要

落炭防止板取付工事で溶接作業を事故発生日の 9:00 まで実施した。作業終了後に作業者が工事残火確認を 10:30 まで行い、残火がないことを確認していたが、シュート内部に火の粉が残存していた可能性があり、同日 23:40 に石炭に着火した。

(4) 当時の対策

- ① 現行ルールの再徹底(石炭搬送ベルトコンベアーの工事)。
- ② 工事関係者(管理者・工事責任者含む)への火気使用許可手順の指導強化。

(5) 本コークス火災事故との関連

本事例は、火器を使用した工事残火が原因であった。

今回の火災事故原因調査の過程で、火災事故発生の前日、9 月 2 日に DAPS 混炭機室内のベルトコンベアー落炭防止板の脱着工事で火気を使用していたことがわかった。調査の結果、工事対象のベルトコンベアーは稼働していないこと、火気使用にともなうルールが遵守されていたこと、また、防災シートの敷設や工事中はベルトコンベアーへ常時散水するといった延焼防止対策が確実に行われていたことがわかっている。さらに、工事後 24 時間行った定期残火確認でも問題がないことを確認した。

以上、前章で列挙した想定原因(図 4-12)について発生の可能性を評価した。評価結果を図 5-8 に示す。ベルトコンベア下の堆積物とコンベアベルトの接触による発熱、工事残火の不始末およびその他外部からの火種の混入( Case C, Case D, Case E, Case F)は、設備対策等の事後対策がしっかりと行われていることがわかっており、また、炭槽内壁付着炭の自己酸化発熱性評価の結果から、いずれも今回の火災事故を引き起こした可能性は低いと判断した。

一方、Case A および Case B については、設備の稼働状況等から今回の火災事故をもたらした可能性が高いと判断し、以降の検討で詳細検討することとした。

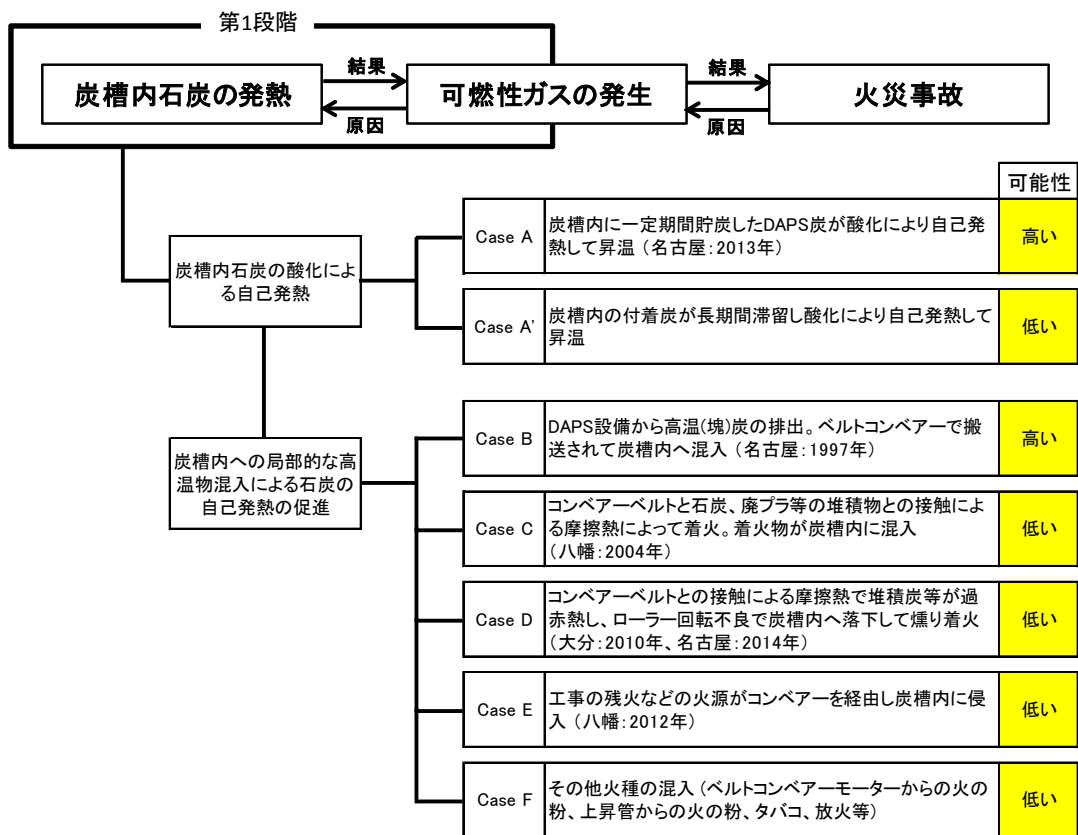


図 5-8 発熱想定原因の可能性評価

### 5.2.2. 炭槽内残留物の物性

石炭の発熱に関する詳細検討にあたり、2 列炭槽内の残留物が加熱されたときの性状について調査した。

#### 1) 加熱時の発生挙動

炭槽内の内容物は、DAPS 炭と廃プラで構成されており (4.2.2 項参照)、これらに対し加熱時のガス発生量挙動の調査を実施した。試験は、空気雰囲気下または乾留条件 (無酸素雰囲気下) で DAPS 炭および廃プラをそれぞれ加熱しながら、赤外線吸光分光法 (IR) を用いて、発生した可燃性ガスの成分および単位試料重量当たりのガス発生量を測定した (発生したタールなどの重質な成分はフィルターで除去されている為、測定値には含まれていない)。図 5-9 に空気雰囲気下における試験結果を示す。空気雰囲気下では、DAPS 炭および廃プラともに、可燃性ガスは、主に 400~600 °C の温度域で発生することがわかった。また、可燃性ガス成分としては、CO および炭化水素を検出した。図 5-10 に乾留条件における試験結果を示す。乾留条件においても空気雰囲気下と同様に、DAPS 炭および廃プラともに 400~600 °C の温度域で可燃性ガスを発生することがわかった。また、可燃性ガス成分としては、DAPS 炭および廃プラともに炭化水素の発生を検出した。DAPS 炭においては 500 °C 以上から CO および H<sub>2</sub> の発生がみられた。

図 5-11 に、空気雰囲気下または乾留条件における、各温度の累積可燃性ガス発生量を示す。空気雰囲気下と乾留条件では、DAPS 炭と廃プラのいずれも空気雰囲気下における可燃性ガスの発生量が多いことがわかった。また、空気雰囲気下においては、DAPS 炭および廃プラの可燃性ガス発生量は、500 °C 付近まで同程度であるが、500 °C 以上では DAPS 炭の可燃性ガスの発生量が多いことがわかった。炭槽内における DAPS 炭に対する廃プラの重量比率は 1% 程度であることから、炭槽内に存在する可燃性ガスの大半は、DAPS 炭由来の可燃性ガスであると考えた。

注)HC：炭化水素成分の可燃性ガスの合計量。メタンなど代表的な成分以外の、IRで炭素数を同定できない成分はエタンと仮定してガス発生量に換算した。

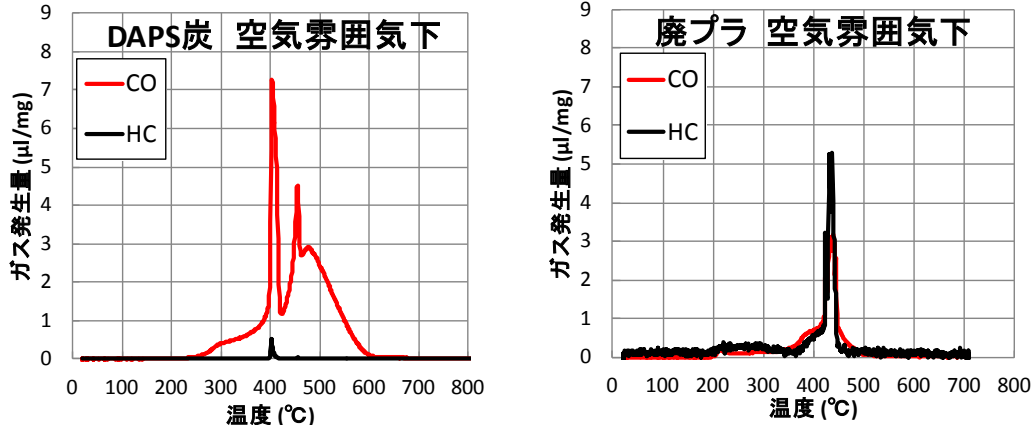


図 5-9 空気雰囲気下における DAPS 炭および廃プラの可燃性ガス発生温度とガス成分

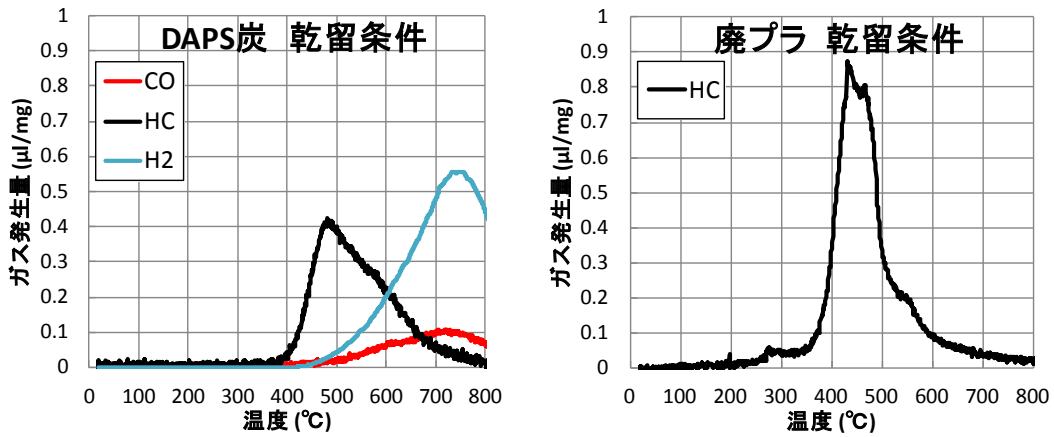


図 5-10 乾留条件における DAPS 炭および廃プラの可燃性ガス発生温度とガス成分

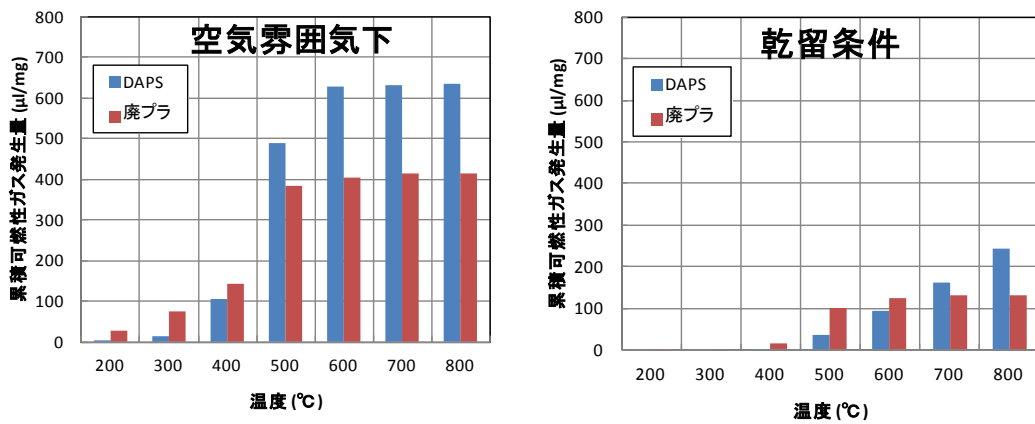


図 5-11 各温度における可燃性ガスの累積発生量

### 5.2.3. DAPS 炭が急激な温度上昇をしない領域を見極める試験

炭槽内の DAPS 炭の酸化による自己発熱および炭槽内への局部的な高温物混入による DAPS 炭の自己発熱の促進について、詳細に検討した。

DAPS 炭が急激な温度上昇をしない領域を見極めるため、委員の豊富な知見と過去事例、さらに文献等を精査し、総合的に検証し、以下の 4 つの試験を実施した。試験の詳細は後述する。

- 1) 自然発火試験 (Spontaneous-ignition Temperature (SIT)試験)
- 2) 委員会推奨ペール缶試験
- 3) 貯蔵安全性評価試験
- 4) 計算シミュレーション

#### 1) 自然発火試験 (Spontaneous-ignition Temperature (SIT)試験)

SIT 試験は少量の石炭試料で自然発火性を評価することができる標準的な方法として知られている。図 5-12 に装置の外観および装置内部の様子を示す。

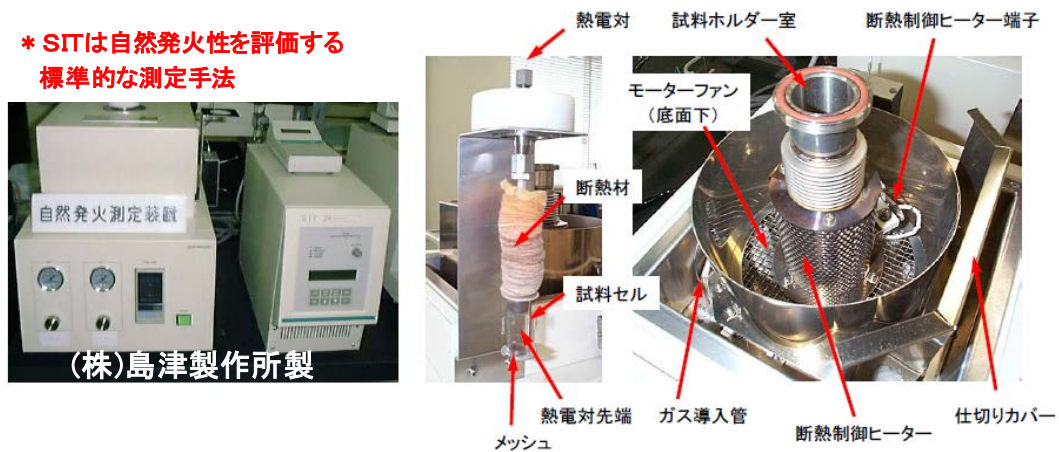


図 5-12 SIT 試験装置の外観および装置内部の様子

試験は以下の手順に従って行った。石炭試料には乾燥原料炭と DAPS 炭を用いた。ここで、乾燥原料炭とは、後述する試験準備過程で石炭の付着水分が除かれた湿炭のことである。まず、粒度 0.25 mm 以下に調整した石炭試料を 1 g 準備し、試料セルに充填する。試料セル内には熱電対が挿入されており、石炭試料の温度を測定できる構造になっている。その後、試料セルを試料ホルダー室に静置し、装置内を窒素雰囲気置換した後、窒素雰囲気下で試料温度が 110 °C になるまで昇温する。試料温度が 110 °C に到達したことを確認した後、所定温度まで温度を下げ、所定温度到達後に雰囲気窒素から酸素に切り替え試験を開始する。試験中は雰囲気温度を一定とし、試料温度の経時変化を記録した。試験温度は 80 °C、90 °C および 100 °C の 3 水準とした。

試験結果を図 5-13 に示す。図より、試験開始温度が同じであれば、DAPS 炭は乾燥原料炭に比べて急激な温度上昇をするまでの時間が長いことがわかった。また、試験開始温度によって急激な温度上昇をする場合としない場合があることがわかった。特に、試験開始温度 80℃では DAPS 炭も乾燥原料炭も 3 日間では温度の上昇は確認できなかった。

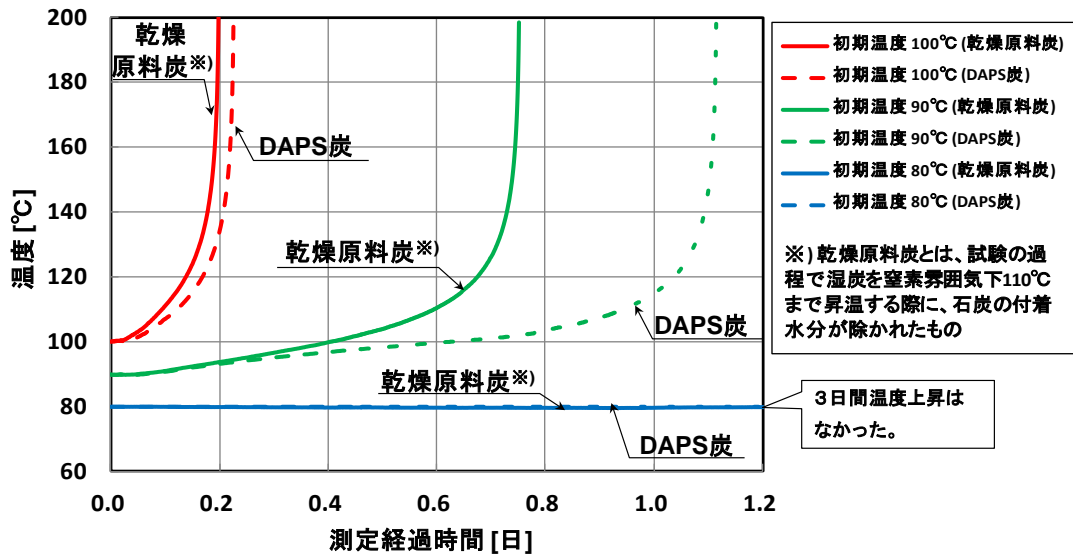


図 5-13 SIT 試験結果 (石炭試料温度の経時変化)

以上の結果から、SIT 試験では、DAPS 炭が急激な温度上昇をしない領域は 80℃以下であることがわかった。

## 2) 委員会推奨ペール缶試験

SIT 試験は少量の試料で簡便に石炭の自然発熱性を評価するには有効な方法であるが、雰囲気温度が一定であるため、石炭の酸化反応によって発生した反応熱を抜熱することが懸念された。そこで、試験スケールの変更による影響評価と雰囲気へ抜熱抑制を目的として、委員会推奨ペール缶試験を実施した。

本試験の特徴は、雰囲気温度を石炭温度に追従させることで試料の断熱化(熱拡散抑制)を図り、DAPS 炭が実際の石炭粉に比べてより自己酸化発熱し易い条件で試験をしていることである。

試験の概要を図 5-14 に示す。試験は以下の手順で行った。試験容器となるペール缶(φ300 mm×h200 mm)の底面に断熱材(φ300 mm×h50 mm)を敷き、その上に約 3 kg の DAPS 炭を高さが 100 mm になるように充填した。DAPS 炭を充填後、表層から深さ 60 mm の中心部に熱電対を設置し、試験中の石炭中温度を測定した。DAPS 炭の酸化を防止するため、窒素雰囲気中に置換した送風型恒温器内にペール缶を静置した後、試験開始温度まで雰囲気温度を昇温させた。石炭中温度が雰囲気温度に到達した時点で雰囲気を窒素から空気へ置換し、試験を開始した。試験中は常に石炭中温度を測定し、石炭中温度と雰囲気温度が等しくなるように恒温器温度を調整した。

試験開始後、炭中温度を最長 5 日間連続測定した。本試験では、炭中温度が 300 °C 以上に連続温度上昇した場合、または連続的に白煙発生を確認した場合に「急激な温度上昇」と定義し、急激な温度上昇が確認された時点で試験を終了し、試験開始から急激な温度上昇が確認されるまでの日数を記録した。

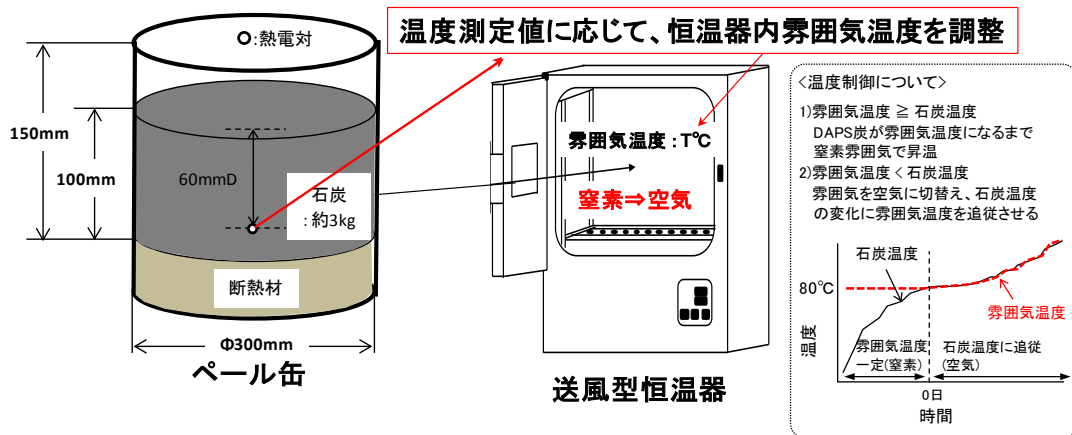


図 5-14 委員会推奨ペール缶試験の概要

試験水準の一覧とその結果を表 5-1 に示す。また、急激な温度上昇が確認されるまでの経過時間と石炭温度の関係を図 5-15 に示す。

表 5-1 試験水準一覧とその結果

DAPS炭 温度 [°C]	急激な温度上昇が 確認されるまでの日数 [日]	
120	0.7	(×)
110	1.0	(×)
80	2.4	(×)
70	5.0以上 (急激な温度上昇なし)	(○)
60	5.0以上 (急激な温度上昇なし)	(○)

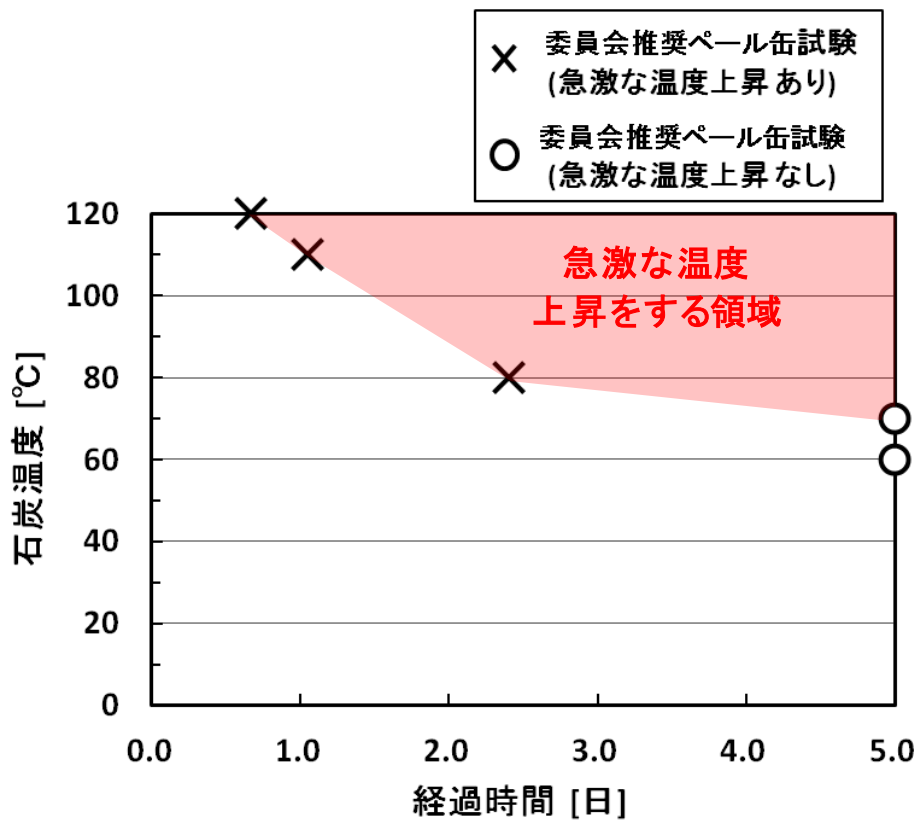


図 5-15 急激な温度上昇が確認されるまでの経過時間と石炭温度の関係

図より、DAPS 炭の温度が低下すると、急激な温度上昇が生じるまでの時間が長くなることがわかった。また、70 °C以下の DAPS 炭温度では、5 日間経過しても急激な温度上昇をしないこともわかった。



以上のことから、委員会推奨ペール缶試験ではDAPS 設備から通常操作のDAPS 炭が排出された場合(図 5-8 中の Case A)は、DAPS 炭の温度が 70℃以下であれば 5 日間は急激な温度上昇をしないことがわかった。

次に、炭槽内に高温(塊)炭が混入した(図 5-8 中の Case B)ことを想定した委員会推奨ペール缶試験を実施した。

試験の概要を図 5-16 に示す。試験試料は以下の手順で準備した。上述のように、ペール缶内に DAPS 炭を充填した後、その表層に高温塊炭を模した高温物(半成コークス:温度 200~250℃、重量 100~300g)を置いた。高温物の上に保温のための少量の DAPS 炭を上被せしたものを試験試料とした。

試料調整後は送風型恒温器内にペール缶を静置し、先述と同様の方法で試験を開始した。

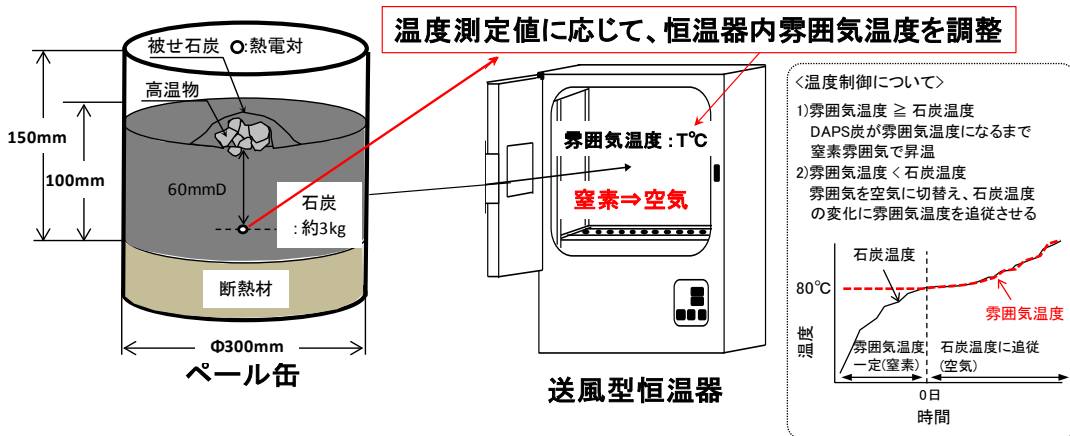


図 5-16 高温塊炭の混入を想定した委員会推奨ペール缶試験の概要

試験水準の一覧とその結果を表 5-2 に示す。試験はDAPS 炭温度、高温塊炭の温度および高温塊炭の重量が DAPS 炭の急激な温度上昇をするまでの日数に及ぼす影響を評価するため、DAPS 炭温度、高温物温度、高温物重量を変化させた、計 9 水準を実施した。試験の結果、全ての水準で急激な温度上昇を確認した。表中の×印は各 DAPS 炭温度条件で最も短期間に急激な温度上昇を示した水準である。

急激な温度上昇が確認されるまでの経過時間と石炭温度の関係を図 5-17 に示す。

表 5-2 試験水準一覧とその結果

試験目的	DAPS炭温度 [°C]	高温物温度 [°C]	高温物重量 [g]	急激な温度上昇が 確認されるまでの日数 [日]
DAPS炭温度 影響評価	80	250	300	0.9
	70	250	300	1.1 (×)
	60	250	300	4.2 (×)
高温物の温度 影響評価	80	250	300	0.9
	80	200	300	0.8 (×)
	70	250	300	1.1
	70	200	300	1.8
高温物の重量 影響評価	80	250	300	0.9
	80	250	100	1.1

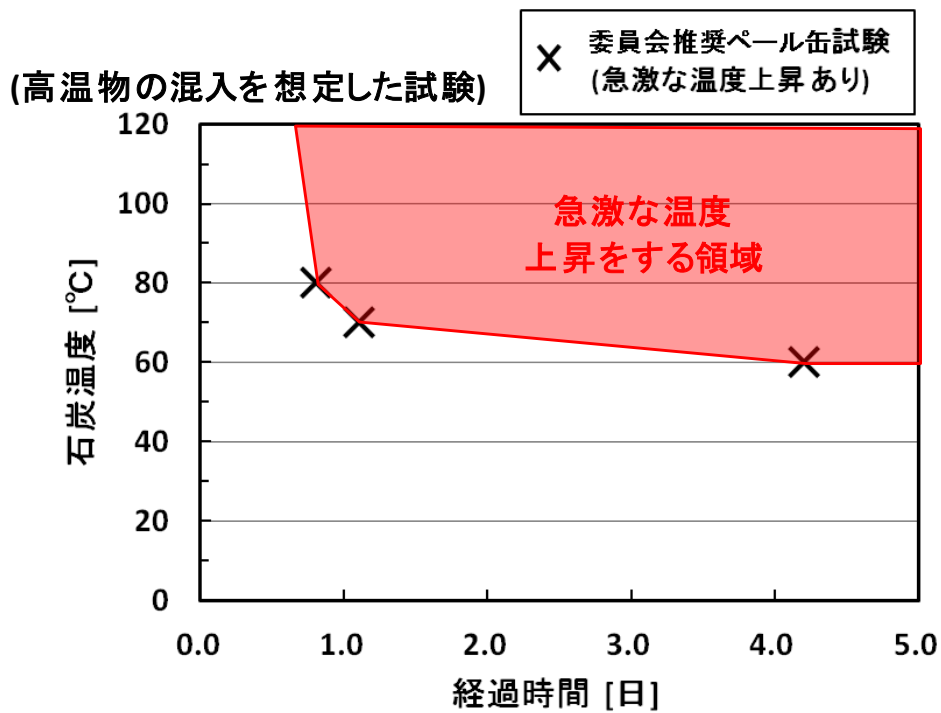


図 5-17 急激な温度上昇が確認されるまでの経過時間と石炭温度の関係

図より、高温物が混入すると、急激な温度上昇が生じるまでの時間が短縮されることがわかった(図 5-15 と比較)。また、高温物の温度 (250 °C→200 °C) 影響は、DAPS 炭温度 80 °C では明確な差異を確認できなかったが、DAPS 炭温度 70 °C では急激な温度上昇をするまで

の時間が長くなった。さらに、高温物の重量減少(300 g→100 g)影響は、急激な温度上昇をするまでの時間が若干延長した。

本試験の結果から、①DAPS 炭温度低下、②高温物温度低下、③高温物重量減少のいずれかの変化にともない、DAPS 炭が急激な温度上昇をするまでの期間は長くなることがわかった。本試験結果の傾向をエンタルピー的に評価した場合(系全体がもつ保有総熱量で評価した場合)、これらの試験結果の方向性は妥当であり、本試験は信頼性があると判断した。

以上より、DAPS 炭温度 70 °Cの条件では、DAPS 炭の自己酸化発熱のみ(図 5-8 中の Case A)では 5 日以上急激な温度上昇は確認されなかった。一方、DAPS 設備の流動床調湿機から高温(塊)炭が排出された場合(図 5-8 中の Case B)は、DAPS 炭温度 70 °Cの条件でも 1.1 日で急激な温度上昇が確認され、高温(塊)炭が混入した場合は DAPS 炭の自己酸化発熱が促進されることがわかった。

### 3) 貯蔵安全性評価試験

委員会推奨ペール缶試験は、SIT 試験からの試験スケールの変更による影響評価と雰囲気へ抜熱抑制を目的として試験を実施した。結果、SIT 試験では急激な温度上昇を示さなかった DAPS 炭温度 80 °C が委員会推奨ペール缶試験では急激な温度上昇を示したことから、試験スケールと抜熱抑制の影響を考慮することが詳細検討を進める上で重要なことがわかった。そこで、委員会推奨ペール缶試験(使用試料重量:約 3 kg)よりもスケールアップした(使用試料重量:約 300 kg)条件で試験を実施した。温度の調整は委員会推奨ペール缶試験と同様に雰囲気への抜熱を抑制した条件下で行った。

本試験は、一般財団法人 電力中央研究所が所有する、固体燃料貯蔵安全評価試験装置を使用して行った。

試験装置構成の概略を図 5-18 に示す。装置は、試料を充填する基礎容器(φ 0.5 m×h2 m)、そこにガスを供給するガス供給ラインおよび容器から排出されたガスの分析や試料温度等のデータを収集する解析装置から構成されている。

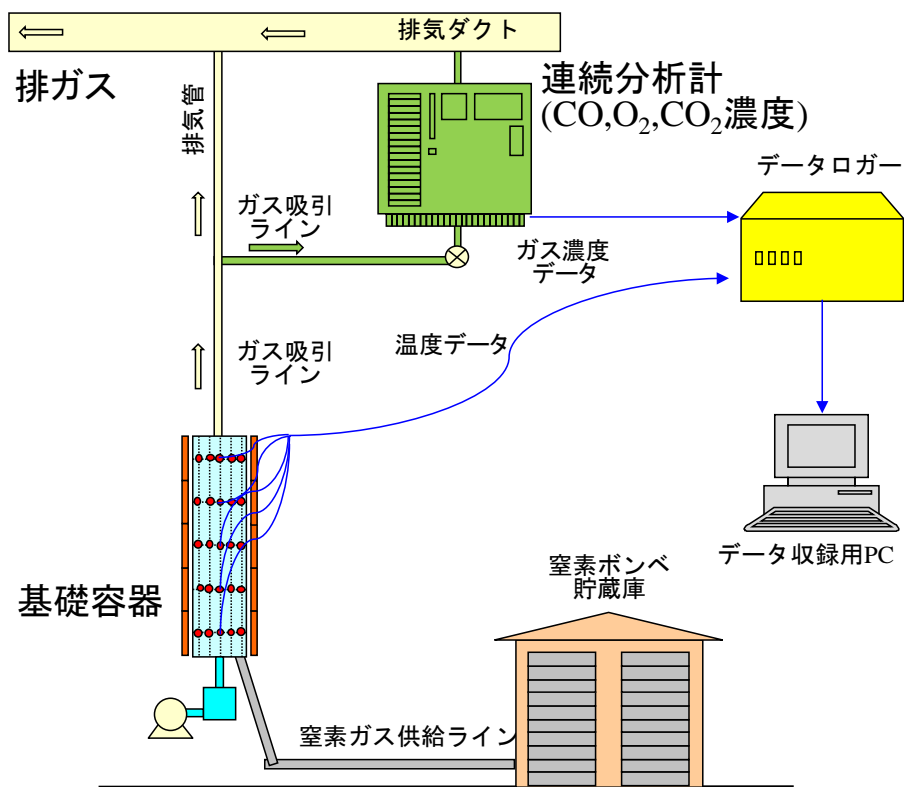


図 5-18 貯蔵安全性評価試験装置の概略図

基礎容器の構造の詳細を図 5-19 に示す。

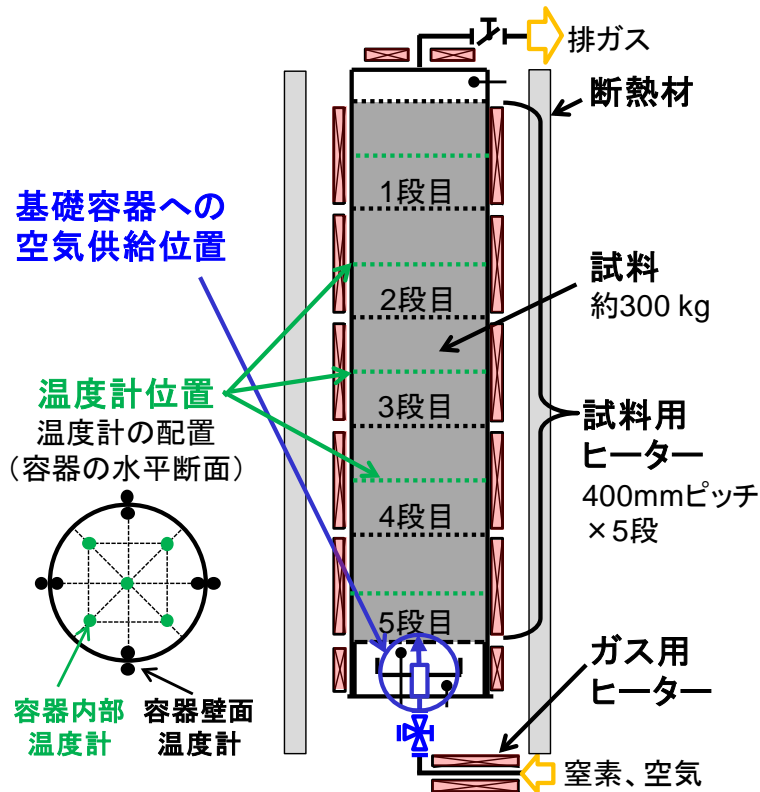


図 5-19 貯蔵安全性評価試験装置の基礎容器部の詳細図

基礎容器は底部からガスを供給し上部から排気する構造になっている。供給ガス管の周囲にはヒーターが巻かれており、所定温度のガスを供給できるようになっている。基礎容器部の周囲もヒーターで巻かれており、容器内の温度を所定温度に調節可能である。ヒーターは 5 段に分割されていて、ヒーター温度を段毎に設定できる。各ヒーター段の高さ中央部には 13 個の温度計が設置されており、容器内部の試料温度と容器壁面温度(内側、外側)を測定できるようになっている。ヒーター外周を断熱材で覆うことで外気温の影響を受けにくい構造にした。

試験条件の一覧を表 5-3 に示す。試験試料には DAPS 炭を使用した。基礎容器内に DAPS 炭を約 300 kg 充填した。試料は初期温度(60 °C)に達するまで昇温され、昇温期間は底部から窒素ガスを流し(流量 2 L/min, 流速 1 cm/min)試料の酸化を防止した。試料温度が所定温度に到達したことを確認後、ガスを窒素から空気に変えて、試験を開始した。試験中は各段の温度計を監視しながら、各段の容器内部温度平均値と容器壁面温度平均値が等しくなるように調整をし、委員会推奨ペール缶試験と同様に、断熱状態を模擬した。

試験は 10 日間行い、容器内の試料温度および排気ガス中の O<sub>2</sub> 濃度、CO 濃度を測定した。

表 5-3 試験条件一覧

試験条件		
試料	炭種	DAPS炭
	量	約 300 kg
容器	高さ	2 m
	直径	0.5 m
	容量	約 400 L
	容器内部温度計	5点(各段)
	容器壁面温度計	8点(各段)
供給ガス	ガス種	空気
	供給量(流速)	2 L/min (1cm/min)
	供給位置	基礎容器の下部から
温度	初期温度	60°C

容器内部温度の推移を図 5-20 に示す。試験開始後、徐々に温度上昇することがわかった。また、試験開始 10 日後の温度は表層から約 1.6m の 4 段目が最も高く、表層に近くなるほど温度が低くなる傾向がみられた。この理由は、表層からの抜熱を受けたためと考えている。

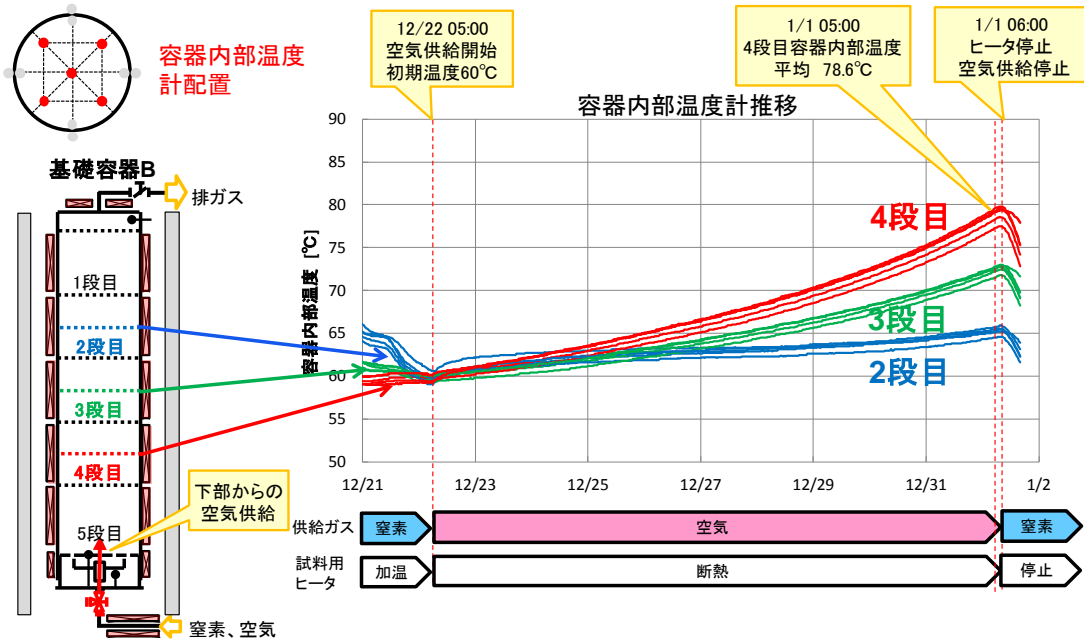


図 5-20 容器内部温度推移

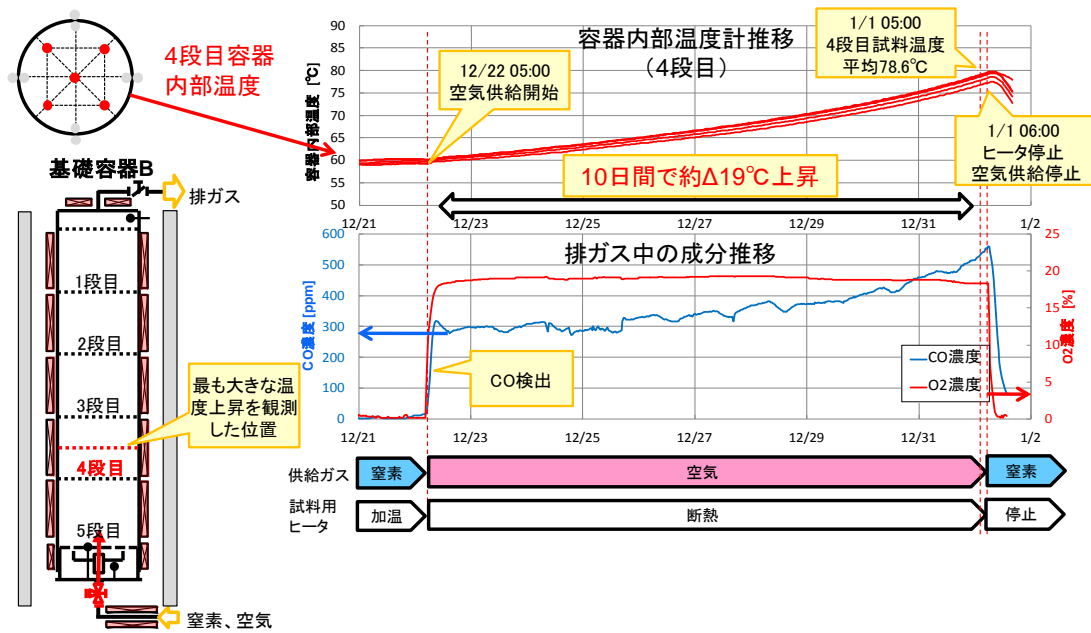


図 5-21 容器内部温度と排ガス中の O<sub>2</sub>, CO 濃度推移

図 5-21 に容器内部温度のうち試験期間中に最も温度上昇をした 4 段目の温度推移と排ガス中の O<sub>2</sub>, CO 濃度の推移を示す。最も温度変化をした 4 段目の温度は 10 日間で 19 °C 上昇した。また、温度上昇に伴い、排ガス中の CO 濃度も上昇をしている。これは系内で DAPS 炭の自己酸化反応が進行していたことを示しており、温度の上昇が酸化反応の反応熱に因るものであることの傍証となる。

以上より、石炭の自己酸化発熱による温度上昇は、表層より深部で表層からの抜熱影響が少なくなる領域で進行することがわかった。また、今回の試験条件では、DAPS 炭初期温度 60 °C のとき 10 日間で 19 °C 温度上昇することがわかった。

#### 4) 炭槽計算シミュレーション (DAPS 炭の酸化による自己発熱ケース)

実操業で使用している炭槽のサイズは非常に大きく(W13.1 m×L4.8 m×H11.0 m)、再現試験を行うのは困難である。また、槽内には空気流れもありそれを再現することも難しい。そこで、計算シミュレーションの技術を活用し炭槽内のDAPS炭の自己酸化発熱挙動を解析することとした。

当該計算シミュレーションは、出光興産株式会社(以下、出光興産(株)と記載)が保有する3次元自然発火シミュレーション技術を使用し、計算の実行を出光興産(株)に委託した。

炭槽内の発熱挙動の検討には、自然発火シミュレーションソフトウェア(出光興産(株)保有技術)と汎用熱流体解析ソフト FLUENT を使用した。自然発火シミュレーションは、石炭の自己発熱挙動の解析に必要な炭素発熱モデル、水分蒸発モデル、発熱・吸熱を伴う系内熱伝導モデルの3つから構成されている。シミュレーションに必要なDAPS炭の酸化反応速度はSIT試験で得られた実測値を使用した。FLUENTは炭槽構造の構築と境界条件の設定、炭槽内の流動計算に使用した。炭槽構造は名古屋製鐵所のNo.1コークス炉の2列炭槽とした。また、空気透過率、嵩密度、水分等の計算に必要なデータはDAPS炭の工業分析、粉体特性試験で得た実測値を使用した(表5-4)。

自然発火シミュレーションの計算フローを図5-22に示す。また、計算初期の炭槽内石炭層形状は実操業に近い山形とした(図5-23)。

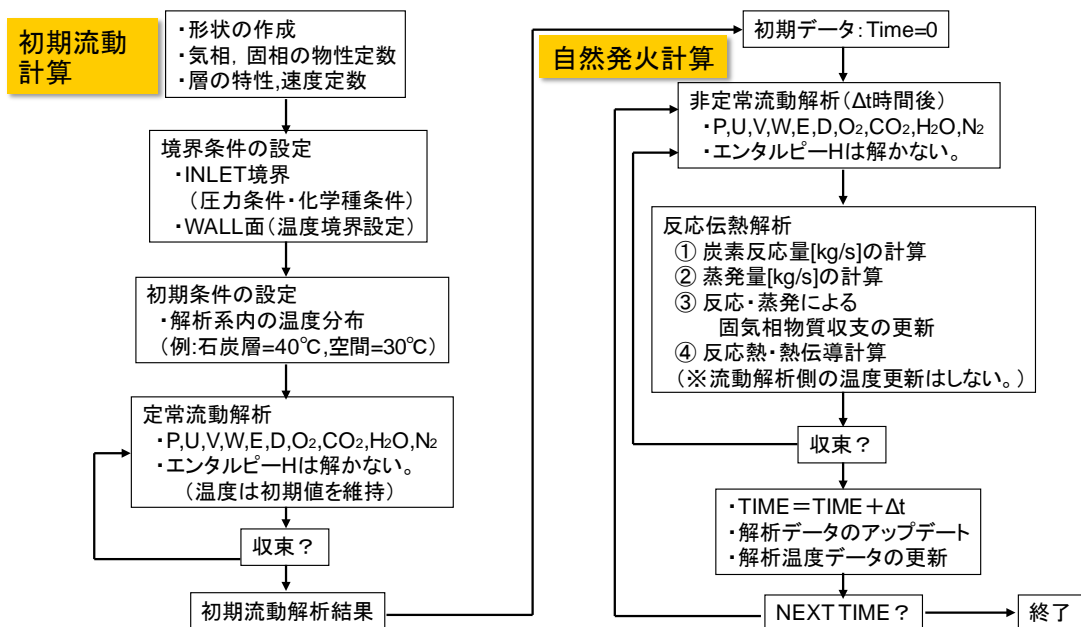


図 5-22 自然発火シミュレーションの計算フロー



表 5-4 DAPS 炭の工業分析、元素分析結果および粉体特性試験結果一覧

全水分	発熱量	工業分析				元素分析					嵩密度
		固有水分	灰分	揮発分	固定炭素	炭素 (C)	水素 (H)	窒素 (N)	硫黄 (S)	酸素 (O)	
wt%	kcal/kg	wt%	wt%	wt%	wt%	daf, wt%	daf, wt%	daf, wt%	daf, wt%	daf, wt%	g/cm <sup>3</sup>
2.4	7590	1.8	9.1	28.6	60.5	85.8	5.1	1.9	0.7	6.5	0.81
粒径 (mm)		0.075以下	0.075 ~0.150	0.150 ~0.250	0.250 ~0.500	0.500 ~1.000	1.000 ~2.000	2.000 ~4.750	4.750 ~9.500	9.500以上	
篩上重量比率 (wt%)		— 2.5	— 1.9	— 2.4	— 5.6	— 12.1	— 21.2	— 26.7	— 15.1	— 12.2	
篩上重量比率合計 (wt%)		2.5	4.5	6.9	12.5	24.7	45.9	72.6	87.7	100.0	

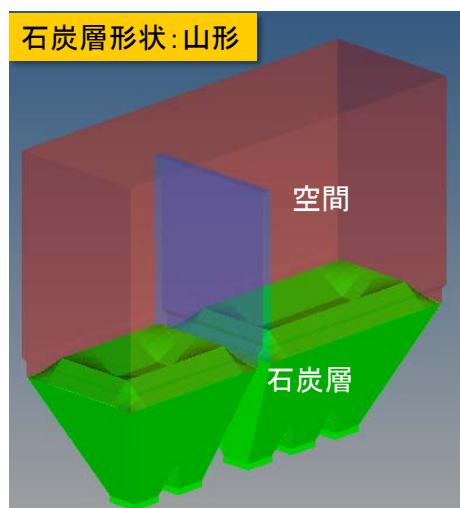


図 5-23 シミュレーションに使用した炭槽内石炭層の形状

上記のような計算方法で、空気流入条件、透過率、反応性等の各種パラメーターを変化させて全 108 ケースの検討を実施した(図 5-24)。

- ・**空気流入条件(3ケース)**  
密閉、自然流入、強制流入
- ・**透過率(3ケース)**  
 $1.09 \times 10^{-9}$ ,  $4.36 \times 10^{-9}$ ,  $25.9 \times 10^{-9} \text{ m}^2$
- ・**反応性(1m<sup>3</sup>中仮想石炭表面積)(2ケース)**  
 $163 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ,  $326 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- ・**炭槽温度(6ケース)**  
20,40,60,70,80,90°C
- ・**石炭種類: DAPS炭**
- ・**石炭粒子形状: 反応性相当径球形**
- ・**石炭層形状: 山形**
- ・**外気温: 25°C**  
空気流入条件(3) × 透過率(3) × 反応性(2) × 炭層温度(6) = 108 ケース

図 5-24 ケース検討条件一覧

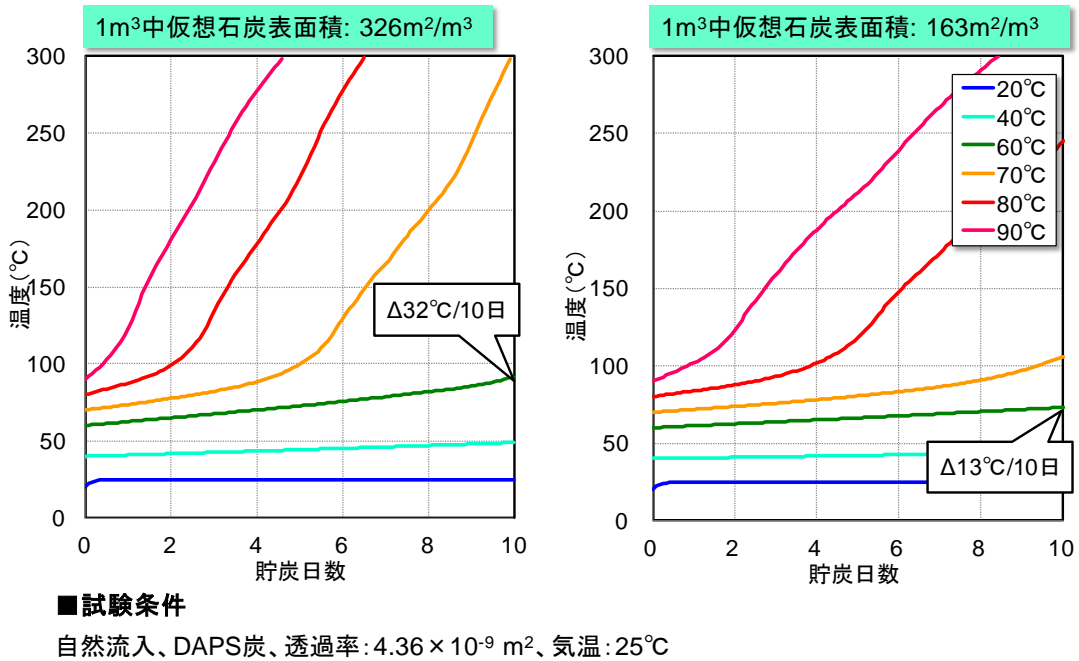
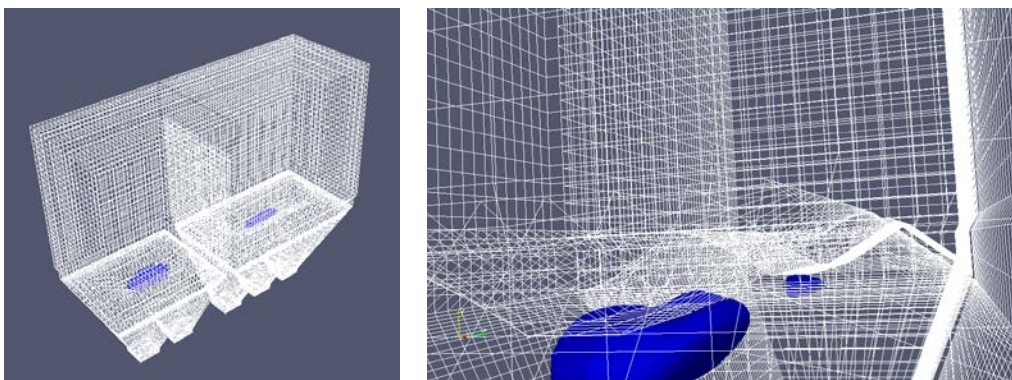


図 5-25 炭槽計算シミュレーション結果

炭槽計算シミュレーションの結果の一例を図 5-25 に示す。石炭温度 60 °C(緑線)に着目すると、貯炭から 10 日後の温度は、1m<sup>3</sup> 中仮想石炭表面積が小さい場合(163 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)は 13 °C、大きい場合(326 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)は 32°C上昇する結果となった。これは、先述の貯蔵安全性評価試験で得られた知見(10 日間で 19 °C温度上昇)とほぼ一致している。また、石炭温度 80 °C(赤線)の場合、DAPS 炭は 3~6 日程度で 150 °C程度に達する可能性のあることがわかった。また、今回の検討ケースでは、発熱する場所は石炭層中央部の表層付近と試算された(図 5-26)。



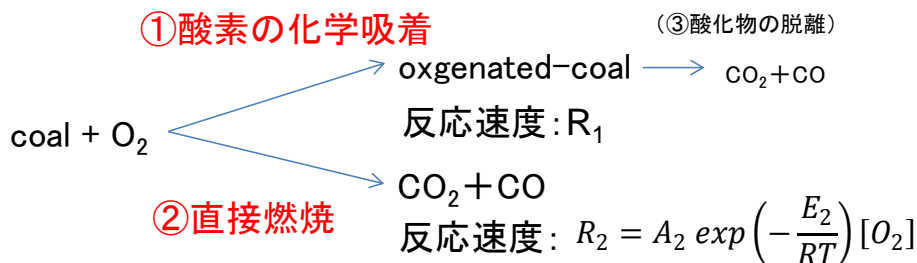
青: 150°C以上の領域

図 5-26 炭槽計算シミュレーション結果(発熱箇所)

5) 炭槽計算シミュレーション (局所的な高温物混入による DAPS 炭の自己発熱促進ケース)  
 出光興産(株)の炭槽計算シミュレーションでは、DAPS 炭の酸化による自己発熱ケース (Case A に相当)について検討をしたが、ここでは、炭槽内に局所的に高温物が混入して DAPS 炭の自己発熱が促進されたケース(Case Bに相当)について、炭槽計算シミュレーションを行った。

当該計算シミュレーションは、汎用流体解析ソフト FLUENT を用い、新日鐵住金(株)が、以下の手順で行った。た。シミュレーションの実行は以下の手順で行った。まず、文献から図 5-27 に示すような石炭の低温酸化現象のモデルを構築し、次に、必要なパラメーターの決定を文献値や試験結果のフィッティングで行った。

### 石炭の低温酸化現象モデル [1]



#### “①酸素の化学吸着”の反応速度[2]

elovich-equation

$$R_1 = \frac{dq}{dt} = A_1 \exp\left(-\frac{E_1 + Bq}{RT}\right) [\text{O}_2] \quad q: \text{積算反応量}$$

#### 参考文献

- [1] Wang H, Dlugogorski BZ, Kennedy EM. Prog Energy Combust Sci 2003;29:487-513.  
 [2] Nordon P, Young BC, Bainbridge NW. Fuel 1979;58:443-449.

図 5-27 石炭の低温酸化現象モデル

計算シミュレーションの妥当性を評価するため、先述した出光興産(株)が実施したシミュレーション結果との比較をおこなった。

計算は、DAPS 炭が炭槽 2 列内で酸化による自己発熱をしたケースを想定し、石炭初期温度 80 °C、DAPS 炭反応性大、透過率:4.36×10<sup>-9</sup> m<sup>2</sup>、気温 25 °Cの条件で行った(図 5-22 左図の条件に相当)。比較の結果を図 5-28 に示す。図より、どちらのモデルも 120 時間後(5 日後)には石炭温度が 200 °C程度に到達していることがわかる。この結果から、新日鐵住金(株)が作成した計算モデルは出光興産(株)のモデルとほぼ同程度の精度があると評価した。

次に、新日鐵住金(株)が作成したモデルを用いて、炭槽内に局所的に高温物が混入し、DAPS 炭の自己発熱が促進されるケースを検討した。

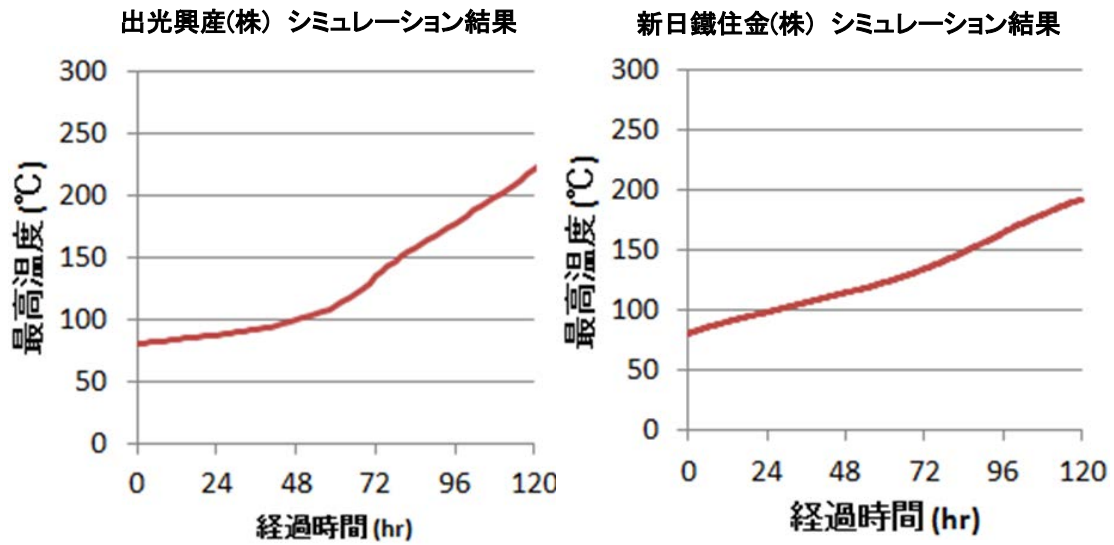


図 5-28 炭槽内計算シミュレーション比較

DAPS 設備後のベルトコンベアー上に設置されている放射温度計のデータから高温塊炭の検出頻度を調査した。その結果、10 分間に高温塊炭を 4 回検出しているケースがあることがわかった。また、1 回の検出で高温塊炭が複数個、排出されているケースがあることもわかった。このような操業実態に鑑み、炭槽内に高温塊炭が混入したことを想定した計算シミュレーションをおこなった。シミュレーションは以下の計算条件でおこなった。

空気流入条件	自然流入
透過率	$4.36 \times 10^{-9} \text{ m}^2$
初期石炭温度	70 °C
炭槽内貯炭量	100 t
外気温	25 °C
高温塊炭温度	250 °C
高温塊炭量 <sup>※)</sup>	1.5 kg

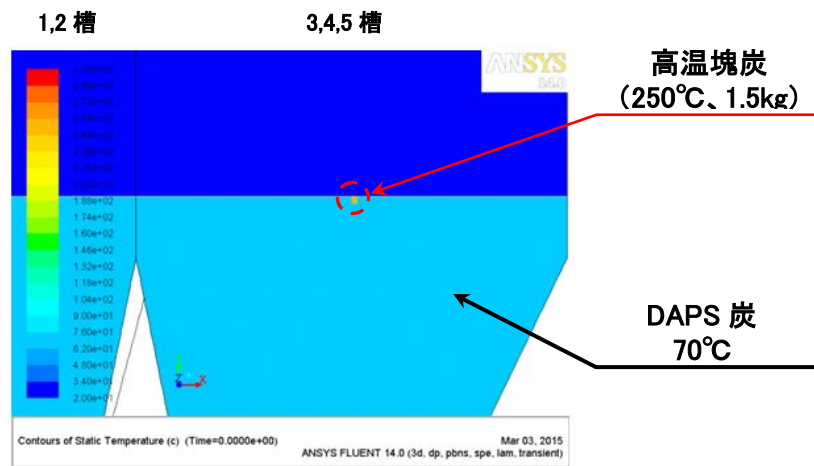
※) 高温塊炭量は八幡製鐵所の DAPS 操業実績から試算した。

$$\begin{aligned}
 \text{高温塊炭量[g]} &= 1 \text{ 分間の高温塊炭検出回数[回/min]} \times 1 \text{ 回の DAPS 炭搬送時間[min]} \\
 &\quad \times 1 \text{ 回の検出に含まれる高温塊炭個数[個/回]} \times 1 \text{ 個当たりの高温塊炭重量[g/個]} \\
 &= 0.4[\text{回/min}] \times 30[\text{min}] \times 2[\text{個/回}] \times 64[\text{g/個}] \\
 &= 1536[\text{g}]
 \end{aligned}$$

高温(塊)炭混入から 3 日後の炭槽内のシミュレーション結果を図 5-29 に示す。図より、DAPS 炭温度 70 °C の炭槽内に高温(塊)炭が混入した場合、3 日後には 300 °C 以上の高温域が生じることがわかる。高温(塊)炭の混入を想定した委員会推奨ペール缶試験(先述)では、70 °C の DAPS 炭に高温塊炭を混入した場合、1.1 日後に急速な温度上昇が確認された。委員会推奨ペール缶試験が実操業条件に比べて、より自己酸化発熱し易い条件で試験をしていることを考慮すると、本シミュレーションの結果は妥当であると評価した。

以上の結果、温度 70 °C の DAPS 炭が貯炭された炭槽内に高温(塊)炭が混入した場合、DAPS 炭は高温(塊)炭によって自己酸化が促進され急激な温度上昇をすることがわかった。

### 計算シミュレーション初期の温度分布



### 計算シミュレーション 3 日後の温度分布

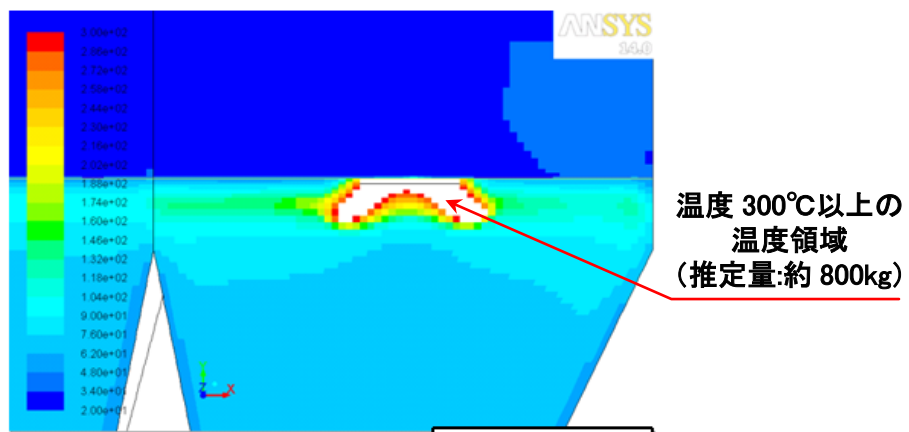


図 5-29 高温塊炭混入時の炭槽内シミュレーション結果

図 5-29 高温(塊)炭混入時の炭槽内計算シミュレーション結果

#### 5.2.4. DAPS 設備排出後の DAPS 炭の搬送過程での温度推移

これまでの検討結果から、DAPS 炭温度が高く炭槽内に長時間貯炭された場合、DAPS 炭は急激な温度上昇をする可能性があることがわかった。DAPS 設備から排出された DAPS 炭は何条ものベルトコンベアーを乗り継ぎ、炭槽へ搬送される。搬送される距離は製鐵所毎に異なり、搬送過程で DAPS 炭は冷却される。そこで、名古屋製鐵所の炭槽内の DAPS 炭温度を把握するため、DAPS 設備を持つ八幡製鐵所および大分製鐵所の DAPS 設備出口から炭槽間の DAPS 炭の温度降下を調査した。

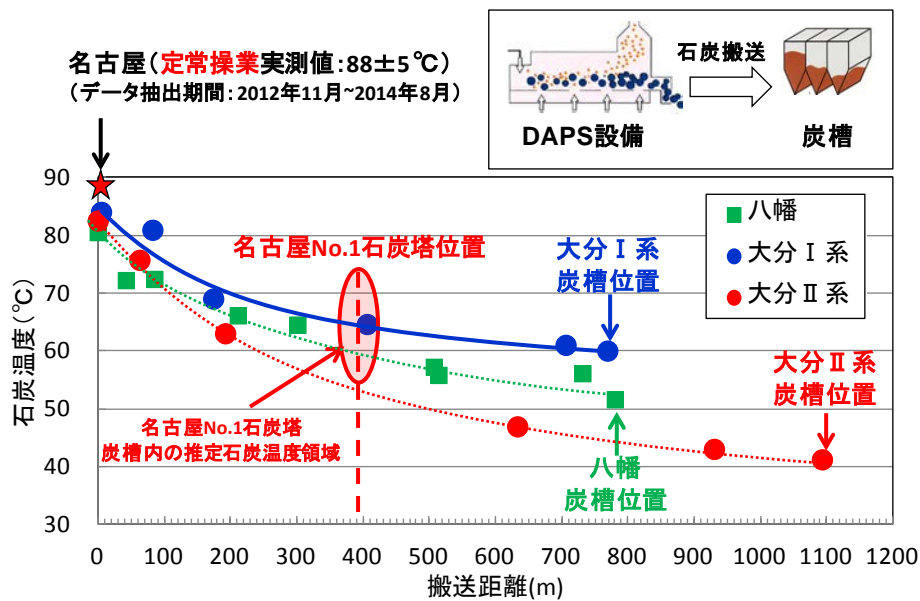


図 5-30 八幡製鐵所、大分製鐵所の DAPS 炭の搬送距離と DAPS 炭温度の関係

図 5-30 に八幡製鐵所・大分製鐵所における DAPS 炭の搬送距離と DAPS 炭温度の関係を示す。いずれの製鐵所でも搬送距離が長くなるにつれて石炭温度が低下することがわかる。名古屋の DAPS 設備操業実績と本調査結果を基に名古屋の炭槽内の DAPS 炭温度を推定すると、定常操業時の名古屋の炭槽内 DAPS 炭温度は約  $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  程度であったと推定される。

#### 5.2.5. 想定原因の絞込み結果

以上、今回の火災事故原因の可能性が高いと考えられる 2 つのケースについて詳細検討を行った。検討結果を基にそれぞれのケースについて再度、その可能性について考察した。

Case A：炭槽内に一定期間貯炭した DAPS 炭が酸化により自己発熱して昇温した。

⇒名古屋の DAPS 操業実績と、八幡・大分で実測した DAPS 炭の温度降下特性から名古屋の炭槽内温度を試算すると、最大で、炭槽内温度が 70 °C を超えていた可能性がある。委員会推奨ペール缶試験の結果から、70 °C を超えた DAPS 炭は急激な温度上昇をする可能性が判明し、本事故においても DAPS 炭が一定期間経過により、炭槽内で自己発熱した可能性がある。

Case B：DAPS 設備から高温(塊)炭の排出。ベルトコンベアーで搬送されて炭槽内へ混入。

⇒通常の DAPS 操業を行っていても高温(塊)炭が混入した場合、DAPS 炭の急激な温度上昇を促進する可能性があることが判明した。事故当時、高温(塊)炭に対する自動散水設備が十分に機能していなかった可能性があることから、炭槽内への高温(塊)炭混入の可能性は否定できない。2 列炭槽 1,2 槽に発熱の痕跡がないため、高温(塊)炭が混入したとすると、2 列炭槽 3,4,5 槽へ混入した可能性がある。

上記の Case A または Case B が生じた直接原因(推定)に対し、その対策の方向性を記載する。

直接原因①：DAPS 炭を炭槽内に貯炭(約 4 日)

対策：貯炭管理基準を設け、炭槽内での急激な温度上昇を防止する。

直接原因②：高温(塊)炭の炭槽内への混入

対策：炭槽に高温物が混入しない対策を施す。

### 5.3. 直接原因 可燃性ガスの発生から火災事故に至るメカニズムの検証

5.2 項では、炭槽内石炭の発熱から可燃性ガスが発生するメカニズムについて検証を実施した。5.3 項では、第 2 段階として可燃性ガスの発生から火災事故に至るメカニズムを検証する(図 5-31)。物質が燃焼するためには、①可燃物、②着火源、③酸素の三要素が必要であり、①可燃物、②着火源、③酸素がどのような経緯で同時に存在し、火災事故に至ったのか検証する。

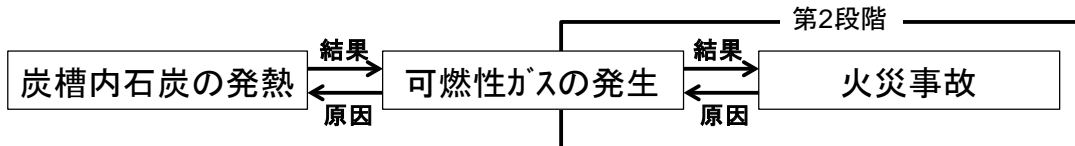


図 5-31 火災事故発生の推定メカニズム

#### 5.3.1. 炭槽内の時系列変化の推定

図 5-32 に、空気と可燃物の混合時の燃焼範囲の概念図を示した。可燃物には、燃焼可能となる空気との組成範囲が存在し、燃焼下限と燃焼上限の範囲内で空気と混合したガスが、着火源と接触すると燃焼に至る。火災事故発生時の作業と監視の記録から炭槽内の状況を推定した。

注) 自然発火温度: 着火源が存在しなくても、燃焼を開始する温度  
(CO の場合は 609 °C)

注) 燃焼範囲: 周囲に着火源が存在する場合、燃焼する領域

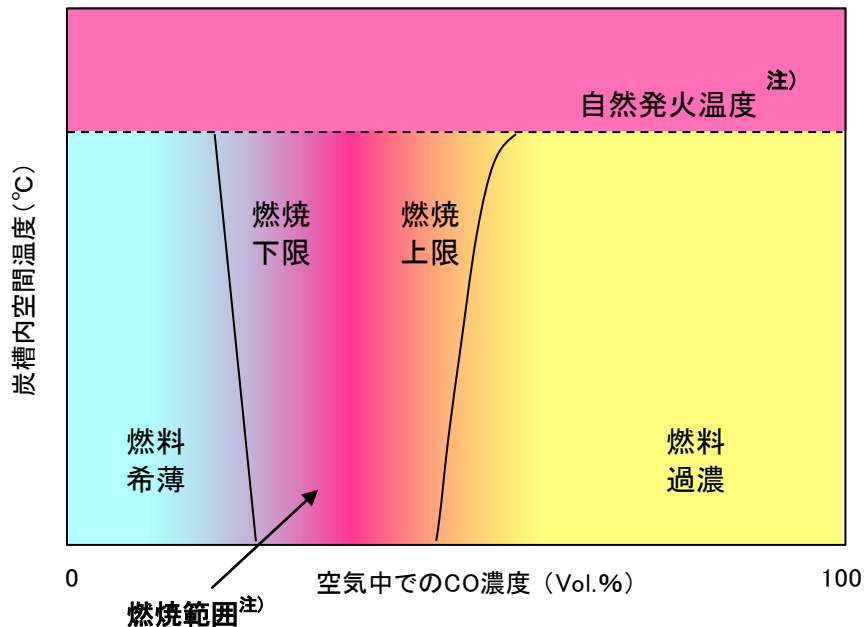


図 5-32 空気と可燃物(CO)の混合時の燃焼範囲の概念図



1) DAPS 炭最終送炭から石炭塔南東部の異常検知までの経過

(1) 作業と監視の記録

2014 年

8 月 30 日

13 時 32 分 DAPS 炭 2 列最終送炭

9 月 3 日

10 時 10 分 CO 濃度計 100 ppm 超瞬時検知(※)  
光ファイバー温度計温度上昇検知(※)

10 時 24 分 サーモビューア 80 °C 超検知、発報

10 時 30 分 CO 濃度計 100 ppm 超検知、発報

※) 事故後の検証で確認できた事実

(2) 炭槽内の状況推定

8 月 30 日 13 時 32 分 2 列に最終送炭後、4 日間貯炭した DAPS 炭が発熱し可燃性のガスが発生したと推定される(5.2 項で検証)。9 月 3 日の 10 時 10 分頃より石炭塔南東部(2 列 3,4,5 槽上部付近)にて、温度上昇や可燃性ガスが発生していたことが確認されている。

以上から、炭槽内では発熱した DAPS 炭が可燃性ガスを発生させており、炭槽内の雰囲気は燃焼範囲内の組成となっていた可能性がある。ただし、着火源となり得る発熱部位が分離しており、火災事故には至らなかったと推定した。図 5-33 に、2 列 3,4,5 槽内の時系列変化の推定を示す。

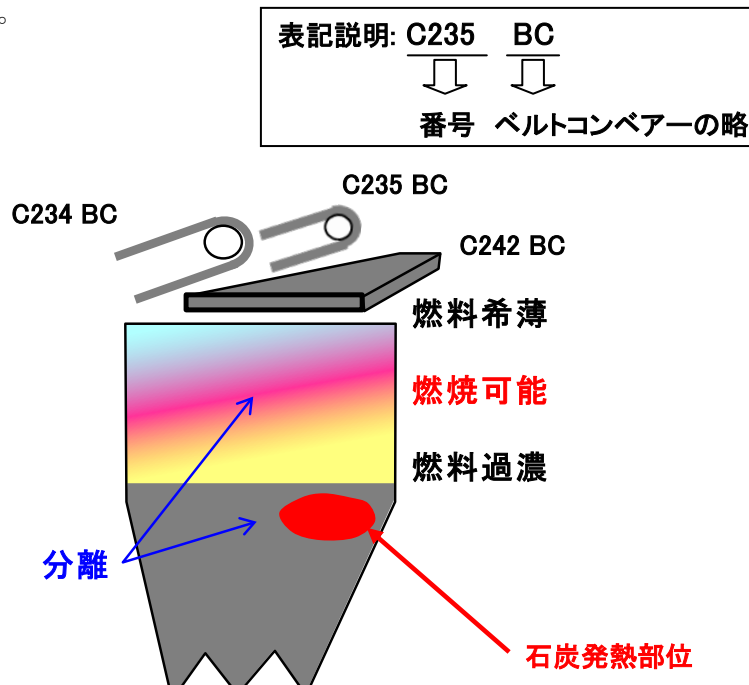


図 5-33 2 列 3,4,5 槽内の時系列変化の概念図  
(9 月 3 日 10 時 10 分頃)

2) 1回目から4回目の払い出しまでの経過

(1) 作業と監視の記録

9月3日

11時15分 炭槽2列 DAPS 炭払い出し(1回目)  
11時29分 炭槽2列 DAPS 炭払い出し(2回目)  
11時45分 炭槽2列 DAPS 炭払い出し(3回目)  
12時00分 炭槽2列 DAPS 炭払い出し(4回目)  
12時01分 4回目の DAPS 炭払い出し中  
石炭塔からの煙が黒色化

(2) 炭槽内の状況推定

炭槽内で石炭の高温部分が可燃性ガスを発生させている状態で、11時15分より石炭の払い出しを開始した。炭槽内では、1～3回目の払い出しに伴い、石炭の高温部分(着火源)が表層付近へ移動したと推定される(図5-34左)。4回目の払い出し中には、石炭塔から黒煙の発生が確認されている。以上から、炭槽内では、石炭の払い出しに伴い、炭槽内の石炭残量が少なくなり、一部が空槽化したと思われる。この空槽化した炭槽下部から短時間空気が流入したことで、高温部分付近の一部の可燃物が燃えたために黒煙が発生したと推定した(図5-34右)。

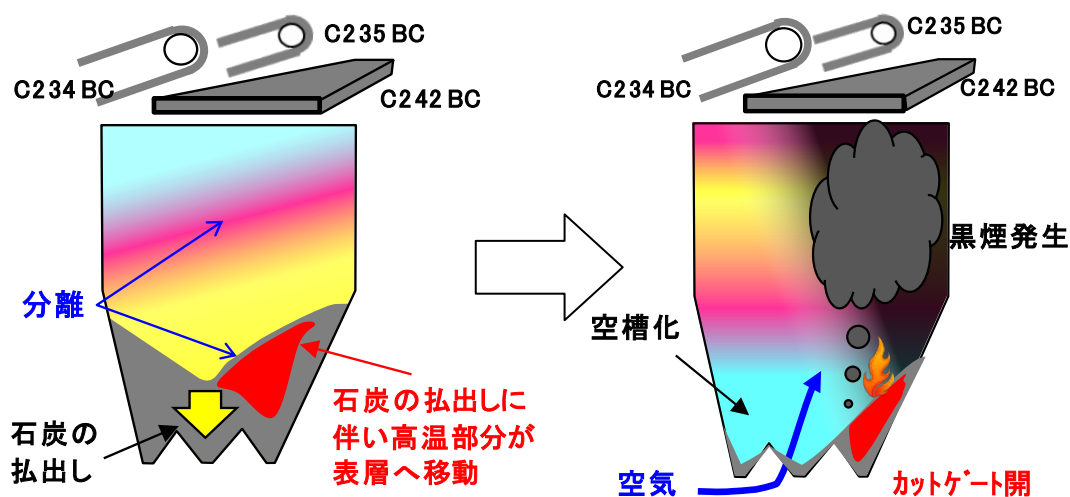


図5-34 2列3,4,5槽内の時系列変化の概念図

(9月3日 11時15分～12時01分 1～4回目の払い出し)

3) 5回目の払い出しからベルトコンベアー着火・延焼、火災事故に至るまでの経過

(1) 作業と監視の記録

9月3日

- 12時10分頃 炭槽2列DAPS炭払い出し(5回目)  
(12時10分時点で装炭車が石炭塔下にいることを確認)
- 12時09分 C242BC 光ファイバー温度計断線(石炭塔南側から9m地点)
- 12時12分 石炭塔から出る黒煙が沈静化
- 12時15分 C234BC 切断
- 12時20分 C235BC 光ファイバー温度計断線(石炭塔西壁付近)
- 12時35分 火災事故発生

(2)-1 炭槽内の状況推定 5回目の払い出しからBC着火・延焼に至るまで

9月3日12時09分、C242BC光ファイバー温度計が断線した(石炭塔南側から9m地点)。さらに周囲のBC234BCに延焼した。炭槽内は、4回目の払い出しで、炭槽内は既に一部空槽化しており、5回目の払い出し開始時に、炭槽下部から空気が急激に流入したと推定した。また、空気の流入に伴い石炭の高温部分が露出することで、高温部付近において燃焼の3要素が全て共存し部分的に着火した部位が上部に吹き上げられることにより3,4,5槽上部に位置するC242BCが着火し延焼したと推定した(図5-35)。

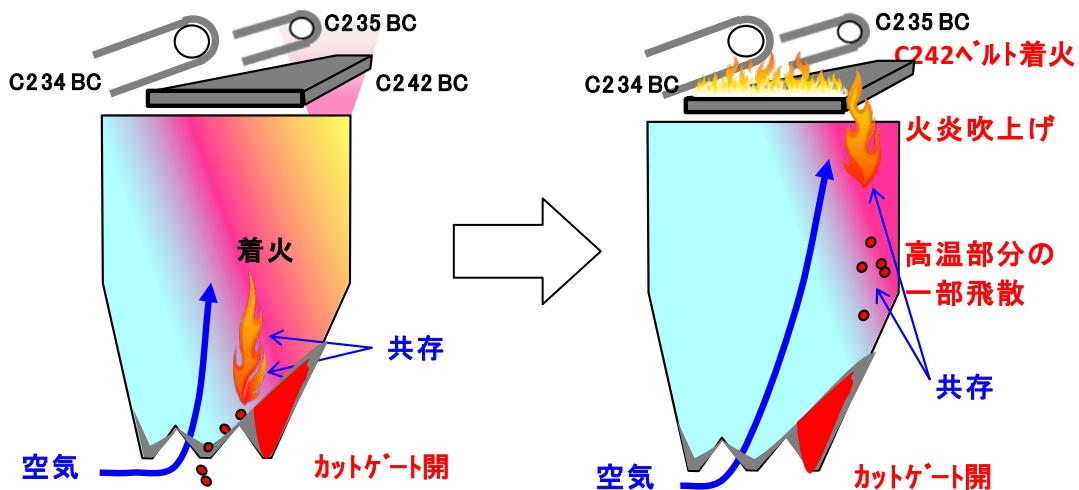


図 5-35 2列3,4,5槽内の時系列変化の概念図  
(9月3日12時10分頃 5回目の払い出し開始時)

(2)-2 炭槽内の状況推定 BC 着火・延焼から火災事故発生に至るまで

9月3日12時12分、石炭塔から排出された黒煙が沈静化した。これは、5回目の払い出しを終え、カットゲートが閉められたことにより炭槽内の下部からの空気流入が遮断されたためと推定した。炭槽内では、石炭の高温部が槽内に置換された空気中の酸素で酸化発熱し、さらに可燃性ガスを発生することで炭槽内の雰囲気は燃焼範囲の組成に置換され始めたことと推定される。また上部では、着火したC242BCが延焼しC234BC、C235BCが燃焼しており着火源が供給されやすい環境となっていたと推定した(図5-36)。

12時35分に火災事故が発生した。5回目の払い出し後から23分が経過したことで炭槽内の雰囲気は燃焼範囲の組成となっていたと考えられる(5.3.2.項で後述)。着火源は、以下の2ケースが想定される。

ケース1：炭槽上部で燃焼していたベルトコンベアーの火が着火源となった可能性(図5-37左図)。

ケース2：炭槽内残留炭の高温部が着火源となった可能性(図5-37右図)。

ケース1の場合は、炭槽内から炭槽上部に漏れた混合気と着火源が接触するため、燃焼下限域から火災事故に至ったと推定される。一方、ケース2の場合は、炭槽下部から流入した空気によって希釈された炭槽内の混合気と着火源が接触するため、燃焼上限域から火災事故に至ったと推定される。

混合気と着火源がケース1またはケース2の状況を経て接触し、燃焼したことで炭槽内のガスが炭槽の外部へ流出して広範囲におよぶ火災事故に至ったと推定した(図5-37)。

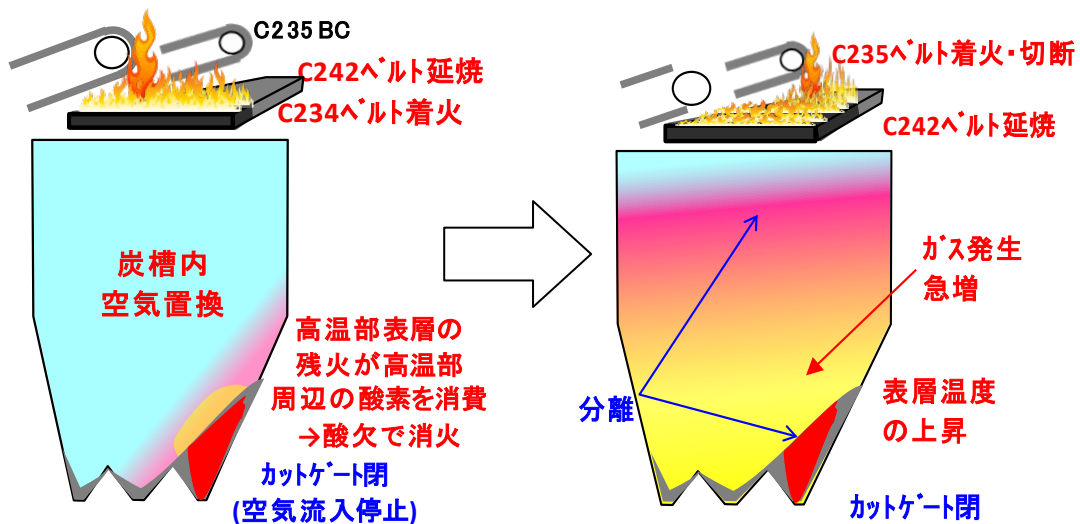


図5-36 2列3,4,5槽内の時系列変化の概念図

(9月3日12時12分～20分5回目の払い出し後)

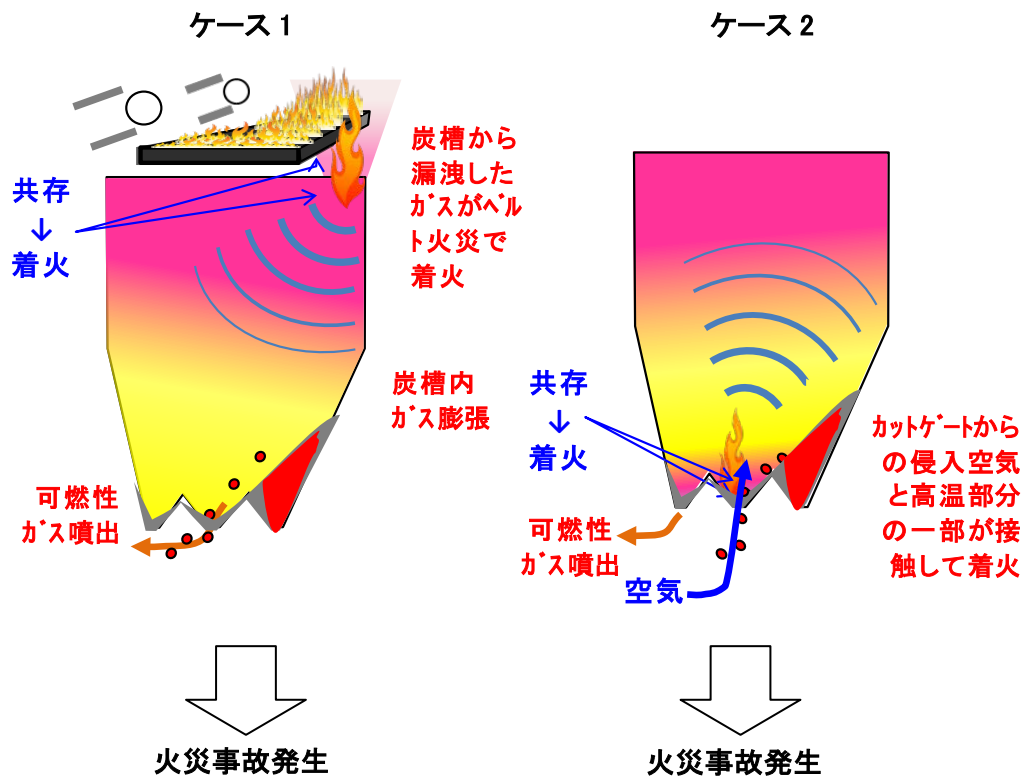


図 5-37 2列 3,4,5 槽内の時系列変化の概念図  
(9月3日 12時35分 火災発生時)

炭槽内における以上の経過を経て、記録を基に火災事故に至るメカニズムを推定した。上記推定の検証として、5.2項では、2014年8月30日のDAPS炭の炭槽2列への最終送炭から9月3日の10時10分頃の石炭塔の異常検知から火災事故発生前までにDAPS炭が発熱し可燃性ガスを発生し得ることを確認した。5.3.2項では、火災事故に至る直前の払い出し作業である9月3日12時12分の5回目の払い出し終了後から12時35分の火災事故に至るまで、火災事故に至る十分な可燃性ガスが発生していたのか定量的に検証した。

### 5.3.2. 火災事故発生前の可燃性ガス発生量の検証

火災事故に至る直前の払い出し作業である9月3日12時12分の5回目の払い出し終了後の炭槽内が空気に置換された状態から、12時35分の火災事故に至るまでの23分間で、火災事故に至る十分な量の可燃性ガスが発生するのかを検証する。

#### 1) 可燃性ガスの発生速度

5回目の払い出し終了後、炭槽内が空気に置換された状態であると推定したことから、空気雰囲気下におけるDAPS炭からのガス発生を試算した。表5-5に空気雰囲気下でDAPS炭を加熱した際の可燃性ガスの発生速度を示す。主な可燃性の成分はCOである。また、300～600℃の温度域でガスの発生速度が急増することがわかった。

表 5-5 DAPS 炭からのガス発生速度 (μl/mg/min)

	100～200	200～300	300～400	400～500	500～600	600～700
CO	0.0	0.9	5.4	22.7	8.1	0.3
CO <sub>2</sub>	0.1	1.5	9.4	26.2	9.6	0.5
炭化水素	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
トータル	0.1	2.4	14.7	49.2	17.7	0.9

#### 2) 23分間で発生する可燃性ガス量

上記のガス発生速度を基に、DAPS炭から23分間で発生した可燃性ガス量を算出した(図5-38)。2列3,4,5槽炭槽容積は266m<sup>3</sup>であり、300～600℃の温度域では、1t未満のDAPS炭から発生した可燃性のガスで炭槽内が満たされることがわかった。火災事故発生後に炭槽内で確認された推定残炭量は1～4tであり、23分間で炭槽を満たす可燃性ガスを発生するのに十分なDAPS炭が残っていたことになる。

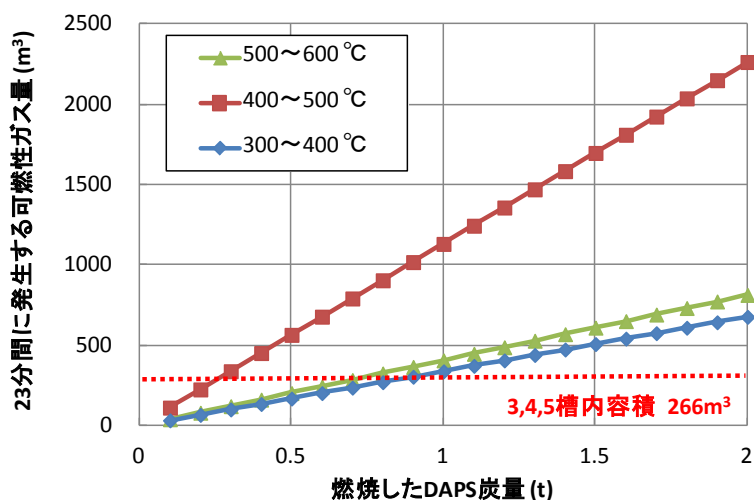


図 5-38 空気雰囲気下で加熱(燃焼)した DAPS 炭量と 23 分間に発生する可燃性ガス量

以上の結果より、5 回目の払い出し終了後に炭槽内が空気に置換された状態から、火災事故に至るまでの 23 分間で、火災事故発生に至る十分な可燃性ガスが DAPS 炭より発生し得ることがわかった。火災事故に至った燃焼は、5.3.1 項で記述のとおり、燃焼下限域または燃焼上限域で生じた可能性がある。本検証では、空気雰囲気下で発生する可燃性ガス量(CO が主な可燃性の成分)を検討の前提とした。また、炭槽からの火炎がギャラリー内を伝播した際、ギャラリー内に堆積をしていた粉塵が巻き上げられて火炎形成を助長した可能性もある。

#### 5.4. 直接原因のまとめ (推定)

推定される直接原因を明確化するため、火災事象を時系列で整理した結果を図 5-39 に示す。

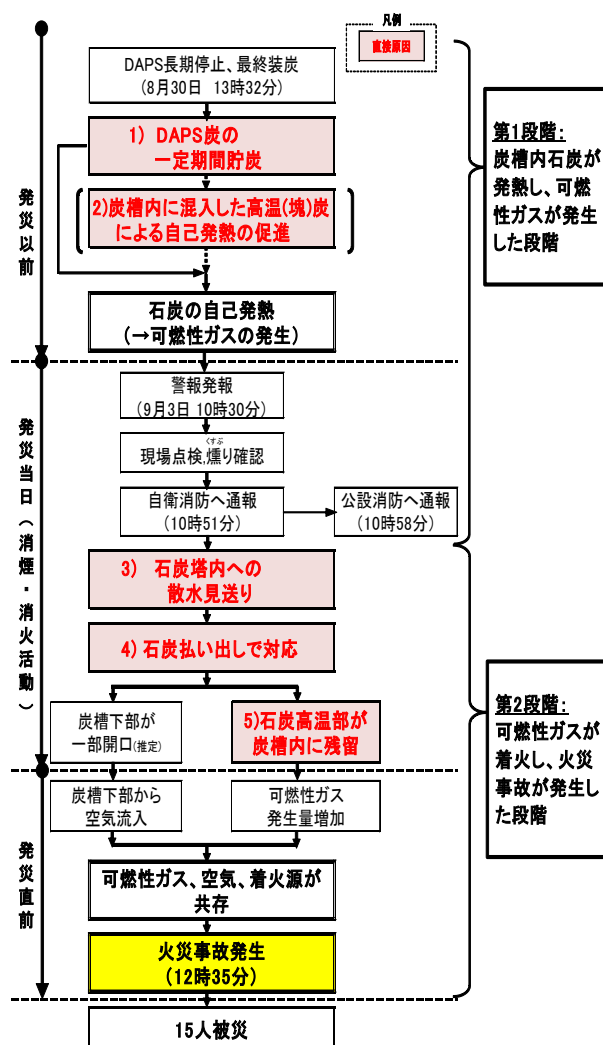


図 5-39 火災事故関連事象の時系列と直接原因 (推定)

第 1 段階 :

2 列炭槽 3,4,5 槽内に約 4 日間貯炭された DAPS 炭が、酸化による自己発熱したことまたは炭槽内に混入した高温(塊)炭によって局部的に自己発熱が促進されたことによって CO ガス主体の可燃性ガスが発生した。

⇒直接原因

1) DAPS 炭の一定期間貯炭  
(約 4 日間)による自己発熱

または、

2) 炭槽内に混入した高温(塊)炭による自己発熱の促進

第 2 段階 :

石炭塔内が高 CO 濃度等であったため、散水を見送り DAPS 炭の払い出し対応をした。炭槽からの DAPS 炭払い出しによって炭槽の一部が空槽化したことで炭槽下部から空気が流入する状態となった。炭槽内に高温部分が残留し炭槽内部が高温になっていたためドラフト効果で空気が急激に流入し、炭槽内残留炭の高温部分の一部が吹き上げられ炭槽上部ベルトコンベアーに着火・延焼し

た。着火源はこのベルトコンベアーの火または炭槽内残留炭の高温部であったと考えられる。

⇒直接原因

- 3) 炭槽内への散水を見送り、払い出しにて対応を行ったこと  
(予期せず、炭槽内に石炭高温部が残留)

以上のように、当委員会は、火災事故の時系列から直接原因の明確化を行い、再発防止に対する提言を以下のようにまとめた。

<直接原因(推定)と再発防止対策の提言>

<直接原因(推定)>

- 1) DAPS 炭の一定期間貯炭(約 4 日間)による自己発熱 または、
- 2) 炭槽内に混入した高温(塊)炭による自己発熱の促進
- 3) 炭槽内への散水を見送り、払い出しにて対応を行ったこと  
(予期せず、炭槽内に石炭高温部が残留)



<委員会提言> 直接原因への対応

- 1) DAPS 炭の炭槽での管理方法の見直し
- 2) 石炭塔内、炭槽内での火災発見の早期化対策
- 3) 高温(塊)炭を炭槽内に混入させない対策
- 4) 石炭塔内、炭槽内の消火設備の充実

## 5.5. 間接要因

### 5.5.1. 間接要因の掘下げ

今回の調査により明らかになった DAPS 炭の自己発熱から火災事故に至った直接原因は、石炭化学に関する高度な知見に基づく調査・検討の結果判明したものであり、従来の知見では予測困難であった。再発防止のためには、本調査結果に基づく具体的対策の立案・実施と全社横展開、併せて潜在的なリスクの抽出が行える体制を構築することが重要である。

実際に火災事故に至るまでには、それらの直接原因のみならず、その背景にある、操業・設備管理、安全・防災活動、組織運営などによる間接的な要因があり、再発防止対策の検討にあたっては、それらとの因果関係を明らかにする必要がある。そこで、直接原因について深掘りを実施し、それらを精査する過程で間接要因を明確化し、再発防止対策を具現化するために間接要因のさらなる掘下げを実施した。図 5-40 に直接原因と間接要因を含めた火災事故の推定発生フローを示す。委員会では、発災以前と発災当日に起きた事象の背景には 4 つの大きな間接要因が潜んでいたと考えている。次項以降ではその詳細と再発防止対策について記載する。



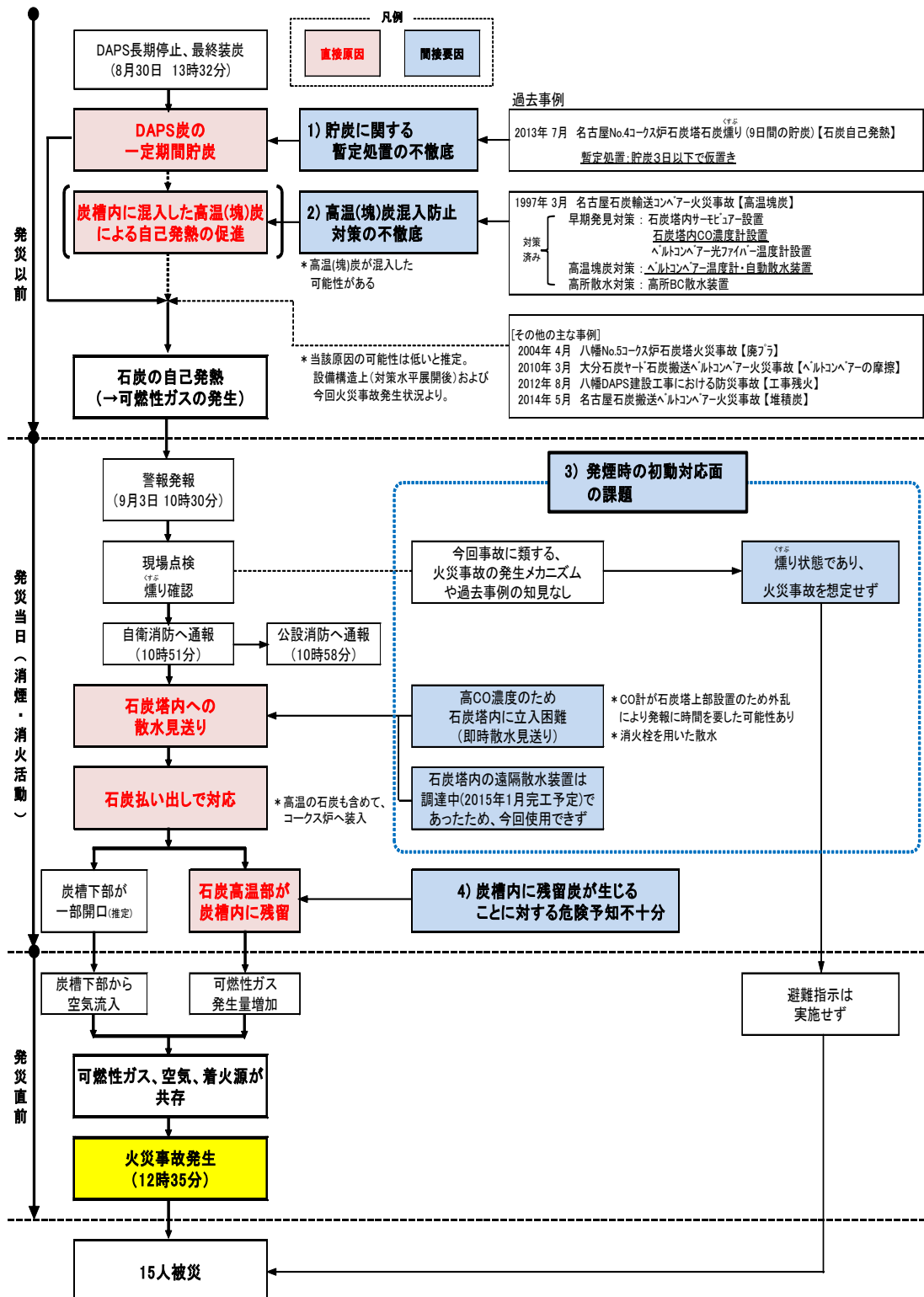


図 5-40 直接原因と間接要因を含めた火災事故の発生フロー (想定)

### 5.5.2. 間接要因の詳細（想定）

#### 1) 貯炭に関する暫定処置の不徹底

名古屋製鐵所では2013年7月23日にNo.4コークス炉石炭塔2列炭槽にDAPS炭を9日間貯炭したことによる燻りトラブルが発生している。製鐵所内では防災トラブル発生時には関係部門（環境防災部門他）を交えた原因究明と対策の検討を実施する体制としており、事故報告書による情報の共有化を実施していた。本トラブルもこの通例に則り、トラブル後に事故報告書を作成し、貯炭日数に関する暫定処置（暫定処置：貯炭3日以下）を設定し、情報共有を実施した。その結果、2013年10月に実施したDAPS設備定期修繕工事では、炭槽からのDAPS炭の払い出しが行われており、この暫定処置が運用されていたことがわかった。しかしながら、本委員会で検証を進める過程で、トラブル後の対応について以下のような事項が不足していた可能性が明らかとなった。

##### (1) 技術的検証・深掘り不足

- ・2013年7月23日の石炭の燻りでは、炭槽への散水後にDAPS炭の払い出しを行ったため、軽微な燻りで収まった。そのため原因調査の技術的な深掘りが不足していた可能性がある。
- ・貯炭日数に関する暫定処置を設備修繕の観点から設定しており、技術的な根拠（石炭の自己酸化発熱等の技術的な検討。ただし、自己酸化発熱に関する知見は、今回の検討で明らかになった部分が多い。）に基づいた対策となっていなかった。

⇒【防災マネジメントの強化】

##### (2) 暫定処置運用の不徹底、所管理部門（環境防災室等）のフォロー不足

- ・メール、朝会、職場連絡会および操業検討会で情報共有はしたものの、貯炭日数に関する暫定処置の設定後に指示書・標準書の発行までは行われていなかったため、コークス工場内の情報共有が不足していた可能性がある（炭槽内の貯炭管理業務は二つの担当課の境目であり、本来密な連携が必要であった。）。また、所管理部門のフォローも十分でなく当該暫定処置が継続的に運用されているとの認識も希薄であった。

⇒【標準化および運用の強化、防災マネジメントの強化】

#### 2) 高温(塊)炭混入防止対策の不徹底

名古屋製鐵所では1997年3月27日に、DAPS設備から排出された高温(塊)炭がベルトコンベア下の堆積炭またはリターンローラーに落下し、ベルトコンベアが延焼するトラブルが発生している。トラブル発生後は、高温(塊)炭の発生を検知する放射温度計を1回/日点検することを標準化(放射温度計に懐中電灯を照射による模擬テスト)して、現場はその標準に従って日々の点検結果を日報に記録し、放射温度計の動作不良(発塵影響等)時にはレンズ面の清掃を実施していた。また、定期的な温度計の校正も実施していた。更に、発塵への対策として集塵機の増強を実施中であった。

一方、本委員会で検証を進める過程で、トラブル後の対応について以下のような事項が

明らかとなった。

(1) 高温(塊)炭の管理に関する知識不足・教育不足

石炭調湿条件の変化に伴い DAPS 炭からの発塵が増加した。発塵が増加したため放射温度計の点検時に温度計が反応せず、散水が作動しない事象が発生していた。しかし、懐中電灯の光では無反応の放射温度計が高温(塊)炭で反応したという過去事例等から、現場では、点検時に無反応でも「レンズ清掃で作動する」、「高温(塊)炭には反応する」等の認識をもちながら点検を継続していた。結果、温度計の検知不良が見逃されていた可能性がある。

⇒【防災教育の充実化、危険予知活動の強化】

(2) 上位管理者の防災マネジメント、情報共有化不十分

上位管理者に届く日々の日報情報が多く、放射温度計の点検結果が埋没していた可能性がある。さらに、上位管理者と現場責任者との対話による情報交換の頻度を増やすことで慢性的な課題を掬い上げることができた可能性がある。

⇒【防災に関する情報共有の強化】

3) 発煙時の初動対応面の課題

火災事故発生当日、10時30分に石炭塔内のCO濃度計が警報を発報した。石炭塔内CO濃度計の常時監視システムが構築されていたため、統括センターのオペレーターは即座に現場作業員に対し現場確認を指示することができた。現場作業員は速やかに石炭塔へ向かい、現場確認で2列炭槽付近からの燻りを確認し、統括センターのオペレーターにその旨を連絡した。燻り確認の連絡後に行われた自衛消防への通報および自衛消防から公設消防への通報は迅速に実施された。

処置に向かった現場作業員が現場に到着した時には、石炭塔内に白煙が立ち込め、高CO濃度であったために安全を考慮して、2列炭槽内への直接散水を断念し、炭槽に貯炭されていた石炭の払い出しによる対処法を選択した(発災当時、遠隔操作による散水設備を石炭塔上部に設置予定で、設備調達中であった。)。なお、自衛消防、公設消防においても散水はなされなかった。

石炭の払い出しを5回実施した後、ベルトの切断・脱落等の状況変化を認識し、自衛消防への散水を依頼したが、散水がなされる前に火災事故が発生した。

これまでの状況を整理した上で、本委員会では以下のような事項に対して改善の余地がないか提言をした。

(1) 初動対応力強化の必要性

過去に炭槽の燻りから火災までに至った事例は無かったが、過去発災事例の収集と分類・分析をしてリスク抽出をし、想定訓練を通じて管理職と現場スタッフのリスク感性の高度化を図ることにより、結果として発災時の初動対応がさらに改善される可能性はないか。また、火災事故発生前後には情報が錯綜しており、十分な情報が現場指揮者およ

びその他の現場関係者間で共有されていなかった可能性もあるので、連絡体制の整備や演練等を行うことで初動対応力のさらなる強化を図れるのではないかと。

⇒【初動対応力の強化、危険予知活動の強化】

(2) CO 濃度計等センサー類の増強および散水装備充実の必要性

・石炭塔内に CO 計は設置されているが、設置位置が石炭塔上部であるため風等の外乱によって数値が大きく変動する懸念があり、異常の検出が遅れる可能性がある。その結果、点検者が石炭塔に到着したときには CO 濃度が高く、石炭塔内への立入が困難となる可能性がある。そこで、CO 濃度計等のセンサー類は外乱の少ない炭槽内に設置をするべきではないか。また、CO 濃度計の運用方法についても検討をする必要はないか。

⇒防災対策設備の増強(火災発見早期化の設備対策)

4) 炭槽内に残留炭が生じることに対する危険予知不十分

石炭塔内の CO 濃度が高く、石炭塔内に立ち入った際の散水が困難であったため、2 列炭槽内に貯炭されていた石炭を全量払い出すことで対処しようとした。しかし、実際には石炭温度の上昇で高温部分の石炭の付着性が増加したことで払い出し不良が発生した可能性があり、炭槽内に残留炭が生じたことにより可燃性ガス発生危険性が増加した。なお、この事象については、当委員会での検討により、新たに明らかとなった知見であるが、このような事象についても共有を図り、継続的に教育等を行うことにより、現場管理者のリスク感度、危険予知力をあげることができるのではないかと。

⇒【危険予知活動の強化】

## 5.6. 間接要因のまとめ（想定）

以上のように、直接原因に至るまでの背景的な要因を鮮明にすべく間接要因の深掘りを行った。深掘りの結果を踏まえ、当委員会において、再発防止に対する提言を以下のようにまとめた。

### <間接要因(想定)と再発防止対策の提言>

#### <間接要因(想定)>

- 1) 貯炭に関する暫定処置の不徹底
- 2) 高温(塊)炭混入防止対策の不徹底
- 3) 発煙時の初動対応面の課題
- 4) 炭槽内に残留炭が生じることに対する危険予知不十分



#### <委員会提言> 間接要因への対応

- 1) 防災マネジメントの強化
  - ・フォロー体制の構築
- 2) 標準化および運用の強化
  - ・ルール of 制定と整備
- 3) 防災に関する情報共有の強化
  - ・重要情報の報告方法改善
- 4) 防災教育の充実
  - ・重点的な防災教育の実施
  - ・防災意識の風化防止
- 5) 初動対応力の強化
  - ・防災体制設置基準の明確化
  - ・防災警報発報時の対処の明確化
  - ・防災訓練の充実と情報伝達の強化
- 6) 危険予知活動の強化
  - ・リスク抽出による防災体質強化

本章までが当委員会で議論をした結果および委員会として新日鐵住金(株)に提言をした内容である。以降の章では、新日鐵住金(株)が当委員会の提言に基づき検討・立案をした再発防止対策について記載する。

## 6. 再発防止対策

本委員会からの提言に基づき、新日鐵住金(株)が立案した具体的な再発防止対策や取り組み方針等を、以下の6章および7章に記載する。

### 6.1. 直接原因に対する再発防止対策（設備面の対策）

本コークス火災事故の原因に対する再発防止対策に加え、過去の火災事例を含めた炭槽の火災事故から想定されうる全ての原因に対応可能とする「3重の対策」を今後早急に実施する(図 6-1)。

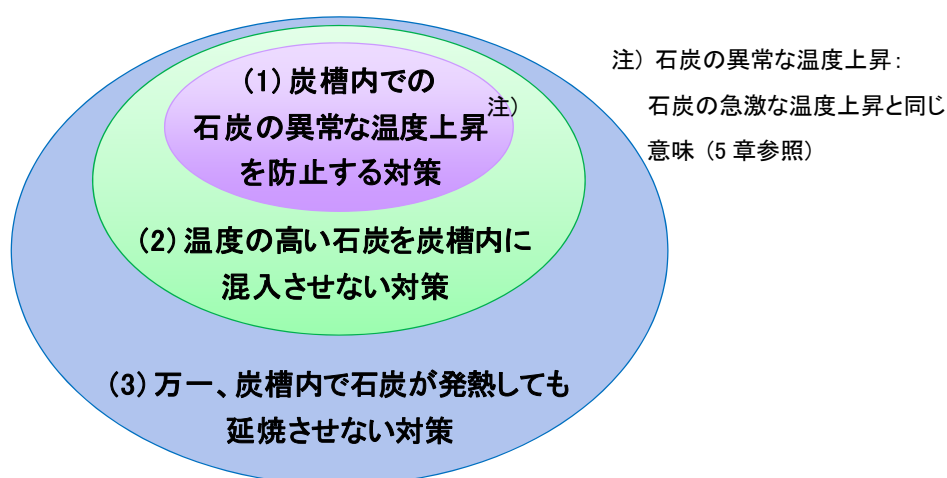


図 6-1 3重の対策の概念図

#### (1) 炭槽内での石炭の異常な温度上昇を防止する対策

2014年9月に火災事故発生後の緊急的な対策として、貯炭日数は1日間以下とする標準(通常操業時は貯炭温度70℃以下)を制定した。今回、調湿した石炭の発熱に関する技術的な検討(5章)に基づき、炭槽内で石炭の異常な温度上昇を防止する対策として、以下の取り扱い標準を制定する。

再発防止対策：炭槽内の温度を60℃以下に管理し、特にDAPS炭については60℃以下であっても最大3日以内に全量払い出す。

60℃を超える場合は、速やかに(最大1日以内に)全量を払い出す。

2014年9月に制定した緊急的な対策は、DAPS炭の自己酸化発熱に関する知見が十分ではなかったため、試験結果を外挿することによって貯炭温度を70℃以下とした。今回新たに制定した標準は、管理温度を70℃から60℃へ、より安全な方向に改定するものである。これは、前章で述べた多くの試験結果から技術的に導かれたものであること、また、今後は

炭槽内の温度を炭槽内温度計(後述)で管理をしていくこと等に鑑みると、従前の標準に比べ極めて厳格化されたものであると評価できる。

新日鐵住金(株)においては、本再発防止対策を名古屋製鐵所のみならず、全社で満足できるよう実行する。

(2) 温度の高い石炭を炭槽内に混入させない対策

炭槽に高温物を混入させない対策として、以下の設備を設置する(図 6-2)。

① 温度の高い石炭を別管理するための分離ホッパーの設置

流動床調湿機から排出される可能性のある高温(塊)炭は、流動床調湿機出側に設置された自動散水設備(既設)で検知し自動散水により冷却するが、高温と検知された石炭は分別管理することとし、確実に冷却されたことを確認するためのホッパー(分離ホッパー)を新設する。

② 温度監視および冷却装置の強化

石炭が確実に冷却されたことを確認するため、分離ホッパー内に温度計を設置する。万一、冷却が不十分であった場合の対応のため分離ホッパー内にも散水ができる冷却装置を設置する。

さらに、作業環境の改善(粉塵抑制)を目的として放射温度計付近に集塵機を設置(2014年9月末完工)した。集塵機設置の副次効果として温度測定環境の改善も期待できる。

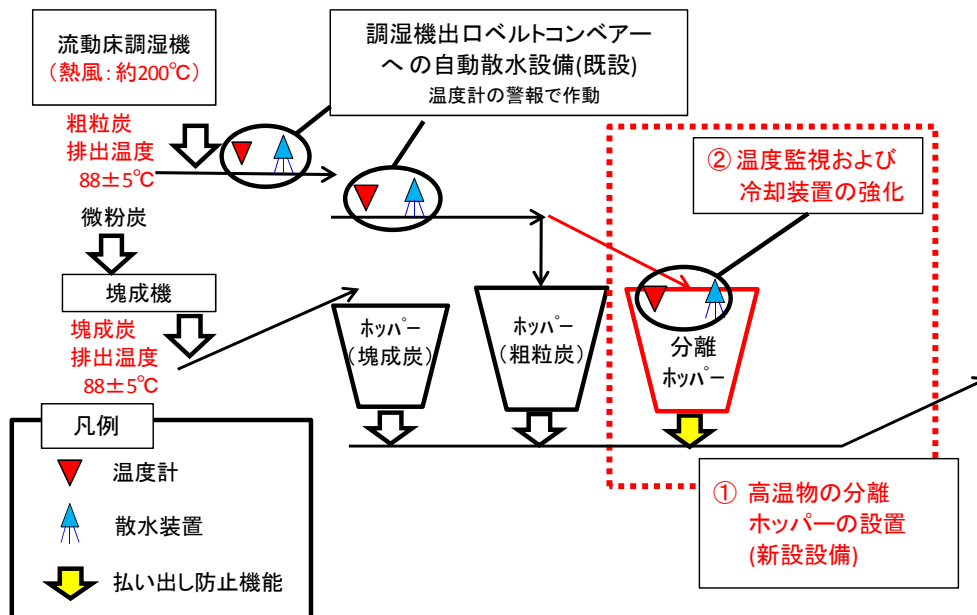


図 6-2 高温の石炭を炭槽内に混入させない対策

(3) 万一、炭槽内で石炭が発熱しても延焼させない対策

① 石炭塔の燻り・火災の早期検知対策

万一、高温物が炭槽に混入したり、炭槽内の石炭が自己発熱により急激な温度上昇をする事態を想定し、異常の早期検知を目的に、炭槽内部にCO濃度計および炭槽内温度計を設置する(図6-3)。

② 延焼防止対策(遠隔散水対策)

炭槽内部、石炭塔建屋上部から遠隔操作により散水できる設備を設置することで、建屋内に立ち入った立入り散水が難しい状況下でも確実に散水できる体制を整える(図6-4)。

上記①②の対策も、新日鐵住金(株)において立案し、全社に展開していく。

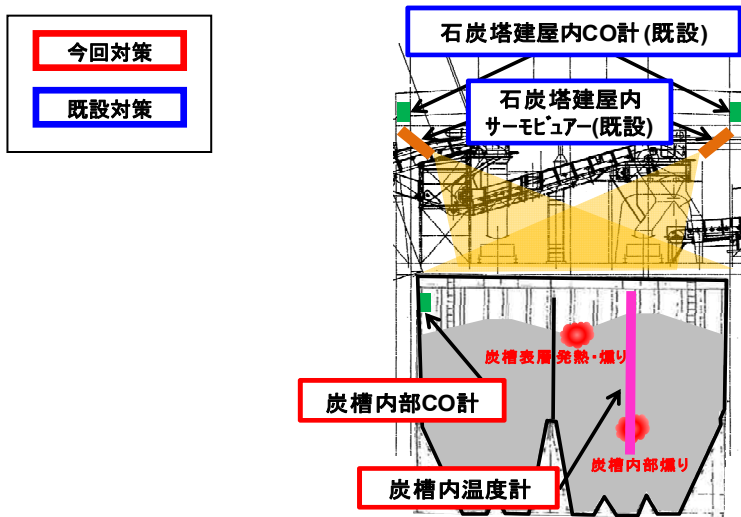


図6-3 石炭塔の燻り・火災の早期検知対策

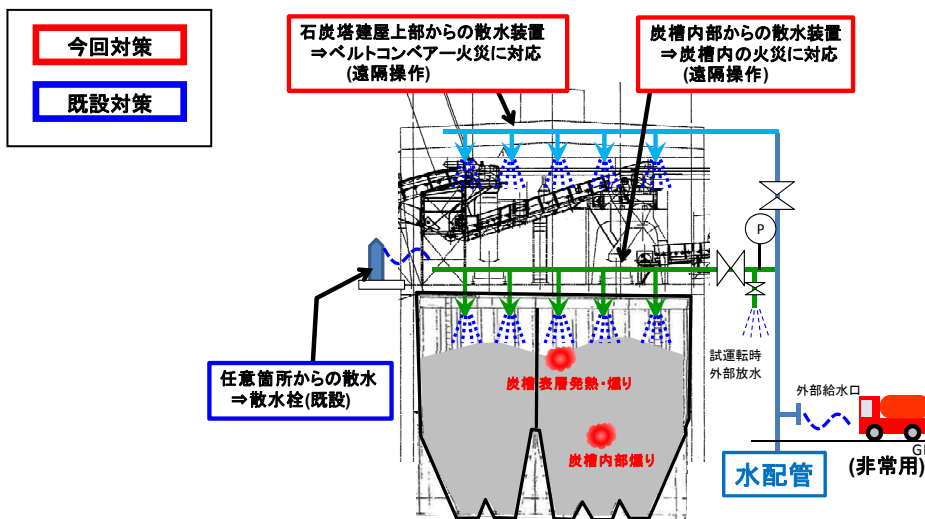


図6-4 延焼防止対策(遠隔散水対策)



## 6.2. 間接要因に対する再発防止対策（管理面の対策）

本コークス火災事故に類似する事故を未然に防止するためには、名古屋製鐵所のみならず、全社としての取り組みも不可欠である。新日鐵住金(株)は、本委員会の提言した間接要因に対する個別の再発防止策を踏まえ、今回、社としての取り組みを立案した。

新日鐵住金(株)における防災(安全・環境も同様)への基本的な取り組みは、当社が複数の製鐵所(製造所)から成り立っており、それぞれが特有の設備や操業形態を有していることなどから、“各所長をトップとした自律的な運営”を基礎としている。その上で、製鐵所間の全体統制・情報共有化等を図る目的で、本社に機能部門を設け、全社一体となった活動に取り組んでいる。

新日鐵住金(株)では、運営(製鐵所と本社の役割等)の基本方針は維持しつつも、本事故の反省を踏まえ、特に対策の推進においては、“製造現場である名古屋製鐵所が取り組むべき具体的な改善課題(主に、本委員会からの再発防止に対する提言への対応)”と、“全社として展開して取り組むべきマネジメント課題(7章に記載)”に分けて、以下のとおり、取り組みが行われる(図6-5参照)。

新日鐵住金(株)における防災活動(安全・環境等も同じ)は、以下のように整理できる。

- ・製鐵所：所長以下での自律的活動を基本とする。
  - 防災マネジメントを各製鐵所・製造所毎に運営(自律的PDCA)
  - 防災活動に必要な組織・会議等の設置や教育訓練等の実施
- ・本社：基本方針の策定、コンプライアンス対応、製鐵所の活動支援を基本業務とする。
  - 社レベルの会議設置(情報共有化、社の方針審議等)、予算対応
  - 防災マネジメントシステム(リスクアセス等)の導入支援、モニタリング等

※ここで、製鐵所の各製造部門(製銑工程、圧延工程他)について、全体統括や横串機能を担保するために、本社機能部門を設けて、上記同様の取り組みを行っている。加えて今後、防災(安全・環境)という側面と、工程技術という側面の両方から横串を刺す組織運営を特に強くする。

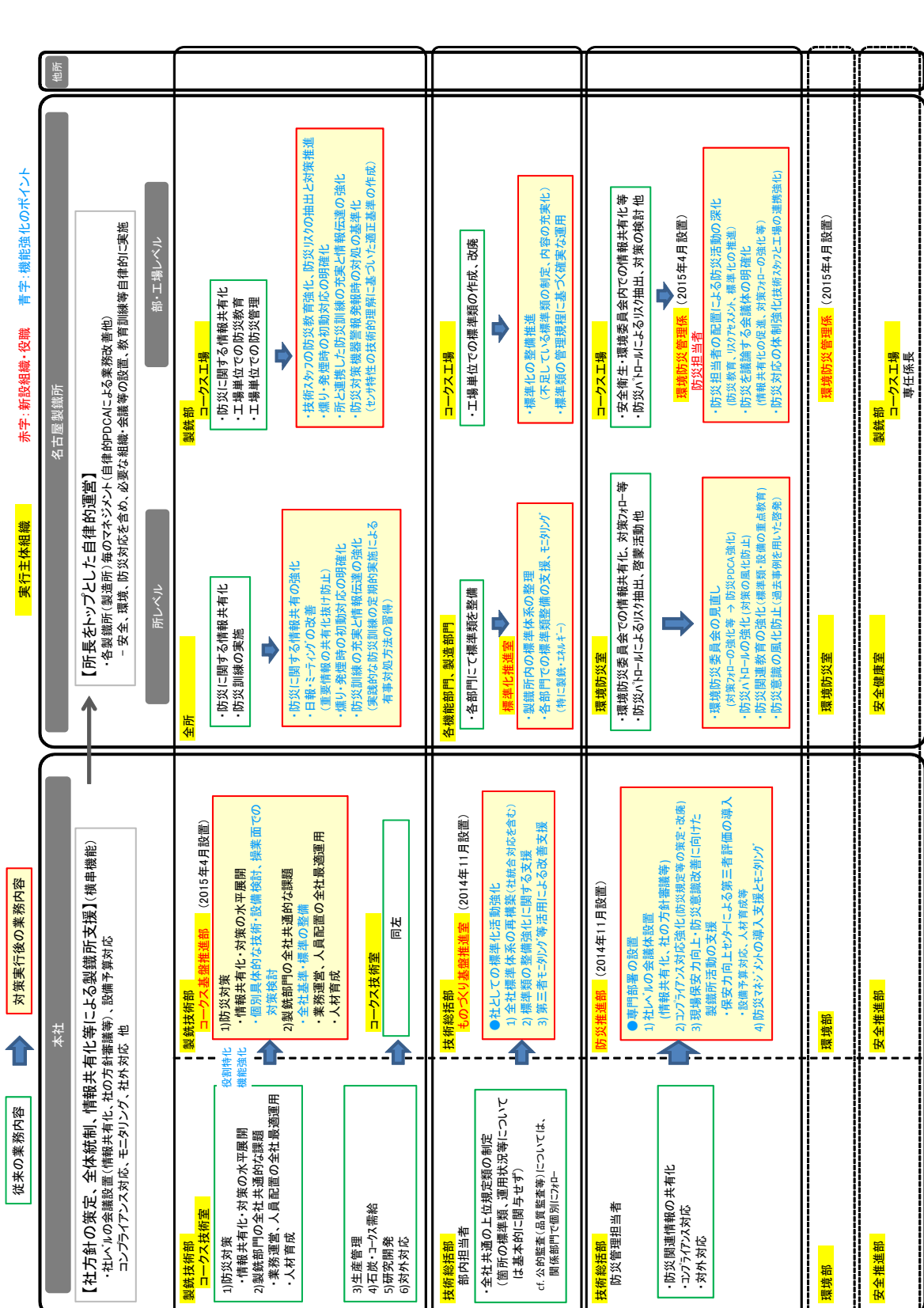


図 6-5 製鐵所と本社における再発防止のための組織と役割強化概要 (防災関連を中心に記載)

名古屋製鐵所においては、本委員会よりなされた 6 つの提言の視点から、以下のとおり、具体的な取り組みを立案している。

## 1) 防災マネジメントの強化

### (1) 防災PDCAの見直し・強化

製鐵所における防災PDCAを強化するために、防災に関する情報共有化・方針明確化（意思決定）等を、内容に応じた管理者レベルで確実に行うことが必要である。製鐵所の規模に応じて異なるものの、名古屋製鐵所においては、所レベルの会議体（所長以下）と、各工場部門毎の会議体（部長以下）を定期的に行ってきた。

今回、主催者の防災事案に関する情報共有化・対策フォロー等さらなる強化を図ることを強く認識する。

#### ① [所レベル]環境防災委員会の見直し

これまでも所レベルにおいては、所長以下の定例会議として、主に環境・防災事故に関する情報や現場パトロール結果（対策実施状況の確認等）などの報告・議論を行い、所方針の共有化、工場間の水平展開などを図ってきた。

一方、防災ヒヤリなど、比較的軽微なトラブルに関しては、対策の実施状況などのフォローが十分でなかった点がある。そこで、防災ヒヤリに関しても、第2報（原因究明と具体的対策確定時の報告書）の報告を標準化するとともに、対策の評価と実行状況のフォローを強化する。さらに、対策の風化防止を目的とした防災パトロールを行い、委員会が適切な指導を行うことで防災 PDCA の強化を図る。

#### ② [部レベル]環境防災検討会の見直し（製鉄部；コークス工場が含まれる）

製鉄部では、安全と環境については、それぞれ安全衛生委員会と環境委員会という定例会議においてマネジメントする体制としていたものの、防災に関しては両委員会的一部分として、とりあげてきた。

そこで、今回、所レベルと同様に、環境・防災を合わせた会議体における防災の位置づけをより明確化する。また、防災に関する設備状況や、防災ヒヤリを積極的に取り上げて、改善のために他所との比較や従業員の意識について継続的に点検して、再発防止対策の検討や対策実施状況を定期的にフォローする。

### (2) 体制面の強化

防災 PDCA を強化し、維持するために、人的対応（専任者の配置など）や業務負荷増（防災関連業務の増加）への対応を早期に実施する。

#### ① 環境防災管理系の設置と防災専任者の配置 [2015年4月～]（コークス工場）

現場に密着し、防災に特化した専任係長を配置することで、防災活動を強化する。所

の防災部門との連携を強化しつつ、コークス工場の工場長・課長を補佐して、

- ・防災教育の推進、支援
- ・コークス工場における操業・設備に関わる防災リスクアセスメント活動
- ・対策となる作業・操業方法の標準化と設備の防災の視点からの改善
- ・防災の取り組みが反映された作業方法の採用と浸透
- ・防災の視点が取り入れられた操業の確実性の向上

等の更なる活性化に取り組む。

## ② 管理者・スタッフによる防災活動の強化（コークス工場）

コークス工場は、石炭ヤード～事前処理設備～コークス炉～ガス精製までの工程を管轄範囲としており、目的・種類の異なる多くの設備を有していることから、現在のライン管理者のみでは、従来の安全・環境・防災活動に加え、更なる防災活動の強化は現実的に難しい面がある。そこで、上記専任者を配置するとともに、技術スタッフと工場との連携強化、ならびに業務再配分を行うことで、工場管理者の業務負荷の適正化を図る。

加えて、コークス技術スタッフの防災教育を充実化することで、コークス工場特有の防災リスクの抽出と対策（ハード対策他）を推進する。

## 2) 標準化および運用の強化

### (1) 防災関連標準類の整備（製鐵所）

2013年7月23日の燻りトラブルにおいては、火災状態に至らず自衛消防での処置のみ（公設通報なし）の比較的軽微なトラブルで収まったことから、原因の技術的掘下げ、関連技術部門との連携、取り決めた暫定処置の周知・運用面に課題があった。被害の大小に関わらず、トラブル後の処置としてすべき原因究明、対策検討から、技術標準書、作業手順書の作成までを明文化し、運用することで再発防止、防災体質強化を図る。

### (2) DAPS に関わる標準類の整備（コークス工場）

DAPS 操業に関しては、貯炭日数に関する暫定処置の周知面やDAPS 出側放射温度計の管理面等に課題があった。防災強化の観点から、DAPS 操業において守るべき標準類を再整理し、現場作業者が確認し易くする。また、定期的な勉強会等で風化防止を図る。

### (3) 第三者機関を活用した標準化の推進（製鉄部）

全社として組織的に標準類の整備、強化に取り組んできたが、製鉄部門においては、定期的に見直しを実施されていない標準類もあり、標準類に基づく業務遂行が必ずしも十分とはいえなかったが、現時点で、2月下旬に外部機関（日本検査 QA）による ISO-9001 をベースとした認証審査をまず名古屋にて受審し、標準化整備状況について一定の評価を得た。今後もこの様な、第三者機関の指導を受けながら、標準類の再整備を進めていく。具

体的には、設備毎の標準類の見直し、現場実態との整合確認、文書体系の整備等を含む、標準化計画を策定し、標準類の整備を推進する。

### 3) 防災に関する情報共有化の強化

#### (1) 日報・ミーティングの改善（製鐵所）

操業においては様々な日報があるが、これまでは多くの情報が軽重感の区別が希薄に記載されており、重要な情報を直ちに判別しづらい形式であった。今後は、通常操業情報と特に重要な安全・環境・防災情報はわかり易く項目として明確に区別して表記する、マーキングをする等の改善を実施する。併せてミーティングにおいても同様に、安全・環境・防災に関する重要情報を冒頭の議題として報告することを義務付け情報共有の促進を図る。

### 4) 防災教育の充実

#### (1) 防災関連の設備および標準類に関わる重点教育（製鐵所）

階層別教育の中で防災標準類を習得する教育の場を設けているが、多くの標準類の中に、防災などの重要な標準類が埋もれることがないように防災重要標準類を明確にし重点教育を実施することで就任時から確実に防災事故防止ができるようにする。加えて、防災重要機器・設備を設定し、重点教育を行う。

#### (2) 防災意識の風化防止（製鐵所）

教育を粘り強く継続し、防災意識を風化させないことが重要である。そこで、過去の事故やトラブル事例を用いた啓発活動を行う「防災教育ルーム」を新設し、防災活動の重要性を知らしめるとともに、本事故が発生した9月3日を「防災の日」と制定し、二度と同様の事故を起こさないよう所員一同が思いをいたす日と位置づけ、防災意識の風化防止を図る。

### 5) 初動対応力の強化

#### (1) 発煙時の初動対応の明確化（製鐵所）

火災に至る前の発煙や燻りに対する初動対応(体制構築を含む)の一層の明確化を図るとともに、これに基づく教育・訓練を行い、現場レベルのリスク感性の高度化を図る。

#### (2) 防災訓練の強化・充実（製鐵所）

従来の防災訓練は1年に1度程度の自衛・公設消防隊を交えた、所全体の防災訓練が主であり、課・係単位での通報訓練や消火訓練が十分でなかった。今回、点検要請や消火活動を最速で実行する連絡ルートの確認や通話方法の確保などを含んだ実践的な防災訓練を定期的実施し、有事の際の対応方法を習得する。

(3) 防災警報機器発報時の対処（製鉄部）

今回、直接要因への対策として、炭槽内に CO 濃度計と温度計を増設するにあたり、従来設置されている石炭塔上部のサーモビューアーや CO 濃度計情報と合わせて、確実に状況を把握し、必要に応じて確実に散水等の対応ができるよう標準類を制定する。

6) 危険予知活動の強化

(1) 社内の重要事故情報のトランスファー（製鐵所）

これまでは各所の防災トラブルの共有化に関する明確な標準は無く、全社の部長会や工場長会での共有化に加えて、他所へトランスファーすべき情報を十分に共有化する仕組みが弱かった。2014年12月から全社においては、各所の防災ヒヤリ情報の集約を開始し、被害の軽重によらず重要な防災情報を共有化することで、防災体質の強化を図っている。名古屋においても、所内環境防災委員会や各部・工場の会議体の中で確実に共有化し、危険予知の徹底やヒヤリも含めた防災トラブルの発生防止に活用する。

(2) 防災リスクの抽出活動（製鐵所）

過去の防災トラブル等の社内で共有された防災事故情報を基としたリスクアセスメント手法を用いた活動により、情報の見落とし等を減じるための防災対策を実行する。またこの活動を通して、防災感性の醸成、課題解決力の強化を図る。

## 7. 全社としての取り組み体制

本コークス火災事故の再発防止策(製鐵所が取り組むべき課題)については前章に述べたとおりであるが、事故撲滅に向けた活動は、新日鐵住金(株)が全社として取り組むべきものである。日常の防災活動は、製鐵所が自立的に行うこととなっている。他方、重要な設備投資やマネジメントの横串機能(本社機能部門)、会社全体の風土醸成などは、本社部門が中心となった対応が必要である。

今回、新日鐵住金(株)が本事故の再発防止策に加えて、全社として展開して取り組むべきマネジメント課題について立案したことから、以下、具体的な取り組み内容を記載する。

### 7.1 製鐵所への経営資源(設備・人)の投入

新日鐵住金(株)は、先般、『2017年中期経営計画』を策定し、2015年3月3日に公表した。向こう3年に亘る同計画においては、本コークス事故も踏まえて、「国内マザーミルの抜本的基盤強化、製造実力の再構築」(設備健全性の維持・強化等)を主要施策の筆頭に掲げ、設備と人の両面で製造実力の強化策を推進するため、経営資源を重点配分することとした。コークス工場・関連設備に対しても、必要な経営資源を投入し、重大なリスク要因の排除を図る計画としている。

### 7.2 本社組織体制の強化、防災活動の推進

新日鐵住金(株)は、上記の経営資源の重点配分の確実な実施に加えて、全社活動を効率的に推進することを目的に、本社組織体制の強化を行った。

#### (1) 防災推進部設置(2014年11月1日設置)

新日鐵住金(株)はこれまでも、製造基盤整備の推進や技能伝承を含む教育訓練の充実化をはじめ、さまざまな安全・環境・防災対策や事故防止のための全社的な取り組みを行ってきた。しかしながら、昨年の一連の事故の重大性に鑑みるに、製造現場において解決を図るべき潜在的な課題も明らかとなってきた。

これを受けて新日鐵住金(株)は、2014年11月1日、これまでの防災リスク管理の取り組みをさらに強化するとともに、潜在的な課題を含め、中長期の視点で、本質的・根源的な製造現場における防災改善施策の推進を目的に、本社に防災推進部を設置した。同部では、「コンプライアンス」「現場保安力向上と防災意識改善」「防災マネジメントレベルの向上」を業務の基本方針に掲げており、リスクを総合的に再評価し、リスク低減のためのソフト・ハード対策の基本指針の立案を行うとともに、製鐵所等における実行支援と重大事故再発防止をその活動の主眼としている。加えて、製鐵所における防災基本方針の浸透状況をモニタリングにより確認し、対策の実効性の向上を図ることとしている。

現在は、「①防災関連設備対策の実行(必要設備仕様の標準化等も含む)」、「②防災規程・

危機管理規程の拡充」、「③リスクアセスメントの仕組み再構築による保安力の向上施策の実行」、「④防災教育に関わる指導者の育成支援」、「⑤発災事案の対策管理と周知徹底」に関して重点的に取り組み、防災に関する基盤強化を図っている。

また、現場保安力の客観的評価を目的に、特定非営利活動法人安全工学会保安力向上センターによる第三者評価についても新たに導入し、現在名古屋製鐵所においてコークス工場を含む複数の部門にて審査を受けている。当該評価は、組織や意識を中心とする安全意識の評価、および具体的な操業・運転・工事内容に関わる安全基盤評価の2面から実施している。

#### (2) ものづくり基盤推進室設置 (2014年11月1日設置)

本コークス火災事故の調査において、特に非定常時の対応を中心に、標準類の整備が充分でないことが認められた。これは、コークス部門(他の製鉄部門やエネルギー部門も同様)において、製品工場で実施されている品質監査等のような、標準類に関する定期的な監査が行われてなく、標準類の整備について第三者の目が入ることがなかったことが背景要因の一つと考えられる。

今後、引き続き世代交代の進行が想定されており、新規設備の立上げや各種トラブルの経験が少ないオペレーターが増えていくことから、より一層の標準類の整備が必要となってくる。

そこで、新日鐵住金㈱の全社的な取り組み強化策として、2015年11月1日、本社技術総括部に「ものづくり基盤推進室」を設置し、標準化推進および業務改善の体制整備を行った。

各製鐵所には、標準化推進の担当者を新規に配置(主要製鐵所には専任者を配置)し、活動が停滞しない仕組みとしている。加えて、名古屋製鐵所においては、更に「標準化推進室」を新規に設置することで、組織面においても強化を図っている(2015年2月)。

ものづくり基盤推進室では、現在、「①標準体系の再構築(経営統合による旧社の標準体系の統合を含む)」、「② 第三者モニタリング等を含む継続する仕組みづくり」に関して重点的に取り組み、標準化に関する基盤強化を図っている(名古屋製鐵所における第三者モニタリングの実施に関しては、6章(6.2項)を参照)。

#### (3) コークス基盤推進部設置 (2015年4月1日設置)

本事故の対策検討や、全社的なコークス炉リフレッシュ対策の企画・検討の必要性等を踏まえ、コークス工程の基盤強化に集中的に取り組むことが、新日鐵住金㈱における当面の重要課題であることから、本社に「コークス基盤推進部」を設置することを決めた(2015年4月)。

同部は、コークス工程における防災面での全社共通課題に関する諸対策について、防災推進部、ものづくり基盤推進室の指導、助言を受けつつ早期に企画・推進を図るとも



に、全社コークス工程に共通した技術課題(操業・設備面含む)の検討や共通して策定すべき標準類の整備等を通して、効率的にコークス製造基盤の構築を促進することを目的としている。加えて、全社コークス技術者の育成計画や配置施策に関しても企画・実行を強化することで、効率的な人材育成を図る。

まずは、防災対策設備の仕様統一化と実行推進、中長期的な設備更新計画の立案、全社コークス技術の横串によるトップランナー製鐵所へのキャッチアップに取り組む計画としている。

### 7.3. 人材育成の強化(現場力の向上)

全社の人材育成を効果的かつ効率的に推進するためには、育成プログラムの整備が重要であることから、新日鐵住金㈱は、人材育成に関して、以下の取り組みを強化することとした。

#### 1)「リスク(現場)に強い管理職」の育成(体系的な教育の充実化)

今回のような重大事故を未然に防止するためには、防災(保安)に関して責任と権限を有する工場の各管理職が、その職責の重さを十分に認識し、高いリスク感性を持って、しっかりと「現場」「実態」と向き合う必要がある。

本コークス火災事故は、これまで述べてきたとおり、複数の要因・事由が重なり発生したものと考えるが、各管理職は、日々さまざまな経路を通じて「現場」から伝えられるリスク情報を、感度高く受け止め、軽重を正しく判断したうえで、そのひとつひとつに的確に対応しなければならない。

具体的には、リスク情報が現場からあがってきた際に、

- (1) まず、現場(操業)実態を正しく理解し、リスク度を判断すること。
- (2) 全社関係部門の知見や技術的検証を踏まえ、対処が必要な場合には、合理性のある判断基準を策定すること。
- (3) 関係者全員に確実に周知・浸透させ、継続的に効力を維持するために、標準類の形で明文化(形式知化)するとともに、初期教育をしっかりと行うこと。
- (4) 定期モニタリングや繰り返し教育等を通じて、風化防止の取組みを行うこと。

などが大切である。

このような「リスク(現場)に強い管理職」を、計画的に育成し、組織的に支援するためには、全社的な視点での体系的な育成プログラムの整備・充実が必要である。

新日鐵住金㈱は、まず、①管理職層において、操業・設備等にかかる高度な理解や防災(保安)に関する施策の教育の充実化に取り組むこととする。具体的には、部門長に就任する前に、管理職として必要な経験を積み、備えるべき知識を確実に習得させておく必要があることから、管理職に求められる事項・内容の再整理と、それに応じた育成

プログラムの整備・充実化を図る。

特に、本コークス火災事故が生じた製鉄部門においては、②「製鉄部門 人材育成計画」の見直しを行い、管理職に就任する前までに修得すべきスキル・知見やそのための人材育成プランを再整理した。具体的には、入社後年次毎に修得すべき項目を定め、技術的なスキル・知見に加え、防災知識や管理職としての現場統率力・洞察力、リスク感性の向上に資する教育・育成プランを実践していく。管理職として経験・修得すべき項目については、定期的に各製鉄所の製鉄部門長による会議にて協議・決定することとした。

## 2) 「防災担当者」の計画的育成

新日鐵住金㈱は、これまでも各製鉄所において防災担当者を配置し、防災活動を行ってきたが、本事故の発生を踏まえると、その取組みは未だ道半ばであると言わざるを得ない。

製造設備、製造技術が高度化・複雑化・システム化するなかで、防災の取組みも同時に、高度化・システム化を遂げなければならない。そのためにも、新日鐵住金㈱は、その職責をしっかりと担うことができる専門性や感性を備え、かつ十分な経験を積み、危険予知力や解析力を備え持つ防災のエキスパートを、計画的に育成・配置する必要がある。

新日鐵住金㈱は、防災担当ポジションを重要なポジションとして位置付けるとともに、本社機能部門(防災推進部)による育成支援も行う。防災担当者のレベルを向上させることを通して、製鉄所内での防災教育の質を高め、各工場での防災に対する対応力の強化につなげる。

## 7.4 事故の風化防止、安全意識の向上

新日鐵住金㈱は、これまでも、製造基盤整備の推進や技能継承を含む教育訓練の充実化、安全・環境・防災対策等に対する経営資源投入など、さまざまな取り組みを行ってきた。しかしながら、本コークス火災事故によりその信用・信頼が損なわれてしまったことは、厳しく受け止めなければならない。

言うまでもなく、「安全」は当社役員・社員が共有する大切な価値観である。安全は自らを守り、仲間を守り、ひいては新日鐵住金㈱に対する社会からの信用・信頼を守るものである。また、「安全」を維持することは、安定操業の基盤であるとともに、品質・生産性の向上、損失の最小化につながるものであり、積極的な取り組みを通して技術的価値を一層高めるべきものでもある。

新日鐵住金㈱は、本事故はもとより、これまでに生じた重大事故を決して風化させることなく、そこから得られた教訓を全社で振り返る機会を継続的に設ける教育・啓発活動を行うこととしている。2015年1～2月には、全従業員を対象とした本事故に関する総対話活動を実施している。

また、安全意識の醸成には、良好なコミュニケーション(工場であれば、管理職と現場作業員間での意思疎通・風通しの良さなど)を保つことは重要であり、関係する部門・社員・協力会社が真に一体となり、知恵を絞り、チーム力を最大発揮する環境を全社方針として整える必要がある。

新日鐵住金㈱においても、いわゆる組織間の「壁」や階層間の「溝」を決して設けることなく、各人が常に「他人ごと」ではなく「自分ごと」として物事を受け止め、上下の分け隔てなく、明るく堂々と議論の行える、風通しのよい職場風土を常に志向する必要がある。とりわけ、上位管理者には、職場の同僚、部下に日々積極的に声をかけ、良好なコミュニケーションを保ち、部下が上司に相談しやすい環境の構築・維持に努める必要があることを理解させるとともに、上司力を高める啓発教育についても実施する。

## 8. おわりに

本報告書を取りまとめた「名古屋コークス事故対策委員会」は、新日鐵住金(株)がこれまでも、製造基盤整備の推進や技能継承を含む教育訓練の充実、また安全・環境・防災対策等、事故防止のためのさまざまな取り組みを行ってきたことは承知しています。

しかしながら、昨年9月3日に名古屋製鐵所で発生した火災事故は15人の重軽傷者を出す深刻な事故となりました。この重大事故に先立つ4件の停電・黒煙発生事故を含む一連の事故により、地域社会からのみならず広く社会からの信用・信頼を大きく損なう事態となっていると深く憂慮しています。

今回の事態を全社を挙げて真摯に受け止め、これまでの取組みをさらに強化し、努力を継続していく必要があることをあらためて肝に銘ずる必要があると勧告いたします。本委員会としては、再度同様の事故が発生すれば名古屋製鐵所の存立にも関わりかねないとの危機感を持っております。

本委員会は、本事故の経緯・機構・原因を深く調査解析し結論を得ました。新日鐵住金(株)が検討された再発防止に向けた安全防災設備の設置等、直接的な対策も本委員会の調査解析に基づき立案されており、この対策の早期の実行に、全社を挙げて取り組むべきであると勧告いたします。間接要因については、操業・設備管理、安全・防災活動、組織運営、人材育成、リスク管理のあり方などの諸課題に関し、新日鐵住金(株)が本委員会の数々の提言を参考に全社的にあらためて総点検を行い必要な対策を立てたものであり、本委員会もこれを検討・承認いたしました。新日鐵住金(株)はこの危機的状況を十分に認識した上で、再びこのような事故を起こさないという強い決意の下、今一度原点に立ち返り、安全・環境・防災等に関する基本ルールの遵守、操業のすべてにおいて非定常時の危険予知・防止、および危険箇所の徹底的な排除を継続いただきたい。

とりわけ管理者の皆さんには、これらの活動の方針を各職場において明確にし、徹底することのみならず、自らの目で現場実態を確認・把握した上で、部下や関係者からの提言等も広く取りあげ、方針を提示しながら、必要な対策を確実・迅速に実行していただきたい。また、製造・整備の最前線の職場にいる皆さんには、リスク管理の基本に立ち返り、事故・トラブルに繋がるおそれのある課題について、小さなことでも必ず上司や関係部門に伝え、正しい理解と的確な想像力を働かせながら対策を着実に実行してもらいたい。また、全社・全所で本事故の原因や対策、実施の行動指針を正確に共有し、その有用性を高めていただきたい。

また、今回の事故調査で得られた石炭自然発熱からの火災に至る知見や解析は経験していない事態に対する対応力を養成できる貴重な経験であり、石炭化学全体の進展や産業安全の確保のためにも、関係者が広く情報の共有化に努められ、全社の総合力の一層の強化につながられることを期待したい。

最後に、本事故の調査・解析を進めるに当たり、貴重なご意見をいただいた名古屋コークス事故対策委員会の委員諸氏、並びに精力的な調査を実施していただいた関係者の方々に深く感謝いたします。また、石炭貯蔵安全性評価試験による石炭発熱特性に関し貴重な示唆をいただいた一般財団法人電力中央研究所殿、調査および解析結果の妥当性に関し、石炭の熱化学計算に基づく炭槽内温度上昇シミュレーションから貴重な示唆をいただいた出光興産(株)殿の御協力に心から感謝申し上げます。また、事故調査、事故調査報告書のまとめに際し、大所高所からご指導いただいた関係機関、諸団体の多くの方々に厚く御礼申し上げます。

2015年3月

委員長 持田 勲

[用語集]

2. 火災事故の概要

用語	意味／説明
コークス	高炉で使用する原料の一つであり、高炉内で①鉄鉱石の還元材、②鉄鉱石を熔融するための熱源、③熱風ガスの通気確保 の役割を持つ。原料炭を約 1000℃で乾留してその揮発分の大部分を石炭ガスとして放出したあとに残る固体燃料。
コークス炉	原料炭を無酸素状態で蒸し焼きにする設備であり、主に珪石煉瓦を積み上げた構造物である。炭化室と加熱室が珪石煉瓦で仕切られた構造をしている。コークス炉上部から炭化室内に原料炭を装入し、加熱室で燃焼させたガスの熱で原料炭を間接加熱し乾留する。
石炭塔	原料炭を、装炭車へ払い出すために一時的に石炭を貯炭する設備。(名古屋1コークス炉の場合、一回の払い出し量21t、約50回分貯蔵可能)。
ギャラリー	石炭搬送用ベルトコンベアーを覆う歩廊
浮遊粒子状物質(SPM)	マイクロメートルの大きさの固体や液体の微粒子のことをいう。主に、燃焼で生じた煤、風で舞い上がった土壌粒子(黄砂など)、工場や建設現場で生じる粉塵のほか、燃焼による排出ガスや石油からの揮発成分が大気中で変質してできる粒子などからなる。

3. 事故発生工程(コークス製造工程)の概要

用語	意味／説明
DAPS(Dry-cleaned and Agglomerated Precompaction System)	石炭資源の有効利用を目的に、コークスの原料となる石炭に対し、以下の処理を行う設備。 ①流動床調湿機による石炭の水分調整(調湿) ②流動床調湿機内での細かい粒子の分離(分級) ③塊成機による細かい粒子の大粒化(塊成)
廃プラスチック	容器包装プラスチック等を破碎・塊成したもの。石炭に混ぜてコークス炉に装入することにより、廃プラスチックを熱分解し、炭化水素油、コークス、コークス炉ガスとして再利用する。
移動機	コークス炉の周辺設備で①装炭車、②押出機、③ガイド車、④電車から構成される。
CDQ	コークス炉から出てくる赤熱コークスを不活性ガスにより冷却する設備。赤熱コークスの顕熱は蒸気として回収する省エネルギー設備。
流動床調湿機	DAPS 設備の主要装置であり、石炭を多孔板に上の供給し、下部から熱風を吹き込むことにより石炭を流動状態にし、石炭の調湿(乾燥)と分級を行う。

炭槽	石炭塔内に設置され、装炭車への定量払い出しを行うためのため石炭を一時的に貯留するホッパー
塊成機	DAPS 設備の一部で、流動床調湿機で分級された微粉炭を塊成する装置
粗粒炭	流動床調湿機で分級された粒度の粗い方の石炭
微粉炭	流動床調湿機で分級された粒度の細かい方の石炭
湿炭	石炭ヤードから直接炭槽に搬送される石炭。通常は水分 9～11%程度。
調湿炭	調湿設備により水分調整を行った石炭。
DAPS 炭	調湿炭の一種で DAPS 設備により調湿された石炭。水分 2～4%。

#### 4. 事故の発生状況

用語	意味／説明
サーモビューアー	物体から放射される赤外線进行分析し、熱分布を図として表示する温度計。石炭や設備の異常過熱状態の監視として使用する。
環境ビデオカメラ	製鐵所内の有視煙等の発生状況確認のために設置されたビデオカメラ。
自衛消防	石油コンビナート等災害防止法に基づき名古屋製鐵所構内に設置された私設消防隊
公設消防	自治体に属する消防隊
光ファイバー温度計	ベルトコンベアー等の長尺物に隣接して敷設することにより敷設範囲の温度と位置を同時に計測できる温度計。
払い出し	炭槽内に貯留された石炭を装炭車へ排出すること
揮発分	石炭に含まれコークスガス(CO、水素、メタン等)の元となる揮発成分。原料炭には 28～34%程度含まれ、石炭が 350℃程度に加熱されると揮発し始める。
自己(酸化)発熱	空気中の酸素と石炭が反応して発熱する現象。
カットゲート	炭槽下部に設置された石炭の定量排出用の開閉装置
高温(塊)炭	DAPS 設備にサイズの大きな塊が混入した場合(非定常操業時)に排出される可能性のある高温の石炭。
装炭車ホッパー	装炭車に搭載された槽。石炭は炭槽より本槽に受ける。

## 5. 火災事故発生原因の調査

用語	意味／説明
ITV(industrial television)	産業用テレビジョン。安全、環境、防災目的で現場の遠隔監視に用いる。
赤外線吸光分光法(IR)	測定対象の物質に赤外線を照射し、透過(あるいは反射)光を分光することでスペクトルを得て、対象物の特性を知る方法
SIT 試験	Spontaneous-ignition Temperature 試験(自然発火試験)の略。少量の石炭試料で自然発火性を評価する標準的な方法。
送風型恒温器	(加温)送風により所定の温度を保つ試験用容器
ペール缶	潤滑油や塗料、溶剤などの液体を入れて運搬・貯蔵に用いられる18リットルまたは20リットルの鋼鉄製の缶
エンタルピー	熱力学における示量性状態量のひとつであり、エネルギーの次元をもち、物質の発熱・吸熱挙動にかかわる状態量
FLUENT	気体の流れ、熱の移動など流体に関する多種多様な物理現象をシミュレーションが可能な汎用熱流体解析ソフト
透過率	石炭の中への酸素の侵入しやすさを示す物理指標
自然発火温度	可燃物を空気中で加熱していくとき、自らの発熱反応によって発火する温度。CO の場合は 609℃。
混合気	可燃ガスが混ざり合った状態の空気
燃焼範囲	可燃ガスと空気(混合気)の燃焼可能な範囲。可燃ガス濃度比率の上限と下限があり、CO の場合は 12.5~74%。
放射温度計	物体から放射される赤外線や可視光線の強度を測定して、物体の温度を測定する温度計。DAPS 設備では流動床調湿機の出口ベルトコンベアーに設置している。

## 6. 再発防止対策

用語	意味／説明
PDCA	事業活動における生産管理や品質管理などの管理業務を円滑に進める手法の一つ。Plan(計画)→ Do(実行)→ Check(評価)→ Act(改善)の4段階を繰り返すことによって、業務を継続的に改善する。
ISO-9001	ISO(国際標準化機構)による品質マネジメントシステムに関する規格であるISO 9000 シリーズの中核をなす規格。設計・開発、製造、据付における品質保証のためのモデル。