

新日鐵住金株式会社 名古屋製鐵所

停電事故調査報告書

2014年11月25日

新日鐵住金株式会社

停電事故対策委員会

目次

1. はじめに	1
2. 停電事故対策委員会	
2.1. 停電事故対策委員会の目的及び構成	2
2.2. 停電事故対策委員会の主な活動	2
3. 名古屋製鐵所電力供給系統 及び 停電事故・燃焼放散の概要	
3.1. 電力供給系統概要.....	3
3.2. 4回の停電事故の概要	3
3.3. コークス炉における燃焼放散の概要.....	5
4. 個別の停電事故・黒煙発生の状況 及び 原因と対策	
4.1. 1月17日発生事故	
(1) 概要.....	6
(2) 事故発生原因.....	7
(3) 再発防止対策.....	10
4.2. 1月20日発生事故	
(1) 概要.....	11
(2) 事故発生原因.....	12
(3) 再発防止対策.....	14
4.3. 6月22日発生事故	
(1) 概要.....	15
(2) 事故発生原因.....	17
(3) 再発防止対策.....	20
4.4. 7月27日発生事故	
(1) 概要.....	21
(2) 事故発生原因.....	22
(3) 再発防止対策	25

5. 一連の停電事故発生に対する取り組み	
5.1. 黒煙対策	
(1) 電源トラブル等での燃焼放散の回避対策.....	26
(2) 黒煙抑制対策.....	28
5.2. 背景要因（潜在的な課題）に対する対策	
(1) 背景要因の検討.....	30
(2) 名古屋製鐵所における対策.....	31
(3) 本社・全社における対策.....	32
(4) 更なるリスク低減への取り組み.....	34
6. おわりに	35

1. はじめに

2014年6月22日に新日鐵住金株式会社（以下、「新日鐵住金（株）」）名古屋製鐵所にて本年3回目の停電事故が発生したことを受け、同日に停電事故対策委員会が設置された。当委員会は社外の有識者及び社内の専門家により構成され、2014年9月16日から同年10月27日までの間に計4回、新日鐵住金（株）本社及び名古屋製鐵所で開催した。その後、7月27日に発生した停電事故も含めた計4回の停電事故に関する原因と対策に加え、コークス炉ガスの燃焼放散時に発生した黒煙についての抜本的な対策、および4回の停電事故から浮かび上がった背景要因（潜在的な課題）とその対策についてまとめるに至ったことから、本報告書をもって最終報告とするものである¹。

当委員会としては、コークス炉での黒煙発生により近隣住民をはじめとした地域の方々へ大きな影響を与えたことから、単に、今回の黒煙発生の原因となった停電事故の再発防止策（第一の対策）に留まらず、電源トラブル等が生じてもコークス炉での燃焼放散を最大限回避するための対策（第二の対策）に加え、万一、コークス炉で燃焼放散をせざるを得ない状況に陥った場合でも、黒煙を発生させないための対策（第三の対策）までを提言し、既に実行段階に入っていることを確認した。これらにより、設備面では業界最高水準の黒煙防止策となる見込みである。

更に、事象・原因是異なるものの、約半年の間に連続して4回もの停電事故が発生し、それを未然に防止できなかった事実に鑑みると、背景要因に関しても踏み込んだ検討が必要と判断した。本年1月の停電事故を受けて、既に、名古屋製鐵所エネルギー部門を中心に、電力関連業務に関するリスク評価の厳格化、工事計画等の精度向上とチェック体制の強化など、大幅な業務ルールの見直しを行っていたが、6月以降に更に2回の停電事故が発生したことから、実質的な改善がまだ道半ばであったと判断せざるを得ない。よって、当委員会では、このような事故を誘発する可能性のある課題を組織・業務運営等の視点から抽出し、中長期的な観点から、本質的・根源的な改善策についても継続的に講じていくことを提言し、社としての実行方針を確認した。

¹ なお、9月3日に発生したコークス事故については、外部有識者を含むコークス事故対策委員会にて来年3月を目途に検討中。

2. 停電事故対策委員会

2.1. 停電事故対策委員会の目的及び構成

停電事故対策委員会は、公正な立場から4回の停電事故・黒煙発生に至った事実を明らかにし、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4人及び当社専門家14人のメンバーにより構成した。

委員長	藤野 伸司 新日鐵住金(株)常務取締役
社外委員	横山 明彦 東京大学大学院教授
	重電メーカー技術者 3名 計 4名
社内委員	本社及び名古屋製鐵所メンバー 計 13名

2.2. 停電事故対策委員会の主な活動

停電事故対策委員会の開催日及び主な審議内容は以下の通りである。

第1回委員会

日時 2014年9月16日(火)
場所 新日鐵住金(株) 本社会議室
内容 4回の停電事故・黒煙発生の概要の報告、議論

第2回委員会

日時 2014年9月25日(木)
場所 新日鐵住金(株) 名古屋製鐵所
内容 現地調査(事故発生箇所を中心とした現場調査)、議論

第3回委員会

日時 2014年10月16日(木)
場所 新日鐵住金(株) 本社会議室
内容 原因と対策内容についての議論

第4回委員会

日時 2014年10月27日(月)
場所 新日鐵住金(株) 本社会議室
内容 委員会報告の取り纏めについて

3. 名古屋製鐵所電力供給系統 及び 停電事故・燃焼放散の概要

3.1. 電力供給系統概要

名古屋製鐵所の電力供給は、図 3.1 に示す通り、中部電力株式会社（以下、「中部電力（株）」）からの受電（154kV×2 回線）、154kV 系統の自家発電設備 3 基（15 万 kW クラス）、22kV 系統の自家発電設備 2 基（5 万 kW クラス）により構成され、降圧して（電圧を下げる）、各工場に供給している。

自家発電設備は、製鐵所建設当初は小型発電設備（22kV 系統）のみであったが、その後順次、大型発電設備（154kV 系統）を導入し、現在の電力供給系統に至っている。

3.2. 4 回の停電事故の概要

4 回の停電事故の概要は以下の通りであり、各事故の発生場所を図 3.1 の電力系統図および図 3.2 の構内配置図に示す。4 回の停電事故のうち、3 回が東海火力発電所（22kV 系統の自家発電設備）、1 回が受電変電所を起点として発生している。

①1 月 17 日発生事故（部分停電）

概要：22kV 系遮断器（ブレーカー）の短絡（ショート）

発生場所：東海火力発電所

②1 月 20 日発生事故（部分停電）

概要：変圧器（154/22kV）の過負荷停止

発生場所：東海火力発電所

③6 月 22 日発生事故（全停電）

概要：中部電力（株）からの受電線遮断・構内単独運転後の自家発電設備停止

発生場所：受電変電所

④7 月 27 日発生事故（部分停電）

概要：4 号発電機（52MW）用ケーブルの短絡

発生場所：東海火力発電所

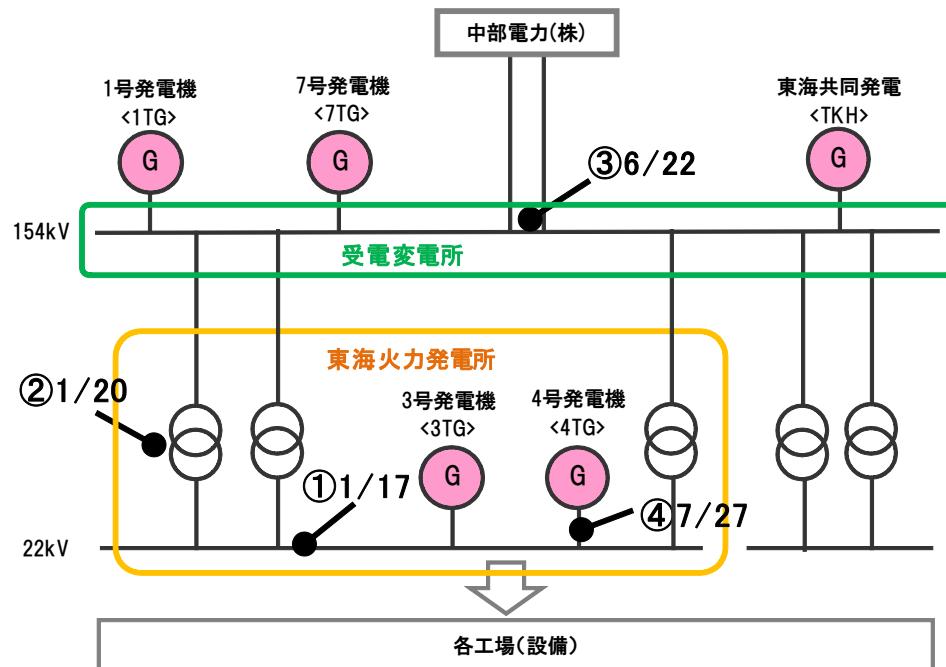


図 3.1 名古屋製鐵所電力供給系統

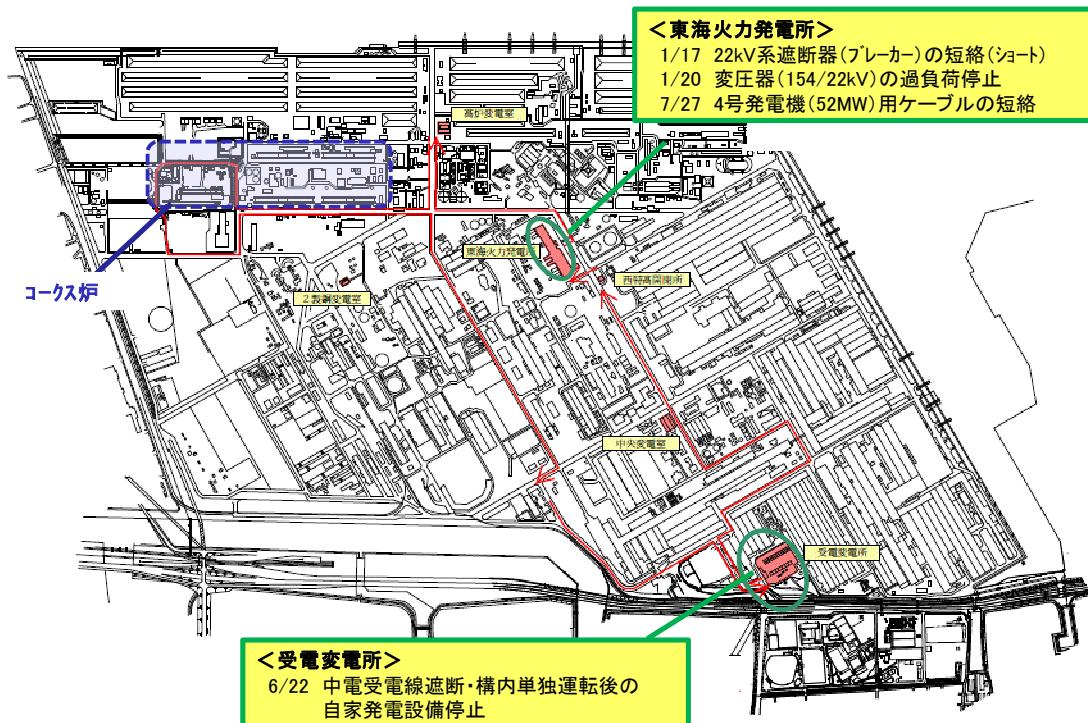


図 3.2 名古屋製鐵所構内配置図

3.3. コークス炉における燃焼放散の概要

4回の停電事故の全てにおいて、停電範囲にはコークス炉で発生したコークス炉ガス (COG : Coke Oven Gas) を他設備 (COG の使用先) へ送る、コークス炉ガス排送ブロワー (COG 排送ブロワー) が含まれており、当該設備が停止した。そのため、非常措置として定められているコークス炉での COG の燃焼放散 (炉上燃焼放散) を行った (図 3.3 参照)。

燃焼放散はコークス炉に設置された燃焼放散塔を通して行うが、各燃焼放散塔の上部には燃焼促進を目的とした蒸気吹き込み装置が設置されている。通常時は、コークス工場への蒸気供給が行われているため、燃焼放散を行う場合でも、蒸気吹き込みによる燃焼促進により黒煙の発生を抑制することが可能である。しかし、今回事故時には停電影響が蒸気発生設備に及んだことから、蒸気供給が制約され、不完全燃焼に伴う煤 (すす) 等が黒煙として放散された。

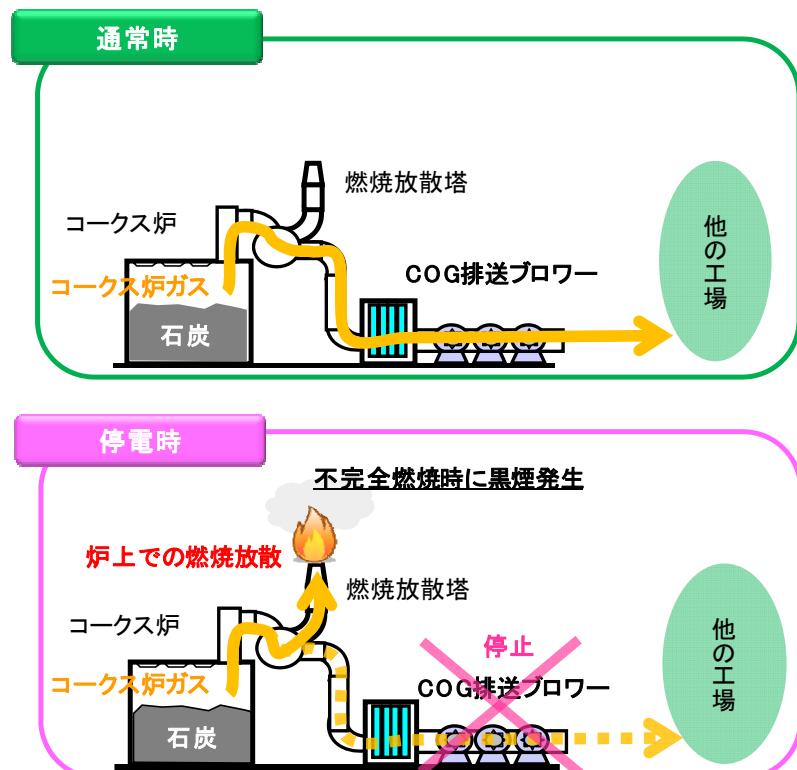


図 3.3 コークス炉における燃焼放散の概要

4. 個別の停電事故・黒煙発生の状況 及び 原因と対策

4M5E 分析手法を用いて、個別の停電事故・黒煙発生の原因と対策について検討した結果を以下に述べる。4M5E 分析手法とは、発生した事象について、「Man」(人)、「Machine」(設備、機器)、「Media」(環境)、「Management」(管理) の視点(4M)から要因を抽出し、これらの要因に対して、「Education」(教育・訓練)、「Engineering」(技術・工学)、「Enforcement」(強化・徹底)、「Example」(模範・事例)、「Environment」(環境) の視点(5E)から対策を検討する原因対策対応式(マトリックス式)の分析手法である。

4.1. 1月17日発生事故

(1) 概 要

事故発生時の状況を図4.1に示すが、第3高炉炉頂圧発電設備用遮断器の更新工事のため、22kV系統の電源系統の切替え作業として、圧縮空気で動作する遮断器(ABB: Air Blast circuit Breaker)である、3号母線連絡遮断器〔図4.1①〕を遮断(切)した56秒後に遮断器内部で短絡(ショート)が発生した。

3号母線連絡遮断器の内部で短絡が発生した影響で、各系統に短絡電流が流れ〔図4.1青色矢印〕、所内連絡1番線遮断器〔図4.1②〕、9号変圧器(9号Tr)二次側遮断器〔図4.1③〕、12号変圧器(12号Tr)二次側遮断器〔図4.1④〕の設備保護装置(過電流リレー)が作動し、特別高圧系統(154kV系統)からの電力供給が遮断された。その影響で3号発電機(3TG)および4号発電機(4TG)の補機が停止したこと、3TG、4TGともに発電機が停止し、図4.1記載の範囲(コークス、高炉、焼結、製鋼の各工場設備等)が停電となった。停電範囲に含まれるCOG排送ブロワーも停止したため、非常措置としてコークス炉での燃焼放散を行ったが、不完全燃焼が生じたことにより黒煙が発生した。

[経緯]

- 7:05 第3高炉TRT用遮断器更新工事のため、電源系統切替え作業着手。
- 11:49 3号母線連絡遮断器を遮断(入→切)。
遮断操作実施56秒後に遮断器内部で短絡が発生。同時に、保護装置が作動し、関係する系統が停電。当該停電に伴い、COG排送ブロワーが停止。
→コークス炉にて燃焼放散を実施。
- 15:00 9号変圧器(9号Tr)、12号変圧器(12号Tr)系復電。
- 16:31 3号発電機(3TG)系復電。
COG排送ブロワー運転にて、コークス炉燃焼放散は徐々に解消。
- 翌5:30 コークス炉からの燃焼放散終了。

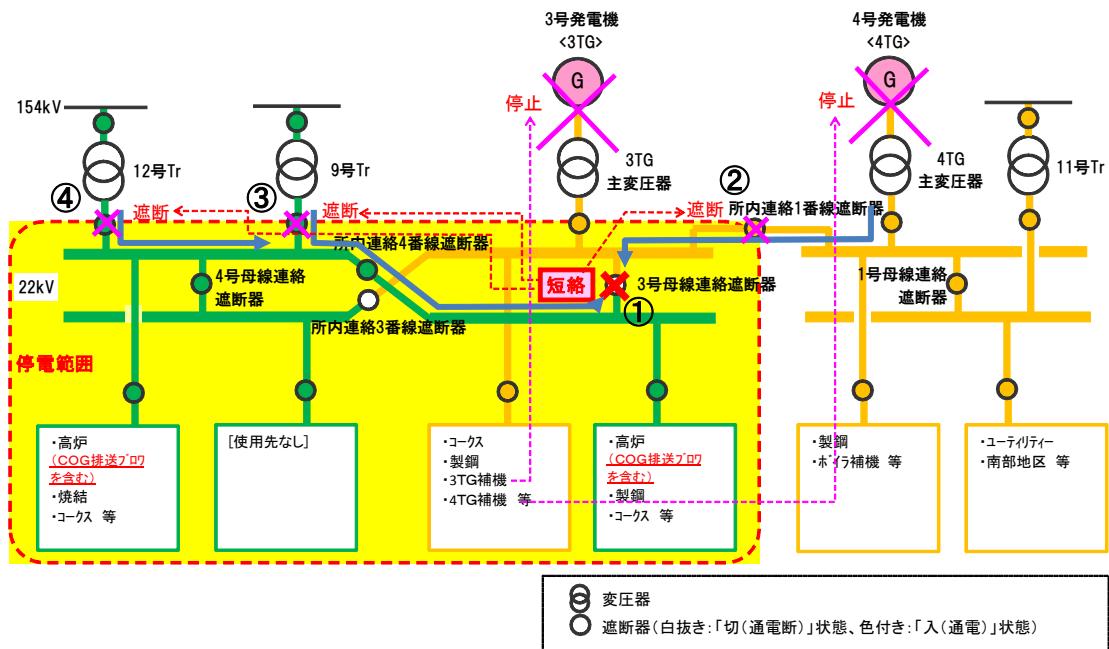


図 4.1 1月 17 日事故発生状況（東海火力発電所 電力供給系統図）

(2) 事故発生原因

1) 直接原因

図 4.2 に ABB の外観写真、図 4.3 に ABB の構造図を示す。事故後、ABB の分解調査を行った結果、圧縮空気タンク内 [図 4.3①] にドレンが溜っていることが確認された。また、図 4.3 青色の通電部を電気的に絶縁するために用いている通気碍管の内部を、遮断器動作作用の圧縮空気が流れるが、事故後の調査により、碍管内面から油分や Fe 等の付着物が確認された [図 4.3②]。これは、空気圧縮機（コンプレッサー）から ABB に至る配管系統での不具合により脱湿が不十分となり、圧縮空気タンク内にドレンが混入した結果であると考えられ、ABB 内部（碍管内面）の付着物を起因に絶縁不良を起こし、短絡に至ったと推定した。



図 4.2 ABB の外観写真

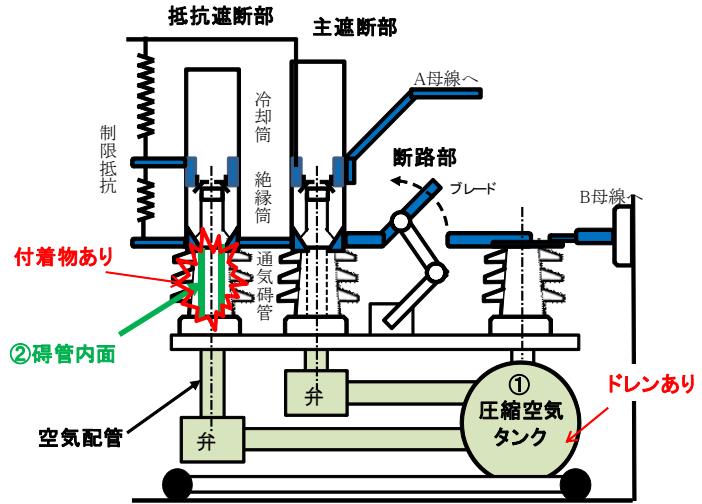


図 4.3 ABB 構造図

(a) ドレン混入の経緯

図 4.4 に、圧縮空気の供給フローを示す。2 基の常用コンプレッサー〔図 4.4①〕で、除湿を目的に 3.0MPa まで空気を昇圧し、大気温度まで冷却した後に、レシーバータンク〔図 4.4②〕にて空気中から凝集した水分をドレンとして排出する。除湿された圧縮空気は、減圧弁〔図 4.4 ③〕にて 1.5MPa まで減圧した後、ABB 圧縮空気タンク〔図 4.4④〕へ供給される。

しかしながら、2007 年以降、常用コンプレッサー 2 基では規定圧力を維持できない状況となった。加圧能力の低下に加え、配管のリーク（漏れ）が発生していたと考えられ、常用コンプレッサーの稼働率が上昇した。このため、コンプレッサー稼働率を抑制することを目的に、圧力設定値を 3.0MPa から 2.0～2.3MPa に変更することで、除湿能力が低下し、ABB 圧縮空気タンクへの持ち込み水分が増加した。

さらに 2010 年頃から非常用のバッテリー駆動コンプレッサー（非常用コンプレッサー）〔図 4.4⑤〕も補助的に使用開始し、その後、2012 年からは常用化していた。但し、当該非常用コンプレッサーは、除湿効果のあるレシーバータンクの下流〔図 4.4⑥〕に接続されていたため、ABB 圧縮空気タンクへの持ち込み水分が更に増加したと考えられる。

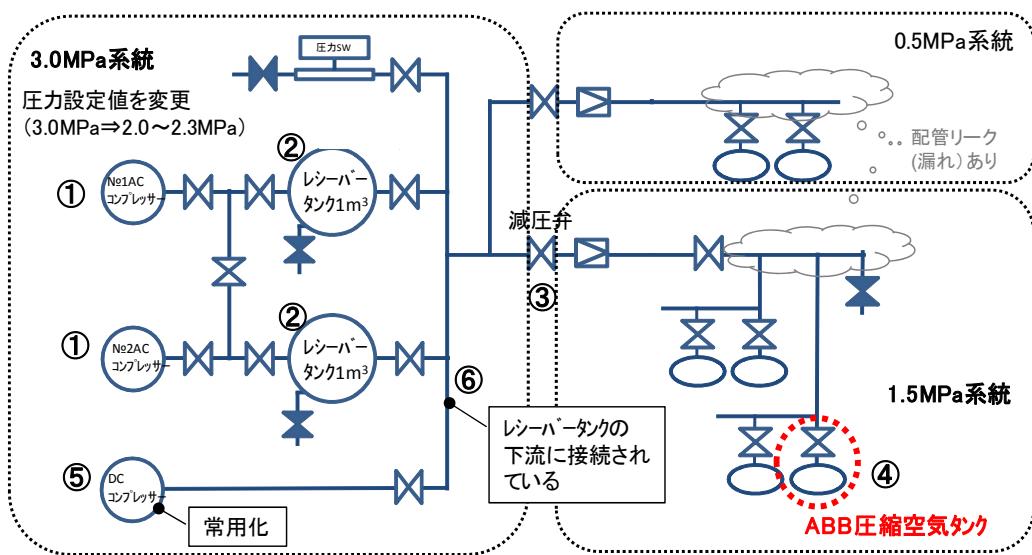


図 4.4 圧縮空気の供給フロー

(b) 碓管内部で地絡に至るメカニズム

図 4.5 に、碓管内部〔図 4.3②部〕で地絡に至る過程を示す。汚染された碓管内部に結露が発生すると、その乾燥過程で部分的に乾燥帯が形成され、電界集中によるアーク放電が発生する。乾燥帯が広がりアーク長が絶縁経路の 50%～60%に達すると電路が形成され、絶縁破壊（地絡）となつたと推定。

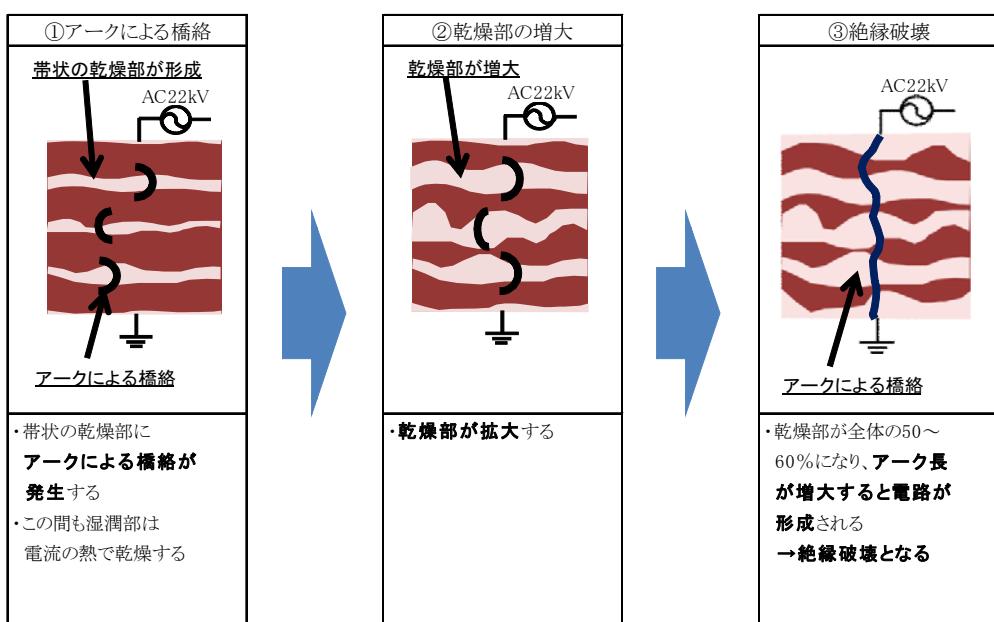


図 4.5 碓管内部で地絡に至る過程

2) 間接要因

- ・特別高圧（7kV 超過）遮断器および関連設備の取り扱いの重要性や意味合い、設定値の変更に関する取り決め等、標準化・教育がされていなかった。このため、コンプレッサー圧力設定等の重要事項について、操業部門（現場）判断で変更等が行われていた。
これらは、圧縮空気の圧力変化に対してリスク認識ができなかつたこと（課題『操業変化に対するリスク感性』）、コンプレッサー導入時の設備管理基準を明確化できていないこと（課題『設備新設時の教育・標準化』）が背景要因にあると考えられる。
- ・非常用のバックアップとして導入したバッテリー駆動コンプレッサーについて、技術担当部門（技術スタッフ）から操業部門に対し、その位置付け等が十分に説明されていなかつたため、常用することに対する異常認識が操業部門で欠如し、常用運転を継続させてしまった。
また、非常用として導入されたため、設備導入時に十分な検討が実施されておらず、結果としてコンプレッサーの接続位置が除湿には不利な位置になっていた。
これらは、導入設備が非常用であることの意味合いなどについて共通認識化できなかつたこと（課題『コミュニケーション』）や、圧縮空気配管の増設に関わる設計時の検討が浅かつたこと（課題『設備改造時の知識・配慮』）が背景要因にあると考えられる。

（3）再発防止対策

1) 稼働中の同型機（計7基）への対応

同一コンプレッサー系統に接続されている ABB については、水分による碍管内面の汚染が懸念されることから、以下の対策を実施する。

- ・同型遮断器の操作を禁止する。（運用開始 1/17～）
- ・同型遮断器の重点点検を実施する。（8/26 完）
- ・空気を用いない VCB（真空遮断器）に更新する。（2015 年 3 月完目途）

2) ドレン混入低減対策

- ・非常用コンプレッサーからの持ち込み水分低減のため、配管接続位置をレシーバータンクの前（上流側）に変更する。（1/31 完）
- ・配管からのリーク低減対策（配管法兰ジ部の補修等）を実施する。
(5/20 完)

3) 設備管理業務の見直し（運用開始 3/7～）

- ・特別高圧受配電設備の点検、維持管理、改造、重要な設定値の変更に当たっては、設備構造・設定値の具体的な数値と意味合いを明示・共有化した上で、実行するとともに、設備の傾向管理（コンプレッサーの稼働頻度による管理等）により異常の早期発見と迅速な対応に繋げる。
- ・工場内の異常や不具合については、定例会議にて工場長まで文書にて情報共有化を図るとともに、整備部門と操業部門間での不具合設備に関する定期的な対話の場を設定（課長以上の連絡会）し、確実に PDCA を廻す。

4.2. 1月 20 日発生事故

（1）概 要

事故発生時の状況を図 4.6 に示すが、1月 17 日の停電により停止した設備を順次稼働させていく過程で、焼結プロワー〔図 4.6①〕を起動した 32 秒後に 12 号変圧器（12 号 Tr [154/22kV]）〔図 4.6②〕の設備保護装置（過電流リレー）が作動し、当該変圧器が過負荷により停止。その影響で 3 号発電機(3TG)の補機が停止したため、3TG も停止となり、図 4.6 記載の範囲（コークス、高炉、焼結、製鋼等）が停電した。COG 排送プロワーの停止に伴い、非常措置としてコークス炉での燃焼放散を行ったが、不完全燃焼が生じたことにより黒煙が発生した。

[経緯]

9:10 頃 1/17 停電により休止した設備の立上げを順次実施する中、焼結プロワーを起動して 32 秒後に過負荷により 12 号変圧器 1 次側遮断器が動作し、通電断。当該停電に伴い、COG 排送プロワーが停止。
→コークス炉にて燃焼放散を実施。

11:15 9 号変圧器(9 号 Tr)より COG 排送プロワーへ給電開始。
COG 排送プロワーの運転再開により、コークス炉の燃焼放散を終了。

20:17 12 号変圧器(12 号 Tr)系復電。

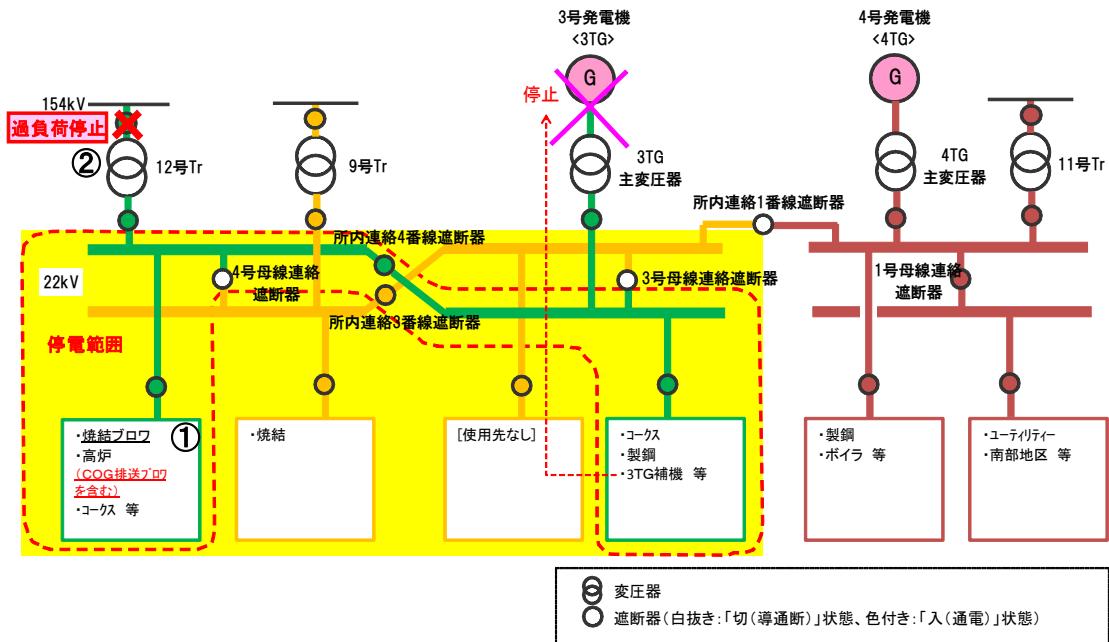


図 4.6 1月 20 日事故発生状況（東海火力発電所 電力供給系統図）

(2) 事故発生原因

1) 直接原因

1/17 停電事故発生後、図 4.7(a) に示す系統にて、緊急避難的に運転を実施していたが、この運用の場合、図 4.7(a) 緑色の 22kV 系統への電力供給源が 12 号変圧器(12 号 Tr)、9 号変圧器(9 号 Tr)、3 号発電機(3TG) と 3 つになり、工場側で短絡（ショート）が発生した際に、短絡発生箇所の上流に位置する遮断器に流れる電流（短絡電流）が過大となり、遮断器の能力を超過してしまうリスクがあった。そのため、図 4.7(b) のような系統運用に変更することを計画した。

図 4.7(b) の系統は、1/17 の停電事故後に一時的に絶縁抵抗値の低下が見られた A3 母線への負荷を軽くすることを思考し、図 4.7(b) 緑色の系統に負荷（電力使用先）を傾斜配分させたものである。この際、各工場設備の平均的な使用電力（有効電力=MW 値）は認識していたものの、変圧器にかかる実際の負荷（電流値）に関しては、一過的な設備の起動電流を考慮していない等、正確には把握できておらず、結果的には電流値を過少に評価していた状態であった。その結果、図 4.8 に示す通り、焼結プロワー起動時に、12 号 Tr の電流上限設定値を超えたため（過負荷となったため）、12 号 Tr が停止した。

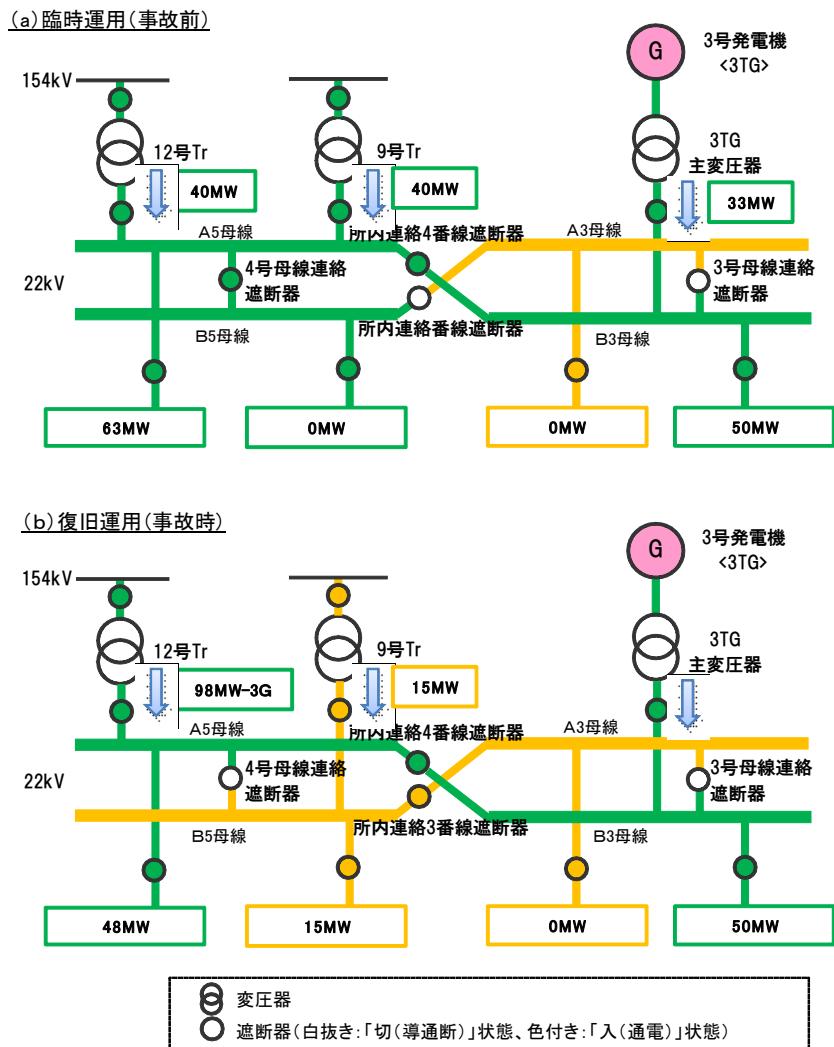


図 4.7 復旧時の電力供給系統（東海火力発電所）

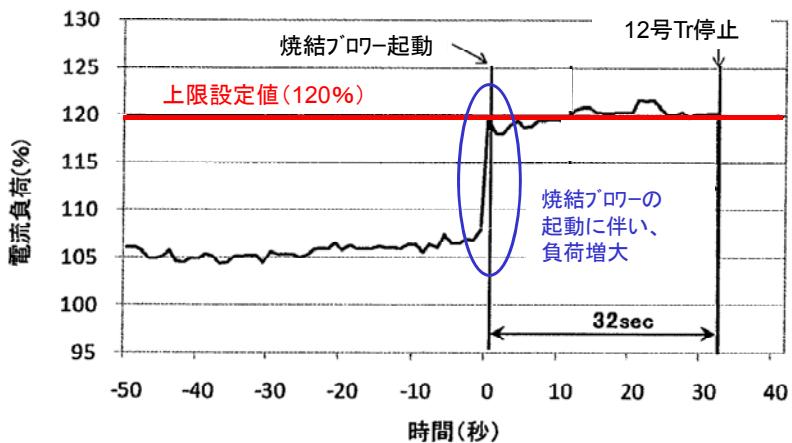


図 4.8 12 号変圧器(12 号 Tr)停止時の電流負荷

2) 間接要因

・非常時の重要な設備運用にも関わらず、操業部門（現場）にて、経験的な手法による負荷計算を前提に電力系統の変更を決定しており、負荷計算の手法やチェック体制等のマニュアルも十分ではなかった。また、従来は有効電力（MW 値）のみで変圧器の過負荷監視を行っていたため、変圧器にかかる実際の負荷（電流値）を正確に把握できていなかった。

これらは、電力系統の監視装置を設置した際に運用ルールを充分に確立できていなかったこと（課題『設備新設時の教育・標準化』）、系統変更に伴う判断・運用管理のリスク認識が低かったこと（課題『操業変化に対するリスク感性』）、が背景要因にあると考えられる。

・12号変圧器（12号Tr）を2010年に新設した際、設備保護装置（過電流リレー）の電流上限設定値を社内基準（定格電流値の120～150%）内の120%で設定したが、他変圧器の電流上限設定値（概ね定格電流値の150%程度）との整合を考慮していなかった。加えて、技術担当部門（技術スタッフ）から操業部門（現場）への説明がなされておらず、現場はその違いを認識していなかった。

これらは、他変圧器との関係について把握せず、単独設備としてのエンジニアリング（設計等）を行ったこと（課題『設備新設時の知識・配慮』）、操業部門へ実操業に必要な情報を共有化できていなかったこと（課題『コミュニケーション』）が背景要因にあると考えられる。

（3）再発防止策

1) 電力系統の負荷変更業務の標準化

・電力系統の負荷バランスを検討する際に用いる負荷計算の手法、および負荷変更に関わる計画を確認する体制（技術担当部門による確認等）を明確化し、標準化を行う。（暫定1/21～、標準化2/17完）

2) 系統監視方法の変更

・過負荷の監視方法として、電流値での監視を標準化し、監視画面にて電流値の監視が可能となるよう画面の改善を行う。

（暫定1/21～、新規画面での運用開始3/14～）

3) 設備保護装置（過電流リレー）の電流上限設定値の変更

・電流上限設定値を他変圧器と同等の値（150%）に変更する。（4/24完）

4.3. 6月22日発生事故

(1) 概要

図4.9に示す通り、中部電力(株)からの受電線(以下、「中電受電線」 距離:13km、電圧:154kV、通常2回線送電)の設備保護装置(受電線異常検出リレー)更新のため、1回線(2L)の受電を止めて作業を実施していた。その作業中に受電中のもう1回線(1L)が解列となり、中部電力(株)からの受電(電力供給)が停止し、図4.10に示す通り、自家発電設備のみからの電力供給による運転状態(構内単独運転)となった。

通常の運転状態(中部電力(株)および自家発電設備から電力供給を行っている状態)では、図4.9に示す通り、各工場設備(電力使用先)の稼働状況によって変化する電力負荷(電力使用量)と自家発電設備での発電量の差を、中部電力(株)側にて吸収してもらうことにより、構内電力の周波数・電圧を一定に保っている。

一方で、構内単独運転時には、非常設備として導入している系統安定化装置(SSC: System Stabilizing Controller)にて、各工場の電力負荷と自家発電設備での発電量のバランス調整を行い、構内電力の周波数や電圧を許容値内に調整する。しかしながら、今回、構内単独運転に移行した後、SSCの動作不具合によって、構内電力の周波数が徐々に上昇し、1号発電機(1TG)の設備保護装置が動作したことで、1TGが停止した。1TGが停止した影響で最終的には自家発電設備が全て停止し、所内全域の停電に至った。この停電にともない、COG排送プロワーが停止し、非常措置としてコークス炉での燃焼放散を行ったが、不完全燃焼が生じたことにより黒煙が発生した。

[経緯]

- 9:00頃 系統解列検出リレー盤のタイマー設定を変更する作業に入った。
- 13:59 補助リレーの一部に触れたことで稼働中の受電線(1L)が解列。
- 4基の自家発電設備による構内単独運転に移行。
- 14:51 1号発電機(1TG)の周波数高リレーが作動し、停止。
- この影響で東海共同発電(TKH)、3号発電機(3TG)が停止。
- この停電に伴い、COG排送プロワー(4/5基)が停止。
- コークス炉にて燃焼放散を実施。
- 16:15 燃料不足によりボイラが停止。その結果、蒸気不足により4号発電機(4TG)停止。
- 所内全域が停電。COG排送プロワー全基停止。
- 23:05 一次側の復電完了、以降二次側を順次立上げ。
- 翌3:33 コークス炉からの燃焼放散終了。

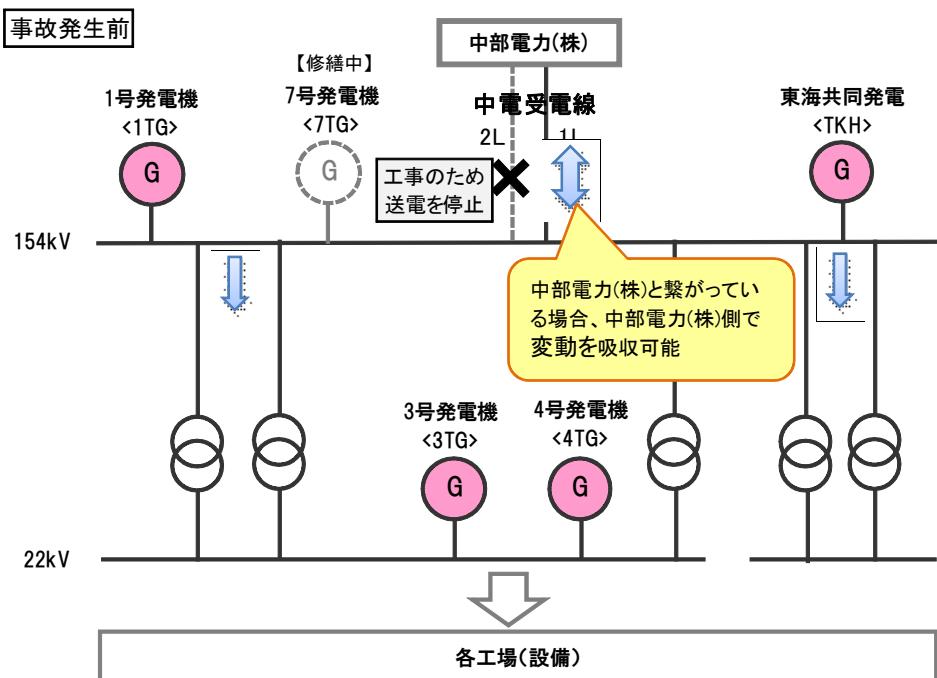


図 4.9 電力供給系統 (6/22 事故発生前)

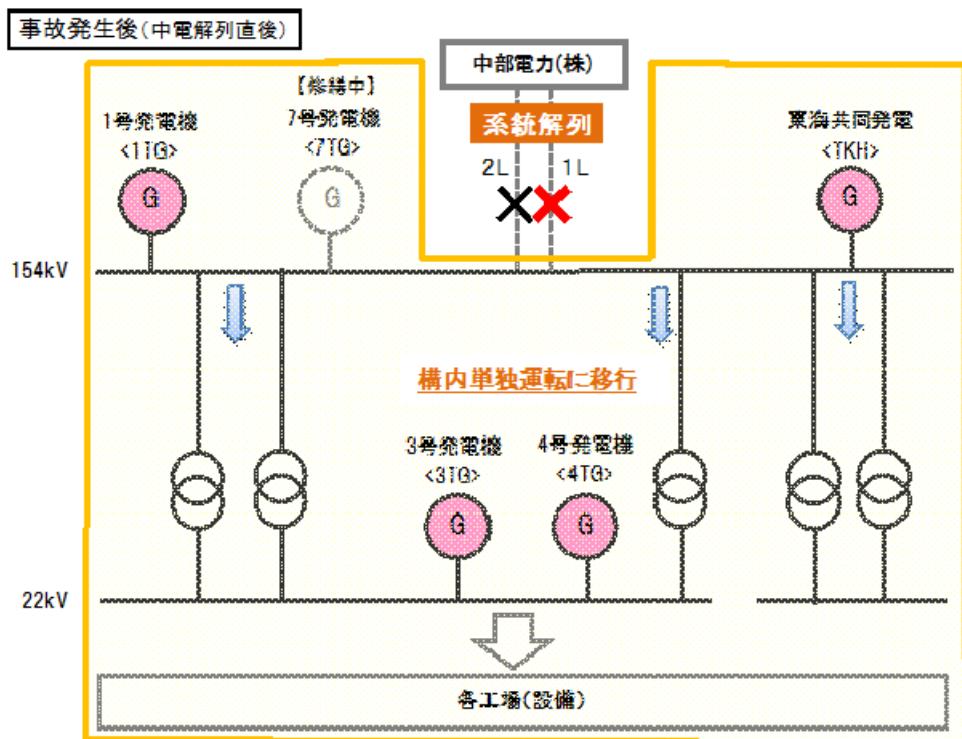


図 4.10 電力供給系統 (6/22 事故発生後)

(2) 事故発生原因

【中電受電線の解列（補助リレー接触による誤遮断）】

1) 直接原因

受電線の設備保護装置の更新工事に関わる実送電試験の事前準備として、系統解列検出リレー盤のタイマー設定変更が電気事業法上の対応として必要となった。当該設定変更は、設定精度を確保するために、タイマーを制御盤から取り外して実施する施工計画としていたが、当該タイマーを取り外す際に、近接した位置にある補助リレー〔図 4.11①〕に直接触れたことにより、受電線 2 回線共通のトリップ指令（受電線の解列指令）〔図 4.11②〕が出力され、解列に至った。

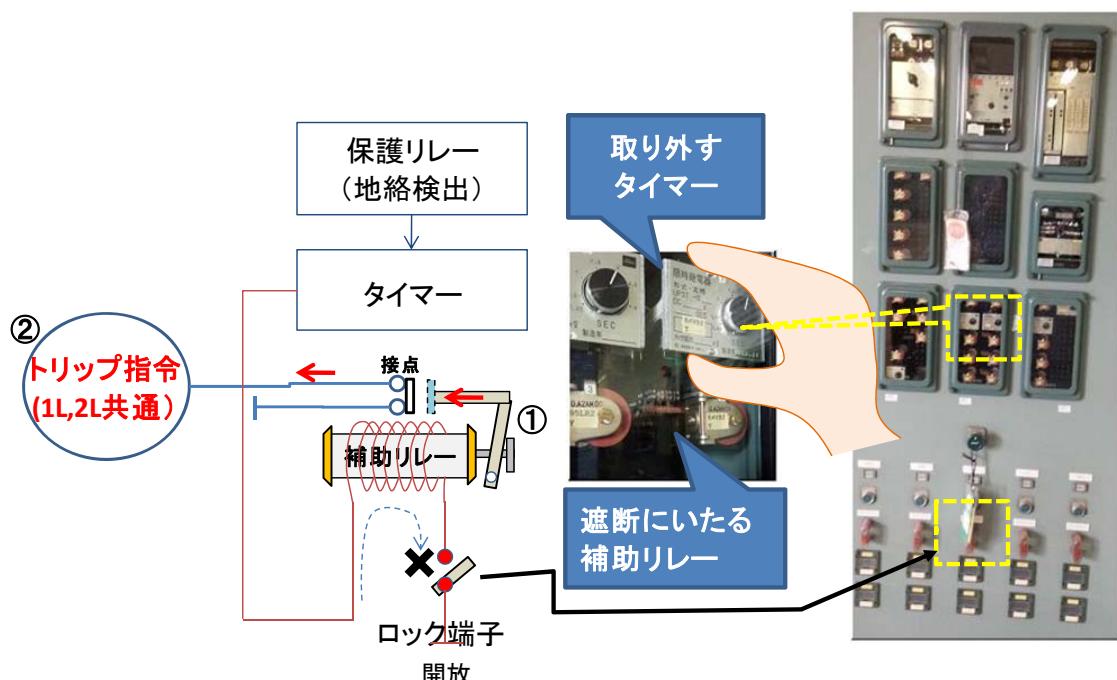


図 4.11 補助リレーの誤動作概要

2) 間接要因

- 通常、リレー盤では、今回のようなタイマー取り外し等の盤内作業を行う際に、誤ってリレーが作動し、盤外へトリップ信号が出力されてしまうことがないように、保護機能としてロック端子という回路が組み込まれており、盤内作業前には、当該端子を開放して施工することとしている。しかしながら、図 4.12 に示す通り、当該リレー盤は、ロック端子を開放したにも関わらず、一部の電気回路がロックされない設計（物理的にリレ

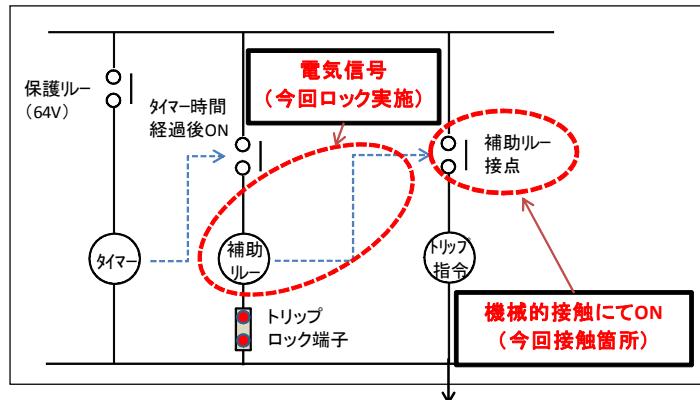
一を動かすとトリップ信号が出力される回路)となっていた。なお、同様の保護リレー盤は、社内には当該盤(受電線1L,2L用)のみであった。

当該盤は約25年前に更新されたものであり、それ以前はロック端子を開放することで、物理的にリレーに接触してもトリップ信号が出力されない回路であった。本来、安全回路の設計思想は統一すべきであり、現在の回路としてしまったことは、当時の制御盤設計における検討が浅かったこと(課題『設備更新時の知識・配慮』)が背景要因にあるものと考えられる。もし、当該更新時に、設計思想を変えたのであれば、その内容を標準書および教育により徹底すべきであった。

- ・今回の施工計画に当たり参照したマニュアルには、「(ロック端子の開放により)解列信号は完全にロックされる」と記載されていたこともあり、作業計画段階よりロック端子の開放のみでタイマー取り外し作業を行うことは問題ないと認識し、作業者も改めて図面等を確認することなく作業を行った。

しかし、特別高圧に関連する制御盤内の初めて実施する部品取り外し作業であったこと、および現物と図面を対比させれば比較的容易に今回のリスクを認識できたことから、リスク感性面での課題はあると考えられる(課題『作業者のリスク感性』)。

＜当該制御盤の構成＞



＜一般的な設備での構成＞

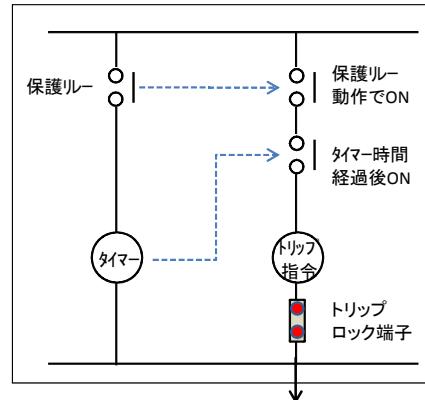


図4.12 トリップロック回路概要

【SSC動作不具合による自家発電設備停止】

1) 直接原因

系統安定化装置(SSC)は、図4.13に示す通り、「A:電力負荷調整機能」と「B:周波数自動調整機能」により構成されている。ここで、電力負荷調整機

能とは、構内単独運転への移行直後に、発電量（自家発電設備の出力）と電力負荷（各工場設備の電力使用量）の差を自家発電設備の通常運転での許容変動範囲内に収めるために、自家発電設備および工場設備の一部を遮断（停止）する機能である。また、周波数自動調整機能とは、電力負荷調整機能が動作した後、電力負荷の変動に合わせ自家発電設備の出力を調整し、構内電力の周波数（および電圧）を一定に保つ機能である。

今回、構内単独運転へ移行後、電力負荷調整機能は正常に動作したもの、メーカーでのソフトウェア設計上の不備があり、周波数自動調整機能は正常に動作しなかった。その結果、発電量と電力負荷のバランス調整ができず、構内電力の周波数が徐々に高くなり、1号発電機（1TG）の設備保護装置が動作したこと、1TGが停止した。1TGが停止した影響で最終的には自家発電設備が全て停止し、所内全域の停電に至った。

図4.14に、周波数自動調整機能が正常に動作しなかった原因と推定されるソフトウェア（プログラム）不備の概要について示す。図中の（a）は正常動作時、（b）は今回の発生事象（想定）を示す。SSCへの受電線解列信号の入力は、フォールトトレランス対応として、SSCに対して信号を2重化しているが、この2つの信号の入力タイミングが一定時間（0.003秒程度）以上ずれると、周波数自動調整機能を行うための「SSC制御モード移行指令」が出力されない状態になってしまい（信号がリセットされてしまう）ことが分かった。

なお、SSC導入時（2005年2月）には、設置後に試運転を実施しているが、不具合は認められなかった。今回の事象は極めて特殊な条件で発現するものであることから、メーカーでの設計段階におけるデザインレビューで適切に検討・対応しなければ、現地試運転段階での不具合検出は困難と考えられる。

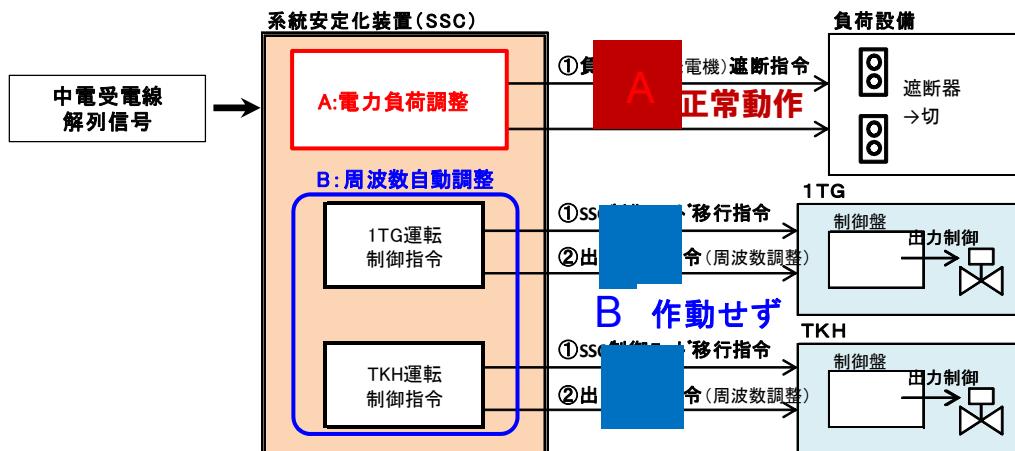


図4.13 SSC機能概要と動作状況

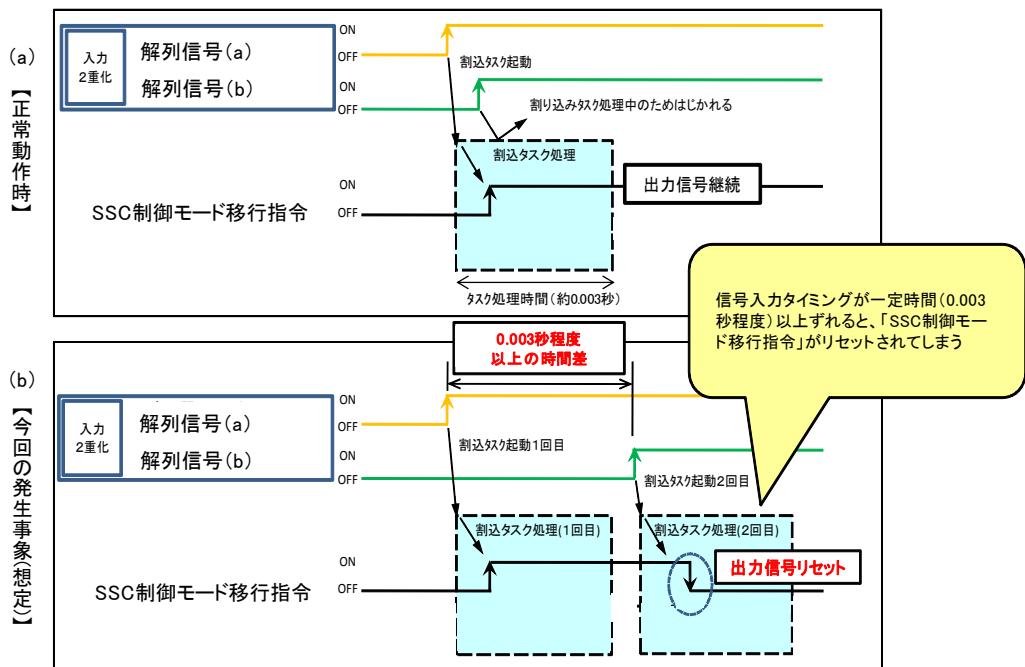


図 4.14 SSC ソフトウェア回路概要（不具合発生部）

2) 間接要因

構内単独運転時の周波数調整は、SSC による自動制御を前提としていたため、今回事例に適用可能な非定常時の標準類は整備ができていなかった。そのため、構内電力の周波数が上昇していることに対し、オペレーターの異常認知および手動による発電機操作への切替にまでは至らなかった。

導入時より SSC は全自動制御との理解のため SSC に対する認識が浅く、SSC 設備導入時および非定常演練時等でのリスク抽出不足およびそれに対応した標準類が整備不足であったこと（課題『設備新設時の標準化』）が背景要因にあると考えられる。

（3）再発防止対策

1) リレー盤の誤動作防止対策

- ・当該盤へ、盤内操作の危険性について表示するとともに、今後の盤内作業を最小限とするよう施工計画を立案する。（運用開始 6/23～）
- ・今後、タイマー変更が必要となった場合には、（タイマーの取り外しを行わずに、）操作ツマミでの設定変更を行うことで対応する。（運用開始 6/23～）
- ・リスク低減対策として、当該リレー盤におけるより安全なロック方式への見直しを検討する。

- ・誤動作を生じさせない電気的・機械的なフールプルーフ設計(誤った操作でも事故に至らない安全設計)の全社標準化を行う。
- ・トラブル時の影響が大きい重要設備の改造等においては、誤認識等がないよう、必ず既設図面を確認することを標準化(チェックリスト作成)する。
(標準化 7/1 完)

2) SSC 動作不具合による自家発電設備の停止防止対策

- ・SSC 機能不備に対する対策として、SSC ソフトウェア(プログラム)の改修を行う。(2015 年 6 月目途)
- ・万一、SSC 制御が正しく機能しなかった場合における対応強化として、SSC による制御状態の確認手順、SSC が正常に動作していることの判断基準を標準化する。併せて、自家発電設備の出力調整に関して手動調整方法を標準化するとともに、SSC ソフトウェアの改修まではオペレーターが手動で対応することを標準化する。(7/18 完)
- ・異常処置訓練の継続的な実施により SSC 動作不具合時の対応力強化を図る。
(9/25 以降、中電受電線解列想定訓練を計 4 回実施。引き続き、新たなケースを想定し、訓練を定期的に実施する)

4.4. 7 月 27 日発生事故

(1) 概 要

4 号発電機(4TG) 主変圧器 2 次側(22kV 系統) のケーブル端末部で地絡(接地)・短絡(ショート)が発生し、4TG が停止した。この短絡電流を起因とした誤信号により、製銑・製鋼地区の複数の回線が自動遮断され、図 4.15 に示す範囲が停電となった。この停電にともない、COG 排送プロワーが停止し、非常措置としてコークス炉での燃焼放散を行ったが、不完全燃焼が生じたことにより黒煙が発生した。

[経緯]

- 7:15 4 号発電機(4TG) 主変圧器 2 次側ケーブル端末部地絡。
- 7:16 製銑・製鋼設備の一部が停電。
- 7:18 頃 コークス炉からの燃焼放散を開始。
(停電により COG 排送プロワー 5 台中 3 台が停止したため)
- 8:10 停電範囲の復電開始。
- 8:55 COG 排送プロワーを順次立ち上げるとともに、燃焼放散を縮小。
- 10:35 コークス炉からの燃焼放散終了。

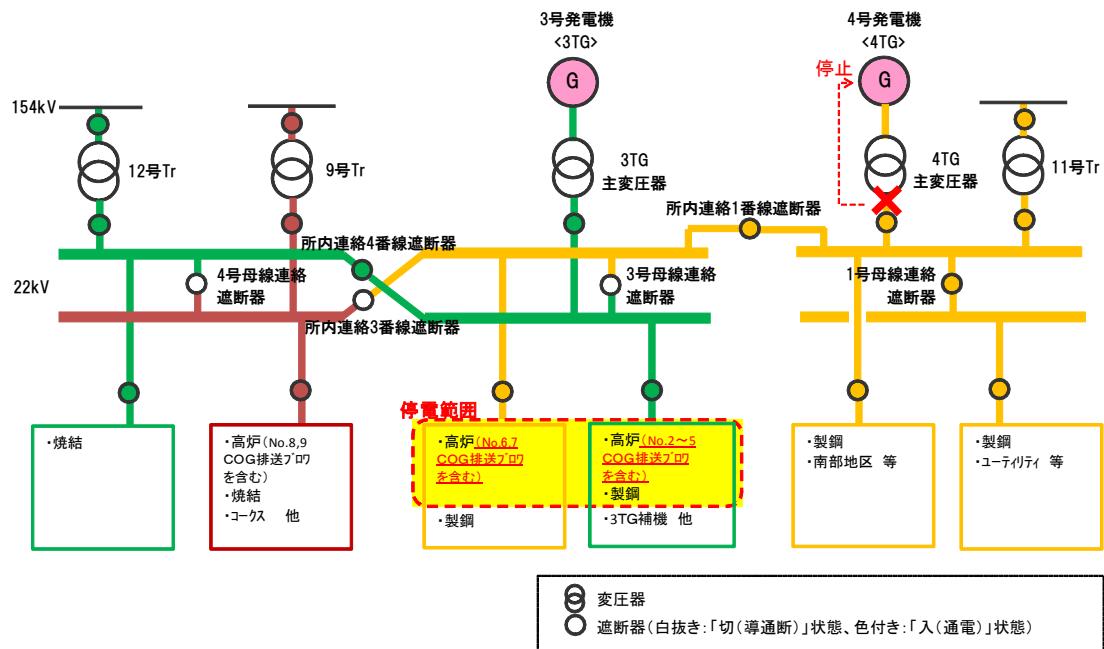


図 4.15 7月27日事故発生状況（東海火力発電所 電力供給系統図）

(2) 事故発生原因

【ケーブル端末部の地絡発生】

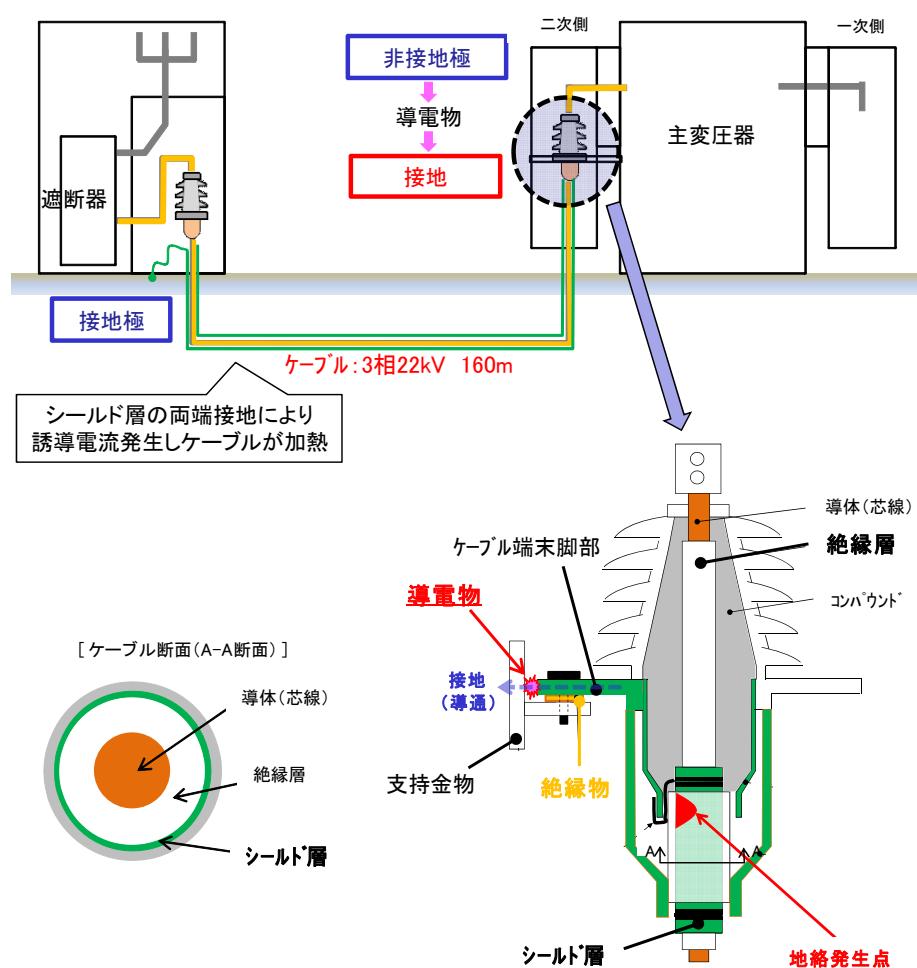
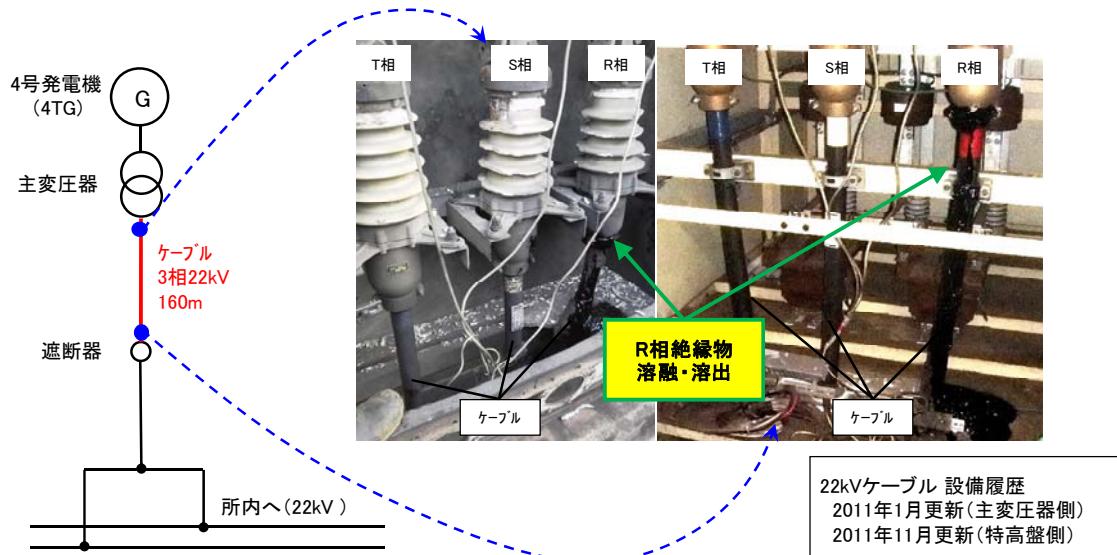
1) 直接原因

図 4.16 に事故発生後の 4号発電機(4TG)主変圧器二次側ケーブル端末部の状況を示す。3相交流電源であり、R相, S相, T相の3本のケーブル(導体)で1回線を構成している。図 4.16 に示す通り、R相ケーブル端末部の絶縁物の溶出が確認できる。原因としては、R相ケーブルが長時間にわたり異常発熱し、R相ケーブル端末部の絶縁物が溶融したことにより、R相ケーブル端末部で地絡が発生したものと推定している。

異常発熱に関しては、図 4.17 に示す通り、4TG 主変圧器二次側 R相ケーブル端末脚部と支持金物の間を導電物（金属と想定）が接触し導通させたことで、R相ケーブルのシールド層が両端接地の状態となり、誘導電流が長時間流れ、ケーブルの異常発熱が発生したものと推定している。事故後のケーブル調査より、R相ケーブルのシールド層は加熱された痕跡があることが判明している。なお、端末部の絶縁物の溶出に関する再現実験結果から、誘導電流は約1週間流れているものと想定され、導電物は事故6日前に実施した工事の残材の可能性が高いと考えられるものの、確証は得られていない。

2) 間接要因

ケーブル端末部と支持金物の間隙が狭く、導電物の接触により導通を生じさせやすい構造であった。



【4TG 主変圧器における地絡発生後の停電範囲拡大】

1) 直接原因

図 4.18 に、4TG 主変圧器二次側 R 相ケーブル端末部での地絡発生後の停電範囲拡大の経緯を示す。まず、R 相ケーブル端末部での地絡の発生・継続により、同一系統の S 相、T 相ケーブルの対地電圧が約 1.7 倍に増加し、1 分後に相対的に絶縁が低下していた T 相においても絶縁破壊により地絡が発生したため、短絡（2 線地絡）に至った。

さらに、この短絡により、アースに流れ込む電流が急増したことにより、当該変圧器周辺のアース電位が変動し、近傍でアースを取っていた送電線の遮断制御回路の一部が作動したため、図 4.15 に示す範囲が停電となった。

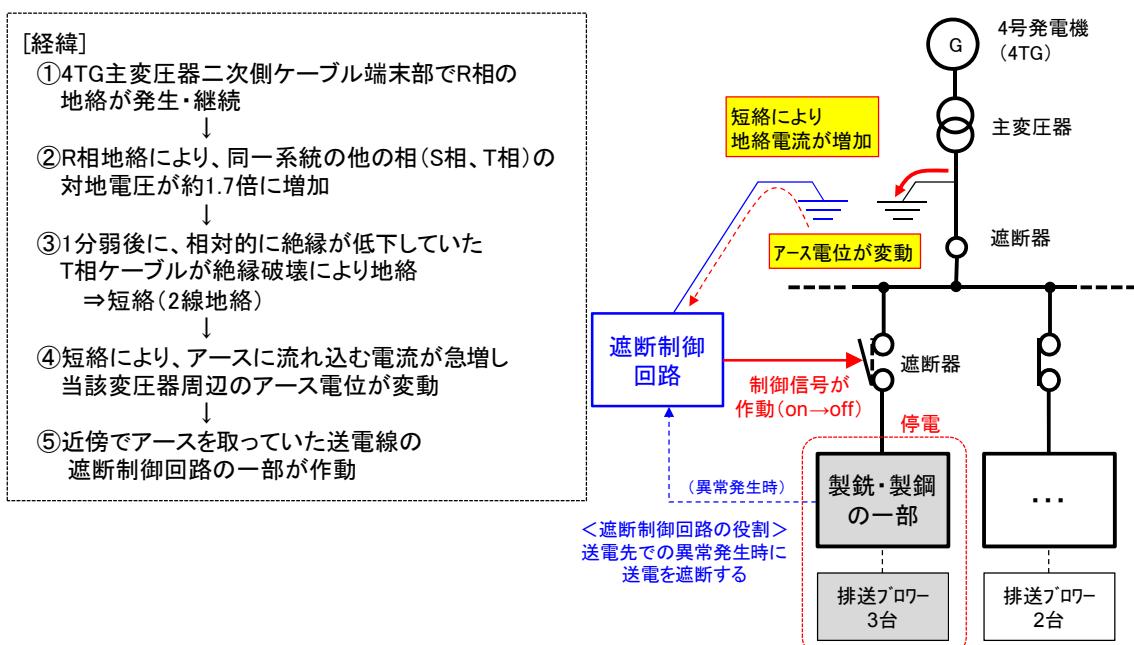


図 4.18 地絡発生後の停電範囲拡大の経緯

2) 間接要因

4 号発電機 (4TG) は、小型の自家発電設備のみを有していた時代に、製鐵所の重要設備への電力供給を継続させることに重点を置いた電源として位置づけられていた。そのため、電力供給を最大限継続させる観点から、地絡発生時も警報は発するが、オペレーターによる状況判断に基づく対応を基本とし、地絡発生による自動停止機能は導入してこなかった。

その後、大型の自家発電設備の導入が行われ、4TG による電力供給の重要性は低くなったものの、4TG での地絡発生時の対応については従来の考え方が踏襲されたままになっていた。従って、今回の事故発生時も、地絡警報は

発したが、4TG は自動停止とはならず、オペレーターによる地絡事象の確認・対応を行う前に短絡状態となつたため、結果的に停電範囲の拡大に至つた。

大型発電機導入時において他発電機を含めた全体としてのエンジニアリングができていなかつたこと（課題『設備改造時の知識・配慮』）、電力供給構造の変化に合わせてリスクの再評価を行つていなかつたこと（課題『設備/操業変化に対するリスク感性』）が背景要因として考えられる。

(3) 再発防止対策

1) ケーブル端末部の地絡対策

- ・特別高圧受配電設備における作業においては、工事実施時の工具・部品類の持ち込み、持ち出し管理の強化（チェック方法のルール化等）を行う。
(標準化 8/25 完)
- ・ケーブル端末脚部の固定方式を、異物等の落下物があつても接触による導通リスクが低い壁取付型に変更する。(9/27 完)

2) 4TG 主変圧器における地絡発生時の対応

- ・4TG 主変圧器における地絡発生時の自動遮断化の改造を行う。(10/29 完)
- ・自動遮断ができない場合での手動遮断について標準化を行う。
(標準化 9/25 完)

5. 一連の停電事故発生に対する取り組み

5.1. 黒煙対策

今回の一連の停電事故では、コークス炉にて黒煙発生が生じ、地域の方々へ多大な影響を与えた。当委員会としては、黒煙発生の原因となった4回の停電事故に対する個別の再発防止策に留まることなく、黒煙発生の本質的なリスク低減に向けた対応策についても検討を行い、以下の具体策について提言を行った（各対策は、現在実行中）。

(1) 電源トラブル等での燃焼放散の回避対策

コークス炉における燃焼放散は、コークス炉ガスを排送プロワー等により送ることができなくなった場合に実施するものである。今回の事故のように、停電により排送プロワーが停止してしまうと燃焼放散を行わざるを得ない状況となるが、それ以外にも、他工場等でのコークス炉ガスの使用量が低下する場合には、ガス滞留回避を目的に燃焼放散を行う必要が生じる。

当委員会では、上記事態が発生した際にもコークス炉での燃焼放散を最大限回避するための対策について以下検討した。

1) 電源供給系統強化（電源2系統化対策）

コークス炉における燃焼放散を回避するためには、コークス炉ガスを各使用先に排送するための排送関連設備（化成設備（冷却、排送プロワー、精製）、圧送設備）の運転継続が必要となる。

現在、排送関連設備の電源は、図5.1に示す鉄源系からのみ供給されているため、今回の一連の停電事故のように鉄源系で電源トラブルが生じると、排送関連設備が休止し、燃焼放散を行う必要が生じる。そこで、今回、図5.1に示す製品系電源からも排送関連設備への電源供給を行う2系統化対策を行うことで、万一、鉄源系からの供給が停止した場合でも、製品系に切り替えることで電源供給が可能となる信頼性の高い構成とする。（2015年6月完工目途）

今回対策は、構内電源系統の最上位である受電系（154kV系）からの2系統化を行う計画であり、中電受電線の解列を伴う全停電を除いた、大半の電源トラブルへ対応可能な方案である。

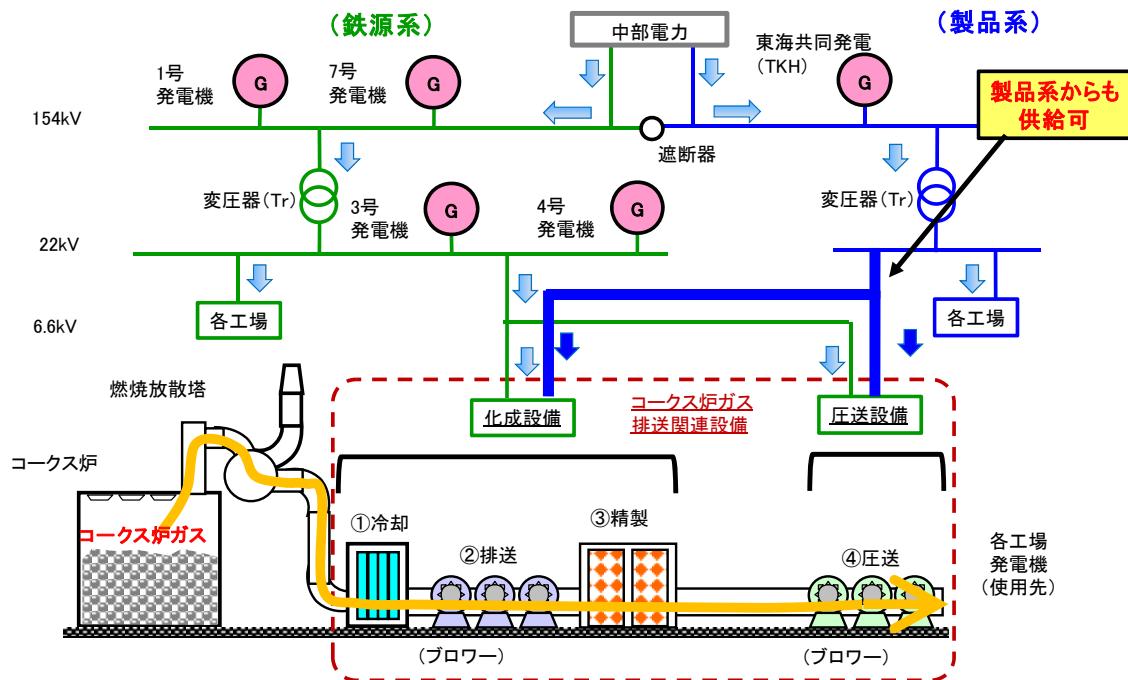


図 5.1 コークス炉ガス配送関連設備 電源 2 系統化概要

2) コークス炉ガスの滞留回避対策（ガスバランス対策）

次に、ガス使用先である各工場での停電や発電所のトラブルなどにより、コークス炉ガスの使用量（各工場・発電設備）が減少するリスクが想定できる。もし、コークス炉ガスの発生量が使用量を上回っている場合には、コークス炉ガス配送関連設備が運転継続していたとしても、コークス炉ガスの送り先がないため、コークス炉での燃焼放散をせざるを得ない状況となる（滞留防止）。

そこで、コークス炉での燃焼放散による黒煙発生を回避するための対策として、図 5.2 に示す通り、フレアスタック（化成設備通過後にガスを完全燃焼させるための煙突式燃焼放散塔）を設置する。（2015 年 7 月完工目途）

これにより、ガス使用量の大幅な変動に対しても、コークス炉での燃焼放散を行うことなく対処することが可能となる。

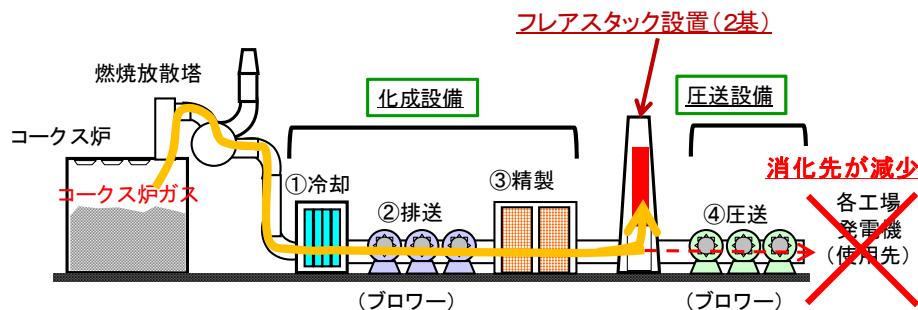


図 5.2 フレアスタック設置概要

(2) 黒煙抑制対策

更に、万一コークス炉で燃焼放散をせざるを得ない状況に対処するため、黒煙を発生させないための対策を合わせて実施する。燃焼放散に伴う黒煙は、コークス炉ガスが不完全燃焼となった場合に、放散ガス中に煤（すす）等が残存するために生じるものであることから、完全燃焼化を促進することが必要となる。

不完全燃焼は、コークス炉ガスに対して供給される空気（酸素）が少ないと煤（すす）等が燃え残ることから生じており、燃焼部位（燃焼放散塔の上部）へ充分な空気を供給することが重要となる。既に、名古屋製鐵所では、蒸気を用いた空気の強制供給設備（蒸気エゼクター）を、全コークス炉の燃焼放散塔に設置済みである。蒸気吹き込みによる黒煙抑制の効果を、図 5.3 に示す。

しかし、今回事故のように停電に伴い蒸気発生設備の稼働制約が生じると、燃焼放散塔での蒸気吹き込みができなくなり、黒煙を発生させてしまう事態となる。そこで、図 5.4 に示す通り、停電等により蒸気発生設備が停止したとしても蒸気を代替供給するための対策を講じる。

具体的には、ディーゼル発電機（200kVA×4 台）と蒸気発生源として小型パッケージボイラー（2.5T/Hr×42 台）を設置する（11/10 完）。その概要を図 5.5 に、実際の設置状況を図 5.6 に示す。

更に、小型パッケージボイラーの起動開始から実際に蒸気が発生・供給できるようになるまでの間（10～20 分間）においても、燃焼放散塔への蒸気供給が可能となるように、蒸気アキュムレータ（蒸気タンク）についても併設する。（2015 年 5 月完工目途）



図 5.3 蒸気吹き込みによる黒煙抑制対策試験結果

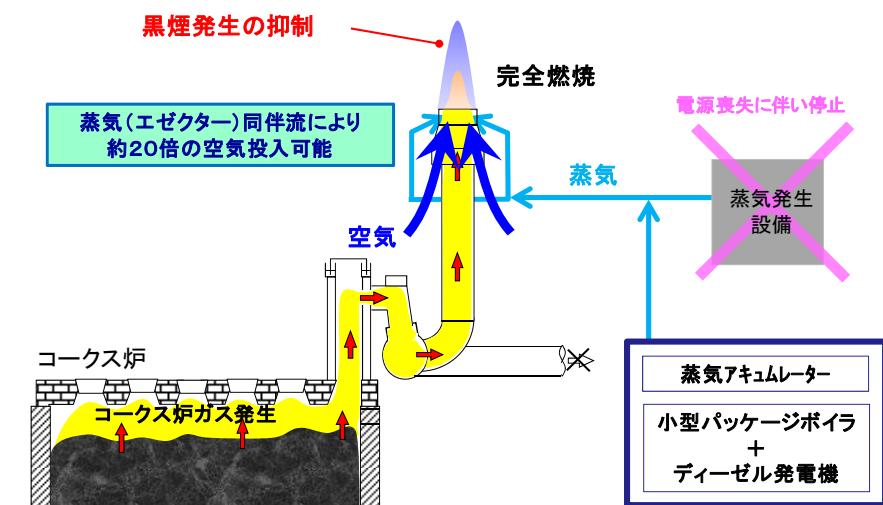


図 5.4 黒煙抑制対策概要

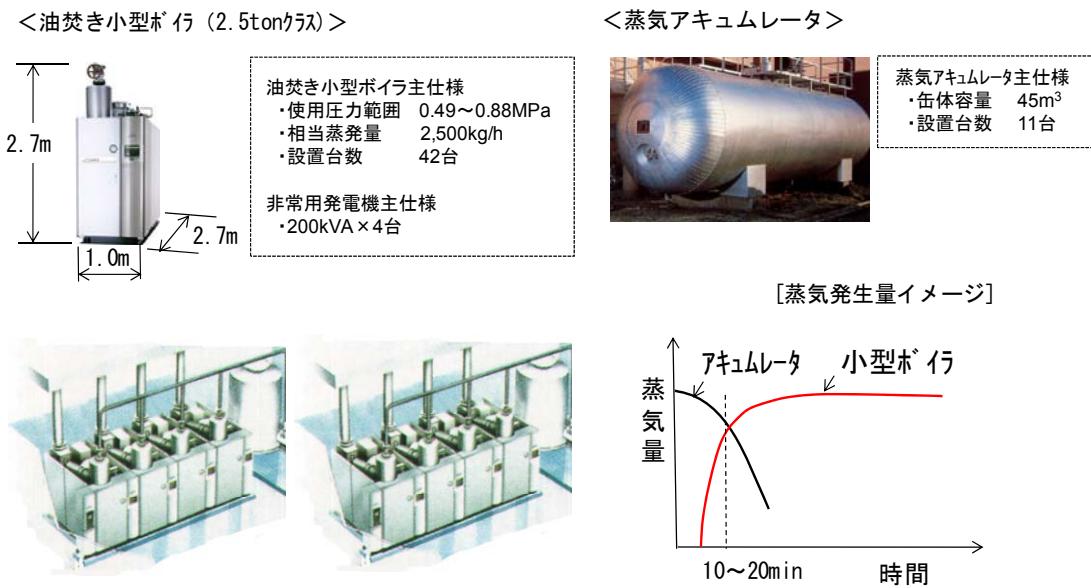


図 5.5 停電時の蒸気供給対策概要

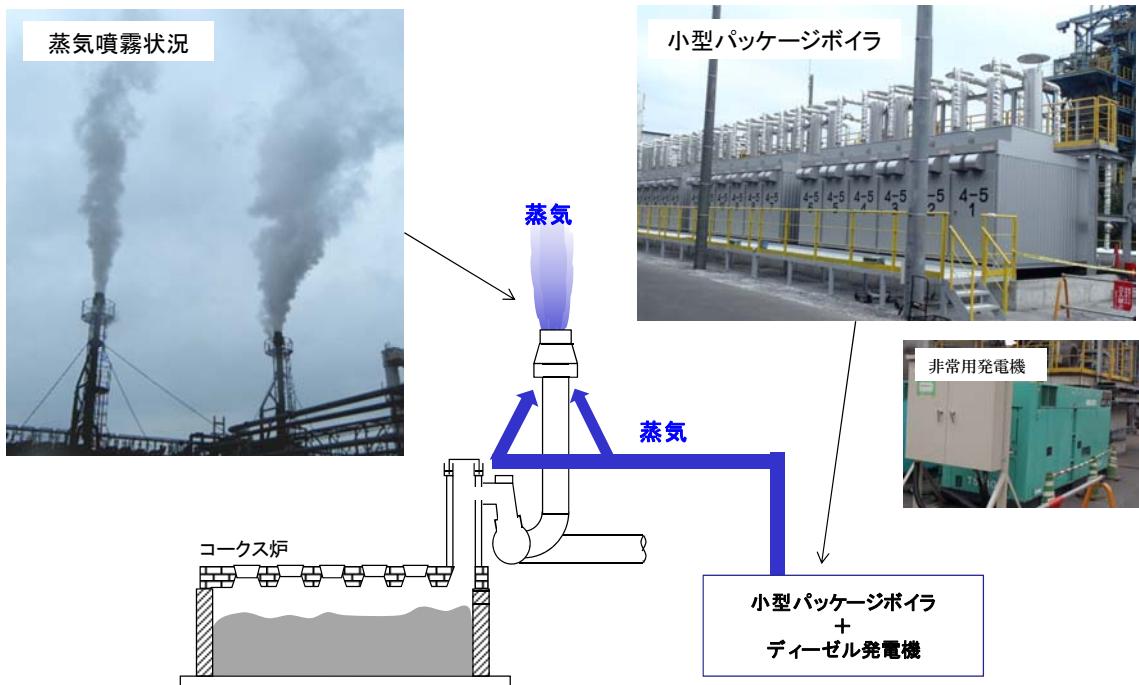


図 5.6 小型パッケージボイラの設置状況

5.2. 背景要因（潜在的な課題）に対する対策

(1) 背景要因の検討

4回の停電事故の事象・原因はいずれも異なるが、約半年の間に連続して停電事故を発生させ、それを未然に防止できなかった事実に鑑みると、背景に潜在的な課題が存在すると考えられる。

まず、4回の事故について、個々の背景要因を整理するとともに、それらを組織・業務運営等の視点から分類・整理すると、表5.1の左側に示す5つの課題に集約することができる。それぞれは、当委員会や本社機能部門（内部監査部門他）等によるヒアリング・議論を通して課題が認められており、他製鐵所との比較や、エネルギー部門と他部門との比較においても、相対的に劣位な部分があると判断している。

そこで、これら潜在的課題への対応として、当委員会では、表5.1の右側に示す5つの視点（対策の方向性）に焦点をあて、対策について検討を行った。各対策については、名古屋製鐵所の固有の課題として対策を実施すべきものと、全社的な取り組みの中で名古屋製鐵所の改善を進めることができるものに分類した上で、以下を具体策として提言した。

（注：以下、各対策項目の右側に、対応する【対策の方向性】を番号で示す）

表 5.1 事故に至った潜在的課題と対策について

考えられる潜在的課題	対策の方向性
<ul style="list-style-type: none"> ・設備/操業変化に対するリスク感性 ・作業に対するリスク感性 ・設備新設/改造時の知識・配慮 ・設備新設/改造時の教育・標準化 ・コミュニケーション 	<p>➡</p> <ul style="list-style-type: none"> 【1】エネルギー部門のリスクマネジメント機能強化 【2】技術スタッフの育成と現場に対する支援強化 【3】現場管理者層のマネジメント機能向上 【4】業務の基盤となる標準類の整備促進 【5】教育訓練の充実 (非定常作業に対する危険予知等)

(2)名古屋製鐵所における対策

1) 名古屋製鐵所 エネルギー部門の強化

従来、エネルギー部門と資源リサイクル部門が一緒になった組織であったが、これらを分離独立させることで、エネルギー部門のマネジメント強化を図る（名古屋製鐵所「エネルギー部」の設置（11/1 完））。

今後のエネルギー課題への対応力強化を図るべく、エネルギー（電気・水道・副生ガス他）に関わる業務に特化した部とするだけではなく、整備部門についても内包させることで、操業から整備まで一貫した業務運営が行なえる体制を構築する。

さらに、技術スタッフによる検討体制を強化すべく、下記の対策についても合わせて実施する。

・工場での操業支援および技術面での支援強化を図るために、操業担当（専属）の技術スタッフを配置する。（4/1 完）

・エネルギー技術スタッフの指導、およびスタッフによる検討レベルの向上を目的に、統括職位（機械/電気統括）を新たに設置し、要員面での増強を図る。（4/1 完）

・技術スタッフ業務の効率化を目的に、業務内容の明確化・標準化を実施する。具体的には、各業務での必要ドキュメントリスト等の整備・運用により、検討漏れを無くした確実な検討ができる体制を構築する。

（9/30 完）

2) 工事案件（新設/更新工事、保全工事）のリスク管理強化

【1】【2】【3】

一連の停電事故においては、工事計画・施工に關係しているものが複数あり、工事に関わるリスク管理体制のあり方について改善を図ることが必要である。

特に、事故による影響が大きい工事に関しては、リスク管理レベルを高める必要があり、設備の重要度・トラブル時の影響度に応じた管理レベル（所、部、室・工場レベル）でのリスク管理を行う。（表 5.2、運用開始 8/19～）

表 5.2 リスクに応じた工事管理体制について

レベル	会議	頻度	メンバー	対象工事(例)
所レベル	個別の業務フォローチェック	都度	所長,副所長,関係部長,関係室長	特高受配電設備、大型発電設備定修等
部レベル	設備仕様決定会議	都度	部長, 室・工場長, 実務者	ガス配管停止補修、中小型発電設備定修等
室・工場レベル	電力課題検討会	1回/週	電力関係実務者	高圧遮断器点検、予備送水ポンプ補修等

3) 現場管理者層のマネジメント能力向上および現場対応力の強化 【3】【4】【5】

現場管理者層のマネジメントに関して、特にトラブルの未然防止に向けた取り組みの強化、および非定常時の対応力の向上を目的に、下記の業務体制の強化を図る。加えて、現場オペレーターの非定常時の対応力の強化を目的とした対策についても合わせて実施する。

- ・図面のチェック有無、誤作動防止措置の実施有無等、トラブルを防止するための確認項目を記載したチェックリストの整備・運用を行う。

(運用開始 7/1)

- ・従来、課題発生に応じて検討会を開催していたが、小さな課題の芽を早期に摘むことも目的に、技術スタッフ・工場管理者・整備管理者による合同課題検討会・連絡会を定期的に実施し、定常的な情報交換・共有化を促し、迅速なアクションに結び付ける。(運用開始 3/6)
- ・停電トラブル等を想定した異常処置基準の充実化、および定期的な訓練を実施することで、現場オペレータの対応力強化を図る。
(9/25 以降、中電受電線解列想定訓練を計 4 回実施。引き続き、新たなケースを想定し、訓練を定期的に実施する)

(3) 全社・本社における対策

1) 本社 エネルギー部門の強化 【1】

全社エネルギー部門の業務運営、人員配置の全社最適運用、人材育成のコントロール機能の強化を図るべく、本社にエネルギー技術部を新設する(11/1 完)。これまで、技術総括部内にエネルギー技術室（室格）として位置付けられていたが、これを部格とすることで、エネルギー部門の強化を明示化するとともに、マネジメント面での強化を行う。

(a) エネルギー技術者の育成強化 【2】

従来の導入集合プログラム（1年間）を、全社共通部門での長期育成配置(3年間)による OJT に拡充し、実践力の高い技術者を養成する。また、配置とローテーションを組み合わせることで、キャリアパスを充実させる。

(b) 他社交流等を通したリスク管理・育成レベルの強化 【1】【2】【5】

従来は、自社で課題認識されたものについての他社ヒアリングが中心となっており、特定目的に限定した交流に留まっていた面があり、井の中の蛙に陥りやすい傾向にあった。そこで今後は、工場内に同様の電力系統を保有・運用している他社との交流を活発化させることで、自社の技術・操業レベルを他社と比較した上で認識するとともに、技術レベル、リスクマネジメントレベルの向上に向けた取り組みを継続的に行う。合わせて、他社教育プログラムの積極的活用についても検討する。

(c) 社内エキスパートの効率的活用

【2】【5】

経験豊富な社内エンジニア（エキスパート）の効率的な活用として、全社共通部門への配置・専属化による支援体制強化、および中堅エンジニアを対象とした育成強化（エキスパートの再生産）の推進を行う。

2) 標準化推進に関わる機能強化

【4】【5】

今回の事故を通して、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、エネルギー部門において、製品工場での品質監査等による標準類の定期的な監査を行って来なかつたことから、標準類の整備について第三者の目が入ることがなかつたことも原因の一つと考えられる。

今後、更に世代交代の進行が想定される中、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を踏まえ、より一層の標準類の整備が必要となってくる。そこで、全社的な取り組みとして強化するために、本社技術総括部に「ものづくり基盤推進室」（11/1 完）を設置し、標準化推進および業務改善の体制整備を行う。

3) 設備エンジニアリング力の育成強化

【2】【4】

4回の停電事故の全てにおいて、設備新設・更新や工事におけるエンジニアリング面での課題が認められた。

そこで、技術スタッフを対象とした設備エンジニアリング力の育成強化を目的に、過去の失敗事例等を織り込んだエンジニアリング・マニュアルの作成を行う（8/26 完了）。加えて、エンジニアリング時の検討視点の漏れを防ぎ、トラブルの未然防止を図るために、本マニュアルを用いた教育を、全技術部門の技術スタッフを対象に行う（育成カリキュラムとして組み込み済み）。

(4) 更なるリスク低減への取り組み

1) 防災リスク管理機能の強化

防災リスク管理に関する全社的な取り組みを強化すべく、本社に防災推進部を新設する(11/1 完)。さらに、防災に関する情報・課題認識の共有化、防災に関する諸課題への対応方針の検討・調整を促進すべく、防災推進委員会を設置する。

加えて、防災に関わる PDCA を確実に推進するとともに、外部の目を入れた透明性の高い活動とすべく、社外有識者等の参画について検討を行う。

2) 受配電設備の総点検（「受配電設備等調査委員会」にて検討）

当委員会と並行して、社外の有識者4人及び当社委員19人をメンバーとし、受配電設備等調査委員会を 2014 年 8 月 11 日に設置し、名古屋製鐵所の受配電設備及びその他関連設備全般にかかる総点検を実施するとともに改善策を検討していく。(2015 年 3 月目途)

委員長	織田 和之 新日鐵住金(株)設備・保全技術センター所長
社外委員	横山 明彦 東京大学大学院教授
	重電メーカー技術者 3 名
社内委員	本社、名古屋製鐵所メンバー、他製鐵所エキスパート 計 18 名

3) 受配電設備に関する製造基盤整備の促進

今回トラブルの直接的な原因は設備の老朽化ではないものの、経年設備が多数稼働している事から、TBM (Time Based Maintenance (時間基準保全)) , CBM (Condition Based Maintenance (状態基準保全)) 等に基づく確実な維持メンテナンス (設備更新含む) を継続しつつ、重大リスク等への対応力強化策を合わせて行う。トラブル時の影響度の大きい特別高圧受配電設備 (ケーブル・変圧器・遮断器) については、社会的な影響度等のリスクを評価し、重要度に応じて信頼性を最適に維持していく手法である“スマートメンテナンス”の考え方も考慮して、引き続き計画的な設備更新を実行するとともに、系統運用・保護協調システムの改善・適正化等を推進する。(「受配電設備等調査委員会」検討結果も踏まえ実施)

6. おわりに

新日鐵住金㈱においては、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、また安全・環境・防災対策等、事故防止のための様々な取り組みを行ってきた。しかしながら、今回の事態に鑑みると、その取り組みは道半ばであったと言わざるを得ない。

1月の事故を受けて、エネルギー部門において設備管理業務の見直しを行うなど、仕事の仕方を大きく変えてきたが、管理者層から現場第一線までのリスク管理強化を実現するためには、今回提言した各種取り組みを通して、粘り強く風土を醸成していかなければならない。対策が、単なる管理面での強化に留まらず、現場の作業実態を確実に改善させるためのリスクマネジメントの強化、リスクを顕在化させない為のコミュニケーションの改善、各階層での人材育成・教育訓練など、中長期的な視点に基づき、着実な実行をもって定着化を図ることが、風化させないための確実な方法である。定着化はマネジメント課題であると認識した上で、モニタリング等により確実にフォローアップすることが重要である。

加えて、対策の実効性を高め、幅広い視点から新たな気づきを得るためにも、外部の目（第三者）による定期的な検証を取り入れるための仕組み作りについて、引き続き検討・実行していくべきである。

4回の停電事故の原因については、本報告書記載の通りであるが、今回の一連の停電事故が名古屋製鐵所に限定された議論に陥ることなく、全社課題として、防災面での強化を図っていくきっかけにしていくことも必要である。今回の事故を真摯に反省し、全社をあげて、社の信頼を取り戻すべく、今後も全力で再発防止に取り組むことが求められている。その上で、社会からの信用・信頼を大切にし、鉄づくりを通じて、地域、そして社会の発展に貢献するという社の経営理念の実現に向け、会社一丸となって努力してゆかねばならない。

最後に、本検討ならびに本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。

以上

〔用語集〕

3. 名古屋製鉄所電力供給系統及び4回の停電事故概要

用語	意味／説明
コークス炉	石炭を乾留しコークスを製造する設備(炉)。コークスは、鉄の製造原料として使用する。設備(炉)は炭化室、燃焼室、蓄熱室で構成されており、大部分は珪石煉瓦でできている。他に、炭化室に石炭を装入する装入炭車、乾留されたコークスを押出す押出機、押出された赤熱コークスを受ける電車とコークス炉と電車間をガイドするガイド車が移動機として装備されている。
コークス炉ガス (COG)	石炭を乾留するときに発生する可燃性ガス。製鐵所構内で有効活用するため、タール等を取り除き、製造工場や発電所のエネルギー源として使用されている。主成分は水素；50%，CH4；30%，その他の炭化水素や窒素、CO、CO2等が含まれ、大凡 4600kcal/Nm ³ の発熱量である。
コークス炉ガス排送ブロワー(COG 排送ブロワー)	コークス炉から発生したコークス炉ガス (COG) を吸引し、後工程であるガス精製工程に圧送する送風機(ブロワー)。
コークス炉での燃焼放散 (炉上燃焼放散)	コークス炉の操業時において、ガス排送ブロワー停止やガス圧力上昇等の非常時に、COG を燃焼し排出させること。コークス炉に燃焼設備(燃焼放散塔)が設置されている。
系統	電力系統のこと。発変電設備(発電所、変電所)、送配電設備(開閉所、送配電線)、負荷設備(工場設備)などが相互につながった電気回路網のこと。

4.1. 1月17日発生事故

用語	意味／説明
高炉炉頂圧発電機 (TRT : Top pressure Recovery Turbine)	製鐵所の高炉で発生する高炉ガスの圧力を利用し、タービンを回しエネルギーを回収する発電設備。日本国内の大型高炉には全て設置されている省エネ設備である。
遮断器	電気設備の正常動作時の負荷電流を開閉するとともに、事故電流(短絡事故など)を遮断することにより二次側(下流側)の設備を保護し、一次側(上流側)への事故波及を防止する開閉器(ブレーカー)。
ABB	Air Blast Circuit Breaker の略。日本語では「空気遮断器」電流遮断時に発生するアーク放電を、圧縮された空気による高速度の空気流により減衰させて電流遮断する遮断器(ブレーカー)

	である。
VCB	Vacuum Circuit Breaker の略。日本語では「真空遮断器」であり、電流遮断時に発生するアーク放電を、真空中におくことで減衰させて電流遮断する遮断器（ブレーカ）。
変圧器	電気の電圧を変更する設備。変圧器の入側（上流側）を一次側、出側（下流側）を二次側と呼ぶ。電圧を低く変更する変圧器を降圧変圧器、電圧を高くする変圧器を昇圧変圧器と呼ぶ。通常変圧器と言えば、降圧変圧器を指すことが多い。
母線	電力供給に用いる幹線。送電線や発電所から送られてきた電気を受電するための遮断器（ブレーカー）と、引き込んだ電気を変圧器や他の送電線に送り出すための遮断器を相互に接続するための電気導体。
母線連絡遮断器	母線と母線を連絡するための遮断器。
所内連絡遮断器	発電所、変電所、開閉所といった電気所の電源を連絡するための連絡線用の遮断器。
地絡	事故などにより、電気設備と大地間の電気絶縁が何らかの原因で破れて、電気設備と大地との電気的接触が生じること。
短絡	事故などにより、電圧差のある二点間の電気絶縁が何らかの原因で破れて、二点間で電気的接触が生じること（ショート）。短絡時には非常に大きな事故電流が流れる。
発電機の補機	発電機の補助設備（燃料や冷却水を供給するためのポンプ・ファンなど）。発電機の運転に不可欠な機器であり、補機が停電で停止すると発電機もその後停止する。
ドレン	空気に含まれている水分が、冷却等の状態変化により、水滴となって現れたもの。空気圧縮機の場合では、取り込んだ大気は圧縮され高温になり、多くの水分を含むことになるが、この圧縮空気が冷却されると、空気に含みきれなくなった水分が水滴となり、取り込んだ大気に存在する粉塵や、圧縮機で発生する潤滑油や金属粉などと混じって不純物（ドレンと呼ぶ）として現れる。
碍管	電気絶縁用の陶製の管のこと。ABB（空気遮断機）用の碍管では、内部を圧縮空気が通過する。
AC	Alternating Current の略。日本語では「交流」であり、時間とともに周期的に方向（+ -）が変化する電流または電圧のこと。
DC	Direct Current の略。日本語では「直流」であり、時間によって方向（+ -）が変化しない電流または電圧のこと。
アーク放電	空気中に露出した二点間に高い電圧差が生じることにより、二点

	間にある空気が電気絶縁破壊し、発生する放電（スパーク）のこと。
--	---------------------------------

4.2. 1月20日発生事故

用語	意味／説明
リレー	日本語では「繼電器」であり、以下のようなものがある。 保護リレー：電力系統を構成する機器等に発生した異常を検出し、遮断器等へ制御信号を送出するもの。 補助リレー：制御信号を遮断器等に送出したり、表示や警報などを出すために、制御回路内で信号の伝達や遮断に用いられるスイッチ。
負荷	エネルギーを消費する電気設備（電動機など）の稼働状況の程度（大きさ）を表す言葉で、電流量ないしは電力量にて表す。「負荷が高い」と言えば、電気設備（電動機など）で多くの電力が使用されていることを示す。
過負荷	電気設備にて常時運転可能な負荷を上回る過大な負荷が一時的にかかること。「負荷」については、上段参照。
短絡容量	電気設備が耐えられる、短絡事故発生時に発生する事故電流量。
有効電力	電気設備（電動機など）で実際に消費される電力。この他に電気設備と電源とで往復するだけで消費されない電力として「無効電力」がある。 変圧器の二次側を流れる電流は、二次側に接続される電気設備の有効電力と無効電力の両方の電力を供給するために流れる電流であり、有効電力分の電流よりも大きくなる。
起動電流	電気機器（電動機など）を起動したときに、一時的にながれる大電流のこと。

4.3. 6月22日発生事故

用語	意味／説明
解列	電力系統から発電設備等を切り離すこと。「中電受電線の解列」とは、中部電力㈱の電力系統から製鐵所の電力系統が切り離されたということ。
構内単独運転	通常は、電力会社と製鐵所は電気的につながった状態にあり、製鐵所は電力会社からの電気供給を受けているが、事故等により電力会社とのつながりが切れるとき、電力が受けられない状態となる。この場合、製鐵所の自家用発電機のみで製鐵所の工場設備に電気を送って運転を継続することとなる。この状態を「構内単独運転」状態と言う。

SSC	<p>電力系統安定化装置 (System Stabilizing Controller) の略称。構内単独運転を継続させるために電力の需給バランス (発電電力と工場消費電力) を調整するシステム。下記AとBの2機能から構成される。</p> <p>A: 電力負荷調整機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 構内単独運転になった際に、発電電力と工場での使用電力が同量となるように工場設備を選択的に停止させる機能を言う。 <p>B: 周波数自動調整機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 構内単独運転になった後に、一定の周波数 (今回60Hz) になるように、発電電力を自動調整する機能を言う。
受電線異常検出リレー	受電線の異常を検出し、遮断器等へ制御信号を送出するもの。
ロック端子	電気設備の保護装置のテストやメンテナンスの際に、誤って遮断器 (ブレーカー) の切り (OFF) 信号を出力することを防ぐために、遮断器の切り (OFF) 信号の出力回路を電気的に切離すための端子。
フォールトトレランス	システムの一部に問題が生じても、システム全体が機能停止することなく (たとえ機能を縮小しても)、動作し続けるようなシステム

4.4. 7月27日発生事故

用語	意味／説明
絶縁	電気設備において、二点間にて電気抵抗が大きく、電圧をかけても電流が流れない状態。
導体	電気を通す物体のこと (銅線など)
シールド層	特高・高圧ケーブルにてケーブル表面に触れて感電するのを防止するため、ケーブル内の導体から流れ出る微小な電気をシールド層で吸収し大地に流すためのもの。
アース	日本語では「接地」であり、電気設備と大地とを銅線などの電導体でつなぐこと。 アース(接地)により、設備と大地間の電圧が異常に上昇することを防止する。
保安電源	電力系統の事故時に、負荷設備 (工場設備) への波及事故拡大を防ぐために、最低限運転が必要な負荷設備を保安負荷設備といい、保安負荷設備に電力を供給するための発変電設備を保安電源という。

5. 一連の発生事故に対する取り組み

用語	意味／説明
フレアスタック	製鉄プロセスで発生する COG 等のガス配管系に設置し、ガス余剰

	時に大気へ放出する装置。ガスを使用している工場側でガスの使用量が減少、あるいは停止すると、発生量が使用量を超過しバランスが崩れるため、一時的に大気へ燃焼させてガスを放出する。
(蒸気) エゼクター	流体(蒸気)をノズルから高速で噴出させる際に、そのノズルの根元から別の物質(通常、ガスまたは液体)を吸引し、作動流体とともに排出する装置。作動流体の違いで、空気式、蒸気式などがある。
蒸気アキュムレータ	蒸気の熱量を加圧熱水(飽和水)として蓄積(蓄熱)させ、蒸気が必要となる場合に、圧力を下げて飽和蒸気を発生させる装置。飽和水として熱を蓄えるので比容積の大きな蒸気の状態に比べ小体積で大量の蒸気(の熱量)を蓄えることができる。