

2014年11月25日
新日鐵住金株式会社
停電事故対策委員会

新日鐵住金株式会社 名古屋製鐵所

停電事故調査報告書（概要版）

1. はじめに

2014年6月22日に新日鐵住金(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て、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での専門家により構成され、新日鐵住金(株)本社及び名古屋製鐵所にて計4回(9/16, 9/25, 10/16, 10/27)、開催した。

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4回の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。

更に、事象・原因は異なるものの、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を鑑みて、背景要因(潜在的な課題)についても検討を行い、その対策を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。

2. 停電事故対策委員会

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。

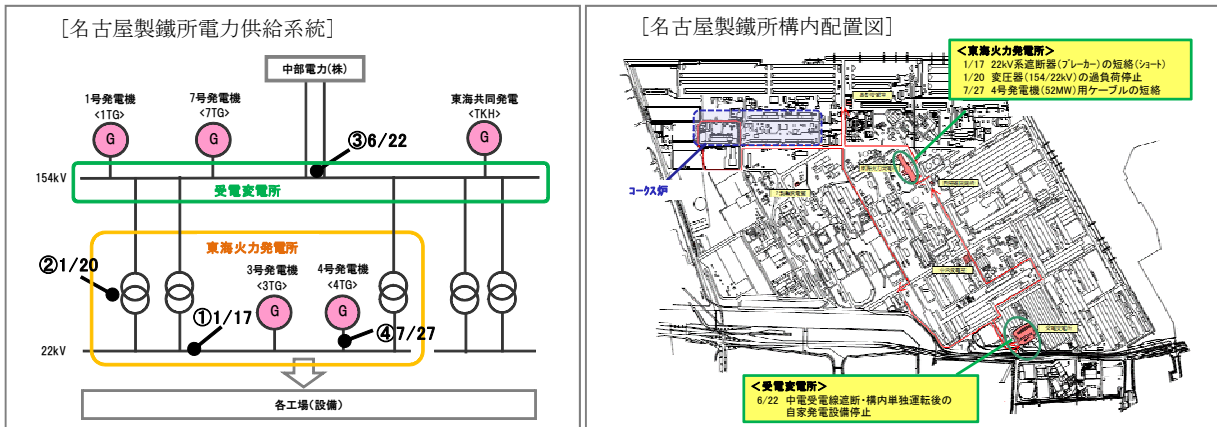
委員長	藤野 伸司	新日鐵住金(株)常務取締役
社外委員	横山 明彦	東京大学大学院教授 及び 重電メーカー技術者3名 計4名
社内委員	本社及び名古屋製鐵所メンバー	計13名

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

名古屋製鐵所の電力供給は、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(電圧を下げて)、各工場に供給している。4回の停電事故は、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。

4回の停電事故の全てにおいて、停電範囲に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:送風機)が含まれ、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)を行ったが、不完全燃焼に伴う煤(すす)等が黒煙として放散された。

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。



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^{※1}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。

※1: 4M5E 分析手法とは、発生した事象について 4M: Man, Machine, Media, Management の視点から要因を抽出し、5E: Education, Engineering, Enforcement, Example, Environment の視点から対策を検討する原因対策対応式 (マトリクス式) の分析手法

4.1. 1月17日発生事故

(1) 概要

第3高炉炉頂圧発電機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、圧縮空気で作動する遮断器 (ABB: Air Blast circuit Breaker) 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。同時に設備保護装置 (過電流リレー) が作動し、関連する系統 (コークス、高炉、焼結、製鋼の各工場設備等) が停電し、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。

(2) 事故発生原因

1) 直接原因

- 遮断器動作用空気圧縮機 (コンプレッサー) の圧縮空気配管系統・運用の不備 (非常用コンプレッサーの接続位置不適・常用化) により、ABBの圧縮空気タンク内にドレン (水分) が混入した結果、ABB内部にて絶縁不良を起こし、短絡に至ったと推定した。

2) 間接要因 ([]内には事故に至った潜在的課題を示す)

- コンプレッサー圧力設定等の重要事項について、標準化・教育が充分ではなく、操業部門 (現場) 判断で変更が行われていた。 [操業変化に対するリスク感性] [設備新設時の教育・標準化]
- 非常用のコンプレッサーの位置付け等が操業部門へ十分に説明されておらず、常用することに対する異常認識が欠如していた。また、設備導入時の検討 (接続位置検討等) が充分ではなかった。 [コミュニケーション] [設備改造時の知識・配慮]

(3) 再発防止対策

- 同一コンプレッサー系統に接続されている同型遮断器 (計7基) について、操作禁止、重点点検の実施 (8/26完) 及び更新を行う。(2015年3月目途)
- ドレン混入低減対策を行う。(非常用コンプレッサー接続位置変更 (1/31完)、リーク低減 (5/20完))
- 設備管理業務の見直しを行う。(傾向管理、定例連絡会実施によるPDCA改善等 (運用開始3/7~))

4.2. 1月20日発生事故

(1) 概要

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、焼結ブロワーを起動した32秒後に12号変圧器(154/22kV)の設備保護装置(過電流リレー)が作動し、当該変圧器が停止したため、関連する系統(コークス、高炉、焼結、製鋼の各工場設備等)が停電した。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。

(2) 事故発生原因

1) 直接原因

- ・12号変圧器からの電力供給系統へ負荷(電力使用先)を集中させたため、焼結ブロワー起動時に12号変圧器の電流上限設定値を超えた(過負荷となった)ため、12号変圧器が停止した。

2) 間接要因([]内には事故に至った潜在的課題を示す)

- ・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、実際の負荷(電流値)を正確に把握できていなかった。

[設備新設時の教育・標準化] [操業変化に対するリスク感性]

- ・12号変圧器の設備保護装置(過電流リレー)の電流上限設定値が他の変圧器よりも低い値になっていた。加えて、設備導入時に、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。

[設備新設時の知識・配慮] [コミュニケーション]

(3) 再発防止策

- ・電力系統の負荷変更時の負荷計算手法、および確認体制の標準化を行う。(2/17完)
- ・電流値での過負荷監視の標準化及び電流値監視画面の追加を行う。(運用開始3/14~)
- ・12号変圧器の電流上限設置値を他の変圧器と同等の値に変更する。(4/24完)

4.3. 6月22日発生事故

(1) 概要

中部電力(株)からの受電線(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回線の受電を止めた状態での作業中に、受電中の他回線が解列となり、中部電力(株)からの受電が停止し、自家発電設備のみの構内単独運転となった。

本来、構内単独運転時は、系統安定化装置(SSC: System Stabilizing Controller)にて電力負荷と発電のバランス調整が行われるべきところ、構内電力の周波数が徐々に上昇し、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排送ブロワーが停止し、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。

(2) 事故発生原因

1) 直接原因

- ①リレー盤の設定変更作業時に、作業者が盤内のリレーに直接触れて、中電受電線の解列に至った。
- ②SSCによる周波数自動調整機能が、メーカーでのソフトウェア設計上の不備により正常に動作しなかったため、周波数が徐々に高くなり、1号発電機(1TG)が停止し、その影響で他の自家発電設備も停止した[推定]。

2) 間接要因 ([]内には事故に至った潜在的課題を示す)

①リレー接触による誤遮断

- ・通常、リレー盤は「ロック端子」を開放することで、盤内での作業中にリレー等へ接触しても解列信号が出力されることのない設計になっているが、当該盤のみ、一部の電気回路がロックされない構造となっていた。 [設備新設時の知識・配慮]
- ・マニュアルに「(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」と記載されていた為に、作業員も改めて図面等を確認することなく作業を行った。 [作業員のリスク感性]

②SSC 動作不具合による自家発電設備停止

- ・周波数の調整は 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が整備できておらず、周波数の上昇に対し、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。 [設備新設時の標準化]

(3) 再発防止対策

①リレー接触による誤遮断

- ・当該盤への注意喚起の表示と、当該作業の見直しを行う。(運用開始 6/23~)
- ・リスク低減対策として、より安全なロック方式への見直し等を行う。
- ・誤動作を低減できる電氣的・機械的なフルプルーフ設計(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、誤認識がないよう、必ず既設図面を確認することを標準化する。(標準化 7/1 完)

②SSC 動作不具合による自家発電設備停止

- ・SSC 機能不備に対する対策として SSC ソフトウェアの改修を行う。(2015 年 6 月目途)
- ・SSC 動作不具合時の対応強化として、SSC 制御状態の確認手順、オペレーターの手動対応の標準化 (7/18 完)、異常処置訓練(9/25 以降、中電受電線解列想定訓練を計 4 回実施)等を行う。

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、製鉄・製鋼地区の複数の回線が自動遮断され、製鉄・製鋼地区の一部が停電となった。この停電にともない、COG 排送ブローワーが停止し、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。

(2) 事故発生原因

1) 直接原因

- ①4TG 主変圧器 R 相ケーブル端末部と支持金物の間を導電物(金属と想定)が接触し導通したことで、誘導電流によるケーブルの異常発熱により絶縁物が溶融・溶損し、地絡が発生した[推定]。
- ②R 相の地絡発生・継続により S 相、T 相ケーブルの対地電圧が増加し、1 分後に T 相においても絶縁破壊により地絡が発生したことで短絡となり、停電範囲の拡大に至った。
(電力ケーブルは、3 相(R, S, T)=3 本の導体で 1 回線を構成し、1 相の接地で地絡、異なる箇所での 2 相の地絡で短絡となる)

2) 間接要因 ([]内には事故に至った潜在的課題を示す)

①ケーブル端末部の地絡

- ・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。

②4TG 主変圧器における地絡発生時の対応

- ・4TG は製鐵所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ため、地絡発生時も、オペレーターによる状況判断に基づく対応を基本とし、自動停止機能は導入してこなかった。大型の自家発電設備導入により、4TG の重要性は低くなったものの、従来の考え方が踏襲されたままになっていた。

[設備改造時の知識・配慮] [設備/操業変化に対するリスク感性]

(3) 再発防止対策

①ケーブル端末部の地絡

- ・特別高圧 (7kV 超過) 受配電設備における工事実施時の工具・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っ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)

②4TG 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対策防止に留まることなく、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 (電源トラブル等が起きても炉上燃焼放散を回避する対策)

1) 電源供給系統強化 (電源 2 系統化対策)

- ・コークス炉での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排送関連設備 (化成設備 (冷却, 排送ブロー, 精製)、圧送設備) の運転継続が必要であり、停電の影響を低減できるよう当該設備への電源供給を 2 系統化し、万一、1 つの系統からの供給が停止した場合でも、他系統に切り替えることで電源供給可能となる構成とする。(2015 年 6 月完工目途)

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、ガスの使用先である各工場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。コークス炉ガスの発生量が使用量を上回った場合、コークス炉ガス排送設備が運転継続していたとしても、コークス炉での燃焼放散をせざるを得ない状況となる。
- ・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対策として、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)

(2) 黒煙抑制対策 (万一、炉上燃焼放散しても黒煙を発生させない対策)

- ・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。黒煙は、不完全燃焼となった場合に、煤 (すす) 等が残存するために生じるものであり、完全燃焼化を促進すること (十分な空気 (酸素) を供給すること) が必要となる。
- ・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が、停電等により蒸気発生設備の稼働制約が生じた場合でも

蒸気供給が出来るようディーゼル発電機(200kVA×4台)と小型パッケージボイラー(2.5T/Hr×42台)を設置する。(11/10完)

- ・更に小型パッケージボイラーから蒸気が供給されるまでの間(10~20分間)も蒸気供給が可能となるよう、蒸気アキュムレータ(蒸気タンク)を併設する。(2015年5月完工目途)

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回の停電事故の直接的な原因、事象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。

4回の事故について、個々の背景要因を組織・業務運営等の視点から整理すると下表の左側に示す5つの課題に集約することができ、これらの潜在的課題への対応として下表右側の5つの視点(対策の方向性)に焦点を当て、対策検討を行った。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望ましいものに分類した上で、以下の具体策として提言した。

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 	<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(【】内:対策の方向性を番号で示す)

- 1) 名古屋製鐵所 エネルギー部門の強化(「エネルギー部」の設置(11/1完)) 【1】【2】
 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、かつ操業から整備まで一貫した業務運営を行なえる体制を整備する。さらに、技術スタッフ体制を強化すべく下記の対策を実施する。 【2】【4】
 - ・工場への技術スタッフ(操業担当)配置、および技術部門に機械/電気統括職位を設置する。(4/1完)
 - ・技術スタッフ業務の明確化・標準化(ドキュメントリストの整備等)を実施する。(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】
 関連する工事計画・施工におけるリスク管理を強化すべく、事故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。(運用開始8/19~)
- 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(トラブルの未然防止、非定常時の対応力 他)の強化に加え、オペレーターの非定常対応力の向上を図るべく、下記の通り施策を実施する。
 - ・トラブル防止を目的としたチェックリストの整備・運用を行う。(運用開始7/1)
 - ・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、共有化を促進する。(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。(9/25以降、中電受電線解列想定訓練を計4回実施。継続してテーマ選定し、実施していく)

(3) 全社・本社における対策（【 】内：対策の方向性を番号で示す）

1) 本社 エネルギー部門の強化（「エネルギー技術部」の設置（11/1 完）） 【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、体制整備を行う。

(a) エネルギー技術者の育成強化

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) 他社交流等を通じたリスク管理・育成レベルの強化 【1】 【2】 【5】

当社と同様の電力システムを保有・運用している他社との交流を活発化し、自社レベルを認識するとともに、技術レベル、リスクマネジメントレベルの向上を図る。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（「ものづくり基盤推進室」の設置（11/1 完）） 【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。エネルギー部門では、定期的な監査を行って来なかっ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、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】

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・マニュアルを作成し（8/26 完了）、検討視点の漏れを防ぐとともに、全技術部門の技術スタッフに対する育成カリキュラムとして組み込んでいく。

(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（本社「防災推進部」および全社「防災推進委員会」の設置（11/1 完））

防災リスク管理に関する全社的な取り組みを強化し、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、体制整備を行う。

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

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）

3) 受配電設備に関する製造基盤整備の促進（「受配電設備等調査委員会」検討結果も踏まえ実施）

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、“スマートメンテナンス^{※2}”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。

※2: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。

6. おわりに

新日鐵住金(株)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。

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、対策の着実な実行をもって定着化を図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、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