

日本製鉄株式会社東日本製鉄所君津地区向け第一製鋼工場 燃焼放散筒倒壊復旧工事への機電建一貫対応の取組みご紹介

For Kimitsu Area, East Nippon Works, Nippon Steel Corporation Introduction of Integrated Work Done by Mechanical and Electrical Engineering and Construction Division for Restoration of the Collapsed Combustion Diffuser at the First Steelmaking Plant



晋陽 博行
Hiroyuki Shinyou
機械事業本部
整備事業部
君津機械整備部長



丸山 達也
Tatsuya Maruyama
機械事業本部
エンジニアリング事業部
機械エンジ4部 東日本エンジ3Gr



佐藤 翔太
Shota Sato
機械事業本部
エンジニアリング事業部
機械エンジ4部 東日本エンジ1Gr



田中 裕樹
Hiroki Tanaka
機械事業本部
工事業部
東日本機械工事業部 工事1Gr



石岡 和輝
Kazuki Ishioka
電計事業本部
工事業部
電計工事4部 君津鉄鋼工事Gr



宮崎 弘朗
Hiroaki Miyazaki
電計事業本部
工事業部
電計工事4部 君津電計設計Gr



椿原 淳
Atsushi Tsubakihara
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ4部 東日本計装制御Gr



佐藤 亮
Ryou Satou
電計事業本部
整備事業部
君津電計整備部 プラント整備Gr



泉 雅之
Masayuki Izumi
電計事業本部
整備事業部
君津電計整備部 情報ネットワークGr



佐々木 智幸
Tomoyuki Sasaki
建設事業部
技術部
君津設計技術Gr長



村上 渉
Wataru Murakami
建設事業部
君津建設センター
建築整備Gr



用松 達也
Tatsuya youmatsu
建設事業部
君津建設センター
建築整備Gr



松丸 一紀
Kazunori Matsumaru
建設事業部
君津建設センター
建築整備Gr

2019年9月、関東各地に甚大な被害をもたらした台風15号の影響で第一製鋼工場燃焼放散筒が倒壊し、大幅な減産となった。仮設燃焼放散筒の早期設置における数多くの課題に対して、我々は工期短縮を果たすために従来工法の概念にとらわれない柔軟な発想を展開し、既成概念を覆す仮設ルートを見出すに至った。さらに綿密な事前検討による検証を行いながら機電建各部門のスペシャリストを有する当社が関係各社を牽引することで様々な課題を克服して工事完遂に漕ぎつけた。その結果、当初12ヶ月以上要するとされていた工期を3ヶ月に大幅短縮し、工場操業再開を実現することが出来た。

In September 2019, Typhoon No. 15, which caused severe damage in various parts of the Kanto region, collapsed the combustion diffuser at the First Steelmaking Plant, resulting in a significant reduction in production. In response to the many issues involved in the rapid installation of a temporary combustion diffuser, we developed a flexible concept that overturned the conventional concept and found the best temporary ducting routes that conventional thinking would not allow to pass through to shorten the construction period. In addition, our company, which has specialists in each of the mechanical, electrical and construction fields, led the related companies to overcome various problems and complete the construction work after conducting detailed preliminary investigations. As a result, the construction period, which was initially estimated to take more than 12 months, was drastically shortened to 3 months and the plant was able to resume operations.

1. はじめに

2019年9月9日(月)5時、台風15号が千葉県に上陸。関東各地で記録的な暴風となり、各地に甚大な被害を及ぼした。アメダス千葉の最大瞬間風速は57.5m/sを記録し、県内観測史上1位であった。当社の主要顧客である東日本製鉄所君津地区も同様に甚大な被害を受けており、屋根壁の破損以外に、ガス処理に使う「第一製鋼 燃焼放散筒」が強風で倒壊した。この倒壊により、君津地区に二つある製鋼工場のうち第一製鋼が停止し、大幅な減産となった。特に自動車向け鋼材が不足するため、早期復旧が求められた。

そこで当社君津支店の機械・電気・建設各部門のスペシャリストが知恵を出し合い、短工期復旧が可能な方案をプレゼンすると共に客先との綿密な連携の元、倒壊から3ヶ月後の12月12日(木)17時に無事完工することが出来た。

(当該放散筒は、その後本設工事が進められ、2021年9月本設復旧済みである)

今後当社が様々な工事に対応する上で、工法選択の一つのアイデアとして今回の取組みを紹介する。



図1：台風15号の進路と東日本製鉄所君津地区

2. 設備概要と課題

今回の対象設備である製鋼工場は、製鉄工程を経た銑鉄内に残留している不純物や高炉内で取込んだ炭素分を除去すると共に、ユーザーの要望に合わせて化学成分の調整を行うなど、銑鉄を鋼に精錬する工程を担っている。

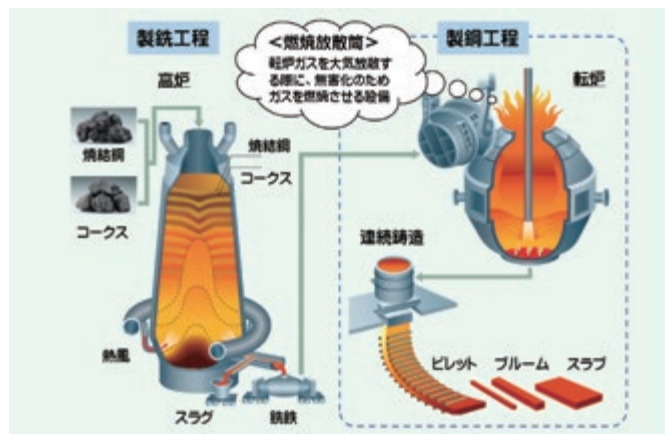


図2：製鋼工程（出所：元東日本製鉄HPより）と燃焼放散筒

台風15号で倒壊した「燃焼放散筒」は、精錬時に発生する転炉ガスを大気放散する際に、無害化するためにガスを燃焼する設備である。

君津地区に二つある製鋼工場の内、第一製鋼工場の生産能力は製鋼工場全体の20%強を占める。

自動車メーカーを含めた供給先への影響度合いを最小限にすべく早期立上げは必須であり、幾度も工程短縮会議を開催した。(当初起案した計画は、2020年1月に完成予定であったが、更に1ヶ月の短縮を実現した)

▶2.1 工法の方針決定

倒壊した「燃焼放散筒」を既設と同じ仕様で単純更新するには、28ヶ月と長時間の工期を要するため、今回の『仮設燃焼放散筒の設置』計画が浮上した。しかし、倒壊した燃焼放散筒周辺に仮設放散筒を設置する場合でも数多くの障害が有り、優に12ヶ月以上の工期を要することが想定された。

我々は2011年の東日本大震災時に、東日本製鉄所鹿島地区でガス放散を余儀なくされ、人的被害を避けるため建屋から遠く離れた場所に仮設放散筒を設置した施工経験を含め、あらゆる角度から検討を行った。思い切った発想の転換で放散筒を屋外に設置するという従来の概念を捨て、工場建屋内の梁や支柱を利用した仮設燃焼放散筒支持の可能性を探った。中でも、ガス引込み用の誘引ファン (IDF) が健全だったため、そこからのダクト布設ルート探しが課題となったが、建屋の耐震補強工事や炉体更新工事等の施工実績の知見を基に検討を重ねた結果、これまでの常識を覆す画期的なダクト布設ルートを見出した。

それは、既設誘引ファンから建屋内にダクトを引き込み、休止している#2転炉の炉底を貫通させるというルートで、建屋の支柱を利用したブラケットでダクトを支持し、そのままFL+56.155mの屋根上まで貫通させてガス放散するという画期的なアイデアである。早速、客先へプレゼンし、即実行に結び付けようと意気込んだが、計画を実現する上で解決しなければならない課題が山積していた。

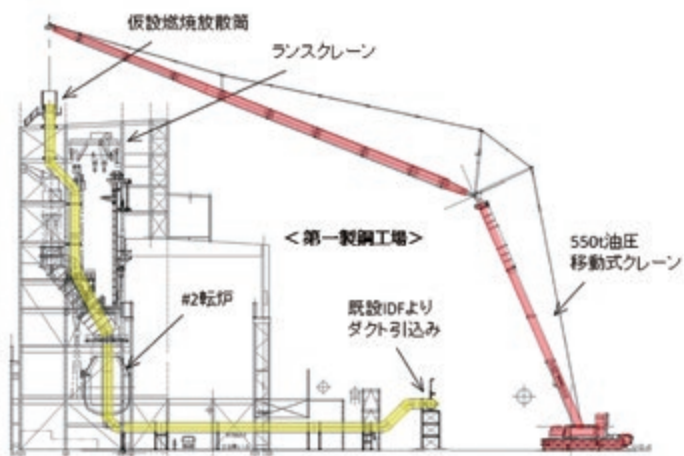


図3：仮設燃焼放散筒の設置計画

▶2.2 工事における課題抽出

我々は客先と課題を共有し、あらゆる施工方案をプレゼンした結果、既設の#1、#3炉の放散筒ダクトを結合させ、休止中の#2転炉の炉底開口部から取込み、そこから屋根上に貫通させてガス放散させる計画が採用された。

この計画を推進する上で、特にポイントとなるのが以下の項目である。

- ①仮設放散筒のダクト布設ルートを見出す上で、ランスクレーンを含めた操業上の干渉回避
- ②100m以上の作業半径および、最大限の吊上げ能力を有する大型重機の設置（工程を左右）
- ③工場建屋を利用した際の、仮設放散筒を支える鉄骨強度問題回避（建屋構造耐力上の危険回避）
- ④屋根および屋根貫通部における、不燃性ガス発生時の安全確保や放散ガス燃焼時の輻射熱回避

3. 仮設放散筒ダクトの設計

第一製鋼工場建屋を利用した仮設放散筒のダクト引き込みは容易に実現できるものではなく、既設設備との干渉問題、送風時の圧損問題、仮設放散筒の高さ制限問題、更には滞留ガス問題等々、既設IDFの能力評価を含め、あらゆる角度での検証が必要である。

▶3.1 仮設放散筒の設置ルート決定

仮設放散筒を布設する上で、ランスクレーン・OGフード・転炉装置・他設備との干渉が多く発生するものの、工程短縮が絶対条件のため、何とか最短の布設ルートを見出さねばならなかった。

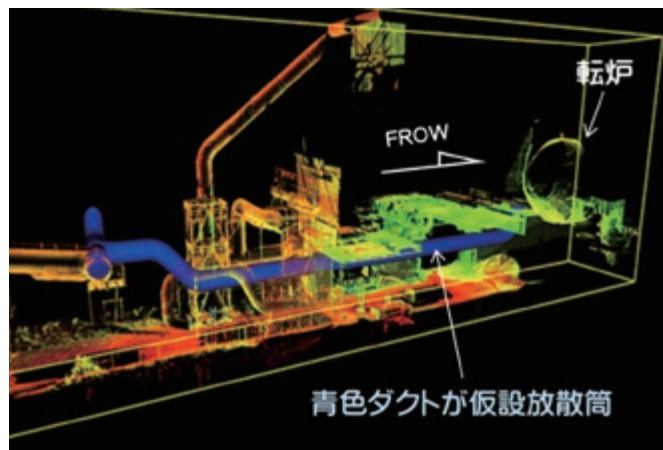


図4：3Dスキャンによる干渉チェック（CAD化）

我々は、多くの難工事を高度な技能で克服してきた施工部門の知見から独創的な搬入ルートを見出し、3Dスキャンで得たデータ内で実際に搬入可能か検証を行った。このシミュレーションによる裏付けを基に、自信を持って客先プレゼンに臨んだことで、実行に結び付けることが出来た。



図5：#2転炉炉底切り欠き部へのダクト布設状況

▶3.2 重機計画

本工事の工程を大きく左右するのが重機計画である。特に第一製鋼工場周辺への資機材搬入路や設置スペースは狭く、かつ仮設放散筒の放散部から重機設置場所までの距離は100m以上にも及んだ。限られたスペースに設置可能で、最大限の重量物が吊れる重機選定が工事推進のカギで、ひいては仮設放散筒の現地作業負荷軽減にも繋がる。様々な条件を勘案した結果、搬入通路の干渉箇所を一部撤去すると共に、バラスで整地した後に鉄板を敷き詰め、搬入可能な最大吊り能力を有した油圧移動式クレーン（550t）を設置することで、Max：6tのダクト吊上げおよび有効作業半径確保を可能とした。尚、搬入・設置に関しても、3Dスキャンで確認した上で実行に結び付けた。



図6：550tの油圧移動式クレーン組立て状況

▶3.3 製鋼工場建屋の鉄骨補強

仮設放散筒の高さ制約を踏まえ、建屋架構の安全率が既存よりも改善される設計が求められた。放散筒および支持架台の重量増加に対し、休止中の#2号炉上ホッパー等撤去による重量減少分を架構設計へ加味することで、工場建屋と放散筒を一体構造としても安全性を損ねないことを機械および建設部門の設計者が連携しながら検証した。



図7：建屋構造物の補強状況

▶3.4 既設建屋の屋根上課題

仮設放散筒布設ルートにあたる第一製鋼工場の屋根上モニター（換気設備）には粉塵が堆積していた。高所かつ狭隘な開口部近傍に堆積した粉塵を除去するためには、ここに寄り付くための足場を必要としたが、仮設足場を支持する周囲の柱や梁の健全性に留意し調査・補修を行いながら足場を布設したことにより、安全性の高い作業床を確保し、人海戦術で堆積した粉塵の除去作業を完遂した。

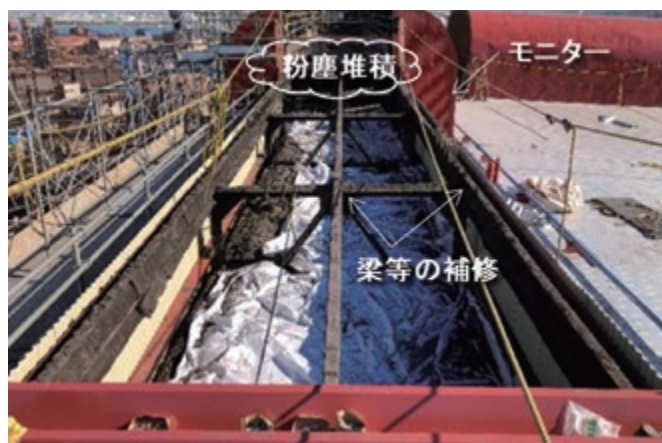


図8：屋根上モニターの粉塵堆積と梁補修状況

▶3.5 作業時における屋根上の課題

作業開始時に想定されるいくつかの課題に対して、以下の対策を実施した。

- ①ガス放散時の輻射熱回避 (Max: 600℃)
 - ・SFデッキを使用した屋根の2重化
 - ・散水対策 (隣棟への雨漏れ補修含む)
- ②ガス放散に伴う不燃ガス発生時への対応
 - ・ガス流入防止として各所閉鎖を現況に合わせ実施

4. 施工技術力で安全・安定を確保

仮設放散筒の設置に伴う新ルート間のガス漏洩安全対策、確実な燃焼放散の実現、建屋熱影響管理といった重点事項に対し、客先（操業・整備）や当社の知見を基に、数多くの提案・協議を行い、最短期間での引渡しを実現させた。

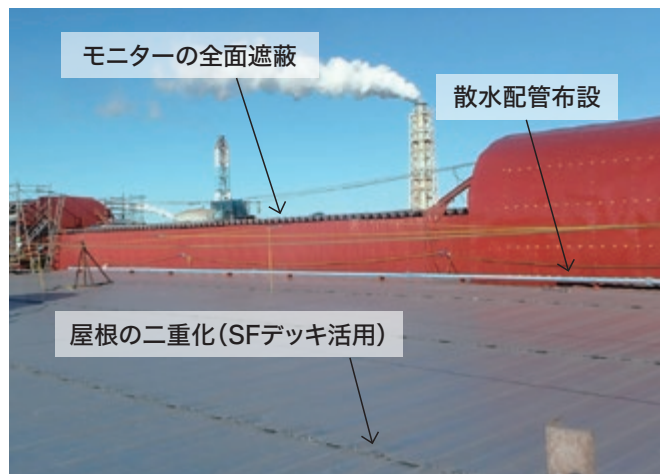


図9：モニター改造・屋根二重化・散水 完成状況

▶4.1 ガス検知機能の強化

屋内COガス漏洩監視の増強として「現場型CO検知盤27面、警報表示盤8面」を製作・設置。設置にあたってはこれまで培ってきた経験に基づき、建屋内のガス溜まり部を想定した検知器配置を提案。特に頻繁に使用する階段・エレベーターに関しては、行先階のガス濃度が確認できる表示盤を各階に設置することで安全を確保した。

また、建屋外へガスを大気放散した際の風向変化に対応するため、太陽光発電可能で無線電波の届く箇所を所内に9ヶ所選定しCO計を移設配置した。



図10：建屋内検知器および警報器の設置状況



図11：野外無線式CO検知器の設置状況

▶4.2 燃焼放散筒制御・監視装置の設置

確実な燃焼放散を実現すべく、主幹OG制御とのI/Fおよび風向風速パラメーターを用いた点火制御監視機能を導入。特に点火の要となるイグナイタ（放電電極）の内部抵抗測定や、監視機能を織り込むことで、着火トラブルの早期対応を図り安定操業をサポートした。

サーモカメラを導入することで、ガス燃焼時の熱電対による着火確認に加え、サーモ画像でのフレアの熱分布を可視化でき、より確実な燃焼監視・確認を可能にした。また、フレアの輻射熱で熱影響を受ける周辺建屋、屋根板部の温度がリアルタイムで監視可能となり、建屋異常の早期発見やオペレーターの作業行動監視に貢献できた。



図12: 監視装置の設置状況

▶4.3 見守りカメラによる放散時リアルタイム監視

見守りカメラを屋根上に設置し、立ち上げ時の初期流動に於ける放散監視と屋根状態監視を実施。尚、本監視装置は、モバイル端末より社内ネットワークを介して各関係者がリアルタイムで監視出来るようにするなど、初期トラブル対応に大きく貢献した。



図13: 現場監視用見守りカメラの設置

5. 工程管理

工期を短縮するためには、工法選択もさることながら各部門間（機械・電計・建設）の情報共有と連携強化が重要である。特に仮設燃焼放散筒設置工事は、適用対象の法規制の中で、如何に短工期で完結するか、更には、設置後円滑に操業を再開出来るかを含め、予断を許さぬ戦いであった。

当社の強みである複合力を発揮する上で、各部門間でラップした業務の調整を図り、全体最適を指向した効率を追求することが必要不可欠であった。我々は、客先と納得いく迄何度も打ち合わせを行い、考え得限りの工期短縮方案を提言することで、結果に結び付けた。

また、客先各部門と綿密な進捗調整を実施することで、手戻りを最小限に抑えた結果、事故発生から仮設工事完了まで約3ヶ月というおよそ考えられない短期間で第一製鋼工場の立ち上げを実現した。(Max1年→3ヶ月)

6. まとめ

千葉県に上陸した台風15号の被害は甚大で、損壊率10%以上の家屋復旧率は1年が経過しても尚60%程度に留まっており、

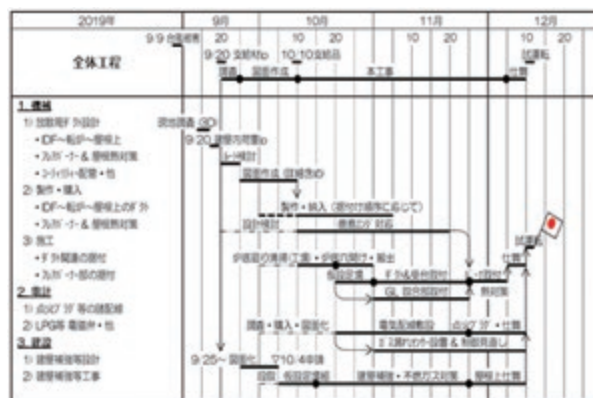
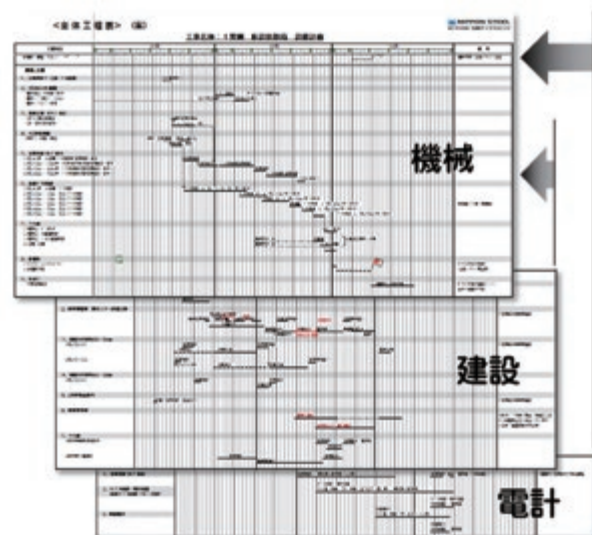


図14: 3事業の工程表を一つにまとめる

自然の猛威を再認識した災害であった。その中で倒壊した仮設燃焼放散筒の早期立ち上げは、まさに前代未聞の難工事であり、当社の強みで有る複合力を如何なく発揮した成果の顕れである。

また、これまで当社が培ってきた技術力を遺憾なく発揮し、操業時の安全・安定にまで目を向け対処したことや、リーダーカンパニーとして、同業他社との連携を密に取り合ったことで、第一製鋼工場全体の早期操業再開という客先の負託に答えられたことを大変誇らしく思う。今回の難工事を無事やり遂げたことを大きな自信とし、今後より一層社会に貢献する企業を目指していきたい。



図15: 仮設工事完成

お問い合わせ先

機械事業本部 営業部 TEL 03-6860-6626

機械事業本部 エンジニアリング事業部

機械エンジ4部 東日本エンジ1グループ

TEL 0439-52-3678