

真空脱ガス設備／真空排気装置設置におけるオーナーズエンジニアから メーカーエンジニアまでの一貫受注施工の取組みご紹介

Introduction of the Constructing Experience of Vacuum Degassing Apparatus and Vacuum Exhaust Device with Taking a Role of Both Owner's Engineer and Manufacturer's Engineer



元村 心
Shin Motomura
エンジニアリング事業部
エンジ企画グループ



山田 将史
Masafumi Yamada
エンジニアリング事業部
機械エンジ2部
鉄鋼機械エンジグループ



森内 秀法
Hidenori Moriuchi
工事業部
八幡機械工事部
八幡工事グループ

真空脱ガス設備とは、極低炭素鋼、低水素鋼等の高級鋼を製造する工程で、転炉で処理された溶鋼中に溶存している炭素、水素等を真空排気装置により溶鋼を真空処理することで、迅速に除去する設備であり、製鉄用設備として重要な役割を担っている。今回の真空脱ガス設備／真空排気装置設置においては、客先の設備検討、設置の業務負荷軽減を果たすため当社がオーナーズエンジニアとして企画段階から業務を遂行した。操業ニーズの深い理解に基づく設備仕様の最適化および操業条件を反映したエンジニアリングスケジュールの立案により案件成案化を達成し、全体設備フロー、レイアウト含めた設計、施工、試運転、立上げまでを完遂した案件である。

本件により、案件全般の計画から実行にかけたオーナーズエンジニアとメーカーエンジニアの一貫遂行による総合エンジニアメーカーとしてのプロジェクトマネジメント力、技術力に対して客先に高い評価を頂いたもので以下に報告する。

Vacuum degassing apparatus is the equipment that quickly removes dissolved carbon, hydrogen, etc. from molten steel processed in a converter during the process of manufacturing high-grade steel such as ultra-low carbon steel and low-hydrogen steel, by vacuum treatment of molten steel in a vacuum exhaust system. This equipment plays an important role in the steelmaking process. In this project, we acted as the owner's engineering team from the planning stage in order to reduce the client's workload in considering and installing the vacuum degassing apparatus and vacuum exhaust device. Based on our in-depth understanding of the operational needs of the client, we drew up an engineering schedule that reflected the operational conditions and optimized the equipment specifications, to achieve a successful project proposal. Furthermore, we could complete the design — including the overall facility flow and layout — , construction, test run, and launch.

We are pleased to report that the client highly evaluated our project management and technical capabilities as a comprehensive manufacturing company with the ability to carry out the entire project from planning to execution as both owner's engineer and manufacturer's engineer.

1. はじめに

当設備は、転炉処理が終了した溶鋼をさらに精錬して成分調整を行う二次精錬の設備となる。極低炭素鋼、低水素鋼等の高級鋼の製造には溶鋼中に溶存している炭素、水素等のガス成分を除去する脱ガス工程が不可欠となり、これは真空脱ガスと呼ばれ、真空排気装置により溶鋼を真空処理することで、平衡分圧を下げて溶鋼中のガス成分を除去する方法である。

この度日本製鉄株式会社九州製鉄所八幡製鋼工場から二次精錬設備の真空脱ガス設備／真空排気装置設置の建設業務委託について相談があり、これに応えるべくオーナーズエンジニア業務からメーカーエンジニア業務までを一貫して受注し、計画通りの予算・工期にて遂行し、垂直立上を実現した。これにより客先から高い評価を得た。

2. 設備の概要

- 1) 納入先 日本製鉄株式会社九州製鉄所八幡製鋼工場
- 2) 工事期間 2016年4月1日～2019年4月30日
(オーナーズエンジニアとしての設備案件の成案化期間を含む)
- 3) 真空脱ガス設備／真空排気装置仕様
 - (1) 型式 3段ブースター、並列2段エゼクター＋水封式真空ポンプの併用
 - (2) 到達真空度 0.1Torr
- 4) 受注範囲 (機械受注範囲のみ記載)
 - (1) オーナーズエンジニア業務
 - (2) 設備全体フローおよびレイアウト設計
 - (3) 真空排気ダクト設計施工
 - (4) ユーティリティ配管設計施工
 - (5) 真空排気装置他メーカー納入機器の現地据付
 - (6) 操作デッキ他付帯設備の設計施工

5) 取扱物量

- (1) 装置、架台他 約200Ton (内真空排気ダクト50Ton)
- (2) 配管 約12,000BM

※1. 土木、建築工事は当社施工範囲外

※2. 真空脱ガス設備／真空排気装置は排気装置メーカーの基本技術導入による。

※3. 真空脱ガス設備／真空排気装置レイアウトを添付図1に示す。

3. 設備計画検討立案

▶3.1 オーナーズエンジニア業務について

社内では客先（発注者）立場での設備エンジニアリングのことを「オーナーズエンジニア」と定義し、当社は、そのための技術・機能を保有している。具体的には操業・工場部門からニーズの抽出・把握から始まり、予算・工期・操業条件を踏まえて最適設備仕様を提案・具現化と決定までの支援を行い、更に予算化、工事実行、立上げまでの業務となる。

1) 業務内容

(1) 設備計画ステージ

- ① 要求内容から設備方案検討
 - ② 方案絞り込み
効果発揮、操業・立上げリスクMIN化
 - ③ 投資最適化
ライン休止回避工法検討
安価調達、初期投資最適化 (材料選定等)
 - ④ 工期最適化
早期立上げ、操業影響MIN化
- (2) 実行ステージ (設計・工事・試運転立上げ)
- ① エンジニアリングスケジュール管理
 - ② 設計・製作・工事仕様書作成
 - ③ 設計管理 (図面・機能確認)

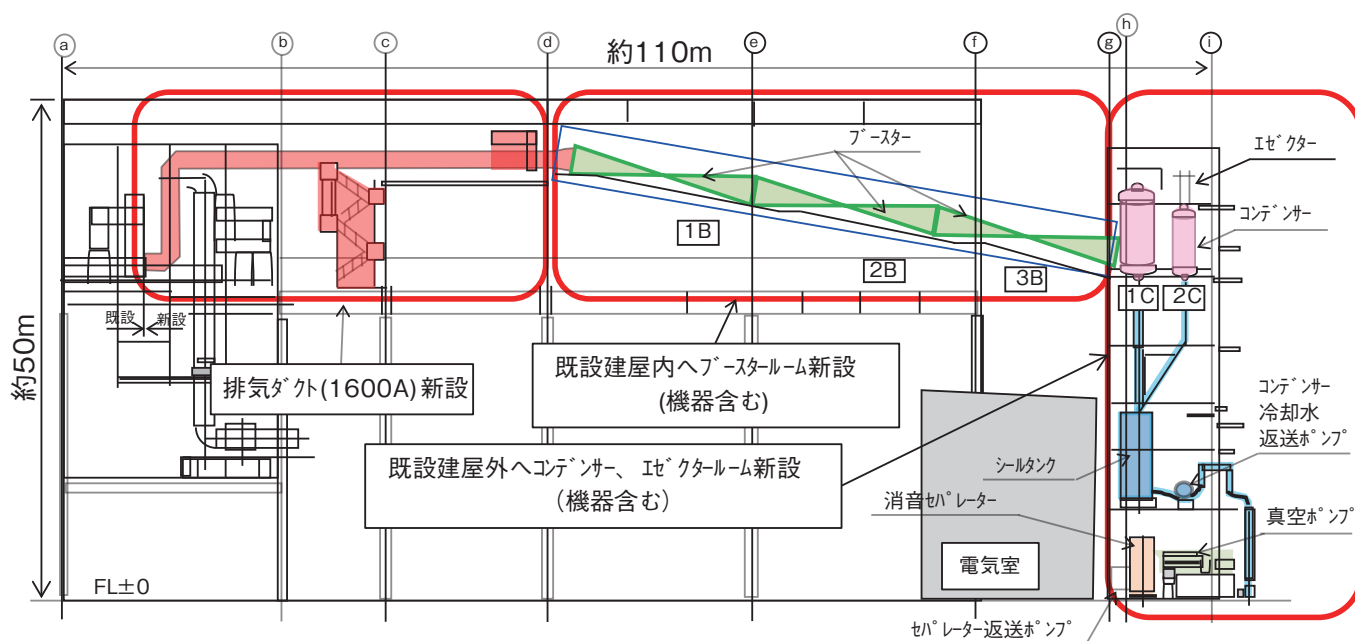


図1: 真空脱ガス設備／真空排気装置レイアウト

- ④工事管理（操業・整備他との調整）
- ⑤予算管理・進捗管理
- ⑥試運転計画およびホットラン計画の立案支援
- ⑦検定業務

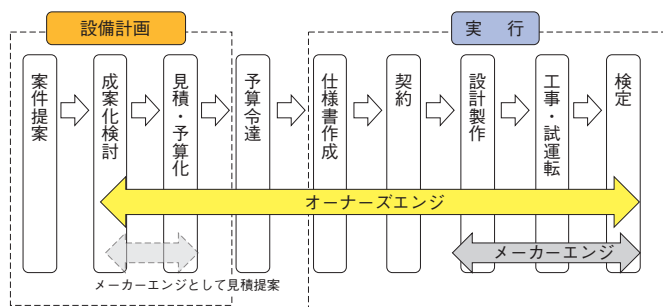
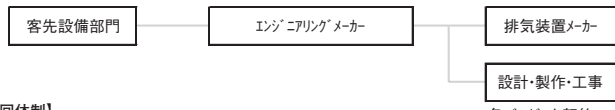


図2：業務フロー

2) エンジニアリング体制

一般的には客先操業技術部門や設備部門が当社の窓口となりメーカーとして検討を進めるが、オーナーズエンジニアとして当社が客先の立場で業務推進を行うことで、客先関係部署との調整や装置メーカーとの技術的検討を行う客先業務の負荷低減となる。また、オーナーとメーカーを当社が一貫して行うことで社内連携によるスピード感がある対応と最適設計が可能となる。機械に限らず建築、電気、計装を含めた複合案件でも対応が可能である。

【一般的な体制】



【今回体制】

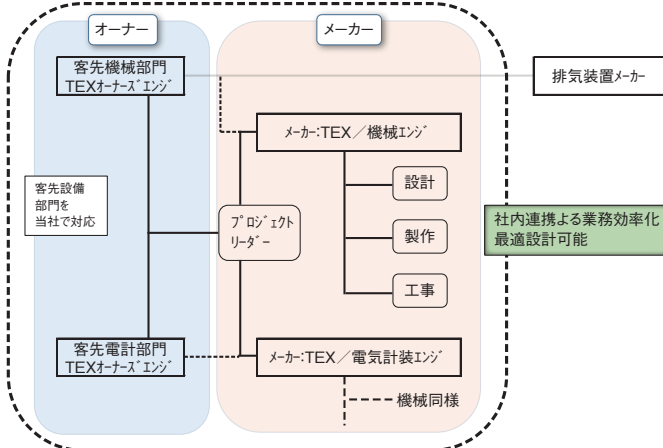


図3：エンジニアリング体制表

▶3.2 計画時の方案絞り込みの一例

1) 真空脱ガス設備／真空排気装置レイアウト検討

設置場所のレイアウト検討では、設置スペース、工事期間中の操業影響、工事制約、コスト面の条件を客先と整理した。一方、設備案件の成案化段階から当社のオーナーズエンジニアとメーカーエンジニアが連携して各ケースでの検討を実施し、総合的評価でユーティリティー供給設備安価化、既設電気室流用、操業影響がミニマムとなる設備レイアウトを実現した。また決定案の課

題となったダクト長が約50m延長されることによる目標真空到達時間を算出し操業への影響が無いことを確認・解決し推進した。

表1：方案比較表 *代表案のみの簡略版を掲載

設置場所	当初案	決定案
対応内容	各ケース計画図面にて提示	各ケース計画図面にて提示
スペース制約	× スペース不足、既設干渉により現地改大幅改造	○ トランス、スクラップ場、水処理撤去
操業制約	△ 既設脱ガス設備、溶鋼Cr物流制約大	△ ダクト切替、試運転時の脱ガス設備休止（制約少）
工事制約	△ 既設クレーン稼働回避しながらの間欠工事	○ 原料棟への工事影響無し。（造塊棟の工事制約タイミング少）
工期	× 35ヶ月（制約大で詳細省略）	○ 27ヶ月
費用	ベース+α	ベース
判断	× 設置スペース大幅改造、工期増大	◎ 操業・工事影響少なく、安価

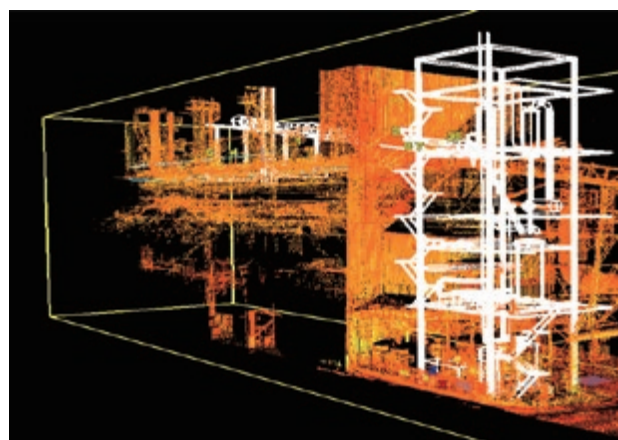


図4：3Dスキャンを用いた真空脱ガス設備／真空排気装置レイアウト検討

2) 客先購入品の仕様最適化

本来客先で購入し当社へ支給となる設備についても、オーナーズエンジニアとして購入手配に加え、操業部門や整備部門との連携を行い最適仕様の支援を実施する。本案件では、真空排気装置の蒸気使用量削減の提案を行い、蒸気使用量削減時の目標真空度への到達時間と操業タイムサイクルのバランスを装置メーカー、操業部門と協議を重ね仕様を確定した。その結果、購入費用および蒸気供給設備の安価化とランニングコスト削減を達成した。

4. 設計

狭隘な設置スペースの中、当社受注範囲の機械、電気、計装に加え建設や客先からの支給品（オーナーズエンジニアとして購入手配した）の真空排気装置の取込工法を反映しながら詳細なレイアウト、配管ルート、サポート、メンテナンスデッキの設計を進めた。さらにオペレーターの作業動線を含む操作性、メンテナンス性についても実際に作業する方へのヒアリングや図面打合せを複数回重ねたことで、立上げ後の追加要望も発生せず客先に満足いただける設備を納めることができた。

1) 工法を反映した設備設計

操業制約上、屋根上からの取込が不可であったため、施工

難易度の高い横引きでの取込が必要となった。しかし設備案件の成案化段階から工事と連携し、工事に必要な梁や吊りピース、引込用レール等を機械設計より建築設計へ確実にインプットし反映させることで、計画通りの安全・品質・工程・予算で工事を完遂させた。

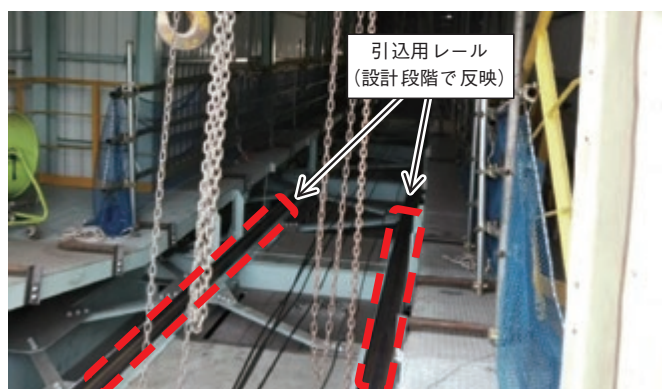


図5：引込用レール

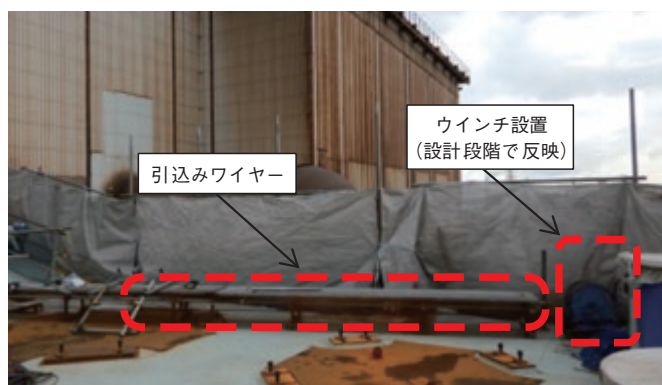


図6：引込ワイヤー、ウインチ

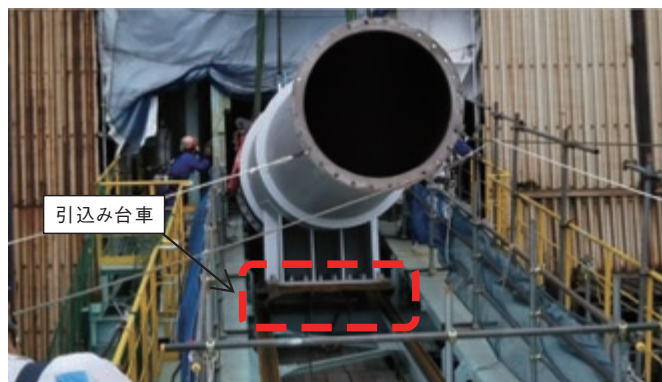


図7：引込状況

5. 現地工事

▶5.1 現地作業調整

現地工事エリアは、製鋼工場メイン道路に面し、東側は操業用資材搬入専用口、西側は排滓搬出専用車両走行区域に挟まれ、重機設置が困難な環境であったが、以下の事項を操業部門を含む関係先に提言し、作業調整および交通規制への理解と協力を得て工事を完遂させた。

1) 道路通行止めミニマム化

機器上架時の交通規制要領を提案し、関係先の合意を得て工事期間中の通行規制をルール化した。全面通行止め回数と所要時間の最小化を図るために、構内バス運行時刻や操業者の通通勤時間および作業車両を把握し、警備員・作業者に周知徹底させ、通行者の安全を確保すると共に、作業への影響を最小限とした。

2) 迂回ルート提案による作業影響回避

重機を設置することで排滓運搬作業に支障をきたすことになったが、未使用状態の車両通行口を使用した迂回ルートを提案し、走路補強整備とメイン道路への出口へ信号機を設置することで作業影響を回避した。



1C	Φ3.2m	×	H7.6m	11.5T
2C	Φ1.8m	×	H6.4m	6.9T(≒7)T
3C	Φ2.0m	×	H6.4m	6.8T(≒7)T

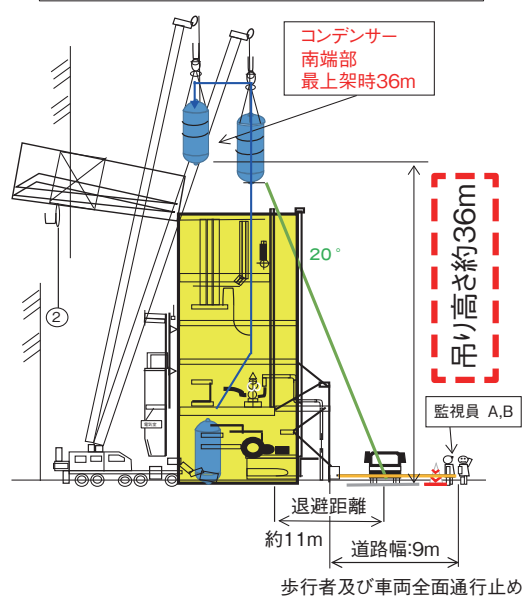


図8：上架状況

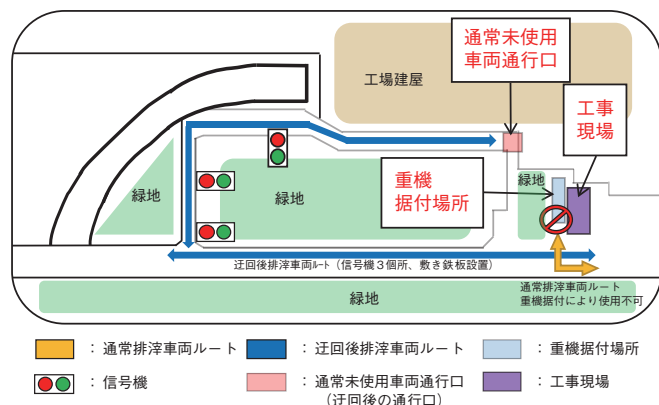


図9: 最終提案迂回ルート提案図

5.2 現地作業環境対策

工場内ダクト設置場所は、最上部で高さ45mの位置に約300㎡の足場が必要かつ、7月～9月の夏場で工事となり室温45℃を超える過酷な環境であったため、様々な熱中症対策を実施し作業者の安全確保および作業効率悪化防止に努めた。この対策により、リスクのあった夏場で工事を完全無災害かつ工期遅延なしで完遂することができた。

①作業場所直近に冷房設備付きテントハウス設置

ハウス内を25℃に設定し、直接的に人体を冷却できるように送風口へフレキシブルダクトを設置。



図10: 人体冷却用テントハウス設置状況

②屋上モニター周辺全面にスプリンクラー設置



図11: スプリンクラー設置状況

6. 試運転・立上げ

垂直立上げが求められる中、設備案件の成案化段階から単独試運転、性能確認の工程約1.5ヶ月を織り込み、工事を含め計画通りに推進した。次にメーカーとしての試運転対応に加え、オーナーズエンジとして操業を想定した抽気量パターンやプレ排気時間など各種操業ケースを反映した試運転方案を立案した。客先・装置メーカー・機械・電計が一体となって、試運転段階での制御方案を含めた不具合の抽出・改善を行い、予定工期内での垂直立上げを達成することができた。

7. まとめ

設備建設案件において、発注者のみで操業・整備部門を調整しながら、装置メーカー、機・電・建の各元請け施工者をハンドリングすることは、技術的要素が必要とされることから非常に困難な業務である。

本案件では完全無災害での工事完遂に加え、当社が保有する案件全般の計画から携わる「オーナーズエンジン力」、および工事の一貫遂行による総合エンジニアリングとしての「プロジェクトマネージメント力」、「メーカーエンジン力」に対して客先より高い評価を頂いた。将に今後当社が強化を目指す、客先視点のオーナーズエンジンから始まり、計画、実行、立上げまでを一貫して推進することができる総合エンジニアリングのモデルケースとなった。

お問い合わせ先

機械事業本部 技術部

TEL 03-6860-6631