

進化する新日鉄の設備エンジニアリング(下)

“進化”を遂げ、未来をみつめる 新日鉄の高炉改修技術

技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター
(EPC: ENVIRONMENT & PROCESS TECHNOLOGY CENTER)



プラントエンジニアリング部

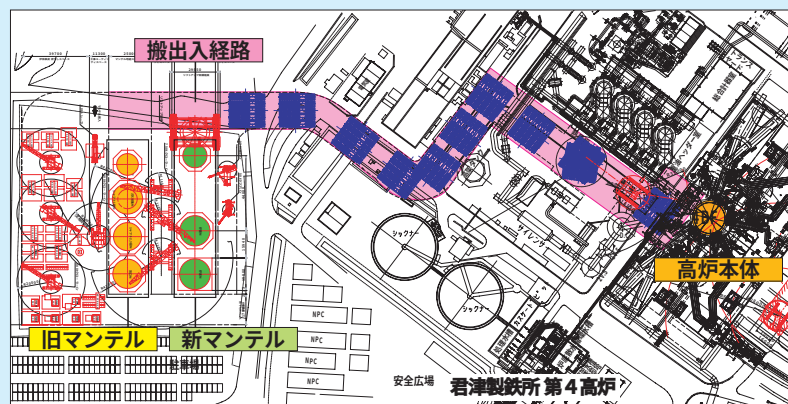
鉄鋼業にとって、製鉄プロセスに関する技術は生命線だ。お客様に、より良い製品をお届けし満足いただくためには、「品質対策」「コスト削減」「省エネ・省力」「環境対策」「能力増強」「老朽更新」などを目的とした設備投資が不可欠であり、新日鉄では、設備エンジニアリング力を日々強化している。

7月号に続き今号では、最先端の製鉄設備を支える“縁の下の力持ち”、新日鉄 技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター(EPC)の最新の取り組み事例として、大幅な工期短縮を可能とした『高炉改修技術』を取り上げる。

高炉改修の歴史は寿命延長への挑戦の歴史だ。最近ではさらなる工期短縮にチャレンジし、従来約135日間かかっていた高炉改修は、今年5月に火入れした君津製鉄所第4高炉では88日間で完工した。



大ブロック工法で搬出された旧マンテル(後方)と、搬入・設置を待つ新マンテル(前方)



新旧マンテルの搬出・搬入ルート



改修後の君津製鉄所 第4高炉 (本年5月8日火入れ)

高炉改修“進化”へのチャレンジ

製鉄所の心臓部とも言うべき高炉は、高さ100mにもおよぶ超大型設備で、内部は耐火物（高機能れんが）で覆われている徳利型の炉だ。ここに鉄鉱石とコークスを入れ、約1,200℃の熱風を吹き込む。コークスの燃焼により炉内の温度は約2,000℃に達し、還元された鉄鉄は高炉炉底より出鉄される。このように、高炉では高温で連続操作が行われているため、定期的な改修工事が必要になる。これが「高炉改修」だ。

今年5月8日に「火入れ」を行った君津製鉄所第4高炉（1975年に操業を開始）も、1988年に第2次操業を開始して以来約15年ぶりに2度目の改修を完工した。

技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター（以下EPC）プラントエンジニアリング部部長の阿南邦義は今回の高炉改修について語った。

「新日鉄では、これまで高炉改修の工期短縮というテーマに挑戦してきました。直近では2000年4月に火入れをした名古屋製鉄所第3高炉、君津製鉄所第3高炉と続き、今回に至っています。この挑戦の中で、EPCプラントエンジニアリング部は、製鉄所やプラント事業部とも協力し、新日鉄独自の製鉄エンジニアリング技術を駆使して、高炉自体の進化を推進してきました」

そして、この挑戦は来年に予定されている大分製鉄所第2高炉の改修でさらにその上を究めることとなっているという。

工期を究める

一連の高炉改修プロジェクトの中心コンセプトは「工期短縮」だ。

近代製鉄所は、高炉、製鋼、圧延、表面処理などのメインラインとそれを取り巻く多くのインフラが一貫最適を求めたいわばコンビナートだ。製品・半製品のみならず、エネルギーや物流のバランスも、各ラインが一定の生産をする前提で成り立つよう設計されており、無駄な余裕は無い。したがって、10数年に一度、計画的に実施されるとはいえ、各製鉄所に1～3基しかない最も上工程のメインラインである高炉が長期にわたって休止することは大きなデメリットとなる。

EPCプラントエンジニアリング部製鉄グループリーダーの高谷孝一は「工期短縮」プロジェクトの経緯について語った。

「2000年に行われた名古屋製鉄所第3高炉の改修では、従来型の改修工法を大幅に改革し『大ブロック工法』を導入することで、工期短縮化の端緒につきました。次に行われた2001年の君津製鉄所第3高炉では、減産期に入り工期短縮ニーズが弱まったため、一部「工期短縮」の適用を行い、比較的的小型の高炉である北海製鉄（室蘭）第2高炉では改修コストの徹底削減を目標に（その前提の中での）工期短縮に挑みました。今回の君津第4高炉では、これまでの挑戦における技術

の蓄積を基に、名古屋製鉄所第3高炉以来2度目の『大ブロック工法』を採用し、大幅な短工期化を実現しました。さらに、来年度の大分第2高炉にもこの工法を導入する計画です」

工期短縮の切り札「大ブロック工法」

従来、超大型高炉の改修では約4～5カ月（135日）が常識だった。しかし、今回の君津製鉄所第4高炉では、工事期間を88日にまで短縮している。

このような短工期化を可能にした「大ブロック工法」について、EPC プラントエンジニアリング部製鉄グループマネジャーの矢動丸成行は、次のように解説する。

「従来の改修工事では、まず古くなった高炉を現場で小片に溶断・分割して撤去し、その後に、同じく現場で短冊形の鉄皮を一枚ずつ溶接で貼り合わせる工法、言い換えると一から新たな高炉を築き上げる工法を採っていました。一方、『大ブロック工法』では、旧高炉の操業と並行して、高炉近くの別の敷地で、新しい高炉を3つ程度のブロックに分け、それぞれのブロックを同時に組み立て始めます。そして古い高炉を撤去した後、これらのブロックを順次、搬入・設置し、各ブロックが接する部分の鉄皮、配管などだけを接合し一体化します。これにより、従来工法に比べて、改修期間を大幅に短縮することができました」

では、今回の君津製鉄所第4高炉改修のプロセスを具体的にみることにする。

まず、改修工事の約半年前から、製鉄所内の敷地を確保してそこでブロック化した高炉のユニットを製造し始める。旧高炉は、「ブロック工法」のようなエンジニアリング技術の進歩を予測できていないため、周辺の敷地およびそこからの搬出・搬入路の確保は必ずしも容易ではない。特に搬出・搬入にあたっては、事前に3D-CADなどを用いたシミュレーションを行い、連結した「ユニットドーリー」などの大規模重量物搬送機器を駆使する。直径18m、高さ15m、重さ2,000tのブロックを、左右の隙間それぞれ20cm以下という隘路に通すこともある。

次に旧高炉の操業停止（吹き止め）後、内部の残留物を取り除く。総重量3,000tにもおよぶ旧高炉のマントルをワイヤーで吊り上げるために、高炉上部には補強梁が事前に設けられ、そこに12基のセンターホールジャッキが設置されている。解体にあたっては、高炉は4つのブロックに分割され、下部のブロックから一つひとつ台車に載せて横に引き出し、ユニットドーリーに積み込み解体場所に搬出する。この作業を4回繰り返すことで、古い高炉は完全に撤去される。

一方、新しい高炉を据え付ける時はその逆の作業となる。新しい高炉は、上から「ガス捕集マントル」、「シャフトマントル」、「炉底マントル」の各ブロックとして分割製造される。まず炉の一番上の部分に当たる「ガス捕集マントル」から順次ユニットをドーリーで設置場所に搬入し、センターホールジャッキで吊り上げて設置する。各ブロックを接合して新しい高炉が形成される。このようにして高炉改修の基本的な工程が完了する。

高度なエンジニアリング技術が可能にする「大ブロック工法」への挑戦

「大ブロック工法」の導入に当たっては高度なエンジニアリング技術が要求される。

ブロック化が進むと、ブロックごとの重量が増す。新しい



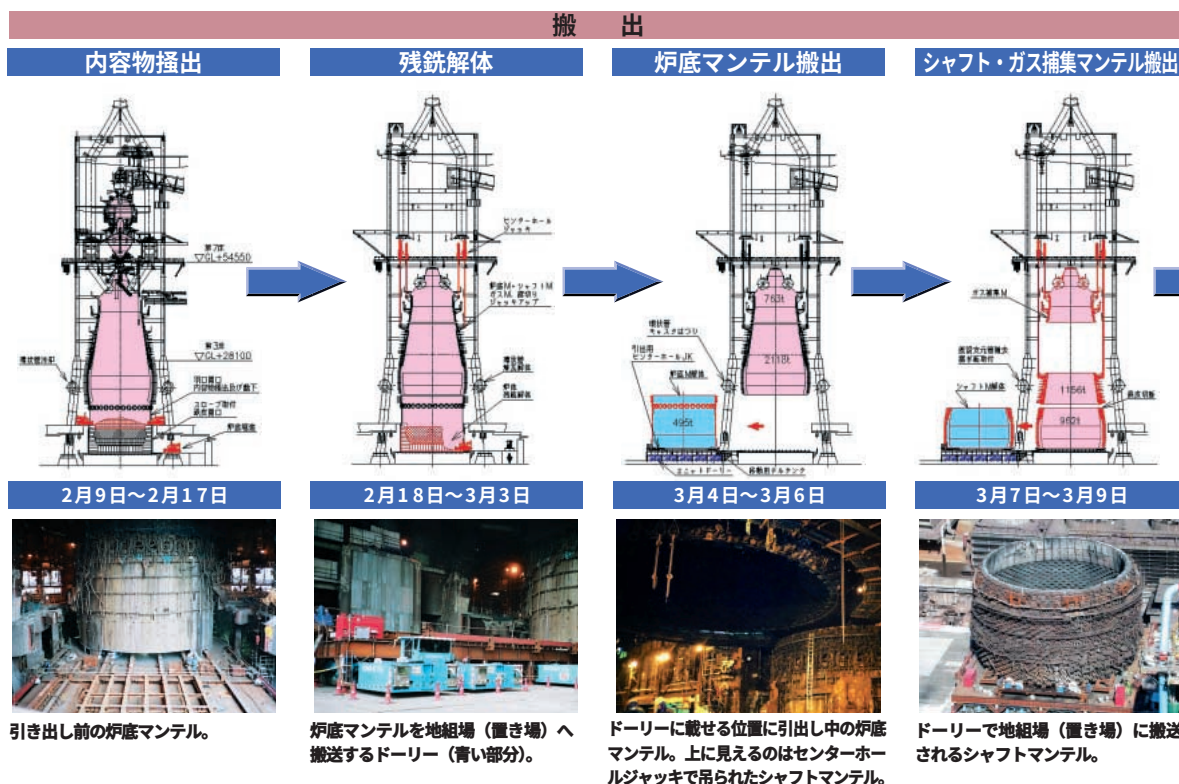
プラントエンジニアリング部
部長 阿南 邦義



プラントエンジニアリング部
製鉄グループ
グループリーダー 高谷 孝一



プラントエンジニアリング部
製鉄グループ
マネジャー 矢動丸 成行



高炉の炉底ブロックの重量は、名古屋製鉄所第3高炉の場合で1,300t、君津製鉄所第4高炉で2,000t、そして来年に予定されている大分製鉄所第2高炉では3,000tになる。

このような重量物を4本もしくは8本のワイヤで均等に上げ下ろしする「センターホールジャッキ」の精密な制御は困難を極める。厳しい制約条件をくぐり抜けて大規模重量物を搬入・搬出する際に使用する、360度自由に旋回できる「ユニットドーリー」の操縦技術、ホバークラフトと同じく空気の噴射で重量物を移動し据付位置の微調整を容易に行うエアキャスターなど、これまでの製鉄所における建設工事や大規模修繕工事の経験を活かし、一連のプロジェクトで経験を積み重ねたスタッフが担当する。

また、高炉の生命線ともいえる炉底部分の耐火物を事前に組み立てる技術も、高度な技術の集大成だ。まず、名古屋製鉄所第3高炉の改修工事では、炉底底盤とれんがの間に挟まれるスタンプという厚さ60mm程の部分を事前施工し、搬送後にその上のれんがを築造した。これは国内初の試みであった。今回、君津製鉄所第4高炉では、その経験をもとに、スタンプ直上の厚さ約150mmの炉底敷きれんががまでを事前施工することに成功した。この進化について、EPC プラントエンジニアリング部製鉄グループマネジャーの津田昭弘は、次のように解説する。

「れんがを事前施工する場合、れんが同士をつなぐ目地が切れたり、れんがとスタンプの間に空隙が発生すると、炉底の冷却能が落ち、高炉寿命に重大な影響を及ぼします。ブロック化が進めば進むほど、運搬や吊り上げなどによって積まれたレンガに負荷がかかりますので、事前のつくり込みが難しくなります」

プラントエンジニアリング部 高炉グループ
マネジャー 津田 昭弘



『大ブロック工法』を推進するに当たり繊細な準備と慎重な取り組みが要求されるため、新日鉄が蓄積してきた高度な数値解析・試験分析技術が駆使される。炉底れんがの事前施工の場合、まずはFEM（有限要素法）による数値解析を行い、それを6分の1の模型で検証し、最終的には非破壊検査（NDI）により実機においても欠陥が生じないことを確認した。

このように新日鉄の「大ブロック工法」への挑戦は、これまで蓄積した高度な各種技術が支えている。

安全性・工事品質の向上に貢献する

「大ブロック工法」のメリットは工期短縮だけにとどまらない。従来の改修工事では、古い高炉を取り除いた現場で高炉を下部から順次組み立てていた。したがって、高炉本体を据えつけた後に、冷却装置（スチーブや冷却水配管など）を取り付ける作業が行われていた。狭い空間における複雑な作業は、上部では高所作業も伴い、安全上も工事品質上も大変神経を使うものであった。また、少しでも工期を短縮するために、全ての解体・据付作業を、昼夜を問わず24時間体制で行うのが当たり前であった。

これに対して、「大ブロック工法」では旧高炉の操業と並行して、事前に広い場所で新しい高炉の製作に入ることができる。「3つのブロックに分かれているので足場も低く、安全性も飛躍的に向上します。時間的な制約も少ないので工事品質の管理も万全です。工期を短縮しながら多様なメリットを生み出す『大ブロック工法』はとても進化した高炉改修技術と言えます」（阿南）。

世界一の高炉に進化

高炉そのものも、改修工事を通じて進化している。高炉の寿命は、従来10～15年と言われていた。それが君津第4高炉では25年に設定された。炉体冷却強化や耐火物の品質改善等の設備技術と操業技術の向上が、大幅な寿命延長を可能にした。

搬入

ガス捕集・シャフトマンテル搬入

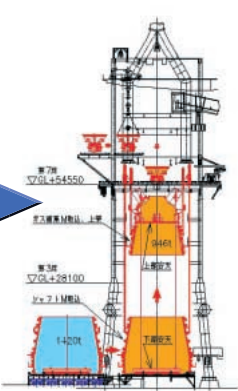
炉底マンテル搬入

マンテル溶接等

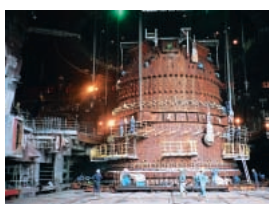
火入れ準備



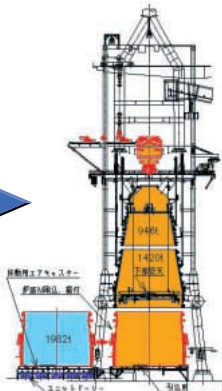
地組場で組み立てられた新マンテル群。手前から炉底マンテル、シャフトマンテル、ガス捕集マンテル。



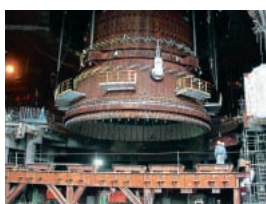
3月16日～3月17日



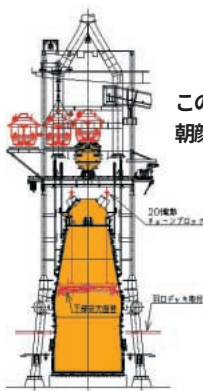
吊上げ直前のガス捕集マンテル。



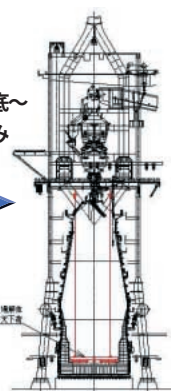
3月18日～3月19日



吊上げ途中のガス捕集マンテル。



3月20日～3月27日



4月25日～5月7日

この期間、炉底～朝顔れんが積み

主要諸元

改修前

改修後

内容積	5,151m ³	→ 5,555m ³
羽口	38本	→ 42本
炉体冷却 シャフト部	冷却板	→ 銅ステープ
炉床壁	鉄皮散水	→ 銅/FCステープ

高炉炉体を冷却するステープ・クーラーも進化したものの1つだ。従来、新日鉄では独自技術によるダクタイル鋳鉄製のステープ(略称FCDステープ)を採用していた。そのFCDステープは改良が進み、第4世代までが開発されていたが、今回は冷却能力に優れ長寿命が期待できる「銅ステープ」を採用している。

「君津第3高炉改修で、初めて炉底の一部に銅ステープを導入しました。君津第4高炉改修では、シャフト部にも円周方向56枚、縦9段にわたって設置しました。これは全ステープの6割に相当します。銅ステープは、冷却能力と寿命に加え、非常に薄いという点で優れています。高炉の径が同じであれば、冷却装置が薄いほど内容積を増やすことができ、鉄鉄の生産能力を向上させることができるからです。実際に君津第4高炉の内容積は、鉄皮外径を拡大した効果もあって改修前の5,151m³から、5,555m³に拡大され、世界一の規模になりました」(津田)。

未来につなげる取り組みで夢を追う

新日鉄は、全国に9基の高炉を有している。これらの高炉設備の基本エンジニアリング技術は、他の設備同様、技術開発本部に属するEPCプラントエンジニアリング部が全社共通部門として技術を担保している。各所で2～3年ごとに行われる高炉改修においては、同一の専門家集団がセンターコアとなり、各所の高炉改修におけるさまざまな知見が全て蓄積されると同時に、新しい設備技術は次々とトランスファーされていく。また、EPCはエンジニアリングの実行に加え、研究開発にも力を入れ、次世代プロセスのあり方を追求している。

このようにして蓄積された豊富な経験は、製鉄設備における最先端のエンジニアリング技術として結実し、さらに長期的ビジョンを生む。阿南は次のように語る。

「大分第2高炉の改修工事では、今回よりもさらに5日短縮した83日間の短工期化を製鉄所やプラント事業部とも協力しつつ実現する予定です。ただ、我々は当面の改修工事の工期短縮にとどまらず、20年先の将来、再び改修時期が来たときに、もう一段踏み込んだ工期短縮が実現できることを狙っています」

例えば、今回工期短縮の際に高炉炉体を吊り下げるために補強された櫓の主梁は、今度改修が行われるときにそのまま使用され、より一層の工期短縮に貢献する。また、今後は、耐震性と耐久性を満足すれば、現在、ワイヤーソーで輪切りにしなければならない強固な基礎部分を、もっと容易に解体できる構造に替えることができる。

「ユニットのつくり込みおよび重量物のハンドリング技術をさらに磨き、安全性と工事品質を上げていくことが高炉改修の進化の道筋です。その道筋を追求していくことで、20年、30年先に想定される改修工事の高品質化と効率化が達成できるのです。こうした未来につなげていく取り組みが、高炉改修に携わる私たちの使命であり夢であると考えています」(阿南)。

シャフト部に設置された銅ステープ

