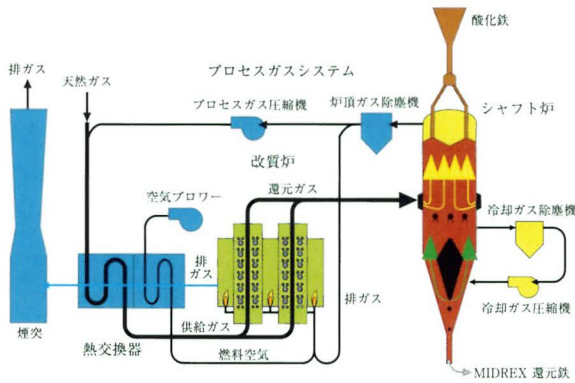


第 6 章

新鉄源プロジェクト



スタンダードMidrexプロセスのフロー



ミドレックスプラント

1. Midrex法（ミドレックス）

当社およびMidrex社は、これまでに約50基のMidrexプラントを各国に納入している。Midrex社買収時の1983年（昭和58）には約800万トにすぎなかった世界の還元鉄生産量は、2004年には約5,500万トにまで拡大している。Midrex法は世界の還元鉄生産量の約64%を占めており、還元鉄市場の拡大はまさにMidrex社の成長とともにあるといえる。

また、ベネズエラで展開している還元鉄製造販売事業を通じて、流通商品としての還元鉄（HBI）市場を創出したビジネス先駆者としての存在感も大きい。

近年の鉄鋼需要の増大を背景として、2004年後半から約半年間で、移設案件を含めて7基、総額600億円の受注を達成した。プラント供給、ライセンス供与、還元鉄製造・販売事業を3本柱として、Midrex社、ベネズエラ事業を含めた連結経営が、近年の鉄源ブームによって大きく花開いた。

ミドレックス社の買収

現在、大規模製鉄法として高炉法に勝るものは無いが、高炉によらない比較的小規模な製鉄法に直接還元製鉄法がある。これは、コークスを使用せずに主に天然ガスを使用して鉄を製造するのが特徴で、製品は溶鉄ではなく還元鉄と呼ばれる固体で生産される。

直接還元製鉄法が工業的に確立し始めたのは1960年代

以降のことで、その代表的なプロセスに、天然ガスを使用するMidrex法があり、これはアメリカのエンジニアリング会社、Midrex社が開発した製鉄法である。当社が初めてMidrex法を採用したのは、1970年代半ばにカタール国に納入した製鉄プラントであった。当時、Midrex法は十分な実績を重ねていなかったが、高いプロセス効率と将来性を考慮して採用を決定した。そのため、プラント建設の過程では、高炉で培った当社の技術を活用して多くの改良を行うとともに、カタールでの実作業段階においても作業安定のためのさまざまな改良を加えた。同時に、Midrex社も他地域に建設したプラントにおいてさまざまな改良を加えており、1980年代初頭にはほぼ完成されたプロセスとなった。

当初、Midrex社はドイツのゴルフ社の傘下であったが、当社はカタールの成功によってこの製鉄法の将来性を見越し、1983年（昭和58）にMidrex社を買収して当社の100%子会社とした。それ以降、当社とMidrex社が協力してさまざまな技術改良に努めている。

ブリケット化技術とプラントの大型化

これまでに、天然ガス原単位の低減、多様な原料に対する対応、還元反応の高温化、改質触媒の性能向上、各構成機器の改良、操業の自動化などの改良を行ってきたが、なかでも還元鉄のブリケット化とプラントの大型化



DRIとHBI

によって、Midrex法の可能性は大きく広がった。

還元鉄のブリケット化とは、還元炉から生産されてきた還元鉄を700℃程度の熱間によって比重を高くし、団塊化するというものである。還元鉄はそのままでは水などに触れると鉄と酸素が結びつく再酸化という問題を生じる性質がある。このため、海上輸送や長期屋外保存は原則として不可能であった。これを解決したのが、ブリケット化技術である。

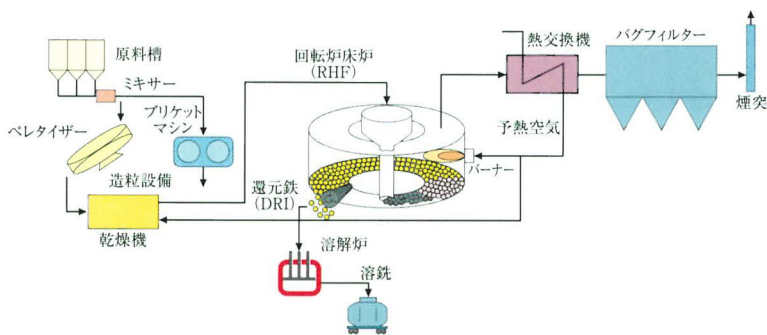
従来、Midrex法による製鉄プラントは製鋼プラントと隣接し、そこに還元鉄を供給するという自家消費型立地の可能性しかなかったが、この技術によって、天然ガスや原料鉱石の安価な国に還元鉄プラントを建設し、その製品である還元鉄ブリケット（HBI）を他の国に立地している製鋼／圧延プラントに供給するということが可能となった。当社は90年代初頭にベネズエラで世界で初めてBOT（Build、Operate、Transfer）（建設・操業・移転）方式でオペコプラントを立ち上げ、プラント供給のみならず、還元鉄製造・販売事業にも進出した。オペコプラントはコムシグアプラントとともにHBIを製造し、それをアメリカなどに輸出している。当社は、HBI

という製品が流通商品としての位置づけを占めたという点において先駆者といえる。

また、プラントの大型化は、それまで年産40万トン/年程度にとどまっていたプラントの生産量を、還元炉の大型化を実現することによって大量生産という市場ニーズに応え、かつ経済性を高めた。

還元炉の大型化を図るためには、炉内での原料の挙動、炉心での還元停滞、粉の発生増加、還元鉄同士の融着現象など多くの課題を克服しなければならなかった。当社とMidrex社は、従来5m以下であった還元炉径を、コンピュータ三次元有限要素法解析による検討、二次元モデル実験による検証、還元／粉化試験による原料性状の改善などで実プラントの設計に反映し、6.5mまで広げ、年産80万トンレベル、さらには年産150万トンレベルにまで高めた。

当社およびMidrex社は引き続き、燃料の多様化、電気炉への還元鉄熱間装入、還元鉄中炭素含有量向上などの技術改良に取り組み、より効率的なプロセスとし顧客の要求を一層高いレベルで満たすべく技術の改善を重ねている。



FASTMETプロセス



新日本製鐵(株)広畑製鐵所に納入したFASTMET

2. FASTMET(ファストメット)・FASTMELT(ファストメルト) プロセス

石炭が使用できる還元鉄プラント

Midrex法は還元材として天然ガスを使用するため、プラントの建設は、天然ガスが安価に入手できる場所に限定されている。還元鉄プラントを世界中の多くの地域に建設するためには、安価で埋蔵量が多く、広範に分布している石炭によるプロセスが必要であった。さらに、コークスの原料となる高品位石炭の不足や、コークス炉が環境に与える影響などを考慮すると、コークスを必要としないプロセスが求められた。

そこで、当社はMidrex社と共同で、粉鉱石と一般炭を使用して還元鉄を製造するFASTMET（ファストメット）プロセスを開発した。これは、粉鉱石あるいは製鉄所ダストと石炭などの炭材を混合、造粒（ペレタイジングまたはブリケットティング）し、これをドーナツ状の回転炉の床炉に1～2層に敷き詰め、バーナーで最高1,350℃の高温で加熱して、6～12分の短時間で還元を完了させるプロセスで、その特徴は次の通りである。

- ・安価な粉鉱石や石炭が使えるうえ、鉄分や炭素分を含むあらゆる製鉄所ダストを原料として利用できる。そのため、亜鉛や油分を含み、処理が困難であった製鉄所ダストの処理に利用できる。
- ・還元炉内で高い金属化率の還元鉄が得られるため、

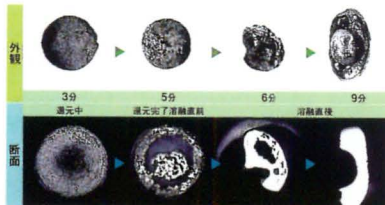
鉄源として製鉄所内へのリサイクルが可能である。

- ・炉内ではペレットの動きがない静置式プロセスであるため、ペレットの割れや粉化によって発生するダストがない。
- ・亜鉛などの金属は高温の炉内でほとんど還元し、揮発して排ガス中に飛散するため、高濃度の酸化亜鉛が排ガス系で回収できる。
- ・高温で還元するためダイオキシンの発生や再合成が少なく、環境にもやさしい。

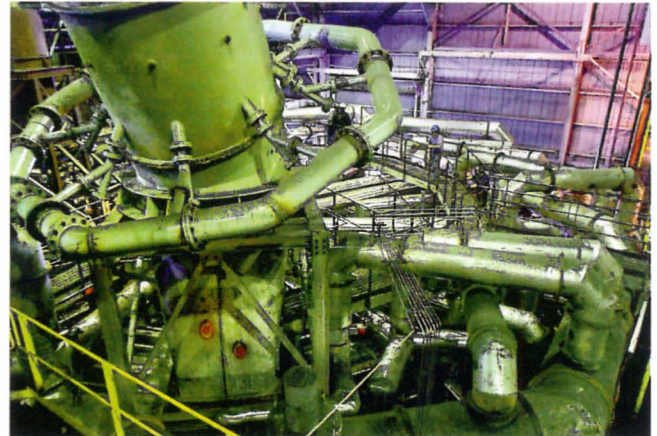
ダスト処理プラントとして注目される

鉄スクラップに比べ、品質が安定している還元鉄は、電炉による高級鋼生産の動きに伴って世界的に需要が急増している。そのため、当社はこのFASTMETプロセスを鉄源多様化の一端を担う新技術と位置づけ、1985年（昭和60）12月から約3年間にわたって当社の加古川製鉄所に年産2万トンの実証プラントを建設し、商業化にこぎつけた。

その一方で、製鉄所の製造工程で発生する製鉄所ダストの処理を行うプロセスの開発が緊急の課題となったが、FASTMETプロセスでは1,300℃以上の高温で還元を行うため、製鉄ダストに含まれる亜鉛や鉛などの重金属は揮発除去され、重金属を含まない還元鉄となる。また、還元炉で揮発した成分は排ガスの気流中で酸化し、



ペレットの形状の変化（外観および断面写真）



アメリカ・ミネソタ州のITmk3実証プラント

有価な粗酸化亜鉛として回収することができる。

石炭を使って製造する還元鉄には、石炭中の灰分と硫黄分が移行するという問題があるがこの問題を克服するためにFASTMELT（ファストメルト）プロセスを開発した。これは、FASTMETプロセスで製造した還元鉄を高温のまま溶解炉で溶解し、溶銑とスラグに分離するとともに脱硫も行うというもので、溶解炉から発生するガスはCOを主成分とするため、RHF（回転炉）の燃料ガスとして使用することができる。

近年、FASTMETプロセスはダスト処理プラントとして注目度が高い。2000年、当社は新日本製鉄株式会社広畑製鉄所向けに19万^t/年の製鉄ダストをリサイクル

するプラントとして、FASTMETプロセスの商業1号機を納入（2005年2月には第2号機が稼働）した。2001年4月には、当社の加古川製鉄所でダスト処理プラントとしてFASTMETを稼働させ、所内で発生する廃棄物の資源化のうち、最後に残されていた亜鉛含有ダスト処理を開始した。

2005年5月、当社は、中国河北省の国営製鉄メーカーである石家荘鋼鐵と、FASTMELTを採用する合弁会社設立を目指す意向書に調印した。今後、中国をはじめとして世界的に、中規模以下の製鉄所では、FASTMELTプロセスなど、高炉とコークスを必要としない新しい製鉄方式に対するニーズが高まるものと予想される。

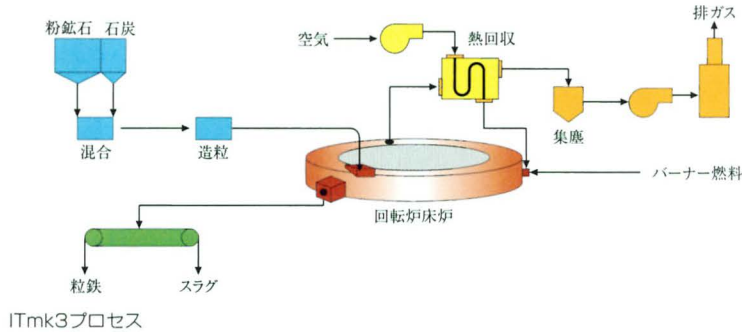
3. ITmk3（アイティ・マークスリー）

第3世代の製鉄法として登場

ITmk3は、粉鉱石と一般炭からスラグ分を分離した「粒鉄」を直接製造するプロセスである。現在の製鉄の主流である高炉-転炉法を第1世代、Midrex法に代表される直接製鉄法を第2世代とすると、ITmk3は炭材内装技術を駆使した、従来とは全く異なるコンセプトのもとに開発した第3世代の製鉄法といえる。

当社は1996年（平成8）にITmk3の開発に着手し、加古川製鉄所のパイロットプラント試験でプロセスコンセプトを検証した後、アメリカに年産2万5,000^tの実証プラントを建設し、2004年に実証試験を終えた。ITmk3の製鉄プロセスは次の通りである。

- ①原料粉鉱石と粉石炭から炭材内装ペレットを造粒する。
- ②ペレットを回転炉床炉に装入して1,350℃から1,450℃



ITmk3プロセス

まで加熱し、還元・溶融して鉄とスラグに分離する。
 ③炉内で溶融鉄を粒状に凝集させ、冷却後に排出して粒鉄とスラグに分離する。

ITmk 3はコークスが不要で、一般炭や低品位鉱など多様な原料を扱うことを可能とした、シンプルで環境にやさしい製鉄法である。良好な鉄源を安価に供給することにより、転炉や電気炉などの製鋼工程で、生産性、原単位、品質の向上に寄与することが期待される。

とくに、鉱山元に立地した場合に優位性が発揮される。従来、鉱山は高炉向けに鉱石を供給してきたが、このプロセスの導入によって鉄鉱石から粒鉄へ付加価値を高めることができ、転炉や電気炉などの製鋼工程へとマーケットを拡大することが可能になった。

エネルギー効率に優れ、CO₂排出量を低減

ITmk 3の特徴は、一段の反応器によって高品位の粒鉄をつくることのできる点である。まず、粒鉱石と石炭を直接使うため、コークス炉や焼結機などが不要となり、設備投資コストが少なく済む。さらに、従来法より低い温度で、しかも短時間で反応が完了するため、エネルギー効率に優れ、CO₂排出量を大幅に低減するこ

とができる。炉内耐火物の損耗を抑制でき、操業コストを下げるとともに、安定した操業が続けられる。

また、鉱石中の酸素を除去し、脈石を分離した鉄源を製鉄所へ直接供給できるため、輸送体積、質量が減ることとなり、輸送システムそのものを変革する潜在力を秘めている。粒鉄は、将来的には還元鉄を凌駕し、銑鉄同等の流通商品としての地位を確立するものとして期待される。

ITmk 3 プロセスは原料の予備処理工程がなく、石炭の持つ化学エネルギーを自己完結で100%利用するため、CO₂の発生量は高炉-転炉法に比して23%削減できるとの試算が得られた。

2003年（平成15）3月、アメリカのミネソタ州では「メサピナゲット プロジェクト」と呼ばれるITmk 3の実証プラント建設が完工し、実証運転開始直後の5月下旬には、5トンの粒鉄生産に成功した。また、2003年6月からは24時間運転を実現し、年産2.5万トンの粒鉄を生産する実証プラントにおける所期の目的を達成した。

その後、年産50万トンにスケールアップした商業機の建設に向け、現在検討を行っている。