

# 機械・電気制御一体で高品質生産と 省エネルギーニーズに応える鉄鋼システム

Advanced Mechanical and Electrical Control Systems for High-quality Steel Rolling and Energy Saving

畑中 長則

Hatanaka Takenori

鹿山 昌宏

Kayama Masahiro

吉成 良孝

Yoshinari Yoshitaka

馬庭 修二

Maniwa Shuji

加賀 慎一

Kaga Shinichi

松本 修

Matsumoto Osamu

中国、韓国に加えてインドなどの新興国で、新規圧延設備の建設が進んでいる。これに対応して、日立グループは、圧延設備メーカーである三菱日立製鉄機械株式会社と共同で、熱間圧延、冷間圧延、プロセッシングラインの各設備において、機械設備・電気制御一体で高品質・高効率圧延を追求した大規模鉄鋼システムを数多く納入してきた。

また、生産性の向上や省エネルギーを目的とした国内の設備更新については、高効率なモータとドライブ装置、使いやすいインターフェースと最適な制御を実現する電気制御システム、機器の稼動状況や設備全体のエネルギー消費量を監視し、省エネルギーに配慮したシステム構築をサポートするエネルギー管理システムなどを製品化してきた。

## 1. はじめに

21世紀に入ってから、東アジアや新興国を中心に、経済成長やインフラ整備を背景として鉄鋼製品のマーケットが大きく拡大したため、世界各地で新規圧延設備の建設が進んだ。その結果、近年の世界の粗鋼生産量は2000年比で約1.4倍に高まった。一方、典型的なエネルギー多消費産業である鉄鋼業では、これまでも省エネルギーや製品歩留り向上への取り組みが種々なされてきたが、近年の地球環境への配慮や原料高への対応から、この方面への要求がますます高まっている。

日立グループは、このようなニーズを背景として、鋼板の高品質化や操業の安定化に加えて、省エネルギーや圧延の高効率化を実現するための圧延設備と制御技術を開発し、国内外で提供している。

ここでは、圧延設備の高効率化と省エネルギー化を実現するための機械・電気制御一体の取り組みと、グローバル展開について述べる。

## 2. 鉄鋼システムの特徴と動向

圧延機とその付帯設備、モータとこれを駆動するドライブ、PLC (Programmable Logic Controller)、プロセスコンピュータなどから構成される鉄鋼システムは、大規模であるとともに、板厚や板幅、温度などの制御量を、リアルタイムで高精度に制御する必要がある。このため圧延機の駆動系やモータ、ドライブ装置などはすべて高応答の機器で構成され、これらを制御するためのPLCやプロセスコンピュータには、常にその時代における最先端の計算機技術が適用されてきた<sup>1)</sup>。

日立グループは、鉄鋼システムにおいて省エネルギーや高効率化が指向されることを1990年代から視野に入れており<sup>2)</sup>、ノンストップ圧延やスケジュールフリー圧延を指向した圧延設備や連続化設備、省エネルギーを指向した大容量の電動機やドライブ装置を開発した。さらに、製品の品質や製品歩留り向上を制御的に追求するとともに、このために必要となる複雑な演算をリアルタイムで実行可能なPLCやプロセスコンピュータを、市場に投入してきた。

近年の市場ニーズを反映したさらなる高効率圧延を実現するためには、機械設備の動作を計算機の中で精細に模擬することなど、機械と電気制御一体での検討を進める必要がある。したがって、2000年に三菱重工業株式会社の製鉄機械部門と日立製作所の製鉄機械部門が統合され、三菱日立製鉄機械株式会社（以下、MHMMと記す。）が設立された後も、熱間圧延設備や冷間圧延設備を対象に、共同でシステム開発を進めてきた。代表的な成果として、2009年に完成した韓国・東部製鐵社の熱間圧延設備は、日立グループとして取り組んだ海外初の新設熱間タンデム圧延システムである（[図1](#)参照）。

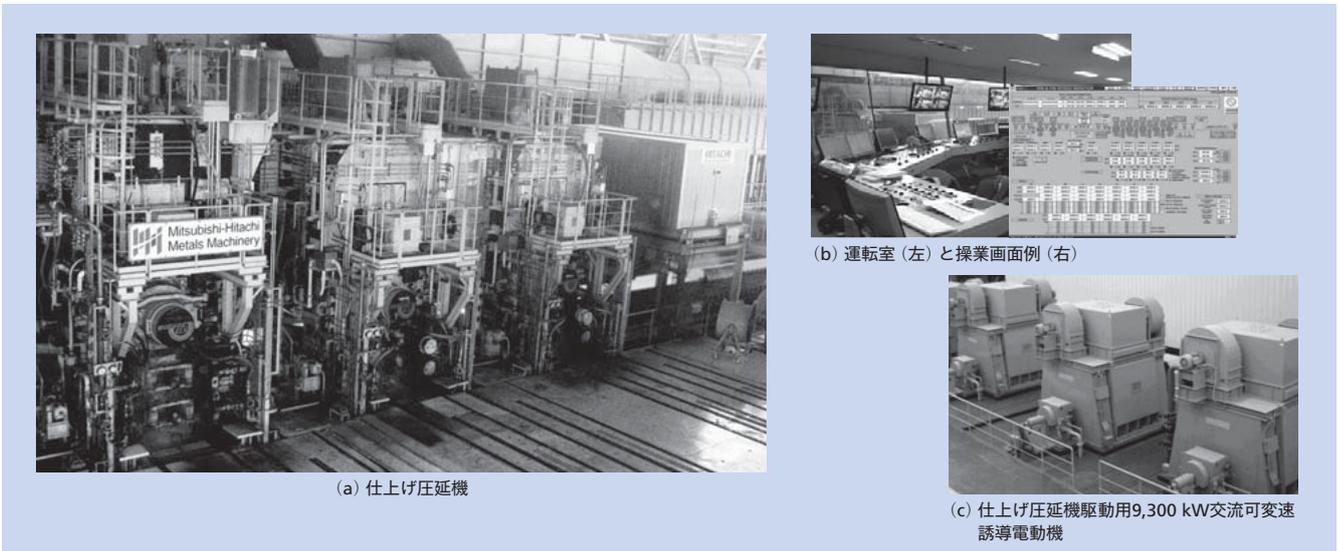


図1 | 韓国・東部製鐵社納め熱間圧延設備

韓国・東部製鐵社納めにおける仕上げ圧延機での操業状況 (a) と操業中の中央運転室 (b)、および主機電動機 (c) を示す。機械・電気制御一体で高効率圧延と高品質生産を追求している。

3. 機械・電気制御一体による高品質圧延の実現

3.1 熱間圧延設備

熱間圧延では、板厚や板幅、鋼板の温度などを常に監視し、圧延ロールの回転速度や荷重、板の張力、クラウン（中央と端部の板厚差）などについて、繊細で高精度な制御を行うことが要求される。これを実現するための最適な機械設備として、作業ロールをクロスすることにより、高いクラウン修正機能を備えたペアクロスミルを採用している。

一方、熱間圧延設備を制御するうえでのポイントは、数少ないセンサーからの限られた情報から、鋼板の状態を正確に予測することである。このために重要なのがシミュレーション技術と予測モデルの高精度化技術である。日立グループはMHMMと共同で、熱間圧延設備の特性や物理現象に関する知見と制御シミュレーションを融合した圧延・冷却シミュレータを開発した (図2参照)。これを活用

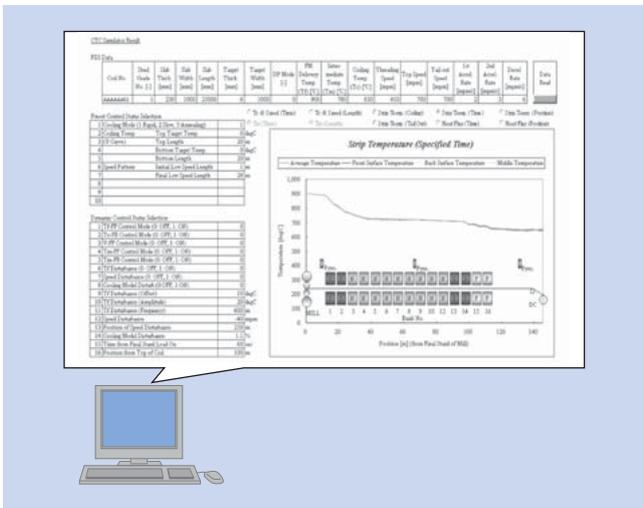


図2 | 巻き取り温度のシミュレーション画面例  
三菱日立製鐵機械株式会社と共同で圧延・冷却シミュレータを開発した。

して制御方式のプレエンジニアリングを充実させ、高精度な制御を実現している。さらに、制御計算に用いる圧延設備や鋼板の状態予測モデルを、圧延の結果に合わせて自動的に調整する学習制御技術も取り入れている。

3.2 冷間圧延設備

日立グループは、これまでPL-TCM (Pickling Line - Tandem Cold Mill: 連続式酸洗冷間圧延システム) で、世界市場で高いシェアを占めてきた。PL-TCMは連続化により、高効率・高品質・高安定圧延を実現する設備であり、2000年以降だけでもMHMMと共同で、15基を超える新設のPL-TCMを納入している。

高効率圧延を実現する冷間圧延設備としては、このほかに「HZミル」がある。HZミルは、社会インフラ関連でニーズの高いステンレス鋼板や電磁鋼板などの硬質材の圧延用に開発された、20段ロール配置で分割ハウジング型の圧延機である (図3参照)。ハウジングの分割により、作業ロールのすき間を大きく取れるようにして作業性を向上させるとともに、分割式の課題であった機械剛性の低下を構造の

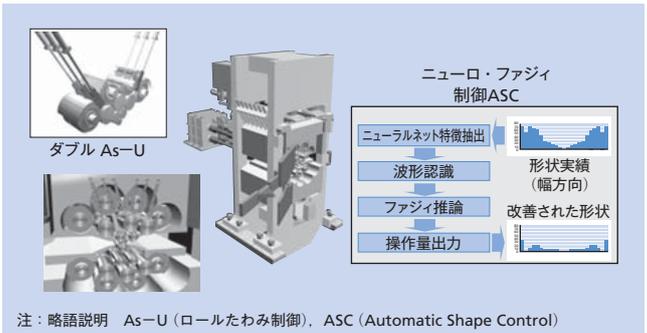


図3 | HZミルの外形模式図とニューロ・ファジィ形状制御の概略  
作業性を向上した高効率な設備で、高付加価値材を圧延する。

feature article

最適化で小さくし、モノブロック式とほぼ同等の剛性を確保した。さらに高応答の油圧圧下システムと形状制御能力の高いAs-U（ロールたわみ制御）機構を、それぞれ高度板厚制御とニューロ・ファジィ形状制御によって動作させ、品質向上と安定圧延を実現した。HZミルは電磁鋼板需要の中で納入実績を伸ばしており、製作中の案件を含めて13プラントに達している。

#### 4. 省エネルギーと高効率圧延の追求

鉄鋼業では、製品鋼板を生産するプロセスの各所で、さまざまな省エネルギーの試みが行われている。このニーズに貢献するために、電気機器の省エネルギー化、生産の効率化、省エネルギーソリューションシステムの開発に取り組んでいる。

##### 4.1 省エネルギー機器の導入

圧延機やダウンコイラの駆動系である主機モータでは、直流機からエネルギー効率のよい交流機へ、順次、更新を進めている。さらに、モータを制御するために大容量IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）インバータドライブ装置を適用し、性能向上とともに、省エネルギー化を図っている。代表例として、2009年にJFEスチール株式会社東日本製鉄所京浜地区の熱間圧延粗ミル用5,000 kWの直流電動機・ドライブ装置を、8,000 kW、回転速度35/70 rpm、過負荷225%（1分）の、世界最大級トルクとなる交流可変速誘導電動機へと更新した。さらに2011年には、新日本製鐵株式会社八幡製鐵所の熱延NO.1粗設備のモータドライブ装置を更新予定である。

製鉄所の排ガスシステムにも高圧IGBTドライブ装置を適用し、可変速化によってエネルギー効率を高めている。加えて、製鉄所に多数設置されているポンプ、ファン、搬送機械などの駆動装置を、当社従来機に比べて損失を20～30%低減した高効率モータで構成し、台数制御などのインバータによる省エネルギー運転との組み合わせで、消費エネルギーを削減している（図4参照）。

##### 4.2 高効率圧延技術

製品歩留り向上や、燃料や原料節約を目的とした高効率生産技術は、長年検討されてきており、実現のアプローチも多岐にわたっている。

冷間圧延プロセスの歩留り向上により、冷間圧延以前のプロセスで消費した大量のエネルギーをむだにしないというマクロな考えに基づいて、MHMMでは従来のリバース圧延設備を、コイル循環型連続圧延設備とすることによって生産量をアップしたうえ、バッチのリバース圧延設備で

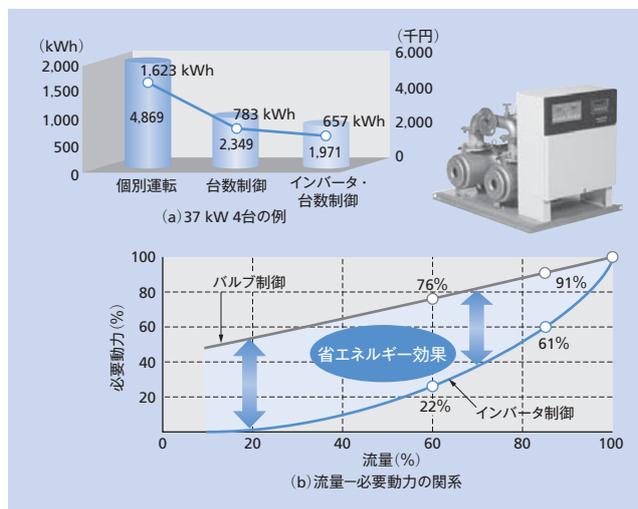


図4 | 台数制御とインバータによる省エネルギー効果の例  
空気圧縮機における台数制御による省エネルギー効果 (a)、インバータによるポンプの省エネルギー制御 (b) などにより、トータルな省エネルギーを実現している。

3%程度あったオフゲージ重量を1%以下と少なくできる冷間圧延設備を開発した。この設備では、スタンド数の増減で、必要な生産量に対してフレキシブルなシステムが構築できる。さらにコイルの接合部近辺を非常にゆっくりした速度で高精度に圧延することで、溶接中にコイルをためるためのルーバを短縮し、シンプルなシステム構成とした。日立グループも共同研究の形でこのプロジェクトに参画し、極低速圧延制御技術や、圧延中に、必要に応じて接合部を回避するためのロール開閉技術を開発した（図5参照）。

一方、制御技術による生産の高効率化としては、最小の燃料で鋼板温度を均一に制御する炉の最小燃料燃焼制御、鋼板の先尾端を圧延するときの板厚や板幅精度を向上させて歩留り向上を図る圧延制御、鋼板に対してめっきを均一に付着させることで、めっき原単位の向上を実現するめっき付着量制御など、生産の各プロセスで種々試みられている。近年は、生産コストの低減だけでなく、環境への影響やCO<sub>2</sub>排出量を最小化する観点から、さらに厳しい要求を満足できるように、技術開発を継続している。

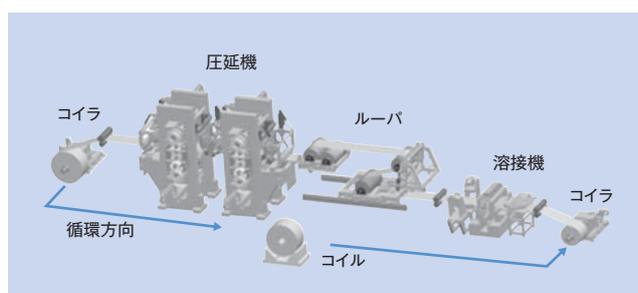


図5 | コイル循環型連続圧延設備の模式図  
連続化によって圧延制御の精度向上を図り、鋼板歩留りを向上させた。また、鋼板を溶接するときの圧延速度を低速化し、ルーバ設備を大幅に短縮した。

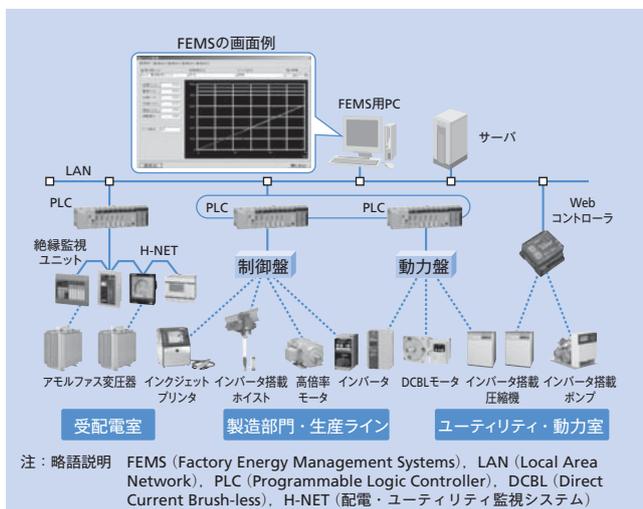


図6 | 省エネルギーソリューションを支援するエネルギー管理システム  
機器の稼動状況や設備全体のエネルギー使用量を計測し、省エネルギーシステムの構築をサポートする。

### 4.3 省エネルギーソリューションシステム

プラントの使用エネルギーを削減するには、これまで行われてきた配電系統中心のエネルギー管理だけでなく、機器の稼動状況と生産設備全体のエネルギー使用量を計測し、最適化する必要がある。このため、プラントのエネルギー管理を統括的に行うシステムが必要とされている。ここで述べるFEMS (Factory Energy Management Systems : エネルギー管理システム) では、最新の計算機技術とネットワーク技術により、設備エネルギーと生産データをリアルタイムで監視・収集し、エネルギー使用量の「見える化」を行うとともに、管理データに基づいて省エネルギーシステムの構築をサポートしている (図6参照)。

## 5. 鉄鋼システムのグローバル展開

近年、東アジアを中心として、日立グループの鉄鋼関連製品の輸出比率は60%を超えており、他の分野に先駆けてグローバル化を加速させてきた。その一環として、需要が拡大した地域を中心に、営業や生産の拠点を設立し、受注活動や製作、ローカル手配品の取りまとめ、保守などを、現地でスムーズに行える体制を整えている。

中国では2006年4月に、上海宝钢集团公司の子会社である上海宝信軟件股份有限公司との間で、冷間圧延およびプロセスライン設備を中心とした鉄鋼プラント向け制御システムの設計・製造・販売・アフターサービスを行う合併会社として、上海宝立自動化工程有限公司を設立した。この会社を活用して、中国における鉄鋼プラント向け制御システムの受注拡大や価格競争力強化、中国における国産比率増に取り組んでいる。また東南アジア、インド、ブラジルにも拠点を設け、営業やエンジニアを配置することで、これからの市場拡大に備えている。

## 6. おわりに

ここでは、圧延設備の高効率化と省エネルギー化を実現するための機械・電気制御一体の取り組みと、グローバル展開について述べた。

サステイナブルな社会の実現に向けて、温室効果ガス削減への要求は、今後、国際的にますます高まっていく。日立グループは、この要求に応えるために、個々の電気機器のさらなる効率向上に加えて、制御技術を駆使した高効率圧延を追求するとともに、三菱日立製鉄機械株式会社との連携を通して、鉄鋼システムのトータル最適化を実現していく考えである。

### 参考文献など

- 1) 畑中, 外: 鉄鋼設備向け高度電機制御システム, 日立評論, 90, 8, 674~677 (2008.8)
- 2) 特集『21世紀に向けた最新圧延設備 一省資源・省エネルギー・クリーン化の追求』, 日立評論, 78, 6 (1996.6)

### 執筆者紹介



#### 畑中 長則

1992年日立製作所入社, 情報制御システム社 パワーエレクトロニクスシステム本部 電機制御システム設計部 所属  
現在, 鉄鋼電機システム全般の取りまとめに従事



#### 鹿山 昌宏

1984年日立製作所入社, 情報制御システム社 パワーエレクトロニクスシステム本部 所属  
現在, 鉄鋼システムの開発に従事  
工学博士  
電気学会会員



#### 吉成 良孝

1993年日立製作所入社, 電力システム社 日立事業所 電力設計部 所属  
現在, 交流可変速電動機的设计に従事



#### 馬庭 修二

日立製作所 情報制御システム社 パワーエレクトロニクスシステム本部 電機制御システム設計部 所属  
2009年より三菱日立製鉄機械株式会社から出向中  
現在, 鉄鋼電機制御システムの設計業務に従事



#### 加賀 慎一

1987年日立製作所入社, 社会・産業インフラシステム社 産業システム事業部 M-H推進センタ I 所属  
2000年より三菱日立製鉄機械株式会社へ転籍出向中  
現在, 圧延機械の開発に従事  
日本塑性加工学会会員, 日本鉄鋼協会会員



#### 松本 修

1980年日立製作所入社, 株式会社日立産機システム 事業統括本部 ドライブシステム事業部 所属  
現在, 産業系システム技術の企画に従事