

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol. 32(2000) No.3

川崎製鉄における技術開発 50 年の歩みと今後の展望

Transition of Technological Developments during the Last 50 Years in Kawasaki Steel and Future Prospect

数土 文夫(Fumio Sudo) 藤井 徹也(Tetsuya Fujii)

要旨：

千葉，水島両製鉄所の建設・拡充について簡単に述べたあと，川崎製鉄における技術開発成果の例を紹介する。プロセス開発では，高炉操業管理システム，IF 鋼大量溶製技術，平面形状制御技術，完全連続熱間圧延技術，多目的連続焼鈍技術，各種サイズフリー圧延技術など世界の先駆けとなる多くの技術を開発した。製品開発では，新しい冶金原理を用いて超深絞用高張力鋼板，超高ランクフォード値（ r 値）冷間圧延鋼板，強度と靱性に優れた厚肉鋼板，厚肉 H 形鋼，大径棒鋼，超微細結晶粒電縫鋼管や高機能表面処理鋼板など多くの新製品を開発した。製鉄プラント，鋼構造物エンジニアリング事業や廃棄物処理，ニッケル超微粉製造など新事業についても紹介した。

Synopsis：

Starting with brief historical description of construction and expansions of both major Chiba and Mizushima Works, this article introduces the transition of technological developments in Kawasaki Steel and a number of developed world-class leading technologies, including diagnosing and controlling system for a blast furnace, mass production process of ultra-low carbon steel (IF steel), plane view pattern control system in plate rolling, endless hot strip rolling, multipurpose continuous annealing and various types of size-free rolling. A variety of new products which have been developed based on new metallurgical principles, are also introduced. The new products include heavy gauge plates, heavy wall H shapes, large diameter bars, all having high strength with high toughness, ultra-fine grain ERW pipes, extra deep drawing cold rolled high strength steel sheets, cold rolled steel sheets with ultra-high Lankford value (r -value), and high performance coated steel sheets. Here further touched upon are steel plant engineering, steel structure construction engineering and new businesses of waste treatment and ultra-fine nickel powder production.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

Transition of Technological Developments during the Last 50 Years in Kawasaki Steel and Future Prospect



数士 文夫
Fumio Sudo
取締役副社長



藤井 徹也
Tetsuya Fujii
常務取締役 技術研究所長・工博

要旨

千葉、水島両製鉄所の建設・拡充について簡単に述べたあと、川崎製鉄における技術開発成果の例を紹介する。プロセス開発では、高炉操業管理システム、IF 鋼大量溶製技術、平面形状制御技術、完全連続熱間圧延技術、多目的連続焼鈍技術、各種サイズフリー圧延技術など世界の先駆けとなる多くの技術を開発した。製品開発では、新しい冶金原理を用いて超深絞用高張力鋼板、超高ランクフォード値 (r 値) 冷間圧延鋼板、強度と靱性に優れた厚肉鋼板、厚肉 H 形鋼、大径棒鋼、超微細結晶粒電鍍鋼管や高機能表面処理鋼板など多くの新製品を開発した。製鉄プラント、鋼構造物エンジニアリング事業や廃棄物処理、ニッケル超微粉製造など新事業についても紹介した。

Synopsis:

Starting with brief historical description of construction and expansions of both maior Chiba and Mizushima Works, this article introduces the transition of technological developments in Kawasaki Steel and a number of developed world's leading technologies, including diagnosing and controlling system for a blast furnace, mass production process of ultra-low carbon steel (IF steel), plane view pattern control system in plate rolling, endless hot strip rolling, multipurpose continuous annealing and various types of size-free rolling. A variety of new products which have been developed based on new metallurgical principles, are also introduced. The new products include heavy gauge plates, heavy wall H shapes, large diameter bars, all having high strength with high toughness, ultra-fine grain ERW pipes, extra deep drawing cold rolled high strength steel sheets, cold rolled steel sheets with ultra-high Lankford value (r -value), and high performance coated steel sheets. Here further touched upon are steel plant engineering, steel structure construction engineering and new businesses of waste treatment and ultra-fine nickel powder production.

1 はじめに

戦後のわが国鉄鋼業が世界有数の鉄鋼生産国へ飛躍する道を開いた川崎製鉄は、1950 年の創立以来今年で 50 年を迎える。創立 50 周年記念号の発刊に当たって、当社のたどってきた鉄鋼製造技術の進歩・発展の過程を技術開発に焦点を当てて振り返ってみた。

当社は創業当初より今日に至るまで、鉄のパイオニアとして技術重視の経営を貫き、社会・市場の要請に迅速に応え鉄鋼需要産業の発展に大きく貢献してきた。需要家の満足のいく最高の品質、性能、サービスを安定的に供給するためには何よりもまず優れた技術が必要である。この原点に立って、導入技術を発展させながら自主技術開発に積極・果敢に取り組み、技術革新を進め、業界における先導的役割を果たしてきた。

当社が全社の長期展望に立って技術開発体制を整え始めたのは、1957 年に本社技術研究所職制を新設してからである。翌年には、

需要家と密着した新製品の開発、品質改善を図る目的で技術研究所、工場、技術部の技術者からなる技術サービス班を発足させている。需要家とのタイアップは以後の技術開発を進めて行く上で大きなドライビングフォースとなった。1969 年に千葉製鉄所に隣接して技術研究所施設を完成させ、技術開発体制をさらに整備・拡充した。技術研究所、工場をはじめ全社一体となって技術開発を推進し、世界の先駆けとなる数多くの新機軸を有するプロセスや新しい冶金原理を適用した新製品を開発してきた。

本稿では、まず川崎製鉄の創立の経緯と千葉、水島二大製鉄所の建設・拡充および高炉の大型化や転炉を中心とする大量生産技術確立への過程を概説する。技術開発の歩みについては、1970 年代前半から 1980 年代前半までの時代と 1980 年代後半以降の時代に分けて、プロセスおよび製品開発の中から主な成果の例を取り上げて紹介する。また、鉄鋼の基礎技術を応用した新事業展開にもふれてみたい。本稿が今後の技術開発を進めていく上で何らかの参考になれば幸いである。なお、各分野ごとの最近の開発動向については本号別報を参照されたい。

* 平成12年6月12日原稿受付

2 川崎製鉄の創立と二大製鉄所の建設・拡充

2.1 川崎製鉄の創立¹⁾

川崎製鉄の歴史は、1906 年、当時の(株)川崎造船所が造船用鋳鋼品の自給および鉄道車両製造の目的で、神戸市に(株)川崎造船所製鉄部門運河分工場(後に兵庫工場)を設立した時に始まる。1917 年に造船用鋼材を生産するため葺合工場を開設し、翌年厚鋼板、高張力鋼板の製造を開始した。高張力鋼板としては日本では初めて橋梁に使用され、その寸法精度が賞賛された。

1924 年に葺合工場で薄板圧延機が稼動し、薄鋼板への進出と同時に亜鉛鉄板の製造も開始した。当時圧延が難しかった極薄物 USG32 番(厚さ 0.258mm)の試圧延に成功して内外の注目を集めた。1931 年には、電機産業の需要増大に対処して熱間圧延い素鋼板の製造を開始するとともに 3 重式冷間圧延機を設置し、自動車、車輛、高級家具用の高級仕上げ鋼板の分野にも進出した。その後 4 重式冷間圧延機を増設、好評だった高級仕上げ鋼板の増産、寸法精度の向上に努め大きな成果をあげた。

1939 年には兵庫県に特殊鋼棒鋼を製造する西宮工場および岩手県に粒鉄を生産する久慈工場を設置した。同年、(株)川崎造船所は社名を川崎重工業(株)に変更した。1943 年に愛知県に特殊鋼を製造する知多工場を開設した。

戦後に発足する川崎製鉄の母体となったのは葺合工場、兵庫工場、西宮工場、久慈工場および知多工場である。1950 年 8 月、企業再建法に基づく整備計画により、川崎重工業(株)の製鉄部門を分離して、「川崎製鉄株式会社」を設立し、初代社長に西山彌太郎が就任した。ここに、西山社長が長年抱いていた「世界最高水準の最新連続式帯鋼圧延機を設置し、輸出に重点を置き、もってわが国経済自立に大いに貢献せんとする」構想のもと、戦後初の近代的臨海一貫製鉄所が実現する運びとなった。

2.2 千葉製鉄所の建設

千葉製鉄所は 1951 年 2 月に開所した。建設の推進は、単純化、集約化、連続化、一貫化の 4 原則に加え、大型化、高速化、自動化という基本的な考えに基づいて行われた。1953 年に第 1 高炉が火入れ、1958 年に第 1 熱間圧延工場および第 1 冷間圧延工場が相次いで完成し、薄鋼板の製造を中心とする完全な製鉄・製鋼一貫体制が確立した。その後も順次設備拡充を進めてきたが、1965 年の第 5 高炉の火入れにより主要設備の建設が一段落した。

千葉製鉄所も建設以来 20 余年も経てくると、最新鋭製鉄所に比べてコスト、生産性などの面で遅れがちとなり環境保全上にも限界があった。このため、新しく埋め立てられた西工場に 1977 年、第 6 高炉、第 3 製鋼工場、第 3 分塊工場を建設し、近代化・合理化を図るとともに環境を整備した。

2.3 水島製鉄所の建設

池田内閣による国民所得倍増計画が 1960 年に発表された。この高度成長路線にともなう長期的な鉄鋼需要の増大に対処する上で、千葉製鉄所の拡充だけでは到底困難であった。このため新立地に革新技術の粋を集めた世界最大級の製鉄所を建設するという構想のもと、1961 年 7 月水島製鉄所を設置した。建設に当たっては千葉製鉄所の経験を随所に生かすとともに、一貫化、大型化、自動化、連続化、高速化の原則のもとに大型高能率設備を導入した。また、最新鋭設備の効率的操業と生産管理を目的に当初よりコンピュータシ

ステムを計画した。

1967 年に第 1 高炉火入れを始め、転炉、厚板圧延機が稼動、粗鋼年産 200 万 t の製鉄・製鋼一貫体制を整えた。その後順次設備を拡張し、1973 年の第 4 高炉火入れ、第 6 号転炉稼動により、粗鋼年産 1200 万 t 体制となった。

2.4 大量生産技術の開発

わが国における高炉の大型化は 1965 年頃から急速に進み、1970 年代前半にはピークに達し一段落した。当社の高炉の大型化をたどってみると、1953 年に火入れされた千葉製鉄所第 1 高炉の炉容積は 877 m³ に過ぎなかったが、1965 年火入れの第 5 高炉は 2142 m³ に大型化し、高圧操業、重油吹き込み、高温送風など種々の新技術を取り入れた。水島製鉄所第 4 高炉は、当時世界最大の炉容積(4326 m³)に次ぐ 4323 m³ で、超高圧操業、蒸気冷却式ステープを採用した。高炉安定操業のためムーバブルアーマー式炉頂装入装置など新技術を導入し、また、出鉄作業を機械化した。

転炉では、1962 年千葉製鉄所で当時国内最大の 150 t/チャージの転炉が稼動し、1970 年には平炉から転炉へ全面転換するとともに水島製鉄所に 250 t/チャージの大型転炉を導入した。1970 年頃転炉の計算機制御システムが始まった。連続鋳造設備(連鋳機)では 1968 年に水島製鉄所で年産 60 万 t のブルーム連鋳機が稼動し、1971 年には千葉、水島製鉄所でスラブ連鋳機を、1973 年には水島製鉄所で同 150 万 t のスラブ連鋳機および同 96 万 t のブルーム・ビームブランク兼用連鋳機を導入した。造塊法から連続鋳造法への転換は高炉の大型化、転炉の導入と並ぶ大きな技術革新であった。

3 高効率化技術の開発と製品の高品質化 (1970年代前半～1980年代前半)

3.1 石油危機の鉄鋼業へのインパクト

二度にわたる石油危機によりこれまでの量的拡大路線は終焉し、わが国経済は安定成長時代に移行した。これを契機に鉄鋼需要も大きく減退し、鉄鋼業は不況の克服と経営体質の強化、構造改善、雇用調整などで業界をあげて合理化努力を重ねることになった。

技術開発の重点はそれまでの大型化・大量生産技術から質的高度化、省エネルギー・省資源化、省力化技術開発へと大きく流れを変えた。高炉の設備面では長寿命化が推進され、低操業下における安定操業の維持に努力が払われた。製鋼部門では、製品の高品質化、多様化ニーズに対応して、高純度鋼製造技術の開発が進んだ。転炉は上底吹き時代に移行し、連鋳化が急速に拡大した。圧延部門ではプロセスの同期化、連続化、直結化、高速化、歩留まり向上などの技術開発が大きく進展した。

製品の高品質化では、極低温用鋼、耐サワーガス用鋼など過酷な使用環境に耐えうる鋼材品質として、極低 S 化、極低 P 化が要求され、また、自動車や家電向けに使用される薄鋼板製品では、加工性が重要であり、C、N、O、P、S などの不純物元素の低減、特に極低 C、極低 N 化が必須となるなど高純度鋼へのニーズがますます高まってきた。また、鋼の高純度化とあいまってオンライン材質制御技術である加工熱処理プロセスが目覚しく発展した。

3.2 高効率化技術の開発

製鉄部門では、1977 年火入れの千葉製鉄所第 6 高炉(炉容積 4500 m³)は大型高炉としてはわが国初の PW 式並列 2 ホッパーベルレス装入装置を採用した。同年にはコンピュータを用いた高炉操

業管理システム (GO-STOP システム) を開発して高炉の安定操業に大きく貢献した。第二次石油危機による重油価格の高騰を機にエネルギーバランスを重視し、業界の先陣をきって、重油吹き込操業からオールコークス操業へと大きく操業を転換した。1984 年に微粉炭吹き込装置 (PCI) を開発し、順次設置していった

製鋼部門では、1977 年に、上吹転炉全盛時代であった当時、「底吹きがいい」という冶金原理への信頼と「底吹転炉には未来がある」というトップの判断により、わが国で初めて導入した純酸素底吹転炉 (Q-BOP) が稼動した。底吹きの強攪拌効果で精錬特性が飛躍的に向上することを実証した。これを契機に各社で上底吹転炉の開発が活発化し、上底吹転炉が急激に普及し、転炉における技術革新となった。当社でもいち早く上底吹転炉 (KBOP, LD-KGC) を開発・実用化した。1970 年後半には全転炉を完全自動吹錬化した。

自動車産業を中心とする産業界の深絞り性の優れた冷間圧延鋼板の開発要求に応え、業界に先駆けて Nb を添加した極低炭素 IF (interstitial atom free) 鋼による超深絞り用冷間圧延鋼板、深絞り用高張力鋼板を開発した。IF 鋼の優れた品質特性と冷間圧延鋼板の焼鈍プロセスが箱焼鈍から連続焼鈍へと連続化する流れのなかで IF 鋼の量産が必要となった。これに対処して、Q-BOP による低炭素域までの精錬と RH 真空脱ガス処理の組み合わせにより、Nb 添加 IF 鋼 ($C \leq 20 \text{ ppm}$) の大量溶製技術を業界に先駆けて開発し、1981 年から千葉製鉄所第 3 製鋼工場で本格的な工程生産を開始した。

連続鍛造では、1974 年に水島製鉄所第 2 連続機で連々鍛 129 連の世界記録を達成した。1970 年代後半には異鋼種連々鍛造技術、鍛込み中自動幅変更技術を開発・工程化し、また、業界に先駆けてブレークアウト予知システムを開発するなど、連続鍛造の生産性を大幅に向上させた。また、連続適用可能品種も急速に拡大し、当社の連続比率は 1973 年の約 18% から 1985 年には約 95% へと大幅に向上した。当社は世界に先駆けて連続への転換を進めた。

一方、ステンレス鋼についても 1976 年に西宮工場で、多量の Ar を底吹する強攪拌型真空脱炭炉 (SS-VOD) を開発し、極低 C+N フェライト系ステンレス鋼の量産方式を確立した。これにより新鋼種の開発が進み需要家の高品質化要求に応えた。SS-VOD の底吹技術は LD-KGC に技術移転されるとともに千葉製鉄所新鋭第 4 製鋼工場にも取り入れられた。

圧延部門におけるプロセスの直結化・連続化技術では、1980 年代前半に熱鑄片無人搬送台車システムを開発し、水島製鉄所第 1 製鋼工場と新ビレット工場および大形工場間を直結化してブルームの DHCR 率 92.1% を達成した。冷間圧延プロセスの連続化では、1980 年代前半には千葉製鉄所第 1 冷間圧延工場の調質圧延・精整・コイル梱包ラインを連続化したのに続き、極薄専用の千葉製鉄所第 2 冷間圧延機 (TCM) を完全連続化した。また、自動車排気系部品用ステンレス鋼板のタンデム圧延に成功し、従来ゼンジミールで冷間圧延されていたステンレス鋼板の普通鋼冷間圧延プロセス化による高生産性を実現した。

焼鈍プロセスの連続化では、多品種の製品に対応したヒートサイクルが容易にとれる多目的連続焼鈍設備 (KM-CAL) を独自に開発し、1980 年千葉製鉄所で実用化した。KM-CAL の開発とあわせ、当時、Nb 添加 IF 鋼をめぐるプロセス、製品開発に携わる研究者、技術者相互の連携によるきわめて活発な技術開発が行われたことはまだ記憶に新しい。KM-CAL は、その建設と操業を通じて新しい連続焼鈍技術を体系づけるとともに、その後の技術革新を生み出す原動力となった。IF 鋼をベースに新しい冶金原理を実用化した大容量高温焼鈍 KM-CAL が 1984 年に水島製鉄所で稼動した。これらは

千葉、水島両製鉄所のよりコンパクトな大容量高能率 KM-CAL へと引き継がれた。

寸法・形状制御技術では、厚鋼板の平面形状制御による歩留まり向上で大きな成果をあげた。1976 年稼動の水島製鉄所第 2 厚板工場は千葉および水島製鉄所第 1 厚板工場で蓄積された技術を統合し、さらに全工程を自動化したトータルシステムをわが国で初めて実用化した。この中心となる高精度自動制御システムの導入を背景に、鋼板の仕上げ形状を矩形にする新平面形状制御方法 (MAS 圧延法) を世界に先駆けて開発し、平面形状制御技術が飛躍的に進歩するきっかけをつくった。MAS 圧延法は 1978 年から工程化され、世界最高の厚板歩留まり 93.8% (1978 年) を達成した。熱間圧延鋼板でもプロフィル・平坦度制御技術を確立した。

厚鋼板のオンライン材質制御技術として、1980 年代前半に制御冷却設備と直接焼き入れ設備をミルラインに組み込んだ多目的制御冷却設備 (MACS) を開発し、第 2 厚板工場で実用化した。制御圧延と MACS を組み合わせた加工熱処理プロセス (TMCP) 技術を確立した。TMCP は、再加熱の省略による省エネルギー効果だけでなく、適切な合金設計との組み合わせにより変態後の組織を制御し、靱性、溶接性、加工性を損なうことなく高強度化が達成できるため、一挙に厚鋼板の主要プロセスとなった。熱間圧延でもランアウトテーブル上での制御冷却を導入し厚鋼板と同様 TMCP 技術を確立した。また、継目無鋼管では直接焼き入れ装置を 1982 年に開発しオンライン化した。

H 形鋼のサイズフリー圧延技術では、1970 年代後半には単一サイズのビームブランクから多サイズ H 形鋼を製造する技術を開発し、水島製鉄所大形工場で実機化した。また、1980 年スラブから大形 H 形鋼を 1 ヒートで圧延する製造技術を開発した。これらの結果、H 形鋼のほぼ全サイズを連続素材から製造することが可能となった。1981 年角棒、丸棒のカリバーレス圧延法を開発し、水島製鉄所鋼片工場で実用化した。

継目無鋼管分野では、全工程を自動制御する数値管理圧延技術を世界で初めて開発した。1980 年代に入って知多製造所の中径継目無鋼管工場および小径継目無鋼管工場で工程化した。

当社における創業以来の粗鋼生産量 (年度) の推移およびプロセス技術開発の主な事例の進展状況を Fig. 1 に示す。

3.3 製品の高品質化

石油危機を契機として、それまで放置されていた過酷な環境条件下にある極寒冷地油田、北海油田や高腐食性ガス田、深井戸の開発が活発化し、より厳しい環境に耐える鋼材へのニーズが高まった。輸送用ラインパイプについても、輸送コスト低減から大径化、高張力鋼化が指向された。このような要請に応じて耐食性高強度油井鋼管、高強度・高靱性高張力鋼板などを開発した。また、氷海域海洋構造物に使用される低温特性の優れた鋼板を開発した。造船用でも、燃費低減のための船体軽量化や建造コストの低減要求に応じて高能率溶接が可能な高張力鋼板を開発した。これらの鋼板の開発には TMCP が大きく貢献した。

自動車分野では、1970 年代前半の自動車の安全向上対策や石油危機を契機とする燃費改善にとともなう軽量化指向により、高張力鋼板の開発が要請された。熱間圧延鋼板では、最初、析出強化型高張力鋼板を開発したが、その後ランアウトテーブル上での制御冷却法を適用し、フェライトとマルテンサイトの 2 相組織を有する加工性の良い熱間圧延まま複合組織 (DP) 高張力鋼板を開発し経済性を高めた。冷間圧延鋼板では、当初は箱焼鈍によって補強部材に使用される固溶体強化型や析出強化型高張力鋼板を開発したが、さらに内

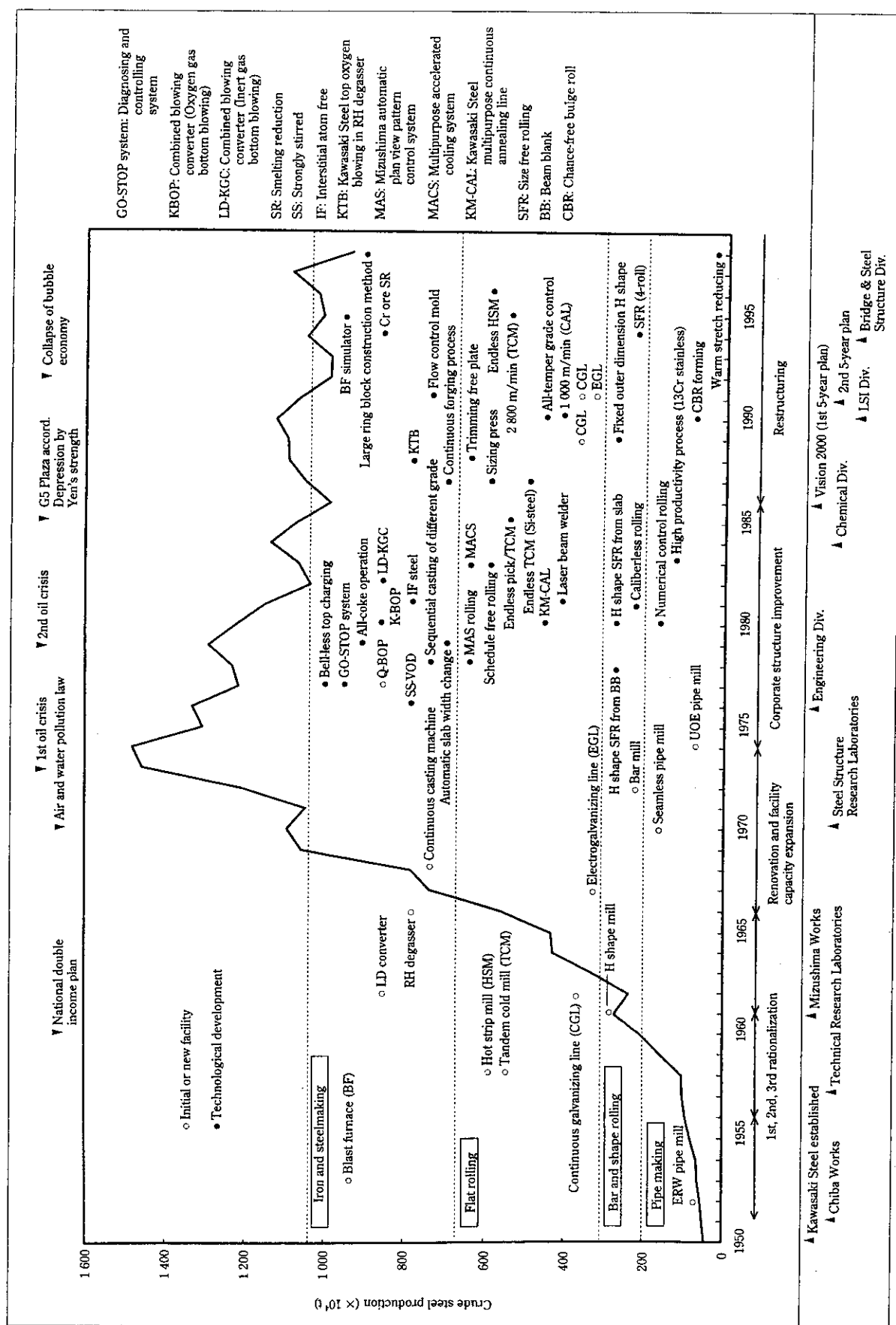


Fig. 1 Transition of crude steel production (fiscal year) and technological developments in Kawasaki Steel

外板の高張力化が進展するのに対応して KM-CAL を駆使して IF 鋼をベースに P を添加した超深絞り用高張力鋼板やこれに焼付硬化 (BH) 性を付与した超深絞り用高張力鋼板を開発し、自動車外板と

して多く使用された。また、KM-CAL の急速冷却サイクルを用いて DP 高張力鋼板を開発した。

自動車車体用に防錆鋼板が本格的に採用され始めたのは 1970 年

代後半からで、冬季の路面凍結防止のため散布する岩塩などによる車体腐食が問題となったためである。その後、防錆規制が順次強化され新たな防錆鋼板の開発が進んだ。当初要求された片面亜鉛めっき鋼板の開発を始め、合金電気めっき鋼板、2 層合金電気めっき鋼板、有機複合被覆鋼板を開発し、時代のニーズに応えた。車体軽量化と防錆性強化から今までの高張力冷延鋼板を代替する動きに対応して超深絞り用高張力溶融亜鉛めっき鋼板を開発した。

家電・事務機器用表面処理鋼板では、需要家の高級化、高性能化ニーズに応じてプレス加工工程での塗油・脱脂作業が省略できる潤滑鋼板、耐指紋性鋼板、黒色鋼板などの製品を開発した。容器用鋼板では、溶接缶用薄目付けぶりき（リバーウエルト）を開発し、ハンダ溶接缶からシーム溶接缶への移行に大きく貢献した。電気機器分野では、変圧器、回転機器などの低鉄損化、低騒音化要求に対応して各種高性能方向性および無方向性電磁鋼板を開発した。

3.4 環境・省エネルギー技術の開発

環境保全対策には万全を期した。硫黄酸化物防止対策として業界初や世界最大のコークス炉ガス脱硫設備および焼結炉排煙脱硫設備を設置した。窒素酸化物防止対策については大型排煙脱硫実験プラントを設置して研究開発を重ね、1976 年世界最初の実機を千葉製鉄所第 4 焼結工場に設置した。また、液体燃料から気体燃料への転換、低 NO_x バーナーの採用、熱風炉低 NO_x 操業、焼結炉低 NO_x 操業技術の開発などで対処してきた。排水処理、騒音防止、集塵、水質汚濁防止対策も徹底して実施した。

省エネルギー設備についても 1974 年に水島製鉄所第 2 高炉に自由世界初の炉頂圧発電機を導入したのに始まり、コークス乾式消化設備、焼結炉クーラー顕熱回収設備、熱風炉用空気予熱器などを設置した。また、連铸スラブの DHCR 化による加熱炉燃料原単位低減を図った。

3.5 鉄鋼の基礎技術を応用した海外エンジニアリング事業展開

経営多角化路線の一環として、エンジニアリング部門の強化発展を図るため 1976 年にエンジニアリング事業部が発足し、製鉄所の設備、操業、システム技術などの蓄積された製鉄技術や臨海製鉄所の建設で培われてきた港湾土木・鉄構建築技術をもとに、海外エンジニアリング事業を展開した。

製鉄部門における本格的な展開は、1977 年に稼動したフィリピン焼結工場 (PSC) の建設と 1978 年に建設が始まったフルターンキーベースの本格的な一貫製鉄所ブラジルツパロン製鉄所の建設からである。これらの経験を通じて海外におけるエンジニアリング事業展開の確固たる基盤を確立した。圧延・表面処理関連では、タイ、マレーシアその他における一連の鋳めっき工場、亜鉛めっき工場の建設などを通じて海外でのエンジニアリングで着実な足場を築いた。旧西ドイツには KM-CAL を供給した。

土木・建築部門では、PSC のプラント建設と長大鋼管杭を適用して建設した PSC の 25 万 DWT 大型シーバースの建設が出发点であり、このシーバースは東南アジアにおける象徴的な土木構造物となっている。これらの実績はそれ以降、台湾の揚炭棧橋、鋼管矢板壁および二重矢板式岸壁を採用したフィリピンの港湾設備、大量の重防食鋼管杭を用いたマレーシアの港湾拡張工事などにつながっている。鉄構建築技術の海外事業展開は鉄骨の供給から始まり、1976 年のイランの電炉・連铸工場向けを皮切りに、多種多様の鉄骨を供給し、1985 年には累計 25 万 t に達した。

4 競争力の維持と高品質・高機能製品の開発 (1980 年代後半～)

4.1 円高と設備集約

1985 年の G5 によるプラザ合意を契機に、日本経済は急激な円高に突入し、鉄鋼業界も生産体制の集約化、要員の合理化、労務費の圧縮などを柱とする抜本的な中長期の合理化計画が推進されるようになった。当社でも水島製鉄所への粗鋼生産シフト、千葉製鉄所の厚板工場、第 2 製鋼工場などの休止、千葉製鉄所リフレッシュ、ステンレス鋼板、電磁鋼板の千葉、水島製鉄所への集約など鉄鋼部門の合理化を図った。

千葉製鉄所のリフレッシュでは、主力生産設備を東工場から西工場に集約し、1994 年に第 4 製鋼工場（第 4 連铸機、転炉、VOD 新鋭設備一式）、1995 年に第 3 熱間圧延工場を建設した。リフレッシュ計画の完成により、千葉製鉄所は、1998 年に改修を終えた第 6 高炉を加え、製鋼、熱間圧延の最新鋭工場を有する高級薄鋼板の製造に特化した、将来ともに国際競争力のある都市型中規模製鉄所に変革を遂げた。

電磁鋼板の水島製鉄所への集約化は 1995 年に完了した。水島製鉄所は、電磁鋼板を含め広範囲の高付加価値製品を生産するとともに、知多製造所、千葉製鉄所への素材供給基地としての役割を担う当社の主軸製鉄所であり、世界最強のコスト競争力、品質、サービス、技術を有する総合製鉄所となっている。

4.2 効率化のさらなる追求

この時代各工程で、コスト競争力強化に向けた設備の高効率化技術開発が一段と進んだ。高炉では、安価原料を使用しつつ、長寿命化や環境変化に対応したフレキシブルな安定操業を実現するための技術開発を進めた。製鋼部門でも高品質化対応技術だけでなく生産性向上技術が開発された。圧延部門ではこれまでの連続化、高速化指向だけでなく、製品の多品種少量生産化に対応したサイズフリー圧延技術が大きく進展した。さらに、完全連続熱間圧延（ホット・エンドレス圧延）によるフェライト域潤滑圧延や電縫鋼管の温間域高縮径圧延のような新製品の開発に生かせる新たな材質制御機能が加わってきた。

製鉄部門では、1980 年代後半には AI を用いた新しい高炉操業管理システム（advanced GO-STOP システム）を開発した。また、装入物分布や原燃料品質などの操業への影響を予測できる高炉操業シミュレータを開発・実用化した。水島製鉄所第 3 高炉改修では日本初の 3 パラレルバンカー型ベルレス装入装置を導入し、高度な装入物分布制御を実現した。

千葉製鉄所第 6 高炉の 1998 年の改修では、独自に開発した大ブロックリング工法を採用し、わずか 62 日という超短期改修を実現した。この改修により第 6 高炉の炉容積は 5153 m^3 となり日本で 2 番目の大型高炉となった。第 6 高炉は 1977 年 6 月火入れ以来、20 年 9 ヶ月という長寿命世界記録を達成したが、その後、水島製鉄所第 2 高炉はこの記録を更新中である。これは当社高炉技術の優秀性を証明しているといえよう。

製鋼部門では、1980 年代後半に RH 真空槽内における酸素上吹装置 (KTB) を開発し、IF 鋼の生産を効率化した。さらに、還流管、真空下部槽の大径化により IF 鋼の大量溶製が可能となった。また、IF 鋼の連続製造に起因する表面欠陥を防止する第二世代電磁ブレーキ (FC モールド) を開発し、IF 鋼を 2.5 m/min 以上の高速で鋳

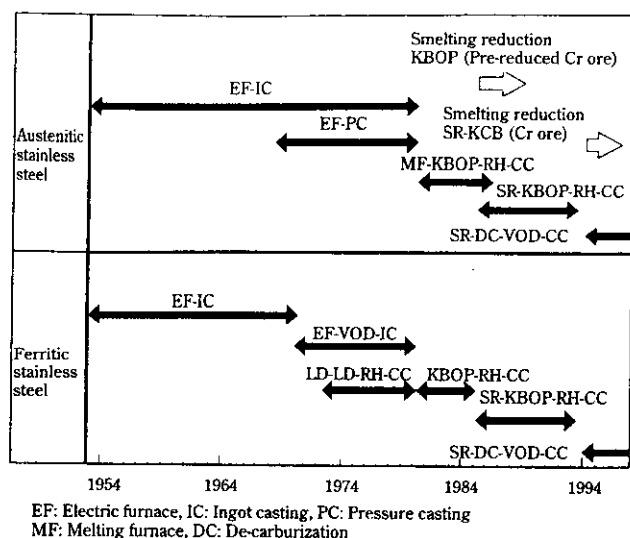


Fig. 2 Trend of stainless steel making process in Kawasaki Steel

込む高品質・高生産性製造を達成した。連铸ブルーム連続鍛圧技術を開発し、1990年に実機化した。これにより中心偏析に起因する内部品質の問題を解消して高級線棒用素材製造体制を確立した。ステンレス製鋼では、Cr 鉱石を直接転炉で熔融還元する製鋼法を世界で初めて開発し、原料選択自由度の高いステンレス鋼の大量生産プロセスを実現した。Fig. 2に当社におけるステンレス鋼製造プロセスの変遷を示す²⁾。

圧延部門においては、スラブの大幅圧下が可能なサイジングプレスに世界に先駆けて開発し、1987年水島製鉄所熱間圧延工場に設置した。先に開発したスケジュールフリー圧延とあいまって製鋼—熱間圧延の同期化・連続化に大きく貢献した。サイジングプレスは千葉製鉄所第3熱間圧延工場に導入された。プロセスの連続化・高速化の中での最大の成果は、同工場で1996年に仕上圧延を連続して行なう画期的なホット・エンドレス圧延を世界で初めて実現したことである。Fig. 3にホット・エンドレス圧延設備の概要を示す。千葉、水島製鉄所で培われてきた熱間圧延技術を集大成するとともに、革新技術を開発・導入して完成したホット・エンドレス圧延によりフェライト域潤滑圧延や大圧下圧延が可能となった。ホット・エンドレス圧延は、これまで圧延が不可能であった広幅薄物熱間圧延鋼板、高延性高張力鋼板、超高ランクフォード値(r 値: 深絞り性を表す指標)冷間圧延鋼板など次々と高機能製品を生み出し、新しいマーケットを開拓しつつある。

冷間圧延関係の連続化では、水島製鉄所で1985年に酸洗ラインと第1 TCMを直結して完全連続化した。これにより先に稼動したKM-CALと合わせて冷間圧延工場の2工程化を実現した。高けい素鋼は、従来、ゼンジミア圧延機で圧延されていたが、水島製鉄所第2 TCMで、世界初の高けい素鋼の完全連続圧延を実現した。1988年には高級鋼対応の千葉製鉄所第3 TCMを完全連続化した。完全

連続化に当たって、ステンレス鋼板、高炭素鋼板を連続圧延するため大型レーザー溶接機を開発・導入した。また、普通鋼連続焼鈍設備(CAL)でインライン処理する高速酸洗法を開発し、普通鋼 CALによるステンレス鋼板の焼鈍が可能となった。ステンレス鋼板の圧延と焼鈍の普通鋼プロセス化により生産性が一段と向上した。高速化では千葉製鉄所第2 TCMが、圧延油や耐摩耗性ワークロールなどの開発により、世界最高水準を行く2800 m/minの超高速冷間圧延を実現した。

近年の高性能防錆鋼板使用量の増大に応じて新鋭設備(水島製鉄所で1989年に連続式溶融亜鉛めっき設備(CGL)、1991年に第2電気亜鉛めっき設備、同年千葉製鉄所で第2 CGL)を建設した。これらの本格稼動にともない品質向上・安定化のための技術開発が大きく前進した。

オンライン材質制御技術では、TMCPをさらに発展させ、極低炭素ベイナイト組織制御と必要に応じて析出強化を用いて強度を制御する新しい冶金原理TPCP(thermo-mechanical precipitation control process)を見出し、この適用により肉厚鋼板、厚肉形鋼、大径棒鋼の非調質高強度化が可能となった。1990年に稼動したぶき原板用千葉製鉄所第4 CALでは、炉後部に多目的圧延機と精整設備を連続化し、IF鋼など素材の使い分けと焼鈍後の圧延圧下率との組み合わせにより、1ラインで全調質度のぶき原板の製造が可能とした。また、同第4 CALは高精度張力制御技術、バックリング防止技術などの開発により、板厚0.15 mmの極薄鋼板で1000 m/minの世界最高速連続焼鈍を実現している。

鋼板の製品寸法・形状の高精度化技術では、1980年後半には、MAS圧延法とエッジング圧延法の最適化などにより厚板幅せん断不要のトリミングフリー鋼板製造技術を開発し、高寸法精度のニーズに応えた。冷間圧延鋼板関係では当社で開発した片テーパ付きワークロールシフト圧延法を水島製鉄所第2 TCMに適用し、難圧延材のエッジドロップ制御システムを開発した。

H形鋼サイズフリー圧延では、世界に先駆けて外法一定H形鋼(スーパーハイスレンド H)製造プロセスを開発し、1989年に実用化した。また、4ロール法による高寸法精度棒鋼・線材のサイズフリー圧延技術を世界で初めて開発し、1994年に水島製鉄所棒鋼ミル、その後同線材ミルに導入した。1978年知多製造所に世界最大のミルスペックをもつ最大外径26インチ電縫鋼管設備(フルケージロール成形方式)を導入した。このケージロール成形方式を発展させ、チャンスフリー張出しロール成形法(CBR成形法)を開発し、1990年に知多小径電縫鋼管ミルに導入し、ステンレス電縫鋼管の安定生産が可能となった。

電縫鋼管では、1998年に結晶粒を超微細化できる温間域高縮径圧延法を開発した。この圧延法による超微細結晶粒電縫鋼管(HISTORY鋼管)は自動車メーカーから高い評価が得られたので、設備を建設中であり2000年秋に稼動する。ステンレス継目無鋼管では、無欠陥素材製造技術、圧延防止技術などの開発により、マンネスマン方式による高生産製造技術を確立した。1986年には、2相ステンレス鋼管を、さらに、Mo含有のSUS316を含むオーステナイト

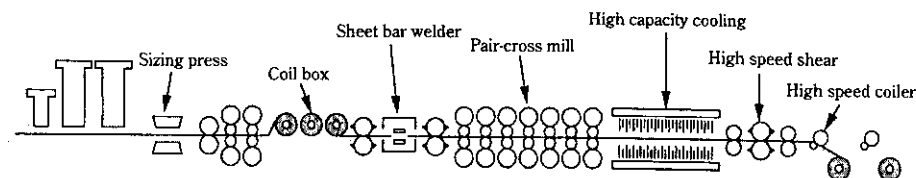


Fig. 3 Outline of endless hot strip rolling at Chiba Works

系ステンレス鋼管の工程生産に世界で初めて成功した。大量生産技術を確立したことにより主力品種の 13Cr ステンレス鋼管の世界シェア約 40% を保持している。

物流設備・技術分野における構内物流では、輸送車輛の大型化と無軌道化の推進、倉庫内のオペレータガイダンス化および構内の製品総合物流管理システムを構築し、生産性の向上を図った。構外物流については、全天候バース網の構築と内航物流一貫計画システムの構築、形鋼のユニット一貫輸送などを進めた。水島製鉄所では新荷役設備を開発し、冷間圧延工場梱包ライン一倉庫・船積間の自動搬送化を実現した。

4.3 高品質・高機能製品の開発

内外需要とも量的拡大が期待できなくなるなか、需要家ニーズはさらに多様化、製品の多品種少量生産化、高付加価値化、高機能化へと進んだ。この時代の製品開発でも量的な伸びはないものの高張力鋼の開発が引続いて進展した。TCP の適用も進んだ。また、需要家側での加工工程の省略、高効率化（コストダウン）につながる製品や環境負荷の少ない製品への新たな要求が高まった。

エネルギー開発分野では、石油、天然ガスラインパイプの輸送効率向上のため、さらなる大径化、厚肉化、高強度化の要求に対応して厚肉高張力鋼板を開発した。また、電縫溶接部の靱性を向上した大径厚肉電縫鋼管を開発した。この鋼管は電縫鋼管としては世界で初めて海底ラインパイプとして北海で使用された。地球環境問題からクリーンエネルギーとしての LNG の需要が伸びるとともに、経済性の追求から輸送・貯蔵タンクが大容量化傾向にある。これに適した高強度・強靱性厚肉 9%Ni 鋼板を開発製品化した。

建築分野では、建築物の超高層化、大型化、大スパン化が進み、使用される鋼材には高強度化、極厚化、大断面化が要求されている。これにこたえて、溶接性を改善した極厚 H 形鋼や TCP を適用して超高層ビル柱用大断面極厚 H 形鋼を開発した。施工性と経済性を高めるスーパーハイスレンド H はヒット商品となった。また、耐震性や耐火性などの機能を有する極低降伏強度鋼や耐火鋼を開発した。建材用途では (C+N) ≤ 100 ppm という高純度高耐食性フェライト系ステンレス鋼板を開発した。この製品はウォーターフロント関西空港の 9 万 m² におよぶ屋根材に採用された。

橋梁分野では施工コストや保守コストまで含めたライフサイクルコストの低減につながる鋼材が求められている。このニーズを受けて開発した溶接性の優れた予熱低減型高張力鋼板は、明石海峡大橋における大規模使用へと拡大発展した。さらに、TCP を適用して開発した予熱フリーの極低炭素ベイナイト型厚肉高張力鋼板は橋梁に適用されている。また、海浜地区でも無塗装使用が可能な極低炭素ベイナイト型海浜耐候性鋼板を開発した。橋梁や船体の軽量化、工数減につながるテーパプレートも開発した。

自動車の軽量化に対応して、熱間圧延鋼板でも新しい組織制御を適用して高い疲労強度と強度一伸びバランスの優れた高張力鋼板を開発した。この製品は世界で初めて超高強度軽量ホイールに適用され高い評価を得た。表面処理鋼板では BH 性薄膜型有機複合被覆鋼板、合金化溶融亜鉛めっき高張力鋼板を開発した。自動車の軽量化と衝突安全性を高める部材の高剛性化の要求に応じて HISTORY 鋼管、成形性の優れた高強度冷間圧延鋼板を開発した。自動車焼結部品の高強度化にこたえる合金鋼粉や生産性、品質向上、環境改善にこたえる偏析防止処理粉を開発製品化している。

自動車メーカーなど需要家における工程の簡略化や省略が可能な製品へのニーズが高い。TCP を適用して、熱処理工程が省略できる高強度、高靱性非調質棒鋼を開発した。また、プレス工程が簡略

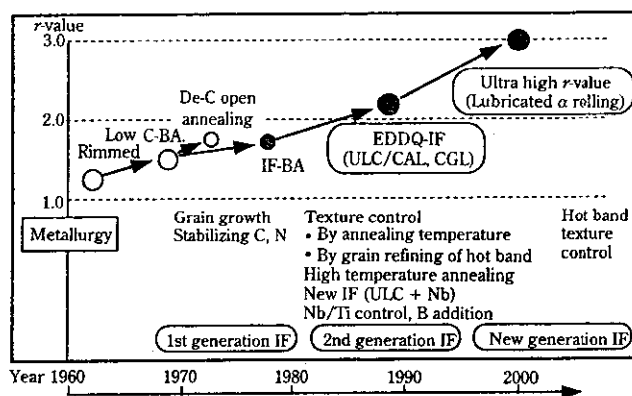


Fig. 4 History of development of deep drawing cold-rolled steel sheet

化できる一体成形に適した、画期的な超高 r 値冷間圧延鋼板（世界最高水準の r 値 = 3）を開発した。この鋼板はホット・エンドレス圧延により結晶粒組織が制御された熱間圧延鋼板を素材として用いることによって初めて実現できた。現在、この鋼板は自動車、家電向けに量産出荷されている。当社における深絞り用冷間圧延鋼板の r 値改善の歴史を Fig. 4 に示す³⁾。素材開発を進めながらいかに冷間圧延鋼板の深絞り性を高めてきたかがわかる。

自動車用表面処理鋼板では 1980 年代後半には薄膜型有機複合被覆鋼板が開発され、広く使用されている。2 層合金化溶融亜鉛めっき鋼板も開発した。また、地球環境への対応から最近開発した Pb を含まない表面処理鋼板は、燃料タンクに採用されている。最近の自動車排出ガス規制の強化、エンジンの高性能化などに対応して高耐酸化性、高耐食性自動車排気系部品用各種ステンレス鋼板を開発した。自動車排出ガス浄化触媒担体用フェライト系ステンレス鋼箔は国内外で広く使用されている。

電気機器の小型化、高信頼性などの要求に応え、磁気特性の優れた耐熱磁区細分化方向性電磁鋼板や高効率モーターに適した無方向性電磁鋼板を開発した。電気機器のノイズ除去フィルター用電磁鉄粉を開発・製品化している。家電製品・事務機器向けに、環境負荷物質である Cr フリーの良導電性表面処理鋼板を開発した。この製品は複写機のプレス部品として採用されており、需要家のグリーン調達にこたえている。

4.4 環境技術の開発

製鉄所におけるゼロエミッション化から、スラグのリサイクルや有効利用、ダストの再資源化を行っており、ステンレス製鋼工程で発生する難還元性クロム含有ダストを溶融還元し、金属として回収する新しい 2 段階式コークス充填層溶融還元炉（STAR 炉）を開発した。回収した金属はそのままステンレス鋼の原料として再利用し、発生ガスは燃料として、スラグは道路路盤材として利用している。また、STAR 炉の溶融還元技術と亜鉛回収技術を組み合わせ、エネルギー創生型先進ダスト製錬炉（Z-STAR 炉）を開発した。この炉ではこれまで処理困難であった可燃物および亜鉛、鉛を含む電気炉ダスト、シュレッダーダストなどから効率的にエネルギーを創生するとともに金属の回収ができる。STAR 炉は 1994 年に千葉製鉄所で、Z-STAR 炉は 2000 年 3 月水島製鉄所で稼働を開始し、再資源化に貢献している。

4.5 鉄鋼の基礎技術を応用した新事業展開

製鉄分野のエンジニアリングでは、インド焼結工場の建設、個別

設備として、中国、トルコ、カナダ向け PCI などがある。製鋼分野では、導入効果が高い LD-KGC、KTB が着実に実績を重ねている。1990 年代に入って台湾の電炉／形鋼一貫プラントを建設した。最近では、中国の製鋼工場の総合エンジニアリングおよび設備建設、フィリピンの電炉／棒鋼一貫プラントの建設などがある。溶銑予備処理設備を台湾、中国、韓国に供給した。圧延・表面処理分野の最近の大型案件としては、台湾における年産能力 60 万 t のブリキ原板用冷間圧延工場一式を受注、わずか 2 年半で完成させた。KM-CAL、CGL は海外で実績を重ねている。海外における 9 基目のぶりき工場を 1996 年に中国で稼働させた。

建築鋼構造技術分野では、溶接箱型断面ボックス、冷間成形角形鋼管、極厚 H 形鋼、CFT 用ダイヤフラム付き円形鋼管など柱材を製品化した。極厚 H 形鋼柱は関西新空港関連の開発事業である「りんくうゲートタワービル」など多くの超高層ビルに採用されている。耐震鉄骨構造として、極軟鋼を利用した制振ブレース、制振パネルを開発した。この他にもスーパーウイング工法や立体屋根トラスによる屋根構築技術も保有しており、大型屋根の設計施工技術を体系化している。鉄骨建築物の応用製品として都市型システムビルを発売し、中高層マンションの新建築システム K-FLAT を開発している。

橋梁および道路構造物として、コンクリートとの合成効果が高い突起付き H 形鋼（CT 形鋼）を用いた合成床版橋、道路橋橋脚を実用化している。高炉基礎の建設技術として開発・実施してきた鋼管矢板基礎工法は、橋梁基礎へも採用され多くの実績をあげてきた。また、斜張橋用に開発した垂鉛めっき鋼燃り線（PAC-H）は、本州四国連絡橋尾道～今治ルートの新尾道大橋に採用された。軟弱地盤における基礎杭技術であるネガティブフリクション対策杭や重防食鋼管杭、低騒音・低振動鋼管杭工法など、用途や使用環境に応じた製品・工法開発も進めている。沿岸・港湾構造物としては、当社固有技術の水中格点工法があり、栈橋や繫留ドルフィンなどの構築に用いられている。護岸構造物としては護岸や水中工事用締め切り構造などに用いられている二重鋼矢板壁構造や鋼矢板セル構造などの開発に取り組んできた。パイプライン関係では、シンガポール水道配管工事の大口径海底ラインパイプの設計と施工、新潟・仙台南天然ガスパイプラインの施工実績がある。

環境エンジニアリングでは、前述のように製鉄所のゼロエミッション化を目指して新技術の開発・導入を進めてきた中で培われた環境対策技術の活用の一環として事業をスタートさせた。公共下水道設備など国内外において多数の実績を有している水処理設備を手始めに、ストーク炉型あるいは流動床型焼却炉設備、プラズマ式灰溶融設備、ごみ固形燃料（RDF）化設備へと展開している。特に RDF は、日本における先駆けとして、技術のみならず制度作りにも貢献しており、国内での実績 13 基とトップシェアを維持している。さらに、水島製鉄所内に RDF 炭化プラントを建設し、RDF 利用技術の発展に力を入れている。

5 今後の技術開発動向

5.1 現行技術のさらなる革新

当社におけるこれまでの技術開発の過程を振り返ってみて、プロセス開発にしても、新製品開発にしても、開発レベルが高いほど治金的原理や物理的原理など原理的な要素を取り入れ、生かしていることが指摘できる。原理的には良いとわかっていながらなかなか実現には至っていなかった設備でも発想の転換・飛躍によって実現で

きた例がある。今後、各分野の技術革新を進めるに当たってはこの原理的な視点がますます重要になってくよう。

優れた原理であっても過去に実現できずに埋もれていたもの、あるいは実験的に良いと言われていたものでも実用化されないままになっているものが数多くあると思われる。技術開発における温故知新ではないが、先人のすぐれた着想（しばしば原理的である）を現在のあるいは将来技術の予測も含めて見直し、それをどう技術開発に生かしていくかということも今後の技術革新を進めていく上での一視点であると考えられる。また、現在完成されたと思われるプロセスでも原理的な追求によっては革新的なプロセスが実現される可能性が考えられる。原理原則に基づく Possibility Thinking で現状を打破して行くことが大切である。

5.2 蓄積技術の応用

5.2.1 川鉄サーモセレクト方式による廃棄物処理事業

日間処理能力 300 t の次世代型廃棄物処理施設「川鉄サーモセレクト式ガス化溶融炉」を千葉製鉄所に設置し、1999 年 9 月から操業を開始した（サーモセレクトはサーモセレクト社の商標）。川鉄サーモセレクト式ガス化溶融炉の概要を Fig. 5 に示す。本プロセスは圧縮した廃棄物を脱ガスチャンネルで乾燥・脱ガスし高温反応炉に装入し、高温反応炉の下部では酸素を吹込み、降下する廃棄物を約 2000℃ の高温で溶融ガス化し、灰分はスラグ化、メタルは回収する。

高温反応炉の上部ではガスを 1200℃ の高温状態に保持し、ダイオキシン類やタルなどの高分子化合物も一酸化炭素や水素などの物質に改質する。1200℃ のガスに多量の水を噴射して急冷し、ダイオキシン類の再合成を抑制しつつ有害物質を除去した後、ガス精製工程へと導かれる。この精製ガスは製鉄所の燃料用ガスとしての用途はもとより、将来的にはガスエンジンでの発電や燃料電池の燃料としての利用が考えられている。一方、塩化水素や重金属類はすべての金属水酸化物・混合塩などのリサイクル可能な物質として回収するシステムとなっており、ゼロエミッションも可能である。環境負荷を最小化し、循環型社会を目指すという時代の要請に合った方式である。今後、プラントの製造販売事業とともに産業廃棄物処理事業を展開する。

5.2.2 電力卸供給事業

当社は、電気事業法の改正による卸売電力の自由化をうけて、電力卸供給事業に参入する。現在建設中の「川鉄千葉クリーンパワーステーション」は出力 41 万 kW で 2002 年 6 月に運転を開始する。本計画では、世界最高レベルの発電効率（58.8%）を有する川崎—ABB 社製ガスタービンコンバインドサイクル発電設備を採用し、周辺環境に配慮してクリーンな都市ガスを燃料として使用する。当社では製鉄所副生ガス焚きガスタービン発電技術を開発し、自家用

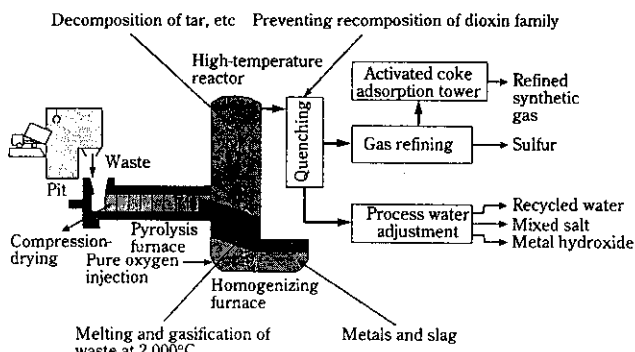


Fig. 5 Outline of Kawasaki Steel Thermoselect System

発電所として長年にわたり運転してきた実績があり、運転管理技術、設備診断技術など電力安定供給を支える技術的、人的蓄積がある。

5.2.3 太陽電池用高純度シリコン製造事業

水島製鉄所内に年産 100t 級の太陽電池用高純度シリコンプラントを建設し、生産を開始する予定である。このプラントでは、冶金的な高純度化技術を適用して、工業用金属シリコン（純度 99.5%）を太陽電池用に必要な 99.9999% 以上の純度まで精製する。この精製技術は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と共同で開発したもので、これで得られる高純度シリコンを用いた太陽電池の変換効率は、半導体用シリコンを用いたときの変換効率と同等であることが確認されている。これまで、太陽電池用シリコンには、半導体用高純度シリコンの規格外品や半導体産業からのスクラップが転用されていたが、太陽電池用シリコンの安定供給、低コスト化により太陽電池の普及が期待される。

5.2.4 ニッケル超微粉、その他新素材製造事業

1985 年の新素材研究センター発足以来、磁性材料、金属粉末、セラミックスを中心に研究開発に取り組んできた成果の一つとして、ニッケル超微粉の事業化が特筆される。ニッケル超微粉は、化学反応容器内で NiCl_2 を加熱・酸化した後、水素還元して製造する。球状で粒度分布の狭い結晶性の良い粉末であるため、分散性、充填性、焼結性が良好となり、携帯電話やパソコンに使われる積層コンデンサの内部電極材料として優れた特性を発現する。現在、当社グループの川鉄鉱業（株）で生産しており、世界のトップシェアを有している。その他に、リチウムイオン二次電池負極材用の球晶、化粧品や潤滑剤に利用されている六方晶窒化硼粉末などを事業化している。

5.3 今後の展望

地球環境保全と持続可能な開発が強く求められているなか、今後の鉄鋼業の大きな使命は環境負荷を低減した高効率製鉄プロセスを駆使して、極限性能を発現する鉄鋼材料を実現し、安定して供給することである。

高炉は銑鉄の生産やガス発生という従来の機能だけでなく、ゼロエミッションという観点から、廃プラスチックの高炉原料化にみられるような広汎な廃棄物の資源化といった新たな機能拡大が進むと考えられる。現行高炉は数多くの優れた特徴を有しているが、高効率化システムの再構築も必要であろう。将来の環境問題や原燃料事情を考慮すると、環境負荷を低減し、原燃料の制約を受けない新しい高生産性製鉄プロセスの開発が望まれる。

製鉄技術も高効率化されているが、さらに高速吹錬、高速精錬、高速連铸などの革新技術実現に向けたブレークスルーが求められる。一方、スクラップのリサイクル、環境調和から原料選択自由度のある製鉄プロセスの実現が期待される。高純度鋼・高纯净鋼溶製

技術は、これまで製品の高品質化・高機能化に大きく貢献してきた。今後期待される圧延工程における組織制御を中心とした高機能材料創生との関連性においてもきわめて重要であり、この高効率化、最適化を図りコストミニマムプロセスが開発されなければならない。

圧延分野では、工程の直結化、連続化、統合化はさらに推進されよう。需要家ニーズの多様化、高度化に対応する多品種少量生産の高品質・高生産性のチャンスフリー圧延プロセスの発展が期待される。省資源、リサイクルの観点からできるだけ単純成分系の鋼からスタートし、圧延工程におけるプロセス条件で造り込むというよりフレキシブルでコンパクトなプロセスが求められる。

革新的鉄鋼材料の開発を目指す 2 つの国家プロジェクト「超鉄鋼材料」および「鉄系スーパーメタルの創製」がスタートしている。いずれも合金元素を極力抑制しながら結晶組織を超微細化して強度と靱性を得ようというものである。これらの成果は現行鉄鋼プロセスの中でどのように実現、あるいはどのように改革していくかの先行指標を与えてくれるものと期待される。

わが国鉄鋼業は、欧米からの導入技術をベースに、その改良、開発を加えながらさらに発展させ、世界のトップを行く高度な技術レベルを達成してきたが、今後は、次世代につながる革新技術を世界に先駆けて開発し、21 世紀の世界に貢献していく必要がある。革新的プロセスを開発していくには、基本原理、理論、基礎・応用研究、実現するためのハードウェア、ソフトウェアなど幾多の課題にこれまで以上に英知を結集して挑戦していかなければならない。産官学の有機的な連携による戦略的・重点指向の技術開発が求められる。

研究開発はお客様の満足度の向上のためにもますます重要となる。これに向けて当社は技術陣の総力をあげて推進する。そのためには、研究開発の効率化が重要である。当社は技術研究所を中心として、強力に研究開発を推進する所存である。

6 おわりに

鉄は、量、価格、強度、リサイクル性などの面で他の素材を圧倒する優位性を有しており、鉄の可能性、将来性はまだまだ拡大していく。膨大な量の鉄鉱石資源の徹底した活用を図りながら高効率製鉄プロセスを実現し、この無限の可能性を秘めた素材としての鉄の極限性能を追求し、高機能製品を生み出し、安定的に供給して行くことが直接的にも、間接的にも省資源化、省エネルギー化、ひいては地球環境負荷の低減に大きく貢献して行ける道であると信じる。また、製鉄で培われた高温・高熱技術の廃棄物処理・再資源化への適用、低温廃熱による近隣都市へのエネルギー供給など製鉄基礎技術を鉄鋼周辺に拡大・発展させ、地域社会や一般社会との共生を目指していくことも鉄鋼業の社会的役割の一つであろう。

参考文献

- 1) 「川崎製鉄 25 年史」、(1976)、6、[川崎製鉄株式会社]
- 2) 岸本康夫、田岡啓造、竹内秀次；川崎製鉄技報、28(1996)4、213

- 3) 西村恵次、福井義光、川辺英尚；川崎製鉄技報、31(1996)3、161