

(巻頭言)

## 20世紀の技術の歩み

佐藤廣士(工博)

取締役常務執行役員・技術開発本部長

### The Technologies of the 20th Century

Dr. Hiroshi Satoh

当社は20世紀初頭の創業以来約1世紀にわたり、技術に立脚した特徴のある材料製品や機械・プラント製品群を数多く提供し、わが国発展の一翼を担ってきた。世情はやや混沌とした現況にあり、変化の振幅も大きくまたサイクルも短くなっていることから、次の世紀をいかに進むべきかを正確に予測するのは至難のわざである。予測のための数少ない策の一つが、歴史を学ぶことであろう。その意味で、当社の製品群の歴史を回顧しそれらを支えた技術、顧客との関係、市場などの背景を整理することは意義深いことと思える。

本稿では当社の代表的製品群をとりあげ、その進展過程を技術的観点からご紹介するとともに、当社が目指す技術の方向性についても言及したい。

#### 1. 製鉄

当社は、1905年(明治38年)9月1日神戸市脇浜地区に、合名会社鈴木商店の鑄鍛鋼部門として誕生した。当時は、この年同月に日露戦争の終結を告げる日露講和条約が調印されたこともあり、日本が近代国家づくりに向け邁進していた時期である。本事業は、当初、錨、トロッコの車輪などから始まり、鑄造技術を高度化しながら高強度・高靱性、耐疲労性、耐食性などを付与する材料設計技術を取り入れ、造船向けクランクシャフト、発電向けタービンロータ、石油精製用リアクタ容器などの大型鑄鍛鋼品を生み出し、世界に冠たる地位を築くに至った。

平炉による鋼の製造は、当社創業の年1905年から始まったが、1959年(昭和34年)には、当社にとってもっとも大きな転換点の一つである灘浜第1号高炉の火入れによる銑鋼一貫体制の確立を見た。その後、製銑分野では原料ソースの拡大を目的に微粉鉱石を塊状化するペレット製造に踏み切り、高炉操業に適した高品質自溶性ペレットを開発した。このペレットの高炉使用の下、当社独自の装入物分布制御であるコークス中心装入技術を創出し、高炉の高出銑比・低燃料比操業技術、さらには微粉炭多量吹き込み技術への大きな原動力となった。また、製鋼分野では1961年の灘浜60トン転炉操業開始を皮切りに、転炉法での粗鋼量産体制確立に取組み、1971年に平炉を休止し、80年代に入ってからは溶銑予備処理、上下吹き転炉の開発とともに溶鋼処理設備を拡充し、コストダウンと高品質化への対応を図った。さらに神戸、加古川製鉄所での新条用連鑄機およびタンディッシュ熱間繰返し技術など、革新的技術を駆使した加古川製鉄所4号スラブ連鑄機の稼働により、溶銑から連鑄に至る

高能率、高品質の製鋼プロセスを構築し現在に至っている。高炉の製銑技術や平炉・転炉の製鋼技術は、それ自身微粉炭吹き込み技術、コークス炉心中心操業技術、不純物低減技術、連鑄技術などの進化を果たすとともに、燃焼技術、脱硫・脱硝技術、センシング技術、炉内シミュレーション技術、スラグの利用技術などの副産物を創出した。これらの技術は、後に製鉄エンジニアリング、直接還元鉄プラント、公害防止機器、ごみ焼却プラントなどに変身していくことになる。

#### 2. 鋼製品

当社の鋼製品は線材を嚆矢とする。弁ばね、懸架ばね、スチールコードなど当社が誇る高級線材から製造され、自動車の重要保安部品として使用されている。これらの線材には材料設計技術だけではなく、介在物や表面きずを極限まで低減する技術、優れた二次加工技術が必要とされる。また、橋梁の主ケーブル用線材も当社を代表する鋼である。最近では従来より約20%強度の高い180kgf/mm<sup>2</sup>級鋼線が開発され、明石海峡大橋などの超長大橋の軽量化に貢献してきた。本鋼線では防錆・防食のための表面処理技術も開発され、後の薄鋼板の化成処理・塗装などの技術に応用されていった。ケーブルの施工技術、橋梁などの構造物への展開も本鋼から派生した技術である。いずれも線材の神戸を代表する製品であり、歴史的に新界をリードする役割を担ってきたといえよう。

線材における加工技術のもう一つの派生は溶接材料である。被覆アーク溶接棒、ソリッドワイヤなどの溶接材料はアークの安定性、表面の均質性、適度な強度、通電性などが要求される多機能製品であり、1940年の創業以来わが国の造船、建築産業を支えてきた基礎素材である。当社は溶接材料自身の開発にとどまらず、顧客の側に立った溶接技術、ロボットを含めた溶接の自動化技術などの技術開発を経て、日本のリーディングカンパニとしての地位を継続している。

鋼板の製造は、まず厚板として1968年に開始された。その主力製品は造船、橋梁、建築、貯槽タンク、ボイラ・圧力容器用鋼板である。なかでも大人熱溶接型TMCP鋼板は、溶接という当社の得意分野における知見に鋼板の設計・製造技術が付加されて完成したものであり、技術が線材から溶接材料そして厚鋼板へとスパイラルなイノベーションを起こした好例として特筆される。最近では、需要家でのCIM(Computer Integrated Manufacturing)化に適した溶接施工時に歪みが少ないという形状特性を兼ねさせた業界初のTMCP鋼板やライフサイクルコス

ト低減に寄与する海浜海岸耐候性鋼板などを開発し、顧客の高い評価をえている。

ついで薄板の製造が1971年に開始された。薄板は多くの産業分野で使用され、鋼材中最大の生産量である。当社は、高強度鋼（ハイテン）を得意としており、線材分野で培った技術を基に440N/mm<sup>2</sup>から1480N/mm<sup>2</sup>級に至るまでの鋼板を供給している。とくに最近の環境問題を背景とする車両軽量化の流れのなか、さらなる高加工性を有するハイテンおよびハイテンの特性を最大限に活かす加工法や加工シミュレーション技術の開発に、自動車メーカーからも熱い期待が寄せられている。

また、鉄の弱点である耐食性に対して各種表面処理が開発され、自動車、家電、建材の各分野で亜鉛めっきを中心とした表面処理鋼板が広く普及している。さらにめっき上に1ミクロン以下の皮膜を塗布することで、耐指紋性や潤滑性など多機能を付与する技術が開発された。当社のK2処理鋼板は業界初の耐指紋性鋼板として開発され、その後各種の機能が付与され、国内外の家電・OA・PCメーカーから高い評価を受けている。最近の流れとして、環境問題に対応した製品群の開発がおこなわれており、当社としては業界初のノンクロメート鋼板「GX」や塩ビ鋼板代替の化粧鋼板「エコスチール<sup>®</sup>」などを商品化した。

### 3. 非鉄金属製品

アルミニウムの製造は、1939年に下関市長府工場から始まった。その後、名古屋工場で鋳鍛造品、真岡工場では板が製造され始めた。とりわけ真岡工場は東洋最大級の広幅圧延設備を有し、飲料用缶材、磁気ディスク用サブストレート材、空調機器用フィン材などの一大生産拠点となっている。アルミニウムは鉄鋼と異なり変態という物理現象がないため、材料設計は合金元素と結晶粒径、析出/固溶現象を巧みに複合させることがポイントとなる。当社はこれらの点できわめて多くのデータベースを有しており、あらゆる製品への対応が可能となっている。

とくに最近では自動車軽量化のためにアルミニウムの使用が必須となりつつあり、その合金開発に注力している。このとき、前述の鋼板と共通要素が存在する。プレス成形性を改善するための組織制御、塗装後耐食性、潤滑性などである。ある面では鉄鋼が一步リードしている場合とアルミニウムが進展している場合があり、両者の技術融合が異材との接合性などの分野で新しい技術を生み出すものと期待される。

銅合金は、1917年の門司工場を起源としている。当初は純銅や黄銅の展伸材が主であったが、発電所の覆水器管用アルミニウム黄銅を経て、リードフレーム材および端子・コネクタ材として発展してきた。エレクトロニクス分野の急進展にともない、高温でも強度が低下せず電導性をもつ材料は、合金設計だけでなくその製造技術に高度さが要求され、銅合金の溶解・鋳造技術、高精度圧延技術は当社固有の技術として顧客の信頼を勝ちえている。

チタンは当社が材料メーカーとしての歴史を語る際に、

欠くことのできない材料である。金属チタンを日本で初めて実用化した会社として、日本のチタン産業をリードしてきたが、その原動力たる技術はスクラップチタンを安定して溶解できるVAR溶解技術と鉄鋼の連続圧延ミルを活用したコイル圧延技術であろう。とくに、後者のコイル圧延技術はチタンのマスプロダクションを可能にし、原子力発電や海水淡水化装置用熱交換器、屋根建材などへチタンを適用することを可能にした技術として特筆される。チタンと鉄鋼の技術融合の産物ともいえる。

### 4. 機器・プラント

当社の機械・エンジニアリングビジネスは、大きく三つの潮流に分類される。

一つは技術導入を契機として成長したもの：建設機械、セメントプラント、空気分離装置、圧縮機、破碎機などである。

二つ目は、当社の材料プロセス技術と融合を図りながら育ったもの：製鉄プラント、還元鉄プラント、都市ごみ焼却炉、下水処理プラントなどが例となる。

最後はチタンやアルミニウムなどの特徴ある素材と機械技術が融合して創出されたもの：高压容器、耐食機器、LNG気化器、防音壁、橋梁などである。

いくつかの具体例をあげて技術の歴史をたどると、直接還元鉄プラントは天然ガスを改質して鉄鉱石を還元し還元鉄を製造するプロセス（MIDREXプロセス）であり、世界で還元鉄製造プロセスの67%のシェアを占める。この技術は鉄鉱石や製鉄ダストに石炭を混合したペレットを還元するプロセス（FASTMET）、さらに同様のペレットを特定の条件下でスラグを分離して鉄分を凝集させ粒鉄をえるプロセス（ITmk3）の開発へと進化していく。この過程で造粒技術、炉体構造設計技術などの基盤技術が構築されるとともに、高温ガス流体の流れ解析、ペレットの還元反応シミュレーションなどの要素技術も進化を遂げた。

都市ごみ焼却炉もある意味では製鉄プロセスの燃焼技術に負うところが多い。流動床炉、ガス化溶融炉、ストーカ炉のメニューをそろえ、その実績も増えつつある。発熱量の異なるごみを高効率に低エネルギーで、またダイオキシンなどの有害物を出さずに燃やす技術、さらには焼却灰をプラズマ溶融し減容化する技術はまさに製鋼過程で培われた技術の横展開といえるであろう。

技術の高度化や維持は継続が前提となる。人から人へ、設備から設備へ、技術が付帯され、経験知と新しい知が融合しながら発酵し豊潤さを増していくものと思われる。この例として、阪神・淡路大震災で大きなダメージを負った製鉄所の復旧がある。

1995年1月に発生した大震災では、当社は一企業として最大の被害を蒙った。とくに神戸製鉄所の被害は大きく、当社の誇る特殊線材を生産する第7線材工場ならびに棒鋼工場、さらに第3高炉が稼働不能という状態となった。この際にも、創業以来受け継がれてきた未知と困難への挑戦という「精神」は遺憾なく発揮され、豊富な経験知をもつOBの支援をえながら蓄積された技術の

活用、新たな技術開発成果の駆使により、同年2月には早くも線材ラインの圧延が再開され、4月には高炉にふたたび火を入れることができた。この「精神」は、技術とともに21世紀にも受け継がれてゆくことになる。

## 5. 研究開発の歩み

全社的な技術開発を担う研究所は、創業から18年を経た1923年には、監査部研究分析係として発足し、鋳鍛鋼部材の製造技術および品質に関する研究をおこなっていた。1939年には研究部として独立し、航空機用ピアノ線、砲身、溶接材料、耐腐食性材料、焼結合金など特殊鋼を中心とした開発に取組み、今日の線材、压力容器・反応容器およびその材料、大入熱厚鋼板、耐候性鋼板、鉄粉など今日も当社を支えている製品群の開発をすでに進めていた。終戦とともに工場の生産機構は大幅に転換・縮小されたが、研究部は技術の保持と将来への準備のために必須ということで存続された。しかし、設備も十分でない状態であったため家庭用電気コンロの熱板や塩化セリウムからライター石を製造するなどして、再建に向けた研究を細々と続ける状態であったという。

1960年前後から、鉄鋼一貫体制の確立、機械製品品種の拡大などにもとない、研究部は中央研究所（現材料研究所）へと発展するとともに、鉄鋼、アルミ・銅、溶接、機械などの事業部にも研究開発部が設立されていった。

当社の研究開発の特徴は、基礎的・先進的な分野を担当する本社の研究所と顧客に近いところで製品開発を担当する事業部開発部門の2階建て構造をとることにあるが、その原型がこの時代に構築されたことになる。

その後、本社の研究所は、中央研究所に加えて浅田基礎研究所、構造研究所、機械研究所なども設立され技術開発本部を結成し、幅広い技術の基礎を確立してきた。1987年より、研究開発のさらなる効率化と高度なユーザーニーズ対応のため、各地に分散していた研究所を西神地区に順次移転した。ただし、鉄鋼に関する研究所である技術研究センターについては、生産現場との連携の強化、迅速な対応に向け、1992年に鉄の主力工場である加古川製鉄所に移転し現在に至っている。

## 6. 21世紀に向けて

当社は、鉄鋼、溶接、アルミニウムなどの材料部門と環境機器、産業機械、新鉄源プラントなどの機械・エンジニアリングをコア事業として進むことを表明している。これらの事業ユニットにおいて、従前にも増して顧客満足度の高い製品を提供していかなければならない。すなわち、製品の高機能化、低コスト化、短納期化に継続努力していく所存である。さらに、多くの紙上で論じられているように世界は高度情報化、資源循環型、高齢化社会への道を進んでいる。それにもとない、技術はかつてないスピードで精緻、多様化などの革新が進みつつある。鉄鋼材料やアルミニウムを例にとると、組織制御のレベルがmmから $\mu\text{m}$ へさらにはnm単位まで微細になっている。この傾向は一段と進むであろうし、その

ためには原子レベルでの材料技術という新しい分野に取組む必要があると考えている。

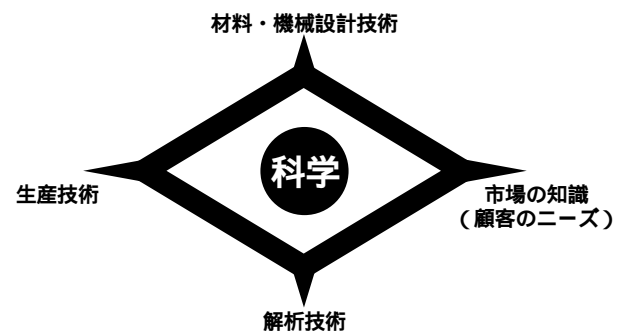
開発のスピードを上げるには、解析・シミュレーションが有効である。物理や化学現象に立脚したシミュレーションは主として機械要素技術に活用され、熱伝導、気体の流れ、振動・音響、構造強度などの分野で汎用されているが、コンピュータの発展にともないその精度はいっそう改善されるものと思われる。さらには、人間の思考・行動がからむ生産や物流などの非物理現象のシミュレーションも改善していきたい。

製品は研究開発～生産時だけでなく、消費～破棄される場合のことも考慮した環境調和型に進まなければならない。これらの要求に応えるため、新しい材料設計コンセプトや機械設計コンセプトが要求されるようになる。1999年当社は、塗装寿命の長い鋼板（耐候性鋼）を開発した。材料自身の耐食性を上げるのはもちろんであるが、再塗装するまでの期間を長くして環境負荷を低減する材料設計が顧客に受け入れられており、次世代の新しい材料設計コンセプトの一例として紹介したい。

さらにはITの取込みについても言及しなければならない。生産技術の一環としてITを取込むことは顧客への短納期化などにもつながり、すでに研究開発に着手している。またITそのものを事業化する試みも始まっており、近い将来に当社のIT製品をお目にかける日がくるものと期待している。

当社の技術史を俯瞰すると、同じ技術の根から発展していった製品が多いことに気づく。線材と溶接棒、高炉・転炉技術と新鉄源プロセスあるいはごみ焼却炉、鉄鋼の圧延とチタン展伸材、自動車軽量化におけるハイテンとアルミニウム板など数多くの事例を挙げることができる。技術融合によるイノベーションという言葉が適当かもしれない。

著者は、イノベーションを誘発するには、材料や機械の設計技術、生産技術、解析技術、市場の知識（顧客ニーズ）の4分野がバランスよく配備されていることが必須であり、さらに付け加えるなら、これらの要素が科学という真理体系にインターフェースをもつことが肝要と考えている。このことを図示してみたのが、次図である。ちょうど当社社章の形となる。



4分野を結ぶ菱形と中央の丸はイノベーションをおこなす要件であると肝に命じながら、次世紀も多くの顧客に魅力的な製品・技術をご提供し続けたいと切望している。