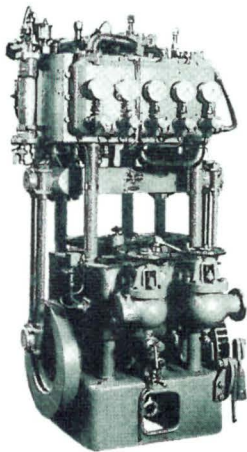
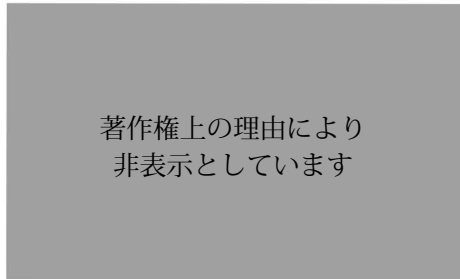


第 5 章

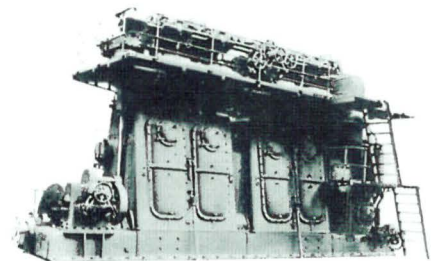
機械エンジニアリング部門



空気圧縮機（1916年）



オートジャイロ（観測用飛行機）



ディーゼルエンジン（1923年）

1985年（昭和60）までの歩み

空気圧縮機製作からスタート (1914~1945)

機械部門の始まりは1914年（大正3）、海軍からの要請により空気圧縮機の製作に踏み出したことによる。同年、ヨーロッパでは第1次世界大戦が勃発し、日本では技術国産化の動きが加速した。当社は、1915年8月にイギリスのピーター社と技術導入契約を結び、魚雷用空気圧縮機「KSA型」の製作を開始した。また、小型蒸気エンジンの製作にも挑み、1918年3月にはスイスのズルツァー社から2サイクル・ディーゼルエンジン製造権を譲り受け、潜水艦用Q型機関600馬力の設計、製作に成功した。

1919年、炭酸ガスの液化技術の特許を持つイギリスのシーガー社と技術提携して、冷凍機の設計、製作技術の向上に努め、小型汽船用冷凍機を開発した。アンモニア圧縮機は1921年末から、陸上の製氷、冷蔵用冷凍機として設計を開始した。また、1922年11月、浅野セメント株式会社から、“アメリカのアリス・チャーマーズ社製品と同品質”の粉砕機を受注した。当社では苦心して国産初のセメント機械を完成させた。その頃、ディーゼルエンジンの大型化、高性能化に取り組んだ。1923年10月、技師をズルツァー社に派遣して船用2サイクル空気噴油式低速ディーゼルS型（普通船用型）とST型（大型船用

型）の製造権を獲得した。1925年には当社独自の設計によるL型機関（4サイクル単動空気噴油式）を完成させ、さらに高速駆動を実現する“無空気噴油式”研究に取り組み、1926年6月にV型機関を設計、製作した。

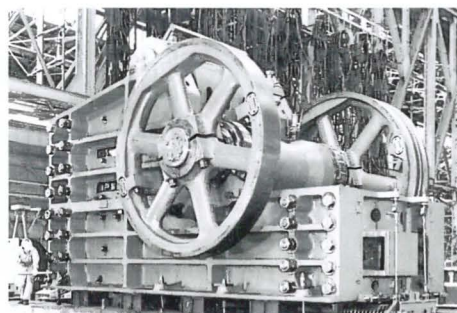
時代は大正から昭和に入った。内外ともに経済恐慌に見舞われたが、軍需は急増した。機械部門では、冷凍応用分野のガス液化と分離研究が進んだ。1934年9月、陸軍技術本部の要請により、国産第1号の液体酸素製造用空気分離装置を完成した。その後さらなる改良を重ね、1939年には、当時では大型機となる毎時2,000 m^3 ・純度98%の酸素製造用空気分離装置を完成し、名実ともに空気分離装置メーカーとしての技術を確立した。また当社は、陸軍の要請を受けて石炭液化事業に参加し、1939年8月、満州国に設立された株式会社満州石炭液化研究所の経営を一任された。

また、陸軍技術本部の要請で、阪神地区深江の財団法人興国工業研究所の一角で飛行機製作に着手し、1943年、オートジャイロ（観測用飛行機）を完成させた。エンジンは第5機械工場の製作によるもので、当社初の航空機用発動機である。駆動装置は第7機械工場、機体は東京萱場製作所で製作した。

一方、建設機械の歴史は、1930年、国産第1号のパワーショベルとなった50K型電気ショベル（ディッパ容量1.5 m^3 ）から始まった。これは、満州（現・中国東北部）



電気ショベル国産1号機（1930年）

ジョークラッシャー
アリス社との提携第1号機（1952年）

の撫順炭鉱での露天掘り用に開発された鉱山機械であった。2年後には同炭鉱向けにディップ容量3 m³の120K電気ショベルを完成した。しかし戦火の拡大によって、1943年、撫順炭鉱に納入した200K電気ショベル（3.9m³）を最後に生産中止となった。

軍用品については、1931年、149回の試作の果てに完成した国産初の鉄帽をはじめ、防弾鎧、防弾チョッキ、防弾楯などを製作した。1933年には、中型戦車を初めて製作し、のちに軽戦車（6.5ト）、小型戦車（3.2ト）の専用工場になった。

高度成長期の到来と技術提携（1945～1975）

1945年（昭和20）8月15日の終戦直後の工場再編のち、民需への転換を図り、機械部門も生産を再開した。1945年12月には粉食協会から甘藷粉砕機500台を受注した。製粉機、搾汁機、連続式油搾機、フライパン、テンブラ鍋、鎌、アルミ鍋や皿などの製作にも従事した。各地の分工場では電車用、空気圧縮機用、紡績用その他各種電動機、厨房用冷凍機などの生産も始まった。なお、当社は企業再整備計画による3分割により、1949年、神鋼金属工業株式会社と神鋼電機株式会社を分離独立させた。これは、1947年に公布された過度経済力集中排除法への対応から始まった会社分割の方策であった。

1950年6月、朝鮮戦争が勃発した。日本は「特需景気」に沸き立った。当社も砲弾・船舶・車両部品の受注などにより、1953年から4年間で機械部門の売上高は3倍に伸びた。1953年、高砂工場が開所した。

当時、当社は民需品生産技術の遅れを取り戻すため、外国技術の導入に踏み切り、1951年にアメリカのアリス・チャーマーズ社と技術提携し、破碎機、粉砕機、セメント機械などの技術導入を行った。また、1954年、当社は、グラスライニング機器製造技術を早期に確立し、化学工業界の要請に応えるために、珪瑯部門を分離して、当時、世界でもっとも優れた技術と実績をもつアメリカのファウドラ社との合弁による神鋼ファウドラ株式会社を設立した。

1955年、スウェーデンのスベンスカ・ローター・マスキナーナ社（SRM）からスクリュ圧縮機を、アメリカのハーニッシュ・フィガー社（P&H）からパワーショベルを、1957年にマクニール社からタイヤプレス技術を導入した。さらに1961年にクーパーベッセマー社からレシプロ圧縮機の技術導入を、続いて1966年にアリス・チャーマーズ社から遠心圧縮機の技術導入を行った。

1955年、当社は独立採算制に移行して事業部制を導入し、鉄鋼と機械の2事業部体制となった。機械事業部は本社（造機部、特需部）、高砂、大久保、名古屋の4工場で構成された。同年、高砂工場にクランク軸加工のため、機械課が設けられた。高砂工場では1960年1月に大型機械組立工場第1期工事が、10月にスクリュ圧縮機専門工場が完成し、岩屋から関連部門が移った。その頃、日本は高度経済成長期で、当社は大型設備投資を行い、岩屋工場にガスエンジン製作工場の新設、高砂工場にGFM社製高速鍛造機の設置や大型製缶工場の建設、大久保工場にホイールローダ新工場の新設などを行った。



関門橋のメインケーブル架設工事を施工
 パラレル・ワイヤ・ストランド法（PWS）が採用（1971年）



東パキスタン（現・バングラデシュ）向け尿素肥料プラント
 わが国プラント輸出の原点となった（1962年）

また、1964年、空気分離装置向けに、アルミプレートフィン熱交換器「アレックス」を開発した。この製品は複数流体の熱交換を同時に行うとともに空気中の二酸化炭素や水分などの不純物を取り除くこともできる画期的な熱交換器であった。1966年には「アレックス」を使用した、当時わが国最大、完全アルミ化の全低圧式空気分離装置の外販1号を日本ゼオン株式会社から受注した。その後この製品は、小型・軽量かつ優れた伝熱性といった特徴が認められ、天然ガス関連やエチレンの深冷分離用などの化学プラントへも広く活用されていった。

一方、レシプロ圧縮機や非汎用スクリュ圧縮機などの製作は多忙を極めていた。そのなかにあつて、汎用コンプレッサ市場に参入するため、設計部門はロータ油冷式の開発、試作に挑戦した。1962年7月に専門のSRM設計課とSRM販売課を設け、油冷式スクリュ圧縮機（KSP600）、準汎用油冷式1段型（KST45～125）、2段型（KST150～300）を順次、市場に投入していった。

1960年代の半ば頃から、日本では超高層ビルや長大橋の建設、またタンカーを中心に超大型船の建造が急速に進んだ。このような構造物の大型化に伴い、有限要素法（FEM）に基づく構造物の解析手法や材質選定の適正化技術などが開発されつつあった。こうした中、当社は、1962年開通の若戸大橋にケーブル用線材を納入し、来たるべき長大橋時代に対応するため、構造物の挙動や強度評価の研究、およびケーブル構造物の製作技術の高度化研究を行うとともに、ケーブル架設工事分野への進出を目指して、1970年、構造研究所を設立した。1973年に完

成した関門橋には、当社が開発したパラレル・ワイヤ・ストランド法（PWS工法）が採用された。

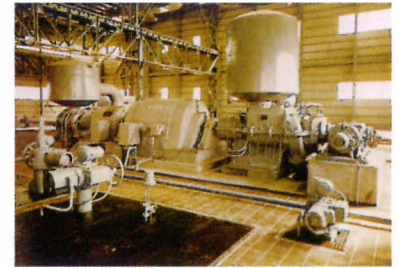
プラント輸出事業への進出（1956～1985）

1957年（昭和32）2月、日本プラント協会（JCI）の斡旋で、パキスタン産業開発公社（PIDC）から東パキスタン（現・バングラデシュ）向け尿素肥料工場建設の引き合いがあつた。当社が元請となり、国内の同業4社とともに応札し、国際入札の結果、1958年5月、当時の資本金を上回る約100億円で受注した。このプロジェクトはわが国初の大規模なフル・ターンキー・プラント輸出であつた。多くの困難を克服して1962年初めに完成し、わが国プラント輸出の原点となった。

1960年、PIDCからJCIへ、東パキスタンのチッタゴン製鉄所建設のフィージビリティ・スタディ（F/S）の要請があつた。当社もJCIのF/Sチームにスタッフを派遣し、1963年3月、15万ト/年の製鉄プラントを総額162億円で受注した。さらに1973年には東京貿易株式会社を通じて、中東のカタールでの製鉄所建設の商談が持ち込まれた。1974年7月、イギリス勢との受注合戦を制して、当社はカタール政府、東京貿易株式会社と合弁会社Qatar Steel Company（カタール・スチール・カンパニー：QASCO）を設立し、11月には建設・経営などの契約調印を結んだ。このプロジェクトにおいて、当社派遣のマネージメント・チームは客先の立場で、当社受注のプラント建設と大成建設株式会社受注の土木建設工事を管理し、完成後のプラント経営を請け負った。



QASCO (1974年)

ブラジル／ベルゴミネーラ製鉄所向け空気分離装置
(1982年)

SRMスクリュ圧縮機

1976年11月、当社は、技術協力部とカスコ推進室を統合して「海外プロジェクト推進室」を新設した。さらに1980年4月、重機械事業部のプラント部門、鉄構エンジニアリング本部および海外プロジェクト推進室の3部門を統合して、海外戦略の新たな推進を図るべく「エンジニアリング事業部」を設置した。同事業部発足後、アフリカ、中東、中南米などのプロジェクトが進展し、最初の3年間でリビア向け圧延プラント、マレーシア向け肥料プラント、アルジェリア向けLPG回収プラント、ヨルダン向けセメントプラント等、約5,400億円のプラントを受注した。

また、空気分離装置でも輸出が活発化し、1960年のブラジル／ウジミナス製鉄所向け酸素装置をはじめとして、ロシア、中国、インド、パキスタン、チェコスロバキア、台湾、南アフリカ、韓国、アルジェリア、チリ、イラン、フィリピン、リビア、インドネシアなど、世界各国に空気分離装置を輸出し、海外でも当社の技術水準が非常に高く評価された。

1983年8月、当社は、直接還元製鉄（DR）プラントのエンジニアリングで世界一の実績を持つアメリカのミドレックス社を買収した。1970年代のカタール製鉄所プロジェクト以来、友好的関係を続けてきた同社の買収により、DRプラントの設計から機器製作、建設、指導、運営、サービスまでの一貫体制を確立し、イランやエジプト向けのDRプラントを受注した。しかし、産油諸国の石油収入の低下や1985年秋の急激な円高などにより、海外プラントビジネスは大きな曲がり角を迎えた。

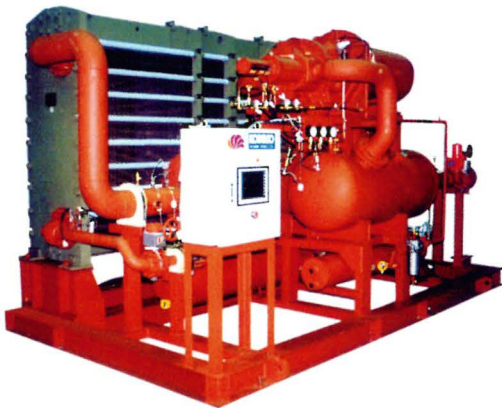
産業機械、圧縮機、破碎機分野の発展 (1969～1980)

1970年（昭和45）前後、機械部門では産業界からのニーズに応え、数多くの先端技術を導入した。

プラスチック・ゴム機械では、1965年にファーレル社より、射出成型機、混練・造粒機、ゴム混練ミキサ、押出機を技術導入した。タイヤ機械では、1957年のマクニール社からのタイヤプレスに引き続き、1967年にアクロン・スタンダード社より、タイヤ試験機・タイヤ成型機を技術導入した。また、1969年には、西ドイツのズンドビッグ社より、20段ミルを技術導入した。

1972年にはノルウェーのコングスベルグ社からガスタービンとアメリカのボーイング社から新交通システム「PRT」を技術導入した。1973年、ノルウェーのトラルフア社から塗装ロボットを、1976年にはスウェーデンのアルファラバル社からスクリュデカンタ遠心分離機と、スイスのズルツァー社から軸流圧縮機を技術導入した。1977年には西ドイツのオイムコ社からメカニカル鍛造プレスを技術導入した。

圧縮機分野では新機種の開発が進み、1973年、準汎用パッケージ式増速機内蔵の等温型VGPシリーズ圧縮機を開発し、翌1974年から販売を開始した。レシプロ圧縮機は中大型となり、石油精製における水素化脱硫・水素分解用水素圧縮機が中心となった。非汎用スクリュ圧縮機では1976年、転がり軸受採用の高性能無給油圧縮機「B・BTシリーズ」を市場に投入し、1979年までに135台



ヒートポンプ第1号機 省エネルギーの一環として空調業界へ進出した



タイヤ加硫機が並ぶ工場ライン

を販売した。1972年、省エネルギーの一環としてヒートポンプ第1号機を受注し、空調業界へ進出した。

オイルショック後の対応と技術提携の解消 (1973~1983)

1973年（昭和48）秋以降の第1次オイルショックにより、戦後日本の発展を支えた造船業が低迷した。機械部門では“海から陸へ”のシフト策のひとつとして原子力分野への進出を図り、その第一歩としてASME（The American Society of Mechanical Engineers＝アメリカ機械学会）の認定取得に力を注いだ。そして1975年6月、高砂鋳鍛鋼工場で鋳鋼品と鍛鋼品のASME認定を取得した。その後、高砂事業所化工機工場でもASME認定を取得し、原子力分野における材料から機器までの一貫製造体制が確立した。その間、1976年11月には原子力委員会を発足させ、事業部横断の開発問題や全社的視野から参入問題を検討し、推進していった。

第2次オイルショック後の1980年4月、エンジニアリング事業部と機械事業部を新設した。機械事業部は国際競争力強化のため、エレクトロニクスを活用して機械制御技術の高度化を図り、当社独自の機械の開発システムを強化し、事業部独自に活動を盛んにするとともに、エンジニアリング部門との連動を一層高めるのが狙いであった。エンジニアリング事業部は、ソフト面でのエンジニアリング能力を組織的に統合、強化し、ソフトとハードの有機的結合を最大限に生かすために、重機械事業部のプラント部門、鉄構エンジニアリング本部および海外

プロジェクト推進室を統合したもので、積極的に海外案件に取り組んでいくことになった。

それに先立つ1977年6月、旧重機開発研究部を母体に、中央研究所、浅田研究所の一部研究機能を移して機械研究所を技術開発本部（1974年設立）内に開設し、機械、プロセス技術研究の全社の中核とした。機械研究所の新たな建屋・設備は、1979年7月、岩屋工場内に完成した。なお、1980年が「ロボット元年」と呼ばれたように、日本はロボット技術の革新期に入った。当社ではすでに1974年、ノルウェーのトラルファ社からの技術導入により、塗装ロボットを製作していた。この技術を基盤にして、1979年、機械研究所、浅田研究所、機械部門、溶接棒部門が連携して、アーク溶接用ロボット「アークマン」を開発し、アーク溶接技術の自動化を推進した。

1980年代前半、機械部門では、海外との技術提携を発展的に解消し、自社技術の育成と発展を図ることになった。1983年11月にはアリス・チャーマーズ社（A・C）のセメント機械、破碎機、粉碎機、選別機、ターボ圧縮機などのバイ・アウト（技術買取り）を実施し、当社ブランドの製品ラインアップを充実させた。また、同年12月、マクニール社との機械式タイヤプレスの技術提携を終結し、商標を「CUREX-B（キュアレックス・ビー）」と変更し、拡販を続けた。同年、自社開発の油圧式タイヤプレス「Super-CUREX（スーパー・キュアレックス）」の1号機を完成させ、翌年2月にアメリカのグッドイヤー社から乗用車タイヤ用Super CUREXを133台という当時としては破格の数量を受注した。1985年には、ファー



塗装ロボット



全油圧式クローラークレーン550S

レル社、アクロン・スタンダード社との技術提携も解消し、ゴム混練ミキサもタイヤ試験機も自社ブランド化を図った。

1983年10月にはズンドビッグ社との20段圧延機の技術提携も終結した。そして非鉄圧延機として高性能の12段圧延機「KTミル」を開発し、高く評価された。

1980年4月の機械事業部発足と同時にメニュー別営業販売体制を確立した。同販売体制は、化学関連機器、圧縮機、動力発生装置担当の化工機営業部、資源関連機器、製鉄・金属加工関連機器担当の重機械営業部、高分子加工関連機器、省力関連機器担当の産業機械営業部、既納機械のアフターサービス担当のサービス部、そして汎用圧縮機（第1汎用販売部）、砕石関連機器（第2汎用機械販売部）担当の汎用機械本部に編成された。

建設機械事業の躍進（1975～1985）

1955年（昭和30）にアメリカのハーニッシュ・フィガー社（P&H）と建設機械の技術提携を結び、以来、当社は業界トップの「P&Hクレーン」を製作し、高度経済成長期のビッグプロジェクトを支えてきた。その後、操作性、居住性の向上を目指して、1976年、巻上、旋回、走行などすべての機構を油圧制御とした全油圧式クローラークレーン550S（50ト吊り）を完成し発売した。以後、改良を重ね1985年には高性能の7000シリーズを開発し、クローラークレーンの主力機種となった。

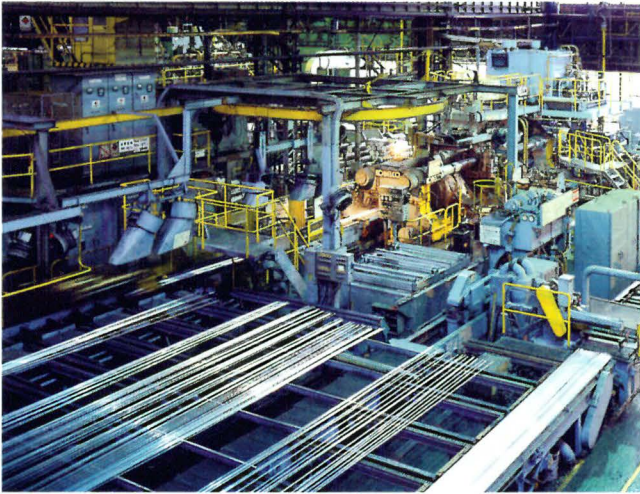
一方、トラッククレーン分野では、1968年に当時わが国最大の9125TC（127ト吊り）を上市し、1985年には、

大型機184台という最高の販売実績を上げていた。これらトラッククレーンの実績をベースに、1974年、272ト吊りの5300クローラークレーンを完成し、大阪南港大橋建設に貢献した。1982年、当時わが国最大の650ト吊り5650超大型クレーンを完成させた。

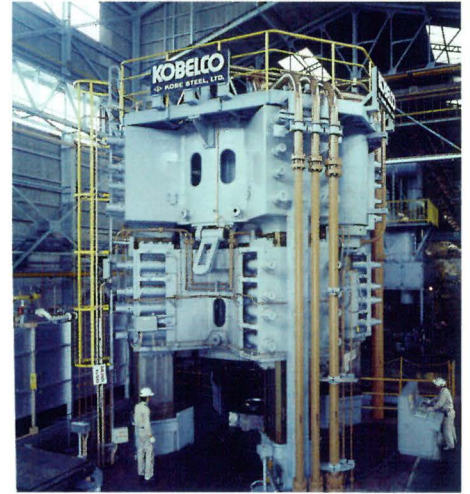
電気ショベルも大型化が求められ、1976年、サイリスタレオナード式（直流電動機での駆動方式）制御システム採用の超大型電気ショベルP&H2800（20.6 m^3 ）を完成した。このショベルは石炭鉱山などで活躍した。

油圧ショベル分野では、1967年、初めてH208（0.3 m^3 ）を完成したが、1972年には西ドイツのリープヘル社と技術提携し、翌年にはR907（0.7 m^3 ）、R935（3.5 m^3 ）など大型機Rシリーズを発売した。リープヘル社との技術提携は1979年に終結した。以後、自社技術によって機種（Kシリーズ）の充実と高機能化を行った。

1980年代に入り、建設機械需要は急速な減少傾向を示した。1982年、当社は抜本的な業界生き残り策として油谷重工株式会社への資本参加と業務提携を決断し、翌年には提携第1弾として、SKシリーズの名称で油圧ショベル9機種14モデルの一斉ラインアップを実現した。特に、1985年に開発・上市したSK07-II油圧ショベルは掘削力の増大や居住空間の30%アップなどを図り、ヒット商品となった。なお、1967年に油圧トラッククレーン市場に参入した当社は、2年後の東京建機展に13ト吊りから60ト吊りにいたる油圧トラッククレーン6機種を出品するまでになっていた。1972年には新T200（20ト吊り）油圧トラッククレーンを完成し上市した。この機械は、



アルミ合金用2,300^t間接押出プレス



8,000t型鑄造プレス

ユーザーから高い評価を得て、油圧トラッククレーン市場での当社躍進の原動力となった。

また、ホイールローダ分野では、1967年、アリス・チャーマーズ社（A・C社）と技術提携して国産化を開始した。その後、独自技術によって、1975年、当時、国産最大級のLK1500（6 m³）を開発した。1980年にはA・C社との技術提携を解消し、1981年にはLK600（2.3 m³）、その翌年にはLK500（1.7 m³）のホイールローダを完成させ、シリーズ化を果たした。

プレス技術（1985年までの歩み）

大正時代からプレスの製造を開始し、幅広い産業分野に液圧式および機械式プレスを提供してきた当社は、世界でも類を見ないほど数多くのメニューを持ったプレス機メーカーといえるだろう。

当社の液圧式プレスのルーツは、1920年（大正9）に自社で設計・製作した2,000^t水圧自由鍛造プレスである。その後、事業拡大に対応した各種プレス機械を製作し、現在でも各カンパニーやグループ企業各社の工場自社製プレスが活躍している。

1974年に当社の長府工場向けに世界で初めて開発し、設計・製作したアルミ合金管・棒生産用の3,600^t複動式間接押出プレスをはじめ、大安工場向けの8,000^t精密型鍛造プレス、高砂事業所向けの8,000^t自由鍛造プレスなどが挙げられる。また、神鋼メタルプロダクツ株式会社門司工場には1,650^t熱間静水圧押出プレスを、長府北工場（現・神鋼特殊鋼管株式会社）には2,000^t

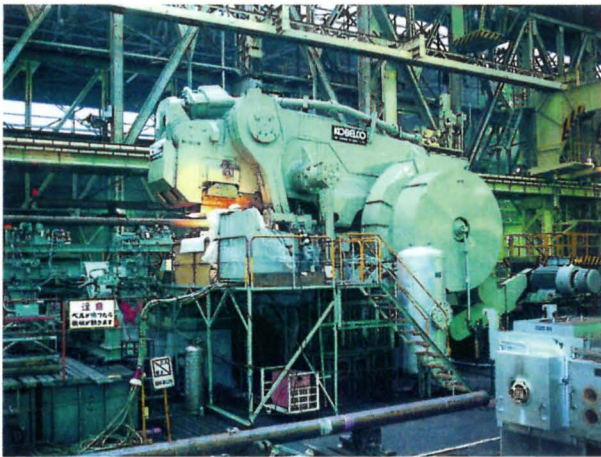
鋼管押出プレスを納入した。

このように、当社のプレスは社内にユーザーがあり、操業ノウハウを設計に反映できるユニークな存在となっているが、アルミ合金の間接押出プレスでは、ドイツ、アメリカ、ベルギー、中国、日本など国内外の著名なアルミ押出メーカーに製作・納入している。

一方、機械式プレスの歴史は、1931年に製造した複動プレスに始まる。1955年頃から5年間にわたって200台以上を製造した自動車用の板金プレスは、新規製作は撤退を余儀なくされたものの、自動車メーカー各社で稼働を続けており、サービス部品の製造販売は続行している。また、機械式熱間鍛造プレス、冷間鍛造プレス、アプセッタ、パイプアプセッタについては新規製作が行われている。自動車産業向けでは、のちに自動車部品の型鍛造品大量生産用125^t／250^t複動熱間鍛造プレスが製造されるようになった。

当社はプレスに関してユーザーとメーカーの両面技術を有し、操業技術を反映したプレス設備を独自の開発により設計・製作してきた。このことは、極めてオリジナリティーに優れ、柔軟に対応できる技術者を輩出してきた要因になっており、これも当社のプレス分野の大きな特徴といえる。（一部の機械プレス関係では欧米と技術提携していた）

社内に操業技術のないものは中央研究所と連携し、プロセス開発や操業技術などを独自の技術で開発してきた。その代表例がHIP・CIP・固体超高压、熱間静水圧押出プレスおよび自動車用アルミ一体鍛造ホイール製造



パイプアブセッタ



クリプトン回収技術開発施設

プロセスと設備である。HIP・CIP・固体超高压プレスや大形装置に採用されるピアノ線巻き構造の超軽量化プレスもプレス設計部で開発したものである。

1970年代後半から1980年代にかけて当社のプレスは世界に大きく羽ばたき、60名のスタッフが世界各地のユーザーが求めるプレスの開発に取り組んだ。グローバル化を積極的に推進するため、当社のユニークな技術の知的財産化に注力した結果、部門として2,000件近い特許を所有し、世界の強大なメーカーと技術競争を繰り広げたのである。

その間、当社のユニークな技術に対し、HIPの大河内賞をはじめ、アメリカでのExtrusion Technology Seminar 84での最優秀論文賞など数々の受賞に輝いた。

その後、新素材開発動向に対応するため、プレスとHIP・CIP・固体超高压プレスは2分されることになる。さらに、情報化時代の本格到来により、重・厚・長・大産業を支えてきたプレス機種への需要は衰退していくことになる。

原子力分野の発展（1969～1980）

1960年代、原子力発電用燃料の被覆管材料「ジルカロイ」の研究を開始して以来、当社は材料分野においてジルカロイ被覆管、タービンロータ材、復水器用チタン材などを納入してきた。

1971年（昭和46）には国内メーカーとして初めて燃料チャンネルの製造を開始し、1970年代後半から約10年間は国内シェア50%以上を維持することになった。

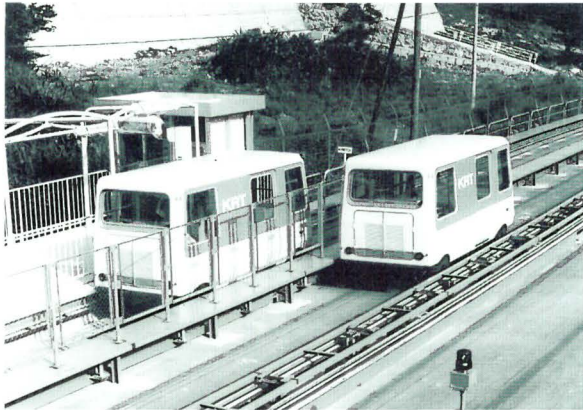
1973年から推進した放射性希ガス処理技術の調査や工学試験規模での研究開発の成果を踏まえ、1975年、アメリカのAIRCO社から気体処理の基本技術を導入した。翌年には、動力炉・核燃料開発事業団（動燃事業団）から工業レベルとして世界初のクリプトン回収技術開発施設を受注し、1983年に納入した。

液体処理技術分野では、再処理施設から発生する高レベル廃液を安定化するガラス固化施設の設計に参画し、固化体ハンドリングシステムを分担した。また、放射性付着物の除染技術においても高圧水洗浄法を開発し、輸送容器付帯設備とキャスク管理施設の設計に採用された。なお、使用済燃料の輸送・貯蔵容器（キャスク）への取り組みは、1980年代初頭、国内の使用済燃料をフランスの再処理工場へ輸送するTN型輸送キャスクの製造から始まった。

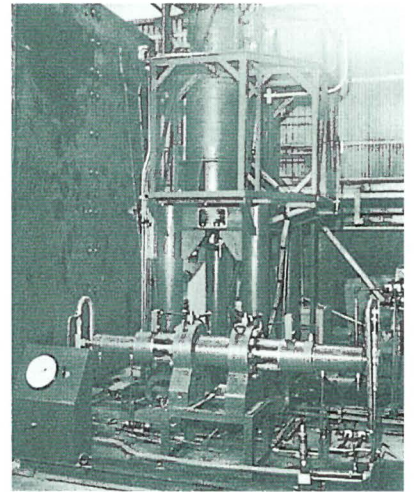
固体処理技術分野では、高温高压技術、溶融技術、切断技術を用いて参入した。放射性焼却灰についてはマイクロ波溶融で、また放射性金属廃棄物についてはエレクトロslag溶融でそれぞれ処理する技術を開発し、1979年の試験機を踏まえ、1985年に動力炉・核燃料開発事業団（現・日本原子力研究開発機構（JAEA））から、プルトニウム廃棄物処理開発施設として2つの溶融設備を受注した。

社会開発型プロジェクト（1975～1985）

1973年（昭和48）、当社は環境技術本部を設置して、環境整備・公害防止装置および同システムの市場進出に



海洋博KRT (KOBELCO Rapid Transit)



試作HIP装置

取り組んだ。当時、わが国は高度経済成長の末期にあり、環境整備・公害防止が強く叫ばれた時期であった。中でも下水道整備はもっとも遅れた分野で、政府もようやく普及努力を始めていた。当社では将来の需要増加を見込んで、1974年2月、同本部門内に下水道プロジェクトチームを組織し、アメリカのエンビレックス社から下水処理技術を、コーブランド社から流動床汚泥焼却炉技術を、オランダのランダストリースニク社からスクリュポンプの技術を、それぞれ導入した。これらの活動と並行して、同プロジェクトチームの企画・営業・設計・工務の各機能を組織化して、下水道部を発足した。

新交通システムの先駆けは、アメリカのボーイング社の技術協力のもと、1975年開催の沖縄国際海洋博覧会に場内幹線輸送システム「海洋博KRT (KOBELCO Rapid Transit)」を納入したことである。当社は、6カ月の会期中、KRTシステムの運営を請負い、延べ410万人の乗客を無事故で輸送して小型車両の無人運転実績を世界で初めて確立した。その実績を背景に、1981年開業の神戸新交通ポートアイランド線と大阪市南港ポートタウン線、横浜市の金沢シーサイドラインなどの新交通システムを受注した。

ウォーターフロント開発に大きな役割を果たしているのが、土取り、運搬、埋立て作業をすべて連続化して高度の経済性を追求した、当社独特の「連続土工システム」である。このシステムには、海上から埋立てるFCS (Floating Conveyor System) と、陸上から埋立てるSCS (Shiftable Conveyor System) とがある。FCS第1号は、

1978年の姫路LNG基地の埋立工事であり、SCS第1号は、1969年の神戸市ポートアイランドの埋立工事であった。

1970年、本四連絡橋の3ルートが決定され、本四連絡橋公団が設置され、本州と四国を結ぶ本四架橋プロジェクトが始動した。第1次オイルショックによる着工延期を乗り越え、1975年12月に大三島橋、1976年7月に大鳴門橋の起工式を行うなど、本四架橋の時代が幕開いた。長年、ケーブル構造物製作技術の高度化に挑んできた当社では、グループの総力を挙げて、鋼板、鉄筋などの材料から、ケーブルの製作と架設工事、大型クレーン、PWS海上輸送や鋼材等輸送、乾燥空気用除湿設備、仮設構造物製作、切削・孔明ドリルなど、広範な分野で同プロジェクトに取り組むことになった。

高機能機械の登場 (1980~1985)

●HIP装置

1960年代後半、アメリカで注目されたガス圧を利用したHIP (熱間等方圧加圧) 技術の研究開発並びに実用化に取り組み、1977年 (昭和52)、HIPプロセスによる粉末ハイスの製造技術をわが国で初めて確立し、1979年にはHIP装置の外販を本格的に開始した。またこの時期に、通商産業省の大型プロジェクトの一環として、当時国内最大の処理室径500mmHIPを開発し、大型生産装置の基礎を築いた。1980年代に入り、超硬合金用やフェライト用生産装置、新素材の小型研究用装置などを開発し、民生用途で実績を伸ばしていった。特に高温高強度セラミックス用高温高圧HIP装置の開発は、80年代を主導する



防護壁自装標準小型HIP装置



CIP装置

取り組みとなり、窒化ケイ素HIP用として窒素ガスで2,000℃級の運転可能なHIP装置として結実した。なお、1986年3月には、HIPのわが国におけるパイオニアとして大河内記念技術賞を受賞した。

●CIP装置

CIP（冷間等方圧加圧）技術は、1910年代のアメリカで最初に試みられ、超高压技術の進歩とともに1960年代からタングステンなどの高融点金属業界、スパークプラグ業界などで実用化されてきた。当社では早くから研究開発を行い、カーボンや耐火物、セラミックス業界向けの研究・生産用WET CIP装置、超硬業界など向けの少品種大量生産用のDRY CIP装置、小型で研究用のDr.シ

リーズなどを開発し販売してきた。1980年に4台、1981年に2台、1982年に4台、1983年に16台、1984年に24台、1985年に27台と需要も急増していった。大型CIPでは、1986年2月に品川白煉瓦株式会社から処理室内径1.3m、処理室高さ3m、圧力294MPaの装置を受注した。

●極低温技術

極低温技術分野についていえば、1934年、わが国初の空気深冷分離装置の製作以来、低温技術の研究開発に力を注いできた当社では、液体ヘリウム温度の極低温分野の研究を行い、1980年、科学技術庁委託の極低温疲労試験装置の製作に成功した。1984年には研究用に需要の多いヘリウム液化冷凍機を実用化した。

1. 最近20年の歩み

合理化と生産性向上のための事業改編

1985年（昭和60）9月、プラザ合意によって、日本経済は深刻な円高不況に陥った。当社は製品競争力の強化と経営効率化を図り、1986年6月、建設機械の国内販売・サービス会社として「神鋼コベルコ建機株式会社」を設立した。同月、機械事業部に鍛鋼事業部を統合して「機械事業部」に編成し、同年8月には、

エンジニアリング事業部を、海外営業本部、国内本部、エンジニアリング本部、海外技術協力部に再編成した。

1986年秋、当社は経営合理化計画「NEW KOBE '88」を策定した。機械事業部では最適生産体制の構築と生産性の向上、HIP・CIPやガスタービン、汎用圧縮機、塗装ロボットなど重点機種種の拡販に取り組んだ。1987年5月に新製品本部を発足させて高真空、極低温機器、エレクトロニクス関連機器、真空成膜装置など新技



呉工場



コベルコ・スチュワート・ボーリング

術・新製品の拡大に努めた。なお、機械部門の最適生産体制構築のために、1987年11月、41年間にわたって世界のプロペラをつくり続けてきた呉工場を閉鎖して、同工場の破碎機部門を高砂工場に移管した。同年12月、播磨工場を新設し、同工場に大久保事業所から汎用圧縮機工場を、呉工場から橋梁部門を移管した。大久保北工場は閉鎖となった。

一方、海外プラント市場の落ち込んだエンジニアリング事業部では、社会開発型プロジェクト（新交通システムや連続土工システム、都市ゴミ管路輸送システム、自動倉庫システムなど）やエネルギー（化学、石油精製、LNG関係のプラントなど）、原子力（使用済核燃料の輸送・貯蔵容器や廃棄物処理施設など）といった重点分野で受注拡大を図った。

なお、当社は1980年半ば、真空アーク放電でワーク表面に皮膜を形成するAIP（アークイオンプレーティング）技術に着目し、アメリカのバックテック社から技術導入して、1986年にAIP装置の設計・製造を開始した。そして、切削工具、自動車・機械備品、金型、電子部品など多様な工業分野へ販売していった。

「攻め」の事業展開へ

経営合理化計画「NEW KOBE '88」は当初の目標を上回る成果を上げた。これを受けて1988年（昭和63）12月、「新中長期経営計画（POST '88）」を策定し、事業構造の転換を図ることになった。1989年4月、抜本的な組織改正を行い、旧機械事業部の鋳鍛鋼事業を鉄鋼部門

に集約して「鉄鋼事業本部」を編成した。機械部門では、機械事業部と、市場、技術、経営管理などで共通する旧エンジニアリング事業部、環境施設本部、貯槽システム部を統合し、「機械エンジニアリング本部」を編成した。

また、海外市場の拡大を図り、1988年10月、アメリカにスクリュウ圧縮機の生産販売会社「Kobelco Compressors (America), Inc. (KOCO A)」を設立した。さらに1989年7月、同じくアメリカにタイヤゴム機械生産販売会社「Kobelco Stewart Bolling, Inc. (コベルコ・スチュワート・ボーリング)」を設立、1995年には、中国湖南省益陽市に合弁会社「益陽益神橡膠機械有限公司」を設立するなど、海外生産拠点を整備した。

1990年11月、当社は、21世紀の産業構造を見据え、既存事業の発展と高度化を目指すために、新たな生産体制の構築を決定した。神戸市・脇浜・岩屋地区の機械部門（産機工場）を高砂製作所に移転し、同製作所の機械関連3工場（機械工場・破碎機工場・回転機工場）と統合・集約して最新鋭の新機械工場を建設することにした（1993年3月完成）。一方、1991年4月には、機械エンジニアリング本部の塗装ロボット部門と、溶接棒事業部の溶接ロボット部門を分離・統合して、新分野事業部にFA・ロボット本部を新設し、事業の拡大を目指した。

機械部門では各分野ともエンドユーザーを意識した高効率・高性能な商品開発に力を注ぎ、12段圧延機や棒鋼圧延設備、高速線材ミルなどの圧延機、LNG基地用の天然ガスレシプロ圧縮機やターボ圧縮機、ラジアルタービン、汎用スクリュウ圧縮機、高性能の破碎機などの受注

に努め、高採算選別受注を促すことで堅実な事業基盤を確立した。

エンジニアリング部門では内需拡大と環境保全、資源エネルギー問題の高まりのなかで、大型都市ごみ処理、下水処理、新交通、LNG関連など公共・公益分野に積極的に取り組んだ。

経営体質の強化を目指して

1992年（平成4）に入って、平成不況が始まり、景気は減退していった。この年の6月、当社は「改定中期アクションプラン」を策定し、1995年までの3年間を「経営体質年」と位置づけ、さまざまな取り組みを進めた。機械エンジニアリング部門では、事業の足場固めと競争力の向上を図り、建機・汎用圧縮機事業の一層の収益力強化、新鋭の産業機械工場稼働による生産体制の変革と収益基盤の確立、社会資本充実をにらんだ公共・公益投資案件などを着実に受注していった。

景気が低迷するなか、国際的に地球環境問題への関心が高まり、国内においては生活環境改善への動きも顕著になってきた。こうした時代の変化に対応して、環境保全に係わる、下水処理、汚泥処理、都市ごみ処理プラントなど、環境ビジネス分野での技術開発および処理施設の建設などに注力した。また、本四架橋プロジェクト、ウォーターフロント開発や都市再開発、新交通システムなどビッグプロジェクトに参画・受注して、着実に実績を積み重ねた。

1997年、当社は阪神・淡路大震災からの復興を果たし、

4月に独創的新製品の開発と、新事業の創出を目指す新中期経営計画「KOBELCO21」を策定した。機械エンジニアリング部門ではビジネスユニット・メニューごとの事業競争力を見極め、伸長が期待できる分野への経営資源投入により、市場での確たる地位確保を目指して、価格競争力強化と技術の差別化を図りながら、新規分野の発掘と新商品開発に力を注いだ。

事業の「選択」と「集中」

1999年（平成11）4月、当社は「社内カンパニー制」を導入した。機械エンジニアリング部門は、それぞれ都市環境カンパニー、エンジニアリングカンパニー、機械カンパニーとなった。1999年10月、当社建設機械事業、油谷重工株、神鋼コベルコ建機株を一体化して「コベルコ建機株式会社」を設立し、さらに2000年3月、コベルコ建機株を、株式交換によって完全子会社化した。

2000年5月、当社は連結中期経営計画「チャレンジ21」を発表した。事業の「選択」と「集中」によって、グループ企業価値の最大化を目指すものである。それを受けた同年6月の組織改正で、都市環境カンパニーとエンジニアリングカンパニーを統合し、都市環境・エンジニアリングカンパニーを編成した。都市環境・エンジニアリングカンパニーでは、今後とも市場拡大が見込まれる環境関連分野で確実にビジネス需要を獲得するため、2001年6月に「環境ソリューション部」を発足させた。そして、水処理や都市ごみ処理に加え、各種リサイクル、産業廃棄物処理、有機系廃棄物のメタン発酵、土壌浄化な



(株)神鋼環境ソリューション

ど幅広い分野での事業拡大を目指した。

機械カンパニーでは、技術ポテンシャルの向上とシェア拡大に力を注ぎ、各業界トップクラスの圧縮機、破碎機など、オンリーワン分野の基盤強化を図るとともに、省エネ汎用インバータ圧縮機、高効率チラー、動力回収型圧縮機、無停電電源装置、濁水ケーキ処理設備、光ファイバー製造装置、MMPサンドイッチ成形機、真空成膜装置、表面分析装置、次世代半導体製造装置などの新メニュー展開によって安定収益力の確保を目指した。さらに、事業分野ごとの業務提携をはじめ、M&A、資本参加などを視野に入れて、事業基盤の強化を図った。

グループ最適化

当社グループは2005年（平成17）度までに事業収益力の強化・確立を目指す連結中期経営計画を発表した。いわゆる「オンリーワン／ナンバーワン」の製品・サービス・技術を継続して創出するために、機械カンパニーでは「圧縮機事業の事業規模拡大および収益力強化」「産業機械メニューの収益力強化」「破碎機事業における統合効果早期実現」などを目指した。一方、都市環境・エンジニアリングカンパニーでは、「環境部門の黒字体質確立」「還元鉄プラントビジネスの最適遂行体制の検討」「ベネズエラ還元鉄ビジネスの損失ミニマイズ」などを目指した。そして既存提携の進化を図り、加えて、従来

のカンパニーの枠を超えた、グループ最適化の道を切り開いていった。

そのひとつが破碎機事業の分社化で、2003年4月、川崎重工業株式会社との間で、互いの破碎機事業および環境リサイクル事業の設計・営業部門を分離して折半出資の合弁会社「株式会社アーステクニカ」を設立し、同年7月に事業を開始した。なお、同社は2005年4月、従来の設計・営業部門に加えて、両社の製造部門を統合した「(株)アーステクニカ」としてスタートすることになった。

また、都市環境・エンジニアリングカンパニー内で廃棄物処理分野に豊富な実績をもつ環境ビジネス部門と、水処理や都市ごみ焼却プラントを製造販売してきた神鋼パンテック株式会社（旧神鋼ファウドラ（株））が、2003年10月、神鋼パンテック（株）を母体とする分社型吸収分割方式で事業統合し、「株式会社神鋼環境ソリューション」が設立された。

2004年4月、機械部門とエンジニアリング部門が再統合され、機械エンジニアリングカンパニーが編成された。機械部門とエンジニアリング部門は事業特性に多少の相違もあるが、営業の対象市場、資材調達、開発、製造など共通する点が多い。これまで各部門、分野で蓄積された技術・製品・市場などの有益なノウハウや情報を共有することで、さらに付加価値の高い製品・サービスを提供するため、新たな事業展開を開始した。



タイヤ加硫機



BBミキサ



ミキサのロータ（4WHと6WI）

2. 機械部門

産業機械分野－独自技術で多様な市場ニーズに応える－

[タイヤ・ゴム機械]

●独自技術でタイヤ機械を改良

1983年（昭和58）にマクニール社との技術提携を終結した当社は、独自に油圧式タイヤプレスを開発し、ゴム混練ミキサにおいては1985年5月にファーレル社と、タイヤ試験機においては同年9月にアクロン・スタンダード社との技術提携を終結させ、独自ブランドによる拡販を続けた。

ゴム混練ミキサ（MIXTRON BBシリーズミキサ）では、タイヤ・ゴム製品の性能進歩に伴い、主要素材であるゴムに求められる特性も大きく変化し続けており、混合・配合によって素材性質を調整する役割を持つゴム混練ミキサの混練性能に対する要求も多様化、高度化した。

タイヤ・ゴム製品において、性能の最先端に行く当社顧客の要求は、提携技術のみでは対応できず、特に混練性能を決定するロータにおいて、独自の技術開発が求められるようになった。

当社は、ロータの開発に対し、顧客の技術を援用しつつ混練機能を分割してとらえ、機能ごとにモデル試験機を用いて基礎データを蓄積するという手法を確立した。この手法を用い、1980年代に4WHロータという、ラジ

アルタイヤ配合に対する優れた混練性能と高い生産性を両立させたロータを完成し、その後、非タイヤ業界にも広く使われる技術となった。

1998年には同等の開発手法を発展的に踏襲しつつ、省燃費・接地性に優れたタイヤ用シリカ配合や自動車用ゴム部品などに対しても優れた分散性、均一性、生産性を発揮できる6WIロータ（6翼VCMT）を完成し、世界最高性能を達成して拡販中である。このようなミキサ単体の卓抜した技術をベースにしたミキシングルーム（混練工程）全体のエンジニアリングにおいてもタイヤ業界・ゴム業界において高い評価を受け、国内外のユーザーに単体納入にとどまらないトータルパッケージで多くの実績を上げてきている。

1990年代、当社の油圧式タイヤプレスは種々の開発により進歩を遂げた。1998年には、その集大成として、高精度でサイズ交換が簡便かつ、客先のトータルコスト削減効果の高い「CUREX-SI（キュアレックスエスワン）」を開発し、翌年4月、株式会社ブリヂストンに1号機を納入して以降、好調な販売を継続している。

1999年、タイヤプレスに原料タイヤ、金型の自動搬送装置、制御装置を具備した統合タイヤ加硫システム「Hybrid-CUREX（ハイブリッドキュアレックス）」を開発し、国内外のタイヤメーカーへの供給を開始した。



タイヤユニフォミティマシン



高速TUM

また、当社は1970年代より建設車両用タイヤを加硫する加硫缶（オートクレーブ）を製作してきたが、1999年と2002年に、缶内径6.1m、全高19.5mという世界最大級の装置を製作・納入した。この装置により鉱山用ダンプトラックに使用される世界最大級のタイヤ（外径5m超、重量5ト超）が生産されている。

1980年代のFA自動化の高まりを受け、タイヤユニフォミティマシンでは、リムの自動交換装置を独自開発してきたが、アクロン・スタンダード社との技術提携の終結を契機に、1987年には、機械全体を本格的に改良した「PC-U XO-P2」を開発した。1990年には、リムの自動幅変更も可能で、サイクルタイムを大幅に短縮した「PC-U XR-P4」を開発し、タイヤの多品種少量生産に大きく貢献した。

1990年後半に入り、さらに高機能化、効率化が強く求められるようになった。1997年には、2本のタイヤを同時に試験でき、リムの自動交換とリムの自動幅変更をさらに高速化した「PC-U XR-PB」の開発に成功した。これらの技術を集大成し、2001年に開発した「PC-U XR-P6」は、高サイクルタイム、高速リム自動交換、高速リム幅変更機能を有しており、今なお、ベストセラー機として好調な販売を継続している。

2000年代のモータリゼーションの進化に伴い、自動車の高速度走行時における安定性がクローズアップされ、高速度走行時におけるタイヤの不均一成分を正確に精度良く計測できる装置が望まれた。当社では、最高速度

200km/hという高速領域で、高次の不均一成分まで正確に計測できるように機械の剛性を世界最高レベルまで高めた、高速タイヤユニフォミティマシン「100D26-LH」を2004年に開発し、大手自動車メーカーおよびタイヤメーカーに納入し、好評を得ている。

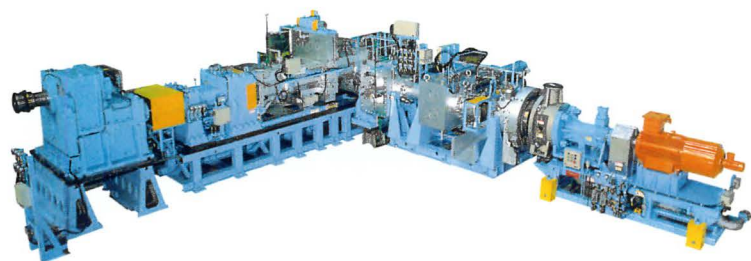
また、ドラム耐久試験機では、1987年に国内で初めて、最高速度450km/hの装置を納入し、2005年には、世界最大級の建設車両用タイヤ（外径5m超）を試験できる「OR-DX2-CS」（ドラム外径7m）を開発し、上市した。

●コベルコ・スチュワート・ボーリング社の設立

当社は機械式および油圧式タイヤプレスを北南米市場に輸出していた。しかし輸出では納入時期やアフターサービス体制に限界があったため、1989年7月、ゴム・樹脂機械メーカーとして実績を持つスチュワート・ボーリング社を買収して生産販売会社「コベルコ・スチュワート・ボーリング（KSBI）」を設立し、現地生産に踏み切った。同社では、油圧式に加えて機械式タイヤプレスも供給できる体制とし、さらには当社のゴム混練ミキサの現地生産化も実現させ、順調にビジネスを展開していった。現在は、ゴム混練機の製造に重点を移し、世界有数のゴムミキサーのメーカーとして発展している。

●海外生産方式の機械式タイヤプレス

1980年代半ば以降、急速な自動車市場の拡大と自動車の高性能化・高品質化のなかで、欧米、日本のタイヤ市場ではより高性能なタイヤが求められ、タイヤプレスは機械式に加え油圧式も広く使用され始めた。1990年代に



連続混練造粒機 (LCM)



ハイパー-KTXシリーズ

なると、自動車の高性能化はさらに進み、薄く、剛性の高いハイ・パフォーマンスタイヤの使用が一般化した。欧米や日本ではこの製造に不可欠な油圧式にニーズが集まり、機械式の割合が年ごとに減少していった。

一方、中国では、自動車産業の勃興期にあり、タイヤプレスの需要が高まっていた。1995年8月、中国・湖南省益陽市に現地および神鋼商事株式会社との合弁会社「益陽益神橡膠機械有限公司」を設立し、機械式タイヤプレスの生産拠点を移転した。中国国内市場向けに機械式タイヤプレスの製造・販売・サービス事業を開始し、さらに、東南アジア、日本などへの輸出を行うことになった。また、1996年6月には、インドのタイヤ機械メーカー、エーシーシーマシナリ社とライセンス契約を締結し、現地で当社技術のタイヤプレスの製造・販売を開始した。

〔樹脂機械〕

● 独自技術の発展

1985年5月、当社はアメリカのファーレル社と樹脂機械に関する技術提携契約を解消した。これによって、主力製品の連続混練造粒機 (LCM) を「ミクストロン LCM」という独自ブランドで製造・販売し始めた。

LCMは石油化学業界で主にポリオレフィン (ポリエチレン、ポリプロピレン) の混練造粒に使用されている、処理量の大きい複合機械である。当社では1986年に処理能力と効率を大幅に改善したギヤポンプを内部に組み込んだLCMギヤポンプシステムを開発した。以後、LCM

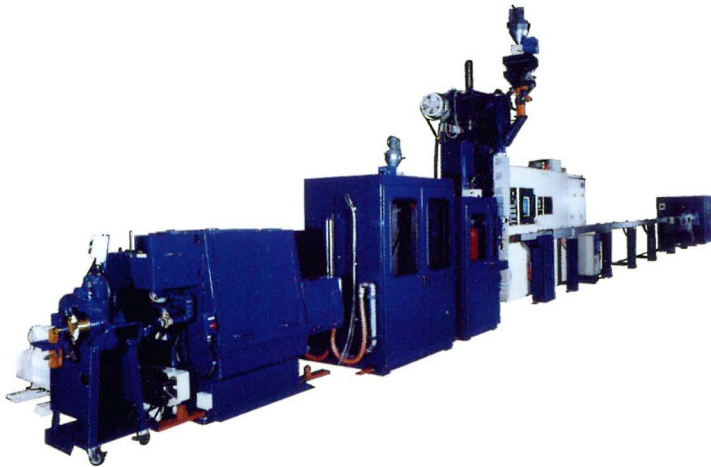
は国際的な競争の激しい石油化学業界の中で、高機能化、高効率化のニーズに応え、国内外で高いシェアを獲得していくことになった。

なお、LCMで生産された樹脂ペレットは各コンパウンドメーカーで混練押出機を用いて必要な添加物を加えられ、最終成型製品の原料となる。当社は、独自にコンパウンド生産用の2軸混練押出機を開発し、1987年に「KTXシリーズ」として16機種を発売した。「KTXシリーズ」はスクリュアレンジメントを自在に変更でき、また、操作性、安定性に優れているため、国内外で好評を得た。

KTXシリーズは1993年に一新されて「ハイパー-KTXシリーズ」となった。その後、1998年には高速・高トルク化バージョンMXシリーズを開発し、ラインアップした。2001年には新型スクリュアメントVCMT (Various Clearance Mixing Technology) を開発・搭載し、より効率的に樹脂を練り上げる世界最先端の2軸押出機へと進化を遂げた。

● メタルから光ファイバへ

当社の樹脂機械の一つに、電話線被覆装置がある。1960年代の初頭に従来紙ケーブルであった電話線がプラスチック被覆線に移行し、高生産性の絶縁押出被覆装置が求められた。1970年に従来の絶縁押出被覆装置に伸線機・軟化機をインライン化したタンデムライン「KOSCOAT (コスコート)」を開発した。その後、1980年代に市場の電話線が“PEC線”そして“フォーム・スキン線”へと品質が改善され、その要求に応じて生産速



KOSCOAT「コスコート」



食品加工用押出機「エクセルーダ」

度が2,400m/min以上の「KOSCOAT-CTF」、
「KOSCOAT-CTFS」シリーズを新製品として次々に
上市した。特に1982年以降は日本のみならず、近隣諸国
の韓国・台湾・インドネシア・インド・中国などへ200
ライン以上の装置を供給し、アジア地区における情報網
拡大に大きく貢献した。

一方、高度情報網化時代に対応し、日本電信電話公社
(現・NTT)の依頼で、1986年には光ファイバの線引被
覆装置を開発し、光ファイバ線引装置のメニュー化を進
めた。1993年には従来の保有技術に、イギリス・ヒース
ウェイ社の技術を加え、さらなる技術改良を達成した世
界トップレベルの線引装置を開発し、母材製造装置から
線引以降の装置までの光ファイバ装置のメニューを揃え
た。IT時代が本格化した2000年には、市場の変化に即
した事業展開により、日本国内・近隣諸国への販売拡大
ができた。

2004年には、電話線被覆装置「KOSCOAT」の技術を
生かして、自動車用ハーネス被覆装置「KOSCOAT-
AT」シリーズの開発に成功した。

●食品市場を新規開拓

1985年3月、当社は、食品加工用2軸混練押出機「エ
クセルーダ」を開発した。従来、中小企業が主体の食品
業界では、1980年代頃から、外食産業の急成長などに伴
って、食材加工の機械化・自動化が求められるようにな
り、高効率・高品質な加工技術に対する潜在需要が高ま
っていた。このエクセルーダは、機械部門が長年培って
きたゴム、樹脂などの混練・押出技術をベースに開発し

たもので、1台で粉碎、剪断、混練、混合、圧縮、加熱
などの工程を連続で短時間に処理できる2軸混練押出機
である。用途に合わせて最適のスクリュエメントやス
クリュ形状を選択できるので、応用範囲が広く万能の食
品加工機として注目された。

[高温高压装置・成膜装置・ビーム関連装置]

●HIP技術

HIP技術に早くから関心を抱いていた当社は、1960年
代から技術の蓄積を行い、1977年、「粉末ハイス工具」
プロジェクトでハイス粉末をビレットに加圧焼結するた
め、初めて本格的な生産機となる予熱式HIP装置を開発
した。続いて、通商産業省の「レーザ応用複合生産シス
テムの開発」において、当時わが国最大規模の大型装置
を開発した。1980年代には、超硬合金用大型装置、フェ
ライト用生産装置、新素材用小型研究装置が需要の三本
柱となったが、これらを製作納入する過程で、生産性に
優れた独自のコンセプトのモジュラ方式HIP装置、防護
壁自装型の標準小型HIP装置、酸素雰囲気HIP装置など
の開発・実用化を行った。また、低压高温の加圧焼結炉
や高温の酸素雰囲気HIP装置、さらには隔壁チャンバ
HIP装置などの開発も窒化珪素、酸化物セラミックス、
C/C複合材料などの多様な材料開発と連動する形で進
めた。さらに高温高压HIP装置の実用化に挑み、1983年
に、耐久性の高い、窒素ガス仕様の2000℃級HIP装置と
しては当時世界最大の処理室直径350mm装置を製作した。

1980年代の半ば、HIP装置は大学や研究機関などがテ



HIP装置

O₂-Dr.HIP

大型CIP

ストピース製作など実験用途に気軽に使用できるものではなかった。そこで、1987年、炉内直径が40mm程度でJISのセラミック試験片をHIP処理できる、R&D用超小型HIP装置「Dr.HIP」を開発し、販売を開始した。その後、酸素HIP装置として使用できる「O₂-Dr.HIP」も新たに開発し、以後国内におけるR&D用標準装置として広く普及していくことになった。O₂-Dr.HIPを含むDr.HIPシリーズは、2005年までに累計110台の製作納入実績を誇り、HIP処理技術の普及と発展に寄与した。

一方、産業用HIPでは1990年代の平成不況のなかで、自社設備を持たない事業者からの委託HIP処理が増加し、多くのユーザから集められた製品が委託HIP処理用の大型装置で処理される形態が増えてきた。そこで当社は、生産性が高く、操作性のよい大型HIP装置の開発に努め、炉内径850mm・炉内高さ3,000mmの大型HIP装置を製作し、納入した。

また、通常は真空や常圧で行われる半導体製造工程において、微細化の進むULSIの金属配線膜の埋め込みおよび熱処理へ、高圧処理の適用が摸索され始めた。これに対応すべく、1990年代後半、当社はクリーンルームに設置できる「パッケージ内クラス1・処理後のウエハに0.2ミクロン以上のダストパーティクル30個以下」の半導体用HIP装置を開発した。

2000年以降においては、自動車の軽量化用途でのAl用専用HIP装置や高温超電導線材処理用HIP装置の開発など、時代の要請に沿った開発を進めた。

●CIP技術

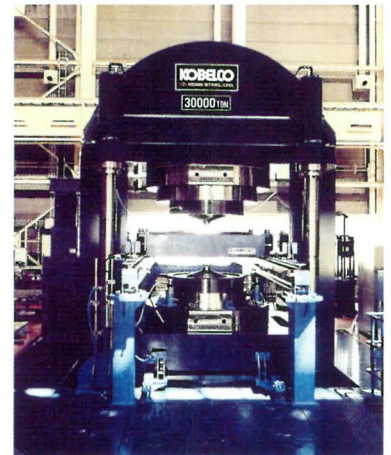
CIP（冷間等圧加圧）技術は、1910年代のアメリカで最初に試みられ、超高压技術の進歩とともに1960年代から実用化されてきた。当社では早くから開発研究を行い、特に1980年代から、カーボンや耐火物、セラミックス業界向けの研究・生産用WET CIP装置、超硬業界など向けの少品種大量生産用のDRY CIP装置、小型で研究用のDr.シリーズ、食品業界向けの食品用高圧処理装置などを開発し、販売してきた。

1980年代の初めは、アルミナグラファイトの連続鋳造用浸漬ノズルやカーボンの大型ルツボの成形用として、圧力98～147MPa、容器内径500～1,500mmの中・大型装置が中心であった。1984年頃から圧力294～686MPa、容器内径100～300mmの高圧CIP装置の導入が増加し、高圧化傾向が続いた。これは、セラミックにおいては、その特長である耐熱性、耐薬品性、軽量化を活用したアルミナやジルコニアの各種センサや保護管の試作研究や製品化が活発になったためであった。また粉末冶金分野においては、耐磨耗用急冷凝固アルミニウム合金粉末が開発され、この粉末を高密度ビレットに成形して熱間塑性加工によって製品化するシステムが研究されたことや、電子材料用の素材としての貴金属合金、銅合金において同様の研究が盛んであったことも高圧化の要因であった。

一方で装置の大型化も進み、1988年にはカーボン業界向けに現在でも世界最大級である圧力196Mpa、容器内径2,000mm、高さ3,000mmの装置を製作し、納入した。また、省力化や自動化が容易で単純形状の少品種多量生産



食品高圧処理装置「Dr.CHEF」



固体超高压プレス

に優れた乾式CIP装置については、1989年に全自動オフラインシステムの第1号機を納入し、その後も技術のブラッシュアップに努めた結果、当初は充填性などの問題から流動性の良い粉体に限定されていた用途を未造粒粉にも拡大することに成功し、2000年以降にカーボン、モリブデン粉用途の装置を納入した。さらに装置技術の進歩と並行して、有限要素法による成形過程シミュレーションをもとに、ゴム型設計を行う技術が着実に進歩し、CIP成形の精度向上に寄与した。

また、1990年以降、加熱に代わる殺菌あるいは滅菌の手法として食品高圧処理の研究が盛んになり、400MPa以上の超高压のCIP装置がこの用途に用いられるようになった。国内では食品衛生法の関係もあり大々的に普及するにはいたっていないが、米飯パックの高圧処理など用途開発が精力的に進められ、同用途向けに高生産性の装置を開発・納入し、実用化を促進した。

固体超高压発生装置の開発

●3万トプレス製造技術

1980年代前半、当社は科学技術庁（現・文部科学省）無機材質研究所（現・独立行政法人物質・材料研究機構物質研究所）の「超高压ステーション（HPS）」が推進する「3万トプレス」の開発に携わり、1985年3月に完成した。その目的は、地下120～130km以上の地球深度で493GPa（5万気圧）、1500℃という極限状態で造られるダイヤモンドと同様の条件を地上に再現し、同じ炭素物質である黒鉛構造をダイヤモンド構造に変えるとい

う、超高压による基礎研究であった。

当社が担当したのは、超硬合金などにより構成された「超高压発生装置」を収納する、軽量で極めて丈夫な鋼線を高張力で巻きつける「線巻式プレスフレーム」の開発であった。鋼線製作に実績のある当社では、HPSの研究陣と共同で大型線巻機を設計・製作して、1,000N/mm²ほどの張力を鋼線に与えながら線巻き作業を行い、線巻式プレスフレームを完成させた。

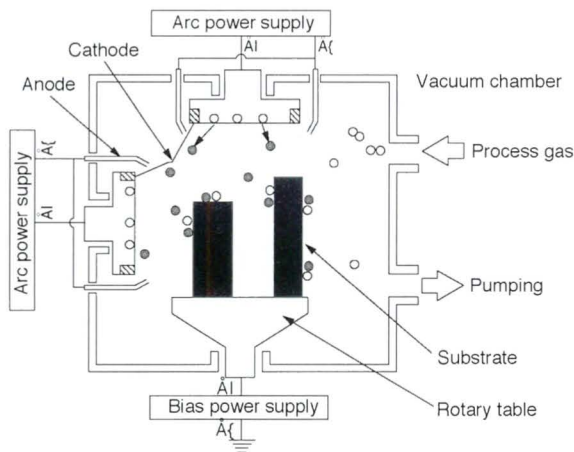
なお、この「線巻式プレスフレーム」技術は、その後、当社独自のCIP装置あるいは大型プレス装置開発に応用されることになった。

真空蒸着・成膜技術の発展

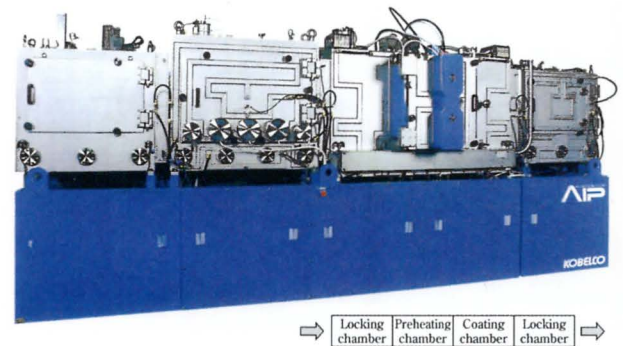
●PVD装置の開発

PVD（物理的蒸着）法は、真空技術を用いた薄膜形成法であり、皮膜材料の一部またはすべてを固体材料から蒸発・昇華させて供給し、被処理物に堆積させるものである。当社は、1986年にPVD法の一つであるAIP（アーキオンプレーティング）法の基本技術をアメリカから導入し、装置の国産化・国内販売を開始した。

AIP法による皮膜は緻密で密着力が良く、対磨耗硬質皮膜の形成に適しており、切削工具・摺動部品を中心としたハードコーティング分野を中心にユーザーニーズに合わせた装置開発・皮膜開発を行ってきた。また、1998年には、同じくPVD法の一つであるスパッタ法のUBMS（アンバランスドマグネトロンスパッタリング）装置を上市し、UBMSの特長を活かしてDLC（ダイヤモンド



AIP装置の基本構成



インライン式AIP装置

ンド・ライク・カーボン) 用向けを中心に、装置販売・受託加工を行ってきている。

●AIP技術の進化

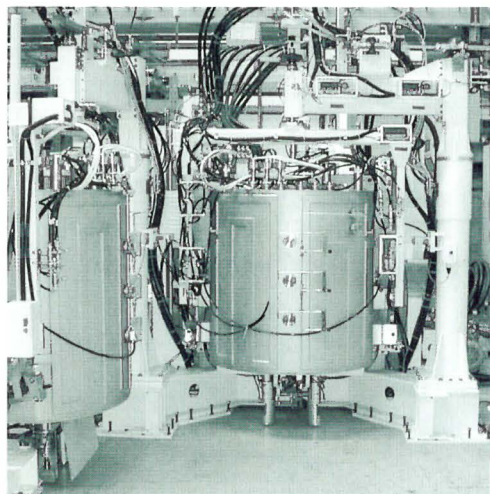
AIP法は真空雰囲気において、ターゲット（皮膜形成材料）をカソード（陰極）とし、アノード（陽極）との間で真空アーク放電を発生させ、ターゲット表面から材料を瞬時に蒸発・イオン化し、負のバイアス電圧を印加したワーク（被コーティング物）表面にイオンを堆積させることにより、皮膜を形成する薄膜コーティング方法である。AIP法では、蒸発した材料のイオン化率が高く、緻密で密着性に優れた皮膜が形成できる。また、合金ターゲットを用いた場合、ターゲットの合金成分比をほぼ保ったままの皮膜を得ることができる。AIP法により形成した耐摩耗硬質皮膜は (Ti,Al) N コーティングに代表されるように、いまや切削工具用コーティングの代名詞にもなっており、切削工具メーカーを中心に、広く採用されているほか、ピストンリングなどの自動車部品、機械部品、金型、装飾品など工業用、研究開発用として活用された。

1986年の技術導入・国産化の開始後、当社は市場ニーズに合わせた装置開発を継続して行っており、1988年には、初期真空排気・予熱・ボンバード（イオンエッチング）／コーティング・冷却の各工程を、それぞれ専用チャンバで行い、前後の搬送ラインと連動させて自動車部品や工具などの大量連続生産に最適な「インライン式AIP装置」を実用化した。

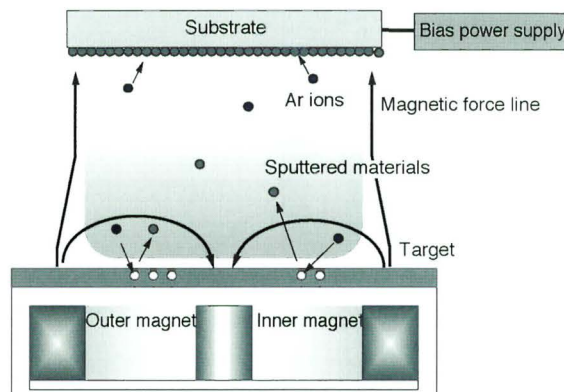
汎用バッチ式AIP装置についても、継続した装置・技

術開発を行ってきた。1992年に操作性・メンテナンス性を改善した全面的なモデルチェンジを行い、1999年には、蒸発過程の副産物として発生し、皮膜に混入するマクロパーティクルの発生低減と、蒸着速度の維持を両立させる新蒸発源「ファインカソード」を搭載したAIP-Sシリーズを開発・上市した。AIP-Sシリーズは、「ファインカソード」に加え、ボンバード機構・加熱機構・排気系の強化、ワーク測温機構追加・拡張性向上などの特長を持っており、研究開発用小型装置から工業生産用大型装置までをラインアップし、多様なユーザーニーズに対応している。さらに、フィルム状の基材を巻き出し・巻き戻しながら表面にコーティングを行う、AIPロールコータも1995年に開発した。

また、AIP皮膜の用途として、ピストンリング用の窒化クロム皮膜が排ガス規制対応・エンジン性能向上などに有効とされ、1990年頃から皮膜開発が行われていた。切削工具・機械部品用の皮膜厚さ数 μm に対して、ピストンリング用皮膜としては数十 μm の厚さが必要となったことに対応し、当社は、1993年に、従来の平板型ターゲットではなく、真空チャンバの中心に円筒状ターゲットを配置し、ターゲットコスト低減と長時間の放電安定性を実現した「厚膜コーティング用AIP装置AIP-R500」を開発し、ピストンリングへのAIPコーティングを実用化した。その後、2004年には、AIP-R500のさらなる機能向上を図った「新型厚膜コーティング用AIP装置AIP-R600」を開発・上市した。AIP-R600の主な特長は、新型円筒状蒸発源による膜厚分布とターゲットコス



新型厚膜コーティング用AIP装置



UBMSスパッタ源の概念図

ト改善、ツインテーブル方式による無人2バッチ連続運転実現、新コンセプトチャンバ構造によるメンテナンス性の大幅改善、冷却機構付加による低温成膜対応などである。

AIP装置は、国内外の工具メーカー、受託加工メーカー、ピストンリングメーカー、機械部品メーカーなどに200数十台の納入実績がある。

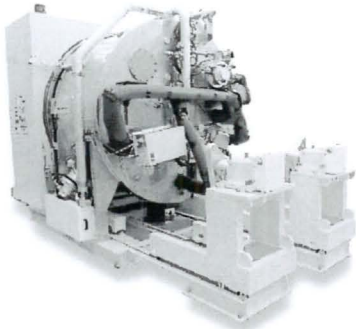
●UBMS技術の開発

1998年、当社は、PVD法の一つである「スパッタリング法」の新技术「UBMS装置」の製造・販売を国内メーカーとして初めて開始した。

スパッタリング法は、イオンプレーティング法と並ぶPVD法の代表的なプロセスであり、半導体・電子機能部品分野から装飾用コーティングまで広範囲の産業分野で応用されているコーティング法である。固体ターゲットをカソードとして、ターゲットに高電圧を印加して発生するグロー放電を利用し、Arイオンがターゲット原子／分子を弾き飛ばす“スパッタ”蒸発現象によってターゲット材料を気体化し、対向して配置されたワーク上に皮膜を形成する。ターゲット材料は導電性材料から絶縁性材料まで適用範囲が広く、また非常に平滑な皮膜表面が得られるという特徴がある。イオンプレーティング法とは異なり、スパッタ粒子はほぼ電氣的に中性であり、イオンによって皮膜形成を行うAIP法に比べると、皮膜形成粒子のエネルギーは低くなる。このため、従来、強固な密着性や耐摩耗性が要求されるハードコーティング分野でのスパッタ法の適用は限られてきた。

UBMS法とは、スパッタ粒子のエネルギーを増すために積極的に基板へのイオン照射を導入した新しいスパッタ技術で、平行磁場を用いてターゲット近傍のみにプラズマを形成する通常のマグネトロンスパッタ源と異なり、プラズマ形成の磁場のバランスを意図的に崩した非平衡磁場が特徴である。成膜時に高密度プラズマ照射を行うUBMS法は、ハードコーティング分野のDLC膜をはじめ、アルミナ、MoS₂、TiO₂、機能膜(SiO_x、ITO)など幅広い分野で高い皮膜特性を実現している。DLC膜とは多種多様な特性を持つアモルファスカーボン(a-C)膜の総称で、ダイヤモンドのような高硬度とグラファイト的な低摩擦係数を持つ皮膜である。UBMS法ではArのイオンアシスト効果を利用して、バイアス電圧による硬度の制御が可能である。さらに、固体ターゲットを材料とするUBMS法では、水素フリーまで含めて水素量を制御したDLC膜や金属ターゲットと同時にスパッタすることで各種金属元素を添加したDLC膜(Me-DLC)の形成も可能で、より幅広い特性をもったDLC膜を形成できるのが特長である。また、UBMS法によるDLC膜形成では、基材材質に応じて最適化した金属層と金属／炭素の混合傾斜組成層を中間層とした皮膜構成とイオンアシスト効果による界面強化により、従来、DLC膜形成において実用上最も問題となっていた基板との密着性を大幅に改善している。

DLC膜の魅力は高硬度、低摩擦係数といった摺動膜として最適な特性に加え、化学的に安定しており、離型性や耐凝着性にも優れるといった多機能性にある。密着



UBMSロールコータ



複合型PVD成膜装置/AIP-S70複合



mikro-i

性の改善に伴い、多岐にわたる用途への展開が加速しているが、特に期待される分野として自動車部品分野がある。自動車は燃費向上のために車体の軽量化とエンジン周辺部材での低摩擦化が最重要課題であるが、金属を添加したMe-DLC膜やPVD法による水素フリーDLC膜での摩擦係数低減が確認され、自動車部品のトライボロジー特性のさらなる高機能化の一つの方向として、DLC膜の実用化に向けた動きが加速しつつある。当社は、UBMS法の特長を活かせるMe-DLC膜や水素フリーDLC膜によるオイル中の低摩擦化に取り組んでいる。

DLCを中心としたハードコーティング以外でも、UBMSの特長を活かして、機能膜への適用を展開中であり、透明導電膜 (ITO)・透明バリア膜 (SiO₂、SiON) 等で優れた皮膜性能を達成している。また、フィルム状基材へのコーティング装置として、UBMSロールコータも開発し、製品化した。

●複合型PVD成膜装置

汎用バッチ式AIP装置 (AIP-Sシリーズ) の拡張性を活かし、同一成膜チャンバにAIP蒸発源とスパッタ蒸発源 (UBMS) を搭載した複合型PVD成膜装置 (ハイブリッドコータ) を開発・実用化し、2003年に上市した。この複合型PVD成膜装置を用いて、AIP蒸発源により高速で皮膜を形成しながら、同一成膜チャンバ内に装備されたUBMS蒸発源により、AIP法では蒸発が困難な元素を添加することで、AIPとUBMS双方の蒸発源の特徴を活かしたナノ積層構造を有する硬質皮膜を形成する技術を開発した。これにより成膜された皮膜は従来にないユ

ニークな皮膜構造を持っており、硬質層と機能層の材料の組合せ、あるいは積層周期の制御により、さまざまな特性を発現できる。また、複合型PVD成膜装置を用いて、従来、PVD法では難しいとされてきた α アルミナ成膜を基材温度750°Cで形成できる技術も開発した。

●ビーム技術応用商品の展開

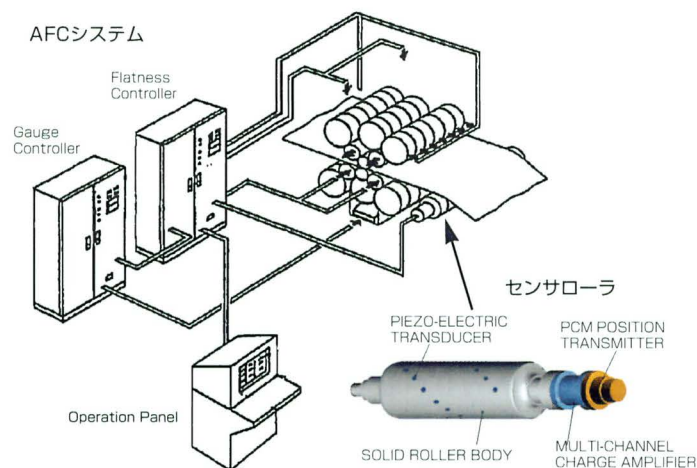
技術開発本部のマイクロ波を用いた高炉レベル計測システムなどの計測技術の蓄積から、イオンビームのマイクロ化技術が開発された。1994年、これをベースに汎用商品としてイオンビームを発生する加速器から計測システムまでを含むRBS、PIXE分析装置「mikro-i (マイクロアイ)」を商品化した。高エネルギーイオンを試料上で1 μ mに集束するコンパクトなRBS、PIXE、およびERDA分析装置は世界で初めての商品であり、半導体分野をはじめ材料開発やプロセス開発などでの微小領域での定量性の優れた分析が可能である。

高エネルギーイオンビーム技術の展開として、大型加速器から出た高イオンビームを種々の研究開発に利用するためのビームラインをメニュー化し、計測技術の応用製品として、大学や研究所向けに販売を展開した。

薄膜化が進んでいる半導体分野やナノテクノロジー分野で分析評価ニーズに対応するため、京都大学で研究されていた高分解能RBS分析法に注目し、mikro-iで蓄積したビーム発生システムとビーム光学システムを融合させた。これにより、コンパクトな高分解能RBS分析装置を開発し、1998年にHRBS500として商品化した。半導体ゲート膜の開発には表面から深さ方向にオングストロ



横型HRBS-500



平坦度測定ローラと自動形状制御装置「AFC」

ームレベルでの元素プロファイルが求められており、成膜後のアニール処理での膜界面の元素拡散状態がプロセス性能上の重要なファクターであることから、非破壊で深さ方向にオングストロームレベルで計測できる商品としてユーザーから高い評価を受けている。

さらに、mikro-iのもつ集束機能やPIXE機能も搭載できる1 MVの電圧を発生できる加速器を搭載したHRBS1000をラインアップした。深さ方向膜厚計測がオングストロームで計測できる計測手法を確立し、非破壊分析の特長と合わせて、多層膜の各膜厚計測装置として、分析装置のみならず、計測装置として薄膜製造ライン向けへのアプリケーションの拡大を行っている。

ビームラインを構成するコンポーネントの開発と販売も並行して行い、従来のディスクトロン型加速器に加えて、コッククロフト型加速器を開発し、電圧安定性をさらに向上させた加速器として単体販売も行っている。

[金属加工機械]

●電子材料分野で活躍する12段圧延設備

1980年代、日本はIT化の初期段階を迎え、情報機器の普及に伴って、電子材料の生産が急速に増加した。こうした情報機器に使う素材には、寸法精度が高く、良好な形状・表面性状が得られる材料が必要であり、高精度で圧延できる冷間圧延機が求められた。当社はそのようなニーズにいち早く応え、4段圧延機と20段圧延機の開発で蓄積した圧延設備技術を発展させ、1983年、銅やステンレスなど中硬質の金属材料の圧延に適した12段圧延

機「KTミル」を開発して、翌年から市場への供給を始めた。

このKTミルで圧延可能なステンレスの最小板厚は0.01mmで世界一であった。もっとも、材料を何度もロールにかけて板厚0.01mmの材料に仕上げるには、オペレータの技術と経験と勘に頼るだけでは不安定である。当社では形状を制御するアクチュエータと制御装置の開発に取り組み、1989年、極薄板の平坦度を測定したデータ信号を処理して自動制御する「自動形状制御装置（AFC）」の開発に成功し、業界で高く評価された。当時、IT化の進展に伴い、電子機器は高性能化とともに小型化、軽量化が進んでKTミルへの需要は高まった。例えば、1984年に東洋精箔株式会社に1号機を納入した後、続けざまに大同特殊鋼株式会社、モリ工業株式会社、新日本製鐵株式会社へ納入した。1989年には三宝伸銅工業株式会社や台湾の名佳利金属工業股份有限公司へ、1991年には同じ三宝伸銅工業株や同和メタル株式会社、日本金属株式会社などへ納入した。1996年には韓国の株式会社大洋金属や大韓電線株式会社に納入するなど、内外で活躍し、極薄板材を必要とする電子機器用材料製造に必要な不可欠な圧延機として、着実に需要を伸ばしていった。

●自動車向け特殊鋼の棒鋼圧延設備

1980年代後半、日本の自動車産業界は、世界を席巻すると同時に、内需拡大策によって高級志向の強い多様な車が開発され、自動車業界も本格的な多品種生産時代を迎えた。そうしたなかで、省エネ・自動化と高品質化を特長とする当社の特殊鋼棒鋼圧延設備が注目され、1984



銅やステンレスなど中硬質の金属材料の圧延に適した12段圧延機「KTミル」



省スペース・省エネ・低コストのコンパクトミル「KCSミル」



操業が容易な高速線材圧延機「S-HUM」

年に当社の神戸製鉄所棒鋼工場、1986年に山陽特殊鋼株式会社姫路工場、1988年には愛知製鋼株式会社知多工場に自動車向けを主体とした特殊鋼の連続式棒鋼圧延設備を納入した。これらの設備は工程の自動化と省エネを実現した、高品質の画期的な設備であった。特に多品種生産が基本の自動車生産に対応して、圧延設備のスタンドの組替えを自動化し、省スペース化を図り、省エネ効果を高めるなど、生産の合理化に貢献した。

1990年代以降も、日立金属株式会社安来工場、大三製鋼株式会社新砂工場、臨港製鉄株式会社など国内企業に納入実績を積み重ねていった。

●低コスト・大量生産型の一般棒鋼スリット圧延技術

建設現場などで大量に使われる一般棒鋼の生産性向上とコスト削減のため、当社は1980年代初めに2条スリット圧延設備の開発に取り組み、1984年には当時、国内最高の仕上圧延速度を有するスリット圧延設備を開発した。第1号を三興製鋼株式会社平塚工場へ納入し、以後、各地の工場に採用されていくことになった。

技術開発の課題は仕上圧延速度を上げながら、操業の安定性と品質向上をいかに実現するかである。当社では、2分割する前の棒鋼をどんな形状にすれば、同質の棒鋼が得られるかについて試行錯誤を重ねた。そして、元の棒鋼を方形から円形へ、さらに十字菱形へ、そこから均等の丸棒2本が並列する形状に変形させ、最後に真ん中のブリッジを切断し、上下に分離する2条スリット圧延方式を完成させた。なお、この圧延設備はスタンド間隔を短縮し、かつ圧延機4台を1フレームとする省スペー

ス・省エネ・低コストのコンパクトミル「KCSミル」の1号機を採用した設備であった。

1980年代後半以降、日本は未曾有の建設ラッシュに入り、一般棒鋼需要も急増し、KCSミルは中山鋼業株式会社、東海鋼業株式会社、北越メタル株式会社、大阪製鐵株式会社西日本製鋼所などの電炉メーカーへの納入が増加していった。一般棒鋼圧延ラインの更新も続き、1992年にダイワスチール株式会社水島工場、1994年に東京鉄鋼株式会社小山工場、拓南製鐵株式会社、1996年に関東スチール株式会社へ納入した。また、韓国の江原産業株式会社などの海外からも引き合いを重ね、韓国の韓寶製鋼株式会社唐津工場向けに年間100万トンの生産能力を持つ世界最大規模の棒鋼線材圧延設備を受注し、1995年に納入した。この設備では、2条スリット圧延設備を連結して実質的に4条スリット方式とした。

1990年代前半になると一般棒鋼価格が下落して、生産設備のさらなる生産性向上とコスト低減が求められるようになった。当社ではただちに4条スリット圧延設備の開発に着手し、1995年、その1号機を三興製鋼(株)平塚工場へ納入した。

●操業性を飛躍的に高めた高速線材ミル

1986年、当社独自の高速線材仕上圧延機の先がけとなる線材ミル1号機（設計圧延速度：80m/sec）を開発し、山陽特殊鋼(株)姫路工場内の線材工場に納入した。

線材圧延ラインの生産性を上げるためには、線材ミルの高速化が必須の課題である。そこで、圧延速度140m/secの高速線材ミルの開発に挑むことになった。



4条スリット圧延設備

当社の開発の方向は操作性の向上にあり、1995年にワンタッチ式ミルガイドを採用して、ガイド交換・ロール交換が短時間でできる方式の高速線材ミル「S-HUM」を開発した。「S-HUM」は、スタンド構成を自由に選択できるのが特長の一つであった。ロールやガイド冷却水、ローラガイド潤滑油などのロール回りの配管が内部化でき、設備寿命の延長とミスロール処理作業の軽減が可能となるなど、メンテナンスの面でも優れていた。この製品は1997年に台湾の嘉益工業股份有限公司に納入した。

●高速・高品質のビレット連铸機技術

1999年、当社は、鑄造速度が4.0m/min以上（ビレット断面135mm角で最大4.3m/min）という世界最高レベルの「高速ビレット連铸機用鑄型V60-MOULD」を開発した。

内部品質と形状に優れたビレットを鑄造するためには、「均一かつ厚い凝固殻を鑄型内で形成する」技術が求められる。凝固殻が薄くなる高速時、不均一凝固は「形状不良・割れ・ブレイクアウト」を招くため、品質や操業の安定性を犠牲にすることなく鑄造速度を上げることは困難とされ、従来は2.5m/minが鑄造速度の一般的なレベルとされてきた。

当社はビレット連铸機技術の新たな可能性を追求するため、1996年、高品位なビレットを安定生産できる「高速ビレット連铸機用鑄型」の開発に挑んだ。自社開発の凝固解析ソフトで銅チューブ形状の最適化を図り、その後、鑄造テストを繰り返して微細な内部割れを調査し、検証試験によって設計の最適化を行った。さらに、高速

ビレット連铸機用鑄型の製品化に問題がないかを調べるため、鑄造速度4.0m/min以上の連続操業を実施した。その結果、高速運転時でもブレイクアウトが発生せず、高品位のビレットが安定生産でき、しかも鑄片形状や品質も格段に向上していることを確認して、上市に踏み切った。

●プレス技術

押出分野では、1974年に当社の長府工場向けに世界で初めてのアルミ合金管・棒生産用の複動式間接押出プレスを開発設計製作して以来、ドイツ、アメリカ、ベルギー、中国、日本など国内外の著名なアルミ押出メーカーにアルミ合金用間接押出プレスを製作納入した。1985年にはイタリアALUMINIA社から複動式3,500^ト、1986年にはイギリスBAT社から複動式4,000^ト f 直間兼用形押出プレスを受注し、それぞれ1987年と1988年に納入した。イギリスではBAT機の稼働状況を当時のサッチャー首相が視察した。また、1985年には銅合金用間接押出プレスをノルウェーに納入した。2005年8月の納入機を含め、最近20年間で18台の間接押出プレスを製作してきた。当社が培ってきた直接押出、間接押出、静水圧押出、ガラス潤滑押出それぞれの技術を生かしたマルチモード押出プレスも企業研究開発部門向けに4台納入した。

鍛造分野では、1981年に8,000^ト f 精密型鍛造プレスを製作以来、アルミホイール用、航空機用部品、自動車用部品の生産用に各種型鍛造プレス、アプセッタなど、この20年間で液圧式プレス9台、機械式プレスを9台納入した。最近では、自動車部品の型鍛造品大量生産用



レシプロ圧縮機

125^ト／250^ト複動熱間鍛造プレスを製造している。非金属プレスの分野では、ドライアイスプレスは、1937年に1号機を製作して以来、2002年度以降9台を製作し累計32台、カーボン電極押出プレスは2004年、中国に最新式1台を納入して、累計36台の製作実績を数えた。

また、当社が培ってきた直接押出、間接押出、静水圧押出、ガラス潤滑押出それぞれの技術を活用した、マルチモード押出が可能な400^トマルチ押出プレスを開発し、神戸・西神地区の総合技術研究所に設置している。

圧縮機分野—高効率・高性能の圧縮機、冷凍機を開発—

[非汎用圧縮機]

低コスト・高性能のレシプロ圧縮機技術

●天然ガス・レシプロ圧縮機技術

1989年（平成元）2月、当社は、新潟県阿賀沖にある新日本石油株式会社のガスリフト基地に国内初のオフショア・プラットフォーム用天然ガス・レシプロ圧縮機を納入した。

国内で使用される天然ガスは、海外から極低温の液化状態でタンク輸送され、国内のLNGタンクに貯蔵される。しかし、貯蔵タンク内のLNGは、外気の熱でわずかながら気化されていくため、LNG・BOG（ボイル・オフ・ガス）をレシプロ圧縮機で昇圧して再液化、あるいは供給ラインに送り込むには圧縮機が必要である。

主成分であるメタンの液化温度は -161.5°C の極低温で、これを極低温の状態で扱えば圧縮機のシリンダに潤滑油を給油できなくなり、ピストンリングなどの摩耗を

早めるという問題があった。当社はこの問題に1990年代前半から取り組み、LNG・BOG圧縮機の開発にこぎつけ、1996年にその1号機を堺臨海工業地帯にある大阪ガス株式会社のLNG受け入れ基地に納入した。

●超高圧（100MPa）レシプロ水素圧縮機

レシプロ圧縮機は、当社が1915年以来製作してきた圧縮機技術のベースであるが、各種プラントの大型化や低圧化に伴って、スクリュウ圧縮機、ターボ圧縮機の役割が増大してきた。しかし、中小容量の高圧用途や水素などの軽量ガスの圧縮用には、レシプロ圧縮機が高効率特性を有し、現在も主圧縮機として活躍している。その好例が、次世代型燃料電池車の水素ステーション向けに、2002年、当社が開発した超高圧（100MPa）水素ガス圧縮機である。

現在、国内では35MPa級水素タンクを搭載する燃料電池車に、40MPaで水素ガスを供給する水素ステーションが建設され始めた。しかし、それでは1回の充填による走行距離が短く、実用性に乏しい。そこで国内圧縮機メーカートップの当社（レシプロ水素圧縮機だけでも400台以上の納入実績）では、その水素圧縮機技術をベースにした無給油レシプロ式圧縮機と、ダイヤフラム式圧縮機の世界トップメーカー・ホーファー社（ドイツ）のダイヤフラムヘッドを組み合わせた一体型圧縮機を開発した。これによって、低圧から100MPaまでを1台の圧縮機で昇圧できるようになった。今後、燃料電池車が普及していけば、大量の高圧水素ガスが必要になってくるであろう。



ターボ圧縮機



エコセントリ

省エネ・高効率のターボ圧縮機技術

●ギアードターボ圧縮機技術

ギアードターボ（増速機内蔵型ターボ）圧縮機は、20世紀半ばにドイツで空気用が製作されて以来、一般の空気用途や空気分離装置などの一部の用途に限定されていた。しかし、近年、ロータダイナミクス技術や歯車精度の向上、増速装置の信頼性向上、ドライガスシールなどの要素技術の進歩などによって、ギアードターボ圧縮機への信頼性が高まってきた。また、省エネ、省スペース、工事期間の短縮などに対する顧客ニーズが高まり、可燃性ガス、毒性ガスを含むプロセス用途に活用されるようになってきた。その端緒を開いたのが、可燃性・毒性ガス用途のギアードターボ圧縮機「スーパーターボ」の開発で、1989年に上市した。

開発のポイントは、ドライガスシール技術の確立であった。ドライガスシールは、油膜を使わずに、漏れの少ない状態でシールする技術である。その特長は、「高周速領域までシール性能が安定し、パッケージ化に有利」「ロータダイナミクス設計により安定性を確保」「高圧用ケーシングの採用」などである。このドライガスシール技術によって「スーパーターボ」が開発され、発売後、化学、石油化学、石油精製、銅精錬などのプラントで採用されている。

●動力回収タービン直結型ターボ圧縮機

長年の空気分離装置の開発によって蓄積した技術を活用して、当社は1984年に蒸気用ラジアルタービンを上市した。省エネ志向の高まりのなかで、1987年、従来、多

くの工場内で未使用のまま捨てられていた中低圧蒸気を動力回収する発電用蒸気ラジアルタービン市場に本格参入した。以後、ラジアルタービン技術は、各種プラントの排ガスの動力回収用やLNG冷熱発電用などに幅広く活用されていった。

ラジアルタービンは、タービンランナと呼ばれる半径流の羽根車を減速機のピニオン軸に直接取りつけたシンプルな構造で、反動型ランナに与えられた回転力が減速機を経て発電機で動力回収される仕組みである。

このラジアルタービン技術を、パッケージ化された圧縮機（増速機内蔵型）の軸の一端に直接結合し、回収された動力を発電用ではなく、直結された圧縮機の動力軽減、つまり圧縮機用電動機の必要電力を軽減させて省エネに役立てるために、1998年に開発したのが動力回収タービン直結型ターボ圧縮機「エコセントリ」であった。このシリーズの「VGP100R」の例では、500kWの動力回収が行われるため、連続運転すれば電気代を年間4,000万円程度節約でき、短期間での投資回収が可能になる。

1997年12月、日本で「地球温暖化防止条約締約国会議（京都会議）」が開催され、国内では二酸化炭素（CO₂）排出削減への取り組みが本格化した。こうした状況のなかで、電力使用量の多い圧縮機の省エネ対策への関心も大きな高まりをみせていたのである。



スクリュウ圧縮機



コジェネレーションシステム

高効率、高圧化のスクリュウ圧縮機技術

●高効率、高圧化技術

当社は、1955年の技術導入後、高効率でコンパクト、長期連続運転性などの特長を持つスクリュウ圧縮機の開発と用途拡大に取り組んできた。ことに二度のオイルショックを乗り越えたあとの1980年代半ば、高効率な圧縮機を切望する産業界のニーズに応えるため、独自の技術力で無給油式、油冷式のそれぞれの特性に合った高効率歯形（スーパーロータ）の開発や高粘度合成油の開発、転がり軸受の全面採用など、高効率圧縮機技術を確立した。さらに1980年代後半には、高効率歯形理論を応用して歯形開発用シミュレーションプログラムを開発した。これによって、従来の10分の1の期間で、用途別の最適歯形を開発できるようになった。

1980年代後半、省エネへのさらなるニーズの高まりのなかで、ガスタービンによるコジェネレーションシステムが注目を集め、各産業分野で積極的に導入され始めた。

ガスタービンの燃料ガスを必要圧力まで昇圧するために圧縮機が用いられるが、製鉄副生ガスなどの場合、ガスの供給圧力と熱量が低いため、大容量で高圧縮比の圧縮機が求められた。当社では、大容量に適した無給油式（DRY）を低圧段に、高差圧・高圧縮比に適した油冷式（WET）を高段圧に採用した、DRY&WETの組合せ型スクリュウ圧縮機を開発した。

なお、その後研究開発を進め、1990年代末には、無給油式では、同サイズの圧縮機で従来比32%増の容量を有する「雄3枚+雌5枚」ロータ歯形採用の圧縮機を開発

した。また、油冷式では、最高使用圧力を従来の3.5MPaから6.0MPaレベルまで高めた、「雄5枚+雌7枚」の高圧用歯形採用の圧縮機を開発した。

●高効率チラー開発

1987年、フロンガスの規制を求める「モントリオール議定書」が採択され、1989年1月に発効した。1990年代に入って規制はさらに厳しくなり、CFC（特定フロンガス）を1996年までに全廃、HCFC（代替フロンガス）も2020年までに全廃することが決定された。

CFCからHCFCへ、さらにオゾン破壊とは無縁なHFC（非共沸混合冷媒）へ、という時代の流れのなかで、当社は高効率の「ローレンツサイクル」ヒートポンプの開発に挑むことになった。しかしオゾン破壊とは無縁なHFC（代替フロン）を冷媒に使用する「ローレンツサイクル」では伝熱性能が低下するため、大きな熱交換器が必要でコストアップは避けられず、商品化は困難だった。

そこで当社は、1993年に熱交換機の基本性能および特性の把握から研究を開始した。そして、新開発した超高性能対向式プレート式熱交換器とHFCの組み合わせによって、従来のサイクルに比べ、約20%の省エネ効果を発揮する「ローレンツサイクル」を実現した。さらに熱交換器性能を最大限に引き出す冷媒制御装置の開発に成功し、約8%の省エネ効果を達成した（1997年には熱出力300kWのベンチプラントで、1998年には熱出力1,900kWのパイロットプラントで目標性能達成を確認）。1999年4月には新製品・高効率水冷スクリュウヒートポンプ・



エアーマイト



助さん



マーチ

チラー「ウルトラハイエフ」シリーズの販売を開始している。

[汎用圧縮機]

スクリュ圧縮機技術で小型汎用分野を開拓

●「エアーマイト」シリーズ

汎用圧縮機事業は、1971年のパッケージ形スクリュ圧縮機の販売開始に始まり、1973年には大久保に専門工場を立ち上げ、1980年代の汎用流通網・サービス網の設立拡充、播磨での最新鋭工場建設を経て、開発・生産・販売・サービスの連携で事業発展を遂げてきた。

1997年に汎用圧縮機の販売部門をコベルコ・コンプレッサ株式会社として設立して以来、海外での事業拡大を目指し、東南アジアや中国での現地法人の設立を進め、現在ではそれぞれ3つの販売拠点を有している。また、2005年には、中国での大幅な事業拡大のため、上海に生産拠点を立ち上げた。このような汎用圧縮機事業の歩みのなかで、本格的な汎用モデルの品揃えを強化するため、1987年、世界最小のスクリュ圧縮機「エアーマイト」シリーズが開発された。

1970年代前半、汎用スクリュ空気圧縮機を防音箱で覆った「パッケージ形」を開発し、低騒音・低振動・省スペース化を達成して市場で高く評価された。1980年代前半には、自社開発の高効率歯形（スーパーロータ）を搭載したパッケージ形の開発により、汎用小型（5.5～11kW）空気用圧縮機分野において着実にシェアを広げた。それに加えて、さらに超小型（1.5～3.7kW）分野にまで進

出し、汎用市場での製品ラインアップを強化したのである。

超小型の「エアーマイト」シリーズの開発にあたって、小型化に伴う効率低下を防ぐため、ロータ表面を特殊樹脂でコーティングし、ロータ間のすき間を最小化させ、潤滑油の最適化を行った。また、油冷式の潤滑油については、潤滑油メーカーと最適の潤滑油を共同開発し、耐酸化寿命を従来比5.7倍と飛躍的に向上させた。

この「エアーマイト」シリーズは、従来の製造業分野に加えて、クリーニング業、歯科医院、ゴルフ場、ガソリンスタンドなど多様な分野へ市場が拡大した。1991年には、圧縮空気に水分やゴミを含まず、空気の質を向上させる「ドライヤ」標準装備のエアーマイトシリーズ（7.5～11kW）を発売し、さらに市場浸透力を増すことになった。

●「助さん」&「マーチ」シリーズ

1990年代前半、時代のニーズを先取りすべく商品化された、小型分野の「エアーマイト」シリーズは、「静」「小」「楽」と「省エネ」という開発コンセプトの下、1994年には「助さんシリーズ」（1.5～3.7kW）、1995年には「マーチシリーズ」（5.5～11kW）に分化することになった。技術的特長は、IC技術を活用して、圧縮機の運転を総合制御するシステムを搭載したことである。これにより、空気圧力の変化パターンの把握や空気使用量の予測計算を行い、よりきめ細かい運転制御によって電力消費を最小限に抑える自動運転機能を備えたのである。



ハンサム



エメロード

機械内部の各種センサで機械の状態を常時監視し、万一の異常発生時に保守作業を促して、コンプレッサの突然停止を最小限にする自己診断機能も加わった。

開発にあたっては、パッケージ全体のさらなるコンパクト化と低騒音化のために、モータ、機器、熱交換器の放熱や冷却などの熱バランスをシミュレーションして機器の小型化と最適配置を行う手法、および当社研究所の騒音解析ソフトを活用した騒音寄与率を割り出し、それに基づいて減音・遮音を行う手法が採用された。

汎用中型分野でシェア拡大

●「ハンサム」シリーズ

1993年、当社は汎用中型スクリュ空気圧縮機「ハンサム」シリーズ（22～75kW）を開発し、販売を開始した。その開発ポイントのひとつが“デザイン性”である。これまで機能本位だった業界で注目を浴び、汎用圧縮機に“デザイン性”という新たな評価基準を提案することに成功した。

「助さん」「マーチ」などの小型分野で実現したコンピュータ制御の自動運転機能や、日常メンテナンスの効率化と耐久性向上、小型化・軽量化、低騒音化・音質改良などを取り入れたグレードアップ版「ハンサム」シリーズ（15kWと22kW）を開発（15kWは「エアーメイト」シリーズから編入）し、1995年の年末に販売を開始した。

小型化・軽量化では、内部機器レイアウトの効率化によって、本体容積を従来比10～15%縮小し、質量も従来比6～8%減量することができた。また、低騒音化・音

質改良では、「マーチ」シリーズ同様に2BOX構造の採用により、機械内部の空気の流れをスムーズにし、サイズ縮小を実現しながらも従来機と同等のクラス最小レベルの低騒音値（55～57db）を保ち、同時に不快な周波数音域の発生を抑えて音質をマイルドに改善した。これは、当社が開拓していた騒音防止技術と静音設計技術の成果のひとつであった。

●「エメロード」シリーズ

1996年、汎用小型のオイルフリー空気圧縮機「エメロード」シリーズ（15～37 kW）を、1997年、汎用中型の「エメロード」シリーズ（45～100 kW）を、そして1998年には汎用大型の「エメロード」シリーズ（120～290kW）を開発、販売を開始した。

クリーンエアを必要とする食品工業、医薬品工業、一般化学工業、電子半導体関連業界などでオイルフリー空気圧縮機が求められていた。当社は1980年代、菌形の改良や転がり軸受化などさまざまな技術改良に取り組み、まず75～150kWクラス、次いで45～400kWクラスの2段オイルフリースクリュ空気圧縮機ALシリーズを開発した。また、小型分野へもシリーズ化を進め、15～55kWクラスの単段機AL-Sシリーズも開発した。

1990年代、従来のクリーンエアの要求ばかりではなく、環境問題の観点から、工場電力の約20～30%を消費するといわれる圧縮機に、従来以上の高効率、省エネ性能が求められるようになった。また、中・小型クラスは隣家との境界や作業者の近傍に設置される機会が多く、低騒音化や低振動も求められてきた。そこで、1996年、これ



世界初の増風量機能つき高速電動機直結型スクリュ空気圧縮機「コベライアン」シリーズ (22~75kW)



「日本機械学会賞」のメダルと賞状

まで単段機の領域だった15~37kWクラスで、高効率の2段オイルフリースクリュ空気圧縮機「エメロード」シリーズを開発した。

「エメロード」の特長は、磨耗による性能変化の少ないロータ歯形や、圧力損失の少ないプレートフィン式熱交換器を採用し、高効率化を実現したことである。また、従来の吸音型消音器に加えて、オイルフリー式特有の騒音を除去する共鳴型消音器を開発し、大幅な低騒音化を達成した。さらに、電力消費を低減するなど、クラス最高の高性能、高効率、省エネ性能を実現したのである。

● 「コベライアン」シリーズ

1997年12月、「気候変動問題に関する第3回締約国会議（京都会議）」が開催され、その前後から、官民あがて、省エネへの取り組みがさらに強化された。当社では、消費電力の削減、不必要空気排出量の削減、油分排出の削減による環境への配慮などを目指して、永久磁石（IPM）インバータモータ駆動のスクリュ空気圧縮機開発に取り組み、1999年、「ハンサムⅡ」シリーズで実用化に成功した。

IPMモータは、高速回転モータとしてエレベータや巻上機、電気自動車などに採用されているが、価格が高く、位置センサの信頼性に難があるため、汎用圧縮機分野では実用化されていなかった。こうした課題を克服すべく、モータ専門メーカーと共同で、センサレスの制御機構によるIPMモータを開発した。また、新たに採用したインバータ制御により、冷却効率、運転効率が向上し、電動機の小型化が容易になって、コストを抑えることができ

た。

このIPMモータインバータ技術をさらに進化させたのが、「改正省エネ法」施行の前年に当たる2002年、当社が開発、販売を開始した世界初の増風量機能つき高速電動機直結型スクリュ空気圧縮機「コベライアン」シリーズ (22~75kW) である。

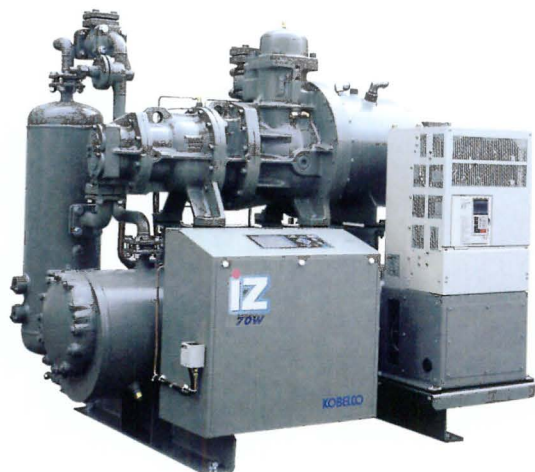
コベライアンは、圧縮機に不可欠な、しかし、エネルギーロスの発生源となる増速装置、軸封（シール機構）、容量制御弁などを排除し、スクリュロータの軸を伸ばしてモータと直結したものである。徹底的な電動機の小型・軽量化、高速インバータ回転数制御特有の共振防止のための制振装置の開発などによって、7,200rpmという高速電動機直結構造を実現した。さらに、圧力低下時は圧縮機の回転数を上げ、定格電力まで運転できる方法を開発し、125%までに増風量運転を可能にした。これらにより、定格圧力状態における性能アップ（省エネ率）は最大+5.4%、また、各機種での最大吐出し風量は最高+32.2%を達成した。なお、コベライアンはその優れた技術が高く評価され、「日本機械学会賞」をはじめ、数々の賞を受賞した。

省エネ冷凍機の開発

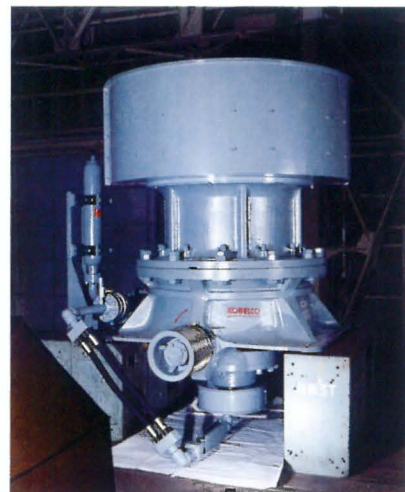
● 「iZ、iZα」シリーズ

1963年、スクリュ冷凍機国産第1号を製作して以来、冷凍機はお客様の高い評価を得て、空気圧縮機とともに、長年、汎用事業に貢献している。

その冷凍機にあって、もう一段ブレークスルーさせた



iZシリーズ



DHジャイレトリ

機種が2002年に上市したiZシリーズで、まったく新しい発想の省エネ冷凍機である。

これは冷却温度変化に応じて冷凍能力を増強できるとともに、部分負荷時の省エネ特性に優れたインバータ駆動高速2段スクリュ冷凍機である。

2段圧縮冷凍機は食品冷凍、真空凍結乾燥、環境試験室、プロセス冷却などの用途において、冷却温度が -30°C ～ -60°C の広い温度範囲で使用され、低温化が進んでいる。

従来のスクリュ冷凍機は圧縮機の回転数が一定であるため、蒸発温度の低下に伴って圧縮機の吸込圧力が低下すると、モータや凝縮器などの機器に余力が生じていることに着目した。すなわち、蒸発温度低下にしたがって圧縮機の最高回転数を増加させ、機器能力を最大限に活用することを考えた。さらに所定温度に達すると、負荷に対応して最適回転数とし、冷やし過ぎなどのロスを防止して省エネを達成するものである。この考え方は従来機にはなく、まったく新しい発想であった。

エアコンなどで、インバータにより定格回転数から負荷に応じて回転数を下げるといった技術はあるが、この冷凍機は蒸発温度 -30°C ～ -60°C という広い温度範囲で最高回転数を変化させるという考え方であり、従来のインバータ機と大きく異なる。

この発想を具体化するためには新たにモータ内蔵の高速2段圧縮機と、制御を行うコントローラの開発が必要であった。これらの技術課題を解決し、50%部分負荷時には35%の省エネ、蒸発温度 -40°C で冷凍能力40%の能

力増強を達成した。

地球温暖化防止に向けて CO_2 排出削減が急務となり、省エネ志向が高まる中、この冷凍機の評価は非常に高く、2003年度の日本機械工業連合会会長賞、2004年度の日本冷凍空調学会技術賞を受賞した。

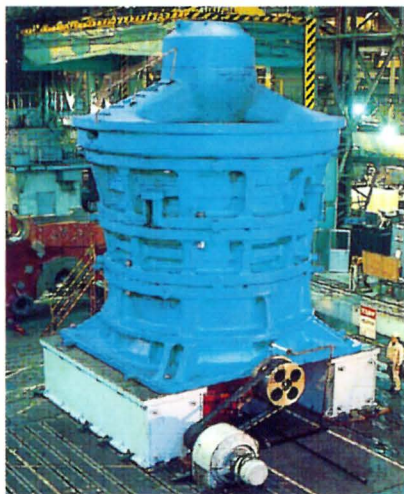
破碎機・粉砕機分野—世界に誇る豊富な実績と卓越した技術—

旺盛な建設需要に应运

●破碎機シリーズ

1982年（昭和57）、当社は、アメリカの破碎機メーカー、アリス・チャーマーズ社との技術提携を解消し、独自技術による破碎機・粉砕機の開発に挑んだ。その最初の成果が1984年に発売された「DH」シリーズのクラッシャである。第1弾として、破碎と粒形補正機能を向上させたインパクトクラッシャ「DHパクト」を上市し、1985年にはフィーダを使用せずにホイールローダで直接に原料投入可能なジョークラッシャ「DHジョー」と乾式製砂並びに粒形補正機「DHペプラス」を、1986年には大塊投入可能な旋回式2次クラッシャ「DHジャイレトリ」を開発した。世のなかのニーズである骨材品質改善、メンテナンス性能向上と合理化を目的として開発した自社ブランドの製品ラインアップを拡充することにより、増加する民間碎石市場において大型碎石プラントを受注、納入した。

一方、公共事業が中心となるダム建設用骨材プラントの需要も旺盛であり、玉川ダム、弥栄ダム、七ヶ宿ダムなどの大型ダムをはじめ、1991年には日本最大の宮ヶ瀬



60-109ジャイレートリクラッシャ



関西国際空港

ダム向けに骨材プラント一式を納入した。

また1987年には、関西国際空港第1期事業の埋立て用土砂の生産用に、世界最大級ジャイレートリクラッシャ3基を、アリス・チャーマーズ社と共同受注した。

さらに、1990年代末に始まった関西国際空港第2期事業の埋立て用土砂生産用として、世界最大級（総質量650^t以上、破碎能力：毎時6,000^t）のジャイレートリクラッシャ3台と1サイズ下の2台、計5台の設計とエンジニアリングを担当し、納入した。

●セメント粉砕用「OKミル」

1984年、当社は小野田セメント株式会社（現・太平洋セメント株式会社）と共同で、画期的なセメント仕上げ粉砕用「OKミル」を開発した。

従来、セメント粉砕にはボールミルやチューブミルが活用されていた。しかし時代とともに、エネルギー効率の良いセメント粉砕機が待望され、世界の破碎機・粉砕機メーカーで本格的な開発競争が始まった。当時は石灰を硬く焼き固めたものを50ミクロン以下の粉に粉砕するには、機械の消耗度も高く、自励振動が発生して、粉砕機をうまく稼働させることも難しかった。

すでに1979年から壺型ミルの開発研究を始めていた当社では、1980年から小野田セメント（株）（現・太平洋セメント（株））と共同開発を行い、翌1981年には同社工場内にパイロットプラントを設置し、実証試験を繰り返した。そして、各部材の剛性を高め、振動対策と性能最大化設計に取り組むなど技術レベルを高め、1984年、ついに製品化に成功した。

その後、1993年にはデンマークを本拠とする世界最大のセメントプラント機器メーカー「F.L.Smith/Fuller」社（現・FLSMIDTH社）にOKミルの技術供与を行い、世界への拡販を開始した。

ゼロ成長時代への対応

●高性能破碎機の製品開発

1992年、当社はジョークラッシャ「アストロジョー」を、翌1993年にはコーンクラッシャ「アストロコーン」を開発し、販売を開始した。

アストロコーンは圧縮旋回式のコーンクラッシャで、高負荷容量の転がり軸受と静圧軸受を採用し、機械損失を従来機に対し4割低減させた製品であり、土木・建築業界の工事量減少に伴い骨材需要が低迷する中で、製造コストの低減や骨材品質の向上のニーズに応え、高いシェアを維持し続けた。

1990年代半ばから破碎機の高性能化・高効率化と開発費・開発期間の圧縮などを目指し、破碎プロセスの理論体系化を進め、圧縮型破碎機の実機性能を十分な精度でシミュレーションできる「破碎機性能設計ソフト」を完成した。この破碎機性能設計ソフトを駆使して開発したのが、2002年に発売した破碎機「ハイブリッドコーン」であった。

ハイブリッドコーンは、「単粒子破碎ゾーン」「粒度調整ゾーン」「整粒ゾーン」を融合した「ハイブリッド破碎室」を採用し、破碎比が5.0～7.0（従来機の2～3倍）と、2次・3次破碎段階では世界最高の性能を誇り、従



コーンクラッシャー「アストロコーン」



2002年発売の破砕機「ハイブリッドコーン」



小野田セメント株式会社と共同開発したセメント仕上げ用粉砕機「OKミル」

来は2台以上の工程で破砕していたプロセスを1台で達成可能とし、また、高破砕比を有しながらも、従来機と同等以上の製品品質を維持可能とした。業界の評価も高く、発売開始後、2年間で5台の納入にいたった。

その後、衝撃式破砕機の理論体系化も進め、2002年より既存メニューの高性能化改良を手がけ、「アストロジョー・Eシリーズ」「アストロコーン・Eシリーズ」「ペプラス・Eシリーズ」を戦略的に市場投入している。

● 砕砂需要への対応

1997年、当社はケージタイプのスーパーミルを上市し、増加する砕砂需要への対応を開始した。そして1998年に骨材・砕砂用型ローラミル「アストロGSミル」を開発し、販売を開始した。

これは、当社が1980年代前半に小野田セメント(株)と共同開発したセメント仕上げ用粉砕機「OKミル」の粉砕技術をベースに、砕砂とコンクリート用砕石の生産に最適な破砕機構開発に挑んだ成果であった。このGSミルは、層圧縮粉砕時の摩砕効果によって、骨材・砕砂の高品質化、特に粒形改善が達成可能となった。

これにより、100mm程度の二次破砕物から、直接「砕砂」と「砕石」の同時生産が可能で、従来の三次破砕機・粒形補正機・製砂機の3役をGSミル1台に集約し、砕石プラントの大幅な簡略化を図ることができた。GSミルは製品粒形が優れるだけでなく、製品粒度の調整が可能である。また高含水原料にも対応でき、乾湿を問わずあらゆるプラントに適合する。運転監視・遠隔操作もでき、低振動・低騒音で作業環境の改善にも役立つ次世

代型骨材・砕砂生産機である。

その後、振動ふるいと微粉の風力分級を1台でこなせるエコセパレータを開発・上市し、スーパーミル、GSミルを組み合わせることで乾式砕砂製造に対するメニューの拡充を図っている。

さらに2004年には、主に砕石余剰品である7号砕石から高品質砕砂を製造できる「ハイブリッドサンドシステム（衝撃式製砂機／ハイブリッドペブとエコセパレータの組合せ）」を開発・上市し、業界の好評を博して拡販中である。

環境対策技術を追求する

● 汚泥再生のエコサンドリサイマ

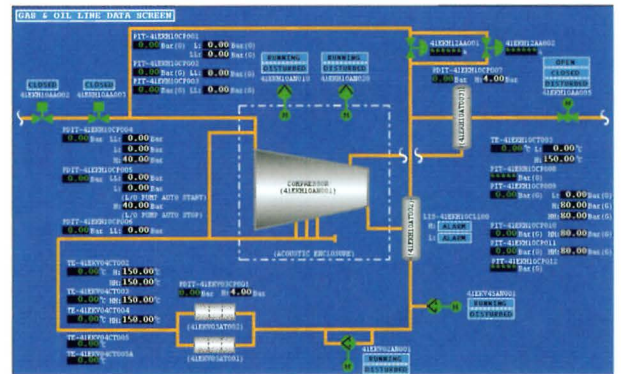
1999年、当社は砕石濁水ケーキを固化処理する世界初の装置「エコサンドリサイマ」を開発し、販売を開始した。

コンクリート用骨材などに活用される砕砂は、川砂、海砂などの資源枯渇問題などで、毎年、生産量が増加しているが、副産物として発生する濁水ケーキは、含水率が高いため資源有効活用の点からも、その処理方法が砕石業界全体の課題となっていた。

当社では、安定で高品質な製品を低コストで生産するために、水熱反応を用いた泥土固化技術を活用し、砕石プラントから発生する濁水ケーキに生石灰またはセメントを混合させ、水熱反応させる処理システムを開発した。この処理システム「エコサンドリサイマ」によって生産される製品は、自然石に近い強度を有し、処理コストが



石濁水ケーキを固化処理装置「エコサンドリサイマ」



コンプレッサ用HMI

従来の焼結固化の5分の1程度となった。碎石濁水ケーキだけでなく、建設汚泥、浚渫汚泥、石炭灰、焼却灰などの処理にも適応でき、再生砂やエコ建材など用途に合わせた製品の生産が可能となった。

● 土壌浄化技術の開発

「エコサンドリサイマ」によって確立された水熱反応による泥土固化技術を活用して、当社は2002年、重金属類に汚染された土壌を浄化する新技術を開発した。これは、鉛や六価クロム、水銀、カドミウム、ヒ素などの重金属を従来法に比べて高効率、かつ低コストで処理することができる、画期的な土壌浄化技術であった。

土壌汚染の大部分は「VOC（揮発性有機化合物）」とPCB、ダイオキシン類、鉛や六価クロムなどの重金属類である。「VOC」については近年、多くの浄化技術が開発されてきた。一方の重金属類に対しては、セメント固化や、高温での溶融または焼結などの方法が採用されてきた。しかし、処理コストが高い、浄化効率が低いなどの制約条件があった。

そこで、1999年に開発、商品化した、「水熱反応」による泥土固化処理システム「エコサンドリサイマ」をベースに、水熱反応による重金属無害化技術を融合させ、あらゆる重金属類を“封じ込め”、かつ処理コストが低い土壌浄化技術を開発した。

この画期的な技術は、重金属を含む石炭灰、焼却灰、汚泥等の産業廃棄物にも適用されている。

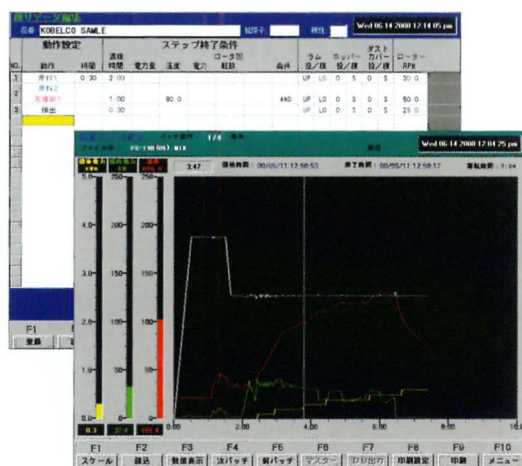
【システム制御技術】

● システム制御技術の展開

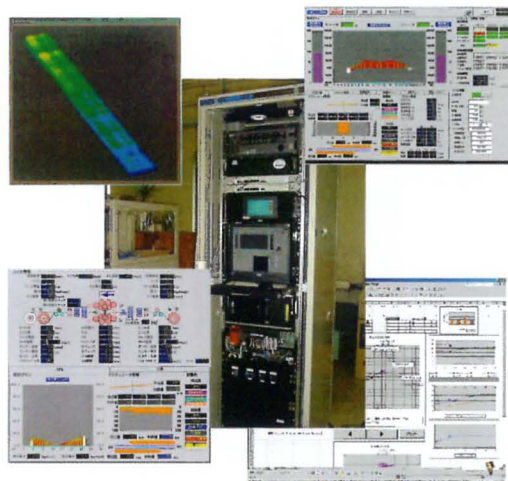
1971年のマイクロプロセッサの誕生に代表されるマイクロエレクトロニクスの進展により、産業機械制御システムは大きく変化した。

産業機械を稼働させるうえで必要な論理処理を電磁リレーの組み合わせで実現する時代がようやく終わり、PLC（Programmable Logic Controller）による処理への転換が始まった。続いて、コンピュータが制御システムに適用され、CPU性能の向上と相俟って、従来は不可能であった実時間演算を用いたモニタリングや分析処理が行えるようになった。さらにDSP（Digital Signal Processor）の制御機器組込みなどにより、実時間でのソフトウェア（フルデジタル化）制御なども可能となり、当社各製品に適用されるようになった。パワーエレクトロニクスの進展とマイクロエレクトロニクスの結合によって、電動機などの強電分野でのデジタル制御も範囲を拡大しつつある。制御システムは、必要な処理を実現する段階から、機械システム全体が有するポテンシャルを最大限に活用し増強するための手段となったのである。

一方で、HMI（Human Machine Interface）を充実させるタッチパネルなどの機器が浸透し、機械システムに用いられる諸情報は機械を制御するだけでなく、人間の知見や過去の知識資産を統合させるために効果を発揮するようになった。稼働後に機械を長期使用するのは世界中のユーザーであり、HMIはユーザーが持つ知見を統合するうえでも重要性を増している。



MPコントローラ画面



AFC用制御システム

産業社会での大規模な生産拡大は今も活発に続けられているが、量から質へ、さらに個人へ、生産システムは社会の構造変化に対応して急激に変化している。産業機械は生産システムの末端にあると同時に、実生産と直結したデータの授受を行う重要な結節点となった。個々の装置のみならず、生産システムネットワークの一部をユーザーに提供する事例も増えてきている。

制御システムは今後も強固な技術基盤の上で新しい技術成果を利用し、機械システムの新しい発展に寄与し、広汎な社会変化に対応するうえで、今まで以上に重要な役割を担っていくと考えられる。

●デジタル処理～プロセスコントロールへの適用

タイヤ試験機では、1975年に、国内で初めて従来のアナログ演算方式からマイクロプロセッサによるデジタル演算方式を達成し、その後、マイクロプロセッサの進展とともに、制御装置の16ビット化、32ビット化へと押し進め、さらなる高速化・高精度化を遂げた。

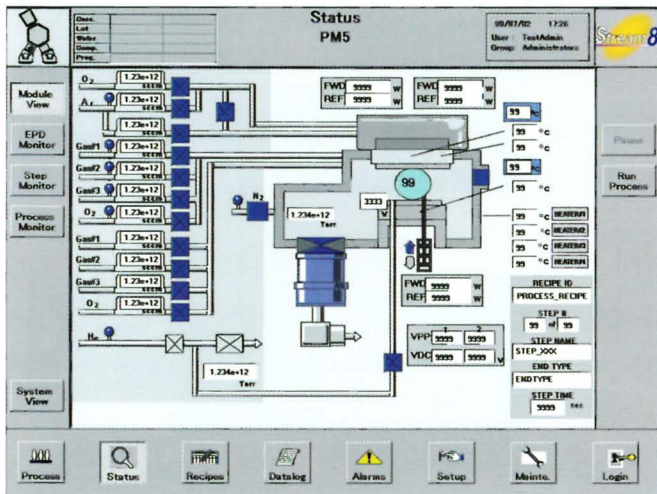
MPコントローラはゴム混練ミキサを対象として開発され、最適な混練条件をレシピデータとして管理・運用することにより、生産ノウハウの蓄積と自動運転を可能とし、生産性の向上、品質保持、トレーサビリティ支援等、混練工程のFA化に大きな効果を発揮している。また、初期の専用ボードタイプから、国産PCタイプを経て、現在は第3世代のWinMPとなり、近年注目されているシリカ配合練りに必要な低温練り機能を装備するなど、常に市場のニーズとともに進化を遂げている。

サーボモータの高度化に伴って、油圧駆動から電動化

への転換も始まった。1987年には、タイヤ試験機の電動化による高精度化を実現し、1994年には塗装ロボットのフルデジタルサーボ化による高速・高精度化を実現した。これらは、光ファイバー関連装置に波及し、1994年にイギリスのヒースウェイ社より導入した技術の国産化の際、コンピュータおよびACサーボモータ採用によるフルデジタル化を実現し、調整ノウハウのパラメータ化によって、短期立ち上げと高採算受注に寄与した。

箔圧延機分野では、1981年に当社独自のビスラ板厚制御装置を開発したのを皮切りに、1983年には、ドイツのBFIからセンサ技術を導入した、板幅方向に圧延材の形状を測定するセンサローラからのモニター情報を基に、複数のアクチュエータを同時に制御して圧延材の形状を最適制御する自動形状制御装置AFC（Auto Flatness Control）を開発した。これにより、現場オペレータの勘と経験に拠っていた操業技術の自動化に成功した。制御モデルとして、現代制御理論を応用し、独自開発した多変数最小二乗法による最適化モデルを適用した。1989年には多段ミルにも適用され、1990年にマスフロー自動板厚制御を開発、その後改良を重ね、2005年にはステンレス箔厚み $25\mu \pm 0.2\mu m$ の高精度を達成した。これらの実績が評価され、すでに設置された他社製圧延機への適用事例も多い。

製鉄機械分野では、1980年代後半から性能アップを織り込んだ既設プラントの更新案件対応が多くなり、操業停止期間を最短としたうえで、保守性・応答性向上のために直流モータから交流可変速モータへ、精度向上のため



CTCSS画面



Windows World Open 製造部門において世界優勝（1999年）

めにアナログからデジタル化、高速演算・高信頼性プラントコントローラ採用など、設備に合った最新技術を導入している。これらにより、製品精度・歩留まり・信頼性・保守性向上など客先共通ニーズに対応している。

エネルギー分野は今後最も伸張が期待される産業分野であり、すでに回転機械の納入に市場展開が進んでいる。そこに使用されるモータや発電機についても、パワーエレクトロニクス技術の進展により、エネルギー効率を最適とするシステムの開発が進められている。

●人（ひと）のためのシステム～HMIの拡充

1980年代後半以降、HMIや運転監視モニター用に、すべての製品にパーソナルコンピュータ化（PC化）が促進されていった。樹脂機械では、2軸押出機KTXのFA化により、約50台のコントローラ納入実績を上げ、大型LCM分野では、DCS（分散制御システム）の機能分化により、約10セットのPCモニタリング装置を納入した。高機能商品部のIP、PVD装置でも、「タッチスイッチ」、「文章情報」、「絵情報」などのGUI（Graphical User Interface）をベースとした人に優しいHMIへの転換を進め、最近では、ネットワーク技術をベースに、通信回線を利用してリアルタイムに機械の状態を監視する遠隔故障診断機能を搭載し、海外のユーザーから高い評価を受けている。

変化の早い生産ネットワークシステムにフレキシブルに対応するための手段として1998年に開発したCTCSS（Cluster Tool Controller Software System）は、複数の生産モジュールを容易に統合し、制御システムと連携し

てHMIを生成する手法が評価され、1999年にアメリカで開催されたWindows World Open製造部門において世界優勝という成果を得た。現在、上記のPVD制御装置に適用され、2005年時点で国内外72の適用実績を数える。

画像処理技術を応用した自動車用鋼板のキズ検査装置（Super-I）やプリント基板検査装置（BGA検査装置）など、省人・省力化の流れのなかで自動検査分野へのチャレンジも進めていった。

●ネットワーク化の進展～有機的結合へ

機械装置は生産設備の部品として単独で稼働するのではなく、納入先の生産システムと結合して、効率的な生産活動を実現することが要求されるようになっている。

タイヤ加硫機制御装置においては、加硫プロセス制御装置として1988年に神鋼電機（株）と共同で専用コントローラを開発し、東南アジアを中心に約150台の納入実績を上げた。近年は汎用コントローラ（シーケンサ）にて構成した約20台の加硫機間をネットワークで接続し、集中監視を行うシステムについても1999年以降に4セットを納入して、加硫機のインテリジェント化に寄与している。

圧延機分野においても1980年代後半より、業界のニーズが単なる圧延機固有の制御のみならず、圧延機設備全体の保守・管理・監視という領域にまで及んできた。1997年、当社の持つ「計測・制御・管理・保守・監視」というノウハウに、新たにネットワークという要素を加えたKOS（コベルコ オペレーションガイダンス システム）を、当社の多段ミルに実機適用した。操業データ・生産管理情報・保守計画などを一元管理するシステムを

目指した発展途上システムである。

産業機械の納入先や部品の購入先のグローバル化に伴い、ハードウェア、ソフトウェアとも世界規格への対応が必須になってきている。ミクロ的には個に向かう社会構造の変化があり、それに対応していく必要があるが、

マクロ的には環境や安全のキーワードは世界共通であり、機械システムはライフサイクルのなかでの管理が徹底されていく。ひとつの機械のためという見方ではなく、時間軸を含めた生産システム全体という観点から展開していくことが制御システムの次の課題となっている。

3. エンジニアリング部門

「エネルギー・化学」分野—国内外で活躍する各種プラント—

高度なプラント建設・施工技術

●国内市場開拓に注力

1985年（昭和60）は、当社のプラントビジネスの大きな転換点であった。同年9月の「プラザ合意」によって急激な円高となったことで、海外プラントビジネスが死活問題となったのである。

1982年に受注したアルジェリアのLPG回収プラント（年産約120万^ト・1986年完成）や、マレーシアの肥料プラント（アンモニア日産1,000^ト・尿素1,720^ト・1986年完成）、1985年に受注したエクアドル向け石油精製プラント（日産1万bbl・1987年完成）の後、1987年にタイ向けポリプロピレンプラント（年産10万^ト）、1988年にソ連（現・ロシア）向けポリエステルプラント（年産5

万^ト）、1990年にナイジェリア向けポリエチレンプラント（年産25万^ト）を受注したものの、全体として海外需要は激減した。

こうした状況を打開するために精力を注いだのが国内化学プラント市場の開拓だった。1986年2月に、岩谷産業株式会社から同社堺ヘリウムセンター（ヘリウム充填装置）を、翌1987年には出光石油化学株式会社千葉工場向けの α オレフィン設備（年産5万^ト）を受注した。また同年、大分県の官民共同LPG備蓄基地に建設中だった国内最大級の43,000^ト平底低温二重殻LPGタンクが完成するなど、実績を積み重ねていった。

さらに1990年には、大塚化学株式会社徳島工場にセファロポリン系抗生物質中間体“GCLE”の商業生産プラント（年産150^ト）が完成した。これは、医薬品原料プラント分野における当社の初受注・完成プラントで、反



夜間電力利用型空気分離装置 夜間時間帯に液化循環システムを自動起動して液体酸素・窒素を製造し、電気代の高い昼間時間帯になると自動停止させることで従来比2割ダウンのコスト低減を実現



アルミプレートフィン式熱交換器「アレックス」

応器、槽、タンク、熱交換器、ポンプ、遠心分離器、乾燥機など約400基の機器で構成され、制御装置は自動化バッチプロセスに対応している。

また、超臨界水を用いたケミカルリサイクルプロセスの開発にも取り組み、武田薬品工業株式会社と共同で、ポリウレタンフォームや塗料、接着剤などの主原料として多用されている「TDI(トリレンジイソシアネート)」の製造工程から出てくる蒸留残渣を超臨界水を用いて短時間で加水分解し、分解生成液からTDIの中間体「TDA(トルエンジアミン)」を回収するプロセスを開発した。1998年1月、武田薬品工業株式会社鹿島工場で、このプロセスを採用したプラスチックケミカルリサイクルプラントが、世界初の商業運転を開始した。

なお、神戸製鋼グループにおけるプラントエンジニアリング業務を効率的に展開するため、2002年4月、各種プラント建設を行っていた神鋼プラント建設株式会社(現・株式会社神鋼エンジニアリング&メンテナンス)に、化学プラントに係わる営業・技術機能を移管・一本化した。さらに、2005年8月には、エネルギープラント関連メニューも移管し、同社において各種プラントの幅広いメニュー展開が可能となった。

●空気分離装置技術

1990年代初めに開発した夜間電力利用型空気分離装置は、安価な夜間電力料金に着目し、夜間の時間帯に液化循環システムを自動起動して液体酸素・窒素を製造し、電気代の高い昼間の時間帯に自動停止させることで、従来比2割のランニングコスト低減を実現する画期的な装置で

あった。同装置は、昭和電工株式会社および岩谷産業株式会社から計4基を連続受注し、工業ガス業界の競争力向上に貢献した。また、半導体を代表とする電機・電子分野の顧客に対して多数の窒素ガス発生装置を納入した。中でも半導体工場が要求するウルトラクリーンな製造環境に対応するため、不純物をppbレベルまで低減した超々高純度の窒素装置を開発し、大同酸素株式会社(現・エア・ウォーター株式会社)経由KTIセミコンダクター株式会社(現・マイクロンジャパン株式会社)に納入した。

1994年には、韓国の韓寶鉄鋼向けに、当時世界最大級となる超大型酸素装置(50,000Nm³/h)3基を受注した。さらに1990年代後半から2000年代にかけて、資源問題、環境問題から注目されてきた、石炭や残さ油をガス化して発電するガス化複合発電(IGCC)用の空気分離を株式会社日立製作所および三菱重工業株式会社から受注し、また廃棄物ガス化溶融用の空気分離装置をJFEエンジニアリング株式会社から2基受注するなど、資源・環境面のニーズに対しても積極的に取り組んでいる。現在では、住友金属工業株式会社向け並びに新日本製鐵株向けの大型酸素装置において世界最高水準の効率を実現しており、空気分離事業の発展を通じて省エネルギー、環境保全に貢献するべく技術開発を続けている。

空気分離装置のエンジニアリングは、2004年4月にエア・ウォーター(株)と共同で設立した「神鋼エア・ウォーター・クライオプラント株式会社」において展開している。



世界最大級のリアクター



ORVのブロック据付

●アルミプレートフィン熱交換器技術

1985年、空気分離装置やガス・石油化学プラントに設置されるアルミプレートフィン式熱交換器「アレックス」の製造方法が改良された。従来、熔融塩中で行われていた「塩浴浸漬ろう付法」に代わり、「真空ろう付法」を導入することによって、より均一な「ろう付」が可能となり、大型で高圧対応の機器製作が実現したのである。

1990年代後半、「アレックス」のさらなる高圧化・大型化を目指し、「ろう付」の信頼性向上、高強度・高性能フィンの開発、厚肉溶接技術の確立、実機による耐圧性能の確認などに注力し、実機サイズの実験機を用いたさまざまな健全性確認試験を実施した。特に「アレックス」の強度を決定するフィン部は、強度部材であると同時に熱交換器のコンパクト性に関係する圧力損失や、伝熱性能を左右する重要なポイントである。そこで、自社の解析技術を活用して伝熱性能および圧力損失の傾向をシミュレーションするとともに性能確認試験や破壊試験を繰り返して、より圧力損失が少なく、しかも伝熱性能の高い高強度フィンを数多く開発してきた。そして2000年、設計圧力130BarGまで対応可能な高圧大型アルミプレートフィン熱交換器「アレックス」の製作技術を確立し、これまで天然ガス処理プラント用を中心に、欧米・中東・東南アジア諸国に数多く納入している。

●世界一のリアクター製造技術

1975年、鋳鍛鋼工場に8,000トンの大型鍛造プレスを導入したのを機に、重油水素化分解、脱硫用の鍛造製大型リアクターの製作技術開発を全社横断プロジェクトで開始

し、1980年に1号機の上市を果たした。1993年には工場クレーン能力を860トンから1,050トンへ増強し、FINA/ベルギー向け1,000トンのリアクター4基を製作した。さらに1995年にはリアクターの大型化に対応するため、播磨工場内に2,200トンの大型リアクター組立工場を完成させ、東北石油株式会社仙台製油所向けに、当時世界最大級の1,360トンのリアクター4基を納入した。

また、1994-1996年にかけて、台塑石化向けに計27基、2万トンのリアクターを受注し、世界のリアクター市場で50%を超えるシェアを確保した。

一方、1980年代後半からアメリカ石油協会主導のプロジェクトで、高性能・高強度2.25Cr-1Mo-V改良鋼の開発に着手し、技術開発本部、鋳鍛鋼工場、溶接事業部の協力を得て、1998年に世界初となる改良鋼製脱硫リアクターの1号機をChevron、USA向けに納入した。また、1999年には、Clark Oil、USA向けに1,360トンの当時世界最大の改良鋼製リアクターを納入し、業界の主導的な地位を確立した。

●オープンラック式LNG気化器（ORV）技術

1973年に開発をスタートしたORVは、LNG受入基地のベースロード型（大容量）気化器として、特に1985年以降受注台数を伸ばし、現在100基以上の実績がある。

近年、よりコンパクトで高性能なORVが市場から求められるようになり、これに 대응するために伝熱管を開発してきた。ORVの入口部は、低温のLNGの影響で伝熱管表面に海水が厚く着氷し、有効伝熱面積が減少する。この着氷を抑制して伝熱性能をアップすることを主眼



ヨルダンのJordan Cement Factories社向けプロジェクトは、当社が完成したプラントの増強工事で、原料破碎・搬送・貯蔵とセメントミルを増設した



エジプトのBeni Suef Cement社向けプラント 原料石灰石中の塩分濃度が高く、通常のプレヒーターでは詰まりやすく運転に支障を来すため、世界で初めて100%塩素バイパス設備を導入した

に、1993年に大阪ガス(株)と共同で開発をスタートさせたのが、最も新しいタイプの「SUPERORV」である。

SUPERORVの特徴は、伝熱管高さ方向中央部で構造を二つに分け、下半分の蒸発部に二重管構造を採用することで、伝熱管外表面の温度低下を抑制し、着氷厚みの成長を防止することである。着氷を抑制することで大幅な伝熱性能向上が達成され、従来型に比べて伝熱管1本当たりのLNG気化量を約3倍に増加させることができた。このSUPERORVは、1998年に大阪ガス(株)向けに第1号機を納入して以来、2001年にスペイン/BBG向けに海外第1号機の受注を経て、現在まで、海外を中心に30基以上の受注実績を有している。

「産機プラント」分野

●海外で活躍するセメントプラント

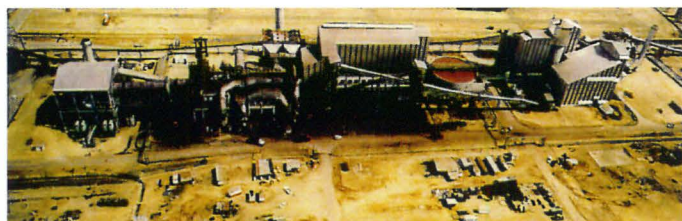
当社は日本セメント株式会社(現・太平洋セメント(株))と共同で、1979年(昭和54年)にNSP(New Suspension Pre-heater)としてDDプロセス(Dual Combustion and Denitration Process)を開発した。低公害タイプのDDプロセスは燃焼効率が良く、運転性能にも優れていることから、セメント製造プラントとして高く評価された。1980年代に入ると、このプラントによる海外進出が盛んになり、1980年代初頭から1990年代にかけて最盛期を迎えた。最近20年間の主な実績は下記の通りである。

1984年に受注したマレーシアのCement Industries Malaysia(CIMA)社向けプラント(60万 $\text{t}/\text{年}$)は24

カ月で完成し、当社によるセメントプラント建設の最短記録を達成した。低燃費を目指し、NSPには当社として初めての5段サイクロンを採用した。同じ年に受注したヨルダンのJordan Cement Factories(JCF)社向けプロジェクトは、前年に当社が完成したプラントの増強工事で、原料破碎・搬送・貯蔵とセメントミルを増設した。高砂工場製作の世界最大級の8,000kWボールミルを納入したほか、付着性の強い原料貯蔵のために大型ベルトコンベアを応用したストレージコンベアシステムを採用している。

エジプトのBeni Suef Cement社向けプラント(100万 $\text{t}/\text{年}$)は1985年に受注し、円借款の合意に時間がかかったが1994年に完成した。受注金額は約450億円で、当時のセメントプラント商談としては最大規模であった。原料石灰石中の塩分濃度が高く、通常のプレヒーター(NSP)では詰まりやすく運転に支障を来すため、世界で初めて100%塩素バイパス設備を導入した。

1997年、太平洋セメント(株)が中国と合弁で建設した一貫セメント工場である秦皇島・浅野水泥公司向けに、DDプロセス(NSP System)を納入した。同じ頃、ベトナムではMorning Star Cement社向けプラント(120万 $\text{t}/\text{年}$)を建設していた。同社は、当時世界最大のセメント製造会社であったスイスのHolderbank社(現・HOLCIM社)と、ベトナムセメント公社(VNCC)との合弁で、燃料としてベトナム北部で多量に産出するホンゲイ炭(無煙炭)を使用することになった。ホンゲイ炭は難燃性のためDDプロセスを高温燃焼型に改造し、



FMOペレットプラント ヘマタイト100%の鉄鉱石を原料とするプラント
キルンバイパス等の新技術を導入した



ガラス固化体用輸送キャスク

100%ホンゲイ炭燃焼を達成した。このプラントは1995年に受注し、1998年に完成しており、ベトナムの国土開発に大きく寄与した。

2000年、当社はイタリアのCTG/ItalCementi Gr.社からセメントプラントを受注し、日本のセメントプラントサプライヤーとして初めてヨーロッパへ進出することになった。工場の周囲には住宅地が迫っており環境規制が厳しいことから、NOx、ダスト、騒音などの対策に万全を期した。NOxを低減するために二段燃焼型の新型DDプロセスを開発し、規制値をクリアした。プラントは2003年に完成している。

●特色のあるペレットプラント

当社は、1960年にアリス・チャーマーズ社より鉄鉱石等のペレットプラントのライセンスを受け、当社製鉄所内に設置した3基のプラントを含め、これまで日本国内で7基、海外で5基（建設中含む）のプラントを建設してきた。また1996年には同社の技術を買取り、当社独自ブランドとしてプラントの拡販に努めている。当社のペレットプラントは焼成部分にセメントプラントと同様なキルンを用いることが特徴で、特に品質の高いペレットが製造出来ることを特色としている。最近20年間の主な実績は下記の通りである。

1985年には、建設を進めていたバーレーンのArab Iron Steel Company (AISCO) の年産400万トンのプラントの性能保証試験を完了した。

1991年にイランのAhwaz Steel Complex向けに受注した製鉄所全体に対する包括技術協力案件の中では、ペレ

ットプラントに対する工場診断、技術協力、トレーニング、操業・保全指導を向こう3年間にわたり実施した。

また同じく1991年には、ベネズエラのFerrominera Orinoco (FMO) 社向けの年産330万トンのプラントの案件をスタートさせた。これは当社にとって最初のヘマタイト（赤鉄鉱石）100%を原料とするプラントで、キルンバイパス等の新技術を採用した設備となっている。試運転時に発生した問題点を克服し1995年には性能保証運転を完了した。

2002年には、イランのアルダカン地区にChador-malu社向け年産340万トンのプラント案件をスタートさせ、現在据付工事が本格化している。本案件では、ペレットプラントの下流に位置するDRプラント及び上流に位置する選鉱プラントも当社が完工した実績が高く評価された。

2004年には、前述したFMO社向けペレットプラントの拡張工事（年産400万トンに拡張）を受注し、現在主要機器の出荷を進めている。

「原子力」分野—世界の原子力産業を支える先進の機器・設備—

原子力関係機器・設備の製造・施工技術

●使用済燃料輸送・貯蔵容器製造技術

使用済燃料の輸送・貯蔵容器（キャスク）は、使用済燃料の発熱を逃がす「除熱機能」、放射性物質を封じ込める「密封機能」、放射線を適切に遮蔽する「遮蔽機能」、使用済燃料が臨界状態になるのを防ぐ「臨界防止機能」など、厳格な安全機能を満たさなければならない。



燃料チャンネル



地層処分放射化学研究施設「QUALITY」



雰囲気制御グローブボックス（QUALITY内部）

1980年代初め、国内の原子力発電所からフランスの再処理工場まで使用済燃料を運ぶため、当社は、フランスのトランスニュークリア社（TN、現・コジェマロジスティック社）設計の鍛造鋼製乾式輸送キャスク「TN12」（PWR燃料12体収納）を製造して、キャスク設計・製造のノウハウを蓄積した。そして1983年（昭和58）からTN社と軽水炉の使用済燃料の輸送・貯蔵容器「TN24」（PWR燃料24体収納）の共同開発をスタートさせ、1985年に貯蔵実証試験用としてアメリカの電力会社に納入した。

1990年代に入り、「TN24」は通商産業省（現・経済産業省）から国内初の貯蔵用キャスクとしての認可を受け、1995年から、国内の原子力発電所で使用済燃料の貯蔵に活用されている。

その後、当社は「TN24」の技術をベースに、さらに安全性を高め、同時に経済性を向上させた「TK-69」（BWR燃料69体収納）と「TK-24P」（PWR燃料24体以上収納）の開発にフランスのTN社と共同で取り組み、1997年に完成させた。これは、日本とヨーロッパの安全基準を同時に満たすキャスクで、両地域での輸送が可能となった。そのほか、当社は、ガンマ線遮蔽能力の高い鉛と鋼板との多層タイプキャスクや、経済性の高い、貯蔵用の密封型コンクリートキャスクを開発した。また、1994年にも高レベル放射性廃棄物のガラス固化体用輸送キャスクを世界で初めて製作するなど、これまで200基を超える各種大型キャスクの製造実績を誇っている。

●燃料チャンネル

燃料チャンネルは、沸騰水型原子炉（BWR）で燃料のすぐ外側に取付けられるジルコニウム合金製角管である。冷却水の整流、制御棒駆動の案内面、地震時の燃料の保護などの機能が期待されており、厳しい寸法精度に加えて放射線環境下での耐食性及び耐変形性が要求される。

当社は1967年から製法技術開発に着手し、国内メーカーとしては初めて1971年に日本原子力発電株式会社に納入して以降、これまでに国内外へ約3万本を出荷している。厳しい寸法精度をクリアするための成型熱処理、ジルコニウムの特性を考慮したプレス加工及び溶接、美しい外観を確保するための最終研磨が重要な工程であり、それぞれ専用の装置を開発してきた。特に1974年には電子ビーム溶接技術、1987年には当社独自技術である電解複合研磨技術を確立するなど新しい技術の採用も積極的に進めてきた。1987年、大久保から高砂への移転時に専用工場を建設し、製造ラインの流れを改善した。さらには1990年には、品質改善及びコストダウンを図るために製造工程を大幅に見直し、その効果により、現在では国内シェアの半分を確保するとともに2003年にはフラマトム社との長期契約を締結し、海外への輸出も継続している。さらなる受注増を図るために、年産3,000本体制を早期に確立すべく活動中である。

●廃棄物処理関連技術

原子力関連技術のなかで重要なものに、原子力施設から発生する放射性廃棄物の処理技術があるが、当社はこれまで関係機関と協力して、さまざまな研究開発を積み



使用済燃料輸送容器保守施設 (f3) バスケット外面除染装置



バーナブルポイズン棒減容装置

重ねてきた。

そのひとつが、放射性雑固体廃棄物のプラズマ熔融技術で、これまで未処理のまま保管管理されてきたコンクリート片、焼却灰、廃フィルタなどの雑固体廃棄物を一括してプラズマ加熱によって処理するものである。当社は、このプラズマ熔融設備を、後述の低レベル放射性廃棄物の焼却設備とともに、日本原子力研究所（現・日本原子力研究開発機構（JAEA））から2000年に受注し、2003年2月に引き渡した。

排ガスは焼却炉の排ガスと合流して燃焼、冷却され、脱硝・ダイオキシン除去装置を経て施設外へ放出される。焼却施設は高分子系廃棄物処理用で、燃焼ガスはダイオキシン類の分解促進と再合成の抑制を行ったあと、飛灰の分離、HCl、SOxの除去、NOx、ダイオキシン類の除去を行い、放出される。

そのほか、当社が2001年に核燃料サイクル開発機構から受注した放射性液体廃棄物の処理設備がある。これは、共沈・限外ろ過操作によって、廃液中の放射性物質のスラリー側への濃縮と吸着によるろ液中の放射性物質の除去、さらに、スラリー側、透過液（ろ液）側それぞれの廃液固化処理からなる処理技術で、以前から当社が海外の再処理施設で実績のある限外ろ過技術と固化技術をベースに研究開発を重ねてきた成果である。

放射性廃棄物（固化体）を、安全に地中埋設することは重要な課題である。当社は、1989年より処分技術開発および埋設事業に係わってきた。

地下環境は地下水で飽和し、地表付近の植物起源の酸

素がほとんど存在しない還元性（嫌気性）の環境である。そのため、1991年に既存の空気分離技術などを活用し、0.1～1容積ppm以下の低酸素雰囲気中で金属腐食、化学反応などの実験ができる地下環境シミュレーション技術を開発した。当社は、この技術が活用された地層処分放射化学研究施設（QUALITY）の主要試験研究設備を、動力炉・核燃料開発事業団（現・日本原子力研究開発機構（JAEA））から1997年に受注し、1999年7月に東海事業所へ引き渡した。

また、電気事業者の埋設事業である六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センターでは、日本原燃株式会社から2期埋設クレーンを1998年に受注し、2000年8月に納入した。

●再処理工場設備・施設の開発、建設

日本の核燃料サイクル事業の根幹となるのが、青森県六ヶ所村に建設された日本原燃(株)再処理工場だが、当社では、同再処理工場の機器・設備の開発と施設の建設に係わってきた。

その一つが、使用済燃料の受入・貯蔵施設（F施設）に付属する使用済燃料輸送容器保守施設（f3施設）で、1990年に概念設計を、1994年に基本設計を開始し、1997年には詳細設計、施工設計、建設まで一括して受注した。f3施設は、輸送容器（キャスク）を除染する除染建屋と除染後のキャスクを保守する保守建屋からなっている。

また、当社では、使用済燃料の再処理時に発生する燃料集合体の構成部材「バーナブルポイズン棒（BP棒）」



白鳥大橋（1998年完成）



明石海峡大橋（1998年完成）



来島海峡大橋（1999年完成）

の減容装置の開発にも携わってきた。BP棒は燃料集合体に附属する直径約10mm・長さ約4,000mmの長尺棒である。それを、切断ブロックで数回にわたってギロチン切断する。切断時に大きなせん断力が必要なため、油圧駆動機構をベースに、加圧媒体に「油」の代わりに「水」を置き換えた水圧駆動機構を採用している。

当社は、1986年、このBP棒の減容装置開発を、電力10社および日本原燃㈱の受託研究として開始し、その後、試験装置を製作して研究を積み重ね、2004年に納入することができた。

「鋼構造」分野—地域の発展と環境保全に役立つインフラづくり—

地域の暮らしと産業の発展を支える橋梁・鋼構造技術

●長大吊橋のケーブル架設技術

1975年（昭和50年）以降、本州と四国を結ぶ本四架橋3ルート工事が本格化し、約25年にわたって長大吊橋が建設された。このビッグプロジェクトを支えた技術の一つが、当社が何十年にもわたって開発、蓄積してきたケーブル技術であった。

当社が建設に関与した長大吊橋は、関門橋（山口県と福岡県・1973年11月完成）、因島大橋（広島県・1983年10月）、大鳴門橋（兵庫県と徳島県・1985年6月）、瀬戸大橋（岡山県と香川県・1988年3月）、レインボーブリッジ（東京都・1993年5月）、白鳥大橋（北海道・1998年3月）、明石海峡大橋（兵庫県・1998年3月）、来島海峡大橋（愛媛県・1999年）などで、新日本製鐵㈱との共同企業体で受注し、施工した。

そのなかで、明石海峡大橋は世界最大の吊橋である。1993年11月、主ケーブル工事先の先がけとなるパイロットロープの張り渡し作業が始まった。支間長1,991m、全長3,911mの明石海峡大橋の場合、主ケーブルの製作も、主ケーブルの架設工事も、“世界初”の試みばかりであった。

主ケーブルを構成するワイヤには、当社が開発した引張強さが従来の160kgf/mm²を超える180kgf/mm²で、直径5.23mmの垂鉛めっき鋼線が採用された。主ケーブルは、その鋼線を工場に127本平行に束ねた「パラレル・ワイヤ・ストランド（PWS）」をさらに290本束ねて円形にした直径1.1mのもので、PWSの製作は当社と新日本製鐵㈱が担った。製作にあたっては、事前に4,000mのPWSを試作し、製作・架設法などを検討した。

●橋梁技術

1970年代、歩道橋からスタートした橋梁事業は、1986年の道路橋の初受注をきっかけに、鈹桁、箱桁からアーチ・トラス橋、ケーブル系橋梁まで、多様な構造形式のメニューに展開された。

当社の技術力を活かした工事の一つとして、1997年に四国の急峻な谷地形に架設した徳島自動車の「竹花橋」（橋長74m・支間長72.25m）および「かさこ橋」（橋長88.75m・支間長87m）がある。これらは、鋼桁とケーブルでトラス構造を形成するケーブルトラス橋で、国内の道路橋で初めて本格採用されたものであった。

また、1998年に架設した高知自動車の「太郎谷橋」は、3径間連続トラス橋の中間支点を剛結した橋梁で、



ケーブルトラス橋 竹花橋（1997年完成）



フレア護岸 広島県・倉橋町（2005年完成）

鋼製えん堤
岐阜県・菅沼谷砂防えん堤（2002年完成）

トラス橋としての新しい試みに対して、社団法人日本鋼構造協会から平成13年度業績賞を受賞した。

このように当社の橋梁事業は順調に業容を拡大してきたが、公共事業費削減の流れのなかで、事業収益の低下を余儀なくされ、今後とも市場の成長が見込めないことから、2005年10月、一般鋼製橋梁事業から撤退することを決定した。なお、当社は国土交通省および日本道路公団が発注する鋼橋上部工事に係る談合事件につき、公正取引委員会の排除勧告を応諾し、2005年12月に鋼構造物工事事業に関して22日間の営業停止処分を受けた。

今後は当社の特長ある技術を活かせる分野である、格子形鋼製えん堤などの砂防関連製品、ケーブル架設技術、フレア護岸、防音・防振関連製品に特化した事業活動を行っていくこととした。

●港湾鋼構造技術

1994年、運輸省第三港湾建設局（現・国土交通省）から「神戸港・港島トンネル」建設に係わる鋼殻ケーソン（1,048ト）工事を、三菱重工業（株）・川崎製鉄株式会社（現・JFEエンジニアリング株式会社）・戸田建設株式会社との共同企業体で受注した。同トンネルは神戸市街と対岸のポートアイランドを結ぶ道路トンネル（全長1.6km）で、2001年7月に開通した。

港島のケーソン製作を皮切りに、広島港や静岡県清水港のケーソン、名古屋港のジャケットなど港湾鋼構造物の製作に携わっていった。そのなかで当社の橋梁工場始まって以来の最大・最重量の構造物が、2002年、沖縄総合事務局から受注した、那覇空港への新バイパスとなる

海底トンネル用の沈埋函（長さ90m・幅36.9m・高さ8.7m・重量2,900ト）であった（全8函のうち、当社担当は4号函）。

また、当社が独自に開発したものとして「フレア護岸」がある。「フレア護岸」は、護岸高さを低く保ちながら、高潮などによる越波を低減できる防災・環境・景観性に優れた護岸であり、技術開発本部、株式会社コベルコ科研とのプロジェクト的な開発により実用化された。2004年に広島県倉橋町（現・呉市）で最初の工事が施工され、以降、各所で採用・検討が進んでいる。

●鋼製えん堤技術

1979年、建設省新庄工事事務所（現・国土交通省新庄河川工事事務所）から「小六郎沢えん堤」工事を初めて受注し、直径50～60cmの鋼管の柱と梁を立体的に組み合わせた「格子形砂防えん堤」を製作し、現地施工した。

土石流を防ぐにあたり、すべての土砂を堰き止めてしまう従来のコンクリート製えん堤に比べ、無害な土砂は流下させ、巨礫や流木を捕捉するのが鋼製透過型えん堤である。通常は川の流れを変えず、水生生物が自由に行き来できるため環境保護や景観保全の点からも高く評価され、1990年代以降、各地の河川で採用されるようになった。

当社の格子形砂防えん堤は、環境面だけでなく、立体格子剛構造のため土石流で一部が破損しても全体崩壊にいたらないという安全面、さらには工場プレハブ化された部材を現場で組み立てるだけのために短期間で架設できるという施工面でも、優れた特徴を持っている。



横浜新都市交通株式会社の「金沢シーサイドライン」



神戸新交通株式会社の「六甲アイランド線」



ロープウェイとモノレール技術を組み合わせた簡易型交通システム「スカイレール」

格子形えん堤の採用は1990年代に入って大きく伸び、1995年度に100基目を数えた後、2005年には累計で450基の設置実績となった。

また、2002年には、剛構造である格子形えん堤に対し、柔構造の鋼製透過型えん堤として、リング状のネットを用いた「ワイヤネットえん堤」を開発し、国土交通省松本砂防事務所と立山砂防事務所で施工した。急峻地で河床に手を加えなくても設置、施工できる特徴が認められ、2005年に社団法人砂防学会砂防技術賞と国土技術開発賞を受賞した。

「新交通」分野—安全、快適な都市型交通システムを構築—

現代都市の居住性と移動性を高める新交通システム

●新交通システム

新交通システムは、渋滞とは無縁な専用高架ラインを、コンピュータ制御の無人運転方式で、安全、快適に定時運転できる都市型の中量輸送システムとして、1975年（昭和50）前後から大きな注目を集めてきた。

1985年以降、当社が設計・建設を担当した「新交通システム」には、1989年の横浜新都市交通株式会社「金沢シーサイドライン」（10.6km）、1990年の神戸新交通株式会社「六甲アイランド線」（4.6km）、1994年の広島高速交通株式会社「広島新交通1号線」（18.4km）があり、1995年には東京の話題スポット「お台場」と新橋を結ぶ、株式会社ゆりかもめの「東京臨海新交通臨海線」（11.9km）が開業した。さらに同線の延伸工事により、2001年には新橋駅が、2002年には汐留駅が開業した。現

在、ゆりかもめ「豊洲延伸工事」および神戸新交通株「ポートアイランド線空港延伸工事」が進められており、2006年に開業する予定となっている。

●「ガイドウェイバス」と「スカイレール」

当社が開発に係わってきた小規模な新交通システムに「ガイドウェイバス」と「スカイレール」がある。

1989年、福岡市で開催された「アジア太平洋博覧会」で、「ガイドウェイバス」が幹線輸送システムに採用された。そして福岡市および西日本鉄道株式会社と共同で営業運転を行い、半年間の開催期間中、約90万人を無事故で運んだ。「ガイドウェイバス」とは、案内輪をつけたバスが専用軌道と一般道路を区別なく走行する、2ウェイ方式の新交通システムで、1984年以来、官民共同開発を行ってきた（当社は民間側開発グループの代表）ものである。1994年には、名古屋市・JR東海バスなど出資の名古屋ガイドウェイバス株式会社が設立され、当社は共同企業体の一員として日本初の実用路線「志段味線」の軌道新設工事および車両製作に参加した。2001年3月には名古屋ガイドウェイバス「志段味線」が運行を開始し、2005年5月に乗客数1,000万人を突破した。

一方、「スカイレール」は、1993年に当社が三菱重工業(株)と共同開発した、ロープウェイとモノレール技術を組み合わせた簡易型交通システムである。通常、ロープをつかんで走行するが、駅の進入や発進時はロープを放し、軌道上に設置されたリニアモーターにより加減速して運転される。丘陵地の少量輸送に最適で、ゴムタイヤ式新交通システムやモノレールに比べ、建設・運営コスト



ゆりかもめ

が低い交通機関である。

1996年、広島市安芸区のJR瀬野駅前の「みどり口」駅と新興住宅地内の「みどり中央」駅との間で運行されることが決まり、建設が開始された。路線は勾配の急坂を上下するもので、1998年に工事が完成し、開業した。

●台湾中正国際空港向けの新交通システム

1997年、当社は株式会社新潟鐵工所（現・新潟トランス株式会社）と共同で、台湾中正国際空港向けの新交通システム（PMS）を受注し、2003年1月に開業を果たした。

このPMSは、台湾中正国際空港内の既設ターミナル1と新設ターミナル2を、北路複線1本、南路複線1本の計4本で結ぶ路線である。当初は、南北路線とも1両単車運転という仕様だったが、のち変更され、南路線のみ2両1編成となった。同空港には、将来、第3ターミナル建設計画があり、今回のプロジェクトは「Phase 1」、将来対応を含めた最終的なプロジェクトは「Phase 2」と呼ばれている。

2003年の開業後、99%以上の稼働率を達成し、空港利用客の“足”としてフル回転している。

