

荏原100年技術概史

— 第Ⅱ部 —

1970年代後半から現在まで

〈エバラ時報200号記念特集号（2003-04）抜粋，そして現在まで〉

当社は創業時からの事業であったポンプをはじめとする水力機械，それを応用・発展させたブロワ・圧縮機・冷凍機など，産業用及び社会基盤整備用の機械製造分野で確固たる地位を築いてきた。その後，単に「水と空気」を送るだけに止まらず，廃棄物・排水の処理施設，更には大気汚染・水質汚濁の防止施設など，「環境保全」に関わる分野に積極的に挑戦し，多くの優れた実績を残してきた。これらに加え，1980年代後半には高度情報通信社会には不可欠な半導体製造に関わる精密電子分野，あるいは新エネルギー分野や新規分野向け機械装置など，新しい事業分野への進出も果している。

その後，バブル経済の崩壊や，米国のITバブル崩壊，サブプライム問題，そしてリーマンショックなど世界規模の経済低迷を経験する中で事業の選択と集中を行い，風水力，環境，精密・電子という3つが事業の柱となって創業100周年を迎えるに至った。

風水力事業は，創業以来の中核事業として，「ポンプ」，「コンプレッサ（圧縮機）・タービン」，「冷熱」の3主要事業で世界トップレベルのポジションを磐石にすべく，グローバル市場での競争優位実現を目指している。

環境事業は主力市場の国内公共部門において，社会インフラの成熟による新施設建設（EPC）の減少と，老朽化施設の延命化・更新案件や「官から民へ流れ」による運転管理・事業運営（O&M）の拡大に対応するため，2009年に，EPCとO&Mを一体運営する「水処理事業会社」と「廃棄物処理事業会社」に事業を再編した。

更に，「水処理事業会社」は，事業型プロジェクト及び海外プロジェクトなどの成長分野による水市場の拡大という事業環境の下，2010年に三菱商事(株)と日揮(株)との共同経営体制となった。

精密・電子事業は主力市場である半導体分野において技術的優位による高シェアを維持するため新モデルを継続的に投入すると共に，非半導体分野におけるシェア拡大に注力している。

1954年発足の技術部研究課を起源とする研究所体制は2009年に解散し，事業部に統合となった。研究所が担ってきた基礎研究開発は，広く大学等とも連携して創業以来の開発精神を継承すべく，EOI（Ebara Open Innovation）として展開している。

1. 風水力事業

1973年の第一次石油ショックにより，その後数年間は官公需を除いて仕事が大幅減少という厳しい状況を経験した。その後1970年代後半当時のエバラ時報には，海外向け水道，電力，石油化学プラント用各種ポンプ，圧縮機に関する記事が多数掲載されており，事業活動がほぼ復調したことを示している。

この時代，海外市場への本格的な参入により，世界レベルの技術開発，製品開発の必要性が強く認識され，当社中央研究所においては流体機械技術を中核とした各種の基礎技術開発が，各工場の開発部門においては中央研究所の成果を利用した新製品シリーズの開発が盛んに行われている。こうした努力の結果，1980年代前半には当社のカスタム系風水力製品は，文字通り世界に通用する製品として成長し，以降の技術論文では“世界初の…”，あるいは“世界最高性能の…”といった記述が多数見られるようになった。一方，国内産業は石油ショックを境にして重厚長大形から軽薄短小形へと進化し，カスタム製品分野においても大形高性能化の追求一辺倒から，高機能性，省エネルギー性の追求へと徐々に市場ニーズが変化し始めた。

当社がこの時期に開発した，耐すさま腐食材料採用の海水ポンプ，ポンプ逆転動力回収水車，ガスエキスパンダ，鉄鋼プラント用急変速流体継手などプラントシステムの高信頼性化，省エネルギー化に貢献する各種の新製品群は市場から高い評価を得ている。1980年代後半はバブル経済下で空前の高景気に恵まれたが，1991年になって，バブル経済の崩壊が明らかになると，市場は技術競

争からコストダウン競争へと変質し始めた。

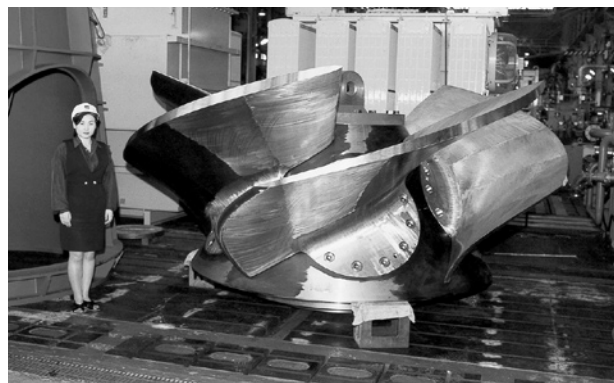
当社はこうした経済環境の中で、1995年にはターボ機械の羽根車設計においてコンピュータ解析を駆使した“逆解法設計技術”を世界で初めて実用化した。これはコンピュータの発展により数値解析への距離が縮まったことによるもので、構造解析による低振動化を目的としたポンプ機場の解析や、海水腐食の予測を目的とした防食解析による機場全体での評価なども実施され効果を上げている。

一品生産のカスタム系製品と異なり、数千～数万台/年の量産を前提とした標準ポンプについては、鋳物製からより高性能・低価格なステンレス製へと製法の転換が推進され、1976年の第1号製品である水中ポンプPONTOSシリーズ以来、今日では、ステンレスポンプはグローバルブランド商品として当社のイタリア工場を中心に数多く生産している。国内の標準ポンプ市場はバブル崩壊とともに新規需要が減少し、取り換え需要へと市場構造が明確にシフトしていく中で、一層の省エネルギー化、低メンテナンスコスト性が求められるようになった。更には、地球温暖化問題を背景とする社会的省エネルギー要請により、ユニット製品を中心としてポンプもそれまでの固定速度形から可変速形へ、電動機も誘導形から高効率性、コンパクト性に優れた永久磁石同期形へと進化し、インバータ、コンピュータ制御システムと一体化することで高い省エネルギー性、高信頼性を有する製品へと発展している。

1-1 水力機械

1-1-1 大型ポンプ

1978年に相次いで本格運用に入った毛馬、日光川河口、三郷の大容量排水機場を始めとして、数多くの大容量排水機場に排水ポンプを納入している。揚程の低い排水機場には軸流ポンプが、揚程の高い排水機場（全揚程5～15 m程度）には斜流ポンプが可動羽根形も含めて採用されている。斜流ポンプでは1988年に口径2800 mm立軸ポンプを、またチューブラポンプとして1987年に口径2200 mm可動羽根ポンプを納入した。渦巻ケーシングを用いた斜流ポンプは干拓事業、洪水対策事業の主排水ポンプとして採用されている。排水ポンプ設備として国内最大規模である首都圏外郭放水路の庄和排水機場向けに1台当り50 m³/sの排水能力をもつ超大型立軸渦巻斜流ポンプを4台納入した。また新川河口排水機場（口径4200 mm横軸可動翼軸流チューブラポンプ）や大和田機場（口径3600 mm立軸軸流ポンプ）等では、機場の老朽化に伴いそれぞれポンプの更新や改修が行われている。



12-117 01/237

吐出し量50 m³/sポンプのインペラ

12-117 02/237

二相ステンレス製立軸製缶ポンプ

また、都市部の集中的な降雨に対応するために、瞬時に排水運転が可能な先行待機運転が開発され採用されるようになり、東京都下水道局を中心に全国的に採用されるようになった。

海水ポンプでは国内外の火力発電所や石油プラントに加え、1970年代後半から中近東向け海水淡水化用ポンプを多数製作している。海水ポンプは国内外の発電所用循環水ポンプ、オイル&ガスプラント用冷却水ポンプ、造水プラント用ポンプとして幅広く使用されているが、近年ではオーステナイト系ステンレス鋼やニレジスト鋳鉄のような従来材料から二相ステンレス、スーパー二相ステンレスのように、より耐食性に優れた材料が採用されるようになった。特に中東地域に納入される海水ポンプの材料はほぼ二相ステンレス系であり、立軸斜流ポンプや両吸込渦巻ポンプ等機種にまたがって採用されている。なお、同材料は従来のオーステナイト系より強度的に優れており、薄肉化が可能なことから特に立軸ポンプでは製缶化することで軽量化が可能となった。

上水道としては両吸込渦巻ポンプが多くなり、1台当たりの吐出し量が大幅に増大した。代表的なものとして口径1500×1000 mmの両吸込渦巻ポンプを東京都水道局練馬給水所に納入している。そのほか、水道用としては湿式水中モータポンプがある。2001年、岩国市水道局前河原水源地に380 kW (6 P, 6600 V) を納入しているが、この高圧湿式水中モータは当社で製作している。送水ポンプとしては、中国山西省万家寨プロジェクトの納入した立軸単段片吸込渦巻ポンプは高揚程・耐摩耗ポンプで、単機12000 kWと世界最大級である。米国ラスベガスに納入した立軸多段斜流ポンプは、ポンプ長さが約88 mと大型ポンプでは当社史上最長の上水用取水ポンプである。

下水道用の汚水ポンプには、通路面積を広くとった羽根車と通路に障害物のない渦室からなる立軸片吸込渦巻ポンプが多く採用されるようになった。1979年にカナダモントリオールには同型式の口径1350 mmのポンプを17台納入した。

またインド向けにかんがい用として複数の吐出し口径2000 mm以上の大型立軸渦巻斜流ポンプを30台近く納入したがこれらはインド国内メーカーと共同で製作した。

また特殊用途として緊急排水用ポンプの排水量アップと軽量化を図り、災害対策用として貢献した。

1-1-2 高圧ポンプ

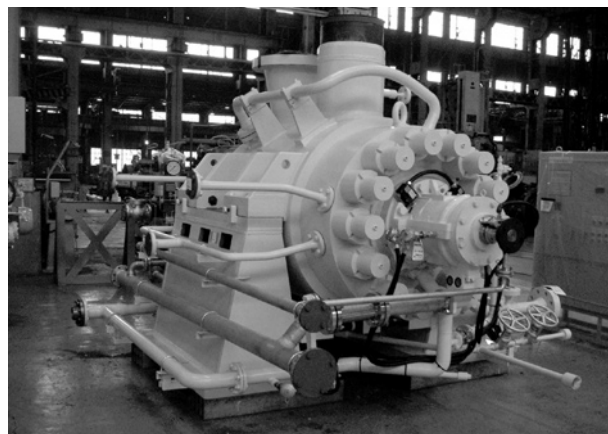
高圧ポンプは長い歴史の中でその用途を拡大してきたが、代表的なのはボイラ給水ポンプ（BFP：Boiler Feed Pump）で、国内外の火力発電所に数多く納入している。

我が国では1970年代から35万～100万kW級の大型超臨界圧力プラントを中心に建設されてきた。更に超々臨界圧力プラント、改良型コンバインドサイクルプラントが建設され、こうした変遷に伴うBFPの諸課題を慎重に解析、克服しこれらに納入してきた。

原子力発電所用には、1962年に日本原子力発電(株)東海発電所にRFP（原子炉給水ポンプ）を納入して以来、各種用途の高圧ポンプを納入している。

製鉄所向けとして、デスケリング装置がある。我が国の製鉄所の発展に歩調を合わせながら、規模を拡大し、当社独自の急変速流体継手とカップルで押し込み圧30 MPaの超高压急変速デスケリングポンプを実現するなど、国内外に向けて30 MPaを中心に数多く納入している。

高圧ポンプの用途は多岐にわたってきており、海水淡水化プラント、オイル&ガスプラントにおけるハイドロカーボン、アミン、400℃近い熱油、高濃度H₂S + 高濃度CO₂液のチャージポンプ、動力回収タービン、更には、



12-117 03/237

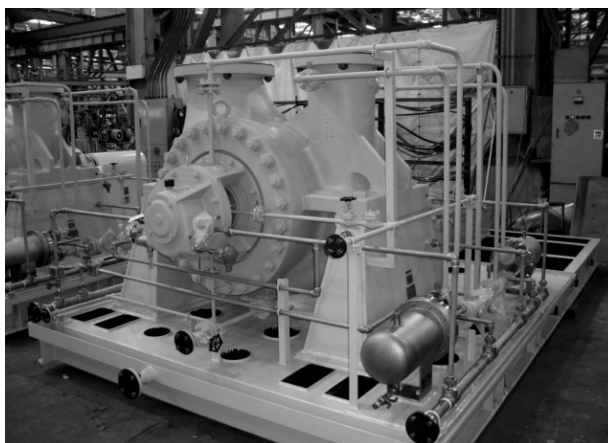
1000 MW級火力発電所向けボイラフィードポンプ

肥料プラント向け尿素及び液安ポンプ、原油採油用海水インジェクションポンプなどがある。

BWR（沸騰水型原子炉）用の原子炉冷却材再循環（PLR）ポンプは当初米国製が使われていた。当社は1973年、パイロンジャクソン社とPLRに関する技術提携の結果、1983年に福島第二原子力発電所第2号機に当社製国産初のPLRポンプを納入した。

1-1-3 産業・プロセスポンプ

産業ポンプは、電力、鉄鋼、化学、食品、パルプなどの産業用、上水、下水処理などの公共事業用として、多岐にわたって使用されている。1970年代の標準化から高効率化・優れた吸込性能を実現するための継続的なハイドロ開発、スクリーンプン、新たなエンジニアリングプラスチック材料を用いた海水・温泉などの新規用途ポンプ、安全性や環境保全などを目的としたシールレスポンプなどの開発を通じて、産業の発展及び国民の生活向上に貢献してきた。各種の機種をそろえており、長年の技術蓄積により、化学工場を一例にとれば、工場内で使用



12-117 04/237

CEマーク適合 APIポンプ

するポンプのほとんどは当社製で賄うことができる。

プロセスポンプは、石油精製、石油化学などのプラント用として国内外で使用されている。1970年代後半からプロセスポンプの輸出が増え始め、シリーズ化を進めてきた。海外メーカーとの技術の競争であり、厳しい顧客仕様に対応できる技術開発力、応用力、技術的蓄積により、世界的規模で産業の発展に貢献してきた。プロセスポンプはAPI610（石油精製等用ポンプ設計規格、米国石油協会発行）が国際的な標準設計仕様であり、指定されるポンプ型式に対して幅広くラインアップしている。更に顧客仕様の追加に対しても蓄積してきた技術で対応している。

1-1-4 標準ポンプ

標準ポンプの種類は数多くあり、市場のニーズに応じて開発・販売、更なる改善改良を行ってきた。従来の鋳物製ポンプの多くは、用途に応じてステンレス製ポンプ、あるいは樹脂製ポンプにモデルチェンジしてきた。一方、ポンプの従来用途であった消火用と給水用は、ユニット製品へと移行してきた。また、新しい概念として高速小型でインバータ搭載のキャンドモータポンプを開発し、あるいはリサイクル・リユースによる環境に配慮した再生ポンプ「グリーンサイクルポンプ」にも取り組んでいる。

陸上ポンプでは片吸込単段遠心ポンプの国際規格との整合をとった業界規格の制定、その後の日本工業規格（JIS B 8313）改正の動きを積極的に捉え、FS型ポンプのシリーズ化展開のため、ハイドロ部品及び軸系列部品の標準化を進めてきた。これら標準化された部品群は直動式のFSD型、インラインタイプのLPD型、自吸式のFQ型、自吸直動式のFQD型に展開し、標準ポンプの基幹製品となっている。

当社のステンレスプレスポンプは、産業構造の変化（鋳物業界の縮小、海外移転）、赤水防止及びグローバル化により急速な展開をみせた。ここでは①従来製品の主要部品をプレス化すること、②ステンレスプレス技術・材料の特性を生かす製品の開発（1977年にそのトップを切ったPONTOS P717型は標準ポンプ初のグッドデザイン賞を取得）、の二つの方向性で取り組んだ。その後はポンプの主要部品において、加工を前提とした鋳物形状から、プレス成形独自の設計形状への取組が本格化した。

家庭用給水ポンプの「フレッシャーミニ」シリーズは、業界初のマイコンを搭載した浅井戸用ポンプを筆頭に、深井戸用ジェットポンプ、受水槽付給水加圧装置、深井戸水中ポンプユニットをラインアップに加え、1985年に

本格的な市場に参入を果たした。更に可変速モデルとして、永久磁石形同期モータを採用した高効率でコンパクトなモデルをHPF型として追加した。給水装置に採用している推定末端圧一定制御を採用し、従来の定速型機種と比較して55%の省エネルギーと低騒音化を実現した。

マンション等の集合住宅や小規模事業所ビルの給水用途で使用されるのが、自動給水装置フレッシャーである。(1) 小型圧力タンク方式のフレッシャー F100型、(2) 速度制御（圧力制御）式フレッシャー F3100型、(3) 直結給水方式、と品ぞろえを進めてきた。

F3100型では新しい制御基盤・ソフトウェアの開発を行い、最大6台までの台数制御・可変速運転が可能なモデルを製品化し、システムバックアップ機能などオプションも拡充した。高層ビル向けに、最大揚程250 m、最大水量9000 L/minの範囲をカバーする製品を加え、ほとんどの給水用途に適用できるようにするなど、市場の変化に合わせて新しい製品を投入している。



12-117 05/237

フレッシャー 3100 BNW (Y) MD型

直結給水方式の代表製品PNE型は制御方式及び直流モータの採用による省エネルギー化を進め、ポンプを含む機器すべてをキャビネットに納めることにより、僅かな空間にも設置することが可能になった。当初、3.7 kWまでの範囲で製品化したウォールキャビネットタイプは直結給水装置の主力製品となり、製品範囲を大幅に拡大した。

消火栓ポンプは火災発生時の確実な運転のため、消防法などにより詳細な基準が決められている。当社は1981年に業界初の認定品として、ポンプ・モータの基本形と、定められたすべての周辺機器をセットにしたユニット形の陸上・水中ポンプをシリーズ化し発売した。その後、見直された基準に基づき、1998年には小型省スペース・軽量・高効率で運転状態をデジタル表示する新型消火栓ポンプを他社に先駆けて市場に投入している。

Hzfreeポンプは、省エネルギー化を実現する最も有効

な手段の一つであるインバータを実装した高速可変速ポンプである。当社藤沢工場の設備に導入し、ポンプの占める消費電力の内、加重平均で36%の省エネルギー効果を確認した。

汚水用水中モータポンプは、メカニカルシーの摺動材としてシリコンカーバイド（SiC）の採用により乾式水中モータの信頼性が向上するとともに、低価格化が実現し広範囲に使用されるようになった。汚水水中モータポンプはDSW、DSS、DSK型にはじまるが、その後DS、DN、DL型にモデルチェンジし、汎用汚水用水中モータポンプの中核製品の一つとなっている。また、汚水用として固形異物排出に対する信頼性の高いボルテックスポンプの製品化、更に軽量で錆びないことを特長とする樹脂製汚水用水中ポンプをシリーズ化している。

2001年に海外市場向けに開発・製品化したDML型は比較的効率が高いシングルチャンネルのノンクログ形式羽根車を採用した製品で、汚水用水中ポンプの1/2弱をDML型が占める。日本市場でも高効率の要求が増えたことから、2007年に日本でも販売を始めた。

2008年には米国市場向けに大容量（～300mm、～110kW）のDSC4型を開発し、ブラジルで製品化した。更に範囲拡大を進めるとともに、ドライピットで使用するためのジャケット式の水冷方式に代わるICS（Internal cooling system）方式も開発を終了している。

清水用水中モータポンプは、深井戸用（BHS型）、設備用（BMS型）とも70年代中頃から水封式及び水中キャンドモータの開発・内製化を進めた。80年代にはステンレスプレス化を行い、軽量で錆の出ない製品にした。

清水用水中モータポンプの日本国内市場規模は縮小傾向にあるが、深井戸用の海外市場は大きく、樹脂製・ステンレス製ポンプ（イタリア）や樹脂・鋳物製品などの範囲拡大・性能向上（ブラジル）と油封式・キャンド式モータの仕様範囲の拡充（イタリアなど）を進めている。

2011年に3インチ高速モータポンプ3TP型（深井戸用）をイタリアで製品化した。モーター体形のインバータで高速運転を行うもので、従来の同一性能の4インチポンプに比べ段数が1/4となり、大幅な小型・軽量化を達成しており、古い井戸のポンプの取替え需要などが期待できる。

2000年代に入り環境問題が大きく取り上げられるようになり、RoHS対応材料等への切り替えや、水道水の鉛浸出基準の改正によるポンプ接液部の材料見直しが行われたほか、省エネルギー技術の開発・製品化が大きな流れとなった。

地球温暖化防止策の一つとして、ポンプ及びモータの効率規格制定とその使用を義務付ける法制化が各国で進められている。ポンプの効率規制は、欧州において2005年のEuP指令を経て2009年にErP指令が発効し、片吸込渦巻ポンプ、インラインポンプ、立形多段ポンプなど主要な製品に適用され、流量と比速度（Ns）の関数からポンプの要求効率を規定するものである。同様の規定・規格は中国（GB規格）でも制定されており、全世界レベルでポンプの高効率化が推進されている。

モータについても同様で、欧州：IEC 60034-30、米国：NEMA MG1、中国：GB 18613-2006 各規格の制定・法制化がされており、日本でもJIS C 4034-30に基づくモータ効率規制法制化が検討されている。

単段渦巻ポンプは上記のモータ及びポンプの効率向上を主なテーマとして開発・製品化を推進してきた。

直動形（LPD型、FSD型、EVM型など）はプレミアム効率（IE3）のモータを使用したSEシリーズを製品化した。

SSLD型インラインポンプはスーパープレミアム効率相当のコントローラ一体型の高効率・永久磁石形同期モータを採用し、ポンプハイドロは当社開発の逆解法による流れ解析を駆使して開発した製品で、負荷変動を考慮した年間消費電力量では、従来製品と比較して約50%の省エネルギーが可能である。この製品は平成23年度優秀省エネルギー機器表彰で日本機械工業連合会会長賞を受賞した。

ステンレスプレス製立形多段ポンプは日本向け製品（VDP型）と海外向け製品（EVM型）をそれぞれ藤沢工場とイタリア工場で生産し販売していたが、これらを統合し、流量範囲を拡大するとともに接液部の材料種類追加（SUS304、SUS316、FC+SUS304）を行い広い範囲をカバーできる新EVM型として製品化した。中国での



12-117 06/237

SSLD型インラインポンプ

12-117 07/237

EVM型ステンレス立形多段ポンプ

生産も開始し、グローバル供給体制が整いつつある。

一方、ステンレス精密鑄造技術が向上し、コストも下がってきたためLPS型などはステンレスプレス製からステンレス鑄物製にモデルチェンジを行った。

1-2 気体機械

1-2-1 ブロウ

当社の創業間もない頃からの長い歴史をもつブロウも、各時代を背景とした顧客要求に対応しながら発展してきた。製鉄所向けのコークス炉ガスブロウ、製紙工場向け抄紙機脱水用真空ブロウ、石油化学プラント向け高圧ガス循環用ブロウなど、製品改良を積み重ね、信頼性向上に努めてきた。その他、熱有効利用プラントへの適用、地熱発電所の非凝縮ガスを抽出するブロウ、溶融炭酸塩型燃料電池の発電実証プラントへの適用などがある。

当社では下水処理工程で使用されるばっ気ブロウを1950年代後半から多数納入している。ばっ気ブロウの運転動力は処理場の全体の動力の40～50%を占めるほどといわれており、省エネルギーが重要な課題である。当社では、1978年に①片吸込鑄鉄製多段ブロウ（TB型）の高効率化、②インレットベーンの採用による部分負荷低減による省エネルギー化などの製品改良を行った。更に、1982年に中小規模処理場に対応した容量の鋼板製二重胴多段ブロウ（TK型）を開発するなど、社会変化と顧客ニーズに対応した製品改良を行ってきた。

1-2-2 圧縮機

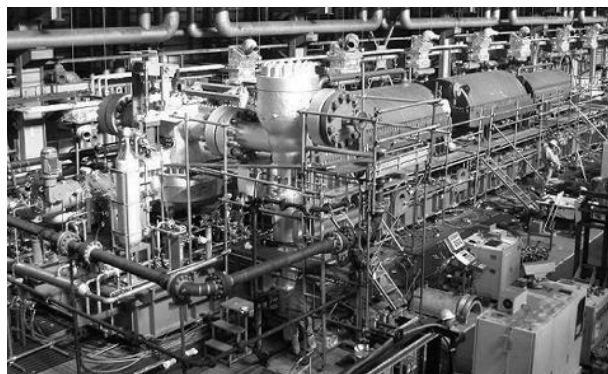
遠心圧縮機は、石油精製・オイル&ガス・石油化学工業をはじめ、製紙、製鉄などの幅広い分野で使用されている。これらのプロセス圧縮機はプラントの心臓部ともいわれ、性能・機能の両面において高い信頼性が要求されている。

1976年に当時世界最大のLNGプラント用大型圧縮機納入に続き、1980年にオフショア用高圧ガス圧縮機モジュール納入、1989年に国内初のドライガスシール搭載圧縮機納入、1994年に減衰シール搭載の高圧ガス圧縮機納入、1998年に世界最大級エチレンプラント用の大型圧縮機トレイン納入などをはじめとして、数多くの記録的な圧縮機を納入して、順調に稼動中である。また、1988年から1999年にかけて同一の石油化学コンビナートに合計44台の圧縮機を納入し、保守性・信頼性の高さも確認されている。

多様化する用途に対し、更なる性能・信頼性向上、価格改善、納期短縮を目的として、EDGE（Evolutionary Development for Growth and Enhancement）開発プロジェクトを推進し、新圧縮機シリーズを開発した。新圧

縮機シリーズでは、3次元CADを用いて各部品のモデリング作業を行い、最適化設計をするとともに、各種解析プログラムや自動加工機械との連携を可能とし、精度の向上と製作工数・期間の短縮を図った。

主要市場であるエネルギー業界の拡大に迅速に対応するため、2011年1月に日米の事業会社を経営統合し主要工場を一体運営するエリオットグループとして新たにスタートした。2011年の圧縮機の出荷台数は日米合わせて63台であった。



12-117 08/237

エチレンプラント向け分解ガス圧縮機トレイン

1-2-3 蒸気タービン・ガスエキスパンダ

当社は、1968年に始まったエリオット社との技術提携の下で機械駆動用及び発電機駆動用として単段タービン、多段タービン及びガスエキスパンダの製作を行ってきた。

YRタービンとして知られる単段タービンは、その堅牢な構造と標準化による高い信頼性に支えられ、1969年の第1号機を皮切りに2002年までに1700台以上を世に送り出した。1998年から、生産をエリオット社へ集約し、生産性の一層の向上を図っている。

多段タービンについても1972年の単弁多段タービン第1号機出荷以来、1975年の多弁多段タービン、続いて1977年の抽気タービンへと順調にその製造能力を伸ばし、最高出力45 MW コンプレッサ駆動用タービンなど、多くの出荷実績を積んできている。主力分野であるエチレンプラントの大型化に伴い、ガス圧縮機は大容量化し、これに従い駆動用の蒸気タービンも大型化が求められている。こうした流れの中で高温・高圧・大容量二重胴高圧ケーシングなどを開発してきた。大型化への市場ニーズに応えるべく、更なるケーシングの大型化、エアロの高効率化等を進めている。

1978年には、FCC装置（流動接触分解装置）の動力回収用タービン（ガスエキスパンダ）を受注し、以来この分野では、国内出荷実績の9割を占めるに至った。

当社開発のET-P型タービンは、1986年に新シリーズとして市場に投入され、以来200台の出荷実績がある。2000年から、エリオット社でPYRとしてYRシリーズの中に組み込まれ、同時に生産もエリオット社へ集約した。

1-2-4 送風機

銅板製送風機の歴史も長く、1960年代から本格的な生産を行っている。70年代の高度成長期にはスリーエース型の標準送風機をはじめ、鉄鋼業界向けの焼結、OGブロワ等大型送風機の生産が大きな伸びをみせた。その後発電ボイラ用のFDF、IDF等各種送風機の需要が高まり、国内外のボイラプラントに納入している。

1984年には銅板製送風機の生産が鈴鹿工場に移管され、鉄鋼、ボイラ向けを中心にした事業展開を行った。1995年からはトンネル換気用軸流ファンの生産が開始され、可変ピッチファンもラインに加わった。

市場の省エネルギー要求の高まりにより送風機の改造対応を進める中、鉄鋼の生産ライン自体の省エネルギー化も進み、CDQファンの需要が増えた。国内の製鉄所をはじめ、中国や韓国、インド向けの市場拡大も始まった。

1-2-5 マイクロガスタービン

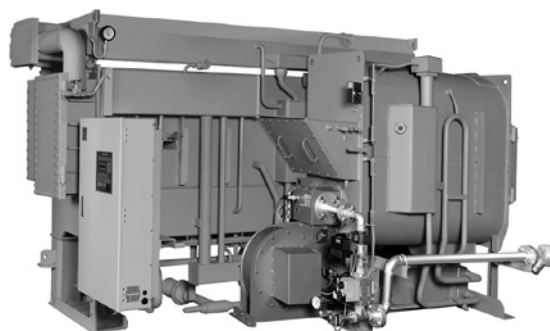
マイクロガスタービンは小型分散形電源として注目を浴びており、当社では、2002年4月から本格的に市場参入を開始した。市場投入している製品は発電出力100 kWクラスのコージェネレーションパッケージで、国内向けとして必要な技術要件、発電用火力設備の技術基準、系統連系技術要件ガイドライン、法規・規格・規制などに準拠した仕様としたことで、据付設置時の諸届出などの作業を容易にしている。マイクロガスタービンの適用先として下水処理場の消化ガス発電がある。汚泥処理プロセスから発生する消化ガスを燃料として活用することで、温室効果ガス削減、電力不足対応の分散電源として期待される。当社のTA100型(定格発電出力95 kW)コージェネレーションパッケージは、マイクロガスタービンで発電した電気と共に発生する廃熱を回収し、温水や蒸気として有効利用するもので、コージェネレーションシステムにすることで、総合効率を約70%以上にまで上げることができる。

1-3 冷凍機

1-3-1 吸収式冷凍機

吸収式冷凍機(以下、吸収冷凍機・吸収冷温水機を総称していう)の中で主流である吸収冷温水機は、1968年の発売以降、数年ごとに効率が改善されてきた。1986年に30%省エネルギー形が開発され、それ以降はコンパクト化・制御性の改善に注力してきた。しかし環境がキー

ワードになっている中、1997年発売のRCD型とほぼ同等の寸法で効率を大幅に向上させたRED型を2001年に発売している。その後、二重効用冷温水機型における世界最高クラスの45%省エネルギー型のRFD型を2006年に発売した。RFD型は新築ビルへの採用に比べリニューアルのほうが多い状況に合わせ、搬入寸法を小さくできる構造とした。2009年には冷温水機市場で主流の省エネルギー率である、コンパクトでコスト重視の冷温水機RGD型を発売した。その後RGD型の定格点及び部分負荷効率を改善し、実際の運転における省エネルギー効果を高める対応もしている。



12-117 9/237

RGD型吸収式冷温水機

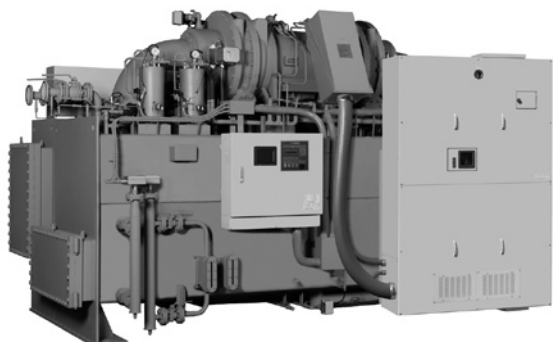
吸収冷凍機にも高効率化の波が押し寄せており、特に地冷用の大型蒸気吸収冷凍機において著しい。蒸気消費率は4.3 kg/(USRT・h)が一般的であったが、4.0 kg/(USRT・h)以下のものが採用され始めていた。当社では地冷向けにRFW型として2004年に発売しており、世界最高クラスの蒸気消費率3.5 kg/(USRT・h)である。更に、現場状況にあわせて機器寸法も選択できるようになっている。

1996年、当社にとっては海外における初めての合資による冷凍機製作工場である烟台荏原空調設備有限公司を設立。主に大型の蒸気式吸収冷凍機、吸収冷温水機等を製作し日本へのバイバック及び中国市場へ販売している。

1-3-2 圧縮式冷凍機

現在使用されている中容量以上の圧縮式冷凍機はスクリーチャーとターボ(遠心式)冷凍機に大別される。ターボ冷凍機は、効率がよく大容量に対応できるが、圧縮のヘッドがあまり大きく取れないため一般空調用途の冷房、または氷蓄熱と-5℃程度までの工業用途が多い。2000年代に入り高効率化が進み成績係数(COP)6クラスの要求が高まり、当社はCOP:6のターボ冷凍機RTC型を開発した。その後、2009年にターボ冷凍機で世界最

高クラスのCOP：7のRTVF型*と、COP：6の汎用型高効率RTBF型を発売している〔*：新エネルギー・産業総合開発機構（NEDO）との共同研究成果〕。



12-117 10/237

RTVF型超高効率ターボ冷凍機

スクリーチャーは、容積式圧縮機の特性を生かし、氷蓄熱用途などの低温からヒートポンプ用の高温まで幅広い温度領域の用途に使用されている。価格・効率・機器寸法の面から中容量の分野での使用が多い。このスクリーチャーの特性を生かしながら、1997年にプレート熱交の採用によるコンパクト化とモジュール化による大容量の能力まで対応できる高効率・コンパクトなスクリーチャー（愛称モジュラッチ）を開発・発売した。

1-3-3 冷熱システム・製品

冷熱システム・製品は大別して、熱源システム、システムユニットと付加価値製品・システムがあり、熱源システムとしては、空気熱源を利用した大容量ヒートポンプシステムである「ヒーティングタワーヒートポンプシステム」、下水処理水や未処理下水の熱を利用した「下水熱利用ヒートポンプシステム」、都市河川の熱を利用した「河川熱利用ヒートポンプシステム」、給湯排熱や温泉水排熱を利用した「温泉排熱利用ヒートポンプシステム」がある。

システムユニットとしては、内融式氷蓄熱槽、熱源機（空冷ヒートポンプ）、制御室ユニットを組み合わせた「RIC型氷蓄熱ユニット」、中型ガス吸収冷温水機と冷却塔及び冷却水ポンプを一体化した熱源ユニット「ガスパックⅡ」など、システムの大小は様々であるが多くの納入実績を有している。

1-4 風水力システム

1-4-1 上水道ポンプシステム

上水道ポンプ設備は、都市及びその周辺への人口集中や給水域の拡大に伴って大容量化、長距離広域送水化が進み、1980年前後には大規模なポンプ設備が建設された。

また、普及率の増加とともに、上水道は建設から維持管理の時代になったといわれ、2008年度には普及率は97.5%に達した。最近では、高度上水処理用の中間ポンプ設備や比較的小型のポンプ設備が多くなっているとともに、高度成長期に建設された多くのポンプ設備が更新時期を迎え、我が国の総人口の減少傾向、節水型社会の形成に伴い、設備の規模を縮小しての更新もみられている。

重要な社会インフラを担う上水道ポンプ設備は、運転時間が長く、住宅地域に密接して建設されることが多く、以前から省エネルギー、環境保全、高信頼性、安全性などの社会ニーズに応じてきた。

ポンプシステムの省エネルギー化は、ポンプなど機器単体の効率向上だけでなく、ポンプ運転総合効率を高くすることに考慮が払われており、水需要の変動に対し、適切な台数分割やポンプ速度制御が行われている。大型の上水道送配水設備におけるポンプの圧力や流量の一定制御を、かつてはセルビウス制御装置を使用したポンプの回転数制御によって実現してきたが、最近ではインバータによる回転数制御が一般的になっており、水資源機構弥富揚水機場（2002年）を始め、高圧インバータ装置の採用も増加している。

長距離管路により送水するポンプ設備では、設備の安全性確保のために水撃検討がなされ、必要に応じて対策がとられている。古くから一般的な対策としてフライホイール装置やサージタンク設備、緩閉式逆止め弁があり、多くの実績がある。また、欧米で数多く使用されている大型のエアチャンバ設備を沼津市水道局泉水源地の水撃対策に導入した（1979年）。

上水道ポンプ設備が住宅に近隣して建設される場合には、周辺環境への配慮から敷地境界線上での騒音レベルを基準値以下に抑えることが求められる。ポンプの低騒音化の検討、空気伝播音、固体伝播音や圧力脈動検討など、土木建築構造を含めたポンプ機場全体の検討が行われ今日に至っている。

1-4-2 下水道ポンプシステム

下水道整備は、1963年以降7次にわたる下水道整備5箇年計画に基づいて推進され、その普及率は都市部では99%超までになった。1970年代は自動化が普及し、大型化の時代に入っていった。近年建設された下水道の大型雨水排水ポンプ場は大阪市都市環境局住之江抽水所（口径2200 mm 立軸渦巻ポンプ）、東京都下水道局東糀谷ポンプ所（口径2000 mm 立軸斜流ポンプ）、三重県四日市市雨池ポンプ場（口径2800 mm 立軸斜流ポンプ）などがある。

2001年には大深度地下の公共的使用が立法化され、住之江抽水所のように地下の下水幹線を立坑に接続し、立坑内の大深度地下部分にポンプを設置する大型・高揚程の排水施設が續々と建設された。過去10年間を建設順に並べると、横浜市北部第二下水処理場（口径1500 mm立軸渦巻ポンプ）、大阪市中浜下水処理場（口径1800 mm立軸渦巻ポンプ）、広島市新千田ポンプ場（口径2000 mm立軸渦巻ポンプ）等となる。

都市化の急速な進展による舗装率の上昇やヒートアイランド現象など気候の変化から、急激な雨水流入が各地で発生している。突発的な雨水流入の際は吸込水位が急上昇するため、ポンプの始動失敗は、致命的な問題に発展する可能性がある。

近年の都市雨水排水の特徴に対応するため、先行待機運転ポンプ等の技術開発が行われた。先行待機運転ポンプとはポンプ井の水位がいかなる水位であっても常に全速で運転し続けることができるポンプで、ポンプ井に雨水が流入する前から水がない状態で始動し、雨水が流入してきたら直ちに排水ができるポンプのことである。流入量に応じた発停の必要がないため、始動失敗のリスクを格段に低減することができる。これらの技術革新には、水中軸受に用いられる材料の開発（セラミック軸受、テフロン軸受、PEEK軸受）や他の無注水化技術が大きく寄与している。

都市の雨水排水ポンプ場には1960～1970年代に設置されたポンプが多く、それらが更新の時期を迎えている。また更新時に既設ポンプ場の排水能力を増強するニーズも高まってきている。その際に既設の土木・建築設備をそのまま利用してポンプ排水能力を20～30%増やすことが求められており、これに応じて大容量化すると(1)ポンプが重くなり、床の耐荷重が厳しくなる。(2)ポンプが大きくなり、ポンプ床貫通穴に入らなくなる。(3)吸込水槽内の流速が速くなり、有害な渦が発生する。などの問題が生じる。これらを解決するために、雨水排水ポンプの年間の稼働時間に着目し、「効率や吸込性能を多少犠牲にしても、吐出し量を増やした場合に、既設ポンプと同じ程度の大きさ、軽さで既設土木構造を利用して、かつ渦の発生を抑制できるポンプ」のコンセプトのもとに技術開発が推進され実用化されている。

1-4-3 農業用ポンプシステム

農業用ポンプには戦後の食糧増産時代に納入した多くのポンプがあるが、老朽化が進行して更新時期を迎えている。農地の利用形態の変化や農業地域の混住化などに伴い、広域管理や新しい機能のポンプ場が求められてい

る。水路の高流速化、ポンプの高Ns・高流速化の採用などによるコスト縮減（日光川河口排水機場や巨椋池排水機場など）、ポンプ場施設の連携など広域管理化、遠方制御化（九頭竜川左岸揚水機場、白根・萱場・中部排水機場など）などによりこうしたニーズに応えている。

2003年（平成15年）度には、国営造成施設について国自らが施設の機能診断を行う「国営造成施設保全対策指導事業」が創設された。しかしながらこの制度は予算額も限定的であり、かつ実際の取り組みは個々の技術者の創意工夫に委ねられていたのが実情であった。そこで、2007年（平成19年）度からは5カ年計画で「基幹水利施設ストックマネジメント事業」が創設され、農業水利施設の適切な機能保全とライフサイクルコスト（LCC）の低減を図るため、(1)日常管理、(2)機能診断、(3)機能保全計画の作成、(4)対策工事の実施をサイクルとして繰り返す仕組みが構築された。この5年間、当社では全国で130件あまりの機能診断を実施し、その成果として農林水産省安来排水機場や山形県白鷹揚水機場などの受注に至った。更に2008年（平成20年）度には「ストックマネジメント技術高度化事業」が創設され、同年にはポンプ場として初めて東北農政局清水揚水機場が高度化事業として工事（2号機）が行われた。その後、補修技術が改良・発展し、同制度のもと2011年（平成23年）度には1号機についても高度化事業として工事が実施された。

一般に農業用ポンプ施設では施設の老朽化に際して代替施設の建設は比較的容易な状況にはあるが、代替機場の建設以外に施設の延命化や設備の更新等、各々の事情に即した最適な対策が取られている。しかしながら新川河口排水機場（口径4200 mmチューブラポンプ×6台）のように大規模で常時海水に接し、更に一年を通じて運転が必要なケースでは代替機場の建設や延命化は容易ではなく、非出水期にコンクリートケーシングを撤去し新設のチューブラポンプを設置する難工事が現在進行している。

1-4-4 河川ポンプシステム

国土交通省や都道府県土木部向けに納入している河川ポンプシステムには、大規模な排水ポンプ設備が多く、特に超大型のコンクリートケーシングポンプである三郷、日光川、毛馬など、国内を代表する排水機場が1970年代から次々に建設された。また河川の揚水設備の代表的なものとしては北千葉導水路と第1、第2機場があり、約20年の歳月をかけて建設され2001年通水した。

河川排水ポンプの駆動機にはディーゼル機関（内燃機関）が選定されることが多く、その冷却水に河川水が長く使用されていたが、冷却水システムの簡素化技術として、管内

クーラ、吐出し槽内に設置する槽内クーラ等が1980年代に登場した。また更なる信頼性向上のために、立軸ポンプ水中軸受の無注水化技術としてセラミック軸受の採用、内燃機関の無水化技術としてディーゼル機関からガスタービンの採用へと移行しつつある。減速機についても空冷化の適用出力の拡大が行われつつある。

コスト削減策の主なものとして、機場のコンパクト化による建設コスト縮減に多大な効果をもたらす水路の高流速化、ポンプの高Ns化（高速小型化）、ガスタービンの立形化などがある。高流速水路はポンプの性能への影響を抑え、渦の発生のない吸込バンドや呑み口形状の開発があり、従来よりも水路幅を縮小し、底盤高の浅い機場が実現した。また、機場寸法を決定するコンクリートケーシング形状を縮小化する高Nsポンプの開発と、幅広い運転範囲をカバーする吸込性能の向上という課題に取り組んできた。減速機を内蔵しポンプの直接上部に配置できる立形ガスタービンは画期的な発想のもとに1996年開発し、機場のコンパクト化に大きな効果を上げている。1997年より着手し、2006年に全体完成した首都圏外郭放水路庄和排水機場は、超大容量（50 m³/s × 10300 kW）にもかかわらず、水路の高流速化・ポンプの高Ns化を最初に適用した革新的な工事となった。

河川用の大型ポンプ設備も更新の時期を迎えつつある。1968年に完成した三領排水機場はコンクリートケーシングポンプの先駆けとなるものであったが、既設ケーシングを再利用し、非出水期の6箇月間で回転体他を更新して排水量の増量を行う、今後の指針となるべき更新工事（2012年）が行われた。

建設から更新や維持管理の時代に移りつつあり、立軸

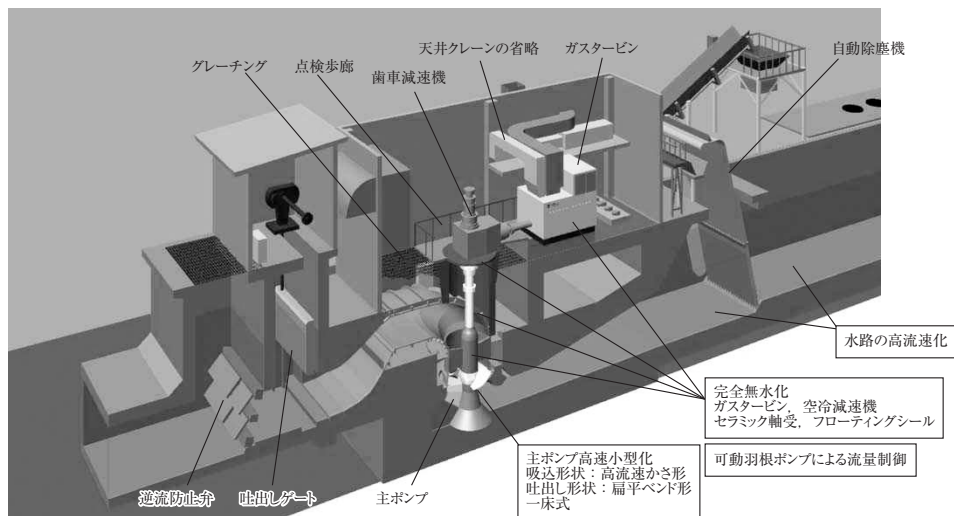
ポンプを設置したままで水中軸受の交換が可能である「楽々点検ポンプ」が維持管理におけるコスト低減策として注目されている。ポンプ水中軸受をポンプインペラの下部に設ける構造とし、ポンプを引き上げずに吸込水槽内に点検員が入り、摩耗状況等が確認できるとともに、摩耗した場合には、その場で交換が可能となった。

1-4-5 トンネル換気システム

1970年代までは幹線道路のトンネル建設が主であったが、1980年代になり幹線道路から支線道路及び首都圏道路の整備建設となり、換気方式も建設コストが低く維持電力費の少ない縦流方式が多く採用されるようになった。近年は自動車排ガス規制が進み、それに伴い2008年に設計基準を見直したことから、換気システムを必要としないトンネルが増えているが、一方でトンネル内における火災時の排煙やトンネル坑口付近の環境対策を目的とした換気システムの採用も進んでいる。

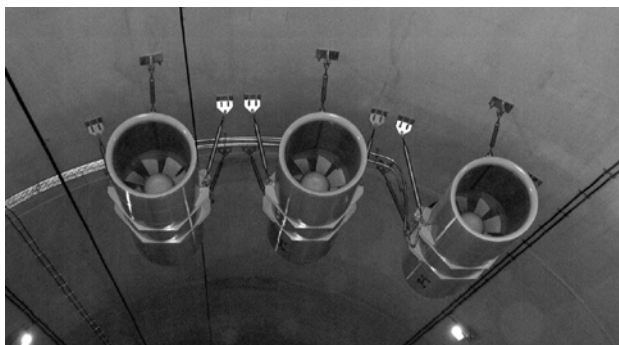
ジェットファンは現地実証実験で長大トンネルにも適用可能であることが分かり、トンネル換気システムの主流として採用されている。北陸自動車道では建設コストの削減を目的としてトンネル本体の断面を小さくし、そのトンネルに設置可能な口径1250 mmのジェットファン及びブースタファンを開発、1988年に5トンネルに58台を納入した。1990年代後半には電動機の出力が1段階小さくなる高効率形を開発し、更に2003年頃には吐出し風速を従来の30 m/sから35 m/sとした高風速型を開発、2005年から納入している。また融雪剤等で腐食が激しい環境では、2004年からステンレス製ジェットファンも納入している。

トンネル換気用に採用される軸流ファンは、大容量・



12-117 11/237

大型排水機場の導入新技術



12-117 12/237

ジェットファン

低風圧のものが多く2～3台が標準とされている。ファンは固定ピッチの翼を採用しており、換気量制御は駆動用電動機の極数切換えによる速度制御と台数の選択によって行っていた。しかし、最低運転風量域や換気効率の面からファンの改良要求を受け、従来の機械式、空気式に加え、油圧操作による可変ピッチ翼を開発した。

大型軸流ファンは、現在も自動車トンネルでは日本で最長の関越トンネル（上り線11055 m、下り線10920 m）に1985年に納入したものをはじめ、換気の動力費削減の意味もあり、可変ピッチの機構が多く採用されている。近年では首都圏トンネルに採用されることが多く、2003年に名古屋高速東山トンネルに8台の可変ピッチを含む大型軸流ファンを納入した。一方高圧インバータの進歩により、日本で2番目の長さとなる中央環状新宿線の山手トンネルの2換気所には20台の可変速の大型軸流ファンを納入した。（2007年）

1-4-6 音環境システム

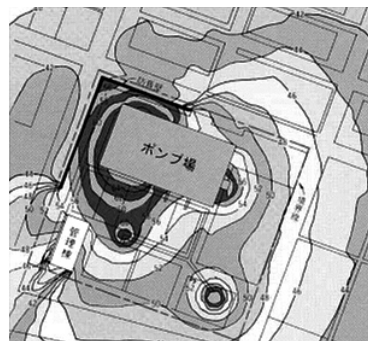
1968年に騒音規制法、1976年に振動規制法が制定された。騒音源となる機器、システムを製造するメーカーとして騒音問題にも正面から取り組んできた。

1970年代から1980年代前半にかけてはポンプ施設を運転し、騒音の発生状況を調査して対策を講ずる、いわゆる対症療法が中心であった。それらの試行錯誤の中から消音器などの防音装置が製品化された。

1980年代後半からは一層の低騒音化が求められ、超低周波音、固体伝搬音の発生メカニズムについて重点的に研究し、機器の防振、圧力脈動低減、建屋の振動絶縁等の対策技術を開発してきた。騒音予測も実用的な精度になり、計画時に対策を立案できるようになった。環境に対する社会的要求は更に高まり、1990年頃からは振動についても同様な予測と対策が求められるようになってきたため、振動予測技術の研究開発に着手した。

2000年代に入って、建設コスト縮減に対応した換気消

音器の小型・高流速化などの改良や、オフィスなどと同じ建物内に併設する都市のポンプ施設で必要となる固体伝搬音の予測・対策技術の開発に取り組んでいるが、振動解析や数値流体解析など解析技術の活用が増えている。



12-117 13/237

音響シミュレーション

1-4-7 監視制御システム

風水力事業における監視制御システムは、施設の中樞神経をつかさどる極めて重要な役割を担っている。

排水機場の非常用設備としての重要性が高まる中、運転操作や故障対応を確実にを行うための運転支援装置を開発し、第1号機を国土交通省汜泊川排水機場に納入以来、全国の排水機場に普及させてきた。運転支援装置は、フォルトツリーなど当社のコア技術を生かした機能を軸に、最新技術を応用した機能向上を重ね、当初の監視・支援用途に加えて、機場の運転操作もつかさどる中樞設備として位置付けられつつある。

1980年代になると、建設の時代から維持管理の時代への移行を背景として、ポンプ場、水門、分水バルブなどの施設を遠方の中央管理所から集中監視、制御する運用形態がとられるようになり、データ伝送装置をはじめとする情報通信設備で構成される水管理設備が導入されるようになった。水資源開発公団筑後導水路水管理設備は、国営クラスでは初めての本格的な広域農業用水管理システムである。ポンプメーカーとしてのノウハウを制御機能に組み込み、ポンプの運転台数と回転速度をポンプ特性曲線から演算することによる最適な流量配分制御を実現した。また、1995年北海道大樹町に、上水道の分野では初の当社製水管理システムを納入し、水道施設の効率的な運転管理を可能とした。

1990年代後半以降、情報機器の高機能化、ダウンサイジング化により、パソコンがデータ処理の中心的役割を担うとともに、IPネットワーク技術をベースとしたオープン化、汎用化が進んだ。それらを背景として、特定のメーカーや機種に依存しないフレキシブルな情報伝達手段

であるWeb技術を採用することにより、ソフト設計におけるコスト縮減や情報共有・情報開示のニーズに大きく貢献した。これらは民生、汎用系の技術を基盤としているため、高信頼性が求められる監視制御系に適用するにおいては、制御コントローラー（PLC）とパソコンの機能分散、パソコンや伝送路の二重化、Webサーバの単独構成といったシステム構成上の配慮を行っている。

1-5 原子力水処理システム

当社で開発した主要な原子力関連製品は、当初は主にRI（放射性同位元素）取扱い施設及び原子力研究施設などに納入していたが、その後更に研究・改善を重ね、1970年代から原子力発電プラント用の処理設備として数多く採用されている。これら装置類の主要なものを用途別に分類すると、およそ次のとおりである。

(1) 原子力発電プラントの各種設備として、①炉水・復水などの浄化装置、②廃液処理装置、③アスファルト固化装置④水化学（炉水水質調整）関連装置

(2) 核燃料再処理施設関連装置として、①使用済み核燃料プール等浄化設備、液体・固体廃棄物処理設備、②アルカリ廃液蒸発濃縮装置、③U・Pu混合脱硝装置、関連マテハン設備

(3) イオン交換樹脂に関わる開発・技術サービス

2000年代からは、原子炉水質高純度化や環境改善、被曝低減に向けた高度水処理技術の研究開発や、高経年化対策の取り組みとして既納入設備の改修やリプレースにも対応している。

2011年の東日本大震災に伴う福島原発事故の対応については、放射性物質の除去処理技術の確立に取り組むとともに、多核種除去設備の前処理装置スキッドを納入して汚染水処理に貢献している。

2. 環境エンジニアリング事業

創業以来一貫して会社基盤を支えるポンプ事業に加えて、その時々時代の要求に応える形で、製塩、精糖、排煙脱硫等のプラント類を製品の一翼として手掛けてきた。昭和30年代の後半から「公害防止」が時代の求める処となった。平成の時代に入り、世界の共通課題として、「地球の持続可能な環境保全」が求められ、これに伴い当社のプラント製品を扱う組織も変遷してきた。

当事業のコアコンピタンスは水処理技術と燃焼技術であり、これらを駆使して上水道、下水道、し尿処理、埋立地浸出水処理などの施設や都市ごみ焼却施設、リサイクル施設などを全国の自治体に納入してきた。平成に入り、オゾンホール拡大、砂漠化、地球温暖化などの環

境破壊が大きな社会問題として提起された。

戦後から1980年代にかけて日本の経済は重厚長大型の発展をとげ、その間の水処理は官公庁向けの上下水道施設建設や製紙・製鉄プラント向けの大水量処理が主流であった。焼却炉は家庭からの収集ごみの焼却処理が主流で、焼却残さはもっぱら埋め立て処分が行われた。1990年代に入り、情報産業が立ち上り、大きく世界の経済構造が変化し、時を同じくして上下水道分野においても、活性炭処理・オゾン処理を主流に高度処理が求められ、産業用廃水においても限外ろ過膜（UF膜）や逆浸透膜（RO膜）などを用いた小水量・高品質の処理水事業に変化した。ごみ処理分野も単に焼却減容化して埋め立てるのではなく、ごみを資源として位置付け、まず分別してマテリアルリサイクルし、残りを焼却してサーマルリサイクルを行う、いわゆるリサイクル型に変化した。高度成長期の大量生産、大量消費、大量廃棄による資源枯渇、環境破壊への反省から当社が唱えたゼロエミッション理念が一般に浸透し、系外に水・空気・固形物に限らず廃棄物を出さない企業運営が求められるようになった。

当社は単なる焼却処理技術のみならず、ダイオキシンの完全分解と同時に残さを溶解し、リサイクルする次世代型ごみ処理装置としてガス化溶融炉を他社に先駆けて開発・実用化開発し、また廃プラをケミカルリサイクルする加圧ガス化プロセスも開発・実用化した。

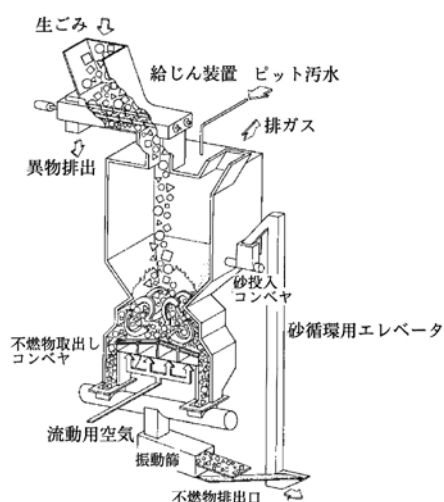
21世紀に入り、いわゆる環境ビジネスは新しい展開を求められるようになった。従来上下水道施設・廃棄物処理施設は公共事業として、建設費の一部を補助金で賄っていたが、国の財政ひっ迫を受け規制緩和と共にPFI方式等の民間ノウハウを積極活用する方式が増加傾向にある。

2-1 固体廃棄物処理

環境ビジネスの新たな展開は固形物処理においても、焼却処理設備、灰処理（溶融等）設備の建設納入に加えて、運転・維持管理を含めた施設運営のライフサイクルコストすべてを一括で請け負うDBO（Design Build Operate）方式が主流になってきた。また2011年3月11日に発生した東日本大震災の影響で、都市ごみ焼却処理施設が分散型発電拠点として見直されるとともに、地域防災拠点としての役割も期待されるようになってきており、ますますその社会的重要性を増しつつある。

2-1-1 流動床焼却炉（SDP、TIF）

当社は1977年に初めて流動床（SDP）による都市ごみ焼却施設1号炉を建設した。初期のSDPは破碎機によりごみを細分化して1軸スクリーンにより流動床炉の砂中



12-117 14/237

TIF 巡回流動床焼却炉構造図

部に供給するものであった。SDPは機械化パッチ炉に対して操作性、燃焼効率汚泥の混焼割合などにおいて格段の性能を誇っていたが、大型化が困難であった。

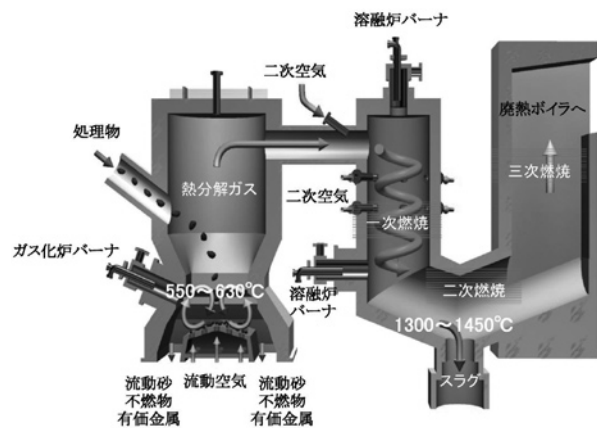
1981年流動床炉の弱点であった「破碎しなければ処理できない」という課題を解決し無破碎型のTIF炉を開発した。このTIF炉は、破袋機能が付いた2軸式給じん装置を有しており炉頂部からのごみ投入が可能になった。TIF炉の特徴は流動媒体が両側巡回流動することにある。中央部は比較的静かな流動（移動層）であり、砂は左右に移動しながら沈降するので、炉頂から投入したごみは砂に巻きこまれ沈降しながら乾燥ぜい化が行われる。左右の流動層部に入ると激しい流動によって解砕、燃焼が行われるので無破碎のごみが処理できる大きな特長をもっている。

一方ダイオキシン類などの排ガス規制に対応すべく、燃焼室の構造も(1)フリーボードに貫通ダクト設置、(2)二段形状のダクト設置、と進化している。

現時点で国内70施設（一般廃棄物48施設、産業廃棄物22施設）、海外31施設（ライセンスによる建設を含む）が稼働中である。

2-1-2 内部循環流動床ボイラ (ICFB)

1988年にTIF炉をベースにして層内熱回収機能を有するICFB（内部循環流動床ボイラ）が誕生した。従来のバブリング流動層ボイラが流動層における燃焼と伝熱が一体となっていることによる様々な制約に対して、ICFBは燃焼室と熱回収室を構造機能上分割してその間に流動媒体循環流を形成させることにより、燃料適応性を格段に高めた流動床ボイラである。この特長を生かし、石炭、産業廃棄物、RPF、RDF、汚泥、廃油、塗料粕、廃タイヤ、



12-117 15/237

ガス化溶融炉構造図

等多種多様な燃料焚ボイラに適用された。1990年には廃棄物焚ボイラとして当時国内最大級の16 MW発電で6 MPa×460°Cの高圧高温ボイラをトヨタ自動車向けに納入した。またTIF-2型焼却炉として都市ごみ焼却施設に採用された。更に、熱回収室の層温制御空気量を調節することにより砂循環量、熱回収量をコントロールし、これによって炉床温度を一定に制御できるため、この特長を生かし、2000年以降、国内では木屑バイオマスを原料とした“再生可能エネルギー利用発電事業用ボイラ”として納入されることが多くなった。

現在国内で15施設、海外で6施設が稼働中である。

2-1-3 流動床ガス化溶融システム (TIFG)

ごみを安全かつ衛生的に処理する方式として、我が国では焼却処理が一般的である。一方、地球温暖化問題やダイオキシン類発生の問題、更には、焼却処理によって発生する灰や不燃物を処分する最終処分場の不足、各種リサイクル法の制定等、1990年以降ごみ処理行政は大きな転機を迎えた。これらの複合的問題を解決し、従来の安定した焼却処理から、資源循環型社会構築の一翼としてのごみ処理方式として、ガス化溶融システムが登場した。

エバラ流動床ガス化溶融炉は国内外に170基以上の納入実績をもつ当社流動床炉の設計思想を受け継ぎ発展させたガス化炉と、下水汚泥溶融炉として採用されてきた巡回溶融炉の組合せによるものである。2002年3月に竣工した酒田市向け施設を皮切りに、現在国内11施設（一般廃棄物用8施設、産業廃棄物用3施設）、海外4施設（韓国）が稼働中である。

2-1-4 加圧二段ガス化炉システム

1996年から廃プラなど高い発熱量を有する有機性廃棄物から、水素・一酸化炭素を主体とする合成ガスを得て、これを化学工業原料として利用することができる新たな

ケミカルリサイクル技術，“加圧二段ガス化システム”を宇部興産(株)と共同で開発し，商業化を進めることとなった。

加圧二段ガス化システムは，(社)プラスチック処理促進協会が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から研究受託し，当社と宇部興産(株)の協力により開発されたものである。

加圧二段ガス化システムの第1号機は，処理量30 t/dの実証プラントとして山口県宇部市に建設され，実証運転の終了後，2001年1月からは当社と宇部興産(株)の共同出資会社として設立された(株)イーユーピーによって，容器包装リサイクル法“その他廃プラ”を原料として合成ガスを製造して隣接するアンモニア合成工場に供給する再商品化事業を開始した。2004年には増設した65 t/d規模の第2号機で事業規模を拡大したが，2007年9月，原料である廃プラの入手困難性から当社は事業から撤退し，宇部興産の単独事業となったが，2010年宇部興産も事業撤退した。

一方，2003年8月に昭和電工川崎工場に納入された第3，第4号機は，現在も順調な稼働を続けている。

2-1-5 内部循環流動床ガス化炉（ICFG）

TIFG，加圧二段ガス化システムと開発してきたガス化技術をより汎用的な技術とするため，1998年より「内部循環流動床ガス化炉」（以下，ICFG：Internally Circulating Fluidized-bed Gasifier）の開発が進められた。ICFGは比較的発熱量の低い原料をもガス化して利用することを目的としたガス化炉である。

2004年に一般廃棄物処理技術として全国都市清掃会議より技術評価書を取得したが，商用炉の建設には至っていない。

2-1-6 ストーカ式都市ごみ焼却施設

当社におけるストーカ式都市ごみ焼却炉の歴史は古く，環境装置の一事業として1961年に37 t/dの固定炉を青森市に納入したところから始まる。1976年にイタリアdb社の技術を導入した後，1980年代の公害規制強化を契機にHPCC（High Pressure Combustion Control）焼却炉を自社開発した。

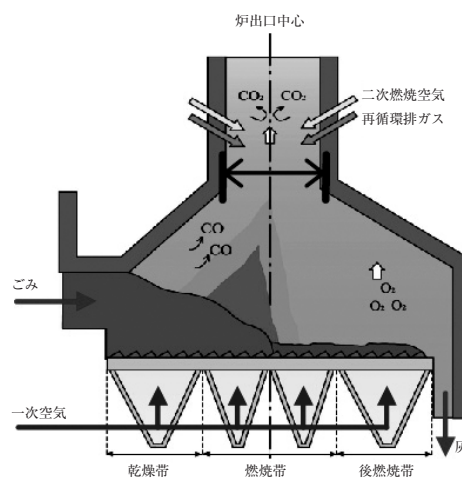
1984年に武蔵野三鷹地区保健衛生組合向けにボイラ付焼却プラントを納入し，発生した蒸気を場内冷暖房に利用した。その後，松山市，旭川市向けプラントなどでは蒸気タービンで発電を行い施設使用電力を賄うようになった。現在では，更に発電設備の高効率化が進められ，1996年には蒸気条件3.82 MPa，400℃，発電出力7000 kWという当時国内屈指の発電施設を十勝環境複合事務組合に納

入し，余剰電力を電力会社に売電しランニングコストの低減を図っている。

1999年12月，東京都足立清掃工場向けに焼却炉350 t/d×2基，灰溶融炉65 t/d×2基のプラント更新工事を受注した。焼却炉は従来の約3倍規模，灰溶融炉も，規模，システム共に最新最大施設となった。

現代社会におけるテーマの一つは“環境負荷の低減”であり，廃棄物処理の分野においては特にダイオキシン類を代表とする有害物質の低減が重要となっている。当社は，早くからエバラHPCC横型水平式ストーカを開発し，炉下圧の高圧化，高速吹出し，高速燃焼技術の確立，ごみの安定燃焼及び燃焼の高温化に取り組み，次世代ストーカ式燃焼システム（エバラHPCC21ストーカシステム）として技術を確立し，2008年8月竣工のあらかわクリーンセンター以降，既に3施設を納入している。

ストーカ式都市ごみ焼却炉は現在国内で53施設，海外で3施設が稼働中である。



12-117 16/237

HPCCストーカ炉模式図

2-1-7 キルンストーカ式産業廃棄物焼却施設

1993年に多様化する産業廃棄物の焼却処理技術として，固体から液体まで幅広い性状の廃棄物を焼却処理することができるキルンストーカ式焼却技術の開発を始め，1997年に1号機を納入した。

現在国内5箇所の施設が稼働中である。

2-1-8 灰溶融炉

1990年代初頭の埋め立て地のひっ迫という状況下で，焼却灰を溶融して埋め立て負荷を軽減するニーズが高まる中，合併前の荏原インフィルコではストーカ炉の焼却灰を溶融する目的でプラズマ式溶融炉を開発し，1994年に1号機を松山市南クリーンセンターに納入した。プラ

ズマ式溶融炉は現在国内7施設で稼働中である。

また1998年には焼却灰の溶融事業を手掛ける矢作りサイクル（現、中部リサイクル㈱、「サブマージドアーク電気溶融炉」を保有）に出資し、協力関係を強化した。2010年に受注した平塚市向け都市ごみ焼却施設（TIF型流動炉）は、中部リサイクルにて焼却灰の溶融処理を行うという新しいスキームでのメリットが評価されたものである。

2-2 水処理

2-2-1 浄水処理

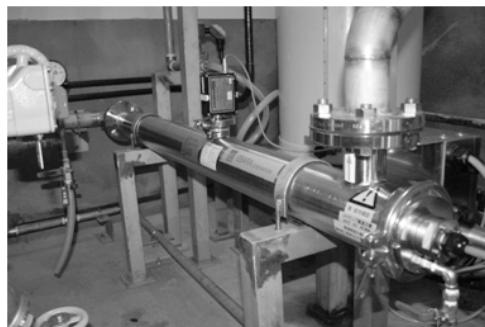
当社における水道施設納入実績は古く、1931年に新潟県に急速ろ過池を納入したのをはじめとし、その後浄水、排水、高度処理、膜処理などの施設を次々に納入してきた。浄水処理の基本は濁度除去プロセスとしての凝集沈殿、砂ろ過と消毒である。

1950年代から1960年代にかけて全盛期を迎えた高速凝集沈殿地の代名詞であるアクセレータは400箇所以上に納入し、1日の処理水量1100万 m^3 を超える。また通常のフロック形成池、横流沈澱池向けの装置として、フロキュレータ、傾斜板、汚泥掻寄機などは多数の機器を浄水場に納入してきた。

砂ろ過設備では全自動自己水逆洗型急速ろ過装置（グリーンリーフ・フィルタ）を開発し、1964年に第1号機を福島県に納めた。今や560箇所、1日の処理水量1700万 m^3 を超えており、当社の代表的な装置の一つになっている。

1970年代以降は、取水水源の富栄養化や、排水による汚染などの問題から、トリハロメタン、異臭味などへの対応が課題となり、大都市を中心に高度処理の導入が検討され始めた。当社は1990年代に日本最大の浄水場である村野浄水場向けに、オゾン、活性炭を用いた高度処理設備を納入した。また、中小浄水場向けには、ドライ粉末炭を用いたシステムを開発し、20件以上の納入実績をもつ。

最新技術としては、膜ろ過技術が上げられる。1991年から本格的な実証実験が開始され、1995年度に実用に移され事業化が急ピッチで推進された。槽浸漬型膜ろ過装置（エルキューブ）は、膜を直接水槽に浸漬させる方法で、高濁度原水への安定した対応、省エネルギー性などの特徴をもち、2012年度で35件の納入実績がある。2010年には日本最大級の30000 m^3/d の設備を兵庫県豊岡市に



12-117 17/237

紫外線照射装置

納入している。

また、欧米を中心に普及している紫外線（UV）消毒は日本でも2007年から実用化され、2012年度で14箇所もの納入実績をもつ。2011年には岐阜市に日本最大となる8万 m^3/d の中圧紫外線装置を納入した。

2-2-2 下水処理

我が国の下水道人口普及率は、大都市や地方中核都市などにおいては既に一定の水準に達している。しかし、中小市町村においては依然として普及率が低く、今後はこうした人口規模の少ない中小市町村における整備が望まれている。また、公共用水域の水質保全是下水道並びに関連施設整備の進捗により一定の効果がみられる一方、閉鎖性水域などにおいては窒素、りんなど富栄養化の水質改善が進んでおらず、更なる高度処理の普及が求められている。更に、合流式下水道における雨天時未処理下水の公共水域放流について問題も指摘されている。

当社は多くの高度処理施設を納入しており、処理対象により多種多様なプロセスがあるが、二次処理の後段に付加する形で高度に処理するもの（高度処理）としてバイオパック（生物膜ろ過法）や高効率・省スペースで窒素・リンの同時除去が可能なプロセスとしてバイオエルグ（微生物固定化担体投入型活性汚泥法）がある。

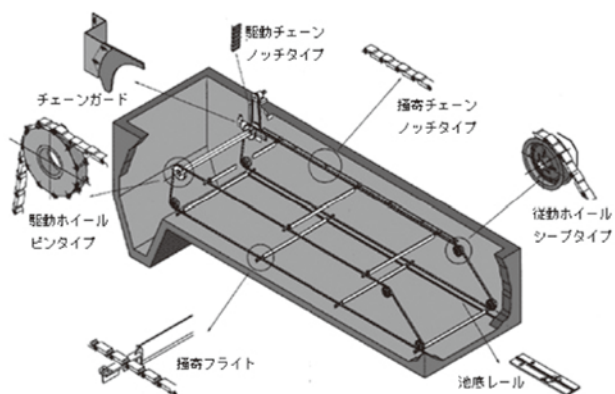
合流式下水道が抱える雨天時越流水（CSO）の課題の一つの消毒技術では、不定期かつ大量・短時間処理が要求されるCSOに対応できるサニークセルシステム（臭素系薬剤による即効性消毒処理法）が画期的システムとして、多くの受注実績がある。

更に下水道の普及に伴い、納入施設の維持管理性の向上・省エネルギーが求められている。その中で、耐蝕性・

事務局注記）水処理事業を2009年に承継した荏原エンジニアリングサービス㈱は、2010年から㈱荏原製作所、三菱商事㈱、日揮㈱3社の共同経営体制となり、2011年に商号を水ing㈱に変更している。

耐摩耗性向上に優れた軽量・樹脂性の汚泥掻寄機が注目されている。当社のフィンチェーン（ノッチ式汚泥掻寄機）は、国内下水処理施設導入の先駆者で、納入実績は750水路を超える。また、当社独自技術である真空移送システム（プラグ移送方式）は、ここ数年で納入実績は10件を超え、相次ぐ受注・建設が進められている。

また、近年、下水道の役割は、公衆衛生の確保と生活環境の改善・浸水の防除・公共用水域の水質保全という基本的事項に加え、循環型社会形成への貢献として、資源循環の生産基地として、水・リン・バイオガスを含んだ汚泥の有効利用が新たな役割として期待されている。当社は、この分野でも、30年以上前から取り組んで来た技術が活かされており、リフォスマスター（リン除去・回収技術）、セミドライ消化システム（効率的なメタン発酵エネルギー回収システム）などがある。



12-117 18/237

フィンチェーン模式図

2-2-3 農業集落排水処理

農業集落排水処理施設の建設は、1973年農林省（当時）の補助事業としての農村総合整備モデル事業の工種として始まり、1983年に農業集落排水事業が単独の工種として制度化された。この事業で建設された多くの水処理施設では、(社)日本農業集落排水協会が開発した協会型と呼ばれる汚水処理施設が建設されている。当初は、協会型として嫌気ろ床槽と接触ばっ気槽を組み合わせた生物膜法を中心に設置された。続いて、より高度な処理水質が要求されるようになり、回分式活性汚泥法は小規模設備向けに適していたため一時期中心技術となった。当時、当社製品として回分式コントロールユニット、水中エアレータ、上澄水排出装置等多数納入した実績がある。

その後費用対効果の点で、より一般的な間欠ばっ気式活性汚泥法が中心となった。また最近では、より高度な処理技術として膜分離活性汚泥法が新たに加わってきて

いる。

当社では、1995年から日本農業集落排水協会との共同研究に参加し、国土交通大臣認定を取得した協会型一膜分離活性汚泥方式に使用できる膜分離ユニットの一機種として当社製のものが採用されている。

2-2-4 し尿処理

当社のし尿処理施設は、1957年に納入した静岡県熱海市の施設（処理能力25 kL/d）が1号機で、以来現在まで全国に約380箇所の施設を納入してきた。

し尿処理の開始は1956年「し尿処理基本対策要綱」（1次5箇年計画）を国が発表してからといわれている。当時主流となっていた処理方式は、嫌気性消化に生物処理として散水ろ床方式を加えたものであった。当社は、1960年に全国で初めて嫌気性消化後の二次処理に活性汚泥処理を採用した施設を納入し、その浄化効率が飛躍的に高まった。

1976年島根県松江市で、循環式硝化脱窒素法（デニパック・プロセス）によりし尿を直接処理する施設の運転が開始された。この方式は従来のし尿処理のイメージを一新させた。1983年に入ると更に処理の高度化が進み、高負荷処理のニューデニパック・プロセスが登場する。高負荷処理が主流となったところから、固液分離に限外ろ過膜（UF膜）を利用したし尿の膜処理技術（膜分離高負荷脱窒素処理方式）が注目を浴びるようになってきた。当社のUF膜を採用した処理方式「UFデニパック・プロセス」の1号機は、1992年に納入した静岡県伊東市の施設（処理能力96 kL/d）である。

従来のし尿処理施設で発生する余剰汚泥は焼却処理を行ってきたが、社会の変革に伴い、資源としてリサイクルするように求められてきた。これにより1977年、厚生省（現在は環境省所管）は、し尿処理施設も資源化施設と位置付けし、し尿と浄化槽汚泥のほかに、生ごみなどの有機性廃棄物も受け入れる「汚泥再生処理センター」として国庫補助対象とした。これを受けて、生ごみと余剰汚泥のメタン発酵によるエネルギー回収システム（メビウスシステム）を開発し、1号機を新潟県上越地域広域行政組合に納入した。生ごみと系内で発生する汚泥は、メタン発酵を行い、発生したメタンガスを燃料として発電を行う。発酵後の消化汚泥は乾燥後、当社のガス化溶融炉で焼却し、焼却灰は溶融炉でスラグ化し再利用を図る施設である。また、水処理方式は、1994年に開発した浄化槽汚泥比率の高いし尿の膜分離高負荷脱窒素処理方式である「Jシステム」を採用した。本方式は、近年の浄化槽の普及に伴い、浄化槽汚泥の混入比率が高まるこ

とによる原水性状の変化に対応できる合理的な処理システムである。

2003年度から、環境省補助事業「汚泥再生処理センター」の補助採択要件として、「汚泥の助燃剤化」が追加された。これを受けて、「汚泥の助燃剤化」の条件である脱水汚泥含水率：70%以下を達成するために、当社独自の技術である軸摺動型スクリーブレス脱水機を核とした「バリュースラッジシステム」を開発した。本システムは、平成20年度（第29回）優秀省エネルギー機器表彰、日本機械工業連合会会長賞と2009年第35回優秀環境装置表彰、経済産業省産業技術環境局長賞をダブル受賞している。本システムを前述した「Jシステム」に組み込むことによって、従来の処理方式より安全で安定し、低コストな処理方式を確立した。

また、「バリュースラッジシステム」は、高い技術力を評価され汚泥再生処理センターだけではなく、し尿の下水道放流施設（除外施設）でも多数採用されている。また、軸摺動型スクリーブレス脱水機は、現状17施設に27台（建設中含む）の実績を有している。



12-117 19/237

バリュースラッジシステム

2-2-5 最終処分場浸出水処理

最終処分場が現在のような遮水工事を行い、浸出水を1箇所を集水して浸出水処理施設により処理して放流するようになったのは、1970年代後半に入ってからである。当社では1971年横浜市役所向けに凝集沈殿処理からなる最終処分場浸出水処理1号施設を納入した。これ以後1970年代半ばまでは活性汚泥処理と凝集沈殿処理を組み合わせた処理方式が中心となった。

1970年代後半に入り処理の対象にT-N、CODなどの水質項目が加わり、従来の処理に生物脱窒素処理、砂ろ過及び活性炭吸着処理が加えられる例がでてきた。1980年代後半に入ると、埋立物中に占める焼却残さ、不燃物の割合が増加して、原水濃度が従来の設計濃度を大きく下

回る処理施設例が増加してきた。これに伴い生物処理方式を活性汚泥処理から接触ばっ気、回転円板処理とする例が増えた。

1989年には、焼却灰中のカルシウム成分によるスケール対策としてライムソーダ法によるカルシウム除去設備を含む当社1号施設を愛知県安城市に納入した。この設備は現在では重金属除去も可能な処理方法として焼却灰埋立比率の高い処分場向けの多くに設置されている。

1999年にダイオキシン分解装置を組み入れた施設を近江八幡市に納入した。この設備は浸出水中のダイオキシン類を分解除去できる装置である。

2000年に担体投入型生物脱窒素処理（バイオエルグ方式）とフェントン酸化処理を導入した、東京都中央防波堤第三排水処理場（処理量：11500 m³/日）を納入した。また、この処理場は国内最大の海面埋立浸出水処理施設である。

2000年ダイオキシン類対策特別措置法が施行されると、新技術の速やかな導入が行えるように従来の廃棄物最終処分場指針は廃棄物最終処分場性能指針に改正された。これにより提案営業が活発化し、新技術の導入も本格化した。

2003年には当社1号の浸出水脱塩処理施設を愛媛県松山市に納入した。この設備は現在の無機化した廃棄物からの高塩類濃度の浸出水処理の方式として近年多く適用されている。

当社では1号施設納入以後現在にいたるまで221件の最終処分場浸出水処理施設の納入実績がある。

2-2-6 工場用水処理

当社の工場用水処理設備は、戦後、上水道の技術を基に急速ろ過装置を納入したのが始まりである。前処理装置には凝集・沈殿・ろ過装置、除鉄・除マンガン装置などがある。どれほど高度な水質の水を製造するとしても、この前処理が必要不可欠である。当社の特長ある前処理装置として、高速凝集沈殿装置「アクセレータ」、ハイアレータ」、凝集ろ過装置「ボルテ・フィルタ」、サイフォン式自己水洗浄型重力式ろ過装置「グリーンリーフ・フィルタ」、フリフロ・フィルタ」がその代表格であった。

この他にも、軟水装置、純水装置、超純水装置などその目的に応じた装置を食品・飲料、紙パルプ、鉄鋼、化学、繊維、電力、半導体、医薬などの各工場に、そして河川・池浄化、水産・水族館に至るまで多くの業界に数多くの水処理装置・プラントを納入してきた。

近年では、特に飲料向けにRO膜を用いた装置を数多く納入している。更に、省エネルギー化、省スペース化、

省水（節水）化が求められ、排水を回収して再利用する装置への需要が高まっている。これらの要望に対応するシステムとして、2012年、飲料工場向けのアセプティックリンスー回収システム「ARRoWSシステム」の1号機を納入した。

2-2-7 産業排水処理

当社の排水処理設備の第1号機は1955年に現JR西日本に納入した洗車排水処理設備であるが、以降、鉄鋼、紙パルプ、電力、食品、半導体、機械車両、水産加工、染色、化学、研究所など広範囲の業種にわたる排水処理設備を納入してきた。当社が産業排水向けに開発してきた製品、処理システムは次のようなものがある。

(1) FMフィルタ：充填密度0.1 g/cm³以下のろ材を使用し上向流で高速ろ過するろ過機である。①洗浄排水量が砂ろ過機に比べ約1/2、②機械攪拌により強力な洗浄が可能、③空洗ブロウ、逆洗ポンプなどの補機が不要であり省スペース、などの特長を有する。

(2) 新型白水ろ過機：抄紙白水のろ過機において床の閉塞やスライム障害などの問題を解決するために開発されたろ過機である。

(3) PW（膜分離式活性汚泥処理装置）：活性汚泥法のばっ気槽内に孔径0.4 μmの膜で構成されている膜ユニットを浸漬し処理する方法である。

(4) 流動床型生物膜処理設備：微生物を付着させた担体を好氣的条件下で流動させながら有機物を分解除去する方法である。

(5) 高負荷型UASB：従来のUASB法がもつ欠点を解消するために開発された気液固分離装置をリアクタ内に多段に設置した構造の処理装置である。

(6) 排水の再利用システム

鉄鋼業並びに紙パルプ業においては間接冷却水、製品冷却水など比較的汚染度の低い排水、あるいは使用水量の多い抄紙排水などが循環再利用されている。清涼飲料工場においては多量の清水を使用しており、製造プロセスにおける水利用の調査を行い、排水の再利用システムを導入して用水使用量及び排水量を大幅に削減している。

(7) EGR（膨張汚泥床式によるメタン醗酵処理装置）

UASBの内部構造を更に工夫することで、装置内の汚泥保持量を高め、UASBより高負荷で処理を行う方式である。

本方式よりも更に高機能を有する担体表面にメタン菌を保持する『担体EGR』も上市されている。

(8) シリコンウェーハ排水リサイクル装置：研磨工程からの排水はシリコン微粒子だけが純水に含まれてお

り、微粒子を分離回収することで、原材料の削減や水使用量の低減となる。本排水に安定した処理能力を有するセラミック膜を使用したリサイクルシステムを確立した。

(9) 膜分離活性汚泥システム：PVDF製の分離膜を採用し、大水量での膜分離活性汚泥処理を行うシステムである。新設並びに既設生物処理の能力増強が行われている。

(10) EOCOR（銅回収プロセス）：プリント基板業界エッチング廃液中には塩化銅が含まれており、これらを酸化銅として回収することで銅をリサイクルするプロセスである。

2-2-8 汚泥処理

浄水施設から排出される汚泥の性状は、取水源及び浄水施設の浄水方法により著しく異なり、またケーキの処分先の条件により汚泥の処理方法が異なる。調整施設には、沈殿池からの排泥を受け入れる排泥池と、急速ろ過池からの洗浄排水を受け入れる排水池があり、上澄水は原水として返送され、沈降したスラッジは濃縮施設へ送泥される。スラッジの濃縮方法は重力濃縮が一般的である。脱水施設では、濃縮槽から引き抜かれた濃縮スラッジを運搬そのほかの取り扱いを容易にするため天日又は機械により脱水を行い、必要に応じて乾燥を行う。脱水機には、真空脱水機、湿式造粒脱水機、加圧脱水機、遠心分離機、ローラ圧搾脱水機などがあるが、現在の主流は無薬注加圧脱水機方式である。

下水の汚泥処理技術には、焼却、溶融などの熱処理技術も含め数多くのプロセスが存在する。熱処理以外では濃縮、脱水、嫌気性消化などがある。濃縮法では、従来の重力濃縮法から遠心濃縮法や浮上濃縮法など、より処理能力が高い機械式濃縮法が主流となっている。脱水法では、ベルトプレス方式や遠心脱水方式が従来の主流であったが、ベルトプレス方式は設置スペースや維持管理の面で、遠心脱水方式は使用動力費用と定期点検費用が大きい面が課題となっており、高効率で、容易な維持管理の方式が増える傾向にある。嫌気性消化法は汚泥の減溶化とエネルギー（バイオガス）生産に利点を有するが、建設費、運用費に改善すべき課題が残っている。

し尿処理施設で発生する汚泥は、生物処理設備から発生する余剰汚泥と凝集分離設備から発生する凝集汚泥に大別される。発生した汚泥は、混合貯留された後、遠心脱水機、ベルトプレス脱水機、フィルタプレス脱水機などにより脱水される。1998年までは、脱水汚泥は、施設内の焼却設備でし渣とともに焼却され、焼却灰として場外処分される方法が主流であった。しかし、循環型社会形成を目指す動きの中でし尿処理施設は資源化施設であ

ることが求められている。主な資源化方法としては、メタン発酵、たい肥化、乾燥（肥料化）、炭化、助燃剤化があるが、メタン発酵と助燃剤化を採用する施設が多い。

浄水施設では、低モノマーのポリマー開発と相まってポリマーの使用が認可されたが、ろ過池の閉塞等の問題が発生し普及には至らなかった。ポリマーの普及が進めばベルトプレス等ポリマーを必須とする脱水機の進出もありえたものの、現在も主流は無薬注加圧脱水機方式である。

また、加圧脱水機に加温設備と真空発生装置を付加し、脱水と乾燥を1機で同時に行う脱水乾燥機も開発されており、し尿処理において本脱水乾燥機は2004年に大分郡環境衛生組合に実機として納入されている。

下水処理技術では、機械式濃縮法においてベルト濃縮機が登場し、ろ布幅3mあたり200 m³/h処理が可能である。他にもスクリー式濃縮機、ドラム式濃縮機が開発されている。

一方、脱水機においては、現在の主流はスクリープレスである。当社においても2003年から軸摺動スクリープレス（DSPS）の開発を進め、2008年に1100 mmDSPSを下関市に納入した。その他の脱水機として、回転加圧脱水機や縦型のスクリープレスであるトルネードプレス等があげられる。

し尿処理では、バリュースラッジシステムを開発し、2009年に第35回優秀環境装置表彰経済産業省産業技術環境局長賞を受賞した。本システムは調質補助材としてユーサー（ペットボトル繊維）を使用し、軸摺動スクリープレス（DSPS）で脱水することにより含水率70%以下の脱水ケーキを得るものである。本システムを含め、軸摺動スクリープレスはし尿処理関連で30機近い実績がある。

2-2-9 薬品事業

当社の薬品事業は水処理薬品を中心に以前から行われていたが、1990年に現在の体制の薬品事業部が発足したことを受け、メーカー・ポジションを確立した形で本格的に業界参入することとなった。1991年にはボイラ・冷却水薬品を初めとした水処理薬品の製造工場として袖ヶ浦薬品工場が、1994年にはインドネシアに活性炭製造工場[PT EBARA PRIMA INDONESIA（現PT SWING INDONESIA）]が、次いで1997年には薬品工場敷地内に活性炭再生工場が完成し、プラントメーカーで唯一の薬品・活性炭メーカーという、業界内でも特異な位置を占めるに至っている。

薬品事業部の取り扱い商品は、ボイラ・冷却水用薬品、

活性炭、高分子凝集剤、消臭剤、殺菌剤、洗浄剤、消泡剤、活性汚泥処理薬剤、イオン交換樹脂、焼却飛灰処理薬剤、新規開発薬剤及び各種工業薬品など多岐にわたっており、幅広い産業分野を対象としている。これまでに販売してきた主要な製品は以下のとおりである。

- (1) 1995年、飛灰重金属溶出防止剤「アッシュクリーンシリーズ」販売開始。
- (2) 1996年、ダイオキシン類除去用活性炭「エバダイヤ5AP-2」販売開始。新潟市／亀田清掃センターに初納入。
- (3) 2004年、「エバダイヤLG-10SC」、日本コカ・コーラのCCJC認証登録。鳥栖工場に初納入。
- (4) 2004年、飛灰重金属溶出防止剤注入率決定装置「アッシュセーバー」運用開始。湖西市環境センター、安城市環境クリーンセンター他、5焼却場に初設置。
- (5) 2009年、冷却水系遠隔監視システム「マルチテックⅡ」運用開始。ダイエー40店舗に初設置。
- (6) 2009年、粉末活性炭「エバダイヤ5LPD」、エバダイヤ50LPD、日本水道協会水道用薬品認証登録。
- (7) 2012年、高度浄水処理用ヤシ系球状活性炭「エバダイヤLG-40S」、東京都水道局金町浄水場の初納入。

2-2-10 脱臭技術

当社の脱臭技術は1960年代の燃焼脱臭に端を発する。これは東京ガス㈱との共同開発で更に発展した。当時の脱臭対象は、官公庁向けのし尿処理場高濃度臭気であり、民間の生産設備由来の高濃度臭気であった。しかし、1970年代に入り、第一次石油ショックで燃料費が高騰し、燃焼脱臭装置の市場は漸減し始めたため、1970年代後半に当社独自の脱臭技術を保有しようと専門グループを設置し、臭気に関する基礎知識・調査・分析法の修得から始め、各種脱臭装置の設計を手掛けるようになった。

当初の代表的処理方式は直接燃焼法、洗浄法（水洗、薬洗）、オゾン酸化法、吸着法であったが、各種の研究や多くの経験を重ねるにしたがい、触媒法、微生物を利用した生物法（土壌脱臭を含む）、燃焼法の変法である蓄熱式など豊富に技術蓄積がなされてきた。近年は、安定した臭気除去が可能な活性炭吸着法、運転コストが他方式より低減可能な生物脱臭法が主力となっている。

2-2-11 メタン発酵による有機性廃棄物の減容化・エネルギー回収について

メタン発酵は古くから使用されている技術である。我が国においては、し尿や下水汚泥を対象に開発、実用化されてきた。またそれ以外の有機性廃棄物に関しては、原料を高濃度の状態で処理することが可能となった1990年代後半から、生ごみに処理対象物を加えた汚泥再生処理

センターなどのメタン発酵処理施設の建設が始まった。

家畜排泄物用として開発したオンサイト型メタン発酵装置「バイソン (Bio cycle System On Site)」は、個別の酪農家に簡単に設置することが可能で、従来にない低価格、低ランニングコストを実現した。外形寸法は11 m四方で、発酵槽やガスホルダ、加温設備等、更には発電機も含むすべての機器類がドーム形のユニット内部に収納されている装置である。

メタン発酵の消化汚泥や廃水処理汚泥などの汚泥減容化のニーズは高まる傾向にあり、熱処理、オゾン添加、機械粉碎、薬品添加など多種提案されている。こうした中で2001年8月に超音波による汚泥減容化システム「バイオアクセレータ」をドイツから技術導入した。本機は、連続通水型リアクタと超音波発振機で構成され、防音ボックスに覆われたシンプルな構造である。リアクタ内部に濃縮汚泥を通水しながら超音波を照射し、濃縮汚泥中にキャビテーションを発生させて、汚泥を分散・可溶化する。

2002年12月、農水省等の関係府省が協力して「バイオマス・ニッポン総合戦略」を閣議決定、更に2005年2月京都議定書が発効し、地球温暖化防止に向け、バイオマス利活用の社会的要求が高まった。

当社もメタン発酵によるバイオマス利活用技術の開発を加速し、2004年の養豚場向け水処理付きメタン発酵施設の納入を皮切りに、コーヒー粕や茶粕、焼酎粕、生ごみ等、様々な有機性廃棄物を原料とするメタン発酵施設を15施設以上納入し、国内トップの実績となった。そして2008年12月、富山県黒部市から下水汚泥とコーヒー粕の混合消化技術をベースとしたBTO方式による「黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用施設整備運営事業」の優先交渉権を獲得、2011年5月に施設は竣工し、以降15年間の維持管理・運営を行っている。

2011年3月、日本は東日本大震災に見舞われ原発事故が発生、脱原子力発電に向けた取り組みが始まった。分散型電源としてバイオマス発電が期待される中、2004年12月から福岡県久留米市南部浄化センターにて、現在も連続運転を続けている風水力製品であるマイクロガスタービンコージェネレーションシステムを全国の消化槽を備えた下水処理場に積極的に提案を行っている。2012年8月現在で14台を受注（内1台は販売）・7台が稼働を開始し、安定運転を実現している（風水力機械カンパニーが直接納入しているものも含めると、合計17台を納入・10台が稼働。また東京都のごみ埋め立て処分場にも1台納入している）。

また、現在、省エネルギー効率を高めることを目的として高濃度消化システムの開発を進めている。

3. 精密・電子事業

精密・電子事業は1985年発足のコーポレートプロジェクトチーム (CP8501) に起源を發し、その目的は半導体製造業界市場において新規事業を創設することにあった。この業界は当時大きな発展期にあり、技術進歩が必要を拡大していく成長産業であることはいまでもなかったが、業界が未成熟であるが故の競争原理の激しさに加えシリコンサイクルの存在というリスクがあった。

当社がこの業界に参入するに当たり、ドライ（真空）プロセス用の真空ポンプから着手したことは、回転機械メーカーとしては当然であり、かつ幸運でもあった。

当時の半導体製造用真空ポンプは「油回転ポンプ」が主流であったが、デザインルールの微細化に伴いオイルフリー化が求められており、CP発足当初から開発に着手した「ドライ真空ポンプ」及び超高真空用磁気軸受形「ターボ分子ポンプ」はそのオイルフリー化の波に乗り精密・電子事業の基礎を作った。これらはその後も改良・開発を重ね、半導体製造プロセス上重要な機器となっている。

装置系製品の開発はCP発足後、約2年を経てからの着手となった。真空ポンプ系にてオイルフリー、すなわちクリーンを製品コンセプトにおいた当社は、そのコンセプトを追求する「洗浄」を、更には、当時半導体製造プロセスをほぼ独占していたドライプロセスとは対照的な「ウェットプロセス」を装置系の製品戦略として掲げ、半導体製造装置市場への参入を図った。装置第1号機はウェーハキャリアの自動洗浄を可能とした「ウェーハキャリア自動洗浄装置」であり、第2号機はワイヤボンディングのための「バンプ（突起状電極）形成用めっき装置」であった。これらの装置そのものの市場はさほど大きくはなかったが、その後の各種「洗浄装置」や「めっき装置」などの製品開発における基礎技術構築という面で重要な役割を果たした。

当社が半導体装置メーカーとして大きく飛躍できたのは「CMP装置」によるといえる。

1991年春、ある大手半導体メーカーの薦めと指導によりウェーハの精密研磨装置CMPの開発をスタートした。これは、微細化と配線の多層化のためにはウェーハ表面の平坦化が不可欠と考えられたからであった。ウェットプロセスに対して「ドライイン／ドライアウト」のコンセプトを掲げた当社のCMP装置は、平坦化プロセスの重

要性の高まりと相まってユーザに広く受け入れられ、1992年の1号機出荷以来主力事業へと成長した。

3-1 単体機器関係

3-1-1 ドライ真空ポンプ

半導体及び液晶製造のため、真空中でウェーハやガラス基板に対する成膜やエッチングが行われている。そこで使われる真空ポンプは、1980年代までは油回転ポンプが主流であったが、半導体の高集積化に伴い、製造装置での真空の質が問われるようになり、1980年代後半からドライ真空ポンプが使用されてきた。ドライ真空ポンプは、主に2軸が反転同期回転する容積式真空ポンプであり、接ガス部にシール用の液体を使わず、清浄な真空を得ることができるため、現在半導体・液晶製造の真空ポンプとしてなくてはならないものとなっている。また、最近地球環境保護の観点から、太陽電池、LED、リチウム2次電池等の市場が拡大している。これらの製品製造プロセスには、半導体同様の薄膜形成プロセスが多いため、ドライ真空ポンプが多数用いられている。更に、各種分析機器、金属産業、バイオ産業などの一般産業分野では、従来油回転ポンプが主流であったが、省エネルギー化及びメンテナンス頻度低減の要求から、真空ポンプのドライ化が徐々に進んでいる。

当社ドライ真空ポンプは、1986年に1号機を出荷以来、精密・電子事業を支える基幹製品となり、2011年5月に出荷台数累計10万台を達成した。

当初出荷したドライ真空ポンプERD/UERR型は、当社の半導体市場に対する足掛かりとなった製品である。本ポンプは、顧客の要求を受けその都度製作する受注生産方式をとったことにより、使用先・使用装置別に、100種類以上の仕様が存在した。

生産性の向上・納期短縮を主目的として、1991年にA型

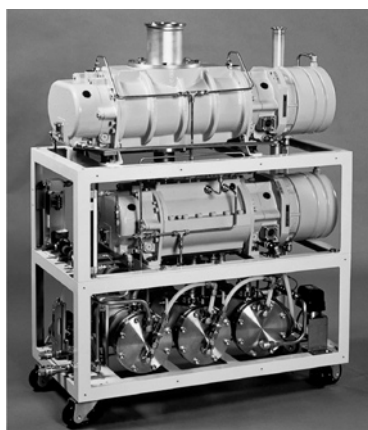
を市場投入した。ポンプ本体は冷却方式を改善してパッケージ可能なコンパクト構造とし、かつ、マイコン化した保護システムにより標準化を行い、カタログ販売できる製品とした。顧客の個別要求に対しては、ポンプユニットの外にオプションを取り付ける形状とした。

当時、ドライ真空ポンプの電力は半導体製造工場全体の約15%を占めていた。これを改善するために、省エネルギー・小型化を主目的として、1995年からAA型を市場投入した。このドライ真空ポンプは、従来のポンプに対し最大60%の消費電力削減を実現した。これは、半導体製造工場に換算すると約7%の電力削減に相当する。

その後も、省エネルギー化及び小型化で業界をリードし続け、2003年にESR型、2009年にEV-S型と、省エネルギー型ドライ真空ポンプの性能を、継続的に改善している。

EV-S型は、AA型に比して消費電力で最大76%、フットプリントで最大64%、冷却水量で最大57%を削減した。更に、軸シール用の窒素パージを不要としたモデルをラインアップに加え、利用者の利便性を高めた。EV-S型は、主に空気や不活性ガスを排気する軽負荷用途にて業界標準となりつつある。

一方、エッチングやCVDプロセス等の重負荷用途向けドライ真空ポンプは、様々な反応副生成物を含むガスや腐食性ガスを排気しなければならない。これらに対しては、ポンプへの耐食材料の採用及びポンプ内部温度の最適化を行ったドライ真空ポンプAAS型を1997年に市場投入した。更に、半導体ウェーハの300 mm化及び液晶基板の大型化に伴うプロセスガス量の増大に対応するため、2004年よりEST型を市場投入した。EST型には、当社特許技術である2段BPを採用することによってコンパクトパッケージで最大排気速度50000 L/minを実現した大容量ドライポンプEST500WN型がある。また、



12-117 20/237

ERD/UERR型ドライ真空ポンプ



12-117 21/237

EV-M型ドライ真空ポンプ

2011年に販売開始したEV-M型は、重負荷用途でありながら、対プロセス性能と省エネルギー性能を両立させた新世代のドライ真空ポンプである。

一般産業分野では、これまで油回転ポンプの使用が一般的であったが、近年は電源をつなぐだけで手軽に運転できる小容量の空冷式ドライ真空ポンプが代替ポンプとして注目されている。2009年に販売開始したPDV型は、ユニークな2軸同期反転モータを採用したアルミニウム合金製の小型軽量の空冷式ドライ真空ポンプである。また、2012年6月に販売開始したEV-A型は、電源供給だけで運転でき、かつ大きな排気速度を有しているため、ロードロック排気や分析機器向けはもとより、真空乾燥・脱気、プラズマクリーニング、各種コーティング等、様々なアプリケーションに適用可能な機種である。

3-1-2 ターボ分子ポンプ

ターボ分子ポンプは、機械式の超高真空ポンプである。タービン状の翼を多段に形成した羽根車を1分間に数万回転という高速で回転させ、タービン翼に衝突する気体分子に運動量を与え下流側に弾き飛ばすように排気して超高真空を作り出す。ただし大気圧まで圧縮排気できないため補助ポンプと組み合わせて使う。ターボ分子ポンプの主な用途はクリーンな環境が必要な半導体製造工程であるため、当社は羽根車を非接触支持する磁気軸受を採用し、潤滑油を一切使用しない完全クリーンなターボ分子ポンプET型を開発し、1989年に販売を開始した。

これにより当社は、ドライ真空ポンプとターボ分子ポンプを組み合わせることで、半導体製造工程が嫌う油分子がほとんど存在しないクリーンな超高真空を作り出せるようになり、超高真空が必要なスパッタリング装置を中心にこれらのポンプを組み合わせ提供するようになった。

一方、半導体製造におけるエッチング工程では、到達真空度は超高真空まで必要としないが、1 Pa程度の中真空で大量のプロセスガスを流したいという要求があっ

た。これに応えるため、タービン翼の段数を減らし、より圧力が高い領域で排気性能を発揮するねじ溝型ロータをタービン翼の後段に配置した広域形ターボ分子ポンプET-W型を開発し、1992年より販売を開始した。

広域形ターボ分子ポンプは、ウェーハの大口径化(200 mmから300 mmへ)に伴って大型化が要求され、現在は2000 L/sから4000 L/sクラスの排気速度を有するポンプが主流となっている。

3-1-3 排ガス処理装置

半導体製造工程及び液晶製造工程では、毒性、可燃性、腐食性や地球温暖化を促進する性状など、有害な性質をもったガスを使用することが多い。

これらのプロセスでは、有害ガスを排気する真空ポンプの後流に、ガスを無害化する排ガス処理装置を設置する必要がある。

当社は半導体工程用途向けにドライ真空ポンプの販売を開始した翌年(1987年)に排ガス処理装置の販売を開始した。

発売当時は、ドライ真空ポンプからの排ガスを簡便かつ確実に処理できる乾式(処理剤との吸着または化学反応で処理するタイプ)の要求が高かったため、乾式排ガス処理装置GT型を開発し、エッチング工程用に販売を始め、続いてCVD用、イオン注入用へと適用範囲を拡大していった。

その後ウェーハ口径の拡大によるガス使用量の増加、特にCVD工程での可燃性ガス使用量の増加にともない、乾式に比較して低ランニングコストで多種類の可燃性ガスに対応できる加熱酸分解式排ガス処理装置CDO型(ヒーター加温によって排ガスを直接酸分解するタイプ)を1989年に市場投入した。

1999年には、半導体の高集積化とウェーハ口径の拡大に伴い酸性ガスを多量に使用するようになったエッチング工程用に、ランニングコストの低い湿式排ガス処理装置GSR型を発売した。また、地球温暖化防止の観点から、CVD工程で多量に排出されるPFSsガスを高温火炎で可燃性ガスと同時に分解処理する燃焼式排ガス処理装置GDC型も市場に投入した。

2003年には、エッチング工程で排出されるPFCsガスと酸性ガスを同時に処理する触媒式排ガス処理装置GCR型と、ランニングコスト低減のために消耗部品数を低減した第2世代の燃焼式排ガス処理装置GDC II型を市場投入した。

2007年には、半導体製造における排気系総合エンジニアリングを標榜し、半導体製造工程の排気系全般の安全



12-117 22/237

高圧縮型ターボ分子ポンプ羽根車



12-117 23/237

G5型燃焼式排ガス処理装置

性向上と総ランニングコストの低減を実現した「ドライポンプ一体型排ガス処理装置」を開発し販売を開始した。

2008年には、PFCsガス処理後に生じるフッ酸排水の削減を図るF固定式排ガス処理装置FDS型を開発し、エッチング工程向けに販売を開始した。また一層のランニングコスト低減のために消耗部品数を半減した第3世代燃焼式排ガス処理装置G5型を市場投入した。

2011年には、G5型を基に、処理可能流量を大幅に拡大（当社比で約3.5倍）した大流量対応燃焼式排ガス処理装置G6型の販売を開始した。

3-1-4 オゾナイザ及びオゾン水製造装置

オゾンは分子記号O₃で表される酸素の同素体で強い酸化力があり、反応後は速やかに分解して酸素に戻るため2次公害のない環境負荷の小さい酸化・殺菌剤として産業界で広く利用されている。

当社は1990年代初めからオゾナイザとオゾン水製造装置の販売を行っている。

オゾナイザには一般産業向けの汎用オゾナイザと、半導体・電子産業用のクリーンオゾナイザがある。

オゾナイザのオゾン発生部には当社独自のトレンチ型電極を使用し、誘電体を介した電極間に高周波高電圧を印加して無声放電を発生し、供給した酸素ガスをオゾンガスに変換する。クリーンオゾナイザは誘電板に単結晶サファイア基板を採用し、両極を水冷することで不純物を含まないクリーンなオゾンガスを高効率で生成する。

汎用オゾナイザは衣類のドライクリーニングや栽培漁業向けに多くの実績があり、クリーンオゾナイザは1990年代は常圧TEOS/CVD用途として、2000年代に入ってから酸化膜用ALD装置やドライ洗浄用途で実績がある。

オゾン水製造装置はクリーンオゾナイザと当社独自のノンパーティクルポンプを内蔵し、中空糸膜を用いて超純水にオゾン拡散溶解するため、気泡やコンタミネーションを含まないクリーンなオゾン水を生成可能である。半導体ウェーハや液晶基板の洗浄に多くの実績があり、基板上の残存有機物や金属の除去、シリコン酸化膜の生成等に使用されている。

3-2 装置関係

3-2-1 CMP装置

半導体デバイスは高速化と高集積化を実現するため、微細な配線を多段に積層した構造になっている。この多層配線を形成する工程において、各層をナノメートルレベルで平坦化加工する役割を担うのがCMP（Chemical Mechanical Polisher）装置である。

1980年代後半に米国で開発されたCMP装置に、当社

は1991年から取り組み、1992年には量産用第1号機を顧客に納入した。以来、20年以上にわたって最先端デバイスのプロセス要求に応えつつ、トップメーカーとして全世界に約1700台の納入実績を記している。

CMPは発表された当時、半導体製造方法の常識を覆すものであった。従来の半導体製造方法はガス反応を応用した、いわゆるドライプロセスが主流であり微細化に大敵なごみをいかに発生しないかに注力していたのに対して、CMPはプロセスに砥液（スラリー）を使用し研磨カスなどのパーティクル（ごみ）を発生させ、数万から数十万個レベルのパーティクルがウェーハ上に残留するからである。

そのため米国では、CMP装置を他のドライプロセス装置とは別の「CMP室」に隔離して設置し、CMP装置で平坦化されたウェーハをウェット状態のまま取り出して洗浄機で粗洗浄することによって、半導体製造工程に適用するのが一般的であった。

これに対して当社は、CMP装置は他のドライプロセス装置と同様に使用されるべきと考え、ウェーハをドライの状態にCMP装置にセットし、研磨終了後も洗浄・乾燥してドライな状態でCMP装置から出す「ドライイン／ドライアウト」を考案した。そして、研磨装置と洗浄機の一体化などを開発コンセプトとして、それまで汚染の激しいプロセスの代名詞であったCMP装置を一新し、クリーンポリッシングシステムとして量産形CMP装置EPO型、その発展形であるF-REX型を市場投入した。

層間絶縁膜を研磨することから始まったCMPであるが、その後STI（Shallow Trench Isolation素子分離）、タングステンプラグ及び配線、アルミ配線、銅配線プロセスに適用されるなど、今やCMPが採用されない膜はほとんどないといってよいほど行き渡っている。当社は、これら研磨・洗浄対象膜の多様化や製造プロセスからの要求に応えるために、装置の高性能化・多機能化を進めてきた。

そして、ウェーハの大口径化に伴い、300 mmウェーハ対応装置の開発にもいち早く取り組み、1998年にEPO-T型を、2000年にF-REX300型を市場に投入した。2003年には更なる最先端微細化への対応と生産性の大幅な向上を図ったF-REX300S型を市場に送り出した。近年においては、高度な研磨プロファイルコントロールを可能にする研磨ヘッドや多様な膜種に適合した洗浄モジュール、高精度エンドポイントシステム等を開発し、これらを搭載して更なる性能向上と多機能化に加え生産性向上と操作性向上も実現したF-REX300SII型を市場投



12-117 24/237

F-REX300S II 型 CMP 装置

入した。この装置は多くの顧客から好評を頂き大幅な市場シェアアップを果たしている。

3-2-2 実装用めっき装置

電子部品の小型化と高密度実装化の要求から、LSIの実装方法はワイヤボンディングからTAB方式やフリップチップ方式へと変わってきている。これはバンパと呼ばれる突起状電極を介して、LSIチップと基板を電氣的に接続するもので、このバンパを形成する装置がバンパめっき装置である。

実装用のめっき装置といえばこのバンパめっき装置を指すことが多いが、実際には同じ装置で種々の用途に適応することができ、ウェーハレベルCSP (Chip Size Package) の製造プロセスやその他の配線及びコイルの形成等にも使われている。

当社の実装用めっき装置 UFP 型は、めっき槽の中にウェーハを垂直に立ててめっきを行うディップ方式を採用している。この方式は、めっき液を槽の底部から導入してオーバフローさせることにより、めっき液の流れがウェーハと平行になると同時に気泡抜けが良くなる。また、ウェーハ表面端部と裏面をシールしてめっき面だけをめっき液に接液させるために、ウェーハホルダと呼ぶ特殊なジグにウェーハを固定してめっきしている。

当社は、1999年に200 mm ウェーハ対応装置の販売を本格的に開始し、2001年に300 mm ウェーハ対応装置を市場に出した。以来、UFP型は優れためっき性能とフットプリント当りのスループット値が大きいことが評価され、海外のユーザに広く受け入れられてきた。

実装用めっき装置の用途の動向をみると、フリップチップやウェーハレベルCSPは、小型、低コスト化の技術だけでなく、高性能化が求められる先端プロセッサやシステムLSIの基本技術として広まってきた。最近では、半導体デバイスの高集積化、高速化のために、半導体チッ

プを積み上げ、チップを貫通する電極を介して接続して一つのパッケージにする3次元実装 (TSV: Through Silicon Via) 技術が注目されている。当社は、UFP型においてTSV技術の貫通電極形成のプロセス開発を進めており、フィリング性能の向上やめっき時間の短縮を図っている。

また、2011年には少量生産ないしMEMSやLEDなどへの適応も見込んだ小型廉価版のめっき装置を開発し販売している。



12-117 25/237

UFP-AD 型小型実装用全自動めっき装置

3-2-3 ベベル研磨装置

半導体デバイス構造の微細化と多層化・高集積化に伴って、ウェーハの表面 (デバイス形成面) だけでなく、外周部や裏面に存在するプロセス欠陥や異物が、デバイスの歩留まりに悪影響を与えることが問題視されるようになり、ウェーハ外周部や裏面を清浄化できる装置が求められるようになって来ている。

この需要に対して、当社は研磨テープを使用したスラリーレスの研磨・洗浄方式によってウェーハ外周部 (ベベル部) を清浄化する装置を開発した。これがベベル研磨装置 EAC 型である。

当社は、2004年にベベル研磨装置の初号機 (200 mm ウェーハ用) を顧客に納入した。これは大手半導体メーカーのデバイス工程に世界で初めて研磨テープのプロセスを取り込んだ装置となった。その後300 mm ウェーハ対応装置が量産対応設備として採用された。

ベベル研磨プロセスは、ウェーハ全面を研磨するCMPプロセスとは異なり、表面にデバイスが形成されたウェーハの外周や裏面だけを研磨して清浄化しなければならない。スラリーを使用した研磨方式の場合は、ウェーハ表面のデバイスパターンに対するスラリーの砥粒やスラリー中の化学成分による汚染が懸念されるため、当社

は、研磨テープと純水だけでウェーハのベベル部を研磨する方式を採用し、クリーンプロセスを確立した。

また、当社独自の研磨ヘッド機構により、ベベル部の研磨プロファイルコントロールやノッチ部分の研磨も可能にした。

ベベル研磨装置の用途は、販売開始当初は高価なデバイスであるロジック製品向けであったが、最近ランニングコストの低減によって、大量生産されるメモリー向けやMPU向けに採用されるようになってきた。また、最近高集積化のための3次元実装技術であるTSVプロセスにも、この研磨テープを使った当社独自の研磨技術が採用されつつある。

このような動向の下、ベベル研磨装置の市場は今後より一層拡大すると期待している。



12-117 26/237

ベベル研磨装置

3-2-4 電子線欠陥検査装置

微細化する半導体の配線幅は2011年にはフラッシュメモリで22 nmに到達した。こうした極細配線においても故障の少ない信頼性の高い集積回路を生産するためには配線パターンの外観を検査する技術が不可欠である。

従来、半導体ウェーハの配線欠陥検査には、短波長の

光を用いた明視野光学顕微鏡の技術が用いられてきた。しかし、解像度を定める光源の波長が短くなると顕微鏡に用いられるレンズの透過率が著しく低下するため、 $\lambda = 193 \text{ nm}$ の波長が限界となり、 $\lambda / 4 = 48 \text{ nm}$ が実用上の解像限界である。

この問題を解決するために電子顕微鏡を使った高解像度の検査技術が注目されている。しかし、数nmに細く絞った電子ビームを2次元走査して画像を取得する従来の電子顕微鏡では、広い領域の画像取得に時間がかかるため検査時間が膨大となる。

当社は、2005年に独自の写像投影型電子顕微鏡を搭載した電子ビーム式ウェーハ検査装置（EBEYE300型）を開発した。この電子顕微鏡は、大電流の電子源を用いて数千 μm^2 の領域を電子ビームで照明し、そこから放出される二次電子などの信号電子像を独自の高精度電子光学系で二次元検出器に拡大投影するため、電子顕微鏡の分解能と明視野光学顕微鏡に匹敵する高スループットを両立できる画期的な検査装置である。



12-117 27/237

EBEYE300型ウェーハ欠陥検査装置

現在、次世代デバイスの量産ラインで使用すべく安定的な検査感度とスループットが得られるように、大手半導体デバイスメーカーと協力して装置の製品化を進めている。

この荏原100年技術概史はエハラ時報100号記念特集号、エバラ時報200号記念特集号及び次の協力者の文案をもとに、エバラ時報編集委員会事務局がまとめなおしたものである。

荏原100年技術概史及び荏原100年の歩み執筆協力者

〈個人〉青山隆、荒井正幸、池田尚文、石川隆雄、石川康誠、石川龍一、石山祐二、出水丈志、岩元雅信、尾方祥員、鹿島田浩二、梶原研一、片山敦美、川村興太郎、菊田恭輔、北崎英徳、古池正雄、郷田昭一、小杉茂、小林文夫、齋藤正昭、関口信一、曾布川拓司、高部哲男、田中潔、寺尾健二、中澤敏治、中西正行、中村寿実、南部勇雄、原田稔、日沼宏年、古市竜哉、榎田則夫、松田道昭、松山年男、南吉夫、宮先敦、三輪俊夫、山内一晃（敬称略、五十音順）

〈法人〉(株)荏原製作所、(株)荏原電産、荏原ハマダ送風機(株)、荏原冷熱システム(株)、(株)荏原エリオット、荏原環境プラント(株)、水ing(株)（順不同）