

プラント

Industrial Plants



ウム・アル・ナルMSF造水プラント(UAE, アブダビ)



住金尼崎GT-10

梅澤省作	Shosaku Umezawa	①
百瀬祥一	Shoichi Momose	②
久森弘至	Hiroshi Hisamori	②
矢野正仁	Masahito Yano	②
土井照之	Teruyuki Doi	②
井上隆之	Takayuki Inoue	②

時政辰夫	Tatsuo Tokimasa	③
上野 斌	Takeshi Ueno	③
小林一誠	Kazumasa Kobayashi	③
小坂浩史	Hiroshi Kosaka	③
鈴木 正	Tadashi Suzuki	④
平野 隆	Takashi Hirano	④

1. はじめに

現在、当社のプラント・エネルギー事業はプラントエンジニアリングとエネルギーソリューションの2つのビジネス分野からなる。

プラントエンジニアリング分野の歴史は古く、大正時代（1910年代）、日本の化学工業興隆期にあらゆる機器を製作し据付工事を請け負ったことに起源を持つ。1956年、日本で初めて海外にプラントを輸出（ビルマ向け砂糖プラント）して以降、機種メニューにおいて多くの盛衰を経験しつつ現在に至っている。現在の主要製品は各種化学プラント及び同関連装置、海水淡水化装置、脱硝装置である。

一方、エネルギーソリューション分野の起源は船用ディーゼルエンジンと船用蒸気タービンの製造にある。そこで培った技術を基盤に1952年、ディーゼル機関を発電用として販売したのを皮切りに、発電設備、エネルギー回収発電設備およびコージェネレーション

設備のEPC&メンテナンス、更には発電運営事業へと展開し今日に至っている。

創業130周年にあたり、2分野の事業・製品のあゆみをたどると共に今後の展望を述べる。

2. プラントエンジニアリング

2.1 プラント事業の興隆期（1910～1939）

当社プラント事業の起源は1910年代、第一次世界大戦当時に遡る。輸入途絶の事情から染料・ソーダ製品・医薬品・人絹等化学工業が興隆し、戦後西欧諸国の巻き返しを政府の保護政策と業界の共同防衛等で凌いで、アンモニア合成をはじめ日本の化学技術は著しく進展した。当社桜島工場は時代の要求に応じて、化学工業で必要とされたほとんどあらゆる機器を製作し、それらの据付工事に携わった。日本の化学工業は政府の保護・助成もあって1933、34年頃から急激な発展を見せ、これに対応して当社も化学機械分野への態勢を整え、1936年頃からは当時の1化学プラント全設備の工事を一括請負できるまでになっていた。

この時期の主な化学プラントの業績として、満州昭和製鋼所向けタール蒸留およびナフタリン精製装置、

① Hitachi造船株式会社 海外事業推進本部

② Hitachi造船株式会社 エンジニアリング本部 プラントビジネスユニット

③ Hitachi造船株式会社 エンジニアリング本部 エネルギービジネスユニット

④ Hitachi造船株式会社 プラント営業統括部 エネルギー営業部

宇部窒素工業向けタール・ナフタリンプラントおよびベンゾール精製装置、日本製鐵向けナフタリン精製装置、日本鋳業向け硫酸プラント、日本火薬向け糖蜜原料精製グリセリン製造装置（日本初）があげられる。

また、パルプ工業において、大型木釜は主にスウェーデン製品が輸入されていたが、1936年、当社は初の国産機として200m³の木釜を王子製紙系の北鮮製紙へ納入した。その成績が認められ、以後パルプ・人絹工業各社の木釜はほとんど当社の独壇場となった。

このほか、アルミニウム製造装置・潤滑油製造装置・航空機用ガソリン精製装置・写真フィルム製造装置等に着手、石炭液化工業用装置の製作へも進出した。この時期すでに化学工業用各種タンクの製作数は数千基に達し、使用材料も鋼・ステンレス鋼・銅・アルミ・鉛・錫メッキ・ホモゲンライニング等多種にわたっていた。太平洋戦争開戦直前には国内化学機械製造会社中第1位を占めるに至っていた。

2.2 第二次世界大戦後の復興期（1945～1955）

戦後、工場の復旧・会社の再建に全従業員が一丸となる中で、当社桜島工場は政府の産業復興政策に沿って、まず化学肥料関連装置から手がけ、次いで合成繊維、紙パルプ、砂糖とプラント事業を再興していった。

(1) 肥料プラント 1946年に施工の、四日市、日本肥料向け硫酸製造装置製作据付工事は戦後の当社再建に寄与した大工事であった。続いて日産化学工業和歌山工場向けアンモニア合成装置および同社富山工場向け水洗塔・合成装置用触媒筒、日東化学工業向けルルギ式硫酸製造用転化装置、同社佐賀関精錬所向け硫酸製造装置工事を完工した。日本の化学肥料生産は1949年には戦前の最高水準に復し、さらに、朝鮮戦争を機に急速に輸出産業に変貌していく中で、当社は化学肥料装置分野の実績を積み重ねた。1950年から1955年にかけての当社が納入した主なものとして、日本鋳業、日産化学工業はじめ化学各社向け硫酸製造装置・硫酸用転化装置・発煙硫酸吸収塔など7件、高性能の一酸化炭素転化装置を開発して日東化学工業・日産化学工業・東洋高压工業ほかへ5基、昭和電工向けソーダ塔、日本冶金工業向けスラリー調合設備、東亜合成化学工業向け化学肥料用回転乾燥機、日東化学工業向け炭酸ガス洗浄塔があげられる。

(2) パルプ製造装置 戦後、紙パルプは重要産業の認定対象からはずれ、エネルギー割り当ての少なからや遅れたが、1953年にはパルプ年産量が戦前の最高を越えて151万トンに達した。当社はこの分野における戦前からの実績を基に、国内のほとんどの製紙・パルプ会社へ、木釜（パルプ蒸解装置用バッチ式ダイジェスター）・リファイナその他のパルプ製造装置・機器を製作納入した。技術面では、1953年に日野式連続パルプ製造装置の実用新案の権利を取得、さらに日立造船型2段連続蒸解式セミケミカルパルプ製造装置を完成させたことが特筆される。1954年に同装置を丸住製紙へ納入し、さらに王子製紙へも同装置

を納入した。国産品として画期的なもので、紙・パルプ関係図書にも日立造船式として紹介され世界に知られることとなり、この後、1965年までに10基を納入した。

(3) 砂糖プラント 戦後の復興において、東南アジア市場の開拓とこれによる貿易収支の改善が日本の重要な課題のひとつとされた。当社は、特にビルマへの販路開拓を計画し組織的な受注活動を行ない、1954年の国際入札の結果、1955年1月にビルマ産業開発公社ピンマナ工場の砂糖プラント一式（1,500t/日）および建設工事、次いで、同公社ナムチ工場の現地建設工事（1,000t/日）の受注に成功、これらが当社のプラント輸出進出の端緒となった。



図1 ビルマ・ピンマナ砂糖工場

(4) 合成繊維・合成樹脂プラント 化学各社は1949、50年頃から肥料製造への傾斜から脱し、合成繊維・合成樹脂原料製造などへの展開を急ピッチで進めた。

当社は1949年、倉敷レイヨン・電気化学工業向け酢酸ビニルプラント、東亜合成化学工業向けカプロラクタム・アミン製造装置などを手始めに合成繊維製造用機器・装置の製作に取り組んだ。東亜合成化学工業向けでは、1950年から1955年にかけてナイロン原料製造用各種装置、塩化ビニル製造装置、三塩化エチレン連続精留装置等の納入が続いた。このほか、東洋レーヨン向けナイロン原料用亜硝酸・亜硝酸ガス製造装置、大日本セルロイド向け酢化機、鐘淵紡績向け硫化機・溶解機、電気化学工業向け酢酸ビニル反応器・塩化ビニル重合缶、日本レイヨン向けナイロン製造用諸機器などを製作納入した。

2.3 高度成長期（1955～1973）

1950年代半ばから日本経済は高度成長期を迎え、基幹産業を中心に設備拡張と新技術導入のための設備投資が続いた。当社は陸機部門の増強をはかり、技術の自社開発を進めるとともに海外技術を積極的に導入し新製品・新メニューの拡充に努めた。1960年代に入り、先進諸国に大きく立ち遅れていたプラント輸出の伸長が各方面から期待されるようになる中、当社は1963年の年頭経営方針で、国際企業として飛躍発展する基礎を固めるための海外プラント事業拡大を目標に掲げた。プラントの多様化・大型化が進み、コスト競争が激化する

中で、機器・装置を自社工場で製作し据付工事を行うという創業以来のビジネスモデルからいわゆるEPC事業へと移行していった。

(1) 一般化学・石油化学プラント 1955年以降、化学工業の石油化学化への急激な転換に伴う需要に対応して、当社は積極的な受注活動を展開した。

1955年から1962年にかけての主な国内プラント実績として、東亜石油川崎製油所建設工事（石油精製装置）、東亜合成化学工業向けナイロン原料精製装置、大阪曹達向けテレフタル酸合成廃液再生用の塩化カリ回収装置（業界発の水中燃焼式水素バーナ付採用）、昭和電工向けテキサコ法アンモニア製造装置、東京瓦斯向け一酸化炭素変成装置（当社と昭和電工の協同開発技術による）、大阪瓦斯向け一酸化炭素変成装置（当社と日産化学の協同開発技術による）、信越化学工業向けメチルセルロース製造装置およびモンテ法アセチレン製造装置、電気化学工業向け酢酸ビニルモノマー反応装置、武田薬品工業向けTDI製造プラントがあげられる。一方、輸出では1961年のインド向け塩化ビニルプラント受注、1962年のフィリピン向け塩化ビニル・苛性ソーダプラント受注があげられる。

1960年代半ば、日本の化学工業界では大型化・高度化の設備投資が進んだ。1963年から1973年にかけての国内一般化学プラントの主な業績として、日本油脂向け塗料製造プラント、東京瓦斯向けCRG製造国産1号プラント（ハンフリーズ・アンド・グラスゴー社との技術提携プロセスによる）、大阪瓦斯向けICIプロセスによるナフサ改質ガス発生装置、日本鉱業向け硫酸製造プラント、大阪曹達向け隔膜法による苛性ソーダ濃縮装置2プラント（米国ペンウォルトおよびHPD社との隔膜法に関する技術提携による）があげられる。また、石油精製関連では、この期間に硫黄回収装置を12基受注した。

1963年から1973年にかけての国内石油化学プラントの主な業績としては、東洋曹達工業向け塩ビモノマープラント（東洋曹達オキシクロリネーション法と当社のEDC分解プロセスとを合わせたプラント）、ユニチカケミカル向けポバール製造プラント、武田薬品工業向けTDI製造プラントおよび無水マレイン酸製造装置があげられる。

輸出では、1964年受注の大韓プラスチック社向けアセチレン法塩ビモノマーおよびポリマープラント、1973年受注のギリシャのテッコウシャ・ヘラス社（三菱商事と鉄興社の共同出資）向けバッテリー材料用二酸化マンガンプラントがあげられる。

(2) 肥料プラント 1964年にインドのグジャラット州肥料会社（GSFC）向けに硫酸（日産化学法）・リン酸（ケミコ法）・硫リン安（ICI-ケミコ法）プラントをターンキーで受注したのを契機に肥料プラント分野に積極展開した。1965年には、英国ハンフリーズ・アンド・グラスゴー社からICI法ナフサ改質プロセスを技術導入し、この技術により昭和電工向けアンモニ

アプラントを受注して窒素系肥料プラントへの進出を果たした。1966年には尿素プロセスを保有する東洋エンジニアリングと協力し、インドのグジャラット州肥料会社の第2期工事としてアンモニアおよび尿素プラントを、さらにビルマ産業開発公社向けアンモニア・尿素プラントなどの輸出プラントを相次いで受注した。1968年には東パキスタン産業開発公社向け三重過リン酸プラントを受注するなど肥料部門は最盛況期を迎えた。1972年にはインドのSPIC社からアジアで最大規模の肥料プラント（硫酸470t/日、リン酸165t/日、第2リン酸アンモン500t/日）、1973年にはナイジェリア工業省向け過リン酸肥料および硫酸プラントを受注した。

(3) パルププラント 高度成長期、紙の需要が飛躍的に拡大し、紙の用途も多様化され紙パルプ業界は目覚ましい発展を遂げた。業界各社は技術革新を伴う激しい設備投資競争を展開し、生産設備の大型化・連続化・高速化を進めた。

戦前・戦後を通じ当社は紙パルプ蒸解装置の専門メーカーとして定評を得ており、紙パルプ関連機器は陸機部門受注高の3分の1以上を占めた。蒸解装置においては、戦前からの柱製品である木釜、日立造船式連続蒸解装置に加え、1955年にガデリウス商会がスウェーデンのカミヤ式連続蒸解装置を日本に導入すると、当社がその大半の機器の製作・据付を請け負うことになった。その結果、日本のパルプ工場向け蒸解装置の約80%を当社製品が占めるに至った。また、単なる蒸解装置メーカーからの脱皮を図るために、1958年、米国ルンドバーグ社から黒液濃縮真空蒸発装置の技術を導入したのをはじめ、苛性化装置・石灰回収装置の自社開発、三井物産・保土谷化学工業との業務提携による二酸化塩素発生装置の製作販売などを行なった。

1961年にソ連から初の海外向け紙パルププラント、1963年にはインドネシアから竹パルププラント、さらにユーゴスラビアからクラフト紙製造の一貫プラントを受注した。これらのプラント輸出を機に紙パルプ総合プラントメーカーとしての飛躍を目指して積極的な技術導入を行い単体装置メニューの拡大を図った。主な技術導入として、フィンランドのラウマ・レポラ社から洗浄装置と漂白装置、カナダのS.W.フーパー社からスクリーン設備ほか、カナダのD&S社からパルプ乾燥技術、米国からは、エスコ社のエスコ式縦型連続蒸解装置、ニューマチック・システム社のチップ空気輸送装置、バウアー・ブラザーズ社のリファイナ類(チップ磨砕機)があげられる。これら技術導入による単体装置メニュー拡大への注力が実り、1963年からの13年間で、紙パルプ製造装置の受注実績は単体機器を含め約900基に及んだ。

主な国内工事実績として、大昭和製紙向け未晒クラフトパルププラント、王子製紙向け縦型連続蒸解装置、東北製紙向け縦型連続蒸解装置およびクラフトパルプ製造装置、大王製紙向けリファイナ碎木パルププラ

ト、山陽国策パルプ向け縦型連続蒸解装置があげられる。

(4) 砂糖プラント 1955年受注のビルマ向け耕地白糖プラント以来、受注は一時途絶えたが、活発な営業活動を通じ、1964年、南ベトナム向けビンジェンとカンナイの耕地白糖プラントの受注に成功した。1966年にベルギーのデ・スメット社からディフューザ（甘蔗糖汁抽出装置）の技術を導入したほか大型自動分離機の自社開発、プラントの大型化設計などの技術向上を図り、同年、フィリピンの原糖プラントを受注、以後1968年までの2年間に日産4,000t級の原糖プラント5件の連続受注に成功した。いずれもターンキー方式で、短納期での建設が驚異的となり、当社が砂糖プラントメーカーとして世界のトップレベルに挙げられる端緒となった。また、それ以前の輸出工事では主な製品を自社工場（神奈川）で製作していたが、現地組み立てに切り替えるなどコスト低減が図られた。

この実績をベースに1971年、厳しい国際入札を制してマレーシアのフェルダ・ベリス製糖会社から精製糖プラント（3,500t/日、1973完工）を受注した。

2.4 第1次石油ショック以降（1974～）

(1) 肥料プラント 1970年代半ばになると肥料の世界的な生産過剰傾向から、肥料プラントは全般的に停滞を余儀なくされたが、1980年代に入ると大型プラント輸出が続くこととなった。主なものとして、チュニジアのマグレブ化学公団向け硫酸・リン酸プラント、インドネシアのPTペトロキミアグレシク社向け肥料コンプレックス（硫酸・リン酸・硫酸・フッ素回収・フッ化アルミ・セメントレターダ）、イラク向けアンモニア・尿素プラント、タイTCL向け硫酸・硫酸プラントがあげられる。これらのプロジェクトを最後に、1990年代に入ると現地企業もしくは新興国の企業の技術力向上に伴い、肥料プラント建設は当社を含め日本企業が競争力を発揮できる分野ではなくなった。

(2) 紙パルププラント 1973年10月の第1次石油ショックと翌1974年の総需要抑制策などによる景気後退とともに紙・パルプ業界の伸びは停滞し、1975年完工の北越製紙向けエスコ式連続蒸解装置を最後に新規設備投資は激減した。一方、省資源・省エネルギーのための改良要求は高まり、新聞用紙のコスト低減につながるサーモメカニカルパルプ（TMP）プラントが日本に導入され、当社も大型ダブルディスクリファイナを組み込んだ日立造船・バウアー式TMPプラントの受注活動を展開した。その実績として、本州製紙（釧路）向け1号機、1977および78年に完工の大王製紙向け2系列、1979年に完工の丸住製紙（大江）向け3系列があげられる。このほか、1980年までに蒸解装置30基、スクリーニング装置4基、漂白装置4基、黒液濃縮装置9基、石灰回収装置1基、調木関係装置8基、原料調整・古紙処理設備7基、その他単体機器123基を受注した。

1989年にインドネシア（スマトラ島）のP.T.ケルタス・クラフト・アチェ社向け未晒パルププラントを完成

させたが、これが当社最後のフルターンキー・パルププラント輸出となった。

1980年代から90年代、国内ではプレート式黒液濃縮装置・CTMPプラント等を数社に納入した。しかし、省エネ等の新技術において、自らがパルプ製造を手がける北欧のエンジニアリング会社が世界のパルプ業界を席巻するようになり、当社への引き合いは既設設備の更新工事に留まる状況となった。



図2 紀州製紙黒液濃縮装置

(3) 砂糖プラント 1960年代の終わりに、当社は世界の砂糖プラントメーカー5社に仲間入りして、1970年代にはアジアに加え中東・アフリカ・中南米へも進出を図り事業を拡大した。

実績として、フィリピンの原糖プラント3件、イラク向け精製糖プラント用蒸発缶5基、マラウイ国向け原糖・精製糖プラント、フィリピンの砂糖公社向け全自動精製糖プラント、ビルマのピンマナ精製糖工場修復および新工場建設工事、フィリピンのブスコ社向け原糖プラント拡張工事、ベネズエラ向け原糖・精製糖プラント、インドネシアのP.T.ベルケブナン-II向け白糖・精製糖プラント、モロッコのスクラール向け耕地精製糖プラント、インドネシアのG.P.M.向け耕地白糖プラントがあげられる。これらの輸出案件を最後に1990年代に入ると案件が急減するとともに、前述の肥料プラントと同様、砂糖プラントEPCは当社を含め日本企業が競争力を発揮できる分野ではなくなった。

(4) 化学プラント 第1次石油ショック後の景気後退で国内の設備投資は後退し、特に石油化学プラント業界は低迷状態に陥った。一方、新興国では経済自立政策のなかで各種化学プラントの建設が進められ、1970年代後半から1980年代、当社も海外向け各種プラントの実績を伸ばすことができた。

1977年に受注したイランのIJPC社向け大型塩ビプラントが、イラン・イラク戦争の余波を受け完工直前で中断となる事態も経験したが、インドのTAC社向けソーダ灰・塩安プラント、エッソシンガポール向け硫黄回収装置、シンガポールのフィリップ社向け高密度ポリエチレンプラント、インドの石油天然ガス公社（ONGC）向けオイル製造・ガス精製プラント、クウェートPIC社向けイオン交換膜法塩素プラント、エジプトEGPC向けLPGプラント、タイ・フーズ・インター

ナショナル向けグルタミン酸プラントなどを納入した。

一方、1970年代後半から1980年代、国内向けでは化学製品の多様化や公害防止・省エネ需要から当社の手がける分野が広がった。実績として、住友金属工業など数社へ納入したコンパックス法燃焼装置、武田薬品工業向け廃液処理・肥料化プラント、日本油脂向け脂肪酸関連プラント類、住友化学工業向けPMMAプラント、三菱化成工業向け廃熱回収装置およびEDC分解装置、東ソー向けポリプロピレン製造設備、三井液化ガス(青森)向け低温LPG受入れ基地拡張工事、日本海LNG向けLNG受入れ配管設備などがあげられる。

1990年代に入り、海外向けではインドネシア向け脂肪酸製造プラント、タイのPTT向けガス分離プラント、南アフリカSASOL向けGTLリアクター設置工事などを納入した。しかし、円高と競争の激化から国際入札案件での競争力低下は否めず、この時期を境に海外向けプラント分野では日本企業の海外進出案件への参画に的を絞ることとなった。施工における現地企業との協業や国際調達等のコスト低減策を駆使した事業展開を図り、東ソーのインドネシアPVCプラント、三井東圧化学のベトナムPVCプラント、三菱レイヨンの中国PMMAプラント、東ソーの中国PVCプラント、三菱レイヨンのタイMMAプラントなどの実績をあげた。

1990年代以降の国内の主な実績としては、白島石油備蓄向け係船ドルフィン上載設備、ICI帝人向け代替フロン設備、九州電力向け運炭設備、東ソー向けEDCプラント、三菱化学向けPVCプラント、セントラル硝子向け代替フロン設備、ダイセル化学工業向け酢化装置、日鉱金属向けガス精製設備、ダイセル化学工業向けフィルター・トウ製造設備および酢化第6期設備があげられる。



図3 フィルター・トウ製造設備

新分野への取組みとしては、2009年5月に北海道バイオエタノール向けに納入したエタノール脱水装置(年産15,000kl)があげられる。当社が開発したゼオライト分離膜を用いたHitzエタノール無水化システム(HDS)によるもので、従来の吸着方式による無水化に比べ小型化・省エネ化を達成した。

(5) 脱硝触媒・装置 光化学スモッグ等大気汚染が社会問題となった1960年代後半、当社は排煙脱硝

装置の開発に着手した。世界に先駆けてアンモニア選択還元式排煙脱硝(SCR)用の触媒・装置の開発に成功し、関西石油・大阪瓦斯でのパイロットプラントによる実証を経て、1974年に出光興産(千葉)から1号機を受注した。以来、脱硝触媒の供給、自社触媒によるSCR装置のEPCおよび試運転サービスの事業を展開してきた。

2010年までに国内外で納入した脱硝触媒およびSCR装置は300件を超える。この間、技術の核となる触媒の研究開発・改良を重ね、成分・形状を進化させてきた。

①粒状触媒 1974年から1980年代初めにかけて製造され、触媒成分はアルミナ・銅であった。

②NOXNON500 1980年代初めから約10年間製造されたハニカム触媒。粒状触媒の欠点である高い圧損を克服するためハニカム構造とし、基材はステンレス板、触媒成分は鉄・バナジウムであった。

③NOXNON600 重油や石炭焚きのダーティガス用に開発されたハニカム触媒。1980年代半ばから1980年代後半まで製造された。基材は金網、触媒成分はチタン・バナジウムであった。

④NOXNON700 高性能と低コストをコンセプトに開発し1993年に製造を開始した現行のハニカム触媒。基材はセラミック繊維、触媒成分はチタン・バナジウムでアンモニアの酸化・分解反応抑制のためタングステンを追加した。クリーンガス用からダーティガス用まで、多用途に経済的に適用できるよう、高密度のS0型から低密度のS6型まで取り揃えている。

クリーンガス用での実績としては、まず、東京電力(株)富津火力発電所のガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)発電設備用に納入したものがあげられる。当初NOXNON500が装備され1985年に運転が開始された。約4万時間の運転の後、1993年から段階的にNOXNON700に切り替え、現在まで順調に稼働している。また、米国および中東のGTCC発電設備用に多数納入した。

ダーティガス用脱硝触媒は多数の石炭火力発電所が稼働している米国・中国を中心に、NOx規制の強化に伴う大きな需要がある。2005年に中国江蘇省の国華太倉発電所に納入して以来、中国で数件の納入実績がある。



図4 東京電力 富津火力発電所 GTCC

(6) 造水（海水淡水化水）プラント 1960年代半ば、水資源の確保が社会問題として取り上げられ、1968年には通産省のプロジェクトのひとつとして海水淡水化装置の開発が採択された。当時海外では、特に中東産油国で海水淡水化の導入が進められており、当社はこの分野への進出を企図した。1971年、因島工場に多重効用法海水淡水化実証装置を建設し、ここから当社の海水淡水化プラントの歴史が始まった。

① 多重効用法（MED）垂直伝熱管式海水淡水化 多重効用法は多段フラッシュ法（MSF）に比べ熱慣性が小さく消費電力が少ない特長を持つ。1971年、因島工場に設置した実証プラントは米国エンバイロジェニクス社との技術提携による垂直伝熱管式蒸発器を採用したもので、500m³/日の能力を有し飲料水の供給を兼ねていた。実証装置での技術習得とデータの蓄積を基に1973年、関西電力大飯発電所向け1号機（1,300m³/日）を受注し翌74年1月に納入、続いて同能力の2号機を1977年に納入した。1989年と90年には、これらの更新設備である1,300m³/日の装置2基を納入した。さらに、1997年、九州電力玄海発電所向けに800m³/日の装置を納入した。



図5 MED海水淡水化装置

② 多段フラッシュ法（MSF）海水淡水化 1971年、当社はMED法導入から海水淡水化事業を開始したが、当時、発電・海水淡水化複合の大型プラント需要が増大しつつあった中東では、大型化に適し実績が豊富な多段フラッシュ法（MSF）が主流だった。この技術を保有しないと中東市場への参入は困難との判断から、1977年に米国ウェスティングハウス社からMSF技術を導入した。MEDの経験を基に短期間でMSF技術を習得し、1978年にサウジアラビアSWCC向けハックルⅠ海水淡水化プラント（990m³/日）、翌1979年には当時の世界最大級プロジェクト、アルジュベールⅡの海水淡水化プラント（23,640m³/日×10基）を受注、中東市場に進出した。

営業活動と並行して蒸発器構造やプロセス改良の研究開発に取り組み、その成果を生かして2006年までに、サウジアラビア、オマーン、UAE（アブダビ）、アルジェリアに14プロジェクトを完工、納入した装置基数は合

計40基に達した。主機である蒸発器は自社工場（有明、因島）で製作していたが、1990年代末からは現地の組立業者への製作外注に切り替えるなど、コスト競争に勝つための創意工夫を重ねてきた。

21世紀に入り、中東の発電・海水淡水化複合プロジェクトは従来のEPC入札からIWPP入札への移行が進み、ディベロッパーやパートナー企業との協業による総合的な技術力、事業力がますます問われる時代となった。韓国・ヨーロッパ勢との技術・価格競争はますます激化している。その中で、2010年にサムスンエンジニアリングからUAE石油精製会社（TAKREER）向けMSF淡水化装置（16,820m³/日×2基）を受注した。

③ 逆浸透法（RO）海水淡水化 当社は早くから逆浸透法（RO）による脱塩技術に注目し、1972年に因島工場の生名寮に飲料水の塩分除去を兼ねた装置を設置し実証運転を行なった。

1980年代に入ると国産RO膜の性能が向上し1段脱塩で海水からの飲料水製造が可能なレベルとなった。当社は国産膜を採用した海水淡水化プロセス・装置の開発に着手し、因島工場での実証試験（1982年）、サウジアラビアのSWCC（ジェッダ）での実証運転（1983年）、沖縄市での太陽光発電との組み合わせによる実証試験（1983年）を経て、1983年沖縄県北大東村の簡易水道用に1号機（240m³/日）を受注、翌84に納入した。以降1990年までに、沖縄県の渡名喜村・粟国村・南大東村と、離島の簡易水道用RO海水淡水化施設を連続して納入した。1994年から2005年にかけては、北大東村・南大東村・渡名喜村向け増設・更新設備を納入し、現在も各村住民の水道水は当社納入施設でまかなわれている。

このほか、関西電力（舞鶴）向け工事用水用装置（650m³/日、1999年）、海外向けではオマーンの内陸地区向け（50m³/日×5プラント、1985年）やサウジアラビアのセメント会社向け脱塩装置（1,200m³/日、1985年）を納入した。しかし、競争が厳しい中東の大型RO案件の受注には至らず、1980年代半ば以降、海外向け海水淡水化事業はMSF蒸発法に集中することとなった。

④ 多重効用法（MED）水平伝熱管式海水淡水化 MEDはMSFに比べて消費電力が少なく熱効率にも優れる方式だが、中小型規模の海水淡水化プラントで採用されるに留まっていた。しかし、2000年代に入ると世界的に水平伝熱管式MED蒸発器（サーモコンプレッサー付き）の大型化が進み、MSFに比べ低温域での操作が可能で、金属材料の腐食防止面でも製作コストにおいても有利な点が多いことから、中東市場においても採用されるようになってきた。

当社の多重効用法蒸発器は1号機から全て垂直伝熱管式を採用してきたが、大型化していく上で有利な水平伝熱式MED蒸発器の開発を決断し、2004年に技術研究所内に実験装置を建設した。2008年度に実験装置による開発を完了、その成果に基づき2010年10月に水

平伝熱管式1号機（1,300m³/日、サーモコンプレッサー付き）を関西電力高浜発電所向に設置し実証運転に取り組んでいる。

2.5 今後の展望 2011年現在、当社のプラント・エンジニアリング事業は、化学・脱硝・造水（海水淡水化）の3分野から構成されている。それぞれの技術分野での今後の展望を以下に述べる。

(1) 化学 従来の化学工業向けEPC事業に加え、バイオエタノールやバイオマスガス化など低炭素社会実現に貢献できる分野に積極的に取り組んでいく。

当社ゼオライト分離膜の用途を、現在実績のあるバイオエタノール無水化から溶剤回収などへと幅広く拡げ、膜メーカーとしての事業を展開していく。

(2) 脱硝 1993年にチタン・バナジウム系触媒NOXNON700を商品化して以来、アンモニアSCR用脱硝触媒技術の課題は、それまでの触媒活性からSO₂酸化能・水銀酸化能等の副反応抑制・促進技術や被毒への耐久性へと移行している。用途もガス化複合発電、船舶用SCRなど新分野へ広がり始めており、そうした用途での技術・事業開発を進めていく。また、米国や環境保護政策が進められる中国の石炭焚き発電用脱硝触媒市場でも積極的に事業展開していく。

(3) 造水（海水淡水化） 当社は蒸発法（MSF、MED）主体に海水淡水化プラント事業を行ってきたが、1990年代以降、世界市場では造水量あたりのエネルギー消費量が少ない逆浸透法（RO）が急速に伸長し、累計設備容量において全体の半分以上を占めるに至っている。

一方、最大市場である中東湾岸諸国では現在も蒸発法が70%を占めている。発電プラントとの組み合わせで熱エネルギーが有効利用できるとともに、原海水の水質悪化にほとんど影響を受けず、安価なメンテナンスコストで10年、20年という長期に渡り安定した性能が約束される蒸発法の需要は今後とも見込まれる。蒸発法においては、大型プラントで主流を占めていたMSFに替わり、エネルギー効率に優れるMEDが実績を伸ばしていくものと予測される。

蒸発法（MSF、MED）と膜法（RO）の両技術を保有するとともに、多くのプロジェクトを通じて培った総合技術力と実績が当社の強みであり、これらを生かして造水事業を展開していく。

3. エネルギーソリューション

3.1 エネルギー事業の起源 エネルギー事業の起源は船用ディーゼルエンジンと船用蒸気タービンにあると言える。1950年に製造販売の契約をしたB&Wディーゼル機関、1957年にライセンス契約したスルザーディーゼル機関および1967年に川崎重工と共同開発の業務提携をした船用蒸気タービンがエネルギー事業進出へのベースとなった。

船用ディーゼルエンジンの製造は継続しているが、

船用蒸気タービンは1970年に1号機を製造した後、1979年までに33基製造したが、造船不況と燃費の良いディーゼル機関の大型化により、需要が途絶えたため、製造を中止した。

その後、船用蒸気タービンの技術を活用し、陸用蒸気タービン、炉頂圧タービン、コンプレッサ（MD）、プロアー（KKK）およびターボチャージャー（MAN）の製造を手がけ、ガスタービン発電分野へと展開してきた。

3.2ディーゼル発電

(1) B&Wディーゼル（因島・桜島工場内作） 船用の主機、補機用としてのディーゼル機関を発電用として拡販することとなり、1952年に紀州製紙株向けに1号機（725MTS40/300kW）を納入し、1980年までに国内外に中速エンジン発電設備を11プラント16基（300～10,000kW/基）納入した。その後、1987年にはインドネシア電力庁（PLN）パレンバン向けに2サイクル低速エンジン発電設備（8L67GSCA/12、600kW）を2基納入した。

(2) スルザーディーゼル（桜島工場内作） 船用主機用の中速エンジンを発電用として拡販することとなり、1978年にセントラル硝子株向けに1号機（16ZV40/7,500kW）を納入し、1998年までにZ40およびZA40S型エンジン発電設備を国内外に22プラント73基（1,000～11,520kW/基）納入した。その中には、1979年の堺工場建造のサウジアラビア向け造水台船用の発電設備（6ZL10/4、500kW × 3基）、1981年および1985年にそれぞれ2台の堺工場建造のフィリピン電力庁（NPC）向け32MW発電台船用発電設備（16ZV40/8,000kW × 4基/台船）をはじめとして、ガンビア、イラン、パプアニューギニア、オーストラリアなどの海外向けがある。さらに、1987年には中国電力株島根2号原子力発電所の非常用ディーゼル発電設備として、A/B系（非常用、14ZV40/5,840kW × 2基、原子炉停止用電力の供給で、A系またはB系のいずれか一方が非常時に立ち上がり、定格負荷を取れば必要電力が確保できる）およびHPCS系（高圧炉心噴射用、16ZV40/3、200kW、緊急時に原子炉の暴走を阻止する最後の手段として、炉心冷却のために冷却水を直接炉心に供給する水ポンプ用電源）を納入した。

スルザーの中速エンジンは、ディーゼル工場が桜島工場から有明工場に移転した1997年6月に、桜島工場最後のエンジンとして工場運転を実施したインドネシア電力庁（PLN）ビトング向け発電設備（16ZAV40S/11,000kW）を最後に製造を中止した。

同じ1997年にスルザー社のディーゼル部門はバルチラ社に吸収され、バルチラ社との契約関係が生まれた。

(3) バルチラ社ディーゼル ディーゼル発電設備のメニュー拡大のため、1987年に業務提携を締結し、バルチラ社製中速エンジンによる発電設備の販売を行うことになり、1988年に日東紡績(株)富久山工場に1号機（9R32E/3,500kW）を納入し、引き続き、

1989年に太洋製鋼(株)船橋製造所(18V32E/7,000kW)、新日本製鐵(株)釜石製鉄所(18V32E/7,000kW)および富士ファイバーグラス(株)(9R32E/3,500kW)に各1基、合計4基納入した。その後、PPS(特定規模電気事業者)の(株)エネット向けとして2001年茨城工場に3基(18V32/7,300kW × 3)、2002年舞鶴工場に5基(18V32/7,300kW × 5)建設した。これらの運転・保守は当社が受託して実施している。その後2007年に(株)東芝向けに5基(18V32/7,300kW × 5)納入した。



図6 バルチラディーゼル(18V32DE)

3.3 ガスエンジン発電

(1) バルチラ社ガスエンジン 2000年代初期、ガスタービンによるコジェネレーションの需要が一巡し、ガス会社のニーズはガスエンジンによるコジェネレーションに移行してきた。当社もこのニーズに応えるべく、バルチラ社製のガスエンジン発電設備で市場に参入するため、2003年、神奈川工場に実証プラントのガスエンジン発電設備(18V34SG/6,000kW × 2基)を建設し、発生した電気はPPS(特定規模電気事業者)の丸紅(株)に卸供給した。

商用1号機(18V34SG/5,820kW × 2基)は2004年に大阪ガス(株)/不二製油(株)阪南事業所に納入し、2008年までに17プラント31基(18V34SG:29基、20V34SG:2基)納入した。その中には、2008年に納入した(株)エネルギーアドバンス/米軍横須賀基地向けの発電設備(18V34SG/6,030kW × 3基)や当社川崎発電所に建設した丸紅(株)向け発電設備(20V34SG/8,730kW × 2基)が含まれる。



図7 バルチラガスエンジン

(2) ドイツ社ガスエンジン ガスエンジンのメニュー拡大のため、消化ガス、ランドフィルガス等各種燃料に対応できるドイツ社のガスエンジンを取り扱うこととし、1~3号機(TBG620V16/1、140kW × 3)を2003年、大阪の某商用ビル向けに納入した。その後、2006年までに合計4プラント6基納入した。



図8 ドイツガスエンジン

3.4 蒸気タービン発電

(1) 川重蒸気タービン(桜島工場内作) 1976年に川崎重工と陸用蒸気タービンについて共同開発の業務提携をし、ごみ焼却プラント向けの蒸気タービン発電設備を製作することとした。1977年、千葉市北谷津清掃工場向けに1号機(1,500kW)を納入し、1988年までに10基(800~3,500kW)製作したが、社内プラント向けだけで製造数が限られたため、製作を中止した。

(2) 自社開発蒸気タービン(桜島工場内作) 川重との業務提携による蒸気タービンの製作を行うとともに、自社で発電用小型蒸気タービン(背圧式:OP型、復水式:OC型)の開発を行い、1979年に1号機(1,200kW)を東洋紡績(株)敦賀工場に納入した。その後、1982年までに合計5基(300~1,200kW)納入した。

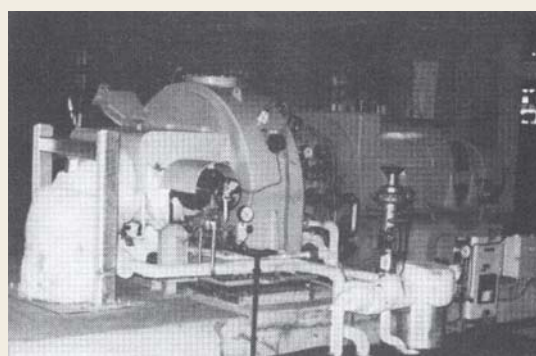


図9 OP-20型蒸気タービン

(3) GE蒸気タービン(桜島工場内作)

大型蒸気タービン分野へ進出するため、1979年に直結式タービンを対象としてゼネラルエレクトリック社/リン工場と、また、1983年に高速式タービンを対象としてフィッツバーグ工場と技術提携を締結した。

1983年、1号機(11,500kW)、2号機(8,500kW)を

当社が受注したインドネシアのペトロキミア・グレシク社向け肥料プラントに納入した。また、同年に3号機 (18,000kW) を摂津板紙向けに、1986年に4号機 (9,330kW) および5号機 (8,880kW) をイラク向け肥料プラントに、1987年に6号機 (18,000kW)、7号機 (18,000kW) をインドネシアのケルタス・クラフト社向け製紙プラントに、1989年に8号機 (12,000kW) を大阪市の鶴見清掃工場に納入した。

3.5 炉頂圧タービン発電 (桜島工場内作)

製鉄所の高炉から排出される高炉ガスのエネルギーを動力として回収するタービンが炉頂圧タービンである。この高炉ガス中には多量のダストが含まれているため、重力式の集塵器および湿式集塵器によってダストを除去し、炉頂圧制御用の圧力調整弁で200～340kPa(a)から110kPa(a)程度の圧力に減圧され、ボイラ・熱風炉等の燃料として利用されていた。炉頂圧タービンは、上記の圧力調整弁で廃棄されていた圧力エネルギーを回収するものである。

当社は1976年に住友金属と共同で、炉頂圧タービンの開発を始め、1979年1月、住友金属和歌山製鉄所第5高炉に納入した世界初の湿式軸流タービン1号機 (7,000kW) が商用運転に入った。

その後、当社は、高炉ガスの持っている熱エネルギーを有効に利用する目的で湿式集塵器の代わりに乾式集塵器 (バグフィルター) を適用した乾式軸流タービンを開発し、1982年住友金属小倉製鉄所第2号機の湿式軸流タービン (6,000kW) を乾式軸流タービン (6,600kW) に換装した。

当社の納入実績は湿式、乾式併せて、国内15基、海外17基の合計32基である。海外17基の内、16基は欧州向けであり、欧州のシェアは90%以上である。1990年代に入り、需要が一巡したことと、1997年に製造工場であった桜島工場が有明に移転されたため、当社での製造を中止し、欧州向け案件でパートナーであったドイツのチンマーマン&ヤンセン社に炉頂圧タービンの技術を移転した。

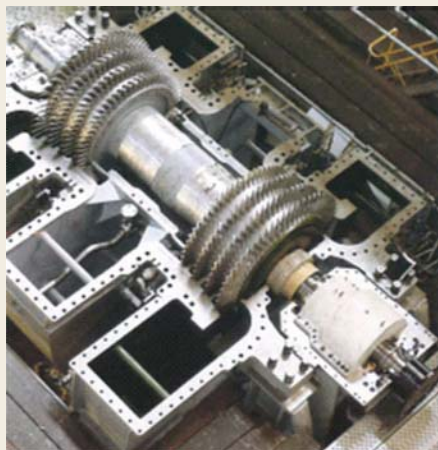


図10 炉頂圧タービン

3.6 ガスタービン発電

(1) アリソンガスタービン 発電設備建設事業拡大のため、1980年に日本および極東におけるアリソン社 (現ロールスロイス社) 製品の独占販売権を有する富永物産と取引基本契約を締結し、アリソンが製造するガスタービン (501Kおよび570K:4,000～6,000kW) を富永物産を通して購入し、当社で発電設備としてパッケージを行い、販売する事とした。また、アリソン製ガスタービン (501K) に蒸気噴射を行い、熱・電可変としたチェンサイクルシステムの特許を有する米国IPT社と、1986年に技術導入契約を締結した。

蒸気噴射を行わないコージェネレーションの1号機を、1984年に住友ゴム工業(株)白河工場に納入し、1995年までに10プラント10基納入した。また、蒸気を必要としない常用発電設備および非常用発電設備を2001年までに4プラント12基納入した。

1990年代半ばより熱・電可変のチェンサイクルシステムのニーズが高まり、1号機を、1996年に中越合金鋳鋼(株)に納入した。その後、2004年までに合計27プラント34基納入した。

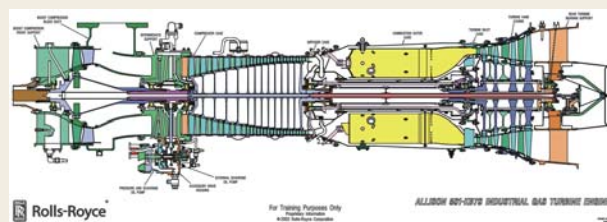


図11 アリソンガスタービン

(2) ラストンガスタービン ガスタービン発電のメニュー拡大のため、1982年、ロールスロイスのガス発生器と自社製パワータービンを組み合わせた発電設備を製造していたイギリスのラストン社 (現シーメンス社) とOEM契約を締結した。対象機種はエイボンガス発生器を使用したEAS-135 (14,000kW) とRB211ガス発生器を使用したERB-124 (25,000kW) の2機種であった。

EAS-135は非常用発電設備として、1号機 (10,000kVA) を1986年、日本電信電話(株)品川ツインビルに、2号機 (12,000kVA) は1990年、東京都下水道局吾嬬第2ポンプ所に、3号機 (12,000kVA) は1995年、東京都下水道局桜橋第2ポンプ所に納入した。

(3) GE航転型ガスタービン 1990年前後、東京電力の電源予備率が5%を切る状態が発生し、電源確保のため発電設備メーカーに声をかけ、自家発電設備を建設し、その電力を東京電力が引き取る提案がなされた。この提案に明電舎、荏原、東芝等が対応し、試験研究用として発電設備を建設し、発生電力を東京電力が引き取る契約がなされた。当社も、この提案に対応して茨城工場の遊休地を活用することで、当初、アリソンガスタービン複数台で検討したが、大型ガスタービン市場への参入を考慮して、S&S社 (現、GE

社)の航転型ガスタービン(LM2500)発電設備1号機(26,000kW)を試験研究用として建設し、東京電力と15年間の電力需給契約を締結し、1995年6月から運転を開始した。この設備は茨城発電所1号機として運用され、2010年6月に契約が満了した。

2号機(17,500kW)は1996年、群馬県企業局高浜発電事務所にスーパーゴミ発電として納入した。また、2004年には3、4号機(LM2500+/31,200kW×2基)をユニチカ(株)宇治事業所に納入した。

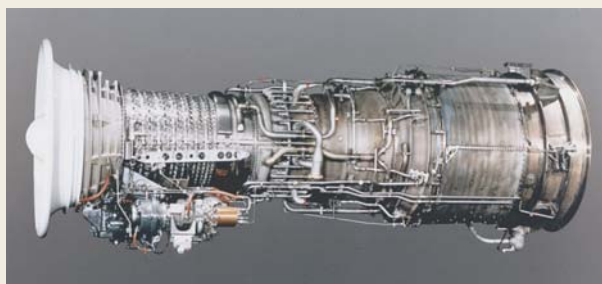


図12 LM2500ガスタービン

(4) GE産業型ガスタービン 1995年、電気事業法が改正され、電力卸供給入札制度が発足した。1996年東京電力(株)の第1回募集に対し、種々検討した結果、電力自由化の流れの中での小売発電事業やコージェネ発電設備としても十分対応できるGE製産業型ガスタービン(MS6001FA)を使用したコンバインドサイクル(106,500 kW)で応札し、落札することができた。本設備は茨城発電所2号機として1999年6月より東京電力との15年間の電力需給契約に基づき運転している。

1999年東京電力(株)の第3回募集に対しても、2号機と同じシステムで応札し、落札することが出来た。但し、ガスタービンはアップグレードされており、型番はMS6001FA+eでコンバインドサイクルの出力は112,300 kWである。本設備は茨城発電所3号機として2006年6月より東京電力との15年間の電力需給契約に基づき運転している。

3.7 風力発電 風力発電事業への進出のため、1999年、スペインのエコテクニア社と協業契約を締結し、2001年、1号機(640 kW)を(株)伊東カントリーに納入した。尚、2003年にエコテクニア社との協業契約は完了した。

2005年にGE製1,500kW機を1基、和歌山県広川町に納入し、2006年には青森県尻労の(株)ユーラスエナジー北野沢クリフにガメサ製2,000kW機を6基納入した。(株)ユーラスエナジー北野沢クリフは(株)ユーラスエナジージャパンと当社との共同出資事業運営会社である。

3.8 発電運営事業

(1) (株)茨城発電所 茨城工場での試験研究用ガスタービン発電設備(1号機)の運転に備え、1993年に(株)日立造船エネルギーシステム研究所を設立した。日立造船から1号機の運転・保守を受託し、1995年6月に

運転を開始した。2号機のIPP落札を機に、1997年に会社名を(株)日立造船茨城発電所に変更し、1999年6月にIPPの2号機の運転を開始した。2001年7月にはPPSの(株)エネットから運転・保守を受託し、4～5号機の運転を開始し、2006年6月にはIPPの3号機の運転を開始した。

2008年4月1日付けで(株)ヒッツパワーと合併し、(株)日立造船茨城発電所は茨城、舞鶴および川崎発電所での運転・保守を実施してきた。

2009年4月1日付けで(株)日立造船茨城発電所は日立造船(株)に吸収合併され、エネルギービジネスユニット内の発電運営部として発電事業を行っている。



図13 茨城発電所

(2) (株)ヒッツパワー 2002年に(株)日立造船有明発電所を設立し、実証試験を兼ねてチェンサイクルシステム(6,000kW)2基を有明工場に建設し、ユニバーサル造船に電気を供給する発電事業を開始した。2002年に舞鶴発電所でのディーゼル発電(7,050kW×5基)運転開始に伴い、会社名を(株)ヒッツパワーに変更し、有明および舞鶴発電所の運転・保守を行い、2003年に運転開始した川崎発電所のガスエンジン発電(6,000kW×2基)の運転・保守も追加した。2008年4月に舞鶴および川崎発電所の運転受託業務を(株)日立造船茨城発電所に統合した。

3.9 今後の展望 2006年から2009年にかけての原油、天然ガスの高騰に加え、2008年後半のリーマンショックの影響で国内コージェネ市場は冷え切り、新規設備投資案件が激減している。しかしながら、省エネ、CO₂削減に対するニーズは高まっており、従来の機種、技術を基盤にし、これに次の新製品開発を加えて事業を展開し、エネルギービジネス分野の伸長を目指す。

(1) 廃熱回収発電設備 未利用廃熱を回収して発電する有機ランキンサイクル(ORC)発電設備を自社開発し、市場への参入を目指すべく、中温廃熱用(250℃以上のガス廃熱)と低温廃熱用(100℃以下の温水廃熱)の2種の装置を開発している。

(2) 燃料電池 他社との固体酸化物型燃料電池

(SOFC) 共同開発プロジェクトに当社も参画し、国内市場への販売を目指す。

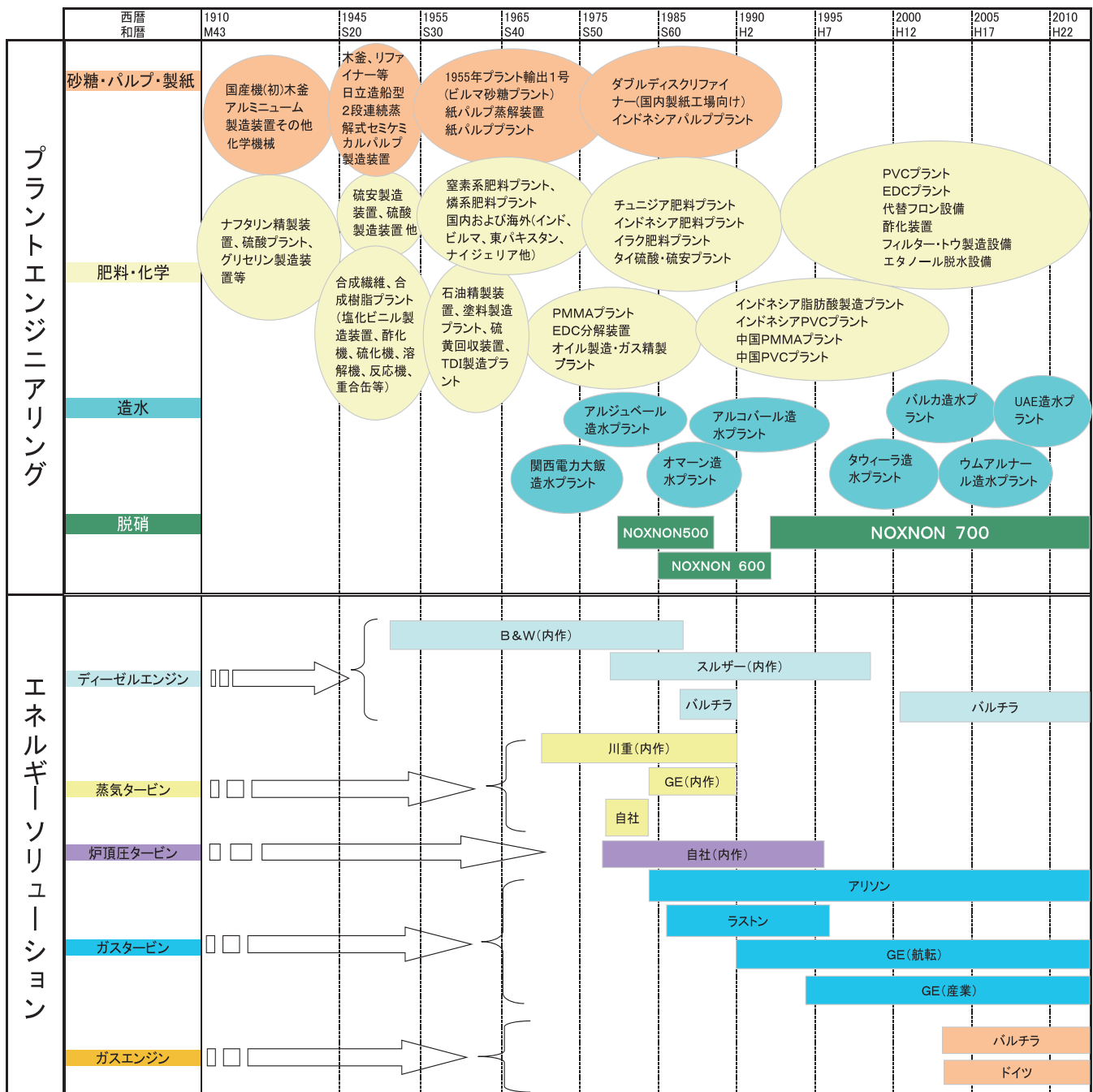
(3) 太陽熱発電設備 曲面反射鏡を使用したフレネル式太陽光集光設備を開発し、太陽熱発電事業者に販売する。

(4) 植物油直焚発電設備 ヤトロファ油をディーゼルエンジンの燃料として使用するための前処理設備を開発し、低コスト燃料を用いた環境負荷の低いディーゼル発電設備を提供する。

4. まとめ

当社130年の歴史と伝統の中で、プラント分野は100年、エネルギー分野は60年の長きにわたって、その時代の社会背景と要請に対応し築き上げてきた技術と製品を紹介した。現在、目まぐるしく変化する社会の中で、地球温暖化を始めとして環境・エネルギー・水等の問題解決が地球規模での大きな課題であり、当社はこれまでに培ったものづくり力、エンジニアリング力、プロジェクト管理力を駆使し、これらの解決に貢献していく所存である。

プラント・エネルギー事業年表



参考文献

2. プラントエンジニアリング

- (1) 日立造船編集, 日立造船百年史, 1985
- (2) 土井照之, 小玉哲男: 脱硝装置, 日立造船技報, 2009, 70 (1), 58-63
- (3) 井上隆之, 海水淡水化プラント, 日立造船技報, 2009, 70 (1), 52-57

【文責者連絡先】

Hitz日立造船(株)エンジニアリング本部
プラントビジネスユニット

百瀬 祥一

Tel : 06-6569-0225 Fax : 06-6569-0125

e-mail : momose_s@hitachizosen.co.jp

エネルギービジネスユニット

時政 辰夫

Tel : 06-6569-0209 Fax : 06-6569-0222

e-mail : tokimasa@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation
Engineering Headquarters
Plant Engineering Business Unit
Shoichi Momose

Tel : +81-6-6569-0225 Fax : +81-6-6569-0125

e-mail : momose_s@hitachizosen.co.jp

Energy Solutions Business Unit

Tatsuo Tokimasa

Tel : +81-6-6569-0209 Fax : +81-6-6569-0222

e-mail : tokimasa@hitachizosen.co.jp



梅澤省作



百瀬祥一



久森弘至



矢野正仁



土井照之



井上隆之



時政辰夫



上野 斌



小林一誠



小坂浩史



鈴木正



平野隆