



IHIにおける 回転機械技術の歩み

海から空へ陸へつないできた回転機械設計・製造の人と技^{わざ}

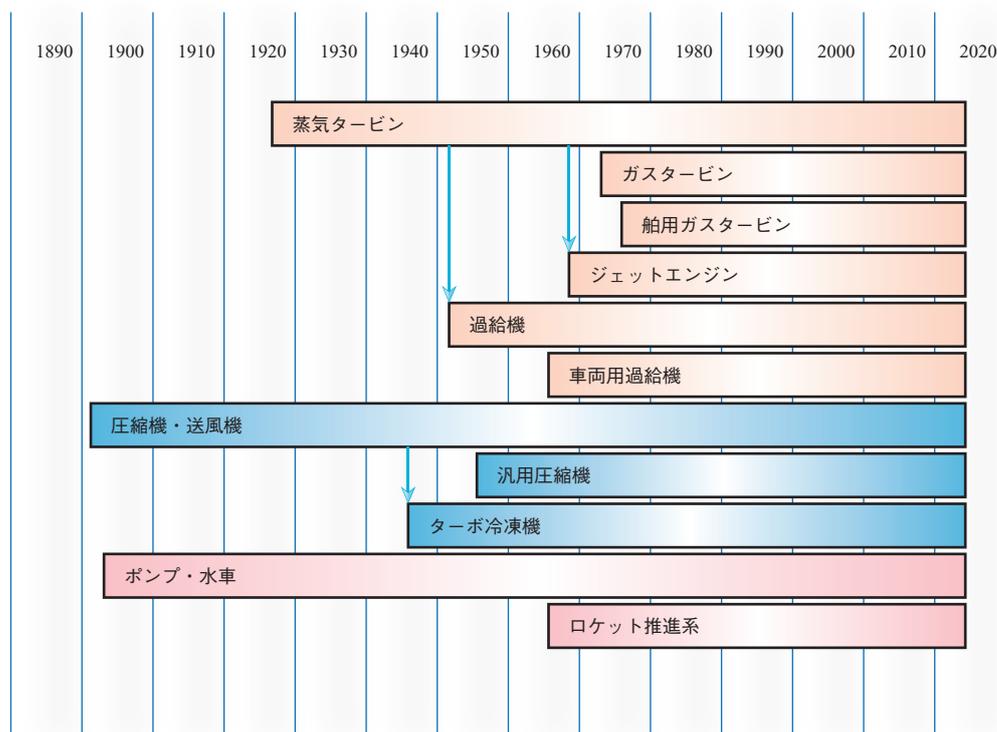
IHI 製品の源流をさかのぼるとほとんどが船に行き着くと言われているが、回転機械もその例外ではない。回転機械特有のコア技術群をどのように獲得してお客さまに製品としてお届けしてきたか、その輪郭をたどる。

はじめに

IHI が 160 年の歴史のなかで築いてきた製品・技術分野の代表に回転機械がある。回転機械の大きな役割は扇風機のように羽根を回して風を起こしたり、逆に風車のように風を受けて発電したりすることである。代表的な回転機械はジェットエンジン、ガスタービン、過給

機、圧縮機、ポンプ、水車などである。本稿では IHI の回転機械がその時代時代の社会的要請に応じて歩んできた道りを技術的視点から概観する。

IHI 技報 創刊 70 周年記念号（2009 年）に「開拓の軌跡」が特集されている。代表的な回転機械それぞれの歴史やエピソードについても数多く紹介されているので併せてご覧いただきたい。



IHI における回転機械技術の歩み

海に源流を見た（船用蒸気タービン）

IHI の回転機械の源流の一つは船舶推進用の蒸気タービンにあった。駆逐艦用補機タービン製造を開始したのは第一次世界大戦が終結した大正 7 年（1918 年）であった。この技術が発展してその後のジェットエンジン、ガスタービン、過給機へと引き継がれてゆく。船用蒸気タービンそのものも補機を足掛かりに主機へと展開した。昭和 11 年（1936 年）には陸用蒸気タービンを主眼とする石川島芝浦タービン株式会社を設立して、株式会社東京石川島造船所（当時）は船用主機蒸気タービンに注力することになった。昭和 30 年代まではディーゼル機関との船用推進機関のシェア獲得を巡る切磋琢磨の結果、高温・高圧化に対応した材料の開発による大出力化や高効率化が進んだ。昭和 26 年（1951 年）から昭和 54 年（1979 年）までの約 30 年間に、出力は 9 500 馬力から 50 000 馬力まで増大した。昭和 40 年代には生産システムの標準化が進んだ結果、コストダウンや技術の安定化が達成された。また、独自技術の研究開発にも注力して、その後の回転機械発展の基礎となる多くの技術を獲得した。

海から空へ（ジェットエンジン）

海の船用蒸気タービンで培った技術が空で開花した製品がジェットエンジンである。記念すべきイベントは昭和 20 年（1945 年）にさかのぼる。ネ 20 ジェットエンジンは戦闘機「橘花」に搭載され、12 分間の初飛行に成功した。ネ 20 は日本で初めて実用段階に達したジェットエンジンであるが、終戦とともにその役目を終えた。戦後、航空工業再開（1952 年）の後、田無工場（東京都）がジェットエンジン専門工場として開設され本格始動した（1957 年）。IHI のロングセラー商品となった代表的ジェットエンジンの一つは、昭和 37 年（1962 年）から昭和 55 年（1980 年）にかけて 247 台生産された J3 である。初の国内開発の練習機用エンジンであった。J3 の後継機 F3 は昭和 55 年（1980 年）開発に着手、昭和 60 年（1985 年）初飛行に成功した。J3 よりも軽くパワフルという要請に応えるために、強度や耐熱性に優れる材料を採用するなど設計を一新

した。さらに、昭和 63 年（1988 年）からは 5 か国共同開発プロジェクトに参加して 150 席クラスの飛行機に搭載する V2500 エンジンを開発・生産した。エアバス A320 のおおよそ半数の機体に搭載されビジネス的にも成功を収めた。平成 5 年（1993 年）からは整備事業も始め、お客さまとのより密接なコミュニケーションに基づくサービス向上を目指している。その後も CF34、GE90、GEnx などのエンジンを次々と手掛けてきた。海で生まれたタービン技術は空で大きく開花した。

これらの成功の陰にはさまざまな技術の開発と蓄積があった。空力性能を確認するための翼列試験や、ジェットエンジンで新たに必要となった燃焼試験のような試験技術も計測技術とともに格段の進歩を遂げた。材料技術の進歩によってタービンプレードの製造方法は精密鑄造から単結晶成長へと飛躍して高強度・高耐熱性を獲得した。複合材料はエンジンの軽量化に大きく貢献した。構造・振動・熱流体に関する解析評価技術はこの時代のコンピューター技術の飛躍的発展と相まって大きな発展を遂げ、実用に供されるレベルに達した。自動制御技術も目には見えにくいが必要な要素技術として技術の蓄積が図られた。このように、ジェットエンジンの躍進を支えた基盤技術は枚挙にいとまがない。さらに、製品として実現するには生産技術の貢献も重大であった。機械加工技術や溶接技術の革新がなかったら現在の高みに達することはできなかったであろう。シャフト



GE90 ターボファンエンジン

のくり抜き加工では、長さ約 3 m の軸に複雑形状の貫通孔を切削加工する IHI の技術がなかったら、世界の航空業界が成り立たないとさえ言われている。

空から陸へ（ガスタービン）

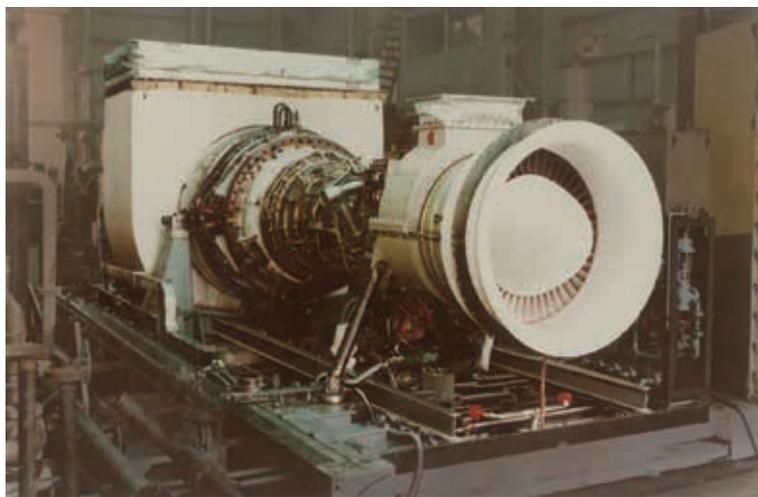
海で生まれた船用蒸気タービンの技術はガスタービンにも受け継がれた。ガスタービンの萌芽もまたジェットエンジンと同様に昭和 20 年代にあった。昭和 28 年（1953 年）には戦後初のガスタービン（船用 500 馬力）を完成した。昭和 30 年代の雌伏期を経て昭和 42 年（1967 年）船用大型ガスタービン TEAM の運転開始にこぎつけた。このとき独自開発した要素技術を発電プラントにまとめ上げた自信は、その後の飛躍の原動力となった。熱効率の向上、粗悪油の燃焼、精密鑄造、冷却翼、サイクル制御などの課題解決とともに信頼性の管理技術については提携先の Brown Boveri 社（BBC 社、後の ABB 社：スイス）から学んだ点も多かった。ここで獲得した技術は IHI 製発電用ガスタービンの基本形 IM1500（発電端出力 11 MW）となって結実した（1973 年）。さらに昭和 53 年（1978 年）には最大のガスタービン IM5000（38 MW）を完成させ、現在はコージェネレーション発電専用として開発された IM270（2 MW クラス）が活躍している。

回転機械の技術を語るうえで欠かせない要素技術の一つに歯車技術がある。昭和 29 年（1954 年）の歯車生産工場統合や、昭和 32 年（1957 年）の歯車恒温工

場稼働を経て、昭和 33 年（1958 年）には技術研究所内に歯車かみ合い試験機が設置されて開発体制が整った。船用タービン用減速装置では大型化トルク増大に伴う面圧強度や、曲げ強度の向上が課題であった。また、歯筋修正によって一様な歯当りを得ることでトルク伝達が改善された。陸用タービン用減速装置では特に摩擦や騒音が課題であった。歯面のピッチング損傷には多くの因子が関与していたが、苦心の末に熱処理法や銅めっき法が開発され、昭和 50 年代には解決した。

海から陸へ（過給機）

船用蒸気タービンの技術は過給機にも受け継がれた。過給機の歴史は第二次世界大戦中（1941 年）、戦闘機（キ 102）用過給機の開発に参加したことに始まる。戦後（1954 年）着手された車両用過給機の開発は自動車社会の到来・発展とともに歓迎され、昭和 51 年（1976 年）のオイルショックに端を発する低燃費化、高出力化ブームや昭和 55 年（1980 年）のホンダ「シティターボ」発売を機に大ブームとなった。ホンダの F1 にターボを提供した（1983 年、1986 年）のもその後の世界進出の契機となった。技術的原点のタービンよりも桁違いに小型で高速回転する車両用過給機の実用化には、新たな設計・製造課題を幾つも克服する必要があった。空力性能評価、軸受、耐熱性の高い材料開発、高速回転翼や軸の強度と安定性評価、超高強度アルミニウム合金製インペラの精密鑄造など、獲得した技術は枚挙



ガスタービン IM5000



車両用過給機

にいとまがない。IHI の車両用過給機は軽自動車用から大型バスやトラック用まで、納入実績はすでに 4 000 万台を超えた。

一方、陸に上がらなかった過給機の歴史がある。昭和 33 年（1958 年）に BBC 社と技術提携して VTR 形過給機の生産・販売を始めたのを皮切りに、昭和 52 年（1977 年）には生産台数 5 万台を達成するなど一時代を築いた。ABB 社との提携関係は現在まで 50 年間続いており、技術と人材が引き継がれている。最近ではコンパクトでメンテナンスが容易な発電用・低質油向きの AT14、推進用・A 重油向きの AT23 を世に送り出し、AT14 は平成 25 年（2013 年）には出荷台数が 3 000 万台を超えた。

古くて新しいロングセラー （圧縮機，送風機，ポンプ，水車）

IHI の回転機械の大きな源流は蒸気タービンであったが、これよりさらにさかのぼること 20 余年、典型的な流体機械である圧縮機・送風機・ポンプ・水車の源流があった。現在 IHI の回転機械事業の一翼を担う圧縮機・送風機・ポンプ・水車はそれぞれ明治時代のほぼ同時期に産声を上げた。圧縮機・ポンプ・水車の皮切りはそれぞれ株式会社藤田組大森鉱山向け往復圧縮機（80 馬力）の納入（1892 年）、呉海軍造船廠^{しょう}ドック用遠心ポンプ 2 台の納入（1895 年）、日光電力株式会社向けの国産初のペルトン水車の納入（1893 年）であった。当時、船舶（軍艦）の製造が海軍工廠に移管されて、機械製造に重点を移さざるを得なくなった事情もあって技術力が向上し、ひいてはタービン開発への機運が高まったと考えられる。さらに、昭和 10 年（1935 年）冷凍機の 1 号機を納入、昭和 29 年（1954 年）汎用往復圧縮機に関する JOY 社（アメリカ）との技術提携、昭和 47 年（1972 年）中国電力株式会社向けボイラ用大型軸流送風機 1 号機の納入など着々と基礎を固めた。圧縮機は工場に必須のユーティリティーの一つとして広くお客さまのニーズに答えている。



ペルトン水車
（提供：京都市上下水道局）

ポンプは呉海軍造船廠ドック用遠心ポンプ 2 台の納入（1895 年）以降、船舶用および陸上用のポンプを多数製造して実績を重ねた。時は流れて昭和 50 年（1975 年）ロケットエンジン用の大流量超高回転高圧ポンプとして大きく花開くことになった。日本初の純国産液体燃料 2 段ロケットエンジンとなった H-I ロケットの LE-5 エンジンに組み込まれた IHI 製の液体水素・液体酸素供給ポンプは見事に役割を果たし（1986 年）、続く H-II、H-II A ロケットでも真価を発揮して宇宙開発における回転機械メーカーとしての地位を確立した。

おわりに

IHI における回転機械技術の源の多くは船舶の設計・製造にあった。その時代時代を率いた経営トップの強い意思のもと、IHI の設計・製造技術の遺伝子は人をとおして新たな製品群に着実に引き継がれ発展してきた。紙数の都合から触れられなかった製品も多く、実際にはもっと混沌^{とん}として波乱に富んだ汗にまみれた人間味あふれる歴史を後世の若輩がシンプルなストーリーとしてまとめた点をご容赦いただきたい。IHI における回転機械の大樹が空に、陸に、海にさらに枝を広げることを祈りつつ、一人のベテラン技術者の万感を込めたメッセージ「回転機械を大切に思っほしい」を記して筆を置く。