

エネルギー・船用事業



ガスタービン

レックスペラ

1 エネルギー・船用 事業の変遷

エネルギー・船用事業は、1907(明治40)年に川崎造船所の造機部門として船用蒸気タービンの製造を開始して以来、海から陸へと製品分野を広げつつ事業展開を図ってきた。

エネルギー分野では、世界最高クラスの発電効率のカワサキグリーンガスエンジンをはじめ、天然ガス圧送設備、自家発電用蒸気タービンなどを生産。船用分野では、100年以上の歴史を持つ船用ディーゼルエンジンなど、各種船用推進機を生産してきた。なお、原動機事業100年目の節目の年に当たる2007(平成19)年には、神戸工場において創業100年を記念した行事が開催された。

エネルギー・船用事業の組織としては、2001年に全社13事業部門を6カンパニーに再編するカンパニー制が導入され、ガスタービン・機械カンパニーの1部門を「機械ビジネスセンター」として担うことになった。その後、大きな組織改正はなかったが、2017年4月に、ガスタービン・機械カンパニー内のガスタービンビジネスセンターより「産業用ガスタービン事業」の移管を受け、エネルギー分野での品揃えと顧客への提案能力を強化した。翌2018年4月にはカンパニー改編が行わ

れ、機械ビジネスセンターはエネルギー関連事業として、プラント・環境カンパニーと統合し、エネルギー・環境プラントカンパニーとなった。そして2021(令和3)年4月、水素関連事業とコア・コンポーネント・エンジニアリング事業の推進を目的に船舶海洋カンパニーと統合、エネルギーソリューション&マリンカンパニーとなった。

1. エネルギー分野

エネルギー分野においては1990年代後半から、省エネルギーとCO₂、NO_xの排出削減に配慮したクリーンなガスタービンやエンジン、空力機器が求められ、世界最高水準の発電効率・熱効率を達成した中・小型の産業用ガスタービンやグリーンガスエンジンの開発を行った。

21世紀に入ってから東日本大震災(2011(平成23)年)と地球環境保全の影響を大きく受けた。震災を契機として、BCP(事業継続計画)の観点から分散発電のニーズが高まり、工場への自家用発電設備の導入が増えた。一方、1990年代の後半からの省エネルギーやCO₂、NO_x排出削減への取り組みは、地球温暖化対策を定めた京都議定書やパリ協定の発効によりますます重みを増し、当社は環境負荷が小さい小型コージェネレーションシステムやガスエンジン、蒸気タービン、ブロワなどの空力機器を開発し、これらのニーズに応えた。



原動機事業100周年記念行事として、原動機事業の歴史と製品の展示やクレーン操作の疑似体験、部材の研磨などのイベントを実施

産業用ガスタービン

当社は、1976(昭和51)年のわが国初めての国産ガスタービン発電設備「PU200」を非常用発電設備として完成させて以降、着々と納入実績を積み重ね、2002(平成14)年にはFIFAワールドカップの計5会場の非常用発電設備を受注した。

また、コージェネレーションシステム用では、1993年に熱効率30.5%を実現した中型高効率ガスタービン「M7A-01」形(出力6MW級)を開発した。以降も低燃費・低エミッションを目指して改良を続け、2000年には7MW級の「M7A-02」形を開発、2006年には当時の世界最高水準となる熱効率35%を実現した8MW級の「M7A-03」形ガスタービンを開発し、国内やドイツ、マレーシアから、タイ、インドネシア、パキスタン、トルコ、イタリアへと市場を広げ、2012年開催のAPEC会場(ロシア・ウラジオストック)向けなどの受注を果たした。

5MW級においても2017年には、クラス世界最高の発電効率32.6%を実現した「M5A」を完成させ、2018年7月に商用運転を開始した。これを用いたコージェネレーションシステムでも総合効率84.5%のクラス世界最高の性能を達成している。

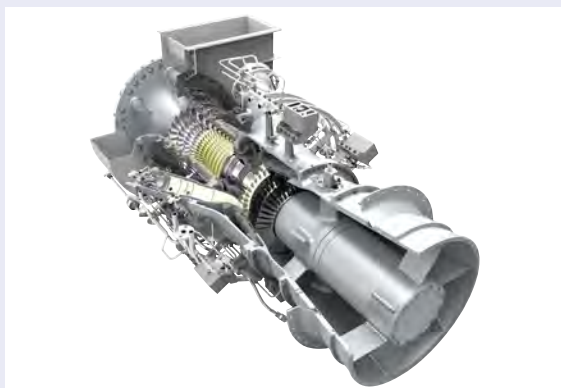
一方、大型ガスタービンでは2001年に20MW級の純国産高効率ガスタービン「L20A」を開発。同機を用いたコージェネレーションシステム

は総合熱効率80%以上を、蒸気タービンと組み合わせた複合サイクル発電プラントでは47%超の発電効率を達成。2004年にはオンサイト熱電併給事業(千葉美浜発電プロジェクト)向けガスタービンコンバインドサイクル発電プラント(総出力50MW)に2基が採用された。

これらの機種を利用してウズベキスタン共和国フェルガナ市において、2019年から7MW、2021(令和3)年から17MWの中小型ガスタービン高効率コージェネレーションシステムの実証運転を行った(当社と国立開発研究法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、丸紅ユティリティ・サービス株式会社との共同プロジェクト)。

さらに2012年末には30MW級の純国産高効率ガスタービン「L30A」を開発。クラス世界最高の発電効率40%超を達成。2018年には鹿島南共同発電株式会社向けコンバインドサイクル発電プラント(総出力107MW)に3基採用され、さらに2021年には海外向けでは初めて中国山東省の濰坊市濱投分布式能源有限公司(Weifang Bintou Distributed Energy Co.,Ltd.)向け1基を受注した。

また、水素コージェネレーションシステムに向けての取り組みとしては、神戸ポートアイランドにおいて世界初となる市街地での実証実験をスタートさせている。ドイツ・アーヘン工科大学と開発を進めてきた水素焚き燃焼器を採用したガスタービンが、NEDOの助成事業に採択され具体



M5A



2011年に当社製ガスタービンエンジン累積販売台数が1万台に達し、翌年「カワサキガスタービン1万台販売記念謝恩会」を開催

化したもので、2018年4月、旧港島クリーンセンター敷地内の発電・ボイラ設備からスポーツセンターや市民病院など4施設への電気と熱(蒸気と高温水)の供給に成功した。

■ ガスエンジン

環境規制が厳しくなった2000年代初め、液体燃料を用いるディーゼルエンジンから天然ガスを燃料とするガスエンジンへの転換が進んだ。発熱量当たりのCO₂発生量が約30%も少なく、NO_x、ばいじん等の有害物質の排出量も大幅に抑えることができるためである。

当社でも最高レベルの発電効率を有するガスエンジンの開発に着手し、2007(平成19)年には18気筒の初号機「KG形」を、2010年には可変ノズルタービン式過給機を採用した「KG-V形」をリリースし、発電効率を49.0%まで向上。環境にやさしいグリーンガスエンジン(GGE)として国内トップシェアを獲得した。

東日本大震災から半年後の2011年9月には、新電力(特定規模電気事業者、PPS)の一つである日本テクノ株式会社の日本テクノ袖ヶ浦グリーンパワー(千葉県袖ヶ浦市)向けに、ガスエンジンはもちろん土木・建築から特高設備、その他付帯設備までを一貫して請け負う当社初のプロジェクトを受注。2012年8月、7.5MW級のGGE「KG-18-V」14台で構成される発電容量11万kWのガスエンジ

ン発電所の納入を果たし、電力安定供給の一翼を担う電源としてのガスエンジンの価値を高めた。また2020(令和2)年には、同じく「KG-18-V」6基を沖縄電力株式会社の調整力電源用ガスエンジン発電設備向けに受注。同年にはさらに「KG-18-V」を改良し、2段過給システムを搭載した7.5MW級「KG-18-T」を開発し、クラス世界最高となる発電効率51.0%を達成。初号機を伊丹産業株式会社に納め、2022年の運転開始を予定している。

海外では、2017年にシンガポールのジュロン・エンジニアリング社より、タイの発電事業“パークプライ・コージェネレーション・プロジェクト”向けにGGE「KG-18-V」3基を受注した。蒸気タービン、ガスタービンおよびガスエンジンを組み合わせる100MW級のハイブリッドコンバインドサイクル発電所を構築するもので、昼夜の電力需要量に対応する発電設備のモデルケースとして注目された。2019年6月の商用運転では期待に応え、GGEの効率や運用柔軟性が高く評価された。

■ 蒸気タービン

電力業界では第1次オイルショックを契機として脱石油の動きが生まれ、1980年代中頃にはLNGを燃料とするコンバインドサイクル発電プラント(CCPP)の本格導入が始まった。

当社は、1986(昭和61)年にスイスの大容量ガスタービンメーカー ABB社(現・GE POWER社)



日本テクノ袖ヶ浦グリーンパワー向けプロジェクト



蒸気タービン150MWクラス機

から製造技術を導入し、大容量ガスタービンの生産を開始。1994(平成6)年には中国・上海宝山鋼鉄公司向け高炉ガス焚きCCPP(150MW)を初めて発電設備全体を取りまとめる形で受注。1996年に無事引渡した。

また、当社はフィリピンなど一部市場向けには台湾のFHI社を通じて100MW以下の小容量機を供給していたが、2000年代後半に同社が販売の重点を150MWクラスの中容量機へ移したため、これに応え2015年には、高効率新型翼列や高/低タービン直列配置構造などの新技術を投入し、150MWクラス機を開発した。

一方、LNG運搬船用主機タービンの分野でも当社は順調に実績を重ね、2006年8月には生産累計100基、市場シェア約55%とした。

■ 空力機械

空力機械の分野では、1990年代後半から2010(平成22)年にかけて防衛庁(現・防衛装備庁)向けの風洞装置納入や、ブロウ、圧縮機の新製品開発により、シェア拡大の基礎を築いた。

風洞は、1995年度に三音速風洞装置の研究試作を主契約会社として受注し、2004年度末に札幌試験場に納入した。

さらなる環境対応が求められた民用のブロウや圧縮機では、技術導入や自社開発により新製品を開発し、投入した。

例えば下水曝気用ブロウは、1999年にフィンランドのHST社からインバータ駆動磁気軸受式高速電動機直結単段ブロウの独占的販売権を獲得。2001年に製造契約を結び国内販売を開始したが、2004年には自社開発に着手。2007年3月に初号機を納入し、高いシェアを獲得した。

さらに、2000年代後半には環境負荷が小さく、メンテナンスの容易なオイルフリー圧縮機の研究に着手。2014年11月、国際石油開発帝石株式会社向けの初受注に成功した。

2. 船用分野

1990年代後半以降の船用分野における大きな流れは、防衛分野においては、冷戦終結や中国の軍拡、ロシアの軍事力復調、日本の国際平和協力任務の拡大など国際環境の変化に対応した即応性・機動性・多目的性を有する艦船の整備、商船分野では、石油から天然ガスへのエネルギー転換を中心とした地球環境への配慮である。

■ 艦艇

1990年代の研究開発のテーマは、防衛庁において研究が始まった潜水艦用AIP(大気非依存型推進装置)システムであった。開発においては、防衛庁技術研究本部を中心に海幕関係部署、海上自衛隊の潜水艦隊司令部などの総力が結集され、



三音速風洞装置全景



そうりゅう ※出典：海上自衛隊ホームページ
(<https://www.mod.go.jp/msdf/equipment/ships/ss/souryu/>)

メーカーも、造船所2社および装備機器主要メーカー約20社が参画。当社は、AIPシステムの中核となるMk.IIスターリング発電機の機関部と制御装置を開発し、2004(平成16)年度建造の「そうりゅう」から2014年度計画艦「しょうりゅう」まで10艦に採用された。

また、2009年には、護衛艦のハイブリッド推進用発電機として、産業用ガスタービン「M7」シリーズを船用化した「M7A-05」(6MW級)を開発し、2015年度計画艦のイージス艦「まや」(27DDG)および2番艦「はぐろ」(28DDG)に搭載された。

2014年度に入ると、防衛省は防衛大綱において、緊張が高まる周辺海域への対応策として「多様な任務への対応能力の向上と船体のコンパクト化を両立させた新たな護衛艦(30FFM型)」を相当数建造するとして、護衛艦を47隻から54隻へ増勢することを決定した。当社は推進装置関連機器の採用を目指し、クロスコネク特減速装置により1台のガスタービン主機と2台のディーゼル主機を連動させて駆動する「CODOG(COMBINED Diesel Or Gas turbine)方式推進システム」の検討を開始。護衛艦建造ノウハウを持つ造船所への提案活動を展開した。

2017年8月には、造船所は三菱重工業株式会社に決定。ガスタービン主機は当社提案のイギリスのロールス・ロイス社との技術提携に基づき製造するMT30となったものの、推進システムは「CODAG

(Combined Diesel And Gasturbine)方式」となり、従来国産だった減速装置などに海外競合メーカー製が採用されることが判明。当社の猛烈な巻き返しにより、減速装置は当社製に変更できたが、長年護衛艦で独占してきた可変ピッチプロペラは失注となった。MT30と当社製減速装置を搭載した30FFM用推進システムはすでに2020年3月には運転試験を終え、2028(令和10)年までの11年間で全22艦の建造が計画されている。

新製品が開発される一方で、従来技術の見直しも進められた。世界各国の海軍で使用され高い評価を得ていた「オリンパス」「タイン」の後続機種として、1984(昭和59)年に投入した艦艇用ガスタービン「スペイ」が、時を経ても他国での採用が伸び悩み、さらに部品の価格高騰や納期遅延、サプライヤの撤退などで顧客に迷惑をかける事態が多発するようになっていたのである。そこで当社は、技術提携先のロールス・ロイス社と共同で改善チームを立ち上げ、設計変更などを検討し提案したが、交渉は難航。結論が出ないなか当社は先行開発に踏みきり、技術力の高さや熱意を訴え、2012年12月、事業譲渡の契約を締結し、100%国産化の権利を獲得した。

■ 船用レシプロエンジン

2004(平成16)年、川崎汽船株式会社の大型コンテナ船隊の整備計画に伴い、10万馬力に対



艦艇用ガスタービン「スペイ」事業譲渡契約



神戸工場の2サイクルディーゼルテストエンジン

応する推進主機関を、当社(6台)と三井造船株式会社(2台)で分担受注し、2006年4月には初号機(12K98ME)が超大型8,000TEU型コンテナ船に搭載された。12K98MEは2021(令和3)年時点で当社最大、最高出力のレシプロエンジンとして高く評価されている。

2000年代に入ると、国際海事機関(IMO)は、国際航海に従事する船用ディーゼルエンジンのNO_x排出量の規制を段階的に強化した。2011年には2次規制(1次規制比15~22%の削減)を、さらに2016年には3次規制(指定規制海域において1次規制比80%のNO_x排出量削減)のクリアを義務付けた。これに応え、当社は2010年には神戸工場内に2サイクルディーゼルテストエンジンを新設し、技術開発に着手した。2014年には複数の環境対応技術により大気汚染物質を削減するシステム「K-ECOS」の開発に成功。川崎汽船が次世代環境対応「DRIVE GREEN PROJECT」の一環として2015年に建造した大型自動車運搬船に搭載された。その後、K-ECOSの商用初号機を受注、2019年12月に完成した。

2011年には、すでに環境性能に優れたガスエンジンとして実績を伸ばしていた陸上発電用KG18(V型18気筒)をベースに船用ガスエンジンの開発に着手。ガスエンジンとして2014年にノルウェーの船級協会より、2015年に一般財団法人日本海事協会より国内で初めてエンジン型式承

認を取得した。

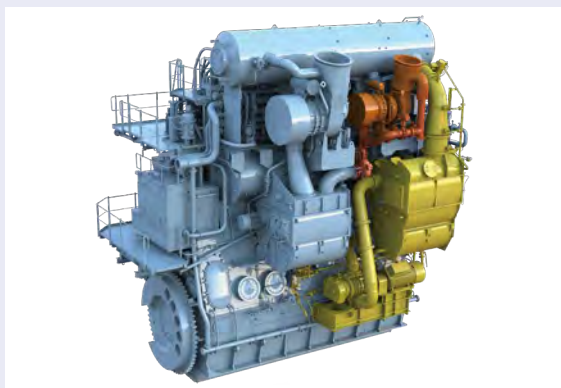
さらに、2015年には、ノルウェーのユナイテッド・ヨーロピアン・カー・キャリアーズ社の自動車運搬船向けに、重油とLNGを燃料とする二元燃料エンジン8S50ME-C-GIを2台受注し、建造造船所である南通中遠川崎船舶工程有限公司(NACKS)に納入。また、重油とLPGを燃料とする二元燃料エンジン7S60ME-C10.5-LGIPを国内で初めて受注、2020年10月に完成し、当社・船舶部門へ納入した。

一方、潜水艦用ディーゼルエンジンでは、「はるしお」用に開発した25/25型を、1995年に「おやしお」に納入。2006年にはマイナーチェンジした25/25SB型を「そうりゅう」に納入した。

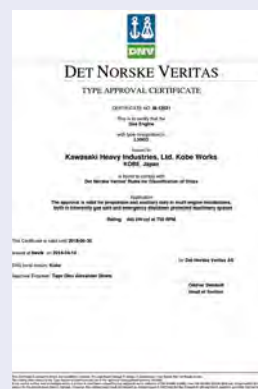
また、防衛庁関係では、新型ディーゼルエンジン開発の要望を受けて2000年から開発を開始。2010年度から2018年度には防衛省技術研究本部の新型スノーケル発電システムの試作事業に参画して、潜水艦用ディーゼルエンジン25/31型を開発し、2020年に契約、2022年に納入予定である。

■ 水力機械

1956(昭和31)年「可変ピッチプロペラ」の製作開始以来、「サイドスラスト」、「旋回式スラスト(レックスペラ)」、「KICS」、「フラップ舵」、「ウォータージェットプロパルサー」、「ハイブリッドシステム」と製品ラインアップを拡充。1970年



K-ECOS商用初号機



ノルウェーの船級協会の
エンジン型式承認

代には、防衛省の主力護衛艦のガスタービン駆動化に応じて大馬力・可変ピッチプロペラを開発するなど、時代のニーズに対応し、現在に至るまで総合推進機メーカーの老舗として活躍してきた。

1990年代には超円高に見舞われ中国からの部品調達を図ったが、品質や納期の面で問題が多発。1995(平成7)年11月には武漢船用機械有限公司と合併で武漢川崎船用機械有限公司(WKM)を設立し、サイドスラストの現地生産に踏みきった。当初は、日本製・欧州製志向の中国顧客には受け入れられなかったが、徐々に品質、納期、価格が評価されるようになり、2020年時点で、中国市場の約50%を占有、累計生産台数も約4,000台に達している。

2000年初期には海洋開発の機運が高まり国家主導で世界トップクラスの掘削能力を有する地球深部探査船「ちきゅう」を建造することになり、当社は巡回式スラストメーカーとして参画、4,200kWの超大型機種を6台納入した。この成功により、当社製品も高く評価され、2010年にはブラジル向けドリル船用を受注、その後も、オフショア船向けの巡回式スラスト市場などで高く評価される存在となった。

■ ハイブリッド推進システム

艦艇におけるハイブリッド推進への取り組みは、商船分野にも展開され、当社のレシプロエンジン・推進機と電力貯蔵装置(リチウムイオンバッ

テリーやリチウムイオンキャパシタ等)を組み合わせ、低エミッション化や省力化を実現する最適な推進・電源システムとして、環境対応船向け受注活動を展開した。2019(令和元)年9月には電力貯蔵システムのリーディングサプライヤーであるCorvus Energy社とリチウムイオンキャパシタを用いたオフショア向け電力貯蔵装置の技術供与契約を締結し、2020年に世界初のゼロエミッション電気推進タンカー向け大容量バッテリー推進システム、2021年に石灰石運搬船向けに、天然ガス専焼エンジンとバッテリーを組み合わせたハイブリッド推進システムを受注した。

2 製品

1. エネルギー分野

■ 産業用ガスタービン

非常用電源<PUシリーズ>

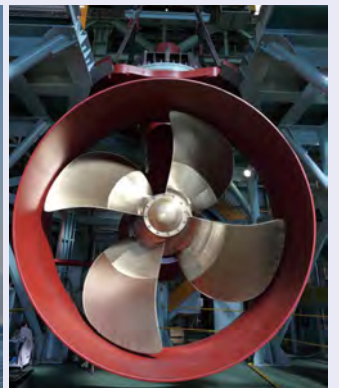
1977(昭和52)年にPU200形を初号機として納入して以来、PUシリーズは非常用電源としてラインアップの拡充を続け、現在は187.5kVAから



武漢川崎船用機械有限公司(WKM)設立調印式



地球深部探査船「ちきゅう」



ドリル船用巡回式スラスト(レックスペラ)

6,000kVAまで全21機種をラインアップしている。1軸式を採用した、世界トップレベルの性能を持つガスタービンは、ローコストで部品供給やサービス面においても十分な体制が整っており、冷却水を使わないため冷却水設備や配管の工事が不要で、凍結や断水による事故が発生する恐れがないなどの特長が高く評価され、1985年には非常用電源として約75%のシェアを獲得。2020(令和2)年時点で、8,000台(非常用のみ)を超える納入実績を築いた。

コージェネレーションシステム<PUCシリーズ>

当社は、1993(平成5)年の「M7A」より、コージェネレーションシステムの心臓部であるガスタービンの製造を開始し、2001年には熱効率35%の「L20A」を、2012年には世界最高効率となる40%超を実現した「L30A」を開発。M7シリーズ、L20Aシリーズ、L30Aシリーズなどのコージェネレーションシステムを発表した。用途は、非常用兼用コージェネレーションシステムをはじめ、熱電比可変形、コンバインドサイクルシステムなど多彩で、2020(令和2)年現在、国内外で750台を超える実績を誇っている。

ガスタービン移動発電機車<MPUシリーズ>/ ポンプ駆動用ガスタービン<MDシリーズ>

1977(昭和52)年、<PUシリーズ>に車両を取り

付けて開発した移動式発電機車<MPUシリーズ>は震動や騒音の心配がなく、冷却水が不要、優れた起動信頼性を持つなどの特長から実績を広げ、現在では18機種(出力187.5~4,000kVA)をラインアップ。災害時や大規模停電時等、配電線工事や点検時等の非常用や臨時電源などで活用されている。

一方、1986年に1号機を完成させたポンプ駆動用ガスタービン<MDシリーズ>は、冷却水不要、低振動、低騒音、優れた始動信頼性などポンプ場に特化した特長があり、信頼性の向上と操作・維持管理の簡素化を実現し、2020(令和2)年時点で、200kWから3,200kWまで21機種に広がっている。

■ ガスエンジン

グリーンガスエンジン

2000年代、ディーゼルエンジンからガスエンジンへの転換が進みつつあるなかで、もっとも以降の業績や環境保護に貢献した製品は、2007(平成19)年に実用化された「グリーンガスエンジン」である。2010年には、初号機として開発した発電効率48.5%の標準型<KGシリーズ>に加え、発電効率49.5%を達成した<KG-Vシリーズ>、2020年には発電効率51.0%を達成した<KG-18-T>をそれぞれラインアップ。NOx排出量200ppm以下(O₂=0%換算)を達成するなど優れた環境性能を備えている。



L20A



ポンプ駆動用ガスタービン<MDシリーズ>



KG-Vシリーズ

蒸気タービン

船用蒸気タービン

LNG(液化天然ガス)運搬船用の蒸気タービンは、1977(昭和52)年に日本で初めて建造されたLNG運搬船“GOLAR SPIRIT”に主機として蒸気タービンを納入して以来、当社は世界で最も多くの主機タービンを生産し、2006(平成18)年には、LNG運搬船用主機タービンの累計生産100基を達成した。2011年には、高圧タービンを回し終えた蒸気をもう一度ボイラに戻し、再加熱した蒸気を中圧タービンに再投入する高効率型の「URA型再熱式蒸気タービン」を開発。次世代汎用型LNG運搬船「エネルギーホライズン」(東京ガス株式会社/日本郵船株式会社向け、タンク容量17万7,000m³)に搭載され、技術力の高さを証明した。

陸用蒸気タービン

発電用蒸気タービンは、これまで主に発電機駆動用として多くの顧客のニーズに応え、1956(昭和31)年の生産開始以降2020(令和2)年までの製造実績は380台以上、出力合計は約6,600MWに達している。近年では、2015(平成27)年にフィリピンPanay Energy Development社向けの蒸気タービン発電設備(発電容量150MW、台湾Formosa Heavy Industries社からの受注)

を納入したほか、2019年には、青森県八戸市のエム・ピー・エム・王子エコエネルギー株式会社にて、発電用では当社初となる再熱式蒸気タービン発電設備を、補機・配管を含めて設置・納入した。

炉頂圧発電タービン

高炉から発生する高炉ガスの圧力をタービンによって電気エネルギーとして回収する炉頂圧回収タービン発電設備(TRT)は、省エネ効果に優れ、除塵などの機能を備え、現在では国内の大型高炉設備には100%設置されている。

当社製TRTは、高炉炉頂圧の制御をタービンの可変静翼で行うため、通過するガスの量および圧力が変動してもエネルギーロスが少なく、高効率かつ低騒音の発電が可能で、2004(平成16)年には、当時世界最大クラスの出力となる34,480kWの炉頂圧回収発電設備を開発し、納入した。2010年には、シーメンスVAI社が取り纏める台湾の中龍鋼鐵股份有限公司・第2高炉向けに発電能力14,000kWのTRTを納入するなど海外でも高く評価されている。

空力機械

遠心圧縮機・ガスコンプレッションモジュール

石油・ガス業界向けに開発された遠心圧縮機およびガスコンプレッションモジュールは、インド、



URA型再熱式蒸気タービン



遠心圧縮機



ガスコンプレッションモジュール

東南アジアの洋上設備として豊富な実績を上げている。洋上で昇圧した天然ガスを海底パイプラインにて陸地へ圧送するコンプレッションモジュールは、圧縮機トレイン、ガスクーラー、スクラバー、バルブ、制御装置などをまとめた設備。当社は圧縮機メーカーとしては数少ないトータルモジュールサプライヤーであり、これまでインド向け42基を含め、58基の受注実績を誇っている。

汎用送風機

当社のブロワには、下水曝気用、および食品や化学、石油、電子などの工場の空気源や蒸気の圧縮や薬液の濃縮プロセスで使用される「GMブロワ」と、下水曝気用の「MAGターボ」がある。

「GMブロワ」は、歯車増速式単段斜流ブロワとも呼ばれ、独自に開発した斜流形羽根車(インペラ)により空力性能を高め、増速機を高効率化し、省エネルギーを実現している。

「MAGターボ」は、インバータ制御式高速電動機のロータの軸端に羽根車を直接取り付けしたブロワで、ロータは磁気軸受により浮上し、機械的に非接触の状態でも高速回転する。また、インバータ制御とインレットベーン制御の組み合わせで高い部分負荷効率と広い風量制御範囲を実現。潤滑油が不要で経済性・信頼性に優れ、必要なユニットがコンパクトにパッケージされており、据付けも容易にできる。当初は他社技術を導入していたが、

2004(平成16)年に「川崎MAGターボ」の自社開発に着手。2007年、初号機を岐阜市に納入して以来、東京都、大阪市、福岡市など全国の下水処理施設向けに受注を積み重ね、2019(令和元)年には累積受注200台を達成した。

風洞

風洞メーカーのパイオニアとして、航空機・飛翔体の分野をはじめ、土木・建築・環境、自動車・車両など、さまざまな分野で、低速から超音速領域まで多様な風洞を製作してきた。

近年では、1995(平成7)年度に防衛庁(現・防衛装備庁)の「三音速風洞装置の研究試作」に参画。2019年3月には当社岐阜工場向けに、空気力計測に加えて騒音計測も可能とした、国内航空機メーカーが保有する国内最大規模の低速低騒音風洞を納入した。

2. 船用分野

■ 艦艇

艦艇用ガスタービン

小型・軽量で大出力の推進用機関が要求される艦艇分野では、航空用ガスタービンを船用化した艦艇用ガスタービンを使用することが主流であ



GMブロワ



MAGターボ

る。当社はロールス・ロイス社との技術提携のもとで1977(昭和52)年度護衛艦以降、海上自衛隊向けに「オリンパス」、「タイン」、「スペイ」といったガスタービン主機を長年納入し、その間、護衛艦の任務を支援するためのアフターサービス部門の充実を図ってきた。現在、最新の30FFM型艦向けに1台で43MWを発揮可能な「MT30」ガスタービン主機を製造している。

減速歯車装置

高精度で大型の減速歯車装置は、艦艇用ガスタービン推進装置、船用蒸気タービン、セメントミルの製品に採用されてきた。艦艇向けでは主機の大出力化や推進装置の多様化等の多岐にわたるニーズに応えるため、当社では大容量化、軽量小型化、高性能化、低騒音化、信頼性の向上等の設計・製造技術の改善に取り組み、1970(昭和45)年頃には高精度と信頼性で世界最高水準の設計・製造技術を確立した。近年では、2000(平成12)年以降に世界的にLNG運搬船が大量建造された際、歯車材料として、艦艇用ガスタービン向けで実績のある高強度材料を採用し、小型軽量化を図るなど、LNG運搬船向け蒸気タービンの大量受注に貢献し、2006年度には累計生産100台を達成した。

ハイブリッド推進システム

当社は、早くから艦艇用として統合電気推進

やガスタービンと電動機のハイブリッド推進システムの可能性を探ってきた。そして、2012(平成24)年には推進用発電用途として産業用ガスタービンを船用に転用したガスタービン発電機(6MW)の試作機の設計・製造を開始、2014年に単独運転、電気推進のシステム実証試験を行い、同年、護衛艦用「M7A-05ガスタービン発電装置」を完成させた。

この「M7A-05ガスタービン発電装置」が最初に採用されたのは、COGLAG(COMBINED Gas turbine eLectric And Gas turbine)方式ハイブリッド艦のイージス艦「まや」で、2020(令和2)年3月に就役。2番艦の「はぐろ」も2021年3月に就役した。「M7A-05」は日本海事協会とアメリカ船級協会から船用GT発電機としての認証を受けており、将来的には海外への展開も目指している。

艦艇における統合電気推進やハイブリッド推進への取り組みは、商船分野にも横展開され、当社のレシプロエンジン・推進機と電力貯蔵装置(リチウムイオンバッテリーやリチウムイオンキャパシタ等)を組み合わせ、低エミッション化や省力化を実現する最適な推進・電源システムとして受注活動を展開。2020年に世界初のゼロエミッション電気推進タンカー向け大容量バッテリー推進システム、2021年に石灰石運搬船向けに、天然ガス専焼エンジンとバッテリーを組み合わせたハイ



「MT30」ガスタービン主機
©Rolls-Royce plc 2021



減速歯車装置



M7A-05ガスタービン発電装置

ブリッド推進システムを受注した。

■ 船用レシプロエンジン

2サイクルエンジン

1911(明治44)年以来、当社は100年以上にわたって高品質な2サイクル/4サイクルディーゼルエンジンを提供してきた。2000年代にコンテナ船の大型化や電子制御化が進むとこれに対応したディーゼルエンジンを拡充し、2006(平成18)年には世界最大級の船用電子制御ディーゼルエンジン(12K98ME)を完成させた。

また、2016年から実施されたNOx排出に関する国際海事機関(IMO)の3次規制への対応に向け、いち早くこれをクリアするディーゼルエンジンの開発に着手し、排気再循環、水エマルジョン燃料および過給機カットを組み合わせた複合低環境負荷システム「K-ECOS」を開発。2019(令和元)年12月には、商用初号機が完成した。

2015年には、自動車運搬船向けに重油とLNGを燃料とする二元燃料エンジン8S50ME-C-GIを2台完成させた。また、重油とLPGを燃料とする二元燃料エンジン7S60ME-C10.5-LGIPを国内で初めて受注し、2020年に初号機を完成させた。

船用グリーンガスエンジン

当社はIMOによるCO₂、NO_x、SO_xなどの

排出規制強化に先立ち、2014(平成26)年4月、「グリーンガスエンジン」の技術を活用して船用ガスエンジン「L30KG」型を開発し、国産では初めてノルウェー船級協会より型式承認を得た。「L30KG」は脱硝装置などの特別な装置を用いることなくNO_x 3次規制値を大幅に下回る性能を実現し、ディーゼルエンジンと比較し、CO₂とSO_xの排出量も大幅に低減できるため、各種環境規制に適合した船舶の建造に貢献できる。

潜水艦用ディーゼルエンジン

当社は、西ドイツのMAN社とライセンス契約を締結し、1956(昭和31)年に防衛庁の駆潜艇向けに22/30型を納入して以降、さまざまな水上艦用ディーゼルエンジンを納入してきたが、ガスタービン化の進展などにより水上艦用ディーゼルエンジンは1979年の納入が最後となった。

一方、潜水艦用ディーゼルエンジンは吸排気圧力が過酷なスノーケル運転を可能とするべく、水上艦用ディーゼルエンジンにはない特殊な機能に特化されたディーゼルエンジンであり、1959年、戦後国産初の潜水艦初代「くろしお」に22/30型が初めて納入された。以来、24/30型、24/30A型、自社開発の25/25S型、25/25SB型と、現在まで海上自衛隊向けに継続納入を果たし、2022(令和4)年には、防衛省の試作事業で開発された25/31型の納入が予定されている。



「K-ECOS」を主機として搭載した船舶が、日本船舶海洋工学会主催の「シップ・オブ・ザ・イヤー2016」最優秀賞を受賞



8S50ME-C-GI



L30KG型

■ 水力機械

可変ピッチプロペラ

当社は1956(昭和31)年に「可変ピッチプロペラ」の製作を開始して以来、リーディングカンパニーとして護衛艦、フェリー、RORO船、シャトルタンカー、コンテナ船などさまざまな船舶に納入してきた。

羽根の角度(ピッチ)を自在に変えることにより、回転方向や回転数を保ったまま、任意の前後方向の推進力を得ることができ、多様な载荷条件/海象条件に対応し、速度調整も容易である。最適負荷で運航できるため省エネで環境にやさしく経済的な機関として高い評価を受け、2020(令和2)年までに850軸以上を納品している。

サイドスラスト

1965(昭和40)年にイギリス・ヴィッカーズ社から技術導入して製作を開始し、1971年からは自社設計機を生産した。以来、「サイドスラスト」は商船・フェリーからオフショア船までさまざまな船舶に採用され、2020(令和2)年9月には国内累計生産6,000台を達成している。

1995年から中国市場向けの「サイドスラスト」は、中国(武漢)に設立した武漢川崎船用機械有限公司で生産・販売しており、当社グループ全体では、世界トップシェアを獲得している。



可変ピッチプロペラ

レックスペラ

当社が独自開発した全旋回式スラスト「レックスペラ」は、推進機と舵が一体化した推進機で、プロペラ自体が360度回転することで船をコントロールできる。標準型その他、船内に格納可能な「昇降式」や、ドック入渠時等に跳ね上げ可能な「スイングアップ式」、ドック入渠が難しい大型船用の「水中交換式」などをラインアップしている。2017(平成29)年には高効率、軽量、作り易さ、メンテナンス性を徹底追求した「E型レックスペラ」を市場投入し世界市場で受注を伸ばしている。E型レックスペラは推進性能の向上による省エネ化(Energy saving)、船内におけるメンテナンス性の容易化(Easy maintenance)、環境への優しさ(Environmentally friendly)などの特長が評価され、2018年に中国・天津臨港拖輪有限公司(Tianjin Lingang Tug Co., Ltd.)向けに4基を納入し、船舶の入出港補助を行うタグボートに搭載された。

レックスペラは、1983(昭和58)年の製作開始から今日まで、タグボートやケーブル施設船などの作業船、ドリルシップやサプライボートといったオフショア船などさまざまな船に採用され、2020(令和2)年には1,100基以上の実績を誇る。

総括操縦装置 [KICS]

総括制御装置[KICS](Kawasaki Integrated



レックスペラ1,000台生産達成記念。レックスとはラテン語で「王様」。レックスペラは、「どこのプロペラにも負けない世界一のプロペラを目指す」との思いが込められた名称

Control System)は、可変ピッチプロペラ、全旋回式スラスト、サイドスラスト、舵など、複数の操船要素を総括して操縦することができる装置。さまざまな操船モードに対し推進機や舵の能力を最大限に引き出すとともに省エネ化が実現できる。

新日本海フェリー株式会社の「すずらん」「すいせん」や、大阪市消防局の多機能消防艇「まいしま」、一本松物流株式会社のケーブル敷設台船「天山」、その他漁船など豊富な実績がある。

2019(令和元)年には総合推進機メーカーの強みを生かし、東亜建設工業株式会社建造の洋上風車設置船向けに、旋回式スラスト4台と「KICS-4002+1002」を組み合わせ、洋上発電に貢献している。

3 技術と生産

1. 技術開発

1990年代後半以降、当社はエネルギー分野および船用分野で、環境保護や省エネルギーの観点から新技術の開発に取り組んできた。

L30Aガスタービン

開発に際しては、最高効率の達成を目指し、高

温化を実現するために未経験の圧力比の大幅向上に挑み、発電用途以外に使えるよう2軸機の仕様を採用した。これまでにない多くの開発要素があったため、技術開発本部の全面的なバックアップを受け、航空エンジンの技術者を含めオール川重での開発となった。2012(平成24)年にはダイセル化学工業株式会社(現・株式会社ダイセル)に納入した初号機の仕上げ段階で設備の不調や燃焼器トラブルが続いたが、両社の関係者の努力により無事開発を終え、東日本大震災により電力不足が続くなか自家発電による電力供給を実現した。

グリーンガスエンジン「KG-V形」

市場最大級の5~8MWの出力、市場最高の48%以上の発電効率、市場最小の200ppm以下(O₂:0%換算)のNO_x排出値など、高い目標を掲げ、2004(平成16)年の単気筒試験機製作から開発をスタート。2005年10月から2007年3月の電気着火方式等の基礎評価試験と2カ月間の連続耐久性試験を経て、2007年に18気筒の初号機が完成。以降も改良を進め2010年には可変ノズルタービン式過給機を採用し、発電効率を49.0%まで向上、2020(令和2)年には2段過給方式により発電効率を51.0%まで向上した。

150MW級発電用蒸気タービン

すでに2010(平成22)年には各種新規要素の開



総括制御装置「KICS」



すずらん、すいせん



L30Aガスタービン

発に着手していたが、2014年4月、フィリピン向け初号機を台湾のFHI社から受注したのを機に開発を本格化。技術開発本部と共同で、実翼を使った空気タービン性能試験を実施。また、製造部組立課と共に新規採用の入口弁(MSV、GV)駆動ユニットの社内作動試験を行い、想定した性能・機能を満たすことを確認し、2015年10月に実機を製造・出荷。2016年12月、商業運転を開始した。

オイルフリー圧縮機

2006(平成18)年、環境問題に敏感な顧客を想定して、オイルフリー圧縮機の開発に着手した。通常のオイル軸受に代えて磁気軸受を搭載し、駆動用には磁気軸受を搭載した高速電動機を採用。加えて防爆への対応など初めての取り組みが多く、技術的ハードルが高い開発となった。2009年に社内試験機が完成。2010年のデモ運転を経て2014年に国際石油開発帝石向けの採用が決定。通常の1.5倍の18カ月かけて製造し、2016年に実機を納入した。

CODOG方式(COMBined Diesel Or Gas turbine)およびCODAG方式(COMBined Diesel And Gas turbine)推進システム

2010年代後半、防衛省が増勢を検討していた「新型護衛艦」への採用を目指し、いしかり型の2機2軸式の「CODOG方式推進システム」をベースに、1台のガスタービン主機と2台のディーゼル主機を

クロスコネクト減速装置により駆動する3機2軸式の「CODOG方式推進システム」の検討を開始した。推進システムの大出力化に対応するとともに、低速・巡航時はディーゼル主機により航走し、高速時にはガスタービン主機に切り替える等、効率的で多様な運航を可能とした。

しかし、その後「CODAG方式推進システム」の採用が決定された。ディーゼル主機をプロペラ回転速度の低い低速・巡航時(単独運転時)とプロペラ回転速度の高い高速時(ガスタービン主機と併用)の両方で効率良く使用できる減速装置の製造は至難とされていた。この問題を、ディーゼル主機入力軸を2段変速式とした減速装置の開発により解決した。

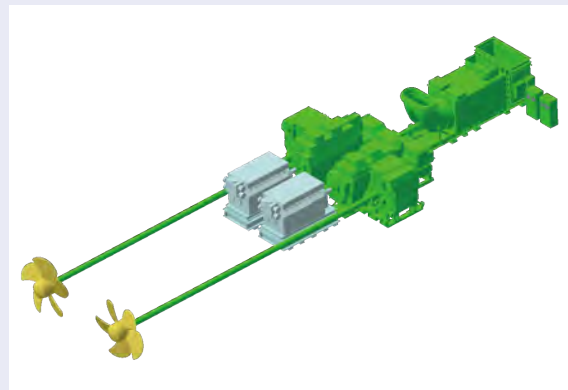
ガスタービン主機には当社提案の「MT30」が採用され、減速装置についても、いったん他社製品の採用に傾きかけたが巻き返しを図り、当社製が採用された。

船用2サイクルディーゼル主機の生産ライン

海運市場の活況、造船需要が増加しつつあった1994(平成6)年、当社は株式会社大島造船所向け主機を中心に業容を拡大。その後、同社がバルクキャリアに特化したことに伴い、小型エンジンの受注増を見越し、新たに船用ディーゼルエンジンのライン構築を決定した。年産20台以上、工数30%以上低減の目標を掲げて、自動車の組立ラインの手法を導入。1997年11月に生産を開始し、



オイルフリー圧縮機社内試験機



CODOG方式推進システム

1999年には生産台数24台/年(後に最大34台/年まで増産)、工数も1996年実績比で30%以上低減した。このライン生産方式は三井造船、日立造船株式会社に導入された。

サイドスラストの生産ライン

国内外で実績を伸ばしていたサイドスラストも、2000年代に入り、他社との競合による採算の悪化や納期遅延などの問題を抱え、低迷しつつあった。そのため、2004(平成16)年8月に、コストダウンとリードタイム削減を課題として、サイドスラストの一貫ライン(製缶・機械加工・組立)を神戸工場の組立5工場に新設。2008年10月、これを播磨工場内に移転して「スラスター第1工場」とし、生産をスタート。海洋資源開発の活発化に伴いオフショア船用の需要が伸長し、2014年度には出荷台数300台超を達成した。

2. 生産

2000年代以降、各製品の増産などに応えるために、生産設備の更新・新設を実施。また、職場環境の整備・改善を行うために、製造部門等が入居する事務所ビルの建設を行った。

組立第2工場の改修・組立第5工場の拡張

2002(平成14)年9月、LNG運搬船用主機ター

ビンの増産とコストダウンに対応して組立第2工場を改修。組立・運転場のライン化を進め、翌2003年から生産を開始した。

また2005年11月には、船舶向け大型プロペラやディーゼルエンジン等の船用機器等の生産能力を高めるために、震災で建物が倒壊した跡地を活用して組立第5工場を拡張した。

スラスター第1工場の改修・スラスター第2工場の新設

サイドスラストの増産に対応し、2008(平成20)年10月には播磨工場のLNG棟を改修してスラスター第1工場を完成させ、神戸工場からサイドスラストの生産を移転、生産を開始した。

さらに2013年1月には、レックスペラの生産体制強化のため播磨工場にスラスター第2工場を建設し、神戸工場からレックスペラの生産を移転した。

製造総合ビルの新設

2012(平成24)年12月には、職場環境の整備・改善を目指し、神戸工場内に6階建ての事務所ビルを建設した。執務スペースを十分に確保するとともに、1階には従業員食堂を、6階には用途に合わせた各種大きさの会議室を設置。製造総合ビルとして、製造部門等約400人が入居した。



船用ディーゼルエンジンの生産ライン



スラスター第1工場の生産ライン



スラスター第1工場

4 生産拠点・関係会社

1. 製造工場

神戸、播磨の2工場に、明石工場が加わり、体制を強化

当社の主軸である神戸工場と、水力機械を担う播磨工場を中心にエネルギー・船用関連機器の生産を担ってきたが、2019(令和元)年には、明石工場が産業用ガスタービンの製造拠点として加わった。

○明石工場(産業用・艦艇用ガスタービン関連)

1940(昭和15)年、川崎航空機工業株式会社の工場として開設。現在は、主力工場の一つとして艦艇用ガスタービンエンジン、産業用ガスタービンエンジンなどを生産している。

○神戸工場

当社前身の川崎造船所の「発祥の地」であり、1886(明治19)年操業開始以来130年余の間、船舶建造および各種製造事業などの重要拠点として当社を支えてきた。当社主要工場の一つとして、全従業員数のうち約20%が勤務する。

○播磨工場(水力機械関連)

1971年に開設された当社主要工場の一つ。プラント・環境保全設備、土木建設機械、鉄構構造

物、ボイラ、鉄道車両などの生産を担い、2008(平成20)年と2013年に、スラスタ第1工場、第2工場を相次いで稼働させ、船用機器の生産を行っている。

2. 関係会社

独自技術を中心に生産や販売の役割分担を推進

国内関係会社として、吸収冷温水機・冷凍機のパイオニア「川重冷熱工業株式会社」(1972年(昭和47)年)や、現在、非常用ガスタービン発電設備および各種ガスタービン製品の販売とアフターサービスを担う「株式会社カワサキマシシステムズ」(2000(平成12)年)を設立し、よりトータルなニーズに応えるべく業容を拡げている。

円高や市場動向を反映し、生産・販売拠点のグローバル化を推進

生産拠点では1995(平成7)年11月に、中国・武漢船用機械有限責任会社と合弁で「武漢川崎船用機械有限公司」を設立し、船用サイドスラスタなどの生産を開始。一方、販売拠点では、1998年に、ガスタービン販売・サービス拠点としてドイツ・フランクフルトに「Kawasaki Gas Turbine Europe GmbH」を設立し、販売面で欧州をカバーする体制を整えた。2005年7月には、マレーシア・クアラルンプールに当社100%子会社



製造総合ビル



神戸工場

「Kawasaki Gas Turbine Asia Sdn. Bhd.」を設立し、アジア向けの販売拠点とした。

また、2014年にはブラジル・サンパウロに販売・サービス拠点となる「Kawasaki Machinery do Brasil Maquinas e Equipamentos Ltda.」を設立し、中国からブラジル、ロシア、インドを含むBRICS諸国へと市場を広げる足場を固めている。

川重冷熱工業株式会社

1959(昭和34)年に国内で初めて前身の汽車製造株式会社が吸収冷凍機を製造するなど、「吸収冷温水機・冷凍機」のパイオニアとして、技術力を高く評価されている。2005(平成17)年には、世界で初めて三重効用吸収冷温水機の商品化に成功し、「一般社団法人日本エネルギー学会進歩賞」等を受賞した。「ボイラ」についても1899(明治32)年の初号機以来120年近くの歴史をもち、地域冷暖房・工場用の大型ボイラから暖房・給食センター用の小型ボイラまでさまざまなボイラ製品を取り扱っている。

株式会社カワサキマシンシステムズ

2000(平成12)年7月、当社の建設機械の国内販売会社4社に、ガスタービン営業部門を追加統合して新会社として発足。現在、非常用ガスタービン発電設備および各種ガスタービン製品の販売とアフターサービスを担っている。非常用ガスター

ビン発電設備の販売においては、純国産でかつ自社開発エンジンを強みとして、国内60~70%のトップシェアを占める。近年では、急成長しているIT分野において、データセンター向けの非常用発電設備の需要が高まり、大型非常用ガスタービン発電設備の販売も好調である。アフターサービスにおいては、防災意識の高まりが追い風となり、非常用ガスタービン発電設備のメンテナンス需要は急拡大してきており、今後も引き続き拡大が期待できる。

武漢川崎船用機械有限公司

1995(平成7)年11月、当社と中国・武漢船用機械有限責任会社との合弁会社として設立し、1998年1月に操業を開始した。中国の造船業は2000年代半ば以降大きく躍進し、2010年には中国は世界一の竣工量を誇る造船大国に成長した。海洋油田、ガス田関連プロジェクトで運用される小型オフショア船の多くが中国の造船所で建造され、同社はサイドスラストの受注・生産を伸長。2020(令和2)年時点で、累計生産台数は約4,000台に達し、中国市場の約50%のシェアを獲得している。



川重冷熱工業(株) 滋賀工場



武漢川崎船用機械有限公司

5 エネルギー・船用事業の将来展望

1. グループビジョン2030におけるエネルギー・船用事業のビジョン

CO₂削減目標を定めたパリ協定の発効や、2050年にCO₂排出ゼロとする日本政府のカーボンニュートラル宣言など、低炭素・脱炭素社会を目指したグローバルな取り組みが進んでいる。

エネルギーソリューション&マリンカンパニーは、「つくる」「はこぶ」「ためる」「つかう」の各段階で必要な独自技術を開発・活用して、2030年までにCO₂フリー水素サプライチェーンを構築することに取り組んでおり、エネルギーディビジョン、船用推進ディビジョンは、主に「はこぶ」「つかう」の分野で、水素ガスタービン・ガスエンジン、水素圧縮機などの開発を推進している。

エネルギーディビジョンでは、世界最高レベルのコアハードを中心としたエネルギーソリューションシステムの提供などで低炭素・脱炭素社会の実現を目指し、船用推進ディビジョンではエネルギーマネジメント、操船マネジメントを軸とした取り組みを通じて、システムインテグレータとしての先進的な地位の確立を目指している。

2. エネルギー・船用事業の中期的な取り組み

エネルギーディビジョンでは産業用ガスタービン、ガスエンジンなど、世界最高レベルの発電効率を有する製品の国内外での販売を通じて、低炭素・脱炭素ソリューション提案を拡充。電力自由化・再生可能エネルギーの普及・国土強靱化・脱炭素社会の推進など、市場環境・社会情勢の変化を捉え、新分野、新事業への展開を進めるとともに、水素ガスタービン・ガスエンジン、水素圧縮機等の開発を推進し、水素を「つかう」分野での実績づくりに取り組んでいる。

船用事業の市場環境は、IMOによるGHG(温室効果ガス)削減戦略の影響が色濃く現れつつあるなか、低炭素燃料船へのリプレースの増加が予測されている。また、海事事故の防止や船員の高齢化・不足への対応の観点から安全・安心の操船へのニーズが高まってきている。そのため船用推進ディビジョンでは、環境対応船用ハイブリッド駆動システムの開発や、自動自律運航を備えた操船マネジメントシステムの実証実験を実施。さらに、舶用水素ガスエンジンの開発などを通じて、脱炭素社会における「はこぶ」「つかう」への取り組みを推進している。

