

船用エンジン



進水式

光和商事(株) 荒木 巍

H18.12.15

表17-1 船用主機関の種類

推進方式	特徴	適用船種
ディーゼル機関	燃料消費率が最良で、長距離、大型船に最適。大型低速エンジンではC重油使用可能。過給式が普及。	オイルタンカー、鉱石運搬船、コンテナ船、貨物船、巡視船、客船、漁船
ボイラ・蒸気タービン	大出力が可能。石炭燃料も使用可能。ボイラ、循環水などで機関総重量は大。出航前にウォーミングアップが必要。	大型艦艇、LNG船、大型客船、大型タンカー(過去)
ガスタービン	軽量小型で大出力、ただし、吸・排気通路が大きい。短時間オーバーロードが可能。非磁性化が可能。	艦艇、高速巡視艇、高速フェリー(ハイドロfoil)、掃海艇
ガソリン機関	小型艇向き。舷外機などがある。	プレジャーボート
原子力推進	燃料補給なしで長時間運行可能。吸排気口不要。	潜水艦、航空母艦
電気推進	回転方向変換が容易。別途発電設備が必要	砕氷船、潜水艦
電磁推進	プロペラが不要。	実験艇
蒸気機関(往復動)	初期の動力船。効率は良くない。	外輪船(過去)

(注：電磁推進＝船体の電磁コイルで船底の海水に磁場を発生させ、その電磁力で推進力を得る)

上記のほか、ハイドロジェット推進式、フリーピストン式、蒸気・ガスタービン複合式(COSAG)、ディーゼル・ガスタービン複合式(CODOG)、2種類のガスタービン複合式(COGOG)などの例がある。



図17-1 超電導電磁推進実験船「ヤマト」

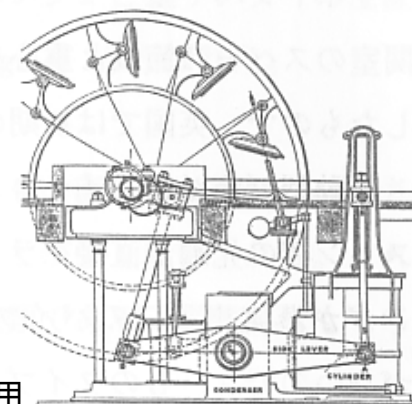


図17-2 外輪船用蒸気機関

サイドレバー型

ディーゼル機関は、シリンダーの内部で高温高圧の圧縮空気に燃料を噴射して燃焼させ、その力を直接ピストンに伝えて動力を生み出す。ディーゼル機関の特長は蒸気タービンに比べて燃料消費が少なく、当初は馬力の点で蒸気タービンに劣っていたが、性能も向上し、大型船の主機関として十分な出力が得られるようになり、船用機関の中心的な存在となった。

ディーゼル機関は、回転数によって高速ディーゼル、中速ディーゼル、低速ディーゼルに分けられる。船の主機としては、回転数が毎分300～1,000回転の中速ディーゼルと、毎分300回転以下の低速ディーゼルがおもに使われる。一般的に推進効率、スクループロペラの場合低回転の方が高く、このため低速ディーゼルの回転数は毎分100回転前後に押さえられ、また、中速ディーゼルの場合は減速ギアによって回転数を下げる。

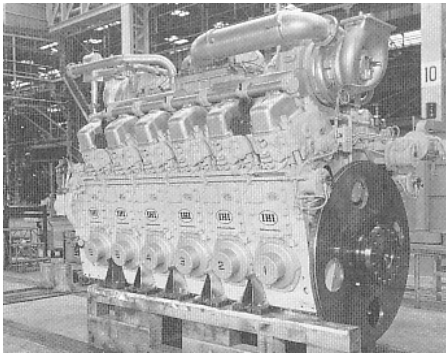


図17-3a 12PA6V型機関



図17-3 シリンダーブロック



図17-4 シリンダーライナ

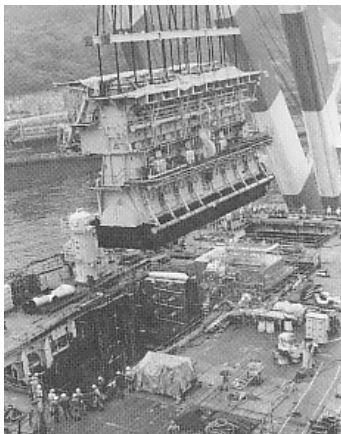
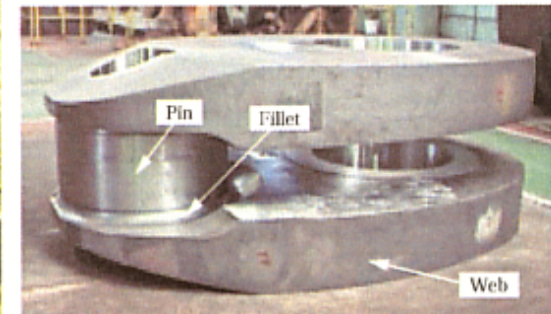


図17-6 一括搭載中のスルザー機関

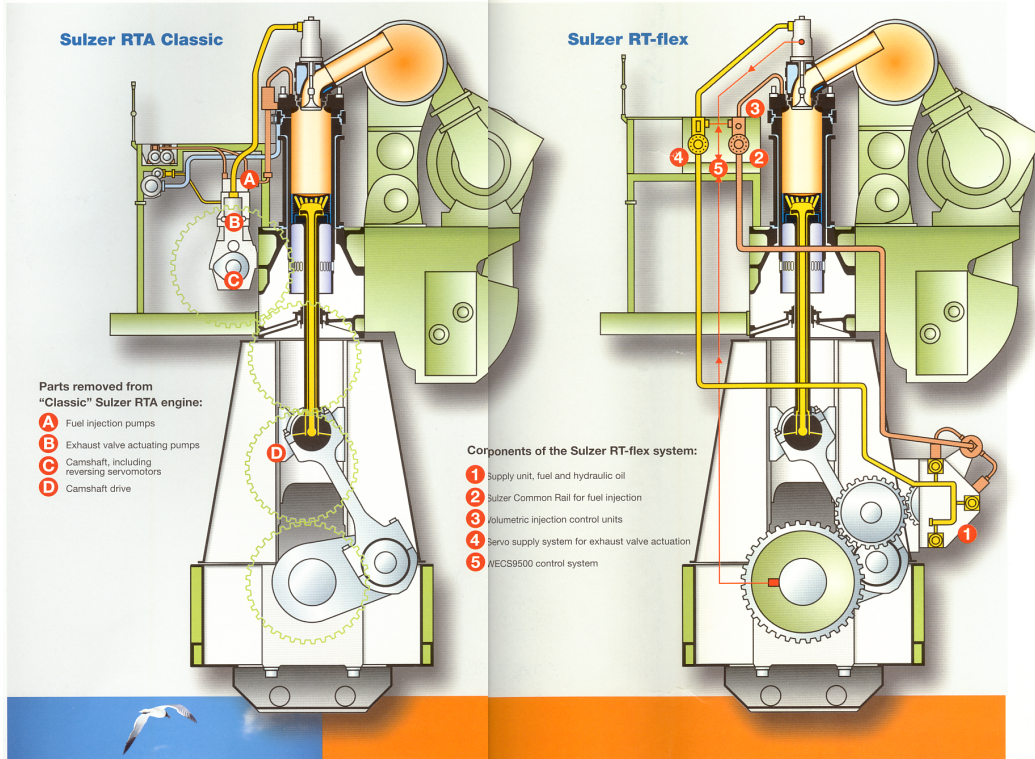


図17-5 クランクシャフト



ディーゼルエンジンの構造

Smokeless Propulsion!



Forward-looking technology for today's ship propulsion

図17-8 ヴェルチラ・エンジン (コモンレール無・有)

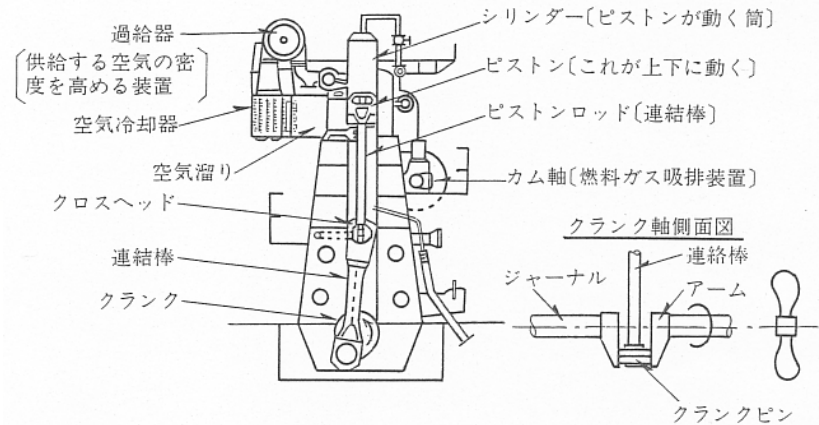


図17-7 代表的な部品構成 (クロスヘッド型ディーゼル機関正面図)

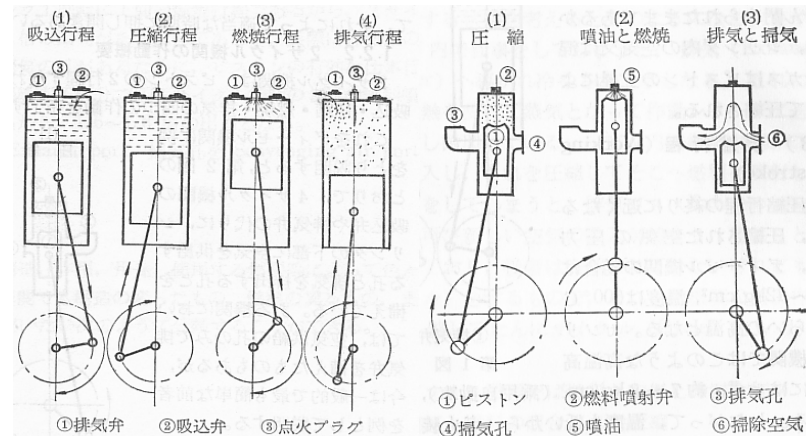


図17-9 4ストローク機関と2ストローク機関

蒸気タービンとガスタービン

蒸気タービン: 世界最大の超大型油送船”日章丸“(13万重量トン)の出現に伴い、世界最高馬力である2万8000馬力の蒸気タービンが製作された。蒸気タービンの技術的問題は高出力化よりも主として経済性の追求に重点。経済性向上のため、①蒸気条件の高温高圧化、②タービンプラントのコンパクト化が必要。ディーゼル機関の大出力化に伴って燃料消費率での太刀打ちができず、次第にそのシェアを失い、高級客船、LNG船、大型航空母艦などの特別の船に限られる。

ガスタービン機関: 高出力を出しやすく、構造が簡単で保守がしやすい、本体が小型で機関室のスペースが小さくてすむ、運転操作が容易で遠隔制御がしやすい、冷却水がいらない、振動が少ないなどの長所がある一方で、燃料消費が多い、機関本体の製造費が高いなどの短所がある。航空機用ジェットエンジンに改良を加えたものが一般的で、軍用艦を中心に広く普及。

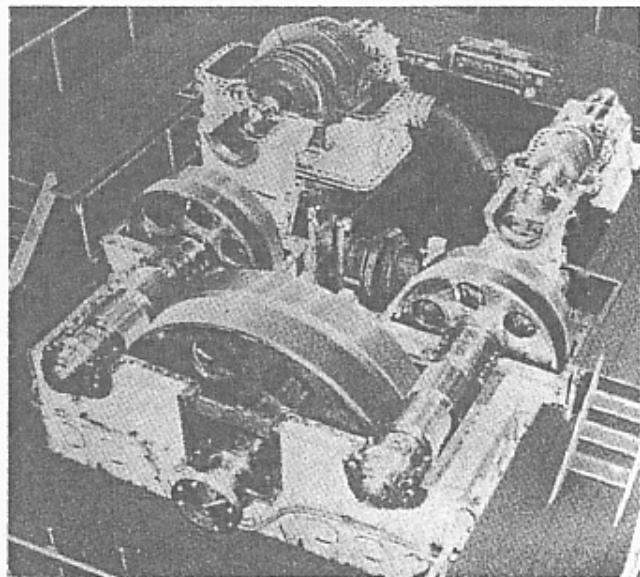


図17-10 船用蒸気タービン

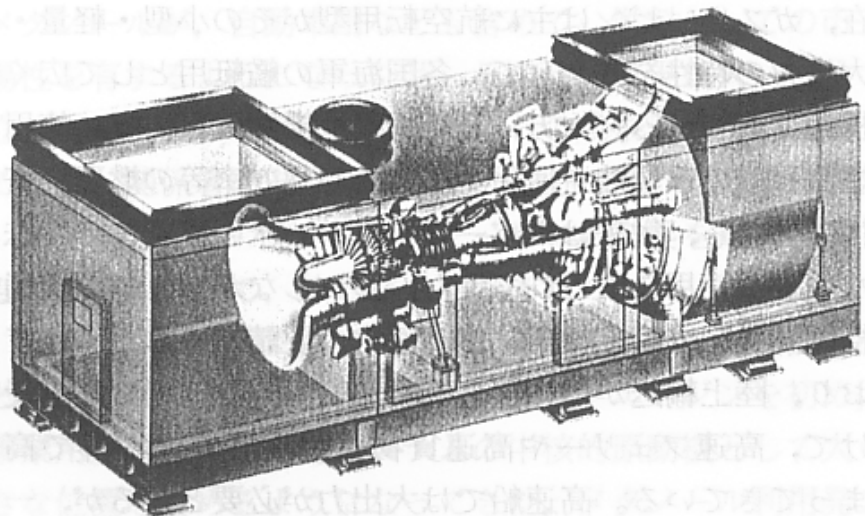


図17-11 LM1600型ガスタービンパッケージ

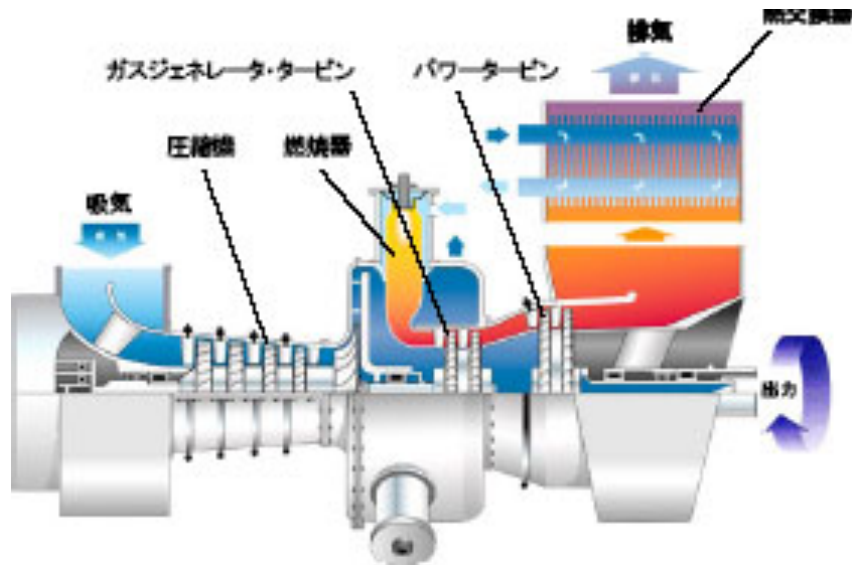


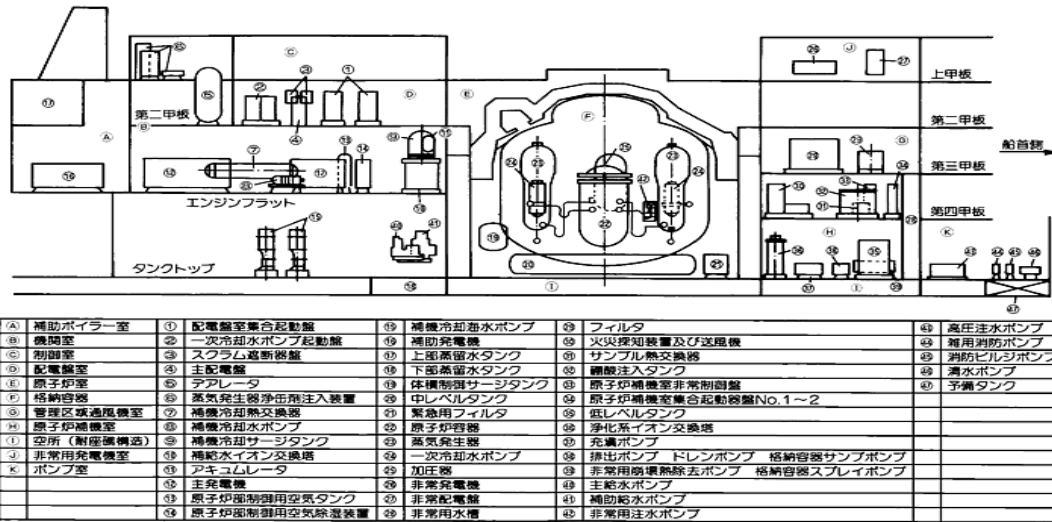
図17-12 スーパーマリンガスタービン (SMGT) 5

原子力

原子力推進といっても、原子炉そのものが直接プロペラを回すわけではない。原子炉は蒸気を発生したり発電したりするための熱源として使われ、そこで発生した蒸気や電気で蒸気タービン、モーターを回す。原子炉は少量の燃料で長期間運転ができ、また、燃焼用の空気を必要としないので、潜水艦を中心に、主に軍用艦艇に用いられている。

商船としてはアメリカの「サバンナ号」、ドイツの「オットー・ハーン号」、日本の「むつ」などが実験船として建造され、テストあるいは就航したが、現在は運用されておらず、新規の建造計画はない。しかし、ロシアでは砕氷船として就航している。また、2000年、ロシアの原子力潜水艦がバレンツ海で爆発・沈没したときには、一時海中への放射能漏れが懸念された。

艦船に使われている原子炉はほとんどが加圧水型(PWR)である。



出展：日本原子力研究所 原子力第一船原子炉設置許可申請書、1988年2月

図17-13 原子力船機関室



図17-14 原子力実験船 むつ

エンジン補機

船には主機関以外にも、主機関を運転するために必要なポンプや発電機など、さまざまな機関・機械が搭載される。これらの各種補助機械は補機と呼ばれ、燃料系統関係、冷却水関係、補助ボイラーなどに分類される

燃料系統の補機: 大型船の燃料は重油を使用しており、その燃料タンクは、通常機関室から離れた二重底部分の船底などにある。エンジンまでの燃料供給の径路は: 燃料タンク → 燃料油移送ポンプ → 沈降タンク → 過熱器(加熱・不純物沈殿) → 燃料油清浄機 → 常用油タンク → ブースターポンプ → 燃料油噴射ポンプ(高圧) → シリンダー内に噴射。

潤滑油・冷却水関係の補機: ディーゼル機関では燃料が絶えずシリンダー内で爆発し、ピストンが激しく運動するため、きわめて高温になる。熱と摩擦によってピストンやシリンダーが摩耗するのを防ぐため、シリンダー内面には潤滑油が噴射され、また、燃料弁やシリンダーは清水(真水)と潤滑油によって冷やされる。熱をもった清水は海水によって冷やされ、再利用され、ディーゼル機関は長時間の運転を可能としている。これら潤滑油や清水、海水を移送するための補機が潤滑油ポンプ、主冷却清水ポンプ、主海水ポンプなどである。

発電機: 船内では照明、航海計器、各種のポンプなど、さまざまな機器・装置が電気で動くようになっている。このための電力も船内でつくられる。発電にはディーゼル発電機のほか、主機によって動く主機駆動発電機、排ガスエコマイザーでつくられた蒸気を動力とするターボ発電機などがある。

蒸気タービンの補機: 蒸気を発生させる船用ボイラーは機関室に納めるためコンパクトな設計となっている。ボイラーに付随して、復水器、造水装置、給水ポンプ、全後進切替え用蒸気管・バルブ、などがあり、歯車装置も含めタービン本体に比べて大型の補機が多い。

ガスタービン付属設備: 吸気・排気消音器、換気装置付きエンジンエンクロージャなど。



図17-15 ディーゼル機関の燃料ポンプ



図17-16 LNG船用水管式ボイラー



図17-17 油清浄機

1980年代には、ディーゼル主機関の熱効率向上が進んだ。 具体的対策—①超ロングストローク化、②過給機の高効率化、③最高圧力の向上、④燃料噴射系の改善、⑤プロペラ効率向上のための低回転数化等が挙げられる。

超ロングストローク化による効果： ①ストローク・ボア比を大きくして、シリンダ内の圧力を上げることで燃料消費率を低減、②超低速回転化により推進効率を向上、③保守整備をやりやすく、信頼性を向上。

表17-2 代表的なディーゼル機関の主要目

機関形式	メーカー	ストローク S mm	シリンダ径 B mm	S/B	回転数 RPM	燃費率 g/ps-h	出力/シリンダ ps/cyl
6L90MCE	日立(B&W)	2916	900	3.24	74	119	4040
RTA84M	DU(Sulzer)	2900	840	3.45	81	125	5070
UEC75LS II	MHI	2800	750	3.73	84	121	4000

なお、蒸気タービン機関の燃費率は 170 g/ps-h台、ガスタービン は 約200 g/ps-h である。

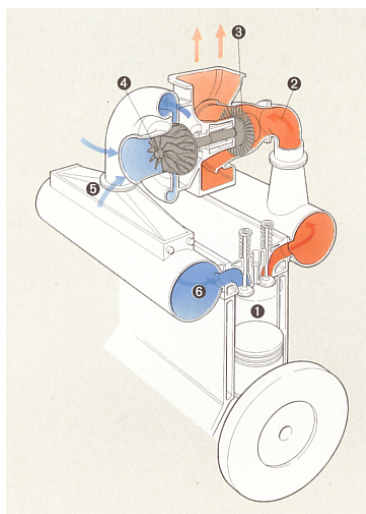
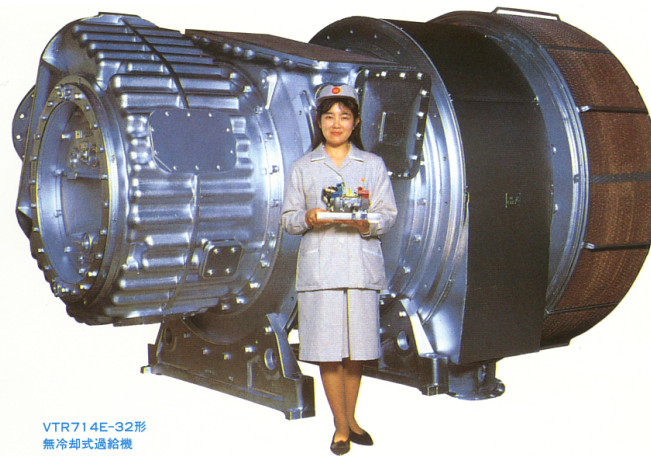


図17-18 ディーゼル過給システム



VTR714E-32形
無冷却式過給機
VTR714E-32 uncooled type
exhaust-gas turbocharger

図17-19 ディーゼル機関用過給機

生産統計

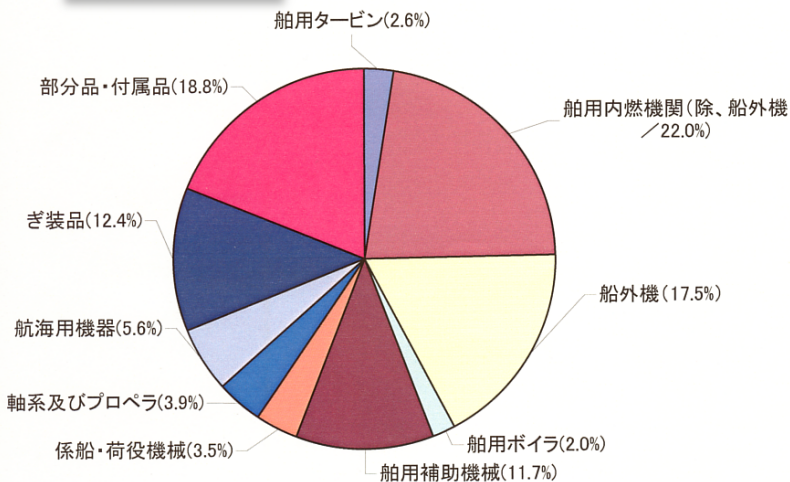
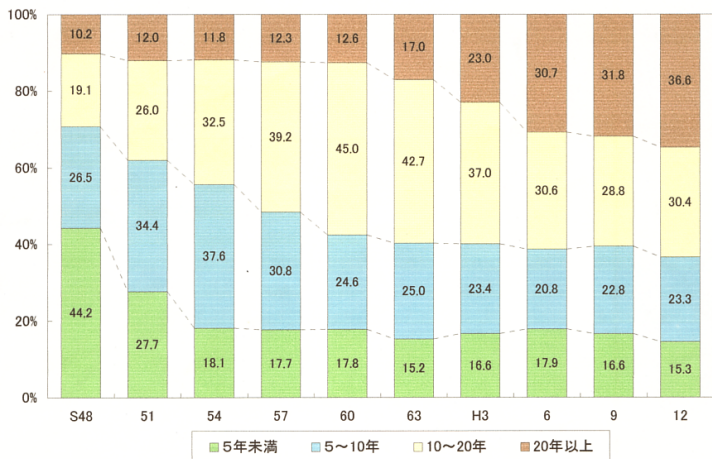
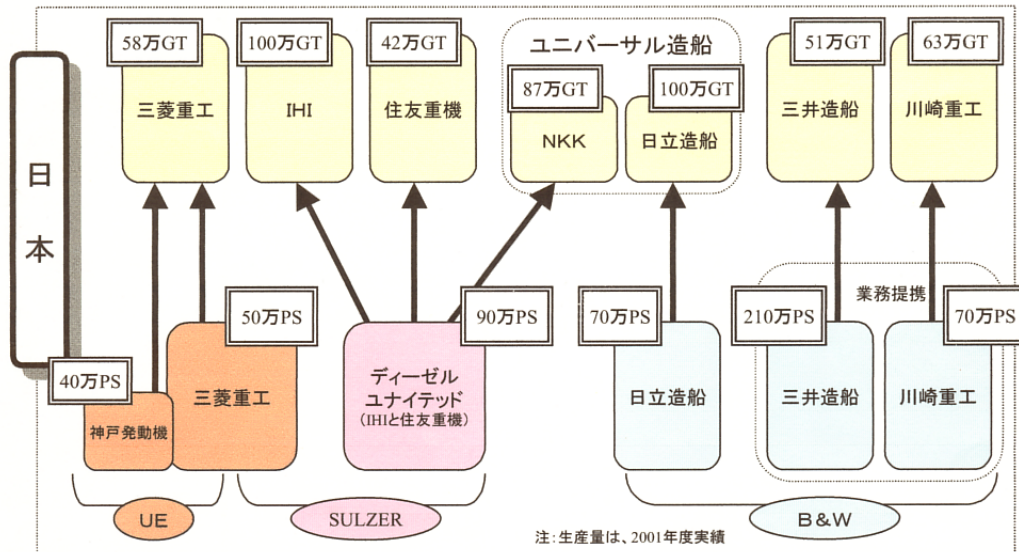


図17-20 2005年製品別生産高／総額9757億円 (船用工業統計年報)



出典) 船用工業課「船用機関等施設状況報告B」

図17-21 船用機器生産設備の経過年数

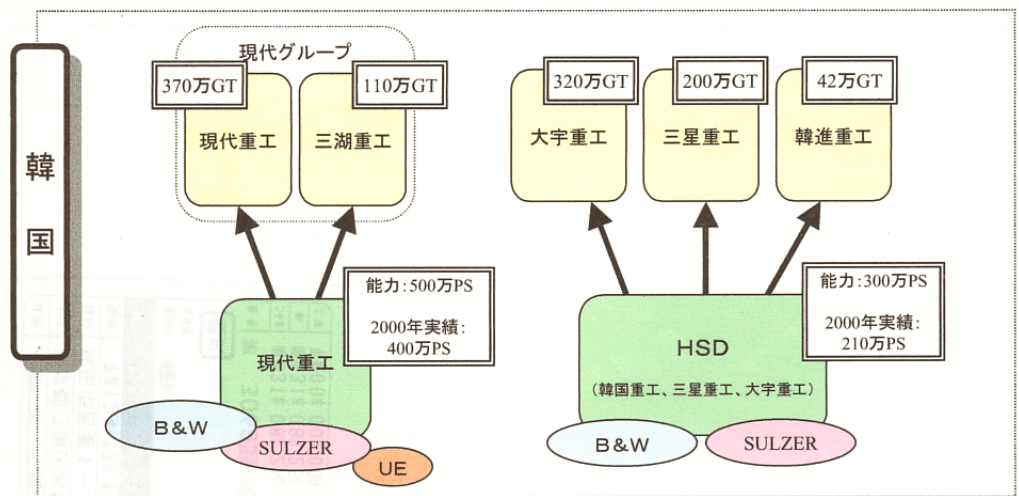


図17-22 大型ディーゼル機関の供給構造(日韓)

新しい船

テクノスーパーライナー(TSL)

従来からの輸送機関として航空機と船舶があげられるが、航空機は速度は速いがコストがかかり、船舶は大量輸送が可能だが速度は遅い。そこでこの2つの輸送機関の中間的な輸送機関として構想されたのが『テクノスーパーライナー』である。1989年(平成元年)から運輸省(当時)の指導の下に国家プロジェクトとして研究開発が始まったが、まだ実用には至っていない。



TSL-F 水中翼船(ガスタービン駆動)



TSL-A ホバークラフト(ガスタービン-ウォータージェット)

図17-23 テクノスーパーライナー(実験船)

(参考)海上輸送システム開発会社への出資者

三井造船(株)	10億円。	日立造船(株)	1億円
日本政策投資銀行	9億8千万円	三井物産(株)	1億円
石川島播磨重工業(株)	3億円	三菱重工業(株)	1億円
日本郵船(株)	1億円	三菱商事(株)	1億円
川崎重工業(株)	1億円	日本通運(株)	5千万円
住友重機械工業(株)	1億円	(株)日本海洋科学	5千万円
日本鋼管(株)	1億円		

スーパーエコシップ

スーパーエコシップは、ガスタービン、二重反転プロペラ型ポッド推進器(CRP POD)を用いた電気推進船で、在来船より20%の貨物積載量の増加に相当するスペースが確保され、貨物を運ぶ際の排出量であるトン・キロベースでのCO2では25%減、従来のディーゼル機関に比較しNOxでは90%減、SOxでは60%減を目指す。この船の普及により輸送コストの低減を図り、内航海運の活性化とトラック輸送から船舶へのモーダルシフトの実現を目指す。(国交省)

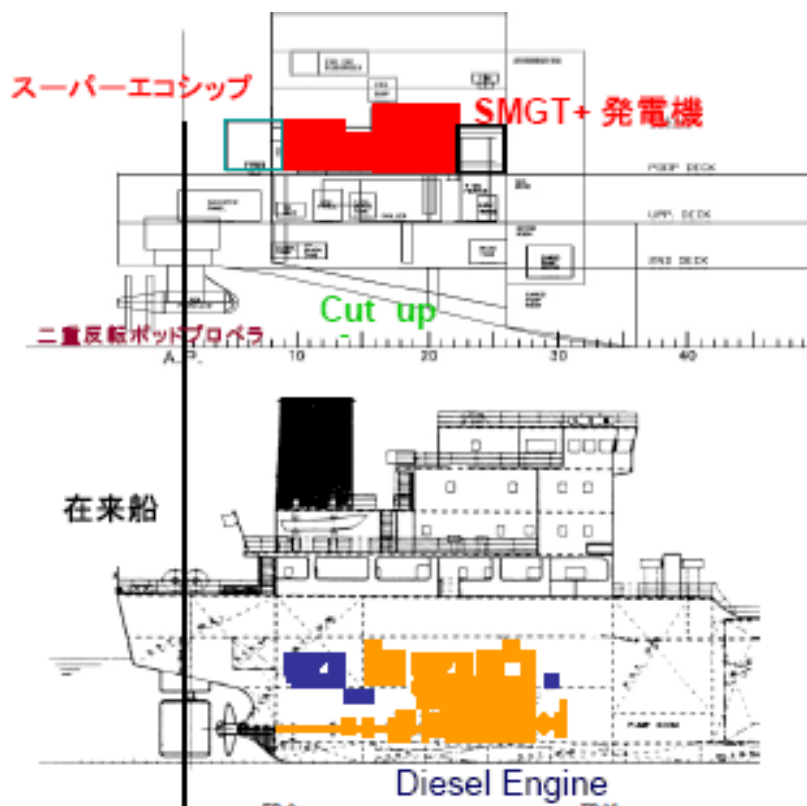


図17-24 スーパーエコシップ

関連企業

(主としてディーゼル機関関係)

業 種		代 表 的 な 企 業 例
エンジン 本体	低速大型	MHI、三井造船、KHI、DU (IHI・SHI)
	中小型	ヤンマー、赤坂鉄工、ダイハツディーゼル、池貝ディーゼル、コマツディーゼル、阪神内燃機
	タービン	MHI(ST)、ダイハツ、IHI、MHI(GT)、浪速ポンプ製作所、シンコウ(給水ポンプ)
部品	本体部品	東亜工機、マツエディーゼル、神戸製鋼所、岡本鉄工、ミカローム工業、リケン、日本ピストンリング(シリンダブロック、ライナー、シリンダヘッド、ピストン)、日本ピストンリング、リケン(ピストンリング)、日本製鋼所、神戸製鋼所、神戸発動機(クランク軸)、岡本鉄工(ロッド)
	ガバナ類	日本ウッドワード、ナブテスコ
	弁類など	中島ノズル、日本ノズル精機(燃料噴射ノズル)、エヌゼットケイ、広機工、フジオーゼックス、日之出精機(給排気弁)、丸上製作所(ばね)
付属機器	過給機	IHK、三井造船、MHI、KHI、コマツディーゼル
	歯車装置	池貝ディーゼル、日立ニコトランスミッション、神崎高級工機製作所
	補機	石井工作所、モリマシーナリー、大晃機械工業、帝国機械製作所(ポンプ類)、サクシヨソ瓦斯機関製作所、田辺空気機械製作所、帝国機械製作所、松原鉄工所(空気圧縮機)
	計器	倉本計器(回転計)、長野計器(圧力計)、東京計装、宇津木計器(液面計)、寺崎電気産業、布谷船用計器工業(エンジンテレグラフ)
	付属装置	久保田工業、ササクラ、コーアディーゼル(サイレンサ)、金沢鉄工、松井鉄工所(空気溜)、ササクラ、大浜鉄工所、瀬戸内工業、山科精機(油加熱気、冷却器)、三菱化工機(油清浄機)、中北製作所(バルブ、アクチュエータ)

船舶からの大気汚染防止	IMO(国際海事機関)はMARPOL条約(汚染防止の国際条約)を改正し、船舶からのNO _x 、SO _x 、VOC(揮発性化学物質)、オゾン層破壊物質の放出などの規制を2005年から発効させた。エンジンの排ガス浄化が必須
故障	ディーゼル機関では粗悪燃料使用によるシリンダーライナの磨耗、ピストンの焼きつき、過給機羽根の損傷などの故障が生じることがある。ピストン交換など船内整備ができるよう、機関室天井はピストン抜きの高さをキープしておくことが必要。燃料噴射圧力は数百気圧で、その配管傷から噴出す燃料は、火災、人体を貫通する危険がある
電子制御	低速4サイクル機関について、燃料噴射時期、排気弁・吸気弁の開閉、シリンダ注油のすべてを電子制御化する開発を行い、燃費向上、NO _x 削減、注油量削減を図って経済性向上と環境保全に寄与する開発が進められている(日本財団助成事業)
黒煙防止	エンジン低負荷時や急加速時に吸気不足による黒煙が発生するが、助燃燃焼器を設けて過給機のパワーを増加させることにより黒煙発生を防止を図る(日本財団助成事業)
生産規模	エンジンのコスト競争力を確保するためにはスケールメリットを考慮して一定量の生産量を保持する必要がある。海外への販路拡張、生産拠点を拡大などの経営戦略が重要になるが、韓国メーカーとの競争が避けられない
鋳物部品	大型鋳造品の事業者が減少傾向にあるため、他産業(工作機械など)との製品の取り合いが生じており、今後円滑な調達に支障をきたす恐れがある
クランク軸の需給	船用機関の需要増大に対応する組立式のクランクの供給能力が2004年頃より数%不足気味となっている。一方一体型クランク軸については供給計画が需要を上回っている
ガスタービン の塩害防止	ガスタービンは大量の空気を吸入するが、海上空気に含まれる塩分は、エンジン高温部を腐食する問題を引き起こす。吸気ダクトに抵抗の少ないデミスター(塩水分除去フィルター)を設けることが課題

工業会など	設立年	会員企業数	趣 旨
国土交通省(MLIT)海事局	—	(政府官庁)	水上運送、油濁損害賠償保障契約、海事思想の普及・宣伝、船舶のトン数の測度及び登録、船舶の安全の確保、船舶の設備に係る海洋汚染防止、造船業、船用工業、船員、水先、外国船舶等の監督
海上技術安全研究所(NMRI)	1916	(独立行政法人)	海上交通の安全及び効率の向上、海洋資源及び海洋空間の有効利用、海洋環境保全等のための技術に関する研究への取組み
日本海事協会(ClassNK)	1899	471審査登録事業所	国際船級協会。船舶に関するさまざまな事業の進歩発展を図り、人命及び財産の安全、さらに、海洋環境の保全を期すことを目的とする
財団法人日本海事広報協会	1963	賛助会員187件	「海事思想の普及宣伝を行い、一般国民の海事知識の啓発を図る」ことなどを目的とする。「海」に関する種々の広報活動を行う
日本船用工業会(JSMEA)	1966	普通217社 賛助45団体	日本の船用機械工業について、業界内外の交流・連携の促進、技術開発の活性化、グローバル展開の推進、安全・環境問題への貢献、事業運営の活性化を図る
社団法人日本マリンエンジニアリング学会(JIME)	1966	正会員 約2100	船用機関・機器および海洋機器に関する工学と技術を考究しその進歩発達を図り、産業の発展に寄与することを目的とする

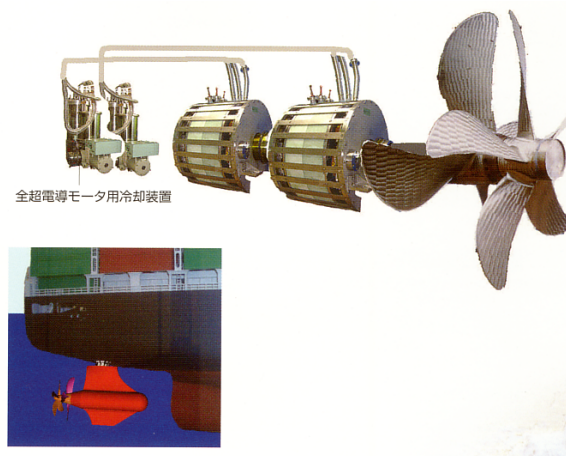


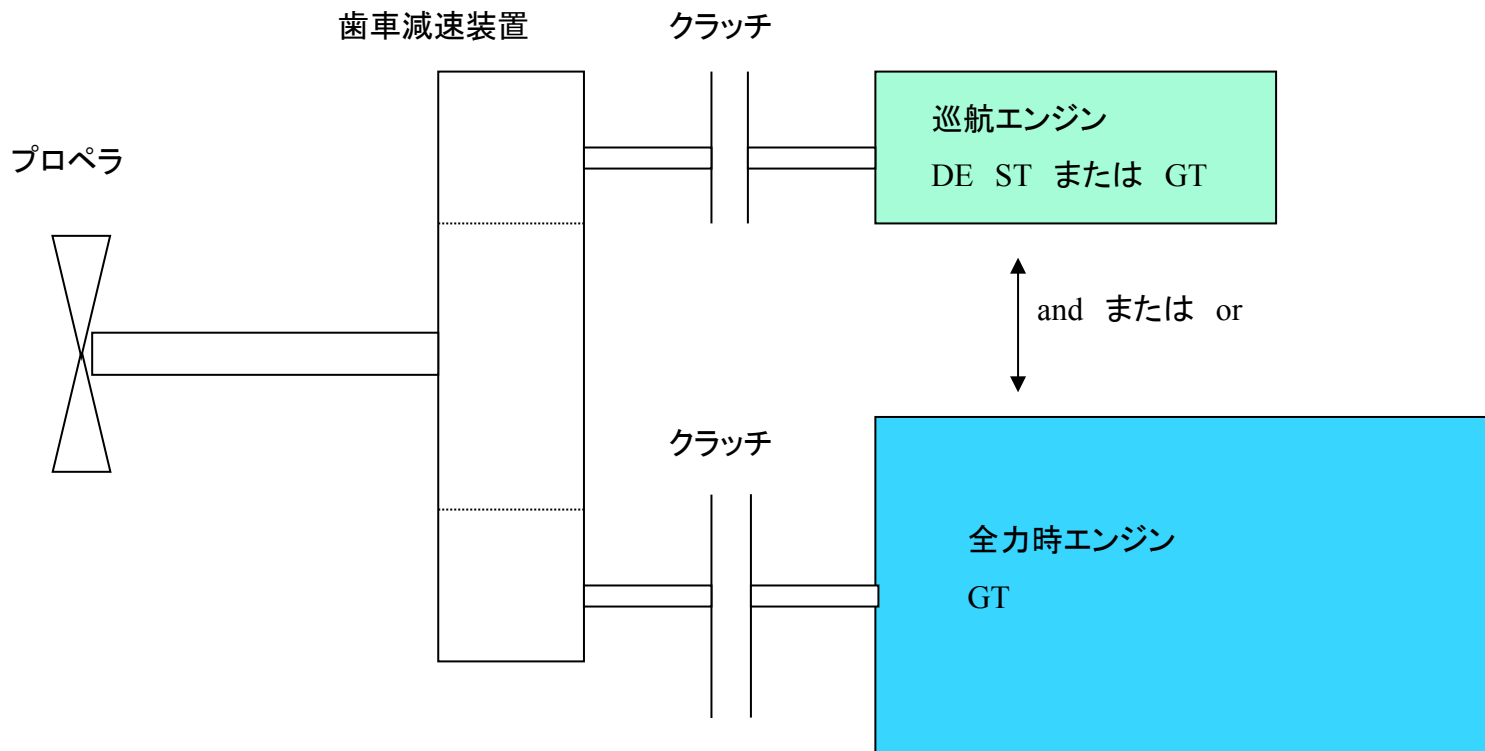
図17-24a 超電導モータ

キーワード

クラッシュ・アスターン	急速後進のこと。船の後進のためには、ディーゼルではシリンダの点火順序を変更し、電気推進ではモータ極の接続を変更し、また蒸気タービンは逆回転用の後進タービンに蒸気を流してプロペラ軸を逆回転させる。ガスタービンでは出力軸の逆回転はできず、歯車装置で逆回転するか、可変ピッチプロペラを使う
2ストローク機関	自動車の2サイクル・4サイクルと同じく、エンジン1回転で1回着火するのが2ストローク、2回転で1回着火が4ストローク。大型低速ディーゼルはほとんど2ストローク機関
インジェクタ線図	燃焼室のインジェクタ弁に専用の計測器をつなぎ、インジェクタ線図(指圧図)と呼ばれる線図を撮ることで、シリンダ内部の圧力変化を知る。インジェクタ線図には様々な種類があり、燃焼状態やバルブタイミングの良否のほか、特別の計算式でその時のエンジン出力を算出することもできる
コモンレール	「蓄圧式」といわれ、燃料の“加圧”はポンプ(サプライポンプ)に、“制御”はインジェクタ(噴射装置)に分担させる。金属製の頑丈なパイプ(レール)に高圧燃料を蓄えてから、各インジェクタで噴射を行う。電気式インジェクターは、多段噴射(パイロット噴射)などの完全燃焼させるための理想的な噴射に近づく自由な開弁制御が可能。高い圧力で燃料を噴射することができ、燃料をシリンダ内に勢いよく送り込めるため、燃料がシリンダ内にくまなく行き渡る。そしてコンピュータ制御のインジェクタが、燃料噴射のタイミング・量・勢いなどを細かく制御することができ、より完全燃焼に近づくことでPM(未燃粒子)を大幅に減らす装置

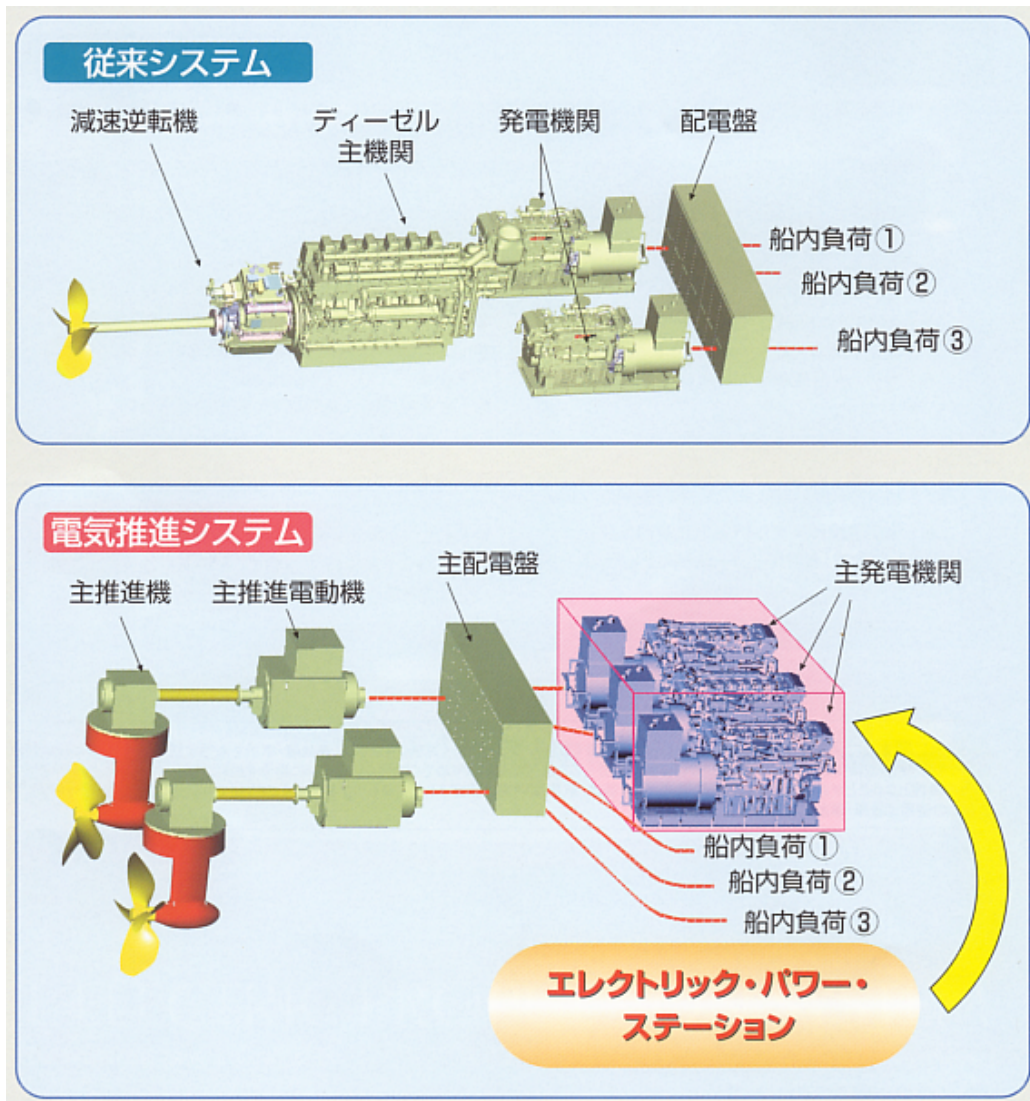


図17-24b インジェクタ線図採取



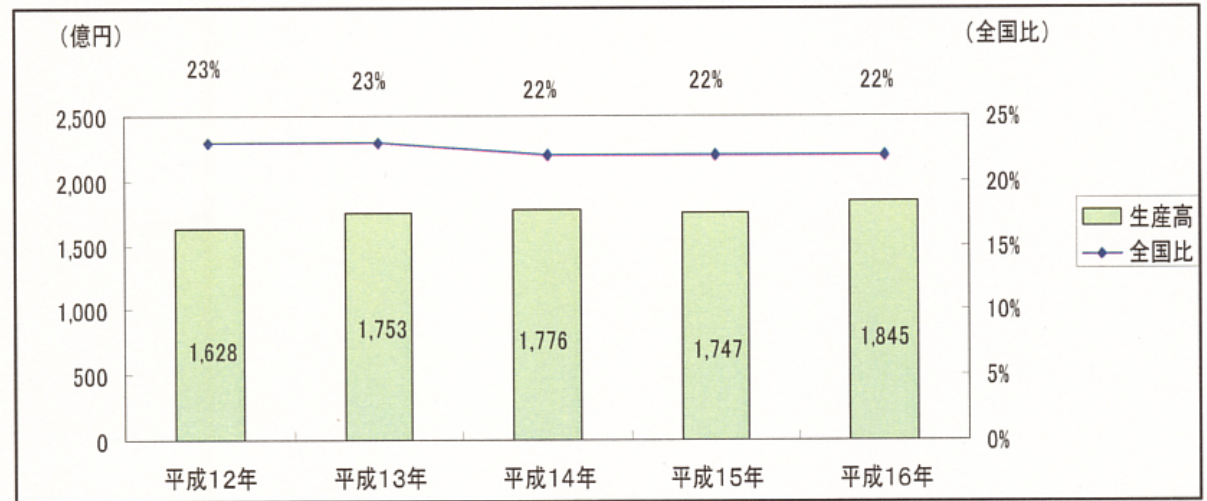
COGOG: Combination of Gas turbine or Gas turbine
 CODOG: Combination of Diesel or Gas turbine
 CODAG: Combination of Diesel and Gas turbine
 COSAG: Combination of Steam and Gas turbine

参考図17-1 各種複合エンジン

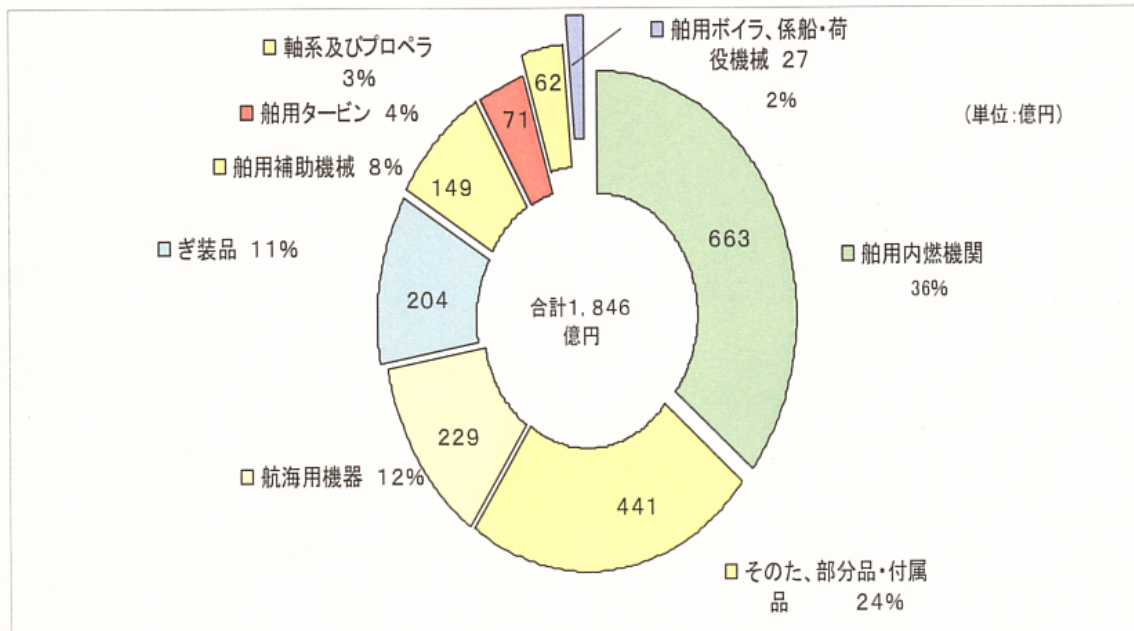


参考図17-2 電気推進システムと従来システムとの比較(ヤンマー)

生産高推移



製品別生産高



参考図17-3 船用機器生産高

参考資料

1. 海事レポート／平成17年版 国土交通省海事局 2005.7.18 日本海事広報協会
2. 船用ディーゼル機関製造業の現状と課題 国土交通省海事局 2005年3月
3. 船用機関技術史 日本船用機関士協会 1993.5.31 日本海事広報協会
4. 図解 船舶・荷役の基礎用語 宮本榮 2003.8.28 成山堂書店
5. 日本海事広報協会 HP
6. 各社HP

