

# 欧州船用工業概況 2009年度版

2010年3月

社団法人 日 本 船 用 工 業 会



## はじめに

2003年から継続した海運・造船市場の好況は、世界金融危機の影響を受け、2008年第4四半期に一転した。

金融危機の影響は急速に広がり、消費者心理の急速な冷え込みと同時に、あらゆる需要・信用が収縮し、世界の経済活動の停滞は海運市況を直撃した。これにともない造船業も、輸出市場の縮小、新造船発注の停止や相次ぐキャンセル等、多大な影響を受けている。新造船市場の縮小と停滞は、世界の船用工業への大きな打撃ともなった。

世界的な不況は、欧州船用工業にも大きく影響を受けており、一定の受注残を抱えつつも、新規受注が激減しており、今後とも欧州船用工業が国際的な競争力を維持するために、経営資源の合理化、サービス部門の強化、環境技術の開発による新規ビジネスの開拓、オフショアビジネスへの進出など様々な取組みを行っている。

本調査は、このような状況下における2009年度の欧州船用工業の主な企業の活動について、関連情報の収集・分析を行い、欧州船用工業の現状を明らかにすることを目的として実施した。

ジャパン・シップ・センター



# 目 次

1. 各分野主要企業の動向	1
1-1 船用ディーゼル機関	1
Wartsila, Man Diesel SE, Rolls-Royce, MTU Friedrichshafen	
1-2 プロペラ、舵、推進システム	12
SCHOTTEL, Becker Marine, BERG Propulsion, VOIT Turbo, SkySails	
1-3 荷役機械・甲板設備	18
MacGREGOR	
1-4 流体制御、ボイラー（バラスト水含む）	20
Alfa Laval, Hamworthy, Aalborg Industry, Auramarin, Optimarine	
1-5 航海機器及びレーダー	29
Inmarsat, Kongsberg Maritime AS, Pole Star, Maroka	
1-6 船用ペイント	36
Akzonovel, Hempel	
付録 2009年ディーゼルエンジン生産動向データ（2009年1月～12月）	40
2. 欧州船用機器及び関連機器の開発動向	45
2-1 EU研究・技術開発枠組み計画	45
2-1-1 概要	45
2-1-2 FP6内プロジェクト	45
2-1-3 FP7内プロジェクト	46
2-2 その他欧州各国、多国間プロジェクト	63
2-2-1 各国のプロジェクト	63
2-2-1-1 ドイツ	63
2-2-1-2 スウェーデン	67
2-2-1-3 フィンランド	67
2-2-1-4 デンマーク	68
2-2-1-5 ノルウェー	69
2-2-2 多国間プロジェクト	70
2-3 各企業の主な新製品・技術開発	72
2-3-1 機関	72
2-3-2 機関の部分品・附属品	78
2-3-3 軸系及びプロペラ	82
2-3-4 スラスタ	84
添付資料：対円為替レート（2010年2月22日時点）	88



# 1. 各分野別主要企業の動向

## 1-1 船用ディーゼル機関

会社名 Wärtsilä Corporation

住所・連絡先 John Stenbergin rantaa 2 Tel +358 (0)107090000  
FI-00531 Helsinki Fax +358 (0)107095700  
Finland

<http://www.wartsila.com>

業務内容・製品 船用ディーゼルエンジンの製造  
船舶関連器具の製造、排ガス後処理、燃費向上システムなど環境系総合ソリューションの提供

低・中速ディーゼルエンジン、ガスエンジン、デュアルフュエルエンジン、海洋・陸上用発電機、メカニカルドライブ、ラダー、プロペラ、ギア、シール、ベアリング、各種制御システム、船体設計、エンジン周辺機器、環境系技術、燃料電池

会社実績 2010年1月28日に発表した2009年1-12月期年次報告書によると、受注高は前年比41%減の32億9,100万ユーロ、売上は14%増の52億6,000万ユーロ、営業利益は21%増の6億3,800万ユーロ、税引き前利益は8%増の5億5,800万ユーロ、受注残は35%減の44億9,100万ユーロであった。

単位/百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	3,763	4,612	5,260
営業利益	379	525	638
当期受注高	5,633	5,573	3,291
当期末受注残	6,308	6,883	4,491

2009年1-12月期船用部門の受注高は、前年比83%減の3億1,700万ユーロ、売上は15%増の17億6,700万ユーロ、受注残は43%減の25億5,300万ユーロであった。受注の内訳は、商船部門36%、オフショア部門17%、艦艇部門16%、旅客船部門15%である。また2009年中に4億1,000万ユーロの受注キャンセルも発生しており、主に商船部門及びオフショア部門である。また同社は、その他にも約5億ユーロ相当の受注がキャンセルのリスクを含んでいると分析している。

## 船用部門の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	1,320	1,531	1,767
当期受注高	2,600	1,826	317
当期末受注残	4,292	4,486	2,553

船用部門の2009年の市場概況としては、新造船オーダーは造船ブーム時と比較し10%以下の400隻しか発生しなかった年であったと報告している。特に2009年前半は、ほとんどの船種において過剰供給が見られ非常に厳しい状況であった。しかし2009年後半には微かであるが回復の兆しが見られたとしている。プロジェクト資金の供給も必要最低限の分野に絞られ、原油価格が上昇しているにもかかわらず、オフショア市場にも大幅な投資活動は見られなかった。貨物輸送運賃及び新造船の船価も、低水準を保ったままの年であったと報告している。そしてオーダーのキャンセル及び調整は、引き続き発生するであろうと予想している。

同社の市場シェアは、中速主機は2009年第3四半期と比較し5%増の36%、低速主機は1%減の12%、補機は2%減の4%であった。全体の契約数が少ないため、シェアの推移は不安定であると報告している。

サービス部門の受注高は、前年比3%増の19億1,700万ユーロ、売上は前年比増減なしの18億3,000万ユーロ、受注残は29%増の5億7,600万ユーロであった。サービス部門も景気後退及び船舶の過剰供給の影響を受けているが、船舶Lay-upを通じた供給調整や中速エンジンの定期点検などにより、緩やかな需要回復が見られている。しかしながら顧客は必要最低限の修理及び点検に絞っており、追加搭載、燃料切替及び大型投資などは引き続き延期されている状況であると報告している。

ネットワークの拡大においては、ウクライナ、カメルーン、ハンガリー、チリ、ドバイ、ロシア及びスウェーデンに新拠点を開設した。

M&A活動においては、Wartsila Navim Diesel Italy社を完全子会社化した。なお、Wartsila Navim Diesel Italy社は、船用セールス及びサービスを専門とする企業であり、旅客船及びフェリー市場に強みを持っている。

製造関連においては、2009年4月に中国船舶重工集团公司（CSIC）及び三菱重工業（MHI）と共同で、船用低速エンジン工場を中国山東省青島に開設している。共同事業であるQingdao Qiyao Wartsila MHI Linshan Marine Diesel社は、CSIC50%、同社27%、MHI23%の割合で所有されている。



2009年5月にはクロアチアの3. Maj Shipbuilding Industry社と、10年間の船用低速エンジンライセンス更新契約を結んだ。これは既存契約の更新で、同社製船用低速エンジンの製造、サービス、販売、マーケティングを含む。

研究開発においては、2009年3月にHercules-Betaプロジェクトが欧州委員会の承認を受け始動している。同プロジェクトは、高効率超低排出ガス船用ディーゼルエンジンの開発を目的としている。9月には同社製SOx後処理システム（スクラバー）が、ノルウェーの船級協会（DNV）及び独ロイド船級協会（GL）より、排ガス含有硫黄値制限区域（SECA）で使用可能な機器として認証を受けた。2009年第4四半期中には、新型デュアル燃料エンジン20DF型を発表した。この20DF型は低出力・小型化仕様であり、小型船舶の原動機や発電機での使用において、燃料選択の柔軟性を発揮する。また同社と三菱重工業の間で実施されているシリンダー径450mm以下の新船用小型低速エンジン開発プロジェクトが、計画通り進捗していると報告している。これは2005年に両社の間で結ばれた戦略的提携に沿った事業である。

人事及び組織改編においては、2009年5月に景気後退に伴う海事市場の状況を考慮し、船用部門の組織改編及び人員削減を発表した。世界中で約400から450名が削減される予定であり、そのうち約80名はフィンランド国内でのものになると述べている。これらの手段を講じることにより、年間3,000万ユーロの経費削減を見込んでいる。2009年第2四半期には徐々に効果が現れ、2010年終わりまでには十分な効果が期待できるとしている。これにより第2四半期中に、約600万ユーロの当期特別費用を計上している。また2010年1月に市場の変化に対応するため生産能力を縮小し、一部の製造工場の中国への移転及びそれに伴う人員削減を発表した。同社のプロペラ及び補機関製造の大部分は、中国へ移転され、この移転によって、オランダのプロペラ製造工場2拠点及びフィンランドの発電機製造工場1拠点が閉鎖される予定である。2010年同社は、世界中で約1,400名の削減を予定しており、そのうち570名は、現在オランダで抱える1,561名から、残りは様々な部門、職務及び国々から削減される予定である。詳細は2010年上半期中に決定する予定である。2009年の同社の平均従業員数は、18,830人であり、2009年12月末の段階においては、18,541人であった。その内サービス部門が最大の人員を抱えており、世界中で11,219人を雇用している。

今後の市場予想としては、2009年終盤に事業への投資活動について回復の兆しが見られたことから、開発活動、特にオフショア市場に刺激が与えられたと報告している。またその影響は、近年の過剰供給には直面していなかった特殊船市場にも刺激を与えると見ており、2010年前期にはこの2市場はいくらかの需要回復が見られると予想している。しかしながら商船部門においては、大型貨物船への需要は引き続き低水準であり、今後2年間はこの状況が続くであろうと予想している。

市場は依然として過剰供給及び船舶金融関連の問題を抱えており、オーダーキャンセル、スワップ及び旧契約の破棄などが見られると予想しているが、これらが新オーダーを喚起する役目も果たすと見ている。

サービス部門も景気後退の影響を受けているが、環境規制の遵守及び経済的効果という観点から見た場合依然として需要はあると見ている。またメンテナンスに関して、費用削減を狙いとしたパートナー締結に興味を示す顧客も増加していると報告している。

2010年の同社の業績予想としては、売上は10-20%の減少と報告している。またサービス及び陸上発電部門の堅調な需要から、営業利益率は9-10%を予想しており、これは同社の長期目標からすれば十分な数値であると報告している。

会社名 MAN Diesel SE

住所・連絡先 Stadtbachstr. 1 Tel +49 (0)8213220  
86224 Augsburg Fax +49 (0)8213223382  
German  
<http://www.manbw.com>

業務内容・製品 船用ディーゼルエンジンの製造  
船舶関連器具の製造  
低・中速ディーゼルエンジン、ガスエンジン、デュアルフュエルエンジン、海洋発電機、ギア、プロペラ、推進システム、各種制御システム、エンジン周辺機器

会社実績 2010年2月15日に発表した2009年1-12月期年次報告書によると、受注高は前年比38.5%減の18億9,900万ユーロ、売上は5%減の24億1,100万ユーロ、営業利益は12.4%減の3億4,200万ユーロ、2009年12月末での受注残は27%減の30億ユーロであった。

単位/百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	2,179	2,542	2,411
営業利益	313	390	426
当期受注高	3,371	3,089	1,899
当期末受注残	3,866	4,102	3,000

内訳ではライセンスビジネスが大半を占める2ストローク部門の受注高は、前年比55.7%減の4億100万ユーロ、売上は24.4%減の5億6,900万ユーロ、営業利益は10.3%減の1億8,300万ユーロであった。同部門の受注は、海上運賃の低下及び船舶過剰の影響により大型商船建造や新規プロジェクトの縮小に伴い大幅に減少している。しかしながら現在の展望では、造船所の今後2年間の受注状況は、納入レベルでは緩やかな減少が見られるが比較的良好で、また今期の市場シェアは80%を超え、大型低速ディーゼルエンジン製造のトップ企業としての地位を獲得したと述べている。

## 2 ストローク部門の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	650	752	569
営業利益	144	204	183
当期受注高	953	924	401

4 ストローク部門の受注高は前年比 30.9%減の 14 億 9,800 万ユーロ、売上は 2.9%増の 18 億 4,200 万ユーロ、営業利益は 14.6%減の 1 億 5,900 万ユーロであった。同部門の受注も、前年と比較し大幅に減少し、特にコンテナ船、タンカー、一般貨物船などの需要はほとんど見られず、重量物貨物船、RoRo 船、浚渫船やオフショアタグボートなどの特殊船舶がある程度取引された程度である。長期的には健全な成長を望めるオフショア市場も、金融恐慌及び原油需要の低下が原因で現在は予想以上に厳しいビジネス環境となっており、中国からのごく少数の受注のみであった。しかしながら一般商船部門と対照的に、艦艇部門は比較的順調であった。このような受注トレンドにより同社は、より洗練された推進システム技術を必要とする特殊船舶市場を主眼とした戦略設定を行っていると述べている。

## 4 ストローク部門の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	1,529	1,790	1,842
営業利益	169	186	159
当期受注高	2,418	2,165	1,498

同社は 2010 年 1 月 1 日には高速エンジン専門部門「Unit High Speed」を新設し、製品ラインの幅を広げる戦略である。これにより、同社ガスエンジン及びディーゼルエンジンの出力範囲は、ヨットや小型船向けを含めて 70kW～1,400kW となる。新部門の誕生は、グループ企業である MAN Nutzfahrzeuge の高速エンジン部門編入によるものであり、新部門は同社ニュルンベルク工場に位置し、引き続き MAN Nutzfahrzeuge が責任担当する。また同日付にて MAN Diesel 社及び MAN Turbo 社は合併し、2010 年より同一部門として活動していく予定である。

その他の動きとして当期中に同社は、ブルガリア、チリ、コスタリカ、カナリア諸島、ケニア及びサウジアラビアにサービス及び販売拠点を開設している。また既存拠点の拡大も実施し、シンガポールではアジア地域向けの部品配送を担当する新物流センターを開設している。

また同社サービス部門 MAN Diesel PrimeServ と A.P.モラー・マースクグループ Maersk Fluid Technology 社は、戦略的パートナーシップと結ぶことに合意。これにより MAN Diesel PrimeServ はその大規模なネットワークを通じ、同社製品ユーザーに対し Maersk Fluid Technology 社 SEA-Mate の提供を開始するようになった。Maersk Fluid Technology 社 SEA-Mate とは海洋・陸上用動力向け燃料・潤滑油系制御システムであり、エンジンパフォーマンスの最適化及びオペレーションコストの削減を可能にするものである。加えて、船上のあらゆる回転系機械部位の整備・点検時期の予想を可能にするリアルタイムオイル検知器、並びに本国司令室との通信及びニューラルネットワークを使用した船舶間、船隊間、装置間の通信機能も備えている。この提携では先ず 2 ストロークエンジンに焦点を当て、エンジンパフォーマンスの向上と共に、システム及びシリンダー潤滑油使用量の最適化を図ることを目的としている。

2009 年の年次報告書では今後の予想として、船舶過剰状態は依然として続き、特殊船舶は例外としても 2010 年の受注は大幅には改善されないであろうとしている。しかしながらサービス部門は健全で、新たな市場ニーズ（レトロフィット、係船、低速運航など）に対応し継続して成長していくであろうとしている。2010 年は、受注は 2009 年と同じ程度の低水準であり、売上、営業利益は 2009 年を下回るであろうと予想している。

会社名 Rolls-Royce plc

住所・連絡先 65 Buckingham Gate Tel +44 (0)1332333333  
London SW1E 6AT  
UK <http://www.rolls-royce.com>

業務内容・製品 船用ディーゼル・ガスエンジン、ガスタービンの製造  
船体設計及び船舶関連器具の製造

中速ディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービン、海洋向け発電機、各種制御システム、各種ベアリング・シール、甲板機器、ギア、プロペラ、アジマススラスター、ポッド型推進機、ウォータージェット推進機、トンネル型推進機、ラダー、スタビライザー、潜水器具

会社実績 2010年2月11日に発表した2009年1-12月期年次報告書によると、受注高は134億ポンド、受注残は2008年12月末と比較し4.9%増加の583億ポンド、売上は前年比11%増の101億800万ポンド、税引き前利益は4%増の9億1,500万ポンドであった。世界中が景気後退している中で堅実な成長であるが、同社は英国企業であるため決算をポンド建てで行っており、2008年秋頃からの世界基軸通貨に対するポンド安の影響を大きく受けている。

単位/百万ポンド

	2007年	2008年	2009年
売上	7,817	9,147	10,108
税引き前利益	832	880	915
当期末受注残	45,900	55,500	58,300

2009年海洋部門の受注高は12億ポンド、受注残は2008年12月末と比較し32.7%減の35億ポンドである。また期間中3億8,500万ポンド相当のオーダーキャンセルが発生している。製品販売による売上は前年比17.4%増の18億400万ポンド、サービス部門の売上は10.2%増の7億8,500万ポンド、税引き前利益は43.7%増の2億6,300万ポンドであった。前年に引き続きオフショアオイル・ガス分野の活動が活発で、ブラジル、ロシア、西アフリカなどの大規模生産地における深海開発の恩恵を受けている。また特殊船市場も順調でありこのような結果になったと報告している

## 海洋部門の売上推移

単位／百万ポンド

	2007年	2008年	2009年
売上	1,548	2,204	2,589
税引き前利益	113	183	263
当期末受注残	4,700	5,200	3,500

期間中同社は海洋部門のサービス拠点拡大を図り、米国に2拠点、ブラジル、イタリア、カナダ及びアラブ首長国連邦に1拠点ずつ新センターを開設しており、ノルウェーに顧客訓練センターも開設している。その他の目立った動きとしては、アンカーハンドリング船向け次世代 UT デザインの発表、世界最大の馬力を誇るオフショア作業船 **Far Samson** 号の設計及び機材提供、並びにオフショア市場における同社海洋部門のプレゼンス強化のため、ノルウェーのオフショアガス・オイル産業向け船用荷役機器メーカー **ODIM** 社の株 33% を取得、などが挙げられる。

2010年の予想としては、売上及び利益とも2009年と同じくらいの水準であろうと予想している。

会社名 MTU Friedrichshafen GmbH

住所・連絡先 88040 Friedrichshafen German 88040 Friedrichshafen German

<http://www.mtu-online.com/>

業務内容・製品 船用ディーゼルエンジンの製造  
船体設計及び船舶関連機器の製造

中・高速ディーゼルエンジン、ガスタービン、海洋向け発電機、各種制御システム、ギア、プロペラ、

会社実績

高速船向けディーゼルエンジン市場において圧倒的シェアを誇る同社は、総合産業エンジン事業持株会社である独 **Tognum AG** の一員である。同社の経営実績は、親会社である **Tognum AG** の各期報告書に含まれており、本書作成時点での最新版は 2009 年 1-9 月期の各四半期報告書である。それによると同社の 2009 年 1-9 月期の受注高は前年同期比 28.7%減の 11 億 6,800 万ユーロ、売上は 23.9%減の 11 億 5,300 万ユーロ、営業利益は 70.5%減の 7,760 万ユーロであった。

単位／百万ユーロ

	2007 年	2008 年	2009 年 1-9 月
売上	2,416	2,663	1,153
営業利益	373	401	77.6
当期受注高	2,618	2,745	1,168

2009 年 1-9 月期船用部門の売上は前年同期比 29.8%減の 3 億 3,700 万ユーロ、艦艇部門の売上は 31.5%減の 1 億 3,400 万ユーロであった。

#### 船用・艦艇部門の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007 年	2008 年	2009 年 1-9 月
船用部門	604	698	337
艦艇部門	225	249	134



2009年1-9月期の概況は、景気後退の影響を受け船用部門（特にヨット及び商船）の需要は大幅に減少したが、政府関連のビジネスは引き続き好調であったとしている。第1四半期には、米国国防省より高速艇の推進機関として使用される4基の大型ディーゼルエンジンを受注しており、第2四半期にはさらに2隻の受注が発生している。また第3四半期には独海軍コンバットサポート船向けに、同社8000シリーズエンジン2基及び4000シリーズ発電機用エンジン5基を納入している。しかしながら現在の経済状況は顧客の意思決定プロセスにも変化を及ぼし、ほとんどのオーダーは直前になされるものが多くなっていると報告している。

地域的な売上減少がもっとも大きかったのは、北米及びアジア太平洋地区であったとしている。艦艇部門の売上が減少した理由は、大型プロジェクトが終了したためと報告している。

その他の目立ったものとしては、同社2000シリーズエンジンの中で最大の馬力を誇るM94を発表した。同社船用エンジン2000シリーズの新型機M94は、同クラスの中で最大の馬力を誇り、出力荷重比も改善されている。馬力は以前の2000シリーズと比較して約8%増加しており、出力幅は1193kWから最大1939kW（2450rpm時）となっている。同社の過給機、燃料噴射及びエンジン制御技術が、2000シリーズの性能向上を可能にした。

過給機においては、航行速度における燃料消費及び低速時におけるブースト圧力の上昇能力が最適化された。これが加速時間の減少に大きく貢献した。

2000シリーズM94は、国際海事機関（IMO）や米国環境保護庁（EPA）Tier 2 Commercialの排ガス規制に適合しているだけでなく、海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS条約）の基準にも適合している。2重壁構造の燃料管、3重壁構造の水冷式過給機、及び排気管ルートがエンジン表面の温度を摂氏220度以下に保ち、海上における安全性向上に繋がった。

エンジン表面の温度が低いということは、エンジンルームの低温度化に繋がるため、安全面だけでなく快適性においても大きな改善となる。またM94は低騒音技術が使用されており、アイドリング時や低速稼働時にも効果が発揮されるよう設計されている。

## 1-2 プロペラ、ラダー、推進システム

会社名 SCHOTTEL GmbH

住所・連絡先 Mainzer Straße 99 Tel +49 (0)2628610  
D-56322 Spay/Rhine Fax +49 (0)262861300  
German  
<http://www.schottel.de>

業務内容・製品 プロペラ及び各種推進機、並びにラダーシステムの製造  
プロペラ、ラダープロペラ、ツインプロペラ、可変ピッチプロペラ、  
サイドスラスタ、ポンプジェット、ナビゲーター、ラダーシステム

会社実績 同社は、1921年に小型船舶の建造及びその他工作作業を目的に設立された。1950年には、現在同社の主要製品となっているラダープロペラを開発している。1986年には初めて6000kWの出力を誇るラダープロペラを製造し、大型船舶市場へ参入を果たしている。1995年には中国現地法人を立ち上げ、現在はドイツ国内で約700人、全世界で約800人の従業員を抱え、世界7カ国に拠点を置き、100以上の代理店を抱える企業となっている。

単位/百万ユーロ

	2005年	2006年	2007年	2008年
売上	120	150	186	266

2009年3月に同社は、韓国STX重工業と掘削リグなどに向けた大型ラダープロペラ分野で将来的に協力関係を築くことを発表。同意されたライセンス契約の枠組みの中で、同社がラダープロペラの主要部品であるL型ギアボックスを供給し、STX重工業は出力幅2000から5800kWのラダープロペラを製造する。初のSHOTTEL-STXラダープロペラは2010年の下半期に納入される予定である。

同社は規模的な理由により、数年前に掘削リグ向けのような大型ラダープロペラの製造は中止し、旅客船、フェリー、タグボート、及びオフショア作業船向けの操縦可能推進システムへ経営資源を集中することを決定している。そして今回STX重工業というパートナーを得ることにより、同社はより強化されることとなった。この提携では、STX重工業が販売と管理を担当することとなる。

会社名	Becker Marine Systems	
住所・連絡先	Neuländer Kamp 3 D-21079 Hamburg Germany	Tel +49 (0)40241990 Fax +49 (0)402801899  <a href="http://www.becker-marine-systems.com/">http://www.becker-marine-systems.com/</a>
業務内容・製品	ラダー、プロペラノズルの製造・販売  フラップ・ラダー、捻じりラダー、シリンダ・ラダー、NACA 型ラダー、Mewis Duct、コルト・ノズル	
会社実績	<p>同社は、1946年に独ハンブルグで設立された。設立当初は、内陸水路を航行するバージ船及びタグボート向けフラップ・ラダー（通称：ベッカー・ラダー）が主要製品であったが、1970年初頭同社はコルト・ノズルの特許を取得し、国際航行船舶向け市場へと進出していった。</p> <p>1998年には、独ハンブルグ近郊にあるウエテルセンに拠点を置く船用機器メーカーHatlapa社が、同社に出資し協力関係を樹立。その後、シリンダ・ラダービジネスに進出し、グローバル市場でのプレゼンスを強めていく。また同社の世界ネットワークも拡大し、1990年代終わりには英国、2003年には中国にも拠点を設立し、その他ノルウェー、韓国、シンガポールにも拠点を開設している。</p> <p>2004年同社が開発した登録商標 TLKSR 捻りリーディング・エッジラダーは大成功を収め、現在も同社の主要製品のひとつである。また最新の Mewis Duct と呼ばれる付加装置は、プロペラ前部にダクトを装着することにより、水流を集中させ、内部フィンのステーター効果により、プロペラ作動方向とは逆方向に予渦流を発生させ高い推進力が得られる。同社測定によるとこの製品は燃費 9%向上、NOx 及び CO<sub>2</sub> の削減結果を得ている。</p>	

会社名 BERG Propulsion

住所・連絡先 Tärnvägen 15 Tel +46 (0)31976500  
SE-475 40 Höno Fax +46 (0)313010720  
Gothenburg  
Sweden <http://www.bergpropulsion.com/>

業務内容・製品 プロペラ及び各種推進システムの製造・販売  
可変ピッチプロペラ、アジマス・スラスタ、旋回式スラスタ、遠隔操作システム、船尾管

会社実績 同社は、スウェーデン南西に位置する港湾都市ヨーテボリに拠点を置く企業である。1912年の設立当初は、木造の漁船の建造を中心とし、船舶の修繕及び船用製品の取引なども行っていた。1929年に初めて、木造漁船向けに可変ピッチプロペラを製造し、1960年にはプロペラ製造専用工場を建設している。1973年には当時のオーナーが、プロペラ製造に集中するため、造船所は売却された。その後1974年、1982年、2007年に生産工場は拡大し、世界7カ国に拠点を持つ企業に成長している。

	2005年	2006年	2007年	2008年
売上(百万ユーロ)	20	30	65	140
納入実績数(基)	90	130	190	350

2009年には同社製コントロール・パネルである「BRC800」が、独ノルトライン・ヴェストファーレン・デザインセンターが選定を行っているレッドドット・デザイン賞のベスト・オブ・ザ・ベストを獲得している。この賞は、過去2年以内に製品化されたデザインを対象とし、デザインの革新性、機能性、人間工学、エコロジー、耐久性など9つの基準から審査される。これらをクリアした作品にレッド・ドット賞が、中でも優れている作品にはベスト・オブ・ザ・ベストが贈られる。2009年には、世界49カ国から3,231の製品が出品されている。

会社名 VOIT Turbo

住所・連絡先 Alexanderstrasse 2 Tel +49 (0)7321370  
89522 Heidenheim Fax +49 (0)7321377110  
Germany  
<http://www.voithturbo.com/>

業務内容・製品 推進システム及びブレーキシステムの製造・販売  
シュナイダープロペラ、ラジアルプロペラ、船用各種技術サービス

会社実績 同社は、独南部のハイデンハイムで設立された Voith AG(1867年1月1日創業)を構成する企業の一つである。Voith AGは、製紙業向け機械を製造する VoithPaper 社、水力発電所向け装置を製造する Voith Hydro 社、機械、流体力学、電気推進システム、ブレーキシステム及び船用プロペラを製造する VoithTurbo 社、並びに工業的な技術サービスを提供する Voith Industrial Services 社で構成されている。

当初同社は、地域の製紙会社や織物工場向けに道具や予備部品などの生産を行う企業であった。1859年には木材パルプからの紙の量産について新処理方法を開発し、製紙産業用機器メーカーとして成長した。また 1879年にはタービン用調速機を製造し、水力発電産業へと進出し、第一次大戦(1918年終了)後には、タービン製造によって培った流体技術を元に駆動技術部門に進出していく。この部門の進出が成功し、同社を世界的に有名にする Voith シュナイダープロペラを開発、1928年に1号機を納入した。

第二次世界大戦後は国際化を押し進め、1970年代には日本支社も設立された。現在はグループ全体で約43,000人、売上49億ユーロ(2007年10月～2008年9月)、世界各地に270以上の拠点を構え、その内 VOIT Turbo 社は従業員約5,300人、グループの売上に占める割合は23.7%である。また直接経営からは身を引いているものの、同社は依然として創業者一族が所有しており、欧州でも最大規模を誇る同族経営企業である。

会計年度 10月－9月 単位/百万ユーロ

	2005年	2006年	2007年	2008年
売上	814	894	1011	1161
受注高	823	931	1201	1648

2009年の主な動きとしては、同社が開発した新型プロペラ「Voith Radial Propeller」が初受注を獲得した。同プロペラは、オフショア掘削船やオフショアプラットフォームの設置など、オフショア特殊船向けの旋回可能型（スラスター型）プロペラである。

この契約では、7000 トンを越えるコンクリート土台を輸送及び海洋に設置する特殊船へ、出力 5.5MW の 5 基が納入される。重量 80 トン、高さ約 8m の同プロペラは、特殊船での最大速度 10 ノットを誇る。また 360 度旋回可能な設計は、悪天候や海洋条件が厳しい時でも高いポジショニング能力を発揮する。

同プロペラを注文した墾建設会社 STRABAG は、4 基を特殊船へ搭載し、残り 1 基は予備として保管しておく予定である。納入予定は 2011 年 2 月であり、船舶の進水も同年中を予定している。

会社名	SkySails	
住所・連絡先	Veritaskai 3 21079 Hamburg Germany	Tel +49 (0)40702990 Fax +49 (0)4070299333  <a href="http://www.skysails.info/">http://www.skysails.info/</a>
業務内容・製品	船舶用の牽引帆の製造・販売  船舶用の牽引帆「SkySails System」	
会社実績	<p>同社は、2001年に3名の技術者によって独ハンブルグに設立された。SkySails System とは、船舶に牽引帆を搭載し、風力による推進を利用して燃費を削減、環境に配慮した船舶航行を目的とするものである。2005年には船舶用牽引帆の基礎研究及び開発を完了、2006年及び2007年には、全長55mの設標船「Beaufort号」にて160㎡の牽引帆の稼動試験が実施された。</p> <p>2008年初頭同社は、Michael A号及びBeluga Skysails号を使用した通常航行業務中における1年半の試運転プログラムを発動。システムの実行可能性確認及び同システムが生み出す牽引力の測定を行った。その結果は、同設計のヨーロッパ航行船13隻の航海日誌との比較により、比較的風の弱い欧州海域でも約15%の燃費削減が可能になると発表した。この試験後、同社は製品のシリーズ生産を開始している。</p> <p>また2008年12月には、米Caterpillar社の船用Makエンジン及びその他エンジンの販売・サービスを専門とする独Zeppelin Power System社と戦略的提携を結んでいる。2009年にはハンブルグ拠点のこの2社が、それぞれの専門知識と能力を結集したZeppelin SkySails Service-und Vertriebsges社を設立し、風力ディーゼルハイブリッドエンジンの開発という新しい試みに挑戦している。またZeppelin Power System社が有する強固な販売とサービスのネットワークを活用し、世界的な規模でSkySails Systemの保守、点検のネットワークを構築し、Systemの確固たる信頼性を得ることもこの新会社の目的でもある。</p> <p>2009年のSkySails Systemの受注数は、貨物船3隻、漁船1隻の合計4システムである。</p>	

### 1-3 荷役機械・甲板設備

会社名 MacGREGOR

住所・連絡先 Sörnäisten rantatie 23 Tel +358 (0)204554299  
FI-00501 Helsinki Fax +358 (0)204554667  
Finland <http://www.macgregor-group.com>

業務内容・製品 荷役機械・甲板設備の製造

ハッチカバー、クレーン、固縄システム、RORO 設備、バルク取り扱い設備、オフショア荷役設備、港湾荷役関連機材

会社実績

同社は、荷役機器及び各種クレーンメーカーであるフィンランドの Cargotec 社の船用部門である。Cargotec 社は、陸上用荷役機器及び各種クレーンの Hiab 社、港湾用荷役車両及びクレーンの Kalmar 社、そして港湾及び船用荷役機器、並びにハッチカバーの MacGregor 社という 3 つのブランドで構成された企業である。

Cargotec 社が 2010 年 2 月 3 日に発表した 2009 年 1-12 月期年次報告書によると、総受注高は前年比 51%減の 18 億 2,800 万ユーロ、売上高は 24%減の 25 億 8,100 万ユーロ、組織改編費用を除いた営業利益は前年同期比 68.3%減の 6,130 万ユーロであった。しかしながら当期に合計 6,110 万ユーロの組織改編費用を計上しており、実質の営業利益は 30 万ユーロに満たない額となっている。またサービス部門の売上に占める割合は、27%であった。

#### Cargotec 社の売上推移

単位/百万ユーロ

	2007 年	2008 年	2009 年
売上	3,018	3,399	2,581
営業利益	203.1	173.7	61.3
当期受注高	4,106	3,769	1,828
当期末受注残	2,865	3,054	2,149

船用部門である MacGregor 社の 2009 年受注高は、前年比 59%減の 5 億 6,900 万ユーロ、売上高は 2%増の 10 億 900 万ユーロ、営業利益は 25.8%増の 1 億 520 万ユーロ、2009 年 12 月末の受注残は 27%



減の 16 億 400 万ユーロであった。受注残はバルクキャリア、貨物船及びコンテナ船関連のものが 60%を占め、オフショア作業船関連も 10%を超えている。またサービス部門の売上に占める割合は、微減の 19%であった。当期中に 1 億 7,500 万ユーロの受注キャンセルも発生しており、その他にも約 3 億ユーロ相当がキャンセルのリスクがあると報告している。

### MacGregor 社の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007 年	2008 年	2009 年
売上	748	985	1,009
営業利益	59.4	83.6	105.2
当期受注高	1,696	1,393	569
当期末受注残	1,946	2,187	1,604

主な製品開発としては、5 月に深海向け昇降システムを発表している。これは伝統的な鉄製ワイヤーロープの代わりに軽量のファイバーロープを使用し、重量荷物をクレーンにひずみを与えることなく取り扱えるようになっている。また機器の軽量化により全体の安全性が改善している。また 11 月には、同社のサイド・ローリング・ハッチカバーの稼動を簡素化するための電動ドライブである「MacRack」を発表している。

2009 年の市場概況としては、過去数年の造船ブームの終わりを受け急激に需要は減少し、受注のほとんどは 2008 年に締結された造船契約に対するものであった。しかしながら上半期後半に向けには、オフショア機器市場にはいくつかの回復の兆しが見えた。海運業界における輸送能力の余剰は、船舶の待機、貯蔵施設としての利用及び廃棄を導く結果となっており、そのうえ世界の新造船市場は非常に冷え込んだ状態である。しかしながら船用荷役機器の受注キャンセルは、これまでのところそれほど酷くない状態で推移している。また荷役機器の使用頻度の低下などからスペアパーツの売れ行きは芳しくなかったが、それでもサービス市場は機器市場よりも健全な状況であると報告している。

年次報告を発表した 2010 年 2 月 3 日の段階では、2010 年は需要回復の兆しは見られるが、依然として先行きは不透明であるとしている。船用部門は十分な受注残により十分な売上が期待できるが、グループ全体としては、2010 年は 2009 年の水準と同じくらいになるであろうと予想している。また現在進行中の組織改編にかかる費用として、400 から 500 万ユーロが 2010 年前半に計上されるが、来期の営業利益は 1 億ユーロを超えると予想している。

## 1-4 流体制御、ボイラー（バラスト水含む）

会社名 Alfa Laval Corporate AB

住所・連絡先 Rudeboksvägen 1 Tel +46 (0)46366500  
SE-226 55 Lund Fax +46 (0)46323579  
Sweden

<http://www.alfalaval.com>

業務内容・製品 産業用流体移送システム、各種分離機及び熱交換器の製造・販売

各種熱交換器、分離機、デカンタ、膜分離機、フィルター及びストレーナーポンプ、バルブ、タンク用機器、配管部材、バラスト水処理システム

会社実績 熱交換、分離、流体移送機器メーカーであるスウェーデンの Alfa Laval 社が、2009 年年次報告書を発表した。受注高(為替差損を除く)は前年比 28%減の 215 億 3,900 万 SEK、売上高(為替差損を除く)は 14%減の 260 億 3,900 万 SEK、営業利益は 26%減の 45 億 8,500 万 SEK、当期純利益は 28%減の 27 億 3,700 万 SEK、2009 年 12 月 31 日時点での受注残は前年同期比 27.7%減の 119 億 600 万 SEK であった。また 2009 年の研究開発費は、前年比 14%減の 6 億 5,400 万 SEK 計上しており、これは売上の 2.5%を占めている。

単位/百万 SEK

	2007 年	2008 年	2009 年
売上	24,849	27,850	26,039
営業利益	4,980	6,160	4,585
当期受注高	27,553	27,464	21,539
当期末受注残	14,730	14,310	11,906

同社のビジネス分野は、海洋・船舶向け機器を含む各種製品を提供する Equipment 部門、産業別に様々なソリューションを提供する Process Technology 部門に分かれている。

Equipment 部門の 2009 年受注高は前年比 31.8%減の 117 億 5,100 万 SEK、売上高は 13.9%減の 146 億 6,500 万 SEK、営業利益は 29.8%減の 25 億 3,000 万 SEK、2009 年 12 月 31 日時点での受注残は前年同期比 19.3%減の 63 億 3,900 万 SEK であった。2009 年は造船市場

の停滞がネガティブな影響を与えキャンセルも発生したが、当期末にはエネルギー効率改善及び環境関連分野での需要は例外的に成長した。しかしながら投資環境の悪化により、ディーゼル発電市場が停滞したことから、海洋・ディーゼル部門は全体として減少となっている。また部品&サービス部門も、業界を通じ活動が鈍化していることから、メンテナンスやアップグレードの要望は減少していると報告している。

#### Equipment 部門の売上推移

単位／百万 SEK

	2007 年	2008 年	2009 年
売上	10,934	13,586	14,665
営業利益	2,072	2,805	2,530
当期受注高	15,869	15,896	11,751

受注高の地域別割合では、前年比で北米 26%減、南米 27%減、欧州 23%減、北欧 23%減、東欧・ロシア 18%減、中東・アジア 38%減と世界中で需要が減少している。しかしながら当期末において、アジア海事産業が僅かながら回復してきていると報告している。

当期中の M&A では、1 月に韓国の船用システムプロバイダーである Onnuri Industrial Machinery 社を買収した。同社は 2008 年の段階において、売上 1 億 5,000 万 SEK、従業員 40 名の規模を誇る企業である。また 9 月には、同じく韓国の熱交換器メーカーである LHE 社を買収した。同社は、韓国のプレート式熱交換器市場では主要企業の一つであり、2008 年の段階で売上 7 億 5,000 万 SEK、従業員 170 名の規模を誇る企業である。統合後も両社はそれぞれのブランド名を維持し、独自のネットワークを利用してビジネスを行っていく予定である。

2009 年年次報告書発表の際に、2010 年の第 1 四半期は引き続き同じような水準であろうと予想している。

会社名 Hamworthy plc

住所・連絡先 Fleets Corner Tel +44 (0)1202662600  
Poole Fax +44 (0)1202662678  
Dorset BH17 0JT  
UK <http://www.hamworthy.com>

業務内容・製品 海事産業向け各種流体制御システム製造・販売

各種ガス再液化装置、各種ガス再ガス化装置、イナートガス発生装置、窒素発生装置、バラストポンプ、油・水・汚水各種処理装置、バラスト水処理システム、排ガス後処理システム

会社実績 同社は、船舶向け流体制御、陸上・オフショア石油及びガス産業向けの特殊装置製造、販売を目的とし、英国西部 Poole に 1911 年に設立された。

同社は会計年度の始まりが毎年 4 月のため、最新情報は 2009 年上半期報告書（2009 年 4 月-9 月）となる。それによると売上は前年同期比 11%減の 1 億 40 万ポンド、営業利益は 21%減の 1,020 万ポンド、税引き前利益は 25.2%減の 1,030 万ポンドであった。また受注高は前年後期と比較し 25%減の 4,560 万ポンド、受注残は 25%減の 1 億 9,630 万ポンドである。

単位／百万ポンド

	2006 年度	2007 年度	2008 年度
売上	190.8	231.8	252.8
営業利益	13.1	16.5	23
当期受注高	245.7	228.1	177.6
当期末受注残	268.2	311.8	206.4

同社のビジネス領域は、ポンプ室やエンジン室のポンプを取り扱うポンプシステム、LNG、LPG、VOC などの各種ガス処理システムを取り扱うガスシステム、脱塩プラント、バラスト水及び各種汚水処理システムなどを取り扱う水処理システム、イナートガス及び窒素発生装置などを取り扱うイナートガスシステムと大きく 4 つに分けられる。

ポンプシステム部門の 2009 年上半期の売上は前年同期比 1.3%減の 4,060 万ポンド、営業利益は 15.4%減の 660 万ポンドであった。この部門の研究開発費は、オフショア関連機器へと集中している。

ガスシステム部門の2009年上半期の売上は前年同期比37.6%減の2,310万ポンド、営業利益は57.2%減の90万ポンドであった。この部門では、2009年7月にノルウェーの石油エンジニアリング企業Aibel AS社より技術・製品部門を買収しており、石油・天然ガスの探鉱・開発・生産関連市場での拡大を図っている。

水処理システム部門の2009年上半期の売上は前年同期比7%増の2,420万ポンド、営業利益は6.4%増の330万ポンドであった。この部門でも研究開発費は増加しており、同社が2009年3月に買収した蘭バラスト水処理システムメーカーGreenship社のバラスト水処理システム「Sedinox」が、当期中にIMOの認証を取得している。

イナートガスシステム部門の2009年上半期の売上は前年同期比4%増の1,300万ポンド、営業利益は11.2%減の80万ポンドであった。この部門では、2009年9月に英スクラバーメーカーKrystallon社を買収しており、排ガス後処理分野への拡大を図っている。

同社は2009年上半期報告書において短期的には市場は厳しい状況が続くがアフターセールスは堅調であると分析し、オフショア市場の需要回復が予想されることから、年間業績予想は達成できると報告している。また、前年の人員削減から引き続いて費用削減プログラムは現在も実行しており、特に調達関連の効果が著しく現れていると報告している。

会社名 Aalborg Industries

住所・連絡先 PO Box 661, Tel +45 (0)99304000  
Gasvaerksvej 24 Fax +45 (0)98102865  
9100 Aalborg  
Denmark <http://www.aalborg-industries.com/>

業務内容・製品 産業用各種ボイラーの製造・販売  
船用ボイラー及び熱交換器、イナートガスシステム、熱流体システム、  
浮体式生産システム、産業用ボイラー

会社実績 同社は、1919年にデンマーク北部 Aalborg に設立されたボイラー製造エンジニアリング企業である。元々は1988年に閉鎖された Aalborg 造船所の一部として創業を開始し、徐々に世界中の造船所へ向けたビジネスを展開、現在は陸上用産業ボイラーも扱っている。現在世界13カ国に拠点を持ち総従業員数は約2,700人、主要工場はデンマーク、中国、ブラジル及びベトナムとなっている。

2008年1-12月期年次報告書（2009年4月発表）によると、2008年の売上は33億7,100万デンマーククローネ（DKK）、営業利益は4億7,600万DKK、純利益2億9,200万DKKとなっている。

	単位／百万 DKK	
	2007年	2008年
売上	2,843	3,371
営業利益	405	476
当期純利益	240	292
従業員	2,258人	2,763人

2009年9月、同社は、100人の人員削減を発表している。発表によれば、船用ボイラー市場での世界シェアは50%以上と増加しているが、停滞する新造船市場に対応するための処置であるとしている。同社もオーダーキャンセルなどの影響を受け、現在の受注残は4億DKKとなっており、結果として2010年及び2011年は、厳しいビジネス環境になると予測し、デンマークの全従業員の約17%にあたる100人を、同国 Aalborg にある拠点において削減することを決定している。

また、2009年5月には、独 Aquamorx 社とバラスト水処理システム開発を目的としたジョイントベンチャーを立ち上げた。Aquamorx

社は、産業用各種水処理技術で特許取得技術を保持している企業であり、同社とのパートナー締結により、Aquamorx 社の技術を転用し、船用各種水処理システムの開発、製造及び販売を行うことを目指している。新会社の資本金は約 1,000 万ユーロで、同社が 60%、Aquamorx 社が 40%の出資比率、本社はシンガポールに設立される予定である。

会社名	Auramarin	
住所・連絡先	Keskiläntie 1 20660 Littoinen Finland	Tel +358 (0)204 86 5030 Fax +358 (0)204 86 5031  <a href="http://www.auramarine.com/">http://www.auramarine.com/</a>
業務内容・製品	燃料用重油供給システム、船用及び発電用エンジン向け各種補機の製造・販売  重油供給ユニット、水冷式冷却ユニット、潤滑油ユニット、燃料油転送ユニット、予熱ユニット、バラスト水処理システム	
会社実績	<p>同社は、1974年にフィンランドで設立された。当初は鉱物油分離機の製造を目的としていたが、2年後の1976年に初の重油供給ユニットを製造。その後創業時より並行して行っていた設計サービスや荷役機器の製造を中止し、経営資源を燃料油供給システムの開発・製造へと集中していった。</p> <p>1989年同社はアジア地域への輸出を開始し、まず韓国、その3年後には日本及び中国へ進出している。1997年には当時業界では画期的ある最先端技術を使用した各種パイプの分岐及び曲げ装置を導入している。その後それまで唯一の生産工場であったフィンランドのLietoに加え、中国の上海にアジア市場向けの生産工場を建設。現在は2つの生産工場に加え、世界24箇所にサービス拠点を展開している。</p> <p>2009年9月同社は豊富な流体制御に関する経験を生かし、バラスト水処理システム「Auramarine Crystal Ballast」を開発した。省エネ、小型、搭載の容易さを売りにしているこのシステムは、バラスト水の取水及び排出の所要時間、並びに港湾での停泊時間への影響が少ない。</p> <p>同システムは、2009年9月時点において現在広範囲な型式認証試験を行っている段階である。プロジェクトはスケジュール通りに進んでおり、市場へは2010年の下期には投入できると同社は見込んでいる。2019年までに約5万隻がバラスト水処理システムを搭載すると同社は予想しており、この市場でのシェア確保を目指している。</p> <p>同システムは、UV-C照射による滅菌を基本としており、同技術の有効性は、飲料水の浄化や排水処理において既に実証済みである。同システムの手法は、多くの陸上及び船用装置によって試験が行われ、</p>	



処理過程において有害物質の形成はなかった。また、船上における化学薬品の貯蔵及び製造を必要としない点も強調すべき点である。また処理後のバラスト水のパラメーター（pH 値、温度、塩分濃度、味、臭い、色など）にも変化は無く、エネルギー消費量も極めて少ないものであった。

会社名	Optimarin AS	
住所・連絡先	Fabrikkveien 21 4033 Stavanger Norway	Tel +47 (0)51114533 Fax +47 (0)51123103  <a href="http://www.optimarin.com/">http://www.optimarin.com/</a>
業務内容・製品	バラスト水処理システムの製造・販売  バラスト処理システム「OptiMarin Ballast System」	
会社実績	<p>同社は、バラスト水処理システムの開発を目的として設立された企業である。2000年に米 Princess Cruise 社の旅客船 Regal Princess 号への初搭載から、現在までにバラスト水処理システムの納入実績として、旧デザインのを7基、IMOの基準に適合した現行デザインのシステムを4基供給している。システムが搭載された船種は旅客船、プロダクトタンカー、RoRo 船、セメント運搬船、オフショア支援船、プラットフォーム支援船と多様である。</p> <p>同社のバラスト水処理システムは、前処理として分離フィルターにより一定のサイズを超える固体を除去し、その後、UV 照射による海洋有機物、ウイルス、バクテリアの不活性化を行うことによりバラスト水の処理を行うものであり、化学物質は使用されない。バラスト水は取水・排水時に処理され、2重の効き目があるよう設計されている。</p> <p>同社があげる主な利点としては、毎時 7000 m<sup>3</sup>の処理能力及び既存・新造船へ双方への搭載を挙げており、設置に関しても、標準化された機材により、分離フィルターは垂直・水平どちらにも設置できるようになっており柔軟に対応できる。ある種の船舶へのレトロフィットには、甲板上などでの搭載を容易にするため、ブースターポンプを含めたコンテナ形状で納入することも可能である。また通常のバラスト水システムとの圧力ロスを抑えた一体化、騒音の少なさ、軽量及び可動部位の最小化によるシンプルで信頼性の高い設計も主な利点として強調している。</p> <p>2009年11月には型式承認をノルウェー海事当局の代行組織として同国船級協会(DNV)から取得し、IMOのバラスト水管理条約に適合する製品として確認されている。同システムの試験は、ノルウェー水質研究所(NIVA)によりIMOガイドラインに沿って実施され、船上試験はノルウェーの海運会社 Klaveness 社所有セメント運搬船 KCL Banshee 号を使用し、NIVA 及び DNV によって行われた。また試験結果により、カリフォルニア州が2010年より施行するバラスト水管理基準への適合確認を同州 Land Commission により受けている。</p>	

## 1-5 航海機器及びレーダー

会社名 Inmarsat plc

住所・連絡先 99 City Road  
London EC1Y 1AX  
UK  
Tel +44 (0)2077281777  
Fax +44 (0)2077281142  
<http://www.inmarsat.com>

業務内容・製品 衛星携帯通信サービスの提供

海洋ブロードバンド音声・データ通信サービス、海洋 ISDN 音声・FAX サービス、海洋パケット通信音声・FAX サービス、海洋衛星携帯電話サービス、海洋救難通信サービス、船員向け一般通信サービス

会社実績 同社は、国際移動通信衛星機構( IMSO : International Mobile Satellite Organization )という通信衛星による移動体通信を提供するために 1979 年に設立された国際機関および、その事業部分を引き継いだ企業である。

同社の経営実績は、本書作成時点での最新版は 2009 年 1-6 月期の中間報告書である。それによると 2009 年 1-6 月期の売上は前年比 4.9% 増の 5 億 870 万ドル、営業利益は前年同期比 5.7% 増の 1 億 6,520 万ドル、税引き前利益は 10.5% 増の 9,700 万ドルであった。昨今の海運・造船市場の停滞にもかかわらず健全な成長を成し遂げられて理由として、政府機関からの売上が多く、また顧客からの高い信頼によるものと述べている。

単位/百万ドル

	2007 年	2008 年	2009 年 1-6 月
売上	576.5	996.7	508.7
営業利益	211.4	317.2	165.2
税引き前利益	124.8	193.8	97

船用部門の 2009 年 1-6 月期の売上は前年同期比 5.2% 増の 1 億 7,670 万ドル、その内音声サービスの売上は 0.8% 増の 5,310 万ドル、データサービスの売上は 7.2% 増の 1 億 2,360 万ドルであった。データサービス部門の売上増加の要因として、堅調な同社 Fleet 及び FleetBroadband の導入・利用の増加と、政府関連による Inmarsat-B サービスのインド洋における利用増加によるものと報告している。しかしながら Inmarsat-B ターミナルは、旧式船舶の廃棄が進んでいる

ことにより、設置数は減少しているとのことである。

#### 船用部門の売上推移

単位／百万ドル

	2007年	2008年	2009年1-6月
船用部門全体	310.3	332.5	176.7
音声サービス	102.6	104.7	53.1
データサービス	207.7	227.8	123.6

その他、期間中には、米衛星通信サービス企業 **Stratos** 社の買収を完了した。2007年に始動したこの M&A は、**Stratos** 社を所有する **CIP UK Holding** 社の全株式を取得することにより、間接的に **Stratos** 社を完全子会社化することによって実現された。また同社は、2007年12月11日付けで **CIP UK Holding** 社の全株式を取得することにより、2008年は合同での決算となっている。現在同社全体の売上の50%弱は、**Stratos** 社からのものである。

2009年1月には、**Inmarsat-4** 衛星が商業サービスを開始した。これにより全世界でのブロードバンドサービスが可能となり、また各種衛星サービスの接続環境も改善された。また2009年5月には、仏 **Arianespace** 社との間で衛星発射契約を調印している。衛星は現在蘭 **Astrium** 社で製作中であり、2012年の発射を予定している。

会社名 Kongsberg Maritime AS

住所・連絡先 Kirkegårdsveien 45 Tel +47 (0)32285000  
NO-3616 Kongsberg Fax +47 (0)32285010  
Norway <http://www.km.kongsberg.com>

業務内容・製品 各種航海機器の製造・販売

自律型無人潜水機 (AUV)、カメラシステム、自動操船システム (DPS)、操縦桿システム、ブリッジ制御システム、船体情報システム、スラスタ制御システム、航海記録システム

会社実績 同社は、ノルウェーに拠点を置く国際的な知識集約型テクノロジー企業 **Kongsberg Gruppen** の海事部門である。世界各地に 60 以上もの拠点を抱え、自動操船システム、航海システム、及び統合制御システムの分野において評価が高い。

2009年2月19日に発表した2009年1-12月期年次報告書によると、受注高は前年比26%減の54億7,600万NOK、売上は10.4%増の66億5,700万NOK、営業利益(EBITA)は15%増の8億3,100万NOK、2009年12月末での受注残は27.1%減の50億8,700万NOKであった。また当期中に約3億5,500万NOK相当のオーダーキャンセルが発生している。

単位/百万NOK

	2007年	2008年	2009年
売上	5,062	6,029	6,657
営業利益	884	722	831
当期受注高	7,218	7,398	5,476
当期末受注残	5,333	6,975	5,087

2009年を通して新造船の契約は殆ど見られなかったが、アジア地域の造船所は膨大な受注残を抱えており、発注から納入までには長い時間がかかる。同社は、造船工程の比較的后半で各種航海機器を納入・搭載を行うため、発注時期は新造船建造契約が結ばれてから一定の時間が経過した後、ということが頻繁に起こる。そのため、造船建造契約の成立がほとんど見られなかった2009年においても、増加するアフターセールス及びカスタマーサポートと併せ、堅調な業績を残せた。

当期中の主な動きとしては、燃費最適化システム分野においてアイスランド Marorka 社と協力体制を構築することを発表している。同社の自動制御システムと Marorka 社燃費最適化システムを統合し、燃費削減のためオペレーターの大きな助けとなることが期待される。

Marorka 社製リアルタイムシミュレーション及び主要エネルギーパフォーマンス表示器が、同社インターフェースに表示され、航行中のエネルギー効率の最適化が図れる。

同社の自動制御システム「K-Chief」、Marorka 社の燃費最適化システム「MAREN」及び「FUEL MANAGER」を、各船舶の仕様、また各企業のエネルギー削減目標に合うようモジュール化されたものが搭載される。

Marorka 社の燃費最適化システム「MAREN」は、運航最適化、意思決定シミュレーター、エネルギー分析とシステム管理などより構成される。リアルタイム燃料管理システムは船内に搭載され、継続的にパフォーマンスを監視し、より良い運航方法を提案する。ちなみに MAREN は北欧理事会より 2008 年自然・環境賞を受賞している。

今後の展開として、同社のビジネスは世界のエネルギー需要及び貿易トレンドに大きく影響を受けるため、より一層の既存受注のキャンセル及び納期延長が発生する可能性がある。新造船の受注状況は引き続き低水準を保つであろうが、2010 年も船用及びオフショア市場で良い結果を残せるであろうとしている。経営陣は、世界規模でのアフターセールス及びカスタマーサポートの強化により、2010 年も良い結果を残せるであろうとしているが、2009 年を僅かながら下回る水準であろうと予想している。

会社名	Pole Star Space Applications Limited	
住所・連絡先	Compass House 4th Floor 22 Redan Place London, W2 4SA United Kingdom	Tel +44 (0)207313 7400 Fax +44 (0)207313 7401  <a href="http://www.polestarglobal.com/">http://www.polestarglobal.com/</a>
業務内容・製品	各種海洋安全衛星通信システムサービスの提供  船舶運行管理システム、船舶保安警告システム、海洋船舶探知システム、船舶長距離識別追跡 (LRIT) システム	
会社実績	<p>同社は、1998年英国ロンドンにおいて、運行管理サービス、船舶保安警告サービス、海洋船舶探知サービス等を目的として設立された企業である。現在では、船舶運行管理システムである Purplefinder™ 技術を使用したアプリケーションで有名な企業である。</p> <p>また海事商業セクターへの製品提供だけでなく、政府レベルでの様々な海事安全プログラムへも参加している。国際海事機関の LRIT イニシアチブにおける、世界規模での適合試験及び LRIT データセンターの主要プロバイダーでもある。</p> <p>現在は政府組織、旗国船舶監督局及び各国海事局、並びに 600 を超える海運企業、オフショア関連企業及び海事レジャー企業が同社製品・サービスを利用しており、世界中で追跡・監視下にある船舶は 19,000 隻を越える。また EU 船舶長距離追跡識別データセンター (EU LRIT DC) の 2009 年 7 月 1 日始動以降、積極的にインフラ整備を進め、30 のデータセンターを設立し現在約 8,500 隻の船舶の位置情報伝達を行っている。拠点はロンドンと香港、従業員は約 60 人、販売・サービスネットワークは、世界中に約 40 箇所を抱えている。</p> <p>2009 年 8 月現在、EU LRIT DC は、国際 LRIT データセンターのなかで最大規模であり、2009 年末には約 10,000 隻を追跡することとなり、最低 1 日 40,000 件もの位置報告が送られてくる予定である。現在では EU 加盟国、EFTA (欧州自由貿易連合) 加盟国及び各国海外領土を含む 32 カ国が EU LRIT DC に参加しており、将来第三国の参加によりさらに増加する可能性もある。同センターは、LRIT 下にある世界の船舶の約 20~25% をカバーし、EU 旗国船舶追跡以外にも同センターは参加国からの要請があれば、EU 水域内を航行もしくは EU 水域に向かってきている第三国船舶の LRIT 情報を提供するサービスも行う。これにより旗国によらず、参加国は参加国沿岸より 1,000 海里以内を航行する船舶の追跡が可能となる。また海上保安、港湾、沿岸警備など参加国の海事関連部局は、このシステムを使用する資格を持ち、船舶の追跡、位置情報の請求などを利用することが出来る。</p>	

会社名	MAROKA	
住所・連絡先	Borgartun 20 105 Reykjavík Iceland	Tel +354 (0)5828000 Fax +354 (0)5828499  <a href="http://www.marorka.com/">http://www.marorka.com/</a>
業務内容・製品	<p>舶用エネルギー管理ソリューションの提案</p> <p>エネルギー及び燃料管理システム、船体エネルギーシステム設計ツール、陸上船舶エネルギー監視システム、海事産業向けエネルギーコンサルティングサービス</p>	
会社実績	<p>同社は、2002年にアイスランドの首都レイキャビクで設立された。まだ設立間もない企業であるが、同社の始まりは1990年代まで遡ることができる。</p> <p>1990年代、同社の現CEOであるJon Agust Thorsteinsson博士が、デンマークの産業用冷蔵・冷却装置メーカーである abroe Refrigeration 社において、漁船用冷却装置のプロジェクトリーダーを務めることとなった。2000年には同博士と米空調・冷蔵装置メーカーである York International 社、デンマークの Aalborg 大学及びアイスランド大学との間で、調査プロジェクトの発動が取り決められ、同社の技術を形成するきっかけとなった。</p> <p>2002年同プロジェクトは、「Maroka EDT」という名のソフトウェア・プログラムの開発及び実用化に成功。その成功が同社の設立を促し、初のエネルギー管理システム「Maren」も誕生している。</p> <p>2008年には「Maren」は北欧理事会より自然・環境賞を受賞した。このシステムは、運航最適化、意思決定シミュレーター、エネルギー分析とシステム管理などで構成されている。リアルタイム燃料管理システムは船内に搭載され、継続的に動力活動を監視し、より良い運航方法を提案する。特別設計されたモジュール製品とユニットは、船種や運航条件といったあらかじめ定められた仕様を基に実行される、イーサネットと各種ケーブルが、船内に搭載された各種センサーやシステムとの情報伝達を行い、船体の燃料消費箇所と供給箇所から計測されたデータは、運航の最適化のため計測、分析され、継続的に最適な運航が実行されるよう常時フィードバックを行っている。</p> <p>また2009年には、ノルウェーの航海機器メーカーKongsberg Maritime社と、燃費最適化システム分野協力体制の構築を発表。同社</p>	



製燃料管理システムのリアルタイムシミュレーション及び主要エネルギーパフォーマンスが、Kongsberg Maritime 社自動制御システム「K-Chief」のインターフェースに表示され、航行中のエネルギー効率の最適化が図れる。またこの 2 つのシステムが各船舶の仕様、または各企業のエネルギー削減目標に合うようモジュール化され、搭載されることとなる。

現在同社の従業員は約 30 名、拠点を置くアイスランドの他、デンマーク及びギリシャに代理店を抱えている。

## 1-6 船用塗料

会社名 AkzoNobel

住所・連絡先 Strawinskyiaan 2555 Tel +31(0)205027555  
1077 ZZ Amsterdam Fax  
Netherlands <http://www.akzonobel.com/>

業務内容・製品 各種塗料及び特殊化学薬品の製造及び販売

装飾用塗料、車両用塗料、船用塗料、粉末塗料、産業用塗料、パッケージ塗料、表面処理用化学薬品、ポリマー化学薬品、機能別化学薬品、産業用化学薬品、パルプ・紙用化学薬品、各種エンジニアリング

会社実績 同社は、オランダに本社を置く世界的な化学企業であり、船用塗料ブランド **Internationa** 及び船舶・重防食用塗料事業会社である英 **International Paint** 社をグループに抱えている。

2009年2月18日に発表した2009年1-12月期年次報告書によると、グループ全体の売上は前年比10%減の138億9,300万ユーロ、償却前営業利益（EBITA）は8%減の17億6,800万ユーロであった。

### グループ全体の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	15,255	15,415	13,893
EBITA	2,011	1,878	1,768

船用塗料は、産業用、車両等及びパッケージ塗料と共に **Performance Coating** 部門に含まれている。そのなかで船用塗料の売上は、前年比6%減の12億7,400万ユーロであった。

### 船用塗料の売上推移

単位／百万ユーロ

	2007年	2008年	2009年
売上	1,251	1,355	1,274

**Performance Coating** 部門全体としては需要回復の兆しが見られたが、船用塗料はその遅いサイクル周期によって引き続き低水準を保っている。しかしながら多様な製品ラインナップ及びその世界的な活動範囲によって、市場毎の変化に大きく左右されない結果となっている。また当期中に実施された人員削減が、売上減少にも関わらず利益率が改善している。

船用部門は、2008 年以来市場が縮小しているにもかかわらず、取引ボリュームは前年比で 10%減少したものの利益及び費用管理に努め、結果として現在の状況を考慮に入れば満足のものであったとしている。市場は、係船及び船荷運賃の変動により変動が激しく、出荷塗料の減少は、新造船市場の冷え込みからくるものだけでなく、係船の増加によるメンテナンス塗料の減少によるものである。保護塗料では、近海及び深海の油・ガス田の採掘関連のビジネスは堅調であった。ヨット向け塗料は、地域及びその他周辺産業によりばらつきがあった。欧州は比較的良好であったが、米国は厳しい状況が続いた。また欧州での冬季購買プログラムにより、第 4 四半期は非常に良好な結果を残している。

今期同部門では費用削減プログラムを実施し、部門全体で 1,480 人の従業員を削減している。また 6 箇所の拠点が閉鎖、多数の拠点がサイズダウンされた。しかしながら投資活動も行っており、中国、シンガポール及び英国の技術関連施設の開設及び改良を実施している。

製品開発では、子会社である英 **International Paint** 社が、新造船市場向け新下塗塗料シリーズを発表している。新シリーズの特徴としては、造船所及び船主からのコスト、法令、パフォーマンス及び商業ニーズに対応したものとなっている。

造船所は、各々異なった船種の建造及び建造方式を用いており、気候条件は季節により変動し、また国際的並びに地域的な法令を遵守しなければならない。この新シリーズは、**IMO** の新塗装基準 (**PSPC**) や **EU** 溶媒放出指令などの地域毎に定められた規制、また世界中の造船所の異なるニーズに対応し、コスト面及びパフォーマンス面においても従来のものと比較し優れたものとなっている。

利点として挙げられる主な点としては、造船所に対しては **VOLUME SOLID** が高いため塗付量の軽減、より少ない揮発性有機化合物、一年を通じて使用できる特性及び速乾性、低温養生及び再塗装期間の長期化が挙げられる。また船主に対しては、ライフ・メンテナンス・コストの軽減、高い腐食及び摩擦耐性、ならびに **PSPC** に対応している点が挙げられる。

今回発表された新シリーズの中でも **Intershield® 300HS** は、同社の看板製品でもある **Intershield® 300** をより優れたものに改良したものである。**Intershield® 300** は、21 年の歴史を持ち、9000 隻以上もの船舶に採用され、**IMO** の **PSPC** にも対応している。高い腐食耐性とアルミニウム含有度 9%以下のピュアエポキシ塗装は、船体の様々

な箇所に使用することができ、高い持続性及びライフ・メンテナンス・コストの軽減が特長である。そして新バージョンでもある Intershield® 300HS は、78%という高い VOLUME SOLID を可能にする塗付量の軽減、より少ない揮発性有機化合物、再塗装期間の長期化、希釈の必要がなく缶より直接使用できるという点が特長として挙げられる。アルミニウム含有量も 9%以下を保ち、腐食耐性も非常に優れたものとなっている。現在欧州、中東及びアフリカ地域で入手可能であり、2010 年中旬には世界中で入手が可能となる。

今後の予想として、景気回復には未だ不透明な状況であるが、中期目標である EBITA 率 14%は 2011 年の終わりまでには達成できるとしている。また費用削減及び現金内部留保に引き続き勤めていくが、投資対象は高い成長率を誇る市場を対象として優先的に実施していくと報告している。

会社名 Hempel

住所・連絡先 Lundtoftevej 150 Tel +45(0)45933800  
DK-2800 Kgs Fax +45(0)45885518  
Lyngby  
Denmark <http://www.hempel.com>

業務内容・製品 各種塗料及び特殊化学薬品の製造及び販売

海洋向け塗料、保護塗料、コンテナ用塗料、装飾用塗料、ヨット向け塗料、スーパーヨット向け塗料

会社実績 同社は、1915年にデンマークに設立された企業である。創業以来順調に成長を続け、現在世界中で、2つの中央研究施設、4つの地域研究施設、20の生産工場、47の販売拠点、そして130以上もの在庫貯蔵施設を抱えるまでになっている。同社のビジネスは、海洋、保護、コンテナ、装飾、ヨット及びスーパーヨットの6部門から構成されている。

同社の経営実績は、2008年1-12月期の年次報告書によると、2008年の売上は前年比1%減の9億1,600万ユーロ、営業利益は7%減の8,900万ユーロであった。しかしながら同社は当期中に、デンマークの生産工場閉鎖費用及び2007年に取得したLacor社の商標権を償却している。それら当期のみの特別損失を除いた営業利益は、前年の数字9,600万ユーロを超える1億ユーロ以上である。

単位／百万ユーロ

	2006年	2007年	2008年
売上	780	927	916
営業利益	61	96	89

2008年の前半は、コンテナ部門が好調であったが、後半にかけて減少にむかっている。保護塗料部門は、アジア・太平洋地域が好調で前年比12%増の出荷量であった。海洋部門は下半期の落ち込みの割にはまずまずであった。ヨット部門は引き続き堅調な結果であった。その他の動きでは、中国での共同事業を現地事業パートナーより1億5,000万ユーロで買収し、中国でのビジネス活動を本格化させている。またクロアチア及びモロッコの現地共同事業も100%子会社化しており、さらにポーランド及び中国における工場建設計画を発足させている。

付録 2009年ディーゼルエンジン生産動向データ

表1 2009年船舶竣工ベースディーゼル主機関ブランド別、  
ライセンサー・ライセンシー別生産状況

(1) 低速ディーゼルエンジン

ブランド	国名	ライセンサー生産実績			ライセンシー生産実績		
		隻数	台数	馬力	隻数	台数	馬力
MAN B&W	ドイツ	3	4	32,427	1080	1097	23,005,520
Wartsila	フィンランド	13	13	299,102	103	103	3,572,779
三菱	日本	25	25	365,993	52	64	657,953
阪神	日本	9	9	34,199	0	0	0
合計		50	51	731,721	1235	1264	27,236,252

(2) 中速ディーゼルエンジン

ブランド	国名	ライセンサー生産実績			ライセンシー生産実績		
		隻数	台数	馬力	隻数	台数	馬力
Wartsila	フィンランド	106	211	1,869,959	8	26	460,211
Mak	ドイツ	332	441	2,371,616	2	3	9,803
MAN B&W	ドイツ	84	97	1,078,392	46	50	278,406
Bergen	ノルウェー	43	86	579,681	0	0	0
新潟	日本	126	238	546,981	0	0	0
ヤンマー	日本	69	115	303,435	6	6	21,397
Chinese Standard	中国	37	37	69,368	68	84	191,980
ダイハツ	日本	24	35	106,833	16	23	72,906
阪神	日本	59	59	148,864	0	0	0
Semt-Pielstick	フランス	0	0	0	27	27	124,293
赤阪	日本	22	22	63,347	0	0	0
三菱	日本	1	1	4,580	10	10	44,412
その他*	日本	0	0	0	4	7	12,296
不明	主に中国	0	0	0	0	0	0
合計		903	1342	7,143,056	187	236	1,215,704

(3) 高速ディーゼルエンジン

ブランド	国名	ライセンサー生産実績			ライセンシー生産実績		
		隻数	台数	馬力	隻数	台数	馬力
Caterpillar	アメリカ	569	1,210	2,262,264	0	0	0
Cummins	アメリカ	344	789	1,140,620	0	0	0
MTU	ドイツ	152	337	813,043	10	15	33,583
Wartsila	フィンランド	105	212	511,647	4	10	33,682
MAN B&W	ドイツ	20	37	162,208	45	77	254,541
三菱	日本	136	257	318,957	0	0	0
ヤンマー	日本	103	216	204,977	0	0	0
Bergen	ノルウェー	25	54	136,902	0	0	0
Anglo Bergian	ベルギー	31	53	123,423	0	0	0
General Motors	アメリカ	10	29	107,734	0	0	0
General Electric	アメリカ	2	4	15,754	11	24	79,041
Chinese Standard	中国	12	12	12,988	22	26	24,315
MaK	ドイツ	22	23	41,929	0	0	0
MAN	ドイツ	22	40	38,078	0	0	0
新潟	日本	9	18	28,298	0	0	0
Volvo	ドイツ	17	43	24,010	0	0	0
Sulzer	スイス	0	0	0	2	4	14,612
Deutz	ドイツ	4	8	12,302	0	0	0
Saab-Scania	スウェーデン	11	19	9,189	0	0	0
Detroit Diesel	アメリカ	3	4	3,947	3	4	1,840
Guascor	スペイン	0	0	0	0	0	0
Baudouin	フランス	3	3	1,800	0	0	0
その他	主に欧州	5	9	38,499	2	3	2,700
不明	主に韓国	0	0	0	0	0	0
合計		1,605	3,377	6,008,569	99	163	444,314

エンジンビルダー不明			合計			ライセンサー 比率 (%)	ライセンシー 比率 (%)	シェア (%)
隻数	台数	馬力	隻数	台数	馬力			
490	491	6,767,581	1,573	1,592	29,805,528	0.1	77.2	84.9
16	16	364,025	132	132	4,235,906	7.1	84.3	12.1
2	2	17,692	79	91	1,041,638	35.1	63.2	3.0
1	1	4,000	10	10	38,199	89.5	0	0.1
509	510	7,153,298	1,794	1,825	35,121,271	2.1	77.5	100.0

エンジンビルダー不明			合計			ライセンサー 比率 (%)	ライセンシー 比率 (%)	シェア (%)
隻数	台数	馬力	隻数	台数	馬力			
5	14	136,318	119	251	2,466,488	75.8	18.7	26.9
8	9	44,331	342	453	2,425,750	97.8	0.4	26.4
36	45	327,911	166	192	1,684,709	64.0	16.5	18.3
0	0	0	43	86	579,681	100.0	0.0	6.3
3	5	10,365	129	243	557,346	98.1	0.0	6.1
40	42	137,162	115	163	461,994	65.7	4.6	5.0
5	5	6,657	110	126	268,005	25.9	71.6	2.9
8	13	36,264	48	71	216,003	49.5	33.8	2.4
5	5	15,821	64	64	164,685	90.3	0.0	1.8
1	1	4,948	28	28	129,241	0.0	96.2	1.4
1	1	2,200	23	23	65,547	96.6	0.0	0.7
1	1	4,580	12	12	53,572	8.5	82.9	0.6
2	4	20,938	6	11	33,234	0.0	37.0	0.4
27	23	75,499	27	23	75,499	0.0	0.0	0.8
142	168	822,994	1,232	1,746	9,181,754	77.8	13.2	100.0

エンジンビルダー不明			合計			ライセンサー 比率 (%)	ライセンシー 比率 (%)	シェア (%)
隻数	台数	馬力	隻数	台数	馬力			
6	12	16,548	575	1,222	2,278,812	99.3	0.0	33.8
7	14	28,374	351	803	1,168,994	97.6	0.0	17.4
3	6	21,808	165	358	868,434	93.6	3.9	12.9
9	11	24,388	118	233	569,717	89.8	5.9	8.5
9	13	34,447	74	127	451,196	36.0	56.4	6.7
5	10	11,910	141	267	330,867	96.4	0.0	4.9
0	0	0	103	216	204,977	100.0	0.0	3.0
0	0	0	25	54	136,902	100.0	0.0	2.0
2	2	3,000	33	55	126,423	97.6	0.0	1.9
0	0	0	10	29	107,734	100.0	0.0	1.6
1	2	7,206	14	30	102,001	15.4	77.5	1.5
6	8	7,348	40	46	44,651	29.1	54.5	0.7
0	0	0	22	23	41,929	100.0	0.0	0.6
0	0	0	22	40	38,078	100.0	0.0	0.6
0	0	0	9	18	28,298	100.0	0.0	0.4
0	0	0	17	43	24,010	100.0	0.0	0.4
0	0	0	2	4	14,612	0.0	100.0	0.2
0	0	0	4	8	12,302	100.0	0.0	0.2
1	2	828	12	21	10,017	91.7	0.0	0.2
0	0	0	6	8	5,787	68.2	31.8	0.1
3	5	4,090	3	5	4,090	0.0	0.0	0.1
0	0	0	3	3	1,800	100.0	0.0	0.0
1	2	1,208	8	14	42,407	90.5	6.4	0.6
49	77	123,398	49	77	123,398	0.0	0.0	1.8
102	164	284,553	1,806	3,704	6,737,436	89.2	6.6	100.0

\*その他に含まれるのはPaxman, MWM, SKL, Perkins, Semit-Pielstick,, Russskiy, Matsui, Dal Diesel, Sulzer など  
注：ライセンサー比率+ライセンシー比率が100になら無いものはエンジンビルダー不明を含む  
注：Lloyd's Register Fair Play のデータによる

図 1-1 2009 年低速ディーゼルエンジン製造国別割合（単位：馬力）

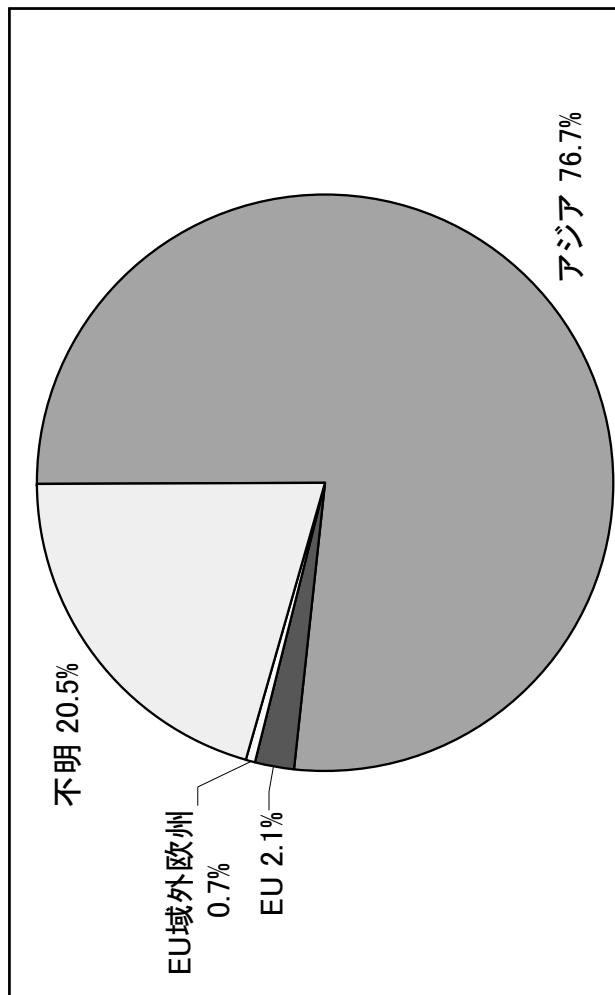


図 1-2 2009 年低速ディーゼルエンジン製造国別割合（アジア）

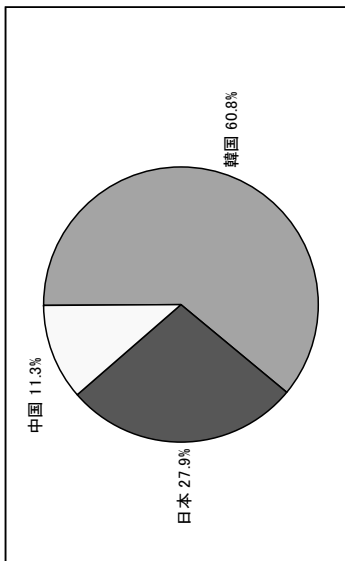


図 1-3 2009 年低速ディーゼルエンジン製造国別割合（EU）

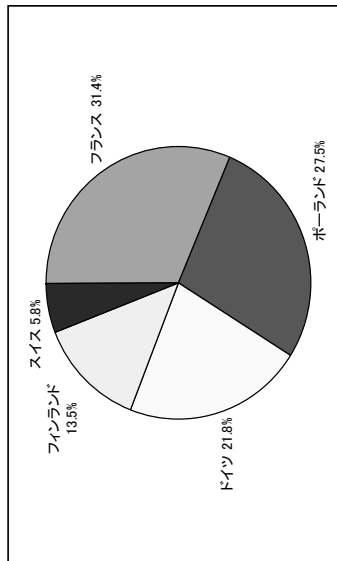


図 1-4 2009 年低速ディーゼルエンジン製造国別割合（EU域外欧州）

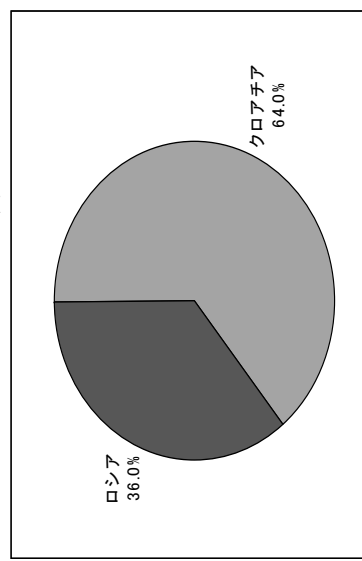




図 2-1 2009 年中速ディーゼルエンジン製造国別割合 (単位: 馬力)

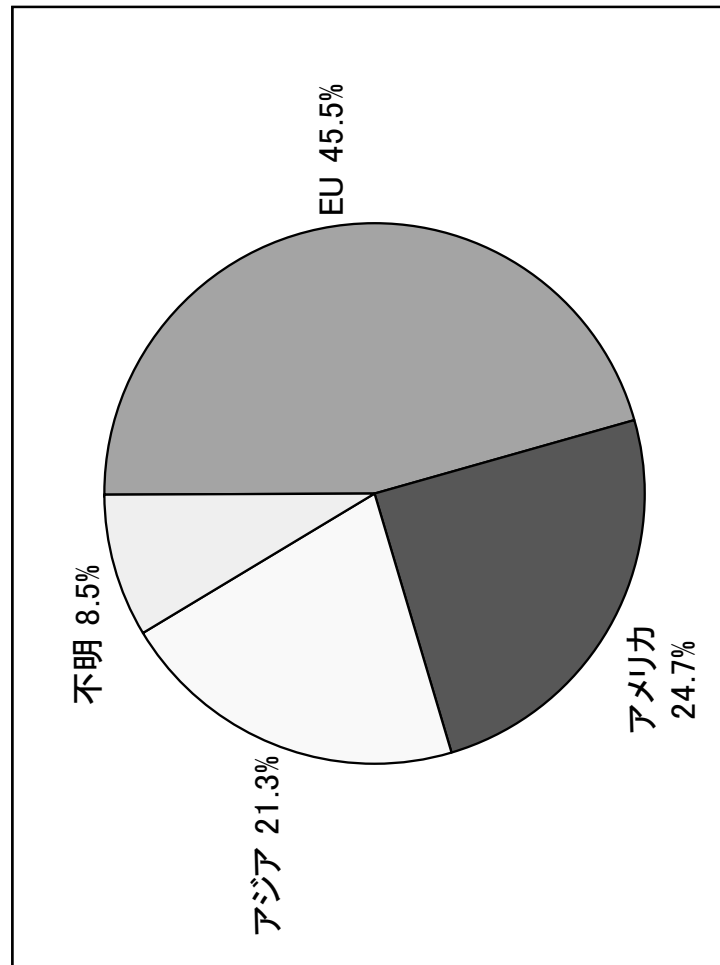


図 2-2 2009 年中速ディーゼルエンジン製造国別割合 (EU)

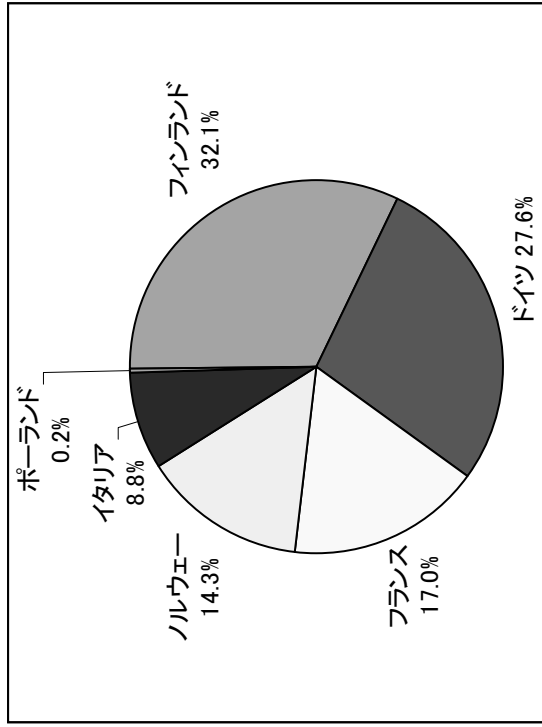


図 2-3 2009 年中速ディーゼルエンジン製造国別割合 (アジア)

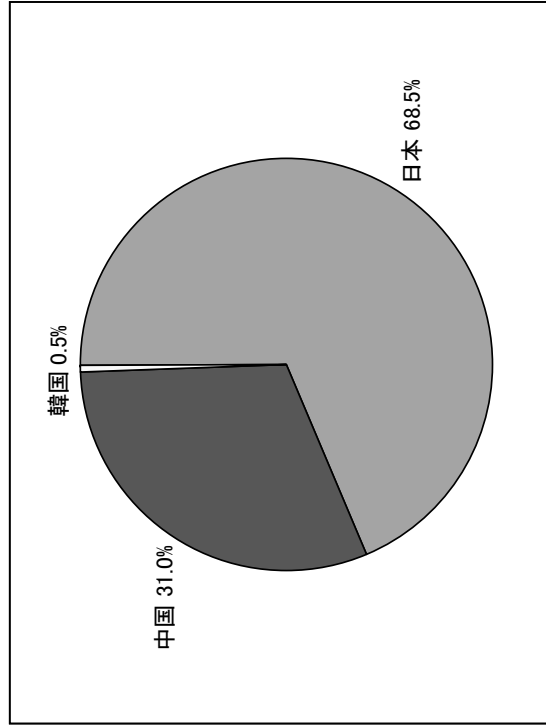


図 3-1 2009 年高速ディーゼルエンジン製造国別割合 (単位: 馬力)

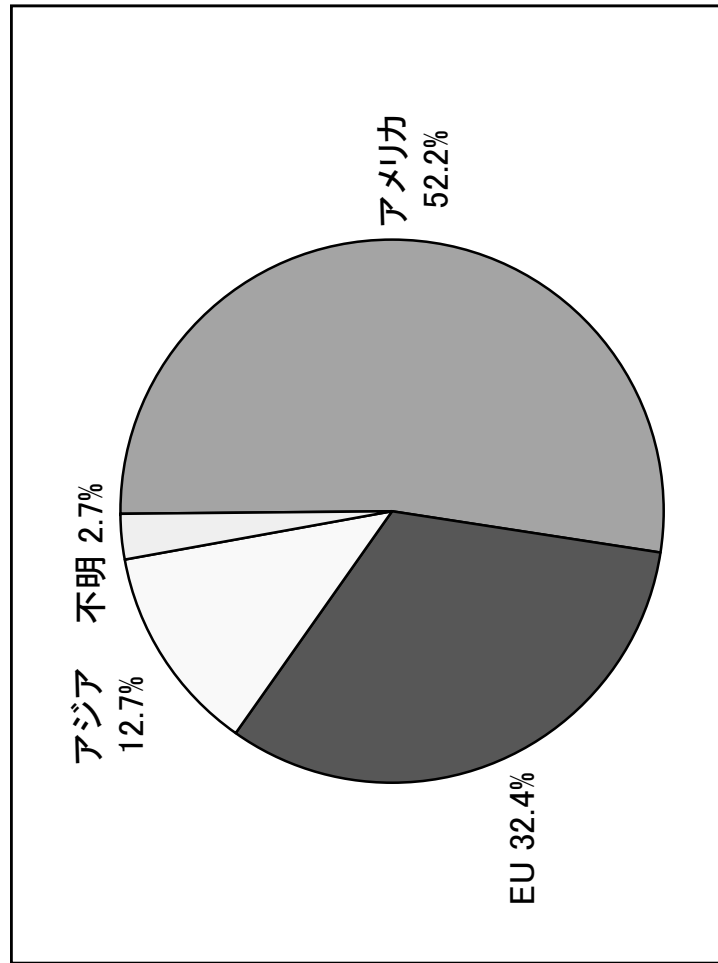


図 3-2 2009 年高速ディーゼルエンジン製造国別割合 (EU)

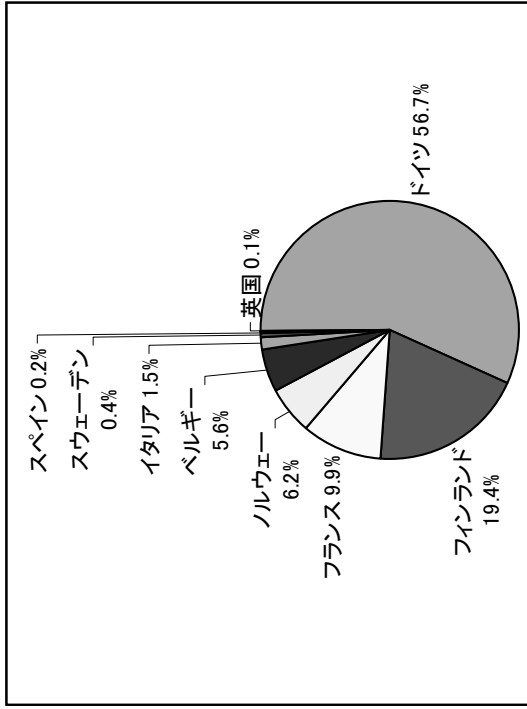
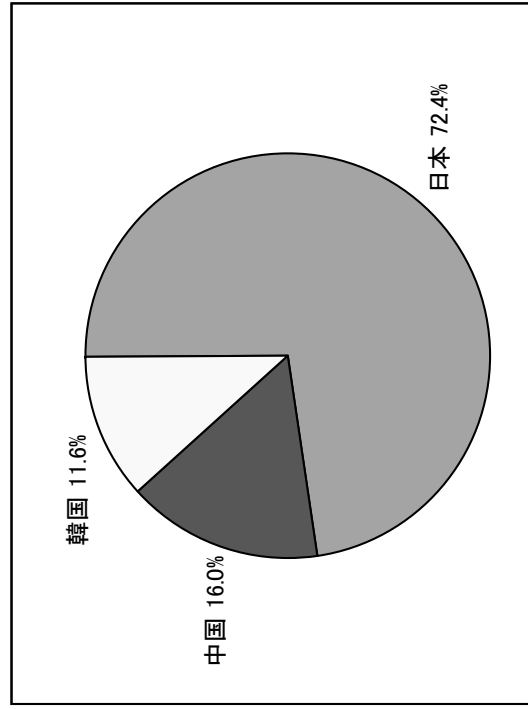


図 3-3 2009 年高速ディーゼルエンジン製造国別割合 (アジア)



## 2. 欧州船用機器及び関連機器の開発動向

### 2-1 EU 研究・技術開発枠組み計画

#### 2-1-1 概要

EU 研究・技術開発枠組み計画（FP）とは、EU 域内における研究・技術開発活動を促進するために設立された資金助成プログラムである。1984 年開始のこのプログラムは、プログラム毎に対象期間を設定しており、研究・技術開発分野もプログラムによって様々である。現在は、EU 第 7 次研究・技術開発枠組み計画（FP7）が実施中である。

FP7 では、「協力」、「アイデア」、「人」、「能力」の 4 つの主要分野の研究開発活動に対して補助金を給付している。海事産業、特に船用機器セクターに最も関係のある分野は「協力」で、その中の「エネルギー」、「輸送」というテーマが該当する。

FP7 の「協力」分野は、科学技術の主要分野における欧州の優位性を確立、維持することを目的とし、欧州内の国境を越えた共同研究開発活動を支援している。FP7 は 2007 年から 2013 年にかけて実施され、EU 域内及びその他特定地域の大学、企業、研究機関、自治体の共同研究開発活動が補助金支給の対象となる。「協力」分野は、エネルギー、輸送、セキュリティを含む 10 個の研究テーマに分かれている。

FP7 の予算の大部分は共同研究開発プロジェクトに配分され、欧州及び世界の研究者が参加する高度な研究開発プロジェクトとネットワークの構築をめざす。

欧州委員会は 2004 年、各関係者に対し欧州の研究開発活動の将来的な方針に関する諮問を行った。諮問では、国境を越えた共同研究開発に対する強い支持が明らかとなったが、同時に FP6 よりも各プロジェクトの参加メンバーの数を少なくすること、及び小規模なプロジェクトへの支援を強化することが提案された。

#### 2-1-2 FP6 内プロジェクト

METHAPU（Validation of a renewable, methanol-based auxiliary power system for commercial vessels：商船向け再生可能なメタノール補助発電システムの実証）

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の初の海上試験は、スウェーデン Wallenius Lines 社所有の自動車船（PCTC）Undine の船上で行われる。当初の予定より遅れて 2010 年第 1 四半期に SOFC プラントが同船上に設置され、1 年間にわたって試験が行われる予定である。

Wärtsilä 社製燃料電池の船内電力源としての実証は、排出ガスがゼロの船舶の実現という Wallenius Lines 社の長期計画に沿ったものである。Wärtsilä 社が主導する EU 研究開発プロジェクトである METHAPU プロジェクトは、バイオ燃料駆動の船用燃料電池の開発も行っている。Wallenius 社以外のプロジェクト参加企業・組織は、Lloyd's Register、DNV、ジェノバ大学である。

実証が行われる燃料電池は、出力 20kW の小型燃料電池である。同燃料電池と付属の燃料タンクは、甲板上への設置と撤去を容易にするために複数のコンテナに格納される。20kW 燃料電池の海上試験結果は、250kW 型燃料電池の実用化への研究に利用される。

Wärtsilä は、分散発電及び船用発電向けの SOFC の燃料源としては、天然ガスとメタノールが最も実用化の可能性が高いと考えている。船用発電では、船内の AC バス及びオートメーション・システムに接続し、補助発電装置として用いることを想定している。

### 2-1-3 FP7 内プロジェクト

**KITVES (Controlled airfoils for vessel onboard energy production : 船内発電のための制御翼)**

対流圏からの風力を船舶に利用するという革新的なアイデアが、KITVES プロジェクトの動機となった。得られた風力エネルギーは、船舶の牽引推進力及び船内電力の発電に用いられる。

KITVES プロジェクトには、ベルギー、フランス、ドイツ、イタリア、スペイン、英国からの 10 企業・組織が参加している。

同プロジェクトの主な研究分野と目標は以下の通りである。

- 試作船上での高度風力エネルギー発電。
- 風力エネルギーを船内電力供給と牽引力の両方に利用。
- 船用発電機の新概念の開発。同発電機の発電能力は航行条件の影響を受けないものとする。

同プロジェクトの詳細な情報はイタリア Sequoia Automation 社が管理している。

**POSE2IDON (Power optimised ship for environment with electric innovative designs on board : 最適化された革新的船内電気設計を持つ環境性の高い船舶)**

POSE2IDON プロジェクトは、2009 年初頭に開始された大規模な共同研究開発プロジェ

クトで、船用電気技術の改良により、欧州商船の効率と環境性を改善することを目的としている。プロジェクトの予算総額は2,300万ユーロで、BMT Defence Services社をはじめとする30の企業・組織が参加している。

プロジェクトの第一の目的は、「電気船」のコンセプトを推進し、現在よりも幅広い種類の船舶に適用することで、特に小型商船に電気技術を普及させることを主眼としている。現在小型商船へ電気技術普及の妨げとなっているのは、発電装置の推進モーターのサイズであると、プロジェクト関係者は考えている。

POSE2IDONプロジェクトでは、船用電気工学の全分野における新たな技術を開発し、発電関連装置のサイズ縮小を図る。そのカギとなるのは、主要部品の小型化と効率向上を可能にする最新の高温超電導（HTS）技術である。プロジェクト参加企業・組織のひとつであるConverteam社は、HTS技術分野で豊富な経験を持っている。

#### SILENV（Ships-oriented innovative solutions to reduce noise and vibration：船舶の騒音と振動軽減のための革新的ソリューション）

SILENVプロジェクトは、2009年10月1日に開始された実施期間3年の新プロジェクトで、フランスの国防企業DCNSをはじめとした8カ国14企業・組織が参加している。同プロジェクトは、船舶からの騒音公害軽減への要求の高まりに対応するものである。

プロジェクト予算総額510万ユーロのうち、350万ユーロを欧州委員会が拠出しており、専門研究所、大学、企業に加え、フランス船級協会BV及びスペインのフェリー会社Compania Trasmediterraneaが参加している。

プロジェクトの最終目標は、各船種において、推奨される騒音と振動基準とそれに関連する設計ガイドラインを含む「アコースティック・グリーン・ラベル」に関する試案を作成することである。

騒音と振動の問題点と対策に関しては、乗客の快適性、船舶の居住性と船員の健康、港湾における騒音公害、船舶騒音による海洋生物への影響等に関する研究が行われる。

同プロジェクトは、既存の騒音基準と規制の分析、問題となる騒音と振動源の特定、実現可能な達成基準の決定等のいくつかの段階からなる。プロジェクト参加企業・組織から得られた船舶の音響調査データに加え、同プロジェクト向けに新たなデータを収集する。新たな解決方法は、それぞれ技術的、経済的観点から評価された後、バーチャル試験及び数値モデル試験が行われ、その騒音・振動改善度が科学的に評価される。

## HERUCLES-B (High-efficiency engine R&D on combustion with ultra low emissions for ship: 高効率超低排出ガス船用エンジンの研究開発)

### 概要

HERUCLES-B プロジェクトは、2002年に次世代高効率クリーン船用ディーゼルエンジンの開発を目標として創立された、戦略的調査研究プロジェクト HERUCLES プログラムのフェーズ 2 である。このプロジェクトは、併せて世界の船用エンジンシェアの 90%を占める、欧州の 2 大エンジンメーカーであるエンジンメーカーMAN Diesel 社及び WARTSILA 社の主導によって実施される。

HERUCLES-B は、現在及び今後予想される世界の船隊及び燃料基盤を考慮に入れ、海上輸送から発生する CO<sub>2</sub>を大幅に減らすことを目標としている。

HERUCLES-B の主要目標は、船用ディーゼルエンジンの燃費の 10%削減及び船用ディーゼル推進システムの効率を 60%以上に向上させることにより、大幅な CO<sub>2</sub>の削減を達成することである。同時に 2020 年までに、超低排ガス船用エンジン(NO<sub>x</sub> 削減 70%、PM 削減 50%)を完成させることとしている。そのためこのプロジェクトは、高効率及び CO<sub>2</sub>削減を達成するため、設計段階において摩擦、磨耗、燃焼、吸気、電子制御を含む構造的な問題及び熱流体力学を考慮に入れた、極限状態の圧力及び温度パラメーターを持つエンジンの開発を目標としている。また排ガス削減目標を達成するため、燃焼方法及び最先端の排ガス後処理方法も同時に開発される予定である。またパワートレイン全体を改善するため、船体とエンジンの相互作用及びシステム全体の最適化のため複合サイクルの使用も検討される予定である。

HERUCLES-B プロジェクトは、7つのワークパッケージ、13 のタスク、54 のサブ・プロジェクトから成っており、船用ディーゼルエンジン技術全般に及ぶ範囲をカバーする。予算総額は 2,500 万ユーロ、プロジェクト予定期間 36 ヶ月、32 の企業・団体が参加し、欧州委員会の第 7 次研究枠組み計画 (FP7) の援助を受けている。

### 概念及び目標

HERUCLES は、船用エンジンに関する新技術を開発するため 2002 年に創設された、期間 7 年間、予算総額 8,000 万ユーロの調査研究プログラムである。

目標は、

- ・エンジン効率を向上させ、燃費改善及び CO<sub>2</sub> の排出削減。
- ・ガス状及び粒子状排ガスの削減。

調査研究プログラム HERUCLES は、併せて世界の船用エンジンシェアの 90%を占める欧州の 2 大エンジンメーカーMAN Diesel 社及び WARTSILA 社が、共通のビジョンを掲げた結果開始されたプロジェクトである。同じ研究課題で両社が合同で開発に当たるのは、初め

とのことである。HERUCLES プログラム・フェーズ 1 は、FP6 統合プロジェクト I.P. HERCULES として、下記図 1 の示すとおり EC 及びスイス政府共同で資金援助が行われた。I.P. HERCULES (A) は 9 のワークパッケージ、18 のタスク、54 のサブ・プロジェクトより構成されており、船用エンジンのほぼ全技術を研究対象範囲としている。実施期間は 2007 年 9 月までの 43 ヶ月間であった。

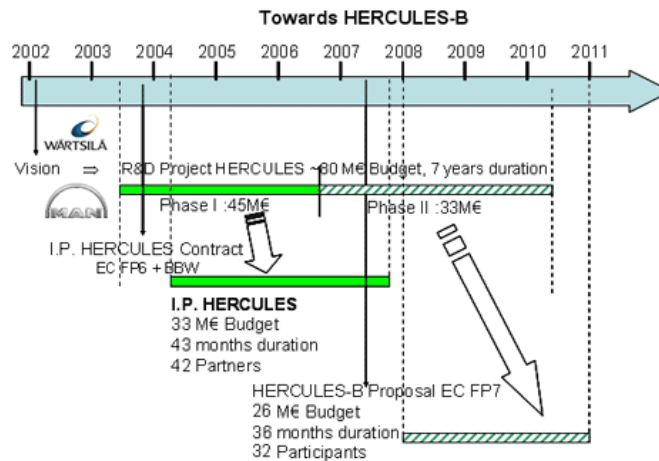
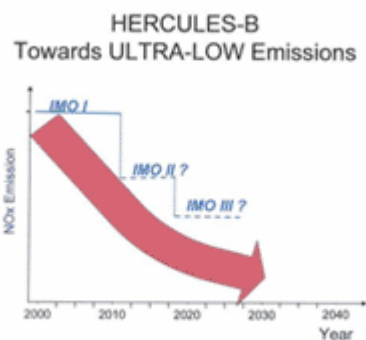
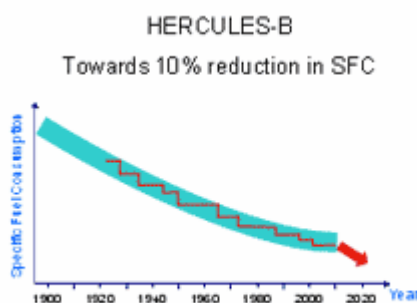


Figure 1: Towards HERCULES-B.

出典 HERUCLES-B ホームページ

現在実施中の HERCULES-B は、本来 7 年間で予定しているプログラムのフェーズ 2 であり、排ガス及び燃料消費に関する全体目標はプログラムを通じて同じである。しかしながら I.P. HERCULES (A) で蓄積されたノウハウ及びその結果を基に、可能性のある分野及び有望な技術の開発に焦点を絞っている。HERCULES-B の目標はより具体的であり、全体で 7 年を予定しているプログラムと一貫性のあるものであり、I.P. HERCULES (A) の成功という観点からして野心的であるが実現可能であり、船用エンジンの経済及び環境に与える影響を見据えたものとなっている。



出典 HERUCLES-B ホームページ

HERCULES-B は、船用エンジン開発に関し、重要な分野全てを統合した技術開発の大型プロジェクトである。各ワークパッケージで測定及び検証可能な目標が設定され、成果達成のための指標として使用される。

	ワークパッケージ名	代表的な目標
WP1	極限パラメーターエンジン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2-S エンジン、シリンダー内最高圧力 (Pmax) : 220bar、平均ピストン速度 : 10m/s</li> <li>・ 4-S エンジン、Pmax : 300bar、平均ピストン速度 : 12m/s</li> </ul>
WP2	燃焼	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目視可能な透明シリンダーカバー : 2 ストローク、内径 500mm エンジン、4 ストローク、内径 320mm エンジン、発火状態、200bar、2000°C</li> <li>・ CFD エンジンシミュレーション検証のため、燃料噴射及び燃焼に関する実寸大空間データの測定</li> </ul>
WP3	ターボ過給	テストエンジンを使用し 8bar チャージ圧力での多段階過給
WP5	排ガス削減法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 50%以上の NOx 削減のため、排気再循環 (EGR)、燃焼ガス循環 (CGR) 及びスクラバーのテスト</li> <li>・ 高硫黄濃度燃料を使用した SCR 向けエンジン・アプリケーション</li> </ul>
WP6	全体のパワートレイン最適化	全体のパワートレイン効率 60%を達成するため高圧側ボイラー混合システムのテスト
WP7	新素材、摩擦及び磨耗	ピストンリング及びガイドシューの摩擦の 25%削減
WP8	電子制御	自己学習能力及び耐故障性を持つ知的管理システムの搭載並びに現行システムとの比較

## HERCULES-VISION

Table 8 HERCULES VISION	Year 2020
燃料消費及び CO2 排出の削減	-10%
NOx の削減 (IMO 2000 基準比)	-70%
その他排ガス削減 (PM, HC)	-50%

## イノベーション

HERCULES-B プロジェクトにおいてイノベーションが図れると思われる分野は以下の通りである。

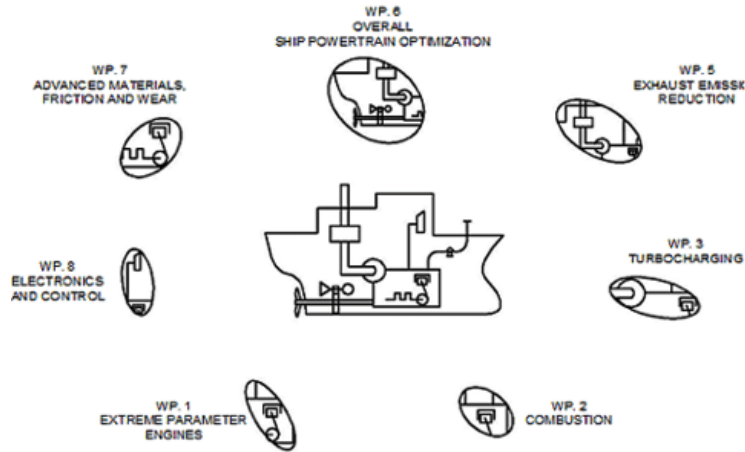
- ・ 極限的な機械的及び熱的負荷に対する船用エンジン向けパワーシリンダー技術
- ・ 大型エンジン向けシリンダー内測定、監視及び可視化方法
- ・ 新燃焼コンセプト
- ・ インテリジェント可変ジオメトリー、多段階及びパワーアシスト過給機
- ・ 複合スチームサイクルによる高温稼動エンジン



- ・ 重油エンジン向け排ガス再循環、スクラバー及び排ガス後処理方法
- ・ 大型エンジン向け新センサー及び排ガス測定方法
- ・ エンジン用ピストンリング及びガイドシュー向け低摩擦・低摩擦素材
- ・ 船用エンジンの自己学習型制御システム

## プロジェクト構造

HERCULES-B プロジェクトは、船用エンジンの研究・開発に関わる全ての範囲をカバーする 7 つのワークパッケージから構成されており、全体像は下記に示す通りである。同プロジェクトは、多種多様なサブ・プロジェクトによって構成されており、関連するサブ・プロジェクトが 13 のタスクを、さらに関連するタスクがワークパッケージを形成する。



HERCULES-B ワークパッケージのスキーム全体像

各ワークパッケージは平行して実施され、ワークパッケージ間で情報交換を継続的に行う。パートナー企業・団体は、設定された目標に対しサブプロジェクトレベルで研究・開発に従事する。サブ・プロジェクトの結果はタスクに組み込まれ、書面による成果の報告又は試作品として提示される。HERCULES-B プロジェクトの全体構成は下記に示す通りである。

No	ワークパッケージ	タスク	サブ・プロジェクト	参加企業・団体
1	極限パラメーターエンジン	タスク 1.1 : 極限負荷条件向けエンジンの開発	1.1.1 高出力エンジンの設計パラメーター及び限界条件	COMPONENTA, TKK, WFI
			1.1.2 要素設計及び製造	
			1.1.3 エンジン試験	
		タスク 1.2 : 極限パラメーターエンジンのメカニカル設計	1.2.1 基本設計及び数値計算法の開発	BSTG, ECKA, IAV, MD-DK
			1.2.2 生産技術及び試作部品の調達	MD-FR, MD-DE, PST MIBA, SANDVIK
			1.2.3 試作品試験	

2	燃焼	タスク 2.1: 燃焼プロセスのモデル化及び開発	2.1.1 参考データの取得及び検証	ETHZ, PSI, WEI, WCH			
			2.1.2 CFD サブモデルの検証及び開発				
			2.1.3 燃焼コンセプトの開発				
		タスク 2.2: 実験的及び数値的燃焼の分析	2.2.1 2ストローク 燃焼プロセス、CFD 及び FEM 分析を行うための実験装置設計	MD-DK, MD-DE, NTUA-LME, RISOE, UNIKARL			
			2.2.2 4ストローク 燃焼プロセス、CFD 及び FEM 分析を行うための実験装置設計				
			2.2.3 2ストローク 部品の製造及び組み立て				
			2.2.4 4ストローク 部品の製造及び組み立て				
			2.2.5 必要な機器の選択及び購入				
			2.2.6 2及び4ストローク 実験装置の機能試験				
			2.2.7 2ストローク エンジン試験及びデータの後処理				
			2.2.8 4ストローク エンジン試験及びデータの後処理				
2.2.9 検証試験及び数値計算法の更なる開発							
2.2.10 2ストローク 排ガスダクト内での排ガス測定							
3	ターボ過給	タスク 3.1: 高効率及び低排ガスターボ過給コンセプト	3.1.1 過給システムの詳細	ABB, ETHZ, PSI, TUT, WFI, WCH			
			3.1.2 制御システムの開発				
			3.1.3 過給機開発				
			3.1.4 エンジンの改造				
			3.1.5 エンジン及び燃焼の最適化				
			3.1.6 検証試験				
	タスク 3.2: 高度インテリジェントターボ過給機	3.2.1 2ストローク向けインテリジェント過給機	MD-DE, PBST				
		3.2.2 2段階過給システムの4ストロークエンジン向け装置					
	5	排ガス削減	タスク 5.1: 排ガス削減法	5.1.1 船用エンジンから排出される PM ガスの特性	EMPA, UKU, VTT, WFI, WCH		
				5.1.2 SOx 及び PM ガス削減技術			
				5.1.3 60%以上の NOx 削減のため乾式及び湿式 NOx 削減技術			
5.1.4 排ガス削減技術の統合及び最適化							
タスク 5.2: 排ガス削減 - 排ガス再循環及び後処理		5.2.1 高圧力排ガス再循環 (EGR)	AALBORG, MD-DK, MD-DE, TUM-LVK				
		5.2.2 燃焼ガス再循環					
		5.2.3 乾式洗浄					
		5.2.4 排ガス後処理					
		6		全体のパワートレイン最適化	タスク 6.1: 船舶全体のパワートレイン最適化	6.1.1 船用パワートレイン要素モデル	TUDELFT, NTU-LME, WPNL
						6.1.2 データの測定及び検証	
6.1.3 統合ソフトウェアツールの開発							
6.1.4 ケーススタディ							

		タスク 6.2: 高圧ボイラー付き複合サイクル	6.2.1 高圧ボイラーの研究、開発及び設計、並びに試験サイズボイラーの作成 6.2.2 エンジン統合： 統合ボイラー付きエンジンの生産レベルでの設計 6.2.3 制御システム： 制御システムの仕様	AALBORG, MD-DK
7	新素材、摩擦及び磨耗	タスク 7.2: トライボロジー最適化	7.2.1 試験リグ稼動時におけるピストンリングの摩擦及び磨耗 7.2.2 実寸大リグ試験時におけるピストンリングの摩擦及び磨耗 7.2.3 ガイドシューベアリングの摩擦最適化 7.2.4 ピストンリングの摩擦及び磨耗に関する組立コンセプトの分析 7.2.5 ピストンリング及び組立の試験	DTU, MD-DK, WCH, FMO
8	電子制御	タスク 8.1: 高度センシング及び高信頼性適応制御	8.1.1 先進計測のためのデジタル信号処理 8.1.2 耐障害性及び対適応制御 8.1.3 信頼性の高い電子装置の設計 8.1.4 試作品試験	TUT, VANSCO, WFI, WCH
		タスク 8.2: インテリジェント・エンジン	8.2.1 センサー技術 8.2.2 エンジン制御システムのためのハードウェア 8.2.3 アルゴリズムの最適化 8.2.4 高度エンジン管理システムのソフトウェア 8.2.5 高度エンジン管理システム及びその装置に対する実験用プラットフォームを使用した試験	MD-DE, NTUA-LME, UNISIEGEN
9	プロジェクト管理			

## ワークパッケージ 1：極限パラメーターエンジンの開発

HERUCLES-B プロジェクトの目標は、高効率超低排出ガスを可能とする船用エンジンの開発である。同プロジェクトは I.P. HERCULES (A) で得られた結果を踏まえるとともに、HERUCLES プログラムの全体目標を達成するため更なる調査範囲の拡大をも視野に入れている。

高効率燃焼エンジンの実現のため確立されている手段の一つとしては、サイクル稼動パラメーターの値を高めることが考えられる。そのため、これまでにディーゼルエンジンの使用圧力及び温度は上昇してきた。より高い稼動パラメーター値は、エンジンの機械的及び温度的負荷に影響を与えるため、信頼性の確保及び各装置の改善などエンジンの構造的強化を経て、稼動パラメーター値の上昇は段階的に行われてきた。

ワークパッケージ 1：極限パラメーターエンジンの目標は、未来のエンジンへ向けた開発である。各構成要素装置は、現在の最先端レベルより一段高い圧力、温度及び平均ピストン速度の下で使用されることを前提に設計された実験用エンジンによる試験を実施する。これにより機械的故障に対する許容度が増加され、新高度燃焼技術の研究を可能とする。バルブタイミングのアクティブ・リアルタイム調整により、高度な燃焼サイクルの下での燃焼制御により、柔軟性を高めることが可能となる。特殊冷却及び熱損失の最適化設計と共に、より高度な温度及び磨耗耐性を持つ新塗料並びに新素材が研究される。研究は、3 基の特別仕様の試作型極限パラメーター大型エンジンを使用して実施される。

ワークパッケージ 1 は、ワークパッケージ 2：燃焼（シリンダー内プロセス・シミュレーション）、ワークパッケージ 3：ターボ過給（極限過給圧力が必要となる段階より）、ワークパッケージ 5：排ガス削減（異なる稼動条件に関する部分）、ワークパッケージ 7：新素材摩擦及び磨耗（部品及びベアリング設計）、ワークパッケージ 8：電子制御との関連が強い。

ワークパッケージ 1 は下記の 2 つのタスクより構成される。

タスク 1.1

タスク 1.2

### タスク 1.1：極限負荷条件向けエンジンの開発

#### 目標

- ・ 類似した現行製品と比較し、35%高い燃焼圧（最大 300bar）及び 25%高い平均ピストン速度（最大 12m/s）という極限負荷状態での稼動用に特別設計された装置の開発及び試験。さらにエンジン・パフォーマンス及び排ガスに及ぼす影響の調査。
- ・ 可変バルブ・パラメーターを使用したエンジン・パフォーマンス及び排ガスへの高度ワーキングサイクルの影響の調査及び検証。
- ・ 高度シリンダー内測定技術の開発

パートナー： Componenta Pietarsaari MS Oy  
Helsinki University of Technology  
Wartsila Finland Oy  
Kistler INstrumente AG (EXAG)

## タスク 1.2：極限パラメーターエンジンのメカニカル設計

### 目標

全体目標は、極限パラメーターでのディーゼルエンジンの稼動時に、主要構成部品にかかる温度及び機械負荷に対抗するための設計ソリューションの開発である。極限設計パラメーターエンジンに対する全体設計目標は、以下の2点である。

- ・ 2 ストロークエンジン：MEP（平均有効圧）23bar，MPS（平均ピストン速度）10m/s，MFP220bar.
- ・ 4 ストロークエンジン：MEP30bar，MPS12m/s，MFP250bar.

パートナー： Bohler Schmiedetechnik GmbH & Co KG  
ECKA Granulate GmbH & Co.KG  
IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr  
MAN Diesel, filial af MAN Diesel SE, Tyskland  
MAN Diesel SAS  
MAN Diesel SE  
Miba Gleitlager GmbH  
Praxair Surface Technologies GmbH  
Sandvik Powermet AB

## ワークパッケージ 2：燃焼

ワークパッケージ 2：燃焼では、I.P. HERCULES (A) で組み立てられた超大型噴霧燃焼室設備を作動、併せて光学的測定装置を完成させる。この設備で、様々な燃焼室の形状下において、空間解析燃焼プロセスデータの測定を行う。測定されたデータにより、低温度燃焼 (LTC) 及び希薄ガス燃焼を含む高度燃焼コンセプト並びに様々なアレンジでの船用エンジンシリンダー内プロセスを予測することを可能にする CFD コードの開発を行うため、燃焼及び汚染物質生成に関するサブモデルを検証する。多くの検証データを集めるため、実験用大ストロークエンジンに透明シリンダーカバーが設計され、これによりシリンダー内への光学アクセス及び現実に即した稼動条件下における流速場領域、火炎形状及び伝熱の測定が可能になる。これらのエンジンには、高速度 CCD カメラ及び CMOS カメラ、レーザー燃料噴霧可視化装置、赤外線表面温度計及び超高速瞬間排ガス成分測定装置が搭載される。

ワークパッケージ 2 は、ワークパッケージ 1: 極限パラメーターエンジン及びワークパッ

ケース 5 : 排ガス削減との関連が強い。

現在の最先端レベルを越えた高充気圧力、稼動レンジの拡大及び高効率性を実現するためには、ターボ過給システムのより一層の開発が必要である。

ワークパッケージ 2 は下記の 2 つのタスクより構成される。

タスク 2.1

タスク 2.2

### タスク 2.1 : 燃焼プロセスのモデル化及び開発

#### 目標

- ・ CFD を使用した調査並びに現行の船用エンジンと比べ燃料消費及び排ガス間のトレードオフを改善する燃焼コンセプトの提案。
- ・ モデル入力及びモデル検証に必要な関連データの収集。
- ・ 船用エンジン燃焼プロセス・シミュレーションを行うために必要な CFD コード及びシミュレーション手法の開発並びに改善

パートナー : ETH Zurich

Paul Scgerrer Institut

Wartsila Finland OY

Wartsila Schweiz AG

### タスク 2.2 : 実験的及び数値的燃焼の分析

#### 目標

- ・ 燃焼室内部の光学的解析を可能にする光学的アクセスポイントを多数備えた 2 ストロークエンジン及び 4 ストロークエンジン向け試作型シリンダーカバー (透明カバー) の開発。
- ・ 燃料噴霧及び火炎の可視化、速度場及び温度場の測定並びに排ガスの過渡的エミッション計測を含む、シリンダー内現象の可視化及び照度向上のための応用計測機器の選択及び開発。
- ・ 新燃焼コンセプト及び排ガス生成のモデル化のための数値的シミュレーションコードの開発。モデル化は、光学的シリンダー内調査からのインプット及びインサイトにより検証及び拡張される。

パートナー : Danish Technical University

MAN Diesel, filial af MAN Diesel SE, Tyskland

MAN DIESEL SE

National Technical University of Athens / LME

University of Karlsruhe / IfKM

## ワークパッケージ 3 : ターボ過給

ワークパッケージ 3 : ターボ過給では、実験用多段階ターボ過給システムが I.P. HERCULES (A)の経験を基に開発され、試験用エンジンに搭載される予定である。部分負荷運転時及び設計外運転時でのブースト供給のための大型過給機用 PTI (Power Take In) 装置が、高速ベアリング技術に重点を置いて開発される。また重油燃料エンジンでの可変ジオメトリー技術の試験を行う。効率性向上及び排ガス規制適合のため、あらゆる運転条件下において効果的なターボ過給を可能とする制御方法の調査を、試験用プラットフォームを用いて実施する。

ワークパッケージ 3 は、ワークパッケージ 1 : 極限パラメーターエンジンと密接な関係を持ち、ワークパッケージ 5 : 排ガス削減、ワークパッケージ 7 : 新素材摩擦及び磨耗、ワークパッケージ 8 : 電子機器及び制御との関連が強いものである。

ワークパッケージ 3 は下記の 2 つのタスクより構成される。

タスク 3.1

タスク 3.2

### タスク 3.1 : 高効率及び低排ガスターボ過給コンセプト

#### 目標

- ・ 最低 50%の NO<sub>x</sub> 削減を可能にする、船用中速エンジン向けシリアル高圧ターボ過給システムの実現。
- ・ 耐久試験による多段階ターボ過給システムの信頼性及び耐久性の実証。
- ・ NO<sub>x</sub>削減を考慮した 2 ストロークエンジン向け高圧ターボ過給システムの可能性の調査。
- ・ 部分負荷エンジン特性の改善を行うための高度多段階ターボ過給システム制御装置の実現。

パートナー : ABB TURBO SYSTEMS AG

ETH Zurich

Paul Scherrer Institut

Tampere University of Technology

Wartsila Finland OY

Wartsila Schweiz AG

Kistler Instrumente AG (EXAG)

### タスク 3.2 : 高度インテリジェントターボ過給機

#### 目標

- ・ 2 ストローク船用ディーゼルエンジン  
2 段階ターボ過給機の設計及び製造を行い、平均有効圧力を最大 30bar まで増加させる。ま

たこれに対応して、複合サイクルプラントの効率を 2%向上させる。PTI/PTO ユニットの使用により、排ガス及び燃費の双方の観点からエンジンの最適稼動条件を実現させる。最大出力時において、メインエンジンの軸出力の最大 5%を PTO で引き出すことが可能である。その結果、船全体での燃料消費率 (SFOC) は 2-3%改善される。

- ・ 4 ストローク船用ディーゼル及びガスエンジン :

給気圧力を最大 8bar まで増加させるため、2 段ターボ過給機の設計及び製造を行う。また可変流領域によりターボ過給機制御が実現化され、PTI 設備も併せて開発される。この複合高度ターボ過給システムの開発によって、下記の改善が見込まれる。

- ・ ガスエンジン : 発熱率を維持したまま平均ガスエンジン 30bar を達成。
- ・ ディーゼルエンジン : 最低ディーゼルエンジンの燃料効率を維持したまま平均効果圧力 30bar 及び IMO 第一次規制と比べ NOx50%削減。

パートナー : MAN DIESEL SE

PBS Turbo s.r.o Velka Bites

#### ワークパッケージ 5 : 排ガス削減

様々な排ガス削減方法が、I.P. HERCULES (A)において調査及び評価された。そのうちいくつかの方法は、大型船用エンジンには適用できないことが判明した。

ワークパッケージ 5 : 排ガス削減では、NOx 及び PM に関する検討を行う。

PM 成分に関しては、様々な運転条件下での排ガスの詳細調査を行い、PM 成分の特性評価に関するノウハウの拡大を図る。そのノウハウを踏まえ、燃焼シミュレーションで使用される様々な燃料品質でのすす粒子発生の改良モデルを開発する。この知識は、スクラバーによる SOx 及び PM の除去を確立するためにも大きな助けとなる。

NOx 削減に関しては、エネルギー回収の為の新 EGR ボイラーを備えた超低排出ガス用極限 EGR (排気ガス再循環) 装置の適用について、大型試験用エンジンを用い実験的に研究する。さらに新 CGR (燃焼ガス再循環) コンセプトを、試作装置を用いて研究する。

後処理技術に関しては、船用 SCR (選択式触媒還元) 装置に関する運転上の限度及び境界条件を調査する。最終的に、NOx 削減を最大化するための各技術の組み合わせに対する評価を、試作型エンジンで実施する。

ワークパッケージ 5 は、ワークパッケージ 2 : 燃焼と密接な関係を持ち、ワークパッケージ 1 : 極限パラメーターエンジン、ワークパッケージ 3 : ターボ過給及びワークパッケージ 8 : 電子制御との関連が強い。



ワークパッケージ5は下記の2つのタスクより構成される。

タスク 5.1

タスク 5.2

### タスク 5.1：排ガス削減手法

#### 目標

- ・ 船用エンジンからのPMの特性評価に関するノウハウの拡張及び確証。(全体質量、粒度分布、組成評価、毒性試験、燃料及びエンジン設定などのパラメーターに対する依存度など)
- ・ すず粒子の生成メカニズム(様々な燃料の品質のソース分類を含む)モデルの開発。
- ・ SO<sub>x</sub>及びPM削減技術の評価及びさらなる開発。
- ・ 乾式、湿式、又はその組み合わせによる60%を超えるNO<sub>x</sub>削減コンセプトに関する研究。
- ・ 船用エンジンに適用可能な超低排ガスコンセプトの実証。

パートナー：EMPA, Swiss Federal Laboratories

University of Kuopio

VTT Technical Research Centre Of Finland

Wartsila Finland OY

Wartsila Schweiz AG

Lloyds Register (EXAG)

Det Norske Veritas (EXAG)

### タスク 5.2：排ガス削減-排ガス再循環及び後処理

#### 目標

- ・ 極限EGRパラメーター及びエンジン・パラメーターの変化による高圧EGRを使用した、大型2ストロークディーゼルエンジンのNO<sub>x</sub>削減80%。
- ・ 高圧ボイラーの導入によるEGRシステムにおける排ガスからのエネルギー回収の可能性の向上に関する研究。
- ・ 船用主機関向け実寸大高圧EGRシステムの開発及び試験により船上でのNO<sub>x</sub>50%削減。
- ・ CGR技術によるNO<sub>x</sub>削減の可能性の研究。試験プラントによるCGRシステムの研究、設計、開発及び試験。目標は、試験プラントでのNO<sub>x</sub>削減50%達成。
- ・ 乾式スクラバー技術の研究によるEGRシステムにおけるエネルギー消費及び排水処理の削減。
- ・ SCR装置に必要な境界条件に関する研究。

パートナー：Aalborg Industries A/S

MAN Diesel, filial af MAN Diesel SE, Tyskland

MAN DIESEL SE

Technical University of Munich  
Hapag Lloyd AG (EXAG)  
Germanischer Lloyd AG (EXAG)  
A.P. Moller-Maersk A/S (EXAG)

## ワークパッケージ 6 : 全体のパワートレイン最適化

全体のエネルギー節約のコンセプトは、様々な運営条件下における全てのエネルギーフローを考慮するものである。パワートレインに関しては、詳細は 2 つに分類される。一つは排ガス熱回収による燃料エネルギーの使用改善であり、他方はエンジン、推進器、船舶の相互作用及び設計を考慮した実際の運転条件での推進効率の全体的な最適化である。

ワークパッケージ 6 : 全体のパワートレイン最適化では、エンジンの高圧側クロス・カップルド・ボイラーを含む複合設計の新コンセプトが、試作エンジンにおいて研究される。より高い熱慣性によるエンジン過渡的状態時での統合及び制御について調査される予定である。エンジン、プロペラ及び船体を含む全体の船舶推進シミュレーションモデルは、設計外及び過渡状態を含むものへと拡張され、測定データによる検証が行われる。これらは実際の船舶運航シナリオ（天候、汚損、航海、氷、負荷など）における船舶の燃費向上及び排ガス削減のための最適なサブ・システム選択を実証するために使用される予定である。

ワークパッケージ 6 は、ワークパッケージ 8 : 電子機器及び制御との関連が強い。

ワークパッケージ 6 は下記の 2 つのタスクより構成される。

タスク 6.1

タスク 6.2

### タスク 6.1 : 船舶全体のパワートレイン最適化

#### 目標

- ・ 方法論の整理、船舶推進パワートレインの最適構成のための関連シミュレーション・ツールの開発。
- ・ 実際の運転条件での船舶全体のパワートレイン設計の最適化、全体の推進効率の向上、及び汚染物質を含む排ガスの 3%削減。

パートナー : Delft University of Technology

National Technical University of Athens, LME

Wartsila Propulsion Netherland BV

### タスク 6.2 : 高圧側ボイラー付き複合サイクル

#### 目標

エンジンの不可欠な要素として、過給機の前にある 2 ストロークディーゼルエンジンの排ガス管へのボイラー統合。全体効率が 60%かつ既存の製品に比べ体積の小さい革新的な複合システムを設計する。

パートナー：Aalborg Industries A/S

MAN Diesel, filial af MAN Diesel SE, Tyskland

A.P. Moller-Maersk A/S (EXAG)

Hapag Lloyd AG (EXAG)

## ワークパッケージ 7：新素材、摩擦及び磨耗

エンジンの機械効率の改善は、燃料消費の削減へ直結する。摩擦損失の削減には、トライボロジー及び耐磨耗素材の研究開発が必要である。

ワークパッケージ 7：新素材、摩擦及び磨耗では、新ピストンリング・トライボロジー・コードが新摩擦及び磨耗モデルで使用され、エンジンにおける制御された実寸大ピストンリング稼動実験及び試験装置リグからのパフォーマンスデータにより、コードの検証が行われる。新低摩擦ガイドシューベアリングを開発し、実験用大型 2 ストロークエンジンにより、実寸大試験を行う。目標は摩擦損失の大幅な削減である。

ワークパッケージ 7 は、ワークパッケージ 1：極限パラメーターエンジン及びワークパッケージ 3：ターボ過給との関連が非常に強い。

ワークパッケージ 7 は下記の 1 つのタスクより構成される。

タスク 7.2

### タスク 7.2：トライボロジーの最適化

#### 目標

- ・ トライボロジー挙動の理解を深めるため、新摩擦及び磨耗モデルにピストンリング・トライボロジー・シミュレーション・コードを使用。
- ・ 大幅な磨耗の増加を伴わず、信頼性を向上しつつ、25%以上のピストンリング・パッケージ全体の摩擦を削減する新ピストンリングの設計及び新素材の開発。
- ・ 試験リグ稼動条件下におけるピストンリング・パフォーマンスの評価のため、高度測定技術の開発及び適用。
- ・ 制御された実寸大稼動条件下におけるピストンリング・パフォーマンスの評価。
- ・ 新低摩擦ガイドシューベアリングの開発。
- ・ エンジン搭載及びガイドシューベアリングの測定、並びに長時間試験/計算による摩擦及び磨耗パフォーマンスの検証。

- ・ ガイドシューベアリングの全体摩擦の25%以上削減。

パートナー：Danish Technical University

MAN Diesel, filial af MAN Diesel SE, Tyskland

Wartsila Schweiz AG

Federal Mogul Friedberg GmbH

Hapag Lloyd AG (EXAG)

## ワークパッケージ 8：電子制御

いくつかの新エンジン装置は、実際の一般的な運転条件に適応させることにより、広い適応性及びパフォーマンスを最適化出来る可能性を秘めている。高度エンジン管理システムの開発を、ワークパッケージ 8：電子制御にて実施する。

重油燃料エンジンでの  $\text{NO}_x/\text{O}_2$  及びシリンダー内圧力のそれぞれのセンサーの評価及び検証を、エンジン診断のための信号処理方法の開発と平行して実施する。より信頼性の高いエンジンに付属する電子機器、インターフェース及びバス・システムの開発により、インテリジェント・エンジンの高度適応制御手法の開発及び信頼性を向上させる。最先端の最適化アルゴリズムを、騒音環境及び動的条件での適応パラメーター選択のために使用する。自己学習能力を持った制御システムの機能確認を、実寸大エンジン・テストベッドで実施する。

ワークパッケージ 8 は、ワークパッケージ 1：極限パラメーターエンジン、ワークパッケージ 3：ターボ過給、ワークパッケージ 5：排ガス削減及びワークパッケージ 6：全体のパートレイン最適化との関連が強い。

ワークパッケージ 8 は下記の 2 つのタスクより構成される。

タスク 8.1

タスク 8.2

### タスク 8.1：高度センシング及び高信頼性適応制御

#### 目標

- ・ エンジン診断のための高度信号処理手法の開発。特にノッキング、インジェクター挙動及び燃料噴射機の診断手法を、信頼性、パフォーマンス及びユーザーの使い勝手向上のため、生産エンジンに適応できるよう開発。
- ・ 電子機器設計の信頼性向上のための新設計手法及びアーキテクチャーの開発。
- ・ エンジンのパフォーマンス及び有用性を改善する、高度制御方法を利用したエンジン制御装置のための診断手法及び適応制御手法の開発。特にエンジン管理スキームをベースとし

たモデルが、堅固さの向上及び多数の調整可能パラメーターの削減に焦点を当て開発。

- ・ 前述した開発の実寸大エンジンにおけるプロトタイプ試験の実施。

パートナー：Tampere University of Technology

Vansco Electronics Oy

Wartsila Finland OY

Wartsila Schweiz AG

## タスク 8.2：インテリジェント・エンジン

### 目標

- ・ 重油燃料 4 ストロークエンジンからの NO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub> 及びオンライン・シリンダー圧力測定を使用したセンサーの評価及び検証。長期間の安定を示すエンジンデータの高信頼度測定のためのセンサー選択。
- ・ 試験設計のためのアルゴリズム、エンジンのモデリング、及び最適化を含む制御方法の開発及び評価。新最適化アルゴリズムを開発し、最適制御方法の決定に適用。
- ・ テストベッド試験による適応制御システムの機能確認。測定は、新制御システムの有用性を確認するための計測を実施。

パートナー：MAN DIESEL SE

National Technical University of Athens, LME

University of Siegen

## 2-2 その他欧州各国、多国間プロジェクト

### 2-2-1 各国のプロジェクト

#### 2-2-1-1 ドイツ

#### e4ships

2009 年 7 月に開始された e-4ships プロジェクトは、船用燃料電池の可能性に関するドイツの研究開発プロジェクトで、2016 年に終了の予定である。同プロジェクトは、燃料電池が船舶の通常の運航条件下で実用化可能な燃料源であると実証することを目的としている。

e-4ships プロジェクトは、水素と燃料電池技術に関するドイツのナショナル・イノベーション・プログラム\*の一部で、プロジェクト総予算 5,000 万ユーロのうちの約半分はドイツ連邦運輸省が助成し、残りはプロジェクト参加企業・組織が負担する。プロジェクトは MCFC

(molten carbonate fuel cell : 熔融炭酸塩型燃料電池) 及び低温 PEM (proton exchange membrane : 固体高分子型) 燃料電池の両型式の燃料電池を研究対象とする。

プロジェクト参加企業・組織は、ドイツ船級協会 GL、MTU Onsite Energy をはじめとする燃料電池メーカー、ドイツの造船所と船社である。

e-4ships プロジェクトの 4 つのモジュールは以下の通りである。

- ①Pa-X-cell : 船内分散型発熱・発電に利用される燃料電池を開発し、クルーズ船上で試験を行う。
- ②SchIBZ (Ship integration fuel cell : 燃料電池の船舶への統合) : 船内ディーゼル改質装置付きの船用燃料電池を開発し、通常の運航条件下で実船実験を行う。
- ③HyFerry : 沿岸を航海するフェリー数隻に、ハイブリッド発電装置として水素を燃料源とする PEM 燃料電池を設置し、実船実験を行う。
- ④Toplaterne (マスト) : このモジュールでは、プロジェクト参加企業・組織が船用燃料電池の利用に関する技術的、経済的、及び環境面における諸課題を取り上げる。

\*ドイツ連邦政府のナショナル・イノベーション・プログラム (NIP) は、多くの研究組織及び企業が実施している水素電池及び燃料電池の研究開発プロジェクトの共通フレームワークとなるもので、公的機関と一般企業の共同プロジェクトの実施期間は 10 年間である。プロジェクト資金としては連邦政府が 5 億ユーロを拠出し、産業界も最低同額以上を負担する。

#### EMI MINI II (Emission Minimisation : 排出ガス量の最小化)

ドイツ連邦政府は、排出ガス量の最小化に関する研究開発プロジェクト「EMI MINI」の 2 つのフェーズに助成を行っている。第一フェーズは 2002～2005 年に実施され、最大の研究成果として Caterpillar 社の低排ガスエンジン MaK Low Emission Engine (LEE) 技術が開発された。プロジェクトの第二フェーズ (2006 年～2009 年) は、排出ガス量に関して IMO の Tier II 及び Tier III の環境基準を満たす中速エンジンの開発を目標としている。

EMI MINI プロジェクト第二フェーズの重要な目標のひとつは、Caterpillar コモンレール (CCR) システムを最適化し、MaK 中速エンジンの排出ガス量を IMO Tier I 基準の 50% 以下に削減することである。

同プロジェクトには、Caterpillar 社以外に AVL Deutschland、L'Orange、WTZ Rosslau、ロストック大学が参加している。

ロストック大学は、特殊な試験台でスプレー噴射パラメーターに関する詳細な研究を行い、

異なる質の燃料に合わせて噴射部品を最適化するために必要なデータを提供した。この研究結果は、AVL が自社ソフト CFD-FIRE を用いて計算モデルを開発、実証、改良することに利用され、またドイツ Caterpillar Motoren 社による MaK 船用エンジンの燃焼過程の解析、予測にも利用された。

シミュレーションにより、ノズル流のスプレー伝播と液滴分解への影響が解明され、また既存の測定技術では解明できないエンジン内部の化学的、物理的過程の観察が可能となった。

スプレーの調査とシミュレーションの結果は、MaK 船用エンジンの単回路コモンレール・システムの改良に役立った。また、L'Orange は電子制御噴射器の設計の最適化を行った。同時に、今後の排ガス削減には、多重噴射技術が不可欠であることが明らかになった。

WTZ Rosslau は、単気筒のリサーチ・エンジンを用い、異なるレール圧力、噴射パラメータ、圧縮率、給気温度の下でさらなる試験を実施した。これにより、コモンレール技術と可変噴射タイミングや多重噴射等の NOx 削減技術を組み合わせることにより、燃料消費量とスモークの僅かな増加は発生するが、NOx 排出量を IMO Tier I 基準の 50%以下に削減することが可能であることが判明した。

プロジェクトでは、IMO Tier II 基準の達成は可能であるが、IMO Tier I 基準を 50%下回る NOx 排出量を実現するには、エネルギー効率の低下が避けられないという結果が得られた。このため、EMI MINI II プロジェクトの目標達成のためには、さらなる研究が必要である。

EMI-MINI プロジェクトの第一フェーズ、第二フェーズに参加した企業・組織は、後続プロジェクト FAME (Fuel Air Management for Emissions Reduction : 排出ガス削減のための燃料空気管理) の実施を決定し、2009 年 9 月/10 月にプロジェクトを開始した。

## OFF-Design (Hydrodynamic analysis methods for propulsion and manoeuvring systems in off-design : 推進・操舵システムの設計外の流体力学分析手法)

プロペラとラダーは、通常設計ポイントと呼ばれる特定の運航条件を念頭に設計される。しかし、実際の船舶の運航は、特定の設計ポイントとは異なるいくつかの運航条件からなっている。「OFF-Design」プロジェクトは、船舶が運航上経験するこれらの設計外 (オフ・デザイン) の条件を解明するドイツの研究開発プロジェクトである。

OFF-Design プロジェクトは 2008 年 8 月に開始され、実施期間は 3 年である。プロジェクトの目的は、流体力学特性をさらに詳細に解明する設計ツールを開発することで、開発されたツールと知識は、船舶、プロペラ、ラダーの効率とキャビテーション特性を改善するた

めに用いられる。

プロジェクト参加企業・組織は、Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA : ハンブルク船舶試験水槽)、Flensburger Schiffbau-Gesellschaft (FSG 造船所)、Energie-Umwelt-Beratung (EUB)、ハンブルク - ハーブルク工科大学 (THH) である。

プロジェクトは HSVA が中心となり、オフ・デザインにおける船舶、プロペラ、ラダーの流体力学特性が、水槽モデル試験と HSVA の流体力学キャビテーション・トンネルを用いて解明される。さらに、オフ・デザインの特殊条件を考慮に入れた船舶とプロペラ設計のための CFD (計算流体力学) ツールを開発し、モデル試験結果を用いて実証を行う。

#### CENTRE OF MARITIME RESEARCH, ELSFLETH : 新産学共同研究所

2009年4月、ドイツに新たな共同海事研究所となる Centre of Maritime Research (海事研究センター) が誕生した。同センターは、ブレーメンの北西 40km にあるエルスフレートに位置し、University of Applied Sciences Idenburg-Ostfriesland-Wilhelmshaven (FH-OOW) とブレーメン Beluga Shipping 社による産学パートナーシップとして、海運業への環境技術のイノベーションを進める。

海事研究センターは、FH-OOW 大学の海事研究部門と造船機械センターとともに、30,000 m<sup>2</sup>の「エルフレート海事キャンパス」を構成する。

同センターは、科学技術研究と海運業界の戦略的協力により、海事セクターが直面する問題を解決していくことを目標としている。特に海事セクターのビジネス環境を改善する革新的な技術への要望は高く、同センターの主な研究対象・分野は、環境保護、環境への影響、情報通信技術、システム技術、インフラとロジスティックス、基礎及び高度トレーニングである。

当初の課題は、船舶の燃料消費量と排出ガスの削減、船舶運航の効率性向上、船陸間の情報通信システムの改善である。

産業界と大学は共同研究プロジェクトを実施し、プロジェクト・パートナーとの地理的な近さによる利便性と研究のシナジー効果を目指し、同センター内のスペースを借りて研究を行う企業もある。海事産業以外の企業も、他の運輸機関で利用されている技術の船用転換による新市場の開拓を視野に入れ、このような協力とパートナーシップに興味を示している。

同センターは、参加大学のひとつである Jade University of Applied Sciences Wilhelmshaven-Oldenburg-Elsfleth と関連研究所と協力し、他の海事研究所、大学、造船所、船社、企業とともに共同研究開発プロジェクトを企画し、運営する。



## 2-2-1-2 スウェーデン

### EFFSHIP (Efficient shipping with low emissions : 低排出ガスで高効率の海運)

EffShip プロジェクトは、スウェーデン Vinnova (研究開発とイノベーションを振興するスウェーデンの政府機関) が助成する研究開発、技術開発、デモンストレーションを組み合わせたプロジェクトで、海運の効率向上と環境への影響軽減を目指している。プロジェクトの具体的な研究課題としては、船用機器の効率改善、代替燃料の利用、補助推進力としての風力利用、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>)、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)、粒子状物質 (PM) の削減技術が挙げられている。

EffShip プロジェクトは、2009年12月1日に開始され、2013年3月31日に終了の予定である。同プロジェクトは、2020年までに燃費の20%改善、温室効果ガスの40%削減、及び輸送部門における最低10%の再生可能燃料の利用という、EU とスウェーデンの環境目標の達成に寄与することを目指している。

同プロジェクトでは、開発された技術のフルスケール実験と船舶設計が行われる。

プロジェクト管理は研究機関 SSPA Sweden が、スウェーデンの船舶設計、交通システム設計専門企業 ScandiNAOS とともにしている。他のプロジェクト参加企業・組織は、Wärtsilä、S-MAN (船用暖房)、DEC Marine (NO<sub>x</sub> 削減)、Chalmers University 海洋技術学部、StoraEnso (林業・製紙)、Goteborg Energi (エネルギー) である。

EffShip プロジェクトは、以下の作業パッケージ (WP) に分かれている。

- 現行及び将来的な船用燃料
- 排出ガスの浄化
- エネルギー効率と熱回収
- エネルギー交換器 (熱回収用)
- 風力、波力、太陽エネルギーの補助的利用
- ロジスティック・システム分析

最終的なプロジェクト・レポートは、2013年に提出される予定である。

## 2-2-1-3 フィンランド

### FUTURE COMBUSTION ENGINE POWER PLANT (FCEP : 次世代内燃機関)

FCEP プロジェクトは、2010年1月1日から2012年12月31日の間に実施されるフィン

ランドの次世代内燃機関に関する研究開発プロジェクトで、往復機関と関連発電技術のさらなる開発により、世界市場でフィンランド企業の優位を維持することを目的としている。

FCEP プロジェクトでは、参加企業・組織の研究開発活における密接な協力により、長期的なシナジー効果を狙っている。

同プロジェクトのプロジェクトリーダーとコーディネーターは、フィンランドのエネルギー、環境クラスターの科学技術イノベーション戦略センターである CLEEN が担当している。CLEEN は 2008 年に設立され、大企業や研究所等の 45 企業・組織が株主である。Wärtsilä Finland も CLEEN の株主のひとつであり、また ABB とともに FCEP プロジェクトに参加している著名企業でもある。FCEP プロジェクトには 17 企業・組織が参加しているが、特に大学と研究所の参加が多い。

FCEP プロジェクトの総予算は 3,800 万ユーロで、うち 1,020 万ユーロを参加企業が、500 万ユーロを参加研究組織が出資している。Wärtsilä は最大の出資者のひとつである。残りの 2,280 万ユーロはフィンランド技術イノベーション基金 (TEKES) 経由でフィンランド政府が出資している。

主要研究分野は、燃焼過程、エネルギー効率、排出ガス削減、熱回収技術、熱転換技術、燃料の柔軟性、内燃機関のバイオ燃料の利用等である。

#### 2-2-1-4 デンマーク

##### GREEN SHIP OF THE FUTURE (未来のグリーン・シップ)

2009 年、デンマークの海事プロジェクトである「Green Ship of the Future」は、最も環境にやさしい海運プロジェクトとして、持続性のある海運 (Sustainable Shipping) 機関から国際環境賞を授与された。「Green Ship of the Future」は 2008 年に開始されたプロジェクトである。2009 年末現在、船社、船用機器メーカー、デンマークの大学等の 15 企業・組織がプロジェクトに参加している。

同プロジェクトの目標は、海運による CO<sub>2</sub> 排出量の 30%削減、NO<sub>x</sub> と SO<sub>x</sub> 排出量の 90%削減である。目標達成のためには、既存技術と新技術の両方を活用する。

同プロジェクトの研究分野は以下の通りで、MAN Diesel がいくつかの研究に関与している。

- 排出ガスからの SO<sub>x</sub> 及び PM除去のためのスクラバー・システムの開発、設置およびフルスケール試験。同技術では SO<sub>x</sub> の最高 90%除去が可能。

- 排出ガス再循環（EGR）システムの開発と試験。EGR システム試作機が MAN 社コペンハーゲン研究所にある出力 7MW の重油焚きリサーチ・エンジンに設置された。フルスケールの実証は、2009 年中に A.P.Moller-Maersk 社所有のコンテナ船「Alexander Maersk」の船上で実施される予定。
- 排出ガスからの廃熱をターボ発電機用の高熱水蒸気に変換させる廃熱回収（WHR）システムの開発。また、A.P.Moller-Maersk 所有船への新たな排出ガス・ボイラー、蒸気タービン、出力タービン搭載に関するデザイン研究を行う。最適化された新型 WHR システムは、エネルギー効率の向上に加え、CO2 排出量の 20%削減という利点が考えられる。
- エンジンのシリンダー内の燃焼圧力のオンライン測定に基づく自動調整コンセプト。開発されたエンジン制御システムは、測定された燃焼圧力を常時監視し、基準値との比較を行う。また制御システムは、測定された偏差に従い燃料噴射のタイミングを自動調整し、後続の点火時に最適な燃焼圧力を実現する。同システムの資本回収期間は、エンジンの大きさと運転スケジュールによるが、5～20 ヶ月と予想されている。

同プロジェクトでは、既存技術及び近い将来に利用可能な新技術によって達成可能な排出ガス削減のレベルを明確にする概念研究を行っている。この概念研究は、バルク・キャリアとコンテナ船という典型的な 2 船型を用いて行われ、デンマーク海事基金が資金を拠出している。

コンテナ船研究のプロジェクト・マネージャーは Odense Steel Shipyard、バルク・キャリア研究のマネージャーは設計会社 Grontmij-Carl Bro 社が担当している。Grontmij-Carl Bro は、同社が設計したハンディサイズ型バルク・キャリア船型である Seahorse 35 の現実的な代替となり得るグリーン・シップを開発することを目標としている。

#### 2-2-1-5 ノルウェー

##### SeaPro（Ship propulsion in extreme seas：波浪中の船舶推進）

最終年である 4 年目に入った SeaPro プロジェクトは、荒天下の安全航行のために船体と推進システムを最適化するツールの開発を目指したプロジェクトで、2010 年末が終了予定である。SeaPro はノルウェー政府の「ユーザー参加型知識構築プロジェクト」（KMB）のひとつで、ノルウェー・リサーチ・カウンシルが 75%、Rolls-Royce Marine 社が 25%を出資している。

プロジェクト総予算は約 1,520 万ノルウェー・クローネで、NTNU と Marintek が使用している。プロジェクト・コーディネーターは、ノルウェーRolls Royce UTC（大学技術センター）である。

SeaPro プロジェクトは、既存の船舶の推進システムが静穏時の運航を分析、設計されていることを問題視し、それが新研究の動機となっている。波動と船の動揺の影響は、主に安全性を考慮し、船舶設計に組み込まれている。しかし、燃料の高騰、新船型や新推進システムの導入、北欧海域における運航規制の強化により、これまでの設計条件では不十分な状況となりつつある。そのため、荒天下の運航時の負荷や影響を解明する効果的な手法の確立が必要となっている。

SeaPro プロジェクトの目標は以下の通りである。

- 荒天下の運航時にプロペラへの機械的負荷を軽減し、推進効率を高めるための制御システム開発に必要な流体力学的知識を提供する。
- アジマス型スラスターの流体力学的に最適化された機械設計を可能にするオフ・デザイン及び荒天時におけるスラスター・プロペラへの負荷に関する流体力学的知識を提供する。
- 航行中の船舶の抵抗増加と速度減少に関する精度の高い計算方法を開発し、使用が容易なコンピューター・プログラムに組み込む。
- 波浪時の抵抗増加と速度減少を考慮した船舶設計のためのガイドラインを作成する。
- RaNS 法による方位保持計算のアプリケーションが可能な分野の研究を行い、知識を提供する。

## 2-2-2 多国間プロジェクト

### FellowSHIP (Fuel cells for low emission ships : 低排出ガス船舶向け燃料電池)

2003年に始動したこのプロジェクトは、船用及びオフショア産業向けハイブリッド燃料電池パワーパックを開発することを目的としている。同プロジェクトで開発された船用燃料電池は、ノルウェーOlensvaagのWestcon (West Contractors)造船所で建造されたノルウェーのオフショア・サプライ船「Viking Lady」に設置され、2009年9月に海上実験とデモが開始された。

Viking Lady はデュアル・フュエル推進システムを持ち、主機では主に天然ガスを使用している。同船の天然ガス貯蔵庫は、主に船内サービス用電力を発電する補機となる320kW型燃料電池にも燃料を供給する。

プロジェクトで使用される熔融炭酸塩型燃料電池(MCFC)は、ドイツMTU Onsite Energyが開発したもので、「ホット・モジュール」燃料電池パックとしてViking Ladyに設置された。同社は既に50基以上の「ホット・モジュール」を病院や大学等の陸上施設に補助発電機として納入しているが、Viking Ladyは初の船用アプリケーションである。燃料電池は、CO<sub>2</sub>排出量の50%削減という排出ガスの低さと、騒音・振動の低さという特性から船舶への利用が

期待されている。

実験に使用される燃料電池装置では、LNG 燃料がガス分配装置により陽極垂直流チャンネル (vertical flow channels of the anodes) に供給される。天然ガスと蒸気は 650°C で内部改質過程において陽極に必要な水素を発生させる。

FellowSHIP プロジェクトの参加企業・組織は、MTU、Eidesvik & Co (船社)、Wärtsilä Norway、Vik-Sandvik (Wärtsilä Group)、ノルウェー船級協会 DNV である。プロジェクト予算の約 45% は、ノルウェー・リサーチ・カウンシルとドイツ政府機関を含む公的機関が拠出し、残りの 55% はプロジェクト参加企業が負担している。

### HYMAR (Hybrid Marine : ハイブリッド・マリン)

2009 年に開始された実施期間 3 年の HYMAR プロジェクトは、船長 24m までの一般商船及びプレジャー・ボート向けのハイブリッド電気推進システムの効率改善に関する研究開発プロジェクトである。

HYMAR プロジェクトへは、舟艇工業会国際評議会 (ICOMIA) 内の委員会である EU 海事産業グループ (EURMIG) が 220 万ユーロを出資している。米国 Electric Marine Propulsion 社が開発した E-motion ハイブリッド・システムが、同プロジェクトの最重要機器となる。同プロジェクトの第一の目的は、内燃機関の完全な代替となり得る最適化され完全に統合された船用ハイブリッド電気駆動システムの開発である。

HYMAR プロジェクトの欧州からの参加企業・組織は、Bosch Engineering (ドイツ)、Malo Yachts (スウェーデン)、Steyr Motors (オーストリア) Victron Energy (オランダ)、Bruntons Propellers (英国)、Energys (英国)、INSEAN (L' Istituto nazionale per studi e esperienza di architettura navale、イタリア) である。また、米国 Electric Marine Propulsion 社は、英国に新たに設立した子会社 E motion Special projects としてプロジェクトに参加する。

プロジェクトの目標は以下の通りである。

- ① モーターのピーク効率とプロペラ出力の電力吸収を一致させる。
- ② 蓄電池からの電力の入出力の自動制御。
- ③ 発電機からの出力と充電能力、船内負荷、推進力需要の調和。

上記の目標達成のために、HYMAR プロジェクトでは、動的変換モーター制御装置及び発電制御装置、エネルギー管理モジュール、トルク対応自動可変ピッチプロペラ、リムドライブ・モーター・プロペラとノズル、キールにボルトで取り付け可能なハイブリッド・ドライブ、ハイブリッド推進用特殊鉛蓄電池 (TPPL) 等の新製品群を開発する予定である。

HYMAR プロジェクトは、その他の先進的蓄電池の他、ハイブリッド方式に利用可能で、価格的にも現実性のあるバイオ燃料や燃料電池の試験も行う予定である。同プロジェクトに使用されるトルク対応自動可変ピッチプロペラは、Bruntons Propellers 社の「Autoprop」である。

## 2-3 各企業の主な新製品・技術開発

### 2-3-1 機関

#### MAN Diesel : Mark-9 型 2 ストロークエンジンの開発

2009 年、MAN は MC-C/ME-C 型 2 ストロークエンジンの Mark-9 バージョンを開発し、K80ME-C9 型に次いで、中国市場向けに開発された S35MC-C9 型と S40MC-C9 型を発表した。

電子制御の K80ME-C9 は、2009 年に韓国の現代尾浦造船で製造を開始した。第一シリーズは、A.P.Moller-Maersk の新造コンテナ船向けの出力 31,710kW の 7 気筒型エンジンである。この ME-C9 エンジンは、前バージョンよりも 20% 高い出力密度を持つ。

S35MC-C9 と S40MC-C9 エンジンは、MAN が豊富な実績を持つ機械駆動の低速エンジンのアップグレード・バージョンで、経済性、柔軟性、運転性が改善されている。

4.4 対 1 のストローク・ボア比を持つ新 MC-C9 バージョンの回転数は、低速プロペラ回転を実現するために、142 回転/分 (S35MC-C9)、136 回転/分 (S40MC-C9) となっている。平均有効圧 (MEP) は、それぞれ 21 バールと 21.4 バールである。MAN は両機種を、中国の沿岸及び国内航行を行う最大 20,000DWT の船舶向けに開発した。

#### MAN Diesel : 28/33D V 型中速ディーゼルエンジンの改良

MAN 28/33 V 型中速ディーゼルエンジンを改良した 28/33D Tier II エンジンは、このクラスのエンジンとしては最大の動力密度を持つ。

同エンジンの 12、16、20 気筒モデルの最大連続定格出力は、それぞれ 5,460kW、7,280kW、9,100kW である。しかし、設計では毎 6 時間のうち 1 時間に 10% の過負荷を提供するため、実際の出力は 6,000kW (12 気筒)、8,000kW (16 気筒)、10,000kW (20 気筒) となる。従って 20 気筒モデルは、回転数 1,000rpm で出力 10MW を実現する初のエンジンである。

V28/33D Tier II エンジン、MAN が同エンジン向けに新たに開発した小型 TCA33 ターボ過給機、さらに MAN の 安全制御システム「SaCoSone」を搭載している。「SaCoSone」システムは、燃料噴射の速度とタイミングを厳密に制御することにより、より正確な燃焼過程の制御を行うシステムである。

同エンジンは、最大の出力密度を持つと同時に、IMO Tier II 環境規制と EPA II 環境規制を満たしている。この排出ガス規制を満たすためには、最適化された燃料噴射と燃焼室、及びミラー・サイクルが採用されている。

V28/33D Tier II エンジンは、主機としては高速船、高速艦艇、スーパーヨット市場を、また発電機としてはオフショア市場を対象としている。同エンジンには、STC (sequential turbocharging) バージョンもある。

28/33 型エンジンは、元々英国の旧 Ruston 社が開発・製造していたエンジンであるが、現在ではアウグスブルク（ドイツ）の MAN 社工場で製造され、更なる改良が行われている。

#### MAN Diesel : 48/60 型中速エンジンに改良

MAN は、出力を従来モデルの 1 シリンダーあたり 1,050kW から 1,200kW へと約 14%改良した 48/60 型中速ディーゼルエンジンの新モデルを開発した。新モデルの、9 気筒は直列型、12、14、18 気筒は V 型で、出力は回転数 500rpm または 514rpm で最大 21,600kW である。

#### MAN Diesel : 51/60DF 型エンジンに燃料シェアリング・モードを追加

MAN は、51/60DF 型船用エンジンに、LNG タンカー向けの燃料シェアリング・モードを追加した。LNG タンカー運航者は、ガス・モードまたはディーゼル・モードに加え、ガスと液体燃料の混合物によるエンジン駆動が可能になる。これにより、運搬中の LNG からのボイルオフ・ガス発生量が不足または変動した場合には、液体燃料の使用量を増やして対応することができる。液体燃料としては、重油（HFO）または精製燃料油が利用可能で、燃料は主燃料ポンプより噴射される。

燃料シェアリング・モードは、1 シリンダーあたりの定格出力 1,000kW の 51/60DF 型デュアルフュエルエンジン柔軟性をさらに高める新機能である。この機能により、LNG タンカーのクルーは、要求速度やガス燃料の量にかかわらず、運転中の全てのエンジンを一定負荷で駆動することができる。

51/60DF 型エンジンの改良モデルは、ガス・モード、ディーゼル・モードの両方で、最大連続定格の 15%低い出力で運転可能である。

現在の新造 LNG タンカーの大部分は、貨物積載量 145,000~215,000 m<sup>3</sup>、推進用動力及び船内電力を合わせた必要動力は 35~45MW である。MAN は、直列型と V 型の混合ではなく、同一気筒数または似た気筒数を持つ直列型 51/60DF 型エンジン 4~5 基の利用を推奨している。

#### MAN Diesel : 51/60G 新型ガスエンジン

MAN は、現在市場化されているガスエンジンとしては最大の出力を持つ 51/60G 型中速ガスエンジンを発表した。同エンジンは主に発電所やコージェネレーション向けであるが、長期的には船用エンジンとして利用される可能性を秘めている。

同社の 51/60DF 型デュアルフュエルエンジンと同様に、51/60 型ガスエンジンは実績のある 48/60 型ディーゼルエンジンを基礎としている。新エンジンは、精製油をパイロット噴射システムに用い、大型開放型燃焼室において希薄混合気の信頼性の高い安定した点火を行う。

ガス吸気は、エンジン入口部の電子制御、電気作動のバルブが正確に制御する。同様に、パイロット燃料噴射も電子制御、電気作動のコモンレール・システムが制御している。コモンレール技術により、各シリンダーへの燃料噴射のタイミング、持続時間、圧力の柔軟性が高まり、希薄混合気の信頼性の高い点火、シリンダー出力の正確なバランス、及び希薄燃焼ガスエンジンには非常に重要なシリンダー毎の燃焼ロックへの迅速な対応等が可能になる。また、51/60G 型エンジンは、MAN の VTA (Variable Turbine Area : 可変タービン・エリア) ターボ過給技術を採用している。

51/60G エンジンの出力範囲は 8,775~18,000kW で、発電装置の定格出力 (電力) 8,538kW ~17,514kW に相当する。

#### WÄRTSILÄ : 20DF 型マルチ燃料エンジン

Wärtsilä は、自社のデュアル・フュエル技術を、シリンダー口径 200mm の最小型 4 ストロークエンジン「Wärtsilä 20 シリーズ」に採用し、20DF 型エンジンを開発した。20DF は天然ガス、船用ディーゼル油 (MDO) または重油 (HFO) により駆動され、運転中に運転を妨げることなくガスから MDO または HFO、及びその逆へのスムーズな切替えが可能である。



最適化された同エンジンは、定速発電装置、または主機の変速機械ドライブとして利用できる。シリンダーは直列型で、シリンダー数は 6、8、9 気筒のバージョンがある。発電装置としての出力は、60Hz で出力 1,014~1,521kW、50Hz で出力 841~1,261kW で、ROPAX フェリーや LNG タンカーへの利用に最適である。主機としては、小型貨物船、フェリー、タグボート等への利用が適している。

同エンジンのガス運転モードでは、空気とガスの混合気が微量の MDO をパイロット燃料として点火される。MDO 消費量は通常運転時の 1%未満である。Wärtsilä 20DF エンジンは、シリンダー内の空気とガスの混合気が完全燃焼に必要な量より少ないリーン・バーン（希薄燃焼）方式を採用している。同方式を用いると最高燃焼温度が低く抑えられるため、NO<sub>x</sub> の生成と排出を削減することができる。

ガス運転モードでは、同エンジンは既に IMO Tier III 基準を満たしており、追加的な排出ガス浄化システムの必要がない。また同エンジンは、液体燃料運転モードでも IMO Tier II 基準を満たしている。

#### WÄRTSILÄ : 34DF 型マルチ燃料エンジン

Wärtsilä の新 34DF 型エンジンは、大型 50DF 型複合燃料エンジンと同じ原理を採用し、設計は同社の 32 クラス中速ディーゼルエンジンを基礎としている。34DF 型エンジンは旧モデルである Wärtsilä 32DF 型エンジンよりも高い出力を持つ。

34DF 型エンジンでは、運転中に使用燃料（ガス、軽油、重油）を切替えることができる。同エンジンはリーン・バーン方式を採用している。

新エンジン・シリーズは、出力 2,700~9,000kW のモデルを持つ。6L、9L、12V、16V バージョンは船用で、特に LNG を主燃料とする船舶に適している。9L、12V、16V バージョンは、陸上発電用にも適している。

34DF 型エンジンの最初の発注主はノルウェーのオフショア支援船運航会社 DOF グループで、6L バージョン 3 基を発注した。

#### MTU Friedrichshafen : 2000 シリーズ高速エンジンの改良

2009 年、MTU 社は、2000 シリーズ船用高速エンジンの新バージョン M94 を発表した。M94 は既存バージョンと比較して出力が 8%上昇しており、出力範囲は 1,193~1,939kW で

ある。同バージョンには、8、10、12、16 気筒型がある。

同バージョンのターボ過給機は、巡航速度における燃料消費量を改善し、また低速運転時には給気圧を高める機能を持つ。これにより、船舶の加速が大きく改善される。

#### MTU Friedrichshafen : 4000 シリーズの新 8 気筒バージョン

MTU 社は、4000 シリーズ船用高速エンジンの新 8 気筒バージョンを、ロッテルダムで開催されたユーロポート 2009 海事見本市で発表した。ロングストロークを持つ新バージョンは「Iron Man」という製品群のひとつで、特に作業船に適している。燃料消費率は 195g/kWh に低下し、エンジン出力と負荷にもよるが、主要オーバーホールまでの間隔は 34,400 時間に延長されている。

新バージョンの発表により、4000 シリーズは 8V、12V、16V 気筒型の出力範囲 746～2,240kW のモデルが揃った。新バージョンは、環境規制である EPA Tier 2、EU Stage IIIA、CCNR 2 の排出ガス規制を満たしている。

MTU は、4000 シリーズに排出ガス再循環システムを搭載したバージョンをまもなく発表する予定である。

#### CUMMINS MARINE : 改良型 QSK60 船用エンジン

Cummins QSK60 エンジンの改良モデルは、Cummins Engine Company 社の英国 Daventry 工場で製造、船用化が行われている。16 気筒の QSK60 は、同社高速ディーゼルエンジンとしては最大モデルで、米国 EPA Tier 2 と EU Stage IIIA の排出ガス規制を満たすために改良された。主機出力は 1,492～1,864kW、補機（発電機）出力は 1,563～1,900kW である。同モデルは、小型船の主機市場、補機市場をターゲットとしている。

QSK60 エンジンは、同社の先進シリンダー燃焼技術を用い、上記環境規制を満たしながら、出力を維持、向上させている。また、モジュラー・コモンレール噴射システム（MCRS）と電子制御システムを採用している。

#### ROLLS-ROYCE MARINE : 新型 Kamewa FF67 ウォータージェット

Rolls-Royce 社は、艦艇及び高速フェリー、クルーボート等の商船向けの新型軽量ウォー

タージェットを発表した。新型 **Kamewa FF67** は、同社のアルミ製ウォータージェット製品のうち最新で最もパワフルな機種である。油圧機器を内蔵しているため、造船所での設置時間の節約が可能になる。

**FF67** の重量は油圧バルブ装置を含めて約 **1,650kg** で、改良された軸流ポンプにより、全ての速度で推力が増大している。**Kamewa A3** シリーズを基礎とした新型ステアリング・ノズルにより、高速運転時の旋回が可能である。また、牽引力と加速性も向上している。さらに、改良されたリバーシング・バケット・システムにより、前進力の **65%** の逆進力が得られる。

同ウォータージェットは、アルミニウム製フレームと溶接アルミニウム板製のインレット（取水口）ダクトの組合せにより軽量化を実現した。

#### **ULTRA DYNAMICS : 新型ウォータージェット**

2009 年、英国 **Ultra Dynamics** 社は、同社「**UltraJet**」ウォータージェットにインペラ径 **525mm** の **UJ525** 型を追加した。新型ウォータージェットは、水流を最適化するために流体力学（CFD）を用いて 3D 設計を行った同社初の製品である。

2008 年に発売された **UJ525** 型は **UJ410** 型、**UJ451** 型に続く、**UltraJet** シリーズ中、**UJ451** 型と **UJ575** 型とのギャップを埋める製品である。同シリーズは、他の推進システムよりも推進力、操縦性、速度において競争力の高い製品として開発された。

**UJ525** 型は、ゼロ・スピードとリバース時の操作性を維持しながら、船舶旋回時の減速を抑えるため、高効率のリバース・デフレクターと改良されたノズル操作システムを採用した。

#### **MAGNOMATICS : 磁気ギア式推進モーター**

英国国防省は、**Magnomatics** 社に対し、磁気ギア式推進モーターの設計に関する研究開発を行う契約を発注した。開発されるモーターは、**Magnomatics** 社の特許技術である **Pseudo-Direct Drive**（PDD、擬似直接駆動）技術を基礎とする。

**Magnomatics** 社の研究結果を踏まえ、英国国防省の技術専門家は、将来的に艦艇の統合完全電気推進（**integrated full electric propulsion : IFEP**）システムに磁気ギア式推進モーターを統合する可能性に関する評価を行う。

Magnomatics 社の研究は 2010 年 3 月末までに完了予定である。英国国防省は、その時点で、技術開発継続のためにプロジェクトに更なる出資を行うか否かを決定する。

Magnomatics 社の PDD 技術は、磁気ギアリングをブッシュレス永久磁石機に統合し、低速、連続高トルク運転時における高性能と高効率を提供する。PDD 技術を用いたモーターは、従来技術を用いた推進モーターと比較してかなり小型であるという利点がある。

英国シェフィールド大学の関連組織として 2006 年に設立された Magnomatics 社は、磁気伝達システム、高トルク電気機械、電気機械アクチュエーター、ダンパー等に関する革新的な技術研究の商品化を行っている。同社はシェフィールド大学の最新研究施設を利用し、同大学技術専門家と協働している。

## 2-3-2 機関の部分品・附属品

### AALBORG INDUSTRIES/MAN Diesel : SOx 排出ガス浄化装置

2009 年、デンマーク Aalborg Industries 社 が MAN Diesel と共同で開発した新型排出ガス浄化装置が、実船実験のために DFDS 社の RORO 貨物船「Tor Ficaria」に設置された。同装置はスクラバー形式で、同船の 2 ストローク主機 (MAN 9L60MC-C) が排出するガスからの SOx 除去を主な目的としているが、粒子状物質の削減への大きな効果も期待されている。

SOx スクラバー技術は、特にバルト海、北海、イギリス海峡等の硫黄排出規制海域 (SECA) で使用される船用燃料の硫黄含有量を低下させるという将来的な環境規制に対応する代替策として開発された。これにより、従来の船用燃料よりも価格の高い低硫黄燃料やガス・オイルを使用する代わりに、型式認証された最新の SOx 除去装置を使用するというオプションを提供する。

新型 SOx スクラバー装置は、ドイツの造船所での「Tor Ficaria」の船体延長工事の際に設置され、同船の英国スウェーデン間の北海、バルト海を航行する定期運航中に評価される。

新型スクラバー装置は、水酸化ナトリウムを加えた海水または淡水を用いて主機の排出ガスを浄化する。噴射された水は排ガス中の SOx と反応、中和し、SOx と粒子状物質の排出量を大幅に削減する。

デンマーク環境省は、このスクラバー研究プロジェクトを含めたいくつかの環境保護プロジェクトを助成している。そのひとつは、MAN Diesel が参加している前述の「Green Ship of

Future」プロジェクトで、同プロジェクトでは排出ガスから SOx と粒子状物質を除去するスクラバー装置の開発、設置、フルスケール試験を行っている。

Aalborg Industries は船用ボイラー、熱交換器、熱流体システム、イナートガスシステムの大手メーカーで、海洋イナートガス・プラントにおけるスクラバー設置実績では世界最大手である。

#### AALBORG INDUSTRIES : 電動蒸気発生装置

Aalborg Industries 社は、停泊中の船舶の既存の船内蒸気発生装置に代わるコスト効率の高い新製品 Vesta EH-S 型電動ヒーターを発表した。この新製品は、硫黄排出規制海域 (SECA) やカリフォルニア州等の環境規制の厳しい海域で使用されるディーゼル油の硫黄含有量の更なる規制強化に対応するために開発された。

必要な電力は船舶の補助発電機から供給され、航海中及び停泊中でも通常負荷による運転が可能である。ヒーターは補助ボイラーの回路に接続し、補助ボイラーの蒸気ドラムで蒸気を発生させるために必要な温度に加熱する。Vesta EH-S 型電動ヒーターの最大出力は 500kW で、毎時約 700kg の蒸気発生力に相当する。

同ヒーターを停泊中にマリン・ガスオイル駆動の補助ボイラーの代替として利用することにより、IMO、EU、米国の SOx 排出規制に対応することができる。

#### DANSK TEKNOLOGI : NOx 排出削減のための無気 SCR システム

デンマーク Dansk Teknologi 社は、NOx 排出量削減のためのユニークな選択接触還元 (SCR) システムを開発した。無気状態で尿素を数箇所に噴射する同システムは、デンマーク海軍の巡視船に初搭載される予定である。

この無気技術は、元来大型トラックやバス用に開発されたものである。同システムの核となるのは、Dansk Teknologi が Grundfos 向けに開発した革新的な「Digital Dosing」ポンプ技術である。

このフルサイズの船用 SCR システム試作機は、デンマーク Korsor の海軍基地で試験が行われ、船用アプリケーションでは 80%以上の NOx 削減が期待されている。

## WÄRTSILÄ : SOx 浄化装置

Wärtsilä は、船用ディーゼルエンジン及び重油焚きボイラーの排出ガスから SOx を除去するスクラバー装置の試作機の実船実験を 2008～2009 年に行った。試作機は、フィンランド Neste Shipping 社が所有する新造 14,700DWT 型タンカーの Wärtsilä 製エンジンに搭載された。同船は SOx スクラバー装置が搭載された初の船舶となった。その後、同装置はノルウェー船級協会 (DNV) とドイツ船級協会 (GL) の型式認証を取得した。

同装置の実船実験では、硫黄分含有率が高い重油 (3.4%) と低い重油 (1.5%) の両方が用いられた。Wärtsilä によると、高硫黄含有率重油使用の場合、あらゆる運転条件下で SOx 除去率 99%以上を達成した。NOx 除去率は 3～7%、粒子状物質の除去率は 30～60%であった。

2 年間にわたる実験プロジェクトには、Wärtsilä の他に、Neste Shipping、ノルウェー船級協会 DNV、Aker Yards (現 STX Europe)、Metso Power が参加した。

Wärtsilä のスクラバー装置は、閉ループ淡水スクラバー技術を基礎とし、エネルギー消費量と CO2 排出量が最も低い浄化効率の完全制御が可能な世界で唯一の技術であるとされている。また、同装置は排水規制の厳しい海域では船内に排水を貯蔵するシステムである。

## CATERPILLAR MARINE Power Systems: MaK 大型エンジン保護安全システム (Large Engine Protection/Safety System : LESS)

ドイツ Caterpillar 社 が新たに開発した MaK 大型エンジン保護安全システム (Large Engine Protection/Safety System : LESS) は、エンジンに備え付けられた 2 つの小型コントロール・ボックスで、エンジンの監視と制御に関する複数の機能を統合したシステムである。

第一のボックスは、エンジン保護システム、エンジン回転数転換ユニット、スタート/ストップ制御、LED ディスプレイ、グラフィック・ディスプレイを持つ。

第二のボックスは、完全なエンジン監視システム、及びアラーム・システムへの MOD バス・データ出力を持つ。同ボックスには、排出ガス平均値システムと主軸受と大端部軸受監視のための制御システムを追加装備することも可能である。MaK の DICARE エンジン監視保守システムが船内装備されている場合には、第二ボックスに DICARE PC 向けの CAN バス・データ出力機能を追加することもできる。

この LESS 技術は、船主・船社だけではなく、造船所、エンジンメーカー、試験担当者にとっても利点がある。エンジンメーカー (Caterpillar Motoren 社) は、エンジンを納入する前に、全ての安全及び制御機能を、容易にテスト、調整、承認することができる。また、造

船所にとっては、追加的な電子部品とそれに伴う配線工事がないため、設置時間と設置スペースの節約ができる。さらに、工場で予備試験と型式認証が既に行われており、また造船所における配線ミス心配がないため、エンジン試験も容易である。

船主・船社にとっての LESS 技術のメリットは、エンジン稼働時間の最大化と故障のリスクの最小化である。故障が発生した場合には、修理または交換が必要なセンサーまたはアクチュエーターが LESS ディスプレイにハイライト表示される。

### MAN Diesel : TCA33 ターボ過給機

MAN は、軸流ターボ過給機 TCA シリーズに、MAN V28/33D 型中速エンジン専用開発された TCA33 モデルを導入した。TCA33 は TCA シリーズ中では最も小型のモデルで、既存の TCR 及び TCA シリーズの技術を継承している。同モデルはひとつのサイズで、V28/33D 型の 12V、16V、20V 気筒のエンジン全ての機種に対応する。そのため、設置工程の標準化が可能となった。

TCA33 のコンプレッサーは、主に TCR シリーズの技術を用い、軸固定方法も同様である。開発された新型コンプレッサー・ホイールは、IMO Tier II 排出ガス規制を満たすエンジンに必要な圧力比 5.2 を実現している。

TCA33 は V28/33D 型エンジン・シリーズに最適のターボ過給機として開発されたが、MAN は同社製品、他社製品を含め出力範囲 3,000kW~5,000kW のエンジンに適用可能であると考えている。TCA33 は STA (sequential turbocharging application) に対応しており、また VTA (Variable Turbine Area : 可変タービン・エリア) ハードウェアの追加も可能な設計となっているため、V28/33D 型エンジン以外のエンジンにも適用可能な柔軟性を持つ。

### MAN Diesel : ターボ過給機カットアウト・システム

MAN Diesel は、様々なエンジン負荷で運航する大型コンテナ船向けに、低負荷運転時のエンジン性能を向上させるターボ過給機カットアウト (遮断)・システムを開発した。

ターボ過給機カットアウト・システムは、タービン入口部とコンプレッサー出口部に配置された 2 つの空気圧制御式遮断弁からなる。このシステムでは、主機の燃料消費量が低下し、また低負荷運転時の性能が向上する。

3 基のターボ過給機のうちカットアウト・システム 1 基を搭載したエンジンは、連続最大

出力 (MCR) の 20~66%のエンジン負荷での運転が可能になる。MCR の 25%では、燃料消費率 (SFOC) が 5g/kWh 低下し、掃気圧力が 0.25 バール上昇する。また MCR の 50%では、SFOC が 3g/kWh 低下し、掃気圧力が 0.52 バール上昇する。

一方、4基のターボ過給機のうちカットアウト・システム 1基を搭載したエンジンは、MCR の 20~74%のエンジン負荷での運転が可能になる。MCR の 25%では、SFOC が 6g/kWh 低下し、掃気圧力が 0.15 バール上昇する。また MCR の 50%では、SFOC が 5g/kWh 低下し、掃気圧力が 0.41 バール上昇する。

### ROLLS-ROYCE MARINE : 新型減速機

Rolls-Royce 社は、同社ノルウェーの拠点で開発された新たな船用減速機のシリーズの発売を開始した。最新の 950AGHC モデルは、定格入力トルク 130kNm、最大出力トルク 530kNm である。同モデルは、2008 年に発売されたサイズ 550 減速機に次いでシリーズ中 2 番目に発売された。950AGHC の最大減速比は 6.3:1 で、垂直または水平オフセット形状の 2 段減速が選択できる。

既存の 3 モデルに加え、1050、850、650 の 3 モデルがまもなく市場化される予定である。全てのモデルの定格トルクは、90kNm から 1,200kNm までをカバーすることになる。

大きな減速比を持つ同シリーズの減速機は、人気のある中速エンジン全機種に適用可能で、効率的な低速プロペラ回転を実現する。これらの減速機のほとんどは、統合推進システムの一部としてパッケージ販売される見込みである。

### 2-3-3 軸系及びプロペラ

#### MAN Diesel : 新型可変ピッチプロペラ

現在では、プロペラと船体後部設計の最適化は、ディーゼルエンジンのさらなる燃費向上努力よりも、推進効率性向上に有効な手段であると考えられている。これを踏まえ、MAN Diesel は近年、可変ピッチプロペラと関連する船体後部デザインの研究開発に投資を行ってきた。同社の目標は、今後 3~5 年以内に、推進効率を 8~10%改善することである。

プロペラ効率の改善の利点としては、少ないプロペラ出力で同速度を出すことができ、同時にガス排出量の削減にもつながる。



MAN は、新造船の初期設計段階における最適化された可変ピッチプロペラと船体後部設計の重要性を強調している。同社によると、最適化された可変ピッチプロペラと船体後部デザインを使用した場合、従来よりもプロペラ効率が 5~7%、牽引力が 8~12%向上する。

MAN の可変ピッチプロペラ Alpha シリーズの新製品は、異なるハブ直径を持つ VBS2080 (ハブ直径 2,080mm) と VBS2240 (同 2,240mm) である。これらの新製品は、出力 30,000kW 以上、直径 8 メートル以上の超大型可変ピッチプロペラという市場要求に対応するものである。

新プロペラは、可変ピッチプロペラを直接駆動する MAN の 2 ストロークエンジン MC-C または ME-C を主機とする氷海向け RORO 船、シャトル・タンカー、特殊船への搭載を想定している。

MAN は、同社の Alpha プロペラ・シリーズは、船尾管システムとプロペラ・ハブの両方が生分解性油で駆動可能な市場初の可変ピッチプロペラであるとしている。

#### BECKER MARINE SYSTEMS : シリング KSR ラダー

2009 年、Becker Marine 社はシリング KSR ラダーの新シリーズの初受注を獲得した。シリング・ラダーは Becker Marine の長年の主力製品であるが、新製品では同社の KSR (King Size Rudder) サポート・システムとの統合が行われた。新製品は既存製品と同等の横力を保持しながら、ラダー抵抗の 25%低減を実現している。

KSR 技術の統合により、新型ラダーにはサイズの制限がなくなる。新型ラダーは全船種に利用可能であるが、主なターゲットはタンカーやバルク・キャリア等の低速大型船である。

#### CENTA TRANSMISSIONS : ロングスパン・カーボンファイバー駆動軸

ドイツ Centa Transmissions 社は、中間軸受なしで 10m 以上のロングスパンを持つ軽量複合継手とカーボンファイバー軸を開発した。この新 Centadisc-C シャフトは、両端に強度が非常に高く柔軟性にも富む連結ハブを持つ。継手フランジの膜はカーボンファイバー製で、柔軟性と疲労耐性が高い。

Centadisc-C シャフトの特徴と利点は、従来の鋼製シャフトと比較して 70%軽量であること、中間軸受の必要がないロングスパンにより駆動システムの軽量化と部品数の減少が実現されることである。また、ねじり強度、耐食性、騒音吸収性の高さ及び熱拡張の低さ等もこのタイプのシャフトの特徴である。

## KONGSBERG MARITIME : MetaPower 軸監視システム

Kongsberg の「MetaPower」システムは、回転軸のトルク動力監視システムで、エンジン運転最適化に役立つツールとして開発された。同システムは、主機からプロペラに伝達されるトルクを測定することにより、燃費と排ガスを改善する。

MetaPower システムは、船舶が燃料消費を抑え、CO<sub>2</sub> や NO<sub>x</sub> の排出量を削減し、保守回数とサービス間隔を減らすことに寄与する。

MetaPower システムは、特許技術である IR（赤外線）レーザー技術によりトルクを測定する。この測定方法は、軸に接続される繊細な電子部品（歪みゲージ）の必要がないこと、時間の経過によるドリフトがないこと、周辺空気や遠心力の変化による影響がないこと等従来のトルク測定システムに比べていくつかの利点がある。また、新システムは保守も従来システムに比べて簡単である。

MetaPower システムの核となるのは、独自のねじれ振動分析 (TOA : torsional oscillation analysis) ソフトである。TOA は、トルクの記録、測定、分析を行うツールである。このツールにより、予防的保守計画や対応が可能となり、資金と時間の節約につながる。

## VULKAN COUPLINGS : ACOTEC 新船用継手技術

Vulkan Couplings 社は、ロッテルダムで開催された Europort 2009 海事見本市で、柔軟性の高い新型継手技術「ACOTEC」(Advanced Compound Technology) を発表した。「ACOTEC」は技術と方法の両方を指しており、アプリケーション分析、ねじり振動計算、部品設計、接続技術、素材研究、下流工程シミュレーション等の製品開発、試作機試験、性能監視等全ての工程に関連している。

製品開発は 2009 年、外径は小さいが 400kNm という高出力密度を持つ継手 RATO-S 572W を基礎に行われた。次に開発される ACOTEC RATO-S+5H20 は、サイズはそのままトルクは 460kNm に向上する予定である。

### 2-3-4 スラスタ

## WÄRTSILÄ : Optipull 牽引スラスタ・シリーズ

Wärtsilä は、最大速度が 25 ノットまでの船舶に適した出力 1,000~7,000kW の牽引スラ

アリング・スラスターの新シリーズを開発した。新シリーズは「Optipull」のブランド名で製品化され、2010年第1四半期に発売開始予定である。

Wärtsilä の Optipull スラスター開発は、主にフェリー会社やクルーズ船社からの要望に対応するものであるが、オフショア船、艦艇、特殊船市場もターゲットとしている。Optipull スラスターは、牽引プロペラの利点と機械駆動または電気推進の柔軟性を組み合わせたものである。

Optipull スラスターは実績のある既存の機械駆動技術を基礎とし、軸上部と下部にベベル・ギアが装備されている。駆動力は、ディーゼルエンジンまたは電動モーターから船体内部の垂直回転軸経由でスラスター・ユニットに伝達される。アジマス旋回には専用ステアリング・モーターが使用される。

船舶のデザインにもよるが、スラスター装置前方にプロペラを配置することにより、船速15ノット以上の運航時に推進効率の向上が期待できる。比較的低速で効果を発揮するOptipullは、多くの市場、船種向けの利用が可能である。同出力を持つ最適化されたプロペラと比較した場合、Optipullは15%程度高いスラスト力を持つとされている。

#### VOITH TURBO : Voith Radial Propeller (VRP) スラスターのデザイン改良

Voith Turbo社は、1970年代に初代モデルが発売された360°旋回するアジマス型スラスターVoith Radial Propeller (VRP) の設計を変更し、改良バージョンを再発売した。Voith Turboは、操縦可能なスラスターの詳細な研究プロジェクトを実施し、船位保持(DP)最適化のための水中設置と船体・スラスター間のインタラクションが可能なVRP改良バージョンを開発した。

新VRPは、掘削船、FPSO(浮体式石油ガス生産貯蔵積出ユニット)、半潜水式プラットフォーム等のオフショア市場を狙った製品である。

研究では、オフショア船への採用におけるエネルギーロス、ギア軸またはノズルを下方へ傾斜させることで改善されることが判明した。新モデルの製品名は、VRP42~55である。DPモードで100トンの牽引力を持つ5,500kWの試作ユニットは、2009年に製造された。同試作ユニットはLドライブ型で、水中で船舶への取り付け及び取り外しが可能である。Voith Turbo社は、既に半潜水式プラットフォーム向けにVRP2基を受注している。

## Berg アジマススラスタ (BAT)

Berg Propulsion 社は、可変ピッチプロペラとトンネル・スラスタ分野での経験を活かし、新たにアジマス型スラスタ市場に参入した。2009 年、同社は、タグボート、作業船、特殊船に適した最大出力 3,200kW の Berg アジマススラスタ (BAT) システムを発表した。同システムは、研究開発を担当するグループ企業である Berg Propulsion Technology 社が開発した。

Berg Propulsion 社は、BAT 製品群をモデル 111、318、420、523、626、730 に拡大し、出力範囲 300kW~3,200kW をカバーする計画である。BAT は高性能で耐久性が高く、固定ピッチプロペラ、可変ピッチプロペラ両方のバージョンがある。スラスタ形状は、L 型と Z 型があり、電動モーターまたはディーゼルエンジンにより駆動される。

BAT シリーズはモジュラーデザインを採用しており、市場実績のある他の Berg 社プロペラ製品との部品共有率が高い。同時に、効率の最大化と騒音、振動の最小化のために、ブレードは製品毎にカスタム製造されている。

2009 年には、BAT システムの新造船向けの初受注が発表された。第一の受注契約は、2010 年に引渡し予定の Dubai Shipbuilding & Engineering 造船所建造のオフショア支援船向けの出力 1,839kW の BAT 526 ユニット 2 基である。第二の受注契約は、中国で 2010 年に建造される 13,000DWT 型貨物船向けの出力 2,500kW の BAT 730 ユニット 2 基である。

フルスケールの 300kW 型 BAT 試作機は、2009 年にスウェーデンの調査船「Ice Beam」に搭載された。この実験を通じ、Berg Propulsion Technology 社は、BAT 製品の長期的な信頼性を向上させるための設計、製造、設置工程の評価を行っている。

## BERG PROPULSION : フェザリング機能付き可変ピッチプロペラ

2009 年、Berg Propulsion 社は、フェザリング機能のついた最新デザインの固定ピッチプロペラの初受注を発表した。フェザリング機能とは、プロペラのブレードを 90°回転させて水流と水平に固定することで水力抵抗を軽減する機能である。

Berg Propulsion は、動的な追加部品なしでブレードをフェザリングさせる革新的なハブ構造を開発した。このフェザリング機能 (特許申請中) は同社 BCP シリーズの固定ピッチプロペラに追加が可能である。このソリューションにおいては、ブレードのフル・アヘッド・ピッチ、フルアスターンピッチに加えて、フルフェザリングピッチを実現するために、ピッチ角度を拡大する必要がある。

ツインスクルー船の場合、低速運航が必要なときには、プロペラのひとつをフェザリングさせ、エンジンのひとつをシャットオフすることで、運転効率を改善し、燃料を節約することができる。

フェザリングの概念は新しいものではないが、既存のフェザリング技術は複雑な機械構成を要した。そのため、フェザリング機能は、複雑な作業を行う限られた船種向けの機能に留まっていた。

フェザリング機能付き BCP プロペラの初受注は、中国で建造される 100m 級ケミカル・タンカーと、米国で建造される 85m 級フェリーである。

添付資料：対円為替レート（2010年2月22日現在）<sup>1</sup>

英国ポンド (GBP)	=¥141.1
ユーロ (EUR)	=¥123.8
スウェーデン・クローネ (SEK)	=¥12.6
ノルウェー・クローネ (NOK)	=¥15.4
デンマーク・クローネ (DDK)	=¥16.6
米ドル (\$)	=¥90.1

---

<sup>1</sup> <http://www.bloomberg.co.jp/tools/calculators/currency.html#results>



この報告書は競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

## 欧州舶用工業概況 2009年度版

2010年（平成22年）3月発行

発行 社団法人 日本舶用工業会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-15-16 海洋船舶ビル

TEL 03-3502-2041 FAX 03-3591-2206

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

