

# 欧州における船用ディーゼル機関共同開発 プロジェクト(ヘラクレスβ)の開発動向調査

2008年3月

社団法人 日 本 船 用 工 業 会

## 刊行によせて

当工業会では、我が国の造船関係事業の振興に資するために、競艇公益資金による日本財団の助成を受けて、「造船関連海外情報収集及び海外業務協力事業」を実施しております。その一環としてジェットロ船舶関係海外事務所を拠点として海外の海事関係の情報収集を実施し、収集した情報の有効活用を図るため各種調査報告書を作成しております。

本書は、当工業会が日本貿易振興機構と共同で運営しているジャパン・シップ・センターにて実施した「欧州における船用ディーゼル機関共同開発プロジェクト（ヘラクレスβ）の開発動向調査」の結果をとりまとめたものです。

関係各位に有効にご活用いただければ幸いです。

2008年3月

社団法人 日本船用工業会



---

## はじめに

本調査の目的は、MAN B&W 社（以下「MAN 社」）と Wärtsilä 社（以下「バルチラ社」）が主導する、船用ディーゼル機関に関する大規模な欧州連合（EU）共同プロジェクト「Hercules β」（以下「ヘラクレスβ」。）に関する情報を収集し、環境対策型船用ディーゼル機関の研究開発動向を把握することです。

ヘラクレスβは、2007 年秋に終了したヘラクレスαの後継プロジェクトであり、欧州の研究政策の柱である研究枠組み計画（FP）の第7次枠組み計画（FP7）の下で資金の供給を受ける予定でした。

このため、FP7での資金の供給を受けるため欧州委員会（EC）に2007年6月に申請書を提出しており、当初の見込みでは2007年9月末までにECでの審査結果が明らかになるとのことでしたが、現在のところ審査結果は出ておらず、このためヘラクレスβに関する公開情報及びプロジェクト関係者からの情報提供も殆ど無く、ヘラクレスβに関して得られた情報量は極めて限られたものになりました。

一方で、ヘラクレスαについては2007年秋に終了していることから一定の情報収集を行うことができました。

したがって、本調査ではヘラクレスαの結果及びFP7の概要を調査し、さらに限られたヘラクレスβの情報から、現時点におけるヘラクレスβプロジェクトの背景、方向性、研究体制等についてとりまとめました。

本調査が関係各位のご参考となれば幸いです。

ジャパン・シップ・センター

---



---

## 目 次

1. プロジェクトの背景	1
2. EU 第6次フレームワーク・プログラム (FP6)	2
3. 「ヘラクレス $\alpha$ 」プロジェクトの概要	3
3.1. プロジェクトの目的	3
3.2. プロジェクトの構成	4
3.3. プロジェクト結果	5
4. 第7次フレームワーク・プログラム (FP7)	7
4.1 協力プログラム	8
4.2. 運輸 (航空を含む)	8
4.3. 持続可能な陸水上輸送システム	8
5. 「ヘラクレス $\beta$ 」プロジェクトと EU 支援	10
5.1. プロジェクトの研究目標	10
5.2. プロジェクト実施期間	10
5.3. プロジェクト構成	10
5.4. EU 支援	11
6. 関連技術と企業の状況	12
6.1. WP1:極限值設計パラメーター	12
6.2. WP2:先進的燃焼概念	15
6.3. WP3:多段/インテリジェント・ターボ過給システム	16
6.4. WP4:ターボ複合エンジン/ホット・エンジン	18
6.5. WP6:排出ガス削減方法 (内部、水ベース)	20
6.6. WP7:排出ガス削減方法 (内部、EGR)	22
6.7. WP8:排出ガス後処理	24
6.8. WP9:低摩擦エンジン	26
6.9 WP11:適応エンジン	27
7. まとめ	30
添付資料 1: 「ヘラクレス $\alpha$ 」参加メンバーの概要	33
添付資料 2: ヘラクレス $\alpha$ への各団体の参加状況	42

---



---

## 1. プロジェクトの背景

ヘラクレス・プロジェクトは、欧州連合（EU）が提唱する船舶の環境性改良に関連する研究開発プロジェクトとして 2004 年に開始された環境対策型船用ディーゼル機関開発に関するプロジェクトである。

これまでにヘラクレス・プロジェクトの第一フェーズである「ヘラクレスα」プロジェクトは、4年間で総コスト 3,300 万ユーロ（90 億円）のうち、EU から 1,500 万ユーロの助成金を受けて実施されてきている。

船舶からの排ガス（NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、PM）については国際海事機関（IMO）で MARPOL 条約附属書VIに基づき規制されている。現在の規制値（第 1 次規制）は、附属書 VI が採択された 1997 年当時の技術水準に基づき設定されており、将来の技術基準の向上を見越し、附属書VIの発効後、少なくとも 5 年毎に見直しを行うことが採択会議の際に決議された。このため、附属書VIの発効後、最初に開催された MEPC53（2005 年 7 月）において附属書VIの見直し作業を開始することが合意され現在検討が進められている。NO<sub>x</sub> 規制については IMO では第 2 次及び 3 次規制を巡る各国間の議論が行われおり、排出規制海域を対象に 80%強化（日米案）と全海域を対象に 40-50%規制強化（ノルウェー案）のほぼ 2 つに絞られ、BLG12（2008 年 2 月）では、排出規制海域を対象とした 80%強化として合意が得られた。一方で、SO<sub>x</sub>については 3 つの案に絞られたものの引き続き議論が継続中である。

将来の海事セクターにおける競争力の維持・強化を狙う国々にとっては、今後さらに強化が予想される環境規制を視野に入れ、現行規制を満足させるだけでなく、将来的な規制をも満たす先進的な排ガス削減技術を開発することが課題となっている。

40-50%規制強化については、ヘラクレス・プロジェクトの技術の適用を想定したものであり、研究開発と規準策定の戦略的な実施により海事セクターにおける国際競争力の維持・向上を狙う欧州の戦略が垣間見える。

ヘラクレスαに引き続き、ディーゼル機関の大手ライセンサーである MAN 社とバルチラ社が戦略的パートナーとして主導する環境対策型ディーゼル機関の研究開発プロジェクトとして「ヘラクレスβ」プロジェクトが行われることとなった。



---

## 2. EU 第 6 次フレームワーク・プログラム (FP6)

「ヘラクレスα」プロジェクトは、2002 年から 2006 年に実施された欧州の研究政策の柱であるフレームワーク・プログラム (FP) の第 6 次フレームワーク・プログラム (FP6) の持続可能な陸水上輸送システム分野の資金供給対象プロジェクトとして採択された。

効率性の高い陸水上輸送システムは、雇用創出、経済成長、輸出などの経済活動を促進するものであり、欧州の持続性のある富と繁栄に不可欠な条件であり、さらに輸送分野における技術進歩は、新たな知識の獲得、イノベーション、欧州の統合を促進する原動力と考えられており FP6 の資金提供対象分野と位置づけられた。

陸水上輸送システムは、道路、鉄道、水上輸送という、それぞれが日常生活に不可欠な輸送モードを含み、効率のよい陸水上輸送は、経済競争力と雇用を促進する重要な経済ファクターである。海事分野においては、海上輸送は EU の対外貿易の 90%、対内貿易の 40%以上を担っている。欧州の造船所の年間売上高は 200 億ユーロ、雇用者数 350,000 人規模の産業である。また、欧州の海運業は、全世界の商船の約 40%を管理・運航しており、雇用者数 150 万人、年間売上高は 1,600 億ユーロを超える産業である。

持続可能な陸水上輸送システム研究における優先課題は、グローバルで総合的な視点から輸送活動に関する問題を解決することである。そのため安全性が高く、環境にやさしいと同時に、製造過程、検査、保守、リサイクルという製品のライフサイクルを通じてクリーンでコスト効率の高い車両、船舶、及び輸送インフラの構築が、その研究対象となっている。このような研究目的及び目標は、2001 年に EU 欧州委員会が発表した”European Transport Policy for 2010 (EU 運輸白書)”で記された政策に合致するものである。

また、FP6 では優先テーマ活動を実施するために 6 種類に上る活動形態・活動手段を用意しており、その 1 つに統合プロジェクト (Integrated Project: IP) がある。IP では知識の増加を第 1 の目的とし、社会的に重要性の高い問題の解決のために欧州に存在する科学技術資源を総動員し、欧州の競争力強化への貢献度を高めることを狙いに行っている。そのためプロジェクトの組織化が行われ中核的研究拠点の周囲にその他の参加チームをグループとして統合し、プロジェクトの多方面の活動が単一の管理体制の中に一体化している。

---

### 3. 「ヘラクレスα」プロジェクトの概要

「ヘラクレスα」は、FP6の優先テーマ「持続可能な発展と地球環境の変化及びエコシステム」の1つ「持続可能な陸水上輸送研究」内の目標1「全陸水上輸送モードに関する新技術と概念」に該当する研究開発プログラムの研究課題1.4「再生可能な代替燃料を使用する車両及び船舶に関する推進技術、及びエンジンの最適化、新部品及び支援システムの開発、推進効率が高くクリーンなエンジンと燃料の組合せの研究」に位置づけられている。

優先研究課題「持続性のある陸水上交通研究」の総予算の32%が目標1「全陸水上輸送モード（道路、鉄道、水上輸送）に関する新技術と概念」に配分されている。さらに研究課題「再生可能な代替燃料を使用する車両及び船舶に関する推進技術、及びエンジンの最適化、新部品及び支援システムの開発、推進効率が高くクリーンなエンジンと燃料の組合せの研究」には、上記の目標1の総予算の48%が配分されている。

#### 3.1 プロジェクトの目的

「HERCULES（ヘラクレス）」は、「*High-efficiency Engine R&D on Combustion with Ultra-low Emissions for Ships*（超低排出ガスの燃焼機関を持つ高効率船用エンジンに関する研究開発）」の略称である。

「ヘラクレスα」プロジェクトは、ガス状物質及び微粒子状物質（particulate matter：PM）の排出を大幅に低減すると同時に、高効率、高信頼性により燃料消費量、CO<sub>2</sub>排出量及びライフサイクル・コストの低減を実現する船用エンジンの開発を目的としている。

2003年以降に全世界で1機以上が船舶搭載された現行船用主機の最良技術と比較した場合の最低目標値（%）は、以下の通りである。

- ・燃料消費量及びCO<sub>2</sub>排出量の1%削減
- ・NO<sub>x</sub>の20%削減（IM2000年基準と比較した場合）
- ・その他排出物質（PM、炭化水素HC）の5%削減
- ・エンジン信頼性の10%向上
- ・市場化所要時間の10%削減
- ・ライフサイクル・コストの低減

これらの目標達成のために、「ヘラクレスα」プロジェクトはIP（統合研究開発プロジェクト）に位置づけられ、船用機関の効率性向上と排出ガス削減に関するあらゆる技術に関する研究を行った。

---

## 3.2 プロジェクトの構成

「ヘラクレスα」プロジェクトの研究開発作業は以下のように構成されている。

### 1) 技術研究開発 (RTD) :

作業は 9 つの作業パッケージ (WP)、18 のタスク、54 のサブプロジェクトに分けて行われる。各 WP の内容は以下の通りである。

- WP1: 極限值デザイン・パラメーター
- WP2: 先進的燃焼概念
- WP3: 多段インテリジェント過給機
- WP4: ターボ複合エンジン/ホット・エンジン
- WP6: 排出ガス削減方法 (内部、水ベース)
- WP7: 排出ガス削減方法 (内部、EGR)
- WP8: 排出ガス後処理
- WP9: 低摩擦エンジン
- WP11: 適応エンジン (Adaptive engine)

### 2) 実証実験:

以下の作業パッケージでは船舶へのフルスケール搭載を行う。

#### WP4: ターボ複合エンジン/ホット・エンジン

- 試作部品を Hapag- Lloyd Container Linie GmbH 社のコンテナ船に搭載し、総合的なエンジンの効率向上の実証実験を行う。

#### WP6: 排出ガス削減方法 (内部、水ベース)

- 水前処理システム及び水噴射システムを、それぞれ A.P. Moller-Maersk A/S 社及び Wallenius Marine AB 社の船舶に搭載し、水ベースの排出ガス削減システムの NO<sub>x</sub> 削減効果に関する実証実験を行う。

#### WP11: 適応エンジン

- 電子制御カムレス・エンジンを Kristen Navigation Inc.社の新造船に搭載し、インテリジェント制御システムの有効性と信頼性に関する実証実験を行う。

### 3) トレーニング:

以下の 3 項目に関する高度度専門トレーニング・セミナーを、プロジェクトの最終年に開催する。

- 実証実験及び測定方法：ヘルシンキ工科大学 (HUT) が企画。
- CFD (計算流体力学、数値流体力学) 及び燃焼方法：チューリッヒ連邦技術研究所 (ETHZ) が企画。
- プロセス・シミュレーション：国立アテネ工科大学 (NTUA) / マリンエンジニアリング研究所 (LME) が企画。

---

#### 4) プロジェクト・マネジメント:

「ヘラクレス」プロジェクトの総合マネジメントは、プロジェクトの主要メンバーである MAN B&W 社とバルチラ社が設立した法的機関「ULEME E.E.I.G.」(以下、ULEME) (ドイツのアウグスブルクを拠点とする。) がコーディネーターとなって行う。

ULEME の業務は、「ヘラクレス」プロジェクト・コンソーシアムの技術的、財務的、法的、庶務的管理として、

- －「ヘラクレス」プロジェクトの代表として、EU 欧州委員会との契約に一括署名し、欧州委員会とプロジェクト参加メンバー間の情報を管理、伝達を行う。
- －プロジェクト契約書を準備し、それぞれのメンバーとの個別契約を行う。
- －プロジェクト期間中には、各メンバーの作業進捗状況を管理し、各 WP の成果や報告書をまとめる。
- －全体的なプロジェクトのコスト管理と会計監査を行う。

### 3.3 プロジェクト結果

初期概念研究及びプロセス・シミュレーションは、ほぼすべてのタスクにおいて完了した。試験装置が設置され、ほぼすべての試作部品の設計は完了し、大部分の試作部品の製造も行われた。いくつかのフルスケール実証実験も既に完了している。その他、以下の作業が完了している。

- ・ 船用機関の新燃焼モデルが開発され、新型燃料噴射（噴霧）燃焼室が製造された。
- ・ 先進的ターボ過給機に関する研究が行われ、2 ストローク・エンジン用 PTI/PTO (power take in/power take out) 装置の試作機が設計・製造された。
- ・ ホット・エンジン、複合サイクル、主要エンジン部品の試験が完了した。
- ・ 直接水噴射 (DWI) システム、吸気加湿システム (inlet air humidification system)、燃料水エマルジョン (FWE) システムが実験装置または実船に搭載された。
- ・ 2 ストローク・エンジン用排出ガス再循環 (EGR) システムが設計、製造され、試験が完了した。
- ・ 湿式スクラバー (wet-scrubber) システムが研究され、試験が行われた。
- ・ 摩擦低減効果の測定用実験台が製造された。
- ・ インテリジェント制御装置及び適応機能のあるセルフ・ラーニング部品が機関制御システムに統合され、フルスケール実験が予定されている。

下記表に、「ヘラクレスα」の目標達成状況の一覧を示す。

「ヘラクレスα」プロジェクトの目標達成状況			
目標	2007年目標	2007年達成	担当 WP
燃料消費	- 1%	- 1.4%	WP3, WP4
NOx 排出量	- 20%	- 50%	WP3, WP6, WP7
その他排出量	- 5%	- 20% HC - 40% PM - 90% SOx	WP7 WP8 WP8
信頼性 (オーバーホール 間隔 (TBO) 18,000 時間)	+ 10%	8,000 時間までテ スト完了	WP9
市場化所要時間 (現在 60 ヶ月)	- 10%	42 ヶ月以内	WP9

---

## 4. 第7次フレームワーク・プログラム (FP7)

第7次フレームワーク・プログラム (FP7) は 2006 年 12 月 18 日に採択され、2007 年 1 月 1 日から関連する研究の公募が行われており、

- ・実施期間 2007～2013 年
- ・7 年間の予算総額は 41%増の 505 億ユーロ (EURATOM (欧州原子力共同体) の研究開発予算 5 年間で 27 億ユーロを除く。)

とされた。

FP は、1984 年に開始され、EU の研究開発政策の根幹を成すものであり、欧州統合の強みを活かし、経済成長を持続させるためには、研究開発は必要不可欠であるとの認識から、FP も拡大・発展してきている。

FP7 は、これまでに実施されたフレームワーク・プログラムと以下の点で異なっている。

- ・実施期間を 5 年から 7 年に延長 (EURATOM の FP は従来どおり 5 年間。)
- ・年間予算が大幅に増加
- ・協力、アイデア、人、能力、共同研究センター (JRC)、欧州原子力共同体 (EURATOM) という新分類
- ・研究インフラへの助成
- ・柔軟性のある助成プログラム
- ・手続きの簡素化

FP7 の活動プログラムは以下の通りである。

### 協力：

第一義的な目的は、持続可能な開発への貢献であり、対象分野は、知と技術の進歩との関係で重要なテーマのうち欧州の社会・経済・環境・産業に係る問題に対処するために研究開発を支援・強化すべき分野とされている。さらに、主要技術におけるリーダーシップ獲得のために産業と大学、研究機関の協力を促進することを目指す。

### アイデア：

工学、社会科学、人文科学を含む科学技術分野について、欧州レベルで競争的に実施される研究者主導のフロンティア研究を支援する。

---

人：

研究職への就職促進策を講じ、欧州の研究者に域内に留まるよう奨励し、世界各国の有能な研究者から見て欧州を魅力的な存在にすることにより、欧州の研究者を質的量的に強化するための活動を実施する。

能力：

欧州がナレッジ・ベース経済として繁栄するために必要な支援を実施する。

共同研究センター（JRC）：

EU レベルのステークホルダーと政策当局との意思疎通及び合意形成を図る。

欧州原子力共同体（EURATOM）：

欧州の核融合エネルギーと核分裂・放射線防護の分野で研究を自ら行うとともに、共同研究センターの原子力分野の研究活動を支援する。

#### 4.1 協カプログラム

FP7 の核となる活動プログラムは「協カ」である。「協カ」プログラムでは、欧州全域及び EU が認めた非 EU 諸国が、①健康、②食品、農業、漁業、バイオテクノロジー、③情報通信技術、④ナノサイエンス、ナノテクノロジー、素材、新製造技術、⑤環境（気候変動を含む）、⑥エネルギー、⑦運輸（航空を含む）、⑧社会経済科学・人文科学、⑨宇宙、⑩セキュリティー という優先研究テーマが定められている。

#### 4.2 運輸（航空を含む）

「協カ」プログラムの研究テーマの1つ「運輸（航空を含む）」の研究項目は、

- ・航空学
- ・持続可能な陸水上輸送システム
- ・Galile 計画及び EGNOS（静止衛星によるナビゲーション精度向上サービス）の支援であり、予算総額は 41 億 6,000 万ユーロとなる。

#### 4.3 持続可能な陸水上輸送システム

「持続可能な陸水上輸送システム」の研究活動は以下の5つであり、「ヘラクレス」プロジェクトに関連する研究活動は以下の I. 及び V. である。

「持続可能な陸水上輸送システム」の研究活動
I. 陸水上輸送のグリーン化（下記「活動 1」参照）
II. モーダルシフトの促進と混雑の解消
III. 身体障害者を含む全市民がアクセス可能な持続性のある都市交通システムの構築
IV. 安全性とセキュリティの向上
V. 競争力の強化（下記「活動 5」参照）

活動 I. 及び V. では、以下の分野が含まれる。

共同活動
活動 1: 陸水上輸送の環境性向上
分野 1.1: 製品とオペレーションの環境性向上
バイオ燃料及び代替炭化水素燃料の使用 車両及びインフラのエネルギー使用を最適化する技術 天然ガスを利用した駆動装置 電気推進船技術 クリーンで高効率な船用ディーゼル機関
分野 1.2: 環境にやさしい工業過程
輸送関連の製造過程の環境性向上 ライフサイクル終了後の廃棄方法 ECO シップ
活動 5: 競争力の強化
分野 5.1: 製品及び製造工程の競争力強化
製品開発の競争力強化 コスト効果の高い製造及び保守方法 新たな製造モデル及び組織モデルの構築



---

## 5. 「ヘラクレスβ」プロジェクトと EU 支援

先端技術の研究開発に係わる「ヘラクレスβ」プロジェクトは、現在一般公開されている情報は殆どなく、それ以外の情報収集手段は直接プロジェクト関係者に問い合わせることである。

当初の予定では、「ヘラクレスβ」に関する決定は 2007 年 9 月までに行われるとされていたが、決定は遅れている。

現時点では、EU は FP7 枠内で実施される予定の「ヘラクレスβ」プロジェクトへの財政的支援を決定していないため、プロジェクト関係者は部外者にプロジェクト提案の処理状況やその内容に関する情報提供を控えている。

### 5.1 プロジェクトの研究目標

「ヘラクレスβ」では以下を目標にしている。

- ・機関の熱効率 60%以上
- ・燃料消費率 (SFC) の 10%改善
- ・CO<sub>2</sub> 削減
- ・排出ガスの超低減化

排出ガスの超低減化に関しては、IMO による 3 段階の NO<sub>x</sub> 排出規制の、現行規制 Tier I を超える Tier II 及び Tier III を想定している。

### 5.2 プロジェクト実施期間

2008 年から 36 ヶ月にわたって実施される予定である。

### 5.3 プロジェクト構成

「ヘラクレスβ」プロジェクトは、「ヘラクレスα」と同様に、数々の作業パッケージ (WP) と関連するタスクから構成される。しかし、「ヘラクレスα」では各作業パッケージがそれぞれ 2 つのタスクを持っていたことに対し、「ヘラクレスβ」ではタスクの数は前もって決められておらず、作業パッケージの内容と必要性によってタスク数を決めることになっている。

プロジェクト参加メンバー (パートナー) に関しては、「ヘラクレスβ」は「ヘラクレスα」と同じ参加メンバーが主流になると推測されるが、現時点では参加メンバーの詳細に関する情報はない。

---

新たな参加メンバーに関しては、FP7 のガイドラインを反映し、欧州全域から関連メーカー、大学、研究機関、船主・船社が参加するであろう。参加メンバー数は、「ヘラクレスα」と同様の欧州の 40 企業・組織程度になると予想される。

参加メンバー間の作業分担に関しても、「ヘラクレスβ」は「ヘラクレスα」と同様の形態とすると予想される。次表 6（添付 2）に示すとおり、「ヘラクレスα」では、作業パッケージの 18 タスクのうち、主要メンバーは他メンバーよりも多くのタスクに従事していた。主要メンバーとそのタスク参加比率は、MAN Diesel SE (44%)、MAN Diesel A/S (50%)、Wärtsilä Corporation (50%)、Wärtsilä Schweiz AG (28%)、National Technical University of Athens / LME (28%)である。

#### 5.4 EU 支援

「ヘラクレスβ」のプロジェクト予算総額は 3,200 万ユーロとされているが、EU からの助成額は不明である。「ヘラクレスα」では予算総額 3,300 万ユーロのうち、EU の助成額は 1,500 万ユーロ、即ち 45%であった。「ヘラクレスβ」が同様助成率を受けると仮定すれば、EU からの支援は約 1,450 万ユーロとなる。

---

## 6. 関連技術と企業の状況

新技術の開発に関しては、「ヘラクレスβ」は「ヘラクレスα」と同様、既存技術の改良ではなく、燃費削減を実現する新技術の開発に焦点を当てるとの情報が得られたが<sup>1</sup>、「ヘラクレスβ」は、「ヘラクレスα」の研究開発により得られた知識、経験、技術を継承し、活用してゆくことが見込まれる。

このため、次項では、ヘラクレスαの各WP及び各タスクの目的と目標、参加メンバー、各タスクで得られた結果を報告することにより、ヘラクレスβにおいて実施される研究開発の方向性について推測する上での参考資料にして頂きたい。

### 6.1 WP1: 極限值設計パラメーター

**目的:** エンジンの動力密度と燃焼サイクルの効率を、既存の最良技術よりも大幅に改善する。この目的のため、極限条件での運転状態において高効率かつ環境性の高さを発揮する圧縮着火機関を設計する。

**目標:**

- ・ 極限的な熱及び機械的負荷におけるディーゼル機関の作動状況に関する研究する。
- ・ 先進的駆動サイクルのエンジンのパフォーマンス及び排出量への影響を研究する。
- ・ 極限的な熱及び機械的負荷において発生した問題解決のためのデザインと素材を研究する。
- ・ 新部品を開発し、エンジンに統合する。
- ・ 開発された新技術のフルスケール実証実験を行う。

WP1 は以下の 2 つのタスクからなる。

- ・ タスク 1.1: 極限值設計パラメーターを持つエンジンの構造。
- ・ タスク 1.2: 極限值パラメーターを持つエンジンの熱力学。

#### タスク 1.1: 極限值設計パラメーターを持つエンジンの構造

このタスクでは、極限值設計パラメーターを持つエンジンの構造を調査し、燃焼及び摩擦低減効果における設計パラメーターの最適値を研究する。極限值設計パラメーターを持つエンジンの主要部品を設計し、燃料噴射系及び弁系の新部品を製造する。新システムの試作機を極限值パラメーター・エンジンの実験機に搭載する。

---

<sup>1</sup> Prof. Nikolaos P Kyrtatos とのインタビュー, 17/09/2007

---

## 参加メンバー

Helsinki University of Technology (フィンランド)

M. Jurgensen GmbH & Co KG (ドイツ)

Miba Gleitlager GmbH (オーストリア)

Tampere University of Technology (フィンランド)

Wärtsilä Corporation (フィンランド)

## 結果:

バルチラ社が、極限值設計パラメーターを持つエンジンのメカニズムに関する研究を行った。同タスクの目的は、高度な運転サイクルがエンジンのパフォーマンスと排出ガスに及ぼす影響の検証、極限状態に耐えうるエンジン部品の設計と素材の研究、またこれらの研究成果のフルスケール及びリグ試験を実施し、評価することであった。

同タスクでは、次世代電子油圧弁アクチュエーター・システムを開発し、試験が行われた。また、極限值エンジン用の光学装置が設計された。回転数 900rpm でシリンダー最大圧力 40 バール、及び静圧 220 バールにおける実験は成功し、極限值エンジンは幅広い速度及び負荷下で運転可能であることが実証された。

## タスク 1.2: 極限值パラメーターを持つエンジンの熱力学

このタスクでは、現行エンジンと比較した場合の動力密度が非常に高く、かつエンジン運転環境への影響が考慮されたディーゼル機関を開発する。極限值パラメーターを持つエンジンの熱力学的特性については、高度 CFD (数値流体力学) 及び三次元 FEM (有限要素)、及び無次元モデルを用いて検証する。極限状況で作動可能な 4 ストローク及び 2 ストロークのエンジン試作機の作動試験を実施する。また、軸受、ピストン・リング、燃料弁ノズル、排出弁などの新型エンジン用部品を製作する。

## 参加メンバー

- Bodycote Varmebehandling A/S (デンマーク)
- Daido Industrial Bearings Europe Ltd (英国)
- Federal Mogul Friedberg GmbH (ドイツ)
- DAROS Piston Rings AB (スウェーデン)
- MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)
- Metso Powdermet AB (スウェーデン)
- Miba Gleitlager GmbH (オーストリア)
- National Technical University of Athens / LME (ギリシャ)

---

## 結果:

MAN 社が中心となり、DAROS、Federal Mogul、Bodycote、Technical University of Athens などが参加し、排出ガスを最低限に抑えた極限条件で運転可能な極限值設計パラメーターを持つエンジンの熱力学特性が研究された。

2 ストローク及び 4 ストローク・エンジンの試験を行い、負荷性能、排出ガス量、燃料消費量を最適化する設計ツールが開発された。研究成果として、MAN 社の 2 ストローク・エンジン全てに複合燃料弁ノズルが標準装備され、また新型エンジン ME-B に極限值パラメーターで運転可能なボアの小さいエンジンが導入された。

4 ストローク・エンジンの試験では、SIMULINK/MATLAB シミュレーション・コードにより摩擦部分を特定し、またシリンダー内放熱予測のための噴射ベース・モデルがサイクル計算プログラムに導入された。4 ストローク・エンジン試作機用に、エンジンの高速運転と高圧に耐えるピストン・リングが開発された。

同タスクの結果としては、弁開閉タイミングにより NO<sub>x</sub> 及び燃料消費量 (SFOC) 削減が可能であることが確認され、4 ストローク・エンジン試作機による目標はほぼ達成された (次表参照)。

表：タスク 1.2 における 4 ストローク・エンジン試験結果

測定カテゴリー	設計目標値	試験結果
MFP (循環平均充満圧)	250 bar	250 bar
MPS (平均ピストン速度)	12m/s	12.1m/s
MEP (平均有効圧力)	30 bar	30 bar
出力/重量比削減率	25%	23.7%

2 ストローク・エンジンの試験では、エンジン部品への負荷増加は先端的な設計と素材の選択により対処可能で、新たな CFD 及び FEM 設計ツールがその開発に不可欠であることが確認された。このタスクの目標は部分的に達成されたが、目標の完全達成のためにはさらなる開発努力が必要である。

4 ストローク・エンジンに関しては、高いエンジン・パラメーターの特定の組合せは NO<sub>x</sub> 及び SFOC レベルの削減に有効であり、また高いエンジン・パラメーターにより発生する摩擦増大は主にエンジン速度に影響され、ボアの大きいエンジンの燃焼過程最適化には、CFD 計算が有効なツールであることが確認された。

---

## 6.2 WP2: 先進的燃焼概念

目的: シリンダー内の主要プロセスの先進的モデル開発を可能にする特殊実験を行い、新燃焼概念の検証に利用する。

目標:

- ・ 船用エンジンの燃焼過程分析に 3D シミュレーション・ツールを適用する。新モデル開発に加え、既存サブモデルの改良、変更を行う。
- ・ シリンダー内現象の基本的な実験的検証に使用する先進的試験装置を開発する。
- ・ 実験データに対するモデルの検証を行う。

### タスク 2.1: 燃焼過程シミュレーション

このタスクでは、超低排ガス実現のために、先進的燃焼モデルを用いて新たな燃焼技術を開発し、試験を行う。そのために新型燃料噴射（噴霧）燃焼室の設計を行う。また、燃焼噴射と混合、燃焼、排出に関する先進的モデルを開発する。開発された燃焼モデルの実験データによる実証、及び新型燃料噴射燃焼室の実証試験を行う。

### 参加メンバー

- ・ Abo Akademi University (フィンランド)
- ・ ETH Zuerich (スイス)
- ・ Helsinki University of Technology (フィンランド)
- ・ National Technical University of Athens / LME (ギリシャ)
- ・ Paul Scherrer Institute (スイス)
- ・ Wärtsilä Corporation (フィンランド)
- ・ Wärtsilä Schweiz AG (スイス)

結果:

Wärtsilä Schweiz AG (スイス) が主体となり、Åbo Akademi University、Swiss Federal Institute of Technology などが参加して行われた。同タスクは「高度燃焼過程のシミュレーション」と題され、噴射、燃焼、排ガス生成などのシリンダー内現象の解明と、船用エンジン燃焼システムの最適化への 3D シミュレーション・ツールの適用を目的としている。

光学的アクセスが可能な噴射燃焼室が実験に用いられ、高度燃焼概念が広範囲に及ぶシミュレーションとモデルにより実証された。初回試験では、300k で圧力 50 バール、噴射圧力 500 バールで実験が行われた。フルサイクル・シミュレーションの第 1 歩として、CFD を組み合わせたシミュレーションにより掃気過程が検証された。

大型船用ディーゼルの運転条件におけるシリンダー内過程を検証するための新型実験装置を開発し、物理的モデルの詳細な実証のための参照データ作成に利用した。詳細な実証を行い、既存モデルの欠陥を確認した上で、新たなモデルの開発を開始した。さらに、シミュレーションにより燃焼過程の検証を行い、燃焼システム最適化の可能性を確認した。

---

## タスク 2.2 排出ガス生成シミュレーション

このタスクでは、燃料噴射、燃料の燃焼特性、排出ガスの化学反応に関する基本モデルを作成した後、サブモデルをさらに完全な CFD ツールに統合する。また、試作エンジンについての様々なモデルの実証実験を行う。

### 参加メンバー

- ・ Lunds Universitet (スウェーデン)
- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)
- ・ Univ. Karlsruhe / Inst. f. Kolbenmaschinen Verbrennung (ドイツ)

### 結果:

MAN 社が、2 ストローク及び 4 ストロークの大型船用機関のエンジン・パフォーマンスと排ガス生成に関する数々のモデルを作成した。4 T50ME-X エンジン上で 2000 回以上のエンジン試験が行われ、異なる種類の燃料と運転条件における点火遅れがパラメトリック試験により測定された。モデル開発では、噴射、燃焼、排ガス生成に関する最新サブモデルの統合に CFD ツール KIVA が使用された。

しかし、燃焼室内における挙動に関するデータ、及びニア・ノズル噴射に関するさらに詳細な調査が必要であることがわかった。放熱率と圧力のトレンドは予測と一致した。また、CFD データの FEM シミュレーションが開発された。

開発された CFD モデルは 10,000 回以上の計算により実証された。結論としては、パフォーマンス及び NO<sub>x</sub> 排出量に関する予測は正確なデータ入力により満足ゆく結果が得られるが、比較のためのローカル・データのさらなる検証が必要であることが確認された。

## 6.3 WP3: 多段／インテリジェント・ターボ過給システム

**目的:** 現行の最良機種よりも給気圧力の高い多段ターボ過給システムを検証し、可変ターボ過給部品及び PTI/PTO (power take in/power take out) の運転能力の拡大に関する可能性を調査する。

### 目標:

- ・ PTO/PTI システム、多段ターボ過給システムに加え、可変ターボ過給システムの利点を検証する。
- ・ 実験エンジン、試作部品、試験装置を開発する。
- ・ 可変ターボ過給機の新概念について研究開発し、試作機及びフルスケール実験により可能性を検証する。

---

### タスク 3.1: 可変ターボ過給機

このタスクでは、PTO/PTI システム、多段ターボ過給システムに加え、可変ターボ過給システムの利点を検証することである。試作部品を製作し、試験装置及び試験エンジン上での試験を実施する。

#### 参加メンバー

- ・ ABB Turbo Systems Ltd (スイス)
- ・ Helsinki University of Technology (フィンランド)
- ・ National Technical University of Athens / LME (ギリシャ)
- ・ Wärtsilä Corporation (フィンランド)
- ・ Wärtsilä Schweiz AG (スイス)

#### 結果:

試験用の試作部品を開発し、現行レベルよりも高いチャージ圧力を持つ可変形状・多段ターボ過給機の可能性を検証するため下記を実施した。

2 ストローク・エンジンの部分負荷運転では、PTI (power take in) システム使用時のターボ過給機の効率は、補助通風装置 (auxiliary blower) 使用時よりも高く、燃料消費量が低いことがわかった。PTI システムは熱負荷削減にも有効であり、2 段階負荷適用により、4 ストローク・エンジンの負荷許容特性の改善に有効な手段であることが確認された。

2 段ターボ過給機の試験では、高負荷時に NO<sub>x</sub> の 46~58%削減、100%負荷時に燃料消費量の 1.4%削減を実現し、部分負荷運転では可変吸気弁開閉システムの使用により安全性が確認された。

結果として、PTI システムにより、燃料消費量が最大 4%改善し、低負荷運転時に熱負荷が数 100°C低下することが確認された。

### タスク 3.2: インテリジェント・ターボ過給機

このタスクでは、様々なインテリジェント・ターボ過給システムの可能性に関する検証を行うことである。可変コンプレッサー、可変タービンなどの可変流動システム、及び PTO/PTI や空気噴射などの過給システム関連技術を検証する。また、ターボ過給機の試作機を開発し、テスト・セル及び実験エンジンに統合し、試験を行う。

#### 参加メンバー

- ・ Kemmerich Gummersbach Elektromotoren (ドイツ)
- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)
- ・ PBS Turbo s.r.o. Velka Bites (チェコ)



---

## 結果:

MAN が中心となり、エンジンの運転挙動の大幅改善により燃料消費量とガス排出量の削減を実現する可変形状ターボ過給機システムの研究を行った。参加メンバーである Kemmerich Elektromotoren 社は、18,000rpm で出力 380kW の非同期電動ユニットの試験を担当した。

擬似 3D 羽根を持つディフューザーのバーナー試験リグ上での試験は成功した。2 つのターボ過給システム、即ち TCA55 VTA/PTI/PTO 及び TCR22 & TCR20 VTA の試作機試験が行われた。自動可変タービン流路面積は、低速ディーゼル機関の試運転及び部分負荷時に効率及び排ガスにおいて改善が見られた。

高速電動モーターを使用して PTI 装置を低速ディーゼル機関に設置することにより、過渡期のスモークレス運転が向上することが判明した。また、6 L32/44CR 中速エンジンにミラー・サイクルを採用し、中間冷却機付きの 2 段ターボ過給機を使用することにより、NOx 生成と燃料消費量のトレード・オフが改善した。さらに、可変弁開閉を使用して部分負荷運転時にミラー・サイクルを減速することにより、可視煙の生成が抑制された。

## 6.4 WP4: ターボ複合エンジン／ホット・エンジン

**目的:**複合サイクル・システムにより低排ガス、高効率を実現する低冷却エンジン及び排気ガス分離システムを検証する。

### 目標:

- ・ホット・エンジン概念を適用したターボ複合システムの研究と評価を行う。
- ・ターボ複合システムの試作機を設計し、試験を行う。
- ・選択されたソリューションの適合性と信頼性を評価する。
- ・開発されたシステムを実船搭載する。

### タスク 4.1: 複合サイクル

このタスクでは、高温燃焼エンジン「ホット・エンジン」、即ち特別な設計や調整により冷却材へ熱の流れを最小限にしたエンジンの開発に焦点を当てる。また、高負荷における過度の排出エネルギーを活用し、低負荷における空気／燃料比の不整合の問題を解決するために、ターボ複合システムを全体設計に統合する。さらに、試作部品を設計・製作し、選択されたソリューションの適合性及び信頼性の検証を行う。

---

## 参加メンバー

- ・ ABB Turbo Systems Ltd (スイス)
- ・ M. Jurgensen GmbH & Co AG (ドイツ)
- ・ Mahle GmbH (ドイツ)
- ・ Wärtsilä Corporation (フィンランド)

## 結果:

このタスクでは、複合サイクル／ターボ複合システムの利点を検証、異なるターボ複合システムのシミュレーション、及び試験用ホット・エンジン試作部品の検証を行うため下記を実施した。

特定のエンジン熱バランスにおけるホット・エンジン複合サイクルのシミュレーションによりターボ複合システムが評価され、Wärtsilä 20 エンジンと 2 段ターボ過給機を用いて試作システムが製作された。試験では、排気量の 10%が過給機のタービンをバイパスしたこと及び開口部で質量流量が測定された。

シリンダー・ライナーの新素材と新鑄造技術の研究は、M Jürgensen GmbH 社が担当した。シリンダー・ライナーに関する研究では、あらゆるライナー素材の熱及び機械特性が検証され、また熱疲労を軽減する鑄造技術が開発された。

ホット・エンジンのピストンと排気弁シートリング試作機の試験は成功し、これらの部品の熱及び熱疲労への耐性が確認された。サイクル・シミュレーションにおける複合サイクル／ターボ過給システムを用いたホット・エンジンの全体効率は、標準エンジンに比較して 8%の改善が見られた。また、新開発の蒸気噴射システムの採用により、タービン汚れの抑制に成功した。

## タスク 4.2: ホット・エンジン

このタスクでは、複合サイクル船用ディーゼル機関の開発を行う。排気ガス中に高エネルギーを持つ高温燃焼エンジンの概念を研究する。ボイラー、蒸気ジェネレーター、動力タービンなど様々な複合サイクルのオプションをホット・エンジンに統合し、開発されたシステムを実船搭載する。

## 参加メンバー

- ・ Aalborg Industries A/S (デンマーク)
- ・ Hapag-Lloyd Container Linie GmbH (ドイツ)
- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ Peter Brotherhood Ltd (英国)

## 結果:

---

---

タスク 4.2 では、MAN が熱効率向上を目指した複合サイクル過程の最適化を研究し、過程における各構成要素への仕様要求を確認した。主要構成要素は、2 ストローク・ディーゼル機関、ボイラー／蒸気タービン、出力タービンである。

ホット・エンジンについて現実的な運転条件で試験を行うため、三井製造の 10K98MC エンジンを改造し、掃気口と排気口の間に調節可能な短絡管を設けた。その結果、排気弁とピストンへの熱負荷が増加、ライナーとカバーへの熱負荷が若干増加した。圧縮過程における純度低下により燃料消費率は 2g/kWh 程度改善したが、NO<sub>x</sub> 排出量には目立った変化はなかった。

## 6.5 WP6: 排出ガス削減方法（内部、水ベース）

**目的:** 効率、排出トレード・オフ、信頼性、設計の複雑性、船上での安全運転などの面で最適な加水方法を研究する。

### 目標:

- ・ 実験室試験で観測された NO<sub>x</sub> 削減の可能性を確認。
- ・ 水噴射プロセスのモデル化とシミュレーション。
- ・ 水噴射システムの開発。
- ・ 開発されたシステムを船上で試験。

### タスク 6.1: 水噴射技術

このタスクの目的は、排気ガス削減のための燃焼室への直接水噴射方法の可能性を検証することである。エンジンの全運転範囲への水噴射のタイミング、量、位置を検証する。同時に各システムの長期的動作、運転の安全性、信頼性の調査も行う。試作部品を設計、製作し、試験を実施する。試作システムを実船搭載し、フルスケールの実証実験を行う。

### 参加メンバー

- ・ O.M.T.-Officine Meccaniche Torino S.P.A.（イタリア）
- ・ A.P. Moller-Maersk A/S（デンマーク）
- ・ Wallenius Marine AB（スウェーデン）
- ・ Wärtsilä Corporation（フィンランド）
- ・ Wärtsilä Schweiz AG（スイス）

### 結果:

バルチラは、水噴射技術の NO<sub>x</sub> 削減効果に関する研究室実験、及び水噴射過程のモデル化とシミュレーションを担当し、開発されたシステムの実船実験を行った。

4 ストローク・エンジン用「Wetpac H」吸気加湿システム、及び 2 ストローク・エンジン用直接水噴射（DWI）システムの前計算のシミュレーションが行われ、実船実験、耐久

---

試験、研究室試験の結果から、これらのシステムに改良が加えられた。システムは Wallenius Marine 社所有の自動車・トラック運搬船 MV Manon に設置されたが、部品に問題が発生した。その後問題は解決したが、システム実証にはさらなる稼働時間が必要である。

さらに、補機 6R32BC を 3 機持つ同じく Wallenius Marine 社所有の自動車・トラック運搬船 MV Tristan に搭載されたが、問題は発生しなかった。研究室実験では、DWI システムは、研究室試験では、8 RT-flex 96C エンジンへの設置目標値である NO<sub>x</sub> の 50%削減を達成し、また、システムは一般的アルゴリズム・アプローチにより最適化された。その後、Maersk 社所有のコンテナ船 Maersk Montana にシステム試作機が搭載され、最初の試験が行われた。試験にはさらなる稼働時間が必要なため、プロジェクトは継続中である。

## タスク 6.2: 加湿方式

このタスクでは、排出ガス削減における空気加湿方式の可能性を検証する。コモンレール 4 ストローク・エンジンにおける燃料水エマルジョン (Fuel Water Emulsification (FWE)) 方式、2 ストローク・エンジンにおける掃気加湿 (Scavenging Air Moistening (SAM)) 方式などの加湿方式を研究し、システムの試作機を開発、実験エンジン上で試験を行う。

### 参加メンバー

- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)
- ・ Wallenius Marine AB (スウェーデン)

### 結果:

MAN が 4 ストローク・エンジン用の燃料水乳化 (Fuel Water Emulsification: FWE) システムの研究を行った。この目的は、FWE システムの NO<sub>x</sub> 削減効果を検証し、水と乳化した燃料油と次世代噴射システムの組合せの適用性を実証することである。また、同タスクでは、2 ストローク・エンジン用の掃気湿潤 (Scavenging Air Moistening: SAM) システムの NO<sub>x</sub> 削減効果とエンジン・パフォーマンス・パラメーターへの影響を検証する。

4 ストローク「32/44」テスト・エンジンの異なる水と重油の割合と異なる負荷における運転試験は成功裏に完了し、水の割合を増やすと燃料粘度が高くなるという結果が得られた。この結果は、FWE を用いた噴射システムの設計に考慮されなければならない。油水乳化燃料を使用したエンジンは、あらゆる負荷における運転で NO<sub>x</sub> 排出量が大幅に削減されるが、水含有量 30%までの高負荷運転時には燃料消費量が若干増加する。水含有量が高い場合には、部分負荷で着火遅れが発生し、燃焼室にはほぼ堆積物がない。

---

ミニ SAM システムは、試験運転が 4 T50ME-X リサーチ・エンジン上で実施された後、Wallenius Lines 社の自動車・トラック運搬船 MV Boheme に実船搭載された。フル SAM システムは、同じく Wallenius Lines の自動車・トラック運搬船 MV Mignon の船体延長時に搭載されたが、システム設置は予想よりも複雑であることが判明し、船体延長工事完了までは設置ができなかった。

SAM システム試験では、NO<sub>x</sub> 排出量の 30～50%削減、NO<sub>x</sub> 排出量 10%削減につき燃料消費量が約 1%増加との結果が得られた。

## 6.6 WP7: 排出ガス削減方法（内部、EGR）

目的: NO<sub>x</sub> 削減のために排出ガス再循環（EGR）を最適化し、重油焚きエンジンの微粒子排出削減への効果を検証する。

### 目標:

- ・異なる種類の燃料を用いる船用エンジンへの排出ガス再循環（Exhaust Gas Recirculation : EGR）システム採用の有効性を検証する。
- ・異なる種類の燃料を用いる 2 ストローク及び 4 ストローク・エンジン用の EGR システムの試作機を設計し、実験室試験を行う。
- ・船用エンジンからの微粒子排出特性を検証する。
- ・エンジン運転条件とパラメーター、及び燃料の質の微粒子生成への影響を検証する。

### タスク 7.1: 内部処理

このタスクでは、船用ディーゼル機関の微粒子生成のメカニズムの分析と理論的検証に焦点を当てる。エンジンの運転条件と使用燃料の質が、微粒子のサイズ、分布、構成に与える影響を分析する。理論的分析は、微粒子生成に関する実験室試験、測定及び実験実証により実施する。

### 参加メンバー

- ・ EMPA, Swiss Federal Laboratories（スイス）
- ・ Wärtsilä Corporation(フィンランド)
- ・ Wärtsilä Schweiz AG（スイス）

### 結果:

バルチラがエンジンからの微粒子状物質の削減の研究を行った。また、スイス連邦材料試験研究所(EMPA)が、微粒子状物質の測定技術と評価方法の研究を担当した。

低負荷（10%）時には、NO<sub>x</sub> 削減技術を用いた場合に微粒子排出量が微増し、2 ストローク・エンジンから排出される微粒子は大部分が 20～50nm の範囲内であった。排出量と

---

個数粒度分布は総濃度において一定であり、粒子直径はエンジン負荷条件に影響されなかった。

エンジン・チューニング・パラメーターは微粒子排出量に大きな影響はないが、燃料の質が影響することが判明した。プロジェクトの目標であった微粒子排出特性の解明は達成され、デフォルト・エンジン・パラメーターは既に微粒子排出の削減に寄与している。タスク 8.1 で検証された排出ガス後処理技術との相互関係では、船用ディーゼル機関には自動車用エンジンと同様の微粒子内部処理技術は適用できないことが判明した。

#### タスク 7.2: 排出ガス削減方法（外部、排出ガス再循環）

このタスクでは、異なる質の燃料を使用する 2 ストローク船用ディーゼル機関用の排出ガス再循環（EGR）システムを開発し、また船用機関からの微粒子排出特性を分析する。2 ストローク・エンジン用 EGR システムの試作機を設計する。開発された EGR システムを実験エンジンに搭載し、試験を行う。また、微粒子生成のメカニズムの検証のため、様々なエンジン試験を実施する。

#### 参加メンバー

- ・ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt（ドイツ）
- ・ Germanischer Lloyd AG（ドイツ）
- ・ MAN B&W DIESEL A/S（デンマーク）
- ・ MAN B&W DIESEL AG（ドイツ）

#### 結果:

排ガス再循環（exhaust gas recirculation: EGR）技術、または燃焼ガス再循環（combustion gas recirculation: CGR）技術を用いて、2 ストローク・エンジンからの NO<sub>x</sub> 排出量を 50% させることを目標に、MAN が主体となり実施された。この 2 方法は、コペンハーゲンの 2 ストローク試験施設で開発された。

EGR システムは 4 T50ME-X エンジンの第二反復に適用され、ISO-8178 基準に則して微粒子排出量が測定された。EGR システムの部品開発により、2 ストローク・エンジンからの NO<sub>x</sub> 排出削減量は 70% に達し、燃料消費量トレード・オフは 3.75g/kWh であった。

2 ストローク・エンジン用には、高いパフォーマンスとデミスト効果を持つ新型 EGR スクラバー及び CGR 弁が開発され、試験が行われた。排ガス経路における微粒子のサイズは大幅に拡大し、ピストンとピストン・リングの変更により有機体炭素量が大幅に削減された。また、燃料特性がもたらす 4 ストローク・エンジンから排出される微粒子状物質の化学構成への影響が判明した。

---

## 6.7 WP 8: 排出ガス後処理

目的: 提案されている様々な排気ガス後処理方法を研究し、また重油焚き大型船用機関における排出ガスのモニタリングのための測定技術を開発する。

### 目標:

- ・実船における実際的で信頼性の高い排ガス・モニタリング方法を開発する。
- ・排出ガス測定技術を各シリンダーにおける測定に応用する。
- ・非熱プラズマ (Non Thermal Plasma: NTP) 及び湿式スクラバー技術を更に開発し、研究室実験及び実際のエンジンからの排出ガス挙動の研究を行う。
- ・開発されたシステムを船用ディーゼル機関に適用し、実験エンジンによる試験を行う。
- ・全技術の可能性とコストを実証する。

### タスク 8.1: 後処理方法

このタスクでは、プラズマ触媒還元 (Plasma Assisted Catalytic Reduction: PACR) 方法、及び湿式スクラバー (Wet Scrubbers: WS) など新たな排出ガス後処理方法による排出ガス削減の可能性について研究する。これらのシステムを船用ディーゼル機関に適用した試作機を製作し、試験を行う。また併せて、新技術の微粒子状物質削減の可能性と関連コストの評価を行う。

### 参加メンバー

- ・ Chalmers University of Technology (スウェーデン)
- ・ SICK UPA GmbH (ドイツ)
- ・ Wärtsilä Corporation (フィンランド)
- ・ Wärtsilä Schweiz AG (スイス)

### 結果:

バルチラが、実際的で信頼性の高い排出ガスのモニタリング方法、排出ガス測定技術の単気筒測定への適用、非熱プラズマ (non-thermal plasma: NTP) 及び湿式スクラビング技術の開発が研究目標であった。

同タスクでは、Sick Maibak 社提供の排出ガス・モニタリング・システムがコンテナ船 Maersk Montana に実船搭載され、稼働している。

NTP 技術の NO<sub>x</sub> 削減効果に関しては、バルチラ試験エンジンからの排出ガス構成を元に研究室実験が行われたが、同技術はポテンシャルがないとの結論に達した。湿式スクラバーは、硫黄含有率 1.45%の重油を用いた 4 ストローク 32 中速エンジン上で実験が行われた。実験では、SO<sub>2</sub> (二酸化硫黄) の平均削減率 95%、及び微粒子状物質の 42.8%削減との結果が得られた。

---

排出ガス測定技術の単気筒への適用方法は、単気筒からデッド・ボリューム・エリアへの排気ガスを採取する間接的測定方法が選ばれた。この方法では排ガス量の正確な測定はできなかったが、各シリンダーからの排出ガスの比較評価には有益な方法であると考えられる。

## タスク 8.2: 排出ガス・モニタリング方法

このタスクでは、実船における実際の信頼性の高い排出ガス・モニタリング方法の開発を目指す。また、排出ガス測定技術を各シリンダーにおける測定に応用する。これらのシステムを船用ディーゼル機関に適用し、試験を行う。また併せて新技術の可能性と関連コストの評価を行う。

### 参加メンバー

- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)
- ・ National Technical University of Athens / LME (ギリシャ)

### 結果:

MAN が第一パートを担当し、船舶への搭載を前提とした NO<sub>x</sub> テクニカルコードの条件を満たす実際の信頼性の高い排出ガス・モニタリング方法の開発を目標に、排出ガス測定方法の開発を行った。

第二パートは、National Technical University of Athens が担当し、各シリンダーにおける NO (酸化窒素) 測定方法の開発を行い、同システムを多気筒船用ディーゼル機関に設置し、特定のシリンダーからの NO 測定を行った。

第一パートでは、2 基の NO<sub>x</sub> センサーが設置・調整された。1 基のセンサーは、4T50ME-X 試験エンジンに設置され、稼働時間約 1,000 時間時点で問題なく作動している。もう 1 基は、コンテナ船「CMA CGM Verdi」の 10K98MC エンジンに実船搭載され、当初 60 時間の稼働後、故障が発生した。しかし、故障修理後は、Verdi 号のバレンシア (スペイン) から中国までの 7 週間の往復航海中、問題なく作動した。しかし、測定された NO<sub>x</sub> レベルの実証に必要なエンジン・パフォーマンスに関するデータは未だ入手されていない。

同時に、4T50ME-X エンジンを用いて、IMO 承認ガス・アナライザーと開発された FTIR (Fourier Transform Infrared spectroscopy) マルチ・コンポーネント・ガス・アナライザーの比較試験が実施された。

第二パートでは、ひとつのシリンダーでの NO 測定を行う延長プローブの試用試験が実施された。最も効果的なプローブは、全長 571.5mm、有効長 500mm で、管内部素材にはクォーツが用いられた。エンジン試験は、National Technical University of Athens の



---

MAN B&W L16/24 エンジンを用いて行われた。また、すす生成によるプローブ閉塞の防止に関する研究も実施された。

## 6.8 WP 9: 低摩擦エンジン

目的: 潤滑最適化及び適応/スマート部品を用いてエンジンの摩擦を低減することにより、エンジン効率を改善する方法を検証する。

### 目標:

- ・エンジン効率改善のために最も効果のある摩擦低減方法を特定する。
- ・エンジンの適応部品とその仕様設計の必要性を確認する。
- ・摩擦損失の少ないエンジン部品を開発する。
- ・適応部品を開発する。
- ・開発されたシステム、部品の機能性と信頼性をエンジン試験により確認する。
- ・シリンダー潤滑の最適化により、シリンダー条件をオンライン制御する。

### タスク 9.1: 適応部品

このタスクでは、エンジン効率改善に最も可能性の高い摩擦低減方法を特定し、適応エンジン部品の利用を検証することを目標とする。摩擦損失の少ないエンジン部品を設計、開発する。また、磁気形状記憶合金、圧電性物質などのアクチュエーターの新素材を用いた適応部品を開発する。試作部品を製作し、試験を行う。

### 参加メンバー

- ・ AdaptaMat Ltd (フィンランド)
- ・ Federal Mogul Friedberg GmbH (ドイツ)
- ・ M. Jurgensen GmbH & Co KG (ドイツ)
- ・ Miba Gleitlager GmbH (オーストリア)
- ・ VTT Technical Research Centre Of Finland (フィンランド)
- ・ Wärtsilä Corporation (フィンランド)
- ・ Woodward International Inc. (英国)

### 結果:

バルチラが担当した本タスクの目標は、4 ストローク中速エンジンの機械損失削減に最も有効な手段の確認及び機械損失削減手段の概念を開発・実証することであった。

摩擦損失試験では、エンジン・サイズにより結果に大きな幅があることが確認され、混合摩擦特性が改善され、機械損失を削減した非金属軸受素材が開発された。また、新たな軸受形状の概念、ピストン・リング、シリンダー・ライナーの機械損失と耐磨耗性を測定する摩擦計、コモンレール燃料噴射システムの燃料噴射速度を予測・測定する油圧シミュレーション・モデルと装置が開発された。

---

最適化された燃料噴射システムを持つ 1000kW/cyl エンジン用の改良コモンレール・システムは、燃料消費量を大幅に削減し、また、自動同調型ダンパーの開発により振動レベルが低下した。

数々の実験結果から、大型エンジンの動力ユニットに対する軸受摩擦損失の割合は、トラック・エンジンと比較して非常に大きいことが判明し、摩擦損失を軽減する新たな軸受のデザインと総合温度を 5°C 低下させた場合には、高速アイドルリング運転及び全負荷耐久試験において高いパフォーマンスが得られた。

## タスク 9.2: 摩擦最適化

このタスクの目的は、摩擦低減エンジン部品をモデル化、試験と設計を行うことである。ピストン・リングの摩擦及び潤滑に関するモデルを作成し、また、ピストン・リング摩擦を測定する装置を製作する。摩擦低減部品を設計、製作し、実験エンジンで試験を行う。エンジン部品の摩擦挙動のモニタリングを行うシステムの概念を開発する。

### 参加メンバー

- ・ IST GmbH (ドイツ)
- ・ JOWA Germany GmbH (スウェーデン)
- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)
- ・ Miba Gleitlager GmbH (オーストリア)
- ・ Tampere University of Technology (フィンランド)

### 結果:

ピストン・リング、ピストン・スカート、主ピン軸受、クラック・ピン軸受の摩擦損失に関するシミュレーション・ツールと計算コードが開発された。また、ピストン・リングの摩擦、圧力低下、リング動作を測定する試験リグが開発・製造され、試験エンジン上で試験が行われた。主軸受設置のハウジングのシミュレーションが行われ、最適化された。さらに、動作制御用の新型センサーが試験装置に設置された。

軸受金など新たな低摩擦エンジン部品が開発され、8 気筒シリアル・エンジンの試験装置での実験の結果、10%程度の摩擦削減を実現した。ピストン・リング・グループのレーザー被覆コーティングが検証され、エッジ融解と熱流束を防ぐ耐水性コーティングが開発された。

## 6.9 WP 11: 適応エンジン

目的: 高性能次世代エンジン用のインテリジェント機能を持つ制御モニタリング・システムを開発する。

---

## 目標:

- ・インテリジェント制御システムのフィジビリティ・スタディ
- ・異なる運転条件や部品の状態に適応可能なエンジン・システムと部品の開発
- ・信頼性の高い測定装置によるモニタリングに基づく自己学習システム、及びあらゆる境界条件下で高性能を発揮する標準化された評価手順の開発
- ・手動または自動のエンジン運転モード変更システムの開発

## 参加メンバー

- ・ Abo Academi University (フィンランド)
- ・ National Technical University of Athens / LME (ギリシャ)
- ・ VTT Technical Research Centre Of Finland (フィンランド)
- ・ Wärtsilä Corporation (フィンランド)

## 結果:

バルチラが担当し、運転条件と部品のステータスに適応するエンジン・システムと構成部品の開発、信頼性の高い測定装置によりモニタリングを行うセルフ・ラーニング・システムの研究、及び手動/自動エンジン・モード変更システムの開発を行った。

バルチラ 34SG エンジンの測定により、ノック検出とモニタリングに関する実際のシグナル挙動を特定し、さらに動的シミュレーション・ツールを用いた PTI/PTO システムの高度制御プロセスのモデル化には、バルチラ W20 エンジンが使用された。

コモンレール・エンジン用の高度エンジン・バランス診断システムの実証実験が行われ、また、新たな冗長性の確保により燃料噴射システムの信頼性を高める方法が開発され、実証された。

## タスク 11.2: インテリジェント・エンジン

このタスクの目的は、電子制御インテリジェント・エンジンの最適運転ストラテジーを開発することで、エンジン制御変数に関する最適な機械的、物理的自己学習機能を開発する。開発された制御システムを、ソフト及びハードに統合し、さらに実船のエンジンに搭載して実証実験を行う。

## 参加メンバー

- ・ Kristen Navigation Inc. (ギリシャ)
- ・ MAN B&W DIESEL A/S (デンマーク)
- ・ MAN B&W DIESEL AG (ドイツ)

---

## 結果:

MAN が担当し、船社 Kristen Navigation Inc.とともにインテリジェント・エンジンの研究を行った。このタスクの目的は、運転または境界条件の変動に適応する自己適応特性を持つエンジン制御及びモニタリング・システムの開発、手動／自動エンジン運転モード変更システムの開発、排気ガス・バイパスや可変タービン形状、NOx 測定技術、オンラインによる燃焼圧力測定技術などのサブシステムのソフト及びハードウェアの試験を行うことであった。

開発作業は、ニューラル・ネットワークや多項式などのエンジン・プロセスのモデル化技術を用いて行われ、最適化アルゴリズムが解析、適用された。エンジンのオフライン運転を最適化するメカニズムが開発され、合計 113 の動作基点を持つ 4 つの異なるテスト・プログラムが実行された。

最初の自動調整ソフトウェアは、2007 年 5 月に MAN Diesel4T50MX エンジンに搭載され、2007 年 6 月には修正されたソフトを持つ自動調整ソフトウェアが搭載された。



---

これまでに、FP7 の資金支援を受けるため欧州委員会 (EC) に 2007 年 6 月に申請を行っており、当初は 2007 年 9 月までに EC による審査結果が明らかになる見込みであったが、決定が遅れており、現時点においては、審査結果は未だ出ていない。

FP7 の支援対象に認定することを前提に、「ヘラクレスβ」の予算総額は 3,200 万ユーロ程度になると見積もられている。「ヘラクレスα」の予算総額に対する FP6 の枠組みによる支援資金の割合が 45%であったことから、「ヘラクレスβ」も同様の支援を得られると仮定すると、FP7 の枠組みによる支援金額は約 1,450 万ユーロと推定される。

「ヘラクレスβ」プロジェクトは、実施期間が 2008～2011 年を予定しており、熱効率 60%以上の実現により船用ディーゼル機関からのガス排出量の大幅削減と同時に燃料効率 (10%削減) の最大化を目標としている。

研究体制としては、「ヘラクレスα」と同様に、作業パッケージ (WP) とタスクに分かれて研究開発が実施される。プロジェクト参加メンバーも同じ企業・組織が多いと予想されるが、詳細は発表されていない。

研究開発作業の分担に関しても、「ヘラクレスβ」は「ヘラクレスα」と同様に MAN Diesel 社とバルチラ社が中心となると予想される。

なお、「ヘラクレスα」の作業分担は、MAN Diesel SE (44%)、MAN Diesel A/S (50%)、Wärtsilä Corporation (50%)、Wärtsilä Schweiz AG (28%)、National Technical University of Athens / LME (28%)であった。

「ヘラクレスα」と「ヘラクレスβ」の比較		
	ヘラクレスα	ヘラクレスβ
予算総額	3,300万ユーロ	3,200万ユーロ
期間	43ヶ月	36ヶ月
構成		
WP 1	極限值設計パラメーター	極限值パラメーター
WP 2	先進的燃焼概念	先進的燃焼概念
WP 3	多段インテリジェント・ターボ過給機	ターボ過給機
WP 4	ターボ複合エンジン、ホット・エンジン	代替燃料
WP 5	—	排出ガス削減
WP 6	排出ガス削減方法 (内部、水ベース)	船舶全体の 動力伝達最適化
WP 7	排出ガス削減方法 (内部、排出ガス再循環)	先進素材、摩擦、耐久性
WP 8	排出ガス後処理	電子系統、制御系統
WP 9	低摩擦エンジン	—
WP 11	適応エンジン	—
参加メンバー	42企業・組織	40以上企業・組織
参加メンバーの構成	企業、大学、研究機関、ユーザー（船主、船社）、船級協会	企業、大学、研究機関、ユーザー（船主、船社）、船級協会

---

## 添付資料 1: 「ヘラクレス α」参加メンバーの概要

「ヘラクレス α」プロジェクトには、全 10 カ国からの企業・組織が参加し、うち 9 カ国（オーストリア、チェコ、デンマーク、フィンランド、ドイツ、ギリシャ、イタリア、スウェーデン、英国）は EU 加盟国であった。参加した EU 非加盟国は、スイスである。各参加メンバーの概要を以下に述べる。

### コーディネーター

#### **ULEME E.E.I.G.**

ULEME E.E.I.G.は、「ヘラクレス」プロジェクトを主導する 2 大企業、即ち MAN Diesel とバルチラが、プロジェクトのコーディネーターとして設立した法的組織である。

**<http://www.uleme.com>**

担当者:

**Dr Ralf Marquard**

**Lars Hellberg**

### 中核グループ

#### **MAN Diesel SE (ドイツ)**

MAN Diesel SE Group は、船舶推進用大型ディーゼル機関、固定発電機関、機関車牽引機関製造の大手メーカーである。同グループは、ディーゼル発電機関及びターボ過給機製造においても最大手のひとつである。4 ストローク中速機関関連ビジネスは、ドイツのアウグルブルクに位置する同グループのドイツ本社で行われている。中速機関の戦略的ビジネス部門は、船用 4 ストローク・エンジンの開発・製造に長い歴史を持つ。また、中速機関は固定発電機関としても広く利用されており、MAN Diesel SE Group は、固定ディーゼル発電機関製造の世界最大手のひとつでもある。

**URL: <http://www.manbw.de>**

担当者: **Mr Fritz Fleischer**

#### **MAN Diesel A/S (デンマーク)**

MAN Diesel SE Group の 2 ストローク・エンジン関連ビジネスは、同グループのデンマーク本社のあるコペンハーゲンで行われている。コペンハーゲン拠点は、最新の研究開発、設計設備を持ち、エンジニア、設計者、試験担当者が、市場トレンドを反映または先取りしたエンジン設計の研究を行っている。

**URL: <http://www.manbw.com>**

担当者: **Mr Niels Kjemtrup**

#### **Wärtsilä Corporation**

Wärtsilä Corporation は、船用推進機関製造の最大手のひとつで、分散型発電機関製造及び関連サービス提供の大手でもある。4 ストローク・エンジン関連ビジネスは、フィンラン



---

ドのヘルシンキで行われており、1,100 人以上を雇用している。バルチラの発電部門は、発電と船舶推進に関する完全なソリューションを提供する。バルチラは、Wärtsilä ブランド及び Sulzer ブランドのエンジン（出力 500～80,000kW）の設計、製造、ライセンス供与、販売、設置、サービスを行っている。Wärtsilä 社のエンジンは、重油、軽油、ガスの他、オリマルジョンなどの新燃料にも対応している。

**URL: <http://www.wartsila.com>**

**担当者: Mr Christer Wik**

#### **Wärtsilä Schweiz AG (スイス)**

Wärtsilä Schweiz AG はスイスのヴィンタートゥールを拠点とし、バルチラ社の 2 ストローク・エンジン関連ビジネスを担当している。

**URL: <http://www.wartsila.com>**

**担当者: Mr German Weisser**

#### **参加企業**

##### **Aalborg Industries A/S (デンマーク)**

Aalborg Industries Group は、ボイラー製造の大手で、石油／ガス焚きの蒸気、熱湯、排気ガス焚き、及び複合型（排気ガス、石油／ガス）のボイラー、高性能バーナー、ユーザー・フレンドリーな制御システムを提供している。同社の総従業員数は約 1,400 人で、うち約 450 人がオールボー（デンマーク）の本社に勤務している。

**URL: <http://www.aalborg-industries.com>**

**担当者: Dr. Kim Soerensen**

##### **ABB Turbo Systems Ltd (スイス)**

ABB Turbo Systems は ABB Group 内の独立した子会社で、出力 500kW 以上のターボ・ディーゼル及びガス・エンジン製造の世界最大手である。世界で 180,000 基以上の ABB ターボ過給機が、船舶、発電所、機関車、建設及び鉱業用重車両で使用されている。

**URL: <http://www.abb.com/turbocharging>**

**担当者: Dr Ennio Codan**

##### **AdaptaMat Ltd (フィンランド)**

AdaptaMat 社は、印加磁場によりサイズ、形状、圧力が変化する MSM（磁気形状記憶）素材の開発と実用化を行っている。MSM 素材は、車、船舶及び家庭用電子機器に利用されている。MSM 素材は、複雑な機械構造の簡素化を可能にする。

**URL: <http://www.adaptamat.com>**

**担当者: Dr. Kari Ullakko**

##### **Bodycote Varmebehandling A/S (デンマーク)**

---

Bodycote Group は、特殊冶金サービスの世界最大手で、熱処理、熱間等静圧圧縮成形、金属コーティング、及び素材試験サービスを、22 カ国、230 拠点で産業向けに行っている。デンマークには、熱処理施設 3 か所を持ち、72 人を雇用している。

**URL: <http://www.bodycote.com>**

**担当者: Mr. Jan Mozart**

#### **Daido Industrial Bearings Europe Ltd (英国)**

Daido Industrial Bearing Europe 社 (旧 Glacier Metal Company 社) は、日本の大同メタル工業株式会社の英国子会社である。大同メタルは、自動車、船舶、鉄道、工業エンジン向け潤滑軸受開発・製造の大手企業で、回転機械用潤滑軸受を含むフルレンジの潤滑軸受を提供する唯一の企業である。同社は、日本、欧州、米国、アジア、インド、中国など世界 11 カ国に製造拠点を持つ。

**URL: <http://www.daidometal.co.jp/english/products/europe.html>**

**担当者: Mr Daisuke Nakahara**

#### **DAROS Piston Rings AB (スウェーデン)**

DAROS Piston Rings AB は、DAROS Group の子会社で、大型エンジン向けピストン・リング製造の最大手である。同社は、大手エンジン・メーカーと提携し、船用及び固定ディーゼル機関向けピストン・リングの開発と OEM 製造を行っている。

**URL: <http://www.darosgroup.info>**

**担当者: Mr. Per Samuelsson**

#### **Federal Mogul Friedberg GmbH (ドイツ)**

Federal Mogul の子会社である Goetze 社は、1887 年以来、船用、自動車用エンジン部品製造の大手である。Goetze Normform ピストン・リングの製造及びアフターマーケット・アプリケーション向けの設計変更を担当する Goetze Piston Rings 社は、多くの欧州主要エンジン・メーカーの研究開発パートナーとなっている。

**URL: <http://www.federal-mogul.com>**

**担当者: Mr Franz Guenter Cantow**

#### **Germanischer Lloyd AG (ドイツ)**

1867 年創立のドイツ船級協会 Germanischer Lloyd は、世界の主要船級協会のひとつである。世界 86 カ国、220 拠点で、高度な資格を持つエンジニアが、船舶及び船用機器の質と安全性確保の監督を行っている。同協会の機械電気部門ディーゼル機関課は、船舶及び陸上のディーゼル機関からのガス状物質、微粒子状物質排出の測定及び評価に豊富な経験を持つ。

**URL: <http://www.gl-group.com>**

**担当者: Mr Claus Kurok**

#### **IST GmbH (ドイツ)**

---

ドレスデンの IST GmbH は、インターネットからグラフィック開発環境まで幅広い高度ソフトウェアのアプリケーションとツールの開発を行っており、1996 年以來、Java を用いたソフトウェア開発を専門としている。

**URL:** <http://www.ist-aachen.com>

**担当者:** Dr.-Ing. Jochen Lang

#### **JOWA Germany GmbH (ドイツ、スウェーデン)**

スウェーデンのヨーテボリに本社を置く JOWA 社は、油水分離機、ビルジ・アラーム、浄水フィルター、シルバー殺菌装置、油流出監視・制御システム (ODMCS) などの船用環境システムのメーカーで、世界数カ国に拠点を持つ。

**URL:** <http://www.jowa.se>

**担当者:** Dr.-Ing. Ralf Moeck

#### **Kemmerich Gummersbach Elektromotoren (ドイツ)**

1974 年創立のドイツ Gummersbach に拠点を置く Kemmerich Elektromotoren 社は、徹底したクオリティ・コントロールと最新機械を用いて年間数百万個のモーターを製造している。高度絶縁体を用いたあらゆる標準ボルテージと周波数のモーターを提供しており、近代的な含浸工程により、安定性、振動からの絶縁、コイルの均一含浸を実現している。

**URL:** <http://www.elektromotoren.de>

**担当者:** Mr Karl-Heinz Kemmerich

#### **M. Jurgensen GmbH & Co AG (ドイツ)**

M. JÜRGENSEN 社は 1930 年代にエンジン修理ビジネスとして設立された。同社は、現在、大型ディーゼル機関及びコンプレッサー向けのシリンダー・ライナーを欧州市場及び世界数カ国で販売している。同社の成功は、最新技術を用いた工程と、高度技術と長年にわたるチームワークからの豊富な経験を持つ従業員によるものである。

**URL:** <http://www.m-juergensen.de>

**担当者:** Mr. Peter Nakat

#### **Mahle GmbH (ドイツ)**

MAHLE 社は過去 80 年間、自動車及びエンジン産業向けに革新的で高品質の部品を提供してきた国際企業である。今日では、同社は欧州、アメリカ、アジア地域に 70 ヶ所以上の拠点を持ち、世界の大手内燃機関メーカー向けに部品及びシステムを納入している。

**URL:** <http://www.mahle.com>

**担当者:** Mr Christof Geissler

#### **Metso Powdermet AB (スウェーデン)**

---

スウェーデン Surahammar とフィンランド Tampere に拠点を持つ Metso Powdermet 社は、100 グラムから 15 トンまでの合金鋼、ステンレス、ニッケル、コバルト合金、MMC 合金製の PM (powder metal) HIP Near Net Shape (NNS)部品製造の世界最大手である。同社は、柔軟なデザインと複雑な構造を持つ熱間等静圧圧縮成形 (HIP) された信頼性の高い NNS 部品の開発と提供を行っている。同社製品は、発電、一般エンジニアリング、オフショア石油ガス、パルプ・製紙、冶金、化学、石油化学産業などで用いられている。

**URL:** <http://www.powdermet.com>

**担当者:** Mr. Carl-Gustaf Hjorth

#### **Miba Gleitlager GmbH (オーストリア)**

Miba Friction Group は、過去 25 年以上にわたり、世界の建設、船用、自動車産業、農業向けのクラッチ及びブレーキ・システム用の高品質の摩擦素材と鋼板を提供している。

Miba Group 本社はオーストリアの Laakirchen で、欧州、アメリカ、アジア 10 カ国に製造・販売拠点を持ち、世界 70 カ国で製品販売とサービスを行っている。

**URL:** <http://www.miba.com>

**担当者:** Mr Christian Forstner

#### **O.M.T.-Officine Meccaniche Torino S.P.A. (イタリア)**

トリノ (イタリア) に本社を持つ O.M.T.-Officine Meccaniche Torino S.P.A.社は、創立当時は小型ディーゼル機関向けの噴射システムを製造していた。その後同社のビジネスは拡大し、現在では世界の手業者が製造する船用、工業用、鉄道用大型ディーゼル機関向けに単筒燃料噴射ポンプ、燃料噴射弁、ノズル、アトマイザー、プランジャー・バレル、送り出し弁コモンレール向け電子噴射システムなどを納入している。

**URL:** <http://www.omt-torino.com>

**担当者:** Dr Ing. Marco Destro

#### **PBS Turbo s.r.o. Velka Bites (チェコ)**

チェコの Velka Bites に位置する PBS Turbo 社は、MAN B&W の NR/S シリーズのターボ過給機のライセンス製造企業として急速に拡大している。同社は、出力 300~2,500kW のターボ過給機製造において、重要なメーカーに成長しつつある。

**URL:** <http://www.pbsturbo.cz>

**担当者:** Mr Jiri Klima

#### **Peter Brotherhood Ltd (英国)**

1867 年創立の英国ピーターズバラの Peter Brotherhood 社は、蒸気タービンとガス・コンプレッサー製造の世界最大手のひとつで、世界 100 カ国以上に製品を提供している。同社は、出力 30MW までの蒸気タービン、ガス・コンプレッサー、コージェネレーション

---

(CHP) 発電システム、特殊ギアボックス、製紙機械、その他幅広い特殊機械の設計、製造、販売を行っている。

**URL:** <http://www.peterbrotherhood.co.uk>

**担当者:** Mr Nourdine Ikhlef

### **SICK MAIHAK GmbH (ドイツ)**

SICK 社は、産業用センサー及びセンサー・システム製造の大手で、工程自動化技術ではマーケット・リーダーである。1946 年創立の同社は、ドイツ内外に 40 以上の子会社、多くの代理店と関連会社を持つ。現在世界で 3,300 人以上を雇用しており、2001 年度の売上高は約 3 億 8,600 万ユーロである。

**URL:** <http://www.sick-maihak.de>

**担当者:** Dr. Michael Boness

### **Woodward Governor Company (英国)**

世界中に拠点を持つ Woodward 社は、幅広いアプリケーション用の革新的エンジン制御及び燃料制御システムの設計を行っている。同社は、航空機、産業及び船用機関、タービン向けの燃料制御システム及び部品製造の大手で、同社の製品は、航空機、船舶、機関車、大型オフロード車、発電、ガス発電、石油・ガス精製産業などで利用されている。

**URL:** <http://www.woodward.com>

**担当者:** Dr. Elias Boletis

### **船社**

#### **A.P. Moller- Maersk A/S (デンマーク)**

A.P. Moller-Maersk Group は、海運以外にも幅広い事業を行っており、石油とガスの採掘と精製、造船、航空産業、IT サービスなども手がけている。A.P. Moller-Maersk Group は世界 100 カ国以上で 6 万人以上を雇用している。同社の船隊は、250 隻超、約 1,200 万 DWT に達する。

**URL:** <http://www.maersk.com>

**担当者:** Mr Jens Thomsen

#### **Hapag-Lloyd Container Linie GmbH (ドイツ)**

Hapag-Lloyd 社は、1970 年 9 月 1 日にドイツ船社 2 社の合併により設立された。同社は、グローバルな海運とロジスティック・ビジネスを行っており、またドイツ語圏内では最大のクルーズ船社でもある。同社は、欧州の化学、石油、石油化学産業におけるロジスティックのスペシャリストで、欧州の一般貨物輸送及び商品の保管と配送に強い。また、コンテナ船によるグローバルな東西貿易ルートでは、世界のトップ・キャリアのひとつである。

**URL:** <http://www.hlcl.com>

**担当者:** Mr Lutz-Michael Dyck

---

### **Kristen Navigation Inc. (ギリシャ)**

アテネに本社を置く 1992 年創立の Kristen Navigation 社は、自社船 21 隻（大部分はタンカー）を運航し、従業員数は 70 名である。同社は、現在世界中の造船所で、10 隻の新造船を建造中である。

**担当者: Mr Stavros Hatzigrigoris**

### **Wallenius Marine AB (スウェーデン)**

Wallenius 社は、1950 年代以来、車両その他の運輸貨物の国際輸送の大手で、RORO 船による輸送では世界最大手の船社である。近年、同社は陸上も含めた一貫輸送の概念を開発し、顧客へのドアツードア・サービスを開始した。同社船隊は 70 隻以上で、その約半数がスウェーデン船籍である。

**URL: <http://www.walleniusmarine.com>**

**担当者: Mrs Lena Ekbohm**

### **大学・研究機関**

#### **Åbo Akademi University (フィンランド)**

Åbo Akademi University は 1918 年創立の私立大学で、学部生、院生約 8,000 人が学んでいる。同大学の化学燃焼研究室は、最先端の研究を行う研究所として定評がある。

**URL: <http://www.abo.fi>**

**担当者: Mr Jari Vuorijoki**

#### **Chalmers University of Technology (スウェーデン)**

1829 年創立の Chalmers University は、1994 年に独立機関となった。現在、学部生 8,000 人、院生、研究者、技術者、管理者 2,300 人を有する大学である。熱・流体力学部は、ディーゼル機関の熱貫流と CFD の研究を行っている。

**URL: <http://www.chalmers.se>**

**担当者: Prof. Jersy Chomiak**

#### **Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (ドイツ)**

Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (DLR : ドイツ航空宇宙センター) は、ドイツ国内 8 カ所に拠点に職員 4,500 名を有する非営利組織である。同センター内の大気物理学研究所 (Institute of Atmospheric Physics: IPA) は航空機エンジンから排出される超微粒子の特性研究と、超微粒子の測定方法の最先端研究に実績がある。DLR IPA は、排出エアロゾル測定における微粒子測定方法の研究開発で欧州を代表する研究所として、国際的なワーキング・グループに参加している。

**URL: <http://www.dlr.de>**

**担当者: Mr Andreas Petzold**

#### **EMPA, Swiss Federal Laboratories (スイス)**

---

---

EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research : スイス連邦材料試験研究所) は、持続性のある素材とシステム・エンジニアリングに関する総合的研究を行うスイス連邦政府機関である。EMPA は、スイスの 2 大学 (ETH チューリッヒ、EPFL ローザンヌ) と 4 国立研究所からなる研究グループ「ETH ドメイン」に属しており、独立した研究機関として、化学的、技術的専門研究を行っている。

**URL:** <http://www.empa.ch/abt137>

**担当者:** Mr Martin Mohr

#### **ETH Zuerich (スイス)**

チューリッヒ連邦技術研究所 (ETHZ) は、1854 年にスイス政府により設立された工科大学で、1969 年まではスイス唯一の国立大学であった。今日では、前述の研究グループ「ETH ドメイン」に属し、教育、研究、サービスの面で国際的にも非常に高い水準を保っている。

**URL:** <http://www.ethz.ch>

**担当者:** Prof. Konstantinos Boulouchos

#### **Helsinki University of Technology (フィンランド)**

1849 年創立の Helsinki University of Technology (HUT) は、フィンランド最古で最大の工科大学である。同大学機械工学部の内燃機関研究所 (Internal Combustion Engine Laboratory : ICEL) は、高度ディーゼル機関のガス交換、燃料噴射及び燃焼技術、エンジン部品の設計、シリンダー内診断、エンジン摩擦、エンジン騒音制御などの分野における研究を行っている。

**URL:** <http://www.hut.fi>

**担当者:** Professor Martti Larmi

#### **Lunds Universitet(スウェーデン)**

1666 年創立の Lund 大学は、7 学部と多くの専門研究所を持つスウェーデン最大の研究及び国際的高等教育機関である。現在学生数は 34,000 人以上、職員数は約 6,000 人である。物理学部内の燃焼物理学研究所は、内燃機関の燃焼過程のシミュレーションと実証に豊富な実績を持つ。

**URL:** <http://www.lu.se>

**担当者:** Prof. Fabian Mauss

#### **National Technical University of Athens / LME (ギリシャ)**

1836 年創立の National Technical University of Athens (NTUA) は、ギリシャ最古で最高の工科大学である。同大学 School of Naval Architecture & Marine Engineering 付属の船用工学研究所 (LME) は、船用ディーゼル機関、電動及び油圧動力計など最新のエンジン試験設備を持つ。また、同研究所の大規模なコンピューター設備は、エンジン設計の高度シ

---

ミュレーション・コードの作成に用いられている。同研究所の活動は、船用推進システムの研究が中心で、エンジン負荷力学の実験的、理論的検証に焦点を当てている。

**URL:** <http://www.lme.naval.ntua.gr>

**担当者:** Prof. Nikolaos P. Kyrtatos

#### **Paul Scherrer Institut (スイス)**

Paul Scherrer Institute (PSI) は、自然科学・技術関係の研究所である。PSI は、固体物理学、材料科学、素粒子物理学、生命科学、核及び非核エネルギー研究、エネルギー環境学などの分野で、国内外の大学、研究所と共同研究を行っている。PSI は、非常に水準の高い経験とノウハウを要する複雑な研究設備を持っており、世界有数のユーザー実験所として、国際的科学コミュニティーに利用されている。

**URL:** <http://www.psi.ch>

**担当者:** Dr.-Ing. Peter Jansohn

#### **Tampere University of Technology (フィンランド)**

タンペレの Tampere University of Technology (TUT) は、技術と建築に関する研究を専門とする大学である。同大学の材料科学研究所は、製作技術、鋳造技術、電子顕微鏡法、プラスチック及びエラストマー技術、セラミック素材、表面工学の 7 つの研究所からなる。表面工学研究所は、素材及び表面工学を専門とし、国内外の研究機関及び企業と高度な共同研究を行っている。セラミック素材研究所は、セラミック素材の機械的特性、セラミックス、多孔質セラミックス、セラミック・フィルター及び薄膜の疲労、耐久特性、セラミックスの腐食特性、セラミックスとバイオセラミックスの高温特性などの研究を行っている。

**URL:** <http://www.tut.fi>

**担当者:** Prof. Petri Vuoristo

#### **Universitat Karlsruhe, Institut f. Kolbenmaschinen (ドイツ)**

1825 年創立のドイツ最古の工科大学であるカールスルーエ大学は、20,000 名以上のドイツ人及び外国人学生を有し、技術、自然科学、工学の研究を専門とする。同大学機械工学部内の往復機関研究所は、内燃機関の研究開発を行っており、エンジン過程の実験及び数値法に豊富な経験を持つ。

**URL:** <http://www-ifkm.mach.uni-karlsruhe.de/>

**担当者:** Prof. Ulrich Spicher

#### **VTT Technical Research Centre Of Finland (フィンランド)**

VTT Technical Research Centre of Finland は、多くの国際プロジェクトに従事する委託研究機関である。3,000 人以上の職員を持ち、顧客、企業、研究所、公的部門向けに幅広い技術研究及び応用研究サービスを提供している。

**URL:** <http://www.vtt.fi>

**担当者:** Mr Pekka Koskinen



## 添付資料 2:ヘラクレスαへの各団体の参加状況

Table 7: Hercules A Partners by Work Programme & Task																							
Partner	Country	No. of Tasks	% of Tasks	WP 1		WP 2		WP 3		WP 4		WP 6		WP 7		WP 8		WP 9		WP 11			
				Task 1.1	Task 1.2	Task 2.1	Task 2.2	Task 3.1	Task 3.2	Task 4.1	Task 4.2	Task 6.1	Task 6.2	Task 7.1	Task 7.2	Task 8.1	Task 8.2	Task 9.1	Task 9.2	Task 11.1	Task 11.2		
<b>Core Group</b>																							
MAN DIESEL SE	Germany	8	44%	✓		✓	✓	✓							✓	✓	✓	✓			✓	✓	
MAN DIESEL A/S	Denmark	9	50%	✓		✓	✓	✓							✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Wartsila Corporation	Finland	9	50%	✓		✓	✓	✓							✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Wartsila Schweiz AG	Switzerland	5	28%			✓	✓	✓							✓	✓	✓	✓			✓	✓	
<b>Industrial Partners</b>																							
Aalborg Industries A/S	Denmark	1	6%								✓												
ABB Turbo Systems Ltd	Switzerland	2	11%					✓			✓												
AdaptaMat Ltd	Finland	1	6%																				
Bodycote	Denmark	1	6%	✓																			
Varmebehandling A/S	U.K.	1	6%	✓																			
Daido Industrial Bearings Europe Ltd	U.K.	1	6%	✓																			
Federal Mogul Friedberg GmbH	Germany	2	11%																				
Germanischer Lloyd AG	Germany	1	6%																				
DAROS Piston Rings AB	Sweden	1	6%	✓																			
IST Gmbh	Germany	1	6%																				
JOWA Germany GmbH	Sweden	1	6%																				
Kemmerich Gummersbach Elektromotoren	Germany	1	6%																				
M. Jurgensen GmbH & Co AG	Germany	3	17%	✓																			
Mahle GmbH	Germany	1	6%																				
Metso Powdermet AB	Sweden	1	6%																				
Miba Gleitlager GmbH	Austria	4	22%	✓																			
O.M.T.-Officine Meccaniche Torino S.P.A.	Italy	1	6%	✓																			
PBS Turbo s.r.o. Velka Bites	Czech Republic	1	6%																				
Peter Brotherhood Ltd	U.K.	1	6%																				
SICK MAIHAK GmbH	Germany	1	6%																				
Woodward Governor Company	U.K.	1	6%																				

**Table 7: Hercules α Partners by Work Programme & Task**

Partner	Country	No. of Tasks	% of Tasks	WP 1		WP 2		WP 3		WP 4		WP 6		WP 7		WP 8		WP 9		WP 11	
				Task 1.1	Task 1.2	Task 2.1	Task 2.2	Task 3.1	Task 3.2	Task 4.1	Task 4.2	Task 6.1	Task 6.2	Task 7.1	Task 7.2	Task 8.1	Task 8.2	Task 9.1	Task 9.2	Task 11.1	Task 11.2
<b>Shipping Companies</b>																					
A.P. Moller- Maersk A/S	Denmark	1	6%								✓										
Hapag-Lloyd Container Linie GmbH	Germany	1	6%																		
Kristen Navigation Inc.	Greece	1	6%																		✓
Wallenius Marine AB	Sweden	2	11%									✓									
<b>Universities and Research Institutions</b>																					
Abo Akademi University	Finland	2	11%			✓															✓
Chalmers University of Technology	Sweden	1	6%																		
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Germany	1	6%												✓						
EMPA, Swiss Federal Laboratories	Switzerland	1	6%																		
ETH Zuerich	Switzerland	1	6%			✓															
Helsinki University of Technology	Finland	3	17%			✓	✓														
Lunds Universitet	Sweden	1	6%				✓														✓
<b>National Technical University of Athens / LME</b>	<b>Greece</b>	<b>5</b>	<b>28%</b>			✓															✓
Paul Scherrer Institut	Switzerland	1	6%																		
Tampere University of Technology	Finland	2	11%			✓															✓
Universität Karlsruhe, Institut f.	Germany	1	6%				✓														
Kolbenmaschinen																					
VTT Technical Research Centre Of Finland	Finland	2	11%																		✓



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。

欧州における船用ディーゼル機関共同開発プロジェクト  
(ヘラクレスβ)の開発動向調査

2008年（平成20年）3月発行

発行 社団法人 日本舶用工業会 業務部

〒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

URL : <http://www.jsmea.or.jp>

E-mail : [info@jsmea.or.jp](mailto:info@jsmea.or.jp)

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。