



図 2-8 研究開発プロジェクト「DIOMAR」:

高品質な高速溶接のための最大出力 60kW のダイオードレーザービーム線源を開発。

Meyer Werft は、排出削減、高度な環境管理システム、汚染防止などの環境保全の取り組みを数十年前から進めている。



図 2-9 レーザー技術を利用した船体建造（ドイツ・パーペンブルク）

Meyer Group は、船舶設計、キャビン製造、空調システム、インテリア、ターンキー配管製造、塗装などの専門業務に関する完全子会社を保有している。

2-2-2 レーザー溶接技術の利点

欧州の造船所は、1992 年以來、数々の EU 支援研究プロジェクト（L-SHIP、TRANSLAS、SANDWICH、DOCKLASER、InterSHIP、BESST など）を通じてレーザー技術の開発と導入を進めてきており、現在も研究開発が続けられている。造船業におけるレーザー技術利用の主な利点は以下の通りである。

- ・高速で安定した頑強な溶接工程により、信頼性と効率が向上し、また入熱が少ないため歪と再加工が大幅に減少する。レーザー溶接技術の導入により、生産性が 100% 以上向上した造船所もある。
- ・造船所の作業環境の安全性が大幅に向上する。
- ・レーザー溶接された構造は従来よりも疲労耐性が高いため、船舶のライフタイムを通じてメンテナンスと修繕の必要が減少し、同時に船舶の安全性も向上する。
- ・レーザー溶接された接続部の冶金関連特性の利点により、大型クルーズ船などの船体構造への薄鋼板の利用に関する自由度が向上する。ペイロード比の増加は、海運からの排出削減と、鋼板、溶接材料、輸送用燃料などの原材料の削減につながる。



図 2-10 世界最大級のレーザー溶接設備：

Meyer Werft パーペブルク造船所において 2010 年以來利用されているディスクレーザー及び CO2 レーザー突合せ溶接及び隅肉溶接用パネルライン（30m × 30m）

1990 年初頭には、既にレーザー溶接が競争力を強化する可能性が認識されており、Meyer Werft は、1994～1998 年期に実施された国家支援プロジェクトで、レーザー溶接方法の総合的な研究開発を行い、新軽量「I-Core」パネルを開発した。I-Core 技術は、クルーズ船の階段踊り場や壁などの構造に利用可能である。

Meyer Group は、レーザー溶接技術をいち早く取り入れた海事企業である。



図 2-11 レーザー溶接された「I-Core」サンドイッチパネル

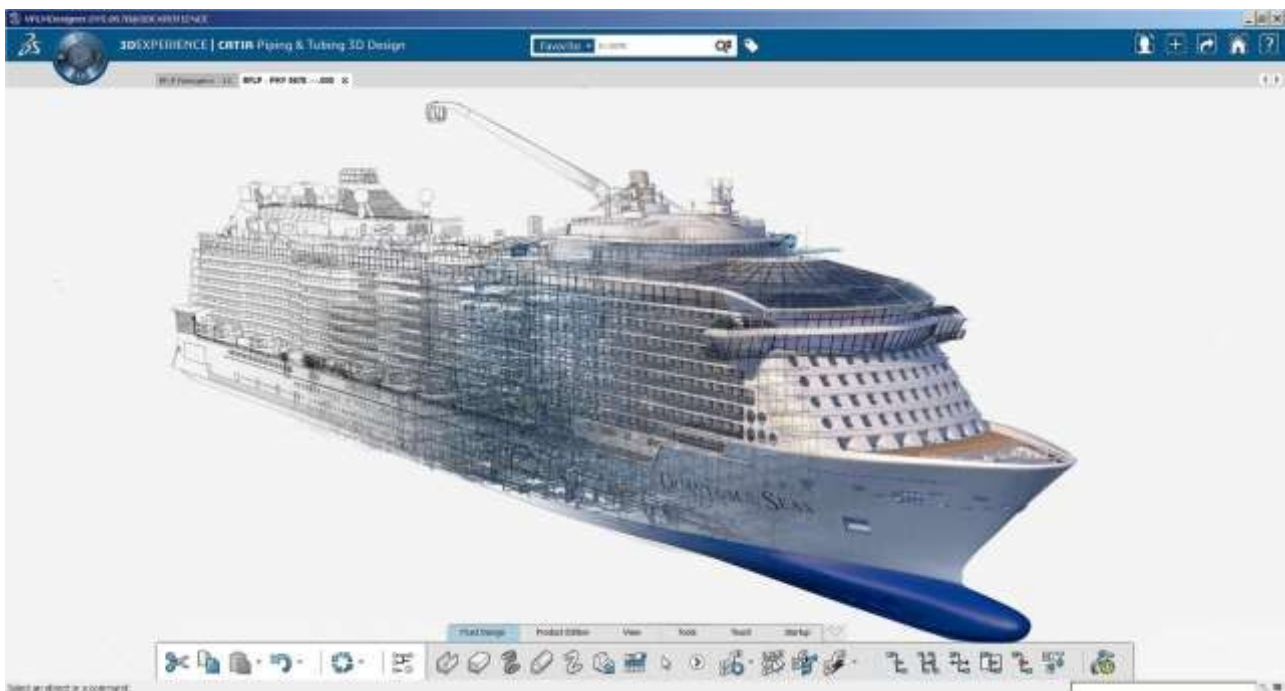


図 2-12 Meyer Werft の「3D EXPERIENCE」技術

2-3 Fincantieri Group

1959年創業のFincantieri – Cantieri Navali Italianiは、欧州最大の造船企業で、世界第4位の造船企業であると認識されている。現在、ほぼ全ての大陸に造船拠点を持ち、クルーズ船、ヨット、商船、プラットフォーム支援船、艦艇の建造を行っている。2013年には、複雑なオフショア補給船（OSV）の設計・建造を専門とするノルウェーVardを買収した。Vardは、欧州、ブラジル、ベトナムに9造船所を持つ。2017年9月には、Fincantieri Groupは、STX France（現Chantiers de l'Atlantique）と、同社の株式51%の買収に合意した。この取引に関しては、現在EU欧州委員会が反トラストの調査を行っている。

Fincantieriは、高度で高付加価値のあらゆる船種の建造におけるグローバルリーダーのひとつであり、常に国家レベル（技術クラスター「Transporti Italia 2020」及び「Blue Italian Growth」）、欧州レベル（EU水上輸送技術プラットフォーム及び業界団体Sea Europe）の他企業・組織と共同でイノベーションの開発と促進を支援している。同グループは、欧州造船業の競争力を目指して中・長期的な船用技術開発を主導している。

Fincantieriは、「スマートヤード」の実現に向けて、必要となる設計・建造工程の改良すべき点を特定している。その主目的は、安全性と生産性の改善である。コンピューターモデル、バーチャル製品製造、付加製造、ロボット工学、ロジスティックス、品質管理などの導入が、造船所のインダストリー4.0を実現することを考えている。

Fincantieriが2018年に実施した研究開発プロジェクトは、海事産業への先進素材の導入を目指す「Ramsses」プロジェクト、艦艇建造に没入型設計システムの導入を目指す「Sidran」プロジェクト、クルーズ船の統合構造とマクロ居住区モジュールに関する「Maestri」プロジェクト、スマートな船舶建造へのデータおよびプロセスモデルに関する「ISDM」プロジェクト、ライフサイクルパフォーマンスの現実的なシミュレーションの手法、モデルを用いて設計過程を改良する「複雑な船舶運航のシミュレーションによるバーチャル海上実験」プロジェクトなどである。⁴

⁴ Fincantieri Annual Report 2018

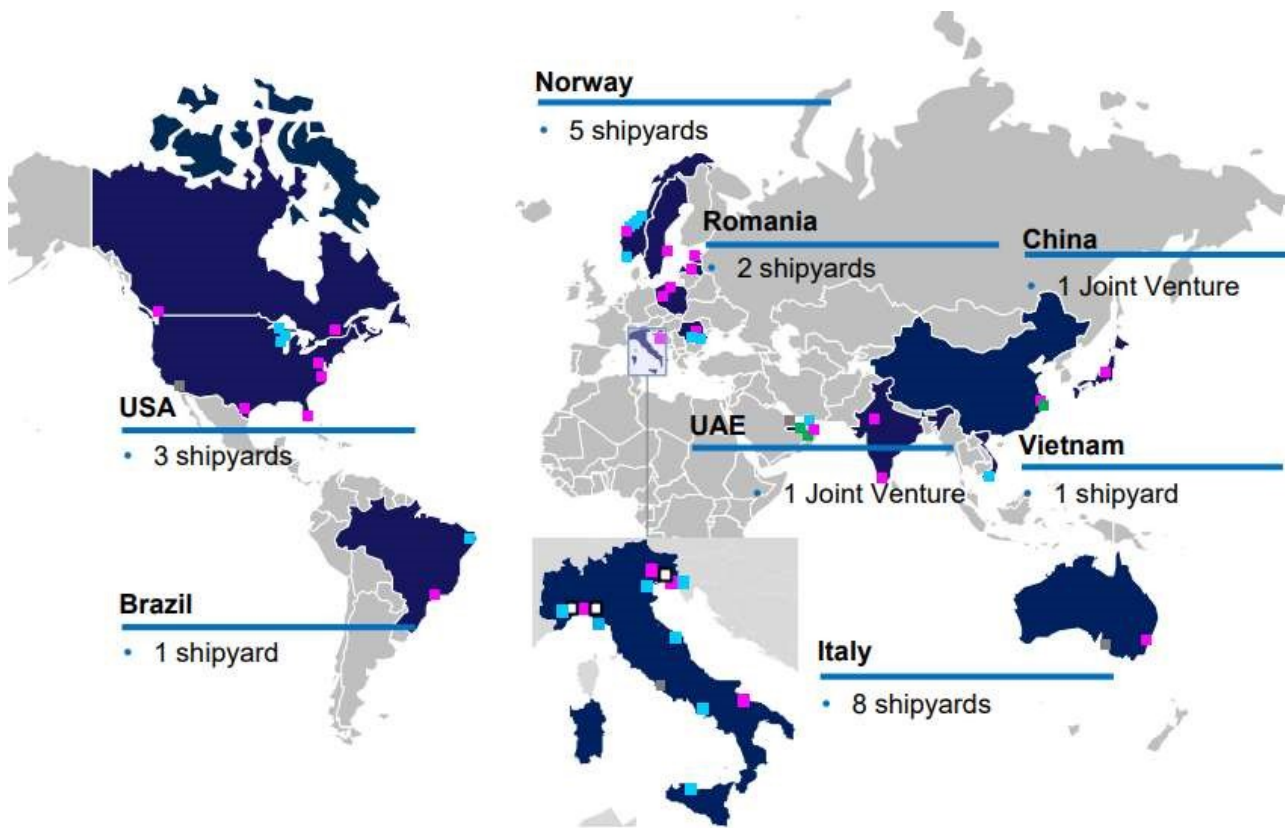


図 2-13 Fincantieri Group の 4 大陸の 20 造船所

2-3-1 革新的な造船技術

イノベーションは、顧客中心主義、一貫性、人、安全性とともに Fincantieri Group の価値観のコアとなる項目である。同グループは、技術的イノベーションにより、製品と手法の絶え間ない改良を行っている。

同グループは、2030 年までの競争力向上に向けた研究開発イノベーション戦略の 5 つの柱として、①サステナビリティとエネルギー効率 (Green Ships)、②船舶のデジタル化 (Smart Ships)、③船舶の自動化 (Autonomous Ships)、④効率的、安全でサステナブルな建造設備と工程 (Smart Yards)、⑤「ブルーエコノミー」の成長のための革新的ソリューション導入 (Smart Offshore Infrastructures) を挙げている。これらのビジョンは同グループの 2018～2022 年期のサステナビリティ計画にも含まれている。

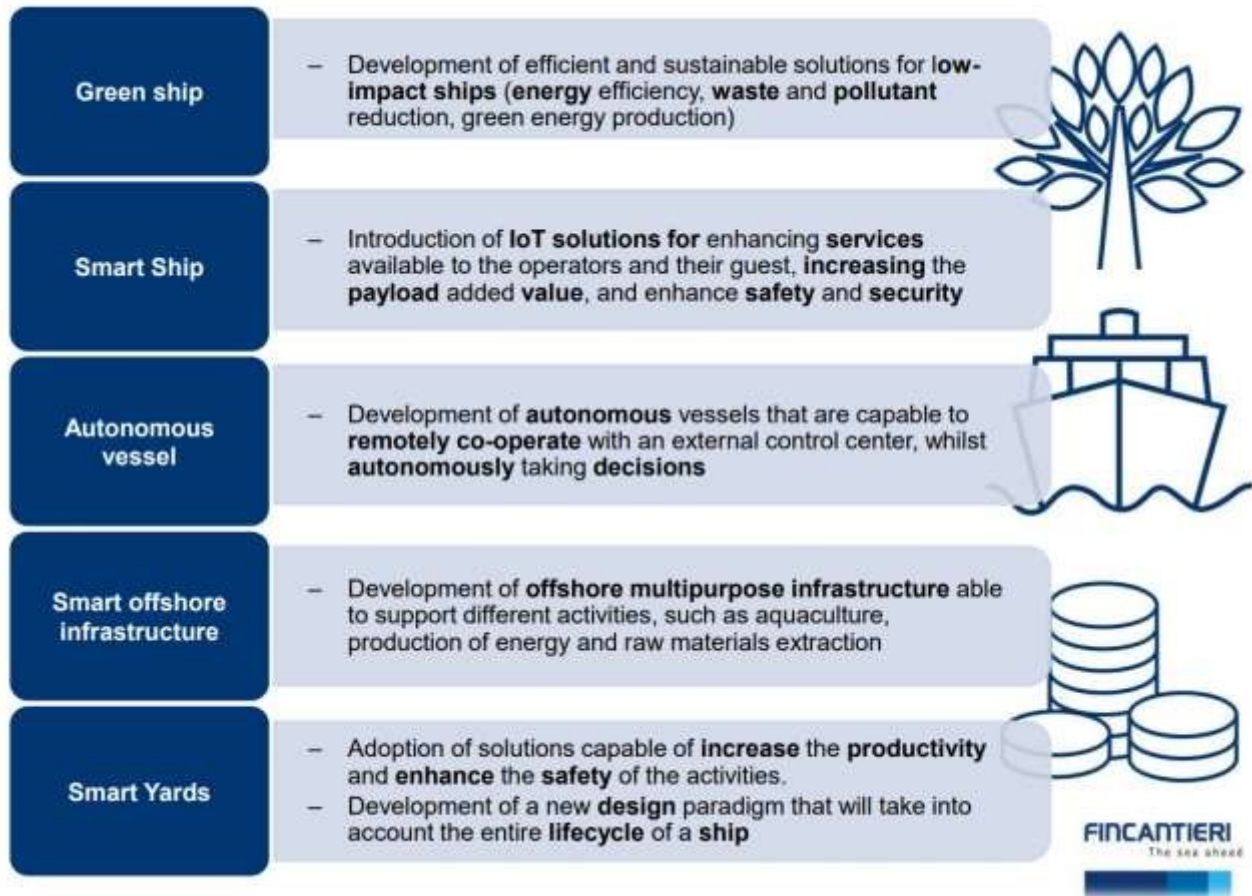


図 2-14 Fincantieri Group の 2030 年までの競争力向上へのビジョン

「Smart Yards」ビジョンの目標は以下の通りである。

- ・インダストリー4.0 技術の導入により、生産性を 50%向上させる。同時にサイバーセキュリティの脆弱性を防止する。
- ・高付加価値製造活動を 100%監視する。
- ・建造・保守工程における安全性を確保し、事故をゼロとする。
- ・作業員にベーシックな健康モニター装置を装備させ、救命装置の数を増やす。

Fincantieri Group は、新たなコンセプトの絶え間ない研究を行い、そのビジネスにイノベーションを促進し、サプライヤーと協力してビジネス成長を実現する革新的なソリューションを開発、市場トレンドを予測するための技術のメガトレンドをモニタリングしている。これらのプロセスは、海事産業からかけ離れたセクターを含む産業界の新たな技術を発見する「技術偵察」活動により支援されている。

同グループのイノベーションプロセスは、同社の全競争的研究を行う研究所「Cetena」が支援する。Cetena の主な役割は、流体力学、革新的な構造と材料、エネルギー効率、排出制限、安全性、意思決定ツール、操船ミューレーターの開発、海上及び実験室試験などである。

2-3-2 研究開発の動向

Fincantieri Group は、90 件以上の自己資金による研究開発プロジェクトに加え、欧州、国、地域レベルの公的資金によるプロジェクトにも参加している。研究開発の課題の複雑さを考慮すると、プロジェクトは、効果を最大化するために各分野におけるリーダー的企業・組織と共同で行う場合が多くなる。2018 年に Fincantieri Group が実施した革新的プロジェクトは以下の通りである。

Smart Yards (スマートヤード) :

Fincantieri は、未来のスマートヤード実現のための設計・建造段階の改善分野を特定している。その主目的は、安全性と生産性の向上である。コンピューターモデル、バーチャル製品製造、付加製造、ロボット工学、ロジスティクス、品質管理などの導入が、造船所のインダストリー4.0 を実現する。今後、船舶の設計、製造から解撤までのライフサイクル管理の重要性はさらに増してゆく。また、革新的でコスト効率の高い製造技術と手法が開発される。特に、溶接加工技術の改良が焦点となる。

Fincantieri は、EU 助成研究開発プロジェクト「RAMSSES」(Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships) を実施している。プロジェクトでは、軽量、高性能の新材料を利用し、素材の積層により 3D 製品を製造する付加製造技術により、空洞型プロペラブレードの試作機を製造した。試作機に続き、コンテナ船向けにフルスケールの空洞ブレードプロペラを開発中である。

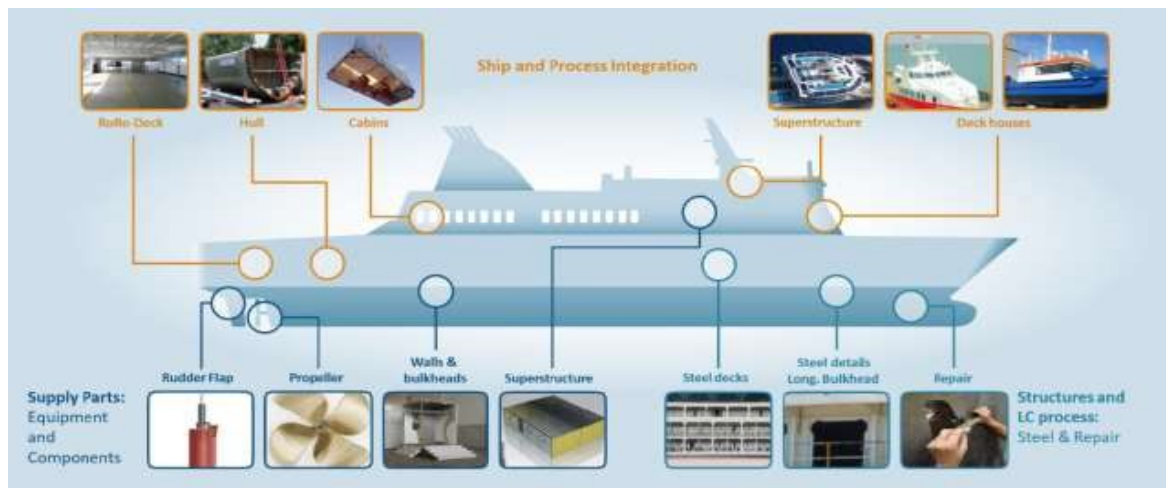


図 2-15 RAMSSES プロジェクトの試作機⁵

⁵ RAMSSES – Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, Vienna, Austria

「Sidran」プロジェクト：

船舶の設計見直しに没入型システムを導入する。イタリアのフリウリ・ベネチア・ジュリア州が支援するプロジェクトで、トリエステ大学と共同で設計見直し手法を改善する。没入型仮想現実を利用して、CAD で作成された 3D 製図を遠隔的にも視覚化し、関係者全員が設計された部分の形態と詳細を即座に見ることができる。

「Maestri」プロジェクト：

イタリアのフリウリ・ベネチア・ジュリア州政府が支援するクルーズ船向け統合構造とマクロ・アコモデーション・モジュールの開発プロジェクト。既存クルーズ船のキャビン／トン数比率の高さを克服する設計及び技術の開発を行う。新たなアコモデーション・モジュールを開発し、トン数に影響を与えることなくキャビン数を増やすことを目標としている。

「ISDM」プロジェクト：

イタリア経済開発省が支援するスマート船舶向けのデータ及びプロセスモデルの開発。効率、効果を向上させる設計プロセスの統合を行い、下流部門（サプライチェーン、調達、製造、アフターセールス）との関係を強化する。同時に、支援技術システムの近代化も課題としている。

「VISTA」プロジェクト：

ノルウェーリサーチカウンシルが支援する複雑な運航のシミュレーションによるデジタル海上試験方法の開発。ライフサイクルパフォーマンスの現実的なシミュレーションにより、設計プロセスを改良する。

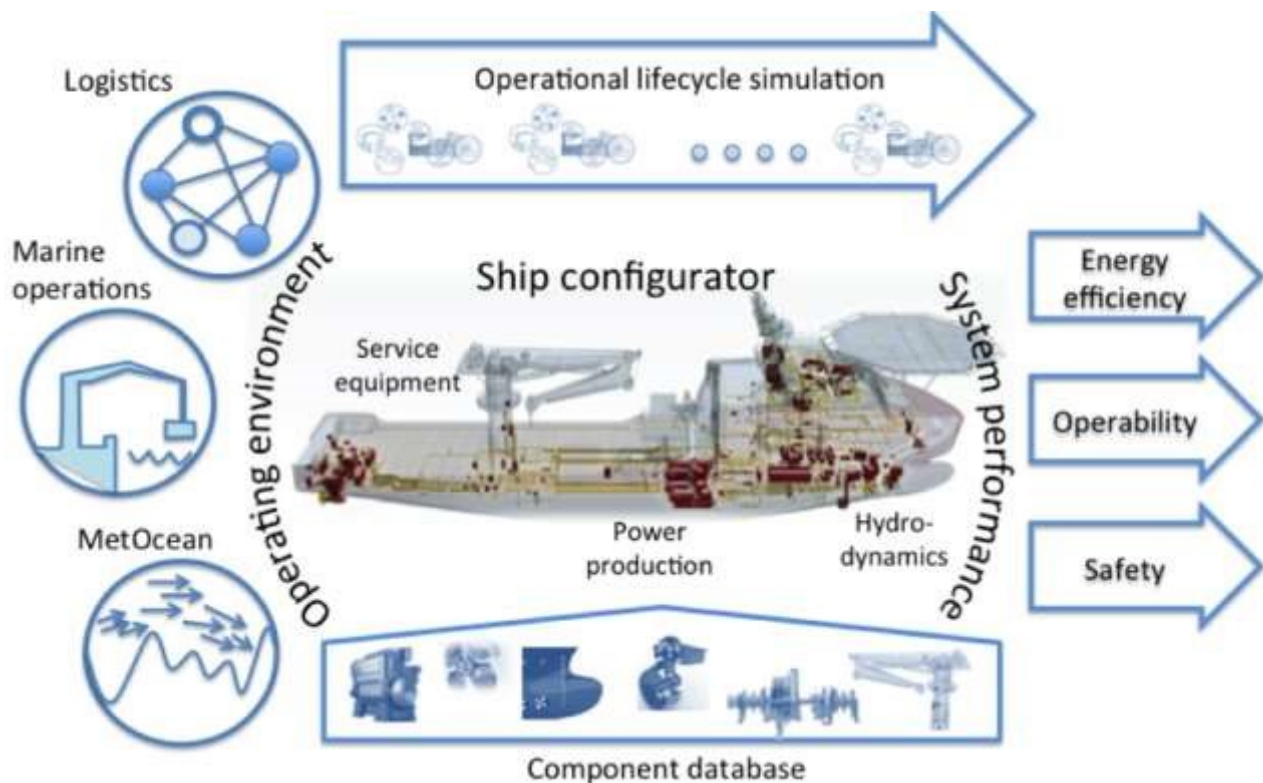


図 2-16 「VISTA」プロジェクトの概念。VARD の設計者は、船舶のライフサイクルパフォーマンスを通じたシステムのパフォーマンスの迅速なシミュレーション、分析、比較を行う。(出所: Sintef.no)

Green Ship (グリーンシップ) :

「グリーン化」はイノベーション及び市場における長年の主要課題であり、一般世論に重要な影響を与える課題でもある。クルーズ船社の業界団体である CLIA (Cruise Lines International Association) は、今世紀末までに海運からの排出をゼロにするという国際海事機関 (IMO) の目標を受け、最近、全クルーズ船からのカーボン排出量を 2030 年までに 40%削減するとの公式発表を行った。Fincantieri は、「Green Ship」をこのビジョンの焦点と位置付けており、2018 年の活動はこれを裏付けている。最近受注した新造及び改造プロジェクトでは、LNG、バッテリー、最新の汚染削減技術及びエネルギー削減技術などの高度な技術を採用している。Fincantieri は、船内サブシステムを含めた総合的なアプローチによる船舶のエネルギー効率と排出性能の改善を継続している。今後の活動は、大気中及び水中への排出の削減、船内廃棄物管理・処理システムに関するさらなるイノベーション、騒音と振動の削減などを優先課題としている。さらに、再生可能エネルギーなどのグリーンな燃料への転換を支援しており、燃料電池、高性能素材、エコ設計 (環境に配慮した設計、ライフサイクル管理) などの導入による非カーボン化を進めている。

同グループが 2018 年に行ったプロジェクトは、革新的なエネルギー回収システムの開発による「エネルギー効率化」、廃棄物をエネルギーに転換するシステムの開発による「船内廃棄物から熱への転換」、燃料電池を主エネルギー源とするクルーズ船の開発を目指す「革新的な発電」、新技術開発のための 25m の新実験室の開設を含む「低環

境負荷技術開発」、環境負荷低減を目指す「エネルギー効率化と船内電力バランスの最適化」、エネルギー効率と排出削減への全体的アプローチの導入を目指す「サステナブルな船舶設計プログラム」、異なる設計のスタビライザーのエネルギー効率への影響を評価する「次世代スタビライザー」である。

Smart Ship and Autonomous Vessel（スマートシップ及び自動運航船）：

IoT（モノのインターネット）及びスマートデバイスは全産業に普及しており、造船業もこの「インテリジェント」革命の例外ではない。船舶の航行及び船内活動に使用されるセンサー、監視システム、支援システムは、船舶の付加価値を向上させ、またグローバルな安全性を改善する。事故発生頻度を低減する設計や運航方法、事故発生後の船舶のサバイバル能力を向上させるレジリエンス性能など、安全性向上を目指す事故防止手法の研究を行う。さらに、先進技術の導入により、プロセスの最適化と自動化を促進し、関連コストを削減する。現在、造船業の最も興味深いチャレンジは、輻輳港湾内の操船などすべての水域で自動運航を行う、ある程度の大きさの船舶の開発である。その中心となる新技術は、複数の異なるシステムを統合し、自動的に運転を制御し、操船を行うシステムである。同時に、あらゆるスマートな船及び自動運航船は、ハッカーの攻撃を阻止する非常に高度なITセキュリティシステムを必要とする。

同グループが2018年に行った主要プロジェクトは、乗客向けのデジタルソリューションとツールの開発を目指す「E-Cabin」、運航計画評価への拡張現実（AR）の利用を研究する「E-Navigation」、船内の安全性向上を目指す「Secure Platform」、無人システムの統合と海上における状況認識（situational awareness）概念の導入を目指す「Ocean2020」、幅広い航海機器と通信機器の統合を目指す「Integrated Bridge（SeaQ Bridge）」、サイバーセキュリティの様々な側面を研究する「Cyber」、である。

スマートオフショアインフラ：

オフショア産業は急速に変化しており、Fincantieriはその変化のリーダーとなることを目指す。その変化は、新たなビジネスモデルと海洋環境の効果的な利用へのニーズ、および海洋の作業と生活など異なる利用法に適応するプラットフォーム構造の開発によって促進されている。多目的プラットフォームは、養殖業、エネルギー製造、原材料と炭化水素の抽出など多様な活動を同時にサポートする。また、プラットフォームはエネルギーや原料の貯蔵にも利用される。プラットフォームのモジュラー構造は、そのライフサイクルにおいて、個々のモジュールを追加または解体するなどニーズに合わせた変化に対応し、オフショア活動の総合的な効率を向上させる。オフショア活動の増加、およびさらに遠隔海域への活動の移動により、人員と材料の移動を効率的に支援するインフラへの必要性がさらに高まる。

Fincantieri Groupが2018年に行った主要研究開発プロジェクトは、モジュール型の浮体式オフショアプラットフォームのコンセプトを開発する「モジュール型製造プラットフォーム」プロジェクト、および大水深海域または遠隔海域におけるオフショア活動の商業的ポテンシャルと戦略的参入機会を評価する「深海掘削」プロジェクトである。

2-4 Damen Group

オランダ南部ホルクム（Gorinchem）に本社を置く Damen Group は、オランダの防衛、造船、エンジニアリングコングロマリットである。グループ全体で、年間約 200 隻のタグボート、オフショア船、高速船、高速フェリー、ポンツーン、バージ、浚渫船、特殊船、艦艇、ヨット、浮体式乾ドックなどを建造している。また、フェリー構造、ポンツーン、栈橋などのモジュールの製造も行っている。商船分野では、沿岸船、コンテナ船、重量物船、内陸用貨物船、液体ガス運搬船、多目的船、油送船、RORO 船などを建造している。

Damen Group は、世界に 30 か所以上の造船所を保有しており、うち約 14 か所はオランダ国内にある。また、6 か国に 15 か所の修繕・改造専門ヤードを持つ。

同グループは、「Damen Standard」と呼ばれるユニークな標準船型建造により、実績のある革新的な船舶を競争力のある価格で市場に提供している。「Damen Standard」の標準型船体は、顧客のニーズに合わせた変更が可能である。同グループは、「Damen Standard」の利点として以下を挙げている。

- ・顧客要求への迅速な対応
- ・競争力のある価格設定
- ・在庫船による短時間での引き渡し
- ・信頼性の高い実績のある技術
- ・絶え間ない製品の開発
- ・船舶、乗員、スペアパーツ、機器の交換が容易
- ・低いメンテナンスコスト
- ・保証された性能
- ・業界標準としての船型
- ・中古船の高い売却価格

「Damen Standard」船型は、浚渫船、クルー輸送船、オフショアプラットフォーム補給船、巡視船、タグボート、クレーンバージなど小型で高性能な船舶が多い。



図 2-17 Damen Group の造船所分布

Damen Group は、「Damen Digital」戦略により、同グループは世界の自社拠点とセグメントのイノベーションと開発活動を集約し、さらに統一性のあるデジタル化を進めている。これにより、製品改良を加速し、顧客のコスト削減にもつながる。

2-4-1 革新的な造船技術

Damen は標準化された造船方法で知られ、その利点は、迅速な引き渡し、競争力のある価格設定、実績のある技術とパフォーマンスなどである。同時に、多くの実験的で革新的な船用技術のパイオニアでもある。

Damen Group は、現在、自動運航タグボートの開発を進めている。また、型式承認を取得した世界初の 3D 印刷プロペラを開発した。

同グループは、イノベーションだけではなく、既存設計の改良も継続している。他社の建造ブロックとは異なり、完全に独立したオペレーションが可能なプレハブのブロックを建造している。

創業以来、Damen は 6,000 隻以上の船舶のデータを収集しているが、その方法は大きく進化している。現在では、海運産業のニーズの絶え間ない変化に対応する船舶設計改良のために、シリーズ建造船の全データを収集している。

海事産業の技術進歩に伴い、Damen のような造船企業は新規参入企業との競合が予想される。Caterpillar、Wärtsilä、Kongsberg をはじめとする従来の船用メーカーが今後は船主となる可能性があり、この場合、Damen のような伝統的な造船企業は、造船業で最も利益率の低い船体のみでの建造所となるかも知れない。この事態を避けるために、Damen は顧客、サプライヤー、海事産業以外の企業とのイノベーションプロジェクトを積極的に推進している。伝統的なビジネスの価値観を超え、いくつかの研究開発プロジェクトは競合他社と共同で行っている。

Damen Group は、環境負荷低減を目指した製品と製造方法の改良を行っている。これには、設計の最適化、より環境性の高い製造方法、日常作業における従業員の環境性への認識の促進などが焦点となっている。

また、同グループは、提供する船用製品・技術の幅を広げている。絶え間ない研究開発の成果の例としては、バラスト水処理技術「InvaSave」、高性能フェンダー「FCS 2610」の改良、軽量高速船向けの複合材の最適化、新複合材の効率的な製造技術の開発、クルーとエンジニアが主甲板上から船舶のシステムを監視・制御することが可能な統合自動化システムの改良などが挙げられる。

2-4-2 開発動向

Damen Group は、海事業界の仮想現実（VR）技術の利用のパイオニアとなっている。船主の発注決定への支援から、建造開始以前の船舶設計パラメーターの最終決定、物理的に異なる複数のロケーションからの船舶の同時バーチャルツアー、VR を用いた船舶モデルによるトレーニングによるコスト削減まで、VR 技術は多くの利点と可能性を提供する。



図 2-18 Damen Group は、造船への VR 技術及び AR 技術導入を進めている。

自動車産業にヒントを得て、Damen Group は「ハードウェアインザループ (Hardware In The Loop : HIL)」手法を、オーストラリア海軍向け「MV Sycamore」及び Bibby Marine Services 向け「Bibby WaveMaster 1」の建造プロジェクトに採用した。HIL は、機械またはシステムの物理的部分をシミュレーションで置き換える手法である。これにより、建造開始以前に、システム統合や制御設計の試験や改良を行うことが可能となる。DSpace シミュレーター (サービスプロバイダー) を部品試験用の通常ソフトウェアと同時に使用することで、Damen Group はエラーを防ぐだけでなく、船舶の性能を大幅に改善した。HIL 手法により、インターフェイスやソフトウェア機能性の問題点は開発段階で解決することができ、建造中及び試験中の問題発生リスクは大幅に軽減される。よって高コストのエラーを防ぐと同時に性能と安全性の向上が可能となる。

Damen は、顧客のトレーニングへのニーズを支援するために、独自の HIL 分析手法を開発した。

浚渫船の顧客に対しては、Damen は、浚渫作業のコストを計算する無料オンラインソフトウェアツール「Sandy」を開発し、浚渫業者が請け負う作業毎に様々な要素を組み合わせた時間のかかる計算を行う必要をなくした。

Damen Group は、世界初の型式認証を取得した 3D 印刷プロペラを開発した 2017 年に実施された産業プロジェクトの参加企業のひとつである。もうひとつの参加企業 RAMLAB は、Valk 溶接システムと Autodesk ソフトウェアを用いて、ニッケルアルミニウム青銅合金からワイヤーアーク付加製造法 (Wire Arc Additional Manufacturing)、即ち 3D 印刷でプロペラを製造し、その頭文字から「WAAMPeller」と名付けた。