

# 欧州造船業における最新の生産技術の 開発・導入に係る動向

2020年3月

一般社団法人 日本中小型造船工業会  
一般財団法人 日本船舶技術研究協会



## はじめに

2008年の金融危機を契機に新造船需要が激減し、日本、韓国、中国による熾烈な受注競争が繰り広げられてきた。2013年以降は円高の是正等を背景として、日本造船業の受注量は増加基調で推移し、2015年には国際規制適用前の駆け込み需要により、我が国の新造船受注シェアは2015年には約30%まで回復した。しかし、2016年に入ってから、世界的な船腹過剰の影響を受けて新造船の発注量は激減しており、中国・韓国における大規模な公的支援の実施もあり、日本造船業は極めて厳しい状況にある。

日本造船業は、これまで生産設備の自動化やクレーン設備の大型化等による工程短縮等の生産技術の向上を図ってきており、その生産効率は中国、韓国に比べて依然優位性があるが、今後も中国、韓国の生産性向上による追い上げが続いている状況を考慮すれば、競争力強化に向けて、IoT、AI等の情報通信技術やセンシング技術の建造工程への導入による生産効率の向上が必要不可欠である。

欧州造船業は、クルーズ客船を中心に受注量の増加が続くなど好調を維持している一方、アジアの競合国に対する生産効率の優位性を維持・拡大するため、造船工場の見える化、工作精度・品質の向上、工作・取付のスピードアップ等の取組み、また、最近注目を集める3Dプリンター、電子タグ、CAD、自動溶接等のIoT、AI等の先進技術を積極的に導入している。

我が国でも政府が2025年における生産効率を50%向上させる目標を掲げるなど、建造工程に係る新技術の開発・導入に係る必要な対策を実施している最中であるため、先行する欧州の動向について調査を実施した。

ジェトロ・ロンドン事務所（ジャパン・シップ・センター） 船舶部  
（一般社団法人日本中小型造船工業会 共同事務所）  
ディレクター（船舶部長）高橋 信行



## 目 次

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 第 1 章 | 概要  | 1  |
| 第 2 章 | 欧州主要造船所の設計・製造工程における先進技術及びイノベーション                    | 4  |
| 2-1   | 欧州造船業の概況  | 4  |
| 2-2   | Meyer Group   | 6  |
| 2-3   | Fincantieri Group                                   | 14 |
| 2-4   | Damen Group   | 21 |
| 2-5   | Chantiers de l' Atlantique                          | 27 |
| 2-6   | 他の造船所の技術  | 29 |
| 第 3 章 | 欧州主要設計、技術、エンジニアリング企業の革新的な設計・製造技術                    | 32 |
| 3-1   | Kranedonk - 溶接、切断用ロボット                              | 33 |
| 3-2   | RB3D - ウェアラブルロボットと外骨格型ロボット                          | 34 |
| 3-3   | Kongsberg - 統合システム                                  | 36 |
| 3-4   | ABB - 自動運転技術  | 37 |
| 3-5   | D Maritim - データ駆動型船舶建造技術                            | 38 |
| 3-6   | Wärtsilä - メンテナンス向けの拡張現実技術                          | 38 |
| 3-7   | Rolls-Royce Marine & NTNU -<br>オープンシミュレーションプラットフォーム | 39 |
| 3-8   | I-tech - 先進材料とバイオテクノロジー                             | 40 |
| 3-9   | RAMLAB - 付加製造研究所                                    | 40 |
| 3-10  | Sculpteo - 3D 印刷技術を用いた プロトタイピングとモデリング               | 41 |
| 3-11  | Konecranes - データサイエンス研究所                            | 41 |
| 3-12  | We4Sea - デジタルツインによる設計最適化                            | 41 |
| 3-13  | BAE Systems - 船舶の 3D プロトタイプ                         | 42 |
| 3-14  | Titomic - 付加製造試験                                    | 43 |
| 3-15  | Fostech - ホログラフィック・コンピューティング                        | 43 |
| 3-16  | Vranvic - セールスと顧客向けの仮想・混合現実ソリューション                  | 44 |
| 3-17  | Dassault Systèmes - 3D ソフトウェア                       | 44 |
| 3-18  | C-Job - 3D 設計モデリング                                  | 45 |
| 3-19  | CADMATIC - データ駆動型造船                                 | 46 |

|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 第 4 章 | 造船業における新技術の開発動向と導入状況             | 47 |
| 4-1   | ロボットシステム                         | 47 |
| 4-2   | 3D 印刷（付加製造）                      | 47 |
| 4-3   | 先進的レーザー技術                        | 48 |
| 4-4   | 先進複合材料                           | 49 |
| 4-5   | ドローンと自律走行装置                      | 49 |
| 4-6   | 仮想現実と拡張現実                        | 50 |
| 4-7   | サイバーセキュリティ                       | 54 |
| 4-8   | 船舶設計過程におけるバーチャルモデリングと自動化シミュレーション | 54 |
| 4-9   | ビッグデータ解析                         | 54 |
| 4-10  | クラウドコンピューティング                    | 55 |
| 4-11  | モノのインターネット（IoT）とマシンラーニング         | 56 |

## 第 1 章 概要

世界的に注目が集まっている「インダストリー4.0」の概念に含まれる技術は、造船業における建造工程や製造業における製造工程や作業の未来に大きな影響を与えると考えられる。造船業は、これまで新たな機械設備やソフトウェアを建造工程に導入し、生産性の向上に努めてきた。今日の造船業が直面している課題は、製造効率、船舶の安全性、コスト効率、エネルギー転換、環境保全等多岐にわたる。

これらの課題を解決するために、自動化技術、人間とロボットの相互関係の構築、サービスのインターネットや新デジタルビジネスモデルの導入が期待される。ビッグデータ、モノのインターネット（Internet of Things : IoT）、サイバーセキュリティ、ロボット工学、3D 印刷（付加製造）、仮想現実（VR）及び拡張現実（AR）は、設計及び建造工程を進化させるとともに、コスト削減と生産効率の改善を実現する技術だと考えられる。また、これらの技術については、建造工程の改善のみならず、部品交換やメンテナンスの効率化、船舶運航と乗組員の安全性とセキュリティの向上にも貢献することが期待されている。

欧州の造船業・船用工業は、船舶や建造技術に関して研究開発、イノベーション及びスキルへの投資に力を入れている。造船業・船用工業全体では年間売上の 9% を研究開発イノベーション活動に投資しており、欧州で最も研究開発に力を入れている産業のひとつとなっている。

例えば、Fincantieri Group は、2018 年、海事産業への先進材料の導入を目指す「Ramsses」プロジェクト、艦艇設計分野への没入型システム導入に関する「Sidran」プロジェクト、クルーズ船向け統合構造及び居住区マクロモジュールの開発に関する「Maestri」プロジェクト、スマートな建造工程へのデータ及びプロセスモデル構築に関する「ISDM」プロジェクト、及び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るデザイン過程の改良を目指す「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」プロジェクトなど多彩な研究開発プロジェクトを実施している。

また、Damen Group は、海事産業界で最も仮想現実（VR）の利用に積極的な企業であり、船主の発注決定への支援、建造開始以前の船舶設計パラメーターの最終決定、運航状況の再現、船員のトレーニングなどに VR 技術を用いている。

欧州の造船所は、1992 年以來、レーザー技術の開発と利用を進めており、L-SHIP、TRANSLAS、SANDWICH、DOCKLASER、InterSHIP、BESST など数々の EU 助成共同研究開発プロジェクトを実施してきた。この開発過程で、Meyer Group は欧州最大のレーザーセンターを開設している。

造船所における建造工程は、設計、エンジニアリング（製造準備）、製造、組立て、艤装である。図 1-1 は、欧州の造船所における建造工程及び各建造工程において導入されている技術の例である。

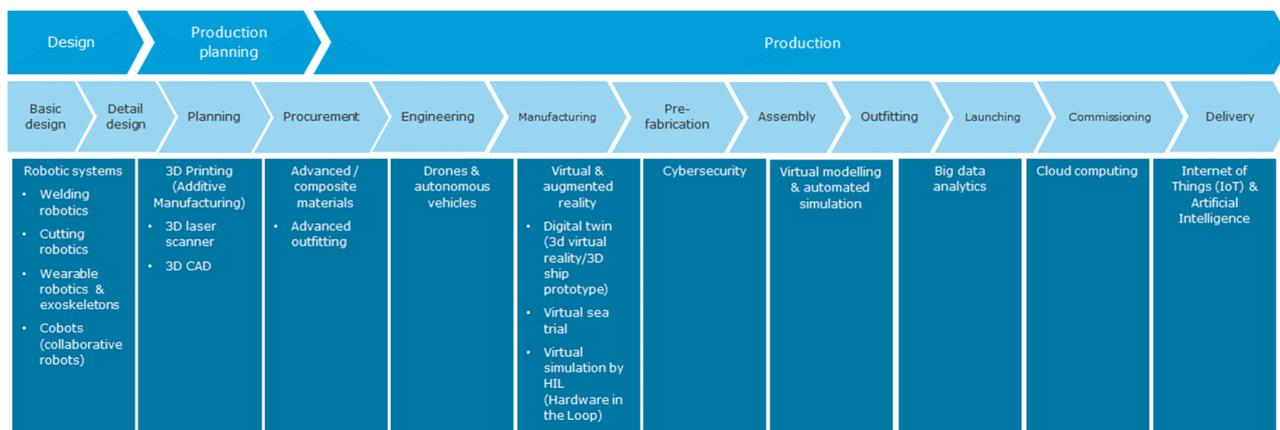


図 1-1 欧州の造船所における建造工程及び導入技術の例

造船業・船用工業以外の製造業では「インダストリー4.0」の進捗状況に関する多くの情報があるが、造船業では、「インダストリー4.0」、「造船」、「IoT」などのキーワードで検索した場合、「インダストリー4.0」技術の導入に関する情報はそれほど多くはないことは、造船業・船用工業における、新技術やイノベーションの導入が他産業に比べて困難であることを意味している。造船業・船用工業は、様々なステークホルダー（利害関係者）を持ち、多岐にわたる産業分野を包含している。そのなかでも造船業は、設備投資に莫大な費用が必要となることや、一隻建造するのに年単位の時間を要することなど、他の製造業と比較すると特殊な産業となっている。

しかしながら、過去数年間で、「インダストリー4.0」の概念は全産業に浸透し、造船業・船用工業にも大きな影響を与えている。「インダストリー4.0」に関して最も重要な2つのカテゴリーは、サイバーフィジカルシステム（cyber physical systems : CPS）とモノのインターネット（Internet of Things : IoT）である。CPSはフィジカル（物体）とソフトウェア要素を統合し、インターネットとそのユーザーに接続された製品を実現する。

図 1-2 に示すとおり、設計、建造、運航に関する情報をステークホルダーで共有することは、設計、調達、建造その他のプロセスの効率化やサプライチェーンと造船所の効果的な統合に不可欠な技術である。

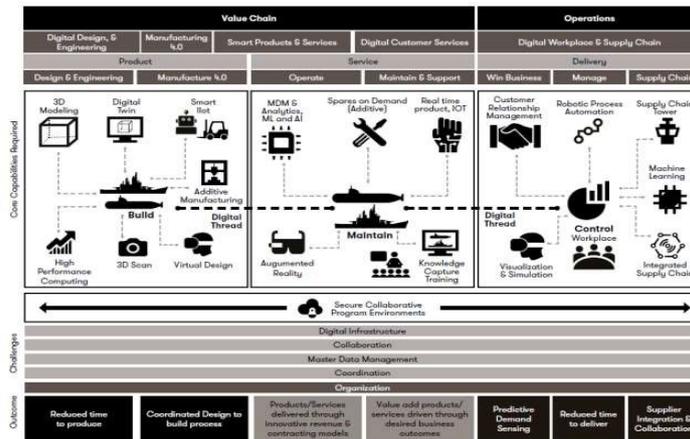


図 1-2 デジタル造船所のバリューチェーン（出所：DXC.technology）<sup>1</sup>

造船所とそのサプライヤーの生産性を向上させるには、設計、建造、運航を含む船舶のライフサイクルの各フェーズにおける情報を造船所とサプライヤー間で共有し有効活用することが重要である。そのためには、造船所とサプライチェーンの異なるシステムを統合しなければならない。特に、汎用的な設計支援ツールである CAD システム（NX、CATIA など）と船舶に特化した設計支援ツールである（AVEVA Marine、CADMATIC、NAPA など）の間の情報共有が重要である。

造船所とサプライヤー間において、安全性に優れ効率性が高い情報共有を実現するため、EUROYARDS 会員企業（Chantiers de l'Atlantique、Damen Shipyards Group、Fincantieri、Lürssen、Meyer Werft、Naval Group、Navantia）は、データを管理する統合プラットフォームを共同開発するプロジェクト「Code Kilo」に取り組んでいる。欧州造船所は、IoT、ビッグデータ、AI に係る将来的なビジネス機会を念頭に、自社のシステム統合のみならず、業界全体での統合に向けた取り組みを進めている。このプロジェクトが成功するには、顧客、船級協会、サプライヤーを含む全ステークホルダーの協力が不可欠である。

<sup>1</sup> DXC.technology, Digital shipyard sounds great but what is it? – The technologies making it possible, White paper, 2018

## 第 2 章 欧州主要造船所の設計・建造工程における先進技術及びイノベーション

### 2-1 欧州造船業の概況

20 世紀の初めには、欧州の造船業は世界の商船建造を独占していた。この地位は 1950 年代に日本に奪われ、その後 1970 年代には韓国が台頭した。2000 年以降は、急速な経済成長と政府の重工業振興戦略に後押しされた中国の造船業も世界の商船建造シェアを高めている。

しかしながら、欧州の造船業は、ニッチな市場に特化しており、クルーズ船、オフショア船、レジャーヨットなど特殊な船舶の市場における建造シェアが非常に高い。調査船、フェリー、巡視艇、洋上風力発電施設の建設に使用される船舶などの特殊な船舶についても、欧州の造船所の世界シェアは高い。

造船業は、幅広い分野のサプライヤーを有しており、裾野が広い産業となっている。そのため、他の輸送機器の製造と比較すると建造工程の複雑性が高く、一品受注生産であるため、高コストで多大な時間がかかる。

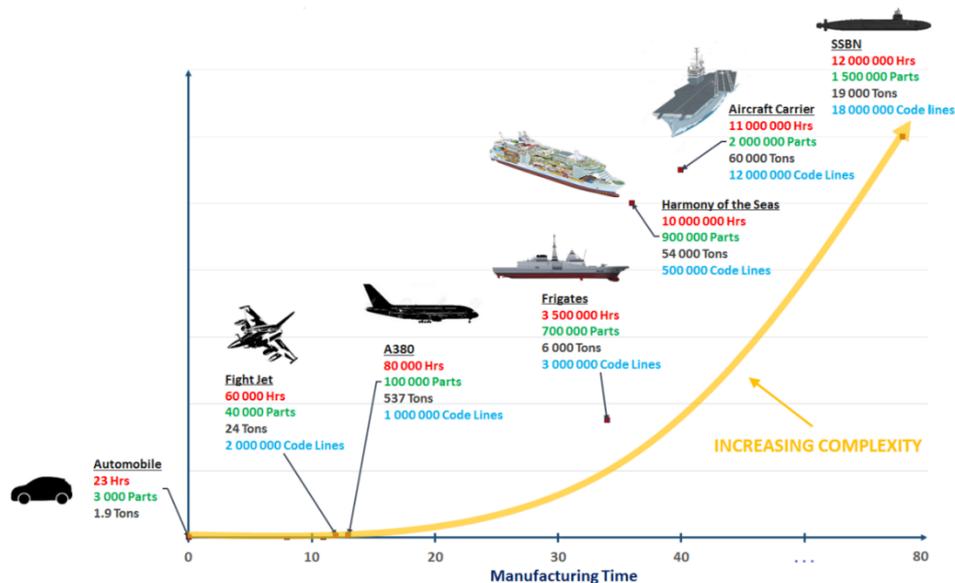


図 2-1 輸送機器の製造（建造）の複雑性（出所：SEA Europe、Fincantieri）

以前は建造工程のほとんどの作業は造船所自身が行っていたが、技術の高度化に伴いモジュール化が進んだため、造船業における舶用機器メーカーの役割の重要性が高まっている。欧州の造船所が建造する船舶では、舶用機器のコストは船価の約 50～70%、特殊船分野では 70～80%を占めると見積もられている。<sup>2</sup>

欧州内で製造を行っている舶用機器メーカーは、エンジン及び電気・電子工学部門を強みにしている企業が多い。これらのメーカーは製品の約半数を海外、特にアジアの顧

<sup>2</sup> Study on the Competitiveness of the European Shipbuilding Industry – 2009, ECORYS SCS Group, Rotterdam  
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/10506/attachments/1/translations/en/renditions/native>

客向けに輸出している。欧州の船用機関メーカーの中には、顧客であるアジアの造船所の近くで製品製造を行うため、アジアのメーカーに製造ライセンスを供与している企業もある。

表 2-1 欧州主要造船所の新技術の概要

| 造船所   | 技術及び研究開発プロジェクト  |
|---|---|
| Meyer Group<br>ドイツ                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欧州最大のレーザーセンター「Laserzentrum」を開設</li> <li>・ 自動曲げ・フランジ加工機</li> <li>・ CATIA コンピューターソフトウェア：船舶設計を最適化する 3D 製図を作成</li> <li>・ TESS (The Extended Simulation Support System) 材料フローシステム：造船所内の全資材の流れをブルートゥース技術で管理するシステム</li> <li>・ DIOMAR 研究開発プロジェクト：厚さ 30 mm までの鋼板の溶接が可能な高出力ダイオードレーザーの開発</li> <li>・ レーザー溶接 I-Core サンドイッチパネル</li> <li>・ 仮想現実 (VR) ルーム</li> </ul> |
| Fincantieri Group<br>イタリア                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ “RAMSSES”：先進材料の海事産業への導入を目指すプロジェクト</li> <li>・ “Sidran”：艦艇分野の没入型設計支援システム</li> </ul> <p>“Maestri”：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</p> <p>“ISDM”：船舶のスマート建造のためのデータ及びプロセスモデル</p> <p>VISTA (Virtual sea trial by simulating complex marine operations)：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ための方法とモデルによる設計過程の改良</p>   |
| Damen Group<br>オランダ                                 | <p>3D 印刷されたプロペラ「WAAMPeller」</p> <p>仮想現実 (VR) 技術</p> <p>Hardware in the Loop (HIL) シミュレーション</p> <p>ソフトウェアツール「Sandy」：無料のオンライン浚渫作業計算ツール</p> <p>空気潤滑式内陸水路船「Ecoliner」</p> <p>バーチャル曳航水槽</p> <p>「Damen Safety Glass」</p> <p>造船所のペーパーレス化</p>  |
| Chantiers de l'Atlantique<br>(旧 STX Europe)<br>フランス | <p>Solid Sail：耐久性が高く操縦が容易な格納式複合材製セイル</p> <p>環境保護プロジェクト「PACBOAT」：2022 年に竣工予定の MSC Cruises 向け World クラスクルーズ船 4 隻の第 1 船に新型燃料電池を搭載する。</p>   |
| Navantia<br>(艦艇建造所)<br>スペイン                         | <p>3D VR 技術によるデジタルツイン</p> <p>3DCABINS</p> <p>ADIBUQE</p> <p>拡張現実 (AR) を利用した品質管理</p>   |
| Royal IHC<br>オランダ                                   | <p>レーザー外装 (cladding) マシン</p>  |

## 2-2 Meyer Group

Meyer Group は、豪華クルーズ船に加え、ROPAX フェリー、RORO 船、旅客船、ガスタンカー、家畜運搬船を建造している。

Meyer Group は以下の造船所を所有し、経営を行っている。

- ・ Meyer Werft (ドイツ・パーペンブルク) : 現在の年間建造能力は大型クルーズ船 2 隻及び小型クルーズ船 1 隻、総トン数 400,000 トンである。20,000～180,000 総トンの船舶を建造。
- ・ Meyer Turku (フィンランド・トゥルク) : 2020 年までに年間製造能力を大型クルーズ船 2 隻、40,000 総トンに拡張する。100,000 総トン以上の船舶を建造。
- ・ Neptun Werft (ドイツ・ロストック・ヴァルネミュンデ) : 浮体式エンジンルームユニットを製造し、上記 2 造船所をサポートする。また、最大 15,000 総トンまでのクルーズ船を建造。



図 2-2 ドイツとフィンランドの Meyer グループ造船所

### 2-2-1 革新的な造船技術

Meyer グループの造船所の特徴は、(1) 高度にモジュール化された建造、(2) 効率化された工程、(3) 高品質、(4) 計画通りの船舶の引き渡しと工程である。<sup>3</sup>

Meyer Werft は近代的な建造設備を持ち、パーペンブルク造船所などでは天候に左右されない屋内建造を行っている。一方、フィンランドのトゥルク造船所は屋外ドックで建造を行っている。

<sup>3</sup> <https://breakingwaves.fi/2019/09/27/meyer-going-strong-both-in-finland-and-germany/>



図 2-3 Meyer パーペンブルク造船所の屋内建造設備

パーペンブルクとトゥルクの両造船所は、1994 年以來、レーザー溶接技術を使用している。同グループが開設した欧州最大のレーザーセンター「Laserzentrum」は、出力 12kW の大型レーザーシステム 6 基を持つ。資格を持つ熟練技術者が、エックス線などの映像技術を用いて溶接過程を監視している。



図 2-4 欧州最大のレーザーセンター「Laserzentrum」

Meyer グループの造船所は、高効率の自動曲げ・フランジ加工機を使用している。



図 2-5 自動曲げ・フランジ加工機

ブロック組み立てには、600 トン及び 800 トンクレーンを使用し、柔軟性の高い作業を行っている。ブロックは建造ドックの近くで製造され、予め艀装が行われる。その後、クレーンで建造ドックに運ばれ、船体に溶接される。Meyer Werft では、ブロックを水平ではなく、垂直に積み重ねる工法をとっている。

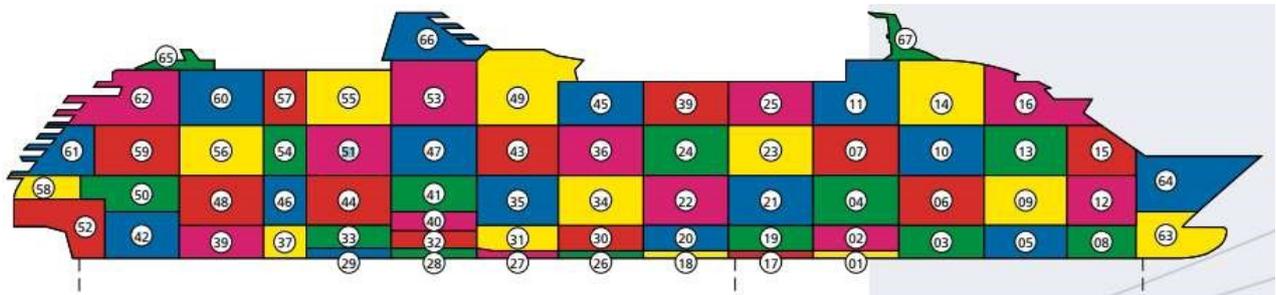


図 2-6 ブロックの組立て方法：大型クルーズ船の鋼製ブロック（最大 800 トン）

パーペンブルク造船所における建造工程は、建造ブロック工法を採用している。1 隻の船舶は最大 800 トンのブロック約 70 個で構成されている。船用機器も、できる限り船舶に搭載以前に組み立てられる。モジュール（ブロック）を事前に個別製造することにより、船舶の建造は効率的に行われる。

造船所内の全作業現場では、コンピューター支援設計（CAD）技術、および計画、建造、製造（PLM）技術が利用されている。Meyer グループは、航空機産業の協力により、船舶設計最適化のため 3D 製図を行うコンピューターソフトウェア「CATIA」を導入した。同ソフトウェアは、造船所の特殊な要望に応えるために、Dassault Systemes と IBM がさらなる共同開発を行っている。

造船所のレイアウトは、様々な工程間の距離ができるだけ短くなるように設計されている。これは、組織の迅速な意思決定方法と造船所内の物理的距離の両方を示している。

### ジャスト・イン・タイム：

保管スペースとコストを最小化するコンピューター化されたロジスティクス。

TESS（拡張シミュレーション支援システム）：bluetooth を用いた造船所内の資材フローシステム。各資材・部品が、必要な時に、必要な場所と人に運ばれる。資材の輸送距離は最短となり、ジャスト・イン・タイムの供給が可能で、時間の無駄を最小化する。

建造の質を向上させ、シンプル化するために、Meyer Werft は仮想現実ルームを開発し、エンジニアが計画段階で完全な鋼材モデルや機器などの構造要素を分析できるようにしている。これにより、船舶の建造前の段階で、技術的に整合が取れない点などを検討し、整合が取れない場合はその原因を検討することが可能となった。



図 2-7 Meyer Werft の仮想現実ルーム

Meyer Werft は、Laser Zentrum Hannover（LZH）、Held Systems Deutschland、Laserline とともに、ドイツ連邦政府が支援する研究開発プロジェクト「DIOMAR」に参加した。同プロジェクトでは、連続波長モードの最大出力 60kW のダイオードレーザービーム線源を開発し、造船用及び船用の厚さ 30mm までの鋼板の高品質な高速溶接を行う。その目的は、従来のサブマージアーク溶接方法と比較した場合のコスト削減、圧鋼板の加工の質の向上、労力のかかる開先加工作業の排除である。