

# インフラ構造物修繕に向けた「インフラレーザ<sup>TM</sup>※」システムと レーザブラスト法の開発

## Development of the “InfraLaser<sup>TM</sup>” System and the Laser Blasting Method for the Structures Repair of Infrastructure

梅野 和行<sup>\*1</sup>  
Kazuyuki Umeno

西井 諒介<sup>\*1</sup>  
Ryosuke Nishii

柵山 慶太<sup>\*1</sup>  
Keita Sakuyama

齊藤 愛実<sup>\*1</sup>  
Manami Saito

岩渕 潤樹<sup>\*1</sup>  
Hiroki Iwabuchi

佐藤 新治<sup>\*1</sup>  
Shinji Sato

宮崎 浩樹<sup>\*1</sup>  
Hiroki Miyazaki

寺下 広大<sup>\*1</sup>  
Kodai Terashita

川又 正実<sup>\*1</sup>  
Masami Kawamata

小田 英希<sup>\*1</sup>  
Hideki Oda

牧 拓也<sup>\*1</sup>  
Takuya Maki

黒澤 肇<sup>\*1</sup>  
Hajime Kurosawa

西潟 由博<sup>\*1,2</sup>  
Yoshihiro Nishigata

武 博一<sup>\*1</sup>  
Hirokazu Take

賀屋 秀介<sup>\*1</sup>  
Shusuke Kaya

奈良 一孝<sup>\*1</sup>  
Kazutaka Nara

### 〈概要〉

我が国のインフラ維持管理の修繕作業において、母材へ熱影響なく塗膜・錆を手軽に除去可能な技術開発が求められ、レーザ光の照射のみでそれを実現可能なレーザブラスト技術はその候補である。インフラ維持管理における様々な分野において、我々は、社内で体系化された新事業開発プロセスに則り、お客様の声を元に迅速なシステム製品開発を進めている。本報告では、当社が培ってきた高出力レーザとその加工技術を応用した「インフラレーザ」システムとレーザブラスト技術の開発に関して述べる。レーザブラスト技術は、母材への影響なく塗膜・錆の除去速度を既存工法以上にもでき、作業者にも環境にも優しい技術になると考えられる。

## 1. はじめに

我が国のインフラ構造物は、高度経済成長期以降に集中的に整備されたことから、近年、老朽化問題が深刻になってきている。今後、建設から50年以上経過する施設が飛躍的に増加すると言われている<sup>1)</sup>。インフラ構造物としては、陸上インフラでは道路分野（橋梁、トンネル）、電力分野（鉄塔、電気工作物）、鉄道分野（鉄塔、橋梁、車両、線路、電気工作物）、産業プラント（タンク）、また、海上インフラでは船舶（外板、甲板）及び港湾施設などが有り、非常に多岐にわたる。これらの修繕には作業者による修繕が不可欠であるが、修繕現場は、所謂3K職場のイメージが強く、労働人材が集まりづらいと言われる。さらに、働き方改革のため運送業・建設業にも時間外労働時間に上限が設けられる2024年問題に加えて、人口減少社会と急速な少子高齢化も課題となり、一人あたりの作業量を減らさざるを得ないと同時に、働き手の確保の難しさも進むと想定される。結果、日本のインフラ構造物の維持管理が困難になりつつあると言える。近年、インフラ維持管理分野における表面処理工法として、高出力レーザの利用が注目されつつある<sup>2)</sup>。

当社は、1884年の創業以来、電気・光ケーブルの製造を通じて、インフラ構築に貢献して来た企業である。日本のインフラ維持管理に貢献して行くことは、将来の安全・安心・快適な生活を守るために当社として重要なテーマである。我々は、光通信・レーザ加工で培ったフォトニクス技術をコア技術の一つとしている。レーザ工法に非常に有効な高出力ファイバレーザ（FL）に関して、当社グループ・関連会社にて、内部部品である励起用半導体レーザ、特殊光ファイバ、融着機、デリバリーケーブルに加えてFL発振器を一貫して製造可能な数少ない日本メーカーである<sup>3)</sup>。さらに、インフラ維持管理用途ではレーザヘッド及び高出力FLシステムを開発している。国内のお客様から我々日本メーカーに期待されることは、現場作業者への日本語ベースの教育、国内での保守サポート、VUCAの時代における日本市場でのビジネス継続性などである。これらの観点からみて、お客様からも安心や日本的コミュニケーションを価値として感じていただくことができる。

我々は、高出力FLシステムによるインフラ構造物向け表面処理ソリューションとして新たに「インフラレーザ」を当社が行うインフラメンテナンス事業のブランドとして立ち上げて、さらにこのインフラ維持管理市場への迅速な新規事業開発とビジネス展開を進めている。本報告では、現在、鉄道と船舶分野での修繕に向けた「インフラレーザ」システムとレーザブラスト技術の開発に関して報告する。

<sup>\*1</sup> 営業統括本部 ソーシャルデザイン統括部

<sup>\*2</sup> 研究開発本部 フォトニクス研究所

※ 日本特許庁に日本語で出願中

## 2. 既存表面処理工法と当社レーザブラスト方式との比較

既存のブラスト法を含む表面処理工法に対するレーザ工法の利点としては、以下の(1)～(6)の点が挙げられる。

- (1) 電源準備のみでレーザ施工可能、原材料不要
- (2) 施工にともなう産廃処理費用が極めて少ない
- (3) 乾式で塩分除去も可能、戻り錆を遅延できる
- (4) 施工時の振動、騒音が極めて少ない
- (5) 施工時の反力が無いため負担が少ない
- (6) 自動化に向き、ロボットやドローンなどに将来的に搭載可能

以上の特長から、レーザにより、ブラスト工法水準の表面処理工法が実用化できれば、環境にも作業者にも優しく、さらに省人化技術としても期待できる未来の工法となる。

インフラ構造物の修繕の対象素材は、大別して、防食塗装付き金属とコンクリートの2つが大半である。特に防食塗装付き金属が多くを占め、重塩害地域で発生した深い錆と老朽化した防食塗装の同時除去が課題になる。表1に既存のブラスト法を含む表面処理工法と当社レーザブラスト方式との比較を示す。新規塗装前の表面処理工法と素地調整は一般に「ケレン」と呼ばれ、1～4種まである。1種ケレンはブラスト法により、鉄の酸化被膜である黒皮や赤錆及び旧塗膜を完全に除去し清浄な鋼材面を露出させ、2種ケレンはワイヤブラシや機械工具(ニードルスケラ、ディスクサンダーなど)で赤錆や旧塗膜は除去して鋼材面を露出させるが、完全除去できないもの、また、プライマーや錆止めを残すことも可能なケレンを指す。

表1に示すように、当社レーザブラスト方式(インフラレーザ方式)では、出力を変化させることで、ケレン種を1種相当から2種相当まで対応可能である。また、当社レーザブラスト方式は他の工法と比較して、塩分除去、消耗品、産業廃棄物、粉塵対策、騒音対策、反力対策で作業者にも環境にも優しいというメリットがある。対象物にレーザ光を照射するブラスト法であるので、供給必要になるのは電源からの電気のみである。屋外であれば通常工事で使われる一般的なエンジン発電機を利用可能である市場参入に向けては、既存工法よりも早いことが重要であり、最も高速なサンドブラスト法と比較して同等以上を目指すのがターゲットとも言える。

## 3. 既存のレーザクリーニング技術の課題

レーザによる表面処理は「レーザアブレーション」の原理を基本としている。これは、高出力・高密度のレーザ光を物質に照射したときに、レーザ光の吸収と熱化過程あるいはその後のプラズマ発生とともに表面の構成物質が爆発的に放出・蒸散される現象のことを言う。図1に模式図を示す。レーザ光の光吸収率は錆・塗膜と母材(例えば、鋼材やアルミ材)とで異なるので、レーザの照射条件によって錆・塗膜のみを除去したり、錆・塗膜の除去と合わせて母材へのアンカーパターンも合わせて形成したりすることが可能である。

現状実用化されているのは「レーザクリーニング」と呼ばれる技術である。近年展示会や動画サイトなどで見かける「レーザクリーニング」システムは、平均光出力数10～数100 W級のナノ秒パルスレーザを搭載している場合が多い<sup>4), 5)</sup>。当社も同様のパルスFLの他それらを構成するパルスFL関連部品を開発してきた歴史があり<sup>6)</sup>、認識しているパルス方式の課題を述べる。レーザ発振器の方式としては、波長1064 nm帯のパルス固体(Nd:YAG)レーザや、最近では、パルスFLを搭載されたシステムもある。パルス方式の「レーザクリーニング」は、機械油や金型などに形成される薄い錆の除去には有効であり、古くから工場の生産工程では使われてきた技術である。一方、重塩害地域で生成された深い錆、厚い防錆塗膜除去を短時間で実施するのは困難であり、既存工法の施工速度と比較して速度面で改善が必要との声をお客様から頂く。

平均光出力500 W～1 kW級のナノ秒パルスレーザでは、条件によって塗膜除去も実現することができる。一方、パルス状にレーザを照射することからパルスレーザ発振時にしか加工現象が生じず、同一箇所の施工に何度もレーザスポットを往復スキャンする必要があり、施工速度の向上が課題である。この出力帯では、ピーク光出力も数kW～10 kW級で高いため、母材のレーザアブレーションによるダメージや照射を続けることによる母材への熱影響が問題になる(後述)。パルスFL方式の場合はピーク光出力に加えて、光密度も高いため、母材である金属のレーザアブレーションによるダメージはさらに注意が必要である。パルスレーザの方式全体の課題として、ピーク光出力に応じた電力供給のため、平均光出力の割に必要な電源容量

表1 既存の表面処理工法と当社レーザブラスト方式との比較  
Comparison of existing surface preparation methods with our laser blusting method.

|         | 当社レーザブラスト方式  | サンドブラスト            | ウエットブラスト       | 機械工具      | 剥離剤              |
|---------|--------------|--------------------|----------------|-----------|------------------|
| ケレン度    | 1種相当<br>2種相当 | 1種                 | 1種相当           | 2種        | 2種相当             |
| 錆・塗膜除去  | ○            | ○                  | ○              | △         | △                |
| 塩分除去    | ○            | △                  | ×<br>戻り錆出やすい   | ×         | ×                |
| 処理速度    | △～○          | ○                  | △～○            | ×         | ×<br>水性剥離液では複数塗布 |
| 消耗品     | ○            | ×～△<br>研掃材(循環式も有り) | △<br>水(循環式も有り) | ×<br>研磨部材 | ×<br>剥離液         |
| 産業廃棄物対策 | ○            | ×<br>研掃材+塗膜        | ×<br>廃水+塗膜     | ○         | ×<br>剥離廃液+塗膜     |
| 粉塵対策    | ○            | ×                  | ○              | △         | ○                |
| 騒音対策    | ○            | ×                  | ×              | ×         | ○                |
| 反力対策    | ○            | ×                  | ×              | ×         | ○                |

が大きくなること、筐体サイズも巨大になり、現場での運用が難しいことがある。その他、海外製の場合には電源トランスが本体とは別に必要な場合が多い。

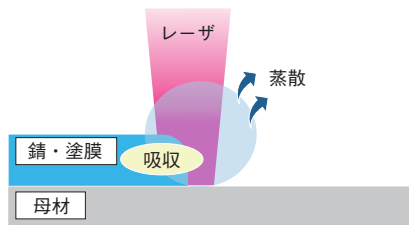


図1 レーザによる塗膜剥離の模式図  
Schematic diagram of the coating removal with the laser.

#### 4. 当社レーザブラスト方式の特長

小型で使いやすいシステムを実現するには、総じて電気光変換効率30%以上、レーザビーム品質が極めて高い、波長1070 nm帯の連続波方式のファイバレーザ(CW-FL)が好適であると考えている。施工速度を上げるには、CW-FLの光出力を増加させることが有効である。一方、CW-FLから鋼材表面への照射熱量が大きいと、投入熱量自体が大きいため、塗膜除去と同時に鋼材表面が溶け、母材に熱影響を与えるとともに、鋼材の溶融表面に鉄の安定酸化膜である黒皮が形成される。黒

皮は塗料との密着性を阻害するので、1種ケレンと同等水準で施工するには、高光出力のCW-FLを適用して施工速度上げながら、鋼材への熱影響を抑制することが技術課題である。詳細な記載は省くが、当社は独自の光学技術を駆使することにより、この問題を解決した。

表2には、既存のパルスレーザによる工法と連続波(CW)レーザ方式との比較を示す。また、図2に塗膜付鋼材(SM400B)に対してパルスレーザ方式と当社CWレーザ方式(後述の6. 鉄道台車修繕向け「インフラレーザ」システムの開発参照)でそれぞれレーザブラストを行った後の鋼材断面組織を示す。パルスレーザ方式の当社CWレーザ方式に対する比較では、それぞれ、平均光出力500 W、CW光出力500 Wとして比較した。パルスレーザ方式では、ピーク光出力が数kWと高いため、レーザブラスト時にスパッタが発生し、減肉している。一方、当社CWレーザ方式では、減肉なく、正常な塗膜除去後の加工面が得られている。熱影響を調査するために、図2に示したレーザブラスト後の鋼材に対する表面から裏面方向へのビッカース硬さHvの評価を実施した(図3参照)。パルスレーザ方式では塗膜除去に時間がかかるため、表面近傍でビッカース硬さHvが高くなっており、鋼材が硬化している。一方で、当社CWレーザ方式ではリファレンスの無垢鋼材SM400Bのビッカース硬さHvと重なっており、塗膜除去時の熱影響や黒皮が無いことが確認できる。

表2 既存のパルスレーザによる表面処理工法とCWレーザによる工法との比較  
Comparison of existing surface treatment methods using pulsed lasers and those using our laser blusting method.

|           | パルスレーザ方式  | CWレーザ方式   |
|-----------|---|---|
| レーザ発振イメージ |   |   |
| メリット      | <ul style="list-style-type: none"> <li>母材への熱影響が少ない</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>施工速度が速い</li> <li>電源容量が少なく済む</li> </ul> |
| デメリット     | <ul style="list-style-type: none"> <li>施工速度が遅い</li> <li>塗膜除去用に平均出力上げると母材熱影響発生</li> <li>電源容量をピーク光出力に合わせる必要あり</li> <li>パワーを上げていけば熱影響発生</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>熱影響が出る</li> </ul> <p>当社独自光学技術で解決</p>   |

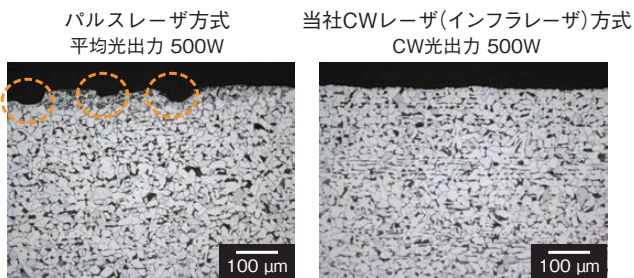


図2 塗膜付鋼材(SM400B)に対してパルスレーザ方式と当社CWレーザ方式によるそれぞれのレーザブラスト後の鋼材断面組織  
Cross-sectional microstructures of coated steel SM400B after the laser blasting using the pulsed laser method and the CW laser method, respectively.

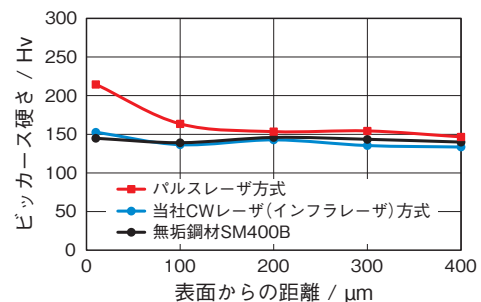


図3 図2に示したレーザブラスト後の鋼材に対する表面から裏面方向へのビッカース硬さHvの評価結果(リファレンスとして無垢鋼材SM400Bの評価結果を示す)  
Evaluation results of Vickers hardness Hv from the surface to the back side for the steel after the laser blasting shown in Figure 2. Evaluation results for solid steel SM400B are shown as a reference.



## 5. 「インフラレーザ」システムの開発手法

インフラ構造物はセグメントにより対象物が大きく異なることに加えて、現場もそれぞれ異なるため、ニーズとして頂くシステムが異なる場合が多い。そのため、レーザプラスト技術もセグメントに合わせて最適化する必要がある。インフラ維持管理分野では、使われる防食塗装も異なるため、各セグメントに適切なレーザ施工システムのプロトタイプと施工技術の開発を進める必要がある。そこで、我々は、ファジーフロントエンドでの新事業創出プロセスを活用して、「インフラレーザ」システムの開発を行っている。当社の新事業開発におけるプロセスに関しては文献<sup>7)</sup>に詳しく記載されている。

表3に当社の新事業創出プロセスに基づく「インフラレーザ」システムの開発プロセスを示す。Phase0では、インフラ維持管理分野において、レーザ工法が適用可能な仮説を立てる。Phase1にて幅広い修繕セグメントにおいて、仮説に基づきジョブ探索を実施する。Phase2のコンセプトプロトタイプピングでは、既存の産業用レーザ設備の組み合わせで、実験設備を構築した(後述)。Phase3の検証フィールド創出では、お客様に我々のレーザプラストを体験頂くことが重要であるので、お客様との共創拠点として、2023年1月に「インフラレーザラボ」を当社千葉事業所に開設した(図4参照)<sup>8)</sup>。Phase4の製品プロトタイプピングでは、インフラレーザラボで得られた声を束にし、リーン・スタートアップ手法に基づき実用最小限の製品(Minimum Viable Product: MVP)を製作する。インフラ構造物では現地での実証実験も必要のため、図5に示す現地実験用の輸送トラックも準備している。なお、当社は銅を主体とした金属材料メーカーでもあり、メタル技術もコア技術の一つである。母材となる鋼材やアルミ材の金属学的な評価は、社内で実施することができる。一方で、構造物としての知見は乏しいため、京都大学と産学連携にて共同研究を実施して評価を進めている。

最終的に、Phase5がビジネスシナリオの最終段階である先鋭化となる。ここでは、製品の正式仕様化、ISO9001の品質マネジメントシステムに基づいて設計審査(DR)を実施し、製品

表3 当社の新事業創出プロセスに基づく「インフラレーザ」システムの開発  
Development of the “InfraLaser” system based on our new business creation process.

| 開発フェーズ | 実施事項           | 「インフラレーザ」システムと工法開発における実施事項                    |
|--------|----------------|---|
| Phase0 | 知識習得           | インフラ維持管理の修繕分野におけるレーザ工法適用の仮説構築                 |
| Phase1 | ジョブ探索          | お客様への資料紹介などを通じたジョブ探索                          |
| Phase2 | コンセプトプロトタイプピング | 既存の産業レーザ製品を組み合わせた最小限の実験設備構築                   |
| Phase3 | 検証フィールド創出      | インフラレーザラボにお客様にお越し頂きレーザ施工を体感頂く                 |
| Phase4 | 製品プロトタイプピング    | Phase1～3でのお客様の声を束にした「実用最小限の製品(MVP)」の製作と現地実証実験 |
| Phase5 | ビジネスシナリオ先鋭化    | 仕様化、設計審査(DR)など製品化プロセスの完結、販売形態の確定              |

化プロセスを完結させる。また、営業部門と連携して、販売・保守形態も確定させていく。社会実装に向けては、お客様の現場を良く理解し、安全に「インフラレーザ」システムをお使い頂くための教育・提案なども積極的に実施している。



図4 当社千葉事業所に開設したインフラレーザラボ  
左: 建屋外観, 右: インフラレーザラボ内の実験スペース  
The InfraLaser Lab opened at our Chiba Works.  
Left: Exterior view of the building, Right: Experiment space in the InfraLaser Lab.



図5 現地実証実験用インフラレーザトラック  
InfraLaser truck for the field demonstration test.

## 6. 鉄道台車修繕向け「インフラレーザ」システムの開発

図6は、表3の開発プロセスにてPhase4をクリアし、Phase5にて2024年3月より受注開始予定である小型「インフラレーザ」システムの製品外観イメージである<sup>9)</sup>。鉄道車両台車など鋼構造物の溶接部は、強度を維持するための重要箇所であることから法令で定期検査が義務付けられている場合もある。

図7に本製品での作業イメージを示す。従来、これらの溶接部の保護塗膜の除去には機械工具としてニードルスクレーラやサンダーが用いられてきたが、作業時に発生する粉塵・騒音・振動などが作業員への負担となり課題となっていた。これらを解決するため、片手でも安全に操作可能な軽量手持式レーザヘッド(重量2 kg未満)を開発・搭載し、メンテナンス時に扱いやすい設計とした。可撓性のある長さ20 mのデリバリーケーブルを採用、現場での取回しやすさを考慮した設計にしている。システム重量は250 kg未満を実現した。電源容量も三相200 V・20 A電源で対応可能である。

開発にあたり、鉄道台車用塗膜付き鋼材のレーザ施工評価を実施した。検体として、厚さ9 mmの鋼材SM400Bに対して表



図6 小型「インフラレーザ」システムの外観イメージ  
External image of the compact "InfraLaser system".

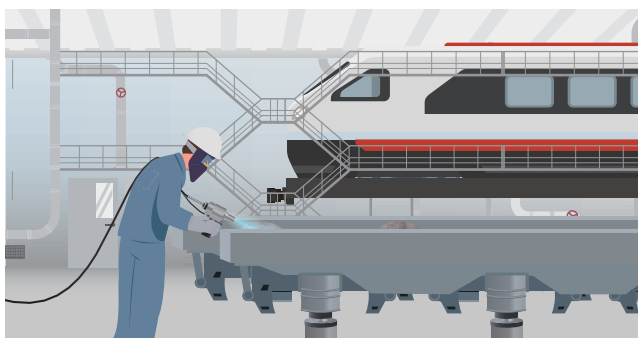


図7 当社レーザブラスト方式での施工作业イメージ  
Image of the construction work with our laser blasting method.

面に約100 mmのアクリル系塗料(ねずみ色)を塗装した鋼材を準備し、機械工具(ニードルスケーラ)と当社レーザブラスト方式による塗膜除去後の比較を実施した。表4に比較結果を示す。図8に示すように、この場合の施工速度は機械工具と当

社レーザブラスト方式の比較では、それぞれ、0.2と1.4 m<sup>2</sup>/hとなった。既存の機械工具と比較して当社レーザブラスト方式では約7倍の施工速度が実現可能であり、作業効率改善の観点から、省人化にも有効と考えられる。

表4に示した施工後の鋼材SM400Bに対する断面金属組織の光学顕微鏡像、表面写真を比較すると、両者で断面金属組織に施工後の差は見られなかった。次に、電子線マイクロアナライザ(EPMA)でのチタンと酸素の元素マッピングの比較では、機械工具施工では塗料に含まれるチタンの残留と表面での酸素が検出された。一方、レーザ施工では、それらの元素はほぼ検出されていない。一般に機械工具による塗膜除去施工は2種ケレン相当であり、微量に塗料残渣が残る妥当な結果と言える。レーザ施工では鋼材SM400Bの素地をしっかりと出せており、1種ケレン相当のレーザブラスト技術と考えることができる。さらに、このレーザ照射条件では、50回照射を繰り返しても母材への熱影響はほとんど無いことを確認している。また、皮膚を想定した豚肉や作業衣服に、レーザ施工時と同一条件にて誤って1回照射しただけでは、状態に全く変化が無いことを安全性として確認している。このような誤射が無いように、イン

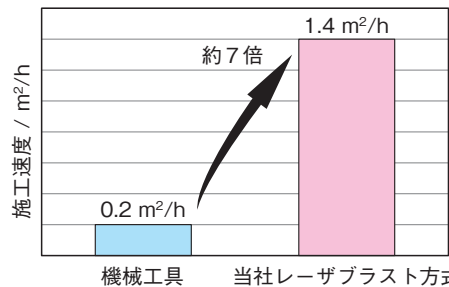


図8 機械工具(ニードルスケーラ)と当社レーザブラスト方式によるレーザ施工との比較  
Comparison of application the machine tool (needle scaler) and our laser blasting method.

表4 機械工具(ニードルスケーラ)と当社レーザブラスト方式によるレーザ施工との比較  
Comparison of coating removal results using machine tools (needle scaler) and those using the our laser blasting method.

|                                    | 機械工具(ニードルスケーラ)                     | 当社レーザブラスト方式                       |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 断面図                                | <br>組織変化なし 100 μm                  | <br>組織変化なし 100 μm                 |
| サンプル外観                             | <br>塗料残留あり 10 mm                   | <br>塗料残留無し 10 mm                  |
| 塗料情報                               | アクリル系水性塗料 ねずみ色、塗装厚さ約 100 μm        |                                   |
| 電子線マイクロアナライザ(EPMA)による施工後の残留元素マッピング | <br>塗料残留あり<br>※塗料成分に含まれるチタン(Ti)で判断 | <br>塗料残留・表面酸化無し<br>※表面酸化は酸素(O)で判断 |



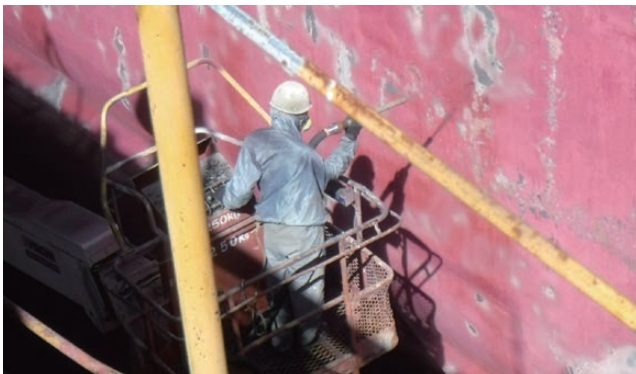
ターロックも完備しているため、レーザ保護メガネと長袖・長ズボンの作業着を着用頂ければ作業も安全に作業頂くことができる。

## 7. 船舶外板修繕向け「インフラレーザ」システムの開発

我が国の貿易において、船舶による輸送が99%を占めており、船舶は重要な海上インフラである。船舶は定期検査が義務付けられており、ドックに入港して検査・修繕が実施される。日本の船舶外板修繕（錆・塗膜除去）においては、**図9**に作業風景を示すようなサンドブラスト法が多く使われている。サンドブラスト法は、研削材などの排出による大気・海洋への影響の観点で課題があり、廃棄物の排出が極めて少ないレーザブラスト法への置き換えによる環境負荷の低減と労働衛生の改善が期待できる。本仮説に関しては、常石造船株式会社（広島県福山市）に興味を持って頂き、船舶外板修繕向け「インフラレーザ」システムの開発に向けて、実証実験フィールドを提供頂いた<sup>10)</sup>。

表3に示した開発プロセスに基づき、**Phase2**のコンセプトプロトタイプをレーザ溶接用途で用いる光出力6 kWファイバレーザとレーザ溶接用ガルバノスキャナを用いて構築した。また、**Phase3**に関して、この場合は、**図10**に示すように、常石造船株式会社に設備一式を持ち込み、重塩害地域で錆びた鋼板や船舶用外板の一部を船舶として見立て、レーザ照射実験を屋外にて2022年5月に実施した。この時の重塩害地域で錆びた鋼板への施工速度は約5 m<sup>2</sup>/hであった。船舶外板修繕などのより厚い塗膜に対応して行くには、より高い光出力のレーザ光を使いこなし、サンドブラストと同等の施工速度を実現する必要があること、施工設備として溶接用ガルバノスキャナ（約25 kg）では重量から見て実用化に向けて遠いとの指摘を頂戴し、あらためて開発課題を認識することができた。そこで、**Phase4**に向けて、より小型軽量で、高速レーザ施工を実現する水冷レーザヘッドの開発に着手した。

**図11**は開発した光出力6 kW対応水冷レーザヘッド、重塩害地域で発生した深く錆びた鋼材（SS400）に対してレーザ照射時の状態、及びレーザ照射後の写真である。水冷レーザヘッドは重量約4 kgと軽量である。また、レーザ施工時に反力も生じないことから、究極の省人化技術として、将来的に「インフラレーザ」システムとしてロボットなどにも搭載可能としてさらなる開発を進めている（**図12**参照）。本光学構成では、幅60 mm

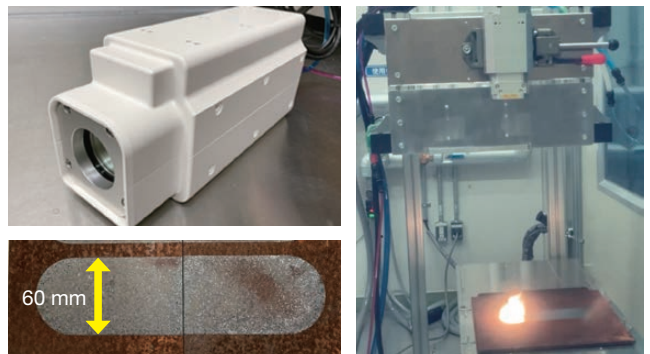


**図9** サンドブラストの作業風景  
Sandblasting operation.

でレーザ照射することが可能であり、重塩害地域で深く錆びた鋼材では約20 m<sup>2</sup>/hのレーザブラスト施工が可能である。サンドブラストの施工速度に対しても同等水準の施工速度を実現することができる水冷レーザヘッドである。造船業界における人にも環境にも優しいシステムとして2025年の実用化に向けて、表3の開発プロセスに基づき製品開発を進めている。



**図10** コンセプトプロトタイプ機を用いた常石造船株式会社での実証実験の様子  
Demonstration test at Tsuneishi Shipbuilding Corporation using the conceptual prototype machine.



**図11** 光出力6 kW対応レーザヘッド（左上）とレーザ照射時の様子（右）及びレーザ照射後の写真（左下）  
The 6 kW compatible laser head (upper left), the state during the laser irradiation (right), and the picture after the laser irradiation (lower left).



**図12** 将来的な船舶外板修繕向け「インフラレーザ」システムの開発イメージ  
Image of future development of the “InfraLaser system” for ship’s hull plate repair.

## 8. おわりに

本報告では、「インフラレーザ」システム及びレーザブラスト技術の開発プロセス、鉄道・船舶分野の開発事例に関して報告した。鉄道分野に向けた小型「インフラレーザ」システムでは、従来の機械工具に対して施工速度約7倍の速度を実現可能である。手持ち式小型レーザヘッドにより反力なく手軽に作業できるため、作業者の負荷を低減できる。船舶分野に関しては既存のサンドブラスト法と同等の施工速度を実現可能な水冷レーザヘッドの開発状況を報告した。レーザブラスト時に反力も生じないことから、究極の省人化技術として自動化ロボット対応を進めている。インフラ維持管理分野は極めて広大であり、船舶以外の他の分野・セグメントに対しても最適なシステムを開発・提案していく計画である。当社は、インフラ維持管理分野で最適なレーザシステムを設計・製造可能な国産メーカーとして、日本のインフラ維持管理に貢献して行きたいと考えている。「インフラレーザ」によるレーザブラスト技術は、母材への影響なく塗膜・錆の除去速度を既存工法以上にすることで、非常に手軽な塗膜・錆除去システムとして社会実装されていくと考えられる。将来の我が国のインフラ維持管理分野での社会実装を通じて、当社グループビジョン2030で掲げる「安全・安心・快適な生活を実現する」に貢献していきたい。

## 謝辞

レーザ施工した鋼材としての評価は、京都大学 工学研究科 社会基盤工学専攻構造工学講座 北根安雄教授との共同研究にて実施したものです。ここに御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 令和4年度版国土交通白書, (2022), p.117.
- 2) 藤田和久, 亀井浩龍, 川森善紀: インフラ構造物管理のための光学技術 CWレーザークリーニング技術のインフラ維持管理への適用, 光学, 50 (2021), 68-74.
- 3) 茅原崇, 梅野和行, 高木武史, 江森芳博, 藤崎晃: 10kWファイバレーザとその加工特性, レーザ加工学会誌, 26 (2019), 155-160.
- 4) 本村孔作: プラントメンテナンスにおける高出力レーザークリーニング装置, 配管技術, 62 (2020), 66-71.
- 5) 大阿見尚弥: レーザによるクリーニング技術について—塗膜や錆の除去など橋梁用途に展開—, 溶接技術, 71 (2023), 65-68.
- 6) 河原亮, 橋本博, Jeffrey W. Nicholson, 大谷栄介, 松下俊一: パルス幅可変の高ピーム品質・高ピークパワーパルスファイバレーザの開発, 古河電工時報, 137 (2018), 37-41.
- 7) 廣瀬清滋, 末松克輝, 平野潤也, 奈良一孝: 道路附属物点検支援システムの開発を事例とした新規事業創出プロセスのモデル化, 古河電工時報, 139 (2020), 10-15.
- 8) 古河電工HP>ニュースリリース>インフラ構造物向け表面処理ソリューションの共創拠点「インフラレーザラボ」を開設 (参照日2023年1月26日)
- 9) 古河電工HP>ニュースリリース>鉄道メンテナンスに最適な小型レーザ施工システムを製品化 (参照日2023年10月23日)
- 10) 古河電工HP>ニュースリリース>古河電工と常石造船 錆・塗膜除去のシステム開発に向けて実証実験を開始 (参照日2023年11月30日)