

レーザーの特長を利用した研究開発 IV

Research developments using excellent properties of Lasers IV

(1) kW 級 CW レーザーを用いた表面クリーニング技術の開発と除染適用の試み

(1) kW-class laser cleaning for steel structure maintenance and decontamination

*藤田和久¹, 豊澤一晃², 高原和弘², 稲垣博光³, 移川隆行⁴, 藤田啓恵⁴, 山田正明⁴,
沖原伸一郎¹

¹光産業創成大学院大学, ²トヨコー, ³中部電力³, ⁴日本環境調査研究所⁴

1. 緒言

kW 級 CW (連続波) レーザー光の高速スキャンによる, 廃止措置の放射能除染技術 (レーザー除染) の研究開発に取り組んでいる。その基本技術は, インフラ維持管理を目的として開発していたレーザークリーニング技術であり, その内容と, 除染適用の試みについて紹介する。

2. インフラ維持管理を目的としたレーザークリーニング技術 [1]

2-1. 鋼構造物の維持管理

高度経済成長時代に多く建設されたインフラの老朽化が問題にされはじめて久しく, 高速道路や鉄道などを支える橋梁, 鉄塔, 石油備蓄用などの大型タンクなど, 鋼構造物もその代表である。国内に 60 万を超える橋梁に限っていえば, 海からの飛来塩分や融雪剤の塩にさらされ, 錆による橋梁の劣化が課題となっている。

橋梁の寿命と言われる 50 年を迎える長さ 2 m 以上の橋梁は, 2023 年には全体の 43%, 2033 年には 67%, 老朽化に伴い通行規制がある橋梁 (15m 以上) は 2013 年に 1,381 橋あり年々増加している。事後保全から予防保全, ライフサイクルコスト低減に資する維持管理手法が今後さらに重要となる。

2-2. 塗り替え塗装工事における素地調整の課題

鋼構造物の延命化には, 劣化塗膜と錆が混在する鋼構造物表面において, それらをきれいに除去し, 再塗装後の耐久性を与えられる素地調整を実施し, 鋼構造物を錆から守る必要がある。しかしながら従来はディスクサンダーといった電動工具による限定的な除錆 (3 種ケレン) にとどまっておき, 短期間の再発錆が課題であった。ブラスト工法による 1 種ケレン作業も, 多く使用する研削材の飛散防止養生・産廃コスト, 騒音や粉塵環境下における作業性などに課題があり, よりよい工法が求められていた。

2-3. レーザークリーニング

そういった課題を持つトヨコーが光産業創成大学院大学と共同で開発したのが CoolLaser® (クーレーザー®) システムである。集光させた kW 級の CW レーザービームを円環状に高速スキャンさせ, 表面の付着物を瞬間的に急加熱し, 熔融・蒸散・熱破砕により除去するものである。

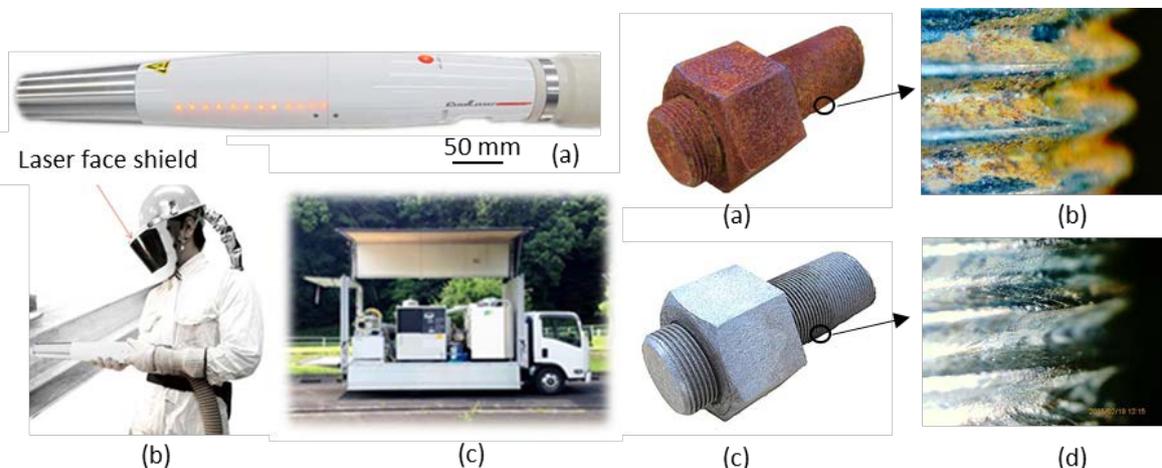


図1 レーザークリーニングシステムの外観 図2 錆除去の例 (a)(b) 除去前、(c)(d) 除去後

図1にCoolLaserシステムを示す。波長1 μm 帯のファイバーレーザーを光源とし、光ファイバーにより100mの伝送を可能とし、これらを搭載したトラック(c)により橋梁の塗り替え工事に対応している。光ファイバーの先端には円環状の高速スキャンを可能にするレーザーヘッド(a)を取付け、安全に配慮された装備をまとった作業員が手に持って作業できるようにしている(b)。現在、現場にて実用化が進んでいる。

図2に錆びたサンプルの照射前後の写真を示す。電動工具ではもちろん、ブラスト工法においても研削材の大きさからねじ山内の研削が困難であるが、レーザーの場合は光が届けば処理可能である。光は吸収により消滅するため、使用済みの研削材の処理も不要であり、粉塵環境や騒音問題についても有利である。再発錆の主要因である塩分の除去にも有利であるため、表面の塩分濃度50 mg/m^2 以下の達成が従来工法より容易である点が特に鋼構造物の維持管理にとって利点とされている。

3. 除染適用の試み

2章で述べたレーザークリーニング技術を利用して、廃止措置の放射能除染技術(レーザー除染)に適用するための研究開発に、中部電力及び日本環境調査研究所が加わって取り組んでおり、それらを概観する。

3-1. 処理速度の推定 [2]

金属部材の汚染は放射性物質が鋼材表面の酸化被膜に付着することで生じるため、レーザー除染の処理速度は、放射性物質が含まれる深さまでの表層除去に必要なエネルギーを投入しながら、鋼材表面を走査する速度として評価できる。

そこで、CW 500 WのYbファイバーレーザーを無垢の316ステンレス表面に直線状に走査しながら集光照射し、レーザーフルエンスをパラメータとしてステンレス表面の除去量を測定した。そのデータをもとに、当時ファイバーレーザーで最大級出力であった10kWレーザーの使用を想定し、放射性物質の含有深さを10 μm と仮定し、最適照射条件における処理速度を推定すると、1 m^2 あたり15分となった。除染対象物によって必要な処理速度は異なるものの、十分に検討に値する速度であり、実用化の可能性が期待できる。

3-2. 粉塵飛散防止機構の原理確認 [3]

水中におけるレーザークリーニング手法について検討した。水中におけるレーザー光の減衰、発生除去物による光路遮断、近接照射系などを検討し、図3に示すような錆びサンプルの水中におけるクリーニング試験に成功している。

3-3. 発生粉塵の特性把握 [4]

レーザー除染で発生する放射性物質を含む粉塵・ガスの処理方法について検討するため、金属板へのレーザー照射で発生する粉塵・ガスを分析する基礎実験を行った。そのうち、図4は発生粉塵の粒径分布であり、対象物によって異なるがおおむねマイクロメータ程度以下であることがわかった。

4. まとめ

インフラ維持管理向けのレーザークリーニング技術とその除染適用についての概要を述べた。本大会では、移川よりホット試験についての発表を行う予定である(レーザー塗膜除去技術の原子力プラントへの適用に向けた研究開発(4)実金属廃棄物を用いた除染試験)。

参考文献

[1] 藤田和久 他、レーザー研究, **45**, 7, 418-422, (2017).

[2] 稲垣博光 他、日本原子力学会「2015年春の年会」B41.

[3] 藤田和久 他、日本原子力学会「2015年秋の大会」E15. [4] 稲垣博光他、日本原子力学会「2018年秋の大会」2L17.

*Kazuhiisa Fujita¹, Kazuaki Toyosawa², Kazuhiro Takahara², Hiromitsu Inagaki³, Takayuki Utsushikawa⁴, Hiroe Fujita⁴, Masaaki Yamada⁴, and Shin-ichiro Okihara¹

¹The Graduate school for the Creation of New Photonics Industries, ²TOYOKOH Inc., ³Chubu Electric Power Co., ⁴Japan Environment Research Co.

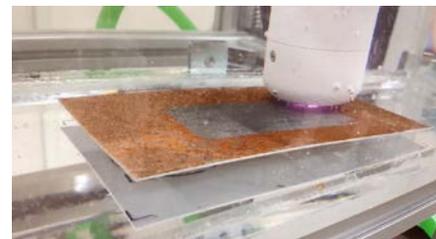


図3 水中試験

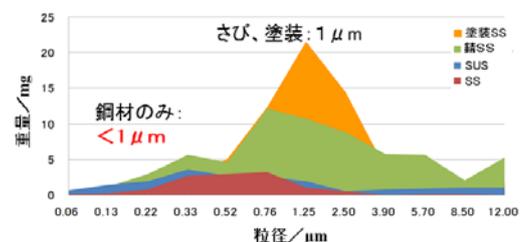


図4 発生粉塵の粒径分布