

CFD解析による レーザー除染集塵フードの吸引性能向上に関する研究

Study on improving the suction performance of
dust collection hood for laser decontamination using CFD analysis



田中 聖一朗 Seichiro TANAKA *1・今井 久 Hisashi IMAI *2・佐藤 光浩 Mitsuhiro SATO *3
木川田 一弥 Kazuya KIKAWADA *4・井村 英樹 Hideki IMURA *5

研究の目的

1960年代から建設された原子力発電プラントの老朽化が懸念されており、今後多くの発電所が運転を終了し、廃止措置の計画が具体化していくものと予想される。近年、幅広く産業利用されているレーザー加工技術を、原子力施設や放射線利用施設の廃止措置に応用することが期待されている。一方で、レーザー除染を実施する際には、発生した切削粉等の微粒子が周囲に飛散するのを防止する対策が求められる。その対策として、レーザー光の照射範囲を集塵フードで覆い、切削粉等を吸引回収する方法が考えられる。しかし、これまで実施したレーザー除染試験では、切削粉がフード内で滞留し、これにレーザー光が遮られることによる性能低下等の事象が確認された。本稿では、効率的な切削粉回収法の検討として、CFD解析を用いたケーススタディにより、集塵フード形状の最適化を行うとともに、改良した集塵フードの有効性を検証するために実施した気流実験の結果について報告する。

研究の概要

レーザー除染は、レーザー光を対象物表面に照射することにより生じる反応熱を利用して、物質表層の汚染箇所を除去する技術である。レーザー光を照射するレーザーヘッド部には前面が開いた集塵フードが装着されており、これをターゲット表面に押し当てて設置し、照射を行う(図-1)。フード上部にはスリット状の開口(Inlet)が設けられており、ここから外気を取り入れ、コアンダ効果を応用した層状空気流により切削粉を下方に運び、円形開口(Outlet)より排出する。

本研究では、CFD解析によるケーススタディを行い、集塵フードのInletおよびOutletの形状や配置等を改良することにより、フード内への外気導入の効率化と集塵効率の向上を図った。さらに、改良した集塵フードの有効性を検証するために、光造形方式の3Dプリンタで改良フードを製作し、気流実験を実施した。実験は、照射対象壁を模した合板にフードを押し当て、Outletに集塵装置を接続・吸引し、吸引に伴う圧力や風量を測定した。また、切削粉を模擬した微粉末を用いて挙動観察を行った。

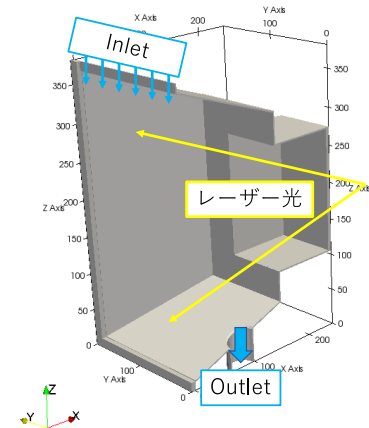


図-1 集塵フード片側断面の斜視図

結 論

効率的に切削粉を回収するための集塵フード形状をCFD解析により検討するとともに、検討結果をもとに集塵フードを設計・製作し、気流実験を行った。この一連の解析・実験により、以下の知見が得られた。

- 1) 集塵フードのOutletの向きを流動経路に沿って斜め方向にし、さらに下方に配置することにより、外気導入から排出までスムーズな流れが形成され、フード内での滞留を抑制できる。
- 2) 集塵フードのInletをフード上部の外側に張り出し、漏斗状スリットのような形状とすることで、外気導入を促すとともに、導入後の気流の乱れを少なくし、下方への方向性を高めることができる。
- 3) 上記改良により、Outlet管内の吸引圧力は、現行フードに比べて半分程度に抑えられており、吸引負荷が低減され、集塵フードの吸引効率を向上することができる。
- 4) レーザー照射に伴い発生する切削粉を模擬した微粉末の挙動観察から、集塵フード内を下降する気流の流速を十分に確保することで、フード内での切削粉の拡散・滞留を抑制することができる。

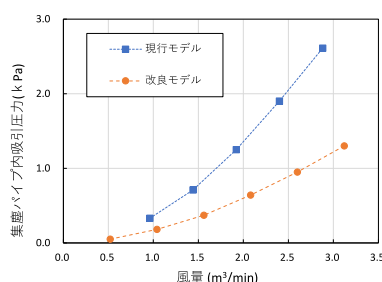


図-2 風量とOutlet接続管内吸引圧力の関係

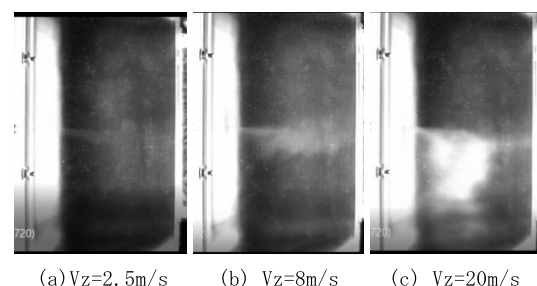


図-3 投入された模擬切削粉の挙動