

補助事業番号 2020M-142

補助事業名 2020年度 攪拌装置の伝熱性能向上による高効率化 補助事業

補助事業者名 呉工業高等専門学校 機械工学分野 教授 高田 一貴

## 1 研究の概要

本研究では攪拌伝熱実験装置を製作して攪拌伝熱性能の測定を行い、伝熱性能に優れた攪拌翼の提案をおこなう。攪拌伝熱実験に先立ち、可視化実験装置を用いて熱量と同じスカラー量である物質の輸送機構移動機構として混合時間を評価して既存翼と比較して混合時間を最大50%まで短縮できる攪拌装置を提案する。製作した伝熱実験装置を用いて伝熱性能を測定し、伝熱面から見た高効率性を評価する。また装置内部の流動機構および熱移動に関して計算機を用いたシミュレーションを行い、実験では得られない温度分布や熱伝達係数を評価して既存翼と比較した際の優位性を明らかにする。

## 2 研究の目的と背景

近年、製品のライフサイクルの短縮や新型の攪拌翼などの上市等により、攪拌装置選定のスピード化が求められている。これまで攪拌装置は経験的な手法で設計がなされてきたが、上記理由により設備の設計・建設の時間短縮は喫緊の課題である。特に攪拌装置の伝熱操作においては秘処理液の粘性係数が時々刻々と変化するケースが大半であり、これら変化に対応可能な攪拌装置の選定が重要である。そのためプロセス要請に合致する、粘性係数の変化に対応できる高機能かつ汎用的な攪拌装置が求められている。本研究ではプロセスの生産性向上に不可欠である伝熱性能の向上を目指す攪拌装置の提案を試みるとともに、高い伝熱性能を発現する装置のコンセプトについて提案を試みる。

## 3 研究内容

本研究では、攪拌伝熱実験装置と可視化実験装置を用いて、投影面積をパラメータとした攪拌翼の混合実験と伝熱実験をおこなう。また設計現場においてプロセスに合致した攪拌装置を選定するための技術の確立を目的として、攪拌装置内部の伝熱性能に及ぼす流動の影響に関して計算機を用いたシミュレーションを行い実験結果との対比を行う。さらに混合性能との関連性についても解明を試みる。攪拌装置の諸性能を予測することにより、実験の手間や経験則を少しずつ排除しながら設計時間の短縮をめざす。

## 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究では、2018年度の補助事業で投影面積が比較的大きな攪拌翼の攪拌性能について評価を試み、混合性能は投影面積に大きく依存することを明らかにした。このことは現在日本で上市がなされている大型翼と呼称される攪拌装置の基本性能の解明に大きく関連する内容であると考

えられる。混合性能面で優位性をもつ攪拌装置が、伝熱性能面においても類似の優位性を有することが確認されれば、攪拌翼の選定において混合性能の良否で攪拌翼を選定可能になることに繋がり、ユーザーにとって有益な知見になると考えられる。また、本研究では攪拌装置の設計や開発時間の短縮のためにCFDを用いた伝熱性能評価の手法にも適用を拡げる。企業の設計現場には高性能ワークステーションとともにCFDツールとして汎用熱流体解析コードを保有している企業が多い。本研究では汎用熱流体解析コードの有用性が提示され、用途や装置形状に応じて性能評価を行った。本研究の成果を設計現場で活用することにより攪拌装置の性能予測が可能となり、現状を変更して改善に繋げる検討にも役立つと考えられる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

代表研究者は攪拌装置メーカーでの開発、設計、商品化に27年間携わった。しかし、企業では商品化への道筋が完了した時点で開発は終了する。特に、今回の研究対象とした攪拌伝熱特性の解明については、これまでの先行研究をみてもその数は少なく、詳細な検討が行われていないのが現状であると考えられる。これは攪拌槽内の現象が極めて複雑であることから、流動現象の解明に加えて、熱や物質などのスカラー量の移動機構の解明まで実施することが困難であることによると考えられる。代表研究者は6年前に呉高専に赴任し、攪拌装置の選定に対応できる学術研究内容を模索し、2年前にはスケールアップに関する研究を実施した。攪拌槽内の現象をくまなく俯瞰できるCFDの手法を活用し、CFD予測に経験知を反映させることにより汎用コードの有用性を向上させ、攪拌機メーカー、ユーザーの立場を超えて技術力・競争力向上につなげることを期し、攪拌伝熱機構の解明をとおして優れた攪拌装置のコンセプトの提案を行う今回の研究に着手した。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) Kazutaka Takata, Serene Ong, Masaki Kobayashi, Influence of impeller projection area on the mixing performance using double vertical paddle impellers, Proceedings of the 31st International Symposium on Transport Phenomena Paper ID ISTP31-107 (2020)
- 2) S. Kamakura, K. Takata, Influence of Impeller Projection Area on Heat Transfer Performance of Mixing Equipment, to be presented at The 11<sup>th</sup> International Symposium on Mixing in Industrial Processes (ISMIP10), Nov. 29-Dec2 (2021)
- 3) Morita, K., K. Takata, CFD evaluation of impeller shape on discharge performance in turbulent mixing, to be presented at The 11<sup>th</sup> International Symposium on Mixing in Industrial Processes (ISMIP10), Nov. 29-Dec2 (2021)
- 4) Kazutaka Takata, Serene Ong Hui Sze, and Masaki Kobayashi, Influence of Impeller

Projection Area on the Mixing Performance using Double Vertical Paddle Impellers,  
to be submitted to Chemical Engineering Research and Design.

7 補助事業に係る成果物

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 呉工業高等専門学校 (クレコウギョウコウトウセンモンガッコウ)

住 所: 〒737-8506

広島県呉市阿賀南2-2-11

担 当 者: 教授 高田 一貴(タカタ カズタカ)

担 当 部 署: 機械工学分野(キカイコウガクブンヤ)

E - m a i l: k-takata@kure-nct.ac.jp

U R L: <https://www.kure-nct.ac.jp/> (呉高専TOPページ)

<https://www.kure-nct.ac.jp/department/m/GakkaHP/> (研究室)