

幅広い Re 範囲の伝熱・混合に対応した大型攪拌翼の開発

(佐竹化学機械工業) ○(法)細野裕太*・(正)佐藤誠・(正)森口公太・(法)金森久幸・(正)加藤好一

【1. 緒言】

攪拌は化学工業の基本操作の1つであり、目的用途に合わせた軸流タイプのインペラや特殊大型翼など、種々の高効率な攪拌翼が開発されてきた。しかし、これらの多くは適用可能な攪拌レイノルズ数(Re)範囲が限定されており、液物性が都度異なる多品種生産や、攪拌過程で粘性が大きく変化するようなプロセスには不向きであった。今回、実験とCFD解析の結果から、1軸攪拌で広範なRe域の伝熱・混合に優れるスクレーパー付き大型攪拌翼 Supermix MR220Sc インペラ(MR220Sc)を開発した。その諸特性について報告する。

【2. 実験装置・実験内容】

MR220Scは、低Re域における伝熱・混合性能を強化するために最適化された主翼とスクレープ翼からなる。主翼は、Supermix MR210 インペラ(MR210)をベースに4枚翼とし、吐出を強化することで循環性能を高めた。また、スクレープ翼は効果的に伝面を掻き取りながらも、主翼が作り出す循環流を阻害しない形状とした。

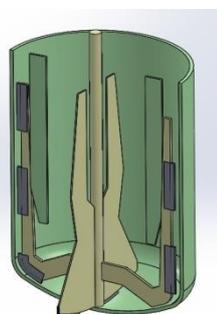


図1. MR220Sc インペラ

伝熱実験に使用した攪拌槽は、ステンレス製ジャケット付10%皿底円筒槽、槽内径250mmであり、バツフル枚数は0または2枚とした。攪拌翼は、一般的な4枚羽45°傾斜パドル(4PP)、固-液系の攪拌で優れた性能を有するSupermix HS604 インペラ(HS604)、MR210 インペラ、伝熱攪拌で広く用いられるスクレーパー付きアンカー翼(AnchorSc)、そしてMR220Scを使用した。作動流体は水またはシリコンオイルを用い、液量は13.8Lとした。ジャケットを通す冷却流体は水道水を使用し、流量は10~12 L/minとした。伝熱実験は、55℃以上に加熱した作動流体を、攪拌しながらジャケットで冷却する非定常系で行った。槽内、槽壁、ジャケット出入口の各所温度および攪拌トルクを計測し、伝熱特性を評価した。

また、槽内の流動解析にはCFD(ANSYS Fluent)を使用した。

【3. 実験結果】

図2は、5種類の攪拌翼について、同一の流体物性値で同一の境膜伝熱係数hを得るのに必要な単位液量あたりの攪拌所要動力(P_v)とReの関係を示している。なお、縦軸は4PPの $Re \geq 10^3$ における所要 P_v (=const.)を100%とし、各翼の所要 P_v の比率で表現した。

従来翼の4PP、HS604、MR210は $Re < 10^2$ ではReの低下に伴い所要 P_v が増加する同様の傾向を示し、翼

種間の有意な性能差は見られなかった。また、AnchorScは $10^2 \leq Re \leq 10^3$ で掻き取り効果による所要 P_v の低減が見られたものの、 $Re \leq 10^2$ では前述の3翼と同じように所要 P_v が増加に転じた。一方、MR220Scは $Re \leq 10^4$ で所要 P_v が低下する点はAnchorScと同様だが、 $Re \leq 10^2$ でも低い値を保ち、 $0.5 \leq Re \leq 10^3$ の範囲で所要 P_v は7%以下と、幅広いRe範囲で高い伝熱性能を有することを確認した。

低Re域におけるAnchorScとMR220Scの伝熱性能の差異は、伝面近傍から掻き取られた流体の槽内への拡がり(槽内流体の混合)の違いによるものである。図3に低Re域におけるMR220ScのCFD流動解析の結果を示す。槽壁近傍の流体はスクレープ翼により掻き取られ上昇流に乗り、上部に達した流体はスムーズに主翼に引き込まれ最下部に到達して吐出される。MR220Scの高い伝熱性能は、伝面の掻き取りと良好なフローパターンが相まって達成されていることがわかった。

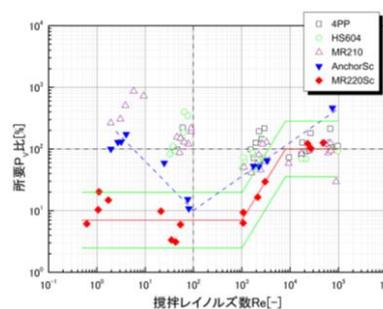
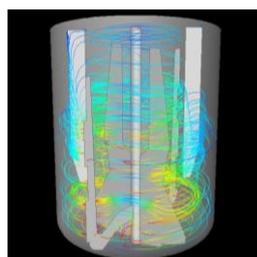


図2. 同一物性値で同一のhを得るのに必要な P_v 比とReの関係



解析条件

流体密度 : 960[kg/m³]

流体粘度 : 0.80[Pa·s]

Re : 30[-]

図3. 低Re域におけるMR220ScのCFD流動解析結果(パスライン)

【4. 結言】

今回開発したMR220Scインペラは、1軸攪拌ながらも広いRe範囲で高い伝熱・混合性能を有し、かつ汎用性の高さから実機への納入実績も増加している。今後も多様化するニーズに応えるため、各々の分野における目的に最適な攪拌作用の検討を進め、より効率的な攪拌翼・装置の開発を進めていく。

【参考文献】

- 1) 佐藤ら 化学工学会第39回秋季大会, R118, (2007)