

# 新型軸流攪拌翼HR320とHR320Sの性能評価

高倉逸仁<sup>1</sup>・岩田真依<sup>1</sup>・西田亮太<sup>1</sup>・小出千尋<sup>1</sup>・古川陽輝<sup>1</sup>・加藤禎人<sup>1,4</sup>  
加藤好一<sup>2</sup>・根本孝宏<sup>2</sup>・吾郷健一<sup>2</sup>・高承台<sup>3</sup>

1 名古屋工業大学 生命・応用化学科, 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

2 佐竹マルチミクス(株), 〒335-0021 埼玉県戸田市新菅66

3 韓国東洋大学校 生命化学工学科, 〒750-711 韓国慶北榮州市豊基邑校村洞1

キーワード: 混合, 攪拌, 動力相関, 新型翼, 軸流翼

低粘度流体の混合の効率化を目的に開発されたHR320とHR320Sの性能を攪拌所要動力, 混合時間を測定することによって評価した. HR320およびHR320Sの攪拌所要動力は, ピッチドパドル翼の相関式の乱流項のパラメータを修正することで相関できた. そして, 脱色法による混合時間の測定により, 乱流条件下ではHR320とHR320Sは, プロペラ翼, ピッチドパドル翼, HR100と比較して良好な混合性能が得られた

## 緒 言

低粘度流体における均一化や固体粒子浮遊を目的にした攪拌操作には, プロペラ翼やピッチドパドル翼が用いられてきた. 佐竹マルチミクス(株)は, 混合の更なる効率化を目的に, 新型攪拌翼HR320とHR320Sを開発した(Kato and Nishioka, 1997). **Figure 1**にHR320とHR320Sの形状を示す. HR320は翼先端に向かって迎角を減らす折り曲げ構造をとるため, 翼先端における流れの剥離を防ぐことができ, 吐出能力の向上を目的に設計された. 航空工学における翼理論で, 翼先端の剥離を抑制し失速を防ぐ技術に前進翼という技術が古くから研究され, 一部実用化されてきた(Hira, 1977; Putnam, 1984). これを攪拌翼に適用すると, 翼先端の剥離を抑制することで, 圧力損失を抑制しながら低動力で吐出性能を向上させることが可能となる. ただし, 単純な前進翼構造にすると製造コストがアップするため, コストダウンのために取り付け位置を後退させることにより前進翼と同じ効果を得ることができる. これがHR320の基本的考え方である. さらに槽底部の流速を強化するために, 航空機の高揚力技術であるスロテッドフラップの技術を攪拌翼に取り入れた二重翼効果を吐出周速の弱い位置に配した. 二重翼効果は, 隙間からの流体の影響で高い迎角でも流れが剥離することなく, 高吐出力を得ることができる半面, 動力が増加する. また, HR320Sの二重翼下段には, 翼に対して垂直な小羽根が付けられているが, これは軸の振動を抑制するための, 従来から存在するスタビライザーリングの制振効果を目的としたものである.

攪拌槽を設計する際に最も重要なことは攪拌所要動力を把握

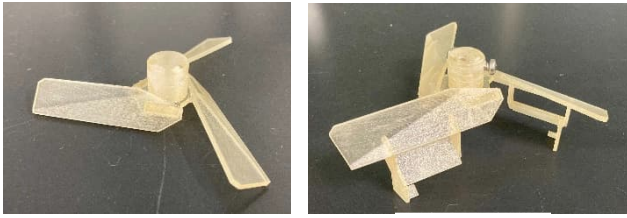
することである. 均相系だけでなく気液系や固液系攪拌, ニュートン流体だけでなく擬塑性流体やビンガム流体など, あらゆる攪拌系に対して攪拌所要動力が把握できていないと, モーターの選定根拠が不明となるだけでなく, その流体が与えられた設計仕様で混合可能かどうかの判断根拠も不明となるからである(Kato *et al.*, 2009b, 2010). 亀井・平岡らによって開発された攪拌所要動力の相関式(Kamei *et al.*, 1995, 1996; Hiraoka *et al.*, 1997)が, プロペラ翼や三枚後退翼(Kato *et al.*, 2009a), コンケーブタービン翼(Furukawa *et al.*, 2015), アンカー翼(Kato *et al.*, 2011), マックスブレンド, フルゾーン, Super-Mix MR205などの大型翼(Kato *et al.*, 2012), ディスパー翼(Kato *et al.*, 2014)といったあらゆる攪拌翼に対して広いレイノルズ数範囲で適用できることが筆者らの検討により明らかになってきた. この相関式は, 元々, パドル翼に対して開発されたものであるが, 低粘度流体に対して幅広く用いられるプロペラ翼やピッチドパドル翼に用いることができる. したがって, ピッチドパドル翼を改良したHR320, さらにHR320と似た形状のHR320Sにも筆者らの相関式が使用可能と考えられる.

そこで本報では, HR320とHR320Sの攪拌所要動力と混合性能をプロペラ翼, ピッチドパドル翼, HR100と実験的に比較検討し, 優れた特性を持つことを見出したのでここに報告する.

## 1. 実験装置および方法

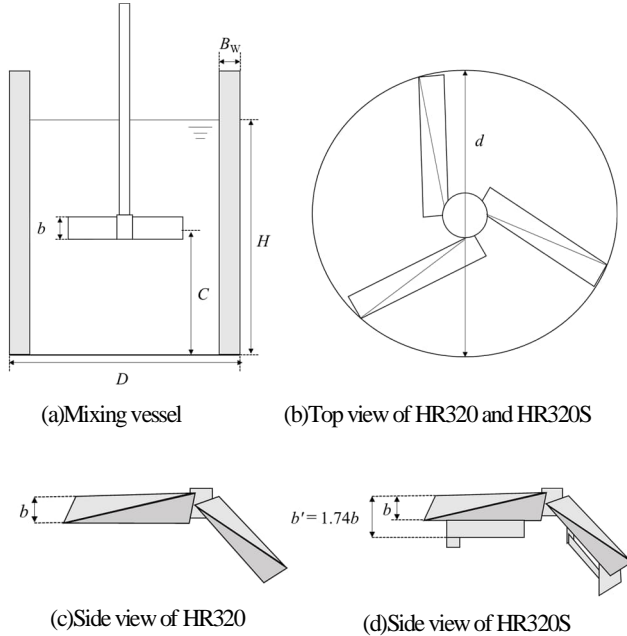
### 1.1 攪拌所要動力

実験装置概略図を**Figure 2**に示す. 攪拌槽は槽径 $D=0.18\text{m}$ の亚克力樹脂製平底円筒槽である. 液高さ $H$ と槽径 $D$ の比



(a)HR320 (b)HR320S

Fig. 1 Photograph of (a)HR320, (b)HR320S



(a)Mixing vessel (b)Top view of HR320 and HR320S  
(c)Side view of HR320 (d)Side view of HR320S

Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

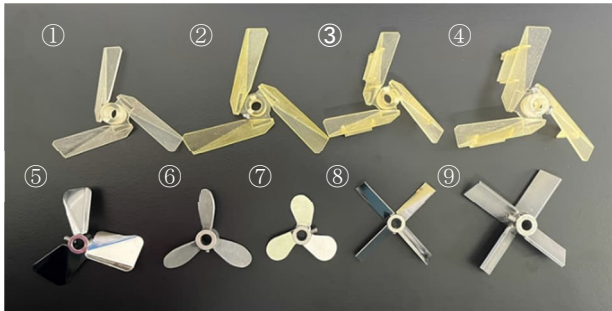


Fig. 3 Photograph of ①・②HR320,③・④Fig.3

Photograph of ①・②HR320,③・④HR320S,

⑤HR100,⑥propeller(A),⑦propeller(B),

⑧pitched paddle(A),⑨pitched paddle(B)

$H/D=1.0$  で検討した。攪拌翼は槽底から翼中心までの距離  $C$  と液高さ  $H$  の比  $C/H=0.5$  に設置した。攪拌翼は寸法の異なる HR320 と HR320S をそれぞれ 4 種類ずつ、3D プリンターで成形した。

Table 1 に HR320, Table 2 に HR320S の攪拌翼の寸法を示す。なお、HR320S は補助翼付きであることを考慮して翼幅が広くなると想定し、翼幅  $b'=1.74b$  とした。(これは動力測定の結果から導いた羽根幅の決定法である。) 攪拌液には種々の粘度に調製した

Table 1 Geometry of HR320 and baffle width

	$d$ [m]	$b$ [m]	$B_w$ [m]
(a)	0.081	0.012	0.018
(b)	0.10	0.014	0.018
(c)	0.12	0.018	0.018
(d)	0.14	0.020	0.014

Table 2 Geometry of HR320S and baffle width

	$d$ [m]	$b$ [m]	$b'$ [m]	$B_w$ [m]
(e)	0.081	0.012	0.021	0.018
(f)	0.10	0.014	0.025	0.018
(g)	0.12	0.018	0.031	0.018
(h)	0.14	0.020	0.036	0.014

Table 3 Geometry of impellers and baffle width for mixing experiment

	$d$ [m]	$b$ [m]
①	0.10	0.014
②	0.12	0.018
③	0.10	0.014
④	0.12	0.018
⑤	0.094	0.030
⑥	0.070	0.019
⑦	0.060	0.020
⑧	0.080	0.012
⑨	0.092	0.018

水あめ水溶液を用いた。翼径  $d=0.081, 0.10, 0.12\text{m}$  では邪魔板幅  $B_w=0.018\text{m}$  の邪魔板枚数  $n_B=0, 1, 2, 3, 4$  を検討した。翼径  $d=0.14\text{m}$  では邪魔板と攪拌翼が接触してしまうため、邪魔板幅  $B_w=0.014\text{m}$  で同様に実験した。攪拌翼の設計に欠かすことのできない攪拌所要動力  $P$  は、トルクメーター-SATAKE ST-3000 で軸トルクを測定して、その平均トルク  $T$  を用いて  $P=2\pi nT$  で求めた。

## 1.2 混合性能

混合性能は、混合時間と翼回転数の積である無次元混合時間  $n \cdot$

Table 4 Power correlation of HR320 impeller

<u>Non-baffled condition</u>
$N_{P0} = \{ [1.2\pi^4 \beta^2] / [8d^3/D^2 H] \} f$
$f = C_1 / Re_G + C_2 \{ [(C_w/Re_G) + Re_G]^{-1} + (f_w/C_1)^{1/m} \}^m$
$Re_d = nd^2 \rho / \mu$
$Re_G = \{ [\pi \eta \ln(D/d)] / (4d/\beta D) \} Re_d$
$C_1 = 0.215 \eta m (d/H) [1 - (d/D)^2] + 1.83 (b \sin \theta / H) (\eta_P / 2 \sin \theta)^{1/3}$
$C_2 = [(36.7X^{1.73})^{-7.8} + (0.25)^{-7.8}]^{-1/7.8}$
$m = [(0.71X^{0.373})^{-7.8} + (0.333)^{-7.8}]^{-1/7.8}$
$C_w = 23.8 (d/D)^{-3.24} (b \sin \theta / D)^{-1.18} X^{0.74}$
$f_w = 0.0151 (d/D) C_1^{0.308}$
$X = \eta_P^{0.7} b \sin^{1.6} \theta / H$
$\beta = 2 \ln(D/d) / [(D/d) - (d/D)]$
$\eta = [\eta \ln(D/d) / (\beta D/d)^5]^{1/3}$
$\eta = 0.711 \{ 0.157 + [\eta_P \ln(D/d)]^{0.611} \} / \{ m^{0.52} [1 - (d/D)^2] \}$
<u>Baffled condition</u>
$N_P = [(1+x^3)^{-1.3}] N_{Pmax}$
$x = 1.8 (B_w/D) \eta_B^{0.8} (H/D) / (2\theta/\pi)^{0.72} + N_{P0} / N_{Pmax}$
<u>Fully baffled condition</u>
$N_{Pmax} = 0.46$

$t_m$ により評価した。攪拌翼には、HR320, HR320S, HR100, プロペラ翼(A), (B), ピッチドパドル翼(A), (B)を用いた。これらの翼の形状を Figure 3 に、寸法を Table3 に示す。HR320 と HR320S は、他の翼と、翼径の差による影響を少なくするため、 $d=0.10, 0.12m$ の二種類を用いた。邪魔板条件は、邪魔板幅  $B_w=0.0180m$  の邪魔板枚数  $n_B=4$  を検討した。混合時間の測定および混合過程の観察には最も一般的なヨウ素-ヨウ化カリウム水溶液とチオ硫酸ナトリウム水溶液を用いた脱色法を使用した。

## 2. 実験結果と考察

### 2.1 HR320 の攪拌所要動力

HR320 はピッチドパドル翼の形状に似ていることから、ピッチ以下の注意が必要だった。ドパドル翼の相関式を基準にすることにした。ピッチドパドル翼の相関式をそのまま適用したところ、邪魔板無し条件は、推算が可能であるように思えたが、翼径が大きくなるにつれて相関値が実験値とずれていった。

Table 5 Power correlation of HR320S impeller

<u>Non-baffled condition</u>
$N_{P0} = \{ [1.2\pi^4 \beta^2] / [8d^3/D^2 H] \} f$
$f = C_1 / Re_G + C_2 \{ [(C_w/Re_G) + Re_G]^{-1} + (f_w/C_1)^{1/m} \}^m$
$Re_d = nd^2 \rho / \mu$
$Re_G = \{ [\pi \eta \ln(D/d)] / (4d/\beta D) \} Re_d$
$C_1 = 0.215 \eta m (d/H) [1 - (d/D)^2] + 1.83 (b' \sin \theta / H) (\eta_P / 2 \sin \theta)^{1/3}$
$C_2 = [(25X^{1.73})^{-7.8} + (0.25)^{-7.8}]^{-1/7.8}$
$m = [(1.01X^{0.373})^{-7.8} + (0.333)^{-7.8}]^{-1/7.8}$
$C_w = 0.2 (d/D)^{-3.24} (b' \sin \theta / D)^{-1.18} X^{0.74}$
$f_w = 0.0151 (d/D) C_1^{0.308}$
$X = \eta_P^{0.7} b' \sin^{1.6} \theta / H$
$\beta = 2 \ln(D/d) / [(D/d) - (d/D)]$
$\eta = [\eta \ln(D/d) / (\beta D/d)^5]^{1/3}$
$\eta = 0.711 \{ 0.157 + [\eta_P \ln(D/d)]^{0.611} \} / \{ m^{0.52} [1 - (d/D)^2] \}$
$b' = 1.74b$
<u>Baffled condition</u>
$N_P = [(1+x^3)^{-1.3}] N_{Pmax}$
$x = 1.8 (B_w/D) \eta_B^{0.8} (H/D) / (2\theta/\pi)^{0.72} + N_{P0} / N_{Pmax}$
<u>Fully baffled condition</u>
$N_{Pmax} = 0.67$

一方、邪魔板あり条件は、どの条件においても相関値が実験値に比べて非常に小さい値をとった。よって、この相関式はそのままでは適用できないと判断し、修正を試みた。その結果、HR320 の動力相関式は、ピッチドパドル翼の相関式中の乱流項のパラメータ  $C_2, x, N_{Pmax}$  を修正することで推算可能だった。Table 4 に HR320 の動力相関式、Figure 4 に Table 1 に示した HR320 の動力線図を示す。ここで翼の形状を考えると、層流域では実測値と相関値が大きく外れることはないの、邪魔板ありと無しで、動力数の変化が現れる乱流域のデータを主体に取得した。

### 2.2 HR320S の攪拌所要動力

HR320S は HR320 の形状を基にすることから、HR320 の相関式の適用を試み、補助翼分、翼幅が増加していると考え、 $b = 1.74b$  とした。(層流域で相関値が測定値に一致するように  $b'$  を決めた。) 簡素化した  $b'$  の決定法 (細かい幾何形状の変化を  $b$  に包含する方法) についてはマックスブレンド、フルゾーン、MR205 や MR203 など種々の相関式で実績があることに加え(Kato et al., 2012), アン

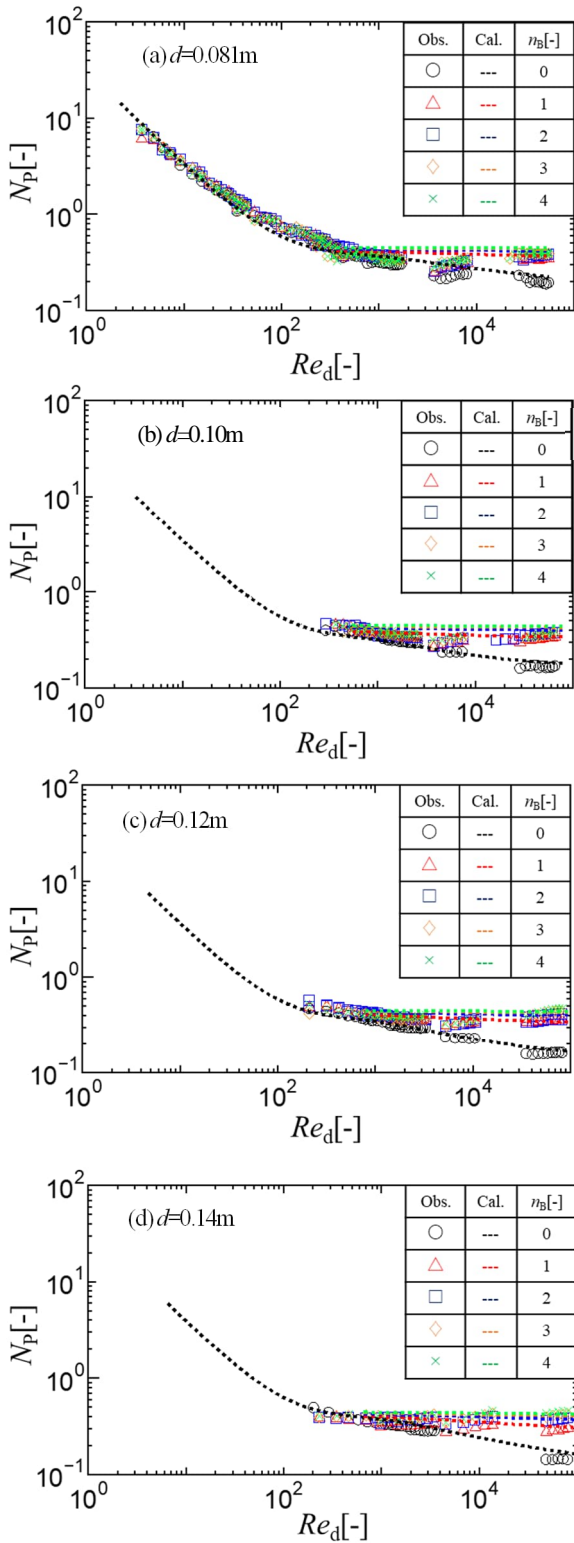


Fig. 4 Power correlation of HR320

カー翼とその内側にも板が存在するパドル翼の動力がほとんど同じである(Kato *et al.*, 2011)ことから、翼の最大直径より内側にある構造に関しては動力数にそれほど大きな影響は及ぼさない。邪魔板無し条件は、層流域では相関が良好だが、乱流域でずれが大きくなり、さらに翼径が大きくなるにつれてずれが大きくなった。一方、邪魔板あり条件ではどの翼径においても相関値が測定値に

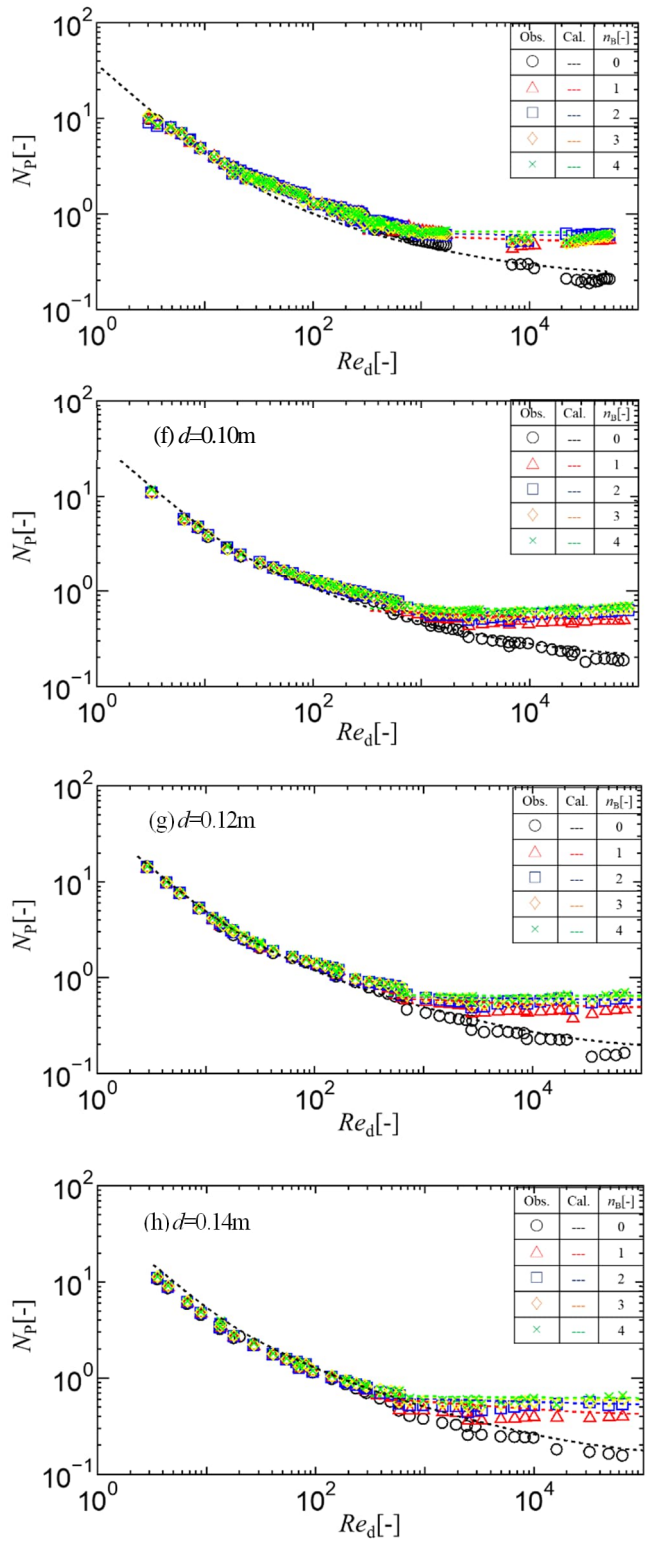


Fig. 5 Power correlation of HR320S

比べ小さかった。よって、HR320の相関式はHR320Sにそのまま適用できないと判断し、ずれが大きな遷移域から乱流域の修正を試みた。その結果、HR320Sの動力数はHR320の翼幅 $b$ を修正し、 $C_t$ ,  $C_m$ ,  $m$ ,  $N_{pmax}$ を修正することで推算できた。Table 5にHR320Sの動力相関式、Figure 5にTable 2に示したHR320Sの動力線図を示す。HR320Sについては通常使用される翼とは形状が異なる

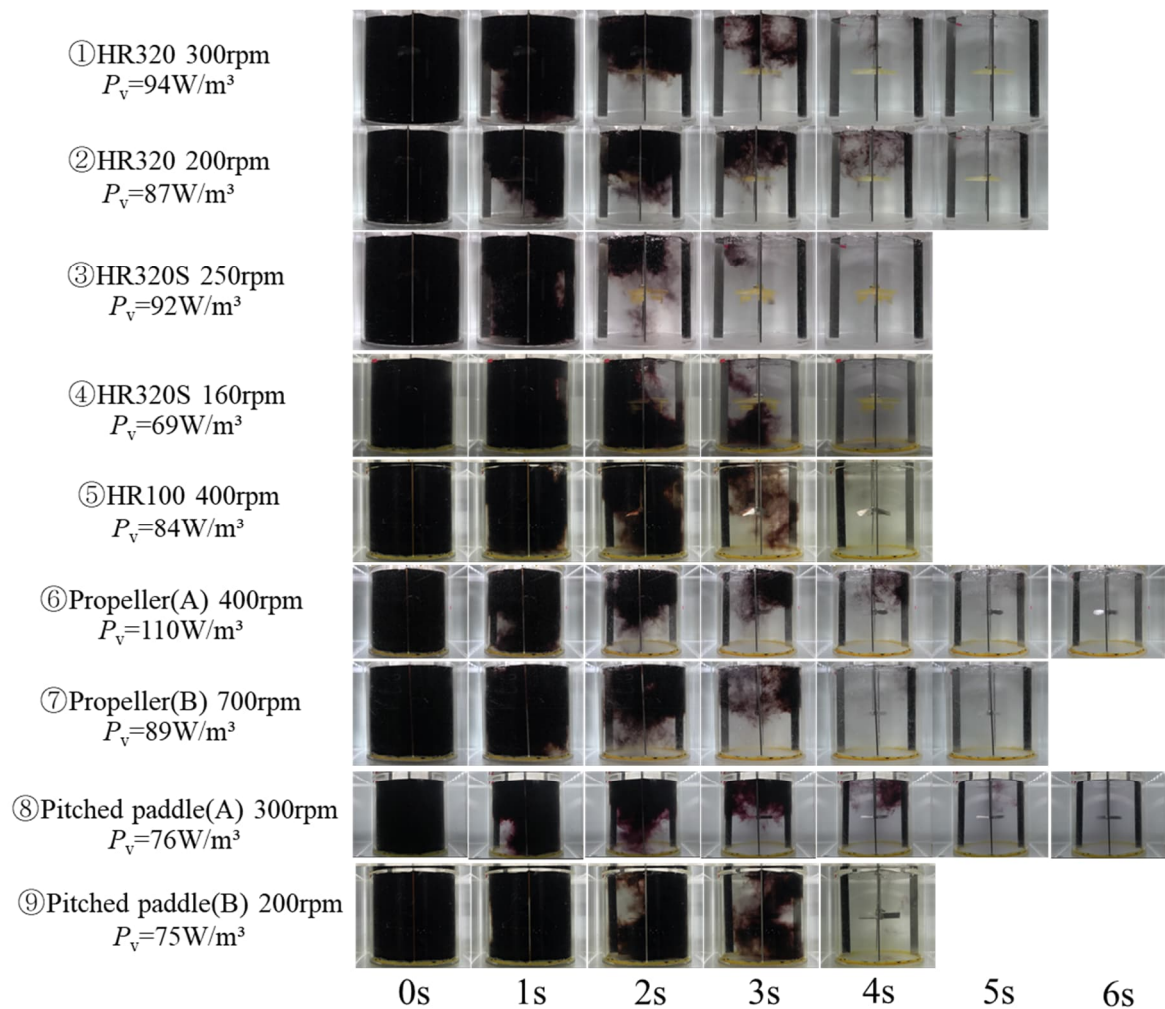


Fig. 6 Comparison of mixing process for several kinds of impellers (1mPa·s)

ので、念のため層流部のデータも取得した。比較対象がステンレス翼で提案翼が樹脂製であるが、材質による動力数の差は問題ないことは予備実験や過去の経験で確認済みである(Haitsuka *et al.*, 2016, Kato *et al.*, 2015, Kato *et al.*, 2016, Matsuno *et al.*, 2019, Ohta *et al.*, 2022)。また、本論文ではデータは示していないが0.15mの槽でも相関式が成立することは確認している。液深さについてもデータは示していないが、HR320 に対しては確認済みであり、これらの攪拌翼は軸流翼なので、動力数は翼取付位置に依存しない。

### 2.3 HR320とHR320Sの混合性能

Figure 6に単位体積当たりの攪拌所要動力 $P_v$ [W/m<sup>3</sup>]をほぼ一定としたときの、イオン交換水(1mPa·s)でのそれぞれの攪拌翼の混合過程を示す。HR320, HR320Sは翼下部から混合(脱色)が進んでおり、液面からチオ硫酸ナトリウム水溶液を添加するが、ピッチドパドル翼、プロペラ翼と比較して、槽底に向かう吐出流の強さが示唆されている。Figure 7にイオン交換水(1mPa·s)と水あめ水溶液(5mPa·s, 22mPa·s, 95mPa·s, および137mPa·s)での、

$P_v$ [W/m<sup>3</sup>]における混合時間 $t_m$ [s]の測定結果を示す。Figure 7(1), (2), (3), (4), (5)では乱流では動力数および無次元混合時間が一定になる(Rushton *et al.*, 1950, Kamiwano *et al.*, 1967)ことを加味すると直線の勾配が $-1/3$ になっていることから、実験データに問題がないことを確認した。乱流域でもHR320とHR320Sのプロットは、他の翼よりも下部に位置しており、良好な混合性能であるといえる。ただし、HR320SとHR320, ⑦翼幅の広いピッチドパドル翼の混合性能には大きな差が見られなかった。一方、粘度による混合特性の違いを比べると、攪拌液がイオン交換水(1mPa·s)の場合より、水あめ水溶液(5mPa·s, 22mPa·s, 95mPa·sおよび137mPa·s)の場合のほうが、翼を変えた場合の混合特性に、大きな差がみられることが分かった。粘度が大きくなることで、吐出性能の差が顕著に現れたと考えられる。(翼下方への流速を実測することによって測定したHR320の $N_{qt}$ (吐出流量数)は $N_p=0.41$ のとき、0.62となり、ピッチドパドル翼は $N_p=1.05$ のとき $N_{qt}=0.65$ となるため、同一 $N_p$ であれば吐出性能はHR320の方が高い。詳細は省略するがHR320はタフト法によって翼面の流れを可視化した結果、流

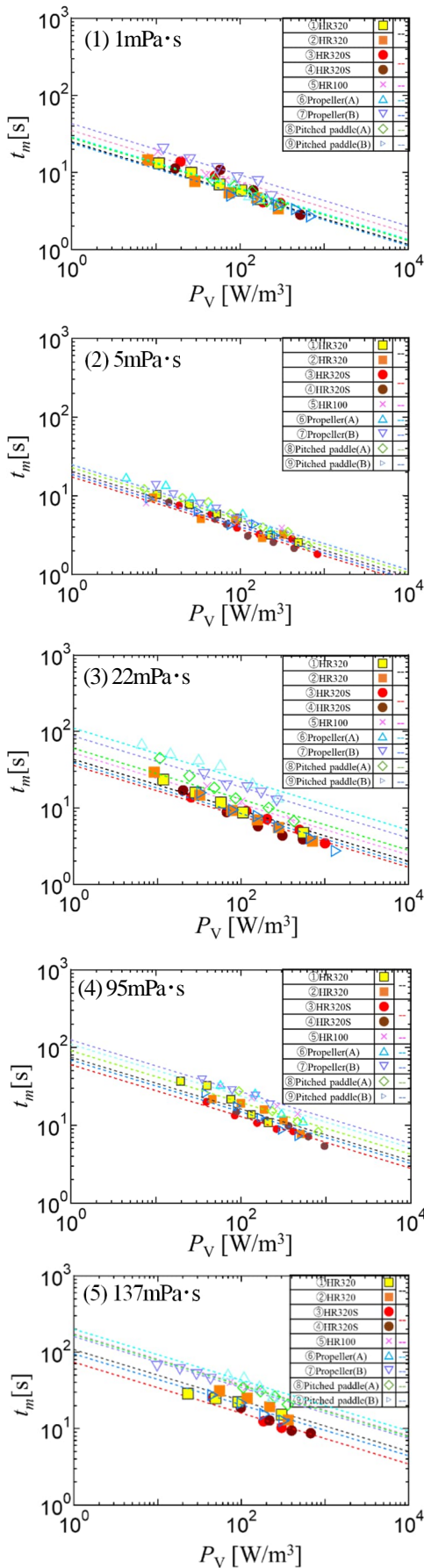


Fig. 7 Relationship mixing time and power consumption per unit volume in turbulent region

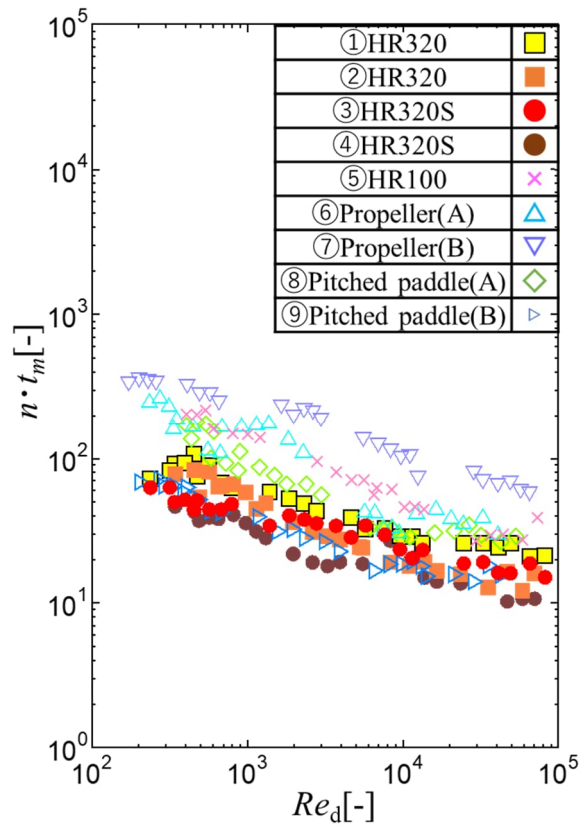


Fig. 8 Relationship between non-dimensional mixing time and Reynolds number with four baffles

れの剥離抑制効果がえられていたことに起因するものと考えられる。)そして、Figure 8 に粘度の違いによる様々な攪拌レイノルズ数  $Re_d$  における無次元混合時間  $n \cdot t_m$  の測定結果を示す。HR320 と HR320S は、攪拌液をイオン交換水や水あめ水溶液とした場合に、プロペラ翼やピッチドパドル翼、HR100 と比較して、ともに良好な混合性能が得られた。

## 結 言

新型翼 HR320 および HR320S の動力相関式を確立し、混合性能を実験的に評価した。混合性能は同様な操作条件で使用されるプロペラ翼やピッチドパドル翼等と比較したが、同等以上の良い性能を示した。これにより低粘度流体に対して、これらの新型攪拌翼は、更なる混合の効率化を達成できることが分かった。

## Nomenclature

$b$	= height of impeller blade	[m]
$b'$	= modified height of impeller blade	[m]
$B_w$	= baffle width	[m]

$C$	=clearance between bottom and impeller	[m]
$C_L$	= parameter in laminar region	[—]
$C_t$	= parameter in turbulent region	[—]
$C_{tr}$	= parameter in transition region	[—]
$D$	= vessel diameter	[m]
$d$	= impeller diameter	[m]
$f$	= friction factor	[—]
$f_\infty$	= asymptotic value of $f$ when $Re_G \rightarrow \infty$	[—]
$H$	= liquid depth	[m]
$m$	= exponent	[—]
$n$	= impeller rotational speed	[s <sup>-1</sup> ]
$N_P$	= power number(= $P/\rho n^3 d^5$ )	[—]
$N_{P0}$	= power number at non-baffled condition	[—]
$N_{Pmax}$	= power number at fully baffled condition	[—]
$n \tau_m$	= dimensionless mixing time	[—]
$P$	= power consumption	[W]
$P_v$	= power consumption per unit volume	[W/m <sup>3</sup> ]
$Re_d$	= impeller Reynolds number(= $nd\rho/\mu$ )	[—]
$Re_G$	= modified Reynolds number	[—]
$T$	= shaft torque	[N · m]
$t_m$	= mixing time	[s]
$X$	= baffled condition parameter	[—]
$X$	= analogy parameter	[—]
$\beta$	= correction coefficient	[—]
$\gamma$	= impeller dimension parameter	[—]
$\eta$	= correction coefficient	[—]
$\mu$	= liquid viscosity	[Pa · s]
$\rho$	= liquid density	[kg · m <sup>-3</sup> ]

### Literature Cited

Furukawa, H., Y. Kato, R. Nagumo, and Y. Tada ; “Correlation of Power Consumption of Concave Turbine Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **41**, 91-94 (2015)

Haitsuka, H., N. Kamei, Y. Kato, M. Kamiya, H. Furukawa and R. Nagumo; “Power Consumption and Mass Transfer of High Viscosity Liquid in Gas-Liquid Mixing Vessel with Large Paddle Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **42**, 174-178(2016)

Hira, N.; "Theory for the High Speed Flight (in Japanese)," Hirokawa Publishing Co., pp.28 (1977)

Hiraoka, S., N. Kamei, Y. Kato, Y. Tada, H. G. Chun and T. Yamaguchi; “Power Correlation for Pitched Blade Paddle Impeller in Agitated Vessels with and without Baffles,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **23**, 969-975 (1997)

Kamei, N., S. Hiraoka, Y. Kato, Y. Tada, H. Shiba, Y. S. Lee, T. Yamaguchi and S. T. Koh; “Power Consumption for Paddle Impellers in Spherical and Cylindrical Agitated Vessels,” *Kagaku Kogaku*

*Ronbunshu*, **21**, 41-48 (1995)

Kamei, N., S. Hiraoka, Y. Kato, Y. Tada, K. Iwata, K. Murai, Y. S. Lee, T. Yamaguchi and S. T. Koh; “Effects of Impeller and Baffle Dimensions on Power Consumption under Turbulent Flow in an Agitated Vessel with Paddle Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **22**, 249-256(1996)

Kamiwano, M., K. Yamamoto and S. Nagata; “Mixing Performance of Various Agitation,” *Kagaku Kogaku*, **31**, 365-372 (1967)

Kato, Y., S. Nishioka; "Mixing Impeller," Japanese Patent Disclosure H09-131525 (1997)

Kato, Y., A. Obata, T. Kato, H. Furukawa and Y. Tada; “Power Consumption of Two-Blade Wide Paddle Impellers,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **38**, 139-143 (2012)

Kato, Y., N. Kamei, Y. Tada, N. Kato, T. Ibuki, H. Furukawa and Y. Nagatsu; “Power consumption of Anchor Impeller over Wide Range of Reynolds Number,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **37**, 19-21 (2011)

Kato, Y., S. Hiraoka, N. Kamei and Y. Tada; “Importance of Power Consumption in Design and Operation of Mixing Vessels,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **35**, 211-215 (2009b)

Kato, Y., R. Nagumo, H. Furukawa, S. Ito , Y. T. Koh and Y. S. Lee; “Correlation of Power Consumption for Dispersing Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **40**, 1-4 (2014)

Kato, Y., S. Ohtani and H. Furukawa; “Characteristics of Power Consumption and Mixing Time of New Large Paddle (HB Type) Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **41**, 276-280(2015)

Kato, Y., Y. Tada, K. Urano, A. Nakaoka and Y. Nagatsu; “Differences of Mixing Power Consumption between Dished Bottom Vessel and Flat Bottom Vessel,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **36**, 25-29 (2010)

Kato, Y., Y. Tada, T. Takeda, Y. Hirai and Y. Nagatsu; “Correlation of Power Consumption for Propeller and Pfaudler Typer Impeller,” *J. Chem. Eng. Japan*, **42**, 6-9 (2009a)

Kato, Y., N. Yasui, H. Furukawa and R. Nagumo; “Effect of Liquid Height on Power Consumption of Two-Blade Wide Paddle Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **42**, 187-191(2016)

Matsuno, M., K. Suzuki, A. Sato, H. Furukawa and Y. Kato; “Development of Glass Lining Type HB Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **45**, 6-9(2019)

Ohta, A., H. Takakura, S. Nakamaru, H. Furukawa, Y. Kato and S. T. Koh; “Mixing of Plastic Fluid with Large Paddle Impeller,” *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **48**, 76-80(2022)

Putnam, T. W.; “X-29 Flight-Research Program,” *NASA Technical Memorandum*, 86025, 1-14 (1984)

Rushton, J.H., E.W. Costich and H.J. Everett; “Power Characteristics of Mixing Impellers part 1,” *Chem. Eng. Prog.* **46**, 395-404(1950)

# Evaluation Mixing Performance of New Type Axial Flow Impellers HR320 and HR320S

Hayato TAKAKURA<sup>1</sup>, Mai IWATA<sup>1</sup>, Ryota NISHIDA<sup>1</sup>, Chihiro KOIDE<sup>1</sup>, Haruki FURUKAWA<sup>1</sup>  
Yoshihito KATO<sup>1++</sup>, Yoshikazu KATO<sup>2</sup>, Takahiro NEMOTO<sup>2</sup>, Ken-ichi AGO<sup>2</sup> and Seung-Tae KOH<sup>3</sup>

*1 Department of Life Science and Applied Chemistry, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466-8555, Japan*

*2 SATAKE MultiMix Corporation., 66 Niizo, Toda-shi, Saitama, 335-0021, Japan*

*3 Department of Bio-Chemical Engineering, Dongyang University, 1 Kyochon, Punggi, Yeongju, Kyungbuk 750-711, Korea*

E-mail address of corresponding author: kato.yoshihito@nitech.ac.jp

Keywords: Mixing, Agitation, Power Correlation, New Impeller, Axial Flow Impeller

The mixing performance of new impellers HR320 and HR320S, which were developed with the purpose of improving the mixing efficiency of low viscosity fluids, was evaluated by measuring power consumption and mixing time. The required stirring powers of HR320 and HR320S were correlated by correcting the parameter for the turbulence term in the correlation equation of the pitched paddle impeller. According to the measurement of mixing time by the decolorization method, more favorable mixing performances were obtained from HR320 and HR320S under turbulent flow conditions compared to the propeller, pitched paddle, and HR100.