

攪拌翼回転が誘起する上下摂動が流体混合に及ぼす効果

F105

(阪大院基工)○(学)大坂良太・(正)橋本俊輔・(正)井上義朗*

1. 研究背景

攪拌・混合では、流体に付与されるエネルギーを効率的に混合に使うことが望ましい。図1のように、攪拌翼上下に一对できる二次流渦の界面は翼通過に伴って揺らされ、吐出流に摂動が加わる。我々は、この摂動が層流領域での混合を引き起こす主要因の一つであると考えている¹⁾。本研究では、上述の摂動を増幅する効果のある攪拌翼を作製し、混合時間と攪拌所要動力を計測した。これらを通常翼の値と比較することで、前述の摂動による混合促進効果を明らかにした。

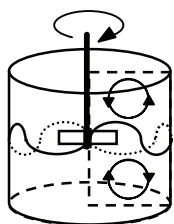


図1 二次流の界面に形成される進行波の摂動。

2. 実験

摂動を大きくする交替傾斜パドル翼(以下、交替翼)を作製した(図2-(b))。通常パドル翼(以下、通常翼、図2-(a))では、二次流渦の界面の揺れは小さいが、交替翼では翼の一回転に伴い、翼上端から下端まで界面が大きく移動する。そのため摂動も大きくなる。交替翼の鉛直面への斜影面積は通常パドル翼と同じになるようにした。槽内母液には水飴水溶液を使用し、槽径120mmのアクリル製円筒槽に液高さ120mmなるようにした。翼先端部から脱色試薬を注入して脱色実験を行い、混合性能を比較した。また、両翼の攪拌所要動力を測定して、動力数を算出した。さらに、混合の鋳型となる流脈シート¹⁾の鉛直断面を可視化した。

3. 結果と考察

図3は無次元混合時間 n_T と攪拌レイノルズ数 Re の関係を示したものである。不良混合域以外の領域の脱色が完了する時間を混合時間とした。 $5 \leq Re \leq 100$ の範囲では、交替翼の方が脱色完了時間が早く、不良混合領域も小さくなった。特に $Re \leq 30$ では顕著な差異が見られた。図4に Re と動力数 Np の相関を示す。図中実線は、邪魔板なし攪拌槽における亀井・平岡の式による相関式である。交替翼(●印)と通常翼(□印)の動力数はほぼ同等であり、加藤らによる報告²⁾と一致している。したがって、低 Re 数域では、交替翼の方がより少ない動力で良好な混合を達成できるといえる。図5は攪拌翼の翼先端から蛍光染色液を流出させ、槽内に広がる流脈シートを鉛直断面で光切断した可視化像である。測

定周期時間がどちらも10周期で同じなので、流脈線の縞の数は同じであるが、通常翼(a)の流脈線長さに比べて、交替翼(b)の流脈線は長く、また孤立混合領域となる二次流渦の中心付近まで深く侵入している。このように、交替翼の流脈面は通常翼と比べて、全体に広くかつ深く侵入している。これにより交替翼の混合が良好になったと考えられる。以上の結果より、低 Re 数の層流領域では、翼回転により誘起される二次流界面の進行波的摂動が、混合に大きな役割を果たすことが示された。

参考文献

- [1] 井上ら, 化学工学論文集, **35**, pp 265-273 (2009).
- [2] 加藤ら, 化学工学論文集, **33**, pp16-19 (2007).

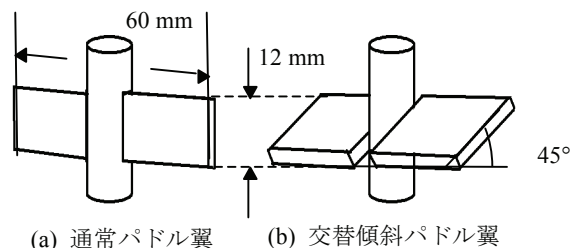


図2 実験で使用した攪拌翼。

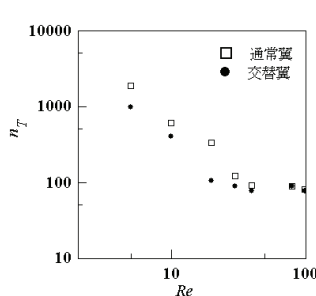


図3 Re と無次元混合時間の関係。

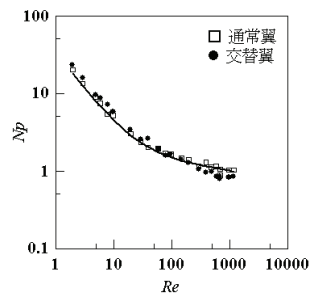


図4 Re と Np の関係。

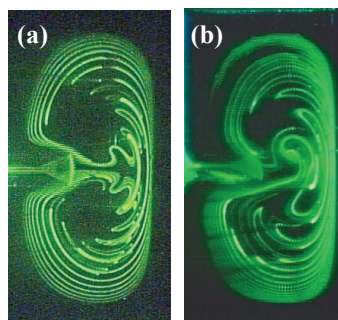


図5 流脈シートの鉛直断面像, 10周期目, $Re=40$
(a)通常翼, (b)交替翼。

*Tel.& Fax:06-6850-6276

E-mail:inoue@cheng.es.osaka-u.ac.jp