

F103

二次元ネットワークによる正逆交互攪拌翼の混合機構解析

○(神戸大院工)(正)菰田悦之*・(アールフロー)(正)竹田 宏・
(大阪大学)(正)平田雄志・(神戸大院工)(正)鈴木 洋

[緒言]

円筒槽内で平板翼の回転方向を周期的に変化させる正逆交互回転攪拌 (以後、反転攪拌) は、定回転攪拌とは異なる流動場が時間とともに大きく変化することで優れた混合能力を実現できる。しかしながら、濃度場解析では数値拡散の影響が大きく定量的な混合性能評価は困難であった¹⁾。本研究では二次元流れを対象として、二次元網目模様 (ネットワーク) を構成する線分と円周の変形に着目し、反転攪拌の混合過程および混合能力を調べた。

[計算条件]

円筒槽(内径 0.2m) 内に平板翼(翼径 0.15m)を設置し、攪拌翼の初期位置からの変位角 θ を式(1)で与えた。

$$\theta = (A/2)[1 - \cos(2\pi/T)] \quad (1)$$

ここで、 A, T は振り角、周期であり、 $A = 90, 180, 360^\circ$, $T = 1, 2, 4s$ とし、流体の物性値は、粘度 0.1 Pa.s, 密度 1000 kg/m^3 とした。また、定回転攪拌(30, 60rpm)についても同様の計算を行った。なお、数値計算コードには RFLOWを用い、層流条件にて周期定常速度場を得た。

次に、Fig.1 の 1-a, 2-a に示した線分($\theta = 90, 270^\circ$)および円周(半径 $r = 0.05 \text{ m}$)上にトレーサー粒子を配置し、流動場に従って粒子を移動させて線分および円周の変形過程を調べた。なお、変形に伴い粒子間距離が初期値よりも大きくなった場合にはその中間点に粒子を追加し、逆に 1/3 以下になった場合は粒子を削除した。

[結果と考察]

Fig.1 の b,c に反転攪拌, d,e,f に定回転攪拌の混合過程を示す。これより定回転攪拌では円周方向の流れが支配的であり、線分は回転を重ねる毎に円周方向に引き伸ばされることがわかる。一方、円周は最初に僅かに歪むように変形し、円形からの崩れが大きくなると半径方向の速度差によって変形は進むが、その変形は翼通過領域に限られる。これに対し、反転攪拌では一周後には軸付近と翼先端さらに翼から離れた領域に渦状の混合パターンが形成された。これらは、渦流れの生成および消失に起因していると考えられる。さらにこの混合パターンは、線分と円周とで類似しており、反転攪拌ではトレーサーの初期配置に依存しない優れた混合性能が期待できる。

そこで、トレーサー粒子間距離の積分値として線分もしくは円周の長さを計算し、初期値からの伸び率を Fig.2 にまとめた。これより、定回転攪拌では回転数に対して線分および円周長さはいずれも線形に増加し、

さらに円周は円形から崩れるまでの間の変形量が小さく線分に比べて伸び率が小さいことがわかった。一方、反転攪拌では初期トレーサー配置によらず線分および円周の長さは指数的に増加し、その時定数もほぼ等しいことがわかった。

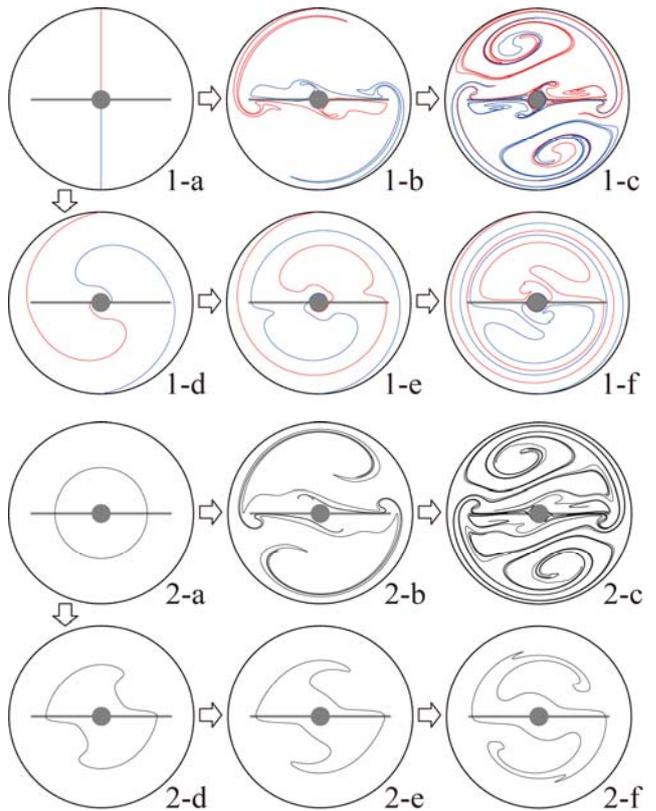


Fig.1 ネットワーク変形による混合過程の可視化
a: 初期条件 b, c: 反転攪拌($180^\circ, 2s, t/T = 0.5, 1$)
d, e, f: 定回転攪拌(30rpm, $t/T = 0.5, 1, 2$)

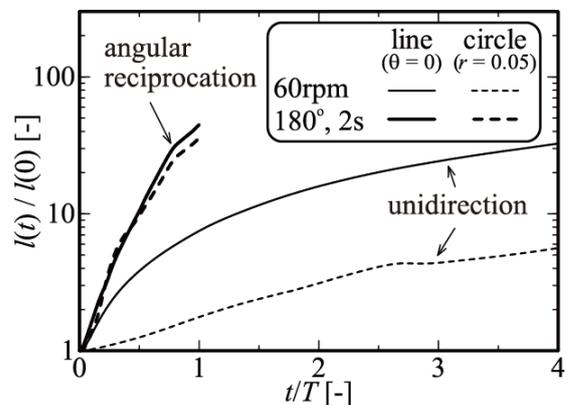


Fig.2 線分および円周長さの経時変化

1) 菰田ら 化学工学会第41回秋季大会講演要旨集, I105

*E-mail komoda@kobe-u.ac.jp, Tel&Fax 078-803-6189