

W206

粒子浮遊限界攪拌速度の推算モデルに基づいた固液攪拌性能評価

(東工大院理工, 佐竹化学機械工業) ○(法)Zauyah Binti Zamzam*・(東工大物質理工)

(正)吉川史郎・(正)大川原真一・(佐竹化学機械工業)加藤好一

【緒言】

著者らはこれまで粒子浮遊限界攪拌速度を粒子にかかる揚力に基づいて推算モデルを提案してきた^{1), 2)}. 本研究では, 4枚傾斜パドル翼を有する攪拌槽において翼径槽径比を変化させた場合の限界攪拌速度の推算を行うとともに, 推算された攪拌速度における総単位体積当たりの所要動力に基づいて固液攪拌性能評価を試みた.

【実験・解析方法】

実験装置は, 内径 $D=240\text{mm}$ の透明アクリル製 4枚邪魔板付き平底円筒槽を使用し, 液高さは槽径と等しくした. 攪拌翼は, 4枚傾斜パドル翼(傾斜角度 45°)を使用した. 翼径は, 槽径に対する割合 $d/D=0.3, 0.4$ および 0.5 とした. 翼の取付け位置は, 槽底より $C/d=0.5$ とした.

粒子が浮遊する槽底半径位置の観察には, 直径 $d_p=1\text{mm}$, 密度 $\rho_s=1030\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ のポリスチレン粒子を使用した. 粒子濃度は $0.0003\text{wt}\%$ とした. 槽底部における粒子浮遊現象および槽内フローパターンの関係性を把握するために槽底付近を可視化し, PTV 法により解析した. また槽底付近における流速の半径方向, 円周方向成分を LDV により測定した. 測定位置は槽中心から外側に向かって $r/D=0.10$ から 0.475 の範囲の 10 点および槽底からの距離 $z=0.1\text{mm}$ から 3.0mm の範囲の 10 点とした.

粒子は流体から受ける揚力が重力と浮力の差より大きくなったときに浮遊すると考えられる^{1), 2)}. そこでアンシス・ジャパン製 FLUENT を用いた数値解析により槽底の粒子にかかる揚力の推算を行った. 解析モデルは, 槽底の一部分を切り取って単純化した^{1), 2)}. 解析モデルの入口条件として槽底付近での流速分布の測定結果を用いた. その結果に基づいて揚力と槽底部での代表速度の関係を調査することにより, 粒子浮遊限界代表速度を求め, 次式によって翼先端速度および攪拌速度を算出した.

$$v_{\text{tip}} = \frac{U_{\text{rep}}}{n \cdot \frac{d}{2}}, \quad N = \frac{v_{\text{tip}}}{\pi d}$$

ここで v_{tip} は翼先端速度, U_{rep} は代表速度, $v_n(d_p/2)$ は v_{tip} で除して無次元化した $z=d_p/2$ における半径, 円周方向成分の合成ベクトルの大きさ, N は攪拌速度である.

【実験結果】

Figure 1 に, 4PP において翼径槽径比を変化させた場合の槽底部での流動状態および半径方向, 並びに, 円周方向の流速分布を示す. 翼径槽径比の増加に伴い吐出流が軸流から傾斜流に変化することがわかった. さらに槽底部での分布から, $d/D=0.3$ および 0.4 の場合, 粒子が浮遊する位置は槽壁付近 $r/D=0.475$, $d/D=0.5$ の場合は邪魔板付近 $r/D=0.40$ であることがそれぞれ推定される. この結果より, 翼径槽径比を変化させることで槽底部での流動状態の特徴を把握することができるとともに, 粒子浮遊現象との関連についての知見が得られた.

Figure 2(a)に推算された揚力と様々な v_{tip} に対応する槽底部での代表速度の関係を示す. 上述の粒子が浮遊する揚力の条件に基づいて求められた攪拌速度を Figure 2(b)に示す. この図より粒子浮遊限界攪拌速度は, 翼径槽径比により異なることがわかる. これは, 翼径槽径比により流動状態が変化することが影響しているためであると考えられる.

Figure 3 に推算された攪拌速度における総単位体積当たりの所要動力を示す. 翼径槽径比 $d/D=0.3$ および 0.4 は 0.5 と比較して, 動力が小さいことがわかる. これにより, 翼径槽径比を適切に選定することで, 槽底部における良好な流動状態が形成され, 効率よく粒子を浮遊させることができることを示唆している.

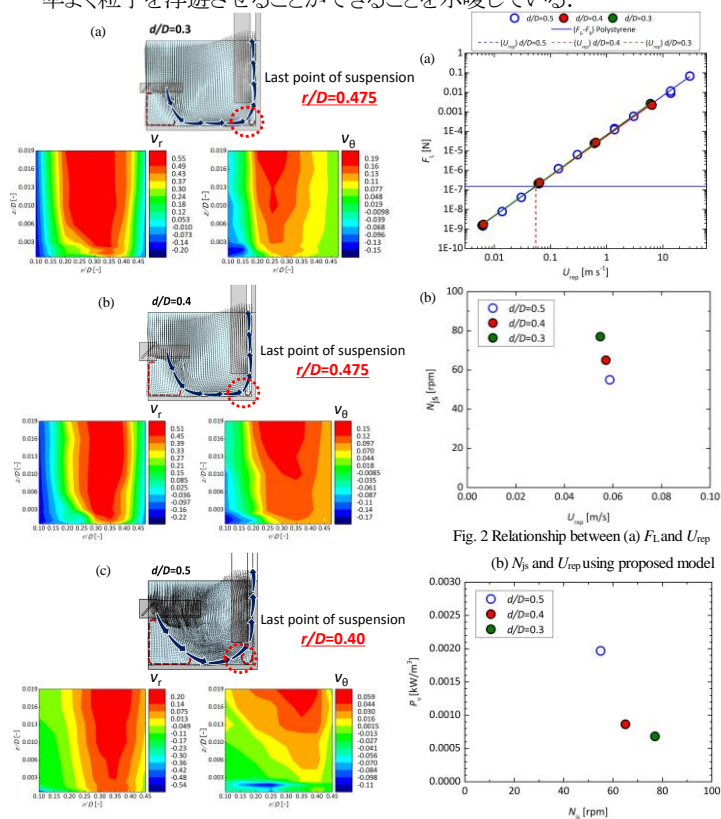


Fig. 1 Flow pattern and flow velocities at the bottom of the tank

(a) $d/D=0.3$ (b) $d/D=0.4$ (c) $d/D=0.5$

Fig. 3 Power at just-suspension speed with variation of impeller-to-tank diameter

【結言】

固液攪拌における槽底付近の流動状態の PTV 解析および LDV による流速測定の結果に基づいて流動状態と粒子浮遊現象の関係についての知見が得られた. また, モデルにより推算された限界攪拌速度における総単位体積当たりの所要動力結果より, 粒子浮遊を効率的に行うことができる幾何学条件決定の指針を示すことができた.

【参考文献】

- 1) Zamzam, Z. et al., *J. Chem. Eng. Jpn.*, Vol. 49, No. 8 (2016)
- 2) Zamzam, Z. et al., *International Symposium on Mixing in Industrial Processes VIII Conference, Melbourne, Australia* (2014)

* E-mail : zauyah@satake.co.jp or zauyah.z.aa@m.titech.ac.jp