

上下動攪拌における最適化について

(佐竹化学機械工業) ○(法)丹生徳行*・(法)佐藤誠・(法)金森久幸・(正)加藤好一

【1. 緒言】

前報¹⁾²⁾にて上下動攪拌による無菌攪拌装置の諸特性について報告した。その中で、上下動にて優れた混合性を発揮する楕円翼及び楕円折曲翼の開発を行った。しかし、 Re が低い条件や液面付近での流動性向上など、実用化に向けた検討が必要であった。

本報では引き続き、更なる混合性能の向上を目的とし、新型翼の複数組み合わせ(多段化)と、多段配置の最適化について検討した。得られた知見について報告する。

【2. 実験装置・実験方法】

実験装置、実験方法及び評価方法は、前報²⁾と同様である。内径 $D=155\text{mm}$ の透明アクリル製10%皿底円筒槽を使用し、液深 $Z=233\text{mm}$ ($Z/D=1.5$)、液量 $V=4.2\text{L}$ とした。攪拌翼は、楕円翼、楕円折曲翼(共に $d_1 \times d_2=124 \times 62\text{mm}$)、比較対象として円板翼($d=93\text{mm}$)を使用した。下段翼の設置位置は、良好な流動状態が得られる位置を把握し、運動下限から槽底までの距離 $C_1=31\text{mm}$ ($C_1/D=0.2$)とした。また、より混合性能を向上させるための多段化について検討を加え、適切な翼の配置と取付け条件を把握し、上段翼の配置を下段翼と水平面で 90° 振り分け、取付け条件を液面より $C_2=62\text{mm}$ ($C_2/D=0.4$)とした(図1参照)。上下動振幅 A は $10\sim 15\text{mm}$ 、振動周波数 N は $1\sim 5\text{Hz}$ とした。作動流体には、水およびグリセリン水溶液を用いた。

【3. 実験結果】

図2に楕円翼フローパターンの模式図を示す。1段の場合(図2(a))、攪拌レイノルズ数(Re)が高い条件では、十分な循環が得られるが、 Re が低い条件や液深が著しく高い条件では十分な循環は得られず、翼から離れた槽上部の流動に課題があった。そこで、短径部からの安定した吐出と長径部への流入を特長とする楕円翼のフローに着目し、様々な翼の配置、取付け条件でのフローパターンの観察を行った。その結果、上部に翼を1段追加して2段とし(90° 振分)、下段短径部からの吐出流を上段長径部で受け、上段短径部より下方に吐出し下段長径部で受けることで、上下循環流が強化されることが判った(図2(b))。 Re -無次元混合時間 N_{TM} のグラフを図3に示す。1段と比較して、 N_{TM} が全 Re 域で小さくなることが判る。さらに、1段では完全混合に至らない $Re < 100$ の低 Re 域でも強力な循環流を形成し、完全混合に至ることを確認した。

以上の結果から、多段化により混合性能が大幅に向上することが判った。これにより、翼の移動速度を極力抑えた攪拌を行うことが可能となり、上下動攪拌の特徴である低剪断作用を助長することが期待される。更に、液表面の

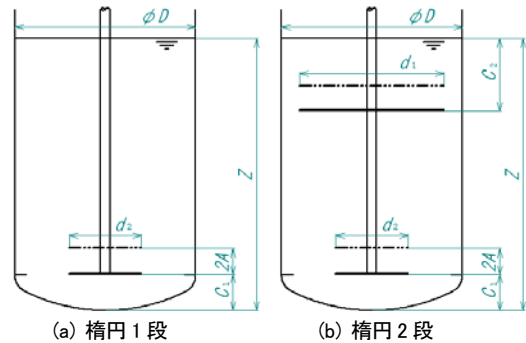


図1. 装置寸法図

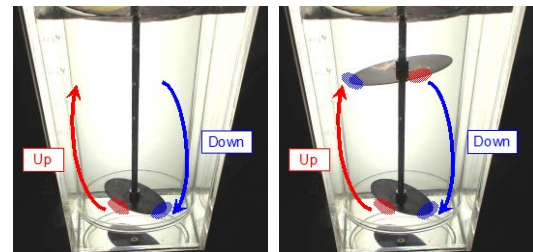


図2. 楕円翼フローパターンの模式図

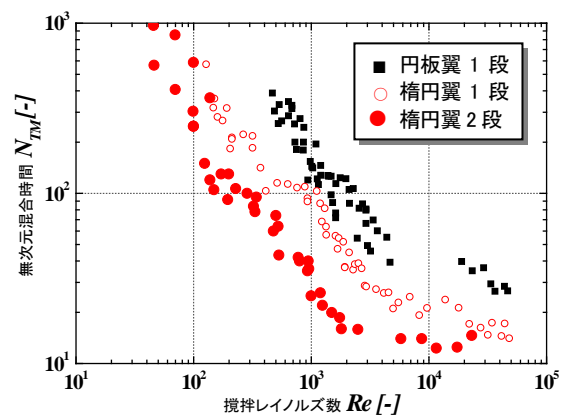


図3. Re - N_{TM} グラフ

流動が強化(活発)されることで、液表面からのガス吸収性能も向上し、培養を目的とした実用化に向け、有意な結果となった。

【4. 結言】

上下動攪拌における翼の特性を十分に把握し、適切な組合せと配置のもと、多段化することで、より効率的な流動および混合状態を作り出し、実用化に向けたあらゆる条件に対する最適化を可能とした。今後は、本無菌攪拌装置の特徴を生かし、剪断力に弱い動物細胞の培養を実施し、製品化に向けた検討を行いたい。

【参考文献】

- 1) 佐藤ら, 化学工学会第41回秋季大会要旨集 I120 (2009)
- 2) 関塚ら, 化学工学会第41回秋季大会要旨集 I121 (2009)