

上下動攪拌における最適化について II

(佐竹化学機械工業) ○(法)丹生德行*・(法)佐藤誠・(正)根本孝宏・(法)金森久幸・(正)加藤好一

【1. 緒言】

前報¹⁾では、弊社開発の新規上下動攪拌翼を最適な配置・取り付け条件のもとで多段化することにより、更なる混合性能の向上と翼の低速化(低剪断化)が期待できることを報告した。引き続き本報では、動物細胞培養用攪拌装置としての実用化を目指し、動物細胞培養においてキーポイントとなる剪断作用ならびにガス吸収性能に関して、本攪拌方式の特徴と性能を把握するべく検討を行った。得られた知見について報告する。

【2. 実験装置・実験方法】

実験装置は、前報¹⁾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 $d_1 \times d_2=124 \times 62\text{mm}$) を使用した。下段翼の設置位置は、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、多段攪拌では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)。

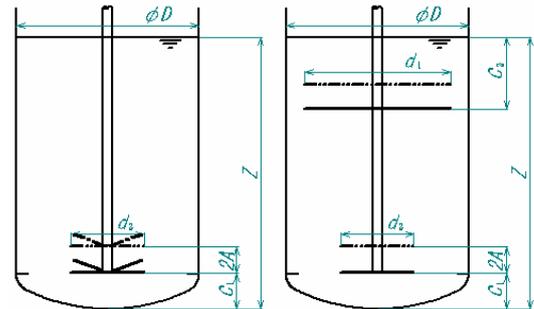
剪断作用の評価には、CFD ソフトにアンシス・ジャパン製 FLUENT を用いて数値解析を行った。解析モデルは上述の寸法に倣い作成した。上下運動 1 周期間での翼位置と槽内の剪断応力分布の関係を調査することで、本上下動攪拌の特徴を把握した。

ガス吸収性能の評価には、ダイナミック法を用いた。槽内に飯島電子製 DO メーターを設置、室素置換にて脱気した後、気相部からのガス吸収性能を評価するため、攪拌しながら溶存酸素量を経時的に測定することで、酸素移動容量係数 ($K_L a$) を求めた。文献値²⁾と比較することにより、本測定の妥当性の確認を行った。

【3. 実験結果】

図 2 に、CFD 解析結果を示す。特に下限位置において、翼下部から上部に向かう吐出流が強くなり、壁近傍での剪断応力が高くなることが判った。これにより、吐出形態を改善することで、更なる低剪断化が期待できると考えられる。

ガス吸収性能の向上には、攪拌の強化により液流を活発化させ、気液界面をかき乱すことで溶解込みを促進する必要がある。しかし、液流の活発化は同時に剪断力の強化に直結する。剪断力を極力抑制し、液表面の流動を活発化にするためには、前報の翼の多段化が有効である。図 3 に、翼 1 段と 2 段(多段化)におけるガス吸収性能の比較結果を示す。1 段と比較して、2 段では $K_L a$ 値が 2 倍以上の値となることが判った。また、文献値²⁾と同等の値であることを確認した。高密度細胞培養に必要となる高い酸素吸収性能を達成する上で、翼の多段化が有効であることが示唆された結果といえる。



(a) 楕円折曲げ翼 1 段 (b) 楕円翼 2 段
図 1. 装置寸法図

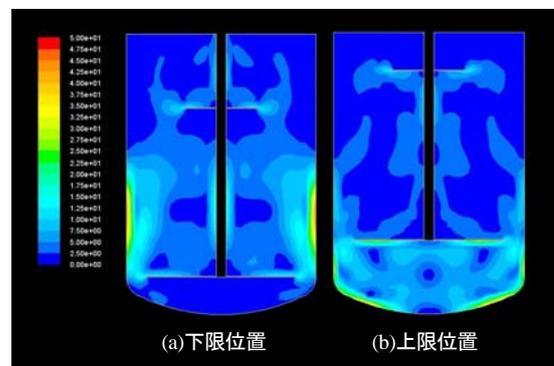


図 2. CFD 解析結果

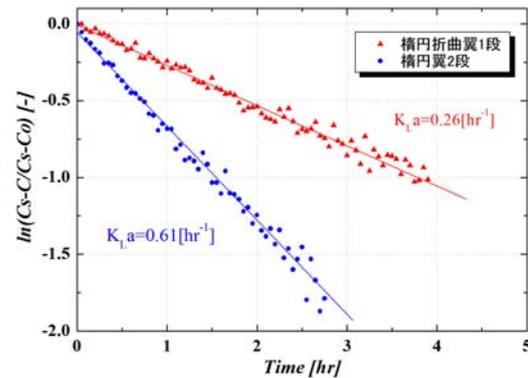


図 3. ガス吸収性能結果

【4. 結言】

多段化をはじめとした上下動攪拌の最適化により、流動・混合性能の向上、ならびに、細胞培養において重要なガス吸収性能の向上を果した。また、本攪拌方式における剪断作用の特徴を把握するに至った。今後は、得られた知見に基づき、動物細胞培養装置への適応と検討を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 丹生ら, 化学工学会第 41 回秋季大会要旨集 I120 (2009)
- 2) 川原ら, 化学と生物 Vol. 31, No. 7 (1993)