

## アスペクト比の小さい Taylor 渦流れの UVP 計測

## Velocity profile of The Taylor Vortex Flow with a Short Annulus by UVP

○正 河合秀樹(室蘭工大), 新部智由(室蘭工大), 正 木倉宏成(東工大), 正 高橋洋志(室蘭工大)

Hideki KAWAI, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho Muroran 050-8585, Japan  
 Tomoyoshi, NIIBE, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho Muroran 050-8585, Japan  
 Hiroshige KIKURA, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Japan  
 Hiroshi TAKAHASHI, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho Muroran 050-8585, Japan

Key Words: Ultrasonic velocity profiler, Taylor vortex flow, Spatiotemporal measurement, Photo synthetic microorganism

## 1. 概要

内外円筒間距離( $d$ )とテストセクションの高さ( $H$ )で定義されるアスペクト比( $\Gamma=H/d$ )の小さい Taylor-Couette 渦流れ(TVF)は, 上下境界端に生じる Ekman 境界層の影響から多重安定モードを有することが知られる. その中でも, 特に  $\Gamma < 1$  における上下固定端の TVF では特異的な流れ現象が見られる. Fister ら<sup>(1)</sup>は,  $\Gamma=1$  近傍においては安定モードが Reynolds 数の増加にしたがって変異 1 セルモードから正規 2 セルモードに変化することを報告した. このような低 Reynolds 数からの振動モードは, せん断に弱い微生物の緩やかな攪拌混合など, 新たなバイオリアクターを設計する上で有益な指針を与えるものと期待される.

ここでは  $\Gamma=1$ ,  $\eta=0.375$  の形状を有する TVF 装置を試作し, 高 Reynolds 数領域における速度分布を超音波ドップラ流速計(UVP)によって測定した. また, 同装置を用いて光合成微生物の培養実験を実施し, 流れとの関連について調べた.

## 2. 実験方法

実験装置は Fig.1 に示される. アスペクト比  $\Gamma(H/d)=1$ , 内円筒半径  $R_1=28\text{mm}$ , 外円筒半径  $R_2=75\text{mm}$ , 半径比  $\eta(R_1/R_2)=0.375$  とした. 回転 Reynolds 数( $Re$ )は  $Re=d R_1 \Omega / \nu$  で定義される. ここで,  $\Omega$ : 角速度,  $d$ : 内外円筒間隙 ( $=R_2-R_1$ ),  $\nu$ : 流体の動粘性係数,  $H$ : 作動流体高さである. 作動流体には水を用いた. 本実験装置の内外円筒中心軸上向きを  $y$  軸方向とし, 底面を  $y=0\text{mm}$  とした. また半径方向を  $r$  方向とし, 外円筒内面から半径座標内向き方向を  $x$  方向とする.

超音波パルスはトランスデューサー(TDX)から基本周波数  $f_0=8\text{MHz}$  で発射され, トレーサ粒子に反射して TDX にエコーバックされる. その際, トレーサ粒子の TDX 軸方向速度成分に応じたドップラ周波数がシフトされて返るため, 速度計測ができる. 測定位置は底面から 3mm 上における半径方向分布と, 外円筒から 3mm 内側位置での  $y$  軸方向分布を測定した. 速度成分は, それぞれ半径方向速度成分と  $y$  方向速度成分になる.

またこの装置を用いて実際の藻類光合成微生物を用いて培養した. 試供藻体は高い光合成能力を持つがせん断流に弱い *Spirulina platensis* IAM M-135 株を使用した. 培養液には粘度が殆ど水と同じ SOT を使用した. 培養液温度  $30^\circ\text{C}$ , 入射光強度は外円筒から  $3.5\text{klx}$ , 培養時間は対数増殖期にある 5 日間とした.

## 3. 実験結果の概要

Fig.2 には  $y=3\text{mm}$  における半径方向速度成分の半径方向分布と,  $x=3\text{mm}$  での  $y$  軸方向速度成分の  $y$  軸方向分布をそれぞれ示し, その結果を元に渦の模式図を描いた. 図では主渦(1

セル)と底面コーナー付近にエクストラ渦が観察された.  $Re > 20,000$  では主渦およびエクストラ渦の振動成分がより大きくなっており,  $Re$  数の増加に伴ってエクストラ渦は徐々に  $y$  方向にも発達し始め, 再び正規 2 セルモードに戻る様子が確認された. 培養で, この流れ構造に則した培養速度が得られ, 流れと微生物の培養の相関が得られた.

## 引用文献

- (1) Pfister G, Schmidt H, Cliffe K.A. and Mullin T., *J.Fluid Mech.*, 191 (1988), 1-18.

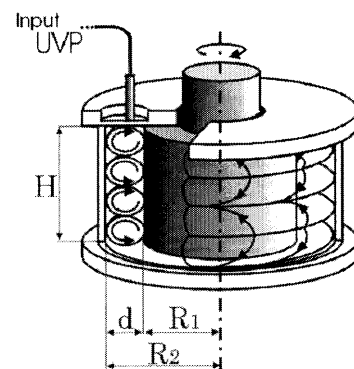


Fig.1 Taylor-Couette vortex flow

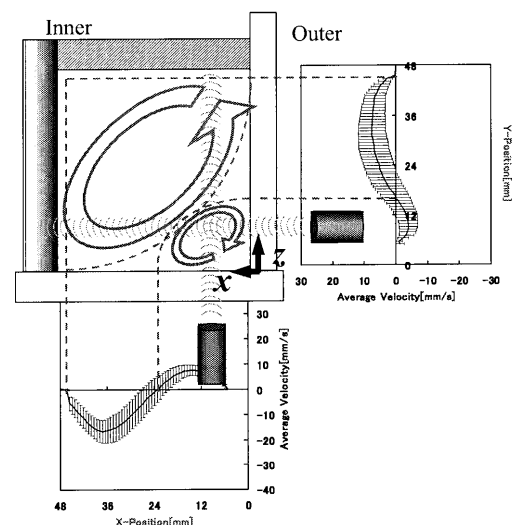


Fig.2 Schematic diagram of vortex flow structured from two velocity components