

# UVP を用いた低アスペクト比における TVF の測定

## The measurement of the Taylor vortex flow with a small aspect ratio by UVP

○正 河合秀樹 (室蘭工大) 正 高橋洋志 (室蘭工大) 正 木倉宏成 (東工大)  
学 工藤寛士 (室蘭工大)

Hideki KAWAI, Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho Muroran, 050-8585, Japan  
Hiroshi TAKAHASHI, Muroran Institute of Technology, Hiroshige KIKURA, Tokyo Institute of Technology  
Hiroshi KUDOH, Muroran Institute of Technology

Key Words: Taylor vortex flow, Solid-liquid separation, Filtration, Rotating filter

### 1. はじめに

TVF を利用した攪拌では、高せん断流れや局所せん断流れが発生せず、攪拌ムラも回避できることから、せん断によって損傷を受けやすい動・植物細胞の培養装置への応用が期待される。これに伴って今後コンパクト構造の需要が高まることは容易に類推される。このため、Ekman 境界層の影響を無視した設計は信頼性を大きく損なう恐れがあり、アスペクト比の小さな TVF の流れ場を解明することは重要である。本研究では、UVP による低アスペクト比 TVF の流速分布計測を行い、上下固定境界端効果を伴う TVF の速度場解析を行う。

### 2. 実験装置と実験条件

**2-1 TVF 発生装置** Fig. 1 に実験装置の概略図を示す。使用する二重円筒容器は内円筒外径  $R_1=15\text{mm}$ 、外円筒内径  $R_2=40\text{mm}$  で、アスペクト比は  $\Gamma=H/(R_2-R_1)=3$  とした。これより半径比は  $\eta=R_1/R_2=0.375$  となる。また、Reynolds 数は  $Re=dV/v$  ( $v$ : 動粘度,  $V$ : 内円筒壁面の速度,  $d=R_2-R_1$ ) で定義される。また、実験中の外部振動伝達を極力避けるため、共振周波数  $0.5\text{Hz}$  の特殊除振台に装置を固定した。作動流体は  $68\text{wt}\%$  グリセリン水溶液 (密度  $\rho=1178\text{kg/m}^3$ , 動粘度  $\nu=10.94\text{mm}^2/\text{s}$ ) を用いた。

**2-2 実験方法** Fig. 2 に UVP システムと渦発生装置で構成される実験装置の概要を示す。内円筒付近の速度分布を得るため、TDX の設置位置は内円筒から  $3\text{mm}$  の装置底部に垂直に固定する。なお、TDX 設置位置においては超音波の透過率を上げるためアクリルの厚さを  $1\text{mm}$  程度に加工している。トレーサ粒子であるナイロンパウダーは比重が  $1.02$  と  $68\text{wt}\%$  グリセリン水溶液より低めであるが、TVF の作用により攪拌され、流体の流れに沿うものとして考える。

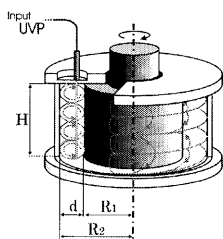


Fig.1 Test section

### 3 実験結果および検討 ( $\eta=0.375$ , $\Gamma=3$ )

$\eta=0.667$  の研究結果と比較する形で N2cell のスペクトル遷移の様子を Fig.3 に示した。縦軸に周波数、横軸に  $Re$  数をとる。この結果より、 $\eta=0.667$  では  $\eta=0.375$  よりも約 1.4 倍近くの周波数を持つこと、 $\eta=0.375$  では  $\eta=0.667$  に比べ WVF, MWF の範囲が狭く、低い  $Re$  数領域で乱流に遷移することから、セルモードだけでなく半径比の違いにより、渦の周波数や遷移  $Re$  数が異なることがわかる。これらの周波数は内円筒回転数に依存する。ここで、 $Re$  数の上昇が渦周波数に与える影響を調べるため、渦周波数を内円筒回転周波数で除算し正規化した。無次元周波数は  $\eta=0.375$  では約  $0.40$  と極めて安定に推移し、基波周波数から準周期に分岐する現象は見られなかった。 $\eta=0.667$  でも全体的にはほぼ一定傾向を示すと考えられるが、 $Re=1100$  以降で基波周波数が不連続的にジャンプし、準周期に分岐する傾向が明確に分かった。 $\eta=0.375$  では不連続的なジャンプも見られず、ほぼ一定で推移する。この違いについては今後の検討課題である。

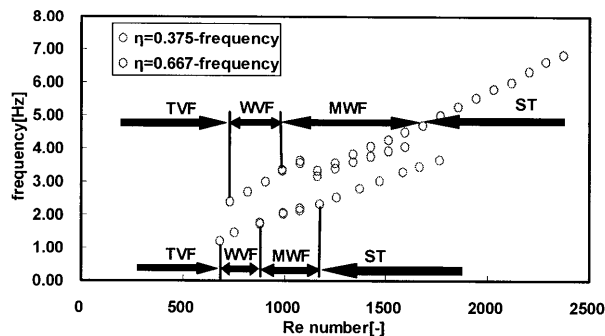


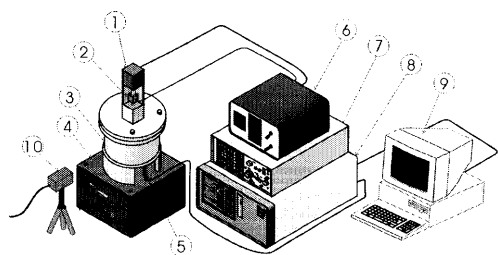
Fig.3 Frequency of N2cell for  $\eta=0.375$  and  $0.667$

### 4. おわりに

アスペクト比の小さい TVF の Reynolds 数に対する遷移過程について、可視化と UVP による計測を実施した。正規 2 セルモードと正規 4 セルモードについて、重点的に遷移過程を調べた。これより、準周期モードについて

- (1) 正規 2 セルモードでは、基波周波数から第二周波数が分かれる。ただし、第二周波数は渦中央部から発生する。
- (2) 正規 4 セルモードの基波周波数は、正規 2 セルモードより低周波領域であり、また、第二周波数は、基波周波数から分かれることはなく、より低周波成分が渦中央部から不連続的に発生する。

ことが分かった。



1. Motor, 2. Encoder, 3. Taylor-Couette Vessel, 4. Isolator,
5. US transducer, 6. Controller, 7. Oscilloscope,
8. UVP monitor, 9. Personal Computer, 10. Video Camera

Fig. 2 Experimental setup