

F118

ノンエレメントミキサーにおける混合挙動の三次元可視化

(慶應大理工)○(学)久保貴則・(学)奥田徳幸・(正)藤岡沙都子
(学)兪善昊・横森剛・大村亮・(正)植田利久*

1. 研究目的

高粘性流体や生きた酵母を含む流体などは乱流混合することが難しい。そこで、層流混合を行う混合器としてノンエレメントミキサーが提案されている⁽¹⁾。ノンエレメントミキサーは、1本の主流と複数の支流によって構成され、支流から断続的に流体を押し出すことで、流体の引き伸ばしと折りたたみを繰り返し行い、混合を促進させる混合器である。本研究では、実験的に混合器中の流体塊を三次元像として再現し、ノンエレメントミキサーの混合過程について検討を加えた。

2. 実験装置・方法

本研究の実験装置を Fig. 1 に、作動流体などの実験条件を Table 1 に示す。支流からは一定間隔ごとにシリンジポンプによって作動流体が押し出される。この押し出し周期を T_p とする。レーザシートを主流流れ方向 (z 軸方向) に対し垂直に照射し、蛍光物質ローダミン B を添加した最上流側の支流流体のみを発光させ、垂直断面像をデジタルビデオカメラで撮影した。この時、ミキサー最下流に備えつけた電磁バルブによって、主流の流れを一時的に停止させ、停止した流体塊をリニアレール上に固定したビデオカメラにより、スイープして撮影した。これにより得た複数の垂直断面像から、三次元画像可視化抽出システム「Volume Extractor 3.0 Light」(デカルト社)を用いて三次元画像を作成した。さらに、1回目の押し出しによって1本目の支流から押し出された流体塊の表面積 A を測定した。

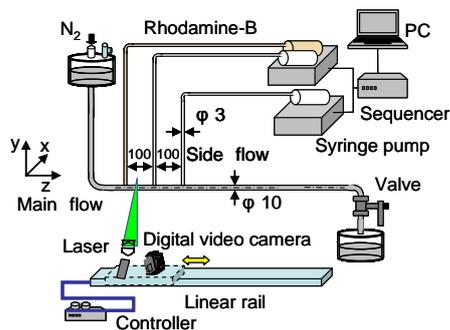


Figure 1 Experimental Apparatus

Table 1 Experimental conditions

作動流体	98 mass% グリセリン水溶液
	密度: 1254 kg/m ³ , 粘性係数: 0.974 Pa·s
主流条件	入口圧力: 0.05 MPa, 出口平均流速 V : 2.0~10 mm/s
支流条件	使用本数 n : 3本, 押し出し速度 v_{in} : 60 mm/s
	押し出し時間 T_{in} : 3 s, 押し出し間隔 T_{off} : 3~40 s

3. 実験結果及び考察

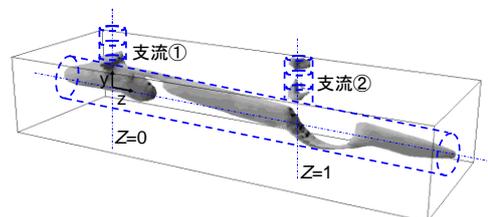
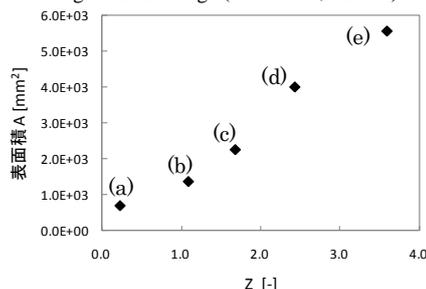
出口平均流速 $V=6.0$ mm/s における垂直断面像から作成した三次元像を Fig. 2 に示す。ここで Z は、1本目の支流の中心軸と主流の中心軸が交差する点を原点とする座標系における、流体塊先端の z 座標 Z_1 を支流間隔 $L_1 (=100$ mm) で除した無次元数である。さらに Fig. 3 に Z と A の関係を示す。

($0 < Z \leq 1.1$) 1回目の支流押し出しで注入された流体塊は、主流管内の速度分布により引き伸ばし・折りたたみを受け、表面積を広げた。

($1.1 < Z \leq 2.4$) 2回目の支流押し出しを受け、流体塊は Fig. 2 のように変形し、その後の引き伸ばし・折りたたみ効果で表面積がさらに増加した。

($2.4 < Z \leq 3.6$) 3回目の支流押し出しでは、2本目の支流と3本目の支流からの押し出しによって流体塊はさらに複雑な形状となり、表面積はさらに増加した。

以上より流体塊の表面積は、 Z とともに大きくなることが分かった。この傾向は、既報の平行断面境界線長さによる検討⁽²⁾と同様である。

Figure 2 3D Image ($V=6$ mm/s, $Z=1.7$)Figure 3 Surface area ($V=6$ mm/s) (a) After 1st Injection (b) Before 2nd Injection (c) After 2nd Injection (d) Before 3rd Injection (e) After 3rd Injection

[謝辞] 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究 B: 19360102)の助成を受けて行われた。ここに謝意を表す。

参考文献

- (1) Matsuoka, H., et. al., "Enhancement of chemical reaction by a non-element static reactor", 10th The APCCHE Congress, A-225 (2004)
- (2) 樋口尚孝, 他, ノンエレメントミキサーの引き伸ばし・折りたたみ効果, 化学工学会第 73 年会, A202(2008)

*植田利久(T.Ueda), Tel:045-566-1496
Fax:045-566-1495, E-mail:ueda@mech.keio.ac.jp