

## F108

## 回転翼攪拌槽内における孤立混合領域の可視化と構造解析

(阪大院基工)○(正)橋本俊輔\*・伊藤寛之・中田繕和・(正)井上義朗

## 1. 研究背景

攪拌槽内における層流カオス混合では、対流が迅速に行われる通常の攪拌混合領域以外に、その領域との境界面における拡散混合が支配的な孤立混合領域(IMR)が出現する[1]。IMRは、ドーナツ状のトーラス部分とそれを取り巻くひも状のフィラメントから構成される[2]。本研究では、IMRフィラメントの実験的可視化に成功し、その幾何学的構造と系の流動条件の関係を明らかにした。

## 2. 実験

攪拌槽には、内径 120 mm の円筒容器を用いた。攪拌翼は 2 枚パドル翼であり、翼径は 60 mm、翼幅は 12 mm である。翼取り付け高さとし液高さは、それぞれ槽底から 60 mm、120 mm とした。また、母液流体として、90 mass% のグリセリン水溶液(密度: 1228 kg/m<sup>3</sup>, 粘度: 163.6 mPa・s at 298.15 K)を採用した。NaOH により塩基性に調整した母液と同密度・同粘度のグリセリン-ウラン水溶液 ~2 ml を、IMR 領域に直接注入した。攪拌槽側面から UV ライトならびに Ar イオンレーザーを回転軸に向けて照射し、三次元 IMR および IMR の鉛直断面をそれぞれ可視化した。

## 3. 結果と考察

Figure 1 は、可視化実験において得られた代表的な IMR の断面画像とその模式図である。Figure 1(a) より、IMR は、島とトーラスが幾重にも重なった多重構造から成ると考えられる。また、Fig. 1(b) より、IMR の島領域が、翼の通過により周期的振動を受けている様子がうかがえる。島領域のみを可視化した画像を Fig. 2 に示す。島領域は、三次元的には Fig. 2(a) のようにひも状のフィラメントを構成することが分かる。フィラメントはトーラスの周囲に螺旋状に巻き付き、各々が一次流( $\omega_1^*$ )および二次流( $\omega_2^*$ )方向に周回運動する(Fig. 2)。ここで、 $\omega_j^*$  は無次元回転角速度であり、 $\omega_j^* = \omega_j / \omega_r$  ( $\omega_r$  [rad/s]: 翼の回転角速度)で表される。さらに詳細にフィラメントを解析すると、その巻き方向が流体粒子の運動方向と異なることが分かった。IMR におけるフィラメントの本数や巻数と流体粒子の回転角速度の関係は、翼回転が誘起する二次流による循環流れと翼の通過による周期的振動との共鳴効果や、フィラメントの閉軌道条件を含めた以下の簡易な式で表現できる[3]。

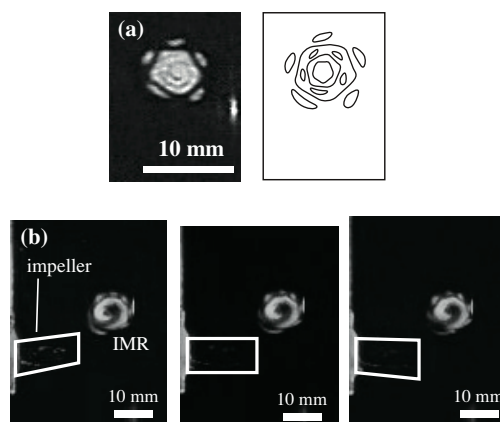


Fig. 1 Typical images of IMR; (a)  $Re = 52.5$  (left: snapshot, right: schematic illustration), (b)  $Re = 40.0$  (successive images).

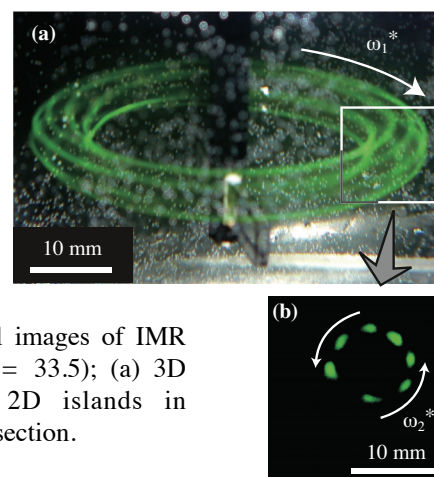


Fig. 2 Typical images of IMR filament ( $Re = 33.5$ ); (a) 3D filament, (b) 2D islands in vertical cross-section.

$$N_2 \omega_1^* + N_1 \omega_2^* = m/m' \quad (1)$$

$$N_j = n_j \beta \quad (2)$$

ここで、 $N_j$  は断面における島数( $j = 1, 2$  はそれぞれ IMR の鉛直、水平断面を表す)、 $m$  は羽根枚数、 $m'$  は任意の整数、 $n_j$  はフィラメント一本当たりの島数、 $\beta$  はフィラメントの本数である。2 枚パドル翼の場合、既述のように、翼羽根が通過するごとに島領域が振動を受けるため、 $m' = 1$  となる。式(1)を用いると、攪拌レイノルズ数  $Re = 33.5$  では、 $(N_1, N_2, \beta) = (7, 1.92, 1)$  が得られ、実験結果と良好に一致することを確認した。

## 引用文献

- [1] D. J. Lamberto *et al.*, *Chem. Eng. Sci.*, **51**, 733-741 (1996).  
 [2] N. Ohmura *et al.*, *J. Chem. Eng. Japan*, **36**, 1458-1463 (2003).  
 [3] S. Hashimoto *et al.*, *Chem. Eng. Sci.*, **64**, 5173-5181 (2009).

\*Tel.&amp;Fax: 06-6850-6277

E-mail: shunsuke@cheng.es.osaka-u.ac.jp