

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24年 5月18日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560775

研究課題名（和文）

高濃度塑性スラリー系攪拌槽におけるカバーン形成状況に及ぼす通気操作の影響の解明

研究課題名（英文）

Effects of Aeration on the Flow and Mixing States of Fluids Possessing Yield Stress in a Stirred Vessel when a Cavern Region Occurs

研究代表者

上ノ山 周 (KAMINOYAMA MEGURU)

横浜国立大学・工学研究院・教授

研究者番号：50233945

研究成果の概要(和文):本研究ではコンケーブ翼付攪拌槽におけるスラリー系流体を対象とし、カバーンが生起し、流動・混合不良に陥る状況を、通気操作を施すことで、如何に改善させることができるかを定量的に検討した。画像解析を用いて算定した槽縦断面における未混合面積率の経時変化に基づき、混合速度定数 k_s を定義した。検討の結果、どの通気速度 Q においても、ある回転数 n 以上になると k_s は n の増加に伴い急激に増大し、未混合領域の解消に有効であることが分かった。これは翼からの吐出流に伴う気泡の浮遊パターンの変化に起因していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文): In this study, the effects of aeration and agitation conditions, such as aeration rate, Q [L/min], and impeller rotational speed, n [n^{-1}], on the mixing rate for slurry-like fluids possessing a yield stress were quantitatively investigated in a stirred vessel equipped with a concave impeller, when a Cavern region occurs. We defined the mixing rate constant, k_s [n^{-1}], based on the dynamic change of the ratio of the unmixed area to the whole vertical area of the vessel, using an image analysis method. It was found that regardless of the value of Q , k_s increased drastically with an increase in n , when the rotational speed was above a certain value, and this was effective in improving the mixing state. It was also found that this improvement was attributable to the fact that the floating pattern of the bubbles due to the discharge flow from the impeller changed.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 2010年度 | 1,500,000 | 450,000 | 1,950,000 |
| 2011年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学 化工物性・移動操作・単位操作

キーワード：ミキシング, 通気操作, 降伏応力流体, カバーン, 攪拌槽

1. 研究開始当初の背景

一定以上の応力を加えなければ、ずり流動が生じないスラリー系流体を小型翼を用いて攪拌すると、翼の廻りのみ流動し、その外側では静止する現象を生じることが知られている。このような流動領域はカバーンと呼ばれるが、その内外では液の交換が起こらないため、槽全体の混合が極めて不良となる。

一方、通気操作を行うことで槽内に循環流を発生させることができる。しかし攪拌場での気泡群の浮遊パターンがスラリー系流体の流動・混合状態に及ぼす影響の解明は定量的には勿論のこと、定性的にも十分になされていない状況にあった。

2. 研究の目的

本研究では1. で述べた背景を基に、攪拌槽におけるスラリー系流体を対象とし、カバーンが生起し、流動・混合不良に陥る状況を通気操作を施すことで、如何に改善させることができるかを定量的に検討することを目的とした。

3. 研究の方法

当初、用いたスパージャーは2種類であり、リング径0.09mの小スパージャーと、リング径0.14mの大スパージャー、大小2つを組み合わせた計3通りで実験を行った。スパージャーは槽底部に設置した。翼には、通気攪拌時に、翼の背後に気泡が集まり大気泡化することを防ぐことのできる6枚コンケーブ翼を用いた。装置の概略を図1に示す。

対象液は、降伏応力を有する0.2wt%カルボキシビニルポリマー水溶液（以下カルボポール水溶液と称す。）とした。

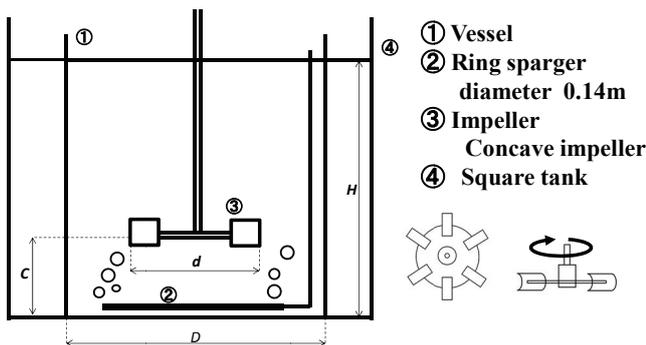


図1 装置概略

比較対照のための通気操作を行わない翼のみでの実験ではカバーン内にヨウ素溶液を注入して、カバーンを褐色にする着色法を用いた。一方、通気操作時には、カルボポール水溶液にヨウ素溶液を注入してカルボポール水溶液を褐色に着色した後、通気攪拌を開始し、チオ硫酸ナトリウム水溶

液を液面の軸近傍から注入して脱色し、淀み領域を可視化する手法を用いた。槽縦断面における淀み領域の面積は画像処理ソフト“Image Hyper II”を用いて求めた。

4. 研究成果

(1) 本研究初年度の平成21年度は、スラリーを模擬した降伏応力を有する流体であるカルボポール水溶液流体を対象に通気攪拌操作を行い、コンケーブ翼や大型リングスパージャーの、流動・混合状態の改善に有効となる設置条件を以下の通り、明らかにした。

1. 通気操作を行うことは、この改善に対して有効である。

2. よどみ領域を解消させるためには、翼を槽底近傍に設置することにより、よどみ領域を攪拌し流動を起こすことが重要である。

3. 大スパージャーを槽底部に設置することにより、よどみ領域を通る流れを起こすことが重要である。

これより次年度以降の検討では、リング径0.14mの大スパージャーを用い、攪拌翼の設置高さは、槽底から液深の3分の1とすることとした。

(2) 平成22年度は前年度と同様にカルボポール水溶液を対象に、通気攪拌操作を行い、槽縦断面における未混合面積率 a_u の経時変化に基づきまず混合速度定数 k_s [s⁻¹]を図2に示すように定義した。

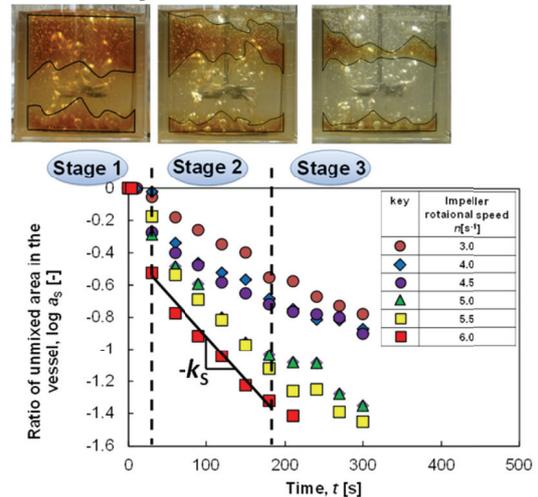


図2 混合速度係数 k_s [s⁻¹]の定義

次に操作条件である通気速度 Q [L/min]や攪拌速度 n [s⁻¹]の変化が混合速度定数 k_s に及ぼす影響を定量的に検討した。その結果 $Q=10$ L/minにおいては、混合速度定数 k_s は n に依存せず一定であったのに対し、 $Q=15$ L/minでは k_s は n の増加に伴い急激に増大し、未混合領域の解消に有効であることが分かった。高通気量の場合、攪拌に伴う翼からの吐出流によって気泡の浮遊パターンが変化し、

高回転数では気泡によって流動が生じる領域が槽全体に広がることにより、混合速度定数 k_s が大きくなることが明らかとなった。

(3) 本研究最終年度の平成23年度は、さらに両操作条件の変化範囲を $Q=10, 15, 20\text{L/min}$, $n=3, 4, 4.5, 5, 6\text{s}^{-1}$ にまで拡大させ、同様に検討を行った。その結果、いずれの通気速度の条件においても $n=4\text{s}^{-1}$ まで(以下、低回転数域)は k_s は一定であり、 $4\sim 4.5\text{s}^{-1}$ (遷移域)において k_s は急激に増大し、それ以上の回転数(高回転数域)では k_s の増大傾向は緩慢となることを見出した(図3)。

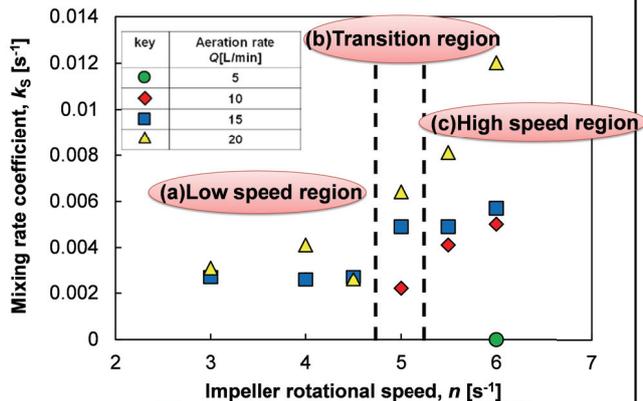


図3 操作条件 Q, n の k_s への影響

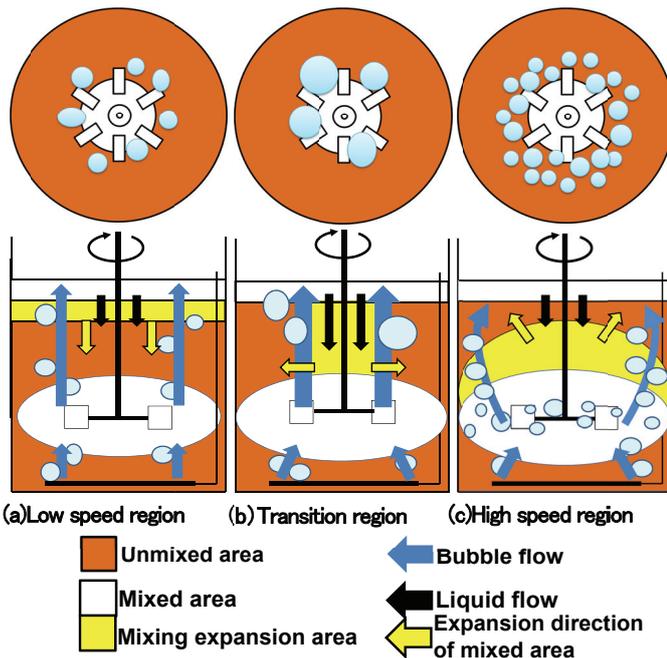


図4 気泡と液流動との観察結果

気泡と液流動の観察結果から低回転数域では、気泡は、スパージャーから上昇後、その大半は翼にトラップされずに通過すること、遷移域では気泡は一旦翼にトラップされ合一した後、カバンを打ち破って上昇すること、さらに高回転数域では、

気泡は翼により破泡された後、翼から水平方向に吐出されることを確認し(図4)これらのことが、上述の k_s の回転数依存性の原因となっていることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① M. Kaminoyama, K. Nishi, R. Misumi, F. Otani, A Method for Determining the Representative Apparent Viscosity of Highly Viscous Pseudoplastic Liquids in a Stirred Vessel based on Numerical Simulations, J. Chem. Eng. Japan, 査読有、44巻、2011、868—875

DOI:

http://www.jstage.jst.go.jp/article/jcej/44/11/868/_pdf

[学会発表] (計3件)

- ① 池田真一, 三角隆太, 仁志和彦, 上ノ山周, 塑性流体攪拌槽における通気攪拌条件が混合過程に及ぼす影響の検討, 化学工学会第14回化学工学会学生発表会(東京大会)(八王子)(F02)平成24年3月3日(土)於: 東京工業高等専門学校
- ② M. Kaminoyama, Y. Masaki, K. Kitahara, Y. Suzuki, R. Misumi, K. Nishi, "Effects of Aeration and Agitation on the Mixing Rate of Fluids Possessing Yield Stress in a Stirred Vessel Equipped with a Concave Impeller.", International Symposium on Mixing in Industrial Processes VII (ISMIP 7th) 18th-22nd Sep., 2011 Beijing (China)
- ③ M. Kaminoyama, A. Yonezawa, K. Kitahara, Y. Suzuki, R. Misumi, K. Nishi, "Effects of Aeration on the Flow and Mixing States of Fluids Possessing Yield Stress in a Stirred Vessel when a Cavern Region Occurs", 3rd Asian Conference of Mixing (ACOM2010), B06, (19th-22nd Oct., 2010) Jeju (Korea)

[その他]

ホームページ等

<http://www.kaminoyamalab.ynu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上ノ山 周 (KAMINOYAMA MEGURU)

横浜国立大学・工学研究院・教授

研究者番号: 50233945

(2) 研究分担者 なし
()

研究者番号：

(3) 連携研究者 なし
()

研究者番号：