

# 論文内容要旨 (和文)

平成 15 年度入学 大学院博士後期課程

物質生産工学 専攻 エネルギー環境工学 講座

学生番号 03522205

氏 名 西尾 拓



(英文の場合は、その和訳を ( ) を付して併記すること。)

論文題目 通気量がきわめて多い場合の通気攪拌操作に関する研究

通気攪拌槽を用いた気液分散は化学工業及び発酵工業において一般的に用いられている操作であり、多くの研究がなされてきた。しかしながら、通気量の多い操作においては、フラッシングが生じ、気液分散が良好に行えないことが知られている。

本研究では、通気量のきわめて多い気液分散における攪拌操作の提案を目的として検討を行った。液体としてイオン交換水、気体として窒素ガス及び空気を用いて、通気量 0~25vvm におけるディスクタービン翼 (気液分散に対し最も一般的に用いられている攪拌翼)、スカパー翼 (改良型である湾曲型ディスクタービン翼)、傾斜パドル翼 up-pumping (今回提案の攪拌翼) の気液分散性及びフラッシング抑制効果について比較検討した。その結果、ディスクタービン翼及びスカパー翼が 10~15vvm でフラッシングが発生するのに対し、傾斜パドル翼 up-pumping を用いガス吹込みを向流で行なう方式は 25vvm においても攪拌動力の低下なしにフラッシングが抑制できることが明らかとなった。この現象を明らかにするために、比較としてディスクタービン翼、スカパー翼を用い、ガスホールドアップ、気液物質移動係数  $k_L a$  及び気泡径分布の測定を行った。その結果、傾斜パドル翼 up-pumping は他の 2 つの翼と比較して通気量が増加してもガスホールドアップ、 $k_L a$  とも高い値を示し、また気泡径分布に関しては通気量が増加してもほとんど変化せず、気泡の微細化を維持できることが確認できた (通気量 0~22vvm)。また気泡径分布から気液界面積  $a$  を計算した結果、他の 2 つの翼は通気量の増加により気液界面積が減少するのに対し、傾斜パドル翼 up-pumping は高い気液界面積を一定に維持できることが確認できた。今回提案の傾斜パドル翼 up-pumping の攪拌方式は攪拌所要動力が他の翼と比較して低いことから、低い動力で多くの通気量を気液混合させるのにとっても有利であることが本研究で明らかとなった。以上の傾斜パドル翼 up-pumping の高い気液分散性能は、傾斜パドル翼 up-pumping 特有のフローパターンと気液の衝突による気泡微細化により達成されており、つまり通気量が増加しても安定に供給できる液流動と、気体を攪拌翼で一時トラップすることなく広い分散場を利用した気液分散が通気量のきわめて多い場合における高い気体保持力、気体微細化、気液物質移動そしてフラッシング抑制を可能にしていると考えられる。

この攪拌操作は、化学工業における希釈ガスによる反応のマイルド化及び高い酸素移動を要求するバイオリアクターへの応用が期待できる。

# 論文内容要旨 (英文)

平成 15 年度入学 大学院博士後期課程

物質生産工学 専攻 エネルギー環境工学 講座

学生番号 03522205

氏 名 西尾 拓



論文題目 Gas-Liquid Mixing for Extraordinary Large Gas Flow Rates  
by Pitched Blade Paddle Up-Pumping

The agitated vessels with aeration are widely used in chemical and biochemical processings and a lot of studies have extensively been done. However, it is known at large gas flow rate condition flooding occurs and gas-liquid mixing becomes inadequate.

Gas-liquid mixing at extraordinary large gas flow rates was investigated for the pitched blade paddle to create upward flow in addition to the Rushton disc turbine and Scaba SRGT impellers, which are common for gas-liquid mixing. It was found that, by dispersing gas from ring sparger set above the impeller against the flow created by the pitched blade paddle up-pumping, the flooding does not occur and the aerated power does hardly decrease even at 25vvm. In order to clarify this phenomenon, the gas hold-up, mass transfer rate  $k_L a$  and bubble size distributions were investigated for the pitched blade paddle up-pumping in addition to the Rushton disc turbine and Scaba SRGT impellers. As a result, the pitched blade paddle up-pumping gives enhanced gas hold-up and  $k_L a$  at large gas flow rate compared to DT and SRGT. Also the distributions of bubble size by pitched blade paddle up-pumping can be kept small, even if gas flow rate increases. These enhancement performance is achieved by the stable upward liquid flow by impeller and using large distributing space in a vessel without holding gas by impeller temporarily. Consequently, it becomes possible to disperse large gas volume keeping small bubble size and avoid flooding.

This gas-liquid mixing method can be used for the mild reaction by using a large dilute gas in chemical processing and the bioreactor which requires high oxygen movement.

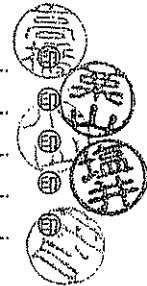
# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 18 年 2 月 27 日

理工学研究科長 殿

## 課程博士論文審査委員会

主査 ..... 高橋 幸司 教授 .....  
副査 ..... 栗山 雅文 教授 .....  
副査 ..... 小山 清人 教授 .....  
副査 ..... 塩井 章久 助教授 .....  
副査 ..... 宍戸 昌広 助教授 .....



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

## 記

### 1. 論文申請者

専攻名 ..... 物質生産工学 ..... 専攻  
氏 名 ..... 西尾 拓 .....

### 2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

.....  
..... 通気量がきわめて多い場合の通気攪拌操作に関する研究 .....  
.....

### 3. 学位論文公聴会

開催日 ..... 平成 18 年 2 月 24 日 .....  
場 所 ..... 山形大学 V.B.L. 3.F 秦ホール .....

### 4. 審査年月日

論文審査 ..... 平成 18 年 2 月 21 日 ~ 平成 18 年 2 月 27 日 .....  
最終試験 ..... 平成 18 年 2 月 24 日 ~ 平成 18 年 2 月 27 日 .....

### 5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査 ..... 合格 .....  
(2) 最終試験 ..... 合格 .....

### 6. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200 字程度)

別紙のとおり

### 7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

専攻名	物質生産工学 専攻	氏名	西尾 拓
学位論文の審査結果の要旨			
第一章「緒論」			
本研究の背景と目的について述べた。			
第二章「既往の研究」			
調査した既往の研究について述べ、本研究の立場を明確にした。			
第三章「通気量が多い場合の攪拌方式の提案」			
通気量が多い系においては傾斜パドル翼 up-pumping は従来の気液分散に使用されている翼（ディスク・ビン翼、スカバ翼）に比べてフラッティング抑制に優れることを明らかにした。			
第四章「傾斜パドル翼 up-pumping の操作条件の影響」			
傾斜パドル翼 up-pumping の攪拌速度を高め、攪拌翼とリングスパージャー間隔を広げることが、より槽底面まで気液分散を可能にできることを明らかにした。			
第五章「傾斜パドル翼 up-pumping の気液混合特性」			
傾斜パドル翼 up-pumping は、ディスク・ビン翼、スカバ翼と比較して、通気量が多い場合に優れた気液物質移動係数 $k_L a$ 、気液界面積 $a$ を示し、また通気量が増加しても気泡径分布がほとんど変化せず、気泡の微細化が維持できることが明らかにした。			
第六章「RFLOW 流動解析」			
通気量が多い系の流動解析の結果、液流速ベクトル・剪断応力分布・体積分率分布とも通気量が多くなると実験結果と大きなズレが生じ、シミュレーションの限界範囲を明確にした。			
第七章「総括」			
各章の研究によって得られた結論をまとめ、今後の展望について考察した。			
【論文】			
西尾拓、高橋幸司、渋谷純一、的場誠二；「通気量がきわめて多い場合の通気攪拌操作」、化学工学論文集, 30, 721-725 (2004)			
Nishio, T. and K. Takahashi ; "Gas-Liquid Mass Transfer Coefficient of Pitched Blade Paddle Up-Pumping at Extraordinary Large Gas Flow Rates," <i>J. Chem. Eng. Japan</i> , submitted			
Nishio, T. and K. Takahashi ; "Bubble Size Distributions near Vessel Wall in a Gas Sparged Vessel Agitated by Pitched Blade Paddle Up-Pumping," <i>J. Chem. Eng. Japan</i> , submitted			
【国際会議 発表】			
7th World Congress of Chemical Engineering, "Gas-Liquid Mixing Characteristics of Pitched Blade Paddle Up-Pumping at Extraordinary Large Gas Flow Rates", Glasgow, Scotland (July 2005)			
1st Asian Conference on Mixing, "Gas-Liquid Mixing Characteristics of Pitched Blade Paddle at Different Clearances between Impeller and Sparger," Shanghai, China (November 2005)			
以上公聴会発表を含めて総合的に判断し、本論文が博士論文として十分なものと認め、よって合格と判定した。			
最終試験の結果の要旨			
通気量の多い通気攪拌操作の提案を目的とした研究において、攪拌翼として傾斜パドル翼 up-pumping を用い、ガス吹き込みを向流で行なう方式、つまり攪拌翼上部で液流動と気体の衝突により気液分散を行う方式が通気量の多い場合 (0-25vvm) においても攪拌動力の低下なしにフラッティング抑制が可能であることを明らかにした。また気液混合特性 (ガスホルトアップ量、物質移動係数 $k_L a$ 、気泡径分布) について、従来の気液混合に適するものと考えられていた攪拌翼 (ディスク・ビン翼、スカバ翼) と比較検討した結果、いずれの気液混合特性においても通気量の多い場合には傾斜パドル up-pumping が優れていることを明らかにし、また流動解析との整合性を確認した。			
以上の研究内容及び関連分野について最終試験を行った結果、能力は十分であると認め、よって合格と判定した。			