

# 論文内容要旨 (和文)

平成23年度入学 大学院博士後期課程

バイオ工学専攻 バイオ化学分野

氏 名 野辺 善仁



## 論文題目 自転公転式攪拌脱泡機に関する研究

攪拌操作は、製造・工業・化学分野と様々な分野で用いられるが、攪拌の際、界面からの気泡混入や攪拌翼のキャビテーションにより気泡の混入があり、品質に悪い影響を及ぼすことがある。従来の脱泡法は、静置、減圧、加熱、遠心力、薄膜化を使用した操作が多く利用されてきたが、操作時間が長い、成分が揮発、分離等の問題があり、特に極端に粘度の高い液体やチキソトロピー性の液体中に分散した気泡を除去することは困難である。このような背景によって効率的な脱泡装置の要求が高まっており、筆者は高粘度液体から効率的に攪拌脱泡を行う方法として自転公転式攪拌機に着目した。自転公転式攪拌機とは、試料を入れた容器を $40\sim 45^\circ$ の傾斜を保ち公転と共に自転を行う遊星軌道の機能を追加した攪拌機で、攪拌翼を持たず遠心力で攪拌と脱泡を同時に行えるのが特徴である。しかし従来の装置は、機構がギヤやタイミングベルト等複雑だった為、一つのモーターでシンプルな機構より遊星軌道のように自転と公転の遠心力を発生させることができる自転公転式攪拌装置を開発した。この自転公転式攪拌機の特徴とされる脱泡の効果を従来の方法と比較した報告は無く、また、その脱泡のメカニズムは明らかになっていない。また、自転公転比についても報告は市販の装置を用いた実験機器にとどまり、本質的な装置のメカニズムや基礎的なデータを示したものはほとんどない。

そこで本研究では、一つのモーターからなる自転公転式攪拌脱泡機及び、自転公転比を可変でき可視化できる実験装置を用いて、自転と公転の最適比を求め、自転公転式攪拌装置の優位性を証明することを目的とした。

第1章「緒論」では、本研究の背景として製造工程での脱泡の需要が多く自転公転式攪拌機の将来性と研究課題について示す。

第2章「自転公転式攪拌装置による高粘度流体中からの脱泡特性」では、開発した一つのモーターでシンプルな機構で自転と公転の遠心力を発生させることができる遊星式攪拌装置を用いて、優れた特性である脱泡の効果を従来の方法と比較した。特にshear-thinning性を示す材料の脱泡は、遠心脱泡に比べて約 $1/250$ の時間で、かつ $1/150$ 以下のエネルギーで脱泡が可能であった。また、遠心脱泡と比較することにより攪拌と脱泡を同時に行なわれている状況が確認出来た。油粘土を用いた混練の結果では、底面は渦状の様子が確認でき、断面カットの写真では徐々に渦の間隔が狭くなり攪拌が完了していくことが確認出来た。以上より自転公転操作では効率的に脱泡と攪拌が同時に行われるメカニズムが明らかになった。

第3章「自転公転式攪拌装置における自転公転の速度比の影響」では自転公転式攪拌機を用いて粉碎を行う場合、容器の中にボールをいれたと想定し、自転のボールが公転遠心力により壁側に飛び出し衝突した時に最大エネルギーが発生する考え、自転と公転の速度比の最適比について理論式が導かれている。この考え方は液体の攪拌作用にも応用可能と思われ、本研究では、自転と公転の速度比に関して攪拌性能にどのような影響があるのか調査した。これらの検証を行う為に、自転と公転にそれぞれ独立したモーターを設置した実験機

を製作し、液体を入れる容器は透明の亚克力樹脂で製作し、可視化ができる様に工夫を行っている。試料は、ニュートン流体の水と100、200 mPa・sに調製した水あめを使用し、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムを用いた脱色の過程を動画カメラで録画し時間を計測し攪拌の最適な自転公転比を調査した。

理論式での自転公転比は、当実験機では、公転1に対して自転1.4となる。これに対して実験結果は、水、水飴100、200 mPa・sともに公転1に対して自転は1.4より大きい1.6以上で最短時間にて攪拌完了となる傾向がある。ニュートン流体の低粘度 (1~200 mPa・s) 域で自転公転比が1:0.8~1.8においてはRCP値が大きくなるに従い攪拌時間が短くなる傾向があることが分かり、新たな指標となる最大RCP値との関係性を明らかにした。

以上より自転公転式の攪拌脱泡プロセスにおける二つの大きな課題を解決する指標が出来たと確信している。今後は、新たな新素材の開発プロセスに対応出来るように従来技術との組合せにより発展させていきたいと考える。

# 論文内容要旨 (英文)

平成23年度入学 大学院博士後期課程

バイオ工学専攻 バイオ化学分野

氏 名 野辺 善仁



論 文 題 目 Study on rotation-revolution mixing and defoaming machine.

The mixing operation is used in various fields such as manufacturing, industrial and chemical process. Bubbles contained in commercial products during mixing process may damage their quality. Static, vacuum pumping, heating, centrifugal force and thinning methods are used for the conventional degassing operation. However, they can bring some problems including long operation time, components volatilization and separation. The defoaming operation is difficult especially for highly viscous or rheological complex liquids. In the present study, I have focused on rotation-revolution mixing as a method for efficient mixing and defoaming highly viscous liquids.

The rotation-revolution mixer is the mixing device which achieves mixing and defoaming at the same time by centrifugal force although mixing blades are not equipped. During mixing process, vessels keep with a tilt angle of 40 to 45° to rotate at a planetary orbit. Since the machinery of the conventional device is complicated, I have developed a rotation-revolution mixer that generates centrifugal force of rotation and revolution by a simple system. There are few reports defoaming ability and mechanism including rotation revolution ratio. The purpose of the present study is to show the suitable defoaming conditions and mechanism. The outline of the present thesis is as follows.

The background and subjects of this study is described in Chapter 1.

In Chapter 2, we compared the defoaming ability of a rotation-revolution mixer with a single motor with the conventional methods. It was possible to defoam from shear-thinning material by the rotation revolution device in 1 / 250 of shorter time and 1/150 of less energy than normal centrifugal defoaming method.

In chapter 3, the optimum rotation revolution ratio was derived based on a theoretical model. To validate the actual optimum ratio of rotation and revolution, water and aqueous with the viscosity of 100, 200 mPa · s were used as the liquid medium, and the decolorization time was measured by a motion picture camera.

Theoretically, the optimum rotation revolution ration of this experimental machine is 1.4. However, the experimental results show that the mixing of all three kinds of liquids were completed in a minimum time at rotation revolution ratio of 1.6. As the RCF increases, the mixing time tends to be shorter.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 29 年 8 月 10 日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 野々村 美宗

副査 木俣 光正

副査 宍戸 昌広

副査 高橋 幸司



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

論文申請者	専攻・分野名	バイオ工学専攻・バイオ化学分野	氏名	野辺 善仁
論文題目	自転公転式攪拌脱泡機に関する研究			
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 29 年 7 月 25 日～ 平成 29 年 8 月 10 日	
論文公聴会	平成 29 年 8 月 10 日	場 所	工学部 3 号館 2206 教室	
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 29 年 8 月 10 日	
学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)				
<p>攪拌操作は、さまざまな工業の分野で用いられるが、攪拌の際、攪拌翼のキャビテーションにより気泡が混入し、品質に悪い影響を及ぼすことがある。そのため効率的な脱泡装置の要求が高まっていた。申請者は高粘度液体から効率的に攪拌脱泡を行う方法として自転公転式攪拌機に着目した。自転公転式攪拌機とは、試料を入れた容器を公転と共に自転を行う遊星軌道の機能を追加した攪拌機で、攪拌翼を持たず遠心力で攪拌と脱泡を同時に行える。しかし従来の装置は、機構が複雑だったため、一つのモーターでシンプルな機構より自転と公転の遠心力を発生させることができる自転公転式攪拌装置を開発した。本研究では、自転公転式攪拌脱泡機を用いて、自転と公転の最適比を求め、自転公転式攪拌装置の優位性を証明することを目的とした。</p> <p>第 1 章「緒論」では、本研究の背景として製造工程での脱泡の需要、自転公転式攪拌機の将来性と研究課題について示した。</p> <p>第 2 章「自転公転式攪拌装置による高粘度流体中からの脱泡特性」では、一つのモーターで自転と公転の遠心力を発生させることができる遊星式攪拌装置の脱泡の効果を従来の方法と比較した。また、油粘土を用いた混練の結果では、底面は渦状の様相が確認でき、断面カットの写真では徐々に渦の間隔が狭くなり攪拌が完了していくことが確認出来た。</p> <p>第 3 章「自転公転式攪拌装置における自転公転の速度比の影響」では、自転と公転に比に関して攪拌性能にどのような影響があるのか調査した。理論式により自転公転比は、公転 1 に対して自転 1.4 であることが最適であることが示されたが、本研究で行った実験でもおおむね同様の結果が確認された。</p> <p>本学位論文の内容を主査及び副査が精査し、本研究テーマの新規性・独自性、学位論文の構成・記述の的確さが認められたことから、本学位論文は審査基準を満たしているものと判断し、合格と判定した。また、本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。</p>				
最終試験の結果の要旨				
<p>最終試験では、学位論文を中心として、物理化学・化学工学に関する事項について口頭で試験を行い、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していることが確認されたため、合格とした。</p>				