

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 _____ 野村 俊夫



論 文 題 目 リアルタイム計測システムを有する次世代ラボ用攪拌機の開発

嘗てのラボ用攪拌機は、露出された整流子部から火花が飛び散る状態が多く見受けられた。このような攪拌機を使用中に火花が原因で火災が発生して、研究室を消失すると言った事故が見受けられたそうである。これは、理化学機器製造に携わっていた筆者の先代が偶然、現場に立ち会った実体験である。火災の後、この会社より火災を発生させない安全な攪拌機の開発を委ねられた。

筆者は、昭和 50 年代より「安全を守る攪拌機」を念頭にこの開発に加わることとなった。昭和 48 年の第 4 次中東戦争に端を発した第一次石油危機により石油をはじめ、化学製品の価格高騰、これに伴う需要の減退といった経済状況の中であったが、石油、化学工業では、研究費の大幅な削減をされることなく理化学機器全般の成長は、とどまることはなかった。

ラボ用攪拌機もメンテナンスフリーの直流ブラシレスモータの採用、過負荷安全装置、サーマルプロテクターなどの装備がなされてきた。その後、フィードバック制御が実用化されてきた。このフィードバック制御は、負荷電流値とトルク値との相関を予め取っておくことにより攪拌中のトルク値をおおよそ把握することができる事となった。これは、あくまでも換算値に過ぎないが、この方式は、安価なため、現在でも多く用いられている。

これらは、石油、化学、医薬、食品工業などにおいて、溶解、分散、反応などを促進させる攪拌実験のひとつのツールとしてのラボ用攪拌機の経緯である。

このように火花が散る攪拌機から安全で攪拌トルクを把握できる攪拌機まで進化した経緯の経験と現在、企業、研究機関の研究開発、生産技術部門などの要望を集約して、本研究「リアルタイム計測システムを有した次世代ラボ用攪拌機の開発」を行った。(以降、ラボ用攪拌機を非定常攪拌実験装置とする。)

本研究の成果を下記の通り、実験事例を含めて紹介する。

① 非定常攪拌実験装置の詳細

既存攪拌機の仕様を詳細に調査した結果を示し、これらの仕様を網羅した非定常攪拌実験装置の機構、機能、システム、データ収集方法、仕様に関して詳細に紹介する。

② $Np-Re$ 動力曲線の自動作成

攪拌実験に於いて、 $Np-Re$ 動力曲線の必要性、本研究で開発した $Np-Re$ 動力曲線の自動作成機能の紹介そして、粘度の異なる $Np-Re$ 動力曲線の合成方法を実施例を元に紹介する。

③ 定常攪拌と非定常攪拌

本研究では、混合完了までの総消費動力に着目し、非定常攪拌実験装置を用いて、定常攪拌とカオス混合を伴う非定常攪拌で、脱色実験による脱色までの時間に要する単位体積当たりの動力 (Pv) の総和を求めることで、最適 ECO モードを設定するための手法を提案する。

④ Pv 一定による攪拌操作の開発

本研究で開発した非定常攪拌実験装置の P_v 一定機能を用いることにより、従来からの P_v 一定攪拌手法よりも非常に効率の良いデータの収集が可能となった。従来からの手法は、攪拌条件（槽、翼、液粘度・密度など）から目的とする P_v 値をもとに回転数を求め、その回転数で実際に攪拌を行い、攪拌トルクを求め、この数値より計算にて目的とした P_v 値になるか否かの確認を行う。または、ある回転数において攪拌トルクを測定して、このトルクから P_v 値を求め、目的とした P_v 値に合致するまで回転数を変化させて条件を見つけ出す。このような作業が必要であった。これらの P_v 一定攪拌の操作は、粘度変化の起こらない系であれば有効ではあるが、反応系の場合、刻一刻液体の粘度が変化するため、逐次 P_v 一定の操作を行うことは、不可能である。本研究で開発した非定常攪拌実験装置は、攪拌中の回転数とトルクを測定して、設定されたサンプリング時間（0.5sec～）毎に動力（ P ）、動力数（ N_p ）、単位体積当りの動力（ P_v ）、レイノルズ数（ Re ）の各データを演算処理する特徴を持っている。この特徴によりサンプリング時間（0.5sec～）毎に P_v 値を監視できることとなった。以上の機能の有効性を示すために酢酸エチルにブチルアクリレートを滴下し、反応開始剤としてアゾビスイソブチロニトリルを使用して反応による粘度変化を生じさせる実験を行った。この際、ターゲット P_v 値を設定して、常に P_v 値を監視しつつモータの回転数を制御させて、設定 P_v 値を一定に保つ機能とこの実験時間内（最大 120 時間）で収集されたすべての諸データ（動力（ P ）、動力数（ N_p ）、単位体積当りの動力（ P_v ）、レイノルズ数（ Re ）、粘度（換算値））を紹介する。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 28 年 2 月 9 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

副査 野々村 美 宗

副査 堀 田 純 一

副査 松 田 圭 悟



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 | 野村俊夫 |
| 論文題目 | リアルタイム計測システムを有する次世代ラボ用攪拌機の開発 | | | |
| 学位論文審査結果 | 合格 | 論文審査年月日 | 平成 28 年 2 月 2 日～ 平成 28 年 2 月 9 日 | |
| 論文公聴会 | 平成 28 年 2 月 9 日 | 場 所 | 工学部 3-4202 教室 | |
| 最終試験結果 | 合格 | 最終試験年月日 | 平成 28 年 2 月 9 日 | |

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

本論文は企業や大学等の研究室にて使用するラボ用の攪拌機の開発を目的としている。すなわちリアルタイム計測システムを有し、正転逆転、ステップ状あるいはスロープ状の変化等を始めとする任意の攪拌モードが設定可能で、加えてスケールアップや混合性能の指標となる任意の単位質量当りの動力での操作ができる機構が組み込まれている。このシステムをストレインゲージが軸に取り付けられた高性能トルクメータと遊星ギアを組み合わせることにより実現した。

研究においては広いレイノルズ数域にて対象とする攪拌翼の攪拌所要動力を知る必要があり、したがって動力曲線を求めることが基本事項となる。本装置では、粘度の異なる 6 種類程度の流体に対して簡単な実験を行うことによりこの曲線を自動的に作成する計算手法を組み込んでいる。

また、幾つかの本装置でしか設定出来ない攪拌モードにて液体混合実験を行い、スロープアップ&ダウンモードが最も省エネルギーで混合出来ることを明らかにした。このモードは今までに研究されていないモードであり、今後の研究のきっかけを与える発見である。

さらに単位質量当りの動力一定の条件で、反応の進行に伴い粘度が変化する系に対して検討を行った所、単位質量当りの動力に応じて製品物性を制御出来る可能性が明らかとなった。

なお、本研究を通じて動力曲線を作成する手法、さらには単位質量当りの攪拌所要動力を一定にする際の制御の仕方について改良すべき点を明らかにしている。

本研究は既に発表している 13 の論文 (当該論文とはしない) で行った実験の際にラボ用攪拌機で問題となった事項を解決すべく提案されたものであり、これに関係する国内登録特許 1 件、筆頭論文 1 報、国際会議 1 件により公表しており、審査基準を満たしている。また、学術的並びに工業的意義は極めて高いものと判断している。

以上の結果より本論文は博士後期課程博士論文審査基準を十分満たしているものと認め、合格と判定した。

最終試験の結果の要旨

学力確認は、博士論文公聴会における質疑応答と口頭諮問を通じて、博士論文に関連する内容及び当該専攻分野の内容について実施した。その結果、博士として必要とされる専門知識並びに学力は十分なものと認められた。

外国語科目 (英語) については、英語による筆頭論文 3 報 (当該論文以外) などから十分であると判断した。

これらに基づき審査委員による審議の結果、合格と判定した。