

# 論文内容要旨（和文）

平成24年度入学 工学 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 万 勘



論文題目 The hydrodynamics and mass transfer for multiple-impeller systems in stirred tank bioreactors (多段翼攪拌槽型バイオリアクターの流動と物質移動)

気液分散や混合操作は化学工業はもとより食品工業、生化学工業そして薬品工業など様々な分野のプロセスに幅広く利用されている。気液を攪拌するプロセスにおいて、系の流体力学の特性と物質移動係数は攪拌槽内のスパージャーの種類や邪魔板の構造、多段攪拌翼の配置ならびに、溶液と操作パラメータの影響を受ける。本論文はスパージャーならびに、邪魔板と多段攪拌翼の配置が攪拌所要動力やガスホールドアップならびに物質移動係数に与える影響を検討した後、バイオプロセスに適した効果的な配置を提案する。本実験の測定では、3つ種類の流体（水道水、0.5M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>水溶液ならびに0.5%CMC水溶液）を用い、0.29 mの内径を有する皿底の攪拌槽を用いて行なった。具体的な研究は、以下の実験によって行った。

気液系における流体力学ならびに物質移動係数に与えるスパージャーの影響を調べるために、新しいタイプの、異なるサイズや個数の通気孔を持つ三種類の馬蹄型スパージャーを使用した。一方、異なる通気方法も検討した。実験結果は大きなサイズの通気孔を持つ馬蹄型スパージャが良好なガス分散能力に達成することができなかったことを明らかにした。通気方法を、槽下部に向けて通気（ポンプダウン）することで良好なガス分散能力が得られ、系の物質移動係数を向上させることができた。データを比較した結果、高いガス流量で馬蹄型スパージャーを用いた場合、他の研究者によって使用されているリングスパージャーよりも50%高い物質移動係数を得ることができることを見出した。

邪魔板に関して、4つ、6つ、8つのグループで配置した垂直二列管状コイルバッフルを検討した。その結果は4つの平板邪魔板のものと比較した。单一相の実験において单一攪拌翼を用いた場合、コイルバッフルが低い動力数を与えることを示した。邪魔板条件パラメータが0.12以上の時、混合効率は4つの平面バッフルの場合と同様になる。気液系における消費動力やガスホールドアップならびに物質移動係数、円周方向の多段攪拌翼の組み合わせと軸方向ならびに円周方向の多段攪拌翼の組み合わせにおいて、従来の4つの平面バッフルをコイルバッフルに交換することで、高ガス流量の場合に

氏名 万勲

大きな消費動力を要することがわかった。エネルギーでは、コイルバッフルは平面バッフルを使用する場合よりも、多くの散逸エネルギーを系に転送する可能だ。系のガスホールドアップ及び物質移動係数は、コイルバッフルを備えた系では平面バッフルを備えた系よりも大きくなつた。軸方向多段攪拌翼に対しては、コイルバッフルを用いたところ、系内のガス分散能力は低下するが、 $k_{La}$  値には影響が無いことを明らかにした。

本論文では多段攪拌翼の配置が攪拌槽内の流体力学ならびに物質移動係数へ与える影響を検討した。多段攪拌翼構成異なる配置におけるローディング状態からフラッディング状態に移行する時の局所  $k_{La}$  を測定した。ここで翼は上段ならびに中段に大きな翼を、下段に单一円周方向の翼を配置した。この系の攪拌所要動力と  $k_{La}$  値組む合わせることで、このように翼を配置した系が広い速度ならびにガス流量範囲に対して、均一な物質移動係数の分布となることがわかった。

最後に、ガスホールドアップならびに物質移動係数のデータを整理し、信頼性の高い新たな式の提案を行つた。

# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 27 年 8 月 4 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 印  
副査 山本 修 印  
副査 宮戸 昌広 印  
副査 印  
副査 印

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	バイオ工学専攻・バイオ化学分野 氏名 万 勲		
論文題目	The hydrodynamics and mass transfer for multiple-impeller systems in stirred tank bioreactors (多段翼攪拌槽型バイオリアクターの流動と物質移動)		
学位論文審査結果	合 格	論文審査年月日	平成 27 年 7 月 28 日～ 平成 27 年 8 月 4 日
論文公聴会	平成 27 年 8 月 4 日	場 所	工学部 3 号館 2307 号室
最終試験結果	合 格	最終試験年月日	平成 27 年 8 月 4 日

## 学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

液体混合操作の一つである気液分散は化学工業はもとより食品工業、生化学工業、薬品工業等、あらゆるプロセス工業で幅広く用いられている。気液を混合するプロセスにおいて、系の流動特性と物質移動は攪拌装置のスパージャーや邪魔板の構造、多段攪拌翼の配置並びに、対象とする流体と操作条件の影響を受ける。本論文はスパージャー並びに邪魔板と多段攪拌翼の配置が攪拌所要動力やガスホールドアップ並びに物質移動に与える影響を検討した後、バイオプロセスに適した効果的な配置を提案している。

気液系における流体力学ならびに物質移動係数に与えるスパージャーの影響を調べるために、新しいタイプの、異なるサイズや個数の通気孔を持つ三種類の馬蹄型スパージャーを提案した。さらに従来とは異なる通気方法についても検討をした。その結果、大きなサイズの通気孔を持つ馬蹄型スパージャーが良好なガス分散能力を示す事が明らかとなった。また、槽下部に向けて通気することにより良好な分散状態が得られ物質移動が向上する事ができた。

邪魔板に関しては 4、6 並びに 8 本の垂直二列管状コイルバッフルを提案して、通常の 4 枚平板バッフルと比較検討を行った。無通気条件で一段翼について検討した所、通常の邪魔板と比較して小さな動力を与える事が明らかとなった。多段良く攪拌槽に対して気液混合を行った所、所要動力、ガスホールドアップ並びに物質移動係数において良好な結果を与える事が明らかとなった。特に、通気量が大きい場合に通気に伴う動力の低下が極めて小さく、良好な気液混合状態を与える事が明らかとなった。

加えて、ガスホールドアップ並びに物質移動係数に関して、信頼性の極めて高い新たな相関式を提案する事ができた。

これらの研究成果は、1報の論文 (英文誌 Can. J. Chem. Eng. (Canadian Journal of Chemical Engineering)) として専門学術誌に掲載されており、またもう一報を現在投稿中 (Chemical Papers) である。加えて国際会議 (ISMIP 8 (International Symposium on Mixing in Industrial Processes VIII), (Melbourne, Australia)) にて口頭発表を行い、高い評価を得ている。本論文で得られた成果はプロセス工業における新たな装置として期待されている。

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

本学の規定に従い、本論文および関連分野に関して口頭発表 40 分並びに質疑応答 30 分の最終試験を行った。その結果、学位論文の内容ならびに関連分野に関する知識・理解度は十分であり、博士として必要とされる専門知識並びに研究能力を十二分に備えているものと判断すると共に、学術誌への 1 報の掲載並びに国際会議での 1 回の口頭発表等、論文の内容も優れているものと判断し合格とした。