

# 論文内容要旨 (和文)

平成 20 年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学

氏名 楊 濤



論文題目 Mixing Performance in a Horizontal Stirred Vessel using 6-blade Disc Turbine impeller (横型攪拌槽における6枚翼ディスクタービンの混合特性の検討)

攪拌・混合操作は化学工業はもとより食品工業、生化学工業、薬品工業、そして高分子工業などあらゆる分野のプロセスに幅広く利用されており、多くのプラントに攪拌装置が頻繁に見受けられる。これらの諸工業では、対象とする物質は千差万別であるため、攪拌・混合操作の目的も多岐に渡っている。そこで現在までプロセスに適用させるため、様々な形の攪拌装置が検討されてきた。その一例として鋳業の分野では横型攪拌槽が広く用いられている。横型攪拌槽はコストが極めて低いにもかかわらず、優れた混合能力を有する利点がある。しかしながら、従来の研究では横型攪拌槽の混合に関する知見が少ないのが現状である。そこで、本研究では横型攪拌槽の混合特性を明らかにすることを目的とした。

攪拌槽における混合特性は攪拌槽と攪拌翼の形状と密接に関連している。本研究では低粘性ニュートン流体を用い、邪魔板付並びに邪魔板の無い横型攪拌槽と一般に用いられる縦型攪拌槽において、翼の傾斜角の異なる6枚翼ディスクタービンの消費動力、混合時間、フローパターンと粒子浮遊状態に関する特性を検討した。即ち三種類の攪拌槽において実験とシミュレーションを行い、混合特性値の比較を通して、横型攪拌槽の優位性を示した。この結果、以下に示す事項を明らかにした。

消費動力は工業生産にとって非常に重要な要素の一つである。今回はトルク計を用い、三種類の攪拌槽における6枚翼ディスクタービンの消費動力について検討し、6枚翼ディスクタービンの傾斜角と消費動力の関係を明らかにした。また、実験からの消費動力数は二つの代表的な計算方法で計算した数値と比較し、横型攪拌槽における消費動力を相関した。その二つの計算方法の一つは相関式であり、1957年に永田氏が報告した式と1995年に亀井・斉藤氏が報告した式を採用した。その式中には邪魔板付並びに邪魔板の無い二つの場合に関する式を含む。もう一つは論文に掲載されている動力数に基づいた計算方法である。その結果に基づき、攪拌翼を設置する位置が消費動力に与える影響を検討した。

混合時間は攪拌装置の効果を評価する重要な基準となる。混合時間とはトレーサーを加えた瞬間か

ら槽内の内容物が系が混合したと判断できるある均一度に到達するまでの時間である。本研究は流体のレオロジー特性が攪拌槽の混合に及ぼす効果をヨウ素とチオ硫酸ナトリウムの酸化還元反応を用いて実験的に調査した。三種類の攪拌槽における様々な傾斜角の6枚翼ディスクタービンの混合時間について検討し、反応の状態を写真で記録し、同一な消費動力では、横型攪拌槽が最も短い混合時間を示した。また同じ消費動力における混合時間と攪拌翼の傾斜角の関係を明らかにした。

CFD (Computational Fluid Dynamics) に基づき攪拌槽の流動解析が盛んに行われている。本研究でもCFDを用い、攪拌槽内の流動状態を解析した。今回用いた解析ソフトはFluent6.2であり、乱流モデルとしては標準の $k-\epsilon$ モデルを用い、RFM方法で横型攪拌槽の流動状態を分析し、6枚翼ディスクタービンの攪拌翼の傾斜角と流れの角度の関係を求めた。また、消費動力を数値シミュレーションで分析し、実験結果と比較した。更に三種類の攪拌槽において無次元軸流れの速度をそれぞれの位置で測定し、粒子の浮遊に効果のあるフローパターンを解明した。

固液混合操作の主な目的は液体中での固体粒子の分散、並びに固体粒子と液体間の物質移動を促進させることにある。粒子の全表面が液体と接しており、化学反応或は物質移動に最大表面積が供与される完全浮遊状態に着目し、流体の粘度に影響を与えないと考えられる低い粒子濃度の範囲で、浮遊実験を行った。臨界浮遊攪拌速度と消費動力を攪拌翼の設置する位置と攪拌翼の傾斜角との関数として表した。三種類の粒径と密度が違う粒子を使い、浮遊実験を行い、臨界浮遊攪拌速度と消費動力のそれぞれにおける粒径と粒子密度の関係を明らかにした。また、横型攪拌槽においては横板と円筒形のシェルの付近でサンプリングし、濃度を測定した。さらにL形のサンプリングチューブを用いた場合のデータと用いていない場合のデータの比較を行った。

以上の実験結果より横型攪拌槽において6枚翼ディスクタービンの特性が明確に示された。また横型攪拌槽が縦型攪拌槽より優れていることが明らかになった。特に省エネルギーであり、粒子浮遊が容易に行えることが注目に値する。

- (注) ① タイプ, ワープロ等を用いてください。10pt 2,000字程度(2頁以内)とします。  
② 論文題目が英文の場合は, 題目の下に和訳を( )を付して併記してください。

## 論文内容要旨 (英文)

平成 20 年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学

氏名 楊 濤



論文題目 Mixing Performance in a Horizontal Stirred Vessel using 6-blade Disc Turbine impeller

The Mixing characteristic in a stirred vessel depend on the geometrical parameters of impeller and vessel. The paper discussed the influence of the blade pitch angle of a six-blade Rushton disc turbine on the Power consumption, Mixing time, flow pattern and solid suspension in horizontal and vertical stirred vessels. Measurements for the three types of stirred vessels (diameter: 240 mm) are carried out by experiments and numerical simulations using computational fluid dynamics (CFD). The study was performed by the following experiments:

The power consumptions were measured in the 3 kinds of stirred vessels using six-blade Rushton disc turbine with various pitch angles. Comparing the power consumptions calculated by two kinds of traditional methods with the results by experiment was performed for grasping the power consumption in the horizontal vessel. The first one is using empirical formula (Nagata, 1957 and Kamei et al., 1995) and the second one is using the reported power number in some literatures. The effect of off-bottom clearance on the power consumption was studied in a horizontal vessel.

The mixing time were measured in the 3 kinds of stirred vessels using six-blade Rushton disc turbine with various pitch angles. The relationships between the mixing time and the pitch angle under the same power consumption were studied.

Simulations of the turbulent flow field are carried out using FLUEND 6.2 software for the three kinds of vessels. The correlation between blade pitch angle and flow angle were studied. The dimensionless axial velocities were measured respectively at three different horizontal levers for the three kinds of vessels.

The critical speed of solid suspension  $N_c$  and power  $P_c$  were observed by varying independently both off-bottom clearance  $C$  and the blade pitch angle  $\theta$  to give two correlations for each of the variables. Axial concentration profiles near to flat sides head and cylindrical shell for six-blade Rushton disc turbine with various pitch angles were studied in the horizontal vessel without baffles. And solid concentrations were measured using sampling tube with L-shaped tip and without L-shaped tip.

The advantages of the horizontal vessel were proved by the above experiments.

- (注) ① タイプ, ワードプロ等を用いてください。12ptシングルスペース300語程度とします。  
② 論文題目も英文としてください。