

Title	降状応力を有する非ニュートン流体の攪拌流動特性に関する研究
Author(s)	長舟, 誉也
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45059
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	長 舟 誉 也
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 18022 号
学位授与年月日	平成 15 年 5 月 13 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科化学系専攻
学位論文名	降伏応力を有する非ニュートン流体の攪拌流動特性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 平田 雄志 (副査) 教授 上山 惟一 教授 久保井亮一

論文内容の要旨

降伏応力をもつ流体を槽内で攪拌する際、その動力が不十分な場合には、翼周りの流動領域 (cavern) の外側に静止領域が生じる。静止領域の出現は槽内均一化の目的において好ましくない。本研究では cavern に着目し、その内部の流動状態及び動力との関係を明らかにした。

透明のカルボキシビニルポリマー水溶液での cavern 内部の流動状態は、大きく 3 つに大別される。①翼先端速度の 1% を cavern 境界と定義した cavern は実質的な流動領域を示す。②攪拌翼の中央部への pH 指示薬の注入により可視化された cavern では、攪拌翼から遠ざかるにつれ増大する見かけ粘度のため速度変化の緩やかな翼先端速度 1% 以下の占める割合が大きく、 $Re \approx 80$ において翼上部の cavern 高は液流速 1% cavern に比べ、約 1.8 倍となった。③不透明液の cavern 境界を測定することを目的に開発された電気化学的手法により、可視化 cavern の外側にも流れが存在し、それは可視化 cavern との流体交換がないことから接線方向のみの流れであることが分った。また、不透明な固液懸濁液である $CaCO_3$ スラリーに電気化学的手法を適用することができた。

液流速 1% cavern の成長と動力には密接な関係が存在する。 $Np \propto Re^{-1}$ の関係が保たれる $Re < 20$ では、cavern は成長しない。その後、 $Np \propto Re^{-1}$ の関係からずれ始めると cavern は成長し始め、動力数はいったん極小値をとった後、流動領域の拡大とともに増加する。cavern が槽内全領域にわたったときに動力数は極大値をとった。また、cavern 表面に働く降伏応力によるトルクと攪拌翼にかかるトルクとの釣り合いから導出されるトルク・バランス・モデルで良好に cavern 径を見積もることもできた。

大板 2 枚翼による 2 次元流れの数値解析の結果、実測した翼からの急激に減少する流速分布を良好に表現できる流動曲線は、実質的な流動領域での剪断応力対剪断速度との関係から相関した Bingham モデルであることが分かった。

論文審査の結果の要旨

種々の工業プロセスにおいて降伏応力を有する非ニュートン流体の攪拌混合操作が行われているが、その操作指針の確立に必要な定量的な知見については不十分な状況にある。本論文は、降伏応力流体のレオロジー物性と攪拌流動特性に関する詳細な実験結果ならびに流動域の推定に関する検討結果をまとめたものである。

論文の前半では、透明降伏応力流体としてカルボキシビニルポリマー水溶液を、攪拌翼として Rushton タービン翼を用い、攪拌翼領域への染料注入による可視化と棒状トレーサーを用いた流動域と静止域の可視化、レーザードップラー流速計による 3 次元流速測定ならびに攪拌所要動力の測定を行って、翼回転数の増加と共に流動領域 (cavern) が攪拌槽全域に至るまでの現象を詳細に調べている。その結果、流れは旋回流支配となること、翼先端速度の 1% から cavern 境界までの速度変化は非常に緩やかとなるために翼先端速度の 1% 以上の流動域が実質的な流動混合域となること、また、翼と cavern 境界に働くトルクの釣り合いより翼先端速度 1% 基準の流動領域の大きさは攪拌所要動力と良好な相関関係にあることを明らかにした。

後半では、上記流体に加えて不透明な降伏応力流体の攪拌流動特性についても検討を加えている。不透明降伏応力流体として炭酸カルシウムスラリーを用い、電極反応流速測定法を用いて cavern 境界の感度の高い測定が可能となることを明らかにした。また、回転大型平板翼によって形成される上記 2 流体の円筒内二次元流れにおいて、翼領域内も含めた詳細な流速測定と流体解析コードを用いたシミュレーション解析を行い、全般的な速度変化を良好に表すレオロジーモデルを明らかにした。この結果は見掛け粘度を用いた 3 次元流れのシミュレーション解析に対して有用な知見を与える。

以上のように、本論文は、種々の生産プロセスで扱われている降伏応力流体の攪拌混合操作に対して工学的に有用な知見を提供するものであり、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。