(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4220168号
(P4220168)
(45)発行日　平成21年2月4日(2009.2.4)　(24)登録日　平成20年11月21日(2008.11.21)

(51)Int.Cl.			F I		
B01F	7/18	(2006.01)	B01F	7/18	B
B01F	7/16	(2006.01)	B01F	7/16	L
B01F	3/12	(2006.01)	B01F	3/12	

請求項の数 13　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願2002-69042(P2002-69042)
(22)出願日　平成14年3月13日(2002.3.13)
(65)公開番号　特開2003-265941(P2003-265941A)
(43)公開日　平成15年9月24日(2003.9.24)
審査請求日　平成17年1月20日(2005.1.20)

(73)特許権者　000000941
株式会社カネカ
大阪府大阪市北区中之島３丁目２番４号
(74)代理人　100094248
弁理士　楠本　高義
(72)発明者　神田　彰久
大阪府大阪市阿倍野区旭町３－３－７－９０８
(72)発明者　鷲見　泰弘
兵庫県神戸市西区井吹台西町４丁目１６番の１

審査官　山本　吾一

(56)参考文献　特開平１０－０２４２３０（ＪＰ，Ａ）
最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体粒子を含む液体の撹拌装置及び撹拌方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
固体粒子と液体の混合液を入れる撹拌槽と、
前記撹拌槽内に前記混合液の静止液面に対して略垂直に配置した撹拌軸と、
前記撹拌軸の最下段に支持された幅広攪拌翼と、
前記幅広攪拌翼の上方に順次段状に配されて該撹拌軸に各々支持された複数の櫛状翼と、を含み、
前記幅広攪拌翼は前記攪拌槽の底部に位置し、
前記幅広攪拌翼に隣接する櫛状翼である中段櫛状翼は、該幅広攪拌翼に、前記攪拌軸の回転方向へ９０度未満の角度で先行して配置され、かつ前記撹拌軸の軸方向に該幅広攪拌翼と重なりを有し、
前記中段櫛状翼以外の櫛状翼である上段櫛状翼は、下方に隣接する櫛状翼に、前記攪拌軸の回転方向へ９０度未満の角度で先行して配置され、かつ前記撹拌軸の軸方向に該下方に隣接する櫛状翼と重なりを有し、
各前記上段櫛状翼の翼長は、下方に隣接する櫛状翼の翼長より短く、かつ、上段櫛状翼の櫛が１本で中段櫛状翼の櫛が２本であり、
撹拌の停止時に、最上段の前記櫛状翼の一部が前記混合液の静止液面から突出しない、
撹拌装置。
【請求項２】
前記上段櫛状翼が１段である請求項１に記載の撹拌装置。

【請求項３】
各前記櫛状翼の翼長が前記下方に隣接する櫛状翼の翼長の０．５～０．９倍の請求項１又は２に記載の撹拌装置。
【請求項４】
静止液面と前記最上段の櫛状翼の上端との間の距離が、前記混合液の静止液深の０～５％である請求項１乃至３のいずれかに記載の撹拌装置。
【請求項５】
前記中段櫛状翼の長手に沿い、前記撹拌軸から前記中段櫛状翼の先端部にそれぞれ向かう方向が、前記撹拌軸と垂直の方向に対し、上又は下に５～７５度の間の一定の傾きを持ち、
各前記上段櫛状翼の長手に沿い、前記撹拌軸から各前記上段櫛状翼の先端部に向かう方向が、前記撹拌軸と垂直の方向に対し、前記一定の傾きを持つ
請求項１乃至４のいずれかに記載の撹拌装置。
【請求項６】
前記一定の傾きが上又は下に２５～３５度である請求項５に記載の撹拌装置。
【請求項７】
前記撹拌槽内の壁に複数の邪魔板を縦方向に装着させた請求項１乃至６のいずれかに記載の撹拌装置。
【請求項８】
前記中段櫛状翼と前記幅広撹拌翼との、前記幅広撹拌翼の下端から前記最上段櫛状翼の上端までの軸方向の高さに対する重なり度が２．５～５％である請求項１乃至７のいずれかに記載の撹拌装置。
【請求項９】
各前記櫛状翼と前記下方に隣接する櫛状翼との、前記幅広撹拌翼の下端から前記最上段の櫛状翼の上端までの軸方向の高さに対する重なり度が２．５～５％である請求項１乃至８のいずれかに記載の撹拌装置。
【請求項１０】
請求項１～９のいずれかに記載の撹拌装置を用いた混合液の撹拌方法であって、
固体粒子と液体の混合液を撹拌槽に入れ、
該撹拌槽に配置した撹拌軸を回転させて該混合液を撹拌して該撹拌軸を中心とする渦を形成し、
該渦が形成された該混合液の液面に沿い下降する流れを生じさせ、
該下降する流れを該撹拌槽の底部で反転させて該撹拌槽の内壁面に沿う上昇する流れとなし、
該混合液の上部で再び反転させて循環させるようにした
ことを特徴とする混合液の撹拌方法。
【請求項１１】
前記固体粒子の比重が前記液体の比重より小さい、請求項１０に記載の混合液の撹拌方法。
【請求項１２】
前記固体粒子がペレット状の樹脂である請求項１０または１１に記載の混合液の撹拌方法。
【請求項１３】
前記混合液の前記固体粒子の体積濃度が１５～４２vol.%である請求項１０乃至１２のいずれかに記載の混合液の撹拌方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、層流域から乱流域における広範囲の撹拌に関し、特に固－液系の混合、固－液系の反応、固－液系の物質移動、固－液系の熱移動、気－液－固系の反応、気－液－固系

の物質移動、気－液－固系の熱移動、晶析、固定化酵素反応，担体への菌体の固定化操作、高濃度のスラリーの混合および反応，等の処理を効率良く行う為の撹拌装置及び撹拌方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

比重差のある２相以上の物質の撹拌混合を行うには、特に上下方向の強い流れを生じせしめる必要がある。そのための撹拌翼としては種々のものが用いられるが、撹拌槽の高さと径の比が大きくなるに従い、効果的に混合を行うのは難しくなる。

【０００３】

小型のタービン翼やH型翼を単独、あるいは複数設置した場合、半径方向への吐出流が強く、槽内の流れは撹拌槽の軸方向高さの中心で分離するため、上下の循環が悪くなる。また、局所的な剪断力が強くなるために、壊れやすい固体粒子、例えば固定化酵素などを反応に用いる場合には適さない。

【０００４】

傾斜タービン翼やプロペラ翼、傾斜パドル翼などを用いることにより、上下方向の軸流を発生させることもできるが、これらの撹拌翼では翼回転数を上げる必要があるため局所的な剪断力がかかること、軸流は翼近傍にのみ強く発生し、槽全体を均一に混合することは困難であることから、タービン翼を用いた場合と同様の問題を抱えている。

【０００５】

また、

Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｅｎｇｉｎｅｅｒｉｎｇ ｏｆ Ｊａｐａｎ、Ｖｏｌ．３２，Ｎｏ．１のｐ．４０－４４、１９９９に記載してある、ＫＯＪＩ ＴＡＫＡＨＡＳＨＩ ａｎｄ ＳＨＩＮ－ＩＣＨＩＲＯ ＳＡＳＡＫＩ；“Ｃｏｍｐｌｅｔｅ Ｄｒａｗｄｏｗｎ ａｎｄ Ｄｉｓｐｅｒｓｉｏｎｏｆ Ｆｌｏａｔｉｎｇ Ｓｏｌｉｄｓ ｉｎ Ａｇｉｔａｔｅｄ Ｖｅｓｓｅｌ Ｅｑｕｉｐｐｅｄ ｗｉｔｈ Ｏｒｄｉｎａｒｙ Ｉｍｐｅｌｌｅｒｓ”の中では、タービン翼及び傾斜パドル翼を用いて液体より軽い粒子を混合する撹拌条件について論じているが、この従来技術では固体粒子の体積濃度が最大で約１０．３ｖｏｌ％までと限定される。

【０００６】

一方、高粘性流体の撹拌に用いられる大型のパドル翼では、固体粒子を多く含む低粘性流体を混合する場合、撹拌消費動力が非常に大きくなり運転コストが問題となる。また、ダブルヘリカルリボン翼ではそれらの流体が撹拌翼と共廻りし、混合が促進されない。

【０００７】

例えば，これまでにも，広範囲の粘度領域において，撹拌槽内の全体混合を目的とした撹拌装置の開発が進められており，特開平８－２４６０９，特開平５－４９８９０，特開平９－７５６９９，特開平８－７１３９８，特開平７－１２４４５６などにおいては，各種パドル翼を多段に配置した撹拌翼が用いられている。しかしながら，流体が固体粒子を多く含む場合，上下に配置される多段パドル翼からなる撹拌翼を用いるとそれぞれの撹拌翼による吐出流が干渉し、槽内の軸方向の循環を大きく妨げ，必ずしも適切な撹拌操作が行えない。

【０００８】

また，特開平９－１０８５５７，特開平１０－２４２３０の撹拌装置では，ボトムパドルの上部に格子翼が配置されたものが提案されているが，固体粒子を含む流体に対しては，効果的でない場合もあり，特に撹拌軸から半径方向へ伸びる帯状の部材が存在する場合は，その部分がパドル翼と同様に吐出流を形成し，やはり上下の流れを妨げてしまう。

【０００９】

更に、特開２０００－２１０５４９においては，固体粒子の停滞を防止する装置が提案されているが，その先行技術では，固体粒子の比重が重く，槽底部に停滞する場合を想定している。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】
このように、固体と液体の二相をできるだけ均一に混合するためには、局所的な剪断力の発生を抑えつつ、上下方向の流れを発生させるとともに、その上下方向の流れには、比重差による粒子の浮力または重力に打ち勝つだけの強さがなければならない。特に、固体粒子を多量に含む流体を混合する場合は、これら粒子の停滞部が発生しないようにする必要がある。本発明は、このような流れを実現させ、固体粒子と液体の混合液を均一に混合する撹拌装置及び撹拌方法を提供しようとする。
【００１１】
【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するために、本発明の撹拌装置の要旨とするところは、
固体粒子と液体の混合液を入れる撹拌槽と、
前記撹拌槽内に前記混合液の静止液面に対して略垂直に配置した撹拌軸と、
前記撹拌軸の最下段に支持された幅広攪拌翼と、
前記幅広攪拌翼の上方に順次段状に配されて該撹拌軸に各々支持された複数の櫛状翼と、
を含み、
前記幅広攪拌翼は前記攪拌槽の底部に位置し、
前記幅広攪拌翼に隣接する櫛状翼である中段櫛状翼は、該幅広攪拌翼に、前記攪拌軸の回転方向へ９０度未満の角度で先行して配置され、かつ前記撹拌軸の軸方向に該幅広攪拌翼と重なりを有し、
前記中段櫛状翼以外の櫛状翼である上段櫛状翼は、下方に隣接する櫛状翼に、前記攪拌軸の回転方向へ９０度未満の角度で先行して配置され、かつ前記撹拌軸の軸方向に該下方に隣接する櫛状翼と重なりを有し、
各前記上段櫛状翼の翼長は、下方に隣接する櫛状翼の翼長より短く、
撹拌の停止時に、最上段の前記櫛状翼の一部が前記混合液の静止液面から突出しない撹拌装置であることにある。
【００１２】
前記上段櫛状翼は、１段であり得る。
【００１３】
各前記櫛状翼の翼長は、前記下方に隣接する櫛状翼の翼長の０．５～０．９倍であり得る。
【００１４】
前記撹拌装置においては、静止液面と前記最上段の櫛状翼の上端との間の距離が、前記混合液の静止液深の０～５％であり得る。
【００１５】
前記撹拌装置においては、前記中段櫛状翼の長手に沿い、前記撹拌軸から前記中段櫛状翼の先端部にそれぞれ向かう方向が、前記撹拌軸と垂直の方向に対し、上又は下に５～７５度の間の一定の傾きを持ち、
各前記上段櫛状翼の長手に沿い、前記撹拌軸から各前記上段櫛状翼の先端部に向かう方向が、前記撹拌軸と垂直の方向に対し、前記一定の傾きを持ち得る。
【００１６】
前記一定の傾きは、上又は下に２５～３５度であり得る。
【００１７】
前記撹拌装置においては、前記撹拌槽内の壁に複数の邪魔板を縦方向に装着させ得る。
【００１８】
前記撹拌装置においては、前記中段櫛状翼と前記幅広撹拌翼との、前記幅広撹拌翼の下端から前記最上段櫛状翼の上端までの軸方向の高さに対する重なり度は、２．５～５％であり得る。
【００１９】
前記撹拌装置においては、各前記櫛状翼と前記下方に隣接する櫛状翼との前記幅広撹拌翼の下端から前記最上段櫛状翼の上端までの軸方向の高さに対する重なり度は、２．５～５

%であり得る。
【００２０】
また、本発明の要旨とするところは、
固体粒子と液体の混合液を撹拌槽に入れ、
該撹拌槽に配置した撹拌軸を回転させて該混合液を撹拌して該撹拌軸を中心とする渦を形成し、
該渦が形成された該混合液の液面に沿い下降する流れを生じさせ、
該下降する流れを該撹拌槽の底部で反転させて該撹拌槽の内壁面に沿う上昇する流れとなし、
該混合液の上部で再び反転させて循環させるようにした
ことを特徴とする混合液の撹拌方法であることにある。
【００２１】
前記混合液の撹拌方法においては、前記のいずれかの撹拌装置を用い得る。
【００２２】
前記混合液の撹拌方法においては、前記固体粒子の比重が前記液体の比重より小であり得る。
【００２３】
前記混合液の撹拌方法においては、前記固体粒子がペレット状の樹脂であり得る。
【００２４】
前記混合液の撹拌方法においては、前記混合液の前記固体粒子の体積濃度が１５～４２vol.%であり得る。
【００２５】
【発明の実施の形態】
図１は本発明の撹拌装置１０の基本構成を示す概略図である。撹拌槽１内中心部には撹拌軸２が配設されている。符号３は２枚の幅広撹拌翼３ａ、３ｂから成る２枚パドル翼（以下パドル翼と称す）で、撹拌軸２の下端部に装着されている。符号４ａ、４ｂは、最下段に位置するパドル翼３に対して、その上に隣接する中段櫛状翼を示す。符号５ａ、５ｂは、最上段に位置する上段櫛状翼を示す。
【００２６】
中段櫛状翼４ａは、幅広撹拌翼３ａに対して４５度の角度で回転方向に対して先行させて配置され、かつ、幅広撹拌翼３ａとは、幅広撹拌翼３ａの下端から上段櫛状翼５ａ、５ｂの上端までの軸方向高さｈの４．４％の長さの重なりΔｈ$_1$を有する（図２においてΔｈ$_1$／ｈ＝０．０４４）。本明細書においては、このようなある翼と他の翼との重なりΔｈの、幅広撹拌翼３ａの下端から上段櫛状翼５ａ、５ｂの上端までの軸方向高さｈに対する割合を％で表示した値を重なり度と定義する。
【００２７】
上段櫛状翼５ａは中段櫛状翼４ａに対して４５度の角度で回転方向に対して先行させて配置され、かつ、中段櫛状翼４ａとは、ｈの４．４％の長さの重なりΔｈ$_2$を有する（図２においてΔｈ$_2$／ｈ＝０．０４４）。また、この上段櫛状翼５ａ、５ｂ形状は、中段櫛状翼４ａ、４ｂとは形状が異なり、中段櫛状翼４ａ、４ｂの外側の櫛を除いたもので、且つ、上段櫛状翼５ａ、５ｂの水平方向の翼長ｄ$_2$が、中段櫛状翼４ａ、４ｂの水平方向の翼長ｄ$_1$の６０％である（ｄ$_2$／ｄ$_1$＝０．６；図２）。尚、本明細書において、幅広撹拌翼、櫛状翼の翼長は、図２に示すように、水平方向の翼長とする。
【００２８】
邪魔板６は槽径Ｄの４．８％幅のもの２枚を槽の周方向に関し１８０度の位置に配置している。邪魔板６と槽内壁面７とは槽径Ｄの５％のギャップｄｇを設けている。底は皿型鏡板８とし、パドル翼３の下側の縁部９は、皿型鏡板８より一定の間隔ｗを保つようにしており、その間隔ｗは、ｈに対して１．８％である（図２においてｗ／ｈ＝０．０１８）。
【００２９】
邪魔板６の枚数、内壁７とのギャップｄｇおよび、パドル翼３と皿型鏡板８との間隔ｗは

、槽の大きさ、投入される粒子の大きさ、量、比重などによって変えてもよい。また、皿型鏡板８は、皿型の他、平型、欠球面型、半球面型、欠半楕円体面型においても、本発明の効果は発揮され得る。

【００３０】

図３は、本発明に係る撹拌装置１０の横断面図である。本発明に用いる撹拌槽１としては、槽内に槽外から回転駆動可能な撹拌軸２を設置し使用することができる。

【００３１】

撹拌槽１の形状としては、円筒形、円錐形、断面楕円形の円筒等が挙げられるが、良好な混合、流動を得る理由から円筒形が好ましい。また、槽の底部は液循環と流動性から下に凸の凹面鏡形の鏡板から成ることが好ましい。

【００３２】

撹拌槽１及びパドル翼３、中段櫛状翼４ａ、４ｂ、上段撹拌翼５ａ、５ｂの材質は、特に限定されることはないが材質の強度、耐熱性及び耐食性を考慮してオーステナイト系又はフェライト系ステンレス製鋼が好ましく、使用する液体により適宜選定されるが、経済的な理由から特に好ましくは、オーステナイト系ステンレス製鋼のSUS304、SUS316、SUS316Lである。

【００３３】

撹拌軸２は静止液面に対して略垂直に配置する。槽内のいずれの位置に設置しても良いが、良好な混合、流動を得る理由から槽内中心部に鉛直に設置するのが好ましい。

【００３４】

幅広撹拌翼３ａ、３ｂから成るパドル翼３は撹拌槽１の槽底部に設置され、下部は槽底部に近接しており、幅広撹拌翼３ａ、３ｂの上下幅ｈｏの、静止時の液深（静止液深）Ｈに対する比ｈｏ／Ｈは、良好な撹拌状態を得るうえで、好ましくは０．２５以上、さらに好ましくは０．３以上である。パドル翼３の翼長ｄの槽径Ｄに対する比ｄ／Ｄは、良好な撹拌状態を得るうえで、好ましくは０．３５以上、さらに好ましくは０．４５以上である。また、ｈｏ／Ｈの上限はパドル翼に対する吐出流が直ちにそのパドル翼上部に戻らない程度の高さであり、ｄ／Ｄの上限は撹拌槽１及び邪魔板６その他設備に接触するようなことがない程度の大きさである（図２）。

【００３５】

また、パドル翼３としては、従来公知の平板状のものをほぼ制限無く用いることが可能で、パドル翼３は波打った構造を有していてもかまわない。

【００３６】

さらに、パドル翼３、中段櫛状翼４ａ、４ｂ、上段撹拌翼５ａ、５ｂから成る撹拌翼全体の合計高さｈの静止液深Ｈに対する高さ比ｈ／Ｈは、良好な撹拌状態を得るうえで、０．７以上、且つ、１．０未満、さらに好ましくは０．９４～０．９６である。

【００３７】

特に上記高さ比ｈ／Ｈが０．９４～０．９６の場合には、撹拌軸２回りの液面付近にボルテックス（渦）が形成され、固体粒子を含む流体の巻き込みを促進するという点で有利となる。

【００３８】

ここで、ボルテックスとは、撹拌翼の回転によって槽内の液体が回転運動し、その結果、槽中心付近の動圧が低下することによって撹拌槽中心付近の液面が槽底部方向へ凹む現象を言う。

【００３９】

上記高さ比が０．７未満である場合、液面と上段撹拌翼５ａ、５ｂの各上端との間隔が大きくなり、槽内の流線が一筆書き状態ではなくなり、上下方向に複数の渦が存在するような状態となり、槽内の混合性能を低下させる傾向がある。又、上段撹拌翼５ａ、５ｂが走査しない液面近傍では液の循環流れが遅くなり、停滞してしまう部分が発生しやすく混合効率が悪くなる。

【００４０】

反対に、高さ比が１．０以上の場合には、上段撹拌翼５ａ、５ｂの回転に伴い液面付近にある固体粒子が半径方向へ散乱する。そのため、槽底部に配設されたパドル翼３によって生成された吐出流が、邪魔板６によって上昇流に変換されても、この上昇流と上述の散乱した固体粒子が衝突し撹拌槽１内の流れを悪くする。

【００４１】

本発明における撹拌翼全体は、最下段に撹拌槽１の槽底部に配設される幅広平板からなるパドル翼３を、その上方に数段にわたって複数の櫛状の翼（中段櫛状翼４ａ、４ｂ、上段撹拌翼５ａ、５ｂなど）を配置する。この櫛状の翼は何段設けてもよいが、櫛状の翼を２段配置する場合について説明する。

【００４２】

上述の最下段に配設された幅広平板からなるパドル翼３の上方に、中段櫛状翼４ａ、４ｂ、上段撹拌翼５ａ、５ｂを配置する。ここで、図３に示すように、最下段のパドル翼の上に隣接する中段の櫛状翼を、９０度未満の角度αで回転方向に対してパドル翼３に先行させて配置する。好ましくは、各段の翼の吐出流の干渉の度合いを小さくし、撹拌軸２が偏芯するような力を小さくするように、この角度を４０～５０度とする。図３においては、角度αは４５度である。

【００４３】

なお、中段櫛状翼４ａ、４ｂはそれぞれの長手方向が１平面に含まれるように配置されている。上段櫛状翼５ａ、５ｂも、それぞれの長手方向が１平面に含まれるように配置されている。中段櫛状翼４ａの長手方向を含む平面と、中段櫛状翼４ｂの長手方向を含む平面とが所定の角度をなしていてもよい。又、中段櫛状翼は３個以上備えられてもよい。上段櫛状翼５ａの長手方向を含む平面と、上段櫛状翼５ｂの長手方向を含む平面とが所定の角度をなしていてもよい。又、上段櫛状翼は３個以上備えられてもよい。幅広撹拌翼３ａ、３ｂも、それぞれの長手方向が１平面に含まれるように配置されている。幅広撹拌翼３ａの長手方向を含む平面と、幅広撹拌翼３ｂの長手方向を含む平面とが所定の角度をなしていてもよい。幅広撹拌翼は３個以上備えられて多数枚の幅広撹拌翼から成るパドル翼が形成されていてもよい。

【００４４】

また、パドル翼と中段櫛状翼４ａ、４ｂは撹拌軸方向に関して重なりを有する。好ましくは、各段の翼からの吐出流が孤立した局所的な渦にならないように、この重なりΔh_1のｈ（幅広撹拌翼３ａの下端から上段櫛状翼５ａ、５ｂの上端までの軸方向高さ）に対する比（重なり度）$\Delta h_1 / h$は２．５％以上が好ましい。３～５％であることが更に好ましい。

【００４５】

同様に、中段櫛状翼４ａの上に隣接する上段櫛状翼５ａは、中段櫛状翼４ａに対して回転方向に先行させ、撹拌軸２方向に対して重なりを持たせて配置する。この重なりΔh_2のｈに対する比（重なり度）$\Delta h_2 / h$は、各段の翼からの吐出流が孤立した局所的な渦にならないようにするうえで、２．５％以上が好ましい。３～５％であることが更に好ましい。

【００４６】

中段櫛状翼４ｂの上に隣接する上段櫛状翼５ｂは、中段櫛状翼４ｂに対して回転方向に先行させ、撹拌軸２方向に対して重なりを持たせて配置する。

【００４７】

また、中段櫛状翼４ａ、４ｂは幅広撹拌翼３ａ、３ｂと翼長が等しくても、異なっていてもよいが、図２のように、上段櫛状翼５ａ、５ｂの翼長の、中段櫛状翼４ａ、４ｂの翼長に対する比d_2 / d_1は、０．５～０．９とすることが好ましい。より好ましくは０．５５～０．６５である。

【００４８】

また、中段櫛状翼４ａ、４ｂの、櫛歯の本数と、上段櫛状翼５ａ、５ｂの、櫛歯の本数とは、等しくしても、上段櫛状翼５ａ、５ｂの櫛歯の本数が、中段櫛状翼４ａ、４ｂの、櫛

歯の本数より少なくてもよい。中段櫛状翼４ａ、４ｂと、上段櫛状翼５ａ、５ｂのそれぞれの長手方向は、撹拌軸２に対して垂直ではなく，図２ように撹拌軸２に垂直な方向に対して傾きを持たせる構成としてもよい。好ましくは、この傾き角βは上若しくは下に５～７５度であり、さらに好ましくは、この部材による吐出流が顕著でなくなり、且つ、製作が容易である構造とするため、この角度は上又は下に２５～３５度が良い。図２においては、傾き角βは３０度である。

【００４９】

さらに、撹拌槽１の側壁面７に、撹拌槽１の底部から静止液面の位置まで連続して撹拌軸２方向に延びる邪魔板６を配設してもよい。邪魔板６はパドル翼３から吐出された流れを上昇流に変える効果があり、好ましい。

【００５０】

邪魔板形状は翼に接触しなければ特に限定はないが、例えば平板型や特開平０９－０５２０３７に示されたような傾斜型であってもよく、邪魔板は複数枚設置しても良い。好ましくは、固体粒子を多く含む場合には邪魔板の背面に液の停滞部が発生しやすいので平板型で２枚又は３枚がよい。

【００５１】

また、このときの邪魔板６の幅ｄ‘は、槽径Ｄに対して３％～１０％である（図２）。この幅ｄ‘は、槽底に配置されたパドル翼３からの吐出流を上昇流に好適に変換できる幅であり、固体粒子を多く含む場合には邪魔板６の背面に液の停滞部が発生しないように槽径Ｄに対して４～６％程度が更に好ましい。

【００５２】

本発明に係る撹拌装置は、固体粒子と液体の混合液を均一に混合する目的で好適に用いられる。本発明に用いる液体としては、特に限定されないが、水に代表されるような低粘度の無機溶剤であり、固体粒子が合成樹脂製でない場合又は合成樹脂製の固体粒子が有機溶剤に容易に溶解しない場合又は不溶な場合には、有機溶剤（炭化水素類、ハロゲン化炭化水素類、アルコール類、フェノール類、エーテル類、アセタール類、ケトン類、脂肪酸類、酸無水物類、エステル類、窒素化合物類、硫黄化合物類、２つ以上の官能基を持つ化合物）でも良い。

【００５３】

本発明で用いる固体粒子としては、特に限定されないが、合成樹脂製であり、例えば、ビニール系樹脂（ポリ塩化ビニール、ポリ塩化ビニリデン、ポリ酢酸ビニル、ポリビニールアルコール）、フッ素樹脂（４フッ化エチレン、４フッ化・６フッ化プロピレン、４フッ化エチレンパーフロロアルコ櫛エチレン共重合体、４フッ化エチレンエチレン共重合体、３フッ化塩化エチレン、フッ化ビニリデン）、ポリスチレン系樹脂（ポリスチレン、スチレン・アクリルニトリル・ブタジエン共重合体）、ポリエチレン系樹脂（低密度ポリエチレン、高密密度ポリエチレン、エチレン・酢酸ビニール共重合体）、ポリアミド（６ナイロン、１１－ナイロン）、ポリアセタール、ポリフェニレン・オキサイド、ポリカーボネイト、ポリプロピレン、ポリ４－メチルデンテン、ポリメチルメタクリレート、酢酸セルロースズ、アイオノマー、ポリウレタン、ポリエステルエラストマー、ポリエルテル、ゴム類（エチレン・プロピレンゴム、クロロプレンゴム、クロロスルフォン化ポリエチレン、ニトリルゴム、アクリルゴム、イソプレンゴム、スチレン・ブタジエンゴム、ブチルゴム、エピクロルヒドリンゴム、ウレタンゴム、多流化ゴム、シリコーンゴム、フッ素ゴム、天然ゴム）等が挙げられる。

【００５４】

固体粒子の形状としては、球形、楕円体、円盤、円柱、四面体、六面体、八面体、十二面体や不規則形状などがあり、限定されるのでものでない。形状には限定されないが、ペレット状（柱状）であり短径と長径の分数比が１／５～５であることが好ましい。この分数比が１／５より小さい場合や５より大きい場合には液体中で固体粒子が絡み合い、非ニュートン流体としての挙動を示し、槽内の流れが円滑でなくなる。

【００５５】

また、固体粒子の寸法としては、その長径が０．５～２０㎜であり、好ましくは１～４㎜である。さらに、固体粒子の比重は、液体の比重の０．５～２．５倍であり、液との比重差による重力又は浮力に抵抗して円滑に流動させるためには、固体粒子の比重は特に好ましい範囲として液体の比重の０．７～１．３倍で、更に好ましくは、０．７～１．０倍である。

【００５６】

これらの固体粒子の体積濃度は、１～４２vol%の範囲であっても本発明の撹拌翼を用いることにより、停滞部がなく円滑に流動する。特に、固体粒子の体積濃度が濃度範囲１５～４２vol％において本発明の撹拌装置は更に効果を発揮する。上述のように従来の撹拌装置による撹拌では、固体粒子の体積濃度が１０．３vol％未満では撹拌が良好に行なわれるが、本発明においては、濃度範囲１５～４２vol％においても撹拌が良好に行なわれる。

【００５７】

以上の方法により、固体と液体の二相をできるだけ均一に混合するためには、局所的な剪断力の発生を抑えつつ、上下方向の流れを発生させるとともに、その上下方向の流れには、比重差による粒子の浮力または重力に打ち勝つだけの強さが求められる。特に、固体粒子を多量に含む流体を混合する場合においても、これら流体の停滞部を発生させないことが必要である。

【００５８】

上記構成を特徴とする本発明に係る撹拌装置１０により、多量の固体粒子を含む液体であっても、撹拌槽１の底壁面付近に配設される幅広平板からなるパドル翼３により吐出された液体が、撹拌槽１の内壁及び邪魔板６に衝突し上昇する。このとき、パドル翼３の上に隣接する中段櫛状翼４ａ、４ｂの櫛状の翼を９０度未満の角度で回転方向にパドル翼３に対して先行させて配置されること、且つ、パドル翼３と中段櫛状翼４ａ、４ｂとが、撹拌軸２の方向に重なりを有することによりこの中段櫛状翼４ａ、４ｂより吐出される液がパドル翼から吐出された液体の上昇を妨げない。

【００５９】

また、全体撹拌翼のうち、中段櫛状翼４ａ、４ｂを櫛状とすることにより、中段櫛状翼４ａ、４ｂから吐出される流れを少ないものとしている。すなわち、槽の中間高さの撹拌される部分において、下段のパドル翼３からの吐出された流れと中段櫛状翼４ａ、４ｂからの吐出により発生する流れがお互いに干渉しあって流れを打ち消すということがない。

【００６０】

最上段の上段櫛状翼５ａ、５ｂについても中段櫛状翼４ａ、４ｂに対して９０度未満の角度で回転方向に先行させて配置され、且つ、撹拌軸２の方向に重なりを有し、且つ、上段櫛状翼５ａ、５ｂの翼長を中段櫛状翼４ａ、４ｂの翼長の約６０％とすることにより、撹拌槽の内壁に沿って上昇してきた液体と最上段から吐出される液体との衝突を防ぎ、液体の液面付近、且つ、邪魔板６付近において液体を停滞させない。

【００６１】

また、最上段の上段櫛状翼５ａ、５ｂの翼長を短くし、且つ、上段櫛状翼５ａ、５ｂの翼を静止液深の０～５％の高さ分静止液面より沈めた位置に配置することにより、撹拌中の液面の上部の空中への液体中の固体粒子の飛散を大幅に抑制することができる。従って、撹拌翼によって伝達される運動エネルギーを効率よく液体に伝達できる。

【００６２】

さらにこれらの構成により、撹拌槽１中心付近の撹拌中の液面において、撹拌軸２を中心とした適度なボルテックスを発生せしめ、固体粒子を含む液体は途中で停滞することなく、撹拌槽１内を一筆書き状に円滑に循環することになることにより、撹拌槽１内全体を均一に混合する時間を短縮でき、混合特性を向上できる。

【００６３】

また、液体中の固体粒子の比重と液体の比重との比率（固体の比重／液体の比重）が０．７～１．０の場合においては、固体粒子を含む液体は、比重差から生じる浮力に対抗して

撹拌槽内全体を一筆書き状に更に円滑に循環することが可能である。

【００６４】

本発明の撹拌装置１０（図１～３）の翼の動力性能を表すものとしてNp-Re線図を図９に示す。同図中Npは翼による液の動力性能を示す指標で、動力数と言われ、$P/\rho \cdot n^3 \cdot d^5$で表される。ここで、P:動力（W）、ρ：液密度（$kg/m^3$）、n：翼回転数（1/sec）、d：パドル翼長（m）を示す。

【００６５】

静止液深H=0.29m、槽径D=0.29m、パドル翼長ｄ＝0.155m、中段櫛状翼長d_1＝0.0775m、中段櫛状翼高さh_1＝0.11m、上段撹拌翼長d_2＝0.0465m、上段櫛状翼高さh_2＝0.11mとした。液量16.97Lとした。静止液面と上段撹拌翼の上端との間の距離が、静止液深の３％とした。

【００６６】

水のみを含む場合、ポリプロピレン粒子（比重0.91）を粒子１：水２（重量比）で含む場合、粒子１：水１（重量比）で含む場合について調べた。液密度は、ポリプロピレン粒子の含有量に応じて、水のみの場合1000、粒子１：水２の場合966、粒子１：水１の場合952として計算した。ポリプロピレン粒子の形状は、楕円柱状であり、長さ2.6mm～3.2mm、楕円断面の長径1.0mm～1.3mm、短径0.7mm～0.9mmのものを用いた。

【００６７】

図９は、流体として水のみを含む場合の、本発明の撹拌装置における撹拌レイノルズ数(Re)と動力数(Np)の関係を示したものである。

【００６８】

邪魔板については図１記載のようなギャップ比（ｄｇ／Ｄ）が4.8%の邪魔板２枚の場合に加え、幅比4.8%の邪魔板３枚を１２０度間隔で設置した場合、幅比7.9%の邪魔板を１２０度間隔で３枚設置した場合、幅比9.0%の邪魔板を９０度間隔で４枚設置した場合も示した。

【００６９】

Reが40000～100000の領域で、Np値はほぼ一定であり、平均すると、槽径Ｄの４．８％幅の邪魔板２枚の場合2.48（以下「邪魔板4.8%×２枚の場合」等という。）、邪魔板4.8%×３枚の場合3.36、邪魔板7.9%×３枚の場合4.62、邪魔板9.0%×４枚の場合5.07となった。同様に、粒子１：水２の場合および粒子１：水１の場合を比較例とあわせて表１に示す。

【００７０】

【表１】

		Re=40000 以上の領域における Np 値		
実施例1		水のみ	粒子:水=1:2	粒子:水=1:1
本発明の撹拌装置	邪魔板 4.8%2枚	2.48	2.87	3.88
	邪魔板 4.8%3枚	3.36	3.61	
	邪魔板 7.9%3枚	4.62		
	邪魔板 9.0%4枚	5.07		
比較例1				
撹拌装置A	邪魔板 4.8%2枚	2.48	2.87	3.75
	邪魔板 9.0%4枚	4.95	5.05	
撹拌装置B	邪魔板 4.8%2枚	2.49	2.64	4.11
	邪魔板 9.0%4枚	5.09	5.13	
撹拌装置C	邪魔板 4.8%2枚	2.07	2.22	3.56

【００７１】

図４には、従来の撹拌装置の一例として、特開平１０－２４２３０記載の撹拌装置のうち、櫛状の翼２４と２５が全く同じ形状である撹拌装置Ａを示した。この撹拌装置Ａでは、最上部の櫛状の翼形状を除き、本発明の撹拌装置と同じ形状の特徴を有する。

【００７２】
図５、６には、層流域から乱流域まで幅広く利用できる従来の撹拌装置の例として、撹拌槽底部内面に下端部を摺接させたパドル翼と、これに連接した格子状翼および撹拌槽壁内面に軸方向に延在した邪魔板を設けた撹拌装置Ｂを示した(特開平６－３１２１２２参照)。ここで、撹拌槽３１内中心部には撹拌軸３２が配設されている。符号は下部がパドル翼、上部がそれに連続して設けられた格子状翼からなる大型翼である。本実施例では、本発明の装置と同様、邪魔板３６を設置した。
【００７３】
図７、８には、全体混合を良くするための翼として用いられる、Ｈ型翼を用いた従来の撹拌装置Ｃを示した。
【００７４】
図１０には、撹拌装置Ａ、撹拌装置Ｂおよび撹拌装置Ｃにおいて、上述の本発明の撹拌装置によるNp-Re線図を求める際に採用した条件を用いた場合のNp-Re線図を示した。
【００７５】
撹拌装置Ａ、Ｂでは、Reが40000～100000の領域でNp値はほぼ一定であり、流体として水のみを含む場合、平均すると、撹拌装置Ａの邪魔板4.8%×２枚の場合2.48、邪魔板9.0%×４枚の場合4.95、撹拌装置Ｂの邪魔板4.8%×２枚の場合2.49、邪魔板9.0%×４枚の場合5.09、となった。
【００７６】
表１に示すように、Ｎｐの値で比較した場合の撹拌効率としては、撹拌装置Ａおよび撹拌装置Ｂと同程度であり、また、これらは撹拌装置Ｃを上回っている。撹拌装置Ｃは、他の翼に比べ効率が悪いことがわかる。
【００７７】
また、ポリプロピレン粒子（比重0.91）を粒子１：水２（重量比）で含む場合、粒子１：水１（重量比）で含む場合についても、撹拌効率をＮｐ値で比較すると、本実施例に係る撹拌装置と、撹拌装置Ａおよび撹拌装置Ｂは略同程度であり、かつ、撹拌装置Ｃを上回っていることがわかる（表１）。
【００７８】
（実施例１）
図１に示す本発明の撹拌装置１０を用いて、上述の本発明の撹拌装置によるNp-Re線図を求める際に採用した条件（但し、以下に記す条件を除いては）で、ポリプロピレン粒子１：水２(重量比)の場合の混合状態の観察結果、流動状態及び混合液の混合状態の判定結果を表２に示す。
【００７９】
【表２】

粒子:水 1:2	撹拌回転数 [rpm]	単位体積あたり動力 [kW/m³]	流動状態の観察結果	流動状態判定	混合性の判定
(実施例) 本発明の撹拌装置 邪魔板 4.8%2枚	100	0.076	全体にゆるやかに混合。液面も緩やかに周方向に流動。ボルテックスなし。	△	△
	150	0.227	全体にゆるやかに混合。液面中央部には、ややボルテックスが生じ、そこから粒子がスムーズに引き込まれる。	○	○
	200	0.544	中央部ボルテックスは楕のややや外まで広がる。液面がやや上下に動く。邪魔板前後で高さに差が少し生じるが、粒子は飛散せず、中央部ボルテックスからの引き込み強い。	○	○
	250	1.058	液面の上下はやや増えるが粒子は飛散しない。中央部の引き込みはさらに強い。	○	○
(比較例) 撹拌装置A 邪魔板 4.8%2枚	100	0.091	上 1/3 程度は流動せず。	×	×
	150	0.227	全体に流動し、液面近くも回転方向には流動あり。	△	△
	200	0.544	全体に流動しているが、回転方向の流れが強い。引き込みもあり、スムーズに回転しているが、上段の翼の内側の楕より中心側にはかなりの空隙	△	△
(比較例) 撹拌装置B 邪魔板 4.8%2枚	100	0.121	上 1/3 程度は流動せず。	×	×
	150	0.204	全体に流動しているが、液面近くは回転方向の流れが強い。	△	△
	200	0.514	液面やや波打つ。液面中央部からの引き込みはあるが、内側の楕より中心側は空隙。回転方向の流れが強い	△	△
(比較例) 撹拌装置C 邪魔板 4.8%2枚	75	0.136	上 1/3 はほとんど流動せず。	×	×
	100	0.212	液面の動きが激しい。	×	×
	125	0.378	液面の動き激しい。吐出流により流れは上下に分離。回転方向の流れが強い	×	×
	150	0.612	液面の動きさらに激しく、粒子が上方に飛散し、壁面にも付着。中央部は翼により押しのけられており、回転方向に回るのがほとんどで、上下の混合は良くない。	×	×

○：良好、△：やや悪い、×：悪い

【００８０】

ここで、邪魔板は幅比4.8%×２枚の場合であり、ポリプロピレン粒子の形状は、楕円柱状で、長さ2.6mm～3.2mm、楕円断面の長径1.0mm～1.3mm、短径0.7mm～0.9mmのものを用いた。

【００８１】

本発明の装置では、撹拌回転数が150rpm以上(単位体積あたりの動力が0.227 kW/m³以上)において、上下循環流が生じ、全体に良好な混合状態が得られた。また、撹拌回転数が250rpm(単位体積あたりの動力が1.058 kW/m³)となっても、液面近傍の粒子が飛散することはなく、上下混合はますます良好になった。

【００８２】

一方、撹拌装置ＡおよびＢでは、撹拌回転数が150rpmでは全体に流動しているものの、表面近傍では回転方向の流れが強く、本発明の撹拌装置に比べ、混合性能はやや悪い。また、撹拌回転数を上げるに従い、回転方向の流れは強まっていく。これは、液面近傍の撹拌翼の翼長が、下部の撹拌翼の翼長と同じであるため、下部パドル翼から押し出され、槽壁面を上昇してきた粒子が、上部格子状または櫛状翼の吐出流にさえぎられてしまっている

ためと考えられる。

【００８３】

一方、本発明の装置では、最上段櫛状翼の翼長ｄ$_2$（図１）を、下部の櫛状翼よりも短い構成にしているため、壁面を上昇してきた流れがスムーズに液面まで達し、液面に達した粒子は、槽中央部に生じたボルテックスにより、撹拌軸に沿って槽底部まで吸い込まれるという効果がある。このボルテックスについても、幅広の櫛状の翼では、大きくなり過ぎるため、流れを半径方向に押し、邪魔板近傍での粒子の停滞を引き起こし、スムーズな吸い込みには寄与しない。

【００８４】

撹拌装置Ｃでは、槽高さ１／２付近での吐出流が上下に分かれて下半分と上半分に分離した流れができる。また、回転方向の流れが強く、上下混合はきわめて悪くなる。また、翼面積が広いため、粒子を押しのける力が強くなり、撹拌回転数を上げると固体粒子が激しく飛散してしまう現象も起こる。

【００８５】

同様に、邪魔板4.8%×２枚の場合について、ポリプロピレン粒子１：水１．５の場合を表３に、ポリプロピレン粒子１：水１の場合を表４に示した。

【００８６】

【表３】

粒子：水 1:1.5	撹拌回転数 [rpm]	単位体積あたり動力[kW/m^3]	流動状態の観察結果	流動状態判定	混合性の判定
（実施例）本発明の撹拌装置 邪魔板4.8%2枚	100	0.060	全体に混合はしている。液面近くはゆっくりとしか回転せず。	△	△
	150	0.227	邪魔板手前でやや滞留するが、上昇流、中央部からの引き込みともにスムーズ。	○	○
	200	0.514	全体によく混合している。中心部からの引き込みも良好。	○	○
（比較例）撹拌装置A 邪魔板4.8%2枚	100	0.060	上1/2は流動しない。	×	×
	150	0.227	流動しているが、液面近くは邪魔板手前でやや滞留。	△	△
	200	0.514	流動しているが、液面近くは邪魔板手前でやや滞留。中心部にかなり空隙(外側の櫛まで)。	△	△
（比較例）撹拌装置B 邪魔板4.8%2枚	100	0.060	全体に混合はしているが、液面近くはゆっくりとしか回転せず。	×	×
	150	0.227	全体に混合はしている。液面近くはやや流動悪い。	△	△
	200	0.514	液面近く、特に邪魔板手前で滞留が目立つ。中心部にかなり空隙(外側の櫛まで)。	△	△
（比較例）撹拌装置C 邪魔板4.8%2枚	75	0.113	上1/4は流動せず。	×	×
	100	0.197	液面の波打ち多い。液面近くは少しずつ回転しているだけ。	×	×
	125	0.378	液面がかなり波打つが、周辺は混合が悪い印象。	×	×
	150	0.635	かなりよく混ざっている様子。液面は相当跳ねている。中心部で押しのけている部分が大きく、引き込みを阻害	△	△

○：良好、△：やや悪い、×：悪い

【００８７】
【表４】

粒子:水 1:1	撹拌回転数 [rpm]	単位体積あたり動力 [kW/m^3]	流動状態の観察結果	流動状態判定	混合性の判定
(実施例) 本発明の撹拌装置 邪魔板 4.8%2枚	150	0.363	邪魔板手前での滞留がやや生じるが上昇流はスムーズ。全体も混合している。	○	○
	200	0.726	邪魔板手前での滞留がやや生じるが上昇流はスムーズ。全体も混合している。	○	○
	225	1.021	邪魔板手前での滞留がやや生じるが上昇流はスムーズ。空隙はあるものの引き込みは良好	○	○
(比較例) 撹拌装置 A 邪魔板 4.8%2枚	150	0.317	全体に混合はしているが液面近くは遅い。邪魔板が抵抗。	△	△
	200	0.726	混合はしているが邪魔板手前の滞留が目立つ。	△	△
	225	0.952	混合はしているが邪魔板手前の滞留が目立つ。液面中央部に空隙。	△	△
(比較例) 撹拌装置 B 邪魔板 4.8%2枚	150	0.340	全体に混合はしているが液面近くは遅い。邪魔板が抵抗	×	×
	200	0.786	混合はしているが邪魔板手前の滞留が目立つ。	△	△
	225	1.055	混合はしているが邪魔板手前の滞留が目立つ。液面中央部に空隙。	△	△
(比較例) 撹拌装置 C 邪魔板 4.8%2枚	75	0.227	下1/3のみ流動。上部は静止。	×	×
	100	0.302	下1/3のみ流動。上部は静止。上部もじわじわとは動いている。	×	×
	125	0.567	全体に混合はしている。液面や波打つ。邪魔板手前にかなり滞留。	×	×

○：良好、△：やや悪い、×：悪い

【００８８】
固体粒子の比率が高くなるにつれ、邪魔板の回転方向手前側での停滞が目立つようになる。また、撹拌装置Ａ、Ｂなどの翼長が下部パドル翼と同じ場合、特に上部の流動性が悪くなってくるため、全体の混合性も悪化する。
【００８９】
しかしながら、本発明の撹拌装置では、上昇流がスムーズに液面付近にまで達し、若干の邪魔板近傍での停滞があるものの、全体混合を妨げるほどではない。粒子１：水１の場合でも、撹拌回転数が150rpm以上(単位体積あたりの動力が0.363 kW/m^{3}以上)あれば、混合性は良好であった。
【００９０】
（実施例２）
実施例１に用いた混合装置１０を用い、固体粒子を除いては実施例１と同様の条件で、ポ

リエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）粒子（比重１．３８）１：水２(重量比)の場合の混合性の判定結果を略同形状のポリプロピレン（ＰＰ）粒子を用いた場合と対比して表５に示す。

【００９１】

【表５】

粒子:水 1:02	撹拌回転数 [rpm]	P.P	PET
(実施例)	100	△	×
本発明の撹拌装置	150	○	△
邪魔板	200	○	△
4.8%2枚	250	○	△
	300	○	○

○:良好　△:やや悪　×:悪い

【００９２】

ここで、邪魔板は幅比4.8%×２枚の場合であり、ポリエチレンテレフタレート粒子の形状は、楕円柱状で、長さ2.6㎜～3.2㎜、楕円断面の長径1.0㎜～1.3㎜、短径0.7㎜～0.9㎜のものを用いた。

【００９３】

（実施例３）

実施例１に用いた混合装置１０を用い、固体粒子を除いては実施例１と同様の条件で、球状ポリプロピレン粒子１：水２(重量比)の場合の混合性の判定結果を、ペレット状のポリプロピレン粒子の場合と対比して表６に示す。

【００９４】

【表６】

撹拌回転数		
rpm	球形	ペレット状
100	○	○
150	○	○
200	○	○

○:良好　△:やや悪　×:悪い

【００９５】

ここで、邪魔板は幅比4.8%×２枚の場合であり、ポリプロピレン粒子の形状は、球状で、直径2.0㎜～2.2㎜のものを用いた。固体粒子が球状であっても、ペレット状の場合と同様良好な混合性を示した。

【００９６】

（実施例４）

実施例２に用いた撹拌装置を用いて、傾き角βを除いては実施例１と同じ条件で、傾き角βを変えた場合の混合性の判定結果を表７に示す。

【００９７】

【表７】

撹拌回転数		
rpm	β＝2度	β＝30度
100	△	○
150	△	○
200	△	○

○:良好　　△:やや悪　　×:悪い

【００９８】
ここで、邪魔板は幅比4.8%×２枚の場合である。
【００９９】
（実施例５）
実施例２に用いた撹拌装置を用いて、高さ比ｈ／Ｈを除いては実施例１と同じ条件で、高さ比ｈ／Ｈを変えた場合の混合性の判定結果を表８に示す。
【０１００】
【表８】

撹拌回転数			
rpm	h/H＝0.65	h/H＝0.95	h/H＝1.1
100	×	○	△
150	×	○	△
200	×	○	△

○:良好　　△:やや悪　　×:悪い

【０１０１】
ここで、邪魔板は幅比4.8%×２枚の場合である。
【０１０２】
（実施例６）
実施例２に用いた撹拌装置を用いて、固体粒子と液体の配合比を除いては実施例１と同じ条件で、固体粒子と液体の配合比を変えた場合の混合性の判定結果を表９に示す。
【０１０３】
【表９】

粒子:水 1:02	撹拌 回転数 [rpm]	40(vol.%)	50(vol.%)
(実施例) 本発明の撹拌装置 邪魔板 4.8%2枚	100	△	△
	150	○	△
	200	○	△
	250	○	△

○:良好　　△:やや悪　×:悪い

【０１０４】
ここで、邪魔板は幅比4.8%×２枚の場合である。
【０１０５】
（実施例７）

ヨードとハイポ反応による着脱色を行い、撹拌槽内の混合時間を調べた。実施例１と同様の装置を用い、ポリプロピレン粒子１：水１．５の場合の脱色時間を測定したところ、表１０のようになった。

【０１０６】

【表１０】

粒子:水 1:1.5	撹拌回転数 [rpm]	単位体積 あたり動力 [kW/m^3]	脱色時間 [秒]
(実施例) 本発明の撹拌装置 邪魔板 4.8%2枚	170	0.323	6
	200	0.526	4
(比較例) 撹拌装置C 邪魔板 4.8%2枚	120	0.330	12
	140	0.524	8

【０１０７】

ここで、邪魔板は幅比が4.8%×２枚の場合であり、ポリプロピレン粒子の形状は、楕円柱状で、長さ2.6㎜～3.2㎜、楕円断面の長径1.0㎜～1.3㎜、短径0.7㎜～0.9㎜のものを用いた。

【０１０８】

撹拌所要動力がほぼ等しい撹拌回転数で本発明の撹拌装置と撹拌装置Ｃの脱色時間を比較すると、本発明の方が半分の時間となっており、多量の粒子を含んでいる場合でも、液の混合性能がきわめて良いことを示している。

【０１０９】

【発明の効果】

本発明は、以上の構成により、次に示す効果を奏するものである。

液体中の粒子濃度が１５～４２vol%程度であるような粒子が高濃度に分散している場合においても、撹拌槽内には軸方向の大きな循環流が発生し、槽内には停滞部が少なく、撹拌中の液面上部の空中へ固体粒子が飛散しない状況を作り出せる。これらのことにより、撹拌槽内における混合が良好に進行することや、撹拌槽内における液体と固体間の物質移動と熱移動及び反応が良好に進むこと、及び液面を介して液体と気相部の間においても良好な物質移動が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の撹拌装置の略示斜視図

【図２】本発明の撹拌装置の略示縦断側面図

【図３】本発明の撹拌装置の略示横断平面図

【図４】特開平１０－０２４２３０の撹拌翼（撹拌装置Ａ）の略示斜視図

【図５】特開平６－３１２１２２の撹拌翼（撹拌装置Ｂ）の略示斜視図

【図６】特開平６－３１２１２２の撹拌翼（撹拌装置Ｂ）の略示縦断側面図

【図７】Ｈ型の撹拌翼（撹拌装置Ｃ）の略示斜視図

【図８】Ｈ型の撹拌翼（撹拌装置Ｃ）の略示縦断側面図

【図９】本発明の撹拌翼を用いた場合のNp-Re線図

【図１０】撹拌装置Ａ，Ｂ，Ｃを用いた場合のNp-Re線図

【符号の説明】

１　：　撹拌槽

２　：　撹拌軸

３　：　パドル翼

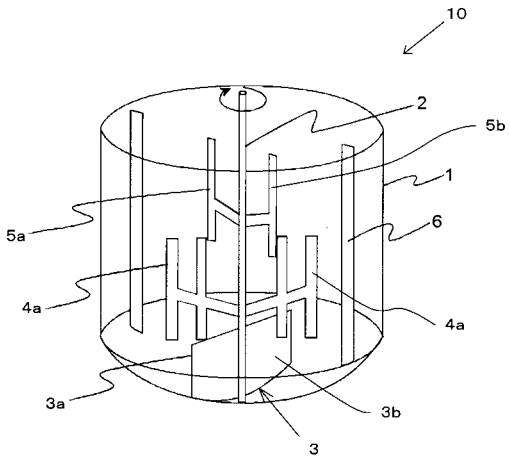
３ａ、３ｂ　：　幅広撹拌翼

４ａ、４ｂ　：　中段櫛状翼

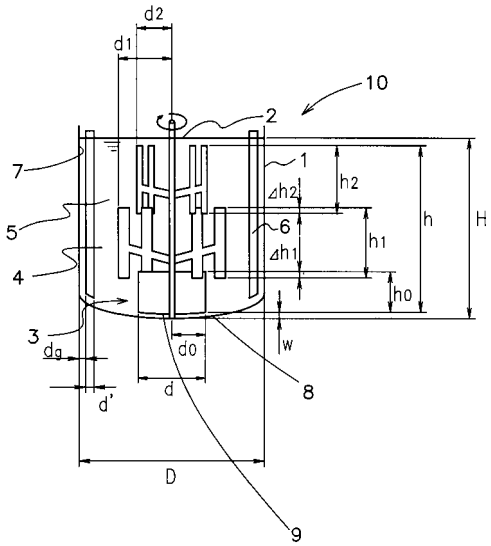
５ａ、５ｂ　：　上段櫛状翼

６　：　邪魔板
７　：　撹拌槽の内壁面
８　：　皿型鏡版
９　：　パドル翼の下側の縁部
１０　：　本発明に係る撹拌装置
２０　：　特開平１０-２４２３０に開示の撹拌装置Ａ
３０　：　一枚ゲート型撹拌装置Ｂ
３１　：　撹拌槽
３２　：　撹拌軸
３６　：　邪魔板
４０　：　Ｈ型撹拌装置
４７　：　Ｈ型撹拌翼

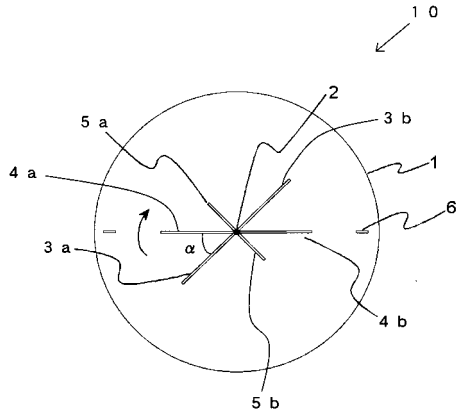
【図１】



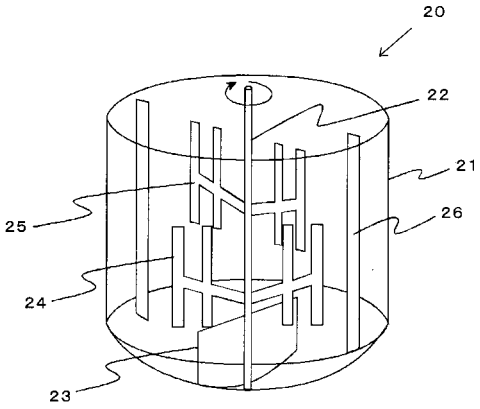
【図２】



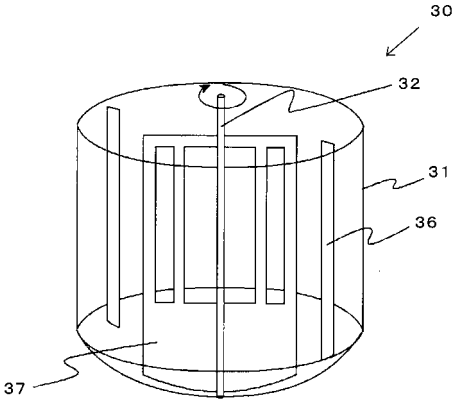
【図３】



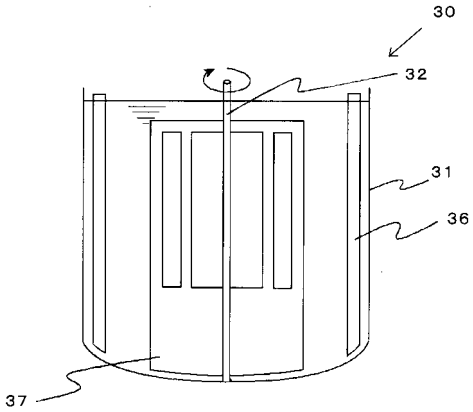
【図４】



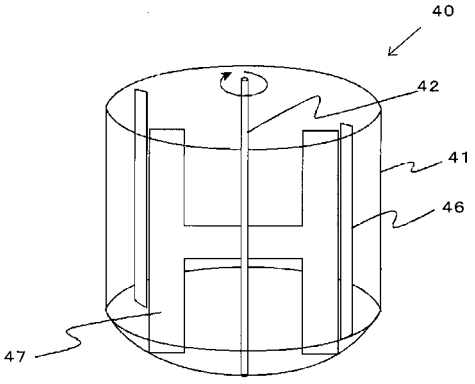
【図５】



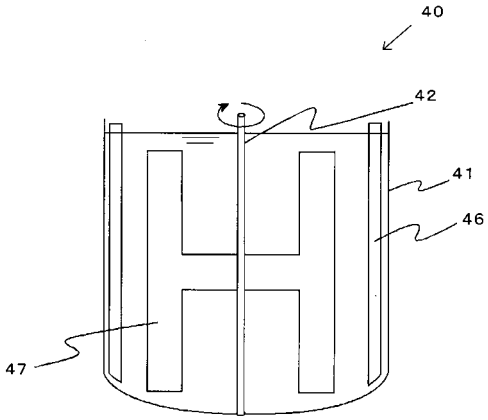
【図６】



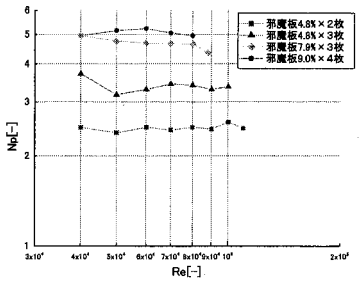
【図７】



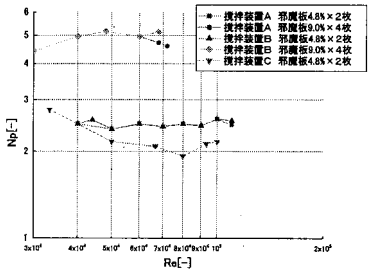
【図８】



【図９】



【図１０】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
B01F 7/00
B01F 3/00