

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6387487号  
(P6387487)

(45) 発行日 平成30年9月12日(2018.9.12)

(24) 登録日 平成30年8月24日(2018.8.24)

(51) Int.Cl.	F 1
B 0 1 F 13/08	(2006.01)
B 0 1 F 3/08	(2006.01)
B 0 1 J 19/00	(2006.01)
C 12 M 1/02	(2006.01)
	B O 1 F 13/08
	B O 1 F 3/08
	B O 1 J 19/00
	C 12 M 1/02

請求項の数 23 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-557012 (P2017-557012)
(86) (22) 出願日	平成29年2月28日 (2017.2.28)
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/008011
(87) 国際公開番号	W02017/183320
(87) 国際公開日	平成29年10月26日 (2017.10.26)
審査請求日	平成29年11月15日 (2017.11.15)
(31) 優先権主張番号	特願2016-82808 (P2016-82808)
(32) 優先日	平成28年4月18日 (2016.4.18)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	000100838 アイセル株式会社 大阪府八尾市跡部北の町一丁目二番一六号
(74) 代理人	100111257 弁理士 宮崎 栄二
(74) 代理人	100110504 弁理士 原田 智裕
(72) 発明者	望月 昇 大阪府八尾市跡部北の町一丁目二番十六号 アイセル株式会社内

審査官 中村 泰三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】攪拌子、攪拌装置、攪拌方法、細胞培養方法、反応促進方法、及び攪拌子の組み立て方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

容器内に収容された流体を攪拌するための攪拌子であって、  
回転軸線を中心に回転することにより流体を攪拌する混合体と、前記混合体を回転させる回転磁場を受ける磁石又は磁性体とを備え、  
前記混合体の表面には、流体の吸入口及び吐出口が設けられ、  
前記混合体の内部には、前記吸入口と前記吐出口を繋ぐ1又は2以上の孔が設けられ、  
前記吸入口は、前記回転軸線上の位置又は前記吐出口よりも前記回転軸線に近い位置に配置され、  
前記吐出口は、前記吸入口よりも前記回転軸線より外側の位置に配置され、  
前記混合体は、複数の混合エレメントを前記回転軸線方向に積層した積層物により構成され、

前記混合エレメントは、前記混合体内部の孔となる複数の第1の貫通孔を有し、  
前記混合体において前記混合エレメントは、前記第1の貫通孔の一部又は全部が、隣接する混合エレメントの第1の貫通孔とその位置をずらせて部分的に重なり合うように配置され、且つ隣接する混合エレメントの第1の貫通孔との間で流体を流通可能に連通し、混合エレメントの積層方向と延在方向とに分割するように配置されている攪拌子。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の攪拌子において、

前記混合体は、前記磁石、前記磁性体、又は前記磁石若しくは前記磁性体を保持する回

転子が嵌め込み固定されている攪拌子。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の攪拌子において、

前記混合エレメントには、第 1 の貫通孔より大きい第 2 の貫通孔を有し、

前記混合体には、前記第 2 の貫通孔が積層方向に連通し、流体を混合体内部に流入させるための中空部が形成されている攪拌子。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の攪拌子において、

前記混合エレメントは、前記複数の第 1 の貫通孔をそれぞれに区画する仕切壁を有し、

前記仕切壁は、断面視において円形状又は橜円形状に形成されている攪拌子。 10

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の攪拌子において、

前記混合体は、固定手段により複数の混合エレメントが分解可能に積層状態に固定されている攪拌子。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の攪拌子において、

前記磁石又は前記磁性体を有する台座を備えている攪拌子。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の攪拌子において、

前記台座は、保持体に前記磁石、前記磁性体、又は前記磁石若しくは前記磁性体を保持する回転子を嵌め込み固定して構成されている攪拌子。 20

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 に記載の攪拌子において、

前記混合体と前記台座とが一体に構成されている攪拌子。

【請求項 9】

請求項 6 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の攪拌子において、

前記台座は、棒状体により形成されている攪拌子。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の攪拌子において、

前記棒状体の底部中心位置に突起を有する攪拌子。 30

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 に記載の攪拌子において、

前記台座は、さらに前記棒状体の両端部に繋がる円環部を備える攪拌子。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の攪拌子において、

前記円環部の底部に突起を有する攪拌子。

【請求項 13】

請求項 11 又は 12 に記載の攪拌子において、

前記円環部に前記磁石又は前記磁性体が設けられている攪拌子。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の攪拌子は、表面層がフッ素樹脂により形成されている攪拌子。 40

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の攪拌子と、

前記攪拌子を回転させる回転磁場を発生させる回転磁場発生手段とを備える攪拌装置。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の攪拌装置において、

前記回転磁場発生手段は、前記攪拌子を自転させながら公転させる構成とする攪拌装置。

。

【請求項 17】

10

30

40

50

請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の搅拌子を容器底部に配設し、当該搅拌子を流体を収容する容器内の底部で回転させ、当該搅拌子がその吸入口から容器内の流体を吸い込み、当該搅拌子内部に流体を流通させ、当該搅拌子の吐出口から容器内へ流出させて流体を搅拌する搅拌方法。

**【請求項 18】**

請求項 17 に記載の搅拌方法において、  
前記搅拌子を自転させながら公転させる搅拌方法。

**【請求項 19】**

請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の搅拌子を用いた細胞培養方法であって、  
容器内の流体を細胞培養液とし、  
前記搅拌子により細胞培養液を搅拌する細胞培養方法。 10

**【請求項 20】**

請求項 19 に記載の細胞培養方法において、  
前記細胞培養液又は培養環境の温度を制御しながら細胞培養液を搅拌する細胞培養方法  
。  
。

**【請求項 21】**

請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の搅拌子を用いた反応促進方法であって、  
容器内の流体を反応溶液とし、  
前記搅拌子により反応溶液を搅拌して反応を促進する反応促進方法。 20

**【請求項 22】**

請求項 21 に記載の反応促進方法において、  
前記反応溶液又は反応環境の温度を制御しながら反応溶液を搅拌する反応促進方法。 20

**【請求項 23】**

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の搅拌子の組み立て方法であって、  
前記混合体を形成する工程と、  
前記混合体を前記磁石又は前記磁性体を有する台座に固定する工程とを備え、  
前記混合体を形成する工程は、複数の混合エレメントの各々を揃えて積層させて混合体とする工程を有し、  
前記混合体を前記台座に固定する工程は、前記混合体を固定手段により積層方向に貫通させて前記台座に固定する工程を有する搅拌子の組み立て方法。 30

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、容器内に収容された流体を搅拌する搅拌子、搅拌装置、搅拌方法、細胞培養方法、反応促進方法、及び搅拌子の組み立て方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

従来、容器内に収容された流体を搅拌するには、マグネットスターラーと搅拌子とを組み合わせたものが知られている（特許文献 1、特許文献 2）。搅拌子は、容器内の底部に沈めて配置され、マグネットスターラーからの回転磁力を受けて回転することにより容器内の流体を搅拌させる。この搅拌子としては、棒状又はクロス状の突起を備える円板状等に形成されて端部に磁石を備えた回転体、あるいは回転体上に搅拌羽根を設けたもの（特許文献 1）があった。 40

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0003】**

**【特許文献 1】** 特開 2007 - 136443 号公報

**【特許文献 2】** 特開 2006 - 150221 号公報

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

## 【0004】

しかしながら、従来の搅拌子では、容器内の流体を搅拌するためには、接線方向の速度が小さい搅拌子中央の上部にある流体が搅拌され難いという問題があった。これは、容器外周部の流体は、搅拌子端部から伝達される回転による力が大きいため、流体の流れによる乱れが大きく搅拌されやすいが、容器中央部の流体は、搅拌子中央部から伝達される回転による力が小さいため、流体の流れによる乱れが小さく搅拌され難いからである。また、容器内の上下方向では、流体の粘性により搅拌子から伝達される力は、搅拌子に近い底部側ほど大きく、上部側ほど小さい。その結果、容器内の流体は、容器底部の外周部が最も早く搅拌され、容器上部の中央部が最も遅く搅拌される。以上により、従来の搅拌子では、容器内における流体の搅拌は、容器外周部から容器中央部へと進み、また、容器底部から容器上部へと進む。そのため、容器内の流体全体が均一に搅拌されるには比較的長い時間を要していた。

## 【0005】

本発明は、前記事情に鑑みてなされたものであり、容器内の流体を効率的に迅速に搅拌することを可能とする搅拌子、搅拌装置、搅拌方法を提供することを目的とする。また、本発明は、前記搅拌子による細胞培養方法、反応促進方法、及び搅拌子の組み立て方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明に係る搅拌子は、  
容器内に収容された流体を搅拌するための搅拌子であって、  
回転軸線を中心に回転することにより流体を搅拌する混合体と、前記混合体を回転させる回転磁場を受ける磁石又は磁性体とを備え、  
前記混合体の表面には、流体の吸入口及び吐出口が設けられ、  
前記混合体の内部には、前記吸入口と前記吐出口を繋ぐ1又は2以上の孔が設けられ、  
前記吸入口は、前記回転軸線上の位置又は前記吐出口よりも前記回転軸線に近い位置に配置され、  
前記吐出口は、前記吸入口よりも前記回転軸線より外側の位置に配置され、  
前記混合体は、複数の混合エレメントを前記回転軸線方向に積層した積層物により構成され、

前記混合エレメントは、前記混合体内部の孔となる複数の第1の貫通孔を有し、  
前記混合体において前記混合エレメントは、前記第1の貫通孔の一部又は全部が、隣接する混合エレメントの第1の貫通孔とその位置をずらせて部分的に重なり合うように配置され、且つ隣接する混合エレメントの第1の貫通孔との間で流体を流通可能に連通し、混合エレメントの積層方向と延在方向とに分割するように配置されている。

## 【0007】

上記構成により、容器内に配置した搅拌子を回転させると、回転による力により混合体内部の流体は吐出口から外部へ流出させられる。そうすると、容器内の中央上部付近の流体が、混合体の吸入口から混合体内に吸い込まれる。これにより、搅拌子の外周部の流体は、吐出口から流出される流体によって流れを乱されることにより混合される。以上により、容器内の中央上部の流体を停滞させずに混合体の吸入口から吸い込ませ、吐出口から流出させることができるので、流体を効率的に搅拌することができ、容器内の流体全体を均一に混合するまでの時間を短くすることができる。

## 【0008】

また、本発明に係る搅拌装置は、  
前記搅拌子と、  
前記搅拌子を回転させる回転磁場を発生させる回転磁場発生手段とを備える構成とする  
ことができる。

## 【0009】

さらに、本発明に係る搅拌方法は、

10

20

30

40

50

前記攪拌子を容器底部に配置し、当該攪拌子を流体を収容する容器内の底部中央で回転させ、当該攪拌子がその吸入口から容器内の中央上部の流体を吸い込み、当該攪拌子内部に流体を流通させ、当該攪拌子の吐出口から容器内の外周部へ流出させて流体を攪拌する方法とすることができます。

#### 【0010】

また、本発明は、容器内の流体を細胞培養液とし、前記攪拌子により細胞培養液を攪拌する細胞培養方法、または、容器内の流体を反応溶液とし、前記攪拌子により反応溶液を攪拌して反応を促進する反応促進方法として提供することができる。

#### 【0011】

また、本発明に係る攪拌子の組み立て方法は、  
前記混合体を形成する工程と、  
前記混合体を前記磁石又は前記磁性体を有する台座に固定する工程とを備え、  
前記混合体を形成する工程は、複数の混合エレメントの各々を揃えて積層させて混合体とする工程を有し、  
前記混合体を前記台座に固定する工程は、前記混合体を固定手段により積層方向に貫通させて前記台座に固定する工程を有する。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

本発明によれば、容器の上下方向に大きな流体の流れが発生するので、容器内の流体を迅速に混合することができる。従って、流体の混合時間を短くすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

【図1】実施形態による攪拌子を用いた攪拌装置を示す断面図である。  
【図2】攪拌子を示す斜視図及び側面図である。  
【図3】台座を示す斜視図及び側面図である。  
【図4】混合体を構成する混合エレメントの構成を示す平面図である。  
【図5】混合体内部の流体の流動状態を示す平面図及び断面図である。  
【図6】混合体の変形例1における混合エレメントの構成を示す平面図である。  
【図7】混合体の変形例2における混合エレメントの斜視図及び流体の流動状態を示す断面図である。

【図8】混合体の変形例3における混合エレメントの斜視図及び混合エレメントの断面形状を示す一部断面図である。

【図9】混合体の変形例4として、各々の混合体の断面図である。

【図10】台座の変形例として、各々の台座の斜視図である。

【図11】台座の変形例として、他の例の台座の斜視図及び平面図である。

【図12】他の実施形態1による攪拌子の斜視図である。

【図13】他の実施形態1として、別の例の攪拌子を示す斜視図である。

【図14】他の実施形態2による攪拌子の斜視図である。

【図15】他の実施形態2として、別の例の攪拌子を示す斜視図である。

【図16】他の実施形態3の攪拌子を示す斜視図である。

【図17】他の実施形態4の攪拌子の例を示す斜視図である。

【図18】他の実施形態4の攪拌子の例を示す斜視図である。

【図19】他の実施形態5の攪拌子を示す斜視図である。

【図20】実施例及び比較例に使用した攪拌子を示す写真である。

【図21】実施例1, 2の攪拌の様子を示す写真である。

【図22】比較例1, 2の攪拌の様子を示す写真である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0014】

以下、本発明の実態形態について添付図面を参照して説明する。

なお、本明細書において記載する方向として、「積層方向」とは、攪拌子1(混合体2

10

20

30

40

50

、台座 3 を含む。) の回転軸方向や上下方向等と同義であり、「延在方向」とは、積層方向と直交する方向、混合エレメント 2 1 の半径方向や周方向等と同義である。

#### 【 0 0 1 5 】

図 1 に示す搅拌装置は、本発明の一実施形態の搅拌子 1 と、搅拌子 1 を回転させるための回転磁場を発生させるマグネチックスターーラー 4 とを備えている。

搅拌子 1 は、ビーカー等の容器 6 内に配置され、この容器 6 を載置したマグネチックスターーラー 4 からの回転磁場を受けて回転させられて、容器 6 内に収容する試料等の流体 A を搅拌するものである。なお、本発明は、搅拌子 1 がビーカー等の容器 6 内に配置されて実験等の利用に供されることに限らず、各種原料等の流体 A を収容するタンク等の容器 6 内に配置されて商業的利用に供されることも含む。搅拌子 1 は、図 2 ( a ) ( b ) も参照して、回転軸線 S を中心に回転することにより流体 A を搅拌する混合体 2 と、混合体 2 を支持するとともに回転磁場を受ける搅拌用磁石 5 a , 5 b を内蔵する台座 3 とを備えている。なお、搅拌用磁石 5 a , 5 b は、永久磁石が用いられるが、これに代えて磁性体を用いてもよい(本実施形態以外の実施形態でも同様である。)。

10

#### 【 0 0 1 6 】

台座 3 は、図 3 ( a ) ( b ) に示すように、横置きにされる角柱状の棒状体 3 1 を備えている。棒状体 3 1 の上面両端部には、それぞれ、混合体 2 を取り付け固定するためのネジ筒部 3 3 が設けられている。また、棒状体 3 1 の両端部には、それぞれ、マグネチックスターーラー 4 からの回転磁場を受ける搅拌用磁石 5 a , 5 b が収容されている。各搅拌用磁石 5 a , 5 b は、着磁方向が棒状体 3 1 の長手方向と直交する上下方向を向くように配置され、且つ各搅拌用磁石 5 a , 5 b の磁極の位置が互いに逆位置となるように配置されている。すなわち、図 1 に示すように、棒状体 3 1 の横置き状態では、例えば、一方の搅拌用磁石 5 a の N 極が下面側に配置されている場合には、他方の搅拌用磁石 5 b の下面側に S 極が配置される。搅拌用磁石 5 a , 5 b としては、円柱型、リング型、または角型磁石を使用することができるが、棒状体 3 1 の長手方向にわたって収容されるような大きさの棒磁石を棒状体 3 1 内部に収容してもよい。

20

#### 【 0 0 1 7 】

また、棒状体 3 1 には、搅拌子 1 の転倒防止用の円環部 3 2 が設けられている。円環部 3 2 は、棒状体 3 1 の下面と面一となるように棒状体 3 1 の両端部に連設されている。棒状体 3 1 の下面中央部には、容器 6 の底面と接触する円弧状の支持突起 3 4 が突設されている。これにより、搅拌子 1 は、支持突起 3 4 が回転中心となるため、回転時にほとんど移動せずに搅拌子 1 が支持される。そのため、搅拌子 1 と容器 6 底面との摩擦抵抗が非常に小さくなり、搅拌子 1 をスムーズに回転させることができる。

30

#### 【 0 0 1 8 】

なお、円環部 3 2 の下面(棒状体 3 1 の連設部分も含む。)には、支持突起 3 4 の突出高さ以下で、円弧状の安定化突起を等間隔に 2 以上設けるようにしてもよい。この場合、回転時に支持突起 3 4 で支持されている搅拌子 1 の姿勢が混合体 2 の重み等で斜めに傾いても、安定化突起が容器 6 の底面に接触して安定した姿勢に保つことができる。また、図 3 ( c ) に示すように、支持突起 3 4 が棒状体 3 1 の下面全体にわたって形成されていてよい。

40

#### 【 0 0 1 9 】

混合体 2 は、図 2 ( a ) ( b ) に示すように、略円板形状の混合エレメント 2 1 を複数枚(ここでは 10 枚)積層した積層物により構成されており、積層した混合エレメント 2 1 を外周部の 180 度位置の 2ヶ所に設けるボルト孔 h 1 (図 4 参照)にボルト 1 1 (固定手段)を挿通させることにより、台座 3 のネジ筒部 3 3 にそれぞれ締め付けて台座 3 に固定される。これにより、積層した複数の混合エレメント 2 1 が分解可能に一体化された混合体 2 を容易に構成するとともに台座 3 に固定される。また、複数の混合エレメント 2 1 が個々に分解可能に構成することにより、各混合エレメント 2 1 に分解して混合エレメント 2 1 (後述の第 1 の貫通孔 2 2 、第 2 の貫通孔 2 3 等)に残存した残留物や異物の除去のような洗浄作業を容易に行うことができる。なお、複数の混合エレメント 2 1 を一体

50

化する構造や混合体 2 の台座 3 への取付け構造としては、ボルト 1 1 による固定に限らず、凹凸の嵌め合い構造等のような分解可能な取付け構造としてもよい。

#### 【 0 0 2 0 】

混合体 2 は、図 4 に示すように、2 種類の混合エレメント 2 1 a , 2 1 b を交互に積層して構成されており、これら 2 種類の混合エレメント 2 1 a , 2 1 b は、それぞれ、厚さ方向に貫通する第 1 の貫通孔 2 2 を複数有している。なお、図 2 に示す混合エレメント 2 1 a , 2 1 b は、図 4 に示すものとは周方向及び半径方向の仕切壁の数が異なるが、それ以外の構造は共通するものである。複数の第 1 の貫通孔 2 2 は、略円板形状の混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の中央部には、第 1 の貫通孔 2 2 よりも開口面積が大きい第 2 の貫通孔 2 3 を有している。第 2 の貫通孔 2 3 は、略円形状に形成されており、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b が積層されることにより、混合体 2 には、各第 2 の貫通孔 2 3 が連通した円筒状の中空部 2 4 が形成される。この中空部 2 4 の上部開口が吸入口 2 0 を構成する。中空部 2 4 の中心軸線は、搅拌子 1 の回転軸線 S と一致する。従って、吸入口 2 0 は、回転軸線 S 上の位置に配置されている。10

#### 【 0 0 2 1 】

また、第 1 の貫通孔 2 2 は、平面視略矩形状に形成されており、第 2 の貫通孔 2 3 の中心点を中心同心円状に配設されている。第 1 の貫通孔 2 2 は、千鳥状に配置され、2 種類の混合エレメント 2 1 a , 2 1 b では、第 1 の貫通孔 2 2 の配列パターン自体を異ならせている。一方の混合エレメント 2 1 a は、第 1 の貫通孔 2 2 が第 2 の貫通孔 2 3 の内周面では閉じられ、外周面では開放されているが、他方の混合エレメント 2 1 b は、第 1 の貫通孔 2 2 が第 2 の貫通孔 2 3 の内周面では開放され、外周面では閉じられている。混合エレメント 2 1 a の外周面に開放された第 1 の貫通孔 2 2 の各々が流体 A の吐出口 2 0 を構成する。従って、吐出口 2 0 は、中空部 2 4 の上端開口である吸入口 2 0 よりも回転軸線 S より外側の位置（例えば、回転軸線 S に直交する半径方向外側の位置）に配置されている。20

#### 【 0 0 2 2 】

第 1 の貫通孔 2 2 の大きさは、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の同一円周方向では同じ大きさに形成され、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の半径方向外側に向かうに従い大きくなるように形成されている。また、2 種類の混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の重なり状態では、第 1 の貫通孔 2 2 が相互に重なり合った部分の面積は、円周方向において均等となっている。30

#### 【 0 0 2 3 】

そして、混合体 2 において隣接する混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の各々の第 1 の貫通孔 2 2 は、半径方向及び円周方向に部分的にずれて重なり合うように配置され、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向及び延在方向に連通されている。換言すれば、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の半径方向と円周方向とのそれに延びる第 1 の貫通孔 2 2 間の仕切壁が、隣接する混合エレメント 2 1 a , 2 1 b 相互間において位置を違えて配置されている。従って、混合体 2 内部は、流体 A を隣接する混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の第 1 の貫通孔 2 2 間に順次通り抜けさせて、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向及び延在方向のそれぞれにおいて分割するように構成されている。このように、混合体 2 内部の複数の第 1 の貫通孔 2 2 は、吸入口 2 0 となる中空部 2 4 の上部開口と吐出口 2 0 となる混合エレメント 2 1 a の外周面に開放する第 1 の貫通孔 2 2 との間を繋ぐための複数の「流路」を構成している。40

#### 【 0 0 2 4 】

混合体 2 を構成する混合エレメント 2 1 a , 2 1 b や台座 3 は、ポリエチレン、ポリブロピレン、フッ素系樹脂等の樹脂から作製されたものであるが、セラミック、金属等で作製されたものでもよい。混合エレメント 2 1 a , 2 1 b や台座 3 を樹脂製とすることにより、樹脂成形により混合エレメント 2 1 a , 2 1 b や台座 3 を容易に且つ安価に製造することができる。また、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b や台座 3 がフッ素系樹脂以外の樹脂50

で作製されている場合は、コーティング等により表面層をフッ素系樹脂により形成してもよい。この場合、耐薬品性が向上し、化学薬品等の混合を行う分野にも好ましく使用することができる。

#### 【0025】

以上の搅拌子1の組み立て方法として、混合体2を形成する工程と、混合体2を台座3に固定する工程とを備える。

混合体2を形成する工程は、複数の混合エレメント21a, 21bを周方向の所定位置に揃えて交互に積層させて混合体2とする。この場合、各混合エレメント21a, 21bには、ボルト11(固定手段)を貫通させるボルト孔h1(図4参照)が外周部の2ヶ所に設けられているので、各混合エレメント21a, 21bは、ボルト11に外周部のボルト孔h1を挿通させるようにして積層させることで、周方向所定位置に簡単に揃えることができる。なお、混合エレメント21a, 21bのボルト孔h1が中心により近い位置、又は中心部に設けられたもののような場合は、治具などを外周部に当てがって周方向所定位置に効率良く揃えるようにすることができます。そして、混合体2を台座3に固定する工程は、複数の混合エレメント21a, 21bを積層した混合体2をボルト11により積層方向に貫通させて、このボルト11を台座3のネジ穴hに螺合させて固定する。以上の工程により、複数の混合エレメント21a, 21bが周方向所定位置に揃えられて積層した混合体2が形成されるととともに、台座3への取り付けが完了するから、搅拌子1の組み立てを効率よく行うことができる。

#### 【0026】

一方、マグネットックスターラー4は、図1に示すように、上面が水平な本体41と、本体41の内部に配置された回転磁場発生部42とを備えている。回転磁場発生部42は、水平方向に延びる板状の駆動用回転体43と、駆動用回転体43の上面両端部のそれぞれに設ける駆動用磁石46a, 46bとを備えている。各駆動用磁石46a, 46bは、着磁方向が駆動用回転体43の延在面(水平面)に垂直な方向(上下方向)を向くように配置され、且つ磁極(N極、S極)の位置が互いに逆位置となるように配置されている。駆動用回転体43の下面中心部には、軸部44を介してモータ45が連結され、このモータ45の回転駆動により、駆動用回転体43及び2個の駆動用磁石46a, 46bを水平方向に回転させて本体41上面に回転磁場を発生させる。

#### 【0027】

次に、以上の構成の搅拌子1を用いた流体Aの搅拌方法を説明する。

図1のように、マグネットックスターラー4の本体41上面に流体Aが収容された容器6を載置して、容器6内の底面に搅拌子1を配置させて、駆動用磁石46a, 46bから発生する磁場に搅拌子1の台座3の搅拌用磁石5a, 5bを吸引させる。そして、マグネットックスターラー4のモータ45を駆動させて回転させることにより、容器6内で搅拌子1が回転させられる。この場合、搅拌子1は所定位置で自転しているが、回転磁場発生部42を公転させる等して搅拌子1を自転させながら公転させるようにしてもよい(他の実施形態でも同様である。)。

#### 【0028】

この搅拌子1の回転により、混合体2内部に保持されている流体Aは遠心力を受けて混合体2外周部方向へ流通し、混合体2の外周面に開く混合エレメント21aの第1の貫通孔22から混合体2外部へ流出する。一方、容器6内の流体Aは、混合体2を配置する中央下部に向かって渦状に回転流動しながら、混合体2の上部から中空部24の上部開口である吸入口20を通じて中空部24内に流入する。中空部24内に流入した流体Aは、さらに搅拌子1に作用する遠心力(この場合、搅拌子1の回転による力を含む。以下同様である。)を受け、中空部24の内周面に開く混合エレメント21bの第1の貫通孔22から混合体2内部に流入する。そして流体Aは、流入場所の第1の貫通孔22から当該第1の貫通孔22に連通する他の第1の貫通孔22を通り抜け、さらに、他の第1の貫通孔22に連通する第1の貫通孔22を通り抜けるという具合に混合体2内部を流通する。

#### 【0029】

10

20

30

40

50

この場合、混合体 2 内部を流通する流体 A は、図 5 ( a ) に示すように、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の複数の第 1 の貫通孔 2 2 を通り抜けて内周部から外周部に向かって略放射状に流通し、この際、流体 A は、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の延在方向に分割され、合流する。

#### 【 0 0 3 0 】

また、混合体 2 は、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b を積層方向に複数層備え、積層方向に連通する各第 1 の貫通孔 2 2 により流体 A を混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向にも流通させる複数の流路が形成されている。従って、混合体 2 内部の流体 A は、第 1 の貫通孔 2 2 を通り抜ける際に、図 5 ( b ) に示すように、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向にも流通し、この際、流体 A は、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向にも分割され、合流する。なお、図 2 に示す混合エレメント 2 1 a , 2 1 b は、図 5 に示すものとは周方向及び半径方向の仕切壁の数が異なるが、機能として異なるものではない。  
10

#### 【 0 0 3 1 】

こうして、混合体 2 内部における流体 A の流動は、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の延在方向への平面的すなわち二次元的な分割と合流だけではなく、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向にも広がりをもった三次元的に分割と合流が行われる。このような三次元的な流動により、流体 A は、分割、合流等を繰り返して高度に混合される。混合エレメント 2 1 a , 2 1 b を 1 枚ずつ積層した場合には、平面的・二次元的な分割と合流が行われるが、この場合でも、流体 A は、分割、合流等を繰り返して混合される。  
20

#### 【 0 0 3 2 】

ところで、従来のような、棒状やクロス状等の回転体からなる攪拌子では、回転の中心付近である攪拌子の中央部では回転のエネルギーが小さい。また、回転体上に攪拌羽根を設けた攪拌子（特許文献 1 ）が、容器 6 内の上部の流体 A に大きな回転力を付与しても、依然として、回転の中心付近である攪拌子の中央部では回転のエネルギーが小さい。そのため、これら従来の攪拌子では、容器 6 内の中央部の流体 A 、特に攪拌子から離れた容器 6 内の中央上部の流体 A は、小さい範囲で半径方向に回転しているに過ぎない。従って、容器 6 内の中央上部の流体 A がその他の部分と攪拌され、最終的に容器 6 内の流体 A が全体的に均一に攪拌されるまでに長時間を要していた。  
20

#### 【 0 0 3 3 】

これに対して、本実施形態の攪拌子 1 では、混合体 2 中央部において回転軸線 S 方向に貫通する中空部 2 4 を備えている。そのため、容器 6 内の中央上部の流体 A は、混合体 2 の上部から中空部 2 4 内に吸い込まれて混合体 2 内部で高度に混合されることにより迅速に攪拌される。  
30

#### 【 0 0 3 4 】

この混合体 2 の中空部 2 4 は、第 1 の貫通孔 2 2 より開口面積の大きい第 2 の貫通孔 2 3 の積層によって形成され、第 1 の貫通孔 2 2 に対して十分大きく開口している。それゆえ、中空部 2 4 へ流体 A が流入する際の流動抵抗は、混合体 2 上面に開口する第 1 の貫通孔 2 2 に比べて小さい。また、混合体 2 の中空部 2 4 は、容器 6 内の中央部に位置する。従って、攪拌子 1 の回転により、この中空部 2 4 と対向する容器 6 内の中央上部の流体 A を滞らせることなく吸入口 2 0 を経て中空部 2 4 内に容易に吸い込ませることができる。そして、中空部 2 4 内に吸い込まれた流体 A は、混合体 2 の回転による遠心力を受け、混合体 2 内部へ流入して各第 1 の貫通孔 2 2 を通過することで、上述したように、混合エレメント 2 1 a , 2 1 b の積層方向及び延在方向へそれぞれ分割と合流を繰り返して高度に混合される。  
40

なお、混合体 2 の中空部 2 4 は、必ずしも容器 6 内の中央部に位置する必要はなく、攪拌子 1 の中心部の位置を容器 6 の中心部から外すことにより、混合体 2 の中空部 2 4 が容器 6 内の中央部から外れてもよい。

#### 【 0 0 3 5 】

以上より、このような混合体 2 を備える攪拌子 1 によれば、回転中心にある容器 6 内中央部の流体 A をも迅速に攪拌し、流体 A 全体を効率よく攪拌することができ、その結果、  
50

容器 6 内の流体 A 全体を均一に攪拌するまでの時間を非常に短くすることができる。

**【 0 0 3 6 】**

なお、本発明は、以上の実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で様々な変更を施すことが可能であり、例えば、以下のように変形することが可能である。

**(混合体 2 の変形例 1 )**

混合エレメント 2 1 の第 1 の貫通孔 2 2 は、混合エレメント 2 1 の延在方向において非線形状に配列することができる。

例えば、図 6 に示すように、混合エレメント 2 1 c , 2 1 d は、第 1 の貫通孔 2 2 の間の仕切壁 2 5 R , 2 5 C のうち中央部から外周に向かう仕切壁 2 5 R が一方向側に湾曲する略インボリュート曲線状に形成され、これらの仕切壁 2 5 R 間を周方向に連続して延びる仕切壁 2 5 C で区画するように連結した形状とする。なお、周方向に延びる仕切壁 2 5 C は、混合エレメント 2 1 c , 2 1 d の中心点を中心とする同心円状に形成されている。

**【 0 0 3 7 】**

このように第 1 の貫通孔 2 2 をインボリュート状（非線形状）に配置することによって、直線状に配置する場合よりも流体が混合体 2 を流通する際の流動抵抗を小さくすることができます。

**【 0 0 3 8 】**

**(混合体 2 の変形例 2 )**

混合エレメント 2 1 における第 1 の貫通孔 2 2 間の仕切壁は、断面方向視においてエッジを有しない曲線形状とすることができます。

例えば、図 7 ( a ) ( b ) に示すように、混合エレメント 2 1 e , 2 1 f における半径方向に延びる仕切壁 2 5 R と周方向に延びる仕切壁 2 5 C の断面形状は、縦長の略橢円形とする。

**【 0 0 3 9 】**

このような断面形状の仕切壁 2 5 R , 2 5 C を有する混合エレメント 2 1 e , 2 1 f 内での流体 A の流動は、仕切壁の外面において断面方向視で方形状等のエッジを有するものと比べて、流体 A の衝突時の衝撃を和らげることができる。例えば、酵母等による発酵食品の製造、液体高密度培養等の細胞培養の分野においては、酵母や細胞等の物質を含む流体 A を均一に攪拌する際、酵母や細胞等の物質が仕切壁と衝突してもその衝撃が抑えられ、当該物質を傷付けずに良好な攪拌を行うことができる。

**【 0 0 4 0 】**

**(混合体 2 の変形例 3 )**

混合エレメント 2 1 における第 1 の貫通孔 2 2 間の仕切壁 2 5 は、傾斜した構成とすることができます。

例えば、図 8 ( a ) ( b ) に示したように、混合エレメント 2 1 g , 2 1 h における円周方向に延びる仕切壁 2 5 C は、上方ほど外周に広がるように傾斜し、半径方向に延びる仕切壁 2 5 R は、左右方向における一方に傾斜している。なお、図 8 に示す混合エレメント 2 1 g , 2 1 h の仕切壁 2 5 R , 2 5 C の断面形状は、略橢円形であるが、四角形等の多角形状であってもよい。

**【 0 0 4 1 】**

このような傾斜した仕切壁 2 5 R , 2 5 C を有する混合エレメント 2 1 g , 2 1 h により、攪拌子 1 の回転により攪拌子 1 の内部の流体 A の流れに方向性を持たせることができる。図 8 のものでは、攪拌子 1 の回転方向によって流体 A を下方または上方へ螺旋状に流動させることができます。

**【 0 0 4 2 】**

**(混合体 2 の変形例 4 )**

混合体 2 において積層した複数の混合エレメント 2 1 における第 1 の貫通孔 2 2 や第 2 の貫通孔 2 3 は、それぞれ、各混合エレメント 2 1 ごとに大きさを異なるように構成することができます。

例えば、図 9 ( a ) に示すように、積層した複数の混合エレメント 2 1 i , 2 1 j にお

10

20

30

40

50

ける第1の貫通孔22は、下層側ほど大きい第1の貫通孔22を有するものを配置することができる。

**【0043】**

このような構成により、混合体2内部で流体Aが積層方向に隣接する第1の貫通孔22間を通過する際の通過抵抗が下層側ほど小さくなるので、混合体2内部では上層側を流れる流体Aの流量を減らし、下層側を流れる流体Aの流量を増やすことができる。

**【0044】**

また、図9(b)に示すように、積層した複数の混合エレメント21m, 21nにおける第2の貫通孔23は、下層側ほど大径の第2の貫通孔23を有する混合エレメント21m, 21nを配置し、中空部24の内径を下層側ほど大きくなるように構成する。この場合、各混合エレメント21m, 21nの外径が同じであるので、第1の貫通孔22の数は、下層側ほど少なくなる。10

**【0045】**

このような構成により、中空部24内を流れる流体Aの流動抵抗が下層の方ほど小さくなるので、下層側を流れる流体Aの流量を増やすことができる。

**【0046】**

(混合体2の変形例5)

混合体2は、複数の混合エレメント21を積層した積層物ではなく、上述した第1の貫通孔22及び中空部24を設けた一部材により構成することができる。このような一部材の混合体2は、例えば、3Dプリンター装置により容易に作製することができる。また、他の混合体2として、第1の貫通孔22となる連続気孔を有する多孔質の一部材に、上述した中空部24を設けたものでもよい。20

**【0047】**

(台座3の変形例)

台座3は、実施形態のものでは棒状体31と円環部32とを備えるが、転倒しない構造であれば、形状等の形態は特に限定されない。

このような台座3として、例えば、楕円柱形状の棒状体から構成した台座3a(図10(a))、偏平な角柱形状の棒状体から構成した台座3b(図10(b))、円環状のホイール体から構成した台座3c(図10(c))、また、円柱形状の柱状体から構成した台座3d(図11)等、様々な形態とすることができる。なお、図10(a)(b)に示した台座3a, 3bでは棒状体の上面両端部において、また、図10(c)に示した台座3cではホイール体の上面の直径方向における2ヶ所において、混合体2を取り付けるネジ穴hを有する隆起部(ネジ筒部)33を設け、混合体2と台座3a, 3b, 3cとの間に隙間を形成して混合体2下方における流体Aの流れを停滞させないようにしている。30

**【0048】**

また、図11に示した台座3dでは、柱状体の上面外周部において180度位置の2ヶ所に混合体2を取り付けるネジ穴hを設け、中央部には上下面を貫通する縦穴35を設けるようにしている。これにより、混合体2と台座3dとが接触していても、台座3dの下方から流入する流体Aは、縦穴35から混合体2の中空部24を経て連通する第1の貫通孔22を流通して混合体2の外周部へ送り出され、流体Aの流れを停滞させず流体Aを良好に攪拌することができる。40

**【0049】**

なお、台座3、3a、3b(図3(a)、図10(a)(b)参照)のように長手方向に伸びる棒状体に棒磁石を収容できるような構造を有するものは、棒状体内部に棒磁石を横置きに収容させてもよい。また、台座3d(図11参照)のような柱状体形状の台座であっても縦穴35が下面に貫通しない構造とすれば、台座下部に棒磁石を横置きに収容させてもよい。

また、棒状の台座3a, 3bの底面には、図3(b)(c)に示すような支持突起34を設け、また、ホイール状・柱状等の台座3c, 3dの底面には、等間隔に2以上の支持突起36(図11(b)参照)を設ける。50

## 【0050】

(他の実施形態1)

他の実施形態1の搅拌子1Aにおいては、図12に示すように、混合体2aは、上方と側方とに開口端を形成するチューブ体7により構成し、台座3eは、チューブ体7を保持する円板体30により構成したものである。

## 【0051】

チューブ体7(混合体2a)と円板体30(台座3e)とは、凹凸の嵌め合い構造や、接着剤による接合等、様々な連結手段より連結させることができる。チューブ体7は、上下方向に延びる縦チューブ71と、この縦チューブ71の下端に連設されて側方に延びる4つの横チューブ72とを備えている。縦チューブ71は、搅拌子1Aの回転軸線S上に配置され、その上端開口が流体Aの吸入口20となる。横チューブ72は、十文字状に配置され、それぞれの側端開口が流体Aの吐出口20となる。従って、吸入口20は、搅拌子1Aの回転軸線S上の位置に配置され、吐出口20は、吸入口20よりも回転軸線Sより外側の位置、すなわち、回転軸線Sに直交する側方外側の位置に配置される。また、縦チューブ71と横チューブ72とは連通しており、内部が流体Aの流路を構成する。なお、横チューブ72は、縦チューブ71に対して斜め下方または斜め上方に向けて取り付けられていてもよい。

10

## 【0052】

台座3eは、円板体30の外周部における180度位置の2ヶ所に、それぞれ、上記実施形態と同様に構成される搅拌用磁石5a, 5bが収容されている(図示せず)。また、円板体30の下面中央部には、上記実施形態と同様に、容器6底面と接触する円弧状の支持突起34が突設されている(図示せず)。なお、台座3eの180度位置に両端部が位置するように棒磁石を搅拌用磁石として収容させてよい。

20

## 【0053】

以上の他の実施形態1の搅拌子1Aによる流体Aの搅拌方法を説明する。

図1に示した実施形態の場合と同様に、マグネチックスターラー4からの回転磁場により容器6内の底部に配置した搅拌子1Aを回転させると、遠心力により各横チューブ72内部の流体は各横チューブ72の側端開口の吐出口20から外部へ流出させられる。そうすると、縦チューブ71内部の流体Aが各横チューブ72に流入するため、容器6内の中央上部付近の流体Aがチューブ体7に向かって渦状に回転流動させられながら、縦チューブ71の上端開口の吸入口20から縦チューブ71内に吸い込まれる。これにより、搅拌子1Aの外周部の流体Aは、吐出口20から流出される流体Aによって流れを乱されることにより混合される。以上により、容器6内の中央上部の流体Aを停滞させずに搅拌子1Aの上端開口の吸入口20から吸い込ませ、側端開口の吐出口20から流出させることができるので、流体Aを効率的に搅拌することができ、流体A全体を均一に混合するまでの時間を短くすることができる。

30

## 【0054】

なお、横チューブ72は、図13(a)に示す搅拌子1A-1のチューブ体7aのように、側方2ヶ所に開口(吐出口20)したI型に形成してもよく、その他にも側方複数個所に開口した様々な形態の横チューブを構成することができる。

40

## 【0055】

また、図示しないが、搅拌子1は、混合体2として両端が開口した1本のパイプ体により構成し、このパイプ体の両端部にそれぞれ回転磁場を受ける磁石5a, 5b又は磁性体を設けた構成とすることができる。この場合、混合体2となるパイプ体は、長さ方向を横方向にした横置き状態で上面に流体の吸入口20となる開口を設け、パイプ体の両端開口部を吐出口20とすることができる。また、磁石5a, 5b又は磁性体は、パイプ体の両端部の下面又は側面等に取り付けるようにしてもよいし、また、磁石5a, 5b又は磁性体を台座3に備え付けて、この台座3をパイプ体の両端部の下面又は側面等に取り付けるようにしてもよい。これによれば、搅拌子1を細長く形成することができるから、例えば、入口の狭い容器であっても容器の入口から容器内へ投入して使用することができる

50

。

**【0056】**

また、混合体2aを構成するチューブ体も、図13(b)(c)に示す搅拌子1A-2、1A-3のように、上端開口(吸入口20)と側端開口(吐出口20)とを設けたL型のチューブ体7bとし、このL型チューブ体7bを複数本使用して、各々の縦方向のチューブ構成部分を背中合わせに組み付けて混合体2aを構成するようにしてもよい。この場合、複数本のL型チューブ体7bのそれぞれの上端開口(吸入口20)の高さは、同一高さとしてもよいし、また、図13(b)(c)に示すように、それぞれ段違いに配置させるようにしてもよい。このように複数の吸入口20の高さを段違いに配置(図13(b)(c)等)することにより、容器6中央部の上部と中間部のそれぞれの位置の流体Aを同時に吸い込むことができ、停滞しやすい中央部の流体Aの搅拌をより迅速に行うことができる。なお、このL型チューブ体タイプの混合体2aでは、各吸入口20は、搅拌子1A-2、1A-3の回転軸線S上位置でなく回転軸線S上近くの位置に配置されている。10

**【0057】****(他の実施形態2)**

他の実施形態2の搅拌子1Bにおいては、図14(a)に示すように、混合体2bは、上面と側面とにそれぞれ開口部(20, 20)を有し、各開口部(20, 20)を内部流路81により連通した円柱体8により構成し、台座3は、この円柱体8の外径と同じ外径の円板体30により構成したものである。20

**【0058】**

円柱体8の上面の開口部は、中心部に1つ配置され、この上面の開口部が流体Aの吸入口20となる。円柱体8の側面の開口部は、等間隔に4つ配置され、この側面の各開口部が流体Aの吐出口20となる。従って、この円柱体8(混合体2a)では、吸入口20が搅拌子1Bの回転軸線S上の位置に配置され、吐出口20は、吸入口20よりも回転軸線Sより外側の位置、すなわち、回転軸線Sに直交する側方外側の位置に配置されている。なお、この円柱体8(混合体2b)は、側方に延びる内部流路81及び吐出口20を4つ設けるが、これに限らず、側方に延びる内部流路81及び吐出口20を複数設けるようにしてもよい。また、側方に延びる内部流路81は、吸入口20から縦方向に延びる内部流路81に対して斜め下方または斜め上方に向けて形成されていてよい。30。台座3eは、上記他の実施形態1(図12、図13)と同様の構成を有する。

**【0059】**

また、台座3を図3、図10または図11のものと同様の構成とした場合には、円柱体8の上面の開口部20は下面まで貫通させてもよい。この場合には、円柱体8の下面からも流体Aを吸い込ませることができるからである。なお、図14(b)(c)に示す搅拌子1B-1, 1B-2では、台座は、図11に示す台座3dを用いた例であり、この台座3dの縦穴35は、混合体2bとなる円柱体8における貫通孔(内部流路81の縦流路)と連通されている。

また、円柱体8は、側面の開口部20に連通する内部流路81(回転軸線S方向に沿った縦流路と、回転軸線Sに直交する横流路)を有する場合、図14(c)に示す円柱体8bのように、内部流路81(横流路)の位置で上下に分割可能な上部円柱体8b-1と下部円柱体8b-2とから構成とすれば、円柱体8bを分割して内部流路81の洗浄を容易に行うことができる。40

**【0060】**

以上の他の実施形態2の搅拌子1B, 1B-1, 1B-2によっても、上記他の実施形態1と同様の作用効果を発揮することができる。

なお、他の実施形態2の搅拌子1B, 1B-1, 1B-2は、台座3d, 3eを混合体2bとは別体として備えるが、混合体2bが台座3d, 3eと一体構造となつた円柱体とするものであってもよい。換言すれば、台座3d, 3eを兼ねた混合体2bを円柱体8で形成し、この円柱体8に搅拌用磁石を収容させたものでもよい。例えば、図15(a)に50

示す搅拌子 1B - 3 のように、円柱体 8c の上面の開口部が下面まで貫通していれば、円柱型、リング型、または角型等の磁石を搅拌用磁石 5 として円柱体 8c に収容することができる（なお、図 15(a) は角型磁石 5a, 5b の例である。）。また、図 15(b) に示す搅拌子 1B - 4 のように、円柱体 8c の上面の開口部が下面まで貫通していなければ、前記磁石以外にさらに棒磁石を搅拌用磁石 5 として円柱体 8c に収容することができる。

#### 【0061】

##### （他の実施形態 3）

他の実施形態 3 の搅拌子 1Cにおいては、図 16(a)に示すように、混合体 2c は、中央に貫通孔を有する円板状の環状板 91 と他の円板 92 を複数の接続壁 93 により接続した構造体 9 により構成し、上面と側面とにそれぞれ開口部(20, 20)を有し、台座 3e は、この構造体 9 の外径と同じ外径の円板体 30 により構成したものである。このように構成することによっても、複数の接続壁 93 により隔てられた環状板 91 と円板 92 との間隙 90 の外周端は、流体 A の吐出口 20 となるので、搅拌子 1C の回転により、容器 6 内部の流体 A を上面の開口部(吸入口 20)から吸い込み、側面の開口部(吐出口 20)から吐出することにより搅拌することができる。なお、この混合体 2c としての構造体 9 は、環状板 91 と円板 92 を接続する接続壁 93 を 4つ設けるが、これに限らず 4つより少なくて多くてもよい。また、図 16(b)に示す搅拌子 1C - 1 のように、接続壁 93 は平面視でインボリュート形状(非線形形状)を有するものであってもよい。

10

20

#### 【0062】

他の実施形態 3 の搅拌子 1C - 2 においては、図 16(c)に示すように、混合体 2c は、環状板 91 に管状の吸込みチューブ 94 を接続した構造体 9b としてもよい。この場合、環状板 91 に接続された吸込みチューブ 94 の一端の開口部は上面に開口し、流体 A の吸入口 20 となる。なお、この吸込みチューブ 94 は、図示しないが末広がりのラップバ形状となったものであってもよい。

#### 【0063】

##### （他の実施形態 4）

他の実施形態 4 の搅拌子 1D では、例えば、図 17(a)に示すように、台座 3f は、棒状搅拌子 302 を支持台(保持体) 301 に嵌め込み式に取り付けて構成したものである。

30

ここで、「棒状搅拌子 302」は、例えば、磁石又は磁性体を保持する回転子により構成することができる。この台座 3f は、円環状に形成する支持台 301 の内側面の 180 度位置の 2ヶ所に取り付け穴 303 を設け、各取り付け穴 303 に棒状搅拌子 302 の両端部を嵌め込んで固定することにより構成する。支持台 301 の上面には直径方向の 2ヶ所にネジ穴 h が設けられ、これらネジ穴 h に混合体 2 に挿通させたネジ 11 をネジ止めすることにより混合体 2 が取り付けられる。これにより、例えば、既存品の棒状搅拌子 302 を利用して、混合体 2 を備える搅拌子を簡易に構成することができる。

#### 【0064】

台座 3 の他の例として、図 17(b)に示す台座 3g のように、支持台 301 の内側面に周方向に連続する凹溝 304 を形成して、支持台 301 に棒状搅拌子 302 を嵌め込みやすくすることもできる。また、図 17(c)に示す台座 3h のように、支持台 300 を円盤型に形成し、その円盤底面に設ける嵌め込み溝 305 に棒状搅拌子 302 を嵌め込んで固定する構成としたものでもよい。なお、図 17(b)(c)に示す各支持台 301, 300 の上面には混合体 2 を取り付けるネジ 11 のネジ穴 h が設けられている。

40

#### 【0065】

さらに、図 18(a)(b)に示す台座 3i では、支持台 301 を円環状に形成し、内側面の 180 度位置の 2ヶ所に周方向に延びる長孔 306 を設け、この支持台 301 の各長孔 306 に棒状搅拌子 302 の両端部を嵌め込んで固定することにより台座 3i を構成する。この場合、棒状搅拌子 302 を嵌め込んだ長孔 306 には、支持台 301 の内径側

50

と外径側とを連通する隙間が形成されるので、この隙間を通じて、攪拌子 1 D に作用する遠心力により支持台 3 0 1 の内径側の流体 A を支持台 3 0 1 の外径側に流動させ、流体 A が支持台 3 0 1 の内径側に滞留しないようにすることができる。また、支持台 3 0 1 の下面には、対向する 2 つの長孔 3 0 6 の間ににおける対向した部分に切欠 3 0 7 が設けられている。これら切欠 3 0 7 によっても、流体 A が支持台 3 0 1 の内径側に滞留しないようにすることができる。支持台 3 0 1 の上面には、直径方向の 2 ヶ所に混合体 2 を取り付けるネジ 1 1 のネジ穴 h が設けられている。

なお、図 17、図 18 に示した支持台（3 0 0，3 0 1）の他にも、棒状攪拌子 3 0 2 を取り付け可能に構成するものを使用することができる。

#### 【0066】

##### （他の実施形態 5）

他の実施形態 5 の攪拌子 1 E は、例えば、図 19 に示すように、攪拌用磁石 5 a，5 b を嵌め込み式に取り付けて構成したものである。攪拌子 1 E を構成する円柱体 8 d の下面の直径方向の 2 ヶ所に、攪拌用磁石 5 a，5 b を嵌め込んで固定する嵌め込み溝 8 0 1 を設けた構成とする。これにより、攪拌子 1 E を簡易に構成することができる。また、例えば、目的、用途等に応じて、磁力の異なる攪拌用磁石 5 a，5 b を選択して使用する等、攪拌子 1 E の磁力調整も容易に行うことができる。

#### 【0067】

なお、この攪拌子 1 E においては、攪拌用磁石 5 a，5 b は、樹脂で被覆したものを使用するのが好ましい。例えば、円柱体 8 d がフッ素樹脂で形成されていれば、攪拌用磁石 5 a，5 b もフッ素樹脂で被覆したものが用いられる。攪拌用磁石 5 a，5 b の形状は、図 19 に示すような角型に限らず、円柱型等の各種の形状のものを使用することができる。円柱体 8 d は、混合体 2 b の構造として、図 15（a）に示した円柱体 8 c と略同様の構成を有するものであるが、これに限らず、各種の混合体構造とすることができます。また、円柱体 8 d は、攪拌用磁石 5 a，5 b を備える台座 3 の機能をも有し、混合体 2 b と台座 3 の機能を一体に備えるものであるが、混合体 2 b と台座 3 とが組み付け可能に別体に構成され、この台座 3 において攪拌用磁石 5 a，5 b を嵌め込んで取り付け可能とする嵌め込み溝 8 0 1 を設けた構成としてもよい。また、攪拌用磁石 5 a，5 b は、2 個使用することに限らず、1 本の棒磁石により構成し、円柱体 8 d にはこの棒磁石を横向き状態で嵌め込み固定することが可能な嵌め込み溝を設けた構成とするものでもよい。

#### 【0068】

攪拌用磁石 5 a，5 b にそれぞれ円環形状等の保持輪を設け、各保持輪を図 12 に示すようなチューブ体 7 の端部に嵌め込み固定してもよい。この場合、保持輪を設けた攪拌用磁石 5 a，5 b は 4 本の横チューブ 7 2 に設けてもよいし、対向する 2 本の横チューブ 7 2 のみに設けてもよい。この場合、攪拌子 1 A は、チューブ体 7 と保持輪付きの攪拌用磁石 5 a，5 b により構成され、台座 3 e は不要になる。同様に、例えば、図 13（a）に示すようなチューブ体 7 a の両端部に保持輪付きの攪拌用磁石 5 a，5 b を嵌め込み固定して台座 3 e を不要とする構成としてもよい。

#### 【0069】

##### （他の形態）

他の形態は、以上の実施形態における混合体部分をモータに直結して容器内の流体を攪拌する混合体とするものである。

すなわち、回転軸線を中心回転することにより容器内に収容された流体を攪拌するための混合体（図 2、図 6、図 7、図 8、図 9 等参照）であって、前記混合体の表面には、流体の吸入口及び吐出口が設けられ、前記混合体の内部には、前記吸入口と前記吐出口を繋ぐ 1 又は 2 以上の孔が設けられ、前記吸入口は、前記回転軸線上の位置又は前記吐出口よりも前記回転軸線に近い位置に配置され、前記吐出口は、前記吸入口よりも前記回転軸線より外側の位置（例えば、前記回転軸線に直交する半径方向外側の位置）に配置されている構成とするものである。

また、回転軸線を中心回転することにより容器内に収容された流体を攪拌するための

10

20

30

40

50

混合体（図12～図16、図18、図19等参照）であって、前記混合体は、1又は2以上の流路を有し、前記流路の一端側開口が流体の吸入口を構成し、前記流路の他端側開口が流体の吐出口を構成し、前記吸入口は、前記回転軸線上の位置又は前記回転軸線に近い位置に配置され、前記吐出口は、前記吸入口よりも前記回転軸線より外側の位置（例えば、前記回転軸線に直交する半径方向外側の位置）に配置されている構成とするものである。

#### 【0070】

さらには、以上の混合体を備える搅拌装置を構成することができる。

具体的に、搅拌装置としては、図1に示す搅拌装置において、モータ45の軸部44を装置本体41の上面及び容器6の底面を貫通させて混合体に直結させたものが挙げられる。これらの場合、回転磁場発生部42や、搅拌用磁石5a, 5b又は台座3を有しない構成とすることができます。また、図1の搅拌装置での適用の場合は、容器6の底面には軸部44との間に所定のシール機構を設ける。

#### 【0071】

以上の他の形態の混合体及び搅拌装置によつても、上述の各実施形態と同様に、回転中心にある容器6内中央部の流体Aをも迅速に搅拌し、流体A全体を効率よく搅拌することができ、その結果、容器6内の流体A全体を均一に搅拌するまでの時間を非常に短くすることができる。

#### 【0072】

##### (実施例)

次に、本発明の搅拌子による搅拌の効果を確かめるため、以下の脱色実験を行つた。

脱色実験は、ヨウ素脱色反応を用いた。具体的に、ヨウ素溶液（流体A）を収容したビーカー（容器6）をマグネチックスターラー4に載置して、ビーカー内の底に実施例の搅拌子1を配置してヨウ素溶液を搅拌し、この搅拌しているヨウ素溶液中にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加えてからヨウ素溶液が透明になるまでの脱色時間を測定した。この脱色されるまでの時間は、チオ硫酸ナトリウム水溶液がヨウ素溶液に全体的に均一に混合される時間、つまり流体A全体が均一に混合される時間とみることができ、この脱色されるまでの時間の長さから搅拌子の搅拌効果を検証した。

#### 【0073】

脱色実験に用いた各溶液の仕様は、以下のとおりである。

- ・ヨウ素溶液：0.05モル／リットルのヨウ素溶液（1/10規定）を20cc
- ・チオ硫酸ナトリウム水溶液：チオ硫酸ナトリウム37.5gを水200ccに溶解した水溶液を4cc

#### 【0074】

実施例1、2の搅拌子1は、図20(a)(b)の写真に示したもの用いた。

実施例1の搅拌子1は、図20(a)に示すものであり、混合体2は図2に示すような構造（混合エレメント21a, 21bの第1の貫通孔22が半径方向に2つ並ぶ。）のものを用い、また、台座3は図12の円板体30の上面にネジ筒部33を2ヶ所設けた円板構造のものである。この実施例1の搅拌子1の仕様サイズは、以下のとおりである。

台座3は、円板部分が直径（外径）40mm、高さ14mmのものであり、混合体2との間に5mmの隙間がある。混合体2は、高さ1mmの混合エレメント21aを2枚重ねにして1組としたものと、高さ1mmの混合エレメント21bを2枚重ねにして1組としたものとを、交互に各々3組ずつ積層した積層物（混合エレメントは合計12枚使用）からなり、直径（外径）が37.5mm、中空部の内径が19mm、高さが12mmである。

#### 【0075】

実施例2の搅拌子1は、図20(b)に示すものであり、混合体2は図2に示すような構造（混合エレメント21a, 21bの第1の貫通孔22が半径方向に3つ並ぶ。）のものを用い、また、台座3は図12の円板体30の上面にネジ孔hを3ヶ所設け、且つ上下に貫通した貫通孔を複数設けて軽量化した円板構造のものである。なお、混合体2は、台

10

20

30

40

50

座 3 との間に空間を形成するように台座 3 に取り付けた。この実施例 2 の搅拌子 1 の仕様サイズは、以下のとおりである。

台座 3 は、円板部分が直径（外径）60 mm、高さ 15 mm のものであり、混合体 2 との間に 20 mm の隙間がある。混合体 2 は、高さ 1 mm の混合エレメント 21 a を 3 枚重ねにして 1 組としたものと、高さ 1 mm の混合エレメント 21 b を 3 枚重ねにして 1 組としたものとを、交互に各々 3 組ずつ積層したものの 3 層構造の積層物（混合エレメントは合計 18 枚使用）からなり、直径（外径）が 54 mm、中空部の内径が 27 mm、高さが 18 mm である。なお、混合体 2 と台座 3 との間の空間は、高さ 20 mm である。

#### 【0076】

また、比較例 1 として、図 20 (c) の写真に示す棒状体からなる搅拌子（アズワン社製の商品名「回転子」）を用いた。この比較例 1 の搅拌子は、長さ 60 mm、幅（直径）8 mm の略円柱状のものである。10

さらに比較例 2 として、図 20 (d) の写真に示す円盤の上下面に十字状に配置された突起を有する搅拌子（アズワン社製の商品名「クロスヘッド回転子ダブル」）を用いた。この比較例 2 の搅拌子は、直径 40 mm、高さ 14 mm（円盤の厚さ 5.6 mm、上下の突起の各々の高さ 4.2 mm）の略円盤状のものである。

#### 【0077】

以上の脱色実験の結果、脱色されるまでの時間が実施例 1 の搅拌子 1 では 20 秒、実施例 2 の搅拌子 1 では 5 秒であったのに対し、比較例 1 の搅拌子では 100 秒、比較例 2 の搅拌子では 70 秒も要した。すなわち、本実施例の搅拌子 1 によれば、流体 A 全体を均一に混合するのに、比較例の搅拌子に比べて 1/3.5 以下の短時間で完了することができ、高い搅拌性能、高い混合性能を有するものであった。20

#### 【0078】

また、搅拌の様子は、図 21 の写真（実施例 1、実施例 2）に示すように観察された。すなわち、実施例 1 及び実施例 2 の搅拌子 1 では、ビーカー内の溶液が、ビーカーの底部から上部へと全体的に透明に変化していった。これは、搅拌子 1 が、ビーカー内の中央上部の溶液を、混合体 2 の上部から中空部内に吸い込んで混合体 2 内部で混合して混合体 2 の外周側に放出するように流動させて流体 A の搅拌が行われていることがわかる。

#### 【0079】

一方、比較例 1 及び比較例 2 の搅拌子では、図 22 の写真（比較例 1、比較例 2）に示すようにビーカー内の外周側の溶液がビーカーの底部から上部へと透明に変化し、次に、搅拌子のある中央部の溶液がビーカーの底部から上部へと透明に変化していった。これは、回転の中心である搅拌子の中央部では回転のエネルギーが小さく、特に搅拌子から最も離れた中央上部において溶液の動きが鈍く、そのため、中央部及び中央上部の流体 A がその他の部分の流体 A と混合して全体的に均一に混合されるまでに長時間を要することがわかった。30

#### 【符号の説明】

##### 【0080】

1 搅拌子

2 混合体

3 台座

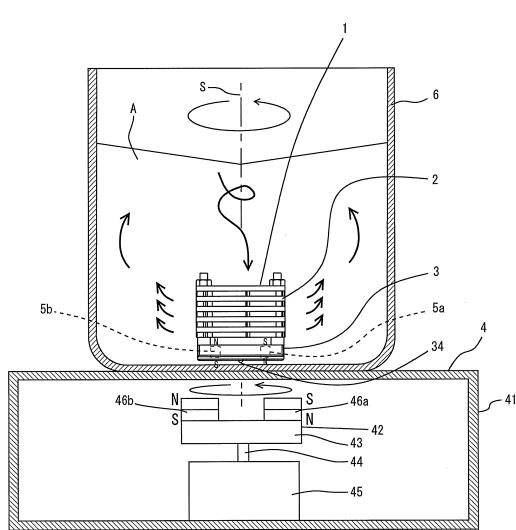
4 マグネチックスターラー

5 a, 5 b 磁石

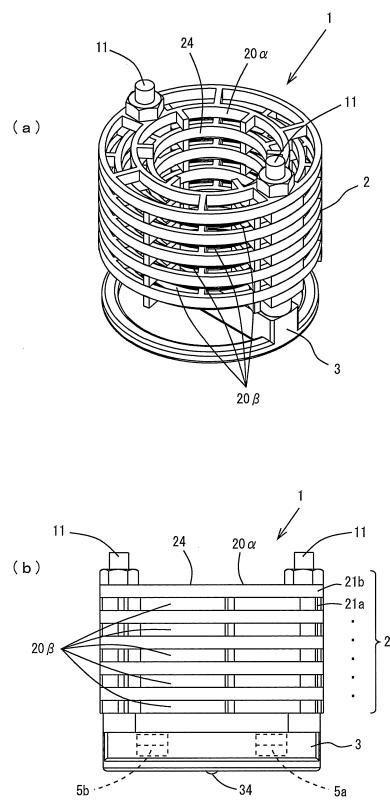
6 容器

40

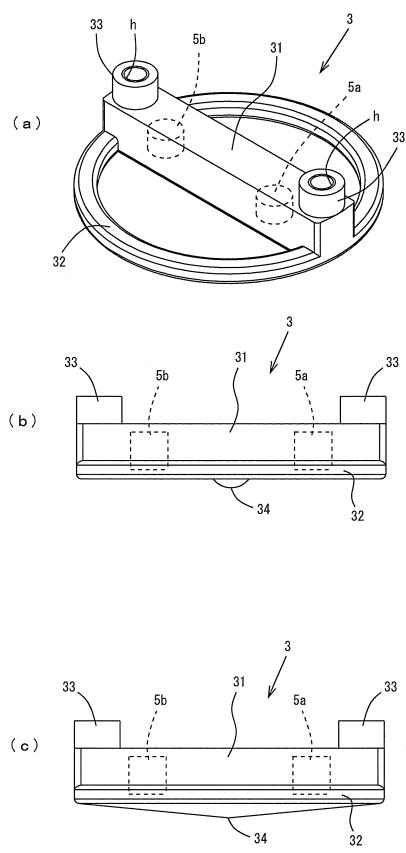
【図1】



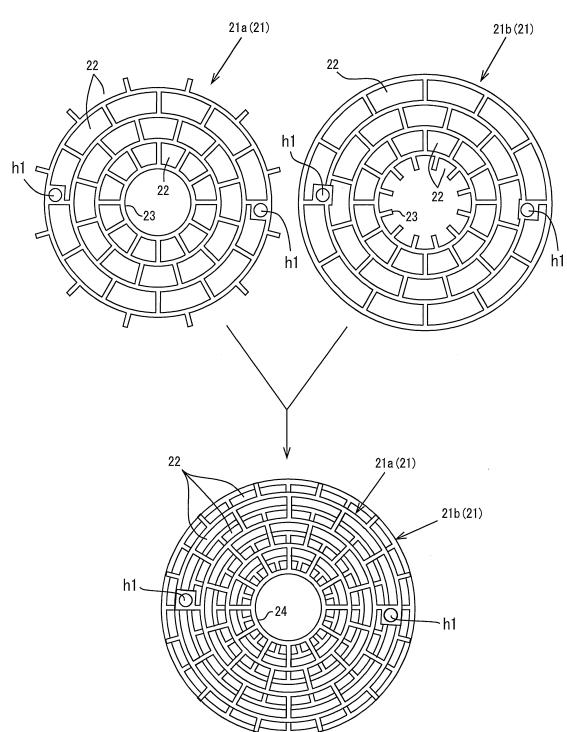
【図2】



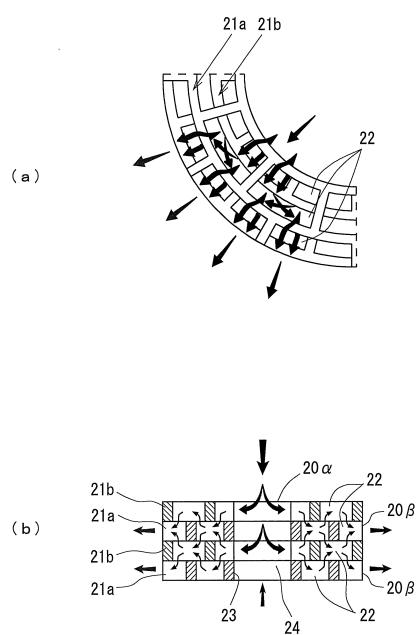
【図3】



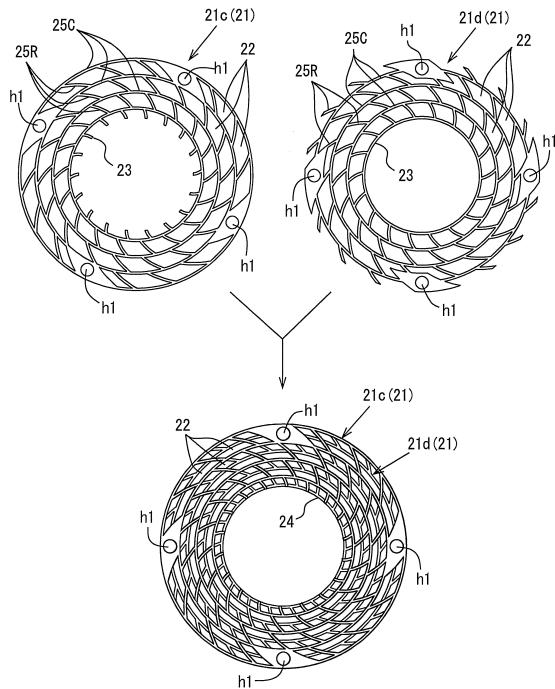
【図4】



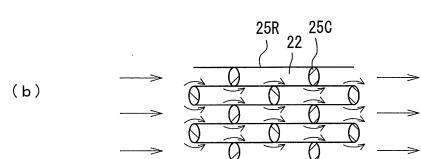
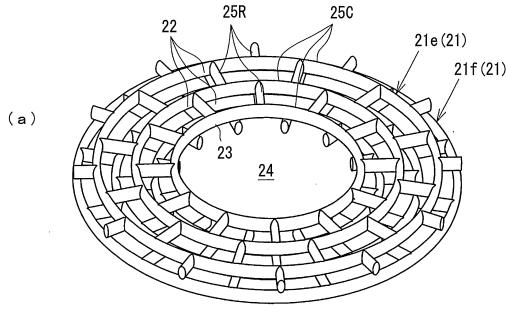
【図5】



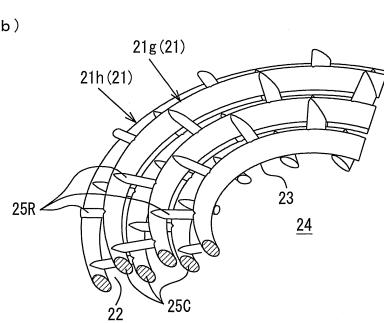
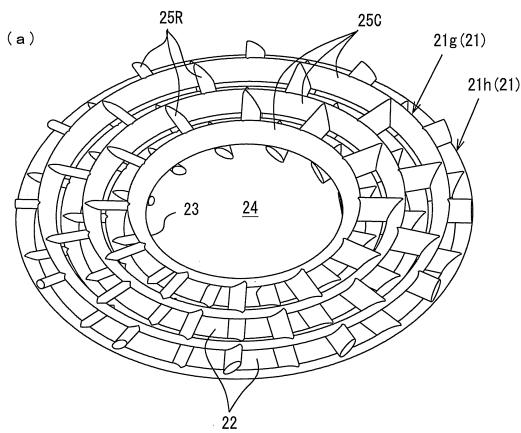
【図6】



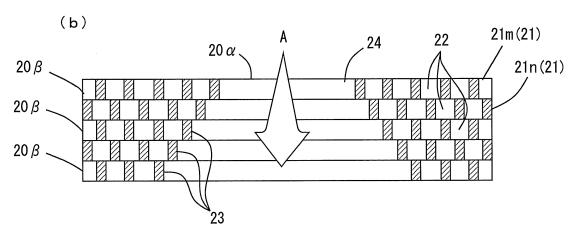
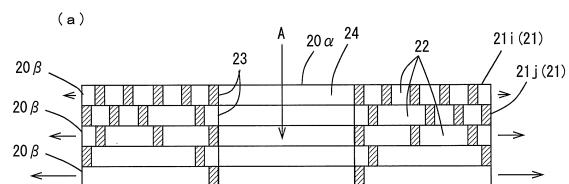
【図7】



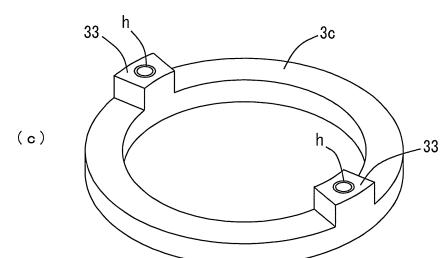
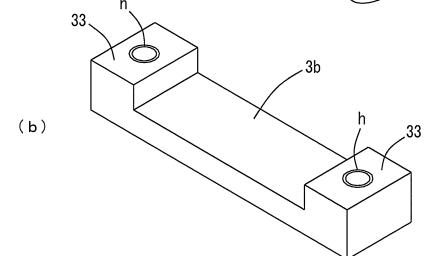
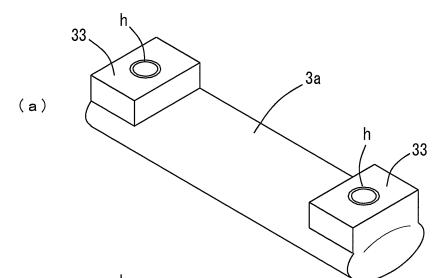
【図8】



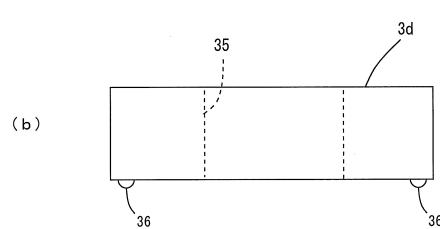
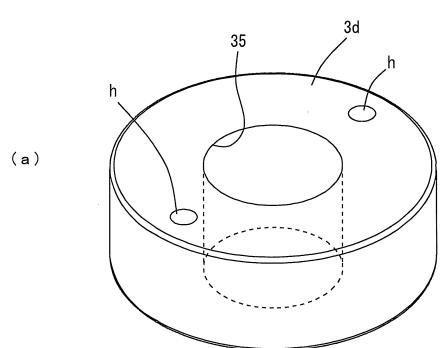
【図9】



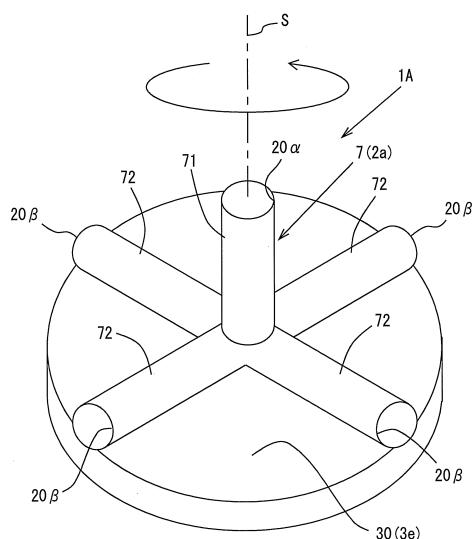
【図10】



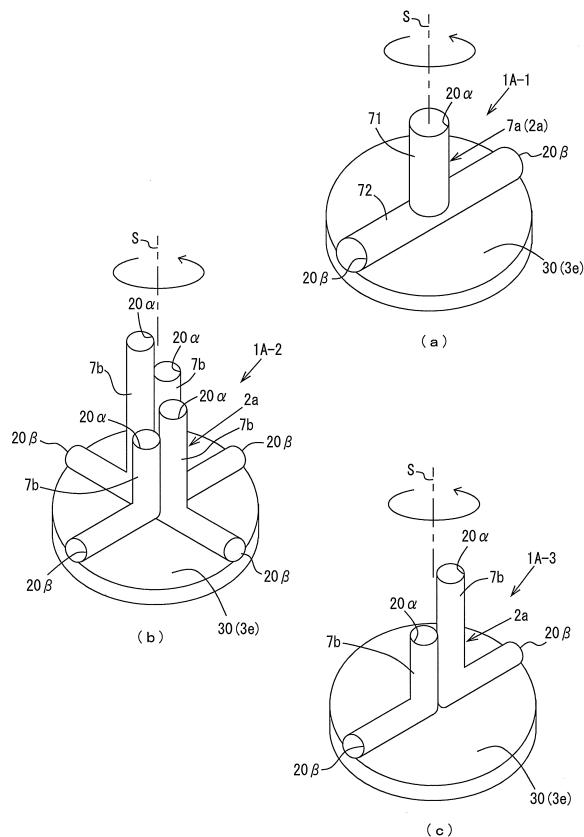
【図11】



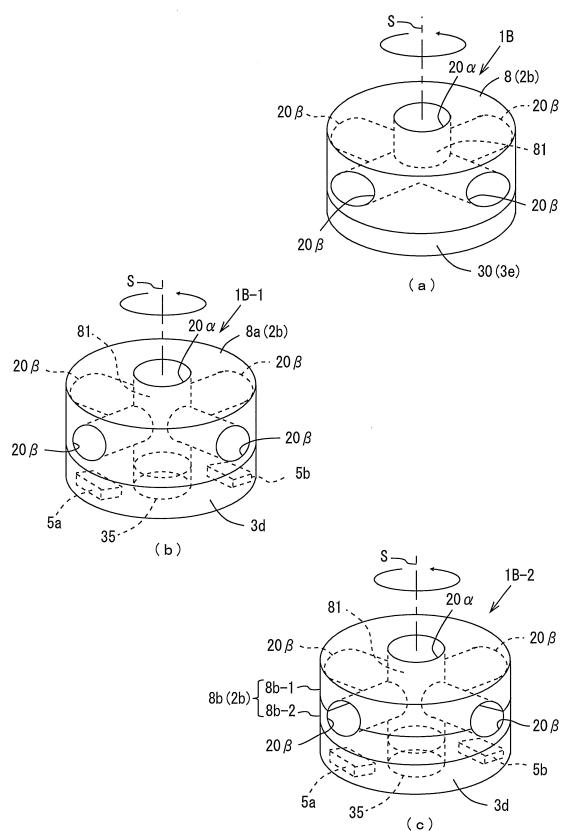
【図12】



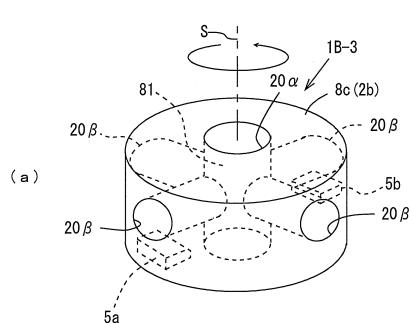
【図13】



【図14】



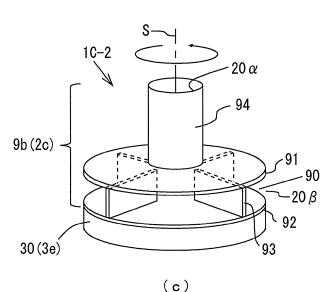
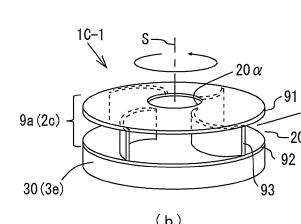
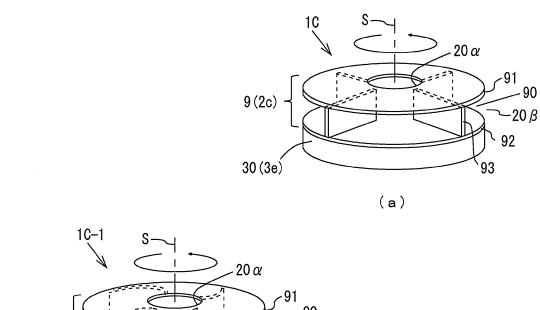
【図15】



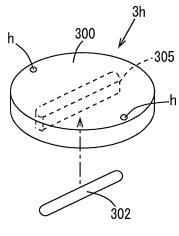
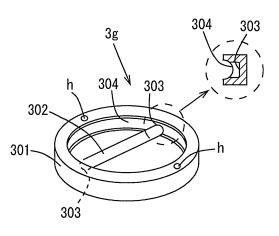
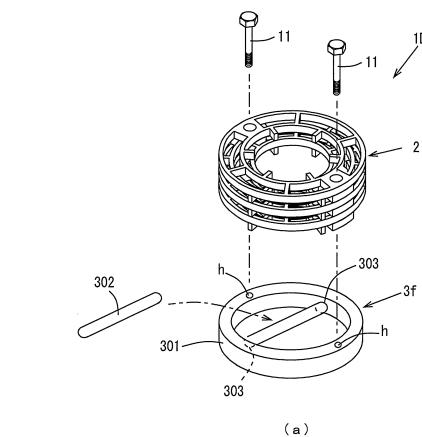
The diagram shows a cylindrical object with several features and dimensions labeled:

- A top circular part with a central hole and a label  $S$  above it.
- A label  $1B-4$  pointing to the right side of the cylinder.
- A dimension  $81$  indicating the height of the cylinder.
- A dimension  $20\alpha$  indicating the width of the top circular feature.
- A dimension  $8c(2b)$  indicating the width of the bottom circular feature.
- Three dimensions  $20\beta$  indicating the width of the side rectangular features.
- A dimension  $5$  indicating the width of the bottom circular feature.
- A label  $(b)$  located to the left of the cylinder.

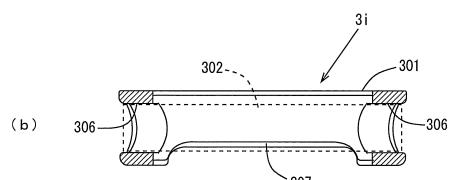
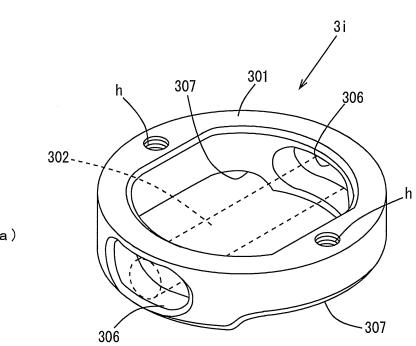
【図16】



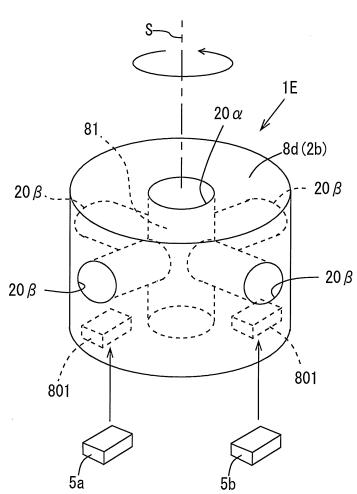
【図17】



【図18】

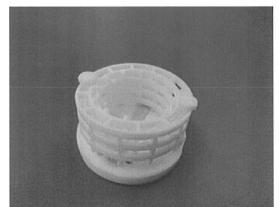


【図19】

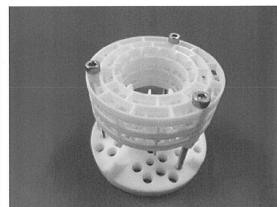


【図20】

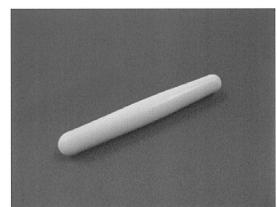
(a) 実施例1



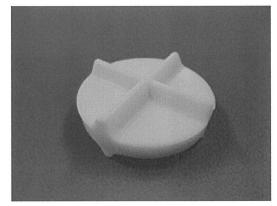
(b) 実施例2



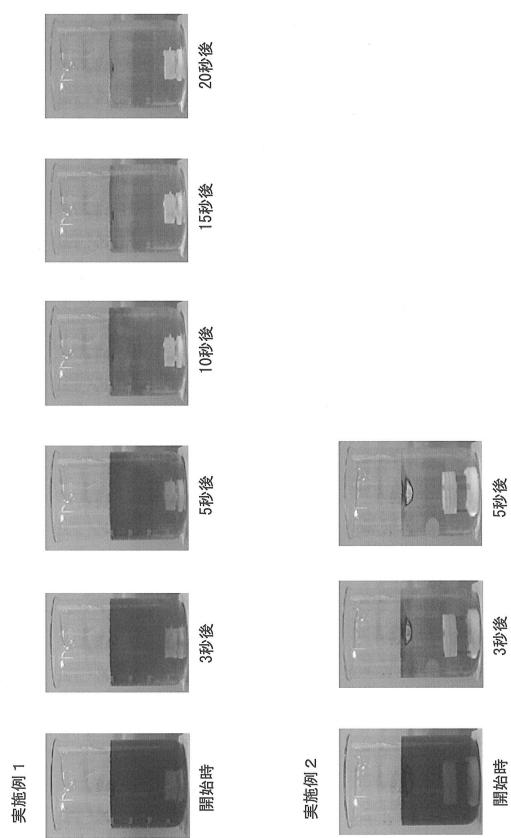
(c) 比較例1



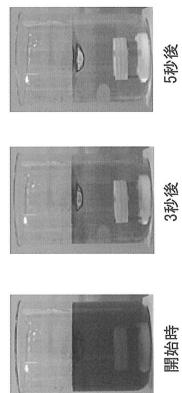
(d) 比較例2



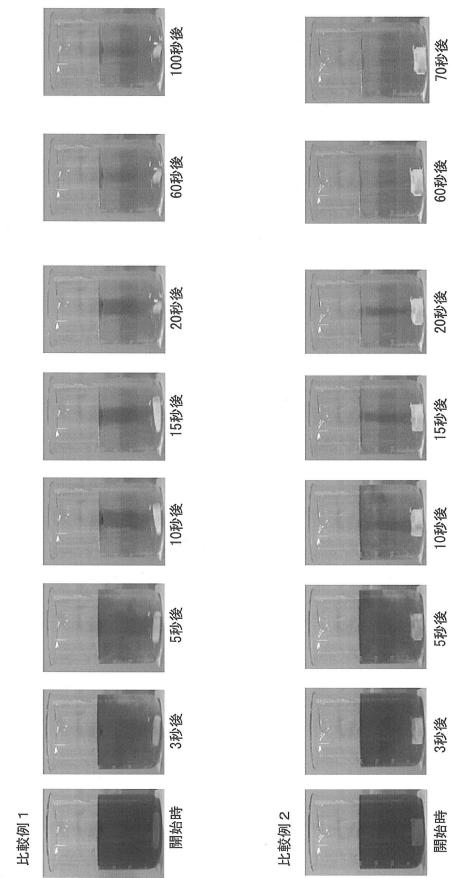
【図21】



実施例2



【図22】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-046822(JP,A)  
特表2013-519500(JP,A)  
実公昭44-15492(JP,Y1)  
特開2007-136443(JP,A)  
特開平7-194957(JP,A)  
国際公開第2013/137136(WO,A1)  
特開2011-121020(JP,A)  
特開2001-300277(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01F 13/08  
C12N 1/00  
C12N 5/00  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)