(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月14日(14.03.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/049547 A1

(51) 国際特許分類:
B01J 19/00 (2006.01)　*B01F 15/02* (2006.01)
B01F 3/08 (2006.01)　*B01F 15/06* (2006.01)
B01F 5/00 (2006.01)　*B81B 7/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/028222

(22) 国際出願日：　2018年7月27日(27.07.2018)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-171606　2017年9月6日(06.09.2017)　JP

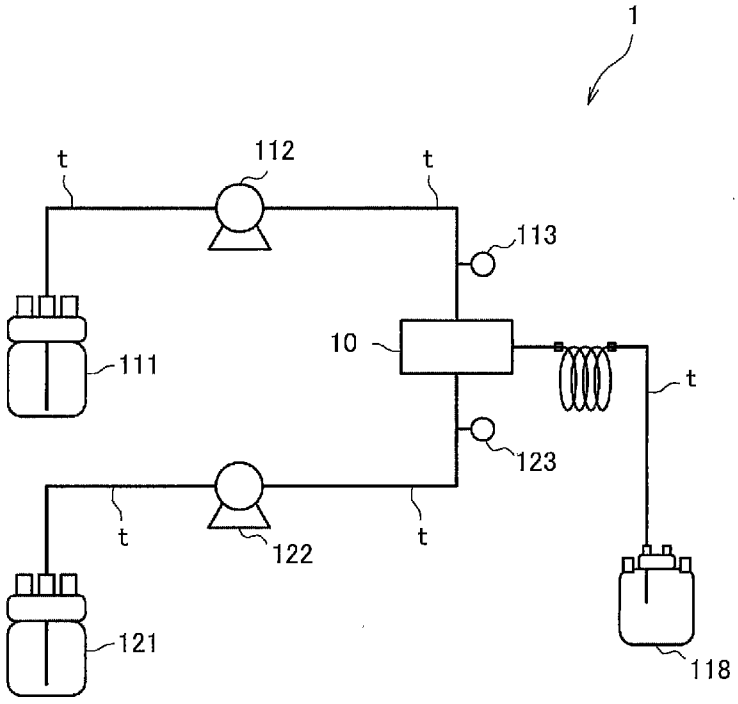
(71) 出願人: 株式会社日立製作所(**HITACHI, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 浅野　由花子 (**ASANO Yukako**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 小田　将史(**ODA Masashi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所(**ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.**); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目１番１８号 ヒューリック虎ノ門ビル Tokyo (JP).

(54) **Title:** MICROREACTOR SYSTEM

(54) 発明の名称： マイクロリアクタシステム



(57) **Abstract:** This microreactor system (1) is provided with a microreactor (10), a first pump (112), a second pump (122), a first fluid detector (113) for detecting a first fluid reaching one inflow opening, and a second fluid detector (123) for detecting a second fluid reaching another inflow opening. The first pump (112) begins transfer of the first fluid toward the one inflow opening and then stops the transfer in accordance with the detection by the first fluid detector (113), and the second pump (122) begins transfer of the second fluid toward the other inflow opening and then stops the transfer in

WO 2019/049547 A1

[続葉有]

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

accordance with the detection by the second fluid detector (123). After stopping the transfer of the first fluid and stopping the transfer of the second fluid, the first pump (112) and the second pump (122) each restart the transfers, and the first fluid for which transfer has been temporarily stopped and the second fluid for which transfer has been temporarily stopped are introduced into the microreactor (10) and mixed.

(57) 要約：本発明のマイクロリアクタシステム（１）は、マイクロリアクタ（１０）と、第１のポンプ（１１２）と、第２のポンプ（１２２）と、第１流体について一方の流入口への到達を検知する第１の流体検知器（１１３）と、第２流体について他方の流入口への到達を検知する第２の流体検知器（１２３）とを備え、第１のポンプ（１１２）は、一方の流入口に向けて第１流体の移送を開始した後、第１の流体検知器（１１３）による検知により移送を停止し、第２のポンプ（１２２）は、他方の流入口に向けて第２流体の移送を開始した後、第２の流体検知器（１２３）による検知により移送を停止し、第１のポンプ（１１２）及び第２のポンプ（１２２）のそれぞれは、第１流体の移送が停止された後、且つ、第２流体の移送が停止された後、移送を再開し、移送が一旦停止された第１流体と、移送が一旦停止された第２流体とが、マイクロリアクタ（１０）に導入されて混合される。

明　細　書

発明の名称 ： マイクロリアクタシステム

技術分野

[0001] 本発明は、流体を混合するマイクロリアクタを備えたマイクロリアクタシステムに関する。

背景技術

[0002] 近年、バイオ関連や、医薬品、化成品等の製造の分野において、マイクロリアクタの利用が進められている。マイクロリアクタは、μｍオーダーの微小流路を有するフロー型の反応器であり、流体同士の混合や反応に用いられている。マイクロリアクタは、一般に、モールド成形、リソグラフィ等のマイクロ加工技術を利用して作製されており、交換可能な着脱式や、使い捨てを想定したシングルユース式も検討されている。

[0003] マイクロリアクタは、微小流路を反応場とするため、分子拡散による流体の混合を迅速に行うことができる。また、従来の大型の反応器を使用したバッチ法と比較して、流体の体積に対する表面積の効果が大きくなるため、熱伝達、熱伝導、化学反応等の効率が高くなる特徴がある。このような特性から、種々の分野でマイクロリアクタの適用による反応時間の短縮や反応収率の向上が期待されている。

[0004] また、マイクロリアクタは、閉鎖系の小さな反応場を提供するため、腐食性物質、反応性物質、その他の危険物等や、危険を伴う反応の取り扱いに適している。加えて、占有体積が小さいため、ナンバリングアップするにあたって自由度が高く、化学工学的な検討も簡略化して物質の大量生産を実現することができる。そのため、マイクロリアクタを広範な分野に応用する動きが更に加速していくことが見込まれる。

[0005] 一般に、マイクロリアクタは、ポンプ、配管、温度調節装置等と共にシステム化され、各種の操作が半自動化されて用いられる。医薬品等の製造の分野では、ＧＭＰ（Good Manufacturing Practice：医薬品の製造管理および品

質管理に関する基準）への対応が求められるため、マイクロリアクタシステムについても規則への適合が要求される。

[0006] 具体的には、マイクロリアクタ自体の設計、組立、保守等だけでなく、配管等の接液部の全体について、無菌性や非溶出性が保証され、原料や中間体等の変質や汚染も生じない性能が必要である。また、プロセスの再現性が要求され、制御用のソフトウェアのバリデーションや、漏洩対策等のトラブルシューティングにも対応する必要がある。

[0007] 従来、マイクロリアクタシステムについて、流体の移送（送液）に関わる検討がなされている。

[0008] 例えば、特許文献１には、マイクロリアクタシステムの一例として、マイクロ流体チップを備えるマイクロ流体装置が記載されている。このマイクロ流体装置は、マイクロ流体チップの温度調整が終了した後、液体の頭出し処理に移行し、所定の条件で溶液の送液を実行するものとされている（段落００６３参照）。

[0009] また、特許文献２には、マイクロリアクタシステムの一例として、マイクロ反応空間を有する液体反応装置が記載されている。この液体反応装置は、基板の温度が調整され、流路の洗浄が終わってから、ポンプの作動により原料溶液を処理流路に圧送するものとしている（段落０２６３等参照）。マイクロ反応空間に反応生成物が析出し易い場合、混合基板と反応基板の系列を２系統用いること（段落０２７９等参照）、混合促進物体を用いること（段落０３４６等参照）、逆洗ポンプを用いること（段落０４１６等参照）が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特許第４３８０４９２号公報

特許文献2：国際公開第２００６／０４３６４２号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 従来、一般的なマイクロリアクタには、タンク等に用意された流体がポンプの作動により導入されている。用意された個々の流体は、ポンプが移送を開始することによって流れ始め、異なる流入口を通じてマイクロリアクタに導入され、微小流路を流れて合流することにより、混合ないし反応を開始している。流体の混合比は、一般に、個々の流体の流量を個別に調節することで調整されている。

[0012] しかし、タンク等に用意された流体を、ポンプの動作に従わせてマイクロリアクタに導入する手法では、流体の混合を精密なタイミングで行うのが難しいという問題がある。流体の組成、粘度や、流体を用意したタンク等からの距離等によっては、ポンプの動作により流体の移送を開始した際に、流体同士が合流する合流点に各流体が到達するタイミングがずれてしまう。その結果、マイクロリアクタに流体を導入した直後には、所期の混合比で混合が行われなくなり、流体の混合により固体が析出する場合や反応生成物に固体が含まれる場合等に、意図しない固体が生成して微小流路を閉塞する虞がある。

[0013] また、混合比が一方の流体の側に偏っている場合のように、流体間に大きな流量差がつく場合には、流体の混合のタイミングについて、より精密性が要求される。例えば、タンク等に用意された流体をポンプの動作に従わせてマイクロリアクタに導入し、微小流路で合流させようとするとき、合流点に各流体が到達するタイミングが適切でないと、流量が高い側の流体が、合流点から流量が低い側の流路に逆流する虞がある。

[0014] 特に、マイクロリアクタに接続される、配管としてのチューブ、キャピラリ等は、同一の仕様であっても、内径等に製品差を持っていることが少なくない。製品差がある場合には、タンク等に用意された流体をポンプの動作に従わせてマイクロリアクタに導入し、微小流路で合流させようとするとき、移送の途中で流速差がつき易いため、合流点に各流体が到達するタイミングが容易にずれてしまう。

[0015] 流体を合流させるタイミングの問題に関し、特許文献１に記載されるように、全ての液体検知センサがＯＮとなるまで溶液を送液する対応では、流体の混合により固体が析出する場合や反応生成物に固体が含まれる場合等に、頭出し処理を終えた時点で、微小流路に固体が生成してしまう虞がある。また、特許文献２に記載されるように、基板の系列を２系統用いたり、混合促進物体を用いたり、逆洗ポンプを用いたりする対応では、装置が複雑化してコストが掛かるし、配管の製品差に起因する問題が解決されない。

[0016] そこで、本発明は、流体の混合を精密なタイミングで行えるマイクロリアクタシステムを提供することを目的とする。

[0017] 前記課題を解決するために本発明に係るマイクロリアクタシステムは、流体が導入される２つの流入口と前記流体を合流させる流路とを有し、一方の前記流入口から導入される第１流体と他方の前記流入口から導入される第２流体とを前記流路で混合するマイクロリアクタと、前記第１流体を前記流入口に向けて送る第１のポンプと、前記第２流体を前記流入口に向けて送る第２のポンプと、前記第１流体について一方の前記流入口への到達を検知する第１の流体検知器と、前記第２流体について他方の前記流入口への到達を検知する第２の流体検知器と、を備え、前記第１のポンプは、一方の前記流入口に向けて前記第１流体の移送を開始した後、前記第１の流体検知器による検知により移送を停止し、前記第２のポンプは、他方の前記流入口に向けて前記第２流体の移送を開始した後、前記第２の流体検知器による検知により移送を停止し、前記第１のポンプ及び前記第２のポンプのそれぞれは、前記第１流体の移送が停止された後、且つ、前記第２流体の移送が停止された後、移送を再開し、移送が一旦停止された前記第１流体と、移送が一旦停止された前記第２流体とが、前記マイクロリアクタに導入されて混合される。

発明の効果

[0018] 本発明に係るマイクロリアクタシステムは、流体の混合を精密なタイミングで行うことができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図2]マイクロリアクタの一例を示す図である。

[図3]第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

[図4]第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の他の例を示すフロー図である。

[図5]第２実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図6]第２実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

[図7]第３実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図8]第４実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図9]第４実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

[図10]第５実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図11]第６実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図12]第６実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

[図13]第７実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

[図14]マイクロリアクタの変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] ＜第１実施形態＞

はじめに、本発明の第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。なお、以下の各図において共通する構成については同一の符号を付して重複した説明を省略する。

[0021] 図１は、第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

図１に示すように、第１実施形態に係るマイクロリアクタシステム１は、マイクロリアクタ１０と、第１流体用容器１１１と、第１流体用ポンプ（第１のポンプ）１１２と、第１流体検知センサ（第１の流体検知器）１１３と

、第２流体用容器１２１と、第２流体用ポンプ（第２のポンプ）１２２と、第２流体検知センサ（第２の流体検知器）１２３と、回収用容器１１８と、チューブｔと、を備えている。

[0022] 図１に示すマイクロリアクタシステム１は、マイクロリアクタ１０に導入される流体同士を混合して、流体同士が混和した混合物ないし流体同士の反応による反応生成物（混合流体）を生じる。マイクロリアクタ１０は、フロー型の反応器であり、個々の流体が導入される二つの流入口と、流体同士を合流させて混合する微小流路と、合流後の混合流体を流出させる流出口とを有している。

[0023] マイクロリアクタシステム１では、後記するように、マイクロリアクタ１０が有する流入口への流体の到達が流体検知センサにより検知される。そして、流入口に至る各管路がいずれも流体で満たされた状態になってから、マイクロリアクタ１０への流体の導入による混合を開始する。以下の説明においては、流体として、液体の第１流体と液体の第２流体とを用いる場合を例にとり説明を行う。

[0024] 図１に示すように、マイクロリアクタ１０の一方の流入口には、用意された第１流体を収容する第１流体用容器１１１と、第１流体をマイクロリアクタ１０の一方の流入口に向けて送る第１流体用ポンプ１１２とが、チューブｔを介して繋げられる。第１流体用容器１１１は、第１流体用ポンプ１１２に接続され、第１流体用ポンプ１１２は、マイクロリアクタ１０が有する一方の流入口に接続される。

[0025] また、マイクロリアクタ１０の他方の流入口には、用意された第２流体を収容する第２流体用容器１２１と、第２流体をマイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて送る第２流体用ポンプ１２２とが、チューブｔを介して繋げられる。第２流体用容器１２１は、第２流体用ポンプ１２２に接続され、第２流体用ポンプ１２２は、マイクロリアクタ１０が有する他方の流入口に接続される。

[0026] また、マイクロリアクタ１０の流出口には、回収用容器１１８がチューブ

ｔを介して接続される。チューブｔは、例えば、ポリテトラフルオロエチレン（polytetrafluoroethylene：ＰＴＦＥ）製等である。チューブｔは、不図示のフィッティング等を介して、マイクロリアクタ１０、ポンプ、容器等と接続される。

[0027] 第１流体用ポンプ１１２や第２流体用ポンプ１２２としては、例えば、チューブポンプ、プランジャポンプ、ダイヤフラムポンプ、スクリューポンプ等の適宜のポンプが用いられる。ポンプに備えられるチューブ、シリンジ、ダイヤフラム等の接液部の材料としては、ポリジメチルシロキサン（polydimethylsiloxane：ＰＤＭＳ）、シリコーン樹脂、ＰＰ（ポリプロピレン）、ＰＴＦＥをはじめとするフッ素系樹脂等の樹脂材料が挙げられる。

[0028] ここで、マイクロリアクタシステム１で使用可能なマイクロリアクタ１０の具体例について説明する。

[0029] 図２は、マイクロリアクタの一例を示す図である。

マイクロリアクタ１０としては、図２に示すように、流路体積が流体間で非対称になるものを使用することが可能である。マイクロリアクタ１０は、流体がそれぞれ導入される２つの流入口（１０１，１０２）と、個々に導入された流体を合流させて混合する微小流路（１１０，１２０，１４０）と、合流点１３０で合流した後の混合流体を流出させる流出口１０４と、を有している。

[0030] マイクロリアクタ１０は、上側プレート１００Ａと下側プレート１００Ｂとが重ねられて形成されている。上側プレート１００Ａには、溝加工が施されており、溝を蓋するように下側プレート１００Ｂが重ねられて、同一平面上に微小流路（１１０，１２０，１４０）が形成されている。下側プレート１００Ｂには、微小流路（１１０，１２０，１４０）の各末端に重なる位置に貫通孔が設けられており、高流量側流入口１０１、低流量側流入口１０２及び流出口１０４のそれぞれが、反対側の面に開口している。

[0031] 下側プレート１００Ｂの貫通孔は、微小流路（１１０，１２０，１４０）よりも大径に設けられている。貫通孔には、不図示の螺子溝が形成されてお

り、チューブｔは、その螺子溝に螺合可能なフィッティングを介して接続されるようになっている。但し、貫通孔は、必ずしも微小流路（１１０，１２０，１４０）よりも大径にしなくてもよい。例えば、貫通孔に螺子溝を形成せずに、チューブｔを直接貫通孔に接続してもよい。

[0032] 微小流路（１１０，１２０，１４０）は、高流量側流入口１０１から合流点１３０に至る高流量側流路１１０と、低流量側流入口１０２から合流点１３０に至る低流量側流路１２０と、合流点１３０から流出口１０４に至る排出流路１４０とによって構成されている。

[0033] 高流量側流路１１０、低流量側流路１２０及び排出流路１４０は、流路幅及び流路深さが２ｍｍ以下に設けられることが好ましい。特に、合流点１３０の直前や排出流路１４０は、迅速な混合を行う観点から、流路幅及び流路深さが数十μｍ以上１ｍｍ以下の範囲に設けられることが好ましい。

[0034] 高流量側流路１１０は、混合される流体のうち、混合比が高く、相対的に高い流量に設定される流体を流すために用いられる。一方、低流量側流路１２０は、混合比が低く、相対的に低い流量に設定される流体を流すために用いられる。

[0035] 高流量側流路１１０は、図２に示すように、低流量側流路１２０よりも総流路体積が大きくなるように設けられる。例えば、高流量側流路１１０の流路長さは、同等の流路幅及び流路深さに設けられた低流量側流路１２０よりも長く設けられる。このような構造によると、混合比が一方の流体の側に偏っており、流体間に大きな流量差がつく場合に、合流点１３０に各流体が到達するタイミングのずれが小さくなる。

[0036] また、高流量側流路１１０は、図２に示すように、中間部で２本の対称な分岐流路１１０ａ，１１０ｂに分岐し、合流点１３０で互いに合流している。低流量側流路１２０は、２本の分岐流路１１０ａ，１１０ｂの間から合流点１３０に接続し、同じ側から流入する低流量の流体と高流量の流体とが、反対側にある排出流路１４０に流れるようになっている。このような構造によると、低流量の流体は、高流量の流体に挟まれて混合を開始するため、流

体間の界面の面積が拡大し、混合の効率が高くなる。

[0037] マイクロリアクタ１０は、化学的に安定で流体との反応性や溶出性が低く、必要な加工性や機械的性質を備える適宜の材料によって形成される。マイクロリアクタ１０の材料としては、例えば、ステンレス、シリコン、金、ガラス、ハステロイ、セラミック、シリコーン樹脂、シクロオレフィンポリマー、シクロオレフィンコポリマー、ＰＥ（ポリエチレン）、ＰＰ（ポリプロピレン）、ＰＭＰ（ポリメチルペンテン）、ＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）、ＡＢＳ（アクリロニトリル－ブタジエン－スチレン）樹脂、ＰＣ（ポリカーボネート）、アクリル樹脂、各種のフッ素系樹脂等が挙げられる。また、グラスライニングや、ニッケル、金等のコーティングや、シリコン等について酸化処理が施されたものであってもよい。

[0038] 図１に示すように、マイクロリアクタシステム１において、第１流体用ポンプ１１２とマイクロリアクタ１０との間には、マイクロリアクタ１０の一方の流入口に近接して第１流体検知センサ１１３が設置される。第１流体検知センサ１１３は、マイクロリアクタ１０の一方の流入口から導入される第１流体について、その流入口への到達を検知する。

[0039] また、第２流体用ポンプ１２２とマイクロリアクタ１０との間には、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に近接して第２流体検知センサ１２３が設けられる。第２流体検知センサ１２３は、マイクロリアクタ１０の他方の流入口から導入される第２流体について、その流入口への到達を検知する。

[0040] 第１流体検知センサ１１３や第２流体検知センサ１２３としては、流体の種類に応じて適宜の検知器が用いられる。例えば、画像や、光の吸収、屈折、反射、散乱や、電気の導通、抵抗、静電容量や、圧力、温度、超音波、磁気等の変化を検知する検知器を用いることができる。検知器は、紫外線分光法、赤外線分光法、ラマン分光法等による特定の成分の検知や、濁度等による検知を行う機器であってもよい。

[0041] 第１流体検知センサ１１３や第２流体検知センサ１２３は、不図示の制御装置に検知信号を伝送可能である。制御装置は、第１流体検知センサ１１３

や第２流体検知センサ１２３からの検知信号の入力により、第１流体用ポンプ１１２や第２流体用ポンプ１２２の作動の停止を制御する機能を有する。

[0042] なお、マイクロリアクタ１０は、単一回の使用後に廃棄するシングルユース（使い捨て）式とされてもよい。シングルユース式のマイクロリアクタ１０の材料としては、前記の樹脂材料種が好ましく用いられる。また、マイクロリアクタ１０のほか、第１流体用容器１１１、第２流体用容器１２１、回収用容器１１８、チューブｔ、フィッティング等や、その他の接液部をシングルユース（使い捨て）式としてもよい。

[0043] 次に、マイクロリアクタシステム１の具体的な運転方法について説明する。

[0044] マイクロリアクタシステム１では、マイクロリアクタ１０が有する流入口への流体の到達が、第１流体検知センサ１１３や第２流体検知センサ１２３により検知される。そして、一方の流入口に至る管路、及び、他方の流入口に至る管路が、いずれも流体で満たされた状態となってから、マイクロリアクタ１０への流体の導入による混合を開始する。

[0045] 流入口（１０１，１０２）の近傍で流体の到達を検知して、流体の移送（送液）を一旦停止することにより、各流入口に至る管路が、流体で満たされた状態となる。マイクロリアクタ１０が有する流入口（１０１，１０２）以降の微小流路（１１０，１２０，１４０）の流路体積は微小である。そのため、各流入口に至る管路を流体で満たされた状態とし、各流体の先端位置を混合の直前まで制御下におくことにより、合流点１３０に各流体が到達するタイミングを実質的に制御することが可能である。

[0046] また、マイクロリアクタ１０による流体の混合は、２種類の流体のいずれもが、マイクロリアクタ１０に導入されることで開始される。よって、第１流体及び第２流体のうち、少なくとも一方の移送（送液）を一旦停止すれば、移送（送液）が停止状態になっている流体の移送（送液）を適切なタイミングで再開することで、合流点１３０に各流体が到達するタイミングを揃えることができる。

[0047] 図３は、第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

図３には、マイクロリアクタシステム１において、第１流体及び第２流体の両方の移送（送液）を一旦停止する運転方法を示している。

[0048] この運転方法では、流体の混合を行うとき、はじめに、第１流体用ポンプ１１２による流体の移送を開始する（ステップＳ１１）。第１流体用ポンプ１１２が稼働を開始することにより、マイクロリアクタ１０の一方の流入口に向けて第１流体の移送が開始される。第１流体は、第１流体用ポンプ１１２の稼働により、第１流体用容器１１１からマイクロリアクタ１０の一方の流入口に向けて、チューブｔ中を移送される（ステップＳ１２）。

[0049] マイクロリアクタ１０の一方の流入口に向けて第１流体の移送を開始した後、第１流体の先端位置がマイクロリアクタ１０の一方の流入口に達すると、第１流体検知センサ１１３により第１流体の到達が検知される（ステップＳ１３）。第１流体検知センサ１１３による検知信号は、制御装置に伝送される。

[0050] 続いて、制御装置は、第１流体検知センサ１１３による検知により、第１流体用ポンプ１１２を停止し、第１流体の移送を停止する（ステップＳ１４）。第１流体の移送が停止されると、マイクロリアクタ１０の一方の流入口に至る管路は、移送が停止状態になっている第１流体で満たされた状態となる。

[0051] また、流体の混合を行うとき、第１流体と同様に、第２流体についても、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて移送（送液）を行い、第２流体の先端位置がマイクロリアクタ１０の他方の流入口に達すると、移送（送液）を一旦停止する。

[0052] 具体的には、第２流体用ポンプ１２２による流体の移送を開始し（ステップＳ２１）、第２流体をマイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて移送する（ステップＳ２２）。そして、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて第２流体の移送を開始した後、第２流体検知センサ１２３により第２

流体の到達を検知し（ステップＳ２３）、検知により第２流体用ポンプ１２２を停止し、第２流体の移送を停止する（ステップＳ２４）。第２流体の移送が停止されると、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に至る管路は、移送が停止状態になっている第２流体で満たされた状態となる。

[0053] なお、第１流体を移送して一旦停止させる操作と、第２流体を移送して一旦停止させる操作との先後は、特に制限されるものではない。第１流体について先に行ってもよいし、第２流体について先に行ってもよいし、同時に行ってもよい。

[0054] 続いて、第１流体用ポンプ１１２及び第２流体用ポンプ１２２のそれぞれは、第１流体検知センサ１１３による検知の後、且つ、第２流体検知センサ１２３による検知の後、制御装置からの信号入力により移送を再開する（ステップＳ３１）。すなわち、検知により第１流体用ポンプ１１２が一旦停止され、第１流体の移送が停止された後、且つ、第２流体用ポンプ１２２が一旦停止され、第２流体の移送が停止された後、流体の移送を任意の時期に再開する。

[0055] 移送が再開されると、マイクロリアクタ１０の流入口で移送が一旦停止された停止状態の第１流体と、移送が一旦停止された停止状態の第２流体とが、マイクロリアクタ１０に導入される（ステップＳ３２）。そして、第１流体は、マイクロリアクタ１０の一方の流入口、例えば、高流量側流入口１０１から導入され、高流量側流路１１０を流れ、合流点１３０に至る。また、第２流体は、マイクロリアクタ１０の他方の流入口、例えば、低流量側流入口１０２から導入され、低流量側流路１２０を流れ、合流点１３０に至る。そして、第１流体と第２流体とは、合流点１３０で合流して混合ないし反応を開始する。

[0056] 次いで、合流点１３０で合流した後の混合流体は、排出流路１４０を流れて流出口１０４から排出される（ステップＳ３３）。その後、混合流体は、混合ないし反応を続けながらチューブｔを通流し、最終的に回収用容器１１８に回収される。

[0057] このように第１流体及び第２流体の両方の移送を一旦停止する運転方法によると、マイクロリアクタ１０の流入口に至る管路のそれぞれを、流体の混合を行う直前に、流体で満たされた状態にすることができる。そのため、各流体の先端位置を混合の直前まで容易に制御下におくことができる。よって、合流点１３０に各流体が到達するタイミングを実質的に制御することが可能になり、制御によりタイミングを揃えることも可能になる。したがって、マイクロリアクタシステム１によると、流体の混合を精密なタイミングで行うことができる。

[0058] また、このような運転方法によると、混合比が一方の流体の側に偏っている場合のように、流体間に大きな流量差がつく場合にも、合流点１３０に各流体が到達するタイミングを制御することができるため、流量が高い側の流体が、合流点１３０から流量が低い側の流路に逆流するのを防止することができる。また、流体の先端位置がマイクロリアクタ１０の流入口で揃えられるため、配管（チューブｔ）の内径等の製品差に起因する影響が小さくなり、流体の移送の途中で意図しない流速差がつくのも防止される。更に、流体の混合を精密なタイミングで行えるため、結果として、流体を混合する操作の処理時間を短縮することができるし、流体を無駄無く利用することも可能になる。

[0059] 図４は、第１実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の他の例を示すフロー図である。

図４には、マイクロリアクタシステム１において、第１流体及び第２流体のうち、第２流体のみの移送（送液）を一旦停止する運転方法を示している。

[0060] この運転方法では、流体の混合を行うとき、任意の時期に、第１流体用ポンプ１１２による流体の移送を開始する（ステップＳ１１）。第１流体用ポンプ１１２が稼働を開始することにより、マイクロリアクタ１０の一方の流入口に向けて第１流体の移送が開始される。第１流体は、第１流体用ポンプ１１２の稼働により、第１流体用容器１１１からマイクロリアクタ１０の一

方の流入口に向けて、チューブｔ中を移送される（ステップＳ１２）。

[0061] 一方、流体の混合を行うとき、第２流体については、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて移送（送液）を行い、第２流体の先端位置がマイクロリアクタ１０の他方の流入口に達すると、移送（送液）を一旦停止する。

[0062] 具体的には、第２流体用ポンプ１２２による流体の移送を開始し（ステップＳ２１）、第２流体をマイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて移送する（ステップＳ２２）。そして、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に向けて第２流体の移送を開始した後、第２流体検知センサ１２３により第２流体の到達を検知し（ステップＳ２３）、検知により第２流体用ポンプ１２２を停止し、第２流体の移送を停止する（ステップＳ２４）。第２流体の移送が停止されると、マイクロリアクタ１０の他方の流入口に至る管路は、移送が停止状態になっている第２流体で満たされた状態となる。

[0063] なお、第２流体を移送して一旦停止させる操作は、第１流体の移送を開始する前に予め行ってもよいし、第１流体の移送を開始した後、且つ、第１流体がマイクロリアクタ１０の流入口に達する前に行ってもよい。

[0064] 一方、第１流体用ポンプ１１２は、稼働を続け、マイクロリアクタ１０の一方の流入口に向けて第１流体を移送する。第１流体の先端位置がマイクロリアクタ１０の一方の流入口に達すると、第１流体検知センサ１１３により第１流体の到達が検知される（ステップＳ４１）。第１流体検知センサ１１３による検知信号は、制御装置に伝送される。

[0065] 続いて、第２流体用ポンプ１２２は、第２流体検知センサ１２３による検知の後、且つ、第１流体検知センサ１１３による検知の後、制御装置からの信号入力により移送を再開する（ステップＳ４２）。すなわち、検知により第２流体用ポンプ１２２が一旦停止され、第２流体の移送が停止された後、且つ、第１流体検知センサ１１３による検知の後、流体の移送を即時に再開する。

[0066] 移送が再開されると、移送されている第１流体と、マイクロリアクタ１０

の流入口で移送が一旦停止された停止状態になっている第２流体とが、マイクロリアクタ１０に導入される（ステップＳ４３）。そして、第１流体と第２流体とは、合流点１３０で合流して混合ないし反応を開始する。

[0067] 次いで、合流点１３０で合流した後の混合流体は、排出流路１４０を流れて流出口１０４から排出される（ステップＳ４４）。その後、混合流体は、混合ないし反応を続けながらチューブｔを通流し、最終的に回収用容器１１８に回収される。

[0068] このように第１流体及び第２流体のうち、一方の流体のみの移送を一旦停止する運転方法によると、他方の流体を流し続けながらも、マイクロリアクタ１０の流入口に至る管路のそれぞれを、流体の混合を行う直前に、流体で満たされた状態にすることができる。そのため、各流体の先端位置を混合の直前まで容易に制御下におくことができる。よって、合流点１３０に各流体が到達するタイミングを実質的に制御することが可能になり、制御によりタイミングを揃えることも可能になる。したがって、マイクロリアクタシステム１によると、流体の混合を精密なタイミングで行うことができる。

[0069] また、このような運転方法によると、混合比が一方の流体の側に偏っている場合のように、流体間に大きな流量差がつく場合にも、合流点１３０に各流体が到達するタイミングを制御することができるため、流量が高い側の流体が、合流点１３０から流量が低い側の流路に逆流するのを防止することができる。また、流体の先端位置がマイクロリアクタ１０の流入口で揃えられるため、配管（チューブｔ）の内径等の製品差に起因する影響が小さくなり、流体の移送の途中で意図しない流速差がつくのも防止される。更に、流体の混合を精密なタイミングで行えるため、結果として、流体を混合する操作の処理時間を短縮することができるし、流体を無駄無く利用することも可能になる。

[0070] ＜第２実施形態＞

次に、本発明の第２実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。

[0071] 図５は、第２実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

図５に示すように、第２実施形態に係るマイクロリアクタシステム２は、初段のマイクロリアクタ１０Ａと、次段以降の複数のマイクロリアクタ（１０Ｂ，１０Ｃ）と、流体Ａ用容器１１と、流体Ａ用ポンプ（初段第１流体用のポンプ）１２と、流体Ａ検知センサ（初段第１流体用の流体検知器）１３ａと、次段以降の複数の混合流体用流体検知センサ（混合流体用の流体検知器）１３ｂ，１３ｃと、流体Ｂ用容器２１と、流体Ｂ用ポンプ（初段第２流体用のポンプ）２２と、流体Ｂ検知センサ（初段第２流体用の流体検知器）２３と、流体Ｃ用容器３１と、流体Ｃ用ポンプ（被混合流体用のポンプ）３２と、流体Ｃ検知センサ（被混合流体用の流体検知器）３３と、流体Ｄ用容器４１と、流体Ｄ用ポンプ（被混合流体用のポンプ）４２と、流体Ｄ検知センサ（被混合流体用の流体検知器）４３と、回収用容器１８と、チューブと、を備えている。

[0072] 図５に示すマイクロリアクタシステム２は、互いに直列に接続した複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）を備えている。マイクロリアクタシステム２は、複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）に順次導入される流体同士を混合して、流体同士が混和した混合物ないし流体同士の反応による反応生成物（混合流体）を生じる。

[0073] 初段のマイクロリアクタ１０Ａは、流体が導入される２つの流入口と、個々に導入された流体を合流させて混合する微小流路と、合流した後の混合流体を流出させる流出口とを有する。初段のマイクロリアクタ１０Ａには、一方の流入口から、流体Ａ（初段第１流体）が導入される。また、他方の流入口から、流体Ｂ（初段第２流体）が導入される。

[0074] 初段のマイクロリアクタ１０Ａでは、流体Ａと流体Ｂとが一次混合されて一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）が生じる。初段のマイクロリアクタ１０Ａとしては、図２に示すマイクロリアクタ１０が好ましく用いられる。

[0075] 第２段のマイクロリアクタ１０Ｂは、初段のマイクロリアクタ１０Ａの下流に直列に設置されている。第２段のマイクロリアクタ１０Ｂは、同様に、

流体が導入される２つの流入口と、個々に導入された流体を合流させて混合する微小流路と、合流した後の混合流体を流出させる流出口とを有する。第２段のマイクロリアクタ１０Ｂには、一方の流入口から、一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）が導入される。また、他方の流入口から、被混合流体としての流体Ｃが導入される。

[0076] 第２段のマイクロリアクタ１０Ｂでは、一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）と流体Ｃとが二次混合されて二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）が生じる。第２段のマイクロリアクタ１０Ｂとしては、図２に示すマイクロリアクタ１０が好ましく用いられる。

[0077] 第３段のマイクロリアクタ１０Ｃは、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの下流に直列に設置されている。第３段のマイクロリアクタ１０Ｃは、同様に、流体が導入される２つの流入口と、個々に導入された流体を合流させて混合する微小流路と、合流した後の混合流体を流出させる流出口とを有する。第３段のマイクロリアクタ１０Ｃには、一方の流入口から、二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）が導入される。また、他方の流入口から、被混合流体としての流体Ｄが導入される。

[0078] 第３段のマイクロリアクタ１０Ｃでは、二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）と流体Ｄとが三次混合されて三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）が生じる。第３段のマイクロリアクタ１０Ｃとしては、図２に示すマイクロリアクタ１０が好ましく用いられる。

[0079] 図５に示すように、初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口には、用意された流体Ａを収容する流体Ａ用容器１１と、流体Ａを初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口に向けて送る流体Ａ用ポンプ１２とが、チューブを介して繋げられる。流体Ａ用容器１１は、流体Ａ用ポンプ１２に接続され、流体Ａ用ポンプ１２は、初段のマイクロリアクタ１０Ａが有する一方の流入口に接続される。

[0080] また、初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口には、用意された流体Ｂを収容する流体Ｂ用容器２１と、流体Ｂを初段のマイクロリアクタ１０

Ａの他方の流入口に向けて送る流体Ｂ用ポンプ２２とが、チューブを介して繋げられる。流体Ｂ用容器２１は、流体Ｂ用ポンプ２２に接続され、流体Ｂ用ポンプ２２は、初段のマイクロリアクタ１０Ａが有する他方の流入口に接続される。

[0081] また、初段のマイクロリアクタ１０Ａが有する流出口には、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの一方の流入口がチューブを介して接続される。

[0082] 同様に、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口には、用意された流体Ｃを収容する流体Ｃ用容器３１と、流体Ｃを第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に向けて送る流体Ｃ用ポンプ３２とが、チューブを介して繋げられる。流体Ｃ用容器３１は、流体Ｃ用ポンプ３２に接続され、流体Ｃ用ポンプ３２は、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂが有する他方の流入口に接続される。

[0083] また、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂが有する流出口には、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの一方の流入口がチューブを介して接続される。

[0084] 同様に、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口には、用意された流体Ｄを収容する流体Ｄ用容器４１と、流体Ｄを第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に向けて送る流体Ｄ用ポンプ４２とが、チューブを介して繋げられる。流体Ｄ用容器４１は、流体Ｄ用ポンプ４２に接続され、流体Ｄ用ポンプ４２は、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃが有する他方の流入口に接続される。

[0085] また、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの流出口には、回収用容器１８がチューブを介して接続される。

[0086] 図５に示すように、マイクロリアクタシステム２において、流体Ａ用ポンプ１２と初段のマイクロリアクタ１０Ａとの間には、初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口に近接して流体Ａ検知センサ１３ａが設置される。流体Ａ検知センサ１３ａは、初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口から導入される流体Ａについて、その流入口への到達を検知する。

[0087] また、流体Ｂ用ポンプ２２と初段のマイクロリアクタ１０Ａとの間には、

初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口に近接して流体Ｂ検知センサ２３が設置される。流体Ｂ検知センサ２３は、初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口から導入される流体Ｂについて、その流入口への到達を検知する。

[0088] 同様に、初段のマイクロリアクタ１０Ａが有する流出口と第２段のマイクロリアクタ１０Ｂとの間には、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの一方の流入口に近接して一次混合流体検知センサ１３ｂが設置される。また、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂが有する流出口と第３段のマイクロリアクタ１０Ｃとの間には、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの一方の流入口に近接して二次混合流体検知センサ１３ｃが設置される。

[0089] 一方、流体Ｃ用ポンプ３２と第２段のマイクロリアクタ１０Ｂとの間には、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に近接して流体Ｃ検知センサ３３が設置される。また、流体Ｄ用ポンプ４２と第３段のマイクロリアクタ１０Ｃとの間には、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に近接して流体Ｄ検知センサ４３が設置される。

[0090] 流体Ａ検知センサ１３ａ、一次混合流体検知センサ１３ｂ、二次混合流体検知センサ１３ｃ、流体Ｂ検知センサ２３、流体Ｃ検知センサ３３、及び、流体Ｄ検知センサ４３としては、前記の第１流体検知センサ１１３や第２流体検知センサ１２３と同様の検知器が用いられる。

[0091] 次に、マイクロリアクタシステム２の具体的な運転方法について説明する。

[0092] マイクロリアクタシステム２では、直列に接続された複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）のそれぞれが有する流入口への流体の到達が、順次、流体検知センサ（１３ａ，２３，１３ｂ，３３，１３ｃ，４３）により検知される。そして、前記のマイクロリアクタシステム１と同様、一方の流入口に至る管路、及び、他方の流入口に至る管路が、いずれも流体で満たされた状態となってから、マイクロリアクタ１０への流体の導入による混合を開始する。

[0093] 具体的には、初段のマイクロリアクタ１０Ａでは、初段の一方の流体（初段第１流体：流体Ａ）及び初段の他方の流体（初段第２流体：流体Ｂ）の両方の移送（送液）を一旦停止する。一方、次段以降のマイクロリアクタ（１０Ｂ，１０Ｃ）では、混合流体（一次混合流体、二次混合流体）及び被混合流体（流体Ｃ、流体Ｄ）のうち、被混合流体（流体Ｃ、流体Ｄ）のみの移送（送液）を一旦停止する。マイクロリアクタシステム２では、一次混合流体（Ａ＋Ｂ）、二次混合流体（Ａ＋Ｂ＋Ｃ）及び三次混合流体（Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）については、流体Ａ用ポンプ１２と、流体Ｂ用ポンプ２２、流体Ｃ用ポンプ３２、流体Ｄ用ポンプ４２のいずれか、又は、その組み合わせとによって移送（送液）を続け、移送（送液）を一旦停止する操作を行わず、運転を続ける。

[0094] 図６は、第２実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

図６には、マイクロリアクタシステム２が備える一連のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の順序に基づいて運転方法を示している。

[0095] この運転方法では、流体の混合を行うとき、はじめに、流体Ａ用ポンプ１２による流体の移送を開始する（ステップＳ１１１）。流体Ａは、流体Ａ用ポンプ１２が稼働を開始することにより、流体Ａ用容器１１から初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口に向けて、チューブ中を移送される（ステップＳ１１２）。

[0096] 初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口に向けて流体Ａの移送を開始した後、流体Ａの先端位置が初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口に達すると、流体Ａ検知センサ１３ａにより流体Ａの到達が検知される（ステップＳ１１３）。流体Ａ検知センサ１３ａによる検知信号は、制御装置に伝送される。

[0097] 続いて、制御装置は、流体Ａ検知センサ１３ａによる検知により、流体Ａ用ポンプ１２を停止し、流体Ａの移送を停止する（ステップＳ１１４）。流体Ａの移送が停止されると、初段のマイクロリアクタ１０Ａの一方の流入口

に至る管路は、移送が停止状態になっている流体Ａで満たされた状態となる。

[0098] また、流体の混合を行うとき、流体Ａと同様に、流体Ｂについても、初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口に向けて移送（送液）を行い、流体Ｂの先端位置が初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口に達すると、移送（送液）を一旦停止する。

[0099] 具体的には、流体Ｂ用ポンプ２２による流体の移送を開始し（ステップＳ１２１）、流体Ｂを初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口に向けて移送する（ステップＳ１２２）。そして、初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口に向けて流体Ｂの移送を開始した後、流体Ｂ検知センサ２３により流体Ｂの到達を検知し（ステップＳ１２３）、検知により流体Ｂ用ポンプ２２を停止し、流体Ｂの移送を停止する（ステップＳ１２４）。流体Ｂの移送が停止されると、初段のマイクロリアクタ１０Ａの他方の流入口に至る管路は、移送が停止状態になっている流体Ｂで満たされた状態となる。

[0100] 続いて、流体Ａ用ポンプ１２及び流体Ｂ用ポンプ２２のそれぞれは、流体Ａ検知センサ１３ａによる検知の後、且つ、流体Ｂ検知センサ２３による検知の後、制御装置からの信号入力により移送を再開する（ステップＳ１５１）。すなわち、検知により流体Ａ用ポンプ１２が一旦停止され、流体Ａの移送が停止された後、且つ、流体Ｂ用ポンプ２２が一旦停止され、流体Ｂの移送が停止された後、流体の移送を任意の時期に再開する。

[0101] 移送が再開されると、初段のマイクロリアクタ１０Ａの流入口で移送が一旦停止された停止状態の流体Ａと、移送が一旦停止された停止状態の流体Ｂとが、初段のマイクロリアクタ１０Ａに導入される（ステップＳ１５２）。そして、流体Ａと流体Ｂとは、互いに合流して混合ないし反応を開始する。

[0102] 次いで、合流した後の一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）は、初段のマイクロリアクタ１０Ａの流出口から排出される（ステップＳ１５３）。その後、一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）は、流体Ａ用ポンプ１２と流体Ｂ用ポンプ２２により、初段のマイクロリアクタ１０Ａから第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの

一方の流入口に向けてチューブ中を移送される。

[0103] 図６に示すように、流体の混合を行うとき、流体Ｂと同様に、流体Ｃについても、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に向けて移送（送液）を行い、流体Ｃの先端位置が第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に達すると、移送（送液）を一旦停止する。

[0104] 具体的には、流体Ｃ用ポンプ３２による流体の移送を開始し（ステップＳ１３１）、流体Ｃを第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に向けて移送する（ステップＳ１３２）。そして、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に向けて流体Ｃの移送を開始した後、流体Ｃ検知センサ３３により流体Ｃの到達を検知し（ステップＳ１３３）、検知により流体Ｃ用ポンプ３２を停止し、流体Ｃの移送を停止する（ステップＳ１３４）。流体Ｃの移送が停止されると、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの他方の流入口に至る管路は、移送が停止状態になっている流体Ｃで満たされた状態となる。

[0105] なお、流体Ｃを移送して一旦停止させる操作は、流体Ａや流体Ｂの移送を開始する前に予め行ってもよいし、流体Ａや流体Ｂの移送を開始した後、且つ、一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）が第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの流入口に達する前に行ってもよい。

[0106] 一方、流体Ａ用ポンプ１２と流体Ｂ用ポンプ２２は、稼働を続け、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの一方の流入口に向けて一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）を移送する。一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）の先端位置が第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの一方の流入口に達すると、一次混合流体検知センサ１３ｂにより一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）の到達が検知される（ステップＳ１６１）。一次混合流体検知センサ１３ｂによる検知信号は、制御装置に伝送される。

[0107] 続いて、流体Ｃ用ポンプ３２は、流体Ｃ検知センサ３３による検知の後、且つ、一次混合流体検知センサ１３ｂによる検知の後、制御装置からの信号入力により移送を再開する（ステップＳ１６２）。すなわち、検知により流

体Ｃ用ポンプ３２が一旦停止され、流体Ｃの移送が停止された後、且つ、一次混合流体検知センサ１３ｂによる検知の後、流体の移送を即時に再開する。

[0108] 移送が再開されると、移送されている一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）と、移送が一旦停止された停止状態の流体Ｃとが、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂに導入される（ステップＳ１６３）。そして、一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）と流体Ｃとは、互いに合流して混合ないし反応を開始する。

[0109] 次いで、合流した後の二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）は、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂの流出口から排出される（ステップＳ１６４）。その後、二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）は、流体Ａ用ポンプ１２と流体Ｂ用ポンプ２２と流体Ｃ用ポンプ３２により、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂから第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの一方の流入口に向けてチューブ中を移送される。

[0110] 図６に示すように、流体の混合を行うとき、流体Ｂや流体Ｃと同様に、流体Ｄについても、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に向けて移送（送液）を行い、流体Ｄの先端位置が第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に達すると、移送（送液）を一旦停止する。

[0111] 具体的には、流体Ｄ用ポンプ４２による流体の移送を開始し（ステップＳ１４１）、流体Ｄを第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に向けて移送する（ステップＳ１４２）。そして、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に向けて流体Ｄの移送を開始した後、流体Ｄ検知センサ４３により流体Ｄの到達を検知し（ステップＳ１４３）、検知により流体Ｄ用ポンプ４２を停止し、流体Ｄの移送を停止する（ステップＳ１４４）。流体Ｄの移送が停止されると、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの他方の流入口に至る管路は、移送が停止状態になっている流体Ｄで満たされた状態となる。

[0112] なお、流体Ｄを移送して一旦停止させる操作は、流体Ａや流体Ｂや流体Ｃの移送を開始する前に予め行ってもよいし、流体Ａや流体Ｂや流体Ｃの移送

を開始した後、且つ、二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）が第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの流入口に達する前に行ってもよい。

[0113] 一方、流体Ａ用ポンプ１２と流体Ｂ用ポンプ２２と流体Ｃ用ポンプ３２は、稼働を続け、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの一方の流入口に向けて二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）を移送する。二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）の先端位置が第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの一方の流入口に達すると、二次混合流体検知センサ１３ｃにより二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）の到達が検知される（ステップＳ１７１）。二次混合流体検知センサ１３ｃによる検知信号は、制御装置に伝送される。

[0114] 続いて、流体Ｄ用ポンプ４２は、流体Ｄ検知センサ４３による検知の後、且つ、二次混合流体検知センサ１３ｃによる検知の後、制御装置からの信号入力により移送を再開する（ステップＳ１７２）。すなわち、検知により流体Ｄ用ポンプ４２が一旦停止され、流体Ｄの移送が停止された後、且つ、二次混合流体検知センサ１３ｃによる検知の後、流体の移送を即時に再開する。

[0115] 移送が再開されると、移送されている二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）と、移送が一旦停止された停止状態の流体Ｄとが、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃに導入される（ステップＳ１７３）。そして、二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）と流体Ｄとは、互いに合流して混合ないし反応を開始する。

[0116] 次いで、合流した後の三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）は、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの流出口から排出される（ステップＳ１７４）。その後、三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）は、回収用容器１８に回収される。

[0117] 以上のマイクロリアクタシステム２及びその運転方法によると、混合流体を流し続けながらも、各マイクロリアクタの流入口に至る管路のそれぞれを、流体の混合を行う直前に、流体で満たされた状態にすることができる。そのため、各流体の先端位置を混合の直前まで容易に制御下におくことができる。よって、合流点に各流体が到達するタイミングを実質的に制御すること

が可能になり、制御によりタイミングを揃えることも可能になる。したがって、マイクロリアクタシステム２によると、３種類以上の流体の混合を精密なタイミングで連続的に行うことができる。

[0118] ＜第３実施形態＞

次に、本発明の第３実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。

[0119] 図７は、第３実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

図７に示すように、第３実施形態に係るマイクロリアクタシステム３は、前記のマイクロリアクタシステム２と同様に、直列に接続した複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）と、流体用容器（１１，２１，３１，４１）と、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）と、流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）と、回収用容器１８と、チューブと、を備えている。

[0120] 第３実施形態に係るマイクロリアクタシステム３が、前記のマイクロリアクタシステム２と異なる点は、マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の流入口に、バルブ（１４ａ，１４ｂ，１４ｃ，２４，３４，４４）を更に備えている点である。

[0121] マイクロリアクタシステム３において、流体Ａ検知センサ１３ａと初段のマイクロリアクタ１０Ａとの間には、流体Ａ用バルブ１４ａが設けられている。また、初段のマイクロリアクタ１０Ａが有する流出口と第２段のマイクロリアクタ１０Ｂとの間には、一次混合流体用バルブ１４ｂが設けられている。また、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂが有する流出口と第３段のマイクロリアクタ１０Ｃとの間には、二次混合流体用バルブ１４ｃが設けられている。

[0122] また、流体Ｂ検知センサ２３と初段のマイクロリアクタ１０Ａとの間には、流体Ｂ用バルブ２４が設けられている。また、流体Ｃ検知センサ３３と第２段のマイクロリアクタ１０Ｂとの間には、流体Ｃ用バルブ３４が設けられている。また、流体Ｄ検知センサ４３と第３段のマイクロリアクタ１０Ｃと

の間には、流体Ｄ用バルブ４４が設けられている。

[0123] 流体Ａ用バルブ１４ａ、一次混合流体用バルブ１４ｂ、二次混合流体用バルブ１４ｃ、流体Ｂ用バルブ２４、流体Ｃ用バルブ３４、及び、流体Ｄ用バルブ４４としては、ゲートバルブ、バタフライバルブ、ストップバルブ、ピンチバルブ等の適宜のバルブが用いられる。シングルユース式のバルブとしては、チューブのみが接液する点で、ピンチバルブが特に好ましく用いられる。

[0124] 流体Ａ用バルブ１４ａ、一次混合流体用バルブ１４ｂ、二次混合流体用バルブ１４ｃ、流体Ｂ用バルブ２４、流体Ｃ用バルブ３４、及び、流体Ｄ用バルブ４４は、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の流入口への流体の到達が流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）により検知されたとき、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）の停止と共に、開放された状態から閉じられる。そして、流体Ａ用ポンプ１２の移送開始と共に、流体Ａ用バルブ１４ａ、一次混合流体用バルブ１４ｂ、及び、二次混合流体用バルブ１４ｃが閉鎖された状態から開かれた状態とされる。また、流体Ｂ用ポンプ２２の移送開始と共に、流体Ｂ用バルブ２４、一次混合流体用バルブ１４ｂ、及び、二次混合流体用バルブ１４ｃが閉鎖された状態から開かれた状態とされる。また、流体Ｃ用ポンプ３２の移送開始と共に、流体Ｃ用バルブ３４及び二次混合流体用バルブ１４ｃが閉鎖された状態から開かれた状態とされる。また、流体Ｄ用ポンプ４２の移送開始と共に、流体Ｄ用バルブ４４が閉鎖された状態から開かれた状態とされる。

[0125] 以上のマイクロリアクタシステム３及びその運転方法によると、流体の移送がマイクロリアクタの流入口で確実に停止されると共に、マイクロリアクタに導入される流体の先端位置が確実に揃えられるため、流体の混合をより精密なタイミングで行うことができる。特に、混合比が一方の流体の側に偏っている場合のように、流体間に大きな流量差がつく場合にも、マイクロリアクタの合流点における逆流を確実に防止することができる。

[0126] ＜第４実施形態＞

次に、本発明の第４実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。

[0127] 図８は、第４実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

図８に示すように、第４実施形態に係るマイクロリアクタシステム４は、前記のマイクロリアクタシステム３と同様に、直列に接続した複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）と、流体用容器（１１，２１，３１，４１）と、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）と、流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）と、チューブと、バルブ（１４ａ，１４ｂ，１４ｃ，２４，３４，４４）と、を備えている。

[0128] 第４実施形態に係るマイクロリアクタシステム４が、前記のマイクロリアクタシステム３と異なる点は、最終段のマイクロリアクタ１０Ｃの下流に、混合された流体を回収するための回収管（回収路）ｔ１０と、流体を廃棄するための廃棄管（廃棄路）ｔ２０とが分岐して接続しており、回収管ｔ１０に、回収側バルブ８４ａと回収用容器１８ａ、廃棄管ｔ２０に、廃棄側バルブ８４ｂと廃棄用容器１８ｂを備えている点である。

[0129] 回収管ｔ１０は、最終段のマイクロリアクタ１０Ｃの流出口の下流で分岐しており、分岐点に近接して回収側バルブ８４ａが設置されている。そして、回収管ｔ１０の下流には、回収用容器１８ａが設置されている。回収用容器１８ａには、直列に接続された複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）で混合された混合流体が回収されるようになっている。

[0130] 一方、廃棄管ｔ２０は、最終段のマイクロリアクタ１０Ｃの流出口の下流で分岐しており、分岐点に近接して廃棄側バルブ８４ｂが設置されている。そして、廃棄管ｔ２０の下流には、廃棄用容器１８ｂが設置されている。廃棄用容器１８ｂには、適切な混合比で混合されなかった流体が回収用容器１８ａに回収される代わりに廃棄されるようになっている。

[0131] 図９は、第４実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

図９には、マイクロリアクタシステム４において流体の混合を開始した後

、混合の初期段階で行う運転方法を示している。

[0132] この運転方法では、前記のマイクロリアクタシステム２の運転方法と同様に、直列に接続された複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の各流入口に至る管路を流体で満たされた状態として流体の混合を開始する。流体の混合を開始した初期の段階では、回収側バルブ８４ａは閉鎖された状態、廃棄側バルブ８４ｂは開放された状態である。

[0133] 流体の混合を開始した初期の段階において、合流した後の三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）は、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの流出口から排出され、廃棄管ｔ２０を通じて、廃棄用容器１８ｂに廃棄される（ステップＳ２１１）。

[0134] 次いで、三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）が廃棄用容器１８ｂに廃棄されている間に、制御装置により、所定時間が経過したか否かが判定される（ステップＳ２１２）。例えば、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）が流体の移送を開始した後の経過時間、二次混合流体検知センサ１３ｃが流体の到達を検知した後の経過時間等に基づき、混合比が不安定になり易い初期の混合が終了したか否かが判定される。

[0135] 制御装置は、所定時間が経過していないと（ステップＳ２１２；ＮＯ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞があるため、処理をステップＳ２１１に戻す。

[0136] 一方、制御装置は、所定時間が経過していると（ステップＳ２１２；ＹＥＳ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞が低いため、処理をステップＳ２１３に進める。

[0137] 次いで、制御装置は、ステップＳ２１３において、閉鎖された状態の回収側バルブ８４ａを開く一方、開放された状態の廃棄側バルブ８４ｂを閉じる（ステップＳ２１３）。なお、バルブの切り替え操作は、回収側バルブ８４ａを開き、廃棄側バルブ８４ｂも開いた状態を一定時間維持してから、廃棄側バルブ８４ｂを閉じるようにしてもよい。このような操作により、系内の圧力が急激に増大するのを防止することができる。

[0138] そして、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃから排出される合流した後の三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）は、バルブの切り替え操作により、回収管ｔ１０を通じて、回収用容器１８ａに回収される（ステップＳ２１４）。

[0139] 以上のマイクロリアクタシステム４及びその運転方法によると、流体の混合を開始した初期の段階で生じる虞がある所期の混合比からずれた混合流体を、回収せずに廃棄することができる。すなわち、所期の混合比で混合した混合流体のみを高収率で回収することができる。

[0140] ＜第５実施形態＞

次に、本発明の第５実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。

[0141] 図１０は、第５実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

図１０に示すように、第５実施形態に係るマイクロリアクタシステム５は、前記のマイクロリアクタシステム４と同様に、直列に接続した複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）と、流体用容器（１１，２１，３１，４１）と、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）と、流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）と、チューブと、バルブ（１４ａ，１４ｂ，１４ｃ，２４，３４，４４，８４ａ，８４ｂ）と、回収用容器１８ａと、廃棄用容器１８ｂと、を備えている。

[0142] 第５実施形態に係るマイクロリアクタシステム５が、前記のマイクロリアクタシステム４と異なる点は、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）及び各流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）のそれぞれに、流体の漏洩を検知する漏洩検知センサ（漏洩検知器）（１６ａ，１６ｂ，１６ｃ，１５，２５，３５，４５）を備えている点である。

[0143] マイクロリアクタシステム５においては、図１０に破線で示すように、初段のマイクロリアクタ１０Ａに第１漏洩検知センサ１６ａが、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂに第２漏洩検知センサ１６ｂが、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃに第３漏洩検知センサ１６ｃが、それぞれ備えられている。また

、流体Ａ用ポンプ１２に流体Ａ漏洩検知センサ１５が、流体Ｂ用ポンプ２２に流体Ｂ漏洩検知センサ２５が、流体Ｃ用ポンプ３２に流体Ｃ漏洩検知センサ３５が、流体Ｄ用ポンプ４２に流体Ｄ漏洩検知センサ４５が、それぞれ備えられている。

[0144] 漏洩検知センサ（１６ａ，１６ｂ，１６ｃ，１５，２５，３５，４５）としては、例えば、電極間抵抗検知方式、光学方式、流量検知方式、重量検知方式等の適宜の検知器を用いることができる。

[0145] 以上のマイクロリアクタシステム４及びその運転方法によると、マイクロリアクタやポンプで生じる虞がある流体の漏洩を漏洩検知センサにより検知することができる。そのため、マイクロリアクタやポンプから流体が漏洩して、所期の混合比からずれて混合された混合流体が回収されるのを、確実に防止することができる。

[0146] ＜第６実施形態＞

次に、本発明の第６実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。

[0147] 図１１は、第６実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。

図１１に示すように、第６実施形態に係るマイクロリアクタシステム６は、前記のマイクロリアクタシステム５と同様に、直列に接続した複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）と、流体用容器（１１，２１，３１，４１）と、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）と、流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）と、チューブと、バルブ（１４ａ，１４ｂ，１４ｃ，２４，３４，４４，８４ａ，８４ｂ）と、回収用容器１８ａと、廃棄用容器１８ｂと、漏洩検知センサ（１６ａ，１６ｂ，１６ｃ，１５，２５，３５，４５）と、を備えている。

[0148] 第６実施形態に係るマイクロリアクタシステム６が、前記のマイクロリアクタシステム５と異なる点は、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）に導入される流体のそれぞれの重量変化を検知する被混合流体用重量セ

ンサ（第１の重量検知器）（１７，２７，３７，４７）と、マイクロリアクタ１０Ｃから回収される混合流体の重量変化を検知する混合流体用重量センサ（第２の重量検知器）８７と、を備える点である。

[0149] マイクロリアクタシステム６においては、図１１に示すように、流体Ａ用容器１１に用意される流体Ａの重量を計測する流体Ａ用重量センサ１７、流体Ｂ用容器２１に用意される流体Ｂの重量を計測する流体Ｂ用重量センサ２７、流体Ｃ用容器３１に用意される流体Ｃの重量を計測する流体Ｃ用重量センサ３７、及び、流体Ｄ用容器４１に用意される流体Ｄの重量を計測する流体Ｄ用重量センサ４７が、それぞれ、流体用容器（１１，２１，３１，４１）を載置した状態で備えられている。

[0150] また、回収用容器１８ａに回収される三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）の重量を測定する混合流体用重量センサ８７が、回収用容器１８ａを載置した状態で備えられている。被混合流体用重量センサ（１７，２７，３７，４７）や混合流体用重量センサ８７は、例えば、電子天秤等で構成されるが、荷重に基づいて重量変化を検知する荷重センサ（ロードセル）等であってもよい。また、被混合流体用重量センサ（１７，２７，３７，４７）や混合流体用重量センサ８７は、各容器を載置せず吊り下げた状態で備えてもよい。被混合流体用重量センサ（１７，２７，３７，４７）及び混合流体用重量センサ８７で、流体Ａ、流体Ｂ、流体Ｃ及び流体Ｄの重量の合計の時間当たりの減少分と、回収される混合流体の重量の時間当たりの増加分とを計測することにより、時々刻々のマスバランスが把握される。

[0151] 図１２は、第６実施形態に係るマイクロリアクタシステムの運転方法の一例を示すフロー図である。

図１２には、マイクロリアクタシステム６において流体の混合を開始した後、流体の混合を続けているときの運転方法を示している。

[0152] この運転方法では、前記のマイクロリアクタシステム２の運転方法と同様に、直列に接続された複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の各流入口に至る管路を流体で満たされた状態として流体の混合を開始する

。初期の段階が終わった後、流体の混合を続けている段階では、回収側バルブ８４ａは開放された状態、廃棄側バルブ８４ｂは閉鎖された状態である。

[0153] 流体の混合を続けている段階において、合流した後の三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）は、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃの流出口から排出され、回収管ｔ１０を通じて、回収用容器１８ａに回収される（ステップＳ３１１）。

[0154] 次いで、三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）が回収用容器１８ａに回収されている間に、制御装置により、流体の漏洩が検知された否かが判定される（ステップＳ３１２）。具体的には、第１漏洩検知センサ１６ａ、第２漏洩検知センサ１６ｂ、第３漏洩検知センサ１６ｃ、流体Ａ漏洩検知センサ１５、流体Ｂ漏洩検知センサ２５、流体Ｃ漏洩検知センサ３５、及び、流体Ｄ漏洩検知センサ４５のいずれかが、マイクロリアクタやポンプからの流体の漏洩を検知したか否かや、流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）が流体の流れの異常を検知したか否かが判定される。

[0155] 制御装置は、いずれかの流体の漏洩が検知されていると（ステップＳ３１２；ＹＥＳ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞があるため、処理をステップＳ３１９に進める。

[0156] 一方、制御装置は、流体の漏洩が検知されていないと（ステップＳ３１２；ＮＯ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞が低いため、処理をステップＳ３１３に進める。

[0157] 次いで、制御装置は、ステップＳ３１３において、ポンプに異常があるか否かを判定する（ステップＳ３１３）。例えば、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）のいずれかに脱調が生じていないかが、流体の流量の変化等に基づいて判定される。

[0158] 制御装置は、ポンプに異常があると（ステップＳ３１３；ＹＥＳ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞があるため、処理をステップＳ３１９に進める。

[0159] 次いで、制御装置は、ステップＳ３１９において、マイクロリアクタシス

テム６の運転を停止処理する（ステップＳ３１９）。マイクロリアクタやポンプからの流体の漏洩により、所期の混合比の混合流体を回収することが困難であるため、既定の停止処理に移行して、マイクロリアクタシステム６の運転を終了する。

[0160] 次の表１は、各流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）が流体の流れの異常を検知した場合の、想定される異常箇所（異常検知位置）と、具体的な現象と、その対策を例示している。例えば、表１に示す対策による既定の停止処理に移行し、漏洩している部分に対応する流体を先に停止することにより、流体の逆流や、回収される混合流体への大量の混入を防止することができる。

[0161] [表1]

検知手段	異常検知位置	現象	対策
流体A検知センサ（13a）	流体A用ポンプ(12)－マイクロリアクタ(10A)	・流体Aが導入されない。 ・流体Bが流体A側に逆流。	1)回収側バルブ(84a)を閉、廃棄側バルブ(84b)を開。 2)流体A用ポンプ(12)を停止。 3)流体A用バルブ(14a)を閉。 4)流体B・C・D用ポンプ(22, 32, 42)を停止。
流体B検知センサ（23）	流体B用ポンプ(22)－マイクロリアクタ(10A)	・流体Bが導入されない。 ・流体Aが流体B側に逆流。	1)回収側バルブ(84a)を閉、廃棄側バルブ(84b)を開。 2)流体B用ポンプ(22)を停止。 3)流体B用バルブ(24)を閉。 4)流体A・C・D用ポンプ(12, 32, 42)を停止。
一次混合流体検知センサ（13b）	マイクロリアクタ(10A)－マイクロリアクタ(10B)	・混合流体A＋Bが導入されない。 ・流体Cが混合流体A＋B側に逆流。	1)回収側バルブ(84a)を閉、廃棄側バルブ(84b)を開。 2)流体A・B用ポンプ(12, 22)を停止。 3)一次混合流体用バルブ(14b)を閉。 4)流体C・D用ポンプ(32, 42)を停止。
流体C検知センサ（33）	流体C用ポンプ(32)－マイクロリアクタ(10B)	・流体Cが導入されない。 ・混合流体A＋Bが流体C側に逆流。	1)回収側バルブ(84a)を閉、廃棄側バルブ(84b)を開。 2)流体C用ポンプ(32)を停止。 3)流体C用バルブ(34)を閉。 4)流体A・B・D用ポンプ(12, 22, 42)を停止。
二次混合流体検知センサ（13c）	マイクロリアクタ(10B)－マイクロリアクタ(10C)	・混合流体A＋B＋Cが導入されない。 ・流体Dが混合流体A＋B＋C側に逆流。	1)回収側バルブ(84a)を閉、廃棄側バルブ(84b)を開。 2)流体A・B・C用ポンプ(12, 22, 32)を停止。 3)二次混合流体用バルブ(14c)を閉。 4)流体D用ポンプ(42)を停止。
流体D検知センサ（43）	流体D用ポンプ(42)－マイクロリアクタ(10C)	・流体Dが導入されない。 ・混合流体A＋B＋Cが流体D側に逆流。	1)回収側バルブ(84a)を閉、廃棄側バルブ(84b)を開。 2)流体D用ポンプ(42)を停止。 3)流体D用バルブ(44)を閉。 4)流体A・B・C用ポンプ(12, 22, 32)を停止。

[0162] 一方、制御装置は、ポンプに異常がないと（ステップＳ３１３；ＮＯ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞が低いため、処理をステップＳ３１４に進める。

[0163] 次いで、制御装置は、ステップＳ３１４において、流体Ａ、流体Ｂ、流体Ｃ及び流体Ｄ重量の合計の時間当たりの減少分と、回収される混合流体の重量の時間当たりの増加分とのマスバランスに異常があるか否かを判定する（ステップＳ３１４）。具体的には、被混合流体用重量センサ（１７，２７，

３７，４７）により計測される用意された流体Ａ、流体Ｂ、流体Ｃ及び流体Ｄの重量の合計の時間当たりの減少分と、混合流体用重量センサ８７により計測される最終的な三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）の重量の時間当たりの増加分とに基づき、マスバランスが保たれているか否かを判定する。

[0164] 制御装置は、マスバランスに異常がないと（ステップＳ３１４；ＮＯ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞が低いため、処理をステップＳ３１１に戻す。

[0165] 一方、制御装置は、マスバランスに異常があると（ステップＳ３１４；ＹＥＳ）、所期の混合比からずれた混合流体が回収される虞があるため、処理をステップＳ３１５に進める。

[0166] 次いで、制御装置は、ステップＳ３１５において、開放された状態の回収側バルブ８４ａを閉じる一方、閉鎖された状態の廃棄側バルブ８４ｂを開く（ステップＳ３１５）。所期の混合比からずれている虞がある三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）は、廃棄管ｔ２０を通じて、廃棄用容器１８ｂに廃棄される。

[0167] 続いて、制御装置は、流体Ａ用ポンプ１２、流体Ｂ用ポンプ２２、流体Ｃ用ポンプ３２及び、流体Ｄ用ポンプ４２を停止し、流体Ａ、流体Ｂ、流体Ｃ及び流体Ｄの移送を停止すると共に、一次混合流体（流体Ａ＋Ｂ）、二次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ）、及び、三次混合流体（流体Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）の移送を停止する（ステップＳ３１６）。このとき、流体Ａ用バルブ１４ａ、流体Ｂ用バルブ２４、流体Ｃ用バルブ３４、流体Ｄ用バルブ４４についても、必要に応じて閉じる。その後、マイクロリアクタシステム６の運転を終了する。

[0168] 以上のマイクロリアクタシステム６及びその運転方法によると、流体の漏洩を漏洩検知センサによらず、マスバランスの変化に基づいて把握することができる。そのため、漏洩検知センサを設置していない箇所や、漏洩検知センサを設置することができない箇所からの漏洩についても検知することができる。

[0169] ＜第７実施形態＞

次に、本発明の第７実施形態に係るマイクロリアクタシステムについて、図を参照しながら説明する。

[0170] 図１３は、第７実施形態に係るマイクロリアクタシステムの模式図である。また、図１４は、マイクロリアクタの変形例を示す図である。

図１３に示すように、第７実施形態に係るマイクロリアクタシステム７は、前記のマイクロリアクタシステム６と同様に、直列に接続した複数のマイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）と、流体用容器（１１，２１，３１，４１）と、流体用ポンプ（１２，２２，３２，４２）と、流体検知センサ（１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，２３，３３，４３）と、チューブと、バルブ（１４ａ，１４ｂ，１４ｃ，２４，３４，４４，８４ａ，８４ｂ）と、回収用容器１８ａと、廃棄用容器１８ｂと、漏洩検知センサ（１６ａ，１６ｂ，１６ｃ，１５，２５，３５，４５）と、被混合流体用重量センサ（１７，２７，３７，４７）と、混合流体用重量センサ８７と、を備えている。

[0171] 第７実施形態に係るマイクロリアクタシステム７が、前記のマイクロリアクタシステム６と異なる点は、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）に、マイクロリアクタの温度を調節する温度調節ブロック（温度調節装置）（２００ａ，２００ｂ，２００ｃ）を備えると共に、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の下流に、マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）で混合された混合流体の温度を調節する流体用温度調節器（温度調節装置）（１９ａ，１９ｂ，１９ｃ）を備える点である。

[0172] マイクロリアクタシステム７においては、図１３に示すように、初段のマイクロリアクタ１０Ａに第１温度調節ブロック２００ａが、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂに第２温度調節ブロック２００ｂが、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃに第３温度調節ブロック２００ｃが、それぞれ備えられている。

[0173] また、初段のマイクロリアクタ１０Ａが有する流出口と第２段のマイクロリアクタ１０Ｂが有する流入口との間に、一次混合流体用温度調節器１９ａ

が、第２段のマイクロリアクタ１０Ｂが有する流出口と第３段のマイクロリアクタ１０Ｃが有する流入口との間に、二次混合流体用温度調節器１９ｂが、第３段のマイクロリアクタ１０Ｃが有する流出口の下流に、三次混合流体用温度調節器１９ｃが、それぞれ備えられている。

[0174] 図１４に符号２００で示すように、第１温度調節ブロック２００ａ、第２温度調節ブロック２００ｂ、及び、第３温度調節ブロック２００ｃは、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）（符号１０で示す。）の一面に隣接して備えられる。図１４に示す温度調節ブロック２００は、位置決め用貫通孔２１０によりマイクロリアクタ（１０）に対する位置合わせが行われ、バネ付き螺子２２０によってマイクロリアクタ（１０）と密着した状態に固定される。

[0175] 温度調節ブロック２００は、熱媒体が導入される導入口２０３と、熱媒体を排出する排出口２０４とを有している。温度調節ブロック２００には、不図示の温度調節装置が温度調節した熱媒体が導入口２０３を通じて供給されるようになっている。そして、導入口２０３から導入された熱媒体は、マイクロリアクタ（１０）を調温した後、排出口２０４から排出されるようになっている。

[0176] 温度調節ブロック（２００ａ，２００ｂ，２００ｃ）は、例えば、ステンレス、ハステロイ、銅等の熱伝導率が大きい材料によって形成される。熱媒体が通流する流路は、マイクロリアクタ（１０）の微小流路に対して任意の形状に設けてよい。例えば、微小流路に平行に設けてもよいし、微小流路に対して断面視で交差する形状に設けてもよい。また、作動媒体が通流する流路は、板状の温度調節ブロックが積層されて構成される積層型であってもよい。

[0177] 図１３に二点鎖線で示すように、一次混合流体用温度調節器１９ａ、二次混合流体用温度調節器１９ｂ、及び、三次混合流体用温度調節器１９ｃは、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）の流出口に接続されたチューブを流れる流体を温度調節する。一次混合流体用温度調節器１９ａ、二次

混合流体用温度調節器１９ｂ、及び、三次混合流体用温度調節器１９ｃは、例えば、各種の検知式の管型サーモスタットにより構成される。

[0178] 以上のマイクロリアクタシステム７及びその運転方法によると、各マイクロリアクタ（１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ）で混合される流体が発熱反応や吸熱反応を生じるような場合にも、温度調節ブロック（２００ａ，２００ｂ，２００ｃ）や流体用温度調節器（１９ａ，１９ｂ，１９ｃ）で適切に温度調節することにより反応効率を高く維持することができる。

[0179] 以上、本発明の実施形態及び変形例について説明したが、本発明は、前記の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。例えば、本発明は、必ずしも前記の実施形態や変形例が備える全ての構成を備えるものに限定されるものではない。或る実施形態や変形例の構成の一部を他の実施形態や変形例の構成に置き換えたり、或る実施形態や変形例の構成の一部を他の実施形態や変形例に追加したり、或る実施形態や変形例の構成の一部を省略したりすることも可能である。

[0180] 例えば、前記のマイクロリアクタシステム１は、複数のマイクロリアクタ１０を直列に接続した構成としてもよい。このような構成において、図３や図４に示す運転方法は、いずれの段のマイクロリアクタ１０に適用されてもよい。また、前記のマイクロリアクタシステム１，２，３，４，５，６，７は、直列に接続されるマイクロリアクタの段数は、１以上の任意の数であってよく、２種類以上の任意の種類の数の流体が混合されるものとしてもよい。

[0181] また、流体用ポンプ、流体検知センサ、バルブ、漏洩検知センサ、重量センサ、温度調節ブロック、流体用温度調節器等は、その機能を損なわない限り、設置位置が変更されてもよいし、一部の設置が省略されてもよい。第１流体、第２流体、その他の流体としては、液体を用いてもよいし、気体を用いてもよいし、固体を含む液体を用いてもよいし、気体を含む液体を用いてもよいし、液体と気体とをそれぞれ用いてもよく、流体として扱えるものを用いることができる。

[0182] また、前記のマイクロリアクタシステム１，２，３，４，５，６，７が備えるマイクロリアクタは、少なくとも二流体を混合する微小流路を有するものであれば、適宜の形状であってよい。例えば、平面視でＹ字型、Ｔ字型等の適宜の形状に設けることができるし、流体が多層流を形成して合流する形状に設けることもできる。二流体が流入して合流するまでの流路体積は、偏っていてもよいし、偏っていなくてもよい。

符号の説明

[0183] １，２，３，４，５，６，７　マイクロリアクタシステム

１０　マイクロリアクタ

１０Ａ　初段のマイクロリアクタ

１０Ｂ　第２段のマイクロリアクタ

１０Ｃ　第３段のマイクロリアクタ

１１　流体Ａ用容器

１２　流体Ａ用ポンプ（初段第１流体用のポンプ）

１３ａ　流体Ａ検知センサ（初段第１流体用の流体検知器）

１３ｂ　一次混合流体検知センサ（混合流体用の流体検知器）

１３ｃ　二次混合流体検知センサ（混合流体用の流体検知器）

１４ａ　流体Ａ用バルブ

１４ｂ　一次混合流体用バルブ

１４ｃ　二次混合流体用バルブ

１５　流体Ａ漏洩検知センサ（漏洩検知器）

１６ａ　第１漏洩検知センサ（漏洩検知器）

１６ｂ　第２漏洩検知センサ（漏洩検知器）

１６ｃ　第３漏洩検知センサ（漏洩検知器）

１７　流体Ａ用重量センサ（第１の重量検知器）

１８　回収用容器

１８ａ　回収用容器

１８ｂ　廃棄用容器

１９ａ　一次混合流体用温度調節器（温度調節装置）

１９ｂ　二次混合流体用温度調節器（温度調節装置）

１９ｃ　三次混合流体用温度調節器（温度調節装置）

２１　流体Ｂ用容器

２２　流体Ｂ用ポンプ（初段第２流体用のポンプ）

２３　流体Ｂ検知センサ（初段第２流体用の流体検知器）

２４　流体Ｂ用バルブ

２５　流体Ｂ漏洩検知センサ（漏洩検知器）

２７　流体Ｂ用重量センサ（第１の重量検知器）

３１　流体Ｃ用容器

３２　流体Ｃ用ポンプ（被混合流体用のポンプ）

３３　流体Ｃ検知センサ（被混合流体用の流体検知器）

３４　流体Ｃ用バルブ

３５　流体Ｃ漏洩検知センサ（漏洩検知器）

３７　流体Ｃ用重量センサ（第１の重量検知器）

４１　流体Ｄ用容器

４２　流体Ｄ用ポンプ（被混合流体用のポンプ）

４３　流体Ｄ検知センサ（被混合流体用の流体検知器）

４４　流体Ｄ用バルブ

４５　流体Ｄ漏洩検知センサ（漏洩検知器）

４７　流体Ｄ用重量センサ（第１の重量検知器）

８４ａ　回収側バルブ

８４ｂ　廃棄側バルブ

８７　混合流体用重量センサ（第２の重量検知器）

１００Ａ　上側プレート

１００Ｂ　下側プレート

１０１　高流量側流入口

１０２　低流量側流入口

１０４　流出口

１１０　高流量側流路

１１０ａ，１１０ｂ　分岐流路

１２０　低流量側流路

１３０　合流点

１４０　排出流路

１１１　第１流体用容器

１１２　第１流体用ポンプ（第１のポンプ）

１１３　第１流体検知センサ（第１の流体検知器）

１１８　回収用容器

１２１　第２流体用容器

１２２　第２流体用ポンプ（第２のポンプ）

１２３　第２流体検知センサ（第２の流体検知器）

２００ａ　第１温度調節ブロック（温度調節装置）

２００ｂ　第２温度調節ブロック（温度調節装置）

２００ｃ　第３温度調節ブロック（温度調節装置）

２０３　導入口

２０４　排出口

ｔ　チューブ

ｔ１０　回収管（回収路）

ｔ２０　廃棄管（廃棄路）

請求の範囲

[請求項1] 流体が導入される２つの流入口と前記流体を合流させる流路とを有し、一方の前記流入口から導入される第１流体と他方の前記流入口から導入される第２流体とを前記流路で混合するマイクロリアクタと、

前記第１流体を前記流入口に向けて送る第１のポンプと、

前記第２流体を前記流入口に向けて送る第２のポンプと、

前記第１流体について一方の前記流入口への到達を検知する第１の流体検知器と、

前記第２流体について他方の前記流入口への到達を検知する第２の流体検知器と、を備え、

前記第１のポンプは、一方の前記流入口に向けて前記第１流体の移送を開始した後、前記第１の流体検知器による検知により移送を停止し、

前記第２のポンプは、他方の前記流入口に向けて前記第２流体の移送を開始した後、前記第２の流体検知器による検知により移送を停止し、

前記第１のポンプ及び前記第２のポンプのそれぞれは、前記第１流体の移送が停止された後、且つ、前記第２流体の移送が停止された後、移送を再開し、

移送が一旦停止された前記第１流体と、移送が一旦停止された前記第２流体とが、前記マイクロリアクタに導入されて混合されるマイクロリアクタシステム。

[請求項2] 流体が導入される２つの流入口と前記流体を合流させる流路とを有し、一方の前記流入口から導入される第１流体と他方の前記流入口から導入される第２流体とを前記流路で混合するマイクロリアクタと、

前記第１流体を一方の前記流入口に向けて送る第１のポンプと、

前記第２流体を他方の前記流入口に向けて送る第２のポンプと、

前記第１流体について前記流入口への到達を検知する第１の流体検

知器と、

前記第２流体について前記流入口への到達を検知する第２の流体検知器と、を備え、

前記第２のポンプは、他方の前記流入口に向けて前記第２流体の移送を開始した後、前記第２の流体検知器による検知により移送を停止し、

前記第１のポンプは、一方の前記流入口に向けて前記第１流体を移送し、

前記第２のポンプは、前記第２流体の移送が停止された後、且つ、前記第１の流体検知器による検知の後、移送を再開し、

移送されている前記第１流体と、移送が一旦停止された前記第２流体とが、前記マイクロリアクタに導入されて混合されるマイクロリアクタシステム。

[請求項3] 流体が導入される２つの流入口と前記流体を合流させる流路とを有し、一方の前記流入口から導入される初段第１流体と他方の前記流入口から導入される初段第２流体とを前記流路で混合する初段のマイクロリアクタと、

初段の前記マイクロリアクタの下流に直列に設置され、流体が導入される２つの流入口と前記流体を合流させる流路とを有し、一方の前記流入口から導入される前段のマイクロリアクタで生じた混合流体と他方の前記流入口から導入される被混合流体とを前記流路で混合する次段以降の複数のマイクロリアクタと、

前記初段第１流体を初段の前記マイクロリアクタの一方の前記流入口に向けて送る初段第１流体用のポンプと、

前記初段第２流体を初段の前記マイクロリアクタの他方の前記流入口に向けて送る初段第２流体用のポンプと、

次段以降の前記マイクロリアクタ毎に設置され、前記被混合流体を次段以降の前記マイクロリアクタの他方の前記流入口のそれぞれに向

けて送る複数の被混合流体用のポンプと、

前記初段第１流体について初段の前記マイクロリアクタの一方の前記流入口への到達を検知する初段第１流体用の流体検知器と、

前記初段第２流体について初段の前記マイクロリアクタの他方の前記流入口への到達を検知する初段第２流体用の流体検知器と、

次段以降の前記マイクロリアクタ毎に設置され、前段の前記マイクロリアクタで生じた前記混合流体について次段以降の前記マイクロリアクタの一方の前記流入口のそれぞれへの到達を検知する複数の混合流体用の流体検知器と、

次段以降の前記マイクロリアクタ毎に設置され、前記被混合流体について次段以降の前記マイクロリアクタの他方の前記流入口のそれぞれへの到達を検知する複数の被混合流体用の流体検知器と、を備え、

前記初段第１流体用のポンプは、初段の前記マイクロリアクタの一方の前記流入口に向けて前記初段第１流体の移送を開始した後、前記初段第１流体用の流体検知器による検知により移送を停止し、

前記初段第２流体用のポンプは、初段の前記マイクロリアクタの他方の前記流入口に向けて前記初段第２流体の移送を開始した後、前記初段第２流体用の流体検知器による検知により移送を停止し、

前記被混合流体用のポンプのそれぞれは、次段以降の前記マイクロリアクタの他方の前記流入口に向けて前記被混合流体の移送を開始した後、前記被混合流体用の流体検知器による検知により移送を停止し、

前記初段第１流体用のポンプ及び前記初段第２流体用のポンプのそれぞれは、前記初段第１流体用の流体検知器による検知の後、且つ、前記初段第２流体用の流体検知器による検知の後、移送を再開し、

移送が一旦停止された前記初段第１流体と、移送が一旦停止された前記初段第２流体とが、初段の前記マイクロリアクタに導入されて混合され、

前記被混合流体用のポンプは、前記被混合流体の移送が停止された後、且つ、前記混合流体用の流体検知器による検知の後、移送を再開し、

前段側のマイクロリアクタで生じた前記混合流体と、移送が一旦停止された前記被混合流体とが、次段以降の前記マイクロリアクタに導入されて混合され、

次段以降の前記マイクロリアクタのそれぞれにおいて前記混合流体と前記被混合流体とが順次混合されるマイクロリアクタシステム。

[請求項4] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記マイクロリアクタの前記流入口のそれぞれに、流路を開閉自在なバルブを備えるマイクロリアクタシステム。

[請求項5] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記マイクロリアクタの下流に、混合された流体を回収するための回収路と、流体を廃棄するための廃棄路とが分岐して接続しているマイクロリアクタシステム。

[請求項6] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記マイクロリアクタのそれぞれに、流体の漏洩を検知する漏洩検知器を備えるマイクロリアクタシステム。

[請求項7] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記ポンプのそれぞれに、流体の漏洩を検知する漏洩検知器を備えるマイクロリアクタシステム。

[請求項8] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記マイクロリアクタに導入される流体のそれぞれの重量変化を検

知する第１の重量検知器と、

前記マイクロリアクタから回収される流体の重量変化を検知する第２の重量検知器と、を備えるマイクロリアクタシステム。

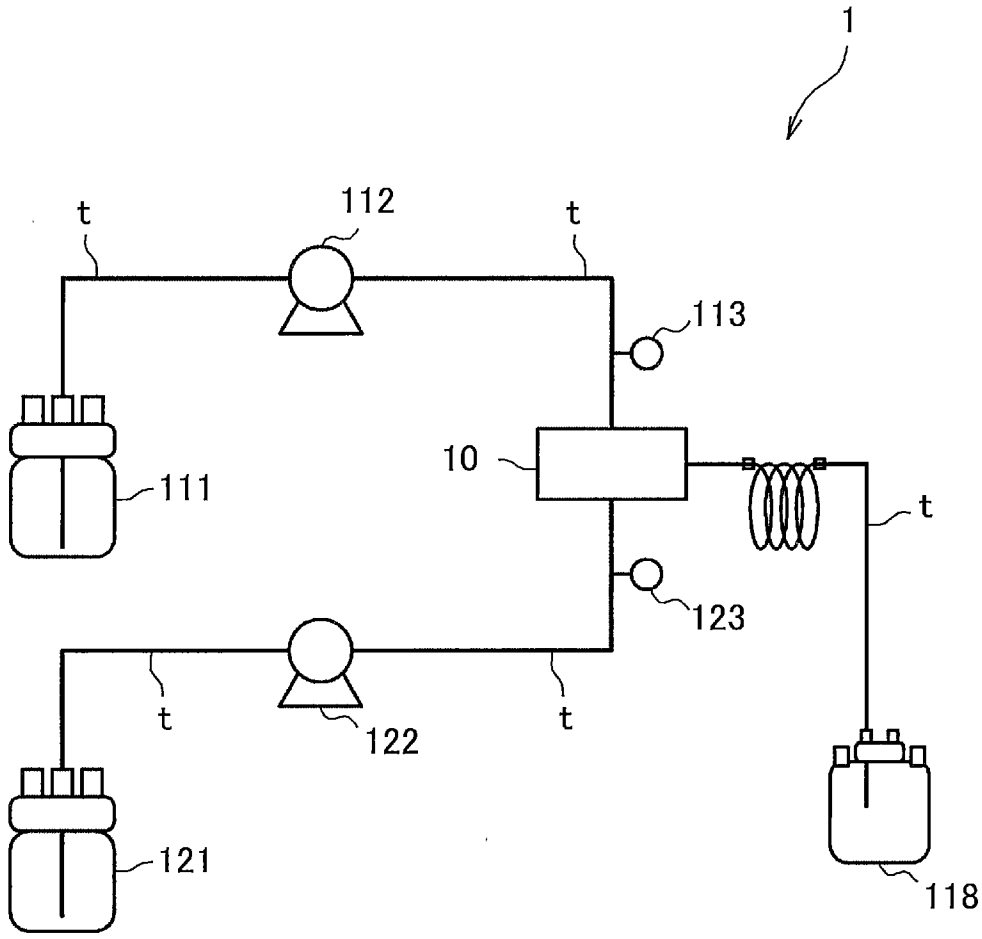
[請求項9] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記マイクロリアクタに、前記マイクロリアクタの温度を調節する温度調節装置を備えるマイクロリアクタシステム。

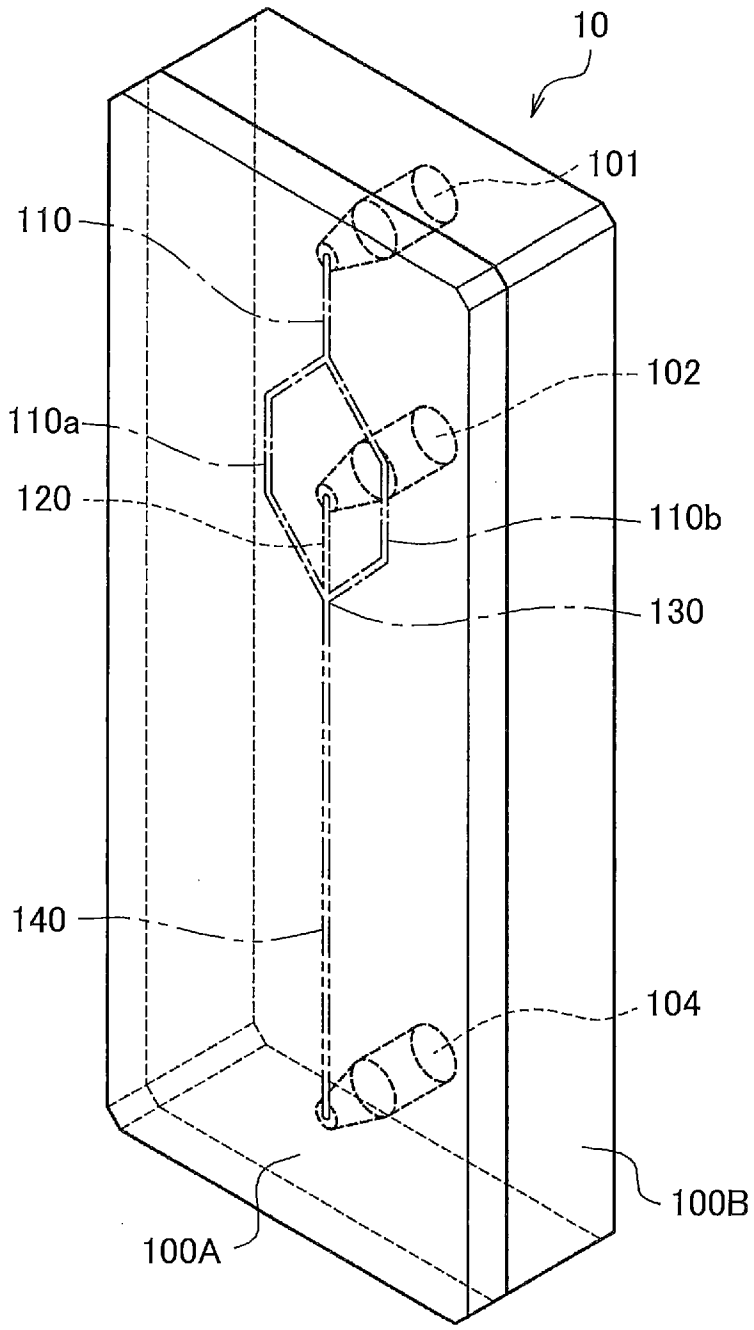
[請求項10] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のマイクロリアクタシステムにおいて、

前記マイクロリアクタの下流に、前記マイクロリアクタで混合された流体の温度を調節する流体用の温度調節装置を備えるマイクロリアクタシステム。

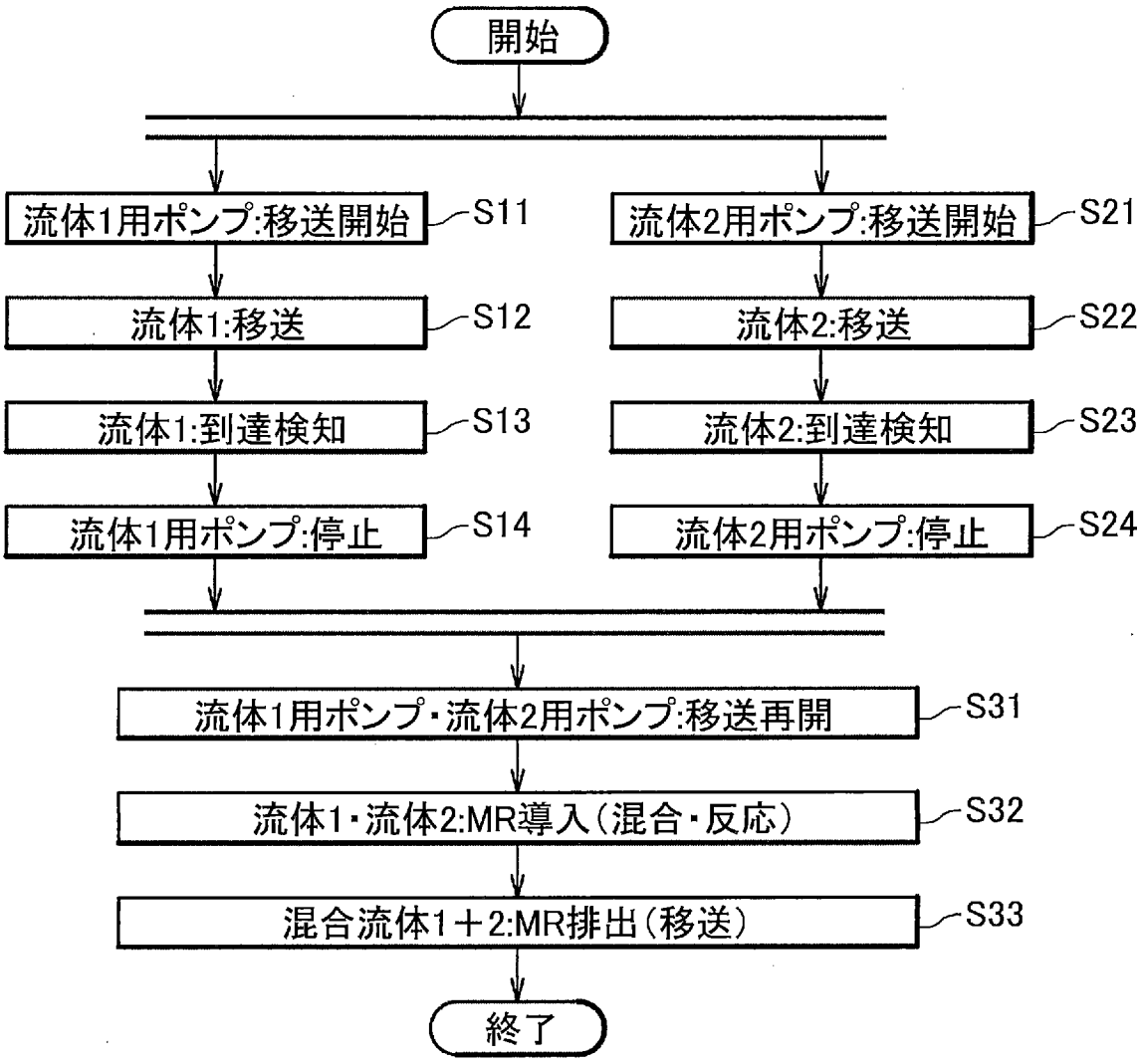
[図1]



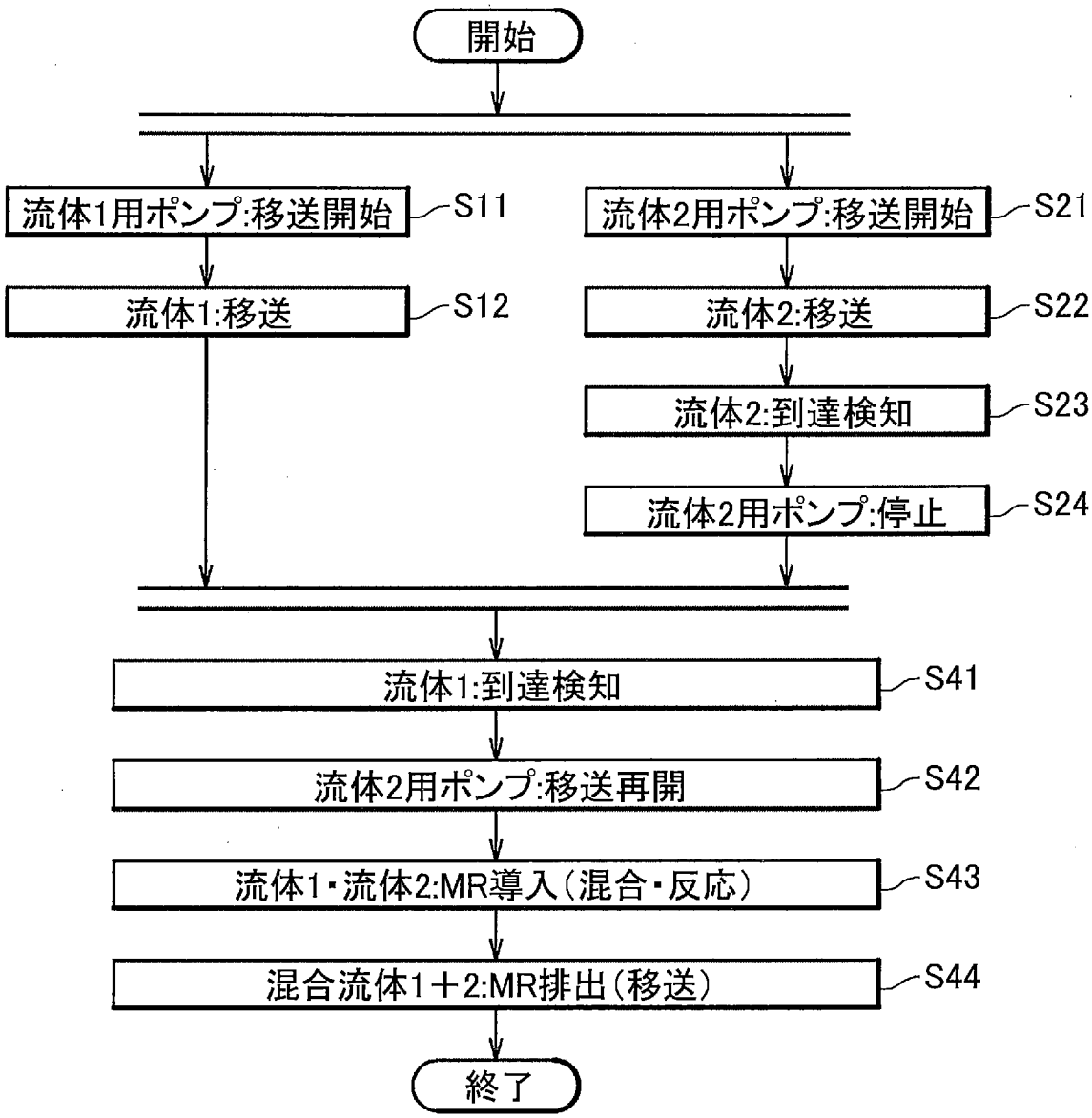
[図2]



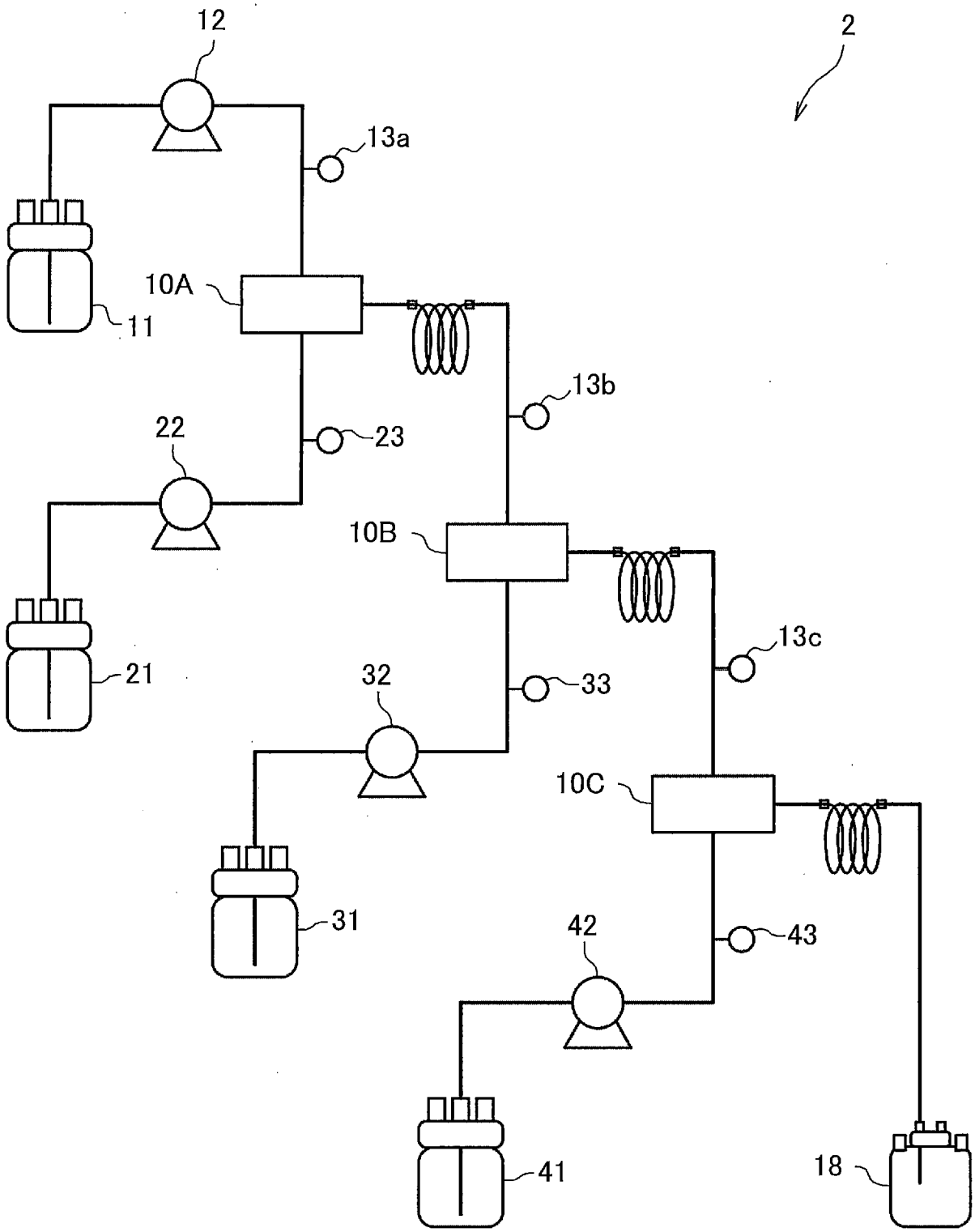
[図3]


開始
流体1用ポンプ:移送開始
S11
流体1:移送
S12
流体1:到達検知
S13
流体1用ポンプ:停止
S14
流体2用ポンプ:移送開始
S21
流体2:移送
S22
流体2:到達検知
S23
流体2用ポンプ:停止
S24
流体1用ポンプ・流体2用ポンプ:移送再開
S31
流体1・流体2:MR導入(混合・反応)
S32
混合流体1+2:MR排出(移送)
S33
終了

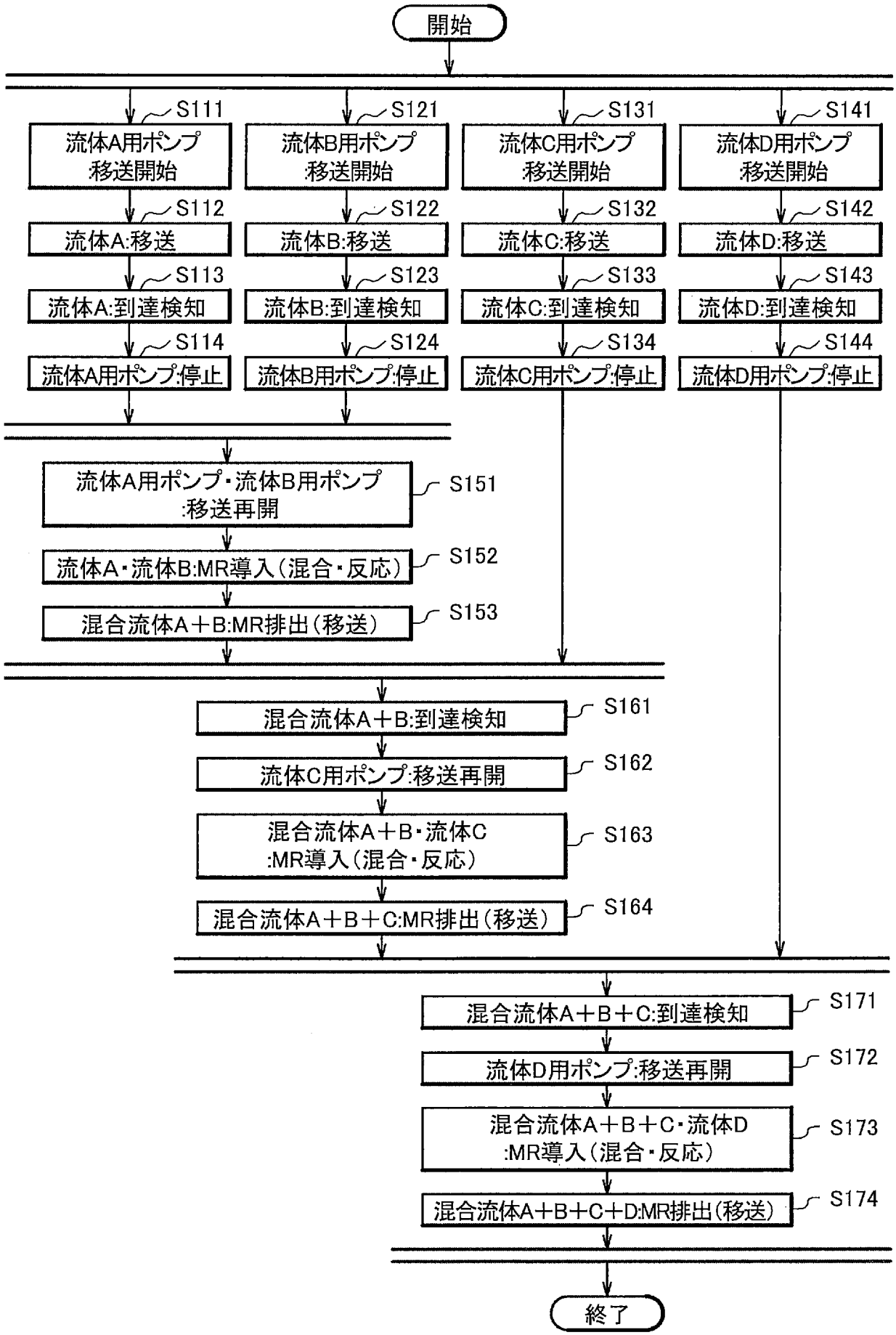
[図4]


開始
流体1用ポンプ:移送開始
S11
流体1:移送
S12
流体2用ポンプ:移送開始
S21
流体2:移送
S22
流体2:到達検知
S23
流体2用ポンプ:停止
S24
流体1:到達検知
S41
流体2用ポンプ:移送再開
S42
流体1・流体2:MR導入(混合・反応)
S43
混合流体1+2:MR排出(移送)
S44
終了

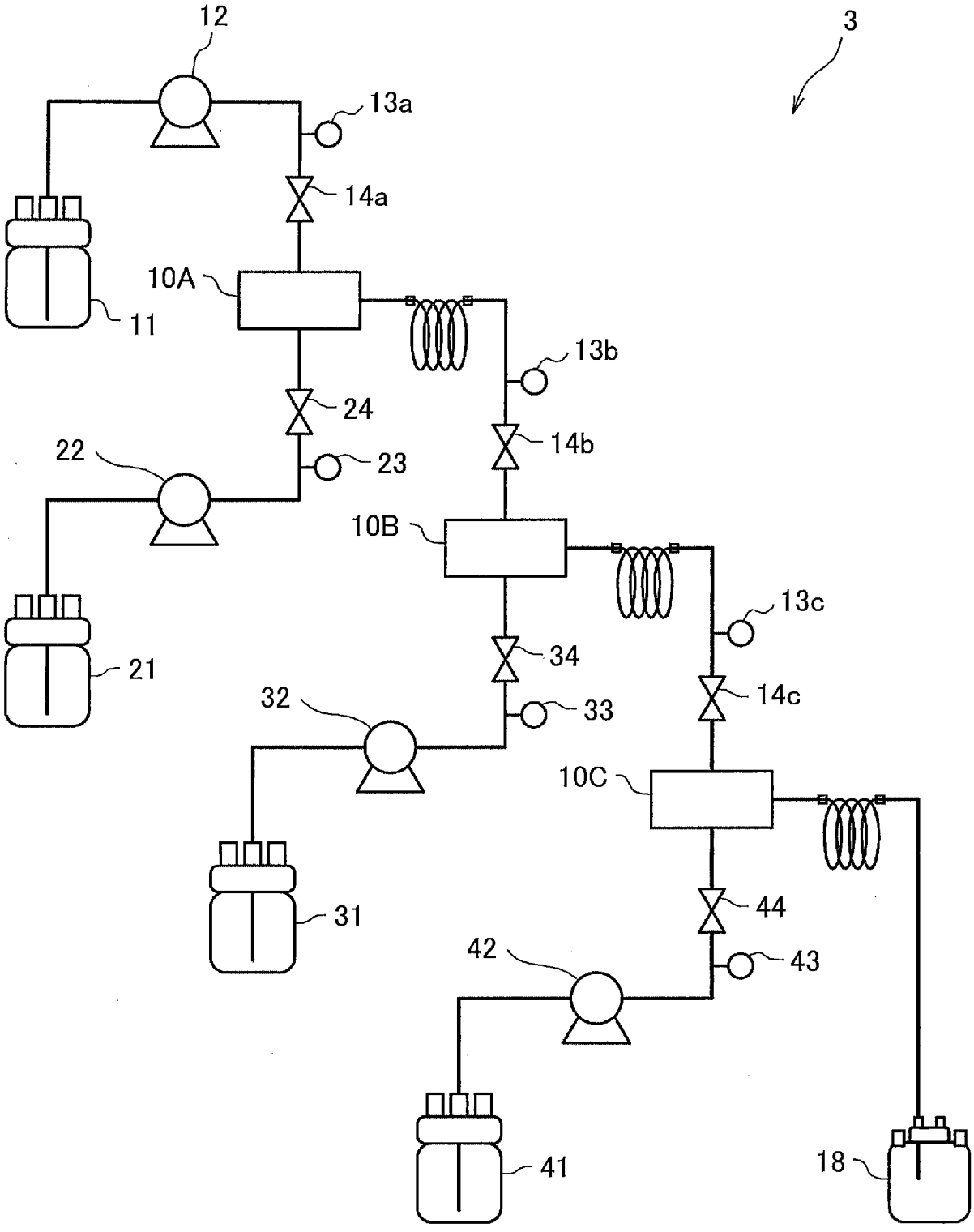
[図5]



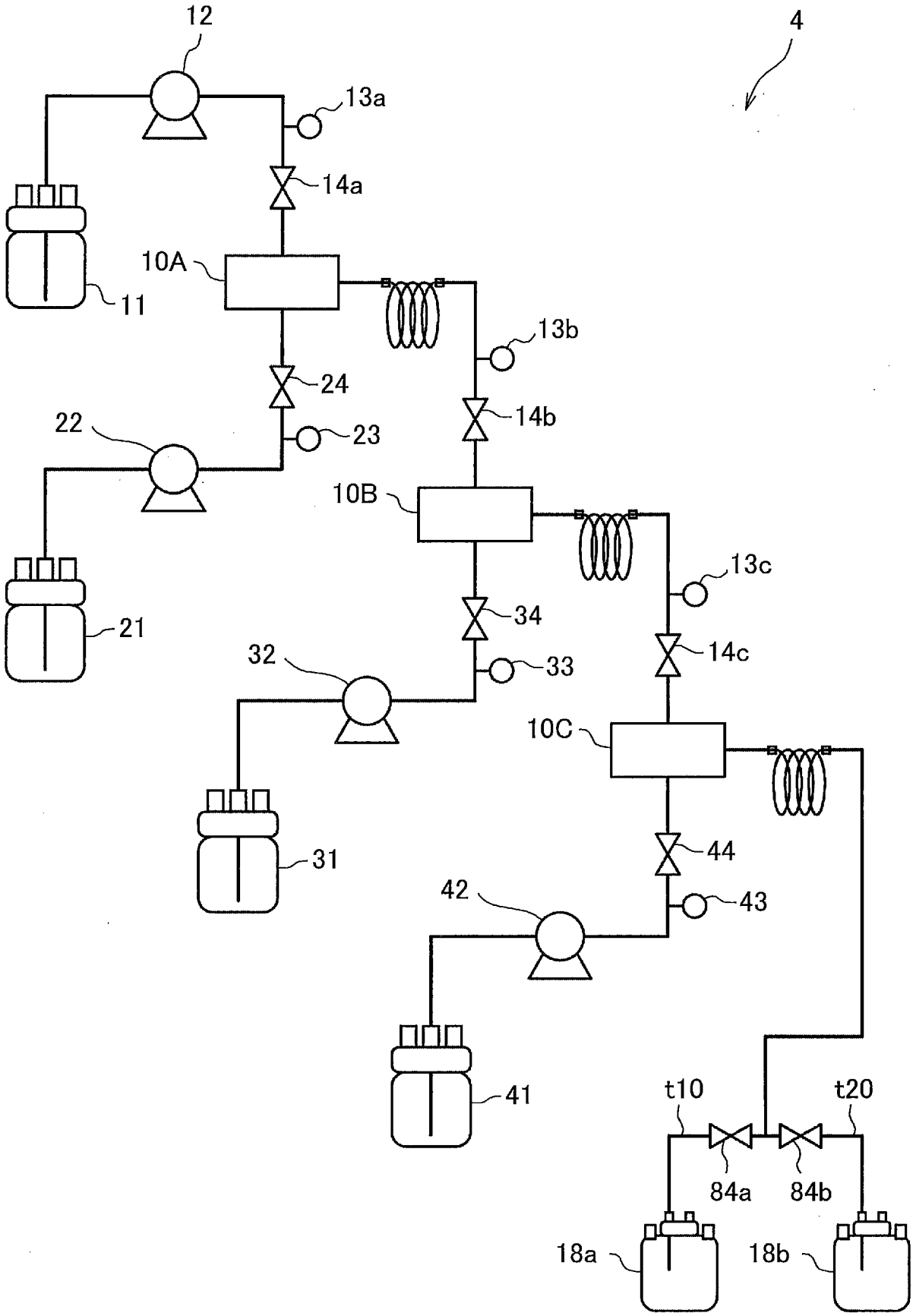
[図6]


開始
S111
流体A用ポンプ:移送開始
S112
流体A:移送
S113
流体A:到達検知
S114
流体A用ポンプ:停止
S121
流体B用ポンプ:移送開始
S122
流体B:移送
S123
流体B:到達検知
S124
流体B用ポンプ:停止
S131
流体C用ポンプ:移送開始
S132
流体C:移送
S133
流体C:到達検知
S134
流体C用ポンプ:停止
S141
流体D用ポンプ:移送開始
S142
流体D:移送
S143
流体D:到達検知
S144
流体D用ポンプ:停止
流体A用ポンプ・流体B用ポンプ:移送再開
S151
流体A・流体B:MR導入(混合・反応)
S152
混合流体A+B:MR排出(移送)
S153
混合流体A+B:到達検知
S161
流体C用ポンプ:移送再開
S162
混合流体A+B・流体C:MR導入(混合・反応)
S163
混合流体A+B+C:MR排出(移送)
S164
混合流体A+B+C:到達検知
S171
流体D用ポンプ:移送再開
S172
混合流体A+B+C・流体D:MR導入(混合・反応)
S173
混合流体A+B+C+D:MR排出(移送)
S174
終了

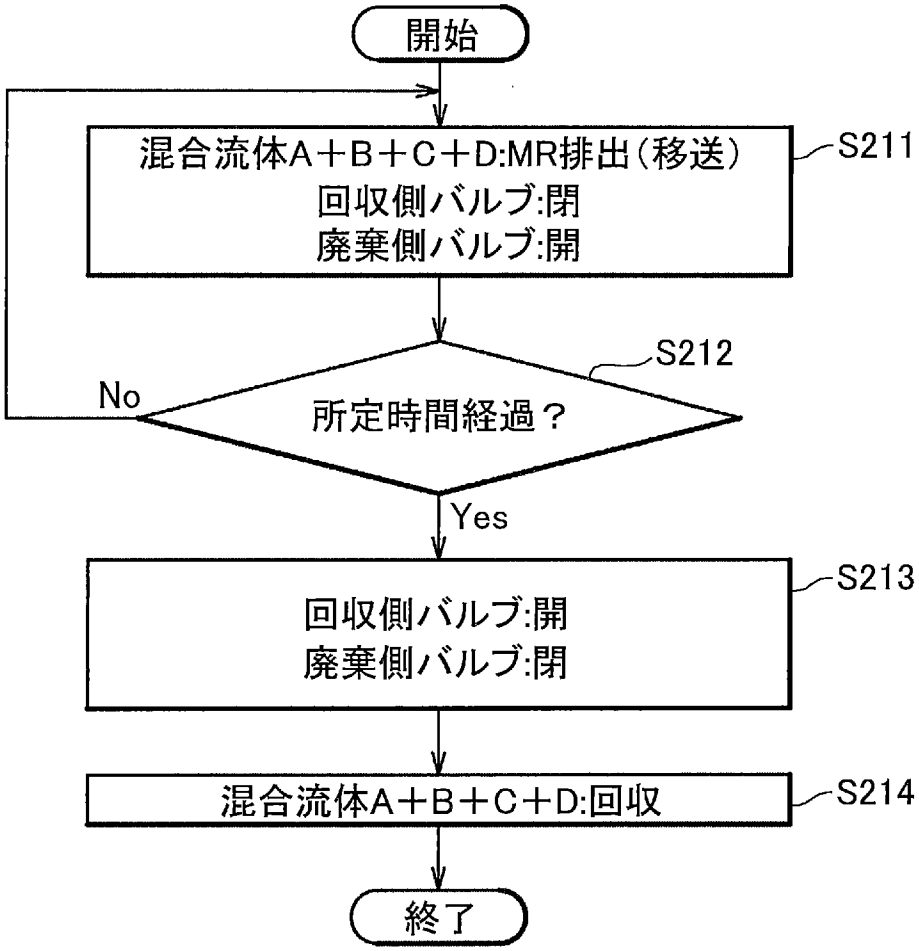
[図7]


12
3
13a
14a
10A
11
13b
24
14b
22
23
10B
13c
21
34
14c
32
33
10C
31
44
42
43
41
18

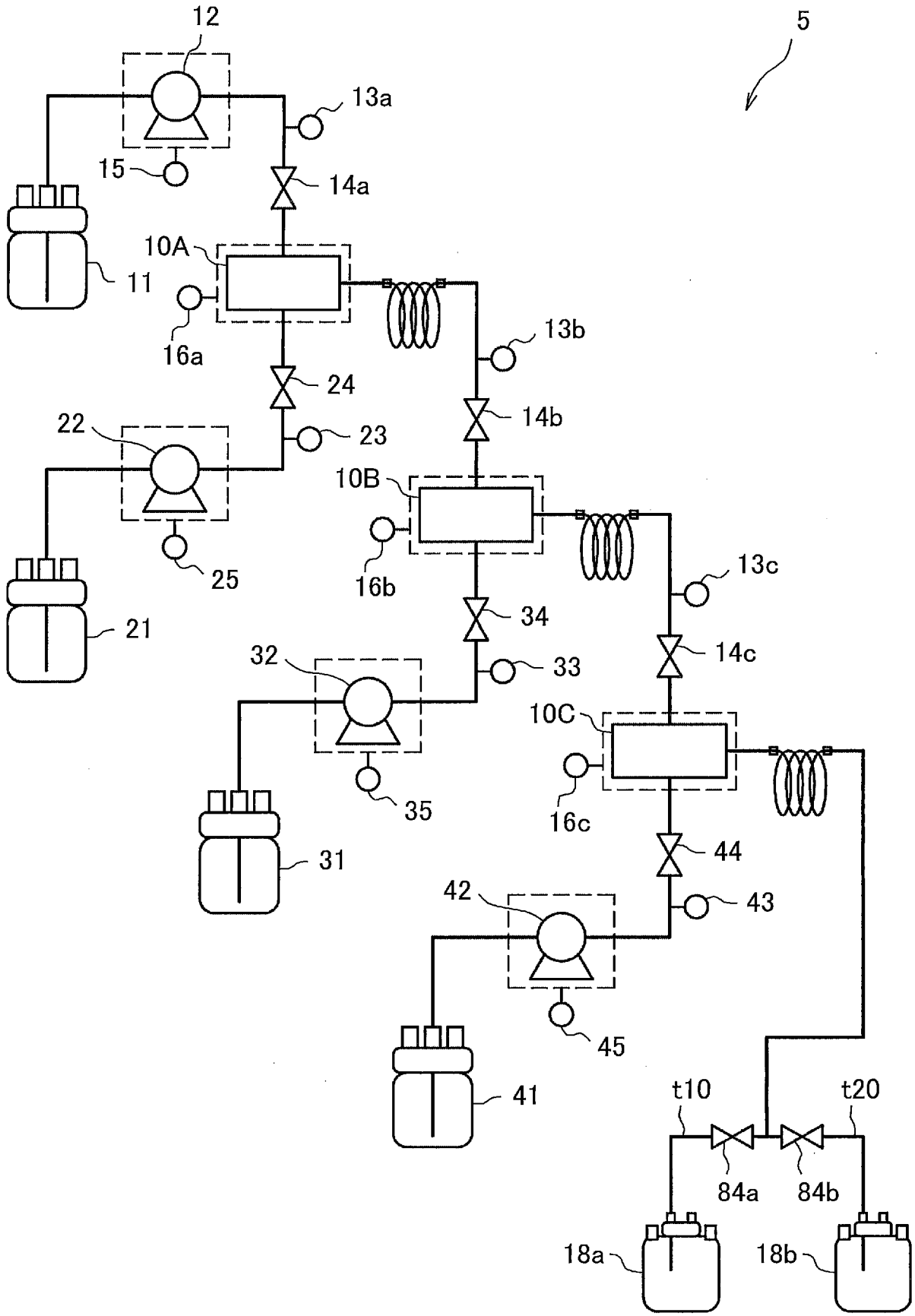
[図8]


12
4
13a
14a
10A
11
13b
24
14b
22
23
10B
13c
21
34
14c
32
33
10C
31
44
42
43
41
t10
t20
84a
84b
18a
18b

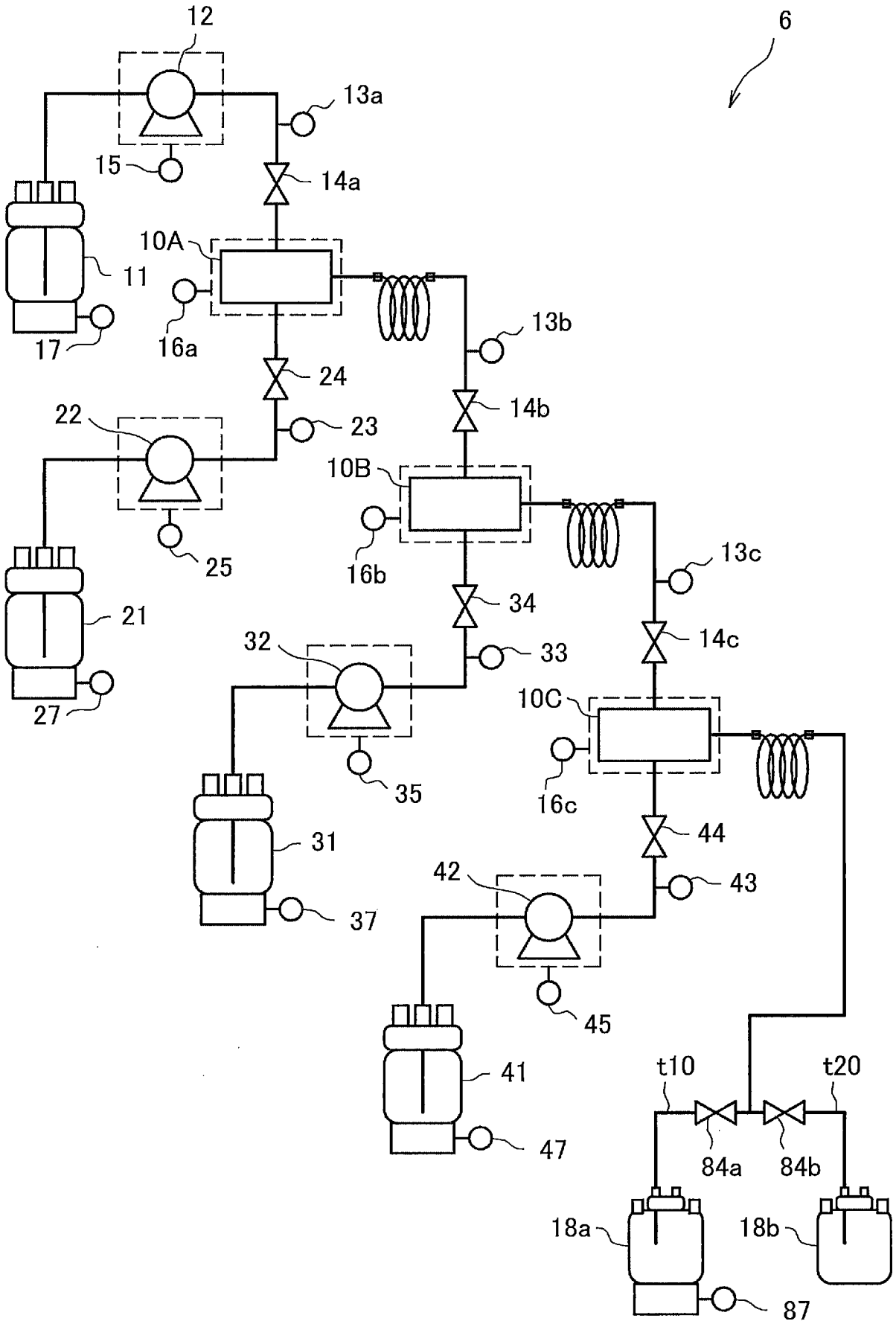
[図9]


開始
混合流体A＋B＋C＋D:MR排出（移送）
回収側バルブ:閉
廃棄側バルブ:開
S211
S212
No
所定時間経過？
Yes
回収側バルブ:開
廃棄側バルブ:閉
S213
混合流体A＋B＋C＋D:回収
S214
終了

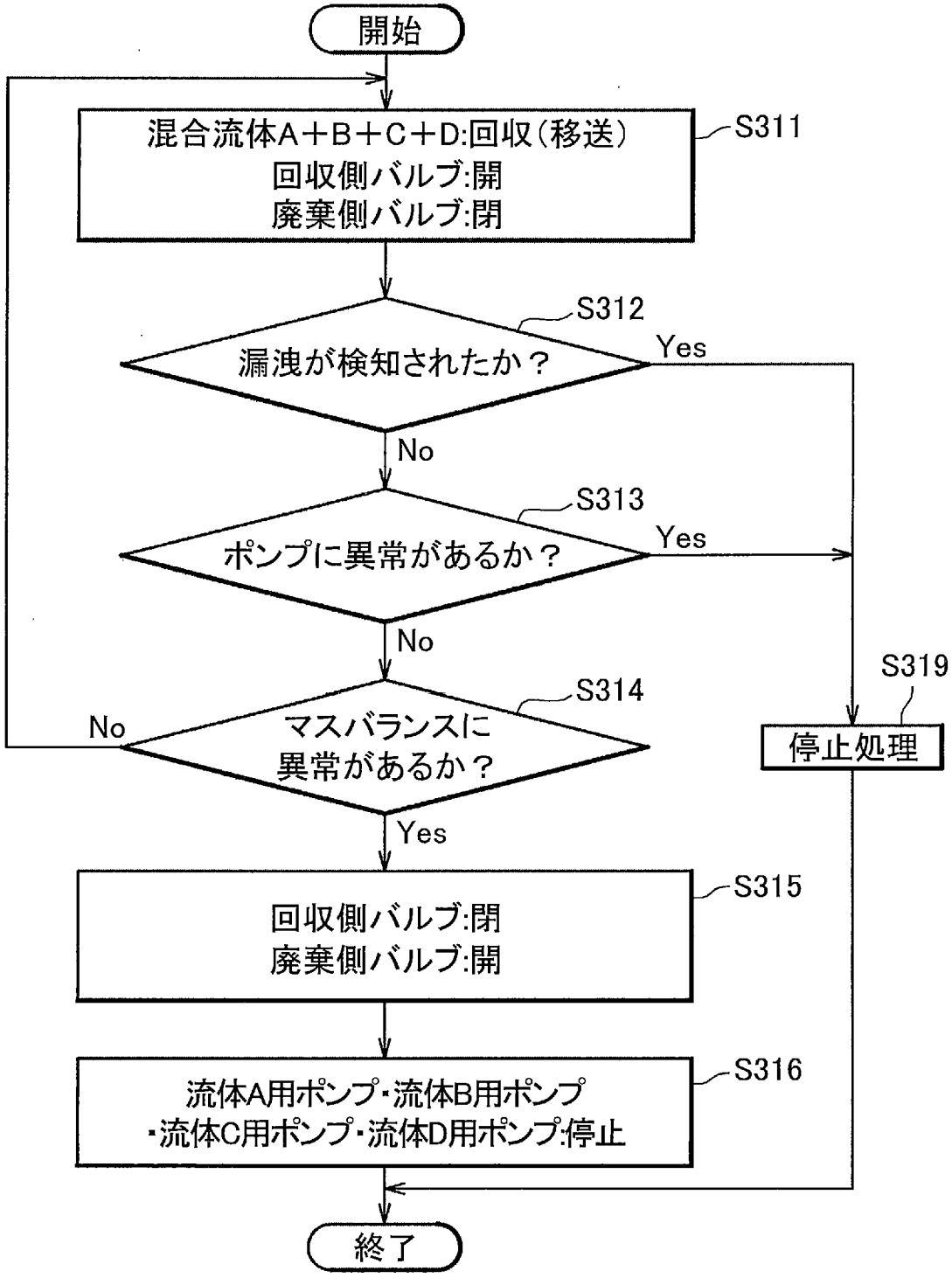
[図10]


12
5
13a
15
14a
10A
11
16a
13b
24
14b
22
23
10B
25
16b
13c
21
34
14c
32
33
10C
35
16c
31
44
42
43
45
41
t10
t20
84a
84b
18a
18b

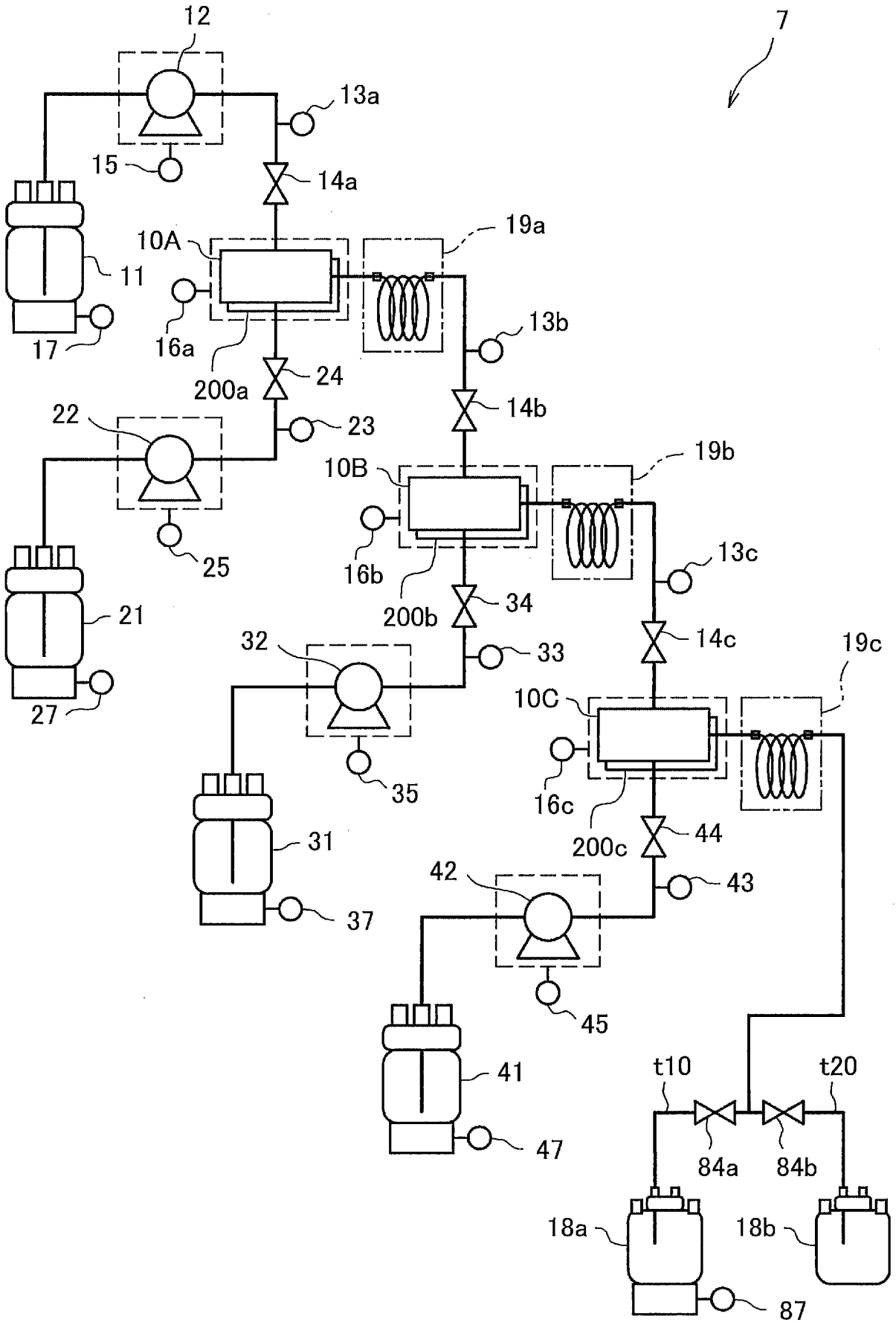
[図11]


12
6
13a
15
14a
10A
11
16a
17
13b
24
14b
22
23
10B
25
16b
13c
34
21
14c
32
33
27
10C
35
16c
31
44
42
43
37
45
41
t10
t20
47
84a
84b
18a
18b
87

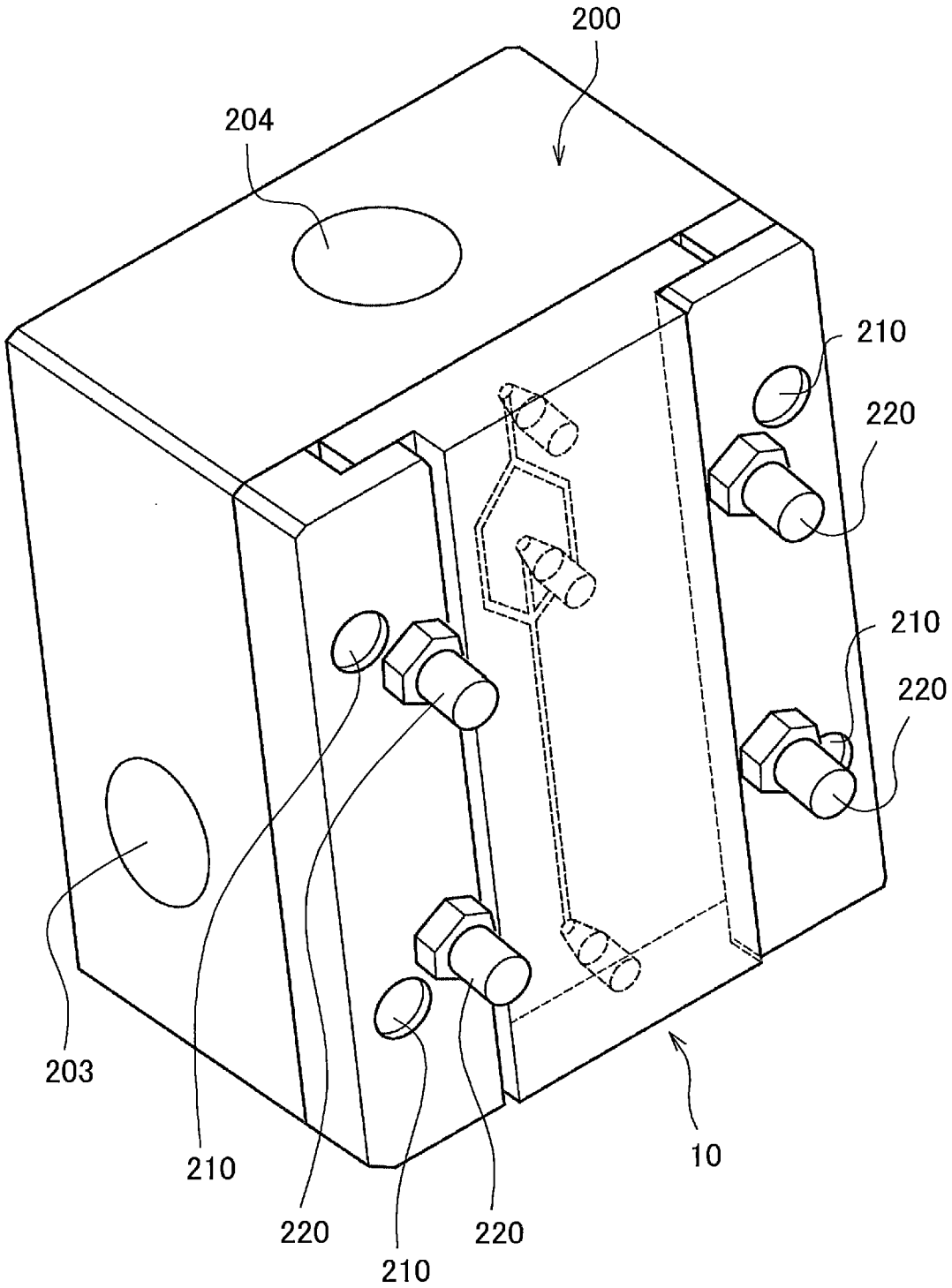
[図12]


開始
混合流体A＋B＋C＋D:回収(移送)
回収側バルブ:開
廃棄側バルブ:閉
S311
S312
漏洩が検知されたか？
Yes
No
S313
ポンプに異常があるか？
Yes
No
S314
マスバランスに
異常があるか？
No
Yes
S319
停止処理
回収側バルブ:閉
廃棄側バルブ:開
S315
流体A用ポンプ・流体B用ポンプ
・流体C用ポンプ・流体D用ポンプ:停止
S316
終了

[図13]


12
7
13a
15
14a
10A
19a
11
16a
13b
17
200a
24
14b
22
23
10B
19b
16b
13c
25
200b
34
14c
21
32
33
19c
10C
16c
35
44
31
42
43
37
45
41
t10
t20
47
84a
84b
18a
18b
87

[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/028222

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B01J19/00(2006.01)i, B01F3/08(2006.01)i, B01F5/00(2006.01)i, B01F15/02(2006.01)i, B01F15/06(2006.01)i, B81B7/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. B01J19/00, B01F3/08, B01F5/00, B01F15/02, B01F15/06, B81B7/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-247534 A (BUSSAN NANOTECH RESEARCH INSTITUTE INC.) 21 September 2006, claims, paragraphs [0002], [0018]-[0026], fig. 1, 2 (Family: none)	1-10
Y	JP 4380492 B2 (HITACHI PLANT TECHNOLOGIES LTD.) 09 December 2009, paragraphs [0045]-[0047], fig. 5, 6 (Family: none)	1-10
Y	JP 2004-170295 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 17 June 2004, paragraphs [0137]-[0139], fig. 8 & US 2004/0079424 A1, paragraphs [0188]-[0190], fig. 15 & WO 2004/036059 A1 & EP 1552163 A1 & AU 2003273189 A1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
03.09.2018	11.09.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/028222

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-47528 A (INSTYTUT CHEMII FIZYCZNEJ POLSKIEJ AKADEMII NAUK) 07 April 2016, paragraph [0109], fig. 5 & US 2012/0040472 A1, paragraph [0130], fig. 5 & WO 2011/090396 A1 & EP 2570187 A2	2, 4-10
Y	JP 2007-113433 A (EBARA CORPORATION) 10 May 2007, paragraphs [0061]-[0064], fig. 22, 23 (Family: none)	3-10
A	JP 2015-202461 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 16 November 2015, paragraph [0076], fig. 1, 2 & US 2017/0021323 A1, paragraph [0088], fig. 1, 2 & WO 2015/159532 A1 & EP 3132847 A1 & CN 106102897 A	1-10
A	JP 2011-212549 A (HITACHI PLANT TECHNOLOGIES LTD.) 27 October 2011, fig. 1-4 (Family: none)	1-10
P, A	WO 2017/179353 A1 (HITACHI, LTD.) 19 October 2017, paragraphs [0037], [0038], [0041], fig. 3 & JP 2017-189729 A	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２８２２２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B01J19/00(2006.01)i, B01F3/08(2006.01)i, B01F5/00(2006.01)i, B01F15/02(2006.01)i, B01F15/06(2006.01)i, B81B7/02(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B01J19/00, B01F3/08, B01F5/00, B01F15/02, B01F15/06, B81B7/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報　１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報　１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報　１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報　１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2006-247534 A (株式会社物産ナノテク研究所) 2006.09.21, 特許請求の範囲, [0002], [0018]-[0026], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 4380492 B2 (株式会社日立プラントテクノロジー) 2009.12.09, [0045]-[0047], 図 5-6 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 2004-170295 A (松下電器産業株式会社) 2004.06.17, [0137]-[0139], 図 8 & US 2004/0079424 A1, [0188]-[0190], 図 15 & WO 2004/036059 A1 & EP 1552163 A1 & AU 2003273189 A1	1-10

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０３．０９．２０１８	１１．０９．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｑ　３８３８
関根　崇
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６８

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2016-47528 A (インスチチュート・ケミィ・フィジズネジ・ポルスキージ・アカデミィ・ナウク) 2016.04.07, [0109], 図5 & US 2012/0040472 A1, [0130], 図5 & WO 2011/090396 A1 & EP 2570187 A2	2, 4-10
Y	JP 2007-113433 A (株式会社荏原製作所) 2007.05.10, [0061]-[0064], 図22-23 (ファミリーなし)	3-10
A	JP 2015-202461 A (セイコーエプソン株式会社) 2015.11.16, [0076], 図1-2 & US 2017/0021323 A1, [0088], 図1-2 & WO 2015/159532 A1 & EP 3132847 A1 & CN 106102897 A	1-10
A	JP 2011-212549 A (株式会社日立プラントテクノロジー) 2011.10.27, 図1-4 (ファミリーなし)	1-10
P, A	WO 2017/179353 A1 (株式会社日立製作所) 2017.10.19, [0037]-[0038], [0041], 図3 & JP 2017-189729 A	1-10