

(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  
2020年6月18日(18.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/121881 A1

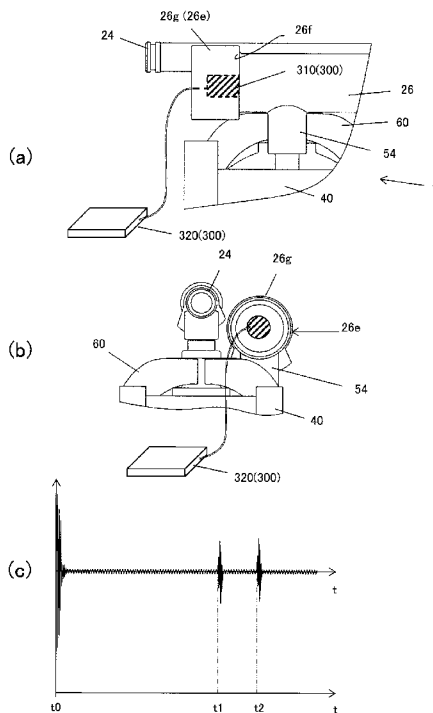
- (51) 国際特許分類:  
B01D 65/10 (2006.01) G01N 29/07 (2006.01)  
C02F 1/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/047120
- (22) 国際出願日: 2019年12月3日(03.12.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2018-232096 2018年12月12日(12.12.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社クボタ (KUBOTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5568601 大阪府大阪市浪速区敷津東1丁目2番47号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 渡辺 桂史 (WATANABE Keishi); 〒6618567 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 西本 信太郎 (NISHIMOTO Shintaro); 〒6618567 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社ク

ボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 上中 哲也 (UENAKA Tetsuya); 〒6618567 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 趙 芳 (ZHAO Fang); 〒6618567 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP). 松永 晃 (MATSUNAGA Akira); 〒6618567 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ 本社阪神事務所内 Hyogo (JP).

- (74) 代理人: 橋本 薫 (HASHIMOTO, Kaoru); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目18番35号 肥後橋IPビル6階 パール国際特許事務所 Osaka (JP).
- (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,

(54) Title: MEMBRANE DEFECT INSPECTION METHOD AND MEMBRANE DEFECT INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置



(57) Abstract: Provided is a membrane defect inspection method that enables automatic detection of filter membrane tearing and seal failure, and that is capable of individually identifying membrane modules in which tearing or seal failure has occurred. The method is a membrane defect inspection method for a membrane module set constituted by a plurality of membrane modules connected in parallel below a straight section of a gas detection pipe that communicates with a primary space of a membrane module to which raw water is supplied, or communicates with a secondary space of a membrane module from which treated water obtained by membrane-filtering the raw water is removed, the gas detection pipe also extending in the horizontal direction, said method comprising: a gas injection step wherein, in a state where the gas detection pipe is filled with water, gas is injected into a space opposite the primary space or the secondary space with which the gas detection pipe of the membrane module communicates; and an echo detection step wherein an ultrasonic sensor, comprising an ultrasonic emission unit and an ultrasonic reception unit, is brought into contact with an end of the straight section of the gas detection pipe, and reflected ultrasonic waves emitted by the ultrasonic emission unit are detected by the ultrasonic reception unit.



WO 2020/121881 A1

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)）

---

(57) 要約：ろ過膜の破断やシール不良検知の自動化が可能で、破断やシール不良が生じた膜モジュールを個別に特定することができる膜欠陥検査方法を提供する。原水が供給される膜モジュールの1次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される膜モジュールの2次側空間と連通し水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に、複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットの膜欠陥検査方法であって、前記ガス検知配管に水が充満された状態で、前記膜モジュールのガス検知配管が連通する前記1次側空間または2次側空間とは反対の空間へガスを圧入するガス圧入工程と、前記ガス検知配管の直管部分の端部に超音波発信部と超音波受信部とからなる超音波センサを接触させ、前記超音波発信部から発信した超音波に対する反射波を前記超音波受信部で検出するエコー検出工程と、を備える。

## 明 細 書

### 発明の名称：膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置

#### 技術分野

[0001] 本発明は、原水が供給される1次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される2次側空間と連通し、水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットの膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置、並びにガス検知配管に複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットを複数備える膜分離装置の膜欠陥検査方法に関する。

#### 背景技術

[0002] 特許文献1には、ケーシング内を原水室、前記原水室と連通する循環水室及び処理水室とに区分し、前記処理水室と循環水室とを連通するための多数の中空糸膜を有し、前記循環水室から中空糸膜及び処理水室を経て処理水が外部に送出される浄水処理装置において、前記原水室及び循環水室を空状態とし、処理水室にのみ処理水が存在する状態下で、前記中空糸膜の外部に加圧気体を吹込み、前記処理水室側に発生する気泡を検知して前記中空糸膜の破断を検知することを特徴とする浄水処理装置の透過膜モジュールの破断検知方法が提案されている。

[0003] 特許文献2には、膜モジュールに原水を供給し、前記膜モジュールで浄化された処理水を配水する水処理用ろ過システムにおいて、前記膜モジュールの一次側または二次側に所定圧力の加圧空気を供給する加圧空気供給手段と、前記膜モジュールの上部に取り付けられ、膜の損傷部分から漏れ出て水中を上昇してくる気泡流による振動を検出する振動検出センサと、各振動検出センサで検出される振動信号を個別的に選択し、当該振動信号を分析することにより前記膜モジュールの膜損傷を検出する振動解析処理装置とを備えたことを特徴とする水処理用ろ過システムの膜損傷検出装置が提案されている。

。

[0004] 特許文献3には、中空糸状膜の外側或いは内側の一方から原液を供給して他方から濾液を取り出す流通経路上の該濾液が流通または停滞した管の一部を透明な管で構成し、原液が前記中空糸状膜の外側或いは内側の一方から供給され他方から濾液として取り出される前記流通経路にエアを供給して前記透明な管内を該エアの気泡が通過した場合に前記中空糸状膜に膜切れが生じていることを検知することを特徴とする中空糸状膜の膜切れ検知方法が提案されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2001-269551号公報  
特許文献2：特開2007-240373号公報  
特許文献3：特開平11-311596号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献1に記載された破断検知方法は、気泡を検知するために超音波流速計を用いる必要があり、適切な検出環境を確立するために所定長さの直管に超音波流速計を設置する必要があるという設置上の制約があり、どのような浄水処理装置にも取り付けることができるというものではなかった。また、単に気泡を検知するだけであるため、破断した中空糸膜を個別に特定することができなかった。
- [0007] 特許文献2に記載された膜損傷検出装置では、膜モジュール毎に振動検出センサを取り付けるため振動検出センサが多数必要となるとともに、膜モジュールが耐圧性を備えた強固な構造であるため、振動検出センサで検出される振動信号が微弱となり、外部振動などのノイズの影響を受けて検知精度が低いという課題があり、また特許文献1に記載された破断検知方法と同様に、破断した膜モジュールを個別に特定することができなかった。
- [0008] 特許文献3に記載された膜切れ検知方法は、透明な管内を該エアの気泡が

通過するか否かを目視確認する必要があり、自動検出が困難であった。

[0009] 本発明の目的は、上述の問題点に鑑み、ろ過膜の破断やシール不良検知の自動化が可能で、破断やシール不良が生じた膜モジュールを個別に特定することができる膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置を提供する点にある。

### 課題を解決するための手段

[0010] 上述の目的を達成するため、本発明による膜モジュールセットの膜欠陥検査方法の第一の特徴構成は、原水が供給される膜モジュールの1次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される膜モジュールの2次側空間と連通し水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に、複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットの膜欠陥検査方法であって、前記ガス検知配管に水が充満された状態で、前記膜モジュールのガス検知配管が連通する前記1次側空間または2次側空間とは反対の空間へガスを圧入するガス圧入工程と、前記ガス検知配管の直管部分の端部に超音波発信部と超音波受信部とからなる超音波センサを接触させ、前記超音波発信部から発信した超音波に対する反射波を前記超音波受信部で検出するエコー検出工程と、を備える点にある。

[0011] ガス圧入工程が実行された場合に、膜モジュールに收容されたろ過膜に欠陥がある状況で、水が充満された水平姿勢のガス検知配管の端部に接触させた超音波発信部から超音波を発信するエコー検出工程が実行されると、ガス検知配管のうち気泡が上昇する部位で反射した超音波が超音波受信部で検出される。超音波の発信から反射波の受信までの遅延時間でガス検知配管の端部から気泡が上昇する部位までの距離が算出可能になる。

[0012] 同第二の特徴構成は、上述の第一の特徴構成に加えて、前記エコー検出工程で得られた結果から、欠陥部分のある膜モジュールを特定する膜モジュール特定工程をさらに備える点にある。

[0013] 膜モジュール特定工程では、ガス検知配管の端部から算出された距離に基づいて特定される気泡上昇部位の直近の膜モジュールが破断し、またはシール不良が発生していると判定される。

- [0014] 同第三の特徴構成は、上述の第一または第二の特徴構成に加えて、前記ガス検知配管が樹脂製である点にある。
- [0015] 超音波センサを接触させる配管が樹脂製であれば、水が充填されている管内部に管端部で超音波が大きく減衰されるようなこと無く伝播し、十分な検出精度が得られる。
- [0016] 同第四の特徴構成は、上述の第一から第三の何れかの特徴構成に加えて、前記エコー検出工程において、前記ガス検知配管の直管部分の軸心方向に超音波が発信されるように超音波センサを接触させる点にある。
- [0017] 直管部分の軸心方向に超音波を伝播させることにより、直管部分に並列接続された膜モジュールの何れから気泡が洩れているかを一度の測定で確実に検知できるようになる。なお、気泡が上昇する部位が無ければ反射波が検出できないか、反対側の管端部からの反射が検知される。
- [0018] 本発明による膜分離装置の膜欠陥検査方法の第一の特徴構成は、前記ガス検知配管の下方に前記複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットを複数備える膜分離装置の膜欠陥検査方法であって、前記膜分離装置全体で前記ガス検知配管に放出されるガスが集合し、前記ガス検知配管と連通するガス検知大配管に水が充填された状態で、前記ガス圧入工程を実施し、前記ガス検知大配管の透明部分にガスが貯留されることを検知するガス貯留検知工程と、を備え、前記ガス貯留検知工程にてガスが貯留されることを検知した場合に、上述した第一から第四の何れかの特徴構成を備えた膜モジュールセットの膜欠陥検査方法を行なう点にある。
- [0019] 上述の膜モジュールセットを複数備える膜分離装置に対して、ガスが貯留されることが検知されると、何れかの膜モジュールが破断し、或いはシール不良が生じていると判断できる。その際に膜モジュールセットの膜欠陥検査方法を実行することにより効率的にろ過膜の破断やシール不良を検出できるようになる。
- [0020] 同第二の特徴構成は、上述の第一の特徴構成に加えて、前記ガス検知大配管の少なくとも一部が透明であり、前記ガス貯留検知工程において、前記ガ

ス検知大配管の透明部分で観察される気液界面を画像解析により検出することでガスの貯留を検知する点にある。

[0021] ガス検知大配管の少なくとも一部を透明にすれば、その部位の様子が目視確認でき、目視によりガスが貯留されることが検知でき、また、ガス検知大配管の透明部位を撮影し、その映像を画像解析することにより、自動判定できるようになる。

[0022] 本発明による膜モジュールセットの膜欠陥検査装置の特徴構成は、上述した第一から第四の何れかの特徴構成を備えた膜欠陥検査方法を実施するための膜欠陥検査装置であって、原水が供給される膜モジュールの1次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される膜モジュールの2次側空間と連通し水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に、複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットと、前記ガス検知配管の直管部分の端部に取り付けられた超音波発信部と超音波受信部とからなる超音波センサと、前記超音波受信部で、前記ガス検知配管の軸心方向に向けて前記超音波発信部から発信された超音波に対する反射波を検出し、前記超音波の発信時期から前記反射波の検出時期までの遅延時間に基づいて欠陥を有する膜モジュールを特定する信号処理部と、を備えている点にある。

### 発明の効果

[0023] 以上説明した通り、本発明によれば、ろ過膜の破断やシール不良検知の自動化が可能で、破断やシール不良が生じた膜モジュールを個別に特定することができる膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置を提供することができるようになった。

### 図面の簡単な説明

[0024] [図1]図1 (a) は膜モジュールセットを示す正面図であり、図1 (b) は膜モジュールセットを示す左側面図である。

[図2]図2 (a) は膜モジュールセットの模式図であり、図2 (b) は複数の膜モジュールセットを備えた膜分離装置の模式図である。

[図3]図3 (a) は膜モジュールセットに対する膜欠陥検査方法を示し、セン

サ設置部の要部正面図であり、図3（b）はセンサ設置部の要部側面であり、図3（c）は検査中の信号説明図である。

[図4]図4は膜破断またはシール不良が生じた膜モジュール位置を示す膜モジュールセットの説明図である。

[図5]図5（a）は膜分離装置に対する欠陥検査方法を示し、膜分離装置のろ過水大配管に取り付けられた検査装置の説明図であり、図5（b）は膜分離装置に対する欠陥検査方法を示し、正常時の検査画像の説明図であり、図5（c）は膜分離装置に対する欠陥検査方法を示し、異常時の検査画像説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0025] 以下に、本発明による膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置を説明する。

[膜モジュールセット及び膜分離装置の構成]

図1（a）及び図1（b）には本発明による膜欠陥検査方法が適用される膜モジュールセット1が例示されている。膜モジュールセット1は、8台の膜モジュール20と、各膜モジュール20に原水を供給する原水供給配管である原水ヘッダー管22と、各膜モジュール20に洗浄用空気または水や薬液を供給する洗浄空気配管である洗浄ヘッダー管24と、各膜モジュール20のろ過水を集水する処理水配管であるろ過水ヘッダー管26を備えている。

[0026] 各膜モジュール20は、膜ケーシング100及び膜ケーシング100に收容された膜エレメント2（図1（b）中、一点鎖線で示されている。）で構成され、膜ケーシング100は、基台30と、ケーシング本体40と、上部蓋体50と、ケーシング本体40に支持される支持部60と、ケーシング本体40の軸方向に沿って支持部60と上部蓋体50との相対位置を調整可能に保持する保持部70等を備えて構成されている。

[0027] 膜エレメント2は、基台30と上部蓋体50との間で其々シール部材Pを介して上下が押圧された状態でケーシング本体40に收容されている。

[0028] 原水ヘッダー管22から供給された原水が膜エレメント2でろ過され、ろ

過水はケーシング本体40の内壁と膜エレメント2との間隙を経て上部蓋体50に形成されたろ過水流出管54からろ過水ヘッダー管26に集水される。

[0029] 膜エレメント2に詰りや汚れが生じると、ろ過水ヘッダー管26から洗浄水が供給されて膜エレメント2が洗浄され、洗浄液は原水ヘッダー管22から排水される。さらにその後、洗浄ヘッダー管24から洗浄用空気等が供給されてフラッシングされる。基台30、ケーシング本体40、上部蓋体50、支持部60、保持部70等の材質は金属や樹脂など、ろ過工程や洗浄工程の圧力に耐え得るものであればよく、ろ過水ヘッダー管26などの配管は施工性、及び後述する膜破断、シール不良検査に適した例えばABS樹脂やポリ塩化ビニル樹脂など樹脂で構成されている。

[0030] 膜エレメント2は、精密ろ過膜、限外ろ過膜、ナノろ過膜など用途に応じて所定サイズの粒子や高分子を阻止する任意のろ過膜を用いることができ、ろ過膜の材質として酢酸セルロースやポリイミドなどを用いた中空糸膜のような有機膜や、セラミック材料を用いた多孔質の無機膜などを用いることができる。

[0031] 原水ヘッダー管22から原水が加圧供給されると、膜エレメント2に形成された流体通流孔の内壁のろ過膜層で異物が除去されるろ過工程が進み、膜エレメント2の表面から流出したろ過水が、膜エレメント2の周面とケーシング本体40の内壁面との間に形成された空間を介してろ過水流出管54に導かれ、ろ過水ヘッダー管26に集水される。

[0032] 水平方向に延びる処理水配管であるろ過水ヘッダー管26の直管部分の下方に複数の膜モジュール20、本実施形態では8台の膜モジュール20が並列接続されて膜モジュールセット1が構成されている。

[0033] 図2(a)には上述の膜モジュールセット1を簡略化した模式図が示され、図2(b)にはろ過水ヘッダー管26に複数の膜モジュール20が並列接続された膜モジュールセット1を複数備える膜分離装置200の模式図が示されている。

[0034] 外形が縦長の直方体となり上下方向に4段に構成されたフレームに、1段当たり8基の膜モジュールセット1が設置され、各膜モジュールセット1の原水ヘッダー管22、洗浄ヘッダー管24、ろ過水ヘッダー管26のそれぞれが中継配管22A、24A、26Aを介して原水大配管22C、洗浄大配管24C、処理水大配管であるろ過水大配管26Cに連結されている。

[0035] [膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置]

このような膜分離装置200を構成する複数の膜モジュールセット1に組み込まれた各膜モジュール20の何れかに膜破断やシール不良が生じていると、処理水中に濁質が混入することとなり適切なる過処理が不可能となる。

[0036] そのような場合でも、本発明による膜欠陥検査方法を用いることにより、膜破断やシール不良が生じた膜モジュール20を個別に特定し、異常状態の膜モジュール20を速やかに交換することができるようになる。

[0037] 図3(a)に示すように、各膜モジュールセット1のろ過水ヘッダー管26のうち、ろ過水大配管26Aに接続される側とは反対側の管端部26eには、管端面26fから僅かに径が大きな管接続用のフランジ部26gが延出形成されている。ここで、ろ過水ヘッダー管26がガス検知配管として、ろ過水大配管26Aがガス検知大配管として其々機能する。

[0038] 図3(b)には、膜モジュールセット1に取り付けられた膜欠陥検査装置300が示されている。膜欠陥検査装置300は、超音波センサ310と、信号処理部320で構成されている。超音波センサ310は、超音波発信部及び超音波受信部が組み込まれて構成され、管端部26eの端面中央部に接触するように設置されている。

[0039] ろ過水ヘッダー管26に水が充填され、原水が供給される膜モジュールの1次側空間と連通する原水ヘッダー管22から膜エレメント2に空気を圧入した状態で、ろ過膜でろ過された処理水が取り出される膜モジュールの2次側空間と連通するろ過水ヘッダー管26の管端面26fに超音波センサ310を接触させる。

[0040] そして、超音波発信部からろ過水ヘッダー管26の軸心方向に沿って超音

波を発信し、当該超音波に対する反射波を超音波受信部で検出する。信号処理部は、超音波の発信時期から反射波の検出時期までの遅延時間に基づいて、ろ過水ヘッダー管 26 に接続された何れかの膜モジュール 20 に欠陥があるか否かを判断する。膜モジュール 20 に欠陥があれば、欠陥箇所から空気が漏洩してろ過水流出管 54 を介してろ過水ヘッダー管 26 に気泡が流入し、その気泡により反射される超音波が超音波受信部で検出される。

[0041] 図 3 (c) には、時刻  $t_0$  で超音波発信部から発信された超音波の反射波が、超音波受信部により時刻  $t_1$  及び時刻  $t_2$  で検出された場合の波形が示されている。時刻  $t_2$  で検出された反射波は、ろ過水ヘッダー管 26 が接続されたろ過水中継管 26 A の管壁からの反射である。

[0042] ろ過水ヘッダー管 26 に接続された膜モジュール 20 の全てが正常であれば、時刻  $t_2$  の反射波のみが検出されるが何れかの膜モジュール 20 で異常があれば、その膜モジュール 20 から漏洩した気泡に反射した反射波が時刻  $t_1$  で検出される。信号処理部 320 により、時刻  $t_1$  に対応するろ過水ヘッダー管 26 の軸心方向位置（超音波の伝播速度  $v$  として、 $(v \times t_1) / 2$  により位置が算出される。）の直近に接続されている膜モジュール 20 が異常であると判断される。

[0043] 図 4 には、膜モジュールセット 1 を構成する膜モジュール 20 に対して、時刻  $t_1$  に対応するろ過水ヘッダー管 26 の軸心方向位置が、超音波センサ 310 の設置位置から 7 台目の膜モジュール 20 近辺であると算出され、7 台目の膜モジュール 20 に漏洩が発生したと判断する例が示されている。

[0044] 上述したように処理水配管となるろ過水ヘッダー管 26 は、超音波の透過特性に優れる樹脂製であることが好ましい。そのため、当該ろ過水ヘッダー管 26 は ABS 樹脂やポリ塩化ビニル樹脂などの樹脂製の管部材で構成されている。超音波センサ 310 を接触させる配管が樹脂製であれば、水が充填されている管内部に管端部で超音波が大きく減衰されるようなことなく伝播し、十分な検出精度が得られる。

[0045] エコー検出工程において、ろ過水ヘッダー管 26 の直管部分の軸心方向に

超音波が発信されるように超音波センサの接触姿勢を整えることが好ましい。直管部分の軸心方向に超音波を伝播させることにより、直管部分に並列接続された膜モジュールの何れから気泡が洩れているかを確実に検知できるようになる。

[0046] 膜分離装置200を構成する膜モジュールセット1の全てに上述した膜欠陥検査装置300を組み込み、信号処理部320を遠隔制御することにより、必要なときにいつでも自動で異常の有無を検出することが可能になる。

[0047] なお、膜モジュールセット1の全てに膜欠陥検査装置300を組み込む場合には、経済性が損なわれる場合もある。そこで、以下に説明する膜分離装置200の膜欠陥検査方法を実行し、何れかの膜モジュールセット1で異常が検出された場合に、手動で各膜モジュールセット1に対する膜欠陥検査方法を実行するように構成することにより経済性が向上する。

[0048] 即ち、膜分離装置200の膜欠陥検査方法は、膜分離装置200全体で得られる処理水が取り出される処理水大配管26Cの少なくとも一部を透明とし、処理水大配管26Cに水が充満された状態で、膜分離装置200の原水供給側つまり原水大配管管22Cからガスを圧入するガス圧入工程と、処理水大配管26Cの透明部分にガスが貯留されることを検知するガス貯留検知工程と、を備え、ガス貯留検知工程にてガスが貯留されることを検知した場合に、上述した膜モジュールセット1Cの膜欠陥検査方法を行なう。

[0049] 図5(a)に示すように、処理水大配管26Cのうち上端部の曲管からフランジ接続された水平配管の一部を透明樹脂管26Dで構成し、当該透明樹脂管26Dから水平姿勢で管内を撮影する撮像装置330を設置することが好ましい。

[0050] 何れかの膜モジュールに膜破断やシール不良が発生していると、漏洩した気泡が透明樹脂管26Dに流入して上昇し、その水面が低下するように変動する。撮像装置330により撮影された気液界面が含まれる画像を画像処理装置340により解析することにより、水面の低下が検出されると、何れかの膜モジュール20が故障していると判断できるようになる。

- [0051] 画像処理装置340として画像解析ソフトがインストールされたコンピュータ装置を好適に用いることができ、例えば撮影画像に対してエッジ抽出処理などを実行することにより気液界面を抽出することができる。撮像装置330により得られた画像を無線送信することにより、遠隔地に設置された画像処理装置340で解析することも可能である。
- [0052] なお、撮像装置330や画像処理装置340を用いずに、透明樹脂管26Dを直接目視確認して気液界面の変動を観察してもよい。
- [0053] 上述した実施形態の膜モジュールセットは、ろ過水ヘッダー管26が膜モジュールの上方に位置しており、ろ過水ヘッダー管26をガス検知配管として利用しているが、原水ヘッダー管22が膜モジュールの上方に位置する膜モジュールセットである場合には、膜モジュールの2次側空間へガスを圧入して原水ヘッダー管22をガス検知配管として、原水大配管22Cをガス検知大配管として利用してもよい。その場合は、膜モジュールのろ過水取出し側からガスを圧入し、原水供給配管の端部に突出部を設けて、当該突出部に超音波センサを接触配置すればよい。
- [0054] さらには、上述した実施形態の膜モジュールセットにおいて洗浄空気配管をガス検知配管として洗浄大配管24Cをガス検知大配管として利用することもでき、膜欠陥検査専用のガス検知配管とガス検知大配管を別途設けることもできる。
- [0055] 即ち、本発明による膜モジュールセットの膜欠陥検査方法は、原水が供給される膜モジュールの1次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される膜モジュールの2次側空間と連通し水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に、複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットの膜欠陥検査方法であって、前記ガス検知配管に水が充満された状態で、前記膜モジュールのガス検知配管が連通する前記1次側空間または2次側空間とは反対の空間へガスを圧入するガス圧入工程と、前記ガス検知配管の直管部分の端部に超音波発信部と超音波受信部とからなる超音波センサを接触させ、前記超音波発信部から発信した超音波に対する反射波を前記超音波受

信部で検出するエコー検出工程と、を備えている。

[0056] 以上、本発明による膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置について図面を参照して基本的構成を説明したが、膜欠陥検査方法及び膜欠陥検査装置の具体的な検査手順、装置構成などについては、上述した実施形態で説明した態様に限定されるものではなく、本発明による作用効果を奏する範囲において適宜選択して実施可能であることはいうまでもない。

### 符号の説明

- [0057] 1 : 膜モジュールセット  
2 : 膜エレメント  
20 : 膜モジュール  
22 : 原水ヘッダー管 (原水供給配管)  
24 : 洗浄ヘッダー管 (洗浄空気配管)  
26 : (処理水配管)ろ過水ヘッダー管  
26C : (処理水大配管)ろ過水大配管  
40 : ケーシング (本体)  
50 : ケーシング (上部蓋体)  
54 : ろ過水流出管  
60 : 支持部

## 請求の範囲

- [請求項1] 原水が供給される膜モジュールの1次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される膜モジュールの2次側空間と連通し水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に、複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットの膜欠陥検査方法であって、
- 前記ガス検知配管に水が充満された状態で、前記膜モジュールのガス検知配管が連通する前記1次側空間または2次側空間とは反対の空間へガスを圧入するガス圧入工程と、
- 前記ガス検知配管の直管部分の端部に超音波発信部と超音波受信部とからなる超音波センサを接触させ、前記超音波発信部から発信した超音波に対する反射波を前記超音波受信部で検出するエコー検出工程と、
- を備える、ことを特徴とする膜モジュールセットの膜欠陥検査方法。
- [請求項2] 前記エコー検出工程で得られた結果から、欠陥部分のある膜モジュールを特定する膜モジュール特定工程をさらに備える、ことを特徴とする請求項1記載の膜モジュールセットの膜欠陥検査方法。
- [請求項3] 前記ガス検知配管が樹脂製である、ことを特徴とする請求項1または請求項2記載の膜モジュールセットの膜欠陥検査方法。
- [請求項4] 前記エコー検出工程において、前記ガス検知配管の直管部分の軸心方向に超音波が発信されるように超音波センサを接触させる、ことを特徴とする請求項1から3の何れかに記載の膜モジュールセットの膜欠陥検査方法。
- [請求項5] 前記ガス検知配管の下方に前記複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットを複数備える膜分離装置の膜欠陥検査方法であって、
- 前記膜分離装置全体で前記ガス検知配管に放出されるガスが集合し、前記ガス検知配管と連通するガス検知大配管に水が充満された状態で、前記ガス圧入工程を実施し、

前記ガス検知大配管の透明部分にガスが貯留されることを検知するガス貯留検知工程と、  
を備え、

前記ガス貯留検知工程にてガスが貯留されることを検知した場合に、請求項 1 から 4 の何れかに記載の膜モジュールセットの膜欠陥検査方法を行なう、ことを特徴とする膜分離装置の膜欠陥検査方法。

[請求項6]

前記ガス検知大配管の少なくとも一部が透明であり、前記ガス貯留検知工程において、前記ガス検知大配管の透明部分で観察される気液界面を画像解析により検出することでガスの貯留を検知する、ことを特徴とする請求項 5 記載の膜分離装置の膜欠陥検査方法。

[請求項7]

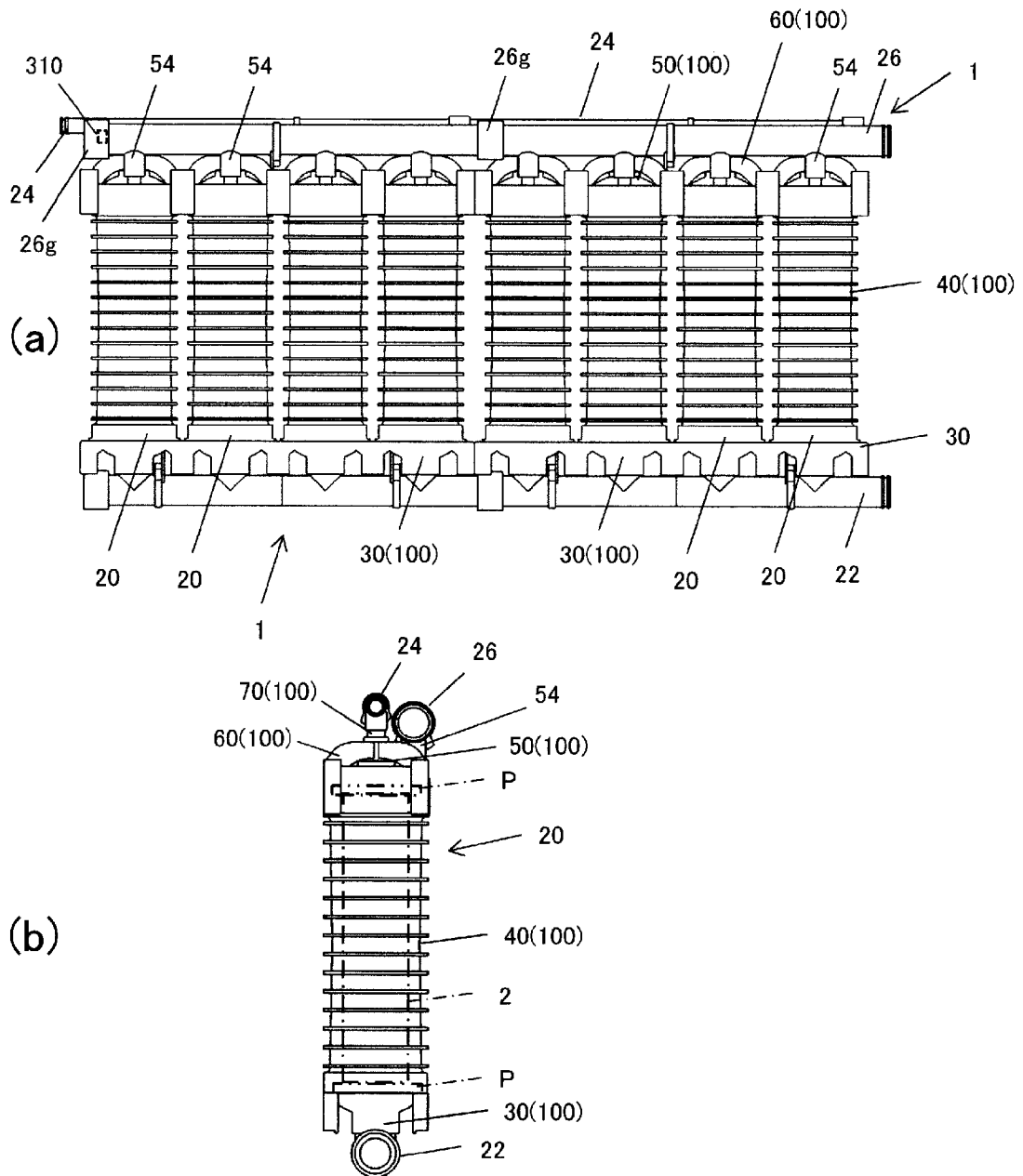
請求項 1 から 4 の何れかに記載の膜欠陥検査方法を実施するための膜欠陥検査装置であって、

原水が供給される膜モジュールの 1 次側空間または原水が膜ろ過された処理水が取り出される膜モジュールの 2 次側空間と連通し水平方向に延びるガス検知配管の直管部分の下方に、複数の膜モジュールが並列接続された膜モジュールセットと、

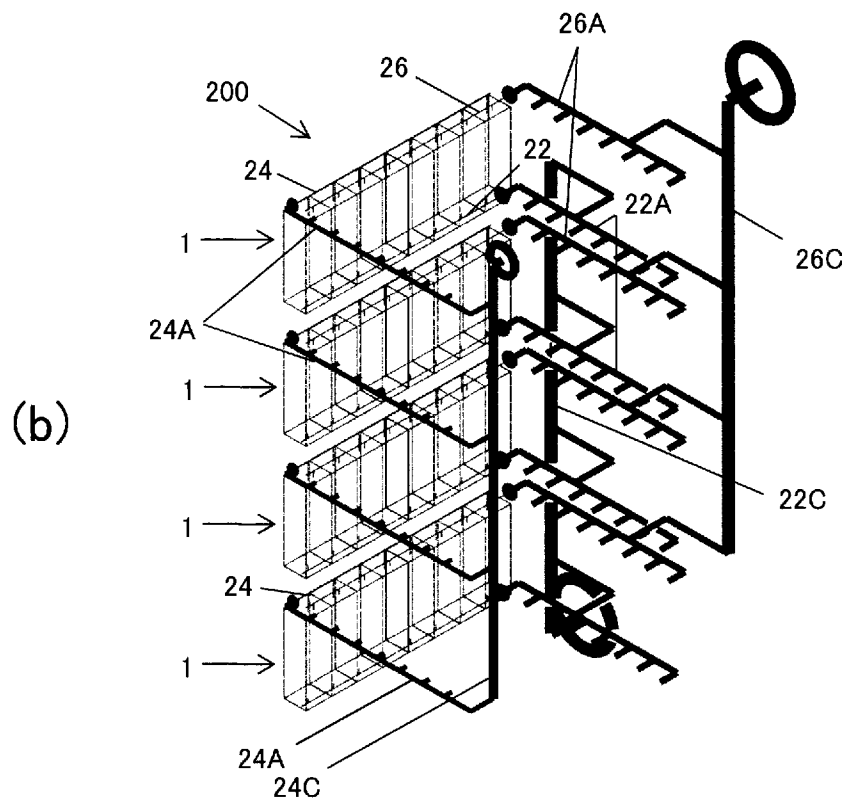
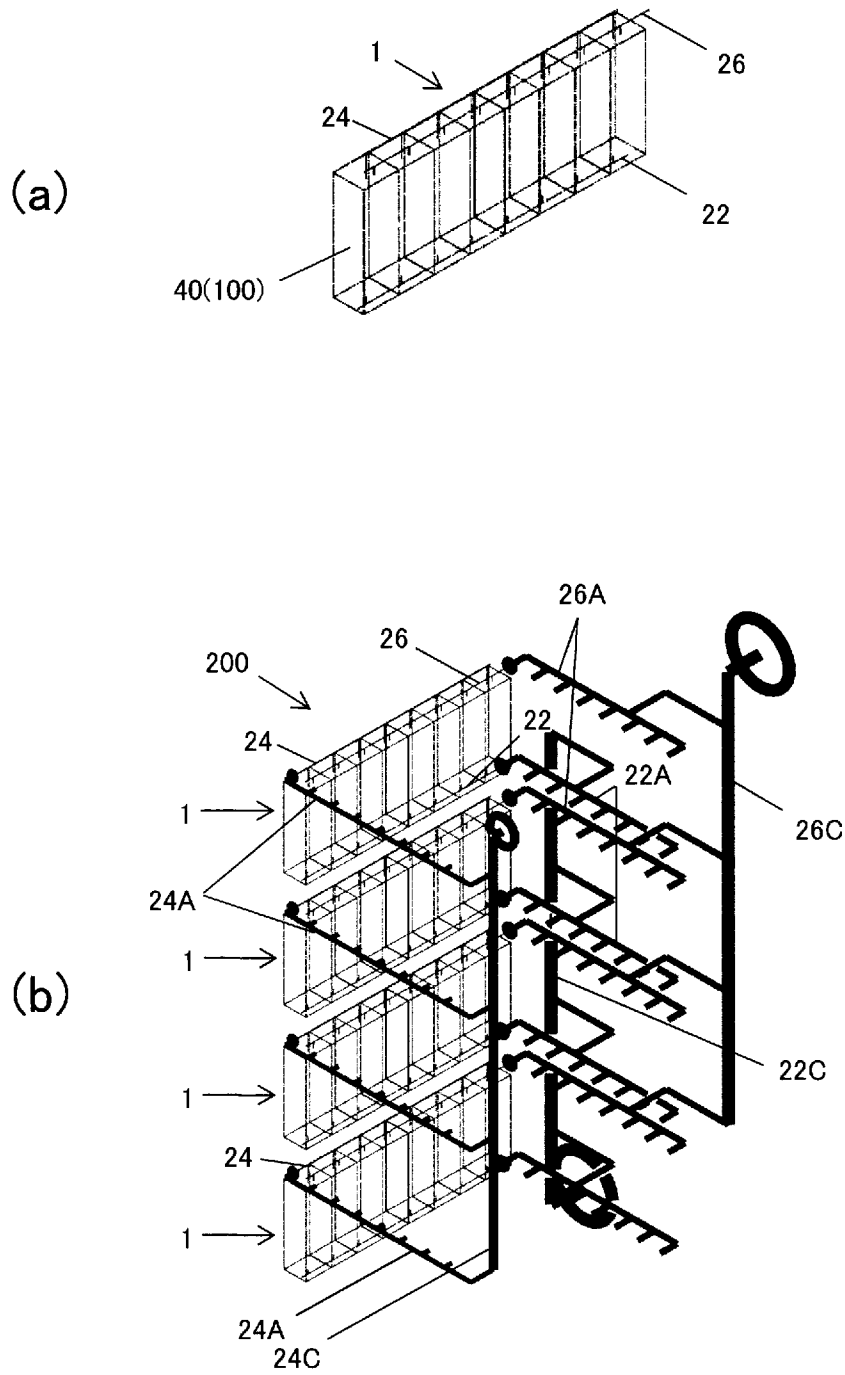
前記ガス検知配管の直管部分の端部に取り付けられた超音波発信部と超音波受信部とからなる超音波センサと、

前記超音波受信部で、前記ガス検知配管の軸心方向に向けて前記超音波発信部から発信された超音波に対する反射波を検出し、前記超音波の発信時期から前記反射波の検出時期までの遅延時間に基づいて欠陥を有する膜モジュールを特定する信号処理部と、  
を備えている膜モジュールセットの膜欠陥検査装置。

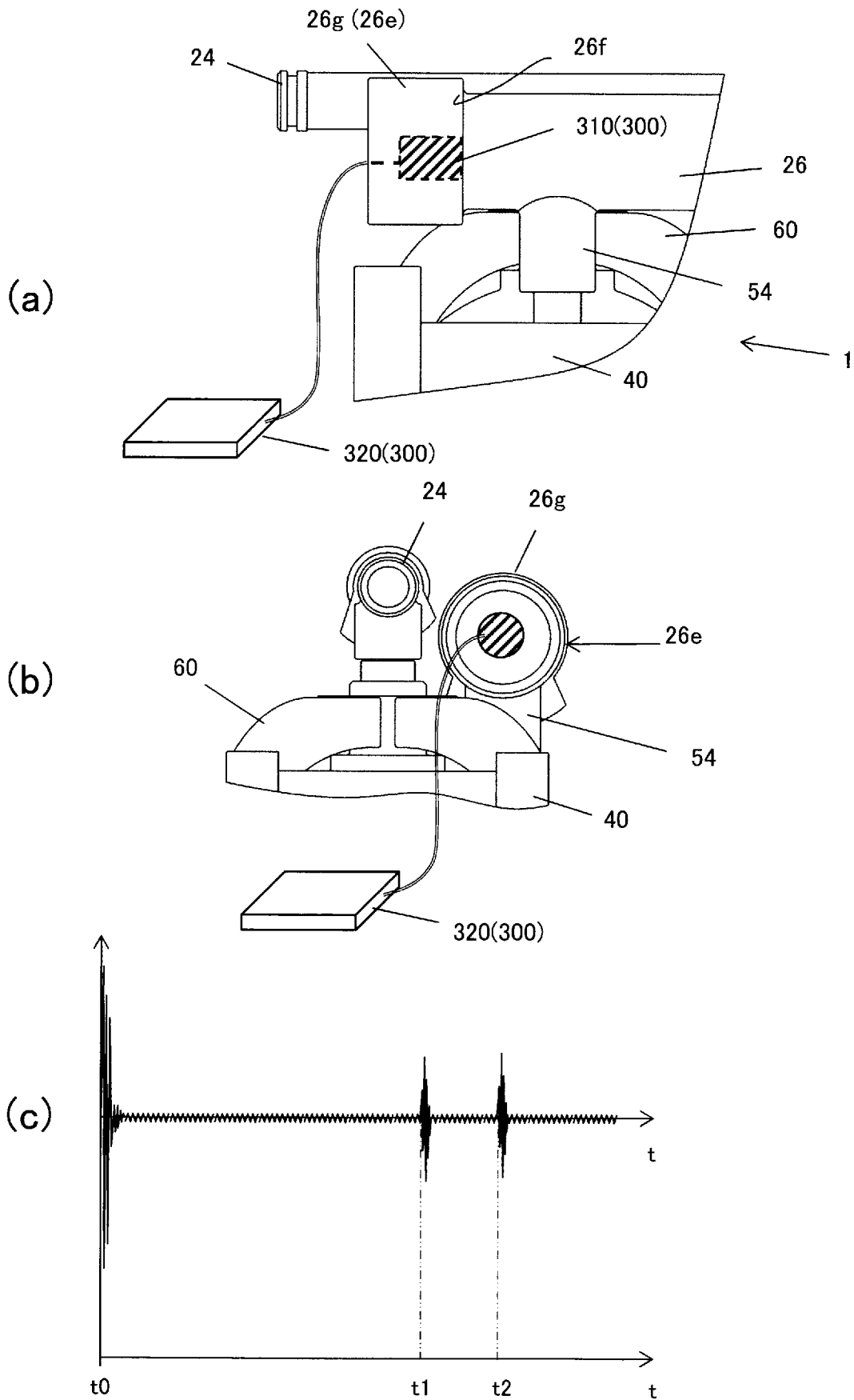
[図1]



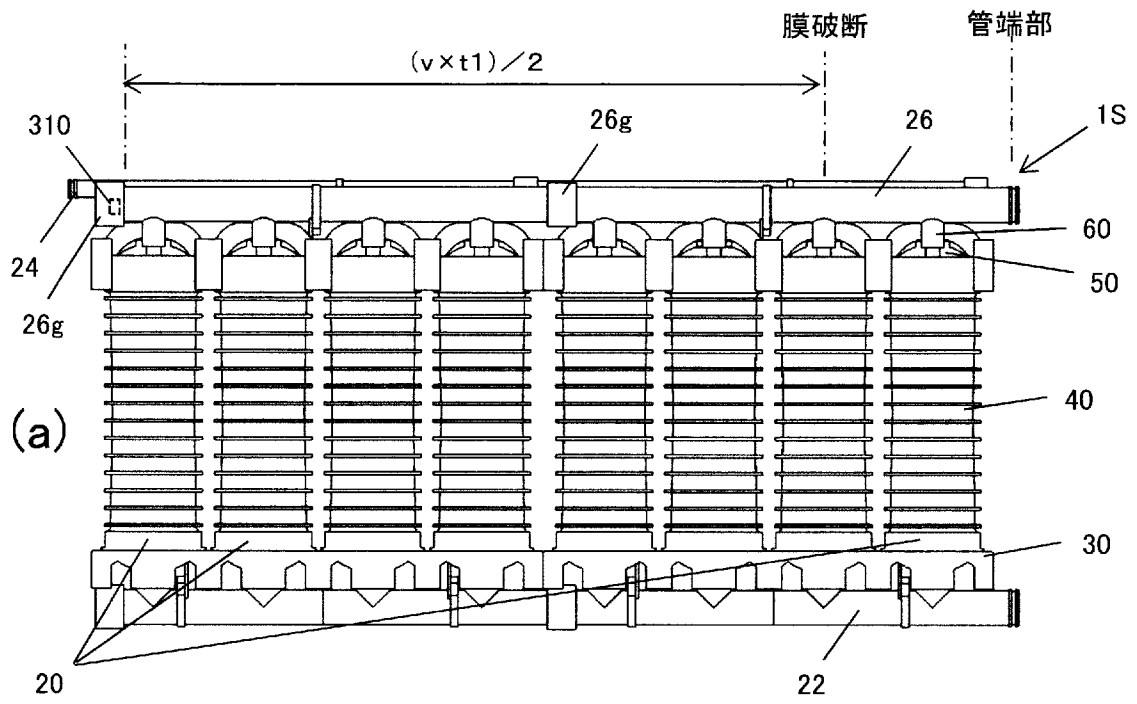
[図2]



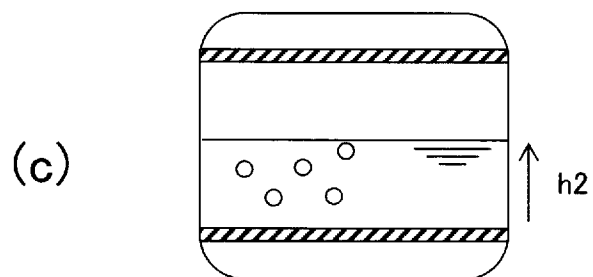
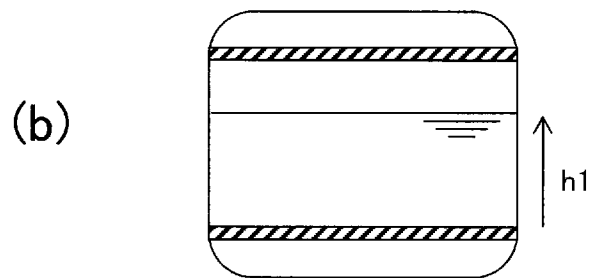
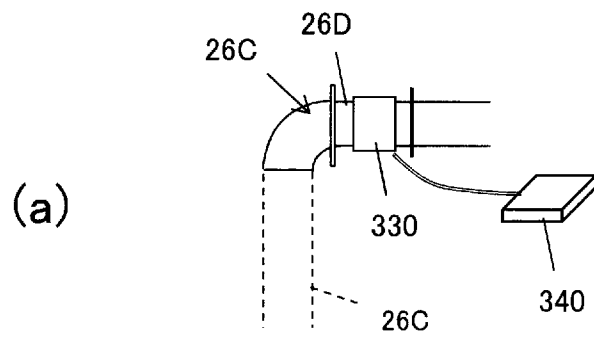
[図3]



[図4]



[図5]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/047120

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. B01D65/10 (2006.01) i, C02F1/44 (2006.01) i, G01N29/07 (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. B01D65/10, C02F1/44, G01N29/07

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
A	JP 2013-154293 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 15 August 2013 (Family: none)	1-7
A	JP 09-075690 A (NKK CORP.) 25 March 1997 (Family: none)	1-7
A	JP 2007-155458 A (HITACHI, LTD.) 21 June 2007 (Family: none)	1-7

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

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 19.12.2019	Date of mailing of the international search report 07.01.2020
---	--

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/JP2019/047120

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2013-0137809 A (JEONG, H. D.) 18 December 2013 (Family: none)	1-7
A	KR 10-0950218 B1 (HANMEEENTEC CO., LTD.) 29 March 2010 (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. B01D65/10(2006.01)i, C02F1/44(2006.01)i, G01N29/07(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. B01D65/10, C02F1/44, G01N29/07

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	JP 2013-154293 A（三菱重工業株式会社）2013.08.15, （ファミリーなし）	1-7
A	JP 09-075690 A（日本鋼管株式会社）1997.03.25, （ファミリーなし）	1-7
A	JP 2007-155458 A（株式会社日立製作所）2007.06.21, （ファミリーなし）	1-7

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 19.12.2019	国際調査報告の発送日 07.01.2020
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 塩谷 領大 電話番号 03-3581-1101 内線 3421	4D	4665
--	---	----	------

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
A	KR 10-2013-0137809 A (JEONG Hae-Du) 2013. 12. 18, (ファミリーなし)	1-7
A	KR 10-0950218 B1 (HANMEEENTEC CO., LTD) 2010. 03. 29, (ファミリーなし)	1-7