

明 細 書

発明の名称： 水処理装置及び推定方法

技術分野

[0001] 本発明は、水処理装置及び推定方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置が知られている。当該水処理装置では、中空糸膜モジュールの内部に原水を供給し、当該原水を中空糸膜に透過させることにより、中空糸膜モジュールの外部に濁質成分が除去された処理水を排出する。濾過を一定時間行くと、中空糸膜に濁質成分が付着する。これにより、中空糸膜の透過抵抗が増大し、中空糸膜モジュールの一次側（内部側）の圧力と二次側（外部側）の圧力との差分である膜間差圧が上昇する。そこで、当該水処理装置では、一般的に、中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力を測定し、測定結果を中空糸膜モジュールの性能指標として用いている。

[0003] 例えば、特許文献１には、中空糸膜を有する分離膜モジュールによって被処理水を濾過する造水システムが記載されている。この造水システムでは、被処理水の供給工程、濾過工程開始時及び逆圧洗浄工程の開始時に、分離膜モジュールの一次側入口、二次側出口及び一次側出口の圧力が測定される。これらの圧力の測定結果に基づき、分離膜モジュールの上部及び下部並びに中空糸膜の抵抗が算出される。そして、当該算出された抵抗の、初期値又は過去に算出された抵抗からの変化量に基づき、分離膜モジュールの詰まり箇所が特定される。

[0004] しかし、特許文献１に開示の技術では、被処理水の供給工程、濾過工程の開始時及び逆圧洗浄工程の開始時にそれぞれ、分離膜モジュールの一次側及び二次側の圧力を一度しか測定しないため、中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、各工程の開始から終了までに要する時間、中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効

果、又は膜間差圧の今後の上昇を適切に推定することはできない。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第6607319号公報

発明の概要

[0006] 本発明の目的は、中空糸膜モジュール若しくは中空糸膜モジュールの周辺装置の状態若しくは異常、各工程に要する時間、中空糸膜モジュールの洗浄効果、又は膜間差圧の今後の上昇を適切に把握することが可能な水処理装置及び推定方法を提供することである。

[0007] 本発明の一局面に従う水処理装置は、中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置であって、充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で、3秒以下の微小時間毎に、前記中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定を繰り返すように構成されている測定部と、前記一次側及び前記二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、又は前記一以上の工程が複数回行われる場合に、前記時間的推移の、前記複数回の工程間における差異に基づいて、（１）前記中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは前記中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、（２）前記一以上の工程の開始から終了までに要する時間、（３）前記中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効果、又は（４）前記中空糸膜モジュールの膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている推定部と、を備えることを特徴とする。

[0008] 本発明の他局面に従う推定方法は、中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置における推定方法であって、前記水処理装置のコンピュータが、充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で、3秒以下の微小時間毎に、前記中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定を繰り返し、前記一次側及び前記二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、又は前記一以上の工程が複数回行われる場合に、前記時間的推移の、前記複数回の

工程間における差異に基づいて、（１）前記中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは前記中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、（２）前記一以上の工程の開始から終了までに要する時間、（３）前記中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効果、又は（４）前記中空糸膜モジュールの膜間差圧の今後の上昇を推定することを特徴とする。

[0009] 本発明によれば、中空糸膜モジュール若しくは中空糸膜モジュールの周辺装置の状態若しくは異常、各工程に要する時間、中空糸膜モジュールの洗浄効果、又は膜間差圧の今後の上昇を適切に把握することが可能な水処理装置及び推定方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]水処理装置の構成を模式的に示す図である。
- [図2]制御装置の構成を模式的に示す図である。
- [図3]濾過プロセスの各工程における原水ポンプのオン／オフ状態及びバルブの開閉状態を示す図である。
- [図4]推定部が行う推定処理の一例を示すフローチャートである。
- [図5]推定部が行う推定処理の他の一例を示すフローチャートである。
- [図6]第１充水工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。
- [図7]排水工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。
- [図8]逆洗工程時の一次側の圧力ロギングデータの第一例を示す図である。
- [図9]逆洗工程時の一次側の圧力ロギングデータの第二例を示す図である。
- [図10]逆洗工程時の一次側の圧力ロギングデータの第三例を示す図である。
- [図11]逆洗工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。
- [図12]逆洗工程時の一次側の圧力ロギングデータの第四例を示す図である。
- [図13]逆洗工程時の二次側の圧力ロギングデータの第一例を示す図である。
- [図14]中空糸膜の目詰まりが進行していないときの逆洗工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。
- [図15]中空糸膜の目詰まりが進行しているときの逆洗工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。

[図16]第2 充水工程及び散気盤バブリング工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。

[図17]第3 充水工程及び導水管バブリング工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。

[図18]水処理装置の変形構成を模式的に示す図である。

[図19]薬液浸漬工程における原水ポンプのオン／オフ状態及びバルブの開閉状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、実施するための形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

[0012] (第1 実施形態)

まず、第1 実施形態に係る水処理装置1 の構成を、図1 に基づいて説明する。図1 に示すように、水処理装置1 は、中空糸膜モジュール1 0と、原水供給部2 0と、バブリング用エア供給部3 0と、逆洗用エア供給部4 0とを主に備えている。

[0013] 中空糸膜モジュール1 0は、上端が固定部材1 3に固定された複数の中空糸膜1 1を有する中空糸膜束と、ハウジング1 2と、中空糸膜束の内側を上下に延びる導水管1 4と、散気盤1 5とを含む。ハウジング1 2内には、中空糸膜束、固定部材1 3及び散気盤1 5が収容されている。ハウジング1 2内の空間は、固定部材1 3によって原水空間S 1と処理水空間S 2とに仕切られている。中空糸膜1 1、導水管1 4及び散気盤1 5は、原水空間S 1に収容されている。

[0014] 図1 に示すように、ハウジング1 2の上部には、処理水空間S 2に臨むように処理水の出口1 2 Aが設けられている。ハウジング1 2の側部（長さ方向の中央よりも上側の部分）には、原水空間S 1に臨むようにエア抜き口1 2 Bが設けられている。ハウジング1 2の下部には、原水空間S 1に臨むようにエア供給口1 2 C及び排水口1 2 Dが設けられている。これらの配管接続口（出口1 2 A、エア抜き口1 2 B、エア供給口1 2 C及び排水口1 2 D）の内径に対するハウジング1 2の内径の比率は、1. 3以上1 2以下であ

り、2.5以上12以下であることが好ましく、3.0以上6.0以下であることがより好ましい。尚、ここでいうハウジング12の内径は、ハウジング12の長手方向に直交する方向の断面における内径である。

[0015] 導水管14は、原水空間S1に原水及びエアを供給するために用いられる。図1に示すように、導水管14は、上端部が固定部材13に固定されて端面が塞がれると共に、下端部がハウジング12の下部よりも下側に突き出ている。当該下端部に原水入口14Aとエア入口14Bとがそれぞれ設けられている。また導水管14には、導水管14の内側から原水空間S1に向かって原水及びエアの少なくとも一方を噴出するための多数の孔14Cが形成されている。

[0016] 散気盤15は、原水空間S1にエアを分散させるために用いられる。散気盤15は、中空糸膜束の径方向に広がる円板形状を有し、中空糸膜11の下端よりも下側に配置されている。散気盤15には、複数の通気孔（図示しない）が径方向に間隔を空けて形成されている。エア供給口12Cからハウジング12内に供給されたエアは、散気盤15の通気孔を通じて中空糸膜束に向かって分散する。

[0017] 図1に示すように、ハウジング12の出口12Aには、処理水配管50の上流端が接続されている。処理水配管50の下流端は、処理水槽（図示しない）の入口に接続されている。処理水配管50には、処理水バルブ51（開閉バルブ）とその下流側に設置する流量計52とが設置されている。処理水配管50の内径は、ハウジング12の内径よりも小さい。

[0018] ハウジング12の排水口12Dには、排水配管53の上流端が接続されており、当該排水配管53には排水バルブ54（開閉バルブ）が設置されている。排水配管53の内径は、ハウジング12の内径よりも小さい。

[0019] ハウジング12のエア抜き口12Bには、エア抜き配管55の一端が接続されている。エア抜き配管55の他端は、2本に分岐している。すなわち、エア抜き配管55は、第1分岐部55A、第2分岐部55B及び接続部55Cを含む。接続部55Cは一端部がエア抜き口12Bに接続され、他端部が

第1分岐部55A及び第2分岐部55Bに接続されている。第1分岐部55Aは大気開放されており、第2分岐部55Bは排水配管53のうち排水バルブ54よりも下流側の部分に接続されている。接続部55Cには、エア抜きバルブ56（開閉バルブ）が設置されている。エア抜き配管55の内径は、ハウジング12の内径よりも小さい。

[0020] 図1に示すように、処理水配管50と排水配管53とは、圧抜き配管57により互いに接続されている。圧抜き配管57の一端は、処理水配管50のうち処理水バルブ51よりも上流側の部分に接続されており、圧抜き配管57の他端は、排水配管53のうちエア抜き配管55の接続部よりも下流側の部分に接続されている。圧抜き配管57には、圧抜きバルブ58（開閉バルブ）が設置されている。圧抜き配管57の内径は、ハウジング12の内径よりも小さい。

[0021] 原水供給部20は、原水配管21と、原水配管21に設置された原水ポンプ22及び原水バルブ23とを含む。原水配管21は、上流端が原水槽（図示しない）の出口に接続されると共に、下流端が導水管14の原水入口14Aに接続されている。原水配管21の内径は、ハウジング12の内径よりも小さい。原水バルブ23は、開閉バルブであり、原水配管21のうち原水ポンプ22よりも下流側に設置されている。

[0022] バブリング用エア供給部30は、エア配管31と、第1エアバルブ32と、第2エアバルブ33と、流量計34とを含む。エア配管31は、下流端が分岐しており、分岐部分の一方がハウジング12のエア供給口12Cに接続され、分岐部分の他方は、導水管14のエア入口14Bに接続されている。エア配管31の内径は、ハウジング12の内径よりも小さい。第1エアバルブ32及び第2エアバルブ33は、開閉バルブであり、第1エアバルブ32は、エア配管31の一方の分岐部分に設置され、第2エアバルブ33は、他方の分岐部分に設置されている。エア配管31の上流端は、エアコンプレッサ43に接続されている。

[0023] 逆洗用エア供給部40は、エア配管41と、エア配管41に設置されたエ

アバルブ 4 2（開閉バルブ）とを含む。エア配管 4 1 は、上流端がエアコンプレッサ 4 3 に接続されると共に、下流端が処理水配管 5 0 のうち圧抜き配管 5 7 の接続部よりも上流側の部分に接続されている。エア配管 4 1 の内径は、ハウジング 1 2 の内径よりも小さい。

[0024] 一次側圧力センサ 6 1 は、後述の測定制御部 7 3 による制御下で、中空糸膜モジュール 1 0 の一次側の圧力を 3 秒以下の間隔で繰り返し測定する。二次側圧力センサ 6 2 は、後述の測定制御部 7 3 による制御下で、中空糸膜モジュール 1 0 の二次側の圧力を 3 秒以下の間隔で測定する。

[0025] 図 1 に示すように、一次側圧力センサ 6 1 は、原水配管 2 1 に設置されている。一次側圧力センサ 6 1 は、原水バルブ 2 3 と原水入口 1 4 A との間の部分に設置されてもよいし、導水管 1 4 におけるハウジング 1 2 から延出されている部分又はハウジング 1 2 における原水空間 S 1 に臨む位置に設置されてもよい。

[0026] 二次側圧力センサ 6 2 は、処理水配管 5 0 に設置されている。二次側圧力センサ 6 2 は、処理水配管 5 0 とエア配管 4 1 との接続部に設置されてもよい。本実施形態における一次側圧力センサ 6 1 及び二次側圧力センサ 6 2 は、0.1 秒以下の間隔で繰り返し圧力測定を行い、その測定データは制御装置 7 0 に送られて記憶される。つまり、各測定データは圧力ロギングデータとして記憶される。

[0027] 尚、一次側圧力センサ 6 1 及び二次側圧力センサ 6 2 に加えて図略のエア抜き口圧力センサが設けられていてもよい。エア抜き口圧力センサは、エア抜き配管 5 5 における接続部 5 5 C に設置される。エア抜き口圧力センサは、0.1 秒以上で且つ 3 秒以下の間隔で圧力測定を行い、各測定データは制御装置 7 0 に送られて記憶される。つまり、各測定データはロギングデータとして記憶される。ただし、圧力センサの数が増えるほど、解析に手間がかかり、またコストが上がるなどの問題があるため、エア抜き口圧力センサを省略し、一次側圧力センサ 6 1 及び二次側圧力センサ 6 2 からのデータを用いてデータ解析することが望ましい。

- [0028] 水処理装置 1 は、制御装置 70 を更に備える。制御装置 70 は、原水ポンプ 22 及びエアコンプレッサ 43 の駆動を制御し、かつ各バルブの開閉動作を制御する。制御装置 70 は、例えばパーソナルコンピュータ（コンピュータ）などによって構成されている。制御装置 70 は、図 2 の実線部に示すように、記憶部 71 と、制御部 72 と、測定制御部 73 と、推定部 74 と、報知部 75 と、を有する。
- [0029] 記憶部 71 は、例えば HDD（Hard Disk Drive）又は SSD（Solid State Drive）等の記憶装置によって構成されている。記憶部 71 には、中空糸膜モジュール 10 を用いて原水を濾過するプロセス（以降、濾過プロセス）を構成する各工程（充水工程、濾過工程、逆洗工程、散気盤バブリング工程（バブリング工程）、圧抜き工程、導水管バブリング工程（バブリング工程）、排水工程等）の実行順を定めたシーケンス情報が格納されている。また、記憶部 71 には、各工程で行う周辺装置の駆動制御及びバルブの開閉制御の内容及び各工程を行う時間（以降、設定時間）を定めた工程情報が格納されている。
- [0030] 制御部 72 は、CPU、RAM 及び ROM 等を備えたマイクロコンピュータによって構成されている。制御部 72 は、濾過プロセスの実行を制御する。具体的には、制御部 72 は、記憶部 71 に格納されたシーケンス情報にしたがって、濾過プロセスを構成する各工程を順次実行する。制御部 72 は、各工程の実行を開始すると、記憶部 71 に格納された工程情報にしたがって、実行する工程に応じた周辺装置の駆動制御及びバルブの開閉制御を行う。
- [0031] 測定制御部 73 は、CPU、RAM 及び ROM 等を備えたマイクロコンピュータによって構成されている。測定制御部 73 は、濾過プロセスにおいて順次実行される各工程において、3 秒以下の微小時間毎に、一次側圧力センサ 61 に一次側の圧力の測定を繰り返させ、二次側圧力センサ 62 に二次側の圧力の測定を繰り返させる。微小時間は、好ましくは 3 秒以下、更に好ましくは 1 秒以下、最も好ましくは 0.1 秒であって、0.001 秒以上である。

- [0032] 測定制御部 7 3 は、当該測定された一次側の圧力及び二次側の圧力を示す圧力ロギングデータを記憶部 7 1 に順次格納する。尚、測定制御部 7 3 は、濾過工程においては、分単位（例えば 1 0 分）で、一次側圧力センサ 6 1 に一次側の圧力を測定させ、二次側圧力センサ 6 2 に二次側の圧力を測定させてもよい。つまり、測定制御部 7 3、一次側圧力センサ 6 1 及び二次側圧力センサ 6 2 によって、濾過プロセスにおいて順次実行される各工程において、3 秒以下の微小時間毎に、一次側の圧力及び二次側の圧力の測定を繰り返し行う測定部 6 0 が構成されている。
- [0033] 推定部 7 4 は、CPU、RAM 及び ROM 等を備えたマイクロコンピュータによって構成されている。推定部 7 4 は、記憶部 7 1 に記憶されている圧力ロギングデータが示す、一次側の圧力及び二次側の圧力のうちの少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態若しくは中空糸膜モジュール 1 0 の周辺装置の異常を推定する。推定部 7 4 は、各種の推定の結果を示す情報を出力する。推定部 7 4 による推定の詳細については後述する。
- [0034] 報知部 7 5 は、CPU、RAM 及び ROM 等を備えたマイクロコンピュータ及び液晶ディスプレイ等の表示装置によって構成されている。報知部 7 5 は、推定部 7 4 の出力情報が示す各種の推定の結果を報知する。
- [0035] 具体的には、前記マイクロコンピュータが、推定部 7 4 の出力情報が示す各種の推定の結果を表すメッセージを当該表示装置に表示させることによって、報知部 7 5 は、推定部 7 4 による各種の推定の結果を報知する。
- [0036] 又は、報知部 7 5 を、CPU、RAM 及び ROM 等を備えたマイクロコンピュータ及び水処理装置 1 の管理者が所有する情報処理装置に電子メールを送信する通信装置によって構成してもよい。この場合、当該マイクロコンピュータが、推定部 7 4 の出力情報を含む電子メールを当該通信装置によって水処理装置 1 の管理者が所有する情報処理装置に送信させることで、報知部 7 5 は、推定部 7 4 による各種の推定の結果を報知する。
- [0037] 又は、報知部 7 5 を、CPU、RAM 及び ROM 等を備えたマイクロコン

ピュータ及びスピーカ等の音声出力装置によって構成してもよい。この場合、当該マイクロコンピュータが、推定部 7 4 の出力情報を示す音声当該音声出力装置によって出力させることで、報知部 7 5 は、推定部 7 4 による各種の推定の結果を報知する。

[0038] 又は、CPU、RAM及びROM等を備えたマイクロコンピュータと、これらの表示装置、通信装置及び音声出力装置のうちの二以上の装置と、を組み合わせ、報知部 7 5 を構成してもよい。

[0039] 又は、制御部 7 2、測定制御部 7 3、推定部 7 4 及び報知部 7 5 のうちの二以上が、同一のマイクロコンピュータによって構成されていてもよいし、制御部 7 2、測定制御部 7 3、推定部 7 4 及び報知部 7 5 が、それぞれ個別のマイクロコンピュータによって構成されていてもよい。

[0040] 尚、報知部 7 5 が推定部 7 4 による各種の推定の結果を報知するタイミングは特に限定されない。報知部 7 5 は、推定部 7 4 によって推定が行われる度に推定の結果を報知してもよいし、推定部 7 4 によって推定が所定回数行われる度に所定回数分の推定の結果をまとめて報知してもよい。

[0041] [濾過プロセス]

次に、濾過プロセスについて、図 3 を参照して説明する。図 3 は、濾過プロセスで行われる各工程と原水ポンプ 2 2 のオン／オフ状態及びバルブの開閉状態との関係を示す図である。図 3 中の丸印は、原水ポンプ 2 2 のオン状態又はバルブの開状態を示し、空欄は原水ポンプ 2 2 のオフ状態又はバルブの開状態を示している。本実施形態では、図 3 に示すように、制御部 7 2 は、記憶部 7 1 に格納されたシーケンス情報にしたがって、濾過プロセスにおいて、第 1 充水工程、濾過工程、逆洗準備工程、逆洗工程、エア抜き工程、第 2 充水工程（散気盤バブリング前）、散気盤バブリング工程、第 3 充水工程（導水管バブリング前）、導水管バブリング工程、排水工程、圧抜き工程の順で、各工程を実行する。尚、濾過プロセスにおいて行われる各工程及びその実行順序はこれに限らない。

[0042] まず、第 1 充水工程では、原水ポンプ 2 2 が作動し、原水バルブ 2 3 及び

エア抜きバルブ 5 6 がそれぞれ開放される。これにより、原水配管 2 1 を通じて導水管 1 4 内に原水が供給され、孔 1 4 C から原水空間 S 1 に原水が供給される。

[0043] 第 1 充水工程が終了すると濾過工程に移る。濾過工程では、エア抜きバルブ 5 6 が閉じられると共に、処理水バルブ 5 1 が開放される。原水は、中空糸膜 1 1 の外面から内面に向かって膜壁を透過し、膜の中空部を通じて処理水空間 S 2 に流入する。その後、処理水が出口 1 2 A を通してハウジング 1 2 の外に流出し、処理水配管 5 0 を通じて処理水槽（図示しない）に回収される。

[0044] 濾過工程において、圧力測定の間隔は、3 秒以下でもよいがこれに限定されず、3 秒より長くてもよい。

[0045] 濾過工程後には、濾過中に中空糸膜 1 1 の外面に付着した濁質成分を除去するための物理洗浄が実施される。物理洗浄には、逆洗準備工程（圧抜き工程）、逆洗工程、エア抜き工程、第 2 充水工程、散気盤バブリング工程、第 3 充水工程、導水管バブリング工程、排水工程及び圧抜き工程が含まれる。

[0046] まず、逆洗準備工程（圧抜き工程）では、原水ポンプ 2 2 がオンからオフに切り替わる。

[0047] 次に、逆洗工程では、原水バルブ 2 3 及び処理水バルブ 5 1 が閉じられると共に、エアバルブ 4 2 及び排水バルブ 5 4 が開放される。すなわち、中空糸膜モジュール 1 0 の二次側の処理水にエアバルブ 4 2 の開放と同時に、エアコンプレッサ 4 3 による加圧エアの圧力が瞬間的に付加される。これにより、中空糸膜モジュール 1 0 の二次側の処理水が、所定圧力に加圧されたエア（媒体）によって加圧され、処理水は中空糸膜 1 1 の内面から外面に向かって膜壁を透過する。これにより、中空糸膜 1 1 の外面に付着した濁質成分は剥がれ落ちやすい状態になる。このとき、一次側圧力センサ 6 1 及び二次側圧力センサ 6 2 が 3 秒以下の間隔で圧力測定を行っているため、中空糸膜 1 1 が内面から加圧された直後であって、膜表面の濁質成分が剥がれ落ちやすい状態になる前の状態の圧力をも検知することができる。尚、上記の所定

圧力は、30kPa～500kPaであることが好ましく、50kPa～300kPaであることがより好ましく、50kPa～200kPaであることが最も好ましい。

- [0048] 次に、エア抜き工程（圧抜き工程）では、エアバルブ42及び排水バルブ54が閉じられると共に、圧抜きバルブ58が開放される。これにより、中空糸膜モジュール10の二次側に溜まっているエアが圧抜き配管57を通して排出される。
- [0049] 次に、第2充水工程では、第1充水工程と同様に、原水ポンプ22が作動し、原水バルブ23及びエア抜きバルブ56がそれぞれ開放される。
- [0050] 次に、散気盤バブリング工程では、原水ポンプ22がオンからオフに切り替わり、原水バルブ23が閉じられると共に、第1エアバルブ32が開放される。尚、エア抜きバルブ56は開放されたままに維持される。これにより、エア供給口12Cからハウジング12内にエアが供給され、当該エアが散気盤15により中空糸膜束に向かって分散する。これにより、中空糸膜束が気泡によって揺動し、膜表面に付着した濁質成分が剥がれ落ちる。
- [0051] 散気盤バブリング工程においても、圧力測定の間隔は、3秒以下でもよいがこれに限定されず、3秒より長くてもよい。
- [0052] 次に、第3充水工程では、第1及び第2充水工程と同様に、原水ポンプ22が作動し、原水バルブ23及びエア抜きバルブ56がそれぞれ開放される。これにより、散気盤バブリング工程で減った原水空間S1内の原水が補充される。
- [0053] 次に、導水管バブリング工程では、原水ポンプ22がオンからオフに切り替わり、原水バルブ23が閉じられ、第2エアバルブ33が開放される。これにより、エアコンプレッサ43による加圧エアが、エア入口14Bから導水管14内に供給され、孔14Cを通じて原水空間S1に供給される。これにより、中空糸膜束がバブリング洗浄される。
- [0054] 導水管バブリング工程においても、圧力測定の間隔は、3秒以下でもよいがこれに限定されず、3秒より長くてもよい。

[0055] 次に、排水工程では、エア抜きバルブ５６が閉じられると共に、排水バルブ５４が開放される。尚、第２エアバルブ３３は開放されたまま維持される。これにより、原水空間Ｓ１内の原水がエアにより押され、排水口１２Ｄからハウジング１２の外に排出される。

[0056] 最後に、圧抜き工程では、排水バルブ５４が開放されたままで第２エアバルブ３３が閉じられる。これにより、ハウジング１２内（原水空間Ｓ１）のエア抜きが行われる。以上の濾過プロセスによって中空糸膜モジュール１０が物理洗浄された後、第１充水工程に戻り、濾過プロセスが再開される。

[0057] [推定処理]

次に、推定部７４が、記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータに基づいて各種の推定を行う処理（以降、推定処理）について説明する。推定部７４は、例えば、任意のタイミングで、図４に示す推定処理を行う。

[0058] まず、ステップＳ４１において、推定部７４は、ある工程中に記憶部７１に記憶された一次側及び二次側の圧力のうちの何れかの圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部７４は、参照した圧力ロギングデータの時間的推移に基づいて、当該工程における圧力の変化を特定する事象を示す変化情報を抽出する。前記変化情報の抽出の詳細は後述する。

[0059] 次に、ステップＳ４２において、推定部７４は、ステップＳ４１で抽出した前記変化情報に基づいて各種の推定を行う。この詳細は後述する。

[0060] 次に、ステップＳ４３において、推定部７４は、ステップＳ４２における推定の結果を示す情報を出力する。この詳細は後述する。

[0061] 又は、推定部７４が、図５に示すように、二つの工程での圧力ロギングデータを比較することによって、推定処理を行うようにしてもよい。

[0062] 具体的には、ステップＳ５１において、推定部７４は、ステップＳ４１と同様にして、過去のある工程（以降、第１の工程）中に記憶部７１に記憶された、一次側及び二次側の圧力のうちの何れかの圧力のロギングデータを時系列順に参照して、第１の工程における圧力の変化を特定する事象を示す変化情報（以降、第１変化情報）を抽出する。前記第１変化情報の抽出の詳細

は後述する。

[0063] 次に、ステップS 5 2において、推定部7 4は、ステップS 5 1と同様に、第1の工程よりも後に行われた第2の工程中に記憶部7 1に記憶された、前記何れかの圧力のロギングデータを時系列順に参照して、第2の工程における圧力の変化を特定する事象を示す変化情報（以降、第2変化情報）を抽出する。ここで、第2の工程と第1の工程とは、何れも同種の工程（例えば、第1充水工程）である。つまり、同種の工程が繰り返されるため、先に行われる工程を第1の工程とし、後に行われる工程を第2の工程としている。前記第2変化情報の抽出の詳細は後述する。

[0064] 次に、ステップS 5 3において、推定部7 4は、ステップS 5 2で抽出した前記第2変化情報とステップS 5 1で抽出した前記第1変化情報との差異を取得する。この詳細は後述する。

[0065] 次に、ステップS 5 4において、推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した差異に基づいて各種の推定を行う。この詳細は後述する。

[0066] 次に、ステップS 5 5において、推定部7 4は、ステップS 5 4における推定の結果を示す情報を出力する。この詳細は後述する。

[0067] 次に、推定部7 4が、記憶部7 1に記憶された圧力ロギングデータに基づいて行う各種の推定処理の詳細について説明する。

[0068] [充水工程時の圧力ロギングデータに基づく推定]

まず、推定部7 4が、第1充水工程時に記憶部7 1に記憶された圧力ロギングデータに基づいて行う推定処理の詳細について説明する。

[0069] [第1充水工程に要する時間の推定]

図6は、第1充水工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。図6の横軸は、第1充水工程が開始されてからの経過時間（秒）を示し、縦軸は、一次側圧力センサ6 1によって測定された一次側の圧力（K P a）を示す。例えば、折れ線G 6 1に示すように、第1充水工程では、ハウジング1 2の原水空間S 1に原水が供給されると一次側の圧力が、水頭圧によって次第に増大する。その後、ハウジング1 2の原水空間S 1が満水状態になり、

エア抜き配管 55 に原水が流れ出すと（経過時間 t_{61} ）、エア抜き配管 55 の内径がハウジング 12 の内径よりも十分に小さいために管路抵抗が発生し、一次側の圧力が急速に増大する。

[0070] 一方、中空系膜 11 の表面に濁質成分が蓄積していると、中空系膜モジュール 10 内部の原水空間 S1 の有効容積が小さくなる。この場合、例えば、折れ線 G62 に示すように、第 1 充水工程が開始されてから、ハウジング 12 の原水空間 S1 が満水状態になることによって、一次側の圧力が急速に増大するまでに要する時間（経過時間 t_{62} ）が短くなる。

[0071] そこで、推定部 74 は、第 1 充水工程時に記憶部 71 に記憶された圧力ロギングデータに基づき、第 1 充水工程の開始（図 6 中の「0」）から一次側の圧力の変化の変曲点（例えば同図中の時点 t_{61} 、 t_{62} ）に到達するまでの時間から、第 1 充水工程に要する時間を推定する。

[0072] 具体的には、推定部 74 は、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行う。ステップ S41 において、推定部 74 は、当該濾過プロセスの第 1 充水工程中に記憶部 71 に記憶された、一次側圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部 74 は、第 1 充水工程の開始時点（図 6 中の「0」）から一次側の圧力の変化の変曲点に到達する時点（例えば同図中の時点 t_{61} ）までの時間を前記変化情報として抽出する。

[0073] ここで、一次側の圧力が前記変曲点に到達した時点を検出するために、推定部 74 は、以下のことを実行する。例えば、推定部 74 は、参照した各ロギングデータについて、当該ロギングデータからその一つ前のロギングデータを減算する処理を行う。そして、推定部 74 は、当該減算の結果が所定値よりも大きくなった時点（例えば同図中の時点 t_{61} ）を、一次側の圧力が前記変曲点に到達した時点として検出する。

[0074] ただし、ステップ S41 において、推定部 74 が一次側の圧力が前記変曲点に到達する時点を検出する方法は、これに限らない。例えば、推定部 74 が、時系列順に、一つ前に測定された一次側の圧力に対する今回の一次側の圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部 74 が、当該算出

した比率が所定の比率以上になった時点をも、一次側の圧力が一次側の圧力の変化の変曲点に到達した時点として検出するようにしてもよい。

[0075] 推定部 7 4 は、第 1 充水工程の開始時点（図 6 中の「0」）から当該検出した時点（例えば同図中の時点 t_{61} ）までの時間（例えば t_{61} ）を前記変化情報として抽出する。

[0076] ステップ S 4 2 において、推定部 7 4 は、ステップ S 4 1 で変化情報として抽出した時間（例えば t_{61} ）を、第 1 充水工程に要する時間として推定する。ステップ S 4 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 2 で推定した第 1 充水工程に要する時間を示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0077] [中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡の推定]

上記では、推定部 7 4 が、第 1 充水工程時に記憶部 7 1 に記憶された圧力ログデータに基づいて図 4 に示す推定処理を行う例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、複数回の第 1 充水工程時に記憶部 7 1 に記憶された圧力ログデータに基づいて図 5 に示す推定処理を行うことによって、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定するようにしてもよい。

[0078] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、過去の濾過プロセスにおける第 1 充水工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ログデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスである。そして、推定部 7 4 は、上記の[第 1 充水工程に要する時間の推定]で説明したステップ S 4 1 と同様にして、当該第 1 充水工程を開始してから一次側の圧力の変化の変曲点になるまでに要する時間（例えば図 6 中の t_{61} ）を前記第 1 変化情報として抽出する。

[0079] ステップ S 5 2 では、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける第 1 充水工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ログデータを参照する。そして

、推定部 7 4 は、ステップ S 5 1 と同様に、当該第 1 充水工程を開始してから一次側の圧力の変化の変曲点になるまでに要する時間を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0080] ステップ S 5 3 において、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{62} ）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{61} ）を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果（例えば、 $t_{62} - t_{61}$ ）を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0081] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定する。

[0082] すなわち、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が小さい程、中空糸膜モジュール 1 0 内部の原水空間 S 1 の有効容積が小さい状態であるため、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であると推測される。したがって、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の所定の第 1 閾値よりも大きい場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が非常に少ない状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が、正の値であり且つ前記第 1 閾値以下である場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が少ない状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が、負の値であり且つ負の所定の第 2 閾値よりも大きい場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が前記第 2 閾値以下である場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が非常に多い状態であると推定する。

[0083] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が、非常に多い状態、多い状態、少ない状態又は非常に少ない状態であることを示す情報を、推定の結果を示す情

報として出力する。

- [0084] これにより、中空糸膜モジュール１０を分解せずに、中空糸膜１１の表面に蓄積している濁質成分がどの程度多いのかを把握できる。このため、中空糸膜１１の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であると推定された際には、迅速に中空糸膜１１の物理洗浄を強化する等して、早期に中空糸膜１１の濾過能力を回復することができる。
- [0085] 尚、物理洗浄の強化は、ユーザによる制御装置７０の操作及び／又は制御部７２による自動操作によって行われる。物理洗浄の強化は、例えば、散気盤バブリング工程又は導水管バブリング工程で、中空糸膜モジュール１０に供給するエアの流量若しくは圧力を増大させる、又は、逆洗工程から排水工程までの工程を連続して複数回繰り返す等して行われる。また、これらの方法を二つ以上組み合わせる物理洗浄を強化してもよいし、これらの方法に限らず、他の方法で物理洗浄を強化してもよい。
- [0086] 更に、例えば実験値等に基づき、第１充水工程を開始してから中空糸膜モジュール１０内部が満水状態になるまでの時間と、このときに中空糸膜１１の表面に蓄積していた濁質成分の量と、を対応付けた濁質成分予測テーブルを記憶部７１に予め記憶してもよい。この場合、推定部７４が、図４に示す推定処理を実行するようにしてもよい。
- [0087] 当該推定処理のステップＳ４２では、推定部７４が、濁質成分予測テーブルにおいて、ステップＳ４１で前記変化情報として抽出した、第１充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間に対応付けられている濁質成分の量を取得するようにしてもよい。そして、推定部７４が、当該濁質成分の量が所定量よりも多いか否かによって、中空糸膜１１の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であるか否かを推定するようにしてもよい。この場合、ステップＳ４３では、推定部７４が、ステップＳ４２で推定した、中空糸膜１１の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であるか否かを示す情報だけでなく、ステップＳ４２で取得した濁質成分の量を示す情報も、推定の結果を示す情報として出力するようにしてもよい。

[0088] また、上記では、推定部 7 4 が、複数回の第 1 充水工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡の推定を行う例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、一回の第 1 充水工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡の推定を行うようにしてもよい。

[0089] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、図 4 に示す推定処理を行い、ステップ S 4 1 において、一回の第 1 充水工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、第 1 充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間を前記変化情報として抽出する。そして、ステップ S 4 2 において、推定部 7 4 は、当該ステップ S 4 1 で抽出した時間から、実験値等に基づき予め定められた、第 1 充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間を減算する。そして、推定部 7 4 は、上記のステップ S 5 3 と同様に、当該減算の結果を前記第 1 変化情報と前記第 2 変化情報との差異として、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定する。

[0090] [膜間差圧の今後の上昇の推定 (1)]

また、上記では、推定部 7 4 が、第 1 充水工程に要する時間又は中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0091] 例えば、中空糸膜モジュール 1 0 の内部における濁質成分の蓄積量が多く且つ中空糸膜モジュール 1 0 の内部の原水空間 S 1 の有効容積が小さい状況である程、中空糸膜 1 1 における濁質成分の付着量が多い状況であると推測され、つまり、中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧が今後上昇する状況であると推測される。このため、推定部 7 4 が、複数回の第 1 充水工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータ (図 6) を参照し、第 1 充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間 (図 6 中の 0 (

秒) ~ t 6 1) の、複数回の第 1 充水工程間における差異に基づいて、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0092] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S 5 1 では、推定部 74 は、過去の第 1 充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間を前記第 1 変化情報として抽出する。ステップ S 5 2 では、推定部 74 は、今回の第 1 充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0093] ステップ S 5 3 では、推定部 74 は、前記第 2 変化情報として抽出した時間から、前記第 1 変化情報として抽出した時間を減算する。当該減算の結果が負の値である場合、第 1 充水工程の時間が短くなっているため、中空糸膜モジュール 10 の内部における濁質成分の蓄積量が多くなり且つ中空糸膜モジュール 10 の内部の原水空間 S 1 の有効容積が小さくなっていると推測される。したがって、この場合、ステップ S 5 4 において、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇すると推定する。ステップ S 5 5 では、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇することを示す情報を出力する。

[0094] 一方、ステップ S 5 3 における減算の結果が 0 以上の値である場合、ステップ S 5 4 において、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定する。この場合、ステップ S 5 5 では、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇する傾向にはないことを示す情報を出力する。

[0095] 本構成では、第 1 充水工程において、中空糸膜モジュール 10 の内部に原水が満たされるときの中空糸膜モジュール 10 の一次側の圧力が断続的に測定される。したがって、本構成では、中空糸膜モジュール 10 の内部における濁質成分の蓄積量に応じた、中空糸膜モジュール 10 の一次側の圧力の推移を測定することができる。

[0096] しかも、本構成では、複数回の第 1 充水工程のそれぞれにおいて、濾過工

程における膜間差圧の通常の測定間隔よりも短い３秒以下の間隔で、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力が測定される。このため、数分以内で終了する各第１充水工程における、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力の詳細な時間的推移を把握することができる。

[0097] したがって、この詳細な時間的推移の複数回の第１充水工程間における差異から、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力の変化に応じた、中空糸膜モジュール１０の内部の濁質成分の蓄積量の変化を把握することができる。

[0098] 具体的には、複数回の第１充水工程間における、第１充水工程の開始時点０（秒）（図６）から一次側の圧力の変化の変曲点に到達する時点 t_{61} 、 t_{62} （図６）までの時間の差異により、中空糸膜モジュール１０の内部の濁質成分の蓄積量及び有効容積の変化を把握することができる。このため、中空糸膜モジュール１０の内部の濁質成分の蓄積量が多くなり且つ中空糸膜モジュール１０の内部の原水空間Ｓ１の有効容積が小さくなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜１１における濁質成分の付着量が多くなっている状況、つまり、膜間差圧が今後上昇する状況であることを適切に推定することができる。

[0099] [排水工程時の圧力ロギングデータに基づく推定]

次に、推定部７４が、排水工程時に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータに基づいて行う推定処理の詳細について説明する。

[0100] [排水工程に要する時間の推定]

図７は、排水工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。図７の横軸は、排水工程が開始されてからの経過時間を示し、縦軸は、一次側圧力センサ６１によって測定された一次側の圧力を示す。例えば、図７に示すように、排水工程では、第２エアバルブ３３を介して供給されるエアの圧力によって、ハウジング１２の原水空間Ｓ１のドレン水が排出されると、一次側の圧力が次第に減少する。その後、原水空間Ｓ１のドレン水の排出が終了すると（経過時間 t_{71} ）、一次側の圧力は、開放系のため、ドレン水の排出の終了を示す０ＫＰａ付近の所定の排水終了圧力に安定する。尚、排水工程

では、上記のように、エアの圧力によってドレン水を排出しても良いし、エアを供給せずに水頭圧を利用してドレン水を排出しても良い。

[0101] 上記のように、中空糸膜 11 の表面に濁質成分が蓄積している場合、中空糸膜モジュール 10 内部の原水空間 S1 の有効容積は小さくなる。このため、中空糸膜 11 の表面に濁質成分が蓄積している量が多い程、排水工程が開始されてから、原水空間 S1 のドレン水の排水が終了して、一次側の圧力が排水終了圧力に安定するまでに要する時間が短くなる。

[0102] そこで、推定部 74 は、排水工程時に記憶部 71 に記憶された圧力ロギングデータに基づき、排水工程の開始（図 7 中の時点 t70）から一次側の圧力が安定するまで（同図中の時点 t71）の時間から、排水工程に要する時間を推定する。

[0103] 具体的には、推定部 74 は、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行う。ステップ S41 において、推定部 74 は、当該濾過プロセスの排水工程中に記憶部 71 に記憶された、一次側圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部 74 は、排水工程の開始時点（図 7 中の「0」）から一次側の圧力が安定する時点（例えば同図中の時点 t71）までの時間を前記変化情報として抽出する。

[0104] ここで、一次側の圧力が安定する時点を検出するために、推定部 74 は、以下のことを実行する。例えば、推定部 74 は、参照した各ロギングデータについて、当該ロギングデータからその一つ前のロギングデータを減算する処理を行う。そして、推定部 74 は、当該減算の結果が所定値よりも小さくなることが所定回数連続した時点（例えば同図中の時点 t71）を、一次側の圧力が安定した時点として検出する。

[0105] ただし、ステップ S41 において、推定部 74 が、一次側の圧力が安定する時点を検出する方法はこれに限らない。例えば、推定部 74 が、時系列順に、一つ前に測定された一次側の圧力に対する今回の一次側の圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部 74 が、当該算出した比率が所定の比率以下になることが所定回数連続した時点、一次側の圧力が安定し

た時点として検出するようにしてもよい。

[0106] 推定部 7 4 は、排水工程の開始時点（図 7 中の「0」）から当該検出した時点（例えば同図中の時点 t_{71} ）までの時間（例えば t_{71} ）を前記変化情報として抽出する。

[0107] ステップ S 4 2 において、推定部 7 4 はステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した時間（例えば t_{71} ）を、排水工程に要する時間として推定する。そして、ステップ S 4 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 2 で推定した排水工程に要する時間を示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0108] [中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡の推定]

上記では、推定部 7 4 が、排水工程時に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータに基づいて図 4 に示す推定処理を行う例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、複数回の排水工程時に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータに基づいて図 5 に示す推定処理を行うことによって、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定するようにしてもよい。

[0109] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、過去の濾過プロセスにおける排水工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスである。そして、推定部 7 4 は、上記ステップ S 4 1 と同様にして、当該排水工程を開始してから一次側の圧力が安定するまでに要する時間（例えば図 7 中の t_{71} ）を前記第 1 変化情報として抽出する。

[0110] ステップ S 5 2 では、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける排水工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部 7 4 は、ステップ S 5 1 と同様にして、当該排水工程を開始してから一次側の圧力が安定するまでに要する時間を前記第 2 変化情報として抽出する。

。

[0111] ステップS 5 3において、推定部7 4は、ステップS 5 2で第2変化情報として抽出した時間から、ステップS 5 1で第1変化情報として抽出した時間を減算する。推定部7 4は、この減算結果を、ステップS 5 1で抽出した前記第1変化情報とステップS 5 2で抽出した前記第2変化情報との差異として取得する。

[0112] ステップS 5 4では、推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した前記差異に基づいて、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定する

。

[0113] すなわち、ステップS 5 3で算出した前記差異が小さい程、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であると推定される。したがって、推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した前記差異が正の所定の第3閾値よりも大きい場合、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が非常に少ない状態であると推定する。推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した前記差異が、正の値であり且つ前記第3閾値以下である場合、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が少ない状態であると推定する。推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した前記差異が、負の値であり且つ負の所定の第4閾値よりも大きい場合、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であると推定する。推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した前記差異が前記第4閾値以下である場合、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が非常に多い状態であると推定する。

[0114] ステップS 5 5では、推定部7 4は、ステップS 5 4で推定した、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が、非常に多い状態、多い状態、少ない状態又は非常に少ない状態であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0115] これにより、中空糸膜モジュール1 0を分解せずに、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分がどの程度多いのかを把握できる。このため、中空糸膜1 1の表面に蓄積している濁質成分が多い状態であると推定された際に

は、迅速に中空糸膜 11 の物理洗浄を強化する等して、早期に中空糸膜 11 の濾過能力を回復することができる。

[0116] 尚、上記では、推定部 74 が、複数回の排水工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、中空糸膜 11 の表面に蓄積している濁質成分の多寡の推定を行う例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 74 が、一回の排水工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、中空糸膜 11 の表面に蓄積している濁質成分の多寡の推定を行うようにしてもよい。

[0117] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、図 4 に示す推定処理を行い、ステップ S41 において、一回の排水工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、排水工程の開始から一次側の圧力が安定するまでに要する時間を前記変化情報として抽出する。そして、ステップ S42 において、推定部 74 は、当該ステップ S41 で前記変化情報として抽出した時間から、実験値等に基づき予め定められた排水工程の開始から一次側の圧力が安定するまでに要する時間を減算する。そして、推定部 74 は、上記のステップ S53 と同様に、当該減算の結果を前記第 1 変化情報と前記第 2 変化情報との差異として、中空糸膜 11 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定する。

[0118] 「膜間差圧の今後の上昇の推定（２）」

また、上記では、推定部 74 が、排水工程に要する時間又は中空糸膜 11 の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 74 が、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0119] 例えば、中空糸膜モジュール 10 の内部における濁質成分の蓄積量が多く且つ中空糸膜モジュール 10 の内部の原水空間 S1 の有効容積が小さい状況である程、中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が多い状況であると推測され、つまり、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇する状況であると推測される。このため、推定部 74 が、複数回の排水工程中に記憶部 7

1 に記憶された圧力ロギングデータ（図 7）を参照し、排水工程の開始から一次側の圧力が一定になるまでの時間（図 7 中の $t_{70} \sim t_{71}$ ）の、複数回の排水工程間における差異に基づいて、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0120] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S51 では、推定部 74 は、過去の排水工程の開始から一次側の圧力が安定するまでの時間を前記第 1 変化情報として抽出する。ステップ S52 では、推定部 74 は、今回の排水工程の開始から一次側の圧力が安定するまでの時間を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0121] ステップ S53 では、推定部 74 は、前記第 2 変化情報として抽出した時間から、前記第 1 変化情報として抽出した時間を減算する。当該減算の結果が負の値である場合、排水工程の時間が短くなっているため、中空糸膜モジュール 10 の内部における濁質成分の蓄積量が多くなり且つ中空糸膜モジュール 10 の内部の原水空間 S1 の有効容積が小さくなっていると推測される。したがって、この場合、ステップ S54 において、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇すると推定する。ステップ S55 では、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇することを示す情報を出力する。

[0122] 一方、ステップ S53 における減算の結果が 0 以上の値である場合、ステップ S54 において、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定する。この場合、ステップ S55 では、推定部 74 は、中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧が今後上昇する傾向にはないことを示す情報を出力する。

[0123] 本構成では、排水工程において、中空糸膜モジュール 10 の内部のドレン水が排出されるときの中空糸膜モジュール 10 の一次側の圧力が断続的に測定される。したがって、本構成では、中空糸膜モジュール 10 の内部における濁質成分の蓄積量に応じた、中空糸膜モジュール 10 の一次側の圧力の推

移を測定することができる。

[0124] しかも、本構成では、複数回の排水工程のそれぞれにおいて、濾過工程における膜間差圧の通常の測定間隔よりも短い３秒以下の間隔で、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力が測定される。このため、数分以内で終了する各排水工程における、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力の詳細な時間的推移を把握することができる。

[0125] したがって、この詳細な時間的推移の複数回の排水工程間における差異から、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力の変化に応じた、中空糸膜モジュール１０の内部の濁質成分の蓄積量の変化を把握することができる。

[0126] 具体的には、複数回の排水工程間における、排水工程の開始時点 t_{70} （図７）から前記一次側の圧力が一定になる時点 t_{71} （図７）までの時間 $t_{70} \sim t_{71}$ （図７）の差異により、中空糸膜モジュール１０の内部の濁質成分の蓄積量及び有効容積の変化を把握することができる。このため、中空糸膜モジュール１０の内部の濁質成分の蓄積量が多くなり且つ中空糸膜モジュール１０の内部の原水空間Ｓ１の有効容積が小さくなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜１１における濁質成分の付着量が多くなっている状況、つまり、膜間差圧が今後上昇する状況であることを適切に推定することができる。

[0127] [逆洗工程時の圧力ロギングデータに基づく推定]

次に、推定部７４が、逆洗工程時に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータに基づいて行う推定処理の詳細について説明する。

[0128] [逆洗工程に要する時間の推定（１）]

図８は、逆洗工程時の一次側の圧力ロギングデータの第一例を示す図である。図８において、横軸は時間を示し、縦軸は中空糸膜モジュール１０の一次側圧力を示している。図８に示すように、一次側圧力は、逆洗工程の開始後瞬間的に上昇して最大圧力に到達し、その後低下して一定になる。この一次側圧力の瞬間的な上昇は、その後に急激な減圧が生じていることから分かるが、加圧された処理水が大量に中空糸膜１１を透過し始めたことに起因

するものと推測される。そして、原水の排水配管 5 3 への排出に伴って一次側圧力が急激に低下し、その後に、一次側圧力が次第に低下する。このとき一次側圧力が次第に低下するのは、原水空間 S 1 内の水量が次第に減ることに起因しているものと推測される。そして、一次側の圧力が一定になるときは、原水空間 S 1 中の処理水が全てハウジング 1 2 から排出されたときであると推測される。

[0129] そこで、推定部 7 4 は、記憶部 7 1 に記憶された一次側の圧力ロギングデータに基づいて、逆洗工程に要する時間を推定する。

[0130] 具体的には、推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行う。ステップ S 4 1 において、推定部 7 4 は、当該濾過プロセスの逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された、一次側圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部 7 4 は、逆洗工程の開始（図 8 中の時点 t 8 0）から一次側の圧力が一定になるまで（同図中の時点 t 8 1）の時間を前記変化情報として抽出する。

[0131] ここで、一次側の圧力が一定になる時点を検出するために、推定部 7 4 は、以下のことを実行する。例えば、推定部 7 4 は、参照した各ロギングデータについて、当該ロギングデータからその一つ前のロギングデータを減算する処理を行う。そして、推定部 7 4 は、当該減算の結果が所定値よりも小さくなることが所定回数連続した時点（例えば図 8 中の時点 t 8 1）を、一次側の圧力が一定になった時点として検出する。

[0132] ただし、ステップ S 4 1 において、推定部 7 4 が一次側の圧力が一定になる時点を検出する方法は、これに限らない。例えば、推定部 7 4 が、時系列順に、一つ前に測定された一次側の圧力に対する今回の一次側の圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部 7 4 が、当該算出した比率が所定の比率以下になることが所定回数連続した時点、一次側の圧力が一定になった時点として検出するようにしてもよい。

[0133] 推定部 7 4 は、逆洗工程の開始時点（図 8 中の時点 t 8 0）から当該検出した時点（例えば同図中の時点 t 8 1）までの時間（例えば $t 8 1 - t 8 0$

)を前記変化情報として抽出する。

[0134] ステップS 4 2において、推定部7 4は、ステップS 4 1で前記変化情報として抽出した時間（例えば $t_{81} - t_{80}$ ）を、逆洗工程に要する時間として推定する。ステップS 4 3では、推定部7 4は、ステップS 4 2で推定した逆洗工程に要する時間を示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0135] [逆洗工程に要する時間の推定（2）]

尚、逆洗工程において、二次側圧力センサ6 2が中空糸膜モジュール1 0の二次側の圧力を3秒以下の間隔で測定した場合も、図6と同様の圧力ロギングデータが得られる。そこで、推定部7 4が、濾過プロセスの終了時に、図4に示す推定処理を行い、二次側圧力を示すロギングデータに基づいて、逆洗工程に要する時間を推定するようにしてもよい。

[0136] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。ステップS 4 1において、推定部7 4は、前述した一次側の圧力が一定になる時点を検出する場合と同様にして、二次側の圧力が一定になった時点を検出する。そして、推定部7 4は、逆洗工程の開始時点から当該検出した時点までの時間を前記変化情報として抽出する。ステップS 4 2では、推定部7 4が、ステップS 4 1で前記変化情報として抽出した時間を、逆洗工程に要する時間として推定する。

[0137] [逆洗工程に要する時間の推定（3）]

また、逆洗工程において、エアではなく液体を用いて2次側の処理液を加圧するようにしてもよい。この場合、逆洗工程における中空糸膜モジュール1 0の一次側圧力は、時間経過に伴って図9に示すように変化する。すなわち、一次側圧力は、逆洗開始後上昇し、逆洗工程の開始時点 t_{90} から時間が経過した時点 t_{91} 以降ほぼ一定になる。そこで、推定部7 4が、濾過プロセスの終了時に、図4に示す推定処理を行い、ステップS 4 1において、逆洗工程の開始時点 t_{90} から一次側の圧力が一定になるまで（同図中の時点 t_{91} ）の時間を、前記変化情報として抽出するようにしてもよい。そし

て、ステップS 4 2では、推定部7 4が、ステップS 4 1で前記変化情報として抽出した時間を、逆洗工程に要する時間として推定するようにしてもよい。

[0138] [逆洗工程に要する時間の推定（４）]

上記では、推定部7 4が、逆洗工程の開始から一次側又は二次側の圧力が一定になるまでの時間に基づいて、逆洗工程に要する時間を推定する例について説明した。しかし、推定部7 4が、逆洗工程の開始から一次側の圧力が最大圧力に到達するまでの時間に基づいて、逆洗工程に要する時間を推定するようにしてもよい。

[0139] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部7 4は、濾過プロセスの終了時に、図4に示す推定処理を行う。ステップS 4 1において、推定部7 4は、当該濾過プロセスの逆洗工程の開始時点 t_{80} （図8）から、一次側の圧力が最大圧力となる時点 t_{82} （図8）までの時間を、前記変化情報として抽出する。ステップS 4 2では、推定部7 4は、ステップS 4 1で前記変化情報として抽出した時間を、逆洗工程に要する時間として推定する。

[0140] この推定方法は、膜表面に付着した濁質成分が、例えば無機成分主体の剥離性が良いものである場合に好適に用いることができる。つまり、剥離性の良い濁質成分の場合、逆洗水が中空糸膜1 1を透過し始めると同時に膜表面から剥離するため、一次側圧力が最大値を示す時点 t_{82} に達したところで、逆洗が事実上終了したと推測できる。

[0141] [逆洗工程に要する時間の推定（５）]

また、エアに代えて液体を用いて2次側の処理液を加圧する場合も、上記と同様に工程時間の推定が可能である。図1 0は、逆洗の開始前に処理水をポンプにより予め循環させ、逆洗工程の開始と同時に中空糸膜1 1の二次側を一気に加圧した場合の一次側圧力の時間的推移を示すグラフである。図1 0の横軸は時間を示し、縦軸は中空糸膜モジュール1 0の一次側圧力を示している。図1 0に示すように、この場合も一次側圧力は、逆洗開始後の所定

時間の経過後に瞬間的に最大圧力まで上昇する（時点 t_{102} ）。そして、その後、一次側圧力は次第に低減し、一定の圧力に安定する（時点 t_{101} ）。

[0142] そこで、推定部 74 が、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行い、ステップ S41 において、当該濾過プロセスの逆洗工程の開始時点 t_{100} （図 10）から一次側圧力が最大圧力に到達する時点 t_{102} （図 10）までの時間を前記変化情報として抽出するようにしてもよい。ステップ S42 では、推定部 74 が、ステップ S41 で前記変化情報として抽出した時間を、逆洗工程に要する時間として推定するようにしてもよい。

[0143] [中空糸膜 11 の閉塞度合の推定（1）]

上記では、推定部 74 が、逆洗工程に要する時間を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 74 が、中空糸膜 11 の閉塞度合を推定するようにしてもよい。

[0144] 図 11 は、逆洗工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。図 11 の横軸は、逆洗工程が開始されてからの経過時間（秒）を示し、縦軸は、一次側の圧力（一次圧）及び二次側の圧力（二次圧）（KPa）を示す。

[0145] 図 11 に示すように、逆洗工程の開始直後に一次側の圧力が瞬時的に増大した後（経過時間 t_{111} ）、二次側の処理水が一定の圧力で一次側に押し出される。このとき、中空糸膜 11 の閉塞度合が大きいほど一次側に処理水が押し出される速度が遅くなり、二次側の処理水の押し出しが終了するまでに要する時間が長くなる。つまり、逆洗工程の開始時点（経過時間 0）から、一次側の圧力が二次側の処理水の押し出しの終了を示す 0 KPa 付近の所定圧力（以降、終了圧力）で安定する（経過時間 t_{112} ）までの時間が長くなる。

[0146] そこで、推定部 74 が、逆洗工程の開始から、一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間に基づいて、中空糸膜 11 の閉塞度合を推定するようにしてもよい。

[0147] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、濾過プ

プロセスの終了時に、図5に示す推定処理を行う。ステップS51では、推定部74は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部71に記憶された、一次側の圧力のロギングデータを時系列順に参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、水処理装置1の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスである。そして、推定部74は、当該逆洗工程の開始時点から、一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間を前記第1変化情報として抽出する。

[0148] ここで、一次側の圧力が前記終了圧力で安定する時点を検出するために、推定部74は、以下のことを実行する。例えば、推定部74は、参照した各ロギングデータが示す各一次側の圧力について、各一次側の圧力と前記終了圧力との差分を算出する。そして、推定部74は、当該差分が所定値よりも小さくなることが所定回数連続した時点をも、一次側の圧力が前記終了圧力で安定した時点として検出する。

[0149] ただし、ステップS51において、推定部74が一次側の圧力が前記終了圧力で安定する時点を検出する方法は、これに限らない。例えば、推定部74が、時系列順に、一次側の圧力に対する前記終了圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部74が、当該算出した比率が所定の比率以下になることが所定回数連続した時点をも、一次側の圧力が前記終了圧力で安定した時点として検出するようにしてもよい。

[0150] 推定部74は、前記過去の濾過プロセスにおける逆洗工程の開始時点から当該検出した時点までの時間を前記第1変化情報として抽出する。

[0151] ステップS52では、推定部74は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部71に記憶された一次側の圧力のロギングデータを参照する。そして、推定部74は、ステップS51と同様にして、当該逆洗工程の開始時点から、一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間を前記第2変化情報として抽出する。

[0152] ステップS53では、推定部74は、ステップS52で前記第2変化情報として抽出した時間から、ステップS51で前記第1変化情報として抽出し

た時間を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0153] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、中空糸膜 1 1 の閉塞度合を推定する。具体的には、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が大きい程、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が大きい状態であると推測される。

[0154] したがって、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の所定の第 5 閾値よりも大きい場合、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が非常に大きい状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が、正の値であり且つ前記第 5 閾値以下である場合、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が大きい状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が、負の値であり且つ負の所定の第 6 閾値よりも大きい場合、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が小さい状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が前記第 6 閾値以下である場合、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が非常に小さい状態であると推定する。

[0155] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が、非常に大きい状態、大きい状態、小さい状態又は非常に小さい状態であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0156] この場合、中空糸膜モジュール 1 0 を分解せずに、中空糸膜 1 1 の閉塞度合を把握することができる。このため、中空糸膜 1 1 の閉塞度合が大きい状態であると推定された際には、迅速に中空糸膜 1 1 を薬液洗浄又は交換する等して、早期に逆洗工程に要する時間を短縮化し、また中空糸膜 1 1 による濾過能力を回復することができる。

[0157] 尚、薬液洗浄とは、具体的には、ユーザによる制御装置 7 0 の操作及び／又は制御部 7 2 による自動操作によって、硫酸、塩酸、硝酸、シュウ酸、クエン酸などの酸類、苛性ソーダ、炭酸水素ナトリウム、炭酸ナトリウムなど

のアルカリ類、次亜塩素酸、オゾン、クロラミン、過酢酸などの酸化剤、その他、有機系薬剤、キレート剤、酵素剤、界面活性剤などの薬液を中空糸膜モジュール１０に浸漬、又は循環するなどして、中空糸膜モジュール１０を薬液で洗浄することを示す。これらの薬液は、１種類でも良いし、２種類以上を用いて、１種類ずつ順番に、又は、混合して使用しても良い。

[0158] 〔中空糸膜１１の閉塞度合の推定（２）〕

上記では、推定部７４が、複数回の逆洗工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、中空糸膜１１の閉塞度合を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部７４が、一回の逆洗工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、中空糸膜１１の閉塞度合を推定するようにしてもよい。

[0159] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部７４は、図４に示す推定処理を行い、ステップＳ４１において、一回の逆洗工程中における一次側の圧力のロギングデータに基づいて、当該逆洗工程の開始から、一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間を前記変化情報として抽出する。そして、ステップＳ４２において、推定部７４は、ステップＳ４１で前記変化情報として抽出した時間から、実験値等に基づき予め定められた、逆洗工程の開始から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間を減算する。そして、推定部７４は、上記の〔中空糸膜１１の閉塞度合の推定（１）〕で説明したステップＳ５３と同様に、当該減算の結果を前記第１変化情報と前記第２変化情報との差異として、中空糸膜１１の閉塞度合を推定する。

[0160] 〔物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定（１）〕

また、上記では、推定部７４が、中空糸膜１１の閉塞度合を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部７４が、中空糸膜モジュール１０の物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0161] 例えば、複数回の逆洗工程のそれぞれにおいて、一次側圧力センサ６１は

、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力を３秒以下の間隔で繰り返し測定する。これにより、複数回の逆洗工程中のそれぞれにおける中空糸膜モジュール１０の一次側圧力の時間変化を示す圧力ロギングデータ（図１２）が得られる。

[0162] 尚、上記のように、エア抜き口圧力センサによって中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力を３秒以下の間隔で繰り返し測定する場合、推定部７４は、一次側圧力センサ６１及びエア抜き口圧力センサのそれぞれから受信したロギングデータが示す一次側の圧力の平均値を示すデータを、中空糸膜モジュール１０の一次側の圧力を示す圧力ロギングデータとして使用してもよい。

[0163] 図１２において、横軸は時間を示し、縦軸は中空糸膜モジュール１０の一次側圧力を示している。図１２中のプロット群Ｇ１２１は、直近の逆洗工程の直前の逆洗工程中における中空糸膜モジュール１０の一次側圧力の時間変化を示している。図１２中のプロット群Ｇ１２２は、直近の逆洗工程中における中空糸膜モジュール１０の一次側圧力の時間変化を示している。

[0164] 図１２に示すように、逆洗工程が開始され、二次側の処理水が一次側に押し出された直後に一次側の圧力が瞬時的に増大した後、中空糸膜１１の目詰まりが進行し且つ中空糸膜１１の透過抵抗が大きい状況であるほど、一次側に処理水が押し出される速度が遅くなり、二次側の処理水の押し出しを終了するまでに要する時間が長くなる。

[0165] そこで、推定部７４が、複数回の逆洗工程中のそれぞれにおいて記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間の、複数回の逆洗工程間における差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール１０の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0166] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部７４は、濾過プロセスの終了時に、図５に示す推定処理を行う。ステップＳ５１では、推定部７４は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部７１に記憶され

た一次側の圧力のロギングデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、前回の濾過プロセスであってもよいし、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスであってもよい。そして、推定部 7 4 は、上記と同様にして、当該逆洗工程の開始から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間（例えば図 1 2 中の t_{121} ）を前記第 1 変化情報として抽出する。

[0167] ステップ S 5 2 では、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された一次側の圧力のロギングデータを参照する。そして、推定部 7 4 は、ステップ S 5 1 と同様にして、当該逆洗工程を開始してから一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間（例えば図 1 2 中の t_{122} ）を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0168] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{122} ）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{121} ）を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果（例えば、 $t_{122} - t_{121}$ ）を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0169] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定する。具体的には、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が大きくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが回復し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が小さくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が十分である又は膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定する。

- [0170] ステップS55では、推定部74は、ステップS54で推定した、物理洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報、膜間差圧が今後上昇することを示す情報又は膜間差圧が上昇する傾向にはないことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。
- [0171] 図12の例では、直近の逆洗工程の開始時点から一次側の圧力が終了圧力で安定するまでの時間 t_{122} が、当該直近の逆洗工程の直前の逆洗工程の開始時点から一次側の圧力が終了圧力で安定するまでの時間 t_{121} よりも増加している。このため、推定部74は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。
- [0172] 上記では、推定部74が、逆洗工程の開始から一次側の圧力が終了圧力で安定するまでの時間に基づいて推定を行う例について説明した。しかし、これに限らず、推定部74が、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力の到達点での圧力（ピーク）に基づいて各種の推定を行うようにしてもよい。
- [0173] [管路抵抗の大小の推定]
- 例えば、図11に示すように、逆洗工程の開始直後においては、原水空間S1の一次側の原水の一部が排水口12Dから系外に排出される際、排水口12Dの内径がハウジング12の内径よりも小さいことにより、管路抵抗が生じる。この管理抵抗により、一次側圧力センサ61によって測定される一次側の圧力が瞬時的に増大する（経過時間 t_{111} ）。また、この排水口12Dに接続された排水配管53内の汚れが大きいほど、一次側のドレン水が排水されるときに管路抵抗が大きく、一次側の圧力は増大する。
- [0174] そこで、推定部74が逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピークに基づいて、排水配管53（図1）の管路抵抗の大小を推定するようにしてもよい。
- [0175] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部74は、濾過プロセスの終了時に、図5に示す推定処理を行う。ステップS51では、推定部74は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部71に記憶され

た一次側の圧力のロギングデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスである。そして、推定部 7 4 は、当該逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピーク値（例えば図 1 2 中の P 1 2 1）を前記第 1 変化情報として抽出する。

[0176] ステップ S 5 2 では、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された一次側の圧力のロギングデータを参照する。そして、推定部 7 4 は、ステップ S 5 1 と同様にして、当該逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピーク値（例えば図 1 2 中の P 1 2 2）を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0177] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した一次側の圧力のピーク値（例えば、P 1 2 2）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した一次側の圧力のピーク値（例えば、P 1 2 1）を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果（例えば、 $P 1 2 2 - P 1 2 1$ ）を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0178] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、排水配管 5 3（図 1）の管路抵抗の大小を推定する。具体的には、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が大きい程、排水配管 5 3 内の汚れが大きくなり、一次側のドレン水が排水されるとき排水配管 5 3 の管路抵抗が大きくなっていると推測される。

[0179] したがって、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の所定の第 7 閾値よりも大きい場合、排水配管 5 3 の管路抵抗が非常に大きい状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が、正の値であり且つ前記第 7 閾値以下である場合、排水配管 5 3 の管路抵抗が大きい状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が、負の値であり且つ負の所定の第 8 閾値よりも大きい場合、排水配管 5 3 の管路抵抗が小さい状態であると推定する。推定部 7 4 は、ステッ

プS 5 3で取得した前記差異が前記第8 閾値以下である場合、排水配管 5 3の管路抵抗が非常に小さい状態であると推定する。

[0180] ステップS 5 5では、推定部7 4は、ステップS 5 4で推定した、排水配管 5 3の管路抵抗が非常に大きい状態、大きい状態、小さい情報又は非常に小さい状態であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0181] この場合、中空糸膜モジュール1 0を分解せずに、一次側の排水用管路である排水配管 5 3（図1）の管路抵抗がどの程度大きいのかを把握することで、排水配管 5 3がどの程度汚れているのかを把握できる。このため、排水配管 5 3の管路抵抗が大きい状態であると推定された際には、迅速に排水配管 5 3を洗浄して、逆洗工程において中空糸膜モジュール1 0内部にドレン水が滞留することを抑制できる。その結果、逆洗工程による中空糸膜1 1の洗浄能力を迅速に回復することができる。

[0182] 尚、上記では、推定部7 4が、複数回の逆洗工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、排水配管 5 3の管路抵抗の大小を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部7 4が、一回の逆洗工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、排水配管 5 3の管路抵抗の大小を推定するようにしてもよい。

[0183] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部7 4は、図4に示す推定処理を行い、ステップS 4 1において、一回の逆洗工程中における一次側圧力のロギングデータに基づいて、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピーク値を前記変化情報として抽出する。そして、ステップS 4 2において、推定部7 4は、当該ステップS 4 1で前記変化情報として抽出したピーク値から、実験値等に基づき予め定められた逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピーク値を減算する。そして、推定部7 4は、上記のステップS 5 3と同様に、当該減算の結果を前記第1 変化情報と前記第2 変化情報との差異として、排水配管 5 3の管路抵抗の大小を推定する。

[0184] [物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定（２）]

また、上記では、推定部 7 4 が、排水配管 5 3 の管路抵抗の大きさを推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、中空糸膜モジュール 1 0 の物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0185] 図 1 2 に示すように、逆洗工程が開始され、二次側の処理水が一次側に押し出された直後は、排水配管 5 3 の内径がハウジング 1 2 の内径に比べて小さいため、一次側の原水が排水配管 5 3 に流入する際に発生する管路抵抗で一次側の圧力が瞬時的に増大する。このとき、中空糸膜 1 1 の目詰まりが少なく且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が小さい状況である程、二次側の処理水が一次側に押し出される速度が早くなり、一次側の圧力のピークは増大する。

[0186] そこで、推定部 7 4 が、複数回の逆洗工程中のそれぞれにおいて記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピークの、複数回の逆洗工程間における差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0187] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された一次側の圧力のロギングデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、前回の濾過プロセスであってもよいし、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスであってもよい。そして、推定部 7 4 は、当該過去の濾過プロセスにおける逆洗工程の開始直後の一次側の圧力のピーク値（例えば図 1 2 中の P 1 2 1）を前記第 1 変化情報として抽出する。

[0188] ステップ S 5 2 では、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部 7 4 は、ステップ S 5 1 と同様にして、当該逆洗工程の開始直後の一次

側の圧力のピーク値（例えば図 1 2 中の P 1 2 2）を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0189] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した一次側の圧力のピーク値（例えば図 1 2 中の P 1 2 2）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した一次側の圧力のピーク値（例えば図 1 2 中の P 1 2 1）を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果（例えば、 $P 1 2 2 - P 1 2 1$ ）を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0190] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定する。具体的には、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が大きくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが回復し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が小さくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が十分である又は膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定する。

[0191] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、物理洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報、膜間差圧が今後上昇することを示す情報又は膜間差圧が上昇する傾向にはないことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0192] 図 1 2 の例では、直近の逆洗工程の開始直後における一次側の圧力のピーク値 P 1 2 2 が、当該直近の逆洗工程の直前の逆洗工程の開始直後における一次側の圧力のピーク値 P 1 2 1 よりも減少している。このため、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推

定する。

[0193] [逆洗工程時の二次側の圧力ロギングデータに基づく推定]

上記では、推定部 7 4 が、逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された一次側の圧力ロギングデータに基づいて各種の推定を行う例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された二次側の圧力ロギングデータに基づいて各種の推定を行うようにしてもよい。

[0194] [物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定 (3)]

例えば、複数回の逆洗工程のそれぞれにおいて、二次側圧力センサ 6 2 は、中空糸膜モジュール 1 0 の二次側の圧力を 3 秒以下の間隔で繰り返し測定する。これにより、複数回の逆洗工程中のそれぞれにおける中空糸膜モジュール 1 0 の二次側圧力の時間変化を示す圧力ロギングデータ (図 1 3) が得られる。図 1 3 において、横軸は時間を示し、縦軸は中空糸膜モジュール 1 0 の二次側圧力を示している。図 1 3 中のプロット群 G 1 3 1 は、直近の逆洗工程の直前の逆洗工程中における中空糸膜モジュール 1 0 の二次側圧力の時間変化を示している。図 1 3 中のプロット群 G 1 3 2 は、直近の逆洗工程中における中空糸膜モジュール 1 0 の二次側圧力の時間変化を示している。

[0195] 図 1 3 に示すように、逆洗工程において、二次側の処理水の一次側への押し出しが終了すると、二次側は加圧されたエアで満たされた状態となり、二次側の圧力がエア (媒体の一例) の圧力 (以降、エア圧力) で安定する。ここで、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が大きい状況である程、二次側の処理水が全て一次側に押し出されるまでに要する時間は長くなる。このため、逆洗工程の開始時点から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間は、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が大きい状況である程長くなる。

[0196] 尚、圧力が安定するとは、例えば、上昇中の圧力が、圧力の上昇の傾きが減少する変曲点に到達すること、減少中の圧力が、圧力の減少の傾きが増大する変曲点に到達すること、又は上昇中若しくは減少中の圧力が、所定時間以上継続して所定の許容範囲内で変動する状態になることを示す。

- [0197] そこで、推定部 7 4 が、複数回の逆洗工程中のそれぞれにおいて記憶部 7 1 に記憶された二次側の圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間の、複数回の逆洗工程間における差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。
- [0198] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された二次側の圧力ロギングデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、前回の濾過プロセスであってもよいし、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスであってもよい。そして、推定部 7 4 は、当該過去の濾過プロセスにおける逆洗工程の開始から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間（例えば図 1 3 中の t_{131} ）を前記第 1 変化情報として抽出する。
- [0199] ここで、二次側の圧力が前記エア圧力で安定する時点を検出するために、推定部 7 4 は、以下のことを実行する。例えば、推定部 7 4 は、参照した各ロギングデータが示す各二次側の圧力について、各二次側の圧力と前記エア圧力との差分を算出する。そして、推定部 7 4 は、当該差分が所定値よりも小さくなることが所定回数連続した時点を、二次側の圧力が前記エア圧力で安定する時点として検出する。
- [0200] ただし、ステップ S 5 1 において、推定部 7 4 が、二次側の圧力が前記エア圧力で安定する時点を検出する方法はこれに限らない。例えば、推定部 7 4 が、時系列順に、二次側の圧力に対する前記エア圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部 7 4 が、当該算出した比率が所定の比率以下になることが所定回数連続した時点を、二次側の圧力が前記エア圧力で安定した時点として検出するようにしてもよい。
- [0201] 推定部 7 4 は、前記過去の濾過プロセスにおける逆洗工程の開始時点から当該検出した時点までの時間を前記第 1 変化情報として抽出する。

- [0202] ステップS 5 2では、推定部7 4は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部7 1に記憶された二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部7 4は、ステップS 5 1と同様にして、当該逆洗工程を開始してから二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間（例えば図1 3中の t_{132} ）を前記第2変化情報として抽出する。
- [0203] ステップS 5 3では、推定部7 4は、ステップS 5 2で前記第2変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{132} ）から、ステップS 5 1で前記第1変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{131} ）を減算する。推定部7 4は、この減算結果（例えば、 $t_{132} - t_{131}$ ）を、ステップS 5 1で抽出した前記第1変化情報とステップS 5 2で抽出した前記第2変化情報との差異として取得する。
- [0204] ステップS 5 4では、推定部7 4は、ステップS 5 3で取得した前記差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール1 0の膜間差圧の今後の上昇を推定する。具体的には、ステップS 5 3で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜1 1の目詰まりが進行し且つ中空糸膜1 1の透過抵抗が大きくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部7 4は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。一方、ステップS 5 3で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜1 1の目詰まりが回復し且つ中空糸膜1 1の透過抵抗が小さくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部7 4は、物理洗浄による効果が十分である又は膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定する。
- [0205] ステップS 5 5では、推定部7 4は、ステップS 5 4で推定した、物理洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報、膜間差圧が今後上昇することを示す情報又は膜間差圧が上昇する傾向にはないことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。
- [0206] 図1 3の例では、直近の逆洗工程の開始時点から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間 t_{132} が、当該直近の逆洗工程の直前の逆洗工

程の開始時点から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間 t_{13} よりも増加している。このため、推定部 74 は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。

[0207] [物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定 (4)]

上記では、推定部 74 が、逆洗工程の開始から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間の、複数回の逆洗工程間における差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇の推定を行う例について説明した。しかし、推定部 74 が、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇の推定を行う方法はこれに限らない。

[0208] 例えば、図 13 に示すように、逆洗工程の開始直後、二次側にある処理水は、加圧されたエアによって急激に押されて一次側に流入する。このとき、中空糸膜 11 における処理水の透過が律速段階となり、一次側へ処理水が透過するよりも、エアによって処理水が加圧される度合いが大きい状況となる。このため、二次側の圧力は、逆洗工程の開始直後に増大する。そして、処理水が一次側に押し出される力で中空糸膜 11 の表面に付着していた濁質成分の一部が剥がれ落ちる又は剥がれ易い状態となることで、二次側の圧力は、瞬時的に低下する又は維持される。その後、二次側の圧力はエアによる加圧によって再び増大する。このようにして、二次側の圧力は、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大する。当該増大時の二次側の到達点での圧力（ピーク）は、中空糸膜 11 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 11 の透過抵抗が大きい状況である程高くなる。

[0209] そこで、推定部 74 が、複数回の逆洗工程中のそれぞれにおいて記憶部 71 に記憶された二次側の圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力のピークの、複数回の逆洗工程間における差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0210] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、濾過ブ

プロセスの終了時に、図5に示す推定処理を行う。ステップS51では、推定部74は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部71に記憶された二次側の圧力ロギングデータを参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、前回の濾過プロセスであってもよいし、水処理装置1の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスであってもよい。そして、推定部74は、当該過去の濾過プロセスにおける逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力のピーク値（例えば図13中のP131）を前記第1変化情報として抽出する。

[0211] ステップS52では、推定部74は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部71に記憶された二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部74は、ステップS51と同様にして、当該逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力のピーク値（例えば図13中のP132）を前記第2変化情報として抽出する。

[0212] ステップS53では、推定部74は、ステップS52で前記第2変化情報として抽出した二次側の圧力のピーク値（例えば図13中のP132）から、ステップS51で前記第1変化情報として抽出した二次側の圧力のピーク値（例えば図13中のP131）を減算する。推定部74は、この減算結果（例えば、 $P132 - P131$ ）を、ステップS51で抽出した前記第1変化情報とステップS52で抽出した前記第2変化情報との差異として取得する。

[0213] ステップS54では、推定部74は、ステップS53で取得した前記差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール10の膜間差圧の今後の上昇を推定する。具体的には、ステップS53で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜11の目詰まりが進行し且つ中空糸膜11の透過抵抗が大きくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部74は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。一方、ステップS53で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜11の目詰まりが回復し且つ中空糸膜11の透過抵抗が小

さくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 74 は、物理洗浄による効果が十分である又は膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定する。

[0214] ステップ S 5 5 では、推定部 74 は、ステップ S 5 4 で推定した、物理洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報、膜間差圧が今後上昇することを示す情報又は膜間差圧が上昇する傾向にはないことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0215] 図 1 3 の例では、直近の逆洗工程の開始直後における二次側の圧力のピーク値 P 1 3 2 が、当該直近の逆洗工程の直前の逆洗工程の開始直後における二次側の圧力のピーク値 P 1 3 1 よりも上昇している。このため、推定部 74 は、物理洗浄による効果が不十分である又は膜間差圧が今後上昇すると推定する。

[0216] [物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定 (5)]

また、本発明者は、試験運転を行うことで得られた知見から、以下の方法で、物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇を推定できることを知見した。具体的には、本発明者は、試験運転を行い、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが所定の度合いよりも小さいときの逆洗工程（以降、第一の逆洗工程）と、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが所定の度合いよりも大きいときの逆洗工程（以降、第二の逆洗工程）と、のそれぞれにおいて取得した圧力ロギングデータ（図 1 4、図 1 5）を用いて、逆洗工程の開始から一次側の圧力が安定する時点までの時間における、二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値を算出した。

[0217] 図 1 4 及び図 1 5 において、横軸は時間を示し、縦軸は中空糸膜モジュール 10 の一次側及び二次側の圧力を示している。図 1 4 中のプロット群 G 1 4 1 は、第一の逆洗工程における中空糸膜モジュール 10 の一次側圧力の時間変化を示している。図 1 4 中のプロット群 G 1 4 2 は、第一の逆洗工程における中空糸膜モジュール 10 の二次側の圧力の時間変化を示している。図 1 5 中のプロット群 G 1 5 1 は、第二の逆洗工程における中空糸膜モジュール

ル 10 の一次側圧力の時間変化を示している。図 15 中のプロット群 G 152 は、第二の逆洗工程における中空糸膜モジュール 10 の二次側圧力の時間変化を示している。

[0218] 次に、本発明者は、第一の逆洗工程において取得した図 14 に示す圧力ロギングデータを用いて、第一の逆洗工程の開始時点 t_{140} から一次側の圧力が安定する時点 t_{141} までの時間 $t_{140} \sim t_{141}$ における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値を算出した。以降、前記積分値を算出する対象の時間を対象時間と記載する。

[0219] 尚、図 14 において、前記対象時間を時間 $t_{140} \sim t_{141}$ とした場合における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値とは、第一の逆洗工程の開始時点 t_{140} を示す一点鎖線と、一次側の圧力が安定する時点 t_{141} を示す一点鎖線と、プロット群 G 142 と、プロット群 G 141 と、で囲まれる領域の面積に相当する。

[0220] 同様にして、本発明者は、第二の逆洗工程において取得した図 15 に示す圧力ロギングデータを用いて、第二の逆洗工程の開始時点 t_{150} から一次側の圧力が安定する時点 t_{151} までの時間 $t_{150} \sim t_{151}$ を前記対象時間とし、当該対象時間における、二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値を算出した。

[0221] そして、本発明者は、第一の逆洗工程後に行われた濾過工程における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の測定結果と、第二の逆洗工程後に行われた濾過工程における前記差分の測定結果と、前記積分値の算出結果と、を比較した。その結果、本発明者は、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが所定の度合いよりも大きい場合と小さい場合とで、濾過工程中の二次側の圧力と一次側の圧力との差分が略一定であっても、前記所定期間における前記積分値は顕著に異なることを知見した。同様に、本発明者は、試験運転により、中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が所定量よりも多い場合と少ない場合とで、濾過工程中の二次側の圧力と一次側の圧力との差分が略一定であっても、前記積分値が顕著に異なることを知見した。

- [0222] これは、逆洗工程の開始時点から逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力がピークに達するまでの時間及び逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力がピークに達してから安定するまでの時間が、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが大きい程、又は中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が多い程、長くなることに起因すると推測される。
- [0223] そこで、同様にして、本発明者は、第一の逆洗工程の開始時点 t_{140} から、第一の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力がピーク P_{141} に達するまでの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。また、本発明者は、第二の逆洗工程の開始時点 t_{150} から、第二の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力がピーク P_{151} に達するまでの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。この場合にも、本発明者は、上記と同様の知見を得た。
- [0224] 本発明者は、第一の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力がピーク P_{141} に達してから安定する時点 t_{141} までの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。また、本発明者は、第二の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力がピーク P_{151} に達してから安定する時点 t_{151} までの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。これらの場合にも、本発明者は、上記と同様の知見を得た。
- [0225] 更に、本発明者は、第一の逆洗工程の開始時点 t_{140} から二次側の圧力が安定する時点 t_{142} までの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。また、本発明者は、第二の逆洗工程の開始時点 t_{150} から二次側の圧力が安定する時点 t_{152} までの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。これらの場合にも、本発明者は、上記と同様の知見を得た。
- [0226] 本発明者は、第一の逆洗工程の開始時点 t_{140} から、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力がピーク P_{142} になるまでの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。また、本発明者は、第二の逆洗工程の開始時点 t_{150} から、第二の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力がピーク P_{152} になるまでの時間を前記対象時間として前記

積分値を算出した。これらの場合にも、本発明者は、上記と同様の知見を得た。

[0227] 本発明者は、第一の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力がピーク P_{142} に達してから安定する時点 t_{142} までの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。また、本発明者は、第二の逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力がピーク P_{152} に達してから安定する時点 t_{152} までの時間を前記対象時間として前記積分値を算出した。これらの場合にも、本発明者は、上記と同様の知見を得た。

[0228] また、本発明者は、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが大きい状況である程、又は中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が多い状況である程、上記の各対象時間における前記積分値が大きくなることを知見した。

[0229] そこで、本発明者が得た上記知見に基づき、推定部 74 が、複数回の逆洗工程について、逆洗工程の開始から逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力がピークに達するまでの時間（以降、第 1 対象時間）、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力がピークに達してから安定するまでの時間（以降、第 2 対象時間）、及び逆洗工程の開始時点から一次側又は二次側の圧力が安定する時点までの時間（以降、第 3 対象時間）のうち、何れか一の時間における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値を算出するようにしてもよい。そして、推定部 74 が、前記複数回の逆洗工程間における前記積分値の差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0230] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S51 では、推定部 74 は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを時系列順に参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、前回の濾過プロセスであってもよいし、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスであって

もよい。そして、推定部 7 4 は、当該過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中の前記第 1 対象時間、前記第 2 対象時間及び前記第 3 対象時間のうち、何れか一の時間を前記対象時間として前記積分値を算出する。そして、推定部 7 4 は、当該算出した前記積分値を、前記第 1 変化情報として抽出する。

[0231] 尚、推定部 7 4 は、前記第 2 対象時間又は前記第 3 対象時間を前記対象時間として前記積分値を算出する場合、以下のようにして、一次側又は二次側の圧力が安定する時点を検出する。

[0232] 推定部 7 4 は、参照した各ロギングデータが示す各一次側の圧力について、各一次側の圧力から、その一つ前に測定された一次側圧力を減算する。そして、推定部 7 4 は、当該減算の結果が所定値よりも小さくなることが所定回数連続した時点を、一次側の圧力が安定する時点として検出する。これと同様にして、推定部 7 4 は、二次側の圧力が安定する時点を検出する。

[0233] ただし、推定部 7 4 が、一次側又は二次側の圧力が安定する時点を検出する方法はこれに限らない。例えば、推定部 7 4 が、時系列順に、一つ前に測定された一次側の圧力に対する今回の一次側の圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部 7 4 が、当該算出した比率が所定の比率以下になることが所定回数連続した時点を、一次側の圧力が安定した時点として検出するようにしてもよい。これと同様にして、推定部 7 4 は、二次側の圧力が安定した時点を検出するようにしてもよい。

[0234] ステップ S 5 2 では、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部 7 4 は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中の前記第 1 対象時間、前記第 2 対象時間及び前記第 3 対象時間のうち、ステップ S 5 1 で前記対象時間とした時間と同じ時間を前記対象時間とし、前記積分値を算出する。そして、推定部 7 4 は、当該算出した前記積分値を、前記第 2 変化情報として抽出する。

[0235] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した前記積分値から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として

抽出した前記積分値を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0236] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定する。具体的には、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合いが大きくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が不十分であると推定する。又は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 における濁質成分の付着量が多くなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 が、中空糸膜 1 1 の透過抵抗が増大し且つ中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧が今後上昇すると推定するようにしてもよい。

[0237] 一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合いが小さくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、物理洗浄による効果が十分であると推定する。又は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜 1 1 における濁質成分の付着量が少なくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 が、中空糸膜 1 1 の透過抵抗が減少し且つ膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定するようにしてもよい。

[0238] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、物理洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報、膜間差圧が今後上昇することを示す情報又は膜間差圧が上昇する傾向にはないことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0239] 本推定方法によれば、前記第 1 対象時間、前記第 2 対象時間及び前記第 3 対象時間の三つの時間における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値の、複数回の逆洗工程間における差異によって、中空糸膜 1 1 の目詰まり

の進行度合い又は中空糸膜１１における濁質成分の付着量の変化を適切に把握することができる。このため、把握した中空糸膜１１の目詰まりの進行度合いに基づいて、物理洗浄による中空糸膜１１の目詰まりの回復の効果を適切に推定することができる。また、中空糸膜１１における濁質成分の付着量が多くなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜１１の透過抵抗が増大し且つ膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0240] 〔目詰まりの進行度合、物理洗浄効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定〕

また、上記とは異なる以下の方法で、推定部７４が、中空糸膜１１の目詰まりの進行度合、物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。具体的には、上記のように、逆洗工程の開始直後、二次側の圧力は、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大する。このとき、二次側の到達圧力は、中空糸膜１１の目詰まりが進行し且つ中空糸膜１１の透過抵抗が大きい状況である程又は中空糸膜１１における濁質成分の付着量が多い程高くなる。また、二次側の圧力が増大するにつれて処理水の透過速度が上昇し、中空糸膜１１の外面に付着していた濁質成分は剥がれ落ちやすい状態になる。その後、中空糸膜１１の外面に付着した濁質成分の一部が剥離される際に、二次側の圧力は瞬時的に低下するが、エアによる加圧によって再び増大する。これにより、処理水が一次側へ押し出される速度が上昇する。

[0241] 一方、二次側の処理水が一次側に押し出された直後において、一次側の原水が排水配管５３に流入する際に発生する管路抵抗で一次側の圧力が瞬時的に増大する。このとき、中空糸膜１１の目詰まりが進行し且つ中空糸膜１１の透過抵抗が大きい状況である程又は中空糸膜１１における濁質成分の付着量が多い程、二次側の処理水が一次側に押し出される速度は遅くなる。このため、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピークは、中空糸膜１１の目詰まりが進行し且つ中空糸膜１１の透過抵抗が大きい状況である程、又は中空糸膜１１における濁質成分の付着量が多い程低くなる。その後、中空糸膜１１の外面に付着した濁質成分の一部が剥離され、処理水が一次側へ押し出される速度が上昇するようになると、一次側の水が排出され

る速度も上昇し、一次側の圧力は急速に低下する。

[0242] つまり、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力がピークに達し、中空糸膜 11 の外面に付着した濁質成分の一部が剥離される直前の時点に到達したとする。この時点において、二次側の圧力と一次側の圧力との差分は、中空糸膜 11 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 11 の透過抵抗が大きい状況である程、又は中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が多い程大きくなる。

[0243] このため、推定部 74 が、複数回の逆洗工程について、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側及び二次側のうちの何れかの圧力のピークを検出するようにしてもよい。そして、推定部 74 が、前記何れかの圧力がピークに達した時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の、前記複数回の逆洗工程間における差異に基づいて、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 10 の膜間差圧の今後の上昇を推定するようにしてもよい。

[0244] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 74 は、濾過プロセスの終了時に、図 5 に示す推定処理を行う。ステップ S51 では、推定部 74 は、過去の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを時系列順に参照する。過去の濾過プロセスとは、例えば、前回の濾過プロセスであってもよいし、水処理装置 1 の設置直後又はメンテナンス後に最初に行われる濾過プロセスであってもよい。そして、推定部 74 は、当該過去の濾過プロセスにおける逆洗工程の開始直後の一次側及び二次側のうちの何れかの圧力のピーク値を検出する。そして、推定部 74 は、当該何れかの圧力がピーク値に達した時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分を算出する。そして、推定部 74 は、当該算出した二次側の圧力と一次側の圧力との差分を、前記第 1 変化情報として抽出する。

[0245] ステップ S52 では、推定部 74 は、今回の濾過プロセスにおける逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを時

系列順に参照する。そして、推定部 7 4 は、ステップ S 5 1 と同様にして、当該逆洗工程の開始直後の前記何れかの圧力と同じ圧力（以降、第 1 対象圧力）のピーク値を検出する。そして、推定部 7 4 は、第 1 対象圧力がピーク値に達した時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分を算出する。そして、推定部 7 4 は、当該算出した二次側の圧力と一次側の圧力との差分を、前記第 2 変化情報として抽出する。

[0246] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した差分から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した差分を減算する。推定部 7 4 は、この減算結果を、ステップ S 5 1 で抽出した前記第 1 変化情報とステップ S 5 2 で抽出した前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0247] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異に基づいて、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧の今後の上昇を推定する。

[0248] 具体的には、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合いが大きくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合いが大きくなっている状況である又は物理洗浄による効果が不十分であると推定する。又は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 における濁質成分の付着量が多くなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 が、中空糸膜 1 1 の透過抵抗が増大し且つ中空糸膜モジュール 1 0 の膜間差圧が今後上昇すると推定するようにしてもよい。

[0249] 一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合いが小さくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の目詰まりの進行度合いが小さくなっている状況である又は物理洗浄による効果が十分であると推定する。又は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、中

中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が少なくなっている状況であると推測される。したがって、この場合、推定部 74 が、中空糸膜 11 の透過抵抗が減少し且つ膜間差圧が上昇する傾向にはないと推定するようにしてもよい。

[0250] ステップ S55 では、推定部 74 は、ステップ S54 で推定した、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが大きくなっているか小さくなっているかを示す情報、物理洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報、膜間差圧が今後上昇することを示す情報又は膜間差圧が上昇する傾向にはないことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0251] 本推定方法では、複数回の逆洗工程について、3 秒以下の間隔で、中空糸膜モジュール 10 の一次側及び二次側のうち少なくとも一方側の圧力が測定されているので、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側及び二次側のうちの何れかの圧力のピークが検出され得る。すなわち、逆洗工程において、処理水が二次側から一次側に押し出される力によって中空糸膜 11 の表面から剥れ落ちるような濁質成分であったとしても、濁質成分が剥れ落ちることによって低下する前の前記何れかの圧力を適切に検出することができる。

[0252] その結果、当該検出時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の差異を用いることにより、物理洗浄後の中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合い又は中空糸膜における濁質成分の付着量の変化を適切に把握することができる。このため、把握した中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いに基づいて、物理洗浄による中空糸膜 11 の目詰まりの回復の効果を適切に推定することができる。また、中空糸膜 11 における濁質成分の付着量が多くなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜 11 の透過抵抗が増大し且つ膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0253] [中空糸膜 11 のリークの有無の推定]

上記では、推定部 74 が、複数回の逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された一次側又は二次側の圧力ロギングデータに基づいて、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合い、物理洗浄による効果又は中空糸膜モジュール 10 の膜間差

圧の今後の上昇を推定する例について説明した。しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された二次側の圧力ロギングデータに基づいて、中空糸膜 1 1 にリークが生じている状態であるか否かを推定するようにしてもよい。

[0254] 例えば、逆洗工程では、図 1 に示すように、排水バルブ 5 4 及びエアバルブ 4 2 が開かれ、エアコンプレッサ 4 3 が作動される。これにより、所定圧力に加圧されたエアが、エア配管 4 1 を介してハウジング 1 2 の処理水空間 S 2（図 1）に供給され、当該エアによって二次側の処理水が一次側に押し出される。

[0255] このように、逆洗工程において、エアバルブ 4 2 及びエアコンプレッサ 4 3 が正常に作動し、前記エア圧力に加圧されたエアが、ハウジング 1 2 の一次側の原水空間 S 1（図 1）やエア配管 4 1 の外部等に漏れることなく、ハウジング 1 2 の処理水空間 S 2（図 1）に正常に供給されているとする。また、中空糸膜 1 1 にリークが生じていないとする。この場合、図 1 1 に示すように、逆洗工程において、二次側の処理水の一次側への押し出しが終了すると（経過時間 t_{112} ）、二次側の圧力は前記エア圧力に安定する（経過時間 t_{114} ）。しかし、中空糸膜 1 1 にリークが生じている場合、処理水の押し出しに用いたエアが当該リークの箇所から中空糸膜モジュール 1 0 内部の一次側に流出する。これにより、逆洗工程において二次側の処理水の一次側への押し出しが終了した後、二次側の圧力は前記エア圧力よりも低い圧力で安定する。

[0256] そこで、推定部 7 4 が、逆洗工程において二次側の圧力が安定した場合に（経過時間 t_{114} ）、前記安定した二次側の圧力と前記エア圧力とを対比して、中空糸膜 1 1 にリークが生じている状態であるか否かを推定するようにしてもよい。

[0257] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行う。ステップ S 4 1 では、推定部 7 4 は、当該濾過プロセスの逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された、二次

側圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部 7 4 は、参照した各ロギングデータについて、当該ロギングデータからその一つ前のロギングデータを減算する処理を行う。そして、推定部 7 4 は、当該減算の結果が所定値よりも小さくなることが所定回数連続した時点（例えば図 1 1 中の時点 t_{114} ）を、二次側の圧力が安定した時点として検出する。

[0258] ただし、推定部 7 4 が、二次側の圧力が安定した時点を検出する方法はこれに限らない。例えば、推定部 7 4 が、時系列順に、一つ前に測定された二次側の圧力に対する今回の二次側の圧力の比率を算出するようにしてもよい。そして、推定部 7 4 が、当該算出した比率が所定の比率以下になることが所定回数連続した時点、二次側の圧力が安定した時点として検出するようにしてもよい。

[0259] そして、推定部 7 4 は、当該検出した二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値を、前記変化情報として抽出する。

[0260] ステップ S 4 2 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値に基づいて、中空糸膜 1 1 にリークが生じている状態であるか否かを推定する。具体的には、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値が所定の誤差以下である場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 にリークが生じていないと推定する。一方、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値が前記誤差よりも大きい場合、中空糸膜 1 1 にリークが生じていると推定する。

[0261] ステップ S 4 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 2 で推定した、中空糸膜 1 1 にリークが生じているか否かを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0262] これにより、水処理装置 1 では、中空糸膜モジュール 1 0 を分解せずに、中空糸膜 1 1 のリークの状態を把握することができる。このため、過去に中空糸膜 1 1 にリークが生じた時の圧力ロギングデータを参照して、中空糸膜 1 1 にリークが発生する時期の予測に活用することができる。

[0263] 尚、推定部 7 4 が、上記の物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定を行うタイミングは特に限定されず、例えば、濾過プロセスを行う度に当該推定を行ってもよいし、濾過プロセスを複数回（例えば、10回）繰り返す度に当該推定を行ってもよい。又は、1日に1回、1週間に1回、若しくは1か月に1回等、所定の頻度で、推定部 7 4 が物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定を行うようにしてもよい。この頻度は、原水の種類（例えば、河川水、排水又は下水）や季節等に応じて適宜決定すればよい。

[0264] また、逆洗工程では、所定圧力に加圧されたエアに代えて、所定圧力に加圧された透過液によって2次側の処理水を加圧してもよい。尚、透過液には、薬剤を注入してもよい。

[0265] また、推定部 7 4 によって物理洗浄による効果が不十分と推定された場合には、例えば、逆洗工程時の二次側のエアの圧力を上げる及び／又はバブリング工程時のエアの流入量を上げることによって、物理洗浄の効果を高めればよい。透過液を使用する逆洗工程では、透過液の流量、透過液の流速等を調整することで、物理洗浄の効果を高めてもよい。逆洗工程及び／又はバブリング工程の時間を調整することで、物理洗浄の効果を高めてもよい。

[0266] [バブリング工程時の圧力ロギングデータに基づく推定]

次に、推定部 7 4 が、散気盤バブリング工程時及び導水管バブリング工程時に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータに基づき行う各種の推定方法について説明する。

[0267] [散気盤バブリング工程時の周辺装置の異常の推定]

図 1 6 は、第 2 充水工程及び散気盤バブリング工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。図 1 6 の横軸は、散気盤バブリング工程の前の第 2 充水工程（図 3）が開始されてからの経過時間（秒）を示し、縦軸は、一次側圧力センサ 6 1 によって測定された一次側の圧力（KPa）を示す。例えば、図 1 6 に示すように、散気盤バブリング工程前の第 2 充水工程によって、ハウジング 1 2 の原水空間 S 1 が満水状態になると（経過時間 t 1 6 1

）、エア抜き配管 5 5 に原水が流れ出す。このとき、エア抜き配管 5 5 の内径がハウジング 1 2 の内径よりも十分に小さいために管路抵抗が発生する。これにより、一次側の圧力が増大する。

[0268] そして、散気盤バブリング工程が開始されると（経過時間 t_{162} ）、第 1 エアバルブ 3 2 が開かれ、エアコンプレッサ 4 3 が作動される。これにより、散気盤バブリング工程の開始直後にエアが流入されると、流入したエアの量に相当する水が、ハウジング 1 2（図 2）よりも十分に細いエア抜き配管 5 5（図 1）に一気に流入する。このため、一次側の圧力が瞬時的に増大する。また、エアの流入量が多いほど、一次側の圧力が大きくなる。

[0269] そこで、推定部 7 4 は、散気盤バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力の到達点での圧力（ピーク）と所定圧力（以降、第 1 バブリング圧力）との対比により、第 1 エアバルブ 3 2 及びエアコンプレッサ 4 3 が異常であるか否かを推定する。前記第 1 バブリング圧力は、第 1 エアバルブ 3 2 及びエアコンプレッサ 4 3 が正常に作動している場合に、散気盤バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピーク値に定められている。

[0270] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行う。ステップ S 4 1 では、推定部 7 4 は、当該濾過プロセスの散気盤バブリング工程中に記憶部 7 1 に記憶された、一次側圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部 7 4 は、当該散気盤バブリング工程の開始直後における一次側圧力のピーク値を検出する。そして、推定部 7 4 は、当該検出した一次側圧力のピーク値と前記第 1 バブリング圧力との差分の絶対値を、前記変化情報として抽出する。

[0271] ステップ S 4 2 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、一次側圧力のピーク値と前記第 1 バブリング圧力との差分の絶対値に基づいて、第 1 エアバルブ 3 2 及びエアコンプレッサ 4 3 が異常であるか否かを推定する。

[0272] 具体的には、ステップS 4 1で前記変化情報として抽出した、一次側圧力のピーク値と前記第1バブリング圧力との差分の絶対値が所定の誤差以下である場合、散気盤バブリング工程に用いるエアの流入量が正常な状態であると推測される。したがって、この場合、推定部7 4は、第1エアバルブ3 2及びエアコンプレッサ4 3が正常であると推定する。一方、ステップS 4 1で前記変化情報として抽出した、一次側圧力のピーク値と前記第1バブリング圧力との差分の絶対値が前記誤差よりも大きい場合、散気盤バブリング工程に用いるエアの流入量が異常な状態であると推測される。したがって、この場合、推定部7 4は、第1エアバルブ3 2及びエアコンプレッサ4 3のうちの一以上の装置が異常であると推定する。

[0273] ステップS 4 3では、推定部7 4は、ステップS 4 2で推定した、第1エアバルブ3 2及びエアコンプレッサ4 3が正常であることを示す情報又は第1エアバルブ3 2及びエアコンプレッサ4 3のうちの一以上の装置が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0274] [導水管バブリング工程時の周辺装置の異常の推定]

図1 7は、導水管バブリング工程時の圧力ロギングデータの一例を示す図である。図1 7の横軸は、導水管バブリング工程の前の第3充水工程（図3）が開始されてからの経過時間（秒）を示し、縦軸は、一次側圧力センサ6 1によって測定された一次側の圧力（K P a）を示す。例えば、図1 7に示すように、導水管バブリング工程前の第3充水工程によって、ハウジング1 2の原水空間S 1が満水状態になると（経過時間t 1 7 1）、エア抜き配管5 5に原水が流れ出し、一次側の圧力が増大する。これは、エア抜き配管5 5の内径がハウジング1 2の内径よりも十分に小さいために管路抵抗が発生するためである。

[0275] そして、導水管バブリング工程が開始されると（経過時間t 1 7 2）、第2エアバルブ3 3が開かれ、エアコンプレッサ4 3が作動される。これにより、導水管バブリング工程の開始直後にエアが流入されると、流入したエアの量に相当する水が、ハウジング1 2（図1）よりも十分に細いエア抜き配

管 5 5（図 1）に一気に流入する。このため、一次側の圧力が瞬時的に増大する。また、エアの流入量が多いほど、一次側の圧力が大きくなる。

[0276] そこで、推定部 7 4 が、導水管バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力の到達点での圧力（ピーク）と所定圧力（以降、第 2 バブリング圧力）との対比により、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 が異常であるか否かを推定するようにしてもよい。前記第 2 バブリング圧力は、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 が正常に作動している場合に、導水管バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力のピーク値に定められている。

[0277] 本構成は、例えば、以下のようにして実現できる。推定部 7 4 は、濾過プロセスの終了時に、図 4 に示す推定処理を行う。ステップ S 4 1 では、推定部 7 4 は、当該濾過プロセスの導水管バブリング工程中に記憶部 7 1 に記憶された、一次側圧力のロギングデータを時系列順に参照する。そして、推定部 7 4 は、当該導水管バブリング工程の開始直後における一次側圧力のピーク値を検出する。そして、推定部 7 4 は、当該検出した一次側圧力のピーク値と前記第 2 バブリング圧力との差分の絶対値を、前記変化情報として抽出する。

[0278] ステップ S 4 2 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、一次側圧力のピーク値と前記第 2 バブリング圧力との差分の絶対値に基づいて、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 が異常であるか否かを推定する。

[0279] 具体的には、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、一次側圧力のピーク値と前記第 2 バブリング圧力との差分の絶対値が所定の誤差以下である場合、導水管バブリング工程に用いるエアの流入量が正常な状態であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 が正常であると推定する。一方、ステップ S 4 1 で前記変化情報として抽出した、一次側圧力のピーク値と前記第 2 バブリング圧力との差分の絶対値が前記誤差よりも大きい場合、導水管バブリング工

程に用いるエアの流入量が異常な状態であると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 のうちの一以上の装置が異常であると推定する。

[0280] ステップ S 4 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 4 2 で推定した、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 が正常であることを示す情報又は第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 のうちの一以上の装置が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0281] 散気盤バブリング工程及び導水管バブリング工程において、ハウジング 1 2 の原水空間 S 1 に流入させるエアの量が過剰に増大すると、中空糸膜 1 1 が絡み易くなり、中空糸膜 1 1 の破断や濾過能力の低下を招く虞がある。また、散気盤バブリング工程及び導水管バブリング工程において用いるエアの流量は、一般的に人による目視で監視される。このため、散気盤バブリング工程及び導水管バブリング工程に用いるエアの流量及び当該エアを供給する装置の異常の有無が、遠隔監視できる点で本構成は有用である。

[0282] (第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態に係る水処理装置 1 について説明する。第 2 実施形態は、基本的に第 1 実施形態と同様であるが、制御部 7 2 が中空糸膜モジュール 1 0 の薬液洗浄の実行を制御し、推定部 7 4 が薬液洗浄による効果又は薬液洗浄中に行われる薬液浸漬工程の時間の長短を推定する点で、第 1 実施形態と異なっている。以下、第 1 実施形態と異なる点についてのみ説明する。

[0283] まず、中空糸膜モジュール 1 0 の薬液洗浄について図 1 8 及び図 1 9 に基づいて説明する。薬液洗浄では、薬液への浸漬によって中空糸膜 1 1 に付着した濁質成分を溶解する。図 1 8 に示すように、第 2 実施形態に係る水処理装置 1 A は、第 1 実施形態の構成に加えて薬液供給部 8 0 を更に備える。薬液供給部 8 0 は、薬液ポンプ 8 1 と、薬液配管 8 2 とを含む。薬液配管 8 2 は、上流端側に薬液ポンプ 8 1 が設置されると共に、下流端が原水配管 2 1 のうち原水バルブ 2 3 よりも下流側の部分に接続されている。

- [0284] 図19は、薬液洗浄における各工程での原水ポンプ22及び薬液ポンプ81のオン／オフ状態並びに各バルブの開閉状態を示している。図19中、丸印がポンプのオン状態又はバルブの開状態を示し、空欄がポンプのオフ状態又はバルブの閉状態を示している。図19に示すように、制御部72は、記憶部71に格納されたシーケンス情報にしたがって、薬液洗浄において、薬液注入工程、充水工程、薬液浸漬工程、エアバブリング工程、排水工程、圧抜き工程、充水工程、エアバブリング工程、排水工程及び圧抜き工程の順で、各工程を実行する。
- [0285] まず、薬液注入工程では、薬液ポンプ81が作動すると共に、原水バルブ23及びエア抜きバルブ56がそれぞれ開放される。これにより、ハウジング12の原水空間S1に薬液が供給される。薬液の種類は特に限定されないが、例えば硫酸、硝酸又は塩酸等の酸類の他、酸化剤、アルカリ剤、界面活性剤、キレート剤又はこれらの組み合わせを用いることができる。
- [0286] 次に、充水工程では、薬液ポンプ81を停止し、原水ポンプ22が作動する。これにより、原水配管21及び導水管14を通じて原水空間S1に原水が供給される。
- [0287] 次に、薬液浸漬工程では、原水ポンプ22を停止すると共に原水バルブ23を閉じ、所定時間待機する。これにより、中空糸膜11が薬液を含む原水中で所定時間保持される。
- [0288] 次に、エアバブリング工程では、第1エアバルブ32が開放される。これにより、薬液を含む原水が原水空間S1に充たされた状態で中空糸膜11がバブリング洗浄される。
- [0289] 次に、排水工程では、エア抜きバルブ56及び第1エアバルブ32が閉じられると共に、排水バルブ54及び第2エアバルブ33が開放される。これにより、薬液及び濁質成分を含む原水がエアにより押され、ハウジング12の外に排出される。その後の圧抜き工程では、排水バルブ54が開放されたままで第2エアバルブ33が閉じられ、ハウジング12内（原水空間S1）が圧抜きされる。

- [0290] 次に、充水工程では、上記と同様、原水ポンプ 2 2 が作動し、排水バルブ 5 4 が閉じられると共に原水バルブ 2 3 及びエア抜きバルブ 5 6 が開放される。これにより、原水空間 S 1 内に原水が再び充たされる。
- [0291] 次に、エアバブリング工程では、原水ポンプ 2 2 を停止し、原水バルブ 2 3 を閉じ、第 1 エアバルブ 3 2 を開放する。これにより、ハウジング 1 2 内にエアが供給され、当該エアが散気盤 1 5 により中空糸膜 1 1 に向かって上向きに分散する。
- [0292] 次に、排水工程では、エア抜きバルブ 5 6 及び第 1 エアバルブ 3 2 が閉じられると共に、排水バルブ 5 4 及び第 2 エアバルブ 3 3 が開放される。これにより、原水空間 S 1 内の水がエアによりハウジング 1 2 の外に押し出される。その後、圧抜き工程では、第 2 エアバルブ 3 3 のみが閉じられ、原水空間 S 1 内が圧抜きされる。尚、図 1 9 中の最後の 4 つの工程（充水～圧抜き）は、ハウジング 1 2 内の薬液が十分に排出されるまで所定回数繰り返される。
- [0293] 以上のようにして、制御部 7 2 は、中空糸膜モジュール 1 0 の薬液洗浄を実行する。尚、制御部 7 2 は、濾過プロセスを繰り返す際に所定の頻度で、例えば 1 日に 1 回、1 週間に 1 回又は 1 月に 1 回等の頻度で薬液洗浄を実行してもよいし、ユーザによる制御装置 7 0 の操作に応じて薬液洗浄を実行してもよい。
- [0294] 第 2 実施形態における推定部 7 4 は、薬液洗浄の前後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始から一次側の圧力が二次側の処理水の押し出しの終了を示す前記終了圧力で安定するまでの時間の、薬液洗浄の前後の逆洗工程における差異に基づいて、薬液洗浄による効果を推定する。
- [0295] 具体的には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態における「物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定（1）」で説明した推定処理と同様に、図 5 に示す推定処理を行うことで当該推定を行う。つまり、ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、薬液洗浄前における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶され

た圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間（例えば図 12 中の t_{121} ）を前記第 1 変化情報として抽出する。

[0296] ステップ S 5 2 では、薬液洗浄後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間（例えば図 12 中の t_{122} ）を前記第 2 変化情報として抽出する。

[0297] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{122} ）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{121} ）を減算した結果（例えば、 $t_{122} - t_{121}$ ）を前記第 1 変化情報と前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0298] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が大きくなっている状況、つまり、薬液洗浄による効果が不十分であると推定する。一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の目詰まりが回復し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が小さくなっている状況、つまり、薬液洗浄による効果が十分であると推定する。

[0299] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、薬液洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0300] 又は、推定部 7 4 が、薬液洗浄の前後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力の到達点における圧力（ピーク）の、薬液洗浄の前後の逆洗工程における差異に基づいて、薬液洗浄による効果を推定するようにしてもよい。

[0301] 具体的には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態における「物理洗浄による効果

又は膜間差圧の今後の上昇の推定（２）］で説明した推定処理と同様に、図５に示す推定処理を行うことで当該推定を行う。つまり、ステップＳ５１では、推定部７４は、薬液洗浄前における逆洗工程中に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始直後における一次側の圧力のピーク値（例えば図１２中のＰ１２１）を前記第１変化情報として抽出する。

[0302] ステップＳ５２では、薬液洗浄後における逆洗工程中に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始直後における一次側の圧力のピーク値（例えば図１２中のＰ１２２）を前記第２変化情報として抽出する。

[0303] ステップＳ５３では、推定部７４は、ステップＳ５２で前記第２変化情報として抽出した一次側の圧力のピーク値（例えば図１２中のＰ１２２）から、ステップＳ５１で前記第１変化情報として抽出した一次側の圧力のピーク値（例えば図１２中のＰ１２１）を減算した結果（例えば、 $P_{122} - P_{121}$ ）を、前記第１変化情報と前記第２変化情報との差異として取得する。

[0304] ステップＳ５４では、推定部７４は、ステップＳ５３で取得した前記差異が負の値である場合、中空糸膜１１の目詰まりが進行している状況、つまり、薬液洗浄による効果が不十分であると推定する。一方、ステップＳ５３で取得した前記差異が正の値である場合、推定部７４は、中空糸膜１１の目詰まりが回復している状況、つまり、薬液洗浄による効果が十分であると推定する。

[0305] ステップＳ５５では、推定部７４は、ステップＳ５４で推定した、薬液洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0306] 又は、推定部７４が、薬液洗浄の前後における逆洗工程中に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間の、薬液洗浄の前後の逆洗工程間における差異に基づいて、薬液洗浄による効果を推定するようにしてもよい。

- [0307] 具体的には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態における「物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定（3）」で説明した推定処理と同様に、図 5 に示す推定処理を行うことで当該推定を行う。つまり、ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、薬液洗浄前における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始から二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間（例えば図 1 3 中の t_{131} ）を前記第 1 変化情報として抽出する。ステップ S 5 2 では、薬液洗浄後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程を開始してから二次側の圧力が前記エア圧力で安定するまでの時間（例えば図 1 3 中の t_{132} ）を前記第 2 変化情報として抽出する。
- [0308] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{132} ）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した時間（例えば、 t_{131} ）を減算した結果（例えば、 $t_{132} - t_{131}$ ）を、前記第 1 変化情報と前記第 2 変化情報との差異として取得する。
- [0309] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行している状況、つまり、薬液洗浄による効果が不十分であると推定する。一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の目詰まりが回復している状況、つまり、薬液洗浄による効果が十分であると推定する。
- [0310] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、薬液洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。
- [0311] 又は、推定部 7 4 が、薬液洗浄の前後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照し、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力の到達点における圧力（ピーク）の、薬液洗浄の前後の逆洗工程間における差異に基づいて、薬液洗浄による効果を推定するように

してもよい。

- [0312] 具体的には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態における〔物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定（４）〕で説明した推定処理と同様に、図 5 に示す推定処理を行うことで当該推定を行う。つまり、ステップ S 5 1 では、推定部 7 4 は、薬液洗浄前における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力のピーク値（例えば図 1 3 中の P 1 3 1）を前記第 1 変化情報として抽出する。
- [0313] ステップ S 5 2 では、薬液洗浄後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照して、当該逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力のピーク値（例えば図 1 3 中の P 1 3 2）を前記第 2 変化情報として抽出する。
- [0314] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した二次側の圧力のピーク値（例えば図 1 3 中の P 1 3 2）から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した二次側の圧力のピーク値（例えば図 1 3 中の P 1 3 1）を減算した結果（例えば、 $P 1 3 2 - P 1 3 1$ ）を、前記第 1 変化情報と前記第 2 変化情報との差異として取得する。
- [0315] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行している状況、つまり、薬液洗浄による効果が不十分であると推定する。一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の目詰まりが回復している状況、つまり、薬液洗浄による効果が十分であると推定する。
- [0316] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、薬液洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。
- [0317] 又は、推定部 7 4 が、薬液洗浄の前後における逆洗工程中に記憶部 7 1 に記憶された圧力ロギングデータを参照し、薬液洗浄の前後の逆洗工程について

て、逆洗工程の開始から逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力が到達点に達するまでの時間（前記第1対象時間）、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力が到達点に達してから安定するまでの時間（前記第2対象時間）、及び逆洗工程の開始時点から一次側又は二次側の圧力が安定する時点までの時間（前記第3対象時間）のうち、何れか一の時間における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値を算出するようにしてもよい。そして、推定部74が、薬液洗浄の前後の逆洗工程間における前記積分値の差異に基づいて、薬液洗浄による効果を推定するようにしてもよい。

[0318] 具体的には、推定部74は、第1実施形態における「物理洗浄による効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定（5）」で説明した推定処理と同様に、図5に示す推定処理を行うことで当該推定を行う。つまり、ステップS51では、推定部74は、薬液洗浄前における逆洗工程中に記憶部71に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部74は、当該逆洗工程中の前記第1対象時間、前記第2対象時間及び前記第3対象時間のうち、何れか一の時間を前記対象時間として算出した前記積分値を、前記第1変化情報として抽出する。

[0319] ステップS52では、推定部74は、薬液洗浄後における逆洗工程中に記憶部71に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部74は、当該逆洗工程中の前記第1対象時間、前記第2対象時間及び前記第3対象時間のうち、ステップS51で前記対象時間とした時間と同じ時間を前記対象時間として算出した前記積分値を、前記第2変化情報として抽出する。

[0320] ステップS53では、推定部74は、ステップS52で前記第2変化情報として抽出した前記積分値から、ステップS51で前記第1変化情報として抽出した前記積分値を減算した結果を、前記第1変化情報と前記第2変化情報との差異として取得する。

[0321] ステップS54では、推定部74は、ステップS53で取得した前記差異

が正の値である場合、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが大きくなっている状況、つまり、薬液洗浄による効果が不十分であると推定する。一方、ステップ S 53 で取得した前記差異が負の値である場合、推定部 74 は、中空糸膜 11 の目詰まりの進行度合いが小さくなっている状況、つまり、薬液洗浄による効果が十分であると推定する。

[0322] ステップ S 55 では、推定部 74 は、ステップ S 54 で推定した、薬液洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0323] また、推定部 74 が、薬液洗浄の前後における逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された圧力ロギングデータを参照し、薬液洗浄の前後の逆洗工程について、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側及び二次側のうちの何れかの圧力の到達点を検出するようにしてもよい。そして、推定部 74 が、前記何れかの圧力が到達点に達した時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の、薬液洗浄の前後の逆洗工程間における差異に基づいて、薬液洗浄による効果を推定するようにしてもよい。

[0324] 具体的には、推定部 74 は、第 1 実施形態における「目詰まりの進行度合い、物理洗浄効果又は膜間差圧の今後の上昇の推定」で説明した推定処理と同様に、図 5 に示す推定処理を行うことで当該推定を行う。つまり、ステップ S 51 では、推定部 74 は、薬液洗浄前における逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部 74 は、当該逆洗工程の開始直後における一次側及び二次側のうちの何れかの圧力のピーク値を検出する。そして、推定部 74 は、当該何れかの圧力がピーク値に達した時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分を、前記第 1 変化情報として抽出する。

[0325] ステップ S 52 では、推定部 74 は、薬液洗浄後における逆洗工程中に記憶部 71 に記憶された一次側及び二次側の圧力ロギングデータを参照する。そして、推定部 74 は、ステップ S 51 と同様にして、当該逆洗工程の開始直後における前記何れかの圧力と同じ圧力（以降、第 2 対象圧力）のピーク

値を検出する。そして、推定部 7 4 は、第 2 対象圧力がピーク値に達した時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分を、前記第 2 変化情報として抽出する。

[0326] ステップ S 5 3 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 2 で前記第 2 変化情報として抽出した二次側の圧力と一次側の圧力との差分から、ステップ S 5 1 で前記第 1 変化情報として抽出した二次側の圧力と一次側の圧力との差分を減算した結果を、前記第 1 変化情報と前記第 2 変化情報との差異として取得する。

[0327] ステップ S 5 4 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が正の値である場合、中空糸膜 1 1 の目詰まりが進行し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が大きくなっている状況、つまり、薬液洗浄による効果が不十分であると推定する。一方、ステップ S 5 3 で取得した前記差異が負の値である場合、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の目詰まりが回復し且つ中空糸膜 1 1 の透過抵抗が小さくなっている状況、つまり、薬液洗浄による効果が十分であると推定する。

[0328] ステップ S 5 5 では、推定部 7 4 は、ステップ S 5 4 で推定した、薬液洗浄による効果が不十分であるか十分であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。

[0329] 尚、推定部 7 4 が、上記の薬液洗浄による効果の推定を行うタイミングは特に限定されず、例えば、薬液洗浄を行う度に当該推定を行ってもよい、薬液洗浄を複数回（例えば、2 回）行う度に当該推定を行ってもよい。又は、1 週間に 1 回、1 か月に 1 回等、所定の頻度で、推定部 7 4 が薬液洗浄による効果の推定を行うようにしてもよい。この頻度は、原水の種類（例えば、河川水、排水又は下水）や季節等に応じて適宜決定すればよい。

[0330] また、薬液注入工程では、中空糸膜モジュール 1 0 の一次側から薬液を注入することに代えて、中空糸膜モジュール 1 0 の二次側から薬液を注入し、当該薬液を二次側から一次側に押し出すようにしてもよい。

[0331] また、推定部 7 4 が薬液洗浄による効果の推定に用いる圧力ロギングデー

タは、薬液洗浄前後１回の逆洗工程中に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータに限らない。例えば、薬液洗浄前後のそれぞれにおける所定回数分又は所定日数分の逆洗工程中に記憶部７１に記憶された圧力ロギングデータの平均値であってもよい。

[0332] また、推定部７４によって薬液洗浄による効果が不十分と推定された場合には、例えば、薬液洗浄時の薬液の濃度を上げる又は中空糸膜１１の薬液への浸漬時間を延ばすことによって、薬液洗浄による効果を高めればよい。また、薬液の温度、薬液浸漬時のバブリングの有無、薬液の循環の有無等を調整することによって、薬液洗浄による効果を高めてもよい。また、推定部７４によって薬液洗浄による効果が不十分と推定された場合に、薬液の種類を変更する時期を延ばすことによって、薬液洗浄による効果を高めてもよい。

[0333] 上記では、推定部７４が薬液洗浄による効果を推定する例について説明したが、推定部７４が、逆洗工程の推定時間に基づいて、中空糸膜モジュール１０の薬液浸漬工程の時間の長短を推定するようにしてもよい。

[0334] 具体的には、推定部７４が、第１実施形態の[逆洗工程に要する時間の推定]で説明した推定処理と同様にして、薬液浸漬工程の前に実施される逆洗工程に要する時間を推定する推定処理と、薬液浸漬工程の後に実施される逆洗工程に要する時間を推定する推定処理と、を行うようにしてもよい。そして、薬液浸漬工程の後に実施される逆洗工程に要する時間が、薬液浸漬工程の前に実施される逆洗工程に要する時間以上である場合、推定部７４が、薬液浸漬工程の時間（図１７中の薬液浸漬工程の時間）が望ましい時間長さに対して短いと推定するようにしてもよい。この場合、推定部７４が、薬液浸漬工程の時間が望ましい時間長さに対して短いことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力するようにしてもよい。

[0335] 一方、薬液浸漬工程の後に実施される逆洗工程に要する時間が、薬液浸漬工程の前に実施される逆洗工程に要する時間よりも短い場合、推定部７４が、薬液浸漬工程の時間が望ましい時間長さに対して長いと推定するようにしてもよい。この場合、推定部７４が、薬液浸漬工程の時間が望ましい時間長

さに対して長いことを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力するようにしてもよい。

[0336] 本構成によれば、薬液洗浄による洗浄効果を確保しつつ、濾過運転の稼働率及び処理水の回収率が上がるように薬液浸漬工程の時間を最適化することができる。

[0337] (第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係る水処理装置1について説明する。第3実施形態は、基本的に第1実施形態又は第2実施形態と同様であるが、報知部75が報知する内容が、第1実施形態及び第2実施形態と異なっている。以下、第1実施形態及び第2実施形態と異なる点についてのみ説明する。

[0338] 制御部72は、濾過プロセスの開始後、各工程の終了時に、測定部60が当該各工程で記憶部71に記憶した圧力ロギングデータに基づき、中空糸膜モジュール10の内部の状態又はエアコンプレッサ43に異常があるか否かを推定部74に推定させる。尚、測定部60が当該各工程で記憶部71に記憶した圧力ロギングデータとは、測定部60が過去に当該各工程と同じ工程で記憶部71に記憶した圧力ロギングデータも含む。

[0339] これに合わせて、推定部74によって中空糸膜モジュール10の内部の状態又はエアコンプレッサ43に異常があることが推定された場合に、報知部75は、当該異常の内容を報知する。報知部75によって異常の内容が報知された場合、制御部72は、実行中の濾過プロセスを終了する。

[0340] 具体的には、推定部74は、例えば以下のようにして、第1充水工程及び排水工程の終了時に、中空糸膜モジュール10の内部の状態に異常があるか否かを推定する。

[0341] 第1充水工程の終了時には、推定部74は、第1実施形態の[第1充水工程に要する時間の推定]で説明した推定処理と同様にして、前回の第1充水工程に要する時間を推定する推定処理と、今回の第1充水工程に要する時間を推定する推定処理と、を行う。その結果、今回の第1充水工程に要する時間が前回の第1充水工程に要する時間よりも短い場合、中空糸膜11の表面に蓄

積している濁質成分が増加傾向にあると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常があると推定する。その他の場合、推定部 7 4 は、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常がないと推定する。

[0342] ただし、これに限らず、推定部 7 4 が、第 1 充水工程の終了時に、上記と同様にして、過去に行われた第 1 充水工程に要する時間を推定する推定処理と、今回の第 1 充水工程に要する時間を推定する推定処理と、を行うようにしてもよい。その結果、今回の第 1 充水工程に要する時間が過去に行われた第 1 充水工程に要する時間よりも短い場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が増加傾向にあると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 が、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常があると推定するようにしてもよい。

[0343] 同様に、排水工程の終了時には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態の[排水工程に要する時間の推定]で説明した推定処理と同様にして、前回の排水工程に要する時間を推定する推定処理と、今回の排水工程に要する時間を推定する推定処理と、を行う。その結果、今回の排水工程に要する時間が前回の排水工程に要する時間よりも短い場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が増加傾向にあると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 は、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常があると推定する。

[0344] ただし、これに限らず、推定部 7 4 が、排水工程の終了時に、上記と同様にして、過去に行われた排水工程に要する時間を推定する推定処理と、今回の排水工程に要する時間を推定する推定処理と、を行うようにしてもよい。その結果、今回の排水工程に要する時間が過去に行われた排水工程に要する時間よりも短い場合、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が増加傾向にあると推測される。したがって、この場合、推定部 7 4 が、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常があると推定するようにしてもよい。

[0345] 尚、上記では、推定部 7 4 が、第 1 充水工程の終了時に推定した、今回と過去の第 1 充水工程に要する時間に基づいて、中空糸膜モジュール 1 0 の内

部に異常があるか否かを推定する例について説明した。

- [0346] しかし、これに限らず、推定部 7 4 が、第 1 充水工程の終了時に、今回の第 1 充水工程に要する時間だけを推定するようにしてもよい。当該推定された時間が実験値等に基づき予め定められた第 1 充水工程に要する時間よりも短い場合も、中空糸膜 1 1 の表面に過剰な量の濁質成分が蓄積していると推測される。したがって、この場合に、推定部 7 4 が、中空糸膜モジュール 1 0 の内部に異常があると推定するようにしてもよい。
- [0347] 同様に、推定部 7 4 が、排水工程の終了時に、今回の排水工程に要する時間だけを推定するようにしてもよい。当該推定された時間が実験値等に基づき予め定められた排水工程に要する時間よりも短い場合も、中空糸膜 1 1 の表面に過剰な量の濁質成分が蓄積していると推測される。したがって、この場合に、推定部 7 4 が、中空糸膜モジュール 1 0 の内部に異常があると推定するようにしてもよい。
- [0348] 上記のようにして、推定部 7 4 は、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態が異常であると推定した場合、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。これとともに、推定部 7 4 は、中空糸膜 1 1 の表面に蓄積している濁質成分が増加傾向にあることを示す情報を、当該異常の内容を示す情報として出力する。そして、報知部 7 5 は、当該推定の結果を示す情報及び当該異常の内容を示す情報を報知する。
- [0349] 尚、報知部 7 5 が、更に、物理洗浄の強化を行うことを促す情報を報知するようにしてもよい。又は、これらの場合に、報知部 7 5 が異常の内容を示す情報を報知した後、制御部 7 2 が、実行中の濾過プロセスを終了しないようにしてもよい。そして、制御部 7 2 が、自動的に中空糸膜モジュール 1 0 の物理洗浄を強化又は薬液洗浄を行うようにしても良い。
- [0350] 上記では、推定部 7 4 が第 1 充水工程及び排水工程の終了時に、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常があるか否かを推定する例について説明した。逆洗工程の終了時には、推定部 7 4 は、例えば以下のようにして、中

中空糸膜モジュール１０の内部の状態に異常があるか否かを推定する。

- [0351] 逆洗工程の終了時には、推定部７４は、第１実施形態の[中空糸膜１１の閉塞度合の推定（１）]で説明した推定処理を行う。その結果、推定部７４は、中空糸膜１１の閉塞度合が非常に大きい状態であると推定した場合に、中空糸膜モジュール１０の内部の状態に異常があると推定する。
- [0352] 推定部７４は、中空糸膜モジュール１０の内部の状態が異常であると推定した場合、中空糸膜モジュール１０の内部の状態が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。これとともに、推定部７４は、中空糸膜１１の閉塞度合が増加傾向にあることを示す情報を、当該異常の内容を示す情報として出力する。そして、報知部７５は、当該推定の結果を示す情報及び当該異常の内容を示す情報を報知する。
- [0353] 尚、報知部７５が、更に、薬液洗浄を行うことを促す情報を報知するようにしてもよい。又は、これらの場合に、報知部７５が異常の内容を報知した後、制御部７２が、実行中の濾過プロセスを終了しないようにしてもよい。そして、制御部７２が、自動的に中空糸膜モジュール１０の物理洗浄の強化又は薬液洗浄を行うようにしてもよい。
- [0354] 尚、逆洗工程の終了時に、推定部７４が、中空糸膜モジュール１０の内部の状態が異常であるか否かを推定する方法は上記に限らない。
- [0355] 例えば、逆洗工程の終了時に、推定部７４が、第１実施形態の[管路抵抗の大小の推定]で説明した推定処理を行うようにしてもよい。その結果、推定部７４が、排水配管５３の管路抵抗が非常に大きい状態であると推定した場合、排水配管５３内の汚れが増加する傾向にあると推測される。したがって、この場合、推定部７４が、中空糸膜モジュール１０の内部の状態に異常があると推定するようにしてもよい。
- [0356] この場合、推定部７４が、中空糸膜モジュール１０の内部の状態が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力するとともに、排水配管５３内の汚れが増加傾向にあることを示す情報を、当該異常の内容を示す情報として出力するようにすればよい。そして、報知部７５が、当該推

定の結果を示す情報及び当該異常の内容を示す情報を報知するようにすればよい。

[0357] また、推定部 74 が、逆洗工程の終了時に、第 1 実施形態の[中空糸膜 11 のリークの有無の推定]で説明した推定処理のステップ S41 及びステップ S42 と同様の処理を行うことにより、今回の逆洗工程において二次側の圧力が安定したときの当該二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値を抽出するようにしてもよい。そして、今回の逆洗工程において二次側の圧力が安定したときの当該二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値が、推定部 74 が前回中空糸膜 11 にリークが生じている状態であると推定したときよりも大きかったとする。この場合、中空糸膜 11 に生じたリークが増加傾向にあると推測されるため、推定部 74 が、中空糸膜モジュール 10 の内部の状態に異常があると推定するようにしてもよい。

[0358] 尚、これに限らず、推定部 74 が、逆洗工程の終了時に、更に、第 1 実施形態の[中空糸膜 11 のリークの有無の推定]で説明した推定処理のステップ S41 及びステップ S42 と同様の処理を行うことにより、過去の逆洗工程において二次側の圧力が安定したときの当該二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値を抽出するようにしてもよい。その結果、今回の逆洗工程において二次側の圧力が安定したときの当該二次側の圧力と前記エア圧力との差分の絶対値が前回の逆洗工程時における差分よりも大きい場合、中空糸膜 11 に生じたリークが増加傾向にあると推測される。したがって、この場合、推定部 74 が、中空糸膜モジュール 10 の内部の状態に異常があると推定するようにしてもよい。

[0359] これらの場合、推定部 74 が、中空糸膜モジュール 10 の内部の状態が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力するとともに、中空糸膜 11 に生じたリークが増加傾向にあることを示す情報を、当該異常の内容を示す情報として出力するようにすればよい。そして、報知部 75 が、当該推定の結果を示す情報及び当該異常の内容を示す情報を報知するようにすればよい。

[0360] 上記では、推定部 7 4 が第 1 充水工程、排水工程及び逆洗工程の終了時に、中空糸膜モジュール 1 0 の内部の状態に異常があるか否かを推定する例について説明した。散気盤バブリング及び導水管バブリングの終了時には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態で説明した方法で、中空糸膜モジュール 1 0 の周辺装置に異常があるか否かを推定する。

[0361] 具体的には、散気盤バブリング工程の終了時に、推定部 7 4 は、第 1 実施形態の[散気盤バブリング工程時の周辺装置の異常の推定]で説明した推定処理を行う。その結果、推定部 7 4 が、第 1 エアバルブ 3 2 及びエアコンプレッサ 4 3 のうちの一以上の装置が異常であると推定したとする。この場合、推定部 7 4 は、当該一以上の装置が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。これとともに、推定部 7 4 は、当該一以上の装置に異常が生じたために散気盤バブリング工程における一次側の圧力に異常が生じていることを示す情報を、当該異常の内容を示す情報として出力する。そして、報知部 7 5 は、当該推定の結果を示す情報及び当該異常の内容を示す情報を報知する。

[0362] 同様に、導水管バブリング工程の終了時には、推定部 7 4 は、第 1 実施形態の[導水管バブリング工程時の周辺装置の異常の推定]で説明した推定処理を行う。その結果、推定部 7 4 が、第 2 エアバルブ 3 3 及びエアコンプレッサ 4 3 のうちの一以上の装置が異常であると推定したとする。この場合、推定部 7 4 は、当該一以上の装置が異常であることを示す情報を、推定の結果を示す情報として出力する。これとともに、推定部 7 4 は、当該一以上の装置に異常が生じたために導水管バブリング工程における一次側の圧力に異常が生じていることを示す情報を、当該異常の内容を示す情報として出力する。そして、報知部 7 5 は、当該推定の結果を示す情報及び当該異常の内容を示す情報を報知する。

[0363] 第 3 実施形態によれば、中空糸膜モジュール 1 0 の設置場所に出向がなくても、報知部 7 5 が報知する内容から、中空糸膜モジュール 1 0 の内部又は中空糸膜モジュール 1 0 の周辺装置に生じた異常の内容を把握することがで

きる。

[0364] (第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態に係る水処理装置1について説明する。第4実施形態は、基本的に第1実施形態、第2実施形態又は第3実施形態と同様である。しかし、第4実施形態は、図2の一点鎖線部に示すように、制御装置70が、更に、推定部74による推定時間に基づいて当該少なくとも一つの工程の設定時間を変更する設定変更部76を有する点が第1実施形態、第2実施形態及び第3実施形態と異なっている。以下、第1実施形態、第2実施形態及び第3実施形態と異なる点についてのみ説明する。

[0365] 具体的には、設定変更部76は、CPU、RAM及びROM等を備えたマイクロコンピュータによって構成されている。尚、制御部72、測定制御部73、推定部74、報知部75及び設定変更部76のうちの二以上が、同一のマイクロコンピュータによって構成されていてもよい。又は、制御部72、測定制御部73、推定部74、報知部75、及び設定変更部76が、それぞれ個別のマイクロコンピュータによって構成されていてもよい。

[0366] 第4実施形態では、制御部72は、濾過プロセス（第1充水工程～圧抜き工程（図3））の実行が終了した後、推定部74に、第1充水工程、逆洗工程及び排水工程のそれぞれに要する時間を推定させる。設定変更部76は、推定部74が推定した第1充水工程、逆洗工程及び排水工程のそれぞれに要する推定時間に基づいて、これらの工程の設定時間を変更する。

[0367] 例えば、設定変更部76は、所定の頻度で、所定期間中に推定部74によって推定された第1充水工程に要する推定時間の平均値を算出する。所定期間は、例えば、前回推定時間の平均値を算出した時点から現在までの期間であってよいし、水処理装置1の設置時点又はメンテナンス終了時点から現在までの期間であってよい。設定変更部76は、記憶部71に記憶されている工程情報に含まれる、第1充水工程を行う設定時間を、当該平均値に変更する。

[0368] 同様にして、設定変更部76は、所定の頻度で、前記工程情報に含まれる

逆洗工程及び排水工程のそれぞれを行う設定時間を、所定期間中に推定部 7 4 によって推定された逆洗工程及び排水工程のそれぞれに要する推定時間の平均値に変更する。所定回数は、1 回であってもよいし、2 回以上であってもよい。

[0369] 尚、設定変更部 7 6 による各工程の設定時間の変更方法は上記に限らない。また、この設定時間の変更は、設定変更部 7 6 により自動で実施される場合に限らず、ユーザが手動で変更してもよい。

[0370] 本構成によれば、推定部 7 4 が推定した第 1 充水工程、逆洗工程及び排水工程それぞれに要する推定時間に基づいてこれらの各工程の時間を再設定することができる。これにより、余分な工程時間を減らすことができる。したがって、コストや手間を抑えつつ濾過運転の稼働率を高めることができる。

[0371] 尚、測定部 6 0 が、第 1 充水工程、逆洗工程及び排水工程だけでなく、逆洗準備工程、エア抜き工程、圧抜き工程においても中空糸膜モジュール 1 0 の一次側及び二次側の圧力を 3 秒以下の間隔で繰り返し測定するようにしてもよい。そして、推定部 7 4 が、その測定結果の時間的推移に基づいて、逆洗準備工程、エア抜き工程、圧抜き工程それぞれの開始から終了までに要する時間を推定するようにしてもよい。

[0372] 具体的には、推定部 7 4 が、逆洗準備工程、エア抜き工程、圧抜き工程の各工程の開始から、一次側又は二次側の圧力がゼロになるまでの時間を、各工程に要する時間として推定するようにすればよい。これに合わせて、設定変更部 7 6 が、第 1 充水工程、逆洗工程及び排水工程の設定時間の変更と同様にして、推定部 7 4 が推定した逆洗準備工程、エア抜き工程、圧抜き工程のそれぞれに要する推定時間に基づいて、逆洗準備工程、エア抜き工程、圧抜き工程のそれぞれの設定時間を変更するようにしてもよい。

[0373] また、設定変更部 7 6 が自動で設定時間を変更する場合の頻度は特に限定されず、例えば 1 時間に 1 回でもよいし、1 日に 1 回でもよいし、1 週間に 1 回でもよいし、1 月に 1 回でもよい。この頻度は、原水の種類（例えば、河川水、排水又は下水）や季節等に応じて適宜決定される。

[0374] また、設定変更部 7 6 が、第 1 充水工程、逆洗工程及び排水工程の全てについて設定時間を変更するようにしてもよいが、これに限定されず、一部の工程についてのみ設定時間を変更するようにしてもよい。設定時間の変更の対象となる工程は、現場の状況に応じて適宜決定すればよい。例えば、原水ポンプ 2 2 の流量の変動が大きい場合や原水配管 2 1 による充水の状況を目視で確認するのが困難な場合には、第 1 充水工程の設定時間を変更することが有効である。

[0375] 尚、上記各実施形態では、測定部 6 0 が濾過プロセスにおける全工程で圧力ロギングデータを記憶部 7 1 に記憶する例について説明した。しかし、これに限らず、測定制御部 7 3 が、濾過プロセスにおける全工程のうち、第 1 充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、散気盤バブリング工程、導水管バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程においてのみ、一次側圧力センサ 6 1 及び二次側圧力センサ 6 2 に圧力を測定させ、圧力ロギングデータを記憶部 7 1 に記憶するようにしてもよい。

[0376] また、制御装置 7 0 が報知部 7 5 を有さないようにしてもよい。これに合わせて、推定部 7 4 の出力情報を記憶部 7 1 に記憶するようにしてもよい。これにより、水処理装置 1 の管理者が、任意のタイミングで、記憶部 7 1 に記憶された推定部 7 4 の出力情報を参照できるようにしてもよい。

[0377] (実施例 1)

塩化鉄模擬水を原水として使用し、これを図 1 の構成を備えた水処理装置 1 を用いて濾過した。具体的には、下記の表 1 中の各工程を順に実施し、その後、推定部 7 4 が推定した各工程に要する推定時間に基づいて各工程の設定時間を表 1 の通り変更した。その結果、安定な濾過運転を維持しつつ、濾過運転の稼働率を 3.6% 向上させることができた。

[0378]

[表1]

No.	工程名称	初期設定時間 (秒)	変更後の 設定時間
1	第1充水	15	12
2	濾過	1800	1800
3	逆洗準備	5	2
4	逆洗	15	4
5	エア抜き	10	5
6	第2充水	5	3
7	散気盤バブリング	60	30
8	第3充水	5	3
9	導水管バブリング	30	20
10	排水	10	5
11	圧抜き	5	2
稼働率(%)		91.8	95.4
安定運転		○	○

[0379] また逆洗工程時に透過液を使用し、下記の表2中の各工程を順に実施した。そして、推定部74が推定した各工程に要する推定時間に基づいて工程の設定時間を表2の通り変更した。その結果、安定な濾過運転を維持しつつ、濾過運転の稼働率を2.5%向上させることができた。

[0380] [表2]

No.	工程名称	初期設定時間 (秒)	変更後の 設定時間
1	充水	30	20
2	濾過	1800	1800
3	逆洗	30	20
4	バブリング	30	15
5	排水	45	30
稼働率(%)		93.0	95.5
安定運転		○	○

[0381] (実施例2)

工業用水を原水として使用し、これを図16の構成を備えた水処理装置1

Aを用いて濾過した。そして、推定部74が推定した逆洗工程の推定時間の変動傾向に基づいて薬液浸漬工程（次亜塩素酸ナトリウム濃度が100mg／lの水中に中空糸膜を浸漬）の設定時間を表3の通り変更した。表3において、No. 7～10の工程からなるサイクルの繰り返し回数は5回とした。薬液浸漬工程の時間を短縮することにより、濾過運転の稼働率を向上させることができた。

[0382] [表3]

No.	工程名称	初期設定時間 (秒)	変更後の 設定時間
1	薬液注入	60	60
2	充水	15	12
3	薬液浸漬	600	400
4	エアバブリング	60	60
5	排水	10	5
6	圧抜き	5	2
7	充水	15	12
8	エアバブリング	30	30
9	排水	10	5
10	圧抜き	5	2

[0383] また中空糸膜モジュール10の2次側から薬液を注入し、表4中の各工程を順に実施することにより薬液洗浄を実施した。そして、推定部74が推定した逆洗工程の推定時間の変動傾向に基づいて薬液浸漬工程の設定時間を表4の通り変更した。これにより、薬液浸漬工程の時間を短縮し、濾過運転の稼働率を向上させることができた。

[0384]

[表4]

No.	工程名称	初期設定時間 (秒)	変更後の 設定時間
1	薬液注入	60	60
2	薬液浸漬	1200	600
3	エアバブリング	60	60
4	排水	45	45
5	逆洗	30	30
6	エアバブリング	60	60
7	排水	45	45
8	逆洗	30	30
9	エアバブリング	60	60
10	排水	45	45

[0385] 今回開示された実施形態及び実施例は、全ての点で例示であって、制限的なものではないと解されるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなくて特許請求の範囲により示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

[0386] [実施形態の概要]

ここで、前記実施形態について概説する。

[0387] 上記実施形態に係る水処理装置は、中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置であって、測定部と推定部とを備えている。前記測定部は、充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で、3秒以下の微小時間毎に、前記中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定を繰り返すように構成されている。前記推定部は、前記一次側及び前記二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、又は前記一以上の工程が複数回行われる場合に、前記時間的推移の、前記複数回の工程間における差異に基づいて、(1)前記中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは前記中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、(2)前記一以上の工程の開始から終了までに要する時間、(3)前記中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効果、又は

（４）前記中空糸膜モジュールの膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている。

[0388] 上記実施形態に係る推定方法は、中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置における推定方法であって、前記水処理装置のコンピュータが、充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で、３秒以下の微小時間毎に、前記中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定を繰り返す。前記コンピュータは、前記一次側及び前記二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、又は前記一以上の工程が複数回行われる場合に、前記時間的推移の、前記複数回の工程間における差異に基づいて、（１）前記中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは前記中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、（２）前記一以上の工程の開始から終了までに要する時間、（３）前記中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効果、又は（４）前記中空糸膜モジュールの膜間差圧の今後の上昇を推定する。

[0389] これらの構成によれば、充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で３秒以下の微小時間毎に、中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定が繰り返される。このため、当該一以上の各工程における一次側及び二次側の圧力の詳細な時間的推移を把握することができる。これにより、一次側及び二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移、又は前記時間的推移の、複数回の工程間における差異から、前記（１）～（４）を適切に推定することができる。その結果、前記推定の結果から、中空糸膜モジュール若しくは中空糸膜モジュールの周辺装置の状態若しくは異常、各工程に要する時間、中空糸膜モジュールの洗浄効果、又は膜間差圧の今後の上昇を適切に把握することができる。

[0390] 上記水処理装置において、前記充水工程は、前記中空糸膜モジュールの内部に原水を満たす工程であり、前記一以上の工程には、前記充水工程が含まれてもよい。そして、前記推定部は、前記充水工程の開始から前記一次側の

圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間に基づいて、前記充水工程に要する時間を推定するように構成されてもよい。

[0391] この構成によれば、現場において充水工程の時間を実測することなく、充水工程に要する時間を容易に推定することができる。このため、充水工程の工程時間の実測に要するコストや手間を抑制し、推定された時間に基づいて各工程時間を設定することにより、余分な工程時間を減らすことができる。したがって、コストや手間を抑えつつ、濾過運転の稼働率を高めることができる。

[0392] 上記水処理装置において、前記充水工程は、前記中空糸膜モジュールの内部に原水を満たす工程であり、前記一以上の工程には、前記充水工程が含まれてもよい。前記推定部は、前記充水工程の開始から前記一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間に基づいて、中空糸膜の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定するように構成されてもよい。

[0393] 充水工程が開始され、中空糸膜モジュールの内部に原水が流れ込むと水頭圧で一次側の圧力が次第に増大する。その後、中空糸膜モジュールの内部が満水状態になると、排出用配管に原水が流入する。その際、排出用配管の内径が小さいために管路抵抗が発生し、一次側の圧力が急速に増大する。また、中空糸膜の表面に蓄積する濁質成分が多いほど、中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さくなる。

[0394] したがって、本構成によれば、充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点になるまでの時間により、中空糸膜モジュールの内部が満水状態になるまでに要する時間を把握することができる。そして、当該時間が短いほど、中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さくなっている、つまり、中空糸膜の表面に蓄積している濁質成分の多寡を適切に推定することができる。

[0395] 上記水処理装置において、前記充水工程は、前記中空糸膜モジュールの内部に原水を満たす工程であり、前記一以上の工程には、前記充水工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記充水工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記充水工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され

てもよい。前記推定部は、前記充水工程の開始から前記一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間の、前記複数回の前記充水工程間における差異に基づいて、前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。前記水処理装置は、更に、前記推定部による推定の結果を報知するように構成されている報知部を備えてもよい。

[0396] 充水工程が開始され、中空糸膜モジュールの内部に原水が流れ込むと水頭圧で一次側の圧力が次第に増大する。その後、中空糸膜モジュールの内部が満水状態に近づくと、一次側の圧力は急速に増大する。したがって、充水工程の開始から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間は、中空糸膜モジュールの内部における濁質成分の蓄積量が多く且つ中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さい状況である程、短くなる。

[0397] また、中空糸膜モジュールの内部における濁質成分の蓄積量が多く且つ中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さい状況である程、中空糸膜における濁質成分の付着量が多い状況であると推測され、つまり、膜間差圧が今後上昇する状況であると推測される。

[0398] 上記水処理装置では、充水工程において、中空糸膜モジュールの内部に原水が満たされるときに一次側の圧力が断続的に測定される。したがって、上記水処理装置では、中空糸膜モジュールの内部における濁質成分の蓄積量に応じた、中空糸膜モジュールの一次側の圧力の推移を測定することができる。

[0399] しかも、上記水処理装置では、複数回の充水工程のそれぞれにおいて、濾過工程における膜間差圧の通常の測定間隔よりも短い3秒以下の間隔で、中空糸膜モジュールの一次側の圧力が測定される。このため、数分以内で終了する各充水工程における、中空糸膜モジュールの一次側の圧力の詳細な時間的推移を把握することができる。

[0400] したがって、この詳細な時間的推移の複数回の充水工程間における差異から、中空糸膜モジュールの一次側の圧力の変化に応じた、中空糸膜モジュールの内部の濁質成分の蓄積量の変化を把握することができる。

- [0401] 具体的には、複数回の充水工程間における、充水工程の開始時点から一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間の差異により、中空糸膜モジュールの内部の濁質成分の蓄積量及び有効容積の変化を把握することができる。このため、中空糸膜モジュールの内部の濁質成分の蓄積量が多くなり且つ中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さくなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜における濁質成分の付着量が多くなっている状況、つまり、膜間差圧が今後上昇する状況であることを適切に推定することができる。そして、その推定の結果を報知することができる。
- [0402] 上記水処理装置において、前記排水工程は、剥離した濁質成分を含むドレン水を排水する工程であり、前記一以上の工程には、前記排水工程が含まれてもよい。前記推定部は、前記排水工程の開始から前記一次側の圧力が安定するまでの時間に基づいて、前記排水工程に要する時間を推定するように構成されてもよい。
- [0403] この構成によれば、現場において排水工程の時間を実測することなく、排水工程に要する時間を容易に推定することができる。このため、排水工程の工程時間の実測に要するコストや手間を抑制し、推定された時間に基づいて各工程時間を設定することにより、余分な工程時間を減らすことができる。したがって、コストや手間を抑えつつ、濾過運転の稼働率を高めることができる。
- [0404] 上記水処理装置において、前記排水工程は、剥離した濁質成分を含むドレン水を排水する工程であり、前記一以上の工程には、前記排水工程が含まれてもよい。前記推定部は、前記排水工程の開始から前記一次側の圧力が安定するまでに要する時間に基づいて、中空糸膜の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定するように構成されてもよい。
- [0405] 排水工程において中空糸膜モジュールの内部のドレン水の排出が終了すると、一次側の圧力は安定する。また、中空糸膜の表面に蓄積する濁質成分が多いほど、中空糸膜モジュール内部の有効容積が小さくなる。
- [0406] したがって、本構成によれば、排水工程の開始から一次側の圧力が安定す

るまでの時間により、中空糸膜モジュールの内部のドレン水の排出が終了するまでに要する時間を把握することができる。そして、当該時間が短いほど、中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さくなっている、つまり、中空糸膜の表面に蓄積している濁質成分の多寡を適切に推定できる。

[0407] 上記水処理装置において、前記排水工程は、剥離した濁質成分を含むドレン水を排水する工程であり、前記一以上の工程には、前記排水工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記排水工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記排水工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記排水工程の開始から前記一次側の圧力が一定になるまでの時間の、前記複数回の前記排水工程間における差異に基づいて、前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。前記水処理装置は、更に、前記推定部による推定の結果を報知するように構成されている報知部を備えてもよい。

[0408] 排水工程において中空糸膜モジュールの内部のドレン水の排出が終了すると、一次側の圧力は安定する。したがって、排水工程の開始から一次側の圧力が一定になるまでの時間は、中空糸膜モジュールの内部における濁質成分の蓄積量が多く且つ中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さい状況である程、短くなる。

[0409] また、中空糸膜モジュールの内部における濁質成分の蓄積量が多く且つ中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さい状況である程、中空糸膜における濁質成分の付着量が多い状況であると推測され、つまり、膜間差圧が今後上昇する状況であると推測される。

[0410] 上記水処理装置では、排水工程において、中空糸膜モジュールの内部のドレン水が排出されるときに一次側の圧力が断続的に測定される。したがって、上記水処理装置では、中空糸膜モジュールの内部における濁質成分の蓄積量に応じた、中空糸膜モジュールの一次側の圧力の推移を測定することができる。

[0411] しかも、上記水処理装置では、複数回の排水工程のそれぞれにおいて、濾

過工程における膜間差圧の通常の測定間隔よりも短い3秒以下の間隔で、中空糸膜モジュールの内部の一次側の圧力が測定される。このため、数分以内で終了する各排水工程における、中空糸膜モジュールの一次側の圧力の詳細な時間的推移を把握することができる。

[0412] したがって、この詳細な時間的推移の複数回の排水工程間における差異から、中空糸膜モジュールの一次側の圧力の変化に応じた、中空糸膜モジュールの内部の濁質成分の蓄積量の変化を把握することができる。

[0413] 具体的には、複数回の排水工程間における、排水工程の開始から前記一次側の圧力が一定になるまでの時間の差異により、中空糸膜モジュールの内部の濁質成分の蓄積量及び有効容積の変化を把握することができる。このため、中空糸膜モジュールの内部の濁質成分の蓄積量が多くなり且つ中空糸膜モジュールの内部の有効容積が小さくなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜における濁質成分の付着量が多くなっている状況、つまり、膜間差圧が今後上昇する状況であることを適切に推定することができる。そして、その推定の結果を報知することができる。

[0414] 上記水処理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記推定部は、前記逆洗工程の開始から、前記少なくとも一方の圧力が一定になるまでの時間又は最大圧力に到達するまでの時間に基づいて、前記逆洗工程に要する時間を推定するように構成されてもよい。

[0415] この構成によれば、現場において逆洗工程の時間を実測することなく、逆洗工程に要する時間を容易に推定することができる。このため、逆洗工程の工程時間の実測に要するコストや手間を抑制し、推定された時間に基づいて各工程時間を設定することにより、余分な工程時間を減らすことができる。したがって、コストや手間を抑えつつ、濾過運転の稼働率を高めることができる。

[0416] 上記水処理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二

次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記推定部は、前記逆洗工程の推定時間に基づいて、前記中空糸膜モジュールの薬液浸漬工程の時間の長短を推定するように構成されてもよい。

[0417] この構成によれば、薬液浸漬工程の時間を適切な時間に変更することができるため、中空糸膜の洗浄時間の無駄を減らし、濾過運転の稼働率をより高めることができる。

[0418] 上記水処理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記逆洗工程の開始から前記一次側の圧力が前記二次側の処理水の押し出しの終了を示す所定の終了圧力で安定するまでの時間に基づいて、前記中空糸膜の閉塞度合を推定するように構成されてもよい。又は、前記推定部は、前記逆洗工程の開始から前記一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。

[0419] 逆洗工程が開始され、二次側の処理水が一次側に押し出された直後は、瞬時的に一次側の圧力が増大する。その後は、中空糸膜の閉塞度合が大きいほど、一次側に処理水が押し出される速度が遅くなり、二次側の処理水の押し出しを終了するまでに要する時間が長くなる。つまり、中空糸膜の閉塞度合が大きいほど、逆洗工程の開始から、一次側の圧力が二次側の処理水の押し出しの終了を示す所定の終了圧力になるまでに要する時間が長くなる。

[0420] したがって、本構成によれば、逆洗工程の開始から一次側の圧力が前記終了圧力になるまでに要する時間により、一次側に処理水が押し出される速度を把握し、当該速度が遅い程、中空糸膜の閉塞度合が大きくなっている状態

であると適切に推定できる。

[0421] 逆洗工程が開始された直後は瞬時的に一次側の圧力が増大する。その後、中空糸膜の目詰まりが進行し且つ中空糸膜の透過抵抗が大きい状況であるほど、一次側に処理水が押し出される速度が遅くなり、二次側の処理水の押し出しを終了するまでに要する時間が長くなる。

[0422] 本構成によれば、逆洗工程が複数回行われる場合に、複数回の逆洗工程のそれぞれにおいて、3秒以下の間隔で中空糸膜モジュールの一次側の圧力が測定される。このため、各逆洗工程の開始時点から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間を検出することができる。したがって、複数回の逆洗工程間における、逆洗工程の開始時点から一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間の差異から、中空糸膜の透過抵抗の変化量を把握することができる。そして、把握した透過抵抗の変化量に基づき、物理洗浄による中空糸膜の目詰まりの回復の効果又は薬液洗浄による中空糸膜に付着した濁質成分の溶解の効果を適切に推定することができる。また、中空糸膜の透過抵抗が増大している状況であることを把握した場合に、膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0423] 上記水处理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側の圧力の到達点に基づき前記一次側の排水用管路の管路抵抗の大小を推定するように構成されてもよい。又は、前記推定部は、前記到達点の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。

[0424] 逆洗工程が開始され、二次側の濾過水が一次側に押し出された直後は、一

次側の原水が排水用配管に流入する際に発生する管路抵抗で、瞬時的に一次側の圧力が増大する。また、排水用配管の汚れが大きいほど一次側の原水が排水されるときに管路抵抗が大きく、一次側の圧力が増大する。

[0425] したがって、本構成によれば、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力により、一次側の原水が排水用配管から排水される際に発生する管路抵抗の大きさを把握し、当該一次側の圧力が大きいほど、一次側の排水用管路の管路抵抗が大きい状態であると適切に推定できる。

[0426] 逆洗工程が開始された直後は、一次側の圧力が瞬時的に増大する。このとき、中空糸膜の目詰まりが少なく且つ中空糸膜の透過抵抗が小さい状況である程、二次側の処理水が一次側に押し出される速度が早くなり、一次側の到達圧力は増大する。

[0427] 本構成によれば、逆洗工程が複数回行われる場合に、複数回の逆洗工程のそれぞれにおいて、3秒以下の間隔で中空糸膜モジュールの一次側の圧力が測定される。このため、各逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大する一次側の圧力の到達点を検出することができる。したがって、この到達点の複数回の逆洗工程間における差異から、中空糸膜の透過抵抗の変化量を把握することができる。そして、把握した透過抵抗の変化量に基づき、物理洗浄による中空糸膜の目詰まりの回復の効果又は薬液洗浄による中空糸膜に付着した濁質成分の溶解の効果を適切に推定することができる。また、中空糸膜の透過抵抗が増大している状況であることを把握した場合に、膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0428] 上記水处理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記逆洗工程の開始から前記二次側の圧力が前記媒体の圧力で安定するまでの時間の、前記複数回の前記逆洗工程間に

おける差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。

[0429] 逆洗工程において、二次側の処理水の一次側への押し出しが終了すると、二次側は加圧された媒体で満たされた状態となり、二次側の圧力が前記媒体の圧力で安定する。ここで、中空糸膜の目詰まりが進行し且つ中空糸膜の透過抵抗が大きい状況である程、二次側の処理水が全て一次側に押し出されるまでに要する時間は長くなる。

[0430] 本構成によれば、複数回の逆洗工程のそれぞれにおいて、3秒以下の間隔で中空糸膜モジュールの二次側の圧力が測定されるので、各逆洗工程の開始時点から二次側の圧力が媒体の圧力で安定するまでの時間を検出することができる。したがって、本構成によれば、複数回の逆洗工程間における、逆洗工程の開始時点から二次側の圧力が前記媒体の圧力で安定するまでの時間の差異から、中空糸膜の透過抵抗の変化量を把握することができる。そして、把握した透過抵抗の変化量に基づき、物理洗浄による中空糸膜の目詰まりの回復の効果又は薬液洗浄による中空糸膜に付着した濁質成分の溶解の効果을適切に推定することができる。また、中空糸膜の透過抵抗が増大している状況であることを把握した場合に、膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0431] 上記水処理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記二次側の圧力の到達点の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。

[0432] 逆洗工程の開始直後、二次側にある処理水は加圧された媒体によって急激

に押されて一次側に流入する。このとき、中空糸膜における処理水の透過が律速段階となり、一次側へ処理水が透過するよりも、前記媒体によって処理水が加圧される度合いが大きい状況となる。このため、二次側の圧力は、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大し、当該増大時の二次側の到達圧力は、中空糸膜の目詰まりが進行し且つ中空糸膜の透過抵抗が大きい状況である程高くなる。

[0433] 本構成によれば、複数回の逆洗工程のそれぞれにおいて、3秒以下の間隔で中空糸膜モジュールの二次側の圧力が測定されるので、各逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した二次側の圧力の到達点を検出することができる。したがって、この到達点の複数回の逆洗工程間における差異から、中空糸膜の透過抵抗の変化量を把握することができる。そして、把握した透過抵抗の変化量に基づき、物理洗浄による中空糸膜の目詰まりの回復の効果又は薬液洗浄による中空糸膜に付着した濁質成分の溶解の効果을適切に推定することができる。また、中空糸膜の透過抵抗が増大している状況であることを把握した場合に、膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0434] 上記水处理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記複数回の前記逆洗工程について、前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側及び前記二次側のうちの何れかの圧力の到達点を検出するように構成されてもよい。そして、前記推定部は、前記何れかの圧力が前記到達点に達した時点における前記二次側の圧力と前記一次側の圧力との差分の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記中空糸膜の目詰まりの進行度合、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。

- [0435] 本構成によれば、複数回の逆洗工程について、3秒以下の間隔で、中空糸膜モジュールの一次側及び二次側のうち少なくとも一方の圧力が測定されているので、逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側及び二次側のうちの何れかの圧力の到達点が検出され得る。すなわち、逆洗工程において、処理水が二次側から一次側に押し出される力によって中空糸膜の表面から剥れ落ちるような濁質成分であったとしても、濁質成分が剥れ落ちることによって低下する前の前記何れかの圧力を適切に検出することができる。
- [0436] その結果、当該検出時点における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の差異を用いることにより、中空糸膜の目詰まりの進行度合い又は中空糸膜における濁質成分の付着量の変化を適切に把握することができる。また、把握した中空糸膜の目詰まりの進行度合いに基づいて、物理洗浄又は薬液洗浄による中空糸膜の目詰まりの回復の効果を適切に推定することができる。また、中空糸膜における濁質成分の付着量が多くなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜の透過抵抗が増大し且つ膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。
- [0437] 上記水処理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成されてもよい。前記推定部は、前記複数回の前記逆洗工程について、（１）前記逆洗工程の開始から前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側又は前記二次側の圧力が到達点に達するまでの時間、（２）前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側又は前記二次側の圧力が前記到達点に達してから安定するまでの時間、及び（３）前記逆洗工程の開始時点から前記一次側又は前記二次側の圧力が安定する時点までの時間のうち、何れか一の時間における前記二次側の圧力と前記一次側の圧力との差分の積分値を算出するように構成されてもよい。そして、前記推定部は、前記複数

回の前記逆洗工程間における前記積分値の差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されてもよい。

[0438] 本発明者は、試験運転により、中空糸膜の目詰まりの進行度合いが所定の度合いよりも大きい場合と小さい場合とで、濾過工程中の二次側の圧力と一次側の圧力との差分が略一定であっても、逆洗工程の開始時点から一次側又は二次側の圧力が安定するまでの時間における前記差分の積分値が顕著に異なることを知見した。同様に、本発明者は、試験運転により、中空糸膜における濁質成分の付着量が所定量よりも多い場合と少ない場合とで、濾過工程中の二次側の圧力と一次側の圧力との差分が略一定であっても、前記積分値が顕著に異なることを知見した。

[0439] また、発明者は、更に試験運転を行い、逆洗工程の開始時点から逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力が到達点に達するまでの時間及び逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側又は二次側の圧力が前記到達点に達してから安定するまでの時間における前記積分値も、中空糸膜の目詰まりの進行度合いが所定の度合いよりも大きい場合と小さい場合とで顕著に異なり、中空糸膜における濁質成分の付着量が所定量よりも多い場合と少ない場合とでも顕著に異なることを知見した。

[0440] したがって、本構成によれば、上記の三つの時間における二次側の圧力と一次側の圧力との差分の積分値の、複数回の逆洗工程間における差異によって、中空糸膜の目詰まりの進行度合い又は中空糸膜における濁質成分の付着量の変化を適切に把握することができる。このため、把握した中空糸膜の目詰まりの進行度合いに基づいて、物理洗浄又は薬液洗浄による中空糸膜の目詰まりの回復の効果を適切に推定することができる。また、中空糸膜における濁質成分の付着量が多くなっている状況であることを把握した場合に、中空糸膜の透過抵抗が増大し且つ膜間差圧が上昇することを適切に推定することができる。

[0441] 上記水処理装置において、前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二

次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれてもよい。前記推定部は、前記逆洗工程において前記二次側の圧力が安定した場合に、前記安定した前記二次側の圧力と前記媒体の圧力との対比により、前記中空糸膜にリークが生じている状態であるか否かを推定するように構成されてもよい。

[0442] 逆洗工程において、中空糸膜にリークが生じていない場合、二次側の処理水の一次側への押し出しが終了すると、二次側の圧力は、二次側の処理水を押し出す媒体の圧力に安定する。しかし、中空糸膜にリークが生じている場合、前記媒体が当該リークの箇所から中空糸膜モジュール内部の一次側に流出する。このため、逆洗工程において二次側の処理水の一次側への押し出しが終了した後、二次側の圧力は前記媒体の圧力よりも低い圧力で安定する。

[0443] したがって、本構成によれば、逆洗工程において二次側の圧力が安定した場合に、前記安定した二次側の圧力と前記媒体の圧力とを対比して、中空糸膜にリークが生じている状態であるか否かを適切に推定することができる。

[0444] 上記水処理装置において、前記バブリング工程は、前記中空糸膜モジュールの内部が満水状態のときに気体を流入し、中空糸膜を揺らして、前記中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、前記一以上の工程には、前記バブリング工程が含まれてもよい。前記推定部は、前記バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側の圧力の到達点と所定圧力との対比により、前記中空糸膜モジュールの内部に前記気体を流入させる前記周辺装置に異常があるか否かを推定するように構成されてもよい。

[0445] バブリング工程の開始直後に中空糸膜モジュール内部に気体が流入されると、流入した気体の量に相当する水が排水用配管に一気に流入するため、一次側の圧力が瞬時的に増大する。また、気体の流入量が多いほど一次側の圧力が大きくなる。

[0446] したがって、本構成によれば、バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した一次側の圧力の到達点により、中空糸膜モジュール内部への気体の流入

量を把握することができる。そして、当該一次側の圧力の到達点と所定圧力とを対比して、中空糸膜モジュール内部に気体を流入させる周辺装置が異常であるか否かを適切に推定できる。

[0447] 上記水処理装置は、前記推定部による推定時間に基づいて、前記一以上の工程の設定時間を変更するように構成されている設定変更部を更に備えてもよい。前記設定変更部は、前記推定部による推定時間に基づいて、前記充水工程、前記圧抜き工程、前記逆洗工程及び前記排水工程のうち複数の工程の設定時間を変更するように構成されてもよい。

[0448] この構成によれば、推定部による推定時間に基づいて、充水工程、圧抜き工程、逆洗工程及び排水工程のうち、複数の工程の設定時間を自動で変更することができる。このため、前記複数の工程の設定時間を、実測された圧力の時間的推移に基づく正確な設定時間に設定することができ、且つ、作業者が手動で設定時間を変更する場合に比べて効率化を図ることができる。

[0449] 上記水処理装置は、前記中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する濾過プロセスの実行を制御するように構成されている制御部を更に備えてもよい。上記水処理装置は、前記推定部によって前記中空糸膜モジュールの内部の状態又は前記周辺装置に異常があることが推定された場合、当該異常の内容を報知するように構成されている報知部を更に備えてもよい。前記濾過プロセスは、前記一以上の工程を含んでもよい。前記制御部は、前記濾過プロセスの開始後、各工程の終了時に、前記測定部が当該各工程で測定した前記少なくとも一方の圧力の時間的推移に基づき、前記中空糸膜モジュールの内部の状態又は前記周辺装置に異常があるか否かを前記推定部に推定させるように構成されてもよい。そして、前記制御部は、前記報知部によって前記異常の内容が報知された場合、実行中の前記濾過プロセスを終了するように構成されてもよい。又は、前記制御部は、前記充水工程、前記逆洗工程又は前記排水工程の終了時に、前記推定部によって前記中空糸膜モジュールの内部の状態に異常があることが推定された場合、前記物理洗浄の強化又は前記薬液洗浄を行うように構成されてもよい。

- [0450] 本構成によれば、濾過プロセスの開始後、各工程の終了時に、中空糸膜モジュールの内部の状態又は周辺装置に異常があることが推定された場合、当該異常の内容が報知され、実行中の濾過プロセスが終了される。このため、水処理装置のユーザは、濾過プロセスにおけるどの工程で、中空糸膜モジュールの内部の状態又は周辺装置にどのような異常が生じたのかを把握することができる。その結果、水処理装置のユーザは、濾過プロセスが行われていない、異常が生じた中空糸膜モジュール又は周辺装置に対して、必要な対処を迅速に行うことができる。
- [0451] 又は、本構成によれば、充水工程、逆洗工程又は排水工程の終了時に、中空糸膜モジュールの内部の状態に異常があることが推定された場合、中空糸膜モジュールの物理洗浄の強化又は薬液洗浄が行われる。このため、本構成は、迅速に中空糸膜モジュールの状態を回復する対処を行え、濾過プロセスを強制的に終了する機会を低減できる。

請求の範囲

- [請求項1] 中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置であって、
充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で、3秒以下の微小時間毎に、前記中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定を繰り返すように構成されている測定部と、
前記一次側及び前記二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、又は
前記一以上の工程が複数回行われる場合に、前記時間的推移の、前記複数回の工程間における差異に基づいて、
(1) 前記中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは前記中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、
(2) 前記一以上の工程の開始から終了までに要する時間、
(3) 前記中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効果、又は
(4) 前記中空糸膜モジュールの膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている推定部と、
を備える水処理装置。
- [請求項2] 前記充水工程は、前記中空糸膜モジュールの内部に原水を満たす工程であり、
前記一以上の工程には、前記充水工程が含まれ、
前記推定部は、前記充水工程の開始から前記一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間に基づいて、前記充水工程に要する時間を推定するように構成されている
請求項1に記載の水処理装置。
- [請求項3] 前記充水工程は、前記中空糸膜モジュールの内部に原水を満たす工程であり、
前記一以上の工程には、前記充水工程が含まれ、

前記推定部は、前記充水工程の開始から前記一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間に基づいて、中空糸膜の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項4]

前記充水工程は、前記中空糸膜モジュールの内部に原水を満たす工程であり、

前記一以上の工程には、前記充水工程が含まれ、

前記測定部は、前記充水工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記充水工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、前記充水工程の開始から前記一次側の圧力の変化の変曲点に到達するまでの時間の、前記複数回の前記充水工程間における差異に基づいて、前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成され、

前記水処理装置は、更に、前記推定部による推定の結果を報知するように構成されている報知部を備える

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項5]

前記排水工程は、剥離した濁質成分を含むドレン水を排水する工程であり、

前記一以上の工程には、前記排水工程が含まれ、

前記推定部は、前記排水工程の開始から前記一次側の圧力が安定するまでの時間に基づいて、前記排水工程に要する時間を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項6]

前記排水工程は、剥離した濁質成分を含むドレン水を排水する工程であり、

前記一以上の工程には、前記排水工程が含まれ、

前記推定部は、前記排水工程の開始から前記一次側の圧力が安定す

るまでに要するまでの時間に基づいて、中空糸膜の表面に蓄積している濁質成分の多寡を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項7]

前記排水工程は、剥離した濁質成分を含むドレン水を排水する工程であり、

前記一以上の工程には、前記排水工程が含まれ、

前記測定部は、前記排水工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記排水工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、前記排水工程の開始から前記一次側の圧力が一定になるまでの時間の、前記複数回の前記排水工程間における差異に基づいて、前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成され、

前記水処理装置は、更に、前記推定部による推定の結果を報知するように構成されている報知部を備える

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項8]

前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記推定部は、前記逆洗工程の開始から、前記少なくとも一方の圧力が一定になるまでの時間又は最大圧力に到達するまでの時間に基づいて、前記逆洗工程に要する時間を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項9]

前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記推定部は、前記逆洗工程の推定時間に基づいて、前記中空糸膜モジュールの薬液浸漬工程の時間の長短を推定するように構成されて

いる

請求項 8 に記載の水処理装置。

[請求項10] 前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、

(1) 前記逆洗工程の開始から前記一次側の圧力が前記二次側の処理水の押し出しの終了を示す所定の終了圧力で安定するまでの時間に基づいて、前記中空糸膜の閉塞度合を推定する、又は

(2) 前記逆洗工程の開始から前記一次側の圧力が前記終了圧力で安定するまでの時間の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項11] 前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、

(1) 前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側の圧力の到達点に基づき前記一次側の排水用管路の管路抵抗の大小を推定す

る、又は

(2) 前記到達点の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項12]

前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、前記逆洗工程の開始から前記二次側の圧力が前記媒体の圧力で安定するまでの時間の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項13]

前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記二次側の圧力の到達点の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項14] 前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、前記複数回の前記逆洗工程について、前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側及び前記二次側のうちの何れかの圧力の到達点を検出し、

前記何れかの圧力が前記到達点に達した時点における前記二次側の圧力と前記一次側の圧力との差分の、前記複数回の前記逆洗工程間における差異に基づいて、前記中空糸膜の目詰まりの進行度合、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項15] 前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記測定部は、前記逆洗工程が複数回行われる場合に、前記複数回の前記逆洗工程のそれぞれにおいて前記測定を繰り返すように構成され、

前記推定部は、前記複数回の前記逆洗工程について、

(1) 前記逆洗工程の開始から前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側又は前記二次側の圧力が到達点に達するまでの時間、

(2) 前記逆洗工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側又は前記二次側の圧力が前記到達点に達してから安定するまでの時間、及び
(3) 前記逆洗工程の開始時点から前記一次側又は前記二次側の圧力が安定する時点までの時間
のうち、何れか一の時間における前記二次側の圧力と前記一次側の圧力との差分の積分値を算出し、

前記複数回の前記逆洗工程間における前記積分値の差異に基づいて、前記物理洗浄若しくは前記薬液洗浄による効果又は前記膜間差圧の今後の上昇を推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項16]

前記逆洗工程は、加圧された媒体により前記二次側の処理水を前記一次側に押し出して、濾過工程で中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記逆洗工程が含まれ、

前記推定部は、前記逆洗工程において前記二次側の圧力が安定した場合に、前記安定した前記二次側の圧力と前記媒体の圧力との対比により、前記中空糸膜にリークが生じている状態であるか否かを推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

[請求項17]

前記バブリング工程は、前記中空糸膜モジュールの内部が満水状態のときに気体を流入し、中空糸膜を揺らして、前記中空糸膜の表面に蓄積した濁質成分を剥離する工程であり、

前記一以上の工程には、前記バブリング工程が含まれ、

前記推定部は、前記バブリング工程の開始直後に瞬時的に増大した前記一次側の圧力の到達点と所定圧力との対比により、前記中空糸膜モジュールの内部に前記気体を流入させる前記周辺装置に異常があるか否かを推定するように構成されている

請求項 1 に記載の水処理装置。

- [請求項18] 前記水処理装置は、更に、前記推定部による推定時間に基づいて、前記一以上の工程の設定時間を変更するように構成されている設定変更部を備え、
- 前記設定変更部は、前記推定部による推定時間に基づいて、前記充水工程、前記圧抜き工程、前記逆洗工程及び前記排水工程のうち複数の工程の設定時間を変更するように構成されている
- 請求項2、5、8、9の何れか一項に記載の水処理装置。
- [請求項19] 前記中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する濾過プロセスの実行を制御するように構成されている制御部と、
- 前記推定部によって前記中空糸膜モジュールの内部の状態又は前記周辺装置に異常があることが推定された場合、当該異常の内容を報知するように構成されている報知部と、
- を更に備え、
- 前記濾過プロセスは、前記一以上の工程を含み、
- 前記制御部は、
- 前記濾過プロセスの開始後、各工程の終了時に、前記測定部が当該各工程で測定した前記少なくとも一方の圧力の時間的推移に基づき、前記中空糸膜モジュールの内部の状態又は前記周辺装置に異常があるか否かを前記推定部に推定させ、
- (1) 前記報知部によって前記異常の内容が報知された場合、実行中の前記濾過プロセスを終了する、又は
- (2) 前記充水工程、前記逆洗工程又は前記排水工程の終了時に、前記推定部によって前記中空糸膜モジュールの内部の状態に異常があることが推定された場合、前記物理洗浄の強化又は前記薬液洗浄を行うように構成されている
- 請求項1に記載の水処理装置。
- [請求項20] 中空糸膜モジュールを用いて原水を濾過する水処理装置における推定方法であって、

前記水処理装置のコンピュータが、

充水工程、逆洗工程、圧抜き工程、バブリング工程及び排水工程のうちの一以上の工程で、3秒以下の微小時間毎に、前記中空糸膜モジュールの一次側及び二次側の圧力の測定を繰り返し、

前記一次側及び前記二次側の圧力のうち少なくとも一方の圧力の測定結果の時間的推移に基づいて、又は

前記一以上の工程が複数回行われる場合に、前記時間的推移の、前記複数回の工程間における差異に基づいて、

(1) 前記中空糸膜モジュールの内部の状態若しくは前記中空糸膜モジュールの周辺装置の異常、

(2) 前記一以上の工程の開始から終了までに要する時間、

(3) 前記中空糸膜モジュールの物理洗浄若しくは薬液洗浄による効果、又は

(4) 前記中空糸膜モジュールの膜間差圧の今後の上昇を推定する
推定方法。