

明 細 書

発明の名称： 運転支援装置および運転支援方法

技術分野

[0001] 本発明は、水処理の運転を支援する運転支援装置および運転支援方法に関する。

背景技術

[0002] 下水処理方法の1つに、流入水から取り除きたい物質を、分離膜の膜面に付着させることで取り除く膜濾過法がある。膜濾過法では、分離膜に目詰まりが発生すると、濾過能力が低下して消費電力が大きくなる。このため、定期的に分離膜の洗浄が行われるが、分離膜の洗浄が繰り返されて再利用に耐えられなくなると分離膜が交換される。

[0003] 膜濾過法では、分離膜の洗浄コストおよび分離膜の交換コストがかかるので、低コストで濾過するために、分離膜の適切な洗浄時期および交換時期を知りたいという要望がある。

[0004] 特許文献1に記載の運転支援装置は、膜濾過処理装置の運転情報に基づいて、膜濾過処理装置の運転コストを低減するための分離膜の濾過過時間および洗浄時間を算出し、算出結果に基づいて分離膜の交換時期を予測している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2009-000580号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記特許文献1の技術では、分離膜を洗浄するか否かを判定するための基準値および分離膜を交換するか否かを判定するための基準値を、運転支援装置の使用者が入力する必要があった。これらの基準値を求めるには、膜濾過法の専門的な知識が必要となるので、分離膜の運用コストを

抑制するための、分離膜の洗浄時期および交換時期を容易に計算することはできなかった。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、分離膜の運用コストを抑制するための分離膜の洗浄時期および交換時期を容易に計算することができる運転支援装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の運転支援装置は、処理水から除去対象物を除去する分離膜の洗浄回数毎の劣化を表現する洗浄効率モデルを用いて分離膜の劣化に応じた分離処理のコストを計算し、分離処理のコストと分離膜の1回あたりの洗浄コストと分離膜の1回あたりの交換コストとを用いて、分離膜の運用期間中における、分離処理のコストと、分離膜の洗浄コストと、分離膜の交換コストと、の合計である運用コストを計算し、運用コストに基づいて、分離膜を洗浄するか否かの判定に用いる第1の基準値および分離膜を交換するか否かの判定に用いる第2の基準値を決定し、決定した第1の基準値および第2の基準値を用いて分離膜の洗浄時期および交換時期を計算する演算部を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、分離膜の運用コストを抑制するための分離膜の洗浄時期および交換時期を容易に計算することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態1にかかる運転支援装置の機能構成図

[図2]実施の形態1にかかる運転支援装置で用いられるパターン集合の例を示す図

[図3]実施の形態1にかかる運転支援装置が計算する閉塞率の時系列変化の例を示す図

[図4]実施の形態1にかかる運転支援装置がパターン運用コストの計算に用いる計算期間と、パターン運用コストの計算結果との関係を示す図

[図5]実施の形態1にかかる運転支援装置が提示する提示画面の例を示す図

[図6]実施の形態1にかかる演算部による演算処理の処理手順を示すフローチャート

[図7]実施の形態2にかかる運転支援装置の機能構成図

[図8]実施の形態2にかかる運転支援装置による運転条件の変更処理と最小基準値パターンの再計算処理を説明するための図

[図9]実施の形態2にかかる運転支援装置が運転条件を変更することなく計算した交換周期を説明するための図

[図10]実施の形態2にかかる運転支援装置が運転条件を変更して計算した交換周期を説明するための図

[図11]実施の形態3にかかる運転支援装置の機能構成図

[図12]実施の形態3にかかる運転支援装置による運転条件の変更処理と最小基準値パターンの再計算処理を説明するための図

[図13]実施の形態3にかかる運転支援装置が運転条件を変更することなく計算した交換周期を説明するための図

[図14]実施の形態3にかかる運転支援装置が運転条件を変更して計算した交換周期を説明するための図

[図15]実施の形態1から3にかかる運転支援装置を実現するハードウェア構成を示す図

[図16]実施の形態4にかかる運転支援装置の機能構成図

[図17]実施の形態4にかかる運転支援装置で用いられる仮基準値パターン集合の例を示す図

[図18]実施の形態4にかかる運転支援装置が計算する閉塞率の時系列変化の例を示す図

[図19]実施の形態4にかかる運転支援装置がパターン運用コストの計算に用いる計算期間と、パターン運用コストの計算結果との関係を示す図

[図20]実施の形態4にかかる演算部による演算処理の処理手順を示すフローチャート

[図21]実施の形態4にかかる運転支援装置の別構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明にかかる運転支援装置および運転支援方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、これらの実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] 実施の形態 1.

図 1 は、実施の形態 1 にかかる運転支援装置の機能構成図である。水処理運転支援装置である運転支援装置 100A は、下水処理といった水処理で用いられる分離膜の運用コストを抑制するための分離膜の洗浄時期および交換時期を予測するコンピュータである。分離膜は、濾過によって処理水から除去対象物を除去する膜である。なお、以下の説明では、分離膜を膜という場合がある。また、分離膜の洗浄時期および交換時期をメンテナンス時期という場合がある。

[0013] 運転支援装置 100A は、演算部 1 と、処理水情報入力部 2 と、蓄積モデル入力部 3 と、効率モデル入力部 4 と、コスト入力部 5 と、消費電力モデル入力部 6 と、結果提示部 7 とを備える。

[0014] 処理水情報入力部 2、蓄積モデル入力部 3、効率モデル入力部 4、コスト入力部 5、および消費電力モデル入力部 6 は、データを取得して、演算部 1 に入力する。これらの各入力部は、何れの手段によってデータを取得してもよい。各入力部は、人手によるデータ入力、外部ソフトウェアからのデータ入力、センサから取得したデータの入力などによってデータを取得する。また、各入力部は、ネットワーク通信、メディア媒介など何れの手段によって演算部 1 にデータを入力してもよい。

[0015] 処理水情報入力部 2 は、水処理の対象となる処理水の水質の情報である水質予測値 D 1 を取得して演算部 1 に入力する。水質予測値 D 1 は、処理水の水質の予測値を示すデータである。

[0016] 蓄積モデル入力部 3 は、ファウラントの蓄積量を表現する蓄積モデル D 2 を取得して演算部 1 に入力する。蓄積モデル D 2 は、ファウリングによって蓄積されるファウラントの蓄積量を表現するモデルである。ファウリングは

、処理水中に含まれる分離対象物質が分離膜の膜面に物理的または化学的に付着する現象である。ファウラントは、分離膜の膜面に付着した物質である。

[0017] 効率モデル入力部4は、洗浄効率のモデルである洗浄効率モデルD5を取得して演算部1に入力する。洗浄効率モデルD5は、分離膜の洗浄回数ごとの劣化を表現するモデルである。膜濾過法では、分離膜の使用を継続していると分離膜の目詰まりが発生するので、処理時間の経過とともに濾過処理の効率が下がっていく。膜濾過法では、定期的に膜からファウラントを取り除くために、分離膜の洗浄と分離膜の交換とを定期的に行われる必要がある。分離膜の洗浄処理では、薬液または濾液で分離膜を洗うことでファウラントが落とされる。一般的に、分離膜の洗浄コストは、分離膜の交換コストよりも安いので、分離膜に目詰まりが発生した場合には、まずは分離膜の洗浄が行われる。分離膜が洗浄されると、分離膜の濾過能力が回復するが、新品の分離膜の濾過能力と比較して洗浄後の分離膜の濾過能力は下がってしまううえに、分離膜の耐久性も低下する。分離膜を洗浄する回数が増えるほど、濾過能力の回復率および分離膜の耐久性が下がる。濾過能力の回復率または分離膜の耐久性が、再利用に耐えられないほど低下すると、分離膜が交換されることとなる。本実施の形態の洗浄効率モデルD5は、分離膜の洗浄回数ごとの、濾過能力の回復率および分離膜の耐久性を表現する。

[0018] コスト入力部5は、メンテナンスコストD6を取得して演算部1に入力する。メンテナンスコストD6は、分離膜のメンテナンスに要するコストであり、分離膜の1回あたりの洗浄に要する洗浄コストと、分離膜の1回あたりの交換に要する交換コストとを含んでいる。

[0019] 消費電力モデル入力部6は、消費電力モデルD7を取得して演算部1に入力する。消費電力モデルD7は、分離膜の閉塞率に対する水処理設備の消費電力を表現するモデルである。なお、以下の説明では、蓄積モデルD2、洗浄効率モデルD5、消費電力モデルD7の何れか1つまたは複数をモデルという場合がある。

- [0020] 演算部 1 は、分離膜のメンテナンス時期の計算に用いられる基準値を演算する。分離膜のメンテナンスの例は、分離膜の洗浄および分離膜の交換である。基準値の例は、分離膜の閉塞率である。以下では、基準値が閉塞率である場合について説明する。
- [0021] 演算部 1 は、分離膜の劣化に応じた分離処理のコストと、メンテナンスコスト D 6 と、を用いて、分離膜の運用中における、分離処理のコストと、洗浄コストと、交換コストと、の合計である運用コストが最小となるよう、基準値を決定し、決定した基準値を用いて分離膜の洗浄時期および交換時期を計算する。分離処理のコストは、分離膜が分離処理を行う際の単位時間当たりの電気代といったコストである。演算部 1 は、分離処理のコストを、洗浄効率モデル D 5 を用いて計算する。演算部 1 は、蓄積量計算部 8 と基準値計算部 9 とを備えており、演算結果を結果提示部 7 に出力する。
- [0022] 蓄積量計算部 8 は、水質予測値 D 1 および蓄積モデル D 2 を用いて、この後に発生するファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 を計算する。時系列変化 D 3 は、ファウラントの蓄積量であるファウリング蓄積量の時間的な変化を示すデータである。蓄積量計算部 8 は、時系列変化 D 3 を基準値計算部 9 に送る。
- [0023] 基準値計算部 9 は、計画計算部 1 3 と、パターン比較部 1 4 とを備える。計画計算部 1 3 は、洗浄処理の計画および交換処理の計画を示す分離膜の計画集合 D 4 を計算する。具体的には、計画計算部 1 3 は、洗浄効率モデル D 5 と、メンテナンスコスト D 6 と、時系列変化 D 3 とを用いて、計画集合 D 4 を計算する。このとき、計画計算部 1 3 は、パターン集合 P (w s h, c n g) に応じた計画集合 D 4 を計算する。パターン集合 P (w s h, c n g) は、分離膜を洗浄するか否かを判定するための第 1 の基準値である洗浄基準値と、分離膜を交換するか否かを判定するための第 2 の基準値である交換基準値との組み合わせパターンの集合である。w s h は洗浄基準値であり、c n g は交換基準値である。パターン集合 P (w s h, c n g) は、分離膜のメンテナンス時期が計算される前に設定しておく。以下の説明では、パタ

ーン集合 P (w s h, c n g) をパターン集合 P という。

[0024] また、以下の説明では、洗浄基準値と交換基準値との組み合わせのパターンを基準値パターンという場合がある。すなわち、分離膜のメンテナンスを行うか否かの判定を行うための基準値である膜メンテナンス基準値を、基準値パターンという場合がある。

[0025] 計画集合 D 4 は、分離膜の洗浄時期および交換時期を示すメンテナンスの計画である。したがって、計画集合 D 4 は、分離膜の運用計画であるともいえる。洗浄時期は、分離膜の洗浄を行う日時または濾過処理開始から洗浄を行うまでの経過時間で示され、交換時期は、分離膜の交換を行う日時または濾過処理開始から交換を行うまでの経過時間で示される。計画集合 D 4 は、時系列変化 D 3 で示される洗浄時期および交換時期を、基準値パターン毎に一覧表で示したものである。

[0026] パターン集合 P に含まれる各基準値パターンに従って分離膜による濾過処理、洗浄処理、交換処理が行なわれる場合、基準値パターン毎に洗浄時期および交換時期が異なることとなる。計画計算部 1 3 は、洗浄基準値と交換基準値との組み合わせに基づいた洗浄時期および交換時期を、計画集合 D 4 として計算する。計画計算部 1 3 は、計算した計画集合 D 4 をパターン比較部 1 4 に送る。

[0027] パターン比較部 1 4 は、計画集合 D 4 と、消費電力モデル D 7 とを用いて、ある期間における各分離膜に基準値パターンを適用した場合に必要な運用コストを計算する。以下の説明では、分離膜に基準値パターンを適用した場合に必要な運用コストをパターン運用コストという。パターン運用コストには、洗浄コストと交換コストとの合計コストと、濾過の電気代といった分離処理のコストとが含まれている。洗浄コストと交換コストとの合計が、分離膜のメンテナンスに要するコストであり、濾過の電気代が分離膜のランニングコストである。洗浄コストには、洗浄液のコストなどが含まれ、交換コストには分離膜の値段が含まれている。

[0028] ここで、パターン運用コストの計算に用いる期間が長いほど計算結果の信

頼度が向上する。換言すると、パターン運用コストを比較する期間が短すぎると、最適でない基準値パターンが採用されてしまう可能性がある。このため、パターン比較部 14 は、基準値パターン毎の運用コストを比較する期間を、分離膜の使用を開始してから分離膜の交換を少なくとも 1 回は含む期間、または分離膜の交換を少なくとも 2 回は含む期間とする。換言すると、パターン比較部 14 は、運用コストを比較する期間を、分離膜の交換周期よりも長い期間とする。

[0029] パターン比較部 14 は、パターン集合 P 内の各基準値パターンに対してパターン運用コストを計算する。パターン比較部 14 は、計算した各パターン運用コストを比較し、最小のパターン運用コストを判定する。パターン比較部 14 は、最小のパターン運用コストの計算に用いた基準値パターンをパターン集合 P 内から抽出する。パターン比較部 14 は、最小のパターン運用コストと、抽出した基準値パターンを結果提示部 7 に送る。

[0030] 結果提示部 7 は、最小のパターン運用コストと、パターン運用コストが最小となる基準値パターンとをユーザに提示する。結果提示部 7 による提示手段は、ディスプレイへの表示、紙への印刷など何れの手段であってもよい。

[0031] つぎに、蓄積量計算部 8、計画計算部 13、パターン比較部 14 が行う各計算について具体例を用いて説明する。ファウリング蓄積量は処理水の流入負荷に比例する。このため、入力する負荷の水質予測値 D1 を X_t とし、蓄積モデル D2 として比例式が用いられる場合、蓄積量計算部 8 が算出するファウリング蓄積量 $V(t)$ の時系列変化 D3 は、以下の式 (1) のように表現できる。式 (1) の「a」は、比例定数である。

[0032] [数1]

$$V(t) = a * X_t \quad \dots \text{式 (1)}$$

[0033] さらに、蓄積量計算部 8 は、ファウリング蓄積量を用いて分離膜の閉塞率を計算できるので、閉塞率を分離膜の洗浄基準値および交換基準値として用いることができる。分離膜の閉塞率の計算モデルとしてファウリング蓄積量

に対する比例式が用いられる場合、分離膜の閉塞率 $R(t)$ は、以下の式（２）のように表現できる。式（２）の「 b 」は、比例定数である。

[0034] [数2]

$$R(t) = b * V(t) \quad \dots \text{式 (2)}$$

[0035] ここでは説明の簡略化のため式（２）のような比例式を用いたが、蓄積モデル D_2 は、以下の式（３）に示すルースの方程式などが用いられてもよいし、また、過去の水質変化のデータが用いられてもよい。式（３）において、 V_f は濾液の総量、 A は分離膜の膜面積、 k は抵抗係数、 P_f は濾過時の膜間差圧、 c はケーキ比率、 μ は水の粘性係数、 V_0 は濾過定数である。膜間差圧は、分離膜を挟んで処理水側である一次側と濾液側である二次側との差圧である。

[0036] [数3]

$$\frac{dV_f}{dt} = \frac{A^2 * k * P_f}{(c * \mu * (V_f + V_0))} \quad \dots \text{式 (3)}$$

[0037] 計画計算部 13 は、式（１）と、事前に設定しておいたパターン集合 P と、洗浄効率モデル D_5 とを用いて、分離膜の計画集合 D_4 を計算する。洗浄効率モデル D_5 は、分離膜の洗浄効率を考慮することで、洗浄を繰り返すことで分離膜が劣化する現象を表現できる。分離膜の洗浄効率を考慮しない、すなわち洗浄効率を常に 100% とすると、分離膜の洗浄を何回行ったとしても洗浄すれば常に分離膜が新品と同一の水準まで回復することになってしまう。このため、分離膜の交換が必要ないこととなり、実情に沿わなくなってしまう。また、分離膜の洗浄効率モデル D_5 として、分離膜の洗浄効率が分離膜の洗浄回数 n に対して指数関数的に低下するモデルが用いられる場合、分離膜の洗浄効率 $R_{ef}(n)$ は以下の式（４）のように表現できる。ここでの「 c 」は指数関数の底である。

[0038] [数4]

$$R_{ef}(n) = c^n \quad \dots \text{式 (4)}$$

[0039] 図2は、実施の形態1にかかる運転支援装置で用いられるパターン集合の例を示す図である。図2では、各基準値パターンにおける洗浄基準値の閉塞率と交換基準値の閉塞率との組み合わせを示している。図2および後述する図4では、基準値パターンの例を、パターンA～Iとして示している。ここでは、パターンA～Iにおける、洗浄基準値の具体的な数値例と、交換基準値の数値例とを示している。

[0040] 図3は、実施の形態1にかかる運転支援装置が計算する閉塞率の時系列変化の例を示す図である。図3では、図2に示す基準値パターンのうち、パターンA、パターンE、パターンIを用いて洗浄および交換を行った場合の閉塞率の時系列変化D3のグラフを示している。図3に示すグラフの横軸は、分離膜が処理水の濾過を開始してから経過時間を示し、縦軸は、膜間差圧に対応する分離膜の閉塞率を示している。

[0041] パターンAの閉塞率の変化推移は変化推移PAで示され、パターンEの閉塞率の変化推移は変化推移PEで示され、パターンIの閉塞率の変化推移は変化推移PIで示されている。1回目の洗浄時期に注目すると、パターンAは、閉塞率が低い段階で洗浄が行われ、パターンIは、閉塞率が高い段階で洗浄が行われていることが読み取れる。計画計算部13は、各基準値パターンを採用した場合の閉塞率の変化推移に基づいて、計画集合D4を策定できる。

[0042] パターン比較部14は、メンテナンスコストD6と、消費電力モデルD7とを用いて、計画集合D4に含まれる計画毎のパターン運用コストを計算する。パターン比較部14は、計算したパターン運用コストの中で最小のパターン運用コストを判定し、最小のパターン運用コストに対応する基準値パターンを取得する。パターン比較部14は、取得した基準値パターンに基づいてメンテナンス計画を作成する。パターン比較部14が作成するメンテナンス計画には、分離膜の洗浄時期と分離膜の交換時期とが含まれている。

[0043] 消費電力モデルD7として、閉塞率に対する比例式が用いられる場合、消費電力 $W(t)$ は以下の式(5)のように表現できる。ここでの、「d」は

比例定数である。

[0044] [数5]

$$W(t)=d \cdot R(t) \quad \cdots \text{式 (5)}$$

[0045] パターン比較部 14 は、パターン運用コストを計算する際には、パターン運用コストの計算に用いる計算期間を定めるが、前述の通り分離膜の交換周期よりも十分に長い計算期間を用いる。すなわち、パターン比較部 14 は、分離膜の交換周期に基づいて、計算期間を設定する。分離膜の交換周期は、分離膜を交換してから次の交換までの期間である。なお、パターン比較部 14 は、計算期間として、ユーザからの指示で指定された期間を用いてもよいし、事前に設定しておいた初期値を用いてもよい。

[0046] ここで、計算期間が計算期間 T1 のように短い場合と、計算期間が計算期間 T1 よりも長い計算期間 T2 の場合との判定結果の違いについて説明する。計算期間 T1 の一例は 240 日であり、計算期間 T2 の一例は 300 日である。なお、本実施の形態では、期間の単位が「日」である場合について説明するが、期間は、「週」、「月」など何れの単位であってもよい。

[0047] 図 4 は、実施の形態 1 にかかる運転支援装置がパターン運用コストの計算に用いる計算期間と、パターン運用コストの計算結果との関係を示す図である。図 4 の計算結果では、パターン運用コストの計算期間が 240 日である場合のパターン A, E, I に対する計算結果と、パターン運用コストの計算期間が 300 日である場合のパターン A, E, I に対する計算結果とが示されている。ここでの計算結果は、「洗浄回数」、「交換回数」、「電気代」、および「パターン運用コスト」である。「洗浄回数」は、分離膜を洗浄する回数であり、「交換回数」は分離膜を交換する回数であり、「電気代」は、計算期間に対応する濾過処理中に使われる電気代である。

[0048] パターン運用コストに用いる計算期間が短い場合、パターン運用コストに用いる計算期間が長い場合と比べて、判定結果が異なってしまう場合がある。例えば、図 4 において、計算期間 T1 = 240 日は、比較したパターンの

中で交換周期が最長のものよりも短い期間である。具体的には、計算期間 $T_1 < (\text{パターン I の場合の交換周期})$ である。このため、計算期間 $T_1 = 240$ 日の場合と計算期間 $T_2 = 300$ 日の場合とで判定結果が異なっている。すなわち、計算期間 $T_1 = 240$ 日の場合は、パターン E が最小のパターン運用コストとなり、計算期間 $T_2 = 300$ 日の場合は、パターン I が最小のパターン運用コストとなっている。

[0049] パターン運用コストの計算期間は長いほど計算結果の信頼性が高いので、計算期間 $T_2 = 300$ 日の場合の方が、計算期間 $T_1 = 240$ 日の場合よりも計算結果の信頼性が高い。すなわち、パターン I が最小のパターン運用コストであると考えられる。このため、パターン比較部 14 は、計算期間 $T_1 = 240$ 日のように、計算期間 $T_2 = 300$ 日と判定結果が異なってしまう計算期間は採用しない。

[0050] パターン比較部 14 は、比較するパターン A～I といった基準値パターンの中で最長の交換周期の少なくとも倍の長さをパターン運用コストの計算期間として用いることとする。なお、判定結果が収束するまでパターン運用コストの計算期間を延ばして、繰り返しパターン運用コストの再計算を行うことが望ましい。パターン比較部 14 は、十分長い計算期間を用いて計算したパターン運用コストを比較し、パターン運用コストが最小となる基準値パターンを判定する。そして、結果提示部 7 が、パターン運用コストが最小となる基準値パターンを提示する。

[0051] 図 5 は、実施の形態 1 にかかる運転支援装置が提示する提示画面の例を示す図である。結果提示部 7 は、分離膜の洗浄タイミングとして、「膜が XX % 閉塞したとき」といったタイミングを表示する。また、結果提示部 7 は、分離膜の交換タイミングとして、「洗浄後の膜間差圧が YY % 以上になるとき」といったタイミングを表示する。洗浄タイミングは、洗浄を行う条件で規定されたタイミングであり、交換タイミングは、交換を行う条件で規定されたタイミングである。

[0052] また、結果提示部 7 は、基準値パターンを表示する。また、結果提示部 7

は、計算結果を、水処理設備の運用者に提示する情報に変換した値を表示してもよい。この場合、パターン比較部 14 が、計算結果を、水処理設備の運用者に提示する情報に変換する。変換した値とは、例えば、この後に洗浄または交換を行う日付、パターン比較部 14 が決定した計画以外の洗浄計画および交換計画、洗浄計画および交換計画を実行した場合のコストなどである。結果提示部 7 は、次回以降に洗浄または交換を行う日付を表示する場合、今後の洗浄時期として、「Z a 日後、Z b 日後、Z c 日後」のように表示し、今後の交換時期として、「Z d 日後、Z e 日後、Z f 日後」のように表示する。

[0053] つぎに、演算部 1 による演算処理手順について説明する。図 6 は、実施の形態 1 にかかる演算部による演算処理の処理手順を示すフローチャートである。ここでの処理手順は、演算部 1 をプログラムとして実行する場合の処理手順と同じである。

[0054] 運転支援装置 100A は、演算部 1 が演算を開始する前に、予め基準値パターンのパターン集合 P を用意しておく。パターン集合 P に含まれる基準値には、種々の値が含まれている。さらに、運転支援装置 100A は、計算期間の初期値を決めておく。

[0055] 演算部 1 は、処理水の情報である水質予測値 D 1 および蓄積モデル D 2 を取得する（ステップ S 1, S 2）。演算部 1 は、水質予測値 D 1 および蓄積モデル D 2 に基づいて、今後のファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 を計算する（ステップ S 3）。

[0056] その後、演算部 1 は、分離膜の洗浄効率モデル D 5 と、メンテナンスコスト D 6 と、分離膜の閉塞率に対する水処理設備の消費電力モデル D 7 とを取得する（ステップ S 4, S 5, S 6）。演算部 1 は、パターン集合 P 内から 1 つ目の基準値パターンの値を取得し、計算期間における計画である洗浄計画および交換計画の計算を行い（ステップ S 7）、計算した洗浄計画および交換計画に基づいて、パターン運用コストを計算する（ステップ S 8）。そして、演算部 1 は、ステップ S 8 で計算したパターン運用コストの値と、こ

れまでの計算結果におけるパターン運用コストの最小値とを比較する。演算部1は、ステップS8で計算したパターン運用コストが最小値になるか否かを判定する（ステップS9）。

[0057] ステップS8で計算したパターン運用コストが最小値となる場合（ステップS9、Yes）、演算部1は、パターン運用コストの最小値と、最小となるパターン運用コストを計算した際に用いた基準値パターンとを更新し（ステップS9-1）、記録しておく。なお、パターン運用コストの初回の計算時は、必ずステップS8で計算したパターン運用コストの値が最小値となる。演算部1は、ステップS9-1の後、ステップS10の処理を行う。

[0058] ステップS8で計算したパターン運用コストが最小値とならない場合（ステップS9、No）、演算部1は、パターン集合Pのうちパターン運用コストの計算が終わっていない基準値パターンが残っているか否かを判定する。すなわち、演算部1は、すべての基準値パターンに対して、最小値との比較が終了しているか否かを判定する（ステップS10）。計算が終わっていない基準値パターンがある場合（ステップS10、No）、演算部1は、計算が終わっていない基準値パターンのうちの1つを取得し、計算する基準値パターンを更新する（ステップS10-1）。そして、演算部1は、新しい基準値パターンを用いて、ステップS7からS10までの処理を再度行う。

[0059] 演算部1は、すべての基準値パターンに対してパターン運用コストを計算し、計算したパターン運用コストと最小値との比較が終了するまで、ステップS10-1、ステップS7からS10の処理を繰り返す。すべての基準値パターンに対してパターン運用コストを計算して最小値と比較すると（ステップS10、Yes）、演算部1は、今回のパターン運用コストの計算を実施した計算期間において、パターン運用コストが最小となる基準値パターンが、前回のパターン運用コストを計算した時にパターン運用コストが最小となった基準値パターンと同じであるか否かを比較する。前回の計算で導出した最小の基準値パターンは、前回のステップS7からS10のループで計算された最小の基準値パターンであり、今回の計算で導出した基準値パターン

は、今回のステップS 7 からS 1 0のループで計算された最小の基準値パターンである。以下、最小基準値パターンという。

[0060] 演算部1は、今回の最小基準値パターンが、前回の最小基準値パターンと異なる場合には、最小となる最新の基準値パターンを今回の最小基準値パターンに更新する。演算部1は、最小となる基準値パターンが更新されたか否かを判定する（ステップS 1 1）。

[0061] 最小となる基準値パターンが更新された場合（ステップS 1 1、Y e s）、すなわち今回の最小基準値パターンが、前回の最小基準値パターンと異なる場合、演算部1は、今回の計算期間である計算期間Tを、新しい計算期間 $T' = (T + \Delta T)$ に更新する（ステップS 1 1-1）。そして、演算部1は、新しい計算期間T'を用いてステップS 7 からS 1 1の処理を実行する。

[0062] 最小となる基準値パターンが更新されなかった場合（ステップS 1 1、N o）、すなわち今回の最小基準値パターンが、前回の最小基準値パターンと同じである場合、演算部1は、最小基準値パターンが収束したと判断する。演算部1は、最小基準値パターンが収束したと判断すると、今回または前回の最小基準値パターンを、結果提示部7に送る。これにより、結果提示部7は、今回または前回の最小基準値パターンを計算結果として表示する（ステップS 1 2）。

[0063] このように、実施の形態1では、分離膜の運用中における、分離処理のコストと、分離膜の洗浄コストと、分離膜の交換コストと、の合計であるパターン運用コストが最小となるよう、基準値パターンを決定し、決定した基準値パターンを用いて分離膜の洗浄時期および交換時期を計算する。したがって、分離膜のパターン運用コストを抑制するための分離膜の洗浄時期および交換時期を、専門的な知識に基づいた基準値の入力を必要とせずに容易に予測することが可能となる。

[0064] 実施の形態2.

つぎに、図7～図10を用いてこの発明の実施の形態2について説明する

。実施の形態 1 においては、現在実施している水処理設備の運転状況を変更しない場合における最小基準値パターンを計算した。この最小基準値パターンが運用者の要求する膜メンテナンス条件を満たしていない場合、膜メンテナンス条件を満たすよう水処理設備の運転条件を変更することが望まれる。そこで、実施の形態 2 では、膜メンテナンス条件を満たすよう水処理設備の運転条件を変更するとともに、膜メンテナンス条件を満たす最小基準値パターンを計算する。膜メンテナンス条件は、分離膜のメンテナンスの条件である。

[0065] 図 7 は、実施の形態 2 にかかる運転支援装置の機能構成図である。図 7 に示す運転支援装置 100B の各構成要素のうち図 1 に示す実施の形態 1 の運転支援装置 100A と同一機能を達成する構成要素については同一符号を付しており、重複する説明は省略する。

[0066] 運転支援装置 100B は、運転支援装置 100A が備える構成要素に加えて、膜メンテナンス条件入力部 19 と、基準値調整部 20B と、設備制御部 21 とを備えている。設備制御部 21 は、膜メンテナンス設備 22 を備えた水処理設備 23B に接続されている。

[0067] 膜メンテナンス条件入力部 19 は、運用者によって指定された膜メンテナンス条件を取得して基準値調整部 20B に入力する。膜メンテナンス条件の例は、分離膜の交換までの期間を示す交換周期である。膜メンテナンス条件入力部 19 は、人手によるデータ入力、外部ソフトウェアからのデータ入力、センサから取得したデータの入力などによってデータを取得する。

[0068] 基準値調整部 20B は、結果提示部 7、膜メンテナンス条件入力部 19、設備制御部 21 に接続されている。また、基準値調整部 20B は、蓄積モデル入力部 3、効率モデル入力部 4、コスト入力部 5、消費電力モデル入力部 6 に接続されている。

[0069] 基準値調整部 20B は、演算部 1 による計算結果を結果提示部 7 から取得する。具体的には、基準値調整部 20B は、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を結果提示部 7 から取得する。基準値調整部 20B は、演算部

1 による最小基準値パターンが、膜メンテナンス条件を満たすよう、水処理設備 2 3 B の運転条件を変更する。運転条件は、蓄積モデル D 2、洗浄効率モデル D 5、メンテナンスコスト D 6、および消費電力モデル D 7 のうちの少なくとも 1 つに影響を与える条件である。ここでの基準値調整部 2 0 B は、メンテナンス時期が膜メンテナンス条件を満たすような運転条件を設定し、設定した運転条件を、蓄積モデル入力部 3、効率モデル入力部 4、コスト入力部 5、または消費電力モデル入力部 6 に送る。基準値調整部 2 0 B は、例えば、新たな蓄積モデル D 2 を設定すると、設定した蓄積モデル D 2 を蓄積モデル入力部 3 に送る。演算部 1 は、変更された運転条件を用いて、再び最小基準値パターンを再計算する。

[0070] 基準値調整部 2 0 B は、演算部 1 による計算結果が膜メンテナンス条件を満たすまで、水処理設備 2 3 B の運転条件を変更して、演算部 1 に最小基準値パターンを計算させる処理を繰り返す。

[0071] 基準値調整部 2 0 B は、メンテナンス時期が膜メンテナンス条件を満たすような運転条件を決定すると、決定した運転条件を設備制御部 2 1 に入力する。

[0072] 設備制御部 2 1 は、水処理設備 2 3 B を制御する。本実施の形態の設備制御部 2 1 は、基準値調整部 2 0 B からの運転条件に従って、膜メンテナンス設備 2 2 の運転条件を変更する。膜メンテナンス設備 2 2 は、分離膜の状態を維持するための設備または装置である。膜メンテナンス設備 2 2 の例は、膜面の曝気風量を調節するブロフ、膜洗浄に用いる洗浄液の濃度を調節するポンプである。

[0073] 運転支援装置 1 0 0 B は、運転支援装置 1 0 0 A と同様の方法によって、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を計算する。以下、運転支援装置 1 0 0 B が最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を計算した後の、運転支援装置 1 0 0 B による処理について説明する。運転支援装置 1 0 0 B は、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を計算した後、膜メンテナンス条件を満たすよう運転条件を変更し、最小基準値パターンおよびメンテ

ナンス時期を再計算する。

[0074] 図8は、実施の形態2にかかる運転支援装置による運転条件の変更処理と最小基準値パターンの再計算処理を説明するための図である。ここでは、膜メンテナンス設備22が膜面曝気を行うブロワ22Xであり、メンテナンス時期が膜メンテナンス条件を満たすよう、運転支援装置100Bが、ブロワ22Xの運転条件を変更する場合について説明する。

[0075] 水処理設備23Bは、前処理槽30Aと、膜濾過槽30Bと、分離膜31と、ブロワ22Xとを備えている。前処理槽30Aは、処理水W1内に含まれる懸濁物質を沈殿させた後に膜濾過槽30Bに送る。膜濾過槽30Bは、分離膜31を備えており、分離膜31で処理水W1を濾過する。ブロワ22Xは、分離膜31に膜面曝気を行う。膜濾過槽30Bは、濾過した処理水W1を外部に送出する。

[0076] 一般に、分離膜31の膜面曝気の風量、すなわちブロワ22Xの出力を増加させると、ファウラントの蓄積量の増加量が少なくなる。また、一般に、ブロワ22Xの出力を増加させると、単位時間当たりの消費電力量は増加する。したがって、ブロワ22Xの出力を変更することによって変更することができる運転条件は、蓄積モデルD2および消費電力モデルD7である。ここでは、実施の形態1で説明したモデルと同じ蓄積モデルD2および消費電力モデルD7を採用した場合について説明する。すなわち、ここでの運転支援装置100Bは、蓄積モデルD2として式(1)および式(2)を用い、消費電力モデルD7として式(5)を用いる。基準値調整部20Bは、膜メンテナンス条件を満たすよう調整した蓄積モデルD2を、蓄積モデル入力部3に入力し、膜メンテナンス条件を満たすよう調整した消費電力モデルD7を、消費電力モデル入力部6に入力する。膜メンテナンス条件入力部19に入力されるメンテナンス条件は、分離膜31の交換周期が51日以上であるとする。なお、運転条件として、膜洗浄に用いる洗浄液の濃度が変更される場合、洗浄液の濃度によって分離膜31の洗浄コストが変化するので、メンテナンスコストD6が変化する。

- [0077] 以下、運転支援装置 100B による具体的な運転条件の変更処理、および最小基準値パターンの再計算処理の処理手順を説明する。運転支援装置 100B の演算部 1 は、実施の形態 1 の運転支援装置 100A と同様に、現在の運転条件下での最小基準値パターンを計算し、計算した最小基準値パターンに基づいて、分離膜 31 の交換周期を計算する。演算部 1 は、計算結果である交換周期を結果提示部 7 に入力し、結果提示部 7 は、交換周期を基準値調整部 20B に入力する。基準値調整部 20B は、膜メンテナンス条件入力部 19 から入力された膜メンテナンス条件と計算結果である交換周期とを比較する。
- [0078] 図 9 は、実施の形態 2 にかかる運転支援装置が運転条件を変更することなく計算した交換周期を説明するための図である。図 9 では、ブロウ 22X の出力であるブロウ出力の初期値と、式 (1) の「a」の初期値と、式 (2) の「b」の初期値と、式 (5) の「d」の初期値と、洗浄基準値の初期値と、交換基準値の初期値と、交換周期と、パターン運用コストとの対応関係を示している。なお、図 9、後述する図 10、図 13、および図 14 では、洗浄基準値および交換基準値を歩合で示している。
- [0079] 図 9 に示すように、ブロウ出力の初期値で水処理設備 23B を動作させる場合、交換周期は 44 日であるので、メンテナンス条件で指定された 51 日より短い。すなわち、ブロウ出力の初期値で計算した交換周期が、メンテナンス条件で指定された交換条件よりも短いので、ブロウ出力の初期値は、メンテナンス条件を満たしていない。この場合、基準値調整部 20B は、ブロウ出力を増加させた場合の蓄積モデル D2 および消費電力モデル D7 を作成する。基準値調整部 20B は、式 (2) の「b」を更新することによって新たな蓄積モデル D2 を作成し、式 (5) の「d」を更新することによって新たな消費電力モデル D7 を作成する。
- [0080] 基準値調整部 20B は、ブロウ出力を増加させた場合の蓄積モデル D2 を蓄積モデル入力部 3 に入力し、ブロウ出力を増加させた場合の消費電力モデル D7 を消費電力モデル入力部 6 に入力する。これにより、演算部 1 は、最

小基準値パターンを再計算する。

- [0081] このように、運転支援装置 100B は、モデルを更新しながら最小基準値パターンの再計算を繰り返し、メンテナンス条件を満たすことができるモデルまたはメンテナンスコスト D6 を決定する。すなわち、演算部 1 は、メンテナンス条件を満たすよう、膜メンテナンス設備 22 の運転条件を変更し、変更した運転条件に基づいて、モデルおよびメンテナンスコスト D6 の少なくとも 1 つを更新したうえで、分離膜 31 の洗浄時期および交換時期を再計算する。
- [0082] 図 10 は、実施の形態 2 にかかる運転支援装置が運転条件を変更して計算した交換周期を説明するための図である。図 10 では、交換周期の計算回数と、ブロウ出力の値と、式 (1) の「a」と、式 (2) の「b」と、式 (5) の「d」と、洗浄基準値と、交換基準値と、交換周期と、パターン運用コストとの対応関係を示している。
- [0083] 交換周期の計算回数は、基準値調整部 20B が交換周期を計算した回数である。計算回数の「1」は、ブロウ出力の初期値を用いて交換周期を計算した場合である。計算回数の「2」は、ブロウ出力を変更して交換周期を最初に再計算した場合であり、計算回数の「3」は、ブロウ出力をさらに変更して交換周期をさらに再計算した場合である。
- [0084] 基準値調整部 20B は、ブロウ出力を計算するたびに、ブロウ出力を増やしていく。ブロウ出力の増加にともなって、式 (2) の「b」が減少し、式 (5) の「d」は増加する。また、ブロウ出力の増加に伴って交換周期が長くなる。図 10 に示すように、交換周期の 4 回目の計算によって交換周期が 54 日となり、メンテナンス条件で指定された 51 日以上となる。基準値調整部 20B は、このときに変化している式 (2) の「b」を用いて蓄積モデル D2 を変更し、式 (5) の「d」を用いて消費電力モデル D7 を変更する。
- [0085] メンテナンス条件を満たすことができるモデルが決定すると、基準値調整部 20B は、メンテナンス条件を満たすことができるブロウ出力を設備制御

部 2 1 に入力する。

[0086] 設備制御部 2 1 は、ブロワ出力といった変更された動作条件を受付けると、受付けた動作条件に合致するよう水処理設備 2 3 B への操作量を計算する。設備制御部 2 1 は、膜面曝気用のブロワ出力を 1.6 倍にすることでメンテナンス条件を満たすことができるので、設備制御部 2 1 は、操作量を 1.6 倍にするための信号をブロワ 2 2 X に送信する。これにより、ブロワ 2 2 X は、膜面曝気の量を 1.6 倍に増やす。この結果、水処理設備 2 3 B は、メンテナンス条件を満たしながら処理水 W 1 の濾過を行うことが可能となる。なお、洗浄基準値が計算回数によって異なっている箇所があるのは、交換周期を計算する各回で計算期間が異なる場合があり、計算期間が異なると洗浄基準値も異なる場合があるからである。

[0087] このように実施の形態 2 によれば、膜メンテナンス設備 2 2 を制御することによって運用者が指定したメンテナンス条件を満たしつつ、分離膜 3 1 のパターン運用コストを抑制するための分離膜 3 1 の洗浄時期および交換時期を、専門的な知識に基づいた基準値の入力を必要とせずに容易に予測することが可能となる。

[0088] 実施の形態 3.

つぎに、図 1 1 ~ 図 1 4 を用いてこの発明の実施の形態 3 について説明する。実施の形態 2 においては、メンテナンス条件を満たすために、膜メンテナンス設備 2 2 を制御したが、膜分離の前段階の設備である前処理槽 3 0 A によって処理水 W 1 の水質を制御してもよい。実施の形態 3 では、運用者が指定したメンテナンス条件を満たすよう前処理槽 3 0 A での運転条件を変更するとともに、メンテナンス条件を満たす最小基準値パターンを計算する。

[0089] 図 1 1 は、実施の形態 3 にかかる運転支援装置の機能構成図である。図 1 1 に示す運転支援装置 1 0 0 C の各構成要素のうち運転支援装置 1 0 0 A または運転支援装置 1 0 0 B と同一機能を達成する構成要素については同一符号を付しており、重複する説明は省略する。

[0090] 運転支援装置 1 0 0 C は、運転支援装置 1 0 0 B と比較して、基準値調整

部 20B の代わりに基準値調整部 20C を備えている。基準値調整部 20C は、結果提示部 7、膜メンテナンス条件入力部 19、設備制御部 21 に接続されている。また、基準値調整部 20C は、処理水情報入力部 2、蓄積モデル入力部 3、消費電力モデル入力部 6 に接続されている。設備制御部 21 は、水処理設備 23C に接続されている。

[0091] 基準値調整部 20C は、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を結果提示部 7 から取得する。基準値調整部 20C は、演算部 1 による最小基準値パターンおよびメンテナンス時期が、膜メンテナンス条件を満たすよう、水処理設備 23C の運転条件を変更する。運転条件は、水質予測値 D1、蓄積モデル D2、および消費電力モデル D7 のうちの少なくとも 1 つに影響を与える条件である。ここでの基準値調整部 20C は、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期が膜メンテナンス条件を満たすような運転条件を設定し、設定した運転条件を、処理水情報入力部 2、蓄積モデル入力部 3、または消費電力モデル入力部 6 に送る。基準値調整部 20C は、例えば、新たな消費電力モデル D7 を設定すると、設定した消費電力モデル D7 を消費電力モデル入力部 6 に送る。演算部 1 は、変更された運転条件を用いて、最小基準値パターンを再計算する。

[0092] 基準値調整部 20C は、演算部 1 による計算結果が膜メンテナンス条件を満たすまで、水処理設備 23C の運転条件を変更して、演算部 1 に最小基準値パターンを計算させる処理を繰り返す。

[0093] 基準値調整部 20C は、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期が膜メンテナンス条件を満たすような運転条件を決定すると、決定した運転条件を設備制御部 21 に入力する。

[0094] 設備制御部 21 は、水処理設備 23C を制御する。本実施の形態の設備制御部 21 は、基準値調整部 20C からの運転条件に従って、前処理槽 30A の運転条件を変更する。運転条件が変更される装置の例は、活性汚泥法における好機槽のブロワ、または淡水処理における薬液注入ポンプといった、前処理槽 30A の状態を維持するための設備または装置である。以下の説明で

は、運転条件が変更される装置が好機槽のブロワである場合について説明する。

[0095] 運転支援装置 100C は、運転支援装置 100A と同様の方法によって、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を計算する。運転支援装置 100C が最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を計算した後の、運転支援装置 100C による処理について説明する。運転支援装置 100C は、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を計算した後、運転条件を変更し、最小基準値パターンおよびメンテナンス時期を再計算する。

[0096] 図 12 は、実施の形態 3 にかかる運転支援装置による運転条件の変更処理と最小基準値パターンの再計算処理を説明するための図である。ここでは、運転条件が変更される装置が、活性汚泥処理の際に好気槽に空気を送るブロワ 25 であり、メンテナンス時期が膜メンテナンス条件を満たすよう、運転支援装置 100C が、ブロワ 25 の運転条件を変更する場合について説明する。

[0097] 水処理設備 23C は、前処理槽 30A と、膜濾過槽 30B と、分離膜 31 と、ブロワ 25 とを備えている。前処理槽 30A は、好気槽を含んでおり、ブロワ 25 は、好気槽に空気を送る。

[0098] 一般に、好気槽のブロワ出力を増加させると、処理水 W1 の水質が向上する。また、一般に、ブロワ出力を増加させると単位時間当たりの消費電力量は増加する。したがって、ブロワ 25 の出力を変更することによって変更することができる運転条件は、水質予測値 D1 および消費電力モデル D7 である。運転支援装置 100C は、分離膜 31 に流入する処理水 W1 の水質の向上をファウラントの蓄積量の減少とみなすことで、実施の形態 1 で用いたモデルと同じモデルを用いる。すなわち、運転支援装置 100C は、水質予測値 D1 として式 (1) を用い、消費電力モデル D7 として式 (5) を用いる。基準値調整部 20C は、膜メンテナンス条件を満たすよう調整した水質予測値 D1 を、処理水情報入力部 2 に入力し、膜メンテナンス条件を満たすよう調整した消費電力モデル D7 を、消費電力モデル入力部 6 に入力する。膜

メンテナンス条件入力部 19 に入力されるメンテナンス条件は、分離膜 31 の交換周期が 51 日以上であるとする。

- [0099] 以下、運転支援装置 100C による具体的な運転条件の変更処理、および最小基準値パターンの再計算処理の処理手順を説明する。運転支援装置 100C の演算部 1 は、実施の形態 1 の運転支援装置 100A と同様に、現在の運転条件下での最小基準値パターンを計算し、計算した最小基準値パターンに基づいて、分離膜 31 の交換周期を計算する。演算部 1 は、計算結果である交換周期を結果提示部 7 に入力し、結果提示部 7 は、交換周期を基準値調整部 20C に入力する。基準値調整部 20C は、膜メンテナンス条件入力部 19 から入力された膜メンテナンス条件と計算結果である交換周期とを比較する。
- [0100] 図 13 は、実施の形態 3 にかかる運転支援装置が運転条件を変更することなく計算した交換周期を説明するための図である。図 13 では、ブロワ 25 の出力であるブロワ出力の初期値と、式 (1) の「a」の初期値と、式 (5) の「d」の初期値と、洗浄基準値の初期値と、交換基準値の初期値と、交換周期と、パターン運用コストとの対応関係を示している。
- [0101] 図 13 に示すように、ブロワ出力の初期値で水処理設備 23C を動作させる場合、交換周期は 40 日であるので、メンテナンス条件で指定された 51 日より短い。すなわち、ブロワ出力の初期値で計算した交換周期が、メンテナンス条件で指定された交換条件よりも短いので、ブロワ出力の初期値は、メンテナンス条件を満たしていない。この場合、基準値調整部 20C は、ブロワ出力を増加させた場合の水質予測値 D1 および消費電力モデル D7 を作成する。基準値調整部 20C は、式 (1) の「a」を更新することによって新たな水質予測値 D1 を作成し、式 (5) の「d」を更新することによって新たな消費電力モデル D7 を作成する。
- [0102] 基準値調整部 20C は、ブロワ出力を増加させた場合の水質予測値 D1 を処理水情報入力部 2 に入力し、ブロワ出力を増加させた場合の消費電力モデル D7 を消費電力モデル入力部 6 に入力する。これにより、演算部 1 は、最

小基準値パターンを再計算する。

- [0103] このように、運転支援装置 100C は、モデルを更新しながら最小基準値パターンの再計算を繰り返し、メンテナンス条件を満たすことができる水質予測値 D1 または消費電力モデル D7 を決定する。すなわち、演算部 1 は、メンテナンス条件を満たすよう、ブロウ 25 の運転条件を変更し、変更した運転条件に基づいて、水質予測値 D1 および消費電力モデル D7 の少なくとも一方を更新したうえで、分離膜 31 の洗浄時期および交換時期を再計算する。
- [0104] 図 14 は、実施の形態 3 にかかる運転支援装置が運転条件を変更して計算した交換周期を説明するための図である。
- [0105] 図 14 では、交換周期の計算回数と、ブロウ出力の値と、式 (1) の「a」と、式 (5) の「d」と、洗浄基準値と、交換基準値と、交換周期と、パターン運用コストとの対応関係を示している。
- [0106] 基準値調整部 20C は、基準値調整部 20B と同様に、ブロウ出力を計算するたびに、ブロウ出力を増やしていく。ブロウ出力の増加にともなって、式 (1) の「a」が減少し、式 (5) の「d」は増加する。また、ブロウ出力の増加に伴って交換周期が長くなる。図 14 に示すように、交換周期の 4 回目の計算によって交換周期が 59 日となり、メンテナンス条件で指定された 51 日以上となる。基準値調整部 20C は、このときに変化している式 (1) の「a」を用いて水質予測値 D1 を変更し、式 (5) の「d」を用いて消費電力モデル D7 を変更する。
- [0107] メンテナンス条件を満たすことができる水質予測値 D1 および消費電力モデル D7 が決定すると、基準値調整部 20C は、メンテナンス条件を満たすことができるブロウ出力を設備制御部 21 に入力する。
- [0108] 設備制御部 21 は、ブロウ出力といった変更された動作条件を受付けると、受付けた動作条件に合致するよう水処理設備 23C への操作量を計算する。設備制御部 21 は、好気槽に空気を送るブロウ 25 のブロウ出力を 1.38 倍にすることでメンテナンス条件を満たすことができるので、設備制御部

21は、操作量を1.38倍にするための信号をブロワ25に送信する。これにより、ブロワ25は、好気槽に送る空気の量を1.38倍に増やす。この結果、水処理設備23Cは、メンテナンス条件を満たしながら処理水W1の濾過を行うことが可能となる。

[0109] このように実施の形態3によれば、前処理槽30Aの状態を維持するための装置を制御することによって運用者が指定したメンテナンス条件を満たしつつ、分離膜31のパターン運用コストを抑制するための分離膜31の洗浄時期および交換時期を、専門的な知識に基づいた基準値の入力を必要とせずに容易に予測することが可能となる。

[0110] ここで、実施の形態1から3における運転支援装置100A~100Cの機能を実現するハードウェア構成について説明する。図15は、実施の形態1から3にかかる運転支援装置を実現するハードウェア構成を示す図である。なお、運転支援装置100A~100Cは、同様のハードウェア構成を有しているので、ここでは運転支援装置100Cのハードウェア構成について説明する。

[0111] 運転支援装置100Cは、図15に示した制御回路300、すなわちプロセッサ301、メモリ302、入力部303および表示部304により実現することができる。プロセッサ301は、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSP (Digital Signal Processor) ともいう)、システムLSI (Large Scale Integration) などである。メモリ302は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) などである。

[0112] メモリ302には、演算部1の機能を実行するプログラムと、基準値調整部20Cの機能を実行するプログラムと、設備制御部21の機能を実行するプログラムとが格納されている。

[0113] プロセッサ301は、入力部303を介して必要な情報を受け付けるとともに、メモリ302で記憶されているプログラムを読み出して実行することによって、演算部1、基準値調整部20Cおよび設備制御部21による処理

を実行する。メモリ 302 に格納されているプログラムは、演算部 1、基準値調整部 20C および設備制御部 21 の手順または方法に対応する複数の命令をコンピュータに実行させるものであるともいえる。メモリ 302 は、プロセッサ 301 が各種処理を実行する際の一時メモリとしても使用される。

[0114] 処理水情報入力部 2、蓄積モデル入力部 3、効率モデル入力部 4、コスト入力部 5、消費電力モデル入力部 6、および膜メンテナンス条件入力部 19 は、入力部 303 を用いて実現される。また、結果提示部 7 は、表示部 304 を用いて実現される。

[0115] プロセッサ 301 が実行するプログラムは、コンピュータで実行可能な、データ処理を行うための複数の命令を含むコンピュータ読取り可能かつ非遷移的な (non-transitory) 記録媒体を有するコンピュータプログラムプロダクトであってもよい。

[0116] なお、図 15 に示すプロセッサ 301 およびメモリ 302 は、処理回路に置き換えられてもよい。処理回路は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、または、これらを組み合わせたものが該当する。なお、演算部 1、基準値調整部 20C および設備制御部 21 の機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。

[0117] 実施の形態 4.

つぎに、図 16～図 21 を用いてこの発明の実施の形態 4 について説明する。実施の形態 4 では、基準値を、水処理運転の開始前（設計段階）または水処理設備の運用中に決定する。すなわち、実施の形態 4 においては、新規に構築した水処理設備に対する分離膜の洗浄時期を決定する基準値（以下、洗浄の基準値という）、および交換時期を決定する基準値（以下、交換の基準値という）を、水処理運転の開始前の設計段階で決定する場合、または、運用中の水処理設備に対する洗浄の基準値および交換の基準値を再決定する

場合について説明する。新規に構築した水処理設備については、洗浄の基準値および交換の基準値が新規に決定される。

[0118] さらに、運用中の水処理設備については、被処理水の水質が変化したり、水処理設備の環境が変化したりすることによって、水処理の条件が水処理設備の初回運用時から変化する可能性がある。そのため、運用中の水処理設備についても、適宜、洗浄の基準値および交換の基準値が更新される。

[0119] なお、更新するタイミングは、処理水条件が変化したなどの各条件が変化した際、前回の計算から一定期間が経過した際などの何れが採用されても構わない。運用上、洗浄の基準値および交換の基準値の再計算が必要になった際に、本実施の形態の手順が繰り返し適用されることで、水処理設備の状態に適した洗浄の基準値および交換の基準値を採用し続けることが可能になる。

[0120] 図16は、実施の形態4にかかる運転支援装置の機能構成図である。運転支援装置100Dは、水処理で用いる分離膜を洗浄するか否かの判定に用いる第1の基準値（洗浄の基準値）、および分離膜を交換するか否かの判定に用いる第2の基準値（交換の基準値）を計算するコンピュータである。

[0121] 運転支援装置100Dは、演算部1と、処理水情報入力部2と、蓄積モデル入力部3と、効率モデル入力部4と、コスト入力部5と、消費電力モデル入力部6と、結果提示部7とを備える。

[0122] 処理水情報入力部2、蓄積モデル入力部3、効率モデル入力部4、コスト入力部5、および消費電力モデル入力部6は、それぞれデータを取得して、演算部1に入力する。これらの各入力部は、何れの手段によってデータを取得してもよい。各入力部は、人手によるデータ入力、外部ソフトウェアからのデータ入力、水処理設備が運転中である場合はセンサから取得したデータの入力などによってデータを取得する。また、各入力部は、ネットワーク通信、メディア媒介など何れの手段によって演算部1にデータを入力してもよい。

[0123] 処理水情報入力部2は、水処理の対象となる処理水の水質の情報である水

質予測値D 1を取得して演算部 1に入力する。本実施の形態の水質予測値D 1は、処理水の水質の時系列変化のデータ、または処理水の水質の予測値を示すデータである。

[0124] 蓄積モデル入力部 3は、水質に対するファウラントの蓄積量を表現する蓄積モデルD 2を取得して演算部 1に入力する。蓄積モデルD 2は、ファウリングによって蓄積されるファウラントの蓄積量を表現するモデルである。

[0125] 効率モデル入力部 4は、洗浄効率のモデルである洗浄効率モデルD 5を取得して演算部 1に入力する。洗浄効率モデルD 5は、分離膜の洗浄回数ごとの劣化の変化を表現するモデルである。膜濾過法では、分離膜の使用を継続しているとファウラントによる分離膜の目詰まりが発生するので、処理時間の経過とともに濾過処理の効率（単位時間に濾過できる水量）が下がっていく。膜濾過法では、膜からファウラントを取り除くために、分離膜の洗浄と分離膜の交換とが定期的に実行される必要がある。

[0126] 一般的に、分離膜の洗浄コストは、分離膜の交換コストよりも安いので、分離膜に目詰まりが発生した場合には、まずは分離膜の洗浄が行われる。分離膜の洗浄処理では、薬液または濾液で分離膜を洗うことでファウラントが落とされる。分離膜を洗浄すると、分離膜の濾過能力（分離膜が処理できる水量）はある程度回復する。

[0127] ただし、新品の分離膜の濾過能力と比較すると、洗浄後の分離膜は、濾過能力と耐久性が低下する。分離膜を洗浄する回数が増えるほど、濾過能力の回復率が下がる。濾過能力の回復率が再利用に耐えられないほど低下すると、分離膜が交換されることとなる。本実施の形態の洗浄効率モデルD 5は、この分離膜の洗浄回数ごとの、濾過能力の回復率を表現する。

[0128] コスト入力部 5は、メンテナンスコストD 6を取得して演算部 1に入力する。メンテナンスコストD 6は、分離膜のメンテナンスに要するコストであり、分離膜の1回あたりの洗浄に要するコストである洗浄コストと、分離膜の1回あたりの交換に要するコストである交換コストとを含んでいる。本実施の形態でも、洗浄コストは洗浄に用いる薬液の値段などを含み、交換コス

トは分離膜自体の値段などを含む。

[0129] 消費電力モデル入力部 6 は、消費電力モデル D 7 を取得して演算部 1 に入力する。消費電力モデル D 7 は、分離膜の閉塞率に対する水処理設備の消費電力を表現するモデルである。本実施の形態でも、蓄積モデル D 2、洗浄効率モデル D 5、消費電力モデル D 7 の何れか 1 つまたは複数をモデルという場合がある。

[0130] 演算部 1 は、分離膜のメンテナンス時期（分離膜の洗浄時期および交換時期）の計算に用いる基準値を演算する。基準値には、例えば、分離膜の閉塞率とその閉塞率に達するまでの期間がある。具体的には、基準値は、分離膜の閉塞率が A % になった際に洗浄する、分離膜の閉塞率が A % になるまでの時間が B か月未満になったら交換する、のように用いられる。以下では、基準値が閉塞率とその閉塞率に達するまでの期間である場合について説明する。

[0131] 演算部 1 は、メンテナンスコスト D 6 と、水質予測値 D 1 と蓄積モデル D 2 と洗浄効率モデル D 5 と消費電力モデル D 7 を用いて算出した水処理にかかる電力コストと、の合計である運用コストが最小となるよう、洗浄の基準値と交換の基準値を決定し、決定した基準値を用いて分離膜の洗浄時期および交換時期を計算する。演算部 1 は、蓄積量計算部 8 と基準値計算部 9 とを備えており、演算結果を結果提示部 7 に出力する。

[0132] 蓄積量計算部 8 は、水質予測値 D 1 および蓄積モデル D 2 を用いて、この後に発生するファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 を計算する。ファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 は、ファウラントの蓄積量であるファウリング蓄積量の時間的な変化を示すデータである。ファウリング蓄積量は、分離膜の閉塞率に対応している。したがって、ファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 は、分離膜の閉塞率の時系列変化に対応している。蓄積量計算部 8 は、ファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 を基準値計算部 9 に送る。

[0133] 基準値計算部 9 は、計画計算部 1 3 と、パターン比較部 1 4 とを備える。計画計算部 1 3 は、洗浄処理と交換処理の時期を表現する計画集合 D 4 を計

算する。計画計算部13は、まず、洗浄の基準値の候補として、複数の洗浄の仮基準値を作成する。洗浄の仮基準値は、洗浄の基準値の仮の値である。基準値計算部9は、さらに、交換の基準値の候補として、複数の交換の仮基準値を作成する。交換の仮基準値は、交換の基準値の仮の値である。そして、基準値計算部9は、これらのすべての組み合わせを含む仮基準値ペアの集合を作成する。すなわち、基準値計算部9は、洗浄の仮基準値と、交換の仮基準値と、の全ての組み合わせである仮基準値ペアの集合を作成する。

[0134] 基準値計算部9は、仮基準値のペアの集合を、仮基準値パターン集合 $P \times$ (wash, change) として作成する。以下、基準値計算部9が作成した仮基準値のペアの集合を、仮基準値パターン集合 $P \times$ と呼ぶ場合がある。例えば、洗浄の基準を分離膜の閉塞率とし洗浄の仮基準値がA%、B%、C%の3種類であり、交換の基準を洗浄後の分離膜の閉塞率とし交換の基準値がa%、b%、c%の3種類であるとする、仮基準値パターン集合 $P \times$ には、(A%、a%)、(A%、b%)、(A%、c%)、(B%、a%)、(B%、b%)、(B%、c%)、(C%、a%)、(C%、b%)、(C%、c%)の9つの要素が含まれる。

[0135] そして、計画計算部13は、これらの仮基準値パターン集合 $P \times$ のそれぞれの要素に対して、ファウリング蓄積量の時系列変化D3と、洗浄効率モデルD5とを用いて、分離膜の運用計画を計算する。本実施の形態では、仮基準値パターンに対する運用計画の集合を、計画集合D4と呼ぶ。計画集合D4は、分離膜の洗浄時期および交換時期を含む分離膜のメンテナンスの計画である。計画計算部13は、計算した計画集合D4をパターン比較部14に送る。以下、仮基準値パターンの要素のことをパターンと呼ぶ場合がある。

[0136] パターン比較部14は、計画集合D4と、メンテナンスコストD6と、消費電力モデルD7とを用いて、各計画における運用コストを計算する。計画集合D4内の各計画は、一定の運用期間における洗浄の回数、交換の回数、または分離膜の閉塞率の変化が異なっているので、運用コストは計画ごとに異なる。ここで、運用コストを計算する際の期間を、一定の運用期間とい

ており、この運用期間は長いほど計算結果の信頼度が向上する。

[0137] 換言すると、運用コストを比較する期間が短すぎると、最適でない基準値パターンが採用されてしまう可能性がある。このため、パターン比較部 14 は、基準値パターン毎の運用コストを比較する期間を、分離膜の使用を開始してから分離膜の交換を少なくとも 1 回は含む期間、または分離膜の交換を少なくとも 2 回は含む期間とする。

[0138] 換言すると、パターン比較部 14 は、運用コストを比較する期間を、分離膜の交換周期よりも長い期間とする。そして、パターン比較部 14 は、計算した計画ごとの運用コストを比較し、最小の運用コストを求める。パターン比較部 14 は、運用コストの算出結果として、最小の運用コストとなる計画の計算に用いた仮基準値のペアを、洗浄の基準値と交換の基準値との組み合わせとして結果提示部 7 に送る。

[0139] 結果提示部 7 は、運用コストが最小となる、洗浄の基準値と交換の基準値との組み合わせをユーザに提示する。また、結果提示部 7 は、運用コストそのものを、ユーザに提示してもよい。さらに、結果提示部 7 は、洗浄の基準値と交換の基準値とを用いた運用計画をユーザに提示してもよい。結果提示部 7 による提示手段は、ディスプレイへの表示、紙への印刷など何れの手段であってもよい。

[0140] 結果提示部 7 は、実施の形態 4 でも、実施の形態 1 と同様の情報を表示する。すなわち、結果提示部 7 は、分離膜の洗浄時期として、「膜が X X % 閉塞したとき」といった洗浄の基準値を表示する。また、結果提示部 7 は、分離膜の交換時期として、「洗浄後の膜間差圧が Y Y % 以上になるとき」といった交換の基準値を表示する。

[0141] また、結果提示部 7 は、計算結果を水処理設備の運用者に提示する情報に変換した値を表示してもよい。この場合、パターン比較部 14 が、計算結果を、水処理設備の運用者に提示する情報に変換する。水処理設備の運用者に提示する情報とは、例えば、次回の洗浄または交換を行う日付、分離膜の運用計画を実行した場合の運用コストなどである。

- [0142] 結果提示部 7 は、次回以降に洗浄または交換を行う日付を表示する場合、今後の洗浄時期として、「Z a 日後、Z b 日後、Z c 日後」のように表示し、今後の交換時期として、「Z d 日後、Z e 日後、Z f 日後」のように表示する。
- [0143] つぎに、蓄積量計算部 8、計画計算部 13、パターン比較部 14 が行う各計算について具体例を用いて説明する。蓄積量計算部 8 は、ファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 を計算する。ファウリング蓄積量は、処理水の流入負荷にほぼ比例する。
- [0144] したがって、蓄積量計算部 8 は、例えば蓄積モデル D 2 として比例式を用いることができる。よって、入力する負荷の水質予測値 D 1 を X_t とし、蓄積モデル D 2 として比例式を用いる場合、蓄積量計算部 8 が算出するファウリング蓄積量 $V(t)$ の時系列変化 D 3 は、実施の形態 1 で説明した式 (1) のように表現できる。
- [0145] ここでは説明の簡略化のため式 (1) のような比例式を用いたが、蓄積モデル D 2 は、実施の形態 1 の式 (3) で示したルースの方程式などが用いられてもよい。また、水質予測値 D 1 には、水質変化の予測データが用いられてもよい。
- [0146] 計画計算部 13 は、蓄積量の時系列変化 D 3 である式 (1) と、仮基準値パターン集合 P_x と、洗浄効率モデル D 5 とを用いて、分離膜の計画集合 D 4 を計算する。
- [0147] 仮基準値パターン集合 P_x の例を図 17 に示す。図 17 は、実施の形態 4 にかかる運転支援装置で用いられる仮基準値パターン集合の例を示す図である。図 17 では、洗浄の基準として分離膜の閉塞率を採用し、交換の基準として洗浄後の分離膜の閉塞率を採用した場合の仮基準値パターン集合 P_x を示している。図 17 に示すように、仮基準値パターン集合 P_x は、パターン $A_x \sim I_x$ までの 9 つの仮基準値パターンを含んでいる。
- [0148] 洗浄効率モデル D 5 は、実施の形態 1 で説明した洗浄効率モデル D 5 と同様のモデルである。すなわち、洗浄効率モデル D 5 は、洗浄を繰り返すこと

で分離膜が劣化する現象を表現するモデルである。例えば、分離膜の洗浄効率モデル D 5 として、分離膜の洗浄効率が分離膜の洗浄回数 n に対して指数関数的に低下するモデルが用いられる場合、分離膜の洗浄効率 $R_{ef}(n)$ は、実施の形態 1 で説明した式 (4) のように表現できる。式 (4) における「 c 」は指数関数の底である。

[0149] 計画計算部 1 3 が計算する計画集合 D 4 の例を図 1 8 に示す。図 1 8 は、実施の形態 4 にかかる運転支援装置が計算する閉塞率の時系列変化の例を示す図である。本来は図 1 7 に示す仮基準値パターン集合 P_x のすべての要素に対して運用計画の計算を行うため、9 つの運用計画を計算するが、図 1 8 では図の簡略化のためパターン A_x 、 E_x 、 I_x の 3 つのパターンのみを図示している。図 1 8 のグラフの横軸は分離膜が処理水の濾過を開始してから経過時間を示し、縦軸は分離膜の閉塞率を示している。

[0150] 図 1 8 において、パターン A_x の閉塞率の変化推移は変化推移 $P A_x$ で、パターン E_x の閉塞率の変化推移は変化推移 $P E_x$ で、パターン I_x の閉塞率の変化推移は変化推移 $P I_x$ で示されている。1 回目の洗浄時期に注目すると、パターン A_x は、閉塞率が低い段階で洗浄が行われ、パターン I_x は、閉塞率が高い段階で洗浄が行われていることが読み取れる。

[0151] パターン比較部 1 4 は、計画集合 D 4 と、メンテナンスコスト D 6 と、消費電力モデル D 7 とを用いて、計画集合 D 4 に含まれる計画毎の一定の運用期間における運用コストを計算する。パターン比較部 1 4 は、計算した運用コストの中で最小の運用コストを判定し、最小の運用コストに対応する仮基準値パターンを取得する。

[0152] メンテナンスコスト D 6 は、例えば 1 回あたりの洗浄コスト A_y 円、1 回あたりの交換コスト B_y 円とする。一定の運用期間中に洗浄が a 回実施され、交換が b 回実施される場合、メンテナンスコスト $Cost_{wash, change}(t)$ は、以下の式 (6) のように表現できる。

[0153] [数6]

$$Cost_{wash, change}(t) = \int_0^t A_y * a + B_y * b \quad \cdots \text{式 (6)}$$

[0154] 消費電力モデル D 7 として、閉塞率に対する比例式が用いられる場合、水処理にかかる電力コスト $Cost_w(t)$ は、以下の式 (7) のように表現できる。こ
こでの、「d」は比例定数である。

[0155] [数7]

$$Cost_w(t) = d * R(t) \quad \dots \text{式 (7)}$$

[0156] これらの式 (6)、式 (7) より、一定の運用期間における、ある仮基準
値パターンの運用コストは以下の式 (8) のように表現できる。

[0157] [数8]

$$Cost_{total}(t) = Cost_{wash, change}(t) + Cost_w(t) \quad \dots \text{式 (8)}$$

[0158] ここで、パターン比較部 1 4 は、運用コストを計算する際には、運用コス
トの計算に用いる計算期間として、一定の運用期間を定めるが、それには前
述の通り分離膜の交換周期よりも十分に長い期間を用いる。

[0159] 換言すると、パターン比較部 1 4 は、分離膜の交換周期に基づいて、計算
期間を設定する。分離膜の交換周期とは、分離膜を交換してから次の交換ま
での期間である。なお、パターン比較部 1 4 は、計算期間として、ユーザか
らの指示で指定された期間を用いてもよいし、事前に設定しておいた初期値
を用いてもよい。

[0160] ここで、計算期間が計算期間 $T1 \times$ (図 1 8) のように短い場合と、計算
期間が計算期間 $T1 \times$ よりも長い計算期間 $T2 \times$ (図 1 8) の場合との判定
結果の違いについて説明する。計算期間 $T1 \times$ の一例は 240 日であり、計
算期間 $T2 \times$ の一例は 300 日である。なお、本実施の形態では、期間の単
位が「日」である場合について説明するが、期間は、「週」、「月」など何
れの単位であってもよい。

[0161] 図 1 9 は、実施の形態 4 にかかる運転支援装置がパターン運用コストの計
算に用いる計算期間と、パターン運用コストの計算結果との関係を示す図で
ある。図 1 9 の計算結果では、運用コストの計算期間が 240 日である場合
のパターン $A \times$ 、 $E \times$ 、 $I \times$ に対する計算結果と、運用コストの計算期間が

300日である場合のパターンA_x、E_x、I_xに対する計算結果とが示されている。

[0162] ここでの計算結果は、「洗浄回数」、「交換回数」、「電気代」、および「運用コスト」である。「洗浄回数」は、分離膜を洗浄する回数であり、「交換回数」は分離膜を交換する回数であり、「電気代」は、計算期間に対応する濾過処理中に使われる電気代である。計算期間T1_x = 240日は、比較したパターンの中で交換周期が最長のものよりも短い期間である。

[0163] 具体的には、「計算期間T1_x < パターンI_xの場合の交換周期」である。このため、計算期間T1_x = 240日の場合と計算期間T2_x = 300日の場合とで判定結果が異なっている。計算期間T1_x = 240日の場合は、パターンE_xが最小の運用コストとなり、計算期間T2_x = 300日の場合は、パターンI_xが最小の運用コストとなっている。

[0164] 運用コストの計算期間は長いほど計算結果の信頼性が高いので、計算期間T2_x = 300日の場合の方が、計算期間T1_x = 240日の場合よりも計算結果の信頼性が高い。すなわち、パターンI_xが最小の運用コストであると考えられる。このため、パターン比較部14は、計算期間T1_x = 240日のように、計算期間T2_x = 300日と判定結果が異なってしまう計算期間は採用しない。

[0165] パターン比較部14は、比較するパターンA_x ~ I_xの中で最長の交換周期の少なくとも倍の長さを運用コストの計算期間として用いる。なお、判定結果が収束するまで運用コストの計算期間を延ばして、繰り返し運用コストの再計算を行うことが望ましい。

[0166] パターン比較部14は、十分長い計算期間を用いて計算した運用コストを比較し、運用コストが最小となる仮基準値パターンを判定する。

[0167] つぎに、演算部1による演算処理手順について説明する。図20は、実施の形態4にかかる演算部による演算処理の処理手順を示すフローチャートである。ここでの処理手順は、演算部1をプログラムとして実行する場合の処理手順と同じである。

- [0168] 運転支援装置 100D は、演算部 1 が演算を開始する前に、予め基準値パターンの集合であるパターン集合 P を用意しておく。パターン集合 P に含まれる基準値には、種々の値が含まれている。さらに、運転支援装置 100D は、計算期間の初期値を決めておく。
- [0169] 演算部 1 は、処理水の情報である水質予測値 D 1 および蓄積モデル D 2 を取得する（ステップ S 2 1, S 2 2）。演算部 1 は、水質予測値 D 1 および蓄積モデル D 2 に基づいて、今後のファウリング蓄積量の時系列変化 D 3 を計算する（ステップ S 2 3）。
- [0170] その後、演算部 1 は、分離膜の洗浄効率モデル D 5 と、メンテナンスコスト D 6 と、分離膜の閉塞率に対する水処理設備の消費電力モデル D 7 とを取得する（ステップ S 2 4, S 2 5, S 2 6）。
- [0171] 演算部 1 は、パターン集合 P 内から 1 つ目の基準値パターンの値を取得し、計算期間における計画である洗浄計画および交換計画の計算を行い（ステップ S 2 7）、計算した洗浄計画および交換計画に基づいて、運用コストを計算する（ステップ S 2 8）。そして、演算部 1 は、ステップ S 2 8 で計算した運用コストの値と、これまでの計算結果における運用コストの最小値とを比較する。演算部 1 は、ステップ S 2 8 で計算した運用コストが最小値になるか否かを判定する（ステップ S 2 9）。
- [0172] ステップ S 2 8 で計算した運用コストが最小値となる場合（ステップ S 2 9、Yes）、演算部 1 は、運用コストの最小値と、最小となる運用コストを計算した際に用いた基準値パターンとを更新し（ステップ S 2 9-1）、記録しておく。なお、運用コストの初回の計算時は、必ずステップ S 2 8 で計算した運用コストの値が最小値となる。演算部 1 は、ステップ S 2 9-1 の後、ステップ S 3 0 の処理を行う。
- [0173] ステップ S 2 8 で計算した運用コストが最小値とならない場合（ステップ S 2 9、No）、演算部 1 は、パターン集合 P のうち運用コストの計算が終わっていない基準値パターンが残っているか否かを判定する。すなわち、演算部 1 は、すべての基準値パターンに対して、最小値との比較が終了してい

るか否かを判定する（ステップS 3 0）。

[0174] 計算が終わっていない基準値パターンがある場合（ステップS 3 0、N o）、演算部 1 は、計算が終わっていない基準値パターンのうちの 1 つを取得し、計算する基準値パターンを更新する（ステップS 3 0-1）。そして、演算部 1 は、新しい基準値パターンを用いて、ステップS 2 7 からS 3 0までの処理を再度行う。

[0175] 演算部 1 は、すべての基準値パターンに対して運用コストを計算し、計算した運用コストと最小値との比較が終了するまで、ステップS 3 0-1、ステップS 2 7 からS 3 0の処理を繰り返す。すべての基準値パターンに対して運用コストを計算して最小値と比較すると（ステップS 3 0、Y e s）、演算部 1 は、今回の運用コストの計算を実施した計算期間において、運用コストが最小となる基準値パターンが、前回の運用コストを計算した時に運用コストが最小となった基準値パターンと同じであるか否かを比較する。

[0176] 前回の計算で導出した最小基準値パターンは、前回のステップS 2 7 からS 3 0のループで計算された最小基準値パターンであり、今回の計算で導出した基準値パターンは、今回のステップS 2 7 からS 3 0のループで計算された最小基準値パターンである。

[0177] 演算部 1 は、今回の最小基準値パターンが、前回の最小基準値パターンと異なる場合には、最小となる最新の基準値パターンを今回の最小基準値パターンに更新する。演算部 1 は、最小となる基準値パターンが更新されたか否かを判定する（ステップS 3 1）。

[0178] 最小となる基準値パターンが更新された場合（ステップS 3 1、Y e s）、すなわち今回の最小基準値パターンが、前回の最小基準値パターンと異なる場合、演算部 1 は、今回の計算期間である計算期間Tを、新しい計算期間 $T' = (T + \Delta T)$ に更新する（ステップS 3 1-1）。そして、演算部 1 は、新しい計算期間T'を用いてステップS 2 7 からS 3 1の処理を実行する。

[0179] 最小となる基準値パターンが更新されなかった場合（ステップS 3 1、N

o)、すなわち今回の最小基準値パターンが、前回の最小基準値パターンと同じである場合、演算部1は、最小基準値パターンが収束したと判断する。演算部1は、最小基準値パターンが収束したと判断すると、今回または前回の最小基準値パターンを、結果提示部7に送る。これにより、結果提示部7は、今回または前回の最小基準値パターンを計算結果として表示する（ステップS32）。

[0180] 図21は、実施の形態4にかかる運転支援装置の別構成例を示す図である。図21では、運転支援装置100Eの機能構成を示している。運転支援装置100Eは、例えば、運用中の水処理設備に対する洗浄の基準値および交換の基準値を再決定する場合に適用される。運転支援装置100Eは、運転支援装置100Dが備える構成要素に加えて、メンテナンス計画比較部32を備えている。

[0181] また、運転支援装置100Eは、メンテナンス計画入力部33を備えていてもよいし、備えていなくてもよい。メンテナンス計画入力部33は、外部装置またはユーザによって入力される現状のメンテナンス計画を受け付けてメンテナンス計画比較部32に送る。

[0182] メンテナンス計画比較部32は、現在水処理設備が採用しているメンテナンス計画と、新しい条件で計算した新しいメンテナンス計画とを比較し、コストが低い方のメンテナンス計画を結果提示部7に送る。

[0183] 現在水処理設備が採用しているメンテナンス計画が、運転支援装置100Eで計算されたメンテナンス計画である場合、メンテナンス計画比較部32は、現状のメンテナンス計画の情報を演算部1（基準値計算部9）から受け取る。現在水処理設備が採用しているメンテナンス計画が、運転支援装置100Eで計算されたメンテナンス計画でない場合、運転支援装置100Eは、メンテナンス計画入力部33を用いる。この場合、メンテナンス計画入力部33は、現在採用されているメンテナンス計画を外部装置またはユーザから受け付けて、メンテナンス計画比較部32に入力する。

[0184] このように、実施の形態4では、分離膜の運用中における、分離処理にか

かる電力コストと、分離膜の洗浄コストと、分離膜の交換コストと、の合計である運用コストが最小となるよう、基準値パターンを決定する。したがって、分離膜の運用コストを抑制するための分離膜の洗浄時期および交換時期を、専門的な知識に基づいた基準値の入力を必要とせずに容易に予測することが可能となる。

- [0185] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

- [0186] 1 演算部、2 処理水情報入力部、3 蓄積モデル入力部、4 効率モデル入力部、5 コスト入力部、6 消費電力モデル入力部、7 結果提示部、8 蓄積量計算部、9 基準値計算部、13 計画計算部、14 パターン比較部、19 膜メンテナンス条件入力部、20B, 20C 基準値調整部、21 設備制御部、22 膜メンテナンス設備、22X, 25 ブロワ、23B, 23C 水処理設備、30A 前処理槽、30B 膜濾過槽、31 分離膜、100A~100E 運転支援装置、D1 水質予測値、D2 蓄積モデル、D3 時系列変化、D4 計画集合、D5 洗浄効率モデル、D6 メンテナンスコスト、D7 消費電力モデル、W1 処理水。