(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4366244号
(P4366244)
(45)発行日　平成21年11月18日(2009.11.18)　(24)登録日　平成21年8月28日(2009.8.28)

(51)Int.Cl.　F I
C02F 1/52 (2006.01)　C02F 1/52 Z

請求項の数 5　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2004-151888(P2004-151888)
(22)出願日　平成16年5月21日(2004.5.21)
(65)公開番号　特開2005-329359(P2005-329359A)
(43)公開日　平成17年12月2日(2005.12.2)
審査請求日　平成19年1月16日(2007.1.16)

(73)特許権者　507214083
メタウォーター株式会社
東京都港区虎ノ門四丁目３番１号
(74)代理人　100091281
弁理士　森田　雄一
(72)発明者　窪田　真和
東京都日野市富士町１番地　株式会社エフ・エフ・シー内
(72)発明者　椚　智朗
東京都千代田区三番町６番地１７　富士電機システムズ株式会社内
(72)発明者　奥　雅成
東京都日野市富士町１番地　株式会社エフ・エフ・シー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】浄水場の凝集剤注入制御システム及びアルカリ剤注入制御システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
浄水プロセスにおける濁度を含む水質を計測する水質計と、前記水質計により計測した濁度が所定範囲になるように凝集剤注入率を制御する注入制御装置と、前記凝集剤注入率に従って凝集剤を注入する凝集剤注入装置と、を備えた浄水場の凝集剤注入制御システムであって、
前記注入制御装置が、凝集剤注入点よりも下流の計測点の処理水濁度が所定範囲になるように、凝集剤注入点よりも上流の水質データを用いて凝集剤注入率を演算するようにした凝集剤注入制御システムにおいて、
前記注入制御装置は、
前記水質計により計測した水質データを時系列的に収集するデータ収集手段と、
このデータ収集手段により収集した水質データと、過去の運転データとしての水質データ及び凝集剤注入率を記憶する記憶手段と、
この記憶手段に記憶された運転データのうち、処理水濁度計測値が所定範囲内である時の凝集剤注入率を目的変数とし、かつ、水質データを説明変数として重回帰分析を行うことにより、凝集剤注入率演算式の制御パラメータを演算する重回帰分析手段と、
この重回帰分析手段により演算された制御パラメータを含む前記凝集剤注入率演算式により、前記水質計により計測した水質データを用いて凝集剤注入点の凝集剤注入率を演算する薬品注入率演算手段と、を備え、
前記重回帰分析手段は、凝集剤注入点と処理水濁度計測点との間の距離に起因する流下

遅れ時間を考慮して時間をずらした処理水濁度計測値が所定範囲内である時のデータを用いて重回帰分析を行うことを特徴とする浄水場の凝集剤注入制御システム。

【請求項２】

請求項１に記載した浄水場の凝集剤注入制御システムにおいて、

前記記憶手段は、前記重回帰分析手段により演算された制御パラメータを記憶することを特徴とする浄水場の凝集剤注入制御システム。

【請求項３】

浄水プロセスにおけるｐＨを含む水質を計測する水質計と、前記水質計により計測したｐＨが所定範囲になるように前アルカリ剤注入率を制御する注入制御装置と、前記前アルカリ剤注入率に従って前アルカリ剤を注入する前アルカリ剤注入装置と、を備えた浄水場のアルカリ剤注入制御システムであって、

前記注入制御装置が、前アルカリ剤注入点よりも下流の計測点のｐＨが所定範囲になるように、前アルカリ剤注入点よりも上流の水質データを用いて前アルカリ剤注入率を演算するようにしたアルカリ剤注入制御システムにおいて、

前記注入制御装置は、

前記水質計により計測した水質データを時系列的に収集するデータ収集手段と、

このデータ収集手段により収集した水質データと、過去の運転データとしての水質データ及び前アルカリ剤注入率を記憶する記憶手段と、

この記憶手段に記憶された運転データのうち、ｐＨ計測値が所定範囲内である時の前アルカリ剤注入率を目的変数とし、かつ、凝集剤注入率及び水質データを説明変数として重回帰分析を行うことにより、前アルカリ剤注入率演算式の制御パラメータを演算する重回帰分析手段と、

この重回帰分析手段により演算された制御パラメータを含む前記前アルカリ剤注入率演算式により、凝集剤注入率と前記水質計により計測した水質データとを用いて、前アルカリ剤注入点の前アルカリ剤注入率を演算する薬品注入率演算手段と、を備え、

前記重回帰分析手段は、前アルカリ剤注入点とｐＨ計測点との間の距離に起因する流下遅れ時間を考慮して時間をずらしたｐＨ計測値が所定範囲内である時のデータを用いて重回帰分析を行うことを特徴とする浄水場のアルカリ剤注入制御システム。

【請求項４】

浄水プロセスにおけるｐＨを含む水質を計測する水質計と、前記水質計により計測したｐＨが所定範囲になるように後アルカリ剤注入率を制御する注入制御装置と、前記後アルカリ注入率に従って後アルカリ剤を注入する後アルカリ剤注入装置と、を備えた浄水場のアルカリ剤注入制御システムであって、

前記注入制御装置が、後アルカリ剤注入点よりも下流の計測点のｐＨが所定範囲になるように、後アルカリ剤注入点よりも上流の水質データを用いて後アルカリ剤注入率を演算するようにしたアルカリ剤注入制御システムにおいて、

前記注入制御装置は、

前記水質計により計測した水質データを時系列的に収集するデータ収集手段と、

このデータ収集手段により収集した水質データと、過去の運転データとしての水質データ及び後アルカリ剤注入率を記憶する記憶手段と、

この記憶手段に記憶された運転データのうち、ｐＨ計測値が所定範囲内である時の後アルカリ剤注入率を目的変数とし、かつ、ｐＨ偏差及び水質データを説明変数として重回帰分析を行うことにより、後アルカリ剤注入率演算式の制御パラメータを演算する重回帰分析手段と、

この重回帰分析手段により演算された制御パラメータを含む前記後アルカリ剤注入率演算式により、前記ｐＨ偏差と前記水質計により計測した水質データとを用いて、後アルカリ剤注入点の後アルカリ剤注入率を演算する薬品注入率演算手段と、を備え、

前記重回帰分析手段は、後アルカリ剤注入点とｐＨ計測点との間の距離に起因する流下遅れ時間を考慮して時間をずらしたｐＨ計測値が所定範囲内である時のデータを用いて重回帰分析を行うことを特徴とする浄水場のアルカリ剤注入制御システム。

【請求項５】
請求項３または４に記載した浄水場のアルカリ剤注入制御システムにおいて、
前記記憶手段は、前記重回帰分析手段により演算された制御パラメータを記憶することを特徴とする浄水場のアルカリ剤注入制御システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、上水道の浄水プロセスにおいて、混和池、浄水池への凝集剤や前アルカリ剤・後アルカリ剤の注入率を最適に制御するための凝集剤注入制御システム及びアルカリ剤注入制御システムに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
図７は、一般的な浄水プロセスを概略的に示した構成図であり、１１は原水が導入される着水井、１２は凝集剤が注入される混和池、１３は原水中の汚濁物質を凝集して形成されたフロックを固液分離する沈殿池、１４は沈殿池を経た水をろ過するろ過池、１５は残留塩素濃度を所定値に保つための浄水池、１６は浄水池１５を経た上水を供給するための配水池である。
なお、２１，２２，２５は、着水井１１、混和池１２、及び浄水池１５においてｐＨや濁度を初めとした種々の水質を測定する水質計である。
【０００３】
この種の浄水プロセスでは、混和池１２にて凝集剤を注入、混和し、原水中に含まれる濁度成分を凝集、沈殿させて浄水を製造しており、浄水の濁度を低く保つことが求められている。上記凝集剤の量は、過剰であっても不足していても濁度成分が凝集しにくくなるので、濁度成分が凝集しやすくなるように適正値に制御する必要がある。
同時に、凝集剤の注入に伴って水のｐＨが変動するため、このｐＨを適正値に制御するためにアルカリ剤を注入することが行われている。凝集沈殿工程より前の工程でアルカリ剤を注入することを前アルカリ剤素注入制御といい、ろ過後の浄水のｐＨを適正値に制御するためにろ過工程以降に注入することを後アルカリ剤注入制御という。
図７に示すように、前アルカリ剤素注入制御は混和池１２において、後アルカリ剤素注入制御は浄水池１５においてそれぞれ行われることになる。
【０００４】
従来、凝集剤及び前アルカリ剤の注入率は、以下のような方法によって決定されている。
ａ）原水を複数のビーカーにサンプリングし、これらのサンプルに対して、凝集剤及び前アルカリ剤の注入率を変えた複数種類の試薬を注入し、その際の上澄み液が最もきれいになった時の試薬から凝集剤及び前アルカリ剤の注入率を決定する方法（ジャーテスト）
ｂ）原水の濁度、アルカリ度、ｐＨ、水温を計測し、これらの水質計測値を用いて凝集剤及び前アルカリ剤の注入率を決定（補正）する方法（フィードフォワード制御）において、オペレータの経験に基づいて注入率を数式化したり、ファジィ制御やニューロ等を応用して注入率を決定する方法
ｃ）原水に凝集剤及び前アルカリ剤を注入した後のフロックの状態とｐＨとを計測し、これらの値が最適になるように凝集剤及び前アルカリ剤の注入率を演算し制御する方法（フィードバック制御）
【０００５】
後アルカリ剤については、
ｄ）後アルカリ剤注入後のｐＨを計測し、その値が最適になるようにＰＩＤ（比例・積分・微分）制御等を行うフィードバック制御方法が知られている。
【０００６】
なお、凝集剤やアルカリ剤、塩素剤等の薬品の注入率を原水水質と共にニューラルネットワークに供給して水質を予測し、その予測値を目標値と比較して薬品注入率を制御する

ようにした薬品注入率制御方法及びその装置が、下記の特許文献１に記載されている。
また、上下水道その他の薬注処理用プロセスに利用される補完フィードバック制御方式の薬注制御装置において、原水流入流量の変化に応じて水質コントローラのパラメータを補正することにより、対象プロセスの伝達関数に変化が生じた場合にも制御特性の低下を補償するようにした薬注制御装置が、下記の特許文献２に記載されている。
【０００７】
【特許文献１】特開２００２－１２６７２１号公報（請求項１～３、［００３２］～［００４７］、図１等）
【特許文献２】特開２０００－９３９４０号公報（請求項１，３、［０００９］，［００４４］、図１、図１０、図１１等）
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
上述した従来技術において、前記ａ）ジャーテストによる方法では、テストに多くの時間がかかり、降雨時のように原水の水質が急変した場合には対応できないと共に、人手を要するため自動化ができないという問題がある。
また、前記ｂ）の方法はフィードフォワード制御であるため、薬品注入後の水質の状態を見ておらず、オペレータの経験に基づいて注入率を数式化するとしても、オペレータによって数式が異なったり、そもそも数式化する具体的な方法も一様には定まっていない。
更に、特許文献１に記載されている従来技術のようにニューロを使用した制御や、ファジィ制御を利用する場合には、これらニューロまたはファジィ制御を行う制御装置が必要であり、その制御規則を作成するために適切かつ多数のデータを抽出して学習させなくてはならず、データの選別や学習処理に多くの時間を必要とする。
【０００９】
前記ｃ）のフィードバック制御を用いる場合には、制御系設計ツール等を利用して制御パラメータを適切に設定する必要がある。しかし、薬品の注入制御は化学反応を伴い、水温等の条件によって化学反応の速度が異なったりセンサの反応速度が異なるため、制御パラメータを適宜調整しなくてはならず、その調整作業が煩雑になる。
特に、特許文献２に記載された従来技術では、対象プロセスの制御量測定系の特性（一次または二次遅れ等）に応じて、水質コントローラを構成する過渡項設定部のパラメータを一次または二次進みとなるように補正するといった補償動作が必要であり、水質コントローラの構成が複雑化するおそれがある。
【００１０】
そこで本発明の解決課題は、制御パラメータの補正やデータの学習等の煩雑な処理を不要にし、凝集剤及びアルカリ剤の注入率を短時間で最適に制御可能にすると共に、自動化を容易にした凝集剤及びアルカリ剤の注入制御システムを提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
上記課題を解決するため、請求項１に記載した発明は、浄水プロセスにおける濁度を含む水質を計測する水質計と、前記水質計により計測した濁度が所定範囲になるように凝集剤注入率を制御する注入制御装置と、前記凝集剤注入率に従って凝集剤を注入する凝集剤注入装置と、を備えた浄水場の凝集剤注入制御システムであって、前記注入制御装置が、凝集剤注入点よりも下流の計測点の処理水濁度が所定範囲になるように、凝集剤注入点よりも上流の水質データを用いて凝集剤注入率を演算するようにした凝集剤注入制御システムにおいて、
前記注入制御装置は、
前記水質計により計測した水質データを時系列的に収集するデータ収集手段と、
このデータ収集手段により収集した水質データと、過去の運転データとしての水質データ及び凝集剤注入率を記憶する記憶手段と、
この記憶手段に記憶された運転データのうち、処理水濁度計測値が所定範囲内である時

の凝集剤注入率を目的変数とし、かつ、水質データを説明変数として重回帰分析を行うことにより、凝集剤注入率演算式の制御パラメータを演算する重回帰分析手段と、

この重回帰分析手段により演算された制御パラメータを含む前記凝集剤注入率演算式により、前記水質計により計測した水質データを用いて凝集剤注入点の凝集剤注入率を演算する薬品注入率演算手段と、を備え、

前記重回帰分析手段は、凝集剤注入点と処理水濁度計測点との間の距離に起因する流下遅れ時間を考慮して時間をずらした処理水濁度計測値が所定範囲内である時のデータを用いて重回帰分析を行うものである。

なお、請求項２に記載するように、前記記憶手段は、重回帰分析手段により演算された制御パラメータをも記憶することにより、制御パラメータの妥当性の検証を任意のタイミングで行うことができる。

【００１２】

請求項３に記載した発明は、浄水プロセスにおけるｐＨを含む水質を計測する水質計と、前記水質計により計測したｐＨが所定範囲になるように前アルカリ剤注入率を制御する注入制御装置と、前記前アルカリ剤注入率に従って前アルカリ剤を注入する前アルカリ剤注入装置と、を備えた浄水場のアルカリ剤注入制御システムであって、前記注入制御装置が、前アルカリ剤注入点よりも下流の計測点のｐＨが所定範囲になるように、前アルカリ剤注入点よりも上流の水質データを用いて前アルカリ剤注入率を演算するようにしたアルカリ剤注入制御システムにおいて、

前記注入制御装置は、

前記水質計により計測した水質データを時系列的に収集するデータ収集手段と、

このデータ収集手段により収集した水質データと、過去の運転データとしての水質データ及び前アルカリ剤注入率を記憶する記憶手段と、

この記憶手段に記憶された運転データのうち、ｐＨ計測値が所定範囲内である時の前アルカリ剤注入率を目的変数とし、かつ、凝集剤注入率及び水質データを説明変数として重回帰分析を行うことにより、前アルカリ剤注入率演算式の制御パラメータを演算する重回帰分析手段と、

この重回帰分析手段により演算された制御パラメータを含む前記前アルカリ剤注入率演算式により、凝集剤注入率と前記水質計により計測した水質データとを用いて、前アルカリ剤注入点の前アルカリ剤注入率を演算する薬品注入率演算手段と、を備え、

前記重回帰分析手段は、前アルカリ剤注入点とｐＨ計測点との間の距離に起因する流下遅れ時間を考慮して時間をずらしたｐＨ計測値が所定範囲内である時のデータを用いて重回帰分析を行うものである。

【００１３】

請求項４に記載した発明は、浄水プロセスにおけるｐＨを含む水質を計測する水質計と、前記水質計により計測したｐＨが所定範囲になるように後アルカリ剤注入率を制御する注入制御装置と、前記後アルカリ注入率に従って後アルカリ剤を注入する後アルカリ剤注入装置と、を備えた浄水場のアルカリ剤注入制御システムであって、前記注入制御装置が、後アルカリ剤注入点よりも下流の計測点のｐＨが所定範囲になるように、後アルカリ剤注入点よりも上流の水質データを用いて後アルカリ剤注入率を演算するようにしたアルカリ剤注入制御システムにおいて、

前記注入制御装置は、

前記水質計により計測した水質データを時系列的に収集するデータ収集手段と、

このデータ収集手段により収集した水質データと、過去の運転データとしての水質データ及び後アルカリ剤注入率を記憶する記憶手段と、

この記憶手段に記憶された運転データのうち、ｐＨ計測値が所定範囲内である時の後アルカリ剤注入率を目的変数とし、かつ、ｐＨ偏差及び水質データを説明変数として重回帰分析を行うことにより、後アルカリ剤注入率演算式の制御パラメータを演算する重回帰分析手段と、

この重回帰分析手段により演算された制御パラメータを含む前記後アルカリ剤注入率演

算式により、前記ｐＨ偏差と前記水質計により計測した水質データとを用いて、後アルカリ剤注入点の後アルカリ剤注入率を演算する薬品注入率演算手段と、を備え、

前記重回帰分析手段は、後アルカリ剤注入点とｐＨ計測点との間の距離に起因する流下遅れ時間を考慮して時間をずらしたｐＨ計測値が所定範囲内である時のデータを用いて重回帰分析を行うものである。

【００１４】

また、請求項５に記載するように、上記請求項３または４においても、前記記憶手段が、重回帰分析手段により演算された制御パラメータを記憶することにより、制御パラメータの妥当性の検証を任意のタイミングで行うことができる。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、浄水プロセスにおける凝集剤注入点から処理水濁度計測点までの流下遅れ時間や、アルカリ剤注入点からｐＨ計測点までの流下遅れ時間を考慮して、凝集剤注入率やアルカリ剤注入率の評価に用いる処理水濁度やｐＨ等のデータの時間軸を揃えるようにし、しかも、これらの水質データが所定範囲内にある時のデータのみを分析用データとして重回帰分析に使用することにより、注入率演算式における最適な制御パラメータを求めることができる。そして、この制御パラメータを含む注入率演算式により算出した各薬品の注入率に従って凝集剤やアルカリ剤を注入することにより、濁度やｐＨ等の水質を目標値に保つことが可能になる。

また、本発明では、制御パラメータの補正や多数のデータの学習といった煩雑な処理が不要であり、比較的簡単な演算処理によって適切な凝集剤及びアルカリ剤の注入制御を実現することができると共に、ジャーテスト等に比べて自動化も容易である。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。

図１は、本発明の実施形態が適用される浄水プロセスの概略的構成図であり、図７と同一の構成要素には同一の参照符号を付して説明を省略し、以下では異なる部分を中心に説明する。

【００１７】

図１において、５０は凝集剤・前アルカリ剤・後アルカリ剤注入制御装置であり、この注入制御装置５０には、着水井１１の水質計２１、混和池１２の水質計２２、ろ過池１４から浄水池１５に至る配管上の水質計２４、及び浄水池１５の水質計２５により測定された種々の水質計測値が入力されている。

そして、注入制御装置５０は、後述する演算によって凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率を求め、凝集剤注入率に従って凝集剤３０を供給する注入装置としてのポンプ３２を制御し、かつ、前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率に従ってアルカリ剤４０を供給する注入装置としてのポンプ４２，４５を制御することにより、混和池１２に所定量の凝集剤及び前アルカリ剤を注入し、浄水池１５に所定量の後アルカリ剤を注入するように構成されている。

【００１８】

まず、凝集剤注入制御を行う場合の凝集剤注入率の演算方法について述べる。

凝集剤注入率は、注入制御装置５０が、着水井１１における原水の水質（水質計２１による計測値）を用いて、数式１により演算する。

【００１９】

［数１］

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + \cdots\cdots + a_n \cdot x_n$$

ｙ：凝集剤注入率

x_1，……，x_n：原水濁度、原水ｐＨ、原水アルカリ度、原水水温等の原水水質

a_0，a_1，……，a_n：制御パラメータ

【００２０】

上記のように凝集剤注入率を決定し、この注入率に従ってポンプ３２を制御することにより所定量の凝集剤３０を混和池１２に注入すればよいのであるが、このとき、処理水濁度（浄水濁度）が適正値（例えば１［ｍｇ／Ｌ］）に保たれることが必要である。

しかし、凝集剤注入点から処理水濁度の計測点までは数１０分から１時間程度の流下遅れ時間があるので、処理水濁度の計測値をそのままフィードバック制御に使用して凝集剤注入率を制御することは困難である。

【００２１】

そこで、過去の運転データから、処理水濁度が適正範囲内にある時のデータ（凝集剤注入率及び原水水質データ）を抽出してこれらのデータを数式１の関係に当てはめ、凝集剤注入率ｙを目的変数、原水水質x_1，……，x_nを説明変数として重回帰分析を行えば、制御パラメータa_0，a_1，……，a_nを求めることができる。そして、これらの制御パラメータa_0，a_1，……，a_nと、着水井１１の水質計２１により測定した原水水質とを用いて数式１を演算することにより、処理水濁度が適正範囲内になるような凝集剤注入率を求めることができ、注入制御装置５０では、この凝集剤注入率に従ってポンプ３２を制御し、凝集剤３０を混和池１２に注入すれば良い。

ここで、図６は、ある１日の原水濁度及び処理水濁度の変化を示す図であり、例えば０時～１０時までの間は処理水濁度が１［ｍｇ／Ｌ］以下で比較的安定しているため、この間のデータ（凝集剤注入率及び原水水質データ）を分析用データとして使用することにより、制御パラメータa_0，a_1，……，a_nを求めると良い。

【００２２】

また、重回帰分析では、説明変数である原水水質x_1，……，x_nが目的変数を表すのに適切か否かも判定することができる。すなわち、数式１に示した注入率演算式（重回帰式）の偏回帰係数を各説明変数について求めれば、目的関数に対する寄与率が求まるので、例えば原水水質データのうち真に必要な（寄与率が大きい）種類のデータのみに絞り込んで凝集剤注入率の演算に用いることが可能になる。

【００２３】

次に、前アルカリ剤注入制御を行う場合の前アルカリ剤注入率の演算方法について述べる。

前アルカリ剤注入率は、一般に凝集剤注入率に比例させるものであり、また、原水水質にも影響されるものである。このため、注入制御装置５０は、凝集剤注入率、及び着水井１１の水質とを用いて、数式２により演算する。

【００２４】

［数２］

$$z_1 = c_0 + c_1 \cdot y + b_{1,0} + b_{1,1} \cdot x_{1,1} + \cdots\cdots + b_{1,n} \cdot x_{1,n}$$

z_1：前アルカリ剤注入率

c_0，c_1：制御パラメータ

ｙ：凝集剤注入率

$x_{1,1}$，……，$x_{1,n}$：原水濁度、原水ｐＨ、原水アルカリ度、原水水温等の原水水質

$b_{1,0}$，$b_{1,1}$，……，$b_{1,n}$：制御パラメータ

なお、上記原水水質$x_{1,1}$，……，$x_{1,n}$は、実質的に数式１における原水水質x_1，……，x_nと同じものである。

【００２５】

この前アルカリ剤の注入制御では、凝集剤３０が注入された混和池１２のｐＨを適正値（例えばｐＨ＝７．０）に保つように注入率を制御することが必要である。

混和池１２のｐＨを水質計２２により計測して前アルカリ剤の注入率をフィードバック制御することも可能であるが、前アルカリ剤の注入点とｐＨ計測点との距離による流下遅れ時間や、化学反応、あるいは、水質計の反応速度が水温等に影響されることに起因して、フィードバック制御の制御パラメータを一意的に決定することは難しい。

【００２６】

そこで、過去の運転データから、混和池１２のｐＨが適正範囲（例えばｐＨが６．５から７．５の範囲）に保たれている時のデータ（前アルカリ剤注入率、凝集剤注入率及び原水水質データ）を抽出してこれらのデータを数式２の関係に当てはめ、前アルカリ剤注入率z_1を目的変数、凝集剤注入率ｙ及び原水水質$x_{1,1}$，……，$x_{1,n}$を説明変数として重回帰分析を行えば、制御パラメータc_0，c_1，$b_{1,0}$，$b_{1,1}$，……，$b_{1,n}$を求めることができる。重回帰分析では、説明変数である凝集剤注入率ｙ及び原水水質$x_{1,1}$，……，$x_{1,n}$が目的変数を表すのに適切か否かの判定も可能である。

そして、これらの制御パラメータc_0，c_1，$b_{1,0}$，$b_{1,1}$，……，$b_{1,n}$と、凝集剤注入率ｙ、及び着水井１１の水質計２１により測定した原水水質とを用いて数式２を演算することにより、混和池１２のｐＨが適正範囲内になるような前アルカリ剤注入率を求めることができ、注入制御装置５０では、この前アルカリ剤注入率に従ってポンプ４２を制御し、アルカリ剤４０を混和池１２に注入すれば良い。

【００２７】

なお、一般のプラントでは、混和池１２のｐＨを計測していないことが多い。この場合には、水質計２４により計測されるろ水のｐＨを適正値に制御する。従って、過去の運転データから、ろ水のｐＨが適正範囲内にある時のデータを抽出して重回帰分析により制御パラメータを決定すれば良い。

【００２８】

次いで、後アルカリ剤注入制御を行う場合の後アルカリ剤注入率の演算方法について述べる。

後アルカリ剤注入率は、一般に後アルカリ剤注入後のｐＨを計測し、その計測値が設定値に等しくなるようにフィードバック制御によって注入率が決定される。また、後アルカリ剤注入前のろ水水質にも影響されるものである。このため、注入制御装置５０は、後アルカリ剤注入後の浄水池ｐＨの設定値とその計測値（水質計２５による計測値）、及びろ水の水質（水質計２４による計測値）とを用いて、数式３により演算する。

【００２９】

［数３］

$$z_2 = d_0 + d_1 \cdot (p_s - p) + b_{2,0} + b_{2,1} \cdot x_{2,1} + \cdots\cdots + b_{2,n} \cdot x_{2,n}$$

z_2：後アルカリ剤注入率

d_0，d_1：制御パラメータ

ｐ：浄水池ｐＨ

p_s：浄水池ｐＨ設定値

$x_{2,1}$，……，$x_{2,n}$：ろ水濁度、ろ水ｐＨ、ろ水アルカリ度、ろ水水温等のろ水水質

$b_{2,0}$，$b_{2,1}$，……，$b_{2,n}$：制御パラメータ

【００３０】

ここで、数式３における$d_0 + d_1 \cdot (p_s - p)$は、浄水池ｐＨの設定値$p_s$と計測値ｐとの偏差（$p_s - p$）により影響されるフィードバック制御項であり、また、$b_{2,0} + b_{2,1} \cdot x_{2,1} + \cdots\cdots + b_{2,n} \cdot x_{2,n}$は、ろ水水質により影響されるフィードフォワード制御項である。

この後アルカリ剤の注入制御では、浄水池１５のｐＨを適正値（例えばｐＨ＝７．０）に保つように注入率を制御することが必要である。

浄水池１５のｐＨを水質計２５により計測して後アルカリ剤の注入率をフィードバック制御することも可能であるが、後アルカリ剤の注入点とｐＨ計測点との距離による流下遅れ時間や、化学反応、あるいは、水質計の反応速度が水温等に影響されることに起因して、フィードバック制御の制御パラメータを一意的に決定することは難しい。

【００３１】

そこで、前アルカリ剤注入制御の場合と同様の原理により、過去の運転データから、浄水池１５のｐＨが適正範囲（例えばｐＨが６．５から７．５の範囲）に保たれている時の

データ（後アルカリ剤注入率、浄水池ｐＨの設定値と計測値との偏差、及びろ水水質データ）を抽出してこれらのデータを数式３の関係に当てはめ、後アルカリ剤注入率z_2を目的変数、浄水池ｐＨ偏差（$p_s - p$）及びろ水水質$x_{2,1}$，……，$x_{2,n}$を説明変数として重回帰分析を行えば、制御パラメータd_0，d_1，$b_{2,0}$，$b_{2,1}$，……，$b_{2,n}$を求めることができる。重回帰分析では、説明変数である浄水池ｐＨ偏差（$p_s - p$）及びろ水水質$x_{2,1}$，……，$x_{2,n}$が目的変数を表すのに適切か否かの判定も可能である。

【００３２】

上記制御パラメータd_0，d_1，$b_{2,0}$，$b_{2,1}$，……，$b_{2,n}$と、浄水池ｐＨ偏差（$p_s - p$）及びろ水水質$x_{2,1}$，……，$x_{2,n}$を用いて数式３を演算することにより、浄水池１５のｐＨが適正範囲内になるような後アルカリ剤注入率を求めることができ、注入制御装置５０では、この後アルカリ剤注入率に従ってポンプ４５を制御し、アルカリ剤４０を浄水池１５に注入すれば良い。

【００３３】

次に、本実施形態において、重回帰分析により制御パラメータを求めるためのデータの収集方法及び保存方法について説明する。

前述した方法によって凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率を求めるための制御パラメータを決定するには、凝集剤注入後の処理水濁度や前アルカリ剤・後アルカリ剤注入後のｐＨ等の変化が明確に分かるように、短い時間間隔で各種の水質データを収集する必要がある。このため、注入制御装置５０では、各水質計２１，２２，２４，２５から、例えば１分程度の周期でデータを収集する。

【００３４】

また、重回帰分析により数式１～３のような注入率演算式を作成する場合には、水質が安定している状態ばかりでなく様々な水質状態におけるデータを使用して、実際の水質変化を反映させた制御パラメータを決定することが必要である。

一般に天候が安定している時期には水質も安定しており、降雨等により水質が変動することは、それほど多くない。この場合、天候安定期のデータのみを使用して重回帰分析により制御パラメータを決定すると、制御パラメータが偏ったものになってしまい、最終的に注入率演算式によって演算される凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率も実際の天候や水質にそぐわないものとなってしまう。

そこで、制御パラメータを決定するためのデータ（分析用データ）としては、注入制御装置５０が収集した時系列データの中から、天候や水質の片寄りがないように満遍なく保存する必要がある。こうして保存した分析用データを用いて重回帰分析を行い、制御パラメータを決定する。

【００３５】

ここで、図２は、上述した分析用データの保存処理を示すフローチャートである。

図２において、１分程度の周期でデータを収集し、これらを時系列データとして記憶装置に格納しておき、１日分のデータ収集が完了した時点で上記時系列データを取り込む（ステップＳ１，Ｓ２）。

【００３６】

次に、取り込んだ時系列データが分析用データとしての保存条件を満たすか否かを判断する（ステップＳ３）。この保存条件とは、データが様々な天候や水質状態を反映したものであること（天候や水質データに適度のばらつきがあること）を意味し、例えば天候や水質状態が極めて安定していてほとんど変化がないような期間のデータであれば保存条件を満たさないと判断し、逆に様々な天候や水質状態を反映したデータであれば保存条件を満たすと判断する。この保存条件の存否は、天候や水質データを数値化して注入制御装置５０が判断しても良いし、オペレータが人為的に判断しても良い。

そして、上記保存条件を満たす場合には、この時系列データを分析用データとして保存し（ステップＳ４）、重回帰分析による制御パラメータの決定に用いることとする。

【００３７】

また、上記保存条件を満たさない場合には、現在使用している分析用データ（旧データ）を破棄するか否かを判断する（ステップＳ５）。すなわち、旧データがだいぶ以前のデータであり、最近の天候や水質の変化傾向を反映しているとは思えないような場合には、この旧データを新データに置き換えた方がよい場合もあり得るので、旧データを破棄するか否かの判断を行う。

これらの新旧データを比較することにより、やはり旧データを使用し続けた方が妥当であると判断される場合（ステップＳ５　ＮＯ）には、新データを破棄して終了する（ステップＳ６）。また、新データに置き換えた方が妥当であると判断される場合（ステップＳ５　ＹＥＳ）には、旧データを破棄して新データを分析用データとして保存し、終了する（ステップＳ７）。

このようにして、制御パラメータの決定に用いる分析用データが保存されることになる。

なお、図２に示した処理は、注入率演算式を作成する際に必要に応じて実行されるもので、必ずしも定周期で繰り返し実行される性質の処理ではない。

【００３８】

次に、図３は、図２の処理により保存された分析用データを使用する制御パラメータの計算及び検証処理を示すフローチャートである。

注入制御装置５０では、まず分析用データを取り込み（ステップＳ１１）、次いで一部の分析用データを時間軸に沿って移動することにより、流下遅れ時間を考慮する（ステップＳ１２）。

ここで、流下遅れ時間の考慮とは、以下のような内容である。

【００３９】

図４は、分析用データの一例を示す図であり、例えば後アルカリ剤注入制御に用いるデータの例である。この分析用データは、各時刻における後アルカリ剤注入率、ろ水濁度、ろ水アルカリ度、ろ水ｐＨ等のろ水水質データ、及び、浄水池ｐＨ偏差からなっており、過去の運転データを構成するものである。

後アルカリ剤注入制御において、後アルカリ剤注入後の評価に用いるデータは浄水池ｐＨ偏差であるが、この偏差を求めるための浄水池ｐＨの計測値は、図１における浄水池１５内の水質計２５によって得られる。しかるに、浄水池１５内では、後アルカリ剤注入点と水質計２５による浄水池ｐＨの計測点との間に距離があり、この間を水が移動するには一定の流下時間がかかる。

【００４０】

すなわち、図４において、時刻t_1の後アルカリ剤注入率z_{t21}に基づく後アルカリ剤注入は、同時刻の浄水池ｐＨ偏差Δp_{t1}には反映せず、後アルカリ剤注入点と計測点との間を水が流下する時間Δｔだけ遅れた時刻の浄水池ｐＨ偏差に反映することになる。例えば、上記流下遅れ時間Δｔが時刻t_1～t_7の時間差に等しいとすると、時刻t_1の後アルカリ剤注入率z_{t21}に基づく後アルカリ剤注入は、時刻t_7における浄水池ｐＨ偏差Δp_{t7}として現れるはずである。

このため、流下遅れ時間Δｔを予め求めておき、各時刻の浄水池ｐＨ偏差をΔｔだけ前に移動する（時間軸を揃える）ことにより、各時刻の後アルカリ剤注入による評価を適切に行うことが可能になる。

図４は、時刻t_1の後アルカリ剤注入率z_{t21}に基づく浄水池ｐＨ偏差として時刻t_7におけるΔp_{t7}を、時刻t_2の後アルカリ剤注入率z_{t22}に基づく浄水池ｐＨ偏差として時刻t_8におけるΔp_{t8}を、（……以下同様）用いることを示している。

【００４１】

なお、上記流下遅れ時間Δｔは、以下の数式４により算出可能である。

［数４］

$\Delta t = V / Q$

Ｑ：処理水量

Ｖ：後アルカリ剤注入点から水質（浄水池ｐＨ）計測点までの容量

【００４２】
上述した流下遅れ時間Δｔの考慮は、凝集剤注入制御における数式１の制御パラメータを決定する場合の分析用データにも適用可能である。すなわち、凝集剤注入制御では、過去の運転データから、処理水濁度が所定範囲内にある時の凝集剤注入率及び原水水質データを用いて重回帰分析により制御パラメータを決定するが、凝集剤注入点と処理水濁度の計測点との間にも、流下遅れ時間Δｔがある。従って、処理水濁度を流下遅れ時間Δｔだけ前に移動してその時刻の凝集剤注入率に対する評価に用いることにより、各時刻の凝集剤注入による評価を適切に行うことが可能になる。
この場合には、数式４におけるＶが凝集剤注入点と処理水濁度の計測点までの容量となる。

【００４３】
同様にして、流下遅れ時間Δｔの考慮は、前アルカリ剤注入制御における数式２の制御パラメータを決定する場合の分析用データにも適用可能である。前アルカリ剤注入制御では、過去の運転データから、混和池ｐＨが所定範囲内にある時の前アルカリ剤注入率、凝集剤注入率、及び原水水質データを用いて重回帰分析により制御パラメータを決定するが、前アルカリ剤注入点と混和池ｐＨの計測点との間にも、流下遅れ時間Δｔがある。従って、混和池ｐＨを流下遅れ時間Δｔだけ前に移動してその時刻の、前アルカリ剤注入率に対する評価に用いることにより、各時刻の前アルカリ剤注入による評価を適切に行うことが可能になる。
この場合には、数式４におけるＶが前アルカリ剤注入点と混和池ｐＨの計測点までの容量となる。

【００４４】
再び図３に戻って、上述したステップＳ１２の処理に続いて、図４の分析用データから水質が良好である時刻のデータ（浄水池ｐＨ偏差が所定範囲内である時刻のデータ）のみを抽出する（ステップＳ１３）。例えば、時刻t_1における浄水池ｐＨ偏差（流下遅れ時間Δｔを考慮して時間を前にずらしたデータであり、上述の例ではΔp_{t_7}）が所定範囲内であれば、この時刻t_1における後アルカリ剤注入率、ろ水濁度、ろ水アルカリ度、……等のデータを抽出する。
その後、重回帰分析により、前述した数式１，２，３の注入率演算式を用いて凝集剤・前アルカリ剤・後アルカリ剤注入制御における各制御パラメータを計算する（ステップＳ１４）。

【００４５】
こうして求められた制御パラメータを用いて数式１，２，３により凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率を計算し、これらの注入率に従って各薬品を注入すれば、各計測点における処理水濁度やｐＨが所定範囲内に収まることになる。
なお、制御パラメータや注入率の計算処理は、十分な数のデータが収集できたとき、あるいは、一旦決定した注入率では所望の処理水濁度やｐＨが得られなくなったとき、等の適当なタイミングで実行すればよい。

【００４６】
図３におけるステップＳ１５は、重回帰分析によって求められた制御パラメータの妥当性を検証する処理である。
その具体的な処理内容は、求められた制御パラメータを含む注入率演算式に、注入制御装置５０が保存している過去の時系列データ（説明変数としての種々の水質データ等）を代入し、凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率を計算する。これらの注入率と実際の運転時の各注入率（実績値）とを比較して両者の誤差の大小を判定することにより、求められた制御パラメータが妥当であるか否かを検証することができる。
そして、上記誤差が小さく、求められた制御パラメータ、ひいてはこれらの制御パラメータを含む数式１，２，３の注入率演算式が妥当なものであると判断されれば、この注入率演算式を採用して各薬品の注入率を決定していくことになる。

【００４７】

次いで、図５は、本発明の実施形態にかかる注入制御装置５０の構成を示す図である。

図５において、注入制御装置５０は、例えばコンピュータシステムにより構成されている。この注入制御装置５０は、前述した水質計２１，２２，２４，２５の計測データがインターフェース５０１を介して入力されるデータ収集保存部５０２を備えており、このデータ収集保存部５０２では、図２の処理に従って時系列データの収集、重回帰分析のための分析用データの保存等を行う。

【００４８】

データ収集保存部５０２から出力される時系列データは、トレンド表示制御部５０３及び薬品注入率演算部５０４に入力されている。

トレンド表示制御部５０３は、必要に応じて時系列データをインターフェース５０７を介してディスプレイ装置等の表示部５０８に表示させるためのものであり、また、薬品注入率演算部５０４は、後述する重回帰分析部５０６により演算された制御パラメータ（重回帰係数）及び種々の水質データ等を用いて凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率を演算する。これらの注入率は、必要に応じて前記表示部５０８により表示しても良い。

【００４９】

一方、記憶部５０５はハードディスク、ＭＯディスク、ＣＤ－Ｒ／ＲＷ等の記憶装置であり、データ収集保存部５０２から送られる時系列データ、分析用データ、重回帰分析部５０６により演算された制御パラメータ、薬品注入率演算部５０４により演算された各注入率等が記憶される。

重回帰分析部５０６は、前述の数式１～３を用いた制御パラメータの演算を行い、求めた制御パラメータを薬品注入率演算部５０４に出力する。

前述した数式４による流下遅れ時間Δｔを用いたデータの移動や、制御パラメータ（注入率演算式）の妥当性の検証は、重回帰分析部５０６及び薬品注入率演算部５０４により実行される。

薬品注入率演算部５０４から出力される各注入率は注入制御部５０９に入力されており、この注入制御部５０９では各注入率に応じた操作量を生成してインターフェース５１０を介し凝集剤注入装置及び前アルカリ剤・後アルカリ剤注入装置としての前記ポンプ３２，４２，４５に送ることにより、混和池１２及び浄水池１５に所定量の凝集剤、前アルカリ剤、後アルカリ剤をそれぞれ注入する。

【００５０】

上記のように本実施形態によれば、凝集剤注入率・前アルカリ剤注入率・後アルカリ剤注入率の最適値を演算することができ、これらの注入率に基づいて実際に凝集剤やアルカリ剤の注入量を制御することが可能である。

なお、浄水プロセスにおいて薬品注入率の計算に重回帰分析を適用することは、例えば特開平７－３１９５０９号公報の段落［０１２０］等に記載されているように一般に行われている。しかし、本発明のごとく、凝集剤や前アルカリ剤・後アルカリ剤の注入点と濁度やｐＨの計測点までの流下遅れ時間を考慮したデータを対象とし、更に、これらの計測値が適正範囲になるようなデータのみを分析用データとして重回帰分析に使用する方法によれば、目標とする水質を達成するために、より一層、正確かつ適切に薬品の注入率を算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【００５１】

【図１】本発明の実施形態が適用される浄水プロセスの概略的構成図である。

【図２】本発明の実施形態において、重回帰分析により制御パラメータを求めるための分析用データの保存処理を示すフローチャートである。

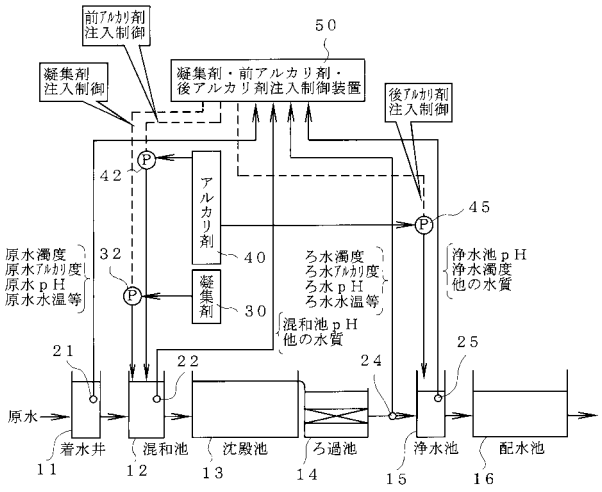
【図３】本発明の実施形態における制御パラメータの計算及び検証処理を示すフローチャートである。

【図４】本発明の実施形態における分析用データの一例を示す図である。

【図５】本発明の実施形態における注入制御装置の構成図である。

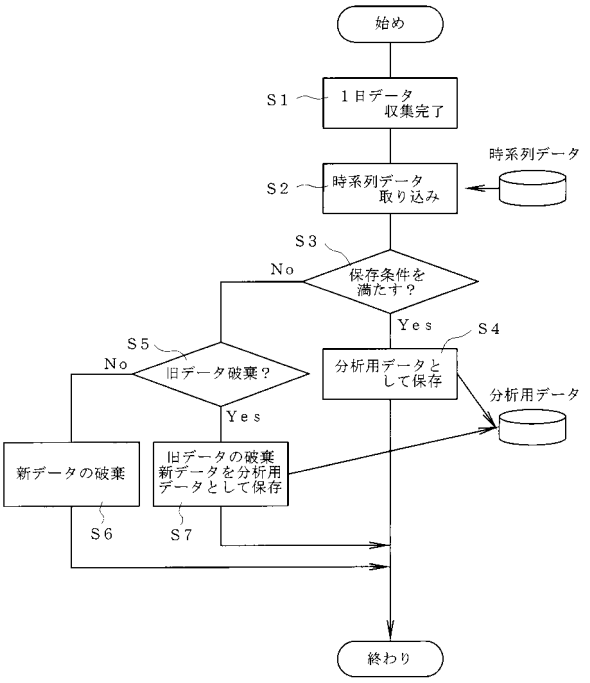
【図６】本発明の実施形態における原水濁度及び処理水濁度の変化の一例を示す図である。
【図７】一般的な浄水プロセスの概略的構成図である。
【符号の説明】
【００５２】
１１：着水井
１２：混和池
１３：沈殿池
１４：ろ過池
１５：浄水池
１６：配水池
２１，２２，２４，２５：水質計
３０：凝集剤
３２：ポンプ
４０：アルカリ剤
４２，４５：ポンプ
５０：注入制御装置
５０１，５０７，５１０：インターフェース
５０２：データ収集保存部
５０３：トレンド表示制御部
５０４：薬品注入率演算部
５０５：記憶部
５０６：重回帰分析部
５０８：表示部
５０９：注入制御部

【図１】

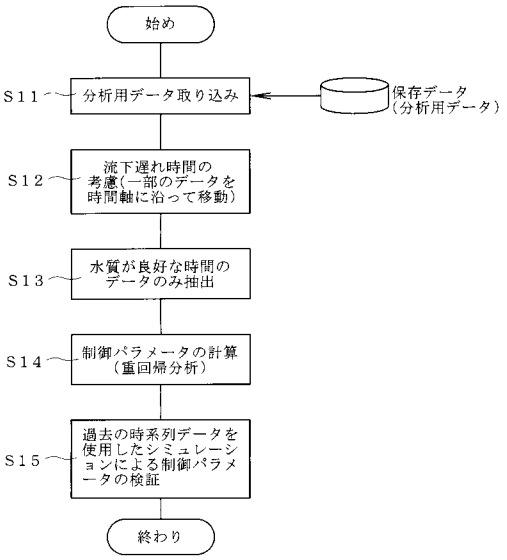


２１，２２，２４，２５：水質計
３２，４２，４５：ポンプ

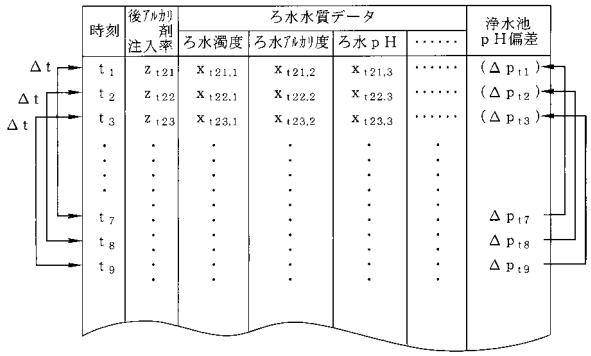
【図２】



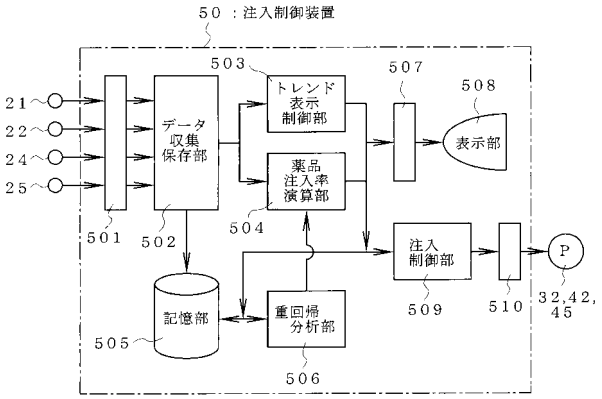
【図３】



【図４】

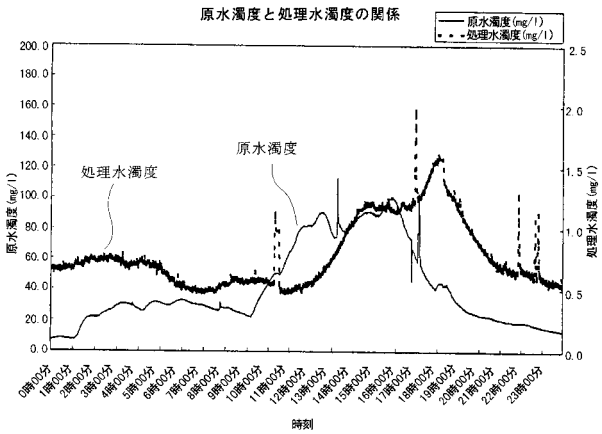


【図５】

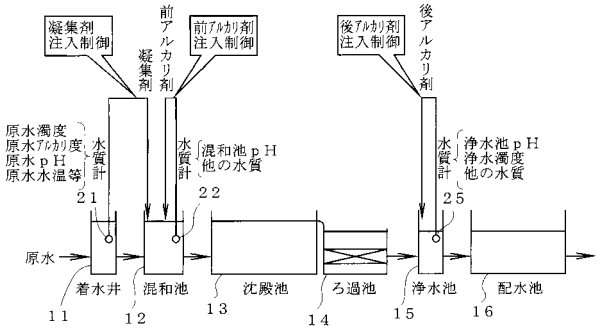


501，507，510：インターフェース

【図６】



【図７】



フロントページの続き

審査官　富永　正史

(56)参考文献　特開２００１－０３８３４３（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２００１７５（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－１１９３０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１１０５０４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－１１００２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０２Ｆ　　１／５２　－　１／５６
Ｃ０２Ｆ　　１／６６
Ｂ０１Ｄ　２１／０１