明　細　書

発明の名称 ： 水質監視装置

技術分野

[0001] 本発明は、水質を監視する装置に関するものである。

背景技術

[0002] 日本国特開２００４－７４１３７号公報には、水棲生物による監視付飲料水供給方法及びそのシステムを提供することが記載されている。この文献には、原水より飲料用水への処理或いは配水経路に、急性毒物などの有害物質の監視判定に供する水棲生物によるバイオアッセイシステムを備え、該システムの可判定には処理水を優先的に単独供給、或いは共用可能な上水と複合供給し、該システムによる不可判定時には上水のみを自動的に独立供給とすることが記載されている。この飲料水供給システムを有効に運営する為に、市水などの上水路を除き着水路及び／又は処理水路に設けられる緊急事態に対応する安全確認貯留タンクを介し、安全な水のみを選別しながら移送する。

[0003] 日本国特開２００９－２８１５号公報には、真空系を必要としない小型の分析装置でありながら選択性の高いモニタリング装置を提供することが記載されている。特許文献２には、主として分子量関連イオンが生成される大気圧イオン源（非解離性大気圧イオン源）と、主として解離イオンが生成される大気圧イオン源（解離性大気圧イオン源）の２種類の大気圧イオン源をイオン移動度分光計に装備して非解離性イオン源と解離性イオン源との切り替え機構を設けることが記載されている。また、測定対象物質毎に非解離性イオン源により生成される分子量関連イオンと解離性イオン源により生成される解離イオンの特性値（イオン移動度またはそれに相関する値）を登録したデータベースを備えることが記載されている。非解離性イオン源と解離性イオン源の両モードでそれぞれデータベースと一致するイオンが検知された場合に、測定対象物質が検知されたと判定する。またこのとき、非解離性イオ

ン源の動作中には解離イオンの有無を、逆に解離性イオン源の動作中には分子量関連イオンの有無をも調べて判定に資することにより、信頼性を向上する。

発明の開示

[0004] 飲料水を貯留するタンクまたは水槽は、各地域の給水塔、ビルの屋上など、様々な場所に分散して配置されている。これらの水槽は、それぞれが何らかの事情・要因により汚染されたり、水質が悪化したりする可能性がある。したがって、個々の水槽の水質を簡易に監視できるシステムが要望されている。

[0005] 本発明の一態様は、水質を監視する対象の水との境界面および隔壁により少なくとも部分的に閉鎖された領域の空気質をイオン移動度センサーにより検出する空気質分析ユニットと、空気質分析ユニットにより得られた空気質パターンが、対象の水に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲外であれば異常信号を出力するアラームユニットとを有する水質監視装置である。

[0006] 水との境界面を有する領域の空気（大気）には、境界面、すなわち、水面下の水質を反映する物質が存在する。さらに、水面上の実質的に閉鎖された領域には、水面下の水に起因する物質が蓄積される。水に起因する物質には、水に含まれる物質が気化したもの、水から気中に放出されたもの、水中の何らかの要因により生成されるガスなどが含まれる。イオン移動度センサーは、空気中の分子をイオン化し、イオン化された分子の移動度に基づいたスペクトルを出力する。このため、この水質監視装置においては、水に接する、実質的に閉鎖された領域の空気質をイオン移動度センサーにより検出することにより、閉鎖された領域の空気質に含まれる、水に起因する物質（成分）を測定でき、その測定結果から水面下の水質を間接的に、しかしながら十分な精度で判断できる。

[0007] 本発明の他の態様の１つは、以下の工程を含む水質監視方法である。

１．水質を監視する対象の水との境界面および隔壁により少なくとも部分的

に閉鎖された領域の空気質をイオン移動度センサーにより検出すること。

２．イオン移動度センサーの出力パターンが前記対象の水に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲外であれば異常信号を出力すること。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]水質監視装置を有する飲料水供給装置の概要を示す図。

[図2]水質監視装置の構成を示すブロック図。

[図3]水質監視装置の制御を示すフローチャート。

[図4]異なる飲料水供給装置の概要を示す図。

[図5]異なる水質監視装置の構成を示すブロック図。

[図6]浮遊型の水質監視装置の概略を示す図。

[図7]ボート型の水質監視装置の概略を示す図。

発明の実施の形態

[0009] 図１に、ビルの屋上などに設置される水槽に水質監視装置を取り付けた様子を示している。また、図２に、水質監視装置１０の概略構成を示している。この水質監視装置１０は、水質を監視する対象の水２との境界面（水面）３および隔壁となる水槽１の壁により少なくとも部分的に閉鎖された領域９の空気質をイオン移動度センサー１２により検出する空気質分析ユニット３１と、空気質分析ユニット３１により得られた空気質パターンが、監視対象の水に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲外であれば異常であることを示す信号を出力するアラームユニット３２とを有する。

[0010] 水２との境界面３に接する領域９の空気（サンプリングエアー）９ａを分析する水質監視装置１０は、サンプリングエアー９ａに存在する水質を反映する物質を検出（測定）し、その測定結果から水面下の水質を間接的に、しかしながら十分な精度で判断できる。水面上の実質的に閉鎖された領域９には、水分（水蒸気）２ａとともに水面下の水２に起因する物質４が蓄積される。水に起因する領域９の空気（サンプリングエアー）９ａ中の物質（測定対象物質）４には、水に含まれる物質が気化したもの、たとえば、ホルムアルデヒドなどのＶＯＣ、カビ臭の原因になるジオスミン、塩素、四塩化炭素

、トリハロメタン、その他の炭素化合物などが含まれる。測定対象物質４には、さらに、水から空気中に放出されたもの（分子、組成物、化合物など）、たとえば、カドミウム、ヒ素、六価クロム、シアン化化合物などが含まれる。測定対象物質４には、さらには、水中の何らかの要因により生成されるガス、たとえば、大腸菌その他の細菌および微生物の活動から放出されるガス（代謝揮発性物質）、腐敗あるいは発酵に伴い発生するガスなどが含まれる。

[0011] イオン移動度センサー１２は、導入されたガス、たとえば空気中の分子などをイオン化し、イオン化された物体の移動度に基づいたスペクトルを出力する。したがって、そのスペクトルを解析することにより空気中に含まれるイオン化された物質を判別または推定できる。この水質監視装置１０においては、水に接する、実質的に閉鎖された領域９の空気中の物質を含むサンプリングエアー９ａの質（空気質）をイオン移動度センサー１２により測定し、得られたスペクトル（空気質パターン）を解析することによりサンプリングエアー９ａに含まれている測定対象物質４を検出する。

[0012] したがって、水質監視装置１０は、水面上の領域９から得られたサンプリングエアー９ａに、水２が汚染されたことを示す測定対象物質４が含まれている場合は、空気質パターンを解析することにより、水質の異常を早い段階で判断できる。監視対象の水２は、この例では飲料水であるが、純水などの工業用水や、排水（廃水）であってもよく、ほとんどのケースでは対象の水２の水質基準が存在する。許容される水質基準に対応する水質の水に接する空気の空気質をイオン移動度センサー１２により測定した結果、すなわち、空気質パターンは予め実験あるいは予備測定などにより得られる。このため、水２に接する空気中９ａのイオン化可能な分子の全存在が反映された空気質パターンに含まれる全成分が同定されていなくても、得られた空気質パターンを水質基準に合致する空気質パターンと比較することにより異常信号を出力できる。したがって、簡易な構成で精度の高い水質監視装置１０を提供できる。

[0013] 領域９のサンプリングエアー９ａには、水面下の水２に起因する物質以外の物質も含まれる。たとえば、水２を汚染する可能性がある化合物、菌、腐敗物などが領域９に投下されれば、それらに起因する測定対象物質４がサンプリングエアー９ａに含まれる。したがって、領域９のサンプリングエアー９ａを水質監視装置１０でモニタリングすることにより、いっそう早い段階で水２の汚染を監視できる。

[0014] 水質監視装置１０における検出精度（分析精度）を向上する１つの方法は、水に接する領域９内（サンプリングエアー９ａ中）の中に存在する測定対象物質４、すなわち、イオン移動度センサー１２の測定対象となる化学物質（化学成分、分子、組成物、化合物など）の濃度を高くすることである。領域９内のサンプリングエアー９ａをイオン移動度センサー１２へ供給するキャリアガス（典型的には空気）により、対象の水２を通気（バブリング）してもよい。また、中空糸フィルタなどを用いてパーベーパレション（透過気化法）により測定対象成分を気化させてもよい。

[0015] 水質監視装置が、監視対象の水２の気化を促進する気化ユニットと、領域の空気を除湿してイオン移動度センサー１２に供給する除湿ユニットとを含むことも有効である。水の気化を促進することにより、水蒸気（水分）２ａとともに測定対象物質４を領域内に移行させ、領域内における測定対象物質（測定対象成分）４の濃度を向上できる。その後、除湿して水分を減らすことにより、イオン移動度センサー１２に供給されるサンプリングエアー（キャリアガス）９ａの中の測定対象成分４の濃度を高くできる。

[0016] 気化ユニットは熱により気化を促進するユニットを含んでいてもよい。対象の水２に、異なる温度で気化する物質や、濃度が変化する物質が含まれていれば、水２を気化させる温度によりイオン移動度センサー１２で得られる空気質パターンが変化する。したがって、気化ユニットの水温の情報と空気質パターンとを関連付けて、水質を判断できる。気化ユニットは、水を液滴化するインクジェットや、水を機械的に気化（霧化）する超音波振動を含んでいてもよい。不純物をほとんど含まない水を滴下して気化することも有効

である。一方、目詰まりするような不純物を含む場合は、超音波振動などにより機械的に気化することが有効である。

[0017] 気化ユニットは、境界面を形成する多孔性の境界壁を備えていてもよい。多孔性セラミック、多孔性ガラス、多孔性膜の境界壁を採用できる。多孔性の境界壁を備えた容器あるいはパイプ（チューブ）に水を貯めたり、水を通過させることにより、限られた領域内における蒸発面積を容易に拡大でき、サンプリングエアー９ａに含まれる測定対象物質の濃度を向上できる。

[0018] 測定対象成分４とともに水分２ａの濃度が高くなったサンプリングエアー９ａは、除湿ユニットを通してイオン移動度センサー１２に供給することが望ましい。領域内の空気質は水分が飽和またはそれに近い状態となるので、他の成分が吸着されにくい方法により除湿することにより、空気質パターンにおける水分スペクトルの影響を抑制でき、より精度の高い監視が可能となる。たとえば、水分のピークが大きくなり過ぎると、測定対象成分のピークが隠れたり、検出しにくくなることがある。また、除湿した空気でイオン移動度センサー１２をパージできるというメリットもある。

[0019] 除湿ユニットはシリカゲル、モレキュラーシーブなどの吸着性のものであってもよいが、再生に時間とエネルギーとを消費する。除湿ユニットは、加熱することにより相対湿度を下げたり、ペルチェ素子などにより冷却することにより水分を除去するものであってもよい。除湿ユニットは、吸湿性の境界壁、たとえば、デュポン社のＮａｆｉｏｎ（登録商標）のような吸湿性膜を備えたものであってもよい。水分の多いサンプリングエアー９ａとドライエアーとの間に吸湿性膜を介在させることにより連続的に除湿できる。

[0020] サンプリングエアー９ａを分析するイオン移動度センサー１２の排気を領域９に戻し、循環させることにより領域９の測定対象成分の濃度を高めることも可能である。イオン移動度センサー１２の排気により水２をバブリングするユニットを設けてもよい。低濃度で水質に影響を与える成分のサンプリングエアー９ａ中の含有率を向上でき、さらに精度のよい監視が可能となる。

[0021] 水質監視装置が、水２をサンプリングし、試薬と反応させた生成ガスをイオン移動度センサー１２に供給する反応ユニットを含むことも有効である。低濃度で水質に影響を与える成分やイオン化が難しい成分を、イオン移動度センサーにより検出しやすい他の成分に置き換えることにより、さらに高い精度で監視できる。

[0022] 水質監視装置が、複数の異なる深さの水をサンプリングして複数の領域９を形成するサンプリングユニットを含むことも有効である。表面の水の水質のみならず、深いレベルの水の水質を監視することが可能となる。

[0023] 水質監視装置の一例は、以下に示すように、水槽内の水質を監視するものである。水質監視装置を水槽の内部の適当な場所に設置することにより、貯留している水質のみならず、水槽（タンク）内の環境も含めて監視できる。また、水槽の管理者（管理する組織）にアラームユニットの出力を送信する送信ユニットをさらに有することが望ましい。管理者が各所の水槽を自動監視できる。

[0024] 水質監視装置の他の例の１つは、水上に浮遊しながら水質を監視するものである。水上に浮遊するものは、ブイなどで位置が固定されていてもよく、スクリューなどの自律的な移動機構や、外部の移動機構により所定のコースを移動しながら水質を監視するものであってもよい。移動する水質監視装置は、ＧＰＳなどの位置を測位するユニットを含み、水質と、位置とを関連付けて管理者に送信することが望ましい。

[0025] アラームユニット３２は、空気質分析ユニット３１により得られた空気質パターンが水面上の空気質パターンとして許容される範囲であっても正常な範囲でなければ注意信号を出力することができる。これにより水質が異常になる前段階を監視できる。アラームユニット３２は、領域内の環境条件、たとえば温度および湿度を測定するセンサーの出力により許容される範囲を変えるユニットを備えていてもよい。イオン移動度センサー１２の感度は温度および湿度などの領域内の環境条件の影響を受けることがある。したがって、領域内の環境条件を加味することにより、いっそう精度の高い監視が可能

となる。

[0026] この水質監視装置は、当該水質監視装置を水面に浮遊させるユニットをさらに有することが望ましい。水質監視装置を取り付ける手間を省くことができる。また、水面からイオン移動度センサーまでの距離の変化を抑制できるので、より精度の高い水質監視が可能となる。

[0027] 図１に、ビルの屋上などに設置される飲料水供給装置６０の概要を示している。飲料水供給装置６０は、飲料水２を貯留するための水槽１（タンク、水タンク、貯水槽）を含む。貯水槽１は、隔壁となる底１ａと、側壁１ｂと天井１ｃとを含む。供給装置６０は、さらに、貯水槽１に水を供給する配管（補給管）５と、水を貯水槽１からユーザーに供給する配管（給水管）６と、給水管６に取り付けられ、飲料水２の供給を停止する緊急遮断弁７とを含む。供給装置６０は、水質監視装置１０を含み、水質監視装置１０は、水槽１の内部の、水面３と側壁１ｂおよび天井１ｃとに囲まれた領域（空間）９に配置されている。典型的には、水質監視装置１０は、水槽１の側壁１ｂのオーバーフローレベルの上、または天井１ｃに取り付けられる。水質監視装置１０が取り付けられた、貯水槽１内部の領域９は、飲料水２との境界面である水面３と、側壁１ｂおよび天井１ｃとにより閉鎖された空間であり、オーバーフロー（不図示）、点検口１ｄなどの外界に対して開口あるいは開口可能な部分はあるが、領域９は実質的に閉鎖された空間である。

[0028] 供給装置６０は、さらに、水槽１の外に設置された電力供給用の太陽電池２１と、通信用のアンテナ２３とを含み、これらは水質監視装置１０に接続されている。水質監視装置１０は緊急遮断弁７を操作するインターフェイスを含み、水質監視装置１０が異常を検出すると給水管６を遮断する。水質監視装置１０は、水槽１の内部の領域９から空気を吸引する口１９と、領域９の温度を検出する温度センサー１８と、湿度を検出する湿度センサー１７とを含む。温度センサー１８および湿度センサー１７は水質監視装置１０に内蔵されていてもよく、領域９のいずれかの場所に設置されていてもよい。

[0029] 図２に、水質監視装置１０の概略構成をブロック図により示している。水

質監視装置１０は、水槽１の内部の領域９から空気（サンプリングエアー）９ａを吸引するポンプ（ファン、ブロワ）１１と、吸引されたサンプリングエアー９ａの質（空気質）を検出するイオン移動度センサー１２と、イオン移動度センサー１２を駆動し、イオン移動度センサー１２の検出結果を解析し、解析結果に基づいて予め設定された処理を行う制御ユニット３０とを含む。イオン移動度センサー（イオン移動度分光計、Ion Mobility Spectrometry）１２は、空気中の物質（分子）をイオン化し、イオン化された分子の移動度の差に基づくスペクトル（出力パターン、空気質パターン）を出力するセンサーである。この水質監視装置１０は、非対称電界イオン移動度スペクトロメータ（ＦＡＩＭＳ）または微分型電気移動度スペクトロメータ（ＤＭＳ）と呼ばれているイオン移動度センサー１２を備えている。この種のスペクトロメータ（センサー、以降においては総称してＤＭＳ）１２は、高圧ー低圧に変化する非対称電界にイオン化した分子流を入力し、イオンの電界移動度に基づいてそれらをフィルタリングした結果を出力する。市販されているコンパクトなＤＭＳ１２としては、ＳＩＯＮＥＸ（ザイオネクス）社のｍｉｃｒｏＤＭｘ、ＯＷＬＳＴＯＮＥ（オウルストーン）社のＦＡＩＭＳデバイスを挙げることができる。

[0030] ＤＭＳ１２においては、電界を制御する差動型電圧（交流電圧、電界電圧Ｖｒｆ、以降ではＶｆ）と補償電圧（直流電圧、以降ではＶｃ）を変化させて、高電界と低電界とを非対称に交互に切り替える。これにより、目標外の化学物質は飛行途中で、電界を生成させる電極（プレート）に衝突して＋イオン或いはーイオンが電荷を失い検出されない。一方、検出目標のイオン化された化学物質は、この電圧Ｖｆと電圧Ｖｃの条件が適切に制御されれば、検出器まで到達してこれに衝突させることができる。

[0031] 制御ユニット３０は、ＣＰＵおよびメモリなどを含むコンピュータ、システムＬＳＩ、ＡＳＩＣなどにより実現される。制御ユニット３０は、ＤＭＳ１２を、閉鎖された領域９の空気質を検出するために適した条件で駆動するドライバ（空気質分析ユニット）３１と、異常信号を出力するアラームユニ

ット３２と、アラームユニット３２の情報を送信する送信ユニット３９と、メモリ４０とを含む。アラームユニット３２は、空気質分析ユニット３１により得られた空気質パターン４１が、水面３の上の領域９の空気質パターン、すなわち、水面３に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲でなければ異常信号を出力する。送信ユニット３９は、アンテナ２３を介して飲料水供給装置６０の管理者、たとえば、水槽供給会社、水槽管理会社にアラームユニット３２の出力を送信する。メモリ４０は、空気質分析ユニット３１により得られた空気質パターン４１と比較されるパターン４５を格納したデータベースを含む。空気質分析ユニット３１、アラームユニット３２および送信ユニット３９としての機能は、たとえば、プログラム（プログラム製品）として供給され、メモリ４０に格納される。制御ユニット３０のＣＰＵなどのプロセッサは、適宜、プログラムをダウンロードして所定の機能を実現させる。

[0032] 送信ユニット３９は、無線に限らず、有線でビルや管理会社などの外部と通信できるものであってもよい。また、携帯電話網、無線ＬＡＮなどの通信システムを用いて通信できるものであってもよい。また、送信ユニット３９は、送受信ユニットであってもよく、水質監視装置１０を遠隔監視したり、メモリ４０のデータベースに格納された比較用のパターンの更新に用いられてもよい。

[0033] アラームユニット３２は、得られた空気質パターン４１が、水面３の上の空気の空気質パターンとして許容される範囲でなければ異常信号（赤信号）を出力する第１の機能３３と、得られた空気質パターン４１が水面３に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲であっても正常な範囲でなければ注意信号（黄信号）を出力する第２の機能３４と、異常信号のときに緊急遮断弁７を操作するなどの処理を行う機能３５と、水面３の上の領域９の温度および湿度により得られた空気質パターン４１と比較するパターン４５を選択したり補正したりする機能３６とを含む。

[0034] メモリ（データベース）４０は、飲料水として適した水質の水の面に、正

常な（通常の）空気が接している状態で得られる正常な空気質パターン４６と、飲用は可能であるが最適とは言えない水質の水の面に空気が接している状態で得られる要注意な空気質パターン４７と、飲用が不可能な水質の水の面に空気が接している状態で得られる異常（危険）な空気質パターン４８とを含む。要注意な空気質パターン４７には水質に悪影響を与える空気質パターンも含まれ、異常な空気質パターン４８には飲料水の水質を悪化させるまたは有害にする空気質パターンも含まれる。正常な空気質パターン４６には適度の塩素などを含む飲料水からの蒸発成分を含む空気質パターンが含まれる。

[0035] 要注意な空気質パターン４７には、カビ臭の要因となる２－メチルイソボルネオール、ジオスミンや、揮発性有機化合物（ＶＯＣ）などの、水質の悪化を示す成分であるが低濃度であれば有害とまでは言えない既知の蒸発成分を含む空気質パターンが含まれる。

[0036] 異常な空気質パターン４８には、上記の水質の悪化を示す成分が高濃度で含まれる空気質パターン、危険物、たとえば爆発物としては、Ｃ－４の関連化合物であるジメチル、ジニトロブタンなど、ＲＤＸの関連化合物であるシクロヘキサン、ＴＮＴの関連化合物であるＤＮＴ、ジニトロベンゼンなど、化学兵器としては、マスタードの関連化合物であるジブチルスイフィド、２－クロロエチル、サリンの関連化合物であるジイソプロピル、メチルホスホネートなどが含まれる空気質パターンが含まれる。爆発物、化学物質および／または生物物質による攻撃の脅威は常に存在する。したがって、これらの脅威の内の既知の脅威については確実に異常信号を出力できることが望ましい。

[0037] さらに、異常な空気質パターン４８には、腐敗物から放出されるメタン、エタンなどの腐敗臭の要因となる成分を含む空気質パターンが含まれる。水槽１に何らかの要因により動植物が混入し、繁殖し、屍骸が腐敗する可能性がある。このような状況は飲料水の水質を維持するには好ましくない。したがって、水槽１の領域９にこのような臭気が含まれている場合は異常信号を

出力できることが望ましい。

[0038] また、異常な空気質パターン４８には、細菌および微生物の活動から放出されるガス（代謝揮発性物質）を含む空気質パターンが含まれる。炭疽菌などの生物兵器が危険であることに加え、大腸菌などを多く含む水質は飲料水として危険である。したがって、これらの細菌の内の既知の細菌の代謝揮発性物質が水面３の上の領域９の空気質パターン４１に含まれている場合は水２にこれらの脅威が存在する可能性がある。したがって、確実に異常信号を出力できることが望ましい。

[0039] ＤＭＳ１２は、空気中のイオン化可能な分子についてはイオン化し、イオン化された分子の基本的に全ての情報が含まれた空気質パターン４１を出力する。したがって、サンプリングエアー９ａに測定対象物質４として上記の要注意および異常（危険）の要因となる分子、さらには、未知の分子が含まれていれば、それらをイオン化し、それらすべてのイオン化された分子に関連する情報を含む空気質パターン４１を出力する。さらに、領域９は実質的に密閉（閉鎖）されており、水面３からの蒸発物は領域９に滞留し、濃縮される。このため、水２および領域９に異常あるいは要注意な要因があれば、領域９から得られる空気質パターン４１は、正常な空気質パターン４６とは異なるものになる。したがって、空気質パターン４１が正常な空気質パターン４６と異なる場合は、要注意あるいは異常とすることにより精度よく水質を監視できる。

[0040] このように、この水質監視装置１０においては、水面３の上の領域９の空気質パターン４１を得ることにより水槽１に貯留されている水２の水質を間接的に、しかしながら精度よく検出でき、異常を出力できる。また、比較するパターン４５を、領域９の温度および湿度などの環境条件により補正したり、環境条件に適したパターンをデータベース４０から選択することにより、いっそう精度よく水槽１の水質を監視できる。

[0041] ＤＭＳ１２から得られた空気質パターン４１とデータベース４０に用意されたパターンとのパターンマッチアルゴリズム、パターン認識アルゴリズム

には様々なものを適用できる。この水質監視装置１０においては、水質が正常な範囲であるかをまず判断し、それ以外を異常および／または要注意と判断する。このため、水質監視装置１０においては、ＤＭＳ１２により得られた空気質パターン４１に含まれる各成分の同定は行われない。したがって、テンプレートマッチング、ニューラルネットワーク、統計分析、遺伝的アルゴリズムなどの各成分の同定を行う処理は不要であり、簡易な機構で高速に水質監視を行うことができる。

[0042] 水質監視装置１０は、遺伝的アルゴリズムなどを用いて測定対象成分の同定を行う解析ユニット（解析機能）を備えていてもよい。解析ユニットがＤＭＳ１２により得られた空気質パターン４１に含まれる各成分の同定を行い、脅威を具体的に判断することができる。

[0043] 図３に、水質監視装置１０における処理の概要をフローチャートにより示している。ステップ５１において、水面３の上の閉鎖された領域９のサンプリングエアー９ａをＤＭＳ１２で測定し、サンプリングエアー９ａの空気質パターン４１を取得する。ステップ５２において、アラームユニット３２が、得られた空気質パターン４１がデータベース４０に予め用意された空気質パターン４６～４８のいずれか、またはそれらの空気質パターン４６～４８を温度および湿度により補正したパターンのいずれかに相当または一致するか否かを判断する。いずれのパターンにも相当しない場合は、ステップ５５において水質に異常があるか、または水槽１の内部に異常があるとして、アラームユニット３２は異常処理を行う。異常処理は、異常信号（赤信号）を、ＲＦユニット３９を介して管理会社に無線送信したり、緊急遮断弁７を閉じたりすることを含む。パターンが相当するか、または一致するかを判断することは、ＤＭＳ１２の電圧ＶｆおよびＶｃを変化させたときの空気質パターンに含まれるピーク位置、高さ、幅、ピークシフトを比較することを含む。また、判断することは、以下に述べるようにサンプリングエアー９ａの中の測定対象成分の濃度を変えたり、温度、湿度を制御したりすることによる空気質パターンの変化を含めて、予め用意された空気質パターン４６～４８

と比較することを含む。

[0044] ステップ５３において、得られた空気質パターン４１がデータベース４０に予め用意された正常な空気質パターン４６、または空気質パターン４６を温度および湿度により補正したパターンに相当または一致する場合は、アラームユニット３２はステップ５１に戻って水質監視を続ける。ステップ５４において、得られた空気質パターン４１がデータベース４０に予め用意された要注意な空気質パターン４７、または要注意な空気質パターン４７を温度および湿度により補正したパターンに相当または一致する場合は、アラームユニット３２はステップ５６において注意処理を行う。注意処理は、注意信号（黄信号）を、ＲＦユニット３９を介して管理会社に無線送信することが含まれる。

[0045] ステップ５４において、得られた空気質パターン４１がデータベース４０に予め用意された異常な空気質パターン４８、または異常な空気質パターン４８を温度および湿度により補正したパターンに相当または一致する場合は、アラームユニット３２はステップ５５において異常処理を行う。異常な空気質パターン４８をデータベース４０に用意しておくことにより、アラームユニット３２おいて既知の危険があることを判断でき、既知の危険が判明した場合は、積極的に異常処理を行うことができる。

[0046] 図４に異なる水質監視装置１０ａを水槽１に設置した飲料水供給装置６０を示している。また、図５に水質監視装置１０ａの概略構成をブロック図により示している。この供給装置６０は、水面３の下の飲料水２の適当な深さから水をサンプリングして水質監視装置１０ａに供給するサンプリング管１５を含む。図５に示すように、水質監視装置１０ａは、ＤＭＳ１２および制御ユニット３０に加え、サンプリング管１５を介して水２をサンプリングするポンプ６１と、サンプリングした水２を強制的に気化してＤＭＳ１２に供給する気化ユニット６３と、サンプリングした水２を試薬６６および／または６７と反応させた生成ガスをＤＭＳ１２に供給する反応ユニット６５と、領域内の空気を非吸着方式により除湿してＤＭＳ１２に供給する除湿ユニッ

ト６８と、ＤＭＳ１２に供給される空気を選択するバルブ６９ａ～６９ｄとを有する。なお、水質監視装置１０と共通する構成については共通の符号を付して説明を省略する。

[0047] 気化ユニット６３は水２を強制的に気化することにより、水２に含まれる低濃度の不純物あるいは気体をＤＭＳ１２に供給するサンプリングエアー９ａに含有（混入）させる。これにより、ＤＭＳ１２により得られる空気質パターン４１における水質の影響を増大させることができる。

[0048] 水中の揮発成分を濃縮する方法としてパージ＆トラップ法が知られている。この方法では、サンプリングした水を不活性気体でバブリングして揮発成分をトラップ管に捕集する。その後、トラップ管を加熱して吸着成分を放出することによりサンプリングした水に含まれる揮発成分を濃縮する。この気化ユニット６３の一例は、不活性気体の代わりに、サンプリングされた水２を適当な気体、たとえば、領域９より吸引されたサンプリングエアー９ａ自身によりバブリングするユニットである。バブリングすることにより、サンプリングエアー９ａの中の測定対象成分４の濃度を高め、ＤＭＳ１２に供給されるサンプリングエアー９ａに水２の成分をより効率よく反映できる。したがって、水質をより的確に判断できる。気化ユニット６３を作動させた際の空気質パターンをデータベース４０に予め用意しておき、その空気質パターンとＤＭＳ１２より得られる空気質パターン４１とを比較してもよい。

[0049] 気化ユニット６３の他の例は、サンプリングした水２に超音波振動を与えて霧化するユニットである。水２に熱を加えたり、他の気体を加えることなく、水２の成分をガス化または霧化してＤＭＳ１２に供給する空気に混入させることができ、ＤＭＳ１２により水２の成分をより精度よく検出させることができる。

[0050] 気化ユニット６３のさらに異なる他の例は、サンプリングした水２に熱を加えて蒸発させるユニットである。サンプリングした水２をヒーター６３ｈなどで加熱することにより水２の加熱蒸発物をＤＭＳ１２に供給する空気に混入させることができ、ＤＭＳ１２により水２の成分をより精度よく検出さ

せることができる。また、水２が蒸発した後に加熱を続け、水２の蒸発残滓を蒸発させたり、蒸発残滓（蒸発残差）を酸化させて気化させることが可能である。したがって、気化ユニット６３から、それらの蒸発物あるいは酸化物をＤＭＳ１２に供給する空気に混入させることができ、ＤＭＳ１２により水２に含有されている成分を、いっそう精度よく検出させることができる。

[0051] 反応ユニット６５は、水２に、制御された量および濃度の試薬６６および／または６７を注入することにより水２に混入されている成分と反応させ、生成された気体をＤＭＳ１２に供給する空気に混入させる。予め判明している試薬６６および６７の成分、濃度および量、および／または生成物（生成ガス）を含むパターンと、ＤＭＳ１２より得られる空気質パターン４１とを比較することにより、水２の水質をより的確に判断できる。水２が飲料水ではなく廃水などであって強酸または強アルカリの水である場合は、適当な試薬を用いて中和し、中和された水２からの蒸発物をＤＭＳ１２により検出するようにしてもよい。反応ユニット６５により試薬と反応させた水２を気化ユニット６３に供給して強制的に気化してからＤＭＳ１２に供給してもよい。

[0052] 除湿ユニット６８は、水面３の上の領域９から吸引されたサンプリングエアー９ａを除湿してＤＭＳ１２に供給する。吸着方式の除湿装置であるとサンプリングエアー９ａに含まれる微量成分が水分２ａとともに吸着される可能性がある。したがって、除湿ユニット６８は非吸着方式であることが望ましい。非吸着方式の一例はヒーターで空気を加熱して相対湿度を下げるものである。簡易な非吸着方式の他の例は、ペルチェ素子により空気を冷却して除湿し、その後、ヒーターで加熱することにより一定の乾き度を得る方法である。

[0053] 水面３の上の領域９のサンプリングエアー９ａを除湿してＤＭＳ１２に供給することにより、サンプリングエアー９ａに、空気質パターン中で水分２ａとピークが重なる測定対象成分４が含まれていても、測定対象成分４を分離できる可能性が高くなる。また、湿度の異なる空気をＤＭＳ１２により検

出することにより、湿度の差による空気質パターン４１に含まれるピークのドリフトから、水質をより精度よく判断したり、水２またはサンプリングエアー９ａに含まれる測定対象成分４を同定する補助情報を得ることができる。また、除湿された空気を得ることにより、ＤＭＳ１２を定期的にパージして長期間にわたり安定した性能を得られるようにすることも可能となる。

[0054] 水質監視装置１０ａのアラームユニット３２は、上述した気化ユニット６３、反応ユニット６５および除湿ユニット６８の稼働状態およびこれらのユニット６３、６５および６８の出力（気体、ガス）をＤＭＳ１２に供給される空気に混入するか否かを制御するモード制御ユニット３８を含む。モード制御ユニット３８は、さらに、ＤＭＳ１２で測定した空気質パターン４１と比較するパターンをデータベース４０から選択する機能を含む。気化ユニット６３、反応ユニット６５または除湿ユニット６８を通すことにより、閉鎖された領域９から得られたサンプリングエアー９ａに含まれる成分は変化する可能性が高い。すなわち、気化ユニット６３、反応ユニット６５および除湿ユニット６８から出力された空気（気体、ガス）、またはそれらが混入したサンプリングエアー９ａの空気質パターン４１は領域９から直接吸引したサンプリングエアー９ａの空気質パターンとは異なることが多い。したがって、その空気質パターンと比較するためのパターンをデータベース４０に設けておくことが有効である。

[0055] 図６に、さらに異なる水質監視装置を示している。この水質監視装置７０は、水面３に浮遊するタイプであり、水質監視装置７０の全体を水上に維持する浮力を確保するための浮き輪（浮子）７１と、水面３を覆う金属製またはプラスチック製などの隔壁（シェル）７３とを有する。水質監視装置７０は、上述した水質監視装置１０または１０ａの機能を備えた監視ユニット７９を含む。監視ユニット７９は、シェル７３の内部に設置されており、水面３とシェル７３とにより閉鎖された領域９からサンプリングエアー９ａを吸引する。したがって、この水質監視装置７０は、自身が浮いている水２の水質を判断する。この水質監視装置７０は、水面３に浮遊しているので、水面

３から吸引口１９までの距離をほぼ一定に保つことができ、水面３に吸引口１９を安全に近づけることができる。このため、水質の良否を、より短時間で判断できる。

[0056] この水質監視装置７０は、水面下につり下げられた蒸発ユニット７５を含む。蒸発ユニット７５は、水２をシェル７３の内部の領域（空間）９に強制的に蒸発させる。典型的な蒸発ユニット７５は超音波振動子またはヒーターなどの加熱素子である。蒸発ユニット７５は、水面３から一定の距離（深さ）に維持される。このため、水分２ａを領域９に効率よく供給するとともに測定対象物質４をシェル７３の内部に供給でき、シェル７３の内部の領域９に、水質を反映する測定対象成分４を滞留させ、濃縮できる。

[0057] この水質監視装置７０は、さらに、水面下につり下げられたバブリングユニット７６を含む。バブリングユニット７６には、ブロワまたはエアーポンプ７７により外気が供給され、シェル７３の内部領域９にバブリングされた空気が供給される。内部領域９からは監視ユニット７９のＤＭＳ（イオン移動度センサー）１２にサンプリングエアー９ａが供給される。イオン移動度センサー１２は、測定対象成分４をセンサー１２に到達させるキャリアガスとしての流量も含めて、ある程度のガス量を定常的に流すことが要求される。内部領域９に、外気を単純に導入してもよい。しかしながら、内部領域９の測定対象成分の濃度が十分に高くならない可能性がある。バブリングされた外気を内部領域９に供給することにより、領域９の測定対象成分の濃度を高くできる。

[0058] 監視ユニット７９に含まれるＤＭＳ１２の排気を内部領域９に循環させたり、バブリングユニット７６を介して内部領域９に循環させることも可能である。内部領域９の測定対象成分の濃度を高くできる。その一方で、水面３の下の水質の変化が内部領域９から得られるサンプリングエアー９ａに反映されにくくなる可能性がある。したがって、内部領域９を定期的に外気（フレッシュエアー）で置き換えるか、あるいは、ＤＭＳ１２の排気（リターンエアー）とフレッシュエアーとの比率を適当に制御することが望ましい。

[0059] この水質監視装置７０は、水面３に浮くタイプなので水槽１の内壁に取り付ける手間を省くことができる。また、適当なアンカーに繋ぐことにより水質監視装置７０を流水に浮かべ、流水の水質を監視することも可能である。したがって、廃水処理システムの出口あるいは放流先の水質監視にも適している。

[0060] 図７に、さらに異なる水質監視装置を示している。この水質監視装置８０は、水２の上を移動するタイプであり、水質監視装置８０を水上で移動させる船体８１と、水上移動用のエンジン８２とを含む。水質監視装置８０は、３つの水分析ユニット８３と、３つのサンプリングポンプ８４と、ドライエアー８８ａの供給源８８と、制御ユニット３０とを含む。制御ユニット３０は、上述した水質監視装置１０または１０ａの制御ユニット３０と同等の機能を備えている。３つの水分析ユニット８３は共通した構成を含み、それぞれの水分析ユニット８３は、それぞれのサンプリングポンプ８４により深さの異なる水２を採取して分析する。

[0061] それぞれの水分析ユニット８３は、採取した水２を気化してサンプリングエアー９ａを生成する気化ユニット８５と、気化ユニット８５にキャリアガス９ｂを供給するガス供給ユニット８６と、サンプリングエアー９ａを除湿する除湿ユニット８７と、除湿されたサンプリングエアー９ａに含まれる測定対象成分を測定するＤＭＳ（イオン移動度センサー）１２とを含む。ガス供給ユニット８６には、フレッシュエアーであるドライエアー８８ａと、リターンエアーであるＤＭＳ１２の排気１２ａとが供給されており、ガス供給ユニット８６は、ドライエアー８８ａとＤＭＳ排気１２ａとを選択する機能およびそれらの気体の混合比を調整する機能とを含む。ＤＭＳ排気１２ａを気化ユニット８５に供給することにより、測定対象物質４の濃度の高いサンプリングエアー９ａを生成でき、精度の高い水質監視が可能となる。フレッシュなドライエアー８８ａを気化ユニット８５に供給することにより、リアルタイムな水質監視が可能となる。

[0062] 制御ユニット３０は、ガス供給ユニット８６におけるスイッチングおよび

混合比を制御する機能を含み、予め設定されたスケジュールや水分析ユニット８３により得られる結果などにより気化ユニット８５に供給するキャリアガスの成分を制御する。

[0063] 気化ユニット８５は、チャンバー８５ａと、チャンバー８５ａの内部に収納された多孔性の周壁（境界壁）を備えた気化チューブ８５ｂとを含む。気化チューブ８５ｂには、サンプリングポンプ８４により採取された水２が供給され、気化チューブ８５ｂを介してチャンバー８５ａの内部の領域９に水分２ａおよび水２に含まれる測定対象物質４が放出される。したがって、気化チューブ８５ｂの表面が、水２と領域９との境界面３となる。

[0064] 気化チューブ８５ｂの一例は、ポーラスガラスチューブ、多孔性のセラミックチューブ、適当な孔径の多孔を含む中空糸フィルタである。気化チューブ８５ｂの長さ（パイプ長）および径を調整することにより、チャンバー８５ａ内の領域９の体積に対して水２が蒸発し、それとともに水２に含まれる測定対象成分４を放出するための面積を広く確保できる。したがって、領域９のサンプリングエアー９ａに含まれる測定対象成分４の濃度を高めることができる。

[0065] 気化ユニット８５は、チャンバー８５ａ内部の温度、または気化チューブ８５ｂの温度を制御するヒーター８５ｈと、ヒーター８５ｈを制御するヒーター制御ユニット８５ｉを含む。チャンバー８５ａ内で、水分２ａが形成され、測定対象成分４が気化または放出される温度を制御できる。気化チューブ８５ｂを採用すると、小さな容積のチャンバー８５ａに広い蒸発面積を形成でき、ヒーター８５ｈにより制御する面積を小さくできる。したがって、気化ユニット８５における蒸発温度（蒸発条件）を制御しやすい。気化ユニット８５の温度を変えることにより、水２から放出される成分が変わる可能性があり、その成分の変化をＤＭＳ１２で捉えることができる。サンプリングポンプ８４により継続的に気化チューブ８５ｂに水２を供給してもよい。また、気化チューブ８５ｂに水２を一時的に保留して、チャンバー８５ａ内の蒸発温度などの蒸発条件を時間とともに変えて、チャンバー８５ａ内に放

出される測定対象成分４の変化をＤＭＳ１２により測定してもよい。気化チューブ８５ａを通過した水２は、水２のサンプリングに影響を及ぼさないように、たとえば、船尾方向に排出される。

[0066] サンプリングエアー９ａを除湿する除湿ユニット８７は、ドライエアー８８ａが供給されるチャンバー８７ａと、チャンバー８７ａの内部に設置された除湿チューブ８７ｂとを含む。除湿チューブ８７ｂは、吸湿性の周壁（境界壁）を含み、除湿チューブ８７ｂにサンプリングエアー９ａを通すことにより、サンプリングエアー９ａの水分が除湿チューブ８７ｂの吸湿性の周壁を介して外側のドライエアー８８ａに放出される。その結果、サンプリングエアー９ａの水分が除去される。チャンバー８７ａにサンプリングエアー９ａを通し、除湿チューブ８７ｂにドライエアー８８ａを通してもよい。

[0067] 除湿チューブ８７ｂの一例は、デュポン社のＮａｆｉｏｎ（登録商標）製のチューブ（パイプ）である。このチューブは、サンプリングエアー９ａに含まれる水分２ａを選択的に取り除くことができ、測定対象成分４が水分２ａとともに除去され、サンプリングエアー９ａの中の測定対象物４の濃度が低下することを抑制できる。成分によっては、水分２ａとともに除去される可能性があるので、ペルチェ素子などの他の方式の除湿ユニットと併用し、時分割で切り替えることも有効である。

[0068] 除湿されたサンプリングエアー９ａはＤＭＳ１２に供給され、サンプリングエアー９ａの空気質パターン４１が得られる。各水分析ユニット８３の空気質パターン４１は、制御ユニット３０に供給され、各水深の水質が判断される。この水質監視装置８０は、ＧＰＳユニット２５を備えており、自己の位置を測位することができる。したがって、水質監視装置８０は、各水深の水質とともに、水質を監視した位置を監視センターなどに送信する。

[0069] 制御ユニット３０は、ＧＰＳユニット２５により測位された位置に基づき、所定のルートにしたがって湖面あるいは海面を動きながら水質を監視するロボットとしての機能を含む。このため、水質監視装置８０により、湖や湾といった広範囲な水域の水質を監視できる。また、水質監視装置８０により

、養殖用の生簀の内部あるいは周囲の水質を監視することが可能である。

[0070] なお、これらの水質監視装置１０、１０ａ、７０および８０は一例に過ぎない。水質監視装置のイオン移動度センサー１２は、他のタイプのセンサーや同一または異なるタイプのＤＭＳを連結したセンサーシステムであってもよい。たとえば、ガスクロマトグラフィ（ＧＣ）との組み合わせであってもよい。イオン移動度センサー１２としてはＤＭＳに限らず、他のタイプのＩＭＳ、たとえばＴＯＦＩＭＳ、ＦＴＩＲあるいはこれらとＤＭＳの組み合わせであってもよい。また、水質監視装置は、他の水質を検出するセンサー、たとえば、ｐＨモニター、濁度計、放射線測定ユニットなどを搭載していてもよい。

[0071] また、上記では、主に飲料水の水質を監視する水質監視装置を例に本発明を説明しているが、監視対象の水は、飲料水に限らず、廃水、排水、河川水、海水、純水、超純水などであってもよい。

請求の範囲

[請求項1] 水質を監視する対象の水との境界面および隔壁により少なくとも部分的に閉鎖された領域の空気質をイオン移動度センサーにより検出する空気質分析ユニットと、

前記空気質分析ユニットにより得られた空気質パターンが、前記対象の水に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲外であれば異常であることを示す信号を出力するアラームユニットとを有する水質監視装置。

[請求項2] 請求項１において、前記対象の水の気化を促進する気化ユニットと、

前記領域の空気を除湿して前記イオン移動度センサーに供給する除湿ユニットとをさらに有する、水質監視装置。

[請求項3] 請求項２において、前記気化ユニットは、前記境界面を形成する多孔性の境界壁を備えている、水質監視装置。

[請求項4] 請求項２または３において、前記除湿ユニットは、吸湿性の境界壁を備えている、水質監視装置。

[請求項5] 請求項１ないし４のいずれかにおいて、前記イオン移動度センサーの排気を前記領域に戻す循環ユニットをさらに有する、水質監視装置。

[請求項6] 請求項５において、前記循環ユニットは、前記排気により前記対象の水をバブリングするユニットを含む、水質監視装置。

[請求項7] 請求項１ないし６のいずれかにおいて、前記対象の水を試薬と反応させた生成ガスを前記イオン移動度センサーに供給する反応ユニットをさらに有する、水質監視装置。

[請求項8] 請求項１ないし７のいずれかにおいて、複数の異なる深さの水をサンプリングして複数の前記領域を形成するサンプリングユニットをさらに有する、水質監視装置。

[請求項9] 請求項１ないし８のいずれかにおいて、前記領域は前記対象の水を

貯留する水槽の内部である、水質監視装置。

[請求項10] 請求項１ないし８のいずれかにおいて、当該水質監視装置を水上に浮遊させるユニットをさらに有する、水質監視装置。

[請求項11] 請求項１ないし１０のいずれかにおいて、前記対象の水の管理者に前記アラームユニットの出力を送信する送信ユニットをさらに有する、水質監視装置。

[請求項12] 請求項１１において、当該水質監視装置の位置を検出する測位ユニットをさらに有し、前記送信ユニットは当該水質監視装置の位置情報を含めて送信する、水質監視装置。

[請求項13] 請求項１ないし１２のいずれかにおいて、前記アラームユニットは、前記空気質分析ユニットにより得られた空気質パターンが前記対象の水に接する空気質パターンとして前記許容される範囲内で正常な範囲外であれば注意信号を出力する、水質監視装置。

[請求項14] 請求項１ないし１３のいずれかにおいて、前記アラームユニットは、前記領域内の環境条件を測定するセンサーの出力により前記許容される範囲を変えるユニットを含む、水質監視装置。

[請求項15] 水質を監視する対象の水との境界面および隔壁により少なくとも部分的に閉鎖された領域の空気質をイオン移動度センサーにより検出することと、

前記イオン移動度センサーの出力パターンが前記対象の水に接する空気の空気質パターンとして許容される範囲外であれば異常信号を出力することとを有する水質監視方法。

[請求項16] 請求項１５において、前記出力パターンが前記対象の水に接する空気質パターンとして前記許容される範囲内で正常な範囲外であれば注意信号を出力することをさらに有する、水質監視方法。