

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3388405号
(P3388405)

(45)発行日 平成15年3月24日(2003.3.24)

(24)登録日 平成15年1月17日(2003.1.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I
C 0 2 F 3/34	1 0 1	C 0 2 F 3/34 1 0 1 C
3/12		3/12 Q
	Z A B	Z A B J

請求項の数10(全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-180334(P2000-180334)

(22)出願日 平成12年6月15日(2000.6.15)

(65)公開番号 特開2002-1388(P2002-1388A)

(43)公開日 平成14年1月8日(2002.1.8)

審査請求日 平成12年6月15日(2000.6.15)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成12年3月29日、
農林水産省農業工学研究所発行の「農業工学研究所技
報」第198号、第61-78頁に発表

(73)特許権者 301035976
独立行政法人農業工学研究所
茨城県つくば市観音台二丁目1番地6

(72)発明者 端 憲二
茨城県つくば市観音台2丁目1番2号
農業工学研究所内

(72)発明者 本間 新哉
茨城県つくば市観音台2丁目1番2号
農業工学研究所内

(72)発明者 金 ▲ヒュン▼中
大韓民国京畿道水原市長安区芭長洞558
-19

(74)代理人 100086852
弁理士 相川 守

審査官 谷口 博

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 汚水処理装置およびその方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部に汚水が導入される生物学的反応槽と、この生物学的反応槽内の汚水に曝気を行う曝気手段と、汚水中の溶存酸素濃度を検出する溶存酸素濃度検出手段と、溶存酸素濃度検出手段により検出された溶存酸素濃度の値に基づいてこの溶存酸素濃度を所定の値に保持すべく曝気量を制御しかつ曝気を停止可能な曝気制御手段とを備えた汚水処理装置において、所定時間ごとに汚水の硝化状態を物理的性質に基づいて検出する硝化検出手段と、予め導かれた硝化の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し硝化完了と推定される第1の特性に基づいて、曝気時、上記硝化検出手段により検出されたデータを上記第1の特性と比較判別して硝化の完了を判定し、硝化完了判定時、信号を曝気制御手段に出力し曝気を停止させる判定手段とを設け

たことを特徴とする汚水処理装置。

【請求項2】 判定手段は、予め導かれた脱窒の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し脱窒完了と推定される第2の特性に基づいて、非曝気時、硝化検出手段により検出されたデータを、上記第2の特性と比較判別して脱窒の完了を判定し、脱窒完了判定時、信号を曝気制御手段に出力し曝気を開始させることを特徴とする請求項1に記載の汚水処理装置。

【請求項3】 硝化検出手段を酸化還元電位の値を所定時間ごとに検出するように構成し、判定手段を、曝気時、硝化検出手段により検出された所定時間ごとの酸化還元電位の値がピークに達したか否かを判別し、ピークを判別した場合、硝化完了と判定するように構成したことを特徴とする請求項1または2に記載の汚水処理装置。

【請求項4】 判定手段は、曝気時、硝化検出手段により検出された所定時間ごとの酸化還元電位の値のうち、最新の値と前回の値との差を演算し、演算された差がほぼ0となるか、または、0に近い所定範囲内にある場合、硝化完了と判定するように構成したことを特徴とする請求項3に記載の汚水処理装置。

【請求項5】 判定手段を、曝気時、硝化検出手段により検出された所定時間ごとの酸化還元電位の値がピークに達した後、ピークに近い値を所定回数繰り返したか否かを判別し、繰り返しを判別した場合、硝化完了と判定するように構成したことを特徴とする請求項3に記載の汚水処理装置。

【請求項6】 判定手段は、曝気時、硝化検出手段により検出された所定時間ごとの酸化還元電位の値のうち、最新の値と前回の値との差を演算し、演算された差がほぼ0となるのを所定回数繰り返すか、または、0に近い所定範囲内に所定回数繰り返して含まれる場合、硝化完了と判定するように構成したことを特徴とする請求項5に記載の汚水処理装置。

【請求項7】 生物学的反応槽は、汚水を連続して流入させて汚水を処理する連続流入式の反応槽と、汚水流入後一旦流入を停止し槽内に貯留された汚水を処理する回分式の反応槽とのいずれか一方が用いられることを特徴とする請求項1ないし6のうちいずれか1に記載の汚水処理装置。

【請求項8】 生物学的反応槽の内部に汚水を導入し、この生物学的反応槽内の汚水に曝気を行うとともに、汚水中の溶存酸素濃度を検出し、上記検出された溶存酸素濃度の値に基づいてこの溶存酸素濃度を所定の値に保持すべく曝気量を制御しかつ曝気を停止可能な汚水処理方法において、所定時間ごとに汚水の硝化状態を物理的性質に基づいて検出し、予め導かれた硝化の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し硝化完了と推定される第1の特性に基づいて、曝気時、検出された硝化状態のデータを上記第1の特性と比較判別して硝化の完了を判定し、硝化完了判定時、曝気を停止させることを特徴とする汚水処理方法。

【請求項9】 予め導かれた脱窒の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し脱窒完了と推定される第2の特性に基づいて、非曝気時、検出された硝化状態のデータを、上記第2の特性と比較判別して脱窒の完了を判定し、脱窒完了判定時、曝気を開始させることを特徴とする請求項8に記載の汚水処理方法。

【請求項10】 汚水処理時、生物学的反応槽に汚水を連続して流入させて汚水を処理する連続流入式の汚水処理方法または汚水流入後一旦流入を停止し槽内に貯留された汚水を処理する回分式の汚水処理方法のいずれか一方により汚水処理が行われることを特徴とする請求項8または9に記載の汚水処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、活性汚泥法による汚水処理装置およびその方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】集落排水および公共下水等の汚水（生活排水）中の窒素を除去する方法のひとつとして、生物学的硝化・脱窒法が知られている。これは、例えば、一次処理によりスクリーン等で塵芥を濾し取った処理水を、二次処理により嫌気性と好気性との両方の環境を作り出す1槽タイプの処理システムで窒素を除去するようにしたものである。この処理システムでは、生物学的反応槽（二次処理槽）で曝気と非曝気とを繰り返すこと（間欠曝気法）により硝化・脱窒を行うようにしている。単一の槽からなる生物学的反応槽は、汚水が流入される流入口と、処理後の処理水を外部に排出する排出口と、曝気装置と、曝気装置を制御する自動制御装置とを備えている。曝気装置は、槽内の底に設けられたエア噴出部と、このエア噴出部に接続されエアをエア噴出部に送り込む曝気ポンプとを備えて構成される。自動制御装置は曝気ポンプの駆動を制御するようになっている。

【0003】ところで、かかる従来の1槽タイプの間欠曝気法による汚水処理システムでは、処理水における生物学的脱窒の完了時点を検出して曝気を停止させ、曝気に要するエネルギー消費を抑えるようにしている。生物学的脱窒の完了時点を検出するには、酸化還元電位（以下、ORPと称す）の変化を検知し、溶存酸素濃度（以下、DOと称す）=0、かつ $\text{NO}_x = 0$ に対応するORP変曲点（図2の（A）の屈曲点P2参照）を検出するようにしている。しかしながら、従来の処理システムでは、生物学的脱窒の完了時点を検出できるものの、処理水中の硝化の状態がわからないため、生物学的硝化の完了時点を検出することができない。

【0004】このため、生物学的硝化完了以降も曝気を行うと、曝気過多に陥りやすい（図6の従来例1参照）。これに対し、図6の従来例2に示すように、曝気時間と非曝気時間とをそれぞれ所定の時間に設定し、反応槽における曝気時間中のDOを一定に保つよう自動制御することで、曝気過多を防ぐようにしたり、図6の従来例3に示すように、反応槽における曝気時間と非曝気時間の合計時間を所定の時間に設定し、非曝気時間から次の曝気時間を推定し、次の曝気時間中のDOを一定に保つよう自動制御することで、曝気過多を防ぐようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、かかる従来の汚水処理システムでは、硝化完了を検出できないため曝気の過不足を解消することができない。実際には、流入汚水は質および量ともに変動もするため、曝気の過不足を完全に解消することができないという問題が

あった。特に、集落排水施設等の小規模処理場では、質・量ともに時間的変動が大きく、管理者は施設に常駐しない場合が多い。このため、人手をあまり必要とせず、質量ともに変動の大きい汚水であっても安定した処理性能を発揮できる汚水処理システムが求められている。また、下水処理施設で消費される電力量のうち9割程度が下水処理場内で使われており、そのうち40～60%が曝気用の送風機を運転するのに用いられ、消費エネルギーの抑制が課題となっている。

【0006】本発明は、上記問題点を除くためになされたもので、最適な曝気時間で曝気を行い、曝気の過不足を解消するとともに曝気に要するエネルギーコストを低減させ、しかも安定した処理能力を発揮することができる汚水処理装置およびその方法を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る汚水処理装置は、内部に汚水が導入される生物学的反応槽と、この生物学的反応槽内の汚水に曝気を行う曝気手段と、汚水中の溶存酸素濃度を検出する溶存酸素濃度検出手段と、溶存酸素濃度検出手段により検出された溶存酸素濃度の値に基づいてこの溶存酸素濃度を所定の値に保持すべく曝気量を制御しかつ曝気を停止可能な曝気制御手段とを備えた汚水処理装置において、所定時間ごとに汚水の硝化状態を物理的性質に基づいて検出する硝化検出手段と、予め導かれた硝化の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し硝化完了と推定される第1の特性に基づいて、曝気時、上記硝化検出手段により検出されたデータを上記第1の特性と比較判別して硝化の完了を判定し、硝化完了判定時、信号を曝気制御手段に出力し曝気を停止させる判定手段とを設けたものである。

【0008】さらに、本発明に係る汚水処理方法は、生物学的反応槽の内部に汚水を導入し、この生物学的反応槽内の汚水に曝気を行うとともに、汚水中の溶存酸素濃度を検出し、上記検出された溶存酸素濃度の値に基づいてこの溶存酸素濃度を所定の値に保持すべく曝気量を制御しかつ曝気を停止可能な汚水処理方法において、所定時間ごとに汚水の硝化状態を物理的性質に基づいて検出し、予め導かれた硝化の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し硝化完了と推定される第1の特性に基づいて、曝気時、検出された硝化状態のデータを上記第1の特性と比較判別して硝化の完了を判定し、硝化完了判定時、曝気を停止させるようにしたものである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係る汚水処理装置の一実施の形態を示す概念図である。本発明の一実施の形態に係る汚水処理装置2は、図1に示すように、図示しない一次処理槽でスクリーン等の濾過材を通過した汚水が流入管3を介して流入口4から導入される

二次処理槽（生物学的反応槽）5と、この二次処理槽5で処理された処理水を外部に排出する排出口6と、曝気装置7と、曝気装置7の曝気ポンプ9の駆動を制御する自動制御装置（曝気制御手段）10とを備えている。曝気装置7は、二次処理槽5内の底部に設けられたエア噴出部8と、このエア噴出部8に接続されエアをエア噴出部8に送り込む曝気ポンプ9とを備えている。自動制御装置10には、外部から流入水の状態を検出した検出信号が入力されると、予め入力されたプログラムに基づいて曝気のオン・オフおよび曝気量を制御する中央演算処理装置（以下、CPUと称す）21が設けられる。本発明の汚水処理装置およびその方法は、汚水を連続して流入させて汚水を処理する連続流入タイプにも、汚水流入後一旦流入を停止し槽内に貯留された汚水を処理する回分式タイプにも適用される。従って、二次処理槽5は、連続流入式の反応槽としても、あるいは、回分式の反応槽としても用いられる。

【0010】また、二次処理槽5には、流入水中の溶存酸素濃度（以下、DOと称す）を検出する溶存酸素濃度検出装置（溶存酸素濃度検出手段）11が設けられる。溶存酸素濃度検出装置11は、流入水中のDOを検出するとその検出信号を自動制御装置10のCPU21に送出するようになっている。CPU21は、曝気時に溶存酸素濃度検出装置11からの検出信号に基づいて、自動制御装置10を通じて、流入水中のDOが一定値（例えば、本実施の形態では2mg/L）を保つようにエアの送風量を制御して曝気を行うようになっている。

【0011】この汚水処理装置2は、流入水の物理的性質を示す酸化還元電位（以下、ORPと称す）を検出し、所定時間ごとに（本実施の形態では1分ごと、つまり1分ごとに検出して、5回の平均値（過去5分間の平均値）を算出するようにしている。）流入水の硝化状態を数値により検出する酸化還元電位検出装置（硝化検出手段）20を備えている。そして、上記CPU21は、判定手段としての役割も果たし、この酸化還元電位検出装置20により検出された値に基づいて、ORP値の変化曲線における硝化完了と見なされる特性（第1の特性）を読み取り、この第1の特性に基づいて硝化の未了又は完了を判定し、硝化完了判定時、曝気停止信号を自動制御装置10に出力し、曝気を停止させるようになっている。また、CPU21は、曝気停止時、酸化還元電位検出装置20により脱窒完了と見なされる特性（第2の特性）を読み取った場合、自動制御装置10に曝気開始信号を出力し、曝気を開始させるようになっている。

【0012】ところで、本発明者らは、後述する実施例に記載した実験結果から、曝気中にDO濃度を一定に保持すべく自動制御した場合、酸化還元電位（ORP）の計測値を経時的に結んで得られる変化曲線が、図2（A）に示すように、開始から急速に立ち上がってピークに達し（図2（A）のL1および屈曲点P1参照）、

このピークである屈曲点P1では、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度(図2の(B)参照)がほぼ0となることを見いだした。さらに、ORPの変化曲線はこの屈曲点P1以降ほぼ一定値を保ち(図2(A)のL2参照、DOは2mg/L前後で変動)、次に、急激な勾配(図2(A)のL3(DOがほぼ0、 $\text{NO}_x > 0$ で脱窒の進行を示す)参照)を描いて低下し、脱窒完了時点を示す屈曲点P2(DOがほぼ0、 NO_x がほぼ0)から緩やかな勾配(図2(A)のL4(脱窒完了状態の継続を示す)参照)を描いて再び低下している。

【0013】図2の(B)は、上記実験の際、同時にアンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)(図2(B)の黒丸で示された線参照)と硝酸性および亜硝酸性窒素($\text{NO}_x\text{-N}$)(図2(B)の白抜き丸で示された線参照)との濃度の変化を経時的に調べたものである。図2の(A)、(B)から明らかなように、曝気開始後ほぼ35分後には、処理開始前、3.5mg/L弱の値を示すアンモニア性窒素濃度が、ほぼゼロとなり(図2(B)参照)、処理開始前、ほぼゼロであった硝酸性窒素濃度は2mg/L前後で最大の値に上昇している。このことから、流入水の硝化が完了していることがわかる。つまり、流入水中のアンモニアの酸化の開始から完了までの過程が示されていることがわかる。

【0014】そして、上述のように、この硝化完了の時点が、すなわち、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度がほぼ0となる時点が、酸化還元電位(ORP)の変化曲線のうち、ほぼピークに達した時点(図2(A)の屈曲点P1参照)に対応している。すなわち、曝気中にDOを一定値に自動制御した場合、硝化完了時点でORPがピークに達し、それ以降ほぼ一定値を保つことを見いだした。本願発明では、硝化完了の検出をORPがピークに達した時点で硝化完了と判定するようにしている。つまり、屈曲点P1が硝化完了と判定する第1の特性に相当し、屈曲点P2が脱窒完了と判定する第2の特性に相当するようになっている。

【0015】自動制御装置10は、曝気時、DOを一定値(本実施の形態の場合2mg/L)に保持するよう自動制御するとともに、CPU21は、酸化還元電位検出装置20により所定時間(例えば1分間)ごとに検出されたORPの計測値のうち、最新の値(最新の5分間について1分間当たりの平均値)と前回の値(1分前から数えた5分間について1分間当たりの平均値)との差を演算し、演算された差がほぼ所定値(本実施の形態ではほぼ0。)となる場合か、または、これら差が所定値に近い所定の範囲内となる場合が繰り返されると、第1の特性(硝化完了の特性)の発現と読み取り、硝化完了と判定し、自動制御装置10に曝気停止信号を出力するようになっている。つまり、流入水のORPがピークに達した場合、または、ほぼピークが維持された場合、硝化完了と見なすようになっている。ほぼピークが維持された場

合、すなわち、ほぼピークがある時間維持されるのを硝化完了と見なすのは、判定をより確実にするためである。

【0016】なお、上記演算された差が所定値に近い所定の範囲内となる場合とは、例えば、1分平均として1.0以下、1.2以下というように、また5分平均として5以下、6以下というように0に近い数値と0との範囲内にあることをいう。これは、設置されたセンサの検出性能や汚水の質により検出された数値に差が生じることがあるためである。

【0017】曝気停止後、二次処理槽5内では、酸素の供給が絶たれて嫌気状態の環境となり、以降、亜硝酸塩または硝酸塩は活性汚泥中の脱窒菌の作用により分解されて窒素ガス N_2 (N_2O や NO も副次的には生成される)に変化する。図2(B)の硝酸性窒素濃度が2mg/L前後の最大値から徐々に低下してゆき、ほぼゼロとなる部分を参照されたい。

【0018】なお、図2(B)で一旦ゼロとなったアンモニア性窒素濃度がDOがゼロになって以降徐々に上昇するのは、流入水が二次処理槽5に連続的に流入していることを示す。曝気停止後、CPU21が酸化還元電位検出装置20により検出されたORPの値から屈曲点P2に相当する第2の特性(脱窒完了時の特性)を読み取った場合、脱窒完了とみなされ、CPU21は、自動制御装置10に曝気開始信号を送り再び曝気を開始される。こうして曝気と曝気停止が交互に繰り返されて間欠的に自動運転され、硝化完了の判定に基づいて曝気が停止され、脱窒完了の判定に基づいて曝気を開始されるようになっている。

【0019】次に、上記実施の形態に係る污水处理装置を用いた污水处理方法について、污水处理装置2の作用に基づいて説明する。図示しない一次処理槽でスクリーン等の濾過材を通過した流入水は、図1に示すように、流入管3を介して流入口4から二次処理槽5に導入される。曝気の自動制御を始めるにあたり、まず自動制御装置10により強制的に曝気開始信号を送出し、曝気を開始する。曝気装置7は自動制御装置10からの指令信号に基づき曝気ポンプ9を駆動させ、エア噴出部8から二次処理槽5内の流入水にエアを噴出させて酸素を供給する。

【0020】そして、溶存酸素濃度検出装置11が流入水中のDOを検出してその検出信号をCPU21に送出すると、CPU21は検出信号に基づいて自動制御装置10により曝気ポンプ9を制御し、流入水中のDOが一定値(例えば、本実施の形態では2mg/L)を保つようにエアの送風量を制御して曝気を行うようになっている。

【0021】曝気開始時、流入水は、図2の(B)のグラフに示すように、アンモニア性窒素濃度が高く、硝酸性窒素はほぼゼロとなっている。すなわち、流入水はま

だ硝化が行われていない状態にある。DO値が一定に保たれて曝気が継続すると、流入水に含まれるアンモニア性窒素は、曝気により供給される酸素により亜硝酸性窒素へ、さらに亜硝酸性窒素がさらに酸化され硝酸性窒素へと変化する。酸化還元電位検出装置20は、曝気中の流入水のORPを検出して検出信号をCPU21に送出する。CPU21は、検出された値に基づいて硝化の未了又は完了を判定し、硝化完了判定時、曝気停止信号を自動制御装置10に出力し、曝気を停止させる。硝化完了か否かの判定は、ORPがピークに達した時点、または、ピークがほぼ維持された状態で硝化完了と判定するようにしている。

【0022】すなわち、曝気時、酸化還元電位検出装置20により所定時間（例えば1分間）ごとに検出されたORPの計測値のうち、最新の値と前回の値との差を演算し、演算された差がほぼ0となる場合、または、これら差が0と0に近い数値の範囲内（例えば1.0以下、1.2以下）となるのが所定回数（例えば、5回）繰り返される場合、自動制御装置10に曝気停止信号を出力するようになっている。このため、第1の特性は、流入水のORPがピークに達した場合、または、流入水のORPがピークに達しほぼピークが維持される場合のいずれか一方により決定され、この第1の特性を読み取ると、硝化完了と見なして曝気が停止されるようになっている。なお、酸化還元電位検出装置20の検出間隔は、1分に限らず適宜設定してもよいことはいうまでもない。また、硝化完了と判定する回数も5回に限定されるものではなく、適宜設定してもよいことはいうまでもない。

【0023】曝気停止後、二次処理槽5内では、酸素の供給が絶たれて嫌気状態の環境となり、亜硝酸性窒素または硝酸性窒素は活性汚泥中の脱窒菌の作用により分解されて窒素ガス N_2 に変化し、図2の(B)に示すように、硝酸性窒素濃度がほぼゼロとなり脱窒が完了する。そして、CPU21は、酸化還元電位検出装置20により検出されたORPの計測値から脱窒完了と見なされる屈曲点P2に特有の特性（第2の特性）を読み取ると、自動制御装置10に曝気開始信号を送出し、曝気装置7により再び曝気が開始される。このようにして曝気と非曝気が間欠的に自動制御されて行われる。

【0024】このように、本実施の形態に係る污水处理方法では、硝化完了時点を検出して曝気を停止させるようにしたので、無駄な曝気エネルギーの消費を抑えることができる。また、自動運転で曝気を間欠的に行うことができるので、人手に頼らずとも最適なモードで污水处理を行うことができる。

【0025】

【実施例】図4は、実験を行った実験装置の概要を示す模式図である。室内実験の条件は、(1)用いた処理方式：活性汚泥法による連続流入、連続流出システム、

(2)槽の構成と容積：生物反応槽72リットル、下流側沈殿槽8リットル、(3)滞留時間：生物反応槽内で16~24時間、(4)人工汚水の組成：BOD 143~217 mg/L、T-N 27~40 mg/L、T-P 3.3~5.9 mg/L、(5)水温条件：17~28である。実験装置のうち、上記実施の形態と同一または相当部分には同一符号を付して説明する。実験装置42は、図4に示すように、人工汚水30と水道水31をポンプ32, 33で混合槽(攪拌槽)34に吸い上げ、攪拌機35で良く混合して、自然落下で二次処理槽(曝気槽)5へ連続流入させた。人工汚水30は、スキムミルク(1.4~1.7g/L)、塩化アンモニウム(NH_4Cl :0.36~0.4g/L)、炭酸水素ナトリウム($NaHCO_3$:0.51~0.55g/L)、リン酸2水素カリウム(KH_2PO_4 :0.03~0.033g/L)を水に溶かして作った。二次処理槽5への流入水の水質は、人工汚水と水道水の流入比率で調整した。

【0026】実験装置42は、図4に示すように、混合槽34から流入管3を介して流入水が導入される72リットルの容積の二次処理槽5と、この二次処理槽5で処理された処理水を外部に排出する排出口6と、曝気装置7とを備えている。排出口6の下流側には8リットルの容積の沈殿槽36が設けられる。

【0027】曝気装置7は、二次処理槽5内の底部に設けられたエア噴出部8と、このエア噴出部8に接続されエアをエア噴出部8に送り込む曝気ポンプ9(9A~9D)と、曝気ポンプ9(9A~9D)の駆動を制御する自動制御装置(曝気制御手段)としてのコンピュータ10とを備えている。曝気装置7は、複数の曝気ポンプ9A~9D(本実施の形態の場合、4台)が流量計15を介してエア噴出部8に接続される。曝気ポンプ9A~9Dはそれぞれ継電器16およびD/A変換機17を介してコンピュータ10に電氣的に接続される。コンピュータ10は、内蔵されたCPU21からの指令信号に基づいて、曝気ポンプ9A~9Eの動作のオン・オフおよび曝気ポンプ動作時には、動作するポンプの数を選択し曝気量を制御するようになっている。流量計15は、後述する増幅器13およびA/D変換機14と電氣的に接続され、曝気量を計測しそのデータをコンピュータ10に出力するようになっている。コンピュータ10は流量計15から送られてきた曝気量のデータを記憶するようになっている。

【0028】また、二次処理槽5には、溶存酸素濃度検出装置11と酸化還元電位検出装置20が設けられる。溶存酸素濃度検出装置11は、DOを検出するDOセンサ12と、DOセンサ12と電氣的に接続された増幅器13と、増幅器13と電氣的に接続され増幅されたDOセンサ12からの電気信号が入力されるとともに、入力された信号をA/D変換してコンピュータ10に出力するA/D変換機14とを備えて構成される。溶存酸素濃度検出装置11は、流入水中のDOを検出するとその検

出信号をコンピュータ10に送出するようになっている。コンピュータ10は、曝気時に溶存酸素濃度検出装置11からの検出信号に基づいて、流入水中のDOが一定値（例えば、本実施の形態では2mg/L）を保つように送風量を制御して曝気を行うようになっている。

【0029】酸化還元電位検出装置20は、ORPを検出するORPセンサ22と、このORPセンサ22と電気的に接続された増幅器13と、増幅器13と電気的に接続され増幅されたORPセンサ22からの電気信号が入力されるとともに、入力された信号をA/D変換してコンピュータ10に出力するA/D変換機14とを備えて構成される。符号37は二次処理槽5に設けられた攪拌機である。また、二次処理槽5には、pH、MLSS、水温センサなども設置して必要時間間隔でモニタリングできるようにした。実験装置を以上の如く構成し、実験を行った。

【0030】実験では、ORP曲線の変化特性を調べるため、曝気時間を1時間30分、非曝気時間を6時間30分（一日4.5時間曝気）にそれぞれ固定して実験を行った。図2の(A)および(B)はその実験における二次処理槽5内の水質挙動を示した図である。

【0031】ORP曲線の変化を見れば、図2の(A)、(B)のように、曝気開始時点からDOとともにORP値が急上がるが、ある時点でピーク（屈曲点P1）に達して以降は、ほとんど変化がなかった。また、曝気を止めると急に下がるが（図2(A)のL3参照）、ある程度時間が経つと、平らな区間が現れた後、また急に下がり始める屈曲点P2（Nitrate knee）が現れ、以降再び緩やかに下がり続ける（図2(A)のL4参照）。NH₄-Nは、曝気を始めた時点から急に低下しつつほぼ35分くらいで、NH₄-N濃度が0.0mg/Lになって硝化が終了し（屈曲点P1参照）、その後、曝気を停止し、DO濃度が0.0mg/LになるまでNH₄-N濃度がほぼ0.0mg/Lを維持していく。

【0032】逆に、NO_x-Nは、曝気を始めた時点から急に上がり続けたあと、NH₄-N濃度が0.0mg/Lになった時点でほぼ頭打ちになり、DO濃度が0.0mg/Lになった後は下がり続けて、屈曲点P2以降は0.0mg/Lになっている。屈曲点P1は、ORPが268mV～288mV（平均280mV）の間で現れた。また、屈曲点P2は44mV～83mV（平均68mV）で現れた。

【0033】その他1日6時間曝気（1時間曝気、3時間非曝気のサイクル）の場合は263mV～283mV（平均272mV）、1日4時間曝気（1時間曝気、5時間非曝気）の場合は263mV～278mV（平均267mV）、1日2時間曝気（0.5時間曝気、5.5時間非曝気）の場合は293mV～312mV（平均301mV）で屈曲点P1が、また、上記曝気サイクル条件のそれぞれについて、88mV～127mV（平均107mV）、39mV～63mV（平均56mV）、49mV～73mV（平均58mV）で屈曲点P2が現れるなど、条件によって異なる値を示し

た。このことからORPの値自体を基準に硝化の完了を判定するより、屈曲点P1検出により硝化完了を判定して曝気を制御するように構成することが望ましい。

【0034】1サイクル当たり1時間曝気の場合、（1日12時間、1日10時間、1日8時間、1日6時間、1日4時間）BODの除去率が98%以上を維持し、屈曲点P1で硝化も終了したため、ORP曲線の屈曲点P1以降の曝気は、無駄な曝気になる。従って、屈曲点P1を自動的に検出して曝気を停止すれば、曝気時間の最適な制御ができる。

【0035】図3は上記実験結果に基づいて、ORP値の変化曲線が屈曲点P1の変化特性を検出した場合、硝化完了と判定して曝気を停止させるようにし、ORP値の変化曲線が屈曲点P2の変化特性を検出した場合、脱窒完了と判定して曝気を再開させるようにして自動制御を行い、その際の二次処理槽5において検出された各成分の濃度とORPの変化を示す図である。この自動制御による汚水処理の実験の結果、窒素は93～96%の高い除去率を示した。他にはBOD、COD、TOCもそれぞれ98～99%、89～95%、91～97%の高い除去率を示した。送風量も連続曝気に比べ56.4～59.2%節減できた。

【0036】図5は、二次処理槽に流入水を連続的に流入させないで一旦貯留し、貯留された流入水の処理完了後、二次処理槽から外部に処理水を全量排出するようにした回分式処理システム（バッチ方式）について行った実験結果を示すグラフである。実験は、二次処理槽5に流入水を一旦貯留した後、連続的な流入を行わず、貯留された流入水の処理を行う点で上記実施例と異なっている。この実験では、二次処理槽5内に貯留された汚水に対し75分間強制曝気させ、かつ、曝気中、DO値も2mg/Lの一定値に保持するよう制御して処理を行った。

図5は、槽内の処理水に対しORP値（mV）、DO、アンモニア性窒素および硝酸性窒素の各濃度（mg/L）などの水質挙動を時間を追って計測した結果を示している。

【0037】図5から明らかなように、ORP曲線の変化を見れば、図2の(A)および図3に示すように、曝気開始時点からORP値が急上がるが、ある時点でピーク（屈曲点P1）に達して以降は、あまり大きな変化が見られない。また、曝気を止めると、しばらくほぼ平坦な曲線を示すが、DO値がほぼ0になると、緩やかな勾配で下がり続ける。このように、NH₄-Nは、曝気を始めた時点から急に低下しつつ40分くらいで、NH₄-N濃度が0.0mg/Lになって硝化が終了（屈曲点P1）し、その後、曝気を停止し、DO濃度が0.0mg/LになるまでNH₄-N濃度がほぼ0.0mg/Lを維持して終了した。

【0038】逆に、NO_x-N（NO₂+NO₃-N）は、曝気を始めた時点から急に上がり続けたあと、NH₄-N濃度が0.0mg/Lになった時点で頭打ちになり、DO濃度が0.0mg/Lになった後は徐々に下がり続けてゆく。この回分式タイ

プの処理システムでは、上記連続流入タイプの汚水処理システムと異なり、槽内の処理水は処理が終わるまで新たな汚水の流入がないので、アンモニア性窒素濃度の上昇がない。この回分式タイプの処理システムにおける実験では、曝気時間をあえて長くしたので、屈曲点P2で見られたような特有の変化の発現はなかった。以上のことから明らかなように、回分式の処理システムにおいても、ORP曲線の屈曲点P1以降の曝気は、無駄な曝気になる。従って、屈曲点P1を自動的に検出して曝気を停止すれば、DOが0になるまでの時間およびそれ以降の脱窒に要する時間も短縮することができ、曝気時間の最適な制御ができる。

【0039】なお、上記実施の形態では、硝化完了の判定を行うに当たり、計測値の差を求めてORP値がピークに達する時点、あるいは、ピークが維持される状態を硝化完了と見なしているが、これに限られるものではなく、ORP値を経時的に計測して得られたORP曲線から硝化時の特性となる屈曲点P1の変化曲線の特性を導き、この特有な変化曲線の特性を予めコンピュータ10に記憶させ、この特性と計測して得られたORP値をデータ処理した結果を比較判別し、変化曲線の特性を読み取った場合、硝化完了と判定するようにしてもよい。

【0040】また、上記実施の形態では、連続流入タイプの場合、脱窒完了を示す屈曲点P2に表れる特性を予めコンピュータ10に記憶させ、計測して得られたORP値をデータ処理してこのデータ処理した結果と、屈曲点P2に表れる第2の特性（緩やかな勾配を描いてORP値が低下してゆく特性）とを比較判別し、屈曲点P2特有の特性を読み取った場合、曝気を再開させるようにしているがこれに限られるものではなく、曝気停止時、ORP値が脱窒完了を示す予め設定した所定値以下となった場合、曝気を再開させるようにしてもよい。

【0041】さらに、上記実施の形態では、硝化検出手段をORP検出装置により構成しているがこれに限られるものではなく、物理的性質から硝化完了および脱窒完了を検出できるものであればよいことはいうまでもない。また、上記実施の形態では、DO値を常に一定（2mg/L）に保持するように自動制御しているが、必ずしも2mg/Lという数値に限定されるものではなく、一定に保持するようにすればよく、流入水の水質、二次処理槽の容積、温度、流入量等を考慮して適宜設定されることはいうまでもない。なお、DOを一定値に制御しなければ、硝化完了とみなす屈曲点P1は発現しにくい。

【0042】また、上記実施の形態では、酸化還元電位（ORP）はアンモニア性窒素の硝化時硝化の過程が進むと上昇するという点に着目し、硝化検出手段としての酸化還元電位検出装置20がORP値を検出するようにしているが、これに限られるものではなく、硝化の過程と関連性を持って変化する他の物理的性質を利用してもよいことはいうまでもない。上記実施の形態および実施

例で酸化還元電位検出装置を用い、物理的性質のうち電位を検知するようにしたのは、水の挙動をより正確にかつ安定して把握することができ、また、装置自体が安価に入手できることなどを勘案したものである。さらに、上記実施例で見られるように、本願発明の汚水処理装置およびその方法は、連続流入タイプでも回分式タイプでも適用可能であることはいうまでもない。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る汚水処理装置は、内部に汚水が導入される生物学的反応槽と、この生物学的反応槽内の汚水に曝気を行う曝気手段と、汚水中の溶存酸素濃度を検出する溶存酸素濃度検出手段と、溶存酸素濃度検出手段により検出された溶存酸素濃度の値に基づいてこの溶存酸素濃度を所定の値に保持すべく曝気量を制御しかつ曝気を停止可能な曝気制御手段とを備えた汚水処理装置において、所定時間ごとに汚水の硝化状態を物理的性質に基づいて検出する硝化検出手段と、予め導かれた硝化の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し硝化完了と推定される第1の特性に基づいて、曝気時、上記硝化検出手段により検出されたデータを上記第1の特性と比較判別して硝化の完了を判定し、硝化完了判定時、信号を曝気制御手段に出力し曝気を停止させる判定手段とを設けたので、最適な時間で曝気を行うことができ、曝気に要するエネルギーコストを低減させることができる。

【0044】また、本発明に係る汚水処理方法は、生物学的反応槽の内部に汚水を導入し、この生物学的反応槽内の汚水に曝気を行うとともに、汚水中の溶存酸素濃度を検出し、上記検出された溶存酸素濃度の値に基づいてこの溶存酸素濃度を所定の値に保持すべく曝気量を制御しかつ曝気を停止可能な汚水処理方法において、所定時間ごとに汚水の硝化状態を物理的性質に基づいて検出し、予め導かれた硝化の過程により変化する物理的性質の変化曲線に発現し硝化完了と推定される第1の特性に基づいて、曝気時、検出された硝化状態のデータを上記第1の特性と比較判別して硝化の完了を判定し、硝化完了判定時、曝気を停止させるようにしたので、曝気と曝気停止を最適な時間間隔で連続的に自動運転することができ、曝気に要するエネルギーコストを低減させるとともに処理能力を安定させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る汚水処理装置を示す概念図である。

【図2】（A）、（B）はそれぞれ図4に示す汚水処理装置により行った実験の結果を示すグラフである。

【図3】図4の汚水処理装置を自動制御により動作させた際のDO、NH₄-N、NO_x-NおよびORPを示すグラフである。

【図4】実験を行った本発明の一実施例に係る汚水処理装置の概念図である。

【図5】図4の汚水処理装置を用い、回分式の処理システムにより行った実験の結果を示すグラフである。

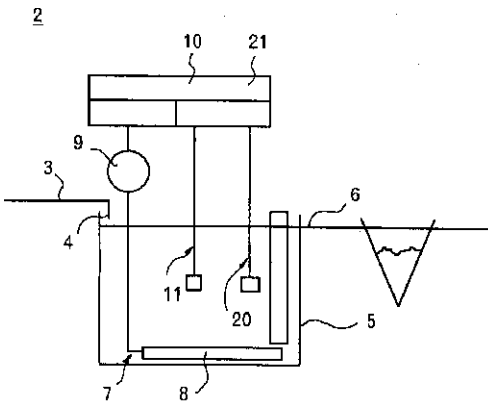
【図6】曝気処理における従来例と本願発明との異同を示す図である。

【符号の説明】

- 5 二次処理槽（生物学的反応槽）
- 7 曝気装置（曝気手段）

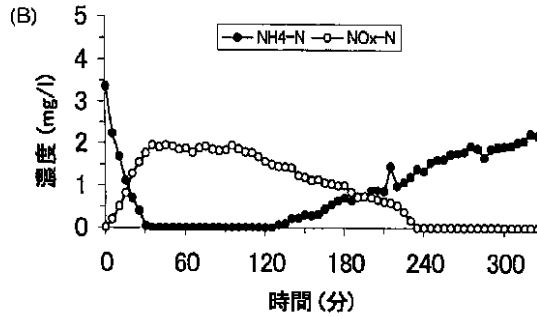
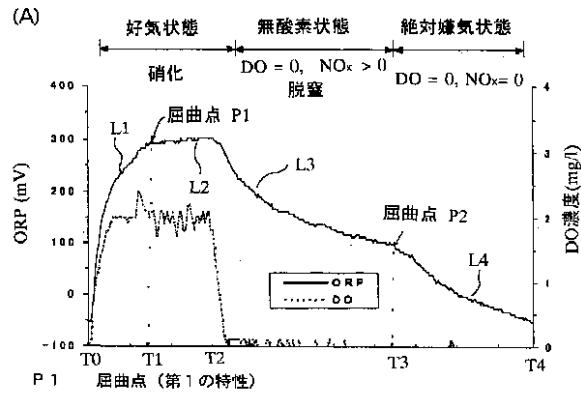
- 11 溶存酸素濃度検出装置（溶存酸素濃度検出手段）
- 10 自動制御装置（曝気制御手段）
- 20 酸化還元電位検出装置（硝化検出手段）
- 21 CPU（判定手段）
- P1 屈曲点（第1の特性）

【図1】



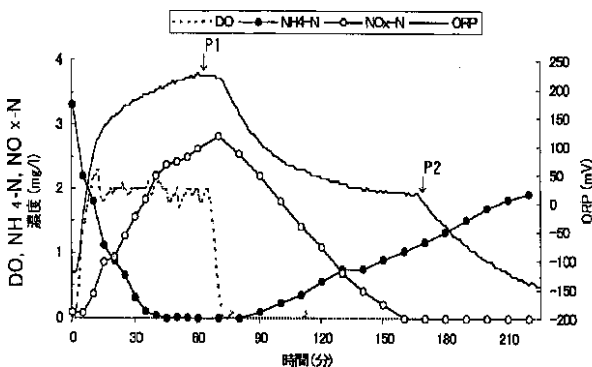
- 5 二次処理槽（生物学的反応槽）
- 7 曝気装置（曝気手段）
- 11 溶存酸素濃度検出装置（溶存酸素濃度検出手段）
- 10 自動制御装置（曝気制御手段）
- 20 酸化還元電位検出装置（硝化検出手段）
- 21 CPU（判定手段）

【図2】



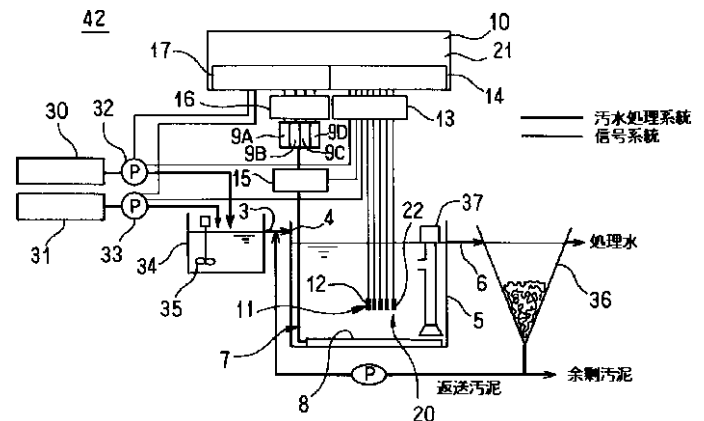
曝気槽のDO、NH₄-N、NO_x-N 濃度及びORPの変化例

【図3】

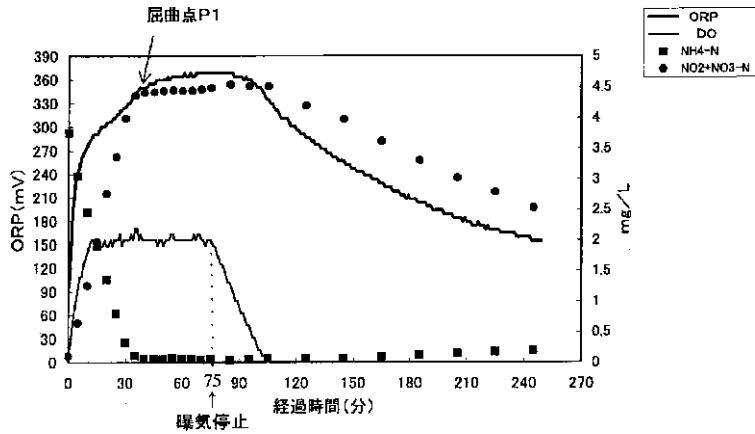


自動制御時の曝気槽のDO、NH₄-N、NO_x-N 濃度及びORPの変化例

【図4】



【図5】



回分(バッチ)方式での硝化完了時点の検出

【図6】

	従来例1	従来例2	従来例3	本願発明
	手動制御	自動制御Ⅰ	自動制御Ⅱ	本方式
ぼっ気・非ぼっ気の時間設定の考え方	処理性能をチェックしつつぼっ気時間を調整・固定	処理性能をチェックしつつぼっ気時間を調整・固定	1サイクル(ぼっ気時間+非ぼっ気時間)を固定し、脱窒に要した時間から次サイクルのぼっ気時間を推定	ぼっ気の開始と終了は自動的に行われる
ぼっ気時間中のDO変化例	0~6mg/L	一定値(2mg/L)	一定値(2mg/L)	一定値(2mg/L)
ぼっ気の過不足	大(ぼっ気過多)	中(ぼっ気過多)	小	ほぼゼロ
処理性能	不安定	比較的安定	比較的安定	最適
ぼっ気に要するエネルギーコスト	大	中	小	最小

フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭64 - 70198 (J P , A)
 特開 平 4 - 104896 (J P , A)
 特開 平10 - 202289 (J P , A)
 特開2001 - 269696 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.7, D B 名)
 C02F 3/34 101
 C02F 3/12