(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-192927
(P2017-192927A)
(43)公開日　平成29年10月26日(2017.10.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
C02F 3/12	(2006.01)	C02F	3/12	J	4D028

審査請求 有　請求項の数 1　ＯＬ　（全 12 頁）

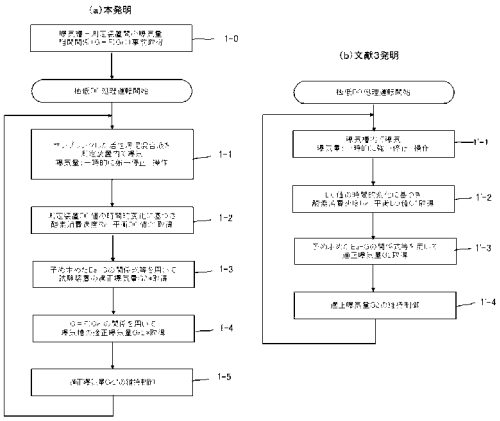
(21)出願番号　特願2016-86625(P2016-86625)
(22)出願日　平成28年4月23日(2016.4.23)
(11)特許番号　特許第5996819号(P5996819)
(45)特許公報発行日　平成28年9月21日(2016.9.21)

(71)出願人　591067185
株式会社　小川環境研究所
神奈川県鎌倉市腰越１丁目１７番２号
(74)代理人　100107490
弁理士　杉原　鉄郎
(72)発明者　小川　尊夫
神奈川県鎌倉市腰越１－１７－２　株式会社小川環境研究所内

Ｆターム(参考)　4D028 AA08 BB06 BD06 BD11 CA07 CA09 CB02 CC07 CC09 CD01 CE01

(54)【発明の名称】活性汚泥における曝気量制御方法

(57)【要約】
【課題】曝気槽内の活性汚泥混合液のDOが殆ど0mg/lの状態で曝気処理（極低DO処理）を行う活性汚泥において、曝気量を適切に制御する方法を提供する。
【解決手段】（1-0）曝気槽－測定装置間の曝気量相関関係（G＝F(Gr)）を事前に取得しておき、
（1-1）極低DO処理運転中に、サンプリングした活性汚泥混合液を測定装置内で一時的に曝気量強、その後停止する操作を行い、
（1-2）測定装置DO値の時間的変化に基づき酸素消費速度Rr、平衡DO値C1を計算し、
（1-3）予め求めたEa-Gの関係式等を用いて試験装置の適正曝気量G2*を取得し、
（1-4）（1-0）で求めたG＝F(Gr)の関係を用いて曝気槽の適正曝気量Gr2*を求める。
【選択図】図４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
曝気槽内の活性汚泥混合液の溶存酸素濃度（以下、DOという）が0.5mg/l以下の状態で曝気処理（以下、極低DO処理という）を行って、廃水中のBOD除去又はBODと窒素分とを同時除去する活性汚泥処理装置における曝気量制御方法であって、
（1-0）曝気量相関関係の事前取得
曝気槽内の活性汚泥混合液を装置内にサンプリングし、該サンプリング液を曝気して適正曝気量を求める曝気量測定装置（以下、測定装置という）を用いて、
予め、曝気槽のDO値と測定装置のDO値が等しくなるときの、曝気槽における曝気量Grと測定装置における曝気量Gの相関関係（G＝F(Gr)）を、必要範囲について取得しておく。
（1-1）極低DO処理運転中の測定装置における曝気操作
極低DO処理運転中の曝気槽から活性汚泥混合液を測定装置にサンプリングして、曝気量G1（G1＞G2）で曝気し、活性汚泥混合液のDOを上昇させたのち、曝気を停止する操作を行う、
但し、G2は、当該運転時における曝気槽の曝気量Gr2に対応する測定装置の曝気量（G2＝F(Gr2)）
（1-2）酸素消費速度Rr、平衡DO値C1取得
KLaを総括物質移動係数、Csを飽和溶存酸素濃度、Rrを活性汚泥混合液の好気条件下の酸素消費速度とするとき、DO値（C)の時間的変化（dC(t)／dt ）が（１）式で表されるとして、

$$dC(t)/dt = K_La(Cs-C(t))-Rr \quad \cdots（１）式$$

（1-2-1）曝気を停止したときのDO低下過程におけるC(t)変化に基づいてRrを求め、
（1-2-2）一時的に曝気を強くしたときの平衡DO値C1（dC(t)／dt ＝0、C(t)＝C1）を、曝気を強くしたときのDO上昇過程におけるC(t)変化、及び、（２）式の関係に基づいて、KLa又はC1を変化させた繰り返し演算により求め、

$$K_La(Cs-C1)=Rr \quad \cdots（２）式$$

（1-3）測定装置の適正曝気量G2取得
一時的に曝気を強くしたときの曝気量をG1、そのときの酸素溶解効率をEa1とするとき、曝気による酸素供給能力と混合液の酸素消費速度が等しくなるときの曝気量G0が（３’）式により求められることから類推して、測定装置内における極低DO処理運転時の適正曝気量$G2^*$を（３）式を用いて繰り返し演算により求め、

$$G0=((Cs-C1)/Cs)\cdot(Ea1/Ea0)\cdot G1 \quad \cdots（３’）式$$

$$G2^*=k\cdot((Cs-C1)/Cs)\cdot(Ea1/Ea2)\cdot G1 \quad \cdots（３）式$$

但し、Ea0、Ea2は、それぞれ曝気量G0、$G2^*$のときの酸素溶解効率であって、予め実験等に基づいて求めたEaとGの関係式を用いて取得できる、
kは、（３’）式類推による計算上の適正曝気量から、当該極低DO処理条件における適正曝気量$G2^*$を導く比例係数であって、予め種々の処理条件について適正曝気量を測定して各処理条件に対するｋ最適値を取得しておき、当該極低DO処理条件に対応するｋ最適値を（３）式に適用する、
（1-4）曝気槽の適正曝気量$Gr2^*$取得
（1-3）で求めた測定装置の曝気量$G2^*$に対応する曝気槽における曝気量$Gr2^*$を、前記相関関係（$G2^*=F(Gr2^*)$）より求める。
（1-5）適正曝気量の維持制御
曝気槽の曝気量を、（1-4）で求めた適正曝気量$Gr2^*$に設定する操作を必要に応じて行うことにより、
極低DO処理運転中の曝気量を適正に維持することを特徴とする活性汚泥における曝気量制御方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】

【０００１】
本発明は、活性汚泥における曝気量制御方法に係り、特に微生物により廃水中のBOD成分の処理、又は、BOD成分と脱窒を同時処理する処理装置における曝気量制御方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
活性汚泥における曝気槽の溶存酸素濃度（以下DO）は、通常2[mg/l]程度で運転されているが、DOを0[mg/l]近傍で運転することにより、曝気動力の省エネが図られ、かつ、BOD処理と脱窒処理とを同時にできるというメリットがある。通常、曝気量管理は曝気槽のDOを測定し、その値に基づき適正曝気量を求めることより行われるが、曝気槽のDO値が概ね0.5mg/l以下では、DO値に基づく正確な酸素消費供給バランスの把握が困難となり、曝気槽内の溶存酸素状態を正確に維持することが難しくなるため、これまで低DO運転制御の適用は困難であった。
【０００３】
低DO運転制御に関する従来技術としては、処理水BODと汚泥の酸素消費速度からの処理水BOD予測値及び硝酸イオン濃度に基づいて、曝気槽内DOを低DOに制御する技術が開示されている（例えば特許文献１）。
また、活性汚泥微生物の呼吸反応に関与する補酵素NADH（nicotinamide adenine dinucleotide）を指標として送風量制御を行い，曝気槽内DOを0.2mg/lから0.6mg/lの範囲に制御して、都市下水に対し７５％程度の脱窒を行った事例が報告されている（非特許文献１）。
NADHセンサーは、好気領域からDO計で測定できない嫌気領域までの変化を測定できる比較的新しいセンサーであるが、廃水中の懸濁物質に影響され、測定値がばらつく問題点があり、NANDセンサーのばらつきによる制御誤差を軽減する方法も提示されている（例えば特許文献２）。
【０００４】
通常の活性汚泥においても、低DO運転によりBOD単独またはBODと窒素を同時除去する方法は、適切に制御できればメリットが非常に大きいプロセスであるが、原水に濃度や成分等の変動が有る場合には、BOD処理と脱窒処理を安定的に維持することが難しいのが実情である。
【０００５】
低DO運転によりBOD・脱窒同時処理を正確に行うためには、DO計による管理だけでなく、流入水変動や運転条件変化に対応する、曝気による酸素供給量の正確な追従が重要になる。
本願出願人は、これらの問題を解決してBOD・脱窒同時処理において極低DO運転を安定的に制御する方法を考案し、特許を得た（特許文献３）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特開２０１１－００５３５４
【特許文献２】特開２０１４－８３５２４
【特許文献３】特許５８３３７９１
【非特許文献】
【０００７】
【非特許文献１】森山克美　他　著　「標準活性汚泥法に窒素除去機能を付加する風量制御システム」下水道研究発表会講演集　４５巻　725～727頁　２００８年
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
特許文献３（以下、文献３）方法は、BOD・脱窒同時処理分野における画期的な技術と

言えるが、実機への適用に際しては以下の点について更なる改良の余地がある。
一つには、同方法では後述するＣ１（強曝気時の平衡DO値）の測定には曝気槽内に浸漬したDO計を用いるところ、曝気槽内は曝気により気泡の分離が不十分な状態での測定であるため、電極面に当たる気泡の影響により測定値のばらつきがやや大きく、測定解析精度の向上が望まれる。
【０００９】
また、適正な曝気量を測定する操作には、1測定あたり10分程度を要する。該操作時は、一時的にではあるが曝気槽DO値が適正範囲から外れるため、該操作の測定頻度が制限される。このため、原水負荷変動が大きい活性汚泥処理に適用するためには更なる改良が望まれる。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
本願出願人は、文献３発明の更なる改良に関し鋭意研究を重ね、上記課題を解決する技術を考案した。本発明は以下の内容を要旨とする。すなわち、
曝気槽内の活性汚泥混合液の溶存酸素濃度（以下、DOという）が0.5mg/l以下の状態で曝気処理（以下、極低DO処理という）を行って、廃水中のBOD除去又はBODと窒素分とを同時除去する活性汚泥処理装置における曝気量制御方法であって、
（1-0）曝気量相関関係の事前取得
曝気槽内の活性汚泥混合液を装置内にサンプリングし、該サンプリング液を曝気して適正曝気量を求める曝気量測定装置（以下、測定装置という）を用いて、
予め、曝気槽のDO値と測定装置のDO値が等しくなるときの、曝気槽における曝気量Grと測定装置における曝気量Gの相関関係（G＝F(Gr)）を、必要範囲について取得しておく。
【００１１】
（1-1）極低DO処理運転中の測定装置における曝気操作
極低DO処理運転中の曝気槽から活性汚泥混合液を測定装置にサンプリングして、曝気量G1（G1＞G2）で曝気し、活性汚泥混合液のDOを上昇させたのち、曝気を停止する操作を行う、
但し、G2は、当該運転時における曝気槽の曝気量Gr2に対応する測定装置の曝気量（G2＝F(Gr2)）
【００１２】
（1-2）酸素消費速度Rr、平衡DO値C1取得
KLaを総括物質移動係数、Csを飽和溶存酸素濃度、Rrを活性汚泥混合液の好気条件下の酸素消費速度とするとき、DO値（C)の時間的変化（dC(t)／dt ）が（１）式で表されるとして、

$$dC(t)/dt = K_La(Cs-C(t))-Rr \quad \cdots（１）式$$

（1-2-1）曝気を停止したときのDO低下過程におけるC(t)変化に基づいてRrを求め、
（1-2-2）一時的に曝気を強くしたときの平衡DO値C1（dC(t)／dt ＝0、C(t)＝C1）を、曝気を強くしたときのDO上昇過程におけるC(t)変化、及び、（２）式の関係に基づいて、KLa又はC1を変化させた繰り返し演算により求め、

$$K_La(Cs-C1)=Rr \quad \cdots（２）式$$

【００１３】
（1-3）測定装置の適正曝気量G2取得
一時的に曝気を強くしたときの曝気量をG1、そのときの酸素溶解効率をEa1とするとき、曝気による酸素供給能力と混合液の酸素消費速度が等しくなるときの曝気量G0が（３’）式により求められることから類推して、測定装置内における極低DO処理運転時の適正曝気量$G2^*$を（３）式を用いて繰り返し演算により求め、

$$G0=((Cs-C1)/Cs)\cdot(Ea1/Ea0)\cdot G1 \quad \cdots（３’）式$$

$$G2^*=k\cdot((Cs-C1)/Cs)\cdot(Ea1/Ea2)\cdot G1 \quad \cdots（３）式$$

但し、Ea0、Ea2は、それぞれ曝気量G0、$G2^*$のときの酸素溶解効率であって、予め実験等に基づいて求めたEaとGの関係式を用いて取得できる、

kは、（３’）式類推による計算上の適正曝気量から、当該極低DO処理条件における適正曝気量G2*を導く比例係数であって、予め種々の処理条件について適正曝気量を測定して各処理条件に対するｋ最適値を取得しておき、当該極低DO処理条件に対応するｋ最適値を（３）式に適用する、

【００１４】

（1-4）曝気槽の適正曝気量Gr2*取得

（1-3）で求めた測定装置の曝気量G2*に対応する曝気槽における曝気量Gr2*を、前記相関関係（G2*＝F(Gr2*)）より求める。

【００１５】

（1-5）適正曝気量の維持制御

曝気槽の曝気量を、（1-4）で求めた適正曝気量Gr2*に設定する操作を必要に応じて行うことにより、

極低DO処理運転中の曝気量を適正に維持することを特徴とする。

【００１６】

以下、本願発明の具体的内容について、さらに詳細に説明する。なお、以下の説明において、「廃水」とは処理を要する汚濁水を総称する一般概念として用いている。また、処理対象として処理装置に導入される「廃水」については「流入水」（又は原水）と称する。

また、上記（1-1）乃至（1-3）の操作を「曝気量校正」と称する。

【００１７】

通常、活性汚泥における酸素供給量の管理は、曝気槽内の活性汚泥混合液のDO値に基づいて行われ、空気曝気の場合のDO値は0.5mg/lから3mg/l程度に管理される。これに対し、本発明が目的とする極低DO制御では、曝気槽内のDOは殆ど0[mg/l]の状態に運転管理される。

曝気槽におけるDO測定は、DO計電極を曝気槽の曝気中の活性汚泥混合液に浸漬状態で行われる。測定されるDO値は、活性汚泥混合液の微生物による酸素消費速度と、曝気などによる酸素供給速度のバランスで決まる値である。

DO値が概ね0.5mg/l以下になると、曝気量変化量に対しDO変化量が非常に小さくなるのに加え、DO計電極の応答速度や電極面への微細気泡の接触や、溶存酸素濃度のローカリティなど、さまざまな要因の作用が相対的に大きくなり、上記バランスを正確に反映できなくなる。特に、0.1mg/l程度の極低DO値あたりでは、実質的にDO計指示値に基づく制御では、曝気による酸素供給量の管理は不可能になる。

【００１８】

＜曝気槽と測定装置との曝気量相関関係の事前取得＞

本発明では、予め運転中の曝気槽における曝気量（Gr）と測定装置における曝気量（G）の関係を求め、本発明の測定装置のコンピュータに保存しておく。両曝気量の関係（Gr－G）は、以下により数値化することができる。なお、以下において添え字（a,b,c）は曝気量測定時点を示す記号である。また、atはaeration tank（曝気槽）の略号である。

まず、曝気量Graで曝気状態にある曝気槽内の活性汚泥混合液のDO値（DOat）を測定する。該活性汚泥混合液を測定装置にサンプリングし、測定装置内の曝気装置により該活性汚泥混合液を曝気し、DO値変化を測定する。DO＞DOatのときは曝気量を減らし、DO＜DOatであれば曝気量を増やし、平衡状態においてDO＝DOatのときの曝気量Gaを求める。なお、DO＝DOatになるまでに長時間を要する場合には、それまでの曝気量とDOの関係を参考に、この操作を始めからやり直し、活性汚泥混合液の酸素消費速度が曝気により変化しない時間内で測定できるようにする。このようにして、あるGraの値と同じ曝気効果となる測定装置の曝気量Gaの値を求める。次に、Graの値を変えて、このときの曝気槽DOatと、測定装置DO＝DOatのときの測定装置の曝気量Gaを求める。

Graが小さくなるとDOatは低下し、概ね0.5mg/l以下になると、DOatおよびDOの差が僅かになる。さらに、測定値に誤差も入ってくるため、正確な曝気量Gaが測定できなくなる。Graに対応するDOatは、活性汚泥混合液の酸素消費速度に依り、さらに酸素消費速度は活

性汚泥で処理する原水BOD負荷量により左右される。従って、Graが小さくDOatが概ね0.5mg/l以下に低下する場合は、予め原水BOD負荷量を低下させた運転状態にしておく。これにより、Graが小さくともDOatが正確に測定可能な程度の高いDO値を確保できる。

このようにして、活性汚泥の運転操作で使用する可能性のある曝気量範囲（必要範囲）のGraとGaの対応を測定して、折れ線グラフなどによりGra－Gaの関係式を求め、測定装置のコンピュータに保存しておく。

【００１９】

＜極低DO処理運転中におけるサンプリング液の曝気操作＞

極低DO制御に必要な曝気量の測定解析は以下のように行う。

ある時点における、曝気量（Grb）の活性汚泥混合液を測定装置にサンプリングする。次に、Gr－Gの関係式を用いて、Grbに対応するGの値より大きいG1で該活性汚泥混合液を曝気する。G1はGの2倍程度が適当である。強い曝気により活性汚泥混合液のDOは上昇し、図2のL2の曲線のように上昇する。十分上昇したら曝気を停止する。曝気を停止すると図2のL4のようにほぼ直線状に低下する。

【００２０】

次いで、（１）式乃至（９）式を用いて、L4の低下速度からRrを計算し、RrとL2の変化からKLaを計算し、RrとKLaなどから測定装置内における極低DO制御に必要な適正曝気量G2を求める。さらに、GrとGの関係式を用いて、G2に対応する曝気槽でのGrcを求める。以下、その詳細について順次説明する。

【００２１】

＜曝気量増減操作とKLa、Rr、C1の関係＞

曝気を強くした際の曝気槽内活性汚泥混合液のDO値（C）の時間的変化（dC(t)／dt ）は、KLaを総括物質移動係数、Csを飽和溶存酸素濃度、Rrを活性汚泥混合液の酸素消費速度として、（１）式で表される。

$$dC(t)/dt = KLa(Cs - C(t)) - Rr \quad \cdots（１）式$$

短時間の曝気量変化ではRrは一定と考えられる。また、Csは曝気量校正操作中の短時間では温度は変化しないため、定数として扱える。これより、（１）式を積分すると、C(t)の変化は初期値をC0として、（５）式で表現できる。極低DO処理の場合、C0は殆ど0である。

$$C(t) = C1 - (C1 - C0) \cdot \exp(-K_La \cdot t) \quad \cdots（５）式$$

ここにC1は、ｔを十分長くしたときの、酸素供給速度KLa（Cs－C(t)）と活性汚泥混合液の酸素消費速度Rrとが等しくなるときのDO値であり、（２）式の関係で表される。

$$K_La(Cs - C1) = Rr \quad \cdots（２）式$$

【００２２】

＜Rrの取得及びKLa、C1の演算＞

図２を参照して、極低DO処理を行っているときのDO値Ｌ１の状態から、曝気を増大すると、DOは（５）式で計算されるＬ３の曲線に従い、Ｌ２のように上昇する。

（５）式において、曝気増大開始からt1時間後のDO値C(t1)、t2時間後のDO値C(t2)とすれば（６）式が導かれる。

【００２３】

【数１】

$$K_La = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{C_1 - C(t1)}{C_1 - C(t2)} \quad \cdots\cdots(6)式$$

【００２４】

次いで曝気を停止すると、DO値は（１）式でKLa＝０としたＬ４の変化となる。酸素消費速度Rrは、DOが0.5mg/l程度まではDOに依らずほぼ一定であるから、曝気を停止してDOが低下する過程の低下速度を測定することにより、活性汚泥混合液の酸素消費速度Rrを求めることができる（上述（1-2-1）に対応）。

（２）式より、C1＝Cs－Rr/KLaであるから、（６）式は、

【００２５】

【数２】

$$K_La=\frac{1}{t_2-t_1}\ln\frac{(Cs-Rr/K_La)-C(t1)}{(Cs-Rr/K_La)-C(t2)}\quad\cdots\cdots(6a)式$$

で表される。曝気停止時のDO低下速度測定により求めたRrを用いて、KLaを変化させて繰り返し演算を行い、（６ａ）式が成立するKLaを求めることができる。

さらに、求めたKLa とRrを用いて（２）式よりC1を求めることができる（同（1-2-2）に対応）。

さらC1を求める別法として、（２）式よりKLa＝Rr/(Cs－C1)であるから、（６）式は、

【００２６】

【数３】

$$\frac{Rr}{Cs-C_1}=\frac{1}{t_2-t_1}\ln\frac{C_1-C(t1)}{C_1-C(t2)}\quad\cdots\cdots(6b)式$$

とも表される。よって、C1を変化させて繰り返し演算を行い、（６ｂ）式が成立するC1を求めることもできる（同（1-2-2）に対応）。

【００２７】

＜極低DO処理運転中の適正曝気量演算＞

KLa、曝気量Gと酸素溶解効率Eaとの関係は、酸素量バランスに基づいて（７）式で表される。なお同式は、（社）日本下水道協会：「下水試験方法」及び「下水道施設設計計画・ 設計指針と解説」の記載を根拠とする。

【００２８】

【数４】

$$Ea=\frac{Cs\cdot K_La\cdot V\times10^{-3}}{G\cdot\rho}\times100\qquad\cdots（７）式$$

ここに、Vは曝気槽の有効容量、ρは空気中の酸素密度である。

【００２９】

（７）式において、曝気量G1及びそのときの酸素溶解効率Ea1とすると、（２）式は（８）式のように書き換えられる。

Rr=γ・Ea1・G1・(Cs－C1)　・・・（８）式

但し、γ＝ρ／(Cs・V×10^{-1})

曝気量Gによる酸素供給能力は、活性汚泥混合液の酸素消費速度と同じ状態において、曝気槽のDO値C(t)はほとんど0であるから、そのときの曝気量をG0とし、このときの酸素溶解効率をEa0で表すと（９）式となる。

Rr＝γ・Ea0・G0・Cs　・・・（９）式

（８）、（９）式より、

G0＝((Cs-C1)／Cs)・(Ea1／Ea0)・G1　・・・（３’）式

となり、（３’）式を用いて酸素供給能力が活性汚泥混合液の酸素消費速度と等しくなるときの曝気量G0を求めることができる。

【００３０】

脱窒を行わずにBODを処理する場合は、酸素不足にならないように、曝気による酸素供給量を活性汚泥混合液の酸素消費量G0と同程度にする必要がある。

また、脱窒を効率よく行うには、曝気による酸素供給量を活性汚泥混合液の酸素消費量G0と同程度か、またはそれ以下で運転する必要がある。これより、極低DO処理運転中の曝

気空気量をG2、そのときの酸素溶解効率をEa2とし、kを概ね1程度以下の比例係数とすれば、（３’）式中のG0、Ea0をG2（＝ｋ・G0）、Ea2で置き換えることにより、適正曝気空気量G2を（３）式により推定することができる。

G2＝k・((Cs－C1)／Cs)・(Ea1／Ea2)・G1　　・・・（３）式

【００３１】

＜酸素溶解効率Eaについて＞

酸素溶解効率Eaは、曝気槽の水深や散気管の種類や構造に依存する特性であり、各活性汚泥装置固有の値となる。適正使用範囲内では、曝気量Gが少ないとEaは大きく、多いとEaは小さくなる（具体的なG－Eaの関係は、文献３（図４）に例示されている）。従って、予め実験などによりEaとGの関係式を求めてコンピュータに保存しておき、（３）式の計算に際してG2を仮定し、そのときのEa2をEaとGの関係式から求める。求めたEa2を使って（３）式からG2を求め、仮定したG2と合致するまで繰返し計算を行うことにより、正しいG2の取得が可能である。

【００３２】

＜比例定数ｋについて＞

（３）式のkは、曝気による酸素供給量と酸素消費量が一致する計算上の曝気量G0に対し、どの程度の曝気量が適当かを決める係数であり、BOD単独処理の場合、kは1、もしくは1以上で1に近い数値となる。

BOD・脱窒同時処理の場合には、以下の考慮が必要となる。脱窒反応を起こすためには、微生物がNOx-Nからの酸素を取得せざるを得ないような溶存酸素不足環境にする必要があり、DOが概ね0.5mg/l以上の好気環境になると脱窒が進行しなくなる。

一方、脱窒を起こすためには、予めアンモニア態窒素を亜硝酸態窒素または硝酸態窒素に硝化することが必要である。硝化反応速度は、DOが高い方が大きく、DOが低くなると小さくなることが知られている。また過度の酸素不足は、処理水BODの急激な悪化を招く。

【００３３】

極低DO処理では、上記３つの作用を、活性汚泥フロックの表面から中心内部への酸素濃度勾配で実現している。曝気槽全体の平均としては、やや酸素過剰の状態であっても、形状の大きいフロックでは、中心内部では酸素不足の状態となり、BOD・脱窒同時処理が可能となる。またBOD分解の酸素消費速度が大きい場合は、比較的形状の小さいフロックでも、中心内部では酸素不足の環境となり得るので、kは概ね１程度から１以下の数値となる。

【００３４】

フロックの形状や、BOD分解のための酸素消費速度や、DOと硝化反応速度の関係などは、個々の活性汚泥に固有であるから、最適なkの値はそれぞれ異なる値となる。また、処理装置の全体構成のなかで、極低DO処理が受け持つ機能によっても異なる。例えば３つの曝気槽を直列に連結する活性汚泥の場合（文献３の実施例３参照）、もっぱら脱窒を目的とする第１曝気槽や第２曝気槽ではkを1以下の数値とし、もっぱらBODの処理を目的とする第３曝気槽ではkを1以上とするのが適当である。さらに実施例３の装置のあとに再酸化槽（図５参照）がある場合には、BODの処理や硝化活性の維持は再酸化槽が受け持ち、第３曝気槽は脱窒未了があった場合に脱窒も行えるように、kを1より少し小さな値とすることも有効である。

このように、kの値は個々の活性汚泥の種々の要因により若干異なる値となるので、最終的には実験により決めるのが実際的である。

【００３５】

＜文献３発明と比較した本発明の特徴＞

次に、文献３発明との対比を含め、本発明の特徴について説明する。図４を参照して、両者の相違点は測定装置の有無並びにDO値測定箇所、及び、曝気量相関関係の事前取得の有無である。

すなわち、文献３発明では曝気量校正のDO値測定は曝気槽内のDO計で行い（同図（ｂ）1'－1、1'－2）、この値に基づき適正曝気量G2を取得する(同1'－3）。これに対して本発

明では、曝気量校正のDO値測定は測定装置のDO計で行い（同図（ａ）1－1、1－2）、測定装置の適正曝気量G2*を取得し（同1－3）、取得した適正曝気量G2*に基づいて相関関係（$G2^{*}=F(Gr2^{*})$）を利用して、実機の曝気槽の曝気量Gr2*を求めている（同1－4）。

このような工夫を施すことにより、本発明は文献３発明と比較して以下の顕著な改良が図られた。

【００３６】

曝気槽で曝気中の活性汚泥混合液を、一旦測定装置内の容器に汲み上げて、気泡分離を行っている測定装置で活性汚泥混合液のDOを測定することにより、DO値のバラツキを殆どなくすことができ測定精度が向上する。

【００３７】

また、測定装置における曝気量校正に要する汚泥量は１リットル程度であり、活性汚泥全体の汚泥量と比較して微々たる量のサンプリングであるため、実機の運転条件に影響を及ぼすことがない。このため、曝気量校正を1回の操作に要する10分程度毎に繰り返し行うことができる。これにより、測定頻度を格段に増加させることができ、原水負荷変動の大きい活性汚泥に対しても適正な制御がさらに容易化される。

【発明の効果】

【００３８】

本発明により、曝気量の減少により大きな省エネ効果や、BODと脱窒同時処理などが期待できる極低DO制御が容易にできるようになる。

【図面の簡単な説明】

【００３９】

【図１】本発明の一実施形態に係る生物的処理装置１を説明する図である。

【図２】曝気量校正操作時のDOの変化を説明する図である

【図３】本発明の測定装置を説明する図である。

【図４】本発明と文献３発明との比較を示す図である。

【図５】細長い構造の曝気槽に、本発明の極低DO処理装置を複数設置する場合の図である。

【発明を実施するための形態】

【００４０】

以下、図１を参照して、本発明に係る極低DO処理における曝気量制御方法についてさらに詳細に説明する。なお、本発明の範囲は特許請求の範囲記載のものであって、以下の各実施形態に限定されないことはいうまでもない。

【００４１】

（BOD・脱窒同時処理装置の全体構成）

図１を参照して、本実施形態に係る活性汚泥処理装置1は、流入水のBODを除去し窒素分を脱窒する極低DO処理を行う曝気槽２と、曝気槽２からの流出液をさらに溶存酸素濃度十分の状態で曝気処理する再酸化槽３と、沈殿槽４と、沈殿槽４から曝気槽２に汚泥を戻す返送汚泥ライン５と、を主要構成として備えている。

再酸化槽３は処理目的によっては必ずしも必要としないが、より良質な処理水が必要な場合や、極低DO処理のバックアップが必要な場合や、窒素負荷が高く大きな硝化速度を必要とする場合には、設置することが好ましい。曝気槽２には、散気管６と曝気ブロア７と、曝気ブロア７の曝気量を自動調節するインバータ８と、曝気量計９と、曝気槽内活性汚泥混合液の温度及びDOを測定する温度計１０と、DO計１１と、が付設されている。さらに、これら各計器から送られる測定値を管理し、曝気ブロア７のインバータ８を制御する制御装置１２と、曝気槽からの活性汚泥混合液をサンプリングして測定解析する測定装置１４と、を備えている。

【００４２】

再酸化槽３には、図示しないが独立した曝気ブロアと、曝気量調節装置と、散気管と、が付設されている。

なお、曝気量制御については、曝気量計と曝気量を調節する自動バルブの開度制御や、

表面曝気方式の場合には、モーターの回転数制御など、曝気方式により他の制御方式を用いることもできる。

曝気槽２は、曝気による酸素供給量を本発明方法により取得した値に制御して極低DO処理運転を行う。再曝気槽３は、曝気槽のDOを2mg/lから4mg/l程度に保ち、酸素の供給量が十分な状態で運転する。

制御装置１２のコンピュータ（図示せず）には、測定装置１４からの適正曝気量信号を曝気装置のインバータ出力に変換する関係式などが保存されている。

測定装置１４内のコンピュータ（図示せず）には、予め曝気量校正操作に関するk値、曝気量と酸素溶解効率の関係式、温度と飽和溶存酸素濃度の関係テーブルなどが保存されている。

【００４３】

図３を参照して、本実施形態に係る測定装置１４は、曝気槽から活性汚泥混合液をサンプリングする揚水ポンプ１３と、該活性汚泥混合液のDOを測定するDO計１６と、該活性汚泥混合液を循環・曝気する循環ポンプ１７と、曝気コンプレッサー１８と、曝気量を測定する流量計１９と、曝気のためのラインミキサー２０と、曝気配管２１と、活性汚泥混合液を曝気・気泡分離する曝気容器２２と、連結管２３と、循環する曝気液のDOを測定するための測定容器２４と、活性汚泥混合液の温度を測定する温度計２５と、を主要構成として備えている。

【００４４】

（極低DO処理制御方法）

以下、処理装置1における極低DO処理制御方法について説明する。

曝気槽２において、極低DO処理運転中に、曝気槽中の活性汚泥混合液を揚水ポンプ１３を作動し、測定装置１４に導入する。

次に、曝気量計９からの曝気量の値Grと、曝気槽に浸漬してあるDO計１０からのDO（DOat）の値と、温度計１１からの温度と、を制御装置１４のコンピュータに取り込む。DOatは、(1-0）のGrとGの関係を求めるために用いられる。

曝気量校正操作時のDO値（DOat）は測定容器２４内のDO計１６から取得するので、曝気量校正操作時にはDO計１０からのDOatは必須ではないが、適正な制御が行われているかの検証のため、この時点でも取り込むことが望ましい。曝気量校正操作の温度は、測定容器２４内の温度計２５から取得するが、温度変化は小さいので、温度計１１から取得してもよい。なお、温度計１１、２５の両温度の比較により、汚泥のサンプリングが適正に行われているかを検証できるメリットがある。

次に、揚水ポンプ１３を停止し、測定容器２４内にサンプリングした活性汚泥混合液の温度Ｔを温度計２５から取得するとともに、測定装置１４の曝気コンプレッサー１８を操作して、曝気量G1で曝気する。曝気量G1の値としては、Grに対応する測定装置の曝気量G2より大、概ね2倍程度が適当である。

【００４５】

時間経過とともに上昇する活性汚泥混合液のDO値（C(t)）をDO計１６から取得する。C(t)の値が概ね1.5mg/l以上まで上昇したら、曝気を停止し、C(t)の低下速度に基づいてRrを計算する。Rrの値とC(t)が上昇していく過程のデータとに基づき、（６a）式によりKLaを計算する。

さらにKLaとRrの計算値を用いて（２）式によりC1を計算する。次に、G1のときのEa1、温度ＴのときのC_s、kの値、G2のときのEa2を用いて、（３）式に基づいて設定曝気量G2*を計算する。測定装置１４のコンピュータにより、G2*に対応する曝気槽の曝気量Gr2*を求める。次いで、制御装置１２により、曝気ブロアーによる曝気量が設定曝気量Gr2*になるように、インバータ出力と曝気量の関係に基づいてインバータ８を制御する。なお、インバータ８の制御は、測定装置１４のコンピュータに行わせることもできる。

【００４６】

連続式の嫌気・好気式BOD・脱窒同時処理の曝気槽の場合、脱窒槽は嫌気状態で運転するため、好気槽と嫌気槽を完全に仕切る必要がある。一方、極低DO処理の曝気槽と再曝気

槽は曝気の強度が異なるだけであるから、曝気槽が流入端から流出端までの流れ方向に細長い構造の場合で、散気管曝気のような前後の撹拌混合が少ない曝気方式の場合には、１つの曝気槽のなかで流入側を極低DO処理運転、流出端近くを再酸化槽、として使用することが可能である。

【００４７】

また回分式の場合や、連続式であっても曝気槽が完全混合槽の場合には、極低DO処理において曝気量校正操作を行う部分（図１の９、１３、１４）と、曝気量制御を行う部分（同図７、８、９、１２）により構成される装置（以下、制御ユニット）は１つあれば、十分に機能を発揮することができる。しかしながら、連続式かつ曝気槽が流入端から流出端まで流れ方向に細長い構造の場合には、流れ方向にRrが変化するため、全体を一つの制御ユニットでカバーしきれない場合がある。その場合には、図５に示すように、細長い曝気槽の流入端から流出端までの流れ方向に沿って複数の制御ユニットを設け、それぞれ独立に制御することが有効である。この場合も複数の制御ユニットごとに曝気槽を仕切ることは必須ではない。

【産業上の利用可能性】

【００４８】

本発明は、好気性微生物を使った直流型生物脱窒システム、硝化液循環型生物脱窒システム、回分式生物脱窒システムなどの曝気量制御に適用可能である。

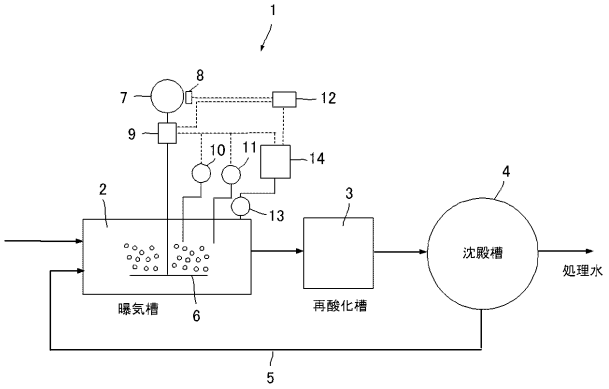
さらに、脱窒を目的とせず、省エネを目的とする通常の活性汚泥における曝気量削減のための運転にも適用できることはいうまでもない。

【符号の説明】

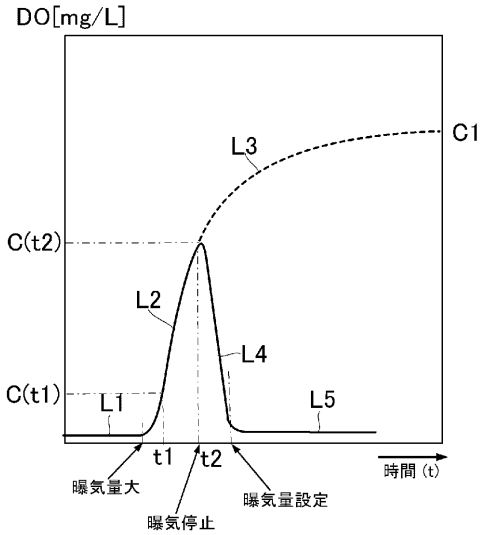
【００４９】

１・・・・極低DO処理装置
２・・・・曝気槽
３・・・・再酸化槽
４・・・・沈殿槽
５・・・・返送汚泥ライン
６・・・・散気装置
７・・・・曝気ブロアー
８・・・・インバータ
９・・・・曝気量計
１０・・・温度計
１１・・・DO計
１２・・・制御装置
１３・・・サンプリングポンプ
１４・・・測定装置

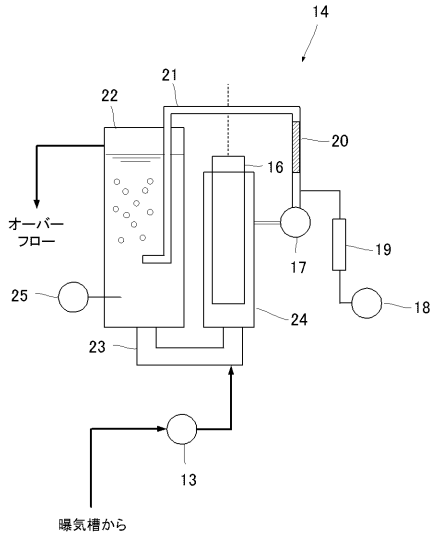
【図１】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
曝気槽
再酸化槽
沈殿槽
処理水

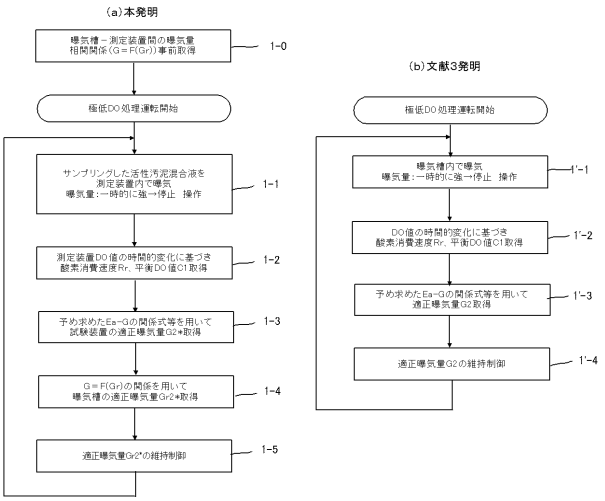
【図２】


DO[mg/L]
C1
L3
C(t2)
L2
L4
C(t1)
L1
L5
t1
t2
時間（t）
曝気量大
曝気停止
曝気量設定

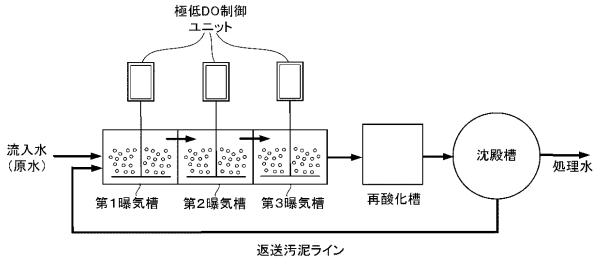
【図３】


14
21
22
20
16
オーバーフロー
17
19
25
18
24
23
13
曝気槽から

【図４】


(a)本発明
曝気槽－測定装置間の曝気量相関関係（G＝F(Gr)）事前取得
1-0
極低DO処理運転開始
サンプリングした活性汚泥混合液を測定装置内で曝気
曝気量：一時的に強→停止 操作
1-1
測定装置DO値の時間的変化に基づき酸素消費速度Rr，平衡DO値C1取得
1-2
予め求めたEa-Gの関係式等を用いて試験装置の適正曝気量G2*取得
1-3
G＝F(Gr)の関係を用いて曝気槽の適正曝気量Gr2*取得
1-4
適正曝気量Gr2*の維持制御
1-5
(b)文献3発明
極低DO処理運転開始
曝気槽内で曝気
曝気量：一時的に強→停止 操作
1'-1
DO値の時間的変化に基づき酸素消費速度Rr，平衡DO値C1取得
1'-2
予め求めたEa-Gの関係式等を用いて適正曝気量G2取得
1'-3
適正曝気量G2の維持制御
1'-4

【図５】


極低DO制御ユニット
流入水（原水）
第１曝気槽
第２曝気槽
第３曝気槽
再酸化槽
沈殿槽
処理水
返送汚泥ライン