

明 細 書

発明の名称：好気性生物膜処理方法および装置

技術分野

[0001] 本発明は、生物学的に酸化できる汚濁物質を含む排水を、自己造粒グラニュールや流動床担体、固定床担体などにより生物膜処理する方法及び装置に係り、特にその曝気強度制御に関する。本発明においては、微生物処理を行う生物膜の外部に存在する排水をバルク水と呼ぶ。

背景技術

[0002] 生物学的に酸化できる汚濁物質を含む排水の処理方法として、浮遊汚泥を用いる活性汚泥法のほか、自己造粒グラニュール法や流動床担体法、固定床担体法など、微生物が生物膜とよばれる集積増殖した状態で処理を行う生物膜法などがある。

[0003] 前者の浮遊汚泥を用いる活性汚泥法では、微生物フロックと称される状態で微生物が反応槽に分散状態で維持されている。排水処理に伴い増加する微生物を余剰汚泥として引き抜く操作により反応槽で維持する微生物量を一定に維持することで微生物自体の自己分解プロセスに起因して発生する酸素消費量を一定のレベルに維持することができる。従って、同プロセスでの必要酸素量の増減は原水負荷に比例して変化する。この酸素消費に微生物の自己分解プロセスに伴う一定の酸素消費のオフセットを足すことで供給すべき酸素消費量を決定することができる。同プロセスでは微生物が典型的にはフロックと呼ばれる1 mm前後のび凝集体の様態で保持されており微生物とバルク水槽との接触面積が十分確保されている。そのため、フロック内での酸素の浸透性・拡散性が酸素供給における主要な律速因子とならない。このため装置に供給すべき曝気風量は酸素消費量に比例すると考えられる。特許文献1には、汚濁物質の負荷を計器で計測し、これに基づいて曝気風量を制御することが記載されている。

[0004] 浮遊汚泥を用いる活性汚泥法、および生物膜法（自己造粒グラニュール法

、流動床担体法、固定床担体法など）においては、原水の負荷に比例した酸素供給量調整を簡易に行う手法として、液中の溶存酸素濃度（以下DOと記載する）を一定に保つ風量制御を行ういわゆるDO制御システムが広く用いられている。

- [0005] 特許文献2には、自己造粒グラニュール法、流動床担体法において、BOD容積負荷が所定値よりも小さいときは微生物担体の流動化を判断基準とし、BOD容積負荷が前記所定値よりも大きいときは廃水の酸素要求量を判断基準として廃水に対する曝気量を制御することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2001-353496号公報
特許文献2：特開昭63-256185号公報
- [0007] 自己造粒グラニュール法、流動床担体法、固定床担体法など生物膜を利用した処理を行う方法では、原水負荷の指標として一般的である原水の単位時間あたりの流量と原水の汚濁物質濃度との積により求められる流入負荷や、流入負荷を反応槽の容積で除算して求められる槽負荷のみに基づいて適切な酸素供給量調整を行うことは、厳密には困難である。その理由として以下が挙げられる。
- [0008] 生物膜を利用する方法では、反応槽に微生物膜の様態で保持されている微生物量を一定に保つ手段がなく結果保持されている微生物量が時間により変化するため、微生物自体の自己分解プロセスに起因して発生する酸素消費量も変化する。従って生物膜を利用した方法では、装置に与える酸素供給量は原水の負荷に比例して変化する酸素消費量の変化に加え微生物保持量の変化に伴う酸素消費の変化も考慮して決定する必要がある。
- [0009] こういった要因により、生物膜を利用した処理方式では負荷変動に応じて原水有機物の酸化に必要な酸素量は変化し、処理装置内に保持されている生物膜の量の変化によっても供給する必要がある酸素量は変化する。さらに生物膜法では典型的には3mm以上の膜厚の生物膜が形成されることが一般的

であり、保持される微生物あたりのバルク水との接触面積が浮遊法と比較して少ない。このため生物膜内の微生物への酸素供給にあたってはバルク水と生物膜の接触面における酸素の拡散現象が酸素供給における主要な律速因子となる。

- [0010] 生物膜における酸素の拡散速度はバルク水のDOレベルに依存するので、酸素供給量を調整するためにはDOレベルを調整する必要がある。また、曝気システムの観点からは、同じ酸素供給量であってもDOレベルの違いにより必要曝気風量は変化する。DOレベルが高い場合には必要曝気量が増え、DOレベルが低い場合には必要曝気量は低下することが広く知られている。
- [0011] 従って、負荷が増加した場合には、原水中の有機物の酸化に必要な酸素量は増加する。生物膜として保持されている微生物量の変化に応じて変化する自己分解プロセスに起因する酸素消費量を加味して供給必要酸素量が決まる。供給必要酸素量の増加に応じバルク水のDOを高くする調整を行い、目標とするDOを達成するために曝気風量も増加させる必要がある。
- [0012] 逆に、負荷が低下した場合には、原水中の有機物の酸化に必要な酸素量は低下する。生物膜として保持されている微生物量の変化に応じて変化する自己分解プロセスに起因する酸素消費量を加味して供給する必要のある酸素量が決まる。供給必要酸素量の低下に応じバルク水のDOを低く維持することができ、目標とするDOを達成するための曝気風量も低下する。
- [0013] こういった理由から、曝気風量の負荷に応じた調整・制御をしない運転を行う場合、高負荷時においてもバルク水のDOを高く維持し酸素供給量を維持できるように曝気風量を過剰に多くした状態での風量一定運転をする必要がある。
- [0014] 高負荷時において必要な高いDOを維持できる風量一定運転下では、負荷低下時の酸素消費量低下に応じた風量抑制をしないため、エネルギー消費の無駄が発生する。高負荷時の酸素供給を想定し高めのDO目標値を設定したDO制御を行った場合も、生物膜処理装置では負荷低下時にはDOレベルを低下することができるため、DO制御の目標DOレベルを下げれば、曝気風

量をさらに絞ることが可能である。しかし、通常のDO制御ではこのようなDO目標低下による風量抑制をしないため、エネルギー消費の無駄はなお発生する。

[0015] このような理由から、エネルギー消費の無駄は、負荷変動が大きな場合に特に顕著となる。しかしながら、このようなエネルギー消費の無駄が生じる状況があっても、負荷変動に応じて処理水質を悪化させないDOレベルを調整する操作・目標DOレベルに合わせた風量調整を行うことは従来の技術では困難である。オペレーターが適宜風量調整を行う場合でも、従来は低負荷であってもある程度の余裕をみた必要以上の酸素供給を行うべく過剰なDOレベル設定・曝気を行うことが多い。そのため、エネルギーの無駄が生じる場合が多い。

[0016] 原水負荷の指標として一般的である流量負荷や槽負荷を用いると、生物膜に保持されている微生物量の変化の影響を加味できない。また生物膜とバルク水との接触面積の影響を考慮することができず、適切な曝気量管理は難しい。そのため、従来は微生物量が多く保持された状況を想定した酸素消費量を前提とし、生物膜とバルク水の接触面積の影響を考慮しない多めの曝気風量設定を行うことが一般的である。このような理由からもエネルギーの無駄が生じることが多い。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] 本発明は、好気性生物膜を用いた排水処理において、曝気を適切に制御する方法及び装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0018] 本発明の好気性生物膜処理方法は、原水を曝気槽に供給し、曝気装置で曝気し、曝気槽に充填された生物膜保持担体またはグラニュールにより原水中の除去対象物質を好気性生物処理する方法において、該担体またはグラニュールあたりの原水負荷である原水生物膜負荷と、これに対応するDO目標値及び／または対応する曝気強度設定値との関係を予め設定しておき、原水生

物膜負荷の計測値の変動に応じて前記関係に基づいて前記DO目標値及び／または曝気強度設定値を調整し、DOが該目標値となるように、又は設定された曝気強度設定値となるように、前記曝気装置を制御することを特徴とする。

[0019] 本発明の好気性生物膜処理装置は、原水が供給される曝気槽と、該曝気槽を曝気する曝気装置と、該曝気槽に充填された生物膜付き担体またはグラニュールと、該曝気装置を制御する制御器とを有する好気性生物処理装置において、該担体またはグラニュールあたりの原水負荷である原水生物膜負荷と、これに対応するDO目標値及び／または対応する曝気強度設定値との関係を予め設定する手段と、原水生物膜負荷の計測値の変動に応じて前記関係に基づいて前記DO目標値及び／または曝気強度設定値を調整する手段とを備えており、前記制御器は、DOが該目標値となるように、又は設定された曝気強度設定値となるように、前記曝気装置を制御することを特徴とする。

[0020] 本発明の一態様では、前記原水生物膜負荷は、担体の充填容積あたりの除去対象物質負荷、担体群の総表面積あたりの除去対象物質負荷、グラニュールの充填容積あたりの除去対象物質負荷、グラニュール群の総表面積あたりの除去対象物質負荷、のいずれかである。

[0021] 本発明の一態様では、前記除去対象物質は、有機物、窒素化合物又はアンモニウムイオンであり、前記原水生物膜負荷を、除去対象物の濃度の計測値又は吸光度の計測値から換算した濃度の計算値と、原水流量の計測値と、担体またはグラニュールの充填容積または表面積の計測値又は計算値と、から算出する。

[0022] 本発明の一態様では、前記曝気強度の制御を、曝気風量、曝気停止時間又は曝気抑制時間の制御によって行う。

[0023] 本発明の一態様では、前記関係を、実験結果、実機の運転実績、生物膜における酸素の拡散性を考慮した機構モデルの何れかを用いて設定する。

発明の効果

[0024] 本発明では、流量負荷や容積負荷ではなく、原水生物膜負荷を用いて、経

時的に変化する曝気槽内の担体やグラニユールの性状に適合した必要十分な酸素供給を推定し、DOの目標値や曝気強度の設定値そのものを変更して制御するため、曝気を適切に制御することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明が適用される生物処理装置の構成図である。

[図2]実施例及び比較例の結果を示すグラフである。

[図3]実施例及び比較例の結果を示すグラフである。

[図4]実施例及び比較例の結果を示すグラフである。

[図5]原水のTOC負荷を示すグラフである。

[図6]本発明が適用される生物処理装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0026] 図1は本発明が適用される生物処理装置の構成図である。

[0027] 被処理排水（原水）は、配管1を通じて曝気槽2に導入される。曝気槽2内には、生物膜を担持した担体Cが充填されている。曝気槽2内の底部には散気管3が設置されており、ブロア4から配管5を通じて空気が供給され、曝気が行われる。

[0028] 生物膜によって好氣的に生物処理された水は、スクリーン2aを通り抜け、配管6から処理水として取り出される。

[0029] この生物処理装置では、計測手段として、配管1を流れる原水の流量及び被処理物質濃度を測定する流量計7及び濃度計8と、槽2内のDOを測定するDO計9と、ブロア4から散気管3へ供給される空気量を測定する風量計10が設けられており、これらの検出値が制御器11に入力される。制御器11によってブロア4が制御されることにより曝気強度が制御される。

[0030] 濃度計8としては、TOC計、アンモニア性窒素計、又はUV吸光度計（TOC・Nを求める）などが例示される。

[0031] 本発明者が種々検討を重ねたところ、原水負荷として流量負荷や槽負荷を用いると、原水負荷が同じであるにも拘わらず適切な曝気管理が難しい場合がある原因の一つは、曝気槽内に充填した担体やグラニユールの状態が変化

するためであることが見出された。

- [0032] 例えば、流動床担体を充填した曝気槽を長期運転した場合、担体が削れて小粒径化してスクリーンの隙間から曝気槽外に流出し、曝気槽内の担体充填率が低下し、槽内の担体充填率が低下し、生物膜表面とバルク水の接触面積が低下することにより理性能が低下することがある。
- [0033] 長期運転した場合、担体に保持される微生物量が増加し微生物の自己分解に起因する酸素消費量が増加することがある。
- [0034] 固定床処理の一種である沈降性の担体を利用した膨張床を設けた曝気槽の場合、定期的に逆洗して担体間の余剰汚泥やSSを排出する必要がある。この際に担体相互の衝突や剪断力により担体が摩耗して担体の充填率が徐々に低下し、槽内の担体充填率が低下し、生物膜表面とバルク水の接触面積が低下することにより処理性能が低下することがある。
- [0035] 長期運転した場合、担体内および担体間に保持されている微生物量が増加し微生物の自己分解に起因する酸素消費量が増加することがある。
- [0036] 自己造粒グラニュールを用いる生物処理槽では、経時的に自己造粒グラニュールの個体数や粒径が変動して、曝気槽内における生物膜の量が増減することにより、生物膜とバルク水の接触面積が変化することにより生物膜への酸素拡散性が変化する、このため有機物負荷が同じであっても排水処理に必要な曝気風量が増加する現象が発生する。
- [0037] 本発明では、原水生物膜負荷と、これに対応するDO目標値及び／または対応する曝気強度設定値との関係を予め設定しておき、原水生物膜負荷の計測値の変動に応じて前記関係に基づいて対応するDO目標値及び／または曝気強度設定値を調整する。
- [0038] そして、DOが目標値となるように、又は設定された曝気強度設定値となるように曝気装置を制御する。
- [0039] 原水生物膜負荷としては、担体の充填容積あたりの除去対象物質負荷（担体容積負荷）、または担体群（槽内のすべての担体）の総表面積あたりの除去対象物質負荷（担体表面積負荷）、グラニュールの充填容積あたりの除去

対象物質負荷（グラニュール容積負荷）、またはグラニュール群（槽内のすべてのグラニュール）の総表面積あたりの除去対象物質負荷（グラニュール表面積負荷）が好適である。

[0040] <原水負荷>

原水負荷は次式によって算出される。

$$[0041] \quad L o a d = Q \cdot C o n c$$

$L o a d$: 原水負荷 $[k g / d]$

Q : 原水流量 $[m^3 / d]$

$C o n c$: 原水濃度 $[k g / m^3]$

原水濃度としては、 $T O C$ 、アンモニア性窒素、 $U V$ 吸光度から推算した $T O C \cdot N$ の濃度が挙げられる。

[0042] <担体容積負荷>

担体容積負荷は次式によって算出される。

$$[0043] \quad L o a d_{C a r r i e r V o l} = L o a d / V_{C a r r i e r}$$

$L o a d_{C a r r i e r V o l}$: 担体容積負荷 $[k g / (m^3 \cdot d)]$

$V_{C a r r i e r}$: 曝気槽内の担体充填容積 $[m^3]$

[0044] <担体表面積負荷>

担体表面積負荷は次式によって算出される。

$$[0045] \quad L o a d_{C a r r i e r S u r f} = L o a d / S_{C a r r i e r}$$

$L o a d_{C a r r i e r S u r f}$: 担体表面積負荷 $[k g / (m^2 \cdot d)]$

$S_{C a r r i e r}$: 曝気槽内の担体群の総表面積 $[m^2]$

[0046] 曝気槽においては、原水負荷は経時的に分単位で急速に変動することがあるが、担体の性状（曝気槽内の担体充填容積又は曝気槽内の担体群の総表面積）の経時的变化は日から月単位で比較的緩慢に変化する。そのため、原水負荷の計算値は頻繁に更新するのが好ましい。また、曝気槽内の担体充填容積又は曝気槽内の担体群の総表面積については、担体を定期的に（例えば 1 ～ 3 ヶ月に 1 回程度の頻度で）サンプリングして解析し、担体充填容積、担体群の総表面積データを更新すればよい。

[0047] [酸素消費速度を管理指標とした制御]

[酸素消費速度の演算方法]

本発明の一態様では、原水の有機物質を酸化するために必要な酸素必要量と生物膜に保持されている微生物自己酸化に由来する酸素消費量の合計として処理装置が供給必要な酸素消費を監視する指標として処理装置の酸素消費速度を監視し酸素消費速度に基づいて曝気強度の制御を行う。即ち、酸素消費速度が所定値以下となる低負荷条件下においては処理水槽内の攪拌強度を維持するために曝気強度を規定強度以上とし、酸素消費速度が所定値以上の場合、酸素消費のレベルに応じた曝気強度調整を行う。このように酸素消費速度を管理指標とする場合の酸素消費速度の演算方法について、図6を用いて説明する。

[0048] 図6の生物処理装置では、被処理排水（原水）は、配管1を通じて曝気槽2に導入される。曝気槽2内には、生物膜を担持した担体Cが充填されている。曝気槽2内の底部には散気管3a, 3b, 3cが設置されており、ブローア4から配管5及び分岐配管5a, 5b, 5cを通じて空気が供給され、曝気が行われる。曝気槽2には天蓋2rが設けられている。

[0049] 生物膜によって好氣的に生物処理された水は、スクリーン2aを通り抜け、配管6から処理水として取り出される。

[0050] この生物処理装置では、計測手段として、曝気槽2上部かつ天蓋2r下側の気相部ガス中の酸素濃度を測定する排ガス計24と、曝気槽2内のDOを測定するDO計19と、ブローア4から散気管3a～3cへ供給される空気量を測定する風量計20が設けられている。

[0051] <ケース1：風量計と排ガス計から酸素消費速度を演算する方法>

曝気風量と排ガス中の酸素濃度を計測し、酸素消費速度 qO_2 を次式により直接的に演算する。

[0052] [数1]

$$OTE = \frac{Z_0 - Z}{Z_0} \quad \dots (1)$$

[0053] [数2]

$$qO_2 = \frac{G_v \cdot Z_0 \cdot OTE}{\nu_m} \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0054] OTE : 酸素移動効率 [－]

 Z_0 : 吹き込み空気中の酸素モル分率 [－] Z : 排ガス中の酸素モル分率 [－] qO_2 : 酸素消費速度 [k g / d] G_v : 標準状態換算の曝気空気の吹き込み流量 [N m³ / d] ν_m : 酸素の比容 [N m³ / k g]

[0055] <ケース2 : DO計と曝気風量とから酸素消費速度を計算する方法>

曝気風量とDOを計測し、酸素消費速度 qO_2 を間接的に推算する。

(i) (制御装置実装前の準備) 酸素消費速度の推算に必要な酸素溶解性指標 ϕ を次式により算出する。

[0056] [数3]

$$OTE = \frac{Z_0 - Z}{Z_0} \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

[0057] [数4]

$$\phi = \frac{\nu_m \cdot h \cdot (C_s - C)}{Z_0 \cdot OTE} \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

[0058] OTE : 酸素移動効率 [－]

 Z_0 : 吹き込み空気中の酸素モル分率 [－] Z : 排ガス中の酸素モル分率 [－] ϕ : 酸素溶解性指標 [m] ν_m : 酸素の比容 [N m³ / k g] h : 散気装置の水深 [m]

C_s : 飽和溶存酸素濃度 [kg/m^3]

C : 混合液中の溶存酸素濃度 [kg/m^3]

[0059] (ii) (装置稼働時) 酸素消費速度の経時変化を連続計測する。

[0060] DO計と曝気風量の連続計測データ、および予め求めた酸素溶解性指標 ϕ から酸素消費速度 qO_2 を次式により連続推算する。

[0061] [数5]

$$qO_2 = \frac{G_v \cdot h \cdot (C_s - C)}{\phi} \quad \dots (5)$$

[0062] qO_2 : 酸素消費速度 [kg/d]

G_v : 標準状態換算の曝気空気の吹き込み流量 [Nm^3/h]

h : 散気装置の水深 [m]

C_s : 飽和溶存酸素濃度 [kg/m^3]

C : 混合液中の溶存酸素濃度 [kg/m^3]

ϕ : 酸素溶解性指標 [m]

[0063] [原水生物膜負荷に応じた、DO目標値又は曝気強度設定値の関係]

本発明の様態では、酸素消費速度 (qO_2) を原水負荷 (Load) と見なし、さらに「担体容積負荷」もしくは「担体表面積負荷」を計算して、同計算結果を「原水生物膜負荷」とみなして、DO目標値または曝気強度を変えた場合の処理水質の予測もしくは実績から、適正なDO目標値または曝気強度設定値を見出し、原水生物膜負荷に応じた、適正DO目標値又は曝気強度設定値の関係を見出し、制御システムで活用する。

原水生物膜負荷と、DO目標値または曝気強度設定値との関係は、予備実験の結果データ、実機の運転実績データ、生物膜における酸素の拡散性を考慮した機構モデルのシミュレーション結果などを用いて設定される。

[0064] この原水生物膜負荷と、DO目標値または曝気強度設定値との関係の表現方法は、関数式 (原水生物膜負荷に応じて適正DO目標値もしくは適正曝気強度が得られる近似関数)、制御表 (原水生物膜負荷と適正DO目標値もし

くは適正曝気強度との関係を表形式で整理したもの)などのいずれでもよい。

[0065] [原水生物膜負荷と、DO目標値及び／または曝気強度設定値との関係作成するための生物膜機構モデル]

原水生物膜負荷と、DO目標値及び／または曝気強度設定値との関係を見出すための1手法として、汚濁物質と酸素を含む流動状態にあるバルク水相に生物膜が接したときの、汚濁物質の減少や生物膜中の活性汚泥菌体量の増減を推定する動力学モデル（以降、生物膜機構モデルと称する場合がある。）を利用することができる。このような動力学モデルは、菌体増殖と汚濁物質の消費・酸素消費が生物膜内で同時に発生する状況、バルク水相中の溶存酸素の生物膜への拡散およびエアレーションにより酸素がバルク水中に溶解する現象も考慮して構築する必要がある。また、生物膜の増加や縮小は、菌体の増殖および死滅に伴った菌体群の体積の増加および減少やバルク水からの菌体の付着およびバルク水への菌体の剥離により発生する。生物膜利用処理に動力学モデルを利用する場合、これらの現象を数学モデル化する必要がある。このような現象は本来3次元空間で発生する現象のため、モデル式は複雑なものとなるが、生物膜の増加・縮小を厚さ方向のみの変化を考慮する1次元モデル式で表現することでシミュレーションを比較的容易に行うことができる。活性汚泥による排水処理をシミュレーションするための数学モデルとしては、例えばInternational Water AssociationのTask Groupが提案している一連の数学モデル[参考文献1]が活用できる。生物膜を対象とした数学モデル例としては[参考文献2]などを利用できる。

[参考文献1] M Henze; IWA. Task Group on Mathematical Modeling for Design and Operaton of Biological Wastewater Treatment; et al

[参考文献2] Boltz, J. P., Johnson, B.R., Daigger, G.T., Sandino, J., (2009a). "Modeling Integrated Fixed-Film Activated Sludge and Moving Bed Biofilm Reactor Systems I: Mathematic

al Treatment and Model Development”. Water Environment Research, 81(6), 555-575

[0066] 数学モデルを利用することで、例えば流動床担体の数学モデルを構築することができる。一般にこのような数学モデルは連立常微分方程式の形式で記述されることが多く、常微分連立法廷式を対象とした数値積分ソフトウェアを利用して対象プロセスの動的な挙動をシミュレーションすることができる。例えば、特定の装置構成、負荷想定、曝気強度により変化するバルク水相のDOの状況に応じた処理水質の予想を行うことが可能である。

[0067] 数学モデルを利用することで、様々な負荷条件に対して、様々な曝気強度で処理を行った場合の、例えば処理水のTOC濃度を予想することができる。シミュレーション結果を踏まえ、処理が悪化しない最低限のDO目標値や曝気強度調整を検討し、シミュレーション結果を整理した表を作成し、本特許の制御システムで利用する制御表に活用することができる。

[0068] [曝気強度の制御]

曝気強度は、例えば、曝気風量（給気流量）、一定の時間サイクル毎の曝気停止時間あるいは曝気抑制時間（弱曝気の時間）を変えることにより制御することができる。曝気停止時間はいわゆる間欠曝気における一定の時間サイクル内の曝気を停止する時間を示す。曝気抑制時間とは、強曝気と弱曝気を交互に繰り返す運転における弱曝気の時間である。

[0069] 曝気風量、曝気停止時間、曝気抑制時間は、原水負荷に応じて連続的又は段階的に制御する。

[0070] [流動床以外の生物処理]

図1では、流動床担体を用いた生物処理について説明したが、固定床担体やグラニュールを用いる場合も同様の手法で本発明を実施することができる。例えば、原水グラニュール負荷の場合は、(2)、(3)式において担体又は担体群の体積又は表面積をグラニュール又はグラニュール群の体積又は表面積とすればよい。

[0071] 本実施形態では、有機物を含む排水を、曝気を伴う好気性生物膜処理によ

り処理するときに用いることを説明したが、他にも生物膜を用いた生物学的硝化脱窒処理など、曝気槽にて生物膜を用いた好気処理工程を含む生物処理を行う場合にも同じ手法で本発明を実施することができる。

実施例

[0072] <装置構成>

図1の装置を用い、流動床担体に対し、TOCの担体容積負荷で原水負荷を監視しDO・弱曝気時間を制御する方法の一例を次に説明する。

[0073] 制御器11は、DOの目標値に応じたDO値とするために曝気量を調整する機構と、定期的に指定風量の弱曝気を行う間欠曝気機構を備えている。

[0074] 担体Cとしては、1辺の長さが3mmの立方体形状のウレタンスポンジ製担体を使用した。

[0075] <生物膜機構モデル>

実際には3次元構造を持つ担体内部とバルク水との間で発生する汚濁物質と酸素の拡散現象を、1次元の簡易モデルで表現し、この1次元モデルは、バルク水と生物膜3層の全4層の完全混合コンパートメントを想定したモデルで構成した。

[0076] 菌体はバルク水相および生物膜内で基質すなわち汚濁物質および酸素を消費して増殖し一定の割合で自己分解する。増殖した菌体は、バルク水相の菌体濃度差に応じ付着・脱着が発生する。一般的には生物膜における菌体濃度がバルク水相の菌体濃度よりも高いため、生物膜内で増殖した菌体が脱着する量の方が、水相に存在する菌体が生物膜に付着する量より多い状況をモデル化している。

[0077] 基質すなわち処理対象の汚濁物質は、流入排水から供給され、一部が処理水と共に流出し、残部はバルク水相と生物膜との濃度差に応じて生物膜へ拡散し、バルク水相および生物膜内で微生物の増殖に伴う酸化分解が行われ減少する状況をモデル化している。微生物の増殖に伴って汚濁物質が酸化分解する速度は、酸素濃度および基質すなわち汚濁物質濃度が低下するとともに低下するモデルとなっている。

[0078] 酸素は、大部分がバルク水相に対し散気装置により供給されるが、一部は流入排水に含まれる酸素としても供給される。また、供給された酸素の一部は、処理水と共に流出し、残部がバルク水相の酸素濃度と生物膜の酸素濃度差に応じて生物膜へ拡散し、バルク水相および生物膜内で微生物の増殖および自己分解に伴って消費される状況をモデル化している。汚濁物質の微生物の増殖に伴い消費される酸素の減少速度は、酸素濃度および基質すなわち汚濁物質濃度が低下するとともに低下するモデルとなっている。

[0079] <原水生物膜負荷とDO目標値及び／又は曝気強度設定値との関係>

構築した生物膜の1次元の拡散モデルの数式を用いて、数値積分シミュレーションにより処理条件に対する処理水質を予測し適切な制御条件を探索的に求めて、以下の制御表にまとめた。

[0080] 本事例では原水生物膜負荷に応じたDO目標値及び／又は曝気強度設定値との関係として表1の制御表を使用するものとした。

[0081] [表1]

TOC担体容積負荷	[kgC/(m ³ ・d)]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
DO目標値	[mg/L]	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.8	3.9	3.9	4.4	4.8
弱曝気時間設定値	[分/2時間]	110	90	80	60	20	0	0	0	0	0

[0082] この制御表では、例えば、TOC担体容積負荷 (kgC / (m³・d)、以下、単位を省略する場合がある。) が

0.1以上～0.6未満の場合は、DOの目標値3.1mg/L、

0.6以上～0.7未満の場合は、DOの目標値3.8mg/L、

0.7以上～0.9未満の場合は、DOの目標値3.9mg/L、

0.9以上～1.0未満の場合は、DOの目標値4.4mg/L、

1.0以上の場合は、DOの目標値4.8mg/L、

をそれぞれ適正值として設定し、

TOC担体容積負荷0.1以上～0.2未満の場合は、弱曝気時間設定値を

2時間ごとに110分、同0.2以上0.3未満の場合は2時間ごとに90

分、同0.3以上0.4未満の場合は2時間ごとに80分、同0.4以上0

． 5 未満の場合は 2 時間ごとに 6 0 分、同 0． 5 以上 0． 6 未満の場合は 2 時間ごとに 2 0 分をそれぞれ適正值として設定し、T O C 担体容積負荷が 0． 6 (k g C / (m³ · d)) 以上の場合は、弱曝気時間設定値をゼロとする(つまり間欠曝気を行わなかった。) 。

[0083] [実施例 1]

T O C 負荷が図 5 の通り変動する原水を処理対象排水とした。

[0084] 担体容積負荷の 2 時間の移動平均値に基づき、2 時間に 1 度 D O 目標値、2 時間サイクルでの弱曝気時間を表 1 の制御表に基づき調整し、弱曝気時は一定の低風量 (3 m³ / (底面積 m² · h r)) とし、弱曝気時以外の時間帯は設定した D O 目標値となるようにブローのモーター回転数を制御した。

[0085] 弱曝気時間の長さの経時変化を図 2 に示し、D O の経時変化を図 3 に示す。また、ブローによる電力消費量の経時変化を図 4 に示す。

[0086] [比較例 1]

D O の目標値を 3． 5 m g / L と一定とし、弱曝気時間を 1 0 分 / 2 時間と一定に維持したこと以外は実施例 1 と同様にした。結果を図 2 ～ 4 に示す。

[0087] <考察>

実施例 1 では、担体当たりの負荷に応じて D O 目標値および弱曝気時間を調整したので、ブローの電力使用量が比較例 1 に比べて少ない。即ち、比較例 1 の電力消費量は約 1 1 5 0 k W h / 日であったのに対して、実施例 1 の電力消費量は約 9 5 0 k W h / 日となり、約 1 7 % 少ない。

[0088] なお、実施例 1 及び比較例 1 の処理水質は殆ど差異がなかった。

[0089] 本発明を特定の態様を用いて詳細に説明したが、本発明の意図と範囲を離れることなく様々な変更が可能であることは当業者に明らかである。

本出願は、2 0 2 0 年 3 月 3 1 日付で出願された日本特許出願 2 0 2 0 - 0 6 3 0 3 1 に基づいており、その全体が引用により援用される。

符号の説明

[0090] 2 曝気槽

- 3 散気管
- 4 ブロア
- 7 流量計
- 8 濃度計
- 9 DO計
- 10 風量計
- 11 制御器