

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-512169

(P2016-512169A)

(43) 公表日 平成28年4月25日 (2016.4.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C O 2 F 3/34 (2006.01)	C O 2 F 3/34 1 O 1 C	4 D O 4 O
	C O 2 F 3/34 1 O 1 A	
	C O 2 F 3/34 1 O 1 B	
	C O 2 F 3/34 1 O 1 D	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-502697 (P2016-502697)
 (86) (22) 出願日 平成26年3月14日 (2014.3.14)
 (85) 翻訳文提出日 平成27年11月16日 (2015.11.16)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/028069
 (87) 国際公開番号 W02014/152872
 (87) 国際公開日 平成26年9月25日 (2014.9.25)
 (31) 優先権主張番号 61/783, 232
 (32) 優先日 平成25年3月14日 (2013.3.14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 515069772
 ディー. シー. ウォーター アンド ス
 ーアー オーソリティー
 アメリカ合衆国 20032 ワシントン
 ディーシー オーバールック アベニュー
 サウスウエスト 5000
 (71) 出願人 515069794
 ハンプトン ローズ サニテーション デ
 ィストリクト
 アメリカ合衆国 23455 ヴァージニ
 ア州 ヴァージニア ビーチ エアー レ
 イル アベニュー 1434
 (74) 代理人 100082670
 弁理士 西脇 民雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 廃水の窒素除去を最大化する方法およびその装置

(57) 【要約】

NH₄ および NO_x 濃度を略一定に保ちつつ、一過性無酸素状態と好気性 SRT の制御、NOB の抑制、およびダイナミック DO 濃度または曝気間隔の制御、を介して窒素除去を最大化すると共に曝気要件を最小化する反応器及び制御方法。制御は、1) アンモニア、亜硝酸塩および硝酸塩のリアルタイム測定、2) 適用可能な DO および DO 設定点の利用、3) 種々の反応器構成および動作条件下での一過性無酸素状態の適切な実行、を通して、硝化、限定的亜硝酸化、亜硝酸化、脱窒、限定的脱亜硝酸化、脱亜硝酸化による T I N 除去能力の最大化を達成するために行われる。

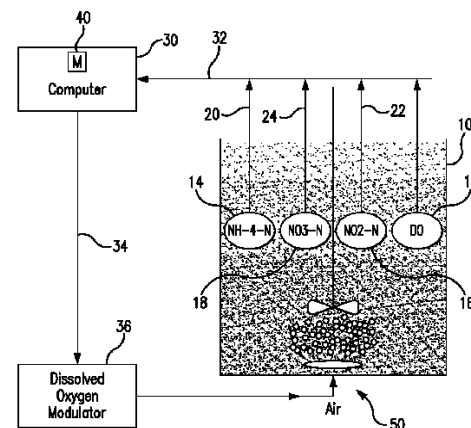


FIG. 11

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

廃水からの生物学的窒素除去のために反応器において窒素を除去するためのシステムであって、

- a) 反応器と、
 - b) 前記反応器内のアンモニアの濃度をリアルタイムで検知してアンモニア濃度信号を生成するアンモニアセンサと、
 - c) 前記反応器内の亜硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して亜硝酸塩濃度信号を生成する亜硝酸塩センサと、
 - d) 前記反応器内の硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して硝酸塩濃度信号を生成する硝酸塩センサと、
 - e) 前記アンモニア濃度信号、前記亜硝酸塩濃度信号および前記硝酸塩濃度信号を受信し、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて、前記反応器内の溶存酸素の濃度を増加、減少または維持させる命令を生成するコントローラと、
 - f) 前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づき、前記コントローラの制御下で、前記反応器に溶存酸素を供給する溶存酸素調節器と、
- を備えることを特徴とするシステム。

10

【請求項 2】

20

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも大きい場合、前記溶存酸素の濃度を増加させる命令を生成することを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも小さい場合、前記溶存酸素の濃度を低減させる命令を生成することを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項 4】

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1である場合、前記溶存酸素の濃度を維持させる命令を生成することを特徴とする請求項1に記載のシステム。

30

【請求項 5】

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比を約1.18～約1.45に維持するために、前記溶存酸素の濃度を増大もしくは低減または維持させる命令を生成することを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項 6】

前記コントローラは、約1.32に等しい前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比を維持するために、前記溶存酸素の濃度を増大もしくは低減または維持させる命令を生成することを特徴とする請求項5に記載のシステム。

40

【請求項 7】

廃水からの生物学的窒素除去のために反応器から窒素を除去するためのシステムであって、

- a) 反応器と、
- b) 前記反応器内のアンモニアの濃度をリアルタイムで検知してアンモニア濃度信号を生成するアンモニアセンサと、
- c) 前記反応器内の亜硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して亜硝酸塩濃度信号を生成する亜硝酸塩センサと、
- d) 前記反応器内の硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して硝酸塩濃度信号を生成する硝酸塩センサと、

50

e) 前記アンモニア濃度信号、前記亜硝酸塩濃度信号および前記硝酸塩濃度信号を受信し、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて前記反応器内の好気期間および嫌気期間を増加、減少または維持させる命令を生成するコントローラと、

f) 前記好気期間および前記嫌気期間を制御するために前記反応器に溶存酸素を供給する溶存酸素調節器と、を備え

前記溶存酸素調節器は、前記コントローラの制御下であり、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて前記好気期間および前記嫌気期間の持続時間を制御することを特徴とするシステム。

【請求項 8】

10

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも大きい場合、前記好気期間の持続時間を増加し、かつ/または、前記嫌気期間の持続時間を減少させる命令を生成する、請求項7に記載のシステム。

【請求項 9】

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも小さい場合、前記好気期間の持続時間を減少し、かつ/または、前記嫌気期間の持続時間を増加させる命令を生成する、請求項7に記載のシステム。

【請求項 10】

前記コントローラは、前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1である場合、前記好気期間の持続時間および/または前記嫌気期間の持続時間を維持させる命令を生成する、請求項7に記載のシステム。

20

【請求項 11】

反応器内の廃水から窒素を除去する方法であって、

a) 亜硝酸塩および硝酸塩を生成するために流入アンモニア負荷の一部を酸化するステップと、

b) 前記反応器内のアンモニアの濃度、亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度をリアルタイムに測定するステップと、

c) [アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて、前記反応器に供給される溶存酸素(DO)の濃度、および/または、前記反応器内で曝気が行われる頻度を制御するステップと

30

を含み、

前記酸化ステップは、酸化窒素活性種を減少させる前記反応器内の化学的酸素要求量(COD)が十分に存在する前記流入アンモニアの一部のみを酸化するのに十分な量の曝気により実行されることを特徴とする方法。

【請求項 12】

前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも大きい場合、前記反応器に供給される前記溶存酸素の濃度、および/または、前記反応器内で曝気が行われる前記頻度を増加させることを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項 13】

40

前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも小さい場合、前記反応器に供給される前記溶存酸素の濃度、および/または、前記反応器内で曝気が行われる前記頻度を減少させることを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項 14】

前記[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1である場合、前記反応器に供給される前記溶存酸素の濃度、および/または、前記反応器内で曝気が行われる前記頻度は維持されることを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項 15】

さらに、前記反応器内における限定的好気性汚泥滞留時間を制御するステップを備え、

50

前記制御ステップは、前記限定的好気性汚泥滞留時間を、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて制御することを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 16】

さらに、嫌気期間の範囲および/または量を制御するステップを備え、

前記制御ステップは、前記嫌気期間の範囲および/または量は、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて制御されることを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 17】

さらに、2 g/L よりも高い混合溶液固形物 (MLSS) の濃度を維持することによって、または、生物膜システムにおいて均等なバイオマス量を維持することによって、好気性状態から嫌気性状態への複数の急速遷移を容易にするために酸素利用速度 (OUR) を増加させるステップを含むことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

10

【請求項 18】

前記好気性状態と前記嫌気性状態との間の前記遷移の頻度を制御するために曝気制御システムを使用することを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記反応器は、連続バッチ反応器または完全混合反応器であることを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 20】

前記方法は、酸化溝プロセスまたは栓流プロセスであることを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

20

【請求項 21】

浮遊増殖プロセス、粒状プロセス、生物膜プロセスまたはそれらの組み合わせの少なくとも 1 つをさらに含むことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 22】

沈殿器、溶解空気浮上装置、ろ過装置、または膜を使用する分離プロセスをさらに含むことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 23】

好気性状態から嫌気性状態への急速遷移を容易にし、NOB の抑制を改善するために亜硝酸塩をめぐるさらなる競合をもたらすために、前記反応器に有機炭素の最小限の質量流を供給するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

30

【請求項 24】

NOB の抑制を改善するために亜硝酸塩をめぐるさらなる競合をもたらすために、前記反応器にアナモックス有機体を供給するステップをさらに含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 25】

前記装置は、亜硝酸酸化菌抑制と、窒素ベースで略同一割合のアンモニアおよび亜硝酸塩を含む廃液流の生成とによって、完全嫌気性浮遊プロセスまたは生物膜プロセスにおいてアナモックスを使用してさらなる窒素除去を達成することができるとような条件を提供するように、または、アナモックスを選択的に保持するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

40

【請求項 26】

前記装置は、アンモニア、亜硝酸塩、および硝酸塩の混合物を含む廃液流によって、完全嫌気性浮遊プロセスまたは生物膜プロセスにおいてアナモックスを使用してさらなる窒素除去を達成することができるとような条件を提供するように構成されており、それによって、脱ニトロ化 (亜硝酸塩への硝酸塩還元)、ならびに、提供されるアンモニアおよび前記脱ニトロ化によって生成される亜硝酸塩上での後続のアナモックス増殖を達成するために、アセレートもしくは酢酸または他の有機基質が付加されることを特徴とする請求項 25 に記載の装置。

50

【請求項 27】

亜硝酸酸化菌抑制と、および、窒素ベースで略同一割合のアンモニアおよび亜硝酸塩を含む廃液流の生成とによって、完全嫌気性浮遊プロセスまたは生物膜プロセスにおいてアナモックスを使用してさらなる窒素除去を達成することができるような条件を提供するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 28】

アンモニア、亜硝酸塩、および硝酸塩の混合物を含む廃液流によって、完全嫌気性浮遊プロセスまたは生物膜プロセスにおいてアナモックスを使用してさらなる窒素除去を達成することができるような条件を提供するステップであって、それによって、脱ニトロ化（亜硝酸塩への硝酸塩還元）、ならびに、提供されるアンモニアおよび前記脱ニトロ化によって生成される亜硝酸塩上での後続のアナモックス増殖を達成するために、アセテートもしくは酢酸または他の有機基質を付加することを特徴とする請求項 27 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

< 関連出願の相互参照 >

本出願は、2013 年 3 月 14 日に提出された米国仮特許出願第 61 / 783 , 232 号の利益を主張する。米国仮特許出願第 61 / 783 , 232 の開示全体が、参照により本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

20

【0002】

別個の槽、および、好気性硝化領域から嫌気性脱窒領域への混合硝酸塩溶液のリサイクルが必要ないため、単一槽内の同時硝化脱窒反応（SND）が非常に好ましい。SND の利点は、ORP による曝気期間制御（Guo et al. , 2009 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）およびアンモニア pH プロファイル（Peng et al. , 2004 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）の使用によって実証されている制御亜硝酸分路を利用することによって、さらに向上させられる。反応器微環境（質の悪い混合および反応器設計の組み合わせに起因して反応器内に発現する好気性領域および嫌気性領域）およびフロック微環境（活性汚泥フロック内に発現する好気性領域および嫌気性領域）は、SND を実現するメカニズムとして提案されている（Daigger et al. , 2007 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）。しかし、安定した SND 性能を達成するために上述したメカニズムに制御手法を組み込むことは困難である。SND の発生は、一般的に長い水理学的滞留時間（HRT）、固形物滞留時間（SRT）、および継続的に低い溶存酸素（DO）を利用する多段閉ループ反応器（酸化溝、orbital など）（Daigger and Littenton , 2000 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）内において確認されている。

30

【0003】

亜硝酸酸化菌（NOB）の抑制は、亜硝酸化 - 脱亜硝酸（Ciudad et al. , 2005、Gee and Kim , 2004、Ju et al. , 2007、Yoo et al. , 1999、Yu et al. , 2000、Zeng et al. , 2008 参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）、亜硝酸塩分路および部分亜硝酸化 - アナモックス（Fux et al. , 2002、Hippen et al. , 1997、van Dongen et al. , 2001、Wett , 2006、Wett , 2007、Wett et al. , 2010 参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）、ならびに脱アンモニアのようなショートカット生物学的窒素除去（ScBNR）プロセスの実施の前提条件である。NOB を制御することによって亜硝酸塩酸化に成功すると、従来の硝化 - 脱窒反応（Turk and Mavrinic , 1986、Abeling and Seyfried , 1992 参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）

40

50

と比較して 25% の酸素および 40% の有機炭素が節約される。さらに、脱アンモニアプロセスにおいて、NOB を制御することにより、必要とされる曝気エネルギーがさらに低減し、電子供与体および固形物を取り扱う費用が低減するという効果が得られる。図 1、図 2 および図 3 は、それぞれ従来の硝化 / 脱窒、亜硝酸化 / 脱亜硝酸および脱アンモニア（部分亜硝酸化 + 嫌気性アンモニア酸化）による窒素除去のフローチャートを示す。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】欧州公開特許第 0826639 号明細書

【特許文献 2】欧州特許第 0872451 号明細書

10

【特許文献 3】米国特許出願公開第 2010 / 0233777 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 7,846,334 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 6,485,646 号明細書

【特許文献 6】国際公開第 2012 / 052443 号

【特許文献 7】国際公開第 2006 / 129132 号

【特許文献 8】米国特許出願公開第 2011 / 0253625 号明細書

【特許文献 9】欧州特許第 0931768 号明細書

【特許文献 10】米国特許第 7,846,334 号明細書

【非特許文献】

【0005】

20

【非特許文献 1】Guo et al. 2009

【非特許文献 2】Peng et al. 2004

【非特許文献 3】Daigger et al. 2007

【非特許文献 4】Daigger and Littenton, 2000

【非特許文献 5】Ciudad et al., 2005

【非特許文献 6】Gee and Kim, 2004

【非特許文献 7】Ju et al., 2007

【非特許文献 8】Yoo et al., 1999

【非特許文献 9】Yu et al., 2000

【非特許文献 10】Zeng et al., 2008

30

【非特許文献 11】Fux et al., 2002

【非特許文献 12】Hippen et al., 1997

【非特許文献 13】van Dongen et al., 2001

【非特許文献 14】Wett, 2006

【非特許文献 15】Wett, 2007

【非特許文献 16】Wett et al., 2010

【非特許文献 17】Turk and Mavinic, 1986

【非特許文献 18】Abeling and Seyfried, 1992

【非特許文献 19】Hellinga et al., 1998

【非特許文献 20】Blackburne et al., 2008

40

【非特許文献 21】Kornaros and Dokianakis, 2010

【非特許文献 22】Anthonisen et al. (1976)

【非特許文献 23】Turk and Mavinic, 1989

【非特許文献 24】Wong-Chong and Loehr, 1978

【非特許文献 25】Kim et al., 2008

【非特許文献 26】Sliemers et al., 2005

【非特許文献 27】Wyffels et al., 2004

【非特許文献 28】Hanaki et al., 1990

【非特許文献 29】Laanbroek and Gerards, 1993

【非特許文献 30】Bernet et al., 2001

50

- 【非特許文献 31】Peng et al., 2007
- 【非特許文献 32】Lemaire et al., 2008
- 【非特許文献 33】Gao et al., 2009
- 【非特許文献 34】Zeng et al., 2009
- 【非特許文献 35】Sin et al. (2008)
- 【非特許文献 36】Daebel et al., 2007
- 【非特許文献 37】Manser et al., 2005
- 【非特許文献 38】Li et al., 2012
- 【非特許文献 39】Ling, 2009
- 【非特許文献 40】Pollice et al., 2002
- 【非特許文献 41】Zekker et al., 2012
- 【非特許文献 42】Allenman and Irvine, 1980
- 【非特許文献 43】Katsogiannis et al., 2003
- 【非特許文献 44】Sedlak, 199
- 【非特許文献 45】Silverstein and Schroeder, 1983
- 【非特許文献 46】Yang and Yang, 2011

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ますます厳密になっていく排出基準に満たすために生物学的栄養塩除去（BNR）の費用が高いことを考慮して、NOBを抑制することによるScBNRが対象の話題となる。NOB抑制を理解するための試みが、高温（Hellinga et al., 1998 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）、高レベルの遊離アンモニア抑制、または溶存酸素（DO）濃度（Blackburne et al., 2008 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）および一過性無酸素状態（Kornaros and Dokianakis, 2010 参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）の使用により特異的なものを含む、多くの刊行物において論じられている。特に、これらの条件のすべてが、部分的にまたは全体的に、嫌気性消化槽脱水液（通常高温でもある）および埋立地浸出水のような、「高濃度」（高濃度の遊離アンモニア）廃水流を処理するシステムにおいて効果的にNOBを制御する様々な手法において使用される。しかし、生活廃水のような低濃度廃水流におけるNOB抑制の制御には課題が残っている。ここで、ScBNRプロセスにおいてNOBを抑制するのに現在使用されている制御を下記に説明する。

【0007】

温度およびアンモニア

温度および遊離アンモニアは、NOBに比してアンモニア酸化菌（AOB）に利点をもたらす特徴として考えられている。NOBの遊離アンモニア（FA）抑制は、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれるAnthonsen et al. (1976) によって考察されて以来、十分に解説されている。しかしながら、安定した亜硝酸化を得るためのFA抑制制御の知識については、NOB適合が報告されて以来、より限られている（Turk and Mavinic, 1989、およびWong - Chong and Loehr, 1978 参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）。さらに、高温は、NOBよりもAOBの成長に有利にはたらくことが知られている（その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれるKim et al., 2008 参照）。

【0008】

より高い温度ではNOBと比較してAOBの活動が増大すること、全アンモニアの遊離アンモニアへの解離がより大きくなること、および、より高い温度におけるNOB抑制結果が、低DO動作（間欠通気を使用し、固形物滞留時間（SRT）を管理して行われることが多い）と組合わさって、結果としてAOBが増加し、NOBが選択的に除去される。

「高濃度」廃水においてNOBを制御するためのこれらの手法は、様々に論じられている（欧州公開特許第0826639号明細書、欧州特許第0872451号明細書、米国特許出願公開第2010/0233777号明細書、米国特許第7,846,334号明細書、米国特許第6,485,646号明細書、および国際公開第2012/052443号パンフレット参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）。これらの方法は、ScBNRを達成するために、浮遊増殖（国際公開第2006/129132号パンフレット参照その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）、支持培地上での付着増殖（米国特許出願公開第2011/0253625号明細書および欧州特許第0931768号明細書参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）または粒状汚泥（Wett, 2007および米国特許第7,846,334号明細書参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる）を使用する。

10

【0009】

有効であるにもかかわらず、AOBの活動を増大し、NOB成長を制御する昇温の役割は、広範囲の温度未満で動作する低濃度の主流のプロセスにおいては実現可能でない。それゆえ、低濃度廃水におけるNOB制御は困難なままであり、温度または遊離アンモニア以外の要因の慎重な操作を必要とする。

【0010】

溶存酸素

溶存酸素(DO)は、低濃度廃水におけるNOBの制御において重要な役割を果たし得る。低DO濃度を使用することによる持続的な硝化が、様々な反応器構成で観察されている(Sliekers et al., 2005、Wyffels et al., 2004、およびBlackburne et al., 2008参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)。これらの報告は、いずれも基礎となるメカニズムの根拠を欠いているが、AOBの酸素親和性がNOBと比較してより高いという仮定(Hanaki et al., 1990、Laanbroek and Geraards, 1993、およびBernet et al., 2001参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)を用いて観察される現象(Yoo et al., 1999、Peng et al., 2007、Lemaire et al., 2008、Gao et al., 2009、およびZeng et al., 2009参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)を説明している。その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる研究Sin et al. (2008)においては、AOBの酸素親和性がNOBの酸素親和性よりも大きいという考え、および、低DO動作はNOBよりもAOBに有利にはたらくという考えが普及していることを記しているが、その反対を報告している研究(Daebel et al., 2007、およびManser et al., 2005参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)もある。

20

30

【0011】

一過性無酸素状態

一過性無酸素状態を使用することは、NOB抑制を達成するための一般的な手法である(Li et al., 2012、Ling, 2009、Pollice et al., 2002、Zekker et al., 2012、米国特許第7,846,334号明細書、欧州特許第0872451号明細書、および国際公開第2006/129132号パンフレット)。一過性無酸素状態は、好気性SRTを制御するとともに、NOBが嫌気性環境から好気性環境に遷移するための遅延時間を導入するための慎重な手法を可能にする。その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれるKornaros and Dokianakis (2010)は、一過性無酸素状態後の好気性条件におけるNOB回復の遅延およびNOB遅延適合を示しており、多くの他者による一過性無酸素状態の有用性の観察を裏付けている(Allenman and Irvine, 1980、Katsogiannis et al., 2003、Sedlak, 1999、Si

40

50

liverstein and Schroeder, 1983、Yang and Yang, 2011およびYoo et al., 1999参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)。一過性無酸素状態は、「高濃度」廃水中のNOBを制御するのに成功裏に使用されており(Wett, 2007および米国特許第7, 846, 334号明細書参照、それらの開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)、これを低濃度廃水に使用する技術も示唆されているが(Peng et al., 2004参照、その開示全体が参照により本明細書に明示的に組み込まれる)、一過性無酸素状態と関連する特徴を制御する技術については、まだ分かっていないことがある。要約すると、ScBNRが世に出るための基盤となる、低濃度廃水においてNOB抑制を制御するための手法はばらつきが多く、より効率的な制御手法が依然として必要とされている。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

したがって、本発明は、廃水からの生物学的窒素除去のために反応器において窒素を除去するためのシステムおよび方法であって、好気-嫌気期間および/または反応器内の溶存酸素の濃度が、リアルタイムで測定される[アンモニア濃度]と[亜硝酸塩濃度および硝酸塩濃度の合計]との比に基づいて制御されるシステム及び方法を提供する。通常、好気-嫌気期間および/または反応器内の溶存酸素の濃度は、[アンモニア濃度]対[亜硝酸塩濃度および硝酸塩濃度の合計]の比が1となるように制御される。代替的に、好気-嫌気期間および/または反応器内の溶存酸素の濃度は、[アンモニア濃度]対[亜硝酸塩濃度および硝酸塩濃度の合計]の比が、1未満又は1を超える所定の比となるように制御されてもよい。本発明のシステムおよび方法を利用することによって、脱窒(COD入力に依存する)と後続のアンモニア酸化とが互いに平衡するため、NOBよりもAOBの方を有利に働かせつつ、全体的な窒素除去を最大化できる。

20

【0013】

本開示のシステムおよび方法を使用することにより、硝化-脱窒処理、亜硝酸化-脱亜硝酸処理(ScBNR)、別体の下流反応器においてアナモックスを用いた研磨に好適な廃液ストリームを生成する部分亜硝酸化-脱亜硝酸処理、および、選択的アナモックス滞留による単一層内での部分亜硝酸化-アナモックス処理、を含む窒素除去メカニズムのうちの1つを介してTIN除去を最大化する主流のSNDプロセスの適切で慎重な制御を達成することができる。これらのシステムおよび方法は、以下に示すような種々の制御手法を使用する。1)アンモニア、亜硝酸塩および硝酸塩のリアルタイム測定、2)適用可能なDO、および、反応器内で測定される亜硝酸塩+硝酸塩濃度に対するアンモニア濃度比に基づいて制御されるDO設定点の利用、3)反応器内で測定される亜硝酸塩+硝酸塩濃度に対するアンモニア濃度比に基づく曝気の頻度の制御、ならびに4)広範囲の装置(反応器構成)および動作条件下での一過性無酸素状態の適切な実行。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】従来の硝化および脱窒の反応を示すモルフローチャートである。

【図2】亜硝酸化および脱亜硝酸の反応を示すモルフローチャートである。

40

【図3】脱アンモニアの反応を示すモルフローチャートである。

【図4】HRSDパイロットの亜硝酸化反応器内におけるAOBおよびNOBのK_o値のデータを比較した線グラフである。

【図5】アンモニア、亜硝酸塩、硝酸塩およびDO濃度に基づくDO制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図6】一過性無酸素状態ロジックの実行例を、対応する設定点と制御パラメータと共に示す比較図である。

【図7】アンモニア、亜硝酸塩、硝酸塩およびDO濃度に基づく好気期間制御アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図8】好気-嫌気期間制御ロジックの実行例を、対応する設定点および制御パラメータ

50

と共に示す比較図である。

【図 9】完全混合プロセス下で動作される反応器内のアンモニア酸化速度および亜硝酸塩酸化速度を比較したグラフである。

【図 10】A V N 制御ロジックが全体的なシステム性能に及ぼし得る影響を示した図である。

【図 11】機械的混合機と、散気装置と、アンモニアセンサと、亜硝酸塩センサと、硝酸塩センサと溶存酸素センサとが設けられた B N R 反応器の側断面図である。

【図 12】A V N 制御下で動作される亜硝酸化反応器内のリアルタイムアンモニア、亜硝酸塩および硝酸塩の測定値を示す図である。

【図 13】A V N 制御下で動作される亜硝酸化反応器内部の T I N 除去性能を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0015】

本出願は、反応器内で処理される廃水から窒素を除去するためのシステムおよび方法を記載する。本システムおよび方法は、一過性無酸素状態および好気性 S R T の制御、N O B の抑制、ならびに、[亜硝酸塩濃度および硝酸塩濃度の合計]に対する[アンモニア(NH_4)濃度]の所定比を維持することによるダイナミック D O 濃度または曝気間隔の制御、によって、曝気および有機炭素要件を最小限に抑えながら、窒素除去を最大化する。亜硝酸塩および硝酸塩濃度に対するアンモニア濃度の所定比は一般的に 1 であるが、1 未満または 1 を超えてもよい。これらのダイナミック制御手法を利用するコントローラは、A V N (NH_4 対 NO_x) と名付けられている。A V N 制御は、通常の経路を通じた T I N 除去(図 1)の能力を最大限に引き出すだけでなく、N O B 抑制の機会、ならびに、図 2 および図 3 に示す T I N 除去に関する利点も提供する。

20

【0016】

アンモニアおよび亜硝酸塩 + 硝酸塩の反応器

本開示は、B N R 反応器内のアンモニア、亜硝酸塩および硝酸塩の測定値ならびに D O から、好気性および嫌気性 S R T および H R T ならびに反応器 D O 濃度を制御してアンモニア酸化および脱窒を最大化する。D O 濃度もしくは曝気間隔またはその両方は、流入炭素：窒素(C / N)および反応器条件に応じて、窒素除去のために必要な反応がいつでも得られるよう、効率的に制御される。D O は C O D よりもアンモニア酸化に用いられ、利用可能な C O D が、常に脱窒を実行するために使用される。この結果、全体的な窒素除去を最大化できる(図 10)。本開示によって可能にされるアンモニア酸化の程度は、入力される C O D の脱窒性能によって制御される。そのため、当然、アンモニア酸化反応および脱窒反応は、最大窒素除去に応じて互いに平衡する。D O 濃度および / または曝気期間は一般的に、常時反応器内の NH_4 - N および NO_x - N 濃度がほぼ等しい値に保たれるよう制御され、 NH_4 酸化量、即ち運ばれる酸素の量は、生成される NO_x を脱窒するのに利用可能な入力 C O D の量に基づいて制御される。これによって、好気性従属栄養性 C O D 消費が最小限に抑えられると共に、利用可能な C O D と低 D O において時間を必要とする、脱窒の機会を最大化する。コントローラは、パラメータに対する放流制限量が特定の値となるように NH_4 - N または NO_x - N 濃度を除去できるよう、オフセット入力が可能に構成される。例えば、コントローラは、廃液 NO_x - N 濃度の 20 ~ 90 % の NH_4 を含む廃液となるようにコントローラを設定することによって、 NH_4 制限量を確保するように調整することができる。

30

40

【0017】

溶存酸素

上述および図 4 に示す如く、アンモニア酸化は、高 D O 濃度(すなわち、 1 mg / L よりも高い濃度)において、亜硝酸塩酸化よりも速い速度で発生する。したがって、A O B 増殖が N O B よりも有利に働くように、過渡的に高い D O 濃度で B N R 反応器を操作することが望ましい。この手法は、低 D O 濃度においては N O B に比して A O B の酸素親和性が高いことを示す大部分の文献とは反対である。

50

【 0 0 1 8 】

間欠曝気

高DOにおける、AOBに対するNOB増殖の遅延が、嫌気性条件下のみににおいて利用可能であることを考慮すると、高DOから無酸素状態への迅速な遷移が非常に重要である。これは、曝気期間の終わりに、いくらかの亜硝酸塩蓄積があり、それをめぐって、NOBは、ScBNRにおいてCODによって駆動される従属栄養脱窒素菌および一段階脱アンモニアプロセスにおけるアナモックスと競合しなければならない。それゆえ、AOBからの曝気期間において維持されるDO圧力および嫌気期間中の脱窒素菌およびアナモックスからの亜硝酸塩圧力は、無酸素状態への迅速な遷移によって大きく補助される。

【 0 0 1 9 】

10

より高い酸素利用速度(OUR)を維持することが、迅速な一過性無酸素状態を実施するための秘訣である。無酸素状態の開始後にDOが急速に消費されるように、MLSS濃度およびCOD入力を増大させることによって、高OUR条件においてBNR反応器を操作することが可能である。直接DO、アンモニア、亜硝酸塩および硝酸塩測定値を使用してBNR反応器内の好気性および嫌気性SRTおよびHRTを制御することが図6および図8で実証されている。図6および図8は、反応器内において好気性状態および嫌気性状態が急速に交互に入れ替わる様子を示す。

この手法下で、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 濃度を測定し、当該濃度付近または必要とされる任意のオフセット値に維持される。曝気は、反応器 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 濃度が反応器 $\text{NO}_x - \text{N}$ 濃度に略一致するように、アンモニア酸化のために行われる。これによって、常時またはあらゆる場所において反応器内の上昇した NH_4 濃度が維持され、AOB速度が高い値で保持される。したがって、直接 NH_4 、 NO_2 、 NO_3 およびDO信号に基づくロバスト制御アルゴリズムを用いて既知のNOB抑制手法を実行することができる。図9は、亜硝酸塩分路プロセスにおいてScBNRを達成するためのNOBの制御におけるこの手法の性能を実証している。

20

【 0 0 2 0 】

ここで、具体的な制御について説明する。

【 0 0 2 1 】

好気性SRTおよびDO設定点

好気性SRTは、2つの手法を通じて制御される。廃棄される固形物が増大すると、合計および好気性SRTが減少する。好気性SRTを低減するための第2の手法は、一過性無酸素状態中の嫌気性時間ステップを増大させることによる。AVN制御手法下で操作される間欠曝気(時間的または空間的)BNR反応器において、好気性SRTは、AOBがアンモニアを亜硝酸塩または硝酸塩に酸化し、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ および $\text{NO}_x - \text{N}$ 濃度が等しい状態を維持するために必要な曝気によって定まる。例えば、AOBのアンモニア酸化速度がより低い場合、AOB速度がより速い場合に比して、この条件を維持するためにはより多くの曝気(時間もしくはより高いDO濃度またはその両方)が必要になる。そのような状況において、合計SRTを意図的に低下させると、漸進的に、特定のDOにおけるAOBアンモニア酸化速度を徐々に低下させる結果となる。それゆえ、AOBは、それらの増殖速度を増加させると共に、適用可能な高DO設定点(時間)および好気性HRT(空間)が増大されて、AOBの成長がNOBよりも有利にはたらくようになる所望の条件($\text{NH}_4 - \text{N} = \text{NO}_x - \text{N}$)を満たすために、より多くの曝気を必要とする。

30

40

【 0 0 2 2 】

積極的なSRT制御は、亜硝酸塩分路を達成するための手段としては一般に受け入れられておらず、これはまた、安定したNOB抑制を維持することも不可能にする。BNR反応器が高DO設定点において操作されると、AOBはNOBよりも速く成長し、これによって、システムが短いSRTにおいて操作可能になり、NOBにとっては不向きである。加えて、積極的なSRT圧力を加えることは、本開示に従って容易に制御される。適用可能な高DO設定点、または好気期間(時間)および曝気分画(空間)は、アンモニア濃度、亜硝酸塩濃度、および硝酸塩濃度によって定まるものであるため、DOが 1 mg/L を

50

超える高濃度となるよう合計 S R T を制御することは単純なことである。

【 0 0 2 3 】

無酸素状態への遷移の制御

A V N 制御の本開示を N O B 抑制へと拡大するためには、N O B が A O B よりも有利に成長するのに利用可能な時間を最小限に抑えるために、好気性設定点と無酸素状態との間のより迅速な遷移が望ましい。酸素利用速度を増加して無酸素状態に遷移するためにの手法としては、少なくとも3つ考えられる。第1の手法は、同じ体積内で空気を探し求める有機体がより多く存在するように、より高い混合溶液固形物濃度において反応器を操作することである。第2の手法は、流入 C O D を用いて遷移期間中の酸素を除去することである。第3の手法は、すべての有機体の温度、即ち増殖速度を増大させることである。重要な特徴は、高い酸素利用速度で有酸素状態から無酸素状態への遷移を可能とすることである。

10

【 0 0 2 4 】

一過性無酸素状態頻度 (T A F) 制御

A V N 制御の本開示を N O B 抑制へと拡大するためには、同じ全体的な好気性 S R T を維持しながら、好気性状態と嫌気性状態との間の迅速な遷移を可能にするために高い T A F を有することが望ましい。例えば、5分間の好気 / 嫌気サイクルは15分間の好気 / 嫌気サイクルよりも好ましく、15分間の好気 / 嫌気サイクルは、30分間の好気 / 嫌気サイクルよりも好ましい。最も現実的な T A F は、好気相における A O B の好適な増殖、および嫌気相における有機体やアナモックス有機体の脱窒化をしつつ、N O B の中断を可能にする。なお、この頻度を最大化するには多くの制約がある。好気性ステップにおける当該頻度の増大や最大値は、結局のところ、酸素がその設定点に達し、その後、アンモニアを十分に酸化することを可能にするのに必要とされる時間によって制約される。加えて、脱窒化や、アナモックス有機体が亜硝酸塩を窒素ガスに変換するための時間として最小無酸素時間が必要となる。

20

【 0 0 2 5 】

反応器構成

この A O B 酸化および N O B 抑制フレームワークを実行するためには、完全混合反応器、連続バッチ反応器、酸化溝法、および栓流型反応器を含む、いくつかの装置が利用可能である。なお、反応器装置は、機械的および水力学的な自由度をもたらすことによって、可能であれば、S R T、アンモニア酸化要件、高 D O 濃度、および無酸素状態遷移を達成するための制御機構を達成できるように構成されても良い。また、廃水処理プロセスとして一般的である、変動する流量および負荷に対応するためのスイング領域または反応器を備えても良い。浮遊増殖反応器とは別に、生体膜、粒状汚泥またはこれらの反応器の組み合わせも実現可能である。さらに、浄化器、膜、または溶解空気浮上槽を含む任意の分離デバイスを使用して固体 - 液体分離が行われ得る。

30

【 0 0 2 6 】

栓流反応器は、長さ対幅の比が非常に大きい連続反応器として特徴付けられ、反応器の長さにわたる流路に沿って汚染物濃度が減少（すなわち、濃度勾配）する直列完全混合反応器としてシミュレートすることができる。大規模な処理場においてより一般的に使用されている栓流連続反応器においては、A V N 制御を達成するためのプロセス制御は、以下の2つの構成を使用して対処することができる。（1）好気性領域と嫌気性領域との間で交互に入れ替わることによる、空間的な曝気の制御、および、（2）S B R 構成と同様の「エアオン」および「エアオフ」シーケンスにおいて反応器全体を通じて空気を循環させることによる、時間的な曝気の制御。

40

【 0 0 2 7 】

硝化 - 脱窒、亜硝酸化 - 脱亜硝酸、および部分亜硝酸化 - アナモックスを通じて最大窒素除去を達成するために、A V N 制御は様々な反応器構成に組み込むことができる。

【 0 0 2 8 】

A V N 制御は、流入 C / N が高いときに硝化および脱窒を通じて窒素除去を達成する目

50

的を持った単一の反応器または直列反応器において実施することができる。流入C/Nが十分であることを前提として、窒素除去をさらに向上させるには、AVN制御を用いてNOBを抑制し、任意の単一の反応器構成または直列反応器においてScBNR/亜硝酸化-脱亜硝酸を行うことができる。流入C/Nが低い場合は、サイクロン分離（米国特許出願公開第2011/0198284号明細書）のような選択的アナモックス滞留を想定し、AVN制御によって、任意の単一の反応器構成または直列反応器における部分亜硝酸化およびアナモックスにより独立栄養性窒素除去を実現することができる。制御により、アナモックス増殖のために好適なNH₄およびNO₂の反応器濃度を、常時、かつ全ての場所で達成することが可能となる。NOB抑制によって、廃液自体がアナモックスのための基質としての役割を果たすのに適切なNH₄およびNO₂を混合物を含むため、上述した反応器構成は、固形物分離デバイスの下流に設けられる別体の完全嫌気性アナモックス反応器に適用できる。この完全嫌気性アナモックス反応器は、例えば、流動床型生物膜反応器、粒状汚泥反応器、浮遊増殖反応器、生物活性粒状媒質ろ過装置、および膜バイオリアクタを含む、任意の構成であってもよい。

10

【0029】

制御手法

【0030】

最大TIN除去を達成する本開示の特徴を利用する上記反応器構成に対しては、種々の制御方法を適用することができる。また、かかる制御方法は、NOB抑制にも利用可能である。様々の構成に最適化された、いくつかの例示的な手法を下記に説明する。

20

【0031】

制御手法A

適用可能なDOが可変であり、BNR反応器内のNH₄-NおよびNO_x-N濃度に応じて制御される第1の制御手法は、無酸素状態、従属栄養性脱窒またはアナモックス駆動アンモニア酸化の下で、高速アンモニア酸化速度を達成すべくDOを最適化する。この手法は、栓流反応器、完全混合反応器、直列完全混合反応器、および連続バッチ反応器を含む広範な反応器構成において有効である。この手法の下では、DOは、低DO設定点（固定）と、通常1mg/L超であり、NO_x-N濃度と比較して反応器NH₄-Nによって制御される可変の高DO設定点と、の間でサイクルする。酸素要求量を増大させるために積極的な好気性SRTを維持すべく、コントローラが、DOレベルを自動的に1mg/L超に増加させる。この制御手法においては、好気期間および嫌気期間は、固定されるのではなく、NH₄-NがNO_x-Nと略同一となるようにAOBの曝気要件に応じて設定される。

30

【0032】

この実施例において、BNR反応器10（図11）は、DOプローブ（またはセンサ）12、アンモニアプローブ（またはセンサ）14、亜硝酸塩プローブ（またはセンサ）16および硝酸塩プローブ（またはセンサ）18を備え得る。なお、時間的または空間的のいずれかの制御が行われる、次のサブセクションで説明されるような任意の反応器構成を有することも可能である。複数の反応器または栓流反応器の場合、複数のDOプローブが列に沿った各主要区画に沿って設置され、一方で、アンモニア、亜硝酸塩および硝酸塩プローブは、後者の反応器または区画に設置され、少量のアンモニア濃度が反応器の終端部に残るように、かつ、反応器廃液がNO_x-Nにほぼ等しいNH₄-N濃度を含むように反応速度を管理するのに利用される。

40

【0033】

本明細書は、本発明は、廃水からの生物学的窒素除去のために反応器において窒素を除去するためのシステムを提供する。本システムは、反応器10と、反応器10内のアンモニアの濃度をリアルタイムで検知してアンモニア濃度信号20を生成するアンモニアセンサ（またはプローブ）14と、反応器10内の亜硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して亜硝酸塩濃度信号22を生成する亜硝酸塩センサ（またはプローブ）16と、反応器10内の硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して硝酸塩濃度信号24を生成するアンモニアセ

50

ンサ（またはプローブ）１８と、１つまたは複数の通信リンク３２を介してアンモニア濃度信号、亜硝酸塩濃度信号および硝酸塩濃度信号を受信し、１つまたは複数の命令を生成するコントローラ３０であって、当該命令が、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいてアンモニア、亜硝酸塩、および硝酸塩の濃度を制御することによって、反応器１０内の溶存酸素の濃度を増大、低減または維持するために、コントローラ３０が通信リンク（複数の場合もあり）３４を介して溶存酸素供給源および制御システム（図示せず）に供給するものである、コントローラ３０と、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づき、コントローラ３０の制御下で反応器１０に溶存酸素を供給する溶存酸素調節器３６と、を備える。溶存酸素調節器３６は、１つまたは複数の通信リンク３４を介してコントローラ３０に結合され得る。本システムは、さらに、通信リンクを介してコントローラにリンクすることができる１つまたは複数の電子（または機械）制御弁を備えても良い。前記コントローラは、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が１よりも大きい場合、溶存酸素の濃度を増大させる命令を生成することができる。また、コントローラ３０は、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が１未満である場合、反応器１０内の溶存酸素の濃度を低減させる命令を生成することができる。また、コントローラ３０は、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が１である場合、反応器１０内の溶存酸素の濃度を維持する命令を生成することができる。

10

20

30

40

50

【００３４】

当該コントローラは、１つまたは複数のコンピュータであってもよい。本明細書において、「コンピュータ」は、例えば、プロセッサ、マイクロプロセッサ、中央処理装置、汎用コンピュータ、スーパーコンピュータ、パーソナルコンピュータ、ラップトップコンピュータ、パームトップコンピュータ、ノートブックコンピュータ、デスクトップコンピュータ、ワークステーションコンピュータ、サーバなど、または、複数のプロセッサ、複数のマイクロプロセッサ、複数の中央処理装置、複数の汎用コンピュータ、複数のスーパーコンピュータ、複数のパーソナルコンピュータ、複数のラップトップコンピュータ、複数のパームトップコンピュータ、複数のノートブックコンピュータ、複数のデスクトップコンピュータ、複数のワークステーションコンピュータ、複数のサーバなどのアレイのような、１つまたは複数の命令に従ってデータを操作することが可能である、任意の機械、デバイス、回路、コンポーネント、もしくはモジュール、または、複数の機械、複数のデバイス、複数の回路、複数のコンポーネント、複数のモジュールの任意のシステムなどを意味する。

【００３５】

本明細書において、「通信リンク」は、少なくとも２つの点の間でデータまたは情報を搬送する有線および／または無線媒体を意味する。当該有線または無線媒体は、例えば、金属導体リンク、無線周波数（ＲＦ）通信リンク、赤外線（ＩＲ）通信リンク、光通信リンクなどを含んでもよい。ＲＦ通信リンクは、例えば、ＷｉＦｉ、ＷｉＭＡＸ、ＩＥＥＥ ８０２．１１、ＤＥＣＴ、０Ｇ、１Ｇ、２Ｇ、３Ｇまたは４Ｇセルラ規格、Ｂｌｕｅｔｏoth（登録商標）などを含んでもよい。

【００３６】

コントローラ３０は、コンピュータ（複数の場合もあり）３０によって実行されると、本明細書に記載のプロセスの各々が実行されるようにするコードセクションまたはセグメントを有するコンピュータプログラムが書き込まれたコンピュータ可読媒体４０を含むものであってもよい。「コンピュータ可読媒体」は、本明細書において、コンピュータによって読み出すことができるデータ（例えば、命令）を提供するのに関与する任意の媒体を意味する。そのような媒体は、不揮発性媒体、揮発性媒体、および伝送媒体を含む多くの形態をとってもよい。不揮発性媒体としては、例えば、光または磁気ディスクおよび他の持続性メモリを含んでもよい。揮発性媒体としては、ダイナミックランダムアクセスメモリ（ＤＲＡＭ）を含んでもよい。伝送媒体としては、プロセッサに結合されているシステ

ムバスを含むワイヤを含む、同軸ケーブル、銅線および光ファイバを含んでも良い。伝送媒体は、音響波、光波、および無線周波数（RF）、赤外線（IR）データ通信中に生成されるような電磁放射、を含むかまたは搬送することができる。一般的な形態のコンピュータ可読媒体は、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、CD-ROM、DVD、任意の他の光学媒体、パンチカード、紙テープ、孔パターンを有する任意の他の物理媒体、RAM、PROM、EPROM、フラッシュEEPROM、任意の他のメモリチップもしくはカートリッジ、後述するような搬送波、または、コンピュータがそこから読み出すことができる任意の他の媒体を含む。コンピュータ可読媒体は、複数の（例えば、数千の）コンピュータ上の複数の（例えば、数千の）メモリキャッシュにわたるファイルのやり取りを含む「クラウド」を含んでもよい。

10

【0037】

本開示の別の態様によれば、廃水からの生物学的窒素除去のために反応器において窒素を除去するためのシステムは、反応器と、反応器内のアンモニアの濃度をリアルタイムで検知してアンモニア濃度信号を生成するアンモニアセンサ（またはプローブ）と、反応器内の亜硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して亜硝酸塩濃度信号を生成する亜硝酸塩センサ（またはプローブ）と、反応器内の硝酸塩の濃度をリアルタイムで検知して硝酸塩濃度信号を生成するアンモニアセンサ（またはプローブ）と、1つまたは複数の通信リンクを介してアンモニア濃度信号、亜硝酸塩濃度信号および硝酸塩濃度信号を受信し、命令を生成するコントローラであって、当該命令が、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて反応器内のDO濃度および好気-嫌気期間を増大、低減または維持するために、1つまたは複数の弁および/または曝気装置に供給されるものである、コントローラと、コントローラによって制御される頻度で反応器を曝気する曝気装置と、を備えたシステムであって、当該頻度は、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比に基づいて定められる。本コントローラは、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも大きい場合、DO濃度もしくは好気期間を増大させる（または嫌気期間を低減する）ための命令を生成することができる。また、本コントローラは、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1よりも小さい場合、DO濃度もしくは好気期間を低減させる（または嫌気期間を増大する）処置を行うための命令を生成することができる。また、コントローラは、[アンモニアの濃度]対[亜硝酸塩の濃度および硝酸塩の濃度の合計]の比が1である場合、濃度および好気-嫌気期間を維持するための命令を生成することができる。

20

30

【0038】

一例において、溶存酸素濃度ならびに/または好気期間および嫌気期間の持続時間は、高DO（HDO）設定点および低DO（LDO）設定点に基づいて、空気制御弁50をオンまたはオフに切り替えることによって調整される。例えば、好気期間の持続時間を増大させ、嫌気期間の持続時間を低減する場合、空気制御弁50はオンに切り替えられる。一方、好気期間の持続時間を低減し、嫌気期間の持続時間を増大させる場合、空気制御弁50はオフに切り替えられる。LDO設定点はゼロ付近（0.001～0.1mg/L）に固定され、HDOは、（槽内でリアルタイムに測定される $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}$ に基づいて）0.3mg/L（最小HDO（MinHDO））～3.0mg/L（最大HDO（MaxHDO））で可変である。最大HDOは2.0～3.0mg/Lは設定される。これは、この点を超えてより多くの曝気を行っても、アンモニア酸化速度に関して付加される利点はないと考えられるためである。反応器10内の $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_x\text{-N}$ よりも多いときは（図5のS10においてYES）、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_x\text{-N}$ を下回るまで、HDOを増加する（S12）。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が $\text{NO}_x\text{-N}$ よりも低いときは（S10においてNO）、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が $\text{NO}_x\text{-N}$ 以下になるまで、HDOを低下する（S14）。必要に応じて、 NO_x に対する廃液 NH_4 の割合を高める、またはその逆を可能にするために、上述したオフセットを適用しても良い。積極的なSRT制御は、H

40

50

D O 設定点が常に 1 mg/L よりも大きくなるように固形物を廃棄することによって達成される。合計 S R T は、特定の平均化時間にわたる反応器 D O 濃度に基づき廃棄物流速を維持することによって自動的に制御することもできる。

【 0 0 3 9 】

制御手法 B

この手法においては、D O 設定点が固定され、一方で好気および嫌気期間は可変である。ここで、好気および嫌気期間が変化することを可能にしながら、合計好気/嫌気サイクル時間は一定の設定点に維持しても良い。あるいは、嫌気期間を固定し、コントローラにより好気期間のみを変更することによって、全体的な嫌気 + 好気期間を窒素除去の可能性に応じて変動させるようにすることも可能である。曝気 (5 0) が行われなときは、機械的混合 (図 1 1 の 6 0) がもたらされるべきである。図 7 に示す例において、好気期間は 5 分間 ~ 1 5 分間の間で可変であり、嫌気期間は 1 0 分間に固定される。反応器内の $\text{NH}_4 - \text{N}$ が $\text{NO}_x - \text{N}$ よりも多い場合 (S 2 0 において Y E S)、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ が $\text{NO}_x - \text{N}$ を下回るまで、好気期間が延長される (S 2 2)。 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 濃度が $\text{NO}_x - \text{N}$ よりも低い場合 (S 2 0 において N O)、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 濃度が $\text{NO}_x - \text{N}$ 以下になるまで、好気期間が短縮される (S 2 4)。必要に応じて、 NO_x に対する廃液 NH_4 の割合を高める、またはその逆を可能にするために、上述したオフセットを適用しても良い。

10

【 0 0 4 0 】

制御手法 C

A V N 制御は、連続した複数の好気性スイングおよび嫌気性スイング領域を有する栓流槽において使用することもできる。A V N 制御は、制御目標を達成するために、連続する領域のいずれを嫌気性または好気性のまま維持するかに影響を及ぼす。

20

【 実施例 】

【 0 0 4 1 】

本明細書に開示した、廃水からの生物学的窒素除去のために反応器において窒素を除去するためのシステムは、温度 25°C 、 $3500 \pm 500 \text{ mg/L}$ の混合溶液浮遊固形物 (M L S S) において、水理的滞留時間 (H R T) が 2 ~ 3 時間、S R T が約 5 日間、という条件の下で操作された。反応器は、段落 [0 0 4 7] および図 5、図 7 に示す A V N 制御手法下で操作された。図 9 は、観察された N O B 抑制を表す。A V N コントローラの性能を図 1 2 に示す。図 1 3 に示すように、同じ動作条件を使用して高い T I N 除去も達成された。なお、除去は C O D 入力に依存していた。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 4 2 】

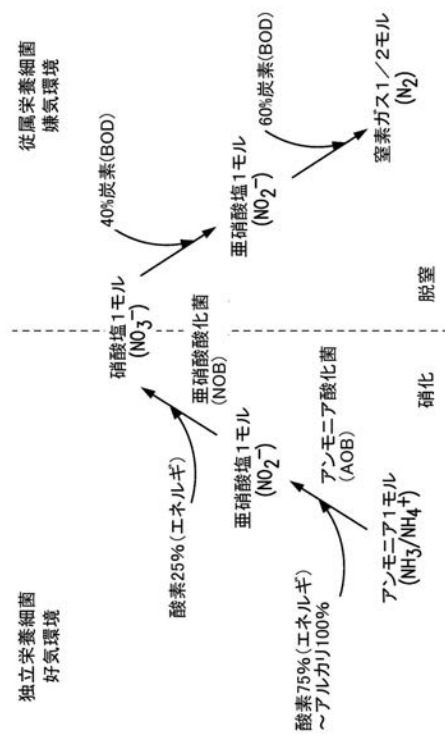
A O B : アンモニア酸化菌
 B N R : 生物学的栄養塩除去
 C O D : 化学的酸素要求量
 C / N : 炭素対窒素比
 D O : 溶存酸素
 F A : 遊離アンモニア
 H D O : 高 D O
 H R T : 水理的滞留時間
 L D O : 低 D O
 N O B : 亜硝酸酸化菌
 NO_x : 硝酸塩
 $\text{NO}_x - \text{N}$: 硝酸態窒素 + 亜硝酸態窒素
 $\text{NO}_3 - \text{N}$: 硝酸態窒素
 $\text{NO}_2 - \text{N}$: 亜硝酸態窒素
 NO_3 : 硝酸塩
 NO_2 : 亜硝酸塩
 $\text{NH}_4 - \text{N}$: アンモニウム態窒素

40

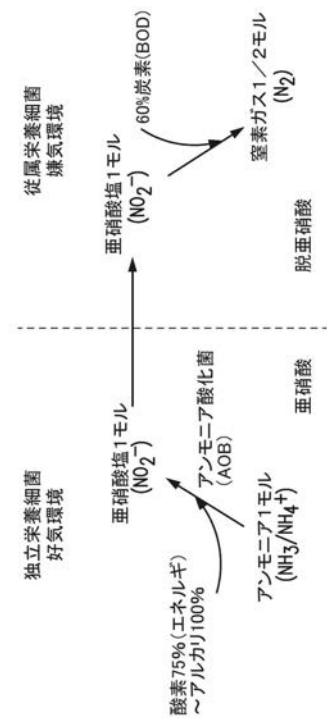
50

OUR : 酸素利用速度
 ScBNR : ショートカット生物学的窒素除去
 SRT : 固形物滞留時間
 TAF : 一過性無酸素状態頻度
 TIN : 総無機性窒素
 TN : 総窒素

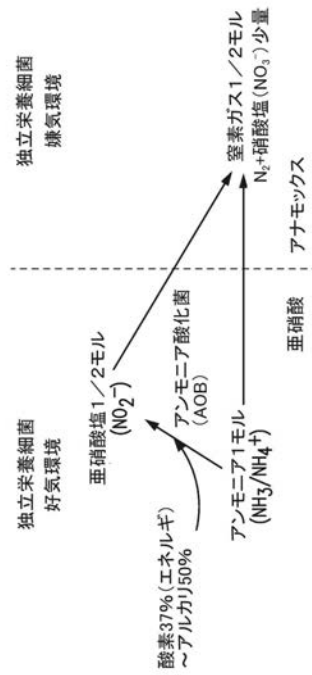
【図 1】



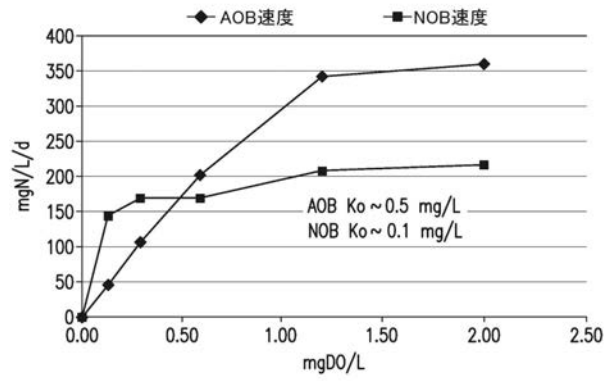
【図 2】



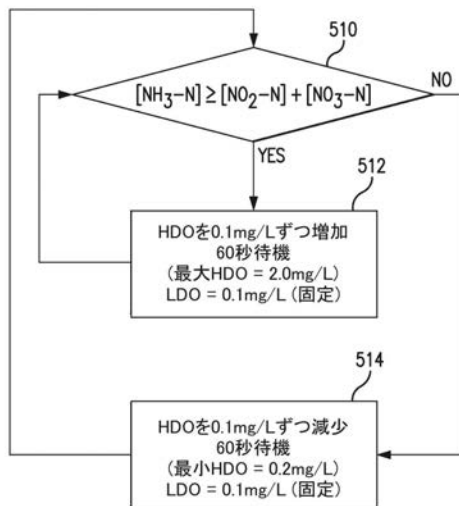
【 図 3 】



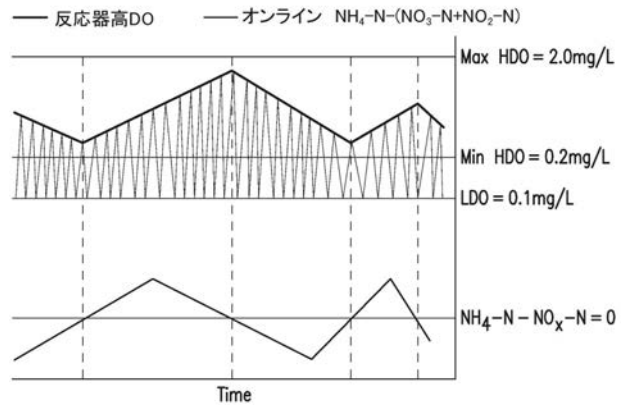
【 図 4 】



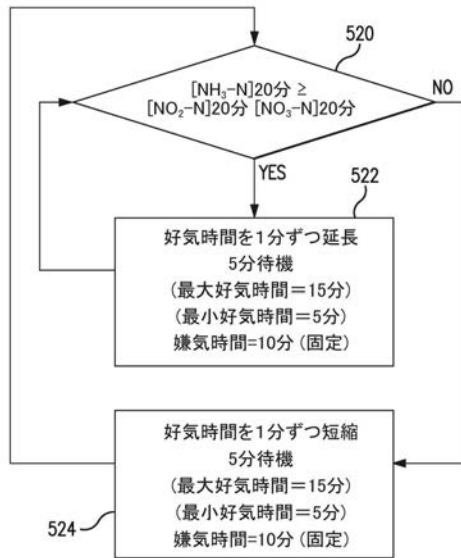
【 図 5 】



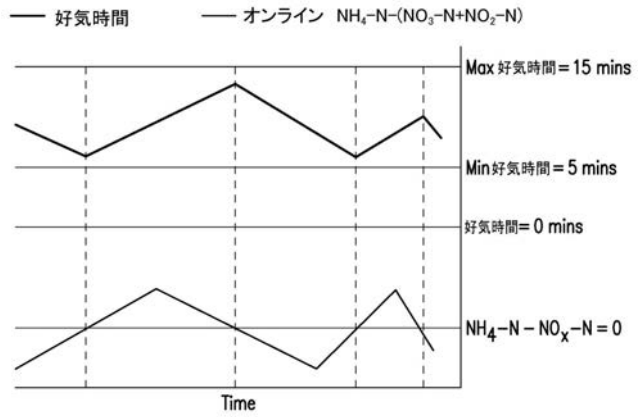
【 図 6 】



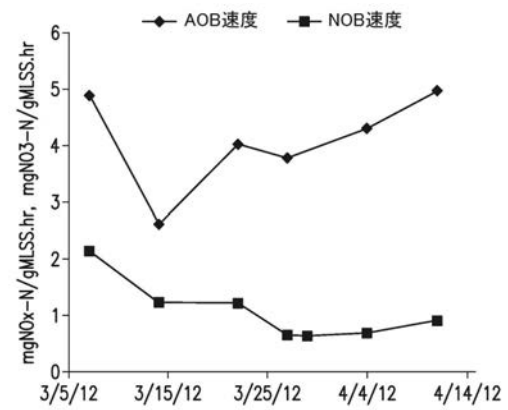
【図 7】



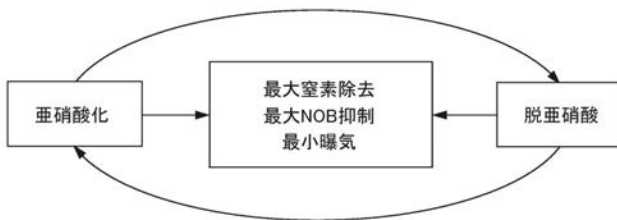
【図 8】



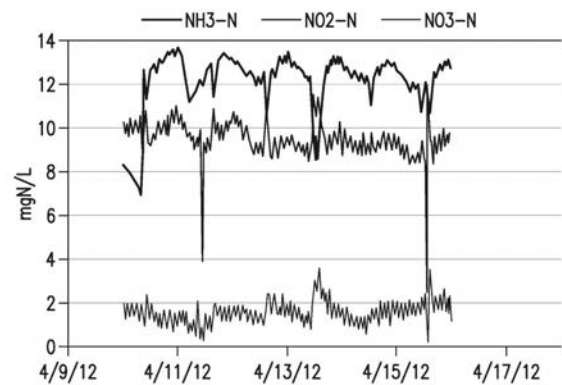
【図 9】



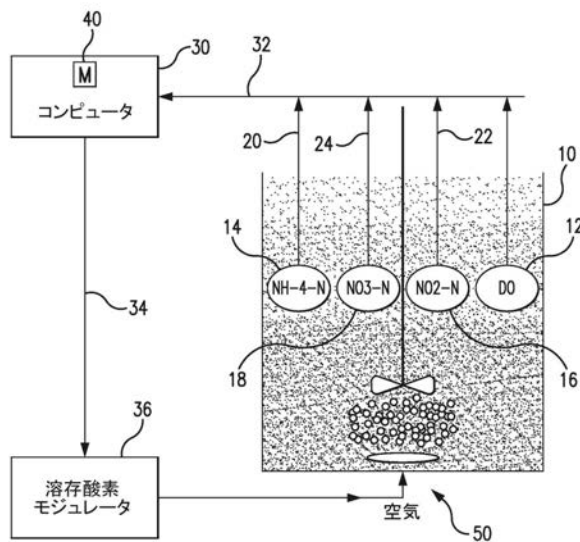
【図 10】



【図 12】



【図 11】



【図 13】

平均 (8/26/2012-9/4/2012)			
流入液	流入液	亜硝酸化効率	亜硝酸
NH_3-N , mg/L	sCOD, mg/L	TIN, mg/L	% TIN Removal
32.1	145	5.3	84

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2014/028069
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - C02F 3/02 (2014.01) USPC - 210/614 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - C02F 3/02 (2014.01) USPC - 210/614, 96.1 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched CPC - C02F 3/006 (2014.06) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatFt, AppFt, Orbit, Google Scholar		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 8,323,498 B2 (JENKINS et al) 04 December 2012 (04.12.2012) entire document	1-28
A	US 8,252,182 B1 (CHANG et al) 28 August 2012 (28.08.2012) entire document	1-28
A	US 7,153,428 B1 (PEDROS) 26 December 2006 (26.12.2006) entire document	1-28
A	US 5,626,755 A (KEYSER et al) 06 May 1997 (06.05.1997) entire document	1-28
A	US 5,525,231 A (HO et al) 11 June 1996 (11.06.1996) entire document	1-28
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 June 2014		Date of mailing of the international search report 30 JUL 2014
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100180068

弁理士 西脇 怜史

(72)発明者 レグミ パスカー

アメリカ合衆国 23471-0911 ヴァージニア州 ヴァージニア ビーチ ピー・オー・
ボックス 5911 ハンプトン ローズ サニテーション ディストリクト内

(72)発明者 ミラー マーク

アメリカ合衆国 23471-0911 ヴァージニア州 ヴァージニア ビーチ ピー・オー・
ボックス 5911 ハンプトン ローズ サニテーション ディストリクト内

(72)発明者 ムールティ スディール エヌ・

アメリカ合衆国 20032 ワシントン ディーシー オーバールック アベニュー サウスウ
エスト 5000 ディー・シー・ ウォーター アンド スーアー オーソリティー内

(72)発明者 ボット チャールズ ピー・

アメリカ合衆国 23471-0911 ヴァージニア州 ヴァージニア ビーチ ピー・オー・
ボックス 5911 ハンプトン ローズ サニテーション ディストリクト内

Fターム(参考) 4D040 BB07 BB22 BB24 BB42 BB63 BB91 BB93