

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6227509号  
(P6227509)

(45) 発行日 平成29年11月8日 (2017. 11. 8)

(24) 登録日 平成29年10月20日 (2017. 10. 20)

(51) Int. Cl.

F I

CO2F 3/34 (2006.01)

CO2F 3/34 1 O 1 B

CO2F 3/00 (2006.01)

CO2F 3/34 1 O 1 A

CO2F 3/00 D

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-182372 (P2014-182372)  
 (22) 出願日 平成26年9月8日 (2014. 9. 8)  
 (65) 公開番号 特開2016-55230 (P2016-55230A)  
 (43) 公開日 平成28年4月21日 (2016. 4. 21)  
 審査請求日 平成28年11月1日 (2016. 11. 1)

(73) 特許権者 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74) 代理人 110001807  
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所  
 (72) 発明者 木村 裕哉  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株  
 式会社日立製作所内  
 (72) 発明者 井坂 和一  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株  
 式会社日立製作所内

審査官 富永 正史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排水処理装置及び排水処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アンモニア態窒素を含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置であって、

前記排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を、亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換する亜硝酸型硝化反応槽と、

前記アンモニア態窒素の残部と前記亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換する嫌気性アンモニア酸化反応槽と、

嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と前記硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する独立栄養的脱窒反応槽と、  
 を備え、

前記独立栄養的脱窒反応槽に、前記独立栄養的な脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を供給する硫黄供給手段が設置されていることを特徴とする排水処理装置。

【請求項 2】

アンモニア態窒素を含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置であって、

前記排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を、亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換すると共に、

前記アンモニア態窒素の残部と前記亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換する単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽と、

10

20

嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と前記硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する独立栄養的脱窒反応槽と、を備え、

前記独立栄養的脱窒反応槽に、前記独立栄養的な脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を供給する硫黄供給手段が設置されていることを特徴とする排水処理装置。

【請求項 3】

アンモニア態窒素を含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置であって、

前記排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を、亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換すると共に、

前記アンモニア態窒素の残部と前記亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換し、且つ、

嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と前記硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する脱窒反応槽を単槽式の反応槽として備え、

前記単槽式の反応槽に、前記独立栄養的な脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を供給する硫黄供給手段が設置されていることを特徴とする排水処理装置。

【請求項 4】

アンモニア態窒素を含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理方法であって、

前記排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を、亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換する亜硝酸型硝化反応工程と、

前記アンモニア態窒素の残部と前記亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換する嫌気性アンモニア酸化工程と、

嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と前記硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する独立栄養的脱窒反応工程と、を含み、

前記独立栄養的脱窒反応工程で処理される被処理水に、前記独立栄養的な脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を供給することを特徴とする排水処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、排水処理装置及び排水処理方法に関する。詳細には、窒素含有排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置及び排水処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

各種無機態窒素や有機態窒素を含有する窒素含有排水は、閉鎖性水域の富栄養化を招き水質汚染を引き起こす一因となっている。そのため、下水や各種産業排水をはじめとした窒素含有排水に含まれているアンモニア等の窒素成分を、微生物による作用で窒素ガス（分子状窒素）にまで変換して除去する生物学的処理が行われている。

【0003】

窒素含有排水を生物学的処理する方法としては、従来、硝化反応と脱窒反応とを組み合わせた硝化脱窒処理が主流となっている。硝化脱窒処理は、好氣的に行われる硝化反応によって、窒素含有排水に含まれているアンモニア態窒素や亜硝酸態窒素を硝酸態窒素にまで酸化し、無酸素的に行われる脱窒反応によって、硝酸態窒素を分子状窒素にまで還元することで窒素除去処理を行う排水処理方法である。

【0004】

一般に、硝化脱窒処理の脱窒反応は、従属栄養性の脱窒細菌群を利用して行われる。そのため、脱窒反応処理にあたっては、炭素源としてメタノール等の有機物の添加を要する場合がある。また、硝化反応にあたっては、アンモニア態窒素や亜硝酸態窒素を硝酸態窒

10

20

30

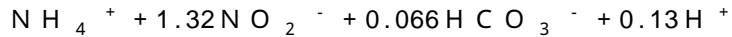
40

50

素にまで完全酸化させるために十分な曝気を行わなければならない。このような理由から、従来の硝化脱窒処理は、多大な薬剤コストや動力コストを要し、運転コストが高い排水処理方法となっている。

#### 【 0 0 0 5 】

近年、このような硝化反応と脱窒反応との組み合わせに代えて、嫌気性アンモニア酸化（ANAMMOX（アナモックス）；Anaerobic Ammonium Oxidation）反応を利用した排水処理方法の開発が進められている。嫌気性アンモニア酸化反応は、アンモニウムイオンを電子供与体とし、亜硝酸イオンを電子受容体として、次の式 1 のとおりアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素とを共脱窒する方法である。



$1.02 \text{N}_2 + 0.26 \text{NO}_3^- + 0.066 \text{CH}_2\text{O}_{0.5} \text{N}_{0.15} + 2.03 \text{H}_2\text{O} \cdots$ （式 1）

10

#### 【 0 0 0 6 】

嫌気性アンモニア酸化反応を利用した排水処理方法では、窒素除去処理のための反応を独立栄養性である嫌気性アンモニア酸化細菌群が担うため、従来の硝化脱窒処理とは異なり、炭素源として有機物を添加する必要が無いという利点がある。また、亜硝酸態窒素を硝酸態窒素にまで亜硝酸酸化させる必要が無いため、排水の曝気に関わる動力コストを低減できる利点も有している。また、嫌気性アンモニア酸化細菌群は、高い脱窒速度を示し、汚泥生成量も少ないことから、反応槽を小型化することが可能である点でも有利である。そのため、嫌気性アンモニア酸化反応を利用した排水処理方法は、窒素成分の除去に特化し、従来の硝化脱窒処理よりも専用性の高い排水処理を実現する技術として期待されている。

20

#### 【 0 0 0 7 】

嫌気性アンモニア酸化反応においては、前記の式 1 に示されるように、反応基質であるアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとが、約 1 : 1.32 の比率で反応する。通常、処理すべき窒素含有排水中の窒素成分の多くは、アンモニア態窒素として存在し、亜硝酸態窒素の比率は低い。そのため、嫌気性アンモニア酸化反応を利用した生物学的処理にあたっては、排水中のアンモニア態窒素の一部を亜硝酸態窒素にまであらかじめ部分酸化（亜硝酸型硝化）させる亜硝酸型硝化反応処理を行うのが一般的である。

#### 【 0 0 0 8 】

亜硝酸型硝化反応を担う硝化細菌群は、アンモニア態窒素を亜硝酸態窒素にまで酸化するアンモニア酸化細菌（ammonium oxidizing bacteria；A O B）と、亜硝酸態窒素を硝酸態窒素にまで酸化する亜硝酸酸化細菌（nitrate oxidizing bacteria；N O B）との混成であり、通常の処理条件では、硝酸態窒素を生じる完全酸化まで反応が進行してしまう場合がある。そこで、亜硝酸型硝化反応処理では、排水中のアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとを適切な比率にするために、排水の溶存酸素濃度、水温、pH、窒素成分濃度等を適切に管理し、亜硝酸酸化細菌の活性を抑制する運転が行われる。

30

#### 【 0 0 0 9 】

嫌気性アンモニア酸化反応を利用した排水処理方法としては、亜硝酸型硝化反応処理と嫌気性アンモニア酸化反応処理とを各別の反応槽において行う方法の他、単槽式の反応槽で一段階として行う方法の開発も進められている。例えば、特許文献 1 には、硝化微生物を用い酸素を付加することによりアンモニアを含む排水を硝化処理してアンモニアの酸化生成物を有する溶液を生成する第 1 の工程と、アンモニアと共に酸化生成物を脱窒微生物を介して窒素に変換する第 2 の工程とを含有し、重炭酸塩を供給する空気が実質的に除去された重炭酸塩を含む廃水を用い、第 1 の工程で通気を制御することによりペーハ値は 7.2 以下に維持し、廃水内に存在するアンモニアの一部をニトリットに変換してニトリットを含む溶液を生成し、第 2 の工程で、生成したニトリットを脱窒微生物により残りのアンモニアの酸化体として使用することを特徴とするアンモニアを含む排水を処理する方法が開示されている。そして、第 1 及び第 2 の工程を単一のバイオリアクタ内で同時に行い、バイオリアクタ内で硝化微生物および脱窒微生物を固形相で存在させ、硝化微生物を実

40

50

質的に固形相の外側の好気部分に存在させ、脱窒微生物を実質的に固形相の内側の嫌気部分に存在させ、酸素をバイオリアクタ内のアンモニア濃度に対応させて第1の工程を制限する量供給することが記載されている。

【0010】

また、非特許文献1には、嫌気性アンモニア酸化反応を利用した単槽式の反応槽によって排水処理するCANON (Completely Autotrophic Nitrogen Removal Over Nitrite) 法について開示されており、アンモニウムイオン濃度の変化に伴う各細菌群の変動を解析したことが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0011】

【特許文献1】特表2001-506535号公報

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】K. A. Third, O. Sliekers, J. G. Kuenen, M. S. M. Jetten, The CANON System (Completely Autotrophic Nitrogen-removal Over Nitrite) under Ammonium Limitation: Interaction and Competition between Three Groups of Bacteria, Syst. Appl. Microbiol., 24(4), p588-596(2001)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0013】

嫌気性アンモニア酸化反応を利用した生物学的処理においては、前記の式1に示されるように、硝酸イオンが理論上、窒素換算で約11%程度の割合生成し、窒素除去処理されることなく必然的に処理水中に残留してしまう。そのため、処理する排水の窒素成分濃度が高い場合には、処理水中に残留する硝酸イオンの量は無視できないものとなり、要求される処理水質が確保され難くなるという問題がある。

【0014】

また、亜硝酸型硝化反応処理に用いられる硝化細菌群や嫌気性アンモニア酸化反応を担う嫌気性アンモニア酸化細菌群は、増殖速度が極めて遅く、滞留時間の確保や、反応槽外への菌体流出の防止に対する要求が高ことから、微生物固定化の形態が利用されることが多い。そのため、固定化担体の形態や固定床の構造等に起因して、各反応基質と各細菌群との接触性が不良になり易い。そして、接触性の不良によって反応速度が低下すると、亜硝酸型硝化反応においては、嫌気性アンモニア酸化反応の反応基質となる亜硝酸イオンが十分に生成されず、アンモニウムイオンの一部が亜硝酸イオンと反応できずに処理水中に残留したり、嫌気性アンモニア酸化反応においては、反応基質の全量を十分に反応させることができず、アンモニウムイオンや亜硝酸イオンが処理水中にそのまま残留したりして処理水質が低下することになる。

30

【0015】

このように嫌気性アンモニア酸化反応を利用した生物学的処理では、実用上、窒素成分の除去に限界があり、一定程度以上の良好な処理水質を得難い現状がある。特に、排水のSBR (sequencing batch reactor) 処理や連続処理を適用する場合には、接触性の不良による反応速度の低下の影響はより顕著となるし、特許文献1や非特許文献1に記載されるような単槽式の反応槽を適用した処理では、基質の反応率が処理中に低下する頻度が高くなることが想定されるため、未反応の窒素成分が残留し易くなり、処理水質の確保がさらに困難となる恐れがある。

40

【0016】

そこで、本発明は、嫌気性アンモニア酸化反応を利用した排水の生物学的処理において、嫌気性アンモニア酸化反応後に残留する窒素成分の濃度を低減し、処理水質を向上させることができる排水処理装置及び排水処理方法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】

50

## 【 0 0 1 7 】

前記課題を解決するために本発明に係る排水処理装置は、アンモニア態窒素を含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置であって、前記排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を、亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換し、前記アンモニア態窒素の残部と前記亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換し、嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と前記硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換して窒素除去処理する構成であり、前記独立栄養的な脱窒反応が行われる反応槽に、前記独立栄養的な脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を供給する硫黄供給手段が設置されていることを特徴とする。

10

## 【 0 0 1 8 】

また、本発明に係る排水処理方法は、アンモニア態窒素を含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理方法であって、前記排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を、亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換する亜硝酸型硝化反応工程と、前記アンモニア態窒素の残部と前記亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換する嫌気性アンモニア酸化工程と、嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と前記硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する独立栄養的脱窒反応工程と、を含み、前記独立栄養的脱窒反応工程で処理される被処理水に、前記独立栄養的な脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を供給することを特徴とする。

20

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 9 】

本発明によれば、嫌気性アンモニア酸化反応を利用した窒素含有排水の生物学的排水処理において、嫌気性アンモニア酸化反応後に残留する窒素成分の濃度を低減し、処理水質を向上させることができる排水処理装置及び排水処理方法を提供することができる。特に、炭素源として有機物を添加する必要が無く、運転コストがより低廉でありながら、処理水質を向上させることができる排水処理装置及び排水処理方法を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る排水処理装置の概略構成を示す図である。

30

【図 2】本発明の第 2 実施形態に係る排水処理装置の概略構成を示す図である。

【図 3】本発明の第 3 実施形態に係る排水処理装置の概略構成を示す図である。

【図 4】本発明の実施例 1 に係る排水処理方法によって処理された排水の窒素濃度を示す図である。

【図 5】本発明の実施例 2 に係る排水処理方法によって処理された排水の窒素濃度を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 2 1 】

## 〔第 1 実施形態〕

はじめに、本発明の第 1 実施形態に係る排水処理装置及び排水処理方法について説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複する部分についての説明は省略する。

40

## 【 0 0 2 2 】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る排水処理装置の概略構成を示す図である。

## 【 0 0 2 3 】

図 1 に示すように、第 1 実施形態に係る排水処理装置 1 は、亜硝酸型硝化反応槽 10 と、嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 と、独立栄養的脱窒反応槽 30 とをこの順に直列的な配列で備えている。第 1 実施形態に係る排水処理装置 1 は、アンモニア態窒素を含有する窒素含有排水（排水）を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置である。この排水処理装置 1 は、嫌気性アンモニア酸化反応によって窒素

50

除去処理された処理水が、さらに独立栄養的な脱窒反応に供されて副次的に窒素除去処理される構成とされている特徴を有している。なお、本明細書において、独立栄養的な脱窒反応とは、炭素源としての有機物が存在しない条件の下で独立栄養性細菌によって行われる脱窒反応を意味する。

#### 【 0 0 2 4 】

排水処理装置 1 では、亜硝酸型硝化反応槽 1 0、嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 及び独立栄養的脱窒反応槽 3 0 の各反応槽には、被処理水としての排水が順次導入され、各反応槽毎に管理された反応条件の下で微生物による生物学的処理が行われる。すなわち、排水処理装置 1 は、亜硝酸型硝化反応工程、嫌気性アンモニア酸化工程、及び、独立栄養的脱窒反応工程の各工程を各別の反応槽において順次行う排水処理方法（第 1 実施形態に係る排水処理方法）が好適に行われる装置となっている。これらの各反応槽は、槽型及びタンク型のいずれの形態としてもよく、また、S B R 処理型の反応槽及び連続処理型の反応槽のいずれの運転方式を採用することも可能である。

10

#### 【 0 0 2 5 】

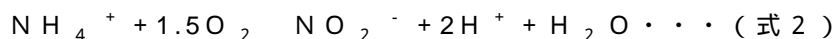
排水処理装置 1 において処理される窒素含有排水（排水）は、はじめに、亜硝酸型硝化反応槽 1 0 に導入される。処理する排水は、例えば、排水を一時的に貯留している排水タンク等から、排水ポンプ 8 によって、窒素負荷に応じた適度の水量で亜硝酸型硝化反応槽 1 0 に導入することができる。処理する排水は、アンモニア態窒素の他に亜硝酸態窒素や硝酸態窒素を含有していてもよいが、低 B O D ないし C / N 比（炭素質量 / 窒素質量比）が小さい排水が、生物学的処理を安定的にし、高い窒素除去率を実現し得る点で好適である。このような排水としては、具体的には、例えば、下水処理施設、畜産排水処理施設、食品排水処理施設等で生じる活性汚泥処理水を脱水した活性汚泥脱水濾液や、半導体工場、化学工場、めっき工場、塗装工場等で生じる高窒素濃度の事業排水等が挙げられる。

20

#### 【 0 0 2 6 】

亜硝酸型硝化反応槽 1 0 は、排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換する亜硝酸型硝化反応処理（亜硝酸型硝化反応工程）が行われる反応槽となっている。この亜硝酸型硝化反応処理では、排水に含まれているアンモニウムイオンの一部を亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸イオンにまであらかじめ部分酸化させることで、嫌気性アンモニア酸化反応処理に供される排水のアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとの比率が、嫌気性アンモニア酸化反応処理に適した反応基質の比率となるようにする。なお、亜硝酸型硝化反応は、次の式 2 のように表される。

30



#### 【 0 0 2 7 】

亜硝酸型硝化反応槽 1 0 には、亜硝酸型硝化反応を担う硝化細菌群が保持される。硝化細菌群は、図 1 においては、浮遊性の固定化担体 1 1 0 に固定化されて流動床の形態で保持されているが、固定化された形態及び非固定の形態のいずれとすることも可能である。また、固定化は、包括固定化及び付着固定化のいずれによるものでもよく、流動床及び固定床のいずれの形態としてもよい。但し、硝化細菌群の増殖速度は遅いため、滞留時間を確保したり、反応槽外への菌体流出を防止したりする観点からは、固定化された形態が好ましい。固定化担体については、球状、円筒状、立方体状、直方体状等の適宜の形状とすることができ、非多孔質としてもよいし、スポンジ状等の多孔質としてもよい。また、固定床については、静置型の濾材及び揺動型の濾材のいずれによるものであってもよい。

40

#### 【 0 0 2 8 】

亜硝酸型硝化反応槽 1 0 には、図 1 に示すように、排水に空気を散気する散気管 1 2 と、散気管 1 2 に空気を送気するブロア 1 3 とが備えられる。ブロア 1 3 が散気管 1 2 に空気を送気し、散気管 1 2 が排水中に空気を散気することで、亜硝酸型硝化反応槽 1 0 の排水が曝気されて溶存酸素濃度が高められるようになっている。排水の溶存酸素濃度を好気条件となる所定濃度範囲に制御することによって、アンモニア態窒素から亜硝酸態窒素までの部分酸化に留めた亜硝酸型硝化反応を行うことが可能である。

#### 【 0 0 2 9 】

50

また、亜硝酸型硝化反応槽 10 には、図 1 に示すように、pH 調整剤を貯留する薬注タンク 15 と、薬注タンク 15 に貯留されている pH 調整剤を排水に供給する薬注ポンプ 16 とを設置することができる。pH 調整剤としては、水酸化ナトリウム等のアルカリ水酸化物や、炭酸ナトリウム等のアルカリ炭酸塩や、炭酸水素ナトリウム等のアルカリ重炭酸塩が用いられる。好ましい pH 調整剤は、アルカリ炭酸塩又はアルカリ重炭酸塩である。このようなアルカリを排水に供給することによって、亜硝酸型硝化反応によって消費されたアルカリ度を回復させることができ、排水の pH を亜硝酸型硝化反応に適した中性から弱アルカリ付近の領域に維持することが可能である。

#### 【0030】

亜硝酸型硝化反応処理では、排水の pH を弱アルカリ付近の領域に維持し、排水を微好気条件として処理を行う。通常、亜硝酸型硝化反応槽 10 において用いられる硝化細菌群は、アンモニア態窒素を亜硝酸態窒素にまで酸化するアンモニア酸化細菌と、亜硝酸態窒素を硝酸態窒素にまで酸化する亜硝酸酸化細菌とを含む嫌気性汚泥の形態を採る。そのため、亜硝酸型硝化反応処理において、排水中のアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとの比率を所定比率にするには、アンモニア態窒素が部分酸化されて生じた亜硝酸態窒素が硝酸態窒素にまで完全酸化されないように、排水の窒素成分濃度や水温に応じて亜硝酸酸化細菌の活性を抑制する制御を行えばよい。具体的には、排水の pH は、少なくとも pH 6 以上 pH 9 以下、好ましくは pH 7 以上 pH 8.2 以下となるように調整し、排水の溶存酸素濃度は、微生物固定化の形態にもよるが、好ましくは 5.0 mg/L 程度以下、より好ましくは 4.0 mg/L 程度以下の微好気条件に制限する。

#### 【0031】

亜硝酸型硝化反応処理は、通常、排水中のアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとの比率が、嫌気性アンモニア酸化反応に必要な約 1 : 1.32 付近の比率となるような滞留時間とし、亜硝酸型硝化反応処理された処理水は、嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 に導入する。なお、このような方法に代えて、排水の一部について亜硝酸型硝化反応槽 10 をバイパスさせる方法を利用することも可能である。具体的には、処理すべき排水の一部については、亜硝酸型硝化反応槽 10 をバイパスさせて、亜硝酸型硝化反応処理に供すること無く通水する一方で、排水の残部については、亜硝酸型硝化反応槽 10 に導入して亜硝酸態窒素までの部分酸化が、例えば導入されたアンモニア態窒素の全量に対して行われるようにし、その後、亜硝酸型硝化反応槽 10 をバイパスさせた排水と、亜硝酸型硝化反応槽 10 において亜硝酸型硝化反応処理された排水とを再混合してから、嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 に移送する形態とすることもできる。すなわち、このときの排水の混合比によって、嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 に移送されるアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとの比率を嫌気性アンモニア酸化反応処理に適した比率に調整することが可能である。

#### 【0032】

嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 は、排水に含まれるアンモニア態窒素のうち、亜硝酸型硝化反応において亜硝酸態窒素に変換されなかったアンモニア態窒素の残部と亜硝酸型硝化反応によって生成した亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換する嫌気性アンモニア酸化反応処理（嫌気性アンモニア酸化反応工程）が行われる反応槽となっている。この嫌気性アンモニア酸化反応処理では、亜硝酸型硝化反応において酸化されなかったアンモニウムイオンを電子供与体とし、亜硝酸型硝化反応によってアンモニウムイオンが部分酸化されて生じた亜硝酸イオンを電子受容体として、前記の式 1 に示される生物学的反応によって、排水中に含まれている窒素成分を分子状窒素に変換して窒素除去する。なお、窒素成分の一部は硝酸（硝酸イオン）に変換されて、未反応のアンモニウムイオンや亜硝酸イオンと共に処理水中に残留することになる。

#### 【0033】

嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 には、嫌気性アンモニア酸化反応を担う嫌気性アンモニア酸化細菌群が保持される。嫌気性アンモニア酸化細菌群は、図 1 においては、浮遊性の固定化担体 120 に固定化されて保持されているが、固定化された形態及び非固定の形

10

20

30

40

50

態のいずれとすることも可能である。また、固定化は、包括固定化、付着固定化及び自己造粒化のいずれによるものでもよく、流動床及び固定床のいずれの形態としてもよい。但し、滞留時間を確保したり、反応槽外への菌体流出を防止したりする観点からは、固定化された形態が好ましい。なお、固定化担体や固定床の形態については、固定化担体 1 1 0 についてと同様である。

#### 【 0 0 3 4 】

嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 には、図 1 に示すように、排水を攪拌する攪拌手段 2 4 が備えられる。攪拌手段 2 4 によって嫌気性アンモニア酸化反応処理される排水が均一化され、p H 勾配等の排水の分布むらが解消されることで窒素除去率がより高められる。なお、攪拌形式は、機械攪拌に限られるものではなく、排水による循環流攪拌や、無酸素ガス等による散気攪拌の形式としてもよい。例えば、嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 を、浮遊担体を上向流によって攪拌するガスリフト型の反応槽や、嫌気性汚泥を上向流によって自己造粒化させる上向流汚泥床型の反応槽等としてもよい。

10

#### 【 0 0 3 5 】

また、嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 には、図 1 に示すように、p H 調整剤を貯留する薬注タンク 2 5 と、薬注タンク 2 5 に貯留されている p H 調整剤を被処理水に供給する薬注ポンプ 2 6 とを設置することができる。p H 調整剤としては、塩酸、硫酸等の非還元性硫黄を含有しない酸、及び、硫化水素水溶液、二酸化硫黄水溶液等の還元性硫黄を含有する酸のいずれを用いることもできる。酸を p H 調整剤として排水に供給することによって、嫌気性アンモニア酸化反応によって消費される水素イオンを補充することができ、排水の p H を、嫌気性アンモニア酸化反応に適した中性から弱アルカリ付近の領域に維持することが可能である。また、還元性硫黄を含有する酸を p H 調整剤として排水に供給することによって、独立栄養的脱窒反応槽 3 0 に導入されることになる排水の還元性硫黄化合物濃度を高めることが可能となるため、独立栄養的脱窒反応処理に関わる薬剤コストを低減することができる。

20

#### 【 0 0 3 6 】

嫌気性アンモニア酸化反応処理では、排水の p H を中性から弱アルカリ付近の領域に維持し、溶存酸素濃度を制限すると共に、嫌気性アンモニア酸化反応を阻害する亜硝酸態窒素を好ましくは 2 5 0 m g / L 以下の範囲に制限して処理を行う。具体的には、排水の p H は、少なくとも p H 6 . 5 以上 p H 9 以下とし、好ましくは p H 7 . 5 以上 p H 8 . 5 以下、より好ましくは p H 7 . 8 以上 p H 8 . 2 以下付近となるように調整する。排水の溶存酸素濃度は、微生物固定化の形態にもよるが 1 . 0 m g / L 未満が好ましく、例えば、窒素ガス等の低酸素濃度ガスの散気や、硫化ナトリウム等の還元剤の添加によって低減することが可能である。還元剤として還元性硫黄化合物を用いると、還元性硫黄化合物の一部が未反応のまま嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 から流出しても、独立栄養的脱窒反応槽 3 0 に導入されることになる排水の還元性硫黄化合物濃度を高める働きをもたらすため、独立栄養的脱窒反応処理に関わる薬剤コストを低減させることが可能である。このようなガスの散気や、還元剤の添加は、亜硝酸型硝化反応槽 1 0 と嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 との間に調整槽を設けて行ってよいし、嫌気性アンモニア酸化反応槽 2 0 において行ってもよい。

30

40

#### 【 0 0 3 7 】

嫌気性アンモニア酸化反応処理は、通常、排水に含まれるアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとが十分に反応し、アンモニウムイオンの消費が略定常状態となるような滞留時間とし、嫌気性アンモニア酸化反応処理された処理水は、独立栄養的脱窒反応槽 3 0 に導入する。この処理水には、嫌気性アンモニア酸化反応において副生成した硝酸イオンが存在している他、嫌気性アンモニア酸化反応において分子状窒素に変換されなかった亜硝酸イオンが残留していることがあるが、亜硝酸イオンや硝酸イオンについては独立栄養的脱窒反応槽 3 0 で除去が可能である。

#### 【 0 0 3 8 】

独立栄養的脱窒反応槽 3 0 は、排水に含まれる亜硝酸態窒素のうち、嫌気性アンモニア

50



酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と嫌気性アンモニア酸化反応によって生成した硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する独立栄養的脱窒反応処理（独立栄養的脱窒反応工程）が行われる反応槽となっている。すなわち、独立栄養的脱窒反応処理では、排水中に残留している亜硝酸イオンや嫌気性アンモニア酸化反応によって生成した硝酸イオンが独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素にまで還元されることで、排水が、嫌気性アンモニア酸化反応に加えて副次的に窒素除去処理されることになる。

#### 【 0 0 3 9 】

独立栄養的脱窒反応槽 30 には、独立栄養的な脱窒反応を担う独立栄養性脱窒細菌群が保持される。独立栄養性脱窒細菌群は、図 1 においては、浮遊性の固定化担体 130 に固定化されて流動床の形態で保持されているが、固定化された形態及び非固定の形態のいずれとすることも可能である。また、固定化は、包括固定化、付着固定化及び自己造粒化のいずれによるものでもよく、流動床及び固定床のいずれの形態としてもよい。但し、滞留時間を確保したり、反応槽外への菌体流出を防止したりする観点からは、固定化された形態が好ましい。なお、固定化担体や固定床の形態については、固定化担体 110 についてと同様である。

10

#### 【 0 0 4 0 】

独立栄養性脱窒細菌群は、例えば、独立栄養性の硫黄脱窒菌を含む組成とされ、嫌気性汚泥の形態を採る。硫黄脱窒菌としては、通性化学独立栄養細菌又は偏性化学独立栄養細菌であり、無酸素条件の下で亜硝酸態窒素や硝酸態窒素を電子受容体として利用して還元性硫黄化合物を酸化することができる硫黄酸化細菌を用いることができる。すなわち、このような硫黄脱窒菌に電子供与体として還元性硫黄化合物を供給することによって、亜硝酸態窒素や硝酸態窒素を分子状窒素にまで還元して窒素除去処理することが可能になる。独立栄養性脱窒細菌群は、炭素源として有機物ではなく無機物を利用するため、メタノール等の有機物を供給すること無く排水処理を行うことができる利点がある。硫黄脱窒菌としては、具体的には、*Thiobacillus denitrificans*、*Thiomicrospira denitrificans*、*Paracoccus denitrificans*等を含む嫌気性汚泥を、還元性硫黄化合物を使用した馴養により得ることが可能である。

20

#### 【 0 0 4 1 】

独立栄養的脱窒反応槽 30 には、図 1 に示すように、被処理水を攪拌する攪拌手段 34 が備えられる。攪拌手段 34 によって独立栄養的脱窒反応処理される排水が均一化されるようになっている。なお、攪拌形式は、機械攪拌に限られるものではなく、排水による循環流攪拌や、無酸素ガス等による散気攪拌の形式としてもよい。例えば、独立栄養的脱窒反応槽 30 を、嫌気性汚泥を上向流によって自己造粒化させる上向流汚泥床型の反応槽等としてもよい。

30

#### 【 0 0 4 2 】

また、独立栄養的脱窒反応槽 30 には、図 1 に示すように、pH 調整剤を貯留する薬注タンク 35 と、薬注タンク 35 に貯留されている pH 調整剤を排水に供給する薬注ポンプ 36 とを設置することができる。pH 調整剤としては、水酸化ナトリウム等のアルカリ水酸化物や、炭酸ナトリウム等のアルカリ炭酸塩や、炭酸水素ナトリウム等のアルカリ重炭酸塩等を用いることができる。好ましい pH 調整剤は、無機炭素源として利用可能なアルカリ炭酸塩又はアルカリ重炭酸塩である。アルカリを pH 調整剤として排水に供給することによって、硫酸等の生成に伴って低下した排水の pH を、独立栄養的脱窒反応に適した中性付近の領域に維持することが可能である。

40

#### 【 0 0 4 3 】

独立栄養的脱窒反応槽 30 には、独立栄養的脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を排水に供給する硫黄供給手段が設置される。なお、図 1 においては、硫黄供給手段は、還元性硫黄化合物を貯留する硫黄供給タンク 37 と、硫黄供給タンク 37 に貯留されている還元性硫黄化合物を排水に供給する硫黄供給ポンプ 38 とによって構成され、還元性硫黄化合物が反応槽外から供給される形態とされている。還元性硫黄化合物を排水

50

に供給すると共に、独立栄養的脱窒反応槽 30 における溶存酸素濃度を低くすると、独立栄養性脱窒細菌群が、還元性硫黄化合物を電子供与体として利用し、排水中に残留している亜硝酸態窒素や硝酸態窒素を分子状窒素にまで還元するため、処理水に残留する窒素成分の濃度はさらに低減し、嫌気性アンモニア酸化反応処理後よりもさらに処理水質を向上させることが可能である。

#### 【0044】

還元性硫黄化合物としては、独立栄養性脱窒細菌群が基質として利用可能な、単体硫黄（元素硫黄）や、硫化ナトリウム、硫化カリウム等の硫化物や、亜硫酸ナトリウム、亜硫酸カルシウム等の亜硫酸塩や、次亜硫酸ナトリウム等の次亜硫酸塩や、チオ硫酸ナトリウム等のチオ硫酸塩等の各種の還元性化合物を用いることができる。このような還元性硫黄化合物は、その種類に応じて、粉状体、粒状体及び溶液のいずれの形態で供給してもよい。

10

#### 【0045】

また、硫黄供給手段は、還元性硫黄化合物を反応槽外から供給する形態に代えて、還元性硫黄化合物を含有する硫黄含有固形体を反応槽内に浸漬させて、排水に還元性硫黄化合物を直接供給する形態とすることもできる。硫黄含有固形体としては、固形成形物である硫黄含有資材や、天然の硫黄鉱物を用いることができる。硫黄含有資材としては、具体的には、粉末状の還元性硫黄化合物とその他の結着剤化合物等とを混合し、適宜の形状に成形した成形物が挙げられ、例えば、粉末状の元素硫黄と炭酸カルシウムとを混合してペレット状に圧縮成形した成形物を好適に用いることができる。還元性硫黄化合物が酸化されて生じる硫酸イオンの電荷をカルシウムイオンによって中和できるため、排水処理をより安定化させることが可能である。また、硫黄鉱物としては、具体的には、自然硫黄、硫化鉱物等を用いることができる。こうした硫黄含有固形体は、独立栄養性脱窒細菌群を付着固定化させる固定床として利用できる他、還元性硫黄化合物の薬注の管理が省略化される利点がある。

20

#### 【0046】

独立栄養的脱窒反応処理では、排水の pH を中性付近の領域に維持し、溶存酸素濃度を制限して処理を行う。具体的には、排水の pH は、pH 6 以上 pH 9 以下とし、好ましくは pH 7 以上 pH 8 以下となるように調整する。また、排水の溶存酸素濃度は、好ましくは  $1.0 \text{ mg/L}$  以下、より好ましくは  $0.3 \text{ mg/L}$  以下に調整する。還元性硫黄化合物を硫黄供給手段によって反応槽外から排水に供給する形態では、還元性硫黄化合物の供給を、一定時間間隔で定期的に行ってよいし、排水中の窒素成分濃度を計測して、窒素成分濃度の高低に応じて適量が供給されるように不定期に行ってもよい。また、還元性硫黄化合物の供給量は、例えば、硝酸態窒素に対して反応当量となる量、排水の pH が一定化する量等の適宜の量とすることができる。そして、独立栄養的脱窒反応処理された処理水は、排水処理装置 1 から外部へ排水される。

30

#### 【0047】

以上の第 1 実施形態に係る排水処理装置又は排水処理方法によれば、嫌気性アンモニア酸化反応処理の後に独立栄養的脱窒反応処理が行われることによって、嫌気性アンモニア酸化反応によって窒素除去処理後に残留する亜硝酸イオンや硝酸イオンを副次的に窒素除去処理することが可能となるため、処理水の窒素成分の濃度をより低減し、嫌気性アンモニア酸化反応処理のみの処理と比較して処理水質を向上させることができる。また、通常、従属栄養性細菌による従属栄養的脱窒反応によって窒素除去処理を行う場合には、窒素処理量の凡そ 3 倍量のメタノール等の有機物を供給する必要があるところ、独立栄養的脱窒反応処理では、独立栄養性の脱窒細菌群を利用しているため、電子供与体として有機物を供給する必要が無く、薬剤コストや BOD を低く抑えることが可能である。また、独立栄養性脱窒細菌群は、従属栄養性細菌と比較して、汚泥生成量が少ないため、副次的な窒素除去処理を行うために反応槽が付加されるにもかかわらず、余剰汚泥量が大きく増大することが無く、廃棄物量や運転コストを抑制することができる。

40

#### 【0048】

50

また、第 1 実施形態に係る排水処理装置又は排水処理方法では、亜硝酸型硝化反応が行われる反応槽と、嫌気性アンモニア酸化反応が行われる反応槽と、独立栄養的な脱窒反応が行われる反応槽とが、それぞれ別体の反応槽とされるため、排水の水温や窒素負荷の変動に対して、各生物学的処理を個別に管理することができ、排水処理を安定化させ易い利点がある。さらに、排水の水温や窒素負荷の変動によって亜硝酸型硝化反応処理や嫌気性アンモニア酸化反応処理が不安定となる場合にも、独立栄養的脱窒反応処理の運転条件次第で、亜硝酸態窒素や硝酸態窒素については確実に除去することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

[ 変形例 ]

なお、前記の第 1 実施形態に係る排水処理装置 1 は、図 1 に示すワンパスの構成に代えて、独立栄養的脱窒反応槽 30 の出口と嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 の入口と、又は、独立栄養的脱窒反応槽 30 の出口と亜硝酸型硝化反応槽 10 と嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 との間に設けられる調整槽と、を返送配管で接続して循環流路を形成して、独立栄養的脱窒反応槽 30 における処理水の一部を嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 に返送する構成としてもよい。このようにして独立栄養的脱窒反応槽 30 における処理水を返送する運転を行うことによって、嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 に対する窒素負荷を適宜調整することができる。また、溶存酸素濃度が低い排水と共に、独立栄養的脱窒反応槽 30 において供給された還元性硫黄化合物の余剰分を返送させることができるため、嫌気性アンモニア酸化反応槽 20 に導入される排水の溶存酸素濃度を効率的に低下させることもできる。独立栄養的脱窒反応槽 30 における処理水の返送と併せて、亜硝酸型硝化反応処理において亜硝酸イオンの生成を微増させた運転を行うことで、アンモニア態窒素をより確実に除去する処理を行うことも可能である。

【 0 0 5 0 】

[ 第 2 実施形態 ]

次に、本発明の第 2 実施形態に係る排水処理装置及び排水処理方法について説明する。

【 0 0 5 1 】

図 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る排水処理装置の概略構成を示す図である。

【 0 0 5 2 】

図 2 に示すように、第 2 実施形態に係る排水処理装置 2 は、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽 40 と、独立栄養的脱窒反応槽 30 とをこの順に直列的な配列で備えている。第 2 実施形態に係る排水処理装置 2 は、アンモニア態窒素を含有する窒素含有排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置であり、亜硝酸型硝化反応が行われる反応槽と嫌気性アンモニア酸化反応が行われる反応槽とが一体の反応槽（単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽 40）とされる一方で、独立栄養的な脱窒反応が行われる反応槽が別体の反応槽（独立栄養的脱窒反応槽 30）とされた構成を有している。

【 0 0 5 3 】

排水処理装置 2 では、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽 40 及び独立栄養的脱窒反応槽 30 の各反応槽には、被処理水としての排水が順次導入され、各反応槽毎に管理された反応条件の下で微生物による生物学的処理が行われる。すなわち、排水処理装置 2 は、単槽式嫌気性アンモニア酸化工程及び独立栄養的脱窒反応工程の各工程を各別の反応槽において順次行う排水処理方法（第 2 実施形態に係る排水処理方法）が好適に行われる装置となっている。これらの各反応槽は、槽型及びタンク型のいずれの形態としてもよく、また、SBR 処理型の反応槽及び連続処理型の反応槽のいずれの運転方式を採用することも可能である。

【 0 0 5 4 】

単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽 40 は、排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を亜硝酸型硝化反応によって亜硝酸態窒素に変換すると共に、排水に含まれるアンモニア態窒素のうち、亜硝酸型硝化反応において亜硝酸態窒素に変換されなかったアンモニア態窒素の残部と亜硝酸型硝化反応によって生成した亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化

反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換する単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理（単槽式嫌気性アンモニア酸化反応工程）が行われる反応槽となっている。単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理は、例えば、嫌気性アンモニア酸化細菌群による生物学的処理を、低酸素濃度に制限した曝気の下で行う方法（CANON法）、硝化細菌群による生物学的処理を、低酸素濃度の条件に制限して行う方法（OLAND法）、固定化担体の内部に嫌気性アンモニア酸化細菌群を固定化し、固定化担体の表面に硝化細菌群を付着させて行う方法（SNAP法）等の適宜の運転方法を利用して行うことができる。

#### 【0055】

単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽40には、亜硝酸型硝化反応に関与する硝化細菌群と嫌気性アンモニア酸化反応に関与する嫌気性アンモニア酸化細菌群とが保持される。図2においては、硝化細菌群と嫌気性アンモニア酸化細菌群とは、浮遊性の固定化担体140に固定化されて流動床の形態で保持されているが、固定化は、包括固定化及び付着固定化のいずれによるものでもよく、流動床及び固定床のいずれの形態としてもよい。但し、硝化細菌群と嫌気性アンモニア酸化細菌群との共生は維持し難いため、馴養期間をとって付着固定化させるのが好ましい。固定化担体や固定床の形態については、固定化担体110についてと同様であるが、SNAP法による場合は、多孔質で立体的な形状を有する担体が好ましい。

10

#### 【0056】

単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽40には、図2に示すように、排水に空気を散気する散気管42と、散気管42に空気を送気するブロア43とが備えられる。単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽40は、縦円筒状タンク型の反応槽とし、散気管42を底部に配設することによってガスリフト型の反応槽としてもよい。ガスリフト型の反応槽とすることによって、酸素の気液物質移動が律速段階となり、処理が不安定化するのを抑制することができる。

20

#### 【0057】

また、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽40には、図2に示すように、pH調整剤を貯留する薬注タンク45と、薬注タンク45に貯留されているpH調整剤を排水に供給する薬注ポンプ46とを設置することができる。pH調整剤としては、水酸化ナトリウム等のアルカリ水酸化物や、炭酸ナトリウム等のアルカリ炭酸塩や、炭酸水素ナトリウム等のアルカリ重炭酸塩や、塩酸、硫酸等の非還元性硫黄を含有しない酸や、硫化水素水溶液、二酸化硫黄水溶液等の還元性硫黄を含有する酸等が用いられる。アルカリや酸を排水に供給することによって、排水のpHを、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応に適した弱アルカリ付近の領域に維持することが可能である。また、還元性硫黄を含有する酸をpH調整剤として排水に供給することによって、独立栄養的脱窒反応槽30に導入されることになる排水の還元性硫黄化合物濃度を高めることが可能となるため、独立栄養的脱窒反応処理に関わる薬剤コストを低減することができる。

30

#### 【0058】

単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理では、排水のpHを弱アルカリ付近の領域に維持し、溶存酸素濃度を制限して処理を行う。具体的には、排水のpHは、pH7.5以上pH9以下、好ましくはpH7.5以上pH8以下付近となるように調整する。排水の溶存酸素濃度は、排水中に含まれるアンモニア態窒素濃度等を計測し、少なくとも4.0mg/L以下の範囲として亜硝酸酸化を抑制しつつ、窒素負荷や窒素除去率に応じて亜硝酸型硝化反応と嫌気性アンモニア酸化反応とを制御すればよい。

40

#### 【0059】

単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理は、通常、排水に含まれるアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとが十分に反応し、アンモニウムイオンの消費が略定常状態となるような滞留時間とし、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理後には、その処理水を独立栄養的脱窒反応槽30に導入する。この排水には、嫌気性アンモニア酸化反応において副生成した硝酸イオンが存在している他、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応において窒素ガスや硝酸イオンに変換されなかったアンモニウムイオンや亜硝酸イオンが二槽式と比較して多量に残

50

留することもあるが、亜硝酸イオンや硝酸イオンについては独立栄養的脱窒反応槽 30 で除去が可能である。

【0060】

独立栄養的脱窒反応槽 30 は、第 1 実施形態に係る排水処理装置 1 に備えられるものと同様に、排水に含まれる亜硝酸態窒素のうち、嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と嫌気性アンモニア酸化反応によって生成した硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する独立栄養的脱窒反応処理（独立栄養的脱窒反応工程）が行われる反応槽となっている。独立栄養的脱窒反応処理は、通常、排水に含まれる亜硝酸イオンと硝酸イオンとを十分に脱窒処理し得るような滞留時間とし、独立栄養的脱窒反応処理された処理水は、排水処理装置 2 から外部へ排水される。

10

【0061】

以上の第 2 実施形態に係る排水処理装置又は排水処理方法によれば、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理の後に独立栄養的脱窒反応処理が行われることによって、嫌気性アンモニア酸化反応によって窒素除去処理した後に、残留する亜硝酸イオンや硝酸イオンを副次的に窒素除去処理することが可能となるため、処理水の窒素成分の濃度をより低減し、嫌気性アンモニア酸化反応処理のみの処理と比較して処理水質を向上させることができる。また、独立栄養的脱窒反応処理では、独立栄養性の脱窒細菌群を利用するため、電子供与体として有機物を供給する必要が無く、薬剤コストや BOD を低く抑えることが可能である。また、副次的な窒素除去処理を行うために反応槽が付加されるにもかかわらず、余剰汚泥量が大きく増大することが無く、廃棄物量や運転コストを抑えることができる。

20

【0062】

また、第 2 実施形態に係る排水処理装置又は排水処理方法では、亜硝酸型硝化反応が行われる反応槽と嫌気性アンモニア酸化反応が行われる反応槽とが一体の反応槽とされるため、排水処理装置の小型化を図ることができる。その一方で、独立栄養的な脱窒反応が行われる反応槽は別体の反応槽とされるため、一槽型嫌気性アンモニア酸化反応処理で残留した窒素成分を確実に窒素除去処理することが可能である。すなわち、一槽型嫌気性アンモニア酸化反応処理が不安定となる場合にも、独立栄養的脱窒反応処理の運転条件によっては、亜硝酸態窒素や硝酸態窒素について確実に除去することができる。また、一槽型嫌気性アンモニア酸化反応については、必ずしも厳密に制御する必要が無く、アンモニウムイオンと亜硝酸イオンとの比率が亜硝酸イオン過剰となるように幅を持たせて運転することも可能になる。

30

【0063】

[第 3 実施形態]

次に、本発明の第 3 実施形態に係る排水処理装置及び排水処理方法について説明する。

【0064】

図 3 は、本発明の第 3 実施形態に係る排水処理装置の概略構成を示す図である。

【0065】

図 3 に示すように、第 3 実施形態に係る排水処理装置 3 は、脱窒反応槽（単槽式脱窒反応槽）50 を生物学的処理を行う単槽式の反応槽として備えている。第 3 実施形態に係る排水処理装置 3 は、アンモニア態窒素を含有する窒素含有排水を嫌気性アンモニア酸化反応を利用して生物学的に窒素除去処理する排水処理装置であり、亜硝酸型硝化反応が行われる反応槽と嫌気性アンモニア酸化反応が行われる反応槽と独立栄養的な脱窒反応が行われる反応槽とが一体の反応槽（単槽式脱窒反応槽 50）とされた構成を有している。

40

【0066】

排水処理装置 3 は、単槽式脱窒反応工程を単槽の反応槽において行う排水処理方法（第 3 実施形態に係る排水処理方法）が好適に行われる装置となっている。この反応槽は、槽型及びタンク型のいずれの形態としてもよく、また、SBR 処理型の反応槽及び連続処理型の反応槽のいずれの運転方式を採用することも可能である。

【0067】

単槽式脱窒反応槽 50 は、排水に含まれるアンモニア態窒素の一部を亜硝酸型硝化反応

50

によって亜硝酸態窒素に変換すると共に、排水に含まれるアンモニア態窒素のうち、亜硝酸型硝化反応において亜硝酸態窒素に変換されなかったアンモニア態窒素の残部と亜硝酸型硝化反応によって生成した亜硝酸態窒素とを、嫌気性アンモニア酸化反応によって分子状窒素と硝酸態窒素とに変換し、且つ、排水に含まれる亜硝酸態窒素のうち、嫌気性アンモニア酸化反応後に残留している亜硝酸態窒素と嫌気性アンモニア酸化反応によって生成した硝酸態窒素とを、独立栄養的な脱窒反応によって分子状窒素に変換する単槽式脱窒反応処理（単槽式脱窒反応工程）が行われる反応槽となっている。

#### 【 0 0 6 8 】

単槽式脱窒反応槽 5 0 には、亜硝酸型硝化反応に関与する硝化細菌群と嫌気性アンモニア酸化反応に関与する嫌気性アンモニア酸化細菌群と独立栄養的な脱窒反応に関与する独立栄養性脱窒細菌群とが保持される。図 3 においては、硝化細菌群と嫌気性アンモニア酸化細菌群と独立栄養性脱窒細菌群とは、浮遊性の固定化担体 1 5 0 に固定化されて流動床の形態で保持されているが、固定化は、包括固定化及び付着固定化のいずれによるものでもよく、流動床及び固定床のいずれの形態としてもよい。但し、硝化細菌群と嫌気性アンモニア酸化細菌群との共生は維持し難いため、馴養期間をとって付着固定化させるのが好ましい。固定化担体や固定床の形態については、固定化担体 1 1 0 についてと同様であるが、S N A P 法による場合は、多孔質で立体的な形状を有する担体が好ましい。

#### 【 0 0 6 9 】

単槽式脱窒反応槽 5 0 には、図 3 に示すように、排水に空気を散気する散気管 5 2 と、散気管 5 2 に空気を送気するブローア 5 3 とが備えられる。単槽式脱窒反応槽 5 0 は、縦円筒状タンク型の反応槽とし、散気管 5 2 を底部に配設することによってガスリフト型の反応槽としてもよい。ガスリフト型の反応槽とすることによって、酸素の気液物質移動が律速段階となり、処理が不安定化するのを抑制することができる。

#### 【 0 0 7 0 】

また、単槽式脱窒反応槽 5 0 には、図 3 に示すように、p H 調整剤を貯留する薬注タンク 5 5 と、薬注タンク 5 5 に貯留されている p H 調整剤を排水に供給する薬注ポンプ 5 6 とを設置することができる。p H 調整剤としては、水酸化ナトリウム等のアルカリ水酸化物や、炭酸ナトリウム等のアルカリ炭酸塩や、炭酸水素ナトリウム等のアルカリ重炭酸塩や、塩酸、硫酸等の非還元性硫黄を含有しない酸や、硫化水素水溶液、二酸化硫黄水溶液等の還元性硫黄を含有する酸等が用いられる。アルカリや酸を排水に供給することによって、排水の p H を、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応に適した弱アルカリ付近の領域に維持することが可能である。また、還元性硫黄を含有する酸を p H 調整剤として排水に供給することによって、排水の還元性硫黄化合物濃度を高めることが可能となるため、薬剤コストを低減することができる。

#### 【 0 0 7 1 】

また、単槽式脱窒反応槽 5 0 には、独立栄養的脱窒反応の電子供与体として働く還元性硫黄化合物を排水に供給する硫黄供給手段が設置される。なお、図 3 においては、硫黄供給手段は、還元性硫黄化合物を貯留する硫黄供給タンク 5 7 と、硫黄供給タンク 5 7 に貯留されている還元性硫黄化合物を排水に供給する硫黄供給ポンプ 5 8 とによって構成され、還元性硫黄化合物が反応槽外から供給される形態とされている。硫黄供給手段の形態については、排水処理装置 1 においてと同様のものを適用することができる。図 3 の硫黄供給タンク 5 7 と硫黄供給ポンプ 5 8 とに代えて、硫黄含有固形体を排水に浸漬させると共に、その硫黄含有固形体に独立栄養性脱窒細菌群を付着固定させて運転する形態を採ることもできる。これによって、特に独立栄養性脱窒細菌群による活性を安定的に維持させることが可能になる。このとき、循環流が形成され易くなるように硫黄含有固形体によってガスリフト管形状を形成させてもよい。

#### 【 0 0 7 2 】

単槽式脱窒反応処理では、排水の p H を弱アルカリ付近の領域に維持し、溶存酸素濃度を制限して処理を行う。具体的には、排水の p H は、p H 7 . 5 以上 p H 9 以下、好ましくは p H 7 . 5 以上 p H 8 以下付近となるように調整する。排水の溶存酸素濃度は、排水

10

20

30

40

50

中に含まれるアンモニア態窒素濃度等を計測し、少なくとも  $4.0 \text{ mg/L}$  以下の範囲として亜硝酸酸化を抑制しつつ、窒素負荷や窒素除去率に応じて亜硝酸型硝化反応と嫌気性アンモニア酸化反応とを制御すればよい。微生物固定化の形態にもよるが、独立栄養的な脱窒反応による窒素除去速度を確保する観点からは、溶存酸素濃度は、 $1.0 \text{ mg/L}$  以下の範囲に制限することが好ましく、 $0.5 \text{ mg/L}$  以下の範囲に制限することがより好ましい。単槽式脱窒反応処理は、通常、還元性硫黄化合物の供給により、排水に含まれる硝酸イオンを十分に脱窒処理し得るような滞留時間とし、単槽式脱窒反応処理された処理水は、排水処理装置 3 から外部へ排水される。

#### 【0073】

以上の第3実施形態に係る排水処理装置又は排水処理方法によれば、単槽式脱窒反応処理において、嫌気性アンモニア酸化反応によって窒素除去処理した後に残留する亜硝酸イオンや硝酸イオンを副次的に窒素除去処理することが可能となるため、処理水の窒素成分の濃度をより低減し、嫌気性アンモニア酸化反応処理のみの処理と比較して処理水質を向上させることができる。また、単槽式脱窒反応処理では、独立栄養性脱窒細菌群を利用するため、電子供与体として有機物を供給する必要が無く、薬剤コストやBODを低く抑えることが可能である。また、独立栄養性脱窒細菌群は、汚泥生成量が少ないため、廃棄物量や運転コストを抑えることができる。

#### 【0074】

また、第3実施形態に係る排水処理装置又は排水処理方法では、亜硝酸型硝化反応が行われる反応槽と嫌気性アンモニア酸化反応が行われる反応槽と独立栄養的な脱窒反応が行われる反応槽とが一体の反応槽とされているため、排水処理装置のさらなる小型化を図ることができる。また、単槽式脱窒反応においては、曝気量と硫黄供給量とによって、亜硝酸イオン濃度や硝酸イオン濃度を制御することが可能である。そのため、亜硝酸型硝化反応については、必ずしも厳密に制御する必要が無く、アンモニウムイオンと亜硝酸イオンとの比率が亜硝酸イオン過剰となるように幅を持たせて運転したり、亜硝酸酸化反応の抑制を緩和して運転することもできる。

#### 【実施例】

#### 【0075】

以下、本発明の実施例を用いて本発明をより詳細に説明するが、本発明の技術的範囲はこれに限定されるものではない。

#### 【0076】

#### 〔実施例1〕

実施例1として、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素とを含有する排水を嫌気性アンモニア酸化反応処理に供した後に独立栄養的脱窒反応処理に供し、その処理水質について評価した。なお、この実施例1は、図1に示す第1実施形態に係る排水処理装置や排水処理方法を模擬したものである。

#### 【0077】

嫌気性アンモニア酸化反応処理槽には、窒素成分としてアンモニウムイオンと亜硝酸イオンとを含有し、アンモニウムイオン濃度が  $155 \text{ mg-N/L}$ 、亜硝酸イオン濃度が  $202 \text{ mg-N/L}$  であり、水温が  $30^\circ\text{C}$  である排水（原水）を通水して嫌気性アンモニア酸化反応処理を行った。続いて、嫌気性アンモニア酸化反応処理後の処理水を独立栄養的脱窒反応槽に通水した。独立栄養的脱窒反応槽においては、S/N比で1倍量以上となる還元性硫黄化合物を排水に添加し、排水のpHは中性付近となるように調整して独立栄養的脱窒反応処理を行った。そして、これら嫌気性アンモニア酸化反応処理及び独立栄養的脱窒反応処理による連続処理によって得られた処理水について窒素濃度を計測した。

#### 【0078】

図4は、本発明の実施例1に係る排水処理方法によって処理された排水の窒素濃度を示す図である。

#### 【0079】

図4において、縦軸は排水に含まれている各窒素成分の濃度（窒素濃度（ $\text{mg-N/L}$ ）

10

20

30

40

50

))を示している。なお、図4には、処理前の排水(原水)の窒素濃度と、嫌気性アンモニア酸化反応処理の後に独立栄養的脱窒反応処理を行わなかった対照の排水(比較例1)の窒素濃度を併せて示している。

#### 【0080】

図4に示すように、比較例1では、嫌気性アンモニア酸化反応処理を行うことによって、アンモニウムイオン濃度が4 mg - N / L、亜硝酸イオン濃度が3 mg - N / L、硝酸イオン濃度が40 mg - N / Lの処理水が得られており、処理水中には、亜硝酸イオンが一部残留すると共に、副生成した硝酸イオンが多量に残留していることが分かる。これに対して、実施例1では、嫌気性アンモニア酸化反応処理の後に独立栄養的脱窒反応処理をさらに行うことによって、アンモニウムイオン濃度が4 mg - N / L、亜硝酸イオン濃度が略0 mg - N / L、硝酸イオン濃度が6 mg - N / Lの処理水が得られている。このように、独立栄養性脱窒細菌群を利用した副次的な窒素除去処理を行うことで、亜硝酸イオンや硝酸イオンの残留が略無くなり、嫌気性アンモニア酸化反応処理後に残留する窒素成分の約80%程度を除去する高い窒素除去率が達成されており、高水準の処理水質を実現可能であることが確認できる。

#### 【0081】

##### [実施例2]

実施例2として、アンモニア態窒素と硝酸態窒素とを含有する排水を単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理に供した後に独立栄養的脱窒反応処理に供し、その処理水質について評価した。なお、この実施例2は、図2に示す第2実施形態に係る排水処理装置や排水処理方法を模擬したものである。

#### 【0082】

単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理槽には、窒素成分としてアンモニウムイオンと硝酸イオンとを含有し、アンモニウムイオン濃度が16 mg - N / L、硝酸イオン濃度が3 mg - N / Lであり、水温が20℃である排水(原水)を通水して単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理を行った。続いて、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理後の処理水を独立栄養的脱窒反応槽に通水した。独立栄養的脱窒反応槽においては、S / N比で1倍量以上となる還元性硫黄化合物を排水に添加し、排水のpHは中性付近となるように調整して独立栄養的脱窒反応処理を行った。そして、これら単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理及び独立栄養的脱窒反応処理による連続処理によって得られた処理水について窒素濃度を計測した。

#### 【0083】

図5は、本発明の実施例2に係る排水処理方法によって処理された排水の窒素濃度を示す図である。

#### 【0084】

図5において、縦軸は排水に含まれている各窒素成分の濃度(窒素濃度(mg - N / L))を示している。なお、図5には、処理前の排水(原水)の窒素濃度と、嫌気性アンモニア酸化反応処理の後に独立栄養的脱窒反応処理を行わなかった対照の排水(比較例2)の窒素濃度を併せて示している。

#### 【0085】

図5に示すように、比較例2では、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理を行うことによって、アンモニウムイオン濃度が2 mg - N / L、亜硝酸イオン濃度が2 mg - N / L、硝酸イオン濃度が4 mg - N / Lの処理水が得られており、処理水中には、アンモニアイオンや亜硝酸イオンが一部残留すると共に、硝酸イオンが多量に残留していることが分かる。これに対して、実施例2では、単槽式嫌気性アンモニア酸化反応処理の後に独立栄養的脱窒処理をさらに行うことによって、アンモニウムイオン濃度が2 mg - N / L、亜硝酸イオン濃度が略0 mg - N / L、硝酸イオン濃度が略0 mg - N / Lの処理水が得られている。このように、独立栄養性脱窒細菌群を利用した副次的な窒素除去処理を行うことで、亜硝酸イオンや硝酸イオンの残留が略無くなり、嫌気性アンモニア酸化反応処理後に残留する窒素成分の約75%程度を除去する高い窒素除去率が達成されており、高水



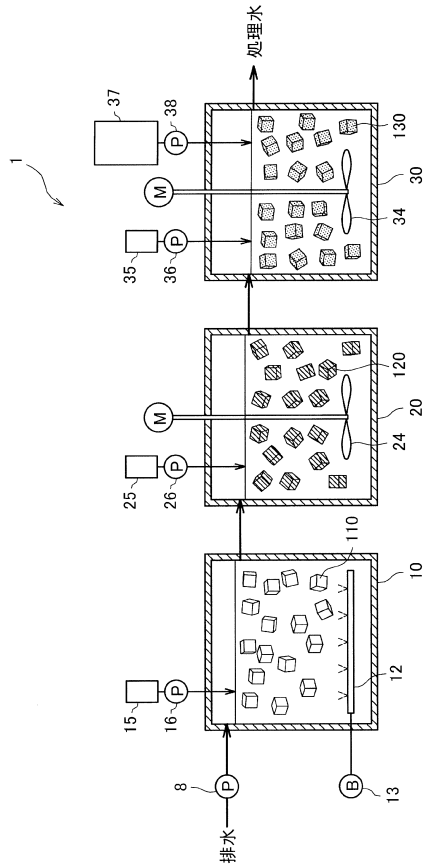
準の処理水質を実現可能であることが確認できる。

【符号の説明】

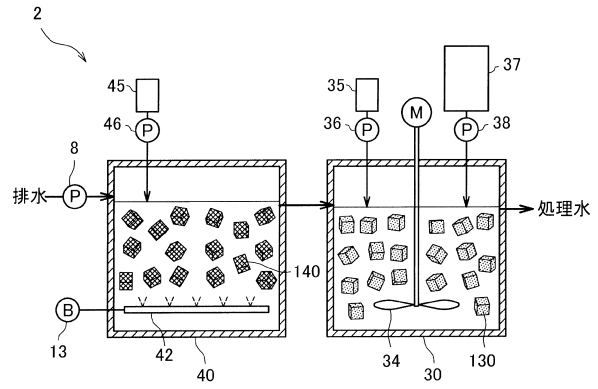
【 0 0 8 6 】

1	排水処理装置	
2	排水処理装置	
3	排水処理装置	
8	原水ポンプ	
1 0	亜硝酸型硝化反応槽	
1 2	散気管	
1 3	ブローア	10
1 5	薬注タンク	
1 6	薬注ポンプ	
2 0	嫌気性アンモニア槽	
2 4	攪拌手段	
2 5	薬注タンク	
2 6	薬注ポンプ	
3 0	独立栄養性脱窒槽	
3 4	攪拌手段	
3 5	薬注タンク	
3 6	薬注ポンプ	20
3 7	硫黄供給タンク	
3 8	硫黄供給ポンプ	
4 0	単槽式嫌気性アンモニア酸化反応槽	
4 2	散気管	
4 3	ブローア	
4 5	薬注タンク	
4 6	薬注ポンプ	
5 0	単槽式脱窒反応槽	
5 2	散気管	
5 3	ブローア	30
5 5	薬注タンク	
5 6	薬注ポンプ	
5 7	硫黄供給タンク	
5 8	硫黄供給ポンプ	
1 1 0	固定化担体	
1 2 0	固定化担体	
1 3 0	固定化担体	
1 4 0	固定化担体	
1 5 0	固定化担体	

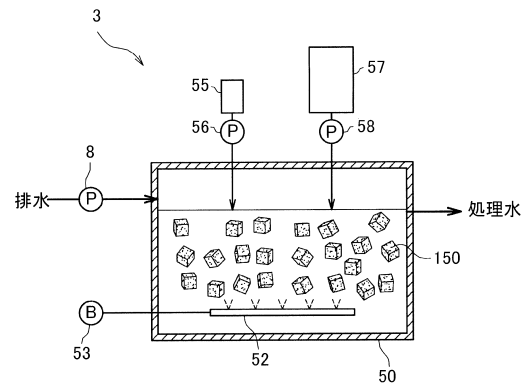
【図 1】



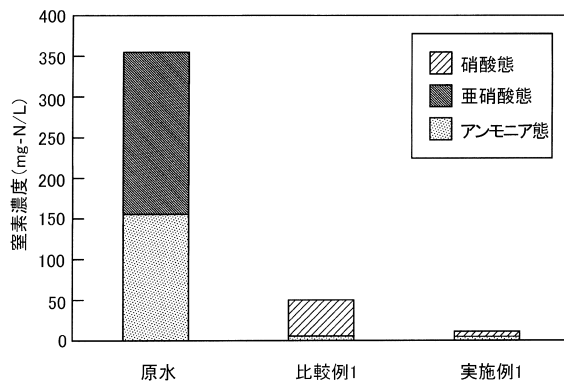
【図 2】



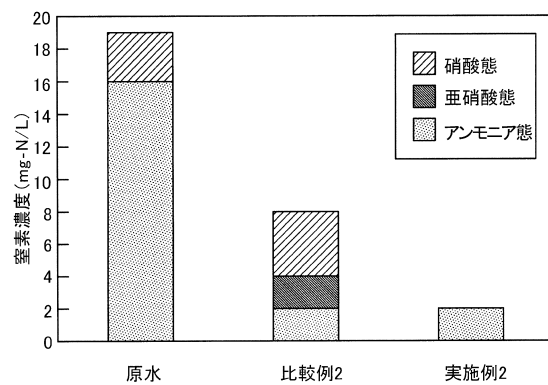
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-126886(JP,A)  
特開2007-190491(JP,A)  
特開2006-272177(JP,A)  
特開2008-296164(JP,A)  
特表2008-518753(JP,A)  
特開2003-033789(JP,A)  
特開2005-305410(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C02F 3/00-3/34