

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3937664号  
(P3937664)

(45) 発行日 平成19年6月27日(2007.6.27)

(24) 登録日 平成19年4月6日(2007.4.6)

(51) Int. Cl.

F I

C O 2 F 3/34 (2006.01)

C O 2 F 3/34 1 O 1 B

C O 2 F 3/30 (2006.01)

C O 2 F 3/30 A

請求項の数 5 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平11-290055  
 (22) 出願日 平成11年10月12日(1999.10.12)  
 (65) 公開番号 特開2001-104992(P2001-104992A)  
 (43) 公開日 平成13年4月17日(2001.4.17)  
 審査請求日 平成17年3月16日(2005.3.16)

(73) 特許権者 000001063  
 栗田工業株式会社  
 東京都新宿区西新宿3丁目4番7号  
 (74) 代理人 100067839  
 弁理士 柳原 成  
 (72) 発明者 石田 浩昭  
 東京都新宿区西新宿3丁目4番7号 栗田  
 工業株式会社内  
 (72) 発明者 今城 麗  
 東京都新宿区西新宿3丁目4番7号 栗田  
 工業株式会社内

審査官 伊藤 紀史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 生物学的窒素除去方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アンモニア性窒素を含む原水を、好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させ、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する亜硝酸化工程、

亜硝酸化工程で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去するBOD除去工程、および

BOD除去装置で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う脱窒工程

を有する生物学的窒素除去方法。

【請求項2】

アンモニア性窒素を含む原水を導入し、好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させ、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する亜硝酸化装置、

亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去するBOD除去装置、および

BOD除去装置で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う脱窒装置を有する生物学的窒素除去装置。

【請求項3】

下記式〔1〕を満たすように、BOD除去装置に導入される亜硝酸化液量および原水量

10

20

を制御する請求項 2 記載の装置。

$$r = b \cdot N / (a \cdot b \cdot N + b \cdot N + B) \dots [1]$$

(式 [1] 中、 $r$  は BOD 除去装置に導入される亜硝酸化液量と BOD 除去装置に導入される原水量との合計に対する BOD 除去装置に導入される原水量で示される原水導入比、 $N$  は原水のアンモニア性窒素濃度 (mg - N / L)、 $B$  は原水の BOD 濃度 (mg / L)、 $a$  は脱窒装置において反応するアンモニア性窒素濃度 (mg - N / L) と亜硝酸性窒素濃度 (mg - N / L) との比 (亜硝酸性窒素濃度 / アンモニア性窒素濃度) を示す定数であり、 $0.5 \sim 2$  の数、 $b$  は BOD 除去装置において亜硝酸性窒素 1 mg - N / L が脱窒される際に消費される BOD 濃度 (mg / L) を示す定数であり、 $1.5 \sim 7$  の数である。)

10

【請求項 4】

BOD 除去装置と脱窒装置との間に固液分離装置を設けた請求項 2 または 3 記載の装置。

【請求項 5】

固液分離装置で分離された汚泥を BOD 除去装置または亜硝酸化装置に戻す請求項 4 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はアンモニア性窒素を含む排水を生物学的に浄化する生物学的窒素除去方法および装置に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

排水中に含まれるアンモニア性窒素は河川、湖沼および海洋などにおける富栄養化の原因物質の一つであり、排水処理工程で効率的に除去されることが望まれる。一般に、排水中のアンモニア性窒素は硝化と脱窒の 2 段階の生物反応によって窒素ガスにまで分解される。具体的には、硝化工程ではアンモニア性窒素は好気条件で独立栄養性細菌であるアンモニア酸化細菌によって亜硝酸性窒素に酸化され、この亜硝酸性窒素が独立栄養性細菌である亜硝酸酸化細菌によって硝酸性窒素に酸化される。次に脱窒工程ではこれらの亜硝酸性窒素および硝酸性窒素は嫌気条件下で、従属栄養性細菌である脱窒菌により、有機物を電

30

【0003】

このような従来の生物学的窒素除去では、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素および硝酸性窒素に酸化する硝化工程では多量の酸素が必要であり、また従属栄養性細菌である脱窒菌を利用する脱窒工程では、電子供与体としてメタノールなどの有機物を多量に添加する必要があるので、ランニングコストを増加させている。

【0004】

ところで、近年、嫌気条件下でアンモニア性窒素を電子供与体、硝酸性窒素を電子受容体として両者を反応させ、窒素ガスを生成することができる独立栄養性の微生物群を利用した新しい窒素処理技術の開発が進められている (例えば特表平 3 - 501099 号)。この方法ではアンモニア性窒素を含む原水に硝酸性窒素を添加して上記微生物群と接触させることにより、アンモニア性窒素と硝酸性窒素とを反応させ窒素ガスとして除去している。また特開平 8 - 192185 号ではアンモニア性窒素を含む原水を硝化槽で部分的に硝化して、アンモニア性窒素の一部を残留させ、残部を亜硝酸性窒素と硝酸性窒素に酸化し、これを脱窒槽において上記微生物群と接触させることにより、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素および硝酸性窒素とを反応させて除去している。

40

しかしながら、このような硝酸性窒素を電子受容体とする微生物を通常の排水処理系から採取するのは困難である。また亜硝酸性窒素を硝酸性窒素に酸化するためには多量の酸素を必要とし、処理コストが高くなるという問題点がある。

【0005】

50

一方、このような微生物群と類似の微生物群として、亜硝酸性窒素を電子受容体とする微生物群を利用する処理技術が知られている（FEMS Microbiology Letters, 16(1995), p177-184およびWat. Res., 31(1997), p1955-1962）。この方法はアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素とを上記微生物群と接触させることにより反応させて、窒素ガスとして除去しようとするものである。ここでは亜硝酸性窒素としては亜硝酸塩添加の例が示されているが、アンモニア性窒素を部分的に硝化する方法も示唆されている。しかしアンモニア性窒素を含む原水を部分的に硝化すると、残留するアンモニア性窒素と酸化された亜硝酸性窒素の比率を一定に保つことが困難である。また硝化により亜硝酸性窒素とともに硝酸性窒素も生成するが、この硝酸性窒素は上記の微生物群により資化されないため処理効率が低下するという問題点がある。

10

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【 発明が解決しようとする課題 】

本発明の課題は、低コストで、しかも容易に高い処理水質が得られる生物学的窒素除去方法を提案することである。

本発明の他の課題は、低コストで、しかも容易に高い処理水質が得られる生物学的窒素除去装置を提供することである。

#### 【 0 0 0 7 】

##### 【 課題を解決するための手段 】

本発明は次の生物学的窒素除去方法および装置である。

( 1 ) アンモニア性窒素を含む原水を、好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させ、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する亜硝酸化工程、

20

亜硝酸化工程で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去するBOD除去工程、および

BOD除去工程で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う脱窒工程

を有する生物学的窒素除去方法。

( 2 ) アンモニア性窒素を含む原水を導入し、好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させ、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する亜硝酸化装置、

亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去するBOD除去装置、および

30

BOD除去装置で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う脱窒装置を有する生物学的窒素除去装置。

( 3 ) 下記式〔 1 〕を満たすように、BOD除去装置に導入される亜硝酸化液量および原水量を制御する上記( 2 )記載の装置。

$$r = b \cdot N / ( a \cdot b \cdot N + b \cdot N + B ) \dots [ 1 ]$$

( 式〔 1 〕中、rはBOD除去装置に導入される亜硝酸化液量とBOD除去装置に導入される原水量との合計に対するBOD除去装置に導入される原水量で示される原水導入比、Nは原水のアンモニア性窒素濃度( mg - N / L )、Bは原水のBOD濃度( mg / L )、aは脱窒装置において反応するアンモニア性窒素濃度( mg - N / L )と亜硝酸性窒素濃度( mg - N / L )との比( 亜硝酸性窒素濃度 / アンモニア性窒素濃度 )を示す定数であり、0.5 ~ 2の数、bはBOD除去装置において亜硝酸性窒素1 mg - N / Lが脱窒される際に消費されるBOD濃度( mg / L )を示す定数であり、1.5 ~ 7の数である。)

40

( 4 ) BOD除去装置と脱窒装置との間に固液分離装置を設けた上記( 2 )または( 3 )記載の装置。

( 5 ) 固液分離装置で分離された汚泥をBOD除去装置または亜硝酸化装置に戻す上記( 4 )記載の装置。

#### 【 0 0 0 8 】

50

本発明において、「脱窒」は特にことわらない限り独立栄養性脱窒菌による脱窒を意味する。

本発明で処理の対象となる原水はアンモニア性窒素を含む原水であり、有機物、亜硝酸性窒素、その他の不純物などを含んでいてもよい。有機性窒素化合物を含む原水は、そのまま本発明に供してもよいが、嫌気性処理または好気性処理などにより有機性窒素化合物をアンモニア性窒素に変換したのち本発明に供してもよい。また硝酸性窒素を含む原水は、硝酸性窒素を還元触媒と接触させるなどの方法により亜硝酸性窒素に還元したのち本発明に供することができる。本発明で処理の対象となる原水の例としては、し尿、下水、食品排水、肥料工場排水などがあげられる。

【0009】

10

本発明の生物学的窒素除去方法は、亜硝酸化工程においてアンモニア性窒素を含む原水を好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させてアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化し、BOD除去工程において亜硝酸化液とアンモニア性窒素を含む原水とを導入して脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去し、脱窒工程において脱BOD処理液を嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させて脱窒を行う。

【0010】

亜硝酸化工程では、原水中のほぼ全部のアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化し、アンモニア性窒素を実質的に残留させず、また硝酸性窒素が実質的に生成しないように酸化を行う。アンモニア性窒素が残留しないようにするためには、アンモニア性窒素が酸化されるのに必要な酸素供給量と滞留時間とする。また硝酸性窒素が生成しないようにするためには、亜硝酸酸化細菌の増殖を阻害する環境下で亜硝酸化を行えばよい。

20

【0011】

このような環境としてはpH5～9、好ましくは6～8、亜硝酸イオン濃度が50～1000mg-N/L、好ましくは200～3000mg-N/Lの条件で亜硝酸化を行えばよく、亜硝酸イオンが不足する場合には外部から添加することができる。亜硝酸イオンが上記範囲を超えるときはアンモニア酸化細菌の活性が低下するので、負荷を下げて亜硝酸化を行うことができる。このように本発明ではアンモニア性窒素を硝酸性窒素にまで酸化する必要がないので、硝酸化を行う従来法よりも必要酸素量は少なくなる。

【0012】

脱窒工程では、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素の比が1:0.5～2、好ましくは1:1～1.5とすることにより脱窒が行われる。本発明では亜硝酸化工程において原水中のアンモニア性窒素のほぼ全部を亜硝酸性窒素に転換するので、アンモニア性窒素を含む原水と、亜硝酸化液との混合割合を制御するだけで上記比率を制御でき、制御が容易である。また硝酸性窒素が生成しないため、脱窒工程における脱窒反応の阻害はなく、効率よく脱窒を行うことができる。

30

【0013】

脱窒工程では嫌気条件下に反応が行われ、溶存酸素濃度は2.5mg/L以下、好ましくは0.2mg/L以下とすることにより脱窒反応が効率よく進行する。このような溶存酸素濃度にするためには、原水および亜硝酸化液自体の過剰の溶存酸素を除去する方法がある。溶存酸素除去の方法としては活性炭処理などがあるが、本発明ではこれらに替えて、あるいはこれらに加えて、後述のBOD除去工程でBOD除去装置により除去する方法を採用することができる。

40

【0014】

脱窒工程は独立栄養性脱窒菌による処理であるため、BOD濃度が50mg/L以下、好ましくは20mg/L以下とすることにより効率よく脱窒を行うことができる。亜硝酸化工程ではBODは分解されるので、原水中のBODが上記範囲の場合はそのまま脱窒工程に導入することができる。原水中のBOD濃度が上記範囲を超える場合は、好気性処理あるいは従来の従属栄養型の脱窒処理等によりBODを除去して本発明の脱窒工程に導入することができる。

【0015】

50

本発明の生物学的窒素除去装置を構成する亜硝酸化装置は、アンモニア性窒素を含む原水を導入し、好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させて、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する装置であり、生物ろ過式、浮遊式、曝気式など任意のものが使用できる。装置内にスポンジなどの浮遊担体を添加し、微生物の保持量を高く維持するように構成することもできる。

#### 【0016】

亜硝酸化装置は、アンモニア酸化細菌の活性を高く、かつ亜硝酸酸化細菌の活性が低くなるように制御され、硝酸の生成を抑制する。すなわち、亜硝酸型の硝酸が進行するように制御される。例えば、装置内の被処理液のpHが5～9、好ましくは6～8、亜硝酸イオン濃度が50～10000mg-N/L、好ましくは200～3000mg-N/L、温度が10～40℃、好ましくは20～35℃、窒素負荷が0.1～3kg-N/m<sup>3</sup>・day、好ましくは0.2～1kg-N/m<sup>3</sup>・dayになるように制御する。また装置内の被処理液の溶存酸素濃度を下げたり、硫化物などの亜硝酸酸化菌の生育を阻害する物質を添加して、亜硝酸化が進行するように制御することもできる。

10

#### 【0017】

本発明の生物学的窒素除去装置を構成する脱窒装置は、BOD除去工程で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う装置であり、生物ろ過式、浮遊式など任意のものが使用できる。脱窒装置は独立栄養性脱窒菌の脱窒能が高くなる条件に制御され、例えば装置内の被処理液の温度が10～40℃、好ましくは20～35℃、pHが5～9、好ましくは6～8、溶存酸素濃度が0～2.5mg/L、好ましくは0～0.2mg/L、BOD濃度が0～50mg/L、好ましくは0～20mg/L、窒素負荷が0.1～5kg-N/m<sup>3</sup>・day、好ましくは0.2～2kg-N/m<sup>3</sup>・dayに制御される。

20

#### 【0018】

脱窒装置に導入される亜硝酸化液と原水との混合液は、通常亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素とのモル（亜硝酸性窒素/アンモニア性窒素）が0.5～2、好ましくは1～1.5、溶存酸素濃度が0～2.5mg/L、好ましくは0～0.2mg/L、BOD濃度が0～50mg/L、好ましくは0～20mg/Lに制御される。

#### 【0019】

脱窒装置に導入する原水は、亜硝酸化装置での亜硝酸化に供した原水と同じ原水、すなわち同じ処理系の原水であってもよいし、別の処理系の原水であってもよい。亜硝酸化液と原水との導入比は、亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素との比（亜硝酸性窒素/アンモニア性窒素）が上記範囲となる比に制御することができる。

30

#### 【0020】

独立栄養性脱窒菌は溶存酸素およびBODにより活性が阻害され、これらの濃度が高くなるに従って脱窒能が低下するので、脱窒装置内の被処理液のこれらの濃度は前記範囲に制御するのが好ましい。亜硝酸化液と原水とを単に混合した混合液またはこれらを別々に脱窒装置に導入するだけでは装置内の被処理液の溶存酸素濃度およびBOD濃度が前記範囲に入らない場合があるので、これらを除去する溶存酸素除去装置および/またはこれに替えてBOD除去装置を、亜硝酸化装置と脱窒装置との間に設けて、溶存酸素およびBODを除去する。またこれらを組み合わせることもできる。

40

#### 【0022】

本発明の生物学的窒素除去装置において亜硝酸化液および原水から溶存酸素を除去する場合に設けられる溶存酸素除去装置は、亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、これらの混合液から溶存酸素を除去する装置である。このような溶存酸素除去装置としては、後段の独立栄養性脱窒菌による脱窒に悪影響を与えないで溶存酸素を除去できる装置が制限なく使用できる。例えば、次の装置などがあげられる。

#### 【0023】

1) 被処理液に接触する気体の圧力を下げることによって酸素の溶解度を下げ、被処理液

50

中から溶存酸素を除去する真空式脱気装置。

2) 酸素を透過させ、水を透過させないガス分離膜を備え、液と反対側を減圧することによって、被処理液中の溶存酸素を減圧側に送り出す脱気膜装置。

3) 被処理液に還元剤である水素ガスを注入溶解させた後、脱酸素樹脂充填層に通液し、脱酸素樹脂の触媒作用により脱酸素を行う脱酸素樹脂塔。

4) 活性炭充填層に被処理液を通液し、溶存酸素を二酸化炭素に変換して除去する活性炭塔。

5) 窒素ガス、メタンガス、アルゴンガス、ヘリウムガス、炭酸ガスまたはこれらの混合ガスなどの酸素を含まないガスを曝気し、溶存酸素を除去する無酸素ガス曝気装置。窒素ガスとしては後段の脱窒装置で発生する窒素ガスを使用することもできる。また本発明の生物学的窒素除去装置の前段または後段に嫌気発酵装置を設けた場合には、そこから発生するメタンガスや炭酸ガスおよびこれらの混合ガスを利用することもできる。

6) 還元剤である亜硫酸ナトリウム、メタ重亜硫酸、コハク酸またはヒドラジンなどを被処理液に添加して溶存酸素濃度を低下させる脱酸素剤添加装置。

#### 【0024】

溶存酸素除去装置では、脱酸素処理液の溶存酸素濃度が前記のように0～2.5mg/L、好ましくは0～0.2mg/Lになるように溶存酸素を除去するのが望ましい。

溶存酸素除去装置に導入する原水は、脱窒装置に導入する原水と同様に、同じ処理系の原水であってもよいし、別の処理系の原水であってもよい。溶存酸素を除去した脱酸素処理液は後段の脱窒装置に導入して脱窒処理する。

#### 【0025】

本発明の生物学的窒素除去装置において、亜硝酸化液および原水からBODと溶存酸素を除去するBOD除去工程のために設けられるBOD除去装置は、亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、BODを生物的に除去する装置であり、生物ろ過式、浮遊式、流動床式など任意のものが使用できる。装置内にスポンジなどの浮遊担体を添加し、微生物の保持量を高く維持するように構成することもできる。BOD除去装置では、脱BOD処理液のBOD濃度が前記のように0～50mg/L、好ましくは0～20mg/LになるようにBODを除去するのが望ましい。

#### 【0026】

BOD除去装置でBODを生物的に除去すると汚泥が発生するが、この汚泥が後段の脱窒装置に流入すると、自己分解によってさまざまなBOD成分を生成するため、BOD除去装置の後段に沈殿池、膜分離装置、ろ過塔などの固液分離装置を設置して汚泥を分離し、脱窒装置への流入を防止するのが好ましい。この場合、BOD除去装置を生物ろ過式にすると、BOD分解と汚泥の捕捉とが同時に一つの装置で行うことができるので好ましい。沈殿池、膜分離装置などを使用して汚泥を濃縮する場合、分離汚泥を前段の亜硝酸化装置やBOD除去装置に戻し、各装置内の汚泥濃度を高くして処理能力を高くすることもできる。BOD除去装置は嫌気処理装置、特に嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う脱窒型BOD除去装置を採用することにより、BOD除去と溶存酸素の除去とを一つの装置で同時に行うことができる。

#### 【0027】

BOD除去装置に導入する原水は、同じ処理系の原水であってもよいし、別の処理系の原水であってもよい。BODを除去した脱BOD処理液は後段の脱窒装置に導入して脱窒処理する。

#### 【0028】

嫌気性のBOD除去装置においては、BOD除去装置に導入される亜硝酸化液量および原水量を前記式〔1〕を満たすように制御するのが好ましい。式〔1〕が成立するように原水導入比 $r$ を制御することにより、脱窒装置においてアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素とを効果的に反応させ、これにより最終処理水中の全窒素濃度を低くして高い処理水質を得ることができる。

#### 【0029】

前記式〔１〕について詳しく説明する。

rを、BOD除去装置に導入される亜硝酸化液量とBOD除去装置に導入される原水量との合計に対するBOD除去装置に導入される原水量で示される原水導入比、Nを原水のアンモニア性窒素濃度(mg-N/L)、Bを原水のBOD濃度(mg/L)、aを、脱窒装置において反応するアンモニア性窒素濃度(mg-N/L)と亜硝酸性窒素濃度(mg-N/L)との比(亜硝酸性窒素濃度/アンモニア性窒素濃度)を示す定数であり、0.5~2の数、bを、BOD除去装置において亜硝酸性窒素1mg-N/Lが脱窒される際に消費されるBOD濃度(mg/L)を示す定数であり、1.5~7の数とする。

#### 【0030】

この場合、BOD除去装置に流入するBOD濃度は $B \cdot r$  (mg/L)で示される。また亜硝酸化装置で生成する亜硝酸性窒素であって、BOD除去装置に流入する亜硝酸性窒素濃度は $N \cdot (1 - r)$  (mg-N/L)で示される。またBOD除去装置で起こる脱窒によって亜硝酸の一部が消費されるので、脱窒装置に流入する亜硝酸性窒素濃度は $N \cdot (1 - r) - B \cdot r \cdot 1 / b$  (mg-N/L)で示される。また原水に由来するアンモニア性窒素であって、脱窒装置に流入するアンモニア性窒素濃度は $N \cdot r$  (mg-N/L)で示される。

#### 【0031】

従って、脱窒装置においてアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素とが効果的に反応し、処理水中の全窒素濃度が最小になる場合、下記式〔２〕の関係式が成立することになり、この式〔２〕を原水導入比rに関して解くと、前記式〔１〕が得られる。

#### 【数３】

$$a = \{ N \cdot (1 - r) - B \cdot r \cdot 1 / b \} / (N \cdot r) \quad \dots [2]$$

#### 【0032】

またBOD除去装置においては、BOD除去装置に導入される亜硝酸化液量および原水量を下記式(1')を満たすように制御するのがさらに好ましい。

#### 【数４】

$$r = b' \cdot N / (a' \cdot b' \cdot N + b' \cdot N + B) \quad \dots [1']$$

(式〔１'〕中、r、NおよびBは前記式〔１〕と同じである。a'は前記式〔１〕のaと同じ意味の定数であり、1~1.5の数、bは前記式〔１〕のbと同じ意味の定数であり、2~5の数である。)

#### 【0033】

なお、式〔１〕では亜硝酸化装置でのアンモニア性窒素の除去率を100%とし、また亜硝酸化装置処理液中に残存した溶存酸素を利用した好気性従属栄養性細菌によるBOD分解を無視している。必要な場合は、これらを考慮して式〔１〕を補正すればよい。

#### 【0034】

#### 【作用】

亜硝酸化装置では、アンモニア性窒素を含む原水が導入され、曝気により好気条件でアンモニア酸化細菌と接触させ亜硝酸化が行われ、アンモニア性窒素が亜硝酸性窒素に変換される。ここでは原水中のアンモニア性窒素のほぼ全量が亜硝酸性窒素に酸化され、亜硝酸性窒素が硝酸性窒素に酸化されない条件下に亜硝酸化が行われる。この亜硝酸化装置では原水中のアンモニア性窒素を残留させる必要がなく、実質的に全部を亜硝酸性窒素に酸化すればよいので、制御が容易である。またアンモニア性窒素を硝酸性窒素にまで酸化する必要はないので、酸素の供給量を少なくすることができ、このためランニングコストを削減することができる。

#### 【0035】

溶存酸素除去装置を設ける場合は、亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とが混合され、この混合液中の溶存酸素が除去される。独立栄養性脱窒菌の脱窒能は溶存酸素により低下するので、被脱窒処理液の溶存酸素濃度が2.5mg/L、好ましくは0.2mg/Lを超えるような場合、例えば脱窒装置に導入される亜硝酸化液と原水との混合液の溶存酸素濃度が2.5mg/L、好ましくは0.2mg/Lを

10

20

30

40

50

超え、かつこの混合液のBOD濃度が低い場合などには、生物ろ過式の脱窒装置の前段に溶存酸素除去装置を設け、脱酸素処理液中の溶存酸素濃度を $2.5\text{ mg/L}$ 、好ましくは $0.2\text{ mg/L}$ 以下に低下させることができる。生物ろ過式の脱窒装置の代わりに浮遊式の脱窒槽を採用する場合も、溶存酸素除去装置を設けて脱酸素処理液中の溶存酸素濃度を $2.5\text{ mg/L}$ 、好ましくは $0.2\text{ mg/L}$ 以下に低下させることができる。この場合、脱酸素処理液は脱窒槽の槽内液で希釈されるので、希釈された槽内液（被処理液）の溶存酸素濃度は脱酸素処理液より低くなる。

#### 【0036】

なお、脱窒装置に導入される亜硝酸化液および原水を混合した被脱窒処理液の溶存酸素濃度が上記範囲内の場合、あるいはこれよりも多い溶存酸素が含まれていても脱窒装置内でアンモニアやBODが酸化されることにより溶存酸素が消費され、嫌気条件が維持される場合でも、BOD除去装置を設けたほうが脱窒装置全体を効率的に独立栄養性の脱窒反応に利用することができるため、高い処理水質が得られる。このように、BOD除去装置を設けることにより、脱窒装置が嫌気状態に維持され、脱窒装置における脱窒がより効率よく行われるとともに、高い処理水質が得られる。

#### 【0037】

BOD除去装置では亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とが混合され、この混合液中のBODと溶存酸素が除去される。独立栄養性脱窒菌の脱窒能はBODにより低下するので、被脱窒処理液のBOD濃度が $50\text{ mg/L}$ を超えるような場合には、例えば生物ろ過式の脱窒装置の前段にBOD除去装置を設けて脱BOD処理液中のBOD濃度を $50\text{ mg/L}$ 以下、好ましくは $20\text{ mg/L}$ 以下に低下させた後、この脱BOD処理液を後段の脱窒装置に導入するのが好ましい。生物ろ過式の脱窒装置の代わりに浮遊式の脱窒槽を採用する場合も、BOD除去装置を設けて脱BOD処理液中のBOD濃度を $50\text{ mg/L}$ 以下、好ましくは $20\text{ mg/L}$ 以下に低下させた後、この脱BOD処理液を後段の脱窒装置に導入するのが好ましい。この場合、脱BOD処理液は脱窒槽の槽内液で希釈されるので、希釈された槽内液（被処理液）のBOD濃度は脱BOD処理液より低くなる。

#### 【0038】

このように、BOD除去装置を設けることにより、脱窒装置における独立栄養性脱窒菌の脱窒能の低下が防止され、脱窒装置における脱窒がより効率よく行われるとともに、高い処理水質が得られる。被脱窒処理液のBOD濃度が $50\text{ mg/L}$ 以下、好ましくは $20\text{ mg/L}$ 以下の場合にはBOD除去装置を省略することができる。BOD除去装置として従属栄養性脱窒菌による脱窒型BOD除去装置を採用することにより、亜硝酸化液に含まれている亜硝酸性窒素を電子受容体とした脱窒反応によってBODが分解除去されるが、亜硝酸化液中の溶存酸素が好気性の従属栄養細菌によるBOD分解に伴って消費されるため、後段の脱窒装置の嫌気性を保つ上でも都合がよい。

#### 【0039】

BOD除去装置として従属栄養性脱窒菌による脱窒型BOD除去装置を採用した場合、BOD除去装置内で亜硝酸化液と原水とが混合されると、この混合液中には通常原水に由来するBODが存在するため、亜硝酸性窒素の一部が従属栄養性の脱窒菌によって消費される。このため、亜硝酸性窒素の減少分を考慮して原水導入比を決定しなければ最終処理水中に未反応のアンモニア性窒素が残存する恐れがあるが、前記式〔1〕を満足するように原水導入比 $r$ を決定することにより、このような水質低下も容易に防止することができる。

#### 【0040】

脱窒装置では、亜硝酸化液と原水との混合液からBODと溶存酸素が除去された脱BOD処理液が導入され、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒が行われる。独立栄養性脱窒菌は、有機物を添加しなくても亜硝酸性窒素とアンモニア性窒素とを反応させて脱窒することができるので、低コストでの処理が可能である。

#### 【0041】

10

20

30

40

50

本発明で用いられる独立栄養性脱窒菌は、次のような方法により得ることができる。浮遊汚泥方式（SRTを15d以上）または生物膜方式のリアクターに植種源として排水処理プラント、下水処理またはし尿処理等の脱窒汚泥を添加し、温度10～40、pH5～9、BOD濃度20mg/L以下、嫌気条件下（溶存酸素濃度0.2mg/L以下）に、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素および無機炭酸を含む無機培地を通水する。その際、リアクターに対するアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素の負荷は、処理水中の両者の濃度が1～200mg-N/Lになるように調整する。このようにして30～360日程度通水を継続すると、アンモニア性窒素および亜硝酸性窒素が除去されるようになり、リアクターに独立栄養性脱窒菌が集積してくる。さらに通水を継続すると、例えば1～2年通水すると、アンモニア性窒素除去速度と亜硝酸性窒素除去速度とを合計したリアクターの全窒素除去速度が1～2kg-N/m<sup>3</sup>・day以上となる程度の独立栄養性脱窒菌が集積してくる。菌が集積するに従って、アンモニア性窒素除去速度および亜硝酸性窒素除去速度がどちらも増加してくるので、基質不足にならないように負荷を増加させる。前記無機培地としては、通常の微生物を培養する際に培地添加する程度の金属塩を含むものを使用し、これらの一部を含む水道水や工場排水などを用いる場合は、別途添加する必要はない。培地中の炭酸塩のモル濃度は、培地中のアンモニア性窒素のモル数の0.05倍以上のモル数となるようにする。

#### 【0042】

本発明の生物学的窒素除去装置では亜硝酸化装置および独立栄養性脱窒菌による脱窒装置を備え、アンモニア性窒素を含む原水を亜硝酸化装置においてアンモニア性窒素のほぼ全量を亜硝酸性窒素に変換したのちBOD除去装置に導入し、これとは別にアンモニア性窒素を含む原水を亜硝酸化装置をバイパスさせてBOD除去装置に導入して脱窒を行うとともにBODと溶存酸素を除去し、脱BOD処理液を脱窒装置に導入して脱窒処理している。このため、亜硝酸化装置ではアンモニア性窒素のほぼ全量を亜硝酸性窒素に変換するように制御すればよく、亜硝酸化装置の制御が簡単になる。またそれぞれの装置への原水の導入比を制御するだけで、脱窒装置におけるアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素との比を容易に適切な範囲に調整することができ、高い処理効率を得られる。なお、亜硝酸化装置をバイパスさせて脱窒装置に導入する原水は、亜硝酸化装置に導入する原水の一部を亜硝酸化装置の前段で分岐させた原水であってもよいし、亜硝酸化装置に導入する原水とは別の系から供給される原水であってもよい。これにより、アンモニア性窒素を含む原水を低コストでしかも容易に高い処理水質で処理することができる。

#### 【0043】

##### 【発明の効果】

本発明の生物学的窒素除去方法は、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する亜硝酸化工程、亜硝酸化工程で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去するBOD除去工程、およびBOD除去工程で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させて脱窒を行う脱窒工程を有するので、亜硝酸化工程における亜硝酸化のための制御、ならびに脱窒工程に導入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素との比の調整が容易になるとともに、硝酸化の必要がないため酸素供給量が少なくてもよく、BODと溶存酸素による独立栄養性脱窒菌の脱窒能の低下を防止して、アンモニア性窒素を含む原水を低コストでしかも容易に高い処理水質で生物学的に処理することができる。

#### 【0044】

本発明の請求項2の生物学的窒素除去装置は、アンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する亜硝酸化装置、この亜硝酸化装置で処理された亜硝酸化液と、アンモニア性窒素を含む原水とを導入し、嫌気条件で従属栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行うとともに、BODと溶存酸素を除去するBOD除去装置、およびBOD除去工程で処理された脱BOD処理液を導入し、嫌気条件で独立栄養性脱窒菌と接触させ脱窒を行う脱窒装置を備えているので、亜硝酸化工程における亜硝酸化のための制御、ならびに脱窒工程に導入するアンモニ

10

20

30

40

50

ア性窒素と亜硝酸性窒素との比の調整が容易になるとともに、硝酸化の必要がないため酸素供給量が少なくてもよく、BODと溶存酸素による独立栄養性脱窒菌の脱窒能の低下を防止して、アンモニア性窒素を含む原水を低コストでしかも容易に高い処理水質で生物学的に処理することができる。

【0045】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面の実施例により説明する。図1は第1参考例の生物学的窒素除去装置を示す系統図であり、BOD濃度が低い、例えば50mg/L以下の原水の処理に好適に用いられる装置である。図1において、1は亜硝酸化槽、2は浮遊式の独立栄養性脱窒槽、3は固液分離装置であり、これらは連絡路4、5で連絡している。

10

【0046】

亜硝酸化槽1には原水路6、pH調整剤供給路7a、薬剤供給路7bおよび連絡路4が接続し、槽内部には空気供給路8から連絡する散気装置9が設けられている。また、槽内には生物汚泥を担持するためのスポンジ10が添加されている。

脱窒槽2には原水路6から分岐したバイパス原水路11、返送汚泥路12、排ガス路13、pH調整剤供給路14および連絡路4、5が接続し、槽内部には攪拌器15が設けられている。

固液分離装置3には連絡路5、処理水路16および汚泥取出路17が接続し、汚泥取出路17は返送汚泥路12および余剰汚泥路18に分岐している。

【0047】

20

図1の装置で生物学的窒素除去を行うには、原水路6から原水の一部を亜硝酸化槽1に導入し、槽内のアンモニア酸化細菌を含む生物汚泥と混合し、散気装置9から曝気して、アンモニア酸化細菌によりアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に酸化する。曝気により槽内液中の溶存酸素濃度が増加するが、図1のように後段に溶存酸素を除去する手段を設けない場合は、曝気する空気の量を少なくして、できるだけ溶存酸素濃度が低くなるように曝気する。この場合、亜硝酸化効率が低下するので、処理系全体の処理量を溶存酸素除去装置を設けた場合と同等にするには、亜硝酸化槽1の容量を大きくするなどして滞留時間を長くする。

【0048】

亜硝酸化槽1は、槽内の混合液のpHが5～9、好ましくは6～8、亜硝酸イオン濃度が50～10000mg-N/L、好ましくは200～3000mg-N/L、温度が10～40℃、好ましくは20～35℃、窒素負荷が0.1～3kg-N/m<sup>3</sup>・day、好ましくは0.2～1kg-N/m<sup>3</sup>・dayになるように制御することにより、亜硝酸化を進行させる。

30

【0049】

亜硝酸化槽1の槽内液のpHは、例えば炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム等のアルカリ；塩酸、硝酸等の酸などのpH調整剤をpH調整剤供給路7aから添加することにより上記範囲に制御することができる。亜硝酸化槽1ではアンモニアの酸化に伴ってpHが低下するので、通常アルカリを添加してpHを調整する。また亜硝酸イオン濃度を上記範囲に維持することにより、硝酸化が防止され、アンモニア性窒素は亜硝酸性窒素に酸化される。亜硝酸イオン濃度が上記範囲より低い場合は、例えば亜硝酸ナトリウムなどの亜硝酸塩を薬剤供給路7bから添加することにより上記範囲に制御することができる。亜硝酸塩の添加は、処理の開始から亜硝酸化が定着するまでの期間添加すればよく、亜硝酸化が定着している場合には、槽内の亜硝酸濃度は通常前記範囲にあるので、添加を省略することができる。亜硝酸イオン濃度が上記範囲を超える場合にはアンモニア性窒素の負荷を下げて処理を行う。なお亜硝酸化槽1にはpHおよび亜硝酸イオン濃度の検出装置が設けられているが図示は省略されている。

40

【0050】

亜硝酸化槽1内の亜硝酸化液は連絡路4から脱窒槽2に導入するとともに、バイパス原水路11から原水の他の一部を導入し、槽内の独立栄養性脱窒菌を含む生物汚泥と混合し、

50

嫌気条件下に攪拌器 15 で緩やかに攪拌しながら脱室を行う。脱室槽 2 の槽内液の溶存酸素濃度は、亜硝酸化槽 1 における曝気量を調整することにより  $2.5 \text{ mg/L}$  以下、好ましくは  $0.2 \text{ mg/L}$  以下に維持される。独立栄養性脱室菌を用いた上記の脱室では、従属栄養性脱室菌を用いて脱室を行う従来の方法では必要となる電子供与体の添加は不要である。このようにして脱室を行うと、独立栄養性脱室菌により、原水に由来するアンモニア性窒素と亜硝酸化液に由来する亜硝酸性窒素とが反応し、窒素ガスが生成する。生成する窒素ガスは排ガス路 13 から系外に排出する。

#### 【0051】

脱室槽 2 は独立栄養性脱室菌の脱室能が高くなる条件に維持され、例えば槽内液の温度が  $10 \sim 40$ 、好ましくは  $20 \sim 35$ 、 $\text{pH}$  が  $5 \sim 9$ 、好ましくは  $6 \sim 8$ 、溶存酸素濃度が  $0 \sim 2.5 \text{ mg/L}$ 、好ましくは  $0 \sim 0.2 \text{ mg/L}$ 、 $\text{BOD}$  濃度が  $0 \sim 50 \text{ mg/L}$ 、好ましくは  $0 \sim 20 \text{ mg/L}$ 、窒素負荷が  $0.1 \sim 5 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{day}$ 、好ましくは  $0.2 \sim 2 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{day}$  に制御される。

10

#### 【0052】

脱室槽 2 の槽内液の  $\text{pH}$  は、必要により塩酸、硝酸等の酸；炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム等のアルカリなどの  $\text{pH}$  調整剤を  $\text{pH}$  調整剤供給路 14 から添加することにより上記範囲に制御することができるが、アンモニア性窒素を電子供与体、亜硝酸性窒素を電子受容体とする独立栄養性脱室菌による脱室反応の場合は、 $\text{pH}$  変動は小さいので  $\text{pH}$  調整は省略することもできる。また亜硝酸性窒素 / アンモニア性窒素の比は、バイパス原水路 11 から導入する原水の量を調整することにより上記範囲に制御する。

20

#### 【0053】

脱室液は連絡路 5 から固液分離装置 3 に導入し、固液分離する。分離液は処理水として処理水路 16 から系外に排出し、分離汚泥は汚泥取出路 17 から取り出し、返送汚泥路 12 から脱室槽 2 に返送する。余剰汚泥が生じる場合は、余剰汚泥路 18 から系外に排出する。

#### 【0054】

図 1 の装置では、亜硝酸化槽 1 にスポンジ 10 を添加しているが、添加しなくてもよい。スポンジ 10 を添加しない場合、亜硝酸化槽 1 の生物汚泥の濃度が低下して処理に支障をきたす恐れがあるため、亜硝酸化槽 1 の後段に固液分離装置を設け、この固液分離装置で分離した汚泥を亜硝酸化槽 1 に返送するのがよい。また脱室槽 2 としては浮遊式の脱室槽の代わりに生物ろ過式の脱室塔などを採用することもでき、この場合後段の固液分離装置 3 は省略することができる。また返送汚泥は脱室槽 2 に返送しているが、亜硝酸化槽 1 に返送することもできる。原水の  $\text{BOD}$  濃度が高い場合は、この原水は亜硝酸化槽 1 に導入して処理し、脱室槽 2 には  $\text{BOD}$  濃度が低い別の処理系の原水を導入し、脱室槽 2 内の  $\text{BOD}$  濃度を  $50 \text{ mg/L}$  以下、好ましくは  $20 \text{ mg/L}$  以下に維持して処理するのが好ましい。

30

#### 【0055】

このような生物学的窒素除去においては、亜硝酸化槽 1 においてアンモニア性窒素を硝酸にまで酸化する必要がないので、散気装置 9 から供給する空気の量は少なくともよく、このため曝気にかかるエネルギーを低減することができる。また脱室槽 2 には電子供与体となるメタノールなどの有機物を添加する必要がないので、添加剤のコストを低減することができる。さらにバイパス原水路 11 から脱室槽 2 に導入する原水量を制御するだけでアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素とを過不足なく反応させることができ、高い処理水質を得ることができるので、処理および制御が簡単である。このように、図 1 の装置においては、アンモニア性窒素を含む原水を低コストで、しかも簡単に、かつ高い処理水質で処理することができる。

40

#### 【0056】

図 2 は溶存酸素除去装置として活性炭塔 21 を備えた第 2 参考例の生物学的窒素除去装置を示す系統図である。溶存酸素除去装置として活性炭塔 21 を用いる場合、活性炭により溶存酸素が除去されるとともに、活性炭に付着した微生物により  $\text{BOD}$  も除去されるた

50

め、BODを含む原水の処理にも使用でき、例えばBOD濃度が50mg/Lを超える原水の処理にも好適に用いられる装置であり、溶存酸素およびBODによる独立栄養性脱窒菌の活性の低下を防止して原水を処理する装置である。

#### 【0057】

図2において、21は活性炭塔であり、下部には亜硝酸化槽1から連絡する連絡路26、上部には脱窒装置24に連絡する連絡路27が接続し、内部には活性炭が充填された活性炭層22が形成され、亜硝酸化液と原水との混合液を上向流で通液して溶存酸素を除去するように構成されている。24は生物ろ過式の脱窒装置であり、下部には活性炭塔21から連絡する連絡路27、上部には処理水路16および排ガス路13が接続し、装置内部には独立栄養性脱窒菌を含む生物層25が形成され、脱酸素処理液を上向流で通液して脱窒するように構成されている。バイパス原水路11は連絡路26に接続し、連絡路26中で亜硝酸化液と原水とが混合されるように構成されている。連絡路27にはpH調整剤供給路28が接続し、脱酸素処理液にpH調整剤が混合されるように構成されている。他の構成は図1の装置と同じである。

10

#### 【0058】

図2の装置では、亜硝酸化槽1の後段に溶存酸素除去装置として活性炭塔21を設けているので、亜硝酸化槽1における曝気量を少なくする必要はなく、アンモニア性窒素の全量が亜硝酸性窒素に酸化されるように曝気して亜硝酸化処理する。この亜硝酸化液と原水とが連絡路26中で混合され、この混合液を上向流で活性炭層22を通過させて溶存酸素を除去する。活性炭塔21では、脱窒装置24の独立栄養性脱窒菌の活性が高く維持される濃度まで溶存酸素を除去する。例えば、連絡路27から脱窒装置24に導入される脱酸素処理液の溶存酸素濃度が0~2.5mg/L、好ましくは0~0.2mg/Lにまで低下するように溶存酸素を除去する。活性炭塔21では活性炭に付着した微生物によりBODも除去される。

20

溶存酸素が除去された脱酸素処理液は連絡路27から取り出し、必要によりpH調整剤供給路28からpH調整剤を添加したのち脱窒装置24に導入し、生物層25を上向流で通過させて脱窒を行う。他の操作は図1と同じである。

#### 【0059】

図2の装置では、脱窒を行う前に亜硝酸化液と原水との混合液を活性炭塔21に導入して溶存酸素を除去しているので、脱窒装置24における溶存酸素による独立栄養性脱窒菌の脱窒能の低下を防止して、低コストで、しかも簡単に、かつ高い処理水質で処理することができる。

30

活性炭塔21の代わりに真空式脱気装置、ガス分離膜を備えた脱気膜装置、脱酸素樹脂塔、無酸素ガス曝気装置、脱酸素剤添加装置などを用いることもできる。これらの溶存酸素除去装置を用いる場合はBODは除去されないので、BOD濃度が低い、例えば50mg/L以下の原水を処理するのが好ましい。

#### 【0060】

図3はBOD除去装置として従属栄養性脱窒菌による脱窒槽（以下、従属栄養性脱窒槽という）を備えた生物学的窒素除去装置を示す実施例の系統図であり、BOD濃度が高い、例えば50mg/Lを超える原水の処理に用いられる装置である。図3において、30は従属栄養性脱窒槽であり、連絡路31、32、pH調整剤供給路33および排ガス路34が接続し、内部には窒素供給路35から連絡する散気装置36および攪拌器37が設けられ、嫌気条件下に従属栄養性脱窒菌を含む生物汚泥の脱窒作用により、脱窒およびBOD成分の分解が行われるように構成されている。38はスポンジである。40は濃縮装置であり、連絡路32、41および濃縮液取出路42が接続し、装置内部に分離膜43が設けられている。連絡路32にはポンプP1が設けられている。濃縮液取出路42は濃縮液循環路44および余剰汚泥路45に分岐し、濃縮液循環路44は濃縮汚泥が亜硝酸化槽1に循環されるように亜硝酸化槽1に連絡している。連絡路41にはpH調整剤供給路46が接続し、脱BOD処理液にpH調整剤が混合されるように構成されている。他の構成は図1または図2の装置と同じである。

40

50

## 【 0 0 6 1 】

図 3 の装置では、亜硝酸化液およびバイパス原水路 1 1 から原水を従属栄養性脱窒槽 3 0 に導入し、槽内の従属栄養性脱窒菌を含む生物汚泥と混合し、嫌気条件下に窒素ガスを散気装置 3 6 から散気し、スポンジ 3 8 を浮遊させながら脱窒を行う。生成する窒素ガスは排ガス路 3 4 から排出するが、散気装置 3 6 から散気する窒素ガスとして利用することもできる。なお、窒素供給路 3 5、散気装置 3 6 および排ガス路 3 4 は省略することもできる。

## 【 0 0 6 2 】

バイパス原水路 1 1 から従属栄養性脱窒槽 3 0 に導入する原水量は、前記式〔 1 〕を満たす水量とするのが好ましい。従属栄養性脱窒槽 3 0 ではバイパス原水路 1 1 から導入される原水に含まれている B O D 成分が従属栄養性脱窒菌により電子供与体として利用され、亜硝酸化液中に含まれている亜硝酸性窒素が脱窒されるとともに、B O D 成分が除去される。

10

従属栄養性脱窒槽 3 0 では、脱窒装置 2 4 の独立栄養性脱窒菌の活性が高く維持される濃度まで B O D を除去する。例えば、連絡路 4 1 から脱窒装置 2 4 に導入される脱 B O D 処理液中の B O D 濃度が 5 0 m g / L 以下、好ましくは 0 ~ 2 0 m g / L となるように B O D を除去する。

## 【 0 0 6 3 】

また従属栄養性脱窒槽 3 0 では、槽内の好気微生物により槽内液中の溶存酸素が消費されるので、溶存酸素も除去される。特別な脱酸素操作を行わなくても、通常、溶存酸素は 0 . 0 5 m g / L 以下にまで除去される。このようにして B O D 成分および溶存酸素が除去された脱 B O D 処理液はポンプ P<sub>1</sub> により加圧されて濃縮装置 4 0 に導入され、膜分離される。濃縮汚泥は、濃縮汚泥循環路 4 4 から亜硝酸化槽 1 に循環される。分離液は連絡路 4 1 から取り出し、必要により p H 調整剤供給路 4 6 から p H 調整剤を添加したのち脱窒装置 2 4 に導入され、図 2 の場合と同様に脱窒される。余剰汚泥が生じる場合は、余剰汚泥路 4 5 から系外に排出する。排ガス路 1 3 から排出される窒素ガスは散気装置 3 6 から散気する窒素ガスとして利用してもよい。他の操作は図 1 または図 2 と同じである。

20

## 【 0 0 6 4 】

図 3 の装置では脱窒装置 2 4 において独立栄養性脱窒菌による脱窒を行う前に、従属栄養性脱窒槽 3 0 において B O D および溶存酸素が除去されるので、脱窒装置 2 4 における B O D および溶存酸素による独立栄養性脱窒菌の脱窒能の低下を防止し、低コストで、しかも簡単に、かつ高い処理水質で処理することができる。

30

浮遊式の従属栄養性脱窒槽 3 0 の代わりに生物ろ過式の従属栄養性脱窒槽などを用いることもできる。

## 【 0 0 6 5 】

## 【 実施例 】

次に本発明の実施例について説明する。

## 【 0 0 6 6 】

## 試験例 1

独立栄養性脱窒菌が自然発生的に誘導させることができることを次のようにして確認した。

40

生物膜方式のリアクターに植種源として排水処理プラントの脱窒汚泥をリアクター容量の 1 / 1 0 0 添加し、温度 3 0 、 p H 7、B O D 濃度 2 0 m g / L 以下、嫌気条件下（溶存酸素濃度 0 . 2 m g / L 以下）に、アンモニア性窒素 2 0 0 0 m g - N / L および亜硝酸性窒素 2 0 0 0 m g - N / L を含む表 1 の培地を通水した。その際、リアクターに対するアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素の負荷は、処理水中の両者の濃度が 1 ~ 2 0 0 m g - N / L になるように調整した。

## 【 0 0 6 7 】

## 【 表 1 】

表1

| 成分                                                  | 濃度        |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| NaHCO <sub>3</sub>                                  | 500mg/L   |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                     | 30mg/L    |
| CaCl <sub>2</sub>                                   | 3mg/L     |
| MgSO <sub>4</sub>                                   | 2mg/L     |
| FeSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O                | 0.4mg/L   |
| 下記微量成分                                              | 1mL/L     |
| 上記微量成分の組成                                           |           |
| CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O                | 0.25mg/L  |
| ZnSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O                | 0.43mg/L  |
| CoCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O                | 0.24mg/L  |
| MnCl <sub>2</sub> ・4H <sub>2</sub> O                | 0.99mg/L  |
| Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ・2H <sub>2</sub> O | 0.22mg/L  |
| NiCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O                | 0.19mg/L  |
| Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> ・6H <sub>2</sub> O | 0.11mg/L  |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                      | 0.014mg/L |

## 【0068】

このようにして100日程度通水を継続すると、アンモニア性窒素および亜硝酸性窒素が除去されるようになり、独立栄養性脱窒菌の増殖が確認された。約1年半通水を継続した結果、アンモニア性窒素除去速度と亜硝酸性窒素除去速度とを合計したリアクターの全窒素除去速度が1～2kg-N/m<sup>3</sup>・day以上となる程度の独立栄養性脱窒菌が集積した。菌が集積するに従って、アンモニア性窒素除去速度および亜硝酸性窒素除去速度がどちらも増加してくるので、基質不足にならないように負荷を増加させた。培地中の炭酸塩のモル濃度は、培地中のアンモニア性窒素のモル数の0.05倍以上のモル数とした。

## 【0069】

参考例1および2

1) 硝化細菌脱窒 - 硝化プロセスによって生物学的窒素除去を行っている下水道処理場の脱窒硝化汚泥(汚泥は脱窒工程と硝化工程を循環しているため、脱窒菌と硝化菌の両者を含んでいる)を硝化装置の植種汚泥として使用した。

## 【0070】

2) 独立栄養性脱窒菌の集積

独立栄養性脱窒菌を集積するために、発泡スチロール製の球形ろ材(平均粒径3.5mm)を充填したカラムを用いた。このカラムは直径150mm、高さ1500mmの塩化ビニル製であり、見かけの充填容量が20Lになるようにろ材を充填して用いた。またカラムの上部のストレーナーによってろ材の流出を防止した。このようなカラムを2組用意

(以下、カラム A、カラム B という) した。

【0071】

上記カラム A に、有機源としてメタノールを用いて脱窒を行っている排水処理プラントの脱窒汚泥を種汚泥（試験例 1 においてこの汚泥中に独立栄養性脱窒菌が存在することを確認している）として添加した後、カラム下部からアンモニア性窒素  $100 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  および亜硝酸性窒素  $100 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  を含む前記表 1 の無機培地（30、pH 7）を上向流で通水し、処理水中のアンモニア性窒素濃度および亜硝酸性窒素濃度の低下を確認しながら、流速を上げることによって窒素負荷を増加させた。このようにして約 1 年半通水した結果、独立栄養性脱窒菌が集積し、アンモニア性窒素および亜硝酸性窒素を合計した全窒素除去速度は約  $2 \text{ kg} - \text{N} / \text{m}^3 - \text{リアクター} / \text{day}$  となった。

10

【0072】

前記カラム B には、亜硝酸窒素の代わりに硝酸性窒素  $100 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  を含む（アンモニア性窒素との合計では  $200 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  を含む）前記表 1 の無機培地（30、pH 7）をカラム A と同じように通水した。このようにして約 1 年運転したが、処理水のアンモニア性窒素濃度、硝酸性窒素濃度はどちらも  $90 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  より低下することはなく、両者ともほとんど分解されなかった。過去に報告されている通り（von de Graaf, A. A., et al., Microbiology, 143(1997), p2415-2421）、アンモニア性窒素および硝酸性窒素を分解する独立栄養性脱窒菌を集積することは困難であると言える。

【0073】

確認のため、独立栄養性脱窒菌が集積したカラム A（全窒素除去速度は約  $2 \text{ kg} - \text{N} / \text{m}^3 - \text{リアクター} / \text{day}$ ）について、基質をアンモニア性窒素  $100 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  および硝酸性窒素  $100 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  を含む表 1 の前記無機培地に変更し、全窒素負荷  $0.05 \text{ kg} - \text{N} / \text{m}^3 - \text{リアクター} / \text{day}$  で 15 日間運転したが、両基質ともほとんど分解されなかった。

20

【0074】

3) 装置

図 1 に示した装置を 1 組、および図 2 に示した装置を 1 組用意した。ただし、参考例 1 では、図 1 の装置において、浮遊式の脱窒槽 2 の代わりに生物ろ過式の脱窒装置を用い、バイパス原水路 11 は連絡路 4 に接続し、連絡路 4 中で亜硝酸化液と原水とが混合されるように構成した。また参考例 2 では、図 2 の装置において、活性炭塔 21 としてカラム直径 80 mm、高さ 500 mm の塩化ビニル製のカラムに平均粒径 1 mm の粒状活性炭を充填した活性炭塔を用いた。

30

【0075】

参考例 1 および 2 のいずれの参考例も亜硝酸化槽 1 としては、2 L の処理槽に対してスポンジ 10 担体を見かけ容積 30 % の量で添加した曝気槽を使用した。スポンジ 10 は空気を曝気することにより流動させた。試験に先立ち、前記 1) の脱窒亜硝酸化汚泥を 500 ml 添加した。

【0076】

参考例 1 および 2 のいずれの参考例も脱窒装置としては、発泡スチロール製の球形ろ材（平均粒径 3.5 mm）を充填した生物ろ過カラムを用いた。このカラムは直径 80 mm、高さ 500 mm の塩化ビニル製であり、見かけの充填容量が 2 L になるようにろ材を充填し、カラム下部から液を上向流で通水し、カラムの上部のストレーナーによってろ材の流出を防いだ。ただし、ろ材は新品を使用せず、前記 2) で独立栄養性脱窒菌を集積したカラム A 中から独立栄養性脱窒菌が付着しているろ材を抜き取り、各カラムに 2 L ずつ充填した。

40

【0077】

4) 亜硝酸化 + 独立栄養性脱窒による窒素の連続分解試験

表 2 に示した組成のアンモニア性窒素含有合成排水の窒素除去について検討した。この合成排水は窒素としてアンモニア性窒素を  $2000 \text{ mg} - \text{N} / \text{L}$  含んでいる。

【0078】

50

【表 2】  
表 2

| 成分                                                  | 濃度         |
|-----------------------------------------------------|------------|
| $\text{NH}_4\text{Cl}$                              | 2000mg-N/L |
| $\text{NaHCO}_3$                                    | 500mg/L    |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$                            | 30mg/L     |
| $\text{CaCl}_2$                                     | 3mg/L      |
| $\text{MgSO}_4$                                     | 2mg/L      |
| $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 0.4mg/L    |
| 下記微量成分                                              | 1mL/L      |
| 上記微量成分の組成                                           |            |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$           | 0.25mg/L   |
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 0.43mg/L   |
| $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$           | 0.24mg/L   |
| $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$           | 0.99mg/L   |
| $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 0.22mg/L   |
| $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$           | 0.19mg/L   |
| $\text{Na}_2\text{SeO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 0.11mg/L   |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$                             | 0.014mg/L  |

【0079】

試験は次のようにして行った。すなわち、スポンジ担体に亜硝酸化汚泥が付着し、亜硝酸化槽のアンモニア性窒素の除去速度が上昇するまでは、独立栄養性脱窒装置を設置せず、亜硝酸化槽のみの運転を行った。また亜硝酸化槽における反応を亜硝酸型とするため、当初原水に500mg-N/Lの亜硝酸性窒素を添加し、亜硝酸酸化細菌の生育を抑えた。原水への亜硝酸性窒素の添加は20日まで継続し、それ以降は行わなかった。

【0080】

亜硝酸化槽の初期HRTは50hとしたが、処理水のアンモニア性窒素濃度の低下を確認しながら、徐々にHRTを短縮し、負荷を増加させた。その結果、約60日後には、 $\text{HRT} = 24\text{h}$ 、窒素負荷 $2\text{kg-N/m}^3 \cdot \text{day}$ で、処理水のアンモニア性窒素濃度は $5\text{mg-N/L}$ 以下になった。それ以降、試験終了まで亜硝酸化槽はこの負荷で運転したが、窒素処理能に変化はなく、処理水のアンモニア性窒素濃度は安定していた。亜硝酸化反応は当初から亜硝酸型で推移し、試験終了まで処理水から $5\text{mg-N/L}$ 以上の硝酸性窒素が検出されることはなかった。亜硝酸化槽は、参考例1および2のいずれも上記方法で運転し、得られた結果もほぼ同じであった。

【0081】

亜硝酸化槽の亜硝酸化能が安定した60日目以降、溶存酸素除去槽 + 独立栄養性脱窒装

10

20

30

40

50

置への亜硝酸化液の通液を開始するとともに、亜硝酸化槽をバイパスさせた原水を溶存酸素除去装置へ導入した。このときバイパス流量は全処理水流量の43%（原水導入比＝0.43）とした。なお参考例1には、溶存酸素除去装置がないため、亜硝酸化槽をバイパスさせた原水は直接独立栄養性脱窒装置に流入させた。脱窒装置では温度30、pH7で脱窒を行った。60日目（溶存酸素除去装置＋独立栄養性脱窒装置への通液を開始した日）以降の参考例1および2の水質測定結果を表3および表4に示す。

【0082】

【表3】

表3 参考例1

|                                | 亜硝酸化槽<br>入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|--------------------------------|-------------|------------|------------|
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg-N/L) | 2010        | 853        | 99         |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1156       | 202        |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1.9        | 112        |
| BOD (mg/L)                     | < 5         | < 5        | < 5        |
| SS (mg/L)                      | 0           | 7.3        | 4.1        |
| 溶存酸素 (mg/L)                    | < 0.05      | 2.2        | < 0.05     |
| pH                             | 8.1         | 7.1        | 7.0        |

【0083】

【表4】

10

20

30

40

表4 参考例2

|                                | 亜硝酸化槽<br>入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|--------------------------------|-------------|------------|------------|
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg-N/L) | 2010        | 859        | 2.8        |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 958        | 1.1        |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 0.8        | 170        |
| BOD (mg/L)                     | <5          | <5         | <5         |
| SS (mg/L)                      | 0           | 5.4        | 2.3        |
| 溶存酸素 (mg/L)                    | <0.05       | <0.05      | <0.05      |
| pH                             | 8.1         | 7.0        | 7.0        |

## 【0084】

表3および表4の値は60～150日の平均値であるが、この期間中各濃度の経時変化はほとんど見られず、値は安定していた。参考例1および2における亜硝酸化槽の処理能力はほぼ等しく、脱窒装置に流入する被処理液中のアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素および硝酸性窒素は参考例1および2でほぼ等しかった。脱窒装置に流入する被処理液中の溶存酸素濃度は、溶存酸素除去装置を設置していない参考例1では約2.2mg/Lであった。溶存酸素除去装置を設置した参考例2の溶存酸素濃度は0.05mg/L未満であり、溶存酸素は効率的に除去されていることが確認された。なお、脱窒装置出口の溶存酸素濃度は参考例1および2とも0.05mg/L未満であった。参考例1においても脱窒装置出口の溶存酸素濃度が0.05mg/L未満になったのは、脱窒装置内でBODやアンモニアが酸化され酸素が消費されたためと考えられる。しかし、参考例1の処理水水質は溶存酸素除去装置を設けた参考例2に比べて低く、これは溶存酸素の影響により脱窒能が低下したためと推測される。

## 【 0 0 8 5 】

溶存酸素除去装置を設置した参考例 2 では、脱窒装置において効果的にアンモニア性窒素および亜硝酸性窒素が分解されており、実験期間中いずれの値も 5 m g - N / L を超えることはなかった。

## 【 0 0 8 6 】

以上の結果から、溶存酸素により独立栄養性脱窒菌の脱窒能は低下するが、この場合は脱窒装置の前段に溶存酸素除去装置を設置し、脱窒装置への溶存酸素の流入を抑えることが、独立栄養性脱窒菌の脱窒能を高く維持することに有効であることが確認できた。

## 【 0 0 8 7 】

参考例 3

参考例 1 の装置を用い、ただし亜硝酸化槽処理液に溶存酸素が残存しないように曝気量を少なくするとともに亜硝酸化槽の容積を 1 . 5 倍とし、前記表 2 に示した組成のアンモニア性窒素含有合成排水の窒素除去について検討した。結果を表 5 に示す。

## 【 0 0 8 8 】

## 【 表 5 】

表 5 参考例 3

|                                | 亜硝酸化槽<br>入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|--------------------------------|-------------|------------|------------|
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg-N/L) | 2 0 1 0     | 8 4 3      | 3 . 3      |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1 1 1 5    | 2 . 4      |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 0 . 7      | 1 4 2      |
| BOD (mg/L)                     | < 5         | < 5        | < 5        |
| SS (mg/L)                      | 0           | 9 . 2      | 3 . 2      |
| 溶存酸素 (mg/L)                    | < 0 . 0 5   | 0 . 2      | < 0 . 0 5  |
| pH                             | 8 . 1       | 7 . 1      | 7 . 0      |

## 【 0 0 8 9 】

表 5 の結果より、参考例 1 に比べて亜硝酸化槽の容量を大きくするとともに、曝気量を少なくして溶存酸素濃度を低くすることにより、脱窒装置出口のアンモニア性窒素および亜硝酸性窒素濃度が低くなることがわかる。

## 【 0 0 9 0 】

実施例 1 および 2

溶存酸素除去装置の代わりに BOD 除去装置を用いて試験した。実施例 1 および 2 のいずれの実施例も亜硝酸化槽および脱窒装置としては、参考例 1 および 2 と同じ装置を用いた。

## 【 0 0 9 1 】

図 3 に示した装置を 2 組用意した。ただし、実施例 1 では、図 3 の装置において、BOD 除去装置として、スポンジ 38 を見かけ容積 30 % 添加した容積 2 L の浮遊式嫌気性処理装置（従属栄養性脱窒槽 30）を用い、窒素ガスを曝気してスポンジを流動させた。従属

10

20

30

40

50

栄養性脱窒槽 30 の後段には膜分離装置 40 を設けた。また実施例 2 では、図 3 の装置において、BOD 除去装置として、発泡スチロール製の球形ろ材（平均粒径 3 . 5 mm）を充填した生物ろ過カラム（従属栄養性脱窒装置）を用いた。このカラムは直径 80 mm、高さ 500 mm の塩化ビニル製であり、見かけの充填容量が 2 L になるようにろ材を充填し、カラム下部から液を上向流で通水し、カラムの上部のストレーナーによってろ材の流出を防いだ。各 BOD 除去装置には、試験に先立ち、脱窒亜硝酸化汚泥を 300 ml 添加した。また、いずれの装置でもバイパス原水路 11 は連絡路 32 に接続し、連絡路 32 中で亜硝酸化液と原水とが混合されるように構成した。

【0092】

上記装置を用いて、表 6 に示した組成のアンモニア性窒素含有合成排水の窒素除去について、以下の通り検討した。1 ~ 59 日目までは参考例 1 および 2 と同じ方法で通水した。亜硝酸化槽の亜硝酸化能が安定した 60 日目以降、BOD 除去装置 + 独立栄養性脱窒装置への亜硝酸化液の通液を開始するとともに、亜硝酸化槽をバイパスさせた原水を BOD 除去装置へ流入させた。このときバイパス流量は全処理水流量の 43 %（原水導入比 = 0 . 43）とした。60 日目（BOD 除去装置 + 独立栄養性脱窒装置への亜硝酸化液の通液を開始した日）以降の実施例 1 および 2 の各処理槽の水質測定結果（60 ~ 150 日の平均値）を表 7 および表 8 に示す。なお、実施例 1 については 150 日目以降、BOD 除去装置の後段に孔径 0 . 1  $\mu$ m の精密ろ過膜を有する膜分離装置を設置し、BOD 除去装置の脱 BOD 処理液を膜を通過させた後、独立栄養性脱窒装置に流入するようにし、濃縮液は亜硝酸化槽に戻した。膜を設置した以降の実施例 1 の処理水質（150 ~ 240 日の平均値）を表 9 に示す。

【0093】

【表 6】

10

20

表 6

| 成分                                                  | 濃度         |
|-----------------------------------------------------|------------|
| $\text{NH}_4\text{Cl}$                              | 2000mg-N/L |
| $\text{CH}_3\text{COONa}$                           | 920mg/L    |
| $\text{NaHCO}_3$                                    | 500mg/L    |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$                            | 30mg/L     |
| $\text{CaCl}_2$                                     | 3mg/L      |
| $\text{MgSO}_4$                                     | 2mg/L      |
| $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 0.4mg/L    |
| 下記微量成分                                              | 1mL/L      |
| 上記微量成分の組成                                           |            |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$           | 0.25mg/L   |
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 0.43mg/L   |
| $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$           | 0.24mg/L   |
| $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$           | 0.99mg/L   |
| $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 0.22mg/L   |
| $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$           | 0.19mg/L   |
| $\text{Na}_2\text{SeO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 0.11mg/L   |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$                             | 0.014mg/L  |

10

20

30

【 0 0 9 4 】

【 表 7 】

表7 実施例1 (膜分離装置設置前)

|                                | 亜硝酸化槽<br>入口 | BOD除去<br>装置入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|--------------------------------|-------------|---------------|------------|------------|
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg-N/L) | 2010        | 861           | 848        | 62         |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1138          | 1047       | 48         |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1.8           | 1.1        | 152        |
| BOD (mg/L)                     | 523         | 241           | < 5        | < 5        |
| SS (mg/L)                      | 0           | 35            | 52         | 3.1        |
| 溶存酸素 (mg/L)                    | < 0.05      | 2.3           | < 0.05     | < 0.05     |
| pH                             | 8.1         | 7.1           | 7.3        | 7.1        |

10

20

30

【0095】

【表8】

表 8 実施例 2

|                                | 亜硝酸化槽<br>入口 | BOD除去<br>装置入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|--------------------------------|-------------|---------------|------------|------------|
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg-N/L) | 2010        | 857           | 838        | 2.8        |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1129          | 1038       | 1.1        |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 2.3           | 0.4        | 162        |
| BOD (mg/L)                     | 504         | 229           | < 5        | < 5        |
| SS (mg/L)                      | 0           | 32            | 0          | 2.3        |
| 溶存酸素 (mg/L)                    | < 0.05      | 2.2           | < 0.05     | < 0.05     |
| pH                             | 8.1         | 7.0           | 7.3        | 7.0        |

10

20

30

【 0 0 9 6 】

【 表 9 】

表 9 実施例 1 (膜分離装置設置後)

|                                | 亜硝酸化槽<br>入口 | BOD除去<br>装置入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|--------------------------------|-------------|---------------|------------|------------|
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg-N/L) | 1 9 9 8     | 8 5 2         | 8 3 4      | 2 . 7      |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1 1 2 4       | 1 0 1 5    | 2 . 1      |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg-N/L) | 0           | 1 . 5         | 1 . 1      | 1 5 8      |
| BOD (mg/L)                     | 5 1 0       | 2 2 0         | < 5        | < 5        |
| SS (mg/L)                      | 0           | 3 3           | 0          | 1          |
| 溶存酸素 (mg/L)                    | < 0 . 0 5   | 2 . 2         | < 0 . 0 5  | < 0 . 0 5  |
| pH                             | 8 . 0       | 7 . 0         | 7 . 3      | 7 . 0      |

## 【 0 0 9 7 】

実施例 1 および 2 の各亜硝酸化槽の処理水質は亜硝酸型で安定しており、硝化液のアンモニア性窒素および硝酸性窒素の濃度は 5 mg - N / L 以下であった。このため、亜硝酸化液とバイパスした原水とを混合した時のアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素の濃度比は、バイパス流量と亜硝酸化槽流量との比 ( 4 3 : 5 7 ) にほぼ等しかった。また亜硝酸化槽では B O D もほぼ完全に分解されていた。

## 【 0 0 9 8 】

実施例 1 および 2 の B O D 除去装置においては、バイパス原水路から導入された原水に含まれていた B O D は完全に分解されており、同時に亜硝酸性窒素も減少していた。

## 【 0 0 9 9 】

## 参考例 4

参考例 1 と同じ装置を用いて、前記表 6 に示した組成のアンモニア性窒素含有排水の窒素除去について、参考例 1 と同じ方法で検討した。結果を表 1 0 に示す。

【 0 1 0 0 】

【 表 1 0 】

表 1 0 参考例 4

|                                    | 亜硝酸化槽<br>入口 | 脱窒装置<br>入口 | 脱窒装置<br>出口 |
|------------------------------------|-------------|------------|------------|
| $\text{NH}_4\text{-N}$<br>(mg-N/L) | 2 0 1 0     | 8 6 4      | 2 3 2      |
| $\text{NO}_2\text{-N}$<br>(mg-N/L) | 0           | 1 1 4 3    | 2 8 2      |
| $\text{NO}_3\text{-N}$<br>(mg-N/L) | 0           | 1 . 3      | 8 6        |
| BOD (mg/L)                         | 5 2 3       | 2 3 9      | < 5        |
| SS (mg/L)                          | 0           | 2 7        | 1 . 2      |
| 溶存酸素 (mg/L)                        | < 0 . 0 5   | 2 . 2      | < 0 . 0 5  |
| pH                                 | 8 . 1       | 7 . 1      | 7 . 0      |

【 0 1 0 1 】

最終処理水中のアンモニア性窒素および亜硝酸性窒素の濃度は実施例 1、2 および参考例 4 で大きく異なった。参考例 4 の処理水濃度が最も高く、アンモニア性窒素濃度が 2 3 2 mg - N / L、亜硝酸性窒素濃度が 2 8 2 mg - N / L であった。次に処理濃度が高かったのは精密ろ過膜を設置する前の実施例 1 であり、アンモニア性窒素濃度が 6 2 mg - N / L、亜硝酸性窒素濃度が 4 8 mg - N / L であった。実施例 1 では精密ろ過膜を設置した後、最終処理水のアンモニア性窒素および亜硝酸性窒素は大幅に減少し、アンモニア性窒素濃度が 2 . 7 mg - N / L、亜硝酸性窒素濃度が 2 . 1 mg - N / L であった。実施例 2 の最終処理水の水質が最もよく、精密ろ過膜設置後の実施例 2 と同程度であり、アンモニア性窒素濃度が 2 . 8 mg - N / L、亜硝酸性窒素濃度が 1 . 1 mg - N / L であった。

## 【 0 1 0 2 】

以上の結果から、BOD成分により独立栄養性脱窒菌の脱窒能が低下する場合は、脱窒装置の前段にBOD除去装置を設置し、脱窒装置へのBOD成分の流入を抑えることが、独立栄養性脱窒菌の脱窒能を高く維持することに有効であることが確認できた。またBOD除去装置を生物ろ過式とするか、または後段に膜を設置し、菌体SSの流入を防止することによって、脱窒装置の脱窒処理能がさらに向上することが確認できた。

## 【 0 1 0 3 】

また、今回の試験ではバイパスした原水に含まれるBODを利用した従属栄養性の脱窒菌による亜硝酸性窒素の減少を考慮し、式〔1〕に従ってバイパスする流量の比を決めたため（定数aは1.3、bは3.0として計算）、脱窒装置でアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素が効果的に反応し、BODと菌体SSを前段で除いた場合、処理水中のアンモニア性窒素濃度および亜硝酸性窒素濃度とともに3mg-N/L以下にすることができた。なお、いずれの実施例でも脱窒装置で硝酸性窒素が増加するのは、独立栄養性脱窒菌が亜硝酸性窒素の一部を硝酸性窒素に変換するためであると推測される。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は第1参考例の生物学的窒素除去装置を示す系統図である。

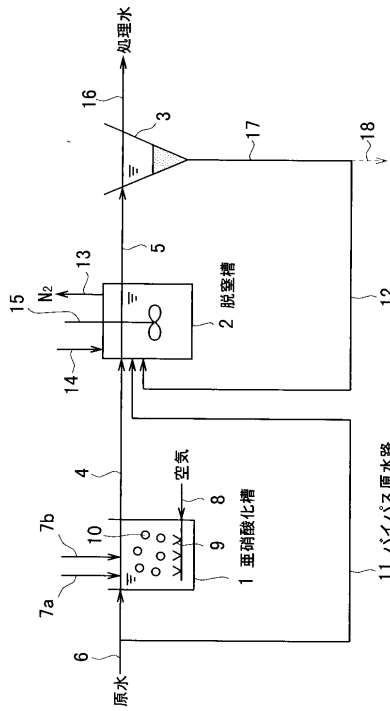
【図2】 図2は第2参考例の生物学的窒素除去装置を示す系統図である。

【図3】 図3は本発明の実施例の生物学的窒素除去装置を示す系統図である。

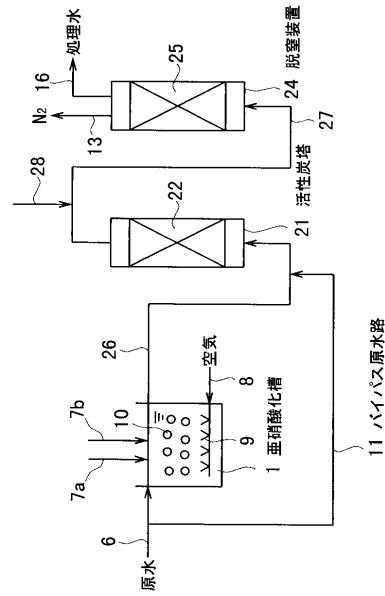
## 【符号の説明】

- |                         |    |
|-------------------------|----|
| 1 亜硝酸化槽                 | 20 |
| 2 脱窒槽                   |    |
| 3 固液分離装置                |    |
| 4、5、26、27、31、32、41 連絡路  |    |
| 6 原水路                   |    |
| 7a、14、28、33、46 pH調整剤供給路 |    |
| 7b 薬剤供給路                |    |
| 8 空気供給路                 |    |
| 9、36 散気装置               |    |
| 10、38 スポンジ              |    |
| 11 バイパス原水路              | 30 |
| 12 返送汚泥路                |    |
| 13、34 排ガス路              |    |
| 15、37 攪拌器               |    |
| 16 処理水路                 |    |
| 17 汚泥取出路                |    |
| 18、45 余剰汚泥路             |    |
| 21 活性炭塔                 |    |
| 22 活性炭層                 |    |
| 24 脱窒装置                 |    |
| 25 生物層                  | 40 |
| 30 従属栄養性脱窒槽             |    |
| 35 窒素供給路                |    |
| 40 濃縮装置                 |    |
| 42 濃縮液取出路               |    |
| 43 分離膜                  |    |
| 44 濃縮液循環路               |    |

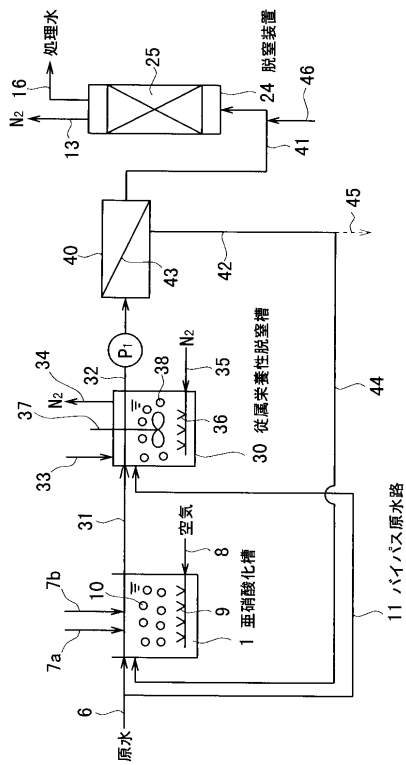
【図 1】



【図 2】



【図 3】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09 - 276896 (JP, A)

特表平03 - 501099 (JP, A)

国際公開第98 / 007664 (WO, A1)

特開平08 - 192185 (JP, A)

米国特許第05078884 (US, A)

国際公開第00 / 005176 (WO, A1)

特開平08 - 197089 (JP, A)

MARC STROUS, ERIC VAN GERVEN, PING ZHENG, J.GIJS KUENEN, MIKE S.M.JETTEN, AMMONIUM REMOVAL FROM CONCENTRATED WASTE STREAMS WITH THE ANAEROBIC AMMONIUM OXIDATION (ANAMMOX) PROCESS IN DIFFERENT REACTOR CONFIGURATIONS, WaterResarch, 英国, Elsevier Science Ltd., 1997年, Vol.31, No.8, p. 1955 - p. 1962

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C02F 3/34

C02F 3/30