

明 細 書

発明の名称：

排水処理方法、システムおよび汚濁物分解活性測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、効率的な排水処理方法に関する。さらに詳細には、本発明は、活性汚泥法を利用した排水処理方法、排水処理システムおよび活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法に関する。

背景技術

[0002] 下水や生活排水等の污水、実験排水、工場排水、家畜排水、汚泥処理水などの排水は、主に三種類の方法で処理される。

[0003] すなわち、図 1 に示すような“標準法”と呼ばれる連続式処理は、各種排水処理、主に下水処理に用いられており、第一処理槽 2a は嫌気処理し、第二処理槽 3a および第三処理槽 4a で曝気するものである。図 2 に示す回分式処理方法と呼ばれる処理方式、および、楕円形の大きな水路を造って原水を流し、原水の流入個所と中間の個所で間欠的に曝気と攪拌を行う O D 式処理方法（図 3）の三種類に大きく分類され、それぞれ使用排水（原水 1a）の種類や処理量、建設費に合わせて建設され、実施されている。

[0004] 例えば、回分式処理方法（図 2）の場合、四槽の処理設備において、原水 1a を曝気装置および攪拌装置ならびに排水装置を備えた第一回分槽（処理槽）2a および第二回分槽 3a に導入、活性汚泥処理し、両回分槽の底面に沈殿した汚泥を汚泥引抜きして第一余剰汚泥槽 8a に移送し、さらにこの汚泥を濃縮して第二余剰汚泥槽 9a に貯蔵、適宜搬出して脱水後埋め立て、焼却等に付される。

[0005] 一方、回分槽の上澄み液は排水装置により汲み上げられ、放流水 7a として河川に放流する。なお、通常、原水 1a は、予め調整槽において、流入排水の水質と濃度を平均化した後、処理槽等に導入されることが多い。

- [0006] このように、活性汚泥法を利用した上記排水処理のいずれも、下水処理した後の放流水（処理水）の水質（処理水質）の向上、処理効率の安定化、処理に伴って発生する汚泥の減量化、処理時の発泡・スカム（scum；下水処理槽の水面に浮上した固形物や油脂分の集まった浮きカスで、ガスが発生することによって曝気が妨げられ、処理槽の機能が減じ、悪臭が発生する）・バルキング等の抑制が従来求められてきた。
- [0007] 従来の排水処理が抱える問題点のうち、このように活性汚泥による処理の途中で活性汚泥細菌類の活性が低下することによって、アンモニアや硫化水素が発生し、悪臭を発したり、発泡やスカムと呼ばれる浮遊物が発生し、そのまま放流水へ流れ込んだりする等の支障を来たして、処理効率が大きく低下するとともに、放流水の水質が低下する場合がある。
- [0008] すなわち、従来の下水処理では、処理システム内へ流入する污水や廃液等の処理すべき廃液中の汚濁物の成分（流入水含有物質）やその組成は日常的に変化し、「活性汚泥法」の観点で見ると、活性汚泥の活性（活性汚泥微生物の生育）を阻害する生育阻害物質は恒常的に流入している。処理システム内に生育阻害物質が流入すると、汚濁物分解性の活性汚泥細菌類／微生物類の生育が阻害され、汚濁物分解性が低くなる場合がある。
- [0009] その原因は色々考えられるが、中でも処理槽（回分槽）2aおよび3aに投入される原水1aがしばしば活性汚泥微生物群の生育阻害物質を含んでおり、そのため活性汚泥処理能力が急激に低下し、排水処理の進行を大きく低下させている。
- [0010] 他方、各処理槽および余剰汚泥貯留槽の曝気に要する電力使用量が大きく、排水処理コストの削減に大きな障害となっている。
- [0011] また、処理槽から引抜かれ、（遠心）脱水後焼却、埋め立て処理へ回される余剰汚泥量は、仮に排水処理能力の向上によっても、増えこそすれ、減ることは従来の処理方法ではまったく有り得なかった。すなわち、余剰汚泥を処理する各種の費用は増加する一方である。そのために、余剰汚泥を遠心分離・脱水するための電気代、排出した汚泥の焼却・埋め立て費用、そのため

の運送費用等々は増加する一方である。

[0012] 改善策として、処理システムに培養槽を設置して汚泥を循環させる方法が一般的に行われているが、設置費用と管理費が嵩む割に、汚泥減量化効果が小さい場合がある。

[0013] 汚泥減量化の方法は、培養槽を設置して活性汚泥の汚濁物分解性を高める“培養法”；分解性の高い活性汚泥を処理槽に恒常的に添加する“添加法”；汚泥をミルで粉砕して処理槽に戻す“ミル法”；汚泥にオゾン吹き込んで処理槽に戻す“オゾン法”；汚泥を超音波処理して処理槽に戻す“超音波法”；ウォータージェットで汚泥を粉砕して処理槽に戻す“ウォータージェット法”などの方法が知られている。しかしながら、これらの汚泥減量化方法では、新たな設備の導入や維持に莫大な費用が掛かる。

[0014] このような背景の下、特許文献1において、尿尿処理槽における処理効率を向上させるために、処理槽にケイ素化合物やマグネシウム化合物を添加する方法、ペプトン等の栄養剤を投与する方法、処理槽に活性汚泥用種菌を追加する方法が提案されているのみであるが、尿尿処理以外では未だ充分にその目的を達していない。

[0015] 一方、下水含有汚濁物や尿尿分解性菌株に関する報告は従来ほとんど知られていない。

[0016] 本発明者は、尿尿がバチルス属細菌類（後述するA株とB株との組み合わせ）で分解され、これらのバチルス属細菌類は定性的にデンプン・油脂分解性を示し、筋肉性タンパク質を主成分とするクックトミート培地（日水製薬（株）製の懸濁物質〔SS；suspended solid〕の除去率が約80%以上であることを見出している（非特許文献1）。なお、日水製薬（株）製のクックトミート培地は現在、製造中止となっている。

[0017] さらに本発明者は、尿尿処理の際、ケイ素化合物とマグネシウム化合物とを処理槽に添加すると尿尿分解性バチルス属細菌類が優占化し、効率的に尿尿分解が起こり、悪臭の発生が低減化することを見出している（非特許文献1～3）。そして下水処理の場合も、ケイ素化合物およびマグネシウム化合

物の存在が、処理に伴って発生する汚泥の減量化および悪臭発生の低減化に重要であることを見出した。また、汚濁物分解にはデンプン分解性および油脂分解性に加え、クックトミート培地中の懸濁物分解性を兼ね備えたバチルス属細菌が重要であることを見出している。

[0018] しかしながら、非特許文献1～3において、焼却または埋め立てされる排出汚泥を減量化する試みに対して、処理能力の高い微生物菌株の使用と処理方法による効率化が提案されているに過ぎず、大幅な汚泥減量化の方法や技術は未だ存在しないと言っても過言ではない。

[0019] なお、本発明者は、下水処理の際、発泡・スカム・バルキング等が発生すると、栄養剤を添加することによって、これらの解消に効果的であることも見出している（特許文献2）。

先行技術文献

特許文献

[0020] 特許文献1：特開第2002-86181号公報

特許文献2：国際公開第2006/115199号パンフレット

非特許文献

[0021] 非特許文献1：村上および入江他，好気性し尿処理槽における*Bacillus* spp.

の優占化とそれらの生化学的性質，水環境学会誌，18(2)，97-108頁，1995年

非特許文献2：入江隼三および高塚秀樹，*Bacillus*属細菌の増加／優占化による下水処理改善に関する研究，防菌防黴，27巻(7)，431-440頁，1999年

非特許文献3：土井幸夫，李文生，入江隼三，田端信一郎および建石耕一，効率的無臭合併処理浄化槽に優占する細菌相とそれらの生化学的性質，防菌防黴，26巻(2)，53-63頁，1998年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0022] 本発明は、従来の活性汚泥法で使用されている排水処理施設の大幅な改造を行わずに低コストで、排水処理された後の水の水質（処理水質）の向上お

よび汚泥減量化を達成し、下水等の排水を効率的に処理する排水処理方法、排水処理システムおよび活性汚泥微生物の汚濁物分解活性（水域の清濁の程度を示す指標であるBOD成分および懸濁物質〔SS〕の除去率）測定方法を提供することを目的としている。

- [0023] すなわち、本発明は、活性汚泥処理微生物群の汚濁物分解活性低下を排除し、さらにはその処理能力を大幅に向上させて処理効率を高めるとともに、余剰汚泥物を減量化する方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0024] 上述の通り、下水処理は、その処理費用が高騰を続け、汚泥発生量の低減化・悪臭低減化・汚泥脱水の効率化などが望まれている。さらに、環境問題から処理後の水質の向上と安定化も望まれている。
- [0025] 従来、活性汚泥法等で用いられる汚濁物分解性微生物類に関する研究はほとんど知られておらず、汚濁物分解性の高い微生物を選択的に下水処理槽や汚泥貯留槽で培養する技術も知られていない。また、処理システム内に生育阻害物質が流入して、汚濁物分解性の活性汚泥細菌類／微生物類の生育が阻害される「生育阻害」は下水処理効率化の難点であり、この生育阻害の解決方法も知られていない。
- [0026] 本発明者は1991年から、人畜の屎尿処理や下水処理（生活雑排水および食品工場廃水の処理を含む。以下、同様。）で働く活性汚泥微生物を研究し、本発明を完成するに至った。
- [0027] 通説として汚泥は活性汚泥微生物からなると考えられているが、本発明者は未分解汚濁物を多量に含んでいるとの見解を示している。事実、デンプン分解性・油脂分解性・筋肉タンパク質分解性細菌類が、屎尿処理や下水処理活性汚泥中に生育すると処理水質は向上し、汚泥減量化が見られ、悪臭が低減化することを報告している（非特許文献1，2）。この際、汚濁物分解性の高い細菌類の生育・維持にケイ素化合物やマグネシウム化合物の添加が必要であることを報告した（非特許文献1～3）。さらに、汚濁物分解性の高い細菌類が生育する際、スカムや発泡を起こす場合があり、ペプトンの添加

が、これらの問題を解消するために有効であることを見出し既に特許出願した（特許文献2）。

[0028] その後、平成18年（2006年）12月～平成21年（2009年）12月まで3年間、下水処理の効率化試験を行い、処理促進剤として、ケイ素化合物およびマグネシウム化合物とペプトンとに加えて、アルミニウム化合物および乾燥酵母エキスを添加すると、活性汚泥微生物生育阻害物質が流入した際、活性汚泥微生物のショック状態が解消し、汚濁物分解性細菌叢が回復し、加えて汚濁物分解性がさらに高い細菌叢が出現するという高い効果を奏することを見出した。

[0029] さらに、出現した高い汚濁物分解性菌株は、16S rDNA塩基配列の解析および遺伝子系統樹から判断して、添加した種菌株から誘導された変異株であって、各種酵素活性が向上し、さらに各種酵素の非特異性が向上したと考えられる。すなわち、添加した種菌株から誘導された変異株は、酵素生産能が誘導された菌株であると考えられる。「酵素生産能が誘導された」とは、酵素自体が変異して酵素活性が向上したことを意味し、特にプロテアーゼ活性とプロテアーゼの基質非特異性が向上したと考えられる。

[0030] 汚濁物分解性の高い細菌株の出現・生育・維持に加えて、デンプン分解性・油脂分解性・セルロース分解性を示すカビや酵母が出現し、一定数を維持することができた。

[0031] 出現したカビの中にはG株があり、このG株は抗生物質生産性を有し、またG株の生育が見られるようになるにしたがって、処理槽で糸状菌類の生育が見られなくなった。

[0032] 本発明者は、上記の汚濁物分解性の高い微生物類の生育・維持のために、処理促進剤の添加に加えて適切な汚泥返送量を保つこと、適切な曝気量を保つことが必要である事を見出した。

[0033] 以上に従って下水処理施設を管理すると、年間平均従来比で、処理水BODが57%以上；懸濁物質〔SS〕除去率が67%以上；トータル窒素〔TN〕が15%以上；全リン化合物量〔TP〕で従来と同様の除去率を示した。

さらに、汚泥発生量を、乾燥重量で従来比50%削減；汚泥転換率（＝100×増加汚泥乾燥重量／除去BOD量）で従来比約60%低減化した（減量化できた）。

[0034] また、添加する処理促進剤については、ケイ素化合物やマグネシウム化合物が知られているが、アルミニウム化合物の添加効果は知られていなかった。一方、発泡やスカムの発生時、ペプトンの添加がそれらの解消に効果があることを見出したが、乾燥酵母エキスの添加で、発泡やスカム解消に効果を示し、活性汚泥微生物に対する生育阻害の回復に卓越した効果が見られることを、本発明者は新しく見出した。

[0035] 汚濁物分解性細菌として種菌を加える事が知られているが、効果は長続きしない。また、添加した種菌から、より汚濁物分解性の高い菌株への誘導は知られていない。

[0036] 加えて、カビや酵母など、デンプン分解性・油脂分解性・セルロース分解性の強い微生物の生育が処理槽，汚泥貯留槽，濃縮汚泥貯留槽で確認された例は、これまでの下水処理では知られていない。

[0037] 本発明者らは、このような知見に基づき、本発明を完成するに至った。

[0038] すなわち、本発明の排水処理方法は、以下のように、第一の態様として「排水処理方法(α)」および第二の態様として「排水処理方法(β)」を包含するものである。

[0039] 排水処理方法(α)は、図1～4に示すように、原水1aを活性汚泥処理する際、第一汚泥返送工程Va：曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12aにおいて、曝気・攪拌した汚泥を、処理槽，回分槽もしくは嫌気槽に返送する工程；および／または、曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13aにおいて、曝気・攪拌した汚泥を、処理槽，回分槽もしくは嫌気槽に返送する工程を実施し、かつ、該汚泥を返送された処理槽中，回分槽中または嫌気槽中のバチルス属菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 22.5 \times 10^5$ cfu/mLに維持しながら活性汚泥処理することを特徴とする。

[0040] 上記方法(α)において、第一汚泥返送工程Vaを実施する際、生育阻害剤な

どの影響を受けて活性が低下するのを回避するために、さらに、第二汚泥返送工程Wa：曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13aにおいて、曝気・攪拌した汚泥を、曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12aに返送する工程を実施することが好ましい。

[0041] 第一処理槽または第一回分槽2a；第二処理槽または第二回分槽3a；第三処理槽4a；O D槽5a；第一余剰汚泥槽または汚泥貯留槽8a；第二余剰汚泥槽または濃縮汚泥貯留槽9a；汚泥濃縮槽10a；汚泥貯留槽または濃縮汚泥貯留槽11a；曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12a；および、曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13aのいずれか一槽以上に、処理促進剤を添加するのが好ましく、該処理促進剤は、ケイ素化合物、マグネシウム化合物、アルミニウム化合物、ペプトンおよび乾燥酵母エキスからなる群より選択される一種または二種以上であるのが好ましい。

[0042] 第一余剰汚泥槽または汚泥貯留槽8a；第二余剰汚泥槽または濃縮汚泥貯留槽9a；

汚泥濃縮槽10a；汚泥貯留槽または濃縮汚泥貯留槽11a；曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12a；および、曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13aのいずれか一槽以上に、窒素源を添加するのが好ましく、該窒素源は、尿素、硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムのいずれか一種以上であるのが好ましい。

[0043] 一方、本発明の排水処理方法(β)は、図5に示すように、少なくとも、下記工程(1)～(5)：

工程(1)：曝気装置および攪拌装置を備える曝気槽10に、種菌叢2を添加した状態で、生物化学的酸素要求量〔BOD〕が80mg/L以上の汚水または廃液1を流入させ、曝気および攪拌することによって、攪拌処理液11を得る曝気工程；

工程(2)：工程(1)で得られた攪拌処理液11を汚泥沈殿槽20に流入させ、静置することによって、上澄み液21と沈殿汚泥22とに分離した後、該上澄み液21を放流水23として系外に排水する分離工程；

工程(3)：工程(2)で得られた沈殿汚泥22を引き抜き、汚泥貯留槽30に沈殿汚泥22を貯留し、その一部を上記曝気槽10に返送する貯留・返送工程；

工程(4)：工程(3)で得られた貯留汚泥を、汚泥濃縮槽40および／または遠心濃縮機60で濃縮する濃縮工程；ならびに

工程(5)：工程(4)で得られた濃縮汚泥を、濃縮汚泥貯留槽50に貯留し、その一部を系外に搬出する貯留・搬出工程を含む活性汚泥法を用いて排水処理する際に、

汚泥貯留槽30および／または濃縮汚泥貯留槽50に、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を備え付けて、装置付き汚泥貯留槽30および／または装置付き濃縮汚泥貯留槽50を配設し、下記汚泥返送(I)、(II)：

汚泥返送(I)：該装置付き汚泥貯留槽30で、曝気するか、もしくは曝気・攪拌することによって得られる攪拌処理貯留汚泥31を引き抜き、上記曝気槽10に返送すること；および／または

汚泥返送(II)：該装置付き濃縮汚泥貯留槽50で、曝気するか、もしくは曝気・攪拌することによって得られる攪拌処理濃縮貯留汚泥51を引き抜き、上記曝気槽10および／または該装置付き汚泥貯留槽30に返送することを行い、該曝気槽10、該装置付き汚泥貯留槽30および該装置付き濃縮汚泥貯留槽50のうち1槽以上に、汚泥凝集剤および栄養剤を添加するとともに、該汚泥凝集剤および該栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mLに保持しつつ排水処理することを特徴とする。

[0044] 図6に示すように、上記曝気槽10は、2槽以上直列に連結し、第一槽目の処理槽12では曝気せずに攪拌のみを行う嫌気処理を施し、第二槽目の処理槽13以降で種菌叢2を添加し、曝気および攪拌してもよい。

[0045] 図5に示すような、上記曝気槽10は、その曝気および攪拌の機能を一時的に停止させることによって、上記汚泥沈殿槽20を兼用することができる。

[0046] デンプン分解性および油脂分解性を有し、かつ下記組成のクックトミート培地(Oxoid)および(Difco)それぞれに含まれる懸濁物質〔SS〕の除去

率が70%以上および60%以上である汚濁物高分解性菌叢に、上記種菌叢2が誘導されることが好ましい；

クックトミート培地（Oxoid）の組成（1 Lあたり）：心筋（乾燥）が73.0 g，ペプトンが10.0 g，ラバーレムコ末が10.0 g，塩化ナトリウムが5.0 g，およびブドウ糖が2.0 g；ならびにクックトミート培地（Difco）の組成（1 Lあたり）：牛心筋（乾燥）が98.0 g，プロテオースペプトンが20.0 g，ブドウ糖が2.0 g，および塩化ナトリウムが5.0 gである。

[0047] 上記汚濁物高分解性菌叢は、上記クックトミート培地（Oxoid）に含まれるSSの除去率が80%以上であることがより好ましい。

[0048] 上記種菌叢2は、A株（バチルス・シューリングエンシス[Bacillus thuringiensis]；国際寄託番号：FERM BP-11280），B株（バチルス・ズブチリス[Bacillus subtilis]；国際寄託番号：FERM BP-11281）およびC株（バチルス・ズブチリス[Bacillus subtilis]；国際寄託番号：FERM BP-11282）であることが好ましい。

[0049] 上記汚濁物高分解性菌叢は、D株（バチルス・ズブチリス[Bacillus subtilis]；国際寄託番号：FERM BP-11283），E株（バチルス・ズブチリス[Bacillus subtilis]；国際寄託番号：FERM BP-11284）およびF株（バチルス・ズブチリス[Bacillus subtilis]；国際寄託番号：FERM BP-11285）からなる群から選択される少なくとも1種のバチルス属細菌を含むか；あるいは

該バチルス属細菌を少なくとも1種と、G株（ペニシリウム・ターバタム[Penicillium tubatum]；国際寄託番号：FERM BP-11289）のカビおよび／またはH株（ジェオトリカム・シルビコーラ[Geotrichum silvicola]；国際寄託番号：FERM BP-11287），I株（ピチア・フェルメンタンス[Pichia fermentans]；国際寄託番号：FERM BP-11286）およびJ株（ピチア・グイリイエルモンデイイ[Pichia guilliermondii]；国際寄託番号：FERM BP-11288）からなる群から選択される少なくとも1種の酵母とを含むことが好ましい。

- [0050] 上記汚泥凝集剤は、アルミニウム化合物と、ケイ素化合物および／またはマグネシウム化合物とを含み、該汚泥凝集剤を添加する槽中の懸濁物質〔MLSS〕1 g/Lあたり、酸化アルミニウム〔 Al_2O_3 〕で換算したアルミニウム化合物を、0.01~0.5 g；二酸化ケイ素〔 SiO_2 〕で換算したケイ素化合物を、0.01~2 g；および酸化マグネシウム〔 MgO 〕で換算したマグネシウム化合物を、0.01~0.5 gで添加（ただし、各槽の1立方メートル〔 m^3 〕かつ1日あたり）するのが好ましい。
- [0051] 上記栄養剤は、ペプトンおよび／または乾燥酵母エキスであり、該栄養剤を添加した曝気槽10中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを0.8~70 mg、乾燥酵母エキスを0.1~10 mg；該栄養剤を添加した上記の装置付き汚泥貯留槽30中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを3.5~250 mg、乾燥酵母エキスを0.7~45 mg；該栄養剤を添加した上記の装置付き濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを2.0~150 mg、酵母エキスを0.4~25 mgで添加（ただし、各槽の1立方メートル〔 m^3 〕かつ1日あたり）するのが好ましい。
- [0052] 上記の装置付き汚泥貯留槽30および／または上記の装置付き濃縮汚泥貯留槽50に、上記汚泥凝集剤と上記栄養剤とともに、尿素、硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムからなる群から選択される1種以上の窒素源を添加し、 N_2 で換算した窒素源を、該装置付き汚泥貯留槽30中のMLSS 1 g/Lあたり、0.1~15 g；該装置付き濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS 1 g/Lあたり、1~150 mgで添加（ただし、各槽の1立方メートル〔 m^3 〕かつ1日あたり）するのが好ましい。
- [0053] また、本発明の排水処理システムは、上述した活性汚泥法を用いて排水処理する際に、汚泥貯留槽30および／または濃縮汚泥貯留槽50に、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を備え付けて、装置付き汚泥貯留槽30および／または装置付き濃縮汚泥貯留槽50を配設し、上記汚泥返送(I)および／または(II)を行い、該曝気槽10、該装置付き汚泥貯留槽30および該装置付き濃縮汚泥貯留槽50のうち1槽以上に、汚泥凝集剤および栄養剤を添加す

るとともに、該汚泥凝集剤および該栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mLに保持しつつ排水処理することを特徴とする。

[0054] 本発明の排水処理システムにおいて、上記曝気槽10は、2槽以上直列に連結し、第一槽目の処理槽12では曝気せずに攪拌のみを行う嫌気処理を施し、第二槽目の処理槽13以降で種菌叢2を添加し、曝気および攪拌してもよく、該曝気槽10は、その曝気および攪拌の機能を一時的に停止させることによって、上記汚泥沈殿槽20を兼用してもよい。

[0055] 本発明の排水処理システムにおける汚泥凝集剤および栄養剤は、本発明の排水処理方法(β)で用いることが好ましい汚泥凝集剤および栄養剤と同様であり、添加する量も本発明の排水処理方法(β)の場合と同様である。また、該装置付き汚泥貯留槽30および／または該装置付き濃縮汚泥貯留槽50に、汚泥凝集剤と栄養剤とともに添加する窒素源およびその添加量も、本発明の排水処理方法(β)の場合と同様である。

[0056] さらに、本発明の活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法は、上記クックトミート培地に植菌し培養した後のSSの乾燥重量(X)と、別途、上記クックトミート培地に植菌せずに培養した後のSSの乾燥重量(Y)とから、下記式(i)：

$$SS \text{ 除去率 } (\%) = \{ (Y - X) / Y \} \times 100 \quad \cdots (i)$$

を用いてSS除去率を算出することによって、上記種菌叢または上記汚濁物高分解性菌叢に含まれる活性汚泥微生物の汚濁物分解性能を測定することを特徴とする。

発明の効果

[0057] 本発明の排水処理方法(α)によって、従来の処理方法に比べて、処理可能排水量の大幅な増加(年間にして、除去率が、処理水のBOD57%以上、SS〔懸濁物質〕67%以上、T-N15%以上)が可能となり、余剰汚泥の発生量の驚くべき減量化(50%)と、汚泥転換率の顕著な減少(約-60%)、曝気および貯蔵された余剰汚泥の遠心分離に要する電力の大きな軽減、放流水

の水質の大幅な向上、処理設備周辺からの悪臭発生の大幅低下という極めて優れた効果を有する。さらに、本発明の排水処理方法(α)を実施することによって、その処理運転中に種菌として加えた汚濁物分解性微生物群（バチルス属菌主体）は一定時間経過後全て消失し、汚濁物分解性能が一層高い汚濁物分解性微生物群に誘導されることを見出した。この汚濁物分解性微生物群には、自然由来のカビ、酵母菌も含まれていることを見出した。

[0058] さらに、本発明の排水処理方法(β)は、下記（１）～（１０）に係る効果を有する排水処理方法、排水処理システムおよび活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法を提供することができる。

[0059] （１）種菌が汚濁物高分解性菌叢に誘導される：

本発明の排水処理法(β)を実施することによって、種菌が汚濁物分解性の高い菌叢に誘導されるのみならず、種菌を添加しない場合（ただし、土壌や尿尿等に汚濁物分解性の高いバチルス属細菌が存在し、流入して優占化し効率的な処理が行われる場合）であっても、汚濁物分解性の高い菌叢に誘導される（種菌を添加した場合に比べて多少時間を要することがある；非特許文献２）。

[0060] さらに、種菌としてＡ株、Ｂ株およびＣ株を用いて、本発明の排水処理法を実施した場合（実施例で詳述する）、汚濁物分解活性がこれら種菌と同じレベルを維持する、複数種の菌叢（バチルス属細菌・カビ・酵母）に誘導される。菌叢に含まれる微生物の種類が複数あることから（すなわち、生育阻害物質に対する感受性がそれぞれ違うことから）、全体として生育阻害が起こりづらい。

[0061] （２）汚泥減量化：

汚泥発生量を、乾燥重量で従来比５０％以上減少させ、汚泥転換率（＝１００×増加汚泥乾燥重量／除去ＢＯＤ量）で従来比約６０％以上減少させることができる。

[0062] （３）処理水水質の向上：

年間平均、従来比で、処理水ＢＯＤを５７％以上；ＳＳ除去率を６７％以上；

トータル窒素〔T-N〕を15%以上向上することができる。なお、全リン化合物量〔T-P〕の処理は現状を維持する。本発明のように処理水質を向上させることができると、環境に与える悪い影響を抑制することができる。

[0063] (4) 悪臭成分発生の抑制：

処理槽や汚泥貯留槽からアンモニア、硫化水素などの悪臭成分の発生を抑制することができる。その結果、施設の無修理期間（修理間隔）を延長することができるから、施設管理費を節約することができる。

[0064] (5) 電気消費量の節約：

流入BOD量が経時的に増加しても、上記のように高効率かつ高品質で排水処理できるため、従来と同程度の品質の処理水を求める場合は、電気消費量をそのまま維持または抑制することができる。

[0065] (6) 施設改修がほぼ不必要：

従来の施設の大幅な改修を必要としない。すなわち、従来の下水処理施設の無改造または小幅な改造で本発明の排水処理方法(β)を実施でき、その結果、従来に比して汚泥減量化が可能である。

[0066] (7) 糸状菌類の生育の抑制：

糸状菌類の生育が抑制されることで、発泡やスカムの発生が抑制でき、良好な汚泥沈降性が維持でき、施設の管理が容易である。

[0067] (8) 下水汚泥処理経費の削減：

実施例でも詳述するように、平成21年（2009年）の下水処理量は185m³/日、汚泥減量化率が対平成17年（2005年）比で50.1%であって、発生汚泥量が大幅に減量化し、対平成17年比除去BOD量は35.92%増、除去SS重量は60.85%増にもかかわらず、減量化した乾物汚泥重量が7.458 tに相当した。この乾物汚泥量は、濃縮汚泥（実施例で使用した下水処理施設の濃縮汚泥のMLSS含量は約2%であり、含水率は約98%である。）に換算して3.0m³ローリー124台分に相当し、運搬費62万円、脱水ケーキ（含水率85%：含水率（%）＝（水分重量／水分＋MLSS重量）×100）50m³に当たり処理費用は約80万円、計142万円に当たり、節減した費用は142万円/年に当たる。平成21年4

月から平成22年（2009年度通期）3月予測汚泥減量化率62%として計算すると節約できる処理費は176万円/年と予測できる。

[0068] なお、「乾燥汚泥」の重量は、懸濁物質測定法（JIS K010214.1）に従って測定する。この懸濁物質測定法は、ガラス繊維製フィルタ（孔径：1 μ m；径：20～50nm）を用いて、一定容量（200mL）の汚泥懸濁水を濾過し、105～110℃で1時間乾燥してデシケータ内で放冷し（約1時間）、その重量を下記式に従って算出する。

[0069] 乾燥懸濁物質質量（mg/L）＝[懸濁物質＋濾紙重量（mg）－濾紙重量]×1000／試料（mL）

式中、[懸濁物質＋濾紙重量（mg）－濾紙重量]は20～40mgの範囲である。

[0070] 通常の業務で槽内のMLSSを測定するときは、MLSS計（光の散乱現象を用いてMLSS濃度（mg/L）を測定する）を用いて測定する。

[0071] なお、「濃縮汚泥」は、沈殿槽汚泥から水分を引抜いて濃縮した（水分含量の低い）汚泥をいう。

[0072] （9）様々な排水に適用可能：

下水処理のみならず、畜産排水処理、尿尿処理、食品工場排水処理に代表されるその他の排水処理にも適用可能であることから、種々の分野で応用可能である。

[0073] （10）汚泥転換率の減少化：

汚泥転換率設計値が40%の施設であって、かつ汚泥転換率実効値が90%以上の施設である場合、汚泥転換率を35%以下に低減することができる。

[0074] ここで「汚泥転換率設計値」は、下水処理方式に従って処理施設建設各社が実験して得た値から算出したものであり、入札書類等に記載されている。40%以下の法的な根拠は不明であるが（おそらく下水道事業団による基準値と思われる）汚泥転換率上限が40%になっていると考えられる。

[0075] 「汚泥転換率実効値」は、処理施設を施設管理業者（地方自治体が管理を委託する。）が運転して得た値から算出する。

[0076] なお、汚泥転換率は次式で算出される。

[0077] 汚泥転換率（％）＝ $100 \times \text{増加汚泥重量（乾物 } k \text{ g）} \div \text{除去 } BOD \text{ 量（} k \text{ g）}$

図面の簡単な説明

[0078] [図1] 図 1 は、従来の連続式排水処理設備における排水処理槽の基本構成を模式的に示した図である。

[図2] 図 2 は、従来の回分式排水処理槽の基本構成を模式的に示した図である。

[図3] 図 3 は、従来の O D 式排水処理槽の基本構成を模式的に示した図である。

[図4] 図 4 は、本発明の排水処理方法（ α ）における汚泥の返送および余剰汚泥処理の流れを模式的に示した図であり、図 1 ～ 3 のいずれにも適用できる。

[図5] 図 5 は、本発明の排水処理方法（ β ）に用いる各槽の構成を模式的に示した図である。図中、（a）および（b）はそれぞれ、攪拌処理貯留汚泥 31 を遠心濃縮機 60 で濃縮してもよく、または、攪拌処理貯留汚泥 31 を汚泥濃縮槽 40 に流入させてもよいことを示す。なお、図 5 の曝気槽 10 を、図 6 に示すような連続式処理に対応させた態様は、図 1 と図 4 とを組み合わせた連続式処理の態様と同じものである。

[図6] 図 6 は、図 5 の曝気槽 10 が、連続式処理に対応して、処理槽が複数個連なっている態様を模式的に示した図である。

[図7] 図 7 は、実施例で用いた排水処理方法（ β ）の各槽の構成を模式的に示した図であり、汚泥貯留槽 30 および濃縮汚泥貯留槽 50 それぞれは、曝気装置および攪拌装置を備えている。以下、汚泥貯留槽 30 から回分槽 70 への攪拌処理貯留汚泥 31 の返送を「汚泥返送（i）」；濃縮汚泥貯留槽 50 から回分槽 70 への攪拌処理濃縮貯留汚泥 51 の返送を「汚泥返送（ii）」；濃縮汚泥貯留槽 50 から汚泥貯留槽 30 への攪拌処理濃縮貯留汚泥 51 の返送を「汚泥返送（iii）」ともいう。

[0079] なお、図 7 の態様は、図 2 と図 4 とを組み合わせた回分式処理の態様と同

じものである。

[図8] 図8は、C株、D株、E株またはF株の16S rDNA塩基配列（1,510 bp）を示す。なお、図中の「R」は、A（アデニン）またはG（グアニン）を表す。また、該塩基配列の先頭（5'末端）19塩基および3'末端の16塩基の配列は、それぞれ9Fプライマーおよび1510Rプライマーの配列に対応した塩基配列を示している。

発明を実施するための形態

[0080] 以下、添付した図1～4を参照しつつ、本発明の排水処理方法(α)をさらに詳細に説明する。

[0081] <排水処理方法(α)>

下水や生活排水等の污水・実験排水・工場排水・家畜排水・污泥処理水などの排水を活性污泥を用いて処理するときは、連続式・回分式・OD式のいずれを問わず、処理の進行とともに活性污泥微生物の活動が低下して、アンモニア、硫化水素などの悪臭、発泡やスカムとよばれる浮遊物が発生し、そのまま放流水へ流れ込む等の支障をきたしている。これによって処理効率が大きく低下するとともに、放流排水の水質が低下する。これらの原因は色々考えられるが、中でも処理槽（図2において2aおよび3a）に投入される原水1a（排水）がしばしば活性污泥微生物群の生育阻害物質を含んでおり、そのために活性污泥処理能力が急激に低下し、排水処理の進行・効率を低下させていると考えられる。

[0082] 通常、排水処理運転中に、各処理槽から余剰污泥槽・污泥貯留槽への污泥の引抜が行われ、所定量が蓄積した後、さらに濃縮・脱水等の処理を経て污泥が搬出される。この引抜は一定時間自動で行われている。

[0083] 本発明の排水処理方法(α)においては、いずれのタイプの活性污泥処理を用いる場合においても、余剰污泥の引抜量は、各処理槽において処理中の排水量の10～25%程度であり、15～17%程度で効率が良い。通常、次に述べる、この污泥引抜きに見合った量の污泥返送を並行して実施する。

[0084] 図4に示すように、污泥引き抜きに先立ち、「曝気・攪拌付きの 第一余剰

汚泥槽 もしくは 汚泥貯留槽12a」(例えば、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を備え付けて、曝気・攪拌した第一余剰汚泥槽8aなど)から処理槽(曝気槽や嫌気槽)へ、曝気・攪拌された汚泥を返送する(「第一汚泥返送工程」Va)。これによって、処理槽中の汚濁物分解性の高い微生物数を(汚濁物分解性のバチルス属菌を指標として)、 $2.0 \times 10^5 \sim 22.5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ に維持しながら活性汚泥処理を安定的に実施することができる。第一汚泥返送工程の返送量は、標準法の場合(回分法の場合と同じく)、原水の流入量の10~30%程度、通常15~17%程度が好ましい。この第一汚泥返送工程は、本発明の排水処理方法(α)の特徴の一つである、回分槽中において高い汚濁物分解活性を持った汚濁分解性微生物数(汚濁物分解性のバチルス属菌を指標として)を、 $2.0 \times 10^5 \sim 22.5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ に維持しながら活性汚泥処理することにより、排水処理の効率を高くする上で重要である。標準法やOD方式の場合には、沈殿槽で沈殿する汚泥を直接処理槽に返送する経路が必要で、流入原水量の0.15倍~1.5倍量の返送能力が必要である。

[0085] 本発明の排水処理方法(α)において、さらに、「曝気・攪拌付きの 第二余剰汚泥槽 もしくは 濃縮汚泥貯留槽13a」(例えば、曝気・攪拌した第二余剰汚泥槽9aなど)から「曝気・攪拌付きの 第一余剰汚泥槽 もしくは 汚泥貯留槽12a」(例えば、曝気・攪拌した第一余剰汚泥槽8aなど)へ汚泥返送(図4において「第二汚泥返送工程」Wa)を行う。この第二汚泥返送工程の返送量は、該槽12a中の汚泥量の15~60%量/週、好ましくは15~25%量/週である。この第二汚泥返送工程は、各処理槽および/または該槽12aにおいて活性汚泥処理微生物群に生育阻害が発生したときに、例えば該槽12aにおいて、指標としてのバチルス属細菌数が約 $7.5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ 以下に減少したとき、活性汚泥処理微生物群の再生・回復に極めて有効である。さらに、活性汚泥処理運転中に、しばしば糸状菌が蔓延し、活性汚泥処理微生物群に生育阻害が発生することがある。このときにもこの該槽13aから該槽12aへの汚泥返送が糸状菌の生育を抑制することに極めて有効に働くことを見出したのであ

る。これによって、活性汚泥処理微生物群に種菌に比べて新たな、かつ、より強い汚濁物分解活性が生じることを見出したのである。さらに、この第二汚泥返送工程を実施することによって、汚濁物が減少するという顕著な事実を見出したのである。

[0086] 本発明の排水処理方法(α)において、処理槽中の汚濁物分解性の高い微生物群の細菌類の指標菌株は、汚濁物分解性のバチルス・ズブチリスを指標としてその菌数を $2.0 \times 10^5 \sim 22.5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ で活性汚泥処理する。バチルス属菌の指標菌の例としては、種菌であるバチルス・シューリンジエンシス A 株、バチルス・ズブチリス B 株およびバチルス・ズブチリス C 株；実施例において単離方法等を詳述したバチルス・ズブチリス D 株、バチルス・ズブチリス E 株、バチルス・ズブチリス F 株等を用いた。A 株 + B 株、C 株、D 株、E 株、F 株は実施例 3 に記載した方法で汚濁物分解性菌株であることを見出した。

[0087] 上記槽 12a の曝気量は、DO [溶存酸素量] が 1 mg/L のとき、ORP [酸化・還元電位] $140 \sim 280 \text{ mV}$ である。なお、上記槽 13a の曝気は通気を行う程度の簡単なものであり、通気量は、DO が 0 mg/L で、ORP が $-100 \sim -300 \text{ mV}$ である。

[0088] 従来の方法において、第一および第二余剰汚泥槽、汚泥貯留槽、汚泥濃縮槽および濃縮汚泥貯留槽のいずれも曝気された例はない。

[0089] 図 4 は、本発明の排水処理方法(α)の汚泥返送の流れのみを示した模式図であるが、この排水処理方法(α)を通常連続式処理方法(図 1)、回分式処理方法(図 2)および OD 式処理方法(図 3)に適用したときの処理の運転方法を説明する。

[0090] [連続式処理方法の場合]

通常、大量の下水処理施設などで用いられている連続式処理方法(図 1)では、第一処理槽 2a (通常、嫌気性に保たれている。)に原水 1a を受け入れ、脱窒処理した後、処理した原水を第二処理槽 3a、続いて第三処理槽 4a で曝気し、そして沈殿槽 6a に送り、固液分離した上澄み水を放流水 7a として滅菌

後放流する。一方、沈殿槽6a中で固液分離した沈殿を汚泥引き抜き（Xa）し、その一部を第一処理槽2aに汚泥返送（Ya）する。汚泥引き抜きXaした残部を汚泥濃縮槽10aに送り、静置後、上澄み水を引き抜き濃縮し、汚泥貯留槽11aに送る。そして、さらに上澄み水を引き抜き、濃縮した後、搬出汚泥14aとして搬出する。

[0091] なお、現在使用されている下水処理施設において（上記の連続式処理方法、回分式処理方法およびOD式処理方法のいずれの方法を問わず）、沈殿槽6a、第一余剰汚泥槽（または汚泥貯留槽）8a、第二余剰汚泥槽（または濃縮汚泥貯留槽）9a、汚泥濃縮槽10aおよび汚泥貯留槽（または濃縮汚泥貯留槽）11aのいずれにも、曝気装置も攪拌装置も備えておらず、かつ、槽11aから槽2a；槽10aから槽2a；槽11aから槽10a；槽9aから槽2a；槽8aから槽2a；および槽9aから槽8aへの汚泥返送するための設備（装置）も備えていない。

[0092] 本発明の排水処理方法（α）をこの連続式処理法に適用したときの処理の運転方法としては、例えば、濃縮汚泥貯留槽11aに曝気装置および／または攪拌装置を設置することによって槽11a中に空気を供給することができる状態にし、槽11aで曝気・攪拌した汚泥を第一処理槽2aに返送する。この汚泥返送量は、原水1aの量（流入量）に対し5～15%/日とし、沈殿槽6aから第一処理槽2aへの汚泥返送Yaの量から、この汚泥返送量分の3～6倍量を差し引く（この差し引き量は、第一処理槽2aのMLSS濃度によって異なる場合がある）。そして、後述する凝集剤、栄養剤および窒素源のいずれか一種以上を適量添加するのが好ましい。

[0093] [回分式処理方法の場合]

図2に示すように、第一回分槽2aおよび第二回分槽3aに6時間間隔で交互に原水1aを受け入れ、その6時間の間に（1サイクル）曝気と攪拌を行う。よって、通常1日4サイクルで行い、曝気・攪拌の時間は適宜の回数、例えば曝気・攪拌は2～3回/サイクル、曝気時間は約1.5時間×2/サイクル、攪拌時間は約1.5時間×2/サイクルで行う。曝気・攪拌を停止している間に、4～5時間で汚泥の沈殿と処理水の放流を行う。併せて、汚泥の引抜を行う。

[0094] 本発明の排水処理方法（ α ）をこの回分式処理方法に適用したときの処理の運転方法は、実施例で詳述する。

[0095] [OD〔オキシデーションディッチ〕式処理方法の場合]

原水1aは、OD槽5a（図3：通常は楕円形で、2カ所に曝気装置兼攪拌装置を備えており、槽内は原水が周回できる構成になっている。）に導かれ、流入直後および半周後に曝気・攪拌されながら槽5a中を周回する。OD槽5a中の槽内水（懸濁水）の一部は沈殿槽6aに導かれ、固液分離の後、上澄み水は滅菌後放流水7aとして放流される。沈殿物（汚泥）が引き抜かれ（Xa）、その一部はOD槽5aに汚泥返送Yaされる。引き抜かれた汚泥の残部は、汚泥濃縮槽10aで上澄み水を引き抜かれて濃縮され、そして汚泥貯留槽11aに送られ、そこで上澄み水を引き抜かれて濃縮され搬出汚泥14aとして搬出される。

[0096] 本発明の排水処理方法（ α ）をこのOD式処理方法に適用したときの処理の運転方法としては、例えば、濃縮汚泥貯留槽11aに曝気装置および／または攪拌装置を設置することによって槽11a中に空気を供給することができる状態にし、槽11aで曝気・攪拌した汚泥をOD槽5aに返送する。この汚泥返送量は、原水1aの量（流入量）に対し5～15%/日とし、沈殿槽6aからOD槽5aへの汚泥返送Yaの量から、この汚泥返送量分の3～6倍量を差し引く（この差し引き量は、OD槽5aのMLSS濃度によって異なる場合がある）。そして、後述する凝集剤、栄養剤および窒素源のいずれか一種以上を適量添加するのが好ましい。

[0097] なお、第一処理槽2a、回分槽2aおよび3aならびにOD槽5aへの原水1aの導入にあたって、予め調整槽において原水1aの水質および濃度を平均化することが一般的である。

[0098] 上記槽12aから処理槽（回分槽）への余剰汚泥の返送工程に加えて、処理槽や該槽12aおよび上記層13aに処理促進剤を添加することによって、各槽における活性汚泥処理微生物群が、生育阻害物質の流入によるショック状態の解消と汚濁物分解性細菌類の回復、さらには、汚濁物分解性のより一層高い細菌類の出現に高い効果が得られることを見出したのである。

[0099] 用いられる処理促進剤は、ケイ素化合物またはマグネシウム化合物（それぞれ単独）でも十分に効果が発揮されるが、ケイ素化合物、マグネシウム化合物、アルミニウム化合物、ペプトンおよび乾燥酵母エキスからなる混合物がより良い効果をもたらす。さらに、ケイ素化合物、マグネシウム化合物、アルミニウム化合物、ペプトンおよび乾燥酵母エキスからなる混合物に窒素源を加えたものに、より一層の効果が認められる。添加頻度は、週1～2回、添加した処理促進剤は、添加後直ちにフロックに吸着される。したがって、フロック内で30～70倍、通常約50倍に濃縮され、微生物群に作用する。各処理槽および／または該槽12aにおいて活性汚泥処理微生物群に生育阻害・ショック状態などが発生したときには、追加的にその都度添加して、活性汚泥処理微生物群の生育を回復させることができる。

[0100] 本発明の排水処理方法(α)において、上記槽12aおよび／または13aに、窒素源を添加することが、特に汚濁物分解性微生物群の生育に効果的であるから好ましい。用いられる窒素源としては、ペプトン、酵母エキス、および／または尿素、硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム、塩化アンモニウム等の窒素化合物、貯留汚泥槽12aや13aからの返戻汚泥1種又は2種以上である。上記の処理促進剤と窒素源を併用したときには、汚濁物分解性微生物群の生育に効果的であるとともに、新たな汚濁物分解性微生物群の誘導にも効果が大きい。

[0101] 次に、添付した図5～7を参照しつつ、本発明の排水処理方法(β)、排水処理システムおよび活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法について具体的に説明する。

[0102] <排水処理方法(β)>

本発明の排水処理方法(β)は、図5に示すように、少なくとも、上記工程(1)～(5)を含む活性汚泥法を用いて排水処理する際に、

・汚泥貯留槽30および／または濃縮汚泥貯留槽50に、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を配設して、上記汚泥返送(I)および／または(II)を行うこと；

- ・該曝気槽10、該装置付き汚泥貯留槽30および該装置付き濃縮汚泥貯留槽50のうち1槽以上に、汚泥凝集剤および栄養剤を添加すること；
 - ・該汚泥凝集剤および該栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mL に保持すること；
- を行い、排水処理することを特徴とする。

[0103] このような本発明の排水処理方法(β)を実施することで、汚濁物／汚泥は、デンプン分解性・油脂分解性・タンパク質分解性が高い菌株／微生物群によって効率良く分解される。バチルス属細菌類のうち、国際寄託したA株（デンプン＋油脂分解性）とB株（油脂＋タンパク質分解性）との組み合わせ、ならびにC株～F株の菌株は、デンプン分解性・油脂分解性・タンパク質分解性を有し、特にA株＋B株およびC～F株はタンパク質分解性が高い。G株のカビおよびH～J株の酵母は、高いデンプン分解性・油脂分解性を有し、タンパク質分解性がA株＋B株やC株～F株と比較して劣る。そのため、汚濁物／汚泥（特にタンパク質）を効率良く分解するためには、汚泥凝集剤および栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mL に保持する必要がある。

[0104] この細菌数の下限値は各所の下水処理施設の細菌叢を分析し、文献の実験プラントの汚泥転換率やバチルス属細菌数を勘案して求めた数値である。現在行っている実験下水処理施設でもほぼ同様の数値を得ている。

[0105] [活性汚泥法]

活性汚泥は、下水・排水中に存在していた微生物が、有機物の分解、酸素の供給（曝気）により爆発的に繁殖・増殖を行うことにより生じ、これにより下水・排水中の有機性汚濁が減少（処理）されると言われているが、実情は汚泥発生量が高く、汚泥処理費が嵩むなどが活性汚泥法の問題となっている。

[0106] 本明細書において、活性汚泥を用いた排水処理を一般に「活性汚泥法」と称する。活性汚泥法は微生物に酸素を与える（方式によっては、一時的に敢えて与えない）手法と、水に混合している活性汚泥をその後分離する工程の

形態により、さらに細かく分類されている。酸素を与えるための水槽を曝気槽10と呼ぶ。

[0107] 本発明の排水処理方法(β)では、鉄筋コンクリートや鋼板製の水槽(曝気槽10)中に活性汚泥を入れ、送風機で空気を送り込む(槽底から気泡が出るなどの態様であってもよい)。汚水または廃液1を槽内へ少しずつ流入させれば、汚水または廃液1に含まれる汚濁物質が微生物(例えば、種菌叢2)の“餌”となる。流入した汚水または廃液1と同じ量だけ、活性汚泥を含む水があふれ出るので、別の水槽に流れ込ませる。これを汚泥沈殿槽20と呼び、活性汚泥は比重が水よりやや重いため、底へ沈んでたまる。これをポンプなどで汚泥貯留槽30へ流入させ、一時的に汚泥を貯留し、この汚泥を曝気槽10に返送する(これを「汚泥返送」という)。これらを連続して行えるように設計された、一連の設備を用いる。

[0108] このような活性汚泥法は、図5に示すように、典型的には、少なくとも下記工程(1)～(5)を含むものである。

[0109] 工程(1): 曝気装置および攪拌装置を備える曝気槽10に、種菌叢2を添加した状態で、生物化学的酸素要求量[BOD]が80mg/L以上の汚水または廃液1を流入させ、曝気および攪拌することによって、攪拌処理液11を得る曝気工程。

[0110] 工程(2): 工程(1)で得られた攪拌処理液11を汚泥沈殿槽20に流入させ、静置することによって、上澄み液21と沈殿汚泥22とに分離した後、該上澄み液21を放流水23として系外に排水する分離工程。

[0111] 工程(3): 工程(2)で得られた沈殿汚泥22を引き抜き、汚泥貯留槽30に沈殿汚泥22を貯留し、その一部を上記曝気槽10に返送する貯留・返送工程。

[0112] 工程(4): 工程(3)で得られた貯留汚泥を、汚泥濃縮槽40および/または遠心濃縮機60で濃縮する濃縮工程。

[0113] 工程(5): 工程(4)で得られた濃縮汚泥を、濃縮汚泥貯留槽50に貯留し、その一部を系外に搬出する貯留・搬出工程。

[0114] この活性汚泥法を用いて、下水や生活排水等の汚水、実験排水、工場排水

、家畜排水、汚泥処理水などの排水を処理するには、上述したように、三種類の処理方式が存在する。

[0115] 上述したように、通常「標準法」と呼ばれる連続式処理方式、回分式処理方法と呼ばれる処理方式およびOD式処理方式に分類される。

[0116] 例えば、図7に示すように、回分式処理方式の場合、4槽の処理設備において、排水を曝気装置および攪拌装置、排水装置を備えた第一および第二回分槽70に導入、活性汚泥処理し、両回分槽70の底面に沈殿した汚泥は、汚泥引抜きして汚泥貯留槽30（第一余剰汚泥槽ともいう。）に移送し、さらにこの汚泥を濃縮して濃縮汚泥貯留槽50（第二余剰汚泥槽ともいう。）に貯蔵、適宜搬出して脱水後埋め立て、焼却等に付される。

[0117] 一方、回分槽70の上澄み液は排水装置により汲み上げ、河川に放流される。なお、通常原排水は、予め調整槽において、流入排水の水質と濃度を平均化した後処理槽に導入されることが多い。

[0118] [汚水または廃液／上澄み液／放流水]

「汚水または廃液1」（本明細書において、単に「排水」、「原水」、「原排水」または「下水」ともいう。）は、生物化学的酸素要求量〔BOD〕が80mg/L以上の下水であって、屎尿および豚尿を含むものであってもよい。

[0119] 下水、屎尿および豚尿のBODはそれぞれ、80～600mg/L；7,000～12,000mg/Lおよび20,000～40,000mg/Lであることが好ましい。

[0120] 「上澄み液21」は、そのBODが「汚水または廃液1」のBODの1%以下であることが好ましい。

[0121] このような排水を処理して公共水域に放流するには、そのBODを20mg/L以下とする規制を満たす必要があるため、「上澄み液21」のBODが20mg/L以下となった時点で「放流水23」として、系外に排水する。

[0122] [曝気槽]

曝気槽10は、図5に示すように、曝気装置および攪拌装置が配設されている。

[0123] 図6に示すように、曝気槽10は、2槽以上直列に連結し、第一槽目の処理槽12では曝気せずに攪拌のみを行う嫌気処理を施し、第二槽目の処理槽13以降で種菌叢2を添加し、曝気および攪拌するような従来の連続式処理に対応する態様であってもよい。

[0124] また、図7に示すように、曝気槽10は、その曝気および攪拌の機能を一時的に停止させることによって、汚泥沈殿槽20を兼用することもできる。

[0125] [種菌叢]

曝気槽10に添加する「種菌叢2」として、A株、B株およびC株を用いることが好ましい。

[0126] なお、現在まで屎尿分解性が証明された菌株として、A株とB株との組合せ（非特許文献1）およびC株（発明者未発表）以外には知られていない。国際的にも、屎尿分解性菌株や汚濁物分解性菌株は知られていない（あるいは特定されていない）。

[0127] 種菌叢として、バチルス属細菌とバチルス属細菌以外の微生物（例えば、カビや酵母など）とを組み合わせ用いて本発明の排水処理方法を実施した場合、汚泥減量化（乾燥重量；従来比）を50%以上にすることは可能であり、2007年の汚泥減量化率は62.75%（なお、汚泥転換率は28.376%）であった。

[0128] 一方、農業集落排水処理施設（OD式処理方式を採用し、工場廃液は流入しない。）において、種菌叢2としてA～C株の代わりにA株～J株を用いて汚泥貯留槽で曝気を行い、従来の排水処理方法（ただし、汚泥貯留槽を曝気し、かつOD槽および各汚泥貯留槽（計3槽）に、処理促進剤として、MLSS 1g/Lあたり、 Al_2O_3 を0.01～0.5g、 SiO_2 を0.01～2.0g、 MgO を0.01～0.5gならびにペプトンを0.8～250mgおよび乾燥酵母エキスを0.1～45mg添加（各槽1m³かつ1日あたり）した。流入水に窒素含量が高かったため、窒素源は添加しなかった。）を2010年3月から実施し、5～7月にかけて、25～30%の汚泥減量化を確認している（なお、2010年7月中旬から、曝気装置および攪拌装置が故障したため、2010年10月30日までのデータを取得すること

ができなかった)。この場合、汚泥減量化が従来比50%に達しなかった原因として、(1) 本発明の排水処理方法のように汚泥返送などを実施していないこと；(2) 曝気槽10や汚泥貯留槽20の汚泥濃度値を早期に受け取れず、対策の立てようがなかったこと；(3) 汚濁物流入量と搬出汚泥量とを正確に把握できなかったこと；(4) 該施設で曝気装置などに故障が頻発したこと等が考えられる。これらA～C株については、実施例で詳述する。

[0129] また、非特許文献2にも記載されているが、実験プラントを用いた場合、汚泥転換率が15.3%であった（なお、滞留時間：12～15時間で、水温：12～24℃である）。この値から、汚泥転換率が90%の処理施設と比べて、80%以上の汚泥減量化を達成できるものと推測される。このことから、種菌叢を添加しなくとも、汚泥減量化50%以上が可能であると考えられるが、この値は実験プラント（4槽の合計3.6m³）を使用して得られた値であり、実機を用いた場合より汚泥減量化が容易である。実験プラントでは生育阻害が発生した場合、曝気量調整、汚泥引き抜きなどの操作が容易で、生育阻害の影響を低く抑えることができることによる。

[0130] [汚濁物高分解性菌叢]

種菌叢2は、本発明の排水処理方法を実施し、所定の時間が経過した後に、汚濁物高分解性菌叢に誘導されていることが好ましい。

[0131] この汚濁物高分解性菌叢は、デンプン分解性および油脂分解性を有し、かつ下記組成のクックトミート培地（Oxoid）および（Difco）それぞれに含まれる懸濁物質〔SS〕の除去率が70%以上および60%以上であることが好ましく、該クックトミート培地（Oxoid）に含まれるSSの除去率が、80%以上であることがより好ましい。

[0132] なお、クックトミート培地（Oxoid）および（Difco）は、それぞれOxoid社製の「COOKED MEAT MEDIUM」（OXOIDコード：CM0081）およびDifco社製の「Difco（商標）Cooked Meat Medium」（カタログNO.226730）を用いる。

[0133] クックトミート培地（Oxoid）の1リットルあたりの組成は、心筋（乾燥）

が73.0 g, ペプトンが10.0 g, ラブーレムコ末が10.0 g, 塩化ナトリウムが5.0 g, およびブドウ糖が2.0 gである。他方、クックトミート培地 (Difco) の1リットルあたりの組成は、牛心筋 (乾燥) が98.0 g, プロテオースペプトンが20.0 g, ブドウ糖が2.0 g, および塩化ナトリウムが5.0 gである。

[0134] なお、一般に、タンパク質分解性を評価するには、例えば、アルブミン, カゼイン, ゼラチンなどの分解性で示す。しかしながら、カゼインやゼラチンをタンパク質分解性の評価に用いた場合、分解性菌株が多く、汚濁物分解性の指標を得ることが困難であったことから、本発明者が独自にクックトミート培地によるタンパク質分解性の評価を導入した。

[0135] クックトミート培地 (Oxoid) および (Difco) 約300mg を水6mLに懸濁させ10日間振盪すると、残留するSSはOxoidで49.7%であるのに対して、Difcoでは68.4%となり、この2つの培地はその性質が大きく異なることがわかる。

[0136] 汚濁物高分解性菌叢は、種菌叢としてA～C株を用いた場合、D株, E株 およびF株からなる群から選択される少なくとも1種のバチルス属細菌を含むか、あるいは該バチルス属細菌を少なくとも1種と、カビであるG株および／またはH株, I株およびJ株からなる群から選択される少なくとも1種の酵母とを含むことが好ましい。

[0137] なお、クックトミート培地を分解できるのは限られた菌株で、例えば、クロストリジウム [Clostridium] 属細菌, バクテロイド [Bacteroid] 属細菌、セラチア [Serratia] 属細菌などが知られている。これら汚濁物高分解性菌叢についても、実施例で詳述する。

[0138] [汚泥凝集剤／栄養剤]

曝気槽10ならびに、曝気装置および攪拌装置のうちの少なくとも曝気装置を備えた、装置付き汚泥貯留槽30および／または装置付き濃縮汚泥貯留槽50に汚泥凝集剤および栄養剤 (本明細書において、汚泥凝集剤と栄養剤とをまとめて単に「処理促進剤」ともいう。) を添加することで、排水処理の効率を上げることができる。

[0139] 好ましくは、汚泥凝集剤と栄養剤とともに、装置付き汚泥貯留槽30および／または装置付き濃縮汚泥貯留槽50に窒素源も添加する。

[0140] 汚泥凝集剤は、アルミニウム化合物と、ケイ素化合物および／またはマグネシウム化合物とを含むことが好ましく；栄養剤は、ペプトンおよび／または乾燥酵母エキスであることが好ましく；窒素源は、尿素、硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムからなる群から選択される1種以上であることが好ましい。

[0141] これらの、槽中の懸濁物質〔MLSS；mixed liquor suspended solid（曝気槽混合液中の活性汚泥浮遊物）〕1 g/Lあたりの添加量（該槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）を下表にまとめる。MLSSとは、曝気槽内の汚水中に浮遊している活性汚泥をいう。

[0142] [表1]

表1：汚泥凝集剤、栄養剤および窒素源の添加量

		曝気槽 10	装置付き汚泥貯留槽 30	装置付き濃縮汚泥貯留槽 50
汚泥凝集剤	アルミニウム化合物	0.01～0.5 g（酸化アルミニウム〔Al ₂ O ₃ 〕で換算）		
	ケイ素化合物	0.01～2 g（二酸化ケイ素〔SiO ₂ 〕で換算）		
	マグネシウム化合物	0.01～0.5 g（酸化マグネシウム〔MgO〕で換算）		
栄養剤	ペプトン	0.8～70 mg	3.5～250 mg	2.0～150 mg
	酵母エキス	0.1～10 mg	0.7～45 mg	0.4～25 mg
窒素源（N ₂ で換算）		—	0.1～15 g	1～150 mg

[0143] <排水処理システム>

本発明の排水処理システムは、図5～7に示すように、上述した活性汚泥法を用いて排水処理する際に、

- ・汚泥貯留槽30および／または濃縮汚泥貯留槽50に、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を配設して、上記汚泥返送（I）および／または（II）を行うこと；

- ・該曝気槽10、該装置付き汚泥貯留槽30および該装置付き濃縮汚泥貯留槽50のうち1槽以上に、汚泥凝集剤および栄養剤を添加すること；ならびに

- ・該汚泥凝集剤および該栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mLに保持すること；

を行い排水処理することを特徴とする。

[0144] 排水処理システムに用いる曝気槽10は、図6に示すように、2槽以上直列に連結し、第一槽目の処理槽12では曝気せずに攪拌のみを行う嫌気処理を施し、第二槽目の処理槽13以降で種菌叢2を添加し、曝気および攪拌するような従来の連続式処理に対応する態様であってもよい。

[0145] また、図8に示すように、曝気槽10は、その曝気および攪拌の機能を一時的に停止させることによって、汚泥沈殿槽20を兼用することもできる。

[0146] 排水処理システムに係る汚泥凝集剤および栄養剤それぞれに用いる化合物・その添加量ならびにこれら処理促進剤とともに添加する窒素源として用いる化合物・その添加量は、上述したものと同様である。

[0147] <活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法>

本発明の活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法は、上記クックトミート培地に植菌し培養した後のSSの乾燥重量（X）と、別途、上記クックトミート培地に植菌せずに培養した後のSSの乾燥重量（Y）とから、下記式（i）：

$$\text{SS除去率（\%）} = \{ (Y - X) / Y \} \times 100 \quad \cdots (i)$$

を用いて、クックトミート培地中のSS除去率を算出することによって、上記種菌叢または上記汚濁物高分解性菌叢に含まれる活性汚泥微生物の汚濁物分解性能を測定することを特徴とする。この際、デンプン分解性および油脂分解性も併せて考慮することが好ましい。

[0148] なお、デンプン分解性および油脂分解性の測定方法については後述する。

[0149] また、BOD成分の除去率は、JIS K 0102・16に記載の方法に従って測定することができる。以下、その方法を簡単に説明する。

[0150] 微生物によって消費される、被検水に含まれる溶存酸素量〔DO〕の消費量（5日間培養）を測定して、mg/Lに換算して表示する。まず、容量が既知の「酸素瓶（例：200mL）」を希釈段階に応じて2本ずつ用意し、各瓶を希釈水で半分まで満たす。被検水の希釈段階は1/2づつとし、最初の濃度の2本の瓶に被検水を一定量（例：40mL）を加え、空間を希釈水で満たす。同

様にして、段階的に1/2量の被検水（例：20mL）を一对の酸素瓶に加え、希釈水で満たし、各段階の濃度の被検水を調製する（例：10mL，5mL，2.5mL等）。5分後、各希釈段階1本の瓶の溶存酸素量（A〔mg/L〕とする。）を測定し、他の瓶を密閉状態で、20℃で5日間培養する。培養した後、溶存酸素量を測定し、3. 5～6mg/Lの値の希釈段階の数値を採用して溶存酸素量（B〔mg/L〕とする。）とし、「BOD値〔mg/L〕＝（A－B）×希釈率」で表示する。植種を行うときは補正する。溶存酸素量は、ウインクラアジ化ナトリウム法（JIS K 0102・24・3）または溶存酸素計（主として現場）によって測定する。

[0151] 以下、実施例を用いて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

実施例

[0152] 平成18年12月初めに種菌を添加して、本発明の排水処理方法を開始し、以下のように活性汚泥処理を行った。

[0153] 実施例で使用した下水処理施設（長野県中野市の公共下水道長嶺浄化管理センター）は、図7に示すように、曝気装置、攪拌装置および処理水引抜装置がそれぞれ配設された、2つの回分槽70（各最大容量：365m³），汚泥貯留槽30（最大容量：40m³）および濃縮汚泥貯留槽50（最大容量：20m³）；ならびに遠心濃縮機60（汚泥を最大4.5倍に濃縮することができ、平均で4倍濃縮。）からなる。

[0154] この下水処理施設では、汚泥貯留槽31から回分槽70へ汚泥を返送する装置のみを備えており（通常は回分式処理施設では汚泥を返送する装置を備えていない。）、また汚泥貯留槽30および濃縮汚泥貯留槽50には、曝気装置、攪拌装置および処理水引抜装置のいずれも備えていなかった。

[0155] そこで、新たに、上記のとおり汚泥返送（i）～（iii）を行う経路を配設した。

[0156] さらに、汚泥貯留槽30および濃縮汚泥貯留槽50それぞれに曝気装置および攪拌装置を新たに配設した。ただし、濃縮汚泥貯留槽50に配設した曝気装置

は、パイプを槽に装着して、空気攪拌を主目的として攪拌装置を補助的に用いた。なお、濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS濃度が15,000mg/L以上では正常に曝気することができない。

[0157] 汚水または廃液1（以下「原水」ともいう。）の流入量は、184.8m³/日（平成17年）～184.9m³/日（平成21年）であり、滞留時間は約4日間であった。この原水の流入を6時間間隔で切り替え、1日あたり4サイクルで運転していた。各サイクル中、2回の曝気・攪拌（計6時間）を行い、3時間の沈殿および上澄み液21の放流を行った。この条件で運転すると、もっとも汚泥沈降性が良好であったためである。

[0158] 回分槽70の曝気量は、ORPで50～300mV（通常100～280mV）であり；汚泥貯留槽30の曝気量は、ORPで－50～300mV（通常100～280mV）であり；濃縮汚泥貯留槽50の曝気量は、ORPで－350～－100mV（通常－300～－100mV）であった。

[0159] 汚泥貯留槽30の汚泥を濃縮する遠心濃縮機60は、平成17年（2005年）では汚泥貯留槽30の汚泥平均3m³/日を1m³/日に濃縮したが、平成21年（2009年）では4.2～4.8m³/日の汚泥を1m³/日に濃縮した。

[0160] 汚泥返送（i）の汚泥返送量は、原水流入量に対して、従来の標準法で15～50%（通常は最大70%）、回分法で10～30%であり、一方、実施例では約11～16%（回分槽70の槽容量に対して2.7～4.1%に相当する。）であった。

[0161] また、汚泥返送（iii）の汚泥返送量は、汚泥濃縮機を備える施設において、原水流入量に対して1.6～6%（汚泥貯留槽30の槽容量に対して7.5～30%に相当する。）であり、一方、実施例では平均1.6～2.8%/回・週2回（汚泥貯留槽30の槽容量に対して7.5～12.5%/回・週2回に相当する。）であった（特開2000-189991号公報および特開平10-216789号公報を参照）。

[0162] [実施例1および比較例1]

実施例1は、すなわち、図2に示した回分式活性汚泥処理装置に、図4に示した曝気・攪拌可能な第一余剰汚泥槽12aおよび第二余剰汚泥槽13aならば

に第一汚泥返送工程Vaを可能とする装置を設置して用いた。

- [0163] 比較例 1 として、図 2 に示した回分式活性汚泥処理装置を用いて、平成 17 年 1 月初めから平成 17 年 12 月末までの実施結果を示す。比較例 1 における第一余剰汚泥槽 8a および第二余剰汚泥槽 9a は、曝気・攪拌の装置は有していない。この期間は、汚泥返送工程に用いる第一余剰汚泥槽 9a から回分槽へ汚泥返送できる装置を備えていた。
- [0164] 最大容量 365m³ の処理槽である第一回分槽 2a および第二回分槽 3a に、最大量 340m³ に維持するように長野県中野市長嶺地区下水を原水として流入させ、4 サイクル運転、1 サイクル中に 2 回の曝気と攪拌を行った。1 サイクル約 45m³ の処理量（＝放水量、すなわち流入量）にて運転した。
- [0165] 種菌として、バチルス・シューリングエンシス A 株、バチルス・ズブチリス B 株およびバチルス・ズブチリス C 株を、第一回分槽 2a および第二回分槽 3a ならびに第一余剰汚泥槽 8a に添加した。
- [0166] この間、両回分槽から合計最大量約 30m³/日（＝汚泥返送量）の汚泥引き抜きと汚泥返送を行った。下水処理量は約 185m³/日であった。処理運転中、原水の流入量の 16% 量の第一汚泥返送工程 Va の最大量を行った。この間、各回分槽中のバチルス属細菌数がおおよそ $3 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ にまで低下したとき、余剰汚泥引抜き量と返送量とを増加して汚濁物分解活性を持った汚濁分解性微生物数（汚濁物分解性のバチルス属菌を指標として）を、 $2.0 \times 10^5 \sim 22.5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ に維持した。
- [0167] 処理水（原水、処理済み水）の微生物数（バチルス属菌数）・水質（BOD）・トータル窒素〔T-N〕・全リン化合物量〔T-P〕ともに 2 回/月測定して月平均値を算出し、年平均値で表した。微生物数は 1 回/週で総細菌数とバチルス属細菌数とを計測した。原水流入量、BOD と SS の流入量と除去率（年平均）を表 2 に、流入 T-N、T-P 量および除去率を表 3 に示した。
- [0168] また、処理槽における総曝気時間（年間および一日当たり）を表 4 に示した。なお、ORP は（DO が 1.0～1.1mg/L で）100～270mV に維持した。

[0169] 汚濁物分解性の指標として、汚泥搬出量・汚泥減量化率・汚泥転換率を表5に表した。

[0170] 実施例1の第一回分槽2aおよび第一余剰汚泥槽8a中の微生物数（バチルス属細菌数）の測定値を表6に示した。なお、主として沈降性を保つ目的で、両回分槽MLSS濃度を汚泥引き抜き量の増減によって調整したところ、両回分槽MLSSは2,700～4,300mg/L（比較例1において両回分槽MLSS濃度1,250～2,150mg/mL）の範囲に保たれた。

[0171] [表2]

表2: 原水流量、BODとSS流入量と除去率

	原水流入量 (m ³)		BOD (mg/L)・年平均値			SS (mg/L)・年平均値		
	年間	日平均	原水	放流水	除去率(%)	原水	放流水	除去率(%)
平成17年度(比較例1)	67,444	184.8	235.3	1.35	99.426	239.3	1.8	99.25
平成19年度(実施例1)	67,796	185.7	289.2	0.86	99.703	361.3	2.0	99.45

[0172] 表2から明らかなように、実施例1においては、排水中のBOD流入量が大幅に増加したにもかかわらず、BODおよびSSの除去率においても比較例1に比べ著しく改善されていた。

[0173] [表3]

表3: T-N量、T-P量および除去率(1月～12月の平均値)

	T-N (mg/L)・年平均値			T-P (mg/L)・年平均値		
	原水	放流水	除去率(%)	原水	放流水	除去率(%)
平成17年度(比較例1)	39.8	1.9	95.4	5.4	1.4	74.1
平成19年度(実施例1)	44.2	3.2	92.7	6.1	2.1	65.6

※注: 添加したT-N量は原水T-N値に含まれていない。

[0174] [表4]

表4: 回分槽総曝気時間(曝気量: 5.25m³/分)

	曝気時間 (時間/年)	曝気時間 (時間/日)
平成17年度(比較例1)	4,199.9	11.51
平成19年度(実施例1)	5,359.0	14.68

[0175]

[表5]

表5: 原水BOD量, BOD除去率, 搬出汚泥量および汚泥転換率

	流入BOD量 (kg/年)	除去BOD量 (kg)	BOD除去率 (%)	搬出汚泥量 (乾物kg)	汚泥減量化率 (%)	汚泥転換率 (%)
平成17年度(比較例1)	15,869.6	15,778.5	99.426	14,890	0	94.366
平成19年度(実施例1)	19,606.6	19,548.4	99.703	5,547	62.745	28.376

※注1: 搬出汚泥量は、回分槽汚泥増加量を補正した値である。

注2: 汚泥減量化率 $=100 \times (\text{比較例1の搬出汚泥重量} - \text{実施例1の搬出汚泥重量}) / \text{比較例1の搬出汚泥重量}$ 注3: 汚泥転換率(%) $=100 \times (\text{増加汚泥重量} / \text{除去BOD量})$

[0176] 比較例1において、運転中、毒性物質を含む工場排水と思われる生育阻害物質の流入により、しばしば活性汚泥微生物群がショック状態を起こしたので、沈降性を良くするため汚泥の引き抜きを行った。また、1月29日、2月26日、3月26日、4月16日および4月26日にバチルス属細菌数の減少（1月29日および2月26日を除く）を伴う強いショック状態に陥り、沈降性の障害が起ったので、汚泥引き抜きと汚泥返送量の増加により、バチルス属細菌数の正常値への回復効果を得た。6月に汚泥の膨潤が起り、沈降性が悪くなったので6月4日、6月11日、6月18日、6月25日および7月2日に凝集剤（ポリ塩化アルミニウム〔p a c〕；式 $[Al_2(OH)_n \cdot Cl_{6-n}]_m$ で表され、 $1 \leq n \leq 5$ および $m \leq 10$ を満たす。）を1.5Lずつ両回分槽に添加して運転したところ、7月30日には細かい泡が浮上して沈降性が良くなった。

[0177] 汚泥減量化率は、比較例1に比し実施例1では62.745%という極めて高い減量を示した。なお、比較例1においては、種菌添加前でバチルス属細菌数が約 $6 \times 10^5 \text{ c f u / mL}$ と異常に多かったにもかかわらず、分解性が低かった。

[0178]

[表6-1]

表6: パチルス属細菌数 ($\times 10^5$ cfu/mL)

測定日		第一回分槽 2a	第一余剰汚泥槽 12a	備考
平成18年 12月	4日	5.00	7.00	種菌投入前
		6.00	7.80	種菌投入後
	18日	6.25	9.00	—
	28日	11.3	27.5	余剰汚泥槽で発芽
平成19年	1月 8日	8.25	10.5	—
	1月22日	9.75	9.70	—
	2月 5日	11.3	21.0	各槽で種菌発芽
	2月19日	22.5	19.5	—
	3月 5日	15.3	21.8	—
	3月25日	21.0	13.8	—
	4月 9日	15.8	17.5	糸状菌多く認める
	4月26日	3.50	8.00	パチルス属菌減少 種菌余剰汚泥槽へ添加
	5月14日	9.25	8.00	—
	5月28日	8.50	9.50	前週にパチルス属菌数減少、第一余 剰汚泥槽から余剰返送量を2倍に
	6月11日	7.20	11.5	—
	6月25日	8.25	14.3	—
	7月 9日	7.50	13.3	—
	7月23日	8.00	11.3	—
	8月13日	12.3	17.0	前週にパチルス属菌数減少 汚泥引抜と返送停止

[0179] [表6-2]

測定日		第一回分槽 2a	第一余剰汚泥槽 12a	備考
平成19年	8月27日	3.25	10.0	パチルス属菌数減少
	9月10日	6.50	14.0	—
	9月25日	8.25	14.0	全槽運転良好
	10月15日	13.3	19.5	—
	10月29日	8.50	16.3	—
	11月 5日	14.0	16.8	—
	11月19日	9.00	13.5	—
	11月26日	10.3	18.8	糸状菌類発生
	12月 3日	4.74	9.00	—
	12月17日	12.5	14.3	—

[0180] [実施例 2]

実施例 2 として、実施例 1 と同様に、平成20年1月～12月にかけて本発明の排水処理方法 (α) を行った。この間、曝気・攪拌を行った第二余剰汚泥槽1

3aから第一余剰汚泥槽12aへ第一余剰汚泥槽中の汚泥量の25%量/週の汚泥返送（図4において第二汚泥返送工程Wa）を行った。

[0181] 原水流入量、BODとSS（懸濁物質）の流入量と除去率（年平均）を表7に、流入T-N、T-P量と除去率を表8に示した。

[0182] また、処理槽における総曝気時間（年間および1日当たり）を表9に示した。

[0183] さらに、汚濁物分解性の指標として、汚泥搬出量・汚泥減量化率・汚泥転換率を表10に表した。

[0184] また、実施例2の第一回分槽2aおよび第一余剰汚泥槽12a中の微生物数（バチルス属細菌数）の測定値を表11に示した。なお、主として沈降性を保つ目的で、両回分槽MLSS濃度を汚泥引き抜き量の増減によって調整したところ、両回分槽MLSSは2,300~4,200mg/L（比較例1において両回分槽MLSS濃度1,250~2,150mg/L）の範囲に保たれた。

[0185] [表7]

表7: 原水流入量、BODとSS流入量と除去率

	原水流入量 (m ³)		BOD (mg/L)・年平均値			SS (mg/L)・年平均値		
	年間	日平均	原水	放流水	除去率(%)	原水	放流水	除去率(%)
平成17年度(比較例1)	67,444	184.8	235.3	1.35	99.426	239.3	1.8	99.25
平成20年度(実施例2)	67,946	186.2	282.0	0.75	99.734	347.6	0.4	99.88

[0186] [表8]

表8: T-N量、T-P量および除去率（1月~12月の平均値）

	T-N (mg/L)・年平均値			T-P (mg/L)・年平均値		
	原水	放流水	除去率(%)	原水	放流水	除去率(%)
平成17年度(比較例1)	39.8	1.9	95.4	5.4	1.4	74.1
平成20年度(実施例2)	43.5	2.4	94.4	5.9	1.9	67.8

※注: 添加したT-N量は原水T-N値に含まれていない。

[0187] [表9]

表9: 回分槽総曝気時間（曝気量: 5.25m³/分）

	曝気時間（時間/年）	曝気時間（時間/日）
平成17年度(比較例1)	4,199.9	11.51
平成20年度(実施例2)	5,126.5	14.05

[0188] [表10]

表10: 原水BOD量, BOD除去率, 搬出汚泥量および汚泥転換率

	流入BOD量 (kg/年)	除去BOD量 (kg)	BOD除去率 (%)	搬出汚泥量 (乾物kg)	汚泥減量化率 (%)	汚泥転換率 (%)
平成17年度(比較例1)	15,869.6	15,778.5	99.426	14,890	0	94.366
平成20年度(実施例2)	19,160.8	19,109.8	99.734	8,187	45.014	42.891

※注1: 搬出汚泥量は、回分槽汚泥増加量を補正した値である。

注2: 汚泥減量化率 = $100 \times (\text{比較例1の搬出汚泥重量} - \text{実施例2の搬出汚泥重量}) / \text{比較例1の搬出汚泥重量}$ 注3: 汚泥転換率(%) = $100 \times (\text{増加汚泥重量} / \text{除去BOD量})$

[0189] 表10が示すように、第二余剰汚泥槽13aから第一余剰汚泥槽12aへ汚泥返送（図4において第二汚泥返送工程Wa）を行うことによって、汚濁物除去、汚泥減量化率に顕著な改善がみられた。

[0190]

[表11]

表11:バチルス属細菌数 ($\times 10^5$ cfu/mL) (平成20年度)

測定日	第一回分槽 2a	第一余剰汚泥槽 12a	備考
1月 7日	13. 5	16. 3	—
1月21日	14. 8	18. 5	—
2月 4日	10. 5	17. 0	—
2月18日	9. 25	10. 5	—
3月 3日	6. 75	18. 5	—
3月17日	11. 8	17. 3	—
4月 7日	10. 5	9. 75	—
4月21日	5. 28	8. 75	—
5月12日	4. 00	14. 5	—
5月26日	4. 75	9. 50	—
6月 9日	3. 75	12. 3	第一余剰汚泥槽から返送20m ³
6月30日	5. 25	17. 3	—
7月14日	4. 75	17. 0	—
7月28日	4. 25	9. 80	—
8月 4日	6. 0	8. 0	—
8月18日	10. 5	16. 8	—
9月 8日	8. 50	17. 0	—
9月22日	6. 50	17. 3	—
10月 6日	6. 50	25. 6	—
10月20日	7. 50	21. 0	—
11月 3日	14. 5	33. 8	—
11月17日	15. 3	23. 0	—
12月 1日	10. 3	24. 5	—
12月15日	8. 50	30. 3	—

[0191] 上記バチルス属菌数から明らかなように、曝気量を特に変更しなくても、第二余剰汚泥槽13aから第一余剰汚泥槽12aへの汚泥返送（第二汚泥返送工程 Wa）ならびに第一余剰汚泥槽12aから第一回分槽2aおよび第二回分槽3aへの汚泥返送（第一汚泥返送工程 Va）でバチルス属細菌数が早期に回復、安定した処理運転が可能となった。

[0192] [実施例 3]

実施例 3 として、処理促進剤および栄養剤をさらに添加した以外は実施例 2 と同様に、平成21年1月～12月にかけて本発明の排水処理方法 (α) を行った。すなわち、実施例 3 は、本発明の排水処理方法 (β) の好ましい態様を実施したものである。この間、曝気・攪拌した第二余剰汚泥槽13aから第一余剰汚泥槽12aへ第一余剰汚泥槽中の汚泥量の25%量/週の汚泥返送 (図 4 において第二汚泥返送工程Wa) を行った。

[0193] また、実施例 3 において、各回分槽 (第一回分槽2aおよび第二回分槽3a) に処理促進剤 (凝集剤) および栄養剤として、 SiO_2 を450 g、 Al_2O_3 を230 g、 MgO を680 g、ペプトンを17.6 g、乾燥酵母エキスを3.5 g、2回/週添加した。添加した処理促進剤は、添加後直ちにフロックに吸着された。処理促進剤は、フロック内では、約50倍に濃縮されている。

[0194] さらに、第一余剰汚泥槽12aに、 SiO_2 を100 g、 Al_2O_3 を55 g、 MgO を160 g、ペプトンを17.6 g、乾燥酵母エキスを3.5 g、2回/週添加した。

[0195] 原水流入量、BODとSSの流入量と除去率 (年平均) を表12に、流入 TN 、 TP 量と除去率を表13に示した。

[0196] また、処理槽における総曝気時間 (年間および1日当たり) を表14に示した。

[0197] さらに、汚濁物分解性の指標として、汚泥搬出量・汚泥減量化率・汚泥転換率を表15に表した。

[0198] また、実施例 3 の第一回分槽2aおよび第一余剰汚泥槽12a中の微生物数 (バチルス属細菌数) の測定値を表16に示した。なお、主として沈降性を保つ目的で、汚泥引き抜き量の増減で両回分槽MLSS濃度を調整したところ、両回分槽MLSSは2,100～4,000mg/L (比較例 1 において両回分槽MLSS濃度1,250～2,150mg/L) の範囲に保たれた。

[0199] [表12]

表12: 原水流入量, BODとSS流入量と除去率

	原水流入量 (m ³)		BOD (mg/L)・年平均値			SS (mg/L)・年平均値		
	年間	日平均	原水	放流水	除去率 (%)	原水	放流水	除去率 (%)
平成17年度(比較例1)	67,444	184.8	235.3	1.35	99.426	239.3	1.8	99.25
平成21年度(実施例3)	67,481	184.9	317.8	0.58	99.819	384.3	0.6	99.84

[0200] 表12に示したように、実施例3の場合、比較例1に比し流入BODは35%増加しているにも関わらず、放流水量BODは57%減少し、除去率は0.39%向上していた。

[0201] [表13]

表13: T-N量, T-P量および除去率(1月~12月の平均値)

	T-N (mg/L)・年平均値			T-P (mg/L)・年平均値		
	原水	放流水	除去率(%)	原水	放流水	除去率(%)
平成17年度(比較例1)	39.8	1.9	95.4	5.4	1.4	74.1
平成21年度(実施例3)	44.8	1.8	96.1	5.8	1.9	67.2

※注: 添加したT-N量は原水T-N値に含まれていない。

[0202] [表14]

表14: 回分槽総曝気時間(曝気量: 5.25m³/分)

	曝気時間 (時間/年)	曝気時間 (時間/日)
平成17年度(比較例1)	4,199.9	11.51
平成21年度(実施例3)	4,287.3	11.75

[0203] 両回分槽と第一余剰污泥槽12aにおいては、DOが1.0~1.1mg/Lで、ORPが100~270mVに維持した。第二余剰污泥槽13aではORPが-180~-310mVを示していた。

[0204] [表15]

表15: 原水BOD量, BOD除去率, 搬出污泥量および污泥転換率

	流入BOD量 (kg/年)	除去BOD量 (kg)	BOD除去率 (%)	搬出污泥量 (乾物kg)	污泥減量化率 (%)	污泥転換率 (%)
平成17年度(比較例1)	15,869.6	15,778.5	99.426	14,890	0	94.366
平成21年度(実施例3)	21,445.6	21,406.7	99.819	7,432	50.101	34.718

※注1: 搬出污泥量は、回分槽污泥増加量を補正した値である。

注2: 污泥減量化率 = $100 \times (\text{比較例1の搬出污泥重量} - \text{実施例3の搬出污泥重量}) / \text{比較例1の搬出污泥重量}$

注3: 污泥転換率(%) = $100 \times (\text{増加污泥重量} / \text{除去BOD量})$

[0205] 表15が示すように、第二余剰污泥槽13aから第一余剰污泥槽12aへ第二污泥返送工程Waを行い、処理促進剤および栄養剤を添加することによって、污泥減量化率は、比較例1に比べ50%減量した。污泥減量化率に顕著な改善がみられた。

[0206] また、表16が示すように、年間を通してバチルス属細菌数は第一回分槽2aおよび第一余剰污泥槽12aにおいても極めて安定であり、污泥返送と処理促進

剤および栄養剤との効果が明瞭に観察され、排水の質向上と、高汚泥減量化率が実証された。

[0207] [表16]

表16:バチルス属細菌数 ($\times 10^5 \text{cfu/mL}$) (平成21年)

測定日	第一回分槽 2a	第一余剰汚泥槽 12a
1月 5日	12. 8	29. 4
1月19日	14. 8	25. 8
2月 2日	9. 50	20. 8
2月16日	10. 3	15. 8
3月 2日	6. 00	25. 8
3月16日	5. 75	15. 3
4月 6日	10. 5	15. 5
4月20日	6. 75	20. 0
5月11日	6. 50	14. 5
5月25日	11. 5	19. 3
6月 8日	6. 00	18. 3
6月22日	5. 00	18. 0
7月 6日	5. 50	15. 3
7月27日	5. 25	13. 3
8月 3日	4. 50	11. 3
8月17日	6. 25	9. 75
9月 7日	5. 25	9. 75
9月24日	4. 75	12. 8
10月 5日	5. 75	18. 8
10月19日	6. 50	17. 8
11月 2日	4. 75	19. 0
11月16日	5. 25	16. 0
12月 7日	5. 25	13. 5
12月25日	3. 50	13. 5

[0208] さらに、第一余剰汚泥槽12aから、デンプン分解性・油脂分解性・セルロー

ス分解性が極めて高いカビおよび酵母菌が見出された。これらは、大気中から自然に飛来したものや原水中に元々含まれていたものが、第一余剰汚泥槽12aにおいて高い汚泥物質分解能を取得したものと推察される。

[0209] 本発明の高い効率の排水処理効果に加え、高い汚泥分解性を分析したところ、従来法に拠るときは原排水とともに糸状菌の流入や汚泥が膨潤して沈降性が悪くなり、汚泥処理効率を低下させる事態がしばしば起きていた。

[0210] しかしながら、本発明の排水処理方法における第一余剰汚泥の返送によって、回分槽における糸状菌の生育が弱くなり、運転の中期からは生育が認められなくなった。第一余剰汚泥槽12aからペニシリウム・ターバタム[*Penicillium turbatum*]と同定したカビが分離された。28S rDNA塩基配列と系統樹から同定した。ペニシリウム・ターバタムは、抗生物質生産菌として知られており、これが流入した糸状菌の生育を抑制したものと考えられる。本菌は、強いデンプン分解性・油脂分解性・セルロース分解性を有し、バチルス属細菌であるD株、E株、F株と協奏して汚濁物分解に寄与している。なお、このカビはペニシリウム・ターバタムG株として、国際寄託されている。単離は、上記方法を用い、細菌類分析中に出現し、釣菌した。

[0211] さらに、第一余剰汚泥槽12aの汚泥の顕微鏡観察から酵母の生育が確認され、単離を行って、26S rDNA塩基配列の相同性と系統樹から、ジェオトリカム・シルビコーラ（＝ガラクトマイセス・ジェオトリカム[*Galactomyces geotrichum*]) H株、ピチア・フェルメンタンス I 株、ピチア・グイリイエルモンデイイ J 株と同定した3株を確認した。これらも国際寄託されている。

[0212] これら酵母類も強いデンプン分解性・油脂分解性・セルロース分解性を有しており、バチルス属細菌であるD株、E株、F株と協奏して汚濁物分解に寄与している。

[0213] すなわち、添加した種菌は、C株を除いて平成19年7月頃には消失し、より分解性の高いバチルス属細菌が出現し始め、平成20年5月～7月にかけて、C株と近縁である、D株、E株およびF株の分解性の高いバチルス属細菌3株が

出現した。さらに、分解性の高いバチルス属細菌類に加え、汚濁物とセルロース分解性を示すカビおよび酵母類が平成21年1月から出現し、汚濁物分解に寄与している。

[0214] [汚泥返送について]

実施例 1～3において、汚泥返送の運転は、平成17年度までは汚泥返送（i）の経路（図7）で各回分槽当たり $5\text{m}^3/\text{日}$ で行った（自動運転）。

[0215] 実験開始後、平成19年1月～平成20年5月まで、汚泥返送（i）を各回分槽当たり $5\sim 15\text{m}^3/\text{日}$ （自動運転）、汚泥返送（iii）を $1\sim 5\text{m}^3/\text{点検時}\cdot\text{週2回}$ 行なった（手動運転）。汚泥返送（i）の返送汚泥量は $10\sim 15\text{m}^3$ （この施設の許容最大量）で処理の改善が見られた。汚泥返送（iii）は $3\sim 5\text{m}^3$ （この施設での最大許容量）が適量であった。汚泥返送（ii）は、平成19年1月～6月頃まで間欠的に行なったが、濃縮汚泥貯留槽50の汚泥濃度変化が大きく、返送用ポンプの揚力不足のため返送することが困難であった。しかしながら、汚泥返送（ii）の有効性は確認している。

[0216] [表17]

表17:汚泥返送(i)～(iii)の汚泥返送量

		汚泥返送(i) ($\text{m}^3/\text{日}$)	汚泥返送(ii) ($\text{m}^3/\text{点検時}\cdot\text{週2回}$)	汚泥返送(iii) ($\text{m}^3/\text{点検時}\cdot\text{週2回}$)
比較例 1	平成17年度	<5	—	—
実施例 1	平成19年度	5	1～2	1
実施例 2	平成20年度	5, 10～15	—	1から2～5に増加（5月）
実施例 3	平成21年度	10～15	—	3～5

[0217] 汚泥返送（i）は、平成20年7月から各回分槽に 10m^3 以上/日で運転すると効果を発揮し、 $15\text{m}^3/\text{日}$ （この施設での許容最大量）ではさらに効果を示した。特に生育阻害剤流入時、回分槽70での分解性細菌類の回復・維持にこの汚泥返送（i）が安定して効果を発揮するようになった。

[0218] 汚泥返送（ii）は、濃縮汚泥貯留槽50の汚泥濃度が高い場合、揚力不足でポンプが作動せず、平成19年短期間の運転で中止した。

[0219] 汚泥返送（iii）は、 $5\text{m}^3/\text{点検時}\cdot\text{週2回}$ で安定した効果を示したが、施設の槽容量の制限で $3\sim 5\text{m}^3/\text{点検時}\cdot\text{週2回}$ （許容最大量）で運転した。

[0220] [処理促進剤の添加量について]

平成19年～平成20年は試行を続け、平成20年7月から各槽への添加量が定まった。

[0221] 汚泥凝集剤（無機性化合物）として、アルミニウム化合物、ケイ素化合物、マグネシウム化合物を；栄養剤（有機性化合物）として、ペプトンおよび乾燥酵母エキスを；および窒素源を添加した。

[0222] 図7において、各回分槽70（表18）、汚泥貯留槽30（表19）および濃縮汚泥貯留槽50（表20）への処理促進剤および窒素源の添加量を示した。アルミニウム化合物、ケイ素化合物およびマグネシウム化合物それぞれの添加量を酸化物重量で記載した。また、窒素源の添加量をN₂換算値で記載した。

[0223] 添加した処理促進剤は、添加後、直ちにフロックに吸着される。フロックは、遠心分離や濾過の操作で容易に集められ、MLSS濃度5,000mg/Lの汚泥が含水率75%のとき、占める容積が約20mLである。すなわち、添加した処理促進剤はフロック内で50倍以上に濃縮される。なお、下水（汚濁物を含む排水）を曝気すると汚濁物質が凝集して細かい懸濁物が形成される。この懸濁物質が「フロック」と呼ばれる。

[0224] [表18]

表18:各回分槽70への処理促進剤の添加量(g)(※下記の量を2回/週)

	汚泥凝集剤			栄養剤		窒素源
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	ペプトン	乾燥酵母エキス	尿素
平成19年	26～160	13～80	40～240	0～15	0～3	12～20
平成20年 1～7月	160～450	80～230	240～680	0	0	0
平成20年 7月～ 平成21年12月	450	230	680	17.6	3.5	0

※注:窒素源添加量はN₂量に換算した。

[0225] 窒素源は、回分槽70に添加するよりも、汚泥貯留槽30に添加する方が汚濁物分解性微生物類の生育により効果的であった。ペプトンおよび乾燥酵母エキスの添加濃度は、回分槽でペプトン0.055mg/L、乾燥酵母エキス0.011mg/Lと濃度が低いが、汚濁物分解性微生物の生育に効果が認められた。ペプトンおよび乾燥酵母エキスは槽内水フロックに吸着されるため、微生物の生

育するフロック内では50倍以上の濃度となり、効果を示すと考えられる。

[0226] [表19]

表19:汚泥貯留槽 30 への処理促進剤の添加量 (g) (※2回/週)

	汚泥凝集剤			栄養剤		窒素源
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	ペプトン	乾燥酵母エキス	尿素
平成19年	15~100	7~55	0~160	0~15	0~3	0~20
平成20年 1~7月	50~100	30~55	80~160	17.6	3.5	30~120
平成20年 7月~ 平成21年12月	100	55	160	17.6	3.5	150

※注:窒素源添加量はN₂量に換算した。

[0227] 汚泥貯留槽30への処理促進剤は、平成20年7月から定まり継続して同じ量を添加した。汚泥貯留槽30では、滞留時間が24時間であるが、汚泥減量化に効果を示した。

[0228] [表20]

表20:濃縮汚泥貯留槽 50 への処理促進剤の添加量 (g) (※2回/週)

	汚泥凝集剤			栄養剤		窒素源
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	ペプトン	乾燥酵母エキス	尿素
平成19年	0~20	0~10	0~35	0	0	0~12
平成20年 1~7月	0	0	0	0	0	0
平成20年 7月~ 平成21年12月	0	0	0	17.6	3.5	15~30

※注:窒素源添加量はN₂量に換算した。

[0229] 濃縮汚泥貯留槽50への処理促進剤の添加は、栄養剤および窒素源が効果的であった。添加によって、分解性菌株（バチルス属細菌およびカビ、酵母類）が住み着いて、汚泥分解・分解性菌株数の維持に効果を発揮した。

[0230] 平成20年7月以後の添加量で安定した処理が可能となり、分解性細菌類が安定して生育し、汚泥発生量の減少が継続して見られた。また、汚泥沈降性の向上や汚濁物分解に効果的であった。表21に見られるように、平成21年5月頃から汚濁物分解性微生物数も含め安定して検出した。平成21年7月頃から特に汚泥分解や処理水質の向上が見られた。

[0231] [汚濁物分解性の高い微生物類（汚濁物高分解性菌叢）の推移について]
実施例で用いた下水処理施設は、BOD成分の除去とT-N除去およびT

ーP除去がともに優れていた。BOD成分の除去には、(a-1) バチルス属細菌類、(a-2) ロドコッカス・ラバー[Rhodococcus rubber]、(a-3) マイクロコッカス・ルテウス[Micrococcus luteus]および(b) カビおよび酵母類が主に貢献し、T-N成分の除去には(a-1) バチルス属細菌に加え、(a-4) アルカリゲネス・フェーカリス[Alcaligenes faecalis]、(a-5) パラコッカス[Paracoccus]属細菌類および(a-6) ロドバクター[Rhodobacter]属細菌がT-N除去に寄与しており、T-P成分の除去には(a-6) ロドバクター[Rhodobacter]属細菌、(a-7) スフィンゴバクテリウム[Sphingobacterium]属細菌および(a-8) リゾビウム・ロティ[Rhizobium loti]が寄与していると考えられる。

[0232] (a) 細菌類

(a-1) バチルス属細菌類

表21に、検出されたバチルス属細菌数を年度別にまとめた。

[0233] 実験施設の平成18年12月におけるバチルス属細菌数は、回分槽で平均 $5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ であった。ここに種菌叢2として、A株、B株およびC株の3菌株（濃度約1:1:3）を合計で、各回分槽に $2 \times 10^6 \text{ cfu/mL}$ の濃度になるよう添加した。

[0234] 一方、汚泥貯留槽30には添加前バチルス属細菌数 $7 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ に対し、上記3菌株（濃度比1:1:3）を $2 \times 10^6 \text{ cfu/mL}$ になるよう添加した。

[0235] 種菌添加後、平成19年は1週間単位で、平成20年以降は2週間単位で総細菌数およびバチルス属細菌数を計測した。

[0236] A株は平成19年4月には消失した（生育阻害物質の流入が続き細菌数急減）。B株は、平成19年7月頃には消失した（生育阻害物質の流入によって細菌数急減）。C株は、添加後平成19年5月頃までは検出された。

[0237] その後、16S rDNAに基づく分析で、C株と同一の塩基配列・長さを有し、より分解性の高いD株（*B. subtilis*）（表21）が平成19年5月頃から出現し、平成19年7月頃にはバチルス属細菌の約90%を占めた。

- [0238] さらにその後、16S rDNA塩基配列でC株と同一の塩基配列・長さを有し、さらに分解性の高いE株 (*B. subtilis*) およびF株 (*B. subtilis*) (表21) が平成19年10月頃から出現し、この時期濃縮汚泥貯留槽50で汚泥分解が顕著に進んだ (平成19年10月～平成20年1月、濃縮汚泥貯留槽50でMLSS (濃縮直後17,000～18,000mg/L) が9,500～15,500mg/Lに低下した)。
- [0239] 汚濁物分解性を比較すると、C株<D株<E株<F株であった (表21)。
- [0240] 平成20年11月にはバチルス属細菌数の内、D株+E株+F株で90%以上を占め、D株30～70%；E株10～30%；F株10～20%の割合であった。平成21年7月、D株10～30%；E株10～30%；F株30～80%を占めた (表21；(注3))。
- [0241] 菌株の識別・同定法は(注3)に記載した。
- [0242] D株、E株およびF株は、Clustal Xによる16S rDNA塩基配列の解析および遺伝子系統樹から、種菌C株が、より汚濁物分解性の高い酵素生産性株に誘導された変異株と推定される。
- [0243] これらバチルス属細菌の汚濁物分解性は、デンプン分解性・油脂分解性・タンパク質分解性に基づくと考えられるが、汚濁物分解性の差は、菌株または菌株群がデンプン分解性・油脂分解性を備える場合、クックトミート培地 (筋肉性タンパク質) 分解性で評価できた。A株～F株および下水処理施設の活性汚泥希釈液のクックトミート培地中の懸濁物質〔SS〕除去率を表22に示した。
- [0244] (注1) 下水処理施設において標準法で下水処理する場合、バチルス属細菌数は 2×10^5 cfu/mL以下で通常 0.5×10^5 cfu/mL以下で出現し、活性汚泥のクックトミート分解性は弱い (表22)。
- [0245] (注2) A株はデンプン分解性・油脂分解性・カゼイン分解性を示し、B株は油脂分解性・筋肉性タンパク質 (クックトミート) 分解性を示す。
- [0246] 各菌株単独では尿尿分解性を示さないが、A株+B株で強い尿尿分解性を示し、クックトミート培地分解性も大幅に向上する (表24)。C株は処理の

良好な屎尿処理施設から単離した菌株で、デンプン分解性、油脂分解性、筋肉性タンパク質分解性を示す（表24）。

[0247] （注3） 実施例で使用した下水処理施設では、*B. thuringiensis*の出現が $0.25 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ 以下と少なかった。平成19年4月には*B. thuringiensis*は $1 \times 10^4 \text{ cfu/mL}$ 以下となった。*B. thuringiensis*はコロニーの形状と菌体の大きさ（ $\phi 1 \mu\text{m}$ 以上）から容易に識別できる。

[0248] （注4） B株およびC株（いずれも*B. subtilis*）の識別は、コロニーの形状とクックトミート培地分解性および16S rDNA分析に依った。B株は、16S rDNA塩基配列に基づく遺伝子系統樹で、*B. subtilis*標準株（ATCC 6051, AJ276351）より起源が古く、容易に識別できる。Clustal Xによるアライメントを行うと、C株は、16S rDNA塩基配列（塩基数1,510 bp；図8）で276番目の塩基が“R”（「A」または「G」：C株には16S rDNA部分が複数箇所（コピー）存在し、それらの約半数の276番目塩基が「A」、残りが「G」である。）で、*B. subtilis*標準株の相当する塩基は“A”（16S rDNA部分は複数個存在する。）であった。また、C株は配列の先端（5'末端）で*B. subtilis*標準株の16S rDNA塩基配列より9塩基（“GAGTTTGAT”）長く、末端（3'末端）は*B. subtilis*標準株が16塩基長い。C株はこれら遺伝子分析から容易に識別できる。D株、E株およびF株はC株と同一の塩基配列・長さを有すること、培養したコロニーの形状とクックトミート分解性の違いによって識別した（表21）。C株、D株、E株およびF株は極めて近縁であることがわかった。

[0249] （注5） 屎尿は分解し難く、屎尿処理施設の滞留時間は通常15日間である。屎の分解が進めば悪臭の低減化や汚泥減量化に繋がると考えられ、屎尿分解性菌株を種菌として使用した。

[0250]

[表21]

表21: MLSS濃度、総細菌数およびバチルス属細菌数

		2つの回分槽 70(図7)の平均値 (図2中の回分槽 2a および 3a の平均値)				装置付き汚泥貯留槽 30(図7) (図2中の、曝気・攪拌付き汚泥貯留槽または 第一余剰汚泥槽 12a)				装置付き濃縮汚泥貯留槽 50(図7) (図2中の、曝気・攪拌付き濃縮汚泥貯留槽または 第二余剰汚泥槽 13a)			
		MLSS (mg/L)	総細菌数	バチルス 属細菌数	水温 (℃)	MLSS (mg/L)	総細菌数	バチルス 属細菌数	水温 (℃)	MLSS (mg/L)	総細菌数	バチルス 属細菌数	水温 (℃)
平成18年	12月	1,823	3.69	5.50	18.2	3,138	4.50	7.00	18.1	9,156	4.81	9.00	18.5
	種菌叢添加後	—	3.70	6.00	—	—	4.45	7.80	—	—	—	—	—
平成19年	2月	4,270	10.40	19.00	15.3	5,920	8.08	20.00	14.5	18,500	10.80	59.00	16.0
	4月	3,850	9.73	4.43	17.5	5,600	5.73	13.80	17.2	14,300	9.42	40.10	17.8
	5月	3,170	11.84	9.75	20.4	4,250	4.68	9.50	20.3	16,500	5.30	42.10	21.1
	7月	2,950	7.95	4.25	25.3	4,200	5.60	9.00	25.5	18,000	7.75	41.00	26.2
平成20年	12月	3,700	12.65	13.00	18.4	5,000	10.50	14.30	18.2	9,500	5.00	25.00	18.4
	8月	2,850	21.90	8.13	27.4	6,000	20.40	16.80	27.9	21,000	36.00	87.00	27.8
	11月	2,890	8.59	16.00	22.1	6,200	12.90	33.80	22.2	19,800	45.20	111.00	22.8
平成21年	7月	2,480	5.17	5.50	25.5	5,920	7.80	13.30	26.0	18,900	12.20	62.70	26.9
	12月	2,500	8.81	6.13	17.6	5,840	12.90	13.50	17.2	18,200	18.10	64.20	17.2
	3月	3,263	11.9	4.25	14.6	5,550	16.8	9.00	14.7	—	—	—	—
平成22年	12月	3,888	9.55	5.29	18.8	6,260	11.7	8.25	19.6	—	—	—	—

※総細菌数は、 $\times 10^5 \text{cfu/mL}$ であり、バチルス属細菌数は、 $\times 10^5 \text{cfu/mL}$ である。

[0251] 表21において、平成18年12月4日に種菌叢2を添加したが、種菌培養の際に熱がかかり、胞子は発芽しがたかった。回分槽70および汚泥貯留槽30で2月中旬にほぼ発芽してバチルス属細菌数が急増した。平成19年2月下旬まで汚泥搬

出を行わず運転した。

[0252] また、平成19年5～8月まで、濃縮汚泥貯留槽50で増加していたMLSSが平成19年10月～平成20年1月に、約17,500mg/Lに濃縮されたMLSSが分解を受け、約30日間で9,500～15,500mg/Lに低下した（約10,000ppm/L低減化）。より分解性の高いD株、E株およびF株が出現した後、顕著な汚泥減量化が見られた。

[0253] さらに、汚泥貯留槽30の汚泥は遠心濃縮機60で、平成19年1月以降平成20年1月までは約3～3.5倍に、それ以降は約4.2～4.8倍に濃縮された。平成21年7月以降、濃縮汚泥貯留槽50のMLSS濃度は汚泥貯留槽30の約3.1倍かそれ以下であって、濃縮汚泥貯留槽50でも汚泥の分解が起こっていることが判明した。バチルス属細菌濃度を比較すると、約4.8倍で、バチルス属細菌が増加していることが分かった。一般の下水処理施設では、バチルス属細菌数はMLSS濃度に比例せず、汚泥貯留槽30に相当する汚泥貯留槽で回分槽の1.1～1.2倍である。

[0254] （注6） 活性汚泥細菌の分離：

ニュートリエント・ブロス（Oxoid社製，コード：CM0001）8g，グルコース7g，ペプトンP（Oxoid社製，コード：LP0049）4g，乾燥酵母エキス（Bacto社製，コード：212750）2gおよび寒天15gを蒸留水1,000mLに溶解させ、121℃で15分間滅菌した。滅菌したφ9cmのシャーレに、それを20mLずつ分注して平面培地を作製した。

[0255] 乾燥後、活性汚泥の100倍希釈液および10,000倍希釈液を調製し、それぞれ0.1mLずつを平面培地上に添加しコンラージ棒で拡げた。

[0256] 32℃で4～5日間培養しコロニーを観察した。

[0257] （注7） クックトミート培地中のSS除去率測定法：

φ18mmの試験管2本に、Oxoid社製のクックトミート培地（CM0081）およびDifco社製のクックトミート培地（226730）をそれぞれ250～350mg量り取り、蒸留水6mL加えて121℃で15分間滅菌した。1本ずつに菌株を植菌して32℃で10日間振盪培養した。

[0258] ブランクとして、植菌しない試験管も同様に振盪培養した。

[0259] 10日間後、φ55mmのガラス繊維フィルタ（アドバンテック社製GS25；またはワットマン社製GF/A）で懸濁物を濾集し、125℃で2.5時間乾燥して懸濁物質乾物重量を測定した。

[0260] クックトミート培地に植菌し培養した後の懸濁物質〔SS〕の乾燥重量（X）と、別途、クックトミート培地に植菌せずに培養した後のSSの乾燥重量（Y）とから、下記式（i）：

$$\text{SS 除去率 (\%)} = \{ (Y - X) / Y \} \times 100 \quad \cdots (i)$$

を用いてSS除去率を算出した。

[0261]

[表22]

表22: 菌株および下水処理施設の活性汚泥のクックミート培地中のSS除去率

菌株名 (寄託番号)		SS除去率 (%)	
		Oxoid社製	Difco社製
バチルス属細菌	B. シューリングエンシス (IAM 12077 ^T)	11	11
	B. セレウス (JCM 12077 ^T)	19	18
	B. ズブチリス (IFO 13719 ^T)	67	36
	B. ズブチリス ^T + B. シューリングエンシス ^T	60	38
	B. ズブチリス ^T + B. セレウス ^T	27	16
バチルス属細菌	A株 (FERM BP-11280)	24	40
	B株 (FERM BP-11281)	77	53
	A株+B株	72	83
	A株 + B. ズブチリス (IFO 13719 ^T)	79	76
	C株 (FERM BP-11282)	76	62
	D株 (FERM BP-11283)	81	60
	E株 (FERM BP-11284)	73	74
	F株 (FERM BP-11285)	81	76
	D株+E株+F株	78	65
カビ	G株 (FERM BP-11289)	4	5
酵母	H株 (FERM BP-11287)	9	1
	I株 (FERM BP-11286)	0.5	<0.5
	J株 (FERM BP-11288)	1	<0.5
バチルス属細菌+カビ	D株+G株	85	62
	E株+G株	81	51
	F株+G株	79	74
バチルス属細菌+酵母	D株+H株	78	47
	E株+H株	80	21
	F株+H株	81	37
	D株+I株	82	67
	E株+I株	77	62
	F株+I株	76	68
	D株+J株	83	64
	E株+J株	75	64
	F株+J株	82	75
実験開始前処理施設活性汚泥100倍希釈液 0.2mL		41	28
平成21年10月処理施設活性汚泥100倍希釈液 0.2mL		80	82

※注: D株+E株+F株の混合の場合、Oxoid社製およびDifco社製のSS除去率がともに、E株、F株の値より小さいが、これはD株の生育が旺盛で、その濃度がE株やF株より大きくなるためと推測される。

※注: 菌株名に上付きされている「T」は、標準株(種を代表する株)であることを示す。

[0262] A株(B. thuringiensis)およびB株(B. subtilis)は、単独では尿尿を分解できないが共存すると激しい分解性を示す(表24および非特許文献1を参照)

。これらのSS除去率から、Oxoid社製で70%以上、Difco社製で60%以上のSS除去率を示し、かつ、デンプン分解性および油脂分解性を有する場合、汚濁物高分解性菌株と判定した。A株+B株、A株+B. subtilis^TおよびC株はこの条件を満たし、D株、E株およびF株は汚濁物高分解性であると判定できる。

[0263] また、実験開始前の下水処理施設活性汚泥（100倍希釈液）と実験開始後（平成21年10月）活性汚泥（100倍希釈液）のOxoid社製とDifco社製とにおける懸濁物質〔SS〕除去能を比較すると、実験開始後大幅に増加している（表22）。

[0264] なお、D株+H株、E株+H株、F株+H株において、SS除去率が低下しているが、活性汚泥中ではこのような現象は起こっていないと考えられる。なぜならDifco製ではH株の生育が旺盛になり、D株、E株およびF株の生育が抑制され数が少なくなるためと考えられるからである（顕微鏡観察から）。D株、E株およびF株のプロテアーゼ活性阻害を行っているためではないと思われる。

[0265] なお、平成22年（2010年）になって、汚泥減量化がより一層進んでいる。すなわち、A株+B株は消失し、C株がD株、E株、F株、IRN-110株、IRN-111株などのより汚濁物分解性の高い菌株に変異している。A株+B株の効果は、C株が下水／汚濁物に順応し、D株（E株、F株、IRN-110株、IRN-111株など）に変異する過程で、汚濁物を分解してC株の生育／順馳を支えることであると考えられる。A株+B株を添加した事で、C株の生育停止を防ぎ、C株を繰り返し添加する必要がなかったと思われる。

[0266] 下記のバチルス属細菌はすべてC株と同じ16S rDNAを有しており、クックトミート培地（Oxoid）および（Difco）それぞれのSS除去率を表にまとめる。

[0267]

[表23]

表23:平成21年および22年に単離されたバチルス属細菌のSS除去率

単離日		識別名	SS除去率 (%)	
			Oxoid社製	Difco社製
平成21年	11月 8日	IRN 4-1	65	38
		IRN 6-1	87	55
	4月 7日	IRN-45	73	43
平成22年	6月23日	IRN-110	73	70
		IRN-111	75	60
		IRN-112	64	64

[0268] 表23から、平成21年（2009年）までに単離されたバチルス属細菌はOxoidのSS除去率が高くてもDifcoのSS除去率が低い場合があったが、平成22年（2010年）になってDifcoのSS除去率が向上し、OxoidのSS除去率／DifcoのSS除去率の比が小さくなってきた。2010年になって汚泥減量化はさらに進んでいる。

[0269] 汚濁物分解性が高い微生物群として、定性的にデンプン分解性・油脂分解性を示し、繊維性タンパク質であるクックトミート培地中のSS除去率がOxoid社製で70%以上、Difco社製で60%以上を示す場合であると定義した根拠について、以下に説明する。

[0270] [表24]

表24: A～C株のデンプン分解性・油脂分解性・SS除去率・尿酸分解性

	デンプン分解性	油脂分解性	SS除去率(%)		尿酸分解性
			Oxoid社製	Difco社製	
A株 (FERM BP-11280)	○	○	24	40	—
B株 (FERM BP-11281)	—	○	77	53	—
A株+B株	○	○	72	83	○
C株 (FERM BP-11282)	○	○	76	62	○

[0271] 通説では、下水汚泥は活性汚泥細菌が主要構成物であるとされているが、実際は下水に含まれる未分解汚濁物が下水汚泥の主要構成物であると考えら

れる。下水汚濁物の大半は生物由来のため、デンプン・油脂・タンパク質から構成され、尿尿が未分解汚濁物の半分以上を占めると考え、尿尿分解性菌株に注目した。尿尿処理施設から単離したA株、B株、A株+B株、C株についてデンプン分解性、油脂分解性、クックトミート培地中のSS除去率を測定したところ、尿尿分解性であるA株+B株およびC株が、デンプン分解性・油脂分解性を示し、SS除去率においてOxoid社製で70%以上、Difco社製で60%以上を示すことが判明し（表22, 24）、これらの生化学的性質を備える菌株あるいは菌叢を汚濁物高分解性であると定義した。A株およびB株は単独では尿尿分解性を示さなかった。汚濁物高分解性は、単独の菌株または菌叢であって、細菌、酵母およびカビのそれぞれが単独であっても2種以上で構成されてもよい。

[0272] (a-2) ロドコッカス・ラバー[Rhodococcus rubber]

ポリヒドロキシアルカン酸分解性、植物油分解性、各種環状炭化水素（シクロドデカン等）の分解性、高級炭化水素エーテル化合物の分解性、メチル-tert-ブチルエーテルの分解性、2級-アルキル硫酸分解性など、多岐に渡る合成化合物資化性が知られている。洗剤や油脂、その他の高分子化合物の除去に寄与していると考えられる。平成21年7月、回分槽70で、 $4 \times 10^5 \sim 8 \times 10^5$ cfu/mL、汚泥貯留槽30で $7 \times 10^5 \sim 1.4 \times 10^5$ cfu/mL見られ年間を通じて検出された。特有のコロニーの形状から（コロニーは4種類の形状を示す）容易に識別できる。16S rDNA分析から確認した。

[0273] (a-3) マイクロコッカス・ルテウス[Micrococcus luteus]

高級脂肪酸資化性、エステラーゼ生産性、C16炭化水素資化性等を示し、洗剤などの高分子化合物の除去に寄与していると考えられる。コロニーの形状と菌体の検鏡によって容易に識別可能である。平成21年7月、回分槽70で 1×10^5 cfu/mL以下、汚泥貯留槽30で $1 \times 10^5 \sim 4 \times 10^5$ cfu/mL検出された。

[0274] (a-4) アルカリゲネス・フェーカリス[Alcaligenes faecalis]

硝酸イオン利用性および脱窒性を示す。また、脱窒に伴いBOD成分を消

費する。薄く着色した透明の、特有の形状のコロニーを形成し、容易に識別できる。年間を通じて、平成21年7月で、回分槽70で総細菌数の約25%、汚泥貯留槽30で総細菌数の約50%を占めた。

[0275] (注8) 10年前まで（または現在でも）の通説では、好気性で脱窒は起こらないとされてきた。しかし、*Alcaligenes faecalis*と*Paracoccus denitrificans*との研究が進み現在では好気性での脱窒が認めらるようになってきている。

[0276] (a-5) パラコッカス [*Paracoccus*] 属細菌類

これら3株の種は未同定である。いずれも脱窒性を示し、脱窒する際BOD成分を資化する。薄いまたは濃いピンク色の透明なコロニーを形成し容易に識別可能である。平成21年7月、回分槽70で $2 \times 10^5 \sim 6 \times 10^5$ cfu/mL、汚泥貯留槽30で $4 \times 10^5 \sim 12 \times 10^5$ cfu/mL 出現した。

[0277] (a-6) ロドバクター [*Rhodobacter*] 属細菌

硝酸イオン還元性・脱窒性を示し、リン酸を代謝する。特有のコロニーを形成し容易に識別できる。平成21年7月、回分槽70で $2 \times 10^5 \sim 6 \times 10^5$ cfu/mL、汚泥貯留槽30で $2 \times 10^5 \sim 8 \times 10^5$ cfu/mL 検出した。

[0278] (a-7) スフィンゴバクテリウム [*Sphingobacterium*] 属細菌

脱窒性・リン脂質（スフィンゴ脂質）蓄積性を示す。黄色のコロニーを形成し容易に識別できる。リン酸の除去に寄与すると考えられる。平成21年7月、これらは回分槽70で $< 1 \times 10^5$ cfu/mL、汚泥貯留槽30で $1 \times 10^5 \sim 4 \times 10^5$ cfu/mL 出現した。(a-8) リゾビウム・ロティ [*Rhizobium loti*] と区別し難い場合がある。

[0279] (a-8) リゾビウム・ロティ [*Rhizobium loti*]

リン酸の代謝に関係し、リン酸の除去に関与していると考えられる。回分槽70で $< 1 \times 10^5$ cfu/mL 以下、汚泥貯留槽30で $1 \times 10^5 \sim 4 \times 10^5$ cfu/mL 見られた。(a-7) スフィンゴバクテリウム属 [*Sphingobacterium* sp.] と区別し難い場合がある。

[0280] (b) カビおよび酵母類

(b-1) カビ (G株)

G株 (ペニシリウム・ターバタム [*Penicillium turbatum*]) は、平成21年5月頃から細菌数計測の際、汚泥貯留槽30から検出されるようになり、平成21年9月、汚泥貯留槽30で、 5×10^5 cfu/mL、回分槽70で 2.5×10^4 cfu/mL 検出した。単離した一連の菌株は、28S rDNA塩基配列の相同性と遺伝子系統樹から *Penicillium turbatum* と同定した。強いデンプン分解性・油脂分解性・セルロース分解性を示す。*P. turbatum* は、抗生物質を生産することが知られている。下水処理施設で、平成21年1月頃から、流入する糸状菌類の生育性が回分槽で弱くなり、平成21年5月以降には生育できなくなった (分解中の糸状菌類は多数見られる)。

[0281] (b-2) 酵母類

酵母類は、汚泥貯留槽30の汚泥の検鏡で、平成20年8月頃から生存が確認できた。汚泥貯留槽30から平成21年3月、平成21年6月に単離を試み、3月には I 株 (*Pichia fermentans*) および J 株 (*Pichia guilliermondii*) を、6月には H 株 (*Galactomyces geotrichum*/ *Geotrichum silvicola*; 有性無性の関係) を加えて単離した。

[0282] H株, I株およびJ株いずれも強いデンプン分解性・油脂分解性・セルロース分解性を示した。平成21年6月、H株, I株およびJ株の合計菌株数は、汚泥貯留槽30で 1×10^3 cfu/mL であり、H株が約20%, I株が約20%, J株が約60%を占めた。26S rDNA塩基配列の相同性および系統樹から同定した。

[0283] (注9) 酵母の単離方法:

酵母類の単離培地は、馬鈴薯デンプン5g, 可溶性デンプン5g, グルコース5g, ニュートリエント・ブロス (Oxoid社製, コード: CM0001) 5g, ペプトンP (Oxoid社製, コード: LP0049) 4g, 乾燥酵母エキス (Bacto社製, コード: 212750) 2gおよび寒天16gを蒸留水1,000mLに懸濁し、クエン酸で pH3.8に調整後、115°Cで3分間滅菌して平面培地を調製した。

[0284] ここに汚泥貯留槽30の槽内水0.1mLを拡げ、6日間培養して生育したコロ

ニーから釣り菌して培養した。釣り菌した各菌株は希釈法で3回精製を繰り返して純粋な菌株を得た。なお、釣り菌した菌株の培養に使用した培地は、(注6)に記載したニュートリエント・ブロス・グルコース培地である。

[0285] (注10) 実施例で用いた種菌の調製方法およびその添加：

ニュートリエント・ブロス (Oxoid社製, コード：CM-1) 15 g, グルコース 10g, 乾燥酵母エキス2gおよび寒天15gを蒸留水1,000mLに溶解し、121°Cで15分間滅菌して、予め滅菌しておいたステンレス製バット (蓋付き, 約23cm × 32cm) に流し込み (約1L必要) 平面培地を5枚調製した。

[0286] A株, B株およびC株それぞれ6mL × 3本を予め試験管に培養しておき、1枚目のバットにA株, 2枚目のバットにB株, 3枚目から5枚目のバットにC株を撒いて30°Cで10日間培養した。各培養物を掻き取り2Lの蒸留水に懸濁した。

[0287] 懸濁液を 1×10^4 倍, 1×10^6 倍, 1×10^8 倍に希釈して600nmでODを測定し、文献からOD=0.3で約 1×10^9 cells/mLとした。原液を 2×10^{12} cells/Lに希釈し、500mLずつ各回分槽に添加した (種菌濃度：約 2.5×10^6 cfu/mL)。

[0288] 一方、汚泥貯留槽30へは、種菌濃度 8×10^{10} cells/L液を1L調製して添加した (種菌濃度：約 2×10^6 cells/mL)。この様にして調製した種菌は培養中約40°Cに発熱し、孢子化した培養物は、栄養培地中32°Cで培養しても急速に栄養細胞に戻らない。種菌として添加すると約25日後から発芽を始めた。なお、種菌添加前、バチルス属細菌数は各回分槽で 5×10^5 cfu/mLおよび 6×10^5 cfu/mL、汚泥貯留槽30で 7×10^5 cfu/mLであったが、クックトミート培地中のSS除去率はOxoid社製で41%、Difco社製で28%であり、種菌添加後平成21年10月、Oxoid社製で80%、Difco社製で82%であり (表22)、汚濁物分解性も平成21年には大幅に高くなった (表2, 5, 7, 10, 12, 15)。(Quiagen社, Genomic DNA Handbook (2001), P. 38~39を参照。)

(注11) デンプン分解性試験および油脂分解性試験は「坂崎利一, 吉崎悦

郎，三木寛二著 新細菌培地学口座一下Ⅰ，近代出版（1988）」に従って行った。以下、セルロース分解性試験も併せて簡単に説明する。

[0289] [デンプン分解性試験]

可溶性デンプンを含む寒天平面培地に試験菌株を植菌し、32℃で培養した。2～7日後に生じたコロニーにヨウ素ヨウ化カリ液（グラム染色用ルゴール液）を数滴垂らし、コロニー周辺にヨウ素－デンプン反応が消失した場合を「デンプン分解性あり（表24中“○”で示す。）」と判定した。

[0290] 可溶性デンプンを含む寒天平面培地は、ニュートリエント・ブロス（Oxoid社製，コード：CM-1）8 g，ペプトン－P（Oxoid社製，コード：LP0049）4 g，グルコース2g，可溶性デンプン5 g，乾燥酵母エキス（Bacto社製，コード：212750）2 g および寒天15 g を蒸留水1,000m Lに溶解し、121℃で15分間滅菌し、予め滅菌したシャーレに20m Lずつ分注し冷却することで作製した。

[0291] グラム染色用ルゴール液は、ヨウ素0.2 g およびヨウ化カリウム0.4 g を蒸留水60m Lに溶解することで調製し、茶色瓶に保存した。

[0292] [油脂分解性試験]

油脂分解試験用寒天平面培地に試験菌株を植菌し、32℃で2～10日間培養した。コロニー周辺に結晶（有機酸カルシウム塩）が形成された場合を「油脂分解性あり（表24中“○”で示す。）」と判定した。

[0293] 油脂分解試験用寒天平面培地は、下記 a～c 液を調製して滅菌した後、85℃で a～c 液を素早く混合し、予め121℃で15分間滅菌したシャーレに20m Lずつ分注し冷却することによって作製した。

[0294] a 液：ニュートリエント・ブロス（Oxoid社製，コード：CM-1）8 g，グルコース7 g，ペプトン－P（Oxoid社製，コード：LP0049）4 g，乾燥酵母エキス（Bacto社製，コード：212750）2gおよび寒天15gを蒸留水1,000m Lに溶解し、121℃で15分間滅菌した。

[0295] b 液：1%塩化カルシウム液10m Lを調製し、121℃で15分間滅菌した。

[0296] c 液：ツイーン80（または60もしくは40）10m Lを121℃で15分間滅菌した。

[0297] [セルロース分解性試験]

セルロース粉末を含む寒天培地に試験菌株を植菌し、2～10日間32℃で培養した。コロニー周辺に透明帯が生成した場合を「セルロース分解性あり」と判定した。。

[0298] セルロース粉末を含む寒天平面培地は、ニュートリエント・ブロス（Oxoid社製，コード：CM-1）8 g，グルコース7 g，ペプトンP（Oxoid社製，コード：LP0049）4 g，乾燥酵母エキス（Bacto社製，コード：212750）2g，セルロース粉末1 g および寒天16gを蒸留水1,000m Lに溶解し、121℃で15分間滅菌した。滅菌後、予め滅菌しておいたシャーレに20mLずつ分注して冷却することによって作製した。

産業上の利用可能性

[0299] 下水処理のみならず、畜産排水処理、し尿処理、その他の食品工場排水処理にも記載の効率化方法は適用可能で、種々の分野で排水処理の効率化で応用可能である。

符号の説明

- [0300] 1a 原水
 2a 第一処理槽 または 第一回分槽
 3a 第二処理槽 または 第二回分槽
 4a 第三処理槽
 5a OD槽
 6a 沈殿槽
 7a 放流水（図1～3中）
 8a 第一余剰污泥槽 または 污泥貯留槽
 9a 第二余剰污泥槽 または 濃縮污泥貯留槽
 10a 污泥濃縮槽（図1～3中）
 11a 污泥貯留槽 または 濃縮污泥貯留槽（図1～3中）
 12a 曝気・攪拌付きの 第一余剰污泥槽 もしくは 污泥貯留槽
 13a 曝気・攪拌付きの 第二余剰污泥槽 もしくは 濃縮污泥貯

留槽

14a 搬出汚泥（図 1 ～ 3 中）

15a 余剰汚泥 または 引き抜き汚泥

Xa 汚泥引き抜き工程

Ya 汚泥返送工程

Za 汚泥濃縮工程（汚泥濃縮槽，汚泥濃縮機等により実施する。
。）

Va 第一汚泥返送工程

Wa 第二汚泥返送工程

1 汚水 または 廃液

2 種菌叢

3 攪拌子

10 曝気槽

11 攪拌処理液

12, 13, 14 処理槽

20 汚泥沈殿槽

21 上澄み液

22 沈殿汚泥（余剰汚泥）

23 放流水（図 5 ～ 7 中）

30 汚泥貯留槽（図 5 ～ 7 中）

31 攪拌処理貯留汚泥

40 汚泥濃縮槽（図 5 ～ 7 中）

41 濃縮汚泥

50 濃縮汚泥貯留槽

51 攪拌処理濃縮貯留汚泥

52 搬出汚泥（図 5 ～ 7 中）

60 遠心濃縮機

61 濃縮汚泥

70 回分槽

請求の範囲

[請求項1]

原水1aを活性汚泥処理する際、

第一汚泥返送工程Va：

曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12aにおいて、曝気・攪拌した汚泥を、処理槽，回分槽もしくは嫌気槽に返送する工程；および／または

曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13aにおいて、曝気・攪拌した汚泥を、処理槽，回分槽もしくは嫌気槽に返送する工程

を実施し、かつ、

該汚泥を返送された処理槽中，回分槽中または嫌気槽中のバチルス属菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ に維持しながら活性汚泥処理することを特徴とする排水処理方法。

[請求項2]

さらに、第二汚泥返送工程Wa：

曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13aにおいて、曝気・攪拌した汚泥を、曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12aに返送する工程
を実施する請求項1に記載の排水処理方法。

[請求項3]

第一処理槽または第一回分槽2a；

第二処理槽または第二回分槽3a；

第三処理槽4a；

OD槽5a；

第一余剰汚泥槽または汚泥貯留槽8a；

第二余剰汚泥槽または濃縮汚泥貯留槽9a；

汚泥濃縮槽10a；

汚泥貯留槽または濃縮汚泥貯留槽11a；

曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12a；および

、

曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13a
のいずれか一槽以上に、処理促進剤を添加する請求項1または2に記載の排水処理方法。

[請求項4] 上記処理促進剤が、ケイ素化合物、マグネシウム化合物、アルミニウム化合物、ペプトンおよび乾燥酵母エキスからなる群より選択される一種または二種以上である請求項3に記載の排水処理方法。

[請求項5] 第一余剰汚泥槽または汚泥貯留槽8a ;
第二余剰汚泥槽または濃縮汚泥貯留槽9a ;
汚泥濃縮槽10a ;
汚泥貯留槽または濃縮汚泥貯留槽11a ;
曝気・攪拌付きの第一余剰汚泥槽もしくは汚泥貯留槽12a ; および、

曝気・攪拌付きの第二余剰汚泥槽もしくは濃縮汚泥貯留槽13a
のいずれか一槽以上に、窒素源を添加する請求項1～4のいずれかに記載の排水処理方法。

[請求項6] 上記窒素源が、尿素、硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムのいずれか一種以上である請求項5に記載の排水処理方法。

[請求項7] 少なくとも、下記工程(1)～(5) :

工程(1) : 曝気装置および攪拌装置を備える曝気槽10に、種菌叢2を添加した状態で、生物化学的酸素要求量〔BOD〕が80mg/L以上の汚水または廃液1を流入させ、曝気および攪拌することによって、攪拌処理液11を得る曝気工程 ;

工程(2) : 工程(1)で得られた攪拌処理液11を汚泥沈殿槽20に流入させ、静置することによって、上澄み液21と沈殿汚泥22とに分離した後、該上澄み液21を放流水23として系外に排水する分離工程 ;

工程(3) : 工程(2)で得られた沈殿汚泥22を引き抜き、汚泥貯留槽30に沈殿汚泥22を貯留し、その一部を上記曝気槽10に返送する貯留・

返送工程；

工程(4)：工程(3)で得られた貯留汚泥を、汚泥濃縮槽40および／または遠心濃縮機60で濃縮する濃縮工程；ならびに

工程(5)：工程(4)で得られた濃縮汚泥を、濃縮汚泥貯留槽50に貯留し、その一部を系外に搬出する貯留・搬出工程を含む活性汚泥法を用いて排水処理する際に、

汚泥貯留槽30および／または濃縮汚泥貯留槽50に、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を備え付けて、装置付き汚泥貯留槽30および／または装置付き濃縮汚泥貯留槽50を配設し、

下記汚泥返送(I)，(II)：

汚泥返送(I)：該装置付き汚泥貯留槽30で、曝気するか、もしくは曝気・攪拌することによって得られる攪拌処理貯留汚泥31を引き抜き、上記曝気槽10に返送すること；および／または

汚泥返送(II)：該装置付き濃縮汚泥貯留槽50で、曝気するか、もしくは曝気・攪拌することによって得られる攪拌処理濃縮貯留汚泥51を引き抜き、上記曝気槽10および／または該装置付き汚泥貯留槽30に返送すること

を行い、

該曝気槽10、該装置付き汚泥貯留槽30および該装置付き濃縮汚泥貯留槽50のうち1槽以上に、汚泥凝集剤および栄養剤を添加するとともに、

該汚泥凝集剤および該栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mLに保持しつつ排水処理することを特徴とする排水処理方法。

[請求項8]

上記曝気槽10が、2槽以上直列に連結し、

第一槽目の処理槽12では曝気せずに攪拌のみを行う嫌気処理を施し、

第二槽目の処理槽13以降で種菌叢2を添加し、曝気および攪拌する

請求項 7 に記載の排水処理方法。

[請求項 9] 上記曝気槽 10 が、その曝気および攪拌の機能を一時的に停止させることによって、上記汚泥沈殿槽 20 を兼用する請求項 7 に記載の排水処理方法。

[請求項 10] デンプン分解性および油脂分解性を有し、かつ下記組成のクックトミート培地 (Oxoid) および (Difco) それぞれに含まれる懸濁物質〔SS〕の除去率が 70% 以上および 60% 以上である汚濁物高分解性菌叢に、上記種菌叢 2 が誘導される請求項 7 ～ 9 のいずれかに記載の排水処理方法；

クックトミート培地 (Oxoid) の組成 (1 L あたり) ；

心筋 (乾燥)	73.0 g,
ペプトン	10.0 g,
ラバーレムコ末	10.0 g,
塩化ナトリウム	5.0 g, および
ブドウ糖	2.0 g ; ならびに

クックトミート培地 (Difco) の組成 (1 L あたり) ；

牛心筋 (乾燥)	98.0 g,
プロテオースペプトン	20.0 g,
ブドウ糖	2.0 g, および
塩化ナトリウム	5.0 g。

[請求項 11] 上記汚濁物高分解性菌叢が、上記クックトミート培地 (Oxoid) に含まれる SS の除去率が、80% 以上である請求項 10 に記載の排水処理方法。

[請求項 12] 上記種菌叢 2 が、

A 株 (バチルス・シューリンジエンシス ; FERM BP-11280) ,

B 株 (バチルス・ズブチリス ; FERM BP-11281) および

C株（バチルス・ズブチリス；FERM BP-11282）
である請求項7～11のいずれかに記載の排水処理方法。

[請求項13]

上記汚濁物高分解性菌叢が、

D株（バチルス・ズブチリス；FERM BP-11283）、
E株（バチルス・ズブチリス；FERM BP-11284）お
よび

F株（バチルス・ズブチリス；FERM BP-11285）
からなる群から選択される少なくとも1種のバチルス属細菌を含むか
；あるいは

該バチルス属細菌を少なくとも1種と、

G株（ペニシリウム・ターバタム；FERM BP-11289
）のカビ

および／または

H株（ジェオトリカム・シルビコーラ；FERM BP-112
87）、

I株（ピチア・フェルメンタンス；FERM BP-11286
）および

J株（ピチア・グイリイエルモンデイイ；FERM BP-11
288）

からなる群から選択される少なくとも1種の酵母とを含む請求項12
に記載の排水処理方法。

[請求項14]

上記汚泥凝集剤が、アルミニウム化合物と、ケイ素化合物および／
またはマグネシウム化合物とを含み、

該汚泥凝集剤を添加する槽中の懸濁物質〔MLSS〕1 g／Lあた
り、

酸化アルミニウム〔 Al_2O_3 〕で換算したアルミニウム化合物を、
0.01～0.5 g；

二酸化ケイ素〔 SiO_2 〕で換算したケイ素化合物を、0.01～

2 g ; および

酸化マグネシウム〔MgO〕で換算したマグネシウム化合物を、0.01～0.5 g

で添加（ただし、各槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）する請求項7～13のいずれかに記載の排水処理方法。

[請求項15]

上記栄養剤が、ペプトンおよび／または乾燥酵母エキスであり、
該栄養剤を添加した曝気槽10中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを0.8～70 mg、乾燥酵母エキスを0.1～10 mg ;

該栄養剤を添加した上記の装置付き汚泥貯留槽30中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを3.5～250 mg、乾燥酵母エキスを0.7～45 mg ;

該栄養剤を添加した上記の装置付き濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを2.0～150 mg、酵母エキスを0.4～25 mg

で添加（ただし、各槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）する請求項7～14のいずれかに記載の排水処理方法。

[請求項16]

上記の装置付き汚泥貯留槽30および／または上記の装置付き濃縮汚泥貯留槽50に、上記汚泥凝集剤と上記栄養剤とともに、

尿素、硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムからなる群から選択される1種以上の窒素源を添加し、N₂で換算した窒素源を、

該装置付き汚泥貯留槽30中のMLSS 1 g/Lあたり、0.1～15 g ;

該装置付き濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS 1 g/Lあたり、1～150 mg

で添加（ただし、各槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）する請求項7～15のいずれかに記載の排水処理方法。

[請求項17]

請求項7～16のいずれかに記載の活性汚泥法を用いて排水処理す

る際に、

汚泥貯留槽30および／または濃縮汚泥貯留槽50に、曝気装置および攪拌装置のうち少なくとも曝気装置を備え付けて、装置付き汚泥貯留槽30および／または装置付き濃縮汚泥貯留槽50を配設し、

上記汚泥返送(I)および／または(II)を行い、

該曝気槽10、該装置付き汚泥貯留槽30および該装置付き濃縮汚泥貯留槽50のうち1槽以上に、汚泥凝集剤および栄養剤を添加するとともに、

該汚泥凝集剤および該栄養剤を添加した槽中のバチルス属の細菌数を、 $2.0 \times 10^5 \sim 1.11 \times 10^5$ cfu/mLに保持しつつ排水処理することを特徴とする排水処理システム。

[請求項18]

上記曝気槽10が、2槽以上直列に連結し、

第一槽目の処理槽12では曝気せずに攪拌のみを行う嫌気処理を施し、

第二槽目の処理槽13以降で種菌叢2を添加し、曝気および攪拌する請求項17に記載の排水処理システム。

[請求項19]

上記曝気槽10が、その曝気および攪拌の機能を一時的に停止させることによって、上記汚泥沈殿槽20を兼用する請求項17に記載の排水処理システム。

[請求項20]

上記汚泥凝集剤が、アルミニウム化合物と、ケイ素化合物および／またはマグネシウム化合物とを含み、

該汚泥凝集剤を添加する槽中の懸濁物質〔MLSS〕1g/Lあたり、

酸化アルミニウム〔 Al_2O_3 〕で換算したアルミニウム化合物を、 $0.01 \sim 0.5$ g ;

二酸化ケイ素〔 SiO_2 〕で換算したケイ素化合物を、 $0.01 \sim 2$ g ; および

酸化マグネシウム〔 MgO 〕で換算したマグネシウム化合物を、0

0.1 ~ 0.5 g

で添加（ただし、該槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）する請求項17~19のいずれかに記載の排水処理システム。

[請求項21]

上記栄養剤が、ペプトンおよび／または乾燥酵母エキスであり、
該栄養剤を添加した曝気槽10中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを0.8 ~ 70 mg, 乾燥酵母エキスを0.1 ~ 10 mg ;

該栄養剤を添加した上記の装置付き汚泥貯留槽30中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを3.5 ~ 250 mg, 乾燥酵母エキスを0.7 ~ 45 mg ;

該栄養剤を添加した上記の装置付き濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS 1 g/Lあたり、ペプトンを2.0 ~ 150 mg, 酵母エキスを0.4 ~ 25 mg

で添加（ただし、各槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）する請求項17~20のいずれかに記載の排水処理システム。

[請求項22]

上記の装置付き汚泥貯留槽30および／または上記の装置付き濃縮汚泥貯留槽50に、上記汚泥凝集剤と上記栄養剤とともに、

尿素、硫酸アンモニウム、塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムからなる群から選択される1種以上の窒素源を添加し、N₂で換算した窒素源を、

該装置付き汚泥貯留槽30中のMLSS 1 g/Lあたり、0.1 ~ 15 g ;

該装置付き濃縮汚泥貯留槽50中のMLSS 1 g/Lあたり、1 ~ 150 mg

で添加（ただし、各槽の1立方メートル〔m³〕かつ1日あたり）する請求項17~21のいずれかに記載の排水処理システム。

[請求項23]

上記クックトミート培地に植菌し培養した後の懸濁物質〔SS〕の乾燥重量（X）と、別途、上記クックトミート培地に植菌せずに培養した後のSSの乾燥重量（Y）とから、下記式（i）：

$$\text{SS 除去率 (\%)} = \{ (Y - X) / Y \} \times 100 \quad \dots(i)$$

を用いてSS除去率を算出することによって、

請求項7～22のいずれかに記載の種菌叢または請求項10～16のいずれかに記載の汚濁物高分解性菌叢に含まれる活性汚泥微生物の汚濁物分解性能を測定することを特徴とする、活性汚泥微生物の汚濁物分解活性測定方法。