

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-86178  
(P2002-86178A)

(43) 公開日 平成14年3月26日 (2002.3.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
C 0 2 F 3/10	Z A B	C 0 2 F 3/10	Z A B Z 4 B 0 2 9
3/00		3/00	G 4 B 0 3 3
3/34	C C R	3/34	D 4 B 0 6 5
C 1 2 M 1/00		C 1 2 M 1/00	C C R Z 4 D 0 0 3
			H 4 D 0 2 7

審査請求 有 請求項の数10 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-285444(P2000-285444)

(22) 出願日 平成12年9月20日 (2000.9.20)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成12年6月19日～20日 環境技術研究協会主催の「第7回シンポジウム 環境用水の汚濁とその浄化」において文書をもって発表

(71) 出願人 391012615

群馬工業高等専門学校長  
群馬県前橋市鳥羽町580

(72) 発明者 小島 昭

群馬県桐生市本町4丁目339-4

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

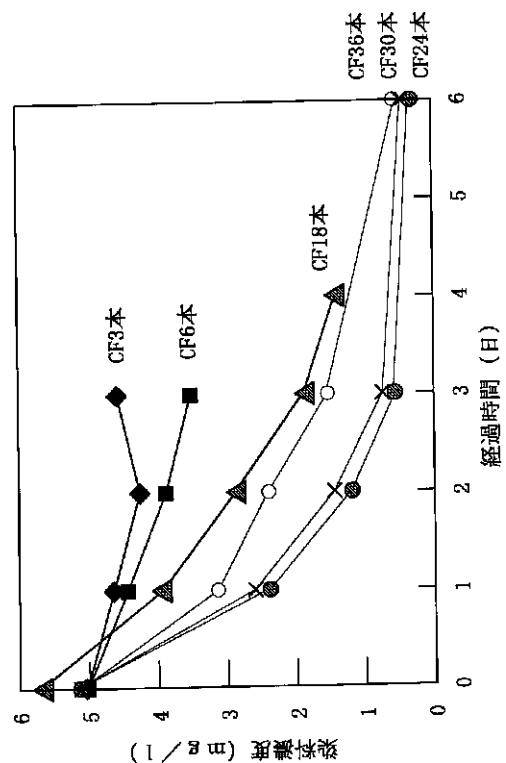
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排水浄化方法

(57) 【要約】

【課題】排水中に存在する染料などの難分解性有機物を効果的に分解し、排水を浄化する排水浄化方法を提供することである。

【解決手段】本発明の排水浄化方法は、酸素基を導入した炭素繊維材料に微生物を固定化して、固定化微生物と、難分解性有機物を含む排水とを接触させることによって、難分解性有機物を分解して排水を浄化することを特徴とする。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】含酸素基を導入した炭素繊維に微生物を固定化して、固定化微生物と、難分解性有機物を含む排水とを接触させることによって、難分解性有機物を分解して排水を浄化することを特徴とする排水浄化方法。

【請求項 2】燃烧酸化法、プラズマ酸化法、光酸素化法、薬液酸化法、電解酸化法からなる群から選択される少なくとも 1 つの方法を用いて、炭素繊維を処理することによって、前記炭素繊維に前記含酸素基を導入した請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】含酸素基が、カルボニル基、カルボキシル基、炭酸基、エポキシ基、水酸基、エーテル基からなる群から選択される少なくとも 1 種である請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】グルコース等の単糖類、二糖類、多糖類、人工下水、肉汁、粉ミルク等の栄養を微生物に与えることによって、微生物の活性を維持する請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】微生物の固定化を、活性汚泥中に炭素繊維を浸漬することにより行う請求項 1～4 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】微生物の固定化を、炭素繊維の周りに好炭素菌の層を固定化し、前記好炭素菌の層の周りに微生物を固定化することにより行う請求項 1～5 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】好炭素菌が、バチルス・カルボニフィルス (*Bacillus carboniphilus*)、バチルス・フィルムス (*B. firmus*)、バチルス・ピュミルス (*B. pumilus*)、シュードモナス (*Pseudomonas sp.*) 属からなる群から選択される少なくとも 1 種である請求項 1～6 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】難分解性有機物が、染料である請求項 1～7 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】染料が、酸性染料、直接染料、塩基性染料、媒染染料、建染染料、硫化染料、冷染染料、顕色染料、酸化染料からなる群から選択される少なくとも 1 種である請求項 1～8 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】微生物が、アルケラ (*Arcella*) 属、エピスチリス (*Epistylis*) 属、ボルチケラ (*Vorticella*) 属、エウグリファ (*Euglypha*) 属、卵類からなる群から選択される少なくとも 1 種である請求項 1～9 項のいずれか 1 項に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、排水中の難分解性有機物を分解して排水を浄化する排水浄化方法に関し、特に、固定化微生物による排水中の難分解性有機物を分解して排水を浄化する排水浄化方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】排水中の難分解性有機物は、自然に放置

しておくと、長い間分解されずに残存し水質汚染の原因となる。特に、染色工場からの排水は、低濃度であるが着色度が高く、環境用水としての機能を著しく低下させている。加えて、染色排水には、染料のほかに、糊剤、媒染剤、染色助剤などが含まれており、排水の浄化を複雑にしているため、浄化技術の開発が強く望まれている。

【0003】各自治体では、染色排水には濃度規制が適用されているが、染色業者は水で希釈し排出しているのが実情である。希釈して排出する場合、処理量も膨大となり設備も大規模なものとなる。加えて、希釈した場合には、染料濃度も 5mg/L 程度と低くなっており、処理を著しく困難にしている。このため、排出源で分解処理することによって、処理量も少なく設備も小規模な排水浄化方法が望まれる。

【0004】すでに和歌山県では総量規制が開始されており、各自治体も追従すると見られている。一日も早く排水浄化が可能となることが望まれている。

【0005】これまでに試みられている染色排水の浄化方法の一つに、オゾン処理が知られている。この方法は短時間で脱色されるという特徴がある。また、分散染料の分解に有効な凝集剤を使用する方法が知られている。さらに、活性炭による処理も知られている。

**【0006】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のオゾン処理では、放電に必要な電気エネルギーを消費することや、オゾンによる人体への影響なども一部では問題視されており、決定的な方法とはなっていない。

【0007】また、凝集剤を使用する方法では、分散染料の分解に対しては有効であるものの、水溶性染料には効果が認められていない。

【0008】また、活性炭処理では、吸着限界があり、所定期間経過後には交換することが必要である。さらに、吸着された活性炭の処理も問題視されている。

【0009】これら以外にも様々な方法が提案され、試みられているが実用化にはいたっていない。実際には難分解性有機物を希釈し放流しているのが実情である。従って、例えば、染色工業が盛んな地域の河川では毎日河川の色が異なることになり、環境への負荷が大となっている。

【0010】ところで、炭素材料は生物親和性に優れていることから、人工心臓弁として、また木炭の土壌改良作用、活性炭の水質浄化作用なども多方面で利用されている。これらは炭素材料と生物体（例えば菌類・バクテリア・微生物・細胞など）との親和性の高いことを利用したものである。炭素繊維は、ほかの繊維に比べ軽い・強い（比弾性率大、比強度大）などの特徴がある。このような親和性を利用して、難分解性有機物を分解する能力の高い微生物を、炭素繊維に固定化し、かつ、微生物の活性を維持することができれば、難分解性有機物を連

続的に分解することも可能である。したがって、微生物の活性を維持しつつ連続的に難分解性有機物を分解できれば、排水の浄化を一層向上させることができるので望ましい。しかし、微生物の活性を維持する適切な条件を利用して、連続的に難分解性有機物を分解する排水浄化方法についてこれまで知られていない。

【0011】そこで、本発明の目的は、排水中に存在する染料などの難分解性有機物を効果的に分解し、排水を浄化する排水浄化方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、発明者らは、炭素繊維を表面処理した後に、活性汚泥溶液中につけると、水中の微生物がより迅速かつ大量、強固に固着する現象を利用し、汚濁した河川水や池水などの難分解性有機物を含む排水浄化方法を見出した。

【0013】本発明の排水浄化方法は、含酸素基を導入した炭素繊維材料に微生物を固定化して、固定化微生物と、難分解性有機物を含む排水とを接触させることによって、難分解性有機物を分解して排水を浄化することを特徴とする。

【0014】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、燃焼酸化法、プラズマ酸化法、光酸化法、薬液酸化法、電解酸化法からなる群から選択される少なくとも1つの方法を用いて、炭素繊維を処理することによって、前記炭素繊維に前記含酸素基を導入したことを特徴とする。

【0015】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、含酸素基が、カルボニル基、カルボキシ基、炭酸基、エポキシ基、水酸基、エーテル基からなる群から選択される少なくとも1種からなることを特徴とする。

【0016】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、微生物に、グルコース等の単糖類、二糖類、多糖類、人工下水、肉汁、粉ミルク等の栄養を与えることによって、微生物の活性化を維持することを特徴とする。

【0017】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、微生物の固定化を、活性汚泥中に炭素繊維材料を浸漬することにより行うことを特徴とする。

【0018】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、微生物の固定化を、炭素繊維の周りに好炭素菌の層を固定化し、前記好炭素菌の層の周りに微生物を固定化することにより行うことを特徴とする。

【0019】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、好炭素菌が、バチルス・カルボニフィス(*Bacillus carboniphilus*)、バチルス・フィルムス(*B. firmus*)、バチルス・ピュミルス(*B. pumilus*)、シュードモナス(*Pseudomonas sp.*)属からなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

【0020】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、難分解性有機物が、染料であることを特徴とする。

【0021】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、染料が、酸性染料、直接染料、塩基性染料、媒染染料、建染染料、硫化染料、冷染染料、顕色染料、酸化染料 からなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

【0022】本発明の排水浄化方法の好ましい実施態様としては、微生物が、アルケラ (*Arcella*) 属、エピスチリス (*Epistylis*) 属、ボルチケラ (*Vorticella*) 属、エウグリファ (*Euglypha*) 属、卵類からなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の排水浄化方法は、含酸素基を導入した炭素繊維に微生物を固定化して、固定化微生物と、難分解性有機物を含む排水とを接触させることによって、難分解性有機物を分解する。

【0024】本発明に用いる炭素繊維は、特に限定されないが、一般に、有機高分子繊維を800 ~ 3000 の一連の段階的加熱処理によってもとの繊維形状を保ったまま炭素化するか、又は紡糸したピッチを熱処理することによって得られる繊維をいう。

【0025】炭素繊維の形状も特に限定されない。好ましくは、炭素繊維を柔軟、かつ、可撓な炭素繊維フィラメントを結束したり、圧縮したり、編んだり、織ったりして、水中下で揺動できる所定の形体とする。このような形体とすることによって、炭素繊維に固定化された微生物等の活動を促進させる上で不可欠な酸素を供給することができる。

【0026】例えば、炭素繊維の形状としては、両端部を結束したストランド状、ネット状、組紐状、ふさ状、枝状、ほうき型ストランド状、はたき状、モール状、ムカデ状、のれん状、筒状、イソギンチャク状、フェルト状など、を挙げることができる。このような形状とすることによって、炭素繊維フィラメントの露出表面積、すなわち、微生物などを固定化できる領域を大きくすることができ、難分解性有機物の効率的な分解が可能となる。

【0027】本発明においては、かかる炭素繊維に、含酸素基を導入する。含酸素基としては、例えば、カルボニル基、カルボキシ基、炭酸基、エポキシ基、水酸基、エーテル基等を挙げることができる。このような含酸素基を導入すれば、微生物の固定化の基礎となる、炭素繊維への好炭素菌の固着性を向上させることができる。すなわち、含酸素基の導入によって、好炭素菌の固着をより一層確実なものとすることができる。これは、炭素繊維の表面に含酸素基が導入されると、より一層炭素繊維と好炭素菌との親和性、接着性が向上するからである。また、好炭素菌が炭素繊維からはがれにくくなる

ことにより、含酸素基を導入した炭素繊維は、水に対する濡れ性が著しく向上するとともに、活性汚泥量も増大させることができる。

【0028】本発明においては、炭素繊維へ固着した好炭素菌が排出する分解産物等に汚泥が付着し易くなり、ひいては、汚泥に含まれる微生物等も炭素繊維に固定化されることを利用したものである。

【0029】なお、好炭素菌としては、パチルス・カルボニフィス(*Bacillus carboniphilus*)、パチルス・フィルムス(*B. firmus*)、パチルス・ピュミルス(*B. pumilus*)、シュードモナス(*Pseudomonas sp.*)属からなる群から選択される少なくとも1種を挙げることができる。

【0030】また、微生物としては、アルケラ(*Arceia*)属、エピスチリス(*Epistylis*)属、ボルチケラ(*Vorticella*)属、エウグリファ(*Euglypha*)属、卵類からなる群から選択される少なくとも1種を挙げることができる。図9~図12に、これら微生物を示す。図9は、アルケラ属の形態を示し、図10は、エピスチリス属の形態を示し、図11は、ボルチケラ属の形態を示す。図12は、エウグリファ属の形態を示す図である。

【0031】含酸素基の導入法としては、含酸素基を導入できれば、特に限定されないが、例えば、燃烧酸化法、プラズマ酸化法、光酸化法、薬液酸化法、電解酸化法等を挙げることができる。

【0032】燃烧酸化法は、炭素繊維を400程度に数分間加熱し、その表面の炭素原子を酸素原子に置きかえることによって、含酸素基を導入する方法である。

【0033】プラズマ酸化法は、向かい合った二枚の電極間に高周波を発生させるなどにより発生するプラズマを利用する方法である。電極間に特定の気体が存在すると、気体特有のプラズマとなる。気体を酸素ガスで充填させておくと反応性の高い酸素プラズマが生成し、この酸素プラズマによって、炭素繊維表面を酸化する方法がプラズマ酸化法である。

【0034】光酸化法は、大気圧下で実施可能であり、紫外線によって活性化したオゾンを用いて気相で酸化する方法である。

【0035】ここで、本発明の排水浄化の機構について説明する。炭素繊維は、極細(直径7 $\mu\text{m}$ )、高弾性率(200~300GPa)をもち、水中での形状保持能力に適しているため、極細で高剛性の炭素繊維ネットが形成される。この炭素繊維に上述の含酸素基を導入すると、炭素繊維を活性汚泥に浸漬した初期に、好炭素菌がより一層炭素繊維表面に固着し、安定な骨格を作る。炭素繊維への好炭素菌の固着を経て汚泥や動物組織及び微生物が、炭素繊維の周りに固着する。好炭素菌の排出する分解生成物、分泌物などにより、活性汚泥が一層固着し易い環境を作る。この結果、炭素繊維から剥離しにくい活性汚泥塊を大量に形成することが可能となる。そして、高剛性の炭素繊維ネットのため浮遊性汚濁物質の急速捕捉を可

能とする。高剛性の炭素繊維ネットは水中で揺れ、繊維の変形移動が起こり、また元に戻るといった変形一回復の繰り返し運動を行っている。これをネットポンプ運動という。この運動により炭素繊維に固着した汚泥塊の内部および外部への水や溶存酸素などの物質移動が促進され、固着微生物の活性が持続する。又、後述するように、微生物に養分を加えることにより、微生物の活性を一層持続することができる。

【0036】剥離しにくい汚泥塊の内部には、好気性相と嫌気性相が混在し、微生物の自己増殖および分解などを行い、安定した食物連鎖を構築している。排水中の難分解性物質は、これらの微生物の摂食・代謝作用で水や炭酸ガスなどに分解され、その結果、排水を浄化することができる。

【0037】また、本発明においては、微生物の活性を維持するために、微生物に、グルコース等の単糖類、二糖類、多糖類、人工下水、肉汁、粉ミルク等の栄養を与えてもよい。栄養剤の量は、処理する排水の種類にもより特に限定されないが、1~20%、好ましくは、5~15%である。

【0038】また、本発明の排水処理方法においては、微生物の固定化を、活性汚泥中に炭素繊維を浸漬することにより行うことができる。活性汚泥とは、一般には、汚泥に多くの酸素を加え、汚泥中の好気性細菌の働きが活発になっている状態の汚泥をいう。

【0039】また、本発明において、浄化の対象となる難分解性有機物を含む排水としては、染料を含む染色排水を挙げることができる。染料としては、酸性染料、直接染料、塩基性染料、媒染染料、建染染料、硫化染料、冷染染料、顕色染料、酸化染料からなる群から選択される少なくとも1種を挙げることができる。

【0040】分解の対象となる酸性染料の構造式を、図1に示す。微生物は、全体としては、マイナスであるが、マイクロレベルでは、蛋白質のアミノ酸の電荷としてプラスが存在する。図1中に示す染料のカルボキシル基や、スルホニル基等のマイナスと微生物中のプラスとが作用することにより、最終的に微生物が染料を引き付け分解すると考えられる。

【0041】また、分解の対象となる直接染料の構造式を、図2に示す。図2中に示す染料の官能基のマイナスと微生物とが作用することにより、最終的に微生物が染料を引き付け分解すると考えられる。

【0042】

【実施例】ここで、本発明の一実施例を説明するが、本発明は、下記の実施例に限定して解釈されるものではない。

【0043】実施例1

炭素繊維は、PAN系ストランド状(東邦レキ・K.、HTA、12K)を用いた。通常の市販炭素繊維表面には、サイジング剤が塗布されているので、これをアセトン中で除去

した。その後、炭素繊維表面をガスバーナーで焼くことによって、含酸素基を炭素繊維に導入した。

【0044】この処理を行った炭素繊維は、活性汚泥中につけると見床路の炭素繊維と比べて2~3倍の汚泥が固着した。また、水に対する濡れ張力(水を吸い込む力)も2~3倍となった。ESCAで炭素繊維表面を分析すると%が未処理に比べ2~3倍も増大したので、含酸素基量が増加したのが分かる。また、水溶性サイジング剤を塗布した炭素繊維は、そのまま表面処理もせず使用した。

【0045】環境水中の微生物を迅速に固着させるために、活性汚泥溶液中に10分間浸漬した炭素繊維を使用した。

【0046】炭素繊維の使用量の違いによる染料溶液中の染料の濃度減少の違いを検討した。5個の水槽(12リットル、A~E水槽とする)それぞれに水10リットル、直接染料赤0.05g(濃度5mg/L)を入れ、循環器で水槽内の水を循環させた。A水槽は循環のみとし、B~E水槽それぞれに炭素繊維(長さ20cm)を3本(計60cm、重量0.48g、表面積1584cm<sup>2</sup>)、6本(120cm、0.96g、3168cm<sup>2</sup>)、18本(360cm、2.88g、9504cm<sup>2</sup>)、24本(480cm、3.84g、12672cm<sup>2</sup>)をつり下げた。所定時間経過後、吸

光度を測定することによって、染料溶液の濃度を求めた。その他、水素イオン濃度(pHと略記)、溶存酸素(DOと略記)および化学的酸素要求量(CODと略記)も測定した。

【0047】炭素繊維に固着している汚泥は、1日後には赤色に染まっていた。この汚泥を顕微鏡で観察すると、アルケラ(Arcella)属、エピスチリス(Epistylis)属、ボルチケラ(Vorticella)属、エウグリファ(Euglypha)属、卵類等の微生物の体内が赤くなっていることが確認された。炭素繊維6本を使用した場合(CF6と略記)は、染料溶液は、3日後になると多少脱色されたように思われた。炭素繊維18本を使用した場合(CF18と略記)は、3日後になるとだいぶ赤色が薄くなっていることがわかった。炭素繊維24本を使用した場合(CF24と略記)は、1日経過後bには脱色され始めているのが明確にわかり、3日後ではほとんど脱色され無色になっていた。

【0048】いずれの水槽でもpHおよびDOにほとんど変化はみられなかった。染料溶液の濃度の経時変化を表1及び図3に示す。

【表1】

CF 使用量	CF 重量 (g)	CF の g/L (g/L)	染料濃度 (mg/L)				
			0	1	2	3	6 (経過日数(日))
CF 3	0.48	0.048	5.01	4.63	4.25	4.58	—
CF 6	0.96	0.096	5.01	4.41	3.86	3.49	
CF 18	2.88	0.288	5.69	3.93	2.85	1.89	
CF 24	3.84	0.384	5.13	2.36	1.16	0.57	0.34
CF 30	4.80	0.480	5.13	2.58	1.45	0.74	0.47
CF 36	5.76	0.576	5.13	3.12	2.39	1.53	0.54

【0049】表1から明らかなように、炭素繊維の使用量の増加にともない染料の濃度減少が大きくなっていることがわかる。炭素繊維3本を使用した場合(CF3)、濃度の減少はほとんどみられなかったが、炭素繊維24本を使用した場合(CF24)では、濃度が5mg/Lから0.5mg/Lまで減少した。

【0050】一方、30本使用した場合(CF30と略記)では24本の場合とあまり差は見られなかった。36本では逆に濃度低下が小さくなった。これは炭素繊維量が多すぎるために、揺らぎが少なくなることや、接触面積が少なくなるためと考えられる。

【0051】染料の吸収スペクトルは、経過日数とともに変化した。250nmの吸収は1日後には消滅した。300nm、380nmの吸収ピークはいずれも小さくなり判読できないほどであった。また、500nmから550nmにかけてのプラトーなピークも激減し、平坦なピークとなった。このようにスペクトルに変化が認められたことから染料分子は分解しているといえる。

【0052】実施例2

染料溶液の初期濃度による染料溶液の濃度減少への影響

を検討した。実施例1と同様に、炭素繊維表面のサイジング剤を除去した。その後、200℃に加熱した基板の上に炭素繊維を置き、30分間、光酸化法で炭素繊維の表面改質処理を行った。

【0053】3個の水槽(12L、A~C水槽とする)それぞれに水10L、直接染料赤をA水槽には0.5g(濃度50mg/L)、B水槽には0.05g(濃度5mg/L)、C水槽には0.005g(濃度0.5mg/L)入れ、循環器で水槽内の水を循環させた。それぞれの水槽に炭素繊維(長さ20cm)を24本(計480cm、重量3.84g、表面積12,672cm<sup>2</sup>)をつり下げた。所定時間経過後、染料溶液の測定を行った。

【0054】炭素繊維に固着している汚泥は赤色に染まっていた。初期濃度50mg/Lの炭素繊維に固着している汚泥はほかのものに比べより濃い赤色に染まっていた。この汚泥を顕微鏡で観察すると、前項と同様に体内が赤くなっている微生物が確認された。光学顕微鏡の結果、これらの微生物は、アルケラ(Arcella)属、エピスチリス(Epistylis)属、ボルチケラ(Vorticella)属、エウグリファ(Euglypha)属、卵類等であることが判明した。

【0055】初期濃度が50mg/Lにおける溶液の色は、3

日後でも脱色されているようにはみられなかった。初期濃度が5mg/Lにおいては、1日経過後から脱色されはじめ、3日後ではほぼ無色になっていた。初期濃度が0.5mg/Lにおいては、1日で脱色され、ほぼ無色になっていた。いずれの水槽でもpH、DOおよびCODにほとんど変化

はみられなかった。染料溶液の濃度の経時変化を表2及び図4に示す。

【0056】

【表2】

初期濃度 (mg/L)	CF重量 (g)	CFのg/L (g/L)	経過日数(H)			
			0	1	2	3
0.5	3.84	0.384	0.6	0.2	0.1	0.05
5.0	3.84	0.384	5.0	1.8	0.6	0.20
50.0	3.84	0.384	48.0	38.0	35.0	32.0

【0057】初期濃度が50mg/Lにおいては、3日後に約20mg/Lの減少がみられた。初期濃度が5mg/Lにおいては、濃度が5mg/Lから0.2mg/Lまで減少し、初期濃度が0.5mg/Lにおいては、2日後には濃度が0.1mg/Lまで減少した。

【0058】実施例3

直接染料赤以外の染料である、酸性染料赤、直接染料青および酸性染料青について実験を行った。3個の水槽(12L、A~C水槽とする)それぞれに水10L、A水槽には酸性染料赤0.05g(濃度5mg/L)、B水槽には直接染料青0.05g(濃度5mg/L)、C水槽には酸性染料青0.05g(濃度5mg/L)を入れ、循環器で水槽内の水を循環させた。それぞれの水槽に炭素繊維(長さ20cm)を24本(計480cm<sup>2</sup>重量3.84g、面積積12,672 cm<sup>2</sup>)つり下げた。所定時間経過後、染料溶液の測定を行った。

【0059】炭素繊維に固着している汚泥は、酸性染料赤を使用した場合は赤色に染まり、直接染料青および酸

性染料青を使用した場合は青色に染まっていた。また、この汚泥を顕微鏡で観察したところ、赤くまたは青く体内が染まっている微生物を確認することができた。光学顕微鏡の結果、これらの微生物は、アルケラ(Arcella)属、エピスチリス(Epistylis)属、ボルチケラ(Vorticiella)属、エウグリファ(Euglypha)属、卵類等であることが判明した。

【0060】酸性染料赤の溶液は3日後ではだいぶ脱色され、赤色が薄くなっていた。直接染料青の溶液も同様に3日後では、だいぶ青色が薄くなっていた。酸性染料青の溶液では、3日後でだいぶ脱色され無色に近くなっていた。いずれの水槽でもpH、DOおよびCODにほとんど変化はみられなかった。染料溶液の濃度の経時変化を表3に示す。

【0061】

【表3】

染料	CF重量 (g)	CFのg/L (g/L)	経過日数(H)			
			0	1	2	3
酸性染料赤	3.84	0.384	5.1	2.3	1.1	0.6
直接染料青	3.84	0.384	4.3	3.3	2.2	1.4
酸性染料青	3.84	0.384	3.7	2.8	1.3	1.0

【0062】いずれの染料においても濃度減少がみられた。炭素繊維1gあたりの減少量は、酸性染料赤では1.17mg/L、直接染料青では0.76mg/L、酸性染料青では0.70mg/Lであった。

【0063】実施例4

実施例1と同様に、含酸素基を導入した炭素繊維を用いて、染料排水の浄化を行った。染料としては、直接染料(赤、青、黄)及び酸性染料(赤、青、黄)を用いた。6個の水槽(J~O水槽とする。)のそれぞれに水10L、J水槽には直接染料赤、K水槽には直接染料青、L水槽には直接染料黄、M水槽には酸性染料赤、N水槽には酸性染料青、O水槽には酸性染料黄をいずれも0.05g入れ、循環器で水槽内の水を3日間つり下げ、所定時間経過後、染料溶液の濃度を測定した。

【0064】炭素繊維に固着している汚泥は、使用した染料の色に着色された。また、これらの汚泥を光学顕微

鏡で観察したところ、赤色、青色または黄色に体内が染まっている微生物が確認され、これらの微生物は、アルケラ(Arcella)属、エピスチリス(Epistylis)属、ボルチケラ(Vorticiella)属、エウグリファ(Euglypha)属、卵類等であることが判明した。また、いずれの染料においても3日後では大部分が脱色され、無色に近くなった。

【0065】染料溶液の濃度の変化を図5及び図6に示す。いずれの染料でも濃度の減少が見られた。直接染料と酸性染料の濃度減少の仕方に違いが見られた。直接染料では、ほぼ直線的に低下したのに対し、酸性染料では、1日目で急激に低下し、以降は緩やかに低下した。

【0066】実施例5

次に、栄養分を添加することによる排水の洗浄の効果を調べた。活性汚泥中の微生物の養分として、グルコースを用いた。3個の水槽(P~R水槽)のそれぞれに水10L、置

換染料赤を0.05gを入れ、循環器で水槽内の水溶液を循環させた。この中に含酸素基を導入した炭素繊維(長さ20cm)24本を3日間つり下げた。P水槽は9%グルコース溶液を50mlずつ1日ごとに加えた。所定時間経過後、染料溶液の濃度を測定した。

【0067】染料溶液の濃度の経時変化を図7に示す。いずれの場合でも減少が見られたが、9%グルコースを加えた場合では、0.5mg/Lまで減少が見られた。養分を加えることにより炭素繊維固着微生物の活性が持続し、より大きな濃度減少が持続すると考えられる。

【0068】実施例6

次に、染料を添加することによって、連続的に排水を浄化可能かどうかを調べた。含酸素基を導入した炭素繊維を使用した。水槽(S水槽)に水10L、直接染料赤を0.05g入れ、循環器で水槽内の水溶液を循環させた。この中に炭素繊維(長さ20cm)24本を3日間つり下げた。1日ごとに染料溶液の濃度が低下した分だけ新たに染料を加え、染料溶液の濃度を常に約5mg/Lにした。所定時間経過後、染料溶液の濃度を測定した。

【0069】染料溶液の濃度の経時変化を図8に示す。染料を添加しても1日後には、濃度低下がみられた。いずれの場合も約4mg/Lの濃度減少がみられた。これらのことから炭素繊維により染色溶液の連続処理が可能であることが判明した。水槽中の染料重量は初期段階では、50mg、その後3回染料を添加しているため、総重量は、180mgになる。4日後には活性汚泥によって、25mgまで減少していることから除去率は、86%である。したがって、染料分子が連続的に供給されうならば、連続的除去も行えるといえる。また、連続処理が可能であることから染色工場からの排水を直接浄化でき、プラント設計の基礎的パラメータの設定も可能となると考えられる。

【0070】

【発明の効果】本発明の排水浄化方法によれば、難分解性有機物を効率的に分解し、排水を浄化することができる。

【0071】また、本発明の排水浄化方法によれば、含酸素基を導入することにより、炭素繊維に対する好炭素菌の固着性が向上し、ひいては、好炭素菌の周囲に大量の汚泥及び汚泥中の微生物が炭素繊維に固定化され、連続的に排水を浄化することができるという有利な効果を

奏する。

【0072】また、本発明の排水浄化方法によれば、合成樹脂等と異なり、生体及び生物親和性が高く産業廃棄物となる虞のない炭素繊維を使用するので自然環境に合致し、地球環境にも優しく排水を浄化することが可能であるという有利な効果を奏する。

【0073】また、本発明の排水浄化方法によれば、炭素繊維フィラメントがそれぞれ揺動してフィラメントの露出表面積(汚泥及び汚泥に含まれる微生物を固着できる面積)が大きくなるので、水質の浄化作用が更に向上するという有利な効果を奏する。

【0074】また、本発明の排水浄化方法によれば、栄養を汚泥中の微生物に与えて、微生物の活性を維持できるので、連続的に排水の浄化を行うことができるという有利な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、酸性染料の構造式を示す図である。

【図2】 図2は、直接染料の構造式を示す図である。

【図3】 図3は、炭素繊維の使用量に対する効果の違いを示す図である。

【図4】 図4は、染料溶液の初期濃度による排水の浄化の影響を示す図である。図4(a)は、0.5mg/L及び5mg/Lの場合の浄化の影響を示す図であり、図4(b)は、50mg/Lの場合の浄化の影響を示す図である。

【図5】 図5は、各種直接染料による排水の浄化の効果を示す図である。

【図6】 図6は、各種酸性染料による排水の浄化の効果を示す図である。

【図7】 図7は、養分添加による排水の浄化の効果を示す図である。

【図8】 図8は、染料添加による染料溶液の濃度の経時変化を示す図である。

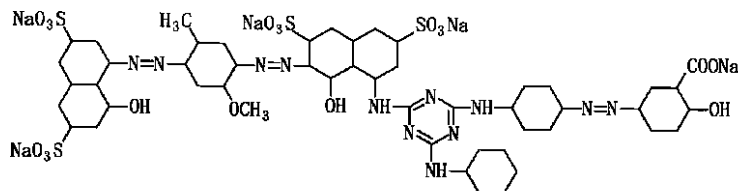
【図9】 図9は、アルケラ属の形態を示す図である。

【図10】 図10は、エピスチリス属の形態を示す図である。

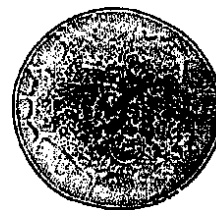
【図11】 図11は、ボルチケラ属の形態を示す図である。

【図12】 図12は、エウグリファ属の形態を示す図である。

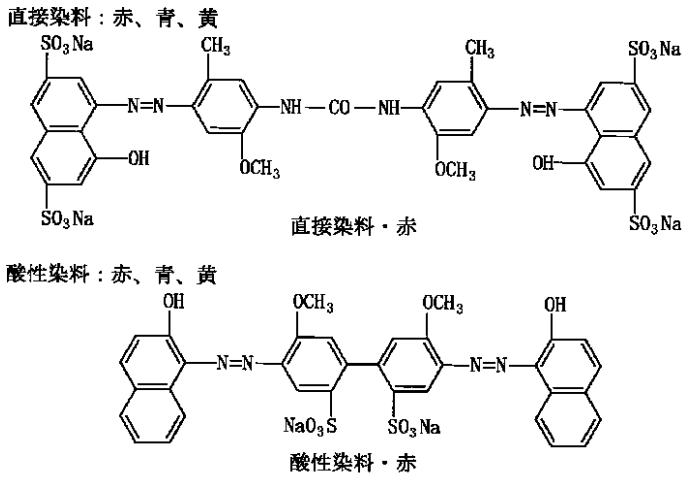
【図1】



【図9】

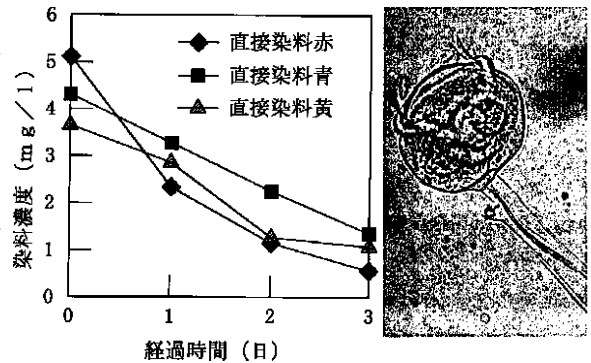


【図2】



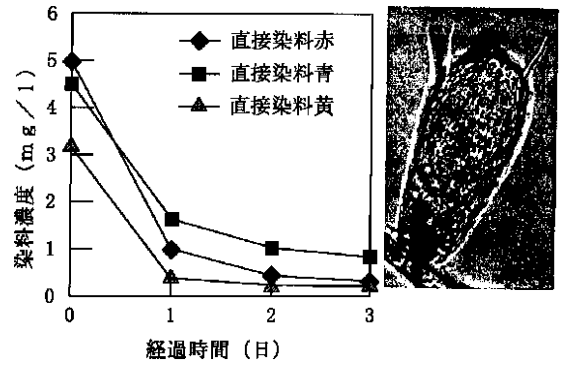
【図5】

【図11】

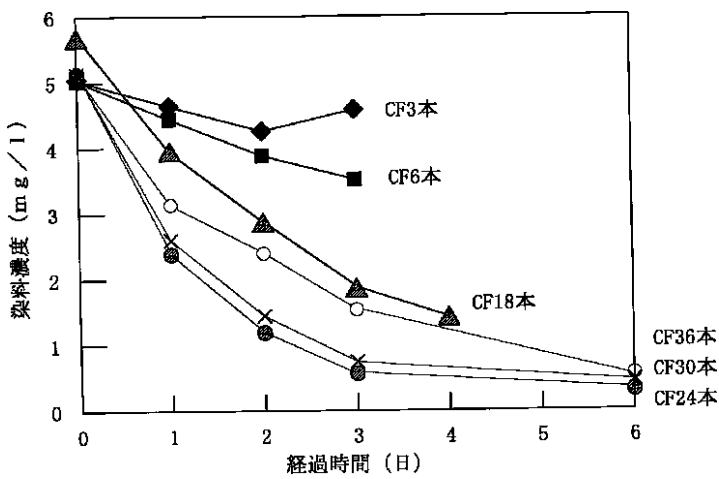


【図6】

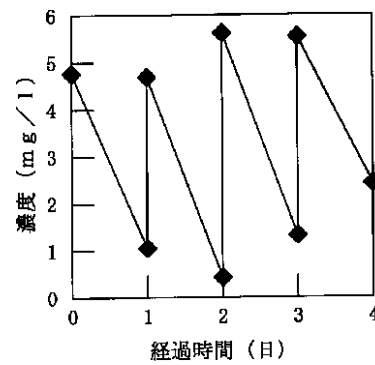
【図12】



【図3】



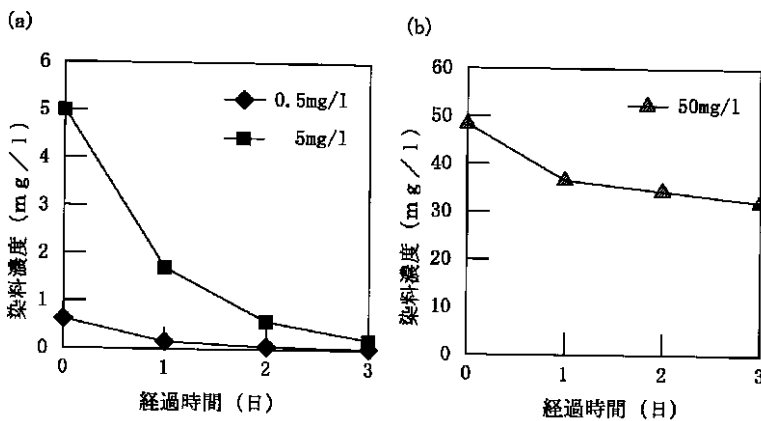
【図8】



【図10】

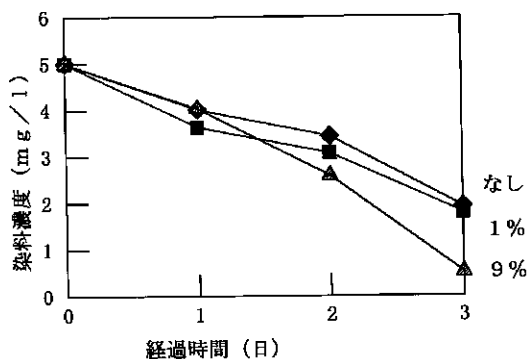


【図4】





【図7】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.7	識別記号	F I	ターム(参考)
C 1 2 N	1/00	C 1 2 N	S 4 D 0 4 0
	1/10		
	1/20		D
			F
	11/14		
//(C 1 2 N	1/10	(C 1 2 N	
C 1 2 R	1:90)	C 1 2 R	
(C 1 2 N	1/20	(C 1 2 N	F
C 1 2 R	1:07)	C 1 2 R	
(C 1 2 N	1/20	(C 1 2 N	F
C 1 2 R	1:38)	C 1 2 R	
(C 1 2 N	1/20	(C 1 2 N	D
C 1 2 R	1:38)	C 1 2 R	
(C 1 2 N	1/20	(C 1 2 N	D
C 1 2 R	1:07)	C 1 2 R	

- Fターム(参考) 4B029 AA02 BB01 CC04 DA03 DF06  
 4B033 NA12 NA13 NA16 NB23 NC04  
 ND04  
 4B065 AA15X AA41X AA57X AA86X  
 CA54  
 4D003 AA01 EA17 EA18 EA22 EA26  
 EA30 EA40 FA01 FA04 FA06  
 4D027 BA03 BA06 CA01  
 4D040 DD01 DD03 DD11 DD12 DD14  
 DD16 DD31