

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-183906
(P2009-183906A)

(43) 公開日 平成21年8月20日(2009.8.20)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
CO2F 1/461 (2006.01) CO2F 1/46 IOIC 4DO61
BO3C 1/00 (2006.01) BO3C 1/00 A

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-28344 (P2008-28344)
 (22) 出願日 平成20年2月8日(2008.2.8)

(71) 出願人 504150450
 国立大学法人神戸大学
 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1
 (71) 出願人 504300088
 国立大学法人帯広畜産大学
 北海道帯広市稲田町西2線11番地
 (74) 代理人 100075409
 弁理士 植木 久一
 (74) 代理人 100115082
 弁理士 菅河 忠志
 (74) 代理人 100125184
 弁理士 二口 治
 (74) 代理人 100125243
 弁理士 伊藤 浩彰

最終頁に続く

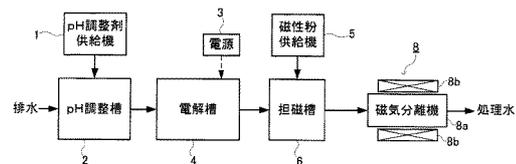
(54) 【発明の名称】 排水の処理方法、および排水処理装置

(57) 【要約】

【課題】キレート形成性を有する化合物を含有する排水を経済的かつ効率的に処理するための処理方法、およびこの方法の実施のために使用される装置の提供。

【解決手段】排水の処理方法は、鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された金属のイオンとキレート形成する性質を有する化合物を含有する排水を、電極が備えられた電解槽に導入後、鉄等の金属のイオンを電極の陽極から溶出させる電解工程と、金属イオンの溶出後の排水中に磁性粉を添加する担磁工程と、磁性粉を磁気分離により回収する回収工程とを有するものである。排水処理装置は、電源と、この電源に接続された一対の電極を備え且つ排水が収容される電解槽と、電極への通電後の排水に磁性粉を供給するための担磁槽と、排水中の磁性粉を磁気分離する磁気分離機とを有するものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された金属のイオンとキレート形成する性質を有する化合物を含有する排液を、電源に接続された少なくとも一対の電極が備えられた電解槽に導入後、鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオンを前記電極の陽極から溶出させる電解工程と、前記金属イオンの溶出後の排液中に磁性粉を添加する担磁工程と、前記磁性粉を磁気分離により回収する回収工程とを有することを特徴とする排液の処理方法。

【請求項 2】

前記化合物が、抗菌薬、ホルモン製剤、および利胆剤から選択された一種または二種以上である請求項 1 に記載の排液の処理方法。 10

【請求項 3】

前記抗菌薬が、テトラサイクリン系抗生物質およびセフジニルから選択された一種または二種以上である請求項 2 に記載の排液の処理方法。

【請求項 4】

前記電極の陽極が、鉄電極である請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の排液の処理方法。

【請求項 5】

前記電解工程前および/または前記電解工程中に排液の pH を酸性に調整する pH 調整工程を有する請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の排液の処理方法。 20

【請求項 6】

前記担磁工程と回収工程との間に、排液中の固形分を分離する固液分離工程を有する請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の排液の処理方法。

【請求項 7】

電源と、該電源に接続された一対の電極を備え、かつ、排液が収容される電解槽と、前記電極への通電後の排液に磁性粉を供給するための担磁槽と、前記排液中の磁性粉を磁気分離する磁気分離機とを有し、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の排液の処理方法に使用される排液処理装置。

【請求項 8】

前記電解槽に備えられている電極の陽極が、鉄電極である請求項 7 に記載の排液処理装置。 30

【請求項 9】

前記電解槽への導入前または導入後の排液の pH を調整するための pH 調整剤供給機を備える請求項 7 または 8 に記載の排液処理装置。

【請求項 10】

前記担磁槽と磁気分離機の間に、排液中の固形分を分離するための固液分離機を備える請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の排液処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属イオンを排液中に溶出させる排液の処理方法、およびこの方法において使用される装置に関するものである。 40

【背景技術】

【0002】

家庭排液、工場排液、農業排液等を処理するための技術開発が進められており、その開発の成果が実用されている。近年においては電解法による排液処理技術が実用化されており、河川や湖の富栄養化の原因となるリンを除去する排液処理方法として、排液中に電極を浸漬し、通電することにより難溶性リン化合物を電解凝集させる電解法が知られている（例えば特許文献 1 参照）。また、難溶性リン化合物の凝集物を磁気分離することが公知となっている（例えば、特許文献 2 参照）。 50

【 0 0 0 3 】

ところで、抗菌薬は、家畜の成長促進、人間や動物の疾病の治療および予防等の目的で幅広く使用されており、廃棄乳や糞尿等を含む畜産施設排水、病院排水等に抗菌薬が含まれることとなって、この抗菌薬が環境中に拡散することが問題視されている。つまり、環境に拡散した抗菌薬を原因とした耐性菌の発生が懸念されているのである。そのため、牛乳加工工場等の食品工場、搾乳施設等の畜産施設、および病院等における抗菌薬含有排水を処理するための技術提供が望まれる。

【 0 0 0 4 】

抗菌薬含有排水を処理するための技術が特許文献 3、4 に開示されている。特許文献 3 には、少なくとも Pt を含む材料で構成された不溶性電極を備えた装置を使用し、電気分解により排水中の抗菌薬等の医薬物の一部を分解又は変形させ、その医薬物を不活性化する技術が開示されている。また、特許文献 4 には、排水中の抗菌薬を不活性化できる技術として、消毒液、抗菌薬、抗悪性腫瘍剤等の医薬物、または、有毒物質を内包するミセルを調製し、当該ミセルを含む排水を電解処理することが開示されている。同文献には、具体的な電解処理として、Pt - Ir 電極を備えた装置によりパクリタキセルを含有する排水を電解処理することが開示されている。

10

【特許文献 1】特開平 1 0 - 2 1 6 7 2 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 6 2 4 6 3 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 4 - 1 8 1 3 6 3 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 6 - 2 1 8 4 0 0 号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記事情に鑑み、食品工場、畜産施設、病院等の排水を経済的かつ効率的に処理するための処理方法、およびこの方法の実施のために使用される装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明者は、抗菌薬を含有する排水の処理に着目して鋭意検討を重ねた結果、鉄等のイオンとキレート形成性がある抗菌薬を含有する排水に鉄等のイオンを溶出させてキレートを形成させた後、磁性粉を添加し、次に磁性粉を磁気分離により回収すれば、排水から抗菌薬を効率良く除去できる知見を得た。また、鉄等のイオンとキレートを形成する化合物であれば、抗菌薬以外のものであっても、同様に排水から効率良く除去できる知見を得た。これらの知見から本発明を完成するに至った。

30

【 0 0 0 7 】

すなわち、本発明に係る排水の処理方法は、鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された金属のイオンとキレート形成する性質を有する化合物を含有する排水を、電源に接続された少なくとも一対の電極が備えられた電解槽に導入後、鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオンを前記電極の陽極から溶出させる電解工程と、前記金属イオンの溶出後の排水中に磁性粉を添加する担磁工程と、前記磁性粉を磁気分離により回収する回収工程とを有することを特徴とする。

40

【 0 0 0 8 】

前記化合物は、抗菌薬、ホルモン製剤、および利胆剤から選択された一種または二種以上であっても良い。また、本発明に係る排水の処理方法は、テトラサイクリン系抗生物質およびセフジニルから選択された一種または二種以上を排水から特に効率良く除去できる。

【 0 0 0 9 】

鉄イオンを溶出する鉄電極が前記電極の陽極となっていることが好適である。

【 0 0 1 0 】

好適な本発明に係る排水の処理方法は、前記電解工程前および/または前記電解工程中

50

に排水の pH を酸性に調整する pH 調整工程を有するものである。

【 0 0 1 1 】

磁気分離工程における磁性粉回収負担を低減するためには、前記担磁工程と回収工程との間に固液分離工程を設けて、磁性粉を含む固形分を排水中から分離すると良い。

【 0 0 1 2 】

本発明に係る排水処理装置は、電源と、該電源に接続された一对の電極を備え且つ排水が収容される電解槽と、前記電極への通電後の排水に磁性粉を供給するための担磁槽と、前記排水中の磁性粉を磁気分離する磁気分離機とを有し、本発明に係る排水の処理方法に使用される。前記電解槽に備えられている陽極は、鉄電極が好適である。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る排水処理装置は、電解槽への導入前または導入後の排水の pH を調整するための pH 調整剤供給機を備えていても良く、また、担磁槽と磁気分離機の間、排水中の固形分を分離するための固液分離機を備えていても良い。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明に係る排水の処理方法および排水処理装置によれば、鉄等の金属のイオンとキレート形成性を有する化合物を排水から効率的に除去でき、排水を経済的かつ効率的に処理することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 5 】

(排水の処理方法)

本発明に係る排水の処理方法は、排水中に鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオン（以下において、当該「鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオン」を「鉄イオン等」と称することがある。）を溶出させる電解工程と、排水中に磁性粉を添加する担磁工程と、その添加した磁性粉を磁気分離により排水中から回収する回収工程とで排水を処理するものである。

【 0 0 1 6 】

排水

処理対象となる排水は、水を溶媒とし、溶出させる上記金属イオンのいずれかとキレートを形成する性質を有する化合物（以下、「キレート形成性化合物」と称することがある。）を含むものであれば、農業排水、搾乳施設等の畜産施設排水、牛乳加工工場等の食品工場排水、病院排水、医薬品工場等の工場排水、研究所排水など、特に限定されない。

【 0 0 1 7 】

キレート形成性化合物が排水からの除去対象となるものであり、複数種のキレート形成性化合物が排水に含まれていても、いずれのキレート形成性化合物をも本発明に係る排水の処理方法で除去することが可能である。なお、鉄イオン、アルミニウムイオン、およびマグネシウムイオンとキレートを形成する性質を有さない化合物が含まれていても良いが、当該化合物の排水からの除去率はキレート形成性化合物の除去率に比して低い。

【 0 0 1 8 】

除去対象となるキレート形成性化合物としては、例えば、抗菌薬、ホルモン製剤、および利胆剤等の医薬品から選択された一種または二種以上である。抗菌薬とは、微生物の代謝または増殖機構の一定部位に選択的に作用して、微生物の発育、増殖、または死滅を導く化合物であり、抗生物質と合成抗菌薬の総称である。抗生物質は微生物により産出される天然の化合物であり、合成抗菌薬は化学的に合成された化合物である。本発明に係る排水の処理方法で除去対象となる抗生物質としては、例えば、オキシテトラサイクリン、クロルテトラサイクリン、テトラサイクリン、ドキシサイクリン、ミノサイクリン、メタサイクリン等のテトラサイクリン系抗生物質；セフジニル等のセフェム系抗生物質；が挙げられる。合成抗菌薬としては、例えば、塩酸シプロフロキサシン、ノルフロキサシン、トシル酸トスフロキサシン、レボフロキサシン、プルリフロキサシン、スパルフロキサシン

10

20

30

40

50

、エノキサシン等のキノロン系合成抗菌薬が挙げられる。また、ホルモン製剤としては、レボフロキシム、リオチロニン、レボチロキシムナトリウム、リオチロニンナトリウム等が挙げられ、利胆剤としては、ウルソデオキシコール酸、ケノデオキシコール酸等が挙げられる。本発明に係る排水の処理方法は、テトラサイクリン系抗生物質およびセフジニルから選択された一種または二種以上を排水から効率良く除去するのに特に適している。

【0019】

排水中におけるキレート形成性化合物の濃度は特に限定されず、本発明に係る排水の処理方法によりキレート形成性化合物を0.1mg/L以上含む排水を処理することも可能である。また、畜産施設の排水にはキレート形成性化合物が1000mg/L以下含まれていることがあり、この排水を本発明に係る排水の処理方法で処理することもできる。

10

【0020】

キレート形成性化合物の除去量を高めるためには、酸性の排水を処理する。したがって、排水のpHが酸性であれば、その排水をそのまま処理対象としても良い。一方で、排水のpHがアルカリ性の場合、そのまま排水の処理を開始しても良いが、キレート形成性化合物の除去量を高めるためにpH調整剤を添加して排水のpHを8以下に調整することが好ましく、酸性にすることがより好ましい。キレート形成性化合物の種類により、排水のpHの影響は異なる。例えば、テトラサイクリン系抗生物質、セフェム系抗生物質を排水からの除去対象とする場合には、排水のpHをアルカリ性から酸性に調整することで、その抗菌薬の除去率が高まることは上述の通りであるが、キノロン系合成抗菌薬を除去対象とする場合には、排水のpHをアルカリ性から酸性に調整すると、その除去率が大幅に高まる。

20

【0021】

排水を酸性に調整する場合、そのpHは、特に限定されない。但し、排水のpHが極端に低いと、キレート形成性化合物と鉄イオン等とのキレートの条件安定度定数が低下すると共に後記フロックが溶解し、キレート形成性化合物の除去率が低下してしまうので、pHの下限値は通常3.0である。

【0022】

排水を酸性に調整するためには、公知のpH調整剤を使用すると良い。すなわち、排水に溶解させることで酸性を示す公知の化合物をpH調整剤として排水に添加すると良い。pH調整剤としては、pHを下げるためには塩酸、硫酸等を使用し、pHを上げるためには水酸化ナトリウム等を使用すると良い。

30

【0023】

本発明に係る排水の処理方法で処理する排水は上記の通りであり、pH調整以外の処理を排水に対して行なっても良い。例えば、固形物が排水に含まれている場合があり、この固形物を予め除去する処理である。

【0024】

電解工程

電解工程では、電源に接続された少なくとも一対の電極を排水に浸漬し、電極への通電で鉄イオン等を排水中に溶出させることにより、鉄イオン等とキレート形成性化合物とのキレートが生成する。つまり、一対の電極を備える槽（電解槽）に、その電極の少なくとも一部が浸漬するまで排水を導入した後、電極に通電する。

40

【0025】

なお、電解工程中においては、必要に応じて、上記の排水を酸性に調整するpH調整剤の添加を行なっても良い。

【0026】

使用する電極の陽極（電源の陽極に接続する電極）には、通電により鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオンを排水中に溶出させることができる材質のものを選択する。材質がアルミニウムである陽極は通電により不動態酸化被膜が形成しやすく、マグネシウム陽極は高価であるので、不動態酸化被膜が比較的生成し難く且つ安価な鉄を陽極に採用することが好適である。一方の陰極（電源の

50

陰極に接続する電極)の材質は、鉄、アルミニウム、マグネシウム、ニッケル、ステンレス、チタン等、特に限定されない。なお、後記の通り、交流通電等の通電方向の反転を伴う通電態様を採用する場合には、一对の電極の双方共に、鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオンを排液中に溶出させることができる材質のものを通常選択する。

【0027】

電源から電極への通電は、直流通電および交流通電のいずれであっても良い。電極の極性を反転させることなく直流通電すると陽極に酸化被膜が形成されるが、電極の極性を定期的に反転させれば、電気反応で生じた水素ガスにより陰極(極性反転前の陽極)が処理されて、再度極性反転したときの酸化被膜形成が抑制される。そのため、電極の極性を定期的に反転させることが好ましい。なお、酸化被膜の形成を抑制することは、通電量と金属イオン溶出量の低下を抑制できる。

10

【0028】

また、通電量を多くすると鉄イオン等の溶出量が多くなり、通電量を少なくするとその溶出量が少なくなるので、通電量を調整することで陽極からの鉄イオン等の溶出量を容易に調整できる。従って、排液中に含まれるキレート形成性化合物の含有量に応じて、通電量を適宜設定すると良い。好適な通電量は、鉄イオン等のモル濃度：キレート形成性化合物のモル濃度が1：1～20となる通電量である。この好適な通電量に設定すれば、後記フロックの余剰生成を抑えつつキレート形成性化合物の十分な除去を実現することができる。

20

【0029】

通電時における排液の温度は、特に限定されないが、下限は10 であると良く、上限は80 であると良い。

【0030】

通電を開始すると、陽極から鉄イオン等が溶出し、この溶出イオンとキレート形成性化合物とで常磁性のキレートが生成し、また、鉄イオン等の水酸化物(例えば、水酸化鉄)の浮遊物も生成する(以下、前記「浮遊物」を「フロック」と称することがある。)。生成するキレートは、その構成となるキレート形成性化合物の種類によって、粒子状キレートまたは溶存キレートとして排液に含まれる。粒子状キレートであるか溶存キレートであるかにかかわらず、キレートであればフロックへの吸着性が格段に向上する。つまり、キレートを生成させているからこそ、排液からのキレート形成性化合物の除去を効率良く行えるのである。

30

【0031】

担磁工程

担磁工程では、排液に磁性粉を添加し、キレートが吸着したフロックに更に磁性粉を吸着させる(この磁性粉を更に吸着させたフロックを、以下において、「担磁体」と称することがある。)。なお、「担磁」との用語は、磁氣的シーディング(magnetic seeding)のことを意味する。

【0032】

処理する排液量、および排液中に生成したキレート濃度等を考慮し、磁性粉を適宜選定する。選定される磁性粉の平均粒子径は通常0.01～30 μmであり、磁性粉の平均粒子径が大きなほどその磁性粉の磁気力が大きい傾向があるので、処理する排液量が多い場合には、平均粒子径が大きな磁性粉を採用すると良い。また、回収工程で使用する磁石の磁束密度が小さな場合、飽和残留磁化が高い磁性粉を選定することによりキレート形成性化合物を十分に除去できる。磁性粉の飽和磁化率が高いほどキレート形成性化合物の除去率が高まるので、飽和磁化率が50 A m²/kg以上の磁性粉を選定することが好適であるが、回収工程において超電導磁石等により強磁場を発生させる場合や回収工程において処理する排液の流量が少ない場合には、飽和磁化率が1 A m²/kg程度の磁性粉を選定しても良い。磁性粉の比表面積については、特に限定されないが、磁性粉の比表面積が大きなほどフロックへの吸着に有利である。

40

50

【 0 0 3 3 】

公知の磁性粉を本担磁工程における磁性粉として使用することができ、強磁性粉を使用することが好適である。例えば、マグネタイト、ヘマタイト、マグヘマイト等の磁性酸化鉄が、好適な強磁性粉に該当する。強磁性粉を使用する場合、その使用量は適宜に定められる。

【 0 0 3 4 】

回収工程

回収工程では、磁気分離により、排液中から担磁体を回収する。すなわち、本回収工程においては、担磁体の構成となっているキレート形成性化合物が排液から除去される。

【 0 0 3 5 】

磁気分離を行なうためには、公知の磁気分離を採用する。磁気分離においては、ネオジウム磁石、フェライト磁石等の永久磁石；電磁石；超電導磁石；円筒形状の先端から強磁場を発生する超電導バルク磁石等の磁石を使用することが知られており、何れの磁石を使用しても担磁体を効率良く回収することが可能である。工業的な排液処理を行なう場合にも担磁体回収を特に効率良く行なうためには、超電導体が用いられた磁束密度 0.5 T 以上の強磁場を発生する超電導磁石または超電導バルク磁石を使用することが好適である。この超電導磁石または超電導バルク磁石を使用する場合、その磁束密度 1.5 T 以上の強磁場を発生するものが好ましく、5.0 T 以上の強磁場を発生するものがより好ましい。

【 0 0 3 6 】

磁気分離を行なう場合には、任意に選択した磁石の磁場空間内部に設けられた磁性フィルタに排液を通じさせる方法を採用しても良い。この方法では、排液が通過することになる磁性フィルタの空間に勾配磁場が増大することによって、担磁体の補足性能が向上することになるから、目詰まりが生じることがない程度の大きな目開きの磁性フィルタを選択しても担磁体を回収することが可能である。また、いずれの磁石を使用する場合であっても、磁性フィルタを使用する磁気分離を採用することが好適である。

【 0 0 3 7 】

本発明に係る排液の処理方法は以上の通りである。上記の電解工程、担磁工程、回収工程を有する排液の処理方法である限り、他の一工程または複数工程が付加されている排液の処理方法も本発明に該当する。例えば、担磁工程と回収工程との間に排液中の固形分を分離する固液分離工程が設けられた排液の処理方法が、本発明に該当する。ここで、前記固液分離工程を設けた場合、担磁体の一部が排液から除去されるから、回収工程における磁気分離の負担が軽減される。なお、前記固液分離工程では、公知の固液分離法から選ばれた方法を使用し、例えば、重力による重力沈降を利用する回収方法、遠心力による遠心沈降を利用する回収方法等の公知の沈降分離法；膜分離法が挙げられる。

【 0 0 3 8 】

(排液処理装置)

本発明に係る排液処理装置は、本発明に係る排液の処理方法に使用されるものであり、電源と、この電源に接続された一对の電極を備え且つ排液が収容される電解槽と、前記電極への通電後の排液に磁性粉を供給するための担磁槽と、排液中の磁性粉を磁気分離する磁気分離機とを有する。図 1 ~ 5 は本発明の実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図であり、それら実施形態に係る排液処理装置に基づいて、本発明に係る排液処理装置を以下に説明する。

【 0 0 3 9 】

図 1 は、本発明の第一実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図である。図示の排液処理装置は、排液の pH を調整するための pH 調整槽 2 と、一对の電極を備え且つ pH 調整された排液が収容される電解槽 4 と、電解槽 4 から導出された排液が収容される担磁槽 6 と、担磁槽 6 から導出された排液を磁気分離処理するための磁気分離機 8 と、を備える。

【 0 0 4 0 】

そして、pH 調整槽 2 には、排液の pH 調整用の pH 調整剤を供給するための pH 調整

10

20

30

40

50

剤供給機 1 が付設され、電解槽 4 には、これに内設された一对の電極と通電線を介して接続された電源 3 が付設され、担磁槽 6 には、排液に磁性粉を供給するための磁性粉供給機 5 が付設されている。

【 0 0 4 1 】

また、pH調整槽 2 と電解槽 4、電解槽 4 と担磁槽 6、担磁槽 6 と磁気分離機 8 は、排液を送り出すための配管で接続されている。なお、各配管には、必要に応じて、ポンプ等の送液装置が設けられる。

【 0 0 4 2 】

第一実施形態の排液処理装置の各構成を、当該構成の動作と併せて以下に説明する。

pH調整槽 2 は、当該槽 2 内で、電解槽 4 に導入する前の排液の pH を調整する。pH調整槽 2 内に排液が導入された後に、pH調整剤供給機 1 からその排液に pH調整剤が供給される。本第一実施形態の装置における pH調整剤供給機 1 は、排液を酸性に調整するため pH調整剤を排液に供給する。なお、pH調整剤供給機 1 は、公知の供給機から適宜に選択されたものであると良い。

10

【 0 0 4 3 】

電解槽 4 には上記の通り一对の電極が内設されており、通電により鉄、アルミニウム、およびマグネシウムから選択された一種または二種以上の金属のイオンを排液中に溶出させることができる材質のものを陽極として設けている（好ましくは鉄を材質とする陽極）。陽極の対向極である陰極には、鉄、アルミニウム、マグネシウム、ニッケル、ステンレス、チタン等を材質としたものが選択される。

20

【 0 0 4 4 】

pH調整槽 2 から電解槽 4 に排液が導入された後、電解槽 4 内の一对の電極が排液に浸漬している状態で電極に通電し、電極の陽極から鉄イオン等が排液中に溶出すると、フロック、および、鉄イオン等とキレート形成性化合物とのキレートが生成する。このキレートを生成させるための通電態様は、特に限定されず、直流通電、交流通電のいずれであっても良く、直流通電を採用する場合、電極の極性を定期的に反転させることが好ましい。

【 0 0 4 5 】

担磁槽 6 には上記の通り磁性粉供給機 5 が付設されていると共に、不図示の排液を攪拌するための攪拌機も付設されている。磁性粉供給機 5 は公知の粉体供給機から選択されたものであると良く、攪拌機は公知の攪拌機から選択されたものであると良い。

30

【 0 0 4 6 】

電解槽 4 から担磁槽 6 に導入された排液が攪拌機で攪拌されている状態で、磁性粉供給機 5 から排液に磁性粉が供給される。供給される磁性粉は、公知の磁性粉（好ましくは公知の強磁性粉）から選択されたものであり、例えば、マグネタイト、ヘマタイト、マグヘマイト等の磁性酸化鉄が好適である。磁性粉が排液に供給されると、担磁体が生成する。なお、攪拌機による攪拌を行なうことで、フロックへの磁性粉吸着性、結合性が向上する。

【 0 0 4 7 】

磁気分離機 8 は、担磁体を含む排液の流通路となる磁気分離槽 8 a と、磁気分離槽 8 a 内の排液から担磁体を固液分離するための磁石 8 b とを備えているものであれば、公知の磁気分離機から選択されたものであると良い。磁石 8 b は、例えば、ネオジム磁石、フェライト磁石等の永久磁石；電磁石；超電導磁石；超電導バルク磁石等の磁石が選択されていると良い。なお、図 1 における磁石 8 b の数は 2 つであるが、これは任意に定められる数なので、磁石 8 b の数は 1 つであっても良いし、3 つであっても良い。

40

【 0 0 4 8 】

磁気分離機 8 を通じた排液は、担磁体が除去された処理水となる。つまり、排液からキレート形成性化合物が除去された処理水となる。

【 0 0 4 9 】

次に、図 2 に全体構成を示す本発明の第二実施形態に係る排液処理装置を説明する。本実施形態に係る排液処理装置は、pH調整槽 2 が設けられていないことと、pH調整剤供

50

給機 1 が電解槽 4 に付設されていることにおいてのみ第一実施形態に係る排水処理装置と異なる。本実施形態の排水処理装置では、pH調整剤供給機 1 から電解槽 4 へ導入された後の排水に pH調整剤が供給される。pH調整剤の供給時期は、電解槽 4 の電極への通電前、通電中のいずれであっても良く、通電中の排水がアルカリ性に向かう場合には、通電中にも pH調整剤が排水に供給される。

【0050】

次に、図 3 に全体構成を示す本発明の第三実施形態に係る排水処理装置を説明する。本実施形態に係る排水処理装置は、担磁槽 6 と磁気分離機 8 との間に排水中の固形分を分離するための固液分離機を設けた点においてのみ第一実施形態に係る排水処理装置と異なる。

10

【0051】

本発明に係る排水処理装置に採用できる固液分離機は、公知の固液分離機のいずれであっても良く、本実施形態の排水処理装置における固液分離機には、担磁槽 6 から導入された排水において高比重の担磁体を重力沈降させることが可能な重力沈降槽 7 が選択されている。排水には重力沈降槽 7 で除去されなかった担磁体が含まれることになるが、排水に残存する担磁体は磁気分離機 8 で除去される。つまり、重力沈降槽 7 は、磁気分離機 8 による担磁体回収負担を軽減する。

【0052】

次に、図 4 に全体構成を示す本発明の第四実施形態に係る排水処理装置を説明する。本実施形態に係る排水処理装置は、磁気分離機 8 を磁気分離機 9 に置き換えた点においてのみ第一実施形態に係る排水処理装置と異なる。

20

【0053】

第四実施形態に係る排水処理装置における磁気分離機 9 は、重力沈降槽 9 a と、磁気分離機 9 の直下に配置させた磁石 9 b とからなる。担磁槽 6 から重力沈降槽 9 a に導入された排水中の担磁体は重力沈降槽 9 a で沈降し、当該沈降した担磁体は磁石 9 b の磁力によって重力沈降槽 9 a の底部に滞留するので、排水から担磁体の十分な除去が可能となる。

【0054】

次に、図 5 に全体構成を示す本発明の第五実施形態に係る排水処理装置を説明する。本実施形態に係る排水処理装置は、担磁槽 6 と磁気分離機 8 との間に重力沈降槽 7 を設けたことと、磁気分離機 8 を磁気分離機 10 に置き換えた点においてのみ第一実施形態に係る排水処理装置と異なる。なお、本実施形態における重力沈降槽 7 は、上記第三実施形態における重力沈降槽 7 と同じである。

30

【0055】

磁気分離機 10 は、磁性フィルタを構成の一部とする公知の磁気分離機の一つであり、重力沈降槽 7 で担磁体の一部が除去された後の排水が流通する磁気分離槽 10 a と、超電導磁石 10 b と、超電導磁石 10 b が発生させる磁場空間内部に配設された磁性フィルタ 10 c とを有する。排水が磁性フィルタ 10 c を通過する間に担磁体が磁性フィルタに吸着し、排水から担磁体が除去されることになる。

【0056】

(実験例)

以下に、本発明に係る排水の処理方法を見出すに至った実験例の一部を示す。

40

【0057】

抗菌薬を含む水を処理し、当該水から抗菌薬を除去した。抗菌薬には、金属イオンとキレート形成する抗菌薬としてオキシテトラサイクリン(シグマ アルドリッチ社製オキシテトラサイクリン塩酸塩)、ドキシサイクリン(MP Biomedicals社製ドキシサイクリン塩酸塩)、クロルテトラサイクリン(シグマ アルドリッチ社製クロルテトラサイクリン塩酸塩)、テトラサイクリン(シグマ アルドリッチ社製テトラサイクリン塩酸塩)、ノルフロキサシン(和光純薬工業社製ノルフロキサシン)、レボフロキサシン(LKT Laboratories社製レボフロキサシン塩酸塩)、またはセフジニル(アステラス製薬社製セフジニル)、を使用し、キレートを形成しない抗菌薬としてセファゾリン(シグマ アルドリッ

50

チ社製セファゾリンナトリウム塩)を使用した。

【0058】

pHを未調整、1NのNaOH水溶液でpH調整、または1NのHCl水溶液でpH調整した抗菌薬含有水の処理を次の通り行なった。ビーカーに採取した抗菌薬含有水200mlにNaClを1g溶解させた後、一对の鉄製丸棒状電極(5mm×30mm)を、両電極の間隔を10mmにして抗菌薬含有水に浸漬した。次に、直流電源(高砂製作所社製「KX210L」)を使用して前記両電極への通電を1.5A、60秒間の条件で行い、電極の鉄をイオンとして溶出させた。通電後の抗菌薬含有水に磁性粉であるマグネタイト粉末(関東化学社製鹿1級Fe₃O₄粉末、平均粒子径3μm)を50mg添加し、15秒程度撹拌した。次いで、ビーカーの下に30mm×L15mmの円柱状ネオジム磁石(表面磁束密度0.44T)を設置し、ビーカーを3分間静置した後、ビーカー内の上澄み液を処理水として採取した。

10

【0059】

上記通電前の抗菌薬含有水および処理水中の抗菌薬含量を、キャピラリー電気泳動システム(アジレント・テクノロジー社製「G1600」)により分析値に基づいて算出した。

【0060】

表1、2に抗菌薬の除去結果を示す。

【0061】

【表1】

20

| | 除去対象 | | | pH | 濃度(mg/L) | | 除去率(%) |
|---------|-----------|-------------|---------|-----------|----------|------|--------|
| | 系統名 | 化合物名 | キレート形成性 | | 処理前 | 処理後 | |
| 実験例1a | テトラサイクリン系 | オキシテトラサイクリン | 有り | 3.93(無調整) | 99.7 | 10.6 | 89.3 |
| 実験例2 | テトラサイクリン系 | ドキシサイクリン | 有り | 3.92(無調整) | 99.2 | 19.5 | 80.3 |
| 実験例3 | テトラサイクリン系 | クロルテトラサイクリン | 有り | 3.88(無調整) | 98.8 | 21.6 | 78.1 |
| 実験例4 | テトラサイクリン系 | テトラサイクリン | 有り | 3.89(無調整) | 98.5 | 6.7 | 93.2 |
| 実験例5a | キノロン系 | ノルフロキサシ | 有り | 3.41 | 99.4 | 49.6 | 50.2 |
| 実験例6 | キノロン系 | レボフロキサシ | 有り | 8.58 | 98.6 | 71.5 | 27.5 |
| 実験例7 | セフェム系 | セフジニル | 有り | 6.42 | 99.4 | 12.0 | 88.0 |
| 比較実験例1a | セフェム系 | セファゾリン | 無し | 3.45 | 97.3 | 76.7 | 21.1 |

陽極:鉄

【0062】

【表2】

| | pH | 除去対象 | 濃度(mg/L) | | 除去率(%) |
|---------|------|-------------|----------|------|--------|
| | | | 処理前 | 処理後 | |
| 実験例1a | 3.93 | オキシテトラサイクリン | 99.7 | 10.6 | 89.3 |
| 実験例1b | 7.05 | オキシテトラサイクリン | 100.9 | 14.2 | 86.0 |
| 実験例1c | 9.64 | オキシテトラサイクリン | 101.5 | 16.2 | 84.0 |
| 実験例5a | 3.41 | ノルフロキサシ | 99.4 | 49.6 | 50.2 |
| 実験例5b | 6.05 | ノルフロキサシ | 99.2 | 63.6 | 35.9 |
| 比較実験例1a | 3.45 | セファゾリン | 97.3 | 76.7 | 21.1 |
| 比較実験例1b | 7.75 | セファゾリン | 99.6 | 81.0 | 18.7 |

陽極:鉄

【0063】

先ず、表1の結果から、キレート形成性を有さない抗菌薬を除去対象とした比較実験例においては、抗菌薬の除去率が低かったことを確認できる。一方で、キレート形成性を有する抗菌薬を除去対象とした実験例においては、抗菌薬の除去率が高かったことを確認でき、テトラサイクリン系抗生物質またはセフジニルを除去対象とした実験例では、特に高い除去率であった。

【0064】

50

次に、表 2 の結果から、キレート形成性を有する抗菌薬を除去対象とした実験例では、処理対象の抗菌薬含有水の pH が低いほど抗菌薬の除去率が向上していたことを確認できるが、キレート形成性を有さない抗菌薬を除去対象とした比較実験例では、pH の低下に伴う除去率の向上が認められたものの、除去率自体は低かったことを確認できる。

【 0 0 6 5 】

上記実験例と同様にして、実験例 1 d、1 e の処理を行なった。なお、実験例 1 e では、陽極にアルミニウム電極を使用した。結果を表 3 に示す。

【 0 0 6 6 】

【表 3】

| | 陽極 | 除去対象 | pH | 濃度(mg/L) | | 除去率 (%) |
|-------|--------|-------------|------|----------|------|------------|
| | | | | 処理前 | 処理後 | |
| 実験例1d | 鉄 | オキシテトラサイクリン | 7.05 | 99.7 | 10.6 | 89.3 |
| 実験例1e | アルミニウム | オキシテトラサイクリン | 7.05 | 101.2 | 26.9 | 73.4 |

【 0 0 6 7 】

表 3 の結果から、陽極に鉄を使用すれば、除去率が特に優れることを確認できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 8 】

【図 1】本発明の第一実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図である。

【図 2】本発明の第二実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図である。

【図 3】本発明の第三実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図である。

【図 4】本発明の第四実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図である。

【図 5】本発明の第五実施形態に係る排液処理装置の全体構成を表す図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

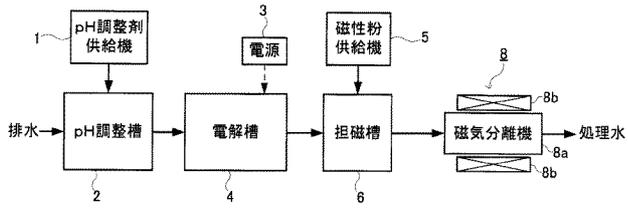
- 1 pH調整剤供給機
- 2 pH調整槽
- 3 電源
- 4 電解槽
- 5 磁性粉供給機
- 6 担磁槽
- 7 重力沈降槽
- 8 磁気分離機
- 8 a 磁気分離槽
- 8 b 磁石
- 9 磁気分離機
- 9 a 重力沈降槽
- 9 b 磁石
- 10 磁気分離機
- 10 a 磁気分離槽
- 10 b 超電導磁石
- 10 c 磁性フィルタ

20

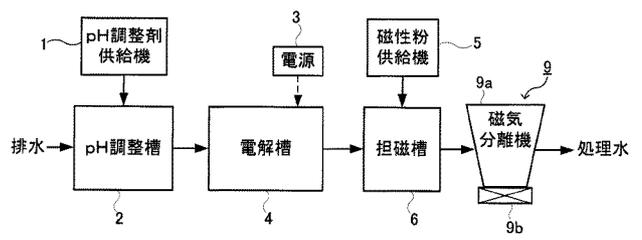
30

40

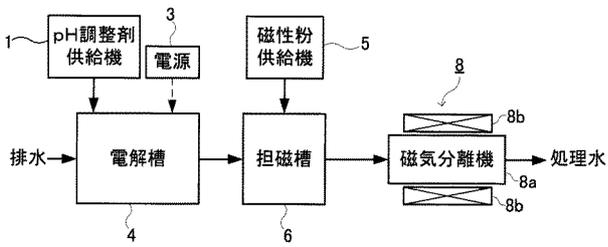
【図1】



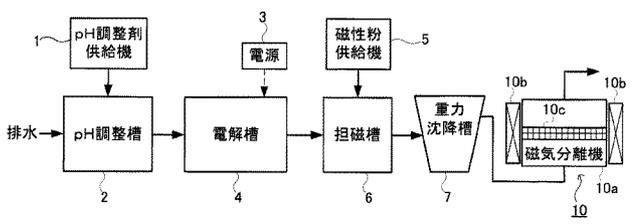
【図4】



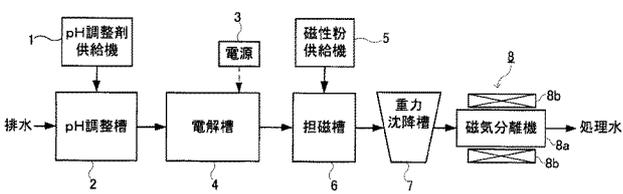
【図2】



【図5】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 井原 一高

兵庫県神戸市灘区六甲台町 1 - 1 国立大学法人神戸大学内

(72)発明者 豊田 淨彦

兵庫県神戸市灘区六甲台町 1 - 1 国立大学法人神戸大学内

(72)発明者 梅津 一孝

北海道帯広市稲田町西 2 線 1 1 番地 国立大学法人帯広畜産大学内

F ターム(参考) 4D061 DA08 DB09 DB18 DC08 DC12 EA02 EB05 EB09 EB19 EB27
EB28 EB31 FA11 FA14