(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7145628号
(P7145628)

(45)発行日　令和4年10月3日(2022.10.3)

(24)登録日　令和4年9月22日(2022.9.22)

(51)国際特許分類
C02F 1/74 (2006.01)

FI
C02F 1/74 101

請求項の数 10 （全29頁）

(21)出願番号　特願2018-46532(P2018-46532)
(22)出願日　平成30年3月14日(2018.3.14)
(65)公開番号　特開2018-153805(P2018-153805A)
(43)公開日　平成30年10月4日(2018.10.4)
審査請求日　令和2年12月4日(2020.12.4)
(31)優先権主張番号　特願2017-50354(P2017-50354)
(32)優先日　平成29年3月15日(2017.3.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000004628
株式会社日本触媒
大阪府大阪市中央区高麗橋４丁目１番１号
(74)代理人　110000671
八田国際特許業務法人
(72)発明者　熊 涼慈
兵庫県姫路市網干区興浜字西沖９９２番地の１ 株式会社日本触媒内
審査官　佐々木 典子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　排水の処理装置および排水の処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

排水の供給側から、分散板２、分散板１、充填物層および触媒層をこの順に有する排水の処理装置であって、

前記分散板２と前記分散板１との距離をＨ１、前記分散板１と前記充填物層の排水の供給側の境界面との距離をＨ２、前記充填物層の層長をＨ３、および前記Ｈ２と前記Ｈ３との合計をＨ６としたとき、

前記Ｈ６が１００ｍｍ超であり、かつ前記Ｈ１に対する前記Ｈ６の比（Ｈ６／Ｈ１）が０．１以上１００以下である、処理装置。

【請求項２】

前記Ｈ１が、１０ｍｍ以上１０００ｍｍ以下である、請求項１に記載の処理装置。

【請求項３】

前記分散板１および前記分散板２の少なくとも一方が多孔板であり、前記多孔板の孔数が１ｍ^{2}あたり５個以上２００個以下である、請求項１または２に記載の処理装置。

【請求項４】

前記充填物層が２層構造である、請求項１～３のいずれか１項に記載の処理装置。

【請求項５】

前記２層構造の充填物層において、排水の供給側の充填物層を充填物層１、および触媒層側の充填物層を充填物層２としたとき、前記充填物層２の層長が３０ｍｍ以上５００ｍｍ以下である、請求項４に記載の処理装置。

【請求項６】
前記２層構造の充填物層において、排水の供給側の充填物層を充填物層１、および触媒層側の充填物層を充填物層２としたとき、前記充填物層１に含まれる充填物１の平均粒径ｄ１、前記充填物層２に含まれる充填物２の平均粒径ｄ２および前記触媒層に含まれる触媒の平均粒径ｄ０がｄ１＞ｄ２＞ｄ０の関係を満たす、請求項４または５に記載の処理装置。
【請求項７】
前記触媒層に含まれる触媒が湿式酸化触媒である、請求項１～６のいずれか１項に記載の処理装置。
【請求項８】
排水の供給側から、少なくとも気体－液体拡散部１、気体－液体拡散部２、気体－液体拡散部３および触媒層をこの順に有する装置を用いる排水の処理方法であって、
前記排水中には気体が分散されており、
以下の（１）～（３）：
（１）前記気体－液体拡散部１～３における前記排水の滞留時間がいずれも０．５秒以上である；
（２）前記気体－液体拡散部３と前記気体－液体拡散部２とにおける排水の滞留時間の合計が５秒以上である；および
（３）前記（２）の排水の滞留時間の合計が前記気体－液体拡散部１における排水の滞留時間に対して、０．１～１００倍である、
を満たし、
前記気体－液体拡散部３は、空隙率２０～９０容量％の充填物層である、処理方法。
【請求項９】
前記気体－液体拡散部１は、排水の供給側の境界面に分散板１を有し、前記気体－液体拡散部２は、前記気体－液体拡散部１との境界面に分散板２を有し、
この際、前記分散板１および前記分散板２は、それぞれ１以上の孔を有し、前記分散板１および前記分散板２の少なくとも一方は、開孔率０．００５％～３０％の多孔板構造を有する、請求項８に記載の処理方法。
【請求項１０】
以下の（ｉ）～（ｉｖ）：
（ｉ）前記触媒層におけるＬＨＳＶが０．１hr^{-1}～１０hr^{-1}である；
（ｉｉ）前記触媒層における排水の温度が８０℃～３７０℃である；
（ｉｉｉ）前記触媒層における圧力は排水の少なくとも一部が液相を保持する圧力である；および
（ｉｖ）前記気体に含まれる酸素量が排水中の被酸化物の理論酸素要求量の０．５倍～５．０倍である、
をさらに満たす、請求項８または９に記載の処理方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、排水の処理装置および排水の処理方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
化学プラント、食品加工設備、金属加工設備、金属メッキ設備、印刷製版設備、写真処理設備などの各種産業プラントから排出される排水は、湿式酸化法、湿式分解法、オゾン酸化法、過酸化水素酸化法などの各種方法によって浄化処理されている。
【０００３】
例えば、固体触媒を反応塔に充填した湿式酸化法の場合、主として、固体触媒充填層（触媒層）の下部から排水および酸素含有ガスを導入して排水を浄化処理するのが一般的である。そのため、導入された排水および酸素含有ガスの作用によって、触媒層内での固体

触媒の移動、振動などの運動が起こり易くなり、固体触媒が摩耗したり、排水に含まれるスケール成分（Ｃｕ、Ｆｅなどの重金属類およびＣａ、Ａｌなど）が触媒表面に析出したりすることにより、触媒の処理性能の低下などの問題が起こるのを避けることができなかった。

【０００４】

特許文献１では、反応塔の下部から導入される排水などによる固体触媒の摩耗に関して、触媒層の下に金属などの充填物の層（下部充填物層）を設けることで、固体触媒の摩耗を防止するとともに、排水などを均一に触媒層に供給することができるため、触媒の処理効率の低下を抑制できる排水の処理装置が示されている。

【０００５】

特許文献２では、無触媒湿式酸化反応層を固体触媒層の前に設置することで固体触媒層での処理効率が向上することが開示されている。また、特許文献３では、固体触媒層の上部に気液分散部材を設置することで処理効率が改善されることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【文献】特許第５３３０７５１号公報
特開２００１－２７６８５５号公報
特開２００４－０９８０２３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

確かに、特許文献１では、下部充填物層を設けることで、触媒の摩耗を防止でき、触媒の処理効率の低下を抑制できることが示されている。

【０００８】

しかし、特許文献１に開示される排水の処理装置では、排水にスケール成分（Ｃｕ、Ｆｅなどの重金属類およびＣａ、Ａｌなど）が含まれている場合、スケール成分がイオンの状態で触媒層に到達してしまい、触媒表面に析出して、触媒の活性を阻害することがあるという問題があった。

【０００９】

一方、特許文献２では、無触媒湿式酸化反応層を設けることで固体触媒層の耐久性は向上したものの、排水の処理能力としては不十分であったし、第１処理工程および第２処理工程の反応塔が必要になり、さらにそれぞれを制御する必要があり、コスト的にも不利であった。

【００１０】

また、特許文献３では、気液分散部材の設置により固体触媒層の処理効率は改善されるものの、特許文献１に記載された発明と同様に、スケール成分による耐久性には不十分であった。

【００１１】

そこで、本発明は、スケール成分がイオンの状態で触媒層に到達することを防止でき、つまり触媒表面にスケール成分が析出することを防ぐことができ、よって触媒の処理性能を高く維持できる、そして簡便な構造でコストの低い排水の処理装置および排水の処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１２】

本発明者は、上記課題を解決すべく鋭意検討を行った。まず、特許文献１に開示された技術と特許文献２に開示された技術とを合わせた形態－具体的には特許文献１の反応塔の下部に特許文献２の無触媒湿式酸化反応層を結合した形態－について検討を行ったものの十分な効果を得ることが出来なかった。そこで、気液の分散性が悪いのではないかと考え、特許文献３を参照して無触媒湿式酸化反応層に分散板を設置したものの、やはり十分な

効果を得ることが出来なかった。更に、分散板の配置について種々検討を重ねた結果、少なくとも２枚の分散板を有し、その配置を特定の範囲にすることで、上記課題を解決できることを見出し、本発明の完成に至ることが出来た。

【００１３】

すなわち、本発明の第１の形態は、排水の供給側から、分散板２、分散板１、充填物層および触媒層をこの順に有する排水の処理装置であって、前記分散板２と前記分散板１との距離をＨ１、前記分散板１と前記充填物層の排水の供給側の境界面との距離をＨ２、前記充填物層の層長をＨ３、および前記Ｈ２と前記Ｈ３との合計をＨ６としたとき、前記Ｈ６が１００ｍｍ超であり、かつ前記Ｈ１に対する前記Ｈ６の比（Ｈ６／Ｈ１）が０．１以上１００以下である、処理装置に関する。

【００１４】

本発明の第２の形態は、排水の供給側から、少なくとも気体－液体拡散部１、気体－液体拡散部２、気体－液体拡散部３および触媒層をこの順に有する装置を用いる排水の処理方法であって、

前記排水中には気体が分散されており、

以下の（１）～（３）：

（１）前記気体－液体拡散部１～３における前記排水の滞留時間がいずれも０．５秒以上である；

（２）前記気体－液体拡散部３と前記気体－液体拡散部２とにおける排水の滞留時間の合計が５秒以上である；および

（３）前記（２）の排水の滞留時間の合計が前記気体－液体拡散部１における排水の滞留時間に対して、０．１～１００倍である、

を満たす、処理方法に関する。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、スケール成分が触媒表面に析出することを防ぐことができ、よって触媒の処理性能を高く維持でき、そして簡便な構造でコストの低い排水の処理装置および排水の処理方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】図１は、本発明の一実施形態における排水の処理方法を示す概略図である。

【図２】図２は、実施例および比較例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図３－１】図３－１は、実施例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図３－２】図３－２は、実施例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図３－３】図３－３は、実施例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図３－４】図３－４は、実施例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図３－５】図３－５は、比較例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図４】図４は、実施例で用いた排水の処理装置を示す概略図である。

【図５】図５は、本発明に係る分散板の一例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

以下、本発明を実施するための具体的な形態について詳細に説明するが、本発明の技術的範囲は特許請求の範囲の記載に基づいて定められるべきであり、下記の形態のみには限定されない。

【００１８】

＜第１の形態：排水の処理装置＞

本発明の一形態によれば、排水の供給側から、分散板２、分散板１、充填物層および触媒層をこの順に有する排水の処理装置であって、前記分散板２と前記分散板１との距離をＨ１、前記分散板１と前記充填物層の排水の供給側の境界面との距離をＨ２、前記充填物層の層長をＨ３、および前記Ｈ２と前記Ｈ３との合計をＨ６としたとき、前記Ｈ６が１０

０ｍｍ超であり、かつ前記Ｈ１に対する前記Ｈ６の比（Ｈ６／Ｈ１）が０．１以上１００以下である、処理装置が提供される。

【００１９】

本発明の排水の処理装置において、分散板２と分散板１との距離をＨ１、分散板１と充填物層の排水の供給側の境界面との距離をＨ２、充填物層の層長をＨ３および触媒層の層長をＨ４とする（単位：ｍｍ）。触媒層の排水の排出側にも充填物層を配置した場合、当該充填物層の層長をＨ５とする。また、Ｈ２とＨ３との和をＨ６とする。

【００２０】

分散板２と分散板１との距離（Ｈ１）とは、分散板２の排水の排出側の面から分散板１の排水の供給側の面までの距離である。

【００２１】

分散板において、排水の供給側および排出側の面とは、以下のように定義される。排水の処理装置が地面と垂直に設置され、排水の処理装置の下部から排水が供給され、排水の処理装置の上部から排水が排出される場合、分散板の排水の排出側の面（上面）および排水の供給側の面（下面）とは、各面において最も高い部位と最も低い部位との中間の位置を基準とした面である。これは、分散板の表面が平坦でない場合や傾斜している場合であっても同様である。ただし、図２における分散板１５－２のように衝突板を有する場合、衝突板を除いて最も高い部位と最も低い部位との中間の位置を基準とする。また一般的に、排水の排出側の面および排水の供給側の面は、排水の供給方向に対して垂直な面（地面）と平行である。このとき、排水の供給側および排出側の面は、平行である。

【００２２】

分散板１と充填物層の排水の供給側の境界面との距離（Ｈ２）とは、分散板１の排水の排出側の面から充填物層の供給側の境界面までの距離である。

【００２３】

充填物層の排水の供給側および排出側の境界面とは、以下のように定義される。充填物層には、充填物が充填されているため、排水の供給側および排出側に露出している面は、完全な平面にはならない場合がある。排水の処理装置が地面と垂直に設置され、排水の処理装置の下部から排水が供給され、排水の処理装置の上部から排水が排出される場合、排水の供給側の境界面（上面）および排出側の境界面（下面）とは、充填物層の上面または下面において露出している充填物のうち最も低い部位と最も高い部位との中間の位置を基準とした面である。これは、充填物層の露出している面が傾斜している場合であっても同様である。また一般的に、排水の排出側の境界面および排水の供給側の境界面は、排水の供給方向に対して垂直な面（地面）と平行である。このとき、排水の排出側の境界面および排水の供給側の境界面は、平行である。

【００２４】

充填物層の層長（Ｈ３）とは、充填物層の排水の供給側の境界面から排水の排出側の境界面までの距離である。触媒層の排水の排出側に充填物層を配置した場合、当該充填物層の層長（Ｈ５）についても、Ｈ３と同様である。

【００２５】

触媒層の層長（Ｈ４）とは、触媒層の排水の供給側の境界面から排水の排出側の境界面までの距離である。

【００２６】

触媒層には、触媒（例えば、固体触媒）が充填物として充填されており、触媒層の排水の供給側の境界面および排水の排出側の境界面に関する定義は、充填物層と同様である。

【００２７】

本発明の排水の処理装置は、上記のような構成を有することにより、スケール成分が触媒表面に析出することを防ぐことができ、よって触媒の処理性能を高く維持できる。

【００２８】

従来、複数の分散板を配置することが気液の混合効率向上に有効であることは、知られている。しかし、スケール成分（Ｃｕ、Ｆｅなどの重金属類およびＣａ、Ａｌなど）を含

有する排水の場合は、さらに高度な分散技術が求められている。スケール成分の特徴として、湿式酸化処理により排水を処理する場合、加熱前にはイオンとして溶存していたスケール成分が、酸素存在下における加温加圧により、酸化物や水酸化物などの固体として一部析出する点が挙げられる。そのため、条件によって、排水中に溶存しているスケール成分がイオンの状態で触媒層に到達してしまい、触媒表面に析出して触媒の活性を阻害するおそれがある。そこで、本発明では、Ｈ１に対するＨ６の比（Ｈ６／Ｈ１）を適正な範囲とし、かつＨ６を１００ｍｍ以上とすることで、触媒層に到達する前にスケール成分を固体として析出させることが可能となり、スケール成分が触媒表面に析出することを未然に防ぐことが可能となる。

【００２９】

また、充填物層も、スケール成分が触媒層に直接蓄積することを防ぐための分散緩和層として必要である。下側充填物層が存在することにより、充填物層内でスケール成分の析出が促進され、触媒表面に析出することを未然に防ぐことが可能となる。同時に、従来よりも分散効果が高められ、スケール成分が局所的に析出・堆積することを防ぐことができ、長期にわたって触媒が高い処理性能を発揮できる。

【００３０】

本発明の排水の処理装置において、Ｈ６は、１００ｍｍ超である。Ｈ６が１００ｍｍ以下であると、スケール成分が均一に分散されず、かつスケール成分がイオンの状態のまま触媒層に到達するため触媒表面がスケール成分で被毒されるおそれがある。Ｈ６は、触媒へのスケール成分析出をより抑制できるとの観点から、好ましくは１５０ｍｍ超であり、より好ましくは２５０ｍｍ超である。Ｈ６の上限は、特に制限されないが、例えば２０００ｍｍ未満である。Ｈ６が２０００ｍｍ未満であれば、分散板によって混合され微細化した気泡が再び凝集して、気液の接触効率が低下することを抑制できる。

【００３１】

本発明の排水の処理装置において、Ｈ１に対するＨ６の比（Ｈ６／Ｈ１）は、０．１以上１００以下である。Ｈ６／Ｈ１が０．１未満であるまたは１００超であると、分散板２および分散板１との間で、気液の混合効果が不十分となり、スケール成分の偏流が生じるため、局所的にスケール成分が堆積して処理効率が低下する。Ｈ６／Ｈ１は、好ましくは０．２以上であり、より好ましくは０．３以上である。Ｈ６／Ｈ１は、好ましくは８０以下であり、より好ましくは５０以下である。このような範囲であれば、上記効果をより発揮できる。

【００３２】

Ｈ１は、上記比（Ｈ６／Ｈ１）を満たす限り特に制限されないが、例えば１０ｍｍ以上であり、好ましくは２０ｍｍ以上であり、より好ましくは３０ｍｍ以上である。また、Ｈ１は、１０００ｍｍ以下であり、好ましくは９００ｍｍ以下であり、より好ましくは７５０ｍｍ以下である。Ｈ１が１０ｍｍ以上１０００ｍｍ以下であることにより、気液の分散混合が充分に行われるため、触媒の処理効率の低下を抑制でき、かつスケール成分がイオンの状態のまま触媒層に到達することを抑制できる。

【００３３】

本発明の排水の処理装置の大きさは、上記Ｈ６およびＨ６／Ｈ１を満たすものであれば特に制限されず、排水処理に通常用いられる反応塔または反応容器の大きさでよい。本発明の排水の処理装置の形状もまた、特に制限されず、排水処理に通常用いられる反応塔または反応容器の形状でよい。反応塔または反応容器としては、直径２００～３０００ｍｍおよび長さ１０００～２００００ｍｍの円筒状のものを使用できる。

【００３４】

本発明の排水の処理装置は、排水を処理する種々の方法に適用することができる。排水の処理方法としては、湿式酸化法、湿式分解法、オゾン酸化法、過酸化水素酸化法などが挙げられる。排水の処理方法としては、高レベルな処理水質を得ることができ、優れた経済性を有するという観点から、湿式酸化法であることが好ましい。よって、本発明の一実施形態では、湿式酸化法による排水の処理に用いられる排水の処理装置が提供される。

【００３５】
［排水］
本発明の排水の処理装置によって処理される排水の種類については特に制限されない。本発明の排水の処理装置であれば、有機化合物、窒素化合物、および硫黄化合物のいずれか１種以上を含有する排水を効果的に処理できる。
【００３６】
前記有機化合物としては、エチレンオキサイドやプロピレンオキサイドなどのエポキシ化合物、メタノールやエタノール、エチレングリコールなどのアルコール化合物、アクリル酸やメタクリル酸、テレフタル酸等、およびこれらのエステル等のカルボン酸および／またはその誘導体などが例示される。前記窒素化合物としては、アミンやイミンなどの有機窒素化合物、アンモニアやヒドラジンなどの窒素－水素結合を有する無機窒素化合物などが例示される。前記硫黄化合物としては、硫化水素、硫化ソーダ、硫化カリ、水硫化ソーダ、チオ硫酸塩、亜硫酸塩等の無機硫黄化合物やメルカプタン類、スルホン酸類等の有機硫黄化合物が例示される。また、上記化合物のみを含有する排水に限らず、ジオキサン、ダイオキシン類やフロン類、フタル酸ジエチルヘキシル、ノニルフェノールなどの有機ハロゲン化合物や環境ホルモン化合物等の有害物質を含有していてもよい。
【００３７】
このような化合物を含有する排水としては、化学プラント、電子部品製造設備、食品加工設備、金属加工設備、金属メッキ設備、印刷製版設備、写真設備等の各種産業プラントから排出される排水や、火力発電や原子力発電などの発電設備などから排出される排水等が例示される。
【００３８】
工業用排水の具体例としては、ＥＯＧ製造設備、アルコール製造設備、脂肪族カルボン酸やそのエステル製造設備、芳香族カルボン酸もしくは芳香族カルボン酸エステル製造設備のほか、紙・パルプ、繊維、鉄鋼、エチレン・ＢＴＸ、石炭ガス化、食肉処理、薬品処理等の多岐にわたる産業分野の工場より排出される排水が例示される。
【００３９】
また、工業用排水のみに限定されず、下水やし尿などの生活排水も例示される。
【００４０】
つまり、本発明における「排水」は、上記したような産業プラントから排出される、いわゆる工業排水に限定されるものではなく、要するに有機化合物、窒素化合物、および硫黄化合物のいずれか１種以上が含まれている液体であれば全て包含され、そのような液体の供給源（発生源）は特に限定されない。
【００４１】
［スケール成分］
さらに本発明の排水の処理装置は、スケール成分を含有する排水の処理に好適である。上述のとおり、特許文献１に開示される排水の処理装置では、排水にスケール成分（Ｃｕ、Ｆｅなどの重金属類およびＣａ、Ａｌなど）が含まれている場合、スケール成分がイオンの状態で触媒層に到達してしまい、触媒表面に析出して、触媒の活性を阻害することがある。一方、本発明の排水処理装置では、スケール成分が触媒表面に析出することを抑制できるため、触媒の処理効率を高く維持することができる。
【００４２】
スケール成分とは、重金属類、アルミニウム、リン、ケイ素、カルシウムおよびマグネシウムからなる群から選ばれる少なくとも１種の元素である。重金属類とは、特に限定されないが、例えば、カドミウム（Ｃｄ）、ニッケル（Ｎｉ）、コバルト（Ｃｏ）、マンガン（Ｍｎ）、銅（Ｃｕ）、亜鉛（Ｚｎ）、銀（Ａｇ）、鉄（Ｆｅ）、スズ（Ｓｎ）、アンチモン（Ｓｂ）、鉛（Ｐｂ）、タリウム（Ｔｌ）、水銀（Ｈｇ）、ヒ素（Ａｓ）、クロム（Ｃｒ）、ビスマス（Ｂｉ）などが挙げられる。
【００４３】
排水に含まれるスケール成分の濃度については、特に限定されない。本発明の排水の処

理装置は、従来とは異なり、０．１ｍｇ／Ｌ以上のスケール成分を含む排水の処理において、効果を発揮できる。スケール成分の濃度は、０．５ｍｇ／Ｌ以上であってもよい。また、スケール成分の濃度が１ｇ／Ｌ以下であれば、本発明の効果を十分に発揮することができる。

【００４４】

［分散板］

本発明の排水の処理装置は、排水の供給側から分散板２、分散板１、充填物層および触媒層をこの順に有する。つまり、本発明の排水の処理装置は、少なくとも２枚の分散板を有する。分散板としては、図５に例示されるような単孔板、衝突板付単孔板、多孔板または衝突板付多孔板を用いることができる。分散板としては、同じ種類の分散板を配置してもよいし、異なる分散板を配置してもよい。本発明の排水の処理装置では、分散板２および分散板１が所定の距離（Ｈ１）で配置されていることで、本発明の効果を発現できる。また、必要に応じて、追加の分散板を分散板２よりも排水の供給側（上流側）に配置してもよい。なお、分散板は、１枚の板で構成されていてもよいが、設置や取り外しの作業性の観点から、２枚以上に分割可能な形状で構成されていることが好ましい。

【００４５】

単孔板および多孔板の開孔率（衝突板付のものを含む）は、通常０．００５％以上３０％以下である。前記開孔率は、好ましくは０．０５％以上であり、より好ましくは０．１％以上であり、さらに好ましくは０．５％以上であり、特に好ましくは１％以上である。また、前記開孔率は、好ましくは１０％以下、より好ましくは５％以下である。このような範囲であることにより、撹拌効果により偏流を防止し、排水に含まれる気体の分布を均一にできる。よって、気液接触が向上して触媒の処理性能を高めることができる。

【００４６】

分散板の開孔率は、以下の式で算出される。

【００４７】

【数１】

$$開孔率[\%]=\frac{孔全体の断面積}{分散板全体の断面積}\times 100$$

【００４８】

多孔板（衝突板付のものを含む）の孔数については、通常１ｍ^{2}あたり５個以上２００個以下である。孔数は、充分な分散効果を得られるとの観点から、好ましくは１ｍ^{2}あたり１０個以上であり、より好ましくは１ｍ^{2}あたり２５個以上である。また、孔数は、多孔板の強度を維持できるとの観点から、好ましくは１ｍ^{2}あたり１５０個以下であり、より好ましくは１ｍ^{2}あたり１２０個以下である。

【００４９】

孔の形状については、特に限定されるものではないが、円柱状もしくは円錐台状であることが、制作上容易であることから好ましい。また、孔の配置については、特に限定されるものではないが、単孔板の場合は、中心に配置することが好ましく、多孔板の場合は、全体にできる限り均等に配置することが好ましい。

【００５０】

本発明の好ましい実施形態では、分散板１および分散板２の少なくとも一方が多孔板であり、前記多孔板の孔数が１ｍ^{2}あたり５個以上２００個以下である。このような構成であることにより、触媒へのスケール成分の析出をより抑制でき、よって触媒の処理性能をより高く維持できる。

【００５１】

分散板１と充填物層の排水の供給側の境界面との距離Ｈ２は、Ｈ２と下記充填物層の層長Ｈ３との和（Ｈ６）が１００ｍｍ超になれば、特に制限されないが、排水の分散効果の観点から、好ましくは１０ｍｍ以上である。

【００５２】
衝突板付単孔板および衝突板付多孔板に設置される衝突板の直径は、孔径に対して好ましくは０．５～１０．０倍、より好ましくは１．０～５．０倍、さらに好ましくは１．５～３．０倍である。また、衝突板と単孔板または多孔板との間隔は、孔径に対して好ましくは０．０５～５．０倍、より好ましくは０．１～３．０倍、さらに好ましくは０．２～１．０倍である。このような範囲とすることによって、排水および気体が衝突板に効率良く衝突でき、衝突板の周方向に均等に分散されうる。
【００５３】
［充填物層］
本発明の排水の処理装置は、分散板１の排水の排出側に充填物層を有する。このような構成により、触媒の摩耗を防止でき、また排水が偏流することなく、できるだけ均一に触媒層に流れるようにすることができる。さらに、スケール成分が触媒表面に析出することを防止できる。
【００５４】
充填物層には、金属製またはセラミック製の充填物が充填されている。充填物は、鉄、銅、ステンレス（ＳＵＳ）、ハステロイ、インコネル、チタン、ジルコニウム、チタニア、ジルコニア、窒化ケイ素、または窒化炭素からなる群から選択される少なくとも１種からなる。充填物は、１種単独でもよく、２種以上または合金であってもよい。湿式酸化法により排水を処理する場合、充填物としては、耐摩耗性、耐腐食性および強度の観点から、好ましくはステンレス（ＳＵＳ）、ジルコニウム、ハステロイ、インコネルまたはチタンであり、より好ましくはステンレス（ＳＵＳ）またはジルコニアである。
【００５５】
充填物の形状としては、特に制限されず、ペレット状、球状、塊状、リング状、サドル状、多面体状などの粒状；繊維状、鎖状、数珠状などの連続体の形状などが挙げられる。充填物の形状は、反応塔への充填が容易にできるとの観点から、好ましくは粒状であり、より好ましくはペレット状、球状またはリング状である。
【００５６】
充填物の大きさは、上述の効果が得られるのであれば、特に制限されない。例えば、粒状の充填物の場合、平均粒径は、３mm以上であり、好ましくは４mm以上であり、より好ましくは５mm以上である。また、平均粒径は、３０mm以下であり、好ましくは２０mm以下であり、より好ましくは１５mm以下である。
【００５７】
なお、本明細書において、粒状の充填物、および後述の固体触媒の平均粒径とは、粒径の算術平均値のことである。また、粒径とは、充填物または固体触媒の最大径を意味する。例えば、球状の充填物または固体触媒の粒径は、直径であり、ペレット状の充填物または固体触媒の粒径は、その対角線の長さを意味する。
【００５８】
充填物の平均粒径ｄ１と、下記触媒層に含まれる触媒の平均粒径ｄ０とは、排水の分散効果の観点から、ｄ１＞ｄ０であることが好ましい。
【００５９】
充填物の比重（真比重を意味し、一般的に用いられる嵩比重、充填比重、見掛け比重とは異なる）は、特に制限されず、適宜選択することができる。比重としては、通常２．５以上であり、好ましくは４～１２である。
【００６０】
充填物層の空隙率は、特に制限されず、通常２０～９０容量％（充填物層の全体積基準）であり、好ましくは３０～７０容量％であり、より好ましくは３５～６０容量％であり、特に好ましくは３５～５５容量％である。
【００６１】
充填物層に充填される充填物は、材質、形状、大きさ、比重などが同一である必要はなく、本発明の効果が発現するのであれば、２種以上の充填物を用いることができる。また

、使用形態や使用状況に応じて、適切な充填物を適宜選択できる。
【００６２】
充填物は通常、反応塔に金網、グリッドなどを単独または併用してなる支持座を設置し、その上に充填する方法が採用される。
【００６３】
充填物層の層長（Ｈ３）は、上記Ｈ２との和（Ｈ６）が１００ｍｍ超であれば、特に制限されないが、通常１０ｍｍ以上であり、スケール成分が触媒層に直接蓄積することを防止するとの観点から、好ましくは５０ｍｍ以上であり、より好ましくは８０ｍｍ以上であり、さらに好ましくは１００ｍｍ以上である。Ｈ３の上限は、特に制限されないが、３００ｍｍ以下であり、コストの観点から、好ましくは２５０ｍｍ以下である。
【００６４】
本発明の好ましい実施形態では、充填物層は、排水の分散効果をより高めるとの観点から、２層構造である。すなわち、本発明の排水の処理装置は、充填物層と触媒層との間に、さらに充填物層を有することが好ましい。充填物層が２層構造であることにより、触媒の処理性能をより高く維持することができる。
【００６５】
排水の供給側の充填物層を充填物層１、触媒層側の充填物層を充填物層２とした場合、充填物層１に含まれる充填物の平均粒径ｄ１と充填物層２に含まれる充填物の平均粒径ｄ２との関係は、ｄ１＞ｄ２でもよく、ｄ１＜ｄ２でもよい。ｄ１およびｄ２は、排水の分散効果の観点から、ｄ１＞ｄ２であることが好ましい。ｄ１＞ｄ２である場合、ｄ１に対するｄ２の比（ｄ２／ｄ１）は、好ましくは０．２以上であり、より好ましくは０．３以上であり、さらに好ましくは０．４以上である。また、ｄ２／ｄ１は、好ましくは１．００未満であり、より好ましくは０．９５未満である。
【００６６】
本発明の好ましい実施形態では、充填物層１に含まれる充填物１の平均粒径ｄ１、充填物層２に含まれる充填物２の平均粒径ｄ２および下記触媒層に含まれる触媒の平均粒径ｄ０がｄ１＞ｄ２＞ｄ０の関係を満たす。排水の供給側から、充填物層１、充填物層２および触媒層と、徐々に充填物または触媒の平均粒径を小さくすることによって、排水の分散効果をより高めることができる。ｄ１に対するｄ２の比（ｄ２／ｄ１）は、上述のとおりである。また、ｄ２に対するｄ０の比（ｄ０／ｄ２）は、好ましくは０．２以上であり、より好ましくは０．３以上であり、さらに好ましくは０．４以上である。また、ｄ０／ｄ２は、好ましくは１．００未満であり、より好ましくは０．９５未満である。
【００６７】
充填物層１および充填物層２に含まれる充填物の材質、形状および比重は、同一でも異なっていてもよい。
【００６８】
充填物層の層長は、充填物層１の層長をＨ３、充填物層２の層長をＨ７とする。層長の定義は、上述のとおりである。また、Ｈ６は、Ｈ２、Ｈ３およびＨ７の和とする。充填物層が２層構造であっても、上記Ｈ６の好ましい範囲は同じである。
【００６９】
充填物層２の層長（Ｈ７）は、排水の分散効果の観点から、好ましくは３０ｍｍ以上であり、より好ましくは５０ｍｍ以上であり、さらに好ましくは１００ｍｍ以上である。またＨ７は、好ましくは５００ｍｍ以下、好ましくは４００ｍｍ以下、より好ましくは３００ｍｍ以下である。ただし、Ｈ７は、Ｈ６およびＨ６／Ｈ１が上記の範囲から逸脱しないように設定される。
【００７０】
よって、本発明の好ましい実施形態において、前記充填物層２の層長は、３０ｍｍ以上５００ｍｍ以下である。
【００７１】
本発明の排水の処理装置は、触媒層の排水の排出側にさらに充填物層を有することがで

きる。

【００７２】

例えば、図２に示すように、排水の処理装置が上向流の円筒形装置である場合、上から荷重をかけて触媒を押さえるために、触媒層の排水の排出側に充填物層（上部充填物層）をさらに設置する。上部充填物層を設定することで、触媒の摩耗を抑制することができる。上部充填物層の層長（Ｈ５）は、特に制限されず、３０～１０００ｍｍの範囲から適宜選択できる。また、上部充填物層に含まれる充填物としては、上述の充填物を用いることができる。ただし、上部充填物層に含まれる充填物の大きさは、触媒層に充填物が入り込むことを防止するため、触媒の大きさよりも大きいものを使用することが好ましい。

【００７３】

［触媒層］

本発明の排水の処理装置は、排水の排出側から分散板２、分散板１、充填物層および触媒層をこの順に有する。触媒層に含まれる触媒は、通常固体触媒である。固体触媒は、一般的に排水処理に用いられるものであれば、特に制限されずに用いることができる。固体触媒としては、チタン、鉄、アルミニウム、ケイ素、ジルコニウム、およびセリウムより選択される少なくとも１種の金属、酸化物、またはこれらの複合酸化物、あるいは活性炭などを含有する触媒が挙げられる。これらの中でも、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化鉄、チタン－ジルコニウム複合酸化物、チタン－鉄複合酸化物などの酸化物が好適に用いられる。

【００７４】

固体触媒は、上記成分（第１成分）に加え、他の成分（第２成分）を含有してもよい。２つの成分を含有する固体触媒としては、鉄、チタン、ケイ素、アルミニウム、ジルコニウムおよびセリウムより選択される少なくとも１種の金属、酸化物、またはこれらの複合酸化物、あるいは活性炭（第１成分）と、マンガン、コバルト、ニッケル、タングステン、銅、銀、白金、パラジウム、ロジウム、金、インジウム、ルテニウムより選択される少なくとも１種の金属、またはこれらの金属化合物（第２成分）とを含有する触媒が挙げられる。固体触媒は、好ましくは第１成分が酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化鉄、チタン－ジルコニウム複合酸化物、またはチタン－鉄複合酸化物であり、第２成分が白金である。２つの成分を含有する固体触媒において、７５～９９．９５重量％の第１成分と０．０５～２５重量％の第２成分とを含むことが好ましい。なお、第１成分および第２成分の合計は、１００重量％が好ましい。但し、触媒活性を有さない、担体や無機繊維、バインダー成分などの第３成分を適宜含んでいてもよく、この場合の第１成分および第２成分の重量比は、第３成分を考慮せずに第１成分の重量と第２成分の重量とから求める。

【００７５】

上述の固体触媒は、湿式酸化法を用いた酸化処理において、好適に用いられる。本発明の排水の処理装置は、高レベルの処理水質および経済性の観点から、湿式酸化法を用いた排水の処理において、好適である。よって、本発明の好ましい実施形態では、触媒層に含まれる触媒は、湿式酸化触媒である。

【００７６】

固体触媒の形状は、排水処理に通常用いられる形状であれば、特に制限されない。固体触媒の形状としては、ペレット状、球状、リング状などの粒状；ハニカム状などが挙げられる。

【００７７】

固体触媒の大きさは、上述の効果が得られるのであれば、特に制限されない。例えば、粒状の固体触媒の場合、平均粒径は、例えば１～３０ｍｍであり、好ましくは１．５～２０ｍｍであり、より好ましくは２～１５ｍｍである。また、固体触媒の平均粒径は、排水の分散効果の観点から、触媒層よりも排水の供給側の充填物層に含まれる充填物の平均粒径よりも小さいことが好ましい。

【００７８】

固体触媒は、１種単独でも、２種以上を組み合わせて用いてもよい。

【００７９】
触媒層の層長Ｈ４は、触媒の充填量によって決定される。触媒の充填量は、特に限定されず、目的に応じて適宜決定することができる。通常は、触媒層あたりの空間速度で０．１ｈｒ$^{-1}$～１０ｈｒ$^{-1}$、より好ましくは０．２ｈｒ$^{-1}$～５ｈｒ$^{-1}$、さらに好ましくは０．３ｈｒ$^{-1}$～３ｈｒ$^{-1}$となるように触媒の充填量を調整することが推奨される。空間速度が０．１ｈｒ$^{-1}$以上であれば、触媒の充填量を確保することができ、設備の大型化を回避することができる。また、空間速度が１０ｈｒ$^{-1}$以下であれば、反応塔内での排水の酸化・分解処理を十分に行うことができる。
【００８０】
＜第２の形態：排水の処理方法＞
本発明の別の形態によれば、排水の供給側から、少なくとも気体－液体拡散部１、気体－液体拡散部２、気体－液体拡散部３および触媒層をこの順に有する装置を用いる排水の処理方法であって、
前記排水中には気体が分散されており、
以下の（１）～（３）：
（１）前記気体－液体拡散部１～３における前記排水の滞留時間がいずれも０．５秒以上である；
（２）前記気体－液体拡散部３と前記気体－液体拡散部２とにおける排水の滞留時間の合計が５秒以上である；および
（３）前記（２）の排水の滞留時間の合計が前記気体－液体拡散部１における排水の滞留時間に対して、０．１～１００倍である、
を満たす、処理方法が提供される。
【００８１】
本形態に係る装置において、触媒層は、上述の排水の処理装置（第１の形態）に係る触媒層と同一であるため、説明を省略する。
【００８２】
本形態に係る装置は、スケール成分と気体（特に酸素）とを均一に分散する手段としての気体－液体拡散部１～３を有する。
【００８３】
気体－液体拡散部１（本明細書中、「拡散部１」とも称する）は、排水の供給側から、気体－液体分散部と気体－液体分散部との間の空間もしくは分散板と充填物層の排水の供給側の面との間の空間；または充填物層である。拡散部１は、例えば図２におけるＨ１に示される範囲に相当する。
【００８４】
気体－液体拡散部２（本明細書中、「拡散部２」とも称する）は、排水の供給側から、気体－液体分散部と気体－液体分散部との間の空間、分散板と充填物層の排水の供給側の面との間の空間もしくは充填物層の排水の排出側の面と充填物層の排水の供給側の面との間の空間；または充填物層である。拡散部２は、例えば図２におけるＨ２に示される範囲に相当する。
【００８５】
気体－液体拡散部３（本明細書中、「拡散部３」とも称する）は、排水の供給側から、気体－液体分散部と触媒層の排水の供給側の面との間の空間もしくは充填物層の排水の排出側の面と触媒層の排水の供給側の面との間の空間；または充填物層である。拡散部３は、例えば図２におけるＨ３に示される範囲に相当する。充填物層が２層構造である場合は２層の合計が拡散部３に該当し、例えば図４におけるＨ３＋Ｈ７に示される範囲に相当する。
【００８６】
本形態の処理方法において、気体－液体分散部１～３の少なくとも一つは、充填物層である。充填物層は、１層でも２層以上であってもよい。なお、本形態に係る装置の充填物層は、上述の排水の処理装置（第１の形態）が有する充填物層と同一であるため、説明を

省略する。

【００８７】

気体－液体分散部とは、撹拌効果により偏流を防止し、排水に含まれる気体の分布を均一にできる部材であり、例としては、分散板が挙げられる。本形態に係る装置の分散板は、上述の排水の処理装置（第１の形態）に係る分散板と同一であるため、説明を省略する。

【００８８】

本形態の処理方法において、排水中には気体が分散されている。本形態に係る装置は、少なくとも３つの気体－液体拡散部を有することにより、気液接触が向上して触媒の処理性能を高めることができる。

【００８９】

本形態の処理方法では、気体－液体拡散部における排水の滞留時間が上記（１）～（３）の条件を満たす。

【００９０】

以下、（１）～（３）について説明する。

【００９１】

（１）気体－液体拡散部１～３における排水の滞留時間は、いずれも０．５秒以上である。当該排水の滞留時間が０．５秒未満であると、気液の混合効果が不十分となり、本発明の効果を発現することができない。排水の滞留時間は、好ましくは２～３００秒である。

【００９２】

（２）気体－液体拡散部３と気体－液体拡散部２とにおける排水の滞留時間の合計は、５秒以上である。当該排水の滞留時間の合計が５秒未満であると、スケール成分が均一に分散されず、かつスケール成分がイオンの状態のまま触媒層に到達するため触媒表面がスケール成分で被毒されるおそれがある。前記排水の滞留時間の合計の下限は、好ましくは１０秒以上であり、より好ましくは３５秒以上であり、さらに好ましくは６０秒以上である。前記排水の滞留時間の合計の上限は、特に制限されないが、また、拡散部２と拡散部３とにおける排水の滞留時間の合計は、好ましくは２５００秒以下であり、より好ましくは１５００秒以下であり、さらに好ましくは７５０秒以下であり、特に好ましくは３００秒以下である。

【００９３】

（３）上記（２）の排水の滞留時間の合計は、前記気体－液体拡散部１における排水の滞留時間に対して、０．１～１００倍である。上記（２）の排水の滞留時間の合計は、前記気体－液体拡散部１における排水の滞留時間に対して０．１倍未満または１００倍超であると、気液の混合効果が不十分となり、スケール成分の偏流が生じるため、局所的にスケール成分が堆積して処理効率が低下する。上記（２）の排水の滞留時間の合計は、前記気体－液体拡散部１における排水の滞留時間に対して、好ましくは０．２倍以上であり、より好ましくは０．３倍以上であり、また好ましくは８０倍以下であり、より好ましくは５０倍以下である。

【００９４】

気体－液体拡散部が充填物層である場合、排水の滞留時間が０．５秒以上であれば、充填物層の空隙率を考慮する必要はない。充填物層の空隙率は、通常２０～９０容量％（充填物層の全体積基準）であり、好ましくは３０～７０容量％であり、より好ましくは３５～６０容量％である。空隙率が低くなると、充填物層における乱流度合いが高まるため、排水の滞留時間を長くしたことと同様の効果が得られる。なお、気体－液体拡散部が２層以上の充填物層で構成されていても、気体－液体拡散部における排水の滞留時間は、上記（１）～（３）の条件を満たす。

【００９５】

気体－液体拡散部における排水の滞留時間は、供給される排水の流速および装置のサイズにより、適宜制御することができる。また、排水の滞留時間は、実施例に記載の方法により算出することができる。

【００９６】

好ましい実施形態では、前記拡散部３は、空隙率２０～９０容量％（充填物層の全体積基準）の充填物層である。前記空隙率は、好ましくは３０～７０容量％であり、より好ましくは３５～６０容量％、特に好ましくは３５～５５容量％である。また、前記拡散部３が充填物層である場合、前記拡散部２および前記拡散部１は、より好ましくは充填物層ではない形態である。

【００９７】

好ましい実施形態では、前記拡散部３は、２層構造の充填物層である。充填物層が２層構造であることにより、触媒の処理性能をより高く維持することができる。

【００９８】

前記拡散部３における排水の滞留時間は、０．５秒以上であり、好ましくは５秒以上であり、より好ましくは８秒以上であり、特に好ましくは１０秒以上である。０．５秒未満では本発明の効果が十分には得られない。排水の滞留時間の上限は、特に制限されないが、滞留時間が長すぎると、触媒層へ到達した排水の気体と液体との分散性が低下するため、また、拡散部３が充填物層の場合には圧力損失が高くなりエネルギーロスが発生するのに対して効果が高くならない。したがって、拡散部３における排水の滞留時間は、好ましくは１８００秒以下であり、より好ましくは５００秒以下であり、さらに好ましくは１００秒以下であり、特に好ましくは５０秒以下である。

【００９９】

前記拡散部２における排水の滞留時間は０．５秒以上であり、拡散部２と拡散部３とにおける排水の滞留時間の合計は、５秒以上である。拡散部２における排水の滞留時間の上限は、特に制限されないが、排水の滞留時間が長すぎると、拡散部３に供給される排水中の気体と液体の分散性が低下する場合があり、また、処理する排水量に対して装置が大型になりすぎて経済的にも不利である。したがって、拡散部２における排水の滞留時間は、好ましくは７００秒以下である。

【０１００】

前記拡散部１における排水の滞留時間は、０．５秒以上であり、好ましくは１秒以上であり、より好ましくは２秒以上である。排水の滞留時間の上限は、特に制限されないが、滞留時間が長すぎると、前記拡散部２に供給される排水中の気体と液体の分散性が低下する場合があり、また、処理する排水量に対して装置が大型になりすぎて経済的にも不利である。したがって、拡散部１における排水の滞留時間の上限は、好ましくは２５００秒以下であり、より好ましくは１０００秒以下であり、さらに好ましくは６００秒以下であり、特に好ましくは３００秒以下である。

【０１０１】

一実施形態において、本形態の処理方法は、前記気体－液体拡散部１が排水の供給側の境界面に分散板１を有し、前記気体－液体拡散部２が前記気体－液体拡散部１との境界面に分散板２を有し、この際、前記分散板１および前記分散板２がそれぞれ１以上の孔を有し、前記分散板１および前記分散板２の少なくとも一方が開孔率０．００５％～３０％の多孔板構造を有する。

【０１０２】

前記多孔板構造の開孔率は、好ましくは０．０５％以上であり、より好ましくは０．１％以上であり、さらに好ましくは０．５％以上であり、特に好ましくは１％以上である。また、前記開孔率は、好ましくは１０％以下、より好ましくは５％以下である。このような範囲であることにより、撹拌効果により偏流を防止し、排水に含まれる気体の分布を均一にできる。よって、気液接触が向上して触媒の処理性能を高めることができる。

【０１０３】

分散板の開孔率の算出方法、多孔板の孔数および孔の形状は、上述の排水の処理装置（第１の形態）に係る分散板と同一であるため、説明を省略する。

【０１０４】

本発明におけるその他の反応条件として、以下の（ｉ）～（ｉｖ）が挙げられる。

【０１０５】

本形態の処理方法は、好ましくは以下の（ｉ）～（ｉｖ）をさらに満たす：
（ｉ）前記触媒層におけるＬＨＳＶが０．１ｈｒ$^{-1}$～１０ｈｒ$^{-1}$である；
（ｉｉ）前記触媒層における排水の温度が８０℃～３７０℃である；
（ｉｉｉ）前記触媒層における圧力は排水の少なくとも一部が液相を保持する圧力である；および
（ｉｖ）前記気体に含まれる酸素量が排水中の被酸化物の理論酸素要求量の０．５倍～５．０倍である。

【０１０６】
以下、（ｉ）～（ｉｖ）について説明する。

【０１０７】
（ｉ）触媒層におけるＬＨＳＶ（液空間速度：Ｌｉｑｕｉｄ　Ｈｏｕｒｌｙ　Ｓｐａｃｅ　Ｖｅｌｏｃｉｔｙ）
ＬＨＳＶは、０．１ｈｒ$^{-1}$～１０ｈｒ$^{-1}$であり、好ましくは０．２ｈｒ$^{-1}$～５ｈｒ$^{-1}$であり、さらに好ましくは０．３ｈｒ$^{-1}$～３ｈｒ$^{-1}$である。ＬＨＳＶが０．１ｈｒ$^{-1}$以上であれば、経済的に効率的な大きさの設備で実施することができる。また、ＬＨＳＶが１０ｈｒ$^{-1}$以下であれば、反応塔内での排水の酸化・分解処理を十分に行うことができる。

【０１０８】
（ｉｉ）触媒層における排水の温度
触媒層における排水の温度は、８０℃～３７０℃であり、好ましくは１００℃～２７０℃であり、より好ましくは１１０℃～２７０℃であり、特に好ましくは２００℃～２７０℃である。排水の温度が３７０℃を超えた場合、排水の液相状態を保持するために高い圧力を加えなければならず、このような場合、設備が大型化することがあり、またランニングコストが上昇することがある。排水の温度が８０℃未満では排水中の被酸化物の酸化・分解処理を効率的に行うことが困難になることがある。

【０１０９】
（ｉｉｉ）触媒層における圧力
本形態に係る装置において、触媒層における圧力は、排水の少なくとも一部が液相を保持する圧力である。排水の少なくとも一部が液相を保持するため、排水の処理温度に応じて圧力を適宜調整することが好ましい。

【０１１０】
具体的には、以下のように例示される。
・処理温度が８０℃以上、９５℃未満の場合
大気圧以上であればよく、経済性の観点から大気圧下でもよいが、処理効率を向上させるためには加圧することが好ましい
・処理温度が９５℃以上、１７０℃未満の場合
０．２～１ＭＰａ（Ｇａｕｇｅ）程度の圧力
・処理温度が１７０℃以上、２３０℃未満の場合
１～５ＭＰａ（Ｇａｕｇｅ）程度の圧力
・処理温度が２３０℃以上の場合
５ＭＰａ（Ｇａｕｇｅ）超の圧力。

【０１１１】
尚、前記処理温度の範囲における圧力の上限は目安であり、処理効率と装置の耐圧性とのバランスで決めればよい。具体的な上限値としては、２１Ｍｐａ以下であり、好ましくは１０ＭＰａ以下であり、特に好ましくは８ＭＰａ以下である。または、圧力の上限は、触媒層における排水の温度での飽和蒸気圧の２倍以下であり、好ましくは１．５倍以下である。

【０１１２】
（ｉｖ）気体に含まれる酸素量
気体に含まれる酸素量は、後述の「理論酸素要求量」の定義に基づき、排水中の被酸化

物の理論酸素要求量の０．５倍～５．０倍である。当該酸素量は、好ましくは排水中の被酸化物の理論酸素要求量の０．７倍以上であり、また、好ましくは５．０倍以下、より好ましくは３．０倍以下である。

【０１１３】

本形態の処理方法では、排水の処理装置として、上記第１の形態の処理装置を用いることが好ましい。

【０１１４】

＜本発明の具体的な態様の説明＞

以下、本発明の第１の形態である排水の処理装置（本明細書中、「本発明の排水の処理装置」とも称する）を用いて排水を処理する方法について具体的に説明する。図１は、酸化処理工程の一つとして湿式酸化処理を採用した場合の排水の処理方法の一実施態様を示す概略図であるが、本発明の一形態である排水の処理装置で用いられる処理方法をこれに限定する趣旨ではない。

【０１１５】

排水供給源から供給される排水は、排水供給ライン１０を通して排水供給ポンプ３に供給され、さらに熱交換器２に送られる。この際の空間速度は特に限定されず、触媒の処理能力によって適宜決定すればよい。

【０１１６】

本発明の排水の処理装置において、湿式酸化処理は酸素含有ガスの存在下または不存在下のいずれの条件でも行うことができるが、排水中の酸素濃度を高めると排水中に含まれる被酸化物の酸化・分解効率を向上させることができるので、排水に酸素含有ガスを混入させることが好ましい。

【０１１７】

酸素含有ガスの存在下に湿式酸化処理を行う場合には、例えば酸素含有ガスを酸素含有ガス供給ライン１１から導入し、コンプレッサー４で昇圧した後、排水が熱交換器２に供給される前に排水に混入することが好ましい。本発明において「酸素含有ガス」とは、分子状酸素および／またはオゾンを含有するガスであり、そのようなガスであれば純酸素、酸素富化ガス、空気、過酸化水素水、他のプラントで生じた酸素含有ガス等でもよく、酸素含有ガスの種類は特に限定されないが、経済的観点からこれらの中でも空気を用いることが推奨される。

【０１１８】

酸素含有ガスを排水へ供給する場合の供給量は特に限定されず、排水中の被酸化物を酸化・分解処理する能力を高めるのに有効な量を供給すればよい。酸素含有ガスの供給量は、例えば酸素含有ガス流量調節弁（図示せず）を酸素含有ガス供給ライン１１上に設けることによって排水への供給量を適宜調節することができる。好ましい酸素含有ガスの供給量は、排水中の被酸化物の理論酸素要求量の０．５倍以上、より好ましくは０．７倍以上であり、好ましくは５．０倍以下、より好ましくは３．０倍以下とすることが推奨される。

【０１１９】

なお、本発明において「理論酸素要求量」とは、排水中の有機化合物や窒素化合物などの被酸化物を窒素、二酸化炭素、水、灰分にまで酸化および／または分解するのに必要な酸素量のことであり、本発明では化学的酸素要求量（ＣＯＤ（Ｃｒ））によって理論酸素要求量を示す。

【０１２０】

熱交換器２に送られた排水は予備加熱される。但し、熱交換器２の内部で排水の１／２以上が気化するような条件では、排水中の有機物やスケール成分が熱交換器２内に堆積して、熱交換効率の低下や配管の閉塞、急速な体積膨張による出口側配管部への負荷、反応塔での液化によって引き起こされるスチームハンマー現象等による不具合が発生する場合がある。そのため、加熱温度に応じた圧力に耐えられる構造であることが好ましい。

【０１２１】

前記熱交換器２で予備加熱された排水は、加熱手段８（ヒーターまたは熱媒体）を備え

た反応塔１（本発明の排水の処理装置）に供給される。加熱手段８は、反応塔内の排水温度を、前記「（ｉｉ）触媒層における排水の温度」に記載された範囲に加熱できる能力を有していることが好ましい。

【０１２２】

また、熱交換器２および反応塔１は、前記「（ｉｉｉ）触媒層における圧力」に記載の圧力に耐えられる構造であることが好ましい。

【０１２３】

なお、排水を加熱する手順は特に限定されず、上述した通り反応塔の外部で予備加熱してから反応塔内で更に加熱してもよいし、あるいは、反応塔内のみで加熱してもよい。また排水の加熱方法についても特に限定されず、加熱器、熱交換器を用いてもよく、また反応塔内にヒーターを設置して排水を加熱してもよい。さらに蒸気などの熱源を排水に供給してもよい。

【０１２４】

加圧下で処理を行う場合には、反応塔の下流に圧力調整機構を設ければよい。例えば、図１のように気液分離器の排ガス出口側に圧力制御弁７を設けるなど、公知の手段によって制御すればよい。圧力の制御範囲は反応塔内において、前記「（ｉｉｉ）触媒層における圧力」に記載の条件を維持できるよう制御すればよい。

【０１２５】

なお、本発明で用いられる湿式酸化処理において、反応塔の数、種類、形状等は特に限定されず、反応塔を単数で、または複数組合せて用いることができる。反応塔は、単管式でも多管式であってもよい。複数の反応塔を設置する場合、目的に応じて反応塔を直列または並列にするなど任意の配置とすることができる。

【０１２６】

排水の反応塔への供給方法としては、気液上向並流、気液下向並流、気液向流など種々の形態を用いることができ、また複数の反応塔を設置する場合はこれらの供給方法を２以上組合せてもよい。

【０１２７】

反応塔において、上述した湿式酸化触媒を用いると、排水中に含まれる有機化合物、窒素化合物、および硫黄化合物のいずれか１種以上等の被酸化物の酸化・分解処理効率が向上するとともに、長期間優れた触媒活性、触媒耐久性を維持し、しかも排水は高レベルに浄化された処理水として得ることができる。

【０１２８】

複数の反応塔を用いる場合、それぞれ別の触媒を用いてもよい。また、触媒を充填した反応塔（本発明の排水の処理装置）と、触媒を用いない反応塔とを組合せることもできる。

【０１２９】

排水中の被酸化物は反応塔内で酸化・分解処理されるが、本発明において「酸化・分解処理」とは、酢酸を二酸化炭素と水にする酸化分解処理、酢酸を二酸化炭素とメタンにする脱炭酸分解処理、硫化物や水硫化物、亜硫酸塩、チオ硫酸塩を硫酸塩にする酸化処理、ジメチルスルホキシドを二酸化炭素、水、硫酸イオンなどの灰分にする酸化および酸化分解処理、尿素をアンモニアと二酸化炭素にする加水分解処理、アンモニアやヒドラジンを窒素ガスと水にする酸化分解処理、ジメチルスルホキシドをジメチルスルホンやメタンスルホン酸にする酸化処理などが例示され、即ち易分解性の被酸化物を窒素ガス、二酸化炭素、水、灰分などにまで分解する処理や、難分解性の有機化合物や窒素化合物を低分子量化する分解処理、もしくは酸化する酸化処理など種々の酸化および／または分解を含む意味である。

【０１３０】

なお、触媒を用いない湿式酸化処理を経て得られた処理液中には、被酸化物のうち難分解性の有機化合物が低分子化されて残存していることが多く、低分子化された有機化合物としては低分子量の有機酸、特に酢酸が残留していることが多い。しかし、本発明のような触媒を用いる方法では、反応温度を高める、触媒量を増やすなどによりこれらの残留量

を低減することが出来る。

【０１３１】

図１に具体的にその処理例を示すが、排水は反応塔１で酸化・分解処理された後、処理液ライン１２から処理液として取り出され、必要に応じて冷却器９で適度に冷却された後、気液分離器５によって気体と液体に分離される。その際、液面コントローラーＬＣを用いて液面状態を検出し、液面制御弁６によって気液分離器内の液面が一定となるように制御することが好ましい。また、圧力コントローラーＰＣを用いて圧力状態を検出し、圧力制御弁７によって気液分離器内の圧力が一定となるように制御することが好ましい。

【０１３２】

圧力制御弁の位置は、気液分離器の前に設置するなど、反応塔内の処理条件を維持・制御できる範囲において適宜変更することが出来る。

【０１３３】

ここで、気液分離器内の温度は、特に限定されないが、反応塔で排水を酸化・分解処理して得られた処理液中には二酸化炭素が含有されているため、例えば気液分離器内の温度を高くして排水中の二酸化炭素を放出させたり、あるいは気液分離器で分離した後の液体を空気等のガスでバブリング処理したりすることにより液体中の二酸化炭素を放出することが好ましい。

【０１３４】

処理液の温度制御には、処理液を気液分離器５に供給する前に熱交換器２、冷却器９などの冷却手段によって冷却してもよく、あるいは気液分離後に熱交換器（図示せず）や冷却器（図示せず）などの冷却手段を設けて処理液を冷却してもよい。

【０１３５】

気液分離器５で分離して得られた液体（処理液）は、処理液排出ライン１４から排出される。排出された液体はさらに生物処理や膜分離処理など種々の公知の工程に付してさらに浄化処理を施してもよい。さらに湿式酸化処理を経て得られた処理液の一部を、湿式酸化処理に付す前の排水に直接戻したり、あるいは排水供給ラインの任意の位置から排水に供給したりして湿式酸化処理に付してもよい。例えば湿式酸化処理を経て得られた処理液を排水の希釈水として用いて、排水のＴＯＤ濃度やＣＯＤ濃度を低下させてもよい。また、気液分離器５で分離して得られた気体は、ガス排出ライン１３から外界に排出される。なお、排出された排ガスをさらに別の工程に付すこともできる。また、本発明で用いられる湿式酸化処理を行うに当たり、加熱器および冷却器には熱交換器を用いることもでき、これらを適宜組合せて使用することができる。

【実施例】

【０１３６】

以下に、実施例および比較例によって本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【０１３７】

［実施例１］

実施例１の反応塔の詳細を図２に示す。直径６００mm、長さ９０００mmの円筒状である反応塔１に設置された、グリッドおよび金網からなる支持座の上に、直径６mm、長さ５～８mm（平均長さ６．５mm）の円柱状のＳＵＳ製ペレット（平均粒径８．５mm）を高さ方向で１００mm（Ｈ３）充填した（下部充填物層１６；拡散部３）。このペレットの比重は、約７．９であり、空隙率は４３％であった。

【０１３８】

次に、下部充填物層１６の上に固体触媒を２０００リットル、高さ方向で７０７４mm（Ｈ４）充填した（触媒層１７）。使用した固体触媒は、主成分としてチタニアと白金とからなる触媒で、それぞれの重量比がTiO_2：Ｐｔ換算で９９．０：１．０であった。また、該固体触媒の形状は、直径４mmφ×長さ６mmのペレット状であった（平均粒径７．２mm）。そして、この触媒層１７の上に、上記と同じＳＵＳ製ペレットを高さ方向で３００mm（Ｈ５）充填した（上部充填物層１８）。

【０１３９】
下部充填物層１６の下側（上流側）には多孔板１５－１（気体－液体分散部）および衝突板付単孔板１５－２（気体－液体分散部）が配置されており、これら分散板の間の空間（拡散部１）の距離は、９５０ｍｍ（Ｈ１）であり、衝突板付単孔板１５－２と下部充填物層１６の排水の供給側の面との間の空間（拡散部２）の距離は、１０ｍｍ（Ｈ２）であり、多孔板１５－１から触媒層１７入口（境界面）までの距離は、１１０ｍｍ（Ｈ６）であった。多孔板の開孔率は、２．２％であり、多孔板には、１ｍ^{2}あたり５３個の孔を均等に配置した。
【０１４０】
（排水処理試験）
図１に示す排水の処理方法において、反応塔１として実施例１の反応塔を使用し、下記の条件下にて合計１０００時間排水処理を実施した。排水供給ライン１０より送られてくる排水を、排水供給ポンプ３で４ｍ^3／ｈｒの流量で昇圧し、フィードした後、熱交換器２および電気ヒーター（加熱手段８）で反応塔の最高温度が２５０℃となるように調節して、反応塔１の底より供給した。また、酸素含有ガス供給ライン１１より空気を供給し、コンプレッサー４で昇圧した後、O_2／ＣＯＤ（Ｃｒ）（空気中の酸素量／化学的酸素要求量）＝１．５の割合となるように熱交換器２の手前から供給し、該排水に混入した。触媒層におけるＬＨＳＶは、２．０ｈｒ$^{-1}$であった。湿式酸化処理後の処理液を、処理液ライン１２を経て冷却器９で冷却した後、気液分離器５により気液分離処理を行った。気液分離器５においては、液面コントローラ（ＬＣ）により液面を検出して液面制御弁６を作動させて一定の液面を保持するとともに、圧力コントローラ（ＰＣ）により圧力を検出して圧力制御弁７を作動させて７ＭＰａＧの圧力を保持するように操作した。そして、この様にして処理した処理液を、処理液排出ライン１４から排出した。処理開始時の反応塔入口圧力（ＰＩ）は、７．２ＭＰａＧであった。
【０１４１】
処理に供した排水は、ＣＯＤ（Ｃｒ）＝４３ｇ／Ｌ、ｐＨ１１であり、スケール成分としてＣａを２５ｍｇ／Ｌ、Ｆｅを１ｍｇ／Ｌ含有していた。
【０１４２】
（ＣＯＤ（Ｃｒ）処理率）
１０００時間反応後のＣＯＤ（Ｃｒ）処理率は、８５％であった。ＣＯＤ（Ｃｒ）処理率は、下記の式を用いて算出した。
【０１４３】
【数２】

$$\mathrm{COD(Cr)処理率[\%]} = \frac{\text{排水のCOD(Cr)} - \text{処理液のCOD(Cr)}}{\text{排水のCOD(Cr)}} \times 100$$

【０１４４】
（スケール成分の付着）
触媒を抜き出してスケール成分付着状況について目視で確認し、以下の基準に従って評価したところ、Ｂであった。
【０１４５】
Ａ：ほとんど付着が見られなかった
Ｂ：わずかに付着が見られた
Ｃ：明らかに付着（褐色）が見られた。
【０１４６】
（排水の滞留時間）
拡散部１～３における排水の滞留時間は、以下の式を用いて算出した。拡散部１～３における排水の滞留時間を表１－２に示す。
【０１４７】

【数３】
排水の滞留時間（秒）＝拡散部の層長（ｍｍ）÷排水の流速（ｍｍ／秒）

【０１４８】
［実施例２～７］
実施例２～７では、実施例１の反応塔において、多孔板１５－１と衝突板付単孔板１５－２との間の距離Ｈ１および多孔板１５－１から下部充填物層１６入口までの距離Ｈ２の値を表１－１に示す値に変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。１０００時間後の処理率および触媒へのスケール成分付着状況を表１－１、ならびに排水の滞留時間を表１－２に示す。
【０１４９】
［実施例８～９］
実施例８～９では、実施例４の反応塔において、Ｈ１の値を表２－１に示すように変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。１０００時間後の処理率および触媒へのスケール成分付着状況を表２－１、ならびに排水の滞留時間を表２－２に示す。
【０１５０】
［比較例１］
比較例１では、実施例１の反応塔において、Ｈ１の値を１２００mmに変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。１０００時間後の処理率および触媒へのスケール成分付着状況を表３－１、ならびに排水の滞留時間を表３－２に示す。
【０１５１】
［比較例２］
比較例２では、実施例１の反応塔において、Ｈ１およびＨ２の値を表３－１に示す値に変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。１０００時間後の処理率および触媒へのスケール成分付着状況を表３－１、ならびに排水の滞留時間を表３－２に示す。
【０１５２】
［比較例３］
比較例３では、実施例１の反応塔において、Ｈ１およびＨ２の値を表３－１に示す値に変更し、また下部充填物層１６を充填しなかった反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。１０００時間後の処理率および触媒へのスケール成分付着状況を表３－１、ならびに排水の滞留時間を表３－２に示す。
【０１５３】
【表１－１】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
H1 ［mm］	950	700	750	150	10	10	10
H2 ［mm］	10	60	160	240	390	690	840
H3 ［mm］	100	←	←	←	←	←	←
H4 ［mm］	7074	←	←	←	←	←	←
H5 ［mm］	300	←	←	←	←	←	←
H6 ［mm］	110	160	260	340	490	790	940
H6／H1	0．12	0．23	0．35	2．3	49	79	94
処理率[%]※	85	87	89	92	89	86	85
触媒へのスケール成分析出	B	B	A	A	A	B	B

※1000時間後のCOD（Cr）処理率

【０１５４】

【表１－２】

	実施例１	実施例２	実施例３	実施例４	実施例５	実施例６	実施例７
(a)拡散部1における排水の滞留時間[秒]	242	178	191	38.2	2.5	2.5	2.5
(b)拡散部2における排水の滞留時間[秒]	2.5	15.3	40.7	61.1	99.2	175.6	213.8
(c)拡散部3における排水の滞留時間[秒]	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
(b)＋(c)[秒]	27.9	40.7	66.1	86.5	124.6	201.0	239.2
{(b)＋(c)}／(a)	0.12	0.23	0.35	2.3	49.8	80.4	95.7

【０１５５】
【表２－１】

	実施例４	実施例８	実施例９
H1 [mm]	150	900	25
H2 [mm]	240	←	←
H3 [mm]	100	←	←
H4 [mm]	7074	←	←
H5 [mm]	300	←	←
H6 [mm]	340	340	340
H6／H1	2.3	0.38	14
処理率[%]※	92	89	91
触媒へのスケール成分析出	A	B	A

※１０００時間後のＣＯＤ(Cr)処理率

【０１５６】
【表２－２】

	実施例４	実施例８	実施例９
(a)拡散部1における排水の滞留時間[秒]	３８．２	２２９	６．４
(b)拡散部2における排水の滞留時間[秒]	６１．１	←	←
(c)拡散部3における排水の滞留時間[秒]	２５．４	←	←
(b)＋(c)[秒]	８６．５	８６．５	８６．５
{(b)＋(c)}／(a)	２．３	０．３８	１４

【０１５７】

【表３－１】

	比較例１	比較例２	比較例３
H1［mm］	1200	5	100
H2［mm］	10	500	100
H3［mm］	100	←	
H4［mm］	7074	←	←
H5［mm］	300	←	←
H6［mm］	110	600	100
H6／H1	0．09	120	1．00
処理率[%]※	56	65	45
触媒へのスケール成分析出	C	C	C

※1000時間後のCOD（Cr）処理率

【０１５８】

【表３－２】

	比較例１	比較例２	比較例３
（a）拡散部1における排水の滞留時間[秒]	305	1．3	25．4
（b）拡散部2における排水の滞留時間[秒]	2．5	127．2	25．4
（c）拡散部3における排水の滞留時間[秒]	25．4	25．4	0．0
（b）＋（c）[秒]	27．9	152．6	25．4
{（b）＋（c）}／（a）	0．09	117．4	1．00

【０１５９】

表１－１および２－１に示すように、実施例１～９では、Ｈ６およびＨ６／Ｈ１を所定の範囲とすることにより、触媒へのスケール成分析出を抑制でき、よって触媒の処理性能を高く維持できることが分かる。一方、表３－１に示すように、比較例１～３では、Ｈ６／Ｈ１またはＨ６の値のいずれかが本発明の範囲に含まれないため、触媒にスケール成分が明らかに付着し、また触媒性能が低下したことが分かる。

【０１６０】

また、表１－２および２－２に示すように、実施例１～９では、（１）拡散部１～３における排水の滞留時間、（２）拡散部３と拡散部２とにおける排水の滞留時間の合計、および（３）拡散部１における排水の滞留時間に対する前記（２）の排水の滞留時間の合計を所定の範囲とすることにより、触媒へのスケール成分析出を抑制でき、よって触媒の処理性能を高く維持できることが分かる。一方、表３－２に示すように、比較例１～３では、上記（１）～（３）のいずれか１つを満たさないため、触媒にスケール成分が明らかに付着し、また触媒性能が低下したことが分かる。

【０１６１】

［実施例１０～１４］

実施例１０～１４では、実施例４の反応塔において、分散板１５－１として設置した多孔板の開孔率および１ｍ^{2}あたりの多孔板の孔数を表４に示す値に変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。

【０１６２】

多孔板の開孔率は、以下の式により算出された値である。

【０１６３】

【数４】

$$開孔率[\%]=\frac{孔全体の断面積}{分散板全体の断面積}\times 100$$

【０１６４】
結果を表４に示す。
【０１６５】
【表４】

	実施例４	実施例１０	実施例１１	実施例１２	実施例１３	実施例１４
開孔率[%]	２．２	０．３０	０．３５	１０．４	２．２	２．２
１m^2あたり孔数[個／m^2]	５３	５３	５３	５３	２１	１０６
処理率[%]※	９２	８５	８８	８７	８８	９０
触媒へのスケール成分析出	Ａ	Ｂ	Ｂ	Ｂ	Ａ	Ａ

※１０００時間後のＣＯＤ（Ｃｒ）処理率

【０１６６】
表４に示すように、触媒の処理性能および触媒へのスケール成分析出は、多孔板の開孔率および１m^2あたりの孔数により制御できることが分かる。
【０１６７】
［実施例１５－１～１５－４］
実施例１５－１～１５－４の反応塔の詳細を図３－１～３－４に示す。Ｈ１～Ｈ６の値は、表５－１に示すように、実施例４の反応塔と同じ値である。分散板１５－１および１５－２について、以下のように変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。結果を表５－１および５－２に示す。
【０１６８】
図３－１（実施例１５－１）：分散板１５－１を衝突板付単孔板、分散板１５－２を多孔板となるように配置した装置
図３－２（実施例１５－２）：分散板１５－１および１５－２を多孔板とした装置
図３－３（実施例１５－３）：分散板１５－１および１５－２を衝突板付単孔板とした装置
図３－４（実施例１５－４）：衝突板付単孔板（１５－４）と多孔板（１５－３）とを、さらにもう１枚ずつ配置した装置。分散板１５－３と分散板１５－４との間隔を１５０ｍｍ、分散板１５－２と分散板１５－３との間隔を３００ｍｍとした。
【０１６９】
［比較例４］
比較例４の反応塔は、図３－５に示すとおり、分散板として多孔板を１枚のみ配置した装置である。Ｈ２～Ｈ６の値は、表５－１に示すように、実施例４の反応塔と同じ値である。この反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。結果を表５－１および５－２に示す。
【０１７０】

【表５－１】

	実施例４	実施例１５－１	実施例１５－２	実施例１５－３	実施例１５－４	比較例４
H1［mm］	150	←	←	←	←	
H2［mm］	240	←	←	←	←	←
H3［mm］	100	←	←	←	←	←
H4［mm］	7074	←	←	←	←	←
H5［mm］	300	←	←	←	←	←
H6［mm］	340	←	←	←	←	←
H6／H1	2．3	←	←	←	←	
処理率[%]※	92	90	88	87	93	50
触媒へのスケール成分析出	A	B	B	B	A	C

※１０００時間後のＣＯＤ（Ｃｒ）処理率

【０１７１】

【表５－２】

	実施例４	実施例１５－１	実施例１５－２	実施例１５－３	実施例１５－４	比較例４
(a)拡散部1における排水の滞留時間[秒]	38．2	←	←	←	←	
(b)拡散部2における排水の滞留時間[秒]	61．1	←	←	←	←	←
(c)拡散部3における排水の滞留時間[秒]	25．4	←	←	←	←	←
(b)＋(c)[秒]	86．5	←	←	←	←	←
{(b)＋(c)}／(a)	2．3	←	←	←	←	

【０１７２】

表５－１および５－２に示すように、下部充填物層の排水の流れに対して上流側（排水の供給側）に２枚の分散板を設置することにより、触媒へのスケール成分析出を抑制でき、よって触媒の処理性能を高く維持できることが分かる。また、実施例４では、分散板２として多孔板（分散板１５－２）、分散板１として衝突板付単孔板（分散板１５－１）を設置することにより、実施例１５－１～１５－３と比べて、触媒へのスケール成分析出をより抑制でき、よって触媒の処理性能をより高く維持できることが分かる。さらに、実施例４と実施例１５－４とを対比すると、分散板を増設すれば、本発明の効果が高められることが分かる。

【０１７３】

［実施例１６］

実施例１６では、実施例４の反応塔において、Ｈ３の値を２００ｍｍに変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。結果を表６－１および６－２に示す。

【０１７４】

［実施例１７］

実施例１７の反応塔の詳細を図４に示す。下部充填物層１６（Ｈ３：１７０ｍｍ；充填物層１）の上に、第２充填物層１９（充填物層２）として直径８．０ｍｍの球状のＳＵＳボールを高さ方向で３０ｍｍ（Ｈ７）充填した。このＳＵＳボールの比重は、約８．２であり、第２充填物層１９の空隙率は、４１％であった。この反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。結果を表６－１および６－２に示す。

【０１７５】

［実施例１８～２０］

実施例１８～２０では、実施例１７の反応塔において、Ｈ７の値を表６－１に示す値に変更した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。結果を表６－１および６－２に示す。

【０１７６】

［実施例２１］

実施例２１では、実施例１８の反応塔の第２充填物層１９（充填物層２）において、ＳＵＳボールの代わりに、直径７．５mmの球状のジルコニアボールを高さ方向で１００mm（Ｈ７）充填した反応塔を用いて、上記排水処理試験を行った。ジルコニアボールの比重は、約５．３であり、第２充填物層１９（充填物層２）の空隙率は４１％であった。結果を表６－１および６－２に示す。

【０１７７】

【表６－１】

	実施例16	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	実施例21
H1 ［mm］	150	←	←	←	←	←
H2 ［mm］	240	←	←	←	←	←
H3 ［mm］	200	170	100	100	100	100
H4 ［mm］	7074	←	←	←	←	←
H5 ［mm］	300	←	←	←	←	←
H6 ［mm］	440	440	440	640	840	440
H7 ［mm］	0	30	100	300	500	100
ボール材質	SUS	SUS	SUS	SUS	SUS	ジルコニア
H6／H1	2．9	2．9	2．9	4．3	5．6	2．9
処理率[%]※	92	93	95	94	92	96
触媒へのスケール成分析出	A	A	A	A	A	A

※1000時間後のCOD（Cr）処理率

【０１７８】

【表６－２】

	実施例16	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	実施例21
（a）拡散部1における排水の滞留時間[秒]	38．2	←	←	←	←	←
（b）拡散部2における排水の滞留時間[秒]	61．1	←	←	←	←	←
（c）拡散部3における排水の滞留時間[秒]	50．9	50．9	50．9	101．8	152．7	50．9
（b）＋（c）[秒]	112．0	112．0	112．0	162．9	213．8	112．0
{（b）＋（c）}／（a）	2．9	2．9	2．9	4．3	5．6	2．9

【０１７９】

表６－１および６－２に示すように、下部充填物層（拡散部３）を２層構造とすることにより、触媒の処理性能をより高く維持できることが分かる。また、実施例２１では、実施例１８と比較して、第２充填物層１９にセラミック製の充填物を使用することにより、触媒の処理性能がより高く維持できることから、触媒へのスケール成分の析出をさらに抑制できると考えられる。

【符号の説明】

【０１８０】

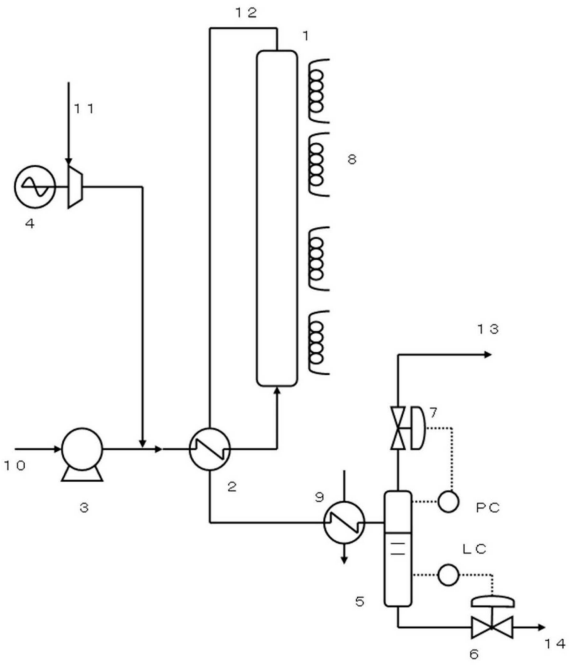
１　反応塔

２　熱交換器

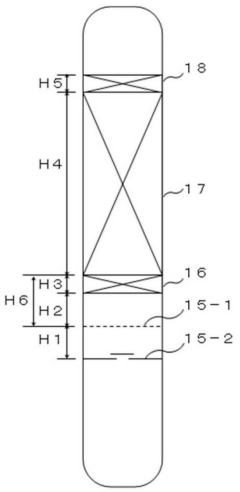
３　排水供給ポンプ
４　コンプレッサー
５　気液分離器
６　液面制御弁
７　圧力制御弁
８　加熱手段（ヒーターまたは熱媒体）
９　冷却器
１０　排水供給ライン
１１　酸素含有ガス供給ライン
１２　処理液ライン
１３　ガス排出ライン
１４　処理液排出ライン
１５　分散板
１６　下部充填物層
１７　触媒層
１８　上部充填物層
１９　第２充填物層

【図面】

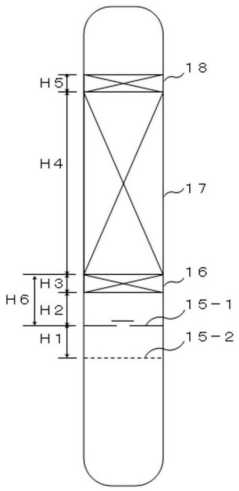
【図１】



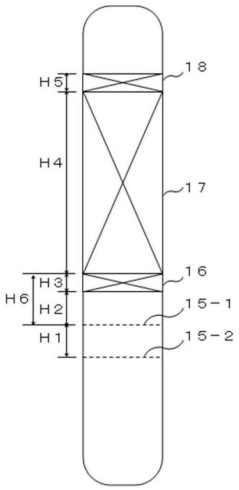
【図２】



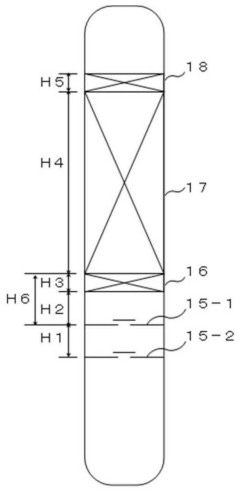
【図３－１】



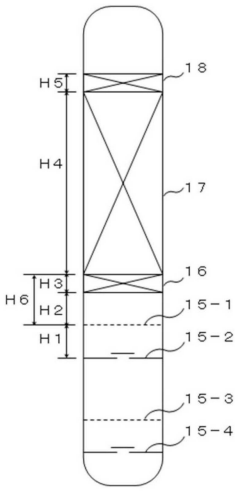
【図３－２】



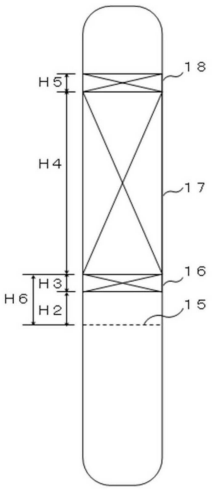
【図３－３】



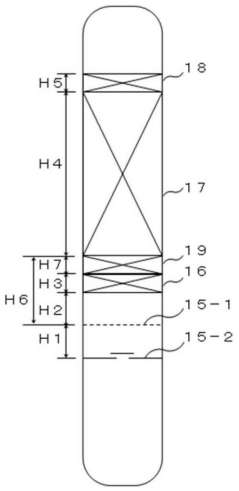
【図３－４】



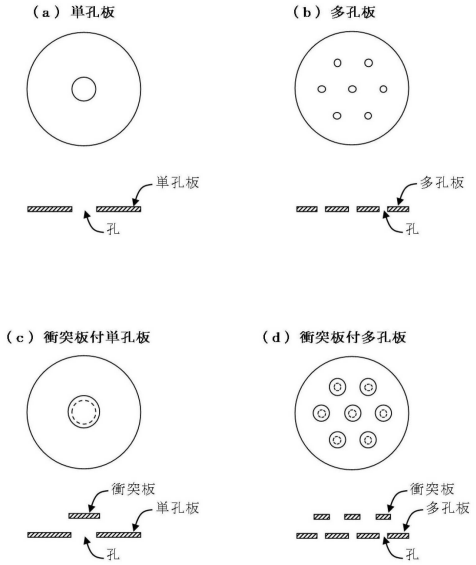
【図３－５】


H5
H4
H3
H6
H2
18
17
16
15

【図４】


H5
H4
H7
H3
H6
H2
H1
18
17
19
16
15-1
15-2

【図５】


（a）単孔板
単孔板
孔
（b）多孔板
多孔板
孔
（c）衝突板付単孔板
衝突板
単孔板
孔
（d）衝突板付多孔板
衝突板
多孔板
孔

フロントページの続き

(56)参考文献　　特開２００３－２３６５６７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２４６４８７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－２２３５３４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０２Ｆ　１／７０－ １／７８
Ｂ０１Ｊ　２１／００－３８／７４