

明 細 書

発明の名称： 活性炭スラリーの供給方法

技術分野

[0001] 本発明は、活性炭スラリーの供給方法に関するものであり、特に、活性炭スラリーからのスケール析出を良好に抑制し得る、活性炭スラリーの供給方法に関するものである。

背景技術

[0002] 活性炭の吸着作用によって被処理水の水質を向上させる水処理において、活性炭を粉砕することにより活性炭の吸着性能を高める技術が知られている。例えば、特許文献1では、乾燥状態であるドライ粉末活性炭を乾式粉砕し、微粉化された活性炭を乾燥状態のまま溶解水と混合して活性炭のスラリーを得ている。そして、特許文献1では、乾式粉砕機を用いて活性炭を微粉化し、活性炭について安定的にシャープな粒度分布を得ることで活性炭の吸着性能を良好に高めている。また、特許文献2では、活性炭を所定の粒度に湿式粉砕し、湿式粉砕された活性炭を含む懸濁水を被処理水に添加することにより、活性炭微粒子の二次凝集を抑制しつつ活性炭の吸着性能を十分に活用している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5910973号公報
特許文献2：特許第4468895号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、粉砕処理が施された活性炭を用いている上記従来の水処理技術について本発明者らが検討を重ねたところ、粉砕された活性炭を水の存在下で活性炭スラリーの状態で移送すると、活性炭自体に元来含有されているカルシウム化合物が水中に大量に溶け出して、例えば炭酸カルシウムなどのカル

シウム化合物のスケールが発生し易くなることが新たに分かった。

- [0005] そこで、本発明は、粉碎した活性炭および水を含む活性炭スラリーであっても、当該活性炭スラリーからのスケール析出を良好に抑制し得る、活性炭スラリーの供給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

- [0006] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を行った。ここで、本発明者らは、活性炭スラリーからのスケール析出の問題は、粉碎されて粒子径が小さくなった活性炭と水とがより大きな面積で接触することにより、カルシウム化合物が水中により大量に溶け出し易くなることに起因するのではないかと考えた。そして、本発明者らは、粉碎された原料活性炭（粉碎活性炭）と原料水とを含む活性炭スラリーを所定地点まで移送する活性炭スラリーの供給方法において、所定のタイミングで酸を添加すれば、微粉化した活性炭を含む活性炭スラリーであってもスケール析出を良好に抑制し得ることを見出し、本発明を完成させた。

- [0007] 即ち、この発明は、上記課題を有利に解決することを目的とするものであり、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーを得る工程Aと、前記活性炭スラリーを希釈水との混合地点または被処理水との混合地点まで移送する工程Bと、を含む活性炭スラリーの供給方法であって、前記工程Aは、原料活性炭を粉碎機で粉碎して前記原料活性炭の粒子径よりも小さな粒子径を有する前記粉碎活性炭を調製する工程A1と、前記原料水および前記原料活性炭、或いは、前記原料水および前記粉碎活性炭を混合機で混合する工程A2と、を順不同で有し、少なくとも前記工程Aの終了前に酸を添加する工程Cを更に含むことを特徴とする。このように、工程Aの終了前、つまり、活性炭スラリーを調製している段階などの活性炭スラリーを得る前の段階で酸を添加すれば、原料活性炭が粉碎された粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーであっても、スケール析出を良好に抑制しつつ、活性炭スラリーを所定地点（希釈水との混合地点、または、希釈水と混合することなく被処理水と混合する場合には被処理水と

の混合地点)まで供給することができる。

ここで、本発明において、「工程Aの終了前」は、工程A2の後に工程A1が行われる湿式粉砕法においては「工程A1の終了前」(つまり、例えば、後述する活性炭懸濁水中の原料活性炭を粉砕して粉砕活性炭を調製しつつ活性化スラリーを得る前の段階)とすることができる。また、本発明において、「工程Aの終了前」は、工程A1の後に工程A2が行われる乾式粉砕法においては「工程A2の終了前」(つまり、例えば、後述する原料水および粉砕活性炭を含む粉砕活性炭水を混合して活性化スラリーを得る前の段階)とすることができる。

なお、本発明において、原料活性炭および粉砕活性炭の「粒子径」は、レーザー回折散乱法にて測定した粒子径分布(体積基準)において、小径側から計算した累積体積が50%となる体積平均粒子径(D50)を指す。

[0008] ここで、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記工程Cにおける酸の添加量を決定する工程Dを更に含み、前記工程Dは、前記工程A1または前記工程A2のいずれか後の工程の開始から前記工程Bの終了までに要する時間を求める工程D1と、活性炭スラリーに含有させる酸の量および活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間の関係に基づき、前記待ち時間が前記工程D1で求めた時間超になる酸の量を前記工程Cにおける酸の添加量として決定する工程D2と、を含むことが好ましい。工程Cにて、工程D1および工程D2に従って決定した量の酸を添加すれば、活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間を利用して活性炭スラリーからのスケール析出を確実に抑制しつつ、活性炭スラリーをより良好に供給することができるからである。

なお、本発明において、「工程Bの終了までに要する時間」とは、活性炭スラリーを希釈水で希釈することなく被処理水と混合する場合には被処理水との混合地点まで活性炭スラリーを移送するのに要する時間を指し、活性炭スラリーを希釈水と混合してから被処理水と混合する場合には希釈水との混合地点まで活性炭スラリーを移送するのに要する時間を指す。

[0009] また、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記工程 D 2 で決定する酸の添加量が、活性炭スラリーのランゲリア指数をゼロとするために必要な酸の量以下であることが好ましい。添加する酸の添加量を、待ち時間が工程 D 1 で求めた時間超になる酸の量にして活性炭スラリーからのスケール析出を確実に抑制するに当たり、当該酸の量を上記上限以下とすれば、より少量の酸を用いて活性炭スラリーからのスケール析出を効率的に抑制し、活性炭スラリーを更に良好に供給することができるからである。

なお、本発明において、「ランゲリア指数」とは、例えば、Langelier, W. F. 著、"The Analytical Control of Anticorrosion Water Treatment"、J. American Water Works、第 28 巻、1936 年発行、p. 1500 に記載の通り、水中での炭酸カルシウムの飽和度を示す指標である。

そして、本発明において、「ランゲリア指数」は、厚生労働省・水道課公示の方法（水質管理目標設定項目の検査方法－平成 15 年 10 月 10 日付健水発第 101001 号－別添 4）に従って算出することができる。

[0010] また、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記工程 A では前記工程 A 1 の後に前記工程 A 2 を行い、前記工程 A 2 では、前記工程 A 1 で得られた粉碎活性炭および前記原料水を含む粉碎活性炭水を混合機で混合して前記活性炭スラリーを得、前記工程 C では、前記混合機に流入する前の原料水および前記混合機中の粉碎活性炭水の少なくとも一方に酸を添加することが好ましい。活性炭スラリーの供給方法において、工程 A 1 の後に工程 A 2 を行う乾式粉碎法を取り入れた場合には、粒子径が小さくなった粉碎活性炭と原料水とが混合により粉碎活性炭水中で大きな面積で接触することに伴い、カルシウム化合物が水中に大量に溶け出し易い。従って、上記のように、混合機に流入する前の原料水および混合機中の粉碎活性炭水の少なくとも一方に酸を添加すれば、粉碎活性炭と原料水との接触によりカルシウム化合物が水中に大量に溶け出す前に酸添加を行うことができるため、活性炭スラリーからのスケール析出をより良好に抑制することができるからである。

[0011] また、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記工程 C では、少なくとも

も前記混合機に流入する前の原料水に酸を添加することが好ましい。このように、活性炭スラリーの供給方法において乾式粉碎法を取り入れた場合に、少なくとも混合機に流入する前の原料水に酸を添加すれば、粉碎活性炭と原料水とが接触してカルシウム化合物が水中に大量に溶け出す前に確実に酸添加を行うことができる。従って、活性炭スラリーからのスケール析出を更に良好に抑制することができるからである。

[0012] また、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記工程 A では前記工程 A 2 の後に前記工程 A 1 を行い、前記工程 A 1 では、前記原料活性炭および前記原料水が混合された活性炭懸濁水中の原料活性炭を粉碎機で粉碎して前記活性炭スラリーを得、前記工程 C では、前記原料水、前記粉碎機に流入する前の前記活性炭懸濁水および前記粉碎機中の前記活性炭懸濁水の少なくとも一つに酸を添加することが好ましい。活性炭スラリーの供給方法において、工程 A 2 の後に工程 A 1 を行う湿式粉碎法を取り入れた場合には、活性炭懸濁水中の原料活性炭が粉碎されて粒子径が小さくなった粉碎活性炭と原料水とが大きな面積で接触されることに伴い、カルシウム化合物が水中に大量に溶け出し易い。従って、上記のように、原料水、粉碎機に流入する前の活性炭懸濁水および粉碎機中の活性炭懸濁水の少なくとも一つに酸を添加すれば、活性炭懸濁水中での原料活性炭の粉碎によりカルシウム化合物が水中に大量に溶け出す前に酸添加を行うことができるため、活性炭スラリーからのスケール析出をより良好に抑制することができるからである。

[0013] また、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記工程 C では、前記原料水および前記粉碎機に流入する前の前記活性炭懸濁水の少なくとも一方に酸を添加することが好ましい。このように、活性炭スラリーの供給方法において湿式粉碎法を取り入れた場合に、原料水および粉碎機に流入する前の活性炭懸濁水の少なくとも一方に酸を添加すれば、活性炭懸濁水中で粉碎された原料活性炭（粉碎活性炭）から水中にカルシウム化合物が大量に溶け出す前に確実に酸添加を行うと共に、粉碎機に供給する前の活性炭懸濁水からのスケール析出も抑制することができる。従って、活性炭スラリーからのスケー

ル析出を更に良好に抑制することができるからである。

- [0014] そして、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、前記酸が二酸化炭素または硫酸であることが好ましい。酸として二酸化炭素または硫酸を用いれば、例えば、活性炭スラリーの供給に使用する金属配管等が腐食することを抑制できると共に、活性炭スラリーを飲み水等の浄水処理用に好適に用いることができるからである。

発明の効果

- [0015] 本発明によれば、粉碎した活性炭および水を含む活性炭スラリーであっても、当該活性炭スラリーからのスケール析出を良好に抑制し得る、活性炭スラリーの供給方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1A]本発明に従った乾式粉碎法を取り入れた代表的な活性炭スラリーの供給フローを示すブロック図である。

[図1B]本発明に従った湿式粉碎法を取り入れた代表的な活性炭スラリーの供給フローを示すブロック図である。

[図2A]図1Aに示す活性炭スラリーの供給フロー中の工程Cにおいて、乾式粉碎法の場合における、原料水に酸を添加する場合の酸の添加位置を示す説明図である。

[図2B]図1Bに示す活性炭スラリーの供給フロー中の工程Cにおいて、湿式粉碎法の場合における、原料水に酸を添加する場合の酸の添加位置を示す説明図である。

[図3A]図1Aに示す活性炭スラリーの供給フロー中の工程Cにおいて、乾式粉碎法の場合における粉碎活性炭水に酸を添加する場合の酸の添加位置を示す説明図である。

[図3B]図1Bに示す活性炭スラリーの供給フロー中の工程Cにおいて、湿式粉碎法の場合における粉碎機に流入する前の活性炭懸濁水に酸を添加する場合の酸の添加位置を示す説明図である。

[図4]湿式粉碎法を取り入れた図1Bに示す活性炭スラリーの供給フロー中の

工程Cにおいて、粉碎機中の活性炭懸濁水に酸を添加する場合の酸の添加位置を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態について、図面に基づき詳細に説明する。なお、各図において同一の記号を付したものは、同一の構成要素を示すものとする。また、本発明は、以下に示す実施形態に限定されない。

[0018] (活性炭スラリーの供給方法)

ここで、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、例えば、上水処理、用水処理、下水処理、排水処理などの各種水処理において被処理水を活性炭処理する際に活性炭を供給する方法として使用することができる。なお、本発明の方法で供給する活性炭スラリーは、粉碎活性炭および原料水を含んでおり、活性炭スラリー中に含まれている活性炭の比表面積が大きいので、被処理水の不快臭および不快味などを効率的に低減することができる。従って、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、上述した中でも、上水道における活性炭処理といった浄水プロセスに特に好適に使用することができる。

[0019] 本発明の活性炭スラリーの供給方法は、粉碎活性炭を調製する工程A1および原料水を混合する工程A2を順不同で有し、粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーを得る工程Aと、活性炭スラリーを所定の地点まで移送する工程Bと、少なくとも前記工程Aの終了前に酸を添加する工程Cとを含むことを必要とする。また、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、上記工程Cにおける酸の添加量を決定する工程Dを更に含むことが好ましい。

[0020] 図1には、本発明に従った、(A)乾式粉碎法および(B)湿式粉碎法を取り入れた代表的な活性炭スラリーの供給フロー1を示す。

図1(A)に示す乾式粉碎法を取り入れた活性炭スラリーの供給フロー1では、まず、原料活性炭が配管11を通じて粉碎機3に流入される。流入された原料活性炭は粉碎機3中で粉碎され、原料活性炭の粒子径よりも小さな粒子径を有する粉碎活性炭が粉碎機3から流出される<工程A1>。次に、粉碎機3から流出された粉碎活性炭は配管31を通じて混合機2に流入され

ると共に、原料水も配管 1 2 を通じて混合機 2 に流入され、混合機 2 中で粉碎活性炭および原料水を含む粉碎活性炭水が得られる。更に、粉碎活性炭は混合機 2 中で攪拌などにより良好に混合され、粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーが混合機 2 から流出される<工程 A 2>。

ここで、図 1 (A) に示す乾式粉碎法を取り入れた活性炭スラリーの供給フロー 1 では、通常、上記工程 A 2 の終了（つまり、粉碎活性炭と原料水とを含む粉碎活性炭水の混合が終了して活性炭スラリーが得られること）が「工程 A の終了」に相当する。なお、得られた粉碎活性炭は、粉碎機 3 および混合機 2 の間の任意の箇所に設けられた貯留槽（図示せず）に一旦貯留されてもよい。そして、混合機 2 から流出された活性炭スラリーは、図 1 (A) に実線で示すように、希釈水と混合されることなく、配管 2 1 を通じて被処理水との混合機 5 まで移送され、被処理水と混合されてもよいし、図 1 (A) に破線で示すように、配管 2 1 を通じて希釈水との混合機 4 まで移送され、希釈水と混合された後に、更に、配管 4 1 を通じて被処理水との混合機 5 まで移送され、被処理水と混合されてもよい。

[0021] また、図 1 (B) に示す湿式粉碎法を取り入れた活性炭スラリーの供給フロー 1 では、まず、原料活性炭が配管 1 1 を通じて混合機 2 に流入されると共に、原料水も配管 1 2 を通じて混合機 2 に流入される。流入された原料活性炭および原料水は混合機 2 中で混合され、活性炭懸濁水として混合機 2 から流出される<工程 A 2>。次に、混合機 2 から流出した活性炭懸濁水は配管 2 1 を通じて粉碎機 3 に流入される。粉碎機 3 に流入された活性炭懸濁水中の原料活性炭は粉碎され、原料活性炭の粒子径よりも小さな粒子径を有する粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーが粉碎機 3 から流出される<工程 A 1>。

ここで、図 1 (B) に示す湿式粉碎法を取り入れた活性炭スラリーの供給フロー 1 では、通常、上記工程 A 1 の終了（つまり、活性炭懸濁水中の原料活性炭の粉碎が終了して活性炭スラリーが得られること）が「工程 A の終了」に相当する。なお、得られた活性炭懸濁水は、混合機 2 および粉碎機 3 の

間の任意の箇所に設けられた貯留槽 20（図 3（B）参照）に一旦貯留されてもよい。そして、粉碎機 3 から流出された活性炭スラリーは、図 1（B）に実線で示すように、希釈水と混合されることなく、配管 31 を通じて被処理水との混合機 5 まで移送され、被処理水と混合されてもよいし、図 1（B）に破線で示すように、配管 31 を通じて希釈水との混合機 4 まで移送され、希釈水と混合された後に、更に、配管 41 を通じて被処理水との混合機 5 まで移送され、被処理水と混合されてもよい。

[0022] 以下、各工程についてより詳細に説明する。

<工程 A>

図 1 には、活性炭スラリーの供給フローにおける工程 A の範囲を示す。工程 A では、粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーを得る。また、工程 A では、活性炭スラリーを得るにあたり、粉碎活性炭を調製する工程 A1、並びに、原料活性炭または粉碎活性炭と原料水とを混合する工程 A2 を順不同で有する。例えば、乾式粉碎法を取り入れて活性炭スラリーを得る場合には、図 1（A）に示すように、工程 A1 を乾式で行った後に工程 A2 を行うことができる。また、湿式粉碎法を取り入れて活性炭スラリーを得る場合には、図 1（B）に示すように、工程 A2 の後に工程 A1 を湿式で行うことができる。

ここで、原料活性炭が微粉化された粉碎活性炭は被処理水と大きな比表面積で接触できるため、高い吸着効果を奏することができる。また、原料活性炭を粉碎することにより、比較的粒子径が大きく安価な一般市販品の原料活性炭を少量用いた場合であっても十分な吸着効果が得られるため、コスト低減を図ることができる。更には、例えば、乾式粉碎法を取り入れて活性炭スラリーを得れば、粉碎活性炭の粒度分布および活性炭スラリーの濃度などを容易に制御し易い。一方、例えば、湿式粉碎法を取り入れて活性炭スラリーを得れば、粉塵の発生を抑制して作業環境を良好にしたり、粉碎活性炭の二次凝集を抑制しつつ良好に分散した活性炭スラリーを容易に得たりし易い。

[0023] <<工程 A1>>

工程 A 1 では、原料活性炭を粉砕機で粉砕して原料活性炭の粒子径よりも小さな粒子径を有する粉砕活性炭を調製する。ここで、図 1 (A) に示すように、乾式粉砕法にて粉砕活性炭を調製する場合は、工程 A 1 では、乾燥状態の原料活性炭を単独で粉砕機 3 中で粉砕することができる。また、図 1 (B) に示すように、湿式粉砕法にて粉砕活性炭を調製する場合は、工程 A 1 では、原料活性炭および原料水が混合された活性炭懸濁水に含まれている原料活性炭を、湿式環境下で、粉砕機 3 中で粉砕することができる。

[0024] [原料活性炭]

原料活性炭としては、特に制限されず、例えば、ヤシ殻炭、石炭、オガ屑、木材チップ等の炭素物質を出発材料とし、塩化亜鉛、燐酸等による化学的賦活処理、または水蒸気、二酸化炭素、空気、燃焼ガス等による物理的賦活処理を施して得られる一般的な活性炭を挙げることができる。

上記一般的な活性炭は、通常、多孔質構造を有する無定形炭素の一種であり、繊維状、ハニカム状、円柱状、破碎状、粒状（粒子径 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以上）、粉末状（粒子径 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満）等、任意の形状を有する。また、一般的な活性炭が有する細孔は細孔径によりミクロ孔、メソ孔、マクロ孔に分類され、例えば、 $20\text{ }\text{\AA}$ 以下の細孔径はミクロ孔、 $20\text{ }\text{\AA}$ 超 $500\text{ }\text{\AA}$ 未満の細孔径はメソ孔、 $500\text{ }\text{\AA}$ 以上の細孔径はマクロ孔と呼ばれている。加えて、一般的な活性炭が有する比表面積は $500\text{ m}^2/\text{g}$ 以上 $2500\text{ m}^2/\text{g}$ 以下である。

そして、原料活性炭としては、市販されている活性炭を用いることもできる。中でも、工程 A にて原料活性炭を良好に粉砕する観点からは、粉末状の活性炭を用いることが好ましい。

[0025] [粉砕方法]

粉砕機 3 としては、原料活性炭を粉状に砕くことが可能な機器であれば特に限定されず、例えば、粉砕メディアとしてビーズ、ボール、ロッドを用いたビーズミル、転動ボールミル、振動ボールミル、アトライターミル、またはジェットミルなどの微粉砕装置を好適例として挙げることができる。

なお、粉碎メディア径、粉碎メディア充填率、粉碎速度、粉碎時間、粉碎温度等の粉碎条件は、所望の活性炭スラリーの性状に応じて適宜選択することができる。

[0026] <<工程 A 2>>

また、工程 A 2 では、原料水および原料活性炭、或いは、原料水および粉碎活性炭を混合機で混合する。ここで、図 1 (A) に示すように、乾式粉碎法にて粉碎活性炭を調製する場合は、工程 A 2 では、上記工程 A 1 で得られた粉碎活性炭と原料水とを含む粉碎活性炭水を混合機 2 中で混合することができる。また、図 1 (B) に示すように、湿式粉碎法にて粉碎活性炭を調製する場合は、工程 A 2 では、原料活性炭および原料水を混合機 2 中で混合して活性炭懸濁水を得ることができる。

なお、工程 A 2 で使用し得る原料活性炭としては、工程 A 1 の段落で上述したのと同様の原料活性炭を使用することができる。

[0027] [原料水]

原料水としては、被処理水が目的の水質に改質されることを阻害しなければ特に制限されることなく、例えば、本発明の供給方法を含む浄化方法により浄化された浄化処理水、本発明の供給方法を含む浄化方法により浄化されている途中の処理水、水道水、工業用水、精製水、被処理水そのもの等を用いることができる。

[0028] ここで、原料水および原料活性炭、或いは、原料水および粉碎活性炭の配合割合は、例えば、後述する活性炭スラリーの好適な活性炭濃度に従って、適宜設定することができる。

[0029] [混合方法]

混合機 2 としては、特に限定されず、例えば、ミキサー等の既知の混合機を挙げることができる。また、混合時間、混合温度などの各種混合条件は、所望の活性炭スラリーの性状に応じて適宜選択することができる。

[0030] <<活性炭スラリー>>

そして、工程 A で得られる活性炭スラリーの活性炭濃度は、0.1 質量%

以上 10 質量%以下であることが好ましい。活性炭スラリーの活性炭濃度が上記上限超であると、活性炭スラリーの粘性が高まり、ポンプ送液の困難化、配管の詰まりなどが生じ得るからである。加えて、活性炭スラリーの活性炭濃度が上記上限超の場合は、通常、活性炭懸濁水の粘性も高まるため、例えば、活性炭懸濁水中の原料活性炭の粉砕が困難となるからである。また、活性炭スラリーの活性炭濃度が上記下限未満であると、水処理の際の活性炭スラリーの添加量が多くなるため、活性炭スラリーの添加設備が大型化すること、当該添加設備で送液可能な上限量を超えることなどの事態を招き得るからである。

[0031] なお、粉砕活性炭および原料水が混合により接触すると、或いは、活性炭懸濁水中の原料活性炭が粉砕されて粉砕活性炭および原料水が接触すると、原料活性炭が元来含有しているカルシウム化合物が水中に大量に溶け出し、活性炭スラリー中のカルシウム濃度が上昇する。従って、調製直後の活性炭スラリーは、通常、後述する工程 C における酸の添加を行わない場合、炭酸カルシウム等のカルシウム化合物が過飽和となる濃度で溶解している状態となる。また、本発明者らが上水用に市販されている複数種類の原料活性炭について検討したところ、工程 A で得られる活性炭スラリーの pH は、後述する工程 C における酸の添加を行わない場合、通常、9.9～12.0 程度のアルカリ性を示した。

[0032] また、活性炭スラリーに含まれる粉砕活性炭の粒子径は、体積平均粒子径で 0.1 μm 以上であることが好ましく、0.5 μm 以上であることがより好ましく、10 μm 以下であることが好ましい。粉砕活性炭の粒子径が上記下限未満であると、例えば、活性炭スラリーを添加した被処理水をろ過して浄化する際に、活性炭スラリーを添加した被処理水から粉砕活性炭を除去することが困難になるからである。また、粉砕活性炭の粒子径が上記上限超であると、粉砕活性炭が、水処理において被処理水と接触する表面積を十分に確保することができず、活性炭スラリーが吸着効果を十分に発揮することができないからである。

[0033] <工程 B>

工程 B では、工程 A で得られた活性炭スラリーを、希釈水との混合地点または被処理水との混合地点まで移送する。より具体的な例としては、工程 B では、例えば、図 1 (A) および (B) に実線で示すように、混合機 2 または粉砕機 3 から流出した活性炭スラリーを被処理水との混合地点 (混合機 5) まで直接移送してもよく、図 1 (A) および (B) に破線で示すように、混合機 2 または粉砕機 3 から流出した活性炭スラリーを希釈水との混合地点 (混合機 4) まで移送し、活性炭スラリーを希釈水で希釈した後に、更に、混合機 4 から流出した活性炭スラリーを被処理水との混合地点 (混合機 5) まで移送してもよい。なお、工程 B では、例えば、活性炭スラリーおよび希釈水を混合する混合機 4 を、配管を通じることなく混合機 2 または粉砕機 3 と直接連結させることにより、活性炭スラリーを得た直後に希釈してもよい (図示せず)。

[0034] ここで、工程 B において活性炭スラリーを希釈することなく被処理水と混合する場合 (図 1 (A) および (B) に実線で示す場合)、移送された活性炭スラリーは、混合機 5 中で被処理水と任意の方法で混合されることにより、被処理水を浄化する。そして、通常、活性炭スラリーが被処理水と混合されると、活性炭スラリー中のカルシウム濃度は著しく低下する。従って、活性炭スラリーを被処理水に混合した時点以降は、活性炭スラリーからスケール析出が生じる可能性は著しく低下すると考えられる。

[0035] なお、被処理水としては、特に限定されることなく、例えば、上水処理システム中を流れる水、用水処理システム中を流れる水、排水処理システム中を流れる水および下水処理システム中を流れる水等が挙げられる。中でも、活性炭スラリーが有する高い吸着効果を十分に活用する観点からは、被処理水としては、高い精製レベルが求められる飲用水等の上水の製造に用いられる水が好ましい。

なお、被処理水および活性炭スラリーの混合割合、混合温度等の混合条件は、水処理によって得たい所望の水質、性状により適宜設定することができ

る。

[0036] また、工程Bにおいて活性炭スラリーを希釈水と混合する場合（図1（A）および（B）に破線で示す場合）、活性炭スラリー中のカルシウム濃度は大きく低下する。従って、通常、活性炭スラリーに希釈水を混合した時点以降は、活性炭スラリーからスケール析出が生じる可能性は大きく低下すると考えられる。

[0037] なお、希釈水としては、特に限定されることなく、例えば、原料水と同等の水を用いることができる。

[0038] また、希釈水を用いた活性炭スラリーの希釈の程度は、特に限定されることなく、任意に設定することができるが、例えば、1.5倍以上10倍以下とすることが好ましく、2倍程度とすることがより好ましい。希釈水の添加により活性炭スラリー中のカルシウム濃度を適度に低めることができるころ、希釈程度が上記下限以上であれば、活性炭スラリー中のスラリー析出をより良好に抑制することができるからである。また、希釈程度が上記上限以下、好ましくは2倍程度であれば、活性炭スラリーを過度に希薄化することなく、活性炭スラリーの高い吸着効果を確保できるからである。

なお、希釈された活性炭スラリーでは、カルシウム化合物が過飽和状態であっても、飽和状態であっても、未飽和状態であってもよい。

[0039] そして、希釈方法としては、特に限定されることなく、流動している活性炭スラリーまたは貯留されている活性炭スラリーに対して希釈水を添加、混合してもよく、希釈水に対して活性炭スラリーを添加、混合してもよい。

[0040] <工程C>

工程Cでは、少なくとも前記工程Aの終了前に酸を添加することを必要とする。換言すれば、工程Cでは、活性炭スラリーからのスケール析出を抑制しながら活性炭スラリーを供給するために、少なくとも工程Aで活性炭スラリーを得る前のいずれかの段階で酸を添加することを必要とする。例えば、図1（A）に示すように、乾式粉碎法を取り入れて活性炭スラリーを得る場合は、工程A2の終了前、即ち、粉碎活性炭および原料水を含む粉碎活性炭

水を混合し終えて活性炭スラリーを得る前などの、活性炭スラリーを調製しているいずれかの段階で酸を添加することができる。また、図1（B）に示すように、湿式粉砕法を取り入れて活性炭スラリーを得る場合は、工程A1の終了前、即ち、活性炭懸濁水中の原料活性炭を粉砕活性炭に粉砕し終えて活性炭スラリーを得る前などの、活性炭スラリーを調製しているいずれかの段階で酸を添加することができる。

[0041] ここで、図1（A）に示すように工程A1の後に工程A2を行う乾式粉砕法を取り入れる場合における、工程Aの終了前（活性炭スラリーを得る前のいずれかの段階）としての具体的なタイミングとしては、混合機2に流入される前の原料水、および、混合機2中の原料水（例えば、粉砕活性炭水中に含まれる原料水）の少なくとも一方に酸を添加することが好ましく、少なくとも混合機2に流入される前の原料水に酸を添加することがより好ましい。また、混合機2に流入される前後の原料水に連続的に酸を添加してもよい。上記タイミングで酸を添加すれば、粉砕活性炭と原料水とが接触してカルシウム化合物が水中に大量に溶け出す前に確実に酸添加を行い得るからである。

[0042] また、図1（B）に示すように工程A2の後に工程A1を行う湿式粉砕法を取り入れる場合における、工程Aの終了前（活性炭スラリーを得る前のいずれかの段階）としての具体的なタイミングとしては、原料水、粉砕機3に流入する前の活性炭懸濁水、粉砕機3中の活性炭懸濁水の少なくとも一つに酸を添加することが好ましく、原料水および粉砕機3に流入する前の活性炭懸濁水の少なくとも一方に酸を添加することがより好ましい。また、原料水および粉砕機3に流入する前の活性炭懸濁水の少なくとも一方から粉砕機3中の活性炭懸濁水に連続的に酸を添加してもよい。上記タイミングで酸を添加すれば、活性炭懸濁水中で原料活性炭から粉砕活性炭へと粉砕されることに伴って水中にカルシウム化合物が大量に溶け出す前に確実に酸添加を行い得ると共に、粉砕機3に供給する前の活性炭懸濁水からのスケール析出も抑制し得るからである。

[0043] <<原料水に酸を添加するタイミング>>

更に、乾式粉碎法を取り入れる場合において、混合機2に流入される前の原料水に酸を添加する具体的なタイミングとしては、図2（A）に示すように、（a）予め原料水に酸を添加してもよく、（b）配管12を通じて混合機2に移送中の原料水に酸を添加してもよい。

[0044] <<粉碎活性炭水に酸を添加するタイミング>>

また、乾式粉碎法を取り入れる場合において、粉碎活性炭および原料水を含む粉碎活性炭水に酸を添加する具体的なタイミングとしては、図3（A）に示すように、混合機2中で粉碎活性炭と原料水とが攪拌、混合される前の粉碎活性炭水、および／または、攪拌、混合されている最中の粉碎活性炭水に対して酸を添加することができる。

[0045] これらは、何れのタイミングで酸を添加してもよく、上述した複数のタイミングを組み合わせ（連続して）酸を添加してもよい。

中でも、上述した理由から、乾式粉碎法を取り入れる場合においては、少なくとも、図2（A）（a）予め原料水に酸を添加すること、または（b）配管12を通じて混合機2に移送中の原料水に酸を添加することが好ましい。

[0046] また、湿式粉碎法を取り入れる場合において、原料水に酸を添加するタイミングとしては、図2（B）に示すように、（a）予め原料水に酸を添加してもよく、（b）配管12を通じて混合機2に移送中の原料水に酸を添加してもよく、（c）混合機2中で原料活性炭と混合されている原料水に酸を添加してもよい。これらは、何れのタイミングで酸を添加してもよく、上述した複数のタイミングを組み合わせ（連続して）酸を添加してもよい。

[0047] <<粉碎機に流入する前の活性炭懸濁水に酸を添加するタイミング>>

また、湿式粉碎法を取り入れる場合において、粉碎機3に流入する前の活性炭懸濁水に酸を添加するタイミングとしては、図3（B）に示すように、（a）および（c）配管21を通じて粉碎機3へと移送中の活性炭懸濁水に酸を添加してもよく、（b）活性炭懸濁水を混合機2および粉碎機3の間の

任意の箇所に設けられた貯留槽 20 で一旦貯留し、当該貯留している活性炭懸濁水に酸を添加してもよい。これらは、何れのタイミングで酸を添加してもよく、上述した複数のタイミングを組み合わせ（連続して）酸を添加してもよい。

[0048] <<粉砕機中の活性炭懸濁水に酸を添加するタイミング>>

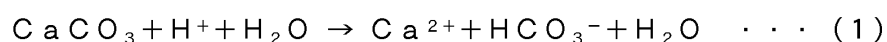
更に、湿式粉砕法を取り入れる場合において、粉砕機 3 中の活性炭懸濁水に酸を添加するタイミングとしては、図 4 に示すように、粉砕機 3 中に活性炭懸濁水中の原料活性炭を粉砕活性炭に粉砕している間、が挙げられる。

[0049] 中でも、上述した理由から、湿式粉砕法を取り入れる場合においては、少なくとも、図 2 (B) (a) ~ (c) 原料水、または、図 3 (B) (a) ~ (c) 粉砕機 3 に流入する前の前記活性炭懸濁水に酸を添加することが好ましい。

[0050] <<酸>>

酸は、酸を添加された原料水、粉砕活性炭水および／または活性炭懸濁水の pH を、添加前と比較して酸性側に調節することができれば特に限定されることない。原料水、粉砕活性炭水および活性炭懸濁水中に添加するハンドリング性の観点からは、酸としては気体または液体が好ましく、例えば、二酸化炭素、硫酸、硝酸、塩酸等が挙げられる。中でも、例えば、活性炭スラリーの供給に使用する金属配管等の腐食を抑制する観点からは、酸としては二酸化炭素または硫酸であることがより好ましい。更に、例えば、活性炭スラリーを飲み水等の浄水処理用に好適に用いることができる観点からは、酸としては二酸化炭素であることが更に好ましい。

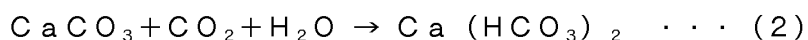
[0051] ここで、一般に、スケールの主成分である炭酸カルシウム (CaCO_3) は、酸および水の存在下において、下記の反応式 (1) :



に従い、水中に溶解する。よって、活性炭スラリーに酸を含有させるほど、活性炭スラリー中の炭酸カルシウムの溶解度が高まり、スケール析出を抑制し易い。

従って、粉碎活性炭から水中に大量のカルシウム化合物が溶出する場合であっても、工程Cにおいて、上記所定のタイミングで酸を添加すれば、活性炭スラリーからのスケール析出を抑制し易くできる。つまり、粉碎活性炭から原料水、粉碎活性炭水および／または活性炭懸濁水中に大量のカルシウム化合物が溶出して、活性炭スラリー中の炭酸カルシウム等のカルシウム化合物が過飽和状態となっても、活性炭スラリーからのスケール析出を生じ難くすることができる。

[0052] また、酸として二酸化炭素を用いた場合は、一般に、スケールの主成分である炭酸カルシウム (CaCO_3) は、下記の反応式 (2) :



に従い、炭酸水素カルシウム ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) として水中に溶解する。よって、活性炭スラリーに二酸化炭素を含有させるほど、活性炭スラリーにおけるスケール析出を抑制し易い。

従って、粉碎活性炭から原料水、粉碎活性炭水および／または活性炭懸濁水中に大量のカルシウム化合物が溶出する場合であっても、工程Cにおいて上述した所定のタイミングで二酸化炭素を添加すれば、活性炭スラリーからのスケール析出を抑制し易くできる。このように、工程Cにおいて上述した所定のタイミングで二酸化炭素を添加すれば、スケール析出を良好に抑制しながら、活性炭スラリーを浄水プロセス等に良好に供給することができる。

[0053] 酸の添加方法としては、特に制限されることなく、例えば、原料水、粉碎活性炭水および／または活性炭懸濁水と接触する各混合機、貯留機、粉碎機および配管に酸の導入口を設け、添加量を自動制御または流量計およびバルブ等を用いて手動制御しながら行うことができる。

なお、本発明において、例えば、後述する手法により酸の添加量を予め定めた場合には、通常、活性炭スラリーの供給プロセスの途中で酸の添加量を調節、変更することなく、一定の設定値で連続稼働することができるため、作業性に優れる。

[0054] <工程D>

本発明の活性炭スラリーの供給方法は、上述した工程Cにおける酸の添加量を所定の方法で決定する工程Dを更に含むことが好ましい。具体的には、本発明の活性炭スラリーの供給方法は、後述する工程D 1 および工程D 2 を経て、所定の工程に要する時間および所定の待ち時間を考慮することにより、工程Cにおける酸の添加量を決定することが好ましい。本発明の活性炭スラリーの供給方法では、特に、原料活性炭が粉碎されて粒子径が小さくなった粉碎活性炭と原料水とが接触することに起因して、活性炭スラリー中のカルシウム濃度が顕著に高まり易いところ、所定の方法に従って定めた範囲の量の酸を添加すれば、活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間を利用して活性炭スラリーからのスケール析出をより良好に抑制することができるからである。

[0055] <<工程D 1>>

まず、工程D 1 では、上述した工程A 1 または工程A 2 のいずれか後の工程の開始から工程Bの終了までに要する時間（以下、「時間 T_R 」または「 T_R 」と称することがある。）を求める。ここで、図1（A）に示す乾式粉碎法を取り入れた場合においては、時間 T_R は、工程A 2（粉碎活性炭水の混合などの、粉碎活性炭および原料水の混合）の開始から工程Bの終了までに要する時間である。また、図1（B）に示す湿式粉碎法を取り入れた場合においては、時間 T_R は、工程A 1（活性炭懸濁水中の原料活性炭の粉碎）の開始から工程Bの終了までに要する時間である。そして、当該時間 T_R は、例えば、図1（A）および（B）に示す活性炭スラリーの供給フロー1において、カルシウム化合物が最も析出しやすい区間の所要時間である。

[0056] 時間 T_R は、通常、活性炭スラリーの供給プロセスを行う前に設定することができる。具体的には、時間 T_R は、例えば、原料活性炭の粒子径、活性炭スラリー中での粉碎活性炭の所望の粉碎状態、活性炭スラリー中での粉碎活性炭の所望の濃度等に基づいて、粉碎時間、および、希釈水との混合地点または被処理水との混合地点までの移送時間を定めることにより設定することができる。そして、予め定めた時間 T_R は、通常、活性炭スラリーの供給プロセ

スの途中で調節、変更することなく、一定の設定値で連続稼働することができる。

[0057] <<工程D 2>>

次に、工程D 2では、活性炭スラリーに含有させる酸の量（即ち、工程Cで添加する酸の量）と、活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間（以下、「待ち時間 T_s 」または「 T_s 」と称することがある。）との関係に基づき、当該待ち時間 T_s が工程D 1で求めた時間 T_R を超える（ $T_s > T_R$ ）ために必要な酸の量を工程Cにおける酸の添加量として決定する。このように、 $T_s > T_R$ とすれば、活性炭スラリーを供給するに際し、被処理水または希釈水との混合地点までの間にスケールが発生するのを確実に抑制することができる。

ここで、上述した通り、通常、酸の添加量が増すほど、活性炭スラリー中に溶解し得るカルシウム濃度は増大する。つまり、酸の添加量が増すほど待ち時間 T_s は長くなる傾向にある。従って、工程Dに従えば、工程Cにおいて添加する酸の好適最小量を決定することができる。

[0058] [酸の量と T_s との関係]

ここで、活性炭スラリーに含有させる酸の量と、活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間 T_s との関係は、作業コストおよび作業の簡便性の観点から、活性炭スラリーの供給プロセスを行う前に、例えば以下の方法を用いて実験室レベルで求めておくことができる。なお、以下に示す方法は一例であり、本発明はこれに限定されない。

即ち、具体的には、まず、原料活性炭が含有するカルシウム濃度を測定する。ここで、原料活性炭が含有するカルシウム濃度は、例えば、温度600℃で強熱した原料活性炭の灰分を塩酸または硝酸などの酸で溶解させた試料を、ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析計）を用いて分析し、原料活性炭が含有するカルシウム化合物の量を算出することで測定できる。次に、測定した原料活性炭中のカルシウム化合物の量、並びに、実際の活性炭スラリーの供給プロセスにて使用する原料活性炭および原料水の配合割合に基づ

き、投入された原料活性炭に含有されるカルシウム化合物が全て原料水中に溶解したと仮定したときの、活性炭スラリー中のカルシウム濃度を算出する。そして、上述で算出したカルシウム濃度となるよう、塩化カルシウム等のカルシウム塩を実際の供給方法で用いる原料水中に溶解させる。なお、塩化カルシウムを溶解させる際には、得られるカルシウム水溶液が実際の供給方法で使用する活性炭スラリーのアルカリ度と同等のアルカリ度を有するよう、炭酸水素ナトリウムを更に溶解させて調節することができる。

ここで、本発明において、「アルカリ度」とは、活性炭スラリーに含まれ得る炭酸 (H_2CO_3)、炭酸イオン (CO_3^{2-})、炭酸水素イオン (HCO_3^-)、水酸化物イオン (OH^-) の合計量を炭酸カルシウム (CaCO_3) の量に換算した値 (mg/L)」であり、滴定法によって求めることができる。また、得られるカルシウム水溶液の pH は、所望の pH に合わせて水酸化ナトリウムおよび／または硫酸を添加して調節することができる。更に、カルシウム水溶液を調製する際の温度は、実際の活性炭スラリーの供給プロセス温度に合わせればよい。

[0059] 続いて、得られたカルシウム水溶液に対する酸の添加量と、カルシウム水溶液の調製終了時点からカルシウム水溶液中にカルシウム化合物が析出し始めるまでの時間 T_s' との関係を得る。ここで、時間 T_s' に対応させる酸の添加量は、例えば、添加した酸の質量または容積などの酸の添加量を直接的に示すパラメータであってもよいし、カルシウム水溶液の pH などの酸の添加量を間接的に示すパラメータであってもよい。また、上記時間 T_s' は、例えば、カルシウム水溶液中のカルシウム濃度が減少し始めるまでの時間として計測してもよいし、カルシウム水溶液中に白い沈殿物が目視確認でき始めるまでの時間として計測してもよい。

なお、上記のように、実験室レベルで求めたカルシウム水溶液中にカルシウム化合物が析出し始めるまでの時間 T_s' を、実際の供給プロセスにおける活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間 T_s として使用することができる。

[0060] そして、同様のことを酸の添加量を変更して複数回行うことにより、各酸の添加量（上記の直接的なパラメータまたは間接的なパラメータ）と時間 T_s との関係データ（表またはグラフ）を得ることができる。より具体的には、横軸が酸の添加質量で縦軸が T_s のグラフ、横軸が酸の添加容量で縦軸が T_s のグラフ、横軸が pH で縦軸が T_s のグラフなどを得ることができる。

[0061] なお、上述した活性炭スラリー中のカルシウム濃度の算出に際しては、原料水自体に含有されるカルシウム濃度も考慮することが好ましい。ここで、原料水として主に想定している、水道水、本発明の供給方法を含む浄化方法により浄化された浄化処理水、および、本発明の供給方法を含む浄化方法により浄化されている途中の処理水中のカルシウム濃度は、概ね $10 \text{ mg/L} \sim 100 \text{ mg/L}$ の範囲（水道水質基準）である。

[0062] [酸の添加量の決定]

次に、活性炭スラリーに含有させる酸の量と、活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間 T_s との関係に基づき、待ち時間 T_s が工程 D 1 で求めた時間 T_R を超える ($T_s > T_R$) 酸の量を工程 C における酸の添加量として決定する。具体的な一例としては、上述で得られた酸の量と T_s との関係から、 $T_s = T_R$ となるときに活性炭スラリーに含有される酸の量（酸の量_{MIN}）を求める。なお、当該酸の量_{MIN}は、 $T_s = T_R$ となるときに活性炭スラリーが示す pH (pH_{MAX}) として求めてもよい。そして、酸の量_{MIN}超、または、 pH_{MAX} 未満とするのに必要な任意の酸の量を、工程 C における酸の添加量として決定することができる。このように、 $T_s > T_R$ とすれば、活性炭スラリーを供給するにあたり、被処理水または希釈水との混合地点までの間にスケールが発生するのを確実に抑制することができる。

[0063] なお、工程 D 2 では、決定する酸の添加量が、活性炭スラリーのランゲリア指数をゼロとするために必要な酸の量（酸の量_{MAX}）以下であることが好ましい。ここで、一般に、スケール析出を抑制する際には、ランゲリア指数がマイナスになる（即ち、上記酸の量_{MAX}よりも多くの量の酸を添加し、カルシ

ウム化合物が未飽和状態になる)量の酸を添加する。しかし、原料活性炭を粉碎した粉碎活性炭および原料水を含む活性炭スラリーでは、大量のカルシウム化合物が活性炭から水中に溶出し得ると共に、カルシウム化合物の溶出が酸の添加によって加速され得る。従って、粉碎活性炭を含む活性炭スラリーのスケール抑制においてランゲリア指数がマイナスになる量の酸を添加しようとする、多量の酸が必要になる。一方、上述したように、活性炭スラリーからカルシウム化合物の析出が開始するまでには、待ち時間 T_s が存在する。そこで、工程D2において酸の添加量を上記上限以下にすれば、活性炭スラリー中のカルシウム化合物が過飽和状態であっても、スケールが析出しない条件にて活性炭スラリーを所定地点まで供給することができる。従って、より少量の酸を用いて、活性炭スラリーからのスケール析出をより効率的に抑制し、活性炭スラリーの供給コストをより低減することができる。

[0064] 上記の点は、比較的多量の酸を添加してカルシウム化合物を未飽和状態にすることによりスケール析出の問題に取り組んできた従来の技術と比較し、より少量の酸にてスケール析出を抑制し得、作業のコストおよび安全性の面において顕著な効果を奏するものである。また、カルシウム化合物が過飽和状態であってもスケール析出を抑制させるという点は、粉碎により粒子径が小さくなった粉碎活性炭と原料水とが接触することに伴い大量のカルシウム化合物が溶出すること、および、カルシウム化合物の未飽和状態ではカルシウム化合物の溶出が促進されること等の、粉碎された活性炭および水を用いる技術で見られる特有の問題に着眼するものである。

[0065] なお、上記の通り、通常、アルカリ性を示す活性炭スラリーに対する、ランゲリア指数をゼロとするために必要な酸の量 $_{MAX}$ とは、工程Cにおいて添加し得る酸の好適最大量であることがわかる。

[0066] ここで、ランゲリア指数は、炭酸カルシウムの飽和度を示す指標ではあるが、一般に、スケール析出の原因となるカルシウム化合物の主成分は炭酸カルシウムであるため、本発明においては、ランゲリア指数を活用することによりスケール析出の抑制を更に効率的にすることができる。

[0067] なお、上記では、酸の添加から析出開始までを待ち時間としている。ここで、本発明の一例として、例えば、工程Dに従って決定した量の酸を、乾式粉砕法を取り入れた場合の工程Cにおいては混合機2に流入する前の原料水に対して；湿式粉砕法を取り入れた場合の工程Cにおいては原料水、粉砕機3に流入する前の活性炭懸濁水に対して；添加した場合には、当該酸の添加から工程Bの終了時（ T_R の終了時）までの時間が、上記で求めたカルシウム化合物の析出が開始するまでの待ち時間 T_s よりも長くなることがある。しかしながら、乾式粉砕法を取り入れた場合においては工程A2よりも前の区間；湿式粉砕法を取り入れた場合においては工程A1よりも前の区間；（換言すれば、粉砕活性炭と原料水とが接触し始める前の区間）では、活性炭からのカルシウム化合物の溶出が殆ど起こっていない。従って、上記区間では、乾式粉砕法を取り入れた場合においては工程A2の開始～工程Bの終了区間；湿式粉砕法を取り入れた場合においては工程A1の開始～工程Bの終了区間（換言すれば、粉砕活性炭と原料水とが接触する区間）と比較して、カルシウム化合物の析出の原因となり得るカルシウム濃度が桁違いに低いため、スケール析出が相対的に問題とならない。従って、上記の場合であっても、工程Dにて決定した量の酸が所定のタイミングで添加されている限り、活性炭スラリーの供給プロセスにおいてスケール析出を良好に抑制することができる。

[0068] 因みに、原料水および／または活性炭懸濁水におけるpHは、酸を添加してから時間の経過と共に上昇する傾向がみられることがある。従って、工程Cにおいて、とりわけ、早いタイミングで（例えば、乾式粉砕法を取り入れた場合においては混合機2に流入する前の原料水；湿式粉砕法を取り入れた場合においては原料水および／または粉砕機3に流入する前の活性炭懸濁水；に対して）酸を添加する場合には、所望の値に調節したpHをプロセス中で保つために、工程Dに従って決定した量の酸を少量ずつ添加してもよい。具体的には、乾式粉砕法を取り入れた場合においては工程A2の開始時点まで；湿式粉砕法を取り入れた場合においては工程A1の開始時点まで；連

続して少量ずつ酸を添加してもよい。また、工程Dに従って決定した酸の量に加えてpHの上昇を抑制し得る量の酸を更に添加してもよい。更には、工程Cにおいて、とりわけ、乾式粉砕法を取り入れた場合においては混合機に流入する前の原料水；湿式粉砕法を取り入れた場合においては粉砕機に流入する前の活性炭懸濁水；に対して酸を添加する場合には、所望の値に調節したpHをプロセス中で保つために、酸の添加を、それぞれ工程A2；工程A1；の開始直前に行ってもよい。

実施例

[0069] 以下、本発明について実施例に基づき具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。なお、以下の説明において、量を表す「%」おは、特に断らない限り、質量基準である。

[0070] (実施例1)

原料活性炭および原料水が混合された活性炭懸濁水中の原料活性炭を粉砕機（湿式ビーズミル）で粉砕して得た活性炭スラリーを、上水処理システム中を流れる被処理水と混合する地点まで移送する活性炭スラリーの連続供給システムにおいて、粉砕機中の活性炭懸濁水に対して二酸化炭素を吹き込んだ。具体的には、活性炭スラリーのpHが低下しなくなる（活性炭スラリーに含まれる粉砕活性炭1kgあたりの二酸化炭素量が15ノルマルLとなる）時点まで、2.0ノルマルL/分の速度で、二酸化炭素の吹き込みを続けた。次に、粉砕機中の活性炭懸濁水に対して硫酸を添加して、活性炭スラリーのランゲリア指数が0となるpH（6.3）にまで調整した。

そして、連続供給システムでの運用1ヵ月後に配管中のスケール析出の有無を目視で確認したところ、スケールは確認されなかった。

なお、原料活性炭としては、市販の上水処理用粉末活性炭（平均粒子径15μm）を用い、原料水としては水道水を用いた。

[0071] (実施例2)

温度600℃下で2時間強熱した原料活性炭に硝酸を加えることにより、原料活性炭に含有される成分を溶解させた試料液を調製した。次に、得られ

た試料液について、ICP-MSを用いて、原料活性炭に含有されているカルシウム濃度を測定した。測定された原料活性炭中のカルシウム濃度は2.9 g/kgであった。そして、測定したカルシウム濃度、並びに、実際の連続供給システムで用いる原料活性炭および原料水の配合割合から、活性炭スラリー中に存在し得るカルシウム化合物の最大濃度を理論的に算出した。そして、溶質としての塩化カルシウムおよび溶媒としての水道水（原料水）を用いて、カルシウム濃度が上記最大濃度となるようにカルシウム水溶液を調製した。

次に、得られたカルシウム水溶液中に、活性炭スラリーのアルカリ度と同等のアルカリ度を有するよう、炭酸水素ナトリウムを添加した。更に、調整するpHに合わせて、水酸化ナトリウム水溶液または硫酸を添加することにより、カルシウム水溶液のpHを6.0～9.0の範囲で0.1ずつそれぞれ調整した。その後、各カルシウム水溶液において、pHの調整時点からカルシウム化合物が析出し始める時点までの待ち時間 T_s' を計測した。なお、カルシウム化合物が析出し始める時点は、カルシウム水溶液をろ紙（グレード：GF/B）によりろ過し、滴定法により測定したろ液のカルシウム濃度が1%超低下した時点とした。

そして、調製したpHをx軸に、当該pHに対応する待ち時間 T_s' をy軸にプロットすることにより、カルシウム水溶液についてのpH－待ち時間 T_s' の関係を示すグラフを得た。得られたグラフは、pHが小さくなるにつれて待ち時間 T_s' が指数関数的に増大するグラフであった。

続いて、得られたグラフにおいて、y軸が、上記連続供給システムにおける原料活性炭の粉碎開始（活性炭懸濁水の粉碎机への流入時点）から、活性炭スラリーを被処理水との混合地点へと移送するまでに要する時間 $T_R = 5$ 時間となるときの $pH' = 7.3$ を確認した。また、上述の厚生労働省による方法に従って、活性炭スラリーのランゲリア指数をゼロとするために必要な $pH'' = 6.3$ と算出した。

そして、活性炭スラリーのpHが、上記 pH'' 以上 pH' 未満、つまり

6.3以上7.3未満の範囲内である、 $\text{pH}=7.0$ となるよう、二酸化炭素を、0.5ノルマルL/分の速度で、活性炭スラリーに含まれる粉碎活性炭1kgあたりの二酸化炭素の量が6ノルマルLとなるように吹き込んだ以外は実施例1と同様にして、活性炭スラリーを連続供給した。なお、このとき、活性炭スラリー中の炭酸カルシウムは過飽和状態であった。

そして、実施例1と同様にして配管中のスケール析出の有無を目視で確認したところ、スケールは確認されなかった。これにより、実施例2では、実施例1よりも少量の酸を添加して、スケール析出をより効率的に防止することができた。

[0072] (比較例1)

上記連続供給システムにおいて、二酸化炭素を吹き込まなかった以外は実施例1と同様にして、活性炭スラリーを連続供給した。

そして、実施例1と同様にして配管中のスケール析出の有無を目視で確認したところ、スケール析出が確認された。

[0073] (比較例2)

上記連続供給システムにおいて、二酸化炭素を、原料水、粉碎機に流入する前の活性炭懸濁水および粉碎機中の活性炭懸濁水の何れに対しても吹き込まず、得られた活性炭スラリーに対してのみ吹き込んだ以外は実施例1と同様にして、活性炭スラリーを連続供給した。

そして、実施例1と同様にして配管中のスケール析出の有無を目視で確認したところ、スケール析出が確認された。

[0074] (参考例)

上記連続供給システムにおいて、活性炭懸濁水中の原料活性炭を粉碎することなく（つまり、活性炭スラリーを得ることなく）、また、二酸化炭素を吹き込むことなく、原料活性炭と水とを含む活性炭懸濁水をそのまま供給した。

そして、実施例1と同様にして配管中のスケール析出の有無を目視で確認したところ、スケールは確認されなかった。

産業上の利用可能性

[0075] 本発明によれば、粉碎した活性炭および水を含む活性炭スラリーであっても、当該活性炭スラリーからのスケール析出を良好に抑制し得る、活性炭スラリーの供給方法を提供することができる。

符号の説明

- [0076] 1 代表的な活性炭スラリーの供給フロー
2 混合機
3 粉碎機
4 希釈水との混合機
5 被処理水との混合機
1 1, 1 2, 2 1, 3 1, 4 1 配管
2 0 貯留槽