

(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2019-103997
(P2019-103997A)

(43) 公開日 令和1年6月27日(2019.6.27)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
B09C	1/02	(2006.01)	B09C	1/02	ZAB	4D004
B09C	1/08	(2006.01)	B09C	1/08		4D006
B01D	61/02	(2006.01)	B01D	61/02	500	4D624
C02F	1/28	(2006.01)	C02F	1/28	B	
B03C	1/00	(2006.01)	B03C	1/00	B	

審査請求 有 請求項の数 3 書面 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-254858 (P2017-254858)
 (22) 出願日 平成29年12月12日 (2017.12.12)
 (11) 特許番号 特許第6358519号 (P6358519)
 (45) 特許公報発行日 平成30年7月18日 (2018.7.18)

(71) 出願人 511203097
 山▲崎▼ 公信
 滋賀県大津市浜大津四丁目7番6号 株式会社山▲崎▼砂利商店内
 (72) 発明者 山▲崎▼ 公信
 滋賀県大津市浜大津四丁目7番6号 株式会社山▲崎▼砂利商店内
 (72) 発明者 長谷川 浩
 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内

Fターム(参考) 4D004 AA41 AB03 CA04 CA09 CA10
 CA12 CA13 CA15 CA35 CA40
 CB01 CB13 CB21 CB50 CC03
 CC06 CC11 CC12

最終頁に続く

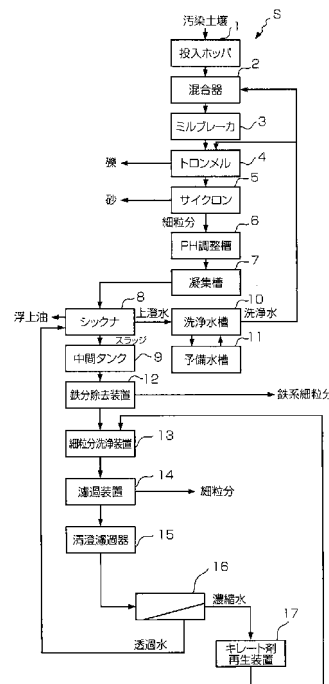
(54) 【発明の名称】 土壌浄化システム

(57) 【要約】

【課題】 土壌を礫と砂と細粒分とに湿式分級する一方、細粒分に吸着されている有害金属等を除去することができる簡素で低コストの土壌浄化システムを提供する。

【解決手段】 土壌浄化システムSは、ミルブレーカ3とトロンメル4と液体サイクロン5とシクナ8とにより、土壌を洗浄水で洗浄しつつ礫と砂と細粒分に分級する。鉄分除去装置12は、シクナ8から排出されたスラッジから鉄系細粒分を磁力で吸着して除去し、スラッジの有害金属等の含有率を低下させる。細粒分洗浄装置13は、鉄分除去装置12から排出されたスラッジをキレート洗浄液で洗浄して細粒分から有害金属等を除去する。濾過装置14は鉄分除去装置12から排出されたスラッジを濾過する。逆浸透膜分離装置16は濾過装置14の濾液を透過水と濃縮水に分離する。キレート剤再生装置17は濃縮水から有害金属等を除去し、キレート剤再生液として細粒分洗浄装置13に供給する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

礫と砂と細粒分とを含み有害金属又はその化合物で汚染された土壌を浄化する土壌浄化システムであって、

前記土壌浄化システムに導入された土壌と洗浄水とを混合する混合器と、

前記混合器から排出された土壌と洗浄水とを含む混合物中の礫及び砂を破碎することにより、礫及び砂の内部に偏在又は点在していた鉄又は鉄酸化物が表面に露出する鉄系細粒分を生成し、鉄系細粒分の表面に露出している鉄又は鉄酸化物に有害金属又はその化合物を吸着させる湿式破碎機と、

前記湿式破碎機から排出された、礫と砂と細粒分と洗浄水とを含む混合物から礫を分離するトロンメルと、

前記トロンメルから排出された砂と細粒分と洗浄水とを含む混合物から砂を分離する液体サイクロンと、

前記液体サイクロンから排出された細粒分と洗浄水とを含む混合物を、沈降分離により、上澄水と、細粒分と洗浄水とを含むスラッジとに分離するシクナと、

前記シクナから排出されたスラッジから、鉄系細粒分を磁力で吸着して除去することにより、スラッジの有害金属又はその化合物の含有率を低下させる鉄分除去装置と、

前記鉄分除去装置から排出されたスラッジと、キレート剤及び水を含むキレート洗浄液とを混合して細粒分スラリーを生成し、該細粒分スラリーを予め設定された滞留時間を確保するように流動させることにより、細粒分に付着している有害金属又はその化合物をキレート剤に捕捉させる細粒分洗浄装置と、

前記細粒分洗浄装置から排出された細粒分スラリーを濾過して、濾液と濾過ケーキとを生成する濾過装置と、

前記濾過装置から排出された濾液を、逆浸透膜により、キレート剤が濃縮された濃縮水とキレート剤を含まない透過水とに分離する逆浸透膜分離装置と、

前記逆浸透膜分離装置から排出された濃縮水を受け入れ、キレート剤よりも錯生成力が高く濃縮水と接触したときに該濃縮水中の有害金属又はその化合物を吸着する固相吸着材により、濃縮水中のキレート剤から有害金属又はその化合物を除去して該濃縮液を前記キレート洗浄液として前記細粒分洗浄装置に供給するキレート剤再生装置と、

前記逆浸透膜分離装置から排出された透過水を前記シクナに移送する透過水移送手段とを備えていて、

前記鉄分除去装置は、

前記シクナから排出されたスラッジを保留するスラッジ槽と、

ドラム状に形成され、ドラム中心軸が水平方向を向きかつドラム下部が前記スラッジ槽内のスラッジに浸漬されるように配置され、ドラム円周面の内側に複数の永久磁石がドラム径方向外方に磁極が向くようにドラム円周方向に並んで装着されている磁石装着ドラムと、

前記磁石装着ドラムをドラム中心軸まわりに回転させるドラム回転機構とを有することを特徴とする土壌浄化システム。

【請求項 2】

前記濾過装置から排出された濾液に清澄濾過を施す清澄濾過器を備えていることを特徴とする、請求項 1 に記載の土壌浄化システム。

【請求項 3】

前記鉄分除去装置は、前記スラッジ槽に保留されているスラッジの水素指数を pH 4 ~ 6 の範囲内に調整する pH 調整装置と、前記スラッジ槽から排出されたスラッジを中和する中和装置とを有することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の土壌浄化システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、礫と砂と細粒分とを含み有害金属及び / 又はその化合物で汚染された土壌を

10

20

30

40

50

浄化する土壌浄化システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、例えばクロム、鉛、カドミウム、セレン、水銀などの有害金属及び/又はその化合物(以下、これらを「有害金属等」と総称する。)を原料又は材料として用いる生産施設の敷地又はその近隣地における土壌汚染、あるいは有害金属等を含む産業廃棄物の不法投棄等による土壌汚染が多発している。そして、有害金属等で汚染された土壌(以下「有害金属汚染土壌」という。)を、現に存在する位置(以下「原位置」という。)で、例えば有害金属等の不溶化、封じ込め又は電気修復などにより効果的に浄化することはかなり困難である。このため、有害金属汚染土壌は、一般に、掘削により原位置から除去され、外部の土壌浄化施設で浄化される。

10

【0003】

このような原位置外の土壌浄化施設で有害金属汚染土壌を浄化する手法としては、従来、有害金属汚染土壌を洗浄水等で洗浄して有害金属等を除去する洗浄法が広く用いられている。そして、有害金属汚染土壌を洗浄水で洗浄した場合、土壌から水中に一旦離脱した有害金属等の大部分は、比較的粒径が小さい細粒分の表面に吸着され又は付着し、細粒分の表面に集約されるということが知られている(例えば、非特許文献1参照。)

【0004】

したがって、有害金属汚染土壌を洗浄水で洗浄しつつ礫と砂と細粒分とに分級した上で、細粒分に対して有害金属等を除去するための化学的な処理を施すことにより、ほとんど有害金属等を含まない礫と砂と細粒分とを得ることができる。かくして、本願出願人は、すでに、有害金属汚染土壌を洗浄水で洗浄しつつ、礫と砂と細粒分とに分級した上で、細粒分に対してキレート剤を含むキレート洗浄液で洗浄処理を施すことにより、細粒分から有害金属等を除去するようにした土壌浄化施設(汚染土壌浄化装置)を種々提案している(例えば、特許文献1、2参照。)

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第5723054号公報

【特許文献2】特許第5723055号公報

【特許文献3】特許第4755159号公報

【特許文献4】特許第6007144号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】環境省 水・大気環境局 土壌環境課「汚染土壌処理業の許可審査等に関する技術的留意事項」第21頁、平成25年8月発行

【非特許文献2】桂鉄雄「鉄粉法による排水処理」浮選、vol.23(1976)、No.3、P190-198(https://www.jstage.jst.go.jp/article/rpsj/1954/23/3/23_3_190/_pdf)

30

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、汚染土壌処理業者によるこの種の土壌浄化施設では、通常、大量の汚染土壌を浄化するようにしているので(例えば、1日あたり2000トン)、大量の細粒分が生成される(例えば、乾燥基準で1日あたり500~600トン)。したがって、このように大量の細粒分を、例えばキレート洗浄液で洗浄する場合、比較的高価なキレート剤を大量に必要とするので、汚染土壌の処理コストが高くなるといった問題がある。なお、このような土壌浄化施設におけるキレート剤の必要量ないしは使用量は、細粒分の有害金属等の含有量が多ければ多いほど多くなる。また、細粒分をキレート剤以外の化学薬品で洗浄して有害金属等を除去する場合にも同様の問題が生じる。

50

【0008】

本発明は、前記従来の問題を解決するためになされたものであって、礫と砂と細粒分とを含みかつ有害金属等で汚染された土壌を洗浄水で洗浄しつつ礫と砂と細粒分とに分級することができ、かつ分離された細粒分に吸着され又は付着している有害金属等を除去することができる、簡素で処理コストの低い土壌浄化システムを提供することを解決すべき課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するためになされた本発明に係る、礫と砂と細粒分とを含み有害金属等（有害金属及び/又はその化合物）で汚染された土壌を浄化する土壌浄化システムは、混合器と、湿式破碎機と、トロンメルと、液体サイクロンと、シクナと、鉄分除去装置と、細粒分洗浄装置と、濾過装置と、逆浸透膜分離装置と、キレート剤再生装置と、透過水移送手段とを備えている。

10

【0010】

ここで、混合器は、洗浄水と土壌浄化システムに導入された土壌とを混合する。湿式破碎機は、混合器から排出された土壌と洗浄水とを含む混合物中の礫及び/又は砂を破碎することにより、礫及び/又は砂の内部に偏在又は点在していた鉄及び/又は鉄酸化物（以下「鉄等」と総称する。）が表面に露出する鉄系細粒分を生成し、鉄系細粒分の表面に露出している鉄等に有害金属等を吸着（付着）させる。トロンメルは、湿式破碎機から排出された、礫と砂と細粒分と洗浄水とを含む混合物から礫を分離する。液体サイクロンは、トロンメルから排出された砂と細粒分と洗浄水とを含む混合物から砂を分離する。シクナは、液体サイクロンから排出された細粒分と洗浄水とを含む混合物を、沈降分離により、上澄水と、細粒分と洗浄水とを含むスラッジとに分離する。

20

【0011】

鉄分除去装置は、シクナから排出されたスラッジから鉄系細粒分を磁力で吸着して除去することにより、スラッジの有害金属等の含有率を低下させる。なお、鉄系細粒分は、磁力で吸着可能な程度に鉄等を含んでいる。細粒分洗浄装置は、鉄分除去装置から排出されたスラッジと、キレート剤及び水を含むキレート洗浄液とを混合して細粒分スラリーを生成し、該細粒分スラリーを予め設定された滞留時間を確保するように流動させることにより、細粒分に付着（吸着）している有害金属等ないしはこれらのイオンをキレート剤に捕捉させる。濾過装置は、細粒分洗浄装置から排出された細粒分スラリーを濾過して、濾液と濾過ケーキとを生成する。

30

【0012】

逆浸透膜分離装置は、濾過装置から排出された濾液を、逆浸透膜により、キレート剤が濃縮された濃縮水とキレート剤を含まない透過水とに分離する。キレート剤再生装置は、逆浸透膜分離装置から排出された濃縮水を受け入れ、キレート剤よりも錯生成力が高く濃縮水と接触したときに該濃縮水中の有害金属等ないしはこれらのイオンを吸着する固相吸着材により、濃縮水中のキレート剤から有害金属等を除去して該濃縮液をキレート洗浄液として細粒分洗浄装置に供給する。透過水移送手段は、逆浸透膜分離装置から排出された透過水をシクナに移送（返送）する。

40

【0013】

鉄分除去装置は、スラッジ槽と、磁石装着ドラムと、ドラム回転機構とを有する。ここで、スラッジ槽はシクナから排出されたスラッジを保留する。磁石装着ドラムは、ドラム状に形成され、ドラム中心軸が水平方向を向きかつドラム下部がスラッジ槽内のスラッジに浸漬されるように配置されている。そして、磁石装着ドラムのドラム円周面の内側には、複数の永久磁石がドラム径方向外方に磁極が向くようにドラム円周方向に並んで装着（配列）されている。ドラム回転機構は、磁石装着ドラムをドラム中心軸まわりに回転させる。

【0014】

本発明に係る土壌浄化システムは、濾過装置から排出された濾液に清澄濾過を施す清澄

50

濾過器を備えているのが好ましい。また、鉄分除去装置は、スラッジ槽に保留されているスラッジの水素指数を pH 4 ~ 6 の範囲内に調整する pH 調整装置と、スラッジ槽から排出されたスラッジを中和する中和装置とを有しているのが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

一般に、洗浄水を用いる汚染土壌の洗浄・分級の過程では、有害金属等は礫及び砂にはほとんど吸着（付着）されず、細粒分に集約して吸着（付着）される（例えば、非特許文献1参照）。そして、細粒分は、磁力で吸着可能な程度に鉄等を含む比較的少量の鉄系細粒分と、鉄系細粒分以外の磁力では吸着できない比較的多量の細粒分（以下「非鉄系細粒分」という。）とを含む。一方、鉄等は有害金属等を吸着する性質を有するので（例えば、非特許文献2参照）、表面に露出している鉄等を含む鉄系細粒分の有害金属等の吸着量（付着量）は、非鉄系細粒分の有害金属等の吸着量（付着量）よりかなり多くなる。

10

【0016】

そして、本発明に係る土壌浄化システムによれば、湿式破砕機で礫及び／又は砂が破砕されて細粒分が生成されるが、これらの細粒分のうち礫中又は砂中に偏在又は点在していた鉄等の微小塊を多く含む細粒分は鉄系細粒分であり、これらの鉄系細粒分の表面に露出している鉄等は湿式破砕機から鉄分除去装置に至る一連の流通過程で比較的多量の有害金属等を吸着する。したがって、鉄分除去装置には、破砕以前に存在した鉄系細粒分と、破砕によって生成された鉄系細粒分とが導入され、これらの鉄系細粒分はいずれもはかなり多量（非鉄系細粒分と比べて）の有害金属等を吸着している。

20

【0017】

かくして、鉄分除去装置では磁石装着ドラムによってこれらの有害金属等の吸着量が多い鉄系細粒分がスラッジから除去されるので、該スラッジの有害金属等の含有率ないしは保有率を大幅に低下させることができる。したがって、鉄分除去装置から排出されたスラッジをキレート洗浄液により浄化する細粒分洗浄装置に対する有害金属等の負荷と、キレート剤から有害金属等を除去するキレート剤再生装置に対する有害金属等の負荷とを軽減することができ、キレート剤及び固相吸着材の必要量ないしは使用量を低減することができる。なお、湿式破砕機及び鉄分除去装置は、物理的な処理を施す簡素な機械構造のものであり、格別の化学薬品を使用しないので、その運転コストは非常に低い。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明に係る土壌浄化システムの概略構成を示すブロック図である。

【図2】(a)は、土壌浄化システムの構成要素である鉄分除去装置の模式的な側面断面図であり、(b)は、(a)に示す鉄分除去装置の模式的な平面図である。

【図3】(a)は、もう一つの鉄分除去装置の模式的な側面断面図であり、(b)は(a)に示す鉄分除去装置の模式的な平面図である。

【図4】(a)は細粒分洗浄装置の模式的な平面図であり、(b)は(a)に示す細粒分洗浄装置のA-A線断面図であり、(c)は細粒分洗浄装置の1つのスラリー通路の立面断面図である。

40

【図5】キレート剤再生装置の模式的な立面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1に示すように、本発明の実施形態に係る土壌浄化システムSにおいては、有害金属等（有害金属及び／又はその化合物）ないしはこれらのイオンで汚染された地盤の掘削等により採取された土壌（汚染土壌）が、投入ホッパ1に受け入れられる。なお、有害金属としては、例えばクロム、鉛、カドミウム、セレン、水銀、金属砒素などが挙げられる。そして、投入ホッパ1内の土壌は連続的又は間欠的に混合器2に投入され、混合器2に連続的に供給される洗浄水と混合される。ここで、土壌は、礫（例えば、粒径2~75mm）と、砂（例えば、粒径0.075~2mm）と、細粒分（例えば、粒径0.075mm

50

以下)とを含み、場合によっては石(例えば、粒径75mm以上)を含むものである。

【0020】

混合器2で生成された土壌と洗浄水とを含む混合物(以下「土壌・水混合物」という。)は、湿式破砕機であるミルブレイカ3に移送される。ミルブレイカ3としては、例えばロッドミルを用いることができる。ロッドミルは、詳しくは図示していないが、ドラムの中に複数のロッド(例えば、10本の75mm×2mのスチールロッド)が配置された破砕装置であり、ドラムの回転によってロッドが互いに平行に転動して線接触し、その衝撃力、剪断力、摩擦力等により礫及び砂を(場合によっては石も)破砕して細粒分等の小径の土壌粒子を生成することができるものである。ミルブレイカ3として、ロッドミルのほかにボールミルなども用いることができる。なお、礫及び砂は、その一部が細粒分になるのであって、すべてが細粒分になる訳ではない。

10

【0021】

かくして、ミルブレイカ3は、混合器2から排出された土壌・水混合物中の礫及び砂を(場合によっては石も)破砕して細粒分等の小径の土壌粒子を生成する。これにより、礫及び砂に吸着され(付着し)又は含まれていた有害金属等が水中に離脱する。このとき、基本的には(後記の鉄等による吸着はさておき)、水中に離脱した有害金属等は、礫及び砂にはほとんど吸着されず、ないしは付着せず、細粒分に集約して吸着され、ないしは付着する(例えば、非特許文献1参照)。

【0022】

さらに、礫及び砂の内部に偏在又は点在していた鉄等(鉄及び/又は酸化鉄)の微小塊が表面に露出する多数の鉄系細粒分が生成される。一方、一般に鉄等は有害金属等を吸着する性質がある。このため、洗浄水中に存在する有害金属等ないしはこれらのイオンの一部が鉄系細粒分の鉄等の露出面に吸着され、ないしは付着する。その結果、鉄系細粒分の有害金属等の吸着量(付着量)は、非鉄系細粒分の有害金属等の吸着量(付着量)よりかなり多くなる。つまり、ミルブレイカ3から排出される細粒分は、有害金属等の吸着量(付着量)が多い鉄系細粒分と、有害金属等の吸着量(付着量)が少ない非鉄系細粒分とで構成される。なお、破砕以前から存在する鉄系細粒分も、非鉄系細粒分に比べてかなり多くの有害金属等を吸着しているのはもちろんである。

20

【0023】

このように有害金属等を吸着している鉄系細粒分は、後で説明するように、鉄分除去装置12によって除去される。一方、鉄等(鉄及び/又は酸化鉄)が有害金属等を吸着する性質を有することは一般に知られており、この性質を利用して、有害金属等を含むスラッジに鉄粉ないしは酸化鉄の粉末を添加することにより、スラッジから有害金属等を除去するようした「鉄粉法」が種々提案されている(例えば、特許文献3~4、非特許文献2参照)。しかしながら、本発明のように、礫及び砂を破砕することにより、表面にフレッシュな(まだ有害金属等を吸着していない)鉄等の微小塊が露出した鉄系細粒分を生成し、これらの露出した鉄等の微小塊(鉄系細粒分)に有害金属等を吸着させるようにした有害金属等の処理手法は提案されていない。

30

【0024】

ミルブレイカ3から排出された土壌・水混合物はトロンメル4に導入される。トロンメル4は、詳しくは図示していないが、水を貯留することができる受槽と、水平面に対して傾斜して配置された略円筒形のドラムスクリーンとを有する篩分装置であって、ドラムスクリーンは、モータによりその中心軸(円筒の中心軸)まわりに回転することができるようになっている。また、ドラムスクリーン内に、洗浄水をスプレー状で噴射することができるようになっている。

40

【0025】

トロンメル4の回転しているドラムスクリーンの内部を土壌・水混合物が流れる際に、ドラムスクリーンの網目より細かい土壌粒子は、洗浄水とともにドラムスクリーンの網目を通り抜け、ドラムスクリーン外に出て受槽内に入る。他方、ドラムスクリーンの網目より粗い土壌粒子は、ドラムスクリーンの網目を通り抜けることができないので、ドラムス

50

クリーンの下側の開口端を經由して、ドラムスクリーン外に排出される。

【0026】

このトロンメル4では、ドラムスクリーンの網目の分級径（目開き）は、粒径が2mm未満の土壤粒子、すなわち砂及び細粒分がドラムスクリーンの網目を通り抜けるように設定されている。したがって、このトロンメル4では、粒径が2mm以上の土壤粒子である礫が（場合によっては石も）土壤・水混合物から分離される。前記のとおり、水中に離脱した有害金属等は礫及び砂にはほとんど吸着されず、ないしは付着しないので、トロンメル4で分離された礫は清浄なものであり、例えばコンクリート用の骨材等として用いることができる。なお、トロンメル4のドラムスクリーンの網目の寸法（目開き）は前記のものに限定されるわけではなく、得ようとする土壤粒子の粒径に応じて、任意に設定することができるのはもちろんである。

10

【0027】

トロンメル4の受槽内に収容された粒径が2mm未満の土壤粒子、すなわち砂及び細粒分と洗浄水とを含む土壤・水混合物はサイクロン5（液体サイクロン）に導入される。サイクロン5は、詳しくは図示していないが、下方に向かって狭まる略円錐状のシリンダ内に土壤・水混合物をポンプで圧送して旋回流を生じさせ、これによって生じる遠心力を利用して、土壤・水混合物を、比較的粒径が小さい細粒分（例えば、粒径0.075mm未満）と水の混合物と、比較的粒径が大きい砂（例えば、粒径0.075mm以上）と水の混合物とに分離する。

【0028】

そして、細粒分と水の混合物（以下「細粒分含有水」という。）はサイクロン5の上端部から排出され、比較的粒径が大きい砂と水の混合物はサイクロン5の下端部から排出される。ここで、サイクロン5の下端部から排出された砂は、前記のとおり有害金属等をほとんど含んでいないので、水切りないしは乾燥処理を施して再生砂として使用される。他方、細粒分含有水はPH調整槽6に移送される。

20

【0029】

PH調整槽6では、細粒分含有水のpHが、酸液（例えば、硫酸、塩酸）及びアルカリ液（例えば、水酸化ナトリウム水溶液）を用いて、ほぼ中性となるように調整される。なお、図示していないが、PH調整槽6では、細粒分含有水のpHは、pHメータ等を備えたpH自動制御装置により自動的に調整される。

30

【0030】

PH調整槽6でpHが調整された細粒分含有水は凝集槽7に導入される。凝集槽7では、細粒分含有水にポリ塩化アルミニウム水溶液（PAC）と、高分子凝集剤と、pH調整剤（酸性液又はアルカリ性液）とが添加される。これにより、凝集槽7内に非水溶性の金属水酸化物と細粒分とが混在する多数のフロックが生成される。

【0031】

凝集槽7内の細粒分含有水（フロックを含む）はシクナ8に導入される。シクナ8は、詳しくは図示していないが、細粒分含有水がほぼ静止している状態で非水溶性のフロックないしは細粒分を重力により沈降させ、下部に位置するスラッジ層（例えば、固形分の比率が5～10%）と、上部に位置しほとんどフロックないしは細粒分を含まない上澄水（洗浄水）とを形成する。なお、上澄水の表面に浮上油が浮遊している場合、この浮上油は、少量の上澄水をシクナ8の上部から溢流させることにより除去される。

40

【0032】

シクナ8内の上澄水は、洗浄水槽10に導入され、一時的に貯留される。洗浄水槽10が満杯になったときには予備水槽11が使用される。洗浄水層10ないしは予備水槽11に貯留されている洗浄水は、循環水として混合器2及びトロンメル4に供給される。なお、洗浄水槽10に貯留されている洗浄水が、蒸発等により減少したときには、適宜に水道水が補給される。他方、シクナ8の下部に沈殿ないしは滞留しているスラッジは、中間タンク9に移送され、一時的に貯留される。そして、中間タンク9内のスラッジは、連続的に鉄分除去装置12（12A、12B）に移送される。

50

【 0 0 3 3 】

図 2 (a) 及び図 2 (b) に示すように、 1 つの実施形態に係る鉄分除去装置 1 2 A は、スラッジ槽 2 1 と、磁石装着ドラム 2 2 A とを備えている。ここで、スラッジ槽 2 1 は、中間タンク 9 から管路 2 3 を介して移送されてくる細粒分（鉄系細粒分及び非鉄系細粒分）と水とからなるスラッジを受け入れて一時的に保留する。そして、スラッジ槽 2 1 内のスラッジは、後で説明するように鉄系細粒分が除去された後、管路 2 4 を介して細粒分洗浄装置 1 3（図 1 参照）に移送される。なお、スラッジ槽 2 1 内には、細粒分の底部への沈殿を阻止するために攪拌機 2 5 が設けられている。

【 0 0 3 4 】

磁石装着ドラム 2 2 A は、回転シャフト 2 6 と、回転シャフト 2 6 に同軸に取り付けられた円筒状のドラム本体 2 7 と、ドラム本体 2 7 の円周部（外縁部）の内側に（例えば嵌め込みにより）ドラム円周方向に互いに隣り合って環状に装着ないしは配列された複数の永久磁石 2 8 と、環状に配列された永久磁石群の外周面を覆う円筒状カバー 2 9 とを備えている。ここで、磁石装着ドラム 2 2 A ないしはドラム本体 2 7 は、その回転中心軸が水平方向を向きかつドラム下部がスラッジ槽 2 1 内のスラッジに浸漬されるように配置されている。

10

【 0 0 3 5 】

複数の永久磁石 2 8 は、それぞれ、磁極がドラム径方向外方に向くように（外向き）配設されている。永久磁石 2 8 は、N 極又は S 極がすべて外向きとなるように配置してもよく、また、N 極と S 極が交互に外向きとなるように配置してもよい。円筒状カバー 2 9 は、厚さが比較的薄い（例えば、5 ~ 10 mm）軟磁性金属材料（例えば、鉄又は鉄合金）で形成するのが好ましいが、反磁性金属材料（例えば、銅もしくはアルミニウム又はこれらの合金）で形成してもよい。

20

【 0 0 3 6 】

回転シャフト 2 6 についてはドラム本体 2 7 は、モータ 3 0（電動機）によって減速機 3 1 を介して回転駆動され、図 2 (a) 中における位置関係において時計回り方向に緩速（例えば、0.5 ~ 2.0 r.p.m.）で回転する。そして、磁石装着ドラム 2 2 A ないしはドラム本体 2 7 がスラッジ槽 2 1 内のスラッジに浸漬されているときには、スラッジ中の鉄系細粒分が永久磁石 2 8 の磁力により円筒状カバー 2 9 の外周面に引き寄せられて吸着される。かくして、磁石装着ドラム 2 2 A ないしはドラム本体 2 7 がスラッジの外に出たときには、円筒状カバー 2 9 の外周面に、鉄系細粒分層が形成されている。円筒状カバー 2 9 の外周面に形成された鉄系細粒分層は、スクレーパ 3 2 によって掻き取られ、磁石装着ドラム 2 2 A から除去される。なお、除去された鉄系細粒分は、例えば製鉄原料として用いることができる。

30

【 0 0 3 7 】

鉄系細粒分は、礫及び砂を湿式破砕機であるミルブレイカ 3（図 1 参照）で破砕することにより生成されたもの、あるいは礫及び砂の破砕以前から存在するものであり、いずれもその表面に鉄等の微小塊が露出し、露出している鉄等の微小塊にはかなり多量の有害金属等が吸着されている。一般に、礫中及び砂中には、鉄等の小塊が偏在又は点在しており、このような小塊の割合は 2 ~ 5 質量 % 程度である。このため、礫及び砂の破砕により生成された細粒分の一部は、表面にフレッシュな鉄等が露出する鉄系細粒分となる。

40

【 0 0 3 8 】

鉄は強磁性体（軟磁性体）であり、磁石に吸着される。また、土壌中に存在する鉄酸化物は、実質的に四酸化三鉄（ Fe_3O_4 ）と、型三酸化二鉄（ $\alpha - Fe_2O_3$ ）と、型三酸化二鉄（ $\beta - Fe_2O_3$ ）とからなり、四酸化三鉄及び型三酸化二鉄は強磁性体（軟磁性体）であり、磁石に吸着される。なお、型三酸化二鉄は磁化せず磁石には吸着されない。このため、表面に鉄等の微小塊が露出している鉄系細粒分は、鉄、四酸化三鉄又は型三酸化二鉄の強磁性（軟磁性）により永久磁石 2 8 に引き付けられ、円筒状カバー 2 9 の外周面に吸着される。

【 0 0 3 9 】

50

なお、本願発明者が、滋賀県大津市の株式会社山崎砂利商店途中工場の汚染土壌処理場において、2017年7月に複数回(10回)、ミルブレーカで礫及び砂を破碎して生成した細粒分と水の混合物であるスラッジ(細粒分1~3質量%)について、直径約1mの磁石装着ドラム(永久磁石としてネオジム磁石を使用)を用いて鉄系細粒分の吸着実験を行ったところ、平均的にはスラッジ10m³あたり3.4kgの鉄系細粒分が採取された。

【0040】

礫及び砂をミルブレーカ3(図1参照)で破碎することにより生成された鉄系細粒分の表面に露出している鉄等の微小塊は、礫中又は砂中に偏在又は点在していた有害金属等を吸着していないフレッシュな鉄等の小塊から生じたものであり、破碎後に表面に露出してその周囲の洗浄水から有害金属等ないしはこれらのイオンを吸着する。かくして、ミルブレーカ3(図1参照)から排出され鉄分除去装置12Aに導入される細粒分は、有害金属等の吸着量が比較的(ないしはかなり)多い鉄系細粒分と、有害金属等の吸着量が比較的(ないしはかなり)少ない非鉄系細粒分とで構成される。

10

【0041】

そして、前記のとおり、鉄分除去装置12Aではスラッジから鉄系細粒分が除去されるので、鉄分除去装置12Aから排出されるスラッジに含まれる細粒分は、有害金属等の吸着量が比較的(ないしはかなり)少ない非鉄系細粒分が大半となる。したがって、土壤浄化システムSに導入された汚染土壌に含まれていた有害金属等の一部ないしはかなりの部分は、鉄分除去装置12Aによって除去される。なお、スラッジ槽21内のスラッジの水素指数をpH4~6の範囲内に調整すれば、鉄系細粒分の有害金属等の吸着量が若干増加する。この場合、スラッジ槽21から排出されたスラッジを中和するのが好ましい。

20

【0042】

後で説明するように、鉄分除去装置12Aから排出されたスラッジないしは細粒分に対して、細粒分洗浄装置13(図1参照)でキレート剤によるキレート洗浄処理が行われ、かつキレート剤再生装置17(図1参照)で固相吸着材によりキレート剤の再生処理が行われるが、前記のとおり鉄分除去装置12Aでスラッジ中の有害金属等が低減されるので、細粒分(スラッジ)のキレート洗浄処理及びキレート剤の再生処理に対する有害金属等の負荷が軽減される。このため、土壤浄化システムSにおけるキレート剤及び固相吸着材の必要量ないしは使用量を低減することができ、土壤の処理コストを低減することができる。つまり、鉄分除去装置12Aは、細粒分洗浄装置13ないしはキレート剤再生装置17への有害金属等の負荷を軽減する前処理装置ないしは予備処理装置として機能する。

30

【0043】

以下、図3(a)、(b)を参照しつつ、図2(a)、(b)に示す鉄分除去装置12Aとは構成が異なるもう一つの鉄分除去装置12Bの構成及び機能を説明する。ただし、図3(a)、(b)に示す鉄分除去装置12Bの構成要素の大部分は、図2(a)、(b)に示す鉄分除去装置12Aの構成要素と共通であるので、説明の重複を避けるため、以下では主として鉄分除去装置12Aと異なる点を説明する。なお、図3(a)、(b)に示す鉄分除去装置12Bの構成要素において、図2(a)、(b)に示す鉄分除去装置12Aの構成要素と共通なものには、同一の参照番号が付されている。

40

【0044】

図3(a)、(b)に示す鉄分除去装置12Bでは、スラッジ槽21の上方に、磁石装着ドラム22Bないしはドラム本体27とは別に円柱形の駆動ローラ41が設けられ、この駆動ローラ41は駆動シャフト42に同軸に取り付けられている。駆動ローラ41及び駆動シャフト42は、その回転中心軸がドラム本体27の回転中心軸と平行となるように配置され、モータ30によって減速機31を介して回転駆動されるようになっている。駆動ローラ41はドラム本体27よりも小径(例えば、1/5~1/10)である。

【0045】

ドラム本体27には、図2(a)に示す鉄分除去装置12Aと同様の仕様で複数の永久磁石28が装着ないしは配設されている。磁石装着ドラム22Bの回転シャフト26は、

50

スラッジ槽 2 1 に固定された軸受により従動回転自在に支持されている。なお、鉄分除去装置 1 2 A と同様の円筒状カバーを設けてもよい。そして、円周部の内側に複数の永久磁石 2 8 が環状に装着ないしは配列されたドラム本体 2 7 と駆動ローラ 4 1 とにわたって、軟磁性金属材料（例えば、鉄又は鉄合金）からなる無端ベルト 4 3（例えば、スチールベルト）が巻き掛けられている。なお、無端ベルト 4 3 を反磁性金属材料（例えば、銅もしくはアルミニウム又はこれらの合金）で形成してもよい。

【 0 0 4 6 】

駆動ローラ 4 1 が、モータ 3 0 によって減速機 3 1 を介して、図 3 (a) 中における位置関係において時計回り方向に回転駆動されると、ドラム本体 2 7 ないしは磁石装着ドラム 2 2 B は時計回り方向に従動回転し、無端ベルト 4 3 は駆動ローラ 4 1 とドラム本体 2 7 との間を時計回り方向に周回走行する。なお、モータ 3 0 ないしは駆動ローラ 4 1 の回転数は、ドラム本体 2 7 が緩速（例えば、0 . 5 ~ 2 . 0 r . p . m . ）で回転するように設定されている。

10

【 0 0 4 7 】

駆動ローラ 4 1 とドラム本体 2 7 との間を、図 3 (a) 中における位置関係において時計回り方向に周回走行する無端ベルト 4 3 が、ドラム本体 2 7 の円周面の内側に環状に配列された永久磁石群の外周面に当接し、かつスラッジ槽 2 1 内のスラッジに浸漬されているときには、スラッジ中の鉄系細粒分が永久磁石 2 8 の磁力により無端ベルト 4 3 の外面に引き寄せられて吸着される。かくして、無端ベルト 4 3 がスラッジの外に出たときには、0 無端ベルト 4 3 の外面に鉄系細粒分層が形成されている。無端ベルト 4 3 の外面に形成された鉄系細粒分層は、駆動ローラ 4 1 近傍でスクレーパ 3 2 によって掻き取られ、無端ベルト 4 3 から除去される。

20

【 0 0 4 8 】

図 3 (a)、(b) に示す鉄分除去装置 1 2 B においても、図 2 (a)、(b) に示す鉄分除去装置 1 2 A と同様に、スラッジから鉄系細粒分が除去されるので、鉄分除去装置 1 2 B から排出されるスラッジに含まれる細粒分は、有害金属等の吸着量が比較的（ないしはかなり）少ない非鉄系細粒分が大半となる。したがって、土壌浄化システム S に導入された汚染土壌に含まれていた有害金属等の一部ないしはかなりの部分は、鉄分除去装置 1 2 B によって除去される。

30

【 0 0 4 9 】

鉄分除去装置 1 2 (1 2 A、1 2 B) から排出されたスラッジは、細粒分洗浄装置 1 3 (図 1 参照) に導入される。細粒分洗浄装置 1 3 は、鉄分除去装置 1 2 (1 2 A、1 2 B) から排出された非鉄系細粒分と洗浄水とを含むスラッジと、後で説明するキレート剤再生装置 1 7 (図 1 参照) から供給されるキレート剤と水とを含むキレート洗浄液とを受け入れ、これらを混合・攪拌して細粒分スラリーを生成し、予め設定された滞留時間（例えば、0 . 5 ~ 2 時間）を確保するようにおおむねプラグフロー（栓流）で連続的に流動させることにより、細粒分に付着（吸着）している有害金属等ないしはこれらのイオンをキレート剤に捕捉させる。これにより、細粒分スラリー中の細粒分の表面に吸着（付着）されている有害金属等が除去される。細粒分洗浄装置 1 3 に供給するスラッジの流量とキレート洗浄液の流量の比は、例えば 1 : 1 に設定される。

40

【 0 0 5 0 】

キレート洗浄液に用いられるキレート剤としては、例えば、EDTA（エチレンジアミン四酢酸）、あるいはHIDS（3 - ヒドロキシ - 2 , 2 ' - イミノジコハク酸）、IDS（2 , 2 ' - イミノジコハク酸）、MGDA（メチルグリシン二酢酸）、EDDS（エチレンジアミンジ酢酸）又はGLDA（L - グルタミン酸ジ酢酸）のナトリウム塩などが挙げられる。これらのキレート剤は、いずれも細粒分スラリーないしは細粒分に含まれている有害金属等を有効に捕捉する（キレートする）ことができものである。なお、細粒分に含まれる有害金属等の種類に応じて、その処理に適したキレート剤が選択され、又は複数種のキレート剤が用いられるのはもちろんである。

【 0 0 5 1 】

50

以下、図4(a)~(c)を参照しつつ、細粒分洗浄装置13の具体的な構成及び機能を説明する。細粒分洗浄装置13は、4つの平板状の仕切り壁51~54で仕切ることにより形成された互いに平行に伸びる5つの細長い直方体状ないしは角柱状のスラリー通路55~59を備えた貯槽50を有している。貯槽50は、例えば地上に設置した鉄製の直方体状の角型タンクであってもよく、またコンクリート製の直方体状のピットであってもよい。また、仕切り壁51~54は、例えば複数の鉄板又はプラスチック板をスラリー通路の伸びる方向に連結することにより形成したものであってもよい。

【0052】

スラリー通路55~59において隣り合う2つのスラリー通路はスラリー通路長手方向(図4(a)、(b)における位置関係では左右方向)の一端の連通部(図4(a)中に4つの曲線状の矢印で示された部位)で互いに連通している。すなわち、これらの連通部には仕切り壁51~54が存在せず、隣り合うスラリー通路同士が連通している。

10

【0053】

各スラリー通路55~59の底部には、それぞれ、細粒分スラリー中に空気を放出して細粒分スラリーを攪拌する空気放出管61~65が配設されている。各空気放出管61~65はスラリー通路長手方向に伸び、周壁の底部(下側)においてスラリー通路長手方向に並ぶ複数の空気放出孔が形成された多孔管であり、その中空部は、詳しくは図示していないが、圧縮空気を供給するコンプレッサないしは送風機に接続されている。空気放出管61~65に加圧された空気が供給されたときには、この空気が空気放出孔から気泡となって細粒分スラリー中に放出されて浮上し、この気泡によって細粒分スラリーが攪拌される。

20

【0054】

図4(c)は、細粒分スラリーの流れ方向(図4(a)中に曲線状の矢印及び直線状の矢印で示す方向)にみて最も上流側のスラリー通路55の断面を示している。図4(c)から明らかなどおり、空気放出管61は、スラリー通路55の一方の側面の近傍においてスラリー通路底部近傍に配置されている。このため、空気放出管61から放出された気泡はこの側面の近傍で上昇する。その結果、スラリー通路55内には、スラリー通路長手方向と垂直な平面内において矢印Pで示す方向に流れる循環流が形成され、細粒分スラリーが攪拌される。貯槽50及び各スラリー通路55~59の形状、寸法、容量等、並びに空気放出管61~65への加圧空気の供給量等は、細粒分洗浄装置13において予め設定される細粒分スラリーの、含水率、流量、滞留時間、流速、流れの乱流度(例えば、レイノルズ数)等に対応して好ましく設定される。

30

【0055】

再び図1に示すように、細粒分洗浄装置13から排出された細粒分スラリーは濾過装置14に移送される。濾過装置14は、細粒分スラリーを濾過し、含水率が30~40パーセントの濾過ケーキと濾液とを生成する。なお、濾過装置14としては、フィルタプレスや真空濾過機などを用いることができる。濾過装置14から排出された濾過ケーキ(細粒分)は有害金属等をほとんど含まないので、例えば農業用の培土として利用され、あるいは埋立て等により処分される。

【0056】

濾過装置14から排出された濾液すなわちキレート洗浄液は、清澄濾過器15(例えば、砂濾過器)で懸濁物質ないしは浮遊物質(SS)が除去された後、逆浸透膜分離装置16に移送される。詳しくは図示していないが、逆浸透膜分離装置16は、清澄濾過器15から排出されたキレート洗浄液を受け入れ、高圧ポンプで加圧した上で、逆浸透膜により、キレート剤が濃縮された濃縮水と、キレート剤を含まない透過水とに分離する。

40

【0057】

逆浸透膜分離装置16の逆浸透膜としては、例えばポリエステル不織布(厚さ100~120 μm)の表面に、ポリスルホン支持層と架橋芳香族ポリアミド緻密層とが積層されてなる三層構造のものなどを用いることができる。なお、架橋芳香族ポリアミド緻密層は、孔径がおおむね0.5~1.5nmである多数の細孔を有し、水は透過させるがキレ

50

ト剤は透過させない非常に薄い（例えば、 $0.2 \sim 0.25 \mu\text{m}$ ）半透膜である。また、ポリスルホン支持層は、非常に薄い架橋芳香族ポリアミド緻密層を支持しないしは保護してその破損を防止するための比較的厚い（例えば、 $40 \sim 50 \mu\text{m}$ ）多孔質膜である。

【0058】

逆浸透膜分離装置16はスパイラル型のものであり、スパイラル状に巻かれた逆浸透膜が円筒状の容器内に収容されてなる逆浸透膜エレメントを複数有している。各逆浸透膜エレメントは、例えば全長を $1 \sim 2 \text{m}$ 程度とし、外径を $0.2 \sim 0.4 \text{m}$ 程度とするのが実用的である。例えば、全長が約 1m であり、外径が約 0.2m である市販のこの種の逆浸透膜エレメント（例えば、岐阜県中津川の株式会社オーセンテック製）における逆浸透膜の有効膜面積は約 40m^2 である。この逆浸透膜エレメントの場合、キレート剤濃度が1質量%程度のキレート洗浄液を 1MPa 程度の圧力で供給するときの、キレート洗浄液の処理量は約 $1.5 \text{m}^3 / \text{hr}$ と推定される。したがって、例えば毎時 60m^3 のキレート洗浄液を処理する場合は、この逆浸透膜エレメントを40本並列に接続すればよい。

10

【0059】

逆浸透膜分離装置16は連続式であり、キレート洗浄液の供給量及び供給圧力（操作圧力）、濃縮水及び透過水の排出量、濃縮水のキレート剤濃縮比等の運転条件は、細粒分洗浄装置13に供給すべきキレート洗浄液の量及びキレート剤濃度に応じて適切に設定される。例えば、細粒分洗浄装置13に供給するスラッジの流量とキレート洗浄液の流量の比を $1:1$ に設定し、細粒分洗浄装置13における細粒分スラリーのキレート剤濃度を1質量%に設定した場合、逆浸透膜分離装置16はキレート洗浄液の供給量の50%程度の透過水（キレート剤濃度0）と50%程度の濃縮水（キレート剤濃度2質量%程度）とが生成されるように設定される。したがって、細粒分洗浄装置13では、キレート剤を含まないスラッジとキレート剤濃度が2質量%程度のキレート洗浄液とが $1:1$ で混合され、細粒分洗浄装置13におけるキレート剤濃度は1質量%程度に維持される。

20

【0060】

逆浸透膜分離装置16から排出された濃縮水すなわちキレート洗浄液は、キレート剤再生装置17に導入されて再生される。キレート剤再生装置17は、キレート剤よりも錯生成力が高くキレート洗浄液と接触したときにキレート洗浄液中の有害金属等を吸着又は抽出する固相吸着材又は該固相吸着材が固定された小片ないしは粒状物を有し、キレート洗浄液中のキレート剤から有害金属等を除去し、キレート洗浄液を再生する。

30

【0061】

固相吸着材は、担体に環状分子を担持させ、環状分子にキレート配位子を修飾した配位結合及び水素結合による多点相互作用を有するとともに有害金属等のイオンを選択的に取り込むものである。これにより、キレート剤に捕捉されている有害金属等はキレート剤から離脱させられ、固相吸着材に吸着又は抽出される。これにより、キレート洗浄液（キレート剤）から有害金属等が除去・回収され、キレート洗浄液（キレート剤）は再び有害金属等を捕捉することができる状態となる。

【0062】

キレート剤より錯生成力が高い固相吸着材は、例えばゲル等の固体状のものであり、一般に、金属を捕捉しているキレート剤を含む水溶液と接触したときに、キレート剤と配位結合している金属イオンをキレート剤から離脱させて該固相吸着材に移動させることができる程度の共有結合以外の強い結合力を有しているものである。このような固相吸着材は、例えばキレート剤としてEDTA（エチレンジアミン四酢酸）を用いる場合、濃度が $10 \text{mM} / \text{l}$ であるEDTA水溶液から、ほぼ100%の金属イオンを回収することができる強い結合力を有するものである。

40

【0063】

このような固相吸着材としては、例えばシリカゲルや樹脂等の担体に環状分子を密に担持させ、この環状分子にキレート配位子を修飾させたものなどが挙げられる。このような固相吸着材を用いる場合、隣り合う環状分子及びキレート配位子により、配位結合、水素結合などの複数の様々な結合や相互作用が生じて多点相互作用が生じ、金属イオンに対し

50

てキレート剤よりも強い化学結合が生じるとともに環状分子の性状により金属イオンを選択的に取り込むことができる。

【0064】

以下、図5を参照しつつキレート剤再生装置17の具体的な構成及び機能を説明する。キレート剤再生装置17には、その内部に固相吸着材粒子、又は固相吸着材が固定された充填物（パッキング）が充填された充填塔70が設けられている。また、キレート剤再生装置17には、再生すべきキレート洗浄液（濃縮水）を貯留する中間貯槽71と、再生されたキレート洗浄液を貯留する洗浄液貯槽72と、酸液を貯留する酸液貯槽73と、水を貯留する水貯槽74とが設けられている。

【0065】

中間貯槽71には、逆浸透膜分離装置16から排出された濃縮水すなわちキレート洗浄液が一時的に貯留される。そして、キレート洗浄液を再生するときに、中間貯槽71に貯留されたキレート洗浄液を充填塔70に移送する一方、充填塔70で再生されたキレート洗浄液を洗浄液貯槽72に移送するためのポンプ76及び一連の管路77～80が設けられている。また、洗浄液貯槽72に貯留されたキレート洗浄液を細粒分洗浄装置13（図1参照）に供給するためのポンプ81及び管路82が設けられている。

【0066】

さらに、キレート剤再生装置17には、固相吸着材を再生する際に、酸液貯槽73に貯留された酸液を充填塔70に移送する一方、充填塔70から排出された酸液を酸液貯槽73に戻すためのポンプ83及び複数の管路84、85が設けられている。また、キレート剤再生装置17には、酸液で再生された固相吸着材を水洗する際に、水貯槽74に貯留された水を充填塔70に移送する一方、充填塔70から排出された水を水貯槽74に戻すためのポンプ86及び複数の管路87、88が設けられている。

【0067】

充填塔70にキレート洗浄液、酸液又は水を移送するための管路77、78、84、87には、それぞれ、対応する管路を開閉するバルブ91、92、93、94が介設されている。他方、充填塔70からキレート洗浄液、酸液又は水を排出するための管路79、80、85、88には、それぞれ、対応する管路を開閉するバルブ95、96、97、98が介設されている。これらのバルブ91～98の開閉状態を切り換えることにより、充填塔70に対して、キレート洗浄液、酸液又は水のいずれかを給排することができる。なお、これらのバルブ91～98の開閉は、図示していないコントローラによって自動的に制御される。

【0068】

以下、キレート剤再生装置17の運転手法の一例を説明する。キレート洗浄液（キレート剤）を再生する際には、管路77～80に介設されたバルブ91、92、95、96が開かれる一方、他のバルブ93、94、97、98が閉じられ、ポンプ76が運転される。これにより、中間貯槽72内のキレート洗浄液が、洗浄液再生装置35内を流通して洗浄液貯槽36に移送される。

【0069】

充填塔70内では、有害金属等を捕捉しているキレート剤を含むキレート洗浄液が固相吸着材（固相吸着材粒子）と接触させられる。その結果、キレート剤に捕捉されている有害金属等がキレート剤から離脱させられ、固相吸着材に吸着しないしは抽出される。これにより、キレート洗浄液から有害金属等が除去・回収され、キレート剤は再び有害金属等を捕捉することができる状態となり、キレート洗浄液は再生される。

【0070】

キレート洗浄液の再生に伴って、固相吸着材における有害金属等の吸着量は経時的に増加してゆくが、固相吸着材の吸着能力には上限がある。このため、固相吸着材における有害金属等の吸着量が飽和状態ないしはその近傍に達したときには、固相吸着材は再生される。すなわち、キレート洗浄液が排除された状態で充填塔70内に酸液を流し、固相吸着材に吸着された有害金属等を酸液により除去して固相吸着材を再生する。かくして、有害

10

20

30

40

50

金属等が酸液によって回収される一方、固相吸着材は再生されて再び有害金属等ないしはこれらのイオンを吸着又は抽出することが可能な状態となる

【0071】

充填塔70内の固相吸着材を酸液で再生する際には、管路84、78、79、85に介設されたバルブ93、92、95、97が開かれる一方、他のバルブ91、94、96、98が閉じられ、ポンプ83が運転される。これにより、酸液貯槽73内の酸液が、充填塔70内を流通して酸液貯槽73に還流する。固相吸着材の有害金属吸着量が飽和状態ないしはその近傍に達したか否かは、充填塔70から排出されたキレート洗浄液中の有害金属等の含有量を検出することにより判定することができる。

【0072】

酸液による固相吸着材の再生が終了した後に固相吸着材を水洗する際には、管路87、78、79、88に介設されたバルブ94、92、95、98が開かれる一方、他のバルブ91、93、96、97が閉じられ、ポンプ86が運転される。これにより、水貯槽74内の水が、充填塔70内を流通して水貯槽74に還流する。水は、水貯槽74と充填塔70との間を循環して流れる。その際、充填塔70内の固相吸着材は水と接触し、固相吸着材に付着している酸液が洗浄される。この後、キレート洗浄液の再生が再開される。

【0073】

このように再生されたキレート洗浄液は、洗浄液貯槽72に一時的に貯留された後、細粒分洗浄装置13に供給される。つまり、キレート洗浄液は、細粒分の浄化とキレート剤の再生とを繰り返しつつ循環する。なお、キレート剤の目減り分は適宜に補充される。

【0074】

以上、本発明に係る土壤浄化システムSによれば、清浄で再利用可能な礫、砂及び細粒分を得ることができる。また、鉄分除去装置12(12A、12B)から排出されるスラッジの有害金属等の含有率を低下させることができるので、細粒分洗浄装置13に対する有害金属等の負荷と、キレート剤再生装置17に対する有害金属等の負荷とを軽減することができる。また、キレート剤及び固相吸着材の必要量ないしは使用量を低減することができる。また、鉄分除去装置12(12A、12B)は、物理的な処理を施す簡素な機械構造のものであり、格別の化学薬品を使用しないので、その運転コストは非常に低い。

【符号の説明】

【0075】

S 土壤浄化システム、1 投入ホッパ、2 混合器、3 ミルブレイカ(湿式破碎機)、4 トロンメル、5 サイクロン、6 PH調整槽、7 凝集槽、8 シックナ、9 中間タンク、10 洗浄水槽、11 予備水槽、12 鉄分除去装置、12A 鉄分除去装置、12B 鉄分除去装置、13 細粒分洗浄装置、14 濾過装置、15 清澄濾過器、16 逆浸透膜分離装置、17 キレート剤再生装置、21 スラッジ槽、22A 磁石装着ドラム、22B 磁石装着ドラム、23 管路、24 管路、25 攪拌機、26 回転シャフト、27 ドラム本体、28 永久磁石、29 円筒状カバー、30 モータ、31 減速機、32 スクレーパー、41 駆動ローラ、42 駆動シャフト、43 無端ベルト、50 貯槽、51~54 仕切り壁、55~59 スラリー通路、61~65 空気放出管、70 充填塔、71 中間貯槽、72 洗浄水槽、73 酸液貯槽、74 水貯槽、76 ポンプ、77~80 管路、81 ポンプ、82 管路、83 ポンプ、84 管路、85 管路、86 ポンプ、87 管路、88 管路、91~98 バルブ。

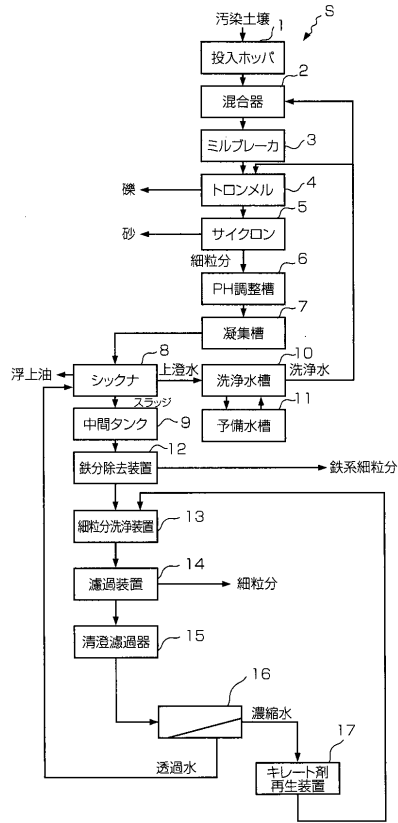
10

20

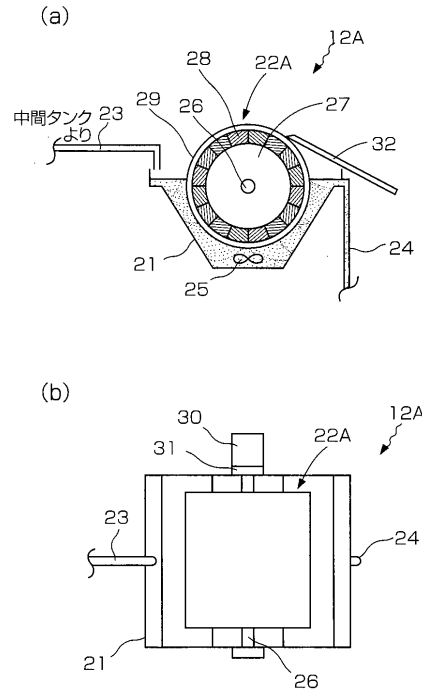
30

40

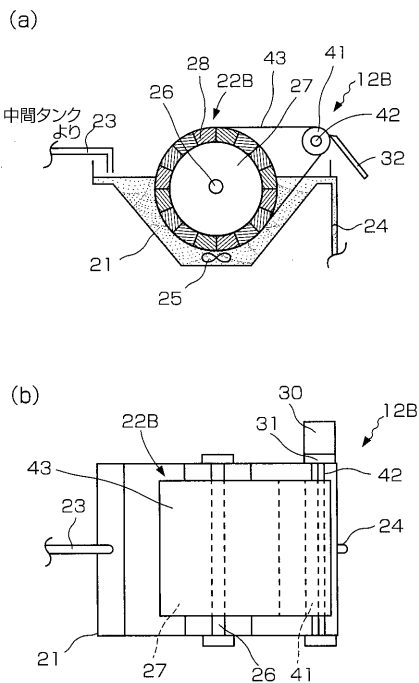
【 図 1 】



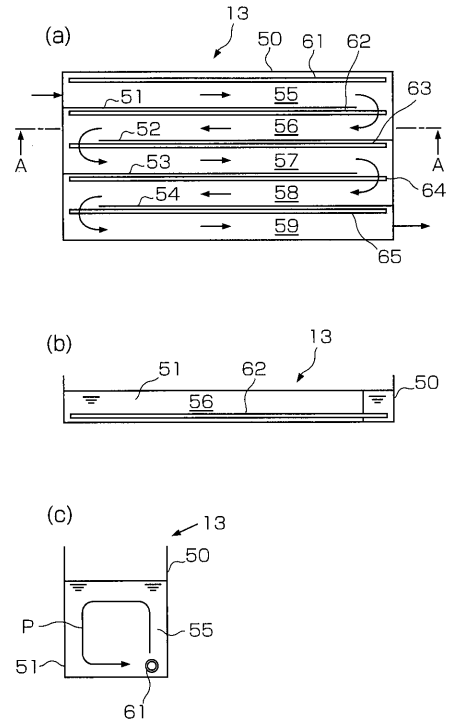
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)	
B 0 3 C 1/02 (2006.01)	B 0 3 C	1/02		C	
B 0 3 C 1/18 (2006.01)	B 0 3 C	1/18			

Fターム(参考) 4D006 GA03 HA61 JA02Z MA06 MA09 MA21 MA31 MC48 MC56 MC62
PA02 PB08 PB12 PB70 PC80
4D624 AA09 AB16 BA16 BB08 BC01 CA01 DA07 DB20