

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6296266号  
(P6296266)

(45) 発行日 平成30年3月20日 (2018. 3. 20)

(24) 登録日 平成30年3月2日 (2018. 3. 2)

(51) Int. Cl. F I  
**B09C 1/08 (2006.01)** B09C 1/08

請求項の数 3 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-177156 (P2017-177156)                  (22) 出願日 平成29年8月29日 (2017. 8. 29)                  (62) 分割の表示 特願2016-257924 (P2016-257924) の分割                  原出願日 平成28年12月19日 (2016. 12. 19)                  審査請求日 平成29年8月29日 (2017. 8. 29)                  早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 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                  審査官 小久保 敦規</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 土壌浄化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有害金属又はその化合物で汚染された土壌を、キレート剤を含む洗浄水で浄化する土壌浄化施設における土壌浄化方法であって、

前記土壌浄化施設は、

礫と砂と細粒土とを含みかつ有害金属又はその化合物で汚染された土壌と、キレート剤を含む洗浄水とを混合し、該土壌に付着している有害金属又はその化合物を該土壌から離脱させてキレート剤に捕捉させる混合部と、

前記混合部から排出された土壌と洗浄水の混合物を受け入れ、前記混合物から粗骨材及び砂を分離する分級部と、

前記分級部から排出された細粒土を含む洗浄水を、沈降分離により、上澄水と、細粒土を含むスラッジとに分離する沈降分離部と、

前記沈降分離部から排出された上澄水を受け入れ、該上澄水中の有害金属又はその化合物を捕捉しているキレート剤から有害金属又はその化合物を除去して該キレート剤を再生し、該上澄水を洗浄水として前記混合部に還流させるキレート剤再生部と、

前記キレート剤再生部から出た、再生したキレート剤を含む洗浄水に対して、キレート剤の目減り分を補充して洗浄水のキレート剤濃度が予め設定された値に維持されるように、洗浄水にキレート剤を供給するキレート剤補充部とを有し、

前記土壌浄化施設の敷地の外に、前記分級部で分離された砂及び粗骨材に含まれ又は付着しているキレート剤を回収するキレート剤回収装置が設けられ、

10

20

前記キレート剤回収装置は、前記分級部で分離された砂及び粗骨材をすすぎ水で洗浄してキレート剤を除去するキレート剤除去部と、前記土壤浄化施設の敷地に降下した雨水を前記キレート剤除去部にすすぎ水として供給する雨水供給部と、前記キレート剤除去部から排出された洗浄廃水からキレート剤を回収するキレート剤回収部とを有し、

前記キレート剤除去部は、

前記分級部で分離された砂にすすぎ水を散布又は噴射して、該砂に保持されているキレート剤を除去する砂すすぎ装置と、

前記分級部で分離された粗骨材にすすぎ水を散布又は噴射して、該粗骨材に保持されているキレート剤を除去する粗骨材すすぎ装置とを有し、

前記キレート剤回収部は、

前記砂すすぎ装置及び前記粗骨材すすぎ装置から排出されたキレート剤を含む洗浄廃水を受け入れて貯留する洗浄廃水貯槽と、

地面に配設され水蒸発用砂を収容する、上側が開かれた容器状の砂収容部と、

前記砂収容部の上方に配設され、前記砂収容部への雨水の降下を阻止する屋根と、

前記洗浄廃水貯槽に貯留されている洗浄廃水を、前記砂収容部に収容されている水蒸発用砂に散布する洗浄廃水散布装置と、

前記砂収容部に収容されている水蒸発用砂の粒子の間隙を流下した余剰の洗浄廃水を前記洗浄廃水貯槽に還流させる洗浄廃水還流機構とを有し、

該土壤浄化方法は、

前記砂収容部に収容された水蒸発用砂の上に前記洗浄廃水散布装置から洗浄廃水を散布する一方、該水蒸発用砂に付着している洗浄廃水の水分を空気中に蒸発させて前記砂収容部から除去し、

前記砂収容部で所定の期間用いられてキレート剤が蓄積された水蒸発用砂を前記分級部又は前記混合部に導入して、前記水蒸発用砂に蓄積されたキレート剤を回収し、

前記砂すすぎ装置から排出された砂の一部を、前記砂収容部に収容する水蒸発用砂として用いることを特徴とする土壤浄化方法。

#### 【請求項 2】

前記水蒸発用砂は細砂であり、前記洗浄廃水散布装置から前記砂収容部への洗浄廃水の散布量を、前記砂収容部に収容されている水蒸発用砂の含水比が 30 ~ 35 % に維持されるように設定することを特徴とする、請求項 1 に記載の土壤浄化方法。

#### 【請求項 3】

前記細砂の粒径は、0.075 ~ 0.25 mm の範囲内であることを特徴とする、請求項 2 に記載の土壤浄化方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、有害金属又はその化合物で汚染された土壤を、キレート剤を含む洗浄水で浄化する土壤浄化施設における土壤浄化方法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壤汚染、あるいは有害金属等を含む産業廃棄物の投棄等による土壤汚染が問題となっている。そして、有害金属等で汚染された土壤(以下「有害金属汚染土壤」という。)を、該有害金属汚染土壤が現に存在する位置(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、有害金属汚染土壤は、一般に、掘削により原位置から除去され、外部の土壤浄化施設で浄化される。

#### 【0003】

このような原位置外の土壤浄化施設で有害金属汚染土壤を浄化する手法としては、従来

10

20

30

40

50

、有害金属汚染土壌を洗浄液で洗浄して有害金属等を除去する土壌浄化手法が広く用いられている。かくして、本願発明者は、有害金属等で汚染された汚染土壌を、キレート剤を含有する洗浄水で洗浄して有害金属等を除去する一方、洗浄後の洗浄水から固相吸着材で有害金属等を除去することにより洗浄水ないしはキレート剤を再生して繰り返し使用する、洗浄水を施設外に排出しないクローズドシステム型の土壌浄化施設を種々提案している（特許文献1～4参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5661211号公報

10

【特許文献2】特許第5736094号公報

【特許文献3】特許第5771342号公報

【特許文献4】特許第5771343号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】清沢秀樹著「地温変化にもとづく土壌面蒸発量の推定法について」三重大学紀要論文、三重大学農学部学術報告、1984年、68巻、25～40頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

ところで、特許文献1～4に開示された土壌浄化施設では、有害金属等で汚染された土壌とキレート剤を含む洗浄水とを混合し、該土壌に付着している有害金属等を該土壌から離脱させてキレート剤に捕捉させるとともに、該土壌を分級して粗骨材及び砂を生成するようにしている。

【0007】

そして、このように生成された砂にはキレート剤を含む洗浄水が付着しているが、キレート剤を含む砂は土木・建築材料としては好ましくない。また、土壌浄化施設内のキレート剤は、砂によって持ち去られる分だけ減少してゆく。したがって、キレート剤を再生して繰り返し使用しても、砂によって持ち去られるキレート剤に相応する量のキレート剤を補充する必要がある。このため、大量の汚染土壌（例えば、1000トン/日）を浄化する土壌浄化施設では、大量のキレート剤を補充しなければならず、土壌浄化施設における土壌の処理コストが非常に高つくといった問題がある。

30

【0008】

また、大量の汚染土壌を浄化する土壌浄化施設はかなり大規模な施設であり、その設置面積及び高さがかかなり大きいので、建屋内に配置することができず、一般に土壌浄化施設の敷地内に露天で設置される。一方、土壌浄化施設の敷地には時々雨が降るが、このような敷地内には土壌浄化施設から汚染土壌が散逸ないしは漏出している可能性があるので、敷地に降下した雨水は土壌汚染物質を含んでいる可能性がある。

【0009】

したがって、クローズドシステム型の土壌浄化施設の敷地に降下した雨水をそのまま外部に排出したのでは、この土壌浄化施設は真のクローズドシステムとはいえない。このため、土壌浄化施設の敷地に降下した雨水を、これに含まれる有害金属等を未処理で外部へ排出することなく、確実に処理することが必要である。

40

【0010】

本発明は、上記従来の問題を解決するためになされたものであって、有害金属等で汚染された土壌を、循環するキレート剤を含む洗浄水で浄化する一方、該土壌から砂を分離して再利用するようにしたクローズドシステム型の土壌浄化施設において、砂によってキレート剤が持ち去られるのを防止又は低減するとともに、土壌浄化施設の敷地に降下した雨水を、これに含まれる有害金属等を未処理で外部へ排出することなく、確実に処理することを可能にする手段を提供することを解決すべき課題とする。

50

**【課題を解決するための手段】****【0011】**

前記課題を解決するためになされた本発明は、有害金属等で汚染された土壌を、キレート剤を含む洗浄水で浄化する土壌浄化施設における土壌浄化方法を提供する。ここで、土壌浄化施設は、混合部と、分級部と、沈降分離部と、キレート剤再生部と、キレート剤補充部とを備えている。混合部は、礫と砂と細粒土とを含みかつ有害金属等で汚染された土壌と、キレート剤を含む洗浄水とを混合し、該土壌に付着している有害金属等を該土壌から離脱させてキレート剤に捕捉させる。分級部は、混合部から排出された土壌と洗浄水の混合物を受け入れ、該混合物から粗骨材及び砂を分離する。沈降分離部は、分級部から排出された細粒土を含む洗浄水を、沈降分離により、上澄水と、細粒土を含むスラッジとに分離する。キレート剤再生部は、沈降分離部から排出された上澄水を受け入れ、上澄水中の有害金属等を捕捉しているキレート剤から有害金属等を除去してキレート剤を再生する。キレート剤補充部は、キレート剤の目減り分を補充して洗浄水のキレート剤濃度が予め設定された値に維持されるように、洗浄水にキレート剤を供給する。

10

**【0012】**

土壌浄化施設の敷地の外に、分級部で分離された砂に含まれ又は付着しているキレート剤を回収するキレート剤回収装置が設けられる。ここで、キレート剤回収装置は、分級部で分離された砂をすすぎ水で洗浄してキレート剤を除去するキレート剤除去部と、土壌浄化施設の敷地に降下した雨水をキレート剤除去部にすすぎ水として供給する雨水供給部と、キレート剤除去部から排出された洗浄廃水からキレート剤を回収するキレート剤回収部とを有する。キレート剤除去部は、分級部で分離された砂にすすぎ水を散布又は噴射して、該砂に保持されているキレート剤を除去する砂すすぎ装置を有する。

20

**【0013】**

キレート剤回収部は、洗浄廃水貯槽と、砂収容部と、屋根と、洗浄廃水散布装置と、洗浄廃水還流機構とを有する。ここで、洗浄廃水貯槽は、砂すすぎ装置から排出されたキレート剤を含む洗浄廃水を受け入れて貯留する。砂収容部は、地面に配設され水蒸発用砂を収容する、上側が開かれた容器状のものである。屋根は、砂収容部の上方に配設され、砂収容部への雨水の降下を阻止する。洗浄廃水散布装置は、洗浄廃水貯槽に貯留されている洗浄廃水を、砂収容部に収容されている水蒸発用砂に散布する。洗浄廃水還流機構は、砂収容部に収容されている水蒸発用砂の粒子の間隙を流下した余剰の洗浄廃水を洗浄廃水貯槽に還流させる。

30

**【0014】**

本発明に係る土壌浄化方法においては、砂収容部に収容された水蒸発用砂の上に洗浄廃水散布装置から洗浄廃水を散布する一方、該水蒸発用砂に付着している洗浄廃水の水分を空気中に蒸発させて砂収容部から除去し、砂収容部で所定の期間用いられてキレート剤が蓄積された水蒸発用砂を分級部又は混合部に導入して水蒸発用砂に蓄積されたキレート剤を回収し、砂すすぎ装置から排出された砂の一部を砂収容部に収容する水蒸発用砂として用いる。

**【0015】**

本発明に係る土壌浄化方法においては、砂収容部で用いる水蒸発用砂は細砂（すなわち、粒径が0.075～0.25mmの砂）であるのが好ましく、洗浄廃水散布装置から砂収容部への洗浄廃水の散布量は、砂収容部に収容されている水蒸発用砂の含水比が30～35%に維持されるように設定するのが好ましい。

40

**【発明の効果】****【0016】**

本発明に係る土壌浄化方法によれば、分級部で分離された砂に、砂すすぎ装置ですすぎ水が散布又は噴射され、該砂に付着しているキレート剤が洗い流されるので、キレート剤を含まない高品質の砂（洗い砂）を生成することができる。また、砂すすぎ装置から排出され洗浄廃水貯槽に貯留されている洗浄廃水の水分は砂収容部で蒸発し、この洗浄廃水に含まれていたキレート剤は砂収容部内の水蒸発用砂に蓄積される。そして、このようにキ

50

レート剤が蓄積された水蒸発用砂は分級部又は混合部に導入されるので、分級部から排出された砂に付着していたキレート剤は、外部に排出されること回収される。つまり、有害金属等で汚染された土壌を循環するキレート剤を含む洗浄水で浄化する一方、該土壌から砂を分離して再利用するようにした土壌浄化施設において、砂によってキレート剤が外部に持ち去られるのを防止又は低減することができる。さらに、砂すすぎ装置から排出される砂の一部を、砂収容部に収容する水蒸発用砂として用いるので、砂収容部で用いる水蒸発用砂を別途に調達する必要はなく、該水蒸発用砂を容易に調達することができる。

【0017】

また、土壌洗浄装置の敷地に降下した雨水をすべて、砂すすぎ装置ですすぎ水として用いるので、土壌浄化施設の敷地に降下した雨水を、これに含まれる有害金属等を未処理で外部へ排出することなく確実に処理することができる。さらに、砂すすぎ装置で水道水ないしは工業用水を使用せず、雨水を有効に利用するので、砂すすぎ装置のランニングコストを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、土壌浄化施設及びキレート剤回収装置の概略的な構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、図1に示す土壌浄化施設の具体的な構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、図2に示す土壌浄化施設のキレート剤再生部の具体的な構成を示す模式的な立面図である。

【図4】図4は、砂すすぎ装置の模式的な側面図である。

【図5】図5は、粗骨材すすぎ装置の模式的な側面図である。

【図6】図6は、キレート剤回収装置の配置形態を模式的に示す平面図である。

【図7】図7は、砂収容部の長手方向（前後方向）と垂直な平面で切断した、砂収容部、洗浄廃水散布装置及び屋根の模式的な一部断面立面図である。

【図8】図8は、屋根及びフレーム構造を取り外した状態における、砂収容部及び洗浄廃水散布装置の要部の模式的な平面図である。

【図9】図9は、土壌浄化施設の所定の部位における土壌、水及びキレート剤の流量を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、添付の図面を参照しつつ本発明の実施形態を具体的に説明する。

まず、図1を参照しつつ、本発明に係る土壌浄化方法を用いる土壌浄化施設の概略構成を説明する。図1に示すように、敷地Rに設置された土壌浄化施設Sは、混合部1と、分級部2と、沈降分離部3と、濾過部4と、キレート剤再生部5と、キレート剤補充部6とを備えている。そして、敷地R外に、土壌浄化施設Sのためのキレート剤回収装置Tが設けられている。

【0020】

混合部1は、礫と砂と細粒土（シルト及び／又は粘土）とを含み、かつ有害金属等（有害金属及び／又はその化合物）で汚染された土壌と、キレート剤を含む洗浄水とを混合し、該土壌に付着している有害金属等を該土壌から離脱させてキレート剤に捕捉させる。分級部2は、混合部1から排出された土壌と洗浄水の混合物を受け入れ、該混合物から粗骨材（礫）及び砂を分離する。沈降分離部3は、分級部2から排出された細粒土を含む洗浄水を、沈降分離により、上澄水と、細粒土を含むスラッジとに分離する。濾過部4は、沈降分離部3から排出されたスラッジを濾過して濾過ケーキを生成する。キレート剤再生部5は、沈降分離部3から排出された上澄水（洗浄水）を受け入れ、上澄水（洗浄水）中の有害金属等を捕捉しているキレート剤から有害金属等ないしはこれらのイオンを除去してキレート剤を再生する。キレート剤補充部6は、キレート剤の目減り分を補充して洗浄水のキレート剤濃度が予め設定された値に維持されるように、洗浄水にキレート剤を供給する。

## 【 0 0 2 1 】

後で詳しく説明するように、キレート剤再生部 5 は、キレート剤より錯生成力が高く上澄水と接触したときに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を有し、上澄水中のキレート剤から有害金属等ないしはこれらのイオンを除去して上澄水を洗浄水として再生するとともに、キレート剤を再生する。固相吸着材は、担体に環状分子を担持させ、該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ないしはこれらのイオンを選択的に取り込むものである。なお、固相吸着材に吸着された有害金属等ないしはこれらのイオンは、酸液により除去することができるので、固相吸着材の再生は容易である。

## 【 0 0 2 2 】

キレート剤回収装置 T は、分級部 2 で分離された砂及びノ又は粗骨材に含まれ又は付着しているキレート剤を回収して分級部 2 又は混合部 1 に戻す。具体的には、キレート剤回収装置 T は、分級部 2 で分離された砂をすすぎ水で洗浄してキレート剤を除去するキレート剤除去部 8 と、敷地 R に降下した雨水を貯留して、キレート剤除去部 8 にすすぎ水として供給する雨水供給部 7 と、キレート剤除去部 8 から排出された洗浄廃水からキレート剤を回収するキレート剤回収部 9 とを備えている。

## 【 0 0 2 3 】

後で詳しく説明するように、キレート剤除去部 8 は、分級部 2 で分離された砂にすすぎ水を散布又は噴射して、該砂に保持されているキレート剤を除去する砂すすぎ装置 6 1 ( 図 4 参照 ) を有する。また、キレート剤回収部 9 は、洗浄廃水貯槽 8 4 と、砂収容部 8 5 と、屋根 9 2 と、洗浄廃水散布装置 9 3 と、洗浄廃水還流機構 9 4 とを有する ( 図 6 ~ 図 7 参照 ) 。洗浄廃水貯槽 8 4 は、砂すすぎ装置 6 1 から排出されたキレート剤を含む洗浄廃水を受け入れて貯留する ( 図 6 参照 ) 。砂収容部 8 5 は、地面に配設され水蒸発用砂を収容する、上側が開かれた容器状のものである ( 図 6 参照 ) 。屋根 9 2 は、砂収容部 8 5 の上方に配設され、砂収容部 8 5 への雨水の降下を阻止する ( 図 7 参照 ) 。洗浄廃水散布装置 9 3 は、洗浄廃水貯槽 8 4 に貯留されている洗浄廃水を、砂収容部 8 5 に収容されている水蒸発用砂に散布する ( 図 6 参照 ) 。洗浄廃水還流機構 9 4 は、砂収容部 8 5 に収容されている水蒸発用砂の粒子の間隙を流下した余剰の洗浄廃水を洗浄廃水貯槽 8 4 に還流させる ( 図 6 参照 ) 。

## 【 0 0 2 4 】

次に、図 2 を参照しつつ、土壌浄化施設 S の具体的な構成を説明する。図 2 に示すように、土壌浄化施設 S においては、まず、有害金属等 ( 有害金属及びノ又はその化合物 ) で汚染され、場合によってはその他の汚染物質 ( 例えば、フッ素、ホウ素、シアン等の第二種特定有害物質 ) 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 1 に受け入れられる。そして、投入ホッパ 1 1 内の土壌はまず混合装置 1 2 ( 混合部 ) に導入され、混合装置 1 2 内で、キレート剤を含む洗浄水と混合される。ここで、土壌は、細粒土 ( 粒径が 0 . 0 7 5 m m 以下のシルト又は粘土 ) と礫と砂とを含み、場合によっては石を含むものである。混合装置 1 2 内では、土壌に付着している有害金属等が該土壌から離脱させられ、キレート剤によって捕捉される。

## 【 0 0 2 5 】

投入ホッパ 1 1 内の土壌は有害金属等で汚染され、場合によってはさらにその他の汚染物質で汚染されている。有害金属等としては、例えばクロム、鉛、カドミウム、セレン、水銀、金属砒素及びこれらの化合物などが挙げられる。その他の汚染物質としては、例えば、フッ素又はその化合物、ホウ素又はその化合物、シアン化合物等の第二種特定有害物質などが挙げられる。

## 【 0 0 2 6 】

混合装置 1 2 で生成された土壌と洗浄水の混合物 ( 以下「土壌・水混合物」という。 ) は湿式のミルブレイカ 1 3 に移送される。ミルブレイカ 1 3 としては、例えばロッドミルを用いることができる。ミルブレイカ 1 3 は、石あるいは礫に衝撃力、剪断力、摩擦力等を加えてこれを破碎する。その際、石、礫等に付着し又は含まれている有害金属等あるい

10

20

30

40

50

はその他の汚染物質は剥離又は除去され、洗浄水中に離脱する。土壌の表面から離脱した有害金属等あるいはその他の汚染物質ないしはこれらのイオンは、洗浄水中のキレート剤によって捕捉される。なお、土壌の状態によっては（例えば、土壌が石を含まない場合）は、ミルブレーカ13を省略してもよい。

【0027】

キレート剤としては、例えば、EDTA（エチレンジアミン四酢酸）、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を用いることができる。キレート剤は、土壌に付着している有害金属等ないしはこれらのイオンを捕捉する（キレートする）。土壌を処理する際には、土壌に含まれる有害金属等の種類に応じて、該処理に適したキレート剤が選択される。洗浄水中のキレート剤の濃度は、高ければ高い程有害金属等ないしはこれらのイオンの捕捉量が増えるが、実用上は0.005~0.1モル/リットルの範囲、好ましくは0.01~0.05モル/リットルの範囲に設定される。

10

【0028】

ミルブレーカ13から排出された土壌・水混合物（ミルブレーカ13を設けない場合は、混合装置12から排出された土壌・水混合物）はトロンメル14に導入される。トロンメル14は、洗浄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湿式の篩分装置であって、ドラムスクリーンは、モータによりその中心軸まわりに回転することができる。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。

20

【0029】

トロンメル14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。トロンメル14内では、土壌・水混合物中の土壌粒子同士が互いに擦れ合うので、土壌粒子の表面に残留・付着している有害金属等あるいはその他の汚染物質が剥離され、洗浄水中に離脱させられる。洗浄水中に離脱した有害金属等あるいはその他の汚染物質ないしはこれらのイオンは、洗浄水中のキレート剤によって捕捉される。

30

【0030】

この実施形態では、トロンメル14のドラムスクリーンの網目の分級径（目開き）は、粒径が2mm未満の土壌粒子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14では、粒径が2mm以上の土壌粒子（礫）が土壌・水混合物から分離ないしは回収される。粒径が2mm以上の土壌粒子（礫）は、ほとんど汚染物質を含まない。このため、トロンメル14で分離された粒径が2mm以上の土壌粒子（礫）は、例えばコンクリート用の骨材ないしは粗骨材として用いることができる。これらの粗骨材は、キレート剤回収部9に移送される。なお、トロンメル14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、得ようとする比較的粒径が大きい土壌粒子の粒径に応じて、任意に設定することができる。

40

【0031】

トロンメル14の受槽内に收容された粒径が2mm未満の土壌粒子と洗浄水とを含む土壌・水混合物はサイクロン15に導入される。サイクロン15は、土壌・水混合物を、比較的粒径が小さい（例えば0.075mm未満）細粒土と洗浄水の混合物と、比較的粒径が大きい（例えば0.075mm以上）土壌粒子とに分離する。そして、細粒土と洗浄水の混合物（以下「細粒土含有水」という。）はサイクロン15の上端部から排出され、比較的粒径が大きい土壌粒子はサイクロン15の下端部から排出される。ここで、細粒土含有水はシルタンク16（中間貯槽）に一時的に貯留される。細粒土含有水に含まれる細粒土は、例えばその粒径が0.075mm未満のシルト又は粘土である。

【0032】

50

他方、サイクロン 15 の下端部から排出された比較的粒径が大きい土壌粒子はサンドクリーン 17 に導入される。この比較的粒径が大きい土壌粒子は、例えばその粒径が 0.075 ~ 2 mm の砂である。サンドクリーン 17 は、所定の圧力及び水量で洗浄水を流動させて、比較的粒径が大きい土壌粒子すなわち砂にすぎず洗浄処理を施すとともに、残留している浮遊物ないしは異物を除去する。すぎず洗浄処理が施された比較的粒径が大きい土壌粒子すなわち砂は、キレート剤回収装置 T のキレート剤除去部 8 に移送される。これらの砂は、汚染物質をほとんど含んでいないので、再生砂として使用され、あるいは販売される。サンドクリーン 17 から排出された洗浄水は、フィードタンク 18 (中間貯槽)に一時的に貯留される。

【0033】

シールタンク 16 に貯留された細粒土含有水は PH 調整槽 19 に導入される。また、フィードタンク 18 に一時的に貯留された洗浄水も PH 調整槽 19 に導入され、細粒土含有水に加えられる。そして、PH 調整槽 19 では、細粒土含有水の pH (水素指数)が、PH 調整剤、例えば酸性液 (例えば、硫酸、塩酸等) 及びアルカリ性液 (例えば、水酸化ナトリウム水溶液等) を用いて、ほぼ中性又は所定の pH (例えば、pH 7 ~ 8) となるように調整される。

【0034】

PH 調整槽 19 で pH が調整された細粒土含有水は凝集槽 20 に導入される。凝集槽 20 では、細粒土含有水にポリ塩化アルミニウム液 (PAC) と、高分子凝集剤と、pH 調整剤 (酸性液又はアルカリ性液) とか添加される。これにより、凝集槽 20 内に非水溶性の金属水酸化物と細粒土とが混在する多数のフロックが生成される。その際、洗浄水中の水質汚濁物質がフロックに吸着され又はフロックに付着する。なお、ポリ塩化アルミニウム液及び高分子凝集剤を、凝集槽 20 ではなく、pH 調整槽 19 で細粒土含有水に添加してもよい。

【0035】

凝集槽 20 内の細粒土含有水は、浮遊物回収装置 21 により浮遊物が除去された後、シクナ 22 に導入される。シクナ 22 は、細粒土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土を重力により沈降させ、下部に位置するスラッジ層 (固形分の比率: 5 ~ 10%) と、上部に位置しほとんどフロックないしは細粒土を含まない上澄水 (洗浄水) とを形成する。なお、上澄水の表面に浮遊している浮上油は、少量の上澄水をシクナ 22 の上部から溢流させることにより除去される。

【0036】

シクナ 22 の下部に滞留ないしは堆積しているスラッジは、スラッジポンプ等により引き抜かれて中間タンク 23 に移送され、中間タンク 23 内に一時的に貯留される。そして、中間タンク 23 内のスラッジは、間欠的に又は連続的に、フィルタプレス 24 に移送される。フィルタプレス 24 は、中間タンク 23 から受け入れたスラッジを加圧濾過し、濾過ケーキと濾液とを生成する。フィルタプレス 24 の濾過圧力は、例えば濾過ケーキの含水率が 30 ~ 40% となるように設定される。フィルタプレス 24 の濾液はシクナ 22 に戻される。フィルタプレス 24 から排出された濾過ケーキは、有害金属等あるいはその他の汚染物質を含まないので、必要に応じて乾燥処理を施した上で再利用し、又は販売することができる。

【0037】

他方、シクナ 22 内の上澄水 (洗浄水) は、洗浄水槽 25 に導入されて貯留される。洗浄水槽 25 が満杯になったときには予備水槽 26 が使用される。洗浄水層 25 ないしは予備水槽 26 に貯留されている処理水 (洗浄水) はキレート剤再生部 5 に導入される。なお、洗浄水槽 25 に貯留されている洗浄水 (循環水) が蒸発等により減少したときには、適宜に洗浄水槽 25 に水道水、工業用水等が補給される。

【0038】

土壌浄化施設 S においては、有害金属等で汚染された土壌が、順に混合装置 12 とミルブレーカ 13 とトロンメル 14 とサイクロン 15 とサンドクリーン 17 とで処理される際

10

20

30

40

50



に、土壌に付着している有害金属等あるいはその他の汚染物質は、キレート剤を含む洗浄水中に離脱する。したがって、トロンメル14で回収される粗骨材、あるいはサンドクリン17で回収される砂はほとんど有害金属等を含まないため、土木・建築用の材料として再使用することができる。

#### 【0039】

また、細粒土は、シールタンク16又はフィードタンク18からシクナ22までの流通過程で、キレート剤を含む洗浄水と十分に長い時間（例えば、1～4時間）接触する。このため、細粒土に付着している有害金属等あるいはその他の汚染物質は、ほとんど洗浄水中に離脱する。そして、洗浄水中に離脱した有害金属等あるいはその他の汚染物質ないしはこれらのイオンはキレート剤によって捕捉される。したがって、フィルタプレス24で生成される濾過ケーキ（土）は、有害金属等あるいはその他の汚染物質をほとんど含まないため、乾燥させて再使用することができる。

10

#### 【0040】

以下、図3を参照しつつ、土壌浄化施設Sのキレート剤再生部5の具体的な構成及び機能を説明する。図3に示すように、キレート剤再生部5には、洗浄剤再生装置として液系流動層装置30が設けられている。液系流動層装置30の内部には、固相吸着材の粒子又は固相吸着材が固定された小片もしくは粒状物（以下、これらを「固相吸着材粒子」と総称する。）が収容され、洗浄水槽25に貯留された再生すべき洗浄水（以下、単に「洗浄水」という。）が下側から上側に向かって流通し、固相吸着材粒子は洗浄水の上昇流によって流動化されるようになっている。液系流動層装置30には略円筒形の外殻30a（シェル）が設けられ、その内部において上部に上側多孔板30bが配設される一方、下部に下側多孔板30cが配設されている。下側多孔板30cの下側には、洗浄水を整流する整流部材30dが配設されている。

20

#### 【0041】

両多孔板30b、30cは、これらを厚み方向に貫通する多数の貫通孔が形成された円板である。貫通孔の口径は、固相吸着材粒子が通り抜けるのを阻止できる範囲の好ましい値に設定されている。そして、両多孔板30b、30c間の中空部に固相吸着材粒子が収容されている。ここで、固相吸着材粒子の粒径は、液系流動層装置30内を流れる洗浄水の流速に応じて、固相吸着材粒子が動的にサスペンドして流動層を形成することができる範囲の好ましい値に設定されている。また、キレート剤再生部5には、洗浄水（キレート剤）を再生するときに、洗浄水槽25に貯留された洗浄水を液系流動層装置30に移送する一方、液系流動層装置30で再生された洗浄水を洗浄水タンク27に移送するためのポンプ33及び複数の管路34～37が設けられている。なお、洗浄水タンク27内の再生された洗浄水は、ポンプ31及び管路32により、混合装置12とトロンメル14とサンドクリン17とに供給（還流）される。

30

#### 【0042】

また、キレート剤再生部5には、固相吸着材粒子を再生する際に、酸液タンク28に貯留された酸液を液系流動層装置30に移送する一方、液系流動層装置30から排出された酸液を酸液タンク28に戻すためのポンプ38及び複数の管路39、40が設けられている。さらに、キレート剤再生部5には、酸液で再生された固相吸着材粒子を水洗する際に、水タンク29に貯留された水を液系流動層装置30に移送する一方、液系流動層装置30から排出された水を水タンク29に戻すためのポンプ41及び複数の管路42、43が設けられている。

40

#### 【0043】

液系流動層装置30に洗浄水、酸液又は水を移送するための入口側の管路34、35、39、42には、それぞれ、対応する管路を開閉するバルブ44、45、46、47が介設されている。他方、液系流動層装置30から洗浄水、酸液又は水を排出するための出口側の管路36、37、40、43には、それぞれ、対応する管路を開閉するバルブ48、49、50、51が介設されている。これらのバルブ44～51の開閉状態を切り換えることにより、液系流動層装置30に対して、洗浄水、酸液又は水のいずれかを給排するこ

50

とができる。なお、これらのバルブ 44 ~ 51 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。

【 0044 】

以下、図 3 に示すキレート剤再生部 5 の運転手法の一例を説明する。洗浄水（キレート剤）を再生する際には、管路 34 ~ 37 に介設されたバルブ 44、45、48、49 が開かれる一方、その他のバルブ 46、47、50、51 が閉じられ、ポンプ 33 が運転される。これにより、洗浄水槽 25 内の洗浄水が、液系流動層装置 30 を流通して洗浄された後、洗浄水タンク 27 に移送される。

【 0045 】

液系流動層装置 30 内では、有害金属等を捕捉しているキレート剤を含む洗浄水が、キレート剤より錯生成力が高い固相吸着材（固相吸着材粒子）と接触させられる。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。その結果、キレート剤に捕捉されている有害金属等ないしはこれらのイオンがキレート剤から離脱させられ、固相吸着材（固相吸着材粒子）に吸着ないしは抽出される。これにより、洗浄水から有害金属等が除去・回収される一方、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、洗浄水が再生される。

【 0046 】

このように再生された洗浄水は、洗浄水タンク 27 に一時的に貯留された後、ポンプ 31 及び管路 32 により、混合装置 12 とトロンメル 14 とサンドクリーン 17 とに還流させられる。つまり、キレート剤を含有する洗浄水は、土壌の浄化とキレート剤の再生とを繰り返しつつ、土壌浄化施設 S 内を循環する。すなわち、土壌浄化施設 S における洗浄水の循環機構はクロズドシステムであり、基本的には外部に排水を排出しない。このようにキレート剤を再生しつつ循環使用するので、基本的にはキレート剤を供給する必要はなく、目減り分を適宜に補充するだけでよい。

【 0047 】

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。

【 0048 】

このような洗浄水の再生に伴って、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、固相吸着材再生機構（酸液タンク 28、ポンプ 38、管路 39、35、36、40 等）によって再生される。すなわち、固相吸着材再生機構は、洗浄水が排除された状態で液系流動層装置 30 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。なお、固相吸着材は、酸液によって再生された後、水洗機構（水タンク 29、ポンプ 41、管路 42、35、36、43 等）によって水洗され、固相吸着材に付着している微量の酸液が除去される。

【 0049 】

このように、液系流動層装置 30 内の固相吸着材の有害金属等の吸着量が飽和状態ない

10

20

30

40

50

しはその近傍に達して固相吸着材を酸液で再生する際には、管路39、35、36、40に介設されたバルブ46、45、48、50が開かれる一方、その他のバルブ44、47、49、51が閉じられ、ポンプ38が運転される。これにより、酸液タンク28内の酸液が、液系流動層装置30を流通して酸液タンク28に還流する。固相吸着材の再生操作を開始する前には、液系流動層装置30内の洗浄水は排除される。なお、複数の液系流動層装置30を並列に配設すれば、一部の液系流動層装置30への洗浄水の供給が停止されているときでも、洗浄水を連続的に再生することができる。固相吸着材の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か否かは、液系流動層装置30から排出された洗浄水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。

#### 【0050】

液系流動層装置30内に酸液を流す時間は、液系流動層装置30の寸法ないしは形状、固相吸着材粒子の寸法等に応じて好ましく設定される。酸液は、酸液タンク28と液系流動層装置30とを循環して流れる。その際、液系流動層装置30内の固相吸着材は酸液と接触し、固相吸着材に吸着されている有害金属等が酸液中に離脱させられる。すなわち、有害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することが可能な状態となる。

#### 【0051】

また、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42、35、36、43に介設されたバルブ47、45、48、51が開かれる一方、その他のバルブ44、46、49、50が閉じられ、ポンプ41が運転される。これにより、水タンク29内の水が、液系流動層装置30を流通して水タンク29に還流する。このような固相吸着材（固相吸着材粒子）の水洗操作を開始する前には、液系流動層装置30内の酸液は排除される。水は、水タンク29と液系流動層装置30との間を循環して流れる。その際、液系流動層装置30内の固相吸着材粒子は水と接触し、固相吸着材粒子に付着している酸液が除去される。この後、洗浄水の再生が再開される。

#### 【0052】

図9に、図2に示す土壤浄化施設Sにより、例えば0.3質量%のキレート剤を含む洗浄水で、1時間あたり100トンの土壤を浄化する場合における、土壤浄化施設Sの要所における土壤、水及びキレート剤の流量の具体例を示す。図9に示す例では、100トンの土壤は、25トンの礫等と、30トンの砂と、25トンの細粒分と、20トンの水とを含み、その含水比は25%である。また、トロンメル14から排出される粗骨材の含水比は5%であり、サンドクリーン17から排出される砂の含水比は20%である。図9から明らかなどおり、この例では、粗骨材及び砂によって、1時間あたり0.024トンのキレート剤が、土壤浄化施設Sから外部持ち去られている。なお、図2に示す土壤浄化施設Sで1.0質量%のキレート剤を含む洗浄水を用いる場合は、図9中の各表におけるキレート剤の流量は、これらの約3.3倍となる。この場合、1時間あたり約0.08トンのキレート剤が土壤浄化施設Sから外部に持ち去られることになる。

#### 【0053】

以下、図4～図8を参照しつつ、本発明に係る土壤浄化方法ないしはキレート剤回収装置Tを具体的に説明する。

#### 【0054】

図4に示すように、キレート剤除去部8を構成する砂すすぎ装置61は、ベルトコンベア64と、砂供給装置65と、すすぎ水散布装置66と、洗浄廃水受槽67とを備えている。ここで、ベルトコンベア64は、電動機（図示せず）によって回転駆動されるシャフト68aに同軸に取り付けられた略円柱形の駆動ローラ68と、駆動源には接続されていないシャフト69aに同軸に取り付けられた略円柱形の従動ローラ69と、駆動ローラ68と従動ローラ69とに巻き掛けられた輪状ないしは無端（エンドレス）の搬送ベルト70と、搬送ベルト70を支持しないしは案内する多数の支持ローラ71と、該ベルトコンベア64から排出される砂を案内する案内板72とを備えている。この砂すすぎ装置61は、分級部2の一部をなすサンドクリーン17（図1～図2参照）から排出された砂に、す

10

20

30

40

50

すぎ水を散布又は噴射して、該砂に保持され又は付着しているキレート剤を洗い流して除去する。

【0055】

駆動ローラ68と従動ローラ69とは、その直径が同一であり、同一の高さの位置に配置されている。搬送ベルト70は、すすぎ水は通過させるが砂の粒子は通過させない輪状に湾曲させることが可能な多孔性材料、メッシュ状材料、繊維状材料ないしは布状材料で形成されている。すすぎ水散布装置66は、搬送ベルト70の移動方向に関して所定の長さ(例えば、1~2m)の領域において、搬送ベルト70によって搬送されている砂にすすぎ水を散布する。なお、すすぎ水散布装置66からのすすぎ水の散布量は、砂に付着している洗浄水をほぼ全部洗い流すことができるように好ましく設定される。例えば、砂に付着している洗浄水の量の1.0~2.0倍(好ましくは、1.2~1.5倍)の量のすすぎ水が散布される。具体例としては、例えば含水比が20%の砂を1時間あたり5トン(乾燥基準)で搬送する場合は、1時間あたり1.0~2.0トンのすすぎ水を散布することになる。

10

【0056】

砂供給装置65は、サンドクリーン17から排出された砂を、従動ローラ69の近傍で搬送ベルト70の上に所定の流量で供給する。このように供給された砂は、搬送ベルト70によって搬送され、駆動ローラ68に対応する位置で案内板72を經由して下方に落下し、砂貯蔵場(図示せず)に貯蔵される。搬送ベルト70によって搬送されている砂には、すすぎ水散布装置66からすすぎ水が散布され、すすぎ水は砂の粒子の間隙を通過して下方に移動し、搬送ベルト70を通過して洗浄廃水受槽67に流下する。その際、砂に付着していたキレート剤を含む洗浄水は、すすぎ水によって下方に洗い流され、洗浄廃水受槽67に落下するが、すすぎ水の一部は砂の粒子の間隙に保持される。すなわち、砂に保持され又は付着していたキレート剤を含む洗浄水は、キレート剤を含まないすすぎ水と置換される。つまり、砂に含まれ又は付着しているキレート剤は、すすぎ水によって洗い流され、すすぎ水の一部とともに洗浄廃水受槽67に収容される。かくして、砂貯蔵場(図示せず)にはキレート剤及び汚染物質をほとんど含まない清浄な砂が貯蔵される。

20

【0057】

図5に示すように、粗骨材すすぎ装置62は、ベルトコンベア74と、粗骨材供給装置75と、すすぎ水散布装置76と、洗浄廃水受槽77とを備えている。ここで、ベルトコンベア74は、電動機(図示せず)によって回転駆動されるシャフト78aに同軸に取り付けられた略円柱形の駆動ローラ78と、駆動源には接続されていないシャフト79aに同軸に取り付けられた略円柱形の従動ローラ79と、駆動ローラ78と従動ローラ79とに巻き掛けられた輪状ないしは無端(エンドレス)の搬送ベルト80と、搬送ベルト80を支持しないしは案内する多数の支持ローラ81と、該ベルトコンベア74から排出される粗骨材を案内する案内板82と、粗骨材貯蔵所(図示せず)とを備えている。この粗骨材すすぎ装置62は、分級部2の一部をなすトロンメル14(図1~図2参照)から排出された粗骨材に、すすぎ水を散布又は噴射して、該粗骨材に保持され又は付着しているキレート剤を洗い流して除去する。

30

【0058】

なお、粗骨材すすぎ装置62の構成及び機能は、すすぎ水で洗浄する対象が砂ではなく粗骨材である点を除けば、図4に示す砂すすぎ装置61と実質的に同一である。そこで、説明の重複を避けるため、粗骨材すすぎ装置62の詳細な説明は省略する。

40

【0059】

図6に示すように、雨水供給装置7は、敷地Rに降下した雨水をすべて、雨水排出通路(図示せず)を經由して受け入れ貯留する雨水貯槽55と、雨水貯槽55に貯留された雨水を、キレート剤除去部8の砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62にすすぎ水として供給する、ポンプ及び配管等を備えた雨水供給装置56とを備えている。雨水貯槽55は、地面に埋設された、平面形状が矩形であるコンクリート製の貯水池である。

【0060】

50

例えば、敷地Rの面積が $2000\text{ m}^2$ （例えば、平面視で左右 $40\text{ m}$ ×前後 $50\text{ m}$ の矩形の土地）であり、土壌浄化施設Sの土壌処理量が $500\text{ m}^3/\text{日}$ （約 $850\text{ トン/日}$ ）である場合、雨水貯槽55の仕様は、例えば下記のように設定してもよい。

<雨水貯槽55の仕様の一例>

- ・直方体状貯槽（左右寸法： $15\text{ m}$ 、前後寸法： $30\text{ m}$ 、深さ： $3\text{ m}$ ）
- ・上面面積  $450\text{ m}^2$
- ・最大貯水量 約 $1300\text{ m}^3$

#### 【0061】

かくして、砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62の各洗浄廃水受槽67、77に收容されたキレート剤を含む洗浄廃水はキレート剤回収部9に送られ、キレート剤が回収される。具体的には、洗浄廃水は、キレート剤回収部9の洗浄廃水蒸発装置63に導入される。洗浄廃水蒸発装置63は、砂すすぎ装置61及び/又は粗骨材すすぎ装置62から排出されたキレート剤を含む洗浄廃水の水分を蒸発（気化）させて、キレート剤を回収する。このように、洗浄廃水蒸発装置63によって、洗浄廃水からキレート剤が回収され、分級部2（トロンメル14又はサンドクリーン17）に戻される。

#### 【0062】

以下、洗浄廃水蒸発装置63の構成及び機能を具体的に説明する。

図6～図8に示すように、洗浄廃水蒸発装置63には、砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62の各洗浄廃水受槽67、77（図4～図5参照）から排出されたキレート剤を含む洗浄廃水を、洗浄廃水排出通路83を介して受け入れる洗浄廃水貯槽84が設けられている。洗浄廃水貯槽84は、地面に埋設された、平面形状が長方形であるコンクリート製の貯水槽である。なお、以下ではキレート剤回収装置Tないしは洗浄廃水蒸発装置63における施設ないしは装置の位置関係を簡潔に示すため、図6中において洗浄廃水貯槽84と洗浄廃水排出通路83とが並ぶ方向（図6中の位置関係では左右方向）に関して、洗浄廃水貯槽84が位置する側を「左」といい、洗浄廃水排出通路83が位置する側を「右」ということにする。

#### 【0063】

また、洗浄廃水蒸発装置63には、洗浄廃水貯槽84に対して、左右方向と垂直な方向に適度に離間して、砂を收容する容器状の砂收容部85が配設されている。本実施形態では、このような砂として細砂（粒径が $0.075\sim 0.25\text{ mm}$ の砂）を用いている。なお、以下では、キレート剤回収部9ないしは洗浄廃水蒸発装置63における施設ないしは装置の位置関係を簡潔に示すため、洗浄廃水貯槽84と砂收容部85とが並ぶ方向（左右方向と垂直な方向）に関して、洗浄廃水貯槽84が位置する側を「前」といい、砂收容部85が位置する側を「後」ということにする。

#### 【0064】

砂收容部85は、前端壁86と後端壁87と左側壁88と右側壁89と底壁90とを有し、左右方向の長さが比較的短く、前後方向の長さが比較的長い長方形の平面形状を有し、適量の砂（水蒸発用砂）を收容することができる深さを有する、地上に設置され又は地中に埋設されたコンクリート製の箱状の容器である。さらに、洗浄廃水蒸発装置63には、砂收容部85の上方に配設され該砂收容部85への雨水の降下を阻止する屋根92と、洗浄廃水貯槽84に貯留されたキレート剤を含む洗浄廃水を砂收容部85に收容されている砂に散布する洗浄廃水散布装置93と、砂收容部85の底部の洗浄廃水を洗浄廃水貯槽84に還流させる洗浄廃水還流機構94とを備えている。

#### 【0065】

砂收容部85は、コンクリートで作成され、その上端部近傍部が大気中に露出するようにして地面100に埋設されている。砂收容部85は、平面視では左右方向の長さが比較的短く（例えば $20\sim 50\text{ m}$ ）、前後方向の長さが比較的長い（例えば $100\sim 300\text{ m}$ ）長方形の形状を有し、その深さが適量の砂を收容することができるように設定され（例えば $0.4\sim 0.8\text{ m}$ ）、一体形成された前端壁86と後端壁87と左側壁88と右側壁89と底壁90とを有する箱状（浅いプール状）の容器である。なお、砂收容部85の左

10

20

30

40

50

右方向及び前後方向の長さは、該砂収容部 8 5 で蒸発させる洗浄廃水の量等に応じて適宜に設定される。

【 0 0 6 6 】

底壁 9 0 の上面には、互いに所定の間隔を隔てて前後方向に平行に伸び、所定の深さ（例えば 5 ~ 1 0 c m）を有する複数の排水溝 1 0 1 が設けられている。これらの排水溝 1 0 1 は、砂収容部 8 5 の前端部近傍に設けられた集合排水溝 1 0 2 に接続されている。集合排水溝 1 0 2 の前側の端部は洗浄廃水貯槽 8 4 に接続されている。なお、排水溝 1 0 1 及び集合排水溝 1 0 2 は洗浄廃水還流機構 9 4 の構成要素である。

【 0 0 6 7 】

かくして、砂の間隙を流下して各排水溝 1 0 1 内に流入した洗浄廃水（すなわち、蒸発しなかった余剰の洗浄廃水）は、集合排水溝 1 0 2 を介して洗浄廃水貯槽 8 4 に重力により自然に還流する。そして、左右方向に関してこれらの排水溝 1 0 1 間に位置する複数の凸部 1 0 3 の上には、洗浄廃水は通過させるが砂は通過させない多孔板 1 0 4 が配設されている。ここで、多孔板 1 0 4 は単一の板状部材ではなく、製作及び運搬に適した寸法の多数の多孔板（例えば、左右 1 ~ 2 m、前後 2 ~ 5 m、厚さ 5 ~ 1 0 m m の多孔板）で構成されている。そして、多孔板 1 0 4 の上に、所定の厚さ（例えば 3 0 ~ 6 0 c m）の砂層 1 0 5 が形成されている。

【 0 0 6 8 】

砂収容部 8 5 の左側壁 8 8 の上に、前後方向に適当な間隔（例えば、5 ~ 1 0 m）をあけて複数の左側鉛直フレーム 1 0 7 が配設される一方、右側壁 8 9 の上に、前後方向に適当な間隔（例えば、5 ~ 1 0 m）をあけて複数の右側鉛直フレーム 1 0 8 が配設されている。なお、左側鉛直フレーム 1 0 7 と右側鉛直フレーム 1 0 8 は、前後方向に関して同一位置に配設されている。そして、前後方向に関して同一位置に配設された左側鉛直フレーム 1 0 7 の上端近傍部と右側鉛直フレーム 1 0 8 の上端近傍部とは、左右方向に水平に伸びる横フレーム 1 0 9 によって連結されている。また、前後方向に隣り合う左側鉛直フレーム 1 0 7 の上端近傍部同士は前後方向に伸びる縦フレーム（図示せず）によって連結され、前後方向に隣り合う右側鉛直フレーム 1 0 8 の上端近傍部同士は前後方向に伸びる縦フレーム（図示せず）によって連結されている。

【 0 0 6 9 】

このように、左側鉛直フレーム 1 0 7 と右側鉛直フレーム 1 0 8 と横フレーム 1 0 9 と縦フレーム（図示せず）とによって構成される檻状のフレーム構造の上に、屋根 9 2 が取り付けられている。屋根 9 2 は、普通の降雨時における砂収容部 8 5 への雨水の降下を阻止できるように、砂収容部 8 5 に比べてやや大きい平面形状を有している。なお、図示していないが、屋根 9 2 上に降った雨は、樋などの雨水排出具により、砂収容部 8 5 の外に排出され、洗浄廃水貯槽 8 4 には流入しない。

【 0 0 7 0 】

洗浄廃水散布装置 9 3 は、砂収容部 8 5 の上方において屋根 9 2 の下側に配置され、前後方向に伸びる複数の送水パイプ 1 1 1 を備えている。詳しくは図示していないが、各送水パイプ 1 1 1 は、固定具を用いて横フレーム 1 0 9 によって支持されている。これらの送水パイプ 1 1 1 は、左右方向に適当な間隔（例えば、1 ~ 2 m）を隔てて平行に配置されている。そして、各送水パイプ 1 1 1 には、前後方向に適当な間隔（例えば、1 ~ 2 m）を隔てて、下向きに開口する複数の放水ノズル 1 1 2 が取り付けられている。

【 0 0 7 1 】

前後方向に伸びる各送水パイプ 1 1 1 の前端部は、左右方向に伸びる中間パイプ 1 1 3 を介して洗浄廃水供給管 1 1 4 の後端部に接続されている。なお、各送水パイプ 1 1 1 の後端部は閉止されている。洗浄廃水供給管 1 1 4 の前端部は洗浄廃水貯槽 8 4 内の洗浄廃水に浸漬されている。そして、洗浄廃水貯槽 8 4 の近傍において、洗浄廃水供給管 1 1 4 に洗浄廃水供給ポンプ 1 1 5 が介設されている。ここで、洗浄廃水供給ポンプ 1 1 5 は、洗浄廃水供給管 1 1 4（洗浄廃水供給ポンプ 1 1 5 より洗浄廃水貯槽側の部分）を介して洗浄廃水貯槽 8 4 内の洗浄廃水を吸い込んで加圧し、洗浄廃水供給管 1 1 4（洗浄廃水供

10

20

30

40

50

給ポンプ 1 1 5 より砂収容部側の部分)と中間パイプ 1 1 3 とを介して各送水パイプ 1 1 1 に供給する。かくして、各放水ノズル 1 1 2 から、砂収容部 8 5 内の砂層 1 0 5 (砂)の上面に向かって洗浄廃水を放出することができる。

【 0 0 7 2 】

以下、キレート剤を含む洗浄廃水を、キレート剤回収部 9 ないしは洗浄廃水蒸発装置 6 3 により処理してキレート剤を回収する方法を具体的に説明する。各洗浄廃水受槽 6 7、7 7 (図 5 ~ 図 6 参照)から排出されたキレート剤を含む洗浄廃水は、大気中に自然に蒸発(気化)する水分を除いて、洗浄廃水排出通路 8 3 を介して洗浄廃水貯槽 8 4 に流入し、貯留される。なお、洗浄廃水貯槽 8 4 に屋根が付設されていない場合は、洗浄廃水貯槽 8 4 自体に降下した雨水も洗浄廃水貯槽 8 4 に貯留されることになる。

10

【 0 0 7 3 】

洗浄廃水貯槽 8 4 内に貯留された洗浄廃水は、洗浄廃水供給ポンプ 1 1 5 により、洗浄廃水供給管 1 1 4 と中間パイプ 1 1 3 とを介して、各送水パイプ 1 1 1 に供給され、各放水ノズル 1 1 2 から砂収容部 8 5 内の砂層 1 0 5 の上面に向かっておおむね下向きに滴状又は霧状で放出され、砂層 1 0 5 に万遍なく散布される。このように、放水ノズル 1 1 2 により、砂収容部 8 5 内の砂層 1 0 5 の上に洗浄廃水が散布され、砂層 1 0 5 内の砂粒子間には常に洗浄廃水が保持され、あるいは砂粒子が洗浄廃水の薄膜により被覆された飽和水分状態(例えば、含水比 3 0 ~ 3 5 %)に維持される。

【 0 0 7 4 】

そして、砂層 1 0 5 中に保持された洗浄廃水は、大気中に蒸発(気化)する。かくして、洗浄廃水貯槽 8 4 に流入する洗浄廃水(屋根が付設されていない場合は、洗浄廃水貯槽 8 4 に降下する雨水を含む)は、すべて砂層 1 0 5 から大気中に蒸発(気化)する。その際、洗浄廃水に含まれていたキレート剤は、砂層 1 0 5 内に残留する。したがって、洗浄廃水に含まれていたキレート剤は外部に排出されることなく、確実に回収される。なお、洗浄廃水を砂層 1 0 5 から蒸発させるために必要とされる砂収容部 8 5 の面積ないしは寸法は後で説明する。

20

【 0 0 7 5 】

洗浄廃水散布装置 9 3 (放水ノズル 1 1 2)から砂層 1 0 5 への洗浄廃水の散布量は、砂層 1 0 5 からの洗浄廃水の蒸発量よりも多くなるように好ましく設定される(例えば、蒸発予測量の 1 . 2 ~ 2 . 0 倍)。これにより、砂層 1 0 5 を構成する砂は飽和水分状態(例えば、含水比 3 0 ~ 3 5 %)に維持される。ここで、余剰の洗浄廃水は、砂層 1 0 5 内の砂粒子の間隙を流下し、多孔板 1 0 4 を通り抜けて排水溝 1 0 1 に流入する。そして、排水溝 1 0 1 内の余剰の洗浄廃水は、集合排水溝 1 0 2 を介して洗浄廃水貯槽 8 4 に還流する。

30

【 0 0 7 6 】

このような洗浄廃水の蒸発処理を繰り返し実施すると、砂収容部 8 5 内の砂層 1 0 5 にはキレート剤が次第に蓄積されてゆく。そこで、所定の期間が経過するごとに(例えば 2 ~ 6 か月ごとに)、砂収容部 8 5 内の所定の領域ないしは区画(例えば、1 0 0 ~ 2 0 0 m<sup>2</sup>の領域)の砂を除去して土壌浄化施設 5 の分級部 2 (トロンメル 1 4 又はサンドクリーン 1 7)に導入し、キレート剤を回収する。そして、砂収容部 8 5 の砂が除去された区画ないしは領域には、砂すすぎ装置 6 1 で得られた砂から篩分された細砂を導入する。すなわち、砂収容部 8 5 内の所定の区画ないしは領域のキレート剤を含む砂を、砂から篩分された細砂と交換する。よって、土壌浄化施設 5 から外部へのキレート剤の逸失を防止又は低減することができる。また、砂すすぎ装置 6 1 から出るキレート剤を含まない砂の一部を、砂収容部 8 5 に収容する砂として用いるので、砂収容部 8 5 で用いる砂を容易に調達することができる。

40

【 0 0 7 7 】

以下、洗浄廃水を砂層 1 0 5 から蒸発させるために必要とされる洗浄廃水貯槽 8 4 及び砂収容部 8 5 の仕様(表面積、寸法等)の一例を説明する。例えば、図 9 に示すような、0 . 3 質量%のキレート剤を含む洗浄水で 1 時間あたり 1 0 0 トンの汚染土壌(水分を含

50

む)を浄化する土壌浄化施設Sを、1日8時間使用して年間250日稼働させた場合は、洗浄廃水貯槽84及び砂収容部85の仕様を、例えば下記のように設定してもよい。なお、洗浄廃水貯槽84には屋根が設けられ、洗浄廃水貯槽84に雨水が降下又は流入しないものとする。

【0078】

図9に示すように、100トンの土壌(水分を含む)は、25トンの礫等(乾燥基準)と、30トンの砂(乾燥基準)と、25トンの細粒分(乾燥基準)と、20トンの水とを含み、その含水比は25%である。また、トロンメル14から排出される組骨材の含水比は5%であり、サンドクリーン17から排出される砂の含水比は20%である。なお、ここで説明する仕様は、あくまでも一例であり、土壌浄化施設Sの土壌処理量、あるいは稼働時間又は稼働日数がこれらと異なる場合でも、同様の手法で洗浄廃水貯槽84及び砂収容部85の仕様ないしは寸法を設定することができるのはもちろんである。

10

【0079】

<洗浄廃水貯槽の仕様>

洗浄廃水貯槽84の仕様は、例えば下記のように設定される。

- ・直方体状貯槽(左右寸法:15m、前後寸法:30m、深さ:3m)
- ・表面積  $450\text{m}^2$
- ・最大貯水量 約1300トン

【0080】

<砂収容部の仕様>

砂収容部85の仕様は、例えば下記のように設定される。

- ・直方体状(左右寸法:40m、前後寸法:200m、深さ:0.8m)
- ・上面面積  $8000\text{m}^2$
- ・砂収容量 約4000 $\text{m}^3$

20

【0081】

<砂すすぎ装置からの洗浄廃水の排出量>

砂すすぎ装置61からのキレート剤を含む洗浄廃水の排出量は、すすぎ水の使用量を、砂に含まれ又は付着している洗浄水の1.2倍とすれば、16800トン/年となる。

$$7\text{トン/hr} \times 8\text{hr} \times 250\text{日} \times 1.2 = 16800\text{トン/年}$$

【0082】

<粗骨材すすぎ装置からの洗浄廃水の排出量>

粗骨材すすぎ装置62からのキレート剤を含む洗浄廃水の排出量は、すすぎ水の使用量を、粗骨材に含まれ又は付着している洗浄水の1.2倍とすれば、2400トン/年となる。

$$1\text{トン/hr} \times 8\text{hr} \times 250\text{日} \times 1.2 = 2400\text{トン/年}$$

30

【0083】

<洗浄廃水貯槽での水蒸発量>

一般に、湖沼や溜池などにおける水面からの水の蒸発量は、水面 $1\text{m}^2$ あたり年間0.5~1.0トンであることが知られている。したがって、洗浄廃水貯槽84(表面積 $450\text{m}^2$ )からは、少なくとも年間225トンの雨水が蒸発するものと推定される。

$$0.5\text{トン/m}^2 \cdot \text{年} \times 450\text{m}^2 = 225\text{トン/年}$$

40

前記のとおり、洗浄廃水貯槽84の最大貯水容量は約1300トンであるが、これは砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62からの洗浄廃水の排出量(19200トン/年、すなわち約77トン/日)の約17日分に相当する。他方、洗浄廃水貯槽84内に貯留されている洗浄廃水は、日々砂収容部85で処理されてゆくので、洗浄廃水貯槽84は、洗浄廃水を溢流させることなく十分な余裕をもって貯留することができる。

【0084】

<砂層における水蒸発量>

例えば非特許文献1の開示内容(研究結果)に鑑みれば、砂収容部85内の砂層105における水の蒸発量は、以下で説明するように3.15トン/ $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ であるものと推算

50



される。すなわち、非特許文献1には、温度が14.2であり、相対湿度が59%であり、空気の流速が250cm/秒であるときにおける、含水比が32.1%（飽和水分状態）の土壌からの水の蒸発速度は $11.3 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{秒}$ であると開示されている。また、温度が14.8であり、相対湿度が57%であり、空気の流速が170cm/秒であるときにおける、含水比が32.9%（飽和水分状態）の土壌からの水の蒸発速度は $7.9 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{秒}$ であると開示されている。

#### 【0085】

このような非特許文献1の開示事項に鑑みれば、日本における平均的な気候状態を、温度15、相対湿度60%、風速2m/秒程度と想定したときには、砂収容部85内の飽和水分状態にある砂層105からの平均的な水の蒸発量は、おおむね $10.0 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{秒}$ であるものと推定される。この蒸発量は、実用的な単位に換算すれば、3.15トン/ $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ となる。

$$\begin{aligned} & 10.0 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{秒} \\ & = 10.0 \times 10^{-6} \times 10^{-6} \times 10^4 \text{ トン/m}^2 \cdot \text{秒} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ トン/m}^2 \cdot \text{秒} \\ & = 1.0 \times 10^{-7} \times 3600 \times 24 \times 365 \text{ トン/m}^2 \cdot \text{年} = 3.15 \text{ トン/m}^2 \cdot \text{年} \end{aligned}$$

したがって、砂収容部85内の砂層105からは年間25200トンの水が蒸発する。

$$3.15 \text{ トン/m}^2 \cdot \text{年} \times 8000 \text{ m}^2 = 25200 \text{ トン/年}$$

#### 【0086】

<洗浄廃水蒸発装置における水の収支>

前記のとおり、砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62からの洗浄廃水の排出量は、年間19200トンと推定される。他方、洗浄廃水貯槽84では少なくとも年間225トンの水が蒸発し、砂収容部85では年間25200トンの水が蒸発する。したがって、洗浄廃水蒸発装置63では、年間25425トンの水が蒸発するものと推定される。このように、洗浄廃水蒸発装置63では、1年間で全体的には、砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62から排出される洗浄廃水の量（年間19200トン）の約1.3倍（ $25425 / 19200 = 1.31$ ）の量の水を蒸発させることができるので、基本的には、洗浄廃水をすべて蒸発させて処理することができることになる。しかしながら、例えば冬季あるいは梅雨の時期には水の蒸発量が少なくなるので、前記の具体例における砂収容部85の前後方向の寸法（200m）を、10~20%程度長くするのが好ましい。

#### 【0087】

以上、本発明の実施形態に係る土壌浄化方法ないしはキレート剤回収装置Tによれば、砂及び粗骨材によってキレート剤が持ち去られるのを防止ないしは低減することができ、有害金属等で汚染された土壌を、キレート剤を含む洗浄水で浄化する土壌浄化施設Sにおけるキレート剤の補充量を大幅に低減することができ、汚染土壌の処理コストを低減することができる。また、土壌洗浄装置Sの敷地Rに降下した雨水をすべて、砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62ですすぎ水として利用するので、土壌浄化施設Sの敷地Rに降下した雨水を、これに含まれる有害金属等を未処理で外部へ排出することなく確実に処理することができる。さらに、キレート剤除去部8（砂すすぎ装置61及び粗骨材すすぎ装置62）で水道水ないしは工業用水を使用せず、雨水をすすぎ水として有効に利用するので、キレート剤除去部8のランニングコストを低減することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0088】

R 敷地、S 土壌浄化施設、T キレート剤回収装置、1 混合部、2 分級部、3 沈降分離部、4 濾過部、5 キレート剤再生部、6 キレート剤補充部、7 雨水供給部、8 キレート剤除去部、9 キレート剤回収部、11 投入ホッパ、12 混合装置、13 ミルブレーカ、14 トロンメル、15 サイクロン、16 シールタンク、17 サンドクリーン、18 フィードタンク、19 PH調整槽、20 凝集槽、21 浮遊物回収装置、22 シックナ、23 中間タンク、24 フィルタプレス、25

10

20

30

40

50

洗浄水槽、26 予備水槽、27 洗浄水タンク、28 酸液タンク、29 水タンク、30 液系流動層装置、31 ポンプ、32 管路、33 ポンプ、34～37 管路、38 ポンプ、39～40 管路、41 ポンプ、42～43 管路、44～51 バルブ、55 雨水貯槽、56 雨水供給装置、61 砂すすぎ装置、62 粗骨材すすぎ装置、63 洗浄廃水蒸発装置、64 ベルトコンベア、65 砂供給装置、66 すすぎ水散布装置、67 洗浄廃水受槽、68 駆動ローラ、68a シャフト、69 従動ローラ、69a シャフト、70 搬送ベルト、71 支持ローラ、72 案内板、74 ベルトコンベア、75 粗骨材供給装置、76 すすぎ水散布装置、77 洗浄廃水受槽、78 駆動ローラ、78a シャフト、79 従動ローラ、79a シャフト、80 搬送ベルト、81 支持ローラ、82 案内板、83 洗浄廃水排出通路、84 洗浄廃水貯槽、85 砂収容部、86 前端壁、87 後端壁、88 左側壁、89 右側壁、90 底壁、92 屋根、93 洗浄廃水散布装置、94 洗浄廃水還流機構、100 地面、101 排水溝、102 集合排水溝、103 凸部、104 多孔板、105 砂層、107 左側鉛直フレーム、108 右側鉛直フレーム、109 横フレーム、111 送水パイプ、112 放水ノズル、113 中間パイプ、114 洗浄廃水供給管、115 洗浄廃水供給ポンプ。

10

**【要約】**

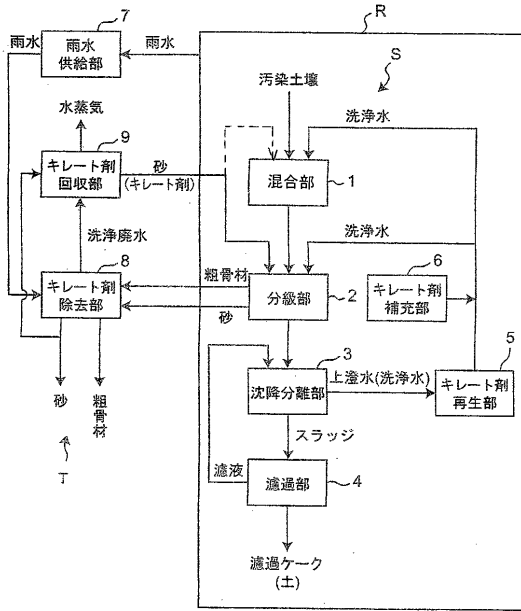
**【課題】**有害金属汚染土壌を、キレート剤を含む洗浄水で浄化する土壌浄化施設において、砂・粗骨材によってキレート剤が持ち去られるのを防止するとともに、土壌浄化施設の敷地に降下した雨水を未処理で外部へ排出せずに処理することを可能にする手段を提供する。

20

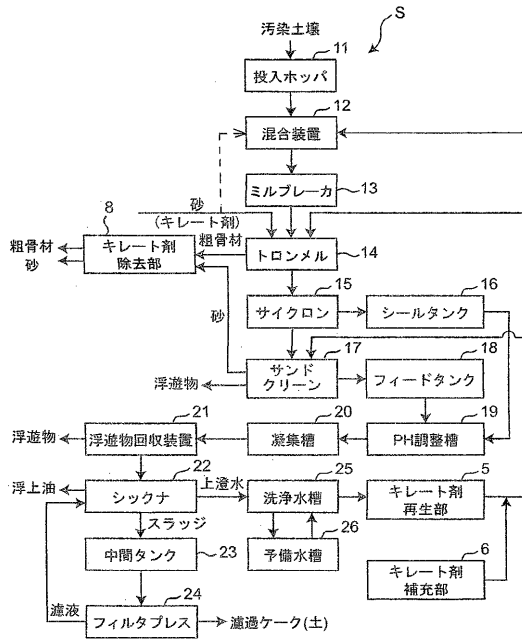
**【解決手段】**有害金属汚染土壌を、キレート剤を含む洗浄水で浄化する土壌浄化施設Sは、分級部で分離された砂・粗骨材に付着しているキレート剤を回収する雨水供給部7、キレート剤除去部8及びキレート剤回収部9を有する。本発明に係る土壌浄化方法では、砂収容部85内の砂の上に洗浄廃水散布装置93から洗浄廃水を散布する一方、砂に付着している洗浄廃水の水分を空気中に蒸発させて砂収容部85から除去する。砂収容部85で用いられてキレート剤が蓄積された砂を土壌浄化施設Sに導入してキレート剤を回収する。砂すすぎ装置61から排出された砂の一部は砂収容部85に収容する砂として用いる。

**【選択図】**図6

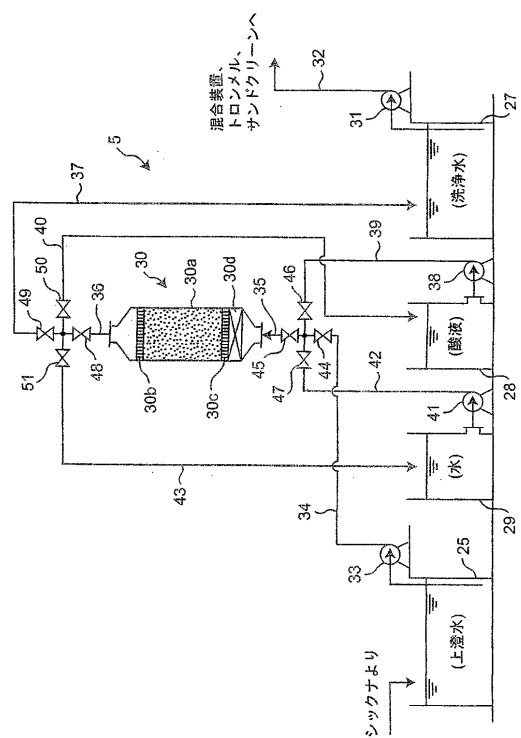
【図1】



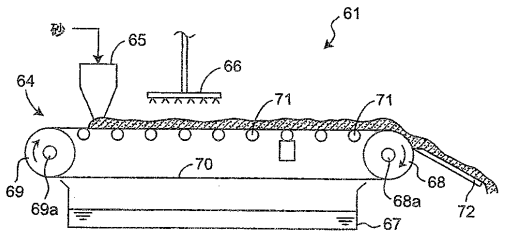
【図2】



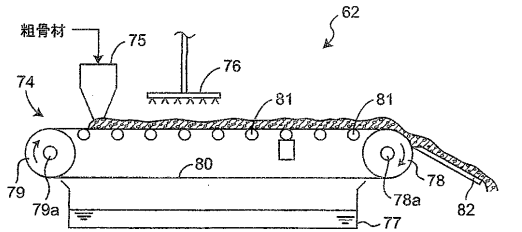
【図3】



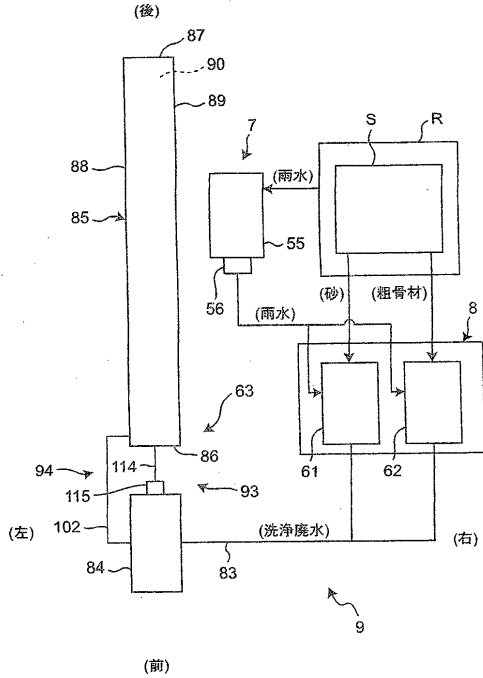
【図4】



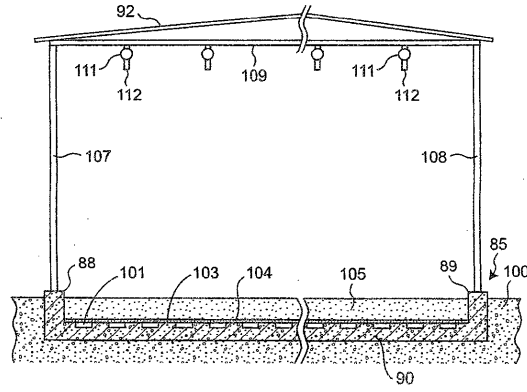
【図5】



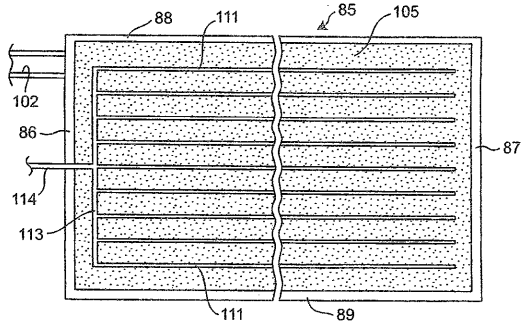
【図6】



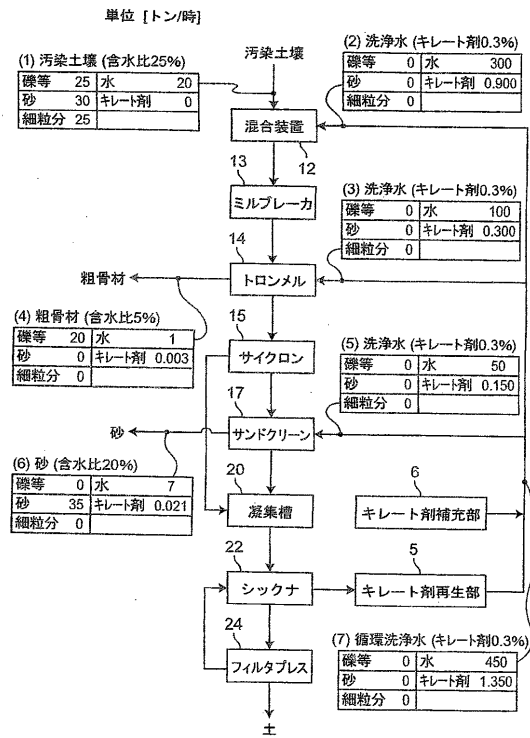
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特許第6026702(JP, B1)  
特許第6026701(JP, B1)  
特許第6026700(JP, B1)  
特許第6022104(JP, B1)  
特許第6022103(JP, B1)  
特許第6022102(JP, B1)  
特許第5997403(JP, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B09B 1/00 - 5/00  
B09C 1/00 - 1/10  
DWPI(Thomson Innovation)  
CAplus(STN)