

明 細 書

発明の名称： 地下土壌浄化方法

技術分野

[0001] 本開示は、地下土壌を浄化する地下土壌浄化方法に関する。

背景技術

[0002] 汚染物質を含む地下土壌を浄化する地下土壌浄化方法がある。例えば、特開 2014-205086 号公報には、地下水を温水にして地下土壌中に注入することで、地下土壌中の汚染物質をこの地下水中に効果的に溶出し、又は地下土壌中の汚染物質を分解する分解微生物の分解活動を活性化して、地下土壌を浄化する汚染土壌の浄化方法が開示されている。

[0003] また、例えば、地下土壌中の汚染物質を分解する分解微生物の分解活動を活性化する酵母エキスを等を含む活性液を、地中に設けられた注入井戸から注入して地下土壌中に流し、地下土壌中の活性化した分解微生物により地下土壌中の汚染物質を分解して地下土壌を浄化するバイオ浄化方法がある。

[0004] また、例えば、特開 2015-77571 号公報には、注入井戸から汚染物質で汚染された地中へ微生物栄養源及び汚染物質溶出剤を含む液体を送出して、汚染物質を溶出させ回収するとともに、地中に存在する分解微生物による汚染物質の分解を促す地下土壌浄化方法が開示されている。

[0005] しかし、汚染物質は、地下土壌の土粒子に固着しているので、分解微生物による汚染物質の分解効率が悪く、地下土壌の浄化に時間が掛かってしまう。また、バイオ浄化方法では、高濃度の汚染があった場合に、その毒性によって分解微生物による分解作用が阻害されるなどの問題がある。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本開示は係る事実を考慮し、地下土壌の浄化効率を向上させることを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0007] 本開示の第1態様は、地下水温度より高温に加温され地下土壌中の汚染物質を前記地下土壌から脱離する洗浄液を、地中に設けられた注入井戸へ注入する第1工程と、前記地下土壌から脱離された前記汚染物質が溶解した前記洗浄液を含む地下水を、前記注入井戸から離れて前記地中に設けられた揚水井戸から揚水する第2工程と、を有する地下土壌浄化方法である。
- [0008] 本開示の第1態様では、注入井戸へ洗浄液を注入することにより、地下土壌の土粒子に固着している汚染物質を地下土壌から脱離することができる。そして、地下土壌から脱離された汚染物質が溶解した洗浄液を含む地下水を揚水井戸から揚水することにより、脱離した汚染物質を地下土壌から排出して地下土壌を浄化することができる。また、洗浄液を地下水温度より高温に加温することにより、地下土壌からの汚染物質の脱離を促進することができる。これらにより、地下土壌の浄化効率を向上させることができる。
- [0009] 本開示の第2態様は、第1態様の地下土壌浄化方法において、前記第1工程の後に、地下水温度より高温に加温され前記汚染物質を分解する分解微生物を活性化する活性液を前記注入井戸へ注入する、前記汚染物質を分解する分解微生物を前記活性液とともに前記注入井戸へ注入する、又は地下水温度より高温に加温され前記汚染物質を分解する浄化液を前記注入井戸へ注入する。
- [0010] 本開示の第2態様では、第1工程によって地下土壌から脱離した汚染物質が、活性液により活性化された分解微生物や浄化液によって分解されることにより、地下土壌を浄化することができる。
- [0011] また、地下水温度より高温に加温された活性液を注入井戸へ注入することにより、地下水温度以下の温度の活性液を注入井戸へ注入する場合と比べて分解微生物がより活性化され、汚染物質の分解を促進することができる。
- [0012] さらに、注入井戸から分解微生物を注入することにより、地下土壌中の分解微生物の数を増やして汚染物質の分解を促進することができる。
- [0013] また、地下水温度より高温に加温された浄化液を注入井戸へ注入することにより、地下水温度以下の温度の浄化液を注入井戸へ注入する場合と比べて

汚染物質の分解を促進することができる。

発明の効果

[0014] 本開示は上記構成としたので、地下土壌の浄化効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本開示の実施形態に係るフラッシング浄化システムを示す正面断面図である。

[図2]本開示の実施形態に係る汚染物質分解浄化システムを示す正面断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 図を参照しながら本開示の実施形態を説明する。まず、本開示の実施形態に係る地下土壌浄化方法について説明する。なお、複数の図面において同じ符号で表された共通の構成要素については、説明を省略する場合がある。

[0017] 本実施形態の地下土壌浄化方法では、最初にフラッシング工程を行い、次に汚染物質分解工程を行う。図1の正面断面図には、フラッシング工程を行うフラッシング浄化システム10が示され、図2の正面断面図には、汚染物質分解工程を行う汚染物質分解浄化システム12が示されている。

[0018] まず、フラッシング浄化システム10について説明する。

[0019] 図1に示すように、地盤14における地下水位Sの下方には帯水層16が形成され、この帯水層16に、汚染物質が含まれる汚染土壌18が存在している。なお、汚染物質としては、有機化合物（例えば塗料、印刷インキ、接着剤、洗浄剤、ガソリン、シンナーなどに含まれるトルエン、キシレンや、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、シス-1, 2-ジクロロエチレン、クロロエチレン（すなわち塩化ビニルモノマー）などの揮発性有機化合物、又はベンゼン等）、重金属化合物、無機化合物、油類等が挙げられる。

[0020] 帯水層16の下方には、帯水層16よりも透水性の低い難透水層20が形成されている。なお、難透水層20のない地盤14であってもよい。

- [0021] フラッシング浄化システム 10 は、遮水壁 22、注入井戸 24、揚水井戸 26、ポンプ 28、水処理装置 30、及び加温洗浄液調整槽としての調整槽 32 を有して構成されている。
- [0022] 遮水壁 22 は、汚染土壌 18 を取り囲むようにして地盤 14 中に設けられている。また、遮水壁 22 の下端部は、難透水層 20 に根入れされている。これにより、汚染土壌 18 は、遮水壁 22 と難透水層 20 とで囲まれ閉鎖されている。なお、遮水壁 22 は適宜省略することができる。
- [0023] 注入井戸 24 と揚水井戸 26 とは、遮水壁 22 で囲まれた地盤 14 中に、汚染土壌 18 が間に配置されるように間隔をあけて設けられている。すなわち、揚水井戸 26 は、注入井戸 24 から離れて地盤 14 中に設けられている。
- [0024] 揚水井戸 26、ポンプ 28、水処理装置 30、調整槽 32、及び注入井戸 24 は、送水管 34 A、34 B、34 C、34 D を介してこの順に繋がられている。
- [0025] 調整槽 32 では、水処理装置 30 において水処理された処理水に界面活性剤を混合して洗浄液 38 を生成する。また、調整槽 32 では、調整槽 32 内に設けられたヒーター等によって常温の地下水温度よりも高温に加温した後に、この加温された洗浄液 38 を注入井戸 24 へ送り出す。洗浄液 38 の加温は、常温の地下水温度よりも高い温度にすればよく、洗浄液 38 の温度を 20～80℃にするのが好ましく、25～60℃にするのがより好ましい。
- [0026] なお、洗浄液 38 は、汚染土壌 18（地下土壌）の土粒子に固着している汚染土壌 18（地下土壌）中の汚染物質を、汚染土壌 18（地下土壌）から脱離できるものであればよい。処理水に混合されて洗浄液 38 を生成する界面活性剤としては、陰イオン（すなわちアニオン）界面活性剤や、HLB 値 7～18 の非イオン界面活性剤等を使用できる。
- [0027] このうち、陰イオン界面活性剤としては、脂肪酸塩、ポリオキシアルキレンアルキルエーテル酢酸塩、アルキル硫酸塩、ポリオキシアルキレンアルキルエーテル硫酸塩、ポリオキシアルキレンアルキルアミドエーテル硫酸塩、

モノグリセライド硫酸塩、オレフィンスルホン酸塩、アルカンスルホン酸塩、アシル化イセチオン酸塩、アシル化アミノ酸、アルキルリン酸塩又はポリオキシアルキレンアルキルエーテルリン酸塩等を用いることができる。

[0028] また、非イオン界面活性剤としては、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、グリセリン脂肪酸エステル、プロピレングリコール脂肪酸エステル、ソルビタン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル、テトラオレイン酸ポリオキシエチレンソルビット、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコール、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレンアルキルエーテル、ポリエチレングリコール脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンヒマシ油、ポリグリセリン脂肪酸エステル又はアルキルグリコシド等を用いることができる。

[0029] さらに、洗浄液 38 を生成するためには、界面活性剤に代えて、発泡性薬剤、混和剤又は乳化剤等を処理水に混合してもよい。

[0030] このうち、発泡性薬剤としては、水に溶解すると過酸化水素に解離し酸素を発生させる過酸化水素発生剤（例えば過炭酸塩、過硫酸塩、過硼酸塩、過酢酸塩、硫酸アルカリ金属塩過酸化水素付加物、硫酸アルカリ土類金属塩過酸化水素付加物、尿素過酸化水素付加物、メラニン過酸化水素付加物、アミノ酸過酸化水素付加物、過酸化アルカリ金属又は過酸化アルカリ土類金属等）や過酸化水素等を用いることができる。

[0031] また、混和剤としては、メタノール、エタノール、プロパノール、ブタノール又はアセトン等を用いることができる。

[0032] また、乳化剤としてはステアロイル乳酸ナトリウム又はショ糖脂肪酸エステル等を用いることができる。

[0033] なお、処理水にこれらの界面活性剤、発泡性薬剤、混和剤又は乳化剤等を混合することは必須ではなく、洗浄液 38 は、処理水を常温の地下水温度より高温に加温した温水としてもよい。洗浄液 38 は、常温の地下水温度よりも高い温度に加温されることで、汚染土壌 18（地下土壌）の土粒子に固着している汚染土壌 18（地下土壌）中の汚染物質を、汚染土壌 18（地下土

壤)から脱離することができる。

- [0034] 水処理装置30では、ポンプ28により揚水井戸26から揚水されて送り込まれた、汚染物質が溶解した洗浄液38を含む地下水44から汚染物質を除去して水処理を行う。
- [0035] フラッシング浄化システム10により行うフラッシング工程では、最初に、調整槽32で生成され常温の地下水温度より高温に加温された洗浄液38を注入井戸24へ注入し、汚染土壌18(地下土壌)の土粒子に固着している汚染物質を、汚染土壌18(地下土壌)から脱離する(第1工程)。
- [0036] そして、第1工程の後に、汚染土壌18(地下土壌)から脱離された汚染物質が溶解した洗浄液38を含む地下水44を、揚水井戸26から揚水する(第2工程)。
- [0037] 次に、汚染物質分解浄化システム12について説明する。以下、フラッシング浄化システム10(図1)で説明したものと同様のものについては説明を省略する。
- [0038] 図2に示すように、汚染物質分解浄化システム12は、遮水壁22、注入井戸24、揚水井戸26、ポンプ28、水処理装置30、及び加温活性液調整槽としての調整槽40を有して構成されている。汚染土壌18は、フラッシング浄化システム10により行われたフラッシング工程により土壌の浄化が進められた状態になっているが、汚染土壌18(地下土壌)中には、まだ汚染物質が含まれている。
- [0039] 揚水井戸26、ポンプ28、水処理装置30、調整槽40、及び注入井戸24は、送水管34A、34B、34C、34Dを介してこの順に繋がられている。
- [0040] 水処理装置30では、ポンプ28により揚水井戸26から揚水されて送り込まれた地下水46から汚染物質を除去して水処理を行う。
- [0041] 調整槽40では、水処理装置30において水処理された処理水に活性剤を混合して活性液42を生成するとともに、調整槽40内に設けられたヒーター等によって常温の地下水温度よりも高温に加温した後に、この加温された

活性液 4 2 を注入井戸 2 4 へ送り出す。

[0042] 活性液 4 2 は、汚染土壌 1 8（地下土壌）中に存在して汚染物質を分解する分解微生物の分解活動を活性化するものであればよい。例えば、処理水に混合されて活性液 4 2 を生成する活性剤として、水素徐放剤、有機物、PH 調整剤、微量栄養素又は微量元素等を用いることができる。

[0043] このうち、有機物としては、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、乳酸若しくはクエン酸又はそれらのナトリウム塩、カリウム塩若しくはカルシウム塩、グルコース、フルクトース、ガラクトース、ラクトース、マルトース、トレハロース、ペプトン、トリプトン、酵母エキス、フミン酸又は植物油等を用いることができる。

[0044] また、PH 調整剤としては、炭酸水素ナトリウム、炭酸ナトリウム等のナトリウム、カリウムの炭酸塩、炭酸水素塩、水酸化アンモニウム、炭酸アンモニウム、トリポリリン酸ナトリウム、リン酸水素二ナトリウム又はリン酸三ナトリウム等を用いることができる。

[0045] また、微量栄養素としては、ビタミン B 1 2、ビタミン B 1、パントテン酸、ビオチン、葉酸等を用いることができる。

[0046] さらに、微量元素としては、C o、Z n、F e、M g、N i、M o、B 等を用いることができる。

[0047] なお、活性液 4 2 は、活性剤として上記の有機物及び微量栄養素をそれぞれ少なくとも一種類含む配合を基本とするが、さらに他の公知の浄化剤を添加してもよい。この際の浄化剤の培養液中 T O C 濃度としては、5 0 m g / L ~ 5 0 0 0 m g / L が好ましく、1 0 0 m g / L ~ 3 0 0 m g / L がさらに好ましい。但し、T O C 濃度をこれらの値とすることは必須ではない。

[0048] また、活性液 4 2 の加温は、常温の地下水よりも高い温度にすればよく、活性液 4 2 の温度を 2 0 ~ 6 0 ° C にするのが好ましく、2 0 ~ 3 5 ° C にするのがより好ましい。

[0049] 汚染物質分解浄化システム 1 2 により行う汚染物質分解工程では、調整槽 4 0 で生成され常温の地下水温度より高温に加温された活性液 4 2 を注入井

戸 2 4 へ注入し活性液 4 2 を地下土壌 4 8 中へ送出して、汚染土壌 1 8（地下土壌）に存在する分解微生物を活性液 4 2 によって活性化する。そして活性液 4 2 により活性化された分解微生物によって、第 1 工程において汚染土壌 1 8（地下土壌）から脱離した汚染物質を分解する（第 3 工程）。

[0050] 次に、本開示の実施形態に係る地下土壌浄化方法の作用と効果について説明する。

[0051] 本実施形態のフラッシング浄化システム 1 0 によるフラッシング工程では、図 1 に示すように、注入井戸 2 4 へ洗浄液 3 8 を注入し、この洗浄液 3 8 を汚染土壌 1 8 中に流すことにより、汚染土壌 1 8（地下土壌）の土粒子に固着している汚染物質を汚染土壌 1 8（地下土壌）から脱離することができる。そして、汚染土壌 1 8（地下土壌）から脱離された汚染物質が溶解した洗浄液 3 8 を含む地下水 4 4 を揚水井戸 2 6 から揚水することにより、脱離した汚染物質を汚染土壌 1 8（地下土壌）から排出して汚染土壌 1 8（地下土壌）を浄化することができる。また、洗浄液 3 8 を常温の地下水温度より高温に加温することにより、洗浄液 3 8 への汚染物質の溶解度を上げ、汚染土壌 1 8（地下土壌）からの汚染物質の脱離を促進することができる。これらにより、汚染土壌 1 8（地下土壌）の浄化効率を向上させることができる。

[0052] さらに、本実施形態のフラッシング浄化システム 1 0 によるフラッシング工程では、洗浄液 3 8 を加温することにより、洗浄液 3 8 の粘性を低下させることができ、これによって、洗浄液 3 8 を汚染領域（すなわち汚染土壌 1 8）の広い範囲に到達し易くすることができる。

[0053] また、本実施形態の汚染物質分解浄化システム 1 2 による汚染物質分解工程では、図 2 に示すように、フラッシング工程（図 1 を参照のこと）中の第 1 工程によって汚染土壌 1 8（地下土壌）から脱離した汚染物質が、活性液 4 2 により活性化された分解微生物によって分解されることにより、汚染土壌 1 8（地下土壌）を浄化することができる。さらに、常温の地下水温度より高温に加温された活性液 4 2 を注入井戸 2 4 へ注入することにより、常温

の地下水温度以下の温度の活性液４２を注入井戸２４へ注入する場合と比べて分解微生物がより活性化され、汚染物質の分解を促進することができる。これらにより、汚染土壌１８（地下土壌）の浄化効率を向上させることができる。

[0054] また、本実施形態の汚染物質分解浄化システム１２による汚染物質分解工程では、活性液４２を加温することにより、活性液４２の粘性を低下させることができ、これによって、活性液４２を汚染領域（すなわち汚染土壌１８）の広い範囲に到達し易くすることができる。

[0055] さらに、本実施形態の地下土壌浄化方法では、図１及び図２に示すように、フラッシング浄化システム１０によるフラッシング工程を行った後に、汚染物質分解浄化システム１２による汚染物質分解工程を行うことにより、汚染物質分解工程による汚染土壌１８（地下土壌）の浄化効率を向上させることができ、汚染土壌１８（地下土壌）の浄化期間を短くすることができる。また、フラッシング工程を行って汚染物質濃度を下げた後に汚染物質分解工程を行うことにより、汚染物質の毒性による分解微生物の作用阻害が起これにくくなる。したがって、従来のバイオ浄化方法では土壌浄化が困難であった、高濃度の汚染土壌の浄化を行うことができる。

[0056] 以上、本開示の実施形態に係る地下土壌浄化方法について説明した。

[0057] なお、本実施形態では、図２に示すように、汚染物質分解浄化システム１２による汚染物質分解工程において、常温の地下水温度より高温に加温された活性液４２を注入井戸２４へ注入する例を示したが、調整槽４０で、汚染土壌１８（地下土壌）に含まれる汚染物質を分解する分解微生物を活性液４２に混合するとともにこの活性液４２を常温の地下水温度より高温に加温して、注入井戸２４へ注入するようにしてもよい。すなわち、汚染土壌１８（地下土壌）に含まれる汚染物質を分解する分解微生物を活性液４２とともに注入井戸２４へ注入してもよい。

[0058] このようにすれば、フラッシング工程（図１を参照のこと）中の第１工程によって汚染土壌１８（地下土壌）から脱離した汚染物質が、活性液４２に

混合され活性液 4 2 により活性化された分解微生物によって分解されることにより、汚染土壌 1 8（地下土壌）を浄化することができる。

[0059] また、注入井戸 2 4 から活性液 4 2 とともに分解微生物を注入することにより、汚染土壌 1 8（地下土壌）中の分解微生物の数を増やして汚染物質の分解を促進することができる。例えば、フラッシング工程（図 1 を参照のこと）において、加温された洗浄液 3 8 の熱によって減少した汚染土壌 1 8（地下土壌）中の分解微生物を補うことができる。

[0060] さらに、本実施形態では、図 2 に示すように、汚染物質分解浄化システム 1 2 による汚染物質分解工程において、常温の地下水温度より高温に加温された活性液 4 2 を注入井戸 2 4 へ注入する例を示したが、調整槽 4 0 において、水処理装置 3 0 で水処理された処理水に浄化剤を混合して浄化液を生成するとともに、この浄化液を調整槽 4 0 内に設けられたヒーター等によって常温の地下水温度よりも高温に加温した後に、この加温された浄化液を注入井戸 2 4 へ送り出すようにしてもよい。すなわち、常温の地下水温度より高温に加温され、汚染土壌 1 8（地下土壌）に含まれる汚染物質を分解する浄化液を注入井戸 2 4 へ注入してもよい。浄化液は、汚染土壌 1 8（地下土壌）に含まれる汚染物質を分解できるものであればよく、処理水に混合されて浄化液を生成する浄化剤としては、過酸化水素水、鉄系スラリー等が挙げられる。

[0061] このようにすれば、フラッシング工程（図 1 を参照のこと）中の第 1 工程によって汚染土壌 1 8（地下土壌）から脱離した汚染物質が、浄化液によって分解されることにより、汚染土壌 1 8（地下土壌）を浄化することができる。

[0062] また、常温の地下水温度より高温に加温された浄化液を注入井戸 2 4 へ注入することにより、常温の地下水温度以下の温度の浄化液を注入井戸へ注入する場合と比べて浄化液中の浄化剤と汚染物質との反応速度を向上させ、汚染物質の分解を促進することができる。

[0063] さらに、本実施形態では、図 1 及び図 2 に示すように、最初にフラッシン

グ工程（すなわち第1工程及び第2工程）を行い、次に汚染物質分解工程を行う例を示したが、汚染物質分解工程は、第1工程の後に行ってもよい。また、フラッシング工程（すなわち第1工程及び第2工程）のみによって、汚染土壌18（地下土壌）を浄化することができれば、汚染物質分解工程は行わなくてもよい。さらに、フラッシング工程（すなわち第1工程及び第2工程）と、汚染物質分解工程との浄化対象とする汚染物質は異なってもよい。

[0064] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示はこうした実施形態に何等限定されるものでなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において、種々なる態様で実施し得ることは勿論である。

[0065] 2016年8月29日に出願された日本国特許出願2016-167232号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。本明細書に記載されたすべての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 地下水温度より高温に加温され地下土壤中の汚染物質を前記地下土壌から脱離する洗浄液を、地中に設けられた注入井戸へ注入する第1工程と、
- 前記地下土壌から脱離された前記汚染物質が溶解した前記洗浄液を含む地下水を、前記注入井戸から離れて前記地中に設けられた揚水井戸から揚水する第2工程と、
- を有する地下土壌浄化方法。
- [請求項2] 前記第1工程の後に、地下水温度より高温に加温され前記汚染物質を分解する分解微生物を活性化する活性液を前記注入井戸へ注入する、前記汚染物質を分解する分解微生物を前記活性液とともに前記注入井戸へ注入する、又は地下水温度より高温に加温され前記汚染物質を分解する浄化液を前記注入井戸へ注入する請求項1に記載の地下土壌浄化方法。