

(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2016-200437

(P2016-200437A)

(43) 公開日 平成28年12月1日(2016.12.1)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
<b>G 2 1 F</b>	<b>9/28</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 2 1 F</b>	<b>9/28</b>	<b>Z</b>
<b>B 0 3 B</b>	<b>5/30</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 2 1 F</b>	<b>9/28</b>	<b>5 2 5 A</b>
<b>B 0 3 B</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 0 3 B</b>	<b>5/30</b>	
			<b>B 0 3 B</b>	<b>9/00</b>	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2015-79005 (P2015-79005)  
 (22) 出願日 平成27年4月8日 (2015.4.8)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 110001092  
 特許業務法人サクラ国際特許事務所  
 (72) 発明者 井上 由樹  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
 東芝内  
 (72) 発明者 中村 秀樹  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
 東芝内  
 (72) 発明者 阿部 紘子  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
 東芝内

最終頁に続く

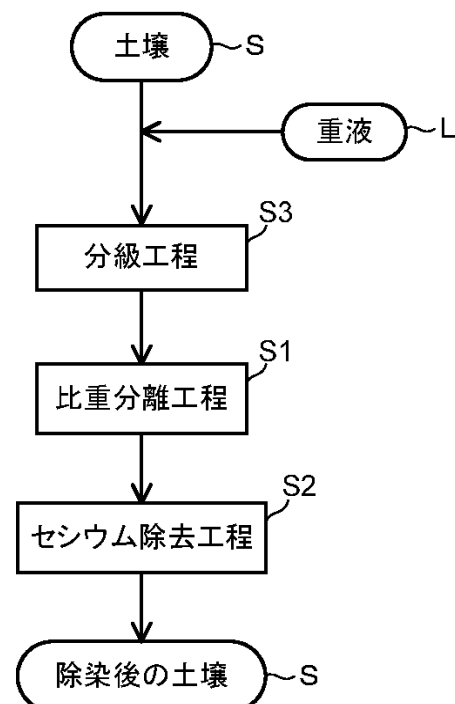
(54) 【発明の名称】 放射性セシウム含有土壌の処理方法

## (57) 【要約】

【課題】除染効率を向上させるとともに、廃棄物発生量を低減することのできる放射性セシウム含有土壌の処理方法を提供する。

【解決手段】放射性セシウムを含有する土壌Sを重液Lによって異なる比重の複数種の土壌Sに分離する比重分離工程S1と、前記比重分離された土壌Sに含まれるセシウムを除去するセシウム除去工程S2とを備える放射性セシウム含有土壌の処理方法。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

放射性セシウムを含有する土壌を除染する放射性セシウム含有土壌の処理方法であって

、

前記土壌を重液によって異なる比重の複数種の土壌に分離する比重分離工程と、

前記比重分離された土壌に含まれるセシウムを除去するセシウム除去工程と

を備えることを特徴とする放射性セシウム含有土壌の処理方法。

**【請求項 2】**

さらに、前記土壌を粒径の異なる複数種の土壌に分級する分級工程を備え、

前記分級された土壌を前記比重分離工程に供することを特徴とする請求項 1 記載の放射性セシウム含有土壌の処理方法。

10

**【請求項 3】**

前記セシウム除去工程において、前記比重分離された土壌を溶離液と接触させて、前記土壌に含まれるセシウムを前記溶離液中に溶離させて除去すること特徴とする請求項 1 又は 2 記載の放射性セシウム含有土壌の処理方法。

**【請求項 4】**

さらに、前記比重分離工程において比重分離された前記土壌を洗浄する洗浄工程を備え

、

前記洗浄された前記土壌を前記セシウム除去工程に供することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載の放射性セシウム含有土壌の処理方法。

20

**【請求項 5】**

前記比重分離された土壌のうち、放射性セシウム濃度の高い所定の比重の土壌を選択して前記セシウム除去工程に供することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載の放射性セシウム含有土壌の処理方法。

**【請求項 6】**

前記分級された土壌のうち、放射性セシウム濃度の高い所定の比重の土壌を選択して前記比重分離工程に供することを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項記載の放射性セシウム含有土壌の処理方法。

**【請求項 7】**

前記重液は、アセトン及びプロモホルムから選ばれる 1 種以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載の放射性セシウム含有土壌の処理方法。

30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、放射性セシウムを含有した土壌の処理方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

原子力発電所において大規模な事故が発生した場合、大量の放射性核種が飛散し、環境汚染を引き起こすことが懸念される。この環境汚染は、土壌、樹木、建築物、建造物、海洋、湖沼水等の広い範囲にわたる。

40

**【0003】**

汚染された土壌に含有される放射性核種の大部分は、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  であり、特に  $^{137}\text{Cs}$  は半減期が 30.2 年と長く、長期に影響を及ぼすことが想定される。そのため、放射性セシウムを含有した土壌、建築物、建造物、汚泥及び焼却灰等から、放射性セシウムを除去する技術の確立が模索されている。

**【0004】**

このような放射性セシウムの除去に関しては、いくつかの提案がなされている。例えば、セシウムの付着した土壌に、硝酸、硫酸、塩酸、酢酸、アンモニウムなどの水溶液を加えて攪拌して混合物を得て、得られた混合物を 60～90℃ で 1～6 時間保持して脱離処理する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

50

## 【 0 0 0 5 】

また、汚染土壌を除染し、除去物と処理土に分離する除染工程と、汚染土壌を、汚染土壌に混入した植物と、植物が除去された植物除去土に分離する植物除去工程を含む土壌除染方法が提案されている。当該土壌除染方法では、植物除去工程に先立ち、汚染土壌を水と混合して一次混合物を得て、得られた一次混合物を湿式分級する工程を行うことも提案されている（例えば、特許文献 2 参照。）。

## 【 0 0 0 6 】

また、汚染土壌に対して水による洗浄及び振動を加えながらスクリーニングを行うことで、複数のサイズにふるい分けを行う工程と、その後、最小サイズの土壌成分と洗浄時に生じた排水を混合させ、土壌成分を沈殿させる工程を有する汚染物質分離除去方法が知られている（例えば、特許文献 3 参照。）。

10

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記した方法では、いずれも、例えば土性の異なる土壌について、除染効率が異なる場合があり、十分な除染ができないことが懸念される。また、十分な除染ができないことで、廃棄物発生量が増大するおそれがあるという課題がある。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 3 - 8 8 3 6 2 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 3 - 1 7 8 1 7 7 号公報

20

【 特許文献 3 】 特許第 4 9 7 0 6 2 7 号明細書

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、上記した課題を解消するためになされたものであって、除染効率を向上させるとともに、廃棄物発生量を低減することのできる放射性セシウム含有土壌の処理方法を提供することを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明の放射性セシウム含有土壌の処理方法の一態様は、放射性セシウムを含有する土壌を除染する放射性セシウム含有土壌の処理方法であって、前記土壌を重液によって異なる比重の複数種の土壌に分離する比重分離工程と、前記比重分離された土壌に含まれるセシウムを除去するセシウム除去工程とを備えることを特徴とする。

30

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 1 】

本発明によれば、除染効率を向上させるとともに、廃棄物発生量を低減することのできる放射性セシウム含有土壌の処理方法を提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 実施形態の放射性セシウム含有土壌の処理方法を概略的に示すフロー図。

40

【 図 2 】 重液で比重分離した土壌の、比重と放射性セシウム濃度分布の関係を示すグラフ。

【 図 3 】 比重分離した土壌について、シュウ酸を用いた溶離処理を行った際の、比重と放射性セシウム除去率の関係を示すグラフ。

【 図 4 】 湿式分級した土壌の、粒径と放射性セシウム濃度の関係を示すグラフ。

【 図 5 】 粒径 2  $\mu\text{m}$  未満の土壌を重液で比重分離した際の、比重と放射性セシウム濃度の関係を示すグラフ。

【 図 6 】 粒径 2  $\mu\text{m}$  未満の土壌を重液で比重分離後、シュウ酸水溶液による溶離処理を行った際の、比重と、放射性セシウム除去率及び放射性セシウム濃度の関係を示すグラフ。

## 【 発明を実施するための形態 】

50

## 【 0 0 1 3 】

図 1 は、本実施形態における放射性セシウム含有土壌の処理方法を概略的に示すフロー図である。本実施形態における放射性セシウム含有土壌の処理方法は、放射性セシウムを含有する土壌 S 中のセシウムを除去して除染する方法である。土壌 S は、汚泥、砂等を含んでいてもよい。

## 【 0 0 1 4 】

図 1 に示す放射性セシウム含有土壌の処理方法は、放射性セシウムを含有する土壌 S を、重液を用いて比重で分離する比重分離工程 S 1 と、比重分離された土壌 S に含まれるセシウムを除去するセシウム除去工程 S 2 とを備えている。また、図 1 に示す放射性セシウム含有土壌の処理方法は、比重分離工程 S 1 の前に、土壌 S を複数の粒径の土壌に分級する分級工程 S 3 を備えている。ここで、分級工程 S 3 は必須ではなく、必要に応じて行えばよい。

10

## 【 0 0 1 5 】

本実施形態の放射性セシウム含有土壌の処理方法においては、比重分離工程 S 1 で、重液 L を用いて土壌 S を比重の異なる複数の種類の土壌に分離する。

## 【 0 0 1 6 】

重液 L としては、土壌 S を比重分離できるものであれば、特に制限なく用いることができる。重液 L としては、有機液体、塩類の溶液等、公知のものを用いることができる。重液 L として用いられる有機液体としては、例えば、アセトン、プロモホルム、ジプロモメタン ( $\text{CH}_2\text{Br}_2$ )、テトラプロモエタン ( $\text{Br}_2\text{CHCHBr}_2$ )、ヨウ化メチル ( $\text{CH}_3\text{I}$ )、ヨウ化メチレン ( $\text{CH}_2\text{I}_2$ )、四臭化炭素 ( $\text{CBr}_4$ ) などが挙げられる。

20

## 【 0 0 1 7 】

重液 L として塩類の溶液を用いる場合、溶媒は、塩類を溶解させるものであれば特に限定されず、エタノール、アセトン、ベンゼン、四塩化炭素、クロロホルム等の有機溶媒、水等を用いることができる。塩類の溶液としては、四塩化スズ ( $\text{SnCl}_4$ )、六フッ化モリブデン ( $\text{MoF}_6$ )、塩化アンチモン ( $\text{SbCl}_3$ )、四臭化バリウム水銀 ( $\text{BaHgBr}_4$ )、四臭化スズ ( $\text{SnBr}_4$ )、フッ化タングステン ( $\text{WF}_6$ )、ヨウ化スズ ( $\text{SnI}_4$ )、四酸化オスミウム ( $\text{OsO}_4$ )、マロン酸タリウム、ギ酸タリウム ( $\text{HCO}_2\text{Tl}$ )、ポリタングステン酸ナトリウム (SPT)、ヘテロポリタングステン酸リチウム (LST)、メタタングステン酸リチウム (LMT) 等の溶液、ツレー液 ( $\text{K}_2\text{HgI}_4$  の水溶液)、クレリチ溶液 (ギ酸タリウムとマロン酸タリウムの混合水溶液)、クライン液 ( $\text{Cd}(\text{OH})_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{WO}$  の水溶液) 等が挙げられる。

30

## 【 0 0 1 8 】

重液 L としては、上記したなかでも、入手のし易さ、廃棄物発生量低減の観点から、アセトン、プロモホルムを用いることが好ましい。

## 【 0 0 1 9 】

重液 L を用いた比重分離は、具体的に例えば、次のように行うことができる。土壌 S に重液 L を添加して、混合し、重液 L 中に土壌 S を分散させる。この際の、重液 L と土壌 S の液固比 (重液 L (mL) / 土壌 S (g)) は、例えば 60 mL / g 以上程度であることが好ましく、30 mL / g 以上程度であってもよい。その後、重液 L を静置して、重液 L の比重以上の比重の土壌 S からなる沈殿物と、重液 L よりも比重の小さい土壌 S を含む上澄み液に分離する。その後、必要に応じてフィルタ等によって沈殿物である土壌 S から重液 L を取り除く。また、同様に、必要に応じてフィルタ等を用い、上澄み液中に含まれる土壌 S を重液 L と分離する。これにより、比重の異なる 2 種類の土壌 S に分離することができる。さらに、比重の異なる複数の重液 L を用い、上記と同様に、各重液 L について重液 L と土壌 S の混合、沈殿した土壌 S と上澄み液に含まれる土壌 S の分離、分離した土壌 S からの重液 L の除去、の操作を繰り返すことで、比重の異なる複数種の土壌 S に分離することができる。

40

## 【 0 0 2 0 】

50

重液 L の比重は、比重分離対象である土壌 S の比重によって適宜選択することができる。重液 L の比重としては例えば、処理対象である土壌 S 全体の比重を略中心として 2 種類以上の比重、好ましくは 4 種類以上、より好ましくは 5 種類以上の比重を選択することができる。具体的に例えば、比重  $2.0 \text{ g/mL}$  を中心とした場合、比重  $1.7 \text{ g/mL}$ 、 $1.8 \text{ g/mL}$ 、 $1.9 \text{ g/mL}$ 、 $2.0 \text{ g/mL}$ 、 $2.3 \text{ g/mL}$  等、 $0.1 \sim 0.3 \text{ g/mL}$  刻みの比重の重液 L を用いることができる。なお、重液 L の比重の調節は、2 種類以上の重液 L を混合して行うことができる。また、重液 L として塩類の溶液を用いる場合、その濃度を変更して、重液 L の比重を調節することができる。

#### 【0021】

上記で比重分離された土壌 S は、各比重によって、土壌 S 中の放射性セシウム濃度が異なる。そのため、比重分離された土壌 S は、放射性セシウム濃度が高い土壌 S と低い土壌 S に分類することができる。したがって、例えば、放射性セシウム濃度が通常廃棄物として処理できる濃度（例えば、 $8000 \text{ Bq/kg}$  以下）である土壌 S を除いて、続くセシウム除去工程 S 2 を行うことができ、これにより、土壌 S の処理を効率的に行うことができる。

10

#### 【0022】

また、比重分離によって分離された土壌 S のうち放射性セシウム濃度が低い土壌 S はセシウムが除去され易く、放射性セシウム濃度が高い土壌 S は、セシウムが除去され難い傾向がある。したがって、セシウムの除去され難い、放射線セシウム濃度の高い土壌 S を取り除いた後に、放射性セシウム濃度が低い土壌 S に対して続くセシウム除去工程 S 2 を行うことで、放射性セシウムの除去を効率的に行うことができる。

20

#### 【0023】

なお、比重の異なる土壌 S において、放射性セシウム濃度及びセシウムの除去され易さが異なるのは、次のような理由によると考えられる。土壌 S は、例えば、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg 及び残部からなる。これらの元素は酸化物や所定の塩として土壌 S 中に存在するのが通常であり、上記残部には、動植物が作り出した有機物等が含まれる。土壌 S は、例えば上記した元素の酸化物で構成される積層構造を有しており、セシウムの多くはこの積層構造の中に取り込まれた形で存在している。比重の異なる土壌 S では、土性が異なり、そのために土壌 S を構成する成分の種類や構成、土壌 S の構造等が異なる。これにより土壌 S に取り込まれるセシウムの量や、土壌 S 中に取り込まれたセシウムの除去され易さが異なると考えられる。

30

#### 【0024】

比重分離工程 S 1 の後、必要に応じて、比重分離された土壌 S を洗浄する洗浄工程を行ってもよい。洗浄工程は、土壌 S を洗浄液に混合して洗浄した後、土壌 S から洗浄液を除去することで行うことができる。洗浄液としては、エタノール、アセトン、ベンゼン、四塩化炭素、クロロホルム等の有機溶媒、水等を用いることができる。洗浄液としては、廃棄物発生量の低減の点から、重液 L の溶媒と同じ有機溶媒又は水を用いることが好ましく、これらの中でも水を用いることが特に好ましい。

#### 【0025】

また、比重分離工程 S 1 の前に、分級工程 S 3 を行ってもよい。分級工程 S 3 では、湿式分級などによって、土壌 S を複数の粒径の土壌 S に分級する。このように複数の粒径に分級された土壌 S は、粒径によって放射性セシウム濃度が異なる。したがって、放射性セシウム濃度の高い土壌 S と放射性セシウム濃度の低い土壌 S に選別することができる。そのため、放射性セシウム濃度の低い土壌 S、例えば、通常廃棄物として処理できる放射性セシウム濃度の土壌 S を除いて、比重分離工程 S 1 及びセシウム除去工程 S 2 を行うことができ、これにより、土壌 S の除染を効率的に行うことができる。

40

#### 【0026】

次いで、セシウム除去工程 S 2 において、比重分離された土壌 S に含まれるセシウムを除去することで除染する。セシウムを除去する方法としては、土壌 S の放射性セシウム濃度を例えば、通常廃棄物として処理できる濃度までに低減できる方法であれば特に限定さ

50

れない。

【0027】

セシウム除去工程S2における土壌S中のセシウムの除去は、例えば、次のように、溶離液を用いて行うことができる。先ず、セシウムを含有する土壌Sを、溶離液に浸漬する。この際の溶離液の量は、溶離を促進する観点から、溶離液(mL)/土壌S(g)で示される液固比で50(mL/g)以上であることが好ましい。次いで、溶離液を必要に応じて攪拌する。これにより、土壌Sに含まれるセシウムを溶離液中に溶離させる。

【0028】

溶離を行う際には、溶離液を加熱することが好ましい。加熱温度は、60 以上100 以下であることが好ましく、90 以上100 以下であることがより好ましく、95 程度であることが特に好ましい。これにより、溶離を促進させ、セシウムの溶離を効率的に行うことができる。

10

【0029】

溶離液としては、土壌S中のセシウム成分を溶解するものであれば特に制限なく用いることができる。溶離液として、例えば、塩酸、硫酸、硝酸、シュウ酸等の酸の水溶液等を用いることができる。また、溶離液として上記した酸の塩の水溶液を用いてもよい。溶離液の濃度は、土壌Sの種類に応じて適宜設定することができる。また、溶離液としては、1種を単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0030】

溶離液としては、上記したなかでも、溶離性能が高い点で、シュウ酸の水溶液を用いることが好ましい。溶離液としてシュウ酸水溶液を用いる場合、土壌Sを構成する成分を溶解させて溶離を促進する点で、その濃度は、0.05mol/L以上1.0mol/L以下であることが好ましく、0.5mol/L以上1.0mol/L以下であることがより好ましい。

20

【0031】

溶離後の土壌Sは、フィルタなどによって溶離液と分離する。その後、必要に応じて水等による洗浄を行う。これにより、除染された土壌Sを得ることができる。

【0032】

以上、本実施形態の放射性セシウム含有土壌の処理方法によれば、放射性セシウムを含有する土壌を異なる比重の複数種の土壌に分類することで、セシウム除去処理に先立ち、処理対象の土壌を選別することができる。これにより、セシウム除去効率を向上させるとともに、廃棄物発生量を低減することができる。

30

【実施例】

【0033】

(実施例1)

本実施例では、重液で比重分離した土壌中の放射性セシウム濃度分布と、比重の関係を調べた。

【0034】

(重液の調整)

アセトンとプロモホルムを混合して次に示す各比重の重液を調整した。例えば、比重1.7g/mLの重液は、アセトン11.8gとプロモホルム39.2gを混合して調製した。その他の比重の重液についてもアセトンとプロモホルムをそれぞれ下記の各量で混合して調製した。

40

比重1.7g/mL：アセトン11.8g、プロモホルム39.2g

比重1.8g/mL：アセトン10.5g、プロモホルム43.6g

比重1.9g/mL：アセトン9.2g、プロモホルム47.9g

比重2.0g/mL：アセトン7.8g、プロモホルム52.4g

比重2.3g/mL：アセトン4g、プロモホルム69g

【0035】

(比重分離)

50

まず、比重  $1.7 \text{ g/mL}$  の重液  $30 \text{ mL}$  に、放射性セシウムを含有する土壌  $1 \text{ g}$  (液固比  $30 \text{ mL/g}$ ) を添加し、軽く振り混ぜた後、超音波により 1 分間振動を与えて攪拌した。次いで、攪拌した重液を室温で 1.5 時間、静置した。これにより、重液中に、重液の比重以上の比重の土壌を沈降させた。その後、重液の上澄み液を回収することで、沈降した土壌を分離した。沈降した土壌をフィルタによって重液から分離し、分離された土壌を水で洗浄した後、乾燥させた。上澄み液に含まれる土壌についても同様に、重液から分離した後、水による洗浄を行い、その後乾燥した。沈降した土壌を比重  $1.7 \text{ g/mL}$  以上の土壌、上澄み液に含まれる土壌を比重  $1.7 \text{ g/mL}$  未満の土壌として分類した。

【0036】

次いで、上記で比重分離した比重  $1.7 \text{ g/mL}$  以上の土壌に、比重  $1.8 \text{ g/mL}$  の重液  $30 \text{ mL}$  を加え、上記と同様の操作を行った。比重  $1.8 \text{ g/mL}$  の重液に沈降した土壌を比重  $1.8 \text{ g/mL}$  以上の土壌、上澄み液に含まれる土壌を比重  $1.8 \text{ g/mL}$  未満の土壌として分類した。

【0037】

同様の操作を、上記各比重の重液を用いて、比重の小さい順に行い、土壌を、比重  $1.7 \text{ g/mL}$  未満、比重  $1.7 \text{ g/mL}$  以上  $2.0 \text{ g/mL}$  未満、比重  $2.0 \text{ g/mL}$  以上  $2.3 \text{ g/mL}$  未満、比重  $2.3 \text{ g/mL}$  以上の 4 種類の比重の土壌に分けた。

【0038】

比重分離後、各比重の土壌中の放射性セシウム濃度を、 $\text{NaI}$  (ヨウ化ナトリウム) シンチレーション検出器を用いて測定した。測定結果を用いて、放射性セシウム濃度の分布を、各比重の土壌の放射性セシウム濃度 ( $\text{Bq/kg}$ ) の、全土壌の放射性セシウム濃度 ( $\text{Bq/kg}$ ) に対する百分率 (%) によって算出した。結果を、土壌の比重を横軸、放射性セシウム濃度分布を縦軸として図 2 のグラフに示す

【0039】

図 2 に示されるように、比重によって分離された土壌は、各比重によって、放射性セシウム濃度が異なり、放射性セシウム濃度が高い土壌 (比重  $1.7 \text{ g/mL}$  以上  $2.0 \text{ g/mL}$  未満) と低い土壌 (前記以外) があることが分かる。したがって、処理対象である土壌をサンプルリングし、比重と放射性セシウム濃度分布の関係を予め測定し、放射性セシウム濃度分布の高い土壌についてセシウム除去工程を行えば、効率的に土壌の除染を行うことができることが分かる。

【0040】

次いで、上記で比重分離した各比重の土壌について、シュウ酸を用いた溶離処理を行い、比重と、放射性セシウム除去率の関係を調べた。

【0041】

溶離処理は次のように行った。溶離液として  $0.5 \text{ mol/L}$  のシュウ酸水溶液を用いた。シュウ酸水溶液を  $95^\circ\text{C}$  に加熱し、その後、土壌を、液固比  $50 \text{ mL/g}$  となるように添加した。約 1 時間、溶離液を、攪拌しながら、温度が  $90^\circ\text{C}$  以上に維持されるように加熱した。その後、土壌と溶離液を分離して、分離した土壌中の放射性セシウム濃度を測定した。

【0042】

溶離前後の放射性セシウム濃度の測定結果から、放射性セシウム除去率 ( $= \{ (\text{溶離前の土壌中の放射性セシウム濃度} - \text{溶離後の土壌中の放射性セシウム濃度}) / (\text{溶離前の土壌中の放射性セシウム濃度}) \} \times 100 (\%)$ ) を算出した。結果を、比重を横軸、放射性セシウム除去率を縦軸として図 3 のグラフに示す。

【0043】

図 3 より、溶離前の放射性セシウム濃度が高い土壌 (比重  $1.7 \text{ g/mL}$  以上  $2.0 \text{ g/mL}$  未満) は、溶離によって放射性セシウムが除去され難く、溶離前の放射性セシウム濃度が低い土壌 (上記以外の比重) は溶離によって放射性セシウムが除去され易いことが分かる。したがって、放射性セシウム濃度の低い土壌を取り除いた後にセシウム除去工程を行うことで、放射性セシウムの除去を効率的に行うことができることが分かる。

10

20

30

40

50

## 【0044】

## (実施例2)

放射性セシウムを含有する土壌を湿式分級し、 $2\mu\text{m}$ 未満、 $2\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 未満、 $20\mu\text{m}$ 以上 $212\mu\text{m}$ 未満、 $212\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 未満の4種類の粒径の土壌に分級した。分級後の各粒径の土壌中の放射性セシウム濃度を、NaIシンチレーション検出器を用いて測定した。結果を、粒径を横軸、放射性セシウム濃度を縦軸として、図4のグラフに示す。

## 【0045】

図4より、粒径により土壌中の放射性セシウム濃度が異なることが分かった。本実施例で用いた土壌では、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上で放射性セシウム濃度が $8000\text{Bq/kg}$ 以下となったため、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上の土壌は比重分離工程及びセシウム除去工程を行わずに通常廃棄物として処理することができることが分かる。

10

## 【0046】

粒径 $2\mu\text{m}$ 未満の土壌では、 $8000\text{Bq/kg}$ を超えたため、比重分離工程及び溶離液(シュウ酸水溶液)を用いたセシウム除去工程を行った。比重分離工程において、重液は、アセトンとブロモホルムを混合することで、比重 $1.7\text{g/mL}$ から $2.0\text{g/mL}$ まで $0.1\text{g/mL}$ 刻みの4種類の重液を調整した。これにより、粒径 $2\mu\text{m}$ 未満の土壌を、比重 $1.7\text{g/mL}$ 未満、比重 $1.7\text{g/mL}$ 以上 $1.8\text{g/mL}$ 未満、比重 $1.8\text{g/mL}$ 以上 $1.9\text{g/mL}$ 未満、比重 $1.9\text{g/mL}$ 以上 $2.0\text{g/mL}$ 未満、の4種の土壌に比重分離した。

20

## 【0047】

比重分離後、各比重の土壌について、付着した重液を水洗する洗浄工程を行い、乾燥した後、NaIシンチレーション検出器を用いて各比重の土壌中の放射性セシウム濃度を測定した。その結果を、比重を横軸、放射性セシウム濃度を縦軸として図5に示す。図5より、比重が異なる土壌では、土壌中の放射性セシウム濃度が異なることが分かる。

## 【0048】

次いで、各比重の土壌について、実施例1と同様に、 $0.5\text{mol/L}$ のシュウ酸水溶液を用いて、95℃で1時間溶離することで、セシウム除去工程を行った。溶離後の土壌について、NaIシンチレーション検出器を用いて土壌中の放射性セシウム濃度を測定し、上記と同様に放射性セシウム除去率を算出した。

30

## 【0049】

図6に、溶離後の土壌中の放射性セシウム濃度、及び放射性セシウム除去率の測定結果を、溶離後の土壌中の放射性セシウム濃度及び放射性セシウム除去率を、それぞれ縦軸、土壌の比重を横軸として示す。図6において、白四角は放射性セシウム濃度、黒丸は放射性セシウム除去率をそれぞれ示す。図6より、溶離前の放射性セシウム濃度の高い比重 $1.7\text{g/mL}$ 以上 $1.8\text{g/mL}$ 未満の土壌では放射性セシウム除去率が低く、土壌中の放射性セシウム濃度が高いが、その他の比重の土壌では、土壌中の放射性セシウム濃度を通常廃棄物として処理できる濃度( $8000\text{Bq/kg}$ )以下に低減できたことが分かる。

40

## 【0050】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は例として掲示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

## 【符号の説明】

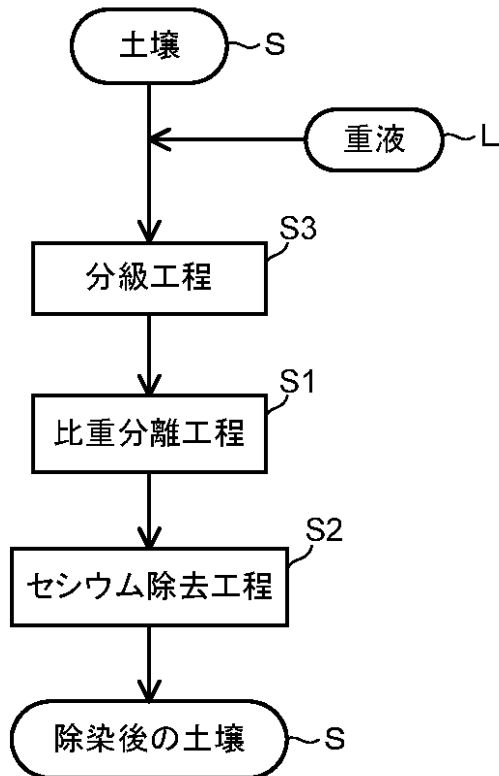
## 【0051】

L...重液、S...土壌、S1...比重分離工程、S2...セシウム除去工程、S3...分級工程

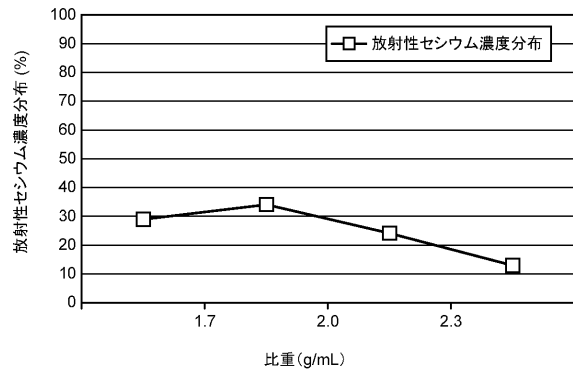
50



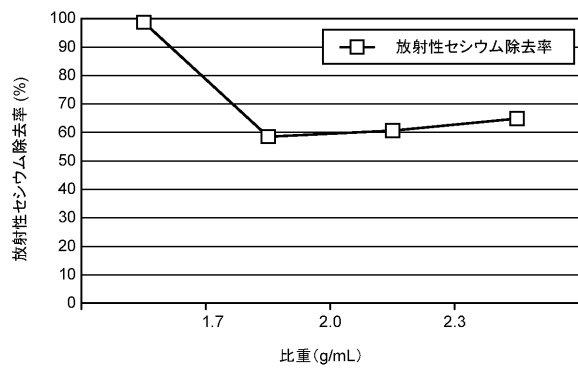
【図 1】



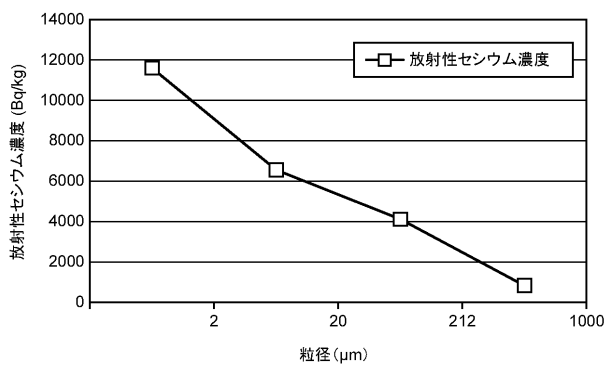
【図 2】



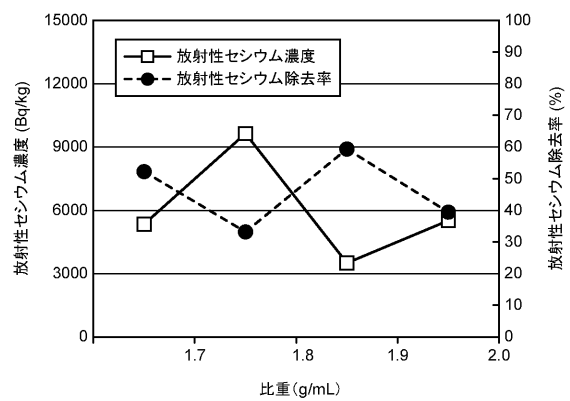
【図 3】



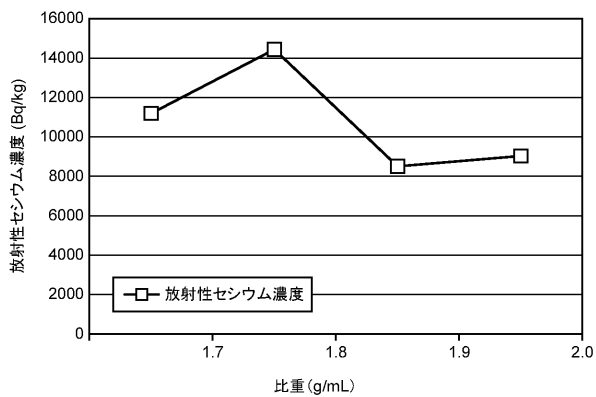
【図 4】



【図 6】



【図 5】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 田嶋 直樹  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 関 秀司  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 柴崎 理  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 4D071 AA44 CA01 DA02 DA20