

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7491592号
(P7491592)

(45)発行日 令和6年5月28日(2024.5.28)

(24)登録日 令和6年5月20日(2024.5.20)

(51)国際特許分類		F I		
G 2 1 F	9/36 (2006.01)	G 2 1 F	9/36	5 4 1 D
		G 2 1 F	9/36	5 4 1 M
		G 2 1 F	9/36	5 3 1 Z
請求項の数 23 (全39頁)				
(21)出願番号	特願2021-549526(P2021-549526)	(73)特許権者	518222642	
(86)(22)出願日	令和2年2月21日(2020.2.21)		ディープ アイソレーション, インコー	
(65)公表番号	特表2022-521022(P2022-521022		ポレイテッド	
	A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 7	
(43)公表日	令和4年4月4日(2022.4.4)		0 4, パークリー, ユニバーシティ	
(86)国際出願番号	PCT/US2020/019218		アベニュー 2 1 2 0, スイート 6 2 3	
(87)国際公開番号	WO2020/172529	(74)代理人	100078282	
(87)国際公開日	令和2年8月27日(2020.8.27)		弁理士 山本 秀策	
審査請求日	令和5年2月21日(2023.2.21)	(74)代理人	100113413	
(31)優先権主張番号	62/808,588		弁理士 森下 夏樹	
(32)優先日	平成31年2月21日(2019.2.21)	(74)代理人	100181674	
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 飯田 貴敏	
	米国(US)	(74)代理人	100181641	
(31)優先権主張番号	62/808,545		弁理士 石川 大輔	
(32)優先日	平成31年2月21日(2019.2.21)	(74)代理人	230113332	
最終頁に続く		最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 有害物質処分場システムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

有害廃棄物質保管システムであって、前記有害廃棄物質保管システムは、
地球の中に延びている掘削孔であって、前記掘削孔は、少なくとも地表に近接した入口と、垂直部分と、湾曲部分と、水平部分とを備え、前記水平部分は、前記掘削孔の前記水平部分の第1の部分内に形成されている有害廃棄物処分場を備える、掘削孔と、
前記有害廃棄物処分場を除く前記湾曲部分に隣接した前記水平部分の第2の部分内に形成されている安全性斜路であって、前記安全性斜路は、特定の長さによって画定されている、安全性斜路と、
前記有害廃棄物処分場内に位置付け可能な少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタであって、前記少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタは、前記入口から、前記掘削孔の前記垂直部分および前記湾曲部分および前記水平部分の前記第1の部分および前記第2の部分を通して前記有害廃棄物処分場の中に収まるようにサイズを決定され、前記少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタは、有害廃棄物質を封入するようにサイズを決定される内部空洞を備える、少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタと
を備え、
前記特定の長さは、自由落下事象における前記水平部分の中への前記垂直部分から前記湾曲部分を通した前記少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に少なくとも部分的に基づいて、決定される、有害廃棄物質保管システム。

【請求項2】

前記有害廃棄物質は、核廃棄物を備える、請求項 1 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 3】

前記核廃棄物は、使用済み核燃料または高レベル放射性廃棄物のうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 2 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 4】

前記進行距離は、前記自由落下事象中の前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタの終速と、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタと前記掘削孔との間の摩擦係数とに少なくとも部分的に基づく、請求項 1 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 5】

前記掘削孔は、前記湾曲部分と前記水平部分との間に結合されている傾けられた部分をさらに備える、請求項 1 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 6】

前記特定の長さは、自由落下事象における前記水平部分の中への前記垂直部分から前記湾曲部分および前記傾けられた部分を通した前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に少なくとも部分的に基づいて、決定される、請求項 5 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 7】

前記進行距離は、前記自由落下事象中の前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタの終速と、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタと前記掘削孔との間の摩擦係数と、前記傾けられた部分の傾きの角度とに少なくとも部分的に基づく、請求項 6 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 8】

前記傾けられた部分は、前記湾曲部分から前記地表に向かって角度付けられている、請求項 5 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタは、前記有害廃棄物処分場内に排他的にかつ前記安全性斜路に対して外部に位置付けられている、請求項 1 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタは、複数の有害廃棄物キャニスタを含む、請求項 1 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 11】

前記複数の有害廃棄物キャニスタのそれぞれは、前記有害廃棄物処分場内に排他的にかつ前記安全性斜路に対して外部に位置付けられている、請求項 10 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 12】

前記有害廃棄物質保管システムは、前記掘削孔内に位置付けられているシールをさらに備え、前記シールは、前記有害廃棄物処分場を前記掘削孔の前記入口から隔離する、請求項 1 に記載の有害廃棄物質保管システム。

【請求項 13】

方法であって、前記方法は、
少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタを、地表の中に延びている掘削孔の入口を通して移動させることであって、前記入口は、少なくとも前記地表に近接し、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタは、有害廃棄物質を封入する内部空洞を備える、ことと、

前記掘削孔の垂直部分を通して、かつ、前記掘削孔の湾曲部分を通して、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタを移動させることと、

前記湾曲部分から、特定の長さによって画定されている安全性斜路を備える前記掘削孔の水平部分の第 1 の部分を通して、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタを移動させることと、

10

20

30

40

50

前記掘削孔の前記水平部分の前記第 1 の部分から、有害廃棄物処分場を備える前記掘削孔の前記水平部分の第 2 の部分の中に前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタを移動させることであって、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタは、前記入口から、前記掘削孔の前記垂直部分および前記湾曲部分および前記水平部分の前記第 1 の部分および前記第 2 の部分を通して収まるようにサイズを決定される、ことと

を含み、

前記特定の長さは、自由落下事象における前記水平部分の中への前記垂直部分から前記湾曲部分を通した前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に少なくとも部分的に基づいて、決定される、方法。

【請求項 1 4】

前記有害廃棄物質は、核廃棄物を備える、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記核廃棄物は、使用済み核燃料または高レベル放射性廃棄物のうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記進行距離は、前記自由落下事象中の前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタの終速と、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタと前記掘削孔との間の摩擦係数とに少なくとも部分的に基づく、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記方法は、前記湾曲部分から前記掘削孔の傾けられた部分の中へ、および、前記傾けられた部分から前記水平部分の中へ前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタを移動させることをさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記特定の長さは、自由落下事象における前記水平部分の中への前記垂直部分から前記湾曲部分および前記傾けられた部分を通した前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に少なくとも部分的に基づいて、決定される、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記進行距離は、前記自由落下事象中の前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタの終速と、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタまたは前記試験キャニスタと前記掘削孔との間の摩擦係数と、前記傾けられた部分の傾きの角度とに少なくとも部分的に基づく、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記傾けられた部分は、前記湾曲部分から前記地表に向かって角度付けられている、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記方法は、前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタを前記有害廃棄物処分場内に排他的にかつ前記安全性斜路に対して外部に位置付けることをさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記少なくとも 1 つの有害廃棄物キャニスタは、複数の有害廃棄物キャニスタを備え、前記方法は、前記複数の有害廃棄物キャニスタのそれぞれを前記有害廃棄物処分場内に排他的にかつ前記安全性斜路に対して外部に位置付けることをさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記方法は、前記有害廃棄物処分場を前記掘削孔の前記入口から隔離するシールを前記掘削孔内に位置付けることをさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本開示は、有害物質処分場システムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

放射性廃棄物等の有害物質は、多くの場合、貯蔵される廃棄物の近くに住む住民間の健康問題を防ぐように、長期、恒久的、または半恒久的貯蔵状態に置かれる。そのような有害廃棄物貯蔵は、多くの場合、例えば、貯蔵場所識別および封じ込めの保証の観点から困難である。例えば、核廃棄物（例えば、商業用動力炉、試験炉、またはさらには軍事廃棄物からかにかかわらず、使用済み核燃料）の安全な貯蔵は、エネルギー技術の未解決課題のうちの1つと見なされている。長寿命放射性廃棄物の安全な貯蔵は、米国および世界中における原子力の採用への大きな障害である。従来の廃棄物貯蔵方法は、トンネルの使用を強調しており、Yucca Mountain貯蔵施設の設計によって例示される。他の技法は、結晶基盤岩の中に掘削される垂直掘削孔を含む掘削孔を含む。他の従来の技法は、人間のアクセスを可能にするために、浅い層内のトンネルの壁から発する掘削孔を伴うトンネルを形成することを含む。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

一般の実装では、核廃棄物キャニスタは、少なくとも部分的に複数の核廃棄物部分を封入するようにサイズを決定され、核廃棄物部分を地下層内に形成された方向性掘削孔の有害廃棄物処分場内に貯蔵するように構成された内容積を画定する筐体と、内容積内および複数の核廃棄物部分間の空隙を少なくとも実質的に充填する筐体の内容積内に封入された固体または半固体粒状物質とを含む。

20

【0004】

一般の実装と組み合わせ可能なある側面において、核廃棄物部分は、使用済み核燃料（SNF）アセンブリの複数のSNFロッドを含む。

【0005】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、内容積は、単一SNFアセンブリを貯蔵するようにサイズを決定される。

【0006】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、固体または半固体粒状物質は、固体粉末を含む。

30

【0007】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、固体粉末は、二酸化ケイ素を含む。

【0008】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、固体または半固体粒状物質は、中性子吸収材を含む。

【0009】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、内容積内または筐体の外部表面上に位置付けられた衝撃吸収材をさらに含む。

40

【0010】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、衝撃吸収材は、押し潰し可能部材またはばね部材を含む。

【0011】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、衝撃吸収材は、低腐食性物質を含む。

【0012】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、筐体の端部に搭載された摩擦ブレーキをさらに含む。

50

【 0 0 1 3 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、摩擦ブレーキは、旋回可能または回転可能接続を用いて、筐体に搭載される。

【 0 0 1 4 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、筐体の端部は、筐体の坑内 (down hole) 端を含む。

【 0 0 1 5 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、摩擦ブレーキは、方向性掘削孔内に据え付けられたケーシングに接触するように構成された表面を含む。

【 0 0 1 6 】

別の一般の実装では、核廃棄物を貯蔵する方法は、核廃棄物部分を地下層内に形成された方向性掘削孔の有害廃棄物処分場内に複数の核廃棄物部分を貯蔵するように構成された核廃棄物キャニスタの筐体の内容積の中に設置することと、内容積内および複数の核廃棄物部分間の空隙を固体または半固体粒状物質で実質的に充填することと、核廃棄物キャニスタの内容積をシールし、複数の核廃棄物部分および固体または半固体粒状物質を封入することを含む。

【 0 0 1 7 】

一般の実装と組み合わせ可能なある側面において、核廃棄物部分は、S N F アセンブリの複数の使用済み核燃料 (S N F) ロッドを含む。

【 0 0 1 8 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、内容積は、単一 S N F アセンブリを貯蔵するようにサイズを決定される。

【 0 0 1 9 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、固体または半固体粒状物質は、固体粉末を含む。

【 0 0 2 0 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、固体粉末は、二酸化ケイ素を含む。

【 0 0 2 1 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、固体または半固体粒状物質は、中性子吸収材を含む。

【 0 0 2 2 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、核廃棄物キャニスタは、内容積内または筐体の外部表面上に位置付けられた衝撃吸収材をさらに含む。

【 0 0 2 3 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、衝撃吸収材は、押し潰し可能部材またはばね部材を含む。

【 0 0 2 4 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、衝撃吸収材は、低腐食性物質を含む。

【 0 0 2 5 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、核廃棄物キャニスタはさらに、筐体の端部に搭載された摩擦ブレーキを含む。

【 0 0 2 6 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、摩擦ブレーキは、旋回可能または回転可能接続を用いて、筐体に搭載される。

【 0 0 2 7 】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、筐体の端部は、筐体の坑内端を含む。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、摩擦ブレーキは、方向性掘削孔内に据え付けられたケーシングに接触するように構成された表面を含む。

【0029】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、シールされた核廃棄物キャニスタを方向性掘削孔の有害廃棄物処分場の中に移動させることをさらに含む。

【0030】

前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、方向性掘削孔を通したシールされた核廃棄物キャニスタの移動中の自由落下事象中、シールされた核廃棄物キャニスタの衝撃を軽減することをさらに含む。

【0031】

本開示による、有害物質貯蔵処分場の実装は、以下の特徴のうちの1つ以上を含み得る。例えば、本開示による、有害物質貯蔵処分場は、任意の近傍の可動水から分断された地中数千フィートに位置する貯蔵処分場内における有害物質の複数のレベルの封じ込めを可能にし得る。別の例として、本開示による、有害物質キャニスタの実装は、他のキャニスタを含む他の物体との方向性掘削孔内での衝突に耐えるか、またはそれを低減させ、そのような衝突に起因する有害物質の漏出を低減させ得る。別の例として、本開示による、有害物質キャニスタの実装は、放射性廃棄物でより容易かつ効率的に装填され得、例えば、そのような装填がホットルーム内で全体的に完了されることを要求しない。別の例として、本開示による有害物質貯蔵処分場は、それ自体がキャニスタの建設からさえ独立した方向性掘削孔内で、自由落下する有害物質キャニスタがそれ自体または他の物体を損傷しないように建設され得る。

【0032】

本開示に説明される主題の1つ以上の実装の詳細が、付随の図面および以下の説明に記載される。本主題の他の特徴、側面、および利点が、説明、図面、および請求項から明白となるであろう。

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

核廃棄物キャニスタであって、前記核廃棄物キャニスタは、
少なくとも部分的に複数の核廃棄物部分を封入するようにサイズを決定された内容積を
画定する筐体であって、前記筐体は、前記核廃棄物部分を地下層内に形成された方向性掘
削孔の有害廃棄物処分場内に貯蔵するように構成されている、筐体と、
前記筐体の内容積内に封入された固体または半固体粒状物質と
を備え、
前記固体または半固体粒状物質は、前記内容積内および前記複数の核廃棄物部分間の空
隙を少なくとも実質的に充填している、核廃棄物キャニスタ。

(項目2)

前記核廃棄物部分は、使用済み核燃料(SNF)アセンブリの複数のSNFロッドを備
えている、項目1に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目3)

前記内容積は、単一SNFアセンブリを貯蔵するようにサイズを決定されている、項目
2に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目4)

前記固体または半固体粒状物質は、固体粉末を備えている、項目1に記載の核廃棄物キ
ャニスタ。

(項目5)

前記固体粉末は、二酸化ケイ素を備えている、項目4に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目6)

前記固体または半固体粒状物質は、中性子吸収材を備えている、項目1に記載の核廃棄
物キャニスタ。

(項目7)

10

20

30

40

50

前記内容積内または前記筐体の外部表面上に位置付けられた衝撃吸収材をさらに備えている、項目 1 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 8)

前記衝撃吸収材は、押し潰し可能部材またはばね部材を備えている、項目 7 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 9)

前記衝撃吸収材は、低腐食性物質を備えている、項目 7 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 10)

前記筐体の端部に搭載された摩擦ブレーキをさらに備えている、項目 1 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 11)

前記摩擦ブレーキは、旋回可能または回転可能接続を用いて前記筐体に搭載されている、項目 10 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 12)

前記筐体の前記端部は、前記筐体の坑内端を備えている、項目 10 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 13)

前記摩擦ブレーキは、前記方向性掘削孔内に据え付けられたケーシングに接触するように構成された表面を備えている、項目 10 に記載の核廃棄物キャニスタ。

(項目 14)

核廃棄物を貯蔵する方法であって、前記方法は、
複数の核廃棄物部分を核廃棄物キャニスタの筐体の内容積の中に設置することであって、前記筐体は、前記核廃棄物部分を地下層内に形成された方向性掘削孔の有害廃棄物処分場内に貯蔵するように構成されている、ことと、

前記内容積内および前記複数の核廃棄物部分間の空隙を固体または半固体粒状物質で実質的に充填することと、

前記核廃棄物キャニスタの前記内容積をシールし、前記複数の核廃棄物部分および前記固体または半固体粒状物質を封入することと

を含む、方法。

(項目 15)

前記核廃棄物部分は、使用済み核燃料 (S N F) アセンブリの複数の S N F ロッドを備えている、項目 14 に記載の方法。

(項目 16)

前記内容積は、単一 S N F アセンブリを貯蔵するようにサイズを決定されている、項目 15 に記載の方法。

(項目 17)

前記固体または半固体粒状物質は、固体粉末を備えている、項目 14 に記載の方法。

(項目 18)

前記固体粉末は、二酸化ケイ素を備えている、項目 17 に記載の方法。

(項目 19)

前記固体または半固体粒状物質は、中性子吸収材を備えている、項目 14 に記載の方法。

(項目 20)

前記核廃棄物キャニスタは、前記内容積内または前記筐体の外部表面上に位置付けられた衝撃吸収材をさらに備えている、項目 14 に記載の方法。

(項目 21)

前記衝撃吸収材は、押し潰し可能部材またはばね部材を備えている、項目 20 に記載の方法。

(項目 22)

前記衝撃吸収材は、低腐食性物質を備えている、項目 20 に記載の方法。

(項目 23)

10

20

30

40

50

前記核廃棄物キャニスタは、前記筐体の端部に搭載された摩擦ブレーキをさらに備えている、項目 1 4 に記載の方法。

(項目 2 4)

前記摩擦ブレーキは、旋回可能または回転可能接続を用いて前記筐体に搭載されている、項目 2 3 に記載の方法。

(項目 2 5)

前記筐体の前記端部は、前記筐体の坑内端を備えている、項目 2 3 に記載の方法。

(項目 2 6)

前記摩擦ブレーキは、前記方向性掘削孔内に据え付けられたケーシングに接触するように構成された表面を備えている、項目 2 3 に記載の方法。

(項目 2 7)

前記シールされた核廃棄物キャニスタを前記方向性掘削孔の有害廃棄物処分場の中に移動させることをさらに含む、項目 1 4 に記載の方法。

(項目 2 8)

前記方向性掘削孔を通した前記シールされた核廃棄物キャニスタの移動中の自由落下事象中、前記シールされた核廃棄物キャニスタの衝撃を軽減することをさらに含む、項目 2 7 に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】図 1 は、本開示による、1 つ以上の有害物質キャニスタを含む有害物質貯蔵処分場の例示的実装の概略図である。

【0034】

【図 2】図 2 および 3 A - 3 D は、本開示による、有害物質キャニスタの例示的実装の概略図である。

【図 3 A】図 2 および 3 A - 3 D は、本開示による、有害物質キャニスタの例示的実装の概略図である。

【図 3 B】図 2 および 3 A - 3 D は、本開示による、有害物質キャニスタの例示的実装の概略図である。

【図 3 C】図 2 および 3 A - 3 D は、本開示による、有害物質キャニスタの例示的実装の概略図である。

【図 3 D】図 2 および 3 A - 3 D は、本開示による、有害物質キャニスタの例示的実装の概略図である。

【0035】

【図 4】図 4 A - 4 B は、本開示による、有害物質キャニスタの別の例示的実装の概略図である。

【0036】

【図 5】図 5 は、本開示による、安全性斜路部分を含む有害物質貯蔵処分場の例示的実装の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

図 1 は、有害物質貯蔵処分場システム 100 の例示的実装の概略図である（例えば、有害物質（例えば、2 つの例として、使用済み核燃料（S N F）または高レベル廃棄物であり得る核廃棄物等の放射性物質）の長期（例えば、数十、数百、または数千年、またはそれを上回る）にわたってであるが、回収可能で安全かつ確実である貯蔵のための地下場所）。例えば、この図は、有害物質の 1 つ以上のキャニスタ 126 が、地下層 118 内で展開された後の例示的有害物質貯蔵処分場システム 100 を図示する。図示されるように、有害物質貯蔵処分場システム 100 は、地表 102 から、複数の地下層 112、114、116、および 118 を通して形成される（例えば、掘削される、または別様に）、掘削孔 104 を含む。地表 102 は、地面として図示されるが、地表 102 は、湖または海底または水域下の他の表面等の海中または他の水中表面であり得る。したがって、本開示は

10

20

30

40

50

、掘削孔 104 が、水域上またはそれに近接する掘削場所から水域下に形成され得ることを想定する。

【0038】

図示される掘削孔 104 は、有害物質貯蔵処分場システム 100 のこの例では、方向性掘削孔である。例えば、掘削孔 104 は、円弧または湾曲部分 108 に結合される、実質的に垂直な部分 106 を含み、円弧または湾曲部分 108 は、次に、実質的に水平な部分 110 に結合されている。本開示において使用される場合、掘削孔向きの文脈における「略」は、正確に垂直（例えば、地表 102 と正確に垂直）または正確に水平（例えば、地表 102 と正確に平行）ではないことも、地表 102 に対して特定の傾斜角度で正確に傾けられていないこともある掘削孔を指す。換言すると、垂直掘削孔は、多くの場合、真の垂直方向からずれてうねり、それらは、真の垂直から逸脱する角度で掘削され得、傾けられた掘削孔は、多くの場合、真の傾斜角度からずれてうねっている。さらに、いくつかの側面において、傾けられた掘削孔は、掘削孔の長さにわたって、正確に均一な傾斜（例えば、度単位）を有していないことも、示していないこともある。代わりに、掘削孔の傾斜は、その長さにわたって変動し得る（例えば、1～5 度）。この例に図示されるように、掘削孔 104 の 3 つの部分、すなわち、垂直部分 106、円弧部分 108、および水平部分 110 は、地球の中に延びている連続した掘削孔 104 を形成する。本開示において使用される場合、掘削孔 104（および説明される掘削孔部分）は、坑井ボアとも呼ばれ得る。したがって、本開示において使用される場合、掘削孔および坑井ボアは、主として、同義語であり、1 つ以上の地下層を通して形成される人間占有のために好適ではない（すなわち、人間がその中に収まるには小さすぎる直径である）ボアを指す。

【0039】

図示される掘削孔 104 は、この例では、表面ケーシング 120 を有し、表面ケーシング 120 は、地表 102 から地球内の特定の深度の中に掘削孔 104 の周囲に位置付けられ、設定される。例えば、表面ケーシング 120 は、浅い層内の掘削孔 104 の周囲に設定された（例えば、セメントで固定された）比較的に大径管状部材（または部材のストリング）であり得る。本明細書で使用される場合、「管状」は、円形断面、楕円形断面、または他の成形断面を有する部材を指し得る。例えば、有害物質貯蔵処分場システム 100 の本実装では、表面ケーシング 120 は、地表から表面層 112 を通して延びている。表面層 112 は、この例では、1 つ以上の層状岩石層から成る地質学的層である。いくつかの側面において、表面層 112 は、この例では、淡水帯水層、塩水、またはかん水源、または可動水（例えば、地質学的層を通して移動する水）の他の源を含む場合とそうではないこともある。いくつかの側面において、表面ケーシング 120 は、掘削孔 104 をそのような可動水から隔離し得、表面ケーシング 120 は、他のケーシングストリングが掘削孔 104 内に据え付けられるための吊り場所も提供し得る。さらに、図示されないが、ガイドケーシングが、表面ケーシング 120 の上方に（例えば、表面ケーシング 120 と表面 102 との間および表面層 112 内）に設定され、掘削流体が表面層 112 の中に漏れ出ることを防止し得る。

【0040】

図示されるように、生産ケーシング 122 は、表面ケーシング 120 の坑内の掘削孔 104 内に位置付けられ、設定される。「生産」ケーシングと称されるが、この例では、ケーシング 122 は、炭化水素生産作業を受ける場合とそうではないこともある。したがって、ケーシング 122 は、表面ケーシング 120 の坑内の掘削孔 104 内に設定（例えば、セメント結着）される任意の形態の管状部材を指し、それを含む。有害物質貯蔵処分場システム 100 のいくつかの例では、生産ケーシング 122 は、円弧部分 108 の端部から開始し、水平部分 110 全体を通して延び得る。ケーシング 122 は、円弧部分 108 の中および垂直部分 106 の中にも延び得る。

【0041】

示されるように、セメント 130 は、ケーシング 120 および 122 と掘削孔 104 との間の環状体内でケーシング 120 および 122 の周囲に位置付けられる（例えば、圧送

される)。セメント130は、例えば、地表102下の地下層を通して、ケーシング120および122（および掘削孔104の任意の他のケーシングまたはライナ）を固定し得る。いくつかの側面において、セメント130は、ケーシング（例えば、ケーシング120および122および任意の他のケーシング）の全長に沿って据え付けられ得るか、または、セメント130は、特定の掘削孔102のために適正である場合、ケーシングのある部分に沿って使用され得る。セメント130はまた、キャニスタ126内の有害物質のための閉じ込めの追加の層を提供することができる。

【0042】

掘削孔104および関連付けられるケーシング120および122は、種々の例示的寸法を伴って、種々の例示的深度（例えば、真の垂直深度またはTVD）に形成され得る。例えば、ガイドケーシング（図示せず）は、約28インチ〜60の直径を伴って、約120フィートTVDまで下方に延び得る。表面ケーシング120は、約22インチ〜48インチの直径を伴って、約2,500フィートTVDまで下方に延び得る。表面ケーシング120と生産ケーシング122との間の中間ケーシング（図示せず）は、約16インチ〜36インチの直径を伴って、約8,000フィートTVDまで下方に延び得る。生産ケーシング122は、約11インチ〜22インチの直径を伴って、傾けられて延び得る（例えば、水平部分110をケースする（case）ために）。前述の寸法は、単に、例として提供され、他の寸法（例えば、直径、TVD、長さ）も、本開示によって想定される。例えば、直径およびTVDは、複数の地下層（112、114、116、および118）の特定の地質学的組成、特定の掘削技法、および有害物質貯蔵処分場システム100内に廃棄されるべき有害物質を含む有害物質キャニスタ126のサイズ、形状、または設計のうちの1つ以上に依存し得る。いくつかの代替例では、生産ケーシング122（または掘削孔104内の他のケーシング）は、円形断面、楕円形断面、またはある他の形状であり得る。

【0043】

図示されるように、掘削孔104の垂直部分106は、地下層112、114、および116を通して延び、この例では、地下層118内に着地する。上で議論されるように、表面層112は、可動水を含むことも、含まないこともある。この例では、可動水層114は、表面層112の下方にある（表面層112はまた、可動水または液体の1つ以上の源を含み得るが）。例えば、可動水層114は、淡水帯水層、塩水、またはかん水、または可動水の他の源等の可動水の1つ以上の源を含み得る。有害物質貯蔵処分場システム100のこの例では、可動水は、地下層の全部または一部を横断した圧力差に基づいて、地下層を通して移動する、水であり得る。例えば、可動水層114は、その中で水が自由に移動する（例えば、層114内の圧力差に起因して、または別様に）浸透性地質学的層であり得る。いくつかの側面において、可動水層114は、特定の地理的エリア内の人間飲用可能水の一次源であり得る。その可動水層114が構成され得る岩石層の例は、他の層の中でもとりわけ、多孔性砂岩および石灰石を含む。

【0044】

不浸透性層116および貯蔵層118等の他の図示される層は、不動水を含み得る。不動水は、いくつかの側面において、人間または動物または両方の飲用に適さない、水（例えば、淡水、塩水、かん水）である。不動水は、いくつかの側面において、層116または118（または両方）を通じたその運動によって、10,000年以内にまたはそれを上回って（1,000,000年等）も、可動水層114、地表102、または両方に到達することができない水であり得る。

【0045】

有害物質貯蔵処分場システム100のこの例示的実装では、不浸透性層116が、可動水層114の下方にある。不浸透性層116は、この例では、可動水が通過することを可能にしないこともある。したがって、可動水層114に対して、不浸透性層116は、低浸透性、例えば、約ナノダルシー浸透性を有し得る。加えて、この例では、不浸透性層116は、比較的に非靱性（すなわち、脆い）地質学的層であり得る。非靱性の1つの尺度

は、引張強度に対する圧縮応力の比率である脆性である。いくつかの例では、不浸透性層 116 の脆性は、約 20 MPa ~ 40 MPa であり得る。

【0046】

この例に示されるように、不浸透性層 116 は、貯蔵層 118 より浅い（例えば、地表 102 により近い）。この例では、その不浸透性層 116 が構成され得る岩石層は、例えば、上で説明されるように、浸透性および脆性特性を示すある種類の砂岩、泥岩、粘土、および粘板岩を含む。代替例では、不浸透性層 116 は、貯蔵層 118 より深く（例えば、地表 102 からより遠く）あり得る。そのような代替例では、不浸透性層 116 は、花崗岩等の火成岩から成り得る。

【0047】

不浸透性層 116 の下方に、貯蔵層 118 がある。貯蔵層 118、この例では、いくつかの理由から、有害物質を貯蔵する水平部分 110 のための着地場として選定され得る。不浸透性層 116 または他の層に対して、貯蔵層 118 は、厚く、例えば、約 100 ~ 200 フィートの総垂直厚であり得る。貯蔵層 118 の厚さは、より容易な着地および方向性掘削を可能にし、それによって、建設（例えば、掘削）中、水平部分 110 が貯蔵層 118 内に容易に配置されることを可能にし得る。貯蔵層 118 の約水平中心を通して形成される場合、水平部分 110 は、貯蔵層 118 を備えている、地質学的層の約 50 ~ 100 フィートによって包囲され得る。さらに、貯蔵層 118 は、例えば、層 118 の非常に低い浸透性（例えば、約ミリまたはナノダルシー）に起因して、不動水のみを有し得る。加えて、貯蔵層 118 は、層 118 を備えている岩石層の脆性が約 3 MPa ~ 10 MPa であるように、十分な靱性を有し得る。貯蔵層 118 が構成され得る岩石層の例は、頁岩および硬石膏を含む。さらに、いくつかの側面において、有害物質は、貯蔵層が浸透性層を可動水層 114 から隔離するために十分な地質学的特性である場合、貯蔵層より下で、砂岩または石灰石等の浸透性層内においてさえ貯蔵され得る。

【0048】

有害物質貯蔵処分場システム 100 のいくつかの例示的実装では、貯蔵層 118（および／または不浸透性層 116）は、頁岩から成る。頁岩は、いくつかの例では、貯蔵層 118 に関して上で説明されるそれらに当てはまる特性を有し得る。例えば、頁岩層は、（例えば、有害物質キャニスタ 126 内への）有害物質の長期閉じ込めのために、および可動水層 114（例えば、帯水層）および地表 102 からのその隔離のために好適であり得る。頁岩層は、地球の比較的深く、典型的に、3,000 フィートまたはそれを上回る場所に見出され、任意の淡水帯水層の下方に隔離して置かれ得る。他の層は、塩または他の不浸透性形成層を含み得る。

【0049】

頁岩層（または塩または他の不浸透性層）は、例えば、物質の長期（例えば、数千年）隔離を向上させる地質学的特性を含み得る。そのような特性は、例えば、そのような流体の実質的分率が周囲層（例えば、可動水層 114）の中に漏れ出さない炭化水素流体（例えば、ガス、液体、混合相流体）の長期貯蔵（例えば、数千万年）を通して例証されている。実際、頁岩は、天然ガスを数百万年以上保持することが示されており、有害物質の長期貯蔵のための能力を証明している。例示的頁岩層（例えば、Marcellus、Eagle Ford、Barnett、およびその他）は、数百万年にわたって、水、油、およびガスの移動を防止することにおいて効果的であり、可動水を欠き、廃棄後、数千年にわたって有害物質（例えば、流体または固体）をシールすることが予期され得る（例えば、地質学的検討に基づいて）多くの冗長シール層を含む地層を有する。

【0050】

いくつかの側面において、貯蔵層 118 および／または不浸透性層 116 の層は、少なくとも部分的に数百年、数千年、数万年、数十万年、またはさらに数百万年にわたって、炭化水素または他の流体（例えば、二酸化炭素）のための層の貯蔵能力の証拠によって決定され得る漏出障壁（または、流体漏出に対する障壁層）を形成し得る。例えば、貯蔵層 118 および／または不浸透性層 116 の障壁層は、炭化水素または他の流体貯蔵のその

10

20

30

40

50

ような証拠に基づく10,000年を上回る(約10,000年および1,000,000年等)有害物質の漏出に関する時間定数によって定義され得る。

【0051】

頁岩(または塩または他の不浸透性層)層は、好適な深度、例えば、3,000~12,000フィートTVDにもあり得る。そのような深度は、典型的に、地中帯水層(例えば、表面層112および/または可動水層114)の下方にある。さらに、塩を含む頁岩中の可溶性元素の存在と、帯水層内におけるこれらの同じ元素の不存在とが、頁岩と帯水層との間の流体隔離を実証する。

【0052】

有利なこととして、有害物質貯蔵に役立ち得る頁岩の別の特定の品質は、その粘土含有量であり、それは、いくつかの側面において、他の不浸透性岩石層(例えば、不浸透性層116)に見出されるそれを上回る靱性の尺度を提供する。例えば、頁岩は、階層化され、粘土(例えば、体積比約20~30%粘土)と他の鉱物との薄く交互する層から成り得る。そのような組成は、不浸透性層内の岩石層(例えば、ドロマイトまたはその他)と比較して、頁岩をあまり脆くせず、したがって、破壊(例えば、自然にまたは別様に)を受けにくくし得る。例えば、不浸透性層116内の岩石層は、有害物質の長期貯蔵のために好適な浸透性を有し得るが、あまりにも脆く、一般に、破壊される。したがって、そのような層は、有害物質の長期貯蔵のために、十分なシール品質を有していないこともある(その地質学的特性を通して裏付けられるように)。

【0053】

本開示は、多くの他の層が、図示される地下層112、114、116、および118の間または中に存在し得ることを想定する。例えば、可動水層114、不浸透性層116、および貯蔵層118のうちの1つ以上の繰り返しパターンが存在し得る(例えば、垂直に)。さらに、いくつかの事例では、貯蔵層118は、可動水層114に、直接、すなわち、介在不浸透性層116を伴わずに隣接し得る(例えば、垂直に)。いくつかの例では、円弧掘削孔108および水平掘削孔110の全部または一部は、貯蔵層118(例えば、本明細書に説明されるような特性を伴う頁岩または他の地質学的層)が、水平掘削孔110と可動水層114との間に垂直に位置付けられるように、貯蔵層118の下方に形成され得る。

【0054】

この例では、掘削孔104の水平部分110は、その中に有害物質が、長期貯蔵のために、回収可能に設置され得る部分110の遠位部分内の貯蔵エリアを含む。例えば、作業ストリング(例えば、管類、コイル状管類、有線、またはその他)または他の坑内運搬機(例えば、トラクター)が、ケースされた掘削孔104の中に移動させられ、1つ以上の(3つが、示されるが、より多いまたはより少ないものが存在し得る)有害物質キャニスタ126を部分110内の長期であるが、いくつかの側面において回収可能である貯蔵部の中に設置し得る。

【0055】

各キャニスタ126は、有害物質(物質145として示される)を包囲し得る。そのような有害物質は、いくつかの例では、生物学的または化学的廃棄物または他の生物学的または化学的有害物質であり得る。いくつかの例では、有害物質は、原子炉(例えば、商業用動力炉または試験炉)または軍事核物質から回収されるSNF等の核物質を含み得る。核燃料ペレットの形態における使用済み核燃料は、原子炉から取り出され、改変されないこともある。核燃料ペレットは、固体であるが、それらは、三重水素(13年の半減期)、クリプトン-85(10.8年の半減期)、およびC-14(5,730年の半減期)を含む、二酸化炭素を含む種々の放射性ガスを含み、放出し得る。他の有害物質145は、例えば、商業用動力(または他の)炉からの放射性水等の放射性液体を含み得る。

【0056】

いくつかの側面において、貯蔵層118は、任意の放射性産物(例えば、ガス)を層118内に含むことが可能であるべきである(そのような産物がキャニスタ126から漏れ

10

20

30

40

50

出る場合でも)。例えば、貯蔵層 118 は、層 118 を通した放射性産物の拡散時間に基づいて選択され得る。例えば、貯蔵層 118 から漏れ出る放射性産物の最小拡散時間は、例えば、核燃料ペレットの任意の特定の成分に関する半減期の 50 倍に設定され得る。最小拡散時間としての 50 半減期は、放射性産物の量を 1×10^{-15} 分の 1 に低減させるであろう。別の例として、最小拡散時間を 30 半減期に設定することは、放射性産物の量を十億分の 1 に低減させるであろう。

【0057】

例えば、プルトニウム-239 は、多くの場合、24,100 年のその長い半減期により、SNF における有害廃棄物生産物と見なされる。この同位体に関して、50 半減期は、120 万年となるであろう。プルトニウム-239 は、水中において低溶解度を有し、揮発性ではなく固体として存在する。その拡散時間は、図示される貯蔵層 118 (例えば、頁岩または他の層)を備えている岩石層の基質を通して、著しく短い(例えば、数百万年)。貯蔵層 118 は、例えば、頁岩から成り、数百万年にわたってガス状炭化水素(例えば、メタンおよびその他)を含む地質学的歴史によって示されるように、そのような隔離時間(例えば、数百万年)を有する能力をもたらし得る。対照的に、従来の核物質貯蔵方法では、一部のプルトニウムが閉じ込めからの漏れ出し時、可動地中水を含む層中に溶解し得る危険があった。

【0058】

いくつかの側面において、掘削孔 104 は、有害物質の長期貯蔵の主要目的のために形成され得る。代替側面において、掘削孔 104 は、炭化水素生産(例えば、油、ガス)の主要目的のために以前に形成されていることもある。例えば、貯蔵層 118 は、炭化水素が掘削孔 104 の中に、地表 102 へ生産された炭化水素産出層であり得る。いくつかの側面において、貯蔵層 118 は、炭化水素生産に先立って、油圧破壊されていることもある。さらに、いくつかの側面において、生産ケーシング 122 が、油圧破壊に先立って、穿孔されていることもある。そのような側面において、生産ケーシング 122 は、有害物質の廃棄作業に先立って、穿孔プロセスから作られた任意の孔を修理するためにパッチ(例えば、セメントで固定)され得る。加えて、ケーシングと掘削孔との間のセメントにおける任意の亀裂または開口部も、その時点で充填されることができる。

【0059】

図 1 にさらに示されるように、裏込材料 140 が、掘削孔 104 の中に位置付けられるか、または循環させられ得る。この例では、裏込材料 140 は、キャニスタ 126 を包囲し、掘削孔シール 134 (例えば、恒久的パッカ、プラグ、または他のシール)まで、またはその近傍まで上方に(uphole)延びるレベルを有し得る。いくつかの側面において、裏込材料 140 は、放射性エネルギー(例えば、ガンマ線または他のエネルギー)を吸収し得る。いくつかの側面において、裏込材料 140 は、比較的に低い熱伝導率を有し、それによって、キャニスタ 126 とケーシングとの間の絶縁体としての機能を果たし得る。

【0060】

図 1 にさらに示されるように、別の裏込材料 150 が、キャニスタ 126 のうちの 1 つ以上の中に位置付けられ、または設置され、有害物質 145 を包囲し得る。いくつかの側面において、裏込材料 150 は、放射性エネルギー(例えば、ガンマ線または他のエネルギー)を吸収し得る。いくつかの側面において、裏込材料 150 は、比較的に低い熱伝導率を有し、それによって、有害物質 145 とキャニスタ 126 との間の絶縁体としての機能を果たし得る。いくつかの側面において、裏込材料 150 は、補剛属性もキャニスタ 126 に提供し、例えば、キャニスタ 126 への破碎性、変形、または他の損傷を低減させ得る。

【0061】

いくつかの側面において、システム 100 の前述の構成要素のうちの 1 つ以上は、有害廃棄物物質処分場 100 の工学的に設計された障壁を形成するように組み合わせられ得る。例えば、いくつかの側面において、工学的に設計された障壁は、以下の構成要素、すな

10

20

30

40

50

わち、貯蔵層 118、ケーシング 130、裏込材料 140、キャニスタ 126、裏込材料 150、シール 134、および有害物質 145 自体のうちの 1 つ、いくつか、または全てから成る。いくつかの側面において、工学的に設計された障壁構成要素のうちの 1 つ以上は、

以下を行い得る（そのように行うようにエンジニアリングされる）：掘削孔 104 内の腐食を防止または低減させること、有害物質 145 の漏れ出しを防止または低減させること；他の構成要素のうちの 1 つ以上の熱劣化を低減または防止すること；および、有害物質 145 が可動水層 114（または地表 102 を含む表面層 112）に到達しないことを確実にするための他の安全対策。

【0062】

図 2 は、本開示による、有害物質キャニスタ 200 の概略図である。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 200 は、図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 に示される有害物質キャニスタ 126 として使用され得る。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 200 は、SNF または高レベル廃棄物等の核または放射性廃棄物を包囲および貯蔵し得る。図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 の中へのキャニスタ 126 の例示的配置プロセスに説明されるように、有害物質キャニスタ 200 は、長期（例えば、数千年とはいかないまでも、数百年）貯蔵のために、人間が占有不能な深層方向性掘削孔（例えば、掘削孔 104）内に設置され得る。配置プロセス中、有害物質キャニスタ 200 は、例えば、ワイヤラインケーブル等の運搬ケーブル上で、方向性掘削孔 104 の中へ移動させられ得る。有害物質キャニスタ 200 が、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 を通して降下させられるとき、キャニスタ 200 を支持するケーブル（またはキャニスタ 200 とケーブルとの間の接続）が破損し得る可能性が存在する。破損時、キャニスタ 200 は、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 内で下向きに加速するであろう（例えば、自由落下において）（例えば、掘削孔 104 内の流体を通して）。

【0063】

方向性掘削孔 104 が、移行部分 108 のための開始点（例えば、垂直部分 106 から水平または略水平掘削孔部分への移行）を有する場合、キャニスタ 200 は、減速し、最終的に、水平掘削孔部分 110 内で停止するであろう。しかしながら、有害物質貯蔵処分場システム 100 が、以前に他の有害物質キャニスタ 200 で充填されている場合、自由落下するキャニスタ 200 は、静止しているキャニスタ 200 に衝突し、有害物質キャニスタ 200 の両方への損傷が結果として生じ得る。キャニスタ 200 の内側の有害廃棄物物質（例えば、核廃棄物）が高度に放射性である場合、この物質が掘削孔部分 110 の中に解放する危険が存在し、それは、潜在的に、周囲地下層 118、および、可能性として、そのような層または他の層（例えば、地下層 112）内の可動水の中への解放につながり得る。有害物質キャニスタ 200 の図示される実装は、例えば、深層方向性掘削孔 104 内での自由落下に起因するキャニスタ 200 への潜在的損傷を低減または防止し得る 1 つ以上の特徴を含む。例えば、有害物質キャニスタ 200 は、自由落下中の有害物質の解放および／または掘削孔 104 内の別の物体との衝突に対する「工学的に設計された障壁」としてのその構造完全性およびその価値を維持し得る。

【0064】

図 2 に示されるように、有害物質キャニスタ 200 は、筐体 202 を含み、筐体 202 は、上部（または蓋）206 および底部 208 が結合され（例えば、有害廃棄物を封入することに続いて）、内容積 212 を形成する中央部分 204 から成る。この例では、有害物質は、SNF ロッド 214 を含む 1 つ以上の SNF アセンブリ 210 である。ある例示の実装では、物質 216（例えば、粒状または粒子状）が、キャニスタ 200（SNF アセンブリ 210（またはアセンブリ 210）および SNF ロッド 214 も包囲する）の内容積 212 内に配置される。この物質 216 は、砂または別の粒状物質（集合的に、「砂」と称される）であり得、キャニスタ 200 の中に設置され、SNF アセンブリ 210（またはロッド 214）を包囲する空隙を充填し得る。例えば、有害物質が、SNF ロッド（全体的または部分的に）から成る SNF アセンブリの場合、SNF ロッド 214 は、キ

10

20

30

40

50

キャニスタ 200 の内容積 212 の約 $1/3$ 以下のみを占有する。キャニスタ 200 上への急激な衝突（例えば、自由落下事象に起因して）は、SNF ロッド 214 に座屈および破壊させ得る。座屈は、ある場合、SNF ロッド 214 の正面（底部または坑内）端が突然停止させられた（例えば、衝突に起因して）とき、生じる（自由落下状況の間）。SNF ロッド 214 の残りは、最初に、勢いに起因して、下向きに進み続ける。SNF ロッド 214 が、完全に対称である場合、SNF ロッド 214 は、圧縮するが、対称性からの若干の逸脱が、通常、存在し、したがって、SNF ロッド 214 は、曲がる傾向にあるであろう。この減速状況では、その曲がり、不安定となり、曲がり、SNF ロッド 214 が破壊するまで、急増する。

【0065】

座屈を防止するために、有害物質キャニスタ 200 の側面は、SNF ロッド 214 の両側のための最小限の支持を提供し得る。ある場合、SNF ロッド 214 を保持する、SNF アセンブリ 210 の構造は、横支持を提供する。しかし、座屈へのさらなる抵抗は、SNF アセンブリ 210 内の空隙を物質 216（例えば、砂または他の比較的に高密度物質）で充填することによって取得されることができる。いくつかの側面において、物質 216 は、二酸化ケイ素、粘土、破碎された岩石、セメント、エポキシ、または固体の他の粉末であることができる。物質 216 は、衝突において、SNF ロッド 214 が座屈することを防止すること、または防止することに役立つ SNF ロッド 214 の両側の支持を提供する。いくつかの側面において、座屈の防止は、初期水平座屈力が小さいので、非常に強固な物質を要求しないこともあり、したがって、多くの物質が使用され得る。

【0066】

代替側面において、液体またはゲルが、SNF アセンブリ 210 によって占有されない、内容積 212 内の空隙を充填するための物質 216 として使用され得る。液体またはゲルは、固体に対して、座屈に対してあまり抵抗を提供しないこともある。

【0067】

物質 216 は、他の目的も達成し得る。例えば、有害廃棄物（すなわち、SNF アセンブリ 210）が、十分な濃度の核分裂性物質（例えば、U-235 または Pu-239）を有する場合、「臨界事故」、すなわち、これらの同位体間で生じる連鎖反応の危険が存在し得る。水の存在は、水が中性子を減速させ、中性子が分裂を誘起するであろう可能性を増加させる「減速材」としての機能を果たすので、危険を増加させ得る。物質 216 は、好適な量の中性子吸収材を含む場合、このリスクを低減させることができる。そのような吸収材は、いくつかの例として、ホウ素、カドミウム、およびコバルトである。これらは、金属として、または化合物として含まれることができる（例えば、粒状、固体、または液体物質 216 の一部として）。

【0068】

方向性掘削孔 104 内への移送および配置中、SNF アセンブリ 210 への損傷を軽減する物質 216、または軽減することに役立つ物質 216 は、追加の機能を果たし得る。例えば、物質 216 は、熱が SNF 210 から筐体 202（および最終的に、地質学的環境）に伝達されることを有効に可能にする熱伝導品質を有し得る。石英／砂および／またはベントナイトのような物質またはある好ましい割合におけるその 2 つの混合物は、物質 216 として、またはその中で混合されると、この機能を果たすことができる。両方は、好適な熱伝導特性を有する。石英／ベントナイト混合物の熱伝導率は、有害物質キャニスタ 200 の内側でより低い温度を維持し得る。

【0069】

別の例として、物質 216 としてのまたはそれと混合されたベントナイトを伴ういくつかの側面において、物質 216 は、放射性核種収着品質を含み得る。加えて、有害物質キャニスタ 200 の内側でより低い温度を維持することによって、そのようなより低い温度は、ベントナイトがスメクタイトからイライトタイプ粘土に移行することを防ぎ得る。そのような移行は、時間および／または温度依存であり、生じると、ベントナイトは、水を層間構造の中に組み込む能力をもはや有しない。ベントナイトはまた、放射性核種を吸収

および遅延させる能力の全部または一部も喪失し得る。

【0070】

いくつかの側面において、ペントナイトは、物質216またはその一部ではなく、1つ以上のゼオライトが、物質216の石英砂と混合され得る（または砂に取って代わる）。例えば、ゼオライトは、多孔性であり、分子篩として使用され得る環構造ケイ酸塩鉱物である。ゼオライトは、異なるサイズの構造的細孔を有し、異なる放射性核種を効果的に捕獲するように製造および調整され得る。E⁺イオン（ヨウ素イオン）がゼオライト構造に進入することを可能にするように特に設計される（銀）Ag⁺イオンで「ドーブされた」ゼオライトが、存在する。E⁺イオンが、Ag⁺と結合し、AgE⁺を形成すると、より大きい分子サイズは、ヨウ素をゼオライト内に不可逆的に捕獲し、ヨウ素を効果的に不動化する。他のゼオライトが、同様に、異なる放射性核種を標的化し得る。

10

【0071】

いくつかの側面において、有害物質キャニスタ200の内容積212内への砂等の物質216の包含は、岩石崩壊（例えば、周囲地下層による、ケーシング（該当する場合）を含む水平掘削孔部分110の崩壊）の場合、キャニスタ200の崩壊を防止し得る。例えば、有害物質キャニスタ200が、物質216で充填されると、物質216は、破碎に対して非常に強い抵抗をもたらし得る。したがって、強い力が、キャニスタ200に加えられる（例えば、崩壊する岩石から）とき、キャニスタ200は、崩壊に対する物質216の抵抗により、曲がらないこともある。

【0072】

図2に示されるように、有害物質キャニスタ200の例示の実装は、筐体に接続された接合部256を通して（例えば、延長部258を通して）、有害物質キャニスタ200の筐体202に結合された衝撃吸収材（バンパ）252も含む。示されるように、バンパ252は、キャニスタ200の底部（坑内）端に位置付けられる。いくつかの側面において、バンパ252は、代替として、筐体202の底部208の中に内蔵され得るか、またはその一部であり得る。バンパ252は、キャニスタ200の例えば、掘削孔104内の別の有害物質キャニスタ、ケーシング122（この図に示されるように）、または他の物体との自由落下衝突における衝撃を吸収し得る。いくつかの側面において、バンパ252はまた、正面（坑内）端における衝撃からの自由落下するキャニスタ200の加速を軽減し得る。いくつかの側面において、示されるように、衝撃吸収材252は、バンパ252の内部にあるか、またはバンパ252を包囲するかのいずれかである、押し潰し可能材料またはばね254であるか、またはそれを含むことができる。

20

30

【0073】

いくつかの側面において、衝撃吸収材252は、方向性掘削孔104の中への降下中、キャニスタ200の安全性を保証すること、または保証することに役立ち得る。例えば、キャニスタ200が、水平掘削孔部分110の処分場内に配置されると、落下の危険は、継続していないこともあり、したがって、バンパ252は、もはや必要とされないこともある。キャニスタ200が、配置されると、バンパ252（および接合部256および延長部258）は、ケーシング122内で水素ガスを生成し得る腐食点として、負担になり得る。掘削孔104等のシールされた環境では、そのような腐食は、腐食体積膨張から圧力の増加を引き起こし得る。これらの理由から、いくつかの側面において、バンパ252（および他の図示される構成要素）は、低腐食性材料から作製され得る。可能な材料は、黒鉛、チタン、炭化タングステンコバルト、またはインコネル等のニッケルクロム化合物を含む。

40

【0074】

いくつかの側面において、衝撃吸収材252は、摩擦ブレーキも含み得るか、またはそれとしての機能を果たし得る。例えば、有害物質キャニスタ200が、流体充填ケーシング（掘削孔部分106に示される流体260を伴う）内で自由落下しているとき、キャニスタ200は、傾きに対して不安定であり得る。ある場合、傾きは、キャニスタ200の正面（坑内）端をケーシング122と接触させる。高速落下で、この接触点における摩擦

50

は、局所的加熱を引き起こし得、キャニスタ完全性を損傷させ得る力をキャニスタ 200 に加え得る。衝撃吸収材 252（またはバンパ 252 に取り付けられた別個の摩擦ブレーキ）は、キャニスタ 200 の筐体 202 の外部に取り付けられた示されるような摩擦ブレーキを含み得る。例えば、ケーシング 122 との摩擦を最も受けやすいキャニスタ 200 の正面（坑内）端における区分は、摩擦ブレーキを含み、自由落下（またはその他）の場合のキャニスタ 200 への摩擦からの損傷を軽減し得る。摩擦ブレーキは、摩擦を利用して、落下するキャニスタ 200 の加速を減速させ得る。いくつかの側面において、摩擦ブレーキ（またはバンパ 252 の別個の摩擦ブレーキ構成要素）としての機能を果たす衝撃吸収材 252 の一部は、湾曲される（摩擦を最小化するために）、または粗くまたは鋭くされ、摩擦を最大化し、落下するキャニスタ 200 の速度により強力な限界を提供することができる。

10

【0075】

いくつかの側面において、摩擦ブレーキは、（例えば、坑内端上の）筐体 202 の一部であり得る。ブレーキが、キャニスタ 200 に堅く取り付けられている場合、回転は、キャニスタ 200 のその延長であろう。示されるように、摩擦ブレーキ（衝撃吸収材 252 の一部として、または別様に）は、相対的回転を可能にする接合部 256 を用いて、キャニスタ 200 に取り付けられ得る。

【0076】

図 3 A は、本開示による、有害物質キャニスタ 300 の概略図である。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 300 は、図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 に示される有害物質キャニスタ 126 として使用され得る。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 300 は、SNF または高レベル廃棄物等の核または放射性廃棄物を包囲および貯蔵し得る。図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 の中へのキャニスタ 126 の例示的配置プロセスに説明されるように、有害物質キャニスタ 300 は、長期（例えば、数千年とはいかないまでも、数百年）貯蔵のために、人間が占有不能な深層方向性掘削孔（例えば、掘削孔 104）内に設置され得る。配置プロセス中、有害物質キャニスタ 300 は、例えば、ワイヤラインケーブル等の運搬ケーブル上で方向性掘削孔 104 の中に移動させられ得る。有害物質キャニスタ 300 が、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 を通して降下させられるとき、キャニスタ 300 を支持するケーブル（またはキャニスタ 300 とケーブルとの間の接続）が破損し得る可能性が存在する。破損時、キャニスタ 300 は、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 内で下向きに加速するであろう（例えば、自由落下において）（例えば、掘削孔 104 内の流体を通して）。さらに、図 3 A に具体的に示されないが、有害物質キャニスタ 300 は、図 2 を参照して説明されるように、例えば、物質 216 および衝撃吸収材 252（摩擦ブレーキを伴って、または伴わず）等のある構成要素を含み得る。

20

30

【0077】

方向性掘削孔 104 が、移行部分 108 のための開始点（例えば、垂直部分 106 から水平または略水平掘削孔部分への移行）を有する場合、キャニスタ 300 は、減速し、最終的に、水平掘削孔部分 110 内で停止するであろう。しかしながら、有害物質貯蔵処分場システム 100 が、以前に他の有害物質キャニスタ 300 で充填されている場合、自由落下するキャニスタ 300 は、静止しているキャニスタ 300 に衝突し、有害物質キャニスタ 300 の両方への損傷が結果として生じ得る。キャニスタ 300 の内側の有害廃棄物物質（例えば、核廃棄物）が、高度に放射性である場合、この物質が掘削孔部分 110 の中に解放する危険が存在し、それは、潜在的に、周囲地下層 118、および可能性として、そのような層または他の層（例えば、地下層 112）内の可動水の中への解放につながり得る。有害物質キャニスタ 300 の図示される実装は、例えば、深層方向性掘削孔 104 内での自由落下に起因するキャニスタ 300 への潜在的損傷を低減または防止し得る 1 つ以上の特徴を含む。例えば、有害物質キャニスタ 300 は、自由落下中の有害物質の解放および／または掘削孔 104 内の別の物体との衝突に対する「工学的に設計された障壁」としてのその構造完全性およびその価値を維持し得る。

40

50

【0078】

図3Aに示されるように、有害物質キャニスタ300は、筐体302を含み、筐体302は、上部（または蓋）306および底部308が結合され（例えば、有害廃棄物を封入することに続いて）、内容積332を形成する中央部分304から成る。この例では、有害物質は、SNFロッド（ここでは具体的に示されない）を含む1つ以上のSNFアセンブリ310である。示されるように、有害物質キャニスタ300は、筐体302に取り付けられた（例えば、キャニスタ300の周囲に半径方向に）2つ以上のセントラライザ316も含む。いくつかの側面において、筐体302に取り付けられ、120°半径方向に間隔を置かれた3つのセントラライザ314が存在し得る。

【0079】

この例では、各セントラライザ316は、スパーサ（「アーム」とも呼ばれる）316を含み、スパーサは、示されるように、例えば、ケーシング122を付勢するように、ばね荷重されるか、または展開することが可能である。この例では、有害物質キャニスタ300を囲むセントラライザ314が、キャニスタ300の展開中、動作し、キャニスタ300を垂直掘削孔部分110（および他の掘削孔部分）の半径方向中心線318の近傍に保持し、空間をキャニスタ300とケーシング122との間に提供する。したがって、動作中、セントラライザ314のアーム316は、ケーシング122に接触するように付勢または展開され、キャニスタ300の半径方向中心線を中心線318と整列させる。この例では、セントラライザアーム314は、ばね鋼鉄から作製されるか、または、そうでなければ、ケーシング122に対して外向きにばねによって付勢され得る。セントラライザ314は、いくつかの側面において、ケーシング122との摩擦接触を通して、落下するキャニスタ300が自由落下において到達し得る速度を低減させ、それによって、自由落下に対抗する摩擦力（重力によって引き起こされる）を掘削孔部分110内の流体318中に発生させることができる。

【0080】

図3Bは、本開示による、有害物質キャニスタ320の概略図である。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ320は、図1の有害物質貯蔵処分場システム100に示される有害物質キャニスタ126として使用され得る。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ320は、SNFまたは高レベル廃棄物等の核または放射性廃棄物を包囲および貯蔵し得る。図1の有害物質貯蔵処分場システム100の中へのキャニスタ126の例示的配置プロセスに説明されるように、有害物質キャニスタ320は、長期（例えば、数千年とはいかないまでも、数百年）貯蔵のために、人間が占有不能な深層方向性掘削孔（例えば、掘削孔104）内に設置され得る。配置プロセス中、有害物質キャニスタ320は、例えば、ワイヤラインケーブル等の運搬ケーブル上で、方向性掘削孔104の中に移動させられ得る。有害物質キャニスタ320が、方向性掘削孔104の垂直部分106を通して降下させられるとき、キャニスタ320を支持するケーブル（またはキャニスタ320とケーブルとの間の接続）が破損し得る可能性が存在する。破損時、キャニスタ320は、方向性掘削孔104の垂直部分106内で下向きに加速するであろう（例えば、自由落下において）（例えば、掘削孔104内の流体を通して）。さらに、図3Bに具体的に示されないが、有害物質キャニスタ320は、例えば、物質216および衝撃吸収材252（摩擦ブレーキを伴って、または伴わず）等の図2を参照して説明されるようなある構成要素、および、例えば、セントラライザ314等の図3Aを参照して説明されるようなある構成要素を含み得る。

【0081】

方向性掘削孔104が、移行部分108のための開始点（例えば、垂直部分106から水平または略水平掘削孔部分への移行）を有する場合、キャニスタ320は、減速し、最終的に、水平掘削孔部分110内で停止するであろう。しかしながら、有害物質貯蔵処分場システム100が、以前に他の有害物質キャニスタ320で充填されている場合、自由落下するキャニスタ320は、静止しているキャニスタ320に衝突し、有害物質キャニスタ320の両方への損傷が結果として生じ得る。キャニスタ320の内側の有害廃棄物

10

20

30

40

50

物質（例えば、核廃棄物）が、高度に放射性である場合、この物質が掘削孔部分 1 1 0 の中に解放する危険が存在し、それは、潜在的に、周囲地下層 1 1 8、および可能性として、そのような層または他の層（例えば、地下層 1 1 2）内の可動水の中への解放につながり得る。有害物質キャニスタ 3 2 0 の図示される実装は、例えば、深層方向性掘削孔 1 0 4 内での自由落下に起因するキャニスタ 3 2 0 への潜在的損傷を低減または防止し得る 1 つ以上の特徴を含む。例えば、有害物質キャニスタ 3 2 0 は、自由落下中の有害物質の解放および／または掘削孔 1 0 4 内の別の物体との衝突に対する「工学的に設計された障壁」としてのその構造完全性およびその価値を維持し得る。

【0082】

図 3 B に示されるように、有害物質キャニスタ 3 2 0 は、筐体 3 2 2 を含み、筐体 3 2 2 は、上部（または蓋） 3 2 6 および底部 3 2 8 が結合され（例えば、有害廃棄物を封入することに続いて）、内容積 3 1 2 を形成する中央部分 3 2 4 から成る。この例では、有害物質は、S N F ロッド（ここでは具体的に示されない）を含む 1 つ以上の S N F アセンブリ 3 2 0 である。この例では、有害物質キャニスタ 3 2 0 は、筐体 3 2 2 の坑内端に結合されるたディスク（ブレーキとも呼ばれる） 3 3 4 も含む。この例では、したがって、自由落下における有害物質キャニスタ 3 2 0 の速度は、自由落下中、掘削孔 1 0 6 を通したキャニスタ移動に対して掘削孔 1 0 6 内の液体 3 5 4 の高流量によって駆動されるブレーキ 3 3 4 を通して限定または低減させられ得る。

【0083】

図 3 B に示されるように、ブレーキ 3 3 4（筐体 3 2 2 と同一材料または異なる材料から作製され得る）は、キャニスタ 3 2 0 の半径方向断面積より大きい半径方向断面積を有し得る。例えば、いくつかの側面において、ブレーキ 3 3 4 の直径は、ケーシング 1 2 2 の直径より小さいが、それとほぼ同じ大きさであり得る。しかしながら、いくつかの側面において、ブレーキ 3 3 4 のサイズ（およびブレーキ 3 3 4 の表面仕上げ）は、ケーシング 1 2 2 の内面における小さい切れ目がキャニスタの設置（例えば、通常の制御された移動）を妨害しないようなものであり得る。これは、例えば、ブレーキ 3 3 4 の外側縁（例えば、ケーシング 1 2 2 に最も近い半径方向円周縁）を可撓性にする（例えば、より薄くする）か、または、犠牲的にして、妨害物に遭遇した場合に切り離す小さい断面を有することによって達成されることができ得る。

【0084】

いくつかの側面において、ブレーキ 3 3 4 と 1 つ以上のセントラライザ（セントラライザ 3 1 4 等）とが、自由落下においてキャニスタ 3 2 0 への制動力を増加させるために、有害物質キャニスタ 3 2 0 において採用され得る。例えば、制動原理に関して、液体 3 3 6 の高速流は、力をブレーキ 3 3 4 上に提供し得、ブレーキ 3 3 4 は、次いで、セントラライザ 3 1 4 のアーム 3 1 6 をより大きな力で展開させ得る。いくつかの側面において、アーム 3 1 6 のうちの 1 つ以上は、ブレーキ 3 3 4 に接続され得る。したがって、ブレーキ 3 3 4 に加えられる力は、アーム 3 1 6 をケーシング 1 2 2 と接触させるか、または、すでに接触している場合、ケーシング 1 2 2 に対してより大きな力で接触させ得る（例えば、ケーシング 1 2 2 に対して直角に）。いくつかの側面において、ブレーキ 3 3 4 は、筐体 3 2 2 に堅く取り付けられていないこともあり、例えば、セントラライザ 3 1 4 のアーム 3 1 6 を押すために、筐体 3 2 2 に沿って軸方向にある程度の移動を保持する。

【0085】

図 3 C は、本開示による、有害物質キャニスタ 3 4 0 の概略図である。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 3 4 0 は、図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 1 0 0 に示される有害物質キャニスタ 1 2 6 として使用され得る。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 3 4 0 は、S N F または高レベル廃棄物等の核または放射性廃棄物を包囲および貯蔵し得る。図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 1 0 0 の中へのキャニスタ 1 2 6 の例示的配置プロセスに説明されるように、有害物質キャニスタ 3 4 0 は、長期（例えば、数千年とはいかないまでも、数百年）貯蔵のために、人間が占有不能な深層方向性掘削孔（例えば、掘削孔 1 0 4）内に設置され得る。配置プロセス中、有害物質キャニスタ 3 4

10

20

30

40

50

0 は、例えば、ワイヤラインケーブル等の運搬ケーブル上で方向性掘削孔 104 の中に移動させられ得る。有害物質キャニスタ 340 が、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 を通して降下させられるとき、キャニスタ 340 を支持するケーブル（またはキャニスタ 340 とケーブルとの間の接続）が破損し得る可能性が存在する。破損時、キャニスタ 340 は、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 内で下向きに加速するであろう（例えば、自由落下において）（例えば、掘削孔 104 内の流体を通して）。さらに、図 3 C に具体的に示されないが、有害物質キャニスタ 340 は、例えば、物質 216 および衝撃吸収材 252（摩擦ブレーキを伴って、または伴わず）等の図 2 を参照して説明されるようなある構成要素、および、例えば、ブレーキ 334 等の図 3 B を参照して説明されるようなある構成要素を含み得る。

10

【0086】

方向性掘削孔 104 が、移行部分 108 のための開始点（例えば、垂直部分 106 から水平または略水平掘削孔部分への移行）を有する場合、キャニスタ 340 は、減速し、最終的に、水平掘削孔部分 110 内で停止するであろう。しかしながら、有害物質貯蔵処分場システム 100 が、以前に他の有害物質キャニスタ 340 で充填されている場合、自由落下するキャニスタ 340 は、静止しているキャニスタ 340 に衝突し、有害物質キャニスタ 340 の両方への損傷が結果として生じ得る。キャニスタ 340 の内側の有害廃棄物物質（例えば、核廃棄物）が、高度に放射性である場合、この物質が掘削孔部分 110 の中に解放する危険が存在し、それは、潜在的に、周囲地下層 118、および可能性として、そのような層または他の層（例えば、地下層 112）内の可動水の中への解放につながり得る。有害物質キャニスタ 340 の図示される実装は、例えば、深層方向性掘削孔 104 内での自由落下に起因するキャニスタ 340 への潜在的損傷を低減または防止し得る 1 つ以上の特徴を含む。例えば、有害物質キャニスタ 340 は、自由落下中の有害物質の解放および／または掘削孔 104 内の別の物体との衝突に対する「工学的に設計された障壁」としてのその構造完全性およびその価値を維持し得る。

20

【0087】

図 3 C に示されるように、有害物質キャニスタ 340 は、筐体 342 を含み、筐体 342 は、上部（または蓋）346 および底部 348 が結合され（例えば、有害廃棄物を封入することに続いて）、内容積 352 を形成する中央部分 344 から成る。この例では、有害物質は、SNF ロッド（ここでは具体的に示されない）を含む 1 つ以上の SNF アセンブリ 340 である。この例では、有害物質キャニスタ 340 は、例えば、筐体 342 の円周を囲むリング 356 を通して筐体 342 に結合された 2 つ以上のパラシュート 352 を含む。この例では、したがって、自由落下における有害物質キャニスタ 340 の速度は、自由落下中、掘削孔 106 を通したキャニスタ移動に対して掘削孔 106 内の液体 336 の高流量によって駆動されるパラシュート 352 を通して限定または低減させられ得る。

30

【0088】

この例では、パラシュート 352 は、前縁端上（例えば、キャニスタ 340 の坑内端上）でより広くあり得る。パラシュート 352 のより広い区分または「ウィング」は、パラシュート 352 およびリング 356 の接続点を上向きに押し、したがって、パラシュート 352 をケーシング 122 の内面に対してより緊密に押し、または概して、パラシュート 352 を広げ、自由落下事象中、多くの抗力をキャニスタ 340 上に生成し得る力を受け得る。パラシュート 352 にかかる流体 354 の力も、自由落下中、キャニスタ 340 の加速を低減させるための力を提供し得る。

40

【0089】

図 3 D は、本開示による、有害物質キャニスタ 360 の概略図である。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 360 は、図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 に示される有害物質キャニスタ 126 として使用され得る。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 360 は、SNF または高レベル廃棄物等の核または放射性廃棄物を包囲および貯蔵し得る。図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 の中へのキャニスタ 126 の例示的配置プロセスに説明されるように、有害物質キャニスタ 360 は、長期（例えば、

50

数千年とはいかないまでも、数百年）貯蔵のために、人間が占有不能な深層方向性掘削孔（例えば、掘削孔 104）内に設置され得る。配置プロセス中、有害物質キャニスタ 360 は、例えば、ワイヤラインケーブル等の運搬ケーブル上で、方向性掘削孔 104 の中に移動させられ得る。有害物質キャニスタ 360 が、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 を通して降下させられるとき、キャニスタ 360 を支持するケーブル（またはキャニスタ 360 とケーブルとの間の接続）が破損し得る可能性が存在する。破損時、キャニスタ 360 は、方向性掘削孔 104 の垂直部分 106 内で下向きに加速するであろう（例えば、自由落下において）（例えば、掘削孔 104 内の流体を通して）。さらに、図 3 D に具体的に示されないが、有害物質キャニスタ 360 は、例えば、物質 216 および衝撃吸収材 252（摩擦ブレーキを伴って、または伴わず）等の図 2 を参照して説明されるようなある構成要素、および、例えば、セントラライザ 314、ブレーキ 334、および／またはパラシュート 352 等の図 3 A、3 B、または 3 C を参照して説明されるようなある構成要素を含み得る。

【0090】

方向性掘削孔 104 が、移行部分 108 のための開始点（例えば、垂直部分 106 から水平または略水平掘削孔部分への移行）を有する場合、キャニスタ 360 は、減速し、最終的に、水平掘削孔部分 110 内で停止するであろう。しかしながら、有害物質貯蔵処分場システム 100 が、以前に他の有害物質キャニスタ 360 で充填されている場合、自由落下するキャニスタ 360 は、静止しているキャニスタ 360 に衝突し、有害物質キャニスタ 360 の両方への損傷が結果として生じ得る。キャニスタ 360 の内側の有害廃棄物物質（例えば、核廃棄物）が、高度に放射性である場合、この物質が掘削孔部分 110 の中に解放する危険が存在し、それは、潜在的に、周囲地下層 118、および可能性として、そのような層または他の層（例えば、地下層 112）内の可動水の中への解放につながり得る。有害物質キャニスタ 360 の図示される実装は、例えば、深層方向性掘削孔 104 内での自由落下に起因するキャニスタ 360 への潜在的損傷を低減または防止し得る 1 つ以上の特徴を含む。例えば、有害物質キャニスタ 360 は、自由落下中の有害物質の解放および／または掘削孔 104 内の別の物体との衝突に対する「工学的に設計された障壁」としてのその構造完全性およびその価値を維持し得る。

【0091】

図 3 D に示されるように、有害物質キャニスタ 360 は、筐体 362 を含み、筐体 362 は、上部（または蓋）366 および底部 368 が結合され（例えば、有害廃棄物を封入することに続いて）、内容積 372 を形成する中央部分 364 から成る。この例では、有害物質は、SNF ロッド（ここでは具体的に示されない）を含む 1 つ以上の SNF アセンブリ 370 である。この例では、有害物質キャニスタ 360 はまた、キャニスタ 360 の筐体 362 の全て、大部分、または一部の周囲に形成された、またはその周囲に取り付けられた（例えば、接着して）発泡体（例えば、空間を充填するために自然膨張する多孔性材料）カバー 374 を含む。この例では、発泡体カバー 374 は、筐体 362 の外部の大部分、例えば、蓋 372 を除く全てを覆う。代替実装では、発泡体カバー 374 は、筐体 362 のより少ない部分（例えば、坑内端または部分のみ）または全体的筐体 362 と同程度を覆い得る。

【0092】

いくつかの側面において、発泡体カバー 374 は、ケーシング 122 内の小さい切れ目が、発泡体を圧縮し、キャニスタ 360 が水平掘削孔部分 110 内に配置されることを可能にし得るほど十分に可撓性であり得る。発泡体カバー 374 は、掘削孔流体 376 の流体流に対する抵抗ももたらし得る。物体への液体の力（高レイノルズ数限界では）は、液体を通した物体の速度の二乗に比例するので、流体 376 は、キャニスタ 360 が垂直掘削孔部分 106 の中にゆっくりと降下させられているとき、抵抗を殆ど伴わずに、発泡体カバー 374 を通して、および／またはその周囲で流動し得る。しかしながら、キャニスタ 360 が、自由落下する場合、発泡体カバー 374 の抵抗は、急増し、発泡体カバー 374 への流動する液体 376 の力を増加させ、それは、次に、キャニスタ 360 の加速を

低減させるように作用する。発泡体カバー 374 によって包囲されるキャニスタ 360 の限定速度は、発泡体カバー 374 を含まない有害物質キャニスタの限定速度を実質的に下回り得る。

【0093】

発泡体カバー 374 は、いくつかの実装では、筐体 362（全てまたは一部）と同一（または類似）耐腐食性材料から作製され得る。例えば、金属発泡体等の金属材料が、発泡体カバー 374 のために使用され得る。いくつかの側面において、有害物質キャニスタの例示の実装に関して説明される他の構成要素も、発泡体材料（例えば、金属発泡体）から作製されることができる。例えば、衝撃吸収材 252 および／またはブレーキ 334 の全部または一部は、発泡体材料から作製され得る（発泡体カバー 374 と同様に）。

10

【0094】

図 4A-4B は、本開示による、有害物質キャニスタ 400 の概略図である。図 4A は、キャニスタ 400 の概略図を示す一方、図 4B は、キャニスタ 400 の一部の詳細を示す。いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 400 は、図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 に示される有害物質キャニスタ 126 として使用され得る。さらに、いくつかの側面において、図 2 および 3A-3D を参照して説明される特徴も、図 4A に示される有害物質キャニスタ 400 において実装され得る。図 1 の有害物質貯蔵処分場システム 100 の中へのキャニスタ 126 の例示的配置プロセスに説明されるように、有害物質キャニスタ 400 は、長期（例えば、数千年とはいかないまでも、数百年）貯蔵のために、人間が占有不能な深層方向性掘削孔（例えば、掘削孔 104）内に設置され得る。

20

【0095】

いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 400 は、SNF または高レベル廃棄物等の核または放射性廃棄物を包囲および貯蔵し得る。例えば、有害物質（例えば、使用済み核燃料または高レベル廃棄物等の核廃棄物）が、有害物質キャニスタ 400 の中に装填されると（例えば、人間が占有不能な深層方向性掘削孔内への貯蔵のために）、キャニスタシールは、ごくわずかな漏出に対してさえ安全であるようにされなければならない。従来、それは、蓋を溶接し、その後、目視および放射線撮影点検の両方、必要とされる場合、溶接の修理が続くによって行われる。核廃棄物の場合、これが全て、「ホットセル」（例えば、その中で任意の漏れ出た放射性核種が、望ましくない様式で部屋から漏れ出ることなく、収集され、安全に除去され得る部屋）内で行われる場合、ホットセルは、大規模であり、溶接を含む全てのタスクを組み込むことが可能でなければならない。そのような大ホットセルは、特に、それらが、複数の場所における使用のために可搬性であるように設計される場合、非常に高価であり得る。

30

【0096】

いくつかの側面において、例えば、有害物質キャニスタ 400 内への使用済み核燃料の装填、次いで、そのキャニスタ 400 のシールは、数千年にわたって性能を発揮するであろう放射性核種の漏れ出しに対する障壁を提供するであろう様式において進められ得る。着目使用済み核燃料の大部分は、使用済み燃料が放出するガンマ放射線からの安全性を提供する大型のコンクリートおよび鋼鉄製コンテナである、冷却槽またはドライキャスクのいずれか内に位置する。使用済み核燃料は、ペレットから成り、ペレットは、主に、二酸化ウランから成るが、高度に放射性の核分裂片、プルトニウムおよびアメリシウム等の超ウラン元素、および燃料が原子炉内にあったときに生成された他の放射性元素の大保有量を含む。廃棄のために、燃料アセンブリを槽またはドライキャスクから除去し、燃料アセンブリをキャニスタ内に設置することは、放射性同位体の環境（例えば、ホットセルの外側）への解放を防止するために、ホットセル内で実施されることが要求され得る。燃料アセンブリ内では、放射性同位体は、典型的に、金属合金（ジルコニウム合金等）から製造されるクラディングとして知られる長管に閉じ込められる。クラディングは、放射性同位体の隔離を提供し、ロッドをキャニスタの中に安全に移動させるための主要な懸念は、クラディングが、完全性を喪失していること、例えば、クラディング内に放射性核種が漏れ出ることを可能にするピン孔または亀裂が存在し得ることである。その理由から

40

50

、輸送は、典型的に、ホットセル内で行われる。燃料棒内の微小な孔は、例えば、放射性クリプトン-85が漏出することを可能にし得る。漏出し得る他の放射性同位体は、三重水素ガス（水素原子の一方または両方が H_3 と置換される、水素）、塩素-36、およびヨウ素等の高温で揮発性となる、物質を含む。加えて、ペレットから分離し、塵埃を形成し得る燃料ペレットの小粒子も、十分に大きな孔が存在する場合、またはクラディングが実質的損傷を有する場合、漏出し得る。

【0097】

例えば、有害物質キャニスタ400は、燃料アセンブリまたは燃料ペレットが、キャニスタの開放筐体内に設置されるとき、筐体上への2つ以上の蓋（またはキャップ）のシールを促進しながら、放射性同位体の漏れ出しに対する安全性を提供する。いくつかの側面において、蓋のうちの少なくとも1つは、ホットセルの外側でキャニスタの筐体に対してシールされ得る。例えば、示されるように、有害物質キャニスタ400は、筐体402を含み、筐体402は、上部（または蓋）406aおよび406bと底部408とが結合され（例えば、有害廃棄物を封入することについて）、内容積412を形成する中央部分404から成る。この例では、有害物質は、SNFロッド（ここでは具体的に示されない）を含む1つ以上のSNFアセンブリ410である。

【0098】

図4Bにより具体的に示されるように、有害物質キャニスタ400は、2つの別個の障壁を含むシールを含む。例えば、内側蓋406bは、有害物質キャニスタ400の筐体402に取り付けられ得る。いくつかの側面において、内側蓋406bは、機械的取り付け（例えば、ねじ山付き取り付け）等によって、筐体404に除去可能に取り付けられる。例えば、示されるように、ねじ山416は、筐体402の中央部分404の内側半径方向表面の一部上に形成され得る。ねじ山420も、内側蓋406bの半径方向縁上に形成され、筐体402と嵌合する（例えば、ねじ式で）。示されるように、内側蓋406bの直径は、外側蓋406aの直径（およびねじ山416における筐体402の直径）未満であり得る。

【0099】

そのような例では、内側蓋406bは、内側蓋406bを除去するために、内側蓋406bまたは筐体402の一部の破壊を要求するように、半恒久的に配置（例えば、溶接）されないこともある。他の例示的除去可能取り付け技法は、熔融金属はんだまたは接着剤の使用を含む。内側蓋の取り付けは、キャニスタ400がホットセルから除去されるために十分な安全性を提供し得るが、核廃棄物410の廃棄のための長期要件のために十分な安全性を提供しないこともある。いくつかの側面において、内側蓋406bは、有害物質キャニスタ400が深層方向性掘削孔内（システム100内等）における有害廃棄物処分場に設置された後、定位置に留まり得る。

【0100】

いくつかの側面において、内側蓋406bは、長時間、例えば、数千年とはいかないまでも、数百年にわたって、放射性廃棄物の漏出を防止する、シールを提供していないこともあり、代わりに、ホットセルからの有害物質キャニスタ400の除去を促進し得る。図4Bに示されるように、シール418（例えば、金属ガスケット等のガスケット）が、内側蓋406bと中央部分404との間（例えば、中央部分404の肩部422）に位置付けられ得る。いくつかの側面において、ガスケット418は、内側蓋406bの機械的設置によって十分な圧力下に置かれ、ガスケット418は、筐体402への内側蓋406bのシールを提供し、SNFアセンブリ410からの放射性物質の漏れ出しのための障壁を提供する。

【0101】

示されるように、肩部422は、容積412の貯蔵部分（例えば、肩部422の下方から底部408に向かって）をねじ山付き部分416から分離し得る。示されるように、貯蔵部分は、この例では、ねじ山付き部分416より小さい直径を有する。

【0102】

示されるように、外側蓋 406 a は、内側蓋 406 b の取り付けに続いて、筐体 402 に取り付けられる。外側蓋 406 a は、いくつかの側面において、半恒久的シールを備えていることによって、例えば、外側蓋 406 a を筐体 402 に溶接することによって、S N F アセンブリ 410 からの放射性廃棄物の望ましくない漏出に対してさらなる安全性を提供し得る。この例に示されるように、溶接 414 は、スピン溶接等によって、外側蓋 406 a と筐体 402 の上部半径方向縁との間に生成される。要求されないが、筐体 402 および蓋 406 a、406 b 等の有害物質キャニスタ 400 の構成要素のうちの 1 つ以上は、耐食性合金（例えば、C R A - 6 2 5）等の類似材料（または同一材料）から作製され得る。

【0103】

いくつかの側面において、有害物質キャニスタ 400（内側蓋 406 b が取り付けられている）は、外側蓋 406 a がキャニスタ 400 の筐体 404 にシールされ得るように、ホットセルから除去され得る。いくつかの側面において、外側蓋 406 a は、規制当局による要求に応じて、「工学的に設計された障壁」を提供するものとして認定され得る。

【0104】

有害物質キャニスタ 400 の例示的動作では、S N F アセンブリ 410 が、筐体 402（例えば、上部端は、開放され、底部 408 は、封入され得る）の内容積 412 内に設置される。S N F アセンブリ 410 の設置は、ホットセル内で行われ得る。続いて、依然として、ホットセル内において、内側蓋 408 b が、筐体 402 に取り付けられ（例えば、ねじ式で）、S N F アセンブリ 410 を容積 412 内にシールし得る。有害物質キャニスタ 400 は、次いで、内側蓋 406 b のみ定位置にある状態で（すなわち、外側蓋 406 a を伴わずに）、ホットセルから出され得る。ホットセルの外側で、外側蓋 406 a は、筐体 402 に取り付けられることができる（例えば、スピン溶接によって、または別様に）。シールされた有害物質キャニスタ 400 は、次いで、システム 100 等の有害廃棄物処分場システム内への配置のために移送され得る。

【0105】

図 5 は、安全性斜路部分 502 を含む有害物質貯蔵処分場 500 の例示的実装の概略図である。図 5 に示されるように、例えば、地表 102 から地下層 112 - 118 を通して形成される深層の人間が占有不能な方向性掘削孔 104 等、有害物質貯蔵処分場 500 のある構成要素は、図 1 に示される有害物質貯蔵処分場 100 と同一である。示されるように、方向性掘削孔（または坑井ボア）104 は、移行または円弧掘削孔部分 108 に結合される垂直掘削孔部分 106 を含む。移行掘削孔 108 は、水平掘削孔部分 110 に結合される。この例では、水平掘削孔部分 110 は、移行掘削孔 108 に結合される掘削孔部分 110 の第 1 の端部が、第 1 の端部と反対の部分 110 の第 2 の端部より深い（例えば、より深い T V D）ように、「水平」に対して傾けられている。代替として、水平掘削孔 110 は、水平に近い、または正確に水平であり得る。いくつかの側面において、方向性掘削孔 104 の全部または一部は、定位置にセメントで固定されたケーシングを含み得る。

【0106】

図 1 を参照して説明されるように、有害物質（例えば、S N F または高レベル廃棄物等の核廃棄物）を封入する有害物質キャニスタ 126 は、水平掘削孔部分 110 の第 2 の端部における貯蔵エリア 504 内に配置され得る。本開示に説明されるように、有害物質キャニスタ 126 の配置は、例えば、トラクター等の坑内運搬機によって、またはコイル状管類または（例えば、ねじ山付き管類の）作業ストリングによって加えられる力によって、キャニスタ 126 を貯蔵エリア 504 の中に移動させることを含み得る。

【0107】

いくつかの状況では、特定のキャニスタ 126 は、キャニスタ 126 が方向性掘削孔 104 の中に降下させられている間に坑内運搬機から偶発的に解放され得る。これは、キャニスタ 126 を運搬機に対して保持するラッチの故障の結果、または他の理由に起因し得る。キャニスタ 126 は、次いで、増加する速度において、掘削孔 104 の垂直部分 106 を下方に落下し得る。これは、キャニスタ 126 が、例えば、以前に設置されたキャニ

10

20

30

40

50

スタと衝突し、損傷され得、有害物質を掘削孔 104（および周囲地下層 112－118）の中に解放するであろう危険を示す。いくつかの側面において、キャニスタ 126 の 1 つ以上の特徴は、例えば、図 2 および 3A－3D に示されるように、そのような損傷を軽減または防止することができる。

【0108】

有害物質貯蔵処分場 500 は、いくつかの側面において、その設計に基づいて（有害物質キャニスタ 126 または他のキャニスタの設計から独立して）、解放されたキャニスタ 126 を安全停止させ、キャニスタ 126（または掘削孔内の他の物体）への損傷または損傷されたキャニスタ 126 からの有害物質の解放を引き起こし得る任意の物体との衝突を回避するように動作可能であり得る。示されるように、有害物質貯蔵処分場 500 は、水平掘削孔部分 110 の一部である安全性斜路 502 を含む。安全性斜路 502 は、不適切または偶発的に解放された（および自由落下する）キャニスタ 126 を貯蔵エリア 504 内にすでに配置されている 1 つ以上の有害物質キャニスタ 126 に損傷を及ぼすように接触することなく掘削孔部分 110 内に安全に静止させるために、十分な長さであるか、または、水平から離れる（例えば、地表 102 に向かう）傾きにある（または両方である）。

【0109】

いくつかの側面において、十分な長さおよび／または十分な傾きは、掘削孔 104 の水平部分 110 の少なくとも一部内に形成される貯蔵エリア（例えば、貯蔵エリア 504）を含む建設された方向性掘削孔（例えば、掘削孔 104 または類似「試験」掘削孔）において使用される 1 つ以上の試験キャニスタ（有害物質キャニスタ 526 として示される）に従って決定され得る。例えば、任意の有害物質が、深層方向性掘削孔の貯蔵エリア内に配置される前、1 つ以上の試験キャニスタ 526 が、地表から掘削孔の垂直部分の中に挿入され、掘削孔の垂直部分の中に、かつそれを通して意図的に自由落下させられ得る。試験キャニスタ 526 は、試験キャニスタ 526 が非有害物質（例えば、提案される有害廃棄物と同一または類似重量を伴う）を封入するであろうことを除き、廃棄物（例えば、高レベル放射性廃棄物または使用済み核燃料）を封入する有害廃棄物キャニスタのそれと全てのキーパラメータが同じであり得る。したがって、試験キャニスタ 526 は、重量、重量分布、および表面特性（液体流のための摩擦係数および粗度等）において、廃棄物キャニスタに合致し得る。垂直部分、湾曲部分、および水平または実質的に水平な部分を含む掘削孔は、廃棄物キャニスタがその中に挿入されるであろうときに存在する同じ流体またはガスで充填され得る（そのような流体ですでに充填されていない場合）。いくつかの側面において、「試験」掘削孔は、試験キャニスタ 526 の試験成功（およびいくつかの側面において、有害廃棄物処分場としての好適性のための他の基準を満たすこと）に基づいて、方向性掘削孔 104 に移行し得る。

【0110】

試験キャニスタ 526 は、掘削孔内の流体を通して落下し、落下するにつれて加速し、試験キャニスタ 526 は、終速に到達し得、その時点で、速度は、ほぼ一定のままとなるであろう。試験キャニスタの周囲を流動する流体が乱流範囲内にある可能性が高く、不十分な分析方法がこれらの条件下でそのような速度を決定するために存在し得るので、その終速を明示的に計算することは、不可能であり得る。終速は、近似方法および／または数値シミュレーションを使用することによって推定されることができる：これらは、1,000 kg の試験キャニスタ 526 に関する終速が、約 10 メートル／秒となるであろう（ここでの例では）ことを示唆する。しかしながら、試験キャニスタ 526 の実際の速度も、方向性掘削孔の垂直部分内の自由落下中に測定され得る。

【0111】

試験キャニスタ 526 が、湾曲部分、次いで、水平（または略水平）部分に進入すると、それは、流体抵抗および掘削孔（またはケーシング）の壁との摩擦の両方から減速し得る。試験キャニスタ 526 が進行し得る距離は、少なくとも部分的に終速、キャニスタ 526 の外部の摩擦係数、および方向性掘削孔の水平部分の上向き傾斜（該当する場合）に

依存する。キャニスタがゼロ速度になるまで、すなわち、自由落下から停止するまで、試験キャニスタが掘削孔の水平部分内で進行する距離である「停止距離」（安全性斜路とも呼ばれる）が、決定され得る。

【0112】

例として、試験キャニスタ526の終速が、10メートル／秒（m／秒）であって、摩擦係数 k が、0.1である場合、停止距離は、約25メートルとなるであろう。いくつかの側面において、次元解析に従って、停止距離は、終速の二乗にほぼ比例するであろう。したがって、貯蔵エリアを含む掘削孔の水平部分の長さは、その中に有害廃棄物キャニスタ（すなわち、貯蔵エリア）が貯蔵される処分場の長さ+停止距離（または安全性斜路）として決定され得る。例えば、掘削孔の1kmの水平部分に関して、25メートルが、停止距離部分（すなわち、安全性斜路）であり、処分場の長さのために975メートルを残し得る。この例では、4%の損失（すなわち、掘削孔の水平部分の貯蔵エリアの長さに対する安全性斜路長のパーセンテージ）のみが存在する。別の例として、3kmの水平部分長および25メートルの安全性斜路部分に関して、貯蔵エリア内のキャニスタ容量は、1.33%のみ低減させられる。

10

【0113】

別の例として、試験キャニスタ526の終速が、20m／秒である場合、安全性斜路の長さは、約4倍長くなり、低減させられたキャニスタ容量は、約4倍増加させられるであろう。そのような推定値は、1つ以上の試験キャニスタ526を掘削孔の中に落下させることによって、実験的に調節および決定され得る。

20

【0114】

図5を参照して示され、説明されるように、有害物質貯蔵処分場500は、地表102に向かって上向きに傾けられている（例えば、それによって、掘削孔104を「J字型」または「配管」トラップに類似させる）水平掘削孔部分110を含む。水平部分110の一部が、上向きに傾斜される場合、停止距離は、試験キャニスタ526が、重力によって、かつ摩擦によって減速させられるであろうから、より短くなり得る。例えば、終速が、10m／秒である場合、重力のみが、キャニスタを5メートルの上昇を伴って停止させ得る。いくつかの側面において、水平部分110の傾けられた部分（およびまた、掘削孔104の湾曲部分108から水平部分110の傾けられた部分への移行）は、油圧抵抗および摩擦力とともに、試験キャニスタ526に作用し、安全性斜路502の長さを低減させ得る。

30

【0115】

いくつかの側面において、試験キャニスタ526の終速は、方向性掘削孔の湾曲部分に進入するとすぐに減少し得る。例えば、重力は、もはや、運動方向（すなわち、垂直に下向き）にキャニスタに作用していないこともあり、それは、キャニスタ526を掘削孔を通して移動させる、重力を低減させる。キャニスタが、湾曲部分に進入すると、キャニスタは、水平から約30°に向けられ得、したがって、垂直に下向きではなくなる。重力の力は、約2分の1低減させられ得、終速は、約30%低減させられ得る。終速が、30%低減させられると、安全性斜路の長さは、次に、50%低減させられる。したがって、掘削孔の湾曲部分内のキャニスタ526の減速は、安全性斜路の長さにおけるかなりの低減をもたらし得る。

40

【0116】

いくつかの側面において、他の技法が、安全性斜路502の長さを短縮するために利用され得る。例えば、キャニスタ126（または掘削孔104内のケーシング）の表面が、摩擦係数 k を増加させるために、意図的に粗くされ得る。そのような粗くすることは、流体力学的減速力を増加させるように、キャニスタ126とケーシング（例えば、ケーシング122）との間の流体の流動にも影響を及ぼし得る。しかしながら、いくつかの状況では、そのような粗くすることは、同様に、乱流を増加させることによって、流体力学的減速力を減少させ得る。

【0117】

50

いくつかの側面において、有害物質貯蔵処分場 500 のキャニスタ容量は、貯蔵エリア 504 内に配置され得る有害物質キャニスタ 126 の数によって決定される。したがって、水平部分 110 は、貯蔵エリア 504（例えば、その中にキャニスタ 126 が配置される容積によって画定される）と、安全性斜路 502（例えば、その中にキャニスタ 126 が配置されない容積によって画定される）とを含み得る。いくつかの側面において、安全性斜路部分が、湾曲部分が水平部分と出会う（例えば、方向性掘削孔の「踵部」の近傍で）掘削孔の場所またはその近傍に位置する一方、貯蔵エリアは、方向性掘削孔の「足指部」の近傍に位置する（図 5 に示されるように）。いくつかの側面において、安全性斜路部分の長さは、少なくとも部分的に掘削孔内の有害廃棄物キャニスタの推定される終速と、キャニスタと掘削孔（または掘削孔内のケーシング）との間の摩擦係数と、ある場合、掘削孔の水平部分の少なくとも一部の水平からの傾きのずれとに基づいて、決定され得る。いくつかの側面において、安全性斜路部分の長さは、少なくとも部分的に掘削孔内の試験有害廃棄物キャニスタの記録された終速と、試験キャニスタと掘削孔（または掘削孔内のケーシング）との間の摩擦係数と、ある場合、掘削孔の水平部分の少なくとも一部の水平からの傾きのずれとに基づいて、決定され得る。いくつかの側面において、安全性斜路部分の長さは、少なくとも部分的に掘削孔内で自由落下を可能にされる、試験キャニスタの記録された停止場所に基づいて、決定され得、そのような停止場所は、掘削孔の湾曲部分からの掘削孔の水平部分内の特定の距離（すなわち、安全性斜路距離）である。

【0118】

いくつかの側面において、核廃棄物を封入するキャニスタの貯蔵（または廃棄）のための貯蔵エリアと、安全性斜路とを含むように形成される、方向性掘削孔は、処分場の中への複数のキャニスタの高速送達を可能にし得る。例えば、安全性斜路は、掘削孔内で自由落下するキャニスタに起因する 1 つ以上のキャニスタへの損傷の危険を低減または排除し得る。したがって、最初の有害廃棄物キャニスタ（またはキャニスタの組）は、キャニスタを表面から解放し、掘削孔の大部分を通して、終速において急下降を可能にすることによって、掘削孔の水平部分の貯蔵エリアの中に配置され得る。最初のキャニスタまたはキャニスタの組は、次いで、掘削孔の水平部分内に静止させられるであろう。

【0119】

前述の高速送達プロセスのいくつかの側面において、坑内トラクター 530（電源を伴う）が、キャニスタ（またはキャニスタの組内のキャニスタ）に取り付けられ得る。坑内トラクター 530 は、キャニスタが静止させられているときのみ、その車輪を延長し、掘削孔（または掘削孔内のケーシング）の壁と接触させ得る。代替として、トラクター車輪は、キャニスタの自由落下中、延長され得、トラクター車輪と掘削孔（またはケーシング）との間の抵抗が、降下させられるキャニスタの速度を低減させ得る。

【0120】

キャニスタ（またはキャニスタ）が、静止させられると、トラクター 530 は、キャニスタを有害廃棄物処分場内の所望の位置に押すか、引くであろう。例えば、約 1 トンの重量のキャニスタは、坑内トラクター 530 から約 1,000 ニュートンの押す力を要求し得る。1 km の距離にわたってキャニスタを押すためのエネルギーが、1.5 kg リチウムイオンバッテリー等、2 kg 未満の重量の小型バッテリーによって供給され得る。

【0121】

坑内トラクター 530 は、定位置に残され得るか、または、アクセス孔に戻るようにプログラムされ得る。例示的実装では、坑内トラクター 530 は、次いで、表面まで回収されるであろう。他の例示的実装では、坑内トラクター 530 は、掘削孔（またはケーシング）と接触する車輪を使用して、上向きに孔から外に這い出るであろう。バッテリーを含む 10 kg のトラクターに関して、登り出るために要求される追加のエネルギーは、キャニスタを 1 キロメートル押すためのエネルギーをはるかに下回る約 30 kWh であろう。いくつかの側面において、坑内トラクター 530 は、常時、その場所を示すであろう通信ケーブルに取り付けられ得る。この通信ケーブルは、重さが軽く、キャニスタが落下している間、それに力をかけないであろうように、引き延ばされるであろう。

【0122】

安全性斜路長が掘削孔の中への試験キャニスタ526の落下を通して決定される、本開示のいくつかの側面において、第1の試験キャニスタ526が、落下させられ、回収された後、次いで、試験キャニスタ526の組が、掘削孔の中に落下させられる。試験キャニスタ526の組は、鉄道車両が連なった車において接続されるように接続され得る。第2の組の試験キャニスタ526は、廃棄領域の中へより深層にスライドするように設計され得る（増加させられた質量および長さによって）。この試験が、行われ、試験キャニスタ526の組が、除去された（または定位置に残された）後、有害物質を含むキャニスタ126の組は、掘削孔の中に落下させられ、その速度によって、貯蔵エリアのより離れた部分の中に搬送され得る。それらが進行する距離は、その終速によって決定され、そして、それは、その質量、サイズ、形状、および摩擦係数に依存する。

10

【0123】

本明細書は、多くの具体的実装詳細を含むが、これらは、任意の発明または請求され得るものの範囲に対する限定としてではなく、むしろ、特定の発明の特定の实装に特有な特徴の説明として解釈されるべきである。別個の実装の文脈において本明細書に説明されるある特徴はまた、単一の実装における組み合わせにおいて実装されることができる。逆に、単一の実装の文脈において説明される種々の特徴は、複数の実装において、別個に、または任意の好適な副次的組み合わせにおいて実装されることがもできる。さらに、特徴は、ある組み合わせにおいて機能するように上で説明され、さらに、最初にそのように請求され得るが、請求される組み合わせからの1つ以上の特徴は、いくつかの場合では、組み合わせから除外されることができ、請求される組み合わせは、副次的組み合わせまたは副次的組み合わせの変形例も対象とし得る。

20

【0124】

同様に、動作は、特定の順序で図面に描写されるが、それは、そのような動作が、示される特定の順序において、または連続的順序において実施されること、または全ての例証される動作が望ましい結果を達成するために実施されることを要求するものとして理解されるべきではない。ある状況では、マルチタスクおよび並列処理が、有利であり得る。さらに、上で説明される実装における種々のシステムコンポーネントの分離は、全ての実装においてそのような分離を要求するものとして理解されるべきではなく、説明されるプログラムコンポーネントおよびシステムは、概して、単一のソフトウェア生産物においてともに統合される、または複数のソフトウェア生産物の中にパッケージ化され得ることを理解されたい。

30

【0125】

本開示による、第1の例示的実装は、地球の中に延び、少なくとも地表に近接した入口を含む掘削孔を含む有害物質保管システムを含む。掘削孔は、実質的に垂直な部分と、湾曲部分と、水平部分とを含み、水平部分は、掘削孔の水平部分の第1の部分内に形成された有害廃棄物処分場であって、有害廃棄物処分場は、岩石層によって、可動水を含む地下ゾーンから垂直に隔離されている、有害廃棄物処分場と、有害廃棄物処分場を除く湾曲部分に隣接した水平部分の第2の部分内に形成された安全性斜路とを含み、安全性斜路は、特定の長さによって画定される。システムは、有害廃棄物処分場内に位置付けられた少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタをさらに含む。キャニスタは、掘削孔入口から、掘削孔の垂直、湾曲、および水平部分を通して有害廃棄物処分場の中に収まるようにサイズを決定される。有害廃棄物キャニスタは、有害物質を封入するようにサイズを決定される内部空洞を含む。

40

【0126】

第1の例示的実装と組み合わせ可能なある側面において、有害廃棄物は、核廃棄物を含む。

【0127】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、核廃棄物は、使用済み核燃料または高レベル放射性廃棄物のうちの少なくとも1つを含む。

50

【0128】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、特定の長さは、少なくとも部分的に自由落下事象における水平部分の中への垂直部分から湾曲部分を通した有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に基づいて決定される。

【0129】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、進行距離は、少なくとも部分的に自由落下事象中の有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの終速と、有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタと掘削孔との間の摩擦係数とに基づく。

10

【0130】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、湾曲部分と水平部分との間に結合された掘削孔の傾けられた部分をさらに含む。

【0131】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、特定の長さは、少なくとも部分的に自由落下事象における水平部分の中への垂直部分から湾曲および傾けられた部分を通した有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に基づいて決定される。

【0132】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、進行距離は、少なくとも部分的に自由落下事象中の有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの終速と、有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタと掘削孔との間の摩擦係数と、傾けられた部分の傾きの角度とに基く。

20

【0133】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、傾けられた部分は、湾曲部分から地表に向かって角度付けられる。

【0134】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタは、有害廃棄物処分場内に排他的に、かつ安全性斜路に対して外部に位置付けられる。

30

【0135】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタは、複数の有害廃棄物キャニスタを含む。

【0136】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、複数の有害廃棄物キャニスタの各々は、有害廃棄物処分場内に排他的に、かつ安全性斜路に対して外部に位置付けられる。

【0137】

第1の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、掘削孔内に位置付けられたシールをさらに含み、シールは、有害廃棄物処分場を掘削孔の入口から隔離する。

40

【0138】

本開示による、第2の例示的実装は、有害廃棄物キャニスタを地表の中に延びている掘削孔の入口を通して移動させることを含む有害廃棄物を貯蔵する方法を含む。入口は、少なくとも地表に近接し、有害廃棄物キャニスタは、有害廃棄物を封入する内部空洞を含む。方法は、掘削孔の垂直部分を通して、および掘削孔の湾曲部分を通して有害廃棄物キャニスタを移動させることと、湾曲部分から、特定の長さによって画定された安全性斜路を含む掘削孔の水平部分の第1の部分を通して有害廃棄物キャニスタを移動させることと、掘削孔の水平部分の第1の部分から、有害廃棄物処分場を含む掘削孔の水平部分の第2の部分の中に有害廃棄物キャニスタを移動させることとをさらに含む。有害廃棄物キャニスタ

50

タは、掘削孔入口から、掘削孔の垂直、湾曲、および水平部分を通して収まるようにサイズを決定される。有害廃棄物処分場は、岩石層によって、可動水を含む地下ゾーンから垂直に隔離される。

【0139】

第2の例示的実装と組み合わせ可能なある側面において、有害廃棄物は、核廃棄物を含む。

【0140】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、核廃棄物は、使用済み核燃料または高レベル放射性廃棄物のうちの少なくとも1つを含む。

【0141】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、特定の長さは、少なくとも部分的に自由落下事象における水平部分の中への垂直部分から湾曲部分を通した有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に基づいて決定される。

【0142】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、進行距離は、少なくとも部分的に自由落下事象中の有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの終速と、有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタと掘削孔との間の摩擦係数とに基づく。

【0143】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面はさらに、湾曲部分と水平部分との間に結合された掘削孔の傾けられた部分を含む。

【0144】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、特定の長さは、少なくとも部分的に自由落下事象における水平部分の中への垂直部分から湾曲および傾けられた部分を通した有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの進行距離に基づいて決定される。

【0145】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、進行距離は、少なくとも部分的に自由落下事象中の有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタの終速と、有害廃棄物キャニスタまたは試験キャニスタと掘削孔との間の摩擦係数と、傾けられた部分の傾きの角度とに基づく。

【0146】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、傾けられた部分は、湾曲部分から地表に向かって角度付けられる。

【0147】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタは、有害廃棄物処分場内に排他的に、かつ安全性斜路に対して外部に位置付けられる。

【0148】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、少なくとも1つの有害廃棄物キャニスタは、複数の有害廃棄物キャニスタを含む。

【0149】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、複数の有害廃棄物キャニスタの各々は、有害廃棄物処分場内に排他的に、かつ安全性斜路に対して外部に位置付けられる。

【0150】

第2の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、シールを掘削孔内に位置付けることをさらに含み、シールは、有害廃棄物処分場を掘削孔の入口から隔離する。

10

20

30

40

50

【0151】

本開示による、第3の例示的実装は、閉鎖端と、閉鎖端と反対の開放端とを含む筐体を含む核廃棄物キャニスタを含む。筐体は、少なくとも1つの核廃棄物部分を保持するようにサイズを決定される内容積を画定する。筐体は、人間が占有不能な方向性掘削孔内に核廃棄物を貯蔵するように構成される。キャニスタは、閉鎖端と開放端との間の筐体に取り付け可能であり、内容積の第1のシールを生成する第1の蓋と、開放端またはその近傍において筐体に取り付け可能であり、内容積の第2のシールを生成する第2の蓋とを含む。

【0152】

第3の例示的実装と組み合わせ可能なある側面において、核廃棄物部分は、使用済み核燃料アセンブリを含む。

【0153】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、外側筐体は、耐食性合金を含む。

【0154】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、耐食性合金は、CRA625を含む。

【0155】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋は、筐体に機械的に取り付けられるように構成される。

【0156】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋は、筐体にねじ式で取り付けられるように構成される。

【0157】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、筐体は、ねじ山付き部分を開放端と閉鎖端との間に含む、内面を含む。

【0158】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、内面は、平滑部分を閉鎖端とねじ山付き部分との間に含む。

【0159】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、内容積は、内面の平滑部分における第1の断面寸法と、内面のねじ山付き部分における第1の断面寸法を上回る第2の断面寸法とを含む。

【0160】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、筐体の一部と第1の蓋との間に位置付けられたガスケットをさらに含む。

【0161】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、ガスケットは、金属ガスケットを含む。

【0162】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第2の蓋は、開放端において、筐体に取り付け可能である。

【0163】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第2の蓋は、溶接を用いて、開放端またはその近傍において、筐体に取り付け可能である。

【0164】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、溶接は、スピン溶接を含む。

【0165】

第3の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋は、ホットセル内で筐体に取り付け可能であり、第2の蓋は、ホットセルの外側で筐

10

20

30

40

50

体に取り付け可能である。

【0166】

本開示による、第4の例示的実装は、少なくとも1つの核廃棄物部分を核廃棄物キャニスタの筐体の内容積の中に設置することを含む核廃棄物を含む方法を含む。筐体は、閉鎖端と、閉鎖端と反対の開放端とを含む。筐体は、人間が占有不能な方向性掘削孔内に核廃棄物を貯蔵するように構成される。方法は、第1の蓋を閉鎖端と開放端との間の筐体に取り付け、内容積の第1のシールを生成することと、第2の蓋を開放端またはその近傍において筐体に取り付け、内容積の第2のシールを生成することとをさらに含む。

【0167】

第4の例示的実装と組み合わせ可能なある側面において、核廃棄物部分は、使用済み核燃料アセンブリを含む。

10

【0168】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、外側筐体は、耐食性合金を含む。

【0169】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、耐食性合金は、CRA625を含む。

【0170】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋を取り付けることは、第1の蓋を筐体に機械的に取り付けることを含む。

20

【0171】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋を機械的に取り付けることは、第1の蓋を筐体にねじ式で取り付けることを含む。

【0172】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋を筐体にねじ式で取り付けることは、第1の蓋をねじ山付き部分を開放端と閉鎖端との間に含む、内面にねじ留めすることを含む。

【0173】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、内面は、平滑部分を閉鎖端とねじ山付き部分との間に含む。

30

【0174】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、内容積は、内面の平滑部分における第1の断面寸法と、内面のねじ山付き部分における第1の断面寸法を上回る第2の断面寸法とを含む。

【0175】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、筐体の一部と第1の蓋との間に位置付けられたガスケットをさらに含む。

【0176】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、ガスケットは、金属ガスケットを含む。

40

【0177】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第2の蓋を開放端またはその近傍において筐体に取り付けることは、第2の蓋を開放端において筐体に取り付けることを含む。

【0178】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第2の蓋を取り付けることは、開放端またはその近傍において、第2の蓋を筐体に溶接することを含む。

【0179】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第2

50

の蓋を溶接することは、第2の蓋を筐体にスピン溶接することを含む。

【0180】

第4の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、第1の蓋を取り付けることは、ホットセル内で生じ、第2の蓋を取り付けることは、ホットセルの外側で生じる。

【0181】

本開示による、第5の例示的実装は、核廃棄物を封入するようにサイズを決定される内部容積を画定する筐体を含む核廃棄物キャニスタを含む核廃棄物廃棄システムを含む。核廃棄物キャニスタは、地表の真下の地下層内の人間が占有不能な方向性掘削孔内に核廃棄物を貯蔵するように構成される。システムは、掘削孔内のキャニスタの自由落下移動中、

10

キャニスタの速度を減速させるように構成された核廃棄物キャニスタ上に搭載される自由落下限定デバイスをさらに含む。

【0182】

第5の例示的実装と組み合わせ可能なある側面において、核廃棄物は、使用済み核燃料を含む。

【0183】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、使用済み核燃料は、少なくとも1つの使用済み核燃料アセンブリを含む。

【0184】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、自由落下限定デバイスは、核廃棄物キャニスタ上に搭載されたセントラライザを含む。

20

【0185】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、セントラライザは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、筐体から半径方向に離れるように調節し、掘削孔に接触するように構成された複数の拡張可能アームを含む。

【0186】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、複数の拡張可能アームは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、少なくとも部分的にアームに作用する流体力に基づいて、筐体から半径方向に離れるように調節するように構成される。

30

【0187】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面は、キャニスタの坑内端上に搭載されるディスクをさらに含む。

【0188】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、ディスクは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、アームに作用する流体力を増加させるように構成される。

【0189】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、自由落下限定デバイスは、キャニスタの坑内端上に搭載された1つ以上のパラシュートアームを含む。

40

【0190】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、パラシュートアームは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、アームに作用する流体力を増加させるように構成される。

【0191】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、自由落下限定デバイスは、キャニスタ上に搭載される発泡体部材を含む。

【0192】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、発泡

50

体部材は、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、発泡体部材に作用する流体力を増加させるように構成される。

【0193】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面はさらに、キャニスタ上に搭載される少なくとも1つの衝撃吸収材を含む。

【0194】

第5の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、衝撃吸収材は、キャニスタの坑内端上に搭載される。

【0195】

本開示による、第6の例示的実装は、核廃棄物キャニスタを妨害する方法を含み、方法は、方向性掘削孔を通して、地表から、ケーブル上の地下ゾーンに向かって核廃棄物キャニスタを移動させることであって、核廃棄物キャニスタは、核廃棄物を貯蔵するように構成される、ことと；ケーブルから取り外され、核廃棄物キャニスタが自由落下事象を経験していることに基づいて、核廃棄物キャニスタ上に搭載される自由落下限定デバイスを用いて、掘削孔内のキャニスタの自由落下速度を限定することを含む自由落下する。

【0196】

第6の例示的実装と組み合わせ可能なある側面において、核廃棄物は、使用済み核燃料を含む。

【0197】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、使用済み核燃料は、少なくとも1つの使用済み核燃料アセンブリを含む。

【0198】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、自由落下限定デバイスは、核廃棄物キャニスタ上に搭載されたセントラライザを含む。

【0199】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、掘削孔内のキャニスタの自由落下速度を限定することは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、セントラライザ上の複数の拡張可能アームを半径方向に調節し、掘削孔に接触させることを含む。

【0200】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、複数の拡張可能アームは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、少なくとも部分的にアームに作用する流体力に基づいて、筐体から半径方向に離れるように調節するように構成される。

【0201】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面はさらに、キャニスタの坑内端上に搭載されるディスクを含む。

【0202】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、ディスクは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、アームに作用する流体力を増加させるように構成される。

【0203】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、自由落下限定デバイスは、キャニスタの坑内端上に搭載された1つ以上のパラシュートアームを含む。

【0204】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、掘削孔内のキャニスタの自由落下速度を限定することは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、アームに作用する流体力を増加させることを含む。

【0205】

10

20

30

40

50

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、自由落下限定デバイスは、キャニスタ上に搭載される発泡体部材を含む。

【0206】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、掘削孔内のキャニスタの自由落下速度を限定することは、掘削孔内でのキャニスタの自由落下移動中、発泡体部材に作用する流体力を増加させることを含む。

【0207】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面はさらに、キャニスタ上に搭載される少なくとも1つの衝撃吸収材を含む。

【0208】

第6の例示的実装の前述の側面のいずれかと組み合わせ可能な別の側面において、衝撃吸収材は、キャニスタの坑内端上に搭載される。

【0209】

いくつかの実装が、説明された。それにもかかわらず、種々の修正が、本開示の精神および範囲から逸脱することなく、成され得ることを理解されたい。例えば、本開示による有害物質キャニスタの多くの例示的実装は、円形または卵形である断面を含むが、正方形または長方形等の他の形状も、想定される。本明細書に説明される例示的動作、方法、またはプロセスは、説明されるものよりも多いステップまたは少ないステップを含み得る。さらに、そのような例示的動作、方法、またはプロセスにおけるステップは、説明される、または図に図示されるものと異なる並びにおいて実施され得る。故に、他の実装も、以下の請求項の範囲内である。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

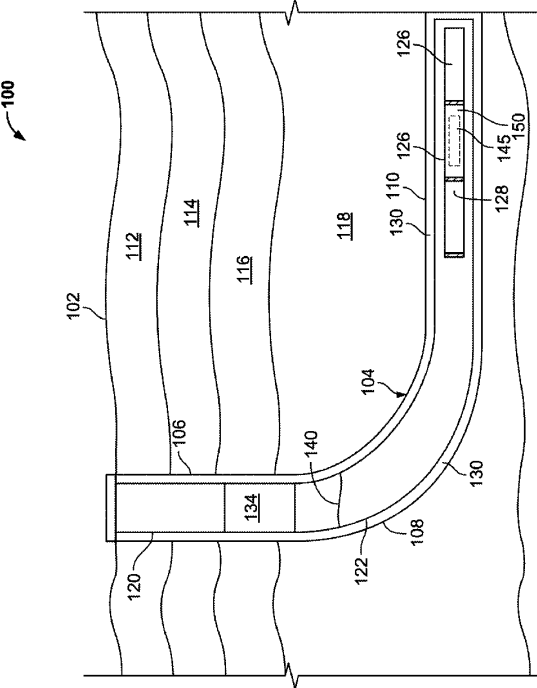


FIG. 1

【図 2】

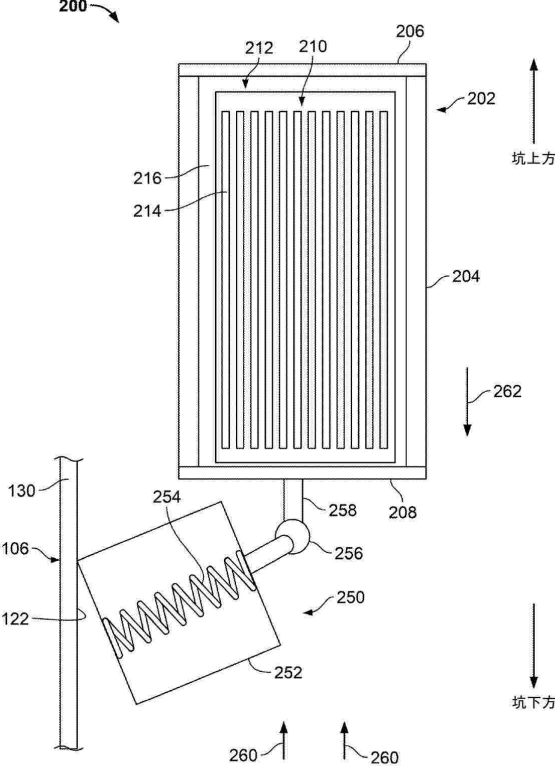


FIG. 2

10

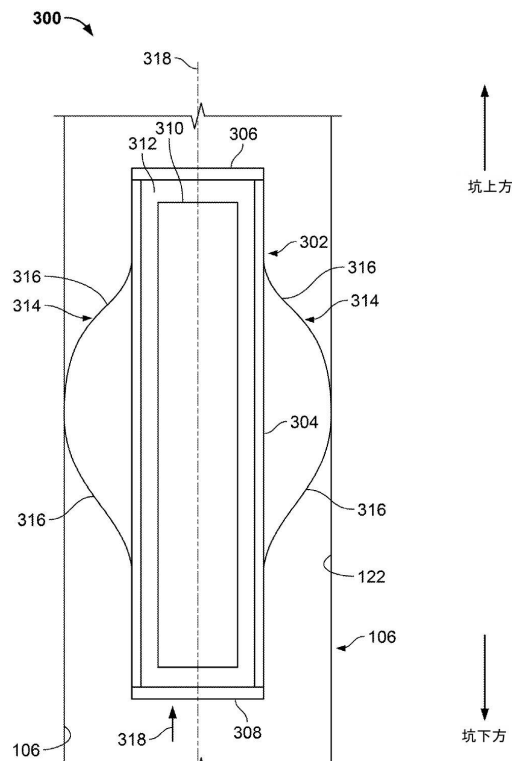
20

30

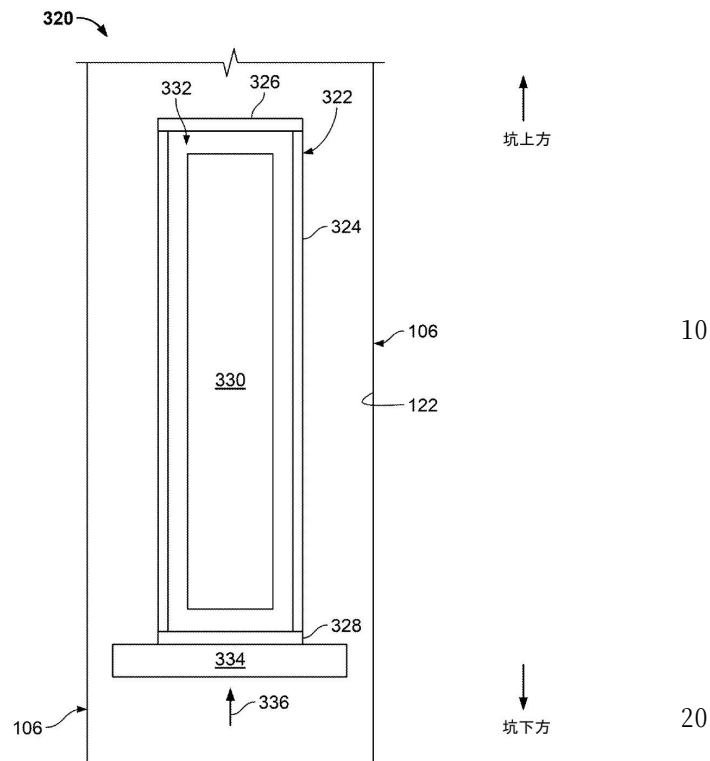
40

50

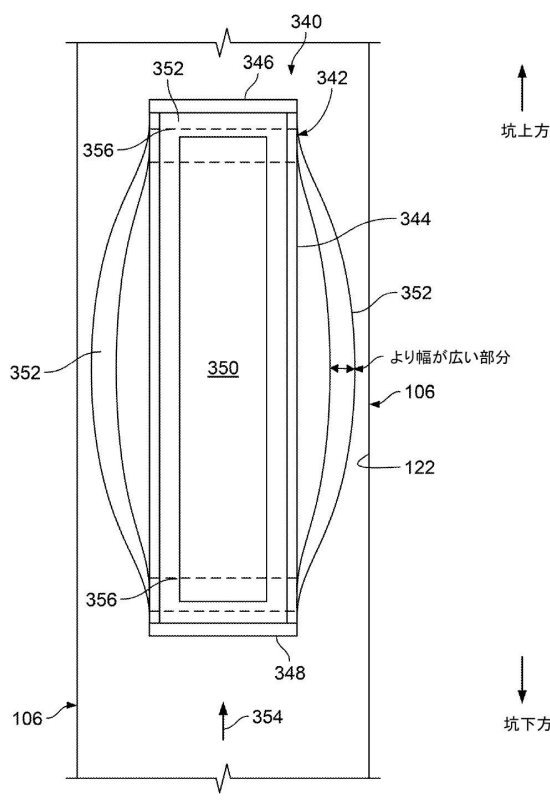
【図 3 A】



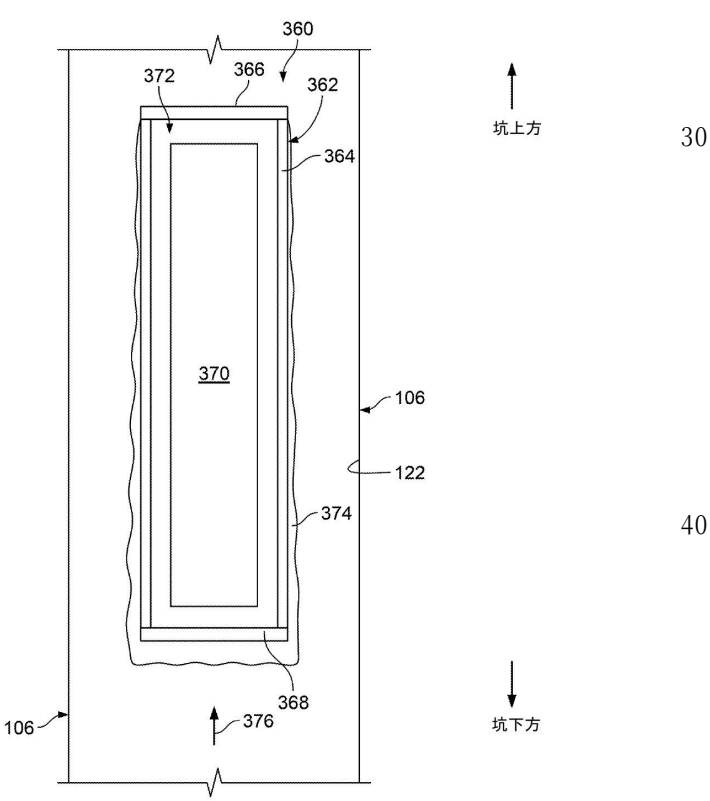
【図 3 B】



【図 3 C】



【図 3 D】



10

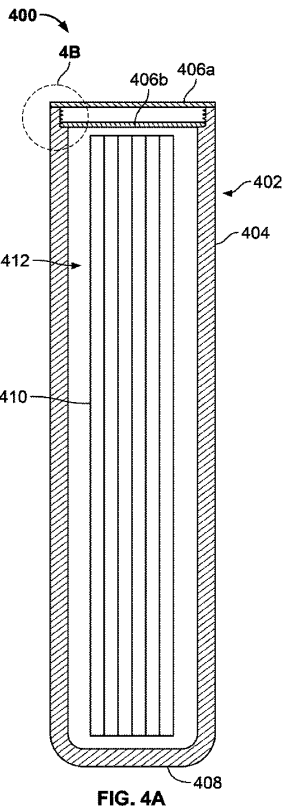
20

30

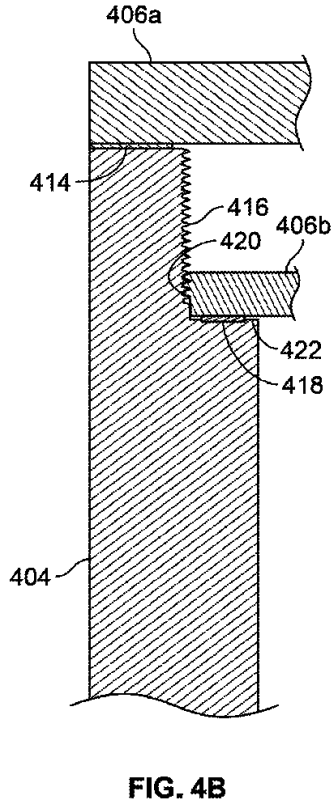
40

50

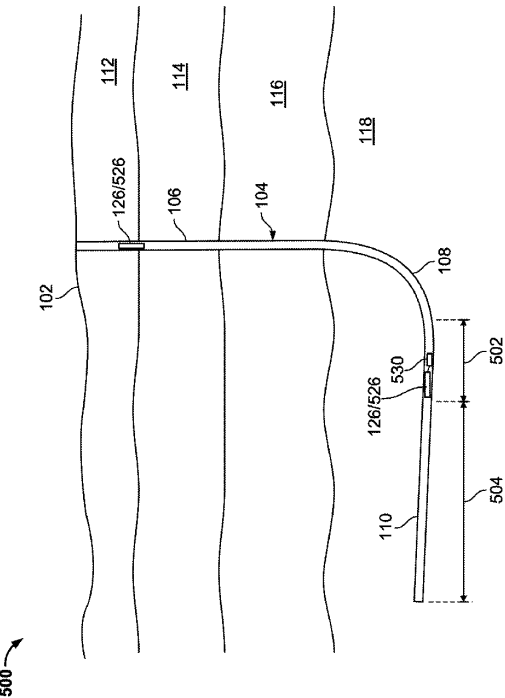
【図 4 A】



【図 4 B】



【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
- (31)優先権主張番号 62/833,097
- (32)優先日 平成31年4月12日(2019.4.12)
- (33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
弁護士 山本 健策
- (72)発明者 ミュラー, リチャード エー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94705, バークリー, ガーバー ストリート 2831
- 審査官 鳥居 祐樹
- (56)参考文献 国際公開第2018/226636 (WO, A1)
国際公開第2017/112479 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G21F 9/34
G21F 9/36
G21C 19/06