

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7638862号  
(P7638862)

(45)発行日 令和7年3月4日(2025.3.4)

(24)登録日 令和7年2月21日(2025.2.21)

(51)国際特許分類	F I
<b>B 0 1 D 53/04 (2006.01)</b>	B 0 1 D 53/04 1 1 0
	B 0 1 D 53/04 2 2 0
	B 0 1 D 53/04 2 3 0
	B 0 1 D 53/04 2 4 0

請求項の数 24 (全28頁)

(21)出願番号	特願2021-522986(P2021-522986)	(73)特許権者	507243142
(86)(22)出願日	令和1年10月28日(2019.10.28)		アリゾナ・ボード・オブ・リージェンツ
(65)公表番号	特表2022-505901(P2022-505901 A)		・オン・ピハーフ・オブ・アリゾナ・ステイト・ユニバーシティー
(43)公表日	令和4年1月14日(2022.1.14)		Arizona Board of Regents on behalf of Arizona State University
(86)国際出願番号	PCT/US2019/058408		アメリカ合衆国、アリゾナ州 85257-3538、スコッツデイル、ノース・スコッツデイル・ロード 1475、スカイ・ソング・スイート 200
(87)国際公開番号	WO2020/092272	(74)代理人	100118902
(87)国際公開日	令和2年5月7日(2020.5.7)		弁理士 山本 修
審査請求日	令和4年10月13日(2022.10.13)	(74)代理人	100106208
(31)優先権主張番号	62/752,319		
(32)優先日	平成30年10月29日(2018.10.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	62/828,367		
(32)優先日	平成31年4月2日(2019.4.2)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 大気二酸化炭素の受動的回収のための装置、システム、および方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

大気二酸化炭素の受動的回収のための装置であって、  
開口部および収着剤再生システムを備える放出チャンバと、  
前記放出チャンバに接続され、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、前記少なくとも1つの折りたたみ可能支持体に接続され、それに沿って離隔している複数のタイルとを備える捕捉構造体であって、各タイルが収着剤材料を含み、前記捕捉構造体が、回収構成と放出構成との間で可動である、捕捉構造体と、

前記捕捉構造体が前記放出構成のときに、前記放出チャンバの前記開口部を覆う蓋と、前記放出チャンバの内側と流体連通している、濃縮ガスの生成物流れを受けるように構成された生成物出口と

を備え、

前記回収構成は、前記捕捉構造体の少なくとも一部分を空気流に対して暴露し、前記複数のタイルの前記収着剤材料が大気二酸化炭素を捕捉できるようにするために、前記放出チャンバから上向きに延在している前記捕捉構造体を含み、

前記放出構成は、

折りたたまれた前記捕捉構造体の前記少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、

前記放出チャンバの前記開口部を覆っている前記蓋と、

捕捉された二酸化炭素を前記収着剤材料から放出し、前記放出チャンバ内で濃縮ガスを生成するために、前記収着剤再生システムが前記複数のタイルに作用できるように前記

放出チャンバの内側に十分に囲まれている前記複数のタイルと  
を含み、

前記複数のタイルの各々の形状は、略平坦、重なりにおいて使用されるリムまたはパッドを除き略平坦、ボウル形、ヘルメット形から成る組から選択される、  
装置。

【請求項 2】

前記収着剤材料が湿度スイング収着剤材料であり、  
前記収着剤再生システムが、放出媒体と放出媒体エミッタとを備え、  
前記放出媒体が、液状水およびスチームのうちの 1 つである、  
請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 3】

前記収着剤材料が熱スイング収着剤材料であり、  
前記収着剤再生システムが熱源を備える、  
請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記熱源が、スチームを放出するように構成された放出媒体エミッタである、  
請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記放出チャンバが、掃引ガス源に接続され、前記放出チャンバに掃引ガスを導入して  
前記濃縮ガスを押しのけるように構成された、掃引ガス入口をさらに備える、  
請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の装置。

20

【請求項 6】

前記掃引ガスがスチームである、  
請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記複数のタイルのうちの各タイルが、略平面状である、  
請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 8】

前記複数のタイルのうちの各タイルについて、前記収着剤材料が、前記タイルの表面に  
対して交差するように接続された複数の収着剤表面を含む、  
請求項 7 に記載の装置。

30

【請求項 9】

前記複数のタイルのうちの各タイルが孔を含む、  
請求項 1 または 7 に記載の装置。

【請求項 10】

前記複数のタイルのうちの各タイルが、上側フレームおよび下側フレームを備え、  
前記収着剤材料が前記上側フレームと前記下側フレームとの間に挟まれる、  
請求項 1 または 7 に記載の装置。

【請求項 11】

前記捕捉構造体に接続されたアクチュエータと、  
前記アクチュエータに通信可能に接続され、前記アクチュエータを駆動して前記捕捉構  
造体を前記回収構成と前記放出構成との間で動かすように構成された制御システムと  
をさらに備える、  
請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置。

40

【請求項 12】

前記制御システムに通信可能に接続された少なくとも 1 つのセンサをさらに備え、  
前記制御システムが、前記少なくとも 1 つのセンサから受信した信号に基づき、少なく  
とも 1 つの周囲条件を判定し、前記少なくとも 1 つの周囲条件に基づき、前記アクチュエ  
ータを自律的に駆動して前記捕捉構造体を前記回収構成と前記放出構成との間で動かすよ  
うに構成され、

50

前記少なくとも1つの周囲条件が、温度、湿度、および風速のうちの少なくとも1つを含む、

請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記捕捉構造体から切り離され、前記収着剤材料に対する暴露を増大させるために空気流を方向変換するように構成された、少なくとも1つのバッフルをさらに備える、

請求項1に記載の装置。

【請求項14】

大気二酸化炭素を回収するための、放出チャンバおよび捕捉構造体を備える受動的回収装置を、制御システムによって駆動されるアクチュエータを用いて前記捕捉構造体を動かして回収構成にすることによって準備するステップであって、前記捕捉構造体が、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、前記少なくとも1つの折りたたみ可能支持体に接続され、それに沿って離隔した複数のタイルとを備え、各タイルが収着剤材料を含み、前記回収構成が、前記放出チャンバから上向きに延在している前記捕捉構造体を含む、準備するステップと、

10

前記複数のタイルの前記収着剤材料が大気二酸化炭素を捕捉できるようにするために、前記捕捉構造体の少なくとも一部分を空気流に暴露するステップと、

前記少なくとも1つの折りたたみ可能支持体が折りたたまれ、前記複数のタイルが完全に前記放出チャンバの内側に入るように、前記アクチュエータを駆動して前記捕捉構造体を下げて前記放出チャンバに入れることにより、前記捕捉構造体を放出構成にするステップと、

20

前記放出チャンバを蓋で閉じて、前記放出チャンバの内側に前記複数のタイルを閉じ込めるステップと、

収着剤再生システムを用いて前記収着剤材料に作用して、前記捕捉された二酸化炭素を放出させ、前記放出チャンバ内で濃縮ガスを生成することにより、前記複数のタイルの前記収着剤材料を再生するステップと、

前記放出チャンバに導入された掃引ガスで濃縮ガスを押し回すことにより、前記放出チャンバの内側と流体連通している生成物出口を通して、前記濃縮ガスの生成流れを放出するステップと

を含み、

30

前記複数のタイルの各々の形状は、略平坦、重なりにおいて使用されるリムまたはパッドを除き略平坦、ボウル形、ヘルメット形から成る組から選択される、

大気二酸化炭素の受動的回収のための方法。

【請求項15】

前記収着剤材料が湿度スイング収着剤材料であり、

前記収着剤再生システムが、放出媒体と放出媒体エミッタとを備え、

前記放出媒体が、液状水およびスチームのうちの1つである、

請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記収着剤材料が熱スイング収着剤材料であり、

40

前記収着剤再生システムが熱源を備える、

請求項14に記載の方法。

【請求項17】

前記熱源が、スチームを放出するように構成された放出媒体エミッタである、

請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記制御システムに通信可能に接続された少なくとも1つのセンサから受信した信号に基づき、前記受動的回収装置の現地の少なくとも1つの周囲条件を判定するステップと、

前記少なくとも1つの周囲条件に基づき、前記捕捉構造体にとって最適な暴露時間を判定するステップと

50

をさらに含む、

請求項 14 ~ 16 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 19】

前記掃引ガスが、空気、窒素、水蒸気、およびスチームのうちの 1 つである、

請求項 14 に記載の方法。

【請求項 20】

少なくとも 1 つの受動的回収クラスタであって、

各受動的回収クラスタが、少なくとも 2 つの受動的回収装置を備え、各受動的回収装置が、

開口部および収着剤再生システムを備える放出チャンバと、

前記放出チャンバに接続され、少なくとも 1 つの折りたたみ可能支持体と、前記少なくとも 1 つの折りたたみ可能支持体に接続され、それに沿って離隔している複数のタイルとを備える捕捉構造体であって、各タイルが収着剤材料を含み、前記捕捉構造体が、回収構成と放出構成との間で可動である、捕捉構造体と、

前記捕捉構造体が前記放出構成のときに、前記放出チャンバの前記開口部を覆う蓋と、

前記捕捉構造体に接続されたアクチュエータと、

前記放出チャンバの内側と流体連通している、濃縮ガスの生成物流れを受けるように構成された生成物出口と

を備える、少なくとも 1 つの受動的回収クラスタと、

各受動的回収クラスタに通信可能に接続され、前記アクチュエータを駆動して、少なくとも 1 つの受動的回収装置の前記捕捉構造体を前記回収構成と前記放出構成との間で動かすように構成された制御システムと

を備え、

同じクラスタ内の各受動的回収装置の前記生成物出口が、流体連通しており、

各受動的回収装置について、前記回収構成は、前記捕捉構造体の少なくとも一部分を空気が流に対して暴露し、前記複数のタイルの前記収着剤材料が大気二酸化炭素を捕捉できるようにするために、前記放出チャンバから上向きに延在している前記捕捉構造体を含み、

各受動的回収装置について、前記放出構成は、

折りたたまれた前記捕捉構造体の前記少なくとも 1 つの折りたたみ可能支持体と、

前記放出チャンバの前記開口部を覆っている前記蓋と、

捕捉された二酸化炭素を前記収着剤材料から放出し、前記放出チャンバ内で濃縮ガスを生成するために、前記収着剤再生システムが前記複数のタイルに作用できるように前記放出チャンバの内側に十分に囲まれている前記複数のタイルと

を含み、

前記複数のタイルの各々の形状は、略平坦、重なりにおいて使用されるリムまたはパッドを除き略平坦、ボウル形、ヘルメット形から成る組から選択される、

大気二酸化炭素の受動的回収のためのシステム。

【請求項 21】

各クラスタの前記少なくとも 2 つの受動的回収装置が、同じアクチュエータを共有する、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 22】

同じクラスタ内の各受動的回収装置の前記放出チャンバが流体連通しており、

1 つの回収装置の前記濃縮ガスが、隣接する回収装置の前記放出チャンバを通して掃引されることが可能である、

請求項 20 または 21 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記制御システムに通信可能に接続された少なくとも 1 つのセンサをさらに備え、

前記制御システムが、

前記少なくとも 1 つのセンサから受信した信号に基づき、少なくとも 1 つの周囲条件

10

20

30

40

50

を判定し、

前記少なくとも1つの周囲条件に基づき、少なくとも1つのアクチュエータを自律的に駆動して、少なくとも1つの捕捉構造体を前記回収構成と前記放出構成との間で動かすように構成され、

前記少なくとも1つの周囲条件が、温度、湿度、および風速のうちの少なくとも1つを含む、

請求項20～22のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項24】

前記制御システムが、前記受動的回収装置を順番に動作させて、濃縮ガスの継続的な生成物流れを作り出すように構成された、

請求項23に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

[0001]本出願は、2018年10月29日出願の米国特許仮出願第62/752,319号、名称「Device, System, and Method for Direct Air Capture」の利益を主張し、また、2019年4月2日出願の米国特許仮出願第62/828,367号、名称「Device, System, and Method for Passive Air Capture of CO<sub>2</sub>」の利益を主張する。これら両方の開示全体は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

[0002]本明細書の態様は、一般に、大気二酸化炭素の受動的回収に関する。

【背景技術】

【0003】

[0003]周囲空気から二酸化炭素を取り除くための技術が必要であることが、十分に証明されてきている。迫り来る気候変動の危機を回避するために、保全、低炭素プロセス、およびオンサイトでの捕捉の取組みに加えて、かなりの量の二酸化炭素を大気から取り除く必要がある。しかし、技術はまだ新しく、初期の空気捕捉プロセスは、運転するために大量のエネルギーを必要とする。周囲空気の二酸化炭素は非常に希薄なので、大気CO<sub>2</sub>の回収装置は、空気を大量に吸い込み処理するための厳しいエネルギー収支を、すぐに超過してしまうことがある。さらに、従来の二酸化炭素回収システムは、コストがかかるうえに脆いという不都合を呈することが多い。また、従来の捕捉装置は、高い運転コストとともに多額の初期資本コストがかかることも多い。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

[0004]一態様によれば、大気二酸化炭素の受動的回収のための装置は、開口部および収着剤再生システムを有する放出チャンバを含む。また、この装置は、放出チャンバに接続され、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体に接続され、それに沿って離隔している複数のタイルとを有する捕捉構造体を含む。各タイルは収着剤材料を有し、捕捉構造体は、回収構成と放出構成との間で可動である。また、デバイスは、捕捉構造体が放出構成にあるときに、放出チャンバの開口部を覆う蓋と、放出チャンバの内側と流体連通している、濃縮ガスの生成物流れを受けよう構成された生成物出口とを含む。捕捉構造体の少なくとも一部分を空気流に対して暴露し、複数のタイルの収着剤材料が大気二酸化炭素を捕捉できるようにするために、放出チャンバから上向きに延在している捕捉構造体を、回収構成が含む。折りたたまれた捕捉構造体の少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、放出チャンバの開口部を覆っている蓋と、捕捉された二酸化炭素を収着剤材料から放出し、放出チャンバ内で濃縮ガスを生成するために、収着剤再生システムが複数のタイルに作用できるように放出チャンバの内側に十分に固

10

20

30

40

50

まれている複数のタイルとを、放出構成が含む。

【0005】

[0005]特定の実施形態は、以下の特徴のうちの1つまたは複数を含んでもよい。収着剤材料は湿度スイング収着剤材料であってもよく、収着剤再生システムは、放出媒体と放出媒体エミッタとを含んでもよい。放出媒体は、液状水およびスチームのうちの1つであってもよい。収着剤材料は熱スイング収着剤材料であってもよく、収着剤再生システムは、熱源を含んでもよい。熱源は、スチームを放出するように構成された放出媒体エミッタであってもよい。放出チャンバは、掃引ガス源に接続され、放出チャンバに掃引ガスを導入して濃縮ガスを押しのけるように構成されてもよい掃引ガス入口をさらに含んでもよい。掃引ガスはスチームであってもよい。複数のタイルのうちの各タイルは、実質的に平面状であってもよい。複数のタイルのうちの各タイルについて、収着剤材料は、タイルの表面にゼロ度より大きい角度で接続された複数の収着剤表面を含んでもよい。複数のタイルのうちの各タイルは、孔を含んでもよい。複数のタイルのうちの各タイルは、上側フレームおよび下側フレームを含み、収着剤材料は上側フレームと下側フレームとの間に挟まれてもよい。また、装置は、捕捉構造体に接続されたアクチュエータ、および/またはアクチュエータに通信可能に接続され、アクチュエータを駆動して捕捉構造体を回収構成と放出構成との間で動かすように構成された制御システムを含んでもよい。装置は、制御システムに通信可能に接続された少なくとも1つのセンサをさらに含んでもよい。制御システムは、少なくとも1つのセンサから受信した信号に基づき、少なくとも1つの周囲条件を判定し、少なくとも1つの周囲条件に基づき、アクチュエータを自律的に駆動して捕捉構造体を回収構成と放出構成との間で動かすように構成されてもよい。少なくとも1つの周囲条件は、温度、湿度、および/または風速のうちの少なくとも1つを含んでもよい。最後に、装置は、少なくとも1つのパッフルをさらに含んでもよい。

10

20

【0006】

[0006]本開示の別の態様によれば、大気二酸化炭素の受動的回収のための方法は、大気二酸化炭素を回収するための、放出チャンバおよび捕捉構造体を有する受動的回収装置を、制御システムによって駆動されるアクチュエータを用いて捕捉構造体を動かして回収構成にすることによって準備するステップを含む。捕捉構造体は、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体に接続され、それに沿って離隔している複数のタイルとを含み、各タイルは収着剤材料を有する。回収構成は、放出チャンバから上向きに延在している捕捉構造体を含む。また、方法は、複数のタイルの収着剤材料が大気二酸化炭素を捕捉できるようにするために、捕捉構造体の少なくとも一部分を空気流に暴露するステップと、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体が折りたたまれ、複数のタイルが完全に放出チャンバの内側に入るように、アクチュエータを駆動して捕捉構造体を下げて放出チャンバに入れることにより、捕捉構造体を放出構成にするステップとを含む。方法は、放出チャンバを蓋で閉じて放出チャンバの内側に複数のタイルを閉じ込めるステップと、収着剤再生システムを用いて収着剤材料に作用して、捕捉された二酸化炭素を放出させ、放出チャンバ内で濃縮ガスを生成することにより、複数のタイルの収着剤材料を再生するステップとをさらに含む。最後に、方法は、放出チャンバに導入された掃引ガスで濃縮ガスを押しのけることにより、放出チャンバの内側と流体連通している生成物出口を通して、濃縮ガスの生成物流れを排出するステップを含む。

30

40

【0007】

[0007]特定の実施形態は、以下の特徴のうちの1つまたは複数を含んでもよい。収着剤材料は湿度スイング収着剤材料であってもよく、収着剤再生システムは、放出媒体と放出媒体エミッタとを含んでもよい。放出媒体は、液状水およびスチームのうちの1つであってもよい。収着剤材料は熱スイング収着剤材料であってもよく、収着剤再生システムは、熱源を含んでもよい。熱源は、スチームを放出するように構成された放出媒体エミッタであってもよい。また、方法は、制御システムに通信可能に接続された少なくとも1つのセンサから受信した信号に基づき、受動的回収装置の現地の少なくとも1つの周囲条件を判定するステップ、および/または少なくとも1つの周囲条件に基づき、捕捉構造体にとつ

50

て最適な暴露時間を判定するステップを含んでもよい。掃引ガスは、空気、窒素、水蒸気、およびスチームのうちの1つであってもよい。

【0008】

[0008]本開示の別の態様によれば、大気二酸化炭素の受動的回収のためのシステムは、少なくとも1つの受動的回収クラスタを含み、各受動的回収クラスタが、少なくとも2つの受動的回収装置を含む。各受動的回収装置は、開口部および収着剤再生システムを有する放出チャンバを含む。また、各装置は、放出チャンバに接続され、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、少なくとも1つの折りたたみ可能支持体に接続され、それに沿って離隔している複数のタイルとを備える捕捉構造体を含む。各タイルは、収着剤材料を含む。捕捉構造体は、回収構成と放出構成との間で可動である。また、各装置は、捕捉構造体が放出構成のときに、放出チャンバの開口部を覆う蓋を含む。また、各装置は、捕捉構造体に接続されたアクチュエータと、放出チャンバの内側と流体連通している、濃縮ガスの生成物流れを受けると構成された生成物出口とを含む。システムは、各受動的回収クラスタに通信可能に接続され、アクチュエータを駆動して、少なくとも1つの受動的回収装置の捕捉構造体を回収構成と放出構成との間で動かすように構成された制御システムをさらに含む。同じクラスタ内の各受動的回収装置の生成物出口は、流体連通している。各受動的回収装置について、捕捉構造体の少なくとも一部分を空気流に対して暴露し、複数のタイルの収着剤材料が大気二酸化炭素を捕捉できるようにするために、放出チャンバから上向きに延在している捕捉構造体を、回収構成が含む。各受動的回収装置について、折りたたまれた捕捉構造体の少なくとも1つの折りたたみ可能支持体と、放出チャンバの開口部を覆っている蓋と、捕捉された二酸化炭素を収着剤材料から放出し、放出チャンバ内で濃縮ガスを生成するために、収着剤再生システムが複数のタイルに作用できるように放出チャンバの内側に十分に囲まれている複数のタイルとを、放出構成が含む。

【0009】

[0009]特定の実施形態は、以下の特徴のうちの1つまたは複数を含んでもよい。各クラスタの少なくとも2つの受動的回収装置は、同じアクチュエータを共有してもよい。同じクラスタ内の各受動的回収装置の放出チャンバは、流体連通していてもよく、それにより1つの回収装置の濃縮ガスが、隣接する回収装置の放出チャンバを通して掃引されることが可能である。システムは、制御システムに通信可能に接続された少なくとも1つのセンサをさらに含んでもよい。制御システムが、少なくとも1つのセンサから受信した信号に基づき、少なくとも1つの周囲条件を判定し、少なくとも1つの周囲条件に基づき、少なくとも1つのアクチュエータを自律的に駆動して、少なくとも1つの捕捉構造体を回収構成と放出構成との間で動かすように構成されてもよい。少なくとも1つの周囲条件は、温度、湿度、および風速のうちの少なくとも1つを含んでもよい。制御システムは、受動的回収装置を順番に動作させて、濃縮ガスの継続的な生成物流れを作り出すように構成されてもよい。

【0010】

[0010]本明細書に提示した本開示の態様および用途が、以下の図面および詳細な説明に記載される。明示的に記載のない限り、本明細書および特許請求の範囲の単語および言い回しには、平易な通常の、当業者にとって親しみのある意味が与えられることが意図される。本発明者らは、所望される場合、自らの辞書編集者になれることを完全に認識している。本発明者らは、自らの辞書編集者として、別段に明確に記載し、次いでさらに本明細書および特許請求の範囲における用語の「特別な」定義を明示的に述べ、その用語が平易な通常の意味とどのように違うのかを説明しない限り、その用語の平易な通常の意味だけを使用することを明示的に選択する。「特別な」定義を適用する意図が、そのように明確に述べられていなければ、その用語に対する単純で平易な通常の意味を、本明細書および特許請求の範囲の解釈に適用することが、本発明者らの意図であり望みである。

【0011】

[0011]また、本発明者らは、英文法の標準的な教えも認識している。したがって、名詞、用語、または言い回しが、何らかのやり方でさらに特徴付けられ、特定され、または狭

10

20

30

40

50

められることが意図されている場合、そのような名詞、用語、または言い回しは、英文法の標準的な教えに従って、追加的な形容詞、記述用語、または他の修飾語を明示的に含むことになる。そのような形容詞、記述用語、または修飾語が使用されていなければ、そのような名詞、用語、または言い回しには、上に述べた当技術分野の当業者に向けた平易な通常の英語の意味が与えられるものとする。

【 0 0 1 2 】

[0012]さらに、本発明者らは、米国特許法 1 1 2 条 ( f ) 項の特例の規準および適用について十分に情報が与えられている。したがって、発明を実施するための形態、図面の説明、または特許請求の範囲における「機能」、「手段」、または「ステップ」という単語の使用は、本発明を定義するために米国特許法 1 1 2 条 ( f ) 項の特例を発動させるよう切望していることをどうにか示すことを意図するものではない。それとは反対に、本発明を定義するために米国特許法 1 1 2 条 ( f ) 項の条項を発動させようとするならば、特許請求の範囲に、具体的かつ明示的に、「のための手段」または「のためのステップ」という厳密な言い回しが記載され、また「機能」という単語も記載され(すなわち、「[機能を挿入]の機能を実行するための手段」と記載され)、そのような言い回しにおいて、機能を支持する任意の構造体、材料、または動作が同時に記載されることはない。したがって、特許請求の範囲に、「・・・の機能を実行するための手段」または「・・・の機能を実行するためのステップ」と記載されていても、特許請求の範囲に、その手段もしくはステップを支持する、または記載された機能を実行する任意の構造体、材料、または動作が同時に記載されている場合、これは、米国特許法 1 1 2 条 ( f ) 項の条項を発動させないという本発明者らの明確な意図である。さらに、特許請求される態様を定義するために米国特許法 1 1 2 条 ( f ) 項の条項が発動されても、これらの態様は、好ましい実施形態に記載された特定の構造、材料、または動作のみに限定されるものではなく、さらに本開示の代替的な実施形態もしくは形態に記載の特許請求される機能を実行するありとあらゆる構造、材料、もしくは動作、あるいは特許請求された機能を実行するための現在よく知られているもしくは今後開発される同等の構造、材料、もしくは動作である、ありとあらゆる構造、材料、もしくは動作を含むことが意図される。

【 0 0 1 3 】

[0013]上記その他の態様、特徴、および利点は、発明を実施するための形態および図面の簡単な説明、ならびに特許請求の範囲から、当業者にとって明らかになる。

[0014]本開示は、添付図面と併せて以下で説明され、図面では、同様の参照符号が同様の要素を指す。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1 A】[0015]大気二酸化炭素の受動的回収のための装置の斜視図である。

【図 1 B】大気二酸化炭素の受動的回収のための装置の側面図である。

【図 2 A】[0016]円板形回収タイルの上面図である。

【図 2 B】[0017]フレーム付き回収タイルの斜視図である。

【図 2 C】[0018]パネル付き回収タイルの斜視図である。

【図 3 A】[0019]捕捉構造体が回収構成である、大気二酸化炭素の受動的回収のための装置の側面図である。

【図 3 B】[0020]捕捉構造体が放出構成である、図 3 A の装置の側面図である。

【図 4】[0021]複数の受動的回収クラスタを備える、大気二酸化炭素の受動的回収のためのシステムの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

[0022]本開示、その態様、および実装形態は、本明細書に開示する特定の材料の種類、構成要素、方法、または他の例に限定されない。本開示の特定の实装形態とともに使用するために、当技術分野において知られている多数の追加的な材料の種類、構成要素、方法、および手順が企図される。したがって、たとえば、特定の实装形態が開示されても、こ

のような実装形態および実装構成要素は、意図する動作と一貫性のあるそのようなシステム向けおよび実装構成要素向けの当技術分野において知られている任意の構成要素、モデル、タイプ、材料、バージョン、量などを含んでもよい。

【0016】

[0023]「例示的」、「例」という単語、またはその様々な形は、本明細書において、例、実例、例証として機能することを意味するために使用される。「例示的な」または「例」として本明細書に記載する任意の態様または設計は、他の態様もしくは設計より好ましいまたは有利であるとは必ずしも解釈されない。さらに、例は、明瞭さおよび理解だけを目的として提供されており、本開示の開示される主題または関連部分を決して限定または制限することを意味するものではない。異なる範囲の無数の追加的または代替的な例が提示されたかもしれないが、簡潔にするために省略されていることが理解されるべきである。

10

【0017】

[0024]本開示は、多数の異なる形の複数の実施形態を含む一方で、特定の実施形態を図面に示し、本明細書で詳細に説明するが、本開示は、開示される方法およびシステムの原理の例示と考えられるべきであり、開示される概念の幅広い態様を、図示する実施形態に限定することは意図していないことが理解される。

【0018】

[0025]周囲空気から二酸化炭素を取り除くための技術が必要であることが、十分に証明されてきている。しかし、技術はまだ新しく、初期の空気捕捉プロセスは、運転するために大量のエネルギーを必要とする。空気中のCO<sub>2</sub>は非常に希薄(400体積百万分率)なので、CO<sub>2</sub>回収装置は、大量の空気を吸い込むために膨大な量のエネルギーを投じてはならない。空気の加熱または冷却、空気の乾燥、または空気圧の大幅な変動により、妥当なエネルギー収支を超過することになる。さらに、従来の回収システムは、コストがかかるうえに脆いという不都合を呈することが多い。従来の捕捉装置は、高い運転コストとともに多額の初期資本コストがかかることも多い。さらに、従来の捕捉装置は、場合により特定の環境には好適であるが、他の環境では非効率的なことがある。

20

【0019】

[0026]本明細書では、自然の空気流または風から大気二酸化炭素を受動的に回収するための、耐久性がありエネルギー効率がよいうえに、様々な条件において、真空、熱、および/もしくは湿度のそれぞれのスイング、またはそれらが組み合わされたスイングに対して感応性のある材料を含む多様な収着剤材料とともに使用可能な装置、システム、ならびに方法が企図される。いくつかの実施形態では、これらの装置は、クラスタおよびシステムに組織されてもよく、CO<sub>2</sub>の継続的な捕捉を実現してもよく、かつCO<sub>2</sub>濃縮ガスの継続的な流れを供給してもよく、これについては以下でより詳細に検討する。他の実施形態では、これらの装置は、個々のユニットとして設置および運転されてもよい。さらに、いくつかの実施形態では、本明細書において企図するこれらの装置、システム、および方法のうちの一部は、効果および効率を改善するために、自律的または半自律的に実施されて、変化する環境条件に合わせて調整されてもよい。

30

【0020】

[0027]図1Aおよび図1Bは、大気二酸化炭素102の受動的回収のための装置100(以下「受動的回収装置」、「回収装置」、または単に「装置」)の非限定的な例を示す斜視図および側面図である。具体的には、図1Aは斜視図であり、図1Bは側面図である。

40

【0021】

[0028]様々な実施形態によれば、回収装置100は、収着剤材料110を周囲空気に暴露するように構成された捕捉構造体106と、開口部116を通して捕捉構造体106の中に配置することができる放出チャンバ104(または再生チャンバ)と、放出チャンバ104の内側に捕捉構造体106を封止するまたは他のやり方で囲むための蓋114と、放出チャンバ104に熱および/または湿分を(別々にまたは一斉に)導入して収着剤材料110を再生し捕捉されたCO<sub>2</sub>を放出させる手段と、チャンバ内から生成物出口118を介してCO<sub>2</sub>濃縮ガスを抽出する手段とを備える。

50

## 【 0 0 2 2 】

[0029]本明細書および添付の特許請求の範囲の文脈において、放出チャンバ104は、捕捉された二酸化炭素が、その後の隔離、精製、または応用のために中で放出されるエンクロージャである。放出チャンバ104は、少なくとも1つの開口部、すなわち開口部116を有し、この開口部116を通して放出チャンバ104は、捕捉された二酸化炭素と、二酸化炭素が捕捉されている材料（たとえば、捕捉構造体106およびその収着剤材料110など）とを受ける。

## 【 0 0 2 3 】

[0030]放出チャンバ104は、回収装置100が利用される外部環境と、放出チャンバ104の運転に固有の内部環境（たとえば、収着剤再生システム306の性質など）との両方に適した耐久性のある材料から構築されてもよい。

10

## 【 0 0 2 4 】

[0031]様々な実施形態によれば、放出チャンバ104は、二酸化炭素を回収するために使用される収着剤材料の再生を達成するために必要なすべての機器または構造を備えており、この再生には以下のステップの一部またはすべてが含まれてもよい（ただし、これらに限定されない）：チャンバに液体を導入するステップ、液体をチャンバから排出するステップ、チャンバに掃引ガスを押し入れるステップ、チャンバを真空にするステップ、チャンバを加熱するステップ、チャンバに蒸気または水滴を噴射するステップ。たとえば、一部の実施形態は、熱、ガス、液体などを必要に応じて放出チャンバ104に導入し、また放出チャンバ104から取り出して、再生タスクを実行できるようにする配管支持構造体を備えてもよい。捕捉構造体106の再生については、図3Bに関して以下でさらに詳細に検討する。

20

## 【 0 0 2 5 】

[0032]いくつかの実施形態では、放出チャンバ104は、再循環空気流を生じさせるためのファンまたはブLOWERを備える内部流れシステムを備える。他の実施形態では、放出チャンバ104は、ガス再循環システムを備えてもよく、このガス再循環システムでは、チャンバ104内の流れが、チャンバ104に注入されるガスによって押しやられ、外部の再循環システムに戻る。図4に関して以下で検討する受動的回収のシステムおよび/またはクラスタでは、複数の回収装置100が単一のガス再循環システムを共有してもよく、または個々の内部システムと合わせて共有システムを使用してもよい。

30

## 【 0 0 2 6 】

[0033]本開示および添付の特許請求の範囲の文脈において、捕捉構造体106は、それに接してもしくはその中に大気CO<sub>2</sub>が捕捉される構造体または構造体の集まりである。示してあるように、捕捉構造体106は、1つまたは複数の折りたたみ可能支持体112に接続され、それに沿って離隔している複数のタイル108から構成される。タイル108は、二酸化炭素を捕捉する役割を担う1つまたは複数の収着剤材料110を含む。収着剤材料110については、以下でさらに検討する。いくつかの実施形態では、収着剤材料110は、タイル108の1つまたは複数の表面に配設されてもよく、他の実施形態では、タイル108自体が収着剤材料110から作られてもよい。検討するように、収着剤材料110は、捕捉されたCO<sub>2</sub>を、このCO<sub>2</sub>が再循環するとき（たとえば、放出チャンバ104の内側で収着剤再生システム306に付着したとき）に放出する。

40

## 【 0 0 2 7 】

[0034]示してあるように、捕捉構造体106が「展開」されたとき、すなわち二酸化炭素を回収するために大気に暴露されたとき、タイル108は、空気がいずれの方向からもタイル108の間に流れることができるように、1つまたは複数の折りたたみ可能支持体112に沿って吊される。このような配置は、方向が変わることがある自然の空気流および風から、CO<sub>2</sub>を捕捉するために使用されるとき有利である。さらに、本明細書において企図するタイルベースの構造は、受動的空気流で使用する文脈で説明されるが、押しやられた空気流でも使用されてよいことが理解されるべきである。

## 【 0 0 2 8 】

50

[0035]図1 Aおよび図1 Bに示す非限定的な例は、細長い円筒形であり、円形タイルを利用する。いくつかの実施形態では、装置および/またはタイル108は、ほぼ円形の断面を有してもよく、これは空気流があらゆる方向からくる可能性がある状況において空気を受動的に捕捉する際に使用するのに有利であってもよい。他の実施形態では、装置および/またはタイル108は、非円形の断面を有してもよい。様々なタイル108の形状については、図2 A、図2 B、および図2 Cに関して以下でさらに詳細に検討する。

#### 【0029】

[0036]示してあるように、捕捉構造体106は、タイル108の重なりを備えてもよい。様々な実施形態によれば、捕捉構造体106の重なりは、少数(5~10枚)のタイルから多数(>100枚)の範囲にわたる。特定の実施形態は、50枚~200枚のタイルの重なりを利用する。

10

#### 【0030】

[0037]タイル108は、1つまたは複数の折りたたみ可能支持体112によって支持されており、この折りたたみ式支持体112は、引き上げられたとき、重力の下でタイルが固定されずに垂れ下がることができるようにし、それによりタイル間の隙間を空気が通過できるようにする。多くの実施形態において、捕捉構造体106が放出チャンバ104の内側に折りたたまれたとき、タイル108は、チャンバ104内でタイルが静止しているときにタイル108間にわずかな隙間を維持するための小さいスペーサを使用して、互いに載っている。

#### 【0031】

[0038]大気二酸化炭素を回収することに加えて、捕捉構造体106は、大気二酸化炭素を回収するのに適した配置(たとえば、回収構成)と、捕捉したCO<sub>2</sub>を放出チャンバ104内に放出できるようにする配置(たとえば、放出構成)との間で動くことが可能である。回収および放出の構成は、以下の図3 Aおよび図3 Bに関して検討する。

20

#### 【0032】

[0039]上述したように、タイル108は、1つまたは複数の折りたたみ可能支持体112に接続され、それに沿って離隔している。たとえば、図1 Aおよび図1 Bは、タイル108の中心軸を通る単一の折りたたみ可能支持体112を有する非限定的な例を示す。折りたたみ可能支持体112の例は、細いロープ、ひも、または鎖を含むが、これらに限定されない。一実施形態では、各タイル108は、上のタイルに連結されてもよく、それにより各タイルの下すべてのタイル108の重さを担持していてもよい。別の実施形態では、折りたたみ可能支持体112は連続しており、タイル108の重さすべてを担持するように設計され、タイル108の構造は、それ自体の重さだけを担持するように設計される。このような支持システムの具体的な例を提示するために、長いひもまたは鎖と横木用の中実ロッドとから形成された細く長い複数のはしごを想起されたい。これらのはしごは細く、たとえば幅1 cmであってもよく、または何センチメートルの幅があってもよい。最低3つのこのようなはしごが、タイル108の縁部の周りに均等に配置され、各タイル108は、1つの横木に引っかけられることが可能である。はしご構造体は、すべてのタイル108の重さを支持し、その一方で、個々のタイル108は、それ自体の重さを支持するだけよい。はしごの数を増やすことにより、はしごの側部を含むひもの厚さを細くすることができ、はしごを折りたたむことが容易になる。有利には、はしごの数が3つより多い場合、メンテナンス中に、捕捉構造体106が開/回収の構成にある間に1つのはしごを外しおよび交換することが可能になる。

30

40

#### 【0033】

[0040]別の実施形態では、タイル108は、伸縮式の管または堅いロッドによって保持されてもよく、この管またはロッドは、タイル108に接してジグザグのパターンで折りたたまれて、下部のタイル108から上部のタイル108の開放空間に突出する「犬の骨」の形状を作り出す。この設計では、連続したタイル108を、わずかな角度だけシフトした異なる位置で固定して、上のタイル108の犬の骨と干渉しないように犬の骨の長さ用にスペースを取ることが必要な場合がある。

50

## 【 0 0 3 4 】

[0041]さらに別の実施形態では、折りたたみ可能支持体 1 1 2 が、タイル 1 0 8 の中心の穴を囲む円錐形状であってもよい。タイル 1 0 8 は、重ねられたとき互いに載り、円錐がわずかに離れるように動くときにこれらの距離を広げる。このような設計は、タイル 1 0 8 が重ねられるときに自然に中央合わせされるのを必然的に支援することになる。円錐が切頭であり、したがって上部が開口している場合には、これらの円錐により、折りたたまれたタイル 1 0 8 の重なり中央を通る垂直な開口流路が作られ、この開口流路は、タイル 1 0 8 の再生中に空気流を案内するのを支援することができる。当業者は、他の折りたたみ可能な構成が存在することを認識するであろう。

## 【 0 0 3 5 】

[0042]様々な実施形態によれば、回収装置 1 0 0 のタイル 1 0 8 は、回収構成または回収段階にあるときには互いに引き離されており、再生段階または放出段階では、互いに重なる。選択肢として、タイル 1 0 8 の傷つきやすい部分は、他のタイルと接触しないようにパッドまたはリムなどの緩衝構造体によって保護されてもよい。緩衝部は、空気流を導いて回収および/または取入れを増大させるようなやり方で構成されてもよい。

## 【 0 0 3 6 】

[0043]タイル 1 0 8 の重なりが固定されずに垂れ下がっているときに、(たとえば、損傷を防ぐ、収着剤の暴露を最適化するなどのために)その動きを制限することが有利な場合がある。動きを制限する 1 つの方法は、垂れ下がる重なりが持ち上げられるときに、それを案内部の間に入れることである。一例は、垂直なボールのセットであり、これは持上げ構造に対して構造的な支持も提供することができる。このようなボールが 3 本あれば、タイル 1 0 8 の横方向の動きを抑えるのにすでに十分である。別の実施形態は、中心穴に沿って案内部を通して連結されたタイル 1 0 8 を有してもよく、これによりタイル 1 0 8 の相対的な動きが防止される。タイル 1 0 8 および蓋 1 1 4 がリング形状である場合には、案内部がタイル 1 0 8 の内側にも通されることが可能である。タイル 1 0 8 の動きを制限するための別の選択肢は、下部のタイル 1 0 8 を放出チャンバ 1 0 4 の下部につなぎ止めることである。

## 【 0 0 3 7 】

[0044]様々な実施形態によれば、タイル 1 0 8 は、蓋 1 1 4 の下部に接続されてもよく、装置 1 0 0 が開いて回収構成になるときに、蓋 1 1 4 がタイル 1 0 8 とともに引き上げられる。他の実施形態では、蓋 1 1 4 は、スライドすることにより、またはドアのようにヒンジ連結されることにより、横向きに開いてもよい。次いで持上げ機構が、蓋 1 1 4 なしにタイルを持ち上げるために、捕捉構造体 1 0 6 の上部の取付具に接続される。このような設計は、持上げ機構を複数の装置 1 0 0 間で共有することができる回収装置 1 0 0 のクラスタにおいて、特に有益である。選択肢として、捕捉構造体 1 0 6 は、完全に持ち上げられたら、何らかの形の支持構造体に取り付けられてもよい。

## 【 0 0 3 8 】

[0045]様々な実施形態によれば、受動的回収装置 1 0 0 は、様々な手段によって再生可能な、固体収着剤および液体収着剤を含む多様な収着剤材料 1 1 0 とともに使用されてもよい。収着剤は、無機材料から作られても、有機材料から作られてもよく、複合材料であってもよい。収着剤は、化学的または物理的に  $\text{CO}_2$  を結合する材料であってもよく、すなわち収着剤は、吸収剤であってもよい。また収着剤は、内側表面、たとえば内側の多孔構造体に、または繊維表面に  $\text{CO}_2$  を結合する吸着剤であってもよい。収着剤は、湿度スイング、熱スイング、真空スイング、またはこれらの手法の組合せで再生されることが可能である。異なる収着剤の上記の検討は、網羅的な説明を提供することではなく、選択肢を例示することを意図している。当業者によって実現可能な他の収着剤に基づく技術が、装置 1 0 0 で使用されるように適合されてもよい。

## 【 0 0 3 9 】

[0046]一実施形態では、受動的回収装置 1 0 0 は、液体洗浄により再生することができる収着剤材料 1 1 0 を利用してもよく、この液体洗浄は、放出チャンバ 1 0 4 から  $\text{CO}_2$

10

20

30

40

50

を液体洗浄の一部として運び出す。液体は、放出チャンバ104の内側でそのCO<sub>2</sub>を出してもよく、または液体は、放出チャンバ104の外側に運ばれてもよく、そこでCO<sub>2</sub>を放出するためにさらなる処理を受けることになる。たとえば、受動的回収装置100は、弱い炭酸塩ブラインを使用してもよく、この炭酸塩ブラインが、湿度スイング収着剤によって炭酸水素塩ブラインに変換され、次いでこの炭酸水素塩ブラインが、おそらく電気化学的再生の使用を含むそれ自体の様々な再生方式にかけられる。

#### 【0040】

[0047]具体的な例として、収着剤材料110は、乾燥しているときにはCO<sub>2</sub>に対して強い親和性を有し、湿っているときにはこの親和性を失う複数の陰イオン交換樹脂のうちの1つであってもよい。これらは、強力な塩基交換樹脂であり、スチレン構造に付着した第四級アンモニウムイオンを有するポリスチレンにより例示される。いずれにしても、室温に近い温度で、樹脂に対する相対湿度を20%から100%に変えることにより、いずれの付着量においても樹脂に対する平衡分圧が500倍変化する。他の実施形態は、熱、真空抽出、または別の化学作用による再生によって再生される収着剤110を中心に設計されてもよい。

10

#### 【0041】

[0048]収着剤110は、1つの収着物向けに選択可能であってもよく、または互いに協働もしくは競合する複数の収着物と相互作用してもよい。収着剤110は、自らの吸収に自己触媒作用してもよい。具体的な例として、いくつかの実施形態は、CO<sub>2</sub>に対する収着剤の親和性を湿分によって制御可能な収着剤を利用してもよい。湿分の存在により、収着剤に対するCO<sub>2</sub>の結合が増大する場合もあれば、低減する場合もある。湿度スイング収着剤として知られている1つの特定のクラスの収着剤は、乾燥下でCO<sub>2</sub>に結合し、湿ったときにそれを再び放出する。一部の湿度スイング収着剤、たとえば第四級アンモニウムイオンを有するポリスチレンは、相対湿度に対して強く反応する。このことは、周囲空気の温度を上げる影響により、収着剤に対するCO<sub>2</sub>の付着量が増大することを意味する。なぜなら、それに関連して相対湿度が低下することにより、収着のギブス自由エネルギーが温度上昇によって高められるよりも大きく低減されるからである。しかし、一定の相対湿度、たとえば100%の相対湿度において、または湿った状態で加温が行われる場合には、収着剤の加熱により、CO<sub>2</sub>が収着剤から押し出されることになる。したがって、湿度スイング収着剤は、湿分だけで、または湿分（たとえば、液状水、霧または他の液滴の形態、蒸気など）と、温度と、圧力との組合せで使用されてもよい。いくつかの実施形態では、このような多用途の収着剤を使用することは、周囲条件を考慮して効率に基づき再生の道筋を選択するアルゴリズムを使用して、最適化されてもよく、これについては以下でさらに検討する。

20

30

#### 【0042】

[0049]湿度スイング収着剤を利用するいくつかの実施形態は、再生のために液状水を利用してもよく、他の実施形態はスチームを使用してもよい。それぞれの再生媒体は、独自の利点および欠点を有する。液状水は、吸い込みは早いですが、特に水が地下供給源から提供される場合には、塩などの不純物を収着剤およびシステムに導入しやすい。スチームは、有利なことに、湿分のみならず熱も提供するために使用可能である。しかし、低圧のシステムで運転される場合には、スチームは過剰な熱を伝えることがあり、除去することが困難なことがある。いくつかの実施形態は、スチーム（低分圧では水蒸気と呼ばれる）と液状水との両方を利用してもよい。湿度スイングのない実施形態、または逆湿度スイングを利用する実施形態では、液状水は、スチームだけの使用に対するメリットをもたらさないことがある。

40

#### 【0043】

[0050]いくつかの実施形態で使用される加熱 - 湿分 - 真空の設計は、従来の装置よりも多くの利点を提供する。具体的には、高レベルの湿度および/またはより寒冷な天候に晒される気候さえも含む様々な気候に、湿度スイングベースのCO<sub>2</sub>捕捉装置を適用することが可能になる。湿度スイング収着剤を利用する企図される装置100は、比較的寒冷で

50

湿潤な気候において特に有用なものであってもよい。しかし、企図される回収装置 100 の様々な実施形態について以下に続く検討は、加熱湿分ベースの再生システムの文脈で行われるが、本明細書で検討する構造および方法は、他の種類および形態の収着剤 110 に適合され、閉鎖または封止された放出チャンバ 104 において適切な再生ステップが実行されてもよいことが理解されるべきである。

#### 【0044】

[0051] 捕捉構造体 106 は、捕捉された二酸化炭素で完全にいっぱいになると、放出チャンバ 104 内に動かされ、ここで  $\text{CO}_2$  が回収され、さらなる回収に備えて収着剤材料 110 が再生されることになる。様々な実施形態によれば、捕捉された  $\text{CO}_2$  の回収および収着剤材料 110 の再生は、開口部 116 に蓋 114 を置くことにより放出チャンバ 104 が閉鎖された後に行われる。様々な実施形態によれば、蓋 114 (および捕捉構造体 106) は、何らかの形のアクチュエータ 120 によって開口部 116 上に (および捕捉構造体はチャンバ 104 内に) 下ろされてもよい。本明細書および添付の特許請求の範囲の文脈において、アクチュエータ 120 は、動きに影響を及ぼすことが可能な任意の装置であり、モータ、ピストン、液圧、ねじ駆動、昇降機、ローラ、および当技術分野で知られている他の装置を含んでもよいが、これらに限定されない。選択肢として、アクチュエータ 120 は、捕捉構造体 106 に直接接続されてもよく、蓋 114 を介して、または何らかの他の構造体を介して接続されてもよい。いくつかの実施形態では、アクチュエータ 120 は、放出チャンバ 104 にも接続されてよい。様々な実施形態によれば、蓋 114 は、放出チャンバ 104 と嵌まり合い、閉鎖されたチャンバを形成するように構成される。いくつかの実施形態では、蓋は、放出チャンバ 104 とともに気密封止を形成してもよい。

10

20

#### 【0045】

[0052] 示してあるように、受動的回収装置 100 は、生成物出口 118 も備える。生成物出口 118 は、放出チャンバ 104 の内側と、放出チャンバ 104 の外側の何らかの構造体 (たとえば、貯蔵装置、アップグレードシステム、別の放出チャンバ 104 など) との間で流体連通を可能にして、 $\text{CO}_2$  を豊富に含んだ (たとえば、周囲空気に存在する  $\text{CO}_2$  よりも他の物質に対する  $\text{CO}_2$  の割合が高い) 生成物流れの回収を可能にする。いくつかの実施形態では、生成物出口 118 は、気体状の生成物流れ向けに構成されてもよく、他の実施形態では、液状の生成物流れ (たとえば、ラインに捕捉された  $\text{CO}_2$  など) を排出するように構成されてもよい。

30

#### 【0046】

[0053] タイル 108 という用語は、タイル 108 が平坦であるという 1 つの考えられる設計から導かれたものであるが、本開示の文脈において、タイル 108 という用語は、はるかに広い範囲の形状に対応することが意図されることに留意することが重要である。いくつかの実施形態では、タイル 108 は、全体的に収着剤材料から作られ、その一方で他の実施形態では、タイル 108 は、定位置に収着剤材料 110 を保持する構造的な材料から作られる。たとえば、いくつかの実施形態では、液状収着剤 (たとえば、イオン性液体) は、タイル 108 の構造的な表面を湿らせることによって使用されてもよい。特定の例として、発泡材料が、液状収着剤と併用されてもよい。

40

#### 【0047】

[0054] いくつかの実施形態では、タイル 108 は (重なりを中心軸に沿って) 円形断面を有してもよい。他の実施形態では、円に似た形状 (たとえば、高次多角形)、三角形、四角形、正方形、六角形、星形、リング形などを含むがこれらに限定されない他の形状が利用されてもよい。円形断面は、風の方向が予測できない環境での使用に適している場合がある一方で、他の実施形態において、風がよく吹く方向がある状態では、より楕円形のタイル 108 が利用されてもよい。

#### 【0048】

[0055] 図 2 A、図 2 B、および図 2 C は、様々なタイル 108 の形状の非限定的な例の図を示す。図 2 A は、湿度スイング収着剤材料 220 を有する円板形状のタイル 200 の

50

非限定的な例の上面図を示す。示してあるように、円板形タイル 200 は、中心穴 202 を備え、この中心穴 202 を折りたたみ可能支持体 112 が通過し、それぞれのタイル 108 に接続されてもよく、かつ/またはこの中心穴 202 に、空気が流入してもよい。

【0049】

[0056]いくつかの実施形態では、タイル 108 が、風に暴露されている間には蓋 114 などの構造体から垂れ下がってもよく、放出チャンバ 104 内に下ろされたときには互いに載ってもよい。様々な実施形態によれば、タイル 108 は、重なりが折りたたまれた形態であるときに上のタイル 108 の重さを担持するように設計された強化パッド、リム、またはリップを備えてもよい。また、これらのパッドは、タイル 108 のより脆い部分（たとえば、収着剤など）よりもさらに垂直方向に広く延在してもよく、それによりタイル 108 間の物理的な接触が、この重さを担持するように設計された位置に限定される。いくつかの実施形態では、（円形であっても角を有していても）タイル 108 は、タイル 108 から垂れ下がった収着剤/樹脂を有してもよく、これは、タイル 108 全体にある収着剤に追加されるものであってもよい。

【0050】

[0057]タイル 108 の構造およびタイル 108 を吊り下げる機構は、現地の地形および天候条件に基づき調整されてもよい。たとえば、強風の地域では、タイル 108 は実質的により頑丈であってもよく、最良な形で支持を確実にするために、チャンバ 104 から完全に分離されていてもよい。いくつかの実施形態では、強風時には折りたたまれるか隠されて、時として脆いタイル 108 をシェルタに引き入れる支持構造体が存在してもよい。タイル 108 を上げ下げするため支持構造体の多数の選択肢は、世界中のほぼあらゆる場所に配置することができる装置に対して存在しうる様々な必要性を単純に反映している。

【0051】

[0058]いくつかの実施形態では、タイル 108 は、重なりにおいて使用されるリムまたはパッドを除き本質的に平坦である。他の実施形態では、タイル 108 は、ボウル形またはヘルメット形など非平面状であってもよい。さらに他の実施形態では、タイル 108 は、収着剤材料 110 を囲むか他のやり方で守るフレームワークを備えてもよい。

【0052】

[0059]図 2 B は、上側フレーム 206 と、下側フレーム 208 と、中心孔 202 とを備えるフレーム付きタイル 204 の非限定的な例の斜視図を示す。様々な実施形態によれば、これら 2 つのフレームは互いに接続されて、収着剤材料 110 または収着剤材料 110 を保持するように構成された材料（たとえば、液状収着剤を保持するための発泡体材料など）を囲むか挟み、それを定位置に保持しながら、なおそれを空気流に対して暴露可能にしてもよい。このようなタイル 108 は、普通なら脆すぎてタイルを作る材料として使用できない収着剤材料 110、湿った状態と乾燥した状態を循環するときに見捨てられない寸法変動（たとえば、膨張、収縮など）のある材料 110、または図 2 A の円板形タイル 200 などの固体タイルに載った場合に、空気に対する暴露が制限されることになる材料に收容されなくてはならない収着剤材料とともに使用するために有益であってもよい。

【0053】

[0060]図 2 C は、熱スイング収着剤材料 218 から作られた複数の収着剤表面 212 を含むパネル付きタイル 210 の非限定的な例の斜視図である。いくつかの実施形態では、タイル 108 は、それらの表面とガスとの接触を容易にするように高度に構造化されてもよい。タイル 108 は、タイル 108 の上部から下部までガス流経路を作り出して、タイル 108 の収着剤材料 110 と密に接触する気体流を流れやすくする流路または通路を備えてもよい。

【0054】

[0061]いくつかの実施形態では、タイル 108 は、1 つの大きい収着剤構造体であってもよい。図 2 C に示す非限定的な例を含む他の実施形態では、収着剤材料 110 は、パネル付きタイル 210 の表面 214 に個々に取り付けられるスライスまたは表面 212 に区分けされてもよい。1 つのそのようなタイルは、図 2 C に示すタイルなど、六角形であっ

10

20

30

40

50

てもよく、またはタイル 108 の表面の三角タイリングであってもよい。

【0055】

[0062]空気の混合を最大化するために、タイル 108 の表面は凹凸があり粗くてもよく、隣接するタイル 108 はすぐそばで異なる形状を有してもよい。たとえば、タイル 108 が複数の異なるタイルから作られる場合、垂直方向に互いに重なる表面は必ずしも同一である必要はなく、または同じように配向される必要もない。いくつかの実施形態では、収着剤表面 212 は、タイル 210 の表面 214 に対して傾斜して角度 216 が形成されてもよい。

【0056】

[0063]いくつかの実施形態では、タイル 108 には、三角形（または何らかの他の隆起した形状の）隆起した収着剤と、暴露を増大させ、かつ乱流を生じさせて捕捉を増大させるパッフルとが取り付けられてもよい。

10

【0057】

[0064]図 3 A および図 3 B は、それぞれ回収構成 300 および放出構成 312 の捕捉構造体 106 を有する回収装置 100 の非限定的な例の側面図である。収着剤再生システム 306 を含む放出チャンバ 104 の内側を見せるために、放出チャンバ 104 の一部分が取り除いてある。

【0058】

[0065]図 3 A は、回収構成 300 の捕捉構造体 106 を示し、この回収構成 300 は、捕捉構造体 106 の少なくとも一部分 302 を空気流 304 に暴露して、放出チャンバ 104 から上向きに延在する捕捉構造体 106 を備える。様々な実施形態によれば、自然の空気の動き（たとえば、風）によるか、誘発された流れ（たとえば、熱的に誘発された流れ、または自然の流れを流路に通すことから得られる圧力降下によって誘発される流れ）によるか、ブロー、ファン、または他の機械的システムによって誘発される流れによるか、これらの方法と当技術分野で知られている他の方法との組合せにより、周囲空気は、捕捉構造体 106 の収着剤材料 110 と接触する。

20

【0059】

[0066]示してあるように、回収装置 100 は収着剤再生システム 306 を備える。本明細書および添付の特許請求の範囲の文脈において、収着剤再生システム 306 は、捕捉された CO<sub>2</sub> を放出するのに必要な媒体またはエネルギーを生成、提供、伝導、または促進し、さらなる CO<sub>2</sub> の回収に備えて収着剤材料 110 を再生するシステムである。いくつかの実施形態では、収着剤再生システム 306 は、使用されている収着剤材料 110 に適した放出媒体（たとえば、ミスト、液状水、スチーム、他の化学物質など）を放出チャンバ 104 内に排出する放出媒体エミッタ 308 を備えてもよい。他の実施形態では、収着剤再生システム 306 は、（たとえば、熱スイング収着剤材料用の）熱源 310 を備えてもよい。図 3 A に示す非限定的な例を含む、さらに他の実施形態では、収着剤再生システム 306 は、放出媒体エミッタ 308（または複数のエミッタ）と、1つまたは複数の熱源 310 との両方を備えてもよい。具体的な例として、いくつかの実施形態は、放出チャンバ 104 にスチームを排出して、それにより湿分と熱の両方を提供し、湿度スイングおよび/または熱スイングの収着剤材料の使用を容易にするように構成された放出媒体エミッタ 308 を利用してもよい。さらに他の実施形態では、熱源 310 は、スチームによって提供される熱を放射し、スチームは任意選択でチャンバ内に放出されてもよい（たとえば、一部の収着剤材料に対して湿分なしに熱を提供するように構成されてもよい）。

30

40

【0060】

[0067]図 3 B は、捕捉構造体 106 が放出構成 312 である図 3 A の回収装置 100 を示す。本開示および添付の特許請求の範囲の文脈において、放出構成 312 は、収着剤材料 110 の再生および捕捉された二酸化炭素 314 の回収を想定して放出チャンバ 104 内に囲まれた捕捉構造体 106（たとえば、複数のタイル 108 および 1つまたは複数の折りたたみ可能支持体 112）を備える。上で検討したように、放出構成 312 は、チャンバ 104 が十分に閉鎖されて再生および回収を達成できるように放出チャンバ 104 に

50

対して接続、嵌合、または封止された蓋 1 1 4 をさらに備えてもよい。

【 0 0 6 1 】

[0068] 捕捉構造体 1 0 6 または捕捉構造体 1 0 6 の一部分が、 $\text{CO}_2$  でいっぱいになり、放出チャンバ 1 0 4 内に動かされたとき、収着剤材料 1 1 0 は、再生されて、捕捉された  $\text{CO}_2$  3 1 4 を放出チャンバ 1 0 4 内に放出する。先に検討したように、この再生および放出は、収着剤再生システム 1 4 0 によって達成される。

【 0 0 6 2 】

[0069] 受動的回収装置 1 0 0 の再生または放出の段階について以下に続く検討は、熱および湿分に感応性のある収着剤材料の文脈において行われる。しかし、受動的回収装置 1 0 0、その捕捉構造体 1 0 6、および放出チャンバ 1 0 4 は、上述した収着剤のうちのいずれか、およびそれらの関連する再生プロセスとともに使用されるように適合されてもよいことが、当業者にとって明らかなはずである。熱および/または液体を何らかの形で導入することは、多くの異なる収着剤の再生に共通の要素なので、熱および湿分の文脈における手順は、他の収着剤を使用する他の実施形態の例示である。このような検討は、限定的であると解釈されるべきではない。

10

【 0 0 6 3 】

[0070] 再生システム 3 0 6 は、収着剤材料 1 1 0 をその初期状態に戻し  $\text{CO}_2$  を放出させるために、収着剤材料 1 1 0 に対して、熱、圧力変動、および/または化学物質（水を含む）の組合せを適用する。異なる実施形態では、 $\text{CO}_2$  の濃縮された中間生成物が、異なる圧力および温度に置かれてもよく、 $\text{CO}_2$  は、中間生成物流れの一部にすぎなくてもよい。

20

【 0 0 6 4 】

[0071] 様々な実施形態によれば、封止された放出チャンバ 1 0 4 は、空気、窒素、または他の掃引ガス 3 2 2 で満たされてもよく、このガスは、掃引ガス入口 3 1 8 を介して掃引ガス源 3 2 0 から提供されてもよい。チャンバ 1 0 4 は、大半の背景ガスを除去するために、真空に、または部分的に真空にされてもよい。いくつかの実施形態では、放出チャンバ 1 0 4 は、再生の前に真空にされてもよく、または他のやり方で準備されてもよい。収着剤材料 1 1 0 は、開放空気中の  $\text{CO}_2$  を大量に取り込み、湿分および/または熱に暴露された後、または化学物質に接触させられた後に、放出チャンバ 1 0 4 の内側で  $\text{CO}_2$  を放出する。その結果、真空ステップまたは他の準備ステップが、熱および湿分が導入される前に行われるので、真空ステップまたは他のそれらのステップ中に、 $\text{CO}_2$  損失を最小にすることができる。

30

【 0 0 6 5 】

[0072] 先に検討したように、様々な実施形態によれば、収着剤 1 1 0 は、捕捉された  $\text{CO}_2$  を、熱および/または湿分が加えられたことに応答して放出する。熱は、様々な供給源から得ることができる。多くの用途において、熱源の温度は 1 0 0 を十分に下回ってもよいことから、熱の質は非常に低くてよい。熱源は、地熱、より高温の地熱が何らかの他の用途に使用された後の廃棄地熱の残り、発電所および他のエネルギー消費体からの残留熱、太陽熱、および太陽光パネルの冷却から回収される熱を含んでもよいが、これらに限定されない。太陽熱は、たとえば、放出チャンバ 1 0 4 の周りに太陽熱を捕捉するように設計されたチャンバを含めることによって加えられてもよい。

40

【 0 0 6 6 】

[0073] いくつかの実施形態では、受動的回収装置 1 0 0 の産出物（たとえば、生成物流れ 3 2 6）と併用される  $\text{CO}_2$  圧縮システムにより生成される廃熱が、放出チャンバ 1 0 4 を加熱するために再利用されてもよい。他の実施形態では、チャンバ 1 0 4 内で凝縮することが可能な水蒸気として湿分を送達することによって、熱が導入されてもよい。他の実施形態では、熱交換器を介して熱が送達されてもよい。いくつかの実施形態では、熱および湿分の供給源は、チャンバ 1 0 4 の外側の機器から導かれてもよい。他の実施形態では、熱源は、放出チャンバ 1 0 4 内に組み込まれてもよい。チャンバは、濃縮ガス 3 2 4 の生成物流れ 3 2 6 用の出口点とともに凝縮水用の出口点を有してもよい。 $\text{CO}_2$  濃縮ガ

50

ス 3 2 4 は、さらなる処理に備えて、生成物流れ 3 2 6 としてチャンバから取り除かれる。  
【 0 0 6 7 】

[0074]本明細書の文脈において、放出媒体 3 1 6 は、収着剤材料 1 1 0 から  $\text{CO}_2$  の放出を刺激する材料または物質である。湿度スイング収着剤材料 2 2 0 の場合には、放出媒体 3 1 6 は、液状水またはスチームであってもよい。他の実施形態では、放出媒体 3 1 6 は、その特定の収着剤材料 1 1 0 に適合する任意の他の溶液または物質であってもよい。さらに、本明細書および添付の特許請求の範囲の文脈において、放出媒体エミッタ 2 1 0 は、放出媒体 3 1 6 と、 $\text{CO}_2$  でいっぱいになった収着剤材料 1 1 0 との相互作用を促進するように構成された装置である。例示的な放出媒体エミッタ 2 1 0 は、ミスト発生器、ノズル、霧発生器、液体ジェット、収着剤を中に通す放出媒体のリザーバ、スチームノズルなどを含むが、これらに限定されない。

10

【 0 0 6 8 】

[0075]放出媒体 3 1 6 としてのスチームの使用は、湿度スイング収着剤に加えて、一部の熱スイング収着剤材料に対して使用可能であることから、他の放出媒体 3 1 6 に勝る特定の利点を提供する。スチームは、熱を収着剤に伝え、さらに水の抽出を抑制する。

【 0 0 6 9 】

[0076]放出媒体 3 1 6 が液体の形を取る実施形態では、エミッタ 2 1 0 による付与中、または付与後（たとえば、スチームが冷却され凝縮して液状水になったときなど）に、収着剤再生システム 3 0 6 は、1 つまたは複数の液体抽出器 3 1 3 をさらに含んでもよく、この液体抽出器 3 1 3 は、液体の放出媒体 3 1 6 が  $\text{CO}_2$  の放出を刺激した後に、それを回収し、チャンバ 1 0 4 から取り除いて、廃棄するか、すぐに再利用するか、再利用に備えて調整する（たとえば、不純物を除去するなど）か、もしくは  $\text{CO}_2$  貯蔵媒体とするかを行うように構成された装置および/またはシステムである。さらに、放出媒体 3 1 6 として水蒸気を利用する実施形態は、チャンバ内側での凝縮によって生産される液状水を除去するための 1 つまたは複数の液体抽出器 3 1 3 も備えてよい。

20

【 0 0 7 0 】

[0077]液体抽出器 3 1 3 は、ポンプを介して放出媒体リザーバに接続されてもよい排出路を、チャンバ 1 0 4 の下部に備える。回収された液状水は、繰り返し使用するためにポンプによってリザーバに戻されて、回収装置 1 0 0 を動作させるために必要な水の全量を減らし、利用可能な水が少ない環境で回収装置 1 0 0 を利用可能にしてもよい。

30

【 0 0 7 1 】

[ 0 0 7 8 ] いくつかの実施形態では、生成物流れ 3 2 6 は、放出チャンバ 1 0 4 の内側に導入された掃引ガス 3 2 2 で濃縮ガス 3 2 4 を押しのけることによって生成されてもよい。いくつかの実施形態では、掃引ガス 3 2 2 は大気空気であり、他の実施形態では、掃引ガス 3 2 2 は容易に入手可能な別のガスである。

【 0 0 7 2 】

[0079]いくつかの実施形態は、掃引ガス 3 2 2 としてスチームを利用してもよく、スチームは特定の利点を提供することができる。スチームの使用により、再生チャンバ内で温度操作するための手段が提供される。スチームを注入することにより温度を上昇させることができ、スチームを排出することにより、チャンバおよびその内容物を意図的に冷却することができる。さらに、（低分圧では水蒸気と呼ばれる）スチームなど、水の飽和した掃引ガスを使用することにより、有利なことに、湿度スイング収着剤が水を放出しないようにし、これにより装置 1 0 0 の全体的な効率を上げることができる。

40

【 0 0 7 3 】

[0080]上に述べたように、いくつかの実施形態では、捕捉された  $\text{CO}_2$  3 1 4 を収着剤 1 1 0 から放出して、 $\text{CO}_2$  を貯蔵するのに十分なアルカリ度を有する水溶液にすることが可能である。例は、溶液全体で数パーセントの  $\text{CO}_2$  と平衡な、豊富なレベルの重炭酸塩を有することができる炭酸ナトリウムまたは炭酸カリウムである。事実上、材料 1 1 0 と接触させられる溶液が、湿度スイングを促進するが、次いで  $\text{CO}_2$  を閉じ込める。

【 0 0 7 4 】

50

[0081]具体的な例として、陰イオン交換樹脂を利用する実施形態では、第四級アンモニウムイオンが強塩基樹脂を形成し、この樹脂において陽イオンがポリマーマトリクスに固定され、その一方で陰イオン、すなわち水酸化物( $\text{OH}^-$ )は、自由に動く。乾燥樹脂が二酸化炭素を取り込むと、水酸化物イオンは重碳酸塩になる( $\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HCO}_3^-$ )。いっぱいになると、樹脂は放出チャンバ104に囲まれ、ここで濡らされる。濡れた樹脂は、 $\text{CO}_2$ を放出し、分離して炭酸塩にする( $2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )。イオン水和は、 $\text{CO}_2$ の親和を促進し( $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ )、その一方で、水分含量により平衡が促進される。次いで、 $\text{CO}_2$ でいっぱいになった液体が、他の場所での処理のために、または継続的に貯蔵されるために、チャンバ104から取り除かれてもよい。

10

【0075】

[0082]いくつかの実施形態では、 $\text{CO}_2$ を含むわずかなガス流を上昇させるために、 $\text{CO}_2$ を放出する前にチャンバ104から空気が取り除かれてもよい。選択肢には、熱および/または湿分とともに真空を使用することが含まれてもよい。さらに、湿分は、 $\text{H}_2\text{O}$ もしくは他の物質として、または添加物を有する $\text{H}_2\text{O}$ として導入されてもよい。

【0076】

[0083]いくつかの実施形態では、放出チャンバ104は、再生段階中または放出段階中に少なくとも部分的に真空にされてもよい。これらの実施形態では、蓋114と放出チャンバ104との間の封止により、内側に流入するガスを最小にすることが重要になる。この目的のために、蓋114とチャンバ104の上部との間にガスケット315が存在してもよい。ガスケット315を蓋114の下部に取り付けることにより、ほこりの蓄積から蓋を保護しやすくなることがある。いくつかの実施形態では、封止は、蓋114の縁部周りにリムを付けることによってさらに改善され、このリムにより、蓋114が閉じられたとき、蓋114の縁部周りに細いくぼみができる。このくぼみは、水で満たされることが可能であり、これにより、閉鎖されたチャンバ104に空気が入ることが効果的に防止され、流入が容易に検出される。流れに対する抵抗は空気に対してよりも液体に対する方がはるかに大きいことから、チャンバ104に流入する残りの流れは、大幅に低減される。

20

【0077】

[0084]収着剤110の再生中、 $\text{CO}_2$ 分圧が周囲レベルより高くされる。放出チャンバ104が実質的に真空にされる実施形態では、次いで存在する水蒸気が掃引ガス322として作用してもよい。このことは、ガスが1つのチャンバ104から別のチャンバに流入するために、掃引ガス322が入る流路から掃引ガスが排出される流路までの温度(およびこれに伴って水蒸気圧)を調整する必要があることを意味する。少なくとも、温度変動は、再生プロセス中に生じる $\text{CO}_2$ の圧力上昇を補償しなくてはならない。

30

【0078】

[0085]放出チャンバ104が垂直に位置合わせされたドラムの形状を有する実施形態など、いくつかの実施形態では、混ぜ合わされた流れパターンが、捕捉構造体の中心の開口部(たとえば、円板形タイル200の孔202など)に沿って軸方向にガスを送り、チャンバ104の円筒形の壁に沿った環状の領域に沿ってガスを戻し、チャンバ104のすべての水平レベルにおいて、中心流れから外側の環状の流れに対して径方向の空気流を生じさせる。このような実施形態では、垂直区分の流れが受ける流れ抵抗はほとんどなく、一方で径方向のつながりが、主な流れインピーダンスである。その結果、それぞれのレベルは、同じ圧力降下を受け、したがって同様の流量に置かれることになる。流れに対するインピーダンスは、内側の流れ円筒および環形状を通る外側の流れ経路の周りに、小さい開口のある壁を形成することによって維持されることが可能である。他の選択肢は、チャンバ104の主要部分を通して軸方向に移動し、収着剤材料の重なりとチャンバ104の壁との間の環状キャップを通して戻る流れを含む。

40

【0079】

[0086]いくつかの実施形態では、放出された $\text{CO}_2$ は集められて、放出チャンバ104を通して流れるガス流れにされてもよい。ガスは、機械的手段によって収着剤上を再循環

50

させられてもよい。このガスは、主に水蒸気および二酸化炭素であってもよく、または空気のほとんどの成分を含有していてもよく、純粋な窒素を含んでもよく、または掃引ガス 3 2 2 として選択された任意の他のガスであってもよい。さらに、チャンバを通る空気流は、加熱空気を収着剤に導くポンプ、ファン、またはブロワーと、CO<sub>2</sub>の豊富な空気をチャンバから抽出する別のファンとによって制御されてもよい。

【0080】

[0087]いくつかの実施形態では、機械的に押しやられた加熱ガス流は、収着剤上を流れ、湿分および熱を用いて、周囲空気の圧力を大幅に超える分圧において収着剤からのCO<sub>2</sub>の放出を引き起こす。高い分圧が最も望ましい。様々な実施形態によれば、同様のチャンバにおいて実現された圧力は、0.1 kPa ~ 8 kPa にわたる。

10

【0081】

[0088]チャンバ 1 0 4 の内側の捕捉構造体 1 0 6 の収着剤材料 1 1 0 からCO<sub>2</sub>が放出された後、CO<sub>2</sub>は混合されて濃縮ガス 3 2 4 が生成される。様々な実施形態によれば、濃縮ガス 3 2 4 はその後、生成物出口 1 1 8 を通って生成物流れ 3 2 6 としてチャンバ 1 0 4 から取り出される。いくつかの実施形態では、生成物出口 1 1 8 は弁であってもよく、他の実施形態ではポンプを備えてもよい。生成物出口 1 1 8 は、放出チャンバ 1 0 4 の内側と流体連通している。

【0082】

[0089]示してあるように、回収装置 1 0 0 は制御システム 3 2 8 をさらに備える。様々な実施形態によれば、制御システム 3 2 8 は、回収装置 1 0 0 の循環動作を担う。本明細書および添付の特許請求の範囲の文脈において、制御システム 3 2 8 は、回収装置 1 0 0 を循環的に動作させて大気からCO<sub>2</sub>を捕捉し、それを放出チャンバ 1 0 4 内に放出させるための一連の所定の命令を実行可能な装置である。例は、組込みシステム、従来のコンピュータシステム、モバイル装置などを含むが、これらに限定されない。制御システム 3 2 8 は、情報を提供する（たとえばセンサなど）か、動作を実行する（たとえば、アクチュエータ 1 2 0、収着剤再生システム 3 0 6 など）様々な構成要素に通信可能に接続される。いくつかの実施形態では、制御システム 3 2 8 は、さらなる機能を担ってもよい。いくつかの実施形態では、制御システム 3 2 8 は、回収装置 1 0 0 を無人で運転できるようにする回収装置 1 0 0 の自動化を実現してもよい。

20

【0083】

[0090]回収装置 1 0 0 は、装置 1 0 0 の効率的な動作のためのアルゴリズムで構成されたプロセッサに接続される 1 つまたは複数のセンサ 3 3 0（たとえば、CO<sub>2</sub>センサ、湿度センサ、温度センサ、空気流センサ、光センサなど）をさらに含んでもよい。受動的回収装置 1 0 0 は、捕捉構造体 1 0 6 の上げ下げのための機械的作業を実行するアクチュエータ 1 2 0 または他の手段をさらに備えてもよい。また、受動的回収装置 1 0 0 は、遠隔監視および遠隔操作のための通信機器も備えてよい。いくつかの実施形態では、受動的回収装置 1 0 0 は、必要に応じて周囲条件 3 3 2 に適合する自律動作を行うように構成されてもよい。電力はバッテリーを介して直接供給されてもよく、またはたとえば太陽光、風、もしくは熱電などの再生可能資源から供給されてもよい。

30

【0084】

[0091]様々な実施形態によれば、センサ 3 3 0 を使用して 1 つまたは複数の測定が行われてもよく、信号 3 3 4 が制御システム 3 2 8 によって観察される。これらの測定は、風速および他の天候データ、チャンバの内外湿度、時間、CO<sub>2</sub>除去ガス割合、チャンバ 1 0 4 の内部温度、（障害物を検出するための）流速、構成要素の動作不良および/または動作中の不安定、外気温および内気温などを含んでもよいが、これらに限定されない。この情報を使用して、制御システム 3 2 8 は、検出された周囲条件または内部条件に応じて 1 つまたは複数の動作を実行するように構成されてもよい。これらの動作は、強風または過剰な湿分のためにタイル 1 0 8 を下げるための命令、暴露時間を変えるためにタイル 1 0 8 を上げ下げするための時間指定命令、開始、停止、流量の増大または削減、CO<sub>2</sub>付着量に応じて放出チャンバ 1 0 4 内での時間の延長または短縮を含んでもよいが、これら

40

50

に限定されない。

【 0 0 8 5 】

[0092]いくつかの実施形態では、受動的回収装置 1 0 0 は、温度 3 3 6、湿度 3 3 8、および/または風速 3 4 0 などの特定の状況または周囲条件 3 3 2 に適合するように熱および湿分の送達を調整するように構成されてもよい。たとえば、砂漠での高温で乾燥した日中には、追加の熱を使用することなく装置 1 0 0 の性能が最適化されてもよく、一方で相対湿度が上昇する夜間には、放出チャンバ 1 0 4 で再循環するガスを加熱することが有利な場合がある。いくつかの実施形態では、回収および/または放出中のこの調整は、制御システムに人工知能を適用することにより強化されてもよい。

【 0 0 8 6 】

[0093]受動的回収装置 1 0 0 のいくつかの実施形態は、収着剤 1 1 0 からの最良な反応を生成するように開発されたアルゴリズムを利用してもよい。これらのアルゴリズムは、加熱と湿分の使用を効率的に組み合わせるように設計される。これらのアルゴリズムは、性能と運転コストとのバランスを最適化し、それにより CO<sub>2</sub> 送達を最適な速度と最適な分圧で最適化するように水と熱が導入される。様々な実施形態によれば、最適化は、周囲温度、収着剤 1 1 0 の付着状態、天候条件、熱および水のコスト、および他の関連パラメータを考慮してもよい。いくつかの実施形態では、チャンバ 1 0 4 内の CO<sub>2</sub> 放出の温度を、周囲温度より高くすることが目的にされてもよい。最適な温度は、環境条件および当該材料の耐熱性に依りて異なり、また利用可能な熱のコストによって影響を受けることもある。特定の実施形態では、範囲は、周囲温度 ~ 1 5 0 であるが、好ましくは収着剤に依りて、4 5 ~ 5 0 の範囲で動作してもよい。多くの収着剤について、この温度範囲はなお十分であり、熱のコストは比較的少ない。収着剤 1 1 0 は、水で飽和され加熱されると、放出チャンバ 1 0 4 の密閉体積内に CO<sub>2</sub> を放出することになる。

【 0 0 8 7 】

[0094]様々な実施形態によれば、制御システム 3 2 8 は、人工知能システム 3 1 7 ( A I S ) をさらに備えてもよく、またはこれにより命令されてもよく、この人工知能システム 3 1 7 は、産出を最大化し、天候条件および装置 1 0 0 の物理状態により異なる最適化を学習するために、装置 1 0 0 の性能を監視し、その性能を反復的に適合させる。この A I S 3 1 7 は、効率を向上させ、エネルギーコストを削減し、メンテナンスを少なくする。たとえば、装置 1 0 0 の制御システム 3 2 8 に接続された A I S 3 1 7 は、特定の警告が重大ではないことを「学習」してもよく、特定の警告の動作を調整しそれに対して通知を提供する。応答を必要とする警告を減らすことは、運転コスト削減に大きく貢献する。

【 0 0 8 8 】

[0095]制御システム 3 2 8 は、液体/霧/スチームの形で水分を加える速度、内部温度、掃引ガスの流量、生成物ガスを抜き出すポンピング速度、空気への暴露のタイミング、放出チャンバ 1 0 4 内での時間などを含むがこれらに限定されない 1 つまたは複数の動作もしくは特性を制御するように構成されたソフトウェアを利用してもよい。このソフトウェアは、収量、水消費量、および/またはエネルギー消費量などの様々な特性を最適化するように構成されてもよい。

【 0 0 8 9 】

[0096]自動化システムは、風/天候の測定および反応、CO<sub>2</sub> 回収モニタリング、自動的に時間指定された捕捉構造体 1 0 6 および/または支持構造体 1 0 8 の移動、水および空気の制御システム、温度測定および制御、内部流れ測定、他のシステムの機能に適合するためのタイミング制御などをさらに含んでもよいが、これらに限定されない。

【 0 0 9 0 】

[0097]いくつかの実施形態では、受動的回収装置 1 0 0 は、空気流を修正しかつ/または装置 1 0 0 の様々な側面を保護するための一連のバップルをさらに備えてもよい。本明細書および添付の特許請求の範囲の文脈において、バップルは、少なくとも部分的に空気流を遮り、方向変更できるようにするか、空気流を集中させることが可能な少なくとも 1 つの表面を有する構造体である。また、いくつかのバップルは、少なくとも部分的に光り

10

20

30

40

50

を遮ってもよく、感応性のある収着剤材料を保護するために使用されてもよい。例は、帆、壁、フィン、翼などを含むが、これらに限定されない。剛性のバッフルもあれば、可撓性のバッフルもあってよく、または剛性フレームに取り付けられた可撓性のある表面を備えてもよい。いくつかの実施形態は、バッフルを使用して、局所的な空気流れに乱流を導入し、またはそれを強化して、収着剤材料に対する暴露を増大させてもよい。

#### 【0091】

[0098]様々な実施形態によれば、バッフルは様々な文脈で利用されてもよい。いくつかの実施形態では、1つまたは複数のバッフルが、捕捉装置100の外部で使用されてもよい。たとえば、以下でさらに検討する図4に示すバッフル408を参照されたい。他の実施形態では、捕捉装置100内に、またはその一部として、1つまたは複数のバッフルが実装されてもよい。たとえば、一実施形態では、タイル108が中心孔202の上方およびその周りに1つまたは複数のバッフルを有して、空気流を促進かつ/または制御してもよい。別の実施形態では、有害なUV光に対する暴露から収着剤材料110を保護するために、タイル108上でバッフルが使用されてもよい。さらに、捕捉構造体106が回収構成300のときに空気の乱流が増大され、空気流が収着剤110に向かうように、タイル108上でバッフルが使用されてもよい。

10

#### 【0092】

[0099]いくつかの実施形態では、バッフルは関節付きであってもよく、異なる周囲条件に反応するようにさらに機械化され、プログラムにより可動にされてもよい。いくつかの実施形態では、バッフルは、空気流および湿分分配を増大させるために、チャンバ104内で底部にかつ側面に沿って存在してもよい。しかし他の実施形態では、受動的回収装置100はバッフルを全く利用しなくてもよい。

20

#### 【0093】

[00100]受動的回収装置100は独立型であってもよく、または2つ以上の集積型回収装置100から構成された受動的回収クラスタ402、もしくは少なくとも1つのクラスタ402を含む受動的回収システム400など、より大きい空気捕捉システムの主軸であってもよい。完全な受動的回収システム400は、2つの回収装置100の周りに構築されてもよく、または数千個の回収装置100の相互接続された複雑なネットワークを備えてもよい。一実施形態では、5個~20個の回収装置100の相互接続されたシステムが、受動的回収クラスタ402を構成し、他の実施形態では、クラスタ402は、調和して稼働する単に2つの装置100であってもよい。いくつかの実施形態では、受動的回収クラスタ402は、スキッドに取り付けられた、自己完結型システムを備えるブロックであってもよいが、現地で建設されることも可能である。

30

#### 【0094】

[00101]図4は、複数の受動的回収クラスタ402を備えた、大気二酸化炭素の受動的回収のためのシステム400の概略図である。本明細書の文脈において、受動的回収システム400は、複数の回収装置100もしくは単一の回収装置と、内部処理のための関連するハードウェア、接続部、制御システム、およびソフトウェアと、回収装置100の産出物を事後処理するための付属機器、制御システム、およびソフトウェアなどを組み合わせたものである。システム400とクラスタ402を区別するため、システム400は、少なくとも1つのクラスタ402から構成されるが、クラスタ402は少なくとも2つの装置100から構成される。さらに、受動的回収システム400は、特に密に接続され、1つまたは複数のクラスタ402にまとめられた回収装置100のセットである。たとえば、受動的回収システムは、ともに結束されて、単一のスキッドに取り付けられコンテナ化されたサブシステムにされてもよい。システムおよびクラスタという用語の使用は、部分的に重複する。受動的回収クラスタ402は、通常、受動的回収システム400よりも密に接続される。

40

#### 【0095】

[00102]回収装置が相互接続されて受動的回収システム400にされ、このシステム400は、再生を連係させることにより、ほぼ継続的に生成物流れ406を作り出すことが

50

できる。この継続的な生成物流れ406は、ほぼ空のユニットから、より高い付着量をなお示すユニットを通して生成物ガスを掃引することにより、増大させることができる。たとえば、一実施形態では、クラスタ402の回収装置100aはほぼ空であってもよく、その生成物ガスを、(同じクラスタ402内の)付着量がより高い隣接する回収装置100b内に掃引させてもよい。装置100aと100bは、互いに流体連通しており(たとえば、装置100bは、装置100aの生成物出口118と流体連通しており)、ある意味で掃引ガス源を共有している。

#### 【0096】

[00103]受動的回収システム400またはクラスタ402を使用することにより、継続的な生成物流れ406を提供することができ、この生成物流れは融通が利き、変化する天候および気候の条件に合わせて調整することができる。いくつかの実施形態では、システム400および/またはクラスタ402は制御システム404を備えてもよく、この制御システム404は、個々の装置100の制御システム328の代わりであってもよく、またはそれとともに動作してもよい。制御システム404は、そのようなシステム400を継続的に動作させるために、順番に装置を動作させるように構成され、周囲空気に関して典型的な400百万分率から、数パーセント、すなわち1~10%の範囲に、効率的にCO<sub>2</sub>をアップグレード可能にしてもよい。本明細書において企図するシステムおよび方法の利点は、エネルギーコストを最小に抑え、変化する条件下で最適に動作できることである。上述した個々の装置100の制御システム328に関して企図された動作および測定

10

20

#### 【0097】

[00104]いくつかの実施形態では、受動的回収システム400の個々の回収装置100は、様々な手段によって定位置に保持されてもよく、再生している一連の回収装置100を介して1つの受動的回収装置100から濃縮ガス324を取り出すことが可能になるようなやり方で相互接続されてもよい。ガスハンドリング、水、スチーム、または電力のハンドリングの接続は、すべての回収装置100の間で、またはそれらのサブセットの間で、必要に応じて切り替えられてもよい。選択肢として、回収装置100は、個々の回収装置100、回収装置100のクラスタ402、クラスタのクラスタ、クラスタのシステムといった階層構造に組織されてもよい。

30

#### 【0098】

[00105]受動的回収システム400は、回収装置100に掃引ガスを流入させるプロセスユニットのシステムを備えてもよく、または代替的に、回収装置100を真空にし、そこからCO<sub>2</sub>を引き出すためのプロセスユニットのシステムを備えてもよい。これらのプロセスユニットは、配管、ポンプ、ファン、弁、センサ、アクチュエータ、制御ソフトウェア、および回収装置100の相互接続に必要な他の構成要素を含んでもよい。さらに、受動的回収システム400は、回収装置100に水を送達し、廃水を回収し、かつ/または水を回収および再循環するための配管および弁のシステムを含んでもよい。

#### 【0099】

[00106]いくつかの受動的回収システム400および/またはクラスタ402は、共有資源を備えてもよい。たとえば、図4に示してあるように、いくつかの実施形態では、複数の受動的回収装置100が同じアクチュエータ120を共有して、回収構成300と放出構成312との間でそれぞれの捕捉構造体106を動かしてもよい。このアクチュエータ120は、歯車、アーム、プーリーなどの機械的装置、および/または当技術分野で知られている任意の他の機械的装置を使用して、複数の装置100間で共有されてもよい。

40

#### 【0100】

[00107]いくつかの実施形態では、受動的回収システム400は、放出媒体316を複数の回収装置100に送達するための共有システムを備えてもよく、他の実施形態では、それぞれの受動的回収装置100が、それ自体の資源を有してもよい。また、受動的回収システム400は、複数の回収装置100を定位置に保持する支持構造体も備えてよい。

50

支持構造体は、基礎、捕捉構造体 106 を上げ下げするための上部構造体を保持するためのテント状構造体、日光からの保護、およびシステムを通るように様々なやり方で風を案内するためのパネルを含んでもよいが、これらに限定されない。

#### 【0101】

[00108]図4に示してあるように、いくつかの実施形態では、受動的回収システム400は、捕捉装置100の収着剤材料に対する暴露を増大させるために空気流を方向変更するための1つまたは複数のパッフル408をさらに備えてもよい。いくつかの実施形態では、これらのパッフル408は、関節付きであってもよく、周囲条件(たとえば、風向き、空の太陽の位置、天候など)の変化に合わせて調整されるように構成されてもよい。パッフル408は、個々の捕捉装置100の文脈においても同様に利用されてよいことを、当業者は認識するであろう。

10

#### 【0102】

[00109]さらに、いくつかの受動的回収システム400および/またはクラスタ402は、自動化システムを利用してもよい。自動化システムは、風/天候の測定および反応、CO<sub>2</sub>回収モニタリング、自動的に時間指定されたタイル108および蓋の移動、水および空気の制御システム、温度測定および制御、内部流れ測定、同じシステムまたはクラスタ内の他の回収装置100の機能に適合するためのタイミング制御、ブローダウン制御、ならびに個々の装置100に関して本明細書において企図する任意の他の自動化を含んでもよいが、これらに限定されない。

#### 【0103】

[00110]以下の検討は、一実施形態による、熱および湿分に対して感応性のある収着剤タイル108を利用する受動的回収装置100の動作を、限定するのではなく例示することを意図している。受動的回収装置100の稼働サイクルは、すべての収着剤タイル108が放出チャンバ104の内側にありCO<sub>2</sub>を含まない状態の閉鎖位置から開始される。(この文脈において「含まない」とは、乏しいことを意味する。収着剤には残留CO<sub>2</sub>が存在する場合があります、または収着剤スイングが炭酸塩と重炭酸塩との間で行われる場合には、完全に何も含まない状態の収着剤でさえ、たとえば炭酸塩としてCO<sub>2</sub>を含む。)蓋がアクチュエータ120によって引き上げられ、タイル108が重なり合っているチャンバから、動くタイル108をすべて持ち上げて、タイル108がすべて少なくとも1つの折りたたみ可能支持体112から垂れ下がっている状態の回収構成300にする。蓋114が最上部の位置に到達すると、すべての収着剤タイル108が空気の動きに暴露される。タイル108間には隙間があり、それにより空気はすべてのタイル108全体に流れることができ、捕捉段階が開始される。気候条件および選ばれた収着剤に基づき、CO<sub>2</sub>捕捉段階の暴露時間を変更してもよい。湿度スイングの場合には、タイル108が多少の湿分を放出し、CO<sub>2</sub>を結合する。再生中に湿分に暴露される他の収着剤の場合も同様であってよい。収着剤を(たとえば、弱いスチームの形の)湿分に暴露する1つの理由は、収着剤がエネルギーを多く消費して水分を分離させることを防止するためである。これは、水分の存在自体がCO<sub>2</sub>の放出を刺激する湿度スイングとは異なる。

20

#### 【0104】

[00111]暴露後、蓋114が再び下げられる。蓋が放出チャンバ104を閉じるとすぐに、回収が開始される。湿度スイング収着剤の例では、収着剤タイル108は、十分な湿分を結合してCO<sub>2</sub>の放出を引き起こす。ここでチャンバ内の空気にはCO<sub>2</sub>が濃縮されており、これが生成物出口118を通して引き出される。タイル108は、何も含んでいない状態になると再び引き上げられ、収着剤110が乾燥するにつれて、再び空気からCO<sub>2</sub>を回収するサイクルが開始されることになる。凝縮した水は、ヒートシンクに送り返されるか、流し出される。生成物流れ326においてCO<sub>2</sub>濃度が徐々に低下するのを回避するために、複数の回収装置100をとまとめることが可能であり、この場合、ほぼ空の受動的回収装置100から、CO<sub>2</sub>の平衡濃度がまだ高い受動的回収装置100に、掃引ガスが流入する。このように送達される生成物流れ326の濃度は、ほぼ満載の樹脂の濃度に近い。

30

40

50

## 【 0 1 0 5 】

[00112]いくつかの実施形態では、装置 1 0 0 または回収装置 1 0 0 のクラスタ 4 0 2 は、他の機器の上方に引き上げられてもよい。これは、専有面積および土地利用を低減するためであり、かつ/または高い位置で回収するほど空気流が増大する地形もあることから、回収を強化するためである。

## 【 0 1 0 6 】

[00113]いくつかの実施形態では、受動的回収システム 4 0 0 は、風を案内するためのパネルを含んでもよい。これらのパネルまたは帆状構造体の目的は、風速に関して受動的回収装置 1 0 0 の動作範囲を広げるために、風を受動的回収装置 1 0 0 に向けて、またはそれから離れるように案内することである。低い風速では、空気が受動的回収装置 1 0 0 に送り込まれ、高い風速では、空気が逸らされる。上記パネルは、システム 4 0 0 またはクラスタ 4 0 2 の文脈外で、単一の回収装置 1 0 0 とともに使用されることも可能である。

10

## 【 0 1 0 7 】

[00114]様々な実施形態によれば、受動的回収システム 4 0 0 は、回収装置 1 0 0 に電力供給し、それを管理する電気システム、センサシステム、および制御システムも備えてよい。いくつかの受動的回収システム 4 0 0 は、生成物流れ 3 2 6 の品質を向上させるためのアップグレードシステムも備えてよい。いくつかの実施形態では、受動的回収システム 4 0 0 は、CO<sub>2</sub>濃度が 0 . 1 % ~ 9 5 % の範囲またはそれ以上の乾燥した CO<sub>2</sub> / 空気の混合物を送達するように構成されてもよい。いくつかの受動的回収システム 4 0 0 は、CO<sub>2</sub>を第 2 の収着剤に結合させるためのシステムを利用してよく、この第 2 の収着剤から、純粋な CO<sub>2</sub> が生成されてもよい。他の受動的回収システム 4 0 0 は、ほぼ純粋な CO<sub>2</sub> と水蒸気になる低圧流から開始されるシステムを使用してよく、次いでこの低圧流が乾燥および圧縮されて、CO<sub>2</sub> の純粋な濃縮流れが生成される。さらに他の受動的回収システム 4 0 0 では、CO<sub>2</sub> を溶かして炭酸塩 / 重炭酸塩の溶液にするシステムが使用されてもよい。いくつかの受動的回収システム 4 0 0 は、システム産出物をアップグレードするために複数のシステムを利用してよく、しかし、回収装置 1 0 0 およびシステム 4 0 0 は、大気から CO<sub>2</sub> を回収し、それを下流の用途に有用な形で提供するように設計されていることが、当業者には明らかなはずである。回収装置 1 0 0 およびシステム 4 0 0 は、収着剤材料の選択または意図する下流の用途によって決して限定されない。

20

## 【 0 1 0 8 】

[00115]上記の例、実施形態、および実装形態が例を参照する場合、他の受動的回収の装置、システム、および方法、および例が、提供された受動的回収の装置、システム、および方法、および例と混合されてもよく、またはそれに置き換えられてもよいことが、当業者に理解されるはずである。上の説明が、受動的回収の装置、システム、および方法の特定の実施形態を参照する箇所では、その趣旨から逸脱することなく、多数の修正が加えられてもよく、これらの実施形態および実装形態が、他の二酸化炭素回収の装置、システム、および方法に同じく適用されてもよいことが、容易に明らかなはずである。したがって、開示される主題は、本開示の趣旨および範囲、ならびに当業者の知識に含まれるこのような変更、修正、および変形をすべて包含することが意図される。

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

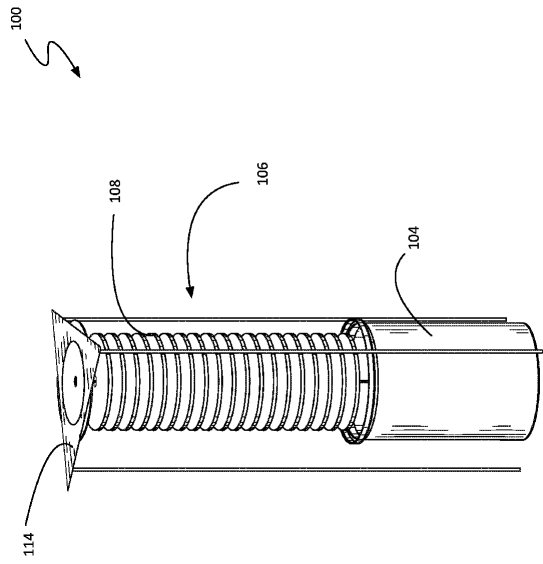


FIG. 1A

【図 1 B】

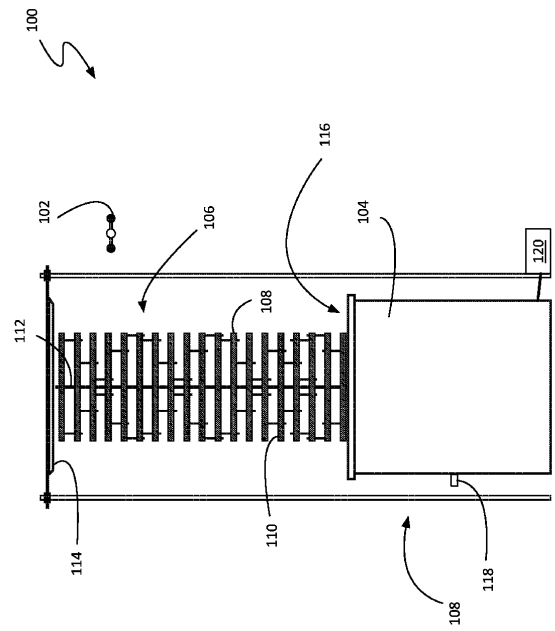


FIG. 1B

【図 2 A】

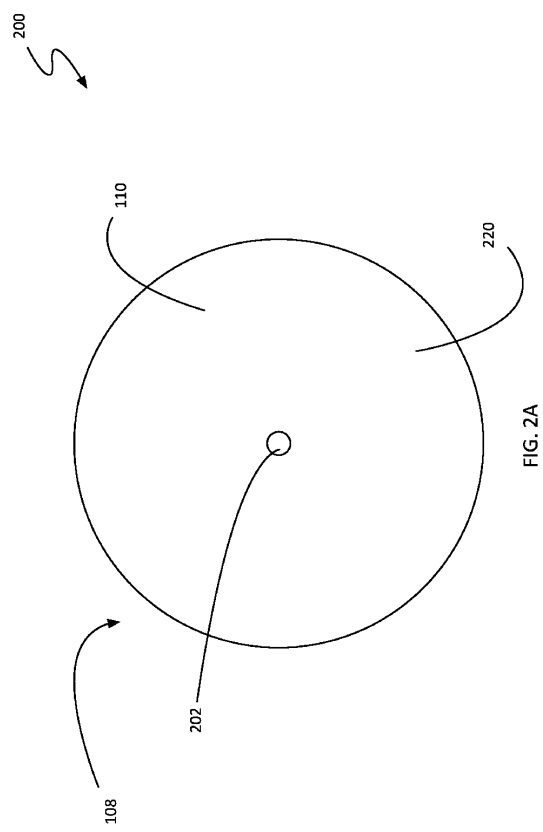


FIG. 2A

【図 2 B】

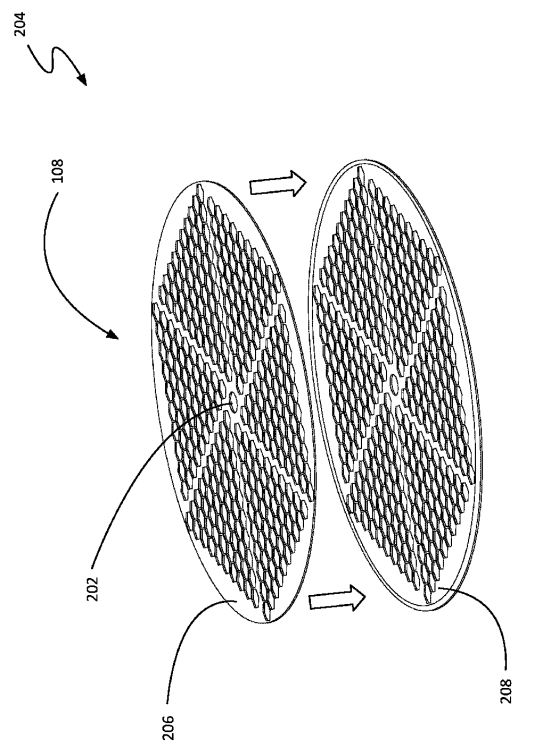


FIG. 2B

10

20

30

40

50

【 2 C 】

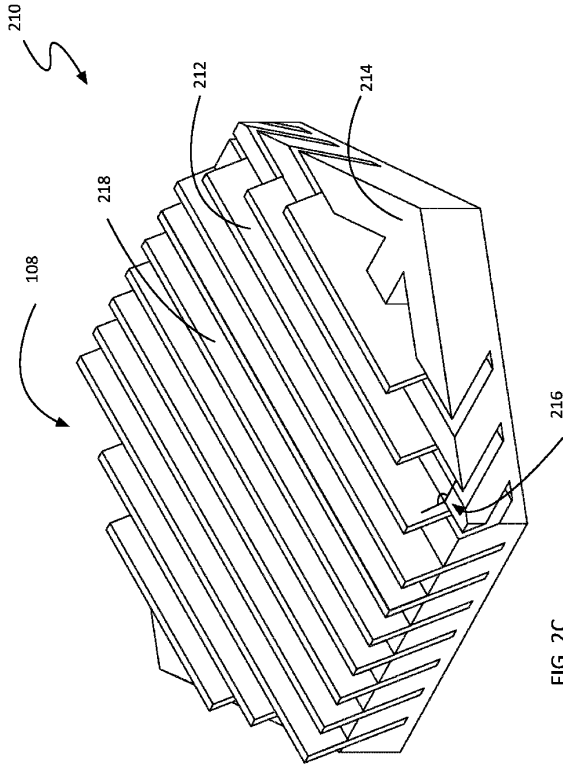


FIG. 2C

【 3 A 】

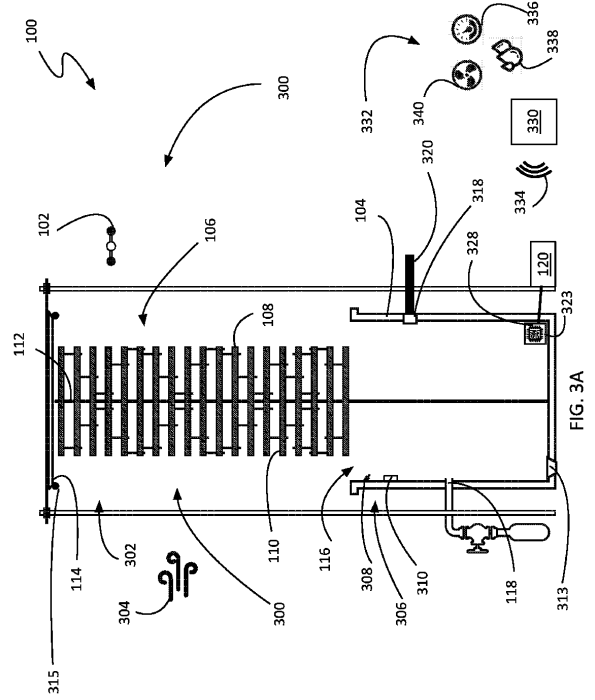


FIG. 3A

【 3 B 】

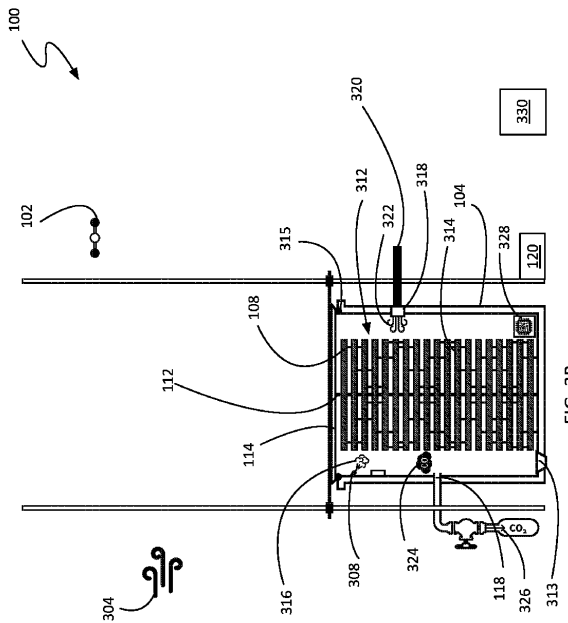


FIG. 3B

【 4 】

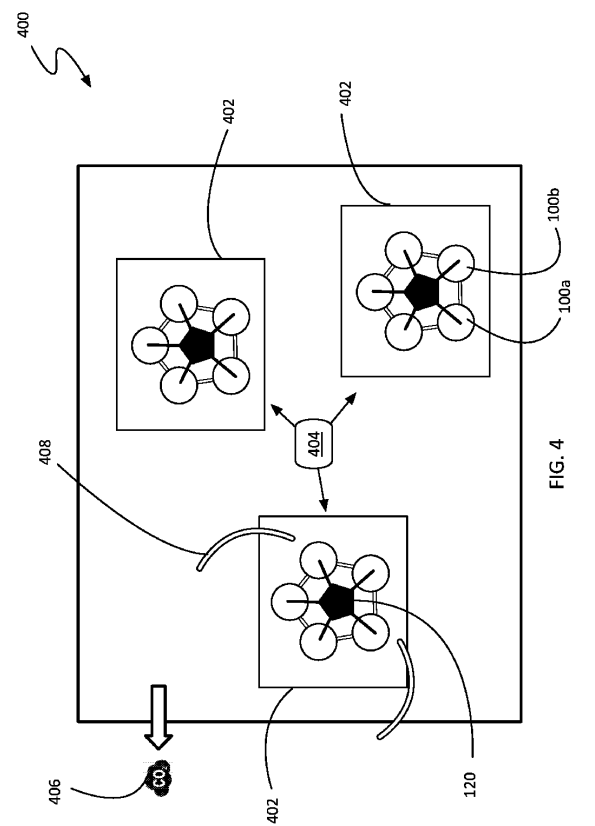


FIG. 4

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)

弁理士 宮前 徹

(74)代理人 100196508

弁理士 松尾 淳一

(74)代理人

竹内 茂雄

(74)代理人 100210398

弁理士 横尾 太郎

(72)発明者 ラックナー, クラウス

アメリカ合衆国アリゾナ州 8 5 8 2 3, パラダイス・バレー, イースト・バレー・ピスタ・レーン  
4 7 3 7

(72)発明者 ケディア, シュレーヤンス

アメリカ合衆国アリゾナ州 8 5 2 8 1, テンピ, イースト・オレンジ・ストリート 1 1 3 0, ア  
パートメント・3 1 3

(72)発明者 チョーダマニ, ベンカトラム

アメリカ合衆国アリゾナ州 8 5 2 8 1, テンピ, イースト・ユニバーシティ・ドライブ 1 2 5 5  
, ナンバー 1 7 0

(72)発明者 ページ, ロバート

アメリカ合衆国アリゾナ州 8 5 0 1 8, フェニックス, イースト・キャメルバック 4 4 5 0

審査官 河野 隆一郎

(56)参考文献 特表 2 0 1 2 - 5 2 0 7 6 6 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 1 9 2 5 6 0 ( J P , A )

特表 2 0 1 0 - 5 0 5 6 1 3 ( J P , A )

米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 8 9 0 7 5 ( U S , A 1 )

米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 7 4 8 0 3 ( U S , A 1 )

米国特許第 0 4 0 4 6 5 2 5 ( U S , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

B 0 1 D 5 3 / 0 0 - 5 3 / 9 6

B 0 1 J 2 0 / 0 0 - 2 0 / 3 4

A 6 1 L 9 / 0 0 - 9 / 2 2

F 2 4 F 8 / 0 0 - 8 / 9 9