

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6678663号
(P6678663)

(45) 発行日 令和2年4月8日(2020.4.8)

(24) 登録日 令和2年3月19日(2020.3.19)

(51) Int. Cl.	F I
BO1D 53/14 (2006.01)	BO1D 53/14 210
CO1B 32/50 (2017.01)	BO1D 53/14 220
	CO1B 32/50

請求項の数 9 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2017-519492 (P2017-519492)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成27年11月10日 (2015.11.10)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2018-502699 (P2018-502699A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成30年2月1日 (2018.2.1)		オランダ国 5656 アーヘー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/076225	(74) 代理人	100122769
(87) 国際公開番号	W02016/075148		弁理士 笛田 秀仙
(87) 国際公開日	平成28年5月19日 (2016.5.19)	(74) 代理人	100163809
審査請求日	平成30年9月20日 (2018.9.20)		弁理士 五十嵐 貴裕
(31) 優先権主張番号	PCT/CN2014/091055	(74) 代理人	100145654
(32) 優先日	平成26年11月13日 (2014.11.13)		弁理士 矢ヶ部 喜行
(33) 優先権主張国・地域又は機関	中国 (CN)		
(31) 優先権主張番号	14199571.2		
(32) 優先日	平成26年12月22日 (2014.12.22)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス捕捉装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基質から標的ガスを捕捉するための装置であって、

水を電気分解してヒドロニウムイオンと水酸化物イオンを生成するための生成器であって、

水を有する少なくとも一つの電解質を収容するためのコンテナと、

前記少なくとも一つの電解質の水の電気分解によって捕捉流体を生成するように適応される第一の電極を含む、前記コンテナに流体結合される第一の区画であって、前記捕捉流体は酸性でありヒドロニウムイオンを有するか、又は塩基性であり水酸化物イオンを有し、前記第一の区画は捕捉流体出口を有する、第一の区画と、

前記少なくとも一つの電解質の水の電気分解によって再結合流体を生成するように適応される第二の電極を含む、前記コンテナに流体結合される第二の区画であって、前記再結合流体は、前記捕捉流体が塩基性である場合は酸性でありヒドロニウムイオンを有するか、又は前記捕捉流体が酸性である場合は塩基性であり水酸化物イオンを有し、前記第二の区画は再結合流体出口を有する、第二の区画と、

ヒドロニウムイオンと水酸化物イオンの再結合を少なくとも抑制するよう構成されたイオン連絡構造と、

前記第一の区画及び前記第二の区画に流体結合される少なくとも一つの再生流体入口とを有する、生成器と、

交換器であって、

前記捕捉流体出口に流体結合される捕捉流体入口と、
 基質入口と、
 交換流体出口とを有し、

前記捕捉流体入口を通じて受け取られる前記捕捉流体の少なくとも一部を、前記基質入口を通じて受け取られる前記基質の少なくとも一部へ曝し、それによって中で前記標的ガスの少なくとも一部が捕捉される前記捕捉流体から成る交換流体を生成するように適応される、交換器と、

再生器であって、

前記交換流体出口に流体結合される交換流体入口と、

前記再結合流体出口に流体結合される再結合流体と、

前記再生流体入口に流体結合される再生流体出口とを有し、

前記交換流体入口を通じて受け取られる前記交換流体の少なくとも一部を、前記再結合流体の少なくとも一部と接触させて、前記交換流体の少なくとも一部から捕捉された前記標的ガスを放出し、前記少なくとも一つの電解質から再生される水を含む再生流体を生成するように構成される、再生器と、

前記第一の電極と前記第二の電極に電氣的に結合されるコントローラであって、前記第一の電極と前記第二の電極それぞれにおいて水電解を生成するために十分な最小値を持ち、前記第一の電極と前記第二の電極それぞれにおける水電解速度を制御するように変更可能な、制御信号を生成するように適応される、コントローラと
 を有する、装置。

【請求項 2】

前記第一の区画と前記第二の区画の間の前記イオン連絡構造がイオン選択膜若しくは塩橋である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記装置が 1 時間あたり 1 リットルから 10,000 リットル、好適には 1 時間あたり 10 リットルから 1,000 リットルの前記捕捉流体及び / 又は前記再結合流体のフローを生成するように構成される、請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記捕捉流体、前記再結合流体、前記交換流体、前記再生流体及び前記基質の一つ以上の流速を直接及び / 又は間接的に制御する一つ以上のポンプ及び / 又は弁であって、前記コントローラによって制御される一つ以上のポンプ及び / 又は弁をさらに有する、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5】

前記交換器における接触の能動刺激、及び / 又は前記再生器における接触の能動刺激のための一つ以上の攪拌器であって、前記コントローラによって制御される一つ以上の攪拌器をさらに有する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

以下の検出パラメータ：

前記一つ以上の電解質、前記捕捉流体、前記再結合流体、前記交換流体及び前記再生流体のいずれか一つの酸性度；

前記一つ以上の電解質、前記捕捉流体、前記再結合流体、前記交換流体、前記再生流体、前記基質のいずれか一つの流速；

前記捕捉流体と接触する前の前記基質中の前記標的ガスの、及び / 又は前記捕捉流体と接触していた前記基質の一部における前記標的ガスの、存在若しくは濃度；

の一つ以上を検出するための少なくとも一つのセンサを有し、

前記コントローラは前記少なくとも一つのセンサからのセンサ読み取り値に応答して前記制御信号を生成するように適応される、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

前記コントローラは、以下の制御パラメータ：

10

20

30

40

50

電解用電極へ供給される電圧及び／又は電流；

電解用電極の機械的構成；

前記捕捉流体、前記再結合流体、前記交換流体、前記再生流体及び前記基質の一つ以上の流速を直接及び／又は間接的に制御する一つ以上のポンプ及び／又は弁の動作；

前記交換器における接触の能動刺激及び／又は前記再生器における接触の能動刺激のため一つ以上の攪拌器の動作；

の一つ以上を制御するように適応される、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の装置

【請求項 8】

前記再生器が、前記再生器における接触の結果として前記交換流体から放出される任意の捕捉された標的ガスの流出のための標的ガス出口であって、標的ガス貯蔵タンクに結合され得る標的ガス出口を有する、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の装置。

10

【請求項 9】

標的ガス出口と限定空間をさらに含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の装置を有するシステムであって、

前記基質入口が前記限定空間へ流体接続され、前記標的ガス出口が前記限定空間と異なる少なくとも別の空間へ流体接続されるか、又は、

前記標的ガス出口が前記限定空間へ流体接続され、前記基質入口が前記限定空間と異なる少なくとも別の空間へ流体接続される、

システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基質からの標的ガス捕捉のための方法及び装置に、並びに当該装置と一つの限定空間を含むシステムに関する。本発明はさらに、当該装置を制御するため、又は当該方法のステップを実行するためのコンピュータプログラム製品に関する。

【背景技術】

【0002】

二酸化炭素（ CO_2 ）は、地球大気中の CO_2 レベルの上昇による地球温暖化などの気候変動影響の原因であると少なくとも一部考えられる窒息性の温室効果ガスである。加えて、上昇した CO_2 レベルは、そのような高レベルの CO_2 が、筋硬直、眠気、頭痛、視覚障害、無意識、若しくは暴露のレベルと期間によっては死亡さえ含む、複数の体調不良症状を引き起こし得るため、人間がそのような高レベルに曝されるときに健康上有害であると考えられる。例えば、 CO_2 の大気レベルは約 350 450 ppm であるが、硬直の症状は 600 1,000 ppm の範囲で増加し、一般的な眠気症状は 1,000 2,500 ppm の範囲で増加することが報告されている。2,500 5,000 ppm 若しくはそれ以上の範囲の高レベルで、より深刻な健康への悪影響のリスクの増加が生じると予想される。これらは、通常の日常生活の間に遭遇する可能性のある範囲の増加である。さらにまれに、さらに上昇した CO_2 レベルに遭遇する可能性があり、これは 30,000 ppm までの CO_2 レベルでは中毒、呼吸困難、動悸を引き起こす可能性があり、それに加えて 50,000 ppm までの CO_2 レベルでは頭痛や視力障害が起きる可能性があり、100,000 ppm までの CO_2 レベルでは長期曝露下で死に至る無意識が生じるリスクがある。

30

40

【0003】

少なくともこれらの理由から、例えば温室効果ガスの放出を削減するため、又はオフィス空間若しくは住居住宅などの占有空間における CO_2 レベルを制御するために、例えば工業排ガス流、気流などのガス流から CO_2 を除去する試みがなされている。例えばフィルタなどの吸収材から CO_2 捕捉デバイスまで、様々な異なるソリューションが利用可能である。かかる捕捉デバイスは、アミン、アミジン、若しくは無機塩類など、 CO_2 が可逆的に結合可能な化学物質を利用し得る。

50

【 0 0 0 4 】

電気分解に基づく工業プロセスの一例がWO2011/088515A1により与えられ、その中では海水を蒸留して濃縮ブライン溶液を生成する。次いで、濃縮ブライン溶液を電気分解して、水素及び塩素ガス並びに水酸化ナトリウム溶液を生成する。続いて水素と塩素ガスを一定量の水に加えて塩酸水溶液を生成し、水酸化ナトリウム溶液をCO₂で汚染された排ガスに暴露してこれらの排ガスからCO₂を捕捉する。捕捉されたCO₂を含む塩酸水溶液流と水酸化ナトリウム溶液流は、その後再結合されて、制御された方法でCO₂を放出し、元の構成ガスを再生する。しかしながら、このようなブラインベースのプロセスの問題は、そのプロセス中に人に毒性の高い塩素ガスが発生するために、家庭やオフィス空間などの小規模の応用領域での使用に適していないことである。たとえ塩素ガスが適切に制御された方法で生成、管理される装置が提供されるとしても、そのような制御手段の混乱によって塩素ガスの望ましくない放出を引き起こす装置への偶発的な損傷を回避することは困難であり得る。

10

【 0 0 0 5 】

US2008/0248350A1は、再生可能なH₂を製造し、気流若しくはガス流からCO₂をトラップするCO₂マイナスプロセスを開示する。カソードにおいて水素と水酸化物イオンを、アノードにおいてヒドロニウムイオン(H₃O⁺)と酸素を発生させるために十分な電圧で、再生可能な直流電流が水電解装置へ供給される。これらの生成物は分離され隔離され、気流若しくはガス流から二酸化炭素を重炭酸塩若しくは炭酸塩として捕捉するために塩基が使用される。そしてこれらの炭酸塩、水素、及びトラップされた二酸化炭素は、様々な化学的及び電気化学的プロセスで組み合わせられて、大気中の二酸化炭素でできた炭素系物質を生成することができる。しかし、そのようなプロセスの特徴は、重炭酸塩及び炭酸塩の形成のための適切なカチオンの存在、連続供給及び消費にも依存し、プロセスを連続モードで実行することが困難であるということである。適切なカチオンの連続供給の必要性はまた、プロセスが理想的には最小限のユーザ介入を要するクローズドシステムとして動作すべきである、前述の小規模用途にとってプロセスをあまり適さないものにする。

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

上記問題を少なくとも部分的に解決することが本発明の目的である。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

当該目的は本発明の方法と装置で達成される。本発明は独立クレームによって定義される。従属クレームは有利な実施形態を提供する。技術的理由でそれが不可能であると明記されない限り、全従属クレームは各独立クレームと組み合わせられ得ることが留意される。

【 0 0 0 8 】

本発明は、少なくとも一部の実施形態において、人が存在し得る限定空間から標的ガスを抽出するために使用され得る標的ガスを捕捉するための装置及び方法を提供する。従ってこれは、(定期的な)ユーザ介入を伴わず、限定空間内の人に潜在的に有害若しくは有毒な副産物の排出のリスクを伴わずにかかる標的ガス捕捉を促進する装置と方法を要する。

40

【 0 0 0 9 】

本発明は、捕捉流体と再結合流体の別々のフローを形成する水の小規模な電気分解が、ブラインの使用を必要とせずに捕捉流体フローを使用して限定空間からの標的ガスの捕捉を容易にするという洞察に基づいている。電解質の電気分解を通じて、及び標的ガスの結合後の、捕捉流体から得られる交換流体との再結合は(再結合流体も電気分解から得られ、捕捉流体と再結合流体は各々塩基性及び酸性であるか、又はその逆)、混合物からの標的ガスの放出を引き起こし、電解水が再結合する再生流体をもたらす、オプションとして、捕捉流体と再結合流体における酸性と塩基性をもたらした追加の電解質塩及び/又は任

50

意の電解種の少なくとも一部が再生される。このように再生流体は元の電解質により酷似し得るか若しくは完全に類似する場合さえあり、従って捕捉流体と再結合流体の生成用の生成器において再利用され得、それにより、比較的小規模で、例えば2 ~ 20,000 m³の体積若しくは同様の体積を持つ限定空間において使用されるのに適した閉ループ標的ガス捕捉アプローチを提供する。

【0010】

かかる装置及び方法がかかる小規模で効果的に使用されるためには、水電解中に各電極で発生するヒドロニウムイオンと水酸化物イオンの過剰再結合が避けられることが不可欠である。この目的のために、例えばイオン選択膜若しくは塩橋など、ヒドロニウムイオンと水酸化物イオンに対して実質的に不透過性の区画間のイオン連絡構造を通じて互いにイオン連絡する別個の区画内の各電極において半反応が実行される。

10

【0011】

本発明では、標的ガスが放出され、本明細書で以下に記載の通りいくつかの目的のために使用されることができる。本発明は、同様に本明細書で以下に記載の通り、かかる使用及びかかる使用のための制御に関連する多くの利点を持つ。

【0012】

本発明は、装置及び方法が連続プロセスで若しくは連続プロセスとして使用されることを可能にする。より具体的には、装置は、流体の連続フローを可能にするように設計され、それにより、交換流体から標的ガス含有塩を抽出する必要なく、捕捉位置から、限定されないが好適には限定空間から、捕捉位置から離れた場所へ標的ガスを移動させる連続モードを容易にする。移送は捕捉された形であり得るが、捕捉後に放出された形も可能である。本発明はこのように、園芸、工場空間、又は居住空間若しくは輸送空間などのいくつかの異なる環境において、標的ガスに関して連続的な気候制御を可能にする。

20

【0013】

生成器の容器は、第一の電極を有する第一の区画と第二の電極を有する第二の区画とを有し得る。第一の区画は捕捉流体出口を有し、第二の区画は再結合流体出口を有し得る。区画は、例えば電気分解される電解質を保持するための容器など、一つの同じ容器の一部であり得る。区画は、二つの区画間のヒドロニウムイオンと水酸化物イオンのフローを実質的に減少させるイオン連絡構造を通じて、互いにイオン連絡する。代替的に、容器は一方が第一の区画を有し他方が第二の区画を有する別々のサブコンテナで構成され得る。サブコンテナは、前述のイオン連絡構造を通じて第一の区画と第二の区画との間でイオンのフローが可能になるように構成される。かかるイオンのフローは例えば、サブコンテナ及び/又は第一と第二の区画を接続する電気化学で周知の塩橋を通じて可能にされ得る。別の代替案では、サブコンテナは、独立した電気分解のための別の電極を伴うスタンドアロンの電解槽を各々が提供するように構成される。これは異なるタイプの電解質での捕捉流体と再結合流体の生成を可能にする。

30

【0014】

電解器は、電気化学で周知の通り基準電極を有し得る。電解質が水を主溶媒として有する場合、この基準電極は標準カロメル電極若しくは白金水素電極でもあり得る。

【0015】

装置の閉ループ動作を容易にするために、装置は、生成器に流体接続される再生流体入口と、再生器に流体接続され、再生流体入口に流体接続される再生流体出口とを有する。これは、スタンドアロン動作装置を提供する。

40

【0016】

装置は、第一の電極及び第二の電極に電氣的に結合されるコントローラをさらに有し、コントローラは、第一の電極及び第二の電極それぞれにおいて水電解を生成するために十分な最小値を持ち、第一の電極及び第二の電極それぞれにおける当該水電解の速度を制御するように変更可能な、制御信号を生成するように適応される。このように、例えば限定空間から抽出される標的ガスの変動濃度など、外的条件に合わせた流体フロー及び流体pHなどの動作パラメータを使用して作動され得る装置が提供される。これは、装置が供給

50

される基質から抽出される標的ガスの割合、例えば気体入力フローを装置が制御することができるので、装置を小規模用途に特に適したものにす。換言すれば、装置は基質に残る標的ガスの割合を制御することができ、これは例えば、CO₂などの標的ガスの濃度が、例えば限定空間内で標的ガスに曝される人にとって健康の観点から最適限度内にとどまること、或いは例えば園芸設定において標的ガスのレベルを制御するときにプロセス制御の観点から最適限度内にとどまることを保証しようとするときに特に重要である。これは、工業規模設定の目的がかかる標的ガスの除去を最大化することであるため、典型的には流出物（例えば排出された排ガス）中の標的ガスの残留レベルを維持する要望がない工業規模設定から、装置を明確に区別することが留意される。

【 0 0 1 7 】

一実施形態では、装置は、1リットル～10,000リットル/時間、好適には10リットル～1,000リットル/時間の捕捉流体及び/又は再結合流体のフローを生成するように構成される。かかる流速は装置を小規模応用分野に特に適したものにすることがわかつているが、これらの流体の流速は装置のコントローラによって制御される唯一の関連パラメータではなくてもよいことが理解されるべきである。かかるパラメータは例えば装置によって生成される各流体のpHと組み合わせて制御され得るか、及び/又は、例えば限定空間内の空気容量など、例えば基質から抽出される標的ガスのレベルを示すセンサ読み取り値に応じて制御され得る。

【 0 0 1 8 】

装置の交換器は、交換器へ基質を供給するための基質入口を持ち得る。これは捕捉流体と少なくとも部分的に接触していた基質を排出するための基質出口も持ち得る。基質入口と出口は各々ガス入口とガス出口であり得る。交換器は、標的ガス捕捉若しくは放出の量を増加するために逆流原理を使用し得る。例えば、交換器は基質フロー、例えばガスフローを捕捉流体のフロー方向と反対のフロー方向に捕捉流体に送り込むように構成される逆流セルであり得る、すなわち基質フローの入口は捕捉流体の入口と反対である。この目的で交換器は、基質フローを受けるために第一の端部に基質入口を、精製された基質フローを放出するために第二の端部に基質出口を有する。

【 0 0 1 9 】

装置は、捕捉流体、再結合流体、交換流体、再生流体及び基質のうちの一つ以上の流速を直接及び/又は間接的に制御する一つ以上のポンプ及び/又は弁を有し得る。好適には、一つ以上のポンプ及び/又は弁はコントローラによって制御される。フロー制御は直接的若しくは間接的であり得る。直接フロー制御では、弁若しくはポンプはそれが制御するフローと直接接触し、一方間接制御では、例えば流体静力学（圧力）による別のフローの制御及び他のフローへのかかるフローの移動によってフローが制御される。この間接制御は、装置の流体流路全体にわたる圧力維持のために閉じた流体接続の使用を有し得る。

【 0 0 2 0 】

装置内の流体の一つ以上のフローの制御は、詳細な説明のセクションでより詳細に記載される通り、装置の標的ガス捕捉能に対する制御を与える。

【 0 0 2 1 】

好適な装置は捕捉流体の流速を直接制御し、再結合流体の流速を直接制御するポンプ及び/又は弁を、或いは再生流体の流速を直接制御するポンプ及び/又は弁を有し得る。

【 0 0 2 2 】

好適な装置は、捕捉流体のフロー制御のための一つのポンプ及び/又は弁と、再結合流体のフロー制御のための一つのポンプ及び/又は弁とを有する。捕捉流体制御ポンプは例えば生成器と交換器との間に配置され得、再結合流体制御ポンプは生成器と再生器との間に配置され得る。この設定は装置内の相補的な（再結合される）流体フローの独立制御を可能にする。従って、再生流体のpH制御が実行され得る。

【 0 0 2 3 】

代替的に、再生流体のみのフロー制御のための一つ以上のポンプがあってもよい。再生器のこの再生流体流出は、交換流体及び再結合流体の流入と一緒に決定づけるので、装置

10

20

30

40

50

のフロー制御を支配するために一つのポンプで十分であり得る。これのさらに改良された実施形態として、再結合流体フロー及び捕捉流体フロー若しくは交換流体フローのいずれか一方又は両方に制御可能な弁があってもよい。これらにより、一つのポンプのみを持ちながら流体フロー若しくは流速が独立して調整され得る。再生流体フローにおけるポンプ若しくは弁は、他の流体フロー（より酸性若しくは塩基性）のいずれかと比較して、よりソフトな化学的条件のために化学的磨耗の影響を受けにくいという利点を持つ。より安価な若しくは他のポンプ若しくは弁が使用され得る。

【 0 0 2 4 】

交換器及び/又は再生器は、交換器内の曝露及び/又は再生器内の接触を能動的に刺激するための攪拌器を有し得る。好適には、攪拌器はコントローラによって制御される。このように能動的な攪拌は基質からの標的ガス捕捉及び/又は交換流体からの標的ガスの放出の効率を増加させることができる。これは本明細書で以下に記載の通り装置の標的ガス捕捉及び放出効率を制御する方法も提供し得る。

10

【 0 0 2 5 】

装置は、以下の検出パラメータのうちの一つ以上を検出するための少なくとも一つのセンサを有し得る：一つ以上の電解質、捕捉流体、再結合流体、交換流体及び再生流体のうちいずれか一つの酸性度；一つ以上の電解質、捕捉流体、再結合流体、交換流体及び再生流体、及び基質のうちいずれか一つの流速；捕捉流体と接触する前の基質中の標的ガス及び/又は標的ガスと接触している基質の部分中の標的ガスの、存在若しくは濃度。好適にはコントローラは少なくとも一つのセンサに応答する。

20

【 0 0 2 6 】

好適には、装置は、装置に入る前の基質中の標的ガスの濃度若しくは含有量を検出するための少なくとも一つの標的ガスセンサを有する。センサは、その中に基質を持つ空間に遠隔で置かれるか、又は装置の基質入口付近に配置され得る。このセンサは、検知された標的ガスレベルに対する制御を与えるよう、装置の制御にフィードバックを与えるように使用され得る。好適には装置は基質出口において標的ガスセンサも持つ。入力センサと出力センサによって測定される標的ガス含有量の差は標的ガス捕捉の能力を示す。センサ読み出し若しくは信号は、装置の標的ガス捕捉能若しくはパワーに関する装置の設定の指標を提供する。かかるセンサの読み取り若しくは信号に基づいて、以下に記載の通り装置制御パラメータ設定が手動で若しくは自動的に変更され得る。

30

【 0 0 2 7 】

好適な装置は、

捕捉流体の流速を検出するためのセンサ、及び/又は、再結合流体の流速を検出するためのセンサ；或いは再生流体の流速を検出するためのセンサのいずれか、並びに、

捕捉流体と接触する前の基質中の標的ガスの存在若しくは濃度を検出するためのセンサ、濃度検出用センサ、又は、オプションとして再結合流体のpHを検出するためのセンサで完成される、捕捉流体のpHを検出するためのセンサのいずれか、を有し得る。

【 0 0 2 8 】

これらのセンサ構成により、装置の標的ガス捕捉能について良好なフィードバックが得られ、このフィードバックは例えば限定空間内で標的ガスのレベルを許容範囲内に維持するために装置の動作を適応させるようにコントローラによって使用され得る。

40

【 0 0 2 9 】

装置は従って以下の制御パラメータの一つ以上を制御するためのコントローラを有し得る：電解用電極へ供給される電圧及び/又は電流；電解用電極の機械的構成；上記定義の一つ以上の弁及び/又はポンプの動作；並びに上記定義の一つ以上の攪拌器の操作。このようにコントローラは好適には、電気分解の速度及び交換器を通る捕捉流体の流速、及びオプションとして交換器を通る基質フローの流速を少なくとも調節するように適応される。

【 0 0 3 0 】

50

好適にはコントローラは電解用電極へ供給される電圧及び/又は電流と、上記定義の一つ以上の弁及び/又はポンプの動作を制御するように構成される。

【0031】

装置は、標的ガスセンサと、電解用電極に結合されるコントローラとをさらに有し、当該コントローラは当該標的ガスセンサに応答する。かかるシステムは例えば、センサで標的ガスレベルを検知し、検知された標的ガスレベル（濃度）に従って装置を作動させることにより、限定空間内の標的ガスレベルを制御するために使用され得、それにより、かかる限定空間内の標的ガスレベルを所望の、例えば健康な、若しくは所要のレベルで維持することが可能なシステムを提供する。標的ガスレベルは例えば上記定義の制御パラメータの少なくとも一つを調整することによって制御され得る。

10

【0032】

装置のコントローラは好適には上記定義の検出パラメータの一つ以上を検出するための一つ以上のセンサの一つ以上の信号を受信するように構成される。好適にはコントローラは（任意の組み合わせで）上記定義の制御パラメータを制御するため、及び（任意の組み合わせで）前記定義のセンサのセンサ信号を受信するためのものである。

【0033】

好適にはコントローラは受信したセンサ信号の一つ以上に基づいて制御パラメータの調節を自動的に可能にするように構成され得る。この装置は基質中標的ガスレベル若しくは装置の標的ガス捕捉能の既定設定を維持する経時的な自動調節/安定化を可能にする。

【0034】

20

コントローラは、ソフトウェア（以下参照）などといった任意の形式のユーザインタフェースを含むか、若しくはかかるユーザインタフェースに接続されることができ、ユーザインタフェースは、ユーザが、そこから導出されるセンサ値若しくは装置パラメータを検査すること、及び/又はそこから導出される制御パラメータ若しくは装置パラメータを設定することを可能にする。装置パラメータは例えば、装置の標的ガス捕捉能若しくはパワー、標的ガス送出能若しくはパワー、或いは限定空間内で維持される標的ガスレベルでもあり得る。

【0035】

装置はこのように、標的ガスのレベルに関する限定空間内の気候の制御のための装置であり得る、又はかかる装置として使用され得る。他の原因による消費のために標的ガスの追加を要する、又は標的ガスの連続生産のために標的ガスの抽出を要する空間があり得る。

30

【0036】

装置は標的ガス生成器であり得る、又はかかる装置として使用され得る。そして適切な装置は前のクレームのいずれかで記載のものであり、これは再生器内での接触の結果として交換流体から放出される捕捉された標的ガスの流出のための標的ガス出口を有し、標的ガス出口は標的ガス貯蔵タンクに結合され得る。この装置は、標的ガスの中間貯蔵若しくは標的ガスのバッチ製造を提供し得る。かかる装置は、例えば標的ガスを試薬として使用して付加価値生成物を生成するため、又は例えば他の消費的使用のために追加ガスフローに標的ガスを混入するために、所望の時点及び場所での標的ガスの再利用を容易にする。タンクは取り外し可能に結合され得る。利点は、本明細書で下記の方法クレームのサポートにおいても提供される。加圧下、すなわち大気圧よりも高い圧力下での貯蔵に対応するために、標的ガス出口と貯蔵タンクとの間に加圧システムが存在してもよい。

40

【0037】

タンクは結合され得る一方、別のガスを運ぶ追加容器若しくは区画における放出など、他の目的の標的ガス出口も存在する。

【0038】

装置はガス濃縮システムであり得る、又はかかるシステムとして使用され得る。濃縮システムは装置から放出される標的ガスで追加ガスフローを濃縮するように適応される。かかるシステムは例えば、生育環境を二酸化炭素若しくは他のガスで肥やし、それによって

50

生育環境における植物の生長を刺激するよう、園芸などの植物生長のために有利に使用され得る。標的ガス濃縮システムは再生器に追加ガスを送り込むように適応され得る。これはシステムにおける追加ステージの必要性を除去し、それによってその複雑性を軽減する。濃縮システムはさらに上記で記載及び定義した標的ガス貯蔵タンクを利用し得るが、標的ガスで追加ガスを濃縮するためにガス出口と追加ガスフロー区画の間に位置し得る。これは所望の時点における標的ガスでの追加ガスフロー、例えば追加気流の周期的濃縮を容易にする。

【 0 0 3 9 】

装置は基質精製システムでもあり得る、又はかかるシステムとして使用され得る。これは従ってかかる基質から標的ガスを捕捉することによって基質を精製するために使用され得る。このように装置は標的ガスに関して限定空間内の基質（例えば空気などの気体雰囲気）を精製するために使用され得る。限定空間は例えば工場、オフィス、家、動物厩舎などといった建物の一部（部屋）であり得る。限定空間は船、飛行機若しくは車両などの任意の移動手段の一部（客室）でもあり得る。そして装置はかかる限定空間内の基質からガスを捕捉し、それを別の空間へ追い出すために使用される。これは標的ガスが連続的に生成される場合に標的ガスレベルを所要レベルに維持し得る。一つの実施例は人若しくは動物などの生体によって生成される二酸化炭素であり得る。高過ぎるレベルは背景技術のセクションに記載の悪影響を生じ得る。反対に移動手段の客室中の二酸化炭素レベルの制御は、キャプテン、パイロット、若しくは運転者の注意力を向上させ、従って交通安全を向上させ得る。

【 0 0 4 0 】

本発明は、基質入口が限定空間に流体接続され、標的ガス出口が限定空間と異なる少なくとも別の空間に流体接続される、標的ガス出口と限定空間をさらに含む、前クレームのいずれかに記載の装置を有するシステムも提供する。そして限定空間は例えば工場、オフィス、家、動物厩舎などといった建物の一部（部屋）であり得る。限定空間は船、飛行機若しくは車両などの任意の移動手段の一部（客室）でもあり得る。

【 0 0 4 1 】

代替的に、標的ガス出口が限定空間に流体接続され、基質入口が標的空間と異なる少なくとも別の空間に流体接続される、標的ガス出口と限定空間をさらに含む、前クレームのいずれかに記載の装置を有するシステムが提供される。限定空間は例えば工場、温室若しくは園芸などの建物の一部（部屋）であり得る。

【 0 0 4 2 】

標的ガスが二酸化炭素である場合、このシステムは例えば生育環境における植物の生長のためなど、大気中で増加した二酸化炭素濃度を要する任意のプロセスにとって有利である。

【 0 0 4 3 】

本発明は基質から標的ガスを捕捉するための方法も提供する。方法は上記装置について記載の利点を少なくとも持つ。

【 0 0 4 4 】

方法は接触ステップで再生流体が生成されることを有し、方法は少なくとも一部再生流体とともに当該生成ステップを繰り返す追加ステップをさらに有する。

【 0 0 4 5 】

方法は、電解質が H_2O を好適には水の形で有すること、並びに生成が捕捉流体及び/又は再結合流体の生成のために H_2O （水）の少なくとも一部の電気分解を有することを有し、電解質は以下の機能の一つ以上を各々が少なくとも持つ一つ以上の追加物質を有する：電解質及び/又は捕捉流体及び/又は再結合流体の凝固点の低下；電解質の電気伝導度の増加。これらの追加物質は電解不活性である、すなわち電解半反応が実行される電極において潜在的に有害な物質へ分解しない。

【 0 0 4 6 】

本発明の方法は、一つ以上の追加物質が少なくとも一つの塩から成るか、又は少なくとも

10

20

30

40

50

も一つの塩を有することを有し得る。液体電解質中の少なくとも一つの塩の総濃度は好適には1 mM ~ 15 Mである。これは > 5 mM、> 10 mM、> 100 mM、> 0.5 M、> 1 M、> 2 M、> 3 M、> 5 M、> 7 M、> 10 Mであり得る。電解質の溶媒中の塩の飽和濃度が使用され得る。塩の選択は、全ての塩が全ての溶媒に溶解するわけではないので、電解質の溶媒に依存し得る。さらに、塩は好適には、標的ガスの捕捉後に得られるいかなる化合物も交換流体中で依然として可溶性であるように選択される。好適には少なくとも一つの塩は元素周期表グループIA、IIA、IB及びIIBイオン並びにハロゲン化物、硫酸、硝酸若しくはリン酸イオンを有するか又はそれらから成る群から選択され得る。アルカリ金属塩、例えば、特にリチウム塩、ナトリウム塩及びカリウム塩が好ましい。好適には硫酸塩及び硝酸塩が使用される。このグループは例えばLiNO₃、Li₂SO₄、NaNO₃、Na₂SO₄、KNO₃、K₂SO₄などを含む。Zn塩及びAg塩（例えばZnSO₄、AgNO₃）も有効である。リチウム塩は水以外の溶媒を有する電解質中でより高い溶解度を持ち得る。

10

【0047】

好適には追加物質は従ってフッ化物、塩化物及び臭化物のグループから選ばれるいかなる塩も有しない、又はそれらから構成されない。

【0048】

方法は、基質が限定空間から収集され、捕捉された標的ガスが限定空間と異なる別の空間へ放出されること、又は基質が別の空間から捕捉され、捕捉された標的ガスが別の空間と異なる限定空間へ放出されることを有し得る。このように、標的ガスは限定空間から除去され得るか、又は限定空間へ供給され得る。換言すれば、標的ガスレベルが限定空間内で調整され得る。前者の選択は一つ以上の標的ガスのレベルが限定空間から除去される必要がある気候制御のために使用され得るが、後者の選択は標的ガスが限定空間へ投与される必要がある気候制御のために使用され得る。別の空間は追加限定空間であり得る。限定空間は標的ガスが大量に利用可能であり、抽出される必要がある空間であり得、追加限定空間は標的ガスを必要とする空間であり得る。限定空間は従って人若しくは動物の生活空間であり得るが、追加限定空間は温室若しくは植物育成用の空間であり得る。この設定は捕捉された形での標的ガスの輸送を提供し得る。

20

【0049】

方法はこのように、例えば移動手段（飛行機、船、車両）、工場用地、オフィス空間、厩舎若しくは住居住宅などといった、限定空間における標的ガスレベルに対する改良された制御のための、例えば空気浄化システムなどの基質精製システムであり得る。これはこの限定空間内の人若しくは動物が高過ぎる若しくは潜在的に有害なレベルの標的ガスに曝されないことを保証し得る。二酸化炭素がかかる標的ガスであり得る。別の空間はオープンスペース、例えば野外などの屋外空間であり得る。

30

【0050】

代替的に、限定空間は、捕捉された標的ガスの限定空間への放出を要する、増大したレベルの標的ガスが必要とされる空間であり得る。この方法は限定空間内の大気が標的ガスで濃縮され得るという利点を持つ。例えば限定空間は植物生長の調整若しくは刺激のために二酸化炭素レベルが調整若しくは増加される必要がある温室であり得る。

40

【0051】

限定空間の標的ガスレベルを調整するための方法は、交換流体から標的ガスを追加ガスフローの中へ放出するステップと、追加ガスフローを限定空間若しくは追加空間の中へ放出するステップとをさらに有し得る。追加ガスフローは例えば限定空間内の気流であり得る。この変形例は別の空間が追加限定空間である場合、一つの空間から別の空間へ、別のガスフロー中の捕捉ガスの輸送を提供し得る。

【0052】

方法は交換流体からの放出後、及び限定空間若しくは別の空間でのその放出前に、標的ガスを一時的に貯蔵するステップをさらに有し得る。これは例えば、メタノールといった炭素系燃料などの付加価値生成物の合成における出発物質としての標的ガスの使用を、或

50

いは、例えば標的ガスボトルを用いて第二の限定空間内での植物生長プロセスを刺激若しくは調整するため、上述の限定空間への標的ガスの周期的放出を容易にする。

【0053】

好適には標的ガスは二酸化炭素であり、その場合それらは例えば基質としての空気中で標的ガスが二酸化炭素であるときに有用である。

【0054】

本発明は、コンピュータ可読媒体上に格納される又は通信ネットワークからダウンロード可能なコンピュータコードを有するコンピュータプログラム製品を提供し、当該コードはコンピュータ上で実行されると、装置及び/又は装置のコントローラを制御し、並びに/或いは本発明の方法のいずれか一つのステップの実行を制御する。

10

【0055】

本発明の方法のステップを実行するように装置を制御する装置部品のいずれかの自動化は、コンピュータプログラムを用いて実現され得る。これらは例えばRAM、ROM、FLASH、SD、磁気ディスク若しくは光ディスクなどのタイプの内部及び外部マイクロプロセッサメモリといったコンピュータ可読媒体上で格納され得るか、或いはwifi（登録商標）若しくは近距離無線通信などの標準プロトコルを用いて有線接続若しくは無線接続を通じてLAN、WLAN、3G、4Gなどといった通信ネットワークからダウンロードされ得る。

【0056】

コンピュータプログラムは、例えば限定空間で維持する標的ガスレベル、標的ガス捕捉の速度、標的ガス捕捉のタイプ、装置内の一つ以上の流体のpHレベル、又は装置若しくは方法における流体の一つ以上の流速など、本明細書の上記若しくは下記の全制御パラメータの制御のためのパラメータの入力若しくは設定を可能にするためのインタフェースを含み得る。コンピュータプログラムは部分的に若しくは完全にポータブルデバイス上のアプリの形であり得る（下記参照）。

20

【0057】

マイクロプロセッサは標準半導体ICベースコンピュータであり得る。これは装置専用コンピュータであり得るか、又はコンピュータプログラム製品の少なくとも一部を備えるスマートフォンタブレットなどといったポータブルデバイスであり得る。これは装置の遠隔制御及び場合により無線制御を可能にする。

30

【0058】

好適には本発明は以下のガスのいずれか一つを捕捉するためのものである：二酸化炭素（ CO_2 ）、 SO_x 及び NO_x 。そして基質は好適には空気などの大気である。これらの標的ガスは大気中で豊富であり、しばしば除去される必要があり（高過ぎる濃度での存在の悪影響を防止する気候制御）、又は追加される必要がある（二酸化炭素の場合植物の生長の刺激）。これらの場合において捕捉流体は塩基性であり再結合流体は酸性である。そして電解質は好適には添加剤の水溶液であり、添加剤は一つ以上の塩を少なくとも有する。好適にはかかる塩は一般に塩化物含有塩若しくはハロゲン化物塩を有さない。そして水はヒドロニウムイオンと水酸化物イオンへ電気分解される。しかしながらかかる塩基性流体と酸性流体を供給するための他の電解槽が本発明とともに使用され得ることが留意される。

40

【0059】

本発明は正確な縮尺ではない添付の略図とグラフを参照してより詳細に記載される。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】標的ガス捕捉装置を含む空気浄化システムを描く。

【図2】標的ガス捕捉装置を含む標的ガス捕捉システムを描く。

【図3】標的ガス捕捉装置を含む標的ガス濃縮システムを描く。

【図4】複数の人によって占められるオフィス空間での経時的な CO_2 標的ガスレベルの進展を描くグラフである。

50

【図5】住居での空気浄化システムの使用を描く。

【図6】住居での空気浄化システムの使用を描く。

【図7】空調ユニットが作動可能な車両客室での経時的なCO₂標的ガスレベルの進展を描くグラフである。

【図8】CO₂捕捉装置を含む空気浄化システムを含む車両を描く。

【図9】園芸設定でのCO₂濃縮システムの使用を描く。

【図10】園芸設定でのCO₂濃縮システムの使用を描く。

【図11】標的ガス捕捉法のフローチャートである。

【図12】標的ガス捕捉法のフローチャートである。

【図13】標的ガス捕捉法のフローチャートである。

【図14】CO₂レベルを削減する捕捉装置の能力を描くグラフである。

【図15】捕捉装置例について印加電圧の関数としてCO₂捕捉能を描くグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0061】

本発明は下記の限定されない実施例によってより詳細に記載される。同一若しくは同様の部分を示すために図面を通じて同じ参照番号が使用される。

【0062】

本発明の文脈内で以下の用語は下記の意味を持つ。

【0063】

'電解質'という語は、固体、液体若しくは気体を問わず、純粋な単一化合物の形若しくは化合物の混合物の形であるかに関わらず、捕捉流体及び/又は再結合流体での使用のためにヒドロニウム及び/又は水酸化物イオンを生成するように電気分解されることが可能な、H₂Oを含む任意の(化学)組成物を意味する。化合物の混合物は追加物質を伴う一つの主要化合物であり得る。

【0064】

好適には、電解質は電気分解後に捕捉流体及び/又は再生流体として好都合に機能し得るよう、液体電解質である。電解質若しくは液体電解質はヒドロニウム及び/又は水酸化物イオンを生成するために電気分解される成分として水を有するか若しくは水から成る。

【0065】

電解質が液体電解質である場合、これは好適には主溶媒として若しくは唯一の溶媒として水を有する。液体電解質は好適には体積比少なくとも30%の水、若しくは体積比少なくとも50%の水、若しくは体積比少なくとも90%の水を有する。液体電解質は液体として水だけを有し得る。

【0066】

'追加物質'という語は塩及び分子(有機若しくは有機無機混合)などの化学物質を含むことを意味する。これらは、とりわけ、以下の機能の一つ以上を持ち得る: 電解質の電気(若しくはイオン)伝導度を改良する、本発明で使用される液体電解質若しくは他の流体(例えば不凍塩若しくは不凍液)の凝固点を本発明が実施される温度未満へ下げる、電解質からの水の蒸発を抑制する、捕捉流体及び/又は再結合流体において電気分解によって生成されるヒドロニウム若しくは水酸化物イオンへ対イオンを供給する。

【0067】

かかる化学物質が液体電解質へ添加される場合、これらは好適には電解不活性である。ここで電解不活性とは、装置塩内で使用される電解条件下で安定な、並びに/或いは、基質(例えば装置によって捕捉される標的ガス)及び/又は液体電解質と基質(例えば標的ガス)との反応後に生じる反応生成物と反応しない物質を意味する。基質がCO₂を有し標的ガスがCO₂である場合、かかる反応生成物は例えば捕捉流体中のCO₂とOH⁻間の反応の結果である炭酸若しくは重炭酸アニオンであり得る(下記参照)。

【0068】

本発明にかかる様々な装置、機器、及び/又はシステムは水及び/又は液体電解質を含んでも含まなくてもよい。これらのいずれか一つが除外される場合、それらは装置、機器

10

20

30

40

50

、及び／又はシステムの動作の前及び／又は最中に追加され得る。それらはパーツのキットなどで機器若しくはシステムに備わり得る。本発明の機器若しくはシステムは、どのような電解質、溶媒、及び／又は追加物質をどのような方法で使用し、それらをどこで得るかを記述するマニュアルを含み得る。

【 0 0 6 9 】

'基質'という語はそこから一つ以上の標的ガスが捕捉される任意の固体、液体若しくは気体状態の材料サンプルを意味する。本発明は基質が例えばガスの混合物を有する気体状態の基質である場合に特にうまく機能し得る。この一実施例は例えば二酸化炭素を標的ガスとして、空気であり得る。基質は、本発明がその有利な効果を持つために必ずしも標的ガスを含まなければならないわけではない。基質は任意の適切な方法で処理され得、例えば基質は固体、液体、ガス、又は、液体若しくはガス流若しくはフローの形で捕捉流体へ提示され得る。

10

【 0 0 7 0 】

'標的ガス'という語は本発明の装置若しくは方法によって捕捉されるいかなるガス種をも意味する。標的ガスにおいてある特定のときに一つより多くの標的ガスがあることができる。標的ガスは混合物、分散及び／又は溶液中に液体、固体若しくは気体形態で基質に存在し得る。

【 0 0 7 1 】

'ガス'という語は、そこから除去される成分を含む、排ガス若しくは大気、例えば空気など、通常の熱力学環境（1気圧及び20℃）におけるいかなるガス若しくはガスの混合物をも意味する。かかる成分は典型的にはCO₂であるが、NH₃など、水酸化物イオン若しくはヒドロニウムイオンと反応し得るSO_x、NO_x及び／又は他のガスといった別の成分であることもできる。

20

【 0 0 7 2 】

'流体結合される'という語は、装置、機器、若しくはシステムの二つのエンティティが、液体若しくはガスなどの流体が一方のエンティティから他方へ流れることができるように接続されることを意味する。これは任意の適切な流体管、例えば開口、ホース、パイプなどを通る直接接続を用いて実現され得、この流体管は例えば金属、金属合金、剛性若しくは可撓性ポリマー材料など、任意の適切な材料で作られ得る。

【 0 0 7 3 】

30

'酸性'という語は過剰のヒドロニウムイオンが利用可能であることを意味する。水性液体において、酸性とはpH < 7を持つことを意味する。類似的に、塩基性という語は、過剰の水酸化物イオンが利用可能であることを意味する。水性液体において、塩基性とはpH > 7を持つことを意味する。酸性という語は、ヒドロニウムイオンの実際の濃度に依存する酸性度（若しくは塩基性度）を意味する。従って、酸性度は、酸性条件（pH < 7）、中性条件（pH = 7）及び塩基性条件（pH > 7）を示すために使用され得る語である。

【 0 0 7 4 】

能動的攪拌は、交換器における曝露又は再生器における接触を増強する任意の外部作用駆動方法であり得る。これは例えば、任意の種類 of 機械的、電氣的、磁氣的又は他のタイプ若しくは材料の部品を使用する攪拌、混合、振とう、遠心分離、ポンピングであり得る。

40

【 0 0 7 5 】

毒性物質は、生物が動物、細菌若しくは植物であり得る生物全体を、又は細胞若しくは器官といったかかる生物の基礎構造を、損傷し得る物質である。より具体的には、毒性物質は、Hodge-Sternersスケールで毒性評点が4以下、好適には3以下の物質である。

【 0 0 7 6 】

図1はガス精製システム100を描く。図1中の矢印は動作中のシステム100内の様々な流体ストリームの意図された方向を示す。システム100は基質の標的ガスを捕捉す

50

るための装置を含む。そして装置は、電解質中の水を電気分解するための電解器を持つ生成器 110 と、下記の通り両方とも互いに及び生成器に流体結合される交換器 120 及び再生器 130 を含む。機器 120 及び 130 は、装置の区画の形で作られ得る。その場合接続は単に区画間に弁を伴う若しくは伴わない開口であり得る。しかしながら図 1 の実施例ではそれらはパイプと流体接続される。

【0077】

電解器は、第一の電極 113 を含む第一の区画 111 と、第二の電極 114 を含む第二の区画 112 とを有し、電極を用いて第一及び第二の区画に存在する電解質の水を電気分解するように構成される。装置はこのように、電気分解中に、及び電気分解のために、捕捉流体が第一の区画 111 に形成され得、捕捉流体と異なる再結合流体が第二の区画 112 に形成され得るように構成される。第一の電極 113 と第二の電極 114 は任意の適切な電極材料を用いて実現され得るが、好適にはプラチナ、金、炭素を有する、又はそれらから成る不活性電極を用いて実現される。この場合電極はプラチナで作られる。下記の通り他の電極が使用されてもよい。

10

【0078】

第一の区画 111 と第二の区画 112 は、例えばイオン選択膜若しくは塩橋を通じて、ヒドロニウムイオン及び水酸化物イオンに実質的に不透過性であるイオン連絡構造を通じて互いにイオン連絡する。このようにして、各区画における水電解によって生成されるヒドロニウムイオンと水酸化イオンの再結合が抑制され得、従って第一の区画 111 で生成される捕捉流体と第二の区画 112 で生成される再結合流体におけるかかるイオンの十分な濃度を維持するが、これらの流体には目的があり、以下でより詳細に説明される。これは例えば、例えば塩素ガスなどの潜在的に有害な反応生成物の形成を引き起こす、水以外の種の電気分解を要することなく、CO₂ などの標的ガスの比較的適量を捕捉することができる、家庭及び中小企業環境での使用に適した特に安全でコンパクトな装置の生成を容易にする。

20

【0079】

装置がどのように動作し得るかを説明するために、標的ガスが CO₂ であり、電解質は塩の水溶液を有する液体電解質であり、基質は例えば空気など、CO₂ を有する気体基質である実施例が記載される。しかしながら本発明の利点を失うことなく、図 1 の装置とともに、下記の通り様々な電解不活性添加剤 / 塩がオプションとして充填される異なる H₂O 含有電解質を用いて多数の異なる基質から他のガスが捕捉され得ることが留意される。

30

【0080】

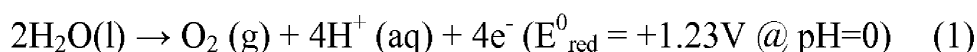
標的ガスはこの場合、塩基性若しくはアルカリ性の水に溶解する CO₂ であるため、電解中に第一の電極 113 はカソード、第二の電極 114 はアノードとして配置される。このようにして、捕捉流体は塩基性になり、従って以下にさらに記載される化学に従って交換器内で CO₂ を溶解又は吸収することができる。さらに、再結合流体はその場合酸性になる。

【0081】

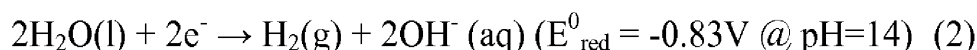
機器 110 における水の電気分解時に電極において以下の半反応が起こる：

第二電極（アノード）反応（水の酸化）：

40



第一電極（カソード）反応（水の還元）：



【0082】

50

こうして、水電解は増加した OH^- イオン濃度のために第一の区画111において比較的高いpH、すなわち7よりも高いpHで捕捉流体を生成する。それとともにその区画111から採取される/排出される捕捉流体は過剰 OH^- イオンのために塩基性である。過剰 OH^- イオンは事前に電解質へ添加された塩カチオンによって平衡化される。同時に、水電解は H_3O^+ イオン（電解質が水を含まない場合は H^+ ）の形成のために第二の区画112において比較的低いpH、すなわち7よりも低い再結合流体を生成する。それとともにその区画112から採取される/排出される再結合流体は過剰 H_3O^+ イオンのために酸性である。これらのイオンは事前に電解質へ添加された塩アニオンによって平衡化される。

【0083】

水電解で生成される水素ガスと酸素ガスは捕捉され得るか、又は機器110から排出され得る。捕捉された水素ガスは例えば燃料電池の燃料として使用され得、燃料電池の反応生成物、すなわち水が機器100へフィードバックされ得る。水素及び/又は酸素ガスの一部は、いかなる（健康若しくは他の）トラブルを引き起こすことなく機器内を循環し得る。

【0084】

図1の実施例において、電解器110は、発生したヒドロニウムイオンと水酸化物イオンの大規模な再結合を防止するため、ただし捕捉流体と再結合流体の間の電氣的結合（例えば、電位）を維持して電氣分解を開始し続けるために、第一の区画111を第二の区画112から分離するイオン連絡構造の一実施形態としてのイオン選択膜若しくはダイアフラム115をさらに有する。膜若しくはダイアフラム115は従って低減されたイオン通過を提供する。好適にはこれはヒドロニウムイオン及び/又は水酸化物イオンの減少した若しくは無視できるほどの通過を提供するが、添加塩の一つ以上のカチオン及びアニオンのような他のイオンに対して浸透性である。例えば、Pall Corporationによって市販されているMustang Q（登録商標）アニオン交換膜などのイオン特異的膜が使用され得る。かかる膜若しくはダイアフラムはそれ自体周知なので、これは簡潔さのためだけにさらに詳細には説明されない。ヒドロニウムイオンと水酸化物イオンの再結合の速度を低下させる任意の適切な膜若しくはダイアフラム115がこの目的のために使用され得ることが留意される。

【0085】

膜区画分離に代えて、第一の区画111と第二の区画112は（二つの別個の電解質含有容器のように）物理的に分離され得るが、塩橋の形のイオン連絡構造を通じて電氣的に相互接続され、この塩橋は、その塩枯渇時に塩橋の定期的な交換を可能にするために必要に応じて交換可能に取り付けられ得る。

【0086】

上記セルの別の変形例では、第一及び第二の区画は全く分離されなくてもよく、或いは膜若しくは壁だけによって互いに部分的にのみ分離され得る。機器から採取/排出される捕捉流体と再結合流体が依然として塩基性及び酸性であるように、生成される H_3O^+ イオンと OH^- イオンの完全な再結合なしに水電解を可能にするように電解器が構成又は作動される限り、電解器は本発明に役立つ。

【0087】

図1の実施例では、第一の区画111は、交換器120と再生器130をさらに含む第一の閉ループの一部を形成し、第二の区画112は、再生器130をさらに含むが交換器120を含まない第二の閉ループの一部を形成する。

【0088】

交換器120は、第一の区画111から捕捉流体を受け取り、捕捉流体を基質と接触させるように、すなわち捕捉流体を基質に曝すように構成される。

【0089】

実施例において標的ガスは気体の性質である基質、例えば空気に含まれる CO_2 である。この基質を塩基性の、すなわち水酸化物イオン（ $\text{pH} < 7$ ）を有する捕捉流体と接触さ

10

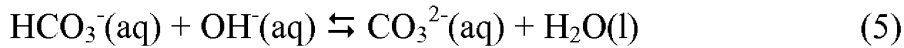
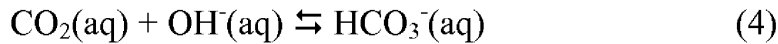
20

30

40

50

せると、以下の反応が交換器 120 において起こり得る：



【0090】

このように、 CO_2 は捕捉流体に溶解し、その後重炭酸イオン及び/又は炭酸イオンへ変換されるので、基質（空気）と捕捉流体の間で交換される。接触ステップはこのように、捕捉流体がこの場合 CO_2 である任意の捕捉された標的ガスを含み得る交換流体になる結果をもたらす。

10

【0091】

捕捉流体を交換器へ輸送するために、第一の区画は捕捉流体出口 116 を有し、交換器 120 は出口 116 に流体接続される捕捉流体入口 121 を有する。

【0092】

捕捉流体入口 121 は、典型的には、捕捉流体が入口 121 から出口 122 へ交換器 120 に送り込まれ得るように、交換流体出口 122 と流体接続される。

20

【0093】

この実施例において、交換器 120 は、交換器に基質を導入するための基質入口 123 をさらに有する。この場合、基質入口はガス流 125 を交換器に送るためのガス入口であるが、一般に基質入口のタイプは交換器に入る基質の性質に依存する。基質入口 123 はこの実施例において、交換器内の捕捉流体と接触しながら基質が交換器 120 へ送り込まれ得るように、交換器の基質出口 124 と流体接続される。代替案として、交換器に追加出口 124 はなく、基質は交換流体出口 122 を通じて捕捉流体とともに交換器から離れる。基質の除去は装置の他の場所で実行され得る。

【0094】

図 1 の実施例において、交換器に入った基質の残りはガス流 125' として追加出口 124 を通じて交換器から離れ、これは標的ガスに関して少なくとも部分的に精製され得る。この場合基質はその CO_2 含有量に関して精製される。

30

【0095】

交換器 120 内で、捕捉流体と基質間の接触は任意の適切な方法で確立され得る。この場合、基質ガスは捕捉流体へ送り込まれる、例えばバブリングされる。しかしながら他の方法を利用できる。これらは捕捉流体と基質間の接触を増強するために適切なかき混ぜ器を用いるかき混ぜなどの形で攪拌を利用し得る。代替的に、交換器 120 は、ビーズなどといった小粒子の形の一つ以上の材料（例えばガラス若しくは他の材料のビーズ）、多孔質材、布などといった、比較的高い表面積を持つ部材を有してもよく、捕捉流体は当該部材へ送り込まれ、ガスが当該部材と接触させられる。

40

【0096】

交換効率増大のために逆流リアクタを実現するように、捕捉流体入口 121 は交換器 120 の第一の端部において配置され得るが、基質入口 123 は交換器 120 の第二の、例えば反対側の端部において配置され得る。

【0097】

さらに別の代替案において、捕捉流体とガスとの間の接触表面積を増すために、捕捉流体は、例えば交換器 120 の中へそれを吹き付けることによって、交換器 120 において噴霧され得る。

【0098】

交換器 120 内で捕捉流体と基質間の良好な接触を実現するための他の適切なソリュー

50

ションが、当業者に明らかであろう。

【0099】

捕捉流体は、設計、例えば重力及び/又は空気圧によって、基質入口及び出口を通じて漏れることを防止され得るが、追加の防止手段が使用されてもよい。

【0100】

図示されないが、代替実施例において交換器120は、捕捉流体が入口123と出口124の一方を通じて交換器120から漏れることを回避するためにガス透過性膜によって分離される二つのサブ区画へ分割され得る。代替的に、入口123と出口124はこの目的でガス透過性膜若しくは疎水性膜を取り付けられ得る。かかるガス透過性膜は精製されたガス流125'の湿度が制御され得るといふ追加の利点を持ち得る。かかる膜の存在は噴霧された若しくは蒸発した流体が装置を通るガス流とともに交換器120から漏れることを防止する。また例えばかかる膜による二つの流れの分離は、基質流が捕捉流体と混ざること防止される液体流となり得ることを可能にするが、基質中の実際の標的ガスの交換は可能にする。これは、例えば水以外の溶媒など、捕捉流体と混ぜてはならない材料を基質流が含む場合、或いは捕捉流体が水若しくは他の成分を失うことを妨げられなければならない場合に、有利であり得る。

10

【0101】

捕捉流体が入口123及び出口124の一方を通じて交換器120から漏れることを防止するための他の手段が、当業者に明らかであろう。

【0102】

交換器120において確立されるガス 捕捉流体界面はさらに、ろ過材として、捕捉流体(図1の場合これは水であり得る)を用いてガス流125から粒子若しくは他の汚染物質を捕捉することによって浄化フィルタとして機能し得る。代替的に、水ベースのろ過機能が交換器120の前に組み込まれてもよく、消費者にろ過のために使用される水の容易な交換を可能にする。

20

【0103】

図1の実施例において、交換流体出口122は、標的ガスを捕捉した可能性がある交換流体を再生器130が受け取ることができるように、再生器130の交換流体入口131へ流体接続される。このように、気体基質がCO₂を含む実施例において、受け取られた捕捉流体は例えば溶解CO₂、重炭酸イオン及び炭酸イオンを含み得る。再生器130は、第二の区画112から、この場合酸性である、すなわちpH<7を持つ再結合流体を受け取るために、機器110の第二の区画112の再結合流体出口117へ流体接続される再結合流体入口132をさらに有する。

30

【0104】

再生器130は交換器120から受け取られる交換流体を第二の区画112から受け取られる再結合流体と接触させるように構成される。これは以下のうち一つ以上を引き起こし、可能にするためである: 交換流体の重炭酸イオン及び/又は炭酸イオンとヒドロニウムイオン若しくは再結合流体との反応を通じて交換流体によって捕捉されるCO₂の少なくとも一部の放出; 捕捉流体の水酸化物イオンと再結合流体のヒドロニウムイオンとの再結合による電解水の一部の再生、並びに交換流体のカチオンと再生流体のアニオンとの再結合によって電解質へ追加される塩の再生。

40

【0105】

再生器における接触は交換流体と再結合流体との混合を可能にする構成によって促進され得る。機器130はこの実施例において能動的混合、かき混ぜ若しくは振とうのための攪拌構成を有する。代替的に若しくはこれと組み合わせて、接触は例えば再生器130の両端において交換流体と再結合流体のための入口を伴う交換器について記載した逆流構成でもなされ得る。交換器について記載した接触を増強するためのピーズなどの受動的要素を持つものを含む、任意の適切な混合構成が使用され得る。

【0106】

放出された標的ガス、この実施例ではCO₂は、装置若しくは再生器130から排出若

50

しくは収集され得る。これは標的ガス出口 133 を通じてなされることができ、放出されたガスは以下でより詳細に説明される通り例えばさらなる活用のために収集され得る。

【0107】

図1の実施例において、組み合わせられた交換流体と再結合流体の一部若しくは全部は新たな使用のために生成器へ、特に電解器 110 へフィードバックされる。これは任意の適切な方法でなされ得る。図1において、このフィードバックは再生器 130 の再生流体出口 134 を電解器 110 の再生流体入口と流体接続することを通じて可能になる。この実施例において電解器は分離された区画を持つため、再生流体は第一の区画 111 の入口 118 と第二の区画 112 の追加入口 119 へ分割される。かかる分割は電解器を定義する代替的方法として上記した通り第一及び第二の区画が互いに流体接触する場合は必要ないかもしれない。

10

【0108】

上記構成により、図1の装置は閉ループフロー動作原理を利用する。原理は各々が機器 110 から生じて機器 110 で終了する二つの部分ループを含む。第一の部分ループは第一の区画 111 から交換器 120 及び再生器を通して機器 110 に再度到達する。これは標的ガス(例えば CO_2) を捕捉するための捕捉流体と交換流体のフローを有するループである。第二の部分ループは第二の区画 112 から再生器 130 を通じて再度機器 110 で終わる。このループは捕捉された標的ガスの放出と電解質成分の再生を引き起こすために再生器へ再結合流体を供給するためのものである。従って、図1の機器は添加塩などの電解質成分を補充する必要なしにスタンドアロンの段階的若しくは連続モードで作動され得る。図1の機器では、例えば再生器 130 の出口 133 を通る水の蒸発のため、又はクローズドシステムからの水損失の任意の他の既知の方法を通じて、一部の水が失われ得る。この水は取水口を用いて周期的若しくは連続補充によって補充され得る。具体的に示されないが、かかる取水口は好適には再生器と機器 100 の出口の間に存在する。

20

【0109】

非スタンドアロンの段階的若しくは連続モードで動作し得る代替的实施例において、装置は例えば給排水システムなどの外部電解質/水消費/補充ループの一部であり得る。その場合入口 118 の一つ以上が出口 134 には接続されず、水源若しくは水を有する液体電解質源へ接続される。そして出口 134 は液体電解質の排出路若しくは排水溝へも接続される。かかる接続は水を補充する機会を与える図1に描かれた接続に追加することもできる。

30

【0110】

例えば図1の態様など、本発明にかかる機器と方法の動作の重要な態様及び能力を例示するため、 CO_2 捕捉の事例がさらに詳述される。理論に制約されるつもりはないが、動作条件は以下の考察を用いて推定され得る。

【0111】

従って、空気などの気相基質から、 CO_2 ガスが式3(上記参照)の反応に従って、塩の水溶液である捕捉流体に溶解する。流体(主に水)中の CO_2 濃度はヘンリーの法則によって決定される; $p(\text{CO}_2) = k_H [\text{CO}_2(aq)]$ 、 $p(\text{CO}_2)$ は CO_2 分圧、 $k_H(\text{CO}_2) = 29.41 \text{ L}^* \text{ atm} / \text{mol}$ (@ $T = 298 \text{ K}$) 及び $[\text{CO}_2(aq)]$ は水中濃度である。従って、 $p(\text{CO}_2) \sim 1000 \text{ ppm} @ 1 \text{ bar}$ の場合これは $[\text{CO}_2(aq)] = 3.4 \cdot 10^{-5} \text{ mol} / \text{L}$ となる。

40

【0112】

溶解 CO_2 は水と反応して炭酸を形成し、これは次式の平衡及びそれぞれの関連する平衡定数 K_h 、 K_{a1} 及び K_{a2} に従って部分的に解離する:



$$K_h = \frac{[\text{CO}_2(\text{aq})]}{[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})]} = 1.7 * 10^{-3} \quad (7)$$

$$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})]} \Rightarrow p_{K_{a1}} = 3.6 \quad (8)$$

$$\left(K_{a1}' = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})] + [\text{CO}_2(\text{aq})]} \Rightarrow p_{K_{a1}} = 6.3 \right) \quad (9)$$

$$K_{a2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \Rightarrow p_{K_{a2}} = 10.4 \quad (10)$$

10

20

【 0 1 1 3 】

〔CO₂(aq)〕 = 3.4 × 10^{-0.5} mol/L (上記参照)である溶解CO₂から続けて、CO₃²⁻及びH₃O⁺(K_{a2})へのHCO₃⁻の第二の解離について上記考察を用いて、(半)純水(pH = 6)中に存在するHCO₃⁻の最小濃度は無視され、動作中であるときに装置のフルサイクルにおいて全CO₂が(再生器によって)自ら除去されると仮定され、捕捉流体の所要フローに対する下記表における推定が、捕捉流体の連続フローを供給する機器について導出され得る：

【表1】

pH	[H ₃ O ⁺] [Mol/L]	[HCO ₃ ⁻] [Mol/L]	流速 [L/時 人]
8	10 ⁻⁸	1.45 × 10 ⁻³	850
9	10 ⁻⁹	1.45 × 10 ⁻²	85
10	10 ⁻¹⁰	1.45 × 10 ⁻¹	8.5
11	10 ⁻¹¹	1.45	0.85

30

40

【 0 1 1 4 】

標的ガスを捕捉する能力はこのようにpHとほぼ線形であるが、上記全仮定なしではこれは必ずしも当てはまるとは限らない。それでもなお、上記によれば一人によって生成される全CO₂を吸収するためにpH = 11で0.015 L/分(0.85 L/時)の連続水流(及び従って捕捉流体フロー)が要求され得る。

【 0 1 1 5 】

一実施形態において、装置は第一の電極113と第二の電極114へ電氣的に結合され

50

るコントローラ140を持ち、コントローラ140は第一の電極113と第二の電極114それぞれにおいて水電解半反応を生成するために十分な最小値を持つ制御信号を生成するように構成される。コントローラ140はさらに第一の電極113と第二の電極114それぞれにおいて水電解の速度を制御するために制御信号の値を変えるように構成される。このように、特定の実施形態において装置は1時間あたり1リットルから10,000リットル、好適には1時間あたり10リットルから1,000リットルの捕捉流体及び/又は再生流体のフローを生成するように構成され得る。コントローラ140は捕捉流体と再生流体のpHだけでなく装置を通る流体流速も制御するように適応され得る。コントローラ140は、例えば約2~20,000m³の範囲の体積を持つ(より小さい若しくは大きい体積も実現可能である)密閉空間、すなわち部屋、オフィス、カンファレンスエリア、温室若しくは他の植物育成設備、車両などといった標的密閉空間から、CO₂などの標的ガスを効果的に捕捉するためにpHと流体流速を独立して若しくは依存的に制御し得る。

10

【0116】

当業者は、上記使用パラメータ(例えばかかるガスの関連溶解特性及び平衡定数)の関連値を用いてSO_x及びNO_x若しくは例えばNH₃などの他の標的ガスについて同様の推定をし、従ってこれら他の標的ガスに対して本発明を實踐することができるだろう。

【0117】

図1の装置のような本発明の装置は、好適には捕捉流体のpHがpH=3とpH=11の間であるように、極端な場合はpH=0と14の間であるように作動される。あまり厳しくないpH条件内での機器の動作は、機器の設計を容易にし、良好な標的ガス性能とpHを通じたその制御を提供しながら、以下でさらに説明される通りあまり厳しくないパラメータが使用中に使用されることを可能にする。標的ガスの重要なグループが上記CO₂若しくはSO_x及びNO_xについて解明された基本条件において溶解することができるので、好適には機器は捕捉流体のpHが7と14の間になるように作動される。

20

【0118】

さらに機器の絶対スケール(固定体積など)から、本発明の方法と機器は、これが上記解明されたガス捕捉の化学的及び物理的モデルの使用を可能にするので、その標的ガス捕捉能(及び放出能)の有利な制御を提供する。このように、かかる能力はとりわけ捕捉流体のpHと流速に依存する。かかる制御は、標的ガス捕捉装置の形及び/又は標的ガス供給装置の形を問わず、気候制御装置としての装置の想定される応用を考慮すると有利である。

30

【0119】

このようにpH値がより極端になるほど、同じ量/濃度の標的ガスを捕捉するために捕捉流体のフローは低くなり得ることが観察される。そして捕捉流体におけるpHの制御は機器及び/又は方法パラメータの数に依存する。これらは例えば電解速度、すなわち塩基若しくは酸の生成速度、及び捕捉流体及び/又は再結合流体の流速を含む。これらの各々は制御目的で単独で若しくは組み合わせて最適化若しくは調節され得る。

【0120】

このように図1の機器のコントローラ140は捕捉流体の電解速度及び/又は流速を制御することが可能であり得る。

40

【0121】

電力供給のために装置はバッテリーなどの外部電源へ、又は送電網の形の外部標準電気供給ネットワークへ接続され得るが、コントローラ140はさらに、電気分解のために使用される第一及び第二の電極のいずれか一方へ可変DC電圧及び/又は可変DC電流を供給するように(両方が効果的に制御される場合電極への電力は可変的に制御される)外部電力を変換及び制御するように構成される。この場合一つの閉電気ループの電極で電気分解が実行されるので、コントローラはこのループを通る可変電圧差及び/又は電流を供給することができる。電流は例えば電極にかかるDC電圧を設定及び/又は調節することによって制御され得る。電流の制御は各電極において起こる酸化還元半反応を通じて電解速度

50

に直接関連する。

【 0 1 2 2 】

電流の制御は電極にわたって印加される電圧の関数として電極の一方若しくは両方を通る電流を測定することによってなされ得る。当業者は、電流及び/又は電圧制御など、フィードバックループなどを伴う電気制御が可能なコントローラを提供する方法がわかるだろう。

【 0 1 2 3 】

上記の通り、適切な電力供給は機器若しくはコントローラの一部であり得るが、機器の使用の場所で周辺に存在することもできる。機器は例えば、電力供給が電気分解のためにDC電流制御を提供することが可能でありながら、任意の一つの特定の場所において利用可能な送電網へ直接接続され得る電力供給を持つことができる。

10

【 0 1 2 4 】

図1の機器において電極は一つの同じ電気ループの一部である。しかしながら、代替的な実施形態では、電解半反応が分離された方法で起こるように、追加電極が存在し電氣的に接続され得る。これは電解器が実際には、一つは酸化用で一つは還元用の、互いに独立して動作し得る二つの電解槽を持つことを要し得る。基準に対する絶対電位を定義するために任意のタイプの基準電極が任意の設定で使用され得る。かかる全設定は電解速度に関して上記した通り制御され得る。

【 0 1 2 5 】

制御信号、例えば機器を作動させるために印加される電圧は、水電解を開始するために十分であるべきであり、その上電気抵抗に対する特定選択電流に達する手段に過ぎない。実際には、これは印加電圧が電極表面材料の電気化学特性によって作られる任意の過剰電位を加えて1.23Vを超えるべきであることを意味する。好適には電極にかかる電圧は > 1.5V、> 2V、> 3V、> 4V、> 5V、> 7.5V、若しくは > 10Vでさえある。

20

【 0 1 2 6 】

電気分解のために十分な電流は、これが捕捉液体において達するpHを通じてガス捕捉パワーを決定するパラメータの一つであるため(CO₂に対する上記実施例参照)、機器の動作にとって重要である。状況に必要な電解電流はときに50Aの高さにまで達し得る。このように、より性能の大きい機器では高電流電力供給が好適である。例えばCO₂ガス捕捉装置に関して、一人のCO₂の除去(1日あたり1.3kgのCO₂)には空気から1時間あたり55gのCO₂の最低限の一定除去が必要である。全電子がCO₂分子に結合するOH⁻分子を作ると仮定して、計算される必要電力は一人あたり~40Wであり、これは1.25Vの電解電位差において~33Aの電解電流になる。

30

【 0 1 2 7 】

本発明にかかる機器において電極にかかる所定電圧において電気分解のために達成可能な電流は、例えば電極、機器110及び電解質の伝導度の設計など、セルの内部抵抗に関する複数のパラメータを通じて調節若しくは設定され得る。

【 0 1 2 8 】

電極の設計について、表面積の増加はセルの内部抵抗の低下と電流の増加をもたらす。さらに、第一及び第二の電極間の距離の削減につながるセル設計は内部抵抗の減少と電流の増加につながる。電極はセル内で固定設計と取り付け台を持ち得る。代替的に、これらの一つ以上は可変形式で設けられ得る。例えば電極間の距離が変更可能であるか、又は電解質に接触する電極の領域が(電解質からの除去若しくは挿入を通じて)変更可能である。これらのパラメータは電解速度を調節するためにコントローラによって個々に及び一緒に制御され得る。

40

【 0 1 2 9 】

電解質の電気伝導度は電解質のイオン濃度及び/又は粘性を通じて影響され得る。流体/液体の水性電解質における塩濃度の増加はその伝導度を増加する。かかる塩は典型的には前に説明した通り電解不活性である。本発明のための塩濃度は1mMから15Mであり

50

得る。好適には濃度は $> 5 \text{ mM}$ 、 $> 10 \text{ mM}$ 、 $> 100 \text{ mM}$ 、 $> 0.5 \text{ M}$ 、 $> 1 \text{ M}$ 、 > 2 、 $> 3 \text{ M}$ 、 $> 5 \text{ M}$ 、 $> 7 \text{ M}$ 、 $> 10 \text{ M}$ である。電解質の溶媒中の塩の飽和濃度が使用され得る。電解質が主に水である場合、一部の塩のかかる最大溶解度は： $\text{NaNO}_3 \sim 900 \text{ g/l}$ ($\sim 10.7 \text{ M}$)、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \sim 200 \text{ g/l}$ ($\sim 1 \text{ M}$)、 $\text{KNO}_3 \sim 320 \text{ g/l}$ (3.1 M)、 $\text{K}_2\text{SO}_4 \sim 120 \text{ g/l}$ (0.8 M)、 $\text{ZnSO}_4 \sim 550 \text{ g/l}$ ($\sim 3.4 \text{ M}$)、 $\text{AgNO}_3 \sim 2560 \text{ g/l}$ ($\sim 15 \text{ M}$) になる。当業者は、物理及び化学定数ハンドブック、若しくは *Chemical Abstracts* 若しくはインターネット：http://en.wikipedia.org/wiki/Solubility_table などの文献参考データからその溶解度若しくは溶解度積に基づいて塩を選択する方法がわかるだろう。

【0130】

電解質溶媒中の一つ以上の塩の比較的高い（総）濃度が好ましい。これは電解質中のイオン電流伝導能の増加により促進された電気分解を与える。さらに、これは電解質中の対イオンの量を、それとともに捕捉流体及び/又は再結合流体に対して達する最大 pH を増加させる。

【0131】

高捕捉パワーに達するために、例えば 10 V よりも低い電圧において、セル電解質中の高塩濃度と組み合わせたセルの最適化が、上記方法に従って必要になり得る。

【0132】

本発明のための液体電解質組成に関して、電流伝導を補助するために一つ以上の塩が電解質に追加され得る。使用されるかかる塩は電解器の電極へ印加される電位下で安定である。塩は電解質溶媒中でいくらかの溶解度を持たなければならない。

【0133】

一般にハロゲン化物（フッ化物、塩化物、臭化物及びヨウ化物）、硝酸塩及び硫酸塩が、多くのリチウム、ナトリウム及びカリウム塩と同様にこの要件を満たす。かかる塩は例えば LiNO_3 、 Li_2SO_4 、 NaNO_3 、 KNO_3 、 Na_2SO_4 、 K_2SO_4 などである。 Zn 及び Ag 塩（例えば ZnSO_4 、 AgNO_3 ）も有効であるが、銀塩は他のものよりもかなり高価になる。リチウム塩は主溶媒として水を持たない電解質にも可溶性であり得る。水に加えて使用され得る溶媒は例えばアルコール（メタノール若しくはエタノール）又はジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシドアセトニトリルなどの極性溶媒であり得る。

【0134】

F 、 Cl 及び Br （及び場合により I ）含有電解質添加剤、例えばこれらのナトリウム及びカリウム塩を含むハロゲン化物塩は、装置での使用時に Cl_2 などの毒性ガスを形成し得るので、使用されるべきではない。しかしながらヨウ素は毒性が低く気体ではないため塩素よりも問題にならない。これは浄化空気を介して装置へ入る任意の汚染物質からシステムを殺菌することにさえなり得る。他の電解質添加物質は例えばメタノール、エタノール、 n 若しくはイソプロパノール、 n 若しくはイソブタノール、シクロヘキサノールから成る群から選ばれるものなど、エチレングリコール若しくは他のアルコールといった不凍剤であり得る。

【0135】

機器のガス捕捉パワーは、これが新たな捕捉のための回復速度を決定するので、捕捉ガスが再生器においてシステムから除去される速度にも一部依存する。かかる溶液での捕捉後の塩基性若しくは酸性溶液からのガスの回復は一般に比較的遅い。例えば上記逆反応に従った CO_2 ガスの再生は $\sim 0.039 \text{ 秒}^{-1}$ の速度定数を持つ捕捉と比較してたった $\sim 0.23 \text{ 秒}^{-1}$ の速度定数を持つ。本発明は、交換流体を含むガスとともに捕捉流体が生成された電極のものとして、他方の電極において生成される再結合流体ストリームを再結合する（加える）ことによる再生を有利に利用する。 CO_2 の場合これは酸性液体がガス含有塩基性ストリームへ追加されることを意味する。これは少なくとも部分的にガス（例えば炭酸）を追い出し、ガスの回復の速度を増大する。

【0136】

10

20

30

40

50

一実施形態において、図1のガス精製システム100はシステムを通じて捕捉流体と再結合流体をポンピングするための一つ以上のポンプをさらに有する。限定されない実施例として、コントローラ140の制御下の第一のポンプ102と第二のポンプ104が図示される。ガス精製システム100のいかなる適切な場所においていかなる適切な数のポンプが適用されてもよく、これらのポンプは例えばガス精製システム100のコントローラ140若しくは別のコントローラ（不図示）といった一つ以上のコントローラによっていかなる適切な方法で制御されてもよいことが理解されるべきである。例えば、ガス精製システム100はガス流125を交換器130へ押し込むためのポンプ（不図示）をさらに有し得る。代替的に、この目的で外部ポンプなどが使用され得る。ポンプのための好適な場所は、そこで流体ストリームがほぼ中性であるか又は少なくともポンプ102と104の場所よりも酸性度若しくは塩基性度が低いので、出口134と入口118若しくは119（不図示）の間であり得る。これはかかる条件のためにポンプの磨耗を減らし得るか、又は利用可能なより安価なポンプを利用し得る。ポンプが入口119及び118の前の個別の流体接続において、並びに出口134から数えてかかる流体接続を二方向に分割した後位置する場合、そして第一及び第二の区画111及び112が部分的に若しくは好適には例えば膜115によって互いに分離される場合、これはポンプの個別制御を通じて第一及び再結合流体のフローの個別制御を提供し得る。

10

【0137】

弁とポンプの組み合わせも上記実施形態で使用され得る。

【0138】

一実施形態において、ガス精製システム100を通る捕捉流体と再結合流体の流速はガス流125と捕捉流体における標的ガスの交換速度を調整するように調整され得る。再結合器130における再結合反応の効率を保証するために再結合流体の流速は捕捉流体の流速にマッチされ得る。従って、再生流体はpH中性になるように調整され得る。ただし他のpH値が設定されることができる。これは再生器において達成されるべき標的ガス放出速度に依存し得る。例えば、捕捉流体フローとガス流125のフローは基質（ガス流125）から捕捉流体への標的ガスの交換速度を制御するように調整され得る。かかる流速は任意の適切な方法で、例えば一つ以上のコントローラ、例えばコントローラ140の制御下でポンプ及び/又は調節可能な弁を用いて、制御され得る。

20

【0139】

機器の捕捉能を制御及び調節する他のポイントは、例えば制御された攪拌（ガスのかき混ぜ、噴霧若しくはバブリングなど）によって交換器内での接触中に攪拌を増強若しくは低減することによる標的ガス交換の程度である。同様の制御は再生器においても利用可能である。かかる制御は、本発明の機器がこれらの接触効率によって限定されない動作モードである場合、オフに若しくは最低レベルにスイッチされ得る。より高い捕捉モードにおいてそれらはオンにスイッチされ得る。

30

【0140】

コントローラ140は上記で説明したパラメータのいずれか一つを制御するように構成される一つのコントローラ若しくは複数のコントローラであり得る。好適にはコントローラは少なくとも電解速度と捕捉流体の流速を制御する。好適には再結合流体の流速も制御される。これは上記で説明したポンプの一つ以上を意味する。

40

【0141】

一実施形態において、図1の装置は限定空間若しくは基質の入口などにおける標的ガス量若しくは濃度を検出するためのガスセンサ150を持つ。従って図1において150はCO₂センサであり、コントローラ140はガスセンサ150の信号に応答する。ガスセンサ150は典型的にはガス流125と流体接触し、例えばガスセンサはガス流125の中に若しくは代替的に精製されたガス流125'の中に置かれ得る。一実施形態において、ガス流125は別個の導管若しくはチャンバ（不図示）を用いて交換器120の中へ供給されるように配置され、ガスセンサ150はこの導管若しくはチャンバの中に配置される。

50

【 0 1 4 2 】

差分ガス濃度を定義し、コントローラへフィードバックを与えて装置調節の基礎とするために、複数の標的ガスセンサが使用され得る。

【 0 1 4 3 】

装置は少なくとも捕捉流体において、ただし好適には再結合流体においても、又は再生流体において pH を測定するための一つ以上の pH センサを有し得る。捕捉流体の pH は交換器内の標的ガス捕捉速度に直接関連するので、その捕捉流体の pH を検出することは装置の標的ガス捕捉の制御のために良好なフィードバックを与え得る。これは電解速度と機器 110 からの捕捉流体の抽出速度の組み合わせに対する尺度を与える。

【 0 1 4 4 】

交換流体中の追加センサは捕捉された標的ガスの実際の量についての指標を与え得る。

【 0 1 4 5 】

装置は好適には少なくとも捕捉流体流速を測定するための、ただし好適には再結合流体流速及び / 又は再生流体流速も測定するための、一つ以上の流速センサも持つ。

【 0 1 4 6 】

流速、電解速度、交換速度若しくは再生速度といった上記全パラメータの制御は手動であり得るが、好適にはこれは上記一つ以上のセンサからのフィードバックに基づいて自動的である。自動化はコントローラ内のマイクロプロセッサによって、又は標準無線若しくは有線接続 (w i f i (登録商標)、LAN など) を通じてコントローラと通信する遠隔デバイス上で実行するソフトウェアによってアクセス可能なメモリ上に存在するソフトウェアを用いて実現され得る。

【 0 1 4 7 】

図 1 において、システム 100 の捕捉流体によって捕捉される気体汚染物質、例えば CO_2 は例えばガス出口 133 を通じて再生器 130 から排出され得る。一部の実施形態において、気体汚染物質は例えばシステム 100 が限定空間から CO_2 を除去するための空気浄化ユニットとして使用されるときはガス精製システム 100 から単純に排出され得、この場合 CO_2 は単に別の空間へ、例えば屋外空間などのオープンスペース、すなわち地球の大気へ排出され得る。かかる使用の実施例が以下でより詳細に与えられる。

【 0 1 4 8 】

しかしながら、一部の他の実施形態において、排出された気体汚染物質、例えば CO_2 はさらなる活用のためにガス出口 133 において採取され、例えば濃縮され得る。一実施形態例が図 2 に図示され、ここでシステム 100 はガス出口 133 と流体接続する入口 161 と、放出弁 163 に結合される出口 162 を持つ貯蔵タンク 160 をさらに有する。従って、排出された気体汚染物質、例えば CO_2 は、例えば気体汚染物質がそのための出発物質であるメタノールなどの燃料といった付加価値生成物の合成における、又はボトル入り CO_2 の生産における、要求に応じたさらなる活用のために貯蔵タンク 160 において貯蔵され、例えば濃縮され得る。かかる実施形態において、ガス精製システム 100 は CO_2 生成システムを形成するように貯蔵タンク 160 で拡張される。

【 0 1 4 9 】

一実施形態において、 CO_2 センサ 150 は貯蔵タンク 160 若しくはその出口 162 の内部の気体媒質中の CO_2 レベルを決定するために貯蔵タンク 160 若しくはその出口 162 の中に位置し得る。これは例えば、以下でより詳細に説明される通り、植物若しくは他の CO_2 消費生物が育成される場所などの遠隔地へ、制御された量の CO_2 が供給されるべき場合に有利である。

【 0 1 5 0 】

再生器 130 においてガス精製システム 100 によって放出される標的ガス (例えば及び特に CO_2) が再利用され得る別の潜在的な応用領域は、都市農業若しくは園芸応用のために標的ガスを提供することである。例えば CO_2 は光合成プロセスにおける消費のために提供され得、この場合 CO_2 は、例えば植物若しくは他の CO_2 消費生物が育成される、光合成プロセスが起こる限定空間へ、光合成プロセスを加速させるために放出され得

10

20

30

40

50

る。一部の実施形態において、ガス精製システム100は、追加ガスフローが再生器130から放出される標的ガスで濃縮されるガス濃縮システムとして構成され得る。

【0151】

この目的で、ガス出口133は限定空間に位置するか若しくは限定空間と流体接続し得る。CO₂はガス出口133から限定空間へ直接放出され得るか、又は貯蔵タンク160から放出され得、これは限定空間へのCO₂の放出速度及び/又は放出頻度に対する特に良好な制御を与える。CO₂センサ150は前に説明した通り貯蔵タンク160に置かれ得る。

【0152】

図3に図示の実施形態において、ガス精製システム100は再生器230を有し、その中で追加ガスフロー225、例えば限定空間からの気流が捕捉流体と再結合流体の混合物と接触させられるので、この混合物から放出されるCO₂が追加ガスフローへ直接移され、限定空間へ放出するためのCO₂濃縮ガスフロー225'を生成することができる。例えば、追加ガスフロー225はガス入口234を介して再生器230へ供給され得、CO₂濃縮ガスフロー225'はガス出口235を介して再生器230から放出され得る。

10

【0153】

この実施形態において、再生器230は一方で捕捉流体と再結合流体の混合物と、他方で追加ガス流225との間の追加交換器としてはたらし、交換器120と同様の方法で配置され得る。例えば、ガス入口234とガス出口235は、例えば前に説明した通りガス入口234とガス出口235を覆ってガス透過性若しくは疎水性膜を設けることによって、捕捉流体と再結合流体の混合物がこの入口と出口を通過して再生器230から漏れることができないように配置され得る。

20

【0154】

代替的に、再生器230はその中で上述の水の再生とCO₂の放出が起こる第一のサブ区画231と、追加ガスフロー225を受けるための第二のサブ区画232を有し、第一のサブ区画231と第二のサブ区画232は第一のサブ区画231内で捕捉流体と再結合流体の液体分率を保つためにガス透過性若しくは疎水性膜233によって分離される。

【0155】

ガス精製システム100の複数の有用な実施例がさらに詳細に論じられる。これらは例示的な実施例に過ぎず他の実施例が当業者に直ちに明らかになることが理解されるべきである。

30

【0156】

第一の実施例において、ガス精製システム100は、CO₂レベルを所望範囲内、例えば1,000ppm、500ppm、400ppm、若しくはそれ未満の設定閾値未満に維持する目的で、人によって占められる限定空間内のCO₂レベルを調整する空気浄化システムとして使用され得る。他の適切な範囲も考慮され得る。これは限定空間の占有者が潜在的に有害な高レベルのCO₂に曝されないことを保証する。限定空間は、一人以上の人によって占められる任意の空間、例えば家(の一つ以上の部屋)などの住居住宅、オフィスビル若しくはその一部などの職場、ショッピングモール、映画館、劇場などといった公共の建物など(の一部)であり得る。

40

【0157】

かかる限定空間では、限定空間が一人以上の人によって占められる場合、例えば呼吸を通じてCO₂レベルの急速な蓄積が経験され得る。これは約5,000m³の体積を持つ会議室で観察されたCO₂レベルを経時的に描く図4のグラフによって示される。点21(10:29)において、36人を含む会議が始まり、破線10で示される周辺大気レベル(~500ppm)から破線20で示されるASHRAE及びOSHA規格による健康なCO₂レベルの上限(1,000ppm)を超えるまでCO₂レベルの急上昇を引き起こす。たった約15分程度のわずかな時間で、CO₂レベルは上限20を優に上回る点22で示される約1,2000ppmまで増加した。

【0158】

50

かかる高CO₂レベルを回避するために、交換器120が追加入口123を通じて限定空間から空気を吸い込み、そこからCO₂が除去される浄化空気を限定空間へ戻し、それによって限定空間内のCO₂レベルを調整するよう、ガス精製システム100（すなわちこの場合空気浄化システム）が配置され得る。捕捉されるCO₂は前に説明した通り処理され得る。CO₂がガス出口133を通じてガス精製システム100から単に排出される場合、これは好適には野外などの非限定空間へなされる。

【0159】

一部の実施形態において、ガス精製システム100（すなわちこの場合空気浄化システム）は暖房システム若しくは空調システムなどの気候制御システムと組み合わせられ得、この場合ガス精製システム100は気候制御システムに組み込まれ得るか、又は気候制御システムとは別の個別システムとして提供され得る。

10

【0160】

一実施形態において、気候制御システム310は空気入口312を介して建物300へ挿入される気流の温度を上昇させるための熱交換ユニットを含み得る；すなわち $T_1 < T_2$ 。かかる気候制御システム310は例えば気候制御システム310が建物300を暖めるために使用される寒い気候で適用され得る。代替的な実施形態において、気候制御システム310は空気入口312を介して建物300へ挿入される気流の温度を減少させるための空調ユニットを含み得る；すなわち $T_1 > T_2$ 。かかる気候制御システム310は例えば気候制御システム310が建物300を冷やすために使用される暑い気候で適用され得る。

20

【0161】

ガス精製システム100がなければ、平均サイズの家（約140m²の床面積と約500m³の密閉体積）は健康なCO₂レベルを維持するために新鮮な空気を十分に供給される必要がある。新鮮な空気の所要量は、例えば家の中でのCO₂生成速度、新鮮な空気中のCO₂レベルなど、複数の要因によって決まる。例えば、家に居住する一人の人が1,000ppm及びそれ以上のCO₂レベルに曝されないことを保証するために、400ppmのCO₂を有する少なくとも1,800m³の新鮮な空気が、例えば自然換気と強制換気の併用を通じて、日々供給されなければならない。

【0162】

理解される通り、取り込まれた新鮮な空気が所望の温度 T_2 になることを保証するために大量のエネルギーを費やす必要がある。例えば、取り込まれた新鮮な空気を-20から+20まで温めるには、 $1.2 \sim 1.3 \text{ kg/m}^3$ の密度 D の空気の $1.25 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$ の加熱/冷却のための電力 P 及び 1 kJ/kg K の熱容量 C_p （ $P = D * C_p$ ）に基づき、電気ヒータがこの目的で使用される場合は少なくとも3kWhの電気を、或いは約3の性能係数を持つヒートポンプがこの目的で使用される場合は少なくとも1kWhの電気を通常要する。取り込まれた新鮮な空気を+35から+20まで冷却するには、ヒートポンプがこの目的で使用される場合は少なくとも1kWhの電気を通常要する。これらの計算では600m³の空気が強制換気によってリフレッシュされ、家が1時間あたり0.1のACH（毎時空気循環）を持つことが仮定されており、これは典型的な家で1200m³/日に相当する。上記推定は強制換気のみに関し、自然換気を通じて家に入る空気を加熱若しくは冷却するために必要なエネルギーを含まない。自然換気の気候制御はさらに16kWh/日（若しくはヒートポンプで実現される場合5.3kWh/日）を要する。

30

40

【0163】

ガス精製システム100が設定に含まれる場合、少なくとも20%の省エネルギーが期待され得ることが推定されている。これは、その中で健康なCO₂レベルを維持するために建物300から空気が排出される必要がないという事実により気候制御システム310によって引き込まれる空気の体積が著しく削減され得るためである。代わりに、CO₂レベルは前に説明した通りガス精製システム100によって維持される。結果として、建物300内部の空気が気候制御システム310を通じて再循環され得、この再循環された空

50

気は典型的に外気よりも標的溫度 T_2 により近い溫度を持つという事実のために、氣候制御システム310の作業負荷が著しく削減され得る。一部の實施形態において、これは氣候制御システム310の容量とサイズの縮小を、それによって設置費の削減をさらに促進する。

【0164】

図6は、例えば大都市などの人口密集地域にある建物300について、汚染された外気から粉塵やすす粒子などの汚染物質をフィルタリングするためのフィルタユニット330をさらに有する、建物300でのガス(空気)精製システム100の別の使用例を概略的に描く。かかるフィルタは氣候制御システム310の中に存在してもよいが、かかる組込フィルタの効率は典型的に所望レベルのフィルタリングを実現するためには不十分である。かかるフィルタユニット330は前に説明した通り建物300内で健康な CO_2 レベルを維持するために毎日例えば $2,000m^3$ 若しくはそれ以上の大量の外気をフィルタリングすることを要求され得る。前述の通り、これは自然換気を含み得る。これは大容量フィルタを要し、フィルタ材の大量消費を引き起こす。一実施形態にかかるガス精製システム100の包含はフィルタユニット330によってフィルタリングされる必要がある空気の量を著しく削減し、それによって必要なフィルタ容量とフィルタ材を削減する。フィルタユニット330が、前に説明した通りフィルタリングされる流入空気の溫度を制御するように配置される氣候制御システム310の一部を成す場合、追加の省エネルギーが実現され得る。

【0165】

図7は車両客室内部の空気を制御された溫度に保つために空調ユニットを再循環モードで作動させる車両内部の CO_2 レベルを描く。車両は運転者のみによって占められる。直ちに明らかになる通り、エネルギーを節約するために客室空気が再循環されるという事実によって車両客室内の CO_2 レベルの急上昇が引き起こされる。約15分以内で、客室内の CO_2 レベルは眠気が生じ得る約 $1,800ppm$ になる。これは明らかに車両の運転者の安全性と他の道路利用者の安全性を危うくする。15分後、空調ユニットの再循環モードはオフになり、外気が車両内へ取り込まれ、 CO_2 レベルが増加した空気を交換するという事実のために CO_2 レベルの急降下を引き起こす。しかしながら、これは取り込まれた空気を所要溫度にするためにより多くのエネルギーが必要とされ得るので、車両の燃料消費に悪影響を持ち得る。これは例えばハイブリッド及び電気自動車など、車両が電気をを用いて少なくとも一部推進される場合に特に関連する。さらに、かかる外気は典型的には異なるタイプの粒子で汚染され、従ってこれは高い粒子フィルタ効率を維持しながら CO_2 レベルを所望の範囲内に維持するためにこれらのフィルタを通る十分な気流を保證する高フロー容量を持つ比較的大きな粒子フィルタの取り付けを要し得る。これはフィルタを通る空気の通過回数に関数としてフィルタ効率を増加するので、車両の乗員が再循環若しくはマルチパスモードでフィルタを作動させるよう促し得る。

【0166】

図8は一実施形態にかかるガス精製システム100を含む客室410を持つ車両400を概略的に描く。車両400へのガス精製システム100の包含は客室410への外気換気の必要性を減らし、それによってエネルギー消費と空気フィルタ寸法の削減を促進する。ガス精製システム100は空気125が客室410からガス精製システム100の交換器120へ引き込まれるように配置され、精製された空気125'は交換器120から客室410へ戻される。再生器130のガス出口133は捕捉された CO_2 が車両400の外へ排出されるように配置され得る。一実施形態において、交換器1200の前の前述のオプションの水ベースろ過ユニットが車両400の空気フィルタに組み込まれ得る。

【0167】

$85m^3$ /時の空気捕捉能と70%の捕捉効率を持つガス精製システム100の提供は、二人の大人によって占められる $5m^3$ の客室空間内部の CO_2 レベルを、1時間あたり0.5の自然換気(ACH)をとって $1,500ppm$ よりはるかに低く維持することができ、一方このガス精製システム100がなければ CO_2 レベルは約2.5時間で約10

10

20

30

40

50

、000ppmまで増加し、それによって車両400内のガス精製システム100の利点を明示する。ガス精製システム100の上述の性能はかかる性能の限定されない実施例であり、任意の適切な性能のガス精製システム100が利用され得ることが理解されるべきである。

【0168】

一実施形態において、ガス精製システム100は50 50, 000m³/時に及び、好適には50 10, 000m³/時に及び空気捕捉能を持つ。かかる範囲は家庭若しくは中小企業設定において動作するように構成されるガス精製システム100にとって特に有用である。

【0169】

ガス精製システム100は捕捉されたCO₂を大気に混入するためにさらに使用される。特に、ガス精製システム100は光合成プロセスを、特に、植物生長プロセスが行われる都市農業プロジェクト、温室若しくは任意の他の限定空間における植物生長プロセスなどの園芸プロセスを加速させる若しくは他の方法で制御するために使用され得る。現在、CO₂濃縮生育環境は高価なボトル入りCO₂若しくは産業廃棄ガスを用いて作られるが、これは、例えばかかる工業団地は植物が育成される住居から比較的遠い距離にあることが多く、これは所望の場所において濃縮CO₂を供給するために比較的長いダクト長を要することを意味するので、厄介であり及び/又は費用がかかる。加えて、工業用CO₂は典型的に発電所からといった産業プロセスからの汚染物質を除去するために精製されなければならない、それによってかかるCO₂の費用をさらに増す。結果として、例えば費用の理由で、かかる所望の場所若しくはその付近におけるCO₂濃縮気流のオンデマンド生成の必要がある。

【0170】

かかる使用の一実施形態例が図9に概略的に描かれる。この実施形態において、ガス精製システム100は、一人以上の人によって占められる任意のタイプの建物であり得る、建物500などの限定空間においてCO₂レベルを削減するように配置され得る。限定されない実施例として、建物500は例えば植物栽培者によって占められる農家などの家であり得る。この実施形態において、ガス精製システム100は典型的に、限定空間内のCO₂レベルを、限定空間の占有者にとって健康とみなされる範囲内に、例えば1,000ppm、500ppm、400ppm未満などのレベルに維持するように配置される。代替的に、ガス精製システム100は野外からCO₂を抽出するように配置され得る。

【0171】

ガス精製システム100は典型的に、例えばその中で植物が育成される、その中で光合成プロセスが起こる追加限定空間600へ捕捉したCO₂を供給するように配置される。それ自体周知の通り、かかる光合成プロセスでは、適切な波長の光の影響下でCO₂と水が有機物と酸素へ変換される。従って、かかるプロセスは、適切な量のCO₂、水及び光へ植物の暴露を制御することによって制御され、例えば加速され得る。一実施形態において、ガス精製システム100は追加限定空間600内のCO₂レベルが1,000 2,000ppmの範囲に維持されるように構成される。

【0172】

この目的で、ガス精製システム100は、再生器130から放出される捕捉されたCO₂を追加気流225と混合して、追加限定空間600、例えばその中で前述の光合成プロセスが起こる温室の中へ放出するためのCO₂濃縮気流225'を生成するように配置される。追加交換器610が、例えばその中に置かれる追加限定空間600と流体連通し、この追加交換器610は追加気流225を受け入れるための入口611と、CO₂濃縮気流225'を追加限定空間600へ供給するための出口612を持つ。

【0173】

追加交換器610は、ガス精製システム100によって抽出されるCO₂を受け入れるために例えば導管550を介してガス精製システム100の交換器130のガス出口133と流体連通する。追加交換器610はガス出口133に直接結合され得、代替的に前に説明

10

20

30

40

50

した通り追加限定空間 600 へ放出される CO_2 の量と速度に対する増大した制御を容易にするために貯蔵タンク 160 へ結合され得る。

【0174】

図 10 に概略的に示される代替的な実施形態において、追加交換器 610 は、図 3 を用いてより詳細に記載された追加交換器 230 に置き換えられてもよく、この場合 CO_2 濃縮追加気流 225' は前に説明した通り捕捉流体と再結合流体の混合物と追加気流 225 を直接接触させることによって生成され得る。図 10 において、追加交換器 230 は単に限定されない実施例として追加限定空間 600 内に位置する。 CO_2 濃縮追加気流 225' が追加限定空間 600 へ放出される限り、追加交換器 230 はいかなる適切な場所に置かれてもよい。

10

【0175】

光合成プロセスが起こる大気を濃縮するガス精製システム 100 の使用の上記実施形態において、追加気流 225 の CO_2 濃縮速度は任意の適切な方法で達成され得る。例えば、ガス精製システム 100 によって達成される CO_2 捕捉速度は、第一の電極 113 と第二の電極 114 にわたって印加される電圧、並びに / 或いは、交換器 120 を通る捕捉流体及び / 又はガス流 125 の流速によって制御され得る。代替的に若しくは付加的に、図 9 に図示の通り追加交換器 230 若しくは 610 を通る追加気流 225 の流速は追加気流 225 の単位体積に追加される CO_2 の量を制御するように制御され得る。代替的に若しくは付加的に、貯蔵タンク 160 から放出される CO_2 の量及び / 又は CO_2 が貯蔵タンク 160 から放出される頻度が、追加気流 225 の単位体積に追加される CO_2 の量を制御するように制御され得る。他の制御機構が当業者に明らかであろう。

20

【0176】

ガス精製システム 100 及びその各使用の上記実施形態において、ガス精製システム 100 を作動させるための電気は主にカーボンニュートラルな方法で、例えば風力、太陽光発電、若しくは潮力などの再生可能エネルギー源を用いて生成され得るので、本発明の様々な態様と関連する CO_2 フットプリントをさらに削減する。

【0177】

図 11 はガス流、例えば気流などのガスから CO_2 を捕捉する方法 1000 のフローチャートを描く。ステップ 1010 において、例えばガス精製システム 100 を駆動することによって方法が開始する。この駆動ステップは例えば前に説明した通り不活性塩、凝固点降下剤などといった添加剤を有し得る多量の水をシステムに装填することを含み得る。方法はステップ 1020 へ進み、ここで水が例えば電解槽 100 内で電気分解される。これは例えば第一の電極 113 と第二の電極 114 にかかる適切な電圧を供給することによって実現され得る。電解ステップにおいて、水酸化物イオンを有する捕捉流体とヒドロニウムイオンを有する再結合流体が形成され、分離されるか若しくは別々に保たれる。

30

【0178】

ステップ 1030 において、捕捉流体は CO_2 を含むガス流などのガスと接触させられる。この暴露中、 CO_2 は捕捉流体中の水酸化物イオンと反応し、それによって溶解 HCO_3^- を形成することによってガスから捕捉流体へ CO_2 を移す。

【0179】

ステップ 1040 において、水酸化物イオンの少なくとも一部に結合した CO_2 を含む捕捉流体と再結合流体が組み合わされ、すなわち混合され、 CO_2 を放出し、上記ヒドロニウムイオンと水酸化物イオンを再結合することによって水を回収する。この再結合ステップ 1040 は反復電気分解のために電解槽 110 へ回収水を戻すことをさらに含み得る。このように放出された CO_2 はステップ 1050 において捕捉流体と再結合流体の混合物から追い出され、例えば野外へ排気され得る。代替的に、ステップ 1030 は第一の限定空間から抽出されるガスに対して実行され得、ステップ 1050 は放出された CO_2 が第二の限定空間へ追い出され、例えば第一の限定空間内の CO_2 レベルを低下させて第二の限定空間への CO_2 レベルを増加することを含み得る。この実施形態は例えば、図 9 及び図 10 を用いて詳細に説明された通り、光合成プロセス、例えば園芸若しくは都市農業

40

50

プロセスの制御におけるガス精製システム 100 の使用に特に関連し、この場合第二の限定空間は温室などであり得る。

【0180】

ステップ 1060 においてプロセスが繰り返される必要があるかどうかチェックされる。これが当てはまる場合、方法はステップ 1020 へ戻る；そうでなければ方法はステップ 1070 で終了する。この点において、方法 1000 は順番に実行される一連の個別ステップとして描かれるが、方法 1000 は捕捉流体と再結合流体の連続フローが維持される連続 CO₂ 捕捉プロセスを実施し得るので、これらのステップは並行して実行され得ることが理解されるべきであることが留意される。

【0181】

図 12 は方法 1000 の代替実施形態を描き、ここでステップ 1050 は捕捉流体と再結合流体から放出される CO₂ が例えば貯蔵タンク 160 において捕捉され貯蔵されるステップ 1150 に置き換えられる。ステップ 1150 は例えば、貯蔵された、例えば濃縮された CO₂ が、例えば CO₂ を試薬として使用する合成プロセスにおいて若しくは上述の植物育成用途でオンデマンドに使用され得るように CO₂ を例えば濃縮するために、放出された CO₂ を一時的に貯蔵するために使用され得る。

【0182】

図 13 は方法 1000 の別の代替実施形態を描き、ここでステップ 1050 は捕捉流体と再結合流体の混合物から放出される CO₂ が別のガス流、例えば別の気流へ直接供給されるステップ 1250 に置き換えられる。この目的で、ステップ 1250 は、例えば図 3 を用いてより詳細に説明された通り、捕捉流体と再結合流体の混合物と追加気流を接触させるステップをさらに有し得る。前に説明した通り、この実施形態は例えば植物生長プロセスにおける使用のために追加ガス流、例えば追加気流を濃縮するために特に適している。

【0183】

本発明の機器は飲料の炭酸化（フィズ）のための機器若しくは器具で使用され得る。その場合機器は図 2 に関して記載した通り設計され、動作し得る。この場合これは飲料の炭酸化のために十分な高圧で捕捉 CO₂ を貯蔵するために使用される CO₂ ガス貯蔵タンク 160 を含む。この圧力は区画 130 における放出直後の CO₂ の圧力よりも高くなり得、典型的にはそれよりも高い。この場合入口 161 を通じて貯蔵容器 160 へ供給する前に出口 133 において放出される CO₂ を圧縮するための圧縮器が設置されることができ、好適には設置される（図 2 に不図示）。ガス圧縮器は当技術分野で周知である。貯蔵される CO₂ ガスは放出弁 163 を通じて飲料炭酸化のために使用され得る。

【0184】

この実施形態の一実施例において、電極 113 と 114 は T i P t 金属で作られ、少なくとも 1 A の電流の出力において少なくとも可変で制御可能な 5 V の電位を供給することができるコントローラへ接続され得る。電解槽は 1 時間あたり 60 から 1 リットルの電解質（好適には前に説明した通り水）の流速を維持することができる体積と入口及び出口を持ち得る。好適にはシステムとポンプは 1 時間あたり 1 から 5 リットルの流速が維持され得るように設計される。前記の通りそのためにシステムフローポンプが利用され得る。再生器は 50 から 500 ミリリットル、好適には 100 ミリリットルの体積を持ち得る。ガス交換器 120 はアルカリ性液体を通して気流を導く単純な配置を持ち得る。ガスパブリング器若しくは装置がそのために使用され得る。かかる装置はそれ自体周知である。ガス交換器 120 は空気が抽出器から離れることを可能にするための膜を持ち得る。交換器は 1 時間あたり 1 2 立方メートルの範囲の空気のスループットを持ち得る。機器は捕捉流体からのカルシウムイオンの除去のためのイオン交換器を持ち得る。これは（例えばガス交換器による蒸発を通じて）水が漏出する場合に使用前若しくは使用中に機器に水道水を充填することを可能にする。イオン交換器は出口 122 の後及び入口 131 の前に位置し得る。機器若しくは器具は電気化学セル 110 における水の電気分解を通じて生成される O₂ 及び / 又は H₂ ガスの除去を可能にするガス透過性膜を持ち得る。

10

20

30

40

50

【0185】

機器は、事前に充填したボトルでのCO₂補充を必要とせず、環境からそのCO₂を抽出するので、特に有利である（結果として家庭での使用に有用である）。

【0186】

上記例示する機器は、例えば1日あたり30g（0.7mol若しくは～15リットルガス）のCO₂を捕捉するように設計され得る（4～6Lの飲料/清涼飲料水の炭酸化のために有用）。これは1時間あたり1.25g（30mmol）のCO₂に相当する。その場合最大7.5barまで圧縮可能な圧縮器は2Lの貯蔵タンクを要し得る。1barへのより低い圧縮は15Lの貯蔵タンクの必要性を与え得る。当業者は、標準的な気体の法則からかかる圧力と体積を計算する方法がわかり、それとともに機器を特定のニーズに
10 適応させるだろう。そのCO₂供給を空気（～1000ppmのCO₂を含むと仮定される）に頼る機器では、1時間あたり30gのCO₂を捕捉するために1時間あたり1.3立方メートルが機器によって処理されなければならない。これは25平方センチメートルの空気入口123に対し0.15m/秒の流速で125から125'への気流が維持されなければならないことを示唆する。かかるストリームを生成可能なエアポンプが使用されることができ、これらはそれ自体周知である。同時に1時間あたり1リットルの捕捉流体
20 ストリーム（システムにおいて水であると仮定される）が、捕捉流体中に1時間あたり30gのCO₂を捕捉するためにpH12.5の捕捉流体に対して必要になり得る。これは1リットルあたり30mmolのHCO₃⁻イオンの量に基づく。比較のため、1時間あたり1リットルにおける1時間あたり0.4g（10mmol）のCO₂はpH12の捕
30 捉流体を要し得る。そしてpH11の流体は1時間あたり1.25gのCO₂に対して1時間あたり60リットルの捕捉流体のフローを必要とし得る。これは次に電解槽が所望の捕捉流体を生成し得るように設計されることを要する。そして電解槽の電極と体積は1時間あたり少なくとも30mmolのHCO₃⁻を形成することができるように調節されなければならない。1Aの電流がこれをなすことができる。

【0187】

概念実証を証明するために、デモ用ガス精製システムが構築された。デモは、ガス源となる10Lの密封容器に接続される再生器及び交換器、電気化学セルから構成された。電気化学セルは10cm×10cmの二つの混合金属酸化物（MMO）被覆Ti電極と二つの電極を分離するMustang Q（登録商標）膜とから構成された。Mustang
30 Q（登録商標）膜はポリエーテルスルホン（PESS）ベースが第4級アミンで修飾された、Pall Corporationから入手可能なアニオン交換器である。交換器はガラスビーズを充填したポリマーカラムであった。ガラスビーズを適所に保つためにカラムの底部及び上部に金属グリッドと多孔性スペーサが追加された。

【0188】

電解質は水中に～10mMのK₂SO₄を含んだ。気流125は容器から交換器へポンプされ、浄化気流125'がその後ろに容器の中へ再循環された。測定のはじめに、密封容器中のCO₂の濃度はおよそ1%v/vのレベルまで上昇された。

【0189】

デモ設定のセルは従って100cm²の電極面積、電解質塩として～10mMのK₂SO₄を持ち、～1L/時（0.017L/分）のpH=11の液体電解質を生成することができる。
40

【0190】

図14はこのデモシステムで得られる結果を描く。これはデモが、濃縮CO₂大気を含む密封容器中の約10,000ppmの初期CO₂レベルを、破線10で示される約440ppmの通常大気レベル付近まで迅速に削減することができたことを明確に実証する。曲線30はデモ設定で使用された高気流コンテナに対応し、曲線40はデモ設定で使用された強ボルテックスコンテナに対応し、曲線50はデモ設定で使用された低気流コンテナに対応する。見てわかるとおり、気流コンテナのタイプはデモ設定の性能に微々たる影響しか持たない。デモ設定の各実施形態について、初期CO₂レベルはデモ設定を通じた水
50

体積の各フル循環によって半減されたことがわかった。これは本発明の有効性を明確に証明する。

【0191】

次に、電解槽の電極にわたって印加される電圧によってCO₂抽出速度が制御され得ることが実証された。これは気流125と浄化気流125'それぞれにおけるCO₂含有量を描く図15に示され、その中で電解槽の電極にわたって印加される電圧は15分ごとに2Vずつ漸増される。

【0192】

上記デモがただし密封容器なしでラボのドラフトに置かれた。気流125の吸気口はドラフトの前面付近からとられ、デモへ新鮮な空気の連続フローを確保した。交換器へ入る気流125を生成するためにこの位置に小型エアポンプが置かれた。この実施例では二つの同一CO₂センサがデモに追加された。気流125のCO₂濃度を決定するために吸気量センサがエアポンプの隣に置かれた。浄化気流125'中のCO₂濃度を決定する第二のセンサが追加出口124に取り付けられた。図15に見られる通り、各電圧増分は浄化気流125'のCO₂含有量におけるさらなる削減を生じ、それにより、流入気流125におけるCO₂含有量はほぼ一定であったため、デモ設定による改良されたCO₂抽出効率を明確に示す。

【0193】

+10Vで約5分間電解槽を作動させた後、電圧はオフにされ、これは浄化気流125'におけるCO₂レベルを急上昇させた。この実験は従ってガス精製システム100のCO₂抽出効率がガス精製システム100の電解槽110の電極にわたって印加される電圧によって調整され得ることを明確に実証する。

【0194】

上述の実施形態は本発明を限定するのではなく例示し、当業者は添付のクレームの範囲から逸脱することなく多くの代替実施形態を設計することができるであろうことが留意されるべきである。クレーム中、括弧の間におかれる任意の参照符号はクレームを限定するものと解釈されないものとする。"有する"という語はクレームに列挙される以外の要素若しくはステップの存在を除外しない。ある要素に先行する"a"若しくは"an"という語はかかる要素の複数の存在を除外しない。本発明は複数の個別要素を有するハードウェアを用いて実現され得る。複数の手段を列挙する装置クレームにおいて、これら手段のいくつかはハードウェアの一つの同じ項目によって具体化され得る。所定の手段が相互に異なる従属クレームに列挙されるといふ単なる事実はこれら手段の組み合わせが有利に使用されることができないことを示さない。

【0195】

要約すると本発明は、標的ガス結合塩の消費を要することなく連続的に使用されることができ、ガスフローから標的ガスを捕捉するための捕捉装置を提供する。この目的で、機器は、水を電気分解することによって流体の個別の酸性ストリームとアルカリ性ストリームを生成し、標的ガスをアルカリ性流体ストリーム中の水酸化物イオンに結合させ、生成されたストリームを再結合させて結合した標的ガスを放出し、追加電気分解のために電解水の一部を再生するように配置される。かかる捕捉装置は例えばガス精製システム(100)において、例えば車両客室(410)、住居住宅若しくはオフィス空間などの限定空間における標的ガスレベルを制御するための空気浄化システム、例えば園芸目的で標的ガスに富む空気を生成するための標的ガス生成システム若しくは標的ガス濃縮システムにおいて、使用され得る。ガスフローから標的ガスを捕捉するため及びオプションとして捕捉した標的ガスを利用するための方法(1000)も開示される。

【 図 1 】

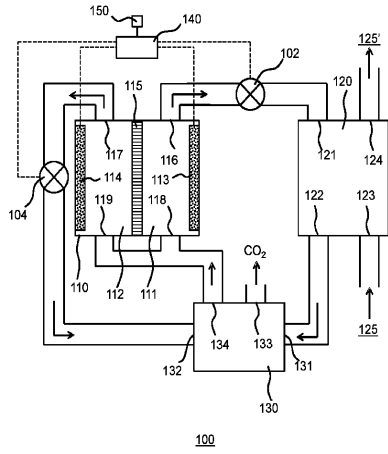


FIG. 1

【 図 2 】

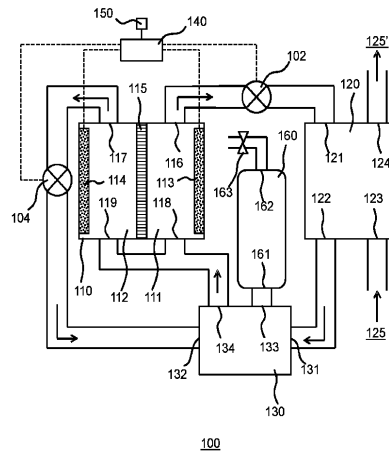


FIG. 2

【 図 3 】

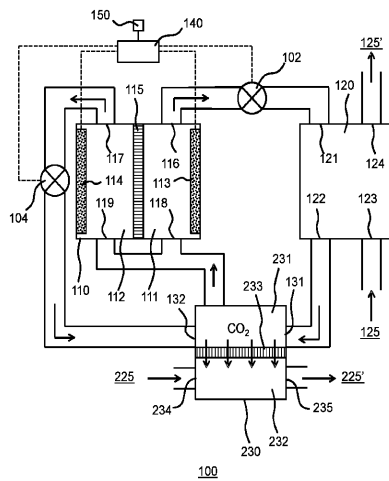
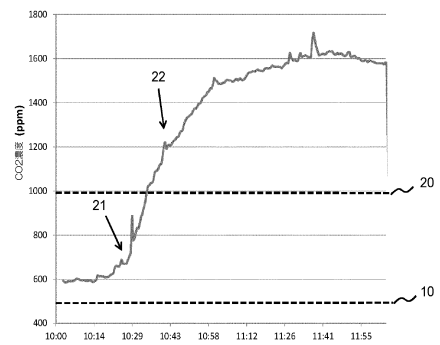


FIG. 3

【 図 4 】



【 図 5 】

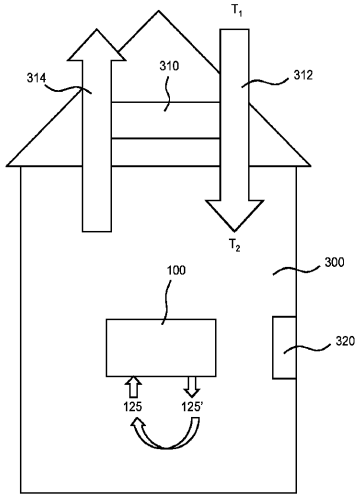


FIG. 5

【 図 6 】

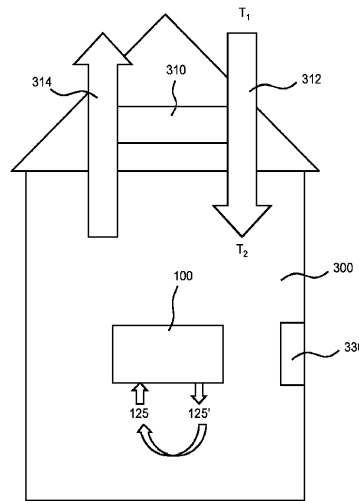
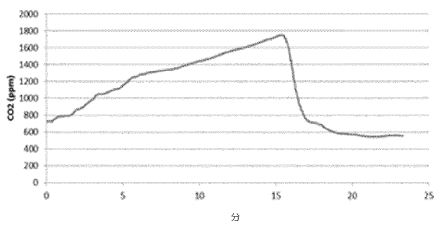


FIG. 6

【 図 7 】



【 図 8 】

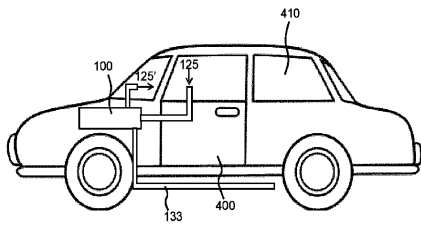


FIG. 8

【 図 9 】

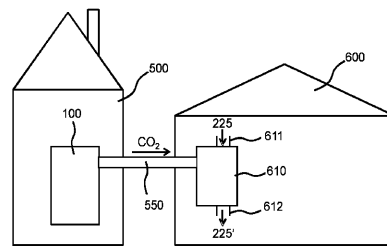
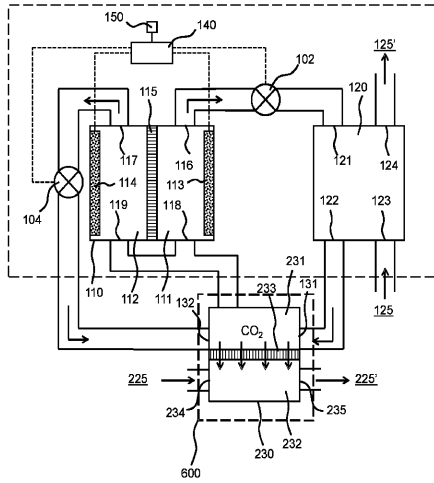


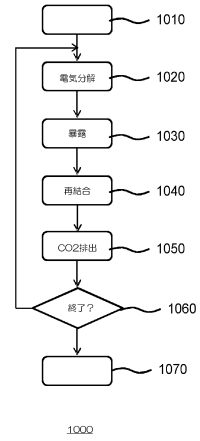
FIG. 9

【 図 1 0 】



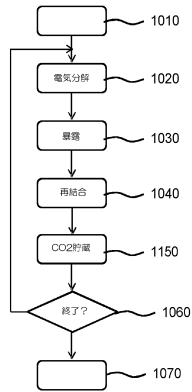
100
FIG. 10

【 図 1 1 】



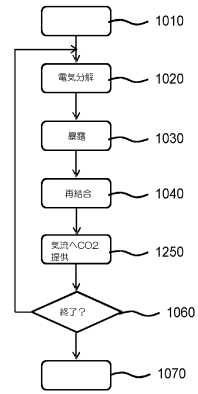
1000

【 図 1 2 】



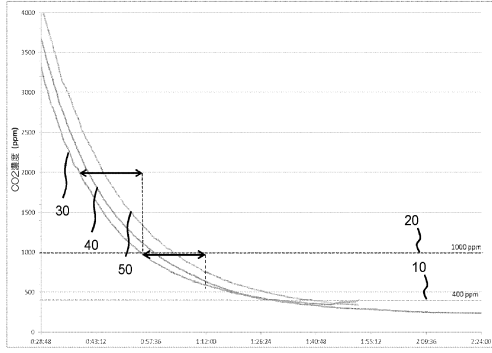
1000

【 図 1 3 】

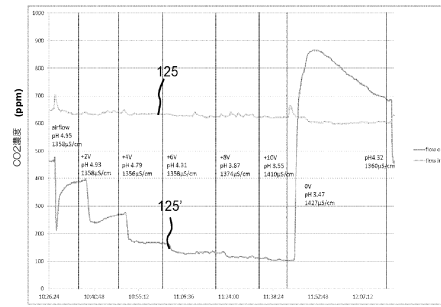


1000

【 図 14 】



【 図 15 】



フロントページの続き

- (72)発明者 フェルバケル フランク
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 スタレンバーグ レネ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ロンダ コルネリス レインダー
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 サイヴァー ヤン フレデリック
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 瀧 恭子

- (56)参考文献 特表2008-510600(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0121731(US,A1)
国際公開第2011/088515(WO,A1)
米国特許出願公開第2008/0248350(US,A1)
特表2010-505613(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 53/14 - 53/18
C01B 32/00 - 32/991
A61L 9/00 - 9/22