

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5113749号
(P5113749)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 J
HO 1 M 8/06 (2006.01)	HO 1 M 8/04 N
BO 1 D 53/04 (2006.01)	HO 1 M 8/06 G
BO 1 D 53/28 (2006.01)	BO 1 D 53/04 B
BO 1 D 53/26 (2006.01)	BO 1 D 53/04 G

請求項の数 6 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-524024 (P2008-524024)	(73) 特許権者 508025493 ブルーム エナジー コーポレーション アメリカ合衆国 94089 カリフォル ニア州 サニーベイル オーリーンス ド ライブ 1299
(86) (22) 出願日 平成18年7月24日(2006.7.24)	
(65) 公表番号 特表2009-503791 (P2009-503791A)	
(43) 公表日 平成21年1月29日(2009.1.29)	
(86) 国際出願番号 PCT/US2006/028615	
(87) 国際公開番号 W02007/014129	(74) 代理人 110000213 特許業務法人プロスペック特許事務所
(87) 国際公開日 平成19年2月1日(2007.2.1)	(72) 発明者 レバン エム ダグラス イオン アメリカ コーポレーション内 アメリカ合衆国 94089-1137 カリフォルニア州 サニーベイル オーリ ーンズ ドライブ 1252
審査請求日 平成21年7月24日(2009.7.24)	
(31) 優先権主張番号 11/188,118	
(32) 優先日 平成17年7月25日(2005.7.25)	
(33) 優先権主張国 米国(US)	
(31) 優先権主張番号 11/188,120	
(32) 優先日 平成17年7月25日(2005.7.25)	
(33) 優先権主張国 米国(US)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分圧スイング吸着を利用するガス分離方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- (1) 燃料電池システムを作動させる方法であって、
- (2) 燃料吸入流を燃料電池スタックに供給する工程と、
- (3) 前記燃料電池スタックを作動させて、電気と水素含有燃料排出流とを発生させる工程と、
- (4) 前記燃料排出流に含まれる水素の少なくとも一部を分離する工程であって、
- (a) 第1の供給 / パージ工程であって、前記燃料排出流の少なくとも一部を含む供給ガス吸気流を第1の吸着床に供給する工程と、前記供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を含む供給ガス排気流を第1の出力側において収集する工程と、パージガス吸気流を第2の吸着床に供給する工程と、パージガス排気流を第2の出力側において収集する工程と、を含む工程、
- (b) 前記第1の供給 / パージ工程の後に実施される第1の洗浄工程であって、前記パージガス吸気流を前記第1の吸着床に供給する工程と、前記第1の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも1つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第1の出力側において収集する工程と、前記供給ガス吸気流を前記第2の吸着床に供給する工程と、前記第2の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む前記供給ガス排気流を前記第2の出力側において収集する工程と、を含む工程、
- (c) 前記第1の洗浄工程の後に実施される第2の供給 / パージ工程であって、前記供給ガス吸気流を前記第2の吸着床に供給する工程と、前記供給ガスの少なくとも1つの分

分離された成分を含む前記供給ガス排気流を前記第 1 の出力側において収集する工程と、前記パージガス吸気流を前記第 1 の吸着床に供給する工程と、前記パージガス排気流を前記第 2 の出力側において収集する工程と、を含む工程、及び、

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程であって、前記パージガス吸気流を前記第 2 の吸着床に供給する工程と、前記第 2 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第 1 の供給 / パージ工程における前記第 1 の出力側と同じ出力側である第 1 の出力側において収集する工程と、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の吸着床に供給する工程と、前記第 1 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む供給ガス排気流を前記第 2 の出力側において収集する工程と、

10

を含む工程と、

(4) 前記燃料排出流から分離された前記水素を前記燃料吸入流に供給する工程と、を含む方法。

【請求項 2】

燃料電池システムであって、

燃料電池スタックと、

第 1 の吸着床及び第 2 の吸着床を備える分圧スイング吸着ユニットと、

前記燃料電池スタックの燃料排出口を前記分圧スイング吸着ユニットの第 1 の吸気口に動作可能に接続する第 1 の導管と、

パージガス源を前記分圧スイング吸着ユニットの第 2 の吸気口に動作可能に接続する第 2 の導管と、

20

前記分圧スイング吸着ユニットの排気口を前記燃料電池スタックの燃料吸気口に動作可能に接続する第 3 の導管と、

を備えるシステムにおいて、

動作中、前記第 1 の吸着床が、

(a) 第 1 の供給 / パージ工程において、前記燃料電池スタックの燃料排出流の少なくとも一部を含む前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を前記第 3 の導管に供給する機能と、

(b) 前記第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、前記第 1 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含むパージガス排気流を前記第 3 の導管に供給する機能と、

30

(c) 前記第 1 の洗浄工程の後に実施される第 2 の供給 / パージ工程において、パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、パージガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給する機能と、

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記第 1 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む供給ガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給する機能と、を果たし、

且つ、動作中、前記第 2 の吸着床が、

40

(a) 第 1 の供給 / パージ工程において、パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、パージガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給する機能と、

(b) 前記第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記第 2 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む前記供給ガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給する機能と、

(c) 前記第 1 の洗浄工程の後に実施される第 2 の供給 / パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を含む前記供給ガス排気流を前記第 3 の導管に供給する機能と、

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程において、前記パ

50

ージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、前記第 2 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第 3 の導管に供給する機能と、を果たす、

システム。

【請求項 3】

燃料電池システムであって、

燃料電池スタックと、

分圧スイング吸着を利用して、燃料電池スタックの燃料排出流に含まれる水素の少なくとも一部を分離し、前記燃料排出流から分離された前記水素を燃料電池スタックの燃料吸入流に供給する分離手段と、

前記燃料電池スタックの燃料排出流の少なくとも一部を含む供給ガス吸気流を供給する第 1 の手段と、

パージガス吸気流を供給する第 2 の手段と、

前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を収集する第 3 の手段と、

第 4 の手段であって、

(a) 第 1 の供給 / パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の手段から受け取り、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を前記第 3 の手段に供給し、

(b) 前記第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第 2 の手段から受け取り、前記第 4 の手段の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含むパージガス排気流を前記第 1 の供給 / パージ工程における前記第 3 の手段と同じ手段である前記第 3 の手段に供給し、

(c) 前記第 1 の洗浄工程の後に実施される第 2 の供給 / パージ工程において、パージガス吸気流を前記第 2 の手段から受け取り、パージガス排気流を前記第 3 の手段とは異なる出力側に供給し、

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の手段から受け取り、前記第 4 の手段の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む供給ガス排気流を前記第 3 の手段とは異なる出力側に供給する、第 4 の手段と、

第 5 の手段であって、

(a) 第 1 の供給 / パージ工程において、パージガス吸気流を前記第 2 の手段から受け取り、パージガス排気流を前記第 3 の手段とは異なる出力側に供給し、

(b) 前記第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の手段から受け取り、前記第 5 の手段の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む前記供給ガス排気流を前記第 3 の手段とは異なる出力側に供給し、

(c) 前記第 1 の洗浄工程の後に実施される第 2 の供給 / パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の手段から受け取り、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を含む前記供給ガス排気流を前記第 3 の手段に供給し、

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第 2 の手段から受け取り、前記第 5 の手段の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第 3 の手段に供給する第 5 の手段と、

を備えるシステム。

【請求項 4】

ガス分離方法であって、

(a) 第 1 の供給 / パージ工程であって、供給ガス吸気流を第 1 の吸着床に供給する工程と、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を含む供給ガス排気流を第 1 の出力側において収集する工程と、パージガス吸気流を第 2 の吸着床に供給する工程と、パージガス排気流を第 2 の出力側において収集する工程と、を含む第 1 の供給 / パージ工程と、

、

10

20

30

40

50

(b) 前記第1の供給/パージ工程の後に実施される第1の洗浄工程であって、前記パージガス吸気流を前記第1の吸着床に供給する工程と、前記第1の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも1つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第1の出力側において収集する工程と、前記供給ガス吸気流を前記第2の吸着床に供給する工程と、前記第2の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む前記供給ガス排気流を前記第2の出力側において収集する工程と、を含む第1の洗浄工程と、

(c) 前記第1の洗浄工程の後に実施される第2の供給/パージ工程であって、前記供給ガス吸気流を前記第2の吸着床に供給する工程と、前記供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を含む前記供給ガス排気流を前記第1の出力側において収集する工程と、前記パージガス吸気流を前記第1の吸着床に供給する工程と、前記パージガス排気流を前記第2の出力側において収集する工程と、を含む第2の供給/パージ工程と、

(d) 前記第2の供給/パージ工程の後に実施される第2の洗浄工程であって、前記パージガス吸気流を前記第2の吸着床に供給する工程と、前記第2の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも1つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第1の出力側において収集する工程と、前記供給ガス吸気流を前記第1の吸着床に供給する工程と、前記第1の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む供給ガス排気流を前記第2の出力側において収集する工程と、を含む第2の洗浄工程と、

を含む方法。

【請求項5】

ガス分離装置であって、

供給ガス吸気流を供給する第1の手段と、

パージガス吸気流を供給する第2の手段と、

前記供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を収集する第3の手段と、

第4の手段であって、

(a) 第1の供給/パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第1の手段から受け取り、前記供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を前記第3の手段に供給し、

(b) 前記第1の供給/パージ工程の後に実施される第1の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第2の手段から受け取り、前記第4の手段の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも1つの成分を含むパージガス排気流を前記第3の手段に供給し、

(c) 前記第1の洗浄工程の後に実施される第2の供給/パージ工程において、パージガス吸気流を前記第2の手段から受け取り、パージガス排気流を前記第3の手段とは異なる出力側に供給し、

(d) 前記第2の供給/パージ工程の後に実施される第2の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第1の手段から受け取り、前記第4の手段の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む供給ガス排気流を前記第3の手段とは異なる出力側に供給する第4の手段と、

第5の手段であって、

(a) 第1の供給/パージ工程において、パージガス吸気流を前記第2の手段から受け取り、パージガス排気流を前記第3の手段とは異なる出力側に供給し、

(b) 前記第1の供給/パージ工程の後に実施される第1の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第1の手段から受け取り、前記第5の手段の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む前記供給ガス排気流を前記第3の手段とは異なる出力側に供給し、

(c) 前記第1の洗浄工程の後に実施される第2の供給/パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第1の手段から受け取り、前記供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を含む前記供給ガス排気流を前記第3の手段に供給し、

(d) 前記第2の供給/パージ工程の後に実施される第2の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第2の手段から受け取り、前記第5の手段の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも1つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第3の手段に

10

20

30

40

50

供給する第 5 の手段と、
を備えるガス分離装置。

【請求項 6】

ガス分離装置であって、
動作中に供給ガス吸気流を供給する第 1 の導管と、
動作中にパージガス吸気流を供給する第 2 の導管と、
動作中に前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を収集する第 3 の導管と、
第 1 の吸着床であって、

(a) 第 1 の供給 / パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を前記第 3 の導管に供給し、

10

(b) 前記第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、前記第 1 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含むパージガス排気流を前記第 3 の導管に供給し、

(c) 前記第 1 の洗浄工程の後に実施される第 2 の供給 / パージ工程において、パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、パージガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給し、

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記第 1 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む供給ガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給する、

20

機能を動作中に果たす第 1 の吸着床と、
第 2 の吸着床であって、

(a) 第 1 の供給 / パージ工程において、パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、パージガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給し、

(b) 前記第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記第 2 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記パージガスの一部を含む前記供給ガス排気流を前記第 3 の導管とは異なる出力側に供給し、

(c) 前記第 1 の洗浄工程の後に実施される第 2 の供給 / パージ工程において、前記供給ガス吸気流を前記第 1 の導管から受け取り、前記供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を含む前記供給ガス排気流を前記第 3 の導管に供給し、

30

(d) 前記第 2 の供給 / パージ工程の後に実施される第 2 の洗浄工程において、前記パージガス吸気流を前記第 2 の導管から受け取り、前記第 2 の吸着床の空隙容積内に捕捉された前記供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含む前記パージガス排気流を前記第 3 の導管に供給する、

機能を動作中に果たす第 2 の吸着床と、
を備えるガス分離装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

40

【0001】

(関連特許出願の相互参照)

本出願は、両方ともそれらの全体が参照により本明細書に組み込まれる、2005 年 7 月 25 日出願の米国特許出願第 11 / 188 , 118 号および 2005 年 7 月 25 日出願の同第 11 / 188 , 120 号の利益を主張する。

【0002】

(発明の背景)

本発明は、概してガス分離の分野に関し、より具体的には、分圧スイング吸着又は温度スイング吸着によるアノード排出燃料の回収を有する燃料電池システムに関する。

【0003】

50

燃料電池は、燃料に蓄えられたエネルギーを高効率で電気エネルギーに変換する電気化学装置である。高温燃料電池は、固体酸化物（固体電解質型）燃料電池および熔融炭酸型燃料電池を含む。これらの燃料電池は、水素燃料および／または炭化水素燃料を使用して動作し得る。固体酸化物再生燃料電池などの燃料電池の種類があり、それらは、電気エネルギーを入力として使用して酸化された燃料を酸化されていない燃料に還元することができるなどの逆の動作が可能である。

【 0 0 0 4 】

（ 発 明 の 概 要 ）

本発明の実施形態は、分圧スイング吸着（pressure swing adsorption）（すなわち、濃縮スイング吸着（concentration swing adsorption））を利用して、燃料電池スタックの燃料排出流から水素を分離し、水素を燃料電池スタックの燃料吸入流に戻すシステムおよび方法を提供する。以下に記載される最初の４つの実施形態は、水素を燃料排出流から分離するのに使用され得る「様々な分圧スイング吸着ガス分離方法および装置」を対象とし、第５および第６の実施形態は、「水素分離のための分圧スイング吸着方法および装置」を使用する燃料電池システムを対象とする。

【 0 0 0 5 】

（ 好 ま し い 態 様 の 詳 細 な 説 明 ）

本発明の第１の実施形態は、固体酸化物燃料電池スタックの燃料（すなわち、アノード側）排気から燃料を回収するなど、ガス分離のための４工程の分圧スイング吸着（すなわち、濃縮スイング吸着）サイクルを提供する。活性炭などの吸着剤が充填された２つの吸着床が使用され、二酸化炭素および水（すなわち、水蒸気）を燃料排気から吸着し、水素および一酸化炭素が吸着床を通過できるようにする。吸着床は、好ましくは向流（逆流）的に、適度な相対湿度（約３０％～約５０％の相対湿度など）にまで乾燥された空気を用いて再生される。例えば、再生のための乾燥空気は、シリカゲルまたは活性アルミナを使用した温度スイング吸着サイクルにおいて生成され得る。洗浄工程は、付加的な水素を回収し、空気が回収された燃料を汚染するのを防ぐために用いられる。吸着および再生（すなわち、供給およびパーージ）工程の持続時間は、好ましくは、洗浄工程の持続時間の少なくとも５倍、例えば１０～５０倍の長さである。

【 0 0 0 6 】

これにより、最適なガス分離のための信頼性が高くエネルギー効率の良いサイクルが提供される。例えば、サイクルは、水素を最大限に取り戻し、二酸化炭素および空気を最大限に排除する、向流パーージ工程および並流洗浄工程を有する分圧スイング吸着（本明細書では、濃縮スイング吸着とも称される）に基づいた高効率サイクルである。吸着床は好ましくは空気を用いて再生されるので、再生終了時に吸着床に残った空気を燃料電池スタックへ押し戻すことは望ましくない。さらに、再生工程の開始時には、流れが取り除かれた吸着床はガス相の水素を含んでいる。この水素を回収することが望ましい。洗浄工程は、再生終了時に吸着床に残った空気を取り除いて、この空気が燃料電池スタックに戻ることを防ぐとともに、再生工程の開始時に吸着床に残っている水素を燃料電池スタックの燃料導入口に供給するために用いられる。

【 0 0 0 7 】

第１の実施形態のシステムおよび方法は、固形酸化物燃料スタックの燃料排出流中の水素から二酸化炭素を分離する吸着システムに関して記載され例証されるが、第１の実施形態のシステムおよび方法は、燃料電池システムの一部ではないか、又は、例えば熔融炭酸型燃料電池システムなどの固体酸化物燃料電池システム以外の燃料電池システムの一部である「いかなる多成分ガス流を分離すること」にも使用され得ることに留意されたい。したがって、第１の実施形態のシステムおよび方法は、二酸化炭素から水素を分離することに限定されるものと見なされるべきではない。吸着床の吸着剤は、分離されるガスに基づいて選択され得る。

【 0 0 0 8 】

図 1 は、第 1 の実施形態のガス分離装置 1 を示す。装置 1 は、動作中に供給ガス吸気流 (inlet stream、吸気流、吸入流、入口流) を供給する第 1 の供給ガス吸気導管 (inlet conduit、吸入導管、入口導管) 3 を含む。装置 1 が燃料電池スタックの燃料排出流から水素を分離するのに使用される場合、導管 3 は燃料電池スタックのアノード排出口に動作可能に接続される。本明細書において、2 つの要素が「動作可能に接続されている」とは、その二つの要素が直接または間接的に接続されて、一方の要素から他方の要素に流体が直接または間接的に流れることができることを意味する。装置 1 はまた、動作中にパージガス吸気流を供給する第 2 のパージガス吸気導管 5 を含む。

【0009】

装置は、動作中に供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を収集する第 3 の供給ガス収集導管 7 を含む。装置 1 が、燃料電池スタックの燃料排出流から水素を分離し、且つ、その水素を燃料電池スタックの燃料導入口に再循環させるのに使用される場合、導管 7 は、燃料電池スタックの燃料導入口に動作可能に (即ち、スタックの燃料導入口に直接、又は、そのスタックの燃料導入口に動作可能に接続された燃料導入導管に) 接続される。装置はまた、動作中、洗浄工程の期間に供給ガス排気流を収集し、供給 / パージ工程の期間にパージガス排気流を収集する第 4 のパージガス収集導管 9 を含む。

【0010】

したがって、装置 1 が、燃料電池スタックの燃料排出流から水素を分離するのに使用される場合、第 1 の導管 3 は、水素、二酸化炭素、一酸化炭素、および水蒸気の吸気導管を構成し、第 2 の導管 5 は乾燥空気吸気導管を構成し、第 3 の導管 7 は水素および一酸化炭素の除去・再循環導管を構成し、第 4 の導管 9 は二酸化炭素および水蒸気の除去導管を構成する。

【0011】

装置 1 はまた、少なくとも 2 つの吸着床 11 および 13 を含む。吸着床は、供給ガスの 1 つまたは複数の所望の成分の少なくとも大部分 (例えば、少なくとも 80 ~ 95 %) を吸着し、1 つまたは複数の他の成分の大部分が通過できるようにする任意の好適な吸着剤を含み得る。例えば、吸着床の材料は、ゼオライト、活性炭、シリカゲル、または活性アルミナ吸着剤からなってもよい。活性炭は、燃料電池スタックの燃料排出流内の水蒸気および二酸化炭素から水素および一酸化炭素を分離するのに好適である。ゼオライトは同様に二酸化炭素を吸着する。しかしながら、ゼオライトは水を非常に強く吸着し、再生のためには、得ることが困難である非常に乾燥したガスを使用するべきである。したがって、ゼオライト床は、必ずしもそうとは限らないが、水蒸気を含有しないガス流を分離するのに好ましく使用できる。何故なら、水蒸気含有ガスを分離するのにゼオライト床を使用する装置は、ゆっくりとした性能低下を示し得るからである。

【0012】

装置 1 はまた、ガス流を方向付ける複数の弁を含む。例えば、装置は、「二重 LL」流路を備えた 3 つの四方弁、即ち、供給弁 15、再生弁 17 および生成物弁 19 を含み得る。供給弁 15 は、第 1 の導管 3 に、2 つの吸着床 11 及び 13 に、且つ、導管 21 によって再生弁 17 に、接続される。再生弁 17 は、第 2 の導管 5 に、第 4 の導管 9 に、導管 21 によって供給弁 15 に、導管 23 によって生成物弁 19 に、接続される。生成物弁 19 は、第 3 の導管 7 に、2 つの吸着床 11 及び 13 に、導管 23 によって再生弁 17 に、接続される。四方弁は、一度に 2 つの流れの方向を変えるために使用され得る。そのような弁は、様々な大きさのものを入手可能であり、例えば、A - T Controls, Inc., (米国オハイオ州シンシナティ、<http://www.a-tcontrols.com>) から、入手可能である。所望により、各四方弁は、2 つの三方弁または 4 つの二方弁に置き換えられてもよく、あるいはマニホールドを含む全く異なる流れ分配システムに置き換えられてもよい。

【0013】

したがって、弁 15、17、19 は、好ましくは、パージガス吸気流が、パージ工程中に供給ガス吸気流と向流的 (逆流的) に、且つ、洗浄工程中に供給ガス吸気流と並流的に

10

20

30

40

50

、吸着床 1 1 および 1 3 に供給されるように動作する。換言すれば、第 1 の導管 3 は、第 1 の吸着床 1 1 および第 2 の吸着床 1 3 に動作可能に接続されて、供給ガス吸気流を第 1 の方向で第 1 の吸着床 1 1 および第 2 の吸着床 1 3 に供給する。第 2 の導管 5 は、第 1 および第 2 の供給 / パージ工程の間、パージガス吸気流が第 1 の方向とは異なる方向（反対方向など）で第 1 の吸着床 1 1 および第 2 の吸着床 1 3 のそれぞれに供給され、且つ、第 1 および第 2 の洗浄工程の間、パージガス吸気流が第 1 の方向（即ち、供給ガス給気流と同じ方向）で第 1 の吸着床および第 2 の吸着床に供給されるように、弁 1 7 および 1 9 を介して第 1 の吸着床 1 1 および第 2 の吸着床 1 3 に動作可能に接続される。

【 0 0 1 4 】

図 2 A ~ 2 D は、システム 1 の動作サイクルの工程を示す。図 2 A は、第 1 の吸着床 1 1 に燃料電池スタックの燃料排出流などの供給ガス吸気流が供給されるとともに、第 2 の吸着床 1 3 を再生するために第 2 の吸着床 1 3 に乾燥空気などのパージガスが供給される第 1 の供給 / パージ工程中の装置 1 を示す。

【 0 0 1 5 】

供給ガス吸気流は、弁 1 5 を介して導管 3 から第 1 の吸着床 1 1 に供給される。水素、一酸化炭素、二酸化炭素、および水蒸気を含む供給ガスの場合、水素および一酸化炭素の大部分（例えば、少なくとも 80 ~ 95 %）は第 1 の吸着床 1 1 を通過するとともに、二酸化炭素の大部分（例えば、少なくとも 80 ~ 95 %）及び水蒸気の殆どは第 1 の吸着床に吸着される。水素および一酸化炭素などの供給ガスの少なくとも 1 つの分離された成分を含む供給ガス排気流は、弁 1 9 を通過し、第 3 の導管 7 などの第 1 の出力側にて収集される。

【 0 0 1 6 】

乾燥空気などのパージガス吸気流は、弁 1 7、導管 2 3 および弁 1 9 を介して、第 2 の導管 5 から第 2 の吸着床 1 3 に供給される。パージガス排気流は、導管 2 1、弁 1 5 および弁 1 7 を通過し、第 4 の導管 9 などの第 2 の出力側にて収集される。

【 0 0 1 7 】

第 1 の供給 / パージ工程において、弁の位置は、弁 1 5 が供給物を第 1 の吸着床 1 1 に方向付け、弁 1 9 が導管 7 に水素生成物を逃がすような状態である。弁 1 7 は、第 2 の吸着床を介して乾燥空気を向流的に押し流し、先立って吸着されていた二酸化炭素を取り除くように位置される。供給ガス流中の水の一部は、第 1 の吸着床 1 1 の導入口において活性炭などの吸着剤に吸着され、後続の工程で再生されるときに吸着床 1 1 から取り除かれる。一酸化炭素は、二酸化炭素の波が前進するにつれて第 1 の吸着床 1 1 を通過する。

【 0 0 1 8 】

図 2 B は、第 1 の供給 / パージ工程の後に実施される第 1 の洗浄工程における装置 1 を示す。この工程では、供給弁 1 5 および再生弁 1 7 は先の工程から流れの方向を切り換え、一方、生成物弁 1 9 は流れの方向を切り換えない。

【 0 0 1 9 】

パージガス吸気流は、弁 1 7、弁 1 5 および導管 2 1 を介して、導管 5 から第 1 の吸着床 1 1 に供給される。好ましくは、このパージガス吸気流は、先の工程における供給ガス流と同じ方向で第 1 の吸着床 1 1 に供給される。第 1 の吸着床の空隙容積内に捕捉された水素などの供給ガスの少なくとも 1 つの成分を含むパージガス排気流は、導管 7 などの第 1 の出力側にて収集される。

【 0 0 2 0 】

供給ガス吸気流は、弁 1 5 を介して導管 3 から第 2 の吸着床 1 3 に供給される。第 2 の吸着床 1 3 の空隙容積内に捕捉された空気などのパージガスの一部を含む供給ガス排気流は、弁 1 9、弁 1 7 および導管 2 3 を通過し、第 1 の出力側とは異なる導管 9 などの出力側にて収集される。

【 0 0 2 1 】

したがって、第 1 の洗浄工程においては、第 1 の吸着床 1 1 の空隙容積内に捕捉されていた水素は、入ってくる空気および脱離する二酸化炭素によって生成物へと押し流される

10

20

30

40

50

。第2の吸着床13の空隙容積内に捕捉されていた空気は、入ってくる供給ガスによって吸着床13からパージされる（取り除かれる）。この工程は、先の供給工程から捕捉された水素を回収し続け、次の弁切換えの後において先のパージ工程からの空気が水素含有生成物を汚染するのを防ぐことによって、プロセスの全体的な効率を改善する。この洗浄工程は、先の供給／パージ工程の時間の1/5未満、例えば、先の工程の時間の1/10～1/50など、短いものである。例えば、約90秒の供給／パージ工程の場合、洗浄工程は約4秒であってもよい。

【0022】

図2Cは、第1の洗浄工程の後に実施される第2の供給／パージ工程における装置1を示す。この工程では、第2の吸着床13には燃料電池スタックの燃料排出流などの供給ガス流が供給され、第1の吸着床11には乾燥空気などのパージガスが供給されて、第1の吸着床11を再生する。したがって、この工程では、弁17および弁19の流路が切り換わる。この工程は、概して第1の供給／パージ工程と同様であるが、吸着床は入れ替えられている。

10

【0023】

供給ガス吸気流は、弁15を介して導管3から第2の吸着床13に供給される。好ましくは、供給ガス吸気流は、第1のパージ工程においてパージガス吸気流が第2の吸着床13に供給される方向とは反対（すなわち、向流）方向で第2の吸着床13に供給される。水素および一酸化炭素などの供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を含む供給ガス排気流は、第3の導管7などの第1の出力側において収集される。パージガス吸気流は、弁17、弁19および導管23を介して、導管5から第1の吸着床11に供給される。好ましくは、パージガス吸気流は、第1の供給工程において供給ガス吸気流が第1の吸着床11に供給される方向とは反対（すなわち、向流）方向で第1の吸着床11に供給される。パージガス排気流は、第4の導管9などの第1の出力側とは異なる出力側において第1の吸着床11から収集される。

20

【0024】

図2Dは、第2の供給／パージ工程の後に実施される第2の洗浄工程における装置1を示す。この工程では、供給弁15および再生弁17は先の工程とは流れの方向を切り換えるが、生成物弁19は切り換えない。この工程は第1の洗浄工程に類似しているが、吸着床は入れ替えられている。

30

【0025】

パージガス吸気流は、弁17、弁15および導管21を介して、導管5から第2の吸着床13に供給される。好ましくは、この流れは、先の2つの工程における供給ガス吸気流と同じ方向で吸着床13に供給される。第2の吸着床13の空隙容積内に捕捉された水素などの供給ガスの少なくとも1つの成分を含むパージガス排気流は、第3の導管7などの第1の出力側において収集される。

【0026】

供給ガス吸気流は、弁15を介して導管3から第1の吸着床11に供給される。第1の吸着床11の空隙容積内に捕捉された空気などのパージガスの一部を含む供給ガス排気流は、第4の導管9などの第1の出力側とは異なる出力側において収集される。その後、図2Aに示される第1の供給／パージ工程が繰り返される。一般に、上述の4つの工程は同じ順序で複数回繰り返される。

40

【0027】

なお、供給ガス吸気流は、上述の工程において、好ましくは第1の吸着床11および第2の吸着床13それぞれに同じ方向で供給されることに留意されたい。第1および第2の洗浄工程においては、パージガス吸気流は、供給ガス吸気流の方向と同じ方向で、第1および第2の吸着床それぞれに供給される。対照的に、第1および第2の供給／パージ工程においては、パージガス吸気流は、供給ガス吸気流の方向の反対方向などの供給ガス吸気流と異なる方向で第1および第2の吸着床それぞれに供給される。

【0028】

50

向流（逆流）的なパージガス吸気流は、並流に比べて、パージ工程の間の水素生成物流中の二酸化炭素の量を低減させると考えられるので有利である。一部の水は、供給工程の間、炭素吸着床の導入口の近くで吸着されるであろう。パージまたは再生工程の間、吸着床は乾燥空気で向流的にパージされる。二酸化炭素を吸着するために活性炭が使用され、活性炭は適度に低い相対湿度ではあまり水を吸着しないので、吸着床における水の蓄積を防ぐためには、再生パージは約30～50%の相対湿度まで乾燥させればよい。供給工程の間、一酸化炭素は、吸着床を効率的に使用して二酸化炭素を取り除くことにより（すなわち、二酸化炭素の波を吸着床の内部深くまで適度に前進させることにより）、生成物（水素を備える）内に押し込まれる。向流の再生工程は、並流の再生工程に比べて、水素流中の二酸化炭素のレベルを低減する。二重の洗浄工程は、水素生成物からの水素の回収と空気の排除を最大限にする。

10

【0029】

上述したように、分圧スイング吸着法では、供給ガス吸気流は、第1および第2の吸着床に供給される前に加圧されない。さらに、上記の4つの工程は、好ましくは吸着床を外部から加熱することなく実施される。

【0030】

動作中、第1の吸着床11は次の機能を果たす。第1の吸着床11は、第1の供給／パージ工程において、供給ガス吸気流を第1の導管3から受け取り、供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を第3の導管7に供給する。第1の吸着床11は、第1の洗浄工程において、パージガス吸気流を第2の導管5から受け取り、第1の吸着床の空隙容積内に捕捉された供給ガスの少なくとも1つの成分を含むパージガス排気流を第3の導管7に供給する。第2の供給／パージ工程において、第1の吸着床11は、パージガス吸気流を第2の導管5から受け取り、パージガス排気流を、第4の導管9などの第3の導管7とは異なる出力側に供給する。さらに、第1の吸着床11は、第2の洗浄工程で、供給ガス吸気流を第1の導管3から受け取り、第1の吸着床の空隙容積内に捕捉されたパージガスの一部を含む供給ガス排気流を第4の導管9などの第3の導管7とは異なる出力側に供給する。

20

【0031】

動作中、第2の吸着床13は次の機能を果たす。第2の吸着床13は、第1の供給／パージ工程において、パージガス吸気流を第2の導管5から受け取り、パージガス排気流を第4の導管9などの第3の導管7とは異なる出力側に供給する。第2の吸着床13は、第1の洗浄工程において、供給ガス吸気流を第1の導管3から受け取り、第2の吸着床13の空隙容積内に捕捉されたパージガスの一部を含む供給ガス排気流を第4の導管9などの第3の導管7とは異なる出力側に供給する。第2の吸着床13は、第2の供給／パージ工程において、供給ガス吸気流を第1の導管3から受け取り、供給ガスの少なくとも1つの分離された成分を含む供給ガス排気流を第3の導管7に供給する。さらに、第2の吸着床13は、第2の洗浄工程において、パージガス吸気流を第2の導管5から受け取り、第2の吸着床13の空隙容積内に捕捉された供給ガスの少なくとも1つの成分を含むパージガス排気流を第3の導管7に供給する。

30

【0032】

したがって、少なくとも供給ガス吸気流中の二酸化炭素の大部分および水蒸気の多くは、第1の吸着床11および第2の吸着床13により第1および第2の供給／パージ工程のそれぞれの期間において、吸着される。吸着された二酸化炭素および水蒸気は、パージガス吸気流によって第1および第2の吸着床から第2および第1の供給／パージ工程のそれぞれの期間において、取り除かれる。取り除かれた二酸化炭素および水蒸気は、第2および第1の供給／パージ工程の間、第2の出力側においてパージガス排気流によって収集される。

40

【0033】

吸着床の再生（すなわち、パージング）は、 CO_2 が脱離するときに吸着床を冷却することを伴うことに留意されたい。これは、 CO_2 の吸着平衡をより低い分圧に移行させ、

50

再生を遅らせると考えられる。このこと及び再生の間の拡大する前面速度（速度フロント）は、パージガス（すなわち、乾燥空気）の流量を設定する際に考慮に入れられてもよい。例えば、再生のための吸入空気の容積測定による流量は、水素および一酸化炭素の排気流量よりも、例えば、1.5倍程度、多くてもよい。再生の間の二酸化炭素の脱離を可能にすることで、再生のための排気流量は供給物の吸気流量を上回ると考えられる。

【0034】

装置1は、次の非限定的な特徴を有してもよい。吸着床の材料は、好ましくは、燃料電池スタックの燃料排気から水素を分離するための活性炭を含む。例えば、カルゴンBPL活性炭の 6×16 または 4×10 のメッシュが使用されてもよい。吸着床11および13は、燃料電池スタックのサイズおよびガスの流量に応じて、例えば、直径6インチおよび長さ3フィートなど、直径2～12インチおよび長さ1～6フィートの円筒状の吸着床であってもよい。供給/パージ工程の持続時間は1分を超えてもよく、洗浄工程の持続時間は数秒であってもよい。例えば、供給/パージの持続時間は1～3分（例えば、1.5分など）であってもよく、洗浄の持続時間は3～5秒（例えば、4秒など）であってもよい。

10

【0035】

第1の実施形態の方法は、高い水素回収（洗浄工程による）、高い二酸化炭素分離（洗浄および向流の再生工程による）、高い程度の空気の排除（洗浄工程による）、30～50%の相対湿度を有する空気などの比較的低い乾燥度を有するパージガスを使用した再生、低いエネルギーを必要とすること、高いロバスト性（すなわち、動作条件の変化に対して容易に調製可能であり適応可能である）、可動部が少ない簡単な動作、高い拡張性、ならびに低いか適度な資本コストを提供するように意図されている。

20

【0036】

パージ工程のための乾燥空気は、任意の適切な方法によって得られ得る。例えば、乾燥空気は、シリカゲルまたは活性アルミナの吸着床などの水蒸気吸着床を用いて、温度スイング吸着サイクルを利用して容易に得ることができる。シリカゲルは、アルミナよりも水の処理能力がいくらか高い。しかしながら、非常に乾燥しているときに水蒸気と接触すると割れてしまう。これが起こる可能性が高い場合、ばい焼しないシリカゲルの保護層を使用することができ、あるいは活性アルミナを使用することができる。

30

【0037】

温度スイング吸着サイクルは、2つの吸着床（すなわち、図1に示される吸着床11および13以外の吸着床）を使用する。一方の吸着床は、他方が再生（加熱および冷却）されている間、吸着モードにて使用される。サイクルの工程は次のとおりである。

【0038】

第1の吸着工程において、 $10 \text{ mol H}_2\text{O} / \text{kg}$ の作業能力を持つシリカゲルを利用することができる。最悪のケースを考えると、空気は30において水で飽和される。30において飽和した空気中の水の分圧は 0.042 bar である。例えば、この湿潤空気から 144 slpm の乾燥空気流量を生成するためには、 0.28 mol / 分 の水を取り除かなければならない。前記指定の作業能力では、シリカゲルは 0.028 kg / 分 の割合で消費される。2kgのシリカゲルを含有する吸着床は、72分間、流れに残っていることができる。シリカゲルの比重を $0.72 (45 \text{ lb} / \text{ft}^3)$ のかさ比重に対応すると、その吸着床はこの時間の間に吸着床4300個分の容積の供給物を乾燥させる（温度補正した湿潤供給物12, 000リットルが容積2.8リットルの吸着床によって乾燥される）。その乾燥空気は導管5を介して装置1に供給される。

40

【0039】

第2の加熱工程では、吸着床は、暖かい供給物（例えば、80、他の好適な適度に暖かい温度、または熱い温度）によって向流的に加熱される。吸着床は、吸着床約1000個分の容積がそこを通った後に加熱される。金属部品も加熱するためには、いくらか多いエネルギーが必要になる。

【0040】

50

第3の冷却工程において、吸着床は、湿潤空気供給物と並流的に（吸着と同じ方向で）冷却される。吸着床を冷却するには吸着床約800個分の容積を要する。これは、吸着床導入口において水を堆積させ、吸着の能力をいくらかを使い果たし、それを吸着床約3500個分の容積まで低減させる。第1の吸着床が吸着工程にある間、第2の吸着床は加熱工程または冷却工程に置かれる。第2の吸着床が吸着工程にある間、第1の吸着床は加熱または冷却工程に置かれる。

【0041】

上述の計算は非常に控えめであり概算であることを理解されたい。その計算は、30において水で飽和された利用可能な再生のための空気に基づく。一般には、空気はより乾燥しているであろう。炭素吸着床の再生要件は緩やかである（例えば、30～50%RH）。実際、涼しい日または乾燥した日には、再生空気を乾燥させることは不要である。さらに、もしドライヤーが短時間使用停止になっても本プロセスは危険にさらされないであろう。

10

【0042】

本発明の第2の実施形態において、装置31は、向流パージを用いて作動するが、洗浄工程なしで作動する。図3は、向流パージを用いるが洗浄がない単純なサイクルを利用する装置31を示す。3つではなく2つの四方弁15および17が使用される。装置31およびこの装置を使用する方法は、第1および第2の洗浄工程が省略されること以外は、第1の実施形態の装置1および方法に類似している。

【0043】

20

向流パージの利点は、二酸化炭素が供給工程中に吸着床排出口から取り除かれ、より高い水素の純度が得られることである。しかし、洗浄なしでは、水素の約5%は回収されず、空気は導管7内の水素含有生成物を多少汚染する。

【0044】

本発明の第3の実施形態において、装置41は、洗浄工程を伴う並流パージによって動作する。図4は、並流パージおよび洗浄を利用する装置41を示す。装置41もまた、3つではなく2つの四方弁を使用する。第3の実施形態の装置41および方法は、パージガス吸気流がパージ工程において、先の供給工程における供給ガス吸気流と同じ方向にて吸着床に供給されること以外は、多くの点で第1の実施形態の装置1および方法に類似している。この並流サイクルのネガティブな一面は、吸着床に残るCO₂が、吸着工程において出力側端部近傍に最も集中し、導管7に供給される水素含有生成物を多少汚染することである。

30

【0045】

本発明の第4の実施形態においては、空気パージガスは予備乾燥されない。この実施形態において、装置は、2つまたは3つの二酸化炭素吸着床を含んでもよい。3つの吸着床サイクルには乾燥空気を必要としないものもある。例えば、二酸化炭素吸着に利用される炭素の吸着床は、燃料電池スタックの燃料排気と湿潤再生空気との両方から水を緩慢に蓄積する。吸着床は、完全に再生される前には能力は減少するものの、多くのサイクルに利用することができる。吸着床は、向流的に再生された場合、並流的に再生された場合よりも長持ちするであろう。何故なら、供給工程の間に堆積した水が再生空気によって部分的に取り除かれるからであり、また逆も同様だからである。いずれにしても、吸着床は時間とともに水を蓄積する。

40

【0046】

この実施形態においては、第1の実施形態と同様、2つの活発に稼働している吸着および再生サイクルで3つの吸着床が使用されるが、第3の吸着床は、熱スイング再生によってまたは乾燥ガスによるパージングによってより徹底的に再生される。

【0047】

さらに、大気が適度に乾燥している（すなわち、30においてRH<50%）場合、第1の実施形態と全く同じ構成で、2つの吸着床を用いる分圧吸着サイクルが使用される。パージガスは大量の水を炭素に堆積させず、再生中に空気を向流的に押し流すことで

50

、燃料電池スタックの燃料排出供給物からの吸着された水が除去される。したがって、乾燥空気が雰囲気から利用可能である場合、別個の空気乾燥工程は不要である。

【 0 0 4 8 】

本発明の第 5 および第 6 実施形態は、第 1 ～ 第 4 の実施形態の吸着装置が、固体電解質型燃料電池システムなどの燃料電池システムとともにどのように使用されるかを例示する。なお、他の燃料電池システムも使用されてもよいことに留意されたい。

【 0 0 4 9 】

第 5 の実施形態のシステムにおいては、燃料加湿器を使用して、燃料電池スタックに供給される燃料吸入流が加湿される。第 6 の実施形態のシステムにおいて、燃料加湿器は省略され得る。燃料電池スタックの燃料排出流の一部は、燃料吸入流を加湿するため、燃料吸入流に直接再循環される。燃料電池スタックの燃料排出流の別の一部は、最初の 4 つの実施形態のいずれかの吸着装置に供給され、次に、分離された水素および一酸化炭素は燃料吸入流に供給される。

10

【 0 0 5 0 】

図 5 は、第 5 の実施形態の燃料電池システム 1 0 0 を示す。システム 1 0 0 は、(イットリア安定化ジルコニア (Y S Z) などのセラミック電解質、ニッケル - Y S Z サーマットなどのアノード電極およびランタンストロンチウムマンガナイトなどのカソード電極を含むスタックの 1 つの固体電解質型燃料電池を示すために概略的に示される) 固体酸化燃料電池スタックなどの燃料電池スタック 1 0 1 を含む。

【 0 0 5 1 】

20

システムはさらに、複数の吸着床 (明瞭にするため図示なし) を含む最初の 4 つの実施形態のいずれかの分圧スイング吸着 (「 P P S A 」) ユニット 1 を含む。P P S A ユニット 1 は、再生式ドライヤーおよび二酸化炭素スクラバー (二酸化炭素除去装置) として働く。

【 0 0 5 2 】

システム 1 0 0 はさらに、燃料電池スタック 1 0 1 の燃料排出口 1 0 3 を分圧スイング吸着ユニット 1 の第 1 の導入口 2 に動作可能に接続する第 1 の導管 3 を含む。例えば、第 1 の導入口 2 は、図 1 に示されるように、供給弁 1 5 および / または吸着床 1 1 , 1 3 の 1 つへの導入口を含んでもよい。システム 1 0 0 はさらに、乾燥空気源または大気源 6 などのパージガス源を分圧スイング吸着ユニット 1 の第 2 の導入口 4 に動作可能に接続する第 2 の導管 5 を含む。パージガス源 6 は、空気ブロワまたはコンプレッサを含むとともに、複数の温度スイングサイクル吸着床を任意に含んでもよい。

30

【 0 0 5 3 】

システムは、また、分圧スイング吸着ユニット 1 の排気口 8 を燃料電池スタック 1 0 1 の燃料吸気口 1 0 5 に接続する第 3 の導管 7 を含む。システム 1 0 0 は、動作中、分圧スイング吸着ユニット 1 に供給される燃料電池スタックの燃料排出流を圧縮するコンプレッサを有さないことが好ましい。

【 0 0 5 4 】

システム 1 0 0 は、また、ユニット 1 から排出物を取り除く第 4 の導管 9 を含む。導管 9 は、触媒バーナ 1 0 7 または大気通気口に接続されてもよい。

40

【 0 0 5 5 】

システム 1 0 0 は、また、ブロワまたは熱駆動のコンプレッサ 1 0 9 を含む。ブロワまたは熱駆動のコンプレッサは、分圧スイング吸収ユニット 1 に動作可能に接続された導入口と、燃料電池スタック 1 0 1 の燃料吸気口 1 0 5 に動作可能に接続された排出口とを含む。例えば、導管 7 はユニット 1 にブロワまたはコンプレッサ 1 0 9 を接続する。動作中、ブロワまたはコンプレッサ 1 0 9 は、燃料電池スタックの燃料排出流から分離された水素および一酸化炭素の所望量を、燃料電池スタックの燃料吸入流に制御可能に供給する。好ましくは、装置 1 0 9 は、水素および一酸化炭素を、燃料電池スタック 1 0 1 の燃料吸気口 1 0 5 に動作可能に接続された燃料導入導管 1 1 1 に供給する。あるいは、装置 1 0 9 は、水素および一酸化炭素を燃料電池スタック 1 0 1 の燃料吸気口 1 0 5 に直接供給す

50

る。

【 0 0 5 6 】

システム 1 0 0 はまた、コンデンサ 1 1 3 と、燃料電池スタックの燃料排出口 1 0 3 に動作可能に接続された導入口および分圧スイング吸着ユニット 1 の導入口 2 に動作可能に接続された排出口を有する水分離器 1 1 5 と、を含む。コンデンサ 1 1 3 および水分離器 1 1 5 は、燃料排出流からの水を凝縮し且つ分離する単一の装置を構成してもよく、あるいは別個の装置を備えてもよい。例えば、コンデンサ 1 1 3 は、燃料排出流が冷却用の向流または並流の空気流によって冷却されて水を凝縮する熱交換器を備えてもよい。その空気流は、燃料電池スタック 1 0 1 への空気吸気流を含んでもよく、または別個の冷却空気流を含んでもよい。水分離器 1 1 5 は、前記分離された水を収集する水タンクを含んでもよい。水分離器 1 1 5 は、収集した水を取り除く、かつ／または収集した水を再使用するために使用される排水管 1 1 7 を有してもよい。

10

【 0 0 5 7 】

システム 1 0 0 はさらに、炭化水素燃料導入導管 1 1 1 などの炭化水素燃料源に動作可能に接続された第 1 の導入口、燃料電池スタックの燃料排出口 1 0 3 に動作可能に接続された第 2 の導入口、燃料電池スタックの燃料導入口 1 0 5 に動作可能に接続された第 1 の排出口、コンデンサ 1 1 3 および水分離器 1 1 5 に動作可能に接続された第 2 の排出口を有する燃料加湿器 1 1 9 を含む。動作中、燃料加湿器 1 1 9 は、燃料電池スタックの燃料排出流に含まれる水蒸気を使用して、再利用される水素および一酸化炭素を含む導管 1 1 1 からの炭化水素燃料吸入流を加湿する。燃料加湿器は、例えば、両方とも全体が参照により本明細書に組み込まれる、米国特許第 6 , 1 0 6 , 9 6 4 号および米国特許出願第 1 0 / 3 6 8 , 4 2 5 号に記載されているように、N a f i o n (登録商標) 膜加湿器などのポリマー膜加湿器、エンタルピーホイール、または複数の水吸着床を含んでもよい。例えば、1 つの好適なタイプの加湿器は、水蒸気とエンタルピーを移行する N a f i o n (登録商標) ベースの、P e r m a P u r e L L C から入手可能な透水性膜を含む。加湿器は、燃料排出流からの水蒸気およびエンタルピーを燃料吸入流に受動的に移行して、燃料吸入流における 2 ~ 2 . 5 の炭素に対する水蒸気の比を提供する。燃料吸入流の温度は、加湿器内で約 8 0 ~ 9 0 まで上昇されてもよい。

20

【 0 0 5 8 】

システム 1 0 0 はまた、スタック燃料排出流と、加湿器 1 1 9 から供給されている炭化水素燃料吸入流と、の間で熱を交換する復熱式熱交換器 1 2 1 を含む。その熱交換器は、燃料吸入流の温度を上昇させるのを助け、コンデンサ内で燃料排出流をさらに冷却することができるとともに、加湿器を損傷しないように、燃料排出流の温度を低下させる。

30

【 0 0 5 9 】

燃料電池が外部燃料改質タイプの電池である場合、システム 1 0 0 は燃料改質器 1 2 3 を含む。改質器 1 2 3 は、炭化水素燃料吸入流を水素および一酸化炭素を含有する燃料流に改質する。その燃料流は次にスタック 1 0 1 に供給される。改質器 1 2 3 は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる 2 0 0 4 年 1 2 月 2 日出願の米国特許出願第 1 1 / 0 0 2 , 6 8 1 号に記載されているように、燃料電池スタック 1 0 1 内で発生する熱により及び／又はオプションとしてのバーナ／燃焼器内で発生する熱によって、放射的、対流的、及び／又は導電的に加熱され得る。代替として、スタック 1 0 1 が、改質が主にスタックの燃料電池内で起こる内部改質タイプの電池を含む場合、外部の改質器 1 2 3 は省略されてもよい。

40

【 0 0 6 0 】

オプション的に、システム 1 0 0 はまた空気予熱器熱交換器 1 2 5 を含む。この熱交換器 1 2 5 は、燃料電池スタックの燃料排気の熱を使用して、燃料電池スタック 1 0 1 に供給されている空気吸気流を加熱する。所望により、この熱交換器 1 2 5 は省略されてもよい。

【 0 0 6 1 】

システム 1 0 0 はまた、空気熱交換器 1 2 7 を含むことが好ましい。この熱交換器 1 2

50

7はさらに、燃料電池スタックの排出空気（すなわち、酸化剤またはカソード）の熱を使用して、燃料電池スタック101に供給されている空気吸気流を加熱する。予熱器熱交換器125が省略される場合、空気吸気流は、ブロウまたは他の空気吸入装置によって熱交換器127に直接供給される。

【0062】

第5の実施形態のシステム100は次のように動作する。燃料吸入流が、燃料導入導管111を介して燃料電池スタック101に供給される。燃料は、適当な燃料でよく、例えばこれに限定されることはないが、メタン、水素および他のガスと共にメタンを含有する天然ガス、プロパンまたは他のバイオガス等の炭化水素燃料、あるいは、一酸化炭素等の炭素燃料、メタノール等の酸素化炭素含有ガス、水蒸気、 H_2 ガスまたはそれらの混合物等の水素含有ガスを含む他の炭素含有ガス、などが挙げられる。上記混合物は、例えば石炭または天然ガスを改質して得られる合成ガスでもよい。

10

【0063】

燃料吸入流は加湿器119を通過し、そこで燃料吸入流に湿度が加えられる。次に、加湿された燃料吸入流は燃料熱交換器121を通過し、そこで、加湿された燃料吸入流は燃料電池スタックの燃料排出流によって加熱される。次に、加熱され加湿された燃料吸入流は、好ましくは外部の改質器である改質器123に供給される。例えば、改質器123は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる2004年12月2日出願の米国特許出願第11/002,681号に記載されている改質器を備えていてもよい。燃料改質器123は、炭化水素燃料を部分的または全体的に改質して、炭素含有で遊離水素（自由水素、free hydrogen）含有の燃料を形成することができる任意の好適な装置であってもよい。例えば、燃料改質器123は、触媒でコーティングされた通路を備えていてもよく、そこで天然ガスなどの加湿されたバイオガスが、スチーム-メタン改質反応を介して改質され、遊離水素（自由水素）、一酸化炭素、二酸化炭素、水蒸気および随意的に残りの量の未改質のバイオガスを形成する。次に、遊離水素および一酸化炭素は、燃料電池スタック101の燃料（すなわち、アノード）導入口105に供給される。したがって、燃料吸入流に関して、加湿器119は熱交換器121の上流に配置され、熱交換器121は改質器123の上流に配置され、改質器123はスタック101の上流に配置される。

20

【0064】

空気または他の酸素含有ガス（すなわち、酸化剤）吸気流は、好ましくは熱交換器127を介してスタック101に供給され、熱交換器127において、燃料電池スタックからの空気（すなわち、カソード）排出流によって加熱される。所望により、空気吸気流はコンデンサ113および/または空気予熱熱交換器125を通過し、スタック101の中にその空気が供給される前にその空気の温度をさらに上昇させてもよい。

30

【0065】

燃料および空気が燃料電池スタック101に供給されると、スタック101は、電気および水素含有燃料排出流を発生させるように動作する。燃料排出流（すなわち、スタックのアノード排出流）は、スタックの燃料排出口103から分圧スイング吸着ユニット1に供給される。燃料排出流に含まれる水素の少なくとも一部は、分圧スイング吸着を利用してユニット1内で分離される。次に、ユニット1内の燃料排出流から分離された水素は、燃料吸入流に戻される。好ましくは、水素は、加湿器119の上流にある燃料導入導管111に戻される。

40

【0066】

燃料排出流は、次のようにユニット1に供給される。燃料排出流は、水素、水蒸気、一酸化炭素、二酸化炭素、メタンなどのいくつかの未反応炭化水素ガス、他の反応副産物および不純物を含んでいる。例えば、燃料排気は、160~225slpm（例えば約186~約196slpmなど）の流量を有し、また、約45~約55%（例えば約48~50%など）の水素、約40~約50%（例えば約45~47%など）の二酸化炭素、約2~約4%（例えば約3%など）の水、および、約1%~約2%の一酸化炭素を含み得る。

【0067】

50

この排気流は最初に熱交換器 1 2 1 に供給され、熱交換器 1 2 1 においてその温度が好ましくは 2 0 0 未満まで引き下げられ、このとき燃料吸入流の温度が引き上げられる。空気予熱器熱交換器 1 2 5 が存在する場合、燃料排出流は、この熱交換器 1 2 5 を介して供給され、その温度がさらに引き下げられ、このとき、空気吸気流の温度が上昇させられる。燃料排出流の温度は、例えば 9 0 ~ 1 1 0 まで引き下げられ得る。

【 0 0 6 8 】

次に、燃料排出流は燃料加湿器 1 1 9 に供給され、そこで、燃料排出流中の水蒸気の一部が燃料吸入流に移行されて、燃料吸入流を加湿する。次に、燃料排出流はコンデンサ 1 1 3 に供給され、そこで、さらに冷却され、燃料排出流から更なる水蒸気を凝縮する。燃料排出流は、燃料電池スタックの空気吸気流によって、異なる空気吸気流によって、または別の冷却液流によって、コンデンサ内で冷却される。燃料排出流から凝縮された水は、液体状態で水分離器 1 1 5 内に収集される。水は、導管 1 1 7 を介して分離器 1 1 5 から放出され、次に排水されるか再使用される。

【 0 0 6 9 】

次に、残っている燃料排出流ガスは、導管 3 を介して、分離器 1 1 5 から分圧スイング吸着ユニット 1 の導入口 2 に供給ガス吸気流として供給される。さらに、乾燥空気流などのパージガス吸気流が、ブロウまたはコンプレッサ 6 からユニット 1 へと、導管 5 を介して導入口 4 へ供給される。所望により、空気流は、ユニット 1 の吸着床 1 1 および 1 3 に供給される前に、温度スイング吸着サイクルにおいて追加の吸着床を使用して乾燥されてもよい。この場合、吸着床内のシリカゲルまたはアルミナを乾燥させるために温度スイング吸着サイクルにおいて使用される加熱空気は、通気導管 1 3 9 を介してユニット 1 から除去されたものでもよい。

【 0 0 7 0 】

このように、燃料排出流は、水素、一酸化炭素、水蒸気、二酸化炭素、可能性のある不純物および未反応炭化水素燃料を含む。ユニット 1 における分離工程の間、少なくとも燃料排出流中の二酸化炭素の大部分および水蒸気の多くが、吸着床 1 1 および 1 3 の少なくとも 1 つに吸着されるとともに、燃料排出流中の水素および一酸化炭素の少なくとも大部分が、少なくとも 1 つの吸着床を通過することができる。具体的には、加圧されていない燃料排出流は、第 1 の吸着床 1 1 に供給され、第 1 の吸着床 1 1 が飽和するまで、第 1 の吸着床 1 1 内の燃料排出流中に残っている二酸化炭素の少なくとも大部分が吸着される。このとき、第 2 の吸着床 1 3 は、約 3 0 において 5 0 % 以下の相対湿度を有する空気が第 2 の吸着床 1 3 を通るように供給されることによって再生され、吸着された二酸化炭素および水蒸気が脱離する。第 1 の吸着床 1 1 が二酸化炭素で飽和された後、加圧されていない燃料排出流は第 2 の吸着床 1 3 内に供給され、第 2 の吸着床が飽和するまで第 2 の吸着床内の燃料排出流中に残っている二酸化炭素の少なくとも大部分が吸着される。このとき、約 3 0 において 5 0 % 以下の相対湿度を有する空気が第 1 の吸着床を通るように供給されることによって第 1 の吸着床が再生され、吸着された二酸化炭素および水蒸気が脱離する。

【 0 0 7 1 】

次に、燃料排出流（すなわち、供給ガス排気流）から分離された水素および一酸化炭素は、排気口 8 および導管 7 を介してユニット 1 から取り除かれ、燃料導入導管 1 1 1 の炭化水素燃料吸入流に供給される。好ましくは、導管 7 と流体連通して配置されているブロウまたはコンプレッサ 1 0 9 を使用して、所望量の水素および一酸化炭素が燃料排出流から燃料吸入流に制御可能に供給される。ブロウまたはコンプレッサ 1 0 9 は、コンピュータまたは操作者によって操作され、所望量の水素および一酸化炭素が燃料吸入流に制御可能に供給されるとともに、この量を任意の好適なパラメータに基づいて変えてもよい。パラメータは、i) システム 1 0 0 の検出または観測された状態（すなわち、燃料吸入流中の水素または C O の量の変更を必要とするシステム動作状態の変化）、ii) 燃料吸入流中の水素または C O を一時的に調節することを必要とする、コンピュータに提供された以前の計算または操作者が分かっている状態、および / または、iii) スタックによって

発生される電気のコージェネレーションによる電気需要の変化など、スタック 101 の動作パラメータの「望まれる将来的変化、現在起こっている変化、または近い過去における変化などを含む。したがって、ブロワまたはコンプレッサは、上述の基準および／または他の基準に基づいて、燃料吸入流に供給される水素および一酸化炭素の量を制御可能に変更してもよい。水素および一酸化炭素は 200 以下まで冷却されるので、水素および一酸化炭素を導管 111 に制御可能に供給するために低温ブロワが使用できる。

【0072】

パージガス排気流は、吸着床の空隙容積内に捕捉された微量の水素および／または炭化水素ガスを含んでいる。換言すれば、捕捉された水素または炭化水素ガスのいくらかは、洗浄工程によって導管 7 へと取り除かれ得ない。したがって、導管 9 が、バーナ 107 にパージガス排気流を供給することが好ましい。スタック 101 の空気排気流も、熱交換器 127 を介してバーナ 107 に供給される。そして、パージガス排気流に残存している水素または炭化水素ガスは、環境を汚染することを回避するため、バーナ内で燃焼される。バーナ 107 からの熱は、改質器 123 を加熱するのに使用されてもよく、あるいは、システム 100 の他の部分に又はビル暖房のシステムなどのシステム 100 の外部で熱を消費する装置に供給されてもよい。

【0073】

このように、燃料排出流に関して、熱交換器 121 は熱交換器 125 の上流に配置され、熱交換器 125 は加湿器 119 の上流に配置され、加湿器 119 はコンデンサ 113 および水分離器 115 の上流に配置され、水分離器 115 は PPSA ユニット 1 の上流に配置され、PPSA ユニット 1 はブロワまたはコンプレッサ 109 の上流に配置され、ブロワまたはコンプレッサ 109 は燃料導入導管 111 の上流に配置される。

【0074】

図 6 は、本発明の第 6 の実施形態によるシステム 200 を示す。システム 200 は、システム 100 に類似し、多数の構成要素を共通して含む。両方のシステム 100 および 200 に共通のそれらの構成要素は、図 5 および 6 において同じ符号が付与され、更なる説明はなされない。

【0075】

システム 100 および 200 の 1 つの差異は、システム 200 が、必ずしもそうではないが好ましくは加湿器 119 を有さないことである。代わりに、水蒸気を含有するスタック燃料排出流の一部は、スタックの燃料吸入流に直接再循環される。燃料排出流中の水蒸気は燃料吸入流を加湿するのに十分である。

【0076】

システム 200 は、コンピュータまたは操作者によって制御される多方向弁（例えば三方弁）または別の流体分流装置などの、流体スプリッタ装置（流体分配装置）201 を含む。装置 201 は、燃料電池スタックの燃料排出口 103 に動作可能に接続された導入口 203、コンデンサ 113 および水分離器 115 に動作可能に接続された第 1 の排出口 205、および燃料電池スタックの燃料導入口 105 に動作可能に接続された第 2 の排出口 207 を含む。例えば、第 2 の排出口 207 は、導入口 105 に動作可能に接続された燃料導入導管 111 に動作可能に接続されてもよい。しかしながら、第 2 の排出口 207 は、燃料排出流の一部をさらに下流の燃料吸入流に供給してもよい。

【0077】

好ましくは、システム 200 は、燃料排出流を燃料吸入流に供給する第 2 のブロワまたはコンプレッサ 209 を含む。具体的には、弁 201 の排気口 207 はブロワまたはコンプレッサ 209 の吸気口に動作可能に接続され、ブロワまたはコンプレッサ 209 の排気口は炭化水素燃料導入導管 111 に接続される。動作中、ブロワまたはコンプレッサ 209 は、所望量の燃料電池スタックの燃料排出流を燃料電池スタックの燃料吸入流に制御可能に供給する。

【0078】

システム 200 を動作させる方法は、システム 100 を動作させる方法に類似している

10

20

30

40

50

。1つの差異は、燃料排出流が装置201によって少なくとも2つの流れに分離されることである。第1の燃料排出流は燃料吸入流に再循環されるとともに、第2の流れはPPSAユニット1に向けられ、そこで、第2の燃料排出流に含まれる水素および一酸化炭素の少なくとも一部が分圧スイング吸着を利用して分離される。次に、第2の燃料排出流から分離された水素および一酸化炭素は燃料吸入流に供給される。例えば、燃料排出流の50～70%（例えば、約60%など）は、第2のプロウまたはコンプレッサ209に供給されてもよく、残りの分はPPSAユニット1に向けて供給されてもよい。

【0079】

好ましくは、燃料排出流は、弁201に供給される前に、最初に熱交換器121および125を通るように供給される。燃料排出流は、弁201に供給されてそこで2つの流れに分離される前に、熱交換器125内で、200以下（90～180など）まで冷却される。このことにより、低温プロウ209を使用して、第1の燃料排出流の所望量を燃料吸入流の中に制御可能に再循環させることが可能になる。これは、そのようなプロウが、200以下の温度を有するガス流を移動させるように適合されているためである。

【0080】

第2のプロウまたはコンプレッサ209は、コンピュータまたは操作者によって制御されてもよく、第5の実施形態に関して上述した条件に応じて、燃料吸入流に供給されている燃料排出流の量を変えてもよい。さらに、第2のプロウまたはコンプレッサは、第1のプロウまたはコンプレッサ109と歩調を合わせて動作されてもよい。したがって、操作者またはコンピュータは、第5の実施形態に関して上述した基準などの任意の好適な基準に基づいて、第1のプロウまたはコンプレッサ109によって燃料吸入流に供給されている水素および一酸化炭素の量、および第2のプロウまたはコンプレッサ209によって燃料吸入流に供給されている燃料排出流の量を個別に変更することができる。さらに、コンピュータまたは操作者は、第1のプロウまたはコンプレッサ109によって燃料吸入流に供給されている水素および一酸化炭素の量と、第2のプロウまたはコンプレッサ209によって燃料吸入流に供給されている燃料排出流の量と、の両方を考慮に入れ、上述の基準に基づいて両方の量を最適化することができる。

【0081】

本発明の第7の実施形態においては、PPSAユニット1の代わりに、温度スイング吸着（「TSA」）ユニットを使用して水素を燃料排出流から分離する。TSAユニットも、供給ガスが加圧されることを必要としない。

【0082】

TSAユニットは、また、二酸化炭素および水蒸気を水素および一酸化炭素よりも優先的に吸着する材料の複数の吸着床を含む。燃料排出流は、室温または他の低温に維持された少なくとも1つの第1の吸着床に供給され、燃料排出流から二酸化炭素および水蒸気の大部分が吸着される。第1の吸着床が二酸化炭素および水蒸気で飽和されると、燃料排出流は少なくとも1つの第2の吸着床に切り換えられる。次に、第1の吸着床の温度を引き上げることにより、第1の吸着床がパージされて、吸着された二酸化炭素および水蒸気が放出される。例えば、第1の吸着床は、第1の吸着床と熱交換を行う高温のスタックカソード排気を供給することなどにより、燃料電池スタックによって供給される熱によって加熱されてもよい。パージングの後、第1の吸着床は周囲空気との熱交換によって冷却される。サイクルは、燃料の持続的な回収と循環とを複数の吸着床により継続する。この実施形態は、また、二酸化炭素の隔離の影響を受けやすい。

【0083】

吸着床との熱交換に（すなわち、吸着床に隣接して）空気を供給するのではなく、高温のカソード排気は、二酸化炭素および水蒸気を放出するように吸着床中に直接向けられてもよい。次に、低温の周囲の空気が吸着床に直接通され、吸着床は次のサイクルに適切な状態に調整される。所望により、二酸化炭素および水を更に吸着するため、吸着床が再調節される前後に、少量の窒素が吸着床を通してパージされてもよい。窒素は、空気を作動流体として使用する小さな温度スイング吸着装置から得られる。

【 0 0 8 4 】

所望により、二酸化炭素および水蒸気を含有する廃液などの T S A 廃液は、パージガスが停止された後、真空ポンプを介して周囲に放出されるか、または除去されてもよい。真空は、より多くの残りの二酸化炭素および水を取り除き（圧力スイング吸着と類似のプロセスであり、一般に真空スイング吸着と称される）、それによって、冷却空気または熱交換を利用して達成されるよりも安価で高速の吸着床を冷却する手段が提供され得る。真空の利用も、二酸化炭素の隔離の影響を受けやすい。

【 0 0 8 5 】

水素の少なくとも一部を燃料排出（すなわち、テール）ガス流から燃料吸入流に再循環させることにより、燃料電池システムの高効率な動作が得られると考えられる。更に、全体としての燃料使用効率も向上する。一回の通過当たりの燃料利用率が約 75 % の場合（すなわち、約 75 % の燃料がスタックを通過する毎に利用される場合）、第 5 のおよび第 6 の実施形態の方法では、電気効率（すなわち、A C 電気効率）が約 50 % と約 60 % の間、例えば約 54 % と約 60 % の間となる。一回の通過当たりの利用率が約 75 % であり、約 60 % ～ 約 85 % （例えば、約 80 % ）の燃料排出ガス水素がリサイクルされて燃料電池スタックへと戻されれば、約 88 % から約 95 % という効果的な燃料利用率が得られる。一回の通過当たりの燃料利用率を 75 % 超、例えば 76 ～ 80 % に上昇させるとともに、吸着を利用して二酸化炭素の約 95 % まで排除すれば、更に高い効率を得られる。定常状態では、第 5 および第 6 の実施形態の方法において、蒸気メタン改質を利用して燃料電池への供給ガスを生成すれば、蒸気を発生させる必要がなくなる。燃料排出流は、スタックへの燃料吸入流を 2 から 2.5 の蒸気・炭素比率に加湿するのに十分な水蒸気を含んでいる。正味の燃料利用率が向上し、蒸気を発生させる熱が不要なので、全体的な電気効率が向上する。それに対して、水素のリサイクルを行わない場合は、スタック内での燃料利用率が約 75 % から 80 % でも交流電気効率は約 45 % である。

【 0 0 8 6 】

本明細書に記載される燃料電池システムは、所望により、他の実施形態および構成を有してもよい。例えば、それらの全体がすべて参照により本明細書に組み込まれる、2002 年 11 月 20 日出願の米国特許出願第 10 / 300,021 号、2003 年 4 月 9 日出願の米国特許出願第 60 / 461,190 号、および 2003 年 5 月 29 日出願の米国特許出願第 10 / 446,704 号に記載されているように、他の構成要素が所望により加えられてもよい。さらに、本明細書の何れかの実施形態に記載されたシステム要素または方法工程、および / または、本明細書の何れかの図面に示される何れかのシステム要素または方法工程は、上述の他の適切な実施形態のシステムおよび / または方法にたとえ明示されていないとしても使用され得る、ということを理解されたい。

【 0 0 8 7 】

本発明の上述の記載は、例示および説明の目的で示されたものである。この記載は包括的なものであることを意図するものではなく、あるいは本発明を開示されているおりの形態に限定することを意図するものでもない。修正および変形が上述の教示に照らして可能であり、あるいは、修正および変形は本発明を実施することによって得られてもよい。上記記載は、本発明の原理およびその実用的な応用を説明するために選択されたものである。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲およびその等価物によって規定されるものとする。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 8 】

【 図 1 】 本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

【 図 2 A 】 本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

【 図 2 B 】 本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

【 図 2 C 】 本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

【 図 2 D 】 本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

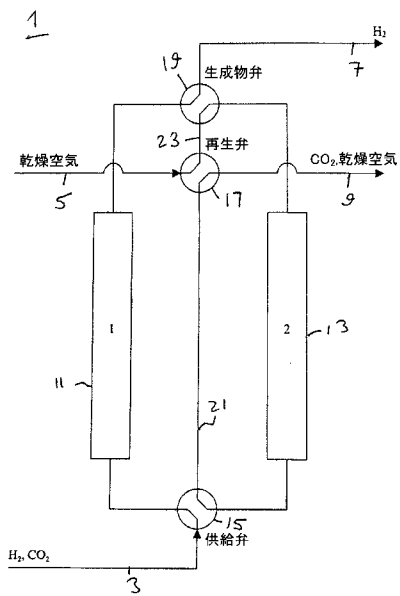
【 図 3 】 本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

【図4】本発明の実施形態の分圧スイング吸着システムの概略図である。

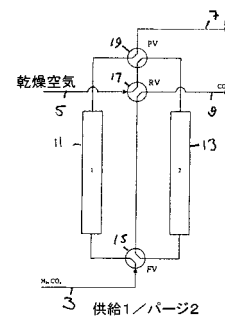
【図5】分圧スイング吸着システムを組み込む本発明の実施形態の燃料電池システムの概略図である。

【図6】分圧スイング吸着システムを組み込む本発明の実施形態の燃料電池システムの概略図である。

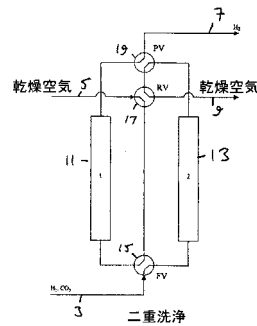
【図1】



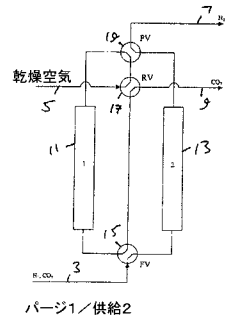
【図2 A】



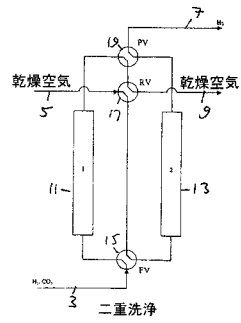
【図2 B】



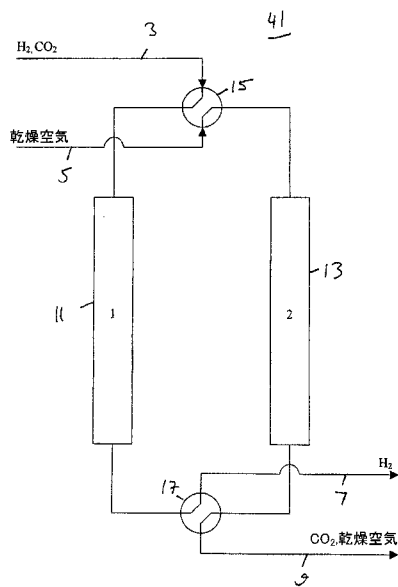
【図 2 C】



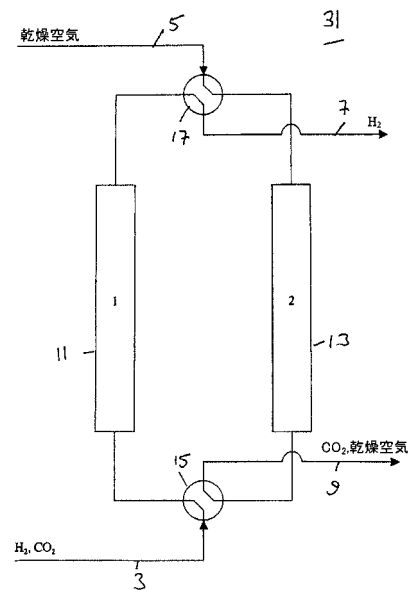
【図 2 D】



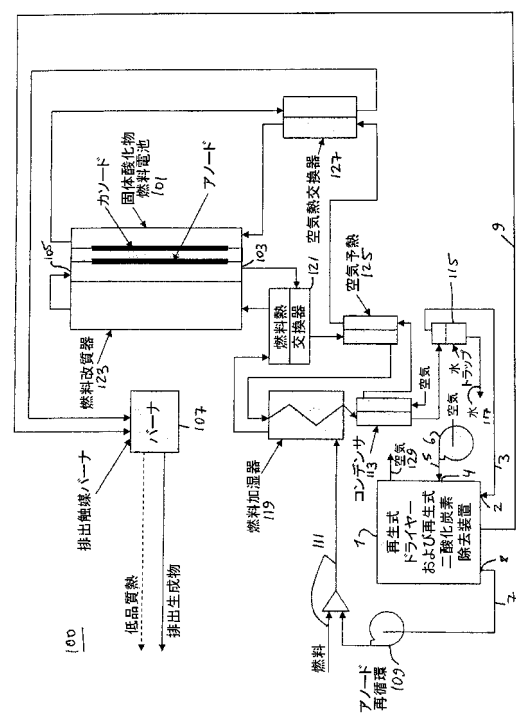
【図 4】



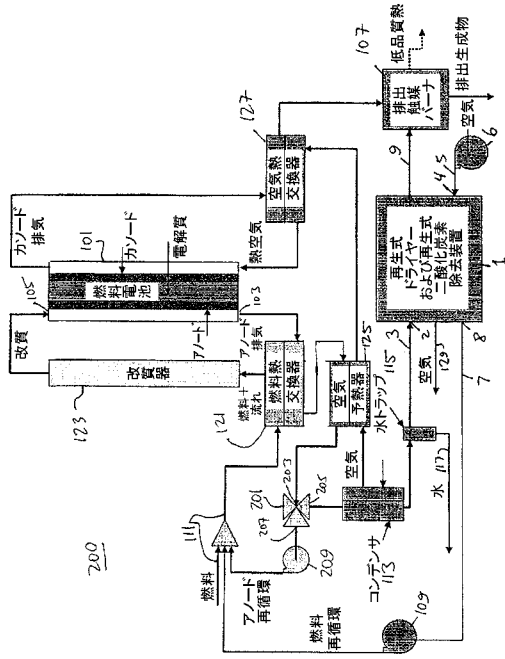
【図 3】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 8/12 (2006.01) B 0 1 D 53/28
B 0 1 D 53/26 A
H 0 1 M 8/12

(72)発明者 フィン ジョン
イオン アメリカ コーポレーション内 アメリカ合衆国 9 4 0 8 9 - 1 1 3 7 カリフォルニ
ア州 サニーベイル オーリーンス ドライブ 1 2 5 2

(72)発明者 マッケルロイ ジェームズ
イオン アメリカ コーポレーション内 アメリカ合衆国 9 4 0 8 9 - 1 1 3 7 カリフォルニ
ア州 サニーベイル オーリーンス ドライブ 1 2 5 2

審査官 相羽 昌孝

(56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0005492(US,A1)
米国特許出願公開第2004/0229102(US,A1)
特開2001-102076(JP,A)
特開2004-247290(JP,A)
特開2001-347125(JP,A)
特開平07-275631(JP,A)
特表2006-505095(JP,A)
特表2006-525626(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/00- 8/24
B01D 53/02-53/12