(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年3月7日(07.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/048567 A1

(51) 国際特許分類:
B01D 53/04 (2006.01) *B01D 53/62* (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01) *C01B 32/50* (2017.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/031180

(22) 国際出願日： 2023年8月29日(29.08.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-139538 2022年9月1日(01.09.2022) JP

(71) 出願人：日本碍子株式会社(**NGK INSULATORS, LTD.**) [JP/JP]；〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 Aichi (JP).

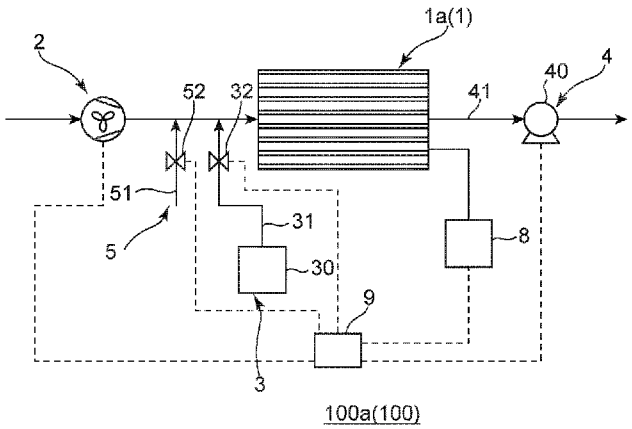
(72) 発明者：安藤 淳一(**ANDO Junichi**)；〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 高橋 道夫(**TAKAHASHI Michio**)；〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 大熊 裕介(**OKUMA Yusuke**)；〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 菅 博史(**KAN Hirofumi**)；〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 柴垣 行成(**SHIBAGAKI Yukinari**)；〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人：籾井 孝文 (**MOMII Takafumi**)；〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜１丁目４番４号 アクア堂島東館７階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) **Title:** ACID GAS COLLECTION METHOD

(54) 発明の名称： 酸性ガスの回収方法



(57) **Abstract:** Provided is an acid gas collection method that is capable of improving the amount of acid gas desorbed from an acid gas adsorbent. An acid gas collection method according to an embodiment of the present invention comprises an adsorption step and a desorption step. In the adsorption step, a gas to be processed which contains an acid gas is supplied to an acid gas adsorption device that includes an acid gas adsorbent, and the acid gas is adsorbed by the acid gas adsorbent. In the desorption step, the acid gas adsorption device is heated such that the acid gas is desorbed from the acid gas adsorbent. The desorption step includes a first desorption step and a second desorption step at least after the first desorption step. In the first desorption step, a first desorption gas is supplied to the acid gas adsorption device, and acid gas that is desorbed from the acid gas adsorbent is collected along with the first desorption gas. In the second desorption step, a second desorption gas having a lower humidity than the first desorption gas is supplied to the acid gas adsorption device, and acid gas that is desorbed from the acid gas adsorbent is collected along with the second desorption gas.

WO 2024/048567 A1

[続葉有]

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:酸性ガス吸着材からの酸性ガスの脱離量の向上を図ることができる酸性ガスの回収方法が提供される。本発明の実施形態による酸性ガスの回収方法は、吸着工程と、脱離工程とを含んでいる。吸着工程では、酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着装置に酸性ガスを含有する処理対象ガスを供給し、酸性ガス吸着材に酸性ガスを吸着させる。脱離工程では、酸性ガス吸着装置を加熱して、酸性ガス吸着材から酸性ガスを脱離させる。脱離工程は、第１脱離工程と、少なくとも第１脱離工程の後に第２脱離工程とを含んでいる。第１脱離工程において、第１脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給して、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを第１脱離ガスとともに回収する。第２脱離工程において、第１脱離ガスよりも湿度が低い第２脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給して、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを第２脱離ガスとともに回収する。

明　細　書

発明の名称 ： 酸性ガスの回収方法

技術分野

[0001] 本発明は、酸性ガスの回収方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、環境負荷を低減するために、大気に含まれる酸性ガスを分離・回収する取り組みがなされている。このような酸性ガスとして、主に、地球温暖化の原因となる二酸化炭素（以下CO_2と称する場合がある）が挙げられる。そのような取り組みの代表例として、二酸化炭素回収・利用・貯留（Ｃａｒｂｏｎ ｄｉｏｘｉｄｅ Ｃａｐｔｕｒｅ，Ｕｔｉｌｉｚａｔｉｏｎ ａｎｄ Ｓｔｏｒａｇｅ：ＣＣＵＳ）サイクルが知られている。このような二酸化炭素の分離・回収に用いられる二酸化炭素吸着装置として、ペレット状の二酸化炭素吸着材が充填される吸着材層を備えるガス分離ユニットが提案されている（例えば、特許文献１参照）。このようなガス分離ユニットでは、ペレット状の二酸化炭素吸着材が、所定の吸着温度において吸着材層を通過するガス流体からCO_2を吸着し、吸着温度を超過する脱離温度に加熱されると吸着したCO_2を脱離する。しかし、特許文献１に記載のガス分離ユニットにおいて、代表的なCO_2吸着材であるアミンのCO_2脱離反応の１つは$HCO_3^- + NH_2^+R^1R^2 \rightarrow NHR^1R^2 + CO_2 + H_2O$であるため$CO_2$吸着材及び周辺に多くの水分が存在すると$CO_2$離脱反応が遅くなる、または脱離温度が高くなるため$CO_2$の脱離量が低下する場合がある。

また、CO_2吸着材であるアミンとCO_2とが反応して生じ得るカルバメート（$R^1R^2NCOO^-$）は、極性の高い水と混在することが多いため、CO_2脱離反応の際にCO_2吸着材及び周辺に多くの水分が存在するとCO_2離脱反応が遅くなる、または脱離温度が高くなるためCO_2の脱離量が低下する場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１４／１７０１８４号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明の主たる目的は、酸性ガス吸着材からの酸性ガスの脱離量の向上を図ることができる酸性ガスの回収方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] ［１］本発明の実施形態による酸性ガスの回収方法は、吸着工程と、脱離工程と、を順に含んでいる。吸着工程において、酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着装置に酸性ガスを含有する処理対象ガスを供給して、酸性ガス吸着材に酸性ガスを吸着させる。脱離工程において、酸性ガス吸着装置を加熱して、酸性ガス吸着材から酸性ガスを脱離させる。脱離工程は、第１脱離工程と、少なくとも第１脱離工程の後に第２脱離工程とを含んでいる。第１脱離工程では、第１脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給して、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを第１脱離ガスとともに回収する。第２脱離工程では、第１脱離ガスよりも湿度が低い第２脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給して、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを第２脱離ガスとともに回収する。

［２］上記［１］に記載の酸性ガスの回収方法において、上記酸性ガスは二酸化炭素であってもよい。

［３］上記［１］または［２］に記載の酸性ガスの回収方法では、上記第２脱離工程において、上記酸性ガス吸着装置から上記酸性ガスと上記第２脱離ガスとを含む混合ガスが排出され、該混合ガスの湿度を測定して、該混合ガスの湿度が所望の範囲内となるように、上記酸性ガス吸着装置に供給する第２脱離ガスの湿度を調整してもよい。

発明の効果

[0006] 本発明の実施形態によれば、酸性ガス吸着材からの酸性ガスの脱離量の向上を図ることができる酸性ガスの回収方法を実現できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、本発明の１つの実施形態の酸性ガスの回収方法に係る酸性ガス吸着装置の概略構成図である。

[図2]図２は、本発明の別の実施形態の酸性ガスの回収方法に係る酸性ガス吸着装置の概略斜視図である。

[図3]図３は、図２の酸性ガス吸着装置の概略断面図である。

[図4]図４は、図２の酸性ガス吸着装置を備える酸性ガス回収システムの概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0008] Ａ．酸性ガスの回収方法の概略

本発明の１つの実施形態による酸性ガスの回収方法は、吸着工程と、脱離工程と、を順に含んでいる。酸性ガスの回収方法は、代表的には、吸着工程と、脱離工程と、を順に繰り返す。吸着工程では、酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着装置に酸性ガスを含有する処理対象ガスを供給し、酸性ガス吸着材に酸性ガスを吸着させる。脱離工程では、酸性ガス吸着装置を加熱して、酸性ガス吸着材から酸性ガスを脱離させる。脱離工程は、第１脱離工程と、少なくとも第１脱離工程の後に第２脱離工程とを含んでいる。第１脱離工程では、第１脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給して、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを第１脱離ガスとともに回収する。第２脱離工程では、第１脱離ガスよりも湿度が低い第２脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給して、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを第２脱離ガスとともに回収する。

脱離工程において、酸性ガス吸着装置に脱離ガスを供給し、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを脱離ガスとともに回収する場合がある。このような場合、脱離工程の進行に伴って、酸性ガス吸着材の表面が過度に加湿され、酸性ガス吸着材からの酸性ガスの脱離速度が低下し、ひいては、酸性ガスの脱離量が低下するおそれがある。

これに対して、本発明の１つの実施形態では、第１脱離ガスを酸性ガス吸着装置に供給する第１脱離工程が実施された後に、第１脱離ガスよりも湿度

が低い第２脱離ガスが酸性ガス吸着装置に供給される第２脱離工程が実施される。そのため、第１脱離工程において、酸性ガス吸着材の表面が徐々に加湿されても、第２脱離工程において、酸性ガス吸着材の表面および近傍の湿度を一時的に低下させることができ、第１脱離工程で脱離できなかった酸性ガスを円滑に脱離させることができる。その結果、脱離工程の全体として、酸性ガス吸着材からの酸性ガスの脱離量の向上を図ることができ、酸性ガスを効率よく回収することができる。

さらに、第１脱離ガスよりも湿度が低い第２脱離ガスが酸性ガス吸着装置に供給されることで、酸性ガス吸着装置が含む酸性ガス吸着材および／または基材（後述）に付着する水分量を抑制し得る。これによって、水の脱離エネルギーを減少させることができ、酸性ガス吸着装置の加熱に要するエネルギー（加熱エネルギー）を抑制し得る。

[0009] 吸着工程では、代表的には、酸性ガスを含有する処理対象ガスが所定の吸着温度である酸性ガス吸着装置に供給され、酸性ガスが酸性ガス吸着材と接触する。これによって、酸性ガス吸着材が酸性ガスを吸着する。

処理対象ガスに含まれる酸性ガスとして、例えば、二酸化炭素（CO_2）、硫化水素、二酸化硫黄、二酸化窒素、ジメチルスルフィド（ＤＭＳ）、塩化水素等が挙げられる。１つの実施形態において、酸性ガスは二酸化炭素（CO_2）であり、処理対象ガスはCO_2含有ガスである。CO_2含有ガスは、CO_2に加えて窒素を含んでいてもよい。CO_2含有ガスは、代表的には空気（大気）である。CO_2含有ガスにおけるCO_2濃度は、例えば１００ｐｐｍ（体積基準）以上２体積％以下である。

酸性ガス吸着装置に供給される処理対象ガスの温度は、例えば０℃以上５０℃以下であり、好ましくは外気温と同じである。

処理対象ガスの容積絶対湿度は、例えば０．５ｇ／m^3以上、好ましくは４．５ｇ／m^3以上であり、例えば７５ｇ／m^3以下、好ましくは３０ｇ／m^3以下である。

[0010] 吸着工程における酸性ガス吸着装置の温度（吸着温度）は、例えば０℃以

上、好ましくは１０℃以上であり、例えば５０℃以下、好ましくは４０℃以下である。１つの実施形態において、吸着温度は、外気温と同じである。吸着工程の実施時間（吸着時間）は、例えば１５分以上、好ましくは３０分以上であり、例えば３時間以下、好ましくは２時間以下である。

吸着温度および／または吸着時間が上記範囲であると、酸性ガス吸着材が酸性ガスを効率よく吸着することができる。

[0011] 吸着工程における酸性ガス回収率（＝１００－（酸性ガス吸着装置を通過した処理対象ガスにおける酸性ガス濃度／酸性ガス吸着装置に供給前の処理対象ガスにおける酸性ガス濃度×１００））は、例えば６０％以上、好ましくは７５％以上、より好ましくは８０％以上であり、例えば９０％以下である。

[0012] 脱離工程では、代表的には、酸性ガス吸着装置が吸着温度を超過する脱離温度に加熱される。これによって、吸着工程において酸性ガス吸着材が吸着した酸性ガスが、酸性ガス吸着材から脱離する。脱離工程における酸性ガス吸着装置の温度（脱離温度）は、例えば７０℃以上、好ましくは８０℃以上であり、例えば２００℃以下、好ましくは１１０℃以下である。

[0013] 脱離工程は、代表的には、第１脱離工程と、第２脱離工程と、を順に含んでいる。第１脱離工程と第２脱離工程とがこの順であれば、第１脱離工程と第２脱離工程との間に、別の工程が実施されてもよい。

第１脱離工程では、脱離温度に加熱された酸性ガス吸着装置に、第１脱離ガスを供給する。より詳しくは、第１脱離工程では、酸性ガス吸着装置が脱離温度まで昇温されて脱離温度で所定の第１脱離時間維持されるとともに、酸性ガス吸着装置に第１脱離ガスが供給される。これによって、脱離した酸性ガスを、第１脱離ガスとともに回収できる。第１脱離工程において回収されるガスを第１回収ガスと称する場合がある。第１回収ガスは、酸性ガスと第１脱離ガスとを含む混合ガスである。

[0014] 第１脱離ガスとして、例えば、大気、二酸化炭素、水蒸気、窒素、アルゴン、第１脱離工程において回収される第１回収ガスが挙げられる。これらの

第１脱離ガスは、単独で用いてもよく、混合または逐次により併用してもよい。第１脱離ガスのなかでは、好ましくは、酸性ガス吸着装置によって先に回収された第１回収ガスが挙げられる。第１脱離ガスとして第１回収ガスを利用することにより、第１回収ガスにおける酸性ガス濃度の向上を図ることができる。

第１脱離ガスの容積絶対湿度は、例えば５０ｇ／ｍ^{3}以上、好ましくは４００ｇ／ｍ^{3}以上であり、例えば３５００ｇ／ｍ^{3}以下、好ましくは９００ｇ／ｍ^{3}以下である。第１脱離ガスの湿度が上記範囲内であれば、酸性ガス吸着材から酸性ガスを円滑に脱離させることができる。

[0015] 第１脱離ガスの温度は、例えば６０℃以上、好ましくは９０℃以上であり、例えば２００℃以下、好ましくは１６０℃以下である。

第１脱離ガスの流速は、例えば０．００１ｍ／ｓ～１０ｍ／ｓであり、好ましくは０．１ｍ／ｓ～２ｍ／ｓである。ガスの流速は、例えば、超音波流速計等を使いＪＩＳ　Ｂ　７５５６に記載の方法により測定できる。

第１脱離工程の実施時間（酸性ガス吸着装置が脱離温度で維持される第１脱離時間）は、例えば３分以上、好ましくは１０分以上であり、例えば１時間以下、好ましくは３０分以下である。第１脱離ガスの温度および／または第１脱離時間が上記範囲であると、酸性ガス吸着材から酸性ガスをより円滑に脱離させることができる。

なお、第１脱離工程では、例えば第１脱離ガスと減圧ポンプとを併用して、第１回収ガスを吸引することもできる。

[0016] 第１脱離工程に続いて実施される第２脱離工程では、代表的には、酸性ガス吸着装置に供給する第１脱離ガスを、第１脱離ガスよりも湿度が低い第２脱離ガスに切り替えて、脱離温度に維持された酸性ガス吸着装置に所定の第２脱離時間供給する。これによって、脱離した酸性ガスが、第２脱離ガスとともに回収される。第２脱離工程において回収されるガスを第２回収ガスと称する場合がある。第２回収ガスは、酸性ガスと第２脱離ガスとを含む混合ガスである。第２回収ガスにおける酸素濃度は、好ましくは１５体積％以下

である。

[0017] 第２脱離ガスとして、好ましくは、大気、二酸化炭素、窒素、アルゴンが挙げられる。第２脱離ガスとして、酸性ガス吸着装置によって先に回収された第２回収ガスを用いることもできる。

第２脱離ガスの湿度は、第１脱離ガスの湿度よりも低い。第２脱離ガスの湿度は、低いほど好ましい。第２脱離ガスの湿度は、第１脱離ガスの湿度を１００％としたときに、例えば８０％以下、好ましくは５０％以下である。また、第２脱離ガスの容積絶対湿度は、例えば２８００ｇ／ｍ^{3}以下、好ましくは４５０ｇ／ｍ^{3}以下、より好ましくは３８０ｇ／ｍ^{3}以下である。

第２脱離ガスの湿度が上記上限以下であれば、第１脱離工程後の酸性ガス吸着材の表面の湿度を好適な範囲に調整でき、第１脱離工程において酸性ガス吸着材から脱離しなかった酸性ガスを安定して脱離させることができる。なお、第２脱離ガスの湿度の下限は、第１脱離ガスの湿度を１００％としたときに代表的には１０％以上であり、具体的には５ｇ／ｍ^{3}以上である。

[0018] 第２脱離ガスの温度は、例えば６０℃以上、好ましくは９０℃以上であり、例えば２００℃以下、好ましくは１１０℃以下である。

第２脱離ガスの流速は、例えば０．００１ｍ／ｓ～１０ｍ／ｓであり、好ましくは０．１ｍ／ｓ～２ｍ／ｓである。

１つの実施形態において、第２脱離工程の実施時間（第２脱離時間）は、第１脱離工程の実施時間（第１脱離時間）よりも短い。第２脱離時間は、脱離工程の全実施時間（第１脱離時間と第２脱離時間との総和）に対して、例えば４５％以下、好ましくは４０％以下、より好ましくは３０％以下、さらに好ましくは２０％以下であり、例えば５％以上、好ましくは１０％以上である。第２脱離時間は、例えば５０分以下、好ましくは２０分以下であり、例えば２分以上、好ましくは５分以上である。第２脱離ガスの温度および／または第２脱離時間が上記範囲であると、第１脱離工程で脱離しなかった酸性ガスをより安定して脱離させることができる。

なお、第２脱離工程では、例えば第２脱離ガスと減圧ポンプとを併用して

、第２回収ガスを吸引することもできる。

[0019] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明するが、本発明はこれらの実施形態には限定されない。

[0020] Ｂ．酸性ガス吸着装置（二酸化炭素吸着装置）

図１は本発明の１つの実施形態の酸性ガスの回収方法に係る酸性ガス吸着装置の概略構成図であり；図２は本発明の別の実施形態の酸性ガスの回収方法に係る酸性ガス吸着装置の概略斜視図であり；図３は図２の酸性ガス吸着装置の概略断面図である。

[0021] Ｂ－１．酸性ガス吸着装置の第１実施形態

１つの実施形態では、図１に示すように、酸性ガス吸着装置７は、複数の吸着材層７１を備えている。複数の吸着材層７１は、酸性ガス吸着部１９を構成している。酸性ガス吸着装置の処理対象ガスがCO_2含有ガスである場合、酸性ガス吸着装置７は二酸化炭素吸着装置７ａである。

[0022] 複数の吸着材層７１は、それらの厚み方向に互いに間隔を空けて積層されている。図示例では、５つの吸着材層７１が並列配置されているが、吸着材層７１の個数はこれに制限されない。吸着材層７１の個数は、例えば５以上、好ましくは１０以上、より好ましくは２０以上である。複数の吸着材層７１のうち、互いに隣り合う吸着材層７１の間の間隔は、例えば０．５ｃｍ以上１．５ｃｍ以下である。

[0023] 複数の吸着材層７１のそれぞれは、可撓性繊維部材７３と、複数のペレット状吸着材７２と、を備えている。

[0024] 可撓性繊維部材７３は、気体の通過を許容し、かつ、ペレット状吸着材の通過を規制する。可撓性繊維部材７３は、代表的には、複数のペレット状吸着材７２を収容可能な中空形状（袋形状）に形成されている。可撓性繊維部材７３は、織物であってもよく、不織布であってもよい。可撓性繊維部材７３の材料として、例えば有機繊維、天然繊維が挙げられ、好ましくは、ポリエチレンテレフタレート繊維、ポリエチレン繊維、セルロース系繊維が挙げられる。可撓性繊維部材７３の厚みは、例えば２５μｍ以上５００μｍ以下

である。

[0025] 複数のペレット状吸着材７２は、中空形状（袋形状）を有する可撓性繊維部材７３の内部に充填されている。ペレット状吸着材７２は、酸性ガス吸着材として機能し、代表的には二酸化炭素吸着材として機能する。ペレット状吸着材７２の材料として、例えばアミン修飾材料が挙げられ、好ましくはアミン修飾セルロースが挙げられ、より好ましくはアミン修飾ナノ繊維化セルロースが挙げられる。ペレット状吸着材７２の平均一次粒子径は、例えば６０μｍ以上１２００μｍ以下である。吸着材層７１におけるペレット状吸着材７２の充填割合は、任意の適切な値を採用し得る。

[0026] 図示例の酸性ガス吸着装置７は、複数のスペーサ７４をさらに備えている。スペーサ７４は、複数の吸着材層７１のうち互いに隣り合う吸着材層７１の間に挟まれている。複数のスペーサ７４は、酸性ガス吸着部１９を構成している。これによって、互いに隣り合う吸着材層の間の間隔を安定して確保できる。１つの実施形態では、複数の吸着材層７１と複数のスペーサ７４とは、吸着材層７１の厚み方向と直交する方向（図１の紙面奥行方向）から見て、略九十九折形状となるように配置されている。

[0027] このような酸性ガス吸着装置７として、例えば、国際公開第２０１４／１７０１８４号に記載のガス分離ユニットが挙げられる。この公報は、その全体の記載が本明細書に参考として援用される。

[0028] Ｂ－２．酸性ガス吸着装置の第２実施形態

別の実施形態では、図２および図３に示すように、酸性ガス吸着装置１は、基材１０と、酸性ガス吸着層１５と、を備えている。基材１０および酸性ガス吸着層１５は、酸性ガス吸着部１９を構成している。酸性ガス吸着装置の処理対象ガスがCO_2含有ガスである場合、酸性ガス吸着装置１は二酸化炭素吸着装置１ａである。

[0029] 基材１０の構造は、特に制限されず、例えば、ハニカム状、ろ過布などのフィルター構造；ペレット構造などが挙げられる。酸性ガス吸着層１５は、それら基材１０の表面に配置されていれば、特に制限されない。

[0030] Ｂ－２－１．基材（ハニカム状基材）

１つの実施形態において、基材１０は、ハニカム状基材１０ａである。ハニカム状基材１０ａは、複数のセル１４を規定する隔壁１３を備えている。

セル１４は、ハニカム状基材１０ａの長さ方向（軸線方向）において、ハニカム状基材１０ａの第１端面Ｅ１（流入端面）から第２端面Ｅ２（流出端面）まで延びている（図３参照）。セル１４は、ハニカム状基材１０ａの長さ方向に直交する方向の断面において、任意の適切な形状を有する。セルの断面形状として、例えば、三角形、四角形、五角形、六角形以上の多角形、円形、楕円形が挙げられる。セルの断面形状およびサイズは、すべてが同一であってもよく、少なくとも一部が異なっていてもよい。このようなセルの断面形状のなかでは、好ましくは六角形、四角形が挙げられ、より好ましくは正方形、長方形または六角形が挙げられる。

[0031] ハニカム状基材の長さ方向に直交する方向の断面におけるセル密度（すなわち、単位面積当たりのセル１４の数）は、目的に応じて適切に設定され得る。セル密度は、例えば４セル／ｃｍ^2～３２０セル／ｃｍ^{2}であり得る。セル密度がこのような範囲であれば、ハニカム状基材の強度および有効ＧＳＡ（幾何学的表面積）を十分に確保できる。

[0032] ハニカム状基材１０ａは、任意の適切な形状（全体形状）を有する。ハニカム状基材の形状として、例えば、底面が円形の円柱状、底面が楕円形の楕円柱状、底面が多角形の角柱状、底面が不定形の柱状が挙げられる。図示例のハニカム状基材１０ａは、円柱形状を有している。ハニカム状基材の外径および長さは、目的に応じて適切に設定され得る。図示しないが、ハニカム状基材は、長さ方向に直交する方向の断面において、その中心部に中空領域を有していてもよい。

[0033] ハニカム状基材１０ａは、代表的には、外周壁１１と；外周壁１１の内側に位置している隔壁１３と；を備えている。図示例では、外周壁１１と隔壁１３とは一体的に形成されている。外周壁１１と隔壁１３とは、別体であってもよい。

[0034] 外周壁１１は、円筒形状を有している。外周壁１１の厚みは、任意かつ適切に設定され得る。外周壁１１の厚みは、例えば０．１ｍｍ～１０ｍｍである。

[0035] 隔壁１３は、複数のセル１４を規定している。より詳しくは、隔壁１３は、互いに直交する第１隔壁１３ａと第２隔壁１３ｂとを有しており、第１隔壁１３ａおよび第２隔壁１３ｂが、複数のセル１４を規定している。セル１４の断面形状は、第１隔壁１３ａおよび第２隔壁１３ｂが外周壁１１と接する部分を除いて、四角形である。なお、隔壁の構成は、上記した隔壁１３に制限されない。隔壁は、放射方向に延びる第１隔壁と、周方向に延びる第２隔壁とを有し、それらが複数のセルを規定していてもよい。

[0036] 隔壁１３の厚みは、ハニカム状基材の用途に応じて適切に設定され得る。隔壁１３の厚みは、代表的には、外周壁１１の厚みよりも薄い。隔壁１３の厚みは、例えば０．０３ｍｍ～０．６ｍｍである。隔壁の厚みは、例えばＳＥＭ（走査型電子顕微鏡）による断面観察により測定される。隔壁の厚みがこのような範囲であれば、ハニカム状基材の機械的強度を十分なものとすることができ、かつ、開口面積（断面におけるセルの総面積）を十分なものとすることができる。

[0037] 隔壁１３における気孔率は、目的に応じて適切に設定され得る。隔壁１３における気孔率は、例えば１５％以上、好ましくは２０％以上であり、例えば７０％以下、好ましくは４５％以下である。なお、気孔率は、例えば水銀圧入法により測定され得る。

隔壁１３の嵩密度は、目的に応じて適切に設定され得る。それらの嵩密度は、例えば０．１０ｇ／ｃｍ^{3}以上、好ましくは０．２０ｇ／ｃｍ^{3}以上であり、例えば０．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下、好ましくは０．５０ｇ／ｃｍ^{3}以下である。なお、嵩密度は、例えば水銀圧入法により測定され得る。

[0038] 隔壁１３を構成する材料として、代表的にはセラミックスが挙げられる。セラミックスとして、例えば、炭化珪素、珪素－炭化珪素系複合材料、コージェライト、ムライト、アルミナ、窒化ケイ素、スピネル、炭化珪素－コー

ジェライト系複合材料、リチウムアルミニウムシリケート、および、アルミニウムチタネートが挙げられる。隔壁を構成する材料は、単独でまたは組み合わせて使用できる。隔壁を構成する材料のなかでは、好ましくは、コージェライト、アルミナ、ムライト、炭化珪素、珪素－炭化珪素系複合材料、および、窒化ケイ素が挙げられ、より好ましくは、炭化珪素、および、珪素－炭化珪素系複合材料が挙げられる。

[0039] このようなハニカム状基材１０ａは、代表的には、以下の方法により作製される。まず、上記したセラミックス粉末を含む材料粉末に、必要に応じてバインダーと水または有機溶媒とを加え、得られた混合物を混練して坏土とし、坏土を所望の形状に成形（代表的には押出成形）し、その後、乾燥し必要に応じて焼成して、ハニカム状基材１０ａを作製する。焼成する場合は、例えば１２００℃～１５００℃で焼成する。焼成時間は、例えば１時間以上２０時間以下である。

[0040] Ｂ－２－２．酸性ガス吸着層（二酸化炭素吸着層）

１つの実施形態において、酸性ガス吸着層１５は、隔壁１３の表面に形成されている。ハニカム状基材１０ａでは、セル１４の断面における酸性ガス吸着層１５が形成されていない部分（代表的には中央部）に、ガス流路１６が形成されている。酸性ガス吸着層１５は、図示例のように隔壁１３の内面全体に（すなわち、ガス流路１６を包囲するように）形成されてもよく、隔壁の表面の一部に形成されてもよい。酸性ガス吸着層１５が隔壁１３の内面全体に形成されていると、酸性ガス（代表的にはCO_2）の除去効率の向上を図り得る。

[0041] ガス流路１６は、セル１４と同様に第１端面Ｅ１（流入端面）から第２端面Ｅ２（流出端面）まで延びている。ガス流路１６の断面形状としては、上記したセル１４と同様の断面形状が挙げられ、好ましくは六角形、四角形が挙げられ、より好ましくは正方形、長方形または六角形が挙げられる。ガス流路１６の断面形状およびサイズは、すべてが同一であってもよく、少なくとも一部が異なっていてもよい。

セル１４（より詳しくはガス流路１６）には、代表的には、吸着工程において上記した処理対象ガスが流通する。また、１つの実施形態において、セル１４（より詳しくはガス流路１６）には、第１脱離工程において上記した第１脱離ガスが流通し、第２脱離工程において上記した第２脱離ガスが流通する。

[0042] 酸性ガス吸着層１５は、吸着対象となる酸性ガスに応じた酸性ガス吸着材を含んでいる。１つの実施形態において、酸性ガス吸着層１５は、二酸化炭素吸着層１５ａである。二酸化炭素吸着層１５ａは、酸性ガス吸着材の一例としての二酸化炭素吸着材を含んでいる。

[0043] 二酸化炭素吸着材としては、CO_2を吸着および脱離可能な任意の適切な化合物を採用し得る。二酸化炭素吸着材として、例えば、後述する窒素含有化合物；水酸化ナトリウム、水酸化カリウムなどのアルカリ化合物；炭酸カルシウム、炭酸カリウムなどの炭酸塩；炭酸水素カルシウム、炭酸水素カリウムなどの炭酸水素塩；ＭＯＦ－７４、ＭＯＦ－２００、ＭＯＦ－２１０などの有機金属構造体（ＭＯＦ）；ゼオライト；活性炭；窒素ドープカーボン；イオン液体などが挙げられる。二酸化炭素吸着材は、単独でまたは組み合わせて使用できる。

[0044] 二酸化炭素吸着材のなかでは、好ましくは、窒素含有化合物およびイオン液体が挙げられる。窒素含有化合物として、より具体的には、モノエタノールアミン、ポリビニルアミンなどの第一級アミン；ジエタノールアミン、環状アミン、Ｎ－（３－アミノプロピル）ジエタノールアミンなどの第二級アミン；メチルジエチルアミン、トリエタノールアミンなどの第三級アミン；テトラエチレンペンタミンなどのエチレンアミン化合物；アミノプロピルトリメトキシシラン、３－アミノプロピルトリエトキシシラン、Ｎ－（２－アミノエチル）－３－アミノプロピル－トリメトキシシラン、ポリエチレンイミン－トリメトキシシランなどのアミノシランカップリング剤；エチレンイミン、アミノ基が付与されたスチレンなどの第一級アミノ基～第三級アミノ基を有する有機モノマー；直鎖状ポリエチレンイミン、第一級アミノ基～第

三級アミノ基を有する分岐状ポリエチレンイミンなどの第一級アミノ基～第三級アミノ基を有する有機ポリマー；１－（２－ヒドロキシエチル）ピペラジンなどのピペラジン化合物；ポリアミドアミンなどのアミド化合物；ポリビニルアミン；アミノ基が置換基として付与された有機／無機化合物；が挙げられる。

窒素含有化合物のなかでは、好ましくは、メチルジエチルアミン、モノエタノールアミン、環状アミン、ジエタノールアミン、テトラエチレンペンタミン、エチレンイミン、直鎖状ポリエチレンイミン、分岐状ポリエチレンイミン、アミノが置換基として付与された有機／無機化合物が挙げられる。

[0045] イオン液体は、イオン（アニオンおよびカチオン）のみから構成される液体の「塩」であり、常温常圧（２３℃、０．１ＭＰａＡ（絶対圧））において液体状態である。イオン液体のカチオンとして、例えば、イミダゾリウム塩類、ピリジニウム塩類などのアンモニウム系、ホスホニウム系イオン、スルホニウム塩、無機系イオンなどが挙げられる。イオン液体のアニオンとして、例えば、臭化物イオンやトリフラートなどのハロゲン系；テトラフェニルボレートなどのホウ素系；ヘキサフルオロホスフェートなどのリン系；アルキルスルホネートなどの硫黄系が挙げられる。イオン液体のなかでは、好ましくは、カチオンとしてのイミダゾリウム塩類と、アニオンとしてのトリフラートとの組み合わせが挙げられる。

[0046] イオン液体は、より好ましくは、イオン液体以外の二酸化炭素吸着材（以下、他の二酸化炭素吸着材とする。）と併用される。この場合、イオン液体は、他の二酸化炭素吸着材（例えば、窒素含有化合物）をコーティングする。そのため、二酸化炭素吸着材の性能向上、および、長寿命化を図ることができる。

イオン液体の含有割合は、他の二酸化炭素吸着材１質量部に対して、例えば０．０００００１質量部以上、好ましくは０．００００１質量部以上であり、例えば０．１質量部以下、好ましくは０．０５質量部以下である。イオン液体の含有割合が上記範囲であると、二酸化炭素吸着材の性能向上、およ

び、長寿命化を安定して図ることができる。

[0047] １つの実施形態において、二酸化炭素吸着層１５ａは、上記した二酸化炭素吸着材に加えて、多孔質担体をさらに含んでいる。この場合、二酸化炭素吸着材は、代表的には、多孔質担体に担持されてガス流路に面している。二酸化炭素吸着層が多孔質担体を含んでいると、吸着工程および／または脱離工程において、二酸化炭素吸着材が二酸化炭素吸着層から脱落することを抑制できる。

[0048] 多孔質担体は、二酸化炭素吸着層においてメソ細孔を形成し得る。多孔質担体として、例えば、ＭＯＦ－７４、ＭＯＦ－２００、ＭＯＦ－２１０などの有機金属構造体（ＭＯＦ）；活性炭；窒素ドープカーボン；メソポーラスシリカ；メソポーラスアルミナ；ゼオライト；カーボンナノチューブ；ポリフッ化ビニリデン（ＰＶＤＦ）などのフッ化性樹脂；が挙げられ、好ましくは、有機金属構造体（ＭＯＦ）、ＰＶＤＦ、活性炭、ゼオライト、メソポーラスシリカ、および、メソポーラスアルミナが挙げられる。多孔質担体は、単独でまたは組み合わせて使用できる。多孔質担体は、好ましくは、二酸化炭素吸着材と異なる材料が採用される。

[0049] 多孔質担体のＢＥＴ比表面積は、例えば５０m^2／ｇ以上、好ましくは５００m^2／ｇ以上である。多孔質担体の表面積が上記下限以上であれば、二酸化炭素吸着材を安定して担持でき、CO_2回収率の向上を図り得る。多孔質担体のＢＥＴ比表面積の上限は代表的には２０００m^2／ｇ以下である。

[0050] 二酸化炭素吸着層が二酸化炭素吸着材および多孔質担体を含む場合、二酸化炭素吸着層における、二酸化炭素吸着材および多孔質担体の総和の含有割合は、例えば３０質量％以上、好ましくは、５０質量％以上であり、例えば１００質量％以下、好ましくは９９質量％以下である。

二酸化炭素吸着層における二酸化炭素吸着材の含有割合は、例えば３０質量％以上、好ましくは、５０質量％以上であり、例えば９９質量％以下である。多孔質担体の含有割合は、二酸化炭素吸着材１質量部に対して、例えば０．０１質量部以上、好ましくは、０．３質量部以上であり、例えば０．７

質量部以下、好ましくは０．５質量部以下である。多孔質担体の含有割合が上記範囲であると、二酸化炭素吸着材をより一層安定して担持できる。

[0051] また、二酸化炭素吸着層は、二酸化炭素吸着材のみから構成されてもよい。この場合、二酸化炭素吸着材は、隔壁１３に直接担持されてガス流路に面している。二酸化炭素吸着層が二酸化炭素吸着材のみから構成される場合、二酸化炭素吸着層における二酸化炭素吸着材の含有割合は、代表的には９５．０質量％以上１００質量％以下である。二酸化炭素吸着材の含有割合が上記範囲であると、優れたCO_2回収率を安定して確保できる。

[0052] このような二酸化炭素吸着層は、代表的には、以下の方法により作製される。上記した二酸化炭素吸着材を溶媒に溶解して二酸化炭素吸着材の溶液を調製する。また、必要に応じて、当該溶媒に上記した多孔質担体を添加する。二酸化炭素吸着材、および、多孔質担体の添加の順序は特に制限されない。その後、二酸化炭素吸着材の溶液を、基材（具体的には隔壁）上に塗布した後、塗膜を乾燥、必要に応じて焼結させて、二酸化炭素吸着層を形成する。

あるいは、基材上に、イオン液体以外の二酸化炭素吸着材と多孔質担体とを含む分散液を塗布した後、塗膜を乾燥、必要に応じて焼結させた後に、イオン液体のみを基材に塗布して、二酸化炭素吸着層を形成する。

[0053] 図示しないが、酸性ガス吸着装置１は、基材１０および酸性ガス吸着層１５に加えて、加熱体を備えてもよい。加熱体は、基材１０を加熱可能である。加熱体は、代表的には基材１０と接触している。酸性ガス吸着装置が加熱体を備えていると、脱離工程において、酸性ガス吸着装置の温度を脱離温度まで円滑に昇温できる。

[0054] 図示しないが、酸性ガス吸着装置１および酸性ガス吸着装置７のそれぞれは、ケースをさらに備えていてもよい。ケースは、ガスが通過可能な筒形状（中空形状）を有しており、酸性ガス吸着部１９を収容している。筒形状として、例えば、円筒形状、角筒形状が挙げられる。酸性ガス吸着部１９は、代表的には、ケースに相対移動不能に支持されている。

第２脱離工程では、代表的には、第２脱離ガスが、ケースに相対移動不能に支持された酸性ガス吸着部１９全体に供給される。酸性ガス吸着部がケースに相対移動可能に支持されている場合では第１脱離工程と第２脱離工程を切り分けるための境界部によって第２脱離ガスの供給が不均一になり境界部近傍の酸性ガス吸着部１９は低湿度環境とすることができないため酸性ガス吸着部１９からの酸性ガス脱離量が減少する場合がある。一方で酸性ガス吸着部がケースに相対移動不能に支持されている場合では境界部が無いことにより全体を均一に低湿度環境にできるため酸性ガス吸着材１９からの酸性ガス脱離量の向上を図ることができる。

[0055] Ｃ．酸性ガス回収システム

次に、図４を参照して、上記した酸性ガス回収方法を実施可能な酸性ガス回収システムについて説明する。

図示例の酸性ガス回収システム１００は、酸性ガス吸着装置に加えて、酸性ガス供給用送風機２と、第１脱離ガス供給ユニット５と、第２脱離ガス供給ユニット３と、回収ユニット４と、湿度計８と、制御部９とを備えている。なお、図示例の酸性ガス回収システム１００は、酸性ガス吸着装置１、酸性ガス供給用送風機２、第１脱離ガス供給ユニット５、第２脱離ガス供給ユニット３、回収ユニット４、湿度計８、および、制御部９をそれぞれ１つずつ備えているが、これらの個数は１以上であれば特に制限されない。

１つの実施形態において、酸性ガス回収システム１００は、酸性ガス吸着装置１の一例としての二酸化炭素吸着装置１ａを備える二酸化炭素回収システム１００ａである。酸性ガス回収システム１００は、酸性ガス吸着装置１（二酸化炭素吸着装置１ａ）に代えて、酸性ガス吸着装置７（二酸化炭素吸着装置７ａ）を備えていてもよい。

[0056] Ｃ－１．酸性ガス供給用送風機

酸性ガス供給用送風機２は、吸着工程において、酸性ガス吸着装置１（代表的には酸性ガス吸着部１９）に上記した処理対象ガス（代表的にはCO_2含有ガス）を供給するように構成されている。図示例の酸性ガス供給用送風機

２は、酸性ガスを含む処理対象ガスを酸性ガス吸着装置１に向かって送風可能である。酸性ガス供給用送風機２は、任意の適切な構成を採用し得る。酸性ガス供給用送風機２と酸性ガス吸着装置１との接続は配管であってもよく、酸性ガス吸着装置１を収容する容器における酸性ガス吸着装置よりも上流側の部分であってもよい。

[0057] Ｃ－２．第１脱離ガス供給ユニット

第１脱離ガス供給ユニット５は、第１脱離工程において、酸性ガス吸着装置１（代表的には酸性ガス吸着部１９）に上記した第１脱離ガスを供給するように構成されている。図示例の第１脱離ガス供給ユニット５は、第１脱離ガス供給ライン５１と、第１開閉弁５２とを備えている。第１脱離ガス供給ライン５１は、代表的には、上記した第１脱離ガスを酸性ガス吸着装置１に供給可能な配管である。第１脱離ガス供給ライン５１の脱離ガスの供給方向の下流端部は、酸性ガス供給用送風機２と酸性ガス吸着装置１との間の部分に接続されている。第１脱離ガスが上記した第１回収ガスである場合、第１脱離ガス供給ライン５１の脱離ガスの供給方向の上流端部は、図示しないが、第１回収ガスを貯留する中間タンクに接続されている。第１開閉弁５２は、第１脱離ガス供給ライン５１に設けられており、第１脱離ガス供給ライン５１を開閉可能である。第１開閉弁５２として、例えば、ボール弁、ゲート弁、バタフライ弁が挙げられ、好ましくはバタフライ弁が挙げられる。

[0058] Ｃ－３．第２脱離ガス供給ユニット

第２脱離ガス供給ユニット３は、第２脱離工程において、酸性ガス吸着装置１（代表的には酸性ガス吸着部１９）に上記した第２脱離ガスを供給するように構成されている。図示例の第２脱離ガス供給ユニット３は、除湿装置３０と、第２脱離ガス供給ライン３１と、第２開閉弁３２とを備えている。除湿装置３０は、上記した第２脱離ガスの湿度を調整可能である。第２脱離ガス供給ライン３１は、代表的には、上記した第２脱離ガスを除湿装置３０から酸性ガス吸着装置１に供給可能な配管である。第２開閉弁３２は、第２脱離ガス供給ライン３１に設けられており、第２脱離ガス供給ライン３１を

開閉可能である。第２開閉弁３２として、例えば、上記した第１開閉弁５２と同様のものが挙げられる。

[0059] Ｃ－４．回収ユニット

回収ユニット４は、脱離工程において脱離した酸性ガスを回収するように構成されている。より具体的には、回収ユニット４は、第１脱離工程において、酸性ガスを含む第１回収ガスを回収可能であり、第２脱離工程において、酸性ガスを含む第２回収ガスを回収可能である。図示例の回収ユニット４は、吸引ポンプ４０と、ガス排出部４１とを備えている。吸引ポンプ４０は、酸性ガス吸着装置内の気体を吸引可能である。吸引ポンプ４０として、例えば真空ポンプが挙げられる。ガス排出部４１には、酸性ガス吸着装置１から排出されて吸引ポンプ４０に向かうガスが通過する。ガス排出部４１は、配管であってもよく、酸性ガス吸着装置１を収容する容器における酸性ガス吸着装置よりも下流側の部分であってもよい。

[0060] Ｃ－５．湿度計および制御部

湿度計８は、酸性ガス吸着装置１から排出される混合ガス（第１回収ガスまたは第２回収ガス）の湿度、代表的には、第２脱離工程において酸性ガス吸着装置から排出される第２回収ガスの湿度を測定可能である。湿度計８は、任意の適切な構成を採用できる。

変形例として図示はしないが、湿度計８は、酸性ガス吸着装置１に対して供給されるガスの湿度をさらに測定可能であってもよい。酸性ガス吸着装置１に導入するガス（代表的には第２脱離ガス）の湿度を測定することで、より正確に酸性ガス吸着装置１内の湿度を制御することができる。

制御部９は、酸性ガス回収システム１００の動作を制御可能である。制御部９は、任意の適切な構成を採用できる。制御部９は、例えば、中央処理装置（ＣＰＵ）、ＲＯＭおよびＲＡＭなどを備えている。

[0061] Ｄ．酸性ガス回収システムの動作

次に、酸性ガス回収システム１００により実施される酸性ガスの回収方法の一実施形態について説明する。１つの実施形態において、酸性ガスの回収

方法は、上記した吸着工程と、置換工程と、上記した脱離工程（第１脱離工程および第２脱離工程）と、を順に含んでいる。

[0062] 酸性ガス回収システム１００では、まず、吸着工程が実施される。吸着工程では、制御部９が、第１開閉弁５２および第２開閉弁３２を閉状態として、酸性ガス供給用送風機２を駆動させる。これによって、上記した処理対象ガスが、酸性ガス供給用送風機２によって送り出され、酸性ガス吸着装置１の酸性ガス吸着部１９に供給されてガス流路１６を流通する。なお、吸着工程における酸性ガス吸着装置の温度（代表的には酸性ガス吸着部１９の温度）は、上記した吸着温度に予め調整されている。

[0063] 吸着工程において、酸性ガス吸着装置に供給される処理対象ガスの温度の範囲は、上記した吸着温度の範囲と同様である。処理対象ガスの温度は、酸性ガス吸着装置の吸着温度と同じであってもよく、異なっていてもよい。処理対象ガスの圧力は、例えば０．３×１０^{5}ＰａＡ（絶対圧）以上２．０×１０^{5}ＰａＡ以下である。処理対象ガスの流速は、例えば０．５ｍ／秒以上５ｍ／秒以下である。

[0064] その後、上記した吸着時間が経過すると、制御部９は、酸性ガス供給用送風機２の駆動を停止し、吸着工程が完了する。

[0065] 次いで、酸性ガス回収システム１００では、置換工程が実施される。置換工程では、制御部９は、第１開閉弁５２を閉状態から開状態に変更し、吸引ポンプ４０を駆動させる。すると、上記した第１脱離ガスが、脱離ガス供給ライン５１を通過して酸性ガス吸着装置１の酸性ガス吸着部１９に供給され、ガス流路１６を流通する。これによって、ガス流路１６が、処理対象ガスから第１脱離ガスに置換される。

[0066] 置換工程において、酸性ガス吸着装置に供給される第１脱離ガスの温度の範囲は、上記した吸着温度の範囲と同様である。第１脱離ガスの圧力は、例えば０．１×１０^{4}ＰａＡ以上１．０×１０^{4}ＰａＡ以下であり、また例えば０．１×１０^{4}ＰａＡ以上５．０×１０^{4}ＰａＡ以下である。置換工程の実施時間（以下では、置換時間とする。）は、例えば１分以上３０分以下である

。

[0067] なお、置換工程において、第１脱離ガスとは異なるパージガスを酸性ガス吸着装置に導入して、酸性ガス吸着装置内を処理対象ガスからパージガスに置換してもよい。この場合、パージガスの圧力は、例えば０．１×１０^{4}ＰａＡ以上１１×１０^{4}ＰａＡ以下である。置換時間は、例えば１分以上３０分以下である。パージガスとして、例えば、水蒸気、二酸化炭素、窒素、アルゴンが挙げられる。

[0068] その後、酸性ガス回収システム１００では、置換工程に続いて第１脱離工程が実施される。制御部９は、吸引ポンプ４０の駆動を維持した状態で、図示しない加熱体を制御して酸性ガス吸着装置１（代表的には酸性ガス吸着部１９）を加熱させる。なお、置換工程の途中から酸性ガス吸着装置の加熱を開始してもよい。

酸性ガス吸着装置の温度（代表的には酸性ガス吸着部１９の温度）が脱離温度に到達すると、酸性ガス吸着材が保持していた酸性ガスが、酸性ガス吸着材から脱離（放出）される。脱離された酸性ガスは、第１脱離ガスとともに酸性ガス吸着装置１から排出され、ガス排出部４１および吸引ポンプ４０を通過した後に、必要に応じて中間タンクに貯留される。このような第１回収ガスは、上記したように、種々の用途に利用可能であり、上記のように第１脱離ガスとして酸性ガス吸着装置に再供給してもよく、各種産業製品の原料（例えば、炭化水素燃料の原料）として利用することもできる。

[0069] 次いで、上記した第１脱離時間が経過すると、酸性ガス回収システム１００では、第２脱離工程が実施される。制御部９は、吸引ポンプ４０の駆動を維持した状態で、第１開閉弁５２を開状態から閉状態に変更し、かつ、第２開閉弁３２を閉状態から開状態に変更する。

[0070] すると、上記した第２脱離ガスが、第２脱離ガス供給ライン３１を通過して酸性ガス吸着装置１（代表的には酸性ガス吸着部１９）に供給され、ガス流路１６を流通する。このとき、第１脱離工程において、加湿された酸性ガス吸着材の表面が適度に乾燥され、酸性ガス吸着材の表面の湿度が適切に調

整される。これによって、第１脱離工程において脱離しなかった酸性ガスが、酸性ガス吸着材から脱離する。脱離した酸性ガスは、第２脱離ガスとともに酸性ガス吸着装置１から排出され、ガス排出部４１および吸引ポンプ４０を通過した後に、必要に応じてタンクに貯留される。第２回収ガスは、第１回収ガスと同じ中間タンクに貯留されてもよく、別のタンクに貯留されてもよい。このような第２回収ガスも、第１回収ガスと同様に、種々の用途に利用可能である。また、第２回収ガスは、除湿装置３０に返送することもできる。

また、制御部９は、第２脱離工程において、湿度計８によって酸性ガス吸着装置１から排出される第２回収ガスの湿度を測定（代表的にはモニタリング）して、第２回収ガスの湿度が所望の範囲内となるように、酸性ガス吸着装置１に供給する第２脱離ガスの湿度を調整してもよい。例えば、混合ガスの湿度が所望の範囲を超えた場合、除湿装置３０を制御して、酸性ガス吸着装置１に供給する第２脱離ガスの湿度を低下させる。これによって、酸性ガス吸着材の表面および近傍の湿度を適切に低下させ得る。

第２脱離工程において酸性ガス吸着装置から排出される第２回収ガスの容積絶対湿度は、例えば２８００ｇ／ｍ^{3}以下、好ましくは４５０ｇ／ｍ^{3}以下であり、例えば３８０ｇ／ｍ^{3}以上である。

[0071] その後、酸性ガス回収システム１００では、必要に応じて、再度吸着工程が実施される。より詳しくは、制御部９が吸引ポンプ４０の駆動を停止した後、上記した吸着工程が再度実施される。このように、酸性ガス回収システム１００では、吸着工程、置換工程、第１脱離工程、および、第２脱離工程が順に繰り返し可能である。

産業上の利用可能性

[0072] 本発明の実施形態による酸性ガスの回収方法は、酸性ガスの分離・回収に用いられ、特に、二酸化炭素回収・利用・貯留（ＣＣＵＳ）サイクルに好適に用いられ得る。

符号の説明

[0073]

1	酸性ガス吸着装置
１ａ	二酸化炭素吸着装置
7	酸性ガス吸着装置
７ａ	二酸化炭素吸着装置
１００	酸性ガス回収システム
１００ａ	二酸化炭素回収システム

請求の範囲

[請求項1] 酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着装置に酸性ガスを含有する処理対象ガスを供給して、前記酸性ガス吸着材に酸性ガスを吸着させる吸着工程と；

前記酸性ガス吸着装置を加熱して、前記酸性ガス吸着材から酸性ガスを脱離させる脱離工程と；を順に含み、

前記脱離工程は、

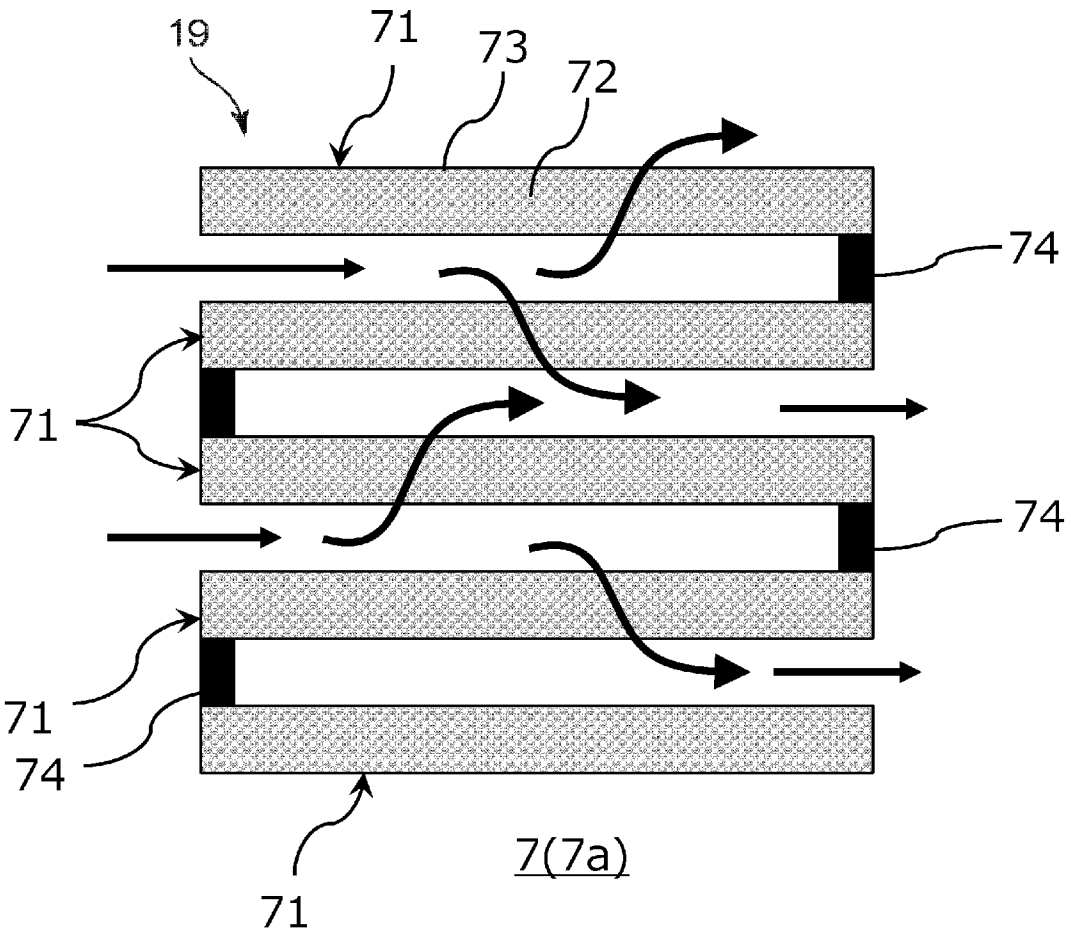
第１脱離ガスを前記酸性ガス吸着装置に供給して、前記酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを前記第１脱離ガスとともに回収する第１脱離工程と；

少なくとも前記第１脱離工程の後に、前記第１脱離ガスよりも湿度が低い第２脱離ガスを前記酸性ガス吸着装置に供給して、前記酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスを前記第２脱離ガスとともに回収する第２脱離工程と；を含む、酸性ガスの回収方法。

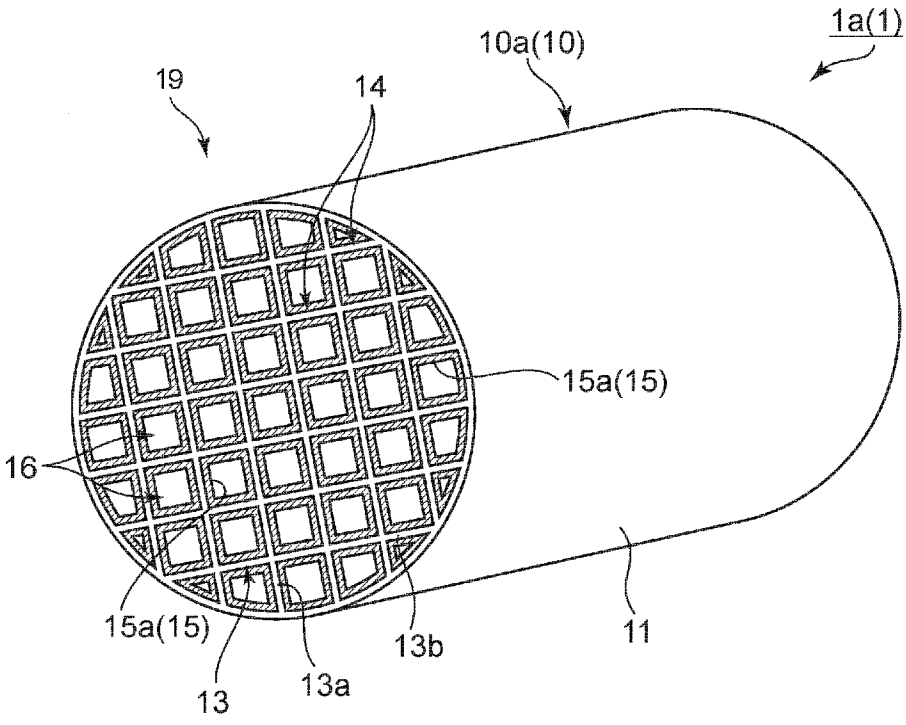
[請求項2] 前記酸性ガスは、二酸化炭素である、請求項１に記載の酸性ガスの回収方法。

[請求項3] 前記第２脱離工程において、前記酸性ガス吸着装置から前記酸性ガスと前記第２脱離ガスとを含む混合ガスが排出され、前記混合ガスの湿度を測定して、前記混合ガスの湿度が所望の範囲内となるように、前記酸性ガス吸着装置に供給する前記第２脱離ガスの湿度を調整する、請求項１または２に記載の酸性ガスの回収方法。

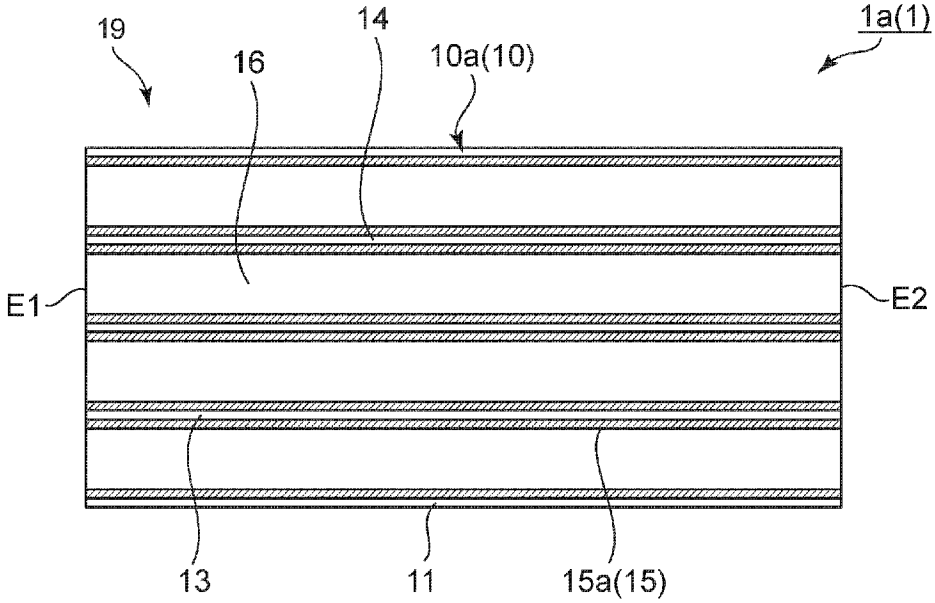
[図1]


19
71
73
72
74
71
74
71
74
71
7(7a)

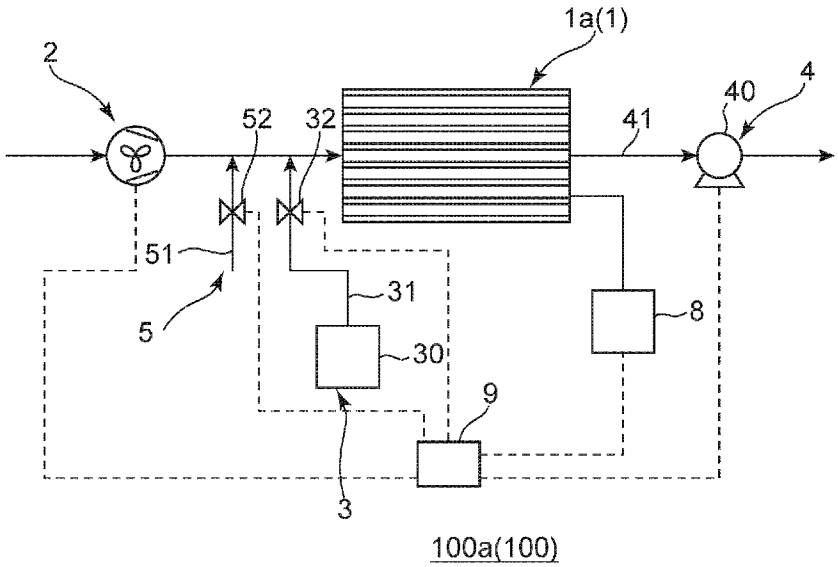
[図2]


1a(1)
10a(10)
19
14
15a(15)
16
15a(15)
13
13a
13b
11

[図3]


19
16
14
10a(10)
1a(1)
E1
E2
13
11
15a(15)

[図4]


1a(1)
2
52
32
40
4
41
51
31
5
8
30
9
3
100a(100)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/031180

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D 53/04(2006.01)i; ***B01D 53/14***(2006.01)i; ***B01D 53/62***(2006.01)i; ***C01B 32/50***(2017.01)i
FI: B01D53/04 230; B01D53/04 220; B01D53/14 100; B01D53/62; C01B32/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D53/04; B01D53/14; B01D53/62; B01J20/34; C01B32/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-69424 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 07 May 2020 (2020-05-07) claim 10, paragraphs [0002], [0027], [0058], [0060], [0068]-[0070]	1-3
Y	JP 52-114568 A (HITACHI, LTD.) 26 September 1977 (1977-09-26) p. 1, right column, line 12 to p. 2, upper left column, line 1, p. 2, lines 6-10	1-3
Y	JP 2018-51554 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 05 April 2018 (2018-04-05) claim 11, paragraphs [0039], [0042], [0057]	3
A	JP 2003-1061 A (AIR WATER INC.) 07 January 2003 (2003-01-07) entire text, all drawings	1-3
A	JP 63-69525 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 29 March 1988 (1988-03-29) entire text, all drawings	1-3
P, A	JP 2022-188322 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 21 December 2022 (2022-12-21) entire text, all drawings	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 October 2023	**07 November 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/031180

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-69424 A	07 May 2020	US 2021/0187438 A1 claim 10, paragraphs [0002], [0031], [0062], [0064], [0072]-[0074] WO 2020/090807 A1 CN 112105441 A	
JP 52-114568 A	26 September 1977	(Family: none)	
JP 2018-51554 A	05 April 2018	US 2016/0136565 A1 claim 11, paragraphs [0048], [0051], [0069] WO 2014/208038 A1 CN 105228725 A	
JP 2003-1061 A	07 January 2003	(Family: none)	
JP 63-69525 A	29 March 1988	(Family: none)	
JP 2022-188322 A	21 December 2022	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/031180

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B01D 53/04(2006.01)i; B01D 53/14(2006.01)i; B01D 53/62(2006.01)i; C01B 32/50(2017.01)i
FI: B01D53/04 230; B01D53/04 220; B01D53/14 100; B01D53/62; C01B32/50

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B01D53/04; B01D53/14; B01D53/62; B01J20/34; C01B32/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2020-69424 A (川崎重工業株式会社) 07.05.2020 (2020-05-07) 請求項10, 段落[0002],[0027],[0058],[0060],[0068]-[0070]	1-3
Y	JP 52-114568 A (株式会社日立製作所) 26.09.1977 (1977-09-26) 第1ページ右欄第12行-第2ページ左上欄第1行,第2ページ第6-10行	1-3
Y	JP 2018-51554 A (川崎重工業株式会社) 05.04.2018 (2018-04-05) 請求項11, 段落[0039],[0042],[0057]	3
A	JP 2003-1061 A (エア・ウォーター株式会社) 07.01.2003 (2003-01-07) 全文,全図	1-3
A	JP 63-69525 A (住友重機械工業株式会社) 29.03.1988 (1988-03-29) 全文,全図	1-3
P, A	JP 2022-188322 A (株式会社豊田中央研究所) 21.12.2022 (2022-12-21) 全文,全図	1-3

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
25.10.2023	07.11.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
山田　陸翠 4Q 1969

電話番号 03-3581-1101 内線 3468

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/031180

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-69424 A	07.05.2020	US 2021/0187438 A1 請求項10，段落[0002]，[0031]，[0062]，[0064]，[0072]-[0074] WO 2020/090807 A1 CN 112105441 A	
JP 52-114568 A	26.09.1977	（ファミリーなし）	
JP 2018-51554 A	05.04.2018	US 2016/0136565 A1 請求項11，段落[0048]，[0051]，[0069] WO 2014/208038 A1 CN 105228725 A	
JP 2003-1061 A	07.01.2003	（ファミリーなし）	
JP 63-69525 A	29.03.1988	（ファミリーなし）	
JP 2022-188322 A	21.12.2022	（ファミリーなし）	