

(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10月17日(17.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/214571 A1

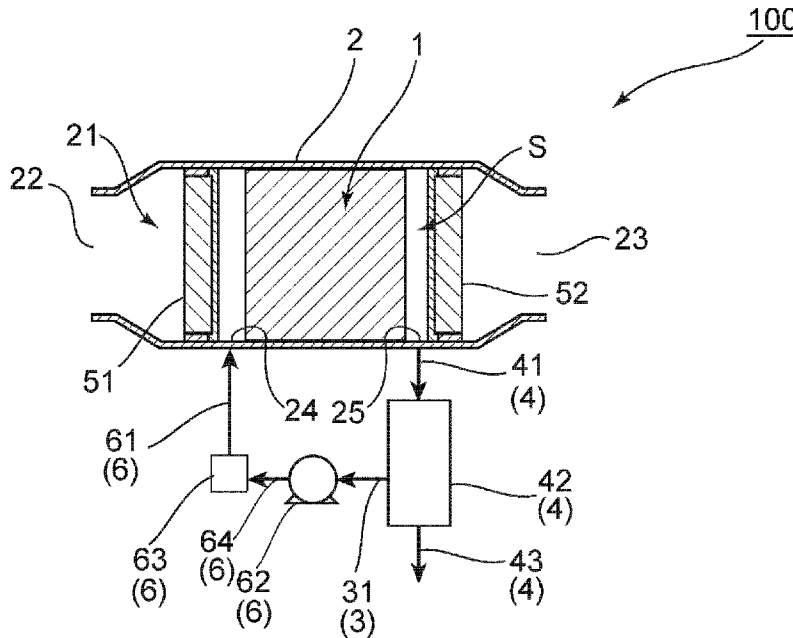
- (51) 国際特許分類:
B01D 53/04 (2006.01) *C01B 32/50* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/013064
- (22) 国際出願日: 2024年3月29日(29.03.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-064972 2023年4月12日(12.04.2023) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2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). 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). 飯田 和希(IIDA Kazuki); 〒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). 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).

(74) 代理人: 弁理士法人 粉井特許事務所(MOMII & ASSOCIATES); 〒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).

(54) Title: ACID GAS RECOVERY SYSTEM AND ACID GAS RECOVERY METHOD

(54) 発明の名称: 酸性ガス回収システムおよび酸性ガスの回収方法



(57) Abstract: Provided are an acid gas recovery system and an acid gas recovery method which are capable of saving energy and recovering acid gas. The acid gas recovery system according to an embodiment of the present invention comprises: an acid gas adsorption part including an acid gas adsorbent which can adsorb acid gas contained in a gas to be treated and from which the adsorbed acid gas can be desorbed; an accommodation part which includes a flow passage for supplying the gas to be treated and accommodates the acid gas adsorption part such that the acid gas adsorbent is located in the flow passage; a heating medium supply part capable of supplying the flow passage with a heating medium having a

(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, 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))

pressure exceeding the atmospheric pressure; and a recovery part capable of recovering, from the accommodation part, the heating medium that has passed through the acid gas adsorption part and a recovery gas containing the acid gas desorbed from the acid gas adsorbent.

(57) 要約: 省エネルギーで酸性ガスを回収し得る酸性ガス回収システムおよび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回収システムは、処理対象ガスに含まれる酸性ガスを吸着可能であり、かつ、吸着した酸性ガスを脱離可能な酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着部と; 該処理対象ガスが供給される流路を含む収容部であって、該酸性ガス吸着材が該流路に位置するように、該酸性ガス吸着部を収容している収容部と; 大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を該流路に供給可能な加熱媒体供給部と; 該酸性ガス吸着部を通過した加熱媒体と該酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含む回収ガスを、該収容部から回収可能な回収部と; を備えている。

明 細 書

発明の名称：酸性ガス回収システムおよび酸性ガスの回収方法

技術分野

[0001] 本発明は、酸性ガス回収システムおよび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、二酸化炭素（以下 CO_2 と称する場合がある）などの酸性ガスを、大気から分離・回収する取り組みがなされている。酸性ガスの分離・回収に用いられる酸性ガス回収装置として、ペレット構造のガス吸着部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）。このような酸性ガス回収装置では、酸性ガス吸着材に酸性ガスを吸着させて大気から分離する吸着工程と、ガス吸着部を所定の脱離温度まで加熱して酸性ガスを酸性ガス吸着材から脱離させる脱離工程と、が順に実施されて、酸性ガスが回収される。

[0003] このような脱離工程では、一般的に、大気圧よりも減圧することにより、酸性ガスを吸引して回収する。しかし、減圧下ではガス吸着部の加熱効率が低下し、酸性ガスの脱離に要するエネルギーが増大するという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 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

[0005] 本発明の主たる目的は、省エネルギーで酸性ガスを回収し得る酸性ガス回収システムおよび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

[0006] [1] 本発明の実施形態による酸性ガス回収システムは、酸性ガス吸着部と、收容部と、加熱媒体供給部と、回収部と、を備えている。該酸性ガス吸着部は、酸性ガス吸着材を含んでいる。酸性ガス吸着材は、処理対象ガスに含

まれる酸性ガスを吸着可能であり、かつ、吸着した酸性ガスを脱離可能である。該収容部は、該処理対象ガスが供給される流路を含んでいる。該収容部は、該酸性ガス吸着部が該流路に位置するように、該酸性ガス吸着部を収容している。該加熱媒体供給部は、大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を該流路に供給可能である。該回収部は、上記収容部から回収ガスを回収可能である。該回収ガスは、上記酸性ガス吸着部を通過した加熱媒体と、上記酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含んでいる。

[2] 上記 [1] に記載の酸性ガス回収システムは、上記加熱媒体の温度差比熱係数 $\Delta C_p / \Delta T$ が下記式 (1) を満たすように構成されていてもよい。

$$\Delta C_p / \Delta T \leq 0.039 \text{ (J / (mol} \cdot \text{K}^2)) \dots (1)$$

ΔC_p : 供給される加熱媒体の流路の入口における定圧モル比熱 a と、流路から排出される回収ガスの定圧モル比熱 b との差 (定圧モル比熱 a - 定圧モル比熱 b) (単位: J / (mol · K))、

ΔT : 供給される加熱媒体の流路の入口における温度 a と、流路から排出される回収ガスの温度 b との差 (ガス温度 a - ガス温度 b) (単位: K)。

[3] 上記 [1] または [2] に記載の酸性ガス回収システムにおいて、上記加熱媒体供給部は、加熱媒体を加圧可能な加圧装置を備えていてもよい。

[4] 上記 [1] から [3] のいずれかに記載の酸性ガス回収システムにおいて、上記回収部は、上記回収ガスを貯留可能な貯留タンクを含んでいてもよい。

[5] 上記 [4] に記載の酸性ガス回収システムは、返送部をさらに備えていてもよい。該返送部は、上記貯留タンクに貯留される回収ガスの少なくとも一部を、上記加熱媒体として、上記貯留タンクから上記加熱媒体供給部に返送可能である。

[6] 上記 [4] または [5] に記載の酸性ガス回収システムにおいて、上記貯留タンクは、上記回収ガスから上記加熱媒体の一部を分離可能であってもよい。

[7] 上記 [1] から [6] のいずれかに記載の酸性ガス回収システムにおいて、上記酸性ガスは、二酸化炭素であってもよい。

[8] 本発明の別の局面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。該吸着工程において、酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着部が配置されている収容部の流路に、酸性ガスを含む処理対象ガスを供給して、該酸性ガス吸着材に酸性ガスを吸着させる。該脱離工程において、大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を該流路に供給して、該酸性ガス吸着部を所定の脱離温度に加熱し、該酸性ガス吸着材から酸性ガスを脱離させる。該脱離工程において、該酸性ガス吸着部を通過した加熱媒体と該酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含む回収ガスを、該流路から回収する。

[9] 上記 [8] 記載の酸性ガスの回収方法において、上記脱離工程では、上記加熱媒体の温度差比熱係数 $\Delta C_p / \Delta T$ が上記式 (1) を満たしているもよい。

発明の効果

[0007] 本発明の実施形態によれば、省エネルギーで酸性ガスを回収し得る。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]図 1 A は、本発明の 1 つの実施形態による酸性ガス回収システムの概略構成図である。

[図1B]図 1 B は、本発明の別の実施形態による酸性ガス回収システムの概略構成図である。

[図2]図 2 は、図 1 A の酸性ガス回収システムが備える酸性ガス吸着部の概略構成図である。

[図3]図 3 は、本発明のさらに別の実施形態による酸性ガス回収システムが備える酸性ガス吸着部の概略斜視図である。

[図4]図 4 は、図 3 の酸性ガス吸着部の中央断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 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。また、図面は説明をより明確にするため

、実施の形態に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。

[0010] A. 酸性ガス回収システムの概略

図1Aは、本発明の1つの実施形態の酸性ガス回収システムの概略構成図であり、図1Bは、本発明の別の実施形態による酸性ガス回収システムの概略構成図である。

図示例の酸性ガス回収システム100は、酸性ガス吸着部1と、収容部2と、加熱媒体供給部6と、回収部4とを備えている。酸性ガス吸着部1は、酸性ガス吸着材を含んでいる。酸性ガス吸着材は、処理対象ガスに含まれる酸性ガスを吸着可能であり、かつ、吸着した酸性ガスを脱離可能である。収容部2は、処理対象ガスが供給される流路21を含んでいる。図示例では、収容部2は、処理対象ガスの供給方向に延びる筒形状を有している。収容部2は、酸性ガス吸着部1が流路21に位置するように、酸性ガス吸着部1を収容している。加熱媒体供給部6は、大気圧（0.1MPaA（絶対圧））を超過する圧力を有する加熱媒体を流路21に供給可能である。回収部4は、収容部2から回収ガスを回収可能である。回収ガスは、酸性ガス吸着部1を通過した加熱媒体と、酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含んでいる。

このような構成によれば、酸性ガス回収システムは、吸着工程および脱離工程を順に実施可能であり、加圧状態の酸性ガスを回収し得る。詳しくは、収容部が含む流路に、酸性ガスを含む処理対象ガスを供給することにより、流路に位置する酸性ガス吸着部の酸性ガス吸着材が酸性ガスを吸着し得る。その後、加熱媒体供給部は、大気圧（0.1MPaA）を超過する圧力を有する加熱媒体を流路に供給し得る。すると、大気圧を超過する圧力下で、酸性ガス吸着部が加熱媒体により所定の脱離温度に効率よく加熱され、結果として酸性ガス吸着材が効率よく加熱される。これによって、酸性ガス吸着材から酸性ガスが脱離し得る。そのため、酸性ガスの脱離に要するエネルギー

を顕著に抑制し得る。

また、回収部は、酸性ガス吸着部を通過した加熱媒体と酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含む回収ガスを、収容部から回収し得る。よって、省エネルギーで酸性ガスを加熱媒体とともに回収し得る。回収ガスは、大気圧を超過する圧力を有した状態で供給される加熱媒体を含んでいるため、大気圧（0.1 MPa A）よりも加圧されている。言い換えれば、回収部は、加熱媒体とともに、加圧状態（言い換えれば、大気圧を超過する圧力を有する状態）の酸性ガスを回収し得る。このような酸性ガスは、加圧状態であるため、優れたエネルギー効率で各種装置に供給し得、省エネルギーで有効利用可能である。

[0011] 1つの実施形態において、収容部2は、第一流入口22と、第一流出口23と、第二流入口24と、第二流出口25と、を有している。

第一流入口22は、収容部2において、処理対象ガスの供給方向における上流端部に位置している。第一流入口22は、吸着工程において、処理対象ガスが通過可能である。

第一流出口23は、収容部2において、処理対象ガスの供給方向における下流端部に位置している。第一流出口23は、吸着工程において、酸性ガス吸着部1を通過して酸性ガス濃度が低減された処理後ガスが通過可能である。

第二流入口24および第二流出口25は、第一流入口22と第一流出口23との間に位置している。第二流入口24および第二流出口25のそれぞれは、代表的には、収容部2の側壁に設けられている。第二流入口24は、脱離工程において、加熱媒体が通過可能である。第二流出口25は、脱離工程において、回収ガスが通過可能である。

[0012] 1つの実施形態において、酸性ガス回収システム100は、第一弁51と、第二弁52と、をさらに備えている。第一弁51および第二弁52のそれぞれは、流路21を開閉可能である。第一弁51は、処理対象ガスの供給方向において酸性ガス吸着部1に対して上流側に位置している。第二弁52は

、酸性ガス吸着部 1 に対して第一弁 5 1 と反対側に位置している。第一弁 5 1 および第二弁 5 2 が閉状態であるときに、第一弁 5 1 および第二弁 5 2 は、流路 2 1 を仕切って、酸性ガス吸着部 1 が位置する収容空間 S を規定する。第二流入口 2 4 および第二流出口 2 5 のそれぞれは、第一弁 5 1 と第二弁 5 2 との間に位置している。加熱媒体供給部 6 は、加圧状態の加熱媒体を、第二流入口 2 4 を介して収容空間 S に供給可能である。

このような構成によれば、脱離工程において、第一弁および第二弁を閉状態として、加熱媒体供給部が加圧状態の加熱媒体を収容空間に供給すると、収容空間を十分に昇圧させ得る。そのため、回収部は、十分に加圧された回収ガスを、第二流出口を介して安定して回収し得る。

第一弁 5 1 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る。第一弁 5 1 は、好ましくはバタフライ弁である。第二弁 5 2 は、第一弁 5 1 と同様に説明される。

[0013] 加熱媒体供給部 6 の構成は、大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を流路 2 1 に供給できれば、特に制限されない。加熱媒体の圧力は、加熱媒体が供給される流路 2 1（代表的には収容空間 S）の圧力が後述する範囲となるように、任意かつ適切に調整され得る。

1 つの実施形態において、加熱媒体供給部 6 は、加熱媒体を加圧可能な加圧装置 6 2 を備えている。加熱媒体供給部が加圧装置を備えていると、加熱媒体を所望の圧力に安定して加圧し得る。

加圧装置 6 2 は、代表的には、加熱媒体を圧送可能である。加圧装置 6 2 は、任意の適切な構成を有する。加圧装置 6 2 として、例えば、ファン、ブロア、コンプレッサが挙げられる。

[0014] 図示例の加熱媒体供給部 6 は、加圧装置 6 2 に加えて、加熱装置 6 3 と、接続ライン 6 4 と、供給ライン 6 1 と、を備えている。

加熱装置 6 3 は、代表的には、加熱媒体を加熱可能である。図示例では、加熱装置 6 3 には、加圧装置 6 2 によって加圧された加熱媒体が供給される。加熱装置 6 3 は、任意の適切な構成を有する。加熱装置 6 3 として、例え

ば、ヒータ、熱交換器が挙げられる。

接続ライン64は、代表的には、加圧装置62によって加圧された加熱媒体を、加熱装置63に供給可能な配管である。接続ライン64における加熱媒体の供給方向の上流端部は、加圧装置62に接続されている。接続ライン64における加熱媒体の供給方向の下流端部は、加熱装置63に接続されている。

供給ライン61は、代表的には、加熱および加圧された加熱媒体が通過可能な配管である。供給ライン61における加熱媒体の通過方向の上流端部は、加熱装置63に接続されている。供給ライン61における加熱媒体の通過方向の下流端部は、第二流入口24と通じるように、収容部2の側壁に接続されている。これによって、加熱媒体供給部は、収容部の収容空間に、加圧状態の加熱媒体を安定して供給し得る。

[0015] 1つの実施形態において、回収部4は、貯留タンク42を含んでいる。貯留タンク42は、代表的には、加圧状態の回収ガスを貯留可能である。

貯留タンク42は、任意の適切な構成を有し得る。貯留タンク42は、代表的には、貯留する回収ガスから加熱媒体の一部を分離可能に構成されている。図示例の貯留タンク42では、貯留タンク42の内部が大気圧(0.1 MPaA)よりも加圧されているため、加熱媒体の一部をドレン化(液化)し得る。そのため、ドレン化した加熱媒体の一部は、貯留タンク42の底部に溜まる。そのため、回収ガスの自圧を加熱媒体の部分的な分離に有効に利用し得る。

[0016] 図示例の回収部4は、貯留タンク42に加えて、回収ライン41と、排出ライン43とを備えている。

回収ライン41は、代表的には、第二流出口25から排出される回収ガスが通過可能な配管である。回収ライン41における回収ガスの通過方向の上流端部は、第二流出口25と通じるように、収容部2の側壁に接続されている。回収ライン41における回収ガスの通過方向の下流端部は、貯留タンク42に接続されている。図示しないが、回収ライン41には、回収ガス

の流量を調整可能な弁が設けられていてもよい。これによって、脱離工程において、收容空間の内部圧力を好適に調整し得、結果として、所望の圧力を有する回収ガスを回収し得る。

排出ライン43は、代表的には、貯留タンク42で分離された加熱媒体の一部を排出可能な配管である。排出ライン43における回収ガスの排出方向の上流端部は、貯留タンク42の底部に接続されている。これによって、酸性ガス回収システムから不純物を除去し得る。

[0017] 図1Aに示すように、1つの実施形態では、酸性ガス回収システム100は、返送部3をさらに備えている。

返送部3は、貯留タンク42に貯留される回収ガスの少なくとも一部を、加熱媒体として、貯留タンク42から加熱媒体供給部6に返送可能である。そのため、回収ガスの自圧を、加熱媒体供給部における加熱媒体の加圧に有効に利用し得る。その結果、加圧装置62の駆動に要するエネルギーを低減し得、あるいは、加圧装置62なしに、大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を流路に供給し得る。よって、省エネルギーで酸性ガス回収システム100を運転し得る。

[0018] 図示例では、返送部3は、回収ガスの少なくとも一部を、加熱媒体として、貯留タンク42から加圧装置62に返送可能である。返送部3は、代表的には、返送ライン31を含んでいる。

返送ライン31は、代表的には、加熱媒体として返送される回収ガスが通過可能な配管である。図示例では、返送ライン31における回収ガスの返送方向の上流端部は、貯留タンク42に接続されている。返送ライン31における回収ガスの返送方向の下流端部は、加圧装置62に接続されている。

なお、図1Aでは、加圧装置62には、加熱媒体の供給源として貯留タンク42が返送ライン31を介して接続されているが、酸性ガス回収システム100は、これに限定されない。図1Bに示す酸性ガス回収システム100は、返送部3を備えていない。この場合、加圧装置62には、貯留タンク42から回収ガスが返送されず、貯留タンク42とは別の供給源から加熱媒体

が供給される。

さらに、図示しないが、酸性ガス回収システム100は、加圧装置62なしに構成することもできる。この場合、代表的には、加熱装置63に大気圧を超過する自圧を有する加熱媒体（例えば、水蒸気）が供給される。これによって、酸性ガス回収システムの簡略化を図り得る。

[0019] 酸性ガス回収システムの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。酸性ガス回収システムに供給前の 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。

[0020] 加熱媒体供給部が供給する加熱媒体として、例えば、水蒸気、 CO_2 が挙げられる。加熱媒体は、単独でまたは組み合わせて使用し得る。酸性ガスが CO_2 である場合、加熱媒体は、好ましくは CO_2 である。

[0021] 以下では、酸性ガスおよび加熱媒体が二酸化炭素（ CO_2 ）である場合について詳述する。

酸性ガスが CO_2 である場合、酸性ガス吸着部が含む酸性ガス吸着材は、二酸化炭素吸着材である。

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、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）；イオン液体；深共晶溶媒；酸化セリウム、酸化鉄などの酸化物；ゼオライト；活性炭；窒素ドープカーボンが挙げられる。これら二酸化炭素吸着材は、単独でまたは組み合わせて使用し得る。

このような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。

[0022] 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；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；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；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。

二酸化炭素吸着材のなかでは、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。

このような窒素含有化合物は、単独でまたは組み合わせて使用し得る。

[0023] 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℃、0.1MPa）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。

[0024] 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、長寿命化を図り得る。

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 質量部以上である。一方、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 0.1 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り得る。

[0025] 以下、酸性ガス吸着部の具体的な構成について説明する。

[0026] B. 酸性ガス吸着部

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 2 に示すように、酸性ガス吸着部 17 は、複数の吸着部 17 を備えている。

[0027] 複数の吸着部 17 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。複数の吸着部 17 のうち互いに隣り合う吸着部 17 の間に、流路が形成されている。図示例では、5 つの吸着部 17 が並列配置されているが、吸着部 17 の個数はこれに制限されない。吸着部 17 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。複数の吸着部 17 のうち、互いに隣り合う吸着部 17 の間の間隔は、例えば 0.5 cm 以上 1.5 cm 以下である。

[0028] 複数の吸着部 17 のそれぞれは、複数のペレット状吸着材 17 a と、可撓性繊維部材 17 b と、を備えている。

[0029] ペレット状吸着材 17 a 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 17 a の材料として、例えば、上記した酸性ガス吸着材で修飾された材料が挙げられ、好ましくは、

上記した酸性ガス吸着材で修飾されたセルロースが挙げられ、より好ましくは、上記した酸性ガス吸着材で修飾されたナノ繊維化セルロースが挙げられる。ペレット状吸着材 17 a の平均一次粒子径は、例えば 60 μm 以上 1200 μm 以下である。吸着部 17 におけるペレット状吸着材 17 a の充填割合は、任意の適切な値を採用し得る。

[0030] 可撓性繊維部材 17 b は、代表的には、複数のペレット状吸着材 17 a 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 17 b 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 17 b 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 17 b 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 17 b の厚みは、例えば 25 μm 以上 500 μm 以下である。

[0031] 図示例の酸性ガス吸着装置 1 は、複数のスペーサ 18 をさらに備えている。スペーサ 18 は、複数の吸着部 17 のうち互いに隣り合う吸着部 17 の間に挟まれている。これによって、互いに隣り合う吸着材層の間隔を安定して確保し得る。1 つの実施形態では、複数の吸着部 17 と複数のスペーサ 18 とは、吸着部 17 の厚み方向と直交する方向（図 1 A および図 1 B 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。

[0032] このような酸性ガス吸着部 1 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。

[0033] 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 3 および図 4 に示すように、酸性ガス吸着部 1 は、基材 11 と、酸性ガス吸着材層 16 と、を備えている。

基材 11 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。酸性ガス吸着材層 16 は、それら基材 11 の表面に配置されていれば、特に制限されない。

[0034] B-2-1. ハニカム状基材

1つの実施形態において、基材11は、ハニカム状基材11aである。ハニカム状基材11aは、複数のセル14を規定する隔壁13を備えている。

[0035] セル14は、ハニカム状基材11aの長さ方向（軸線方向）において、ハニカム状基材11a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4参照）。セル14は、ハニカム状基材11a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。

[0036] 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/cm²~320セル/cm²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）を十分に確保し得る。

[0037] ハニカム状基材11a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11aは、角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。

[0038] ハニカム状基材11aは、代表的には、外壁12と；外壁12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、外壁12と隔壁13とは一体的に形成されている。外壁12と隔壁13とは、別体であってもよい。

[0039] 図示例では、外壁12は、角筒形状を有している。外壁12の厚みは、任意かつ適切に設定され得る。外壁12の厚みは、例えば0.1mm~10mmである。

[0040] 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、略四角形である。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。

[0041] 隔壁13の厚みは、酸性ガス吸着装置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、外壁12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し得、かつ、開口面積（断面におけるセルの総面積）を十分なものとし得る。

[0042] 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%以上である。一方、隔壁13における気孔率は、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。隔壁13の嵩密度は、例えば0.10g/cm³以上、好ましくは0.20g/cm³以上である。一方、隔壁13の嵩密度は、例えば0.60g/cm³以下、好ましくは0.50g/cm³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。

[0043] 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、コーゼライト、ムライト、アルミナ、窒化ケイ素、スピネル、炭化珪素-コーゼライト系複合材料、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し得る。隔壁を構成する材料のなかでは、好ましくは、コーゼライト、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。

[0044] このようなハニカム状基材 11a 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 11a 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。

[0045] B-2-2. 酸性ガス吸着層（二酸化吸着層）

1 つの実施形態において、酸性ガス吸着材層 16 は、セル 14 内において、隔壁 13 の表面に形成されている。ハニカム状基材 11a では、セル 14 の断面における酸性ガス吸着材層 16 が形成されていない部分（代表的には中央部）に、セル流路 15 が形成されている。酸性ガス吸着材層 16 は、図示例のように隔壁 13 の内面全体に（すなわち、セル流路 15 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。酸性ガス吸着材層 16 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 CO₂）の吸着効率の向上を図り得る。

[0046] セル流路 15 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。セル流路 15 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。セル流路 15 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もよい。

セル 14（より詳しくはセル流路 15）には、代表的には、後述する吸着

工程において、酸性ガスを含む処理対象ガスが供給され、後述する脱離工程において、加熱媒体が流通する。

[0047] 酸性ガス吸着材層 16 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。酸性ガスが CO_2 である場合、酸性ガス吸着材層 16 は、上記した二酸化炭素吸着材を含んでいる。

[0048] 酸性ガス吸着材層は、酸性ガス吸着材のみから構成されてもよい。この場合、酸性ガス吸着材は、隔壁 13 に直接担持されて流路に面している。酸性ガス吸着材層が酸性ガス吸着材のみから構成される場合、酸性ガス吸着材層における酸性ガス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。酸性ガス吸着材の含有割合が上記範囲であると、優れた酸性ガスの吸着効率を安定して確保し得る。

[0049] 1つの実施形態において、酸性ガス吸着材層 16 は、上記した酸性ガス吸着材に加えて、多孔質担体をさらに含んでいる。この場合、酸性ガス吸着材は、代表的には、多孔質担体に担持されて流路に面している。酸性ガス吸着材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、酸性ガス吸着材が酸性ガス吸着材層から脱落することを抑制し得る。

[0050] 多孔質担体は、酸性ガス吸着材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)、活性炭、PVDF、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し得る。多孔質担体は、好ましくは、酸性ガス吸着材と異なる材料が採用される。

[0051] 多孔質担体のBET比表面積は、例えば $50 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上、好ましくは $500 \text{ m}^2/\text{g}$ 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、酸性ガス吸着材を安定して担持でき、酸性ガスの吸着効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 $2000\text{ m}^2/\text{g}$ である。

[0052] 酸性ガス吸着材層が酸性ガス吸着材および多孔質担体を含む場合、酸性ガス吸着材層における、酸性ガス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%以上である。一方、酸性ガス吸着材および多孔質担体の総和の含有割合は、例えば100質量%以下、好ましくは99質量%以下である。

酸性ガス吸着材層における酸性ガス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%以上である。一方、酸性ガス吸着材層における酸性ガス吸着材の含有割合は、例えば99質量%以下である。多孔質担体の含有割合は、酸性ガス吸着材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質量部以上である。一方、多孔質担体の含有割合は、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、酸性ガス吸着材をより一層安定して担持し得る。

[0053] このような酸性ガス吸着材層は、代表的には、以下の方法により作製される。上記した酸性ガス吸着材を溶媒に溶解して酸性ガス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。酸性ガス吸着材、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、酸性ガス吸着材の溶液を、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、酸性ガス吸着材層を形成する。

[0054] C. 酸性ガスの回収方法

次に、図1Aを参照して、本発明の別の局面による酸性ガスの回収方法について説明する。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、を順に含んでいる。

[0055] 吸着工程では、収容部2の流路21に位置している酸性ガス吸着部1に、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。図示例では、第一弁51および第二弁52を開状態とし、第一流入口22を介して、収容部2の流路21に、酸性ガスを含有する処理対象ガスを供給する。この

とき、酸性ガスを含有する処理対象ガスは、酸性ガス吸着部 1 を通過する。これによって、酸性ガス吸着部 1 が含む酸性ガス吸着材が、酸性ガス（代表的には CO_2 ）を吸着して、処理対象ガスから酸性ガスを分離する。

[0056] 吸着工程における酸性ガス吸着部の温度（吸着温度）は、例えば 0°C 以上、好ましくは 10°C 以上である。一方、吸着温度は、例えば 50°C 以下、好ましくは 40°C 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 分以上である。一方、吸着時間は、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し得る。

[0057] 吸着工程における酸性ガス吸着率（ $= 100 - (\text{酸性ガス吸着部を通過した処理後ガスにおける酸性ガス濃度} / \text{酸性ガス吸着部に供給前の処理対象ガスにおける酸性ガス濃度} \times 100)$ ）は、例えば 60% 以上、好ましくは 75% 以上、より好ましくは 80% 以上である。酸性ガス吸着率の上限は、代表的には 90% である。

[0058] 次に、必要に応じて、第一弁 51 を閉状態とし、第二弁 52 を開状態に維持して、加圧装置 62 を駆動させ、流路 21 に対する加熱媒体の供給を開始する。これによって、流路 21 が処理対象ガスから加熱媒体に置換される。

[0059] その後、脱離工程が実施される。脱離工程では、大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を流路 21 に供給して、酸性ガス吸着部 1 を所定の脱離温度に加熱し、酸性ガス吸着材から酸性ガスを脱離させる。図示例では、第一弁 51 および第二弁 52 を閉状態とした後に、加圧装置 62 および加熱装置 63 を駆動させる。

加圧装置 62 は、加熱媒体を、接続ライン 64 を介して加熱装置 63 に圧送する。これによって、加圧された加熱媒体が加熱装置 63 に供給される。

加熱装置 63 では、供給された加熱媒体を加熱する。加熱温度は、加熱媒

体に応じて任意かつ適切に調整し得る。加熱温度は、酸性ガス吸着部を後述する脱離温度の範囲に調整し得る温度であり、例えば、脱離温度以上である。加熱温度は、より具体的には70℃～160℃であり、好ましくは80℃～160℃である。これにより、酸性ガス吸着材から酸性ガスを効率よく脱離し得る。

その後、加圧および加熱された加熱媒体は、供給ライン61を通過して、収容空間Sに供給され、酸性ガス吸着部1が所定の脱離温度まで昇温され、かつ、収容空間Sが昇圧される。

収容空間Sに供給される加熱媒体の流速は、例えば、0.1m/s～8m/sである。加熱媒体は、代表的には、このような流速で第二流入口を通過して収容空間Sに供給される。すると、脱離工程において、加熱媒体の温度差比熱係数（後述）を好適に調整し得る。

[0060] 脱離温度は、例えば70℃以上、好ましくは80℃以上である。これにより、酸性ガス吸着材から酸性ガスを効率よく脱離し得る。一方、脱離温度は、例えば160℃以下、好ましくは110℃以下である。これにより、酸性ガス吸着材の劣化を安定して抑制し得る。なお、脱離温度は、酸性ガス吸着部の出口（下流端）の直近の温度を測定することで確認し得る。

酸性ガス吸着部が脱離温度に到達した状態で、収容空間Sの圧力は、例えば0.12MPa以上、好ましくは0.16MPa以上である。これにより、酸性ガス吸着部の加熱効率を安定して向上し得る。一方、収容空間Sの圧力は、例えば1.0MPa以下、好ましくは0.7MPa以下である。これにより、収容部の各部材の板厚を抑制して、収容部の熱容量の増大による加熱効率の低下を抑制し得る。

脱離工程の実施時間（具体的には、酸性ガス吸着部が上記脱離温度で維持され、かつ、収容空間が上記圧力で維持される時間）は、例えば1分以上、好ましくは5分以上である。一方、脱離工程の実施時間は、例えば1時間以下、好ましくは30分以下である。

[0061] このような脱離工程では、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。そのため、酸性ガス吸着部 1 を通過した加熱媒体と酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含む回収ガスが、第二流出口 25 を介して、収容部 2 から流出する。

[0062] 1つの実施形態において、脱離工程では、加熱媒体の温度差比熱係数 $\Delta C_p / \Delta T$ は、下記式 (1) を満たしている。言い換えれば、酸性ガス回収システム 100 は、加熱媒体の $\Delta C_p / \Delta T$ が下記式 (1) を満たすように構成されている。より詳しくは、酸性ガス吸着部 1 が上記脱離温度で維持され、かつ、収容空間 S が上記圧力で維持された状態で、加熱媒体の温度差比熱係数 $\Delta C_p / \Delta T$ は、下記式 (1) を満たしている。

本発明の実施形態においては、 $\Delta C_p / \Delta T$ (温度差比熱係数ともいう) を上記範囲とすることにより、酸性ガス吸着部を効率よく加熱し得る。より詳細には、酸性ガス吸着部の上流側ほどガスからの熱移動が起こりやすく、下流側の加熱が起こりにくいことが想定される場所、本発明の実施形態においては、流動に伴うガスの温度低下が抑制され、酸性ガス吸着部の全体にわたり、効率的に加熱することができる。そのため、酸性ガス吸着部の加熱に要するエネルギーを顕著に抑制し得、酸性ガス回収システムを省エネルギーで安定して運転し得る。

$$\Delta C_p / \Delta T \leq 0.039 \text{ (J / (mol} \cdot \text{K}^2)) \dots (1)$$

ΔC_p : 供給される加熱媒体の流路 21 の入口における定圧モル比熱 a と、流路 21 から排出される回収ガスの定圧モル比熱 b との差 (定圧モル比熱 a - 定圧モル比熱 b) (単位 : J / (mol · K))、

ΔT : 供給される加熱媒体の流路 21 の入口における温度 a と、流路 21 から排出される回収ガスの温度 b との差 (ガス温度 a - ガス温度 b) (単位 : K)。

[0063] $\Delta C_p / \Delta T$ は、好ましくは $0.038 \text{ J / (mol} \cdot \text{K}^2)$ 以下である。 $\Delta C_p / \Delta T$ の下限は、代表的には $-1.1 \text{ J / (mol} \cdot \text{K}^2)$ である。 $\Delta C_p / \Delta T$ がこのような範囲であれば、酸性ガス吸着部の加熱に要するエネルギーをより一層低減し得る。

[0064] ΔC_p (定圧モル比熱 a - 定圧モル比熱 b) は、例えば -2.49 ~ 3.29 であり、好ましくは -2.49 ~ 1.14 である。

加熱媒体の流路 21 の入口における定圧モル比熱 a は、酸性ガス吸着部 1 の入口 (上流端) の直近の温度・圧力を測定することで算出し得る。なお、加熱媒体が混合ガスの場合には、酸性ガス吸着部 1 の入口直近の混合ガス組成を測定し、各ガス組成比×該当ガスの定圧モル比熱の総和とする。

また、流路 21 から排出される回収ガスの定圧モル比熱 b は、酸性ガス吸着部 1 の出口 (下流端) の直近の温度・圧力を測定することで算出し得る。なお、回収ガスが混合ガスの場合には、酸性ガス吸着部 1 の出口直近の混合ガス組成を測定し、各ガス組成比×該当ガスの定圧モル比熱の総和とする。

流路 21 に供給される加熱媒体 (第二流入口通過時の加熱媒体) の温度 a の範囲は、上記した加熱装置における加熱温度の範囲と同様である。

[0065] その後、第二流出口 25 を通過した回収ガスは、回収ライン 41 を介して、貯留タンク 42 に供給されて、貯留タンク 42 に貯留される。

貯留タンク 42 の内部圧力は、例えば 0.12 MPa A ~ 1.0 MPa A であり、好ましくは 0.16 MPa A ~ 0.7 MPa A である。

そのため、貯留タンク 42 に貯留された回収ガスは、種々の用途 (例えば、合成燃料の原料) に利用するとき、別の装置に円滑に供給し得る。また、上記したように、回収ガスの少なくとも一部は、加熱媒体として、返送部 3 により加熱媒体供給部 6 に返送し得る。貯留タンクの内部圧力が上記の範囲であると、回収ガスの少なくとも一部を、追加の圧力調整なしに加熱媒体として利用し得、加圧にかかるエネルギーを一層低減し得る。

[0066] 酸性ガスの回収方法は、吸着工程および脱離工程に加えて、冷却工程を含んでいてもよい。冷却工程は、脱離工程後、かつ、吸着工程前に実施され、酸性ガス吸着部を、上記した吸着温度まで冷却する。吸着工程、脱離工程および冷却工程は、好ましくは、順に繰り返して連続的に実施される。

実施例

[0067] 以下、実施例によって本発明を具体的に説明するが、本発明はこれら実施

例によって限定されるものではない。

[0068] <実施例 1 >

図 1 A に示す酸性ガス回収システムを準備した。酸性ガス回収システムは、上記した酸性ガス吸着部と、上記した収容部と、上記した加熱媒体供給部と、上記した回収部と、を備えていた。酸性ガス吸着部は、図 3 および図 4 に示すように、上記したハニカム状基材と、上記した酸性ガス吸着材層とを備えていた。

次いで、酸性ガス回収システムにより、上記した吸着工程と、上記した脱離工程とを順に実施した。

脱離工程では、収容部において、酸性ガス吸着部を収容する収容空間の圧力を 0.16 MPa に維持した。この状態で、加熱媒体供給部が、加熱媒体としての二酸化炭素を、第二流入口を介して収容部の流路に供給した。このとき、酸性ガス吸着部を通過した二酸化炭素と酸性ガス吸着材から脱離した二酸化炭素とを含む回収ガスが、第二流出口を介して収容部から排出された。

第二流入口を通過する加熱媒体の圧力および温度（供給温度 a）と、第二流出口を通過する回収ガスの温度（排出温度 b）と、それらの温度差 ΔT と、 $\Delta C_p / \Delta T$ とを、表 1 に示す。

これによって、脱離工程では、酸性ガス吸着部の温度差が 10℃ 以内に維持された。

[0069] <実施例 2 および 3 >

供給温度 a を表 1 の値に変更したこと以外は、実施例 1 と同様にして、脱離工程を実施した。脱離工程では、酸性ガス吸着部の温度差が表 1 に示す ΔT 以内に維持された。

[0070] <実施例 4 ~ 6 >

第二流入口を通過する加熱媒体の圧力を 0.210 MPa に変更したこと以外は、実施例 1 ~ 3 と同様にして、脱離工程を実施した。脱離工程では、酸性ガス吸着部の温度差が表 1 に示す ΔT 以内に維持された。

[0071] <比較例 1 >

加熱媒体供給部が、大気圧（0.101 MPaA）の二酸化炭素を、加熱媒体として収容部の流路に供給したこと以外は、実施例 1 と同様にして、脱離工程を実施した。脱離工程では、酸性ガス吸着部の温度差が 1℃以内に維持された。

[0072] [表1]

No.	圧力 [MPaA]	供給温度a [°C]	排出温度b [°C]	$\Delta T (=a-b)$ [°C]	$\Delta C_p / \Delta T$ [J/(mol·K ²)]
実施例1	0.160	120	110	10	0.036
実施例2		90	85	5	0.038
実施例3		80	79	1	0.038
実施例4	0.210	120	110	10	0.035
実施例5		90	85	5	0.037
実施例6		80	79	1	0.037
比較例 1	0.101	71	70	1	0.040

[0073] <評価>

表 1 から明らかなように、脱離工程において大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を流路に供給する実施例 1～6 では、 $\Delta C_p / \Delta T$ を安定して 0.039 (J / (mol · K²)) 以下とし得、大気圧の加熱媒体を流路に供給する比較例 1 では、 $\Delta C_p / \Delta T$ が 0.040 (J / (mol · K²)) となり得る。そのため、実施例 1～6 では、比較例 1 よりも酸性ガス吸着部を省エネルギーで十分に加熱し得ることがわかる。

特に、実施例 3 は、加熱媒体の圧力が実施例 4～6 よりも低く、かつ、加熱媒体の供給温度が実施例 1、2、4、5 よりも低いため、酸性ガス吸着部の加熱に要するエネルギーが最も小さい。しかし、実施例 3 では、 $\Delta C_p / \Delta T$ が 0.039 (J / (mol · K²)) 以下であるので、脱離工程におい

て酸性ガス吸着部を省エネルギーで十分に加熱し得る。

産業上の利用可能性

[0074] 本発明の実施形態による酸性ガス回収システムおよび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

[0075] 1 酸性ガス吸着部
 2 収容部
 2 1 流路
 3 返送部
 4 回収部
 6 加熱媒体供給部
 6 2 加圧装置

請求の範囲

- [請求項1] 処理対象ガスに含まれる酸性ガスを吸着可能であり、かつ、吸着した酸性ガスを脱離可能な酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着部と；
前記処理対象ガスが供給される流路を含む収容部であって、前記酸性ガス吸着部が前記流路に位置するように、前記酸性ガス吸着部を収容している収容部と；
大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を前記流路に供給可能な加熱媒体供給部と；
前記酸性ガス吸着部を通過した加熱媒体と前記酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含む回収ガスを、前記収容部から回収可能な回収部と；を備える、酸性ガス回収システム。
- [請求項2] 前記加熱媒体の温度差比熱係数 $\Delta C_p / \Delta T$ が下記式 (1) を満たすように構成されている、請求項1に記載の酸性ガス回収システム：
$$\Delta C_p / \Delta T \leq 0.039 \text{ (J / (mol \cdot K^2))} \dots (1)$$

 ΔC_p ：供給される加熱媒体の流路の入口における定圧モル比熱 a と、流路から排出される回収ガスの定圧モル比熱 b との差（定圧モル比熱 $a -$ 定圧モル比熱 b ）（単位：J / (mol · K)）、
 ΔT ：供給される加熱媒体の流路の入口における温度 a と、流路から排出される回収ガスの温度 b との差（ガス温度 $a -$ ガス温度 b ）（単位：K）。
- [請求項3] 前記加熱媒体供給部は、加熱媒体を加圧可能な加圧装置を備える、請求項1に記載の酸性ガス回収システム。
- [請求項4] 前記回収部は、前記回収ガスを貯留可能な貯留タンクを含む、請求項1に記載の酸性ガス回収システム。
- [請求項5] 前記貯留タンクに貯留される回収ガスの少なくとも一部を、前記加熱媒体として、前記貯留タンクから前記加熱媒体供給部に返送可能な返送部をさらに備える、請求項4に記載の酸性ガス回収システム。
- [請求項6] 前記貯留タンクは、前記回収ガスから前記加熱媒体の一部を分離可

能である、請求項4に記載の酸性ガス回収システム。

[請求項7] 前記酸性ガスは、二酸化炭素である、請求項1から6のいずれかに記載の酸性ガス回収システム。

[請求項8] 酸性ガス吸着材を含む酸性ガス吸着部が配置されている収容部の流路に、酸性ガスを含む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；

大気圧を超過する圧力を有する加熱媒体を前記流路に供給して、前記酸性ガス吸着部を所定の脱離温度に加熱し、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；を含み、

前記脱離工程において、前記酸性ガス吸着部を通過した加熱媒体と前記酸性ガス吸着材から脱離した酸性ガスとを含む回収ガスを、前記流路から排出させる、酸性ガスの回収方法。

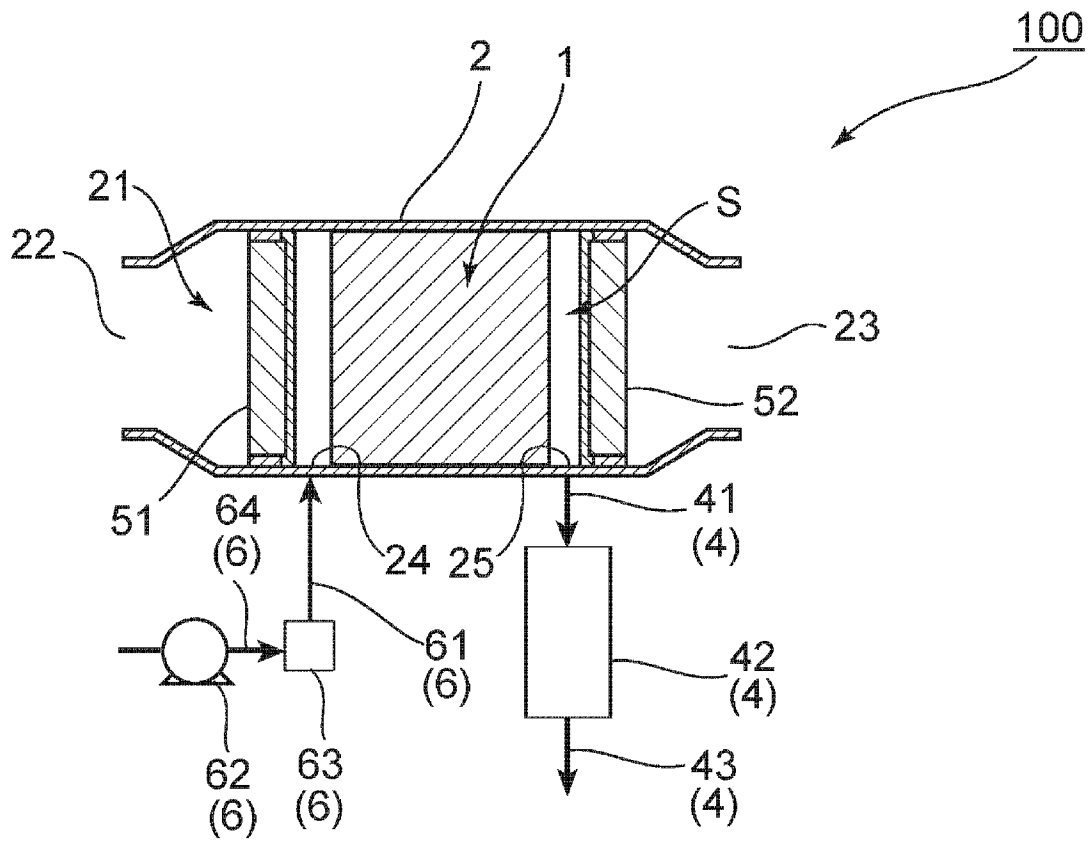
[請求項9] 前記脱離工程において、前記加熱媒体の温度差比熱係数 $\Delta C_p / \Delta T$ は、下記式(1)を満たす、請求項8に記載の酸性ガスの回収方法：

$$\Delta C_p / \Delta T \leq 0.039 \text{ (J / (mol} \cdot \text{K}^2)) \dots (1)$$

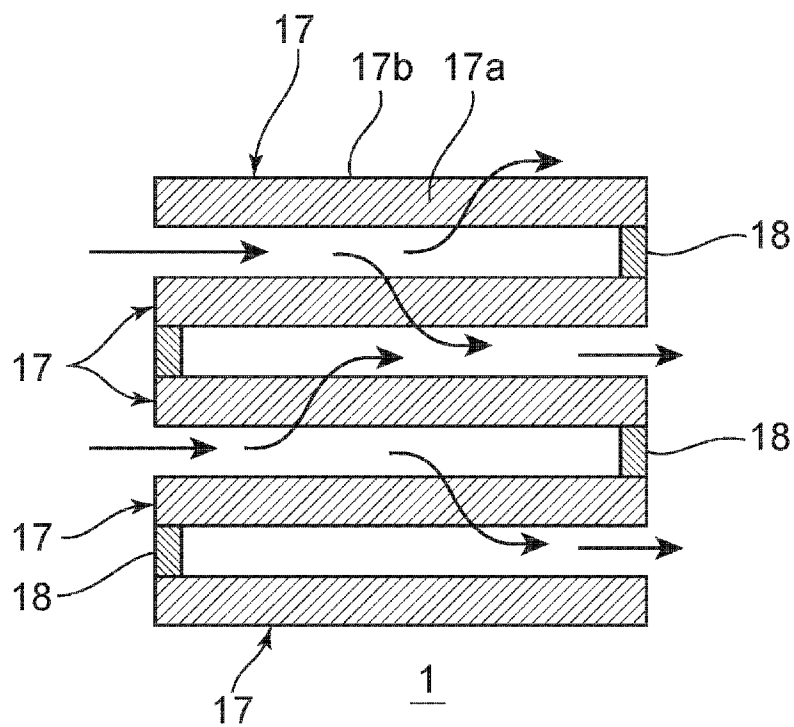
ΔC_p ：供給される加熱媒体の流路の入口における定圧モル比熱 a と、流路から排出される回収ガスの定圧モル比熱 b との差（定圧モル比熱 a - 定圧モル比熱 b ）（単位：J / (mol · K)）、

ΔT ：供給される加熱媒体の流路の入口における温度 a と、流路から排出される回収ガスの温度 b との差（ガス温度 a - ガス温度 b ）（単位：K）。

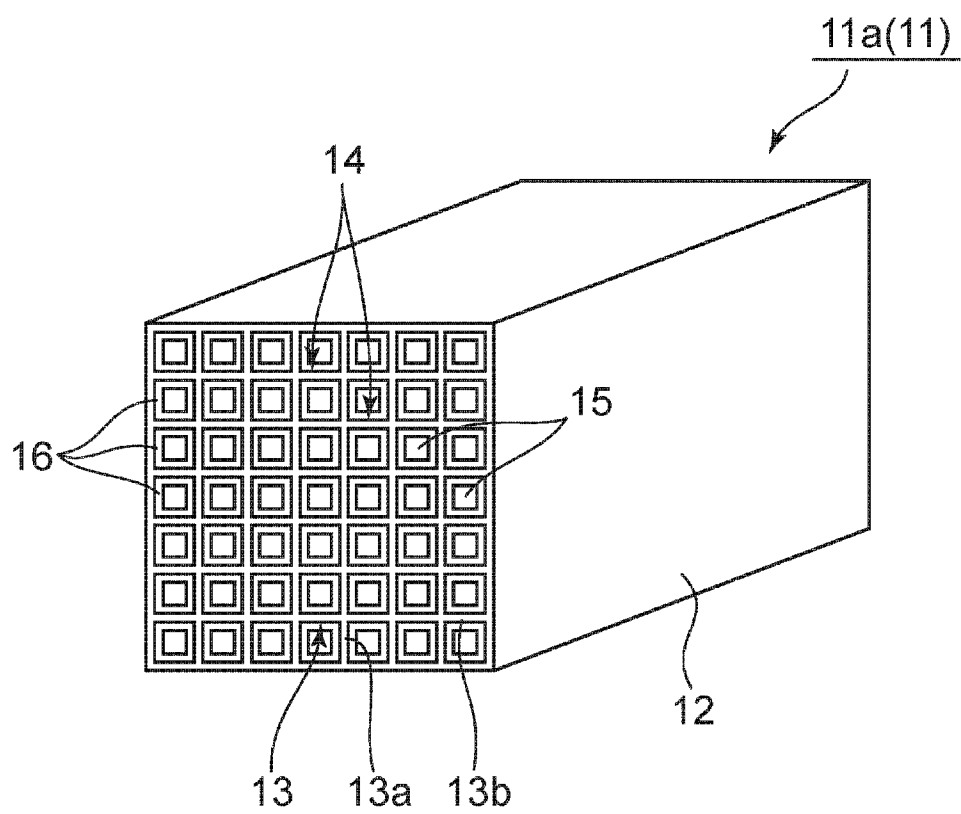
[図1B]



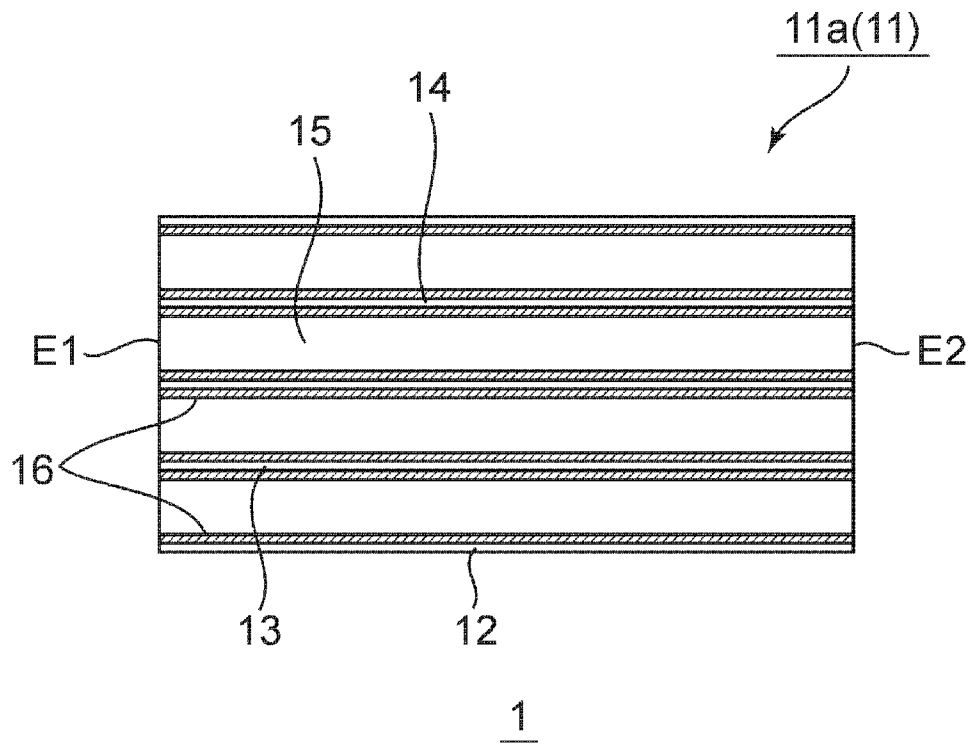
[図2]



[図3]

1

[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/013064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B01D 53/04</i> (2006.01)i; <i>C01B 32/50</i> (2017.01)i FI: B01D53/04 220; 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; 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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.
X A	JP 2013-147386 A (HITACHI, LTD.) 01 August 2013 (2013-08-01) claims, example 5, fig. 6	1, 3-8 2, 9
P, X P, A	JP 2023-147421 A (ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA) 13 October 2023 (2023-10-13) claims, paragraphs [0016]-[0020], [0028], examples, fig. 2	1, 3-8 2, 9
A	JP 2019-69417 A (HITACHI, LTD.) 09 May 2019 (2019-05-09) claims, examples, fig. 1, 2	1-9
A	JP 2014-4533 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 16 January 2014 (2014-01-16) paragraphs [0066]-[0068]	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 27 May 2024		Date of mailing of the international search report 11 June 2024
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/JP2024/013064

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2013-147386 A	01 August 2013	US 2015/0013543 A1 claims, example 5, fig. 6 EP 2815799 A1 CA 2858307 A	
JP 2023-147421 A	13 October 2023	(Family: none)	
JP 2019-69417 A	09 May 2019	(Family: none)	
JP 2014-4533 A	16 January 2014	US 2013/0343974 A1 paragraphs [0070]-[0072] EP 2679296 A2 CN 103505994 A	

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; C01B 32/50(2017.01)i FI: B01D53/04 220; 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; 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 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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
X A	JP 2013-147386 A (株式会社日立製作所) 01.08.2013 (2013 - 08 - 01) 特許請求の範囲、実施例5、図6	1,3-8 2,9
P, X P, A	JP 2023-147421 A (旭化成株式会社) 13.10.2023 (2023 - 10 - 13) 特許請求の範囲、[0016]-[0020]、[0028]、実施例、図2	1,3-8 2,9
A	JP 2019-69417 A (株式会社日立製作所) 09.05.2019 (2019 - 05 - 09) 特許請求の範囲、実施例、図1,2	1-9
A	JP 2014-4533 A (株式会社東芝) 16.01.2014 (2014 - 01 - 16) [0066]-[0068]	1-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 27.05.2024	国際調査報告の発送日 11.06.2024	
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） 山崎 直也 4D 3234 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/JP2024/013064

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-147386	A	01.08.2013	US 2015/0013543 A1 特許請求の範囲、実施例5、 図6	
				EP 2815799 A1	
				CA 2858307 A	
JP	2023-147421	A	13.10.2023	(ファミリーなし)	
JP	2019-69417	A	09.05.2019	(ファミリーなし)	
JP	2014-4533	A	16.01.2014	US 2013/0343974 A1 [0070]-[0072]	
				EP 2679296 A2	
				CN 103505994 A	