

(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
2014年6月19日(19.06.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/091590 A1

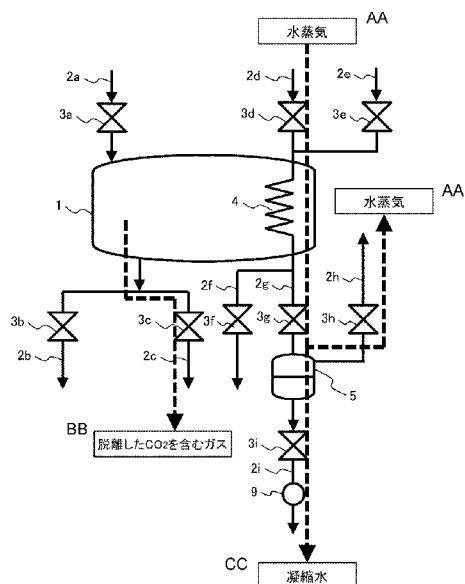
- (51) 国際特許分類:
B01D 53/62 (2006.01) **B01D 53/04** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/082289
- (22) 国際出願日: 2012年12月13日(13.12.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉川 晃平 (YOSHIKAWA Kohei); 〒
3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
佐藤 大樹 (SATO Hiroki); 〒3191292 茨城県日立
市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作
所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 金枝 雅人
(KANEEDA Masato); 〒3191292 茨城県日立市大
みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日
立研究所内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: ポレール特許業務法人 (POLAIRE I.P.C.);
〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目7番1号
Tokyo (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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, 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, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: CO₂ RECOVERY SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING SAME

(54) 発明の名称: CO₂回収装置及びその運転方法

[図1C]



AA Water vapor
BB Gas containing removed CO₂
CC Condensed water

(57) Abstract: This CO₂ recovery system is provided with: a CO₂ trapping unit (6) which is provided with a trapping material container (1) that is filled with a solid CO₂ trapping material, a heat transfer part (4) for heating and cooling the CO₂ trapping material, a first pipe (2a) for introducing a CO₂-containing gas into the trapping material container (1), a third pipe (2d) for introducing water vapor into the heat transfer part (4) for the purpose of removing CO₂ from the CO₂ trapping material, a fifth pipe (2e) for introducing cooling water into the heat transfer part (4), a sixth pipe (2g) for discharging condensed water, which has been produced upon introduction of the water vapor into the heat transfer part (4), from the heat transfer part (4), and a first valve (3g) for controlling the flow rate of the condensed water passing through the sixth pipe (2g); a retention container (5) for retaining the condensed water discharged from the heat transfer part (4); an eighth pipe (2i) for discharging the condensed water from the retention container (5); a second valve (3i) for controlling the flow rate of the condensed water passing through the eighth pipe (2i); and a flowmeter (9) for measuring the flow rate of the condensed water passing through the eighth pipe (2i).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/091590 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, 添付公開書類:
NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明によるCO₂回収装置は、固体のCO₂捕捉材を充填した捕捉材容器（１）、CO₂捕捉材を加熱及び冷却する伝熱部（４）、捕捉材容器（１）にCO₂含有ガスを導入する第１の配管（２ a）、CO₂捕捉材からCO₂を脱離させるために伝熱部（４）に水蒸気を導入する第３の配管（２ d）、伝熱部（４）に冷却水を導入する第５の配管（２ e）、伝熱部（４）に水蒸気を導入した際に発生する凝縮水を伝熱部（４）から排出する第６の配管（２ g）、及び第６の配管（２ g）に流れる凝縮水の流量を制御する第１の弁（３ g）を備えるCO₂捕捉ユニット（６）と、伝熱部（４）から排出された凝縮水を貯留する貯留容器（５）と、貯留容器（５）から凝縮水を排出する第８の配管（２ i）と、第８の配管（２ i）に流れる凝縮水の流量を制御する第２の弁（３ i）と、第８の配管（２ i）を流れる凝縮水の流量を計測する流量計（９）とを備える。

明 細 書

発明の名称： CO_2 回収装置及びその運転方法

技術分野

[0001] 本発明は、 CO_2 を含むガスから固体の CO_2 捕捉材を用いて CO_2 を回収する CO_2 回収装置とその運転方法に関する。

背景技術

[0002] 温室効果ガスの排出による地球温暖化が世界的な問題となっている。温室効果ガスには、二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、及びフロン類 (CFCs) 等がある。これらの中で地球温暖化に最も影響が大きいものは CO_2 であり、その排出量の削減が緊急の課題となっている。上記課題の解決策としては、化学吸収法、物理吸収法、膜分離法、吸着分離法、及び深冷分離法などによる CO_2 分離回収技術がある。その他の CO_2 分離回収技術として、固体の CO_2 捕捉材を用いた CO_2 分離回収法が挙げられる。

[0003] CO_2 捕捉材を用いた CO_2 分離回収システムでは、 CO_2 捕捉材を充填した捕捉材容器に CO_2 を含むガス (CO_2 含有ガス) を導入し、 CO_2 捕捉材と CO_2 含有ガスとを接触させることで CO_2 を捕捉して除去する。その後、 CO_2 捕捉材を加熱することで、捕捉した CO_2 を脱離させて回収する。 CO_2 を脱離した CO_2 捕捉材は、冷却後に CO_2 含有ガスと接触させられ、 CO_2 の捕捉除去に再び使用される。

[0004] 特許文献1には、固体の CO_2 捕捉材を用いて CO_2 を除去する装置の例が記載されている。特許文献1に記載された炭酸ガス除去装置は、ゼオライトを CO_2 吸着剤とし、 CO_2 吸着剤に除湿した CO_2 含有ガスを接触させることで CO_2 を吸着させた後、大気圧以上の凝縮水または水蒸気を用いて間接的に CO_2 吸着材を加熱して CO_2 を脱離させ、その後冷却水を流通させて CO_2 吸着材を冷却する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平9－141040号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載されているような従来の固体CO₂捕捉材を用いたCO₂回収装置では、水蒸気または凝縮水をCO₂捕捉材（CO₂吸着剤）そのものや伝熱部に接触させ、CO₂捕捉材を加熱している。これらのCO₂回収装置では、CO₂捕捉材の温度は加熱や冷却により変化し、それに伴って水蒸気をCO₂捕捉材に接触させた際に発生する凝縮水の量や温度も変化する。

[0007] 固体CO₂捕捉材を用いて火力発電所のボイラ排ガスのCO₂を除去・回収する場合には、CO₂捕捉材の加熱にボイラで気化した水蒸気の一部を利用し、この際に発生した凝縮水をボイラに戻して循環させる方法が考えられる。しかし、前述の通り、固体のCO₂捕捉材を用いたCO₂回収装置では、発生する凝縮水の量や温度が変化するため、凝縮水をボイラに戻して循環させた場合には、ボイラの負荷が変動し、結果として火力発電所の出力が不安定になる恐れがある。

[0008] 本発明は、排出する凝縮水の量の時間変化を低減できるCO₂回収装置と、その運転方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明によるCO₂回収装置は、以下のような特徴を備える。

[0010] CO₂含有ガスからCO₂を除去する固体のCO₂捕捉材を充填した捕捉材容器、前記捕捉材容器に設けられ、前記CO₂捕捉材を加熱及び冷却する伝熱部、前記捕捉材容器に接続され、前記捕捉材容器にCO₂含有ガスを導入する第1の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記CO₂含有ガスからCO₂が除去されたガスを前記捕捉材容器から排出する第2の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記CO₂捕捉材からCO₂を脱離させるために前記伝熱部に水蒸気を導入する第3の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記CO₂捕捉材から脱離したCO₂を含むガスを前記捕捉材容器から排出する第4の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部に冷却水を導入する第5の配管、前記捕捉材

容器に接続され、前記伝熱部に水蒸気を導入した際に発生する凝縮水を前記伝熱部から排出する第6の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部から冷却水を排出する第7の配管、及び前記第6の配管に設けられ、前記第6の配管に流れる凝縮水の流量を制御する第1の弁を備えるCO₂捕捉ユニットと、前記第6の配管に接続され、前記伝熱部から排出された凝縮水を貯留する貯留容器と、前記貯留容器に接続され、前記貯留容器から凝縮水を排出する第8の配管と、前記貯留容器に接続され、前記貯留容器から水蒸気を排出する第9の配管と、前記第8の配管に設けられ、第8の配管に流れる凝縮水の流量を制御する第2の弁と、前記第8の配管の前記第2の弁の下流側に設けられ、前記第8の配管を流れる凝縮水の流量を計測する流量計とを備える。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、排出する凝縮水の量の時間変化を低減できるCO₂回収装置と、その運転方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1A]実施例1によるCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。

[図1B]実施例1によるCO₂回収装置を用いて、CO₂含有ガスからCO₂を捕捉する捕捉工程のフローの例を示す図である。

[図1C]実施例1によるCO₂回収装置を用いて、CO₂を捕捉したCO₂捕捉材から加熱によりCO₂を脱離させて回収する再生工程のフローの例を示す図である。

[図1D]実施例1によるCO₂回収装置を用いて、加熱によりCO₂を脱離したCO₂捕捉材を冷却する冷却工程のフローの例を示す図である。

[図2]比較例によるCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。

[図3]実施例1によるCO₂回収装置と比較例によるCO₂回収装置について、再生工程での凝縮水の排出量を比べた図である。

[図4]実施例1によるCO₂回収装置の運転方法の例を示す図である。

[図5]CO₂回収装置のCO₂捕捉ユニットを示す図である。

[図6]実施例3の、複数のCO₂捕捉ユニットと1つの貯留容器を組み合わせたCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。

[図7]図6に示したCO₂回収装置の運転例を示す図である。

[図8]実施例4の、再生工程で貯留容器から排出された水蒸気を別のCO₂回収装置の再生工程で使用するCO₂回収装置の構成例を示す図である。

[図9]実施例5の、伝熱部から排出された冷却水を貯留する貯留容器を備えるCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。

[図10]実施例6の、複数のCO₂捕捉ユニットを設置し、1つのCO₂捕捉ユニットの冷却工程で排出される冷却水の一部と、他のCO₂捕捉ユニットの再生工程で排出される凝縮水の一部とを混合させるCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。

[図11]実施例7の、捕捉材容器に水蒸気を導入する配管を設置したCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。

[図12]本発明によるCO₂回収装置を火力発電プラントに適用した場合の装置構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明者らは、上記課題を鋭意検討した結果、CO₂を含むガス（CO₂含有ガス）からCO₂を除去する固体のCO₂捕捉材を充填した捕捉材容器、前記捕捉材容器に設けられ、前記CO₂捕捉材を加熱及び冷却する伝熱部、前記捕捉材容器に接続され、前記捕捉材容器にCO₂含有ガスを導入する第1の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記CO₂含有ガスからCO₂が除去されたガスを前記捕捉材容器から排出する第2の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記CO₂捕捉材からCO₂を脱離させるために前記伝熱部に水蒸気を導入する第3の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記CO₂捕捉材から脱離したCO₂を含むガスを前記捕捉材容器から排出する第4の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部に冷却水を導入する第5の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部に水蒸気を導入した際に発生する凝縮水を前記伝熱部から排出する第6の配管、前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部から冷却

水を排出する第7の配管、及び前記第6の配管に設けられ、前記第6の配管に流れる凝縮水の流量を制御する第1の弁を備えるCO₂捕捉ユニットと、前記第6の配管に接続され、前記伝熱部から排出された凝縮水を貯留する貯留容器と、前記貯留容器に接続され、前記貯留容器から凝縮水を排出する第8の配管と、前記貯留容器に接続され、前記貯留容器から水蒸気を排出する第9の配管と、前記第8の配管に設けられ、第8の配管に流れる凝縮水の流量を制御する第2の弁と、前記第8の配管の前記第2の弁の下流側に設けられ、前記第8の配管を流れる凝縮水の流量を計測する流量計とを備えるCO₂回収装置により、凝縮水の流量の変動を低減できると考えた。

[0014] CO₂捕捉材を加熱するために伝熱部に水蒸気を導入した際に発生する凝縮水の量は、CO₂捕捉材の温度により変化する。しかし、本発明によるCO₂回収装置では、発生した凝縮水の量に時間変動が生じて、凝縮水を貯留容器に貯留して排出する凝縮水の量を制御するため、凝縮水の排出量の時間変化を低減でき、凝縮水の排出量を一定にすることも可能である。

[0015] 本発明によるCO₂回収装置に使用するCO₂捕捉材は、どのような物質でも構わないが、例えば、NaやKなどのアルカリ金属の酸化物または炭酸塩、MgやCaなどのアルカリ土類金属の酸化物または炭酸塩、YやCeなどの希土類金属の酸化物または炭酸塩、Zr酸化物、及びSiやAlの酸化物などを用いることができる。

[0016] これらの中で、特にCe、La、Pr、Nd、及びGdからなる群から選ばれた少なくとも1つの希土類元素の酸化物は、CO₂の捕捉量が多く、300℃以下の低い温度でCO₂を脱離できることから、CO₂捕捉材として好ましい特性を有する。

[0017] 本発明によるCO₂回収装置の運転方法の例としては、CO₂含有ガスを捕捉材容器に導入してCO₂含有ガスからCO₂を捕捉する捕捉工程と、伝熱部に水蒸気を導入してCO₂捕捉材を加熱することでCO₂を脱離回収する再生工程と、伝熱部に冷却水を導入してCO₂捕捉材を冷却する冷却工程の3工程を1サイクルとし、このサイクルを繰り返してCO₂を回収する方法が挙げら

れる。

[0018] 以下に、本発明によるCO₂回収装置の実施例を、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の図面において、同一の要素には同一の符号を付け、それらの繰り返しの説明は省略する場合がある。

実施例 1

[0019] 図1Aは、本実施例によるCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。図1Aに示す構成により、CO₂回収装置から排出される凝縮水の流量の時間変化を低減できる。本実施例によるCO₂回収装置は、捕捉材容器1、配管2a、配管2b、配管2c、伝熱部4、配管2d、配管2e、配管2f、貯留容器5、配管2g、配管2h、配管2i、及び弁3a～3iを備える。さらに、配管2iは、弁3iの下流側に流量計9を備える。配管2a～2fは、捕捉材容器1に接続され、配管2gは、捕捉材容器1と貯留容器5とに接続され、配管2h及び2iは、貯留容器5に接続される。弁3a～3iは、それぞれ配管2a～2iに設けられる。

[0020] 捕捉材容器1には、CO₂含有ガスからCO₂を除去する固体のCO₂捕捉材（図示せず）が充填されている。配管2aは、CO₂含有ガスを捕捉材容器1に導入する。配管2bは、CO₂含有ガスからCO₂が除去されたガスを捕捉材容器1から排出する。配管2cは、CO₂捕捉材から脱離したCO₂を含むガスを捕捉材容器1から排出する。伝熱部4は、捕捉材容器1に設けられ、熱交換によりCO₂捕捉材を加熱及び冷却する。伝熱部4の構造は、例えば、CO₂捕捉材の周囲に水蒸気及び冷却水を流すような配管を持つ構造とする。配管2dは、CO₂捕捉材からCO₂を脱離させるために、水蒸気を伝熱部4に導入する。配管2eは、冷却水を伝熱部4に導入する。配管2fは、伝熱部4から冷却水を排出する。貯留容器5は、伝熱部4から排出した凝縮水を貯留する。配管2gは、捕捉材容器1と貯留容器5を接続し、伝熱部4に水蒸気を導入した際に発生する凝縮水を伝熱部4から排出し、貯留容器5に導入する。配管2hは、貯留容器5から水蒸気を排出する。配管2iは、貯留容器5から凝縮水を排出する。

- [0021] 弁3 a は、配管2 a に流れるCO₂含有ガスの流量を制御する。弁3 b は、配管2 b に流れるCO₂を除去したガスの流量を制御する。弁3 c は、配管2 c に流れる、脱離したCO₂を含むガスの流量を制御する。弁3 d は、配管2 d に流れる水蒸気の流量を制御する。弁3 e は、配管2 e に流れる冷却水の流量を制御する。弁3 f は、配管2 f に流れる冷却水の流量を制御する。弁3 g は、配管2 g に流れる凝縮水の流量を制御する。弁3 h は、配管2 h に流れる水蒸気の流量を制御する。弁3 i は、配管2 i に流れる凝縮水の流量を制御する。弁3 h は、貯留容器5 内の水蒸気の圧力も制御する。
- [0022] 流量計9 は、配管2 i を流れる凝縮水の流量を計測する。
- [0023] 捕捉材容器1、配管2 a、配管2 b、配管2 c、伝熱部4、配管2 d、配管2 e、配管2 f、配管2 g、弁3 a、弁3 b、弁3 c、弁3 d、弁3 e、弁3 f、及び弁3 g からなる構成要素を、CO₂捕捉ユニットと称する。
- [0024] 図1 B は、本実施例によるCO₂回収装置を用いて、CO₂含有ガスからCO₂を捕捉する捕捉工程のフローの例を示す図である。捕捉工程では、弁3 a 及び3 b を開き、弁3 c、3 d、3 e、3 f、3 g、3 h 及び3 i を閉止する。CO₂含有ガスは、配管2 a を通って捕捉材容器1 に導入される。CO₂含有ガスは、捕捉材容器1 内のCO₂捕捉材と接触して、CO₂捕捉材がCO₂を捕捉することにより、CO₂が除去される。CO₂が除去されたガス（CO₂除去ガス）は、配管2 b を通って捕捉材容器1 から排出される。
- [0025] 図1 C は、本実施例によるCO₂回収装置を用いて、CO₂を捕捉したCO₂捕捉材から加熱によりCO₂を脱離させて回収する再生工程のフローの例を示す図である。再生工程では、弁3 c、3 d、3 g、3 h 及び3 i を開き、弁3 a、3 b、3 e 及び3 f を閉止する。伝熱部4 には、配管2 d を通して水蒸気が導入される。水蒸気は、伝熱部4 を通った後、一部は凝縮水となり貯留容器5 に一時的に貯留され、残りは配管2 h を通って排出される。貯留容器5 に貯留された凝縮水は、あらかじめ定めた一定量に達したら、弁3 i により流量が制御されて配管2 i を流れて、貯留容器5 から排出される。弁3 i は、配管2 i に設けられた流量計9 の計測値に応じて開度の変更され、配

管 2 i を流れる凝縮水の流量を一定にする制御を行う。

[0026] 伝熱部 4 は、水蒸気が導入されると加熱され、熱交換により CO_2 捕捉材を加熱する。 CO_2 捕捉材は、加熱されると捕捉した CO_2 を脱離する。脱離した CO_2 を含むガスは、配管 2 c を通って捕捉材容器 1 から排出され、回収される。

[0027] 図 1 D は、本実施例による CO_2 回収装置を用いて、加熱により CO_2 を脱離した CO_2 捕捉材を、 CO_2 捕捉可能な温度まで冷却する冷却工程のフローの例を示す図である。冷却工程では、弁 3 e 及び 3 f を開き、弁 3 a、3 b、3 c、3 d、3 g、3 h 及び 3 i を閉止する。伝熱部 4 には、配管 2 e を通して冷却水が導入される。伝熱部 4 は、冷却水が導入されると冷却され、熱交換により CO_2 捕捉材を冷却する。伝熱部 4 に導入された冷却水は、配管 2 f を通って伝熱部 4 から排出される。冷却水は、 CO_2 捕捉材が CO_2 捕捉可能な温度に冷却されるまで、伝熱部 4 に導入される。

[0028] (比較例)

図 2 は、比較例による CO_2 回収装置の構成を模式的に示す概略図である。比較例による CO_2 回収装置は、図 1 A に示した実施例 1 の CO_2 回収装置から、貯留容器 5、配管 2 g、2 h 及び 2 i と、弁 3 g、3 h 及び 3 i を省いた CO_2 回収装置である。比較例による CO_2 回収装置は、再生工程では、伝熱部 4 に導入された水蒸気は、伝熱部 4 を通って凝縮水となった後、配管 2 f を通って排出される。

[0029] (比較結果)

図 3 は、実施例 1 による CO_2 回収装置と比較例による CO_2 回収装置について、再生工程での凝縮水の排出量を比べた図である。再生工程では、水蒸気により伝熱部 4 が加熱されて CO_2 捕捉材も加熱されるが、 CO_2 捕捉材の温度上昇に伴って水蒸気の凝縮速度が遅くなる。

[0030] 実施例 1 による CO_2 回収装置では、凝縮水は、貯留容器 5 に一時的に貯留した後、弁 3 i と流量計 9 により流量が制御されて貯留容器 5 から排出される。従って、実施例 1 による CO_2 回収装置では、図 3 に示すように、凝縮水

の排出量の時間変化を低減し、凝縮水の排出量を一定にすることができる。

一方、比較例によるCO₂回収装置では、発生した凝縮水を貯留することなくそのまま排出するので、凝縮水の排出量は、再生工程が進むほど低減して一定にはならない。

[0031] 図4は、実施例1によるCO₂回収装置の運転方法の例を示す図である。上述した捕捉工程、再生工程、及び冷却工程を1サイクルとし、このサイクルを繰り返すことでCO₂を連続して回収することができる。

実施例 2

[0032] CO₂を回収するのに、実施例1に示したCO₂回収装置を1つだけ用いても構わないが、複数のCO₂回収装置を用いてもよい。本実施例では、複数のCO₂回収装置を用いてCO₂を回収する場合の、CO₂回収装置の運転方法の例を示す。

[0033] 本実施例では、一例として、実施例1のCO₂回収装置を3つ設置し、各CO₂回収装置を回収装置A、B、及びCと呼ぶ。回収装置A、B、及びCは、捕捉工程、再生工程、及び冷却工程の実行時間が、各回収装置間と各工程間で互いに同じになるように設定する。回収装置A、B、及びCの各工程は、実施例1で述べたように弁の開閉を切り替えることにより、切り替えるものとする。

[0034] 表1に、回収装置A、B、及びCの捕捉工程、再生工程、及び冷却工程を切り替える運転方法の例を示す。なお、各工程における弁の開閉手順は実施例1と同様であり、回収装置A、B、及びCは、捕捉工程、再生工程、及び冷却工程を繰り返す。表1に示すように、回収装置Aが捕捉工程を実行しているとき、回収装置Bは再生工程を実行し、回収装置Cは冷却工程を実行する。回収装置Aが再生工程を実行しているとき、回収装置Bは冷却工程を、回収装置Cは捕捉工程をそれぞれ実行し、回収装置Aが冷却工程を実行しているとき、回収装置Bは捕捉工程を、回収装置Cは再生工程をそれぞれ実行する。

[0035]

[表1]

表 1

工程 回収装置	1	2	3	4	
A	捕捉	再生	冷却	捕捉	...
B	再生	冷却	捕捉	再生	...
C	冷却	捕捉	再生	冷却	...

[0036] なお、CO₂回収装置を4つ以上設置した場合には、少なくとも1つのCO₂回収装置が捕捉工程を実行しているとき、他の少なくとも1つのCO₂回収装置が再生工程を実行し、さらに他の少なくとも1つのCO₂回収装置が冷却工程を実行するように、それぞれのCO₂回収装置を運転する。

[0037] 本実施例では、複数のCO₂回収装置の運転中に、少なくとも1つのCO₂回収装置が捕捉工程を実行するため、CO₂を連続的に回収できる。

[0038] CO₂回収装置が1つのみである場合には、再生工程から冷却工程に切り替える際に伝熱部4への水蒸気の導入を止める必要があり、水蒸気の流量の変動が大きくなる。この水蒸気はボイラで気化した水蒸気であるため、水蒸気の流量の変動が大きくなるとボイラの負荷も大きく変動して好ましくない。

[0039] しかし、本実施例のように複数のCO₂回収装置を用いてCO₂を回収する方法では、再生工程を実施するCO₂回収装置が常に少なくとも1つ存在するため、伝熱部4への水蒸気の導入を止める必要がなく、水蒸気の流量の変動が抑えられ、ボイラの負荷の変動も抑制することができる。さらに、同様の理由から、冷却工程において使用する冷却水の流量の変動も抑えられる。従って、本実施例に示すCO₂回収装置の運転方法では、凝縮水の排出量と水蒸気の流量と冷却水の流量の時間変化を低減できるとともに、ボイラの負荷の変動をさらに抑制することができる。

実施例 3

[0040] 実施例1で説明したように、CO₂回収装置の伝熱部4に水蒸気を導入する工程は、再生工程のみである。このため、実施例2のように複数のCO₂回収装置を用いる場合には、ある時間において伝熱部4に水蒸気が導入されていない捕捉材容器1も存在する。従って、1つの捕捉材容器1につき、必ずしも1つの貯留容器5を設置する必要はない。例えば、3つの捕捉材容器1に対して1つの貯留容器5を設置し、各捕捉材容器1の伝熱部4と貯留容器5の間のそれぞれに弁3g（例えば、図1Aを参照）を設置し、弁3gの開閉を切り替えることにより貯留容器5に凝縮水を排出する伝熱部4を選択する構成をとることができる。このような構成は、貯留容器5の設置数を低減できるため、コスト低減の観点から好ましい。

[0041] 本実施例では、複数の捕捉材容器1に対して1つの貯留容器5が設置されるCO₂回収装置の例を示す。なお、本実施例では、一例として、3つの捕捉材容器1に対して1つの貯留容器5が設置されるCO₂回収装置の例を示す。

[0042] 図5は、実施例1で示したCO₂回収装置（図1A）のCO₂捕捉ユニット6を示す図である。実施例1で述べたように、CO₂捕捉ユニット6は、捕捉材容器1、伝熱部4、配管2a～2g、及び弁3a～3gからなる。すなわち、CO₂捕捉ユニット6は、実施例1のCO₂回収装置（図1A）から、貯留容器5、配管2i、配管2h、弁3i、及び弁3hを省略した装置要素である。

[0043] 図6は、図5に示した3つのCO₂捕捉ユニット6（6a、6b、6c）と、1つの貯留容器5を組み合わせたCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。本実施例によるCO₂回収装置は、3つのCO₂捕捉ユニット6a、6b、及び6cを備え、各CO₂捕捉ユニットの配管2gが1点で合流する。そして、この合流点の後段に、弁3j、凝縮水を貯留する貯留容器5、貯留容器5から凝縮水を排出する配管2i、配管2iの凝縮水の流量を制御する弁3i、貯留容器5から水蒸気を排出する配管2h、及び配管2hの水蒸気の流量を制御する弁3hをさらに備える。

[0044] 貯留容器5は、CO₂捕捉ユニット6a、6b、及び6cからの凝縮水を貯

留する。CO₂捕捉ユニット6 a、6 b、及び6 cのそれぞれの弁3 gの開閉を切り替えることにより、貯留容器5へ凝縮水を排出するCO₂捕捉ユニットを切り替えることができる。

[0045] 図7は、図6に示したCO₂回収装置の運転例を示す図である。CO₂捕捉ユニット6 aは図1 Bに示した捕捉工程、CO₂捕捉ユニット6 bは図1 Cに示した再生工程、CO₂捕捉ユニット6 cは図1 Dに示した冷却工程をそれぞれ実施している。CO₂捕捉ユニット6 a、6 b及び6 cは、実施例2のように、捕捉工程、再生工程、及び冷却工程の実行時間が、各CO₂捕捉ユニット間と各工程間で互いに同じになるように設定する。弁の開閉については、CO₂捕捉ユニット6 a、6 b及び6 cの工程に関わらず弁3 g、3 j、及び3 hが開いている以外は、実施例1と同様である。貯留容器5に貯留された凝縮水は、弁3 iと流量計9により流量が制御されて、貯留容器5から排出される。

[0046] 本実施例によるCO₂回収装置でも、実施例1で述べたような弁の開閉により捕捉工程、再生工程、及び冷却工程を切り替え、これらの3工程を1サイクルとして繰り返すことにより、CO₂を連続的に回収できる。さらに、実施例2と同様に、凝縮水の排出量と水蒸気の流量と冷却水の流量の時間変化を低減することができるとともに、ボイラの負荷の変動をさらに抑制することができる。また、貯留容器5の設置数を低減できるため、コストを低減することができる。

実施例 4

[0047] 本実施例では、再生工程で貯留容器5から排出された水蒸気を別のCO₂回収装置の再生工程で使用するCO₂回収装置の構成について説明する。本実施例で説明する構成は、以下の知見を基にして得られた。

[0048] 伝熱部4に導入する水蒸気の流量は特に指定しないが、水蒸気の流量に対して水蒸気の凝縮速度が速い場合には、伝熱部4において水蒸気の圧力が大幅に低下することが考えられる。この場合には、発生する凝縮水の温度が大きく変化するため、凝縮水をボイラに戻すとボイラの負荷が大きく変動して

好ましくない。凝縮水の温度の時間変化を低減するためには、水蒸気の最低流量を全ての水蒸気が凝縮しない程度の流量とするのが好ましい。

[0049] 本発明によるCO₂回収装置では、凝縮しなかった水蒸気が貯留容器5に流れるため、この水蒸気を排出する必要がある。貯留容器5から排出された水蒸気は、凝縮熱を有しているため、未利用のまま排出するとエネルギーロスが大きいのので利用するのが好ましい。貯留容器5から排出された水蒸気の利用方法には様々なものがあり、例えば、この水蒸気を他のCO₂回収装置に利用する方法が考えられる。

[0050] 再生工程においては、再生工程の前半ではCO₂捕捉材の温度が低く、伝熱部4での水蒸気の凝縮量が多いが、再生工程の後半ではCO₂捕捉材の温度が高くなり、伝熱部4での水蒸気の凝縮量が少なくなる。従って、もし水蒸気の流量を時間的に一定とした場合には、再生工程の時間が進むほど、水蒸気は、伝熱部4での凝縮量が少なくなって貯留容器5から排出される量が多くなる。

[0051] 図8は、上記の知見を基にして得られた、再生工程で貯留容器5から排出された水蒸気を別のCO₂回収装置の再生工程で使用するCO₂回収装置の構成例を示す図である。本実施例によるCO₂回収装置は、実施例3で図6に示したCO₂回収装置が2つ接続されたCO₂回収装置である。すなわち、CO₂捕捉ユニット6a～6c、貯留容器5a、配管2i、配管2h-1、弁3j-1、弁3i、及び弁3h-1を備えるCO₂回収装置と、CO₂捕捉ユニット6d～6f、貯留容器5b、配管2i、配管2h-2、弁3j-2、弁3i、及び弁3h-2を備えるCO₂回収装置とが接続されたCO₂回収装置である。CO₂捕捉ユニット6d～6fは図6のCO₂捕捉ユニット6a～6cに対応し、配管2h-1と配管2h-2は図6の配管2hに対応し、弁3j-1と弁3j-2は図6の弁3jに対応し、弁3h-1と弁3h-2は図6の弁3hに対応する。

[0052] さらに、本実施例によるCO₂回収装置では、貯留容器5aから水蒸気を排出するための配管2h-1と、配管2h-1から分岐してCO₂捕捉ユニット

6 d～6 f に水蒸気を導入するための配管 2 d－2 とを備える。また、貯留容器 5 b から水蒸気を排出するための配管 2 h－2 と、配管 2 h－2 から分岐して CO₂ 捕捉ユニット 6 a～6 c に水蒸気を導入するための配管 2 d－1 とを備える。配管 2 d－2 は、CO₂ 捕捉ユニット 6 d～6 f のそれぞれの伝熱部 4 に水蒸気を導入し、配管 2 d－1 は、CO₂ 捕捉ユニット 6 a～6 c のそれぞれの伝熱部 4 に水蒸気を導入する。

[0053] 表 2 に、本実施例による CO₂ 回収装置の運転方法の例を示す。CO₂ 捕捉ユニット 6 a～6 f は、捕捉工程、再生工程、及び冷却工程の実行時間が、CO₂ 捕捉ユニット 6 a～6 f 間と各工程間で互いに同じである。また、各工程を、実行時間が等しい前半の工程と後半の工程に分ける。上述したように、再生工程の前半では、伝熱部 4 での水蒸気の凝縮量が多く、貯留容器 5 から排出される水蒸気の量が少ない。再生工程の後半では、伝熱部 4 での水蒸気の凝縮量が少なく、貯留容器 5 から排出される水蒸気の量が多い。表 2 では、各工程の前半には「A」の文字を、後半には「B」の文字を付けている。以下では、各工程の前半と後半をそれぞれ 1 つの工程とみなす。例えば、再生工程の前半（表 2 の「再生 A」）が 1 つの工程であり、再生工程の後半（表 2 の「再生 B」）が 1 つの工程である。

[0054] [表 2]

表 2

CO ₂ 捕捉ユニット \ 工程	1	2	3	4	5	6	
6a	捕捉A	捕捉B	再生A	再生B	冷却A	冷却B	...
6b	再生A	再生B	冷却A	冷却B	捕捉A	捕捉B	...
6c	冷却A	冷却B	捕捉A	捕捉B	再生A	再生B	...
6d	冷却B	捕捉A	捕捉B	再生A	再生B	冷却A	...
6e	再生B	冷却A	冷却B	捕捉A	捕捉B	再生A	...
6f	捕捉B	再生A	再生B	冷却A	冷却B	捕捉A	...

[0055] 表 2 に示すように、CO₂ 捕捉ユニット 6 a～6 f は、「捕捉 A」、「捕捉

B」、「再生A」、「再生B」、「冷却A」、及び「冷却B」の順に、各工程を繰り返す。CO₂捕捉ユニット6aを基準とすると、CO₂捕捉ユニット6bは2工程、CO₂捕捉ユニット6cは4工程、CO₂捕捉ユニット6dは5工程、CO₂捕捉ユニット6eは3工程、及びCO₂捕捉ユニット6fは1工程遅れている。本運転方法によれば、CO₂捕捉ユニット6a～6cのうち1つのCO₂捕捉ユニットと、CO₂捕捉ユニット6d～6fのうち1つのCO₂捕捉ユニットが、再生工程を実施している。このうち、必ず1つのCO₂捕捉ユニットは再生工程の前半（再生A）を、残りの1つは再生工程の後半（再生B）を実施している。このため、再生工程の後半（再生B）で貯留容器5から排出された水蒸気を、再生工程の前半（再生A）に連続的に使用できる。このような運転方法により、再生工程で使用する水蒸気の量を低減でき、かつ使用する水蒸気の量の時間変動も低減できる。

実施例 5

[0056] 使用した冷却水を火力プラントの給水加熱器に導入して利用するシステムでは、給水加熱器に一定温度の水を供給するのが望ましい。しかし、冷却工程において伝熱部4から排出された冷却水の温度は、冷却工程の前半では高く後半では低いため、一定ではない。そこで、このような冷却水の温度変化に対して、例えば、冷却工程において伝熱部4から排出された冷却水を貯留する容器を設置すれば、冷却水の温度の時間変化を低減できる。本実施例では、伝熱部4から排出された冷却水を貯留する容器を備えるCO₂回収装置について説明する。

[0057] 図9は、伝熱部4から排出された冷却水を貯留する貯留容器7を備えるCO₂回収装置の構成を模式的に示す概略図である。本実施例のCO₂回収装置は、実施例1のCO₂回収装置（図1Aを参照）において、配管2fに接続される貯留容器7と、貯留容器7に接続される配管2pと、配管2pの流量を制御する弁3pをさらに備える。

[0058] 貯留容器7は、配管2eから伝熱部4に導入され、CO₂捕捉材を冷却して伝熱部4から排出された冷却水を貯留する。貯留容器7に貯留された冷却水

は、温度が平均化され、あらかじめ定めた一定温度になって弁 3 p が開くと、配管 2 p から排出される。

[0059] 本実施例による CO_2 回収装置は、貯留容器 7 で温度が平均化された冷却水を排出するため、排出する冷却水の温度の時間変化を低減でき、給水加熱器に一定温度の冷却水を供給することができる。

実施例 6

[0060] 冷却工程において伝熱部 4 から排出された冷却水の温度変化を低減する方法としては、実施例 5 で述べた方法の他に、冷却工程において排出される冷却水を、再生工程において排出される凝縮水と混合させて温度を調整してから、 CO_2 回収装置から排出する方法がある。このような運転方法を実現する CO_2 回収装置の構成としては、実施例 3 で述べた CO_2 回収装置の CO_2 捕捉ユニット 6（図 5 参照）を複数設置し、任意の 1 つの CO_2 捕捉ユニットの冷却工程で排出される冷却水の一部と、他の CO_2 捕捉ユニットの再生工程で排出される凝縮水の一部とを混合させる。

[0061] 図 10 は、 CO_2 回収装置の CO_2 捕捉ユニット 6 を複数設置し、任意の 1 つの CO_2 捕捉ユニットの冷却工程で排出される冷却水の一部と、他の CO_2 捕捉ユニットの再生工程で排出される凝縮水の一部とを混合させる CO_2 回収装置の構成を模式的に示す概略図である。図 10 では、一例として、実施例 1 で図 1 A に示した CO_2 回収装置が 2 つ接続され、 CO_2 捕捉ユニットを 2 つ（ CO_2 捕捉ユニット 6 g、6 h）備える CO_2 回収装置を示している。

[0062] 図 10 に示した CO_2 回収装置は、 CO_2 捕捉ユニット 6 g に接続された貯留容器 5 から凝縮水を排出する配管 2 i - 1 と、配管 2 i - 1 から凝縮水の一部を抜き出すための配管 2 k - 1 と、 CO_2 捕捉ユニット 6 g の伝熱部 4 から冷却水を排出する配管 2 f - 1 と、配管 2 f - 1 から冷却水の一部を抜き出すための配管 2 l - 1 と、 CO_2 捕捉ユニット 6 h に接続された貯留容器 5 から凝縮水を排出する配管 2 i - 2 と、配管 2 i - 2 から凝縮水の一部を抜き出すための配管 2 k - 2 と、 CO_2 捕捉ユニット 6 h の伝熱部 4 から冷却水を排出する配管 2 f - 2 と、配管 2 f - 2 から冷却水の一部を抜き出すため

の配管 2 l - 2 と、配管 2 k - 1 及び 2 k - 2 の凝縮水の流量をそれぞれ制御する弁 3 k - 1 及び 3 k - 2 と、配管 2 l - 1 及び 2 l - 2 の冷却水の流量をそれぞれ制御する弁 3 l - 1 及び 3 l - 2 とを備え、配管 2 k - 1 と配管 2 l - 2 とが接続され、配管 2 l - 1 と配管 2 k - 2 とが接続されている。

[0063] 配管 2 f - 1 を流れる冷却水の一部は、配管 2 l - 1 を通り、配管 2 i - 2 から抜き出されて配管 2 k - 2 を流れる凝縮水と混合する。また、配管 2 f - 2 を流れる冷却水の一部は、配管 2 l - 2 を通り、配管 2 i - 1 から抜き出されて配管 2 k - 1 を流れる凝縮水と混合する。このように、本実施例の CO₂回収装置では、2つの CO₂捕捉ユニット 6 g、6 h のうち、任意の一方の冷却工程で排出される冷却水の一部と、他方の再生工程で排出される凝縮水の一部とを混合させることができる。

[0064] 本実施例の CO₂回収装置では、弁 3 l - 1 と弁 3 k - 2 の開度、及び弁 3 l - 2 と弁 3 k - 1 の開度を制御することで、CO₂回収装置から排出する冷却水の温度変化を低減できる。例えば、配管 2 l - 1 を流れる冷却水の温度が低い場合には、弁 3 k - 2 の開度を制御して配管 2 k - 2 に流れる凝縮水の流量を増加させることで、CO₂回収装置から排出する冷却水の温度変化を低減できる。

実施例 7

[0065] 再生工程において捕捉材容器 1 内で CO₂ の分圧が高まり、CO₂ 捕捉材からの CO₂ の脱離が阻害される場合には、捕捉材容器 1 に CO₂ 以外のガスを導入し、CO₂ の分圧を下げるのが好ましい。捕捉材容器 1 に導入する CO₂ 以外のガスは、温度変化などで CO₂ から容易に分離できることが好ましく、このようなガスの例として水蒸気が挙げられる。以下では、水蒸気を捕捉材容器 1 に導入する例について説明する。

[0066] 図 11 は、捕捉材容器 1 に水蒸気を導入する配管を設置した CO₂ 回収装置の構成を模式的に示す概略図である。図 11 では、一例として、実施例 1 の CO₂ 回収装置（図 1 A 参照）に対して、水蒸気を導入する配管を設置してい

る。本実施例によるCO₂回収装置は、実施例1のCO₂回収装置の構成の他に、捕捉材容器1に水蒸気を流すための配管2mと、配管2mを流れる水蒸気の流量を制御するための弁3mと、配管2cに接続されて配管2cを流れるガス中の水蒸気を凝縮させる凝縮器8と、凝縮器8から凝縮水を排出する配管2nと、配管2nを流れる凝縮水の流量を制御する弁3nと、脱離したCO₂を含むガスを凝縮器8から排出するための配管2oと、配管2oを流れるガスの流量を制御する弁3oとを備える。

[0067] 本実施例によるCO₂回収装置では、再生工程において、捕捉材容器1内でCO₂の分圧が高まった場合には、配管2mを通して捕捉材容器1に水蒸気を導入し、CO₂の分圧を下げるができる。従って、捕捉材容器1内でCO₂の分圧が高まっても、CO₂の分圧を低減して、CO₂捕捉材からのCO₂の脱離を促進できる。

[0068] 捕捉材容器1に導入された水蒸気は、捕捉材容器1から排出されて凝縮器8に導入されて凝縮し、凝縮水として配管2nから排出される。CO₂捕捉材から脱離したCO₂は、捕捉材容器1から排出され、凝縮器8と配管2oを通過して排出される。

実施例 8

[0069] 本発明によるCO₂回収装置に流通させるCO₂含有ガス、水蒸気、及び冷却水の発生源は任意の装置とすることができるので、本発明によるCO₂回収装置は、任意のプラントやシステムに適用できる。本実施例では、本発明によるCO₂回収装置を火力発電プラントに適用した例を説明する。

[0070] 図12は、本発明によるCO₂回収装置を火力発電プラントに適用した場合の装置構成例を示す図である。本実施例のCO₂回収装置10は、一例として、実施例1（図1A参照）に示したものとし、火力発電プラントで発生するCO₂を回収する。火力発電プラントは、燃焼設備、蒸気タービン12、復水器13、給水加熱器A14、給水加熱器B15、排気設備16、及びCO₂回収装置10を備える。

[0071] 本実施例では、燃焼設備11がボイラ11である場合を例に挙げている。

燃焼設備 11 であるボイラ 11 は、燃料を燃焼する際に燃焼排ガスとして CO_2 含有ガスを発生させ、燃焼熱で水を気化させて水蒸気を発生させる。蒸気タービン 12 は、この水蒸気を利用して発電する。蒸気タービン 12 が利用した水蒸気は、一部が CO_2 回収装置 10 に導入され、残りは復水器 13 で凝縮されて冷却水として使用される。

[0072] CO_2 含有ガスを CO_2 回収装置 10 に導入する配管 2a は、ボイラ 11 に接続され、ボイラ 11 の燃焼排ガスを CO_2 回収装置 10 に導入する。水蒸気を CO_2 回収装置 10 に導入する配管 2d は、蒸気タービン 12 に接続され、蒸気タービン 12 からの水蒸気を CO_2 回収装置 10 に導入する。冷却水を CO_2 回収装置 10 に導入する配管 2e は、復水器 13 に接続され、復水器 13 からの冷却水を CO_2 回収装置 10 に導入する。

[0073] CO_2 を除去したガスを CO_2 回収装置 10 から排出する配管 2b は、排気設備 16 に接続される。 CO_2 回収装置 10 から冷却水を排出する配管 2f は、給水加熱器 A 14 に接続される。 CO_2 回収装置 10 から凝縮水を排出する配管 2i は、給水加熱器 B 15 に接続される。 CO_2 回収装置 10 から水蒸気を排出する配管 2h は、復水器 13 へ水蒸気を導入する。

[0074] 捕捉工程では、ボイラ 11 から排出された燃焼排ガスの一部または全部は、 CO_2 回収装置 10 の配管 2a を流れ、 CO_2 が除去された後、配管 2b を通って排気設備 16 へ流れる。

[0075] 再生工程では、蒸気タービン 12 から水蒸気の一部を抽出して配管 2d に流す。配管 2d を流れた水蒸気は、 CO_2 回収装置 10 の CO_2 捕捉材を加熱して、 CO_2 捕捉材から CO_2 を脱離させる。 CO_2 捕捉材から脱離した CO_2 を含むガスは、配管 2c を流れて回収される。 CO_2 は、例えば、加圧されて液化 CO_2 として回収される。再生工程において水蒸気の凝縮により発生した凝縮水は、配管 2i を流れて、給水加熱器 B 15 の凝縮水側に送られる。 CO_2 回収装置 10 で凝縮しなかった水蒸気は、蒸気タービン 12 または復水器 13 に送られる。図 12 に示した例では、この水蒸気は、配管 2h を流れて、復水器 13 に送られる。

- [0076] 冷却工程では、復水器 13 から排出された凝縮水を、配管 2 e に流して CO₂回収装置 10 の CO₂捕捉材を冷却する。冷却工程で排出される冷却水は、配管 2 f を流れて給水加熱器 A 14 に送られる。給水加熱器 A 14 に送られた冷却水は、給水加熱器 B 15 に送られる。
- [0077] 給水加熱器 B 15 に送られた水（凝縮水と冷却水）は、ボイラ 11 に供給される。再生工程で CO₂回収装置 10 から排出された凝縮水と、冷却工程で CO₂回収装置 10 から排出された冷却水とでは、再生工程で排出された凝縮水の方が高温になるため、給水加熱器 B 15 は、給水加熱器 A 14 よりも温度設定を高くする方がよい。
- [0078] なお、本発明は、上記の実施例に限定されるものではなく、様々な変形例を含む。例えば、上記の実施例は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、本発明は、必ずしも説明した全ての構成を備える態様に限定されるものではない。

符号の説明

- [0079] 1…捕捉材容器、2 a～2 i, 2 m～2 p, 2 d-1, 2 d-2, 2 f-1, 2 f-2, 2 h-1, 2 h-2, 2 i-1, 2 i-2, 2 k-1, 2 k-2, 2 l-1, 2 l-2…配管、3 a～3 j, 3 m～3 p, 3 h-1, 3 h-2, 3 j-1, 3 j-2, 3 k-1, 3 k-2, 3 l-1, 3 l-2…弁、4…伝熱部、5, 5 a, 5 b…凝縮水を貯留する貯留容器、6, 6 a～6 h…CO₂回収装置の CO₂捕捉ユニット、7…冷却水を貯留する貯留容器、8…凝縮器、9…流量計、10…CO₂回収装置、11…ボイラ、12…蒸気タービン、13…復水器、14…給水加熱器 A、15…給水加熱器 B、16…排気設備。

請求の範囲

- [請求項1] CO_2 含有ガスから CO_2 を除去する固体の CO_2 捕捉材を充填した捕捉材容器、
- 前記捕捉材容器に設けられ、前記 CO_2 捕捉材を加熱及び冷却する伝熱部、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記捕捉材容器に CO_2 含有ガスを導入する第1の配管、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記 CO_2 含有ガスから CO_2 が除去されたガスを前記捕捉材容器から排出する第2の配管、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記 CO_2 捕捉材から CO_2 を脱離させるために前記伝熱部に水蒸気を導入する第3の配管、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記 CO_2 捕捉材から脱離した CO_2 を含むガスを前記捕捉材容器から排出する第4の配管、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部に冷却水を導入する第5の配管、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部に水蒸気を導入した際に発生する凝縮水を前記伝熱部から排出する第6の配管、
- 前記捕捉材容器に接続され、前記伝熱部から冷却水を排出する第7の配管、及び
- 前記第6の配管に設けられ、前記第6の配管に流れる凝縮水の流量を制御する第1の弁を備える CO_2 捕捉ユニットと、
- 前記第6の配管に接続され、前記伝熱部から排出された凝縮水を貯留する貯留容器と、
- 前記貯留容器に接続され、前記貯留容器から凝縮水を排出する第8の配管と、
- 前記貯留容器に接続され、前記貯留容器から水蒸気を排出する第9の配管と、
- 前記第8の配管に設けられ、第8の配管に流れる凝縮水の流量を制

御する第2の弁と、

前記第8の配管の前記第2の弁の下流側に設けられ、前記第8の配管を流れる凝縮水の流量を計測する流量計と、を備えることを特徴とするCO₂回収装置。

[請求項2] 前記CO₂捕捉ユニットを複数備える請求項1記載のCO₂回収装置。

[請求項3] 前記CO₂捕捉ユニットを複数備え、
前記貯留容器は、複数の前記CO₂捕捉ユニットの前記第6の配管が接続され、複数の前記CO₂捕捉ユニットの前記伝熱部から排出された凝縮水を貯留する請求項1記載のCO₂回収装置。

[請求項4] 請求項2または3記載のCO₂回収装置を2つ備え、
少なくとも一方の前記CO₂回収装置の前記第9の配管は、他方の前記CO₂回収装置のそれぞれの前記第3の配管に接続され、少なくとも前記一方のCO₂回収装置の前記貯留容器から排出された水蒸気が、前記他方のCO₂回収装置のそれぞれの前記捕捉材容器の前記伝熱部に導入される請求項2または3記載のCO₂回収装置。

[請求項5] 前記第7の配管に接続され、前記伝熱部から排出された冷却水を貯留する貯留容器をさらに備える請求項1記載のCO₂回収装置。

[請求項6] 請求項1記載のCO₂回収装置を2つ備え、
少なくとも一方の前記CO₂回収装置の第8の配管は、他方の前記CO₂回収装置の第7の配管と接続され、少なくとも前記一方のCO₂回収装置の前記貯留容器から排出された凝縮水と、前記他方のCO₂回収装置の前記伝熱部から排出された冷却水とが混合される請求項1記載のCO₂回収装置。

[請求項7] 前記捕捉材容器に接続され、前記捕捉材容器に水蒸気を導入する第10の配管と、

前記第4の配管に接続され、前記捕捉材容器から排出されたガス中の水蒸気を凝縮させる凝縮器と、をさらに備える請求項1記載のCO

₂回収装置。

- [請求項8] 前記第1の配管が導入する前記CO₂含有ガスは、燃焼設備の燃焼排ガスである請求項1記載のCO₂回収装置。
- [請求項9] 前記第3の配管が導入する前記水蒸気は、燃焼設備で水を気化させて発生した水蒸気である請求項1記載のCO₂回収装置。
- [請求項10] 前記第5の配管が導入する前記冷却水は、水蒸気を復水器で凝縮した水である請求項1記載のCO₂回収装置。
- [請求項11] 前記第7の配管が排出した冷却水と、前記第8の配管が排出した凝縮水は、燃焼設備に供給される請求項1記載のCO₂回収装置。
- [請求項12] 前記CO₂捕捉材は、Ce、La、Pr、Nd、及びGdからなる群から選ばれた少なくとも1つの元素の酸化物を含む請求項1記載のCO₂回収装置。
- [請求項13] CO₂含有ガスを前記捕捉材容器に導入することで、前記CO₂捕捉材がCO₂を捕捉し、前記CO₂含有ガスからCO₂を除去する捕捉工程と、
前記伝熱部に水蒸気を導入して前記CO₂捕捉材を加熱することで、前記CO₂捕捉材からCO₂を脱離させる再生工程と、
前記伝熱部に冷却水を導入して前記CO₂捕捉材を冷却する冷却工程とを有し、
前記捕捉工程、前記再生工程、及び前記冷却工程を繰り返すことを特徴とする請求項1記載のCO₂回収装置の運転方法。
- [請求項14] 請求項1記載のCO₂回収装置を3つ以上備え、
少なくとも1つの前記CO₂回収装置が前記捕捉工程を実行しているとき、他の少なくとも1つの前記CO₂回収装置が前記再生工程を実行し、さらに他の少なくとも1つの前記CO₂回収装置が前記冷却工程を実行する請求項13記載のCO₂回収装置の運転方法。
- [請求項15] 前記捕捉工程、前記再生工程、及び前記冷却工程の実行時間が互いに同じである請求項14記載のCO₂回収装置の運転方法。

[図1A]

図 1A

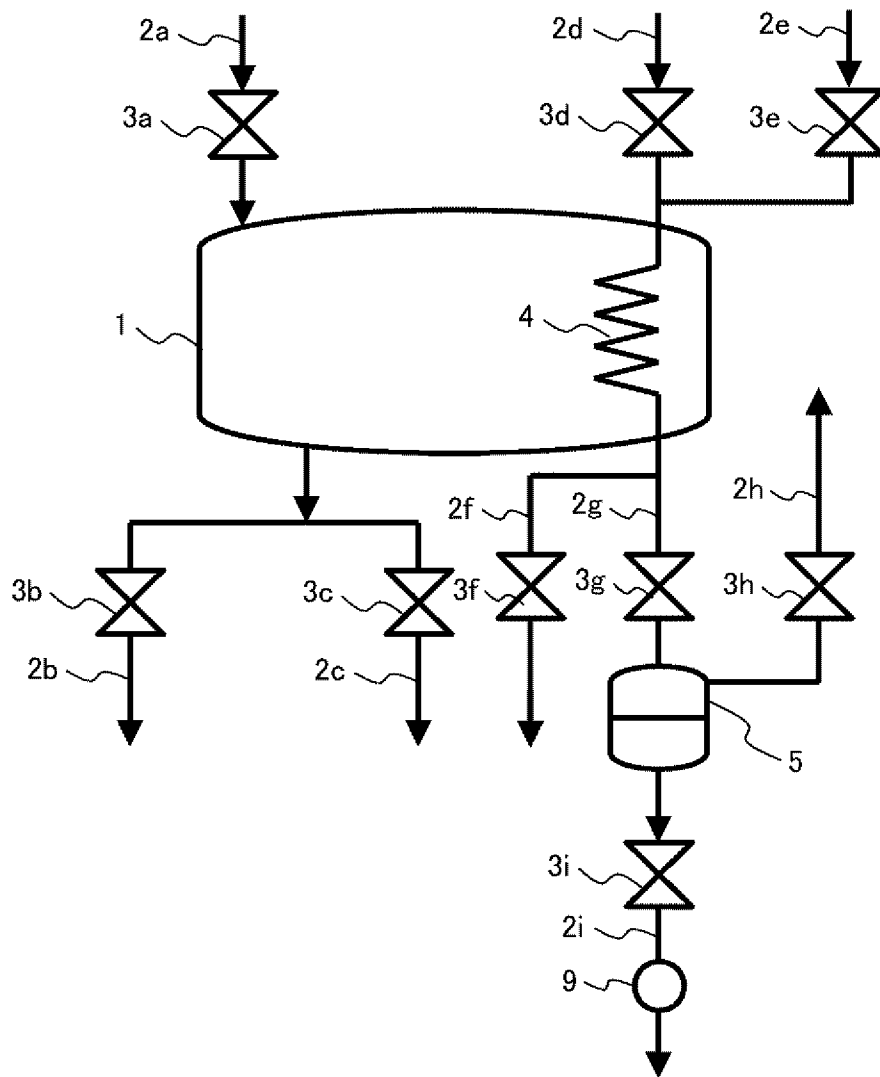


図 1B

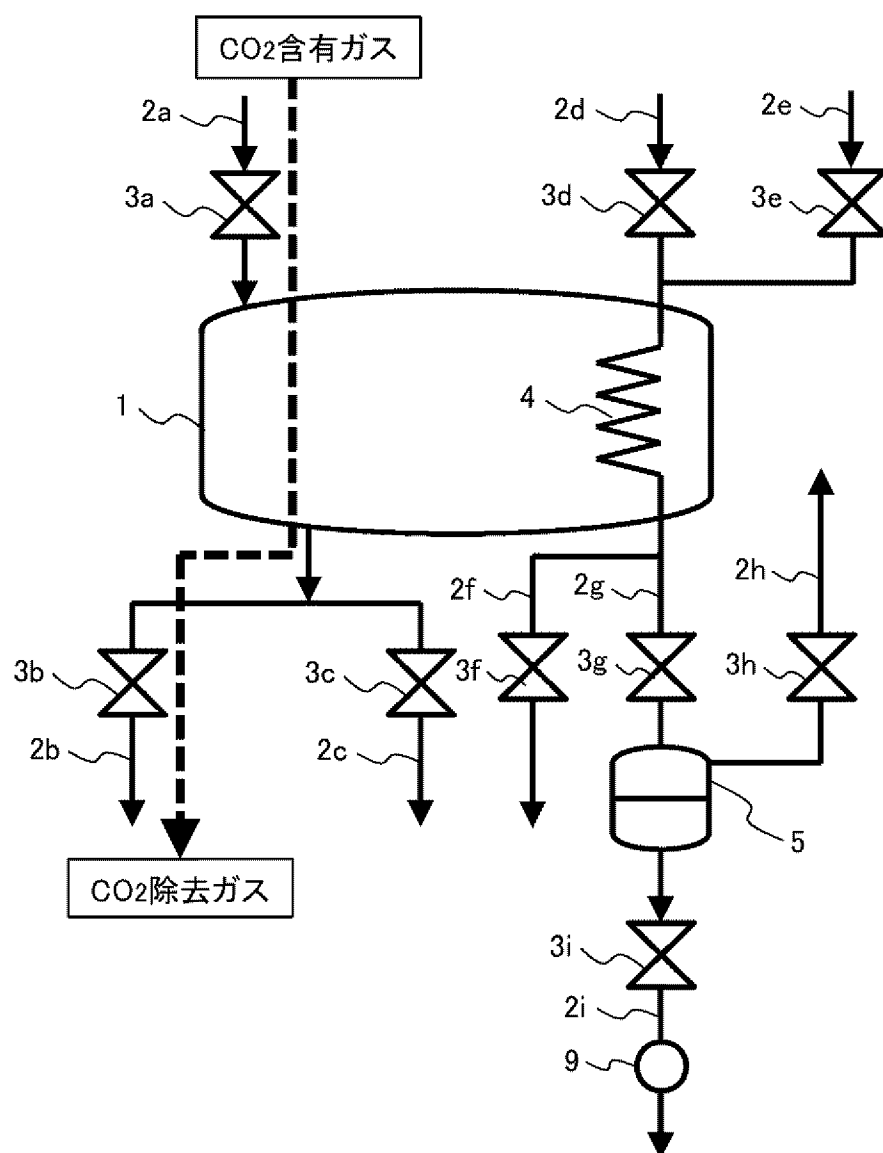
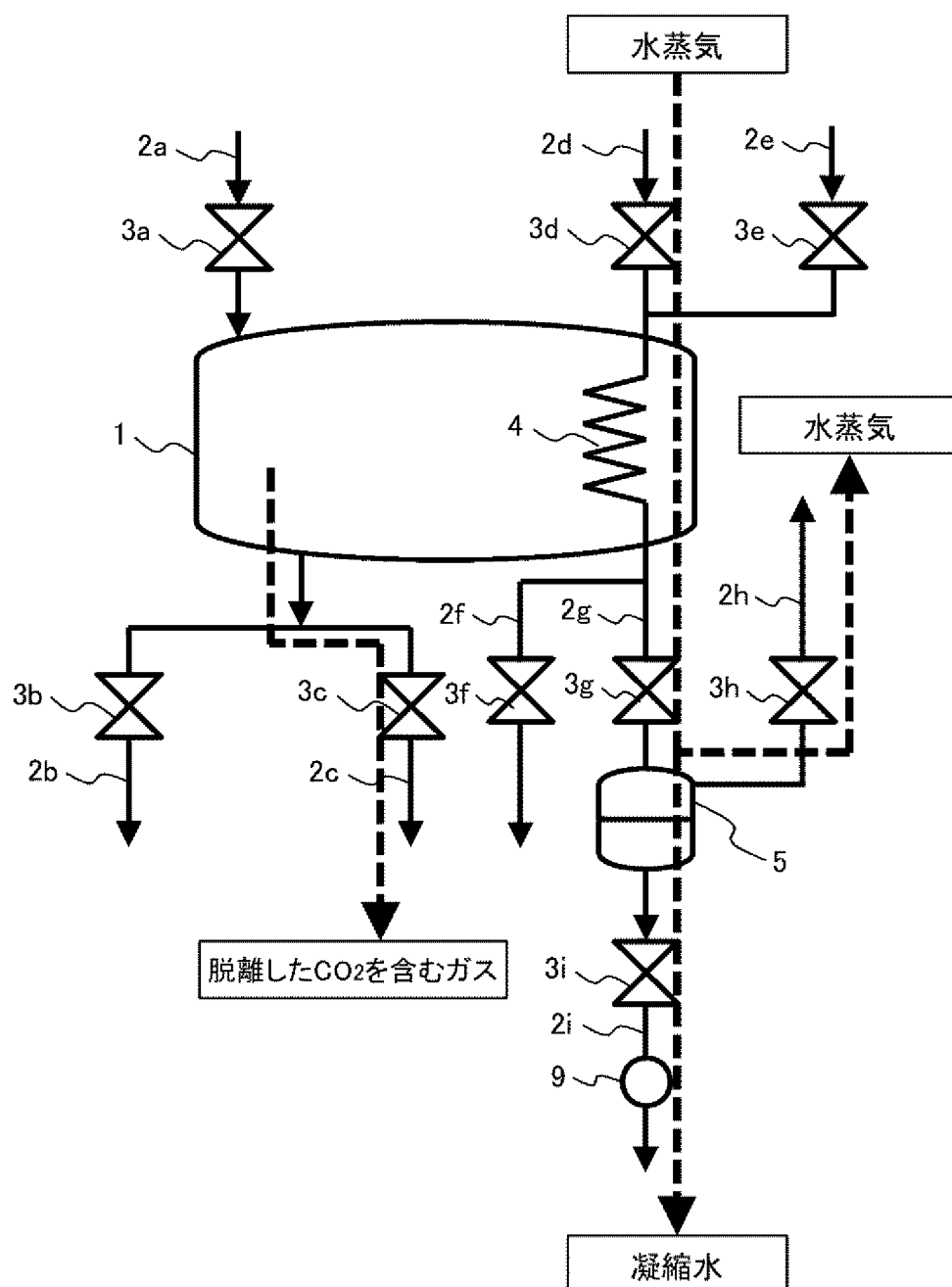
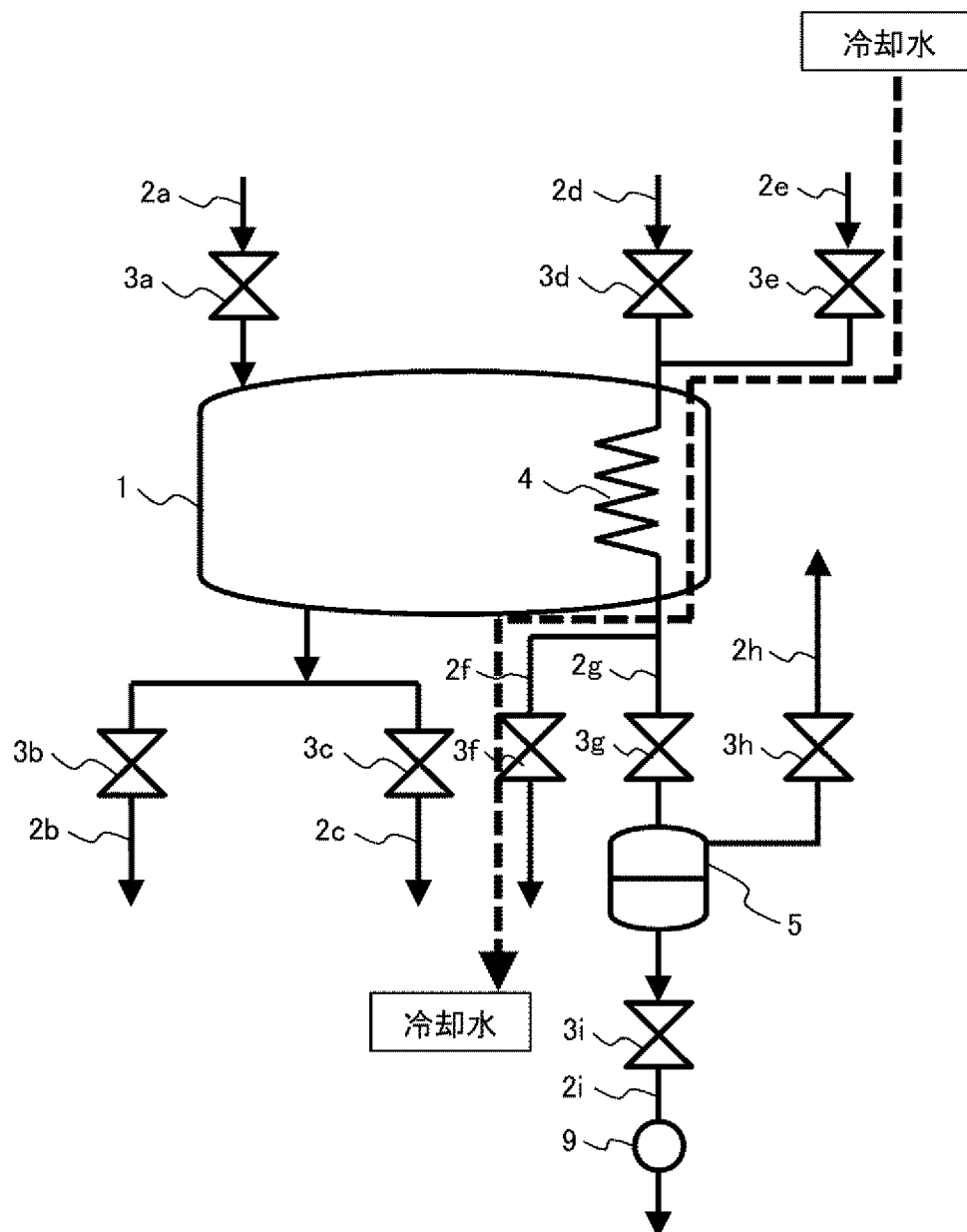


图 1C



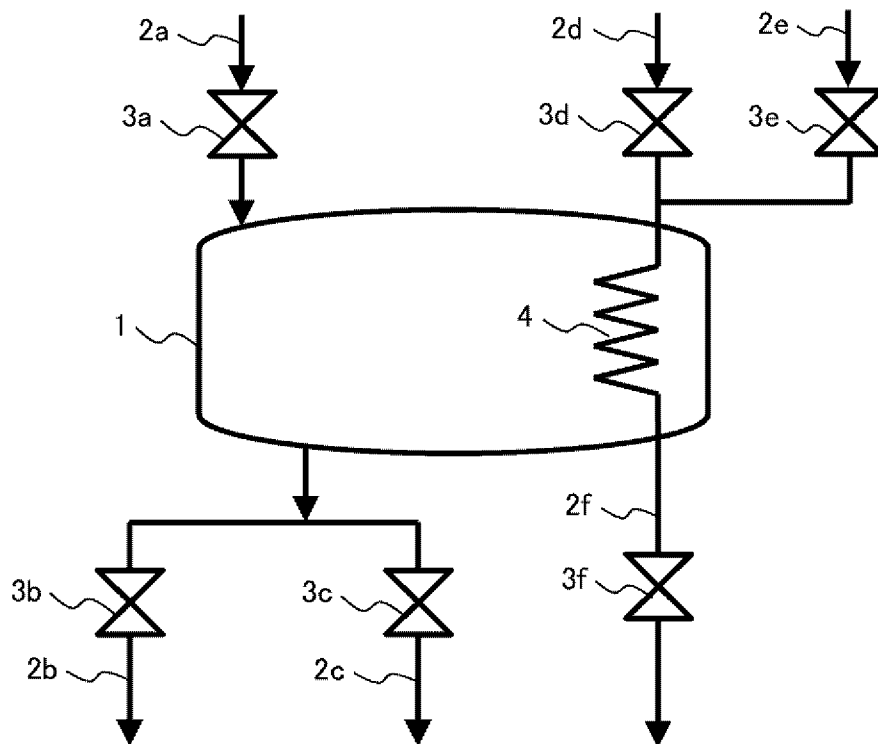
[図1D]

図 1D



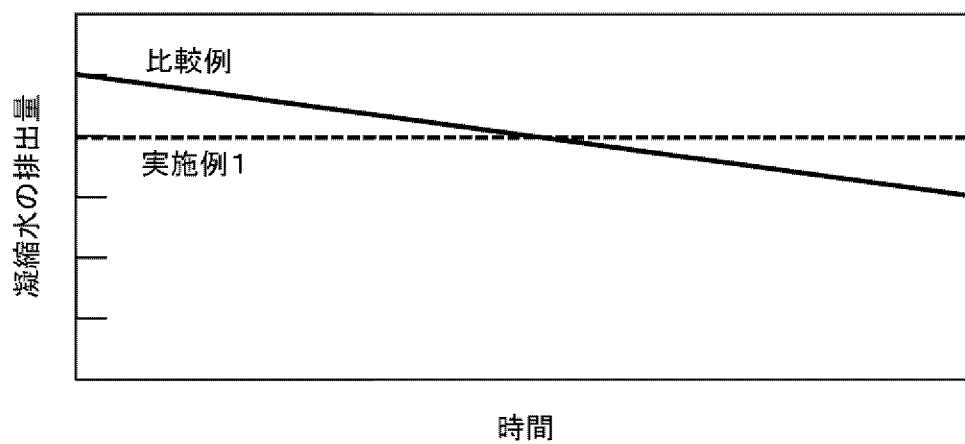
[図2]

図 2



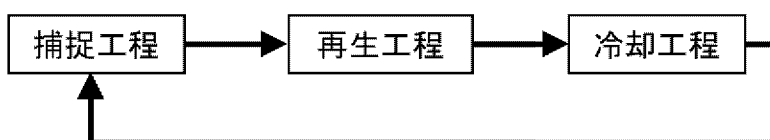
[図3]

図 3



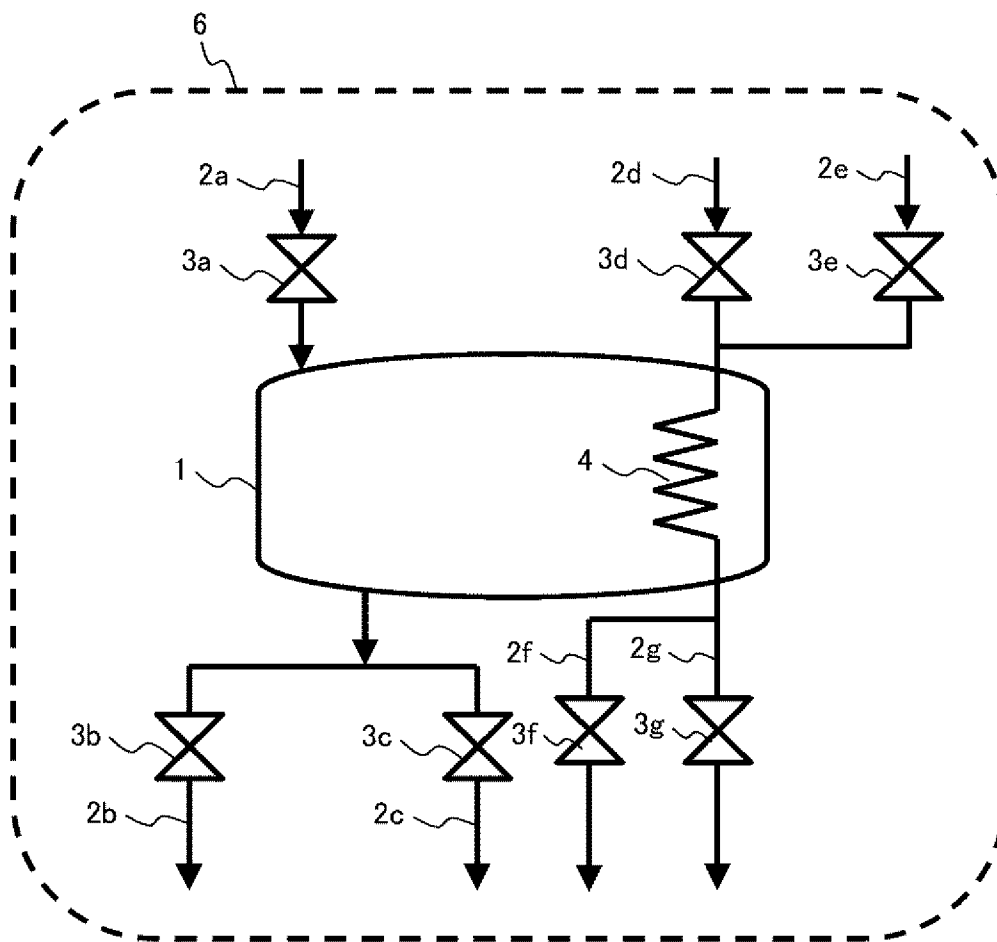
[図4]

図 4



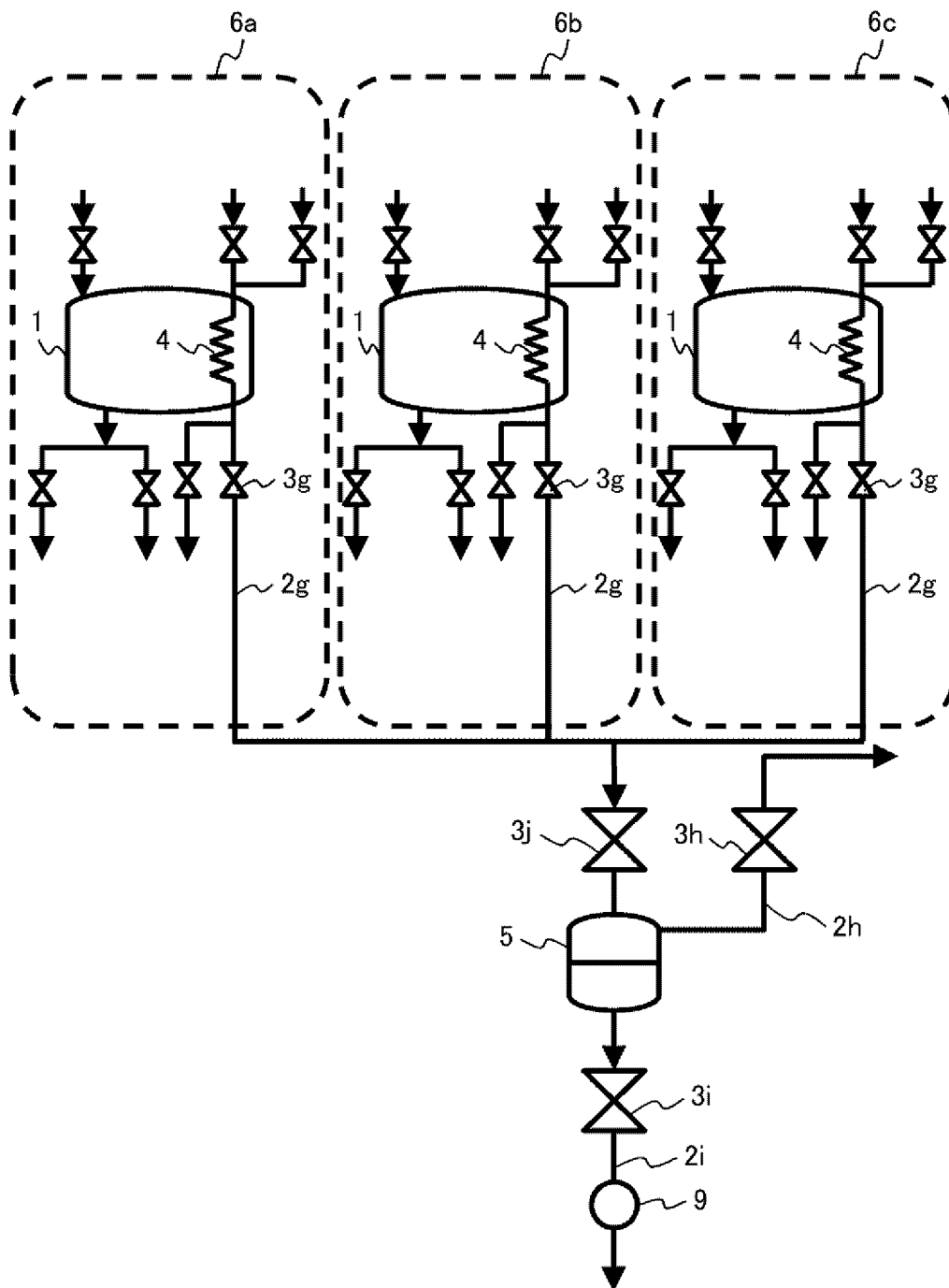
[図5]

図 5



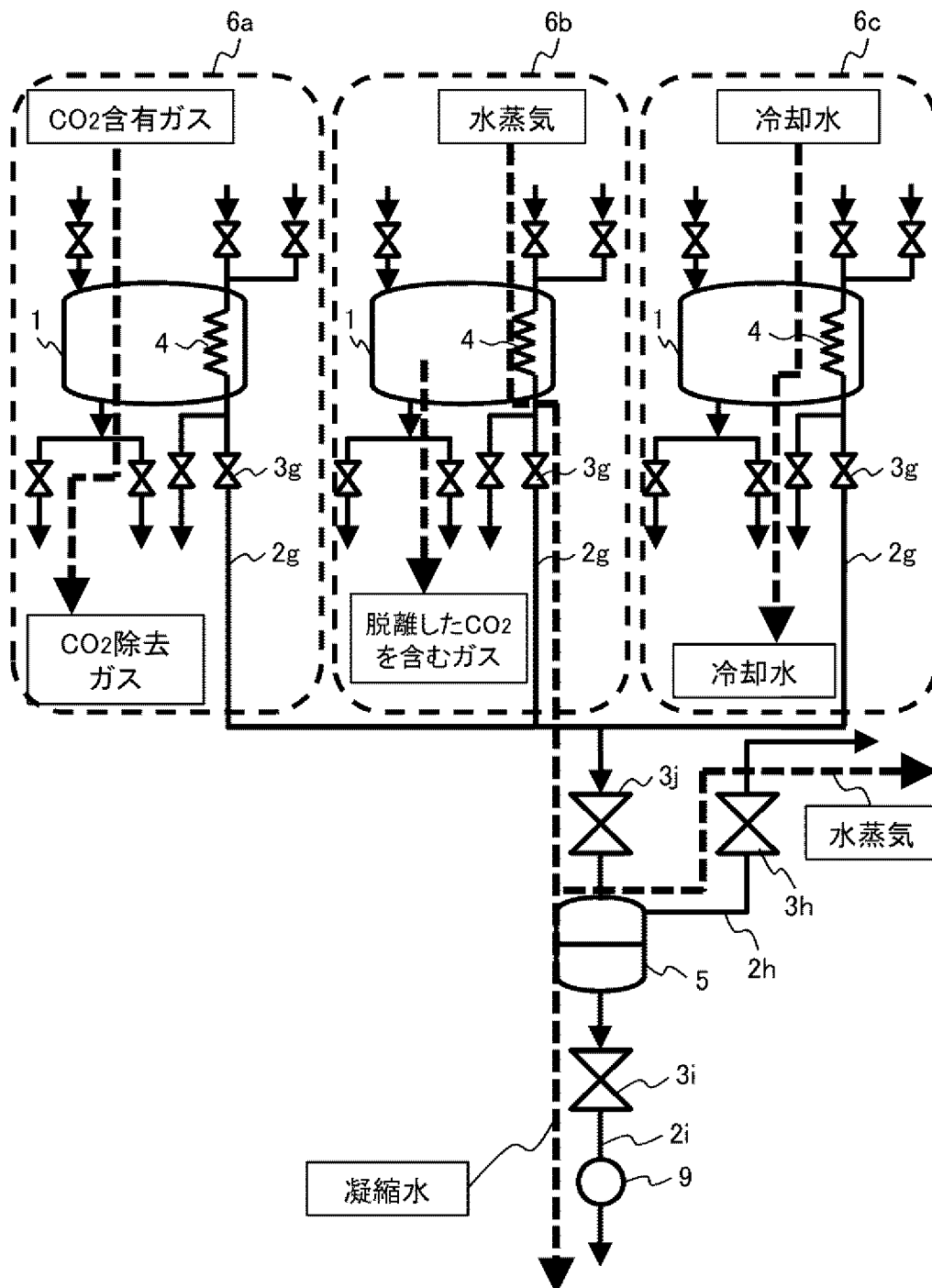
[図6]

図 6



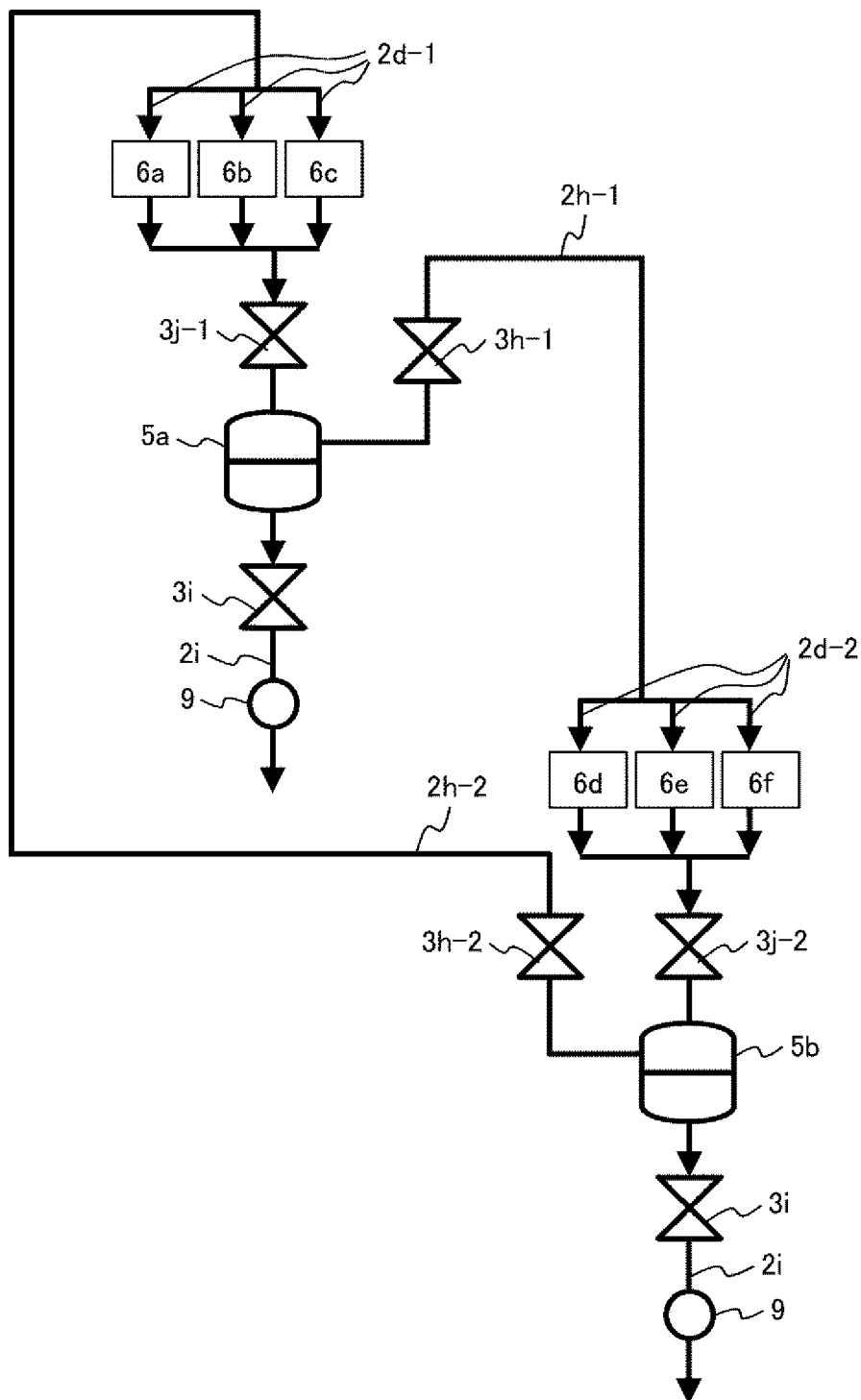
[図7]

図 7



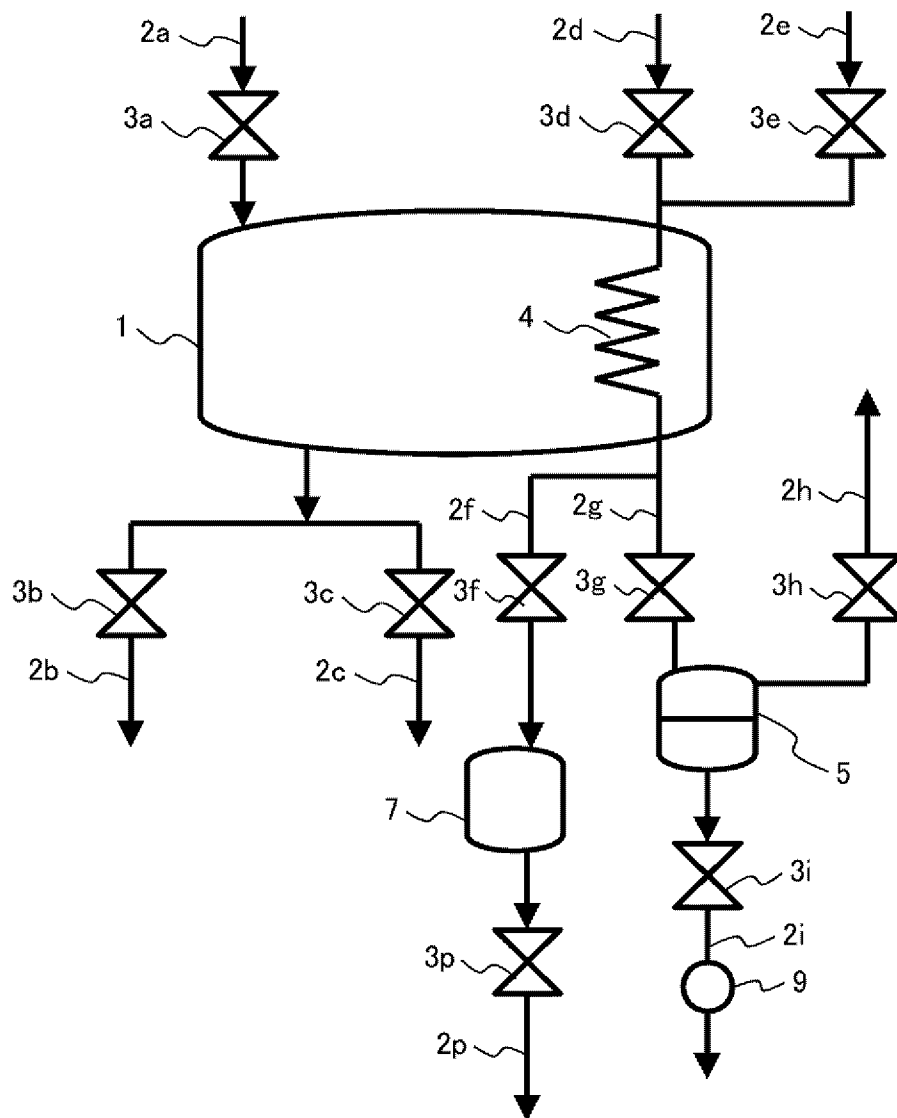
[図8]

図 8



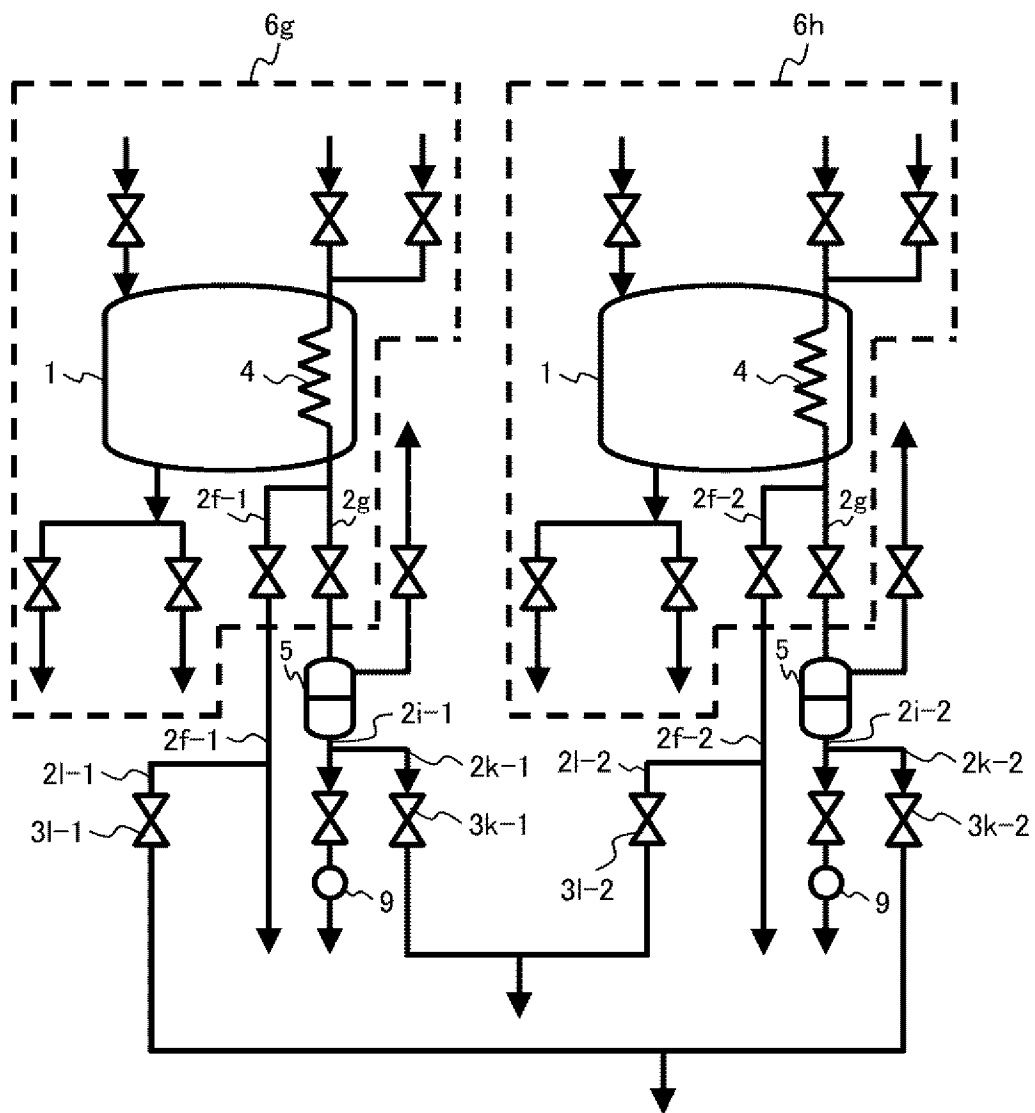
[図9]

図 9



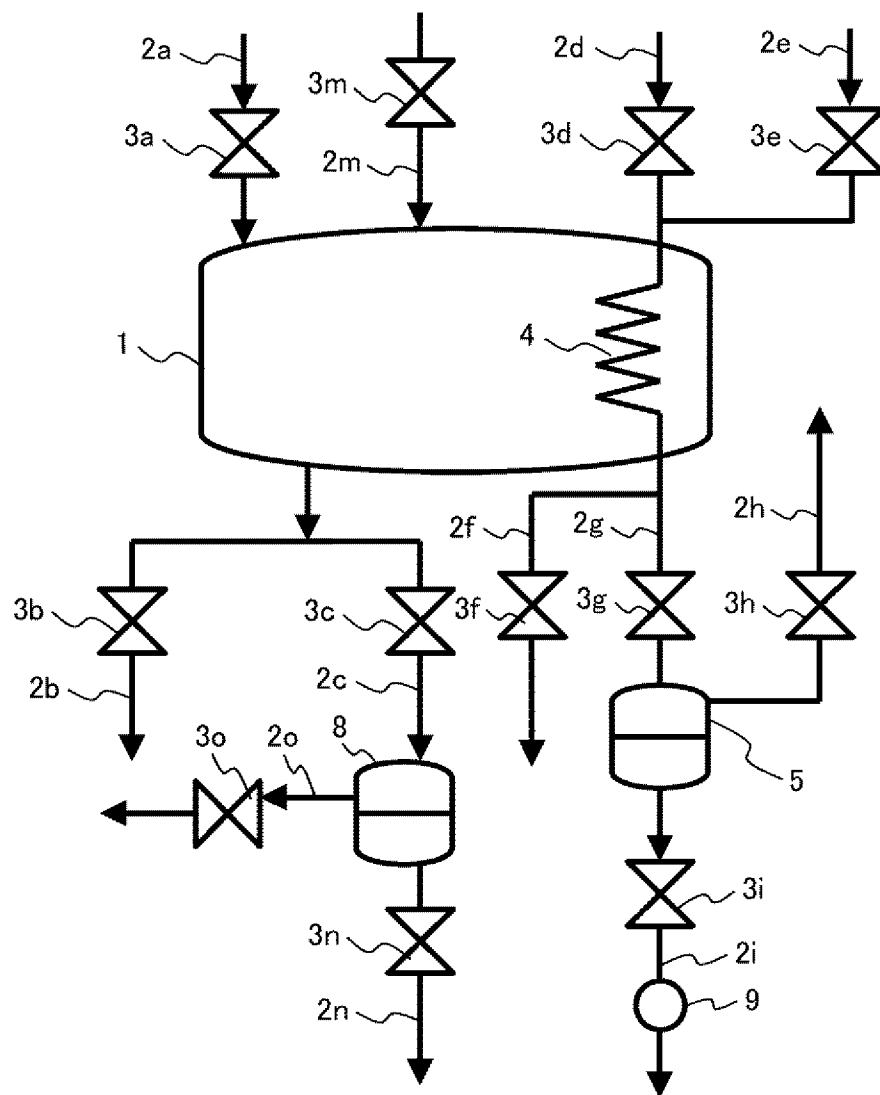
[図10]

図 10



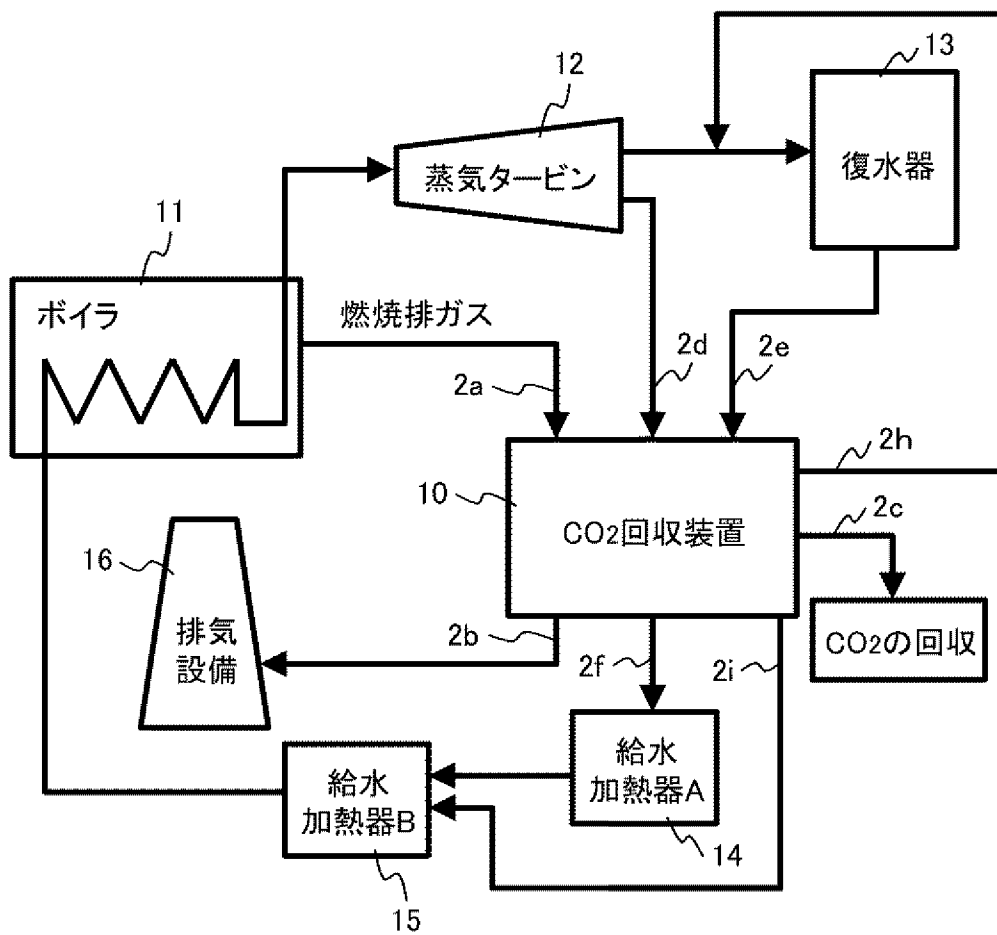
[図11]

図 11



[図12]

図 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/082289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D53/62 (2006.01) i, B01D53/04 (2006.01) i

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)

B01D53/34, B01D53/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	US 2010/0263534 A1 (THE UNIVERSITY OF AKRON), 21 October 2010 (21.10.2010), fig. 7; paragraph [0054] & EP 2214814 A & WO 2009/061470 A1 & CN 101909743 A	1-15
A	JP 10-156127 A (IHI Plantec), 16 June 1998 (16.06.1998), fig. 3; paragraphs [0056] to [0060] (Family: none)	1-15
A	JP 60-153919 A (Hitachi, Ltd.), 13 August 1985 (13.08.1985), fig. 3 (Family: none)	1-15

☐ 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
05 March, 2013 (05.03.13)

Date of mailing of the international search report
12 March, 2013 (12.03.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. B01D53/62(2006.01)i, B01D53/04(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. B01D53/34, B01D53/02

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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
A	US 2010/0263534 A1 (THE UNIVERSITY OF AKRON) 2010.10.21, Figure 7, [0054] & EP 2214814 A & WO 2009/061470 A1 & CN 101909743 A	1-15
A	JP 10-156127 A (アイ・エイチ・アイ プランテック) 1998.06.16, 図3, 【0056】 - 【0060】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 60-153919 A (株式会社日立製作所) 1985.08.13, 第3図 (ファミリーなし)	1-15

☐ 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矛盾するものではなく、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

05.03.2013

国際調査報告の発送日

12.03.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山本 吾一

4Q

3128

電話番号 03-3581-1101 内線 3468