

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2017-160101
(P2017-160101A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C O 1 B 32/50 (2017.01)	C O 1 B 31/20 Z A B B	4 D O O 2
B O 1 D 53/62 (2006.01)	B O 1 D 53/62	4 D O 2 O
B O 1 D 53/78 (2006.01)	B O 1 D 53/78	4 G 1 4 6
B O 1 D 53/18 (2006.01)	B O 1 D 53/18 1 3 O	
B O 1 D 53/14 (2006.01)	B O 1 D 53/14 2 2 O	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)		

(21) 出願番号 特願2016-48701 (P2016-48701)	(71) 出願人 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日 平成28年3月11日(2016.3.11)	(74) 代理人 100091982 弁理士 永井 浩之
	(74) 代理人 100091487 弁理士 中村 行孝
	(74) 代理人 100082991 弁理士 佐藤 泰和
	(74) 代理人 100105153 弁理士 朝倉 悟
	(74) 代理人 100107582 弁理士 関根 毅
	(74) 代理人 100124372 弁理士 山ノ井 傑
	最終頁に続く

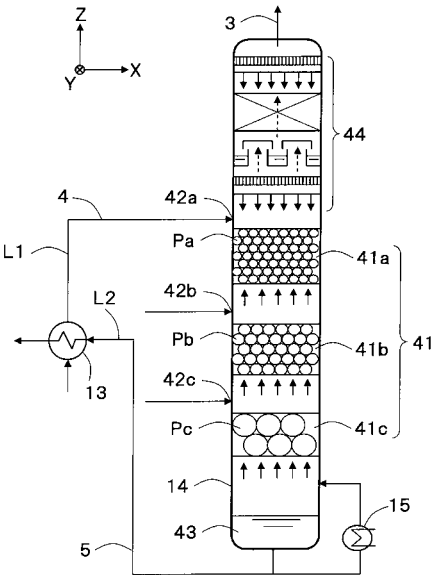
(54) 【発明の名称】 二酸化炭素回収システムおよび二酸化炭素回収方法

(57) 【要約】

【課題】 再生塔内で二酸化炭素を効率的に回収可能な二酸化炭素回収システムおよび二酸化炭素回収方法を提供する。

【解決手段】 一の実施形態によれば、二酸化炭素回収システムは、処理対象ガス中の二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、前記二酸化炭素を吸収した前記吸収液から前記二酸化炭素を放出させる再生塔とを備える。前記システムはさらに、前記吸収塔から前記再生塔に前記吸収液を移送する第1流路と、前記再生塔から前記吸収塔に前記吸収液を移送する第2流路とを備える。前記再生塔は、前記再生塔内で上段から下段に順番に配置された第1から第N（Nは2以上の整数）の充填層を備える。前記第1から第Nの充填層は、第K1の充填層の比表面積が、前記第K1の充填層よりも下段の第K2の充填層の比表面積よりも大きい第K1および第K2の充填層（K1およびK2は、 $1 \leq K1 \leq N$ 、 $1 \leq K2 \leq N$ 、および $K1 < K2$ を満たす整数）を含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理対象ガス中の二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、
前記二酸化炭素を吸収した前記吸収液から前記二酸化炭素を放出させる再生塔と、
前記吸収塔から前記再生塔に前記吸収液を移送する第 1 流路と、
前記再生塔から前記吸収塔に前記吸収液を移送する第 2 流路とを備え、
前記再生塔は、前記再生塔内で上段から下段に順番に配置された第 1 から第 N（N は 2 以上の整数）の充填層を備え、

前記第 1 から第 N の充填層は、第 K 1 の充填層の比表面積が、前記第 K 1 の充填層よりも下段の第 K 2 の充填層の比表面積よりも大きい第 K 1 および第 K 2 の充填層（K 1 および K 2 は、 $1 \leq K 1 \leq N$ 、 $1 \leq K 2 \leq N$ 、および $K 1 < K 2$ を満たす整数）を含む、二酸化炭素回収システム。

10

【請求項 2】

前記第 1 から第 N の充填層はさらに、第 K 3 の充填層の比表面積が、前記第 K 3 の充填層よりも下段の第 K 4 の充填層の比表面積と等しい第 K 3 および第 K 4 の充填層（K 3 および K 4 は、 $1 \leq K 3 \leq N$ 、 $1 \leq K 4 \leq N$ 、および $K 3 < K 4$ を満たす整数）を含む、請求項 1 に記載の二酸化炭素回収システム。

【請求項 3】

前記再生塔は少なくとも、前記第 1 流路から前記第 K 1 の充填層上に前記吸収液を導入する上段導入口と、前記第 1 流路から前記第 K 2 の充填層上に前記吸収液を導入する下段導入口とを備える、請求項 1 または 2 に記載の二酸化炭素回収システム。

20

【請求項 4】

前記第 1 流路は、第 1 温度または第 1 二酸化炭素濃度を有する前記吸収液を前記上段導入口から前記再生塔内に導入し、前記第 1 温度よりも高い第 2 温度または前記第 1 二酸化炭素濃度よりも高い第 2 二酸化炭素濃度を有する前記吸収液を前記下段導入口から前記再生塔内に導入する、請求項 3 に記載の二酸化炭素回収システム。

【請求項 5】

前記第 1 流路を流れる前記吸収液と、前記第 2 流路を流れる前記吸収液との間で熱交換を行う再生熱交換器と、

前記第 1 流路にて前記再生熱交換器と前記再生塔との間を流れる前記吸収液から二酸化炭素を放出させる緩衝器とを備え、

30

前記第 1 流路は、前記緩衝器から排出された前記吸収液を前記上段導入口から前記再生塔内に導入し、前記再生熱交換器から排出された前記吸収液を前記緩衝器を介さずに前記下段導入口から前記再生塔内に導入する、請求項 3 または 4 に記載の二酸化炭素回収システム。

【請求項 6】

吸収塔にて処理対象ガス中の二酸化炭素を吸収液に吸収させ、
再生塔にて前記二酸化炭素を吸収した前記吸収液から前記二酸化炭素を放出させ、
前記吸収塔から前記再生塔に第 1 流路を介して前記吸収液を移送し、
前記再生塔から前記吸収塔に第 2 流路を介して前記吸収液を移送することを含み、
前記再生塔は、前記再生塔内で上段から下段に順番に配置された第 1 から第 N（N は 2 以上の整数）の充填層を備え、

40

前記第 1 から第 N の充填層は、第 K 1 の充填層の比表面積が、前記第 K 1 の充填層よりも下段の第 K 2 の充填層の比表面積よりも大きい第 K 1 および第 K 2 の充填層（K 1 および K 2 は、 $1 \leq K 1 \leq N$ 、 $1 \leq K 2 \leq N$ 、および $K 1 < K 2$ を満たす整数）を含む、二酸化炭素回収方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、二酸化炭素回収システムおよび二酸化炭素回収方法に関する。

50

【背景技術】

【0002】

化石燃料の燃焼生成物である二酸化炭素による地球温暖化への対応として、燃焼排ガスと吸収液とを接触させて燃焼排ガス中の二酸化炭素を回収する方法が研究されている。

【0003】

吸収液により燃焼排ガス中の二酸化炭素を回収するシステムの例としては、燃焼排ガスと吸収液とを接触させて、燃焼排ガス中の二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱して、吸収液から二酸化炭素を放出させる再生塔とを備える二酸化炭素回収システムが知られている。

【0004】

また、二酸化炭素回収システムの吸収塔でより多くの二酸化炭素を吸収するため、二酸化炭素吸収部の充填材の表面に高分子膜を塗布して吸収液と充填材との気液接触率を向上させることが考えられている。

【0005】

二酸化炭素回収システムの吸収液としては、アミン系液体、シリコンオイル、イオン性液体などが使用される。二酸化炭素回収システムを安定的かつ経済的に運転するためには、吸収塔内の吸収液の二酸化炭素濃度と、再生塔内の吸収液の二酸化炭素濃度とを常に一致させることや、再生塔内の吸収液の二酸化炭素濃度を監視しながら再生塔リボイラへの投入熱エネルギーを調整することが望まれる。

【0006】

発電所の付帯設備として設置される二酸化炭素回収システムでは、使用するエネルギーを発電所から受けることが多い。一般に、二酸化炭素回収システムは、発電所の発電エネルギーの15～20%を使用してしまうと言われている。例えば、二酸化炭素回収システムの再生塔や再生塔リボイラは多量のエネルギーを必要とすることから、再生塔や再生塔リボイラで使用するエネルギーを低減することが望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-323339号公報

【特許文献2】特許第3958035号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

二酸化炭素回収システムの再生塔では、二酸化炭素を効率的に回収できない事態の発生が問題となる。例えば、再生塔内を上昇するガスにより吸収液が落下しなくなるフラッディングや、再生塔内にて吸収液内に泡が生じるフォーミングが問題となる。フォーミングが発生すると、吸収液やガスの流量の変動が大きくなるため、二酸化炭素回収システムの運転が困難となる。フォーミングは吸収液内に消泡剤を添加することで低減できるが、消泡剤が吸収液の性能を低下させる可能性がある。

【0009】

そこで、本発明の実施形態は、再生塔内で二酸化炭素を効率的に回収可能な二酸化炭素回収システムおよび二酸化炭素回収方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

一の実施形態によれば、二酸化炭素回収システムは、処理対象ガス中の二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、前記二酸化炭素を吸収した前記吸収液から前記二酸化炭素を放出させる再生塔とを備える。前記システムはさらに、前記吸収塔から前記再生塔に前記吸収液を移送する第1流路と、前記再生塔から前記吸収塔に前記吸収液を移送する第2流路とを備える。前記再生塔は、前記再生塔内で上段から下段に順番に配置された第1から第N（Nは2以上の整数）の充填層を備える。前記第1から第Nの充填層は、第K1の充

10

20

30

40

50

填層の比表面積が、前記第 K 1 の充填層よりも下段の第 K 2 の充填層の比表面積よりも大きい第 K 1 および第 K 2 の充填層（K 1 および K 2 は、 $1 \leq K 1 \leq N$ 、 $1 \leq K 2 \leq N$ 、および $K 1 < K 2$ を満たす整数）を含む。

【発明の効果】

【0011】

本発明にかかる各実施形態によれば、二酸化炭素を効率的に回収することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態の二酸化炭素回収システムの構成を示す模式図である。

【図2】第1実施形態の再生塔の構造を示す断面図である。

10

【図3】第1実施形態の再生塔内の充填層の例を示す断面図である。

【図4】第1実施形態の変形例の再生塔の構造を示す断面図である。

【図5】第1実施形態の別の変形例の再生塔の構造を示す断面図である。

【図6】第2実施形態の再生塔の構造を示す断面図である。

【図7】第2実施形態の変形例の再生塔の構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

【0014】

（第1実施形態）

20

図1は、第1実施形態の二酸化炭素回収システムの構成を示す模式図である。

【0015】

図1の二酸化炭素回収システムは、吸収塔11と、リッチ液移送ポンプ12と、再生熱交換器13と、再生塔14と、再生塔リボイラ15と、リーン液移送ポンプ16と、リーン液冷却器17と、リーン液緩衝タンク18と、吸収塔還流冷却器21と、気液分離器22と、再生塔還流冷却器23と、二酸化炭素分離器24と、回収二酸化炭素排出ライン25と、還流液ポンプ26とを備えている。

【0016】

図1の二酸化炭素回収システムはさらに、吸収塔11から再生塔14に吸収液を移送するリッチ液流路L1と、再生塔14から吸収塔11に吸収液を移送するリーン液流路L2とを備えている。リッチ液移送ポンプ12は、リッチ液流路L1に設けられている。再生熱交換器13は、リッチ液流路L1とリッチ液流路L2との交点に設けられている。再生塔リボイラ15は、リーン液流路L2の分岐部分に設けられている。リーン液移送ポンプ16、リーン液冷却器17、およびリーン液緩衝タンク18は、リーン液流路L2に設けられている。リッチ液流路L1は第1流路の例であり、リーン液流路L2は第2流路の例である。

30

【0017】

吸収塔11は、処理対象ガス1と吸収液とを接触させて、処理対象ガス1中の二酸化炭素を吸収液に吸収させる。処理対象ガス1の例は、石炭火力発電所で発生した燃焼排ガスである。吸収液の例は、アミン系液体、シリコンオイル、イオン性液体などである。

40

【0018】

吸収塔11は、充填層31aを含む二酸化炭素吸収部31と、充填層31a上に吸収液を導入する導入口32aと、二酸化炭素吸収部31の下方に設けられた貯液部33とを備えている。

【0019】

導入口32aから吸収塔11内に導入された吸収液は、吸収塔11内を落下する。吸収塔11内を落下する吸収液は、吸収塔11内を上昇する処理対象ガス1と充填層31a内で接触する。この際、処理対象ガス1中の二酸化炭素が吸収液に吸収される。貯液部33には、二酸化炭素を吸収することで二酸化炭素濃度が高くなった吸収液（リッチ液4）が溜まる。

50

【0020】

吸収塔11は、吸収塔11の上部から吸収塔排出ガス2を排出する。吸収塔排出ガス2は、二酸化炭素が除去された処理対象ガス1や、水蒸気を含んでいる。吸収塔排出ガス2中の水蒸気は、吸収塔還流冷却器21により冷却されることで凝縮され、凝縮水に変化する。吸収塔排出ガス2は、気液分離器22により凝縮水と分離され、最終的に系外に排出される。一方、分離された凝縮水は、吸収塔11に戻される。

【0021】

貯液部33に溜まったリッチ液4は、吸収塔11からリッチ液流路L1を介して再生塔14に移送される。具体的には、リッチ液4は、吸収塔11から排出され、リッチ液移送ポンプ12により再生熱交換器13を介して再生塔14に供給され、再生塔14内に導入される。

10

【0022】

再生塔14は、充填層41a～41cを含む二酸化炭素回収部41と、充填層41a上に吸収液を導入する導入口42aと、二酸化炭素回収部41の下方に設けられた貯液部43とを備えている。充填層41a～41cは、再生塔41内で上段から下段に順番に配置されている。充填層41a～41cは、第1から第Nの充填層の例である（Nは2以上の整数）。Nの値は3以外でもよい。

【0023】

導入口42aから再生塔14内に導入された吸収液は、再生塔14内を落下する。その結果、貯液部43に吸収液が溜まる。貯液部43に溜まった吸収液の一部は、再生塔14から排出され、再生塔14と再生塔リボイラ15との間をリーン液流路L2の分岐部分を介して循環する。この際、吸収液は、再生塔リボイラ15により加熱され、水蒸気を発生する。発生した水蒸気は、再生塔14内に戻され、再生塔14内を上昇し、再生塔14内を落下する吸収液と充填層41a～41c内で接触する。この際、吸収液が水蒸気により加熱され、吸収液から二酸化炭素ガスと水蒸気とが放出される。貯液部43には、二酸化炭素を放出することで二酸化炭素濃度が低くなった吸収液（リーン液5）が溜まる。

20

【0024】

再生塔14は、再生塔14の上部から再生塔排出ガス3を排出する。再生塔排出ガス3は、吸収液から放出された二酸化炭素ガスや水蒸気を含んでいる。再生塔排出ガス3中の水蒸気は、再生塔還流冷却器23により冷却されることで凝縮され、凝縮水に変化する。再生塔排出ガス3は、二酸化炭素分離器24により凝縮水と分離され、回収された二酸化炭素を含むガスとして、最終的に回収二酸化炭素排出ライン25から系外に排出される。一方、分離された凝縮水は、還流液ポンプ26により再生塔14に戻される。

30

【0025】

貯液部43に溜まったリーン液5は、再生塔14からリーン液流路L2を介して吸収塔11に移送される。具体的には、リーン液5は、再生塔14から排出され、リーン液移送ポンプ16により再生熱交換器13、リーン液冷却器17、およびリーン液緩衝タンク18を介して供給器11に供給され、吸収塔11内に導入される。この際、再生熱交換器13は、リッチ液流路L1を流れるリッチ液4と、リーン液流路L2を流れるリーン液5との間で熱交換を行う。その結果、リッチ液4が加熱され、リーン液5が冷却される。

40

【0026】

以上のように、本実施形態の吸収液は、吸収塔11と再生塔14との間を循環し、繰り返し使用される。

【0027】

図2は、第1実施形態の再生塔14の構造を示す断面図である。

【0028】

図2は、再生塔14の延伸方向に垂直で互いに垂直なX方向およびY方向と、再生塔14の延伸方向に平行なZ方向とを示している。本明細書では、+Z方向を上方向として取り扱い、-Z方向を下方向として取り扱う。-Z方向は、重力方向と一致していてもよいし、重力方向と一致していなくてもよい。本実施形態の-Z方向は、重力方向とほぼ平行

50

である。

【0029】

再生塔14は、充填層41a～41cを含む二酸化炭素回収部41を備えている。充填層41a～41cは、再生塔41内で上段から下段に順番に配置されており、互いに離隔して配置されている。充填層41a～41cは、第1から第Nの充填層の例である（Nは2以上の整数）。Nの値は3以外でもよい。例えば、充填層41a、41b、41cはそれぞれ、第1の充填層、第2の充填層、第3の充填層の例である。

【0030】

再生塔14はさらに、充填層41a上に吸収液を導入する導入口42aと、充填層41b上に吸収液を導入する導入口42bと、充填層41c上に吸収液を導入する導入口42cとを備えている。本実施形態では、リッチ液流路L1を流れるリッチ液4が、導入口42aから再生塔14内に導入される。一方、導入口42b、42cの使用例については後述する。

【0031】

再生塔14はさらに、二酸化炭素回収部41の下方に設けられた貯液部43と、二酸化炭素回収部41の上方に設けられた洗浄部44とを備えている。導入口42aから再生塔14内に導入された吸収液は、充填層41a～41c内を順番に落下し、貯液部43に溜まる。一方、再生塔リボイラ15から再生塔14内に戻された水蒸気は、充填層41c～41a内を順番に上昇する。この際、吸収液が充填層41a～41c内で水蒸気により加熱され、吸収液から二酸化炭素ガスと水蒸気とが放出される。二酸化炭素ガスおよび水蒸気は、洗浄部44を通過した後、再生塔14の上部から再生塔排出ガス3として排出される。洗浄部44は、二酸化炭素ガスおよび水蒸気に随伴する吸収液ミストを洗浄液により除去する。洗浄液の例は水である。

【0032】

図2は、充填層41aを形成する複数の充填材Paと、充填層41bを形成する複数の充填材Pbと、充填層41cを形成する複数の充填材Pcとを模式的に示している。充填材Pa～Pcの形状や配置の詳細については後述する。

【0033】

本実施形態では、上段の充填層が、サイズが小さく吸収液との接触面積が大きい充填材で形成され、下段の充填層が、サイズが大きく吸収液との接触面積が小さい充填材で形成されている。その結果、上段の充填層の比表面積が大きく設定されており、下段の充填層の比表面積が小さく設定されている。充填層の比表面積は、充填層の単位体積あたりの表面積であり、単位体積あたりの吸収液と充填材との接触面積に相当する。

【0034】

よって、本実施形態では、充填層41aの比表面積が、充填層41bの比表面積よりも大きく設定され、充填層41bの比表面積が、充填層41cの比表面積よりも大きく設定されている。

【0035】

これらの関係は、次のように一般化して表現できる。すなわち、本実施形態の第1から第Nの充填層41a～41cは、第K1の充填層の比表面積が、第K1の充填層よりも下段の第K2の充填層の比表面積よりも大きいような第K1および第K2の充填層を含んでいる。ただし、K1およびK2は、 $1 \leq K1 \leq N$ 、 $1 \leq K2 \leq N$ 、および $K1 < K2$ を満たす整数である（本実施形態では $N = 3$ ）。

【0036】

例えば、第1の充填層41aと第2の充填層41bは、 $K1 = 1$ 、 $K2 = 2$ の場合の例に相当する。また、第1の充填層41aと第3の充填層41cは、 $K1 = 1$ 、 $K2 = 3$ の場合の例に相当する。さらに、第2の充填層41bと第3の充填層41cは、 $K1 = 2$ 、 $K2 = 3$ の場合の例に相当する。

【0037】

本実施形態によれば、このような構造により、次のような作用を得ることができる。

【0038】

吸収液が充填層41a～41c内を落下する際に、吸収液の圧力は、充填材Pa～Pcの摩擦力や水蒸気の圧力により徐々に低下する。これを吸収液の圧力損失と呼ぶ。一方、再生塔14では、再生塔14内を上昇する水蒸気により吸収液が落下しなくなるフラッディングが発生し得る。フラッディングは、吸収液の圧力が圧力損失により低くなる下段の充填層内で発生しやすい。そこで、本実施形態では、下段の充填層がサイズの大きい充填材で形成されており、下段の充填層の比表面積が小さく設定されている。よって、本実施形態によれば、下段の充填層内で吸収液を落下しやすくすることが可能となり、フラッディングの発生を低減することが可能となる。

【0039】

また、下段の充填層は、吸収液から水蒸気を発生させる再生塔リボイラ15の近くに配置されているため、下段の充填層内では二酸化炭素ガスが放出されやすい。そのため、下段の充填層内では、吸収液内に泡が生じるフォーミングが発生しやすい。そこで、本実施形態では、下段の充填層がサイズの大きい充填材で形成されており、下段の充填層の比表面積が小さく設定されている。よって、本実施形態によれば、下段の充填層内での二酸化炭素ガスの放出量を低減することが可能となり、フォーミングの発生を低減することが可能となる。また、本実施形態によれば、消泡剤を使用せずにフォーミングの発生を低減することが可能となり、消泡剤を使用する操作を省略することが可能となる。

【0040】

一方、上段の充填層では、フラッディングやフォーミングが発生しにくい。そこで、本実施形態では、上段の充填層がサイズの小さい充填材で形成されており、上段の充填層の比表面積が大きく設定されている。よって、本実施形態によれば、上段の充填層内で吸収液を水蒸気と接触しやすくすることが可能となり、上段の充填層内での二酸化炭素ガスの放出量を増加させることが可能となる。

【0041】

このように、本実施形態によれば、再生塔14内でのフラッディングやフォーミングの発生を低減しつつ、再生塔14内の吸収液から効率的に二酸化炭素ガスを放出させることが可能となる。よって、本実施形態によれば、再生塔14内で二酸化炭素を効率的に回収することが可能となる。

【0042】

図3は、第1実施形態の再生塔14内の充填層41aの例を示す断面図である。以下の説明は、再生塔14内のその他の充填層41b、41cにも適用される。

【0043】

図3(a)の充填層41aは、規則充填物、すなわち、規則的に配置された複数の充填材Paを備えている。各充填材Paは、波打った板状の形状を有している。各充填材Paの山部分や谷部分は、Z方向に互いに隣接しており、Y方向に延びている。符号Caは、各充填材Paの波打ち形状の曲率半径を示し、符号Daは、充填材Pa間のピッチを示している。図3(a)の複数の充填材Paは、同じ曲率半径Caを有し、かつ一定のピッチDaで配置されている。図3(a)の充填層41a内の吸収液は、矢印で示すように充填材Paの表面を流れ、充填層41a内を落下していく。

【0044】

図3(b)の充填層41aは、不規則充填物、すなわち、不規則に配置された複数の充填材Paを備えている。各充填材Paは、球形状を有している。符号Raは、各充填材Paの半径を示している。図3(b)の複数の充填材Paは、同じ半径Raを有し、かつランダムに積層されている。図3(b)の充填層41a内の吸収液は、充填材Paの表面に沿って流れながら、充填層41a内の充填材Pa間の隙間などを落下していく。

【0045】

充填層41a～41cが図3(a)の構造を有する場合には、例えば、充填層41a内の充填材Paが短いピッチで配置され、充填層41b内の充填材Pbが中程度のピッチで配置され、充填層41c内の充填材Pcが長いピッチで配置される。これにより、上段の充

10

20

30

40

50

充填層の比表面積が大きくなり、下段の充填層の比表面積が小さくなる。

【0046】

一方、充填層41a～41cが図3(b)の構造を有する場合には、例えば、充填層41a内の充填材Paが小さな半径を有し、充填層41b内の充填材Pbが中程度の半径を有し、充填層41c内の充填材Pcが大きな半径を有する。これにより、上段の充填層の比表面積が大きくなり、下段の充填層の比表面積が小さくなる。

【0047】

本実施形態の充填材Pa～Pcは、金属、プラスチック、セラミック、またはカーボンで形成されている。例えば、本実施形態の充填材Pa～Pcは、耐熱性と耐アルカリ性とを有するステンレスであるSUS304またはSUS316で形成することが望ましい。また、本実施形態の充填材Pa～Pcは、その他の材料で形成されていてもよい。

10

【0048】

図4は、第1実施形態の変形例の再生塔14の構造を示す断面図である。

【0049】

本変形例では、充填層41aの比表面積が、充填層41bの比表面積よりも大きく設定されている。一方、充填層41bの比表面積は、充填層41cの比表面積と等しく設定されている。

【0050】

後者の関係は、次のように一般化して表現できる。すなわち、本変形例の第1から第Nの充填層41a～41cは、第K3の充填層の比表面積が、第K3の充填層よりも下段の第K4の充填層の比表面積と等しいような第K3および第K4の充填層を含んでいる。ただし、K3およびK4は、 $1 \leq K3 \leq N$ 、 $1 \leq K4 \leq N$ 、および $K3 < K4$ を満たす整数である（本実施形態では $N=3$ ）。

20

【0051】

例えば、第2の充填層41bと第3の充填層41cは、 $K1=2$ 、 $K2=3$ の場合の例に相当する。この構造は例えば、第2および第3の充填層41b、41c内でのフラッシングやフォーミングの発生を効果的に低減したい場合に適用可能である。

【0052】

一方、本変形例では、第1の充填層41aの比表面積を、第2の充填層41bの比表面積と等しく設定し、第2の充填層41bの比表面積を、第3の充填層41cの比表面積よりも大きく設定してもよい。この構造は例えば、第1および第2の充填層41a、41b内の吸収液から効率的に二酸化炭素ガスを放出させたい場合に適用可能である。

30

【0053】

このように、本変形例において、第1から第Nの充填層41a～41cのうちの隣接する2つの充填層は、いずれも上段側の充填層の比表面積が下段側の充填層の比表面積以上となっている。

【0054】

図5は、第1実施形態の別の変形例の再生塔14の構造を示す断面図である。

【0055】

本変形例では、リッチ液流路L1が分岐部分を有しており、この分岐部分に再生熱交換器13'、13''が設けられている。リーン液流路L2を流れるリーン液5は、再生熱交換器13、13'、13''に供給される。再生熱交換器13、13'、13''は、リーン液流路L2に直列に設けられていてもよいし、リーン液流路L2に並列に設けられていてもよい。

40

【0056】

リッチ液流路L1を流れるリッチ液4は、まず再生熱交換器13に供給される。再生熱交換器13は、リッチ液流路L1から供給されたリッチ液4と、リーン液流路L2から供給されたリーン液5との間で熱交換を行う。その結果、リッチ液4が加熱され、リーン液5が冷却される。再生熱交換器13から排出されたリッチ液4の一部は、導入口42aから再生塔14内に導入され、充填層41a上に供給される。

50

【0057】

一方、再生熱交換器13から排出されたリッチ液4の残りの一部は、リッチ液4'として再生熱交換器13'に供給される。再生熱交換器13'は、リッチ液流路L1から供給されたリッチ液4'と、リーン液流路L2から供給されたリーン液5との間で熱交換を行う。その結果、リッチ液4'が加熱され、リーン液5が冷却される。再生熱交換器13'から排出されたリッチ液4'の一部は、導入口42bから再生塔14内に導入され、充填層41b上に供給される。

【0058】

一方、再生熱交換器13'から排出されたリッチ液4'の残りの一部は、リッチ液4''として再生熱交換器13''に供給される。再生熱交換器13''は、リッチ液流路L1から供給されたリッチ液4''と、リーン液流路L2から供給されたリーン液5との間で熱交換を行う。その結果、リッチ液4''が加熱され、リーン液5が冷却される。再生熱交換器13''から排出されたリッチ液4''は、導入口42cから再生塔14内に導入され、充填層41c上に供給される。

【0059】

このように、リッチ液4、4'、4''はそれぞれ、導入口42a、42b、42cから充填層41a、41b、41c上に導入される。リッチ液4'はリッチ液4よりも高温であり、リッチ液4''はリッチ液4'よりも高温である。例えば、充填層41a、41bがそれぞれ第K1および第K2の充填層の例である場合、導入口42a、42bはそれぞれ上段導入口と下段導入口の例である。

【0060】

本変形例では、上段の充填層上に低温の吸収液が導入され、下段の充填層上に高温の吸収液が導入される。理由は、低温の吸収液は飛散しにくいため、上段の充填層から洗浄部44に到達する吸収液ミストの量を低減できるからである。上段の充填層上の吸収液の温度は、第1温度の例であり、下段の充填層上の吸収液の温度は、第2温度の例である。

【0061】

同様に、本変形例では、上段の充填層上に二酸化炭素濃度が低い吸収液を導入し、下段の充填層上に二酸化炭素濃度が高い吸収液を導入してもよい。上段の充填層上に導入される吸収液の二酸化炭素濃度は、第1二酸化炭素濃度の例であり、下段の充填層上に導入される吸収液の二酸化炭素濃度は、第2二酸化炭素濃度の例である。このような構造を有する再生塔14の例については後述する。

【0062】

以上のように、本実施形態の第1から第Nの充填層41a～41cは、第K1の充填層の比表面積が、第K1の充填層よりも下段の第K2の充填層の比表面積よりも大きいような第K1および第K2の充填層を含んでいる。すなわち、上段の充填層は一般に大きな比表面積を有し、下段の充填層は一般に小さな比表面積を有している。よって、本実施形態によれば、再生塔14内で二酸化炭素を効率的に回収することが可能となる。

【0063】

(第2実施形態)

図6は、第2実施形態の再生塔14の構造を示す断面図である。

【0064】

本実施形態の二酸化炭素回収システム(図示せず)は、図1に示す構成要素に加えて、緩衝器51と、セミリッチ液移送ポンプ52とを備えている。緩衝器51およびセミリッチ液移送ポンプ52は、再生熱交換器13と再生塔14との間のリッチ液流路L1に設けられている。緩衝器51の例は、気液分離器である。

【0065】

再生熱交換器13から排出されたリッチ液4の一部は、緩衝器51を介さずに導入口42b、42cに供給され、充填層41b、41c上に導入される。本実施形態では、充填層41bの比表面積が、充填層41cの比表面積と等しく設定されている。

【0066】

一方、再生熱交換器 13 から排出されたリッチ液 4 の残りの一部は、緩衝器 51 内に導入される。緩衝器 51 は、リッチ液 4 から二酸化炭素の一部を放出させる。その結果、緩衝器 51 は、二酸化炭素ガス 6 を排出すると共に、二酸化炭素の一部を放出したリッチ液 4 をセミリッチ液 7 として排出する。緩衝器 51 から排出されるセミリッチ液 7 の二酸化炭素濃度は、再生熱交換器 13 から排出されるリッチ液 4 の二酸化炭素濃度よりも低くなる。セミリッチ液 7 は、セミリッチ液移送ポンプ 52 により移送され、導入口 42 a に供給され、充填層 41 a 上に導入される。本実施形態では、充填層 41 a の比表面積が、充填層 41 b の比表面積よりも大きく設定されている。

【0067】

本実施形態では、上段の充填層上に二酸化炭素濃度が低い吸収液が導入され、下段の充填層上に二酸化炭素濃度が高い吸収液が導入される。よって、本実施形態によれば、二酸化炭素濃度が低い吸収液を比表面積が大きい充填層上に導入することができ、二酸化炭素濃度が高い吸収液からも二酸化炭素を効率的に回収することができる。また、本実施形態によれば、二酸化炭素濃度が高い吸収液を比表面積が小さい充填層上に導入することができ、比表面積が小さい充填層でも二酸化炭素を効率的に回収することができる。上段の充填層上に導入される吸収液の二酸化炭素濃度は、第 1 二酸化炭素濃度の例であり、下段の充填層上に導入される吸収液の二酸化炭素濃度は、第 2 二酸化炭素濃度の例である。

【0068】

図 7 は、第 2 実施形態の変形例の再生塔 14 の構造を示す断面図である。

【0069】

本変形例では、充填層 41 a の比表面積が、充填層 41 b の比表面積よりも大きく設定されており、充填層 41 b の比表面積が、充填層 41 c の比表面積よりも大きく設定されている。

【0070】

また、本変形例では、リッチ液流路 L1 に再生熱交換器 13' が設けられている。リーン液流路 L2 を流れるリーン液 5 は、再生熱交換器 13、13' に供給される。再生熱交換器 13、13' は、リーン液流路 L2 に直列に設けられていてもよいし、リーン液流路 L2 に並列に設けられていてもよい。

【0071】

リッチ液流路 L1 を流れるリッチ液 4 は、まず再生熱交換器 13 に供給される。再生熱交換器 13 は、リッチ液流路 L1 から供給されたリッチ液 4 と、リーン液流路 L2 から供給されたリーン液 5 との間で熱交換を行う。その結果、リッチ液 4 が加熱され、リーン液 5 が冷却される。再生熱交換器 13 から排出されたリッチ液 4 の一部は、緩衝器 51 を介さずに導入口 42 b に供給され、導入口 42 b から充填層 41 b 上に導入される。

【0072】

一方、再生熱交換器 13 から排出されたリッチ液 4 の残りの一部は、リッチ液 4' として再生熱交換器 13' に供給される。再生熱交換器 13' は、リッチ液流路 L1 から供給されたリッチ液 4' と、リーン液流路 L2 から供給されたリーン液 5 との間で熱交換を行う。その結果、リッチ液 4' が加熱され、リーン液 5 が冷却される。再生熱交換器 13' から排出されるリッチ液 4' の温度は、再生熱交換器 13 から排出されるリッチ液 4 の温度よりも高くなる。再生熱交換器 13' から排出されたリッチ液 4' の一部は、緩衝器 51 を介さずに導入口 42 c に供給され、導入口 42 c から充填層 41 c 上に導入される。

【0073】

一方、再生熱交換器 13' から排出されたリッチ液 4 の残りの一部は、緩衝器 51 内に導入される。緩衝器 51 は、リッチ液 4' から二酸化炭素の一部を放出させる。その結果、緩衝器 51 は、二酸化炭素ガス 6 を排出すると共に、二酸化炭素の一部を放出したリッチ液 4' をセミリッチ液 7 として排出する。緩衝器 51 から排出されるセミリッチ液 7 の二酸化炭素濃度は、再生熱交換器 13' から排出されるリッチ液 4' の二酸化炭素濃度よりも低くなる。セミリッチ液 7 は、セミリッチ液移送ポンプ 52 により移送され、導入口 42 a から充填層 41 a 上に導入される。

10

20

30

40

50

【0074】

このように、導入口41bにはリッチ液4が供給され、導入口41cにはこのリッチ液4よりも低温のリッチ液4'が供給される。また、導入口41aにはこのリッチ液4'よりも二酸化炭素濃度が低いセミリッチ液7が供給される。

【0075】

以上のように、本実施形態の二酸化炭素回収システムは、リッチ液流路L1にて再生熱交換器13と再生塔14との間を流れるリッチ液4から二酸化炭素を放出させる緩衝器51を備えている。よって、本実施形態によれば、二酸化炭素濃度の低い吸収液を上段の充填層上に導入し、二酸化炭素濃度の高い吸収液を下段の充填層上に導入することが可能となる。

10

【0076】

また、本実施形態では、再生熱交換器13から排出されるリッチ液4が気液二相流である場合に、緩衝器51によりリッチ液4から気相成分を除去することができ、気相成分が除去されたセミリッチ液7を上段の充填層上に導入することができる。一般に、気液二相流を上段の充填層上に導入すると、気相成分がこの充填層を通過せずに、洗浄部44に上昇してしまう可能性がある。本実施形態によれば、気相成分が除去されたセミリッチ液7を上段の充填層上に導入し、気相成分を含むリッチ液4（または4'）を下段の充填層上に導入することで、気相成分が洗浄部44に上昇することを抑制することが可能となる。

【0077】

以上、いくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例としてのみ提示したものであり、発明の範囲を限定することを意図したものではない。本明細書で説明した新規なシステムおよび方法は、その他の様々な形態で実施することができる。また、本明細書で説明したシステムおよび方法の形態に対し、発明の要旨を逸脱しない範囲内で、種々の省略、置換、変更を行うことができる。添付の特許請求の範囲およびこれに均等な範囲は、発明の範囲や要旨に含まれるこのような形態や変形例を含むように意図されている。

20

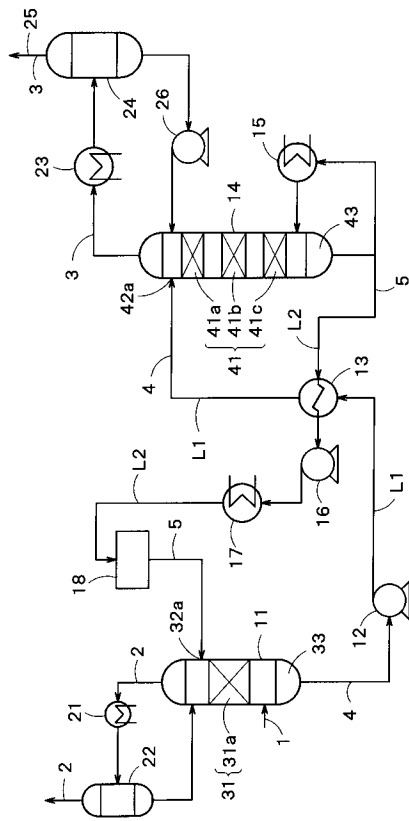
【符号の説明】

【0078】

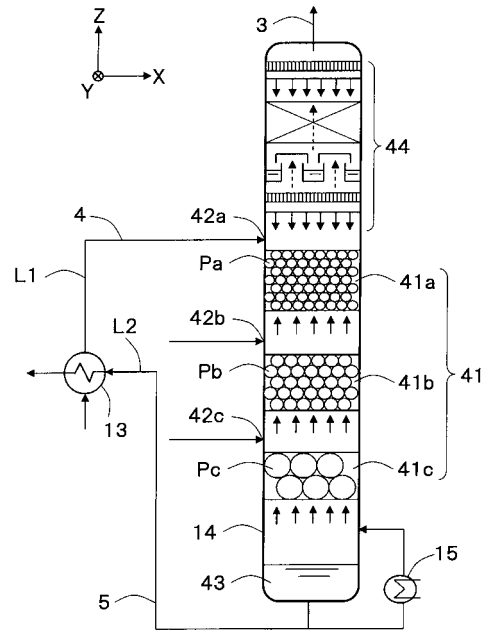
1：処理対象ガス、2：吸収塔排出ガス、3：再生塔排出ガス、
 4：リッチ液、5：リーン液、6：二酸化炭素ガス、7：セミリッチ液、
 11：吸収塔、12：リッチ液移送ポンプ、13：再生熱交換器、
 14：再生塔、15：再生塔リボイラ、16：リーン液移送ポンプ、
 17：リーン液冷却器、18：リーン液緩衝タンク、
 21：吸収塔還流冷却器、22：気液分離器、23：再生塔還流冷却器、
 24：二酸化炭素分離器、25：回収二酸化炭素排出ライン、26：還流液ポンプ、
 31：二酸化炭素吸収部、31a：充填層、32a：導入口、33：貯液部、
 41：二酸化炭素回収部、41a、41b、41c：充填層、
 42a、42b、42c：導入口、43：貯液部、44：洗浄部、
 51：緩衝器、52：セミリッチ液移送ポンプ

30

【図 1】

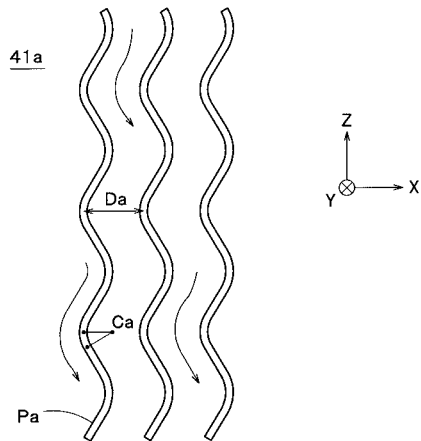


【図 2】

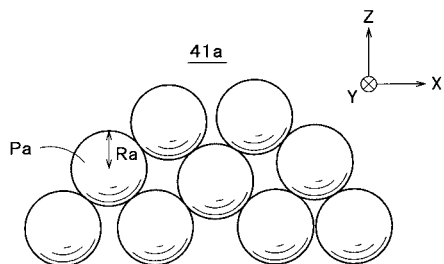


【図 3】

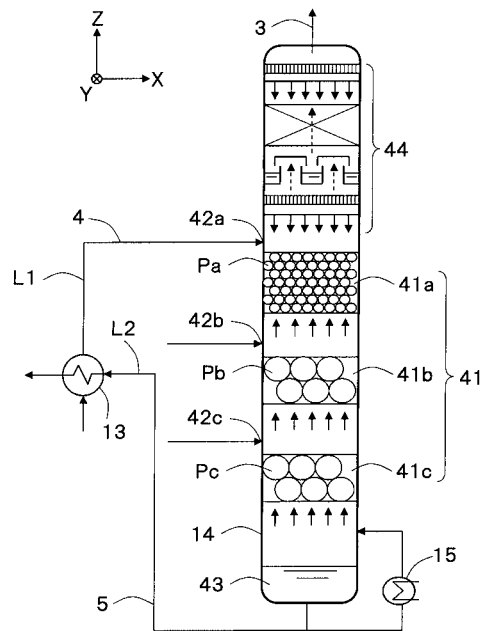
(a)



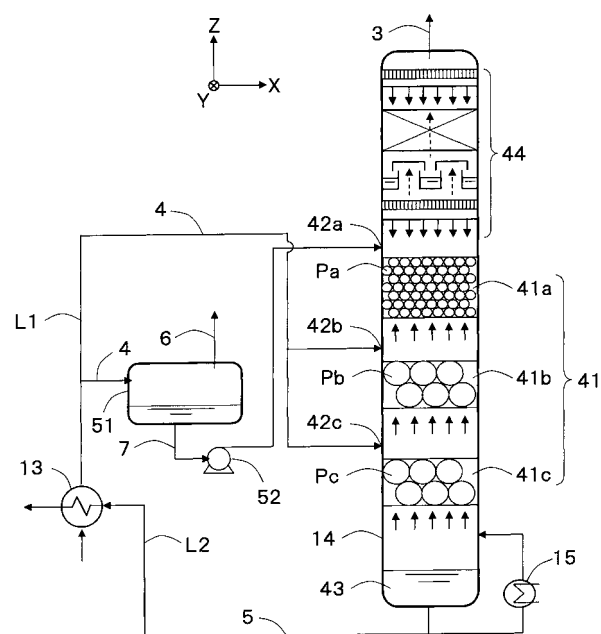
(b)



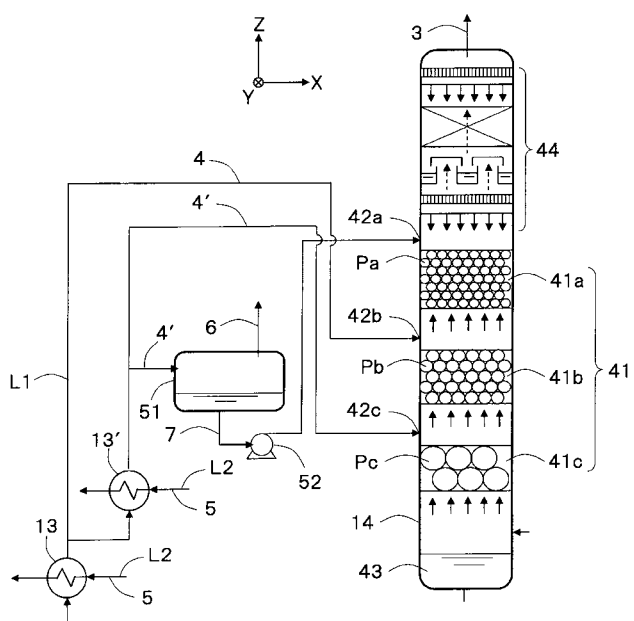
【図 4】



【図 6】



【图 7】



フロントページの続き

(72)発明者 村岡 大悟
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 藤田 己思人
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 村井 伸次
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 宇田津 満
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 4D002 AA09 AC01 BA02 CA07 DA31 DA70 EA03 EA08 GA01 GB20
HA08
4D020 AA03 BA16 BA30 BB03 BB04 BC01 CB08 CC09 CC10 CC12
DA03 DB12
4G146 JA02 JB09 JC18 JC28 JC33 JC35 JC36