(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
2012 年 10 月 18 日(18.10.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/141218 A1

(51) 国際特許分類:
B01D 53/62 (2006.01) *C01B 31/20* (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059913

(22) 国際出願日: 2012 年 4 月 11 日(11.04.2012)

(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 2011-089435 2011 年 4 月 13 日(13.04.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 Tokyo (JP). 関西電力株式会社 (THE KANSAI ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒5308270 大阪府大阪市北区中之島３丁目６番１６号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 辻内 達也 (TSUJIUCHI, Tatsuya). 田中 裕士 (TANAKA, Hiroshi). 長安 弘貢 (NAGAYASU, Hiromitsu). 平田 琢也 (HIRATA, Takuya). 大石 剛司 (OISHI, Tsuyoshi). 辰巳 雅彦 (TATSUMI, Masahiko). 角野 光治 (KADONO, Koji).

(74) 代理人: 酒井 宏明, 外 (SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目２番５号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, 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, 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, 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.

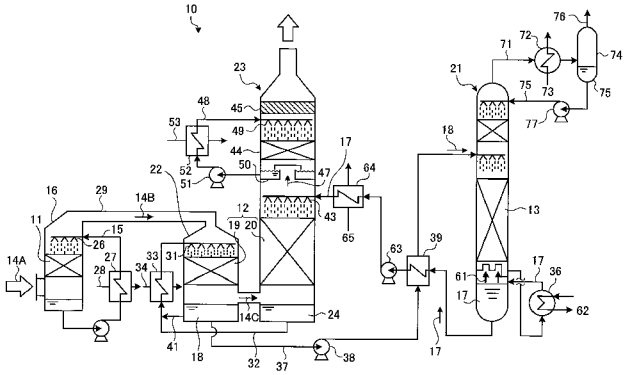
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) **Title**: CO_2 RECOVERY DEVICE

(54) 発明の名称 : ＣＯ２回収装置

[図1]



(57) **Abstract**: The CO_2 recovery device (10) of the embodiment comprises: a cooling tower (16) including a cooling part (11) that cools exhaust gas (14A) by bringing CO_2-containing exhaust gas (14A) into contact with water (15); a CO_2-absorbing part (12) that removes the CO_2 from the exhaust gas (14B) by bringing the exhaust gas (14B) into contact with a CO_2-absorbing solution (lean solution) (17); and a regeneration tower (21) including an absorption solution-regenerating part (13) that regenerates the CO_2-absorbing solution (17) by releasing CO_2 from the rich solution (18). The CO_2-absorbing part (12) comprises: a parallel flow CO_2-absorbing part (19) that is provided inside a parallel flow CO_2-absorbing tower (22) and removes CO_2 from the exhaust gas (14B) by bringing the exhaust gas (14B) in contact with the CO_2-absorbing solution (17) in a parallel flow; and a countercurrent CO_2-absorbing part (20) that is provided inside a CO_2-absorbing tower (23) and removes CO_2 from the exhaust gas (14C) by bringing the exhaust gas (14C) into contact with the CO_2-absorbing solution (17) in a countercurrent flow.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/141218 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本実施形態に係るＣＯ２回収装置１０は、ＣＯ２を含む排ガス１４Ａを水１５と接触させて排ガス１４Ａを冷却する冷却部１１を含む冷却塔１６と、排ガス１４ＢとＣＯ２吸収液（リーン溶液）１７とを接触させて排ガス１４ＢからＣＯ２を除去するＣＯ２吸収部１２と、リッチ溶液１８からＣＯ２を放出させてＣＯ２吸収液１７を再生する吸収液再生部１３を含む再生塔２１とを有する。ＣＯ２吸収部１２は、並流式ＣＯ２吸収塔２２内に設けられ、排ガス１４ＢをＣＯ２吸収液１７と並流状態で接触させて排ガス１４ＢからＣＯ２を除去する並流式ＣＯ２吸収部１９と、ＣＯ２吸収塔２３内に設けられ、排ガス１４ＣをＣＯ２吸収液１７と向流状態で接触させて排ガス１４ＣからＣＯ２を除去する向流式ＣＯ２吸収部２０とを有する。

明　細　書

発明の名称 ： CO_2回収装置

技術分野

[0001] 本発明は、排ガス中のCO_2を吸収するCO_2回収装置に関する。

背景技術

[0002] 大量の化石燃料を使用する火力発電所などでは、ボイラにおいて化石燃料を燃焼させることで発生する排ガスはCO_2を含んでいる。CO_2を含む排ガスはCO_2吸収塔内でアミン系のCO_2吸収液と気液接触させてCO_2吸収液中にCO_2を吸収させることで、排ガス中のCO_2を除去、回収する方法及び回収されたCO_2を大気へ放出することなく貯蔵する方法が精力的に研究されている。

[0003] 例えば、CO_2吸収液は排ガス中のCO_2をCO_2吸収塔で吸収し、排ガスからCO_2を除去した後、再生塔でCO_2吸収液に吸収されたCO_2を放散してCO_2吸収液を再生して再びCO_2吸収塔に循環して排ガスからCO_2を除去するために再利用する方法が用いられている（例えば、特許文献１参照）。このとき、CO_2を吸収したCO_2吸収液は、再生塔において蒸気で加熱されることにより、CO_2を放散し、高純度のCO_2が回収される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００８－６２１６５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] CO_2吸収液を用いて燃焼排ガスのようなCO_2含有ガスからCO_2を吸収除去し、回収する方法を用いるCO_2回収装置は、燃焼設備に付加して設置されるため、その運転コストをできるだけ低減させなければならない。特にCO_2回収装置のうち、再生塔ではCO_2の放散に多量の熱エネルギーを消費する。また、CO_2吸収液の消費量が多いと、CO_2吸収液を追加する供給量が増加するため、運転コストの増加につながる。

[0006] そのため、排ガスからCO_2を回収するにあたり、CO_2の回収効率を向上させると共に、CO_2吸収液の消費量を低減し、運転コストの削減を図ったCO_2回収装置がもとめられている。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、効率よくCO_2を回収すると共に、CO_2吸収液の消費量を低減し、運転コストの削減を図ったCO_2回収装置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

[0008] 上述した課題を解決するための本発明に係る第１の発明は、CO_2を含む排ガスを水と接触させて前記排ガスを冷却する冷却部と、前記排ガスとCO_2を吸収するCO_2吸収液とを接触させて前記排ガスからCO_2を除去するCO_2吸収部と、CO_2を吸収したCO_2吸収液からCO_2を放出させてCO_2吸収液を再生する吸収液再生部と、を有し、前記CO_2吸収部は、前記排ガスを前記CO_2吸収液と向流状態で接触させて前記排ガスからCO_2を除去する少なくとも１つの向流式CO_2吸収部と、前記排ガスを前記CO_2吸収液と並流状態で接触させて前記排ガスからCO_2を除去する少なくとも１つの並流式CO_2吸収部とを有することを特徴とするCO_2回収装置である。

[0009] 第２の発明は、第１の発明において、前記CO_2吸収部においてCO_2を吸収したCO_2吸収液を冷却し、前記CO_2吸収部に再度供給することを特徴とするCO_2回収装置である。

[0010] 第３の発明は、第１又は第２の発明において、前記並流式CO_2吸収部は、前記排ガスの流れ方向の最も前流側に設けられることを特徴とするCO_2回収装置である。

[0011] 第４の発明は、第１乃至第３の何れか１つの発明において、前記向流式CO_2吸収部は、前記排ガスの流れ方向の最も前流側に設けられることを特徴とするCO_2回収装置である。

[0012] 第５の発明は、第１乃至第４の何れか１つの発明において、前記CO_2吸収部に含まれる前記向流式CO_2吸収部と前記並流式CO_2吸収部との少なくとも１つが、前記排ガスと前記CO_2吸収液とを接触させて前記排ガスからCO_2を

除去するCO_2吸収塔内に設けられ、前記並流式CO_2吸収部が、前記冷却部と前記CO_2吸収塔との間に設けられることを特徴とするCO_2回収装置である。

[0013] 第６の発明は、第１乃至第５の何れか１つの発明において、前記CO_2吸収部に含まれる前記向流式CO_2吸収部と前記並流式CO_2吸収部との少なくとも１つが、前記排ガスと前記CO_2吸収液とを接触させて前記排ガスからCO_2を除去するCO_2吸収塔内に設けられ、前記向流式CO_2吸収部が、前記冷却部と前記CO_2吸収塔との間に設けられることを特徴とするCO_2回収装置である。

[0014] 第７の発明は、第１乃至第６の何れか１つの発明において、前記冷却部が、前記排ガスを水と接触させて前記排ガスを冷却する冷却塔内に設けられ、前記向流式CO_2吸収塔が、前記冷却塔の内部に設けられることを特徴とするCO_2回収装置である。

発明の効果

[0015] 本発明に係るCO_2回収装置によれば、効率よくCO_2を回収すると共に、CO_2吸収液の消費量を低減し、運転コストの削減を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は、本発明の第１の実施形態に係るCO_2回収装置の構成を簡略に示す図である。

[図2]図２は、本発明の第１の実施形態に係るCO_2回収装置の他の構成を簡略に示す図である。

[図3]図３は、本発明の第２の実施形態に係るCO_2回収装置の構成の一部を簡略に示す図である。

[図4]図４は、並流式CO_2吸収塔の並流式CO_2吸収部の充填高さとリボイラで消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。

[図5]図５は、セミリッチ溶液を並流式CO_2吸収塔に再度循環させるセミリッチ溶液の還流比とリボイラで消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。

[図6]図６は、並流式CO_2吸収塔の断面積比とリボイラで消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。

[図7]図７は、並流式CO_2吸収部の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）と並流式CO_2吸収部の充填高さを変化させた場合とリボイラで消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。

[図8]図８は、並流式CO_2吸収塔の並流式CO_2吸収部の充填高さとリボイラで消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。

[図9]図９は、向流式CO_2吸収部の充填高さとリボイラで消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の発明を実施するための形態（以下、実施形態という）により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0018] ［第１の実施形態］

本発明による第１の実施形態に係るCO_2回収装置について、図面を参照して説明する。図１は、本発明の第１の実施形態に係るCO_2回収装置の構成を簡略に示す図である。図１に示すように、本実施形態に係るCO_2回収装置１０は、冷却部１１と、CO_2吸収部１２と、吸収液再生部１３とを有する。冷却部１１は、CO_2を含む排ガス１４Ａを水１５と接触させて排ガス１４Ａを冷却するものであり、冷却塔１６の内部に設けられている。また、CO_2吸収部１２は、排ガス１４ＢとCO_2を吸収するCO_2吸収液（リーン溶液）１７とを接触させて排ガス１４ＢからCO_2を除去するものである。本実施形態においては、CO_2吸収部１２は、排ガス１４ＢをCO_2を吸収したCO_2吸収液（セミリッチ溶液）２４と並流状態で接触させて排ガス１４ＢからCO_2を除去する並流式CO_2吸収部１９と、排ガス１４ＣをCO_2吸収液１７と向流状態で接触させて排ガス１４ＣからCO_2を除去する向流式CO_2吸収部２０とを有する。また、吸収液再生部１３は、リッチ溶液１８からCO_2を放出させてCO_2吸

収液１７を再生するものであり、吸収液再生塔（以下、再生塔という）２１の内部に設けられている。

[0019] 本実施形態では、並流式CO_2吸収部１９は、並流式CO_2吸収塔２２の内部に設けられ、向流式CO_2吸収部２０は、CO_2吸収塔２３の内部に設けられている。

[0020] 本実施形態では、CO_2吸収部１２は、並流式CO_2吸収部１９および向流式CO_2吸収部２０を各々１つずつ有するようにしているが、並流式CO_2吸収部１９と向流式CO_2吸収部２０との何れか一方又は両方を複数有するようにしてもよい。

[0021] CO_2回収装置１０では、排ガス１４Ａ中のCO_2を吸収するCO_2吸収液１７が、並流式CO_2吸収塔２２とCO_2吸収塔２３と再生塔２１との間（以下、系内という。）を循環している。本実施形態では、並流式CO_2吸収塔２２から再生塔２１には、排ガス１４Ｂ中のCO_2を吸収したリッチ溶液１８が送給される。再生塔２１からCO_2吸収塔２３にはリッチ溶液１８から再生塔２１でほぼ全てのCO_2が除去され再生されたCO_2吸収液（リーン溶液）１７が送給されている。CO_2吸収塔２３から並流式CO_2吸収塔２２には、排ガス１４Ｃ中に残留するCO_2を吸収したCO_2吸収液（セミリッチ溶液）２４が送給される。

[0022] 排ガス１４Ａは、ボイラやガスタービン等の産業設備から排出されるCO_2を含有するガスである。排ガス１４Ａは、排ガス送風機などにより昇圧された後、冷却塔１６に送られる。

[0023] 冷却塔１６は、排ガス１４Ａを水１５によって冷却する塔である。冷却塔１６は、塔内に水１５を噴霧する噴霧ノズル２６と、冷却部１１とを有する。排ガス１４Ａは冷却塔１６内の冷却部１１で噴霧ノズル２６から噴霧された水１５と向流接触することにより冷却される。

[0024] 排ガス１４Ａと熱交換して高温となった水１５は冷却塔１６の塔底部に貯留される。塔底部の水１５は塔底部から抜き出され、冷却器２７で冷却水２８と熱交換することにより冷却された後、冷却塔１６に送給される。これに

より、水１５は排ガス１４Ａの冷却用として循環して使用される。

[0025] 冷却された排ガス１４Ｂは、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３とを連結する煙道２９を介して冷却塔１６から排出され、CO_2吸収部１２に送給される。

[0026] CO_2吸収部１２は、上述の通り、並流式CO_2吸収部１９と向流式CO_2吸収部２０とを有する。排ガス１４Ｂは、並流式CO_2吸収部１９を含む並流式CO_2吸収塔２２と向流式CO_2吸収部２０を含むCO_2吸収塔２３とに、この順に送給される。

[0027] 並流式CO_2吸収塔２２は、冷却部１１を含む冷却塔１６とCO_2吸収塔２３との間に設けられている。本実施形態においては、並流式CO_2吸収部１９を含む並流式CO_2吸収塔２２は、CO_2吸収部１２の中で排ガス１４Ｂの流れ方向の最も前流側に設けられている。冷却塔１６から排出される排ガス１４Ｂは煙道２９を通り、並流式CO_2吸収塔２２に送給される。

[0028] 並流式CO_2吸収塔２２は、排ガス１４ＢをCO_2吸収塔２３から排出されるセミリッチ溶液２４と並流状態で接触させて排ガス１４ＢからCO_2を除去する塔である。並流式CO_2吸収塔２２は、塔内に噴霧ノズル３１と、並流式CO_2吸収部１９とを有する。噴霧ノズル３１は、セミリッチ溶液２４を下向きに噴霧している。このセミリッチ溶液２４は、CO_2吸収塔２３からセミリッチ溶液抜き出しライン３２を介して排出され、冷却器３３で冷却水３４と熱交換し、冷却された後、並流式CO_2吸収塔２２に送給されている。また、排ガス１４Ｂは並流式CO_2吸収塔２２の塔頂部側から供給され、塔内を塔底部側に向かって流れている。

[0029] よって、セミリッチ溶液２４は並流式CO_2吸収塔２２内に供給される前に冷却されているため、並流式CO_2吸収塔２２内で、セミリッチ溶液２４は更に排ガス１４Ｂ中のCO_2を吸収することができ、並流式CO_2吸収塔２２の塔底部に貯留されるリッチ溶液１８中のCO_2濃度を高くすることができる。

[0030] また、セミリッチ溶液２４は並流式CO_2吸収塔２２内に供給される前に冷却されているため、セミリッチ溶液２４が排ガス１４Ｂと接触することによりCO_2吸収塔２３に送給される排ガス１４Ｃのガス温度を下げることができ

る。このため、後述するように、CO_2吸収塔２３においても排ガス１４Ｃ中に含まれるCO_2の吸収量を増加させることができ、CO_2の吸収効率を向上させることができる。更に、CO_2吸収塔２３に送給される排ガス１４Ｃのガス温度を下げることで、リーン溶液１７の吸収液の蒸気圧は小さくなり、吸収液の消費量を低減することができる。また、CO_2を吸収した時に発生する反応熱により、吸収液の温度は上昇するが、CO_2吸収塔２３の前流側において排ガス１４Ｃは冷却されているため、吸収液の温度上昇も抑制され、吸収液の劣化を低減できる。

[0031] また、従来のCO_2回収装置では、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３とは煙道２９により連結されていた。これに対し、本実施形態に係るCO_2回収装置１０は、煙道２９に並流式CO_2吸収塔２２を設けるようにしたものである。よって、本実施形態に係るCO_2回収装置１０によれば、従来の既設のCO_2回収装置の煙道２９に並流式CO_2吸収塔２２を設けるようにしたものであるため、設置面積を有効に利用することができる。

[0032] 並流式CO_2吸収部１９の断面積Ｓ１とし、向流式CO_2吸収部２０の断面積Ｓ２としたとき、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）は、１．０以下が好ましく、より好ましくは、０．８以下であり、更に好ましくは、０．５以下である。これにより、並流式CO_2吸収塔２２内でセミリッチ溶液２４と排ガス１４Ｂとの接触割合を好適に保つことができるため、排ガス１４Ｂ中のCO_2の吸収効率を維持することができる。この結果、再生塔２１の再生過熱器（リボイラ）３６で消費する蒸気量を削減することができる。また、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が小さくても並流式CO_2吸収部１９の充填高さをその分高くすることで、並流式CO_2吸収塔２２内でセミリッチ溶液２４と排ガス１４Ｂとの接触割合を好適に保つことができるため、排ガス１４Ｂ中のCO_2の吸収効率を維持することができる。

[0033] また、セミリッチ溶液２４は並流式CO_2吸収塔２２に供給する前に、予め冷却器３３で冷却するようにしているが、セミリッチ溶液２４を冷却する必要が無い場合には冷却器３３で冷却しなくてもよい。

[0034] 並流式CO_2吸収塔２２でセミリッチ溶液２４と気液接触した排ガス１４Ｃは、CO_2吸収塔２３の塔底部の側壁からCO_2吸収塔２３に送られる。

[0035] また、並流式CO_2吸収部１９において排ガス１４Ｂ中のCO_2を吸収したリッチ溶液１８は、並流式CO_2吸収塔２２の底部に貯留される。並流式CO_2吸収塔２２の底部に貯留されたリッチ溶液１８は、リッチ溶液送給ライン３７から抜き出され、並流式CO_2吸収塔２２の塔底部から外部に設けられたリッチソルベントポンプ３８により圧送され、リッチ・リーン溶液熱交換器３９において再生塔２１で再生されたCO_2吸収液１７と熱交換された後、再生塔２１の塔側面側から塔内に供給される。

[0036] 並流式CO_2吸収塔２２の塔底部のリッチ溶液１８の一部は、リッチ溶液抜き出し分岐ライン４１から抜き出し、セミリッチ溶液２４と混合し、並流式CO_2吸収塔２２に循環して使用するようにしてもよい。これにより、リッチ溶液１８は排ガス１４Ｂ中に含まれるCO_2を並流式CO_2吸収塔２２で更に吸収し、排ガス１４ＢからCO_2を除去することができるため、リッチ溶液１８中のCO_2濃度を更に高くすることができる。この結果、リボイラ３６で消費する蒸気量を削減することができる。

[0037] また、CO_2吸収塔２３から並流式CO_2吸収塔２２に供給されるセミリッチ溶液２４の流量Ａ１とし、並流式CO_2吸収塔２２内のリッチ溶液１８をリッチ溶液抜き出し分岐ライン４１を介して並流式CO_2吸収塔２２に供給するリッチ溶液１８の流量Ａ２としたとき、リッチ溶液１８の還流比（Ａ２／Ａ１）は、０以上３以下が好ましく、より好ましくは０以上２以下である。これにより、再生塔２１に送給し、再生するリッチ溶液１８を好適に維持しつつ、排ガス１４Ｂ中のCO_2を効率良く吸収することができる。

[0038] CO_2吸収塔２３は、排ガス１４ＣとCO_2吸収液１７とを接触させて排ガス１４ＣからCO_2を除去する塔である。CO_2吸収塔２３は、向流式CO_2吸収部２０と、噴霧ノズル４３と、水洗部４４と、デミスタ４５とを有する。塔内に送給された排ガス１４Ｃは塔内の塔底部側から塔頂側に向けて流れる。噴霧ノズル４３は、CO_2吸収液１７を下向きに噴霧させるノズルである。本実

施形態では、向流式CO_2吸収部２０は、CO_2吸収塔２３の塔下側に設けられている。

[0039] 塔内を上昇する排ガス１４Ｃは、向流式CO_2吸収部２０において、例えば塩基性アミン化合物をベースとするCO_2吸収液１７と向流状態接触し、排ガス１４Ｃ中のCO_2がCO_2吸収液１７に吸収される。

[0040] 向流式CO_2吸収部２０において排ガス１４Ｃ中のCO_2を吸収したセミリッチ溶液２４は、CO_2吸収塔２３の底部に貯留される。CO_2吸収塔２３の底部に貯留されたセミリッチ溶液２４は、上述のように、セミリッチ溶液抜き出しライン３２より抜き出され、並流式CO_2吸収塔２２に送給され、排ガス１４Ｂと並流接触させ、排ガス１４Ｂに含まれるCO_2を吸収する。

[0041] セミリッチ溶液２４は、並流式CO_2吸収塔２２に送給する場合に限定されるものではなく、噴霧ノズル４３に送給されるCO_2吸収液１７に混合し、向流式CO_2吸収部２０において排ガス１４Ｃ中のCO_2を吸収するために用いてもよい。また、セミリッチ溶液２４は、並流式CO_2吸収塔２２と向流式CO_2吸収部２０との両方に供給してもよい。

[0042] また、水洗部４４及びデミスタ４５は、CO_2吸収塔２３の排ガス１４Ｃの流れ方向の後流側に設けられている。本実施形態では、水洗部４４及びデミスタ４５は、塔内の向流式CO_2吸収部２０の上方に設けられている。向流式CO_2吸収部２０でCO_2が除去されたCO_2除去排ガス４７は、水洗部４４及びデミスタ４５にてCO_2除去排ガス４７に同伴されたCO_2吸収液１７が除去された後、塔頂部から系外へ放出される。

[0043] 水洗部４４には、外部から供給される水４８を噴霧ノズル４９から噴霧して水洗部４４でCO_2除去排ガス４７中に含まれる不純物を除去する。噴霧ノズル４９から噴霧した水４８は受け部５０で回収され、ポンプ５１で塔外部に送給し、冷却器５２で冷却水５３により冷却された後、噴霧ノズル４９に送給され、循環使用される。

[0044] 本実施形態においては、CO_2吸収部１２は、並流式CO_2吸収部１９と向流式CO_2吸収部２０とを各々１つずつ有しているが、本実施形態はこれに限定

されるものではなく、並流式CO_2吸収部１９と向流式CO_2吸収部２０との何れか一方又は両方を複数有するようにしてもよい。

[0045] 本実施形態においては、CO_2吸収塔２３は塔内に向流式CO_2吸収部２０を一つ設けるようにしているが、塔内に並流式CO_2吸収部１９と向流式CO_2吸収部２０との何れか一方又は両方を複数有するようにしてもよい。

[0046] 図２は、本実施形態に係るCO_2回収装置の他の構成を簡略に示す図である。図２に示すように、CO_2吸収塔２３は向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の２段設けるようにしてもよいし、３段以上設けるようにしてもよい。CO_2吸収塔２３が向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２を設ける場合、噴霧ノズル４３－２からリーン溶液１７を噴霧して向流式CO_2吸収部２０－２を通過した後、排ガス１４Ｃに残留しているCO_2を吸収したセミリッチ溶液２４Ｂが受け部５５で貯留される。その後、受け部５５に溜まったセミリッチ溶液２４Ｂは、冷却器５６で冷却水５７で冷却された後、噴霧ノズル４３－１からセミリッチ溶液２４Ｂを噴霧して向流式CO_2吸収部２０－１を通過し、セミリッチ溶液２４Ａとなって塔底部に貯留される。

[0047] このとき、向流式CO_2吸収部２０－２でCO_2を吸収したセミリッチ溶液２４Ｂは向流式CO_2吸収部２０－１に供給し、向流式CO_2吸収部２０－１でCO_2を吸収したセミリッチ溶液２４Ａは並流式CO_2吸収部１９に供給する場合に限定されるものではない。並流式CO_2吸収部１９でCO_2を吸収したリッチ溶液１８と、向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の各々でCO_2を吸収したセミリッチ溶液２４Ａ、２４Ｂは、冷却した後、並流式CO_2吸収部１９、向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の何れか一方又は両方に再度供給するようにしてもよい。

[0048] また、図１に示すように、並流式CO_2吸収塔２２の底部に貯留されたリッチ溶液１８は、上述の通り、再生塔２１に供給される。再生塔２１は、吸収液再生部１３を含み、リッチ溶液１８からCO_2を放出してリーン溶液１７として再生する塔である。再生塔２１の塔頂部から再生塔２１の塔内に放出されたリッチ溶液１８は、再生塔２１の塔底部から供給される蒸気（スチーム

）６１により加熱される。スチーム６１は、リーン溶液１７を再生過熱器（リボイラ）３６で飽和スチーム６２と熱交換することにより発生する。リッチ溶液１８はスチーム６１により加熱されることにより、吸熱され、リッチ溶液１８中に含まれる大部分のCO_2を放出し、再生塔２１の塔底部に至る頃には、ほぼ全てのCO_2が除去されたCO_2吸収液（リーン溶液）１７となる。

[0049] 再生塔２１の底部に貯留されるリーン溶液１７はCO_2吸収液としてリーンソルベントポンプ６３により送給され、リーンソルベントクーラ６４で冷却水６５と熱交換して冷却された後、CO_2吸収塔２３に送給される。

[0050] 一方、再生塔２１の塔頂部からは水蒸気を伴ったCO_2ガス７１が放出される。水蒸気を伴ったCO_2ガス７１は再生塔２１の塔頂部から導出され、コンデンサ７２で冷却水７３によりCO_2ガス７１に含まれる水蒸気が凝縮され、分離ドラム７４にて水７５が分離された後、CO_2ガス７６は系外に放出されて回収される。また、分離ドラム７４にて分離された水７５は凝縮水循環ポンプ７７にて再生塔２１の上部に供給される。

[0051] このように、本実施形態に係るCO_2回収装置１０は、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３との間に並流式CO_2吸収部１９を含む並流式CO_2吸収塔２２を設け、CO_2吸収塔２３で排ガス１４Ｃ中のCO_2を吸収したセミリッチ溶液２４を用いて並流式CO_2吸収塔２２で更に排ガス１４Ｂ中のCO_2を吸収するための吸収液として用いている。これにより、並流式CO_2吸収塔２２の塔底部に貯留されるリッチ溶液１８中のCO_2濃度を高くすることができる。また、セミリッチ溶液２４は並流式CO_2吸収塔２２内に供給される前に予め冷却しているため、CO_2吸収塔２３に送給される排ガス１４Ｃのガス温度を下げることができる。このため、CO_2吸収塔２３において排ガス１４Ｃ中に含まれるCO_2の吸収量も増加させることができると共に、吸収液の消費量を低減することができる。さらに、既設のCO_2回収装置の煙道２９に並流式CO_2吸収塔２２を設けることができるため、設置面積を有効に利用することができる。

[0052] これにより、再生塔２１でCO_2吸収液１７に含まれるCO_2を放出するために要するスチームを無駄なく効率よく利用することができるため、CO_2回収

装置１０の運転効率を上昇させることができる。

[0053] なお、本実施形態に係るCO_2回収装置１０は、向流式CO_2吸収部２０をCO_2吸収塔２３の塔内に設けるようにしているが、本実施形態はこれに限定されるものではなく、向流式CO_2吸収部２０は、冷却部１１とCO_2吸収塔２３との間に設けるようにしてもよい。

[0054] 本実施形態に係るCO_2回収装置１０は、排ガス１４Ａ中に含まれるCO_2を回収するのに適用する場合に限定されるものではなく、例えば、排煙脱硫装置など排ガス中に含まれる成分を水など液体と気液接触させる装置であれば好適に用いることができる。

[0055] ［第２の実施形態］

本発明の第２の実施形態に係るCO_2回収装置について、図面を参照して説明する。本実施形態に係るCO_2回収装置の構成は、上述の図１に示すCO_2回収装置の構成と同様であるため、CO_2回収装置の構成を示す図は省略し、冷却塔とCO_2吸収塔との構成を示す図のみを用いて説明する。なお、図１、図２のCO_2回収装置と同一の部材には同一の符号を付してその説明は省略する。また、本実施形態においては、図２に示すように、向流式CO_2吸収部２０を２つ設けた場合について説明する。

[0056] 図３は、本発明の第２の実施形態に係るCO_2回収装置の構成の一部を簡略に示す図である。図３に示すように、本実施形態に係るCO_2回収装置は、図２に示す第１の実施形態に係るCO_2回収装置に、更に排ガス１４Ｂの流れ方向の最も前流側に向流式CO_2吸収部８１を設けるようにしたものである。すなわち、本実施形態に係るCO_2回収装置は、CO_2吸収塔２３内に向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２を設け、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３との間に並流式CO_2吸収塔２２を設けると共に、冷却塔１６の内部の冷却部１１のガス流れ方向の下流側（塔内の上方側）に、向流式CO_2吸収部８１を有するものである。

[0057] 冷却塔１６は、塔内に噴霧ノズル８２と、向流式CO_2吸収部８１とを有する。向流式CO_2吸収部８１は、冷却後の排ガス１４Ｂを並流式CO_2吸収塔２

２から排出されるリッチ溶液１８Ａと向流状態で接触させて排ガス１４ＢからＣＯ$_2$を除去するものである。

[0058] 噴霧ノズル８２は、リッチ溶液１８Ａを下向きに噴霧している。このリッチ溶液１８Ａは、並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２からリッチ溶液抜き出しライン８３を介して排出され、冷却器８４で冷却水８５と熱交換し、冷却された後、並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２に送給されている。

[0059] 向流式ＣＯ$_2$吸収部８１は、冷却部１１のガス流れ方向の後流側に設けられている。本実施形態では、向流式ＣＯ$_2$吸収部８１は、冷却塔１６の冷却部１１より上側に設けられている。そのため、冷却塔１６の冷却部１１で冷却された排ガス１４Ｂは、向流式ＣＯ$_2$吸収部８１に向かう。

[0060] リッチ溶液１８Ａは向流式ＣＯ$_2$吸収部８１で冷却後の排ガス１４Ｂと接触した後、受け部８６で貯留される。

[0061] 向流式ＣＯ$_2$吸収部８１に供給された排ガス１４Ｂは、向流式ＣＯ$_2$吸収部８１内でリッチ溶液１８Ａと向流接触する。並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２内で、リッチ溶液１８Ａは排ガス１４Ｂと向流接触することで、排ガス１４Ｂ中に含まれるＣＯ$_2$を吸収し、排ガス１４ＢからＣＯ$_2$を除去することができる。

[0062] リッチ溶液１８Ａは向流式ＣＯ$_2$吸収部８１で冷却後の排ガス１４Ｂと接触した後、受け部８６に貯留されるが、この受け部８６に貯留されたリッチ溶液１８Ｂは、リッチ溶液送給ライン８７から抜き出され、再生塔２１に供給される。

[0063] 本実施形態に係るＣＯ$_2$回収装置は、ＣＯ$_2$吸収塔２３から排出されるセミリッチ溶液２４Ａを用いて並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２内で排ガス１４Ｃ－１中のＣＯ$_2$を吸収するための吸収液として用いている。そして、並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２から排出されるリッチ溶液１８Ａを用いて冷却塔１６内で更に排ガス１４Ｂ中のＣＯ$_2$を吸収するための吸収液として用いている。すなわち、リッチ溶液１８Ａは、並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２で排ガス１４Ｃ－１中のＣＯ$_2$を吸収し、ＣＯ$_2$吸収塔２３で排ガス１４Ｃ－２中のＣＯ$_2$を吸収した吸収液である。このため、リッチ溶液１８Ａを向流式ＣＯ$_2$吸収部８１で更に排ガス１４Ｂ中のＣ

O_2を吸収するための吸収液として用いることにより、冷却塔１６の受け部８６に貯留されるリッチ溶液１８Ｂ中のＣＯ$_2$濃度を更に高くすることができる。

[0064] 受け部８６に貯留されたリッチ溶液１８Ｂの一部は、リッチ溶液抜き出し分岐ライン８８から抜き出し、リッチ溶液１８Ａと混合し、向流式ＣＯ$_2$吸収部８１に循環して使用するようにしてもよい。これにより、リッチ溶液１８Ａは排ガス１４Ｂ中に含まれるＣＯ$_2$を向流式ＣＯ$_2$吸収部８１で更に吸収し、排ガス１４ＢからＣＯ$_2$を除去することができるため、リッチ溶液１８Ｂ中のＣＯ$_2$濃度を更に高くすることができる。

[0065] また、並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２から冷却塔１６に供給されるリッチ溶液１８Ａの流量Ａ３と、冷却塔１６内のリッチ溶液１８Ｂをリッチ溶液抜き出し分岐ライン８８を介して冷却塔１６に供給するリッチ溶液１８Ｂの流量Ａ４とについて、リッチ溶液１８Ｂの還流比（Ａ４／Ａ３）は、０以上３以下が好ましく、より好ましくは０以上２以下である。これにより、再生塔２１に送給し、再生するリッチ溶液１８Ｂを好適に維持しつつ、排ガス１４Ｂ中のＣＯ$_2$を吸収することができる。

[0066] また、リッチ溶液１８Ａは冷却塔１６内に供給される前に冷却されているため、リッチ溶液１８Ａが排ガス１４Ｂと接触することによりＣＯ$_2$吸収塔２３に送給される排ガス１４Ｃ－１のガス温度を下げることができる。また、セミリッチ溶液２４Ａは並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２内に供給される前にも冷却しているため、ＣＯ$_2$吸収塔２３に送給される排ガス１４Ｃ－２のガス温度も下げることができる。このため、ＣＯ$_2$吸収塔２３において排ガス１４Ｃ中に含まれるＣＯ$_2$の吸収量を増加させることができる、ＣＯ$_2$の吸収効率を向上させることができると共に、吸収液の消費量を低減することができる。

[0067] さらに、本実施形態に係るＣＯ$_2$回収装置は、既設のＣＯ$_2$回収装置の煙道２９に並流式ＣＯ$_2$吸収塔２２を設け、冷却塔１６の内部のガス流れ方向の下流側（塔内の上方側）に向流式ＣＯ$_2$吸収部８１を設けるようにしたものであるため、設置面積を有効に利用することができる。

[0068] このように、本実施形態に係るCO_2回収装置によれば、CO_2吸収液１７への排ガス１４Ａ中に含まれるCO_2の吸収効率を向上させることができると共に、CO_2吸収液１７に含まれる吸収液の消費量を低減することができるため、CO_2吸収液１７を効率良く利用することができる。これにより、再生塔２１でCO_2吸収液１７に含まれるCO_2を放出するために要するスチームを更に無駄なく効率よく利用することができるため、CO_2回収装置の運転効率を更に上昇させることができる。また、既設の装置に対しても更に有効に適用することができる。

実施例

[0069] 次に、本実施形態に係るCO_2回収装置を用いた場合におけるリボイラで消費する蒸気量の削減率の試験結果を説明する。

[0070] ＜冷却塔とCO_2吸収塔との間に並流式CO_2吸収塔を設けた場合＞

図１に示す本発明の第１の実施形態に係るCO_2回収装置１０のように、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３との間に並流式CO_2吸収塔２２を設けた場合に、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率について、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の高さを変えた場合、並流式CO_2吸収塔２２を循環させるセミリッチ溶液２４の還流比（Ａ２／Ａ１）を変えた場合、並流式CO_2吸収塔２２とCO_2吸収塔２３との断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を変えた場合の各々について検討した。以下、図１に示す本発明の第１の実施形態に係るCO_2回収装置１０を参照にしつつ説明する。

[0071] ［並流式CO_2吸収塔２２の向流式CO_2吸収部２０の充填高さとリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係］

図４は、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さとリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。なお、比較例１は、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高さを１００％とした試験例である。比較例１において、リボイラ３６が消費する蒸気量を基準値（０％）とした。実施例１－１は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高

さを１００％とした時に並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さを１４％とした試験例である。実施例１－２は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の高さを１００％とした時に並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の高さを２８％とした試験例である。実施例１－３は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の高さを１００％とした時に並流式CO_2吸収塔の並流式CO_2吸収部１９の高さを４３％とした試験例である。実施例１－１～１－３は、いずれも、CO_2吸収塔２３から並流式CO_2吸収塔２２に供給されるセミリッチ溶液２４の流量Ａ１と並流式CO_2吸収塔２２内のリッチ溶液１８をリッチ溶液抜き出し分岐ライン４１を介して並流式CO_2吸収塔２２に供給するリッチ溶液１８の流量Ａ２とのリッチ溶液１８の還流比（Ａ２／Ａ１）を０とし、並流式CO_2吸収部１９の断面積Ｓ１と向流式CO_2吸収部２０の断面積Ｓ２との並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を１とした。

[0072] 図４に示すように、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さが大きくなるほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は大きくなった。よって、並流式CO_2吸収塔２２を煙道２９に設ける場合、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さが高いほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率を大きくすることができる。

[0073] ［セミリッチ溶液２４を並流式CO_2吸収塔２２に再度循環させるセミリッチ溶液２４の還流比（Ａ２／Ａ１）とリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係］

図５は、セミリッチ溶液２４を並流式CO_2吸収塔２２に再度循環させるセミリッチ溶液２４の還流比（Ａ２／Ａ１）とリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。なお、比較例２は、比較例１と同様、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高さを１００％とした試験例である。比較例２において、リボイラ３６が消費する蒸気量を基準値（０％）とした。実施例２－１～２－３は、いずれもCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０

の高さを１００％とした時に並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の高さを２８％とし、断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を１とした試験例である。実施例２－１は、セミリッチ溶液２４の還流比を０とした。実施例２－２は、セミリッチ溶液２４の還流比を１とした。実施例２－３は、セミリッチ溶液２４の還流比を２とした。

[0074] 図５に示すように、並流式CO_2吸収塔２２に循環させるリッチ溶液１８の還流比（Ａ２／Ａ１）が大きくなるほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率が大きくなった。よって、並流式CO_2吸収塔２２を煙道２９に設ける場合、並流式CO_2吸収塔２２に循環させるリッチ溶液１８の還流比が大きくなるほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率を大きくすることができる。

[0075] ［並流式CO_2吸収塔２２の断面積比とリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係］

図６は、並流式CO_2吸収塔２２の断面積比とリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。なお、比較例３は、比較例１、２と同様、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高さを１００％とした試験例である。実施例３－１～３－３は、いずれもCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高さを１００％とした時の並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の高さを２８％とし、リッチ溶液１８の還流比（Ａ２／Ａ１）を０とした試験例である。実施例３－１は、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を１とした。実施例３－２は、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を０．７５とした。実施例３－３は、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を０．５とした。

[0076] 図６に示すように、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が０．５の場合よりも並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が０．７５や１の場合の方がリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率が大きかった。並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が０．７５の場合と、並流

式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が１．０の場合とでは、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率はほぼ同等であった。よって、並流式CO_2吸収塔２２を煙道２９に設ける場合、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）は、０．５よりも大きくすることで、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率を大きくすることができる。

[0077] ［並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）と並流式CO_2吸収部１９の充填高さを変化させた場合のリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率への影響］

図７は、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）と並流式CO_2吸収部１９の充填高さを変化させた場合とリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。実施例３－４は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の高さを１００％とした時の並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の高さを４３％とし、リッチ溶液１８の還流比（Ａ２／Ａ１）を０とし、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を０．５とした試験例である。

[0078] 図７に示すように、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が０．５の場合では、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が１の場合よりもリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は小さくなったが、並流式CO_2吸収部１９の充填高さを高くすることで、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が１の場合よりもリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率が大きくなった。よって、並流式CO_2吸収塔２２を煙道２９に設ける場合、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）が小さい場合には、並流式CO_2吸収部１９の充填高さを高くすることで、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率を大きくすることができる。

[0079] ［CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０を２段としたときの並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さとリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係］

図８は、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さとリボ

イラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。なお、比較例４－１は、比較例１と同様、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高さを１００％とした試験例である。比較例４－１において、リボイラ３６が消費する蒸気量を基準値（０％）とした。比較例４－２は、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０を２段とし、向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした試験例である。実施例４－１は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした時の並流式CO_2吸収部１９の充填高さを１４％とした試験例である。実施例４－２は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした時の並流式CO_2吸収部１９の充填高さを２８％とした試験例である。実施例４－３は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした時の並流式CO_2吸収部１９の充填高さを４３％とした試験例である。また、実施例４－１～４－３、比較例４－２は、いずれも向流式CO_2吸収部２０－１の充填高さを２９％、向流式CO_2吸収部２０－２の充填高さを７１％とした。また、実施例４－１～４－３、比較例４－１、４－２は、いずれもリッチ溶液１８の還流比（Ａ２／Ａ１）を０とし、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を１とした。

[0080] 図８に示すように、CO_2吸収塔２３が向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２を含み、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０を２段とすることで、CO_2吸収塔２３が向流式CO_2吸収部２０を含み、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０が１段の場合よりもリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は大きくなった（比較例４－１、４－２参照）。また、実施例４－１のように、CO_2吸収塔２３が向流式CO_2吸収部２０を２段とし、煙道２９に並流式CO_2吸収塔２２を設けることで、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は更に高くなった。また、実施例４－１～４－３のように、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さが高くなるほど、リボイラ３６で消費す

る蒸気量の削減率は大きくなった。よって、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０を複数段とし、煙道２９に並流式CO_2吸収塔２２を設けることで、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は更に高くできる。また、並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の高さが高くなるほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率を大きくすることができる。

[0081] ＜冷却塔１６の内部と、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３との間に並流式CO_2吸収塔２２を設けた場合＞

［CO_2吸収塔２３のCO_2吸収部を２段とし、冷却塔１６の内部の向流式CO_2吸収部８１の充填高さとリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係］

図９は、向流式CO_2吸収部８１の充填高さとリボイラ３６で消費する蒸気量の削減率との関係を示す図である。なお、比較例５－１は、比較例４－１と同様、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０の充填高さを１００％とした試験例である。比較例５－１において、リボイラ３６が消費する蒸気量を基準値（０％）とした。比較例５－２は、比較例４－２と同様、並流式CO_2吸収塔２２を設けていない従来のCO_2回収装置においてCO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０を２段とし、向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした試験例である。比較例５－３は、並流式CO_2吸収塔２２を設けたCO_2回収装置において、並流式CO_2吸収部１９の充填高さの和を１４％とし、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０を２段とし、向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした試験例である。実施例５－１は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした時の向流式CO_2吸収部８１の充填高さを１４％とした試験例である。実施例５－２は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした時の向流式CO_2吸収部８１の充填高さを２８％とした試験例である。実施例５－３は、CO_2吸収塔２３の向流式CO_2吸収部２０－１、２０－２の充填高さの和を１００％とした時の向流式CO_2吸収部８１の充填高さを４３％とした試験例である。ま

た、実施例５－１～５－３、比較例５－２は、いずれも向流式CO_2吸収部２０－１の充填高さを２９％、向流式CO_2吸収部２０－２の充填高さを７１％とした。また、実施例５－１～５－３、比較例５－３は、いずれも並流式CO_2吸収塔２２の並流式CO_2吸収部１９の充填高さを２８％とした。また、実施例５－１～５－３、比較例５－３は、いずれもリッチ溶液１８Ａの還流比（Ａ２／Ａ１）を０とし、並流式CO_2吸収部１９の断面積比（Ｓ１／Ｓ２）を１とした。また、実施例５－１～５－３は、並流式CO_2吸収塔２２から冷却塔１６に供給されるリッチ溶液１８Ａの流量Ａ３と冷却塔１６内のリッチ溶液１８Ｂをリッチ溶液抜き出し分岐ライン８３を介して並流式CO_2吸収塔２２に供給するリッチ溶液１８の流量Ａ４とのリッチ溶液１８Ｂの還流比（Ａ４／Ａ３）を０とした。

[0082] 図９に示すように、冷却塔１６の内部に向流式CO_2吸収部８１を設け、冷却塔１６とCO_2吸収塔２３との間に並流式CO_2吸収塔２２を設けることで、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は大きくなった（実施例５－１～５－３参照）。また、冷却塔１６の内部に設ける向流式CO_2吸収部８１の充填高さが高くなるほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は大きくなった。よって、冷却塔１６の内部に向流式CO_2吸収部８１を設け、煙道２９に並流式CO_2吸収塔２２を設けることで、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率は更に高くすることができる。また、冷却塔１６の内部の向流式CO_2吸収部８１の充填高さが高くなるほど、リボイラ３６で消費する蒸気量の削減率を大きくすることができる。

符号の説明

[0083] １０　CO_2回収装置

１１　冷却部

１２　CO_2吸収部

１３　吸収液再生部

１４Ａ～１４Ｃ、１４Ｃ－１、１４Ｃ－２　排ガス

１５、４８、７５　水

１６　冷却塔

１７　CO_2吸収液（リーン溶液）

１８、１８Ａ、１８Ｂ　リッチ溶液

１９　並流式CO_2吸収部

２０、２０－１、２０－２、８１　向流式CO_2吸収部

２１　吸収液再生塔

２２　並流式CO_2吸収塔

２３　CO_2吸収塔

２４、２４Ａ、２４Ｂ　セミリッチ溶液

２６、３１、４３、４３－１、４３－２、４９、８２　噴霧ノズル

２７、３３、５２、５６、８４　冷却器

２８、３４、５３、５７、６５、７３、８５　冷却水

２９　煙道

３２　セミリッチ溶液抜き出しライン

３６　再生過熱器（リボイラ）

３７、８７　リッチ溶液送給ライン

３８　リッチソルベントポンプ

３９　リッチ・リーン溶液熱交換器

４１、８３、８８　リッチ溶液抜き出し分岐ライン

４４　水洗部

４５　デミスタ

４７　CO_2除去排ガス

５０、５５、８６　受け部

５１　ポンプ

６１　スチーム

６２　飽和スチーム

６３　リーンソルベントポンプ

６４　リーンソルベントクーラ

７１、７６　CO_2ガス

７２　コンデンサ

７４　分離ドラム

７７　凝縮水循環ポンプ

請求の範囲

[請求項1] ＣＯ$_2$を含む排ガスを水と接触させて前記排ガスを冷却する冷却部と、

前記排ガスとＣＯ$_2$を吸収するＣＯ$_2$吸収液とを接触させて前記排ガスからＣＯ$_2$を除去するＣＯ$_2$吸収部と、

ＣＯ$_2$を吸収したＣＯ$_2$吸収液からＣＯ$_2$を放出させてＣＯ$_2$吸収液を再生する吸収液再生部と、

を有し、

前記ＣＯ$_2$吸収部は、前記排ガスを前記ＣＯ$_2$吸収液と向流状態で接触させて前記排ガスからＣＯ$_2$を除去する少なくとも１つの向流式ＣＯ$_2$吸収部と、前記排ガスを前記ＣＯ$_2$吸収液と並流状態で接触させて前記排ガスからＣＯ$_2$を除去する少なくとも１つの並流式ＣＯ$_2$吸収部とを有することを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

[請求項2] 請求項１において、

前記ＣＯ$_2$吸収部においてＣＯ$_2$を吸収したＣＯ$_2$吸収液を冷却し、前記ＣＯ$_2$吸収部に再度供給することを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

[請求項3] 請求項１又は２において、

前記並流式ＣＯ$_2$吸収部は、前記排ガスの流れ方向の最も前流側に設けられることを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

[請求項4] 請求項１乃至３の何れか１つにおいて、

前記向流式ＣＯ$_2$吸収部は、前記排ガスの流れ方向の最も前流側に設けられることを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

[請求項5] 請求項１乃至４の何れか１つにおいて、

前記ＣＯ$_2$吸収部に含まれる前記向流式ＣＯ$_2$吸収部と前記並流式ＣＯ$_2$吸収部との少なくとも１つが、前記排ガスと前記ＣＯ$_2$吸収液とを接触させて前記排ガスからＣＯ$_2$を除去するＣＯ$_2$吸収塔内に設けられ、

前記並流式ＣＯ$_2$吸収部が、前記冷却部と前記ＣＯ$_2$吸収塔との間に

設けられることを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

［請求項6］ 請求項１乃至５の何れか１つにおいて、

前記ＣＯ$_2$吸収部に含まれる前記向流式ＣＯ$_2$吸収部と前記並流式ＣＯ$_2$吸収部との少なくとも１つが、前記排ガスと前記ＣＯ$_2$吸収液とを接触させて前記排ガスからＣＯ$_2$を除去するＣＯ$_2$吸収塔内に設けられ、

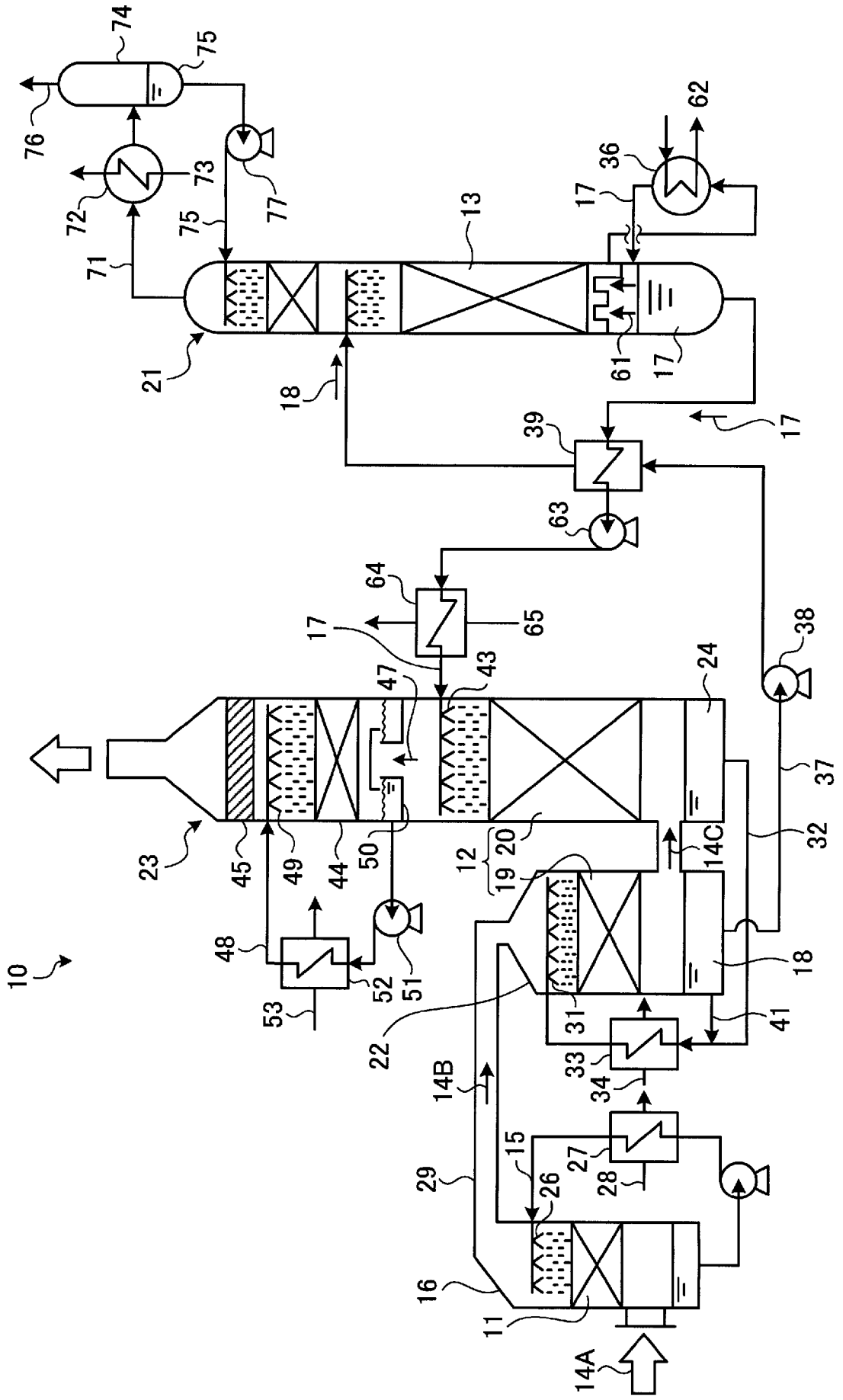
前記向流式ＣＯ$_2$吸収部が、前記冷却部と前記ＣＯ$_2$吸収塔との間に設けられることを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

［請求項7］ 請求項１乃至６の何れか１つにおいて、

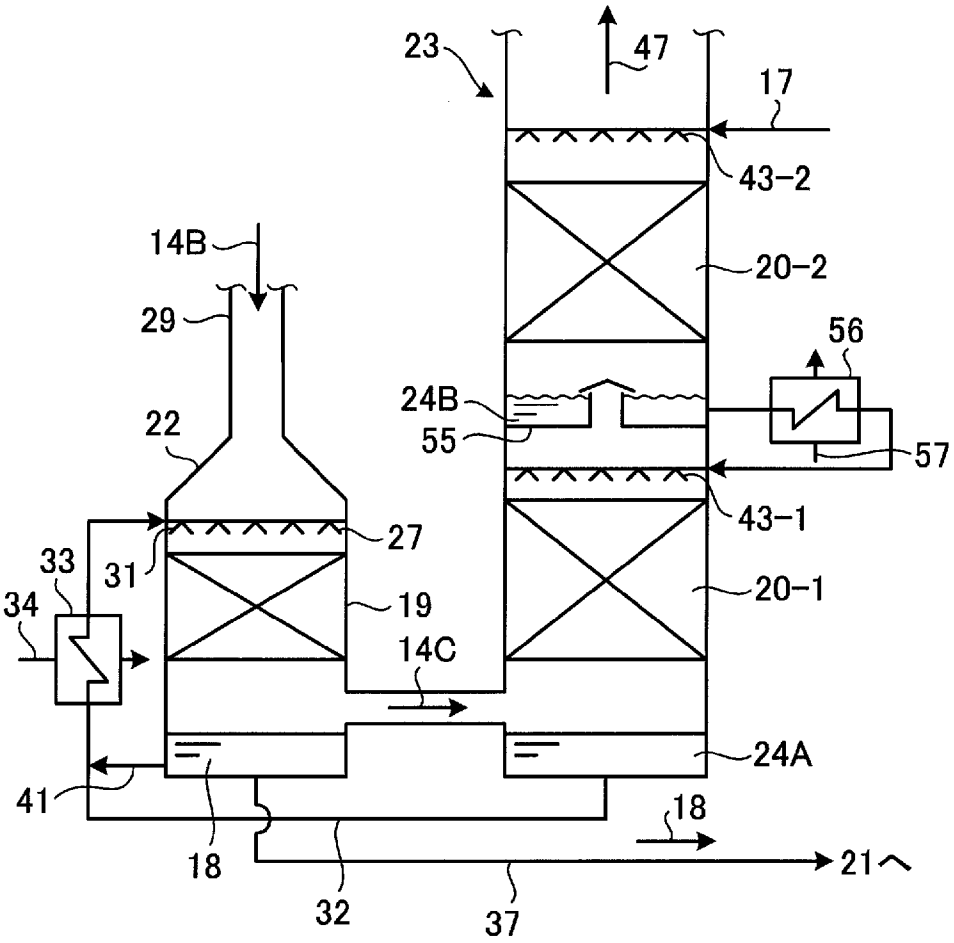
前記冷却部が、前記排ガスを水と接触させて前記排ガスを冷却する冷却塔内に設けられ、

前記向流式ＣＯ$_2$吸収塔が、前記冷却塔の内部に設けられることを特徴とするＣＯ$_2$回収装置。

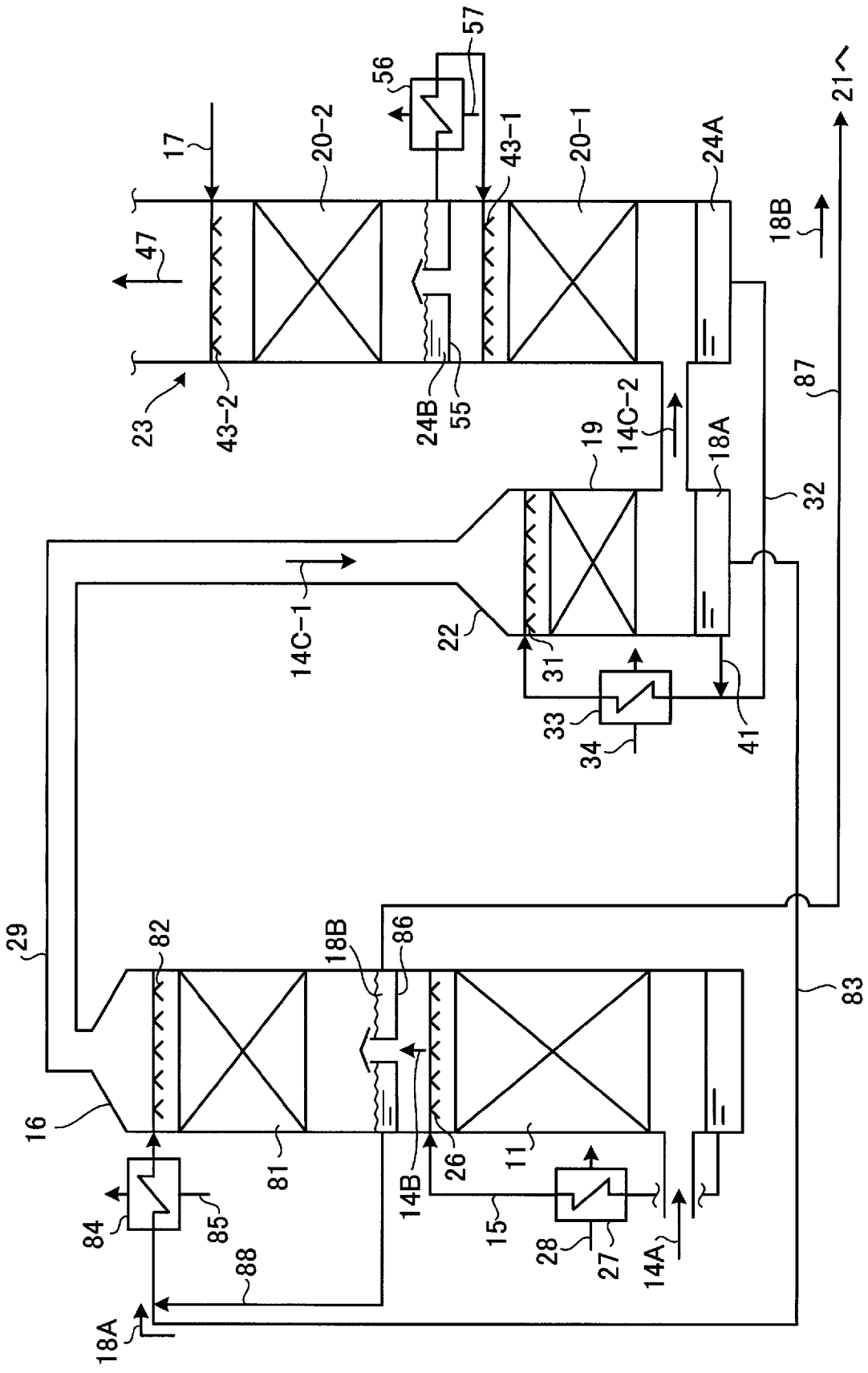
[図1]


10
11
12
13
14A
14B
14C
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
26
27
28
29
31
32
33
34
36
37
38
39
41
43
44
45
47
48
49
50
51
52
53
61
62
63
64
65
71
72
73
74
75
76
77

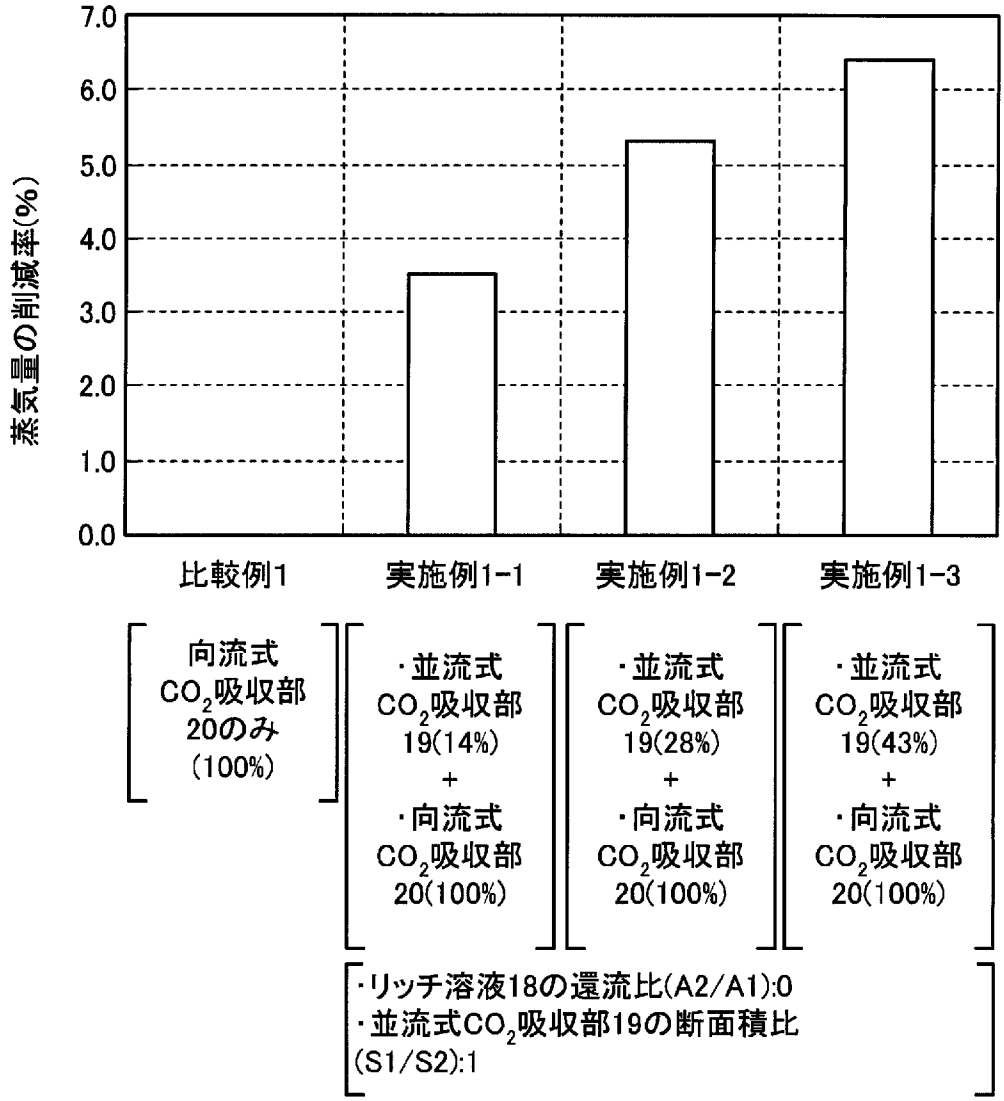
[図2]


23
47
17
43-2
14B
20-2
29
56
24B
22
55
57
43-1
27
33
31
20-1
34
19
14C
24A
41
18
18
21へ
32
37

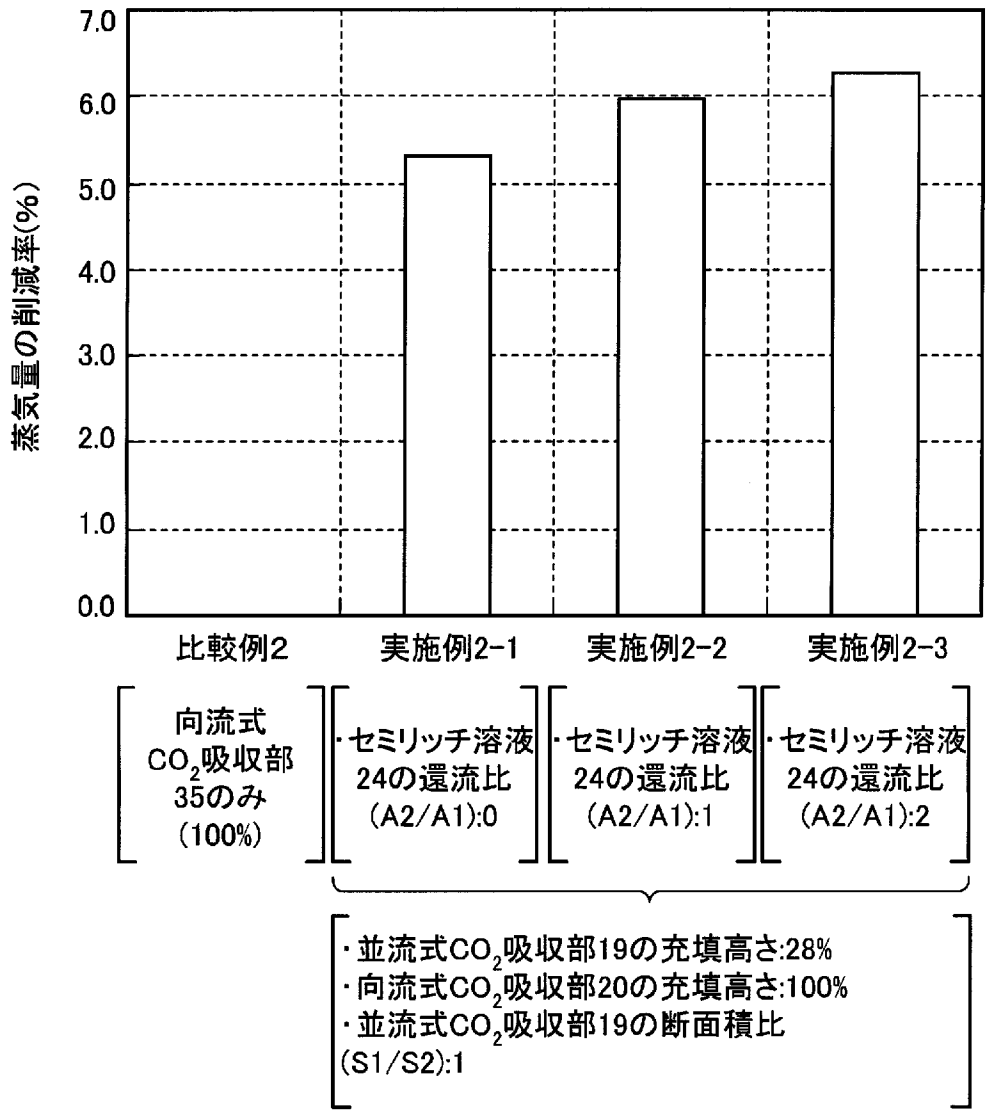
[図3]


17
20-2
56
57
43-1
20-1
24A
21
18B
47
87
23
43-2
24B
55
19
14C-2
18A
32
14C-1
22
31
33
34
41
29
82
18B
86
83
16
81
14B
26
11
84
85
15
28
27
14A
88
18A

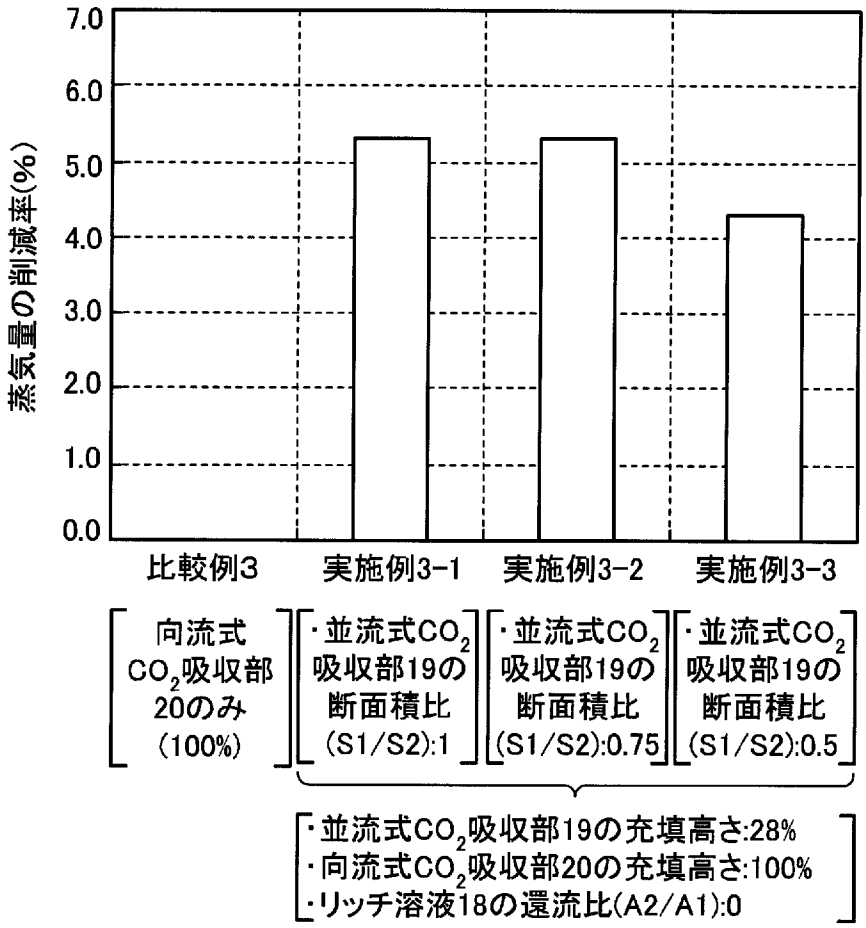
[図4]


蒸気量の削減率(%)
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
比較例1
実施例1-1
実施例1-2
実施例1-3
向流式 CO2吸収部 20のみ (100%)
・並流式 CO2吸収部 19(14%) + ・向流式 CO2吸収部 20(100%)
・並流式 CO2吸収部 19(28%) + ・向流式 CO2吸収部 20(100%)
・並流式 CO2吸収部 19(43%) + ・向流式 CO2吸収部 20(100%)
・リッチ溶液18の還流比(A2/A1):0
・並流式CO2吸収部19の断面積比 (S1/S2):1

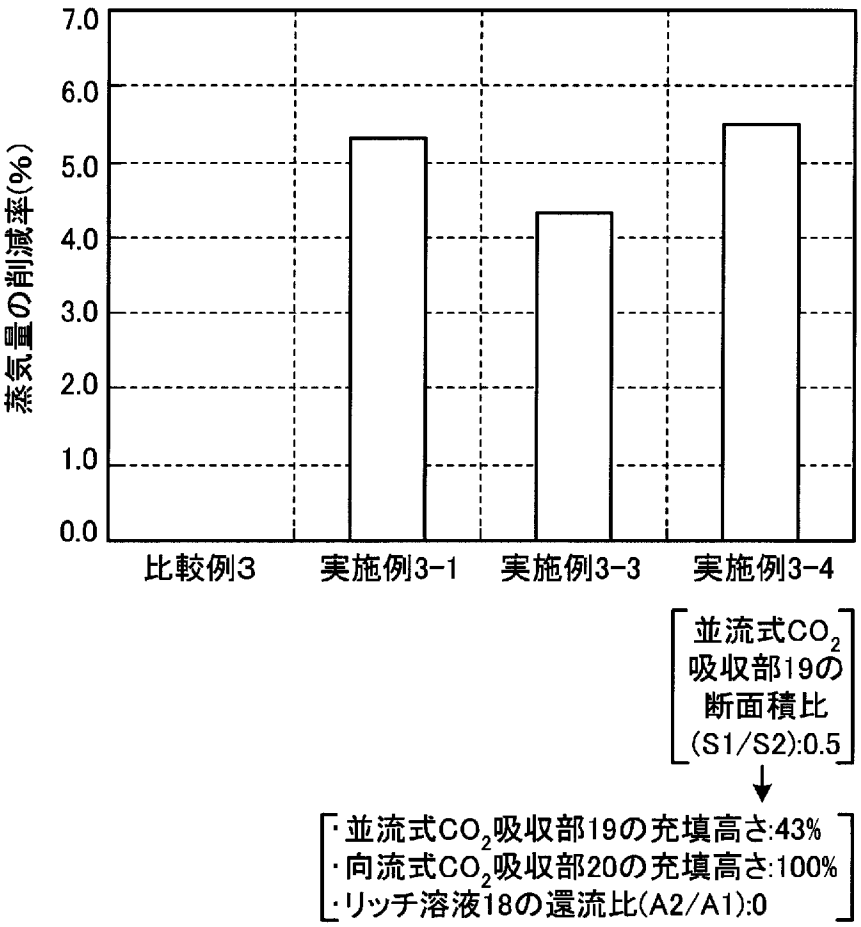
[図5]


蒸気量の削減率(%)
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
比較例2
実施例2-1
実施例2-2
実施例2-3
向流式 CO_2吸収部35のみ (100%)
・セミリッチ溶液24の還流比(A2/A1):0
・セミリッチ溶液24の還流比(A2/A1):1
・セミリッチ溶液24の還流比(A2/A1):2
・並流式CO_2吸収部19の充填高さ:28%
・向流式CO_2吸収部20の充填高さ:100%
・並流式CO_2吸収部19の断面積比(S1/S2):1

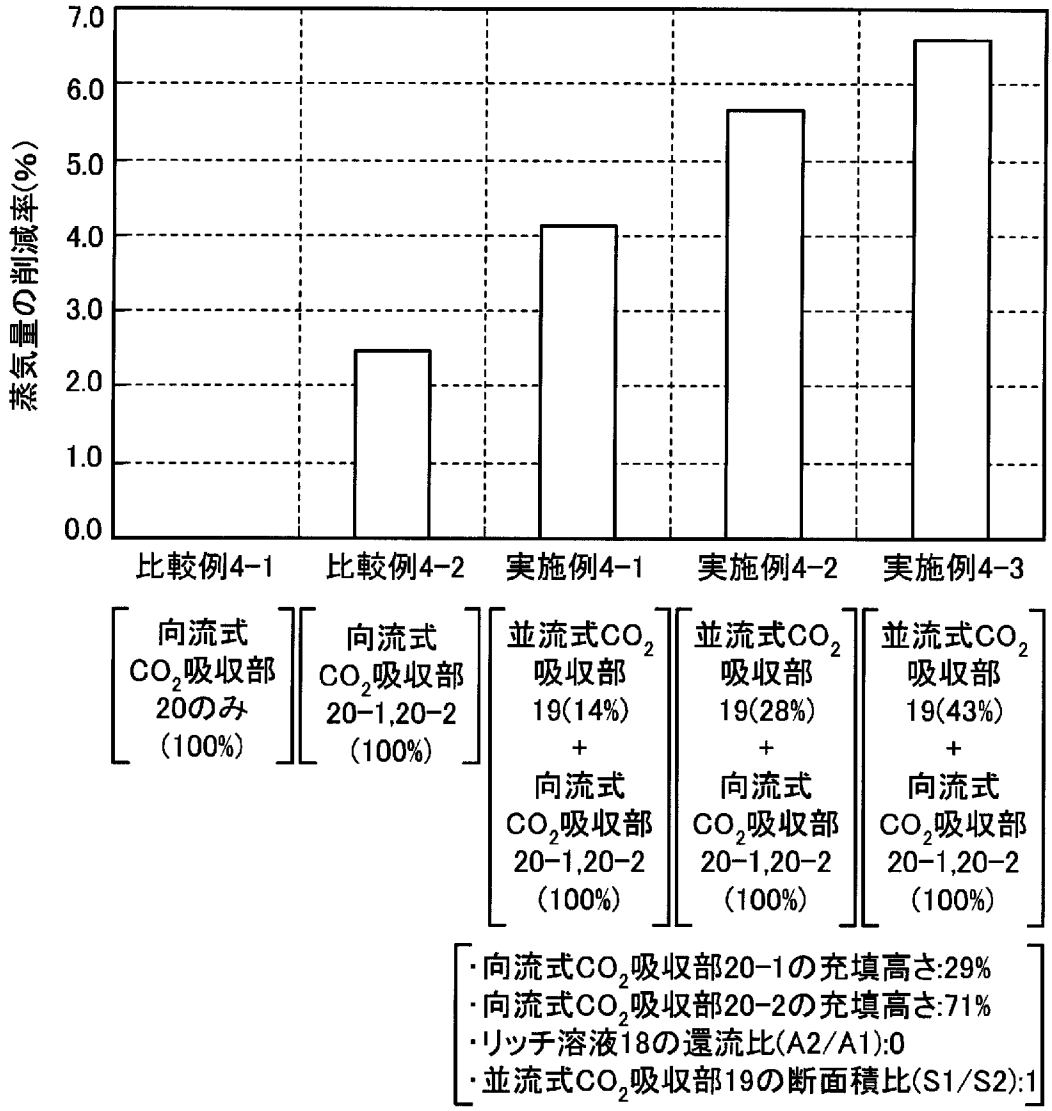
[図6]


蒸気量の削減率(%)
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
比較例3
実施例3-1
実施例3-2
実施例3-3
向流式CO2吸収部20のみ(100%)
・並流式CO2吸収部19の断面積比(S1/S2):1
・並流式CO2吸収部19の断面積比(S1/S2):0.75
・並流式CO2吸収部19の断面積比(S1/S2):0.5
・並流式CO2吸収部19の充填高さ:28%
・向流式CO2吸収部20の充填高さ:100%
・リッチ溶液18の還流比(A2/A1):0

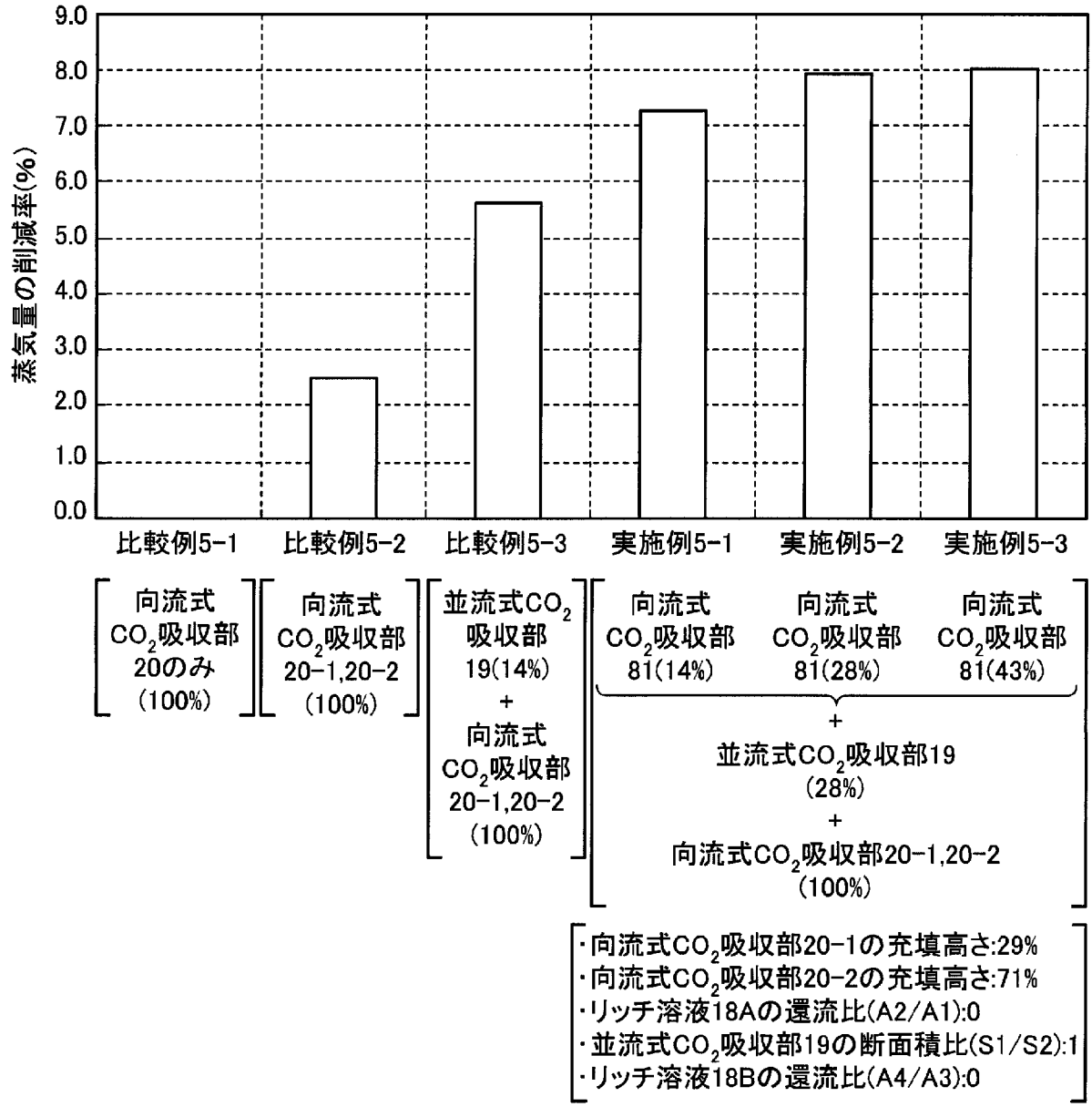
[図7]


蒸気量の削減率(%)
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
比較例3
実施例3-1
実施例3-3
実施例3-4
並流式CO2吸収部19の断面積比(S1/S2):0.5
・並流式CO2吸収部19の充填高さ:43%
・向流式CO2吸収部20の充填高さ:100%
・リッチ溶液18の還流比(A2/A1):0

[図8]


蒸気量の削減率(%)
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
比較例4-1
比較例4-2
実施例4-1
実施例4-2
実施例4-3
向流式 CO2吸収部 20のみ (100%)
向流式 CO2吸収部 20-1,20-2 (100%)
並流式CO2 吸収部 19(14%) + 向流式 CO2吸収部 20-1,20-2 (100%)
並流式CO2 吸収部 19(28%) + 向流式 CO2吸収部 20-1,20-2 (100%)
並流式CO2 吸収部 19(43%) + 向流式 CO2吸収部 20-1,20-2 (100%)
・向流式CO2吸収部20-1の充填高さ:29%
・向流式CO2吸収部20-2の充填高さ:71%
・リッチ溶液18の還流比(A2/A1):0
・並流式CO2吸収部19の断面積比(S1/S2):1

[図9]


蒸気量の削減率(%)
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
比較例5-1
比較例5-2
比較例5-3
実施例5-1
実施例5-2
実施例5-3
向流式 CO2吸収部 20のみ (100%)
向流式 CO2吸収部 20-1,20-2 (100%)
並流式CO2 吸収部 19(14%) + 向流式 CO2吸収部 20-1,20-2 (100%)
向流式 CO2吸収部 81(14%)
向流式 CO2吸収部 81(28%)
向流式 CO2吸収部 81(43%)
+
並流式CO2吸収部19 (28%)
+
向流式CO2吸収部20-1,20-2 (100%)
・向流式CO2吸収部20-1の充填高さ:29%
・向流式CO2吸収部20-2の充填高さ:71%
・リッチ溶液18Aの還流比(A2/A1):0
・並流式CO2吸収部19の断面積比(S1/S2):1
・リッチ溶液18Bの還流比(A4/A3):0

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/059913

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B01D53/62(2006.01)i, *B01D53/14*(2006.01)i, *C01B31/20*(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)
B01D53/34-53/85, B01D53/14-53/18, C01B31/20

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2008-238114 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraphs [0004] to [0006]; fig. 9 (Family: none)	1-7
Y	JP 2005-254212 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 September 2005 (22.09.2005), fig. 13 & US 2007/0283813 A1 & EP 1736231 A1 & WO 2005/097299 A1	1-7

☒ 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
13 June, 2012 (13.06.12)	26 June, 2012 (26.06.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/059913

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-246313 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 26 September 1995 (26.09.1995), paragraphs [0012] to [0015]; fig. 2 & EP 671199 A2	1-7
Y	JP 54-57472 A (Union Carbide Corp.), 09 May 1979 (09.05.1979), page 21, upper left column, line 6 to lower left column, line 17; fig. 3 & US 4113837 A	5,6
Y	JP 2009-520600 A (Fluor Technologies Corp.), 28 May 2009 (28.05.2009), paragraphs [0019], [0020]; fig. 1 & US 2009/0148371 A1 & EP 1962992 A2 & WO 2007/075485 A2	7
Y	JP 60-172335 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 05 September 1985 (05.09.1985), page 2, lower left column, line 10 to lower right column, line 15; fig. 2, 8 & EP 162536 A1	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５９９１３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B01D53/62(2006.01)i, B01D53/14(2006.01)i, C01B31/20(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B01D53/34-53/85, B01D53/14-53/18, C01B31/20

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 2008-238114 A（三菱重工業株式会社）2008.10.09, 【０００４】－【０００６】, 図９（ファミリーなし）	１－７
Y	JP 2005-254212 A（三菱重工業株式会社）2005.09.22, 図１３ & US 2007/0283813 A1 & EP 1736231 A1 & WO 2005/097299 A1	１－７
Y	JP 7-246313 A（関西電力株式会社）1995.09.26, 【００１２】－【００１５】, 図２ & EP 671199 A2	１－７

☑　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 １３．０６．２０１２	国際調査報告の発送日 ２６．０６．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　４Ｑ　４４３５ 松本　瞳 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６８

Ｃ（続き）．　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 54-57472 A（ユニオン・カーバイド・コーポレーション）1979.05.09，第２１頁左上欄第６行－左下欄第１７行、図３ & US 4113837 A	５，６
Ｙ	JP 2009-520600 A（フルオー・テクノロジーズ・コーポレイション）2009.05.28，【００１９】，【００２０】，図１ & US 2009/0148371 A1 & EP 1962992 A2 & WO 2007/075485 A2	7
Ｙ	JP 60-172335 A（バブコック日立株式会社）1985.09.05，第２頁左下欄第１０行－右下欄第１５行、第２図、第８図 & EP 162536 A1	7