

(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8月23日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/111495 A1

- (51) 国際特許分類:
F23J 15/00 (2006.01) C01B 31/20 (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01) F22D 1/18 (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01) F23C 99/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/052808
- (22) 国際出願日: 2012年2月8日(08.02.2012)
- (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 2011-031627 2011年2月17日(17.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): バブ
コック日立株式会社(BABCOCK-HITACHI K.K.)
[JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目
14番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 折田 久幸
(ORITA Hisayuki) [JP/JP]; 〒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). 向出 正明(MUKAIDE
Masaaki) [JP/JP]; 〒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

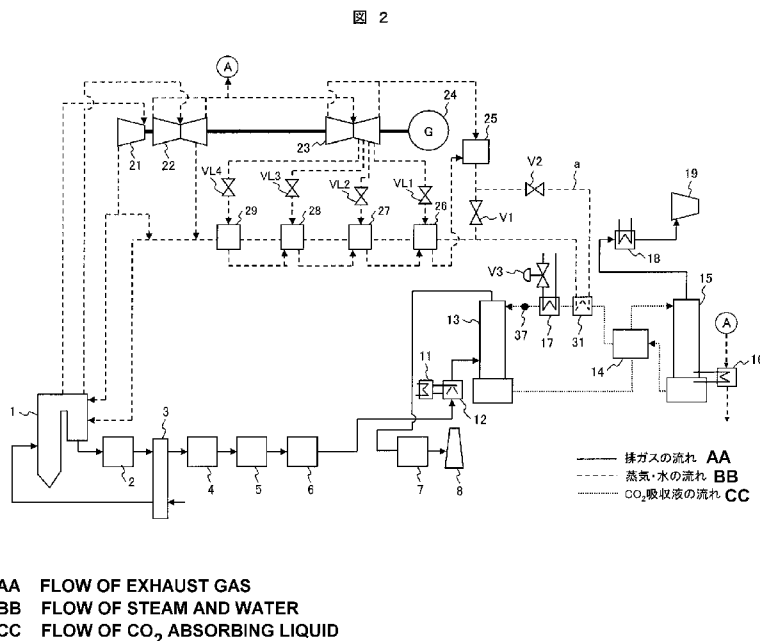
究所内 Ibaraki (JP). 穂刈 信幸(HOKARI Nobuyuki) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 吉田 紀子(YOSHIDA Noriko) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 横山 公一(YOKOYAMA Koichi) [JP/JP]; 〒7378508 広島県呉市宝町5番3号 バブコック日立株式会社呉研究所内 Hiroshima (JP). 島村 潤(SHIMAMURA Jun) [JP/JP]; 〒7378508 広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立株式会社 呉事業所内 Hiroshima (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, 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,

[続葉有]

(54) Title: COAL FIRED BOILER SYSTEM PROVIDED WITH CARBON DIOXIDE COLLECTING SYSTEM

(54) 発明の名称: 二酸化炭素回収システムを備えた石炭焚きボイラシステム



(57) Abstract: In a CO₂ collecting system with the use of an absorbing liquid, by focusing on heat that has a small temperature difference and is difficult to be effectively utilized, effective use of the heat of the CO₂ collecting system with the use of the absorbing liquid is attained. By focusing on the quantity of heat in which the temperature of a lean liquid obtained after heat exchange between an absorbing liquid (lean liquid), from which CO₂ is desorbed, and an absorbing liquid (rich liquid), in which CO₂ is absorbed, is reduced up to the temperature at which CO₂ is absorbed, water from a condenser is used as a refrigerant of the lean liquid. Furthermore, the difference in temperature between the water from the condenser and the lean liquid obtained after the heat exchange between the lean liquid and the rich liquid is caused by a heat pump that compresses and expands the medium with another medium, resulting in easy heat exchange. The water from the condenser is successively heated by using bleed steam from a steam turbine by a plurality of low pressure water supply heaters connected in series. The water from the condenser is

branched, and one is supplied to an inlet port of the low pressure water supply heater on the uppermost stream, while the other is supplied to an inlet port of the low pressure water supply heater on the lowermost stream among the plurality of low pressure water supply heaters after being subjected to high temperature treatment with the heat pump.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/111495 A1



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, 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))

吸収液を用いたCO₂回収システムにおいて、温度差が小さく有効利用されにくい熱に着目し、吸収液を用いたCO₂回収システムの熱の有効利用を図る。CO₂を脱離した吸収液（リーン液）とCO₂を吸収した吸収液（リッチ液）とを熱交換した後のリーン液を、CO₂を吸収する温度にまで低下させる熱量に着目し、その冷媒として復水器からの水を使用するようにした。さらに、復水器からの水と、リーン液とリッチ液とを熱交換した後のリーン液とを、別の媒体を用いて該媒体を圧縮、膨張させるヒートポンプにより温度差をつけ、熱交換をしやすくした。復水器からの水は、直列に複数接続された低圧給水加熱器によって、蒸気タービンからの抽気蒸気を使って、順次加熱される。復水器からの水を分岐し、一方は最上流の低圧給水加熱器の入口に供給し、一方はヒートポンプによって高温化した後、複数の低圧給水加熱器のうち、最下流の低圧給水加熱器の入口に供給する。

明 細 書

発明の名称：

二酸化炭素回収システムを備えた石炭焼きボイラシステム

技術分野

[0001] 本発明は、二酸化炭素回収型ボイラシステムであり、特に排ガス中の二酸化炭素を吸収し、脱離回収する石炭焼きボイラシステムに関するものである。

背景技術

[0002] 近年、地球温暖化が地球規模の環境問題として取り上げられている。大気中の二酸化炭素濃度の増加が地球温暖化の主要因であることが明らかにされており、二酸化炭素排出量の削減が重要になっている。

[0003] 石炭火力発電所は二酸化炭素（以下CO₂と表記）の大きな排出源の一つであり、排ガス中のCO₂を高効率で回収することが課題とされている。

[0004] 排ガス中のCO₂を回収する技術としては、特許文献1に示されているように二酸化炭素を吸収液に吸収させ、吸収液から二酸化炭素を脱離する方式がある。この回収システムは、CO₂を吸収させる吸収塔と、CO₂を脱離させる再生塔から構成され、排ガスを吸収塔に導きCO₂を吸収液に吸収させる。その吸収液を再生塔に送りCO₂を脱離させる。再生塔で脱離したCO₂は、圧縮、液化して地底あるいは海底に貯留する。

[0005] CO₂の脱離には吸収液の加熱が必要であり、再生塔には加熱装置が設けられている。

吸収液に再度CO₂を吸収させるためには吸収液の低温化が必要であり、再生塔から吸収塔の間に冷却装置が設けられている。この際、高温の吸収液と低温の吸収液とを熱交換することによって熱の有効利用を図っている。しかしながらさらなる熱の有効利用が必要になっており、CO₂回収システム内の熱の有効利用のみならず、回収システムに係るシステムとの連携による熱の有効利用方法が提案されている。

[0006] 特許文献1では、再生塔の上部で、脱離した水蒸気を含むCO₂ガスの熱で吸収液を加熱し、熱の有効利用を図っている。特許文献2では、脱離したCO₂を圧縮する際の高温熱を利用し、吸収液を加熱することで熱の有効利用を図っている。特許文献3では、復水器の水を再生塔出口のガス冷却媒体として利用し、熱の有効利用を図っている。特許文献4では、ボイラから出た燃焼ガスの熱で吸収液を加熱し、熱の有効利用を図っている。また、特許文献5では、排ガスを圧縮冷却しスワールノズルを用いてCO₂を分離しているが排ガス冷却のため復水器と蒸発器を用いた2つの冷凍循環路を用いている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2007-61777号公報
特許文献2：特開2008-62165号公報
特許文献3：特開平3-193116号公報
特許文献4：特開平7-241440号公報
特許文献5：特公表2010-500163号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] これら特許文献は、いずれも温熱と冷熱との温度差が大きく熱交換しやすい箇所に着目して熱を有効利用している。これに対し本発明では、温度差が小さく熱が有効利用されにくい箇所に着目し、吸収液を用いたCO₂回収システムの熱の有効利用をさらに図ることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、石炭を燃焼するボイラと、その下流に排ガスを処理する装置を備えた排ガス処理システムと、排ガス処理システムの途中に、排ガス中の二酸化炭素を二酸化炭素吸収液に吸収する吸収塔と二酸化炭素を二酸化炭素吸収液から脱離する再生塔を有する二酸化炭素吸収脱離システムと、前記ボイ

ラで熱回収し、得た高圧蒸気で駆動する蒸気タービンと、発電機と、蒸気を冷却し、液化する復水器と、復水からの水を加熱する給水加熱器を有する水循環システムを有する二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記吸収塔から前記再生塔へ、および再生塔から前記吸収塔へそれぞれ二酸化炭素吸収液を導く配管を有し、その途中で互いの二酸化炭素吸収液が熱交換する液液熱交換器を有し、該液液熱交換器から前記吸収塔へ二酸化炭素吸収液を導く前記配管の途中に、二つの吸収液熱交換器を設け、上流側の吸収液熱交換器の冷却媒体に復水器からの水を使用することを特徴とする。

[0010] また、二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記復水器と前記給水加熱器の間に復水加熱器を設け、さらに、前記上流側吸収液熱交換器から前記復水加熱器へ熱媒体を導く配管の途中に圧縮機を設け、前記復水加熱器から前記上流側吸収液熱交換器へ熱媒体を導く配管の途中に減圧弁を設けることを特徴とする。

[0011] また、二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記給水加熱器を複数設け、前記復水器と前記給水加熱器の途中から分岐させた配管に復水加熱器を設け、該復水加熱器で加熱した水を複数の前記給水加熱器のうちより下流側に導き、さらに、前記上流側吸収液熱交換器から前記復水加熱器へ熱媒体を導く配管途中に圧縮機を設け、復水加熱器から上流側吸収液熱交換器へ熱媒体を導く配管途中に減圧弁を設けることを特徴とする。

[0012] また、二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記圧縮機上流と前記減圧弁下流をつなぐバイパス配管を設け、該配管の途中に熱媒体バイパス弁を設けることを特徴とする。

[0013] また、二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記復水器と前記給水加熱器の途中で分岐する配管を設け、最上流の前記給水加熱器までの配管と、前記復水加熱器までの配管の途中にそれぞれ弁を設けることを特徴とする。

[0014] また、二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記下流側吸収液熱交換器の冷媒供給管に冷媒流量を制御する流量調節弁を有し、前記下流側吸収液熱交換器出口の吸収液温度を計測する温度計測手段を有し、該温度計測手段の計測値によって、前記下流側吸収液熱交換器の冷媒流量を制御することを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明は、排ガス処理システムと二酸化炭素吸収脱離システムと水循環システムを有する石炭焚きボイラシステムにおいて、吸収塔から再生塔へおよび再生塔から前吸収塔へそれぞれ二酸化炭素吸収液を導く配管を有し、その途中で互いの二酸化炭素吸収液が熱交換する液液熱交換器を有し、液液熱交換器から吸収塔へ二酸化炭素吸収液を導く配管の途中に二つの吸収液熱交換器を設け、上流側の吸収液熱交換器の冷却媒体に復水器からの水を使用することにより、CO₂吸収液のリッチ液と熱交換した後のリーン液をCO₂吸収温度にまで低下させる際に発生する熱を復水器からの水を加熱する熱として利用することにより、低圧給水加熱器で使用する抽気蒸気量を低減し、ボイラの熱効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]CO₂回収システムを備えた石炭焚きボイラのシステム図。
[図2]本発明実施例1のCO₂回収システムを備えた石炭焚きボイラのシステム図。
[図3]本発明実施例1におけるCO₂回収システムの運用図。
[図4]本発明実施例2のCO₂回収システムを備えた石炭焚きボイラのシステム図。
[図5A]本発明実施例2のCO₂回収システムの最大熱回収までの運用図。
[図5B]本発明実施例2のCO₂回収システムの熱回収停止の運用図。
[図6]本発明実施例3のCO₂回収システムを備えた石炭焚きボイラのシステム図。
[図7A]本発明実施例3のCO₂回収システムの最大熱回収までの運用図。

[図7B]本発明実施例3のCO₂回収システムの熱回収停止の運用図。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明を石炭焚きボイラシステムについて説明するが、燃料は石炭に限らず化石燃料であればよい。図1に、CO₂回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムの基本構成を示す。図1において排ガスの流れを実線で、蒸気・水の流れを破線で、CO₂吸収液の流れを点線で示す。
- [0018] 次に、排ガスの流れを説明する。図1において、微粉炭焚きボイラ1で燃焼した後の排ガスは、脱硝装置2で窒素酸化物（以下、NO_xと表記）を除去し、エアーヒータ3で燃焼用空気を排ガスで加熱し、熱回収ガスガスヒータ4（以下、熱回収GGHと表記）で排ガスを冷却し、乾式電気集塵器5で排ガス中の煤塵を除去し、脱硫装置6で硫黄酸化物（以下、SO_xと表記）を除去し、再加熱ガスガスヒータ7（以下、再加熱GGH）で、白煙防止のため排ガスを加熱して煙突8から排気する。
- [0019] CO₂の回収は、排ガスを脱硫装置6の下流からCO₂回収システムに導く。排ガス中にはSO_xおよびSO_xが酸化した硫酸ガスが微量含まれており、これらガスはCO₂の吸収液を劣化させるため、アルカリ液を噴霧するNaOH噴霧装置12で除去する。CO₂の吸収液は、例えばアルカノールアミンをベースとする水溶液を使用する。
- [0020] 次に、CO₂吸収液の流れを説明する。吸収塔13で排ガスと吸収液を接触させ、CO₂を吸収し、吸収した後の排ガスは再加熱GGH7の前に戻し、煙突8から排気する。吸収液はCO₂を吸収する際に発熱する。従ってCO₂を効率的に吸収させるためには、吸収液温度は低温のほうが望ましい。
- [0021] CO₂を吸収した吸収液は液液熱交換器14で加熱し、再生塔15に導いて吸収液からCO₂を脱離させる。効率的にCO₂を脱離させるには吸収液の加熱が必要であり、このため蒸気タービンからの抽気蒸気を使った加熱用のリボイラ16を有する。CO₂を脱離させる吸収液温度は、吸収液の種類によって異なる。
- [0022] CO₂の脱離ガスには蒸気も含まれることから、脱離ガス冷却器18で除

湿し、圧縮機 19 で CO₂ を圧縮し液化して回収する。

[0023] 再生塔 15 で CO₂ を脱離した吸収液は、液液熱交換器 14 で冷却し、さらに吸収液冷却器 17 で CO₂ を吸収する温度にまで冷却した後に吸収塔 13 に導く。

[0024] 次に、蒸気・水の流れを説明する。石炭焚きボイラ 1 で熱回収して得た蒸気を高圧タービン 21 に導き、その排蒸気を石炭焚きボイラ 1 で再熱して中圧タービン 22 に導き、その排蒸気を低圧タービン 23 に導いて発電機 24 を駆動させる。低圧タービン 23 の排蒸気は復水器 25 で冷却して水に戻す。

[0025] 復水器 25 の水は第 1 低圧給水加熱器 26、第 2 低圧給水加熱器 27、第 3 低圧給水加熱器 28、第 4 低圧給水加熱器 29 で順次加熱し、さらに、図示していない高圧給水加熱器で加熱して石炭焚きボイラ 1 に導き、熱回収する。

[0026] 低圧給水加熱器 26～29 では、低圧タービン 23 からの抽気蒸気の熱を使って復水器 25 からの水を加熱する。その際、抽気蒸気は低圧給水加熱器 26～29 内で凝縮してドレン水となる。ドレン水は水位が常に一定になるように抜き出しており、第 1 低圧給水加熱器 26 のドレン水は復水器 25 へ戻し、第 2 低圧給水加熱器 27 のドレン水は第 1 低圧給水加熱器 26 へ戻し、第 3 低圧給水加熱器 28 のドレン水は第 2 低圧給水加熱器 27 へ戻し、第 4 低圧給水加熱器 29 のドレン水は第 3 低圧給水加熱器 28 へ戻している。下流ほど高温の抽気蒸気が必要であり、復水器からの水を下流に向かって段階的に加熱する。

[0027] CO₂ 回収システムでの熱損失は、NaOH 冷却装置 11 での除熱、吸収液冷却器 17 での除熱、脱離ガス冷却器 18 での除熱である。本発明は、それらの中で吸収液冷却器 17 での熱損失に着目したものであり、以降、本発明を実施例について説明する。

実施例 1

[0028] 図 2 に実施例 1 の CO₂ 回収システムを備えた石炭焚きボイラシステム図

を示す。吸収液冷却器 17 の上流に復水加熱用の吸収液冷却器 31 を設けて復水器 25 の水を通水し、吸収液のうちのリーン液を除熱し熱回収して、第 1 低圧給水加熱器 26 へ導く。

[0029] 吸収塔 13 のリーン液供給口の温度は T1 温度計 37 で測定する。リーン液供給口の位置におけるリーン液の温度は、CO₂ を吸収する温度である T1'（例えば約 40 度）に保つ必要がある。そこで吸収液冷却器 17 の冷却水量を調節する流量調節弁 V3 を設け、冷却水量を増減させることで温度計 37 の温度を CO₂ 吸収温度 T1' に保つ。

[0030] 復水器 25 と第 1 低圧給水加熱器 26 の間に流量調節弁 V1 を設け、復水器 25 と流量調節弁 V1 の間から配管 a を分岐し、開閉弁 V2 を介して復水加熱用吸収液冷却器 31 に接続する。復水加熱用吸収液冷却器 31 はさらに流量調節弁 V1 および第 1 低圧給水加熱器 26 と接続している。また、低圧タービン 23 から蒸気を抽気し、第 1 低圧給水加熱器 26 へ導く。その間に開閉弁 VL1 を設けた。第 1 低圧給水加熱器 26 内の圧力は、所定の圧力 PL1' に維持し、第 1 低圧給水加熱器 26 出口の水温は維持される。

[0031] 図 3 に実施例における CO₂ 回収システムの運用図を示す。復水加熱用吸収液冷却器で熱回収しない時には、流量調節弁 V1 を開とし開閉弁 V2 を閉として、復水器 25 の水を第 1 低圧給水加熱器 26 へ直接通水する。開閉弁 VL1 は開であり、低圧タービン 23 からの蒸気で水を加熱する。

[0032] 復水加熱用吸収液冷却器 31 での熱回収準備として、CO₂ 吸収液を吸収塔 13 と再生塔 15 の間で循環させ、さらにリボイラ 16 で CO₂ 吸収液を加熱開始し、CO₂ を吸収、脱離する温度条件を整える。そのとき、T1 温度計 37 の温度が T1' になるように、流量調節弁 V3 を調節する。

[0033] 復水加熱用吸収液冷却器 31 での熱回収開始は、操作 (1-1) として開閉弁 V2 を開とし、さらに操作 (1-2) として開閉弁 VL1 を閉とし、第 1 低圧給水加熱器 26 への蒸気供給を停止する。次に操作 (1-3) として流量調節弁 V1 を閉にする。第 1 低圧給水加熱器 26 への蒸気供給を停止することにより、復水加熱用吸収液冷却器 31 への水量が増加し、熱回収量が

増加する。低圧タービン 23 の変動を抑えるため、操作 1-3 は緩慢操作が望ましい。

[0034] 復水加熱用吸収液冷却器 31 での熱回収量が増加すれば、復水加熱用吸収液冷却器 31 出口のリーン液温度は低下する。流量調節弁 V3 は T1 温度計 37 の温度が T1' になるように制御しており、リーン液の温度低下によって吸収液冷却器 17 の冷却水量を抑える閉方向へ調節される。

[0035] ボイラ負荷変動時は、流量調節弁 V3 によって吸収塔 13 に供給するリーン液温度 T1 を T1' になるように制御しており、それ以外の操作は必要としない。ボイラ負荷が増加すれば復水器からの水量が増加するため、流量調節弁 V3 は開方向に調節され、一方、ボイラ負荷が減少すれば復水器からの水量が減少するため、流量調節弁 V3 は閉方向へ調節される。

[0036] 復水加熱用吸収液冷却器 31 出口のリーン液温度が T1' 以下であれば、図 2 の吸収液冷却 17 は削除することができ、図 3 の調節弁 V3 の制御操作を削除することができる。

[0037] また、復水器からの水の温度が高い場合には、低圧タービン 23 から第 2 低圧給水加熱器 27、あるいは、第 3 低圧給水加熱器 28、第 4 低圧給水加熱器 29 へ導く抽気蒸気を逐次遮断することも可能であり、低圧タービン 23 からの抽気蒸気を低減することで発電出力を向上させることができる。

[0038] その際、復水加熱用吸収液冷却器 31 出口のリーン液温度が T1' 以上であれば、T1' に冷却することが必要であり、その冷却熱をさらに熱回収することが望まれる。

[0039] ところが、復水加熱用吸収液冷却器 31 出口のリーン液温度は、復水加熱用吸収液冷却器 31 入口のリーン液温度と復水器からの水温度との間の温度になる一方で、低圧給水加熱器 26~29 の後段ほど高温の水でなければ抽気蒸気を低減することはできない。そこで、復水器からの水をより高温にすることが必要になる。

[0040] 復水加熱用吸収液冷却器 31 での熱回収停止は、操作 (1-4) として流量調節弁 V1 開、操作 (1-5) として開閉弁 V2 閉、操作 (1-6) とし

て開閉弁V L 1 開の順に行い、その間、流量調節弁V 3はT 1をT 1' になるように制御させる。

実施例 2

[0041] 次に本発明の実施例2として、復水器からの水をより高温にするためにヒートポンプを用いた例を示す。図4に実施例2のヒートポンプを設けたCO₂回収システムを備えた石炭焼きボイラのシステム図を示す。復水器25の下流に復水加熱器46を設けている。復水加熱器46と、吸収液冷却器17の上流にある熱媒体加熱用吸収液冷却器41との間で、熱媒体を循環させてヒートポンプを構成し熱交換するようにした。

[0042] ここに、熱媒体加熱用吸収液冷却器41は、図3の復水加熱用吸収液冷却器31と同等である。さらに、熱媒体加熱用吸収液冷却器41の下流に配管bを介して熱媒体圧縮機45を設け、復水加熱器46に熱媒体を導くようにした。その間に、熱媒体圧縮機45を設け、熱媒体を圧縮し、高温にして、復水加熱器46の復水からの水を加熱するようにした。さらに、復水加熱器46の下流に減圧弁47を設け、熱媒体を膨張し低温にして、熱媒体加熱用吸収液冷却器41で熱媒体を加熱するようにした。

[0043] 熱媒体を圧縮、膨張させて熱交換するヒートポンプの原理を用いて、復水器からの水を高温化するとともに、リーン液の熱回収を促進している。また、復水加熱器46で熱回収しない時に、熱媒体を遮断する開閉弁V5と、バイパスする熱媒体バイパス弁V4を設けた。

[0044] 図5Aに実施例のヒートポンプを設けたCO₂回収システムの最大熱回収までの運用方法と、ボイラ負荷変動時の運用図を示す。流量調節弁V3は、リーン液を冷却する水量制御弁であり、リーン液温度T1を常時T1'に制御する。

[0045] 復水加熱器46で熱回収する前は、熱媒体バイパス弁V4は開、開閉弁V5は閉とし、復水器からの水は復水加熱器46で熱交換せず、そのまま第1給水加熱器26に導く。第1から第4の給水加熱器26~29では、開閉弁V L 1、開閉弁V L 2、開閉弁V L 3、開閉弁V L 4をそれぞれ開とし、低

圧タービンからの抽気蒸気で復水器からの水を加熱する。

[0046] 復水加熱器 4 6 で熱回収するため、操作 (2-1) として開閉弁 V 5 を開とし、復水加熱器 4 6 に熱媒体を通水できるようにする。操作 (2-2) として熱媒体バイパス弁 V 4 を閉方向に緩慢操作し、復水加熱器 4 6 への熱媒体量を増加させ、最終的に全量を通水する。同時に操作 (2-3) として熱媒体圧縮機 4 5 を起動させ、復水加熱器 4 6 へ熱媒体を通水する。まずは最低負荷とし、熱媒体バイパス弁 V 4 の閉方向速度に合わせて、操作 (2-4) として熱媒体圧縮機 4 5 の出力を上昇させる。熱媒体バイパス弁 V 4 の閉方向速度と熱媒体圧縮機 4 5 の出力上昇を合わせるため、操作 (2-2) と操作 (2-4) は緩慢操作が望ましい。

[0047] 熱媒体圧縮機 4 5 の出力上昇に伴い、熱媒体は加圧され、温度が上昇し、熱交換によって復水器からの水の温度も上昇する。復水器からの水の温度が高くなるにつれて、第 1 から第 4 の給水加熱器 2 6 ~ 2 9 での加熱が不要になるため、低压タービンからの抽気蒸気の供給を遮断できる。熱媒体圧縮機 4 5 の出力上昇に合わせ、操作 (2-5) として開閉弁 V L 1、操作 (2-6) として開閉弁 V L 2、操作 (2-7) として開閉弁 V L 3 および操作 (2-8) として開閉弁 V L 4 を順に閉にする。このように、低压タービンからの抽気蒸気を減らすことにより、発電機 2 4 の出力は向上する。

[0048] また、熱媒体加熱用吸収液冷却器 4 1 で熱回収できる熱量は、熱媒体加熱用吸収液冷却器 4 1 出口のリーン液温度が $T 1'$ になる時の熱量であり、吸収液冷却器 1 7 の冷却水が必要としない、すなわち、流量調節弁 V 3 が閉になった時の熱量である。その時の熱媒体圧縮機 4 5 の出力が最大出力であり、操作 (2-5) から操作 (2-8) の操作も最大出力に達した時点で終わる。

[0049] ボイラ負荷低減時は、復水器からの水量が減るため、操作 (2-9) として熱媒体圧縮機 4 5 の出力を低減し、熱媒体の温度を下げることで水の過剰加熱を抑える。一方、ボイラ負荷上昇時は、復水器からの水量が増加するため、操作 (2-10) として熱媒体圧縮機 4 5 の出力を増加させ、熱媒体の

温度を上げることで水の加熱量を増加させる。操作（２－９）および操作（２－１０）において、システムの安定運用のため、熱媒体圧縮機４５の出力変化は緩慢操作が望ましい。

[0050] 図５Ｂに実施例のヒートポンプを設けたＣＯ２回収システム、熱回収停止の運用図を示す。熱媒体圧縮機４５が最大出力、すなわち、流量調節弁Ｖ３が閉で、復水加熱器での熱回収が最大負荷になる条件からの熱回収停止方法を示した。

[0051] 操作（２－１３）として熱媒体圧縮機４５を最大出力から最低負荷まで緩慢操作で低下させる。その間、操作（２－１４）から操作（２－１７）、すなわち、開閉弁ＶＬ４から順に開閉弁ＶＬ１までを閉から開とした後、熱媒体圧縮機４５を停止する。さらに、操作（２－１８）として開閉弁Ｖ５を閉とし、操作（２－１９）として熱媒体バイパス弁Ｖ４を開とする。

[0052] このように、実施例２はヒートポンプにより復水器からの水を高温にすることができるため、直列に複数ある低圧給水加熱器のうち、高温の最下流の低圧給水加熱器に供給することで、効率的にボイラの熱効率を向上させることができる。また、石炭焚きボイラシステムにおいて、復水器と前記給水加熱器の途中で分岐する配管を設け、最上流の前記給水加熱器までの配管と、前記復水加熱器までの配管の途中にそれぞれ弁を設けることができる。

実施例 3

[0053] 次に、実施例３について説明する。抽気蒸気量の低減による発電効率の増加は、より下流側の低圧給水加熱器の抽気蒸気を低減させることが有効であり、これを改良したものである。

[0054] 図６に本発明の実施例３のヒートポンプを設けたＣＯ２回収システムを備えた石炭焚きボイラのシステム図を示す。復水器２５の下流で分岐し、一方は第１低圧給水加熱器２６に導き、その間に開閉弁Ｖ６を設けた。他方は流量調節弁Ｖ７を介して復水加熱器４６を設けた。復水加熱器４６と熱媒体加熱用吸収液冷却器４１との熱交換は、図５と同じであり、ヒートポンプを構成する。また、復水加熱器４６を通過し、加熱された水は、第４低圧給水加

熱器 29 の入口に導いた。

- [0055] 図 1 のシステムにおいて吸収液冷却器 17 で廃棄されていた熱量がすべて復水器からの水の加熱に使われたときの水温は、第 4 低圧給水加熱器 29 入口の水温程度であり、また、第 4 低圧給水加熱器 29 に供給する抽気蒸気の温度以下である。
- [0056] 復水加熱器 46 で加熱した水は、第 2 低圧給水加熱器 27 の入口、第 3 低圧給水加熱器 28 の入口に導いてもよいが、下流側の低圧給水加熱器の抽気蒸気を低減させることが発電効率向上に有効であること、また、低圧給水加熱器では抽気蒸気が凝縮し、そのドレン水の水位を抜き出しで保持する必要があることから、復水加熱器 46 で加熱された水を第 4 低圧給水加熱器 29 の入口に導くことが望ましい。
- [0057] 図 7 A に実施例のヒートポンプを設けた CO₂ 回収システムの最大熱回収までの運用方法と、ボイラ負荷変動時の運用図を示す。流量調節弁 V3 は、リーン液を冷却する水量制御弁であり、リーン液温度 T1 を常時 T1' に制御する。
- [0058] 復水加熱器 46 で熱回収する以前は、熱媒体バイパス弁 V4 は開、開閉弁 V5 は閉、開閉弁 V6 は開とし、復水器からの水を直接第 1 給水加熱器 26 に導く。第 1 から第 4 の給水加熱器 26 ~ 29 では、開閉弁 VL1、開閉弁 VL2、開閉弁 VL3、開閉弁 VL4 をそれぞれ開とし、低圧タービンからの抽気蒸気で復水器からの水を加熱する。
- [0059] 復水加熱器 46 で熱回収するため、操作 (3-1) として流量調節弁 V7 を開とし、操作 (3-2) として開閉弁 V6 を閉方向に緩慢操作し、復水器からの水を復水加熱器 46 に通水する。一方、操作 (3-3) として開閉弁 V5 を開とし、復水加熱器 46 に熱媒体を通水できるようにする。
- [0060] 操作 (3-4) として熱媒体バイパス弁 V4 を閉方向に緩慢操作し、復水加熱器 46 への熱媒体量を増加させ、最終的に全量熱媒体を通水する。同時に操作 (3-5) として熱媒体圧縮機 45 を起動させ、復水加熱器 46 へ熱媒体を通水する。まずは最低負荷とし、熱媒体バイパス弁 V4 の閉方向速度

に合わせて、操作（３－６）として熱媒体圧縮機４５の出力を上昇させる。開閉弁Ｖ６が閉となった時点で、第１低圧給水加熱器２６には復水器からの水が供給されなくなることから、操作（３－７）として開閉弁ＶＬ１、開閉弁ＶＬ２および開閉弁ＶＬ３を閉とする。

[0061] 熱媒体圧縮機４５の出力上昇にともなってリーン液の熱回収量が増え、吸収液冷却器１７の冷却水量が減り、最終的に流量調節弁Ｖ３が閉となる。この時が熱媒体圧縮機４５の最大出力となる。

[0062] 一方、復水器からの水は、復水加熱器４６で熱回収し、熱媒体圧縮機４５の出力上昇にともなって温度上昇する。開閉弁ＶＬ４は常時開であり、水の温度上昇にともなって抽気蒸気量が低下する。

[0063] ボイラ負荷低減時は、復水器からの水量が減るため、操作（３－８）として熱媒体圧縮機４５の出力を低減し、熱媒体の温度を下げることで水の過剰加熱を抑える。一方、ボイラ負荷上昇時は、復水器からの水量が増加するため、操作（３－９）として熱媒体圧縮機４５の出力を増加させ、熱媒体の温度を上げることで水の加熱量を増加させる。操作（３－８）および操作（３－９）において、システムの安定運用のため、熱媒体圧縮機４５の出力変化は緩慢操作が望ましい。

[0064] 図７Ｂに実施例のヒートポンプを設けたＣＯ２回収システムの熱回収停止の運用図を示す。熱媒体圧縮機４５が最大出力、すなわち、流量調節弁Ｖ３が閉で、復水加熱器での熱回収が最大負荷になる条件からの熱回収停止方法を示す。

[0065] システムの安定運用のため、操作（３－１０）として開閉弁Ｖ６を緩慢操作で開方向に調節し、開になった後、流量調節弁Ｖ７を緩慢操作で閉方向に調節することが望ましい。

これらの操作により、復水加熱器４６への水量が低下するため、これに合わせて操作（３－１１）として熱媒体圧縮機４５の出力を緩慢操作で最低負荷まで低下させる。

[0066] その間、開閉弁ＶＬ１、開閉弁ＶＬ２、開閉弁ＶＬ３を開にするが、この

操作もシステムの安定運用を考慮し、開閉弁V L 3、開閉弁V L 2、開閉弁V L 1の順、すなわち操作(3-13)、操作(3-14)、操作(3-15)で実施することが望ましい。

[0067] 流量調節弁V 7が閉になったら操作(3-16)として熱媒体圧縮機45を停止し、操作(3-17)として開閉弁V 5を閉とし、熱媒体バイパス弁V 4を開とする。

符号の説明

[0068] 1 : 微粉炭焼きボイラ, 2 : 脱硝装置, 4 : 熱回収GGH, 5 : 乾式電気集塵器, 6 : 脱硫装置, 7 : 再加熱GGH, 11 : NaOH冷却装置, 12 : NaOH噴霧装置, 13 : 吸収塔, 14 : 液液熱交換器, 15 : 再生塔, 17 : 吸収液冷却器, 18 : 脱離ガス冷却器, 19 : 圧縮機, 21 : 高圧タービン, 22 : 中圧タービン, 23 : 低圧タービン, 24 : 発電機, 25 : 復水器, 26 : 第1低圧給水加熱器, 27 : 第2低圧給水加熱器, 28 : 第3低圧給水加熱器, 29 : 第4低圧給水加熱器, 31 : 復水加熱用吸収液冷却器, 37 : T1温度計, 41 : 熱媒体加熱用吸収液冷却器, 45 : 熱媒体圧縮機, 46 : 復水加熱器, 47 : 減圧弁, V 1 : 流量調節弁, V 2 : 開閉弁, V 3 : 流量調節弁, V 4 : 熱媒体バイパス弁, V 5 : 開閉弁, V 6 : 開閉弁, V 7 : 流量調節弁, V L 1 : 開閉弁, V L 2 : 開閉弁, V L 3 : 開閉弁, V L 4 : 開閉弁

請求の範囲

[請求項1] 石炭を燃焼するボイラと、その下流に排ガスを処理する装置を備えた排ガス処理システムと、排ガス処理システムの途中に、排ガス中の二酸化炭素を二酸化炭素吸収液に吸収する吸収塔と二酸化炭素を二酸化炭素吸収液から脱離する再生塔を有する二酸化炭素吸収脱離システムと、前記ボイラで熱回収し、得た高圧蒸気で駆動する蒸気タービンと、発電機と、蒸気を冷却し、液化する復水器と、復水からの水を加熱する給水加熱器を有する水循環システムを有する石炭焼きボイラシステムにおいて、

前記吸収塔から前記再生塔へ、および再生塔から前記吸収塔へそれぞれ二酸化炭素吸収液を導く配管を有し、その途中で互いの二酸化炭素吸収液が熱交換する液液熱交換器を有し、該液液熱交換器から前記吸収塔へ二酸化炭素吸収液を導く前記配管の途中に、二つの吸収液熱交換器を設け、上流側の吸収液熱交換器の冷却媒体に復水器からの水を使用することを特徴とする二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焼きボイラシステム。

[請求項2] 請求項1に記載された二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焼きボイラシステムにおいて、

前記復水器と前記給水加熱器の間に復水加熱器を設け、さらに、前記上流側吸収液熱交換器から前記復水加熱器へ熱媒体を導く配管の途中に圧縮機を設け、前記復水加熱器から前記上流側吸収液熱交換器へ熱媒体を導く配管の途中に減圧弁を設けることを特徴とする二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焼きボイラシステム。

[請求項3] 請求項1に記載された二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焼きボイラシステムにおいて、

前記給水加熱器を複数設け、前記復水器と前記給水加熱器の途中から分岐させた配管に復水加熱器を設け、該復水加熱器で加熱した水を複数の前記給水加熱器のうちより下流側に導き、さらに、前記上流側

吸収液熱交換器から前記復水加熱器へ熱媒体を導く配管途中に圧縮機を設け、復水加熱器から上流側吸収液熱交換器へ熱媒体を導く配管途中に減圧弁を設けることを特徴とする二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステム。

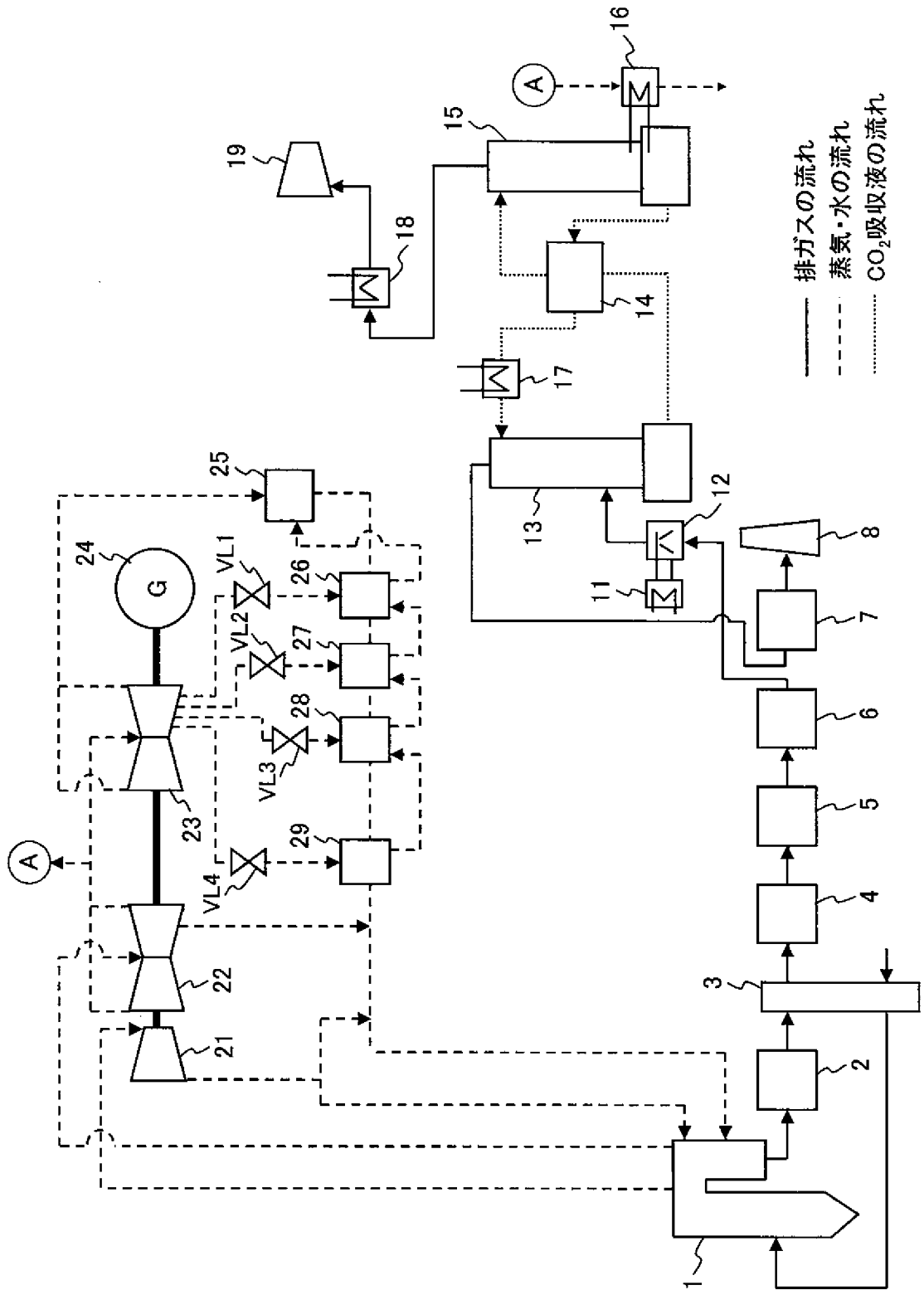
[請求項4] 請求項2または3記載の二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記圧縮機上流と前記減圧弁下流をつなぐバイパス配管を設け、該配管の途中に熱媒体バイパス弁を設けることを特徴とする二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステム。

[請求項5] 請求項3記載の二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記復水器と前記給水加熱器の途中で分岐する配管を設け、最上流の前記給水加熱器までの配管と、前記復水加熱器までの配管の途中にそれぞれ弁を設けることを特徴とする二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステム。

[請求項6] 請求項1乃至5のいずれかに記載の二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステムにおいて、前記下流側吸収液熱交換器の冷媒供給管に冷媒流量を制御する流量調節弁を有し、前記下流側吸収液熱交換器出口の吸収液温度を計測する温度計測手段を有し、該温度計測手段の計測値によって、前記下流側吸収液熱交換器の冷媒流量を制御することを特徴とする二酸化炭素の回収システムを備えた石炭焚きボイラシステム。

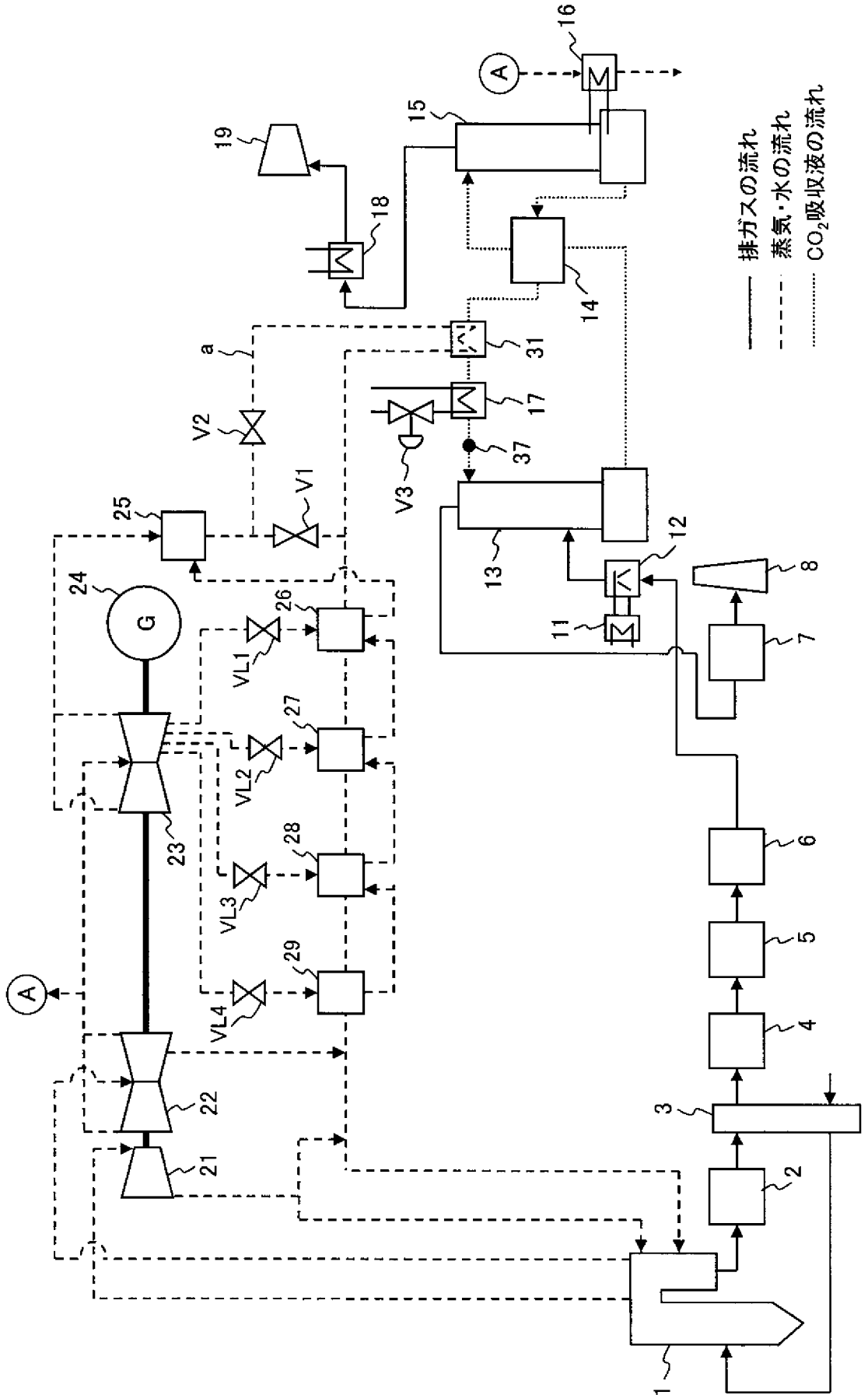
[図1]

図 1



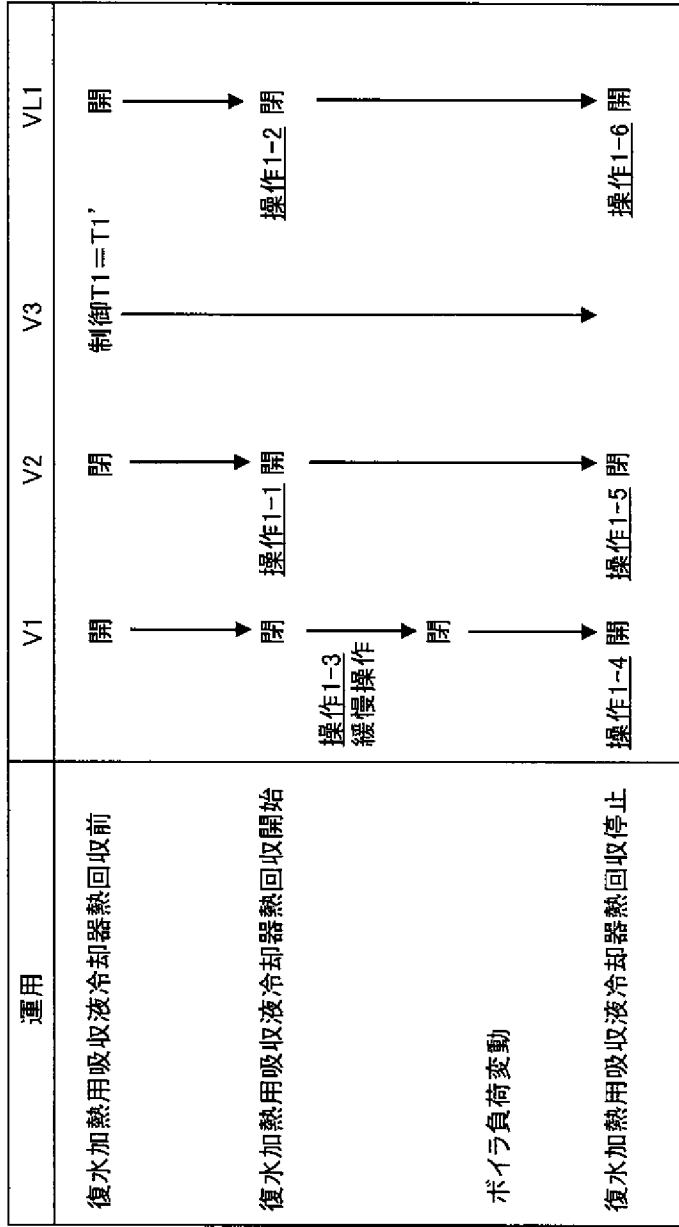
[図2]

図 2



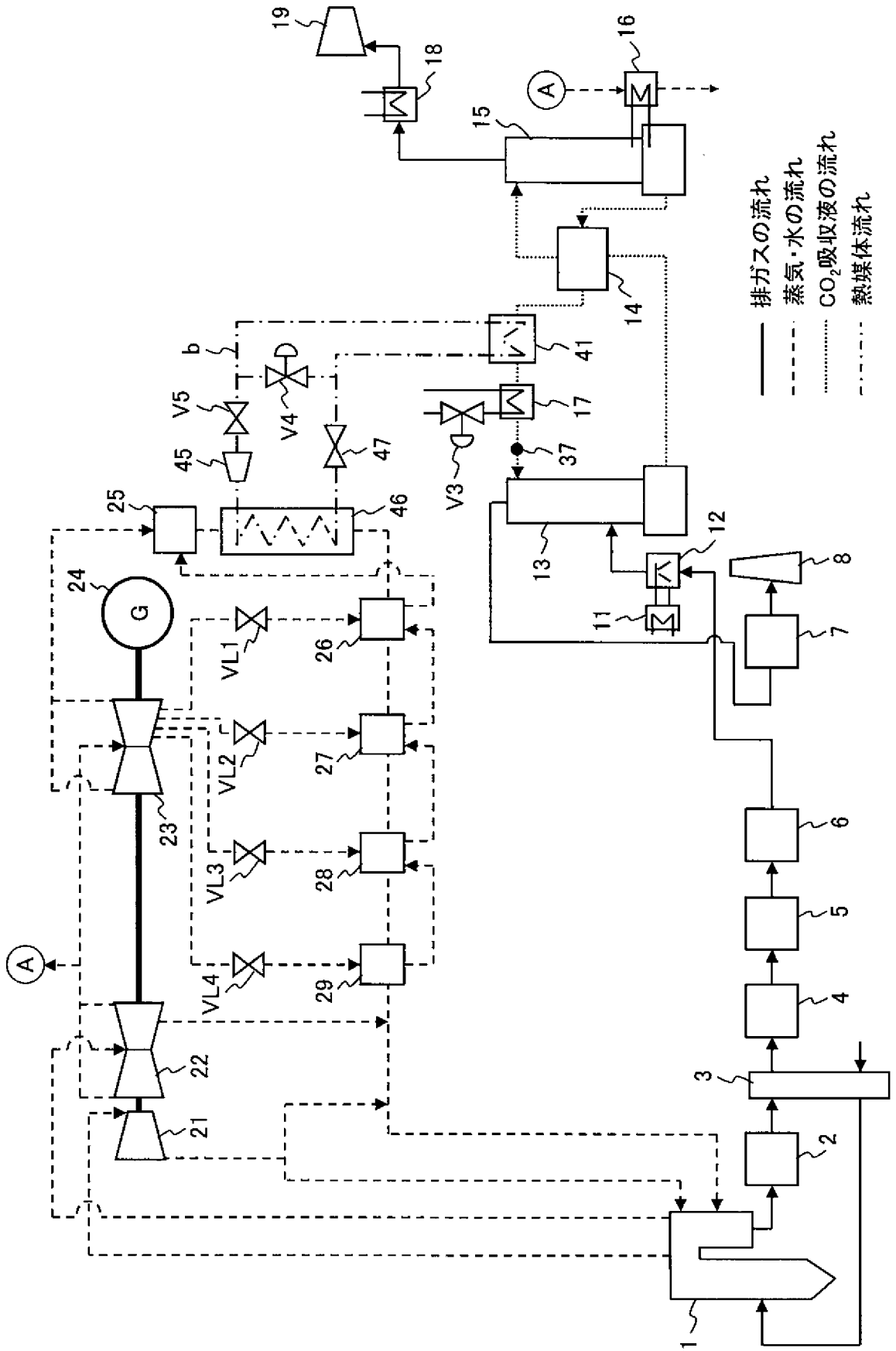
[図3]

図 3



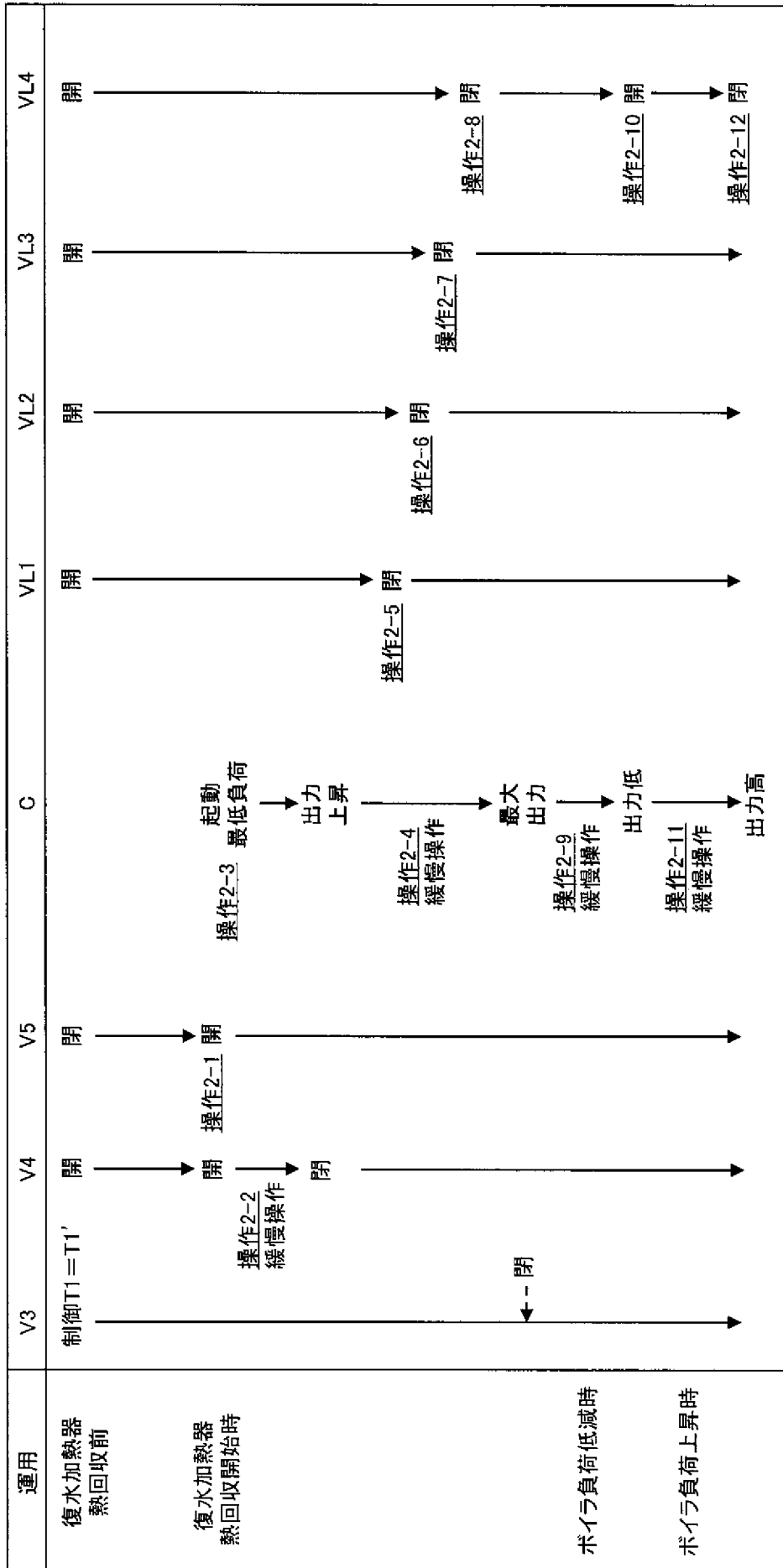
[図4]

図 4



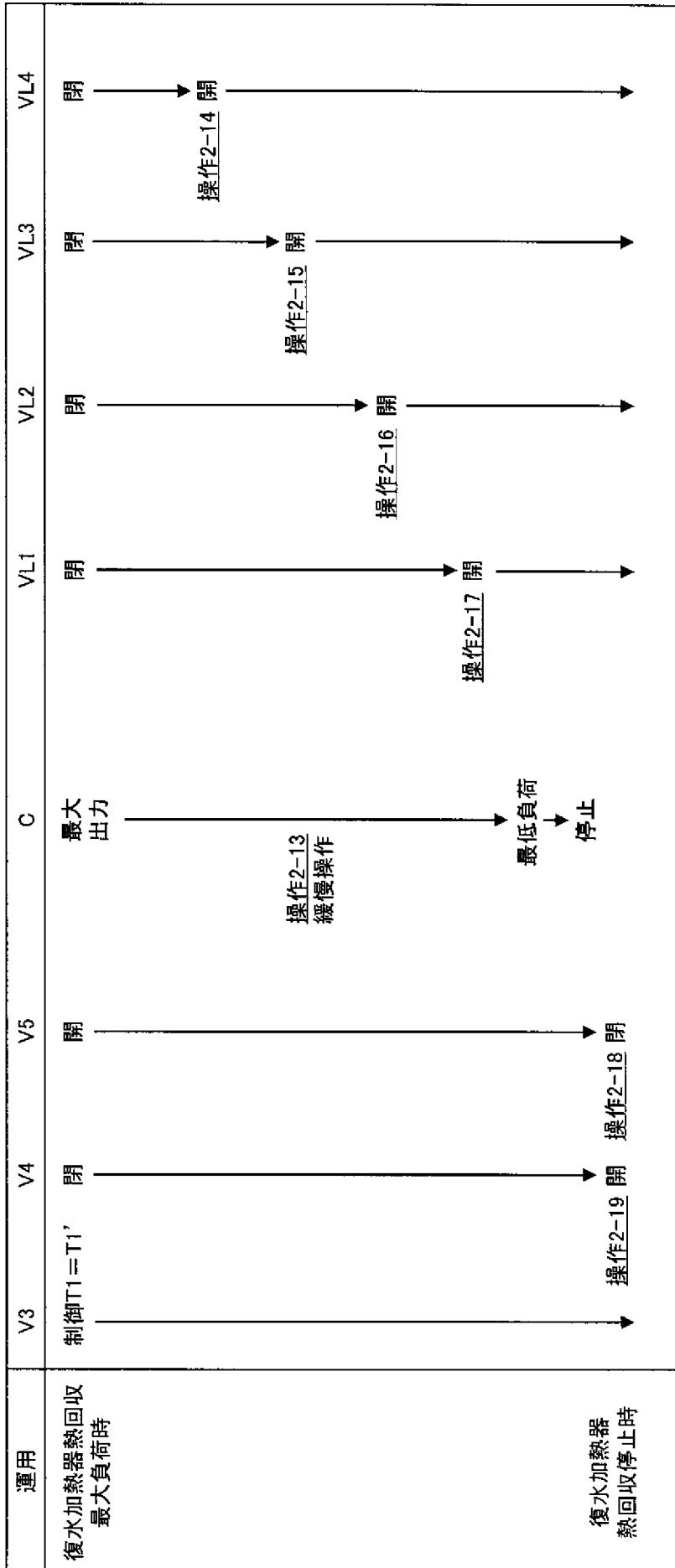
[図5A]

図 5A



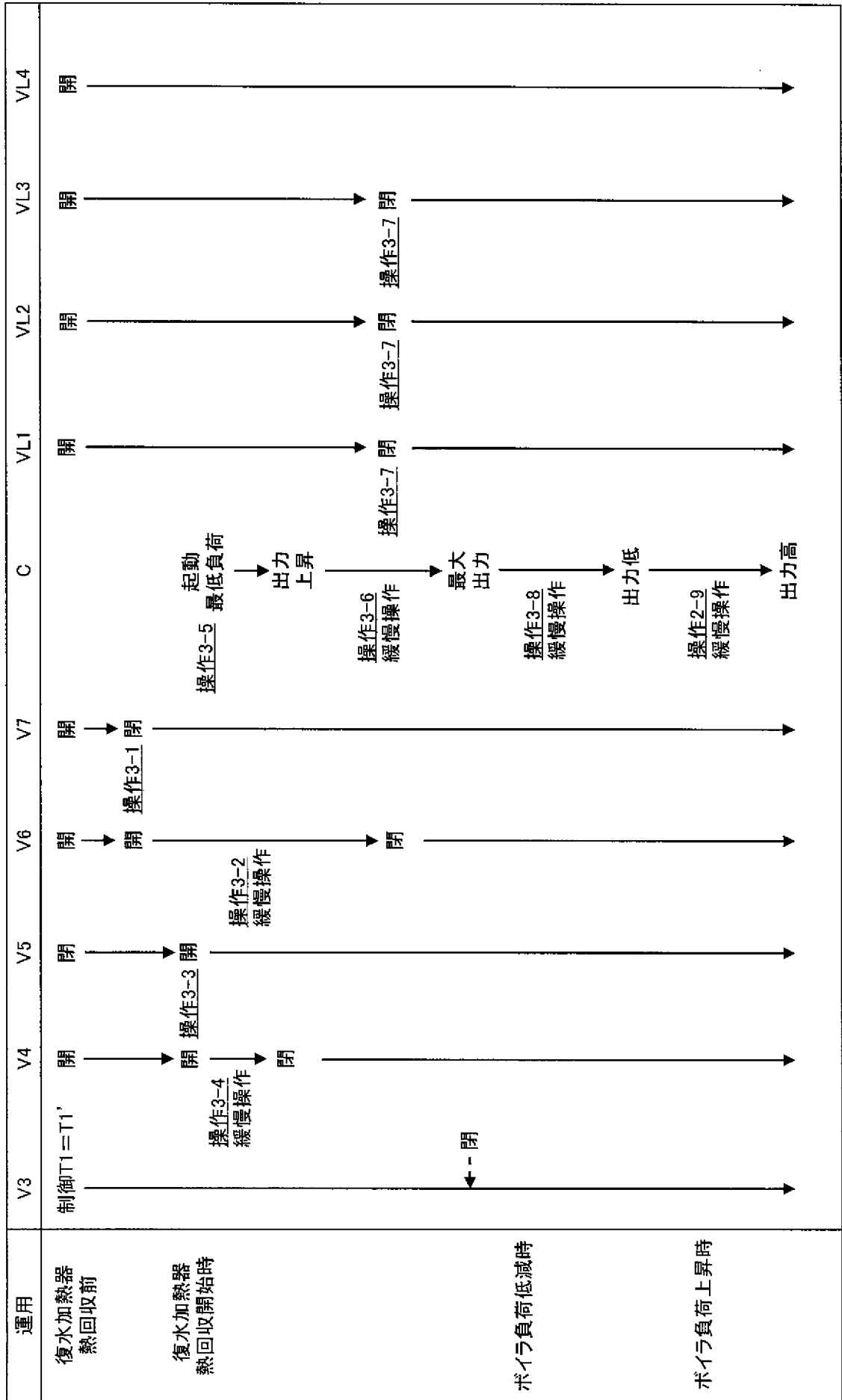
[図5B]

図 5B



[図7A]

図 7A



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052808

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F23J15/00(2006.01)i, B01D53/14(2006.01)i, B01D53/62(2006.01)i, C01B31/20(2006.01)i, F22D1/18(2006.01)i, F23C99/00(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)

F23J15/00, B01D53/14, B01D53/62, C01B31/20, F22D1/18, F23C99/00

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.
X Y	JP 2010-88982 A (Toshiba Corp.), 22 April 2010 (22.04.2010), paragraphs [0033], [0081], [0082]; fig. 4 (Family: none)	1-3, 5 4, 6
A	JP 2008-157511 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 10 July 2008 (10.07.2008), paragraph [0002]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2002-364801 A (NKK Corp.), 18 December 2002 (18.12.2002), entire text; fig. 1 (Family: none)	1-6

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
27 February, 2012 (27.02.12)

Date of mailing of the international search report
06 March, 2012 (06.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052808

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 2002-13808 A (Denso Corp.), 18 January 2002 (18.01.2002), fig. 6 & US 2002/0000094 A1 & EP 1167896 A2	4, 6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F23J15/00(2006.01)i, B01D53/14(2006.01)i, B01D53/62(2006.01)i, C01B31/20(2006.01)i, F22D1/18(2006.01)i, F23C99/00(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. F23J15/00, B01D53/14, B01D53/62, C01B31/20, F22D1/18, F23C99/00

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
X Y	JP 2010-88982 A (株式会社東芝) 2010. 4. 22、段落【0033】、【0081】、【0082】、【図4】 (ファミリーなし)	1-3, 5 4, 6
A	JP 2008-157511 A (中国電力株式会社) 2008. 7. 10、段落【0002】、【図1】 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-364801 A (日本鋼管株式会社) 2002. 12. 18、全文、【図1】 (ファミリーなし)	1-6

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

27. 02. 2012

国際調査報告の発送日

06. 03. 2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

黒石 孝志

3 L

4 4 2 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

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 2002-13808 A (株式会社デンソー) 2002. 1. 18、【図 6】 & US 2002/0000094 A1 & EP 1167896 A2	4, 6