

(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  
2013年8月8日(08.08.2013)



(10) 国際公開番号  
WO 2013/114488 A1

- (51) 国際特許分類:  
B01D 53/62 (2006.01) C01B 31/20 (2006.01)  
B01D 53/14 (2006.01) Tokyo (JP). 長安 弘貢(NAGAYASU, Hiromitsu); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/006940
- (22) 国際出願日: 2012年10月30日(30.10.2012)
- (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 2012-021940 2012年2月3日(03.02.2012) JP
- (71) 出願人: 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).
- (72) 発明者: 中川 陽介(NAKAGAWA, Yosuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 石橋 直彦(ISHIBASHI, Naohiko); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (74) 代理人: 大場 充, 外(OBA, Mitsuru et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町1丁目4番3号 KMビル8階 大場国際特許事務所 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, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: CO<sub>2</sub> RECOVERY DEVICE

(54) 発明の名称: CO<sub>2</sub>回収装置

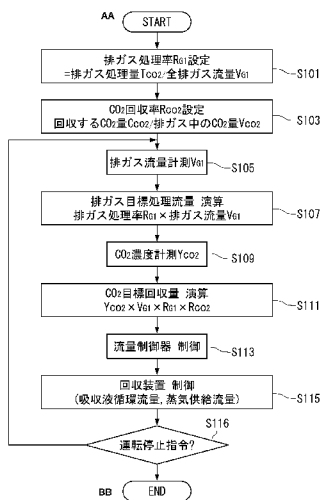


FIG. 2:  
 S101 Setting of exhaust gas treatment rate ( $R_{G1}$ ) = exhaust gas treatment volume ( $T_{CO2}$ ) / total exhaust gas flow rate ( $V_{G1}$ )  
 S103 Setting of CO<sub>2</sub> recovery rate ( $R_{CO2}$ ): CO<sub>2</sub> volume to be recovered ( $C_{CO2}$ ) / CO<sub>2</sub> volume in exhaust gas ( $V_{CO2}$ )  
 S105 Exhaust gas flow rate measurement ( $V_{G1}$ )  
 S107 Calculation of exhaust gas target treatment flow rate; exhaust gas treatment rate ( $R_{G1}$ ) × exhaust gas flow rate ( $V_{G1}$ )  
 S109 CO<sub>2</sub> concentration measurement ( $Y_{CO2}$ )  
 S111 Calculation of CO<sub>2</sub> target recovery volume;  $Y_{CO2} \times V_{G1} \times R_{G1} \times R_{CO2}$   
 S113 Control of flow rate controller  
 S115 Control of recovery device (absorption liquid circulation flow rate, steam supply flow rate)  
 S116 Operation stop command?  
 AA START  
 BB END

(57) Abstract: A target treatment volume for exhaust gas to be treated is specified on the basis of the product of the actual volume of exhaust gas discharged toward a CO<sub>2</sub> recovery device from a exhaust gas generation source and an exhaust gas treatment rate ( $R_{G1}$ ), and a target recovery volume for CO<sub>2</sub> to be recovered by the recovery device is specified on the basis of the product of the actual volume of CO<sub>2</sub> included in the exhaust gas discharged from the exhaust gas generation source, the exhaust gas treatment rate ( $R_{G1}$ ), and a CO<sub>2</sub> recovery rate ( $R_{CO2}$ ), where  $R_{G1} = T_{CO2} / V_{G1}$  with  $V_{G1}$  being the flow rate of exhaust gas discharged from the exhaust gas generation source and  $T_{CO2}$  being the volume of exhaust gas to be treated by the recovery device, and where  $R_{CO2} = C_{CO2} / V_{CO2}$  with  $V_{CO2}$  being the volume of CO<sub>2</sub> included in exhaust gas to be treated by the recovery device and  $C_{CO2}$  being the volume of CO<sub>2</sub> to be recovered by the recovery device.

(57) 要約: 排ガスの発生源からCO<sub>2</sub>回収装置に向けて排出される排ガスの実流量と排ガス処理率 $R_{G1}$ の積に基づいて処理する排ガスの目標処理量を特定し、かつ、排ガスの発生源から排出される前記排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量と、排ガス処理率 $R_{G1}$ と、CO<sub>2</sub>回収率 $R_{CO2}$ と、の積に基づいて前記回収装置で回収するCO<sub>2</sub>の目標回収量を特定する。 $R_{G1} = T_{CO2} / V_{G1}$   $V_{G1}$ : 排ガスの発生源から排出される排ガスの流量  $T_{CO2}$ : 回収装置で処理する排ガスの量  $R_{CO2} = C_{CO2} / V_{CO2}$   $V_{CO2}$ : 回収装置で処理する排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の量  $C_{CO2}$ : 回収装置で回収するCO<sub>2</sub>の量



WO 2013/114488 A1

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  
(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))

## 明 細 書

発明の名称：CO<sub>2</sub>回収装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、上流側に位置する装置の負荷の変動に伴う排ガス量の変動に対して回収率を追従させることのできるCO<sub>2</sub>回収装置に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、地球の温暖化現象の原因の一つとして、二酸化炭素（以下、CO<sub>2</sub>）が指摘されている。そこで、例えば大量の化石燃料を使用する火力発電所などの動力発生設備を対象に、ボイラの燃焼排ガスを吸収液と接触させ、燃焼排ガス中のCO<sub>2</sub>を除去、回収する方法及び回収されたCO<sub>2</sub>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。

CO<sub>2</sub>回収装置は、ガス中のCO<sub>2</sub>を吸収液に吸収させる吸収塔と、吸収液からCO<sub>2</sub>を分離する再生塔と、を基本的な構成要素として備えている。これまで、CO<sub>2</sub>回収装置を適正に運転するために、以下に示すようないくつかの提案がなされている。

目標のCO<sub>2</sub>回収量と排ガス中のCO<sub>2</sub>濃度から、目標達成に必要な排ガス量を決定し、CO<sub>2</sub>回収装置へ排ガスを供給する（例えば、特許文献1）。

排ガス源（CO<sub>2</sub>回収装置の上流に設置されるボイラやガスタービン）からの排ガス量と排ガス中のCO<sub>2</sub>濃度を計測し、目標CO<sub>2</sub>回収率達成に必要な運転パラメータを決定する（例えば、特許文献2）。

排ガス源からのガスで、CO<sub>2</sub>回収装置で処理されず、煙突を通じて大気放出されるガス流量またはガス組成を計測し、大気から煙突へ流入するような流れが生じないように、CO<sub>2</sub>回収装置へ供給する排ガス量を決定する（例えば、特許文献3）

### 先行技術文献

### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-527号公報

特許文献2：特開2011-528号公報

特許文献3：特開2010-17617号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0004] ところが、特許文献1では、目標CO<sub>2</sub>回収量を回収するために必要な排ガス流量を算出し、排ガスをCO<sub>2</sub>回収装置に送り込んでいる。そのために、発電所のように負荷が変動するプラントで、一定率の排ガスを処理する場合には、目標CO<sub>2</sub>回収量も変動するのにあわせて、その都度目標値を設定する必要があるが生じてしまう。

また、CO<sub>2</sub>排出量削減とコストを両立するために、排ガスの一部を処理してCO<sub>2</sub>を回収（部分処理）できることがCO<sub>2</sub>装置に望まれている。しかし、特許文献2、3の提案は、排ガス全てをCO<sub>2</sub>回収装置に引きこむ場合の排ガスを制御する方法を示しているだけであり、当該提案は排ガスの一部を処理する部分的な排ガスの処理に対応することができない。

本発明は、このような技術的課題に基づいてなされたもので、上流側の負荷が変動し、排ガス量が増減しても、CO<sub>2</sub>の回収率を一定に追従させることができるとともに、部分的に排ガスを処理することができるCO<sub>2</sub>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

[0005] 本発明のCO<sub>2</sub>回収装置は、CO<sub>2</sub>を含有する排ガスと吸収液とを接触させて排ガス中のCO<sub>2</sub>を除去するCO<sub>2</sub>吸収塔と、CO<sub>2</sub>吸収塔でCO<sub>2</sub>を吸収したリッチ溶液中のCO<sub>2</sub>を除去し、再生する再生塔と、を備え、再生塔でCO<sub>2</sub>を除去したリーン溶液である吸収液をCO<sub>2</sub>吸収塔で再利用するものである。

本発明のCO<sub>2</sub>回収装置は下記に示す排ガス処理率 $R_{G1}$ 、CO<sub>2</sub>回収率 $R_{CO2}$ をCO<sub>2</sub>回収装置の運転パラメータとして設定する。

そして、排ガスの発生源からCO<sub>2</sub>回収装置に向けて排出される排ガスの実流量と排ガス処理率 $R_{G1}$ の積に基づいてCO<sub>2</sub>回収装置で処理する排ガスの目

標処理量を特定する。

また、排ガスの発生源からCO<sub>2</sub>回収装置に向けて排出される排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量と、排ガス処理率R<sub>G1</sub>と、CO<sub>2</sub>回収率R<sub>CO2</sub>と、の積に基づいてCO<sub>2</sub>回収装置で回収するCO<sub>2</sub>の目標回収量を特定する。

$$R_{G1} = T_{CO2} / V_{G1}$$

V<sub>G1</sub> : 排ガスの発生源から排出される排ガスの流量

T<sub>CO2</sub> : CO<sub>2</sub>回収装置で処理する排ガスの量

$$R_{CO2} = C_{CO2} / V_{CO2}$$

V<sub>CO2</sub> : CO<sub>2</sub>回収装置で処理する排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の量

C<sub>CO2</sub> : CO<sub>2</sub>回収装置で回収するCO<sub>2</sub>の量

[0006] 本発明のCO<sub>2</sub>回収装置において、排ガスの実流量及び排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量は、当該排ガスを計測することにより直接的に求めることができる。また、排ガスの実流量は、排ガスの発生源に供給される燃料の流量及び燃焼ガスの流量に基づいて、また、排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量は、前記燃料及び前記燃焼ガスの流量および組成に基づいて、計算により間接的に求めることもできる。

[0007] 本発明のCO<sub>2</sub>回収装置において、排ガスの発生源の負荷が所定値以上に変動すると、排ガスの発生源への負荷と排ガスの流量とが対応付けられたデータと、排ガスの発生源への負荷指令信号と、を照合することにより排ガスの実流量を求め、CO<sub>2</sub>の目標回収量を特定することが好ましい。

そうすることで、負荷変動に対する追従性が向上する。

[0008] 本発明のCO<sub>2</sub>回収装置において、排ガスの発生源の負荷に基づいて、CO<sub>2</sub>の回収量に上限を設定することができる。

CO<sub>2</sub>回収装置の動力源に、例えば上流側のプラントで消費される蒸気を用いる場合に、CO<sub>2</sub>回収装置で消費される蒸気量が多くなりすぎると、その分だけ上流側のプラントで消費できる量が不足するおそれがある。そこで、CO<sub>2</sub>回収装置におけるCO<sub>2</sub>回収量に上限を設けることで、CO<sub>2</sub>回収装置で消費される蒸気量を制限する。

[0009] 本発明のCO<sub>2</sub>回収装置において、排ガスの発生源の負荷に基づいて、吸収液循環流量の目標値を設定することができる。

そうすることで、排ガス流量が急激に変動した場合でも、この流量に追従して吸収液循環流量を変動させることで、負荷追従性を向上できる。

### 発明の効果

[0010] 本発明によれば、上流側の負荷が変動し、排ガス量の変動した場合でも、回収率を一定に追従させることができるとともに、部分的に排ガスを処理することができるCO<sub>2</sub>回収装置が提供される。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の構成を示す図である。

[図2]第1実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の制御手順を示すフロー図である。

[図3]第2実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の構成を示す図である。

[図4]第3実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の構成を示す図である。

[図5]第3実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の制御手順を示すフロー図である。

[図6]第4実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の構成を示す図である。

[図7]第4実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の制御手順を示すフロー図である。

[図8]第5実施形態によるCO<sub>2</sub>回収装置の構成を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] [CO<sub>2</sub>回収装置の基本構成]

以下、本発明のいくつかの実施形態を説明するが、いずれの実施形態も適用されるCO<sub>2</sub>回収装置の基本的な構成は同じである。そこで、はじめにそのCO<sub>2</sub>回収装置について説明する。

図1に示すように、CO<sub>2</sub>回収装置（以下、単に回収装置）10は、例えば化石燃料を用いる発電プラント40を構成するボイラ11から排出されたCO<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>とを含有する排ガスG1と吸収液ALとを接触させて排ガスG1からCO<sub>2</sub>を除去する吸収塔13と、CO<sub>2</sub>を吸収した吸収液であるリッチ溶液RLからCO<sub>2</sub>を放出させて吸収液ALを再生する再生塔14とを主構成要素として備えている。

そして、この回収装置 10 では、再生塔 14 で  $\text{CO}_2$  を除去した再生吸収液であるリーン溶液 RAL は吸収塔 13 で吸収液 AL として再利用する。

回収装置 10 は、また、回収制御部 30 を備える。回収制御部 30 は、上流側に位置する発電プラント 40 の負荷が変動し、排ガス量が変動した場合でも  $\text{CO}_2$  の回収率を一定に追従させるとともに、部分的な排ガスの処理を実現するために機能する。

[0013] 回収装置 10 において、ボイラ 11 からの  $\text{CO}_2$  を含んだ排ガス G1 がボイラ 11 と吸収塔 13 を繋ぐ流路 F1 を通じて吸収塔 13 に送られる。この流路 F1 上には、排ガス G1 が吸収塔 13 に供給される量を調整する主バルブ 12 が設けられている。

流路 F1 から流路 F2 が分岐しており、分岐バルブ 16 が設けられた流路 F2 の先端は煙突 15 に繋がれている。ボイラ 11 から排出される排ガス G1 の中の一部を吸収塔 13 に送らずに系外に排出する際に、流路 F2 を介して煙突 15 から排ガス G1 が排出される。分岐バルブ 16 は、煙突 15 からの排ガス G1 の排出量を調整する。

流路 F1 上には、ボイラ 11 から排出されるすべての排ガス G1 の流量（実排ガス流量、計測  $V_{G1}$ ）を計測する排ガス流量センサ 24、及び、その排ガス G1 に含まれる  $\text{CO}_2$  の濃度（計測  $Y_{\text{CO}_2}$ ）を計測する  $\text{CO}_2$  濃度センサ 25 を備えている。発電プラント 40、ボイラ 11 の運転中、排ガス流量センサ 24 及び  $\text{CO}_2$  濃度センサ 25 で計測された情報（計測  $V_{G1}$ 、計測  $Y_{\text{CO}_2}$ ）は回収制御部 30 に継続的に転送される。排ガス G1 に含まれる  $\text{CO}_2$  の実量は、計測  $V_{G1}$  と計測  $Y_{\text{CO}_2}$  とを乗ずることにより求めることができる。

なお、ボイラ 11 と吸収塔 13 の間に、排ガスを昇圧させる送風機、排ガス G1 を冷却する冷却塔、脱硝・脱硫装置など他の要素を設けることを本発明は妨げない。

[0014] 吸収塔 13 において、排ガス G1 は例えばアミン系溶液をベースとする吸収液 AL と向流接触し、排ガス G1 中の  $\text{CO}_2$  は、化学反応により吸収液 AL に吸収される。一方で、 $\text{CO}_2$  が除去された後の排ガス G2 は、吸収塔 13 に

供給される吸収液ALを含む凝縮水と気液接触して、排ガスG2に同伴する吸収液ALが回収され、その後系外に放出される。

また、CO<sub>2</sub>を吸収したリッチ溶液RLは、リッチソルベントポンプ17により昇圧され、リッチソルベントバルブ18を介してリッチ／リーンソルベント熱交換器19において、再生塔14で再生された吸収液であるリーン溶液RALにより加熱され、再生塔14に供給される。吸収塔13と再生塔14は、流路F3で繋がれており、流路F3には吸収塔13側から順に、リッチソルベントポンプ17、リッチソルベントバルブ18及びリッチ／リーンソルベント熱交換器19が設けられている。CO<sub>2</sub>を吸収したリッチ溶液RLは、この流路F3を通して再生塔14に供給される。

[0015] 再生塔14の上部から内部に放出されたリッチ溶液RLは、吸熱反応を生じて、大部分のCO<sub>2</sub>を放出する。再生塔14内で一部または大部分のCO<sub>2</sub>を放出した吸収液はセミリーン溶液RALと称される。このセミリーン溶液RALは、再生塔14の下部に至る頃には、ほぼ全てのCO<sub>2</sub>が除去された吸収液、つまりリーン溶液RALとなる。リーン溶液RALは再生過熱器22で水蒸気Sにより過熱され、再生塔14の内部に蒸気として供給される。再生過熱器22に供給される水蒸気Sは、例えば発電プラント40との間で循環させる。そして、再生過熱器22に供給される水蒸気Sは、流路F5上に設けられた水蒸気バルブ23により供給量が制御される。

一方、再生塔14の頭頂部からは塔内においてリッチ溶液RLおよびセミリーン溶液RALから放出された水蒸気を伴ったCO<sub>2</sub>ガス(CO<sub>2</sub>)が導出される。このCO<sub>2</sub>ガスは、例えばコンデンサにより水蒸気が凝縮され、分離ドラムにて水を分離した後に、系外に放出されて別途回収される。この回収されたCO<sub>2</sub>ガスは、石油増進回収法(EOR: Enhanced Oil Recovery)に基づいて油田中に圧入するか、帯水層へ貯留し、温暖化対策を図っている。なお、分離された水は再生塔14の上部に供給される。

再生された吸収液(リーン溶液RAL)は、リーンソルベントポンプ20により圧送され、リーンソルベントバルブ21を介してリッチ／リーンソル

ベント熱交換器 19 に向けて送られる。そして、リーン溶液 RAL はリッチ／リーンソルベント熱交換器 19 においてリッチ溶液 RL により冷却された後に、吸収塔 13 に供給される。再生塔 14 と吸収塔 13 とは、流路 F4 で繋がれており、流路 F4 には再生塔 14 側から順に、リーンソルベントポンプ 20、リーンソルベントバルブ 21 及びリッチ／リーンソルベント熱交換器 19 が設けられている。リーン溶液 RAL は、この流路 F4 を通って吸収塔 13 に戻される。

[0016] 以上の一連のサイクルを繰り返すことで、回収装置 10 は、ボイラ 11 から排出される排ガス G1 から CO<sub>2</sub> を連続的に回収する。その過程で、回収制御部 30 は、主バルブ 12、分岐バルブ 16 の開度を調整することで、回収装置 10 で処理する排ガス G1 の量（排ガス処理率）を制御する。また、回収制御部 30 は、リッチソルベントポンプ 17、リッチソルベントバルブ 18、リーンソルベントポンプ 20、リーンソルベントバルブ 21、水蒸気バルブ 23 の運転、開度を調整することで、吸収塔 13、再生塔 14 により回収される CO<sub>2</sub> の量（CO<sub>2</sub> 回収量）を制御する。以下説明する第 1 実施形態～第 5 実施形態の各々は、この制御の内容に特徴を有している。ただし、いずれも、回収装置 10 よりも上流側の発電プラント 40 の負荷が変動するのにもなって排ガス流量が変動しても、排ガス回収率を一定に追従させること、及び、部分的に排ガスを処理すること、を達成できる点で共通する。

[0017] 発電プラント 40 の構成は任意であり、ボイラ 11 で発生した蒸気を導いて駆動する高圧タービンと、高圧タービンから戻されてボイラ 11 で再度加熱された再熱蒸気を導いて駆動する中圧タービンと、中圧タービンで動力を発生して減圧された蒸気を導いて駆動する低圧タービンと、低圧タービンで動力を発生して減圧された蒸気を復水する復水器と、を備えることができる。

[0018] [第 1 実施形態]

第 1 実施形態による回収制御部 30 は、図 1 に示すように、運転パラメータ、その他を設定する設定部 31 と、演算部 32 と、駆動制御部 33 と、を

備えている。以下、図2も参照されたい。

設定部31には、運転パラメータとして、排ガス処理率 $R_{G1}$ と $CO_2$ 回収率 $R_{CO2}$ が入力、設定される(図2 ステップS101, 103)。

排ガス処理率 $R_{G1}$ は、ボイラ11から排出される排ガスG1の流量を $V_{G1}$ とし、回収装置10で処理する排ガスG1の量を $T_{CO2}$ とすると、以下の式により求められる設定値である。

$$R_{G1} = T_{CO2} / V_{G1}$$

また、 $CO_2$ 回収率 $R_{CO2}$ は、回収装置10で処理する排ガスG1に含まれる $CO_2$ の量を $V_{CO2}$ 、回収する $CO_2$ の量を $C_{CO2}$ とすると、以下の式により求められる設定値である。

$$R_{CO2} = C_{CO2} / V_{CO2}$$

[0019] 回収制御部30は、排ガス流量センサ24から、ボイラ11から排出される排ガスG1の実流量(計測 $V_{G1}$ )に関する情報を継続して取得している(図2 ステップS105)。また、回収制御部30は、 $CO_2$ 濃度センサ25から、ボイラ11から排出される排ガスG1に含まれる $CO_2$ の濃度(計測 $Y_{CO2}$ )に関する情報を継続して取得している(図2 ステップS109)。

[0020] 回収制御部30は、演算部32が、排ガス流量センサ24から取得した計測 $V_{G1}$ と、パラメータとして設定されている排ガス処理率 $R_{G1}$ とを乗じ、 $CO_2$ 回収装置10で処理する排ガスG1の目標流量を設定する(図2 ステップS107)。この設定値に基づいて、駆動制御部33が主バルブ12及び分岐バルブ16(流量制御器)の開度を制御する(図2 ステップS113)。

[0021] 例えば、排ガス処理率 $R_{G1}$ が100%と設定されている場合には、計測 $V_{G1}$ の全量を回収装置10で処理するために、主バルブ12を全開にする一方、分岐バルブ16を全閉にする。そうすることで、発電プラント40の負荷が変動してボイラ11から排出される排ガスG1の流量が変動しても、排ガスG1は、そのすべてが流路F1を通過して吸収塔13に供給される。

また、例えば排ガス処理率 $R_{G1}$ が50%と設定されている場合には、計測 $V_{G1}$ の50%の量を回収装置10で処理し、残りの50%が煙突15を介して系外に排出される。そのために、例えば、主バルブ12の開度を50%にする一方、分岐バルブ16の開度を50%にする。そうすることで、発電プラント40の負荷が変動してボイラ11から排出される排ガスG1の流量が変動しても、排ガスG1の50%だけが流路F1を通過して吸収塔13に供給されるので、設定された排ガス処理率 $R_{G1}$ を維持しつつ部分的な排ガスの処理を実現する。

[0022] また、回収制御部30は、演算部32が、 $CO_2$ 濃度センサ25から取得した計測 $Y_{CO_2}$ （排ガス中の $CO_2$ 濃度）と、排ガス流量センサ24から取得した計測 $V_{G1}$ と、パラメータとして設定されている排ガス処理率 $R_{G1}$ 及び $CO_2$ 回収率 $RCO_2$ の4つを乗じ、回収装置10で処理・回収する $CO_2$ 量の目標値とする（図2 ステップS111）。さらにこの設定値に基づいて、演算部32は、回収装置10の運転パラメータである吸収液循環流量及び蒸気供給流量を算出する。ここで、吸収液循環流量は、リッチ溶剤ポンプ17、リッチ溶剤バルブ18、リーン溶剤ポンプ20及びリーン溶剤バルブ21を調整することにより制御し、また、蒸気供給流量は水蒸気バルブ23を調整することにより制御できる。したがって、駆動制御部33は、演算部32で算出された吸収液循環流量及び蒸気供給流量に基づいて、リッチ溶剤ポンプ17、リーン溶剤ポンプ20の吐出量、リッチ溶剤バルブ18、リーン溶剤バルブ21及び水蒸気バルブ23の開度を調整することで、回収する $CO_2$ 量を制御する（図2 ステップS115）。

以上の制御手順は、発電プラント40の運転停止指令があるまで継続して実行される（図2 ステップS116）。

[0023] 以上説明したように、第1実施形態によると、回収装置10よりも上流側の装置であるボイラ11の負荷が変動し、排ガスG1の流量が変動しても、 $CO_2$ 回収率を一定に追従させることができるとともに、部分的に排ガスを処

理することができる。

[0024] [第2実施形態]

第2実施形態のCO<sub>2</sub>回収装置110は、ボイラ11から排出される排ガスG1の流量（計測V<sub>G1</sub>）及びそこに含まれるCO<sub>2</sub>の濃度（計測Y<sub>CO2</sub>）を計測することなく、計算により求める点を除けば第1実施形態と同様である。したがって、以下では第1実施形態との相違点を中心に説明する。

[0025] 第2実施形態は、計測V<sub>G1</sub>の代わりに、図3に示すように、ボイラ11に供給される燃焼空気流量（計測V<sub>a</sub>）及び燃料流量（計測V<sub>f</sub>）を計測し、これらの合計値（計測V<sub>f</sub>+計測V<sub>a</sub>）を第1実施形態の計測V<sub>G1</sub>（排ガスG1の実流量）の代替値として用いる。

または、ボイラ11に供給される燃焼空気及び燃料は、予め設定されているのが通常であるから、計測V<sub>a</sub>及び計測V<sub>f</sub>の代替として設定値（設定V<sub>a</sub>及び設定V<sub>f</sub>）を用いることもできる。

[0026] また、第2実施形態は、図3に示すように、ボイラ11に供給される燃料及び空気の組成が既知の場合は、燃焼後のガス組成を計算することによりCO<sub>2</sub>濃度を求め、第1実施形態の計測Y<sub>CO2</sub>の代替値として用いる。

[0027] 以上の通りであり、排ガスG1の流量は、第1実施形態のように計測により直接求めることができるし、第2実施形態のように燃焼空気流量（計測V<sub>a</sub>、設定V<sub>a</sub>）及び燃料流量（計測V<sub>f</sub>、設定V<sub>f</sub>）から計算により間接的に求めることができる。同様に、CO<sub>2</sub>濃度は、第1実施形態のように計測により直接求めることができるし、第2実施形態のように供給される空気及び燃料の組成に基づいて計算により求めることができる。そして、計算により求められる排ガス実流量、CO<sub>2</sub>濃度は、計測により求められる排ガス流量、CO<sub>2</sub>濃度の代替として十分な精度を有しているので、第2実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

加えて、正確に計測することは一般的には難しいボイラ11からの排ガスG1の実流量を、第2実施形態では、計測が比較的容易な空気流量・燃料流量から求めることのできる利点がある。これは、ボイラ11からの排ガスG1

に含まれるCO<sub>2</sub>濃度についても同様であり、CO<sub>2</sub>濃度を連続して計測することが難しくかつ、組成がほぼ一定の燃料及び空気からボイラ11からの排ガスの組成を、計算により比較的容易に求めることができる。

[0028] [第3実施形態]

第3実施形態の回収装置120は、上流設備であるボイラ11の負荷が大きく変動した場合の追従性を向上させることを目的としている。そのために、第3実施形態は、発電プラント40における発電出力制御の目標値を負荷指令信号とし、この負荷指令信号と排ガスG1に含まれるCO<sub>2</sub>の量V<sub>CO<sub>2</sub></sub>が対応付けられたテーブルデータを用意する。このテーブルデータは、図4に示すように、回収制御部30の設定部31に記憶させておく。このテーブルデータは、例えば、以下の関数として与えられる。

$$V_{CO_2} = F A (L_{SIG}) \quad L_{SIG} : \text{負荷指令信号}$$

[0029] 回収装置120は、回収制御部30が発電プラント40から負荷指令信号L<sub>SIG</sub>を取得する。回収制御部30は、負荷指令信号L<sub>SIG</sub>を取得しながら上記テーブルデータを参照することで、CO<sub>2</sub>量(V<sub>CO<sub>2</sub></sub>=F A (L<sub>SIG</sub>))を特定する。そうすると、演算部32は、以下の式に基づいて、CO<sub>2</sub>目標回収量(推測値)を求める。

$$CO_2 \text{ 目標回収量} = F A (L_{SIG}) \times \text{排ガス処理率 } R_{G1} \times CO_2 \text{ 回収率 } R_{CO_2}$$

[0030] 第3実施形態による回収装置120が、回収するCO<sub>2</sub>量として以上の推測値を用いるのは、ボイラ11の負荷が大きく変動する間であり、それ以外では第1実施形態(第2実施形態)を適用すればよい。そのために、回収装置120は以下の手順を採用する。

図4、図5に示すように、回収制御部30は、ボイラ11の負荷設定値B1を取得するとともに、ボイラ11の負荷計測値B2を取得する(図5 ステップS201)。なお、ボイラ11の負荷計測値は、燃料流量及び蒸気発生量などから計算により求めることができる。

回収制御部30は、さらに、負荷設定値B1と負荷計測値B2の差分ΔMW1(絶対値)を求めるとともに、この差分ΔMW1と既定値xを比較する

(図5 ステップS203)。負荷設定値 $B_1$ と負荷計測値 $B_2$ の差分 $\Delta W_1$ が大きければ、ボイラ11の負荷が大きく変動していると判断する。

差分が既定値 $\times$ 未満であれば、図2のステップS101に進み、以下は第1実施形態と同様の手順で回収装置10の運転が行われる。

一方、差分が既定値 $\times$ 以上であれば、回収制御部30は、取得した負荷指令信号(図5 ステップS205)に基づいて、テーブルデータ( $F A(L_{S_{1G}})$ )より排ガスG1中の $CO_2$ 量 $V_{CO_2}$ を特定する(図5 ステップS207)。

以後は、図2のステップS101に進み、第1実施形態と同様の手順で回収装置120の運転が行われる。ただし、 $CO_2$ 目標回収量演算(図2 ステップS111)の代わりにテーブルデータ( $F A(L_{S_{1G}})$ )を用いる。

[0031] 以上説明のように、第3実施形態による回収装置10は、第1実施形態と同様の効果を備えるとともに、 $CO_2$ 目標回収量を先行的に設定することができるので、ボイラ11の負荷変動に対する追従性が向上する。

[0032] [第4実施形態]

回収装置10は、再生塔14に必要な蒸気の供給先を発電プラント40、より具体的にはボイラ11で生成した蒸気の一部を用いている。したがって、再生塔14に供給する蒸気の量が多くなると、その分だけ発電プラント40における発電能力を損なう恐れがある。そこで、第4実施形態では、必要な時には回収装置130において回収可能な $CO_2$ 回収量の上限值を定める、つまり回収装置130の負荷に制限を設けることにより、発電プラント40の発電能力を担保する。

[0033] そのために、第4実施形態の回収制御部30は、図6に示すように、発電出力制御の目標値をボイラ11の負荷指令信号 $B_{S_{1G}}$ として取得する。また、回収制御部30は、ボイラ11の最大負荷 $B_{max}$ を保持する。

例えば、ボイラ11の最大負荷 $B_{max}$ に対して発電出力の値が近くなれば、ボイラ11の負荷から回収装置130に割ける余力は小さいといえる。そこで回収制御部30は、ボイラ11の余力を判断するために、ボイラ11の最

大負荷  $B_{max}$  と負荷指令信号  $B_{SIG}$  の差分  $\Delta MW2$  を求める。この差分が大きいほどボイラ 11 の余力が大きく、逆に、差分が小さいほどボイラ 11 の余力は小さくなる。そして、この差分に応じて回収装置 130 が処理・回収可能な  $CO_2$  量を求める。そのために、回収制御部 30 は、当該差分と回収可能な  $CO_2$  量とが対応付けられたテーブルデータを設定部 31 に記憶させておく。このテーブルデータは、例えば、以下の関数として与えられる。

$$CO_{2max} = FB(\Delta MW2)$$

[0034] 回収制御部 30 は、差分  $\Delta MW2$  を逐次求めながら、テーブルデータを参照することで、求められたこの  $CO_2$  量を回収量上限値  $CO_{2max}$  に設定する。そして、第 1 実施形態又は第 2 実施形態で求められる  $CO_2$  回収量が回収量上限値  $CO_{2max}$  を超えないように、第 4 実施形態の回収制御部 30 は制限を設ける。

[0035] 第 4 実施形態の回収制御部 30 は、図 7 に示す手順で回収装置 10 を運転する。

回収制御部 30 は、負荷指令信号  $B_{SIG}$  を発電プラント 40 から取得するとともに、自己が保持しているボイラ 11 の最大負荷  $B_{max}$  との差分  $\Delta MW2$  を求める（図 7 ステップ S301, S303）。

次いで、回収制御部 30 は、テーブルデータを参照することで求められた差分  $\Delta MW2$  に対応する  $CO_{2max}$  を特定する（図 7 ステップ S305）。

次に、回収制御部 30 は、目標値  $C_{CO_2}$  と回収量上限値  $CO_{2max}$  の大小を比較する（図 7 ステップ S307）。目標値  $C_{CO_2}$  が上限値  $CO_{2max}$  未満（図 7 ステップ S307 Yes）であれば、ボイラ 11 に余力があると判断し、目標値  $C_{CO_2}$  に基づいて吸収液循環流量及び蒸気供給流量を制御する（図 7 ステップ S309）。目標値  $C_{CO_2}$  が上限値  $CO_{2max}$  以上（図 7 ステップ S307 No）であれば、ボイラ 11 に余力がない判断し、目標値  $C_{CO_2}$  を採用することなく上限値  $CO_{2max}$  に基づいて吸収液循環流量及び蒸気供給流量を制御する（図 7 ステップ S311）。

[0036] 以上説明したように、第 4 実施形態によると、第 1 実施形態と同様の効果

を備えるとともに、発電出力を優先させたい場合に、自動的にCO<sub>2</sub>目標回収量の設定値を下げるができる。また、排ガス処理率を誤って高い値に設定した場合でも、発電出力を低下させることなく発電プラント40を運転できる。

[0037] [第5実施形態]

第5実施形態の回収装置140は、回収制御部30の設定部31が、ボイラ負荷指令（燃料流量設定値、空気流量設定値）B<sub>SIG</sub>と吸収液循環流量C<sub>L</sub>とを対応付けたテーブルデータを保持する。このテーブルデータは以下の関数として与えられる。

$$C_L = FC(B_{SIG})$$

回収制御部30は、図8に示すように、ボイラ負荷指令B<sub>SIG</sub>を取得するとともに、設定部31のテーブルデータ（C<sub>L</sub> = FC（B<sub>SIG</sub>））を参照することで、吸収液循環流量設定値C<sub>L</sub>を特定し、実際の吸収液循環流量が設定値となるように制御する。ただし、吸収液循環流量設定値C<sub>L</sub>は、排ガス処理率及びCO<sub>2</sub>回収率を乗じたものとする。吸収液循環流量は、リッチソルベントポンプ17、リッチソルベントバルブ18等を調節することにより制御される。CO<sub>2</sub>目標回収量の演算は第1実施形態～第3実施形態のいずれの方法を用いてもよい。

[0038] 第5実施形態によると、第1実施形態と同様の効果を備えるとともに、排ガスG1の流量が急激に変動しても、この流量変動に追従して吸収液循環量を変動させることで、ボイラ11の負荷変動に対する追従性が向上する。このとき、吸収塔13におけるCO<sub>2</sub>回収率は低下しない。

[0039] 上記実施形態では、発電プラント40のボイラ11で発生するCO<sub>2</sub>を回収する例について説明したが、本発明の対象はこれに限らず、CO<sub>2</sub>を発生するいかなる装置、設備についても適用することができる。

また、吸収液の循環流量を制御する手段として、リッチソルベントポンプ17、リーンソルベントポンプ20等を示したが、これもまた一例であり、吸収液の循環流量を制御できる手段を広く適用することができる。

また、吸収液回収のための蒸気の供給源は発電プラント40に限らず、個別に設けることができる。

これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施の形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

### 符号の説明

- [0040] G1, G2 排ガス
- 10, 110, 120, 130, 140 CO<sub>2</sub>回収装置
- 11 ボイラ
- 12 主バルブ
- 13 吸収塔
- 14 再生塔
- 15 煙突
- 16 分岐バルブ
- 17 リッチソルベントポンプ
- 18 リッチソルベントバルブ
- 19 リッチ／リーンソルベント熱交換器
- 20 リーンソルベントポンプ
- 21 リーンソルベントバルブ
- 22 再生過熱器
- 23 水蒸気バルブ
- 24 排ガス流量センサ
- 25 CO<sub>2</sub>濃度センサ
- 30 回収制御部
- 31 パラメータ設定部
- 32 演算部
- 33 駆動制御部
- 40 発電プラント

## 請求の範囲

[請求項1]

CO<sub>2</sub>を含有する排ガスと吸収液とを接触させて排ガス中のCO<sub>2</sub>を除去するCO<sub>2</sub>吸収塔と、

前記CO<sub>2</sub>吸収塔でCO<sub>2</sub>を吸収したリッチ溶液中のCO<sub>2</sub>を除去し、再生する再生塔と、を備え、

前記再生塔でCO<sub>2</sub>を除去したリーン溶液である吸収液をCO<sub>2</sub>吸収塔で再利用するCO<sub>2</sub>回収装置であって、

下記に示す排ガス処理率R<sub>G1</sub>、CO<sub>2</sub>回収率R<sub>CO2</sub>を前記CO<sub>2</sub>回収装置の運転パラメータとして設定し、

前記排ガスの発生源から前記CO<sub>2</sub>回収装置に向けて排出される前記排ガスの実流量と前記排ガス処理率R<sub>G1</sub>の積に基づいて前記CO<sub>2</sub>回収装置で処理する排ガスの目標処理量を特定し、かつ、

前記排ガスの発生源から前記CO<sub>2</sub>回収装置に向けて排出される前記排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量と、排ガス処理率R<sub>G1</sub>と、前記CO<sub>2</sub>回収率R<sub>CO2</sub>と、の積に基づいて前記CO<sub>2</sub>回収装置で回収するCO<sub>2</sub>の目標回収量を特定する、

ことを特徴とするCO<sub>2</sub>回収装置。

$$R_{G1} = T_{CO2} / V_{G1}$$

V<sub>G1</sub> : 排ガスの発生源から排出される排ガスの流量

T<sub>CO2</sub> : CO<sub>2</sub>回収装置で処理する排ガスの量

$$R_{CO2} = C_{CO2} / V_{CO2}$$

V<sub>CO2</sub> : CO<sub>2</sub>回収装置で処理する排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の量

C<sub>CO2</sub> : CO<sub>2</sub>回収装置で回収するCO<sub>2</sub>の量

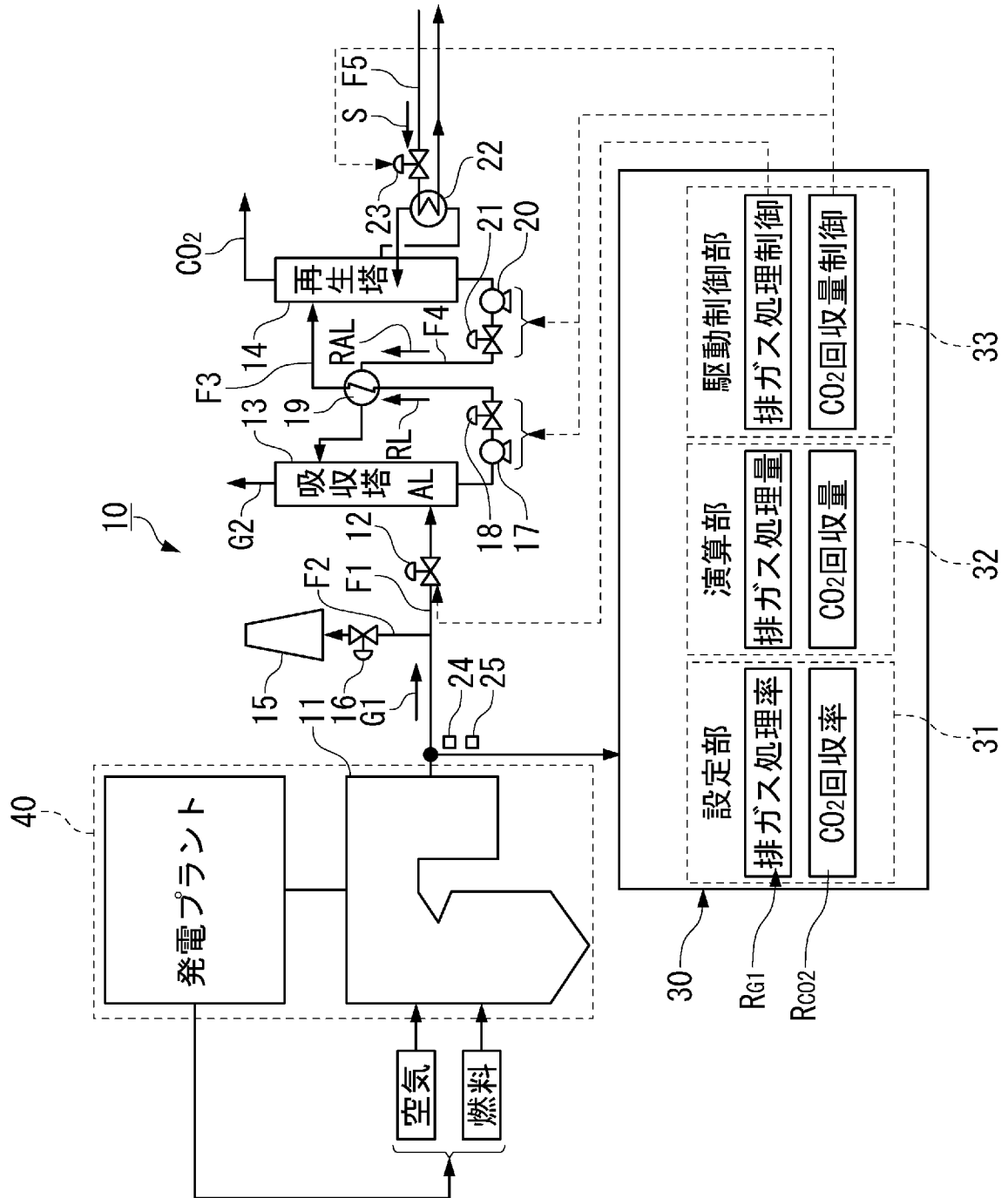
[請求項2]

前記CO<sub>2</sub>回収装置に向けて排出される前記排ガスの実流量及び前記排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量は、当該排ガスを計測することにより求められる、

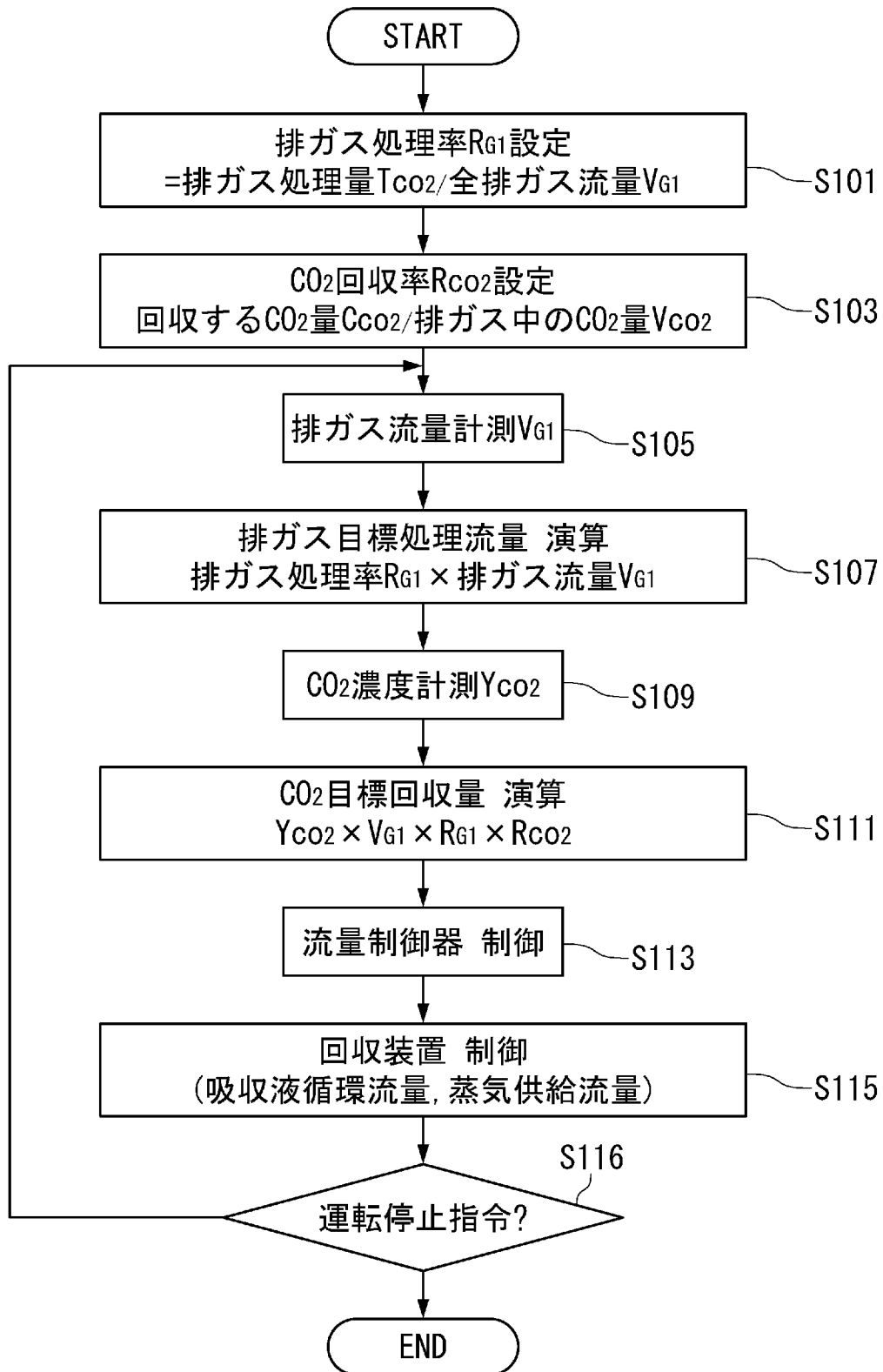
請求項1に記載のCO<sub>2</sub>回収装置。

- [請求項3] 前記排ガスの実流量は、前記排ガスの発生源に供給される燃料の流量及び燃焼ガスの流量に基づいて計算により求められ、かつ、  
前記排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>の実量は、前記燃料及び前記燃焼ガスの流量および組成に基づいて、計算により求められる、  
請求項1に記載のCO<sub>2</sub>回収装置。
- [請求項4] 前記排ガスの発生源の負荷が所定値以上に変動すると、  
前記排ガスの発生源への負荷と前記排ガスの流量とが対応付けられたデータと、前記排ガスの発生源への負荷指令信号と、を照合することにより前記排ガスの実流量を求め、前記CO<sub>2</sub>の回収量を特定する、  
請求項1に記載のCO<sub>2</sub>回収装置。
- [請求項5] 前記排ガスの発生源の負荷に基づいて、前記CO<sub>2</sub>の回収量の上限値が設定される、  
請求項1に記載のCO<sub>2</sub>回収装置。
- [請求項6] 前記排ガスの発生源の負荷に基づいて、吸収液循環量の目標値が設定される、  
請求項1に記載のCO<sub>2</sub>回収装置。

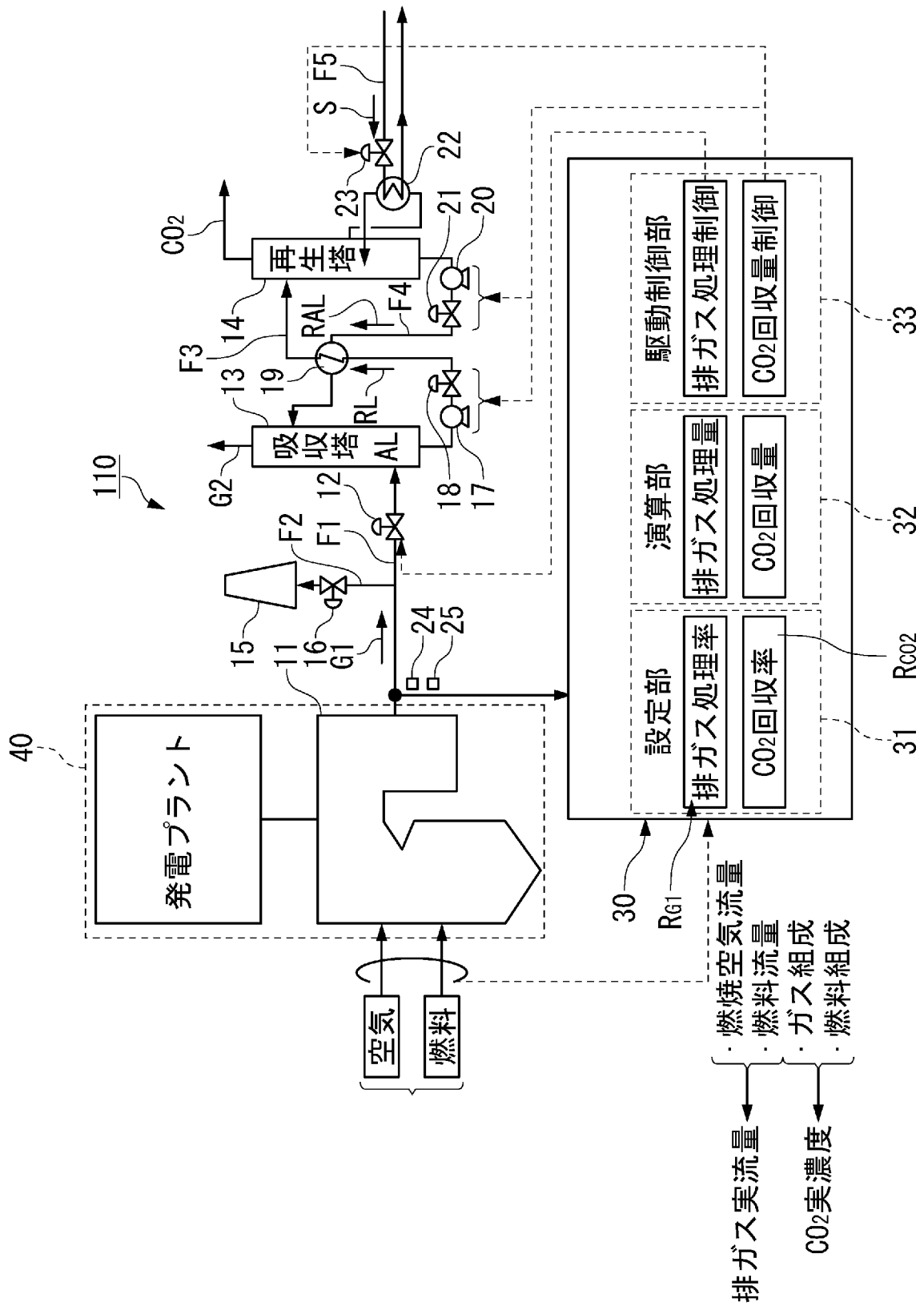
[図1]



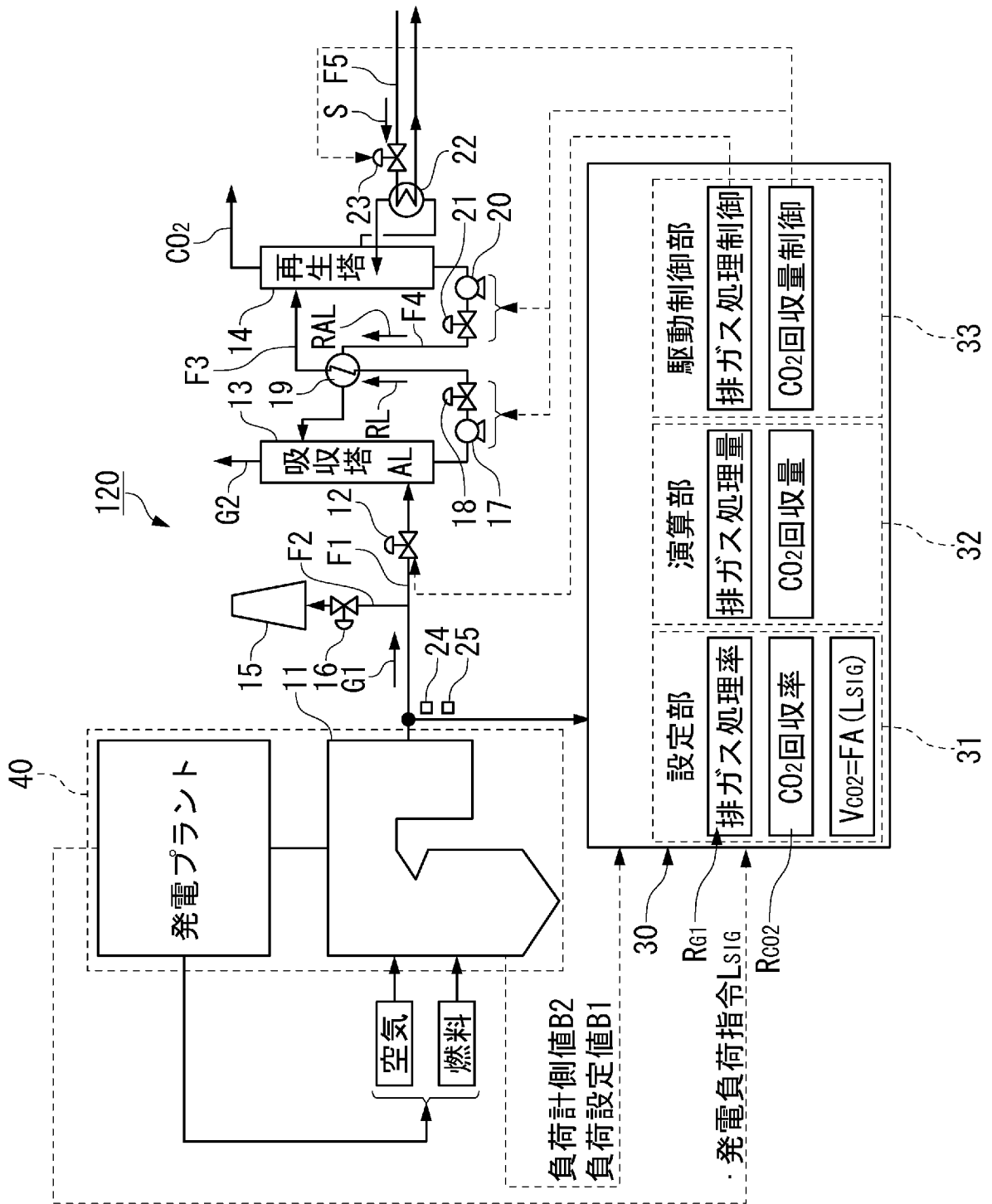
[図2]



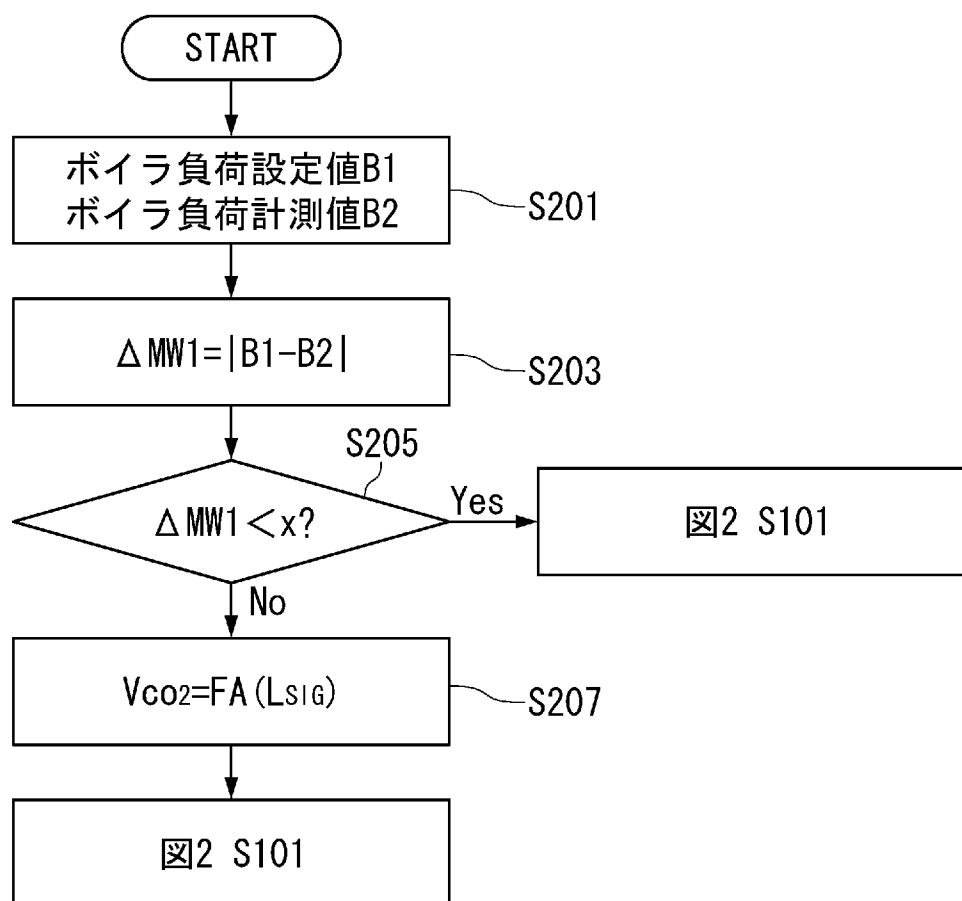
[図3]



[図4]

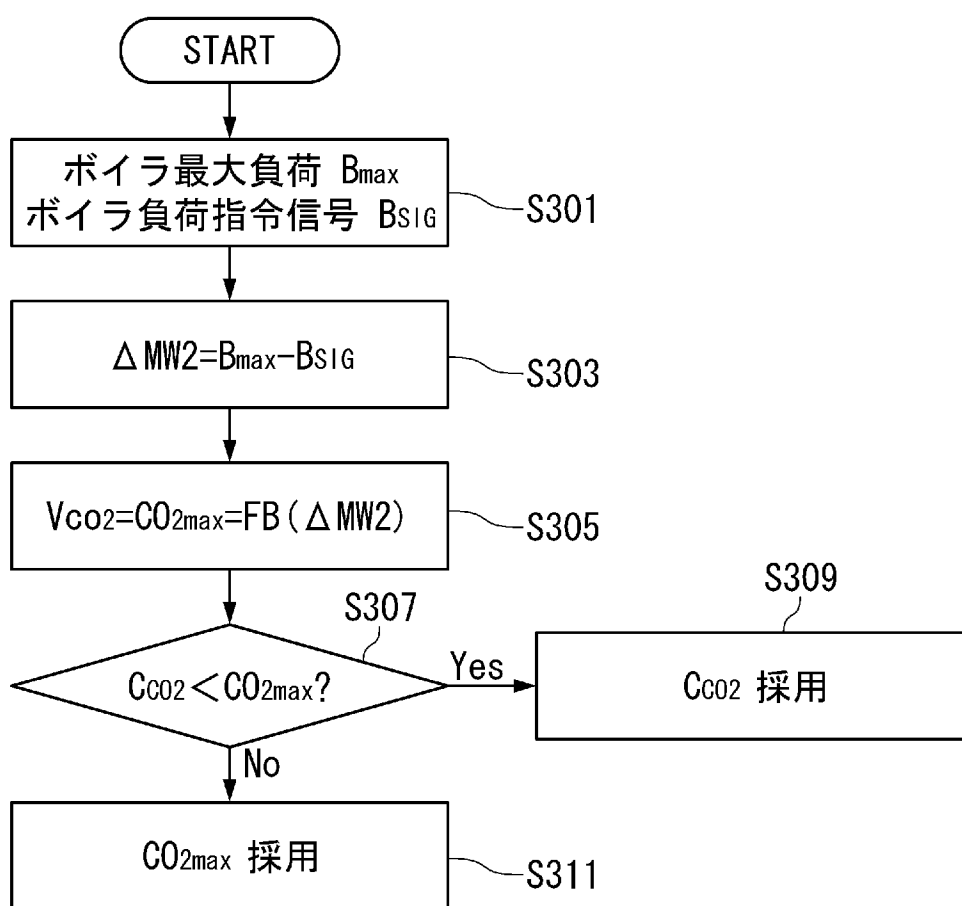


[図5]

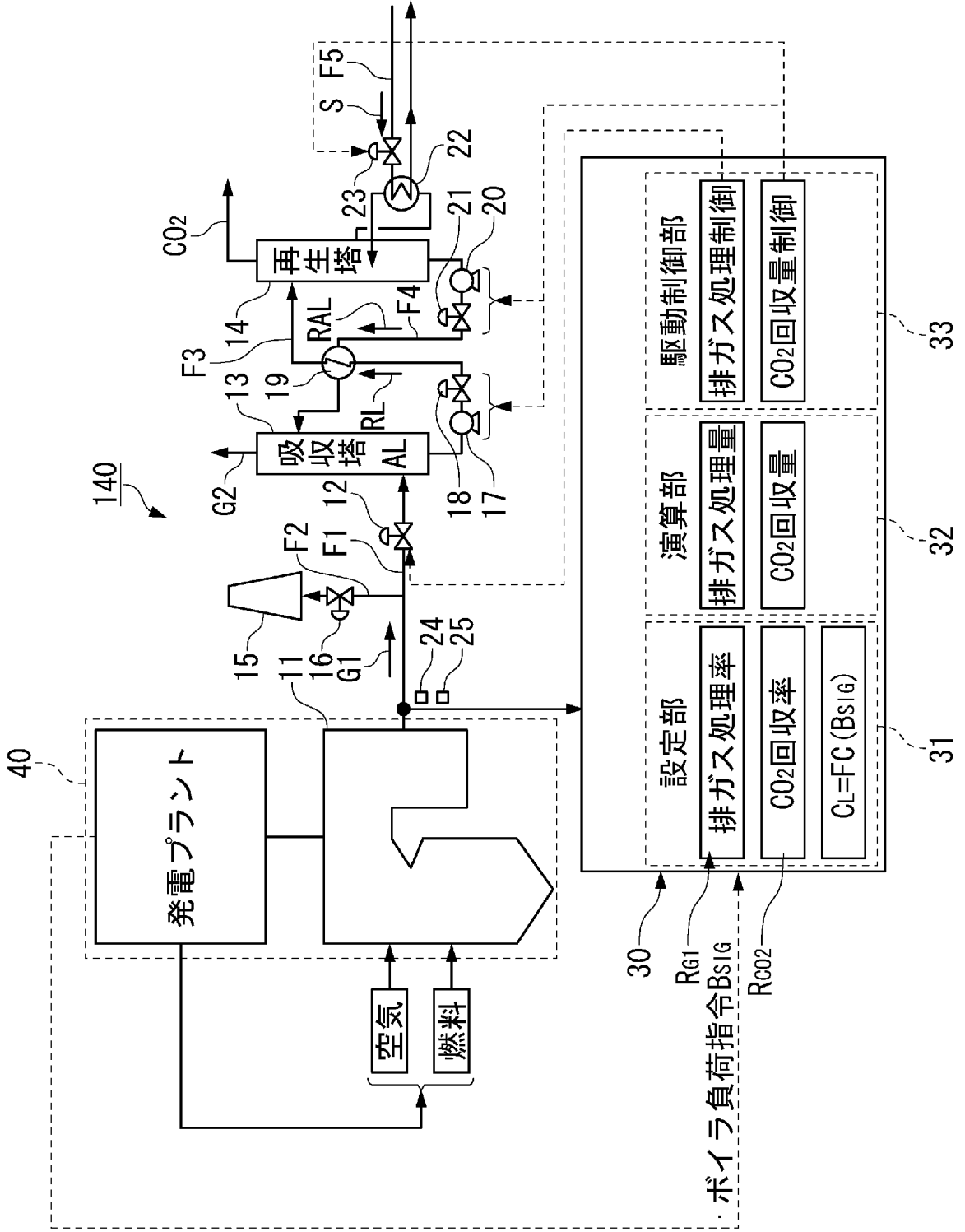




[図7]



[図8]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/006940

**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*, *B01D53/14*

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.
X	JP 2011-527 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 06 January 2011 (06.01.2011), claims & US 2010/0319531 A1 & EP 2269713 A2	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  
05 February, 2013 (05.02.13)

Date of mailing of the international search report  
19 February, 2013 (19.02.13)

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 (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, B01D53/14

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
X	JP 2011-527 A (三菱重工業株式会社) 2011.01.06, 特許請求の範囲 & US 2010/0319531 A1 & EP 2269713 A2	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  
 05.02.2013

国際調査報告の発送日  
 19.02.2013

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)  
 山本 吾一  
 4Q 3128  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3468