(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
2016 年 8 月 25 日(25.08.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/133116 A1

(51) 国際特許分類:
F23L 15/00 (2006.01) *F22B 31/08* (2006.01)
F22B 1/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/054572

(22) 国際出願日: 2016 年 2 月 17 日(17.02.2016)

(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:
62/117,761 2015 年 2 月 18 日(18.02.2015) US

(71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社 **(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.)** [JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目３番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 岡本 卓也 **(OKAMOTO, Takuya)**; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目３番１号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 本城 新太郎 **(HONJO, Shintaro)**; 32746 フロリダ州レイクメアリー市 コロニアルセンター パークウェイ１００ 三菱日立パワーシステムズアメリカ内 Florida (US). 稲葉 紀和 **(INABA, Norikazu)**; 32746 フロリダ州レイクメアリー市 コロニアルセンター パークウェイ１００ 三菱日立パワーシステムズアメリカ内 Florida (US). 橋本 淳 **(HASHIMOTO, Jun)**; 32746 フロリダ州レイクメアリー市 コロニアルセンター パークウェイ１００ 三菱日立パワーシステムズアメリカ内 Florida (US).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 **(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE)**; 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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.

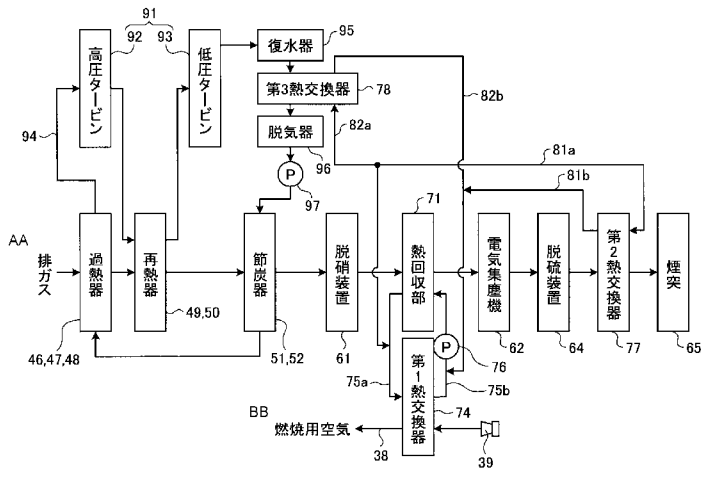
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) **Title**: EXHAUST GAS HEAT RECOVERY SYSTEM

(54) 発明の名称 : 排ガス熱回収システム

[図2]



46, 47, 48 Superheater
49, 50 Reheater
51, 52 Economizer
61 Denitration device
62 Electric dust collector
64 Desulfurization device
65 Smokestack
71 Heat recovery unit
74 First heat exchanger
77 Second heat exchanger
78 Third heat exchanger
92 High-pressure turbine
93 Low-pressure turbine
95 Condenser
96 Deaerator
AA Exhaust gas
BB Air for combustion

(57) **Abstract**: An exhaust gas heat recovery system is provided with: a furnace (11); a combustion device (12); a flue (13); a heat exchange unit (14); a heat recovery unit (71) that is provided further downstream than the heat exchanging unit (14) in the flue (13) and recovers heat from exhaust gas and for which the cross-sectional area of an outlet (73B) is smaller than the cross-sectional area of an inlet (72A); and a first heat exchanger (74) that heats air for combustion with the heat recovered from the heat recovery unit (71).

(57) 要約: 排ガス熱回収システムにおいて、火炉（１１）と、燃焼装置（１２）と、煙道（１３）と、熱交換部（１４）とを設けると共に、煙道（１３）における熱交換部（１４）より下流側に設けられて排ガスの熱を回収すると共に入口部（７２Ａ）の通路断面積に対して出口部（７３Ｂ）の通路断面積が小さく設定される熱回収部（７１）と、熱回収部（７１）で回収した熱により燃焼用空気を加熱する第１熱交換器（７４）とを設けている。

WO 2016/133116 A1

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, KM, 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 ： 排ガス熱回収システム

技術分野

[0001] 本発明は、燃料と空気を燃焼させることで蒸気を生成するボイラから排出される排ガスの熱を回収する排ガス熱回収システムに関するものである。

背景技術

[0002] 例えば、石炭焚きボイラは、中空形状をなして鉛直方向に設置される火炉の下部に複数の燃焼バーナが配設され、上部に煙道が連結され、この煙道に排ガスの熱を回収するための熱交換器が設けられて構成されている。そして、火炉での燃焼により発生した排ガスにより水を加熱することで蒸気を生成することができる。また、石炭焚きボイラは、煙道にガスダクトが連結されており、このガスダクトにエアヒータが設けられている。このエアヒータは、排ガスにより空気を加熱することで加熱空気を生成し、この加熱空気を燃焼用空気として燃焼バーナに供給している。

[0003] このエアヒータは、排ガス通路と空気通路に対して、ヒートエレメントを回転させて排ガスと空気を交互に接触させることで熱交換を行い、排ガスにより空気を加熱して加熱空気を生成している。ところで、ボイラから排出される排ガスは、亜硫酸（SO_3）などの腐食物質を含んでおり、この亜硫酸が凝縮して硫酸とならないようにエアヒータで回収する熱量に制限がある。また、エアヒータにより亜硫酸が凝縮しない温度まで熱回収を行わなくても、エアヒータは、ヒートエレメントを回転させて熱交換を行っていることから、亜硫酸が凝縮温度まで低下してしまう領域部分が発生してしまう。その結果、エアヒータにおけるヒートエレメントに腐食や閉塞が発生してしまうおそれがある。

[0004] 石炭焚きボイラにおいて、回転式のエアヒータに代えて熱回収器を設けたものが、例えば、下記特許文献１に記載されている。この熱回収器は、高温ループと低温ループを備え、高温ループには、高温熱媒体が循環し、排ガス

から回収した熱により燃焼用空気を予熱し、低温ループには、低温熱媒体が循環し、排ガスから回収した熱により燃焼用空気を予熱すると共に、排ガスを再加熱し、また、ボイラ給水を予熱している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭６３－２１７１０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述した熱回収器は、排ガスの熱を用いて熱媒体を加熱し、加熱された熱媒体により燃焼用空気、排ガス、ボイラ給水を加熱している。この場合、熱回収器は、入口部の排ガスの温度が３００℃以上であり、出口部の排ガスの温度が１００℃以下まで低下することから、内部での温度変化が２００℃以上となる。そのため、熱回収器は、内部を通過する排ガスの体積が大きく変化（減少）し、流速も大きく変化（減少）する。すると、熱回収器は、入口部で排ガスの流速が速くなるため、伝熱管の摩耗が発生し、出口部で排ガスの流速が遅くなるため、熱交換性能が低下すると共に煤塵などが堆積してしまう。

[0007] 本発明は上述した課題を解決するものであり、耐久性の向上を図ると共に熱回収効率の向上を図る排ガス熱回収システム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] 上記の目的を達成するための本発明の排ガス熱回収システムは、中空形状をなして鉛直方向に沿って設置される火炉と、燃料と燃焼用空気を混合した燃料ガスを前記火炉内に向けて吹き込む燃焼バーナと、前記火炉の上部に連結される排ガス通路と、前記排ガス通路に設けられて排ガスと水との間で熱交換を行う熱交換部と、前記排ガス通路における前記熱交換部より下流側に設けられて排ガスの熱を回収する熱回収部と、前記熱回収部で回収した熱に

より燃焼用空気を加熱する第１熱交換器とを備え、前記熱回収部は、該熱回収部の入口部の通路断面積に対して、出口部の通路断面積が小さく設定されることを特徴とするものである。

[0009] 従って、排ガスが熱回収部を通過するときに、熱媒体が排ガスの熱を回収するため、排ガスは、温度が低下すると共に体積が減少する。ところが、熱回収部は、入口部の通路断面積に対して出口部の通路断面積が小さく設定されている。そのため、大きな体積を有する排ガスが入口部を通過するときに、排ガスの流速が上昇することはなく、また、小さな体積を有する排ガスが出口部を通過するときに、排ガスの流速が低下することはない。即ち、排ガスが熱回収部を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部を構成する伝熱管の摩耗が抑制されると共に、熱交換性能の低下が抑制されることとなり、耐久性を向上することができると共に熱回収効率を向上することができる。

[0010] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記熱回収部は、前記排ガス通路における前記入口部の内側寸法に対して前記出口部の内側寸法が小さく設定されることを特徴としている。

[0011] 従って、熱回収部の入口部の内側寸法に対して出口部の内側寸法を小さく設定するという簡単な構成で、排ガスが熱回収部を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部を構成する伝熱管の摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0012] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記熱回収部は、前記入口部における伝熱管または伝熱フィンの密集度合いに対して前記出口部における伝熱管または伝熱フィンの密集度合いが高く設定されることを特徴としている。

[0013] 従って、排ガス通路の構成を変更することなく、熱回収部の入口部と出口部とで、伝熱管または伝熱フィンの配置、形状、数などを変更するという簡単な構成で、排ガスが熱回収部を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部を構成する伝熱管の

摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0014] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記熱回収部は、上流側の高温部と下流側の低温部とを有し、前記高温部の通路断面積に対して前記低温部の通路断面積が小さく設定されることを特徴としている。

[0015] 従って、熱回収部を高温部と低温部により構成し、高温部の通路断面積に対して低温部の通路断面積を小さく設定するという簡単な構成で、排ガスが熱回収部を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部を構成する伝熱管の摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0016] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記排ガス通路は、鉛直方向に沿う鉛直通路と、前記鉛直通路の下部に連結されて水平方向に沿う水平通路とを有し、前記高温部は、前記鉛直通路に配置され、前記低温部は、前記水平通路に配置されることを特徴としている。

[0017] 従って、高温部を鉛直通路に配置し、低温部を水平通路に配置することで、鉛直通路や水平通路といった既存の排ガス通路の構成を変更することなく、簡単な構成で排ガス熱回収システムを構成することができ、その結果、熱回収部を構成する伝熱管の摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0018] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記に脱硝装置が設けられ、前記脱硝装置の下方に前記高温部が配置されることを特徴としている。

[0019] 従って、脱硝装置における排ガス流れの下流側に高温部を配置することで、排ガスは、脱硝装置により有害物質が除去されてから高温部に流れ込むこととなり、熱回収部への有害物質の付着を防止することができる。

[0020] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記鉛直通路と前記水平通路との間で且つ前記高温部の下方にホッパが設けられることを特徴としている。

[0021] 従って、高温部の下方にホッパを設けることで、鉛直通路と水平通路との

間で排ガスに含まれる煤塵などの粒子を捕集することができる。

[0022] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記熱回収部より下流側に設けられて前記熱回収部で回収した熱により煙突から排出される前の排ガスを再加熱する第２熱交換器が設けられることを特徴としている。

[0023] 従って、第２熱交換器は、熱回収部が回収した熱により排ガスを再加熱することで、白煙を防止することができる。

[0024] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記熱回収部で回収した熱により前記熱交換部に供給される水を加熱する第３熱交換器が設けられることを特徴としている。

[0025] 従って、第３熱交換器は、熱回収部が回収した熱により熱交換部に供給される水を加熱することで、回収した熱を有効利用することができる。

[0026] 本発明の排ガス熱回収システムでは、前記熱回収部から前記第１熱交換器と前記第２熱交換器と前記第３熱交換器に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置が設けられることを特徴としている。

[0027] 従って、分配量調整装置は、ボイラの運転状態に応じて、熱回収部から各熱交換器に供給する熱媒体の分配量を調整することで、排ガスから回収した熱を環境対策として使用すべき熱量に維持しつつ、残りの回収熱を発電効率の向上に利用してボイラを適正に運転することができる。

発明の効果

[0028] 本発明の排ガス熱回収システムによれば、排ガス通路に排ガスの熱を回収すると共に入口部の通路断面積に対して出口部の通路断面積が小さく設定される熱回収部を設けるので、耐久性を向上することができると共に熱回収効率を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]図１は、第１実施形態の排ガス熱回収システムが適用されたボイラを表す概略構成図である。

[図2]図２は、排ガス熱回収システムにおける水（蒸気）及び熱媒体の流れを表す概略図である。

[図3]図３は、熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。

[図4]図４は、熱回収部の構成を表す概略図である。

[図5]図５は、第２実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。

[図6]図６は、第３実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。

[図7]図７は、第４実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。

[図8]図８は、第５実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部を表す概略構成図である。

[図9]図９は、熱回収部のフィンチューブを表す概略図である。

[図10]図１０は、第６実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下に添付図面を参照して、本発明に係る排ガス熱回収システムの好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせて構成するものも含むものである。

[0031] ［第１実施形態］

図１は、第１実施形態の排ガス熱回収システムが適用されたボイラを表す概略構成図である。

[0032] 第１実施形態の排ガス熱回収システムを備えるボイラは、石炭焚きボイラであって、石炭を粉砕した微粉炭を微粉燃料（燃料）とし、この微粉燃料を燃焼バーナにより燃焼させる。排ガス熱回収システムは、この燃焼により発生した熱を回収するものである。

[0033] 第１実施形態において、図１に示すように、ボイラ１０は、コンベンショナルボイラであって、火炉１１と、燃焼装置１２と、煙道（排ガス通路）１３と、熱交換部１４とを有している。まず、ボイラ１０の全体構成について

説明する。

[0034] 火炉１１は、四角筒の中空形状をなして鉛直方向に沿って設置されており、この火炉１１を構成する火炉壁が伝熱管により構成されている。

[0035] 燃焼装置１２は、火炉１１を構成する火炉壁の下部に設けられている。燃焼装置１２は、火炉壁に装着された複数段の燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５を有している。本実施形態にて、各燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５は、周方向に沿って４個均等間隔で配設されたものが１セットとして、鉛直方向に沿って５セット、つまり、５段配置されている。但し、火炉１１の形状、一段における燃焼バーナの数、燃焼バーナの段数などは、この実施形態に限定されるものではなく、適宜設定すればよいものである。

[0036] 燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５は、固体燃料としての石炭を粉砕した微粉炭を燃料とするものである。燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５は、微粉炭供給管２６，２７，２８，２９，３０を介して微粉炭機（粉砕機、ミル）３１，３２，３３，３４，３５が連結されている。微粉炭機３１，３２，３３，３４，３５は、図示しないが、石炭が複数の粉砕ローラと粉砕テーブルとの間に投入されることで、所定の大きさまで粉砕するものである。ここで粉砕された微粉炭は、搬送用空気（１次空気）により分級された後、微粉炭供給管２６，２７，２８，２９，３０により燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５に供給される。

[0037] 火炉１１は、各燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５の装着位置に風箱３６が設けられている。また、火炉１１は、各燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５の装着位置より上方の火炉壁に追加空気ノズル３７が設けられている。空気ダクト３８は、一端部に送風機３９が連結されており、他端部が風箱３６に連結されると共に、追加空気ノズル３７に連結されている。そのため、送風機３９により送られた燃焼用空気（２次空気）は、空気ダクト３８により風箱３６に供給され、この風箱３６から各燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５に供給されると共に、空気ダクト３８により追加空気ノズル３７に供給される。

[0038] 火炉１１は、上部に煙道１３が連結されており、煙道１３は、火炉１１の上端部に連結される第１水平通路４１と、第１水平通路４１の端部に連結される第１鉛直通路４２と、第１鉛直通路４２の下端部に連結される第２水平通路４３と、第２水平通路４３の端部に連結される第２鉛直通路４４と、第２鉛直通路４５の端部に連結されるガスダクト４５から構成されている。

[0039] 煙道１３は、第１水平通路４１及び第１鉛直通路４２に、火炉１１での燃焼で発生した排ガスと伝熱管内を流れる水（蒸気）との間で熱交換を行う熱交換部１４が設けられている。熱交換部１４は、過熱器（スーパーヒータ）４６，４７，４８と、再熱器（リヒータ）４９，５０と、節炭器（エコノマイザ）５１，５２とから構成されている。

[0040] 煙道１３は、第２鉛直通路４４に脱硝装置（選択還元型触媒）６１が設けられている。脱硝装置６１は、排ガス中の窒素酸化物（ＮＯｘ）を還元剤（例えば、アンモニア）による触媒の働きにより無害な窒素と水蒸気に分解するものである。

[0041] 煙道１３には、ガスダクト４５に、電気集塵機６２、誘引送風機６３、脱硫装置６４、煙突６５が設けられている。電気集塵機６２は、排ガス中に含まれる各種ダストの微粒子に電荷を与え、集塵極に引き寄せることでダストを捕集するものである。脱硫装置６４は、湿式の脱硫装置であって、吸収塔に流入した排ガスに対して吸収液を噴射して接触させることで、排ガス中の亜硫酸ガスを吸収除去するものである。

[0042] 本実施形態のボイラ１０は、煙道１３における熱交換部１４より下流側に排ガスの熱を回収する熱回収部７１が設けられている。この熱回収部７１は、上流側の高温部７２と下流側の低温部７３とを有しており、高温部７２と低温部７３は、伝熱管により直接連結されている。そして、ボイラ１０は、この熱回収部７１で回収した熱により燃焼用空気を加熱する第１熱交換器７４を有している。即ち、熱回収部７１と第１熱交換器７４は、その間で熱媒体（例えば、水、蒸気）を循環する熱媒体循環通路７５が設けられ、熱媒体循環通路７５は、高温部７２から第１熱交換器７４に至る第１循環通路７５

ａと、第１熱交換器７４から低温部７３に至る第２循環通路７５ｂからなり、第２循環通路７５ｂに熱媒体を循環させるためのポンプ７６が設けられている。

[0043] また、ボイラ１０は、熱回収部７１で回収した熱により煙突６５から排出される前の排ガスを再加熱する第２熱交換器７７が設けられている。更に、ボイラ１０は、熱回収部７１で回収した熱により、熱交換部１４の節炭器５１，５２に供給される給水を加熱する後述する第３熱交換器７８（図２参照）が設けられている。

[0044] そのため、微粉炭機３１，３２，３３，３４，３５が駆動すると、石炭を粉砕して微粉炭を生成し、搬送用空気により微粉炭供給管２６，２７，２８，２９，３０から燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５に供給する。また、第１熱交換器７４により加熱された燃焼用空気は、空気ダクト３８から風箱３６を介して各燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５に供給されると共に、追加空気ノズル３７に供給される。すると、燃焼バーナ２１，２２，２３，２４，２５は、微粉炭と搬送用空気とが混合した微粉炭混合気を火炉１１に吹き込むと共に燃焼用空気を火炉１１に吹き込み、このときに着火することで火炎を形成する。また、追加空気ノズル３７は、追加空気を火炉１１に吹き込んで燃焼制御を行うことで、微粉炭の燃焼により発生したＮＯｘが還元される。その後、煙道１３の熱交換器１４を通過した排ガスは、脱硝装置６１によりＮＯｘが除去され、電気集塵機６２により粒子状物質が除去され、脱硫装置６４によりＳＯｘが除去された後、煙突６５から大気中に排出される。

[0045] 次に、排ガス熱回収システムにおける水（蒸気）及び熱媒体の流れについて説明する。図２は、排ガス熱回収システムにおける水及び熱媒体の流れを表す概略図、図３は、熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。

[0046] 図２及び図３に示すように、熱回収部７１は、高温部７２と低温部７３を有し、高温部７２と低温部７３は、内部に伝熱管７２ａ，７３ａが配置され、一端部同士が連結されている。第１熱交換器７４は、内部に伝熱管７４ａ

が配置され、伝熱管７２ａの他端部と伝熱管７４ａの一端部が第１循環通路７５ａにより連結され、伝熱管７３ａの他端部と伝熱管７４ａの他端部が第２循環通路７５ｂにより連結され、第２循環通路７５ｂにポンプ７６が設けられている。

[0047] 第２熱交換器７７は、内部に伝熱管７７ａが配置され、第１循環通路７５ａから分岐した第１分岐通路８１ａが伝熱管７７ａの一端部に連結され、第２循環通路７５ｂから分岐した第２分岐通路８１ｂが伝熱管７７ａの他端部に連結されている。第３熱交換器７８は、内部に伝熱管７８ａが配置され、第１分岐通路８１ａから分岐した第３分岐通路８２ａが伝熱管７８ａの一端部に連結され、第２分岐通路８１ｂから分岐した第４分岐通路８２ｂが伝熱管７８ａの他端部に連結されている。

[0048] また、ボイラで生成した蒸気により運転される蒸気タービン９１は、高圧タービン９２と低圧タービン９３を有している。そして、ボイラ１０の熱交換部１４（図１参照）と蒸気タービン９１との間に、水及び蒸気を循環する水・蒸気循環通路９４が設けられている。この水・蒸気循環通路９４は、過熱器４６，４７，４８、高圧タービン９２、再熱器４９，５０、低圧タービン９３、復水器９５、第３熱交換器７８、脱気器９６、給水ポンプ９７、節炭器５１，５２の順に設けられている。

[0049] そのため、煙道１３を排ガスが流れるとき、この排ガス（３００℃～４００℃）は、熱回収部７１の高温部７２と低温部７３を順に流れ、熱回収部７１は、排ガスの熱を熱媒体により回収する。即ち、ポンプ７６により熱媒体（６５℃～１００℃）が熱媒体循環通路７５を循環することで、この熱媒体が排ガスの熱により加熱される。そして、高温の熱媒体（１００℃～３５０℃）の一部が第１熱交換器７４に供給されることで、熱媒体循環通路７５を循環する熱媒体と、空気ダクト３８を流れる空気とが熱交換し、空気が熱媒体により加熱されることで高温空気となり、この高温空気が燃焼用空気（２００℃～３３０℃）として燃焼装置１２（図１参照）に送られる。

[0050] また、熱回収部７１で生成された高温の熱媒体の一部は、第２熱交換器７

７に供給されることで、高温の熱媒体と脱硫装置６４から排出された排ガス（４０℃～７０℃）とが熱交換し、熱媒体により再加熱された排ガス（８０℃～１００℃）が煙突６５に送られる。更に、熱回収部７１で生成された高温の熱媒体の一部は、第３熱交換器７８に供給されることで、高温の熱媒体と水・蒸気循環通路９４を流れる水（３０℃～７０℃）とが熱交換し、水が熱媒体により加熱されることで高温水（６０℃～１００℃）となり、この高温水が節炭器５１，５２に送られる。

[0051] 一方、給水ポンプ９７から供給された水は、節炭器５１，５２によって予熱された後、図示しない蒸気ドラムに供給され、火炉壁の各伝熱管に供給される間に加熱されて飽和蒸気となり、蒸気ドラムに送り込まれる。蒸気ドラムの飽和蒸気は、過熱器４６，４７，４８に導入され、排ガスによって過熱される。過熱器４６，４７，４８で生成された過熱蒸気は、高圧タービン９２に供給され、この高圧タービン９２を駆動する。高圧タービン９２から排出された蒸気は、再熱器４９，５０に導入されて再度過熱された後、低圧タービン９３に供給され、この低圧タービン９３を駆動する。低圧タービン９３から排出された蒸気は、復水器９５で冷却されることで復水となり、第３熱交換器７８で加熱された後、脱気器９６により残存する酸素が除去された後、節炭器５１，５２に戻される。

[0052] なお、上述の説明にて、第３熱交換器７８は、熱回収部７１で回収した熱により熱交換部１４の節炭器５１，５２に供給される給水を加熱するものとして、伝熱管７８ａと水・蒸気循環通路９４を接近させて構成したが、この構成に限定されるものではない。図３に示すように、第３熱交換器７９を、熱回収部７１で回収した熱により熱交換部１４の節炭器５１，５２に供給される給水を加熱するものとし、第３分岐通路８２ａと第４分岐通路８２ｂに、水・蒸気循環通路９４を連結して構成してもよい。

[0053] ここで、熱回収部７１について詳細に説明する。図４は、熱回収部の構成を表す概略図である。

[0054] 図４に示すように、熱回収部７１は、高温部７２と低温部７３とを有して

おり、高温部７２は第２鉛直通路（鉛直通路）４４に配置され、低温部７３は、ガスダクト（水平通路）４５に配置されている。第２鉛直通路４４は、脱硝装置６１が配置されており、この脱硝装置６１の下方に所定距離だけ離間して高温部７２が配置されている。第２鉛直通路４４は、下部が直角に屈曲するようにガスダクト４５の基端部が連結されており、第２鉛直通路４４とガスダクト４５の連結部（屈曲部）にホッパ６６が設けられている。このホッパ６６は、脱硝装置６１及び高温部７２の下方であり、低温部７３の側方に配置されている。

[0055] 熱回収部７１は、入口部の通路断面積に対して出口部の通路断面積が小さく設定されている。即ち、第２鉛直通路４４に位置する高温部７２は、上部に入口部７２Ａが設けられ、下部に出口部７２Ｂが設けられている。低温部７３は、一端部に入口部７３Ａが設けられ、他端部に出口部７３Ｂが設けられている。即ち、熱回収部７１は、高温部７２と低温部７３とから構成されていることから、熱回収部７１の入口部は、高温部７２の入口部７２Ａであり、熱回収部７１の出口部は、低温部７３の出口部７３Ｂである。

[0056] ここで、通路断面積とは、煙道１３における第２鉛直通路４４またはガスダクト４５を排ガスの流れ方向に対して垂直に切断した断面にて、排ガスが流れることができる面積である。具体的には、第２鉛直通路４４またはガスダクト４５を排ガスの流れ方向に対して垂直に切断した断面にて、伝熱管やフィンなどで塞がれた部分を除いた面積である。

[0057] 具体的に、熱回収部７１は、煙道１３における入口部７２Ａの内側寸法に対して出口部７３Ｂの内側寸法が小さく設定されている。第２鉛直通路４４とガスダクト４５は、断面が矩形の箱型形状をなすケーシングにより形成されており、高温部７２は、内部に伝熱管７２ａが配置され、低温部７３は、内部に伝熱管７３ａが配置されている。そして、第２鉛直通路４４の内側寸法よりガスダクト４５の内側寸法の方が小さく設定されている。ここで、高温部７２と低温部７３とでは、伝熱管７２ａ，７３ａの密集度合いが同じに設定されている。つまり、伝熱管７２ａ，７３ａは、配管が複数湾曲するよ

うに折り曲げられると共に、所定間隔を空けて隣接して配置されており、配管同士の間隔が同じとなっている。

[0058] ここで、内側寸法とは、煙道１３における第２鉛直通路４４またはガスダクト４５の内側面積である。第２鉛直通路４４またはガスダクト４５の断面形状が矩形状であれば、内側の高さ×内側の幅により算出される面積であり、第２鉛直通路４４またはガスダクト４５の断面形状が円形状であれば、直径×円周率により算出される面積である。つまり、第２鉛直通路４４またはガスダクト４５の内部に配置される伝熱管やフィンなどで塞がれた部分を考慮しない面積である。

[0059] そのため、第２鉛直通路４４における脱硝装置６１を通過した排ガスは、３００℃～４００℃の高温排ガスであり、高温排ガスが熱回収部７１の高温部７２を通過するとき、伝熱管７２ａを流れる熱媒体を加熱することで、温度が低下すると共に体積が減少する。また、高温部７２を通過した排ガスが低温部７３を通過するとき、伝熱管７３ａを流れる熱媒体を加熱することで、温度が低下すると共に体積が減少する。ガスダクト４５における熱回収部７１（低温部７３）を通過した排ガスは、８０℃～１２０℃の低温排ガスとなる。一方、６５℃～１００℃で熱回収部７１の高温部７２に導入された熱媒体は、１００℃～３００℃まで加熱されて低温部７３から排出される。

[0060] このとき、第２鉛直通路４４では、高温で体積の大きい排ガスが大きい通路断面積を有する高温部７２を通過することとなり、ガスダクト４５では、低温で体積の小さい排ガスが小さい通路断面積を有する低温部７３を通過することとなる。そのため、大きな体積を有する高温の排ガスが高温部７２を通過するときに、排ガスの流速が上昇することはなく、また、小さな体積を有する低温の排ガスが低温部７３を通過するときに、排ガスの流速が低下することはない。即ち、排ガスが熱回収部７１を通過するとき、温度が次第に低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制され、この流速がほぼ一定に維持される。

[0061] このように第１実施形態の排ガス熱回収システムにあっては、火炉１１と

、燃焼装置１２と、煙道１３と、熱交換部１４とを設けると共に、煙道１３における熱交換部１４より下流側に設けられて排ガスの熱を回収すると共に入口部７２Ａの通路断面積に対して出口部７３Ｂの通路断面積が小さく設定される熱回収部７１と、熱回収部７１で回収した熱により燃焼用空気を加熱する第１熱交換器７４とを設けている。

[0062] 従って、排ガスが熱回収部７１を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、高温部７２と低温部７３で排ガスの流速の変動が抑制される。その結果、特に流速が速くなり過ぎないことで熱回収部７１を構成する伝熱管７２ａ，７３ａの摩耗が抑制される。

[0063] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、煙道１３における熱回収部７１の入口部７２Ａの内側寸法に対して出口部７３Ｂの内側寸法を小さく設定している。従って、簡単な構成で、排ガスが熱回収部７１を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部７１を構成する伝熱管の摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0064] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、熱回収部７１として、上流側の高温部７２と下流側の低温部７３とを設け、高温部７２の通路断面積に対して低温部７３の通路断面積を小さく設定している。従って、熱回収部７１を高温部７２と低温部７３により構成し、高温部７２の通路断面積に対して低温部７３の通路断面積を小さく設定するという簡単な構成でガスが熱回収部７１を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部７１を構成する伝熱管の摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0065] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、煙道１３として、鉛直方向に沿う第２鉛直通路４４と、第２鉛直通路４４の下部に連結されて水平方向に沿う水平なガスダクト４５とを設け、高温部７２を第２鉛直通路４４に配置し、低温部７３をガスダクト４５に配置している。従って、既存の煙道１３

の構成を変更することなく、容易に高温の排ガスが流入する熱交換器入口部７２Ａにおいて、伝熱管の摩耗を抑制、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも効率良く熱回収可能な排ガス流速となるような通路断面積に設定することができる。

[0066] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、第２鉛直通路４４に脱硝装置６１を設け、脱硝装置６１の下方に高温部７２を配置している。従って、排ガスは、脱硝装置６１により有害物質が除去されてから高温部７２に流れ込むこととなり、熱回収部７１への有害物質の付着を防止することができる。

[0067] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、第２鉛直通路４４とガスダクト４５との間で、且つ、高温部７２の下方にホッパ６６を設けている。従って、高温部７２の下方にホッパ６６を設けることで、第２鉛直通路４４とガスダクト４５との間で排ガスに含まれる煤塵などの粒子を捕集することができる。

[0068] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、熱回収部７１で回収した熱により煙突６５から排出される前の排ガスを再加熱する第２熱交換器７７を設けている。従って、第２熱交換器７７は、熱回収部７１が回収した熱により排ガスを再加熱することで、白煙を防止することができる。

[0069] 第１実施形態の排ガス熱回収システムでは、熱回収部７１で回収した熱により熱交換部１４に供給される水を加熱する第３熱交換器７８（７９）を設けている。従って、第３熱交換器７８（７９）は、熱回収部７１が回収した熱により熱交換部１４に供給される水を加熱することで、回収した熱を有効利用することができる。

[0070] ［第２実施形態］

図５は、第２実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。なお、上述した実施形態と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0071] 第２実施形態の排ガス熱回収システムは、図５に示すように、熱回収部７１から第１熱交換器７４と第２熱交換器７７と第３熱交換器７８に供給する

熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置が設けられている。

[0072] 熱回収部７１は、高温部７２と低温部７３を有し、内部に伝熱管７２ａ，７３ａが配置され、一端部同士が連結されている。他端部に第１循環通路７５ａと第２循環通路７５ｂがそれぞれ連結されている。第１循環通路７５ａと第２循環通路７５ｂは、バイパス通路１０１により連結され、バイパス通路１０１に流量調整弁１０２が設けられると共に、第２循環通路７５ｂにおけるバイパス通路１０１の連結部より低温部７３側に流量調整弁１０３が設けられている。

[0073] 第１熱交換器７４は、内部に伝熱管７４ａが配置され、伝熱管７２ａの端部に第１循環通路７５ａが連結され、第１循環通路７５ａにおける第１熱交換器７４側に流量調整弁１０４が設けられている。第２熱交換器７７は、内部に伝熱管７７ａが配置され、伝熱管７７ａの端部に第１分岐通路８１ａが連結され、第１分岐通路８１ａにおける第２熱交換器７７側に流量調整弁１０５が設けられている。第３熱交換器７８は、内部に伝熱管７８ａが配置され、伝熱管７８ａの端部に第３分岐通路８２ａが連結され、第３分岐通路８２ａにおける第３熱交換器７８側に流量調整弁１０６が設けられている。

[0074] また、熱回収部７１の低温部７３の出口部７３Ｂ側の排ガスの温度を計測する温度センサ１０７が設けられている。第１熱交換器７４の出口側の燃焼用空気の温度を計測する温度センサ１０８が設けられている。第２熱交換器７７の出口側の排ガスの温度を計測する温度センサ１０９が設けられている。第２熱交換器７７の出口側の熱媒体の温度を計測する温度センサ１１０が設けられている。第３熱交換器７８の出口側の給水の温度を計測する温度センサ１１１が設けられている。

[0075] 制御装置１００は、温度センサ１０７，１０８，１０９，１１０，１１１の計測結果に基づいて流量調整弁１０２，１０３，１０４，１０５，１０６の開度を調整することで、熱回収部７１から各熱交換器７４，７７，７８に供給する熱媒体の分配量を調整する。基本的に、熱回収部７１の出口部７３Ｂ側の排ガスの温度が所定温度（８５℃～１２０℃）になるように流量調整

弁１０２，１０３の開度を調整し、各熱交換器７４，７７，７８への熱媒体の供給量を増減する。また、第１熱交換器７４の出口側の燃焼用空気の温度が所定温度（２００℃～３３０℃）になるように流量調整弁１０４の開度を調整し、第１熱交換器７４への熱媒体の供給量を増減する。また、第２熱交換器７７の出口側の排ガスの温度が所定温度（８０℃～１００℃）になると共に、第２熱交換器７７の出口側の熱媒体の温度が所定温度（８０℃～９５℃）になるように流量調整弁１０５の開度を調整し、第２熱交換器７７への熱媒体の供給量を増減する。第３熱交換器７８の出口側の給水の温度が所定温度（６０℃～１００℃）になるように流量調整弁１０６の開度を調整し、第３熱交換器７８への熱媒体の供給量を増減する。

[0076] このように第２実施形態の排ガス熱回収システムにあっては、熱回収部７１から第１熱交換器７４と第２熱交換器７７と第３熱交換器７８（７９）に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置として、流量調整弁１０２，１０３，１０４，１０５，１０６と、これを制御する制御装置１００とを設けている。

[0077] 従って、分配量調整装置は、ボイラ１０の運転状態に応じて、熱回収部７１から各熱交換器７４，７７，７８（７９）に供給する熱媒体の分配量を調整することで、排ガスから回収した熱を環境対策として使用すべき熱量を維持しつつ、残りの回収熱を発電効率の向上に利用することができる。

[0078] ［第３実施形態］

図６は、第３実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。なお、上述した実施形態と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0079] 第３実施形態の排ガス熱回収システムは、図６に示すように、熱回収部７１から第１熱交換器７４と第２熱交換器７７と第３熱交換器７８に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置が設けられている。

[0080] 第１熱交換器７４は、伝熱管７４ａの各端部、つまり、入口部と出口部を連結するバイパス通路１２１が設けられ、バイパス通路１２１に流量調整弁

１２２が設けられている。第２熱交換器７７は、伝熱管７７ａの各端部、つまり、入口部と出口部を連結するバイパス通路１２３が設けられ、バイパス通路１２３に流量調整弁１２４が設けられている。第３熱交換器７８は、伝熱管７８ａの各端部、つまり、入口部と出口部を連結するバイパス通路１２５が設けられ、バイパス通路１２５に流量調整弁１２６が設けられている。

[0081] 制御装置１００は、温度センサ１０７，１０８，１０９，１１０，１１１の計測結果に基づいて流量調整弁１２２，１２４，１２６の開度を調整することで、熱回収部７１から各熱交換器７４，７７，７８に供給する熱媒体の分配量を調整する。即ち、流量調整弁１２２，１２４，１２６の開度を調整することで、各熱交換器７４，７７，７８を迂回する熱媒体の流量を調整することができる。なお、制御装置１００によるその他の熱媒体の分配量の調整制御は、第２実施形態と同様である。

[0082] このように第３実施形態の排ガス熱回収システムにあっては、熱回収部７１から第１熱交換器７４と第２熱交換器７７と第３熱交換器７８に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置として、流量調整弁１０２，１０３，１０４，１０５，１０６，１２２，１２４，１２６と、これを制御する制御装置１００とを設けている。

[0083] 従って、分配量調整装置は、ボイラ１０の運転状態に応じて、熱回収部７１から各熱交換器７４，７７，７８に供給する熱媒体の分配量を調整することで、排ガスから回収した熱を適正に利用することで、ボイラ１０を適正に運転することができる。

[0084] また、第３実施形態の排ガス熱回収システムでは、流量調整弁１２２，１２４，１２６の開度を制御することで、第１熱交換器７４における伝熱管７４ａ、第２熱交換器７７における伝熱管７７ａ、第３熱交換器７８における伝熱管７８ａを迂回させる熱媒体の流量を調整することができ、各熱交換器７４，７７，７８で必要とする熱量に応じた熱媒体の配分を効率的に実施することができる。

[0085] ［第４実施形態］

図７は、第４実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。なお、上述した実施形態と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0086] 第４実施形態の排ガス熱回収システムは、図７に示すように、熱回収部７１から第１熱交換器７４と第２熱交換器７７と第３熱交換器７８に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置が設けられている。

[0087] 第１熱交換器７４は、伝熱管７４ａ，７４ｂを有し、第１循環通路７５ａが伝熱管７４ａの端部に連結され、第１循環通路７５ａから分岐したバイパス通路１３１が伝熱管７４ａ，７４ｂの間に連結されている。そして、第１循環通路７５ａに流量調整弁１０４が設けられ、バイパス通路１３１に流量調整弁１３２が設けられている。第２熱交換器７７は、伝熱管７７ａ，７７ｂを有し、第１分岐通路８１ａが伝熱管７７ａの端部に連結され、第１分岐通路８１ａから分岐したバイパス通路１３３が伝熱管７７ａ，７７ｂの間に連結されている。そして、第１分岐通路８１ａに流量調整弁１０５が設けられ、バイパス通路１３３に流量調整弁１３４が設けられている。第３熱交換器７８は、伝熱管７８ａ，７８ｂを有し、第３分岐通路８２ａが伝熱管７８ａの端部に連結され、第３分岐通路８２ａから分岐したバイパス通路１３５が伝熱管７８ａ，７８ｂの間に連結されている。そして、第３分岐通路８２ａに流量調整弁１０６が設けられ、バイパス通路１３５に流量調整弁１３６が設けられている。

[0088] 制御装置１００は、温度センサ１０７，１０８，１０９，１１０，１１１の計測結果に基づいて流量調整弁１３２，１３４，１３６の開度を調整することで、熱回収部７１から各熱交換器７４，７７，７８に供給する熱媒体の分配量を調整する。即ち、流量調整弁１３２，１３４，１３６の開度を調整することで、各熱交換器７４，７７，７８を迂回する熱媒体の流量を調整することができる。なお、制御装置１００によるその他の熱媒体の分配量の調整制御は、第３実施形態と同様である。

[0089] このように第４実施形態の排ガス熱回収システムにあっては、熱回収部７

１から第１熱交換器７４と第２熱交換器７７と第３熱交換器７８に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置として、流量調整弁１０２，１０３，１０４，１０５，１０６，１２２，１２４，１２６，１３２，１３４，１３６と、これを制御する制御装置１００とを設けている。

[0090] 従って、分配量調整装置は、ボイラ１０の運転状態に応じて、熱回収部７１から各熱交換器７４，７７，７８に供給する熱媒体の分配量を調整することで、排ガスから回収した熱を適正に利用することで、ボイラ１０を適正に運転することができる。

[0091] また、第４実施形態の排ガス熱回収システムでは、各熱交換器７４，７７，７８を２つの伝熱管７４ａ，７４ｂ，７７ａ，７７ｂ，７８ａ，７８ｂとし、その間に設けた流量調整弁１３２，１３４，１３６の開度を制御することで、第１熱交換器７４における伝熱管７４ａ，７４ｂ、第２熱交換器７７における伝熱管７７ａ，７７ｂ、第３熱交換器７８における伝熱管７８ａ，７８ｂを選択的に用いて熱媒体の流量を調整することができ、各熱交換器７４，７７，７８で必要とする熱量に応じた熱媒体の配分を効率的に実施することができる。

[0092] ［第５実施形態］

図８は、第５実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部を表す概略構成図、図９は、熱回収部のフィンチューブを表す概略図である。なお、上述した実施形態と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0093] 第５実施形態の排ガス熱回収システムにおいて、図８に示すように、熱回収部１４０は、入口部１４０Ａの通路断面積に対して出口部１４０Ｂの通路断面積が小さく設定されている。具体的に、熱回収部１４０は、煙道１３におけるガスダクト４５に設けられており、入口部１４０Ａにおける伝熱管１４０ａまたは伝熱フィン１４０ｂの密集度合いに対して出口部１４０Ｂにおける伝熱管１４０ａまたは伝熱フィン１４０ｂの密集度合いが高く設定されている。

[0094] 例えば、図９に示すように、熱回収部１４０は、入口部１４０Ａから出口部１４０Ｂに向けて、伝熱フィン１４０ｂの密集度合いが高く設定されている。ここで、伝熱管１４０ａは、配管が複数湾曲するように折り曲げられると共に、所定間隔を空けて隣接して配置されており、配管同士の間隔が同様となっている。一方、伝熱フィン１４０ｂは、伝熱管１４０ａの外周部に固定されるものであり、入口部１４０Ａから出口部１４０Ｂに向けて、伝熱フィン１４０ｂ同士の間隔が狭くなり、その数が増加している。すると、伝熱フィン１４０ｂがガスダクト４５を一部閉塞することで、熱回収部１４０は、入口部１４０Ａから出口部１４０Ｂに向けて、排ガスの通路断面積が小さくなる。

[0095] そのため、高温排ガスが熱回収部１４０を通過するとき、伝熱管１４０ａを流れる熱媒体を加熱することで、温度が低下すると共に体積が減少し、熱回収部１４０を通過した排ガスは、低温排ガスとなる。このとき、入口部１４０Ａ側では、高温で体積の大きい排ガスが大きい通路断面積を通過することとなり、出口部１４０Ｂ側では、低温で体積の小さい排ガスが小さい通路断面積を通過することとなる。そのため、大きな体積を有する高温の排ガスが入口部１４０Ａ側を通過するときに、排ガスの流速が上昇することはなく、また、小さな体積を有する低温の排ガスが出口部１４０Ｂ側を通過するときに、排ガスの流速が低下することはない。即ち、排ガスが熱回収部１４０を通過するとき、温度が次第に低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。

[0096] このように第５実施形態の排ガス熱回収システムにあっては、熱回収部１４０にて、入口部１４０Ａにおける伝熱管１４０ａまたは伝熱フィン１４０ｂの密集度合いに対して、出口部１４０Ｂにおける伝熱管１４０ａまたは伝熱フィン１４０ｂの密集度合いを高く設定している。

[0097] 従って、煙道１３の構成を変更することなく、熱回収部１４０の入口部１４０Ａと出口部１４０Ｂとで、伝熱管１４０ａまたは伝熱フィン１４０ｂの配置、形状、数などを変更するという簡単な構成で、排ガスが熱回収部１４

０を通過するとき、温度が低下して体積が減少しても、流速の変動が抑制される。その結果、熱回収部１４０を構成する伝熱管１４０ａの摩耗が抑制され、且つ、上流側で熱交換された低温の排ガスからも下流側で効率良く熱回収することができる。

[0098] ［第６実施形態］

図１０は、第６実施形態の排ガス熱回収システムにおける熱回収部及び熱交換器を表す概略図である。なお、上述した実施形態と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0099] 第６実施形態の排ガス熱回収システムは、図１０に示すように、高温部７２及び低温部７３を有して排ガスの熱を回収する熱回収部７１と、熱回収部７１で回収した熱により燃焼用空気を加熱する第１熱交換器７４と、熱回収部７１で回収した熱により煙突６５から排出される排ガスを再加熱する第２熱交換器７７と、熱回収部７１で回収した熱により熱交換部１４の節炭器５１，５２に供給される給水を加熱する第３熱交換器７８とを有している。

[0100] 図１０に示すように、熱回収部７１は、伝熱管７２ａの端部が第１循環通路７５ａにより第１熱交換器７４の伝熱管７４ａの一端部に連結されている。第１熱交換器７４は、伝熱管７４ａの他端部が第１連結通路１５１により第２熱交換器７７の伝熱管７７ａの一端部に連結されている。第２熱交換器７７は、伝熱管７７ａの他端部が第２連結通路１５２により第３熱交換器７８の伝熱管７８ａの一端部に連結されている。第３熱交換器７８は、伝熱管７８ａの他端部が第２循環通路７５ｂにより熱回収部７１の伝熱管７３ａの端部に連結されている。

[0101] そのため、熱回収部７１で高温となった熱媒体は、第１熱交換器７４に供給されることで、空気ダクト３８を流れる空気を加熱することで高温の燃焼用空気を生成する。第１熱交換器７４から排出された高温の熱媒体は、第２熱交換器７７に供給されることで排ガスを再加熱する。第２熱交換器７７から排出された高温の熱媒体は、第３熱交換器７８に供給されることで、給水を加熱する。

[0102] このように第６実施形態の排ガス熱回収システムにあっては、熱回収部７１で回収した熱により燃焼用空気を加熱する第１熱交換器７４と、熱回収部７１で回収した熱により煙突６５から排出される排ガスを再加熱する第２熱交換器７７と、熱回収部７１で回収した熱により熱交換部１４に供給される給水を加熱する第３熱交換器７８とを直列に配置している。

[0103] 従って、燃焼用空気、排ガス、給水の必要温度に応じて熱媒体を順に送ることで、熱媒体を適正に供給して加熱することとなり、熱媒体の供給配管の構成を簡略化することができ、装置を小型化することができる。

[0104] なお、上述した第１から第３実施形態では、熱回収部７１として高温部７２と低温部７３を設けたが、２個に限らず、３個以上を設けてもよい。そして、高温部７２を第２鉛直通路４４に配置し、低温部７３を水平なガスダクト４５に配置したが、高温部７２と低温部７３の両方を第２鉛直通路４４またはガスダクト４５に配置してもよい。このとき、煙道の内側寸法を徐々に小さくしたり、伝熱管または伝熱フィンの密集度合いを徐々に高くしたりしてもよい。

[0105] また、上述した実施形態では、熱回収部７１に対して３個の熱交換器７４，７７，７８を配置したが、全てを設ける必要はなく、第１熱交換器７４だけであってもよい。

符号の説明

[0106] １０ ボイラ

１１ 火炉

１２ 燃焼装置

１３ 煙道

１４ 熱交換部

２１，２２，２３，２４，２５ 燃焼バーナ

３６ 風箱

３７ 追加空気ノズル

３８ 空気ダクト

３９　送風機

４１　第１水平通路

４２　第１鉛直通路

４３　第２水平通路

４４　第２鉛直通路

４５　ガスダクト

４６，４７，４８　過熱器

４９，５０　再熱器

５１，５２　節炭器

６１　脱硝装置

６２　電気集塵機

６４　脱硫装置

６５　煙突

６６　ホッパ

７１，１４０　熱回収部

７２　高温部

７２Ａ，７３Ａ，１４０Ａ　入口部

７２Ｂ，７３Ｂ，１４０Ｂ　出口部

７３　低温部

７４　第１熱交換器

７６　ポンプ

７７　第２熱交換器

７８，７９　第３熱交換器

１００　制御装置

１０２，１０３，１０４，１０５，１０６，１２２，１２４，１２６，１３２，１３４，１３６　流量調整弁（分配量調整装置）

１０７，１０８，１０９，１１０，１１１　温度センサ

請求の範囲

[請求項1] 中空形状をなして鉛直方向に沿って設置される火炉と、

燃料と燃焼用空気を混合した燃料ガスを前記火炉内に向けて吹き込む燃焼バーナと、

前記火炉の上部に連結される排ガス通路と、

前記排ガス通路に設けられて排ガスと水との間で熱交換を行う熱交換部と、

前記排ガス通路における前記熱交換部より下流側に設けられて排ガスの熱を回収する熱回収部と、

前記熱回収部で回収した熱により燃焼用空気を加熱する第１熱交換器と、を備え、

前記熱回収部は、該熱回収部の入口部の通路断面積に対して、出口部の通路断面積が小さく設定されることを特徴とする排ガス熱回収システム。

[請求項2] 前記熱回収部は、前記排ガス通路における前記入口部の内側寸法に対して前記出口部の内側寸法が小さく設定されることを特徴とする請求項１に記載の排ガス熱回収システム。

[請求項3] 前記熱回収部は、前記入口部における伝熱管または伝熱フィンの密集度合いに対して前記出口部における伝熱管または伝熱フィンの密集度合いが高く設定されることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の排ガス熱回収システム。

[請求項4] 前記熱回収部は、上流側の高温部と下流側の低温部とを有し、前記高温部の通路断面積に対して前記低温部の通路断面積が小さく設定されることを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の排ガス熱回収システム。

[請求項5] 前記排ガス通路は、鉛直方向に沿う鉛直通路と、前記鉛直通路の下部に連結されて水平方向に沿う水平通路とを有し、前記高温部は、前記鉛直通路に配置され、前記低温部は、前記水平通路に配置されるこ

とを特徴とする請求項４に記載の排ガス熱回収システム。

[請求項6] 前記鉛直通路に脱硝装置が設けられ、前記脱硝装置における排ガス流れの下流側に前記高温部が配置されることを特徴とする請求項５に記載の排ガス熱回収システム。

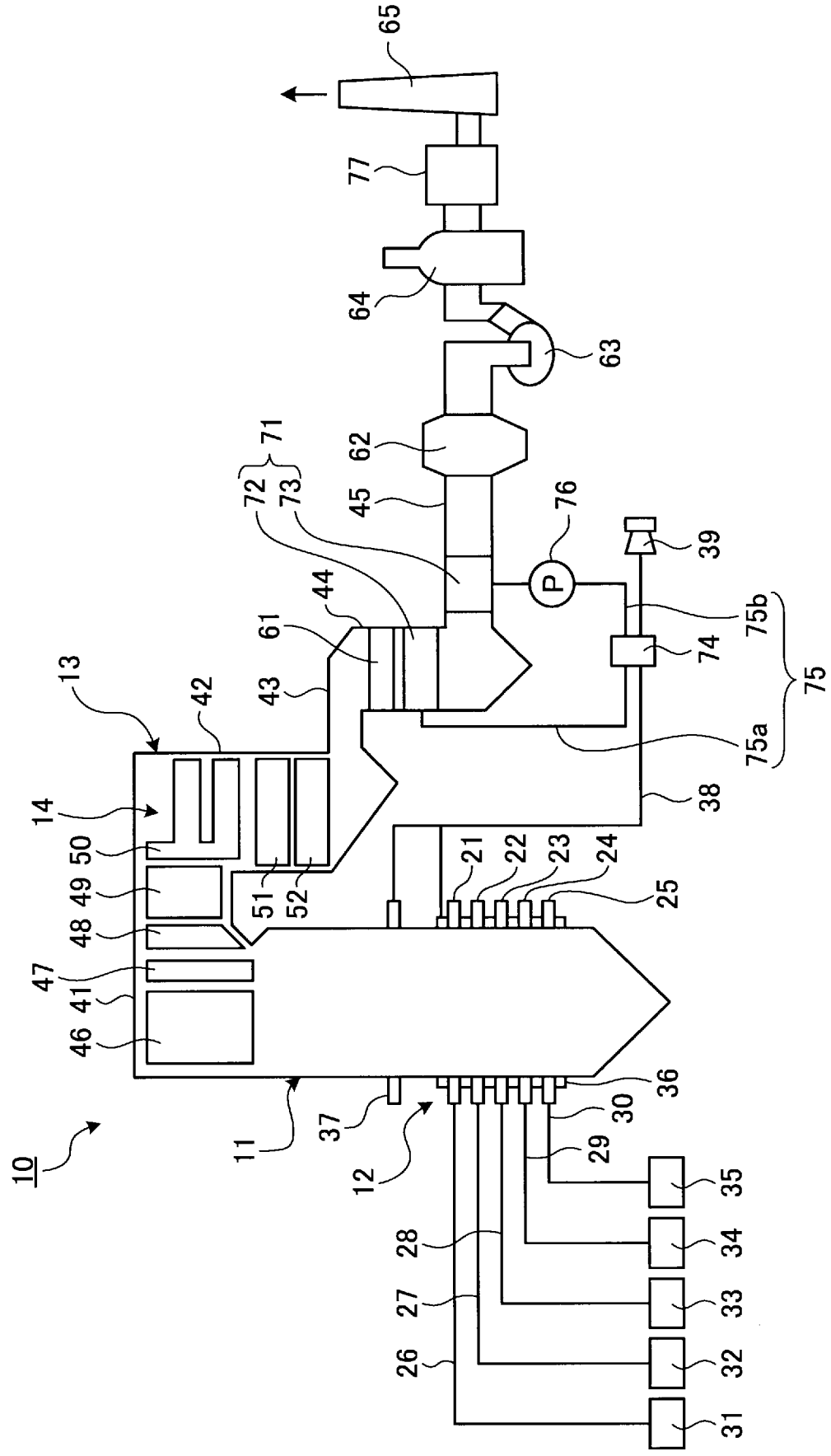
[請求項7] 前記鉛直通路と前記水平通路との間で且つ前記高温部の下方にホッパが設けられることを特徴とする請求項５または請求項６に記載の排ガス熱回収システム。

[請求項8] 前記熱回収部より下流側に設けられて前記熱回収部で回収した熱により煙突から排出される前の排ガスを再加熱する第２熱交換器が設けられることを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の排ガス熱回収システム。

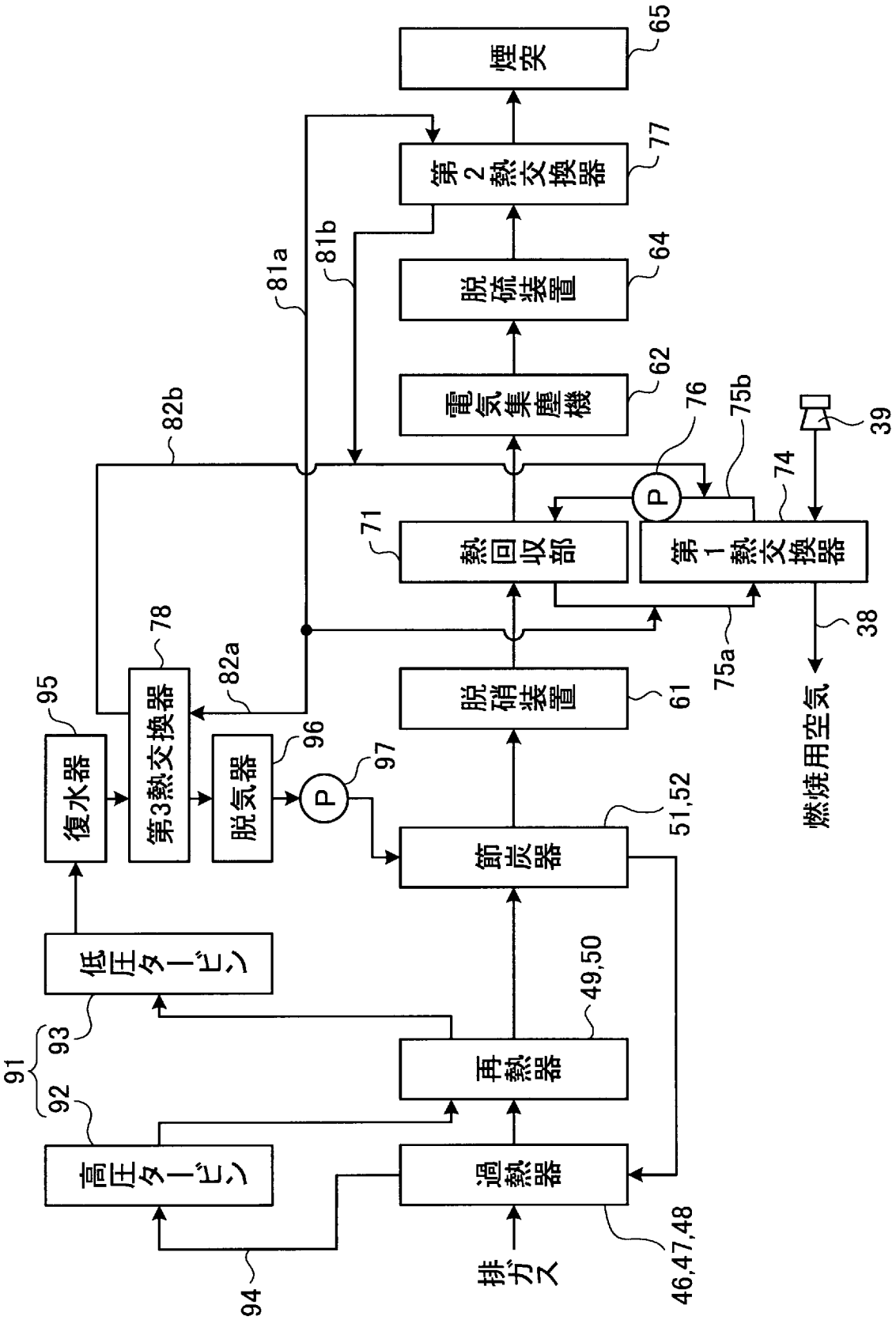
[請求項9] 前記熱回収部で回収した熱により前記熱交換部に供給される水を加熱する第３熱交換器が設けられることを特徴とする請求項８に記載の排ガス熱回収システム。

[請求項10] 前記熱回収部から前記第１熱交換器と前記第２熱交換器と前記第３熱交換器に供給する熱媒体の分配量を調整する分配量調整装置が設けられることを特徴とする請求項９に記載の排ガス熱回収システム。

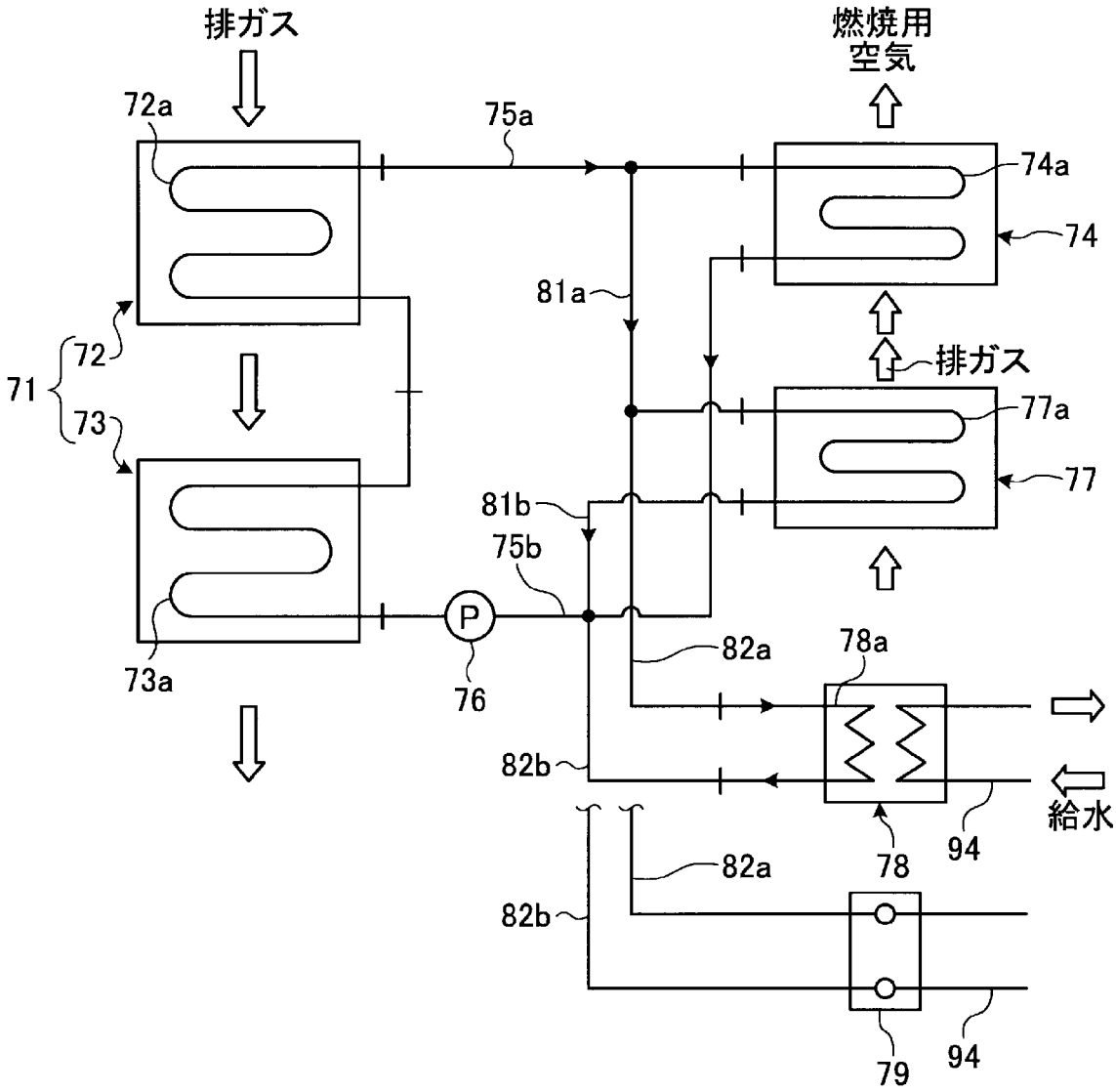
[図1]


10
11
12
13
14
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
61
62
63
64
65
71
72
73
74
75
75a
75b
76
77
P

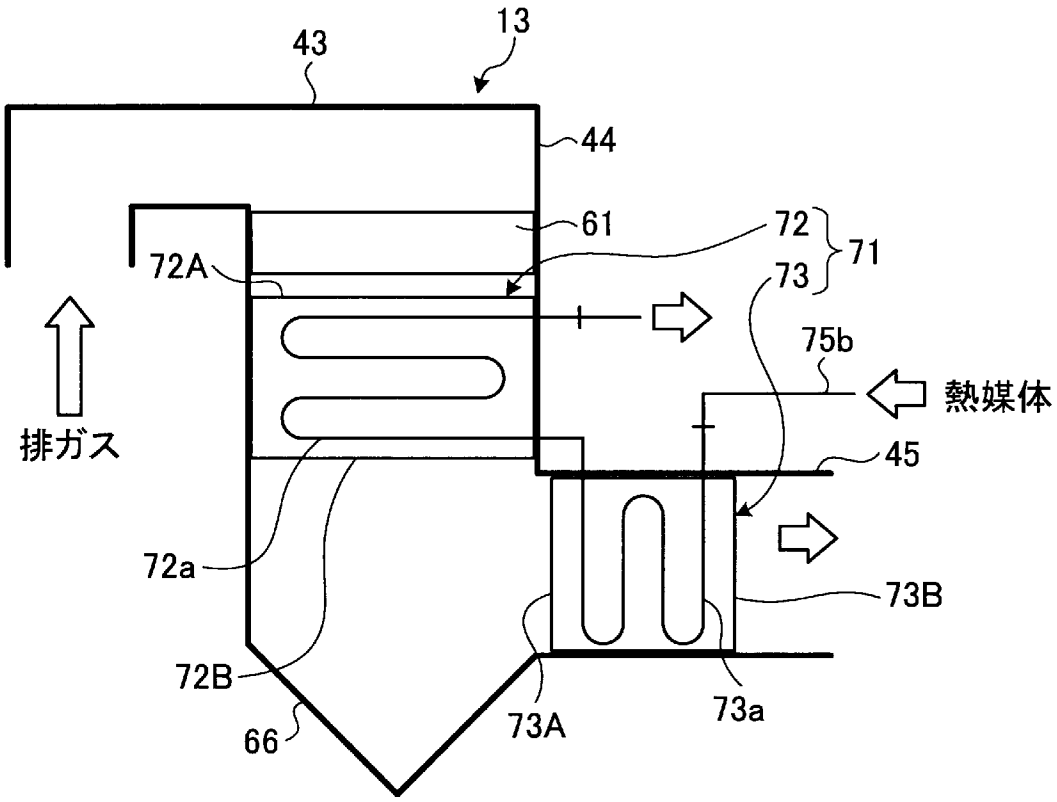
[図2]


煙突
65
第2熱交換器
77
脱硫装置
64
電気集塵機
62
熱回収部
71
第1熱交換器
74
脱硝装置
61
節炭器
51,52
再熱器
49,50
過熱器
46,47,48
排ガス
低圧タービン
93
高圧タービン
92
91
復水器
95
第3熱交換器
78
脱気器
96
P
97
81a
81b
82a
82b
76
75b
75a
39
38
燃焼用空気
94

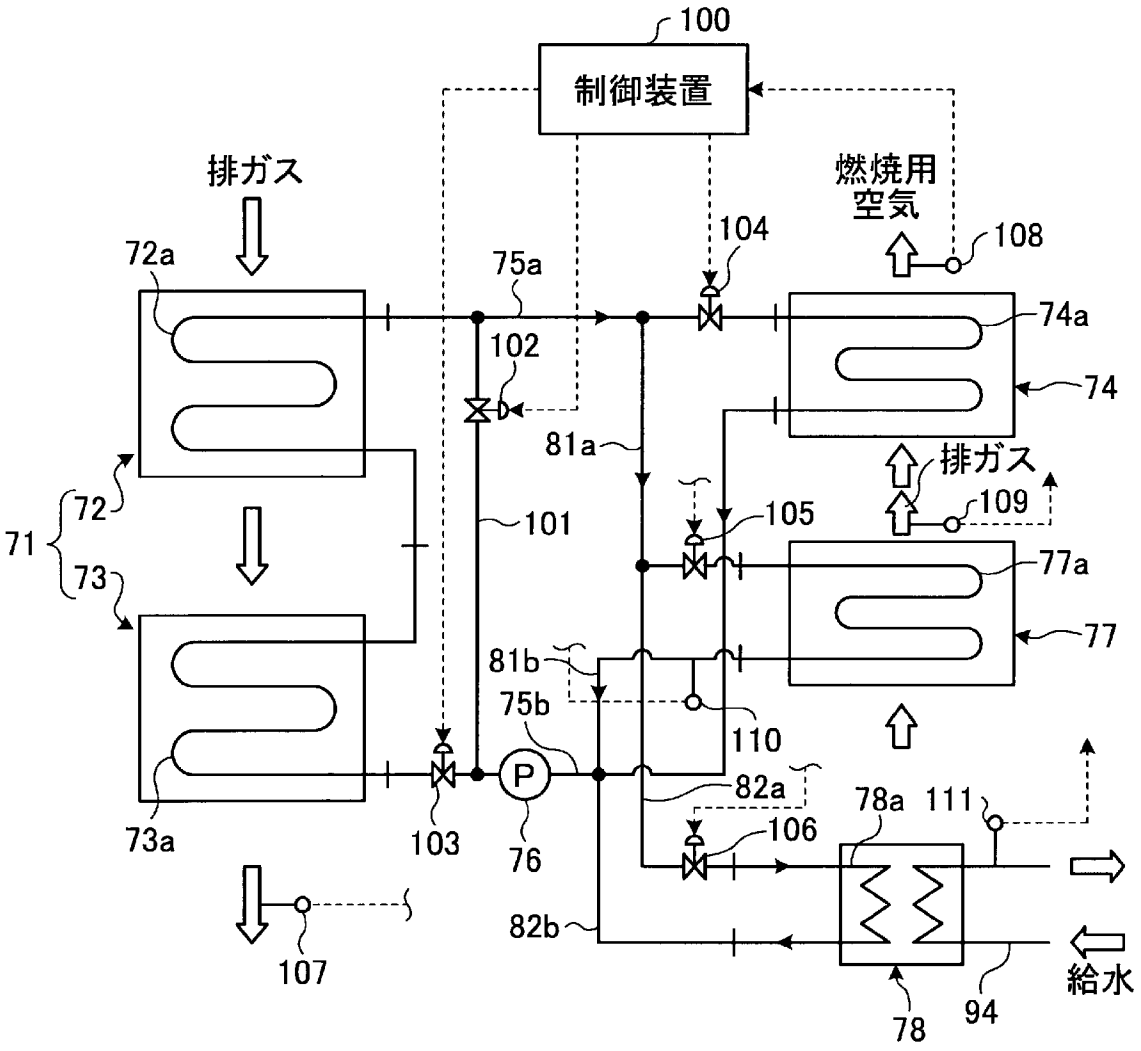
[図3]


排ガス
燃焼用
空気
72a
75a
74a
74
81a
71
72
73
排ガス
77a
77
81b
75b
P
82a
78a
73a
76
82b
給水
94
78
82a
82b
79
94

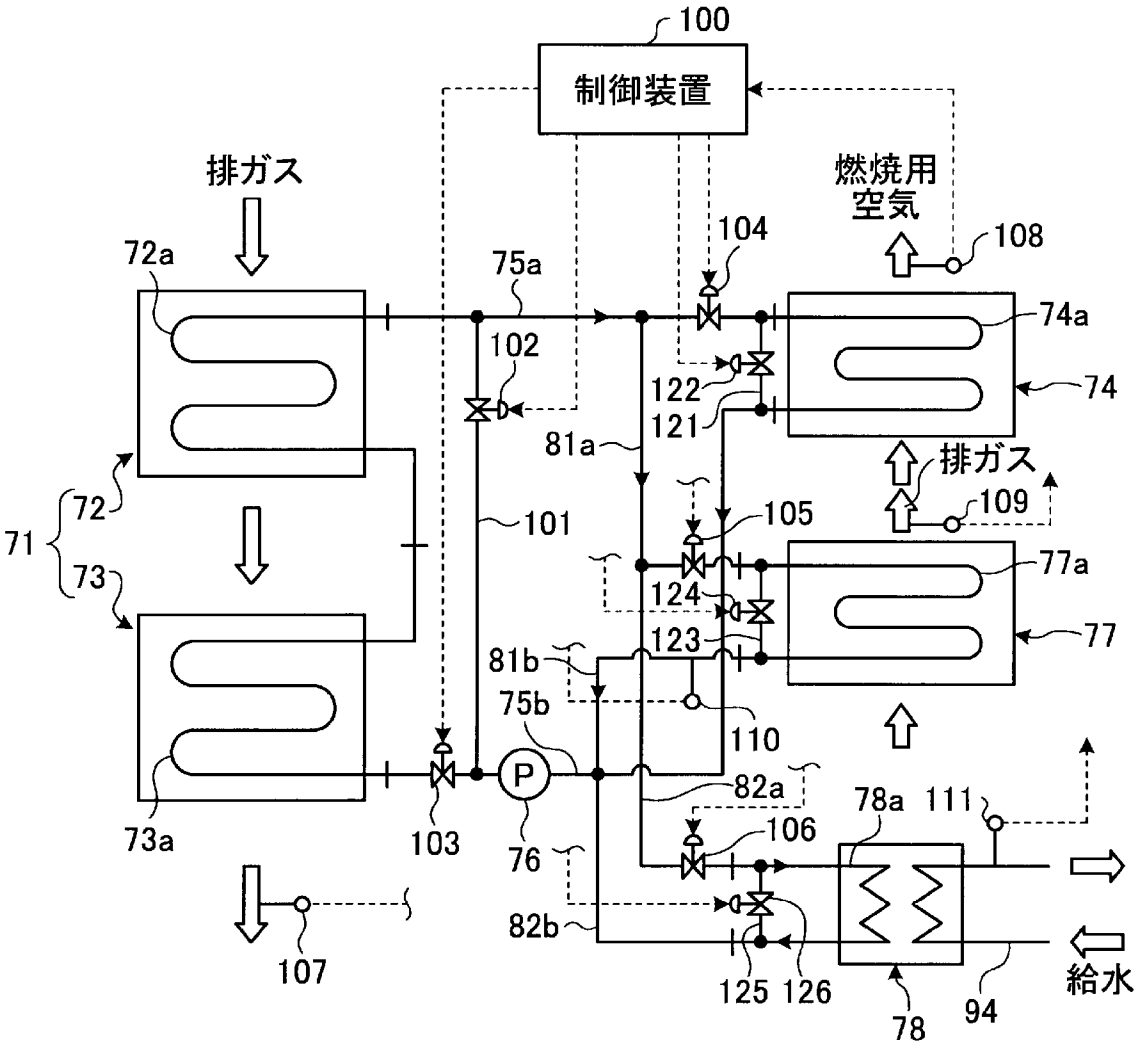
[図4]



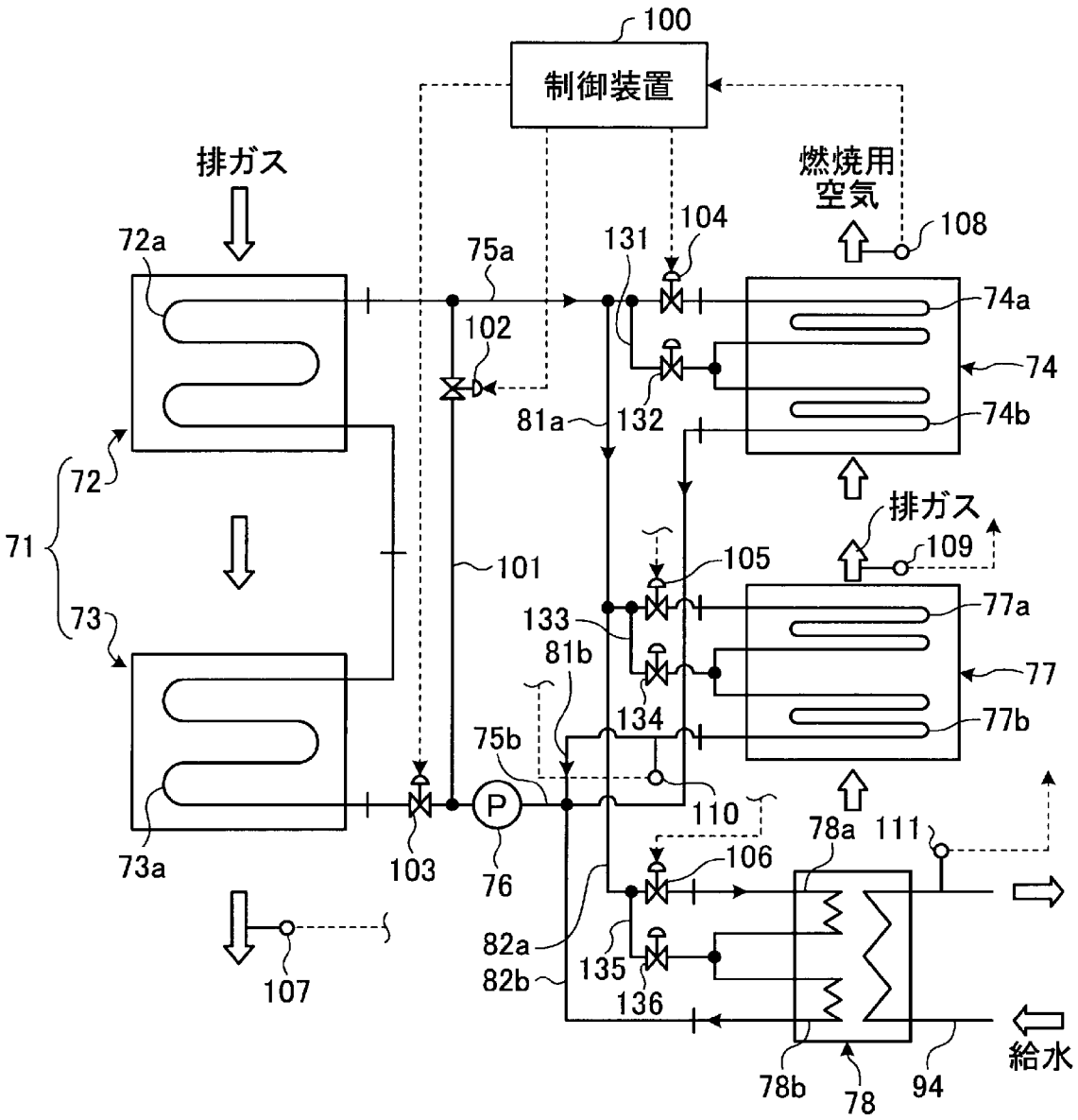
[図5]


100
制御装置
排ガス
燃焼用
空気
104
108
72a
75a
74a
102
74
81a
排ガス
72
71
101
105
109
73
77a
77
81b
75b
110
82a
73a
103
76
78a
111
106
82b
107
78
94
給水

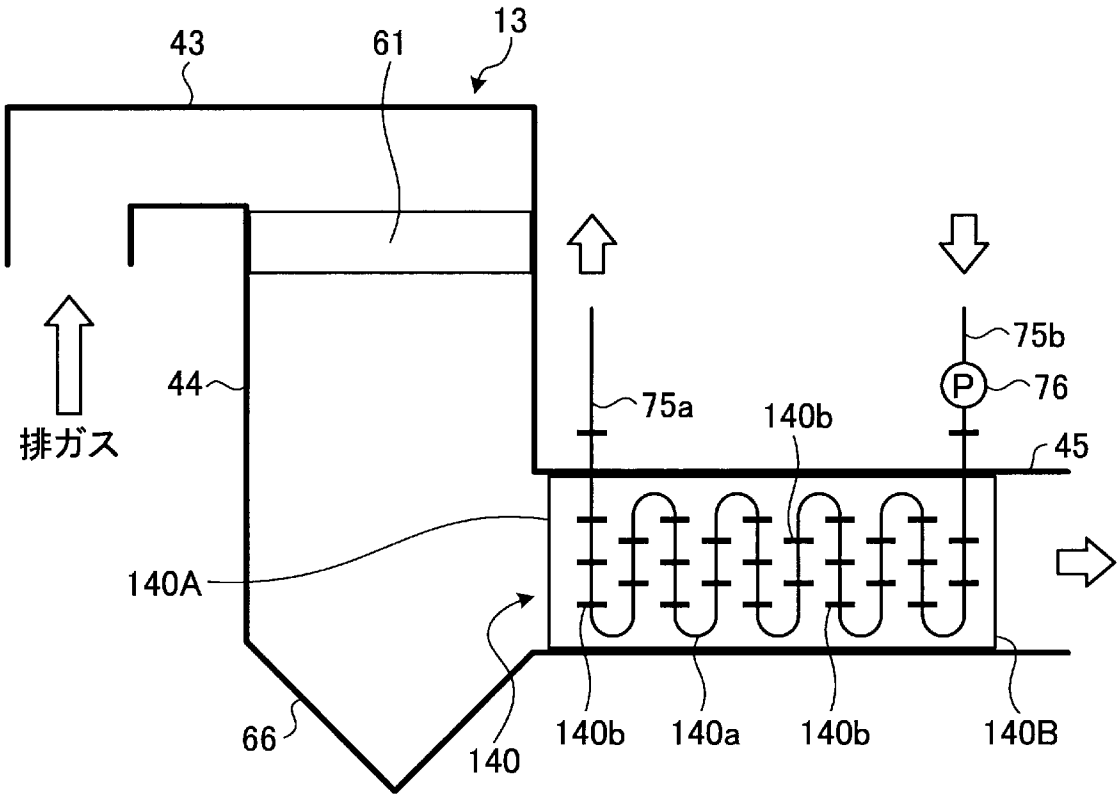
[図6]


100
制御装置
排ガス
燃焼用
空気
104
108
72a
75a
74a
102
74
122
121
81a
排ガス
72
71
73
101
105
109
77a
124
77
123
81b
75b
110
P
82a
78a
111
106
73a
103
76
82b
107
125
126
78
94
給水

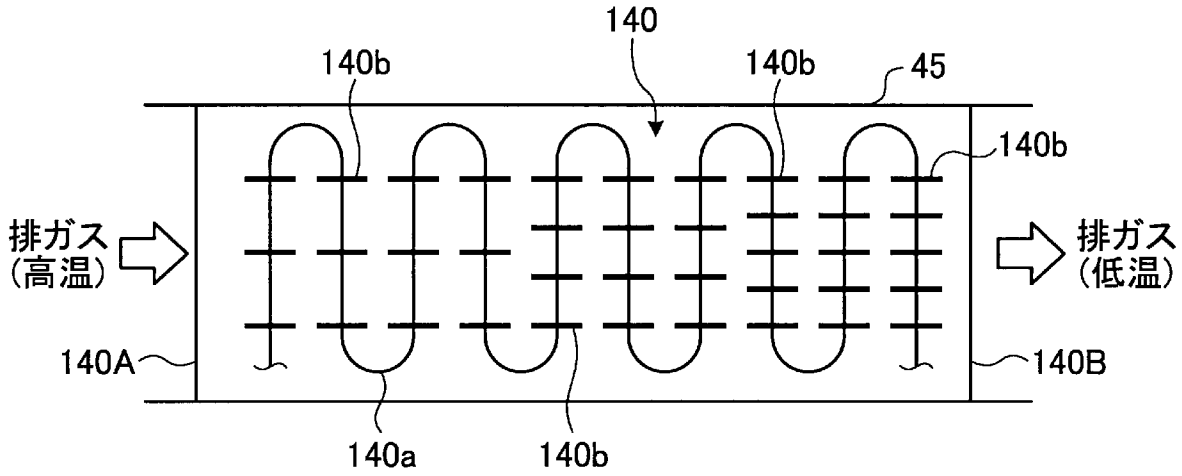
[図7]


100
制御装置
排ガス
燃焼用
空気
72a
75a
131
104
108
74a
74
74b
102
81a
132
72
71
73
101
排ガス
109
105
77a
77
77b
133
81b
134
75b
110
78a
111
106
73a
103
P
76
82a
82b
135
136
107
78b
78
94
給水

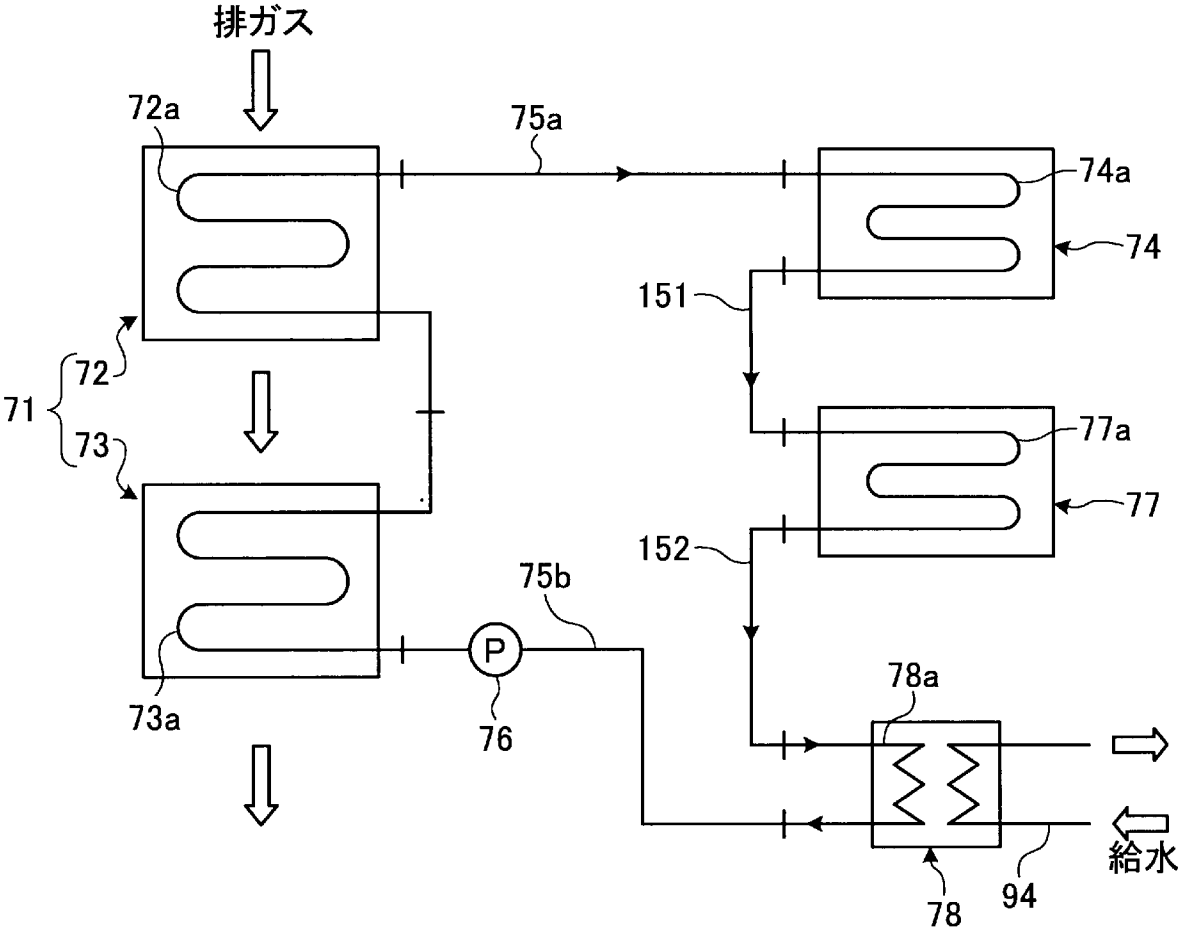
[図8]


43
61
13
44
排ガス
75a
140b
75b
P
76
45
140A
66
140
140b
140a
140b
140B

[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/054572

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F23L15/00(2006.01)i, *F22B1/18*(2006.01)i, *F22B31/08*(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)
F23L15/00, F22B1/18, F22B31/08, F22B35/00, F23J15/00, F28D15/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 8-121703 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 17 May 1996 (17.05.1996), paragraphs [0017] to [0036]; fig. 1 (Family: none)	1-10
Y	JP 2014-514491 A (Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH), 19 June 2014 (19.06.2014), paragraphs [0010], [0013], [0031]; fig. 3 & US 9086003 B2 column 6, line 49 to column 7, line 7; fig. 3 & WO 2012/131041 A1 & EP 2691615 A & DE 102011015513 A	1-10

☒ 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
29 March 2016 (29.03.16)	12 April 2016 (12.04.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/054572

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 58-104492 A (GTE Products Corp.), 21 June 1983 (21.06.1983), fig. 1 & US 4466482 A column 1, lines 32 to 38; fig. 1 & GB 2110361 A & FR 2517423 A1	1-10
Y	JP 2000-33234 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 02 February 2000 (02.02.2000), paragraphs [0023] to [0026]; fig. 1 (Family: none)	3-10
Y	JP 56-151894 A (Foster Wheeler Energy Corp.), 25 November 1981 (25.11.1981), page 6, lower right column, line 11 to page 7, lower left column, line 4; fig. 1, 2 & US 4416325 A & GB 2076134 A	4-10
Y	JP 2001-272001 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 05 October 2001 (05.10.2001), paragraphs [0013] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	6-10
Y	US 2002/0096316 A1 (Paul JAMES LIEB), 25 July 2002 (25.07.2002), paragraphs [0027] to [0032]; fig. 3 & US 6405791 B1	7-10
Y	GB 2138555 A (DAVY McKEE AG), 24 October 1984 (24.10.1984), page 4, lines 20 to 105; fig. 1, 2 & GB 8409025 A0 & DE 3314183 A & DE 3323756 A	8-10
A	JP 63-267889 A (Nippon Oil Co., Ltd.), 04 November 1988 (04.11.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2007-46826 A (Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd.), 22 February 2007 (22.02.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/054572

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 30656/1989(Laid-open No. 122972/1990) (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 09 October 1990 (09.10.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 7-305608 A (Hitachi Engineering Co., Ltd.), 21 November 1995 (21.11.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 59-219695 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 11 December 1984 (11.12.1984), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５４５７２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F23L15/00(2006.01)i, F22B1/18(2006.01)i, F22B31/08(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.　F23L15/00, F22B1/18, F22B31/08, F22B35/00, F23J15/00, F28D15/00

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　　１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報　　１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報　　１９９４－２０１６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 8-121703 A（三菱重工業株式会社）1996.05.17, 段落［００１７］－［００３６］, 図１（ファミリーなし）	１－１０
Ｙ	JP 2014-514491 A（エミテック　ゲゼルシヤフト　フユア　エミツシオンステクノロギー　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング）2014.06.19, 段落［００１０］,［００１３］,［００３１］, 図３ &US 9086003 B2, 第６欄第４９行－第７欄第７行, ＦＩＧ．３ & WO 2012/131041 A1 & EP 2691615 A & DE 102011015513 A	１－１０

☑　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	国際調査報告の発送日
２９．０３．２０１６	１２．０４．２０１６

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）　３Ｌ　３９２８
藤原　弘
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 58-104492 A（ジー・テイー・イー・プロダクツ・コーポレイション）1983.06.21，ＦＩＧ．１ & US 4466482 A，第１欄第３２－３８行，ＦＩＧ．１ & GB 2110361 A & FR 2517423 A1	１－１０
Y	JP 2000-33234 A（石川島播磨重工業株式会社）2000.02.02，段落［００２３］－［００２６］，図１（ファミリーなし）	３－１０
Y	JP 56-151894 A（フオスター・ホイーラー・エナジー・コーポレーションヨン）1981.11.25，第６頁右下欄第１１行－第７頁左下欄第４行，第１，２図 & US 4416325 A & GB 2076134 A	４－１０
Y	JP 2001-272001 A（バブコック日立株式会社）2001.10.05，段落［００１３］－［００１８］，図１（ファミリーなし）	６－１０
Y	US 2002/0096316 A1（Ｐａｕｌ　ＪＡＭＥＳ　ＬＩＥＢ）2002.07.25，段落[００２７]－[００３２]，ＦＩＧ．３ & US 6405791 B1	７－１０
Y	GB 2138555 A（ＤＡＶＹ　ＭｃＫＥＥ　ＡＫＴＩＥＮＧＥＳＥＬＬＳＣＨＡＦＴ）1984.10.24，第４頁第２０－１０５行，ＦＩＧ．１，２ & GB 8409025 A0 & DE 3314183 A & DE 3323756 A	８－１０
A	JP 63-267889 A（日本石油株式会社）1988.11.04，全文，全図（ファミリーなし）	１－１０
A	JP 2007-46826 A（株式会社神鋼環境ソリューション）2007.02.22，全文，全図（ファミリーなし）	１－１０
A	日本国実用新案登録出願 1-30656 号(日本国実用新案登録出願公開 2-122972 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（住友重機械工業株式会社）1990.10.09，全文，全図（ファミリーなし）	１－１０
A	JP 7-305608 A（日立エンジニアリング株式会社）1995.11.21，全文，全図（ファミリーなし）	１－１０
A	JP 59-219695 A（三菱重工業株式会社）1984.12.11，全文，全図（ファミリーなし）	１－１０