

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6552904号  
(P6552904)

(45) 発行日 令和1年7月31日 (2019.7.31)

(24) 登録日 令和1年7月12日 (2019.7.12)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>F 2 2 D 5/26 (2006.01)</b>	F 2 2 D 5/26 C
<b>F 2 2 D 1/06 (2006.01)</b>	F 2 2 D 1/06

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2015-149701 (P2015-149701)	(73) 特許権者	514030104 三菱日立パワーシステムズ株式会社 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3 番1号
(22) 出願日	平成27年7月29日 (2015.7.29)	(74) 代理人	110000785 誠真 I P 特許業務法人
(65) 公開番号	特開2017-32166 (P2017-32166A)	(72) 発明者	▲高▼本 直樹 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重 工業株式会社内
(43) 公開日	平成29年2月9日 (2017.2.9)	(72) 発明者	原田 朋弘 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重 工業株式会社内
審査請求日	平成30年7月12日 (2018.7.12)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排ガスの潜熱回収装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

排ガスが流通するダクトの内部に設置され、前記排ガスの潜熱回収のための被加熱水が供給される給水入口および前記被加熱水を排出する給水出口を有する伝熱管と、

前記給水入口への前記被加熱水の供給を制御する給水制御部と、を備え、

前記給水制御部は、前記給水出口における前記被加熱水の温度である出口温度が設定温度となるように、前記被加熱水の前記給水入口からの供給を制御すると共に、

前記伝熱管は、前記給水入口が前記ダクトの下流側に位置し、前記給水出口が前記ダクトの上流側に位置するように前記ダクトの内部に設置されており、

前記設定温度は、前記給水入口と前記給水出口との間にある伝熱管の中間部の特定領域に前記排ガスの凝縮温度が形成されるように決定されることを特徴とする排ガスの潜熱回収装置。

【請求項 2】

前記給水制御部は、前記給水入口へ供給される前記被加熱水の流量を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項 3】

前記伝熱管は、

前記ダクトにより形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部と

、  
2つの前記直線管部の端部同士を連結する湾曲管部と、を有し、

10

20

前記中間部は、前記直線管部の2以上の所定数、および、前記流路に沿って並べられる前記直線管部を連結する1以上の前記湾曲管部から構成される伝熱管モジュールの少なくとも1つから構成され、

前記伝熱管モジュールの両側の端部には、それぞれ配管継手が設けられることを特徴とする請求項1に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項4】

前記伝熱管は、

前記ダクトにより形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部と

、  
2つの前記直線管部の端部同士を連結する湾曲管部と、を有し、  
前記中間部は、前記直線管部を少なくとも1つ含み、  
前記中間部において、前記直線管部と前記湾曲管部とは配管継手によって連結されることを特徴とする請求項1または3に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項5】

前記伝熱管は、

前記ダクトにより形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部と

、  
2以上の前記直線管部の端部同士を連結する湾曲管部と、を有し、  
前記潜熱回収装置は、前記直線管部の両端のそれぞれにおいて、前記直線管部の端部を固定する管板を、さらに備え、

前記中間部は、前記直線管部を少なくとも1つ含むことを特徴とする請求項1に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項6】

前記被加熱水を予熱する加熱手段を、さらに備え、

前記給水制御部は、前記被加熱水の温度が所定温度以下の場合には、前記加熱手段によって予熱された前記被加熱水を前記給水入口に供給することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項7】

前記ダクトは、

被迂回通路を形成する第1ダクトと、

前記被迂回通路を迂回するバイパス通路を形成する第2ダクトと、を有し、

前記潜熱回収装置は、前記被迂回通路および前記バイパス通路を切り替えるダンパをさらに備え、

前記伝熱管は前記バイパス通路に設置されることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項8】

前記給水入口および前記給水出口はヘッダに連結されており、

前記給水入口と前記ヘッダとの間、または、前記給水出口と前記ヘッダとの間の少なくとも一方は、フレキシューブによって連結されることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【請求項9】

前記排ガスはボイラから排出される排ガスであることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の排ガスの潜熱回収装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、排ガスの潜熱を回収する潜熱回収装置に係り、特に、排ガスの流路を形成するダクトに設置され、排ガスの凝縮潜熱により給水（被加熱水）を加熱する給水加熱器（凝縮エコノマイザ）に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、ボイラ等の燃焼機器には熱効率向上のために排熱回収装置が設けられており、例えば、ボイラに供給する水をあらかじめ加熱するエコノマイザ（給水加熱器）が知られている。エコノマイザは、排ガスの流通するダクトに設置され、ボイラ給水などの被加熱水と熱交換することにより排ガスの余熱を回収する装置である。特に、凝縮エコノマイザは、排ガス中の水蒸気が凝縮して水に状態変化する際に放出される潜熱をも回収可能とする潜熱回収装置であり、主に排ガスの顕熱を回収する乾式エコノマイザと併用することで、ボイラの熱効率のさらなる向上が図られる。例えば、特許文献1の潜熱回収装置は、排熱（顕熱）回収装置の下流において、排ガスが下降流となって流通するダクト内に設置されている。また、この潜熱回収装置は蒸気タービンの復水循環系に接続されており、排ガスの潜熱を復水余熱により回収し、GTCC（Gas Turbine Combined Cycle）の発電効率の向上を図っている。

10

## 【0003】

このような凝縮エコノマイザは、一般に、多段に形成された伝熱管を有しており、伝熱管内を流通する給水と伝熱管外を流通する排ガスとを熱交換させることで、排ガスの凝縮潜熱を利用して給水を加熱する。つまり、排ガスに含まれる水蒸気は凝縮エコノマイザの伝熱管を通過する際に凝縮温度に達し、水蒸気から水（凝縮水）に状態が変化する。このため、凝縮エコノマイザの伝熱管には、凝縮水が発生する領域（凝縮領域）が形成されると共に、この凝縮領域より上流側に位置する伝熱管の部分には、凝縮温度に達する前の排ガスが通過することで乾燥領域が形成される。そして、この伝熱管上に形成される凝縮領域は、例えば、ボイラ負荷の変動などによる排ガス温度の変動に伴ってその位置が変動（移動）するため、伝熱管には、乾燥状態と湿潤状態を繰り返す乾湿交番領域が生じる。つまり、乾湿交番領域は、伝熱管における冷却と加熱とが繰り返される領域であるため、伝熱管の応力腐食割れ（SCC：Stress Corrosion Cracking）が引き起こされる可能性のある領域となる。この乾湿交番領域による応力腐食割れを防止するために、特許文献2では、排ガスが上昇流となって流通するダクト内に凝縮エコノマイザを設置すると共に、凝縮エコノマイザの上部近傍で排ガスが凝縮温度に達するように構成している。これによって、凝縮エコノマイザの伝熱管全体を湿潤させて、乾湿交番領域の発生を防止している。

20

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2014-169693号公報

【特許文献2】特開2012-7818号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、特許文献2が開示する凝縮エコノマイザは、上昇流の排ガスが流通するダクト内に設置されるため、凝縮エコノマイザを設置することが可能なダクトが限定されることになる。また、特許文献2は、伝熱管における乾湿交番領域の発生自体を防止することを目的とするため、伝熱管に応力腐食割れなどが生じた場合への対処についての開示は、特にない。

40

## 【0006】

上述の事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態は、伝熱管に生じる乾湿交番領域の変動を抑制することで、ダクトへの設置性およびメンテナンス性に優れた潜熱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】

## 【0007】

（1）本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガスの潜熱回収装置は、

50

排ガスが流通するダクトの内部に設置され、前記排ガスの潜熱回収のための被加熱水が供給される給水入口および前記被加熱水を排出する給水出口を有する伝熱管と、

前記給水入口への前記被加熱水の供給を制御する給水制御部と、を備え、

前記給水制御部は、前記給水出口における前記被加熱水の温度である出口温度が設定温度となるように、前記被加熱水の前記給水入口からの供給を制御する。

【0008】

上記(1)の構成によれば、ダクト内に設置される伝熱管内部への被加熱水の供給条件は、伝熱管の給水出口における被加熱水の出口温度に基づいて制御(設定)される。すなわち、通常、潜熱回収装置がダクトに設置された状態では、潜熱回収のため、凝縮エコノマイザの伝熱管には凝縮水が発生し湿潤する領域(凝縮領域)が形成される。また、凝縮領域よりダクトの上流側に位置する伝熱管の部分には、凝縮温度に達する前の排ガスが通過することで乾燥領域が形成される。そして、この乾燥領域と凝縮領域(湿潤領域)との境界は、ダクト内を通過する排ガスの温度などに応じて、伝熱管の上流端側と下流端側との間(中間部)において変動するため、乾燥と湿潤とを交互に繰り返す乾湿交番領域が伝熱管の少なくとも一部に生じることになる。この際、上記の構成によれば、被加熱水の出口温度が所定の温度(設定温度)となるように被加熱水の供給が制御されるので、乾燥領域と凝縮領域(湿潤領域)との境界の変動を抑制することができ、伝熱管における乾湿交番領域が生じる範囲を限定することができる。また、乾湿交番領域の変動を抑制することで、伝熱管における応力腐食割れなどの損傷が発生する可能性のある領域を狭めることができるので、検査や交換などのメンテナンスを迅速かつ容易に行うことができる。

【0009】

(2)幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、

前記給水制御部は、前記給水入口へ供給される前記被加熱水の流量を制御する。

上記(2)の構成によれば、被加熱水の給水入口への供給は、被加熱水の流量を制御することにより行われる。これによって、給水入口へ供給される被加熱水の流量を増減させることで、容易に、出口温度を設定温度に維持することができる。

【0010】

(3)幾つかの実施形態では、上記(1)～(2)の構成において、

前記伝熱管は、前記給水入口が前記ダクトの下流側に位置し、前記給水出口が前記ダクトの上流側に位置するように前記ダクトの内部に設置されており、

前記設定温度は、前記給水入口と前記給水出口との間にある伝熱管の中間部の特定領域に前記排ガスの凝縮温度が形成されるように決定される。

【0011】

上記(3)の構成によれば、伝熱管の内部を流れる被加熱水が、排ガスの流れとは逆向きとなる、ダクトの下流から上流に向けて流れるように、伝熱管はダクト内に設置される。これによって、排ガスに含まれる水蒸気の凝縮温度を伝熱管の中間部に形成することができる。また、排ガスと伝熱管との温度差を、伝熱管の全体にわたって設けることができ、熱回収効率を向上させることができる。さらに、設定温度を調整することで、乾湿交番領域を中間部の任意の領域(特定領域)に形成することができ、メンテナンスを迅速かつ容易に行うことができる。

【0012】

(4)幾つかの実施形態では、上記(3)の構成において、

前記伝熱管は、

前記ダクトにより形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部と、

2つの前記直線管部の端部同士を連結する湾曲管部と、を有し、

前記中間部は、前記直線管部の2以上の所定数、および、前記流路に沿って並べられる前記直線管部を連結する1以上の前記湾曲管部から構成される伝熱管モジュールの少なくとも1つから構成され、

前記伝熱管モジュールの両側の端部には、それぞれ配管継手が設けられる。

## 【 0 0 1 3 】

上記の構成（４）によれば、中間部の少なくとも一部に形成される乾湿交番領域において腐食などの損傷が発生する場合でも、例えばユニオンなどの配管継手で連結された伝熱管モジュールで中間部が構成されるため、損傷が生じた部位を伝熱管モジュール単位で交換することができる。このため、伝熱管全体を交換する必要はなく、交換コストを低減することができる。さらに、伝熱管モジュールの数によって伝熱管の規模を調整できるので、潜熱回収装置を規模に応じて柔軟に構築することができると共に、伝熱管モジュールの予備品の確保を容易に行うことができる。

## 【 0 0 1 4 】

（５）幾つかの実施形態では、上記（３）～（４）の構成において、

10

前記伝熱管は、

前記ダクトにより形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部と

、

２つの前記直線管部の端部同士を連結する湾曲管部と、を有し、

前記中間部は、前記直線管部を少なくとも１つ含み、

前記中間部において、前記直線管部と前記湾曲管部とは配管継手によって連結される。

## 【 0 0 1 5 】

上記（５）の構成によれば、中間部の少なくとも一部に形成される乾湿交番領域において腐食などの損傷が発生する場合でも、例えばユニオンなどの配管継手で連結された直線管部によって中間部が構成されるため、損傷が生じた部位を直線管部単位で交換することができる。このため、伝熱管全体を交換する必要はなく、交換コストを低減することができる。さらに、直線管部の数によって伝熱管の規模を調整できるので、潜熱回収装置を規模に応じて柔軟に構築することができると共に、直線管部の予備品の確保を容易に行うことができる。

20

## 【 0 0 1 6 】

（６）幾つかの実施形態では、上記（３）の構成において、

前記伝熱管は、

前記ダクトにより形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部と

、

２以上の前記直線管部の端部同士を連結する湾曲管部と、を有し、

30

前記潜熱回収装置は、前記直線管部の両端のそれぞれにおいて、前記直線管部の端部を固定する管板を、さらに備え、

前記中間部は、前記直線管部を少なくとも１つ含む。

上記（６）の構成によれば、中間部の少なくとも一部に形成される乾湿交番領域において腐食などの損傷が発生する場合でも、管板で連結された直線管部によって中間部が構成されるため、損傷が生じた部位を直線管部単位で交換することができる。このため、伝熱管全体を交換する必要はなく、交換コストを低減することができる。さらに、管板の規模によって伝熱管の規模を調整でき、潜熱回収装置を規模に応じて柔軟に構築することができると共に、直線管部の予備品の確保を容易に行うことができる。

40

## 【 0 0 1 7 】

（７）幾つかの実施形態では、上記（１）～（６）の構成において、

前記被加熱水を予熱する加熱手段を、さらに備え、

前記給水制御部は、前記被加熱水の温度が所定温度以下の場合には、前記加熱手段によって余熱された前記被加熱水を前記給水入口に供給する。

上記（７）の構成によれば、給水入口から供給しようとする被加熱水の温度が所定温度以下の場合には、被加熱水は予熱される。これによって、伝熱管に生じる乾燥領域と凝縮領域（湿潤領域）との境界の変動を抑制することができ、伝熱管における乾湿交番領域が生じる範囲を限定することができる。

## 【 0 0 1 8 】

（８）幾つかの実施形態では、上記（１）～（７）の構成において、

50

前記ダクトは、  
被迂回通路を形成する第１ダクトと、  
前記被迂回通路を迂回するバイパス通路を形成する第２ダクトと、を有し、  
前記潜熱回収装置は、前記被迂回通路および前記バイパス通路を切り替えるダンパをさらに備え、

前記伝熱管は前記バイパス通路に設置される。

上記（８）の構成によれば、ダンパによって、ダクトを流れる排ガスは、第１ダクトに形成される被迂回通路または第２ダクトに形成されるバイパス通路のいずれか一方を通過可能に構成されている。このため、伝熱管の検査や交換などのメンテナンス時には、被迂回通路を排ガスが通るように通路を切り替えることで、ボイラなどの燃焼機器を停止することなく、メンテナンス作業を行うことができる。

10

#### 【００１９】

（９）幾つかの実施形態では、上記（１）～（８）の構成において、

前記給水入口および前記給水出口はヘッダに連結されており、

前記給水入口と前記ヘッダとの間、または、前記給水出口と前記ヘッダとの間の少なくとも一方は、フレキシューブによって連結される。

上記（９）の構成によれば、フレキシューブを用いることで、ヘッダとの連結を容易に施工でき、緊急時のプラグ施工（止栓）を容易に行うことができる。

#### 【００２０】

（１０）幾つかの実施形態では、上記（１）～（９）の構成において、

前記排ガスはボイラから排出される排ガスである。

上記（１０）の構成によれば、排熱回収装置は、ボイラからの排ガスが流通するダクトに設置される。これによって、ボイラからの排ガスの潜熱を回収することができる。

20

#### 【発明の効果】

#### 【００２１】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、伝熱管に生じる乾湿交番領域の変動を抑制することで、ダクトへの設置性およびメンテナンス性に優れた潜熱回収装置が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【００２２】

【図１】本発明の一実施形態に係る排ガスの潜熱回収装置の構成を概略的に示す図である。

30

【図２】本発明の一実施形態に係る潜熱回収装置の給水制御部による制御フローであり、給水制御部によって被加熱水の水量が制御される。

【図３】本発明の一実施形態に係る伝熱管の構成を示す図であり、配管継手によって接続される伝熱管モジュールで形成された伝熱管を示す図である。

【図４】本発明の一実施形態に係る伝熱管の構成を示す図であり、配管継手によって接続される直線管部で形成された伝熱管を示す図である。

【図５】本発明の一実施形態に係る伝熱管の構成を示す図であり、管板によって接続される直線管部で形成された伝熱管を示す図である。

【図６】本発明の一実施形態に係る排ガスの潜熱回収装置の構成を概略的に示す図であり、被加熱水の加熱手段を備える潜熱回収装置を示す図である。

40

【図７Ａ】本発明の一実施形態に係るバイパス通路を備えるダクトに設置される潜熱回収装置を示す図であり、排ガスがバイパス通路を通る状態を説明する図である。

【図７Ｂ】本発明の一実施形態に係るバイパス通路を備えるダクトに設置される潜熱回収装置を示す図であり、排ガスが被迂回通路を通る状態を説明する図である。

【図８Ａ】本発明の他の一実施形態に係るバイパス通路を備えるダクトに設置される潜熱回収装置を示す図であり、排ガスがバイパス通路を通る状態を説明する図である。

【図８Ｂ】本発明の他の一実施形態に係るバイパス通路を備えるダクトに設置される潜熱回収装置を示す図であり、排ガスが被迂回通路を通る状態を説明する図である。

#### 【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 2 3 】

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

## 【 0 0 2 4 】

図 1、図 6 は、本発明の一実施形態に係る排ガス E の潜熱回収装置 1 の構成を概略的に示す図である。図 2 は、本発明の一実施形態に係る潜熱回収装置 1 の給水制御部 3 1 による制御フローを示す図である。また、図 3 ~ 図 5 は、本発明の一実施形態に係る伝熱管 2 の構成を示す図である。図 1、図 6 に示されるように、排ガス E の潜熱回収装置 1 (以下、潜熱回収装置 1) は、伝熱管 2 と、給水制御部 3 1 とを備えており、排ガス E が流通するダクト 4 に設置される。

## 【 0 0 2 5 】

図 1、図 6 に例示される実施形態について説明すると、潜熱回収装置 1 は凝縮エコノマイザ 1 であり、ボイラからの排ガス E を大気中に放出する煙突 (不図示) に至るダクト 4 に設けられることで、排ガス E の凝縮潜熱を利用して給水 (被加熱水 W) を加熱する。また、図 1、図 6 の例示では、ダクト 4 の凝縮エコノマイザ 1 の上流側には、排ガス E の顕熱を回収する乾式エコノマイザ (不図示) が設けられており、潜熱回収装置 1 と乾式エコノマイザ (不図示) とを併用することで、ボイラの熱効率の向上が図られている。なお、他の幾つかの実施形態では、潜熱回収装置 1 は、ディーゼルエンジン、ガスタービン、焼却炉、加熱炉などの燃焼機器で発生した排ガス E が流通するダクト 4 に設けられても良い。

以下、排ガス E の潜熱回収装置 1 (凝縮エコノマイザ 1) が備える伝熱管 2 および給水制御部 3 1 について説明する。

## 【 0 0 2 6 】

伝熱管 2 は、図 1 ~ 図 8 B に示されるように、排ガス E が流通するダクト 4 の内部に設置され、排ガス E の潜熱回収のための被加熱水 W が供給される給水入口 2 1 h および被加熱水 W を排出する給水出口 2 2 h を有する。すなわち、伝熱管 2 は、被加熱水 W の流れる通路 (給水通路 9) が内部に形成された管であり、伝熱管 2 の内部を流通する相対的に低温の被加熱水 W と、伝熱管 2 の外部をダクト 4 に沿って流れる相対的に高温の排ガス E とを熱交換するための熱交換器である。この熱交換によって、排ガス E の熱が被加熱水 W に移り、被加熱水 W の温度が上昇される。図 1 ~ 図 8 B に示される実施形態では、伝熱管 2 は、波状に多段に折り返されたような形状をしており、排ガス E との接触面積の増大が図られている (図 3 ~ 図 5 参照)。

## 【 0 0 2 7 】

この伝熱管 2 には、被加熱水 W を内部に流すために、伝熱管 2 の一方の端部には給水入口 2 1 h が設けられ、他方の端部には給水出口 2 2 h が設けられている。また、これらの給水入口 2 1 h と給水出口 2 2 h は、それぞれ、ダクト 4 の外部に設けられる給水通路 9 に連結される。そして、この給水通路 9 から流れてくる被加熱水 W は、給水入口 2 1 h か

ら伝熱管 2 の内部に供給され、伝熱管 2 の内部（流路）を通った後に給水出口 2 2 h から外部の給水通路 9 に排出される。図 1、図 6 に例示される実施形態では、給水入口 2 1 h と給水出口 2 2 h とはヘッダ 9 1（管寄せ）に連結されている。また、伝熱管 2 の給水入口 2 1 h は復水器（不図示）の下流に位置しており、復水器（不図示）からの水が給水入口 2 1 h に流入するようになっている。他方、給水出口 2 2 h はボイラ（不図示）に連結されている。なお、他の幾つかの実施形態では、給水出口 2 2 h は工場の給湯器などの熱を利用する機器に連結されることで、これらの機器との熱交換に用いられても良い。

【 0 0 2 8 】

また、伝熱管 2 は、上述の通り、排ガス E が流通するダクト 4 の内部に設置される。図 1 ~ 図 8 B に例示される実施形態では、図示されるように、ダクト 4 は、排ガス E を上方から下方に向けて導くように形成された下降部 4 1 と、この下降部 4 1 の下流に連結され、排ガス E を水平方向に導く水平部 4 2 とを有している。そして、この下降部 4 1 の内部に伝熱管 2 は設置されている。ただし、この実施形態には限定されず、他の幾つかの実施形態では、伝熱管 2 は、排ガス E が水平方向に流れるような上記の水平部 4 2 や、排ガスの上昇流を形成するダクト 4 の部分に設置されても良い。つまり、排ガス E の流れ方向に依存することなく伝熱管 2 は設置可能となっている。

【 0 0 2 9 】

なお、後述するように、排ガス E に含まれる水蒸気は伝熱管 2 を通過する途中で凝縮温度に達して凝縮するが、発生した凝縮水 W c は伝熱管 2 から落下する。このため、図 1、図 6 の例示では、ダクト 4 の下降部 4 1 の下方に位置する水平部 4 2 の下部には、落下してきた凝縮水 W c（ドレン水）をダクト 4 の外部に排出するドレン排出口 4 4 が設けられている。

【 0 0 3 0 】

給水制御部 3 1 は、給水入口 2 1 h への被加熱水 W の供給を制御する装置であり、給水制御部 3 1 は、給水出口 2 2 h における被加熱水 W の温度である出口温度 T o が設定温度 T c となるように、被加熱水 W の給水入口 2 1 h からの供給を制御する。すなわち、給水制御部 3 1 は、被加熱水 W の出口温度 T o が設定温度 T c よりも高い場合（ $T o > T c$ ）には、被加熱水 W の出口温度 T o を低下させるように被加熱水 W の供給を制御し、逆に、被加熱水 W の出口温度 T o が設定温度 T c よりも低い場合（ $T o < T c$ ）には、被加熱水 W の出口温度 T o を上昇させるように被加熱水 W の供給を制御する。これによって、被加熱水 W の出口温度 T o は所定の値（設定温度 T c）となるように制御される。図 1、図 6 に例示される実施形態では、図 2 に示されるように、給水入口 2 1 h への被加熱水 W の供給を、給水入口 2 1 h へ供給される被加熱水 W の流量を制御することにより行っている。このように、給水入口 2 1 h へ供給される被加熱水 W の流量を増減させることで、容易に、出口温度 T o を設定温度 T c に維持することができる。

【 0 0 3 1 】

図 2 について説明すると、ステップ S 2 1 において、被加熱水 W の出口温度 T o が設定温度 T c より高いことを検出した場合には（ $T o > T c$ ）、ステップ S 2 2 において、伝熱管 2 へ供給する被加熱水 W の水量を増加させる。一方、ステップ S 2 3 において、被加熱水 W の出口温度 T o が設定温度 T c より低いことを検出した場合には（ $T o < T c$ ）、ステップ S 2 4 において、伝熱管 2 へ供給する被加熱水 W の水量を減少させる。すなわち、給水入口 2 1 h を通過して伝熱管 2 の内部に流入する際の被加熱水 W の水量を増加することで、伝熱管 2 を流れる水量が増加させることができ、被加熱水 W の出口温度 T o の低下を図ることができる。逆に、給水入口 2 1 h を通過する被加熱水 W の水量を低減することで、伝熱管 2 を流れる水量が減少させることができ、被加熱水 W の出口温度 T o の上昇を図ることができる。なお、他の幾つかの実施形態では、給水制御部 3 1 による被加熱水 W の供給制御は、被加熱水 W の水温を制御することで行っても良い。また、その他の幾つかの実施形態では、給水制御部 3 1 による被加熱水 W の供給制御は、被加熱水 W の流量と水温との両方を制御することで行っても良い。

【 0 0 3 2 】



この給水制御部 31 は、幾つかの実施形態では、図 1、図 6 に示されるように、プロセッサやメモリを備える電子制御装置 3（コンピュータ）である。詳述すると、給水制御部 31 には、出口温度  $T_o$  を検出するための温度センサ（出口温度センサ 5）が接続されており、出口温度センサ 5 によって検出される出口温度  $T_o$  が入力される。また、給水制御部 31 には、伝熱管 2 の給水入口 21h へ供給する被加熱水 W の流量や温度を制御する給水供給手段 6 が接続されており、制御命令を送ることが可能に構成される。図 1 の例示では、給水供給手段 6 は、伝熱管 2 の給水入口 21h へ供給する被加熱水 W の水量を制御するための流量制御手段 61（例えば、流量制御が可能な電磁弁 62）となっている。そして、給水制御部 31 は、出口温度センサ 5 により検出される出口温度  $T_o$  と、メモリに保持された設定温度  $T_c$  とを比較することにより、図 2 に示されるような給水制御を実行している。すなわち、この出口温度  $T_o$  と設定温度  $T_c$  との比較の結果、出口温度  $T_o$  が設定温度  $T_c$  よりも高い場合（ $T_o > T_c$ ）には、被加熱水 W の流路がより広がるように電磁弁 62 の開度が制御され、給水入口 21h を通過する被加熱水 W の流量を増加させる。逆に、出口温度  $T_o$  が設定温度  $T_c$  よりも低い場合（ $T_o < T_c$ ）には、被加熱水 W の流路が狭まるように電磁弁 62 の開度が制御され、給水入口 21h を通過する被加熱水 W の流量を低減させる。

#### 【0033】

他の幾つかの実施形態では、給水制御部 31 は、温度を検知する感温部と、感温部によって検知された温度に応じて変位する弁体とを有する流量制御手段 61（例えば、ワックス弁）であっても良い。この場合には、感温部が給水出口 22h 側に設置されることで出口温度  $T_o$  が監視されると共に、弁体が給水入口 21h 側に設置される。そして、感温部と弁体とがシャフトによって連結されることで、被加熱水 W の温度が上昇するに従って給水入口 21h への流路を広げるように弁体の変位し、被加熱水 W の温度の低下に従って給水入口 21h への流路を狭めるように弁体の変位される。

#### 【0034】

また、上記の設定温度  $T_c$  は任意である。図 1 ~ 図 8 B に例示される実施形態では、後述する乾湿交番領域  $P_r$  が伝熱管 2 の中間部 23 に形成されるように設定されている。具体的に例示すると、伝熱管 2 に到達する排ガス E の温度が  $100 \sim 120$ 、給水入口 21h における被加熱水 W の温度が  $15 \sim 30$  の場合には、設定温度  $T_c$  を例えば  $80$  に設定されても良い。この場合、伝熱管 2 の下部では、排ガス温度は  $58 \sim 62$  以下まで低下される。

#### 【0035】

このような構成を備える潜熱回収装置 1 において、排ガス E がダクト 4 の下降部 41 を通る際には、波状に多段に形成された伝熱管 2 の各段を排ガス E は順次通過することになる。この際、伝熱管 2 の内部を流れる相対的に低温な被加熱水 W と、伝熱管 2 の外部をダクト 4 に沿って流れる相対的に高温な排ガス E とが伝熱管 2 を介して熱交換を行うため、排ガス E の温度は、ダクト 4 の上流側から下流側に向かって排ガス E が伝熱管 2 を通過するに従って低下していく。この際、潜熱回収装置 1 は、排ガス E の潜熱を回収するために、排ガス E に含まれる水蒸気が伝熱管 2 を通過する途中で凝縮温度（ $58 \sim 62$ ）に達するように構成されており、凝縮水  $W_c$  が発生する領域となる凝縮領域  $P_c$  が伝熱管 2 に形成される。また、排ガス E の流れる方向において、凝縮領域  $P_c$  より上流側となる伝熱管 2 の部分には、凝縮温度に達する前の排ガス E が通過するため、乾燥領域  $P_d$  が形成される。

#### 【0036】

このように、伝熱管 2 には、排ガス E の流れる方向に沿って乾燥領域  $P_d$  と凝縮領域  $P_c$  とが形成されるが、この乾燥領域  $P_d$  と凝縮領域  $P_c$  との境界は、排ガス E の温度等に応じてその位置が変動する。具体的には、排ガス E の温度が上昇する場合には、伝熱管 2 の下流側に凝縮領域  $P_c$  は移動する傾向となる。逆に、排ガス E の温度が低下する場合には、伝熱管 2 の上流側に凝縮領域  $P_c$  は移動する傾向となる。このように、凝縮領域  $P_c$  は変動するため、伝熱管 2 において、乾燥領域  $P_d$  と凝縮領域  $P_c$  との間には、乾燥状態

と湿潤状態が繰り返される乾湿交番領域  $P_r$  が形成される。図 1、図 6 に例示される実施形態では、伝熱管 2 の上方の部分（図 1 ~ 図 8 B の例示では出口側端部 2 2）に乾燥領域  $P_d$  が形成され、この乾燥領域  $P_d$  の下方全体（図 1 ~ 図 8 B の例示では、入口側端部 2 1 および中間部 2 3）に凝縮領域  $P_c$  が形成されている。また、この凝縮領域  $P_c$  は上述の通り変動するため、凝縮領域  $P_c$ （湿潤領域  $P_w$ ）と乾燥領域  $P_d$  との間には、乾湿交番領域  $P_r$  が形成されている。

【0037】

ところが、本発明の潜熱回収装置 1 によって、被加熱水  $W$  の出口温度  $T_o$  が設定温度  $T_c$  に維持されるように、被加熱水  $W$  の供給が制御されている。すなわち、排ガス  $E$  の温度が上昇すると、被加熱水  $W$  の出口温度  $T_o$  が上昇すると共に、伝熱管 2 における凝縮領域  $P_c$  は下流側に移動しようとする。しかし、排ガス  $E$  の温度の上昇による凝縮領域  $P_c$  の下流側への移動を打ち消すように、潜熱回収装置 1 によって熱交換の度合いが増加されることで、排ガス  $E$  の温度がより早い段階（ダクト 4 のより上流側）で凝縮温度まで低下するように制御される。言い換えると、凝縮領域  $P_c$  がダクト 4 のより上流側に移動するように制御される。このように、排ガス  $E$  の温度が上昇する場合には伝熱管 2 による冷却力が高められることで、凝縮領域  $P_c$  の下流側への移動は抑制される。

【0038】

逆に、排ガス  $E$  の温度が低下すると、被加熱水  $W$  の出口温度  $T_o$  が低下すると共に、伝熱管 2 における凝縮領域  $P_c$  は上流側に移動しようとする。しかし、排ガス  $E$  の温度の低下による凝縮領域  $P_c$  の上流側への移動を打ち消すように、潜熱回収装置 1 によって熱交換の度合いが減少させられることで、排ガス  $E$  の温度が凝縮温度に達するのがより遅延されるように制御される。言い換えると、凝縮領域  $P_c$  がダクト 4 のより下流側に移動するように制御される。このため、排ガス  $E$  の温度が下降する場合には伝熱管 2 による冷却力が弱められることで、凝縮領域  $P_c$  の上流側への移動は抑制される。このように、潜熱回収装置 1 は、排ガス  $E$  の温度変化などの周囲の変化を出口温度  $T_o$  で検出し、その温度変化を打ち消すように給水入口 2 1 h からの被加熱水  $W$  の供給を制御している。これによって、伝熱管 2 における凝縮領域  $P_c$  の変動が抑制される。

【0039】

なお、図 1、図 6 に例示される実施形態では、乾燥領域  $P_d$  の下方全体（図 1 ~ 図 8 B の例示では、入口側端部 2 1 および中間部 2 3）に凝縮領域  $P_c$  が形成されているが、これには限定されない。他の幾つかの実施形態では、凝縮領域  $P_c$  は、伝熱管 2 の中間部 2 3 にのみ形成されても良い。この場合において、例えば、伝熱管 2 がダクト 4 の下降部 4 1 などに設置された場合など（図 1 ~ 図 8 B）、凝縮水が移動（落下）する場合には、凝縮領域  $P_d$  の下流側の伝熱管 2 には凝縮水の移動（落下）によって湿潤する湿潤領域  $P_w$  が形成されても良い。あるいは、伝熱管 2 がダクト 4 の水平部 4 2 に設置された場合など、凝縮水の移動がない場合には、凝縮領域  $P_d$  の下流側の伝熱管 2 には乾燥領域  $P_d$  が形成されても良い。また、その他の幾つかの実施形態では、凝縮領域  $P_d$  は、伝熱管 2 の上方全体（図 1 ~ 図 8 B の例示では、少なくとも出口側端部 2 2 を含む部分）に形成されても良く、この場合には、乾燥領域  $P_d$  は形成されなくても良い。

【0040】

上記の構成によれば、ダクト 4 内に設置される伝熱管 2 内部への被加熱水  $W$  の供給条件は、伝熱管 2 の給水出口 2 2 h における被加熱水  $W$  の出口温度  $T_o$  に基づいて制御（設定）される。すなわち、通常、潜熱回収装置 1 がダクト 4 に設置された状態では、潜熱回収のため、凝縮エコノマイザ 1 の伝熱管 2 には凝縮水  $W_c$  が発生し湿潤する領域（凝縮領域  $P_c$ ）が形成される。また、凝縮領域  $P_c$  よりダクト 4 の上流側に位置する伝熱管 2 の部分には、凝縮温度に達する前の排ガス  $E$  が通過することで乾燥領域  $P_d$  が形成される。そして、この乾燥領域  $P_d$  と凝縮領域  $P_c$ （湿潤領域  $P_w$ ）との境界は、ダクト 4 内を通過する排ガス  $E$  の温度などに応じて、伝熱管 2 の上流端側と下流端側との間（中間部 2 3）において変動するため、乾燥と湿潤とを交互に繰り返す乾湿交番領域  $P_r$  が伝熱管 2 の少なくとも一部に生じることになる。この際、上記の構成によれば、被加熱水  $W$  の出口温度

$T_o$ が所定の温度(設定温度 $T_c$ )となるように被加熱水 $W$ の供給が制御されるので、乾燥領域 $P_d$ と凝縮領域 $P_c$ (湿潤領域 $P_w$ )との境界の変動を抑制することができ、伝熱管2における乾湿交番領域 $P_r$ が生じる範囲を限定することができる。また、乾湿交番領域 $P_r$ の変動を抑制することで、伝熱管2における応力腐食割れなどの損傷が発生する可能性のある領域を狭めることができるので、検査や交換などのメンテナンスを迅速かつ容易に行うことができる。

#### 【0041】

また、幾つかの実施形態では、図1～図8Bに示されるように、伝熱管2は、給水入口21hがダクト4の下流側に位置し、給水出口22hがダクト4の上流側に位置するようにダクト4の内部に設置されており、設定温度 $T_c$ は、給水入口21hと給水出口22hとの間にある伝熱管2の中間部23の特定領域に排ガスEの凝縮温度が形成されるように決定される。図1、図6の例示では、給水入口21hの設けられる側の伝熱管2の端部が入口側端部21、給水出口22hの設けられる側の伝熱管2の端部が出口側端部22とされており、中間部23は、入口側端部21と出口側端部22との間の伝熱管2の部分である。

#### 【0042】

上述のように、伝熱管2をダクト4に設置する場合、排ガスEは、伝熱管2の出口側端部22を通過した後に入口側端部21を通過するように流れる。他方、被加熱水 $W$ はダクト4の下流側から上流側に向けて流れる。このように、排ガスEの流れ方向に対向するように被加熱水 $W$ を流すと、入口側端部21には外部からの被加熱水 $W$ が供給されるため、伝熱管2の下流側が低温に維持されることになる。このため、伝熱管2の出口側端部22から入口側端部21に向けて流れる排ガスEは、下流側の入口側端部21に向かうに従って確実に冷やされていき、中間部23の一部に凝縮領域 $P_c$ が形成される。このため、乾湿交番領域 $P_r$ も、中間部23の少なくとも一部に形成される。

#### 【0043】

また、排ガスEの流れ方向に対向するように被加熱水 $W$ を流すことで、排ガスEが通過する際には、伝熱管2は、下流側の入口側端部21側が相対的に低温になり、上流側の出口側端部22側を相対的に高温になる。そして、排ガスEの温度は伝熱管2を通過するのに従って低下するため、排ガスEの温度は、伝熱管2の上流側で相対的に高く、伝熱管2の下流側で相対的に低い。このため、伝熱管2の入口側端部21から出口側端部22の全体にわたって、排ガスEと被加熱水 $W$ との間に温度差を設けることができ、熱回収効率を向上することができる。

#### 【0044】

このような構成において、被加熱水 $W$ の出口温度 $T_o$ の制御に用いられる設定温度 $T_c$ は、伝熱管2の中間部23の任意の領域(特定領域)に凝縮温度が形成されるように決定される。上述の通り、潜熱回収装置1がダクト4に設置された場合において、伝熱管2のいずれかの場所で排ガスEが凝縮温度に達する。この際、被加熱水 $W$ の出口温度 $T_o$ を低温側に設定すると、凝縮領域 $P_c$ は排気流に対してより上流側に形成される傾向となり、被加熱水 $W$ の出口温度 $T_o$ を高温側に設定すると、凝縮領域 $P_c$ はより下流側に形成される傾向となる。この傾向を利用して、設定温度 $T_c$ を決定することにより、凝縮領域 $P_c$ を伝熱管2の中間部23の特定領域に形成することができる。また、凝縮領域 $P_c$ の排ガス流れの上流端側に乾湿交番領域 $P_r$ は形成されるため、乾湿交番領域 $P_r$ の形成位置も制御することができる。

#### 【0045】

上記の構成によれば、伝熱管2の内部を流れる被加熱水 $W$ が、排ガスEの流れとは逆向きとなる、ダクト4の下流から上流に向けて流れるように、伝熱管2はダクト4内に設置される。これによって、排ガスEに含まれる水蒸気の凝縮温度を伝熱管2の中間部23に形成することができる。また、伝熱管2の上流側の端部(出口側端部22)から下流側の端部(入口側端部21)に到達する排ガスEと伝熱管2との温度差を、伝熱管2の全体にわたって設けることができ、熱回収効率を向上させることができる。さらに、設定温度 $T$

cを調整することで、乾湿交番領域Prを中間部23の任意の領域(特定領域)に形成することができ、メンテナンスを迅速かつ容易に行うことができる。

【0046】

次に、伝熱管2の構成について、図3～図5を用いて詳細に説明する。

幾つかの実施形態では、図3～図5に示されるように、伝熱管2は、ダクト4により形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部24と、2以上の直線管部24の端部同士を連結する湾曲管部25と、を有する。すなわち、図3～図5に示されるように、伝熱管2は、直線状に延在する直線管部24と、直線管部24同士を連結する湾曲管部25と、有している。この直線管部24は、ダクト4の内部において、ダクト4により形成される排ガスEの流路に対して直交する向きに配置される部分であり、複数の直線管部24がダクト4に沿って互いに並行するように配置される。そして、湾曲管部25は、この互いに並行に並べられた複数の直線管部24のうちの、2以上の直線管部24の端部同士を連結する。

10

【0047】

図3～図5の例示では、給水入口21hに最も近い直線管部24iの右端は、その上流側において隣接する二番目の直線管部24の右端に一番目の湾曲管部25によって連結されている。この二番目の直線管部24の左端は、その上流側の三番目の直線管部24の左端に、二番目の湾曲管部25によって連結されている。さらに、この三番目の直線管部24の右端は、その上流側で隣接する四番目の直線管部24に、三番目の湾曲管部25によって連結される、といったように、ダクト4に沿う方向に、個々の直線管部24が湾曲管部25によって順次連結されている。このような、左端と右端との往復を給水出口22hに最も近い直線管部24oまで繰り返すことで、波状に多段に折り返された形状を有する伝熱管2が形成されている。一方、図3～図5の例示では、給水入口21hに最も近い直線管部24iや給水出口22hに最も近い直線管部24oは、その一方の端部は湾曲管部25によって隣接する他の直線管部24に連結されるが、他方の端部は、給水入口21hや給水出口22hを形成する中継管部26(26i、26o)に連結されている。

20

【0048】

そして、幾つかの実施形態では、図3～図4に示されるように、伝熱管2は、ダクト4により形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部24と、2以上の直線管部24の端部同士を連結する湾曲管部25と、を有する。そして、伝熱管2の中間部23は、直線管部24の2以上の所定数、および、ダクト4により形成される流路に沿って並べられる直線管部24を連結する1以上の湾曲管部25から構成される伝熱管モジュール27の少なくとも1つから構成される。また、伝熱管モジュール27の両側の端部には、それぞれ配管継手(図3～図4の例示ではユニオン28)が設けられる。すなわち、伝熱管モジュール27は、ユニオン28(継手)によって、他の伝熱管モジュール27や中継管部26などの他の伝熱管2を形成する部分に連結される。図3に例示される実施形態では、伝熱管2は、それぞれ同じ構成を有する2つの伝熱管モジュール27をダクト4に沿って配置すると共に、ユニオン28(継手)によって互いに連結することで構成されている。すなわち、各伝熱管モジュール27は、同一形状の直線管部24と同一形状の湾曲管部25とをそれぞれ同数組み合わせる構成されており、同一の規模となっている。なお、他の幾つかの実施形態では、異なる規模の伝熱管モジュール27を複数組み合わせることで、中間部23を構成しても良い。

30

40

【0049】

また、図3～図4に例示される実施形態では、ダクト4の下流側に位置する第1伝熱管モジュール27aと上流側に位置する第2伝熱管モジュール27bとは、2つの伝熱管モジュール27を連結する中継管部26を介して互いに連結されている。具体的には、伝熱管モジュール27の上流側の端部を上流側端部27u、下流側の端部を下流側端部27dとすると、第1伝熱管モジュール27aの上流側端部27uは、直線状の中継管部26aの一端にユニオン28によって連結されている。また、第2伝熱管モジュール27bの下流側端部27dは、この直線状の中継管部26aの他端にユニオン28によって連結され

50

ている。なお、他の幾つかの実施形態では、伝熱管モジュール 27 同士の連結は、1 つのユニオン 28 (配管継手) によって端部同士を直接連結しても良い。

【0050】

一方、第 1 伝熱管モジュール 27 a の下流側端部 27 d は、給水入口 21 h が形成される中継管部 26 i にユニオン 28 によって連結されている。また、第 2 伝熱管モジュール 27 b の上流側端部 27 u は、給水出口 22 h が形成される中継管部 26 o にユニオン 28 によって連結されている。

【0051】

このように、伝熱管モジュール 27 同士や、伝熱管モジュール 27 と中継管部 26 (26 a、26 i、26 o) とは、溶接によって連結されるのではなく、ユニオン 28 などの配管継手によって連結される。このため、複数の伝熱管モジュール 27 を用いて伝熱管 2 を構成することが可能であると共に、伝熱管 2 の一部に腐食や破損などの損傷が生じた場合には、伝熱管モジュール 27 単位で交換等することが可能となっている。

【0052】

この図 3 ~ 図 4 の例示では、伝熱管 2 の中間部 23 は、第 1 伝熱管モジュール 27 a の一部と第 2 伝熱管モジュール 27 b 一部とによって形成されることになる。この際、いずれか一方の伝熱管モジュール 27 に損傷が生じた場合には、損傷が生じた一方の伝熱管モジュール 27 を交換すればよい。また、給水制御部 31 における給水条件を制御することで、乾湿交番領域 Pr が、いずれか一方の伝熱管モジュール 27 に限定して発生するようにすれば、乾湿交番領域 Pr が発生する伝熱管モジュール 27 を中心に損傷の検査等を実施することも可能となる。

【0053】

なお、中継管部 26 の形状は任意であり、複数の管をユニオン 28 などで連結して中継管部 26 を形成しても良い (図 3 ~ 図 4 参照)。また、上記の説明では、伝熱管モジュール 27 と中継管部 26 とは別部材として説明されたが、2 つの伝熱管モジュール 27 で中間部 23 を構成する場合などでは、中継管部 26 (26 a、26 i、26 o) は伝熱管モジュールの一部であっても良く、同一構成の伝熱管モジュールを組み合わせることで、伝熱管 2 が構成されても良い。また、図 3 ~ 図 4 の例示では、各中継管部 26 (26 a、26 i、26 o) に直接連結される直線管部 24 (具体的には、上流側端部 27 u や下流側端部 27 d を形成する直線管部 24) は、それ以外の直線管部 24 の長さより短いと共に、湾曲する部分を有しているが、この実施形態には限定されない。例えば、各中継管部 26 (26 a、26 i、26 o) に連結される直線管部 24 の長さはそれ以外の他の直線管部 24 の長さと同じであると共に、湾曲する部分を有しておらず、その代わりに、各中継管部 26 (26 a、26 i、26 o) が湾曲する部分を有するよう構成しても良い。

【0054】

上記の構成によれば、中間部 23 の少なくとも一部に形成される乾湿交番領域 Pr において腐食などの損傷が発生する場合でも、ユニオン 28 などの配管継手で連結された伝熱管モジュール 27 で中間部 23 が構成されるため、損傷が生じた部位を伝熱管モジュール 27 単位で交換することができる。このため、伝熱管 2 全体を交換する必要はなく、交換コストを低減することができる。さらに、伝熱管モジュール 27 の数によって伝熱管 2 の規模を調整でき、潜熱回収装置 1 を規模に応じて柔軟に構築することができると共に、伝熱管モジュール 27 の予備品の確保を容易に行うことができる。

【0055】

他の幾つかの実施形態では、図 4 に示されるように、伝熱管 2 の中間部 23 は、直線管部 24 を少なくとも 1 つ含み、中間部 23 において直線管部 24 と湾曲管部 25 とは配管継手によって連結される。つまり、図 4 に示されるように、直線管部 24 と湾曲管部 25 とは、溶接によって連結されておらず、配管継手によって互いに連結される。

【0056】

図 4 に例示される実施形態では、各伝熱管モジュール 27 において、直線管部 24 と湾曲管部 25 とがユニオン 28 (配管継手) によって連結されている。このため、各伝熱管

10

20

30

40

50

モジュール 27 において、直線管部 24 や湾曲管部 25 の単位での交換が可能となっている。他の幾つかの実施形態では、伝熱管 2 は伝熱管モジュール 27 を有していない。この場合には、給水入口 21h と給水出口 22h との間に、湾曲管部 25 によって互いに連結された複数の直線管部 24 が配置されることで、伝熱管 2 全体や伝熱管 2 の中間部 23 が形成される。

#### 【0057】

上記の構成によれば、中間部 23 の少なくとも一部に形成される乾湿交番領域 Pr において腐食などの損傷が発生する場合でも、ユニオン 28 などの配管継手で連結された直線管部 24 によって中間部 23 が構成されるため、損傷が生じた部位を直線管部 24 単位で交換することができる。このため、伝熱管 2 全体を交換する必要はなく、交換コストを低減することができる。さらに、直線管部 24 の数によって伝熱管 2 の規模を調整できるので、潜熱回収装置 1 を規模に応じて柔軟に構築することができると共に、直線管部 24 の予備品の確保を容易に行うことができる。

#### 【0058】

また、その他の幾つかの実施形態では、図 5 に示されるように、伝熱管 2 は、ダクト 4 により形成される流路に対して直交する向きに直線状に延在する直線管部 24 と、2 以上の直線管部 24 の端部同士を連結する湾曲管部 25 と、を有する。また、潜熱回収装置 1 は、直線管部 24 の両端のそれぞれにおいて、直線管部 24 の端部を固定する管板 7 を、さらに備える。そして、中間部 23 は、直線管部 24 を少なくとも 1 つ含む。図 5 に示されるように、管板 7 は板状の部材である。また、管板 7 は、この板状の部材を貫通する貫通孔を有しており、各貫通孔に直線状の管（直線管）が通されることで、伝熱管 2 の直線管部 24 が形成される。

#### 【0059】

図 5 に例示される実施形態では、伝熱管 2 は、2 つの管板 7 の間に複数の直線管（直線管部 24）が設置されて構成されている。より詳細には、各管板 7 には、縦方向（排ガス E の流れる方向）と横方向とのそれぞれに沿って複数の貫通孔が配置されており、具体的には、各管板 7 において縦方向に並ぶ 28 の貫通孔が、横方向に 3 列設けられている。そして、ダクト 4 の外壁をなす一面（図 5 の例示では下降部 41 の一面）と、この一面に対向する一面とにそれぞれ対面するように各管板 7 は配置されており、互いに並行となるように配置されている。この際、各管板 7 の貫通孔同士も互いに対面しており、対面した貫通孔の各々に直線管（直線管部 24）の両端が固定されている。また、湾曲管部 25 は、各管板 7 の外側に設置されており、2 以上の複数の直線管部 24 をまとめて連結している。これによって、伝熱管 2 は、特定方向（左端から右端、または、右端から左端へ方向）に向かう被加熱水 W の流を複数の直線管部 24 毎に形成するように構成されている。具体的には、図 5 の例示において、管板 7 の縦方向に並ぶ最も手前の直線管部 24 に着目して説明すると、給水入口 21h から供給される被加熱水 W は、4 つの直線管部 24（つまり全体では、4 つ × 3 列 = 12 となる。以下同様）に分配されて、1 段目の各直線管部 24 の左端から右端に流れ、右端の湾曲管部 25 に到達している。この右端の湾曲管部 25 は、8 つの直線管部 24 をまとめて連結しており、そのうちの 4 つの直線管部 24 から流入する被加熱水 W を、ダクト 4 の上流側に配置された残りの 4 つの直線管部 24（2 段目）に流出させることで、被加熱水 W は、直線管部 24 の右端から左端へ折り返されて、次の左端の湾曲管部 25 に送られている。この左端の湾曲管部 25 も 8 つの直線管部 24 を連結しており、そのうちの 4 つの直線管部 24 から流入する被加熱水 W を、ダクト 4 の上流側に配置された残りの 4 つの直線管部 24（3 段目）に流出させる、といったことを給水出口 22h まで繰り返すよう構成されている。

#### 【0060】

このように、各直線管部 24 は管板 7 によって固定され、湾曲管部 25 と共に被加熱水 W の流路を形成する。そして、直線管部 24 と管板 7 とは、溶接によって連結されるのではなく、管板 7 の貫通孔に挿入されて設置される。また、湾曲管部 25 と管板 7 とは、溶接によって連結されるのではなく、湾曲管部 25 と管板 7 とは分離可能（取り外し可能）

10

20

30

40

50

に設定されている。このため、貫通孔の数など、管板 7 の規模によって伝熱管 2 の規模を調整可能であると共に、伝熱管 2 の一部に腐食や破損などの損傷が生じた場合には、直線管部 2 4 単位で交換等することが可能となっている。すなわち、交換時においては、交換する直線管部 2 4 を連結する湾曲管部 2 5 を取り外し、交換対象となる直線管部 2 4 を貫通孔から引き抜くなどして取り外す。そして、この直線管部 2 4 が取り外された貫通孔に交換品となる直線管部 2 4 を挿入した後、湾曲管部 2 5 を再度管板 7 に取り付けるといった作業が可能となっている。

#### 【 0 0 6 1 】

上記の構成によれば、中間部 2 3 の少なくとも一部に形成される乾湿交番領域 P r において腐食などの損傷が発生する場合でも、管板 7 で連結された直線管部 2 4 によって中間部 2 3 が構成されるため、損傷の生じた部位を直線管部 2 4 単位で交換することができる。このため、伝熱管 2 全体を交換する必要はなく、交換コストを低減することができる。さらに、管板 7 の規模によって伝熱管 2 の規模を調整できるため、潜熱回収装置 1 を規模に応じて柔軟に構築することができると共に、直線管部 2 4 の予備品の確保を容易に行うことができる。

#### 【 0 0 6 2 】

また、幾つかの実施形態では、図 6 に示されるように、潜熱回収装置 1 は、被加熱水 W を予熱する加熱手段 8 を、さらに備え、給水制御部 3 1 は、被加熱水 W の温度が所定温度以下の場合には、加熱手段 8 によって予熱された被加熱水 W を給水入口 2 1 h に供給する。図 6 に示される実施形態では、加熱手段 8 は予熱管 8 1 となっている。この予熱管 8 1 は、ダクト 4 内において伝熱管 2 の下流に設置されている。また、予熱管 8 1 の両端は、給水通路 9 と給水入口 2 1 h とにそれぞれ連通しており、予熱管 8 1 を経由して伝熱管 2 の給水入口 2 1 h に被加熱水 W が到達することが可能な予熱ルート R h を構成している。

#### 【 0 0 6 3 】

すなわち、被加熱水 W が伝熱管 2 の給水入口 2 1 h に至る経路として、予熱ルート R h と、予熱ルート R h を経由することなく給水入口 2 1 h に直接通じる直通ルート R d とが設けられている。また、直通ルート R d と予熱ルート R h とを切り替える流路切替手段 6 3 ( 給水供給手段 6 ) が給水通路 9 に設けられている。図 6 の例示では、流路切替手段 6 3 は、ヘッダ 9 1 と給水入口 2 1 h との間に設けられている。そして、流路切替手段 6 3 が制御されることで、直通ルート R d または予熱ルート R h の少なくとも一方を通った被加熱水 W が給水入口 2 1 h に供給される。例えば、流路切替手段 6 3 は、給水通路 9 と直通ルートと予熱ルートとに連結した三方弁であっても良い。あるいは、流路切替手段 6 3 は複数のバルブにより構成されても良く、直通ルート R d および予熱ルート R h の入口あるいは出口のそれぞれにバルブを設置し、各バルブの開度をそれぞれ調整することで、被加熱水 W のルートを切替えるように構成しても良い。あるいは、流路切替手段 6 3 によって、被加熱水 W が直通ルート R d と予熱ルート R h との両方に被加熱水 W が分配され、給水入口 2 1 h で再度合流させることで、予熱ルート R h を通った被加熱水 W の一部によって給水入口 2 1 h における被加熱水 W の温度を調整するように構成しても良い。

#### 【 0 0 6 4 】

この加熱手段 8 を備える潜熱回収装置 1 は、幾つかの実施形態では、図 6 に示されるように、直通ルート R d と予熱ルート R h とを切り替える流路切替部 3 2 を有する。この流路切替部 3 2 は、プロセッサとメモリを有する電子制御装置 ( コンピュータ ) で構成されている。また、流路切替部 3 2 は、伝熱管 2 の給水入口 2 1 h における被加熱水 W の温度 ( 入口温度 T i ) を検出可能な入口温度センサ 5 2 と、流路切替手段 6 3 とに接続されている。図 6 の例示では、流路切替手段 6 3 は 2 つの電磁弁 ( 電磁弁 6 2 と電磁弁 6 4 ) であり、流路切替部 3 2 からの命令に従って、電磁弁 6 2 と電磁弁 6 4 の開度が制御される。すなわち、流路切替部 3 2 は、入口温度センサ 5 2 により検出される被加熱水 W の入口温度 T i が所定温度以下の場合には、予熱管 8 1 を通過する予熱ルート R h を被加熱水 W が通過するように電磁弁 6 4 を開弁する。これと同時に、直通ルート R d へ被加熱水 W が流れないように、電磁弁 6 2 を完全に閉弁しても良い。これによって、予熱された被加熱

10

20

30

40

50

水Wが給水入口21hから供給される。逆に、被加熱水Wの入口温度 $T_i$ が所定温度以上の場合には、被加熱水Wが予熱ルートRhを通過しないように電磁弁64を閉弁する。これによって、予熱されていない被加熱水Wが給水入口21hから伝熱管2に供給される。なお、所定温度は、目的とする被加熱水Wの上昇温度（凝縮温度）や目的とする伝熱管2における凝縮領域Pcの位置（特定領域の位置）、伝熱管2の伝熱面積などに応じて任意に決定されるが、例えば、10度（ ）～30度（ ）の範囲の任意の温度であっても良い。なお、予熱管81の被加熱水Wの出口は、ダクト4の外部において給水通路9に連結されても良く、例えば、電磁弁62と電磁弁64の間に連結されても良い。また、予熱ルートRhへの被加熱水Wの流入を制御する電磁弁64は、ダクト4の内部であっても良く、例えば、予熱管81と伝熱管2との間に位置しても良い。

10

#### 【0065】

このような構成において、ダクト4に沿って予熱管81を通過する際の排ガスEの温度は、加熱手段8によって加熱される前の被加熱水Wの温度よりも、依然として高い。このため、予熱管81を通過する被加熱水Wと排ガスEとが熱交換することで、給水入口21hから伝熱管2に供給する前の被加熱水Wを予熱（加熱）することが可能となっている。このため、被加熱水Wの温度が所定温度以下の場合には、被加熱水Wを予熱した後に伝熱管2に供給することで、伝熱管2における凝縮領域Pcの位置の大きな変動を防止することができる。特に、季節によって給水入口21hから供給される被加熱水Wの温度が変化する場合でも、伝熱管2に形成される凝縮領域Pcの変動を防止することができる。

#### 【0066】

20

上記の構成によれば、給水入口21hから供給しようとする被加熱水Wの温度が所定温度以下の場合には、被加熱水Wは予熱される。これによって、伝熱管2に生じる乾燥領域Pdと凝縮領域Pc（湿潤領域Pw）との境界の変動を抑制することができ、伝熱管における乾湿交番領域Prが生じる範囲を限定することができる。

#### 【0067】

また、幾つかの実施形態では、図7A～図8Bに示されるように、ダクト4は、被迂回通路Rmを形成する第1ダクト45と、被迂回通路Rmを迂回するバイパス通路Rbを形成する第2ダクト46と、を有し、潜熱回収装置1は、被迂回通路Rmおよびバイパス通路Rbを切り替えるダンパ47をさらに備え、伝熱管2はバイパス通路Rbに設置される。図7A～図8Bに例示される実施形態では、第1ダクト45は水平方向に直線状に延びるように形成されている。また、第1ダクト45の一部には開口45h（図7の例示では第1ダクト45の上面）が設けられている。

30

#### 【0068】

一方、第2ダクト46は、図7A～図7Bに例示される実施形態では、箱状の形状をしており、その一面が開口（開口46h）している。この第1ダクト45の開口45hと第2ダクト46の開口46hとによって第1ダクト45と第2ダクト46とは連結されている。このため、直線状の第1ダクト45の上方に第2ダクト46の内部による空間が形成されている。そして、この第2ダクト46の内部空間を板状のダンパ47が部分的に仕切っている。これによって、第2ダクト46は、第1ダクト45により形成される通路の一部（被迂回通路Rm）を通らずに、この一部の両側のダクト4を連通可能なバイパス通路Rbを形成している。つまり、バイパス通路Rbは、第2ダクト46とダンパ47の左側の面とにより形成される左側の通路と、第2ダクト46とダンパ47の右側の面とにより形成される右側の通路とから形成されている。そして、ダンパ47は、被迂回通路Rmとバイパス通路Rbとを切替可能に設置されている。

40

#### 【0069】

詳述すると、図7A～図7Bの例示では、上記の板状のダンパ47の中心は、第1ダクト45と第2ダクト46との境界に位置しており、このダンパ47の中心を回転中心Oとしてダンパ47は回転可能に構成されている。そして、図7Aに示されるように、ダンパ47を回転中心Oで回転させ、ダンパ47が被迂回通路Rmを塞いで閉じるような位置に固定されると、排ガスEはバイパス通路Rbを流れることになる。この時、第1ダクト4

50



5 から第 2 ダクト 4 6 に流入する排ガス E は、バイパス通路 R b の左側の通路を上昇した後、右側の通路を下降し、第 1 ダクト 4 5 のダンパ 4 7 の下流側に流れる。逆に、図 7 B に示されるように、ダンパ 4 7 が、第 1 ダクト 4 5 の開口 4 5 h (第 2 ダクト 4 6 の開口 4 6 h) を塞いで閉じるような位置に固定されると、排ガス E は、第 2 ダクト 4 6 に流入することなく、被迂回通路 R m を通って下流に流れることになる。このように、ダンパ 4 7 を回転することで流路の切替が容易にできると共に、ボイラ等の燃焼装置を稼働している運用時でも、流路の切替を容易に行うことができる。

【 0 0 7 0 】

また、ダンパ 4 7 は複数のダンパによって構成されても良く、例えば、他の幾つかの実施形態では、図 8 A ~ 図 8 B に示されるように、第 1 ダンパ 4 7 a と第 2 ダンパ 4 7 b との 2 つで構成されても良い。すなわち、第 1 ダンパ 4 7 a は、第 1 ダクト 4 5 の一部 (被迂回通路 R m) を通って、排ガス E が、ダクト 4 のさらに下流に通り返けるのを許可あるいは禁止するためのものであり、被迂回通路 R m の少なくとも一部を排ガス E が通らないように設置される。一方、第 2 ダンパ 4 7 b は、排ガス E が、第 2 ダクト 4 6 (バイパス通路 R b) を通って被迂回通路 R m の下流に通り返けるのを許可あるいは禁止するためのものである。

【 0 0 7 1 】

詳述すると、図 8 A ~ 図 8 B の例示では、第 1 ダクト 4 5 の異なる部分には、2 つの開口 4 5 h が設けられており、この第 1 ダクト 4 5 の 2 つの開口 4 5 h のそれぞれに第 2 ダクト 4 6 の両端の開口 4 6 h (入口および出口) がそれぞれ連結されている。一方、第 2 ダンパ 4 7 b は、第 2 ダクト 4 6 の入口と出口の両方を同時に覆うことが可能に構成されている。そして、図 8 A に示されるように、第 1 ダンパ 4 7 a で被迂回通路 R m を塞ぐ共に、第 2 ダンパ 4 7 b によって第 2 ダクト 4 6 の両端が塞がれないようにすると、排ガス E はバイパス通路 R b を流れることになる。逆に、図 8 B に示されるように、第 1 ダンパ 4 7 a によって被迂回通路 R m を塞がないと共に、第 2 ダンパ 4 7 b によって第 2 ダクト 4 6 の両端を塞ぐと、排ガス E は、第 2 ダクト 4 6 (バイパス通路 R b) に流入することなく、被迂回通路 R m を通って下流に流れることになる。これによって、ダクト 4 とダンパ 4 7 との大きさの調整が容易となり、ダンパ 4 7 の設置を容易化することができる。なお、他の幾つかの実施形態では、第 2 ダンパ 4 7 b は、第 2 ダクト 4 6 の入口と出口とを同時に塞がなくても良い。例えば、第 2 ダクト 4 6 の両端以外の内部に設置されても良く、第 2 ダクト 4 6 (バイパス通路 R b) において、伝熱管 2 の設置される上流側あるいは下流側の少なくとも一方に設けられても良い。なお、第 1 ダンパ 4 7 a や第 2 ダンパ 4 7 b は、それぞれの中心や端などを回転中心として回転したり、ダクト 4 の外部に少なくとも一部がスライドなどして移動されることで、通路の開放と閉鎖を行っても良い。

【 0 0 7 2 】

このような構成を備える潜熱回収装置 1 は、運用時には、ダンパ 4 7 によって、バイパス通路 R b が開放されると共に被迂回通路 R m が閉鎖される。このため、排ガス E は、被迂回通路 R m を通らずにバイパス通路 R b を通るので、潜熱回収装置 1 によって排ガス E の潜熱が回収される。また、メンテナンス時には、ダンパ 4 7 によって、バイパス通路 R b が閉鎖されると共に被迂回通路 R m が開放される。このため、排ガス E は、バイパス通路 R b を通らずに被迂回通路 R m を通るので、排ガス E は潜熱回収装置 1 を通過しない。このため、ボイラ等の燃焼装置を稼働している運用時でも、潜熱回収装置 1 のメンテナンスを行うことが可能となる。

【 0 0 7 3 】

上記の構成によれば、ダンパ 4 7 によって、ダクト 4 を流れる排ガス E は、第 1 ダクト 4 5 に形成される被迂回通路 R m または第 2 ダクト 4 6 に形成されるバイパス通路 R b のいずれか一方を通過可能に構成されている。このため、伝熱管 2 の検査や交換などのメンテナンス時には、被迂回通路 R m を排ガス E が通るように通路を切り替えることで、ボイラなどの燃焼機器を停止することなく、メンテナンス作業を行うことができる。

【 0 0 7 4 】

また、幾つかの実施形態では、給水入口 2 1 h および給水出口 2 2 h はヘッダ 9 1 に連結されており、給水入口 2 1 h とヘッダ 9 1 との間、または、給水出口 2 2 h とヘッダ 9 1 との間の少なくとも一方は、フレキチューブ 9 2 によって連結される。ヘッダ 9 1 は、管寄せであり、ボイラなどの燃焼機器によって発生した蒸気はヘッダ 9 1 に送られ、ヘッダ 9 1 から伝熱管 2 ( 潜熱回収装置 1 ) に分配される。また、伝熱管 2 からの被加熱水 W もヘッダ 9 1 に送られ、ボイラなどの燃焼機器や給湯器などの機器に送られる。また、フレキチューブ 9 2 は、たわむことが可能な管であり、金属やゴムなどで形成される。そして、このフレキチューブ 9 2 によって、ヘッダ 9 1 と伝熱管 2 とが連結される。このように、フレキチューブ 9 2 を用いることで、ヘッダ 9 1 との連結を容易に施工でき、緊急時のプラグ施工 ( 止栓 ) を容易に行うことができる。

10

#### 【 0 0 7 5 】

本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 7 6 】

- 1 潜熱回収装置 ( 凝縮エコノマイザ )
- 2 伝熱管
- 2 1 入口側端部
- 2 1 h 給水入口
- 2 2 出口側端部
- 2 2 h 給水出口
- 2 3 中間部
- 2 4 直線管部
- 2 4 i 給水入口に最も近い直線管部
- 2 4 o 給水出口に最も近い直線管部
- 2 5 湾曲管部
- 2 6 中継管部
- 2 6 a 直線状の中継管部
- 2 6 i 給水入口が形成される中継管部
- 2 6 o 給水出口が形成される中継管部
- 2 7 伝熱管モジュール
- 2 7 a 第 1 伝熱管モジュール
- 2 7 b 第 2 伝熱管モジュール
- 2 7 u 上流側端部
- 2 7 b 下流側端部
- 2 8 ユニオン

20

30

- 3 電子制御装置
- 3 1 給水制御部
- 3 2 流路切替部

40

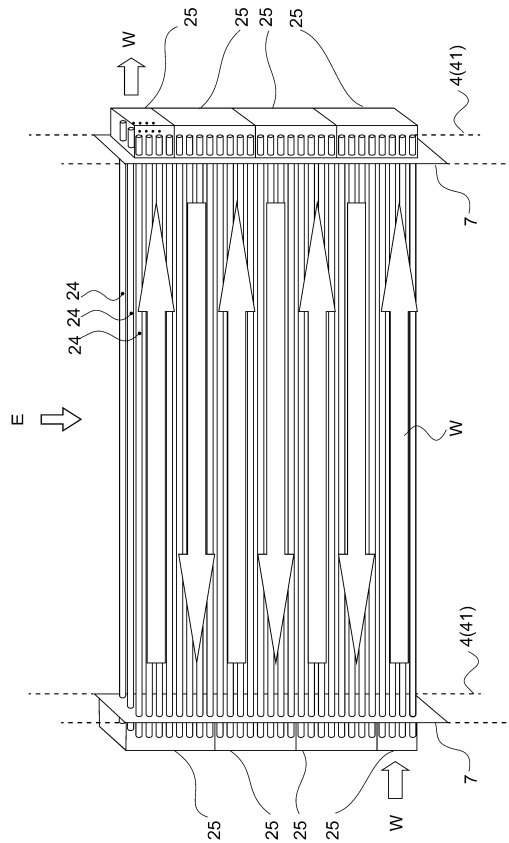
- 4 ダクト
- 4 1 下降部
- 4 2 水平部
- 4 4 ドレン排出口
- 4 5 第 1 ダクト ( 被迂回通路 )
- 4 5 h 第 1 ダクトの開口
- 4 6 第 2 ダクト ( バイパス通路 )
- 4 6 h 第 2 ダクトの開口

50

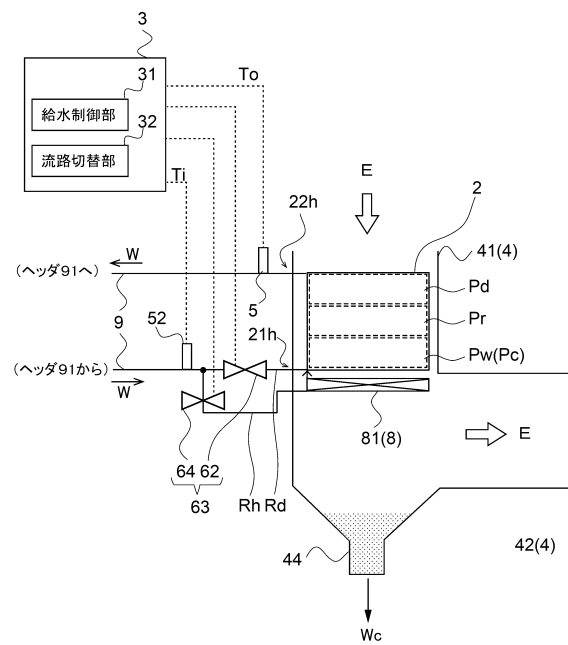
4 7	ダンパ	
5	出口温度センサ	
5 2	入口温度センサ	
6	給水供給手段	
6 1	流量制御手段	
6 2	電磁弁	
6 3	流路切替手段	
6 4	電磁弁	10
7	管板	
8	加熱手段	
8 1	予熱管	
9	給水通路	
9 1	ヘッダ	
9 2	フレキチューブ	
E	排ガス	
W	被加熱水	20
W c	凝縮水	
T o	出口温度	
T i	入口温度	
T c	設定温度	
P c	凝縮領域	
P d	乾燥領域	
P r	乾湿交番領域	
P w	湿潤領域	30
R d	直通ルート	
R h	予熱ルート	
R m	被迂回通路	
R b	バイパス通路	
O	ダンパの回転中心	



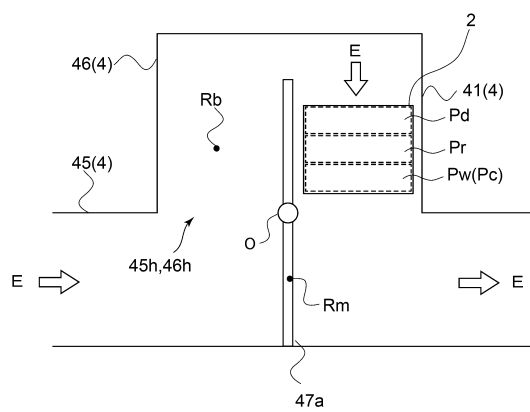
【図 5】



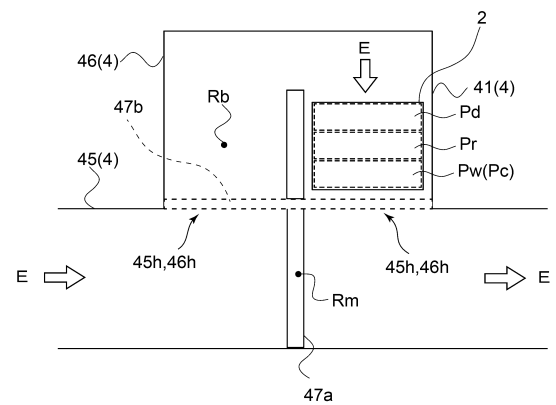
【図 6】



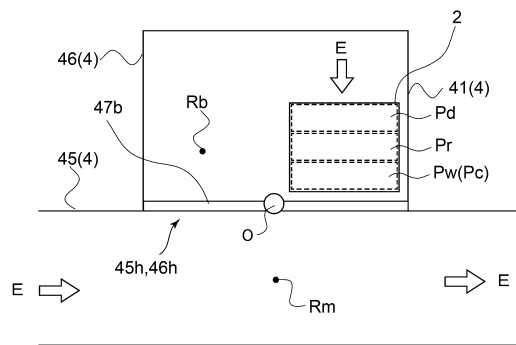
【図 7 A】



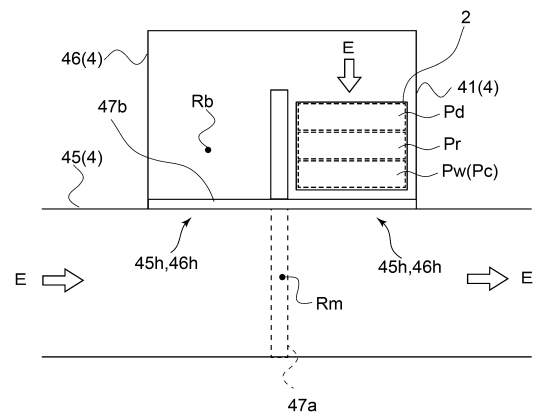
【図 8 A】



【図 7 B】



【図 8 B】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 八木田 寛之  
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
- (72)発明者 杉山 明敏  
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
- (72)発明者 市原 太郎  
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
- (72)発明者 今野 北海夫  
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
- (72)発明者 佐々木 通充  
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

審査官 柳本 幸雄

- (56)参考文献 特開2014-206374(JP,A)  
特開2012-7818(JP,A)  
特開2012-57860(JP,A)  
国際公開第2011/111450(WO,A1)  
特開2015-25580(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F22D	5/26
F22D	1/06
F24H	8/00