(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
2014 年 7 月 17 日(17.07.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/108980 A1

(51) 国際特許分類:
F22B 1/18 (2006.01) *F22B 37/10* (2006.01)
F01K 9/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/007667

(22) 国際出願日: 2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)

(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 2013-002408 2013 年 1 月 10 日(10.01.2013) JP

(71) 出願人: パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真１００６番地 Osaka (JP).

(72) 発明者: 本間　雅也 (HONMA, Masaya). 岡市　敦雄 (OKAICHI, Atsuo). 木戸　長生 (KIDO, Osao). 引地　巧 (HIKICHI, Takumi). 和田　賢宣 (WADA, Masanobu). 小須田　修 (KOSUDA, Osamu).

(74) 代理人: 鎌田　耕一, 外 (KAMADA, Koichi et al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満４丁目３番２５号梅田プラザビル別館８階 Osaka (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, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, 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)）

(54) **Title**: RANKINE CYCLE DEVICE AND COGENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称 : ランキンサイクル装置及び熱電併給システム

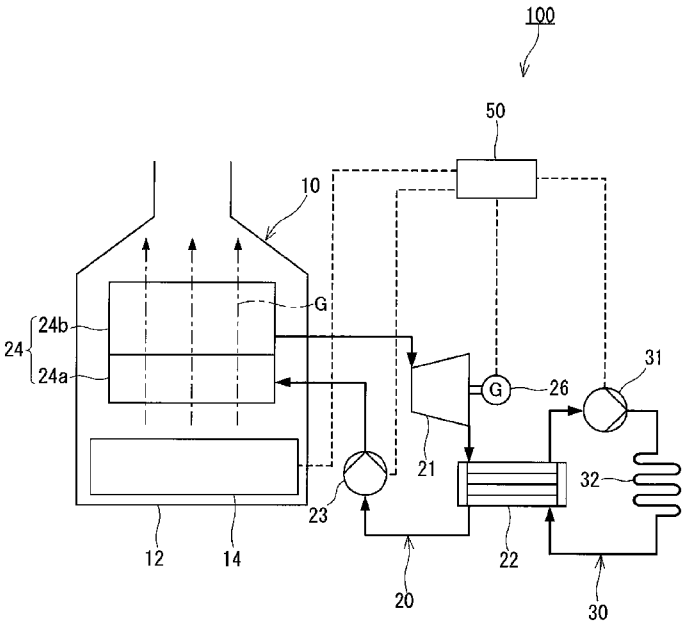


FIG.1

(57) **Abstract**: A Rankine cycle device (20) is provided with a pump (23), an evaporator (24), an expander (21), and a condenser (22). The evaporator (24) has a plurality of heat transfer pipes (28) aligned in a plurality of stages in a flow direction of a high-temperature fluid to perform heat exchange with a working fluid. A heat transfer pipe (28) positioned in the stage the farthest upstream in the flow direction of the high-temperature fluid among the plurality of heat transfer pipes (28) is defined as the farthest upstream heat transfer pipe (28k). For example, the farthest upstream heat transfer pipe (28k) forms an inlet for the evaporator (24) so that the working fluid flowing into the evaporator (24) flows through the farthest upstream heat transfer pipe (28k) first.

(57) 要約:　ランキンサイクル装置（２０）は、ポンプ（２３）、蒸発器（２４）、膨張機（２１）及び凝縮器（２２）を備えている。蒸発器（２４）は、作動流体と熱交換するべき高温流体の流れ方向において複数の段で並べられた複数の伝熱管（２８）を有する。複数の伝熱管（２８）のうち、高温流体の流れ方向における最も上流側の段に位置する伝熱管（２８）を最上流伝熱管（２８ｋ）と定義する。例えば、蒸発器（２４）に流入した作動流体が最上流伝熱管（２８ｋ）を最初に流れるように最上流伝熱管（２８ｋ）が蒸発器（２４）の入口を形成している。

WO 2014/108980 A1

明　細　書

発明の名称 ： ランキンサイクル装置及び熱電併給システム

技術分野

[0001] 本発明は、ランキンサイクル装置及び熱電併給システムに関する。

背景技術

[0002] 当業者に良く知られているように、ランキンサイクルは、蒸気タービンの理論サイクルである。ランキンサイクルに関する研究開発は古くからなされている。一方、特許文献１に記載されているように、ランキンサイクルを応用した熱電併給システムに関する研究開発も行われている。熱電併給システム（ＣＨＰシステム：Combined Heat and Power System）とは、単一又は複数の資源から、熱及び電力のような複数の形態のエネルギーが同時に得られるように構成されたシステムのことである。近年では、大規模なＣＨＰシステムだけでなく、病院、学校、図書館などの比較的小規模な施設に併設できるＣＨＰシステム、さらには、一般家庭用のＣＨＰシステム（いわゆるマイクロＣＨＰ）が注目を浴びている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第２００３／０２１３８５４号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１のＣＨＰシステムは、ガスボイラーで生成された燃焼ガスをランキンサイクル装置のための熱エネルギーとして利用して電力を得るように構成されている。また、特許文献１には、気相の有機作動流体がボイラーで過剰に加熱されることを防止するための蒸発器の構造が開示されている。

[0005] 特許文献１に開示された蒸発器は、確かに、ランキンサイクル装置が定格で運転されているときには有効かもしれない。しかし、ランキンサイクル装置が定格で運転されていないときに同じ効果が得られるかどうかは不明であ

る。

[0006] 本発明は、ランキンサイクル装置において作動流体が過剰に加熱されることを防止するための新規な技術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] すなわち、本開示は、

作動流体を加圧するポンプと、

前記ポンプから吐出された前記作動流体を加熱する蒸発器と、

前記蒸発器で加熱された前記作動流体を膨張させる膨張機と、

前記膨張機から吐出された前記作動流体を冷却する凝縮器と、

を備え、

前記蒸発器は、前記作動流体と熱交換するべき高温流体の流れ方向において複数の段で並べられた複数の伝熱管を有し、

前記複数の伝熱管のうち、前記高温流体の前記流れ方向における最も上流側の段に位置する伝熱管を最上流伝熱管と定義したとき、

（Ａ）前記蒸発器に流入した前記作動流体が前記最上流伝熱管を最初に流れるように前記最上流伝熱管が前記蒸発器の入口を形成している、

（Ｂ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管を含む第１セクションと、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れて前記高温流体と対向流の形式で熱交換させるように、前記複数の伝熱管に含まれた他の複数の伝熱管で構成された第２セクションとを含む、又は、

（Ｃ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管及び前記最上流伝熱管が位置する段とは異なる段において前記蒸発器の入口を形成している前記伝熱管を含み、互いに隣接する複数の段によって形成された第１セクションと、前記高温流体の流れ方向において前記第１セクションよりも下流側に位置し、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れる第２セクションとを含む、

の要件を満たす、ランキンサイクル装置を提供する。

発明の効果

[0008] 上記の技術によれば、作動流体が過剰に加熱されることを防止できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の一実施形態に係るＣＨＰシステムの構成図

[図2A]図１に示すランキンサイクル装置の蒸発器の構成図

[図2B]図２Ａに示す蒸発器の概略平面図

[図3]変形例１に係る蒸発器の構成図

[図4]変形例２に係る蒸発器の構成図

[図5]変形例３に係る蒸発器の構成図

[図6]変形例４に係る蒸発器の構成図

[図7]変形例５に係る蒸発器の構成図

[図8]変形例６に係る蒸発器の構成図

[図9]変形例７に係る蒸発器の構成図

[図10]特許文献１に記載された蒸発器の構成図

発明を実施するための形態

[0010] ランキンサイクル装置の蒸発器において、ガスバーナーで生成された燃焼ガスなどの高温流体と気相の作動流体との間で過剰な熱交換が起こると、作動流体の熱分解、潤滑油の劣化などの不具合を招く恐れがある。この問題は、有機作動流体を使用した場合及び潤滑油を必要とする膨張機を使用した場合に顕著になる。

[0011] 上記の問題を回避するために、特許文献１は、図１０に示す構造の蒸発器１０４を提案している。蒸発器１０４には、高温流体（バーナーで生成された燃焼ガス）の流路１０４Ｃの下流側に作動流体の入口１１０Ａが設けられている。入口１１０Ａから遠位部１０４Ｄに流入した作動流体は、高温流体と対向流の形式で熱交換する。作動流体は、その後、接続管１０４Ｈを経由して、高温流体の流路１０４Ｃの上流側に配置された近位部１０４Ｅに送られる。近位部１０４Ｅにおいて、作動流体は、第１セクション１０４Ｅ１及び第２セクション１０４Ｅ２をこの順番で流れる。すなわち、近位部１０４Ｅにおいて、作動流体は並行流の形式で高温流体と熱交換する。作動流体の

出口１１０Ｃは、エンクロージャ１０４Ａの中央付近に設けられている。なお、伝熱管（丸印）の中の数値は、作動流体の温度（華氏温度）の例を表している。

[0012] 図１０に示す蒸発器１０４によれば、確かに、作動流体の過剰な加熱を防止できると推測される。なぜなら、作動流体は、遠位部１０４Ｄで液相状態、第１セクション１０４Ｅ１で液相状態又は気液二相状態、第２セクション１０４Ｅ２で気液二相状態又は気相状態にあると推測されるからである。しかし、この推測は、ランキンサイクル装置が定格で運転されているときの推測にすぎない。例えば、電力需要の変化に応じて作動流体の循環量を減らした場合、作動流体が第１セクション１０４Ｅ１で早くも気相状態になる可能性がある。その結果、第１セクション１０４Ｅ１において、気相の作動流体が過剰に加熱される可能性がある。

[0013] 作動流体の循環量に応じてバーナーの火力を下げることは１つの有効な手段であるが、応答性の観点から必ずしも十分ではない。また、近年では、バイオマス、木質ペレットなどの固形燃料をガス燃料の代わりに使用する試みも検討されている。ペレットボイラーにおける固体燃料の燃焼は、ガスボイラーにおけるガス燃料の燃焼ほど安定していない。もとより、ペレットボイラーは、火力を急に上げたり下げたりするのに不向きである。そのため、作動流体が過剰に加熱されることを防ぐための技術が益々重要となる。

[0014] 上記のような事情に鑑み、本開示の第１態様は、

作動流体を加圧するポンプと、

前記ポンプから吐出された前記作動流体を加熱する蒸発器と、

前記蒸発器で加熱された前記作動流体を膨張させる膨張機と、

前記膨張機から吐出された前記作動流体を冷却する凝縮器と、

を備え、

前記蒸発器は、前記作動流体と熱交換するべき高温流体の流れ方向において複数の段で並べられた複数の伝熱管を有し、

前記複数の伝熱管のうち、前記高温流体の前記流れ方向における最も上流

側の段に位置する伝熱管を最上流伝熱管と定義したとき、

（Ａ）前記蒸発器に流入した前記作動流体が前記最上流伝熱管を最初に流れるように前記最上流伝熱管が前記蒸発器の入口を形成している、

（Ｂ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管を含む第１セクションと、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れて前記高温流体と対向流の形式で熱交換させるように、前記複数の伝熱管に含まれた他の複数の伝熱管で構成された第２セクションとを含む、又は、

（Ｃ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管及び前記最上流伝熱管が位置する段とは異なる段において前記蒸発器の入口を形成している前記伝熱管を含み、互いに隣接する複数の段によって形成された第１セクションと、前記高温流体の流れ方向において前記第１セクションよりも下流側に位置し、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れる第２セクションとを含む、

の要件を満たす、ランキンサイクル装置を提供する。

[0015] 第１態様によれば、液相又は気液二相の作動流体を最上流伝熱管に確実に流すことができる。従って、最上流伝熱管の内周面の温度が過剰に上昇することを防止でき、ひいては作動流体の熱分解を防ぐことができる。また、膨張機が潤滑油を必要とする膨張機である場合において、潤滑油が蒸発器で劣化することを抑制できる。

[0016] 本開示の第２態様は、第１態様に加え、前記要件（Ｃ）を満たし、前記第１セクションの少なくとも一部は、前記作動流体と前記高温流体とを対向流の形式で熱交換させるように構成されている、ランキンサイクル装置を提供する。第２態様によれば、第１セクションによって蒸発器の熱交換効率を十分に向上させることができる。

[0017] 本開示の第３態様は、第２態様に加え、前記第２セクションは、互いに隣接する複数の段によって形成され、且つ、互いに隣接する少なくとも２つの段に位置する前記伝熱管において前記作動流体と前記高温流体とを並行流の形式で熱交換させるように構成されている、ランキンサイクル装置を提供す

る。このような構成は、熱交換効率の観点では不利であるが、作動流体の熱分解を防ぐのに有利である。

[0018] 本開示の第４態様は、第２態様に加え、前記第２セクションは、互いに隣接する複数の段によって形成され、且つ、互いに隣接する少なくとも２つの段に位置する前記伝熱管において前記作動流体と前記高温流体とを対向流の形式で熱交換させるように構成されている、ランキンサイクル装置を提供する。この場合、第２セクションによって蒸発器の熱交換効率を十分に向上させることができる。

[0019] 本開示の第５態様は、第１態様に加え、前記要件（Ａ）及び前記要件（Ｂ）の両方を満たす、ランキンサイクル装置を提供する。第５態様によれば、第１態様の効果をより確実に得ることができるとともに、蒸発器の熱交換効率を十分に向上させることができる。

[0020] 本開示の第６態様は、第１～第５態様のいずれか１つに加え、前記蒸発器は、前記第１セクションと前記第２セクションとの間の熱の移動を妨げる断熱構造をさらに有する、ランキンサイクル装置を提供する。断熱構造は、蒸発器の入口付近の作動流体と出口付近の作動流体との間で熱交換が起こることを妨げるので、高い熱交換効率を達成することに寄与する。

[0021] 本開示の第７態様は、第６態様に加え、前記蒸発器は、フィンを含むフィンチューブ熱交換器であり、前記フィンは、前記第１セクションと前記第２セクションとに共用されており、前記断熱構造は、前記第１セクションと前記第２セクションとの境界において前記フィンに形成された貫通孔である、ランキンサイクル装置を提供する。フィンに形成された貫通孔は、第２セクションから第１セクションへの伝熱経路の断面積を削減する。従って、貫通孔によって、第２セクションから第１セクションへの熱伝導が妨げられる。

[0022] 本開示の第８態様は、第１～第７態様のいずれか１つに加え、前記第１セクションを構成している部材が前記第２セクションを構成している部材から離れている、ランキンサイクル装置を提供する。このような構成は、蒸発器の入口付近の作動流体と出口付近の作動流体との間で熱交換が起こることを

妨げ、高い熱交換効率を達成することに寄与する。

[0023] 本開示の第９態様は、第１～第８態様のいずれか１つに加え、前記第１セクションが前記伝熱管のみで構成され、前記第２セクションがフィンチューブ熱交換器の構造を有する、ランキンサイクル装置を提供する。このような構成は、蒸発器の入口付近の作動流体と出口付近の作動流体との間で熱交換が起こることを妨げ、高い熱交換効率を達成することに寄与する。

[0024] 本開示の第１０態様は、第１～第９態様のいずれか１つに加え、前記第２セクションの段数が前記第１セクションの段数よりも多い、ランキンサイクル装置を提供する。第１０態様によれば、例えば、対向流の形式で作動流体と高温流体との間の熱交換が行われる流路の長さを十分に確保できる。このことは、蒸発器の熱交換効率を向上させる観点で有利であり、蒸発器の小型化にも寄与する。

[0025] 本開示の第１１態様は、第１～第１０態様のいずれか１つに加え、前記第１セクションに含まれた前記伝熱管の外径が、前記第２セクションに含まれた前記伝熱管の外径よりも大きい、ランキンサイクル装置を提供する。第１セクションに比較的外径の大きい伝熱管を使用すれば、第１セクションにおける熱交換効率が少し犠牲になるものの、第１セクションにおける作動流体の状態を概ね液相状態又は気液二相状態に保つことができる。

[0026] 本開示の第１２態様は、第１～第１１態様のいずれか１つに加え、前記最上流伝熱管が内面平滑管である、ランキンサイクル装置を提供する。このような構成によれば、最上流伝熱管における熱交換効率が少し犠牲になるものの、最上流伝熱管における作動流体の状態を概ね液相状態又は気液二相状態に保つことができる。

[0027] 本開示の第１３態様は、第１～第１２態様のいずれか１つに加え、前記蒸発器は、フィンを含むフィンチューブ熱交換器であり、前記フィンは、切り起こしを有さないフラットフィンである、ランキンサイクル装置を提供する。フラットフィンを使用すれば、熱交換効率が少し犠牲になるものの、第１セクションで作動流体が加熱されすぎることを防止できる。

[0028] 本開示の第１４態様は、第１～第１３態様のいずれか１つに加え、前記最上流伝熱管が前記高温流体の前記流れ方向へオフセットしている、ランキンサイクル装置を提供する。第１４態様によれば、最上流伝熱管で作動流体が気相状態になって熱で分解することを防止できる。

[0029] 本開示の第１５態様は、

第１～第１４態様のいずれか１つのランキンサイクル装置と、

前記ランキンサイクル装置の前記凝縮器において前記作動流体を冷却する低温熱源としての熱媒体が流れる熱媒体回路と、

を備えた、熱電併給システムを提供する。

[0030] 第１～第１４態様のいずれか１つのランキンサイクル装置を使用すれば、信頼性の高い熱電併給システムを提供できる。

[0031] 本開示の第１６態様は、

ランキンサイクル用蒸発器であって、

ランキンサイクルの作動流体と熱交換するべき高温流体の流れ方向において複数の段で並べられた複数の伝熱管を有し、

前記複数の伝熱管のうち、前記高温流体の前記流れ方向における最も上流側の段に位置する伝熱管を最上流伝熱管と定義したとき、

（Ａ）前記蒸発器に流入した前記作動流体が前記最上流伝熱管を最初に流れるように前記最上流伝熱管が前記蒸発器の入口を形成している、

（Ｂ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管を含む第１セクションと、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れて前記高温流体と対向流の形式で熱交換させるように、前記複数の伝熱管に含まれた他の複数の伝熱管で構成された第２セクションとを含む、又は、

（Ｃ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管及び前記最上流伝熱管が位置する段とは異なる段において前記蒸発器の入口を形成している前記伝熱管を含み、互いに隣接する複数の段によって形成された第１セクションと、前記高温流体の流れ方向において前記第１セクションよりも下流側に位置し、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れる第２セクションとを含む

、

の要件を満たす、ランキンサイクル用蒸発器を提供する。

[0032] 第１６態様の蒸発器をランキンサイクル装置に使用すれば、第１態様と同じ効果が得られる。

[0033] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態によって本発明が限定されるものではない。

[0034] 図１に示すように、本実施形態の熱電併給システム１００（以下、ＣＨＰシステムと称する）は、ボイラー１０、ランキンサイクル装置２０、熱媒体回路３０及び制御装置５０を備えている。ＣＨＰシステム１００は、ボイラー１０で生成された熱エネルギーを使用して、温水及び電力を同時に又は独立して得ることができるように構成されている。「同時に」とは、温水を供給しながら電力も供給できるという意味である。

[0035] ボイラー１０は、燃焼チャンバ１２及び燃焼器１４（combustor）を備えている。燃焼チャンバ１２の上部には排気口が設けられている。燃焼器１４は、燃焼ガスＧを生成する熱源であり、燃焼チャンバ１２の内部に配置されている。燃焼器１４で生成された燃焼ガスＧは、燃焼チャンバ１２の内部空間を上に向かって進み、排気口を通って外部へと排出される。ＣＨＰシステム１００の熱源として、燃焼ガスＧを生成する燃焼器１４を使用すれば、高温の熱エネルギーを容易に得ることができる。その結果、ランキンサイクル装置２０の発電効率を向上させることができる。ボイラー１０の内部には、送風機などの他の機器が配置されていてもよい。

[0036] ボイラー１０は、例えばガスボイラーである。ボイラー１０がガスボイラーであるとき、燃焼器１４には天然ガス、バイオガスなどの燃料ガスが供給される。燃焼器１４は、燃料ガスを燃焼させることによって高温の燃焼ガスＧを生成する。ただし、ボイラー１０がペレットボイラーなどの他のボイラーであってもよい。この場合、燃焼器１４には木質ペレットなどの固体燃料が供給される。

[0037] ランキンサイクル装置２０は、膨張機２１、凝縮器２２、ポンプ２３及び

蒸発器２４を備えている。これらのコンポーネントは、閉回路を形成するように複数の配管によって上記の順番で環状に接続されている。ランキンサイクル装置２０には、公知の再生器などが設けられていてもよい。

[0038] 膨張機２１は、作動流体を膨張させることによって作動流体の膨張エネルギーを回転動力に変換する。膨張機２１の回転軸には、発電機２６が接続されている。膨張機２１によって発電機２６が駆動される。膨張機２１は、例えば、容積型又はターボ型の膨張機である。容積型の膨張機として、スクロール膨張機、ロータリ膨張機、スクリュー膨張機、往復膨張機などが挙げられる。ターボ型の膨張機は、いわゆる膨張タービンである。

[0039] 膨張機２１として、容積型の膨張機が推奨される。一般に、容積型の膨張機は、ターボ型の膨張機よりも広範囲の回転数で高い膨張機効率を発揮する。例えば、高効率を維持したまま、定格回転数の半分以下の回転数で容積型の膨張機を運転することも可能である。つまり、高効率を維持したまま、発電量を定格発電量の半分以下に低下させることができる。容積型の膨張機はこのような特性を持っているので、容積型の膨張機を使用すれば熱需要の変化に伴う発電量の変化に柔軟に対応することができる。また、電力の需要の変化に対しても高効率を維持したまま発電量を増減できる。

[0040] 凝縮器２２は、熱媒体回路３０の中の水と膨張機２１から吐出された作動流体とを熱交換させることによって、作動流体を冷却し、水を加熱する。凝縮器２２として、プレート式熱交換器、二重管式熱交換器などの公知の熱交換器を使用できる。凝縮器２２の種類は、熱媒体回路３０の中の熱媒体の種類に応じて適切に選択される。熱媒体回路３０の中の熱媒体が水などの液体のとき、プレート式熱交換器又は二重管式熱交換器を凝縮器２２に好適に使用できる。熱媒体回路３０の中の熱媒体が空気などの気体のとき、フィンチューブ熱交換器を凝縮器２２に好適に使用できる。

[0041] ポンプ２３は、凝縮器２２から流出した作動流体を吸い込んで加圧し、加圧された作動流体を蒸発器２４に供給する。ポンプ２３として、一般的な容積型又はターボ型のポンプを使用できる。容積型のポンプとして、ピストン

ポンプ、ギヤポンプ、ベーンポンプ、ロータリポンプなどが挙げられる。ターボ型のポンプとして、遠心ポンプ、斜流ポンプ、軸流ポンプなどが挙げられる。

[0042] 蒸発器２４は、ボイラー１０で生成された燃焼ガスＧの熱エネルギーを吸収する熱交換器である。蒸発器２４は、例えばフィンチューブ熱交換器であり、燃焼ガスＧの流路上に位置するように、ボイラー１０の内部に配置されている。本実施形態では、蒸発器２４は、燃焼器１４の真上に位置している。ボイラー１０で生成された燃焼ガスＧとランキンサイクル装置２０の作動流体とが蒸発器２４において熱交換する。これにより、作動流体が加熱され、蒸発する。

[0043] ランキンサイクル装置２０の作動流体として、有機作動流体を好適に使用できる。有機作動流体として、ハロゲン化炭化水素、炭化水素、アルコールなどが挙げられる。ハロゲン化炭化水素として、Ｒ－１２３、Ｒ－２４５ｆａ、Ｒ－１２３４ｚｅなどが挙げられる。炭化水素として、プロパン、ブタン、ペンタン、イソペンタンなどのアルカンが挙げられる。アルコールとして、エタノールなどが挙げられる。これらの有機作動流体は、単独で使用してもよいし、２種類以上の混合物を使用してもよい。作動流体として、水、二酸化炭素、アンモニアなどの無機作動流体を使用できる可能性もある。

[0044] 熱媒体回路３０は、凝縮器２２においてランキンサイクル装置２０の作動流体を冷却する低温熱源としての水（熱媒体）が流れる回路であり、凝縮器２２に接続されている。熱媒体回路３０の中の水は、膨張機２１から吐出された作動流体によって加熱される。熱媒体回路３０には、ポンプ３１及び放熱器３２が設けられている。放熱器３２は、例えば、室内の床暖房設備の一部である。凝縮器２２で作られた温水がポンプ３１によって放熱器３２に供給され、室内の暖房に使用される。つまり、本実施形態では、熱媒体回路３０は温水暖房回路である。市水を凝縮器２２で加熱する場合には、凝縮器２２で作られた温水を給湯に使用することもできる。作動流体の低温排熱を有効利用することによって、ランキンサイクル装置２０の総合熱効率を向上さ

せることができる。

[0045] 本実施形態のように、熱媒体回路３０を通じて加熱されるべき熱媒体が水、ブラインなどの液体のとき、熱媒体回路３０は複数の配管にて形成されうる。これに対し、熱媒体回路３０を通じて加熱されるべき熱媒体が空気などの気体のとき、熱媒体回路３０は気体を流すための風路又はダクトにて形成されうる。凝縮器２２で作られた温風が室内に供給され、室内の暖房に使用される。

[0046] 熱媒体回路３０で生成された温水は、シャワー、蛇口、貯湯タンクなどの他の設備にも供給されうる。すなわち、熱媒体回路３０は、低温の温水を再加熱する目的で使用されてもよいし、市水を加熱する目的で使用されてもよい。なお、ＣＨＰシステム１００は、熱媒体回路３０による温水の供給を停止して電力のみを供給できるように構成されていてもよい。

[0047] 制御装置５０は、ポンプ２３、ポンプ３１、燃焼器１４、発電機２６などの制御対象を制御する。制御装置５０として、Ａ／Ｄ変換回路、入出力回路、演算回路、記憶装置などを含むＤＳＰ（Digital Signal Processor）を使用できる。制御装置５０には、ＣＨＰシステム１００を適切に運転するためのプログラムが格納されている。

[0048] 次に、蒸発器２４の詳細な構造を説明する。

[0049] 図１、図２Ａ及び図２Ｂに示すように、本実施形態において、蒸発器２４は、複数のフィン２７及び複数の伝熱管２８を有するフィンチューブ熱交換器である。複数のフィン２７は、それらの表面及び裏面が鉛直方向に平行となるように、水平方向に並べられている。フィン２７とフィン２７との間に形成された空間が燃焼ガスＧ（高温流体）の排気経路を形成している。複数の伝熱管２８は、それぞれ、複数のフィン２７を水平方向に貫通している。複数の伝熱管２８は、作動流体と熱交換するべき燃焼ガスＧの流れ方向（高さ方向）において複数の段で並べられている。本実施形態では、高さ方向において４段で伝熱管２８が並べられている。

[0050] 図２Ａ及び図２Ｂから理解できるように、伝熱管２８は、水平方向（燃焼

ガスＧの流れ方向に垂直な方向）にも複数の列（本実施形態では８列）で並べられている。つまり、伝熱管２８は、高さ方向（Ｙ方向）と水平方向（Ｘ方向）との両方向にマトリクス状に並べられている。作動流体は、まず、同じ段に位置している伝熱管２８を流れた後、別の段に位置している伝熱管２８に送られる。図２Ｂに示すように、フィン２７の表面に垂直な方向から蒸発器２４を観察すると、複数の伝熱管２８は、千鳥配列で配置されている。複数の伝熱管２８は、それら伝熱管２８の長手方向の両端に設けられたベンド管２９によって１つの流路をなすように互いに接続されている。ただし、全ての伝熱管２８によって単一の流路が形成されていることは必須ではない。分配器などの公知の部品を使用することによって、２以上の流路が並列に形成されていてもよい。また、伝熱管２８として、いわゆるヘアピン管を使用してもよい。この場合、２つの直線状の伝熱管２８と１つのベンド管２９の組み合わせをヘアピン管で置き換えることができる。

[0051] 図２Ａ及び図２Ｂに示すように、複数の伝熱管２８のうち、燃焼ガスＧの流れ方向における最も上流側の段に位置する伝熱管２８を最上流伝熱管２８ｋと定義する。蒸発器２４に流入した作動流体が最上流伝熱管２８ｋを最初に流れるように最上流伝熱管２８ｋが蒸発器２４の入口を形成している。最上流伝熱管２８ｋは、蒸発器２４における作動流体の流路の最も上流側の部分を形成している伝熱管である。このような構成によれば、ポンプ２３から吐出された作動流体は、蒸発器２４において最上流伝熱管２８ｋを最初に流れる。ポンプ２３から吐出された作動流体は、その流量によらず、確実に液相状態にある。つまり、本実施形態によれば、最も高い温度の燃焼ガスＧに晒される最上流伝熱管２８ｋに気相状態の作動流体が流れることを回避できる。

[0052] 伝熱管を流れる作動流体（Ｒ－２４５ｆａ）が高温の燃焼ガスで加熱されたとき、伝熱管の内周面の温度が何度に達するのか、下記式（１）に基づいて簡易的に計算した。結果を表１に示す。下記式（１）及び表１において、h_aは、伝熱管の外周面（燃焼ガスの側）における熱伝達率を表している。T_a

は、燃焼ガスの温度を表している。h_rは、伝熱管の内周面（作動流体の側）における熱伝達率を表している。T_rは、作動流体の主流の温度を表している。T_wは、伝熱管の内周面の温度を表している。

[0053] $T_w \fallingdotseq (h_a T_a + h_r T_r) / (h_a + h_r)$ ・・・（１）

[0054] [表1]

	気相	液相	二相
h_a [W/(m^2・K)]	50	−	−
T_a [℃]	1300	−	−
h_r [W/(m^2・K)]	200	2000	6000
T_r [℃]	150	←	←
T_w [℃]	380	178	160

[0055] 表１に示すように、作動流体が気相状態のときの伝熱管の内周面の熱伝達率は非常に小さい。そのため、作動流体が気相状態のとき、伝熱管の内周面の温度は、３８０℃にも達する。この温度は、Ｒ－２４５ｆａの熱分解温度である２５０℃を大幅に上回っている。他方、作動流体が液相状態又は気液二相状態のときの伝熱管の内周面の熱伝達率は非常に大きく、作動流体が気相状態のときの伝熱管の内周面の熱伝達率の１０倍～数十倍である。そのため、作動流体が液相状態又は気液二相状態のとき、伝熱管の内周面の温度は、１７８℃又は１６０℃であり、十分に低い。

[0056] 本実施形態の蒸発器２４によれば、液相又は気液二相の作動流体を最上流伝熱管２８ｋに確実に流すことができる。従って、上記の計算結果からも明らかなように、最上流伝熱管２８ｋの内周面の温度が過剰に上昇することを防止でき、ひいては作動流体の熱分解を防ぐことができる。また、膨張機２１が潤滑油を必要とする膨張機である場合において、潤滑油が蒸発器２４で劣化することを抑制できる。

[0057] 次に、蒸発器２４の他の特徴を説明する。

[0058] 図２Ａ及び図２Ｂに示すように、蒸発器２４において、伝熱管２８が並べられた複数の段は、第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとに分け

て把握されうる。第１セクション２４ａは、最上流伝熱管２８ｋを含むセクションである。第２セクション２４ｂは、複数の伝熱管２８に含まれた他の複数の伝熱管２８で構成されたセクションである。詳細には、第２セクション２４ｂは、互いに隣接する複数の段によって形成されたセクションである。第２セクション２４ｂは、第１セクション２４ａを流れた作動流体を受け入れて燃焼ガスＧと対向流の形式で熱交換させる。燃焼器１４の近くに第１セクション２４ａが位置しており、燃焼器１４から離れて第２セクション２４ｂが位置している。つまり、燃焼ガスＧの流れ方向において第１セクション２４ａよりも下流側に第２セクション２４ｂが位置している。燃焼ガスＧは、第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂをこの順番で通過する。

[0059] 本実施形態では、第１セクション２４ａが複数の最上流伝熱管２８ｋのみを含む。最上流伝熱管２８ｋを除く他の複数の伝熱管２８によって第２セクション２４ｂが形成されている。第１セクション２４ａ（最上流伝熱管２８ｋ）を流れた作動流体は、ベンド管２９（接続管）を経由して、第２セクション２４ｂの入口の伝熱管２８に送られる。詳細には、作動流体は、燃焼ガスＧの流れ方向において最も下流側の段（図２Ａ及び図２Ｂで最も上の段）に位置する伝熱管２８に送られる。その後、作動流体は、燃焼器１４に徐々に近づく形で第２セクション２４ｂの複数の伝熱管２８を上から順番に第１セクション２４ａに隣接する段の伝熱管２８まで流れる。蒸発器２４の出口は、第２セクション２４ｂの最も下の段の伝熱管２８によって形成されている。以上のように、第２セクション２４ｂでは、作動流体の流れ方向と燃焼ガスＧの流れ方向とが対向している。従って、第２セクション２４ｂによって蒸発器２４の熱交換効率を十分に向上させることができる。

[0060] 図１０を参照して説明した蒸発器１０４によれば、遠位部１０４Ｄでは作動流体と燃焼ガスとが対向流の形式で熱交換を行うが、近位部１０４Ｅでは作動流体と燃焼ガスとが並行流の形式で熱交換を行う。従って、近位部１０４Ｅでの熱交換効率はあまりよくない。しかも、蒸発器１０４の全体に占め

る近位部１０４Ｅの割合が比較的大きい。そのため、蒸発器１０４のトータルの熱交換効率も必ずしも高くない。

[0061] これに対し、本実施形態では、第２セクション２４ｂの段数が第１セクション２４ａの段数よりも多い。言い換えれば、第２セクション２４ｂの流路長さが第１セクション２４ａの流路長さよりも長い。従って、対向流の形式で作動流体と燃焼ガスＧとの間の熱交換が行われる流路の長さを十分に確保できる。このことは、蒸発器２４の熱交換効率を向上させる観点で有利であり、ボイラー１０及び蒸発器２４の小型化にも寄与する。また、第１セクション２４ａの段数を適切に制限することによって、第１セクション２４ａにおける作動流体の状態を概ね液相状態に保つことができる。つまり、第１セクション２４ａの出口（図２Ａではベンド管２９）で作動流体が液相状態を保っていることが望ましい。これにより、第１セクション２４ａで作動流体が気相状態になって熱で分解することを防止できる。ただし、第１セクション２４ａで作動流体が液相状態から気液二相状態に変化してもよい。

[0062] 第１セクション２４ａの段数Ｎ１に対する第２セクション２４ｂの段数Ｎ２の比率（Ｎ２／Ｎ１）は特に限定されない。第１セクション２４ａで作動流体が液相状態又は気液二相状態を保つように比率（Ｎ２／Ｎ１）を決定することができる。本実施形態では、比率（Ｎ２／Ｎ１）は３である。

[0063] また、第１セクション２４ａに含まれた伝熱管２８（本実施形態では最上流伝熱管２８ｋ）の外径は、第２セクション２４ｂに含まれた伝熱管２８の外径よりも大きい。一般に、フィンチューブ熱交換器において伝熱管の外径が大きくなればなるほど、冷媒側の熱伝達率は低下する。そのため、第１セクション２４ａに比較的外径の大きい伝熱管２８を使用すれば、第１セクション２４ａにおける熱交換効率が少し犠牲になるものの、第１セクション２４ａの段数を制限する場合と同じように、第１セクション２４ａにおける作動流体の状態を概ね液相状態又は気液二相状態に保つことができる。これにより、第１セクション２４ａで作動流体が気相状態になって熱で分解することを防止できる。

[0064] 第１セクション２４ａの伝熱管２８の外径Ｄ１に対する第２セクション２４ｂの伝熱管２８の外径Ｄ２の比率（Ｄ２／Ｄ１）は特に限定されない。第１セクション２４ａで作動流体が液相状態又は気液二相状態を保つように比率（Ｄ２／Ｄ１）を決定することができる。

[0065] また、本実施形態では、最上流伝熱管２８ｋに内面平滑管が使用されている。このような構成によれば、最上流伝熱管２８ｋにおける熱交換効率が少し犠牲になるものの、第１セクション２４ａの段数を制限する場合と同じように、最上流伝熱管２８ｋにおける作動流体の状態を概ね液相状態又は気液二相状態に保つことができる。これにより、最上流伝熱管２８ｋで作動流体が気相状態になって熱で分解することを防止できる。内面平滑管は、第１セクション２４ａを形成する全ての伝熱管に使用されてもよい。

[0066] 当業者に良く知られているように、空気調和装置の室内機及び室内機のフィンチューブ熱交換器には、内面溝付き管が使用されている。内面溝付き管は、冷媒などの作動流体が気液二相状態にあること及び蒸発器への適用を考慮した伝熱管である。伝熱管の内周面に溝が形成されていると、液冷媒が溝に沿って流れるので、伝熱管の内周面における熱伝達率が向上し、蒸発器での熱交換効率が向上する。しかし、本実施形態において、最上流伝熱管２８ｋに流れる作動流体は液相状態でありうる。この場合、最上流伝熱管２８ｋに内面溝付き管を使用する利益があまり無い。逆に、最上流伝熱管２８ｋに内面平滑管を使用すれば、圧力損失を抑制できるので、ポンプ２３の仕事を減らすことができ、ランキンサイクル装置２０の効率を上げることができる。

[0067] なお、第２セクション２４ｂの伝熱管２８には、内面溝付き管の使用が推奨される。内面溝付き管は、同じ外径の内面平滑管と比較して大きい伝熱面積を有する。従って、内面溝付き管を使用すれば、熱交換効率は向上する。また、第２セクション２４ｂの大部分において、作動流体は気液二相状態であることが推測される。このことも、第２セクション２４ｂの伝熱管２８に内面溝付き管の使用が推奨される理由である。

[0068] ところで、図２Ａ及び図２Ｂに示す順番で作動流体が流路を流れるように蒸発器２４を設計すると、蒸発器２４の入口付近の作動流体の流路が蒸発器２４の出口付近の作動流体の流路に隣接する。この場合、入口付近の作動流体と出口付近の作動流体との間で熱交換が起こり、熱交換効率の低下を招く可能性がある。この問題は、図１０を参照して説明した蒸発器１０４にも存在する。

[0069] 上記の問題に取り組むために、本実施形態の蒸発器２４は、第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとの間の熱の移動を妨げる断熱構造をさらに有している。このような断熱構造は、蒸発器２４の入口付近の作動流体と出口付近の作動流体との間で熱交換が起こることを妨げるので、高い熱交換効率を達成することに寄与する。

[0070] 図２Ｂに示すように、断熱構造の具体例は、複数のフィン２７のそれぞれに形成された少なくとも１つの貫通孔３２である。本実施形態では、蒸発器２４がフィンチューブ熱交換器であり、複数のフィン２７が第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとに共用されている。さらに、断熱構造としての複数の貫通孔３２が第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとの境界に形成されている。貫通孔３２は、詳細には、スリット３２である。すなわち、複数のスリット３２が伝熱管２８の長手方向に直交する方向（燃焼ガスＧの流れ方向に直交する方向）に等間隔で形成されている。複数のスリット３２は、一列のみ形成されていてもよいし、複数の列で形成されていてもよい。

[0071] スリット３２は、第２セクション２４ｂから第１セクション２４ａへの伝熱経路の断面積（フィン２７の断面積）を大幅に削減する。従って、スリット３２によって、第２セクション２４ｂから第１セクション２４ａへの熱伝導が十分に妨げられる。また、フィン２７を第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとに共用することによって、蒸発器２４の部品点数を削減できるだけでなく、蒸発器２４の組み立ても容易になる。さらに、フィン２７にスリット３２を形成するための加工は比較的容易なので、スリット３２を

形成することによる生産コスト増大の問題も生じにくい。

[0072] 第２セクション２４ｂから第１セクション２４ａへの伝熱経路の断面積を減らすことができる限りにおいて、スリット３２以外の貫通孔を採用することも可能である。つまり、貫通孔の形状は特に限定されない。平面視で円形、矩形、楕円形などの各種形状の複数の孔が第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとの境界に形成されていてもよい。さらに、第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとの境界に十分な長さを有するスリット３２が１つのみ形成されていてもよい。

[0073] また、本実施形態において、フィン２７は、ルーバーなどの切り起こしを有さないフラットフィンである。フラットフィンを使用すれば、熱交換効率が少し犠牲になるものの、第１セクション２４ａで作動流体が加熱されすぎることを防止できる。その結果、第１セクション２４ａにおける作動流体の状態を概ね液相状態又は気液二相状態に保つことができる。これにより、第１セクション２４ａで作動流体が気相状態になって熱で分解することを防止できる。

[0074] また、最上流伝熱管２８ｋを燃焼器１４から適度に離れた位置に配置するために、最上流伝熱管２８ｋを燃焼ガスＧの流れ方向へオフセットさせてもよい。これにより、最上流伝熱管２８ｋで作動流体が気相状態になって熱で分解することを防止できる。例えば、下から２段目の伝熱管２８と最上流伝熱管２８ｋとの間隔が、下から２段目の伝熱管２８と下から３段目の伝熱管２８との間隔よりも狭くなるように、最上流伝熱管２８ｋの位置を調整することができる。

[0075] ＣＨＰシステム１００は、例えば、以下の手順で運転される。

[0076] まず、ポンプ２３を動かしてランキンサイクル装置２０の運転を開始させる。適切なタイミングで熱媒体回路３０のポンプ３１を動かして熱媒体回路３０で水を循環させる。作動流体の循環量が所定の循環量に達したら燃焼器１４への燃料の供給を開始し、燃料に着火する。ランキンサイクル装置２０の作動流体は、蒸発器２４においてボイラー１０で生成された燃焼ガスＧか

ら熱を受け取り、過熱状態の気相の作動流体へと変化する。高温かつ気相の作動流体は膨張機２１へと送られる。膨張機２１において、作動流体の圧力エネルギーが機械エネルギーに変換され、発電機２６が駆動される。これにより、発電機２６において電力が生成される。膨張機２１から吐出された作動流体は凝縮器２２に流入する。膨張機２１の出口において、作動流体が過熱状態を維持していてもよい。作動流体は、凝縮器２２において、熱媒体回路３０を循環する水によって冷却され、凝縮する。熱媒体回路３０の中の水は作動流体によって加熱される。熱媒体回路３０で温水が生成され、生成された温水は放熱器３２へと供給される。凝縮した作動流体はポンプ２３によって加圧され、再び蒸発器２４に送られる。

[0077] 本明細書では、高温流体を生成するための熱源としてボイラー１０を例示している。しかし、空気などの流体を十分に高い温度に加熱できる限りにおいて、熱源はボイラー１０に限定されない。

[0078] 以下、蒸発器のいくつかの変形例を説明する。各変形例の特徴は、技術的な矛盾が生じない限り、相互に組み合わせることができる。さらに、各変形例の特徴を図２Ａ及び図２Ｂを参照して説明した蒸発器２４に組み合わせることもできる。蒸発器２４に関する説明は、技術的な矛盾が生じない限り、以下の変形例にも適用される。

[0079]（変形例１）

図３に示すように、変形例１に係る蒸発器３４は、第１セクション２４ａが同じ段に位置する複数の伝熱管２８（詳細には複数の最上流伝熱管２８ｋ）のみで構成されている。第２セクション２４ｂは、フィンチューブ熱交換器の構造を有している。第２セクション２４ｂに専用のフィン２７ｂは、図２Ａ及び図２Ｂを参照して説明したフィン２７よりも短い。フィン２７ｂの下端は、燃焼ガスＧの流れ方向において、第１セクション２４ａの伝熱管２８ｋと第２セクション２４ｂの伝熱管２８との間の空間に位置している。第１セクション２４ａの伝熱管２８（最上流伝熱管２８ｋ）は、燃焼ガスＧの流れ方向において、第２セクション２４ｂの伝熱管２８及びフィン２７ｂに

接していない。つまり、第１セクション２４ａを構成している部材が第２セクション２４ｂを構成している部材から離れている。第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとの間には、燃焼ガスＧの排気経路としての空間が広がっている。このような構成は、蒸発器３４の入口付近の作動流体と出口付近の作動流体との間で熱交換が起こることを妨げ、高い熱交換効率を達成することに寄与する。

[0080]（変形例２）

図４に示すように、変形例２に係る蒸発器４４は、複数のフィン２７ａ及び複数のフィン２７ｂを含むフィンチューブ熱交換器である。本変形例では、第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂの両方がフィンチューブ熱交換器の構造を有している。第１セクション２４ａのフィン２７ａは、第１セクション２４ａに専用のフィンである。第１セクション２４ａのフィン２７ａは、第２セクション２４ｂのフィン２７ｂとは別の部品である。燃焼ガスＧの流れ方向において、フィン２７ａとフィン２７ｂとの間には、適切な広さの隙間が確保されている。すなわち、本変形例においても、第１セクション２４ａを構成している部材が第２セクション２４ｂを構成している部材から離れている。従って、本変形例においても変形例１と同じ効果が得られる。また、第１セクション２４ａの伝熱管２８（最上流伝熱管２８ｋ）にフィン２７ａが取り付けられているので、第２セクション２４ｂだけでなく、第１セクション２４ａにおいても高い熱交換効率が達成されうる。

[0081]（変形例３）

図５に示すように、変形例３に係る蒸発器５４は、複数のフィン２７ａを含むフィンチューブ熱交換器である。フィン２７ａは、変形例２（図４）を参照して説明したフィンであり、平面視で矩形の形状を有する。本変形例では、伝熱管２８の段数と同じ段数のフィン２７ａが設けられている。つまり、変形例３の蒸発器５４は、図２Ａ及び図２Ｂを参照して説明したフィン２７を高さ方向において伝熱管２８の段数と同じ数に分割したときに得られる構造と同じ構造を有する。ある段に位置する伝熱管２８に取り付けられたフ

ィン２７ａは、別の段に位置する伝熱管２８に取り付けられたフィン２７ａとは別の部材である。燃焼ガスＧの流れ方向において互いに隣り合う２つの段の一方に位置する伝熱管２８に取り付けられたフィン２７ａと他方に位置する伝熱管２８に取り付けられたフィン２７ａとの間には、適切な広さの隙間が確保されている。本変形例によれば、変形例２で得られる効果と同じ効果が得られるだけでなく、互いに隣り合う２つの段の一方に位置する伝熱管２８から他方に位置する伝熱管２８への熱の移動を確実に遮断できる。

[0082] （変形例４）

図６に示すように、変形例４に係る蒸発器６４は、先に説明した蒸発器２４，３４，４４及び５４と同じように、第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂを有する。ただし、本変形例において、第１セクション２４ａは、最も下の段に位置する伝熱管２８（最上流伝熱管２８ｋ）と、下から２つ目の段に位置する伝熱管２８とを含んでいる。第２セクション２４ｂは、４つの段に位置する伝熱管２８を含んでいる。第１セクション２４ａにおいて、作動流体は並行流の形式で燃焼ガスＧと熱交換する。第２セクション２４ｂにおいて、作動流体は対向流の形式で燃焼ガスＧと熱交換する。このように、蒸発器における伝熱管２８の段数は特に限定されない。特に、本変形例では、蒸発器６４の出口を形成している伝熱管２８が下から３つ目の段に位置している。蒸発器６４の出口を形成している伝熱管２８が燃焼器１４に近すぎて、ランキンサイクル装置２０が定格で運転されているときに作動流体が過剰に加熱されるおそれがある場合には、本変形例のように、第１セクション２４ａの段数を増やすことが有効である。なお、先に説明したように、第２セクション２４ｂの段数は、第１セクション２４ａの段数よりも多いことが望ましい。

[0083] 図１～図６に示す蒸発器２４～６４において、第１セクション２４ａは、最上流伝熱管２８ｋを含むセクションでありうる。第２セクション２４ｂは、燃焼ガスＧの流れ方向において第１セクション２４ａよりも下流側に位置しており、対向流の形式で熱交換が行われる複数の段によって形成されたセ

クションでありうる。

[0084] 以下の変形例において、第１セクション２４ａは、以下のように定義されうる。すなわち、最上流伝熱管２８ｋが蒸発器の入口を形成しているとき、第１セクション２４ａは、最上流伝熱管２８ｋが位置している段によって形成されたセクションでありうる。最上流伝熱管２８ｋが蒸発器の入口を形成していないとき、第１セクション２４ａは、蒸発器の入口を形成している伝熱管２８が位置している段から、最上流伝熱管２８ｋが位置している段までの複数の段によって形成されたセクションでありうる。第２セクション２４ｂは、燃焼ガスＧの流れ方向において第１セクション２４ａよりも下流側に位置し、第１セクション２４ａを流れた作動流体を受け入れるセクションでありうる。

[0085]（変形例５）

図７に示すように、変形例５に係る蒸発器７４も第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂを有する。第２セクション２４ｂの一部は、作動流体と燃焼ガスＧとを対向流の形式で熱交換させるように構成されている。第２セクション２４ｂの残部は、作動流体と燃焼ガスＧとを並行流の形式で熱交換させるように構成されている。具体的には、作動流体の流れ方向における第２セクション２４ｂの上流側部分が作動流体と燃焼ガスＧとを対向流の形式で熱交換させるように構成されている。作動流体の流れ方向における第２セクション２４ｂの下流側部分（最も上の段）が作動流体と燃焼ガスＧとを並行流の形式で熱交換させるように構成されている。本変形例では、第２セクション２４ｂの上流側部分は、下から２つ目の段から上から２つ目の段までに位置する伝熱管２８によって形成されている。第２セクション２４ｂの下流側部分は、最も上の段に位置する伝熱管２８によって形成されている。このように、第２セクション２４ｂの一部のみが作動流体と燃焼ガスＧとを対向流の形式で熱交換させるように構成されていてもよい。

[0086] なお、第２セクション２４ｂの上流側部分が作動流体と燃焼ガスＧとを並行流の形式で熱交換させるように構成されていてもよい。第２セクション２

４ｂの下流側部分が作動流体と燃焼ガスＧとを対向流の形式で熱交換させるように構成されていてもよい。また、熱交換効率の観点から、対向流の形式で熱交換が行われる部分の段数は、並行流の形式で熱交換が行われる部分の段数よりも多くてもよい。

[0087] また、本変形例では、燃焼器１４から適度に離れた位置に蒸発器７４の出口が形成されている。第２セクション２４ｂにおいて、蒸発器７４の出口を形成している伝熱管２８は、第１セクション２４ａに隣接する段以外の段に位置している。詳細には、第１セクション２４ａから最も離れた段（燃焼器１４から最も離れた段）に位置する伝熱管２８によって蒸発器７４の出口が形成されている。この場合、作動流体の熱分解をより確実に防止できる。その結果、ＣＨＰシステム１００の信頼性がさらに向上する。

[0088]（変形例６）

図８に示すように、変形例６に係る蒸発器８４も第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂを有する。第１セクション２４ａは、複数の段（互いに隣接する複数の段）によって形成されている。具体的には、第１セクション２４ａは、最上流伝熱管２８ｋ及び蒸発器８４の入口を形成している伝熱管２８を含む。蒸発器８４の入口を形成している伝熱管２８は、最上流伝熱管２８ｋが位置する段とは異なる段に位置している。第２セクション２４ｂは、燃焼ガスＧの流れ方向において第１セクション２４ａよりも下流側に位置しており、第１セクション２４ａを流れた作動流体を受け入れる。つまり、最上流伝熱管２８ｋによって蒸発器８４の入口が形成されていることは必須ではない。本変形例によれば、最上流伝熱管２８ｋにおいて、作動流体は液相状態又は気液二相状態にある。従って、作動流体の熱分解を防ぐことができる。また、潤滑油が蒸発器で劣化することを抑制できる。第１セクション２４ａの段数及び第２セクション２４ｂの段数を適切に調整することによって、第１セクション２４ａにおいて作動流体が確実に液相状態又は気液二相状態になる。

[0089] 本変形例において、第１セクション２４ａは、作動流体と燃焼ガスＧとを

対向流の形式で熱交換させるように構成されている。つまり、作動流体の流れ方向における第１セクション２４ａの下流側部分が燃焼器１４に相対的に近いに位置にあり、作動流体の流れ方向における第１セクション２４ａの上流側部分が燃焼器１４から相対的に離れた位置にある。従って、第１セクション２４ａによって蒸発器８４の熱交換効率を十分に向上させることができる。

[0090] 本変形例において、第２セクション２４ｂは、複数の段（互いに隣接する複数の段）によって形成されている。さらに、第２セクション２４ｂは、互いに隣接する少なくとも２つの段に位置する伝熱管２８において作動流体と燃焼ガスＧとを並行流の形式で熱交換させるように構成されている。つまり、作動流体の流れ方向における第２セクション２４ｂの下流側部分が燃焼器１４から相対的に離れた位置にあり、作動流体の流れ方向における第２セクション２４ｂの上流側部分が燃焼器１４に相対的に近い位置にある。このような構成は、熱交換効率の観点では不利であるが、作動流体の熱分解を防ぐのに有利である。詳細には、燃焼器１４から最も離れた段に位置する伝熱管２８によって蒸発器８４の出口が形成されている。この場合、作動流体の熱分解をより確実に防止できる。その結果、ＣＨＰシステム１００の信頼性がさらに向上する。

[0091]（変形例７）

図９に示すように、変形例７に係る蒸発器９４も第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂを有する。変形例６の蒸発器８４と変形例７の蒸発器９４との相違点は以下の通りである。すなわち、本変形例では、第２セクション２４ｂは、互いに隣接する少なくとも２つの段に位置する伝熱管２８において作動流体と燃焼ガスＧとを対向流の形式で熱交換させるように構成されている。この場合、第２セクション２４ｂによって蒸発器９４の熱交換効率を十分に向上させることができる。

[0092] また、第１セクション２４ａは、作動流体と燃焼ガスＧとを並行流の形式で熱交換させるように構成された部分と、作動流体と燃焼ガスＧとを対向流

の形式で熱交換させるように構成された部分とを含む。具体的には、作動流体の流れ方向における第１セクション２４ａの上流側部分において、作動流体と燃焼ガスＧとが並行流の形式で熱交換する。作動流体の流れ方向における第１セクション２４ａの下流側部分において、作動流体と燃焼ガスＧとが対向流の形式で熱交換する。このように、第１セクション２４ａは、作動流体と燃焼ガスＧとを並行流の形式で熱交換させるように構成された部分を含んでいてもよい。

[0093] 変形例５～７の蒸発器７４，８４及び９４の構造は、適宜変更されうる。先に説明した通り、例えば、フィン２７は、複数の部分に分かれていてもよい。第１セクション２４ａと第２セクション２４ｂとの間にスリットなどの断熱構造が形成されていてもよい。

[0094] さらに、図１～図９を参照して説明した蒸発器は、第１セクション２４ａ及び第２セクション２４ｂのいずれにも属さない部分を有していてもよい。

産業上の利用可能性

[0095] 本明細書に開示された技術は、電力のみを生成するシステムだけでなく、ＣＨＰシステムなどのコジェネレーションシステムに好適に採用できる。本明細書に開示された技術は、特に、電力需要が頻繁に変化するシステムに好適である。

請求の範囲

[請求項1] 作動流体を加圧するポンプと、

前記ポンプから吐出された前記作動流体を加熱する蒸発器と、

前記蒸発器で加熱された前記作動流体を膨張させる膨張機と、

前記膨張機から吐出された前記作動流体を冷却する凝縮器と、

を備え、

前記蒸発器は、前記作動流体と熱交換するべき高温流体の流れ方向において複数の段で並べられた複数の伝熱管を有し、

前記複数の伝熱管のうち、前記高温流体の前記流れ方向における最も上流側の段に位置する伝熱管を最上流伝熱管と定義したとき、

（Ａ）前記蒸発器に流入した前記作動流体が前記最上流伝熱管を最初に流れるように前記最上流伝熱管が前記蒸発器の入口を形成している、

（Ｂ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管を含む第１セクションと、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れて前記高温流体と対向流の形式で熱交換させるように、前記複数の伝熱管に含まれた他の複数の伝熱管で構成された第２セクションとを含む、又は、

（Ｃ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管及び前記最上流伝熱管が位置する段とは異なる段において前記蒸発器の入口を形成している前記伝熱管を含み、互いに隣接する複数の段によって形成された第１セクションと、前記高温流体の流れ方向において前記第１セクションよりも下流側に位置し、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れる第２セクションとを含む、

の要件を満たす、ランキンサイクル装置。

[請求項2] 前記要件（Ｃ）を満たし、

前記第１セクションの少なくとも一部は、前記作動流体と前記高温流体とを対向流の形式で熱交換させるように構成されている、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項3] 前記第２セクションは、互いに隣接する複数の段によって形成され、且つ、互いに隣接する少なくとも２つの段に位置する前記伝熱管において前記作動流体と前記高温流体とを並行流の形式で熱交換させるように構成されている、請求項２に記載のランキンサイクル装置。

[請求項4] 前記第２セクションは、互いに隣接する複数の段によって形成され、且つ、互いに隣接する少なくとも２つの段に位置する前記伝熱管において前記作動流体と前記高温流体とを対向流の形式で熱交換させるように構成されている、請求項２に記載のランキンサイクル装置。

[請求項5] 前記要件（Ａ）及び前記要件（Ｂ）の両方を満たす、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項6] 前記蒸発器は、前記第１セクションと前記第２セクションとの間の熱の移動を妨げる断熱構造をさらに有する、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項7] 前記蒸発器は、フィンを含むフィンチューブ熱交換器であり、

前記フィンは、前記第１セクションと前記第２セクションとに共用されており、

前記断熱構造は、前記第１セクションと前記第２セクションとの境界において前記フィンに形成された貫通孔である、請求項６に記載のランキンサイクル装置。

[請求項8] 前記第１セクションを構成している部材が前記第２セクションを構成している部材から離れている、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項9] 前記第１セクションが前記伝熱管のみで構成され、

前記第２セクションがフィンチューブ熱交換器の構造を有する、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項10] 前記第２セクションの段数が前記第１セクションの段数よりも多い、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項11] 前記第１セクションに含まれた前記伝熱管の外径が、前記第２セク

ションに含まれた前記伝熱管の外径よりも大きい、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項12] 前記最上流伝熱管が内面平滑管である、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項13] 前記蒸発器は、フィンを含むフィンチューブ熱交換器であり、

前記フィンは、切り起こしを有さないフラットフィンである、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項14] 前記最上流伝熱管が前記高温流体の前記流れ方向へオフセットしている、請求項１に記載のランキンサイクル装置。

[請求項15] 請求項１に記載のランキンサイクル装置と、

前記ランキンサイクル装置の前記凝縮器において前記作動流体を冷却する低温熱源としての熱媒体が流れる熱媒体回路と、

を備えた、熱電併給システム。

[請求項16] ランキンサイクル用蒸発器であって、

ランキンサイクルの作動流体と熱交換するべき高温流体の流れ方向において複数の段で並べられた複数の伝熱管を有し、

前記複数の伝熱管のうち、前記高温流体の前記流れ方向における最も上流側の段に位置する伝熱管を最上流伝熱管と定義したとき、

（Ａ）前記蒸発器に流入した前記作動流体が前記最上流伝熱管を最初に流れるように前記最上流伝熱管が前記蒸発器の入口を形成している、

（Ｂ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管を含む第１セクションと、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れて前記高温流体と対向流の形式で熱交換させるように、前記複数の伝熱管に含まれた他の複数の伝熱管で構成された第２セクションとを含む、又は、

（Ｃ）前記複数の段は、前記最上流伝熱管及び前記最上流伝熱管が位置する段とは異なる段において前記蒸発器の入口を形成している前記伝熱管を含み、互いに隣接する複数の段によって形成された第１セ

クションと、前記高温流体の流れ方向において前記第１セクションよりも下流側に位置し、前記第１セクションを流れた前記作動流体を受け入れる第２セクションとを含む、

の要件を満たす、ランキンサイクル用蒸発器。

[図1]

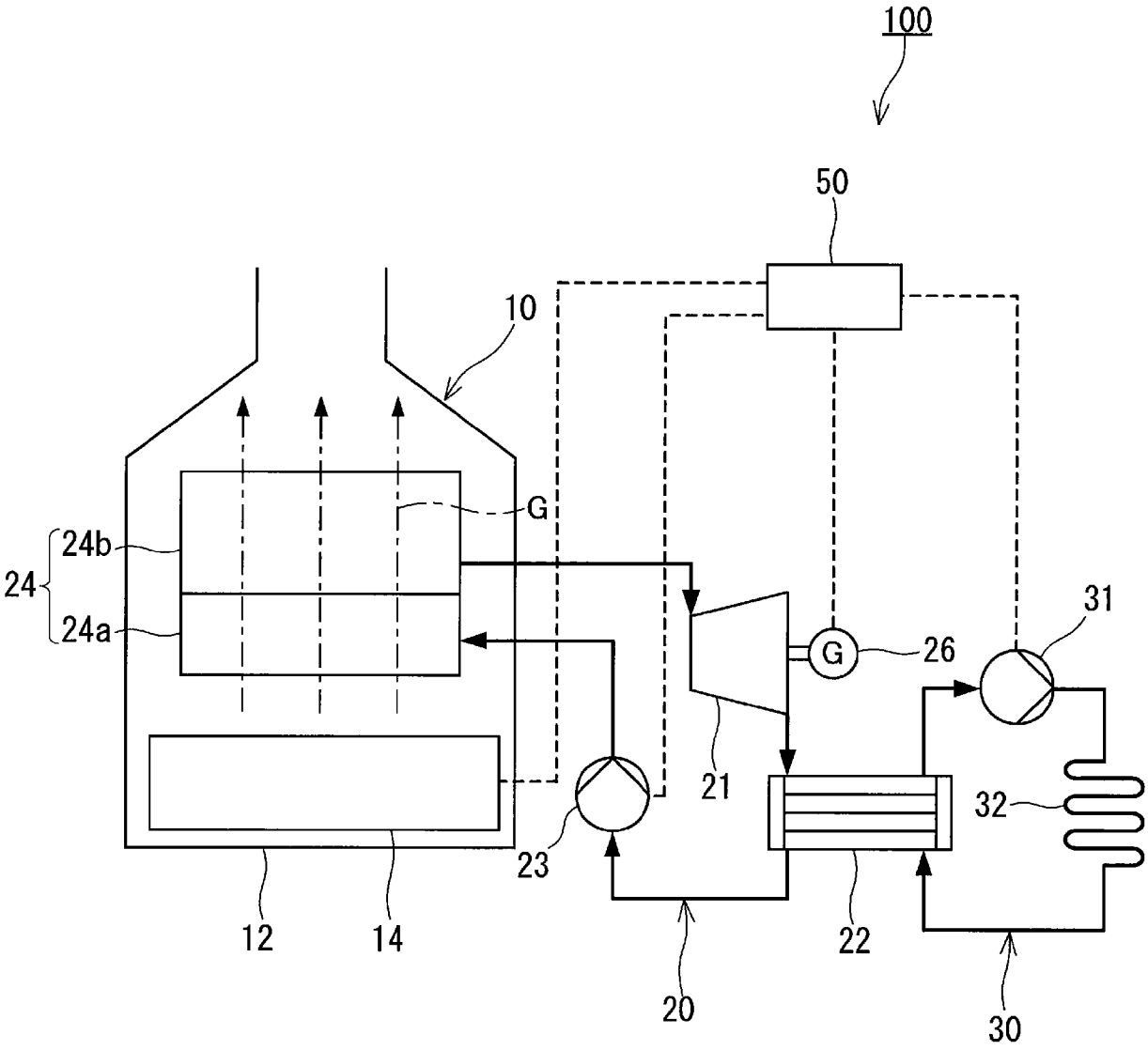


FIG.1

[図2A]

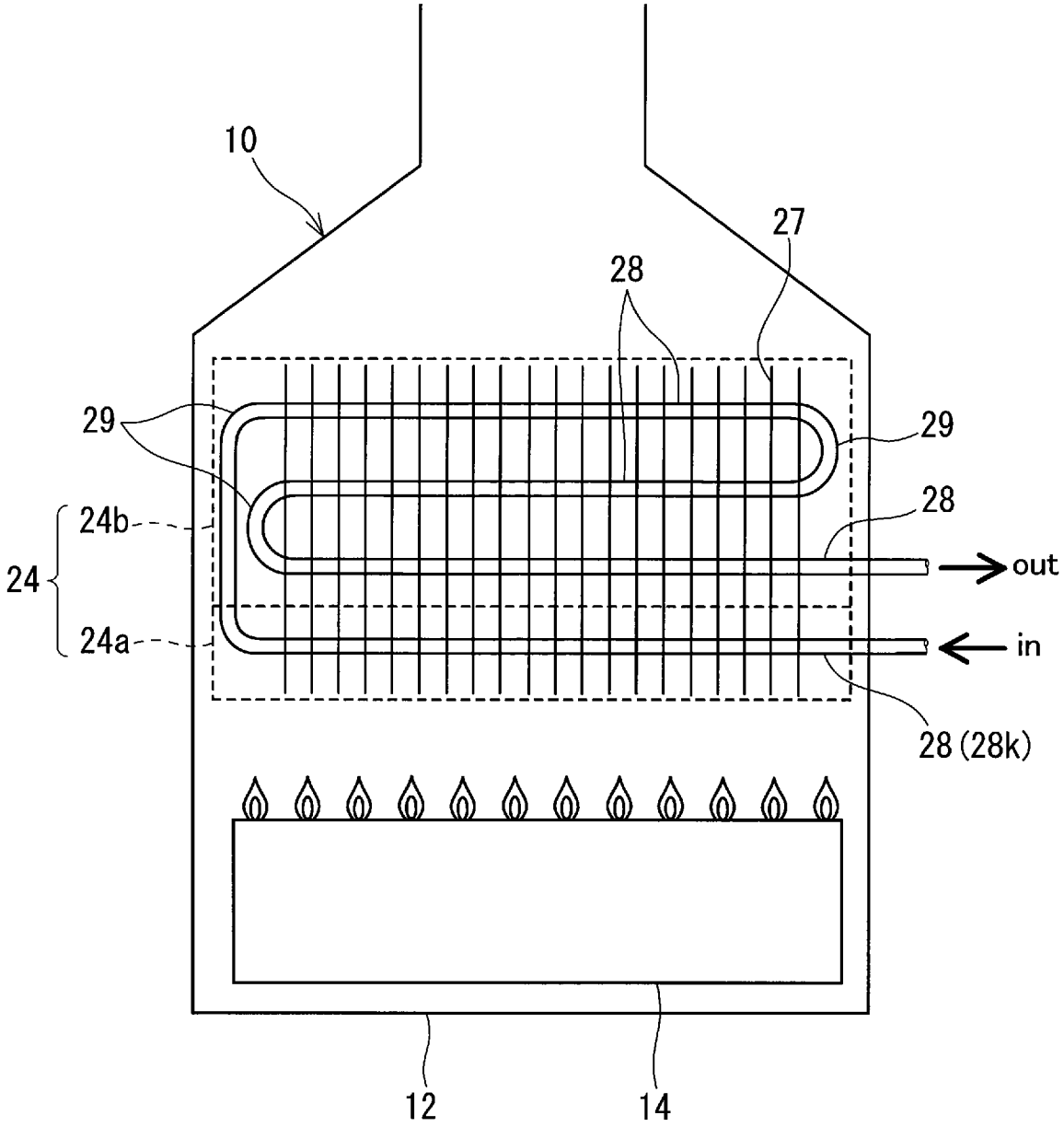


FIG.2A

[図2B]

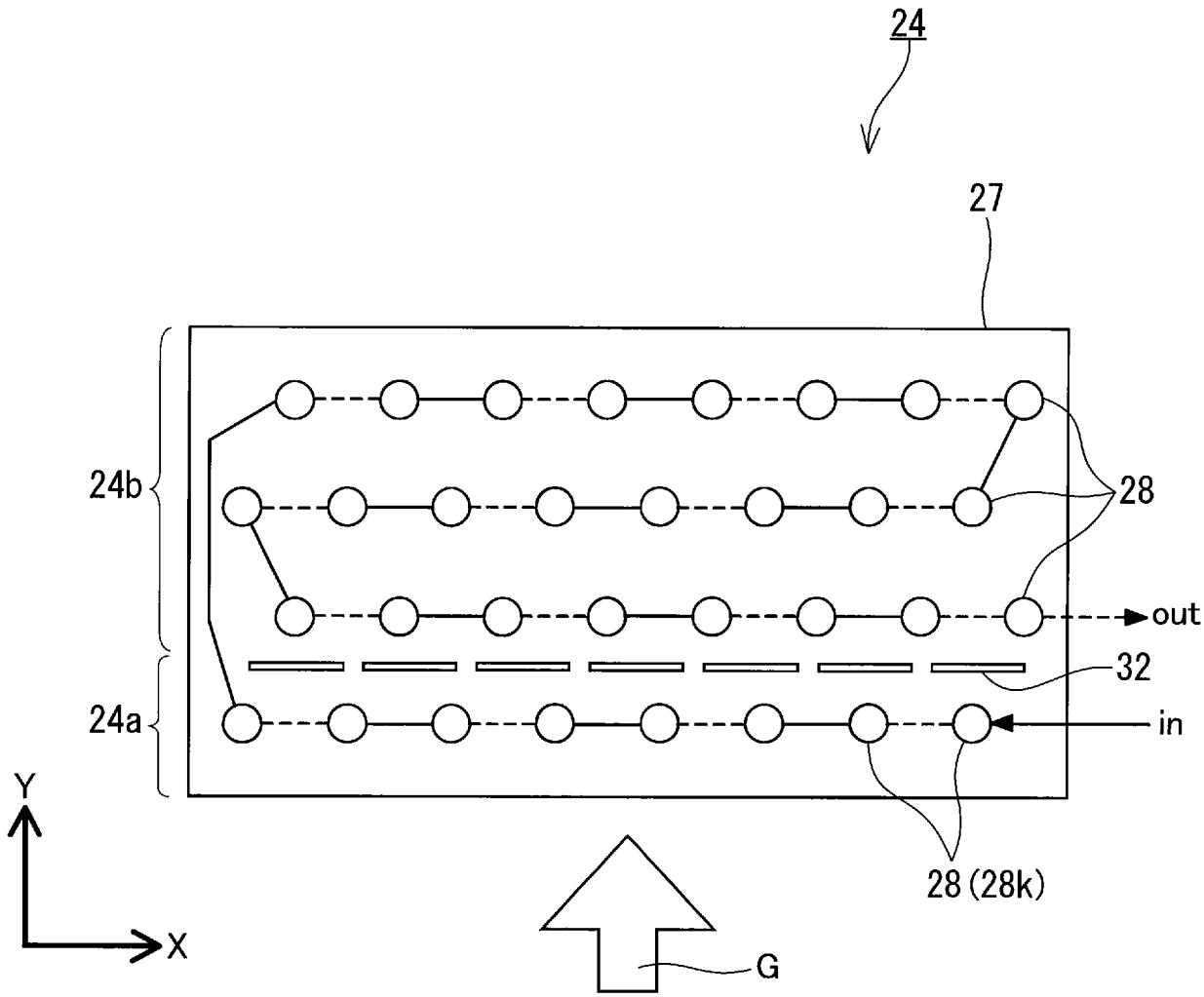


FIG.2B

[図3]

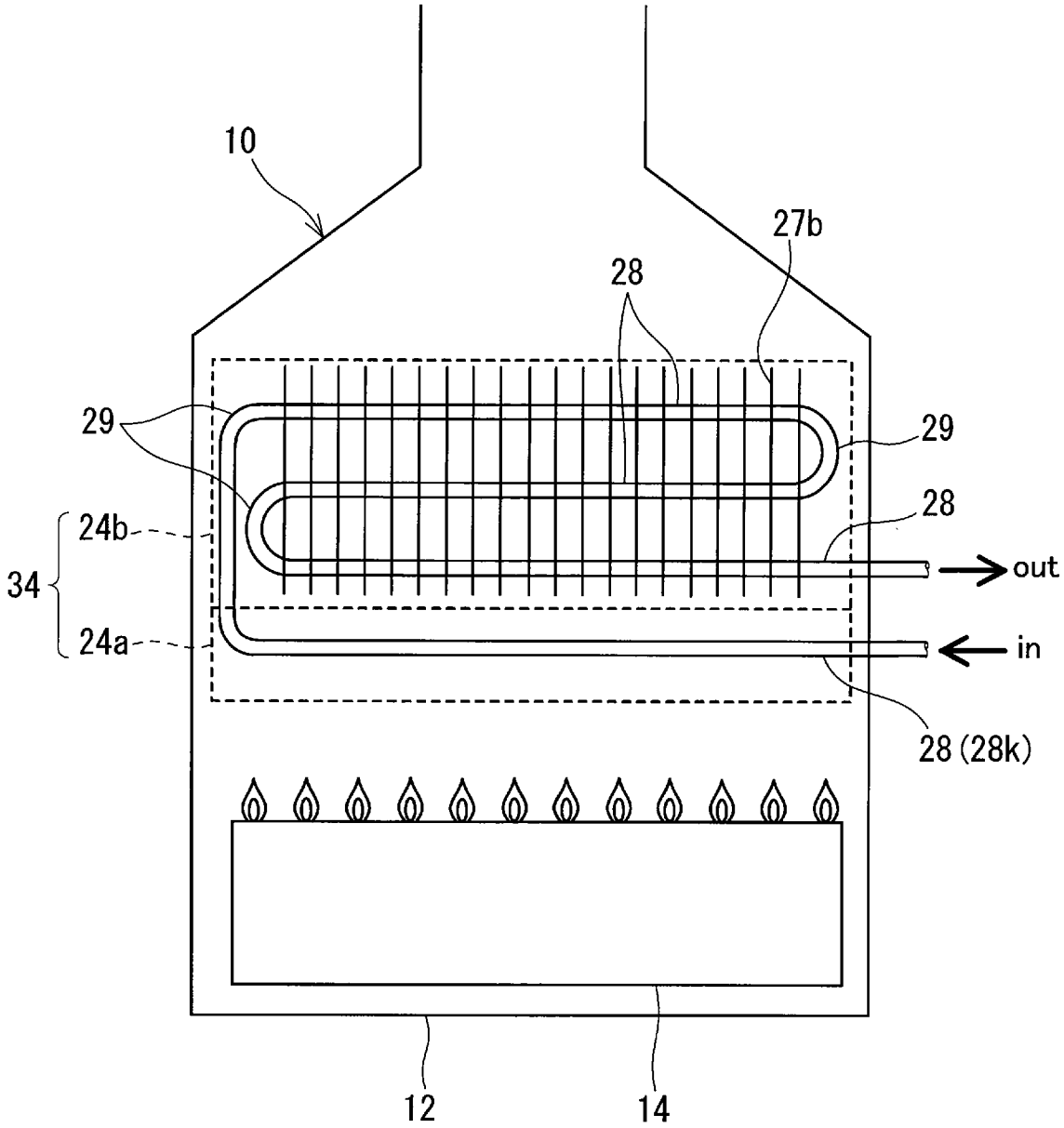


FIG.3

[図4]

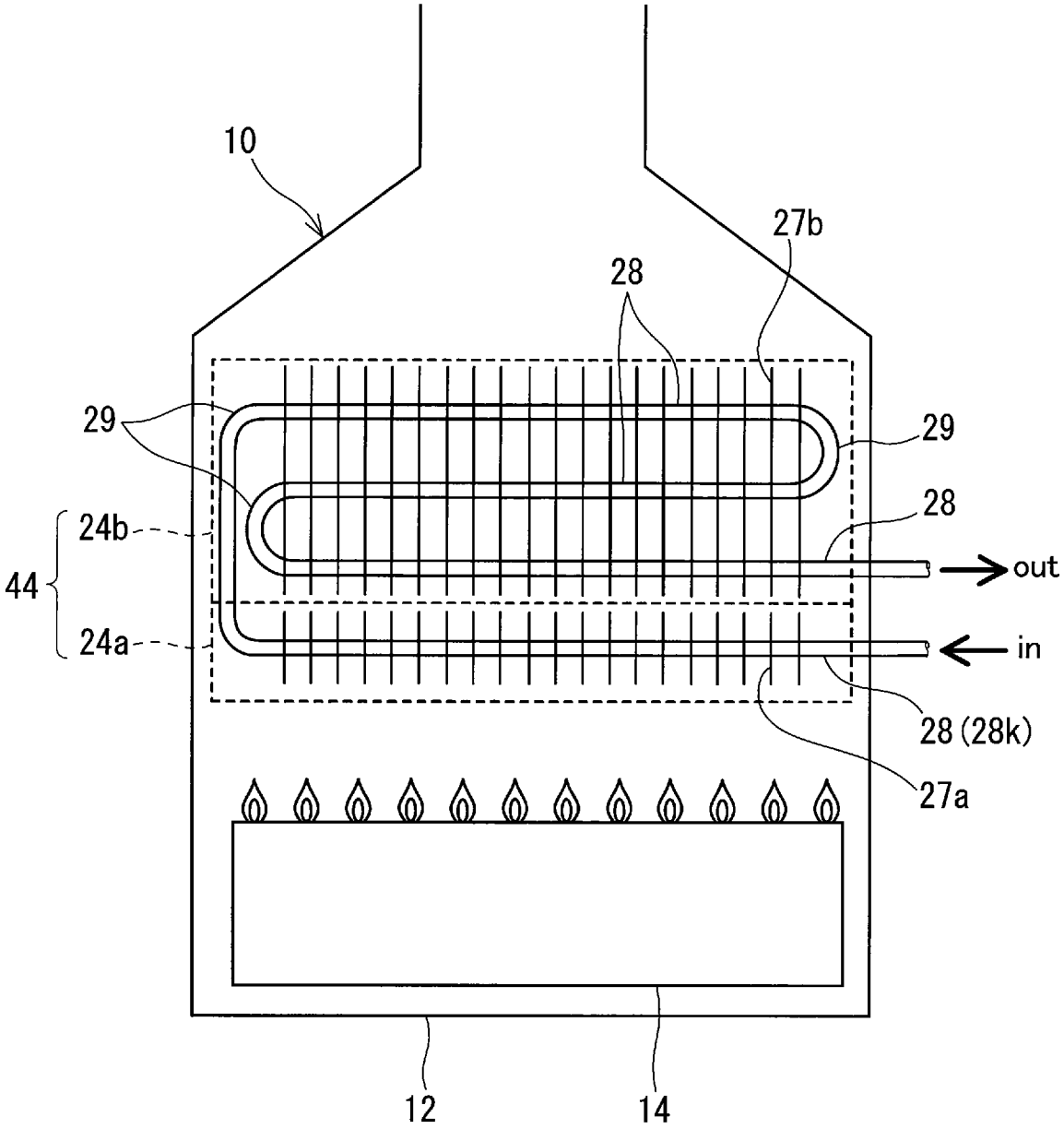


FIG.4

[図5]

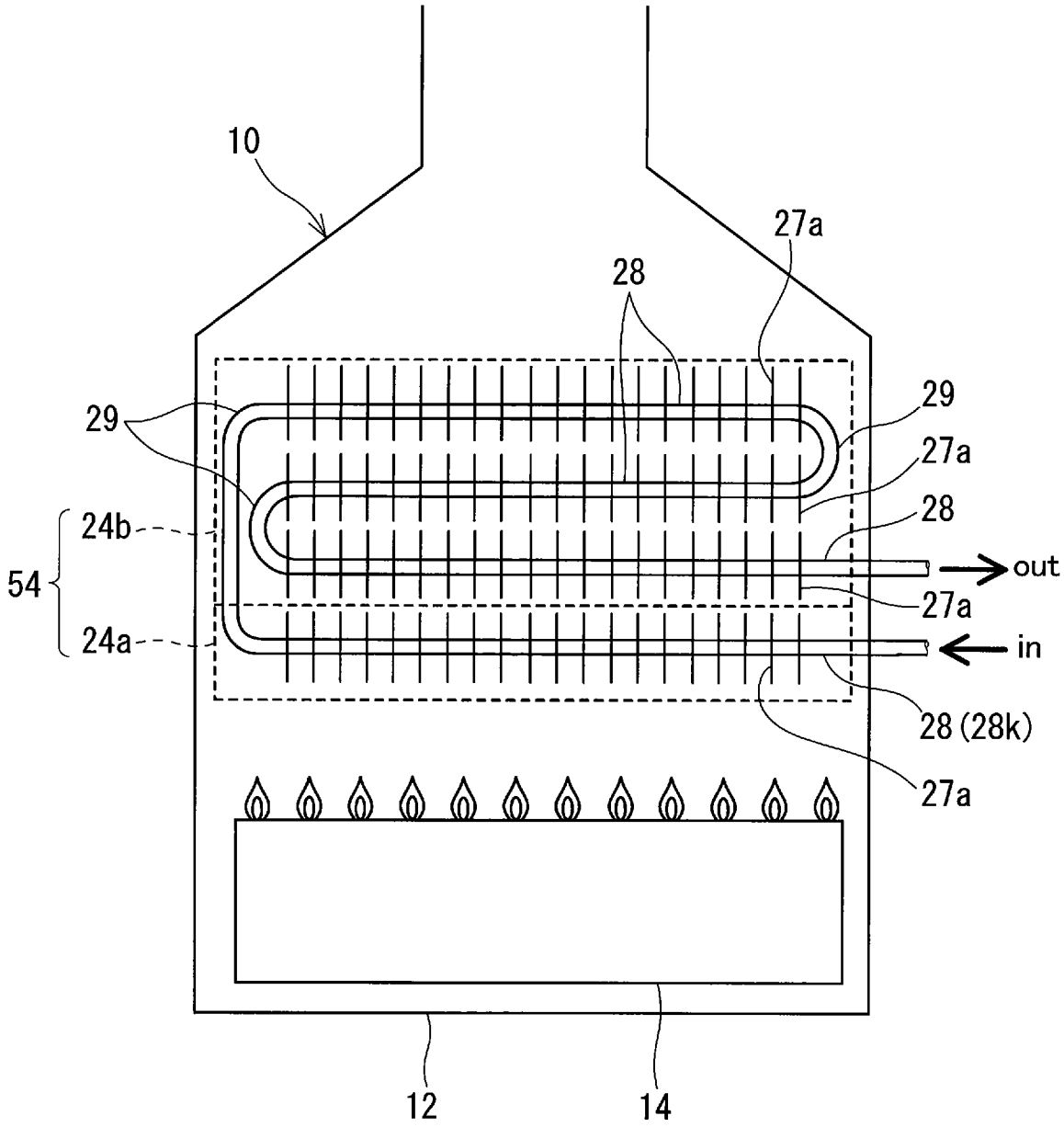


FIG.5

[図6]

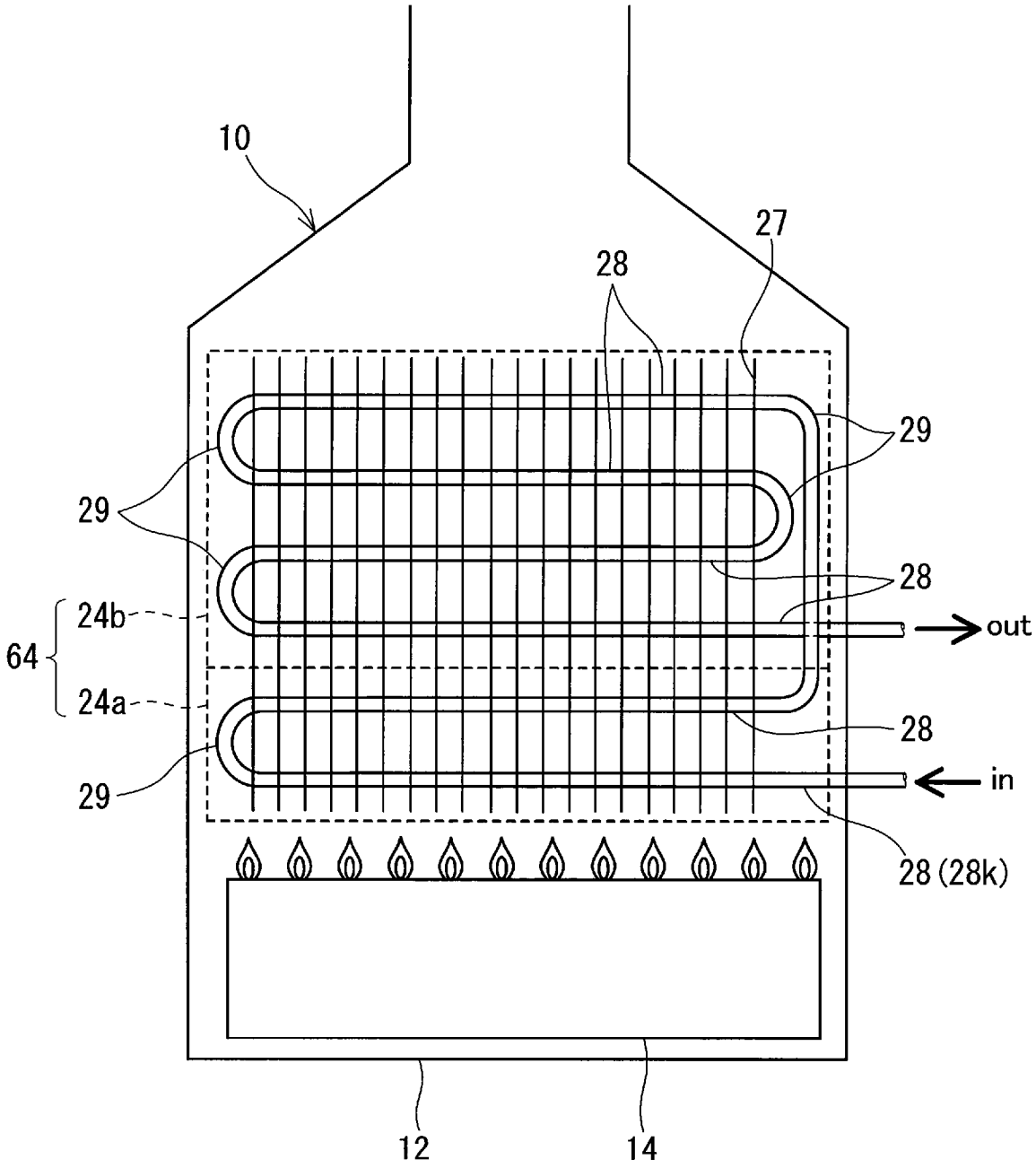


FIG.6

[図7]

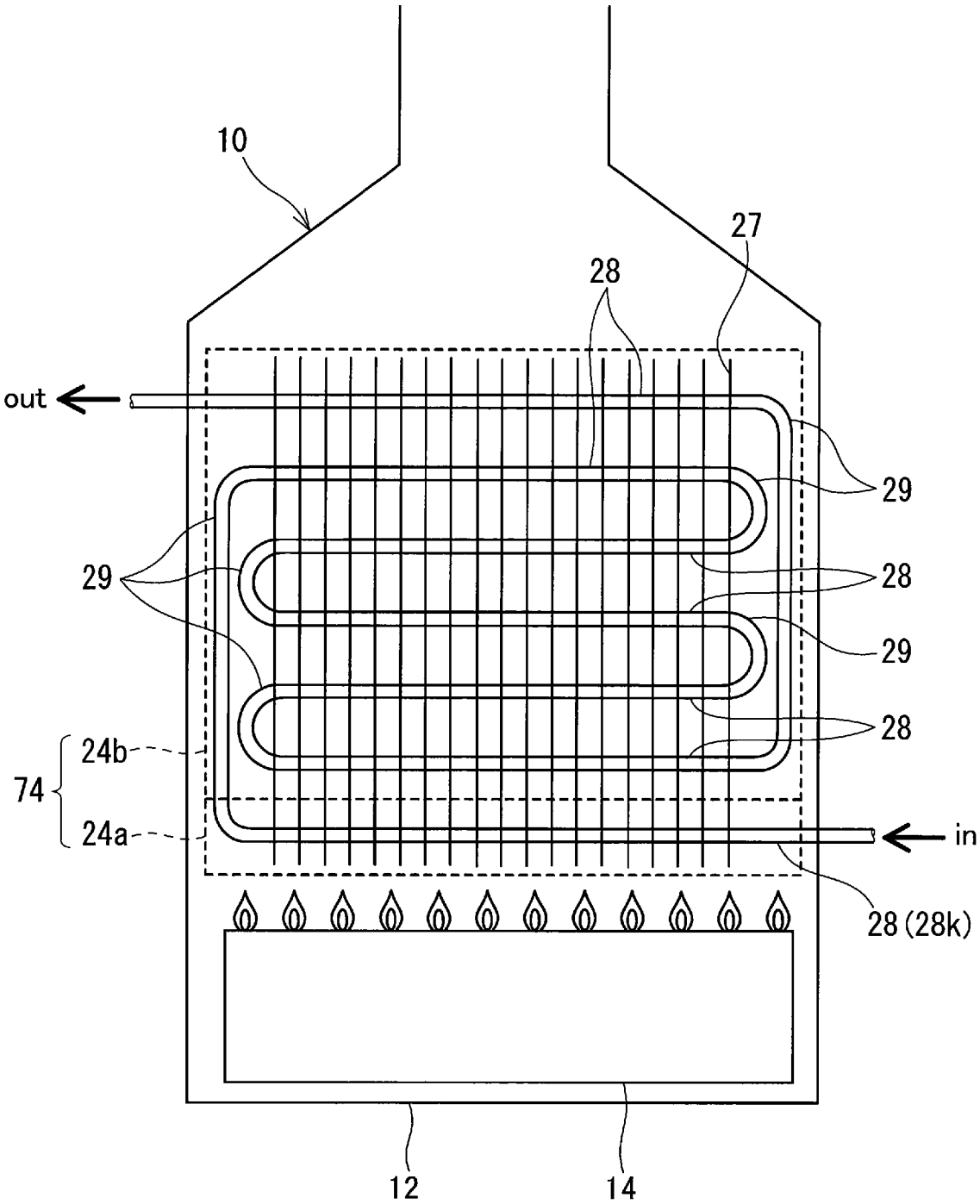


FIG.7

[図8]

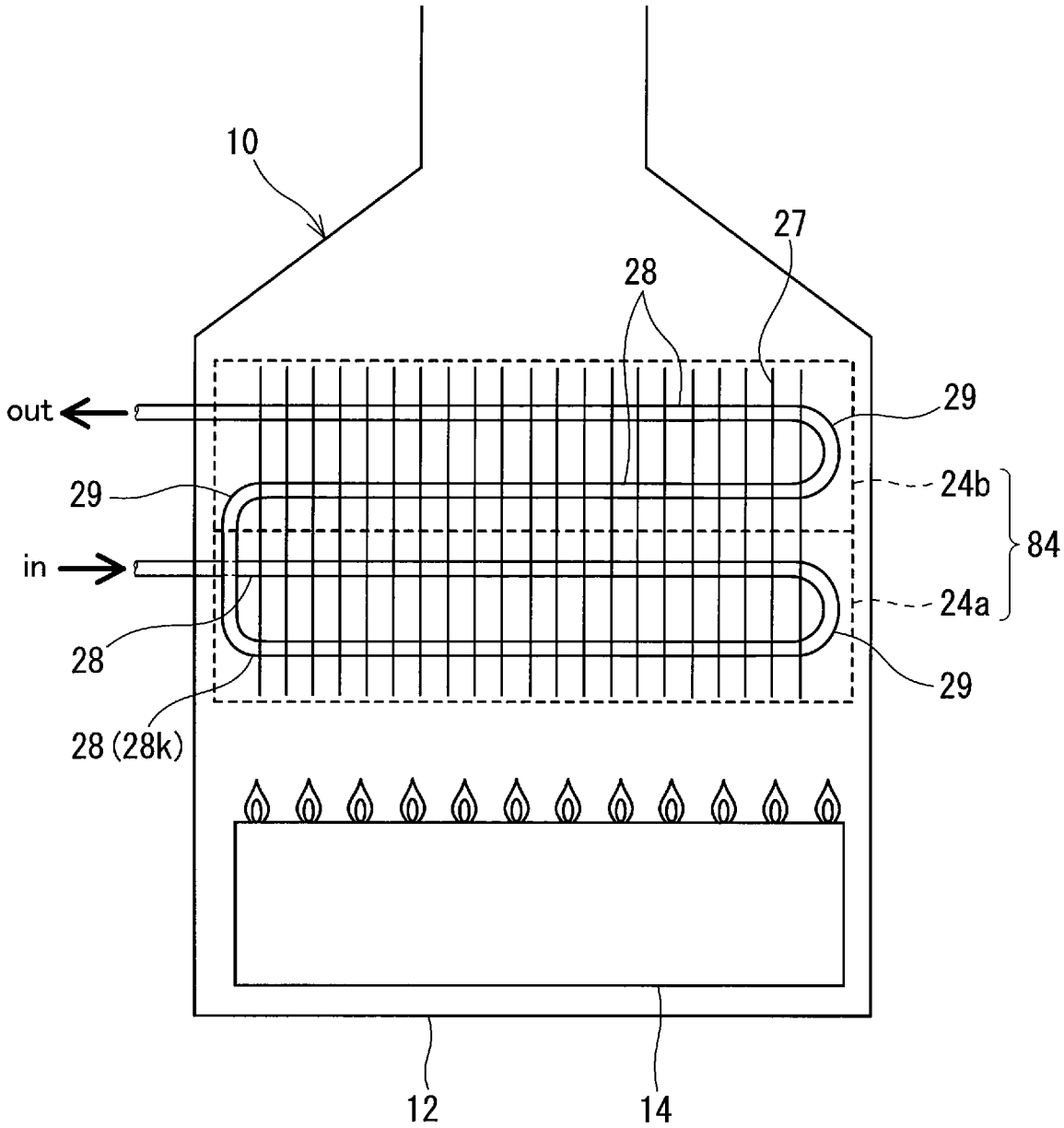


FIG.8

[図9]

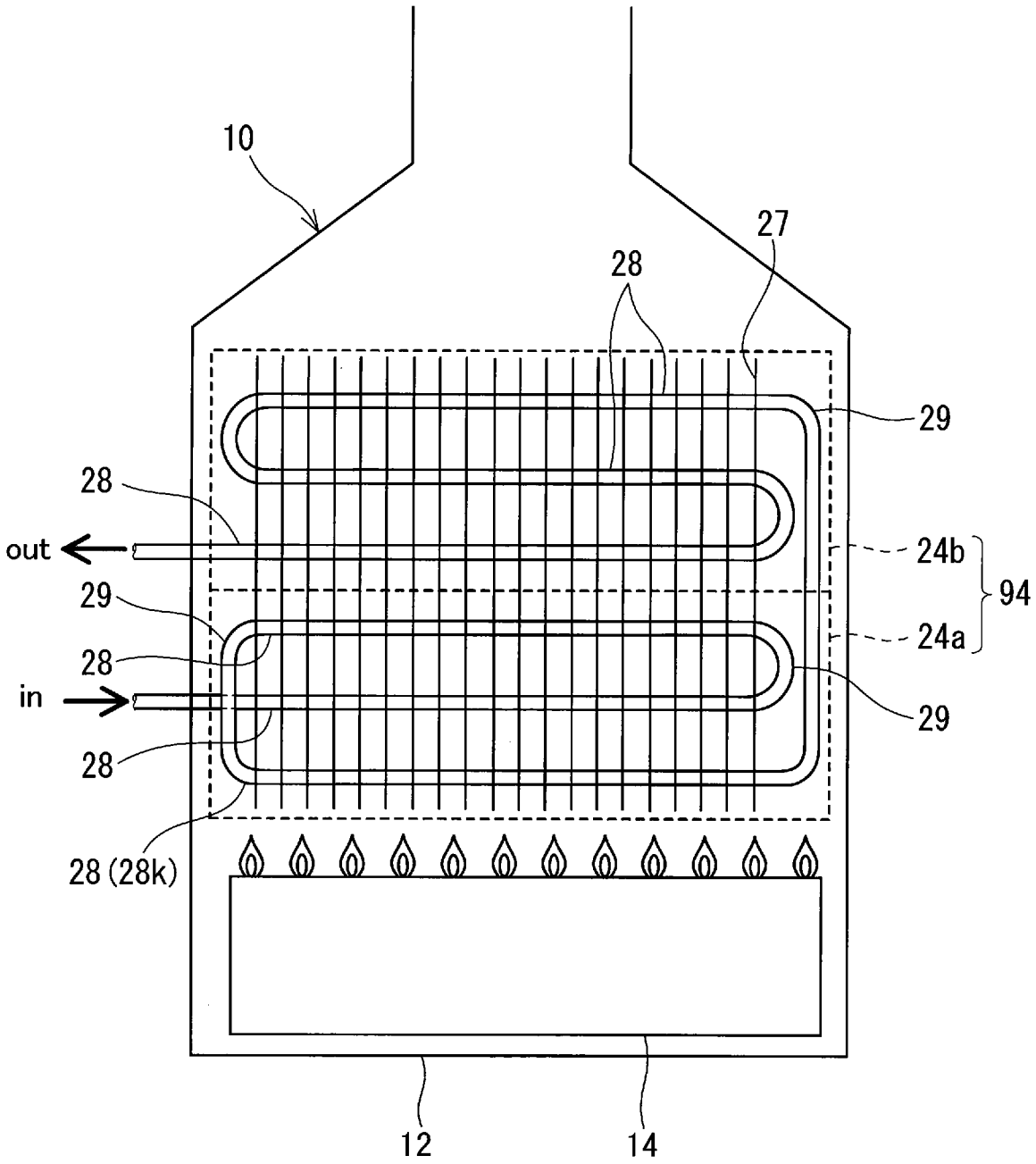


FIG.9

[図10]

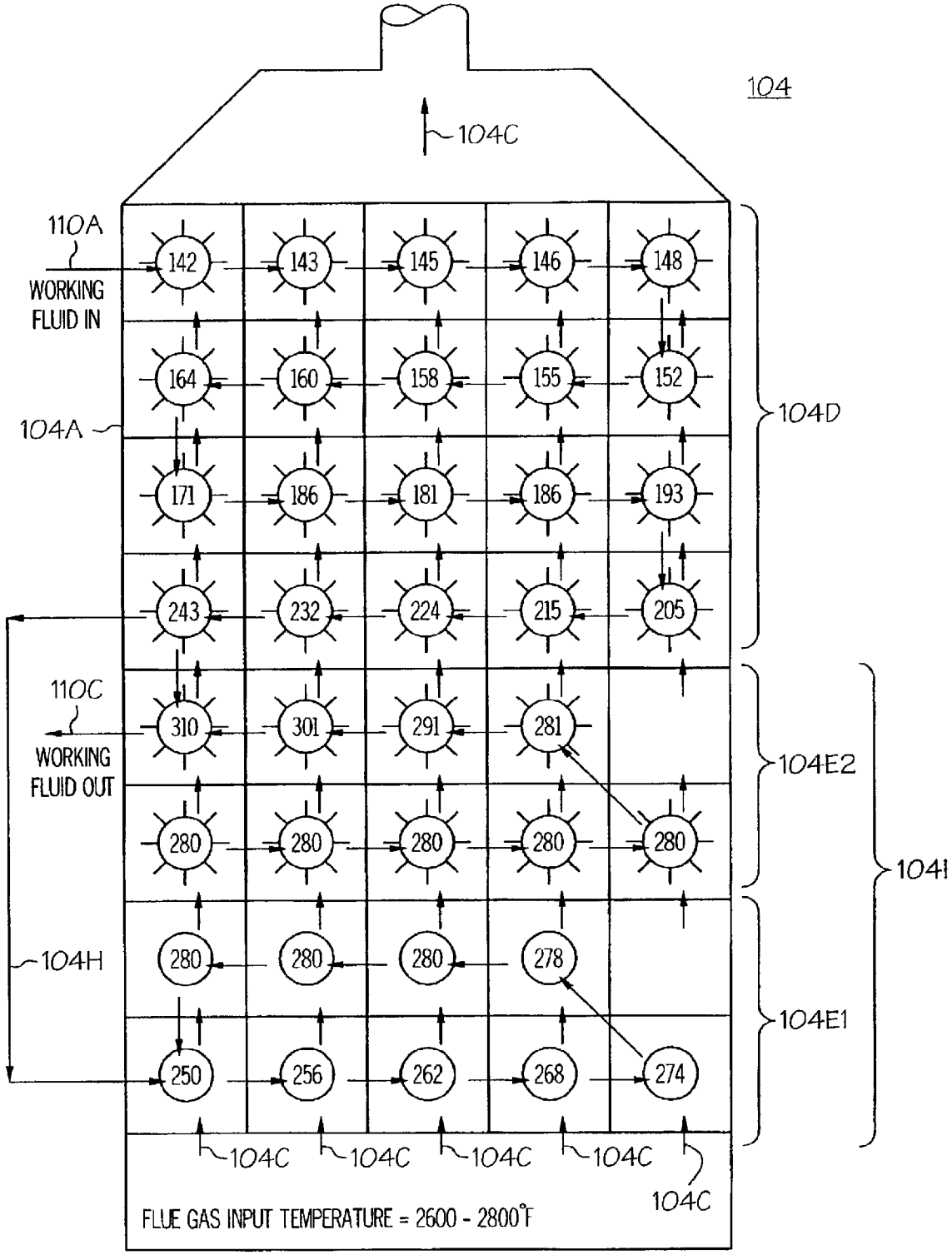

104
104C
110A
WORKING FLUID IN
142
143
145
146
148
164
160
158
155
152
104A
104D
171
186
181
186
193
243
232
224
215
205
110C
WORKING FLUID OUT
310
301
291
281
104E2
280
280
280
280
280
104I
104H
280
280
280
278
104E1
250
256
262
268
274
104C
104C
104C
104C
104C
FLUE GAS INPUT TEMPERATURE = 2600 - 2800°F

FIG.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/007667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F22B1/18(2006.01)i, *F01K9/00*(2006.01)i, *F22B37/10*(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)
F22B1/18, F01K9/00, F22B37/10

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 A	JP 2007-504425 A (Siemens AG.), 01 March 2007 (01.03.2007), fig. 1 & US 2007/0034167 A1 & EP 1512905 A1 & WO 2005/028955 A1 & CN 1853072 A	1-6,8-16 7
Y A	JP 2007-504431 A (Siemens AG.), 01 March 2007 (01.03.2007), drawings & US 2006/0288962 A1 & EP 1512906 A1 & WO 2005/028956 A1 & CN 1853071 A	1-6,8-16 7
Y A	JP 2006-322692 A (Ebara Corp.), 30 November 2006 (30.11.2006), fig. 2 (Family: none)	1-6,8-16 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 February, 2014 (26.02.14)	11 March, 2014 (11.03.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/007667

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-250081 A (Toshiba Corp.), 21 September 2006 (21.09.2006), fig. 1 to 7 (Family: none)	1-6,8-16 7
Y	JP 3-170701 A (Siemens AG.), 24 July 1991 (24.07.1991), fig. 1, 2 & US 5159897 A & EP 425717 A1	2-5
Y	DE 19700350 A1 (L.&C.Steinmuller GmbH), 16 July 1998 (16.07.1998), fig. 2 (Family: none)	2-5
Y	JP 2002-147701 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 22 May 2002 (22.05.2002), paragraphs [0014] to [0024]; fig. 1 (Family: none)	6
Y	JP 2007-298244 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 15 November 2007 (15.11.2007), paragraph [0032]; fig. 3 (Family: none)	6
Y	JP 2008-32367 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 14 February 2008 (14.02.2008), paragraph [0008] (Family: none)	9,13
Y	JP 2001-65801 A (Hitachi, Ltd.), 16 March 2001 (16.03.2001), paragraphs [0009], [0030] to [0032]; fig. 9 (Family: none)	9,11,13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／００７６６７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F22B1/18(2006.01)i, F01K9/00(2006.01)i, F22B37/10(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.　F22B1/18, F01K9/00, F22B37/10

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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 A	JP 2007-504425 A（シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト） 2007.3.1、【図１】 & US 2007/0034167 A1 & EP 1512905 A1 & WO 2005/028955 A1 & CN 1853072 A	1-6,8-16 7
Y A	JP 2007-504431 A（シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト） 2007.3.1、図面 & US 2006/0288962 A1 & EP 1512906 A1 & WO 2005/028956 A1 & CN 1853071 A	1-6,8-16 7

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２６．０２．２０１４	１１．０３．２０１４

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　４４２３
山本　崇昭
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 A	JP 2006-322692 A（株式会社荏原製作所）2006.11.30、【図２】 （ファミリーなし）	1-6,8-16 7
Y A	JP 2006-250081 A（株式会社東芝）2006.9.21、【図１】-【図７】 （ファミリーなし）	1-6,8-16 7
Y	JP 3-170701 A（シーメンス、アクチエンゲゼルシヤフト）1991.7.24、第１,２図 & US 5159897 A & EP 425717 A1	2-5
Y	DE 19700350 A1 (L.&C.Steinmuller GmbH) 1998.7.16、第２図 （ファミリーなし）	2-5
Y	JP 2002-147701 A（バブコック日立株式会社）2002.5.22、段落【0014】-【0024】，【図１】（ファミリーなし）	6
Y	JP 2007-298244 A（バブコック日立株式会社）2007.11.15、【0032】，【図３】（ファミリーなし）	6
Y	JP 2008-32367 A(バブコック日立株式会社）2008.2.14、段落【0008】 （ファミリーなし）	9,13
Y	JP 2001-65801 A（株式会社日立製作所）2001.3.16、段落【0009】，【0030】-【0032】，【図９】（ファミリーなし）	9,11,13