

(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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 温度勾配を有する非共沸混合冷媒を使用した冷凍装置において、偏着霜を防止することで、冷凍装置のCOP、及び冷凍装置の冷凍能力の低下を防ぐことを目的とする。圧縮機と、凝縮器と、減圧装置と、蒸発器とを冷媒配管により接続し、内部で冷媒が循環する冷凍サイクルを備え、冷媒は、複数種類を混合した非共沸混合冷媒であり、蒸発器は、非共沸混合冷媒の温度勾配に合わせ、蒸発過程における管路内圧力を冷媒の流れる方向に沿って低下させることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称： 冷凍装置及び冷凍装置の運転方法

技術分野

[0001] 本発明は、冷凍装置に関し、特に非共沸混合冷媒を適用する冷凍装置及び冷凍装置の運転方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、蒸発器と圧縮機と凝縮器と減圧装置とが冷媒が循環する管路によってそれぞれ接続され、冷媒を循環させる冷凍サイクルを有する冷凍装置が知られている。

[0003] また、空気調和機や冷凍機等の冷凍装置では、蒸発器として作用する熱交換器について、熱交換空気の流れる方向と冷媒の流れる方向とを互いに逆にして対向させ、熱交換空気と冷媒とを対向流化し、熱交換損失を低減して性能向上を図ったものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] 一方で、冷凍装置に使用される冷媒には複数種類の冷媒を混合した非共沸混合冷媒が用いられることがある（例えば、特許文献2参照）。非共沸混合冷媒を用いた冷凍装置の蒸発器についても対向流化を図ることができる。特に、非共沸混合冷媒は同圧力下において相変化で冷媒温度が変化する。すなわち、非共沸混合冷媒は、蒸発過程において温度勾配を有するため、例えば蒸発器であれば、蒸発過程において上流側が下流側より温度が低くなる。よって、冷媒と空気又は水等の熱源媒体との温度差をより小さくでき、成績係数（COP）が向上する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-141009号公報

特許文献2：特開平7-208822号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、飽和温度が氷点下未満の低温機器では、蒸発器に着霜が発生する。着霜が発生する低温機器の蒸発過程において、非共沸混合冷媒を用いると、蒸発器の着霜に偏りが生じる。つまり、上述のような同圧力下において相変化で冷媒温度が変化するような温度勾配を有する非共沸混合冷媒の温度が低い蒸発器の入口側では空気の冷却が促進されて着霜量が多くなり、冷媒の温度が高い蒸発器の出口側では空気の冷却が進まず着霜量は少なくなる。このように、蒸発器に着霜に偏りが生じた場合は、着霜が均等な場合に比べて全体の着霜量が同じとしても、早期に蒸発器の入口側のフィン間の空間が霜によって目詰まりし、熱交換率が低下する。従って、冷媒と熱源媒体との対向流化による熱交換率の向上よりも偏着霜による熱交換率の悪化の影響が大きくなり、蒸発器における蒸発圧力が低下し、冷凍装置のCOP及び冷凍装置の冷凍能力が低下するという課題があった。

[0007] 本発明は、温度勾配を有する非共沸混合冷媒を使用した冷凍装置において、偏着霜を防止することで、冷凍装置のCOP、及び冷凍装置の冷凍能力の低下を防ぐ冷凍装置及び冷凍装置の運転方法を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係る冷凍装置は、圧縮機と、凝縮器と、減圧装置と、蒸発器とを冷媒配管により接続し、内部で冷媒が循環する冷凍サイクルを備え、前記冷媒は、複数種類を混合した非共沸混合冷媒であり、前記蒸発器は、前記非共沸混合冷媒の温度勾配に合わせ、蒸発過程における管路内圧力を前記冷媒の流れる方向に沿って低下させることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、上記の構成により、温度勾配を有する非共沸混合冷媒を使用した冷凍装置において、蒸発器内の冷媒温度をほぼ均一にすることができ、蒸発器の着霜の偏りを抑制し、冷凍装置のCOP及び冷凍能力の低下を抑制した冷凍装置を得ることを目的とするものである。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態1に係る冷凍装置の全体の構成を表す概略図である。

[図2]本発明の実施の形態1に係る冷凍装置の蒸発器の構成を表す概略図である。

[図3]本発明の実施の形態1に係る冷凍装置に用いられる非共沸混合冷媒のモリエル線図を示している。

[図4]本発明の実施の形態1に掛かる冷凍装置の制御フロー図である。

[図5]本発明の実施の形態2に係る冷凍装置に用いられる非共沸混合冷媒のモリエル線図を示している。

[図6]本発明の実施の形態2に係る冷凍装置の蒸発器の構成を表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1に係る冷凍装置100の全体の構成を表す概略図である。なお、各図において同じ部分又は相当する部分には同じ符号を付している。実施の形態1の冷凍装置100は、図1に示すように圧縮機1と、凝縮器2と、減圧装置3と、蒸発器4とが冷媒配管5で順次接続されている。冷凍装置100は、圧縮機1、凝縮器2、減圧装置3、蒸発器4、圧縮機1の順に冷媒が循環する冷凍サイクルが構成されている。制御部60は、冷凍装置100を構成する各装置を制御するものである。

[0012] (圧縮機1)

圧縮機1は、冷媒を吸入し、圧縮して高温高圧のガス状態にして吐出する。圧縮機1は、例えばインバータ回路等によって回転数を制御され、回転数の制御によって冷媒の吐出量が調整できるもので構成するとよい。

[0013] (凝縮器2)

凝縮器2は、圧縮機1で圧縮されて高温高圧のガス状態になった冷媒が流入し、冷媒と熱源との間で熱交換を行って、冷媒を低温高圧の液状態に冷却させる。熱源としては、空気、水、ブライン等が挙げられ、実施の形態1で

は凝縮器 2 の熱源は屋外の空気である外気である。凝縮器 2 は、外気と冷媒との間で熱交換を行う。さらに、実施の形態 1 では凝縮器 2 の熱交換を促すために、冷媒が冷凍装置 100 内を循環している際に凝縮器 2 へ外気を送風する凝縮器送風機 6 を有している。凝縮器送風機 6 は風量を調節できるもので構成するとよい。

[0014] (減圧装置 3)

減圧装置 3 は、凝縮器 2 で冷却された低温高圧の液状態の冷媒が流入し、冷媒を低温低圧の液状態に減圧膨張させる。減圧装置 3 は、例えば電子式膨張弁、感温式膨張弁等の冷媒流量制御手段、又は毛细管（キャピラリチューブ）などで構成される。

[0015] (蒸発器 4)

蒸発器 4 は、減圧装置 3 で減圧膨張された低温低圧の液状態の冷媒が流入し、冷媒と冷却対象との間で熱交換を行い、冷却対象の熱を冷媒に吸熱させて、冷却対象を冷却する。冷媒は、冷却対象を冷却する際に、蒸発し高温低圧のガス状態になる。実施の形態 1 では、冷却対象としては屋内の空気である。つまり、蒸発器 4 は、屋内の空気と冷媒との間で熱交換を行う。さらに、実施の形態 1 では蒸発器 4 での屋内の空気と冷媒との熱交換を促すため、冷媒が冷凍装置 100 内を循環している際に蒸発器 4 へ屋内の空気を送風する蒸発器送風機 7 を有している。蒸発器送風機 7 は風量を調節できるもので構成するとよい。

[0016] 蒸発器 4 の具体的な構成について、図 2 に基づき説明する。蒸発器 4 は、複数本の伝熱管 41 と、複数枚のフィン 42 と、冷媒分配器 43 と、ヘッダ 44 により構成されたプレートフィンチューブ熱交換器である。なお、図 2 では伝熱管 41 の本数を 5 本、フィン 42 の枚数を 28 枚としているが、これらの本数及び枚数は一例であり、本発明はこの本数及び枚数に限らない。

[0017] 図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る冷凍装置 100 の蒸発器 4 の構成を表す概略図である。図 2 は、蒸発器 4 を模式的に表してある。ここで図 2 を用いて蒸発器 4 内の冷媒の流れについて説明を行う。まず、減圧装置 3 で減

圧膨張された低温低圧の液状態の冷媒は、冷媒分配器43の流入口より流入する。冷媒分配器43の流入口より流入した冷媒は、冷媒分配器43の流出口において複数に分配され、冷媒分配器43のそれぞれの流出口より伝熱管41へと流れる。伝熱管41に流入した冷媒は、伝熱管41の軸方向に沿って流れる。伝熱管41及びフィン42の表面は、蒸発器4に備えられた送風機7によって送風された冷却対象である屋内の空気と接する。蒸発器4のフィン42に向かって送風された屋内の空気は、蒸発器4の内部を流れる冷媒の流れと対向方向に流れる。伝熱管41の内部を流れる冷媒は、伝熱管41及びフィン42と接する屋内の空気と熱交換を行い、屋内の空気の熱を吸熱する。伝熱管41にて屋内の空気と熱交換を行った冷媒は、ヘッダ44の流入口より流入し、ヘッダ44で合流してヘッダ44の流出口より圧縮機1へと流れる。

[0018] 図3は、本発明の実施の形態1に係る冷凍装置100に用いられる非共沸混合冷媒のモリエル線図を示している。非共沸混合冷媒は、沸点が互いに異なる2種以上の冷媒を混合してなるもので、気液二相の状態では一定圧力下でも乾き度に応じて冷媒の圧力飽和温度が変化する。つまり、図3の点線Aで示された圧力一定の線に沿って蒸発器4内の冷媒を蒸発させると、蒸発器4の入口の温度が低くなり、出口の温度が高くなる。そこで、図3の点線Bで示されるように、蒸発器4内部の圧力をある所定の勾配で連続的に下げることによって蒸発器4に流れる非共沸混合冷媒の温度を均一にすることができる。そして、蒸発器4の入口温度と出口温度を均一に保つことによって、蒸発器4に発生する着霜の偏りを抑制することができる。

[0019] 蒸発器4内部の圧力を徐々に下げると、蒸発器4の入口と出口との間に圧力差が生じる。蒸発器4の内部を流れる冷媒の圧力と飽和温度との関係は、冷媒の組成に応じて一意に決まる。よって、蒸発器4の入口及び出口において温度を均一にした際の蒸発器4の入口と出口の圧力差は、冷媒の組成に応じて一意に決まる。このため、実際の冷凍装置100において蒸発器4の入口と出口との間の冷媒の圧力差を、蒸発器4に流れる冷媒の温度を均一にし

た際の蒸発器4の入口及び出口における冷媒の圧力差と同じにすることで、蒸発器4の着霜の偏りを抑制することができる。

[0020] 蒸発器4内部の冷媒の圧力をある所定の勾配で連続的に下げる手段については、冷媒が通過する伝熱管41の内径を段階的に変更するという手段がある。蒸発器4を構成する伝熱管41は、通常内径が均一の管であるが、例えば蒸発器4の入口から出口に向かって伝熱管41の断面積を漸次減少させることにより、内部を流れる冷媒の圧力を減少させることができる。または、例えば蒸発器4の入口から出口に向かって伝熱管41の断面積を段階的に減少させてもよい。

[0021] または、伝熱管41の管路内に抵抗を設け、管路抵抗により内部を流れる冷媒の圧力を減少させることもできる。例えば、伝熱管41の内壁面に凹凸を設けることにより管路抵抗を増加させ、伝熱管41の内部を流れる冷媒の圧力損失を増加させることもできる。

[0022] さらに、伝熱管41を長くし管路抵抗による圧力損失を大きくし、蒸発器4の入口と出口との圧力差を大きくするなどの手段をとることもできる。以上の手段は、適用する非共沸混合冷媒の温度勾配によって適宜選定すればよい。

[0023] また、蒸発器4の入口に流量調整弁を設ける、あるいは圧縮機1の運転回転数を制御するなど、蒸発器4内を通過する冷媒の流速を制御することにより、運転状態や適用する非共沸混合冷媒の種類に依らず、蒸発器4内部の圧力をある所定の勾配で連続的に下げることも可能である。

[0024] 以上より、蒸発過程において温度勾配を有する冷媒を使用する場合において、蒸発器4内の配管圧損が冷媒の温度勾配とほぼ同一になるように構成することにより、蒸発器4内の冷媒温度をほぼ均一にすることができる。これにより、蒸発器4の冷媒が流入する入口側に偏って着霜することによる冷凍装置100の性能低下の防止が可能となる。

[0025] (冷凍装置100の制御)

図4は、本発明の実施の形態1に掛かる冷凍装置100の制御フロー図で

ある。冷凍装置100は、例えばユニットクーラやショーケース等の複数の用途に用いられるものである。図1に示される破線部は、冷却器50であり、冷却器50がユニットクーラやショーケースに相当する。図1に示される破線部以外の部分は、いわゆる熱源機である。特に、冷却器50が制御部60により直接制御できない場合は、制御部60は、熱源機の各部の圧力、温度、及び運転条件を取得して、冷凍装置100の運転の制御を行う。

[0026] (ステップi)

ステップiにおいては、冷凍装置100の内部を循環する冷媒循環量 G_r を算出する。まず、圧縮機1の吸入側の配管に設けられている圧力センサ20により圧縮機1の吸入圧力 P_s を検出する。また、圧縮機1の吸入側の配管に設けられている温度センサ30により圧縮機1の吸入温度 T_h を検出する。なお、冷媒循環量 G_r は以下の式により算出される。

$$G_r = F \times V_{st} \times \eta_v \times \rho_s \times 3600 \times 10^{-6}$$

ここで、 F [Hz] : 圧縮機1の運転周波数、 V_{st} [cc] : 圧縮機1の押しのけ量、 η_v : 圧縮機1の体積効率、 ρ_s [kg/m³] : 圧縮機1の吸入ガス密度、である。Fは、冷凍装置100の運転データから圧縮機の運転周波数として取得できる。 V_{st} 及び η_v は、圧縮機1に固有の値であり、予め制御部60に記憶させておいても良い。 ρ_s は、冷媒種毎に固有の値を取り、吸入圧力 P_s と吸入温度 T_h とから求めることができる。ステップiを冷媒循環量算出ステップと呼ぶ。

[0027] (ステップii)

ステップiiにおいては、ステップiで求めた冷媒循環量 G_r から蒸発器4の入出口間の圧力損失 ΔP を算出する。 ΔP は以下の式により算出される。

$$\Delta P = \alpha \times f \times (l/d) \times (\rho u^2 / 2g)$$

ここで、 l [m] : 配管長、 d [m] : 配管径、 ρ [kg/m³] : 液密度、 u [m/s] : 冷媒流速、 f : 摩擦損失係数、 α : 補正係数、である。なお、 α 、 f 、 l 、 d 、 g は固定値である。式より冷媒流速 u と冷媒密度 ρ とが

大きくなると、圧力損失 ΔP が大きくなることわかる。冷媒流速 u は、冷媒循環量 G_r から求められる。圧力損失 ΔP は、冷媒密度 ρ と冷媒循環量 G_r との関係から得られる ΔP の値を予め制御部60に記憶させていても良い。圧力損失 ΔP 、冷媒密度 ρ 、及び冷媒循環量 G_r の関係を予めルックアップテーブルとして制御装置に記憶させても良い。ステップ*ii*を蒸発器4の圧力損失検出ステップと呼ぶ。

[0028] (ステップ*iii*)

蒸発器4の入口圧力 P_{ein} を算出する。入口圧力 P_{ein} は、 $P_{ein} = P_s + \Delta P$ より算出される。また、ステップ*i*~ステップ*iii*を合わせて、前記蒸発器の入口部及び前記蒸発器の出口部の管路内圧力を検出する検出ステップと呼ぶ。

[0029] (ステップ*iv*)

蒸発器4の入口の飽和温度 T_{ein} を P_{ein} から換算する。また、蒸発器4の出口の飽和温度 T_{eout} を吸入圧力 P_s から換算する。換算は、冷媒種に固有の飽和圧力換算表から求められる。ステップ*iv*を、蒸発器4の入口と蒸発器4の出口との温度勾配を求める、温度勾配検出ステップと呼ぶ。

[0030] (ステップ*v*)

蒸発器入口の飽和温度と蒸発器出口の飽和温度との差 $\Delta T_e = T_{eout} - T_{ein}$ が0になるように圧縮機運転周波数 F を制御し、冷媒循環量 G_r を変更する。例えば $\Delta T_e > 0$ の場合は圧縮機運転周波数 F を増加させ、 $\Delta T_e \leq 0$ の場合、圧縮機運転周波数 F を減少させる。 ΔT_e が0に近づくことにより、圧力損失が温度勾配と平行になる。ステップ*v*を、圧縮機1の運転周波数 F を変更し、冷凍サイクルを流れる冷媒の流速 u を変更する、流速変更ステップと呼ぶ。また、ステップ*iv*及びステップ*v*を合わせて、圧力調整ステップと呼ぶ。なお、ステップ*v*において、圧縮機1の運転周波数 F を変更する代わりに蒸発器4の入口側に設置された流量調整弁の開度を変更して冷凍サイクルを流れる冷媒の流速 u を変更しても良い。流量調整弁は、

減圧装置 3 であっても良い。この制御は、制御部 60 が冷却器 50 を制御できる場合に行われる。

[0031] (1) 実施の形態 1 に係る冷凍装置 100 によれば、圧縮機 1 と、凝縮器 2 と、減圧装置 3 と、蒸発器 4 とを冷媒配管 5 により接続し、内部で冷媒が循環する冷凍サイクルを備える。冷媒は、複数種類を混合した非共沸混合冷媒であり、蒸発器 4 は、非共沸混合冷媒の気液二相領域の等温線の温度勾配に合わせ、蒸発過程における管路内圧力を冷媒の流れる方向に沿って低下させることを特徴とする。

このように構成されることにより、冷凍装置 100 は、蒸発器 4 の入口側と出口側とにおいて、冷媒の温度差を抑制することができる。そのため、蒸発器 4 の入口側と出口側とにおいて着霜量が平均化するため、偏着霜による蒸発器 4 の熱交換性能の低下を防止することができる。

[0032] (2) 実施の形態 1 に係る冷凍装置 100 によれば、蒸発器 4 の伝熱管 41 は、断面積が冷媒の流れる方向に沿って減少している。

(3) 実施の形態 1 に係る冷凍装置 100 によれば、蒸発器 4 の伝熱管 41 は、管路内に冷媒の流れの抵抗となる抵抗手段を備える。

(4) 実施の形態 1 に係る冷凍装置 100 によれば、蒸発器 4 を通過する冷媒の流速を制御することにより蒸発過程における管路内圧力を低下させる。

このように構成されることにより、冷凍装置 100 は、蒸発器 4 に非共沸混合冷媒を所定の流速で流すことにより、蒸発器 4 の入口と出口との温度差を抑えることができる。また、上記 (2) ~ (4) の手段を適宜組み合わせることで冷凍装置 100 に用いられる冷媒に応じて、蒸発器 4 内を流れる冷媒に与える圧力損失を適宜制御することができる。

[0033] (5) 実施の形態 1 に係る冷凍装置 100 の運転方法によれば、冷媒は、複数種類を混合した非共沸混合冷媒である、冷凍装置において、蒸発器 4 の入口部及び蒸発器 4 の出口部の管路内圧力を検出する検出ステップと、入口部と出口部との管路内圧力の差を、冷媒の温度勾配に合わせる圧力調整ステ

ップと、を備える。

このように運転されることにより、冷凍装置100は、上記(1)に記載の効果を得ることができる。

[0034] (6) 実施の形態1に係る冷凍装置100の運転方法によれば、蒸発器4を流れる冷媒の流速を変更することにより入口部と出口部との管路内圧力の差を変更する流速変更ステップを有する。

(7) 実施の形態1に係る冷凍装置100の運転方法によれば、流速変更ステップは、圧縮機1の回転数を変更することにより蒸発器4を流れる冷媒の流速を変更する。

(8) 実施の形態1に係る冷凍装置100の運転方法によれば、流速変更ステップは、蒸発器の入口部に設置された流量調整弁の開度を変更して伝熱管41を流れる冷媒の流速を変更する。

このように構成されることにより、冷凍装置100は、冷凍サイクルを構成する圧縮機1や流量調整弁を用いて蒸発器24を流れる冷媒の流速を変更することができる。そのため、冷凍装置100に用いられる非共沸混合冷媒の物性に依りて、蒸発器4を流動する冷媒に与える圧力損失を適宜変更することができる。これにより、冷凍装置100は、上記(1)に記載の効果を得ることができる。

[0035] 実施の形態2.

実施の形態2に係る冷凍装置100は、実施の形態1に係る冷凍装置100と比べて、冷凍装置100内を循環する冷媒の組成を限定している点が異なる。実施の形態2においては、実施の形態1からの変更点を中心に説明する。

[0036] 実施の形態2の冷凍装置100を循環する非共沸混合冷媒は、R32と、R125と、R134aと、R1234yfと、二酸化炭素の混合冷媒であり、R32の割合 X_{R32} が36wt%、R125の割合 X_{R125} が30wt%、R134aの割合 X_{R134a} が14wt%、R1234yfの割合 $X_{R1234yf}$ が14wt%、二酸化炭素の割合 X_{CO_2} が6wt%である。このような冷媒

を使用することで以下に示すような効果を得ることができる。

[0037] まず、各単一冷媒では長所または短所となる物性が備わっているが、複数冷媒を混合することで、短所を低減して長所を増長させることができる。R 3 2の物性としては動作圧力が高いため、圧力損失による性能低下影響を低減でき、スーパーマーケットのショーケースなど低温の利用でも冷凍能力を向上することができる。R 1 2 3 4 y fの物性としては、地球温暖化係数が0のため、環境影響を低減できる。R 1 2 5、R 1 3 4 aの物性としては不燃性のため、R 3 2とR 1 2 3 4 y fの特性である燃焼性を低減し、安全性を高めることができる。二酸化炭素の物性としては、地球温暖化係数が0であり、かつ不燃性の自然冷媒であるため、環境影響の低減、安全性の向上の両方に寄与できる。よって、上述の非共沸混合冷媒により、地球環境に影響が少なく、かつ安全性と性能を同時に向上することができる。

[0038] また、前記混合冷媒は非共沸混合冷媒であり、非共沸混合冷媒は同圧力下において相変化で温度が変化し、蒸発過程において下流側が上流側より温度が高くなる。そのため、冷凍装置100の冷媒に非共沸混合冷媒を用いると蒸発器4の出口側よりも蒸発器4の入口側の温度が低くなる。特に、R 3 2を含む混合冷媒は低温の利用でも冷凍能力が向上するため、冷凍装置100がショーケースなどの飽和温度が氷点下未満の低温機器に用いられることが多い。そのため、R 3 2を含む混合冷媒が飽和温度が氷点下未満の低温機器で用いられる場合には蒸発器4に着霜が発生する。

[0039] 図5は、本発明の実施の形態2に係る冷凍装置200に用いられる非共沸混合冷媒のモリエル線図を示している。実施の形態2における非共沸混合冷媒の場合、上記に示した組成になっており、図5に示されるように、低温域において一定の圧力下で非共沸混合冷媒を相変化させると、蒸発器4の入口と出口との非共沸混合冷媒の温度勾配は -5°C になる。つまり、低温域において、特に蒸発器4の内部を流れる冷媒に圧力損失を生じさせずに熱交換させると、蒸発器4の入口と出口との間の温度差はおよそ 5°C である。例えば、蒸発器4の入口側の温度が -12°C 、蒸発器4の出口側の温度が -7°C と

なり、蒸発器4の入口側の温度が大きく低下する。そのため、より冷媒の温度が低い蒸発器4の入口側においては、伝熱管41及びフィン42に触れた空気の冷却が促進され、空気に含まれた水分が凝固し、着霜し易く着霜量が蒸発器4の出口側よりも多くなる。よって、偏着霜により冷凍装置200の冷凍性能に及ぼす影響も大きくなる。

[0040] 従って、実施の形態2においても、非共沸混合冷媒の物性から蒸発器4の入口と出口の冷媒飽和温度差を算出する。そして、冷凍装置200において蒸発器4の入口と出口との間の冷媒の圧力差を、蒸発器4に流れる冷媒の温度を均一にした際の蒸発器4の入口及び出口における冷媒の圧力差と同じにするように、蒸発器4を流れる冷媒に配管圧損を付与すればよい。

[0041] 以上より、実施の形態2のように、冷凍装置200を循環する冷媒に、組成がR32が36wt%、R125が30wt%、R134aが14wt%、R1234yfが14wt%、二酸化炭素が6wt%である非共沸混合冷媒を用いた場合においても、蒸発器4内の配管圧損が冷媒の温度勾配とほぼ同一になるように構成することで、蒸発器4内の冷媒温度をほぼ均一にし、蒸発器4における偏着霜による熱交換性能低下の防止が可能となる。それと共に、実施の形態2に係る非共沸混合冷媒を利用することにより、冷凍装置200は、地球環境に影響が少なく、かつ安全性と冷凍性能を同時に向上させることができる。

[0042] なお、実施の形態2の非共沸混合冷媒を構成する各冷媒の組成は、±3wt%未満の範囲で各冷媒の組成割合が異なる冷媒であっても良い。つまり、R32の割合 X_{R32} (wt%) が $33 < X_{R32} < 39$ である条件と、R125の割合 X_{R125} (wt%) が $27 < X_{R125} < 33$ である条件と、R134aの割合 X_{R134a} (wt%) が $11 < X_{R134a} < 17$ である条件と、R1234yfの割合 $X_{R1234yf}$ (wt%) $11 < X_{R1234yf} < 17$ である条件と、二酸化炭素の割合 X_{CO2} (wt%) が $3 < X_{CO2} < 9$ である条件と、 X_{R32} と X_{R125} と X_{R134a} と $X_{R1234yf}$ と X_{CO2} との総和が100 (wt%) である条件と、を全て満たす冷媒であればよい。

- [0043] なお、実施の形態2の冷凍装置200を循環する冷媒は、R448A、R449A、R407Fのいずれかであっても良い。R448A、R449A、R407Fは非共沸混合冷媒であり、いずれを用いた場合においても、蒸発器4内の冷媒に付与する配管圧損が冷媒の温度勾配とほぼ同一になるように構成することで、蒸発器4内の冷媒温度をほぼ均一にし、蒸発器4の偏着霜による熱交換性能低下の防止が可能となる。
- [0044] なお、実施の形態2に係る非共沸混合冷媒の物性は、R410Aの物性と近似しており、R410Aを実施の形態2に係る冷凍装置200内に投入しても問題なく運転することができる。ただし、R410Aは疑似共沸混合冷媒であり、温度勾配をほとんどもたない冷媒である。すなわち、図5において、蒸発器4内に示される疑似共沸混合冷媒の等温線のように、冷媒の等温線はほぼ水平になっている。そのため、実施の形態2に係る非共沸混合冷媒に合わせて設計された蒸発器4を備えた冷凍装置200にR410Aを用いると、蒸発器4内を冷媒が流動した際の圧力損失により出口側の圧力が低下し、冷凍装置200の冷凍能力の低下が大きくなることが考えられる。
- [0045] そのため、冷凍装置200にR410Aを用いる場合、R410Aを用いた場合の性能低下が小さくなるようにするため、蒸発器4は、伝熱管41の配管圧損が少なくなるように構成する必要がある。例えば、実施の形態2に係る非共沸混合冷媒を用いる場合は、低温域における蒸発器4の入口と出口との冷媒飽和温度差がおよそ5℃であるので、蒸発器4は5℃に相当する圧力損失を冷媒に付与するように構成されている。しかし、R410Aを用いる場合は、蒸発器4における圧力損失が非共沸混合冷媒の温度勾配にして5℃未満相当の圧力損失となるようにする。
- [0046] 例えば、実施の形態2に係る蒸発器4の伝熱管41を通常の流速で管内を流れる冷媒に対しては圧力損失が少なくなるように構成しておき、冷凍装置200は、R410Aを用いたときは通常の流速で冷媒が流れるように運転する。すると、蒸発器4内を流れる冷媒は、圧力損失が非共沸混合冷媒の温度勾配にして5℃未満になるように流れるため、図5に示される点線Cの

ようにほぼ等圧のまま蒸発器4から流出する。一方、実施の形態2に係る非共沸混合冷媒を用いたときは、通常より早い流速で冷媒を流し、早い流速の場合に管内の冷媒の圧力損失が大きくなる様に伝熱管41を構成すればよい。冷媒の流速を上げた場合は、蒸発器4内の冷媒の圧力損失が大きくなり、図5に示される実線Dのように、蒸発器4の入口よりも出口の圧力が低くなり、蒸発器4の入口と出口との冷媒の温度差が生じず、偏着霜も生じない。以上のような手段により、冷凍装置200は、非共沸混合冷媒及び疑似共沸混合冷媒の両方を冷凍能力を低下させることなく利用することができる。

[0047] 図6は、本発明の実施の形態2に係る冷凍装置200の蒸発器24の構成を表す概略図である。例えば、実施の形態2に係る蒸発器24の伝熱管41を管内を流れる冷媒に対して所定の圧力損失を与えるように構成しておく。そして、冷凍装置200は、R410Aを用いたときは、蒸発器24を流れる冷媒の流路の数、すなわちパス数が図2に示されるように5本になるように構成されている。一方、冷凍装置200は、実施の形態2に係る非共沸混合冷媒を用いたときは、蒸発器24を流れる冷媒の流路を切り替え、冷媒が図6に示されるように1本のパス数で蒸発器24を通過するように構成されている。図6に示される蒸発器24は、各伝熱管41が蒸発器24の端部でU字管45により接続され、冷媒が蒸発器24の両端で折り返して流れることにより流路が長くなっている。冷媒の流路が長いため、蒸発器24を通過する冷媒は伝熱管41の管路損失により圧力が低下する。以上のように構成されることにより、冷凍装置200にR410Aのような疑似共沸混合冷媒を用いる場合には、流路を短くすることにより冷媒の圧力損失が小さくなる。そして、冷凍装置200に非共沸混合冷媒を用いる場合には、流路を長くすることにより冷媒の圧力損失を大きくすることができる。以上の手段により、冷凍装置200は、疑似共沸混合冷媒及び非共沸混合冷媒の両方を冷凍能力を低下させることなく利用することができる。

[0048] (9) 実施の形態2に係る冷凍装置200によれば、冷媒は、R32と、R125と、R134aと、R1234yfと、二酸化炭素との混合冷媒で

あり、R32の割合 X_{R32} (wt%) が、 $33\text{wt}\% < X_{R32} < 39\text{wt}\%$ である条件と、R125の割合 X_{R125} (wt%) が、 $27\text{wt}\% < X_{R125} < 33\text{wt}\%$ である条件と、R134aの割合 X_{R134a} (wt%) が、 $11\text{wt}\% < X_{R134a} < 17\text{wt}\%$ である条件と、R1234yfの割合 $X_{R1234yf}$ (wt%) が、 $11\text{wt}\% < X_{R1234yf} < 17\text{wt}\%$ である条件と、二酸化炭素の割合 X_{CO2} (wt%) が、 $3\text{wt}\% < X_{CO2} < 9\text{wt}\%$ である条件と、 X_{R32} 、 X_{R125} 、 X_{R134a} 、 $X_{R1234yf}$ 、及び X_{CO2} の総和 X_{total} が、 $100\text{wt}\%$ である条件と、を全て満たす。

このように構成されることにより、冷凍装置200は、地球環境に影響が少なく、かつ安全性と冷凍性能を同時に向上させることができる。

[0049] (10) 実施の形態2に係る冷凍装置200によれば、冷媒は、R448A、R449A、又はR407Fである。

(11) 実施の形態2に係る冷凍装置200によれば、冷凍サイクルは、R32と、R125と、R134aと、R1234yfと、二酸化炭素との混合冷媒、R448A、R449A、及びR407Fのうち少なくとも1種類の前記冷媒と、R410Aとを共用できる。このように構成されることにより、冷凍装置200は、例えば低温機器、その他の様々な用途に用いることができる。

[0050] (12) 実施の形態2に係る冷凍装置200の運転方法によれば、冷媒が通過する蒸発器24の伝熱管41の管路長を変更することにより入口部と出口部との管路内圧力の差を変更する管路長変更ステップを有する。

このように構成されることにより、冷凍装置200は、用いられる冷媒に応じて、蒸発器24を通過する冷媒に圧力損失を与えることができる。従って、冷凍装置200に複数種類の冷媒を用いることができるため、冷凍装置200は、様々な用途に用いることができる。

[0051] (13) 実施の形態2に係る冷凍装置200の運転方法によれば、管路長変更ステップは、蒸発器24を通過する冷媒のパス数を変更し入口部と出口部との管路内圧力の差を変更する。

このように構成されることにより、冷凍装置200は、通常の伝熱管41により構成された蒸発器24においても、蒸発器24内を流れる冷媒に与える圧力損失を変更することができる。また、上記(6)～(8)に記載した手段を併用することにより、蒸発器24内を流れる冷媒に与える圧力損失の幅が広がり、蒸発器24の入口と出口との冷媒の圧力差を適正に調整することも可能になる。

符号の説明

[0052] 1 圧縮機、2 凝縮器、3 減圧装置、4 蒸発器、5 冷媒配管、6 凝縮器送風機、7 蒸発器送風機、20 圧力センサ、24 蒸発器、30 温度センサ、41 伝熱管、42 フィン、43 冷媒分配器、44 ヘッド、45 U字管、50 冷却器、60 制御部、100 冷凍装置、200 冷凍装置、A 点線、B 点線、C 点線、D 実線。

請求の範囲

- [請求項1] 圧縮機と、凝縮器と、減圧装置と、蒸発器とを冷媒配管により接続し、内部で冷媒が循環する冷凍サイクルを備え、
前記冷媒は、
複数種類を混合した非共沸混合冷媒であり、
前記蒸発器は、
前記非共沸混合冷媒の気液二相領域の等温線の温度勾配に合わせ、蒸発過程における管路内圧力を前記冷媒の流れる方向に沿って低下させることを特徴とする、冷凍装置。
- [請求項2] 前記蒸発器の伝熱管は、
断面積が前記冷媒の流れる方向に沿って増加している、請求項1に記載の冷凍装置。
- [請求項3] 前記蒸発器の伝熱管は、
管路内に前記冷媒の流れの抵抗となる抵抗手段を備える、請求項1に記載の冷凍装置。
- [請求項4] 前記蒸発器を通過する前記冷媒の流速を制御することにより前記蒸発過程における前記管路内圧力を低下させる、請求項1～3の何れか1項に記載の冷凍装置。
- [請求項5] 前記冷媒は、
R32と、R125と、R134aと、R1234yfと、二酸化炭素との混合冷媒であり、
R32の割合 X_{R32} (wt%) が、
 $33\text{ wt}\% < X_{R32} < 39\text{ wt}\%$ である条件と、
R125の割合 X_{R125} (wt%) が、
 $27\text{ wt}\% < X_{R125} < 33\text{ wt}\%$ である条件と、
R134aの割合 X_{R134a} (wt%) が、
 $11\text{ wt}\% < X_{R134a} < 17\text{ wt}\%$ である条件と、
R1234yfの割合 $X_{R1234yf}$ (wt%) が、

$11 \text{ wt \%} < X_{R1234yf} < 17 \text{ wt \%}$ である条件と、
 二酸化炭素の割合 X_{CO_2} (wt%) が、
 $3 \text{ wt \%} < X_{CO_2} < 9 \text{ wt \%}$ である条件と、
 X_{R32} 、 X_{R125} 、 X_{R134a} 、 $X_{R1234yf}$ 、及び X_{CO_2} の総和 X_{total} が、
 100 wt \% である条件と、を全て満たす、請求項1～4のうち何れか1項に記載の冷凍装置。

[請求項6] 前記冷媒は、
 $R448A$ 、 $R449A$ 、又は $R407F$ である、請求項1～4のうち何れか1項に記載の冷凍装置。

[請求項7] 前記冷凍サイクルは、
 $R32$ と、 $R125$ と、 $R134a$ と、 $R1234yf$ と、二酸化炭素との混合冷媒、 $R448A$ 、 $R449A$ 、及び $R407F$ の少なくとも1種類の前記冷媒と、 $R410A$ との両方に対応するよう構成された、請求項5又は6に記載の冷凍装置。

[請求項8] 圧縮機と、凝縮器と、減圧装置と、蒸発器とを冷媒配管により接続し、内部で冷媒が循環する冷凍サイクルを備え、
 前記冷媒は、
 複数種類を混合した非共沸混合冷媒である、冷凍装置において、
 前記蒸発器の入口部及び前記蒸発器の出口部の管路内圧力を検出する検出ステップと、
 前記入口部と前記出口部との前記管路内圧力の差を、前記冷媒の気液二相領域の等温線の温度勾配に合わせる圧力調整ステップと、を備える、冷凍装置の運転方法。

[請求項9] 前記冷媒が通過する前記蒸発器の伝熱管の管路長を変更することにより前記入口部と前記出口部との前記管路内圧力の差を変更する管路長変更ステップを有する、請求項8に記載の冷凍装置の運転方法。

[請求項10] 前記圧力調整ステップは、

前記蒸発器を流れる前記冷媒の流速を変更することにより前記入口部と前記出口部との前記管路内圧力の差を変更する流速変更ステップを有する、請求項 8 又は 9 に記載の冷凍装置の運転方法。

[請求項11]

前記流速変更ステップは、

前記圧縮機の運転周波数を変更することにより前記蒸発器を流れる前記冷媒の流速を変更する、請求項 10 に記載の冷凍装置の運転方法。

[請求項12]

前記流速変更ステップは、

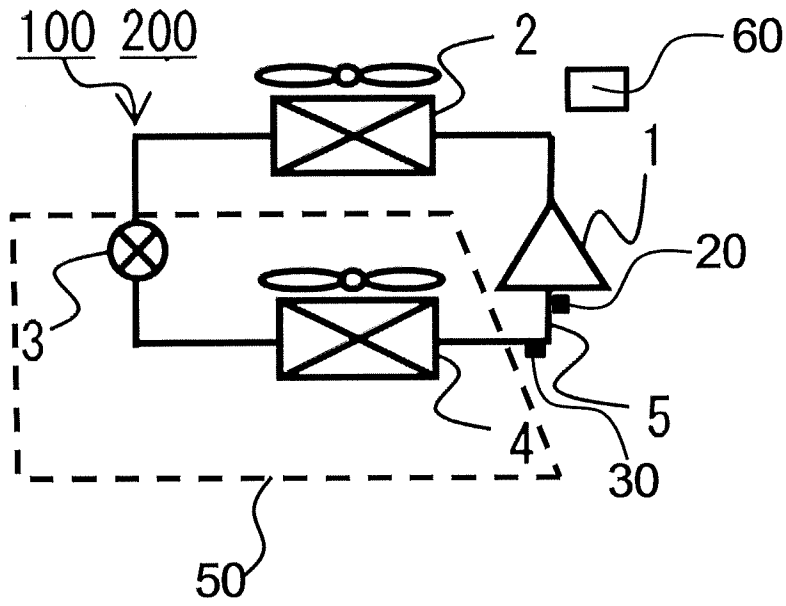
前記蒸発器の前記入口部に設置された流量調整弁の開度を変更して前記蒸発器を流れる前記冷媒の流速を変更する、請求項 10 又は 11 に記載の冷凍装置の運転方法。

[請求項13]

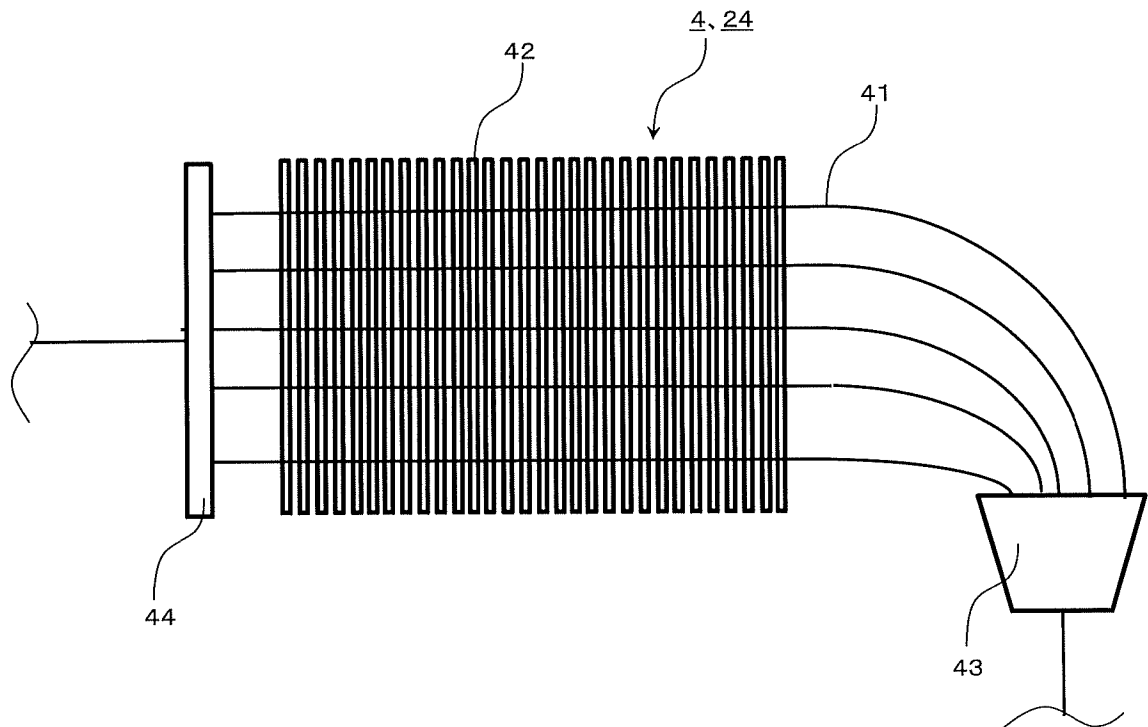
前記管路長変更ステップは、

前記蒸発器を通過する前記冷媒のパス数を変更し前記入口部と前記出口部との前記管路内圧力の差を変更する、請求項 9 に記載の冷凍装置の運転方法。

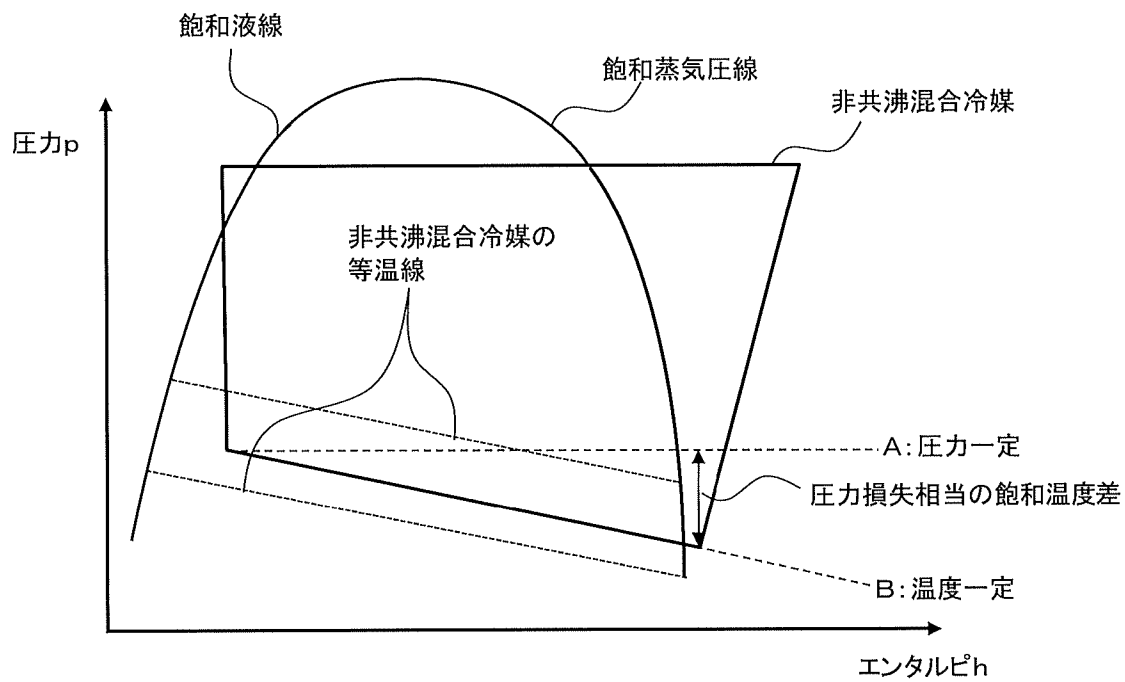
[図1]



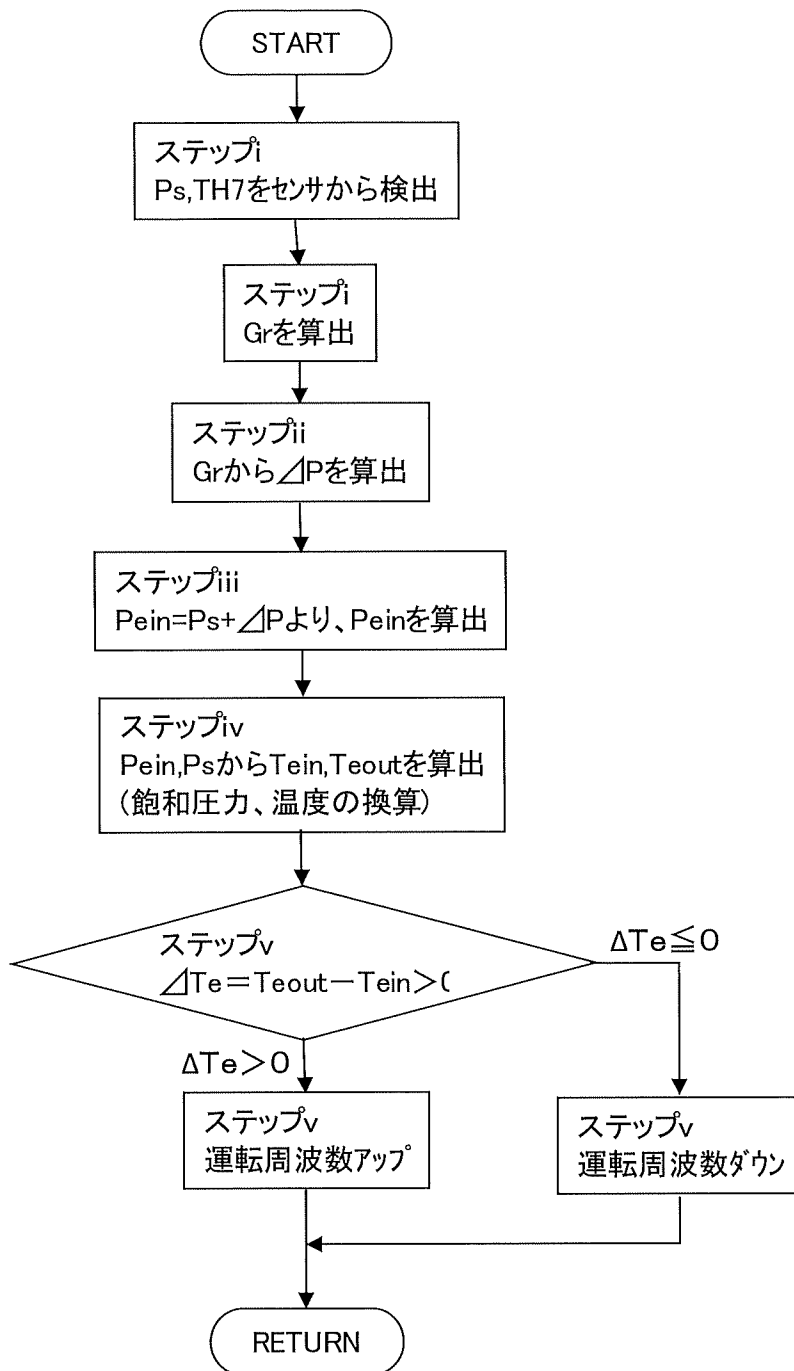
[図2]



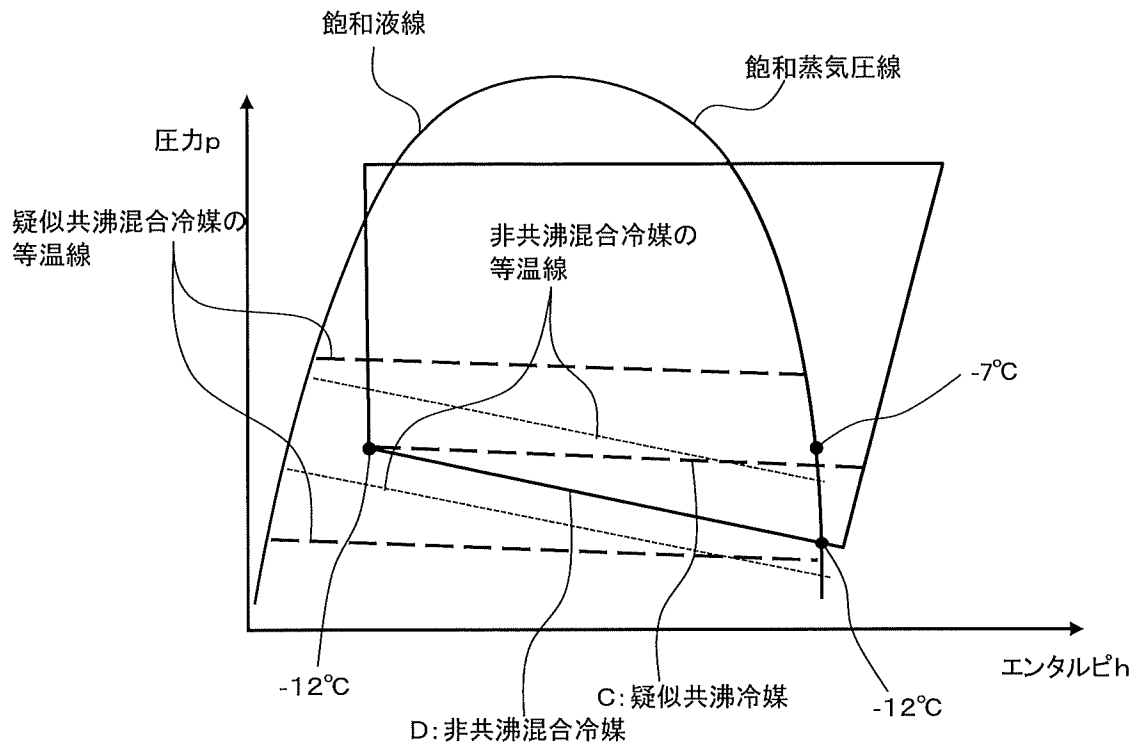
[図3]



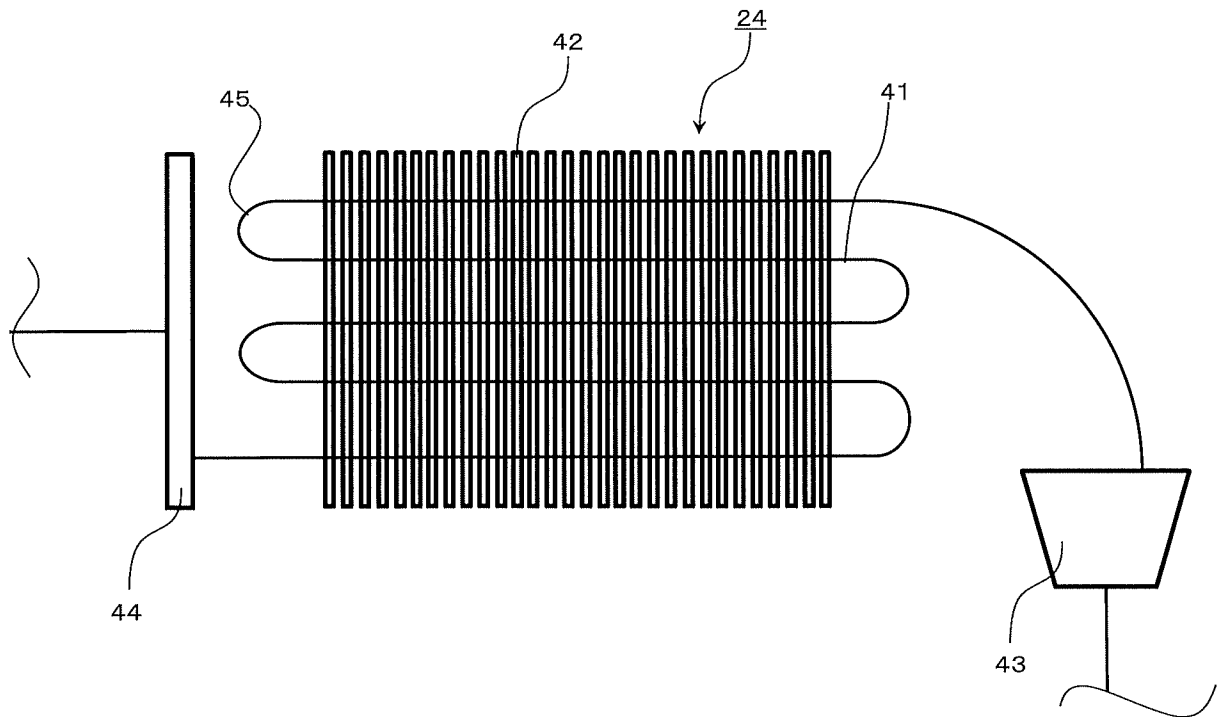
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/026803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F25B1/00(2006.01)i, F25B39/02(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)
F25B1/00, F25B39/02

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-133433 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 20 May 1997 (20.05.1997), paragraphs [0001], [0022] to [0030], [0036] to [0039], [0046]; fig. 1, 6, 9 (Family: none)	1-4 1-13
X Y	JP 6-272998 A (Toshiba Corp.), 27 September 1994 (27.09.1994), paragraphs [0012] to [0027]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1, 3-4 1-13
X Y	JP 8-145490 A (Matsushita Refrigeration Co.), 07 June 1996 (07.06.1996), paragraphs [0001], [0014] to [0017]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 3-4 1-13

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 05 October 2017 (05.10.17)	Date of mailing of the international search report 17 October 2017 (17.10.17)
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026803

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-105560 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 April 1997 (22.04.1997), paragraphs [0049] to [0050]; fig. 5 to 6 & KR 10-0248683 B & CN 1143735 A & TW 344022 B	1, 3-4 1-13
Y	JP 2007-536390 A (Honeywell International Inc.), 13 December 2007 (13.12.2007), paragraphs [0009], [0018] & US 2006/0043331 A1 paragraphs [0012], [0029] to [0042] & WO 2005/108523 A1 & EP 2261296 A2 & KR 10-2007-0007370 A & CN 1973016 A	5-6
E, X	WO 2017/149642 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 08 September 2017 (08.09.2017), entire text; all drawings (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F25B1/00(2006.01)i, F25B39/02(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. F25B1/00, F25B39/02

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 9-133433 A (三洋電機株式会社) 1997.05.20, 段落1、22-30、36-39、46及び図1、6、9 (ファミリーなし)	1-4 1-13
X Y	JP 6-272998 A (株式会社東芝) 1994.09.27, 段落12-27及び図1-5 (ファミリーなし)	1, 3-4 1-13
X Y	JP 8-145490 A (松下冷機株式会社) 1996.06.07, 段落1、14-17及び図1-3 (ファミリーなし)	1, 3-4 1-13

☑ 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

05.10.2017

国際調査報告の発送日

17.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

石黒 雄一

3M

4019

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

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
X Y	JP 9-105560 A (三菱電機株式会社) 1997.04.22, 段落 49-50 及び図 5-6 & KR 10-0248683 B & CN 1143735 A & TW 344022 B	1, 3-4 1-13
Y	JP 2007-536390 A (ハネウエル・インターナショナル・インコーポレーテッド) 2007.12.13, 段落 9、18 & US 2006/0043331 A1, 段落 12、29-42 & WO 2005/108523 A1 & EP 2261296 A2 & KR 10-2007-0007370 A & CN 1973016 A	5-6
E, X	WO 2017/149642 A1 (三菱電機株式会社) 2017.09.08, 全文、全図 (ファミリーなし)	1