

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6901041号  
(P6901041)

(45) 発行日 令和3年7月14日(2021.7.14)

(24) 登録日 令和3年6月21日(2021.6.21)

(51) Int.Cl. F I  
**F 2 5 B 1/00 (2006.01)** F 2 5 B 1/00 3 9 7 B  
 F 2 5 B 1/00 3 9 9 A

請求項の数 10 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2020-507851 (P2020-507851)	(73) 特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(86) (22) 出願日	平成31年3月19日 (2019.3.19)	(74) 代理人	100109313 弁理士 机 昌彦
(86) 国際出願番号	PCT/JP2019/011564	(74) 代理人	100124154 弁理士 下坂 直樹
(87) 国際公開番号	W02019/181972	(72) 発明者	佐久間 寿人 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(87) 国際公開日	令和1年9月26日 (2019.9.26)	(72) 発明者	轟 孔一 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
審査請求日	令和2年7月30日 (2020.7.30)		
(31) 優先権主張番号	特願2018-55825 (P2018-55825)		
(32) 優先日	平成30年3月23日 (2018.3.23)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却装置、制御方法および記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第1の蒸発部及び第2の蒸発部と、

前記第1の蒸発部に接続され、前記第1の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第1の凝縮部と、

前記第2の蒸発部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第2の凝縮部と、

前記第1の蒸発部および前記第1の凝縮部の間であって前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部の間に設けられ、前記第1の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第2の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第1の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第1の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第1のバルブと、

前記第2の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第2の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第2のバルブとを備え、

前記共通配管内の圧力は、前記第1の蒸発部内および前記第2の蒸発部内の圧力よりも

大きい冷却装置。

【請求項 2】

前記第 1 の凝縮部および前記第 2 の凝縮部は、前記第 1 の蒸発部および前記第 2 の蒸発部よりも鉛直方向にて上方であって、前記共通配管内の圧力が前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きくなる位置に、設けられている請求項 1 に記載の冷却装置。

【請求項 3】

前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間に設けられ、前記共通配管内の圧力が前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きくなるように、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を前記共通配管へ送る第 1 のポンプと、

10

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管の間に設けられ、前記共通配管内に圧力が前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きくなるように、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を送る第 2 のポンプとをさらに備えた請求項 1 または 2 に記載の冷却装置。

【請求項 4】

前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間であって前記第 1 のポンプよりも鉛直方向で上方に設けられ、前記第 1 の凝縮部により流出される液相状態の冷媒を貯留する第 1 のタンクをさらに備えた請求項 3 に記載の冷却装置。

【請求項 5】

前記第 1 のポンプは、前記第 1 のタンク内の液相状態の冷媒の液面高さに応じて、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を前記共通配管へ送る請求項 4 に記載の冷却装置。

20

【請求項 6】

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管の間であって前記第 2 のポンプよりも鉛直方向で上方に設けられ、前記第 2 の凝縮部により流出される液相状態の冷媒を貯留する第 2 のタンクをさらに備えた請求項 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

【請求項 7】

前記第 2 のポンプは、前記第 2 のタンク内の液相状態の冷媒の液面高さに応じて、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を前記共通配管へ送る請求項 6 に記載の冷却装置。

30

【請求項 8】

前記第 2 のタンク内に含まれる気相状態の冷媒を前記圧縮機へ導くバイパス管をさらに備えた請求項 6 または 7 に記載の冷却装置。

【請求項 9】

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第 1 の蒸発部及び第 2 の蒸発部と、

前記第 1 の蒸発部に接続され、前記第 1 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 1 の凝縮部と、

前記第 2 の蒸発部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 2 の凝縮部と、

40

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部の間であって前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部の間に設けられ、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第 1 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 1 のバルブと、

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状

50

態の冷媒量を調整する第 2 のバルブとを備えた冷却装置の制御方法であって、

前記共通配管内の圧力は、前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きく、

前記第 1 の蒸発部、前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、

前記第 2 の蒸発部、前記第 2 の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、

前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理を含む制御方法。

10

【請求項 10】

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第 1 の蒸発部及び第 2 の蒸発部と、

前記第 1 の蒸発部に接続され、前記第 1 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 1 の凝縮部と、

前記第 2 の蒸発部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 2 の凝縮部と、

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部の間であって前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部の間に設けられ、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

20

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第 1 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 1 のバルブと、

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 2 のバルブとを備えた冷却装置の制御プログラムであって、

前記共通配管内の圧力は、前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きく、

30

前記第 1 の蒸発部、前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、

前記第 2 の蒸発部、前記第 2 の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、

前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理をコンピュータに実行させる制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、冷却装置等に関し、たとえば、発熱体を冷却する冷却装置等の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、クラウドサービス等の技術発展に伴って、情報処理量が増大しつつある。この膨大な情報を処理するために、中央演算処理装置 (Central Processing Unit: CPU) や集積回路 (Multi-chip Module: MCM) などの発熱体の計算量が、増加する傾向にある。このため、これらの発熱体の発熱量も増加する傾向にある。また、外気温度が高く冷房が必要な夏季はもとより、外気温度が低い冬季においても、外気からの塵や埃の混入を抑制するために、外気を取り入れて発熱体を冷却することが制限されている。このため、年

50

間を通じて、外気温度によらず、高い効率で発熱体を冷却しようとする試みがなされている。

【0003】

このような冷却技術として、フリークーリング型冷凍サイクルと圧縮冷凍サイクルを併用して、発熱体を冷却する冷却装置が知られている（たとえば、特許文献1）。

【0004】

特許文献1に記載のフリークーリング型冷凍サイクルでは、冷却コイル（蒸発部）と凝縮部（凝縮部）の間で冷媒を循環させて、情報処理機器（発熱体）の熱を冷却している。すなわち、まず、冷却コイルが、情報処理機器の熱を受けた後、液相状態の冷媒を蒸発させることによって、情報処理機器の熱を回収しつつ、液相状態の冷媒を相変化させて気相状態の冷媒を発生させる。気相状態の冷媒は、冷媒ガス配管（蒸気管）を通過して、凝縮部（凝縮部）に流入する。凝縮部は、外気との温度差を利用した熱交換によって、気相状態の冷媒を相変化させ、液相状態の冷媒を生成する。液相状態の冷媒は、冷媒液配管（液管）を通過して、冷却コイルに流入する。また、強制循環ポンプおよび自然循環バルブが冷媒液配管に並列に設けられている。差圧計は、冷媒ガス配管を通る気相状態の冷媒と、冷媒液配管を通る液相状態の冷媒との間の比重差を測定する。圧力制御装置は、差圧計の測定値が閾値以下である場合に、強制循環ポンプを起動し、自然循環バルブを閉じる。

10

【0005】

特許文献1に記載の圧縮冷凍サイクルでは、冷却コイル（蒸発部）と凝縮部（凝縮部）の間で、圧縮機および膨張弁を介して冷媒を循環させて、情報処理機器（発熱体）の熱を冷却している。すなわち、まず、冷却コイルが、情報処理機器の熱を受けた後、液相状態の冷媒を蒸発させることによって、情報処理機器の熱を回収しつつ、液相状態の冷媒を相変化させて気相状態の冷媒を発生させる。気相状態の冷媒は、冷媒ガス配管（蒸気管）を通過し、圧縮機で圧縮され温度上昇した後に、凝縮部（凝縮部）に流入する。凝縮部は、外気との温度差を利用した熱交換によって、気相状態の冷媒を相変化させ、液相状態の冷媒を生成する。液相状態の冷媒は、冷媒液配管（液管）を通過し、膨張弁で減圧された後、冷却コイルに流入する。

20

【0006】

特許文献1に記載の技術では、フリークーリング型冷凍サイクルで情報処理機器の熱を十分に冷却しきれない場合に、圧縮冷凍サイクルを作動させる。

30

【0007】

なお、本発明に関連する技術が、特許文献2および3にも開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許5921931号公報

【特許文献2】特開平2-126054号公報

【特許文献3】特開2010-190553号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0009】

しかしながら、特許文献1に記載の技術では、フリークーリング型冷凍サイクルおよび圧縮冷凍サイクルの双方に対して、それぞれ蒸気管および液管を設ける必要があり、配管長が長くなってしまいう問題があった。

【0010】

とくに、データセンタの局所空調などでは、蒸発部は広いサーバ室内の複数箇所に設置されているのに対して、圧縮機および凝縮部は壁沿いや別のフロアなど蒸発部から離れた場所に設置される傾向がある。このため、データセンタの局所空調などでは、蒸気管および液管の長さが一般的な空調と比較して長くなるため、特許文献1を適用した際には、蒸気管および液管の配管長が著しく長くなり、配管の費用や配管設置の費用が増大してしま

50

うという問題があった。

【 0 0 1 1 】

本発明は、このような事情を鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、配管長をより短くすることができる冷却装置等を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

本発明の冷却装置は、発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第1の蒸発部及び第2の蒸発部と、前記第1の蒸発部に接続され、前記第1の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第1の凝縮部と、前記第2の蒸発部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第2の凝縮部と、前記第1の蒸発部および前記第1の凝縮部の間であって前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部の間に設けられ、前記第1の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、前記第2の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、前記第1の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第1の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第1のバルブと、前記第2の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第2の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第2のバルブとを備え、前記共通配管内の圧力は、前記第1の蒸発部内および前記第2の蒸発部内の圧力よりも大きい。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の制御方法は、発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第1の蒸発部及び第2の蒸発部と、前記第1の蒸発部に接続され、前記第1の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第1の凝縮部と、前記第2の蒸発部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第2の凝縮部と、前記第1の蒸発部および前記第1の凝縮部の間であって前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部の間に設けられ、前記第1の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、前記第2の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、前記第1の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第1の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第1のバルブと、前記第2の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第2の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第2のバルブとを備えた冷却装置の制御方法であって、前記共通配管内の圧力は、前記第1の蒸発部内および前記第2の蒸発部内の圧力よりも大きく、前記第1の蒸発部、前記第1の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、前記第2の蒸発部、前記第2の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理を含んでいる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の記憶媒体は、発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第1の蒸発部及び第2の蒸発部と、前記第1の蒸発部に接続され、前記第1の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第1の凝縮部と、前記第2の蒸発部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出

させる第2の凝縮部と、前記第1の蒸発部および前記第1の凝縮部の間であって前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部の間に設けられ、前記第1の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、前記第2の蒸発部および前記第2の凝縮部に接続され、前記第2の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、前記第2の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第2の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、前記第1の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第1の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第1のバルブと、前記第2の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第2の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第2のバルブとを備えた冷却装置の制御プログラムであって、前記共通配管内の圧力は、前記第1の蒸発部内および前記第2の蒸発部内の圧力よりも大きく、前記第1の蒸発部、前記第1の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、前記第2の蒸発部、前記第2の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理をコンピュータに実行させる。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、配管長をより短くすることができる冷却装置等を提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の第1の実施の形態における冷却装置の構成を示す模式図である。

【図2】圧縮機および膨張弁の制御を説明するためのフロー図である。

【図3】圧縮機および膨張弁の制御の変形例を説明するためのフロー図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態における冷却装置の構成を示す模式図である。

【図5】圧縮機および膨張弁の制御を説明するためのフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

<第1の実施の形態>

30

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100について、図に基づいて説明する。

図1は、冷却装置100の構成を示す模式図である。

【0018】

冷却装置100は、発熱体Hを冷却する。図1に示されるように、冷却装置100は、第1の蒸発部11と、第2の蒸発部12と、第1の凝縮部21と、第2の凝縮部22と、圧縮機30と、膨張弁40と、第1のタンク51と、第2のタンク52と、第1のポンプ61と、第2のポンプ62と、第1のバルブ71と、第2のバルブ72と、制御部80とを備えている。

【0019】

また、冷却装置100は、第1の蒸気管VP1と、第2の蒸気管VP2-1、VP2-2を備えている。さらに、冷却装置100は、第1の液管LP1-1、LP1-2、LP1-3、LP1-4、LP1-5、第2の液管LP2-1、LP2-2、LP2-3、LP2-4、LP2-5、LP2-6を備えている。また、冷却装置100は、バイパス管BPおよび共通配管CPを備えている。

40

【0020】

なお、第2の蒸気管VP2-1、VP2-2を区別する必要がない場合には、これらを第2の蒸気管VP2と呼ぶことがある。同様に、第1の液管LP1-1、LP1-2、LP1-3、LP1-4、LP1-5を区別する必要がない場合には、これらを第1の液管LP1と呼ぶことがある。さらに、第2の液管LP2-1、LP2-2、LP2-3、LP2-4、LP2-5、LP2-6を区別する必要がない場合には、これらを第2の液管

50

LP2と呼ぶことがある。VP1、VP2、LP1およびLP2は、本実施形態において、必須の構成要素ではない。

【0021】

第1の蒸発部11と、第2の蒸発部12と、圧縮機30と、膨張弁40と、第1のタンク51と、第2のタンク52と、第1のポンプ61と、第2のポンプ62と、第1のバルブ71と、第2のバルブ72は、通常、屋内に設置される。また、第1の凝縮部21および第2の凝縮部22は、通常、屋外に設置される。すなわち、第1の凝縮部21および第2の凝縮部22は、たとえば、サーバ室の外に設けられる。

【0022】

ここで、発熱体Hは、稼働すると熱を発する装置であって、たとえばサーバ室内に設置されたサーバ装置等の電子装置である。電子装置内には、稼働すると発熱する部品として、たとえば中央演算処理装置CPUや集積回路MCMなどが実装されている。本実施形態の説明では、発熱体Hは1つであるとするが、複数の発熱体Hが設けられてもよい。

10

【0023】

冷却装置100は、第1の蒸発部11および第1の凝縮部21の間で冷媒(Coolant：以下、COOと称する。)を循環させるとともに、第1の蒸発部11、第1の凝縮部21、圧縮機30および膨張弁40の間で冷媒COOを循環させる。

【0024】

第1の蒸発部11および第1の凝縮部21の間で少なくとも共通配管CPを介して冷媒COOを循環させる系を、フリークーリング型冷凍サイクルと呼ぶ。第2の蒸発部12、第2の凝縮部22、圧縮機30および膨張弁40の間で少なくとも共通配管CPを介して冷媒COOを循環させる系を、圧縮冷凍サイクルと呼ぶ。

20

【0025】

冷媒COOには、液相状態の冷媒(液相冷媒(Liquid-Phase Coolant：以下、LP-COOと称する。))と気相状態の冷媒(気相冷媒(Gas-Phase Coolant：以下、GP-COOと称する。))の間で相変化する冷媒が用いられている。

【0026】

冷媒COOには、低沸点の冷媒として、例えば、ハイドロフルオロカーボン(HFC：Hydro Fluorocarbon)やハイドロフルオロエーテル(HFE：Hydro Fluoroether)などを用いることができる。また、冷媒COOに、たとえば、水のように、相変化しない物質を用いてもよい。

30

【0027】

冷媒COOは、第1の蒸発部11と、第2の蒸発部12と、第1の凝縮部21と、第2の凝縮部22と、圧縮機30と、膨張弁40と、第1のタンク51と、第2のタンク52と、第1のポンプ61と、第2のポンプ62と、第1のバルブ71と、第2のバルブ72と、蒸気管VP1、VP2、液管LP1、LP2で構成される空間内に、密閉された状態で閉じ込められる。このため、前記空間内に、液相冷媒LP-COOを注入した後に真空排気することにより、前記空間内を常に冷媒の飽和蒸気圧に維持する。

【0028】

なお、前記空間内に冷媒COOを充填する方法については、次の通りである。たとえば、第1の蒸発部11または第2の蒸発部12の上面(図1にて紙面上側の面)に予め設けられている冷媒注入孔(不図示)から、冷媒COOを注入する。そして、冷媒COOが所定量に達したら、冷媒注入孔を閉じる。また、第1の蒸発部11または第2の蒸発部12の上面(図1にて紙面上側の面)に予め設けられている空気排除用孔(不図示)を介して、真空ポンプ(不図示)などを用いて、前記空間内から、空気を排除する。そして、空気排除用孔を閉じる。このようにして、冷却装置100の前記空間内に冷媒COOを密閉する。これにより、冷却装置100の前記空間内の圧力は冷媒COOの飽和蒸気圧と等しくなり、前記空間内に密閉された冷媒COOの沸点が室温近傍となる。なお、冷媒注入孔を空気排除用孔として共用してもよい。以上、冷媒COOを充填する方法について説明した。

40

50

## 【 0 0 2 9 】

以下、冷却装置 1 0 0 の各構成について、説明する。

## 【 0 0 3 0 】

第 1 の蒸発部 1 1 は、発熱体 H の近傍に設けられている。第 1 の蒸発部 1 1 は、たとえば、データセンタのサーバ室内に設置されている。第 1 の蒸発部 1 1 は、第 1 の蒸気管 V P 1 を介して、第 1 の凝縮部 2 1 に接続されている。また、第 1 の蒸発部 1 1 は、第 1 の液管 L P 1 - 4、1 - 5 および第 1 のバルブ 7 1 を介して、共通配管 C P に接続されている。第 1 の蒸発部 1 1 は、内部に冷媒 C O O を貯留する。第 1 の蒸発部 1 1 は、発熱体 H の熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒 L P - C O O を発熱体 H の熱により蒸発させて、気相冷媒 G P - C O O を第 1 の凝縮部 2 1 へ流出させる。上述では、第 1 の蒸発部 1 1 は発熱体 H の近傍に設けられていると説明した。一方、第 1 の蒸発部 1 1 は、発熱体 H の熱を受け取ることができれば、必ずしも発熱体 H の近傍に設けられなくてもよい。

10

## 【 0 0 3 1 】

第 2 の蒸発部 1 2 は、第 1 の蒸発部 1 1 と同様に、発熱体 H の近傍に設けられている。第 2 の蒸発部 1 2 は、たとえば、データセンタのサーバ室内に設置されている。第 2 の蒸発部 1 2 は、圧縮機 3 0 および第 2 の蒸気管 V P 2 - 1、2 - 2 を介して、第 2 の凝縮部 2 2 に接続されている。また、第 2 の蒸発部 1 2 は、第 2 の液管 L P 2 - 5、2 - 6 および第 2 のバルブ 7 2 を介して、共通配管 C P に接続されている。第 2 の蒸発部 1 2 は、内部に冷媒 C O O を貯留する。第 2 の蒸発部 1 2 は、発熱体 H の熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒 L P - C O O を発熱体 H の熱により蒸発させて、圧縮機 3 0 を介して気相冷媒 G P - C O O を第 2 の凝縮部 2 2 へ流出させる。上述では、第 2 の蒸発部 1 2 は発熱体 H の近傍に設けられていると説明した。一方、第 2 の蒸発部 1 2 は、発熱体 H の熱を受け取ることができれば、必ずしも発熱体 H の近傍に設けられなくてもよい。

20

## 【 0 0 3 2 】

第 1 の凝縮部 2 1 は、たとえば、データセンタのサーバ室外に設置されている。第 1 の凝縮部 2 1 は、たとえば、ラジエータにより構成される。また、第 1 の凝縮部 2 1 は、ラジエータおよびファンにより構成されてもよい。第 1 の凝縮部 2 1 は、第 1 の蒸気管 V P 1 を介して、第 1 の蒸発部 1 1 に接続されている。また、第 1 の凝縮部 2 1 は、第 1 のタンク 5 1、第 1 のポンプ 6 1 および第 1 の液管 L P 1 - 1、1 - 2、1 - 3 を介して、共通配管 C P に接続されている。第 1 の凝縮部 2 1 は、第 1 の蒸発部 1 1 から流出する気相冷媒 G P - C O O を凝縮して、液相冷媒 L P - C O O を流出させる。すなわち、第 1 の凝縮部 2 1 は、サーバ室外の空気との温度差を利用した熱交換によって、第 1 の蒸発部 1 1 から流出する気相冷媒 G P - C O O を冷却して、液相冷媒 L P - C O O を生成し、これを流出させる。

30

## 【 0 0 3 3 】

第 2 の凝縮部 2 2 は、第 1 の凝縮部 2 1 と同様に、たとえば、データセンタのサーバ室外に設置されている。第 2 の凝縮部 2 2 は、たとえば、ラジエータにより構成される。また、第 2 の凝縮部 2 2 は、ラジエータおよびファンにより構成されてもよい。第 2 の凝縮部 2 2 は、圧縮機 3 0 および第 2 の蒸気管 V P 2 - 1、2 - 2 を介して、第 2 の蒸発部 1 2 に接続されている。また、第 2 の凝縮部 2 2 は、膨張弁 4 0、第 2 のタンク 5 2、第 2 のポンプ 6 2、第 2 の液管 L P 2 - 1、2 - 2、2 - 3、2 - 4 を介して、共通配管 C P に接続されている。第 2 の凝縮部 2 2 は、第 2 の蒸発部 1 2 から流出する気相冷媒 G P - C O O を凝縮して、液相冷媒 L P - C O O を流出させる。すなわち、第 2 の凝縮部 2 2 は、サーバ室外の空気との温度差を利用した熱交換によって、第 2 の蒸発部 1 2 から流出する気相冷媒 G P - C O O を冷却して、液相冷媒 L P - C O O を生成し、これを流出させる。

40

## 【 0 0 3 4 】

圧縮機 3 0 は、第 2 の蒸気管 V P 2 - 1 を介して、第 2 の蒸発部 1 2 に接続されている。また、圧縮機 3 0 は、第 2 の蒸気管 V P 2 - 2 を介して、第 2 の凝縮部 2 2 に接続されている。圧縮機 3 0 は、第 2 の蒸発部 1 2 から流出する気相冷媒 G P - C O O を圧縮する

50

。そして、圧縮機 30 は、圧縮機 30 により圧縮された気相冷媒 GP - COO を第 2 の凝縮部 22 へ流出させる。圧縮機 30 は、制御部 80 の指示に従って、動作する。

【0035】

膨張弁 40 は、第 2 の液管 LP 2 - 1 を介して、第 2 の凝縮部 22 に接続されている。また、膨張弁 40 は、第 2 のタンク 52、第 2 のポンプ 62、第 2 の液管 LP 2 - 2、2 - 3、2 - 4 を介して、共通配管 CP に接続されている。膨張弁 40 は、第 2 の凝縮部 22 から流出する液相冷媒 LP - COO を膨張させる。膨張弁 40 は、制御部 80 の指示に従って、動作する。

【0036】

第 1 のタンク 51 は、第 1 の液管 LP 1 - 1 を介して、第 1 の凝縮部 21 に接続されている。第 1 のタンク 51 は、第 1 の液管 LP 1 - 2 を介して、第 1 のポンプ 61 に接続されている。また、第 1 のタンク 51 は、好ましくは、第 1 の凝縮部 21 および共通配管 CP の間であって第 1 のポンプ 61 よりも鉛直方向で上方に設けられている。第 1 のタンク 51 は、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相冷媒 LP - COO を貯留する。

10

【0037】

第 2 のタンク 52 は、膨張弁 40 および第 2 の液管 LP 2 - 1、2 - 2 を介して、第 2 の凝縮部 22 に接続されている。第 2 のタンク 52 は、第 2 の液管 LP 2 - 3 を介して、第 2 のポンプ 62 に接続されている。第 2 のタンク 52 は、好ましくは、第 2 の凝縮部 22 および共通配管 CP の間であって第 2 のポンプ 62 よりも鉛直方向で上方に設けられている。第 2 のタンク 52 は、第 2 の凝縮部 22 から流出する液相冷媒 LP - COO を貯留する。

20

【0038】

第 1 のポンプ 61 は、第 1 のタンク 51 および液管 LP 1 - 1、1 - 2 を介して、第 1 の凝縮部 21 に接続されている。また、第 1 のポンプ 61 は、液管 LP 1 - 3 を介して、共通配管 CP に接続されている。第 1 のポンプ 61 は、好ましくは、第 1 の凝縮部 21 および共通配管 CP の間に設けられている。第 1 のポンプ 61 は、制御部 80 の指示に従って、動作する。第 1 のポンプ 61 は、共通配管 CP 内の圧力 P0 が第 1 の蒸発部 11 内の圧力 P1 および第 2 の蒸発部 12 内の圧力 P2 よりも大きくなるように、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相冷媒 LP - COO を共通配管 CP へ送る。具体的には、第 1 の蒸発部 11 内の圧力 P1 および第 2 の蒸発部 12 内の圧力 P2 の最大値 P1max、P2max を予め設定しておく。そして、共通配管 CP 内の圧力 P0 の最小値が、第 1 の蒸発部 11 内の圧力 P1 および第 2 の蒸発部 12 内の圧力 P2 の最大値 P1max、P2max 以上になるように、制御部 80 が第 1 のポンプ 61 の出力を設定する。

30

【0039】

そのうえ、第 1 のポンプ 61 は、第 1 のタンク 51 内の液相冷媒 LP - COO の液面高さに応じて、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相冷媒 LP - COO を共通配管 CP へ送る。より具体的には、第 1 のポンプ 61 は、第 1 のタンク 51 に取り付けられた液面計（不図示）を用いて、液面が一定になるように、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相冷媒 LP - COO を共通配管 CP へ送る。

【0040】

40

ここで、第 1 の蒸発部 11 および第 2 の蒸発部 12 で蒸発した液相冷媒 LP - COO の量と、第 1 のポンプ 61 および第 2 のポンプ 62 により送られる液相冷媒 LP - COO の量との間で、大きなズレが生じると、第 1 のタンク 51 が枯渇状態か満液状態になる。第 1 のタンク 51 が枯渇状態になると、第 1 のポンプ 61 のモータが空転してしまい、冷却装置 100 の冷却機能が低下する。第 1 のタンク 51 が満液状態になると、第 1 の凝縮部 21 内の液相冷媒 LP - COO が増加し、蒸気管 VP 1 内に液相冷媒 LP - COO が流入してしまい、冷却装置 100 の冷却機能が低下する。このため、第 1 のポンプ 61 は、制御部 80 の指示に従って、第 1 のタンク 51 が枯渇状態または満液状態になることを回避する動作を行う。すなわち、第 1 のポンプ 61 は、第 1 のタンク 51 の液相冷媒 LP - COO の液面が上昇したら第 1 のポンプ 61 による液相冷媒 LP - COO の送り出し量を増

50

加し、第1のタンク51の液相冷媒LP-COOの液面が下降したら第1のポンプ61による液相冷媒LP-COOの送り出し量を減少させる。

【0041】

第2のポンプ62は、第2のタンク52、膨張弁40および液管LP2-1、2-2、2-3を介して、第2の凝縮部22に接続されている。また、第2のポンプ62は、液管LP2-4を介して、共通配管CPに接続されている。第2のポンプ62は、好ましくは、第2の凝縮部22および共通配管CPの間に設けられている。第2のポンプ62は、制御部80の指示に従って、動作する。第2のポンプ62は、共通配管CP内の圧力P0が第1の蒸発部11内の圧力P1および第2の蒸発部12内の圧力P2よりも大きくなるように、第2の凝縮部22から流出する液相冷媒LP-COOを共通配管CPへ送る。具体的には、上述の第1のポンプ61の説明と同様に、第1の蒸発部11内の圧力P1および第2の蒸発部12内の圧力P2の最大値P1max、P2maxを予め設定しておく。そして、共通配管CP内の圧力P0の最小値が、第1の蒸発部11内の圧力P1および第2の蒸発部12内の圧力P2の最大値P1max、P2max以上になるように、制御部80が第2のポンプ62の出力を設定する。

10

【0042】

そのうえ、第2のポンプ62は、第2のタンク52内の液相冷媒LP-COOの液面高さに応じて、第2の凝縮部22から流出する液相冷媒LP-COOを共通配管CPへ送る。より具体的には、第2のポンプ62は、第2のタンク52に取り付けられた液面計（不図示）を用いて、液面が一定になるように、第2の凝縮部22から流出する液相冷媒LP-COOを共通配管CPへ送る。

20

【0043】

ここで、第1の蒸発部11および第2の蒸発部12で蒸発した液相冷媒LP-COOの量と、第1のポンプ61および第2のポンプ62により送られる液相冷媒LP-COOの量との間で、大きなズレが生じると、第2のタンク52が枯渇状態か満液状態になる。第2のタンク52が枯渇状態になると、第2のポンプ62のモータが空転してしまい、冷却装置100の冷却機能が低下する。第2のタンク52が満液状態になると、第2の凝縮部22内の液相冷媒LP-COOが増加し、蒸気管VP2内に液相冷媒LP-COOが流入してしまい、冷却装置100の冷却機能が低下する。このため、第2のポンプ62は、制御部80の指示に従って、第2のタンク52が枯渇状態または満液状態になることを回避する動作を行う。すなわち、第2のポンプ62は、第2のタンク52の液相冷媒LP-COOの液面が上昇したら第2のポンプ62による液相冷媒LP-COOの送り出し量を増加し、第2のタンク52の液相冷媒LP-COOの液面が下降したら第2のポンプ62による液相冷媒LP-COOの送り出し量を減少させる。

30

【0044】

第1のバルブ71は、第1の液管LP1-5を介して、第1の蒸発部11に接続されている。また、第1のバルブ71は、第1の液管LP1-4を介して、共通配管CPに接続されている。第1のバルブ71は、第1の蒸発部11および共通配管CPの間に設けられている。第1のバルブ71は、第1の蒸発部11に流入する液相冷媒LP-COOの量を調整する。第1のバルブ71は、制御部80の指示に従って、動作する。第1のバルブ71は、たとえば、制御部80の指示に従って、第1の蒸発部11の熱回収量Q1に基づいて、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの量を調整する。第1のバルブ71の具体的な動作については、後述の動作説明で詳しく説明する。

40

【0045】

第2のバルブ72は、第2の液管LP2-6を介して、第2の蒸発部12に接続されている。また、第2のバルブ72は、第2の液管LP2-5を介して、共通配管CPに接続されている。第2のバルブ72は、第2の蒸発部12および共通配管CPの間に設けられている。第2のバルブ72は、第2の蒸発部12に流入する液相冷媒LP-COOの量を調整する。第2のバルブ72は、制御部80の指示に従って、動作する。第2のバルブ72は、たとえば、制御部80の指示に従って、第2の蒸発部12の熱回収量Q2に基づい

50

て、第2の蒸発部12に流入する冷媒COOの量を調整する。第2のバルブ72の具体的な動作については、後述の動作説明で詳しく説明する。

【0046】

制御部80は、少なくとも、圧縮機30、膨張弁40、第1のバルブ71および第2のバルブ72に有線または無線により通信接続されている。制御部80は、冷却装置100全体を制御する。とくに、制御部80は、圧縮機30、膨張弁40、第1のバルブ71および第2のバルブ72を制御する。

【0047】

つぎに、配管関係を説明する。蒸気管VP1は、第1の蒸発部11および第1の凝縮部21と接続する。液管LP1-1~3は、第1の凝縮部21および共通配管CPの間を、第1のタンク51および第1のポンプ61を介して、接続する。液管LP1-4、1-5は、共通配管CPおよび第1の蒸発部11の間を、第1のバルブ71を介して、接続する。蒸気管VP2-1は、第2の蒸発部12および圧縮機30の間を接続する。蒸気管VP2-2は、圧縮機30および第2の凝縮部22の間を接続する。液管LP2-1は、第2の凝縮部22および膨張弁40の間を接続する。液管LP2-2~4は、膨張弁40および共通配管CPの間を、第2のタンク52および第2のポンプ62を介して、接続する。液管LP2-5、2-6は、共通配管CPおよび第2の蒸発部12の間を、第2のバルブ72を介して、接続する。共通配管CPの一端部は、液管LP1-3および液管LP2-4に接続され、共通配管CPの他端部は、液管LP1-4および液管LP2-5に接続されている。バイパス管BPは、第2のタンク52および蒸気管VP2-1の間を接続する。バイパス管BPおよび第2のタンク52の接続部は、第2のタンク52の側面のうち鉛直方向の上方側に設けられている。第2のタンク52内の鉛直方向の上方側に溜まる気相冷媒GP-COOが蒸気管VP2-1に流入するように、バイパス管BPは設けられている。

【0048】

つぎに、冷却装置100の動作について説明する。ここでは、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100の動作と、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置100の動作とを分けて説明する。なお、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100の動作と、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置100の動作とを分けて説明するが、実際には、フリークーリング型冷凍サイクルおよび圧縮冷凍サイクルは同時に動作する。

【0049】

まず、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100の動作を説明する。フリークーリング型冷凍サイクルとは、上述の通り、第1の蒸発部11および第1の凝縮部21の間で、少なくとも共通配管CPを介して冷媒COOを循環させる系である。

【0050】

第1の蒸発部11は、発熱体Hの熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒LP-COOを発熱体Hの熱により蒸発させて、蒸気管VP1を介して気相冷媒GP-COOを第1の凝縮部21へ流出させる。これにより、気相冷媒GP-COOが第1の凝縮部21に流入する。

【0051】

つぎに、第1の凝縮部21は、第1の蒸発部11から流出された気相冷媒GP-COOを凝縮して、液相冷媒LP-COOを流出させる。すなわち、第1の凝縮部21は、サーバ室外の空気との温度差を利用した熱交換によって、第1の蒸発部11から流出する気相冷媒GP-COOを冷却して、液相冷媒LP-COOを生成し、これを流出させる。

【0052】

第1の凝縮部21により生成された液相冷媒LP-COOは、第1のタンク51内に流入し、第1のタンク51に一時的に貯留される。

【0053】

第1のポンプ61は、前記構成説明で説明したように、制御部80の指示に従って、共通配管CP内の圧力P0が第1の蒸発部11内の圧力P1および第2の蒸発部12内の圧

10

20

30

40

50

力 P 2 よりも大きくなるように、第 1 の凝縮部 2 1 から流出する液相冷媒 L P - C O O を共通配管 C P へ送る。また、第 1 のポンプ 6 1 は、第 1 のタンク 5 1 内の液相冷媒 L P - C O O の液面高さに応じて、第 1 の凝縮部 2 1 から流出する液相冷媒 L P - C O O を共通配管 C P へ送る。すなわち、制御部 8 0 は、第 1 のタンク 5 1 の液相冷媒 L P - C O O の液面が上昇したら第 1 のポンプ 6 1 による液相冷媒 L P - C O O の送り出し量を増加させる指示を、第 1 のポンプ 6 1 へ出力する。また、制御部 8 0 は、第 1 のタンク 5 1 の液相冷媒 L P - C O O の液面が下降したら第 1 のポンプ 6 1 による液相冷媒 L P - C O O の送り出し量を減少させる指示を、第 1 のポンプ 6 1 へ出力する。そして、第 1 のポンプ 6 1 は、制御部 8 0 の指示に従って、第 1 のタンク 5 1 の液相冷媒 L P - C O O の液面が上昇したら第 1 のポンプ 6 1 による液相冷媒 L P - C O O の送り出し量を増加し、第 1 のタンク 5 1 の液相冷媒 L P - C O O の液面が下降したら第 1 のポンプ 6 1 による液相冷媒 L P - C O O の送り出し量を減少させる。

10

## 【 0 0 5 4 】

第 1 のポンプ 6 1 により送り出された液相冷媒 L P - C O O は、液管 L P 1 - 3 を通って、共通配管 C P 内に流入する。このとき、第 1 のポンプ 6 1 により送り出された液相冷媒 L P - C O O は、共通配管 C P 内で、第 2 のポンプ 6 2 により送り出された液相冷媒 L P - C O O と合流する。

## 【 0 0 5 5 】

共通配管 C P 内を流れる液相冷媒 L P - C O O の一部は、第 1 のバルブ 7 1、第 1 の液管 L P 1 - 4、1 - 5 を介して、第 1 のバルブ 7 1 の開度に応じて、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する。

20

## 【 0 0 5 6 】

なお、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置 1 0 0 の動作の説明で詳しく説明するが、共通配管 C P 内を流れる液相冷媒 L P - C O O の残余は、第 2 のバルブ 7 2、第 2 の液管 L P 2 - 5、2 - 6 を介して、第 2 のバルブ 7 2 の開度に応じて、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する。

## 【 0 0 5 7 】

ここで、第 1 のバルブ 7 1 の開度の調整について、説明する。前述の通り、第 1 のバルブ 7 1 は、たとえば、制御部 8 0 の指示に従って、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  に基づいて、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する冷媒 C O O の量を調整する。

30

## 【 0 0 5 8 】

すなわち、制御部 8 0 が、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  を算出する。ここで、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  ( W ) は、冷媒 C O O の潜熱を ( J / k g )、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する冷媒 C O O の流量を  $w_1$  ( k g / s ) とすると、次の式 1 にしたがって概算することができる。

## 【 0 0 5 9 】

$$Q_1 = w_1 \cdot \dots \quad (\text{式 1})$$

は、冷媒 C O O の特性によって定まり、 $w_1$  は、流量計を液管 L P 1 - 4 に設けることにより測定できる。は記憶部 ( 不図示 ) に記憶されている。制御部 8 0 は、式 1 にしたがって、記憶部に記憶された に  $w_1$  の測定値を乗算して  $Q_1$  を算出する。そして、制御部 8 0 は、 $Q_1$  の測定値と、 $Q_1$  の閾値  $Q_{o1}$  とを比較する。なお、 $Q_1$  の閾値  $Q_{o1}$  は、たとえば、事前の性能評価によって決定される値に基づいて決定される。

40

## 【 0 0 6 0 】

そして、 $Q_1$  の測定値が閾値  $Q_{o1}$  よりも大きいと制御部 8 0 により判断された場合、制御部 8 0 は、第 1 のバルブ 7 1 に対して、第 1 のバルブ 7 1 の開度を小さくする指示を出力する。第 1 のバルブ 7 1 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を小さくする。これにより、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する冷媒 C O O の流量  $w_1$  がより小さくなり、 $Q_1$  も小さくなる。

## 【 0 0 6 1 】

$Q_1$  の測定値が閾値  $Q_{o1}$  よりも小さいと制御部 8 0 により判断された場合、制御部 8

50

0は、第1のバルブ71に対して、第1のバルブ71の開度を大きくする指示を出力する。第1のバルブ71は、制御部80の指示に従って、開度を大きくする。これにより、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの流量w1がより大きくなり、Q1も大きくなる。

【0062】

このようにして、Q1は、制御部80によって、閾値Qo1に近づくように制御される。

【0063】

以上のように、第1のバルブ71は、制御部80の指示の下、第1の蒸発部11の熱回収量Q1に基づいて、第1のバルブ71の開度を調整する。第1の蒸発部11の熱回収量Q1を閾値Qo1(一定値)に保つことにより、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの流量w1が調整され、液相冷媒LP-COOが蒸気管VP1に混入することが抑制される。この結果、冷却装置100では、蒸気管VP1内の圧力を安定させることができ、第1の蒸発部11および第1の凝縮部21の間の圧力損失を低減することができ、第1の蒸発部11の熱回収量Q1の低下を抑制できる。

【0064】

また、第1のバルブ71の開度の調整について、別の方法を説明する。第1のバルブ71は、たとえば、制御部80の指示に従って、第1の蒸発部11の過熱度H1に基づいて、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの量を調整することもできる。

【0065】

ここで、第1の蒸発部11の過熱度H1( )は、第1の蒸発部11から流出する冷媒COOの温度をT1( )、飽和蒸気圧P0における冷媒COOの温度Ts(P0)( )とすると、次の式2に従って算出できる。

【0066】

$$H1 = T1 - Ts(P0) \quad \dots (式2)$$

ここで、Ts(P0)は、飽和蒸気圧P0に応じて定まり、P0が固定されれば、定数となる。T1は、温度計を蒸気管VP1に設けることにより測定できる。なお、飽和蒸気圧P0とTs(P0)のテーブルが、記憶部(不図示)に記憶されている。制御部80は、式2にしたがって、T1の測定値から、記憶部に記憶されたTs(P0)を差し引いて、H1を算出する。そして、制御部80は、H1の測定値と、H1の閾値Ho1(たとえば、Ho1=3( ))とを比較する。H1の閾値Ho1は、たとえば、事前の性能評価によって決定される値に基づいて決定される。

【0067】

そして、H1の測定値が閾値Ho1よりも大きいと制御部80により判断された場合、制御部80は、第1のバルブ71に対して、第1のバルブ71の開度を大きくする指示を出力する。第1のバルブ71は、制御部80の指示に従って、開度を大きくする。これにより、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの流量w1がより大きくなり、式1に従ってQ1も大きくなる。第1の蒸発部11による熱回収量Q1が大きくなると、蒸気管VP1へ流出する気相冷媒GP-COOの温度T1は小さくなるので、第1の蒸発部11の過熱度H1は小さくなる。

【0068】

H1の測定値が閾値Ho1よりも小さいと制御部80により判断された場合、制御部80は、第1のバルブ71に対して、第1のバルブ71の開度を小さくする指示を出力する。第1のバルブ71は、制御部80の指示に従って、開度を小さくする。これにより、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの流量w1がより小さくなり、式1に従ってQ1も小さくなる。第1の蒸発部11による熱回収量Q1が小さくなると、蒸気管VP1へ流出する気相冷媒GP-COOの温度T1は大きくなるので、第1の蒸発部11の過熱度H1は大きくなる。

【0069】

このようにして、H1は、制御部80によって、閾値Ho1に近づくように制御される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 0 】

以上のように、第 1 のバルブ 7 1 は、制御部 8 0 の指示の下、第 1 の蒸発部 1 1 の過熱度  $H_1$  に基づいて、第 1 のバルブ 7 1 の開度を調整することもできる。第 1 の蒸発部 1 1 の過熱度  $H_1$  を閾値  $H_{o1}$  (一定値) に保つことにより、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する冷媒  $COO$  の流量  $w_1$  が調整され、液相冷媒  $LP - COO$  が蒸気管  $VP_1$  に混入することが抑制される。この結果、冷却装置 1 0 0 では、蒸気管  $VP_1$  内の圧力を安定させることができ、第 1 の蒸発部 1 1 および第 1 の凝縮部 2 1 の間の圧力損失を低減することができ、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  の低下を抑制できる。

## 【 0 0 7 1 】

つぎに、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置 1 0 0 の動作を説明する。圧縮冷凍サイクルとは、上述の通り、第 2 の蒸発部 1 2、第 2 の凝縮部 2 2、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の間で、少なくとも共通配管  $CP$  を介して冷媒  $COO$  を循環させる系である。

10

## 【 0 0 7 2 】

第 2 の蒸発部 1 2 は、発熱体  $H$  の熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒  $LP - COO$  を発熱体  $H$  の熱により蒸発させて、蒸気管  $VP_2 - 1$  を介して気相冷媒  $GP - COO$  を圧縮機 3 0 へ向けて流出させる。これにより、気相冷媒  $GP - COO$  が圧縮機 3 0 に流入する。

## 【 0 0 7 3 】

圧縮機 3 0 は、第 2 の蒸発部 1 2 から流出する気相冷媒  $GP - COO$  を圧縮する。これにより、気相冷媒  $GP - COO$  の圧力および温度が上昇する。そして、圧縮機 3 0 は、圧縮機 3 0 により圧縮された気相冷媒  $GP - COO$  を第 2 の凝縮部 2 2 へ流出させる。これにより、気相冷媒  $GP - COO$  が第 2 の凝縮部 2 2 に流入させる。なお、圧縮機 3 0 の動作の詳細は、後述する。

20

## 【 0 0 7 4 】

つぎに、第 2 の凝縮部 2 2 は、圧縮機 3 0 から流出する気相冷媒  $GP - COO$  を凝縮して、液相冷媒  $LP - COO$  を流出させる。すなわち、第 2 の凝縮部 2 2 は、サーバ室外の空気との温度差を利用した熱交換によって、圧縮機 3 0 から流出する気相冷媒  $GP - COO$  を冷却して、液相冷媒  $LP - COO$  を生成し、これを流出させる。

## 【 0 0 7 5 】

第 2 の凝縮部 2 2 により生成された液相冷媒  $LP - COO$  は、膨張弁 4 0 に流入する。膨張弁 4 0 は、第 2 の凝縮部 2 2 から流出する液相冷媒  $LP - COO$  を膨張させる。膨張弁 4 0 により膨張された液相冷媒  $LP - COO$  は、第 2 のタンク 5 2 内に流入し、第 2 のタンク 5 2 に一時的に貯留される。なお、膨張弁 4 0 の動作の詳細は、後述する。

30

## 【 0 0 7 6 】

ここで、膨張弁 4 0 から第 2 のタンク 5 2 に流入する冷媒には、液相冷媒  $LP - COO$  に混じって、気相冷媒  $GP - COO$  が含まれる場合がある。第 2 のタンク 5 2 内に貯留されている冷媒  $COO$  のうち、気相冷媒  $GP - COO$  は、鉛直方向の上方へ移動し、パイパス管  $BP$  に流入し、第 2 の液管  $VP_2 - 1$  に流入する。

## 【 0 0 7 7 】

第 2 のポンプ 6 2 は、前記構成説明で説明したように、制御部 8 0 の指示に従って、共通配管  $CP$  内の圧力  $P_0$  が第 1 の蒸発部 1 1 内の圧力  $P_1$  および第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力  $P_2$  よりも大きくなるように、第 2 の凝縮部 2 2 から膨張弁 4 0 を介して流出する液相冷媒  $LP - COO$  を共通配管  $CP$  へ送る。また、第 2 のポンプ 6 2 は、第 2 のタンク 5 2 内の液相冷媒  $LP - COO$  の液面高さに応じて、第 2 の凝縮部 2 2 から流出する液相冷媒  $LP - COO$  を共通配管  $CP$  へ送る。すなわち、制御部 8 0 は、第 2 のタンク 5 2 の液相冷媒  $LP - COO$  の液面が上昇したら第 2 のポンプ 6 2 による液相冷媒  $LP - COO$  の送り出し量を増加させる指示を、第 2 のポンプ 6 2 へ出力する。第 2 のポンプ 6 2 は、制御部 8 0 の指示に従って、第 2 のタンク 5 2 の液相冷媒  $LP - COO$  の液面が上昇したら第 2 のポンプ 6 2 による液相冷媒  $LP - COO$  の送り出し量を増加し、第 2 のタンク 5 2 の液相冷媒  $LP - COO$  の液面が下降したら第 2 のポンプ 6 2 による液相冷媒  $LP - COO$

40

50

の送り出し量を減少させる。

【 0 0 7 8 】

第 2 のポンプ 6 2 により送り出された液相冷媒 L P - C O O は、液管 L P 2 - 4 を通って、共通配管 C P 内に流入する。このとき、第 2 のポンプ 6 2 により送り出された液相冷媒 L P - C O O は、共通配管 C P 内で、第 1 のポンプ 6 1 により送り出された液相冷媒 L P - C O O と合流する。

【 0 0 7 9 】

ここで、前述の通り、共通配管 C P 内を流れる液相冷媒 L P - C O O の一部は、第 1 のバルブ 7 1、第 1 の液管 L P 1 - 4、1 - 5 を介して、第 1 のバルブ 7 1 の開度に応じて、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する。そして、共通配管 C P 内を流れる液相冷媒 L P - C O O の残余は、第 2 のバルブ 7 2、第 2 の液管 L P 2 - 5、2 - 6 を介して、第 2 のバルブ 7 2 の開度に応じて、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する。

10

【 0 0 8 0 】

ここで、第 2 のバルブ 7 2 の開度の調整について、説明する。第 2 のバルブ 7 2 の開度の調整は、第 1 のバルブ 7 1 の開度の調整と同様である。前述の通り、第 2 のバルブ 7 2 は、たとえば、制御部 8 0 の指示に従って、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  に基づいて、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する冷媒 C O O の量を調整する。

【 0 0 8 1 】

すなわち、制御部 8 0 が、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  を算出する。ここで、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  ( $W$ ) は、冷媒 C O O の潜熱を ( $J / k g$ )、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する冷媒 C O O の流量を  $w_2$  ( $k g / s$ ) とすると、次の式 3 にしたがって概算することができる。

20

【 0 0 8 2 】

$$Q_2 = w_2 \times \dots \quad \cdot \cdot \cdot \text{ (式 3)}$$

は、冷媒 C O O の特性によって定まり、 $w_2$  は、流量計を液管 L P 2 - 5 に設けることにより測定できる。は記憶部 (不図示) に記憶されている。制御部 8 0 は、式 3 にしたがって、記憶部に記憶された に  $w_2$  の測定値を乗算して  $Q_2$  を算出する。そして、制御部 8 0 は、 $Q_2$  の測定値と、 $Q_2$  の閾値  $Q_{o2}$  とを比較する。なお、 $Q_2$  の閾値  $Q_{o2}$  は、たとえば、事前の性能評価によって決められる値に基づいて決定される。

【 0 0 8 3 】

そして、 $Q_2$  の測定値が閾値  $Q_{o2}$  よりも大きいと制御部 8 0 により判断された場合、制御部 8 0 は、第 2 のバルブ 7 2 に対して、第 2 のバルブ 7 2 の開度を小さくする指示を出力する。第 2 のバルブ 7 2 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を小さくする。これにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する冷媒 C O O の流量  $w_2$  がより小さくなり、 $Q_2$  も小さくなる。

30

【 0 0 8 4 】

$Q_2$  の測定値が閾値  $Q_{o2}$  よりも小さいと制御部 8 0 により判断された場合、制御部 8 0 は、第 2 のバルブ 7 2 に対して、第 2 のバルブ 7 2 の開度を大きくする指示を出力する。第 2 のバルブ 7 2 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を大きくする。これにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する冷媒 C O O の流量  $w_2$  がより大きくなり、 $Q_2$  も大きくなる。

40

【 0 0 8 5 】

このようにして、 $Q_2$  は、制御部 8 0 によって、閾値  $Q_{o2}$  に近づくように制御される。

【 0 0 8 6 】

以上のように、第 2 のバルブ 7 2 は、制御部 8 0 の指示の下、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  に基づいて、第 2 のバルブ 7 2 の開度を調整する。第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  を閾値  $Q_{o2}$  (一定値) に保つことにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する冷媒 C O O の流量  $w_2$  が調整され、液相冷媒 L P - C O O が蒸気管 V P 2 - 1 に混入することが抑制される。この結果、冷却装置 1 0 0 では、蒸気管 V P 2 - 1 内の圧力を安定させることができ、蒸発部 1 2 および凝縮部 2 2 の間の圧力損失を低減することができ、第 2 の蒸発部

50

12の熱回収量 $Q_2$ の低下を抑制できる。

【0087】

また、第2のバルブ72の開度の調整について、別の方法を説明する。第2のバルブの開度の別の調整方法についても、第1のバルブ71の開度の調整と同様である。

【0088】

第2のバルブ72は、たとえば、制御部80の指示に従って、第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$ に基づいて、第2の蒸発部12に流入する冷媒 $COO$ の量を調整することもできる。

【0089】

ここで、第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$  ( )は、第2の蒸発部12から流出する冷媒 $COO$ の温度を $T_2$  ( )、飽和蒸気圧 $P_0$ における冷媒 $COO$ の温度 $T_s(P_0)$  ( )とすると、次の式4に従って算出できる。

【0090】

$$H_2 = T_2 - T_s(P_0) \quad \dots (式4)$$

ここで、前述の通り、 $T_s(P_0)$ は、飽和蒸気圧 $P_0$ に応じて定まり、 $P_0$ が固定されれば、定数となる。 $T_2$ は、温度計を蒸気管 $VP_2-1$ に設けることにより測定できる。なお、飽和蒸気圧 $P_0$ と $T_s(P_0)$ のテーブルが、記憶部(不図示)に記憶されている。制御部80は、式4にしたがって、 $T_2$ の測定値から、記憶部に記憶された $T_s(P_0)$ を差し引いて、 $H_2$ を算出する。そして、制御部80は、 $H_2$ の測定値と、 $H_2$ の閾値 $H_{o2}$ (たとえば、 $H_{o2} = 3$  ( ))とを比較する。 $H_2$ の閾値 $H_{o2}$ は、たとえば、事前の性能評価によって決定される値に基づいて決定される。

【0091】

そして、 $H_2$ の測定値が閾値 $H_{o2}$ よりも大きいと制御部80により判断された場合、制御部80は、第2のバルブ72に対して、第2のバルブ72の開度を大きくする指示を出力する。第2のバルブ72は、制御部80の指示に従って、開度を大きくする。これにより、第2の蒸発部12に流入する冷媒 $COO$ の流量 $w_2$ がより大きくなり、式3に従って $Q_2$ も大きくなる。第2の蒸発部12による熱回収量 $Q_2$ が大きくなると、蒸気管 $VP_2-1$ へ流出する気相冷媒 $GP-COO$ の温度 $T_2$ は小さくなるので、第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$ は小さくなる。

【0092】

$H_2$ の測定値が閾値 $H_{o2}$ よりも小さいと制御部80により判断された場合、制御部80は、第2のバルブ72に対して、第2のバルブ72の開度を小さくする指示を出力する。第2のバルブ72は、制御部80の指示に従って、開度を小さくする。これにより、第2の蒸発部12に流入する冷媒 $COO$ の流量 $w_2$ がより小さくなり、式3に従って $Q_2$ も小さくなる。第2の蒸発部12による熱回収量 $Q_2$ が小さくなると、蒸気管 $VP_2-1$ へ流出する気相冷媒 $GP-COO$ の温度 $T_2$ は大きくなるので、第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$ は大きくなる。

【0093】

このようにして、 $H_2$ は、制御部80によって、閾値 $H_{o2}$ に近づくように制御される。

【0094】

以上のように、第2のバルブ72は、制御部80の指示の下、第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$ に基づいて、第2のバルブ72の開度を調整することもできる。第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$ を閾値 $H_{o2}$ (一定値)に保つことにより、第2の蒸発部12に流入する冷媒 $COO$ の流量 $w_2$ が調整され、液相冷媒 $LP-COO$ が蒸気管 $VP_2$ に混入することが抑制される。この結果、冷却装置100では、蒸気管 $VP_2-1$ 内の圧力を安定させることができ、第2の蒸発部12および第2の凝縮部22の間の圧力損失を低減することができ、第2の蒸発部12の熱回収量 $Q_2$ の低下を抑制できる。

【0095】

なお、上述の通り、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100の動作と、圧

10

20

30

40

50

縮冷凍サイクルでの冷却装置 100 の動作とを分けて説明したが、実際には、フリークーリング型冷凍サイクルおよび圧縮冷凍サイクルは同時に動作する。

【0096】

つぎに、圧縮機 30 および膨張弁 40 の制御について、説明する。

【0097】

図 2 は、圧縮機 30 および膨張弁 40 の制御を説明するためのフロー図である。

【0098】

図 2 に示されるように、まず、制御部 80 は、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却量  $Q_f$  を測定する（ステップ（Step）：以下、単に S と称する。）21）。なお、 $Q_f$  は、フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量とも呼ぶ。このとき、冷媒 C O O の温度および流量を測定する冷媒温度計（不図示）および冷媒流量計（不図示）が、第 1 の凝縮部 21 および第 1 のタンク 51 の間を接続する液管 L P 1 - 1 に、設けられている。液管 L P 1 - 1 内に設けられた冷媒温度計（不図示）および冷媒流量計（不図示）は、制御部 80 の指示により、液管 L P 1 - 1 内を流れる冷媒 C O O の温度  $T_5$  および流量  $w_5$  を測定する。

10

【0099】

フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却量  $Q_f$  (W) は、冷媒 C O O の特定温度  $T_5$  における単位量当たりの冷却量を (J/kg)、液管 L P 1 - 1 内を流れる冷媒 C O O の流量を  $w_5$  (kg/s) とすると、次の式 5 にしたがって概算することができる。

【0100】

$$Q_f = c_p \times w_5 \times (T_5 - T_{ref}) \quad \dots (式 5)$$

20

は記憶部（不図示）に記憶されている。すなわち、 $c_p$  は冷媒 C O O の温度によって変化するが、記憶部は温度毎の  $c_p$  のデータを記憶している。制御部 80 は、式 5 にしたがって、記憶部に記憶された  $c_p$  に  $w_5$  の測定値を乗算して  $Q_f$  を算出する。

【0101】

なお、配管 L P 1 - 2 内を流れる冷媒 C O O の温度を特定温度  $T_5$  とし、液管 L P 1 - 2 内を流れる冷媒 C O O の流量を  $w_5$  とすることもできる。この場合、冷媒 C O O の温度および流量を測定する冷媒温度計（不図示）および冷媒流量計（不図示）は、第 1 のタンク 51 および第 1 のポンプ 61 の間を接続する液管 L P 1 - 2 に、設けられている。液管 L P 1 - 2 内に設けられた冷媒温度計（不図示）および冷媒流量計（不図示）は、制御部 80 の指示により、液管 L P 1 - 2 内を流れる冷媒 C O O の温度  $T_5$  および流量  $w_5$  を測定する。

30

【0102】

さらに、 $Q_f$  の別の測定方法について説明する。このとき、第 1 の凝縮部 21 を冷却するための冷却風を供給するファン（不図示）が、第 1 の凝縮部 21 の近傍に設けられている。また、第 1 の凝縮部 21 は、たとえばラジエータであり、ファンが設けられた側から、ファンが設けられた側の反対側へ向けて、あるいは逆方向に、冷却風が通り抜けられるように、構成されている。さらに、温度計（不図示）が、第 1 の凝縮部 21 の近傍であって、第 1 の凝縮部 21 を通り抜ける空気の入口側と出口側に設けられている。温度計は、制御部 80 の指示にしたがって、第 1 の凝縮部 21 を通り抜ける空気の入口側の温度  $T_a$  と、出口側の温度  $T_b$  を測定する。また、制御部 80 は、ファンの風量を検出する。このとき、ファンの近傍に風量計を設け、制御部 80 は、風量計の測定値を、ファンの風量として検出する。あるいは、予め、ファンの風量とファンの電圧の関係を記したテーブルを記憶部（不図示）に記憶することにより、制御部 80 は、風量計を設けずに、ファンの電圧を取得することによって、ファンの風量を検出することができる。

40

【0103】

$Q_f$  の別の測定方法では、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却量  $Q_f$  (W) は、第 1 の凝縮部 21 を冷却するための冷却風を供給するファンの風量を  $F$  ( $m^3/s$ )、第 1 の凝縮部 21 を通り抜ける空気の入口側の温度  $T_a$  と出口側の温度  $T_b$  の温度差を  $\Delta T$  ( $= T_a - T_b$  の絶対値)、空気の比熱を  $c$  ( $J/(kg \cdot ^\circ C)$ )、空気の密度を

50

( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) とすると、次の式 6 にしたがって概算することができる。

【0104】

$$Q_f = c \times \rho \times F \times T \quad \dots \text{(式 6)}$$

図 2 に戻って、つぎに、制御部 80 は、冷却装置 100 で冷却する必要のある熱量  $Q_{a11}$  を測定する (S22)。なお、 $Q_{a11}$  は、発熱体 H の熱量でもある。たとえば、発熱体 H がデータセンタ内のサーバ装置である場合、 $Q_{a11}$  は当該サーバ装置の消費電力に相当する。なお、データセンタの壁面から流入する熱量を測定できる場合には、この熱量をサーバ装置の消費電力に加えた値を  $Q_{a11}$  としてもよい。

【0105】

つぎに、制御部 80 は、つぎの式 7 にしたがって、圧縮冷凍サイクルで冷却する必要のある熱量  $Q_c$  を測定する (S23)。

【0106】

$$Q_c = Q_{a11} - Q_f \quad \dots \text{(式 7)}$$

ここで、 $Q_c$  は、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量に相当する。

【0107】

つぎに、制御部 80 は、圧縮冷凍サイクルの冷却量  $Q_c'$  を測定する (S24)。ここで、冷媒 C00 の温度および流量を測定する冷媒温度計 (不図示) および冷媒流量計 (不図示) が、第 2 の凝縮部 22 および膨張弁 40 の間を接続する液管 LP2-1 に、設けられている。液管 LP2-1 内に設けられた冷媒温度計 (不図示) および冷媒流量計 (不図示) は、制御部 80 の指示により、液管 LP2-1 内を流れる冷媒 C00 の温度  $T_6$  および流量  $w_6$  を測定する。

【0108】

圧縮冷凍サイクルの冷却量  $Q_c'$  (W) は、冷媒 C00 の特定温度  $T_6$  における単位量当たりの冷却量を ( $\text{J}/\text{kg}$ )、液管 LP2-1 内を流れる冷媒 C00 の流量を  $w_6$  ( $\text{kg}/\text{s}$ ) とすると、次の式 8 にしたがって概算することができる。

【0109】

$$Q_c' = \rho \times w_6 \quad \dots \text{(式 8)}$$

は、と同様に、記憶部 (不図示) に記憶されている。すなわち、 $\rho$  は冷媒 C00 の温度によって変化するが、記憶部は温度毎の  $\rho$  のデータを記憶している。制御部 80 は、式 8 にしたがって、記憶部に記憶された  $\rho$  に  $w_6$  の測定値を乗算して  $Q_c'$  を算出する。

【0110】

なお、配管 LP2-3 内を流れる冷媒 C00 の温度を特定温度  $T_6$  とし、液管 LP2-3 内を流れる冷媒 C00 の流量を  $w_6$  とすることもできる。この場合、冷媒 C00 の温度および流量を測定する冷媒温度計 (不図示) および冷媒流量計 (不図示) は、第 2 のタンク 52 および第 2 のポンプ 62 の間を接続する液管 LP2-3 に、設けられている。液管 LP2-3 内に設けられた冷媒温度計 (不図示) および冷媒流量計 (不図示) は、制御部 80 の指示により、液管 LP2-3 内を流れる冷媒 C00 の温度  $T_6$  および流量  $w_6$  を測定する。

【0111】

つぎに、制御部 80 は、圧縮冷凍サイクルで冷却する必要のある熱量  $Q_c$  と、現在の圧縮冷凍サイクルの冷却量  $Q_c'$  を比較する (S25)。比較の結果、 $Q_c$  が  $Q_c'$  より大きいと制御部 80 によって判断された場合 (S25、Yes)、制御部 80 は、 $Q_c'$  が足りないと判断し、第 2 の蒸発部 12 内の圧力  $P_2$  を下げる制御を行う (S26)。

【0112】

具体的には、制御部 80 は、圧縮機 30 に対して、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を上げる指示を出力する。そして、圧縮機 30 は、制御部 80 の指示に従って、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を上げる。これにより、圧縮機 30 の吸気量が上がり、蒸気管 VP2-1 内の圧力が減少し、蒸気管 VP2-1 に接続されている第 2 の蒸発部 12 内の圧力も減少する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 3 】

なお、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に代えて、膨張弁 4 0 に対して、当該膨張弁 4 0 の開度を小さくする指示を出力してもよい。そして、膨張弁 4 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を小さくする。これにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相冷媒 LP - COO が減少し、蒸気管 VP 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も減少する。

## 【 0 1 1 4 】

あるいは、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の双方を同時に、上述の通り、制御してもよい。すなわち、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に対して、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を上げる指示を出力するとともに、膨張弁 4 0 に対して、当該膨張弁 4 0 の開度を小さくする指示を出力する。そして、圧縮機 3 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を上げる。また、膨張弁 4 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を小さくする。この結果、上記同様に、蒸気管 VP 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力を減少させることができる。

10

## 【 0 1 1 5 】

比較の結果、 $Q_c$  が  $Q_c'$  より大きくないと制御部 8 0 によって判断された場合 ( S 2 5、N o )、制御部 8 0 は、 $Q_c'$  が余剰であると判断し、第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力 P 2 を上げる制御を行う ( S 2 7 )。

## 【 0 1 1 6 】

具体的には、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に対して、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を下げる指示を出力する。そして、圧縮機 3 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を下げる。これにより、圧縮機 3 0 の吸気量が下がり、蒸気管 VP 2 - 1 内の圧力が増加し、蒸気管 VP 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も増加する。

20

## 【 0 1 1 7 】

なお、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に代えて、膨張弁 4 0 に対して、当該膨張弁 4 0 の開度を大きくする指示を出力してもよい。そして、膨張弁 4 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を大きくする。これにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相冷媒 LP - COO が増加し、蒸気管 VP 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も増加する。

## 【 0 1 1 8 】

あるいは、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の双方を同時に、上述の通り、制御してもよい。すなわち、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に対して、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を下げる指示を出力するとともに、膨張弁 4 0 に対して、当該膨張弁 4 0 の開度を大きくする指示を出力する。そして、圧縮機 3 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を下げる。また、膨張弁 4 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を大きくする。この結果、上記同様に、蒸気管 VP 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力を増加させることができる。

30

## 【 0 1 1 9 】

以上、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の制御について、説明した。

## 【 0 1 2 0 】

つぎに、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の制御の変形例について、説明する。図 3 は、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の制御の変形例を説明するためのフロー図である。

40

## 【 0 1 2 1 】

図 3 に示されるように、制御部 8 0 は、サーバールーム内の室温  $T_s$  を検出する ( S 3 1 )。ここで、 $T_s$  は、発熱体 H の周辺の温度である。また、サーバールーム内には、少なくとも第 1 の蒸発部 1 1、第 2 の蒸発部 1 2 および発熱体 H (たとえばサーバ装置) が、設けられている。 $T_s$  を測定する温度計 (不図示) が、サーバールーム内に設けられている。この温度計は、たとえば、発熱体 H の周辺であって、発熱体 H の排熱が直接当たらない位置に配置されている。制御部 8 0 は、温度計に対して、 $T_s$  を測定させる指示を出力する。温度計は、制御部 8 0 の指示に従って、 $T_s$  を測定する。そして、制御部 8 0 は、 $T_s$  の測定値を、温度計から取得する。このようにして、制御部 8 0 は、サーバールーム内の室

50

温  $T_s$  を検出する。

【0122】

つぎに、制御部 80 は、目標温度  $T_{st}$  を取得する (S32)。なお、目標温度  $T_{st}$  は、冷却装置 100 の使用者によって予め設定されている。また、目標温度  $T_{st}$  は、たとえば、記憶部 (不図示) に登録されている。目標温度  $T_{st}$  は、基本的には、一度設定された後に、変更されることは少ない。目標温度  $T_{st}$  は、たとえば、データセンタのサーバ内の規格に基づいて設定される (たとえば、25 )。

【0123】

つぎに、制御部 80 は、室温の測定値  $T_s$  と目標温度  $T_{st}$  を比較する (S33)。

【0124】

比較の結果、 $T_s$  が  $T_{st}$  よりも大きいと制御部 80 によって判断された場合、制御部 80 は、第 2 の蒸発部 12 内の圧力  $P_2$  を下げる制御を行う (S34)。なお、第 2 の蒸発部 12 内の圧力  $P_2$  を下げる制御方法については、図 2 を用いて説明した通りである。

【0125】

比較の結果、 $T_s$  が  $T_{st}$  よりも大きくないと制御部 80 によって判断された場合、制御部 80 は、第 2 の蒸発部 12 内の圧力  $P_2$  を上げる制御を行う (S35)。なお、第 2 の蒸発部 12 内の圧力  $P_2$  を上げる制御方法については、図 2 を用いて説明した通りである。

【0126】

以上、圧縮機 30 および膨張弁 40 の制御の変形例について、説明した。

【0127】

以上の通り、本発明の第 1 の実施の形態における冷却装置 100 は、第 1 の蒸発部 11 と、第 2 の蒸発部 12 と、第 1 の凝縮部 21 と、第 2 の凝縮部 22 と、共通配管 CP と、圧縮機 30 と、膨張弁 40 と、第 1 のバルブ 71 と、第 2 のバルブ 72 とを備えている。第 1 の蒸発部 11 と第 2 の蒸発部 12 は、発熱体 H の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒 LP-COO を発熱体 H の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒 GP-COO を流出させる。第 1 の凝縮部 21 は、第 1 の蒸発部 11 に接続されている。第 1 の凝縮部 21 は、第 1 の蒸発部 11 から流出する気相状態の冷媒 GP-COO を凝縮して、液相状態の冷媒 GP-COO を流出させる。第 2 の凝縮部 22 は、第 2 の蒸発部 12 に接続されている。第 2 の凝縮部 22 は、第 2 の蒸発部 12 から流出する気相状態の冷媒 GP-COO を凝縮して、液相状態の冷媒 LP-COO を流出させる。共通配管 CP は、第 1 の蒸発部 11 および第 1 の凝縮部 21 の間であって第 2 の蒸発部 12 および第 2 の凝縮部 22 の間に設けられている。共通配管 CP は、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相状態の冷媒 LP-COO および第 2 の凝縮部 22 から流出する液相状態の冷媒 LP-COO を合流させる。圧縮機 30 は、第 2 の蒸発部 12 および第 2 の凝縮部 22 に接続されている。圧縮機 30 は、第 2 の蒸発部 12 から流出する気相状態の冷媒 GP-COO を圧縮する。膨張弁 40 は、第 2 の凝縮部 22 および共通配管 CP に接続されている。膨張弁 40 は、第 2 の凝縮部 22 から流出する液相状態の冷媒 LP-COO を膨張させる。第 1 のバルブ 71 は、第 1 の蒸発部 11 および共通配管 CP に接続されている。第 1 のバルブ 71 は、第 1 の蒸発部 11 に流入する液相状態の冷媒量 LP-COO を調整する。第 2 のバルブ 72 は、第 2 の蒸発部 12 および共通配管 CP に接続されている。第 2 のバルブ 72 は、第 2 の蒸発部 12 に流入する液相状態の冷媒量 LP-COO を調整する。また、共通配管 CP 内の圧力  $P_0$  は、第 1 の蒸発部 11 内および第 2 の蒸発部 12 内の圧力  $P_1$ 、 $P_2$  よりも大きい。

【0128】

このように、冷却装置 100 では、共通配管 CP を設けることにより、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相状態の冷媒 LP-COO および第 2 の凝縮部 22 から流出する液相状態の冷媒 LP-COO を合流させる。このため、冷却装置 100 によれば、特許文献 1 に記載の冷却装置と比較して、とくに液管の配管長をより短くすることができる。この結果、冷却装置 100 によれば、特許文献 1 に記載の冷却装置と比較して、配管の費用や配管

10

20

30

40

50

設置の費用を低減することができる。

【0129】

また、本発明の第1の実施の形態における冷却装置100において、第1の凝縮部21および第2の凝縮部22は、第1の蒸発部11および第2の蒸発部12よりも鉛直方向にて上方であって、共通配管CP内の圧力P0が第1の蒸発部11内の圧力P1および第2の蒸発部12内の圧力P2よりも大きくなる位置に、設けられている。

【0130】

このように、第1の凝縮部21および第2の凝縮部22は、第1の蒸発部11および第2の蒸発部12よりも鉛直方向にて上方に設けられている。このため、第1の凝縮部21および第2の凝縮部22から第1の蒸発部11および第2の蒸発部12に向かって下降する液相冷媒LP-COOの共通配管CP内の流速を、より速くすることができ、共通配管CP内の圧力をより大きくすることができる。この結果、第1の凝縮部21および第2の凝縮部22を、第1の蒸発部11および第2の蒸発部12よりも鉛直方向にて上方に配置することで、簡単に、共通配管CP内の圧力P0が第1の蒸発部11内の圧力P1および第2の蒸発部12内の圧力P2よりも大きくなるように設定できる。

10

【0131】

また、本発明の第1の実施の形態における冷却装置100は、第1のポンプ61と、第2のポンプ62をさらに備えている。第1のポンプ61は、第1の凝縮部21および共通配管CPの間に設けられている。第1のポンプ61は、共通配管CP内の圧力が第1の蒸発部11内および第2の蒸発部12内の圧力よりも大きくなるように、第1の凝縮部21から流出する液相状態の冷媒LP-COOを共通配管CPへ送る。第2のポンプ62は、第2の凝縮部22および共通配管CPの間に設けられている。第2のポンプ62は、共通配管CP内の圧力が第1の蒸発部11内および第2の蒸発部12内の圧力よりも大きくなるように、第2の凝縮部22から流出する液相状態の冷媒LP-COOを送る。

20

【0132】

このように、第1のポンプ61および第2のポンプ62を用いて、液相冷媒LP-COOを強制的に、共通配管CP内に流入させているので、より確実に、共通配管CP内の圧力が第1の蒸発部11内および第2の蒸発部12内の圧力よりも大きくなるように設定できる。

【0133】

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100は、第1のタンク51をさらに備えている。第1のタンク51は、第1の凝縮部21および共通配管CPの間であって第1のポンプ61よりも鉛直方向で上方に設けられている。第1のタンク51は、第1の凝縮部21により流出される液相状態の冷媒LP-COOを貯留する。

30

【0134】

このように、第1のタンク51を設けることにより、第1の凝縮部21により生成された液相冷媒LP-COOを一時的に貯留することができるので、第1のポンプ61に流入する液相冷媒LP-COOの流量を調整することができる。また、気相冷媒GP-COOが、第1の凝縮部21により生成された液相冷媒LP-COOに混じって、第1のタンク51内に流入した場合であっても、液相冷媒LP-COOは第1のタンク51内で鉛直方向の下方に向かい、気相冷媒GP-COOは第1のタンク51内で鉛直方向の上方に向かう。このため、第1のタンク51内で、液相冷媒LP-COOおよび気相冷媒GP-COOを分離することができる。

40

【0135】

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100において、第1のポンプ61は、第1のタンク51内の液相状態の冷媒LP-COOの液面高さに応じて、第1の凝縮部21から流出する液相状態の冷媒LP-COOを共通配管CPへ送る。

【0136】

これにより、第1の蒸発部11で蒸発した液相冷媒LP-COOの量と、第1のポンプ61により送られる液相冷媒LP-COOの量との間で、大きなズレが生じないようにす

50

ることができる。よって、第1のタンク51が枯渇状態か満液状態になることを避けることができる。第1のタンク51が枯渇状態になることを避けることで、第1のポンプ61のモータの空転を抑制でき、冷却装置100の冷却機能が低下することを抑制できる。また、第1のタンク51が満液状態になることを避けることで、第1の凝縮部21内の液相冷媒LP-COOが増加することを抑制でき、蒸気管VP1-1内に液相冷媒LP-COOが流入することも抑制できる。この結果、冷却装置100の冷却機能が低下することを抑制できる。

**【0137】**

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100は、第2のタンク52をさらに備えている。第2のタンク52は、第2の凝縮部22および共通配管CPの間であって第2のポンプ62よりも鉛直方向で上方に設けられている。第2のタンク52は、第2の凝縮部22により流出される液相状態の冷媒LP-COOを貯留する。

10

**【0138】**

このように、第2のタンク52を設けることにより、第2の凝縮部22により生成された液相冷媒LP-COOを一時的に貯留することができるので、第2のポンプ62に流入する液相冷媒LP-COOの流量を調整することができる。また、気相冷媒GP-COOが、第2の凝縮部22により生成された液相冷媒LP-COOに混じって、第2のタンク52内に流入した場合であっても、液相冷媒LP-COOは第2のタンク52内で鉛直方向の下方に向かい、気相冷媒GP-COOは第2のタンク52内で鉛直方向の上方に向かう。このため、第2のタンク52内で、液相冷媒LP-COOおよび気相冷媒GP-COOを分離することができる。

20

**【0139】**

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100において、第2のポンプ62は、第2のタンク52内の液相状態の冷媒LP-COOの液面高さに応じて、第2の凝縮部22から流出する液相状態の冷媒LP-COOを共通配管CPへ送る。

**【0140】**

これにより、第2の蒸発部12で蒸発した液相冷媒LP-COOの量と、第2のポンプ62により送られる液相冷媒LP-COOの量との間で、大きなズレが生じないようにすることができる。よって、第2のタンク52が枯渇状態か満液状態になることを避けることができる。第2のタンク52が枯渇状態になることを避けることで、第2のポンプ62のモータの空転を抑制でき、冷却装置100の冷却機能が低下することを抑制できる。また、第2のタンク52が満液状態になることを避けることで、第2の凝縮部22内の液相冷媒LP-COOが増加することを抑制でき、蒸気管VP2-1内に液相冷媒LP-COOが流入することも抑制できる。この結果、冷却装置100の冷却機能が低下することを抑制できる。

30

**【0141】**

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100は、バイパス管BPをさらに備えている。バイパス管BPは、第2のタンク52内に含まれる気相状態の冷媒GP-COOを圧縮機30へ導く。これにより、気相冷媒GP-COOが第2のタンク52内に溜まることを抑制できる。

40

**【0142】**

本発明の第1の実施の形態における冷却装置100は、フリークーリング型冷凍サイクルと、圧縮冷凍サイクルとを構成する。フリークーリング型冷凍サイクルでは、第1の蒸発部11、第1の凝縮部21および共通配管CPの間で、液相状態の冷媒LP-COOまたは気相状態の冷媒GP-COOを循環させる。圧縮冷凍サイクルとでは、第2の蒸発部12、第2の凝縮部22、圧縮機30、膨張弁40および共通配管CPの間で、液相状態の冷媒LP-COOまたは気相状態の冷媒GP-COOを循環させる。また、冷却装置100は、制御部80をさらに備えている。制御部80は、発熱体Hの熱量 $Q_{all}$ からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量 $Q_f$ を差し引いた熱量である差分熱量 $Q_c$ に基づいて、圧縮機30および膨張弁40のいずれか一方または双方を制御する。

50

## 【 0 1 4 3 】

このように、制御部 8 0 は、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量  $Q_c (= Q_{a11} - Q_f)$  に基づいて、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御する。すなわち、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  のうち、フリークーリング型冷凍サイクルによって冷却できない熱量である前記差分熱量  $Q_c$  にしたがって、圧縮冷凍サイクル内の圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御する。このため、 $Q_c$  にしたがって、圧縮冷凍サイクル内の圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を必要最小限の電力で制御することができる。

## 【 0 1 4 4 】

本発明の第 1 の実施の形態における冷却装置 1 0 0 は、制御部 8 0 をさらに備える。制御部 8 0 は、発熱体 H 周辺の温度  $T_s$  に基づいて、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御する。これにより、制御部 8 0 は、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量  $Q_c (= Q_{a11} - Q_f)$  に基づいて制御するよりも簡素に、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御することができる。

## 【 0 1 4 5 】

本発明の第 1 の実施の形態における冷却装置 1 0 0 において、第 1 のバルブ 7 1 は、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  に基づいて、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する液相状態の冷媒 LP - COO の量を調整する。また、第 2 のバルブ 7 2 は、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  に基づいて、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相状態の冷媒 LP - COO の量を調整する。

## 【 0 1 4 6 】

これにより、第 1 の蒸発部 1 1 および第 2 の蒸発部 1 2 の各々に対して、適量の液相冷媒 LP - COO を供給することができる。また、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  を閾値  $Q_{o1}$  (一定値) に保つことにより、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する冷媒 COO の流量  $w_1$  が調整され、液相冷媒 LP - COO が蒸気管 VP 1 に混入することが抑制される。この結果、冷却装置 1 0 0 では、蒸気管 VP 1 内の圧力を安定させることができ、第 1 の蒸発部 1 1 および第 1 の凝縮部 2 1 の間の圧力損失を低減することができ、第 1 の蒸発部 1 1 の熱回収量  $Q_1$  の低下を抑制できる。同様に、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  を閾値  $Q_{o2}$  (一定値) に保つことにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する冷媒 COO の流量  $w_2$  が調整され、液相冷媒 LP - COO が蒸気管 VP 2 - 1 に混入することが抑制される。この結果、冷却装置 1 0 0 では、蒸気管 VP 2 - 1 内の圧力を安定させることができ、第 2 の蒸発部 1 2 および凝縮部 2 2 の間の圧力損失を低減することができ、第 2 の蒸発部 1 2 の熱回収量  $Q_2$  の低下を抑制できる。

## 【 0 1 4 7 】

また、本発明の第 1 の実施の形態における冷却装置 1 0 0 は、第 1 の蒸気管 VP 1 と、第 2 の蒸気管 VP 2 とを備えている。第 1 の蒸気管 VP 1 は、第 1 の蒸発部 1 1 および第 1 の凝縮部 2 1 を接続し、第 1 の蒸発部 1 1 から第 1 の凝縮部 2 1 へ気相状態の冷媒 GP - COO を流すためのものである。第 2 の蒸気管 VP 2 - 1 は、第 2 の蒸発部 1 2 および第 2 の凝縮部 2 2 を接続し、第 2 の蒸発部 1 2 から第 2 の凝縮部 2 2 へ気相状態の冷媒 GP - COO を流すためのものである。第 1 のバルブ 7 1 は、第 1 の蒸気管 VP 1 内の温度に基づいて、第 1 の蒸発部 1 1 に流入する液相状態の冷媒量 LP - COO を調整する。第 2 のバルブ 7 2 は、第 2 の蒸気管 VP 2 - 1 内の温度に基づいて、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相状態の冷媒量 LP - COO を調整する。

## 【 0 1 4 8 】

これにより、第 1 の蒸発部 1 1 および第 2 の蒸発部 1 2 の各々に対して、適量の液相冷媒 LP - COO を供給することができる。

## 【 0 1 4 9 】

また、本発明の第 1 の実施の形態における制御方法は、第 1 の蒸発部 1 1 と、第 2 の蒸

10

20

30

40

50

発部 1 2 と、第 1 の凝縮部 2 1 と、第 2 の凝縮部 2 2 と、共通配管 C P と、圧縮機 3 0 と、膨張弁 4 0 と、第 1 のバルブ 7 1 と、第 2 のバルブ 7 2 とを備えた冷却装置 1 0 0 の制御方法である。この制御方法では、共通配管 C P 内の圧力 P 0 は、第 1 の蒸発部 1 1 内および第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力 P 1、P 2 よりも大きく設定されている。また、この制御方法では、フリークーリング型冷凍サイクルと、圧縮冷凍サイクルとを構成されていることを前提とする。フリークーリング型冷凍サイクルでは、第 1 の蒸発部 1 1、第 1 の凝縮部 2 1 および共通配管 C P の間で、液相状態の冷媒 L P - C O O または気相状態の冷媒 G P - C O O を循環させる。圧縮冷凍サイクルとでは、第 2 の蒸発部 1 2、第 2 の凝縮部 2 2、圧縮機 3 0、膨張弁 4 0 および共通配管 C P の間で、液相状態の冷媒 L P - C O O または気相状態の冷媒 G P - C O O を循環させる。そして、この制御方法では、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量  $Q_c$  に基づいて、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御する制御処理を含んでいる。

10

**【 0 1 5 0 】**

このような制御方法であっても、上述した冷却装置 1 0 0 の効果と同様の効果を奏することができる。

**【 0 1 5 1 】**

また、本発明の制御プログラムは、第 1 の蒸発部 1 1 と、第 2 の蒸発部 1 2 と、第 1 の凝縮部 2 1 と、第 2 の凝縮部 2 2 と、共通配管 C P と、圧縮機 3 0 と、膨張弁 4 0 と、第 1 のバルブ 7 1 と、第 2 のバルブ 7 2 とを備えた冷却装置 1 0 0 の制御プログラムである。この制御プログラムでは、フリークーリング型冷凍サイクルと、圧縮冷凍サイクルとが構成されていることを前提とする。フリークーリング型冷凍サイクルでは、第 1 の蒸発部 1 1、第 1 の凝縮部 2 1 および共通配管 C P の間で、液相状態の冷媒 L P - C O O または気相状態の冷媒 G P - C O O を循環させる。圧縮冷凍サイクルとでは、第 2 の蒸発部 1 2、第 2 の凝縮部 2 2、圧縮機 3 0、膨張弁 4 0 および共通配管 C P の間で、液相状態の冷媒 L P - C O O または気相状態の冷媒 G P - C O O を循環させる。そして、この制御プログラムでは、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量  $Q_c$  に基づいて、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御する制御処理を含んでいる。

20

**【 0 1 5 2 】**

このような制御プログラムであっても、上述した冷却装置 1 0 0 の効果と同様の効果を奏することができる。

30

**【 0 1 5 3 】**

また、本発明の記憶媒体は、第 1 の蒸発部 1 1 と、第 2 の蒸発部 1 2 と、第 1 の凝縮部 2 1 と、第 2 の凝縮部 2 2 と、共通配管 C P と、圧縮機 3 0 と、膨張弁 4 0 と、第 1 のバルブ 7 1 と、第 2 のバルブ 7 2 とを備えた冷却装置 1 0 0 の制御プログラムを記憶する記憶媒体である。この記憶媒体では、共通配管 C P 内の圧力 P 0 は、第 1 の蒸発部 1 1 内および第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力 P 1、P 2 よりも大きく設定されている。また、この記憶媒体では、フリークーリング型冷凍サイクルと、圧縮冷凍サイクルとを構成されていることを前提とする。フリークーリング型冷凍サイクルでは、第 1 の蒸発部 1 1、第 1 の凝縮部 2 1 および共通配管 C P の間で、液相状態の冷媒 L P - C O O または気相状態の冷媒 G P - C O O を循環させる。圧縮冷凍サイクルとでは、第 2 の蒸発部 1 2、第 2 の凝縮部 2 2、圧縮機 3 0、膨張弁 4 0 および共通配管 C P の間で、液相状態の冷媒 L P - C O O または気相状態の冷媒 G P - C O O を循環させる。そして、この記憶媒体では、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量  $Q_c$  に基づいて、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 のいずれか一方または双方を制御する制御処理を含む制御プログラムを記憶する。

40

**【 0 1 5 4 】**

このような記憶媒体であっても、上述した冷却装置 1 0 0 の効果と同様の効果を奏することができる。

50

## 【 0 1 5 5 】

< 第 2 の実施の形態 >

本発明の第 2 の実施の形態における冷却装置 1 0 0 A について、図に基づいて説明する。図 4 は、冷却装置 1 0 0 A の構成を示す模式図である。また、図 4 では、図 1 で示した各構成要素と同等の構成要素には、図 1 に示した符号と同等の符号を付している。なお、第 1 の実施の形態における冷却装置 1 0 0 は、本実施の形態における冷却装置 1 0 0 A の一例である。

## 【 0 1 5 6 】

冷却装置 1 0 0 A は、発熱体 H (図 4 にて不図示) を冷却する。なお、発熱体 H は、図 1 に示したように、第 1 の蒸発部 1 1 および第 2 の蒸発部の近傍に配置されている。ただし、第 1 の蒸発部 1 1 および第 2 の蒸発部 1 2 は、発熱体 H の熱を受け取ることができれば、必ずしも発熱体 H の近傍に設けられなくてもよい。

10

## 【 0 1 5 7 】

図 4 に示されるように、冷却装置 1 0 0 A は、第 1 の蒸発部 1 1 と、第 2 の蒸発部 1 2 と、第 1 の凝縮部 2 1 と、第 2 の凝縮部 2 2 と、圧縮機 3 0 と、膨張弁 4 0 と、第 1 のバルブ 7 1 と、第 2 のバルブ 7 2 と、制御部 8 0 とを備えている。

## 【 0 1 5 8 】

また、冷却装置 1 0 0 A は、第 1 の蒸気管 V P 1 と、第 2 の蒸気管 V P 2 - 1、V P 2 - 2 を備えている。さらに、冷却装置 1 0 0 A は、第 1 の液管 L P 3 - 1、L P 3 - 2、L P 3 - 3、第 2 の液管 L P 4 - 1、L P 4 - 2、L P 4 - 3、L P 4 - 4 を備えている。また、冷却装置 1 0 0 A は、バイパス管 B P および共通配管 C P を備えている。

20

## 【 0 1 5 9 】

なお、第 2 の蒸気管 V P 2 - 1、V P 2 - 2 を区別する必要がない場合には、これらを第 2 の蒸気管 V P 2 と呼ぶことがある。同様に、第 1 の液管 L P 3 - 1、L P 3 - 2、L P 3 - 3 を区別する必要がない場合には、これらを第 1 の液管 L P 3 と呼ぶことがある。さらに、第 2 の液管 L P 4 - 1、L P 4 - 2、L P 4 - 3、L P 4 - 4 を区別する必要がない場合には、これらを第 2 の液管 L P 4 と呼ぶことがある。V P 1、V P 2、L P 3 および L P 4 は、本実施形態において、必須の構成要素ではない。

## 【 0 1 6 0 】

ここで、冷却装置 1 0 0 と冷却装置 1 0 0 A を対比する。冷却装置 1 0 0 では、第 1 のタンク 5 1 と、第 2 のタンク 5 2 と、第 1 のポンプ 6 1 と、第 2 のポンプ 6 2 とを備えている。これに対して、冷却装置 1 0 0 A では、これらを備えていない。また、冷却装置 1 0 0 では、第 1 の液管 L P 1 は 5 本で構成されている。これに対して、冷却装置 1 0 0 A では、第 1 の液管 L P 3 は 3 本で構成されている。さらに、冷却装置 1 0 0 では、第 2 の液管 L P 2 は 6 本で構成されている。これに対して、冷却装置 1 0 0 A では、第 2 の液管 L P 4 は 4 本で構成されている。

30

## 【 0 1 6 1 】

冷却装置 1 0 0 A は、冷却装置 1 0 0 と同様に、第 1 の蒸発部 1 1 および第 1 の凝縮部 2 1 の間で冷媒 C O O を循環させるとともに、第 1 の蒸発部 1 1、第 1 の凝縮部 2 1、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の間で冷媒 C O O を循環させる。

40

## 【 0 1 6 2 】

第 1 の蒸発部 1 1 および第 1 の凝縮部 2 1 の間で少なくとも共通配管 C P を介して冷媒 C O O を循環させる系を、フリークーリング型冷凍サイクルと呼ぶ。第 2 の蒸発部 1 2、第 2 の凝縮部 2 2、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の間で少なくとも共通配管 C P を介して冷媒 C O O を循環させる系を、圧縮冷凍サイクルと呼ぶ。

## 【 0 1 6 3 】

以下、冷却装置 1 0 0 A の各構成について、説明する。

## 【 0 1 6 4 】

第 1 の蒸発部 1 1 は、発熱体 H (図 4 にて不図示) の近傍に設けられている。第 1 の蒸発部 1 1 は、第 1 の蒸気管 V P 1 を介して、第 1 の凝縮部 2 1 に接続されている。また、

50

第1の蒸発部11は、第1の液管LP3-2、3-3および第1のバルブ71を介して、共通配管CPに接続されている。第1の蒸発部11は、内部に冷媒COOを貯留する。第1の蒸発部11は、発熱体Hの熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒LP-COOを発熱体Hの熱により蒸発させて、気相冷媒GP-COOを第1の凝縮部21へ流出させる。上述では、第1の蒸発部11は発熱体Hの近傍に設けられていると説明した。一方、第1の蒸発部11は、発熱体Hの熱を受け取ることができれば、必ずしも発熱体Hの近傍に設けられなくてもよい。

【0165】

第2の蒸発部12は、第1の蒸発部11と同様に、発熱体H(図4にて不図示)の近傍に設けられている。第2の蒸発部12は、第2の蒸発部12は、圧縮機30および第2の蒸気管VP2-1、2-2を介して、第2の凝縮部22に接続されている。また、第2の蒸発部12は、第2の液管LP4-3、4-4および第2のバルブ72を介して、共通配管CPに接続されている。第2の蒸発部12は、内部に冷媒COOを貯留する。第2の蒸発部12は、発熱体Hの熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒LP-COOを発熱体Hの熱により蒸発させて、圧縮機30を介して気相冷媒GP-COOを第2の凝縮部22へ流出させる。上述では、第2の蒸発部12は発熱体Hの近傍に設けられていると説明した。一方、第2の蒸発部12は、発熱体Hの熱を受け取ることができれば、必ずしも発熱体Hの近傍に設けられなくてもよい。

10

【0166】

第1の凝縮部21は、第1の蒸気管VP1を介して、第1の蒸発部11に接続されている。また、第1の凝縮部21は、第1の液管LP3-1を介して、共通配管CPに接続されている。第1の凝縮部21は、第1の蒸発部11から流出する気相冷媒GP-COOを凝縮して、液相冷媒LP-COOを流出させる。

20

【0167】

第2の凝縮部22は、圧縮機30および第2の蒸気管VP2-1、2-2を介して、第2の蒸発部12に接続されている。また、第2の凝縮部22は、膨張弁40および第2の液管LP4-1、4-2を介して、共通配管CPに接続されている。第2の凝縮部22は、第2の蒸発部12から流出する気相冷媒GP-COOを凝縮して、液相冷媒LP-COOを流出させる。

【0168】

圧縮機30は、第2の蒸気管VP2-1を介して、第2の蒸発部12に接続されている。また、圧縮機30は、第2の蒸気管VP2-2を介して、第2の凝縮部22に接続されている。圧縮機30は、第2の蒸発部12から流出する気相冷媒GP-COOを圧縮する。そして、圧縮機30は、圧縮機30により圧縮された気相冷媒GP-COOを第2の凝縮部22へ流出させる。圧縮機30は、制御部80の指示に従って、動作する。

30

【0169】

膨張弁40は、第2の液管VP4-1を介して、第2の凝縮部22に接続されている。また、膨張弁40は、第2の液管LP4-2を介して、共通配管CPに接続されている。膨張弁40は、第2の凝縮部22から流出する液相冷媒LP-COOを膨張させる。膨張弁40は、制御部80の指示に従って、動作する。

40

【0170】

第1のバルブ71は、第1の液管LP3-3を介して、第1の蒸発部11に接続されている。また、第1のバルブ71は、第1の液管LP3-2を介して、共通配管CPに接続されている。第1のバルブ71は、第1の蒸発部11および共通配管CPの間に設けられている。第1のバルブ71は、第1の蒸発部11に流入する液相冷媒LP-COOの量を調整する。第1のバルブ71は、制御部80の指示に従って、動作する。第1のバルブ71は、たとえば、制御部80の指示に従って、第1の蒸発部11の熱回収量Q1に基づいて、第1の蒸発部11に流入する冷媒COOの量を調整する。第1のバルブ71の具体的な動作については、後述の動作説明で詳しく説明する。

【0171】

50

第2のバルブ72は、第2の液管LP4-4を介して、第2の蒸発部12に接続されている。また、第2のバルブ72は、第2の液管LP4-3を介して、共通配管CPに接続されている。第2のバルブ72は、第2の蒸発部12および共通配管CPの間に設けられている。第2のバルブ72は、第2の蒸発部12に流入する液相冷媒LP-COOの量を調整する。第2のバルブ72は、制御部80の指示に従って、動作する。第2のバルブ72は、たとえば、制御部80の指示に従って、第2の蒸発部12の熱回収量Q2に基づいて、第2の蒸発部12に流入する冷媒COOの量を調整する。第2のバルブ72の具体的な動作については、後述の動作説明で詳しく説明する。

#### 【0172】

制御部80は、少なくとも、圧縮機30、膨張弁40、第1のバルブ71および第2のバルブ72に有線または無線により通信接続されている。制御部80は、冷却装置100A全体を制御する。とくに、制御部80は、圧縮機30、膨張弁40、第1のバルブ71および第2のバルブ72を制御する。

10

#### 【0173】

つぎに、配管関係を説明する。蒸気管VP1は、第1の蒸発部11および第1の凝縮部21と接続する。液管LP3-1は、第1の凝縮部21および共通配管CPの間を接続する。液管LP3-2、3-3は、共通配管CPおよび第1の蒸発部11の間を、第1のバルブ71を介して、接続する。蒸気管VP2-1は、第2の蒸発部12および圧縮機30の間を接続する。蒸気管VP2-2は、圧縮機30および第2の凝縮部22の間を接続する。液管LP4-1は、第2の凝縮部22および膨張弁40の間を接続する。液管LP4-2は、膨張弁40および共通配管CPの間を接続する。液管LP4-3、4-4は、共通配管CPおよび第2の蒸発部12の間を、第2のバルブ72を介して、接続する。共通配管CPの一端部は、液管LP3-1および液管LP4-2に接続され、共通配管CPの他端部は、液管LP3-2および液管LP4-3に接続されている。

20

#### 【0174】

つぎに、冷却装置100Aの動作について説明する。ここでは、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作と、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作とを分けて説明する。なお、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作と、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作とを分けて説明するが、実際には、フリークーリング型冷凍サイクルおよび圧縮冷凍サイクルは同時に動作する。

30

#### 【0175】

まず、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作を説明する。フリークーリング型冷凍サイクルとは、上述の通り、第1の蒸発部11および第1の凝縮部21の間で、少なくとも共通配管CPを介して冷媒COOを循環させる系である。

#### 【0176】

第1の蒸発部11は、発熱体Hの熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒LP-COOを発熱体Hの熱により蒸発させて、蒸気管VP1を介して気相冷媒GP-COOを第1の凝縮部21へ流出させる。これにより、気相冷媒GP-COOが第1の凝縮部21に流入する。

#### 【0177】

つぎに、第1の凝縮部21は、第1の蒸発部11から流出する気相冷媒GP-COOを凝縮して、液相冷媒LP-COOを流出させる。

40

#### 【0178】

第1の凝縮部21により生成された液相冷媒LP-COOは、液管LP3-1を介して、共通配管CPに流入する。

#### 【0179】

共通配管CP内を流れる液相冷媒LP-COOの一部は、第1のバルブ71、第1の液管LP3-2、3-3を介して、第1のバルブ71の開度に応じて、第1の蒸発部11に流入する。

#### 【0180】

50

なお、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置 100A の動作の説明で詳しく説明するが、共通配管 CP 内を流れる液相冷媒 LP - COO の残余は、第 2 のバルブ 72、第 2 の液管 LP 4 - 3、4 - 4 を介して、第 2 のバルブ 72 の開度に応じて、第 2 の蒸発部 12 に流入する。

【0181】

第 1 のバルブ 71 の開度の調整については、第 1 の実施の形態で説明した内容と同様である。すなわち、第 1 のバルブ 71 は、たとえば、制御部 80 の指示に従って、第 1 の蒸発部 11 の熱回収量  $Q_1$  に基づいて、第 1 の蒸発部 11 に流入する冷媒 COO の量を調整する。具体的には、制御部 80 が、第 1 の蒸発部 11 の熱回収量  $Q_1$  を式 1 に従って算出する。そして、制御部 80 は、 $Q_1$  の測定値と  $Q_1$  の閾値  $Q_{o1}$  とを比較し、 $Q_1$  が閾値  $Q_{o1}$  に近づくように制御する。

10

【0182】

以上のように、第 1 のバルブ 71 は、制御部 80 の指示の下、第 1 の蒸発部 11 の熱回収量  $Q_1$  に基づいて、第 1 のバルブ 71 の開度を調整する。第 1 の蒸発部 11 の熱回収量  $Q_1$  を閾値  $Q_{o1}$  (一定値) に保つことにより、第 1 の蒸発部 11 に流入する冷媒 COO の流量  $w_1$  が調整され、液相冷媒 LP - COO が蒸気管 VP 1 に混入することが抑制される。この結果、冷却装置 100A では、蒸気管 VP 1 内の圧力を安定させることができ、第 1 の蒸発部 11 および第 1 の凝縮部 21 の間の圧力損失を低減することができ、第 1 の蒸発部 11 の熱回収量  $Q_1$  の低下を抑制できる。

【0183】

20

また、第 1 の実施の形態で説明したように、第 1 のバルブ 71 は、たとえば、制御部 80 の指示に従って、第 1 の蒸発部 11 の過熱度  $H_1$  に基づいて、第 1 の蒸発部 11 に流入する冷媒 COO の量を調整することもできる。

【0184】

つぎに、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置 100A の動作を説明する。圧縮冷凍サイクルとは、上述の通り、第 2 の蒸発部 12、第 2 の凝縮部 22、圧縮機 30 および膨張弁 40 の間で、少なくとも共通配管 CP を介して冷媒 COO を循環させる系である。

【0185】

第 2 の蒸発部 12 は、発熱体 H の熱を受けて、内部に貯留されている液相冷媒 LP - COO を発熱体 H の熱により蒸発させて、蒸気管 VP 2 - 1 を介して気相冷媒 GP - COO を圧縮機 30 へ向けて流出させる。これにより、気相冷媒 GP - COO が圧縮機 30 に流入する。

30

【0186】

圧縮機 30 は、第 2 の蒸発部 12 から流出する気相冷媒 GP - COO を圧縮する。これにより、気相冷媒 GP - COO の圧力および温度が上昇する。そして、圧縮機 30 は、圧縮機 30 により圧縮された気相冷媒 GP - COO を第 2 の凝縮部 22 へ流出させる。これにより、気相冷媒 GP - COO が第 2 の凝縮部 22 に流入する。なお、圧縮機 30 の動作の詳細は、後述する。

【0187】

つぎに、第 2 の凝縮部 22 は、圧縮機 30 から流出する気相冷媒 GP - COO を凝縮して、液相冷媒 LP - COO を流出させる。

40

【0188】

第 2 の凝縮部 22 により生成された液相冷媒 LP - COO は、膨張弁 40 に流入する。膨張弁 40 は、第 2 の凝縮部 22 から流出する液相冷媒 LP - COO を膨張させる。膨張弁 40 により膨張された液相冷媒 LP - COO は、共通配管 CP 内に流入する。なお、膨張弁 40 の動作の詳細は、後述する。

【0189】

ここで、前述の通り、共通配管 CP 内を流れる液相冷媒 LP - COO の一部は、第 1 のバルブ 71、第 1 の液管 LP 3 - 2、3 - 3 を介して、第 1 のバルブ 71 の開度に応じて、第 1 の蒸発部 11 に流入する。そして、共通配管 CP 内を流れる液相冷媒 LP - COO

50

の残余は、第2のバルブ72、第2の液管LP4-3、4-4を介して、第2のバルブ72の開度に応じて、第2の蒸発部12に流入する。

【0190】

第2のバルブ72の開度の調整については、第1の実施の形態で説明した内容と同様である。すなわち、第2のバルブ72は、たとえば、制御部80の指示に従って、第2の蒸発部12の熱回収量 $Q_2$ に基づいて、第2の蒸発部12に流入する冷媒COOの量を調整する。具体的には、制御部80が、第2の蒸発部12の熱回収量 $Q_2$ を式3に従って算出する。そして、制御部80は、 $Q_2$ の測定値と $Q_2$ の閾値 $Q_{o2}$ とを比較し、 $Q_2$ が閾値 $Q_{o2}$ に近づくように制御する。

【0191】

以上のように、第2のバルブ72は、制御部80の指示の下、第2の蒸発部12の熱回収量 $Q_2$ に基づいて、第2のバルブ72の開度を調整する。第2の蒸発部12の熱回収量 $Q_2$ を閾値 $Q_{o2}$ (一定値)に保つことにより、第2の蒸発部12に流入する冷媒COOの流量 $w_2$ が調整され、液相冷媒LP-COOが蒸気管VP2-1に混入することが抑制される。この結果、冷却装置100Aでは、蒸気管VP2-1内の圧力を安定させることができ、第2の蒸発部12および第2の凝縮部22の間の圧力損失を低減することができ、第2の蒸発部12の熱回収量 $Q_2$ の低下を抑制できる。

【0192】

また、第1の実施の形態で説明したように、第2のバルブ72は、たとえば、制御部80の指示に従って、第2の蒸発部12の過熱度 $H_2$ に基づいて、第2の蒸発部12に流入する冷媒COOの量を調整することもできる。

【0193】

なお、上述の通り、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作と、圧縮冷凍サイクルでの冷却装置100Aの動作とを分けて説明したが、実際には、フリークーリング型冷凍サイクルおよび圧縮冷凍サイクルは同時に動作する。

【0194】

つぎに、圧縮機30および膨張弁40の制御について、説明する。

【0195】

図5は、圧縮機30および膨張弁40の制御を説明するためのフロー図である。なお、図5は、図2と基本的には同様である。したがって、重複する説明は、一部省略する。

【0196】

図5に示されるように、まず、制御部80は、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却量 $Q_f$ を測定する(S51)。なお、 $Q_f$ は、フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量とも呼ぶ。このとき、冷媒COOの温度および流量を測定する冷媒温度計(不図示)および冷媒流量計(不図示)が、第1の凝縮部21および共通配管CPの間を接続する液管LP3-1に、設けられている。液管LP3-1内に設けられた冷媒温度計(不図示)および冷媒流量計(不図示)は、制御部80の指示により、液管LP3-1内を流れる冷媒COOの温度 $T_7$ および流量 $w_7$ を測定する。

【0197】

フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却量 $Q_f$ (W)は、冷媒COOの特定温度 $T_7$ における単位量当たりの冷却量を( J / kg )、液管LP1-1内を流れる冷媒COOの流量を $w_7$ ( kg / s )とすると、次の式9にしたがって概算することができる。

【0198】

$$Q_f = \dots \times w_7 \dots \quad (\text{式9})$$

は記憶部(不図示)に記憶されている。すなわち、は冷媒COOの温度によって変化するが、記憶部は温度毎ののデータを記憶している。制御部80は、式9にしたがって、記憶部に記憶されたに $w_7$ の測定値を乗算して $Q_f$ を算出する。

【0199】

なお、第1の実施の形態と同様に、 $Q_f$ の別の測定方法として、フリークーリング型冷凍サイクルでの冷却量 $Q_f$ (W)を、式6を用いて概算してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 0 0 】

図 5 に戻って、つぎに、制御部 8 0 は、冷却装置 1 0 0 A で冷却する必要のある熱量  $Q_{a11}$  を測定する ( S 5 2 )。なお、 $Q_{a11}$  は、発熱体 H の熱量でもある。たとえば、発熱体 H がデータセンタ内のサーバ装置である場合、 $Q_{a11}$  は当該サーバ装置の消費電力に相当する。なお、データセンタの壁面から流入する熱量を測定できる場合には、この熱量をサーバ装置の消費電力に加えた値を  $Q_{a11}$  としてもよい。

## 【 0 2 0 1 】

つぎに、制御部 8 0 は、つぎの式 1 0 にしたがって、圧縮冷凍サイクルで冷却する必要のある熱量  $Q_c$  を測定する ( S 5 3 )。

## 【 0 2 0 2 】

$$Q_c = Q_{a11} - Q_f \quad \cdot \cdot \cdot \quad ( \text{式 1 0} )$$

ここで、 $Q_c$  は、発熱体 H の熱量  $Q_{a11}$  からフリークーリング型冷凍サイクルによる冷却量  $Q_f$  を差し引いた熱量である差分熱量に相当する。

## 【 0 2 0 3 】

つぎに、制御部 8 0 は、圧縮冷凍サイクルの冷却量  $Q_{c'}$  を測定する ( S 5 4 )。ここで、冷媒 C O O の温度および流量を測定する冷媒温度計 ( 不図示 ) および冷媒流量計 ( 不図示 ) が、第 2 の凝縮部 2 2 および膨張弁 4 0 の間を接続する液管 L P 4 - 1 に、設けられている。液管 L P 4 - 1 内に設けられた冷媒温度計 ( 不図示 ) および冷媒流量計 ( 不図示 ) は、制御部 8 0 の指示により、液管 L P 4 - 1 内を流れる冷媒 C O O の温度  $T_8$  および流量  $w_8$  を測定する。

## 【 0 2 0 4 】

圧縮冷凍サイクルの冷却量  $Q_{c'}$  ( W ) は、冷媒 C O O の特定温度  $T_8$  における単位量当たりの冷却量を ( J / k g )、液管 L P 4 - 1 内を流れる冷媒 C O O の流量を  $w_8$  ( k g / s ) とすると、次の式 1 1 にしたがって概算することができる。

## 【 0 2 0 5 】

$$Q_{c'} \quad \times w_8 \quad \cdot \cdot \cdot \quad ( \text{式 1 1} )$$

は、と同様に、記憶部 ( 不図示 ) に記憶されている。すなわち、は冷媒 C O O の温度によって変化するが、記憶部は温度毎ののデータを記憶している。制御部 8 0 は、式 1 1 にしたがって、記憶部に記憶されたに  $w_8$  の測定値を乗算して  $Q_{c'}$  を算出する。

## 【 0 2 0 6 】

つぎに、制御部 8 0 は、圧縮冷凍サイクルで冷却する必要のある熱量  $Q_c$  と、現在の圧縮冷凍サイクルの冷却量  $Q_{c'}$  を比較する ( S 5 5 )。比較の結果、 $Q_c$  が  $Q_{c'}$  より大きいと制御部 8 0 によって判断された場合 ( S 5 5、Y e s )、制御部 8 0 は、 $Q_{c'}$  が足りないと判断し、第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力  $P_2$  を下げる制御を行う ( S 5 6 )。

## 【 0 2 0 7 】

具体的には、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に対して、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を上げる指示を出力する。そして、圧縮機 3 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を上げる。これにより、圧縮機 3 0 の吸気量が上がり、蒸気管 V P 2 - 1 内の圧力が減少し、蒸気管 V P 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も減少する。

## 【 0 2 0 8 】

なお、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に代えて、膨張弁 4 0 に対して、当該膨張弁 4 0 の開度を小さくする指示を出力してもよい。そして、膨張弁 4 0 は、制御部 8 0 の指示に従って、開度を小さくする。これにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相冷媒 L P - C O O が減少し、蒸気管 V P 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も減少する。

## 【 0 2 0 9 】

あるいは、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 および膨張弁 4 0 の双方を同時に、上述の通り、制御してもよい。すなわち、制御部 8 0 は、圧縮機 3 0 に対して、当該圧縮機 3 0 内のモータの回転数を上げる指示を出力するとともに、膨張弁 4 0 に対して、当該膨張弁 4 0 の

10

20

30

40

50

開度を小さくする指示を出力する。そして、圧縮機 30 は、制御部 80 の指示に従って、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を上げる。また、膨張弁 40 は、制御部 80 の指示に従って、開度を小さくする。この結果、上記同様に、蒸気管 V P 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力を減少させることができる。

【0210】

比較の結果、 $Q_c$  が  $Q_c'$  より大きくないと制御部 80 によって判断された場合 (S55、No)、制御部 80 は、 $Q_c'$  が余剰であると判断し、第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力 P2 を上げる制御を行う (S57)。

【0211】

具体的には、制御部 80 は、圧縮機 30 に対して、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を下げる指示を出力する。そして、圧縮機 30 は、制御部 80 の指示に従って、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を下げる。これにより、圧縮機 30 の吸気量が下がり、蒸気管 V P 2 - 1 内の圧力が増加し、蒸気管 V P 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も増加する。

10

【0212】

なお、制御部 80 は、圧縮機 30 に代えて、膨張弁 40 に対して、当該膨張弁 40 の開度を大きくする指示を出力してもよい。そして、膨張弁 40 は、制御部 80 の指示に従って、開度を大きくする。これにより、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相冷媒 L P - C O O が増加し、蒸気管 V P 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力も増加する。

【0213】

20

あるいは、制御部 80 は、圧縮機 30 および膨張弁 40 の双方を同時に、上述の通り、制御してもよい。すなわち、制御部 80 は、圧縮機 30 に対して、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を下げる指示を出力するとともに、膨張弁 40 に対して、当該膨張弁 40 の開度を大きくする指示を出力する。そして、圧縮機 30 は、制御部 80 の指示に従って、当該圧縮機 30 内のモータの回転数を下げる。また、膨張弁 40 は、制御部 80 の指示に従って、開度を大きくする。この結果、上記同様に、蒸気管 V P 2 - 1 に接続されている第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力を増加させることができる。

【0214】

以上、圧縮機 30 および膨張弁 40 の制御について、説明した。なお、圧縮機 30 および膨張弁 40 の制御の変形例として、第 1 の実施の形態と同様に、図 3 に示す制御を行っても良い。

30

【0215】

以上の通り、本発明の第 2 の実施の形態における冷却装置 100A は、第 1 の蒸発部 11 と、第 2 の蒸発部 12 と、第 1 の凝縮部 21 と、第 2 の凝縮部 22 と、共通配管 C P と、圧縮機 30 と、膨張弁 40 と、第 1 のバルブ 71 と、第 2 のバルブとを備えている。第 1 の蒸発部 11 と第 2 の蒸発部 12 は、発熱体 H の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒 L P - C O O を発熱体 H の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒 G P - C O O を流出させる。第 1 の凝縮部 21 は、第 1 の蒸発部 11 に接続されている。第 1 の凝縮部 21 は、第 1 の蒸発部 11 から流出する気相状態の冷媒 G P - C O O を凝縮して、液相状態の冷媒 G P - C O O を流出させる。第 2 の凝縮部 22 は、第 2 の蒸発部 12 に接続されている。第 2 の凝縮部 22 は、第 2 の蒸発部 12 から流出する気相状態の冷媒 G P - C O O を凝縮して、液相状態の冷媒 L P - C O O を流出させる。共通配管 C P は、第 1 の蒸発部 11 および第 1 の凝縮部 21 の間であって第 2 の蒸発部 12 および第 2 の凝縮部 22 の間に設けられている。共通配管 C P は、第 1 の凝縮部 21 から流出する液相状態の冷媒 L P - C O O および第 2 の凝縮部 22 から流出する液相状態の冷媒 L P - C O O を合流させる。圧縮機 30 は、第 2 の蒸発部 12 および第 2 の凝縮部 22 に接続されている。圧縮機 30 は、第 2 の蒸発部 12 から流出する気相状態の冷媒 G P - C O O を圧縮する。膨張弁 40 は、第 2 の凝縮部 22 および共通配管 C P に接続されている。膨張弁 40 は、第 2 の凝縮部 22 から流出する液相状態の冷媒 L P - C O O を膨張させる。第 1 のバルブ 71 は、第 1 の蒸発部 11 および共通配管 C P に接続されている。第 1 のバルブ 71 は、第 1

40

50

の蒸発部 1 1 に流入する液相状態の冷媒量  $LP - COO$  を調整する。第 2 のバルブ 7 2 は、第 2 の蒸発部 1 2 および共通配管  $CP$  に接続されている。第 2 のバルブ 7 2 は、第 2 の蒸発部 1 2 に流入する液相状態の冷媒量  $LP - COO$  を調整する。また、共通配管  $CP$  内の圧力  $P 0$  は、第 1 の蒸発部 1 1 内および第 2 の蒸発部 1 2 内の圧力  $P 1$ 、 $P 2$  よりも大きい。

【 0 2 1 6 】

このように、冷却装置 1 0 0 A では、共通配管  $CP$  を設けることにより、第 1 の凝縮部 2 1 から流出する液相状態の冷媒  $LP - COO$  および第 2 の凝縮部 2 2 から流出する液相状態の冷媒  $LP - COO$  を合流させる。このため、冷却装置 1 0 0 A によれば、特許文献 1 に記載の冷却装置と比較して、とくに液管の配管長をより短くすることができる。この結果、冷却装置 1 0 0 A によれば、特許文献 1 に記載の冷却装置と比較して、配管の費用や配管設置の費用を低減することができる。

10

【 0 2 1 7 】

また、前述の第 1 ~ 第 2 の実施の形態の一部または全部は、以下のようにも記載されるが、以下に限定されない。

( 付記 1 )

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第 1 の蒸発部及び第 2 の蒸発部と、

前記第 1 の蒸発部に接続され、前記第 1 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 1 の凝縮部と、

20

前記第 2 の蒸発部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 2 の凝縮部と、

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部の間であって前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部の間に設けられ、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第 1 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 1 のバルブと、

30

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 2 のバルブとを備え、

前記共通配管内の圧力は、前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きい冷却装置。

( 付記 2 )

前記第 1 の凝縮部および前記第 2 の凝縮部は、前記第 1 の蒸発部および前記第 2 の蒸発部よりも鉛直方向にて上方であって、前記共通配管内の圧力が前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きくなる位置に、設けられている付記 1 に記載の冷却装置。

40

( 付記 3 )

前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間に設けられ、前記共通配管内の圧力が前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きくなるように、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を前記共通配管へ送る第 1 のポンプと、

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管の間に設けられ、前記共通配管内に圧力が前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きくなるように、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を送る第 2 のポンプとをさらに備えた付記 1 または 2 に記載の冷却装置。

( 付記 4 )

前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間であって前記第 1 のポンプよりも鉛直方向で

50

上方に設けられ、前記第 1 の凝縮部により流出される液相状態の冷媒を貯留する第 1 のタンクをさらに備えた付記 3 に記載の冷却装置。

(付記 5)

前記第 1 のポンプは、前記第 1 のタンク内の液相状態の冷媒の液面高さに応じて、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を前記共通配管へ送る付記 4 に記載の冷却装置。

(付記 6)

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管の間であって前記第 2 のポンプよりも鉛直方向で上方に設けられ、前記第 2 の凝縮部により流出される液相状態の冷媒を貯留する第 2 のタンクをさらに備えた付記 3 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

10

(付記 7)

前記第 2 のポンプは、前記第 2 のタンク内の液相状態の冷媒の液面高さに応じて、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を前記共通配管へ送る付記 6 に記載の冷却装置。

(付記 8)

前記第 2 のタンク内に含まれる気相状態の冷媒を前記圧縮機へ導くバイパス管をさらに備えた付記 6 または 7 に記載の冷却装置。

(付記 9)

前記第 1 の蒸発部、前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、

20

前記第 2 の蒸発部、前記第 2 の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、

前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御部とをさらに備えた付記 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

(付記 10)

発熱体周辺の温度に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御部とをさらに備えた付記 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

(付記 11)

前記第 1 のバルブは、前記第 1 の蒸発部の熱回収量に基づいて、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整し、

30

前記第 2 のバルブは、前記第 2 の蒸発部の熱回収量に基づいて、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する付記 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の冷却装置。

(付記 12)

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部を接続し、前記第 1 の蒸発部から前記第 1 の凝縮部へ気相状態の冷媒を流すための第 1 の蒸気管と、

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部を接続し、前記第 2 の蒸発部から前記第 2 の凝縮部へ気相状態の冷媒を流すための第 2 の蒸気管とをさらに備え、

前記第 1 のバルブは、前記第 1 の蒸発部の熱回収量に代えて、前記第 1 の蒸気管の温度に基づいて、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整し、

40

前記第 2 のバルブは、前記第 2 の蒸発部の熱回収量に代えて、前記第 2 の蒸気管の温度に基づいて、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する付記 11 に記載の冷却装置。

(付記 13)

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第 1 の蒸発部及び第 2 の蒸発部と、

前記第 1 の蒸発部に接続され、前記第 1 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 1 の凝縮部と、

前記第 2 の蒸発部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 2 の凝縮部と、

50

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部の間であって前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部の間に設けられ、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第 1 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 1 のバルブと、

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 2 のバルブとを備えた冷却装置の制御方法であって、

前記共通配管内の圧力は、前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きく、

前記第 1 の蒸発部、前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、

前記第 2 の蒸発部、前記第 2 の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、

前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理を含む制御方法。

(付記 14)

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出させる第 1 の蒸発部及び第 2 の蒸発部と、

前記第 1 の蒸発部に接続され、前記第 1 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 1 の凝縮部と、

前記第 2 の蒸発部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出させる第 2 の凝縮部と、

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部の間であって前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部の間に設けられ、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第 1 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 1 のバルブと、

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 2 のバルブとを備えた冷却装置の制御プログラムであって、

前記共通配管内の圧力は、前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きく、

前記第 1 の蒸発部、前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、

前記第 2 の蒸発部、前記第 2 の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、

前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理をコンピュータに実行させる制御プログラム。

(付記 15)

発熱体の熱を受けて、内部に貯留されている液相状態の冷媒を前記発熱体の熱により蒸発させて、気相状態の冷媒を流出する第 1 の蒸発部及び第 2 の蒸発部と、

前記第 1 の蒸発部に接続され、前記第 1 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出する第 1 の凝縮部と、

前記第 2 の蒸発部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を凝縮して、液相状態の冷媒を流出する第 2 の凝縮部と、

前記第 1 の蒸発部および前記第 1 の凝縮部の間であって前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部の間に設けられ、前記第 1 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒および前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を合流させる共通配管と、

前記第 2 の蒸発部および前記第 2 の凝縮部に接続され、前記第 2 の蒸発部から流出する気相状態の冷媒を圧縮する圧縮機と、

前記第 2 の凝縮部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の凝縮部から流出する液相状態の冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記第 1 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 1 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 1 のバルブと、

前記第 2 の蒸発部および前記共通配管に接続され、前記第 2 の蒸発部に流入する液相状態の冷媒量を調整する第 2 のバルブとを備えた冷却装置の制御プログラムを記憶する記憶媒体であって、

前記共通配管内の圧力は、前記第 1 の蒸発部内および前記第 2 の蒸発部内の圧力よりも大きく、

前記第 1 の蒸発部、前記第 1 の凝縮部および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させるフリークーリング型冷凍サイクルと、

前記第 2 の蒸発部、前記第 2 の凝縮部、前記圧縮機、前記膨張弁および前記共通配管の間で液相状態または気相状態の冷媒を循環させる圧縮冷凍サイクルとを構成し、

前記発熱体の熱量から前記フリークーリング型冷凍サイクルによる熱回収量を差し引いた熱量である差分熱量に基づいて、前記圧縮機および前記膨張弁のいずれか一方または双方を制御する制御処理をコンピュータに実行させる制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【 0 2 1 8 】

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【 0 2 1 9 】

この出願は、2018年3月23日に提出された日本出願特願2018-055825を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【 0 2 2 0 】

100、100A 冷却装置

11 第1の蒸発部

12 第2の蒸発部

21 第1の凝縮部

22 第2の凝縮部

30 圧縮機

40 膨張弁

51 第1のタンク

52 第2のタンク

61 第1のポンプ

62 第2のポンプ

71 第1のバルブ

72 第2のバルブ

80 制御部

CP 共通配管

VP1 第1の蒸気管

10

20

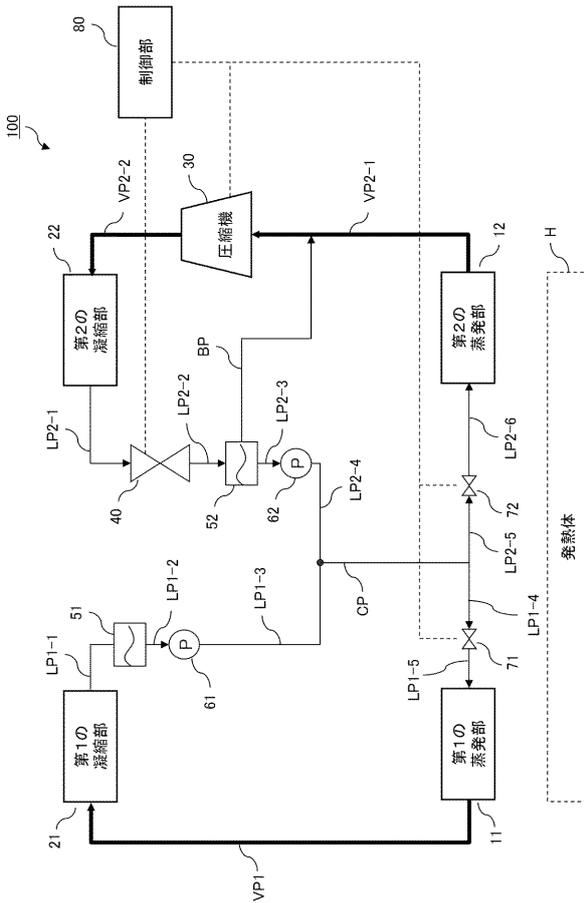
30

40

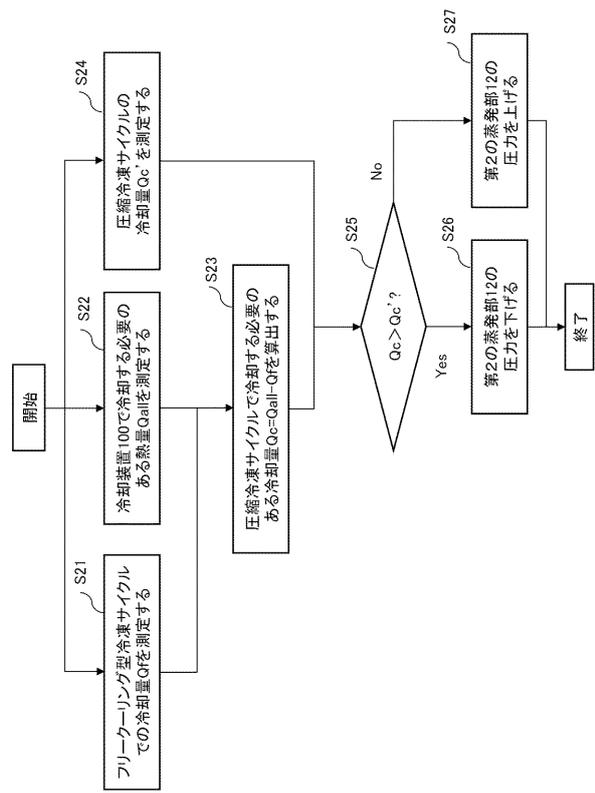
50

- VP 2 - 1、VP 2 - 2      第2の蒸気管
- LP 1 - 1、LP 1 - 2、LP 1 - 3、LP 1 - 4、LP 1 - 5      第1の液管
- LP 3 - 1、LP 3 - 2、LP 3 - 3      第1の液管
- LP 2 - 1、LP 2 - 2、LP 2 - 3      第2の液管
- LP 2 - 4、LP 2 - 5、LP 2 - 6      第2の液管
- LP 4 - 1、LP 4 - 2、LP 4 - 3、LP 4 - 4      第2の液管

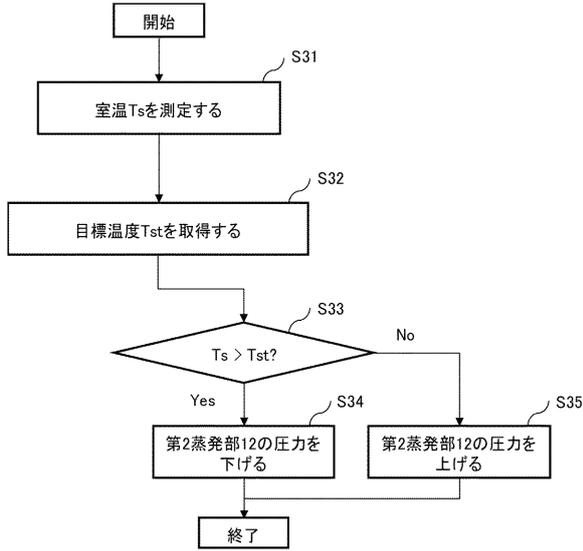
【図1】



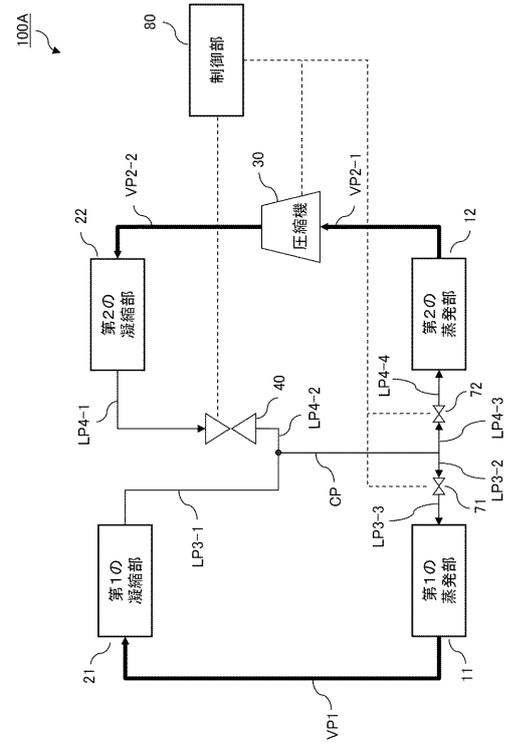
【図2】



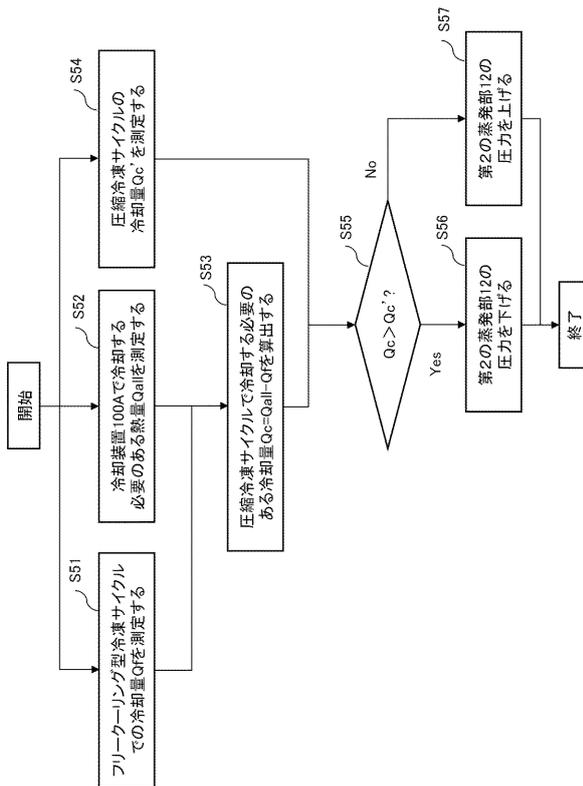
【図3】



【図4】



【図5】



## フロントページの続き

- (72)発明者 千葉 正樹  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 栗田 貴文  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 吉川 実  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 西山 真二

- (56)参考文献 特公平8 - 20139 (JP, B2)  
特開2016 - 200361 (JP, A)  
特開平2 - 126054 (JP, A)  
特公平7 - 117254 (JP, B2)  
特公平7 - 62539 (JP, B2)  
特許第5921931 (JP, B2)  
特開2010 - 190553 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B 1/00  
F24F 5/00