明　細　書

発明の名称 ： 冷却システム

技術分野

[0001]　本開示は、冷却システムに関する。

本願は、２０２４年２月１４日に日本に出願された特願２０２４－０２０３１０号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002]　近年、データセンターにおけるエネルギー消費量は、増加傾向にある。サーバ冷却システムでは、出来るだけ消費電力を低減することが重要である。例えば、特許文献１には、サーバに搭載されたＣＰＵ等の電子機器（熱源）を冷却する冷却装置が開示されている。この冷却装置は、液体の蒸発潜熱によって熱源から熱を奪う蒸発部を備える。

熱源を冷却する液体には、例えばＲ１３４ａやＲ１２３３ｚｄ等の低沸点の冷媒が用いられる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第６０７９３４３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかしながら、昨今のＰＦＡＳ（有機フッ素化合物）の規制等を考慮すると、これらの冷媒は、将来使えなくなる可能性がある。このため、例えばＰＦＡＳに該当せず、使用規制の対象とならない冷媒を使用しても十分な冷却性能を発揮することができる冷却システムの開発が課題とされている。

[0005]　本開示は、上記課題を解決するためになされたものであって、冷却効率を向上させることができる冷却システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006]　上記課題を解決するために、本開示に係る冷却システムは、発熱体を冷却

する冷媒が流通する流通系統と、前記流通系統に接続された減圧部と、を備え、前記流通系統は、前記発熱体に取り付けられ、前記冷媒を沸騰させることで前記発熱体から熱を奪う冷却部と、前記冷却部よりも高い位置に設けられて、気体の前記冷媒を凝縮させる熱交換部と、前記冷却部で蒸発した前記冷媒を前記熱交換部に導く気体ラインと、前記熱交換部で凝縮した前記冷媒を前記冷却部に導く液体ラインと、を備え、前記減圧部は、前記流通系統内から気体を抜くことで前記流通系統を減圧する。

発明の効果

[0007] 本開示の冷却システムによれば、冷却効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の第１実施形態に係る冷却システムの構成図である。

[図2]本開示の第１実施形態に係る制御装置の機能ブロック図である。

[図3]本開示の第１実施形態に係る冷却システムの基本操作の手順を示すフローチャートである。

[図4]本開示の第１実施形態に係る流通系統から非凝縮ガスを抜く操作の手順を示すフローチャートである。

[図5]本開示の第１実施形態に係る冷媒を強制循環させる操作の手順を示すフローチャートである。

[図6]本開示の第１実施形態に係る減圧部を大気開放する操作の手順を示すフローチャートである。

[図7]本開示の第１実施形態に係る減圧部から流通系統に冷媒を戻す操作の手順を示すフローチャートである。

[図8]本開示の第２実施形態に係る冷却システムの構成図である。

[図9]本開示の第３実施形態に係る冷却システムの構成図である。

[図10]本開示の第４実施形態に係る冷却システムの構成図である。

[図11]本開示の実施形態に係るハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] ＜第１実施形態＞

（冷却システムの構成）

以下、本開示の第１実施形態に係る冷却システム１について、図１から図７を参照して説明する。

図１に示すように、冷却システム１は、サーバラック２と、サーバ３と、流通系統２０と、減圧部３０と、切替機構４０と、流通系統温度センサ４と、流通系統圧力センサ５と、発熱温度センサ６と、減圧部圧力センサ７と、レベルセンサ８と、冷媒戻しライン９と、冷媒戻しバルブ９ａと、冷媒戻しポンプ９ｂと、電力供給部１０と、ダクト１１と、制御装置１２と、を備える。

なお、図１では、冷却システム１の各構成が模式的に図示されている。

以下では、鉛直上下方向を単に「上下方向Ｄｖ」と称して説明する場合がある。また、上側には「Ｄｖｕ」の符合を付し、下側には「Ｄｖｄ」の符合を付す。

[0010]（サーバラック）

サーバラック２は、上下方向Ｄｖに延びる筐体である。サーバラック２は、例えばデータセンター等に設置されている。サーバラック２は、内部に冷却システム１を構成する装置を収容している。サーバラック２には、例えば、サーバ３の他、後述する冷媒タンク２５や、強制循環ポンプ２８、減圧ユニット３３、電力供給部１０等が収容されている。

[0011]（サーバ）

サーバ３は、サーバラック２内に複数収容されている。

サーバ３は、ケーシング３ａと、サーバボード３ｂと、発熱体３ｃと、を有する。

ケーシング３ａは、水平方向に延在する箱型の筐体である。ケーシング３ａは、サーバラック２に水平方向横向きに差し込まれている。ケーシング３ａの内部には、サーバボード３ｂと、発熱体３ｃとが収容されている。サーバボード３ｂは、水平方向に延在している。

[0012]（発熱体）

発熱体３ｃは、サーバボード３ｂ上に載置された電子部品である。発熱体３ｃは、例えばサーバボード３ｂに設置されたＣＰＵやＧＰＵ等のチップである。発熱体３ｃは、稼動時に発熱する。発熱体３ｃには、最も効率良く稼動することができる温度域を有する。冷却システム１は、各発熱体３ｃを、この最も効率良く稼動することができる温度域まで冷却する。

[0013]（流通系統）

流通系統２０には、発熱体３ｃを冷却する冷媒Ｒが流通する。本実施形態の冷媒Ｒは、水である。流通系統２０は、冷却部２１と、熱交換部２２と、気体ライン２３と、液体ライン２４と、冷媒タンク２５と、第２冷却部２６と、強制循環ライン２７と、強制循環ポンプ２８と、を有する。

[0014]（冷却部）

冷却部２１は、発熱体３ｃに取り付けられている。冷却部２１には、冷媒Ｒが供給される。冷却部２１の内部には、この冷媒Ｒが流通する流路が形成されている。冷却部２１は、冷媒Ｒを沸騰させることで発熱体３ｃから熱を奪う。これにより、発熱体３ｃは、冷却される。本実施形態の冷却部２１は、冷媒Ｒが内部を流通可能に形成された箱型のコールドプレートである。

[0015]（熱交換部）

熱交換部２２は、冷却部２１よりも高い位置に設けられている。熱交換部２２には、冷却部２１によって沸騰させられて気化した冷媒Ｒが供給される。熱交換部２２は、気体の冷媒Ｒを凝縮させる。本実施形態の熱交換部２２は、冷媒Ｒと熱交換部２２の外部の空気とで熱交換を行わせることにより冷媒Ｒから熱を奪い、冷媒Ｒを凝縮させる。

[0016]（気体ライン）

気体ライン２３は、冷却部２１で蒸発した冷媒Ｒを熱交換部２２に導く。気体ライン２３は、冷却部２１の上壁から上方に延び、熱交換部２２の上部に接続されている。

[0017]（液体ライン）

液体ライン２４は、熱交換部２２で凝縮した冷媒Ｒを冷却部２１に導く。

液体ライン２４は、熱交換部２２の下部から下方に延び、冷却部２１に接続されている。液体ライン２４と冷却部２１との接続部は、気体ライン２３と冷却部２１との接続部よりも下方に位置している。

[0018]（冷媒タンク）

冷媒タンク２５は、液体ライン２４に設けられている。冷媒タンク２５は、熱交換部２２を通過した液体の冷媒Ｒを貯留する。

[0019]（第２冷却部）

第２冷却部２６は、冷媒タンク２５内に設けられている。第２冷却部２６は、冷媒Ｒを冷却する。本実施形態の第２冷却部２６は、冷媒タンク２５内に配置された氷である。なお、第２冷却部２６は、冷媒Ｒを冷却可能なものであればよい。第２冷却部２６は、例えば外部電源（不図示）によって駆動するクーラーであってもよい。

[0020]（強制循環ライン）

強制循環ライン２７は、液体ライン２４から分岐して、冷媒Ｒを冷却部２１に戻す。本実施形態では、強制循環ライン２７の上流端は、冷媒タンク２５に接続されている。強制循環ライン２７の下流端は、液体ライン２４における冷媒タンク２５よりも下流側であって、冷媒タンク２５と冷却部２１との間に接続されている。

[0021]（強制循環ポンプ）

強制循環ポンプ２８は、強制循環ライン２７に設けられ、冷媒Ｒを冷却部２１に圧送可能なポンプである。強制循環ポンプ２８は、冷媒タンク２５に貯留された液体の冷媒Ｒを冷却部２１に圧送する。強制循環ポンプ２８は、外部電源（不図示）と、後述する電力供給部１０とから供給される電力により駆動する。

[0022]（減圧部）

減圧部３０は、流通系統２０に接続され、流通系統２０内から気体を抜くことで流通系統２０を減圧する。減圧部３０は、気体抜きライン３１と、気体抜きバルブ３２と、減圧ユニット３３と、を有する。

[0023]（気体抜きライン）

気体抜きライン３１は、流通系統２０に接続され、流通系統２０の気体を抜くラインである。気体抜きライン３１は、流通系統２０のうち最も高い位置に接続されている。すなわち、減圧部３０は、流通系統２０のうち最も高い位置に接続されている。本実施形態では、気体抜きライン３１は、熱交換部２２のうち最も高い位置に接続されている。

[0024]（気体抜きバルブ）

気体抜きバルブ３２は、気体抜きライン３１に設けられ、気体抜きライン３１を開閉可能なバルブである。

[0025]（減圧ユニット）

減圧ユニット３３は、サーバラック２内に収容されている。減圧ユニット３３は、エジェクタ３４と、駆動ポンプ３５と、駆動流体供給ライン３６と、駆動流体戻しライン３７と、駆動流体タンク３８と、大気開放ライン３９と、大気開放バルブ３９ａと、を有する。

[0026]（エジェクタ）

エジェクタ３４は、気体抜きライン３１の下流端に接続されている。エジェクタ３４には、外部から駆動流体Ｌが供給される。エジェクタ３４は、内部を流通する駆動流体Ｌの流れによって気体抜きライン３１内の気体を吸引する。本実施形態の駆動流体Ｌは、冷媒Ｒと同じ水である。エジェクタ３４は、供給部３４ａと、排出部３４ｂと、吸引部３４ｃとを有する。供給部３４ａには、後述する駆動流体供給ライン３６から駆動流体Ｌが供給される。排出部３４ｂは、供給部３４ａと連通し、エジェクタ３４内部を通過した駆動流体Ｌを、後述する駆動流体戻しライン３７に排出する。吸引部３４ｃは、供給部３４ａと排出部３４ｂとの接続部に設けられ、供給部３４ａと排出部３４ｂとの両方に連通している。吸引部３４ｃには、気体抜きライン３１の下流端が接続されている。気体抜きライン３１内の気体は、供給部３４ａから排出部３４ｂへ流れる駆動流体Ｌの流れによって、吸引部３４ｃ内に引き込まれる。吸引部３４ｃ内に引き込まれた気体は、駆動流体Ｌとともに排

出部３４ｂから排出される。

[0027]（駆動ポンプ）

駆動ポンプ３５は、駆動流体Ｌを圧送し、エジェクタ３４に駆動流体Ｌを供給する。本実施形態では、強制循環ポンプ２８が、駆動ポンプ３５の機能も兼ねている。すなわち、１つのポンプが、強制循環ポンプ２８としても機能し、駆動ポンプ３５としても機能する。

[0028]（駆動流体供給ライン）

駆動流体供給ライン３６は、駆動ポンプ３５からエジェクタ３４に前記駆動流体Ｌを導く。本実施形態では、駆動流体供給ライン３６は、強制循環ライン２７における強制循環ポンプ２８（駆動ポンプ３５）よりも下流側と、エジェクタ３４の供給部３４ａとを接続している。

[0029]（駆動流体戻しライン）

駆動流体戻しライン３７は、エジェクタ３４から排出された駆動流体Ｌを、駆動ポンプ３５に戻す。本実施形態では、駆動流体戻しライン３７は、エジェクタ３４の排出部３４ｂと、強制循環ライン２７における強制循環ポンプ２８（駆動ポンプ３５）よりも上流側とを接続している。

[0030]（駆動流体タンク）

駆動流体タンク３８は、駆動流体戻しライン３７に設けられている。駆動流体タンク３８は、駆動流体Ｌを貯留可能なタンクである。

[0031]（大気開放ライン）

大気開放ライン３９は、駆動流体タンク３８の上部に設けられている。大気開放ライン３９は、駆動流体タンク３８の内外を連通させる配管である。

[0032]（大気開放バルブ）

大気開放バルブ３９ａは、大気開放ライン３９に設けられ、大気開放ライン３９を開閉可能なバルブである。

[0033]（切替機構）

切替機構４０は、冷媒Ｒの流路を、冷媒Ｒが強制循環ライン２７を通過しない流路と、冷媒Ｒが前記強制循環ライン２７を通過する流路とに切り換え

可能な機構である。また、本実施形態では、切替機構４０は、減圧ユニット３３と流通系統２０との接続の切替を行うこともできる。切替機構４０は、第１バルブ４１と、第２バルブ４２と、第３バルブ４３と、第４バルブ４４と、第５バルブ４５と、を有する。

[0034] 第１バルブ４１は、液体ライン２４における冷媒タンク２５よりも下流側かつ、冷媒タンク２５と冷却部２１との間に設けられている。第１バルブ４１は、液体ライン２４を開閉可能なバルブである。

第２バルブ４２は、強制循環ライン２７における冷媒タンク２５よりも下流側かつ、駆動流体戻しライン３７と強制循環ライン２７との接続部よりも上流側に設けられている。第２バルブ４２は、強制循環ライン２７を開閉可能なバルブである。

第３バルブ４３は、強制循環ライン２７における、駆動流体供給ライン３６と強制循環ライン２７との接続部よりも下流側に設けられている。第３バルブ４３は、強制循環ライン２７を開閉可能なバルブである。

[0035] 第４バルブ４４は、駆動流体供給ライン３６に設けられ、駆動流体供給ライン３６を開閉可能なバルブである。

第５バルブ４５は、駆動流体戻しライン３７における駆動流体タンク３８よりも下流側に設けられている。第５バルブ４５は、駆動流体戻しライン３７を開閉可能なバルブである。

[0036]（流通系統温度センサ）

流通系統温度センサ４は、流通系統２０内の温度を測定する。流通系統温度センサ４は、気体抜きライン３１における、熱交換部２２との接続部付近に設けられている。また、流通系統温度センサ４は、気体抜きライン３１における、気体抜きバルブ３２よりも上流側に設けられている。

[0037]（流通系統圧力センサ）

流通系統圧力センサ５は、流通系統２０内の圧力を測定する。流通系統圧力センサ５は、気体抜きライン３１における、熱交換部２２との接続部付近に設けられている。また、流通系統圧力センサ５は、気体抜きライン３１に

おける、気体抜きバルブ３２よりも上流側に設けられている。

[0038]（発熱温度センサ）

発熱温度センサ６は、発熱体３ｃに接続され、発熱体３ｃの温度を測定する。

[0039]（減圧部圧力センサ）

減圧部圧力センサ７は、減圧部３０内の圧力を測定する。減圧部圧力センサ７は、駆動流体タンク３８に設けられている。

[0040]（レベルセンサ）

レベルセンサ８は、駆動流体タンク３８内の上部に設けられている。レベルセンサ８は、駆動流体Ｌ内に貯留された流体の液面と接触することにより、駆動流体タンク３８内に流体がレベルセンサ８の高さまで貯留されたことを検知する。レベルセンサ８は、大気開放ライン３９よりも下方に設けられている。

[0041]（冷媒戻しライン）

冷媒戻しライン９は、駆動流体タンク３８と冷媒タンク２５とを接続している。冷媒戻しライン９は、駆動流体タンク３８に混入した冷媒Ｒを冷媒タンク２５内に戻す配管である。

[0042]（冷媒戻しバルブ）

冷媒戻しバルブ９ａは、冷媒戻しライン９に設けられ、冷媒戻しライン９を開閉可能なバルブである。

[0043]（冷媒戻しポンプ）

冷媒戻しポンプ９ｂは、冷媒戻しライン９における冷媒戻しバルブ９ａよりも上流側に設けられている。冷媒戻しポンプ９ｂは、駆動流体タンク３８に混入した冷媒Ｒを冷媒タンク２５内に圧送する。

[0044]（電力供給部）

電力供給部１０は、例えばペルチェ素子等を用いて発熱体３ｃと冷却部２１との温度差によって発電する。電力供給部１０は、強制循環ポンプ２８に電力を供給する。

[0045]（ダクト）

ダクト１１は、熱交換部２２の周囲の空気を上方に向けて排出する。ダクト１１は、下側開口部１１ａと、上側開口部１１ｂと、筒部１１ｃと、を有する。下側開口部１１ａは、熱交換部２２が内部に配置されるとともに下方に開口している。上側開口部１１ｂは、下側開口部１１ａよりも上方に位置し、上方に開口している。筒部１１ｃは、下側開口部１１ａと上側開口部１１ｂとを接続している。筒部１１ｃは、上下方向Ｄｖに延びて下側開口部１１ａと上側開口部１１ｂとを連通させている。

[0046]（制御装置）

図２に示すように、制御装置１２は、減圧制御部５０と、強制循環制御部６０と、大気開放制御部７０と、冷媒戻し制御部８０との各機能部を備える。制御装置１２は、作業者が操作できる。

[0047]（減圧制御部）

減圧制御部５０は、減圧部３０を制御する。減圧制御部５０は、流通系統温度取得部５１と、流通系統圧力取得部５２と、飽和圧力計算部５３と、流通系統圧力判定部５４と、減圧操作部５５と、を有する。

[0048]（流通系統温度取得部）

流通系統温度取得部５１は、流通系統温度センサ４が測定した温度を取得する。

[0049]（流通系統圧力取得部）

流通系統圧力取得部５２は、流通系統圧力センサ５が測定した圧力を取得する。

[0050]（飽和圧力計算部）

飽和圧力計算部５３は、流通系統温度センサ４が測定した温度から流通系統２０内の飽和圧力を計算する。

[0051]（流通系統圧力判定部）

流通系統圧力判定部５４は、流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、飽和圧力計算部５３が計算した流通系統２０内における冷媒Ｒの飽和圧力より

も高いか否かを判定する。

[0052]（減圧操作部）

減圧操作部５５は、減圧部３０に、流通系統２０から気体を抜き、流通系統２０を減圧させる。例えば、減圧操作部５５は、流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、飽和圧力計算部５３が計算した流通系統２０内における冷媒Ｒの飽和圧力よりも高い場合、減圧部３０に、流通系統２０を減圧させる。

[0053]（強制循環制御部）

強制循環制御部６０は、流通系統２０内で前記冷媒Ｒを強制的に循環させる。強制循環制御部６０は、発熱温度取得部６１と、発熱温度判定部６２と、強制循環操作部６３と、流量調整部６４と、を有する。

[0054]（発熱温度取得部）

発熱温度取得部６１は、発熱温度センサ６が測定した温度を取得する。

[0055]（発熱温度判定部）

発熱温度判定部６２は、発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高いか否かを判定する。

[0056]（強制循環操作部）

強制循環操作部６３は、切替機構４０と、強制循環ポンプ２８とを操作し、冷媒Ｒを流通系統２０内で強制循環させる。例えば、強制循環操作部６３は、発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高い場合、切替機構４０に、冷媒Ｒの流路を、冷媒Ｒの少なくとも一部が強制循環ライン２７を通過する流路に切り換えさせ、前記強制循環ポンプ２８を稼働させる。

[0057]（流量調整部）

流量調整部６４は、強制循環ポンプ２８の回転数を制御し、強制循環ポンプ２８による冷媒Ｒの流量を調整する。

[0058]（大気開放制御部）

大気開放制御部７０は、減圧部３０の大気開放を制御する。大気開放制御部７０は、減圧部内圧力取得部７１と、減圧部内圧力判定部７２と、大気開

放操作部７３と、を有する。

[0059]（減圧部内圧力取得部）

減圧部内圧力取得部７１が、減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力を取得する。

[0060]（減圧部内圧力判定部）

減圧部内圧力判定部７２は、減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力が、所定の圧力よりも高いか否かを判定する。

[0061]（大気開放操作部）

大気開放操作部７３は、大気開放バルブ３９ａを操作して、減圧部３０を大気開放させる。例えば、大気開放操作部７３は、減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力が、所定の圧力よりも高い場合、大気開放バルブ３９ａを操作して、大気開放ライン３９を開放させる。

[0062]（冷媒戻し制御部）

冷媒戻し制御部８０は、減圧部３０から流通系統２０に冷媒Ｒを戻す操作を制御する。

冷媒戻し制御部８０は、液面検知情報取得部８１と、冷媒戻し操作部８２と、を有する。

[0063]（液面検知情報取得部）

液面検知情報取得部８１は、レベルセンサ８が駆動流体タンク３８内に貯留された流体の液面を検知した情報を取得する。

[0064]（冷媒戻し操作部）

冷媒戻し操作部８２は、例えば液面検知情報取得部８１が、レベルセンサ８が液面を検知した情報を取得すると、冷媒戻しバルブ９ａを操作して冷媒戻しライン９を開放し、冷媒戻しポンプ９ｂを稼働させて、減圧部３０に混入した冷媒Ｒを駆動流体Ｌのタンクから冷媒タンク２５に戻す。

[0065]（冷却システムの基本操作）

本実施形態に冷却システム１の基本操作について、図３のフローを参照して説明する。

まず、予め、減圧操作部５５が減圧部３０を稼働させる（ステップＳ１）。ステップＳ１では、減圧操作部５５が、気体抜きバルブ３２を操作して気体抜きライン３１を開放させる。そして、減圧操作部５５が、駆動ポンプ３５を稼働させる。これにより、流通系統２０から気体が抜かれ、流通系統２０が減圧される。その後、減圧操作部５５が、気体抜きバルブ３２を操作して、気体抜きライン３１を閉塞する。そして、減圧操作部５５が、駆動ポンプ３５を停止させる。なお、減圧操作部５５が駆動ポンプ３５を稼働させる時間は、適宜変更可能である。減圧操作部５５は、例えば減圧部３０一瞬だけ稼働させてもよい。

[0066] ステップＳ１の後、発熱体３ｃを稼働させる（ステップＳ２）。ステップＳ２では、冷却部２１内の冷媒Ｒが発熱体３ｃの熱により沸騰する。流通系統２０内は減圧されているため、減圧前と比較して冷媒Ｒの沸点が低下している。このため、減圧前と比較して、冷媒Ｒは早く沸騰する。冷媒Ｒが沸騰することにより、気体の冷媒Ｒが発生する。このとき、発熱体３ｃから、冷媒Ｒの気化熱が奪われる。これにより、発熱体３ｃが冷却される。気体の冷媒Ｒは、冷却部２１の上部に設けられた気体ライン２３を通って、熱交換部２２に供給される。熱交換部２２では、外気と冷媒Ｒとで熱交換が行われる。これにより、冷媒Ｒが冷却され、凝縮される。凝縮された冷媒Ｒは、液体ライン２４を通って、冷媒タンク２５に貯留される。冷媒タンク２５に貯留された冷媒Ｒは、液体ライン２４を通って、冷却部２１に再び供給される。このように、冷媒Ｒは、発熱体３ｃの熱によって生じる自然対流のみによって、流通系統２０内を自然循環する。なお、ステップＳ２では、第１バルブ４１は、液体ライン２４を開放し、第２バルブ４２及び第３バルブ４３は、強制循環ライン２７を閉塞している。

以上の手順で、冷却システム１の基本操作が終了する。

[0067] なお、ステップＳ１、ステップＳ２の順序は、適宜調整可能である。例えば冷媒Ｒが流通系統２０内を循環している間に、減圧操作部５５が減圧部３０を稼働させていてもよい。

[0068] 冷却システム１は、上述した基本操作以外の操作を実行することができる。以下では、基本操作以外の操作について説明する。

[0069]（非凝縮ガスを抜く操作）

流通系統２０には、非凝縮ガスが混入する場合がある。非凝縮ガスは、流通系統２０内の圧力を増大させる。流通系統２０内の圧力が増大すると、冷媒Ｒの沸点が上昇し、冷媒Ｒが蒸発しにくくなる。このため、非凝縮ガスは、流通系統２０から抜かれることが好ましい。

以下、流通系統２０から非凝縮ガスを抜く手順について、図４のフローを参照して説明する。

[0070] まず、流通系統温度取得部５１が、流通系統温度センサ４が測定した温度を取得する（ステップＳ１０）。ステップＳ１０の後、流通系統圧力取得部５２が、流通系統圧力センサ５が測定した圧力を取得する（ステップＳ１１）。なお、ステップＳ１１が開始されるタイミングは、適宜変更可能である。例えば、ステップＳ１０とステップＳ１１とは同時に行われてもよい。ステップＳ１１の後、飽和圧力計算部５３が、流通系統温度センサ４が測定した温度から流通系統２０内の飽和圧力を計算する（ステップＳ１２）。

[0071] ステップＳ１２の後、流通系統圧力判定部５４が、流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、飽和圧力計算部５３が計算した流通系統２０内における冷媒Ｒの飽和圧力よりも高いか否かを判定する（ステップＳ１３）。

[0072] 流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、飽和圧力計算部５３が計算した流通系統２０内における冷媒Ｒの飽和圧力よりも高い場合（ステップＳ１３；ＹＥＳ）、流通系統２０内に非凝縮ガスが、冷媒Ｒの沸騰を妨げるほど混入していることになる。この場合（ステップＳ１３；ＹＥＳ）には、減圧操作部５５が、減圧部３０を稼働させる（ステップ１４）。ステップＳ１４では、減圧部３０が、流通系統２０から気体を抜く。これにより、流通系統２０から非凝縮ガスが抜かれ、流通系統２０の圧力が低下する。その後、減圧操作部５５が、減圧部３０の稼働を停止して、このフローが終了する。

[0073] 一方で、流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、飽和圧力計算部５３が

計算した流通系統２０内における冷媒Ｒの飽和圧力よりも高くない場合（ステップＳ１３；ＮＯ）、流通系統２０内に非凝縮ガスが、冷媒Ｒの沸騰を妨げるほど混入している可能性は低い。この場合（ステップＳ１３；ＮＯ）、ステップＳ１４を経ることなく、このフローが終了する。

以上の手順で、非凝縮ガスを抜く操作が終了する。

[0074] ステップ１０～ステップＳ１４までの一連のフローは、作業者が任意のタイミングで開始してもよいし、一定時間置きに自動で行われてもよい。

また、作業者は、ステップＳ１０～Ｓ１４までの一連のフローのうち、ステップＳ１０～Ｓ１３の手順を省略して、任意のタイミングでステップＳ１４を実行してもよい。

[0075]（強制循環操作）

また、発熱体３ｃの温度がクライテリア（例えば７０度以上１２０度以下）を超えた場合、冷却部２１内でドライアウトが生じる。すると、冷却部２１への冷媒Ｒの供給量が不足し、冷却システム１は、発熱体３ｃを十分に冷却することができない。このような場合に備え、冷却システム１には、冷媒Ｒを強制的に循環させる機能が備わっている。

以下、冷媒Ｒを強制循環させる手順について、図５のフローを参照して説明する。

[0076] まず、発熱温度取得部６１が、発熱温度センサ６が測定した温度を取得する（ステップＳ２０）。ステップＳ２０の後、発熱温度判定部６２が、発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高いか否かを判定する（ステップＳ２１）。この所定の温度は、適宜設定可能である。所定の温度は、例えばクライテリアに設定されている。発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高い場合（ステップＳ２１；ＹＥＳ）、強制循環操作部６３が、切替機構４０に、冷媒Ｒの流路を、冷媒Ｒの少なくとも一部が強制循環ライン２７を通過する流路に切り換えさせ、強制循環ポンプ２８を稼働させる（ステップＳ２２）。ステップＳ２２では、例えば第１バルブ４１が液体ライン２４を閉塞し、第２バルブ４２及び第３バルブ４３が強制循環ライ

ン２７を開放する。このため、流通系統２０内を循環する全ての冷媒Ｒが、強制循環ライン２７を通過する。強制循環ライン２７を通過する冷媒Ｒは、強制循環ポンプ２８によって圧送される。冷媒Ｒは、発熱体３ｃの熱によって生じる自然対流に加えて、強制循環ポンプ２８の圧送力によって、流通系統２０内で強制循環される。これにより、冷却部２１に、単位時間当たりにより多くの冷媒Ｒが供給されるようになり、冷却部２１への冷媒Ｒの供給量不足が解消され、このフローが終了する。

なお、ステップＳ２２では、第４バルブ４４は、駆動流体供給ライン３６を閉塞し、第５バルブ４５は、駆動流体戻しライン３７を閉塞しているものとする。

[0077] 一方で、発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高くない場合（ステップＳ２１；ＮＯ）、ステップＳ２２は省略され、このフローが終了する。

以上の手順で、強制循環操作が終了する。

[0078] また、冷媒Ｒの流路のうち、冷媒Ｒが強制循環ライン２７を通過する流路を強制循環流路と称し、冷媒Ｒが強制循環ライン２７を通過しない流路を自然循環流路と称する。ステップ２２では、第１バルブ４１が液体ライン２４を開放し、冷却システム１は、強制循環流路と自然循環流路とを併用してもよい。この場合、流量調整部６４が、強制循環ポンプ２８の回転数を調整し、強制循環ポンプ２８の消費電力が最小限となるようにしてもよい。

[0079] また、作業者は、ステップＳ２０～Ｓ２２までの一連のフローのうち、ステップＳ２０～Ｓ２１の手順を省略して、任意のタイミングでステップＳ２２を実行してもよい。

[0080] また、本実施形態では、冷媒Ｒと駆動流体Ｌとは、ともに水である。このため、例えば冷媒Ｒが流通系統２０内を強制循環されている間（ステップＳ２２）に、減圧部３０を稼働させてもよい。この場合、第４バルブ４４は、駆動流体供給ライン３６を開放し、第５バルブ４５は、駆動流体戻しライン３７を開放する。そして、強制循環ポンプ２８は、駆動ポンプ３５としても

機能し、減圧ユニット３３内で駆動流体Ｌを循環させる。

[0081]（減圧部の大気開放操作）

減圧部３０は、稼働させる度に、流通系統２０から気体を抜き、内圧が上昇してしまう。このため、冷却システム１には、減圧部３０を大気開放する機能が備わっている。

以下、減圧部３０を大気開放する手順について、図６のフローを参照して説明する。

[0082] まず、減圧部内圧力取得部７１が、減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力を取得する（ステップＳ３０）。ステップＳ３１の後、減圧部内圧力判定部７２が、減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力が、所定の圧力よりも高いか否かを判定する（ステップＳ３１）。この所定の圧力は、適宜設定可能である。所定の圧力は、例えば減圧部３０の設計圧力であってもよい。減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力が、所定の圧力よりも高い場合（ステップＳ３１；ＹＥＳ）、大気開放操作部７３が、大気開放バルブ３９ａを操作して、大気開放ライン３９を開放する（ステップＳ３２）。これにより、減圧部３０内の圧力が低下し、このフローが終了する。

[0083] 一方で、減圧部圧力センサ７が測定した減圧部３０内の圧力が、所定の圧力よりも高くない場合（ステップＳ３１；ＮＯ）、ステップＳ３２は省略され、このフローが終了する。

以上の手順で、減圧部３０の大気開放操作が終了する。

[0084] また、作業者は、ステップＳ３０～Ｓ３２までの一連のフローのうち、ステップＳ３０～Ｓ３１の手順を省略して、任意のタイミングでステップＳ３２を実行してもよい。

[0085]（冷媒戻し操作）

また、減圧部３０が、流通系統２０から気体を抜くとき、減圧部３０内に冷媒Ｒが吸引される場合がある。減圧部３０内に吸引された冷媒Ｒは、駆動流体タンク３８内に貯留されてしまう。一方で、流通系統２０内では、冷媒

Ｒが減少してしまう。このため、冷却システム１には、減圧部３０から流通系統２０に冷媒Ｒを戻す機能が備わっている。

以下、減圧部３０から流通系統２０に冷媒Ｒを戻す操作について、図７のフローを参照して説明する。

[0086] まず、液面検知情報取得部８１は、レベルセンサ８が駆動流体タンク３８内に貯留された流体の液面を検知した情報を取得する（ステップＳ４０）。ステップＳ４０の後、冷媒戻し操作部８２は、冷媒戻しバルブ９ａを操作して冷媒戻しライン９を開放し、冷媒戻しポンプ９ｂを稼働させる。（ステップＳ４１）これにより、減圧部３０に混入した冷媒Ｒが、駆動流体タンク３８から冷媒タンク２５に戻される。

以上の手順で、冷媒戻し操作が終了する。

[0087] また、作業者は、ステップＳ４０～Ｓ４１までの一連のフローのうち、ステップＳ４０の手順を省略して、任意のタイミングでステップＳ４１を実行してもよい。

[0088]（作用効果）

本実施形態の冷却システム１によれば、以下に示す作用効果を奏することができる。

[0089] 本実施形態では、冷却システム１は、流通系統２０と、減圧部３０と、を備える。流通系統２０では、発熱体３ｃを冷却する冷媒Ｒが流通する。流通系統２０は、冷却部２１と、熱交換部２２と、気体ライン２３と、液体ライン２４と、を備える。冷却部２１は、発熱体３ｃに取り付けられ、冷媒Ｒを沸騰させることで発熱体３ｃから熱を奪う。熱交換部２２は、冷却部２１よりも高い位置に設けられて、気体の冷媒Ｒを凝縮させる。気体ライン２３は、冷却部２１で蒸発した冷媒Ｒを熱交換部２２に導く。減圧部３０は、流通系統２０に接続されている。減圧部３０は、流通系統２０内から気体を抜くことで流通系統２０を減圧する。

[0090] 上記構成によれば、冷却システム１は、流通系統２０内を減圧し、流通系統２０内を大気圧以下の低圧状態とすることができる。これにより、冷媒Ｒ

の沸点が低下する。このため、冷却システム１は、冷却部２１内で、冷媒Ｒを減圧前よりも低温で沸騰させることができる。よって、冷却システム１は、発熱体３ｃを効率良く冷却することができる。よって、本実施形態のように、ＰＦＡＳに該当しない水等の大気圧かで沸点の高い液体が冷媒Ｒとして用いられたとしても、冷却システム１は、発熱体３ｃを効率良く冷却させることができる。

また、流通系統２０内は、負圧となるため、例えば流通系統２０に傷が生じたとしても、空気が流通系統２０内に吸引される。この吸引される空気の流れによって、外部への冷媒Ｒの漏出が抑制される。よって、冷却システム１は、漏出した冷媒Ｒがサーバ３側に流れることを抑制することができる。

また、流通系統２０内に非凝縮ガスが混入したとしても、減圧部３０が非凝縮ガスを抜くことができる。

[0091] 本実施形態では、減圧部３０は、流通系統２０のうち最も高い位置に接続されている。

[0092] 流通系統２０内に非凝縮ガスが混入した場合、非凝縮ガスは、流通系統２０内の上部に溜まりやすい。上記構成によれば、減圧部３０は、流通系統２０内の上部に溜まった非凝縮ガスを効率良く抜くことができる。

[0093] 本実施形態では、減圧部３０は、気体抜きライン３１と、エジェクタ３４と、駆動ポンプ３５と、駆動流体供給ライン３６と、駆動流体戻しライン３７と、駆動流体タンク３８と、を備える。気体抜きライン３１は、流通系統２０に接続され、流通系統２０の気体を抜く配管である。エジェクタ３４は、気体抜きライン３１に接続され、内部を流通する駆動流体Ｌの流れによって気体抜きライン３１内の気体を吸引する。駆動ポンプ３５は、エジェクタ３４に駆動流体Ｌを供給する。駆動流体供給ライン３６は、駆動ポンプ３５からエジェクタ３４に駆動流体Ｌを導く。駆動流体戻しライン３７は、エジェクタ３４から排出された駆動流体Ｌを、駆動ポンプ３５に戻す。駆動流体タンク３８は、駆動流体戻しライン３７に設けられ、駆動流体Ｌを貯留できる。

[0094] 上記構成によれば、減圧部３０の構成を簡素なものとすることができる。

[0095] 本実施形態では、冷却システム１は、流通系統温度センサ４と、流通系統圧力センサ５と、減圧制御部５０と、をさらに備える。流通系統温度センサ４は、流通系統２０内の温度を測定する。流通系統圧力センサ５は、流通系統２０内の圧力を測定する。減圧制御部５０は、減圧部３０を制御する。減圧制御部５０は、流通系統温度取得部５１と、流通系統圧力取得部５２と、飽和圧力計算部５３と、減圧操作部５５と、を備える。流通系統温度取得部５１は、流通系統温度センサ４が測定した温度を取得する。流通系統圧力取得部５２は、流通系統圧力センサ５が測定した圧力を取得する。飽和圧力計算部５３は、流通系統温度センサ４が測定した温度から流通系統２０内の飽和圧力を計算する。流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、飽和圧力計算部５３が計算した流通系統２０内における冷媒Ｒの飽和圧力よりも高い場合、減圧操作部５５は、減圧部３０に、流通系統２０を減圧させる。

[0096] 流通系統２０内の圧力が冷媒Ｒの飽和圧力よりも大きい場合には、流通系統２０内に非凝縮ガスが混入していることなる。上記構成によれば、流通系統２０内の圧力が冷媒Ｒの飽和圧力よりも大きい場合に、減圧部３０が流通系統２０を減圧させる。よって、減圧部３０は、流通系統２０内に混入した非凝縮ガスを即座に抜くことができる。

[0097] 本実施形態では、流通系統２０は、強制循環ライン２７と、強制循環ポンプ２８と、を備える。強制循環ライン２７は、液体ライン２４から分岐して、冷媒Ｒを冷却部２１に戻す。強制循環ポンプ２８は、強制循環ライン２７に設けられ、冷媒Ｒを冷却部２１に圧送できる。冷却システム１は、切替機構４０をさらに備える。切替機構４０は、冷媒Ｒの流路を、冷媒Ｒが強制循環ライン２７を通過しない流路と、冷媒Ｒが強制循環ライン２７を通過する流路とに切り換えることができる。

[0098] これにより、冷却システム１は、発熱体３ｃの熱のみによって、流通系統２０内で冷媒Ｒを自然循環させる方法と、強制循環ポンプ２８の圧送力により流通系統２０内で冷媒Ｒを強制循環させる方法とを、適宜選択することが

できる。

[0099] 本実施形態では、冷却システム１は、発熱温度センサ６と、強制循環制御部６０と、をさらに備える。発熱温度センサ６は、発熱体３ｃの温度を測定する。強制循環制御部６０は、流通系統２０内で冷媒Ｒを強制的に循環させる。強制循環制御部６０は、発熱温度取得部６１と、強制循環操作部６３と、を備える。発熱温度取得部６１は、発熱温度センサ６が測定した温度を取得する。発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高い場合、強制循環操作部６３は、切替機構４０に、冷媒Ｒの流路を、冷媒Ｒの少なくとも一部が強制循環ライン２７を通過する流路に切り換えさせ、強制循環ポンプ２８を稼働させる。

[0100] これにより、冷却システム１は、発熱体３ｃが高温の場合には、強制循環ポンプ２８によって、冷却部２１への冷媒Ｒの供給量を増加させることができる。

[0101] 本実施形態では、冷却システム１は、電力供給部１０をさらに備える。電力供給部１０は、発熱体３ｃと冷却部２１との温度差によって発電し、強制循環ポンプ２８に電力を供給する。

[0102] これにより、冷却システム１は、強制循環ポンプ２８の駆動にかかる電力の一部を、発熱体３ｃと冷却部２１との温度差から得られるエネルギーで賄うことができる。よって、冷却システム１の稼働にかかるエネルギーを削減することができる。

[0103] 本実施形態では、熱交換部２２は、冷媒Ｒと熱交換部２２の外部の空気とで熱交換を行わせることにより冷媒Ｒから熱を奪う。冷却システム１は、ダクト１１をさらに備える。ダクト１１は、下方に開口する下側開口部１１ａ、及び上方に開口する上側開口部１１ｂを有する。下側開口部１１ａの内部には、熱交換部２２が配置されている。ダクト１１は、熱交換部２２の周囲の空気を上方に向けて排出する。

[0104] これにより、熱交換部２２の周囲の空気は、熱交換部２２によって加熱される。これにより、ダクト１１内に上昇流が発生する。この上昇流によって

、熱交換部２２に空気が供給される。よって、熱交換部２２は、効率良く冷媒Ｒを空冷することができる。

[0105] 本実施形態では、冷却システム１は、冷媒タンク２５内に配置された第２冷却部２６を備える。第２冷却部２６は、冷媒Ｒを冷却する。

[0106] これにより、例えば冷媒Ｒ内に非凝縮ガスが混入していた場合に、第２冷却部２６によって冷媒Ｒを冷却することにより冷媒Ｒから非凝縮ガスが分離され易くなる。よって、冷却システム１は、効率良く非凝縮ガスを流通系統２０から抜くことができる。

[0107] 本実施形態では、強制循環ポンプ２８は、駆動ポンプ３５としても機能し、減圧ユニット３３内で駆動流体Ｌを循環させる。

[0108] これにより、１つのポンプが、強制循環ポンプ２８としても機能し、駆動ポンプ３５としても機能するので、冷却システム１の設置スペースを狭くできる。

[0109] ＜第２実施形態＞

以下、本開示の第２実施形態に係る冷却システム２０１について、図８を参照して説明する。上述した実施形態と共通する構成については、同一の名称、及び同一の符号を付す等して説明を適宜省略する。

図８に示すように、サーバラック２は、内部に複数のサーバ３を収容することができる。サーバ３は、サーバラック２内に上下方向Ｄｖに並んで複数収容されている。発熱体３ｃは、サーバボード３ｂ上に水平方向に延在して複数設けられている。なお、図８では、簡略化のために、発熱体３ｃがサーバボード３ｂごとに１つずつ設置される場合が図示されている。１つのサーバボード３ｂに設置される発熱体３ｃの個数は、適宜変更可能である。

[0110] 冷却部２１は、複数設けられている。冷却部２１は、複数の発熱体３ｃの各々に取り付けられている。

[0111] また、気体ライン２３は、熱交換部２２から延びる１本の気体メインライン２３ａと、気体メインライン２３ａから分岐する気体分岐ライン２３ｂとを有する。気体分岐ライン２３ｂは、冷却部２１と同数だけ設けられている

。気体分岐ライン２３ｂは、対応する冷却部２１に接続されている。

[0112] また、液体ライン２４は、熱交換部２２から延びる１本の液体メインライン２４ａと、液体メインライン２４ａから分岐する液体分岐ライン２４ｂとを有する。液体分岐ライン２４ｂは、冷却部２１と同数だけ設けられている。液体分岐ライン２４ｂは、対応する冷却部２１に接続されている。本実施形態では、第１バルブ４１は、液体メインライン２４ａに設けられている。

[0113] また、電力供給部１０は、冷却部２１と同数だけ複数設けられている。複数の電力供給部１０は、強制循環ポンプ２８（駆動ポンプ３５）に電力を供給可能とされている。

[0114] （作用効果）

本実施形態の冷却システム２０１によれば、第１実施形態と同様の作用効果に加え、以下に示す作用効果を奏することができる。

[0115] 本実施形態では、流通系統２０は、複数の冷却部２１を有する。

[0116] これにより、流通系統２０の冷却効率を向上させることができる。例えば、複数の冷却部２１のそれぞれに、発熱体３ｃを１つずつ取り付けることにより、冷却システム２０１は、１つの流通系統２０で、複数の発熱体３ｃを冷却することができる。

[0117] ＜第３実施形態＞

以下、本開示の第３実施形態に係る冷却システム３０１について、図９を参照して説明する。上述した実施形態と共通する構成については、同一の名称、及び同一の符号を付す等して説明を適宜省略する。

図９に示すように、本実施形態では、流通系統２０は、複数設けられている。減圧部３０は、複数の流通系統２０に対して、１つのみ設けられている。この１つの減圧部３０は、複数の流通系統２０のそれぞれから気体を抜くことで、各流通系統２０を減圧する。

[0118] 気体抜きライン３１は、減圧ユニット３３から延びる１本の気体抜きメインライン３１ａと、気体抜きメインライン３１ａから分岐する気体抜き分岐ライン３１ｂとを有する。気体抜き分岐ライン３１ｂは、流通系統２０と同

数だけ設けられている。気体抜き分岐ライン３１ｂは、対応する流通系統２０に接続されている。

[0119] 本実施形態では、減圧ユニット３３は、サーバラック２外に設置されている。また、本実施形態の駆動ポンプ３５は、強制循環ポンプ２８とは別のポンプである。駆動流体供給ライン３６と駆動流体戻しライン３７とは、駆動ポンプ３５に直接接続されている。

[0120]（作用効果）

本実施形態の冷却システム３０１によれば、第１実施形態と同様の作用効果に加え、以下に示す作用効果を奏することができる。

[0121] 本実施形態では、流通系統２０は、複数設けられている。減圧部３０は、複数の流通系統２０のそれぞれから気体を抜くことで、各流通系統２０を減圧する。

[0122] これにより、冷却システム３０１は、１つの減圧部３０で、複数の流通系統２０を減圧することができる。

[0123]＜第４実施形態＞

以下、本開示の第４実施形態に係る冷却システム４０１について、図９を参照して説明する。上述した実施形態と共通する構成については、同一の名称、及び同一の符号を付す等して説明を適宜省略する。

図９に示すように、本実施形態では、第３実施形態と同様に、流通系統２０は、複数設けられるとともに、減圧部３０は、複数の流通系統２０に対して、１つのみ設けられている。さらに、各流通系統２０は、第２実施形態と同様に、複数の冷却部２１を有している。また、電力供給部１０は、冷却部２１と同数だけ複数設けられている。

[0124]（作用効果）

本実施形態の冷却システム４０１によれば、第１から第３実施形態と同様の作用効果を奏することができる。

[0125]（ハードウェア構成）

上記実施形態の制御装置１２は、図１１に示すようなコンピュータに実装

される。図１１は、各実施形態に係る制御装置１２が実装されるコンピュータの構成を示す概略ブロック図の一例である。コンピュータ１１００は、プロセッサ１１１０と、メインメモリ１１２０と、ストレージ１１３０と、インタフェース１１４０とを備える。

[0126] そして、制御装置１２の各機能部の動作は、プログラムの形式でストレージ１１３０に記憶されている。プロセッサ１１１０は、プログラムをストレージ１１３０から読み出してメインメモリ１１２０に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ１１１０は、プログラムに従って、記憶領域をメインメモリ１１２０に確保する。

[0127] プログラムは、コンピュータ１１００に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージ１１３０に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。また、コンピュータ１１００は、上記構成に加えて、または上記構成に代えてＰＬＤ（Programmable Logic Device）などのカスタムＬＳＩ（Large Scale Integrated Circuit）を備えてもよい。ＰＬＤの例としては、ＰＡＬ(Programmable Array Logic)、ＧＡＬ(Generic Array Logic)、ＣＰＬＤ(Complex Programmable Logic Device)、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）が挙げられる。この場合、プロセッサ１１１０によって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。

[0128] ストレージ１１３０の例としては、磁気ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ１１３０は、コンピュータ１１００のバスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース１１４０または通信回線を介してコンピュータ１１００に接続される外部メディアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ１１００に配信される場合、配信を受けたコンピュータ１１００が当該プログラムをメインメモリ１１２０に展開し、上記処理を実行してもよい。ストレージ１１３０は、一時的でない有形の記憶媒体であってもよい。

[0129] また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、当該プログラムは、前述した機能をストレージ１１３０に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

[0130] （その他の実施形態）

以上、本開示の実施の形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

なお、上記実施形態では、冷媒Ｒは、水であるとしたが、これに限られない。

[0131] また、上記実施形態では、冷却部２１は、冷媒Ｒが内部を流通可能に形成された箱型のコールドプレートであるとしたが、これに限られない。冷却部２１は、発熱体３ｃに取り付け可能で、発熱体３ｃの熱により冷媒Ｒを沸騰させることのできる容器であればよい。

[0132] また、上記実施形態では、減圧部３０が、気体抜きライン３１と、気体抜きバルブ３２と、減圧ユニット３３と、を有する場合について説明したが、これに限られない。減圧部３０は、流通系統２０から気体を抜いて、流通系統２０を減圧できればよい。例えば、減圧部３０は、気体抜きライン３１と、気体抜きライン３１を介して流通系統２０内の気体を吸引するポンプとから構成されていてもよい。

[0133] また、上記実施形態では、駆動流体Ｌは、冷媒Ｒと同じ水であるとしたが、これに限られない。駆動流体Ｌは、例えば空気等の水以外の流体であってもよい。

[0134] また、上記実施形態では、減圧部３０は、流通系統２０のうち最も高い位置に接続されているとしたが、これに限られない。減圧部３０は、流通系統２０のうち気体ライン２３や液体ライン２４に接続されていてもよい。

[0135] ＜付記＞

各実施形態に記載の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、例えば

以下のように把握される。

[0136] （１）第１の態様に係る冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、発熱体３ｃを冷却する冷媒Ｒが流通する流通系統２０と、前記流通系統２０に接続された減圧部３０と、を備え、前記流通系統２０は、前記発熱体３ｃに取り付けられ、前記冷媒Ｒを沸騰させることで前記発熱体３ｃから熱を奪う冷却部２１と、前記冷却部２１よりも高い位置に設けられて、気体の前記冷媒Ｒを凝縮させる熱交換部２２と、前記冷却部２１で蒸発した前記冷媒Ｒを前記熱交換部２２に導く気体ライン２３と、前記熱交換部２２で凝縮した前記冷媒Ｒを前記冷却部２１に導く液体ライン２４と、を備え、前記減圧部３０は、前記流通系統２０内から気体を抜くことで前記流通系統２０を減圧する。

冷媒Ｒの例として、例えば水等のＰＦＡＳに該当しない冷媒が挙げられる。

[0137] 上記構成によれば、冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、流通系統２０内を減圧し、流通系統２０内を大気圧以下の低圧状態とすることができる。これにより、冷媒Ｒの沸点が低下する。このため、冷却システム１は、冷却部２１内で、冷媒Ｒを減圧前よりも低温で沸騰させることができる。よって、冷却システム１は、発熱体３ｃを効率良く冷却することができる。また、流通系統２０内は、負圧となるため、例えば流通系統２０に傷が生じたとしても、空気が流通系統２０内に吸引される。この吸引される空気の流れによって、外部への冷媒Ｒの漏出が抑制される。また、流通系統２０内に非凝縮ガスが混入したとしても、減圧部３０が非凝縮ガスを抜くことができる。

[0138] （２）第２の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（１）の冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記減圧部３０は、前記流通系統２０のうち最も高い位置に接続されていてもよい。

[0139] 流通系統２０内に非凝縮ガスが混入した場合、非凝縮ガスは、流通系統２

０内の上部に溜まりやすい。上記構成によれば、減圧部３０は、流通系統２０内の上部に溜まった非凝縮ガスを効率良く抜くことができる。

[0140] （３）第３の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（１）又は（２）の冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記減圧部３０は、前記流通系統２０に接続され、前記流通系統２０の気体を抜く気体抜きライン３１と、前記気体抜きライン３１に接続され、内部を流通する駆動流体Ｌの流れによって前記気体抜きライン３１内の気体を吸引するエジェクタ３４と、前記エジェクタ３４に前記駆動流体Ｌを供給する駆動ポンプ３５と、前記駆動ポンプ３５から前記エジェクタ３４に前記駆動流体Ｌを導く駆動流体供給ライン３６と、前記エジェクタ３４から排出された前記駆動流体Ｌを、前記駆動ポンプ３５に戻す駆動流体戻しライン３７と、前記駆動流体戻しライン３７に設けられ、前記駆動流体Ｌを貯留可能な駆動流体タンク３８と、

を備えてもよい。

駆動流体Ｌの例として、例えば水や空気等が挙げられる。

[0141] 上記構成によれば、減圧部３０の構成を簡素なものとすることができる。

[0142] （４）第４の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（１）から（３）のいずれか１つの冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記流通系統２０内の温度を測定する流通系統温度センサ４と、前記流通系統２０内の圧力を測定する流通系統圧力センサ５と、前記減圧部３０を制御する減圧制御部５０と、をさらに備え、前記減圧制御部５０は、前記流通系統温度センサ４が測定した温度を取得する流通系統温度取得部５１と、前記流通系統圧力センサ５が測定した圧力を取得する流通系統圧力取得部５２と、前記流通系統温度センサ４が測定した温度から前記流通系統２０内の飽和圧力を計算する飽和圧力計算部５３と、前記流通系統圧力センサ５が測定した圧力が、前記飽和圧力計算部５３が計算した前記流通系統２０内における前記冷媒Ｒの飽和圧力よりも高い場合、前記減圧部３０に、前記流通系統２０を減圧させる減圧操作部５５と、を備えてもよい。

[0143] 流通系統２０内の圧力が冷媒Ｒの飽和圧力よりも大きい場合には、流通系統２０内に非凝縮ガスが混入していることなる。上記構成によれば、流通系統２０内の圧力が冷媒Ｒの飽和圧力よりも大きい場合に、減圧部３０が流通系統２０を減圧させる。よって、減圧部３０は、流通系統２０内に混入した非凝縮ガスを即座に抜くことができる。

[0144] （５）第５の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（１）から（４）のいずれか１つの冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記流通系統２０は、前記液体ライン２４から分岐して、前記冷媒Ｒを前記冷却部２１に戻す強制循環ライン２７と、前記強制循環ライン２７に設けられ、前記冷媒Ｒを前記冷却部２１に圧送可能な強制循環ポンプ２８と、を備え、前記冷媒Ｒの流路を、前記冷媒Ｒが前記強制循環ライン２７を通過しない流路と、前記冷媒Ｒが前記強制循環ライン２７を通過する流路とに切り換え可能な切替機構４０をさらに備えてもよい。

[0145] これにより、冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、発熱体３ｃの熱のみによって、流通系統２０内で冷媒Ｒを自然循環させる方法と、強制循環ポンプ２８の圧送力により流通系統２０内で冷媒Ｒを強制循環させる方法とを、適宜選択することができる。

[0146] （６）第５の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（５）の冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記発熱体３ｃの温度を測定する発熱温度センサ６と、前記流通系統２０内で前記冷媒Ｒを強制的に循環させる強制循環制御部６０と、をさらに備え、前記強制循環制御部６０は、前記発熱温度センサ６が測定した温度を取得する発熱温度取得部６１と、前記発熱温度センサ６が測定した温度が所定の温度よりも高い場合、前記切替機構４０に、前記冷媒Ｒの流路を、前記冷媒Ｒの少なくとも一部が前記強制循環ライン２７を通過する流路に切り換えさせ、前記強制循環ポンプ２８を稼働させる、強制循環操作部６３と、を備えてもよい。

[0147] これにより、冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、発熱体３ｃが高温の場合には、強制循環ポンプ２８によって、冷却部２１への冷媒Ｒの供

給量を増加させることができる。

[0148] （７）第７の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（５）又は（６）の冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記発熱体３ｃと前記冷却部２１との温度差によって発電し、前記強制循環ポンプ２８に電力を供給する電力供給部１０をさらに備えてもよい。

[0149] これにより、冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、強制循環ポンプ２８の駆動にかかる電力の一部を、発熱体３ｃと冷却部２１との温度差から得られるエネルギーで賄うことができる。

[0150] （８）第８の態様の冷却システム１、２０１、３０１、４０１は、（１）から（７）のいずれか１つの冷却システム１、２０１、３０１、４０１であって、前記熱交換部２２は、前記冷媒Ｒと前記熱交換部２２の外部の空気とで熱交換を行わせることにより前記冷媒Ｒから熱を奪い、前記熱交換部２２が内部に配置されるとともに下方に開口する下側開口部１１ａ、及び上方に開口する上側開口部１１ｂを有し、前記熱交換部２２の周囲の空気を上方に向けて排出するダクト１１をさらに備えてもよい。

[0151] これにより、熱交換部２２の周囲の空気は、熱交換部２２によって加熱される。これにより、ダクト１１内に上昇流が発生する。この上昇流によって、熱交換部２２に空気が供給される。よって、熱交換部２２は、効率良く冷媒Ｒを空冷することができる。

[0152] （９）第９の態様の冷却システム２０１、４０１は、（１）から（８）のいずれか１つの冷却システム２０１、４０１であって、前記流通系統２０は、複数の前記冷却部２１を有してもよい。

[0153] これにより、流通系統２０の冷却効率を向上させることができる。例えば、複数の冷却部２１のそれぞれに、発熱体３ｃを１つずつ取り付けることにより、冷却システム２０１、４０１は、１つの流通系統２０で、複数の発熱体３ｃを冷却することができる。

[0154] （１０）第１０の態様の冷却システム３０１、４０１は、（１）から（９）のいずれか１つの冷却システム３０１、４０１であって、前記流通系統２０

は、複数設けられ、前記減圧部３０は、複数の前記流通系統２０のそれぞれから気体を抜くことで、各前記流通系統２０を減圧してもよい。

[0155] これにより、冷却システム３０１、４０１は、１つの減圧部３０で、複数の流通系統２０を減圧することができる。

産業上の利用可能性

[0156] 本開示の冷却システムによれば、冷却効率を向上させることができる。

符号の説明

[0157] １…冷却システム　２…サーバラック　３…サーバ　３ａ…ケーシング　３ｂ…サーバボード　３ｃ…発熱体　４…流通系統温度センサ　５…流通系統圧力センサ　６…発熱温度センサ　７…減圧部圧力センサ　８…レベルセンサ　９…冷媒戻しライン　９ａ…冷媒戻しバルブ　９ｂ…冷媒戻しポンプ　１０…電力供給部　１１…ダクト　１１ａ…下側開口部　１１ｂ…上側開口部　１１ｃ…筒部　１２…制御装置　２０…流通系統　２１…冷却部　２２…熱交換部　２３…気体ライン　２３ａ…気体メインライン　２３ｂ…気体分岐ライン　２４…液体ライン　２４ａ…液体メインライン　２４ｂ…液体分岐ライン　２５…冷媒タンク　２６…第２冷却部　２７…強制循環ライン　２８…強制循環ポンプ　３０…減圧部　３１…気体抜きライン　３１ａ…気体抜きメインライン　３１ｂ…気体抜き分岐ライン　３２…気体抜きバルブ　３３…減圧ユニット　３４…エジェクタ　３４ａ…供給部　３４ｂ…排出部　３４ｃ…吸引部　３５…駆動ポンプ　３６…駆動流体供給ライン　３７…駆動流体戻しライン　３８…駆動流体タンク　３９…大気開放ライン　３９ａ…大気開放バルブ　４０…切替機構　４１…第１バルブ　４２…第２バルブ　４３…第３バルブ　４４…第４バルブ　４５…第５バルブ　５０…減圧制御部　５１…流通系統温度取得部　５２…流通系統圧力取得部　５３…飽和圧力計算部　５４…流通系統圧力判定部　５５…減圧操作部　６０…強制循環制御部　６１…発熱温度取得部　６２…発熱温度判定部　６３…強制循環操作部　６４…流量調整部　７０…大気開放制御部　７１…減圧部内圧力取得部　７２…減圧部内圧力判定部　７３…大気開放操作部　８０…冷

媒戻し制御部　８１…液面検知情報取得部　８２…冷媒戻し操作部　Ｄｖ…上下方向　Ｒ…冷媒　Ｌ…駆動流体　２０１…冷却システム　３０１…冷却システム　４０１…冷却システム　１１００…コンピュータ　１１１０…プロセッサ　１１２０…メインメモリ　１１３０…ストレージ　１１４０…インタフェース

請求の範囲

[請求項1] 発熱体を冷却する冷媒が流通する流通系統と、

前記流通系統に接続された減圧部と、

を備え、

前記流通系統は、

前記発熱体に取り付けられ、前記冷媒を沸騰させることで前記発熱体から熱を奪う冷却部と、

前記冷却部よりも高い位置に設けられて、気体の前記冷媒を凝縮させる熱交換部と、

前記冷却部で蒸発した前記冷媒を前記熱交換部に導く気体ラインと、

前記熱交換部で凝縮した前記冷媒を前記冷却部に導く液体ラインと、

を備え、

前記減圧部は、前記流通系統内から気体を抜くことで前記流通系統を減圧する、

冷却システム。

[請求項2] 前記減圧部は、前記流通系統のうち最も高い位置に接続されている、

請求項１に記載の冷却システム。

[請求項3] 前記減圧部は、

前記流通系統に接続され、前記流通系統の気体を抜く気体抜きラインと、

前記気体抜きラインに接続され、内部を流通する駆動流体の流れによって前記気体抜きライン内の気体を吸引するエジェクタと、

前記エジェクタに前記駆動流体を供給する駆動ポンプと、

前記駆動ポンプから前記エジェクタに前記駆動流体を導く駆動流体供給ラインと、

前記エジェクタから排出された前記駆動流体を、前記駆動ポンプに戻す駆動流体戻しラインと、

前記駆動流体戻しラインに設けられ、前記駆動流体を貯留可能な駆動流体タンクと、を備える、

請求項１又は２に記載の冷却システム。

[請求項4] 前記流通系統内の温度を測定する流通系統温度センサと、

前記流通系統内の圧力を測定する流通系統圧力センサと、

前記減圧部を制御する減圧制御部と、

をさらに備え、

前記減圧制御部は、

前記流通系統温度センサが測定した温度を取得する流通系統温度取得部と、

前記流通系統圧力センサが測定した圧力を取得する流通系統圧力取得部と、

前記流通系統温度センサが測定した温度から前記流通系統内の飽和圧力を計算する飽和圧力計算部と、

前記流通系統圧力センサが測定した圧力が、前記飽和圧力計算部が計算した前記流通系統内における前記冷媒の飽和圧力よりも高い場合、前記減圧部に、前記流通系統を減圧させる減圧操作部と、

を備える、

請求項１又は２に記載の冷却システム。

[請求項5] 前記流通系統は、

前記液体ラインから分岐して、前記冷媒を前記冷却部に戻す強制循環ラインと、

前記強制循環ラインに設けられ、前記冷媒を前記冷却部に圧送可能な強制循環ポンプと、

を備え、

前記冷媒の流路を、前記冷媒が前記強制循環ラインを通過しない流

路と、前記冷媒が前記強制循環ラインを通過する流路とに切り換え可能な切替機構をさらに備える、

請求項１又は２に記載の冷却システム。

[請求項6] 前記発熱体の温度を測定する発熱温度センサと、

前記流通系統内で前記冷媒を強制的に循環させる強制循環制御部と、

をさらに備え、

前記強制循環制御部は、

前記発熱温度センサが測定した温度を取得する発熱温度取得部と、

前記発熱温度センサが測定した温度が所定の温度よりも高い場合、前記切替機構に、前記冷媒の流路を、前記冷媒の少なくとも一部が前記強制循環ラインを通過する流路に切り換えさせ、前記強制循環ポンプを稼働させる、強制循環操作部と、

を備える、

請求項５に記載の冷却システム。

[請求項7] 前記発熱体と前記冷却部との温度差によって発電し、前記強制循環ポンプに電力を供給する電力供給部をさらに備える、

請求項５に記載の冷却システム。

[請求項8] 前記熱交換部は、前記冷媒と前記熱交換部の外部の空気とで熱交換を行わせることにより前記冷媒から熱を奪い、

前記熱交換部が内部に配置されるとともに下方に開口する下側開口部、及び上方に開口する上側開口部を有し、前記熱交換部の周囲の空気を上方に向けて排出するダクトをさらに備える、

請求項１又は２に記載の冷却システム。

[請求項9] 前記流通系統は、複数の前記冷却部を有する、

請求項１又は２に記載の冷却システム。

[請求項10] 前記流通系統は、複数設けられ、

前記減圧部は、複数の前記流通系統のそれぞれから気体を抜くこと

で、各前記流通系統を減圧する、

請求項１又は２に記載の冷却システム。