

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/180337 A1

(51) 国際特許分類:
F25B 1/053 (2006.01) *F04D 29/063* (2006.01)
F04D 27/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/008983

(22) 国際出願日: 2018年3月8日(08.03.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2017-070049 2017年3月31日(31.03.2017) JP

(71) 出願人: 三菱重工サーマルシステムズ株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES THERMAL SYSTEMS, LTD.) [JP/

JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).

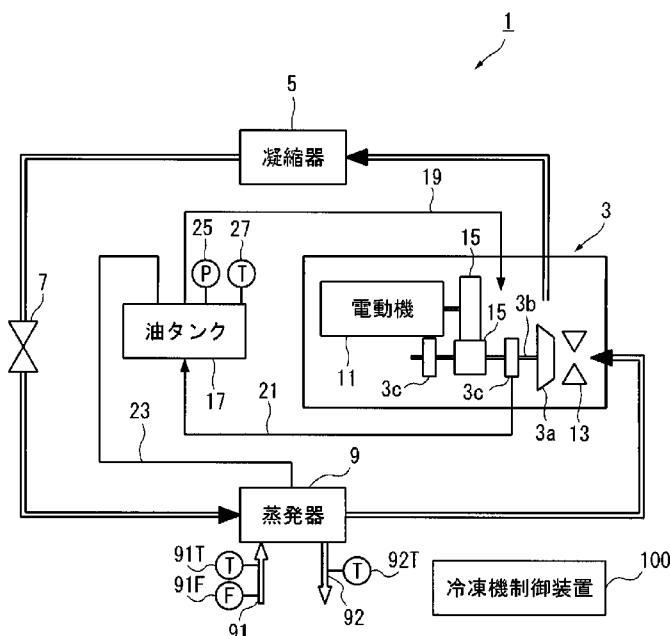
(72) 発明者: 梅野 良枝(TOGANO Yoshie); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工サーマルシステムズ株式会社内 Tokyo (JP). 長谷川 泰士(HASEGAWA Yasushi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工サーマルシステムズ株式会社内 Tokyo (JP). 末光 亮介(SUEMITSU Ryosuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工サーマルシステムズ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(54) Title: REFRIGERATION MACHINE CONTROL DEVICE, TURBO REFRIGERATION MACHINE, REFRIGERATION MACHINE CONTROL METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 冷凍機制御装置、ターボ冷凍機、冷凍機制御方法およびプログラム

[図1]



5 Condenser
9 Evaporator
11 Motor
17 Oil tank
100 Chiller control device

(57) Abstract: A refrigeration machine control device according to an embodiment of the present invention serves to control a turbo refrigeration machine, and is equipped with a pressure reduction rate identification unit for identifying a pressure reduction rate at which foaming does not occur in an oil tank, and a pressure adjustment unit for adjusting the pressure of an evaporator on the basis of the identified pressure reduction rate. The pressure reduction rate identification



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

unit is equipped with: a refrigerant precipitation gas volume calculation unit for calculating the volume of refrigerant gas precipitated from lubricating oil when the pressure is reduced at a prescribed pressure reduction rate; and a determination unit for determining whether foaming is permissible, on the basis of a comparison between the calculated volume and the volume according to the surface of the oil in the oil tank.

(57) 要約: 本実施形態の冷凍機制御装置は、ターボ冷凍機を制御する装置であって、油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、特定された減圧速度に基づいて蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、を備え、減圧速度特定部は、所定の減圧速度で減圧した場合に、潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、演算された体積と、油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部とを備える。

明 細 書

発明の名称：

冷凍機制御装置、ターボ冷凍機、冷凍機制御方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、冷凍機制御装置、ターボ冷凍機、冷凍機制御方法およびプログラムに関する。

本願は、2017年3月31日に日本に出願された特願2017-070049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] 従来、ターボ冷凍機に使用しているHFC（代替フロン）冷媒は、GWP（Global Warming Potential：地球温暖化係数）が数百～数千であり、環境への配慮からGWPが1桁のHFO冷媒への転換が必要である。これに対応するため、燃焼性のないHFO-1233zd（E）といった低圧冷媒をチラー用冷媒とすることがある。ターボ冷凍機は、一般に、ターボ圧縮機に供給する潤滑油が貯留された油タンクを備えている。ここで、HFO-1233zd（E）の冷媒ガスの比体積は、HFC-134aの約5倍である。そのため、低圧冷媒を用いた冷凍機では、油タンク内の圧力が大気圧以下になると、ガス体積が大きくなる。つまり、低圧冷媒を用いた冷凍機では、油タンク内の潤滑油に溶け込んでいた同質量の冷媒が圧力低下して蒸発した場合、高圧冷媒を用いた冷凍機と比較して、蒸発する冷媒の体積が大きくなり、油タンクの潤滑油に泡立ちが生じるフォーミングが発生しやすくなる。特に、低圧側の圧力低下速度が大きい起動時は、油タンク内の潤滑油にフォーミングが発生しやすい。

[0003] 特許文献1には、ターボ圧縮機を起動させるときに、吸入容量制御部の開度を目標開度よりも小さな開度で起動した後、速やかに目標開度まで開けることで、目標開度未満である運転時間をできるだけ短くして冷媒の通過抵抗を小さくし、吸入容量制御部の下流側の圧力低下を抑制することによってフ

ォーミングの発生を抑えることが開示されている。

- [0004] しかし、同じ圧力低下速度でも圧力の値によって潤滑油に対する冷媒溶解量は異なるので、潤滑油からの冷媒溶け出し量は、油タンク内の圧力によって異なる。また、潤滑油に対する冷媒溶解量は温度にも依存する。したがって、油タンク内のフォーミングをより確実に抑制することが求められる。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2009-186030号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 本発明の目的は、油タンク内のフォーミングをより確実に抑制することができる冷凍機制御装置、ターボ冷凍機、冷凍機制御方法およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0007] 本発明の第1の態様によれば、冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、を備えたターボ冷凍機を制御する装置であって、前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、を備え、前記減圧速度特定部は、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判

定する判定部と、を備える冷凍機制御装置である。

[0008] 本発明の第2の態様によれば、上記冷凍機制御装置であって、特定された前記減圧速度に応じた蒸発温度の低下量を算出するとともに、現在の前記冷水出口の温度の目標値である設定冷水出口温度から前記蒸発温度の低下量を差し引いた値を新たな設定冷水出口温度として設定する冷水出口温度設定部を更に備え、前記圧力調整部は、前記冷水出口の温度の計測値が、前記冷水出口温度設定部によって設定された設定冷水出口温度と一致するように前記蒸発器の圧力を調整する。

[0009] 本発明の第3の態様によれば、冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、各部を制御する冷凍機制御装置とを備え、前記冷凍機制御装置は、前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、を有し、前記減圧速度特定部は、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部と、を有するターボ冷凍機である。

[0010] 本発明の第4の態様によれば、冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、前記

油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、を備えたターボ冷凍機を冷凍機制御装置によって制御する方法であって、前記冷凍機制御装置は、前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、を有し、前記減圧速度特定部は、冷媒析出ガス体積演算部と、判定部とを有し、前記冷媒析出ガス体積演算部によって、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算し、前記判定部によって、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する冷凍機制御方法である。

[0011] 本発明の第5の態様によれば、冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、を備えたターボ冷凍機を冷凍機制御装置によって制御するためのプログラムであって、前記冷凍機制御装置は、前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、を有し、前記減圧速度特定部は、冷媒析出ガス体積演算部と、判定部とを有し、前記冷媒析出ガス体積演算部によって、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算させ、前記判定部によって、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定させるプログラムである。

発明の効果

[0012] 上述の本発明の態様によれば、油タンク内のフォーミングをより確実に抑

制することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]第1の実施形態に係るターボ冷凍機の全体構成を示す図である。

[図2]図1に示す冷凍機制御装置の構成例を示す図である。

[図3]図1に示す冷凍機制御装置の動作例を示す第1図である。

[図4]図1に示す冷凍機制御装置の動作例を示す第2図である。

[図5]圧力および温度と冷媒溶解量との関係を示したグラフである。

[図6]図1に示す冷凍機制御装置の動作例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0014] <第1の実施形態>

以下、第1の実施形態に係るターボ冷凍機について、図1～図6を参照しながら説明する。

[0015] (ターボ冷凍機の全体構成)

図1は、第1の実施形態に係るターボ冷凍機の全体構成を示す図である。

図1に示すように、ターボ冷凍機1は、ターボ圧縮機3と、凝縮器5と、膨張弁7と、蒸発器9と、冷凍機制御装置100を備えている。ターボ圧縮機3は、冷媒を圧縮する。

凝縮器5は、ターボ圧縮機3によって圧縮された高温高压のガス冷媒を凝縮する。膨張弁7は、凝縮器5から導かれた液冷媒を膨張させる。蒸発器9は、膨張弁7によって膨張された液冷媒を蒸発させる。冷凍機制御装置100は、ターボ圧縮機3、凝縮器5、膨張弁7、蒸発器9等の各部を制御する。ターボ冷凍機1で用いられる冷媒は、例えば、HFO-1233zd(E)等の低圧冷媒とすることができるが、これに限定されない。

[0016] ターボ圧縮機3は、遠心式圧縮機であり、図示していないインバータによって回転数制御された電動機11によって駆動される。インバータは、冷凍機制御装置100によってその出力が制御される。ターボ圧縮機3の冷媒吸入口には、吸入冷媒流量を制御するインレットガイドベーン（以下「IGV」という。）13が設けられており、ターボ冷凍機1の容量制御が可能であ

る。I G V 1 3の開度制御は、冷凍機制御装置1 0 0によって行われる。

[0017] ターボ圧縮機3は、回転軸3 b周りに回転する羽根車3 aを備えている。回転軸3 bには、増速歯車1 5を介して電動機1 1から回転動力が伝達される。回転軸3 bは、軸受3 cによって支持されている。なお、他の実施形態に係るターボ圧縮機3は、このような増速歯車1 5を具備しない態様（例えば、電動機直結型）であってもよい。

[0018] 凝縮器5は、ターボ圧縮機3によって圧縮された冷媒ガスを、冷却水との熱交換により放熱させて凝縮させる。凝縮器5は、例えばシェルアンドチューブ型やプレート型等の熱交換器とすることができる。凝縮器5には、冷媒を冷却するための冷却水が供給される。

凝縮器5に導かれる冷却水は、図示しない冷却塔や空気熱交換器において外部へと排熱された後に、再び凝縮器5へと導かれる。

[0019] 膨張弁7は、例えば電動式であり、冷凍機制御装置1 0 0によって開度が任意に設定される。

[0020] 蒸発器9は、例えばシェルアンドチューブ型やプレート型等の熱交換器とすることができる。蒸発器9は、膨張弁7によって膨張された液冷媒を、冷水との熱交換により蒸発させることで冷水入口9 1から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口9 2から流出させる。冷水出口9 2から流出した冷水は、図示しない外部負荷へ供給される。冷水は、蒸発器9にて冷媒と熱交換することで、定格温度（例えば7℃）まで冷却され、外部負荷へと送られる。

[0021] 冷水入口9 1には、温度センサ9 1 Tと流量センサ9 1 Fとが設けられている。温度センサ9 1 Tは、冷水入口9 1における冷水温度（冷水入口温度）を計測し、冷凍機制御装置1 0 0へ計測結果を出力する。流量センサ9 1 Fは、冷水入口9 1における冷水流量を計測し、冷凍機制御装置1 0 0へ計測結果を出力する。冷水出口9 2には、温度センサ9 2 Tが設けられている。温度センサ9 2 Tは、冷水出口9 2における冷水温度（冷水出口温度）を計測し、冷凍機制御装置1 0 0へ計測結果を出力する。

[0022] ターボ圧縮機 3 の軸受 3 c や増速歯車 1 5 へは、油タンク 1 7 から潤滑油が供給される。潤滑油としては、例えば、鉱物油が用いられる。油タンク 1 7 内には、図示しない油ポンプが設けられており、これにより、所定の流量にて油供給配管 1 9 を介して潤滑油が供給される。ターボ圧縮機 3 内で潤滑を終えた潤滑油は、油返送配管 2 1 を介して油タンク 1 7 内へと戻される。

[0023] 油タンク 1 7 と蒸発器 9 との間には、これらの間を連通する均圧管 2 3 が設けられている。均圧管 2 3 によって、油タンク 1 7 内の圧力と蒸発器 9 内の圧力が均圧される。このように油タンク 1 7 内を低圧にすることで、潤滑油に対する冷媒溶け込み量が低く保たれる。

[0024] 油タンク 1 7 には、圧力センサ 2 5 と温度センサ 2 7 が設けられている。圧力センサ 2 5 は、油タンク 1 7 内の圧力を計測し、冷凍機制御装置 1 0 0 へ計測結果を出力する。温度センサ 2 7 は、油タンク 1 7 内の温度（具体的には例えば潤滑油温度）を計測し、冷凍機制御装置 1 0 0 へ計測結果を出力する。

[0025] 冷凍機制御装置 1 0 0 は、ターボ冷凍機 1 の圧力制御、温度制御等のターボ冷凍機 1 の運転に関する制御を行う。冷凍機制御装置 1 0 0 は、例えば、C P U（中央処理装置）、揮発性および不揮発性の記憶装置、入出力装置、通信装置等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で不揮発性の記憶装置等に記憶されており、このプログラムを C P U が揮発性の記憶装置等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。

[0026]（冷凍機制御装置の構成例）

図 2 は、図 1 に示す冷凍機制御装置の構成例を示す図である。

より具体的には、図 2 は、冷凍機制御装置 1 0 0 が有するハードウェアを利用し、所定のプログラムを C P U が実行することで実現される各機能をブロックに分けて示す図である。

冷凍機制御装置 1 0 0 は、図 2 に示すように、減圧速度特定部 1 1 0、圧力調整部 1 2 0、および冷水出口温度設定部 1 3 0 を備える。また、減圧速

度特定部 110 は、冷媒析出ガス体積演算部 111 と判定部 112 を備える。

[0027] 減圧速度特定部 110 は、油タンク 17 においてフォーミングが起きない減圧速度を特定する。圧力調整部 120 は、減圧速度特定部 110 によって特定された減圧速度に基づいて蒸発器 9 の圧力を調整する。圧力調整部 120 は、例えば、上記冷水出口温度に基づき、膨張弁 7、IGV 13 や図示していない HGBP（ホットガスバイパス）弁等を制御することで蒸発器 9 の圧力を調整する。ここで、ホットガスバイパス弁とは、圧縮ガス（ホットガス）の一部を吸い込み側に導く際の流量を制御する弁である。減圧速度特定部 110 が有する冷媒析出ガス体積演算部 111 は、所定の減圧速度で減圧した場合に、潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する。判定部 112 は、演算された体積と、油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、フォーミングを許容できるか否かを判定する。冷水出口温度設定部 130 は、特定された減圧速度に応じた蒸発温度の低下量を算出するとともに、現在の冷水出口 92 の温度の目標値である設定冷水出口温度から蒸発温度の低下量を差し引いた値を新たな設定冷水出口温度として設定する。圧力調整部 120 は、例えば冷水出口 92 の温度の計測値が、冷水出口温度設定部 130 によって設定された設定冷水出口温度と一致するように蒸発器 9 の圧力を調整する。

[0028] また、冷凍機制御装置 100 には、図 5 に示すような冷媒溶解量に関する冷媒溶解量情報が記憶装置内の所定の記憶領域に格納されている。なお、この冷媒溶解量情報の記述形式は、マップ形式でもよいし、近似式等を用いた関係式としてもよい。

[0029] 図 5 において、横軸は、潤滑油に対する冷媒の溶解込み量を示す冷媒溶解量 [mass (重量) %] であり、縦軸は圧力 [MPa] である。同図中に示された各曲線は、それぞれの温度（潤滑油温度）における冷媒溶解量を示している。同図から分かるように、各曲線は上に凸の形状とされており、圧力が低いほど冷媒溶解量が小さく、また圧力が低い領域ほど冷媒溶解量の変化が大きい。さらに、同じ圧力で比較した場合、温度が高いほど冷媒溶解量

が小さいことが分かる。

[0030] 図5に示す特性では、例えば、温度センサ27で計測した油タンク17内の温度が60℃の場合、圧力センサ25の計測値がP1からP2に変化したとき、冷媒溶解量はD1からD2に変化する。この場合、これらの差分(D1-D2)が、冷媒溶け出し量(潤滑油に溶け込んでいる冷媒がガスとして潤滑油から析出する量)となる。冷凍機制御装置100は、図5に示すような特性に基づいて冷媒溶け出し量を演算することができる。なお、潤滑油から冷媒がガスとして出てきた場合、潤滑油が泡状となって油面が上昇し、油タンク17から均圧管23を通じて蒸発器9に潤滑油が落ちる(流れる)ときがある。このような場合に蒸発器9の熱交換用のチューブに潤滑油がついてしまったときには、蒸発器9の性能(熱交換量)が落ちてしまうことになる。また、潤滑油から放出される冷媒ガスは、一定時間内に生じる圧力差に応じて決まるため、減圧速度が大きい場合、一気に放出されるため油面は急上昇する。なお、本実施形態において、判定部112は、潤滑油から析出する冷媒ガスの体積と、油タンク17の油面上の体積との対比に基づいて、フォーミングを許容できるか否かを判定する際に、例えば、次の条件でフォーミングを許容できるか否かを判定することができる。すなわち、判定部112は、油タンク17に定常的に存在する潤滑油の体積(潤滑油の充填量から油タンク17外で循環している潤滑油の量を差し引いた分の体積)と、潤滑油から析出する冷媒の体積と、潤滑油に溶解している冷媒の体積の合計が、油タンク17の体積を越える場合を、フォーミングを許容できない場合であると判定することができる。この場合、判定部112による判定では、フォーミングによって油タンク17内の潤滑油が均圧管23内に流入する可能性がある場合を、フォーミングを許容できない可能性がある場合としていることになる。

[0031] (動作例)

次に、上記構成のターボ冷凍機1の基本的な動作について説明する。ターボ冷凍機1の起動前は、凝縮器5および蒸発器9ともに環境温度近くの状態

であり、凝縮器 5 内の圧力と蒸発器 9 内の圧力は略同等である。この状態でターボ冷凍機 1 を起動すると、冷凍機制御装置 100 の指令により、ターボ圧縮機 3 が回転し、IGV 13 を介して吸い込んだ冷媒がターボ圧縮機 3 から吐出される。ターボ圧縮機 3 から吐出された冷媒は、凝縮器 5 へと送られて、膨張弁 7 および蒸発器 9 を通り再びターボ圧縮機 3 へと戻り循環する。ターボ圧縮機 3 は、冷凍機制御装置 100 の指令によって徐々に昇速されていき、これに伴い IGV 13 も、全閉とされた状態から徐々に開方向に制御されていく。

[0032] ターボ冷凍機 1 において、冷媒は、圧縮機 3 を通じて高温高压ガスとなり、凝縮器 5 に入る。凝縮器 5 では、冷媒（高温高压ガス）は熱を奪われ、高压の液体になる。次に、冷媒は、膨張弁 7 により一気に減圧され、低压の液体となり、蒸発しやすい状態となる。膨張弁 7 を通じて低压化された液体冷媒が蒸発器 9 に入って流入した冷水から熱をもらい、蒸発する。蒸発した低压冷媒ガスは、圧縮機 3 で再び高温高压ガスとなる。以上の冷凍サイクルにおいて、蒸発器 9 では、冷媒と冷水との間で熱のやり取りがなされる。冷水は、蒸発器 9 で冷媒に熱を奪われて、目的の温度（「設定冷水出口温度」）に冷やされる。また、蒸発器 9 は、冷凍サイクルの「低压側」であり、運転中は、冷媒の圧力が最も低い箇所となる。

[0033] （処理フロー）

図 3、図 4 は、それぞれ、図 1 に示す冷凍機制御装置の動作例を示す第 1 図、第 2 図である。

次に、図 3 および図 4 を参照して、図 1 に示す冷凍機制御装置 100 の動作例について説明する。図 3 および図 4 は、一連の処理の流れを示すフローチャートであり、図 3 に示すフローと図 4 に示すフローは同一の結合子 A または B で互いに結合されている。図 3 および図 4 に示す処理は、図 2 に示す冷媒ガス体積演算部 111 が実行する処理（ステップ S1～S9 および S11）と、判定部 112 が実行する処理（ステップ S10）と、冷水出口温度設定部 130 が実行する処理（ステップ S12）である。冷凍機制御装置 1

00において圧力調整部120は、冷水出口温度設定部130が決定した設定冷水出口温度を目標値とし、冷水出口92の温度をフィードバック制御することで蒸発器9の圧力を調整する。図3および図4に示す処理は、ターボ冷凍機1が起動中、冷水出口温度の指令値（設定冷水出口温度の最終的な目標値）と、現在の冷水出口温度が所定の温度差を有している場合に、一定の周期（例えば数秒～数十秒周期）で繰り返し実行される。

[0034] 図3および図4に示す処理は、まず、冷媒ガス体積演算部111が、蒸発圧力（ i 秒前計測値） $P_{e(t_c - i)}$ （ i は任意の正の数である。）、蒸発圧力（現在計測値） $P_{e(t_c)}$ 、油タンク温度（現在計測値） T_{oil} 、冷水入口温度（現在計測値） T_{L1} 、および冷水流量（現在計測値） F_{ch} を取得する（ステップS1）。蒸発圧力（ i 秒前計測値） $P_{e(t_c - i)}$ は、圧力センサ25の i 秒前の計測値である。冷媒ガス体積演算部111は、蒸発圧力（現在計測値） $P_{e(t_c)}$ を例えば記憶装置内の所定の記憶領域に逐次記録（少なくとも処理の1周期分記録）しておき、蒸発圧力（ i 秒前計測値） $P_{e(t_c - i)}$ として記憶しておいた値を取得する。蒸発圧力（現在計測値） $P_{e(t_c)}$ は、圧力センサ25の現在の計測値である。油タンク温度（現在計測値） T_{oil} は、温度センサ27の現在の計測値である。冷水入口温度（現在計測値） T_{L1} は、温度センサ91Tの現在の計測値である。冷水流量（現在計測値） F_{ch} は、流量センサ91Fの現在の計測値である。なお、蒸発器9の圧力すなわち蒸発圧力は、上述したように均等管23の連通効果によって油タンク17の圧力と同一である。

[0035] 次に冷媒ガス体積演算部111は、 i 秒間の圧力変化量（減圧速度） P_{e_r} を初期値 $P_{e_r_set_down}$ に設定する（ステップS2）。なお、初期値 $P_{e_r_set_down}$ は負の値である。初期値 $P_{e_r_set_down}$ は、ターボ冷凍機1に対応するように予め設定する。冷媒ガス体積演算部111は、この初期値 $P_{e_r_set_down}$ から圧力変化量 P_{e_r} を所定量 $P_{e_r_delta}$ ずつ変化させながら（ステップS11）、フォーミングが起きない圧力変化量 P_{e_r} を求める。圧力変化量 P_{e_r}

__rが大きいほど、フォーミングを許容できない可能性は高くなるものの、冷水出口温度の目標値に対する追従性を高めることができる。したがって、初期値 $P_{e_r_set_down}$ は、フォーミングを許容できるか否かの境界付近の値に設定することが望ましい。

[0036] 次に冷媒ガス体積演算部111は、蒸発圧力（現在計測値） $P_e(t_c)$ と圧力変化量 P_{e_r} を加算することで i 秒後の蒸発圧力 $P_e(t_c + i)$ を算出する（ステップS3）。

[0037] 次に冷媒ガス体積演算部111は、例えば冷凍機制御装置100が有する記憶装置内の所定の記憶領域から、次の各値を取得（あるいは算出）する（ステップS4）。すなわち、ステップS4において、冷媒ガス体積演算部111は、潤滑油特性（冷媒溶解度） $f_{ref s}$ 、潤滑油特性（密度） $f_{oil d}$ 、冷媒物性（過熱ガス密度） $f_{ref d g}$ 、冷媒物性（飽和液密度） $f_{ref d l}$ および冷媒物性（飽和温度） $f_{ref t}$ を取得する。

[0038] 次に冷媒ガス体積演算部111は、油量（油タンク17内に常時ある量） V_{oil} を、油充填（チャージ）量 $V_{oil c}$ から油量（給排油配管内に常時ある量） $V_{oil s}$ を減じることで算出する（ステップS5）。

[0039] 次に冷媒ガス体積演算部111は、冷媒溶解度と潤滑油密度と冷媒溶解質量の現在値と i 秒後の値を算出する（ステップS6およびステップS7）。ステップS6において、現在値について、冷媒ガス体積演算部111は、冷媒溶解度 $S_{ref}(t_c)$ を、蒸発圧力（現在計測値） $P_e(t_c)$ と油タンク温度（現在計測値） T_{oil} に対応する潤滑油特性（冷媒溶解度） $f_{ref s}$ から決定する。ここで、潤滑油特性（冷媒溶解度） $f_{ref s}$ は、図5に示すグラフの特性を表す式である。また、冷媒ガス体積演算部111は、潤滑油密度 ρ_{oil} を油タンク温度（現在計測値） T_{oil} に対応する潤滑油特性（密度） $f_{oil d}$ から決定する。また、冷媒ガス体積演算部111は、冷媒溶解質量 $m_{ref s}(t_c)$ を、油量（油タンク内に常時ある量） V_{oil} と潤滑油密度 ρ_{oil} と冷媒溶解度 $S_{ref}(t_c)$ とに基づき、式 $\rho_{oil} \times V_{oil} / 10^3 \times S_{ref}(t_c) / 100$ から決定す

る。

[0040] 一方、ステップS7において、冷媒ガス体積演算部111は、 i 秒後の冷媒溶解度 $S_{ref}(t_c+i)$ を、 i 秒後の蒸発圧力 $P_e(t_c+i)$ と油タンク温度（現在計測値） T_{oil} に対応する潤滑油特性（冷媒溶解度） f_{refs} から決定する。また、冷媒ガス体積演算部111は、 i 秒後の潤滑油密度 ρ_{oil} を油タンク温度（現在計測値） T_{oil} に対応する潤滑油特性（密度） f_{oil} から決定する。また、冷媒ガス体積演算部111は、 i 秒後の冷媒溶解質量 $m_{refs}(t_c+i)$ を、油量（油タンク内に常時ある量） V_{oil} と潤滑油密度 ρ_{oil} と i 秒後の冷媒溶解度 $S_{ref}(t_c+i)$ とに基づき、式 $\rho_{oil} \times V_{oil} / 10^3 \times S_{ref}(t_c+i) / 100$ から決定する。

[0041] 次に、冷媒ガス体積演算部111は、冷媒ガス密度 ρ_{refg} と i 秒間の冷媒析出ガス体積 V_{refd} を次のように決定する（ステップS8）。すなわち、ステップS8において、冷媒ガス体積演算部111は、冷媒ガス密度 ρ_{refg} を、 i 秒後の蒸発圧力 $P_e(t_c+i)$ に対応する冷媒物性（過熱ガス密度） f_{refdg} から決定する。また、冷媒ガス体積演算部111は、 i 秒間の冷媒析出ガス体積 V_{refd} を、ステップS6～S8で求めた現在の冷媒溶解質量 $m_{refs}(t_c)$ と i 秒後の冷媒溶解質量 $m_{refs}(t_c+i)$ と冷媒ガス密度 ρ_{refg} とに基づき、式 $(m_{ref}(t_c) - m_{ref}(t_c+i)) / \rho_{refg} \times 10^3$ から決定する。

[0042] 次に、冷媒ガス体積演算部111は、潤滑油内に溶解する冷媒液密度 ρ_{refl} と潤滑油内に溶解する冷媒液体積 V_{refs} と油タンク内油面上の空間の不足量 V_{tank_n} を次のように決定する（ステップS9）。すなわち、ステップS9において、冷媒ガス体積演算部111は、潤滑油内に溶解する冷媒液密度 ρ_{refl} を、油タンク温度（現在計測値） T_{oil} に対応する冷媒物性（飽和液密度） $f_{refdl}(T_{oil})$ から決定する。また、冷媒ガス体積演算部111は、潤滑油内に溶解する冷媒液体積 V_{refs} を、 i 秒後の冷媒溶解質量 $m_{refs}(t_c+i)$ と潤滑油内に溶解する冷

媒液密度 ρ_{refl} に基づき、式 $m_{refs}(tc+i) / \rho_{refl}$ から決定する。また、冷媒ガス体積演算部 111 は、油タンク内油面上の空間の不足量 V_{tank_n} を、油タンク容積 V_{tank} と、油量（油タンク内に常時ある量） V_{oil} と、潤滑油内に溶解する冷媒液体積 V_{refs} と、 i 秒間の冷媒析出ガス体積 V_{refd} に基づき、次式から算出する。すなわち、冷媒ガス体積演算部 111 は、油タンク内油面上の空間の不足量 V_{tank_n} を、式 $V_{tank} - V_{oil} - V_{refs} - V_{refd}$ から算出する。

[0043] 次に、判定部 112 は、フォーミング発生の可能性を判断する（ステップ S10）。ステップ S10 において、判定部 112 は、油タンク内油面上の空間の不足量 V_{tank_n} が 0 より大きい場合にフォーミング発生の可能性なしと判断し（ステップ S10 で Yes）、0 以下の場合にフォーミング発生の可能性ありと判断する（ステップ S10 で No）。ステップ S10 で判定部 112 がフォーミング発生の可能性ありと判断した場合（ステップ S10 で No の場合）、冷媒ガス体積演算部 111 は、圧力変化量 P_{e_r} の絶対値を所定の値（ $P_{e_r_delta}$ ）だけ小さくし（ステップ S11）、ステップ S3 以降の処理を再度実行する。一方、ステップ S10 で判定部 112 がフォーミング発生の可能性なしと判断した場合（ステップ S10 で Yes の場合）、冷水出口温度設定部 130 が、以下のようにして設定冷水出口温度 $T_{LO_rset}(tc)$ を決定する（ステップ S12）。

[0044] すなわち、ステップ S12 において、冷水出口温度設定部 130 は、まず、 i 秒後の蒸発温度 $ET_set(tc+i)$ を次のように決定する。すなわち、冷水出口温度設定部 130 は、 i 秒後の蒸発温度 $ET_set(tc+i)$ を、 i 秒後の蒸発圧力 $P_e(tc+i)$ に対応する冷媒物性（飽和温度） $f_{ref t}$ から決定する。なお、蒸発圧力と蒸発温度は一意に対応する。すなわち、冷媒の蒸発温度（冷媒が蒸発する温度）は、その冷媒固有の特性として、冷媒の蒸発圧力と一対一に対応して変化する。

[0045] 次に、冷水出口温度設定部 130 は、現在から i 秒後の蒸発温度変化量 E

T_delta を、現在の蒸発温度 $ET_set(t_c)$ から i 秒後の蒸発温度 $ET_set(t_c+i)$ を減じることで算出する。ここで、現在の蒸発温度 $ET_set(t_c)$ は、現在の蒸発圧力 $Pe(t_c)$ に対応する冷媒物性（飽和温度） $freft$ から決定することができる。

[0046] 次に、冷水出口温度設定部130は、設定冷水出口温度（圧力変化基準） $TLO_rset(t_c)$ を次のように設定する（ステップS12）。すなわち、冷水出口温度設定部130は、設定冷水出口温度（圧力変化基準） $TLO_rset(t_c)$ を、前回の設定冷水出口温度（圧力変化基準） $TLO_rset(t_c+n)$ から現在から i 秒後の蒸発温度変化量 ET_delta を減じることで算出することができる。なお、蒸発器9における冷媒の蒸発温度は、冷水の温度（冷水出口温度）に直接対応する。例えば、蒸発器9における蒸発圧力を0.2MPaに設定すると、蒸発器9内における蒸発温度が23℃となり、これに対応して冷水出口温度が20℃などとなる。更に、蒸発器9の蒸発温度が23℃から20℃に変化するように蒸発圧力を減圧させると、これに対応して、冷水出口温度が20℃から17℃に変化する。

[0047] 以上の処理を終了すると、冷凍機制御装置100は、ステップS12で設定した設定冷水出口温度（圧力変化基準） $TLO_rset(t_c)$ に基づき、圧力調整部120によって冷水出口温度を制御する。

[0048] 図6は、本実施形態の動作例を確認した結果を示す図である。

図6は、横軸が時間、縦軸が温度であり、ターボ冷凍機1を起動した後、設定冷水出口温度の最終値を5℃に設定したときに、冷水出口温度設定部130が設定した設定冷水出口温度がどのように変化したのかを示す。ここで、ターボ冷凍機1によれば、設定冷水出口温度の最終値5℃に対し、冷水出口温度設定部130が設定した設定冷水出口温度は緩やかに変化している。即ち、従来の冷凍機では起動してすぐに5℃（最終値）を設定冷水出口温度とする制御をしていたが、本実施形態に係るターボ冷凍機1は、設定冷水出口温度を、20℃、18℃、・・・と、徐々に5℃（最終値）に近づけていく

。

[0049] 以上のように、本実施形態によれば、冷凍機制御装置 100 が、油タンク 17 内のフォーミングの状態を推定しながら蒸発器 9 の圧力を制御する。すなわち、冷凍機制御装置 100 は、蒸発器 9 の圧力を減圧していったときにどれくらい冷媒ガスがでてくるのか推定し、油タンク 17 の余りがゼロならそこで減圧速度を変化させる。そして、冷凍機制御装置 100 は、特定した減圧速度に応じて設定冷水出口温度（冷水出口温度の目標値）を設定し、冷水出口温度の温度制御を行うことで、蒸発器 9 の圧力の減圧速度を制御する。ここで、設定冷水出口温度とは、欲しい冷水の温度の設定値である。圧力調整部 120 は、例えば、設定冷水出口温度が 5℃ に設定されたら、IGV 13（ベーン）、膨張弁 7、ホットガスバイパス弁などをバランスよく連係して制御することで、蒸発器 9 の圧力を制御（減圧）し、実際の冷水が目標温度（5℃）に一致するよう制御を行う。例えば、設定冷水出口温度を 25℃ からいきなり 5℃ に設定すると、蒸発器 9 における減圧速度が急峻となってフォーミングが起きてしまう。これに対し、本実施形態では、フォーミングが起きない速度で設定値を 25℃ から少しずつ 5℃ に近づけていくことができる。また、本実施形態では、蒸発器 9 の圧力調整が冷水出口温度のフィードバック制御内で、IGV 13、膨張弁 7、ホットガスバイパス弁等を連携して制御することで行われるので、例えば IGV 13、膨張弁 7、ホットガスバイパス弁等の各単体を直接制御する場合と比べて冷水出口温度の制御の安定性を低下させることがない。

[0050] 以上のように本実施形態では、所定の減圧速度で減圧した場合に、潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部 111 と、演算された体積と、油タンク 17 の油面上の体積との対比に基づいて、フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部 112 とを有する減圧速度特定部 110 が、油タンク 17 においてフォーミングが起きない減圧速度 P_{er} を特定する。そして、圧力調整部 120 が、特定された減圧速度に基づいて蒸発器 9 の圧力を調整する。したがって、本発明によれば、油タンク 1

7内のフォーミングをより確実に抑制することができる。

[0051] なお、本実施形態は例えば次のように変形することができる。例えば、図3および図4に示すフローチャートにおいて、 i 秒前から現在値の蒸発圧力の変化量が所定の値を越えている場合に蒸発圧力を減圧ではなく加圧する方向で変化させる処理を追加してもよい。

この場合、設定冷水出口温度が現在の冷水入口温度を上回る場合には設定冷水出口温度が冷水入口温度を下回るよう補正する処理を追加してもよい。また、設定冷水出口温度が定格冷凍能力を超える出力を要求する場合に、設定冷水出口温度を補正する処理を追加してもよい。また、設定冷水出口温度（の変化率）が、当該ターボ冷凍機1の要求仕様等を満たさない場合に、設定冷水出口温度を補正する処理を追加してもよい。

[0052] <第2の実施形態>

次に、第2の実施形態に係るターボ冷凍機について説明する。

第1の実施形態では、蒸発器9における冷媒との熱交換（吸熱）により冷水を設定冷水出口温度まで冷却し、これを外部負荷に循環させる冷房用途に用いることを説明した。第2の実施形態では、凝縮器5における冷媒との熱交換（放熱）により温水を設定温水出口温度まで加熱し、これを外部負荷に循環させる暖房用途に用いることを説明する。

なお、第1の実施形態における、蒸発器9と外部負荷（冷却対象物）との間を循環する「冷水」は、第2の実施形態においては、蒸発器9と所定の熱源との間を循環する「熱源水」に相当する。また、第1の実施形態における、凝縮器9と冷却塔等との間を循環する「冷却水」は、第2の実施形態においては、凝縮器9と外部負荷（加熱対象物）との間を循環する「温水」に相当する。

[0053] 第1の実施形態においては、蒸発器9における減圧速度が、フォーミングが起きない程度に抑制されるように、設定出口冷水温度の低減速度を調節するものとした（図4のステップS12の処理参照）。ここで、設定出口冷水温度の変化量と蒸発器9における蒸発温度（蒸発圧力）の変化量とは、ある

程度、一対一に対応する関係にある。

他方、第2の実施形態においては、蒸発器9における減圧速度が、フォーミングが起きない程度に抑制されるように、設定出口温水温度の増加速度を調節する必要がある。ここで、設定出口温水温度の変化量と凝縮器5における凝縮温度（凝縮圧力）の変化量とは、ある程度、一対一に対応する関係にある。しかしながら、設定出口温水温度の変化量と蒸発器9における蒸発温度（蒸発圧力）の変化量との関係性はこの限りではない。

そこで、第2の実施形態に係る冷凍機制御装置100（温水出口温度設定部）は、図4のステップS12の代わりに、以下の処理を行うものとする。

[0054] すなわち、ステップS12において、冷凍機制御装置100の温水出口温度設定部は、まず、 i 秒後の蒸発温度 $ET_set(t_c + i)$ を次のように決定する。すなわち、温水出口温度設定部は、 i 秒後の蒸発温度 $ET_set(t_c + i)$ を、 i 秒後の蒸発圧力 $Pe(t_c + i)$ に対応する冷媒物性（飽和温度） $fref t$ から決定する。

[0055] 次に、温水出口温度設定部は、現在から i 秒後の蒸発温度変化量 ET_delta を、現在の蒸発温度 $ET_set(t_c)$ から i 秒後の蒸発温度 $ET_set(t_c + i)$ を減じることで算出する。ここで、現在の蒸発温度 $ET_set(t_c)$ は、現在の蒸発圧力 $Pe(t_c)$ に対応する冷媒物性（飽和温度） $fref t$ から決定することができる。

[0056] 次に、温水出口温度設定部は、 i 秒後の熱源水出口温度 $TLO(t_c + i)$ を、現在の熱源水出口温度 TLO （現在計測値）から i 秒後の蒸発温度変化量 ET_delta を減じることで決定する（ $TLO(t_c + i) = TLO - ET_delta$ ）。

[0057] 次に、温水出口温度設定部は、 i 秒後の熱源水平均温度 $TLOave(t_c + i)$ を式 $TLOave(t_c + i) = [TLI + TLO(t_c + i)] / 2$ より求める。なお、 i 秒後の熱源水入口温度を推定することが出来ない。したがって、ここでは、現在の熱源水入口温度 TLI （現在計測値）を用いて、熱源水平均温度 $TLOave(t_c + i)$ を推定することとしている。

。

[0058] 次に、温水出口温度設定部は、 i 秒後の熱源水平均温度 $TLO_{ave}(t_c + i)$ を用いて、 i 秒後の熱源水の比熱 Cw_i [$kcal/m^3 \cdot K$] を以下の式より求める。

$$Cw_i = 0.000015878 \times TLO_{ave}(t_c + i)^3 - 0.005962 \times TLO_{ave}(t_c + i)^2 + 0.022365 \times TLO_{ave}(t_c + i) + 999.96$$

[0059] また、温水出口温度設定部は、 i 秒後の熱源水平均温度 $TLO_{ave}(t_c + i)$ を用いて、 i 秒後の熱源水比重 γw_i を以下の式より求める。

$$\gamma w_i = (-0.000000045517) \times TLO_{ave}(t_c + i)^3 + 0.000010313 \times TLO_{ave}(t_c + i)^2 - 0.00058436 \times TLO_{ave}(t_c + i) + 1.0075$$

[0060] 次に、温水出口温度設定部は、 i 秒後の熱源水の比熱 Cw_i 及び i 秒後の熱源水比重 γw_i を用いて、蒸発器 9 における i 秒後の冷凍能力 $Q_l(t_c + i)$ [kW] を以下の式より求める。なお、下式において、 Fcl は、熱源水流量（現在計測値）である。

$$Q_l(t_c + i) = [Tl_i - TLO(t_c + i)] \times Fcl \times Cw_i \times \gamma w_i / 3024 \times 3.516$$

[0061] 次に、温水出口温度設定部は、凝縮器 5 における加熱能力 $Q_h(t_c + i)$ [kW] を、蒸発器 9 における冷凍能力 $Q_l(t_c + i)$ にインバータ消費電力を加算することで算出する。なお、下式において、 P_{inv} はインバータ消費電力（現在計測値）である。

$$Q_h(t_c + i) = Q_l(t_c + i) + P_{inv}$$

[0062] 次に、温水出口温度設定部は、 i 秒後の温水平均温度 $THO_{ave}(t_c + i)$ を式 $THO_{ave}(t_c + i) = [THI + THO] / 2$ より求める。なお、 i 秒後の温水入口温度及び温水出口温度を推定することが出来ない。したがって、ここでは、現在の温水入口温度 THI （現在計測値）と現在の温水出口温度 THO （現在計測値）とを用いて、 i 秒後の温水平均温度 T

$LOave(t_c + i)$ を推定することとしている。

- [0063] 次に、温水出口温度設定部は、 i 秒後の温水平均温度 $THOave(t_c + i)$ を用いて、 i 秒後の温水の比熱 $Cwh[kcal/m^3 \cdot K]$ を以下の式より求める。

$$Cwh = 0.000015878 \times THOave(t_c + i)^3 - 0.005962 \times THOave(t_c + i)^2 + 0.022365 \times THOave(t_c + i) + 999.96$$

- [0064] また、温水出口温度設定部は、 i 秒後の温水平均温度 $THOave(t_c + i)$ を用いて、 i 秒後の温水比重 γwh を以下の式より求める。

$$\gamma wh = (-0.000000045517) \times THOave(t_c + i)^3 + 0.000010313 \times THOave(t_c + i)^2 - 0.00058436 \times THOave(t_c + i) + 1.0075$$

- [0065] 次に、温水出口温度設定部は、設定温水出口温度 THO_reset を、温水入口温度の現在値 THI と、 i 秒後の加熱能力 $Qh(t_c + i)$ と、温水流量 Fch と、 i 秒後の温水の比熱 Cwh と、 i 秒後の温水の比重 γwh と、を用いて、以下の式より求める。なお、下式において、温水出口温度設定部は、温水入口温度の現在値に、加熱能力 $Qh(t_c + i)$ と温水流量 Fch とによって温水に加えることができる温度差を足すことによって、設定温水出口温度 THO_reset を求めている。

$$THO_reset = THI + Qh(t_c + i) / (3.516 \times 3024 / (Fch \times Cwh \times \gamma wh))$$

- [0066] 以上の処理を終了すると、冷凍機制御装置 100 は、上述のステップで設定した設定温水出口温度（圧力変化基準） $THO_reset(t_c)$ に基づき、圧力調整部 120 によって温水出口温度を制御する。

- [0067] 以上のように、第 2 の実施形態に係る冷凍機制御装置 100（温水出口温度設定部）は、蒸発器 9 において、フォーミングが発生しない減圧速度で減圧した場合に得られる冷却能力 $Ql(t_c + i)[kW]$ を算出する。そして、冷凍機制御装置 100 は、蒸発器 9 側における冷却能力と凝縮器 5 側に

おける加熱能力とが同等になるという前提の元（ただし、上記の例では冷却能力 Q_I にインバータ消費電力 P_{inv} を加算している）、凝縮器5でその加熱能力 $Q_h(t_c + i)$ を得た場合における温水の上昇温度を算出する。そして、冷凍機制御装置100は、その上昇温度の算出結果を現在の温水入口温度 T_{HI} に加算して得られた値を、新たな設定温水出口温度 T_{HO_reset} とする。

このようにすることで、圧力調整部120が、温水出口温度（現在計測値）が目標値（設定温水出口温度 T_{HO_reset} ）に近づくように、凝縮器5における凝縮圧力を制御した結果、蒸発器9側で生じる減圧速度が、油タンク17にてフォーミングが発生しない減圧速度に抑制されることとなる。

[0068] なお、上述の各実施形態においては、上述した冷凍機制御装置100の各種処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって上記各種処理が行われる。また、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしても良い。

[0069] 上記プログラムは、上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、上述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。更に、冷凍機制御装置100は、それぞれ、1台のコンピュータで構成されていても良いし、通信可能に接続された複数のコンピュータで構成されていてもよい。

[0070] 以上のとおり、本発明に係るいくつかの実施形態を説明したが、これら全ての実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することを意図していない。これらの実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、

変更を行うことができる。これらの実施形態およびその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0071] 上述の本発明の態様によれば、油タンク内のフォーミングをより確実に抑制することができる。

符号の説明

- [0072] 1 ターボ冷凍機
3 ターボ圧縮機
3 a 羽根車
3 b 回転軸
3 c 軸受
5 凝縮器
7 膨張弁
9 蒸発器
1 1 電動機
1 3 IGV（インレットガイドベーン）
1 5 増速歯車
1 7 油タンク
1 9 油供給配管
2 1 油返送配管
2 3 均圧管
2 5 圧力センサ
2 7 温度センサ
9 1 冷水入口
9 1 T 温度センサ
9 1 F 流量センサ
9 2 冷水出口

- 9 2 T 温度センサ
- 1 0 0 冷凍機制御装置
- 1 1 0 減圧速度特定部
- 1 1 1 冷媒析出ガス体積演算部
- 1 1 2 判定部
- 1 2 0 圧力調整部
- 1 3 0 冷水出口温度設定部

請求の範囲

[請求項1]

冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、
前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、
前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、
前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、
前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、
前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、
を備えたターボ冷凍機を制御する装置であって、
前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、
特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、
を備え、
前記減圧速度特定部は、
所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、
演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部と、
を備える冷凍機制御装置。

[請求項2]

特定された前記減圧速度に応じた蒸発温度の低下量を算出するとともに、現在の前記冷水出口の温度の目標値である設定冷水出口温度から前記蒸発温度の低下量を差し引いた値を新たな設定冷水出口温度として設定する冷水出口温度設定部を更に備え、
前記圧力調整部は、
前記冷水出口の温度の計測値が、前記冷水出口温度設定部によって

設定された設定冷水出口温度と一致するように前記蒸発器の圧力を調整する

請求項 1 に記載の冷凍機制御装置。

[請求項3]

冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、

前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを凝縮させる凝縮器と、

前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記膨張弁によって膨張された液冷媒を蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、

前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、

前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、

各部を制御する冷凍機制御装置と

を備え、

前記冷凍機制御装置は、

前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、

特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、

を有し、

前記減圧速度特定部は、

所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、

演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部と、

を有する

ターボ冷凍機。

[請求項4]

冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、

前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、

前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、

前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、

前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、

を備えたターボ冷凍機を冷凍機制御装置によって制御する方法であって、

前記冷凍機制御装置は、

前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、

特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、

を有し、

前記減圧速度特定部は、冷媒析出ガス体積演算部と、判定部とを有し、

前記冷媒析出ガス体積演算部によって、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算し、

前記判定部によって、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する

冷凍機制御方法。

[請求項5]

冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、

前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、

前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、

前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、

前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、

を備えたターボ冷凍機を冷凍機制御装置によって制御するためのプログラムであって、

前記冷凍機制御装置は、

前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、

特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、

を有し、

前記減圧速度特定部は、冷媒析出ガス体積演算部と、判定部とを有し、

前記冷媒析出ガス体積演算部によって、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算させ、

前記判定部によって、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定させる

プログラム。

補正された請求の範囲
[2018年7月31日 (31.07.2018) 国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、
前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、
前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、
前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、
前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、
前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、
を備えたターボ冷凍機を制御する装置であって、
前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、
特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、
を備え、
前記減圧速度特定部は、
所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、
演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部と、
を備え、
前記冷媒析出ガス体積演算部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した場合、前記所定の減圧速度を変更して演算し、
前記減圧速度特定部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した前記所定の減圧速度を、前記フォーミングが起きな

い減圧速度として特定する、
冷凍機制御装置。

[請求項 2] 特定された前記減圧速度に応じた蒸発温度の低下量を算出するとともに、現在の前記冷水出口の温度の目標値である設定冷水出口温度から前記蒸発温度の低下量を差し引いた値を新たな設定冷水出口温度として設定する冷水出口温度設定部を更に備え、
前記圧力調整部は、
前記冷水出口の温度の計測値が、前記冷水出口温度設定部によって設定された設定冷水出口温度と一致するように前記蒸発器の圧力を調整する

請求項 1 に記載の冷凍機制御装置。

[請求項 3] (補正後) 冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、
前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを凝縮させる凝縮器と、
前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、
前記膨張弁によって膨張された液冷媒を蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、
前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、
前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、
各部を制御する冷凍機制御装置と
を備え、
前記冷凍機制御装置は、
前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、
特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、
を有し、

前記減圧速度特定部は、

所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算する冷媒析出ガス体積演算部と、

演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定する判定部と、

を有し、

前記冷媒析出ガス体積演算部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した場合、前記所定の減圧速度を変更して演算し、

前記減圧速度特定部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した前記所定の減圧速度を、前記フォーミングが起きない減圧速度として特定する、

ターボ冷凍機。

[請求項 4] (補正後) 冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、

前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放熱させて凝縮させる凝縮器と、

前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて冷水出口から流出させる蒸発器と、

前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、

前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、

を備えたターボ冷凍機を冷凍機制御装置によって制御する方法であって、

前記冷凍機制御装置は、

前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、

特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する
圧力調整部と、

を有し、

前記減圧速度特定部は、冷媒析出ガス体積演算部と、判定部とを
有し、

前記冷媒析出ガス体積演算部によって、所定の減圧速度で減圧し
た場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算し、

前記判定部によって、演算された前記体積と、前記油タンクの油
面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか
否かを判定し、

前記冷媒析出ガス体積演算部は、前記判定部が前記フォーミング
を許容できると判定した場合、前記所定の減圧速度を変更して演算
し、

前記減圧速度特定部は、前記判定部が前記フォーミングを許容で
きると判定した前記所定の減圧速度を、前記フォーミングが起きな
い減圧速度として特定する、

冷凍機制御方法。

[請求項 5] (補正後) 冷媒ガスを圧縮するターボ圧縮機と、

前記ターボ圧縮機によって圧縮された冷媒ガスを熱交換により放
熱させて凝縮させる凝縮器と、

前記凝縮器から導かれた液冷媒を膨張させる膨張弁と、

前記膨張弁によって膨張された液冷媒を熱交換により吸熱させて
蒸発させることで冷水入口から流入させた冷水の温度を低下させて
冷水出口から流出させる蒸発器と、

前記ターボ圧縮機に供給する潤滑油を貯留する油タンクと、

前記油タンクと前記蒸発器とを接続する均圧管と、

を備えたターボ冷凍機を冷凍機制御装置によって制御するための
プログラムであって、

前記冷凍機制御装置は、

前記油タンクにおいてフォーミングが起きない減圧速度を特定する減圧速度特定部と、

特定された前記減圧速度に基づいて前記蒸発器の圧力を調整する圧力調整部と、

を有し、

前記減圧速度特定部は、冷媒析出ガス体積演算部と、判定部とを有し、

前記冷媒析出ガス体積演算部によって、所定の減圧速度で減圧した場合に、前記潤滑油から析出する冷媒ガスの体積を演算させ、

前記判定部によって、演算された前記体積と、前記油タンクの油面上の体積との対比に基づいて、前記フォーミングを許容できるか否かを判定させ、

前記冷媒析出ガス体積演算部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した場合、前記所定の減圧速度を変更して演算させ、

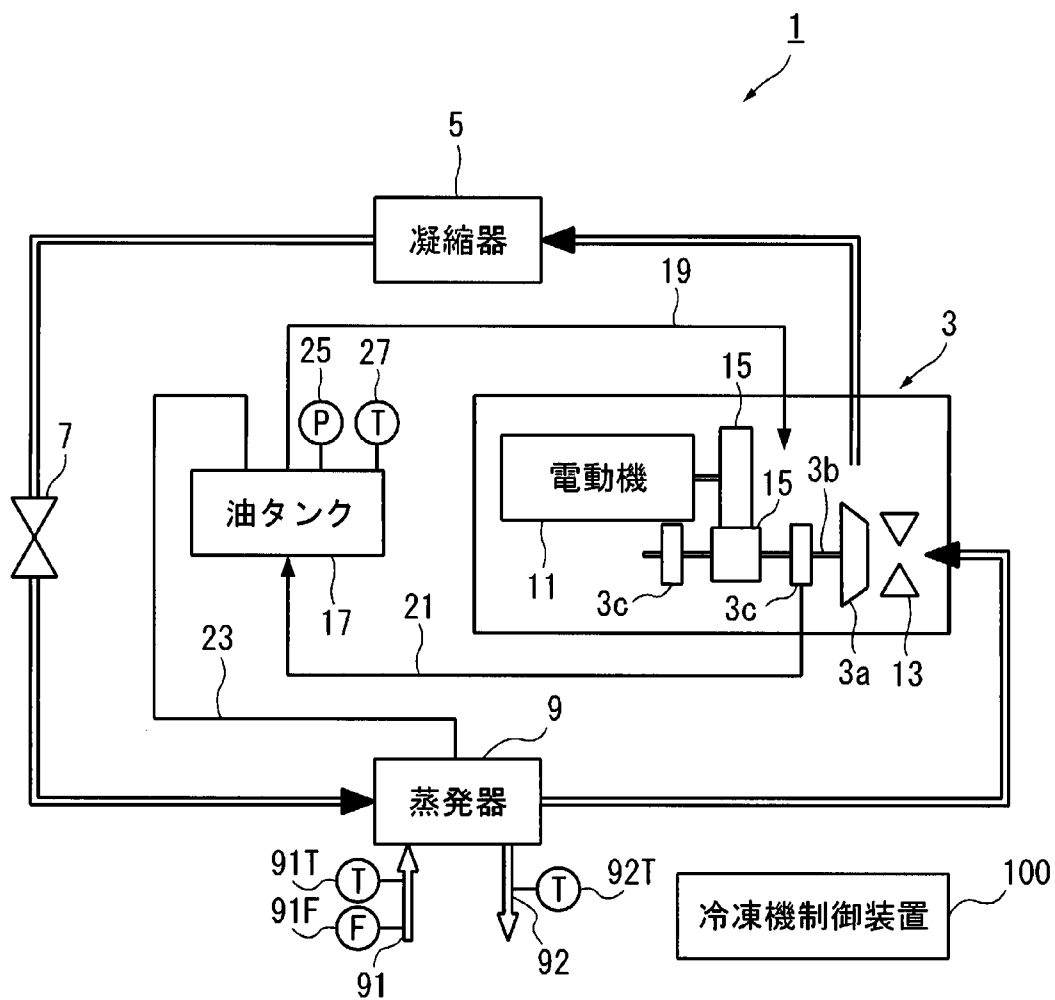
前記減圧速度特定部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した前記所定の減圧速度を、前記フォーミングが起きない減圧速度として特定させる、

プログラム。

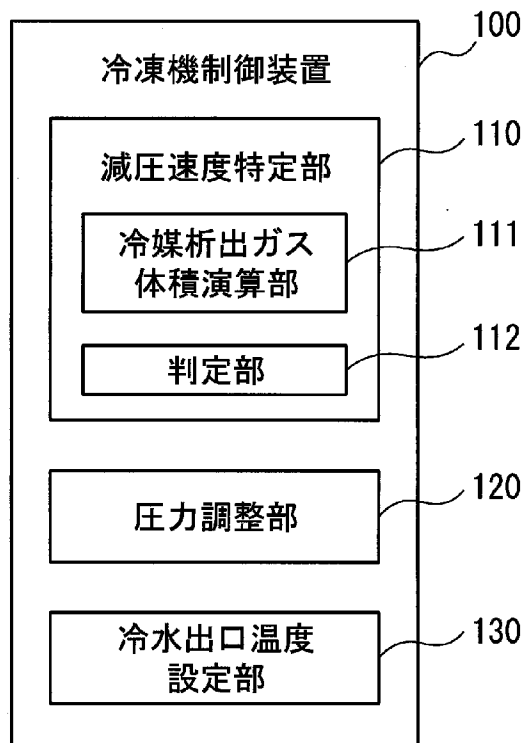
条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲第1項、及び第3-5項において、「前記冷媒析出ガス体積演算部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した場合、前記所定の減圧速度を変更して演算し、前記減圧速度特定部は、前記判定部が前記フォーミングを許容できると判定した前記所定の減圧速度を、前記フォーミングが起きない減圧速度として特定する」ことを明確にする補正を行った。当該補正は出願時の明細書段落0035、及び0043-0050の記載に基づく。

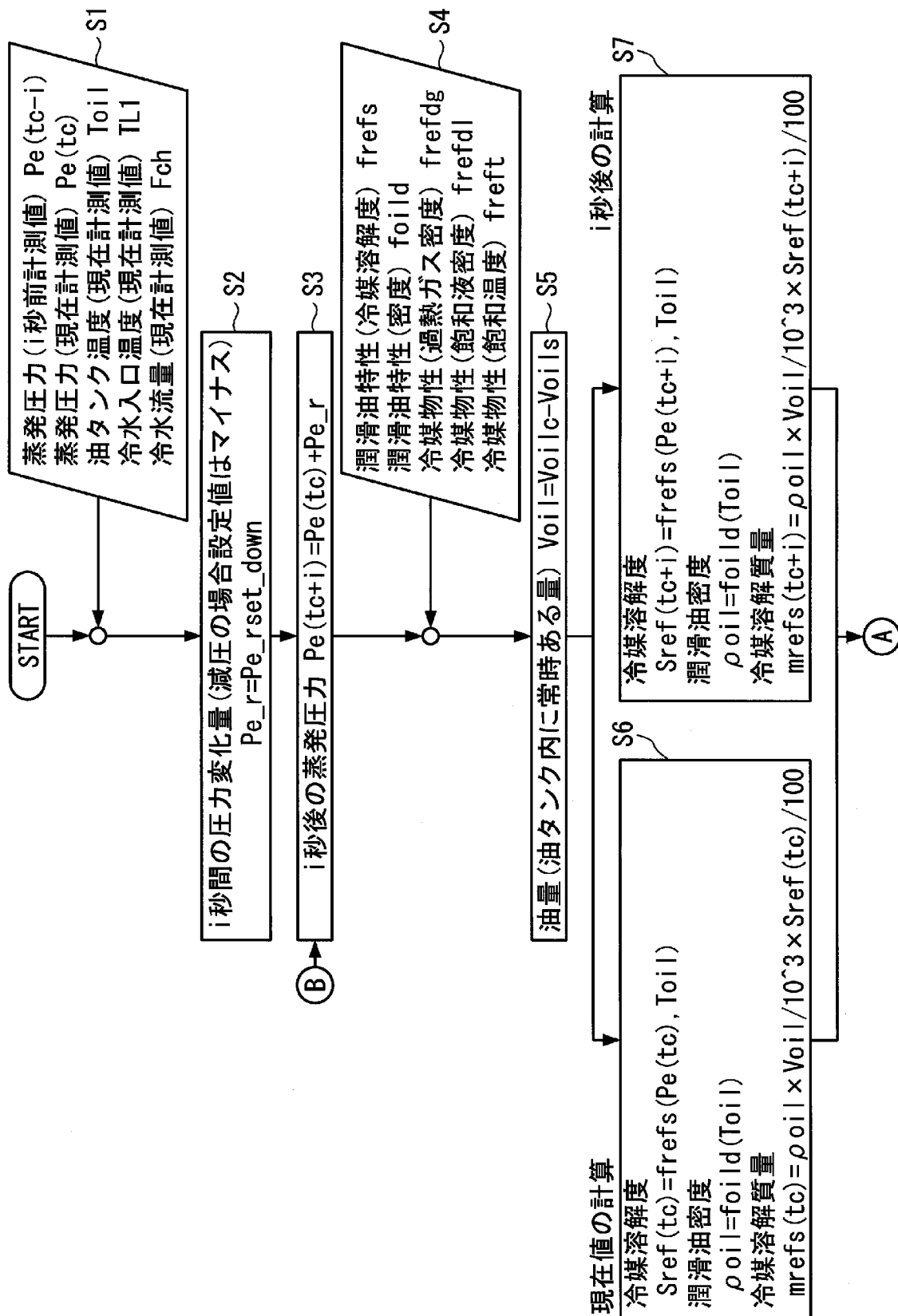
[図1]



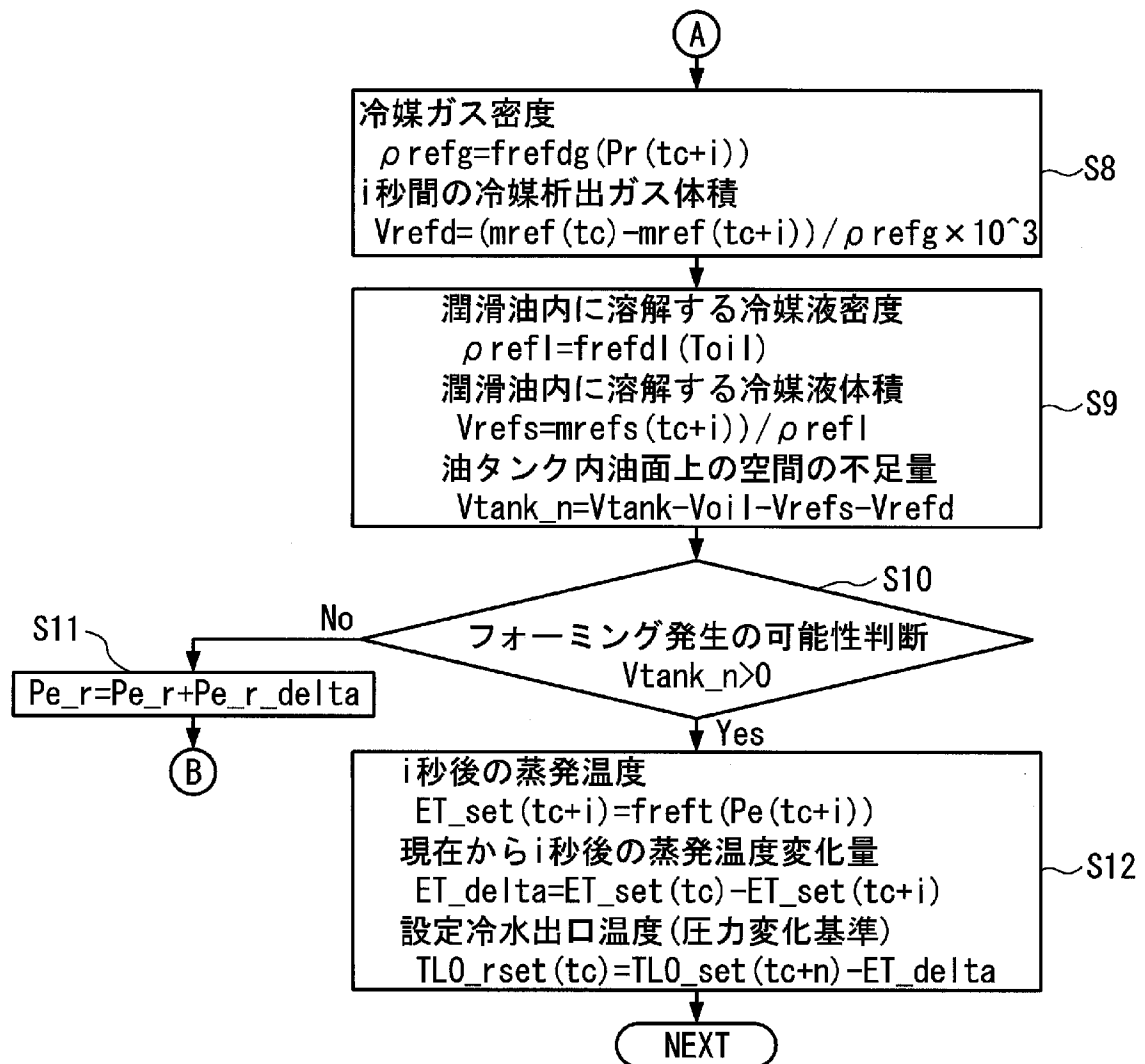
[図2]



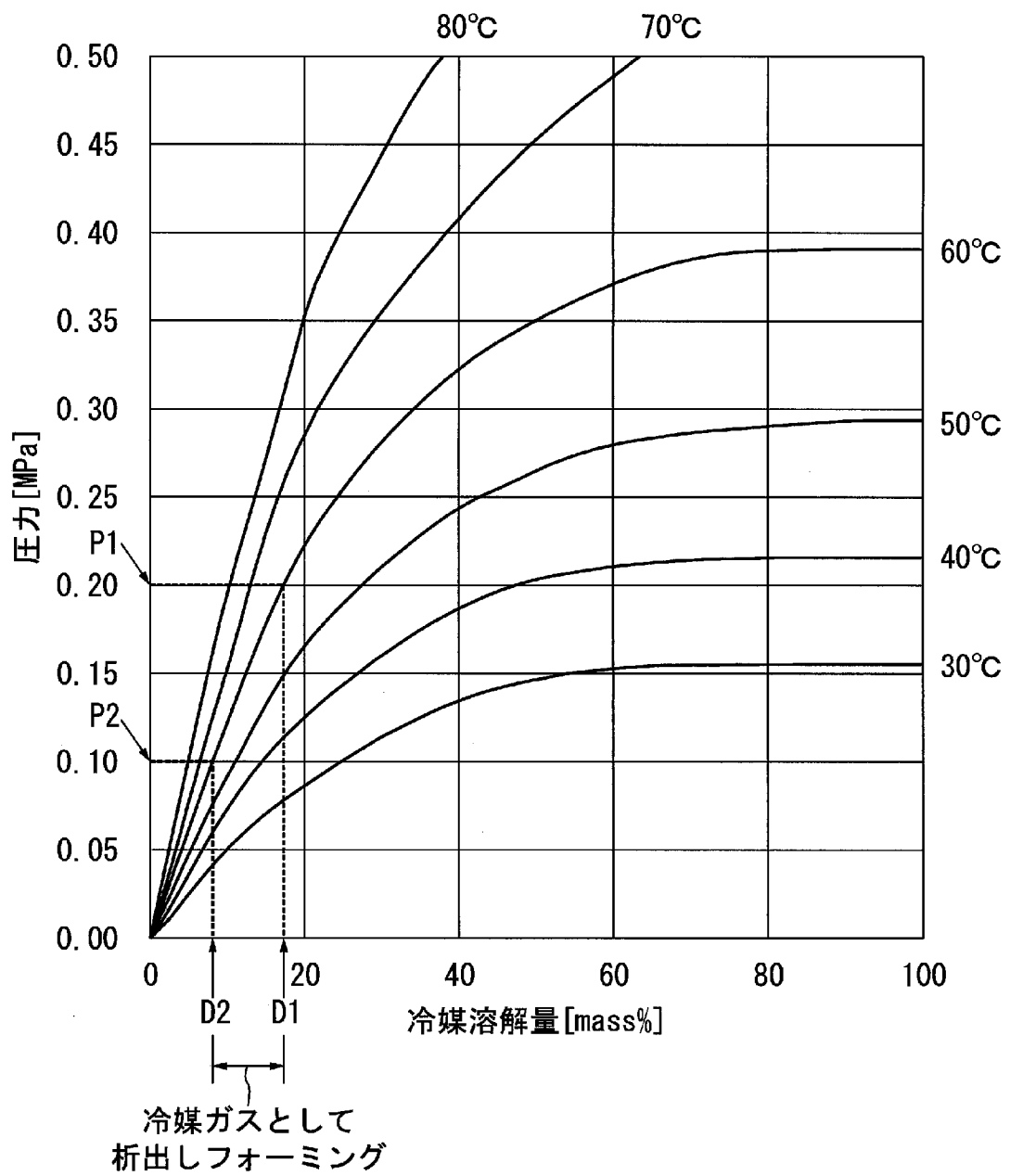
[図3]



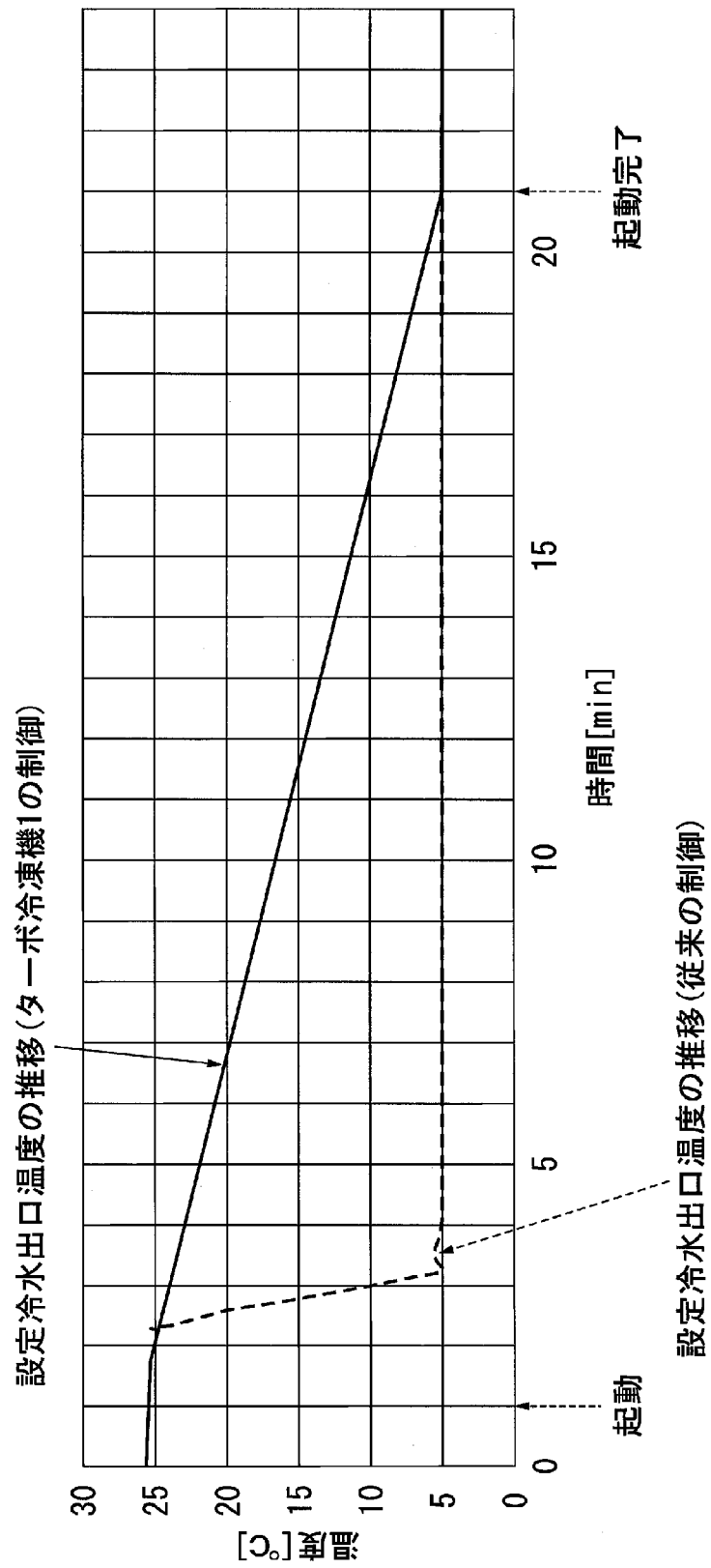
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008983

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F25B1/053 (2006.01) i, F04D27/00 (2006.01) i, F04D29/063 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F25B1/053, F04D27/00, F04D29/063

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4404811 A (CARRIER CORPORATION) 20 September 1983, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2009-186030 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 20 August 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 48-044425 B1 (CARRIER CORPORATION) 25 December 1973, entire text, all drawings & US 3508416 A	1-5

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

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

Date of the actual completion of the international search 25.05.2018	Date of mailing of the international search report 05.06.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008983

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 008719/1978 (Laid-open No. 112646/1979) (EBARA CORPORATION) 08 August 1979, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 60-114659 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21 June 1985, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 147135/1989 (Laid-open No. 087897/1991) (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 06 September 1991, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 07-218010 A (EBARA CORPORATION) 18 August 1995, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 45-033710 Y1 (EBARA CORPORATION) 23 December 1970, entire text, all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2015-094560 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 18 May 2015, entire text, all drawings & US 2016/0216024 A1 & WO 2015/072376 A1 & EP 3037745 A1 & CN 105593611 A	1-5
A	JP 2016-033348 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 10 March 2016, entire text, all drawings & US 2017/0146271 A1 & WO 2016/017601 A1 & CN 106662116 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25B1/053(2006.01)i, F04D27/00(2006.01)i, F04D29/063(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25B1/053, F04D27/00, F04D29/063

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 4404811 A (CARRIER CORPORATION) 1983.09.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2009-186030 A (ダイキン工業株式会社) 2009.08.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 48-044425 B1 (キヤリア・コーポレイション) 1973.12.25, 全文, 全図 & US 3508416 A	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.05.2018

国際調査報告の発送日

05.06.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

伊藤 紀史

3M

3545

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願53-008719号(日本国実用新案登録出願公開54-112646号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(株式会社荏原製作所)1979.08.08, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-5
A	JP 60-114659 A (三菱電機株式会社) 1985.06.21, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-5
A	日本国実用新案登録出願01-147135号(日本国実用新案登録出願公開03-087897号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(三菱重工業株式会社)1991.09.06, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-5
A	JP 07-218010 A (株式会社荏原製作所) 1995.08.18, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-5
A	JP 45-033710 Y1 (株式会社荏原製作所) 1970.12.23, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-5
A	JP 2015-094560 A (三菱重工業株式会社) 2015.05.18, 全文, 全図 & US 2016/0216024 A1 & WO 2015/072376 A1 & EP 3037745 A1 & CN 105593611 A	1-5
A	JP 2016-033348 A (三菱重工業株式会社) 2016.03.10, 全文, 全図 & US 2017/0146271 A1 & WO 2016/017601 A1 & CN 106662116 A	1-5