

(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
2009年9月3日(03.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/107296 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 1/053 (2006.01) F25B 1/00 (2006.01)
F24F 11/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/071402
- (22) 国際出願日: 2008年11月26日(26.11.2008)
- (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 2008-046911 2008年2月27日(27.02.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上田 憲治 (UEDA, Kenji) [JP/JP]; 〒4528561 愛知県清須市西枇杷島町旭3丁目1番地 三菱重工業株式会社 冷熱事業本部内 Aichi (JP). 松尾 実 (MATSUO, Minoru) [JP/JP]; 〒6768686 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2200012 神奈川県横浜市西区みなとみらい3

— 3 — 1 三菱重工横浜ビル 2 4 F Kanagawa (JP).

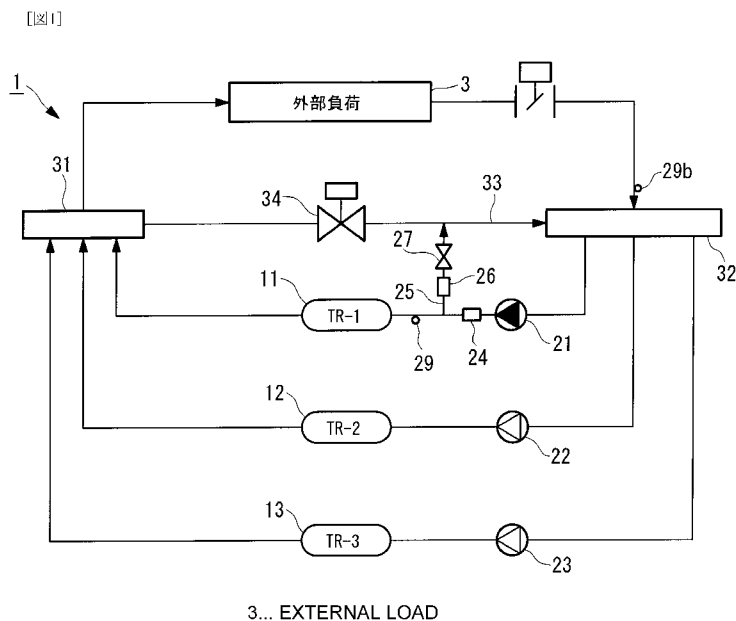
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: TURBO-REFRIGERATOR, REFRIGERATING SYSTEM, AND THEIR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: ターボ冷凍機および冷凍システムならびにこれらの制御方法



(57) Abstract: Provided is a turbo-refrigerator, which can make a temperature adjustment even in case a target heat load is low. The turbo-refrigerator (11) comprises a refrigerator-side control unit for controlling the operation so that a cold water exit temperature may be a desired value. In case the target heat load is at or lower than a predetermined value, the refrigerator-side control unit outputs a target cold water flow rate satisfying the target heat load, on the basis of both a current cold water entrance temperature and a current temperature of the cold water to flow into an evaporator and a target cold water exit temperature or a target value of the cold water exit temperature.

(57) 要約: 目標熱負荷が低い場合であっても、温度調節を可能とするターボ冷凍機を提供する。ターボ冷凍機(11)は、冷水出口温度を所望値となるように運転を制御する冷凍機側制御部を備えている。冷凍機側制御部は、目標熱負荷が所定値以下の場合に、蒸発器

に流入する冷水の現在の温度である現在値冷水入口温度と、目標の冷水出口温度である目標冷水出口温度とに基づいて、目標熱負荷を満足する冷水の目標冷水流量を出力する。

明 細 書

ターボ冷凍機および冷凍システムならびにこれらの制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、ターボ冷凍機および冷凍システムならびにこれらの制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 複数のターボ冷凍機を並列に有し、これら冷凍機から冷熱を得て冷水を製造する冷凍システムがある。冷凍システムによって得られた冷水は、工場設備やビルに設置された空調機やファンコイル等の外部負荷に供給される。

このような冷凍システムでは、外部負荷から要求される熱負荷が小さい低熱負荷時であっても運転を継続したいという要求がある。低熱負荷であっても運転を継続する方法としては、特許文献1及び2に記載された技術が知られている。

[0003] 特許文献1:特開平7-35426号公報

特許文献2:特開平7-35420号公報

発明の開示

[0004] しかし、低熱負荷にて運転が継続可能であっても、外部負荷側に必要な温度に制御をした上で、低熱負荷で運転を行う要求がある。例えば、要求される目標熱負荷が増加してターボ冷凍機の運転台数を増大させる増段の場合には、運転開始前の併入しようとするターボ冷凍機に対して、外部負荷が要求する冷水温度を維持したままで、即ち要求冷水温度を満足するように低負荷で運転させながら待機しておくことが好ましい。また、このような運転は、目標熱負荷が下がりターボ冷凍機の運転台数を減じる減段の際に、これから運転を停止しようとするターボ冷凍機に対しても求められる。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、目標熱負荷が低い場合であっても、温度調節を可能とするターボ冷凍機および冷凍システムならびにこれらの制御方法を提供することを目的とする。

[0006] 上記課題を解決するために、本発明のターボ冷凍機および冷凍システムならびに

これらの制御方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明にかかるターボ冷凍機の第1の態様は、冷媒を圧縮するターボ圧縮機と、圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器と、凝縮された冷媒を膨張させる膨張弁と、膨張された冷媒を蒸発させ、冷水を冷却する蒸発器と、該蒸発器にて冷却された前記冷水の温度である冷水出口温度を所望値となるように運転を制御する冷凍機側制御部とを備えたターボ冷凍機において、前記冷凍機側制御部には、前記冷水の出力先から目標熱負荷が与えられ、前記冷凍機側制御部は、前記目標熱負荷が所定値以下の場合に、前記蒸発器に流入する前記冷水の現在の温度である現在値冷水入口温度と、目標の冷水出口温度である目標冷水出口温度とに基づいて、前記目標熱負荷を満足する前記冷水の目標冷水流量を出力する。

[0007] ターボ冷凍機の負荷(出力)は、冷水入口温度と冷水出口温度の温度差、及び冷水流量に比例する。したがって、目標熱負荷が所定値以下(例えば20%以下、好ましくは10%以下)となると、冷水流量が定格流量とされている限り、ターボ冷凍機の熱負荷を下げるには限界がある。なお、目標冷水出口温度が特に設定されず単に熱負荷を出さない運転であれば、本発明者等が先に出願した特願2007-166843に記載された発明に基づいて運転を行えばよい。これに対して、目標冷水出口温度が設定され、与えられる目標熱負荷が小さいときに問題となる。

そこで、上記第1の態様においては、冷凍機側制御部が、現在値冷水入口温度と目標冷水出口温度に基づいて、目標熱負荷を満足する目標冷水流量を出力することとした。この目標冷水流量に基づいて冷水がターボ冷凍機に供給されれば、目標熱負荷が低い場合であっても目標冷水出口温度に温度制御できる温度調節運転が実現される。

[0008] さらに、上記第1の態様のターボ冷凍機では、前記冷凍機側制御部は、現在の冷水流量である現在値冷水流量を得て、該現在値冷水流量が前記目標冷水流量を下回る所定値以下となった場合には、当該ターボ冷凍機の運転を停止させる動作を行うこととしてもよい。

[0009] 冷水流量が小さい場合であってもターボ冷凍機は冷凍負荷を出力し続けているので、何らかの理由で冷水の流れが停止すると、蒸発器の伝熱管内の冷水が凍結に

至るおそれがある。そこで、上記態様においては、現在値冷水流量が目標冷水流量を下回る所定値以下の場合にはターボ冷凍機の運転を停止することとした。

なお、ターボ冷凍機の停止動作を行う現在値冷水流量の閾値については、目標冷水流量に応じて変化させることが好ましい。例えば、目標冷水流量の60%といったように所定割合の流量を下回った場合に停止動作を行うこととする。これにより、目標冷水流量に応じ適切に閾値を設定することができる。ただし、定格流量の2%といったように極低流量となった場合には必ず停止動作を行うこととして機器の保護を図る。

[0010] さらに、上記第1の態様のターボ冷凍機では、前記冷凍機側制御部は、前記蒸発器内の蒸発圧力を得て、該蒸発圧力が所定値以下となった場合には、当該ターボ冷凍機の運転を停止させる動作を行うこととしてもよい。

[0011] 冷水流量が小さい場合であってもターボ冷凍機は冷凍負荷を出力し続けているので、何らかの理由で冷水の流れが停止すると、蒸発器の伝熱管内の冷水が凍結に至るおそれがある。そこで、上記態様においては、蒸発器内の蒸発圧力を得て、伝熱管内を流れる冷水の状態を把握することにより、蒸発圧力が所定値以下の場合には冷水が凍結するおそれがあると判断してターボ冷凍機の運転を停止することとした。この蒸発圧力を用いた制御は、上述の現在値冷水流量と組み合わせても良く、また、単独で用いても良い。

さらに、バックアップとして、蒸発器の液冷媒温度や、現在の冷水出口温度を用いることとしても良い。

[0012] さらに、上記第1の態様のターボ冷凍機では、前記冷水の温度を制御する温度調節部に対して与えるフィードバック制御出力の感度を、現在値冷水流量の低下に応じて落とすこととしてもよい。

[0013] 温度調節部に対して与えるフィードバック制御(例えばPID制御やPI制御)の制御ゲインは、通常、冷水流量が定格の場合を基準として決定される。冷水流量が定格よりも小さくなった場合には、定格時の制御ゲインを用いると感度が過剰となりすぎて冷水温度がオーバーシュートしてしまうおそれがある。そこで、上記態様においては、現在値冷水流量の低下に応じてフィードバック制御出力の感度を落とすこととして、制御性を確保する。具体的には、例えば、比例ゲインを冷水流量に反比例させることと

する。あるいは、積分ゲインの積分時間を冷水流量に反比例させても良い。

「温度調節部」としては、ターボ圧縮機の冷媒ガス吸込口に設けられた吸込冷媒ガス量の調整を行う入口ベーン(容量制御用のインレットガイドベーン)が挙げられる。

[0014] また、本発明の冷凍システムの第2の態様は、複数のターボ冷凍機と、これらターボ冷凍機から供給される冷水を外部負荷へ供給する冷水供給部と、前記冷水の流量および温度を制御する設備側制御部を備えた冷凍システムにおいて、前記複数のターボ冷凍機の少なくとも1つが上記のいずれかに記載されたターボ冷凍機とされ、該ターボ冷凍機の前記冷凍機側制御部は、前記設備側制御部から前記目標冷水出口温度および前記目標熱負荷を得るとともに、前記設備側制御部に対して前記目標冷水流量を出力する。

[0015] 一般の冷凍システムでは、冷凍システムの全体の運転を統括する設備側制御部で冷水温度および冷水流量を制御する。さらに、設備側制御部では、低負荷であっても許容できる目標熱負荷を把握することができる。そこで、上記第2の態様では、設備側制御部から目標冷水出口温度および目標熱負荷を冷凍機側制御部に渡すこととした。そして、設備側制御部では、ターボ冷凍機の冷凍機側制御部から出力された目標冷水流量を得ることができる。これにより、低い目標熱負荷であっても温度調節運転が可能とされた冷凍システムが実現される。

[0016] また、本発明のターボ冷凍機の制御方法の第3の態様は、冷媒を圧縮するターボ圧縮機と、圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器と、凝縮された冷媒を膨張させる膨張弁と、膨張された冷媒を蒸発させ、冷水を冷却する蒸発器と、該蒸発器にて冷却された前記冷水の温度である冷水出口温度を所望値となるように運転を制御する冷凍機側制御部とを備えたターボ冷凍機の制御方法において、前記冷凍機側制御部には、前記冷水の出力先から得られる目標熱負荷が与えられ、前記冷凍機側制御部は、前記目標熱負荷が所定値以下の場合に、前記蒸発器に流入する前記冷水の現在の温度である現在値冷水入口温度と、目標の冷水出口温度である目標冷水出口温度とに基づいて、前記目標熱負荷を満足する前記冷水の目標冷水流量を出力する。

[0017] ターボ冷凍機の負荷(出力)は、冷水入口温度と冷水出口温度の温度差、及び冷

水流量に比例する。したがって、目標熱負荷が所定値以下(例えば20%以下、好ましくは10%以下)となると、冷水流量が定格流量とされている限り、ターボ冷凍機の熱負荷を下げるには限界がある。なお、目標冷水出口温度が特に設定されず単に熱負荷を出さない運転であれば、本発明者等が先に出願した特願2007-166843に記載された発明に基づいて運転を行えばよい。これに対して、目標冷水出口温度が設定され、与えられる目標熱負荷が小さいときに問題となる。

そこで、上記第3の態様においては、冷凍機側制御部が、現在値冷水入口温度と目標冷水出口温度に基づいて、目標熱負荷を満足する目標冷水流量を出力することとした。この目標冷水流量に基づいて冷水がターボ冷凍機に供給されれば、目標熱負荷が低い場合であっても目標冷水出口温度に温度制御できる温度調節運転が実現される。

[0018] また、本発明の冷凍システムの制御方法の第4の態様は、複数のターボ冷凍機と、これらターボ冷凍機から供給される冷水を外部負荷へ供給する冷水供給部と、前記冷水の流量および温度を制御する設備側制御部を備えた冷凍システムの制御方法において、前記複数のターボ冷凍機の少なくとも1つが上記のいずれかに記載されたターボ冷凍機とされ、該ターボ冷凍機の前記冷凍機側制御部は、前記設備側制御部から前記目標冷水出口温度および前記目標熱負荷を得るとともに、前記設備側制御部に対して前記目標冷水流量を出力する。

[0019] 一般の冷凍システムでは、冷凍システムの全体の運転を統括する設備側制御部で冷水温度および冷水流量を制御する。さらに、設備側制御部では、低負荷であっても許容できる目標熱負荷を把握することができる。そこで、上記第4の態様では、設備側制御部から目標冷水出口温度および目標熱負荷を冷凍機側制御部に渡すこととした。そして、設備側制御部では、ターボ冷凍機の冷凍機側制御部から出力された目標冷水流量を得ることができる。これにより、低い目標熱負荷であっても温度調節運転が可能とされた冷凍システムが実現される。

[0020] 本発明によれば、冷凍機側制御部が、現在値冷水入口温度と目標冷水出口温度に基づいて、目標熱負荷を満足する目標冷水流量を出力することとし、この目標冷水流量に基づいてターボ冷凍機の冷水出口温度調整運転が行われるので、目標熱

負荷が特に低い場合であっても、温度調節を可能とするターボ冷凍機および冷凍システムならびにこれらの制御方法を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の一実施形態にかかる冷凍システムを示した概略構成図である。

[図2]設備側制御部と冷凍機側制御部とのデータの授受を示した図である。

[図3]本発明の一実施形態にかかるターボ冷凍機を停止する際に用いる冷水流量の閾値を示したグラフである。

符号の説明

[0022] 1 冷凍システム

11 第1ターボ冷凍機

12 第2ターボ冷凍機

13 第3ターボ冷凍機

21 第1冷水ポンプ

22 第2冷水ポンプ

23 第3冷水ポンプ

24 第1冷水流量計

25 第1バイパス流路

26 第1バイパス流量計

27 第1バイパス弁

29 第1冷水入口温度センサ

33 バイパス回路

40 設備側制御部

42 冷凍機側制御部

発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下に、本発明にかかる実施形態について、図面を参照して説明する。

図1には、一実施形態にかかる冷凍システムの全体構成が示されている。

冷凍システム1は、ビルや工場設備に設置される。この冷凍システム1は、空調機やファンコイル等の外部負荷3に供給する冷水に対して冷熱を与える第1乃至第3のタ

一ボ冷凍機11, 12, 13を3台備えている。これら第1乃至第3ターボ冷凍機11, 12, 13は、外部負荷3に対して並列に設置されている。

[0024] ターボ冷凍機11, 12, 13は、冷媒を圧縮するターボ圧縮機と、ターボ圧縮機によって圧縮された高温高压のガス冷媒を凝縮する凝縮器と、凝縮器によって凝縮された高温高压の液冷媒を膨張させる膨張弁と、膨張弁によって膨張させられた液冷媒を蒸発させる蒸発器とを備えている。

[0025] ターボ圧縮機は、遠心式の圧縮機であり、インバータ駆動モータによって回転数制御の下で駆動されている。ターボ圧縮機の冷媒吸入口には、吸入冷媒流量を制御するインレットガイドベーン(入口ベーン, 以下「IGV」という。)が設けられている。このIGVの開度調整によって、冷水温度が調節される。IGV開度やターボ圧縮機の回転数は、冷凍機側制御部によって制御される。

[0026] 蒸発器において吸熱されることによって定格温度(例えば7℃)の冷水が得られる。すなわち、蒸発器内に挿通された伝熱管内を流れる冷水は、冷媒に熱が奪われることにより、冷却される。この冷水流量は、後述の冷水ポンプ21, 22, 23によって制御される。

[0027] 冷水流れからみた各ターボ冷凍機11, 12, 13の上流側には、それぞれ、冷水を圧送する第1乃至第3の冷水ポンプ21, 22, 23が設置されている。これら冷水ポンプ21, 22, 23によって、リターンヘッダ32からの冷水が各ターボ冷凍機11, 12, 13へと送られる。各冷水ポンプ21, 22, 23は、インバータモータによって駆動されるようになっており、これにより、回転数を可変とすることで可変流量制御される。

なお、冷水ポンプについては、各冷凍機に対して複数台設けた構成とし、回転数可変だけでなく台数制御により可変流量制御を行うようにしても良い。

冷水ポンプ21, 22, 23の制御は、冷凍システム1全体の制御を統括する設備側制御部によって行われる。

[0028] サプライヘッダ31には、各ターボ冷凍機11, 12, 13において得られた冷水が集められるようになっている。

サプライヘッダ31に集められた冷水は、外部負荷3に供給される。

外部負荷3にて空調等へ供されて昇温した冷水は、リターンヘッダ32に送られる。

冷水は、リターンヘッダ32において分岐され、各ターボ冷凍機11, 12, 13に送られる。

[0029] サプライヘッダ31とリターンヘッダ32との間には、バイパス回路33が設けられている。このバイパス回路33には、開閉バルブ34が設けられている。この開閉バルブ34を調整することにより、サプライヘッダ31からリターンヘッダ32へと流れる冷水流量を調整して、サプライヘッダ31から外部負荷3へ流れる冷水の供給圧力を調整するようになっている。この開閉バルブ34の制御は、設備側制御部によって行われる。

[0030] 第1冷水ポンプ21の下流側には、第1冷水ポンプ21から流出する流量を計測する第1冷水流量計24が設けられている。この第1冷水流量計24の出力は、設備側制御部へと送られる。

第1冷水ポンプ21と第1ターボ冷凍機11との間から分岐して、バイパス回路33へと接続される第1バイパス流路25が設けられている。第1バイパス流路25には、冷水流量を計測する第1バイパス流量計26、及び、第1バイパス弁27が設けられている。第1バイパス流量計の出力は、設備側制御部40(図2参照)へと送られる。第1バイパス弁27は、設備側制御部によってその開度が制御される。

第1ターボ冷凍機11の上流側の冷水配管には、第1ターボ冷凍機11へと流入する冷水温度を計測するための第1冷水入口温度センサ29が設けられている。この第1冷水入口温度センサ29の出力は、設備側制御部40へと送られる。

リターンヘッダ32の上流側の冷水配管には、外部負荷3から戻される冷水の温度を検出するための温度センサ29bが設けられている。

[0031] 第2ターボ冷凍機12及び第3ターボ冷凍機13についても、第1ターボ冷凍機11と同様に、バイパス流路、バイパス流量計、バイパス弁および冷水入口温度センサが設けられている。ただし、図1では、理解の容易のために第1ターボ冷凍機11に対してのみこれらの構成が示されている。もちろん、用途に応じて、第2ターボ冷凍機12や第3ターボ冷凍機13にこれらの機器を設けない構成としても良い。

[0032] 図2には、設備側制御部40と冷凍機側制御部42との間のデータの受け渡しが示されている。

設備側制御部40からは、目標熱負荷、目標冷水出口温度、現在値冷水入口温度

が冷凍機側制御部42へと送られる。

目標熱負荷は、サプライヘッダ31にて合流する冷水温度に影響を与えない程度に許容できる熱負荷を意味する。すなわち、増段する際に併入しようとするターボ冷凍機が要求される冷水出口温度(目標冷水出口温度)を満足しつつ、他のターボ冷凍機から供給された冷水が合流するサプライヘッダ31の冷水温度に影響を与えない程度の熱負荷を意味する。

目標冷水出口温度は、外部負荷3が要求する冷水温度に依存し、設備側制御部において決定される。

現在値冷水入口温度は、現在における冷水入口温度を意味し、第1冷水入口温度センサ29から設備側制御部40が所定周期にて得ている。

- [0033] 冷凍機側制御部42は、目標冷水出口温度と、現在値冷水入口温度とに基づいて、目標熱負荷を満足する冷水の目標冷水流量を演算し、設備側制御部42へと出力する。すなわち、下式に示すように、冷凍機が出力する熱負荷 Q は、冷水出口温度 T_o と冷水入口温度 T_i との温度差、冷水流量 G に比例するという熱バランスの関係を用いて目標冷水流量を演算する。

$$Q = (T_i - T_o) \times G \times \gamma \times \lambda \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 γ は、冷水出入口の平均温度における冷水の比重、 λ は、冷水出入口の平均温度における冷水の比熱を意味する。

- [0034] 設備側制御部40は、冷凍機側制御部42から得られた目標冷水流量となるように、第1冷水ポンプ21及び第1バイパス弁27を制御する。この制御の際には、第1冷水流量計24及び第1バイパス流量計26の出力値をフィードバックして行う。特に、上述したような定格の3.3%といったような極めて低い低流量の場合には、冷水ポンプ21の回転数制御だけでは流量制御は困難なので、第1バイパス弁27の開度を調節することによって所望の流量を得る。なお、第1ターボ冷凍機11へ供給される冷水流量は、第1冷水流量計24の出力値と第1バイパス流量計26の出力値との差分から得ることができる。

- [0035] 次に、上記構成の冷凍システム1の制御方法について説明する。

ターボ冷凍機の増段時を例として説明する。具体的には、第2ターボ冷凍機12及

び第3ターボ冷凍機13が起動しており、第1ターボ冷凍機11が併入前となっている状態を想定して説明する。

第2ターボ冷凍機12及び第3ターボ冷凍機13によって例えば8℃とされた目標冷水出口温度が維持されている。例えば通り雨が近づき急激な湿度上昇が予想されるといったように、近い将来に導入外気の湿度上昇により除湿のための熱負荷が急激に増大することが予測される場合には、設備側制御部40からの指令により、起動指令があれば即座に熱負荷を出力できるように第1ターボ冷凍機11は早期起動用待機モードに入る。この早期起動用待機モードは、目標冷水出口温度の冷水を供給する一方で、外部負荷へ影響を与えない程度の小さな熱負荷を出力しながら待機運転を行うものである。このときの熱負荷は、例えば定格の20%以下、好ましくは定格の10%以下といった超低負荷とされる。

[0036] 早期起動用待機モードでは、設備側制御部40から目標冷水出口温度、現在値冷水入口温度および目標熱負荷を冷凍機側制御部42が得る。そして、冷凍機側制御部42では、これら目標冷水出口温度と現在値冷水入口温度とに基づいて、目標熱負荷を満足する冷水の目標冷水流量を演算する。即ち、目標冷水出口温度と現在値冷水入口温度の温度差に基づいて定格時の冷水出入口温度差に対する割合を得る。この割合が定格冷水流量時の冷凍機熱負荷となる。そして、この冷凍機熱負荷と目標熱負荷との比に等しくなるように、定格冷水流量に対する目標冷水流量の比を決定する。

例えば、冷水出入口の定格温度差が5℃で、現在値冷水入口温度が8℃、目標冷水出口温度が5℃、目標熱負荷が2%の場合には、次のようになる。定格温度差5℃に対して現在の温度差が $8^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 3^{\circ}\text{C}$ となるので、冷水流量が定格の場合には、 $3/5 \times 100\% = 60\%$ の出力でターボ冷凍機は運転されることとなる。一方、要求される目標熱負荷が2%なので、熱出力を $2/60 \times 100\% = 3.3\%$ に絞る必要がある。ので、目標冷水流量は定格流量の3.3%ということになる。

このように得られた目標冷水流量は、冷凍機側制御部42から設備側制御部42へと出力される。

設備側制御部42は、この目標冷水流量を実現するように、第1冷水ポンプ21およ

び第1バイパス弁27をフィードバック制御する。

この状態で第1ターボ冷凍機11は運転され、将来の急激な負荷上昇に備える。

例えば通り雨が到来し、除湿のために急激な負荷上昇が設備側制御部40から要求されると、第1ターボ冷凍機11は、既に目標冷水出口温度に調整されているので、速やかに負荷を上げることができる。

[0037] 早期起動用待機モードでは、冷水流量が極めて少なく(例えば上述の例では定格の3.3%)、しかもターボ冷凍機は目標熱負荷に応じた冷凍出力を出力しているので、蒸発器の伝熱管内で冷水が凍結するおそれがある。そこで、以下のように制御することが好ましい。

冷凍機側制御部42は、設備側制御部40から現在の冷水流量(現在値冷水流量)を得ることとする。そして、現在値冷水流量が目標冷水流量から求められる閾値を下回った場合には、冷水が伝熱管内で止まって凍結するおそれがあると判断して、ターボ冷凍機の停止動作を開始する。

閾値の設定は、具体的には、図3のように行う。同図において、横軸は、目標冷水流量であり、定格時の冷水流量に対する百分率で示してある。縦軸は、ターボ冷凍機の停止動作を開始する冷水流量の閾値である。

同図に示されているように、定格の30%以下の目標冷水流量となると、目標冷水流量の60%を閾値とする。したがって、定格30%流量のときは、その60%の18%が閾値となる。このように、目標冷水流量に応じて閾値を変化させることができるので、運転状態に応じた適切な閾値を設定することができる。

しかし、目標冷水流量がさらに低下していても、閾値が2%を下回らないようにする。このようにして、絶対的な下限となる閾値を設けることにより機器の保護を図る。

[0038] また、冷凍機制御部42が蒸発器内の蒸発圧力を得て、この蒸発圧力が所定値以下となった場合に、ターボ冷凍機の停止動作を開始することとしても良い。これにより、蒸発圧力が所定値以下となった場合には、蒸発温度が所定値以下に下がったことを意味するので、伝熱管内の冷水の凍結を正確に予測することができる。この蒸発圧力による制御は、上述の冷水流量による制御と併せて用いるのが好ましい。具体的には、冷水流量または蒸発圧力のいずれかが所定値を下回った場合にはターボ

冷凍機の停止動作を行う。このように、冷水流量および蒸発圧力を用いることにより、いずれかのセンサが故障したとしても停止動作を確実に行うことができる。また、一般に流量計からの出力は設備側制御部40から冷凍機側制御部42が得ることになるが、蒸発圧力を用いることとすれば、設備側制御部40にかかわらず冷凍機制御部42により処理を完結することができるという利点がある。また、設備側制御部40から冷水流量を得ることができない環境の場合には、蒸発圧力のみで停止動作に関する制御を行うことも可能である。

さらに、センサの故障等のバックアップのために、蒸発器の液冷媒温度や、現在の冷水出口温度を用いることとしても良い。

[0039] 早期起動用待機モードでは、上述のように冷水流量が極めて少なくなるので、ターボ冷凍機の温度調節制御についても以下のようにすることが好ましい。

冷水の温度制御は、IGVの開度を変化させることによって行う。このIGV開度は、現在値冷水出口温度をフィードバック制御（例えばPID制御やPI制御）することによって与えられる。このフィードバック制御の際の制御出力の感度を、現在値冷水流量の低下に応じて落とすこととする。

通常の定格運転では、IGV開度を得る際の制御ゲインは、冷水流量が定格の場合を基準として設定されたものが用いられる。しかし、早期起動用待機モードでは、冷水流量が定格よりも大幅に小さくなるので、定格時の制御ゲインを用いると感度が過剰となりすぎてオーバーシュートしてしまうおそれがある。そこで、現在値冷水流量の低下に応じて、IGV開度を得る際のフィードバック制御出力の感度を落とすこととして、制御性を確保するようになっている。例えば、比例ゲインを冷水流量に反比例させることとする。あるいは、積分ゲインの積分時間を冷水流量に反比例させても良い。

[0040] なお、本実施形態では、ターボ冷凍機を増段する際の動作について説明したが、本発明はターボ冷凍機の台数を減じる減段時にも用いることができる。すなわち、外部負荷3から要求される熱負荷が減少していき1台のターボ冷凍機を減段させる際には、このターボ冷凍機を停止させるのではなく、上述した早期起動用待機モードで運転を継続させておく。これにより、再び負荷が上昇したときには即座に対応することができる。

また、ターボ冷凍機の段数については、本実施形態の3段に限定されるものではなく、2段あるいは4段以上であっても良い。

また、上述の早期起動用待機モードが可能なターボ冷凍機は1台のみであってもよく、また一部の複数台のターボ冷凍機でもあってもよく、さらには全台のターボ冷凍機であっても良い。

請求の範囲

- [1] 冷媒を圧縮するターボ圧縮機と、圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器と、凝縮された冷媒を膨張させる膨張弁と、膨張された冷媒を蒸発させ、冷水を冷却する蒸発器と、該蒸発器にて冷却された前記冷水の温度である冷水出口温度を所望値となるように運転を制御する冷凍機側制御部とを備えたターボ冷凍機において、
前記冷凍機側制御部には、前記冷水の出力先から目標熱負荷が与えられ、
前記冷凍機側制御部は、前記目標熱負荷が所定値以下の場合に、前記蒸発器に流入する前記冷水の現在の温度である現在値冷水入口温度と、目標の冷水出口温度である目標冷水出口温度とに基づいて、前記目標熱負荷を満足する前記冷水の目標冷水流量を出力するターボ冷凍機。
- [2] 前記冷凍機側制御部は、現在の冷水流量である現在値冷水流量を得て、該現在値冷水流量が前記目標冷水流量を下回る所定値以下となった場合には、当該ターボ冷凍機の運転を停止させる動作を行う請求項1に記載のターボ冷凍機。
- [3] 前記冷凍機側制御部は、前記蒸発器内の蒸発圧力を得て、該蒸発圧力が所定値以下となった場合には、当該ターボ冷凍機の運転を停止させる動作を行う請求項1又は2に記載のターボ冷凍機。
- [4] 前記冷水の温度を制御する温度調節部に対して与えるフィードバック制御出力の感度を、現在値冷水流量の低下に応じて落とす請求項1から3のいずれかに記載のターボ冷凍機。
- [5] 複数のターボ冷凍機と、
これらターボ冷凍機から供給される冷水を外部負荷へ供給する冷水供給部と、
前記冷水の流量および温度を制御する設備側制御部を備えた冷凍システムにおいて、
前記複数のターボ冷凍機の少なくとも1つが請求項1から4のいずれかに記載されたターボ冷凍機とされ、
該ターボ冷凍機の前記冷凍機側制御部は、前記設備側制御部から前記目標冷水出口温度および前記目標熱負荷を得るとともに、前記設備側制御部に対して前記目標冷水流量を出力する冷凍システム。

[6] 冷媒を圧縮するターボ圧縮機と、圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器と、凝縮された冷媒を膨張させる膨張弁と、膨張された冷媒を蒸発させ、冷水を冷却する蒸発器と、該蒸発器にて冷却された前記冷水の温度である冷水出口温度を所望値となるように運転を制御する冷凍機側制御部とを備えたターボ冷凍機の制御方法において、前記冷凍機側制御部には、前記冷水の出力先から得られる目標熱負荷が与えられ、

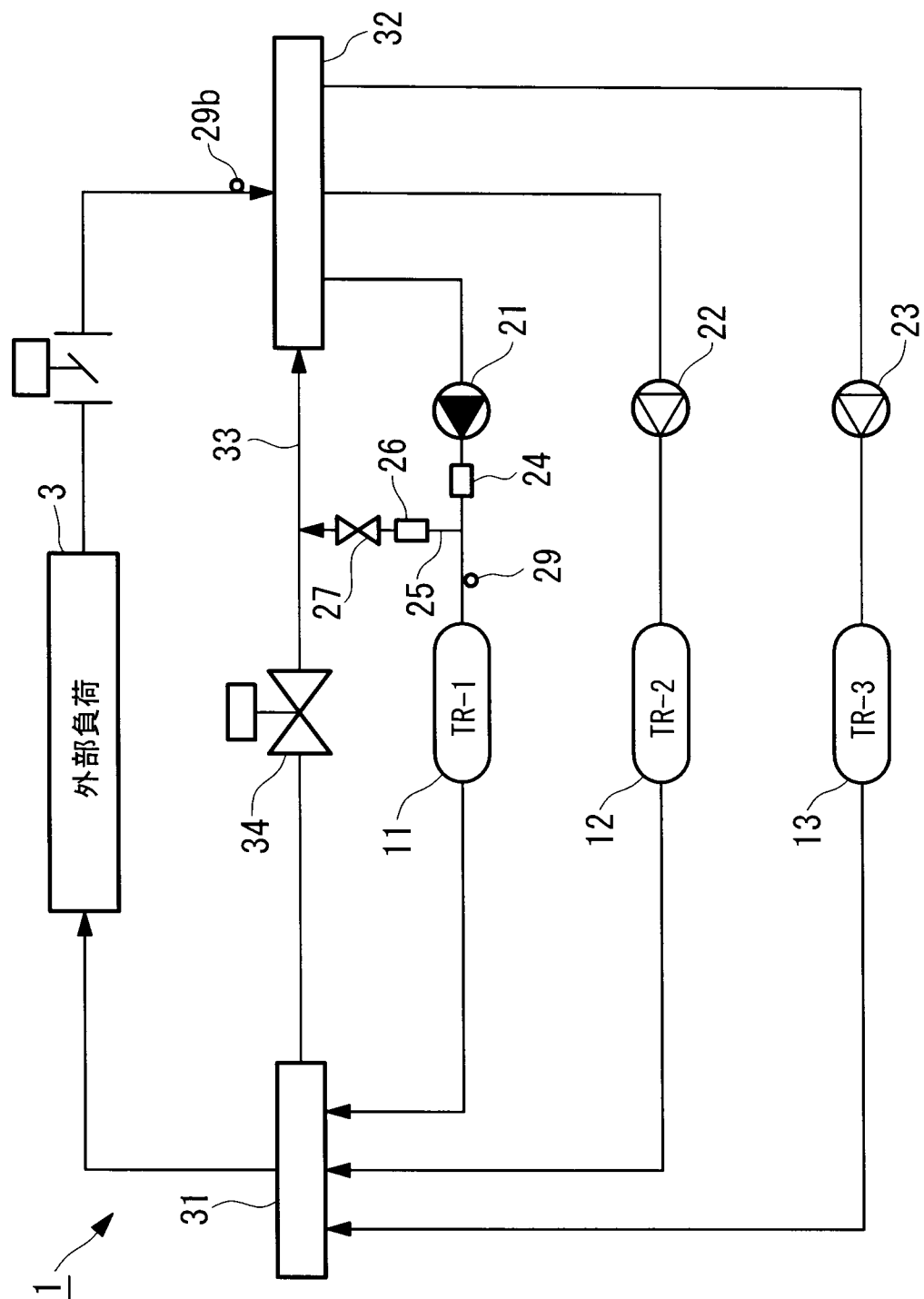
前記冷凍機側制御部は、前記目標熱負荷が所定値以下の場合に、前記蒸発器に流入する前記冷水の現在の温度である現在値冷水入口温度と、目標の冷水出口温度である目標冷水出口温度とに基づいて、前記目標熱負荷を満足する前記冷水の目標冷水流量を出力するターボ冷凍機の制御方法。

[7] 複数のターボ冷凍機と、これらターボ冷凍機から供給される冷水を外部負荷へ供給する冷水供給部と、前記冷水の流量および温度を制御する設備側制御部を備えた冷凍システムの制御方法において、

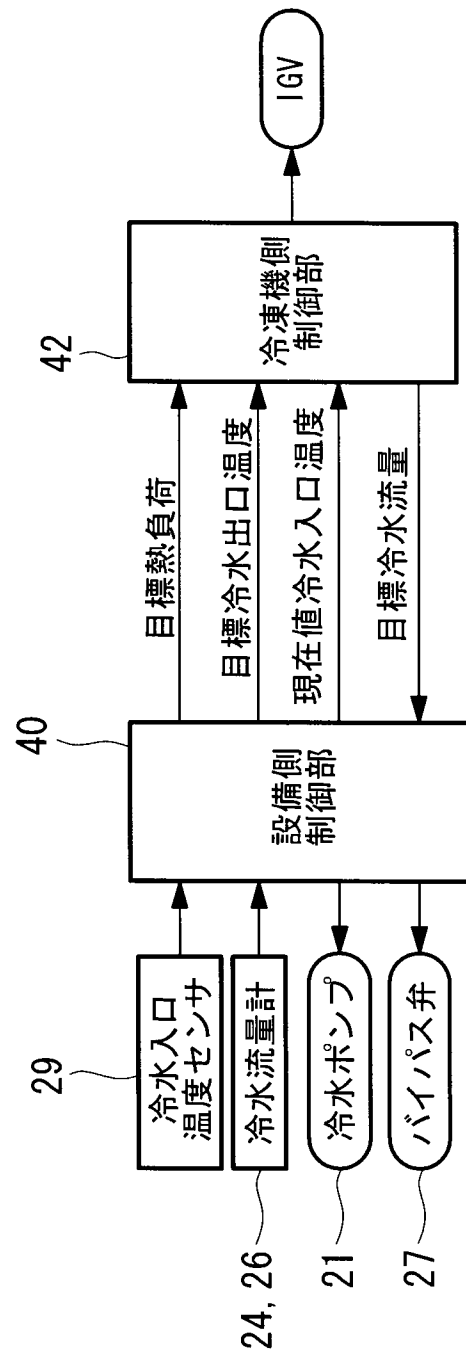
前記複数のターボ冷凍機の少なくとも1つが請求項1から4のいずれかに記載されたターボ冷凍機とされ、

該ターボ冷凍機の前記冷凍機側制御部は、前記設備側制御部から前記目標冷水出口温度および前記目標熱負荷を得るとともに、前記設備側制御部に対して前記目標冷水流量を出力する冷凍システムの制御方法。

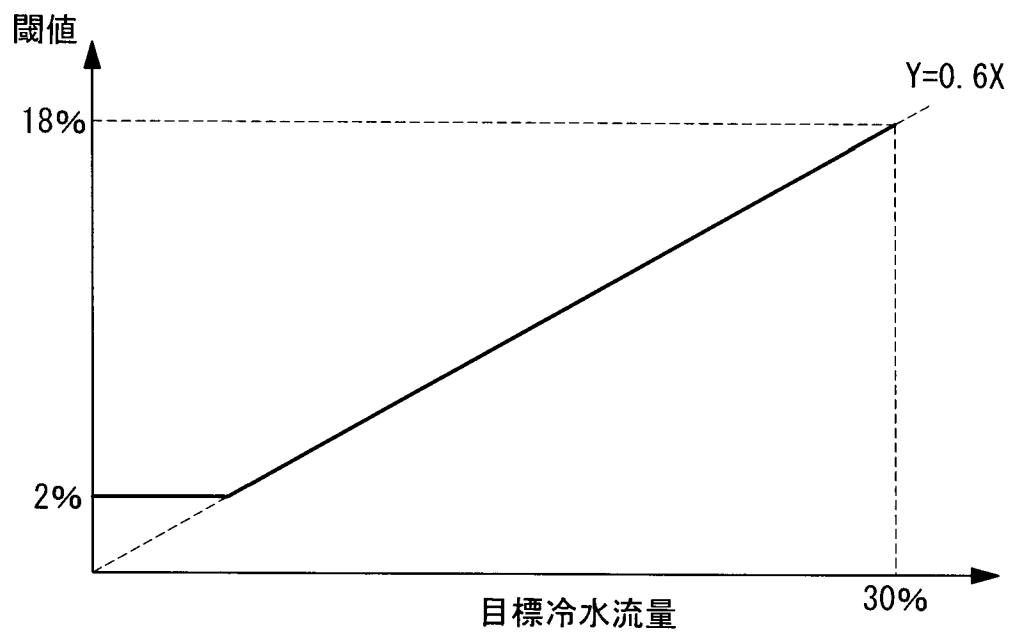
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B1/053(2006.01)i, F24F11/02(2006.01)i, F25B1/00(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F25B1/053, F24F11/02, F25B1/00

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-46839 A (Toho Gas Co., Ltd.), 16 February, 2006 (16.02.06), Par. Nos. [0006], [0018], [0022] to [0047]; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-7
Y	JP 2007-225213 A (Mitsubishi Electric Corp.), 06 September, 2007 (06.09.07), Par. Nos. [0010], [0011] (Family: none)	1-7
Y	JP 2007-278523 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 October, 2007 (25.10.07), Par. Nos. [0028], [0032] (Family: none)	2-5, 7

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 December, 2008 (26.12.08)Date of mailing of the international search report
13 January, 2009 (13.01.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071402

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-27432 A (Shin Nippon Air Technologies Co., Ltd.), 27 January, 1995 (27.01.95), Par. Nos. [0002], [0012] (Family: none)	3-5, 7
Y	JP 2001-124387 A (Sanden Corp.), 11 May, 2001 (11.05.01), Par. Nos. [0007], [0019] & DE 10051582 A1 & FR 2801842 A	4, 5, 7
Y	JP 2003-269779 A (Dai-Dan Co., Ltd.), 25 September, 2003 (25.09.03), Par. Nos. [0020] to [0039]; Fig. 3 (Family: none)	5, 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F25B1/053(2006.01)i, F24F11/02(2006.01)i, F25B1/00(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（I P C））

Int.Cl. F25B1/053, F24F11/02, F25B1/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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 請求の範囲の番号
Y	JP 2006-46839 A（東邦ガス株式会社）2006.02.16, 【0006】、【0018】、【0022】～【0047】、図1～5 （ファミリーなし）	1 - 7
Y	JP 2007-225213 A（三菱電機株式会社）2007.09.06, 【0010】、【0011】（ファミリーなし）	1 - 7
Y	JP 2007-278523 A（三菱重工株式会社）2007.10.25, 【0028】、【0032】（ファミリーなし）	2 - 5, 7

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

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 1 2 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 1 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

田々井 正吾

3 M

4 4 8 5

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 請求の範囲の番号
Y	JP 7-27432 A (新日本空調株式会社) 1995. 01. 27, 【0002】, 【0012】 (ファミリーなし)	3 - 5, 7
Y	JP 2001-124387 A (サンデン株式会社) 2001. 05. 11, 【0007】, 【0019】 & DE 10051582 A1 & FR 2801842 A	4, 5, 7
Y	JP 2003-269779 A (ダイダン株式会社) 2003. 09. 25, 【0020】 ~ 【0039】, 図3 (ファミリーなし)	5, 7