

(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
2017年2月9日(09.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/022282 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/062645
- (22) 国際出願日: 2016年4月21日(21.04.2016)
- (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 2015-152177 2015年7月31日(31.07.2015) JP
- (71) 出願人: 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1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 筈井 祐介 (HAZUI, Yusuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 大内 敏昭 (OUCHI, Toshiaki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 松尾 実 (MATSUO, Minoru); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 二階堂 智 (NIKAIDO, Satoshi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三

菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 前原 則保 (MAEHARA, Noriyasu); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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

[続葉有]

(54) Title: REFRIGERATOR SYSTEM

(54) 発明の名称: 冷凍機システム

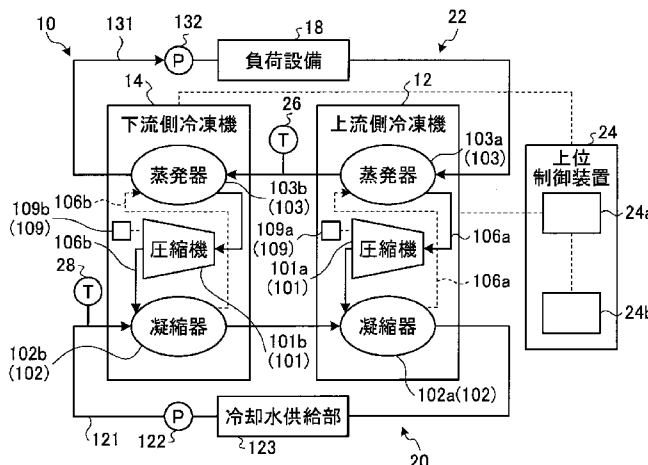


FIG. 1:
12 Upstream refrigerator
14 Downstream refrigerator
18 Load equipment
24 Higher-level control device
101a, 101b Compressor
102a, 102b Condenser
103a, 103b Evaporator
123 Cooling water supply unit

(57) Abstract: Provided is a refrigerator system with which refrigerators can be operated efficiently. This refrigerator system has: an upstream refrigerator having a first compressor that compresses a refrigerant, a first condenser that condenses the refrigerant compressed by the first compressor, and a first evaporator that evaporates the refrigerant condensed by the first condenser and cools cold water; a downstream refrigerator or having a second compressor that compresses a refrigerant, a second condenser that condenses the refrigerant compressed by the second compressor, and a second evaporator that evaporates the refrigerant condensed by the second condenser and cools the cold water that has passed through the first evaporator; and a higher-level control device that controls the operation of the upstream refrigerator and the downstream refrigerator. The first compressor is a variable-speed device, and the second compressor is a constant-speed device.

(57) 要約: 冷凍機を効率良く運転できる冷凍機システムを提供すること。冷凍機システムは、冷媒を圧縮する第1圧縮機、第1圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第1凝縮器、及び第1凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させて冷水を冷却する第1蒸発器を有する上流側冷凍機と、冷媒を圧縮する第2圧縮機、第2圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第2凝縮器、及び第2凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させて第1蒸発器を通過した冷水を冷却する第2蒸発器を有する下流側冷凍機と、上流側冷凍機及び下流側冷凍機の運転を制御する上位制御装置と、を有する。第1圧縮

機は可変速機であり、第2圧縮機は、固定速機である。



ロシア (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))

明 細 書

発明の名称： 冷凍機システム

技術分野

[0001] 本発明は、2台の冷凍機を備える冷凍機システムに関する。

背景技術

[0002] 冷凍機を有する冷凍機システムは、建物の空調設備、冷蔵設備、及び冷凍設備のような負荷設備に使用される。冷凍機システムにおいて、冷凍サイクルを構成する2台の冷凍機が直列で接続され、負荷設備に供給される冷水が2台の冷凍機の凝縮器によって冷却される冷凍機システムが知られている。特許文献1には、上流側冷凍機（上流側熱源機）を通過し、下流側冷凍機（下流側熱源機）に流入する冷媒（熱媒）の温度である中間温度を制御対象として、運転コストが所定値以下となるように中間温度を設定する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-141098号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 冷凍機システムにおいて、冷凍機が効率良く運転されることにより、エネルギー消費の低減が図られる。本発明は上述した課題を解決するものであり、冷凍機を効率良く運転できる冷凍機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

[0005] 上述の目的を達成するために、本発明の冷凍機システムは、冷媒を圧縮する第1圧縮機、前記第1圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第1凝縮器、及び前記第1凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させ、冷水を冷却する第1蒸発器を有する上流側冷凍機と、冷媒を圧縮する第2圧縮機、前記第2

圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第2凝縮器、及び前記第2凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させ、前記第1蒸発器を通過した冷水を冷却する第2蒸発器を有する下流側冷凍機と、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の稼動、停止及び、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の負荷を制御する上位制御装置と、を有し、前記第1圧縮機は、可変速機であり、前記第2圧縮機は、固定速機であることを特徴とする。

[0006] 前記上位制御装置は、設備負荷率が第1閾値よりも小さい場合、前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止する第1モードとし、前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止している状態で、設備負荷率が前記第1閾値よりも高い第2閾値以上となった場合、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転する第2モードとし、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転している状態で、設備負荷率が前記第1閾値よりも低くなった場合、前記第1モードとすることが好ましい。

[0007] 前記上位制御装置は、前記第1モードで設備負荷率が前記第2閾値を超え、前記第2モードでの運転を開始する場合、前記上流側冷凍機と前記下流側冷凍機との負荷を等負荷に対する差が10%以内となる負荷とすることが好ましい。

[0008] 前記上位制御装置は、前記第1モードで設備負荷率が前記第2閾値を超え、前記第2モードでの運転を開始する場合、前記上流側冷凍機と前記下流側冷凍機との負荷を等負荷とすることが好ましい。

[0009] 前記上位制御装置は、前記第2モードで運転し、かつ、設備負荷率が第2閾値よりも高い第3閾値を超えた場合、前記下流側冷凍機の負荷率を100%とし、設備負荷率に応じて前記上流側冷凍機の負荷率を変動させることが好ましい。

[0010] 前記第2凝縮器は、供給される冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、前記第1凝縮器は、前記第2凝縮器を通過した冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、前記第2凝縮器に供給される冷却水の温度を検出する冷却水温度検出部を有し、前記上位制御装置は、前記

冷却水温度検出部が検出した温度に基づいて、前記第 1 閾値を調整することが好ましい。

[0011] 前記第 1 閾値は、前記冷却水温度検出部が検出した温度が低いほど低い設備負荷率となることが好ましい。

[0012] 上述の目的を達成するために、本発明の冷凍機システムは、冷媒を圧縮する第 1 圧縮機、前記第 1 圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第 1 凝縮器、及び前記第 1 凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させ、冷水を冷却する第 1 蒸発器を有する上流側冷凍機と、冷媒を圧縮する第 2 圧縮機、前記第 2 圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第 2 凝縮器、及び前記第 2 凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させ、前記第 1 蒸発器を通過した冷水を冷却する第 2 蒸発器を有する下流側冷凍機と、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の稼動、停止及び、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の負荷を制御する上位制御装置と、を有し、前記第 1 圧縮機は、固定速機であり、前記第 2 圧縮機は、固定速機であり、前記上位制御装置は、設備負荷率が第 1 閾値よりも小さい場合、前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止する第 1 モードとし、前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止している状態で、設備負荷率が前記第 1 閾値よりも高い第 2 閾値以上となった場合、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転する第 2 モードとし、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転している状態で、設備負荷率が前記第 1 閾値よりも低くなった場合、前記第 1 モードとすることを特徴とする。

[0013] 前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転している状態で、かつ、設備負荷率が第 2 閾値よりも高い第 3 閾値を超えた場合、設備負荷率の上昇に対応して、前記下流側冷凍機の負荷を一定にしたまま、前記上流側冷凍機の負荷率を上昇させ、前記上流側冷凍機の負荷率が 100% になった後、前記下流側冷凍機の負荷率を変動させることが好ましい。

[0014] 前記第 2 凝縮器は、供給される冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、前記第 1 凝縮器は、前記第 2 凝縮器を通過した冷却水と冷媒

との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、前記第2凝縮器に供給される冷却水の温度を検出する冷却水温度検出部を有し、前記上位制御装置は、前記冷却水温度検出部が検出した温度に基づいて、前記第3閾値を調整することが好ましい。

[0015] 前記第3閾値は、前記冷却水温度検出部が検出した温度が高いほど低い設備負荷率となることが好ましい。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、冷凍機を効率良く運転できる冷凍機システムが提供される。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、冷凍機システムの概略構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、図1に示す冷凍機の概略構成を示す説明図である。

[図3]図3は、冷凍機システムの冷凍機の組み合わせと消費電力の関係を示すグラフである。

[図4]図4は、冷凍機システムの処理動作の一例を示すフローチャートである。

[図5]図5は、設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。

[図6]図6は、冷凍機システムの処理動作の一例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、第1閾値と設備負荷率と冷却水入口温度との関係を示すグラフである。

[図8]図8は、冷凍機の組み合わせと設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。

[図9]図9は、冷凍機システムの処理動作の一例を示すフローチャートである。

[図10]図10は、冷凍機の負荷率の制御を説明するための説明図である。

[図11]図11は、冷凍機の負荷率と設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。

[図12]図 1 2 は、冷凍機システムの処理動作の一例を示すフローチャートである。

[図13]図 1 3 は、冷凍機の負荷率の制御を説明するための説明図である。

[図14]図 1 4 は、冷凍機の負荷率と設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。

[図15]図 1 5 は、設備負荷率とCOPとの関係を示すグラフである。

[図16]図 1 6 は、冷凍機システムの処理動作の一例を示すフローチャートである。

[図17]図 1 7 は、消費電力削減率と設備負荷率との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。また、下記実施例における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

[0019] [第 1 実施形態]

図 1 は、冷凍機システム 10 の概略構成を示すブロック図である。冷凍機システム 10 は、上流側冷凍機 12 と、下流側冷凍機 14 と、冷却水循環系 20 と、冷水循環系 22 と、上位制御装置 24 と、冷水中間温度検出部 26 と、入口冷却水温度検出部 28 と、を備える。冷凍機システム 10 により、負荷設備 18 に冷水が供給される。

[0020] 上流側冷凍機 12 は、負荷設備 18 に供給される冷水を冷却する。上流側冷凍機 12 は、冷媒を使って冷水を冷却する。上流側冷凍機 12 は、冷媒を圧縮する第 1 圧縮機 101a と、第 1 圧縮機 101a により圧縮された冷媒を凝縮させる第 1 凝縮器 102a と、第 1 凝縮器 102a により凝縮された冷媒を蒸発させて冷水を冷却する第 1 蒸発器 103a と、第 1 循環経路 106a と、を有する。第 1 圧縮機 101a と第 1 凝縮器 102a と第 1 蒸発器

103aとは、第1循環経路106aを介して接続される。上流側冷凍機12の冷媒は、第1循環経路106aを介して、第1圧縮機101a、第1凝縮器102a、及び第1蒸発器103aを循環する。上流側冷凍機12は、制御装置109aが各部の動作を制御する。

[0021] 下流側冷凍機14は、負荷設備18に供給される冷水を冷却する。下流側冷凍機14は、冷媒を使って冷水を冷却する。下流側冷凍機14は、冷媒を圧縮する第2圧縮機101bと、第2圧縮機101bにより圧縮された冷媒を凝縮させる第2凝縮器102bと、第2凝縮器102bにより凝縮された冷媒を蒸発させて第1蒸発器103aを通過した冷水を冷却する第2蒸発器103bと、第2循環経路106bと、を有する。第2圧縮機101bと第2凝縮器102bと第2蒸発器103bとは、第2循環経路106bを介して接続される。下流側冷凍機14の冷媒は、第2循環経路106bを介して、第2圧縮機101b、第2凝縮器102b、及び第2蒸発器103bを循環する。下流側冷凍機14は、制御装置109bが各部の動作を制御する。

[0022] 負荷設備18は、例えばビル又は工場のような建物に設置される空調設備である。負荷設備18は、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14から供給された冷水を使って、対象物を冷却する。例えば、負荷設備18は、供給された冷水と空気とを熱交換し、冷水で冷却された空気を建物に供給する。これにより、建物の温度又は湿度が調整される。

[0023] なお、負荷設備18は、冷蔵設備でもよいし、冷凍設備でもよい。また、負荷設備18は、供給された冷水と液体とを熱交換し、冷水で冷却された液体を対象物に供給してもよい。

[0024] 冷却水循環系20は、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14に冷却水を供給して、上流側冷凍機12の冷媒及び下流側冷凍機14の冷媒を冷却する。冷却水は、上流側冷却機12の第1凝縮器102aを流れる冷媒、及び下流側冷凍機14の第2凝縮器102bを流れる冷媒を冷却する。

[0025] 第2凝縮器102bは、冷却水供給部123から供給される冷却水と冷媒との間で熱交換を行って、下流側冷凍機14の冷媒を冷却する。第1凝縮器

102aは、第2凝縮器102bを通過した冷却水と冷媒との間で熱交換を行って、上流側冷凍機12の冷媒を冷却する。

[0026] 冷却水循環系20は、冷却水配管121と、ポンプ122と、冷却水供給部123とを有する。冷却水配管121は、冷却水が流れる管路である。ポンプ122は、冷却水供給部123と第2凝縮器102bとの間の冷却水配管121に配置される。冷却水供給部123は、冷却水配管121に冷却水を供給し、冷媒と熱交換した冷却水を回収する。

[0027] 冷却水配管121は、上流側冷凍機12の第1凝縮器102a、下流側冷凍機14の第2凝縮器102b、ポンプ122、及び冷却水供給部123のそれぞれと接続される。冷却水は、ポンプ122の作動により、冷却水配管121を介して、第1凝縮器102a、第2凝縮器102b、及び冷却水供給部123を循環する。

[0028] 冷却水循環系20において、冷却水供給部123から供給された冷却水は、第2凝縮器102bを流れ、第1凝縮器102aを流れた後、冷却水供給部123に戻る。これにより、第2凝縮器102bを流れる冷媒及び第1凝縮器102aを流れる冷媒が、冷却水で冷却される。

[0029] 冷水循環系22は、上流側冷凍機12の冷媒及び下流側冷凍機14の冷媒で冷却された冷水を負荷設備18に供給する。また、冷水循環系22は、負荷設備18で空気と熱交換した冷水を上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14に供給する。

[0030] 冷水循環系22は、冷水配管131と、ポンプ132とを有する。冷水配管131は、冷水が流れる管路である。ポンプ132は、負荷設備18と第2蒸発器103bとの間の冷水配管131に配置される。

[0031] 冷水配管131は、上流側冷凍機12の第1蒸発器103a、下流側冷凍機14の第2蒸発器103b、ポンプ132、及び負荷設備18のそれぞれと接続される。冷水は、ポンプ132の作動により、冷水配管131を介して、第1蒸発器103a、第2蒸発器103b、及び負荷設備18を循環する。

- [0032] 冷水循環系 22 において、負荷設備 18 で熱交換された冷水は、第 1 蒸発器 103a を流れ、第 2 蒸発器 103b を流れた後、負荷設備 18 に供給される。冷水は、第 1 蒸発器 103a 及び第 2 蒸発器 103b で冷却された後、負荷設備 18 に供給される。
- [0033] 上位制御装置 24 は、CPU のようなプロセッサを含む演算部と、ROM 又は RAM のようなメモリを含む記憶部とを有する。上位制御装置 24 は、上流側冷凍機 12 及び下流側冷凍機 14 の稼動、停止及び、上流側冷凍機 12 及び下流側冷凍機 14 の負荷（または負荷率）を制御する。上位制御装置 24 は、運転台数決定部 24a と、負荷配分決定部 24b と、を有する。
- [0034] 運転台数決定部 24a は、負荷設備 18 に必要とされる設備負荷率に基づいて、上流側冷凍機 12 及び下流側冷凍機 14 の 2 台の冷凍機のうち、運転（稼動）する冷凍機の台数を決定する。負荷配分決定部 24b は、運転（稼動）される冷凍機の負荷率又は負荷を設定する。負荷率とは、定格負荷を 100% としたときの現在の負荷の割合である。負荷率が 0% の場合、対象の冷凍機は停止している状態となる。また、負荷とは、冷凍機の実出力の実数である。負荷配分決定部 24b は、負荷設備の要求負荷に基づいて、運転（稼動）される冷凍機の負荷率又は負荷を設定する。また、負荷配分決定部 24b は、上流側冷凍機 12、下流側冷凍機 14 の運転状態や、冷水、冷却水の状態に基づいて、上流側冷凍機 12 と下流側冷凍機 14 の負荷を調整する。負荷配分決定部 24b は、例えば、冷水中間温度検出部 26 の検出結果に基づいて、上流側冷凍機 12 及び下流側冷凍機 14 のそれぞれが設定された負荷率となるように、上流側冷凍機 12 の負荷率または負荷及び下流側冷凍機 14 の負荷率または負荷を調整する。
- [0035] 冷水中間温度検出部 26 は、冷水配管 131 を流れる冷水の温度を検出する。冷水中間温度検出部 26 は、第 1 蒸発器 103a と第 2 蒸発器 103b との間の冷水配管 131 の冷水の温度を検出する。冷水中間温度検出部 26 は、第 2 蒸発器 103b に供給される冷水の温度を検出する。
- [0036] 入口冷却水温度検出部 28 は、冷却水配管 121 を流れる冷却水の温度を

検出する。入口冷却水温度検出部 28 は、第 2 凝縮器 102b の入口において、第 2 凝縮器 102b に供給される冷却水の温度を検出する。

[0037] 図 2 は、本実施形態に係る上流側冷凍機 12 の概略構成を示す図である。下流側冷凍機 14 は、上流側冷凍機 12 と同等の構造であるため、説明を省略する。以下の説明では、第 1 圧縮機 101a、第 1 凝縮器 102a、第 1 蒸発器 103a、第 1 循環経路 106a 及び制御装置 109a のそれぞれを、圧縮機 101、凝縮器 102、蒸発器 103、循環経路 106 及び制御装置 109 と称する。

[0038] 図 2 に示すように、上流側冷凍機 12 は、圧縮機 101 と、凝縮器 102 と、蒸発器 103 と、中間冷却器 104 と、制御装置 109 と、を有する。圧縮機 101 と凝縮器 102 とは冷媒配管 136a を介して接続される。凝縮器 102 と蒸発器 103 とは、冷媒配管 136b を介して接続される。蒸発器 103 と圧縮機 101 とは、冷媒配管 136c を介して接続される。中間冷却器 104 は、冷媒配管 136b に配置される。冷媒は、冷媒配管 136a、136b、136c を流れる。循環経路 106 は、冷媒配管 136a、136b、136c を含む。

[0039] 圧縮機 101、凝縮器 102、蒸発器 103、及び中間冷却器 104 は、冷媒配管 136a、136b、136c を含む循環経路 106 を介して接続される。冷媒は、循環経路 106 を介して、圧縮機 101、凝縮器 102、蒸発器 103、及び中間冷却器 104 を循環する。

[0040] また、上流側冷凍機 12 は、中間冷却器 104 の上流側の冷媒配管 136b に設けられた膨張弁（高段膨張弁）107 と、中間冷却器 104 の下流側の冷媒配管 136b に設けられた膨張弁（低段膨張弁）108 とを有する。

[0041] 圧縮機 101 は、羽根車の回転によって冷媒を圧縮するターボ圧縮機である。圧縮機 101 は、電動機 111 と、電動機 111 によって駆動される羽根車を含む圧縮部 112 を有する。電動機 111 は、インバータ制御により単位時間当たりの回転数を変更可能であり変更された回転数で圧縮部 112 を回転させる可変速機と、一定の回転数で圧縮部 112 を回転させる固定速

機とを含む。

- [0042] 圧縮部 112 は、電動機 111 により回転する羽根車を同軸上に 2 つ備えた 2 段圧縮方式の圧縮部でもよいし、電動機 111 により回転する羽根車を 1 つ備えた単段圧縮方式の圧縮部でもよい。圧縮部 112 が 2 段圧縮方式である場合、蒸発器 103 から圧縮機 101 に供給される気相の冷媒は、1 段目の羽根車で圧縮された後、2 段目の羽根車でさらに圧縮され、圧力及び温度を上昇させつつ冷媒配管 136a を介して凝縮器 102 に供給される。圧縮部 112 が単段圧縮方式である場合、蒸発器 103 から圧縮機 101 に供給される気相の冷媒は、羽根車で圧縮された後、圧力及び温度を上昇させつつ冷媒配管 136a を介して凝縮器 102 に供給される。
- [0043] 凝縮器 102 は、冷却水が供給される冷却水配管 121 と接続される。圧縮機 101 から凝縮器 102 に供給される気相の冷媒は、冷却水配管 121 に供給された冷却水と熱交換して凝縮し液化する。液化された液相の冷媒は、冷媒配管 136b を介して蒸発器 103 に供給される。
- [0044] 蒸発器 103 は、冷水が供給される冷水配管 131 と接続される。凝縮器 102 から蒸発器 103 に供給される液相の冷媒は、冷水配管 131 に供給された冷水と熱交換して蒸発する。冷水と冷媒との熱交換により、冷水の温度は低下する。冷水と熱交換した液相の冷媒は、蒸発し気化する。気化された気相の冷媒は、冷媒配管 136c を介して圧縮機 101 に供給される。
- [0045] 中間冷却器 104 は、凝縮器 102 において液化された後、膨張弁 107 を通過した冷媒を液相と気相とに分離する。中間冷却器 104 は、凝縮器 102 と蒸発器 103 との間に一定の圧力差を維持し、液相の冷媒の一部を気化させる。中間冷却器 104 には、凝縮器 102 において凝縮し切れなかった気相の冷媒と液相の冷媒とが供給される。中間冷却器 104 は、供給された気相の冷媒と液相の冷媒とを分離する気液分離器として機能する。中間冷却器 104 で分離された気相の冷媒は圧縮機 101 に供給される。中間冷却器 104 で分離された液相の冷媒は膨張弁 108 に供給される。膨張弁 108 を通過した冷媒は蒸発器 103 に供給される。

- [0046] 膨張弁（高段膨張弁）１０７は、凝縮器１０２で液化された冷媒を膨張させる。膨張弁１０７は、冷媒を凝縮圧から中間圧まで減圧させる。膨張弁１０７で減圧された冷媒は、中間冷却器１０４に供給される。
- [0047] 膨張弁（低段膨張弁）１０８は、中間冷却器１０４を通過した液体の冷媒（飽和液冷媒）を膨張させる。膨張弁１０８は、冷媒を中間圧から蒸発圧まで減圧させる。膨張弁１０８で減圧された冷媒は、蒸発器１０３に供給される。
- [0048] 制御装置１０９は、上位制御装置２４から入力される指示に基づいて、圧縮機１０１、凝縮器１０２、蒸発器１０３、中間冷却器１０４、膨張弁１０７、及び膨張弁１０８を含む上流側冷凍機１２を制御する。例えば、上流側冷凍機１２の制御装置１０９は、冷水中間温度検出部２６の検出結果に基づいて、上流側冷凍機１２が上位制御装置２４で設定された負荷率となるように、上流側冷凍機１２の運転を調整する。例えば、上位制御装置２４は、「 $\text{下流側配分負荷} / (\text{冷水流量} \times \text{比熱}) + \text{送水温度設定値}$ 」を中間送水温度の目標温度として、上流側冷凍機１２の制御装置１０９に送る。上流側冷凍機１２の制御装置１０９は、中間送水温度が目標温度となるように、上流側冷凍機１２の運転を制御する。下流側冷凍機１４の制御装置１０９は、上位制御装置２４から入力される指示に基づいて、下流側冷凍機１４の各部の運転を制御する。
- [0049] 図３は、冷凍機システム１０の冷凍機の組み合わせと消費電力との関係を示すグラフである。図３に示すように、上流側冷凍機１２の第１圧縮機１０１ａを可変速機とし、下流側冷凍機１４の第２圧縮機１０１ｂを固定速機とした場合、第１圧縮機１０１ａを固定速機とし第２圧縮機１０１ｂを固定速機とする場合、及び第１圧縮機１０１ａを固定速機とし第２圧縮機１０１ｂを可変速機とする場合に比べて、冷凍機システム１０の消費電力が抑制される。
- [0050] また、冷凍機システム１０は、上流側冷凍機１２の第１圧縮機１０１ａを可変速機とし、下流側冷凍機１４の第２圧縮機１０１ｂを固定速機とするこ

とで、つまり、一方の冷凍機を固定速機とすることで、上流側冷凍機 12 の第 1 圧縮機 101a を可変速機とし、下流側冷凍機 14 の第 2 圧縮機 101b を可変速機とした場合よりも、装置コストも抑制される。

[0051] 以上より、本実施形態に係る冷凍機システム 10 において、上流側冷凍機 12 の第 1 圧縮機 101a を可変速機とし、下流側冷凍機 14 の第 2 圧縮機 101b を固定速機とすることが好ましい。これにより、装置コストの増加を抑制しつつ、冷凍機システム 10 の消費電力が抑制できる。

[0052] 冷凍機システム 10 は、上流側冷凍機 12 の送水温度が下流側冷凍機 14 の送水温度よりも高い。上流側冷凍機 12 の定格能力は、下流側冷凍機 14 の定格能力よりも高い。そのため、設備負荷を上流側冷凍機 12 と下流側冷凍機 14 とに配分した場合、上流側冷凍機 12 の負荷率が下流側冷凍機 14 に比べて小さくなる。このため、設備負荷を上流側冷凍機 12 及び下流側冷凍機 14 のそれぞれに等配分した場合、上流側冷凍機 12 は低い負荷率となり、下流側冷凍機 14 は高い負荷率となる。

[0053] 冷凍機システム 10 において、部分負荷特性に優れた可変速機の冷凍機（圧縮機が可変速機の冷凍機）が上流側冷凍機 12 として設置され、定格負荷の効率に優れた固定速機の冷凍機（圧縮機が可変速機の冷凍機）が下流側冷凍機 14 として設置されることで、上流側冷凍機 12 及び下流側冷凍機 14 それぞれの効率が向上する。

[0054] 次に、図 4 から図 11 を用いて、冷凍機システム 10 の処理動作について説明する。図 4 は、冷凍機システム 10 の処理動作の一例を示すフローチャートである。図 5 は、設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。図 6 は、冷凍機システム 10 の処理動作の一例を示すフローチャートである。図 7 は、第 1 閾値と設備負荷率と冷却水入口温度との関係を示すグラフである。図 8 は、冷凍機の組み合わせと設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。図 9 は、冷凍機システム 10 の処理動作の一例を示すフローチャートである。図 10 は、冷凍機の負荷率の制御を説明するための説明図である。図 11 は、冷凍機の負荷率と設備負荷率と消費電力との関係を示す

グラフである。図4から図11に示す例は、上流側冷凍機12の第1圧縮機101aを可変速機とし、下流側冷凍機14の第2圧縮機101bを固定速機とした場合に好適に用いることができる処理の一例である。

[0055] 図4は、冷凍機システム10が停止した状態から運転を開始し、運転を停止するまでの処理を示す。上位制御装置24は、設備負荷率が低い場合、上流側冷凍機12を運転し下流側冷凍機14を停止する第1モードとする。上位制御装置24は、設備負荷率が高い場合、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方を運転する第2モードとする。

[0056] 設備負荷率は、冷凍機システム10全体の負荷率である。2台の冷凍機の両方の負荷率を100%とした場合、設備負荷率も100%となる。

[0057] 上位制御装置24は、設備負荷率が第1閾値よりも低くなった場合、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方が運転する第2モードから、上流側冷凍機12が運転し下流側冷凍機14が停止する第1モードへ切り替える。上位制御装置24は、設備負荷率が第2閾値よりも高くなった場合、上流側冷凍機12を運転し下流側冷凍機14を停止する第1モードから、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方を運転する第2モードへ切り替える。第2閾値は、第1閾値よりも高い値である。

[0058] 冷凍機システム10の運転が開始される（ステップS12）。上位制御装置24は、上流側冷凍機12を稼働させる（ステップS14）。上位制御装置24は、上流側冷凍機12の制御装置109に稼働する指示を送る。上流側冷凍機12の制御装置109は、上位制御装置24から入力される指示に基づいて、上流側冷凍機12の各部を稼働させる。上位制御装置24は、負荷が低い運転開始後の期間においては、上流側冷凍機12を運転し下流側冷凍機14を停止する第1モードの状態を維持する。上位制御装置24は、負荷設備18の要求負荷率と現状の設備負荷率とに差がある場合、設定された変化率で負荷を変化させ、現状の設備負荷率を負荷設備18の要求負荷率に近付ける。

[0059] 上位制御装置24は、上流側冷凍機12を運転し下流側冷凍機14を停止

する第１モードの状態、設備負荷率が第２閾値以上であるかを判定する（ステップＳ１６）。上位制御装置２４は、設備負荷率が第２閾値以上ではない（ステップＳ１６でＮｏ）、すなわち、設備負荷率が第２閾値未満であると判定した場合、ステップＳ２４に進む。

[0060] 上位制御装置２４は、設備負荷率が第２閾値以上である（ステップＳ１６でＹｅｓ）と判定した場合、下流側冷凍機１４を稼働させる（ステップＳ１８）。すなわち、上位制御装置２４は、上流側冷凍機１２及び下流側冷凍機１４の両方を運転する第２モードとする。上位制御装置２４は、下流側冷凍機１４の制御装置１０９に稼働する指示を送る。下流側冷凍機１４の制御装置１０９は、上位制御装置２４から入力される指示に基づいて、下流側冷凍機１４の各部を稼働させる。

[0061] 上位制御装置２４は、上流側冷凍機１２及び下流側冷凍機１４の両方が運転している状態で、設備負荷率が第１閾値未満であるかを判定する（ステップＳ２０）。上位制御装置２４は、設備負荷率が第１閾値未満ではない（ステップＳ２０でＮｏ）、つまり設備負荷率が第１閾値以上であると判定した場合、ステップＳ２０に戻る。

[0062] 上位制御装置２４は、設備負荷率が第１閾値未満である（ステップ２０でＹｅｓ）、つまり設備負荷率が第１閾値よりも低くなったと判定した場合、下流側冷凍機１４を停止させる（ステップＳ２２）。すなわち、上位制御装置２４は、上流側冷凍機１２を運転し下流側冷凍機１４を停止する第１モードとする。

[0063] 上位制御装置２４は、ステップＳ１６でＮｏと判定した場合、または、ステップＳ２２の処理を行った場合、つまり、上流側冷凍機１２が運転し下流側冷凍機１４が停止した第１モードである場合、運転停止するか否かを判定する（ステップＳ２４）。上位制御装置２４は、運転停止しない（ステップＳ２４でＮｏ）と判定した場合、ステップＳ１６に戻り、ステップＳ１６の処理を行う。上位制御装置２４は、運転停止する（ステップＳ２４でＹｅｓ）と判定した場合、上流側冷凍機１２を停止し（ステップＳ２６）、処理を

終了する。

[0064] 上位制御装置 24 は、第 1 閾値と第 2 閾値を設け、冷凍機の運転台数を切り換えることで、不感帯によりハンチングが発生することを防止することができる。また、図 5 に示すように、可変速機の冷凍機と固定速機の冷凍機とを比較すると、可変速機の冷凍機の方が同じ設備負荷での消費電力が小さい。図 5 は、冷却水入口温度が A℃の場合と B℃の場合を示している。A℃と B℃とは、B℃の方が A℃よりも高い温度、つまり $A < B$ となる。したがって、1 台の冷凍機を運転する場合、可変速機の上流側冷凍機 12 を運転させることで、少ない消費電力で運転することができる。

[0065] また、上流側冷凍機 12 の第 1 圧縮機 101a を固定速機とし、下流側冷凍機 14 の第 2 圧縮機 101b を可変速機とした場合において、いずれか 1 台の冷凍機を運転させる場合、可変速機の下流側冷凍機 14 を運転させることで、少ない消費電力で運転することができる。

[0066] 上位制御装置 24 は、入口冷却水温度検出部 28 が検出した冷却水入口温度に基づいて、第 1 閾値及び第 2 閾値を調整することが好ましい。図 6 に示すように、上位制御装置 24 は、入口冷却水温度検出部 28 で冷却水入口温度を検出し（ステップ S32）、検出した温度に基づいて、第 1 閾値及び第 2 閾値を設定する（ステップ S34）。上位制御装置 24 は、図 7 に示すような、冷却水入口温度と設備負荷率（閾値）との関係を記憶しており、冷却水入口温度に基づいて、第 1 閾値及び第 2 閾値を設定する。第 1 閾値及び第 2 閾値は、冷却水入口温度が高くなるに従って高くなる。すなわち、第 1 閾値及び第 2 閾値は、冷却水温度検出部 28 が検出した温度が低いほど低い設備負荷率となる。

[0067] ここで、図 8 は、冷却水入口温度が C℃の場合、D℃の場合、E℃の場合、F℃の場合、G℃の場合及び H℃の場合の消費電力と設備負荷率との関係を示している。C℃と D℃と E℃と F℃と G℃と H℃とは、この順で温度が高くなる、つまり $C < D < E < F < G < H$ となる。図 8 に示すように、1 台で運転している状態（可変速機 1 台運転）よりも 2 台で運転している状態（

可変速機＋固定速機運転）の方が消費電力が少なくなる設備負荷率は、温度が高くなるに従って高くなる。したがって、第１閾値及び第２閾値を冷却水入口温度が高くなるに従って高くすることで、効率良く運転することができる。なお、第１閾値及び第２閾値は、２台で運転している状態（可変速機＋固定速機運転）の方が１台で運転している状態（可変速機１台運転）より、消費電力が少なくなる設備負荷率を挟むように設定しても、一方が重なるように設定してもよい。

[0068] 次に、図９を用いて、２台の冷凍機が運転している状態の制御の一例を説明する。上位制御装置２４は、１台の冷凍機が運転している状態から２台の冷凍機が運転する状態へ切り換える場合、すなわち、第１モードにおいて設備負荷率が第２閾値を超えた場合、下流側冷凍機１４の運転を開始して第２モードとする（ステップＳ４２）。上位制御装置２４は、上流側冷凍機１２及び下流側冷凍機１４の両方を運転させる第２モードの状態となった場合、等負荷配分で運転を行う（ステップＳ４４）。つまり、上位制御装置２４は、第１モードで設備負荷率が第２閾値を超え、第２モードでの運転を開始する場合、上流側冷凍機１２と下流側冷凍機１４との負荷を等負荷とする。上位制御装置２４は、上流側冷凍機１２の負荷と下流側冷凍機１４の負荷とを等しくして、運転を行う。

[0069] 次に、上位制御装置２４は、等負荷配分で運転を行っている状態で、設備負荷率が第３閾値以上であるかを判定する（ステップＳ４６）。第３閾値は、第２閾値よりも高い値である。

[0070] 上位制御装置２４は、設備負荷率が第３閾値以上ではない（ステップＳ４６でＮｏ）と判定した場合、ステップＳ５４に進む。上位制御装置２４は、設備負荷率が第３閾値以上である（ステップＳ４６でＹｅｓ）と判定した場合、下流側冷凍機１４の負荷率を１００％とし、上流側冷凍機１２の負荷率を可変に設定する（ステップＳ４８）。つまり、上位制御装置２４は、第２モードで運転し、かつ、設備負荷率が第２閾値よりも高い第３閾値を超えた場合、下流側冷凍機１４の負荷率を１００％とし、設備負荷率に応じて上流

側冷凍機 1 2 の負荷率を変動させる。上位制御装置 2 4 は、下流側冷凍機 1 4 を一定負荷（定格負荷）として、上流側冷凍機 1 2 の負荷率を設備負荷率に応じて変化させる。

[0071] 上位制御装置 2 4 は、下流側冷凍機 1 4 の負荷率を 1 0 0 % とし、上流側冷凍機 1 2 の負荷率を可変に設定した状態で、負荷率（設備負荷率）が第 3 閾値以下であるかを判定する（ステップ S 5 0）。上位制御装置 2 4 は、負荷率が第 3 閾値以下ではない（ステップ S 5 0 で N o）、つまり負荷率が第 3 閾値より高いと判定した場合、ステップ S 4 8 に戻る。

[0072] 上位制御装置 2 4 は、負荷率が第 3 閾値以下である（ステップ S 5 0 で Y e s）と判定した場合、等負荷配分で運転を行う（ステップ S 5 2）。上位制御装置 2 4 は、等負荷配分で運転を行っている状態で、負荷率が第 1 閾値未満であるかを判定する（ステップ S 5 4）。上位制御装置 2 4 は、負荷率が第 1 閾値未満ではない（ステップ S 5 4 で N o）と判定した場合、ステップ S 4 6 に戻る。上位制御装置 2 4 は、負荷率が第 1 閾値未満である（ステップ S 5 4 で Y e s）と判定した場合、下流側冷凍機 1 4 を停止する（ステップ S 5 6）。

[0073] 上位制御装置 2 4 は、図 9 に示す処理を行うことで図 1 0 に示すように設備負荷率が上昇するに従って、各冷凍機の負荷率を変化させて運転する。上位制御装置 2 4 は、設備負荷率が低い状態では、上流側冷凍機 1 2 を 1 台で運転させる。その状態で、設備負荷率が第 2 閾値以上となると、下流側冷凍機 1 4 の運転も開始される。2 台での運転が開始されると、等配分負荷で運転される。上流側冷凍機 1 2 と下流側冷凍機 1 4 の 1 0 0 % の負荷が異なるため、同じ負荷を配分すると、異なる負荷率となる。図 1 0 では、下流側冷凍機 1 4 の負荷率が上流側冷凍機 1 2 の負荷率よりも高くなる。上位制御装置 2 4 は、設備負荷率が第 3 閾値以上となると、下流側冷凍機 1 4 の負荷率を 1 0 0 % とし、上流側冷凍機 1 2 の負荷率を調整する。

[0074] 上位制御装置 2 4 は、1 台で運転している状態である第 1 モードから 2 台で運転している状態である第 2 モードに切り換える際に、等負荷配分とする

ことで、図 11 に示すように、固定速機の下流側冷凍機 14 を定格負荷とし、可変速機の上流側冷凍機 12 に残りの負荷を配分するよりも消費電力を少なくすることができる。ここで、図 11 は、上流側冷凍機 12 の負荷と下流側冷凍機 14 の負荷を等負荷率とした場合、等負荷配分とした場合について計測した結果を示している。また、図 11 は、可変速機である上流側冷凍機 12 の負荷を可変とし、固定速機である下流側冷凍機 14 の負荷を定格負荷とした場合について計測した結果を示している。さらに、図 11 は、上流側冷凍機 12 の負荷を、等負荷に対する差が $+\alpha\%$ となる負荷とし、下流側冷凍機 14 の負荷を、等負荷に対する差が $-\alpha\%$ となる負荷とした場合、上流側冷凍機 12 の負荷を、等負荷に対する差が $+10\%$ となる負荷とし、下流側冷凍機 14 の負荷を、等負荷に対する差が -10% となる負荷とした場合、上流側冷凍機 12 の負荷を、等負荷に対する差が $+\beta\%$ となる負荷とし、下流側冷凍機 14 の負荷を、等負荷に対する差が $-\beta\%$ となる負荷とした場合について計測した結果を示している。 $\alpha\%$ と 10% と $\beta\%$ との関係は、 $\alpha < 10 < \beta$ となる。

[0075] 上記実施形態では、1 台で運転している状態である第 1 モードから 2 台で運転している状態である第 2 モードに切り換える際に、等配分負荷で運転したがこれに限定されない。上位制御装置 24 は、第 1 モードで設備負荷率が第 2 閾値を超え、第 2 モードでの運転を開始する場合、上流側冷凍機 12 と下流側冷凍機 14 との負荷を等負荷に対する差が 10% 以内となる負荷、つまり、上流側冷凍機 12 と下流側冷凍機 14 との負荷を等負荷とした場合を基準負荷として、上流側冷凍機 12 と下流側冷凍機 14 との負荷が基準負荷 $\times 0.9$ 以上基準負荷 $\times 1.1$ 以下となる負荷とすることで、図 11 の 10% の場合、 $\alpha\%$ の場合で示すように、固定速機の下流側冷凍機 14（第 2 圧縮機が固定速機の下流側冷凍機 14）を定格負荷とし可変速機の上流側冷凍機 12（第 1 圧縮機が可変速機の上流側冷凍機 12）に残りの負荷を配分する場合よりも、消費電力を少なくすることができ、効率良く運転を行うことができる。

[0076] [第2実施形態]

図12は、冷凍機システム10の処理動作の一例を示すフローチャートである。図13は、冷凍機の負荷率の制御を説明するための説明図である。図14は、冷凍機の負荷率と設備負荷率と消費電力との関係を示すグラフである。図15は、設備負荷率とCOPとの関係を示すグラフである。ここで、図15は、冷却水入口温度がC℃の場合、D℃の場合、E℃の場合、F℃の場合及びG℃の場合の設備負荷率とCOPとの関係を示している。C℃とD℃とE℃とF℃とG℃とは、この順で温度が高くなる、つまり $C < D < E < F < G$ となる。図16は、冷凍機システム10の処理動作の一例を示すフローチャートである。図17は、消費電力削減率と設備負荷率との関係を示すグラフである。

[0077] 本実施形態では、上流側冷凍機12の第1圧縮機101aを固定速機とし、下流側冷凍機14の第2圧縮機101bを固定速機とする。

[0078] 上位制御装置24は、上流側冷凍機12を運転し、下流側冷凍機14を停止する第1モードとする。図12に示すように、上位制御装置24は、第1モードにおいて設備負荷率が第2閾値を超えた場合、下流側冷凍機14の運転を開始して第2モードとする（ステップS62）。すなわち、上位制御装置24は、上流側冷凍機12を運転し、下流側冷凍機14を停止している第1モードの状態で、設備負荷率が第1閾値よりも高い第2閾値以上となった場合、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方を運転する第2モードとする。

[0079] 上位制御装置24は、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方を運転させる第2モードの状態となった場合、等負荷配分で運転を行う（ステップS64）。つまり、上位制御装置24は、第1モードで設備負荷率が第2閾値を超え、第2モードでの運転を開始する場合、上流側冷凍機12と下流側冷凍機14との負荷を等負荷とする。

[0080] 次に、上位制御装置24は、等負荷配分で運転を行っている状態で、設備負荷率が第3閾値以上であるかを判定する（ステップS66）。第3閾値は

、第2閾値よりも高い値である。

[0081] 上位制御装置24は、設備負荷率が第3閾値以上である（ステップS66でYes）と判定した場合、下流側冷凍機14の負荷率を一定負荷とし、上流側冷凍機12の負荷率を可変に設定する（ステップS68）。つまり、上位制御装置24は、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方を運転している状態で、かつ、設備負荷率が第2閾値よりも高い第3閾値を超えた場合、設備負荷率の上昇に対応して、下流側冷凍機14の負荷を一定にしたまま、上流側冷凍機12の負荷率を上昇させる。上位制御装置24は、下流側冷凍機14を一定負荷（定格負荷）として、上流側冷凍機12の負荷率を設備負荷率に応じて変化させる。

[0082] 上位制御装置24は、下流側冷凍機14の負荷率を一定負荷とし、上流側冷凍機12の負荷率を可変に設定した状態で、上流側冷凍機12の負荷率が100%になったか否かを判定する（ステップS70）。上位制御装置24は、上流側冷凍機12の負荷率が100%になっていない（ステップS70でNo）と判定した場合、ステップS68に戻る。

[0083] 上位制御装置24は、上流側冷凍機12の負荷率が100%になった（ステップS70でYes）と判定した場合、下流側冷凍機14の負荷を可変に設定する（ステップS72）。上位制御装置24は、下流側冷凍機14の負荷率を変動させる。

[0084] 上位制御装置24は、下流側冷凍機14の負荷率が一定負荷以下か否かを判定する（ステップS74）。下流側冷凍機14の負荷率が一定負荷以下であると判定された場合（ステップS74でYes）、ステップS68に戻る。下流側冷凍機14の負荷率が一定負荷以下でないと判定された場合（ステップS74でNo）、ステップS74に戻る。

[0085] ステップS66において、上位制御装置24は、設備負荷率が第3閾値以上ではない（ステップS66でNo）と判定した場合、ステップS76に進む。上位制御装置24は、上流側冷凍機12及び下流側冷凍機14の両方を運転している第2モードの状態で、設備負荷率が第1閾値未満であるか否か

を判定する（ステップS 7 6）。

[0086] ステップS 7 6において、設備負荷率が第1 閾値よりも低くなったと判定された場合（ステップS 7 6でY e s）、上位制御装置2 4は、下流側冷凍機1 4を停止して、第1 モードとする（ステップS 7 8）。ステップS 7 6において、設備負荷率が第1 閾値未満でないとは判定された場合（ステップS 7 6でN o）、上位制御装置2 4は、ステップS 6 6に戻る。

[0087] 上位制御装置2 4は、図1 2に示す処理を行うことで図1 3に示すように設備負荷率が上昇するに従って、各冷凍機の負荷率を変化させて運転する。上位制御装置2 4は、設備負荷率が低い状態では、上流側冷凍機1 2を1 台で運転させる。その状態で、設備負荷率が第2 閾値以上となると、下流側冷凍機1 4の運転も開始される。2 台での運転が開始されると、等配分負荷で運転される。上流側冷凍機1 2と下流側冷凍機1 4の1 0 0 %の負荷が等しいため、同じ負荷を配分した場合、等しい負荷率となる。上位制御装置2 4は、設備負荷率が第3 閾値以上（図1 3に示す例では8 0 %以上）となると、下流側冷凍機1 4の負荷率を可変とし、下流側冷凍機1 4の負荷率を調整する。

[0088] 上位制御装置2 4は、冷凍機が1 台で運転している状態である第1 モードから2 台で運転している状態である第2 モードに切り換える際に、等負荷配分とすることで、図1 4に示すように、下流側冷凍機1 4を定格負荷とし、上流側冷凍機1 2に残りの負荷を配分するよりも消費電力を少なくすることができる。ここで、図1 4は、上流側冷凍機1 2の負荷と下流側冷凍機1 4の負荷を等負荷率とした場合、等負荷配分（負荷等配分）とした場合について計測した結果を示している。また、図1 4は、下流側冷凍機1 4の負荷を定格負荷とし、上流側冷凍機1 2の負荷に残りの負荷を分配した場合について計測した結果を示している。さらに、図1 4は、上流側冷凍機1 2の負荷を、等負荷に対する差が+ a %となる負荷とし、下流側冷凍機1 4の負荷を、等負荷に対する差が- a %となる負荷とした場合、上流側冷凍機1 2の負荷を、等負荷に対する差が+ b %となる負荷とし、下流側冷凍機1 4の負荷

を、等負荷に対する差が $-b\%$ となる負荷とした場合、上流側冷凍機12の負荷を、等負荷に対する差が $+c\%$ となる負荷とし、下流側冷凍機14の負荷を、等負荷に対する差が $-c\%$ となる負荷とした場合、上流側冷凍機12の負荷を、等負荷に対する差が $+d\%$ となる負荷とし、下流側冷凍機14の負荷を、等負荷に対する差が $-d\%$ となる負荷とした場合、について、計測した結果を示している。 $a\%$ と $b\%$ と $c\%$ と $d\%$ との関係は、 $a < b < c < d$ となる。

[0089] また、2台の冷凍機が共に固定速機の場合、所定の閾値以上の設備負荷になった場合、上流側冷凍機12へできるだけ負荷を配分することで、消費電力を抑えることができる。図15に示すように、設備負荷率が第3閾値（図15に示す例では80%）を下回ると、冷凍機負荷率に対するCOPの変化が非線形となり、冷凍機負荷率の変化に対する効率の低下が大きくなるため、2台の冷凍機が第3閾値に到達するまでは、両方の冷凍機の負荷を等負荷配分で上昇させることで、効率を向上させることができる。また、COPの変化が小さくなる第3閾値以上では、より効率のよい上流側冷凍機12を先に定格負荷に近づけることで、効率を向上させることができる。

[0090] 上位制御装置24は、入口冷却水温度検出部28が検出した冷却水入口温度に基づいて、第3閾値を調整することが好ましい。図16に示すように、上位制御装置24は、入口冷却水温度検出部28で冷却水入口温度を検出し（ステップS82）、検出した温度に基づいて、第3閾値を設定する（ステップS84）。上位制御装置24は、冷却水入口温度と設備負荷率との関係を記憶しており、冷却水入口温度に基づいて、第3閾値を設定する。第3閾値は、冷却水入口温度が高くなるに従って低くなる。すなわち、第3閾値は、冷却水温度検出部28が検出した温度が高いほど低い設備負荷率となる。

[0091] 図17は、上流側冷凍機12の第1圧縮機101aを固定速機とし、下流側冷凍機14の第2圧縮機101bを固定速機とした場合における、設備負荷率と消費電力削減率との関係を示す図である。ここで、図17は、冷却水入口温度がF℃の場合、G℃の場合、H℃の場合の設備負荷率と消費電力削

減率との関係を示している。F℃とG℃とH℃とは、この順で温度が高くなる、つまり $F < G < H$ となる。冷却水入口温度に応じて、等負荷率配分から上流側残負荷及び下流側負荷制限に負荷配分割合を変更するか否かを決定する。冷却水入口温度が高いほど、消費電力削減効果が高いため、冷却水入口温度が高い場合は、負荷配分割合を変更する。冷却水入口温度が低い場合は消費電力削減率が低いため、等負荷率配分のみで運転する。図17に示すように、設備負荷率は、入口冷却水温度検出部28が検出した冷却水入口温度が高いほど低い値となる。

符号の説明

- [0092] 10 冷凍機システム
- 12 上流側冷凍機
 - 14 下流側冷凍機
 - 18 負荷設備
 - 20 冷却水循環系
 - 22 冷水循環系
 - 24 上位制御装置
 - 24a 運転台数決定部
 - 24b 負荷配分決定部
 - 26 冷水中間温度検出部
 - 28 入口冷却水温度検出部
 - 101 圧縮機
 - 101a 第1圧縮機
 - 101b 第2圧縮機
 - 102 凝縮器
 - 102a 第1凝縮器
 - 102b 第2凝縮器
 - 103 蒸発器
 - 103a 第1蒸発器

- 1 0 3 b 第2蒸発器
- 1 0 4 中間冷却器
- 1 0 6 循環経路
- 1 0 6 a 第1循環経路
- 1 0 6 b 第2循環経路
- 1 0 7 膨張弁
- 1 0 8 膨張弁
- 1 0 9 制御装置
- 1 1 1 電動機
- 1 1 2 圧縮部
- 1 2 1 冷却水配管
- 1 2 2 ポンプ
- 1 2 3 冷却水供給部
- 1 3 1 冷水配管
- 1 3 2 ポンプ
- 1 3 6 a 冷媒配管
- 1 3 6 b 冷媒配管
- 1 3 6 c 冷媒配管

請求の範囲

[請求項1]

冷媒を圧縮する第1圧縮機、前記第1圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第1凝縮器、及び前記第1凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させて冷水を冷却する第1蒸発器を有する上流側冷凍機と、

冷媒を圧縮する第2圧縮機、前記第2圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第2凝縮器、及び前記第2凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させて前記第1蒸発器を通過した冷水を冷却する第2蒸発器を有する下流側冷凍機と、

前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の稼動、停止及び、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の負荷を制御する上位制御装置と、を有し、

前記第1圧縮機は、可変速機であり、

前記第2圧縮機は、固定速機であることを特徴とする冷凍機システム。

[請求項2]

前記上位制御装置は、設備負荷率が第1閾値よりも小さい場合、前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止する第1モードとし、

前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止している状態で、設備負荷率が前記第1閾値よりも高い第2閾値以上となった場合、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転する第2モードとし、

前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転している状態で、設備負荷率が前記第1閾値よりも低くなった場合、前記第1モードとすることを特徴とする請求項1に記載の冷凍機システム。

[請求項3]

前記上位制御装置は、前記第1モードで設備負荷率が前記第2閾値を超え、前記第2モードでの運転を開始する場合、前記上流側冷凍機と前記下流側冷凍機との負荷を等負荷に対する差が10%以内となる負荷とすることを特徴とする請求項2に記載の冷凍機システム。

- [請求項4] 前記上位制御装置は、前記第1モードで設備負荷率が前記第2閾値を超え、前記第2モードでの運転を開始する場合、前記上流側冷凍機と前記下流側冷凍機との負荷を等負荷とすることを特徴とする請求項2に記載の冷凍機システム。
- [請求項5] 前記上位制御装置は、前記第2モードで運転し、かつ、設備負荷率が第2閾値よりも高い第3閾値を超えた場合、前記下流側冷凍機の負荷率を100%とし、設備負荷率に応じて前記上流側冷凍機の負荷率を変動させることを特徴とする請求項2から4のいずれか一項に記載の冷凍機システム。
- [請求項6] 前記第2凝縮器は、供給される冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、
前記第1凝縮器は、前記第2凝縮器を通過した冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、
前記第2凝縮器に供給される冷却水の温度を検出する冷却水温度検出部を有し、
前記上位制御装置は、前記冷却水温度検出部が検出した温度に基づいて、前記第1閾値を調整することを特徴とする請求項2から5のいずれか一項に記載の冷凍機システム。
- [請求項7] 前記第1閾値は、前記冷却水温度検出部が検出した温度が低いほど低い設備負荷率となることを特徴とする請求項6に記載の冷凍機システム。
- [請求項8] 冷媒を圧縮する第1圧縮機、前記第1圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第1凝縮器、及び前記第1凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させて冷水を冷却する第1蒸発器を有する上流側冷凍機と、
冷媒を圧縮する第2圧縮機、前記第2圧縮機により圧縮された冷媒を凝縮させる第2凝縮器、及び前記第2凝縮器により凝縮された冷媒を蒸発させて前記第1蒸発器を通過した冷水を冷却する第2蒸発器を有する下流側冷凍機と、

前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の稼動、停止及び、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の負荷を制御する上位制御装置と、を有し、

前記第 1 圧縮機は、固定速機であり、

前記第 2 圧縮機は、固定速機であり、

前記上位制御装置は、設備負荷率が第 1 閾値よりも小さい場合、前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止する第 1 モードとし、

前記上流側冷凍機を運転し、前記下流側冷凍機を停止している状態で、設備負荷率が前記第 1 閾値よりも高い第 2 閾値以上となった場合、前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転する第 2 モードとし、

前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転している状態で、設備負荷率が前記第 1 閾値よりも低くなった場合、前記第 1 モードとすることを特徴とする冷凍機システム。

[請求項9] 前記上流側冷凍機及び前記下流側冷凍機の両方を運転している状態で、かつ、設備負荷率が第 2 閾値よりも高い第 3 閾値を超えた場合、設備負荷率の上昇に対応して、前記下流側冷凍機の負荷を一定にしたまま、前記上流側冷凍機の負荷率を上昇させ、前記上流側冷凍機の負荷率が 100% になった後、前記下流側冷凍機の負荷率を変動させることを特徴とする請求項 8 に記載の冷凍機システム。

[請求項10] 前記第 2 凝縮器は、供給される冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、

前記第 1 凝縮器は、前記第 2 凝縮器を通過した冷却水と冷媒との間で熱交換を行い、前記冷媒を冷却し、

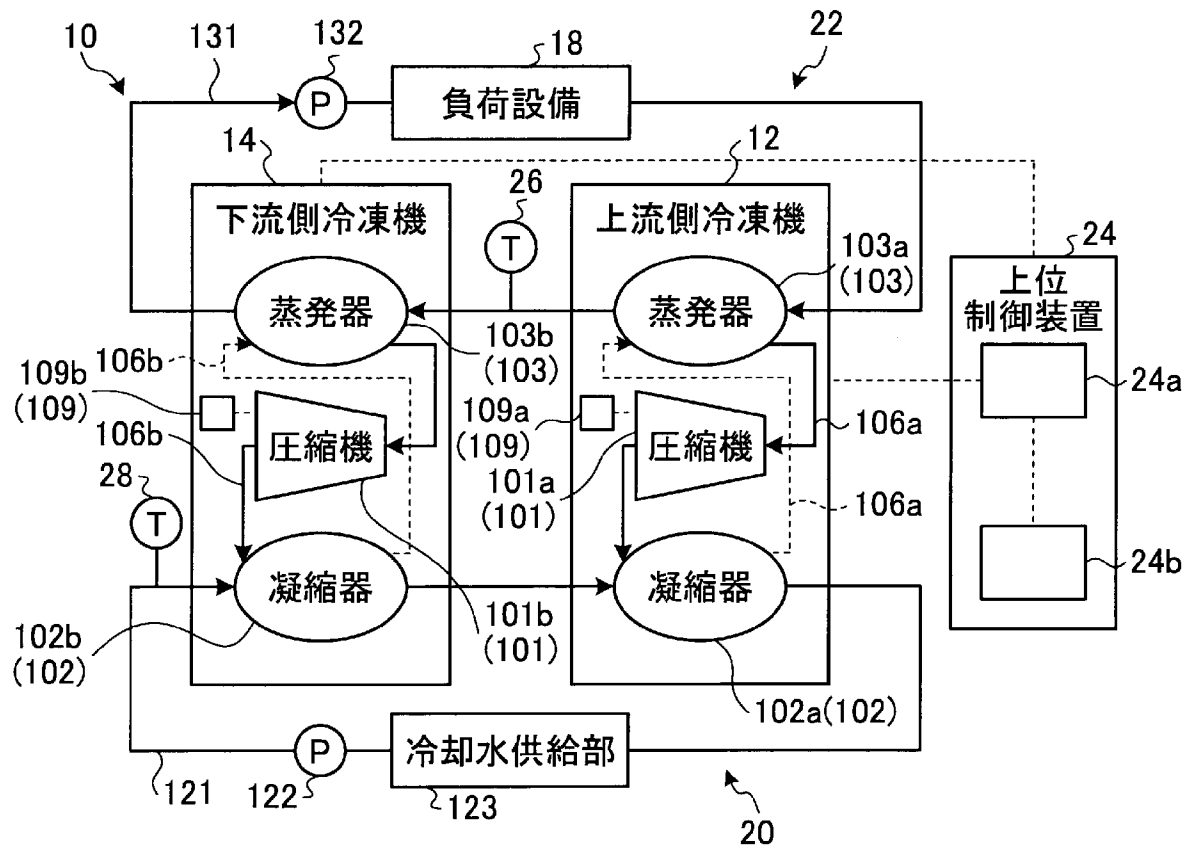
前記第 2 凝縮器に供給される冷却水の温度を検出する冷却水温度検出部を有し、

前記上位制御装置は、前記冷却水温度検出部が検出した温度に基づ

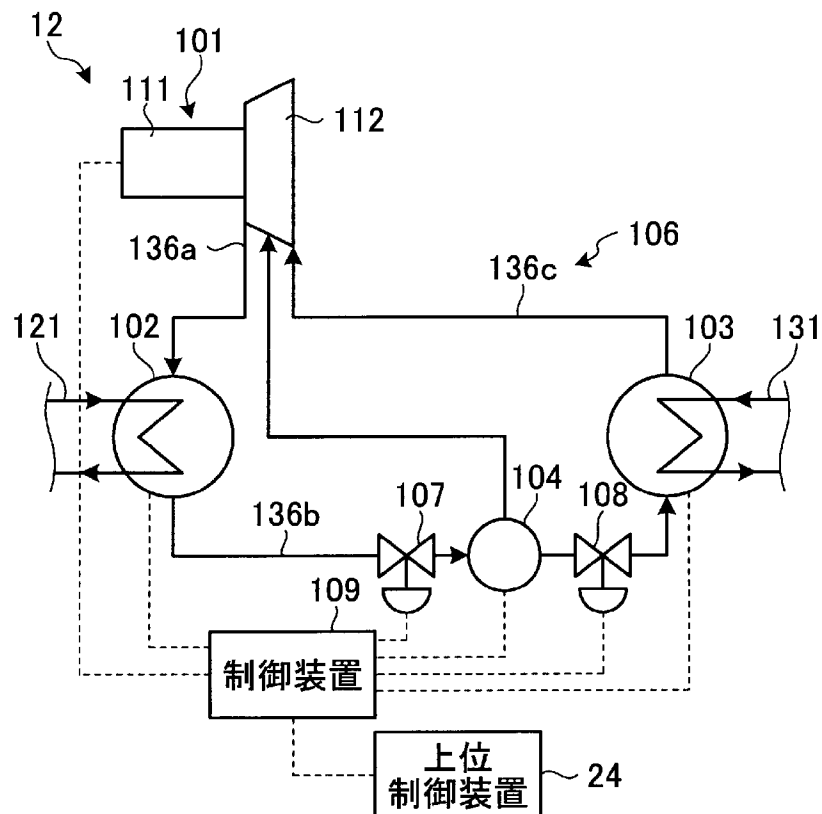
いて、前記第 3 閾値を調整することを特徴とする請求項 9 に記載の冷凍機システム。

[請求項 11] 前記第 3 閾値は、前記冷却水温度検出部が検出した温度が高いほど低い設備負荷率となることを特徴とする請求項 10 に記載の冷凍機システム。

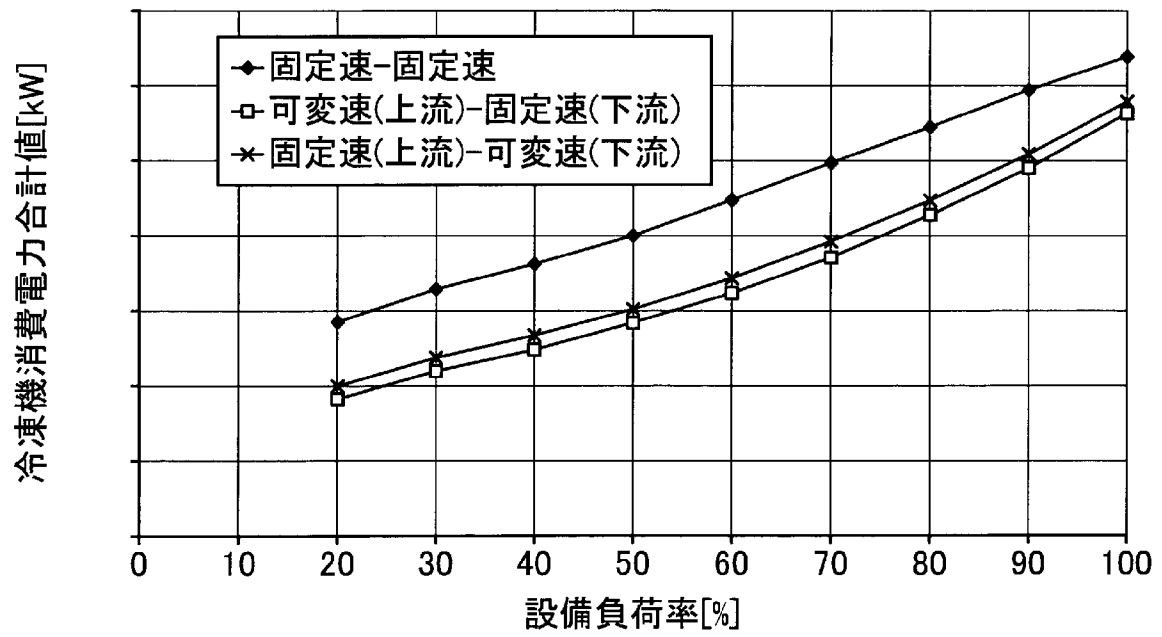
[図1]



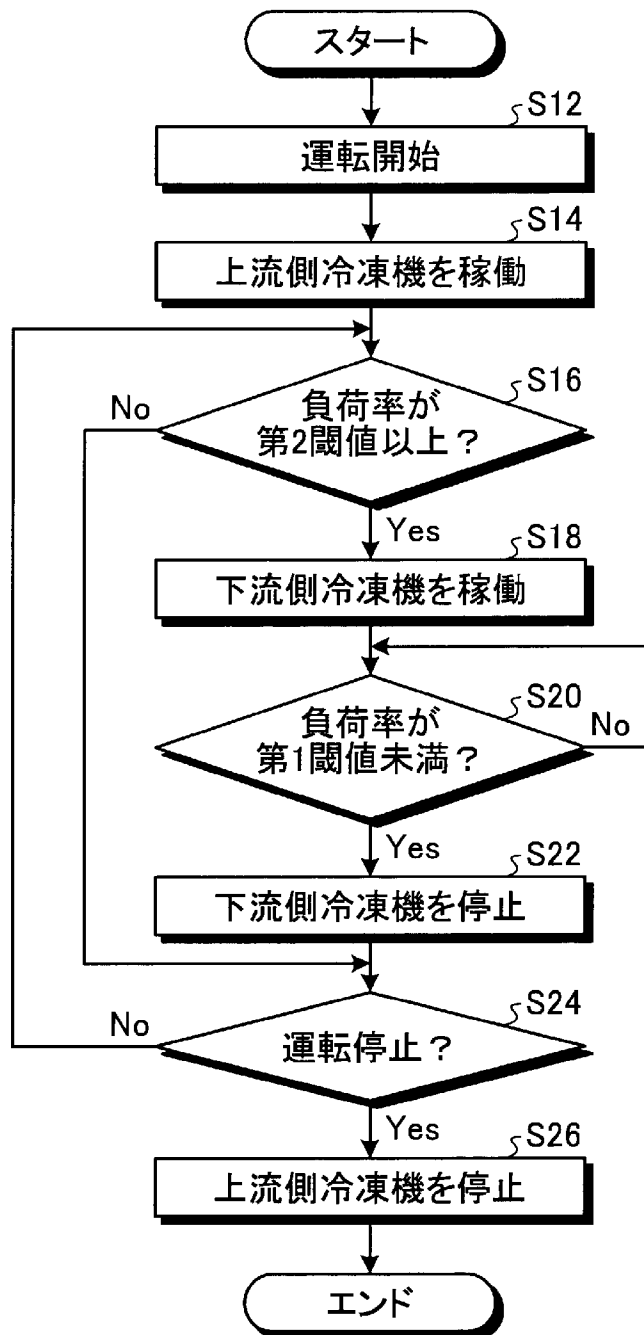
[図2]



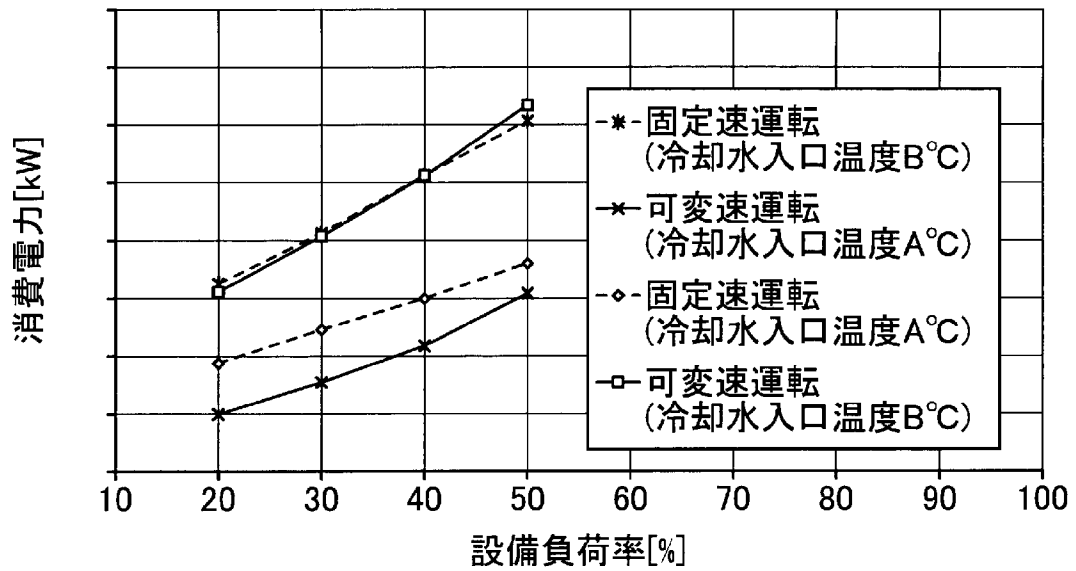
[図3]



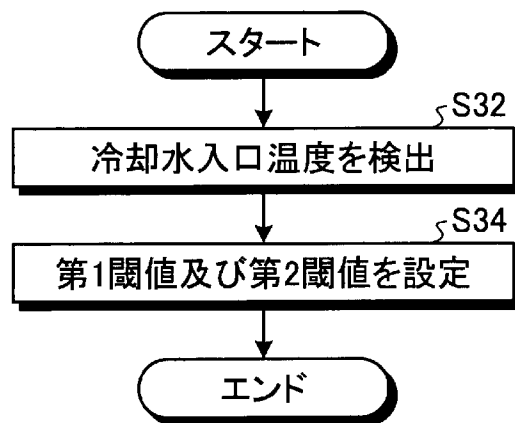
[図4]



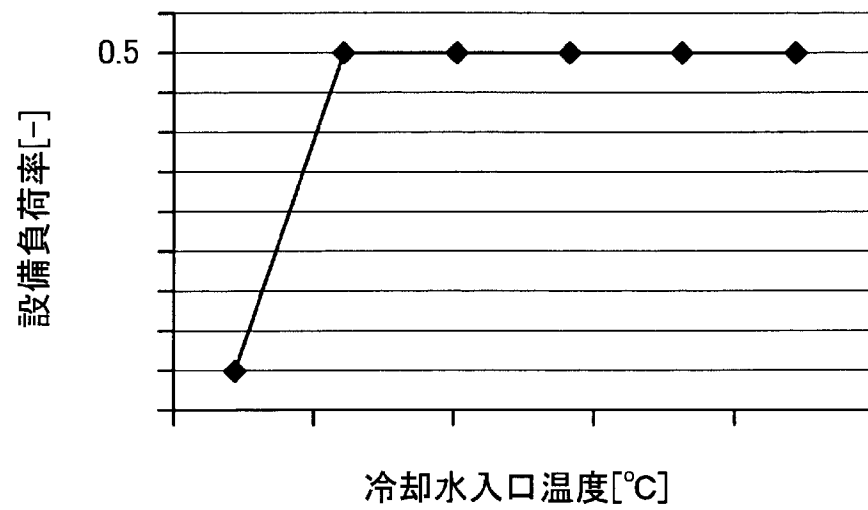
[図5]



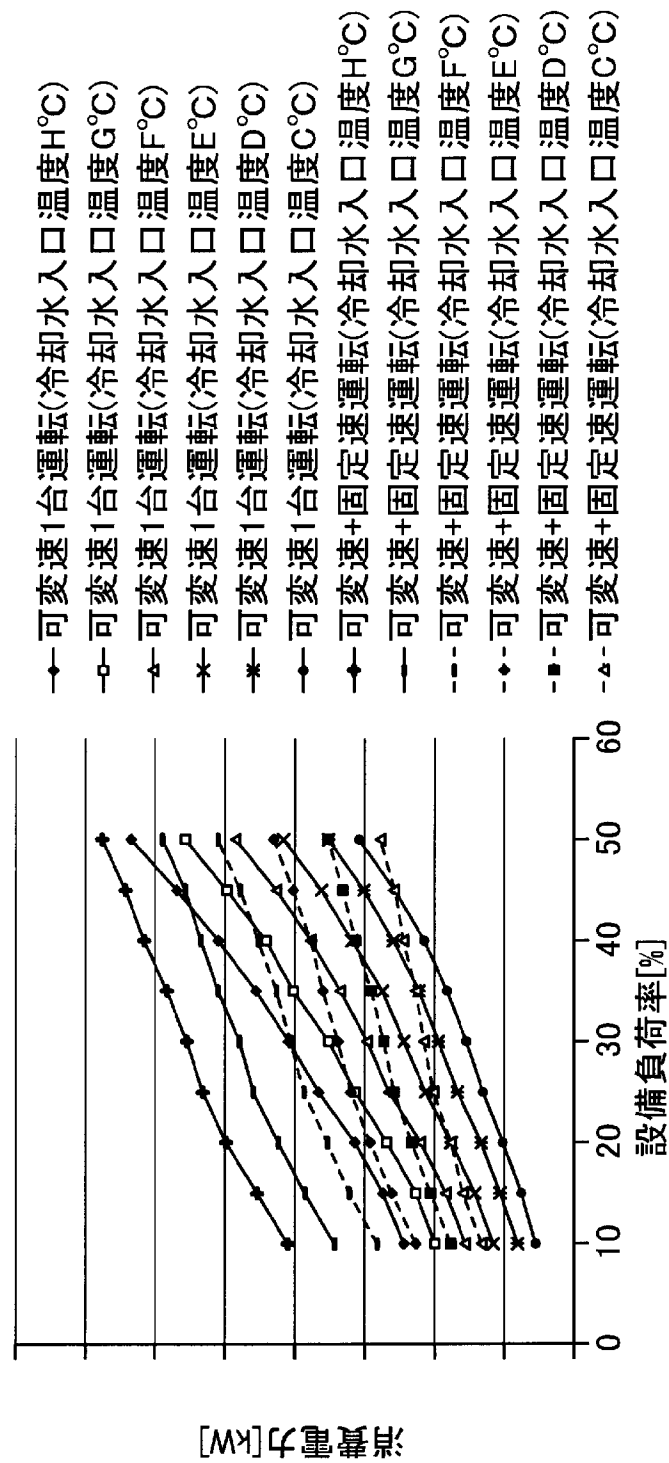
[図6]



[図7]



[図8]



[図9]

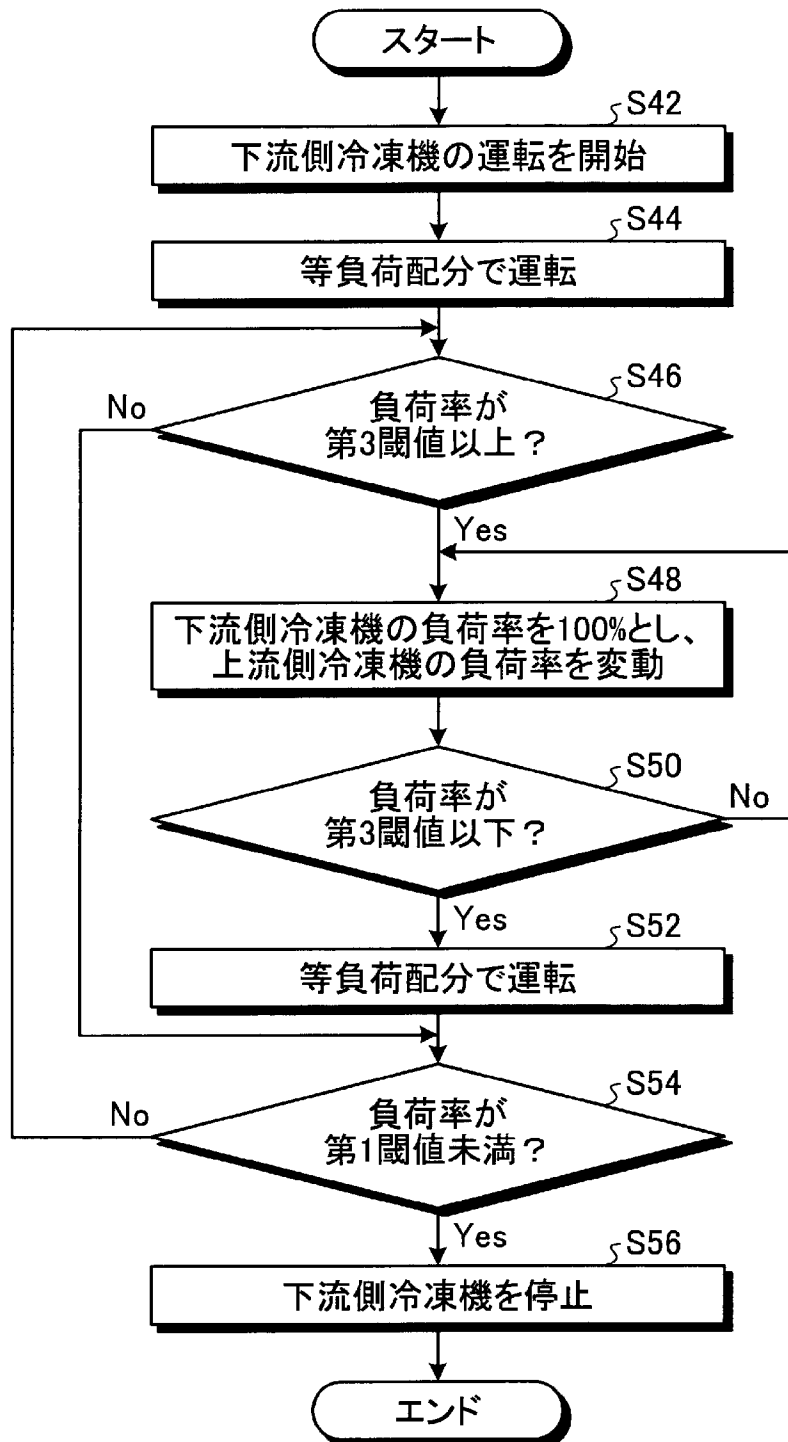


Figure 10 is a line graph showing the relationship between the equipment load rate (設備負荷率 [%]) on the x-axis and the refrigeration machine load rate (冷凍機負荷率 [%]) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 110 in increments of 10. The y-axis ranges from 0 to 120 in increments of 20. Two data series are plotted: a solid line for the '上流側' (Upstream side) and a dashed line for the '下流側' (Downstream side). Both series show a linear increase in refrigeration machine load rate as the equipment load rate increases, with a sharp drop at 45% equipment load rate. The upstream side (solid line) starts at (10, 20) and ends at (100, 100). The downstream side (dashed line) starts at (10, 0) and ends at (100, 100).

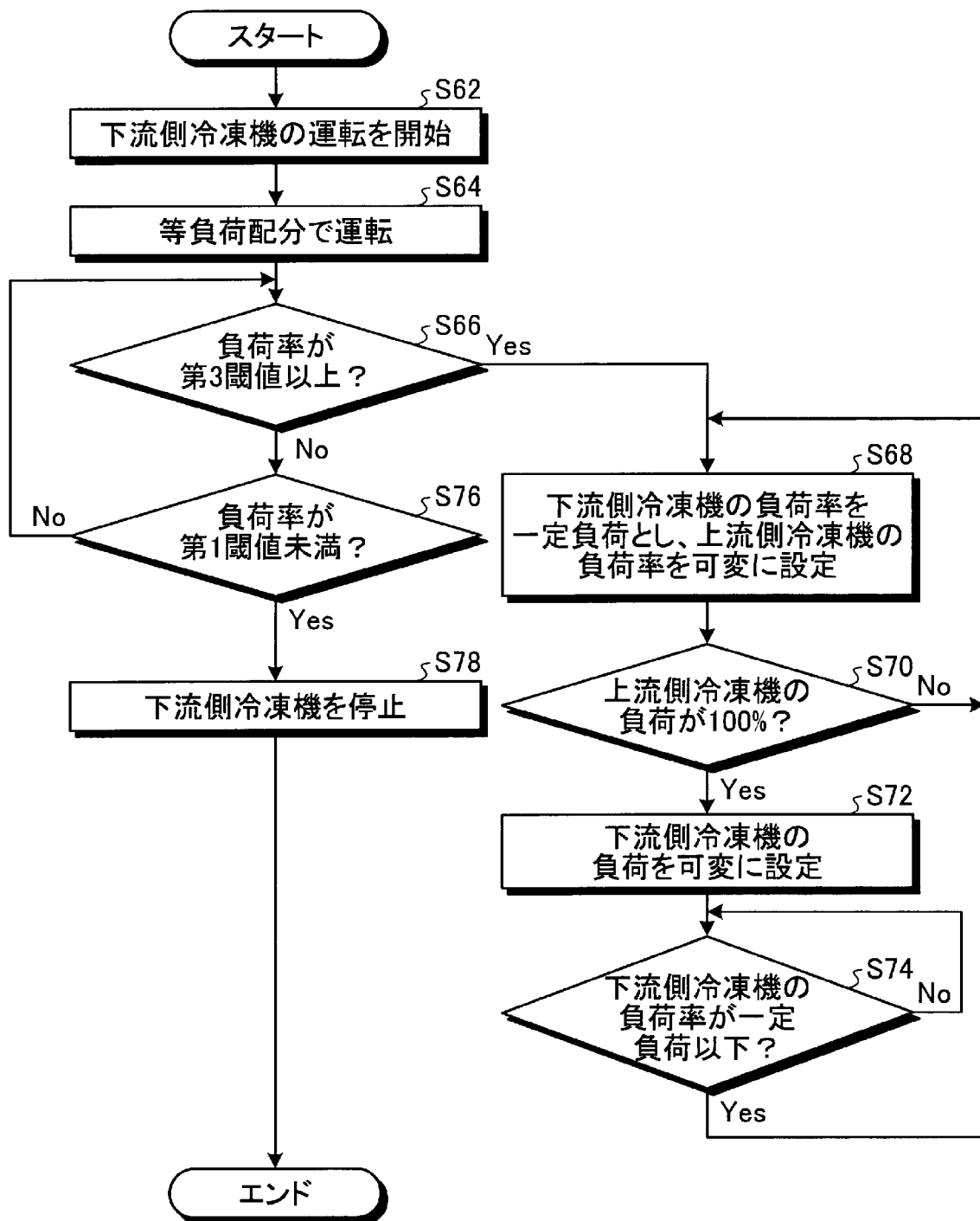
設備負荷率 [%]	上流側 冷凍機負荷率 [%]	下流側 冷凍機負荷率 [%]
10	20	0
20	40	0
30	60	0
40	80	0
45	85	0
46	40	55
50	45	65
60	55	75
70	65	85
75	70	95
76	55	100
80	65	100
90	85	100
100	100	100

消費電力[kW]

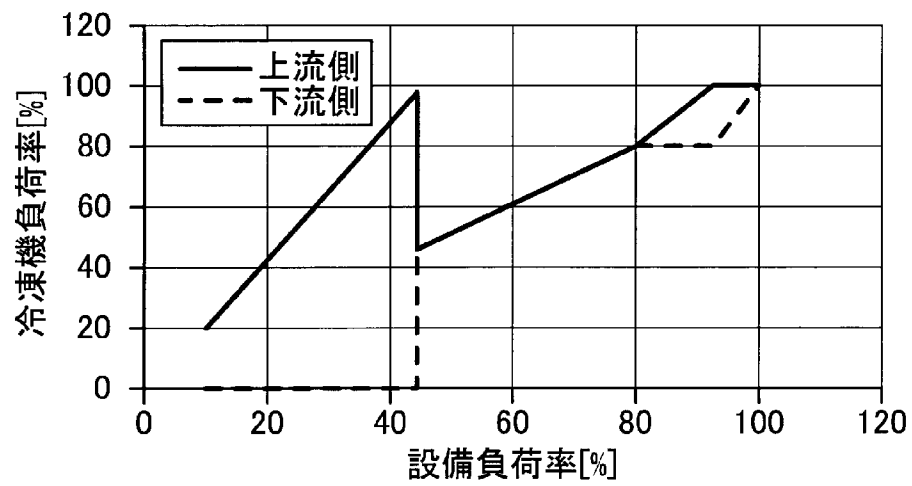
設備負荷率[%]

-▲-等負荷率配分
 -□-上流側+ α %, 下流側- α %
 -○-上流側+10%, 下流側-10%
 -* -上流側+ β %, 下流側- β %
 -◇-等配分
 -+-可変速: 残り負荷、
 固定速: 定格負荷

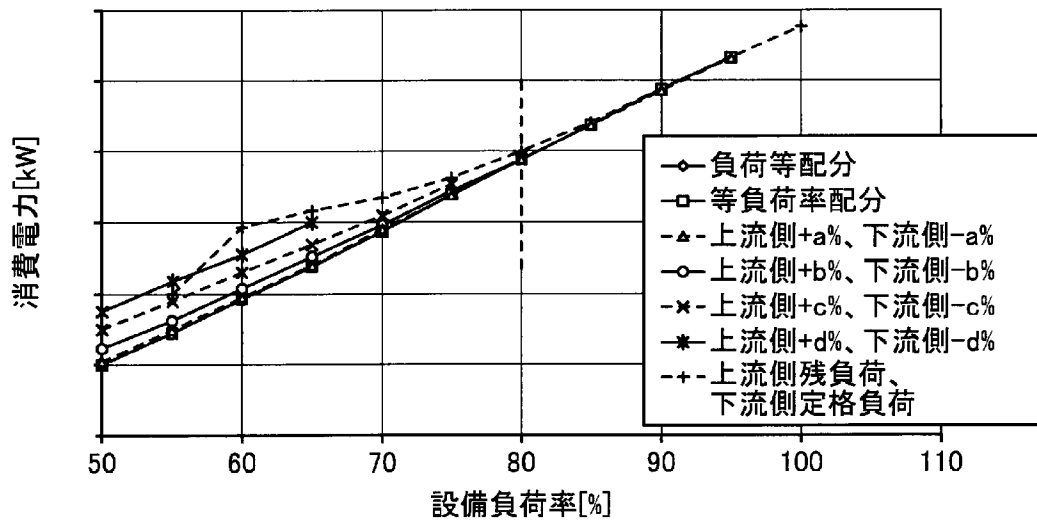
[図12]



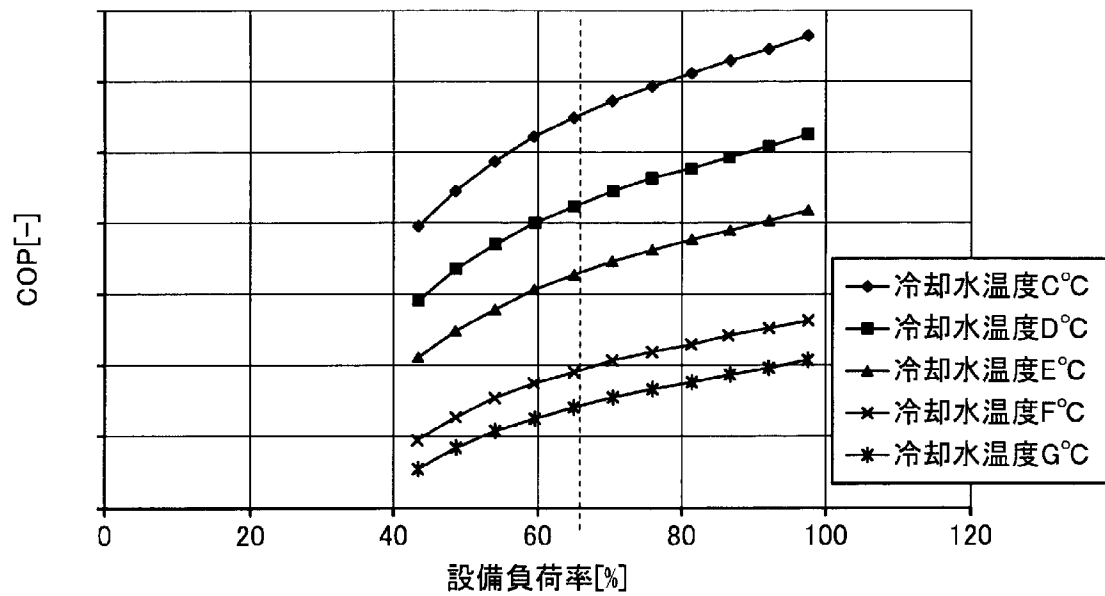
[図13]



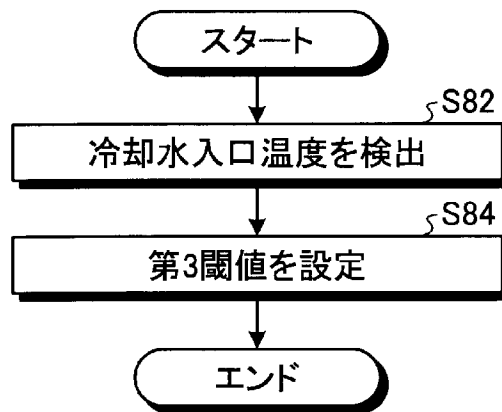
[図14]



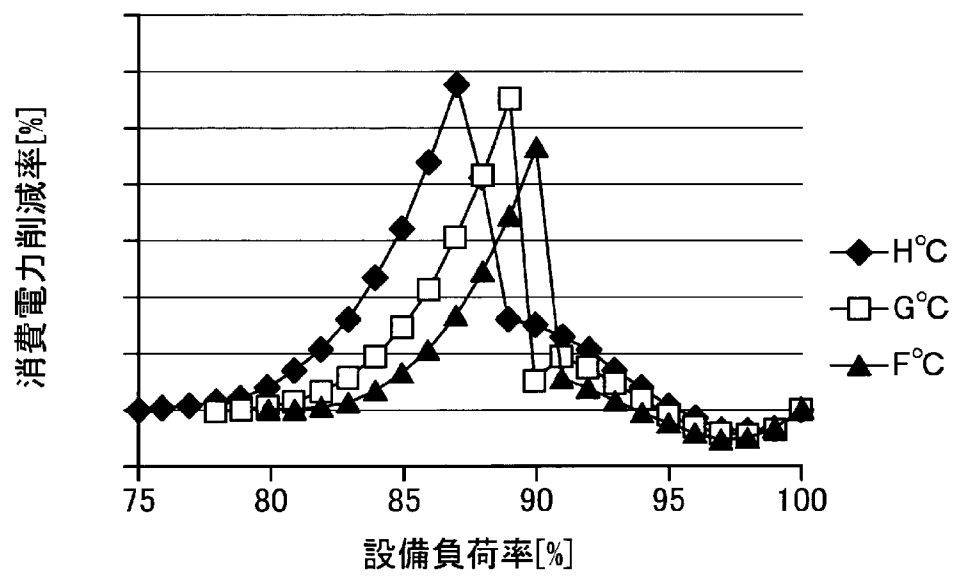
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062645

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

F25B1/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-141098 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraphs [0018] to [0046]; fig. 1 to 2 & US 2013/0125573 A1 paragraphs [0035] to [0101]; fig. 1 to 2 & EP 2660537 A1 & CN 103348196 A	1 1, 8 2-7, 9-11
Y A	JP 5-93550 A (Ebara Corp.), 16 April 1993 (16.04.1993), paragraphs [0007] to [0010]; fig. 1; table 1 (Family: none)	1, 8 2-7, 9-11

☒ 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
20 July 2016 (20.07.16)

Date of mailing of the international search report
02 August 2016 (02.08.16)

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/JP2016/062645

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/050213 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 03 April 2014 (03.04.2014), paragraph [0027] & US 2015/0241100 A1 paragraphs [0044] to [0045] & EP 2902724 A1 & KR 10-2015-0046141 A & CN 104620062 A	3-4
A	JP 2010-71639 A (Daikin Industries, Ltd.), 02 April 2010 (02.04.2010), entire text; all drawings & US 2011/0146314 A1 entire text; all drawings & EP 2325576 A1 & CN 102124286 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25B1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25B1/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2012-141098 A（三菱重工業株式会社）2012.07.26, 段落0018-0046, 図1-2 & US 2013/0125573 A1, 段落0035-0101, 第1-2図 & EP 2660537 A1 & CN 103348196 A	1 1,8 2-7,9-11
Y A	JP 5-93550 A（株式会社荏原製作所）1993.04.16, 段落0007-0010, 図1, 表1（ファミリーなし）	1,8 2-7,9-11

☒ 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

20.07.2016

国際調査報告の発送日

02.08.2016

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）

河内 誠

3M

3631

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	WO 2014/050213 A1 (三菱重工業株式会社) 2014. 04. 03, 段落 0 0 2 7 & US 2015/0241100 A1, 段落 0 0 4 4 - 0 0 4 5 & EP 2902724 A1 & KR 10-2015-0046141 A & CN 104620062 A	3-4
A	JP 2010-71639 A (ダイキン工業株式会社) 2010. 04. 02, 全文, 全図 & US 2011/0146314 A1, 全文, 全図 & EP 2325576 A1 & CN 102124286 A	1-11