

明 細 書

発明の名称：

抽気装置およびこれを備えた冷凍機ならびに抽気装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、冷凍機に侵入した空気等の不凝縮ガスを抽気する抽気装置およびこれを備えた冷凍機ならびに抽気装置の制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 運転中の作動圧力が機内で一部負圧となる冷媒（いわゆる低圧冷媒）を用いる冷熱機器においては、負圧部から空気等の不凝縮ガスが機内に侵入し、圧縮機等を通った後の凝縮器に滞留する。凝縮器に不凝縮ガスが滞留すると凝縮器における冷媒の凝縮性能が阻害され、冷熱機器としての性能が低下する。このため、冷凍機から抽気を行い、不凝縮ガスを機外へ排出することにより、一定の性能を確保するようにしている。抽気によって、不凝縮ガスは冷媒ガスとともに抽気装置内に引込まれ、冷媒が冷却され凝縮することにより、不凝縮ガスが冷媒から分離され、排気ポンプ等で機外へ排出される（下記特許文献 1 及び 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 0 1 － 5 0 6 1 8 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 6 － 3 8 3 4 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、抽気装置は、運転停止のタイミングを適切に行なわずに過剰に運転継続が行われると、冷凍機から冷媒を過剰に抽気してしまい冷凍機的能力を低下させてしまうおそれがある。

[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、運転停止のタイミングを適切に判断して過剰な運転継続を防止できる抽気装置およびこれ

を備えた冷凍機ならびに抽気装置の制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の抽気装置およびこれを備えた冷凍機ならびに抽気装置の制御方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明の一態様にかかる抽気装置は、冷凍機から冷媒と不凝縮ガスを含む混合ガスを抽気する抽気配管と、前記抽気配管から抽気された前記混合ガスを貯留する抽気タンクと、前記抽気タンク内を冷却して前記混合ガス中の冷媒を凝縮させる冷却器と、前記抽気タンク内の液冷媒を前記冷凍機へ排出する排液配管と、前記抽気タンク内の前記混合ガス中の不凝縮ガスを外部へ排出する排気配管と、前記排気配管から排出した排出不凝縮ガス量が、前記冷凍機内に侵入した侵入不凝縮ガス量を超えた場合に、当該抽気装置の動作を停止する制御部とを備えている。

[0007] 冷却器によって抽気タンク内を冷却すると、抽気タンク内の圧力が減少するので、冷凍機の冷媒系統（例えば凝縮器）との差圧が形成され、抽気配管を介して冷凍機から抽気タンクへと冷媒と不凝縮ガスを含む混合ガスが引き込まれる。抽気タンク内では、冷却器によって混合ガス中の冷媒が凝縮されて液冷媒となり抽気タンクの下方に蓄積される。一方、抽気タンク内に導かれた混合ガス中の不凝縮ガスは冷却器によって冷却されても凝縮されずにガスのまま抽気タンク内に滞留する。これにより、抽気タンク内で冷媒と不凝縮ガスが分離される。分離された不凝縮ガスは、排気配管を介して外部へと放出される。抽気タンク内に蓄積された液冷媒は、排液配管を介して冷凍機（例えば蒸発器）へと排出され、冷凍機にて再利用される。

排気配管から排出した排出不凝縮ガス量が、冷凍機内に侵入した侵入不凝縮ガス量を超えた場合に、抽気装置を停止することとしたので、運転停止のタイミングを適切に判断して抽気装置の過剰な運転継続を防止することができる。

[0008] さらに、本発明の一態様に係る抽気装置では、前記制御部は、前記抽気タンク内の温度および圧力から得られた該抽気タンク内の不凝縮ガス密度と、

前記排気配管からの排出ガス量とから、前記排出不凝縮ガス量を得る。

[0009] 抽気タンク内に冷媒のみが存在する場合には、抽気タンク内の圧力と温度は飽和の関係となる。しかし、抽気タンク内に不凝縮ガスが含まれている場合には、含まれる不凝縮ガス密度に応じて不凝縮ガスの分圧分だけ抽気タンク圧力は高くなる。これを利用して、抽気タンク内の温度および圧力から不凝縮ガス密度を得ることとした。すなわち、抽気タンク内の温度から抽気タンク内の冷媒の分圧を得て、抽気タンク内の圧力から冷媒の分圧を引くことにより、不凝縮ガスの分圧が得られる。そして、不凝縮ガスの分圧から、理想気体の状態方程式を用いて不凝縮ガス密度を得ることができる。不凝縮ガス密度が得られれば、排気配管からの排出ガス量を用いて排出不凝縮ガス量を得ることができる。排出ガス量は、例えば、排気時の排気配管の差圧と排気時間から求めることができ、または、抽気タンクの内容積と排気前後の圧力差によって求めることができる。

[0010] さらに、本発明の一態様に係る抽気装置では、前記制御部は、前記冷凍機の冷媒系統内の圧力と冷凍機外の圧力との差圧に基づいて、前記侵入不凝縮ガス量を得る。

[0011] 冷凍機の冷媒系統内の圧力が冷凍機外の圧力よりも低くなった場合に、不凝縮ガスが冷凍機の冷媒系統内に侵入する。そこで、冷凍機の冷媒系統内の圧力と冷凍機外の圧力との差圧に基づいて、侵入不凝縮ガス量を得ることとした。

[0012] さらに、本発明の一態様に係る抽気装置では、前記制御部は、予め設定された一定時間内における前記抽気タンク内の不凝縮ガスの分圧の上昇が設定値以下の場合に、当該抽気装置の動作を停止する。

[0013] 抽気タンク内の不凝縮ガスの分圧の上昇が設定値以下であれば、抽気タンク内の不凝縮ガスは略排気されていると判断できるので、抽気装置を停止することとした。

[0014] また、本発明の一態様に係る冷凍機は、上記のいずれかに記載の抽気装置を備えている。

[0015] 上記のいずれかの抽気装置を備えているので、抽気装置の過剰な運転継続を防止できる冷凍機を提供することができる。

[0016] また、本発明の一態様に係る抽気装置の制御方法は、冷凍機から冷媒と不凝縮ガスを含む混合ガスを抽気する抽気配管と、前記抽気配管から抽気された前記混合ガスを貯留する抽気タンクと、前記抽気タンク内を冷却して前記混合ガス中の冷媒を凝縮させる冷却器と、前記抽気タンク内の液冷媒を前記冷凍機へ排出する排液配管と、前記抽気タンク内の前記混合ガス中の不凝縮ガスを外部へ排出する排気配管とを備えた抽気装置の制御方法であって、前記排気配管から排出した排出不凝縮ガス量が、前記冷凍機内に侵入した侵入不凝縮ガス量を超えた場合に、当該抽気装置の動作を停止することを特徴とする。

発明の効果

[0017] 抽気装置の運転停止のタイミングを適切に判断することにより、抽気装置の過剰な運転継続を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る抽気装置を用いた冷凍機を示した概略構成図である。

[図2]図1の抽気装置周りを示した概略構成図である。

[図3]抽気装置の動作を示したフローチャートである。

[図4]抽気装置の動作を示したフローチャートである。

[図5]抽気装置の動作を示したフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に、本発明の一実施形態について、図面を参照して説明する。

図1には、本発明の抽気装置を用いた冷凍機の概略構成が示されている。同図に示すように、冷凍機1は、ターボ冷凍機とされており、冷媒を圧縮するターボ式の圧縮機11と、圧縮機11によって圧縮された高温高圧のガス冷媒を凝縮する凝縮器12と、凝縮器12からの液冷媒を膨張させる膨張弁13と、膨張弁13によって膨張させられた液冷媒を蒸発させる蒸発器14

と、冷凍機 1 の冷媒系統内に侵入した空気（不凝縮ガス）を大気へ放出する抽気装置 15 と、冷凍機 1 が備える各部の制御を行う制御装置（制御部） 16 とを主な構成として備えている。

冷媒としては、例えば H F O - 1 2 3 3 z d （E）といった低圧冷媒が用いられており、運転中には蒸発器等の低圧部が大気圧以下となる。

[0020] 圧縮機 11 は、インバータモータ 20 により駆動される多段遠心圧縮機である。インバータモータ 20 は、制御装置 16 によってその出力が制御されている。

[0021] 凝縮器 12 は、例えばシェルアンドチューブ型とされた熱交換器とされている。凝縮器 12 には、冷媒を冷却するための冷却水が内部を流通する冷却水用伝熱管 12a が挿通されている。冷却水用伝熱管 12a には、冷却水行き配管 22a と冷却水戻り配管 22b とが接続されている。冷却水行き配管 22a を介して凝縮器 12 に導かれた冷却水は、冷却水戻り配管 22b を介して図示しない冷却塔に導かれ外部へと排熱した後に、冷却水行き配管 22a を介して再び凝縮器 12 へと導かれるようになっている。

冷却水行き配管 22a には、冷却水を送水する冷却水ポンプ（図示せず）と、冷却水入口温度 T_{cin} を計測する冷却水入口温度センサ 23a とが設けられている。冷却水戻り配管 22b には、冷却水出口温度 T_{cout} を計測する冷却水出口温度センサ 23b と、冷却水流量 F_2 を計測する冷却水流量センサ 24 とが設けられている。

凝縮器 12 には、凝縮器 12 内の凝縮圧力 P_c を計測する凝縮器圧力センサ 25 が設けられている。

これらセンサ 23a, 23b, 24, 25 の計測値は、制御装置 16 へと送信されるようになっている。

[0022] 膨張弁 13 は、電動式とされており、制御装置 16 によって開度が設定されるようになっている。

[0023] 蒸発器 14 は、例えばシェルアンドチューブ型とされた熱交換器とされている。蒸発器 14 には、冷媒と熱交換する冷水が内部を流通する冷水用伝熱

管 1 4 a が挿通されている。冷水用伝熱管 1 4 a には、冷水行き配管 3 2 a と冷水戻り配管 3 2 b とが接続されている。冷水行き配管 3 2 a を介して蒸発器 1 4 に導かれた冷水は、定格温度（例えば 7℃）まで冷却され、冷水戻り配管 3 2 b を介して図示しない外部負荷に導かれて冷熱を供給した後に、冷水行き配管 3 2 a を介して再び蒸発器 1 4 へと導かれるようになっている。

冷水行き配管 3 2 a には、冷水を送水する冷水ポンプ（図示せず）と、冷水入口温度 T_{in} を計測する冷水入口温度センサ 3 3 a とが設けられている。冷水戻り配管 3 2 b には、冷水出口温度 T_{out} を計測する冷水出口温度センサ 3 3 b と、冷水流量 F_1 を計測する冷水流量センサ 3 4 とが設けられている。

蒸発器 1 4 には、蒸発器 1 4 内の蒸発圧力 P_e を計測する蒸発器圧力センサ 3 5 が設けられている。

これらセンサ 3 3 a, 3 3 b, 3 4, 3 5 の計測値は、制御装置 1 6 へと送信されるようになっている。

[0024] 凝縮器 1 2 と蒸発器 1 4 との間には、抽気装置 1 5 が設けられている。抽気装置 1 5 には、凝縮器 1 2 から冷媒と不凝縮ガス（空気）を含む混合ガスを導く抽気配管 1 7 が接続されている。抽気配管 1 7 には、混合ガスの流通および遮断を制御するための抽気電磁弁（抽気弁）1 8 が設けられている。この抽気電磁弁 1 8 の開閉は、制御装置 1 6 によって制御される。

抽気装置 1 5 には、抽気装置 1 5 内で凝縮させた液冷媒を蒸発器 1 4 へ排出する排液配管 1 9 が接続されている。排液配管 1 9 には、液冷媒の流通および遮断を制御するための排液電磁弁（排液弁）2 1 が設けられている。この排液電磁弁 2 1 の開閉は、制御装置 1 6 によって制御される。

[0025] 図 2 には、抽気装置 1 5 周りの構成が示されている。抽気装置 1 5 は、抽気配管 1 7 から導かれた冷媒と不凝縮ガスを含む混合ガスを貯留する抽気タンク 4 0 を備えている。抽気タンク 4 0 には、抽気タンク 4 0 内を冷却する冷却器 4 2 と、抽気タンク 4 0 内を加熱するヒータ 4 4 とが設けられている。

。

[0026] 冷却器 4 2 は、ペルチェ素子を備えており、ペルチェ素子によって冷却された冷却伝熱面 4 2 a が抽気タンク 4 0 内に露出するように設けられている。冷却伝熱面 4 2 a は、抽気タンク 4 0 の上下方向に沿って設けられている。冷却器 4 2 のペルチェ素子には、図示しない給電部が接続されている。制御装置 1 6 によって給電部に流す電流を制御することで、冷却器 4 2 の起動及び停止が切り替えられるようになっている。また、冷却器 4 2 のペルチェ素子には、冷却伝熱面 4 2 a にて吸熱した熱を外部へ放出する放熱部（図示せず）が設けられている。放熱部には、冷却水を通水させる水冷装置が設けられており、一定温度にて放熱されるようになっている。なお、放熱部は、水冷装置を備えない空冷式としても良い。

[0027] ヒータ 4 4 は、例えば電気式ヒータとされており、抽気タンク 4 0 の底部に取り付けられている。制御装置 1 6 によってヒータ 4 4 の起動及び停止が制御されるようになっている。

[0028] 抽気タンク 4 0 には、抽気タンク 4 0 内の圧力 P_t を検出する抽気タンク用圧力センサ 4 6 と、抽気タンク 4 0 内の温度 T_t を検出する抽気タンク用温度センサ 4 8 とが設けられている。これらセンサ 4 6, 4 8 の計測値は、制御装置 1 6 へと送信されるようになっている。

抽気タンク 4 0 の上部には、抽気タンク 4 0 内のガス（主として不凝縮ガス）を排出する排気配管 5 0 が接続されている。排気配管 5 0 には、ガスの流通および遮断を制御するための排気電磁弁（排気弁）5 2 が設けられている。この排気電磁弁 5 2 の開閉は、制御装置 1 6 によって制御される。

[0029] 制御装置 1 6 は、各センサから受信した測定値や上位システムから送られてくる負荷率などに基づいて圧縮機 1 1 の回転数などを制御する機能や、抽気装置 1 5 の制御機能などを有している。

[0030] 制御装置 1 6 は、例えば、図示しない CPU（中央演算装置）、RAM（Random Access Memory）等のメモリ、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体等かを備えている。後述の各種機能を実現するた

めの一連の処理の過程は、プログラムの形式で記録媒体等に記録されており、このプログラムをCPUがRAM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、後述の各種機能が実現される。

[0031] 上述した冷凍機1は、低圧冷媒を用いているので、運転中に負圧部から不凝縮ガスである空気が冷凍機1内に侵入する。負圧部としては、主として蒸発器等の冷凍サイクル時に相対的に低圧となる領域が挙げられるが、冬期には凝縮器12も負圧となり得る。冷凍機1内に侵入した空気は、主に、凝縮器12内に蓄積されることになる。抽気装置15は、凝縮器12内に蓄積された空気を所定の間隔で運転させて冷凍機1内の空気を外部へと排出する。

[0032] 次に、図3～図5を用いて、抽気装置15の動作について説明する。

表1には、以下に説明する各ステップにおけるペルチェ素子、各電磁弁等の動作状態がまとめられている。下表において、○印はONまたは開を示し、●印はOFFまたは閉を示す。

[表1]

動作		ペルチエ 素子	抽気 電磁弁	排気 電磁弁	排液 電磁弁	ヒータ
(1)	抽気装置停止中 (S1)	●	●	●	○	●
(2)	抽気装置起動 (S4) (抽気準備)	○	●	●	●	●
(3)	抽気 (S6)	○	○	●	●	●
(4)-1	排液開始 (S10)	○	○	●	○	●
(4)-2	排液終了 (S11)	○	○	●	●	●
(5)	排気準備 (S15)	●	●	●	●	○
(6)-1	ヒータ	●	●	○	●	●
(6)-2	排気開始 (S17) 排気終了 (S19)	●	●	●	●	●
(7)	抽気装置停止 (S23)	●	●	●	○	●

[0033] 冷凍機 1 の運転中で、不凝縮ガスである空気の冷凍機 1 内への侵入量が所定値未満の場合には、抽気装置 15 は停止状態とされる（ステップ S 1）。このとき、冷却器 42 のペルチェ素子は OFF とされ、抽気電磁弁 18 及び排気電磁弁 52 は閉とされ、排液電磁弁 21 は開とされ、ヒータ 44 は OFF とされている。

[0034] ステップ S 2 では、冷凍機 1 の冷媒系統内に侵入する空気量の計算を以下のように行う。制御装置 16 は、凝縮器圧力センサ 25 から凝縮圧力 P_c と、蒸発器圧力センサ 35 から蒸発圧力 P_e とを取得し、凝縮器 12 と蒸発器 14 における大気圧との差圧の計算を下式のように行う。

$$\text{差圧（凝縮器）} = \text{大気圧} - \text{凝縮圧力 } P_c \quad \cdots (1)$$

$$\text{差圧（蒸発器）} = \text{大気圧} - \text{蒸発圧力 } P_e \quad \cdots (2)$$

そして、式（1）及び式（2）に基づき、空気侵入量（瞬時値）を下式のように算出する。

$$\text{空気侵入量（瞬時値）} = f（\text{差圧}） \quad \cdots (3)$$

すなわち、空気侵入量（瞬時値）は差圧の関数（例えば差圧の $1/2$ 乗の関数）とされ、凝縮器 12 における空気侵入量と蒸発器 14 における空気侵入量との和とする。

そして、冷凍機 1 の冷媒系統に侵入した空気量（積算値）は、空気侵入量（瞬時値）を時間で積分した値として算出される。

$$\text{空気侵入量（積算値）} = \sum \text{空気侵入量（瞬時値）} \quad \cdots (4)$$

[0035] 上記のように算出した空気侵入量（積算値）が、予め決められた設定値を超えると（ステップ S 3）、抽気装置 15 の起動準備が行われる（ステップ S 4）。具体的には、冷却器 42 のペルチェ素子を ON とし、排液電磁弁 21 を閉とする。これにより、抽気タンク 40 内は閉空間となり、ペルチェ素子による冷却によって冷却伝熱面 42a から吸熱が行われる。冷却伝熱面 42a からの吸熱によって、抽気タンク 40 内の温度が低下するとともに、抽気タンク 40 内の圧力も低下する。

凝縮器圧力センサ 25 によって得られた凝縮圧力 P_c から抽気タンク用圧

力センサ 46 によって得られた抽気タンク圧力 P_t を引いた値が設定値を超えた場合に（ステップ S5）、抽気電磁弁 18 を開とする（ステップ S6）。

[0036] 抽気電磁弁 18 を開とすることによって、凝縮器 12 と抽気タンク 40 との差圧に応じて、凝縮器 12 から抽気配管 17 を介して冷媒と空気を含む混合ガスが抽気タンク 40 内へと流れ込む。抽気タンク 40 内では、冷却伝熱面 42a からの冷却によって、冷媒が凝縮温度以下まで冷却されて液化される。一方、不凝縮ガスである空気は、冷却伝熱面 42a からの冷却によっても凝縮されずにガス状態のまま抽気タンク 40 内に滞留する。

以下に説明するように、2 通りの方法で、抽気タンク 40 内で凝縮されて抽気タンク 40 の下方に蓄積された液冷媒の液位を検知する。

[0037] [圧力変化による液位検知（ステップ S7）]

ステップ S7 に示すように、凝縮器圧力センサ 25 によって得られた凝縮圧力 P_c から抽気タンク用圧力センサ 46 によって得られた抽気タンク圧力 P_t を引いた値が設定値を超えた場合に、抽気タンク 40 内における液冷媒の液位が上昇したと判断する。この設定値は、予め試験等によって決定されている。

[0038] 冷却伝熱面 42a は、抽気タンク 40 内で高さ方向に向けて設置されている（図 2 参照）ので、抽気タンク 40 の下方に蓄積された液冷媒の液位が上昇すると、冷却伝熱面 42a が液冷媒で下方から液没することになる。冷却伝熱面 42a が液冷媒によって液没すると、ガスを冷却する伝熱面積が減少するため、凝縮能力が低下する。凝縮能力が低下すると、抽気タンク 40 内の圧力 P_t が上昇して、凝縮器 12 の凝縮圧力 P_c との差圧が小さくなる。このように、抽気タンク 40 内を冷却すると抽気タンク 40 内の圧力が低下するが、抽気タンク 40 内での冷媒の凝縮が進むと、抽気タンク 40 に液冷媒が蓄積されて冷却伝熱面 42a を液冷媒が覆うことにより、抽気タンク 40 内の圧力 P_t が上昇するという減少が生じる。そこで、抽気タンク用圧力センサ 46 で抽気タンク 40 内の圧力 P_t を計測し、計測値が下降した後に

上昇して所定値以上となり凝縮圧力 P_c との差圧が設定値を超えたことを捉えて、抽気タンク 40 内の液冷媒の液位の上昇を検知する。

上記のように抽気タンク 40 内の液冷媒の液位の上昇を検知したら、ステップ S10 へと進み、排液を行う。

[0039] [計算による液位検知（ステップ S8 及び S9）]

計算による液冷媒の液位検知では、ステップ S8 に示すように、冷媒凝縮量の計算を行う。

まず、冷媒凝縮量（瞬時値）を算出するために、抽気タンク 40 内の温度を得る。具体的には、抽気タンク用温度センサ 48 によって抽気タンク温度 T_t を得る。抽気タンク用温度センサ 48 を用いない場合には、抽気タンク用圧力センサ 46 によって得られる抽気タンク圧力 P_t から抽気タンク温度を計算してもよい。具体的には、抽気タンク圧力 P_t から得られる飽和温度を抽気タンク温度とする。

[0040] そして、冷却器 42 の冷却能力と、冷媒の凝縮潜熱から冷媒凝縮量（瞬時値）を得る。

冷却器 42 で用いるペルチェ素子の冷却能力は、吸熱側温度と放熱温度との差、ペルチェ素子に流れる電流で決まる。放熱温度（冷却水温度または外気温度）、ペルチェ素子に流れる電流を一定とすると、吸熱側温度（≡抽気タンク内温度 T_t ）の関数として冷却能力 Q_{p_W} [W] が下式のように算出される。

$$Q_{p_W} = f(T_t) \quad \dots (5)$$

冷媒の凝縮潜熱 Q_{LH} [kJ/kg] は、飽和温度（飽和圧力）におけるガスエンタルピと液エンタルピとの差であるため、下式のように冷媒ごとに抽気タンク内温度 T_t の関数として定義される。

$$Q_{LH} = f(T_t) \quad \dots (6)$$

上記の通り得られた冷却能力 Q_{p_W} と凝縮潜熱 Q_{LH} とによって、冷媒凝縮量（瞬時値） G_{in_ref} [kg/h] が以下の通り算出される。

$$G_{in_ref} = Q_{p_W} / Q_{LH} \times 3600 / 10^3 \quad \dots (7)$$

上式（７）にて得られた冷媒凝縮量（瞬時値）を時間で積分することによって、冷媒凝縮量（積算値）が得られる。

$$\text{冷媒凝縮量（積算値）} = \Sigma \text{冷媒凝縮量（瞬時値）} \quad \dots (8)$$

[0041] そして、冷媒凝縮量（積算値）が設定値を超えると（ステップＳ９）、抽気タンク４０内の液冷媒の液位が上昇したと判断し、ステップＳ１０へと進み、排液を行う。

[0042] ステップＳ１０では、排液電磁弁２１を開として、抽気タンク４０内の液冷媒の排出を行う。抽気タンク４０内の液冷媒は、排液配管１９を通り、蒸発器１４へと導かれる。

[0043] ステップＳ１０にて排液電磁弁２１を開してから一定時間経過した後に、排液電磁弁２１を閉じ、排液を終了する（ステップＳ１１）。この一定時間は、冷凍機１設置前の試験等によって予め設定しておく。

[0044] 次に、抽気タンク４０内に蓄積された不凝縮ガスである空気を、排気配管５０を介して外部（大気）へ排出するか否かの判断を、以下の２通りの方法で検出することによって行う。

[圧力変化による検出（ステップＳ１２）]

ステップＳ１０にて抽気タンク４０から液冷媒を排出すると、冷却器４２の冷却伝熱面４２ａの液没が解消されて冷却能力が回復するので、抽気タンク４０内の圧力は降下することになる。しかし、抽気タンク４０内に不凝縮ガスである空気が所定量以上滞留していると、空気が冷却伝熱面４２ａを覆い伝熱性能が阻害されることになる。したがって、液冷媒の排液後に抽気タンク４０内の圧力が所定値以下まで下がらない場合には、抽気タンク４０内に空気が所定量以上滞留していると判断することができる。そこで、ステップＳ１２にて、凝縮器圧力センサ２５によって得られた凝縮圧力 P_c から抽気タンク用圧力センサ４６によって得られた抽気タンク圧力 P_t を引いた差分値が設定値を超えたままの場合、すなわち、抽気タンク圧力 P_t が所定値

以下に下がらない場合に、抽気タンク４０内に空気が所定量以上滞留していると判断する。

抽気タンク４０内に空気が所定量以上滞留していると判断した場合には、ステップＳ１５に進み、排気の準備を行う。

[0045] [計算による検出（ステップＳ１３及びＳ１４）]

ステップＳ１３では、計算によって抽気タンク４０内の空気の滞留量である抽気タンク内空気量（積算値）を得る。具体的には、上述したステップＳ２にて算出した空気侵入量（積算値）に基づいて算出する。そして、抽気タンク内空気量（積算値）が設定値を超えた場合（ステップＳ１４）には、抽気タンク４０内に空気が所定量以上滞留していると判断し、ステップＳ１５に進み、排気の準備を行う。

[0046] ステップＳ１５では、抽気タンク４０内のガスの排気準備を行う。具体的には、冷却器４２のペルチェ素子をＯＦＦとし、抽気電磁弁１８を閉とし、ヒータ４４をＯＮとする。これにより、抽気タンク４０内が密閉された上で内部の温度が上昇するので、抽気タンク４０内の圧力が上昇する。そして、抽気タンク用圧力センサ４６から得られた抽気タンク圧力 P_t が上昇し、大気圧に対して所定値 α だけ高い設定値（大気圧＋ α ）を超えた場合（ステップＳ１６）に、ステップＳ１７に進み、排気開始を行う。

[0047] ステップＳ１７では、排気電磁弁５２を開とし、ヒータ４４をＯＦＦとする。これにより、排気配管５０を介して抽気タンク４０内の空気を主成分とするガスが外部（大気）へと放出される。このときにヒータ４４をＯＦＦとしているのは、抽気タンク４０内に残存している冷媒を必要以上に外部へと放出しないためである。

[0048] そして、抽気タンク４０内の圧力が大気圧に対して所定値 β だけ高い設定値（大気圧＋ β ）を下回った場合（ステップＳ１８）に、ステップＳ１９へと進む。この設定値を大気圧よりも所定値 β だけ高い圧力としたのは、大気圧を下回るまで排気電磁弁５２を開としておくと、大気が逆流して抽気タンク４０内に導かれてしまうのを防止するためである。

ステップS 1 9では、排気電磁弁5 2を閉として、排気を終了させる。

[0049] 次に、ステップS 2 0以降へ進み、抽気装置1 5の停止の判断を行う。

ステップS 2 0では、排気配管5 0を介して外部（大気）へと排出した空気の総量である排出空気量（積算値）を算出する。具体的には以下の通りである。

まず、抽気タンク4 0内の空気密度 ρ_{t_air} [kg/m³] を得るために、抽気タンク4 0内の冷媒飽和圧力 P_{t_ref} [MPa (abs)] を算出する。抽気タンク4 0内の冷媒飽和圧力 P_{t_ref} は、抽気タンク4 0内の温度 T_t 相当の飽和圧力とする。飽和圧力と飽和温度との関係式は、冷媒ごとに飽和温度の関数として下式の通り定義できる。

$$P_{t_ref} = f(T_t) \quad \dots (9)$$

そうすると、抽気タンク4 0内の空気分圧 P_{t_air} [MPa (abs)] は、抽気タンク圧力 P_t （全圧）を用いて、下式のように算出できる。

$$P_{t_air} = P_t - P_{t_ref} \quad \dots (10)$$

したがって、抽気タンク4 0内の空気質量 w_{t_air} [kg] は、理想気体の状態方程式から、下式の通りとなる。

$$w_{t_air} = P_{t_air} \times V_t \times M_{air} / (R \times T_t) \quad \dots (11)$$

ここで、 V_t は抽気タンク4 0の容積 [m³]、 M_{air} は空気の分子量 [kg/mol]、 R はガス定数、 T_t は抽気タンク4 0内の温度 [K] である。

よって、抽気タンク4 0内の空気密度 ρ_{t_air} は、下式の通りとなる。

$$\rho_{t_air} = w_{t_air} / V_t \quad \dots (12)$$

[0050] 以上のように抽気タンク4 0内の空気密度 ρ_{t_air} が得られたら、排出空気量 w_{ex_air} [kg] を算出する。

排出ガス体積 V_{ex} [m³] は、抽気タンク4 0内の圧力 P_t と大気圧 P_a との差圧と、ステップS 1 7において排気電磁弁5 2を開としていた時間

$Time_ex [sec]$ から推定する。

$$V_ex = f(P_t - P_a, Time_ex) \quad \dots (13)$$

なお、排出ガス体積 V_ex は、上式 (13) に代えて、抽気タンク 40 の容積 V_t と、排気前後の圧力差から求めても良い。

上式で得られた排出ガス体積 V_ex と抽気タンク 40 内の空気密度 ρ_{t_air} を用いて、排出空気量 w_ex_air を下式のように算出する。

$$w_ex_air = V_ex \times \rho_{t_air} \quad \dots (14)$$

[0051] 上式 (14) で得られた排出空気量 w_ex_air は、1 回の排気あたりの値であるから、複数回の排気を行った場合には、排出空気量 w_ex_air に対して排気回数 n を乗じて得られた値が排出空気量 (積算値) となる。

$$\text{排出空気量 (積算値)} = w_ex_air \times n \quad \dots (15)$$

このように排出空気量 (積算値) が得られると、ステップ S 21 へ進む。

[0052] ステップ S 21 では、排出空気量 (積算値) がステップ S 2 で得られた侵入空気量 (積算値) を超えたか否かを判断する。

排出空気量 (積算値) が侵入空気量 (積算値) を超えた場合は、十分に排気が行われたとして、ステップ S 23 へと進み、抽気装置 15 の停止を行う。

[0053] 一方で、排出空気量 (積算値) が侵入空気量 (積算値) を超えていない場合は、ステップ S 4 へ戻り、上述した抽気、排液及び排気を繰り返す。

また、排出空気量 (積算値) が侵入空気量 (積算値) を超えなかった場合であっても、ステップ S 22 に示すように、予め設定された一定時間内の抽気タンク 40 内の空気分圧 P_{t_air} (式 (10) 参照) の上昇が設定値以下の場合には、ステップ S 23 へと進み、抽気装置 15 の停止を行う。このステップ S 22 は、何らかの理由で、排出空気量 (積算値) や侵入空気量 (積算値) の計算が不正確であった場合であっても、抽気タンク 40 内の空気分圧の上昇が設定値以下であれば、抽気タンク 40 内の空気は略排気され

ていると判断できるからである。

[0054] 抽気装置 15 の停止を行うステップ S 23 では、排液電磁弁 21 を開とする。これにより、抽気タンク 40 内を蒸発器 14 に連通させる。これは、抽気タンク 40 内が外気温度の影響によって圧力上昇することを防止するためである。

[0055] 以上の通り、本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

ステップ S 20 及び S 21 にて説明したように、排気配管 50 から排出した排出空気量（積算値）が、冷凍機 1 内に侵入した侵入空気量（積算値）を超えた場合に、抽気装置 15 を停止することとしたので、運転停止のタイミングを適切に判断して抽気装置 15 の過剰な運転継続を防止することができる。

[0056] 抽気タンク 40 内に冷媒のみが存在する場合には、抽気タンク 40 内の圧力 P_t と温度 T_t は飽和の関係となる。しかし、抽気タンク 40 内に空気が含まれている場合には、含まれる空気密度に応じて空気の分圧分だけ抽気タンク圧力 P_t は高くなる。これを利用して、抽気タンク 40 内の温度 T_t および圧力 P_t から空気密度を得ることとした（式（9）～式（12）参照）。このように、抽気タンク 40 の温度 T_t 及び圧力 P_t を得るだけで、演算により空気密度を得ることができ、ひいては排出空気量を得ることができる。

[0057] ステップ S 22 にて説明したように、何らかの理由で、排出空気量（積算値）や侵入空気量（積算値）の計算が不正確であった場合を考慮して、ステップ S 21 にて排出空気量（積算値）が侵入空気量（積算値）を超えなかった場合であっても、抽気タンク 40 内の空気分圧の上昇が設定値以下であれば、抽気タンク 40 内の空気は略排気されていると判断し、抽気装置を停止することとした。これにより、抽気装置 15 の過剰な運転継続を防止することができる。

[0058] なお、図 1 に示した冷凍機 1 の構成は一例であり、この構成に限定されない。例えば、水冷式の凝縮器 12 に代えて空気熱交換器を配置し、外気と冷

媒との間で熱交換を行うような構成としてもよい。また、冷凍機 1 は冷却機能のみを有する場合に限定されず、例えば、ヒートポンプ機能のみ、或いは、冷却機能及びヒートポンプ機能の両方を有しているものであってもよい。

[0059] また、冷却器 42 に用いる冷却デバイスとしてペルチェ素子を用いることとしたが、本発明はこれに限定されるものではなく、抽気タンク 40 内を冷媒の凝縮温度以下に冷却できるものであれば、他の冷却装置であっても良い。

[0060] また、ヒータ 44 としては、電気式ヒータを用いることとしたが、本発明はこれに限定されるものではなく、抽気タンク 40 内を加熱できるものであれば、高温冷媒が流れる伝熱管を用いたヒータなど他の形式のヒータであっても良い。

符号の説明

- [0061] 1 冷凍機
- 1 1 圧縮機
 - 1 2 凝縮器
 - 1 3 膨張弁
 - 1 4 蒸発器
 - 1 5 抽気装置
 - 1 6 制御装置（制御部）
 - 1 7 抽気配管
 - 1 8 抽気電磁弁（抽気弁）
 - 1 9 排液配管
 - 2 0 インバータモータ
 - 2 1 排液電磁弁（排液弁）
 - 2 2 a 冷却水往き配管
 - 2 2 b 冷却水戻り配管
 - 2 3 a 冷却水入口温度センサ
 - 2 3 b 冷却水出口温度センサ

- 2 4 冷却水流量センサ
- 2 5 凝縮器圧力センサ
- 3 2 a 冷水往き配管
- 3 2 b 冷水戻り配管
- 3 3 a 冷水入口温度センサ
- 3 3 b 冷水出口温度センサ
- 3 4 冷水流量センサ
- 3 5 蒸発器圧力センサ
- 4 0 抽気タンク
- 4 2 冷却器
- 4 4 ヒータ
- 4 6 抽気タンク用圧力センサ
- 4 8 抽気タンク用温度センサ
- 5 0 排気配管
- 5 2 排気電磁弁（排気弁）

請求の範囲

- [請求項1] 冷凍機から冷媒と不凝縮ガスを含む混合ガスを抽気する抽気配管と、
、
前記抽気配管から抽気された前記混合ガスを貯留する抽気タンクと、
、
前記抽気タンク内を冷却して前記混合ガス中の冷媒を凝縮させる冷却器と、
前記抽気タンク内の液冷媒を前記冷凍機へ排出する排液配管と、
前記抽気タンク内の前記混合ガス中の不凝縮ガスを外部へ排出する排気配管と、
前記排気配管から排出した排出不凝縮ガス量が、前記冷凍機内に侵入した侵入不凝縮ガス量を超えた場合に、当該抽気装置の動作を停止する制御部と、
を備えている抽気装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記抽気タンク内の温度および圧力から得られた該抽気タンク内の不凝縮ガス密度と、前記排気配管からの排出ガス量とから、前記排出不凝縮ガス量を得る請求項1に記載の抽気装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記冷凍機の冷媒系統内の圧力と冷凍機外の圧力との差圧に基づいて、前記侵入不凝縮ガス量を得る請求項1又は2に記載の抽気装置。
- [請求項4] 前記制御部は、予め設定された一定時間内における前記抽気タンク内の不凝縮ガスの分圧の上昇が設定値以下の場合に、当該抽気装置の動作を停止する請求項1から3のいずれかに記載の抽気装置。
- [請求項5] 請求項1から4のいずれかに記載の抽気装置を備えている冷凍機。
- [請求項6] 冷凍機から冷媒と不凝縮ガスを含む混合ガスを抽気する抽気配管と、
、
前記抽気配管から抽気された前記混合ガスを貯留する抽気タンクと、
、

前記抽気タンク内を冷却して前記混合ガス中の冷媒を凝縮させる冷却器と、

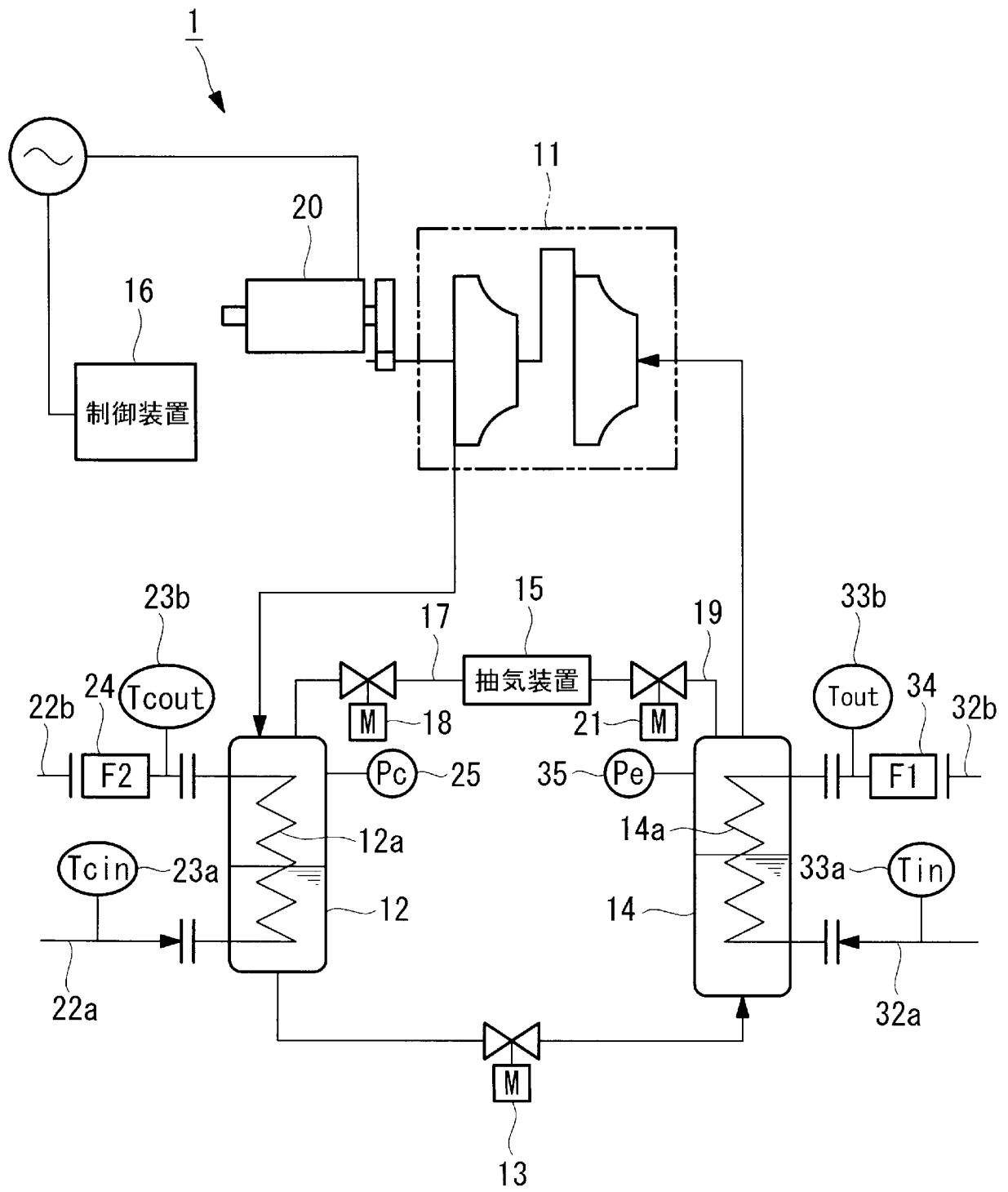
前記抽気タンク内の液冷媒を前記冷凍機へ排出する排液配管と、

前記抽気タンク内の前記混合ガス中の不凝縮ガスを外部へ排出する排気配管と、

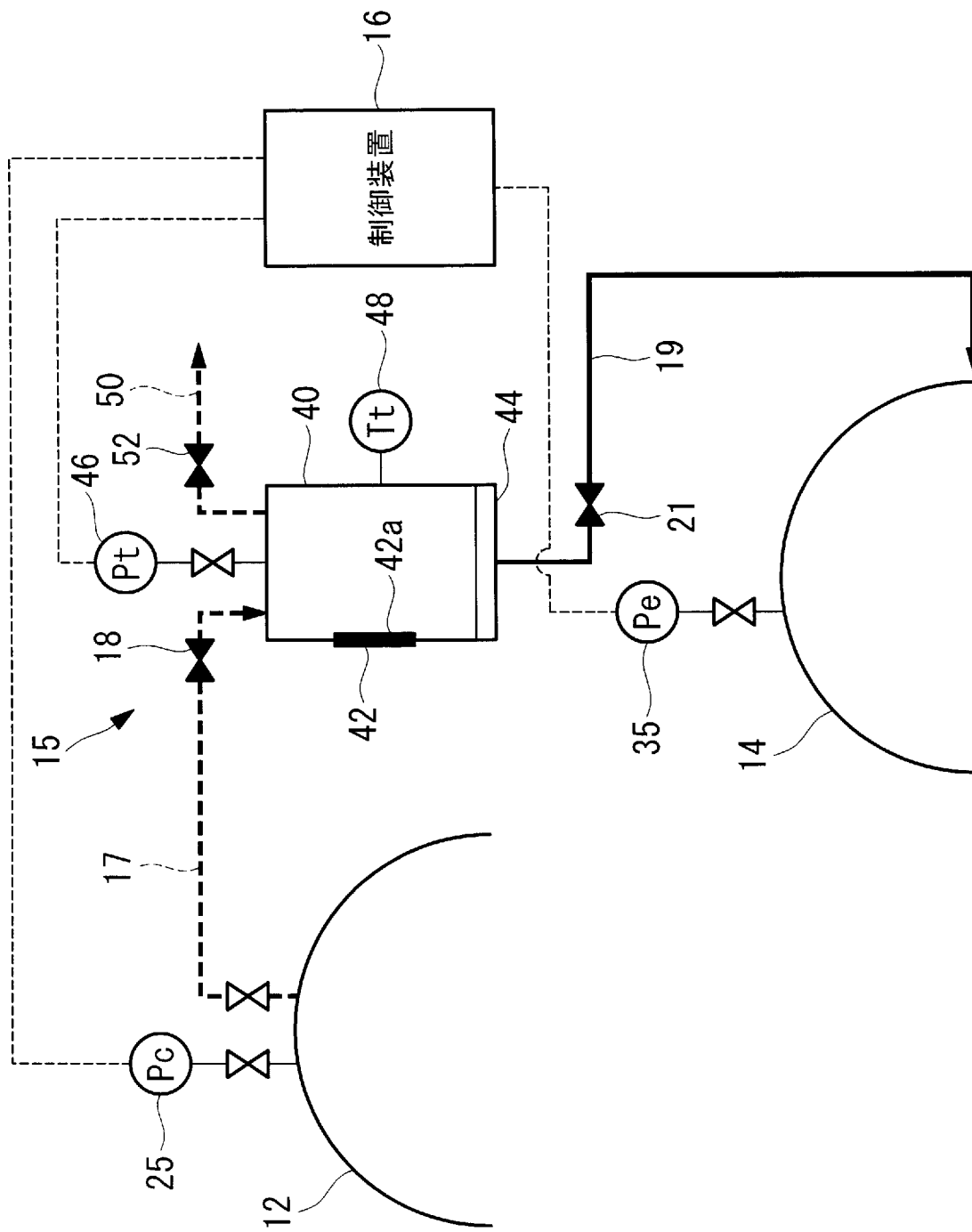
を備えた抽気装置の制御方法であって、

前記排気配管から排出した排出不凝縮ガス量が、前記冷凍機内に侵入した侵入不凝縮ガス量を超えた場合に、当該抽気装置の動作を停止する抽気装置の制御方法。

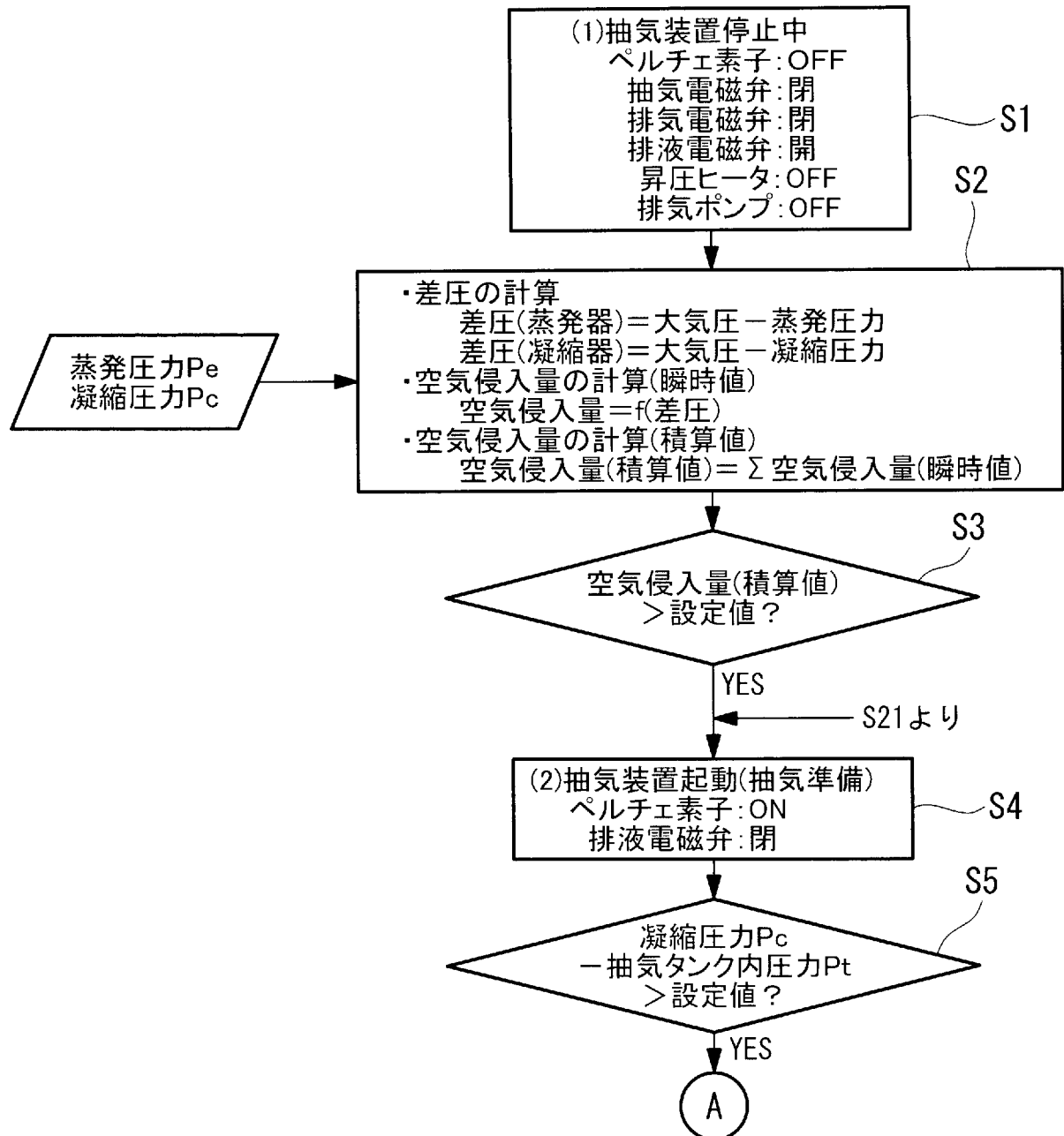
[図1]



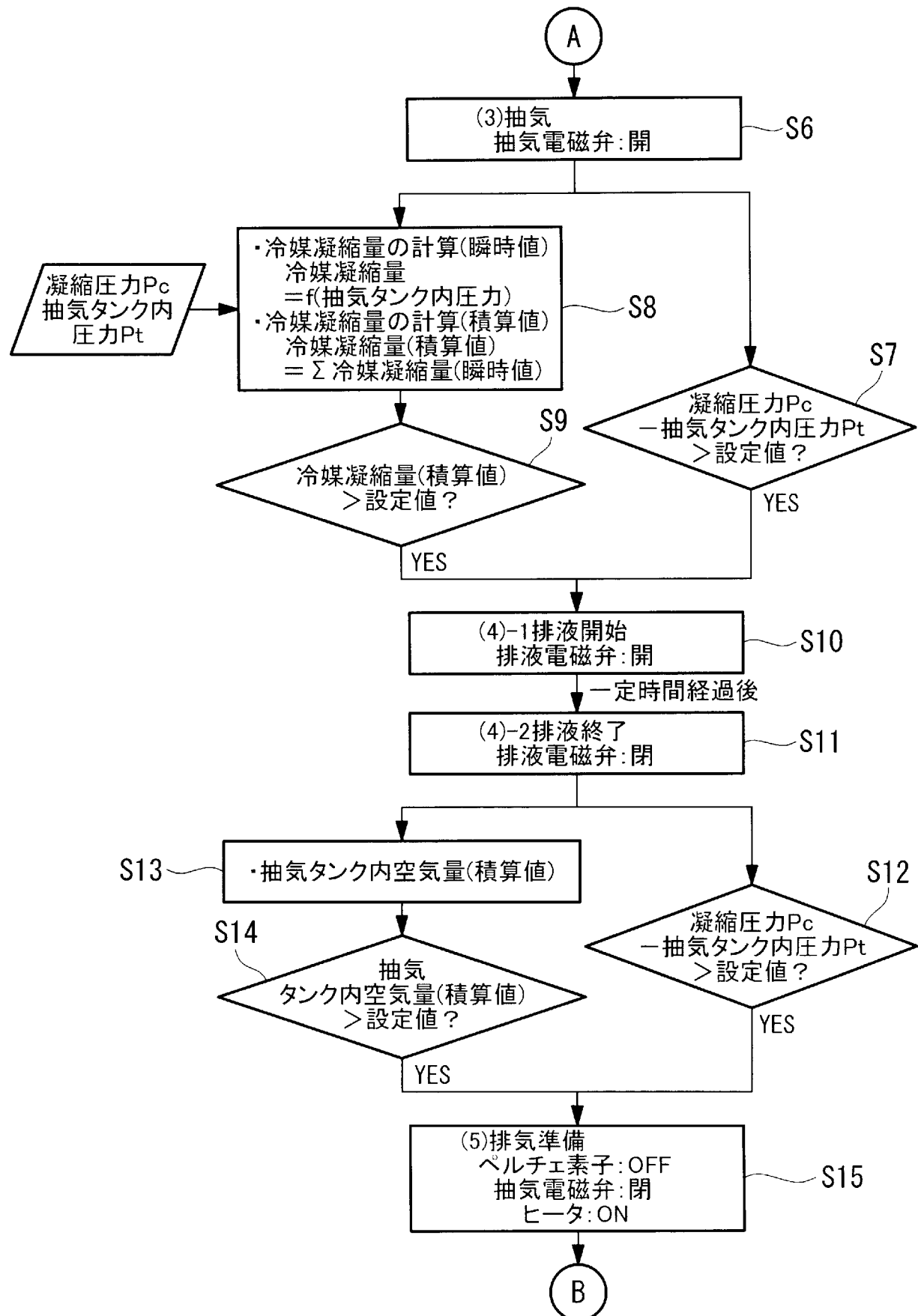
[図2]



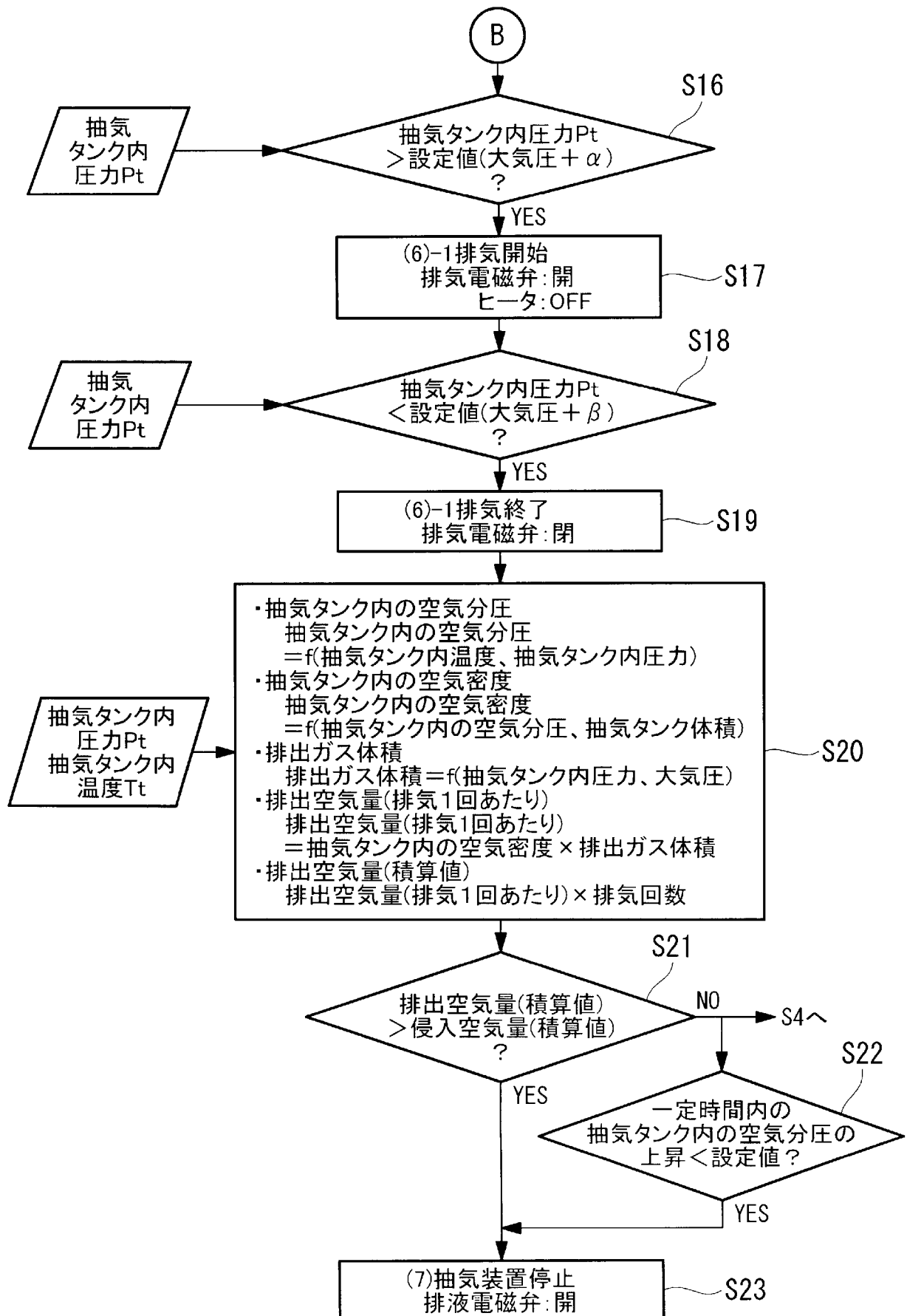
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012826

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B43/04(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)

F25B43/04

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2000-292033 A (Ebara Corp.), 20 October 2000 (20.10.2000), paragraphs [0013] to [0023] (Family: none)	1-6
A	JP 2002-372348 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 December 2002 (26.12.2002), paragraphs [0039] to [0041] (Family: none)	1-6
A	JP 9-303907 A (Hitachi, Ltd.), 28 November 1997 (28.11.1997), paragraphs [0009] to [0010] (Family: none)	1-6

☒ 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
05 June 2017 (05.06.17)

Date of mailing of the international search report
13 June 2017 (13.06.17)

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/JP2017/012826

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/0298995 A1 (SERVICE SOLUTIONS U.S. LLC), 14 November 2013 (14.11.2013), fig. 2 to 12 & WO 2013/169963 A1 & EP 2847526 A1 & CN 104487788 A	1-6
P,A	WO 2016/047305 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 31 March 2016 (31.03.2016), paragraphs [0026] to [0044] & JP 2016-65673 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F25B43/04(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. F25B43/04

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2000-292033 A (株式会社荏原製作所) 2000.10.20, 段落13-23 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-372348 A (三菱重工業株式会社) 2002.12.26, 段落39-41 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 9-303907 A (株式会社日立製作所) 1997.11.28, 段落9-10 (ファミリーなし)	1-6

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

05.06.2017

国際調査報告の発送日

13.06.2017

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)

石黒 雄一

3M

4019

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	US 2013/0298995 A1 (SERVICE SOLUTIONS U. S. LLC) 2013. 11. 14, 第 2 - 1 2 図 & WO 2013/169963 A1 & EP 2847526 A1 & CN 104487788 A	1-6
P, A	WO 2016/047305 A1 (三菱重工業株式会社) 2016. 03. 31, 段落 2 6 - 4 4 & JP 2016-65673 A	1-6