

(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
2016年6月30日(30.06.2016)



(10) 国際公開番号

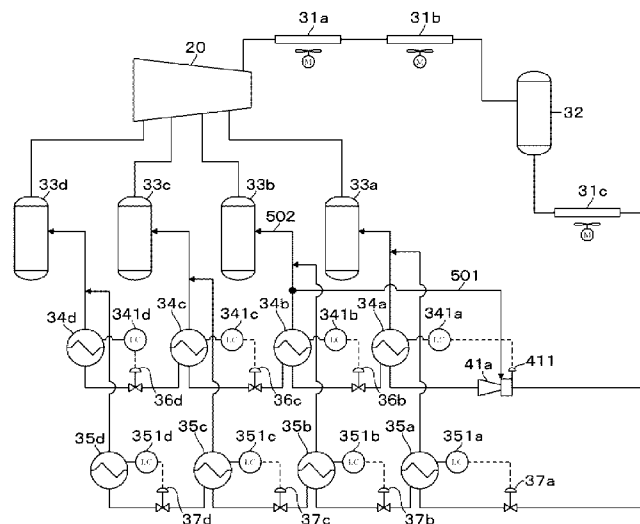
WO 2016/103296 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 5/04 (2006.01) F25J 1/00 (2006.01)
F25B 1/00 (2006.01) F25J 1/02 (2006.01)
F25B 9/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/006470
- (22) 国際出願日: 2014年12月25日(25.12.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日揮株式会社 (JGC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町2丁目
2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 綿貫 良祐 (WATANUKI, Ryosuke); 〒
2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい2丁
目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 中山
徹 (NAKAYAMA, Toru); 〒2206001 神奈川県横浜市
西区みなとみらい2丁目3番1号 日揮株式会
社内 Kanagawa (JP). 大森 英史 (OMORI, Hide-
fumi); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみら
い2丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa
(JP). 山中 裕 (YAMANAKA, Yutaka); 〒2206001 神
奈川県横浜市西区みなとみらい2丁目3番1号
日揮株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 井上 俊夫 (INOUE, Toshio); 〒2310058 神
奈川県横浜市中区弥生町2丁目15番1号ス
トックタワー大通り公園3 601号 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, 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, JP, 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,

[続葉有]

(54) Title: REFRIGERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 冷凍装置



(57) Abstract: Provided is a refrigeration device that efficiently employs an ejector in a refrigeration cycle. A first-stage ejector 41a provided in a refrigeration device sucks a refrigerant gas by the ejection of a high-pressure refrigerant liquid obtained by condensing a high-pressure refrigerant gas emitted from a compressor 20, and increases the pressure of a mixed fluid thereof. A first-stage heat exchanger 34a cools a fluid to be cooled by exchanging heat with the mixed fluid the pressure of which has been increased by the first-stage ejector 41a. A first-stage gas-liquid separator 33a separates a liquid accompanying the refrigerant gas generated by the first-stage heat exchanger 34a, and sends the liquid to the compressor 20. A next-stage heat exchanger 34b cools the fluid to be cooled by exchanging heat with a refrigerant obtained by expanding, with an expander 36b, the refrigerant liquid that did not vaporize in the first-stage heat exchanger 34a. The refrigeration device also includes a flow path 501 that supplies a refrigerant gas generated by the next-stage heat exchanger 34b to a suction opening 413 of the first-stage ejector 41a.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/103296 A1



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))

冷凍サイクル中のエジェクタを効率的に活用した冷凍装置を提供する。 冷凍装置に設けられた初段のエジェクタ 4 1 a は、圧縮機 2 0 から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引してこれらの混合流体を昇圧し、初段の熱交換器 3 4 a は初段のエジェクタ 4 1 a にて昇圧された混合流体との熱交換により被冷却流体を冷却する。初段の気液分離器 3 3 a は、初段の熱交換器 3 4 a にて発生した冷媒ガスに同伴される液を気液分離して圧縮機 2 0 に送り、次段の熱交換器 3 4 b は、初段の熱交換器 3 4 a にて気化しなかった冷媒液を膨張部 3 6 b により膨張させて得られた冷媒との熱交換により被冷却流体を冷却する。さらに、次段の熱交換器 3 4 b にて発生した冷媒ガスを初段のエジェクタ 4 1 a の吸引口 4 1 3 に供給する流路 5 0 1 を備える。

明 細 書

発明の名称： 冷凍装置

技術分野

[0001] 本発明は、天然ガスなどの被冷却流体を冷却する冷凍装置に関する。

背景技術

[0002] 液化天然ガスの製造工程は、天然ガスに対して酸性ガス除去及び水分除去などの前処理を行う工程、その後、予冷用冷媒により例えば -40°C 付近まで予備冷却する工程、次いで天然ガスから重質ガスを除去した後、主冷媒により例えば -150°C から -160°C に冷却して液化する工程を備えている。予冷用冷媒としてはプロパンを主成分とする冷媒が用いられ、主冷媒としてはメタン、エタン、プロパン及び窒素を混合した混合冷媒が用いられる。

[0003] これらの冷媒は、蒸気圧縮式の冷凍サイクルにおいて循環利用される。冷凍サイクルにおいては、冷媒は気体の状態で圧縮機により圧縮され、次いで凝縮器により冷却されて液化され、液化した圧力の高い冷媒は、膨張弁などにより降圧されて低温化される。低温化された冷媒は天然ガスとの熱交換により気化して再び気体となる。予冷用冷媒は、圧縮機により圧縮された主冷媒を冷却することにも使用され、主冷媒は予冷用冷媒により冷却された後、天然ガスとの間で熱交換を行う。

[0004] 一般的な冷凍サイクルに着目したとき、例えば特許文献1には、冷凍サイクル内に設けられている膨張弁をエジェクタに置き換えることにより、冷凍サイクルの効率を向上させる技術が提案されている。しかしながら、特許文献1に記載の冷凍サイクルは、エアコンなどの空気調和機やショーケース用の冷凍機などの比較的小型の機器に適用されるものである。従って、天然ガスの液化システムのように、大型プラントの冷凍サイクルにエジェクタを設ける際の効率的な活用法は記載されていない。

[0005] ここで特許文献2には、天然ガスの冷凍サイクルに設けられた冷凍圧縮機を起動する際の動力を低減するために、エジェクタを用いて冷凍圧縮機の出

口圧を外気圧以下まで下げる技術が記載されている。また特許文献3には、熱交換器で冷却されて液化された天然ガスをエジェクタによって精留塔内に減圧膨張させ、液化天然ガス中に含まれる窒素を分離する技術が記載されている。

しかしながら、引用文献2に記載のエジェクタは冷凍圧縮機を起動した後には使用を終えるものであり、また引用文献3に記載のエジェクタは被冷却流体側の機器であって、いずれも冷凍サイクルの一部を構成するエジェクタではない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-299911号公報

特許文献2：特許第4976426号公報

特許文献3：米国特許第4112700号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、このような背景の下になされたものであり、冷凍サイクル中のエジェクタを効率的に活用した冷凍装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 第1の発明に係る冷凍装置は、図2、4、5、6に記載の実施の形態に相当する。以下、課題を解決するための手段の記載においては、これらの図で用いた符号を構成要素に併記してある。

本発明の冷凍装置は、冷媒ガスを圧縮する圧縮機（20）と、

前記圧縮機から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が噴射されるノズルと当該高圧冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引する吸引口とを備え、前記ノズルから噴射された高圧冷媒液体と前記吸引口から吸引された冷媒ガスとの混合流体を昇圧する初段のエジェクタ（図2の41a、図4の41a及び41d、図5の41d、図6の41g）と、

前記初段のエジェクタにて昇圧された混合流体が供給され、当該混合流体と被冷却流体との間で熱交換されて当該被冷却流体を冷却する初段の熱交換器（図２の３４ａ、図４の３４ａ及び３５ａ、図５、図６の３５ａ）と、

前記初段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を気液分離し、分離された冷媒ガスが前記圧縮機に送られる初段の気液分離器（図２、４、５、６の３３ａ）と、

前記初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液を膨張部（図２の３６ｂ、図４の４１ｂ及び４１ｅ、図５の３７ｂ、図６の３９）により膨張させて得られた冷媒が供給され、当該冷媒と被冷却流体との間で熱交換を行って当該被冷却流体を冷却する次段の熱交換器（図２の３４ｂ、図４の３４ｂ及び３５ｂ、図５の３５ｂ、図６の３８）と、

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を前記初段のエジェクタの吸引口に供給する流路（図２の５０１、図４の５０１ａ、５０１ｄ、図５の５０１ｄ、図６の５０１ｊ）と、を備えたことを特徴とする。

また、第２の発明は図４に記載の実施形態に相当し、前記膨張部は、高压冷媒液体が噴射されるノズルと当該高压冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引する吸引口とを備え、当該ノズルから噴射された高压冷媒液体と当該吸引口から吸引された冷媒ガスとの混合流体を昇圧する次段のエジェクタ（図４の４１ｂ、４１ｅ）であることを特徴とする。

[0009] 第３の発明は、図２、４、５に記載の実施形態に相当し、前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を気液分離し、分離された冷媒ガスが前記圧縮機に送られる次段の気液分離器（図２、図４、図５の３３ｂ）と、

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を前記次段の気液分離器に供給するための流路（図２の５０２、図４の５０２ａ、５０２ｄ、図５の５０２ｄ）と、を備え、

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴され

る液は前記初段のエジェクタの吸引口と前記次段の気液分離器とに分流して供給されるように構成されていることを特徴とする。

第４の発明は、図４に記載の実施形態に相当し、第１の発明の冷凍装置の構成要件である膨張部は、次段のエジェクタ（４１ｂ、４１ｅ）であること、

第３の発明の冷凍装置の構成要件である前記初段のエジェクタ、初段の熱交換器、次段のエジェクタ及び次段の熱交換器からなる組として、第１の被冷却流体を冷却するための第１の組（４１ａ、３４ａ、４１ｂ、３４ｂ、）と、第２の被冷却流体を冷却するための第２の組（４１ｄ、３５ａ、４１ｅ、３５ｂ）とが設けられること、

前記第１の組の初段のエジェクタ（４１ａ）及び第２の組の初段のエジェクタ（４１ｄ）の各ノズルには、前記圧縮機から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が分流して供給されること、

前記初段の気液分離器（３３ａ）は、第１の組及び第２の組に対して共通であり、前記次段の気液分離器（３３ｂ）は、第１の組及び第２の組に対して共通であること、を備えたことを特徴とする。

[0010] 第５の発明は、図５に記載の実施形態に相当し、前記圧縮機（２０）から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が分流して供給され、高圧冷媒液体が噴射されるノズルと当該高圧冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引する吸引口とを備え、前記ノズルから噴射された高圧冷媒液体と前記吸引口から吸引された冷媒ガスとの混合流体を昇圧する前記初段のエジェクタ（４１ａ、４１ｄ）を並列に二つ設け、

一方側の初段のエジェクタを第１の初段のエジェクタ（４１ａ）、他方側の初段のエジェクタを第２の初段のエジェクタ（４１ｄ）と呼ぶとすると、

この第１の初段のエジェクタにて昇圧された混合流体が供給され、当該混合流体と被冷却流体との間で熱交換を行って当該被冷却流体を冷却すると共に、熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液が初段の気液分離器（３３ａ）に供給される初段の熱交換器である第１の初段の熱交換器（３

4 a)、及び前記第2の初段のエジェクタにて昇圧された混合流体が供給される初段の熱交換器である第2の初段の熱交換器(35 a)を各々設けたこと、

第1の初段の熱交換器の後段に、第1の次段の膨張部(図5ではエジェクタ41 b)、第1の次段の熱交換器(34 b)及び次段の気液分離器(33 b)を設け、第2の初段の熱交換器の後段に、第2の次段の膨張部(37 b)、第2の次段の熱交換器(35 b)を設けたこと、

前記第1の初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液が高压冷媒として第1の次段の膨張部を介して第1の次段の熱交換器に供給され、前記第2の初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液が高压冷媒として第2の次段の膨張部を介して第2の次段の熱交換器に供給されるように構成したこと、

この第2の次段の熱交換器にて熱交換された冷媒ガスとそれに同伴される液を前記第1の初段のエジェクタの吸引口、及び前記次段の気液分離器に供給する流路(501 g、502 d)を設けたこと、

前記第1の初段の熱交換器及び第1の次段の熱交換器は、第1の被冷却流体を冷却するためのものであり、前記第2の初段の熱交換器及び第2の次段の熱交換器は、第2の被冷却流体を冷却するためのものであること、を備えたことを特徴とする。

第6の発明は、図5に記載の実施形態に相当し、第2の次段の熱交換器(35 b)にて熱交換された冷媒ガスとそれに同伴される液を前記第1の初段のエジェクタの吸引口、及び前記次段の気液分離器に供給する流路(501 g、502 d)に加えて、前記第2の初段のエジェクタ(41 d)の吸引口に供給する流路(501 d)を設けたことを特徴とする。

[0011] 第7の発明は、図4、5に記載の実施形態に相当し、天然ガスを予冷用冷媒により予備冷却し、次いで主冷媒により主冷却し、主冷却を終えた主冷媒を圧縮後前記予冷用冷媒により冷却する天然ガスの液化システムに用いられる冷凍装置であって、

前記高压冷媒は予冷用冷媒であり、

第1の被冷却流体及び第2の被冷却流体は、夫々天然ガス及び主冷媒であることを特徴とする。

[0012] 第8の発明は、図6に記載の実施形態に相当し、前記初段のエジェクタ（41g）と並列して設けられた初段の膨張弁（37a）に対し、前記圧縮機（20）から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が分流して供給され、当該高圧冷媒液体を膨張させて得られた冷媒が前記初段の熱交換器（35a）に供給され、

前記初段の熱交換器の後段から、前記次段の熱交換器（35b）へ供給される冷媒が分流して供給される別系統の次段の熱交換器（38）と、

前記別系統の次段の熱交換器（38）にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を、前記初段のエジェクタの吸引口に供給する流路（501j）と、を備え、

前記別系統の次段の熱交換器（38）は、前記初段の熱交換器（35a）にて気化しなかった冷媒液を別系統の次段の熱交換器（38）の入口側に設けられた膨張部（39）により膨張させて得られた冷媒が供給され、当該冷媒と被冷却流体との間で熱交換を行って当該被冷却流体を冷却し、かつ、被冷却流体は、前記初段の熱交換器と次段の熱交換器により冷却する被冷却流体とは異なることを特徴とする。

なお図6は、上下2つの系統の熱交換器系統の内、下側の系統の熱交換器（35a）を初段の熱交換器として、当該初段の熱交換器（35a）の後段に次段の熱交換器（35b）と、別系統の次段の熱交換器（38）とを並列に設けた実施形態である。

但し、第8の発明は、上側の系統の熱交換器（34a）を初段の熱交換器として、当該初段の熱交換器（34a）の入口側に初段のエジェクタを設けるとともに、その後段に次段の熱交換器（34b）と、別系統の次段の熱交換器（38）とを並列に設けてもよい。

発明の効果

[0013] 本発明は、冷媒液を用いて被冷却流体を冷却し、膨張部を介して互いに直

列に接続された初段の熱交換器と次段の熱交換器とを含み、各熱交換器で発生した冷媒ガスを圧縮機で圧縮して高圧冷媒液体を得る冷凍サイクルを備える。そして、この高圧冷媒液体の断熱膨張により温度を低下させる際に、エジェクタを用いて次段の熱交換器にて発生した冷媒ガスの一部を吸引して昇圧を行う。このため、比較的圧力が低い、次段の熱交換器にて発生した冷媒ガスの圧縮機への供給量を低減し、圧縮機の負荷を軽減して効率的な冷凍サイクルを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]天然ガスの液化システムの概略構成図である。

[図2]前記液化システムに設けられた本発明の実施の形態に係る冷凍装置の構成図である。

[図3]前記冷凍装置に設けられているエジェクタの縦断側面図である。

[図4]第2の実施の形態に係る冷凍装置の構成図である。

[図5]第3の実施の形態に係る冷凍装置の構成図である。

[図6]第4の実施の形態に係る冷凍装置の構成図である。

[図7]従来の冷凍装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明に係る冷凍装置を備えた天然ガス（LNG：Liquefied Natural Gas）の液化システムについて説明する。

初めに、本液化システムの概略構成について、図1を参照しながら説明する。

[0016] 天然ガス（以下、「NG」と記す）を処理する順序に沿って説明すると、LNG製造設備は、NG中の酸性ガスを除去する酸性ガス除去部101と、NG中に含まれる水分を除去する水分除去部102と、酸性ガス及び水分を除去する前処理が行われたNGを予備冷却して、約 -20°C ～ -70°C の範囲の例えば -35°C ～ -39°C の中間温度に冷却する予冷熱交換部103と、中間温度に冷却された気液混合ガスを不図示の重質分除去部に送って、炭素数2以上の重質分（エタン及びそれよりも重い成分）を除去した後、メタ

ンを主成分とし、若干のエタン、プロパン、ブタンを含むNGを -15°C ～ -16°C に冷却して液化し、液化ガスであるLNGを得る液化部104とを備える。

ここで図1中に示した太い白抜き矢印が原料のNGまたは製品LNGの流れを示している。

[0017] 予冷熱交換部103は、予冷用冷媒である例えばプロパンを用いて前処理後のNGを予冷する。予冷用冷媒は、後段の液化部104にて用いられる主冷媒の冷却にも用いられている。以下、予冷用冷媒による主冷媒の冷却を「補助冷却」と呼ぶ。図1には、プロパンの流れを「C3」と併記した細い矢印で記す一方、主冷媒の流れを「MR (Mixed Refrigerant)」と併記した斜線のハッチングを付した矢印で記してある。

[0018] さらに図1に示すように、既述の予冷熱交換部103、及び主冷媒の冷却を行う補助熱交換部105には、NGの予冷、及び主冷媒(MR)の予備冷却に用いられた予冷用冷媒(C3)を圧縮する第1の圧縮部2aが設けられている。一方、液化部104は、NGの液化に用いられた主冷媒を圧縮する第2の圧縮部2bを備える。各圧縮部2a、2bには、予冷用冷媒や主冷媒の処理量や吸込側と吐出側との圧力差などに応じ、複数の圧縮機が並列、直列に組み合わせて設けられている。

[0019] 本例の冷凍装置は、上述の液化システムを構成する予冷熱交換部103及び補助熱交換部105にて用いられる予冷用冷媒の冷凍サイクルとして構成されている。

当該冷凍装置の具体的な構成を説明する前に、図7を参照しながら、従来の冷凍装置の例を説明しておく。

[0020] 従来の冷凍装置においては、第1の圧縮部2aを構成する圧縮機20にて昇圧された予冷用冷媒のガス(高圧冷媒ガス)が、AFC (Air Fin Cooler) 31a、31bによって冷却されて凝縮し、液レシーバー32にて予冷用冷媒の液体(高圧冷媒液体)が滞留される。この予冷用冷媒(液体)は、AFC 31cにて過冷却された後、予冷熱交換部103側に設けられている予

冷熱交換器 34 a ~ 34 d、及び補助熱交換部 105 側に設けられている補助熱交換器 35 a ~ 35 d に分かれて供給される。圧縮機 20 は、ガスタービン駆動であってもよいし、スチーム駆動、モーター駆動であってもよい。また、AFC 31 a、31 b、31 c は水冷による熱交換器であってもよい。

[0021] 予冷熱交換部 103 の各予冷熱交換器 34 a ~ 34 d は、チューブ側に被冷却流体である NG を流す一方、シェル側に予冷用冷媒を流して NG の予冷を行う。予冷熱交換器 34 a ~ 34 d のチューブ及びシェルは、予冷熱交換器 34 a を最上流段（1 段目）、予冷熱交換器 34 d を最下流段（4 段目）として直列に接続されている。これらの予冷熱交換器 34 a ~ 34 d において、NG は 1 段目の予冷熱交換器 34 a から順に、4 段目の予冷熱交換器 34 d へ向けて流れていく。なお、図示の便宜上、予冷熱交換器 34 a ~ 34 d 間を繋ぐ NG の配管については記載を省略してある（図 2、4 ~ 6 において同じ）。

[0022] AFC 31 c にて過冷却された予冷用冷媒（液体）は、1 段目の予冷熱交換器 34 a の入口側に設けられた膨張弁 36 a にて断熱膨張し、さらに温度が低下した状態で予冷熱交換器 34 a に供給される。予冷熱交換器 34 a においては、予冷用冷媒と NG との熱交換が行われ、NG が冷却される。予冷熱交換器 34 a のシェル内においては、膨張弁 36 a における断熱膨張や NG との熱交換によって発生した予冷用冷媒のガスと、液体との気液分離が行われる。当該ガスは、予冷熱交換器 34 a から抜き出された後、ロックアウトドラム 33 a にて同伴する液体が除去された後、圧縮機 20 の高圧側の吸込口に戻される。一方で、予冷熱交換器 34 a 内の液体は 2 段目の予冷熱交換器 34 b へ向けて抜き出される。ロックアウトドラム 33 a には、例えばデミスタが設けられている。

[0023] 以上に説明した 1 段目の予冷熱交換器 34 a と同様に、2 段目以降の予冷熱交換器 34 b ~ 34 d の入口側にも各々膨張弁 36 b ~ 36 d が設けられ、上流段側の予冷熱交換器 34 a ~ 34 c から供給された予冷用冷媒（液体

)を断熱膨張させて、その温度を低下させてから下流側の予冷熱交換器34b～34dに供給する。この結果、予冷熱交換器34a～34dに供給される予冷用冷媒は、上流側の段から下流側の段へ向けて、その温度が次第に低くなる。

[0024] この予冷用冷媒の温度低下に伴って、予冷熱交換器34a～34dにて冷却されるNGの温度も次第に低くなり、4段目の予冷熱交換器34dからは、例えば -35°C ～ -39°C に冷却された気液混合状態のNGが抜き出され、後段の液化部104へ供給される。

なお、2段目以降の予冷熱交換器34b～34dにて発生したガスについても、各々ロックアウトドラム33b～33dにて同伴する液体が除去された後、各ロックアウトドラム33b～33dの圧力に対応する圧縮機20の吸込口に戻される。

[0025] ここで各予冷熱交換器34a～34dには、シェル内の液体の液面の高さ位置（液面レベル）を検出する液面計341a～341dが設けられている。そして各予冷熱交換器34a～34dの入口側に設けられている膨張弁36a～36dは、その下流側の予冷熱交換器34a～34dに設けられている液面計341a～341dにて検出された液面レベルに基づいて、当該膨張弁36a～36dを通過する予冷用冷媒の量を増減する。

[0026] 即ち、各予冷熱交換器34a～34d内の液面レベルが目標値よりも低い場合には、膨張弁36a～36dの開度を大きくして予冷用冷媒の供給量を増やす一方、当該液面レベルが目標値よりも高い場合には、膨張弁36a～36dの開度を小さくして予冷用冷媒の供給量を減らす制御が行われる。

なお、予冷熱交換器34a～34dの段数は、必要に応じて増減してもよいし、これら予冷熱交換器34a～34dが直列に接続された熱交換器系統を複数系統、並列に設けてもよい。

[0027] 以上、予冷熱交換部103に設けられている予冷熱交換器34a～34dの構成について説明したが、補助熱交換部105側に設けられている補助熱交換器35a～35dについてもほぼ同様の構成となっている。

即ち、補助熱交換器 35 a～35 d は、チューブ側に被冷却流体である主冷媒（MR）を流す一方、シェル側に予冷用冷媒を流して主冷媒の予備冷却を行い、これら補助熱交換器 35 a～35 d のチューブ及びシェルが、この順番に直列に接続されている。また、補助熱交換器 35 a～35 d 間を繋ぐ主冷媒の配管の記載を省略してある点については、予冷熱交換器 34 a～34 d の場合と同じである。

[0028] そして、各補助熱交換器 35 a～35 d の入口側には、各々膨張弁 37 a～37 d が設けられ、上流側から供給された予冷用冷媒（液体）を断熱膨張させて、その温度を低下させてから各補助熱交換器 35 a～35 d に供給することにより、主冷媒を冷却する。これら補助熱交換器 35 a～35 d においても、予冷用冷媒の温度低下に伴って、主冷媒の温度が次第に低くなり、例えば－35℃～－39℃に冷却された主冷媒が液化部 104 へ供給される。

[0029] さらに、各補助熱交換器 35 a～35 d にて発生したガスは、各々圧力に応じて既述のロックアウトドラム 33 a～33 d に導入され、同伴する液体が除去された後、各圧力に対応する圧縮機 20 の吸込口に戻されること、及び、膨張弁 37 a～37 d による流量調整が補助熱交換器 35 a～35 d に設けられた液面計 351 a～351 d にて検出された液面レベルに基づいて行われることについても、予冷熱交換部 103 側の予冷熱交換器 34 a～34 d と同様である。

また、これら補助熱交換器 35 a～35 d の段数についても、必要に応じて増減してもよいし、これら補助熱交換器 35 a～35 d が直列に接続された熱交換器系統を複数系統、並列に設けてもよい。

[0030] 以上、図 7 を用いて説明したように、冷凍装置は、「圧縮機 20→AFC 31 a～31 c→予冷熱交換器 34 a～34 d→圧縮機 20」の経路で予冷用冷媒が流れる予冷熱交換部 103 側の冷凍サイクルと、「圧縮機 20→AFC 31 a～31 c→補助熱交換器 35 a～35 d→圧縮機 20」の経路で予冷用冷媒が流れる補助熱交換部 105 側の冷凍サイクルとを備える。そし

て、各冷凍サイクル内における予冷用冷媒の温度は、膨張弁 36 a ~ 36 d、37 a ~ 37 d における断熱膨張によって低下する。

[0031] しかしながら、膨張弁 36 a ~ 36 d、37 a ~ 37 d においては、断熱膨張の過程において予冷用冷媒が持っているエネルギーの一部が失われるので、高い冷凍サイクル効率が得られない。この点、予冷用冷媒の断熱膨張の過程にて、液のなす仕事を予冷用冷媒（ガス）の圧力エネルギーとして回収すれば、圧縮機 20 の低压側吸込量を低減させて圧縮機 20 の負荷を低減し、冷凍サイクルの効率を向上させることができる。

[0032] 上述の考えに基づき、本実施の形態の冷凍装置は、予冷用冷媒の断熱膨張の過程において、予冷用冷媒が持っているエネルギーを利用して圧縮機 20 の低压側吸込量を低減させるエジェクタ 41 a を備えている。以下、図 2、3 を参照しながらエジェクタ 41 a を備えた冷凍装置の構成例について説明する。

なお、以下に説明する図 2、図 4 ~ 図 6 において、図 7 を用いて説明したものと共通の構成要素には、図 7 に付したものと共通の符号を付してある。

[0033] 図 2 に記載の冷凍装置は、1 段目の予冷熱交換器 34 a の入口側に、膨張弁 36 a に替えてエジェクタ 41 a を設けると共に、当該エジェクタ 41 a により、2 段目の予冷熱交換器 34 b にて発生した予冷用冷媒のガスの一部を吸引している点が図 7 に記載の従来の冷凍装置と異なる。

ここで図 2 において、1 段目の予熱交換器 34 a は、初段の熱交換器に相当し、2 段目の予熱交換器 34 b は、次段の熱交換器に相当する。そして、エジェクタ 41 a は初段のエジェクタに相当し、1 段目と 2 段目の予熱交換器 34 a、34 b の間に設けられた膨張弁 36 b は、膨張部に相当している。

[0034] 図 3 は、各エジェクタ 41 a の構成例を示している（図 3 には後述の各エジェクタ 41 b ~ 41 g を含んだ総括的な記載として「41」の符号を付してある）。エジェクタ 41 は、後端部が封止された管状の本体部 416 に対し、予冷用冷媒の液体（高圧冷媒液体）の供給を行うノズル 412 が、前記

後端部側から同軸状に挿入されている。また本体部416の側面には、本体部416内への予冷用冷媒のガスの吸引を行う吸引口413が設けられ、当該吸引口413は予冷熱交換器34a～34dからガスを抜き出す配管と接続されている。また、本体部416の先端部側は、ノズル412からの液体の吐出方向へ向けて縮径し、ノズル412の吐出口の下流側は、本体部416よりも径の小さな配管からなる混合部414となっている。混合部414の出口側には管径が次第に拡大するディフューザ部415が設けられ、当該エジェクタ41は、このディフューザ部415を介して気液分離器33a～33dへの予冷用冷媒の導入配管に接続される。

[0035] 上述の構成を備えたエジェクタ41において、ノズル412内で高速に加速された予冷用冷媒（液体）をノズル412から吐出すると、高速で流れる予冷用冷媒に向けて本体部416内の流体が引き込まれ、吸引口413から予冷用冷媒（ガス）が吸引される。例えば図2において、2段目の予冷熱交換器34bから抜き出された予冷用冷媒の大部分はガスであるが、多くて1.0wt%程度のミスト状の液体が同伴される。エジェクタ41aは、これら予冷用冷媒のガス及びそれに同伴される液体を予冷熱交換器34bから吸引する。以下の説明では、予冷用冷媒のガス及びそれに同伴される液体をまとめて「ガス」という場合がある。

[0036] さらにノズル412から吐出された予冷用冷媒は、断熱膨張によりその温度が低下する。

そしてノズル412から吐出された予冷用冷媒（液体）、及び吸引口413から吸引された予冷用冷媒（ガス）は、互いに混合されながら気液混合流体として混合部414を流れ、ディフューザ部415内にて減速して圧力が回復する。

なお、冷凍装置に設けるエジェクタ41の構成は、図3に示した例のみに限定されるものではなく、予冷用冷媒（液体）を用いて予冷用冷媒（ガス）を吸引し、これらの混合流体を昇圧する限りにおいて、各部の構成を適宜、変更してもよい。

[0037] 次に図2を参照しながら、上述のエジェクタ41aを備える冷凍装置について詳述する。

AFC31cにて過冷却された予冷用冷媒（液体）は、予冷熱交換部103側においてはエジェクタ41aに設けられたノズル412に供給される。一方、エジェクタ41aの吸引口413には、2段目の予冷熱交換器34bにて発生した予冷用冷媒のガスを気液分離器33bへ導入する流路502から分岐した流路501が接続されている。この結果、前記予冷用冷媒のガス（同伴される液体を含む）は、2段目の気液分離器33bへの流れから分流して、前記吸引口413に供給される。そして、予冷用冷媒の気液混合流体が流出するエジェクタ41aのディフューザ部415の出口側は、1段目の予冷熱交換器34aに接続されている。なお、気液分離器33a、33b、33c、33dは、冷媒ガスに同伴するミスト（液）を分離するものであり、例えばロックアウトドラムが該当する。

[0038] ここで、気液分離器33a、33bは各々、初段及び次段の気液分離器に相当し、既述の流路502は「次段の熱交換器（2段目の予熱交換器34b）にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液（「2段目のガス」ともいう）を前記次段の気液分離器33bに供給するための流路」に相当する。また、流路501は、「（2段目のガスを）初段（1段目）のエジェクタ41aの吸引口413に供給する流路」に相当している。

[0039] 膨張弁36bを用いて断熱膨張させた予冷用冷媒が流入する2段目の予冷熱交換器34bにて発生する予冷用冷媒のガス（2段目のガス）の圧力は、1段目の予冷熱交換器34aにて発生する予冷用冷媒のガス（「1段目のガス」ともいう）の圧力よりも低い。図7を用いて説明した従来の冷凍装置においては、2段目のガスの全量が、気液分離器33bを介して圧縮機20の吸込口に戻されていた。

[0040] しかしながら、圧力が低い2段目のガスを圧縮機20で圧縮して予冷用冷媒の液体を得るためには、1段目のガスよりも多くのエネルギーが必要となる。そこで本例の冷凍装置は、エジェクタ41aを用いて、圧縮機20に戻

される２段目のガスの一部を昇圧することにより、圧縮機２０に戻される２段目のガスの量を低減し、圧縮機２０の負荷を低減している。

[0041] 以上に説明した構成を備えた図２に示す本例の冷凍装置と、図７に示す従来の冷凍装置とを比較すると、本例の冷凍装置には、１段目の予冷熱交換器３４ａの入口側に、膨張弁３６ａに替えてエジェクタ４１ａが設けられている。既述のように、従来装置に設けられていた膨張弁３６ａは、予冷熱交換器３４ａ内の液面レベルに基づいて予冷用冷媒の供給量を増減する機能を有していた。

[0042] これに対応して本例の冷凍装置のエジェクタ４１ａ（４１）には、予冷熱交換器３４ａの液面計３４１ａにて検出された液面レベルに基づいて予冷用冷媒の供給量を増減する流量調整弁４１１が設けられている。図３に示すように、例えば流量調整弁４１１は、ノズル４１２の基端部側に設けられている。ここで流量調整弁４１１は、エジェクタ４１を構成する機器の一部として、ノズル４１２と一体に設けられていることが好ましい。但し、例えば流量調整弁４１１を備えないノズル４１２に接続される予冷用冷媒（液体）の供給配管の上流側に、流量調整弁４１１を独立して設けてもよいことは勿論である。

[0043] これらエジェクタ４１ａ～４１ｄの流量調整弁４１１により実行される制御の例を挙げると、予冷熱交換器３４ａ内の液面レベルが目標値よりも低い場合には、流量調整弁４１１の開度を大きくして予冷用冷媒の供給量を増やす一方、当該液面レベルが目標値よりも高い場合には、流量調整弁４１１の開度を小さくして予冷用冷媒の供給量を減らす制御が行われる。

[0044] 以上に説明した構成の他、予冷熱交換部１０３側の２段目以降の予冷熱交換器３４ｂ～３４ｄとその入口側の膨張弁３６ｂ～３６ｄ、補助熱交換部１０５側の各補助熱交換器３５ａ～３５ｄとその入口側の膨張弁３７ａ～３７ｄ、及び各気液分離器３３ａ～３３ｄの構成は、図７を用いて説明した従来の冷凍装置と同様の構成となっている。

[0045] 以下、本例の冷凍装置の作用について説明する。ＡＦＣ３１ｃにて過冷却

された供給された予冷用冷媒（液体）は、予冷熱交換部 103 側の 1 段目の予冷熱交換器 34 a に供給される際、当該予冷熱交換器 34 a の液面レベルに応じてエジェクタ 41 a への供給量が増減される。エジェクタ 41 a においては、予冷用冷媒（液体）の供給量に対応して、2 段目のガス（同伴される液体を含む）の吸引量が増減する。

[0046] エジェクタ 41 a から吐出され、2 段目のガスを昇圧すると共に、断熱膨張により温度が低下した予冷用冷媒の液体とガスとの混合流体は、1 段目の予冷熱交換器 34 a に導入されて、チューブ側を流れる NG を冷却する。そして、予冷熱交換器 34 a では予冷用冷媒の気液分離が行われ、予冷用冷媒のガスは、気液分離器 33 a を介して圧縮機 20 の高圧側の吸込口に戻される。

[0047] 一方で、予冷熱交換器 34 a 内の液体は 2 段目の予冷熱交換器 34 b へ向けて抜き出され、当該予冷熱交換器 34 b 内の液面レベルに応じて膨張弁 36 b を通過する予冷用冷媒（液体）の量が増減される。2 段目の予冷熱交換器 34 b 内においても NG の冷却及び予冷用冷媒のガスと液体との気液分離が行われ、当該ガスは気液分離器 33 b を介して圧縮機 20 に戻される。

[0048] 気液分離器 33 b に向けて流れる予冷用冷媒のガスの一部を分流してエジェクタ 41 a の吸引口 413 から吸引し、その圧力を上昇させてから圧縮機 20 に戻すことにより、圧縮機 20 の負荷を低減することができる。

以下、3 段目以降の予冷熱交換器 34 c、34 d、や膨張弁 36 c、36 d、及び補助熱交換部 105 側の補助熱交換器 35 a～35 d や膨張弁 37 a～37 d の作用については、図 7 を用いて説明した従来の冷凍装置と同様なので、再度の説明を省略する。

[0049] 本実施の形態に係る冷凍装置によれば以下の効果がある。冷凍装置は、予冷用冷媒を用いて NG を冷却し、膨張弁 36 b（膨張部）を介して互いに直列に接続された 1 段目の予冷熱交換器 34 a（初段の熱交換器）と 2 段目の予冷熱交換器 34 b（次段の熱交換器）とを含み、各熱交換器 34 a、34 b で発生した冷媒ガスを圧縮機 20 で圧縮して予冷用冷媒（高圧冷媒液体）

を得る冷凍サイクルを備える。この予冷用冷媒の断熱膨張により温度を低下させる際に、エジェクタ 4 1 a を用いて 2 段目の予冷熱交換器 3 4 b にて発生した予冷用冷媒のガスの一部を吸引して昇圧を行う。このため、比較的圧力が低い、2 段目の予冷熱交換器 3 4 b にて発生した予冷用冷媒のガスの圧縮機 2 0 への供給量を低減し、圧縮機 2 0 の負荷を軽減して効率的な冷凍サイクルを実現することができる。

[0050] ここで図 2 を用いて説明した冷凍装置は、予冷熱交換部 1 0 3 側の 1 段目の予冷熱交換器 3 4 a の入口側のみにエジェクタ 4 1 a を設けた例を示しているが、エジェクタ 4 1 を設ける位置はこの例に限定されない。

例えば、図 4 は予冷熱交換部 1 0 3 側の 1 段目～3 段目の予冷熱交換器 3 4 a～3 4 c、及び補助熱交換部 1 0 5 側の 1 段目～3 段目の補助熱交換器 3 5 a～3 5 c の各々入口側にエジェクタ 4 1 a～4 1 f を設けた冷凍装置を示している。なお、4 段目の予冷熱交換器 3 4 d、補助熱交換器 3 5 d のさらに下段側には熱交換器が設けられていないので、これらの熱交換器 3 4 d、3 5 d の入口側には、膨張弁 3 6 d、3 7 d が設けられている。

[0051] 予冷熱交換器 3 4 a～3 4 c の入口に設けられたエジェクタ 4 1 a～4 1 c には、各々 1 段下流の予冷熱交換器 3 4 b～3 4 d から気液分離器 3 3 b～3 3 d へ向かう流路 5 0 2 a～5 0 2 c から分岐した流路 5 0 1 a～5 0 1 c を介して予冷用冷媒のガスが吸引される。補助熱交換器 3 5 a～3 5 c の入口に設けられたエジェクタ 4 1 d～4 1 f についても同様に、各々 1 段下流の補助熱交換器 3 5 b～3 5 d から気液分離器 3 3 b～3 3 d へ向かう流路 5 0 2 d～5 0 2 f から分岐した流路 5 0 1 d～5 0 1 f を介して予冷用冷媒のガスが吸引される。ここで、前記 1 段下流の予冷熱交換器または補助熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液は、その全量を前段のエジェクタの吸引口に供給してもよい。

[0052] 予冷熱交換部 1 0 3 側の 1 段目の予冷熱交換器 3 4 a を初段の熱交換器、2 段目の予冷熱交換器 3 4 b を次段の熱交換器と見たとき、1 段目側のエジェクタ 4 1 a は初段のエジェクタに相当し、2 段目側のエジェクタ 4 1 b は

、膨張部であると共に次段のエジェクタに相当する。また、２段目の予冷熱交換器３４ｂは、圧縮機２０からの予冷用冷媒（液体）が、１段目の予冷熱交換器３４ａを介して供給される初段の熱交換器であると捉えたとき、３段目の予冷熱交換器３４ｃは次段の熱交換器に相当することとなる。この場合に３段目側のエジェクタ４１ｃは、３段目の予冷熱交換器３４ｃに供給される冷媒液を膨張させる次段のエジェクタ（膨張部）に相当するといえる。

[0053] 補助熱交換部１０５側についても同様の対応関係が成り立ち、１段目の補助熱交換器３５ａを初段の熱交換器、２段目の補助熱交換器３５ｂを次段の熱交換器と見たとき、１段目側のエジェクタ４１ｄは初段のエジェクタに相当し、２段目側のエジェクタ４１ｅは、膨張部であると共に次段のエジェクタに相当する。また、２段目の補助熱交換器３５ｂは、圧縮機２０からの予冷用冷媒（液体）が、１段目の補助熱交換器３５ａを介して供給される初段の熱交換器であると捉えたとき、３段目の補助熱交換器３５ｃは次段の熱交換器に相当することとなる。この場合に３段目側のエジェクタ４１ｆは、３段目の補助熱交換器３５ｃに供給される冷媒液を膨張させる次段のエジェクタ（膨張部）に相当するといえる。

[0054] さらに図４において、予冷熱交換部１０３側の「１段目のエジェクタ４１ａ、予冷熱交換器３４ａ、２段目のエジェクタ４１ｂ、予冷熱交換器３４ｂ」は、ＮＧ（第１の被冷却流体）を冷却するための第１の組に相当し、補助熱交換部１０５側の「１段目のエジェクタ４１ｄ、補助熱交換器３５ａ、２段目のエジェクタ４１ｅ、補助熱交換器３５ｂ」は、主冷媒（第２の被冷却流体）を冷却するための第２の組に相当する。そして、これら第１の組、第２の組に対して、初段の気液分離器３３ａ、及び次段の気液分離器３３ｂが共通に設けられている。

[0055] またここで、予冷熱交換部１０３側と補助熱交換部１０５側との２系統の冷凍サイクルがある場合において、図４に示したように、一方側の系統に設けたエジェクタ４１が同じ系統内で発生した予冷用冷媒のガスを吸引するように構成することは必須ではない。

例えば図5は、予冷熱交換部103側には、1～3段目の予冷熱交換器34a～34cの入口にエジェクタ41a～41cを設け、補助熱交換部105側は、1段目の補助熱交換器35aの入口にのみエジェクタ41dを設けた例を示している。

[0056] そして、補助熱交換部105側の1段目のエジェクタ41dに対しては、図4に示した例と同様に、補助熱交換部105側の2段目のガスが気液分離器33bへ向かう流路502dより分岐した流路501dを介して予冷用冷媒のガスが吸引されている。本例の冷凍装置では、さらにこの流路501dから、予冷熱交換部103側の1段目のエジェクタ41aに予冷用冷媒のガスを供給する流路501gが分岐している。これらをまとめると、補助熱交換部105側の2段目のガスが、予冷熱交換部103及び補助熱交換部105の両系統のエジェクタ41a、41dに吸引される構成となっている。

[0057] また、予冷用冷媒の液体の流れに着目すると、各々予冷熱交換部103側の2、3段目の予冷熱交換器34b、34c内の予冷用冷媒（液体）は、3、4段目の予冷熱交換器34c、34dと、補助熱交換部105側の3、4段目の補助熱交換器35c、35dとに分流して供給する。

[0058] さらに、予冷熱交換部103側の2、3段目のエジェクタ41b、41cに対しては、補助熱交換部105側の3、4段目の補助熱交換器35c、35dにて発生した予冷用冷媒のガス（「3、4段目のガス」ともいう）の一部を分流して、これらのエジェクタ41b、41cで吸引する流路501h、501iが設けられている。

このように、各エジェクタ41に供給されるガスは、各々の熱交換器34b～34d、35b～35dで発生する予冷用冷媒のガス量や、熱交換器34a～34c、35a～35cでの予冷用冷媒の使用量のバランスなどから、適切な供給元を選択することができる。

[0059] 図5において、例えば予冷熱交換部103側の1段目のエジェクタ41a及び予冷熱交換器34aは、第1の初段のエジェクタ、第1の初段の熱交換器と呼び、2段目のエジェクタ41b及び予冷熱交換器34bは、第1の次

段のエジェクタ、第１の次段の熱交換器と呼ぶとすると、補助熱交換部１０５側の１段目のエジェクタ４１ｄ及び補助熱交換器３５ａは、第２の初段のエジェクタ、第２の初段の熱交換器に相当し、２段目の予冷熱交換器３５ｂは、入口側に膨張弁３７ｂ（膨張部）が設けられた第２の次段の熱交換器に相当する。そして、流路５０１ｄは、「第２の次段の熱交換器（２段目の補助熱交換器３５ｂ）にて熱交換された冷媒ガスとそれに同伴される液（２段目のガス）を、第２の初段（１段目）のエジェクタ４１ｄの吸引口４１３に供給する流路」に相当する。

[0060] 次いで図６に示した冷凍装置は、補助熱交換部１０５側の１段目の補助熱交換器３５ａの入口側に、膨張弁３７ａと並列にエジェクタ４１ｇを設けた点と、このエジェクタ４１ｇは、ＮＧの冷却を行う予冷熱交換部１０３や、主冷媒の冷却を行う補助熱交換部１０５とは異なる系統を流れる被冷却流体を冷却する他系統熱交換器３８にて発生した予冷用冷媒のガス（同伴される液体を含む）を吸引して昇圧する点と、において図７に示した従来の冷凍装置と異なる。

[0061] 補助熱交換部１０５側の１段目の補助熱交換器３５ａからは、同系統の２段目の補助熱交換器３５ｂと、前記他系統熱交換器３８とに対して、その内部の予冷用冷媒（液体）が分流して供給される。また他系統熱交換器３８内の予冷用冷媒の液面レベルは、その入口側に設けられた膨張弁３９により調整される。

[0062] さらに、エジェクタ４１ｇに設けられた流量調整弁４１１による予冷用冷媒の供給量の増減は、他系統熱交換器３８の出口側の圧力（予冷用冷媒のガスの圧力）を測定する圧力計の指示値が目標値となるように調整される。即ち、前記圧力が目標値よりも低い場合には、流量調整弁４１１の開度を小さくして予冷用冷媒のガス（同伴される液体を含む）の吸引量を減らす一方、当該圧力が目標値よりも高い場合には、流量調整弁４１１の開度を大きくして前記ガスの吸引量を増やす制御が行われる。

[0063] 他系統熱交換器３８にて冷却する被冷却流体の例としては、圧縮機２０を

駆動するガスタービンが設けられている場合に、当該ガスタービンの給気温度を下げるチラーに用いられ得る冷媒（例えば冷却水）や、NG中のエタンなどの重質分を除去するデエタナイザの塔頂液や、当該重質分を精留して得られたLPGなどを例示することができる。

[0064] このように、NGや主冷媒とは異なる被冷却流体を冷却する他系統熱交換器38にまでエジェクタ41gの設置対象を広げることにより、天然ガスの液化システム内にある多数の熱交換器の中から、予冷用冷媒の圧力エネルギーを回収するのに好適なものを選択することが可能となる。

[0065] 図6に示した例において、補助熱交換部105側の1段目の補助熱交換器35aを初段の熱交換器としたとき、その入口側に設けられている膨張弁37aは、エジェクタ41gと並列に設けられた初段の膨張弁に相当する。また、他系統熱交換器38は別系統の次段の熱交換器に相当し、その入口側に設けられている膨張弁39は膨張部に相当する。

[0066] このように図6には、予冷熱交換部103側、補助熱交換部105側の2つの系統の内、補助熱交換部105側の補助熱交換器35aを初段の熱交換器として、当該補助熱交換器35aの後段に次段の熱交換器である補助熱交換器35bと、別系統の次段の熱交換器である他系統熱交換器38とを並列に設けた実施形態を示した。

但し、本発明は図6に示した例に限定されるものではなく、予冷熱交換部103側の予冷熱交換器34aを初段の熱交換器として、当該予冷熱交換器34aの入口側に、膨張弁36a（初段の膨張弁）と並列に初段のエジェクタ41を設けるとともに、その後段に次段の熱交換器である予冷熱交換器34bと、別系統の次段の熱交換器である他系統熱交換器38とを並列に設けてもよい。

このように、初段の膨張弁や別系統の次段の熱交換器を設ける系統（予冷熱交換部103、補助熱交換部105）は、適宜、選択される。

[0067] 以上、図2、4～6を用いて説明した冷凍装置の各例において、エジェクタ41a～41gを設ける系統や設置台数は、適宜、変更してよい。例えば

従来の膨張弁 36 a～36 c、37 a～37 c をエジェクタ 41 a～41 f に置き換えたり（図 2、4、5）、他系統熱交換器 38 に新たにエジェクタ 41 g を接続したりする（図 6）効果とコストとを比較し、メリットが最も大きくなる位置にエジェクタ 41 a～41 g を設けてもよい。

一般に、膨張弁 36 a～36 d、37 a～37 d のうち上流段側の膨張弁ほど、断熱膨張前後の圧力差が大きく、エジェクタ 41 a～41 f に置き換える効果が大きくなる一方、エジェクタ 41 a～41 f のサイズは上流段側ほど大きくなる傾向がある。

符号の説明

[0068]	20	圧縮機
	33 a～33 d	気液分離器（ノックアウトドラム）
	331 a～331 d	液面計
	34 a～34 d	予冷熱交換器
	341 a～341 d	液面計
	342 a～342 d	液面調節弁
	35 a～35 d	補助熱交換器
	36 a～36 d	膨張弁
	37 a～37 d	膨張弁
	38	他系統熱交換器
	382	圧力計

4 1、4 1 a～4 1 g

エジェクタ

4 1 1 流量調整弁

請求の範囲

[請求項1]

冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、

前記圧縮機から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が噴射されるノズルと当該高圧冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引する吸引口とを備え、前記ノズルから噴射された高圧冷媒液体と前記吸引口から吸引された冷媒ガスとの混合流体を昇圧する初段のエジェクタと、

前記初段のエジェクタにて昇圧された混合流体が供給され、当該混合流体と被冷却流体との間で熱交換されて当該被冷却流体を冷却する初段の熱交換器と、

前記初段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を気液分離し、分離された冷媒ガスが前記圧縮機に送られる初段の気液分離器と、

前記初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液を膨張部により膨張させて得られた冷媒が供給され、当該冷媒と被冷却流体との間で熱交換を行って当該被冷却流体を冷却する次段の熱交換器と、

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を前記初段のエジェクタの吸引口に供給する流路と、を備えたことを特徴とする冷凍装置。

[請求項2]

前記膨張部は、高圧冷媒液体が噴射されるノズルと当該高圧冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引する吸引口とを備え、当該ノズルから噴射された高圧冷媒液体と当該吸引口から吸引された冷媒ガスとの混合流体を昇圧する次段のエジェクタであることを特徴とする請求項1記載の冷凍装置。

[請求項3]

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を気液分離し、分離された冷媒ガスが前記圧縮機に送られる次段の気液分離器と、

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同

伴される液を前記次段の気液分離器に供給するための流路と、を備え、

前記次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液は前記初段のエジェクタの吸引口と前記次段の気液分離器とに分流して供給されるように構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の冷凍装置。

[請求項4] 請求項 1 の冷凍装置の構成要件である膨張部は、次段のエジェクタであること、

請求項 3 の冷凍装置の構成要件である前記初段のエジェクタ、初段の熱交換器、次段のエジェクタ及び次段の熱交換器からなる組として、第 1 の被冷却流体を冷却するための第 1 の組と、第 2 の被冷却流体を冷却するための第 2 の組とが設けられること、

前記第 1 の組の初段のエジェクタ及び第 2 の組の初段のエジェクタの各ノズルには、前記圧縮機から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が分流して供給されること、

前記初段の気液分離器は、第 1 の組及び第 2 の組に対して共通であり、前記次段の気液分離器は、第 1 の組及び第 2 の組に対して共通であること、を備えたことを特徴とする請求項 3 記載の冷凍装置。

[請求項5] 前記圧縮機から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が分流して供給され、高圧冷媒液体が噴射されるノズルと当該高圧冷媒液体の噴射により冷媒ガスを吸引する吸引口とを備え、前記ノズルから噴射された高圧冷媒液体と前記吸引口から吸引された冷媒ガスとの混合流体を昇圧する前記初段のエジェクタを並列に二つ設け、

一方側の初段のエジェクタを第 1 の初段のエジェクタ、他方側の初段のエジェクタを第 2 の初段のエジェクタと呼ぶとすると、

この第 1 の初段のエジェクタにて昇圧された混合流体が供給され、当該混合流体と被冷却流体との間で熱交換を行って当該被冷却流体を

冷却すると共に、熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液が初段の気液分離器に供給される初段の熱交換器である第1の初段の熱交換器、及び前記第2の初段のエジェクタにて昇圧された混合流体が供給される初段の熱交換器である第2の初段の熱交換器を各々設けたこと、

第1の初段の熱交換器の後段に、第1の次段の膨張部、第1の次段の熱交換器及び次段の気液分離器を設け、第2の初段の熱交換器の後段に、第2の次段の膨張部、第2の次段の熱交換器を設けたこと、

前記第1の初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液が高圧冷媒として第1の次段の膨張部を介して第1の次段の熱交換器に供給され、前記第2の初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液が高圧冷媒として第2の次段の膨張部を介して第2の次段の熱交換器に供給されるように構成したこと、この第2の次段の熱交換器にて熱交換された冷媒ガスとそれに同伴される液を前記第1の初段のエジェクタの吸引口、及び前記次段の気液分離器に供給する流路を設けたこと、

前記第1の初段の熱交換器及び第1の次段の熱交換器は、第1の被冷却流体を冷却するためのものであり、前記第2の初段の熱交換器及び第2の次段の熱交換器は、第2の被冷却流体を冷却するためのものであること、を備えたことを特徴とする請求項1記載の冷凍装置。

[請求項6] 第2の次段の熱交換器にて熱交換された冷媒ガスとそれに同伴される液を前記第1の初段のエジェクタの吸引口、及び前記次段の気液分離器に供給する流路に加えて、前記第2の初段のエジェクタの吸引口に供給する流路を設けたことを特徴とする請求項5記載の冷凍装置。

[請求項7] 天然ガスを予冷用冷媒により予備冷却し、次いで主冷媒により主冷却し、主冷却を終えた主冷媒を圧縮後前記予冷用冷媒により冷却する天然ガスの液化システムに用いられる冷凍装置であって、

前記高圧冷媒は予冷用冷媒であり、

第1の被冷却流体及び第2の被冷却流体は、夫々天然ガス及び主冷

媒であることを特徴とする請求項 4、5 または 6 記載の冷凍装置。

[請求項 8]

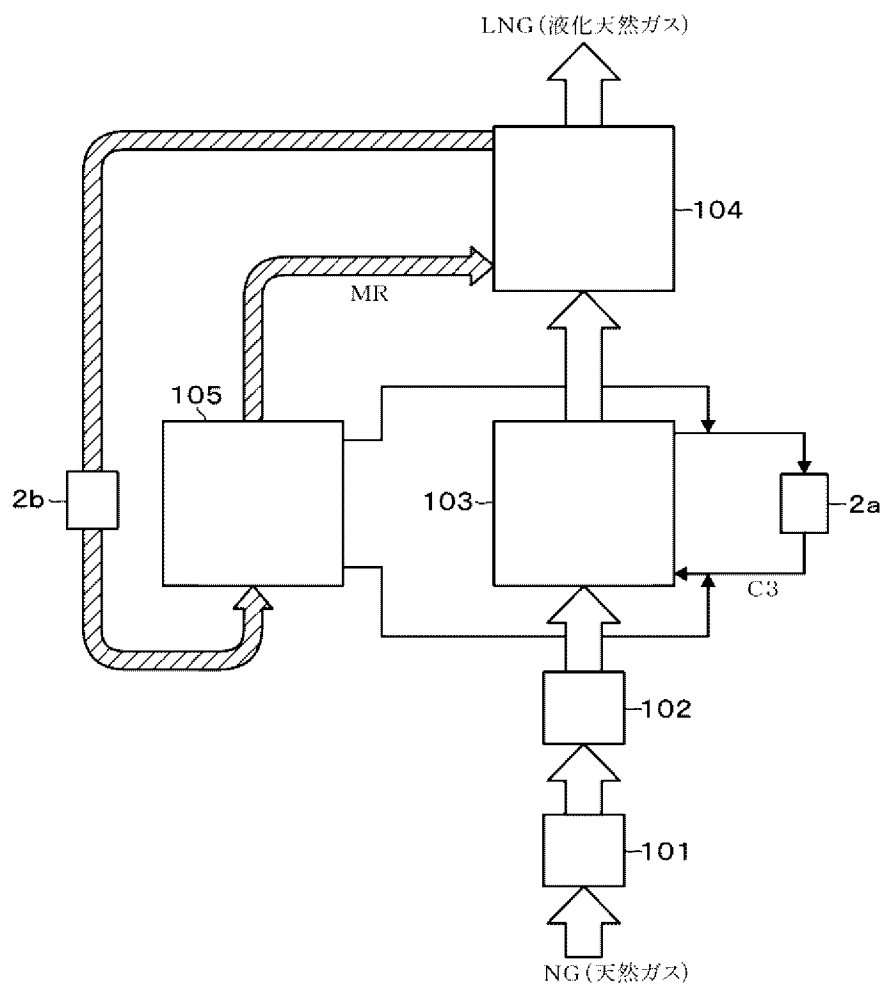
前記初段のエジェクタと並列して設けられた初段の膨張弁に対し、前記圧縮機から吐出された高圧冷媒ガスを凝縮させて得られた高圧冷媒液体が分流して供給され、当該高圧冷媒液体を膨張させて得られた冷媒が前記初段の熱交換器に供給され、

前記初段の熱交換器の後段から、前記次段の熱交換器へ供給される冷媒が分流して供給される別系統の次段の熱交換器と、

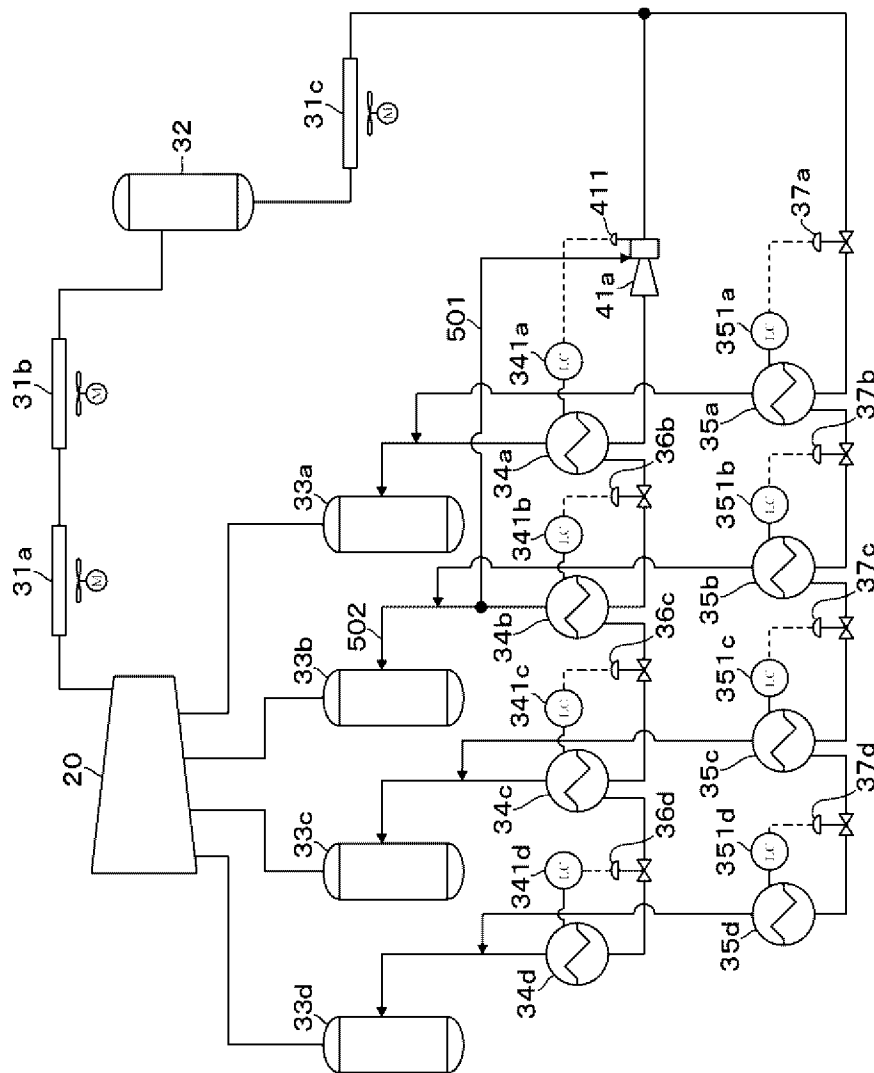
前記別系統の次段の熱交換器にて熱交換されて発生した冷媒ガスとそれに同伴される液を、前記初段のエジェクタの吸引口に供給する流路と、を備え、

前記別系統の次段の熱交換器は、前記初段の熱交換器にて気化しなかった冷媒液を別系統の次段の熱交換器の入口側に設けられた膨張部により膨張させて得られた冷媒が供給され、当該冷媒と被冷却流体との間で熱交換を行って当該被冷却流体を冷却し、かつ、被冷却流体は、前記初段の熱交換器と次段の熱交換器により冷却する被冷却流体とは異なることを特徴とする請求項 1 記載の冷凍装置。

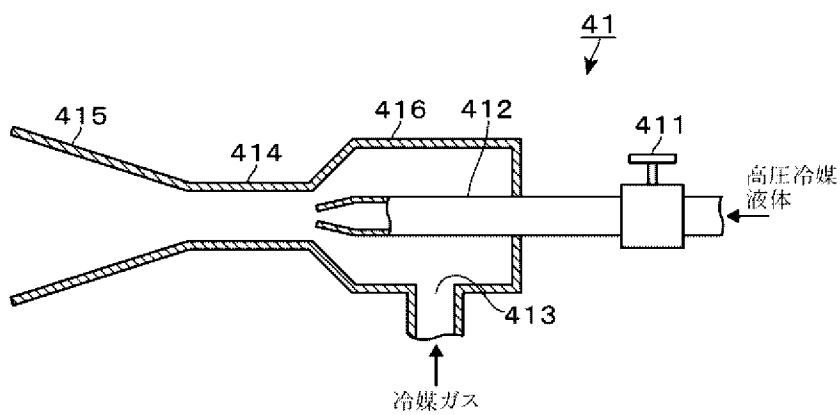
[図1]



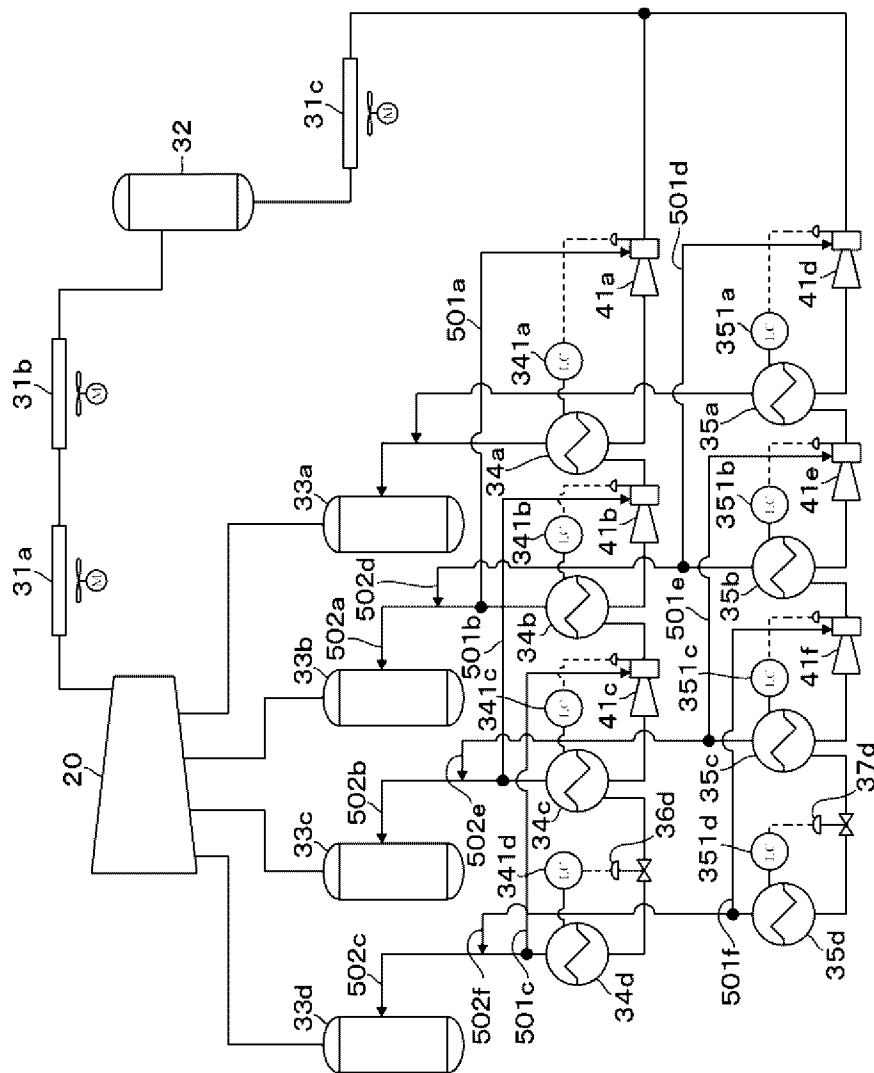
[図2]



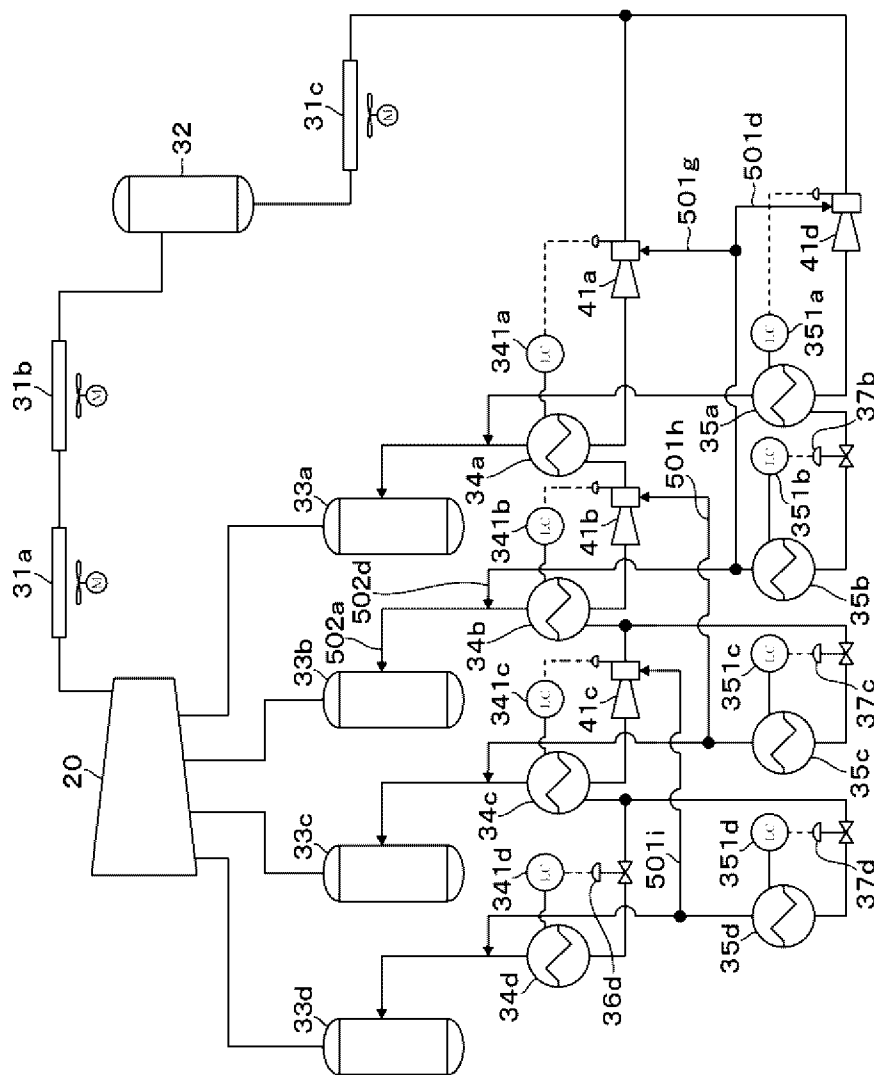
[図3]



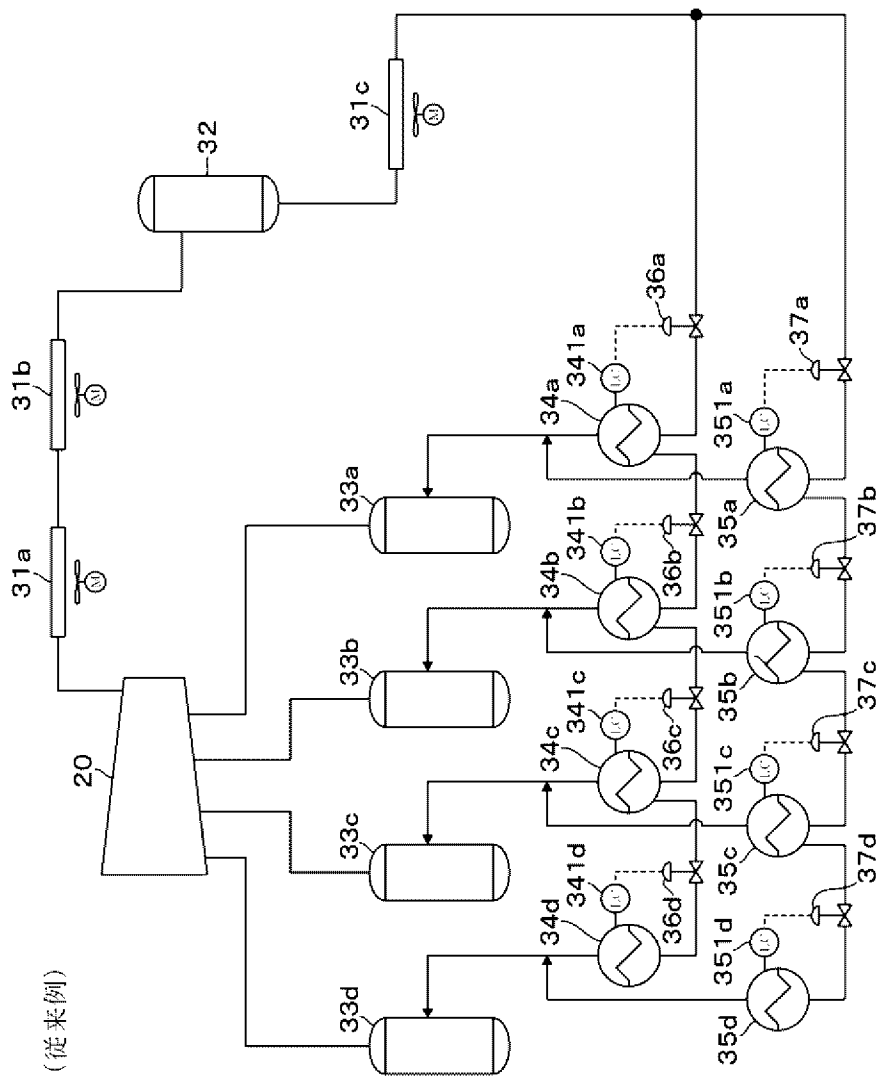
[図4]



【図5】



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/006470

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B5/04(2006.01)i, F25B1/00(2006.01)i, F25B9/10(2006.01)i, F25J1/00(2006.01)i, F25J1/02(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)

F25B5/04, F25B1/00, F25B9/10, F25J1/00, F25J1/02

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	JP 2005-315469 A (Mitsubishi Electric Corp.),	1
Y	10 November 2005 (10.11.2005),	2
A	entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0012] to [0048]; fig. 1) (Family: none)	3-8
Y	JP 2014-77552 A (Denso Corp.),	2
	01 May 2014 (01.05.2014),	
	entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0187] to [0215]; fig. 1, 27 to 28) & WO 2014/057607 A1	
A	JP 2013-108632 A (Denso Corp.),	3-8
	06 June 2013 (06.06.2013),	
	entire text; all drawings & US 2014/0345318 A & WO 2013/073185 A1	

☒ 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
25 March 2015 (25.03.15)

Date of mailing of the international search report
07 April 2015 (07.04.15)

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/JP2014/006470

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-24412 A (Denso Corp.), 01 February 2007 (01.02.2007), entire text; all drawings (Family: none)	3-8
A	JP 51-28101 A (Linde AG.), 09 March 1976 (09.03.1976), entire text; all drawings (particularly, page 4, upper right column, line 7 to page 7, upper left column, line 6; fig. 1) & US 4112700 A & GB 1487466 A & DE 2438443 A & FR 2281550 A & SU 1029833 A & NO 752394 A	3-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F25B5/04(2006.01)i, F25B1/00(2006.01)i, F25B9/10(2006.01)i, F25J1/00(2006.01)i, F25J1/02(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. F25B5/04, F25B1/00, F25B9/10, F25J1/00, F25J1/02

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 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2005-315469 A（三菱電機株式会社）2005.11.10, 全文、全図（特に、【0012】－【0048】、図1）（ファミリーなし）	1 2 3-8
Y	JP 2014-77552 A（株式会社デンソー）2014.05.01, 全文、全図（特に、【0187】－【0215】、図1、図27－図28） & WO 2014/057607 A1	2
A	JP 2013-108632 A（株式会社デンソー）2013.06.06, 全文、全図 & US	3-8

☒ 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 5 . 0 3 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 4 . 2 0 1 5

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）

柿沼 善一

3 M

3 5 3 0

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
	2014/0345318 A & WO 2013/073185 A1	
A	JP 2007-24412 A (株式会社デンソー) 2007.02.01, 全文、全図 (ファミリーなし)	3-8
A	JP 51-28101 A (リンデ・アクチエンゲゼルシヤフト) 1976.03.09, 全文、全図 (特に、第4ページ右上欄第7行目ー第7ページ左上欄第6行目、Fig.1) & US 4112700 A & GB 1487466 A & DE 2438443 A & FR 2281550 A & SU 1029833 A & NO 752394 A	3-8