

(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7月14日(14.07.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/111258 A1

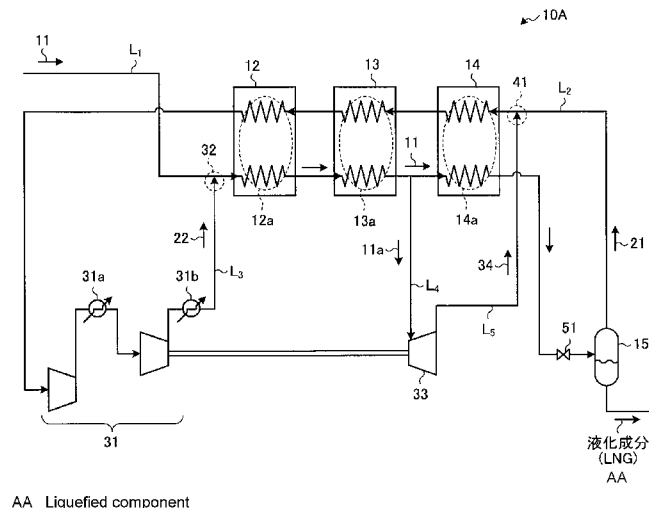
- (51) 国際特許分類:
F25J 1/00 (2006.01) *F25J 3/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050019
- (22) 国際出願日: 2016年1月4日(04.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-003546 2015年1月9日(09.01.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松原 亘 (MATSUBARA, Wataru); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 行本 敦弘 (YUKUMOTO, Atsuhiko); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 西岡 信之 (NISHIOKA, Nobuyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 古市 裕之 (FURUICHI, Hiroyuki); 〒1088215 東京都港区港南

- 二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 篠田 岳男 (SHINODA, Takeo); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 塩見 洋志 (SHIOMI, Hiroshi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16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.

[続葉有]

(54) Title: GAS LIQUEFACTION APPARATUS AND GAS LIQUEFACTION METHOD

(54) 発明の名称: ガス液化装置及びガス液化方法



(57) Abstract: The present invention is provided with: a room-temperature heat exchanger 12, a preliminary cooling heat exchanger 13, and a liquefaction/supercooling heat exchanger 14 that cool a raw material gas 11; a separating drum 15 that separates the raw material gas having been cooled to a liquefaction temperature or lower into a gas component and a liquefied component; a refrigerant gas supply line L₂ that supplies the gas component as a refrigerant gas 21 to the liquefaction/supercooling heat exchanger, the preliminary cooling heat exchanger, and the room-temperature heat exchanger in this order, in a direction opposite to the raw material gas supply direction; a compressor 31 that compresses the refrigerant gas having been used for the cooling; a mixing unit 32 that mixes a compressed gas 22 that has been compressed; an extracting line L₄ that is branched from a raw material gas supply line L₁ and extracts a part 11a of the raw material gas 11 after the heat exchange; an expansion turbine 33 that adiabatically expands the extracted part of the raw material gas 11; and a cooling source gas supply line L₅ that supplies a cooling source gas 34 the temperature of which has been lowered, to the upstream side of the liquefaction/supercooling heat exchanger.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/111258 A1



(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))

原料ガス 1 1 を冷却する常温熱交換器 1 2、予備冷却熱交換器 1 3 及び液化・過冷却熱交換器 1 4 と、液化温度以下まで冷却された原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラム 1 5 と、ガス成分を冷媒ガス 2 1 とし冷媒ガスを液化・過冷却熱交換器、予備冷却熱交換器及び常温熱交換器の順に、原料ガス供給方向と逆行する方向に供給する冷媒ガス供給ライン L₂ と、冷却に用いた冷媒ガスを圧縮する圧縮機 3 1 と、圧縮された圧縮ガス 2 2 を混合する混合部 3 2 と、予備冷却熱交換器 1 3 と液化・過冷却熱交換器との間で、原料ガス供給ライン L₁ から分岐され、熱交換後の原料ガス 1 1 の一部 1 1 a を抜出す抜出ライン L₄ と、抜出した原料ガス 1 1 の一部を断熱膨張させる膨張タービン 3 3 と、降温した冷却源ガス 3 4 を液化・過冷却熱交換器の上流側に供給する冷却源ガス供給ライン L₅ とを備える。

明 細 書

発明の名称： ガス液化装置及びガス液化方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えば天然ガスを液化天然ガスとして液化するガス液化装置及びガス液化方法に関するものである。

背景技術

[0002] 例えば、天然ガス（N G : natural gas）を液化天然ガス（L N G : liquefied natural gas）として液化するプロセスは、特定組成の冷媒（例えば窒素（N₂）や混合冷媒）を用いて、この専用の冷媒を閉鎖系として循環させるいわゆるクローズドループタイプを採用している為、簡素な装置が好まれる中小規模の天然ガスの液化プロセスとしては以下の課題がある。

[0003] １） 冷媒の製造設備や貯蔵設備が必要となる、或いは冷媒を製造しない場合には購入することが必要となる。

２） クローズドループタイプで冷媒に混合冷媒を使用する場合、フィード組成が変化した場合に冷媒組成を調整する必要があり、煩雑となる。また、冷媒混合を正確に行う必要があるため、スタートアップとプラントの安定に時間を要する、という問題がある。よって、運転停止・再起動が頻繁に繰り返される場合には不向きとなる。

３） クローズドループタイプで、冷媒として窒素（N₂）を使用する場合、一般に窒素冷媒圧力を 80 kg / c m²以上の高圧に昇圧する必要があるため、圧縮機等の機器設備や配管やバルブ等の供給設備が高価となる。

[0004] そこで、近年天然ガスを直接冷媒として活用するオープンループサイクルプロセスとする技術が提案されている（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特表 2010-537151 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1の提案では、熱交換領域に複数の冷却ループを必要とし、熱交換設備が複雑となるので、さらなる設備コスト低減や動力低減を図る技術の出現が切望されている。

[0007] 本発明は、前記問題に鑑み、熱交換設備が簡易であると共に設備コスト低減や動力低減を図るガス液化装置及びガス液化方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決するための本発明の第1の発明は、原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、熱交換により前記原料ガスの液化温度以下まで冷却された凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、前記分離ドラムで分離されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスの供給方向と逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却に用いた前記冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを、該圧縮機より拔出す圧縮ガス拔出ラインと、前記圧縮ガス拔出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側で接続され、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間、又は前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間のいずれか一方又は両方において、前記原料ガス供給ラインから分岐され、熱交換後の原料ガスの一部を拔出す拔出ラインと、前記拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる膨張タービンと、前記膨張タービンで降温した冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器の上流側の前記冷媒ガス供給ラインに供給する冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置にある。

[0009] 第2の発明は、原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷媒ガスにより熱交換して冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、前記原料ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却されて凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、前記分離ドラムで分離され冷却されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスと逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを排出す圧縮ガス排出ラインと、前記圧縮ガス排出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインと、前記常温熱交換器の上流側で接続し、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記常温熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を排出す第1排出ラインと、前記第1排出ラインの先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる温膨張タービンと、前記温膨張タービンで降温した第1冷却源ガスを、前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに供給する第1冷却源ガス供給ラインと、前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記予備冷却熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を排出す第2排出ラインと、前記第2排出ラインの先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる冷膨張タービンと、前記冷膨張タービンで降温した第2冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器と前記分離ドラムの間の冷媒ガス供給ラインに供給する第2冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置にある。

[0010] 第3の発明は、第2の発明において、前記液化・過冷却熱交換器を2に分けて液化熱交換器及び過冷却熱交換器の2台とし、この2台の液化熱交換器及び過冷却熱交換器を直列して設けると共に、前記温膨張タービンで降温

した第1冷却源ガスを2つに分岐し、分岐した第1冷却源ガスを予備冷却熱交換器と液化熱交換器との間と、前記液化熱交換器と前記過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに各々供給することを特徴とするガス液化装置にある。

[0011] 第4の発明は、第1乃至3のいずれか一つの発明において、前記原料ガスを冷却する冷却器を、前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側に設けることを特徴とするガス液化装置にある。

[0012] 第5の発明は、第1乃至4のいずれか一つの発明において、前記原料ガスの一部を抽出した抽出液から重質分を分離する重質分分離器を設けることを特徴とするガス液化装置にある。

[0013] 第6の発明は、第1乃至5のいずれか一つの発明において、前記冷媒ガス供給ラインに接続する圧縮機の上流側に、ボイルオフガスを供給するボイルオフガス供給ラインを接続することを特徴とするガス液化装置にある。

[0014] 第7の発明は、原料ガスを液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化方法であって、前記冷却されたガス成分を冷媒ガスとして、原料ガスと対向して供給しつつ少なくとも2以上の熱交換部で熱交換する熱交換工程と、前記熱交換部と熱交換部との間において、冷却後の原料ガスの一部を抽出し、断熱膨張させる断熱膨張工程と、前記断熱膨張工程で降温した冷却源ガスを、前記冷媒ガスに供給する冷媒ガス供給工程とを有することを特徴とするガス液化方法にある。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、常温熱交換器と予備冷却熱交換器との間、又は予備冷却熱交換器と液化・過冷却熱交換器との間のいずれか一方又は両方において、熱交換後の原料ガスの一部を抽出し、膨張タービンにおいて断熱膨張させることにより降温した冷却源ガスを得るようにしている。この得られた冷却源ガスを冷媒ガスと合流させることで、各熱交換器で原料ガスを順次冷却するのに十分な冷却量とすることができ、熱交換設備が簡易な構成となり、設備

コスト低減や動力低減を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図 1 は、実施例 1 に係るガス液化装置の概略図である。

[図2-1]図 2 - 1 は、実施例 2 に係るガス液化装置の概略図である。

[図2-2]図 2 - 2 は、試験例 1 に係るガス液化装置の概略図である。

[図3]図 3 は、実施例 3 に係るガス液化装置の概略図である。

[図4]図 4 は、実施例 4 に係るガス液化装置の概略図である。

[図5-1]図 5 - 1 は、実施例 5 に係るガス液化装置の概略図である。

[図5-2]図 5 - 2 は、試験例 2 に係るガス液化装置の概略図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施例を詳細に説明する。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。

実施例 1

[0018] 図 1 は、実施例 1 に係るガス液化装置の概略図である。図 1 に示すように、本実施例に係るガス液化装置 10A は、例えば天然ガス等の原料ガス 11 を供給する原料ガス供給ライン L_1 と、原料ガス供給ライン L_1 に直列して順に設けられ、原料ガス 11 を冷却する常温熱交換器 12、予備冷却熱交換器 13 及び液化・過冷却熱交換器 14 と、原料ガス供給ライン L_1 の先端部に設けられ、熱交換により原料ガス 11 の液化温度以下まで冷却された液化凝縮物を含む原料ガス 11 からガス成分と液化成分とに分離する分離ドラム 15 と、分離ドラム 15 で分離されたガス成分を冷媒ガス 21 とし、該冷媒ガス 21 を液化・過冷却熱交換器 14、予備冷却熱交換器 13 及び常温熱交換器 12 の順に、原料ガス 11 の供給方向と逆行する方向に供給し、導入する原料ガス 11 を各熱交換部 12a、13a、14a で冷却する冷媒ガス供給ライン L_2 と、冷媒ガス供給ライン L_2 の先端部に設けられ、冷却に用いた冷媒ガス 21 を圧縮する圧縮機 31 と、圧縮機 31 で圧縮された圧縮ガス 22 を、該圧縮機 31 より拔出す圧縮ガス拔出ライン L_3 と、圧縮ガス拔出ライン L_3 の先

端が原料ガス供給ライン L_1 の常温熱交換器 1 2 の上流側で接続され、原料ガス 1 1 に圧縮ガス 2 2 を混合する混合部 3 2 と、予備冷却熱交換器 1 3 と液化・過冷却熱交換器 1 4 との間において、原料ガス供給ライン L_1 から分岐され、熱交換後の原料ガス 1 1 の一部 1 1 a を拔出す拔出ライン L_4 と、拔出ライン L_4 の先端が接続され、拔出した原料ガス 1 1 の一部 1 1 a を断熱膨張させる膨張タービン 3 3 と、膨張タービン 3 3 で降温した冷却源ガス 3 4 を、液化・過冷却熱交換器 1 4 の上流側の冷媒ガス供給ライン L_2 に供給する冷却源ガス供給ライン L_5 と、を備えるものである。

[0019] 本実施例では、原料ガス 1 1 として、例えばメタンを主成分として含む天然ガス (NG) を用いて液化して液化天然ガス (LNG) としている。この天然ガスの圧力としては、パイプラインにより供給される例えば $30 \sim 70 \text{ kg/cm}^2$ 程度のものである。なお、天然ガス以外として、例えば空気を液化する場合にも適用することができる。

[0020] 本実施例では、原料ガス供給ライン L_1 が、原料ガス 1 1 を供給する供給ガストリートの液化ラインを形成すると共に、冷媒ガス供給ライン L_2 が、冷媒ガス 2 1 を供給する冷媒ガストリートの冷却ラインを形成し、これらが熱交換する箇所に、熱交換手段として、常温熱交換器 1 2、予備冷却熱交換器 1 3 及び液化・過冷却熱交換器 1 4 を順に設けている。そして、原料ガス供給ライン L_1 により供給される原料ガス 1 1 に対して、冷媒ガス供給ライン L_2 を対向して供給される冷媒ガス 2 1 により熱交換部 1 2 a、1 3 a、1 4 a で間接的に冷却するようにしている。この際、液化ラインのエンドゾーンにて、原料ガス 1 1 の未液化のガス成分を冷媒ガス 2 1 として活用するオープンループサイクルプロセスを実現している。

[0021] ここで、本実施例では、常温熱交換器 1 2、予備冷却熱交換器 1 3 及び液化・過冷却熱交換器 1 4 内部に各々設置される熱交換部 1 2 a、1 3 a、1 4 a としては、例えばプレートフィン型の熱交換器を用いているが、冷媒ガス 2 1 を用いて原料ガス 1 1 を効率的に熱交換する手段であれば、これに限定されるものではない。

- [0022] 先ず、常温熱交換器 12 は、常温（例えば 20～40℃）の原料ガス 11 を冷媒ガス 21 により、例えば 0℃ 程度又は 0℃ 以下まで熱交換するものである。
- [0023] 予備冷却熱交換器 13 は、この 0℃ 近傍まで冷却された原料ガス 11 を冷媒ガス 21 により例えば -80℃ 以下まで熱交換するものである。
- [0024] 液化・過冷却熱交換器 14 は、この -80℃ 以下まで冷却された原料ガス 11 を冷媒ガス 21 により例えば -120℃ 以下まで熱交換するものである。なお、各熱交換器での冷却温度は目安であり、原料ガス 11 の組成、冷媒ガス 21 の条件により適宜変更される。
- [0025] 液化・過冷却熱交換器 14 で冷却された原料ガス 11 は、液化・過冷却熱交換器 14 と分離ドラム 15 との間に介装された膨張弁 51 にて膨張した後、原料ガス供給ライン L_1 の先端側に接続された分離ドラム 15 に導入される。この分離ドラム 15 において、フラッシュガスのガス成分と液化天然ガスの液化成分とに分離される。
- [0026] フラッシュガスは、冷却されているので冷媒ガス 21 として冷媒ガス供給ライン L_2 に導入され、液化・過冷却熱交換器 14、予備冷却熱交換器 13 及び常温熱交換器 12 の順に導入される。そして、各熱交換部 14a、13a、12a にて原料ガス 11 を冷却する冷媒ガスとして循環利用される。
- [0027] この原料ガス 11 の冷却に用いた冷媒ガス 21 は、冷媒ガス供給ライン L_2 の先端部に設けられた圧縮機 31 に導入される。この圧縮機 31 は本実施例では 2 段圧縮であるが、これに限定されるものではなく、2 台以上の複数段設置されていてもよい。そして、この圧縮機 31 で所定圧（原料ガスと同程度）まで圧縮させて、再度原料ガス 11 と混合部 32 にて混合させて再循環する。
- [0028] また、分離ドラム 15 で分離された液化成分の液化天然ガス（LNG）は、別途製品として採取される。
- [0029] 本実施例では、原料ガス供給ライン L_1 に設けられた予備冷却熱交換器 13 で熱交換された原料ガス 11 の一部 11a を拔出ライン L_4 により拔出し、こ

の抽出ライン L_4 の先端に接続された膨張タービン33において、断熱膨張させることで、例えば -150°C 以下に降温した冷却源ガス34を得るようにしている。

[0030] そして、この得られた冷却源ガス34は、冷却源ガス供給ライン L_5 を介して、液化・過冷却熱交換器14の上流側の液化・過冷却熱交換器14と分離ドラム15との間の冷媒ガス供給ライン L_2 に設けた冷媒合流部41において、冷媒ガス21と合流させている。この冷却源ガス34を冷媒合流部41で冷媒ガス21へ合流させることにより、液化・過冷却熱交換器14及び予備冷却熱交換器13及び常温熱交換器12での冷却に要する熱交換容量分の冷媒を供給するようにしている。

[0031] このため、膨張タービン33で得られた冷媒源ガス34により、原料ガス11を所定温度まで冷却するだけの熱容量となるように、予備冷却熱交換器13で熱交換された原料ガス11の一部11aを抽出す抽出量を図示しない調整手段により又は予め調整するようにしている。

[0032] 本実施例のガス液化装置10Aの動作について、図1を参照しつつ説明する。まず原料ガス供給ライン L_1 により所定圧力(40k)の原料ガス11が供給され、供給ガストリームが形成される。原料ガス供給ライン L_1 には、熱交換部12a、13a、14aを有する常温熱交換器12、予備冷却熱交換器13及び液化・過冷却熱交換器14が原料ガス11の流れ方向順に設けられている。

[0033] 常温熱交換器12、予備冷却熱交換器13及び液化・過冷却熱交換器14で冷媒ガス21により順次冷却されて液化された原料ガス11は、原料ガス供給ライン L_1 の先端のエンドゾーンに設けられた分離ドラム15の手前に設置された膨張弁51にて膨張した後、ガス成分と液化成分とに分離される。液化成分は液化天然ガス(LNG)として、例えば貯蔵タンク又はパイプライン等に送られる。

[0034] この分離ドラム15で分離したガス成分は冷却されているので、冷媒ガス21として分離ドラム15の頂部から冷媒ガス供給ライン L_2 に送られ、冷媒

ガストリームを形成する。そして、冷媒ガス 21 は、液化・過冷却熱交換器 14、予備冷却熱交換器 13 及び常温熱交換器 12 と、原料ガス 11 の供給方向と逆行する方向に流れ、各熱交換部 14a、13a、12a において間接的に原料ガス 11 を冷却する。この冷媒ガス 21 による熱交換冷却によって、原料ガス 11 は液化された液化成分が液化天然ガス（LNG）として分離され、液化されない未液化のガス成分は冷媒ガス 21 として冷却に用いられる。冷媒ガス 21 は、冷却に寄与した後、冷媒ガス供給ライン L_2 の先端のエンドゾーンに設けられた圧縮機 31 に送られ、ここで原料ガス 11 のガス圧と同程度に圧縮される。圧縮された圧縮ガス 22 は、混合部 32 で原料ガス 11 と混合され、再度原料ガス 11 として供給される。これにより原料ガス 11 の未液化のガスを冷媒ガス 21 として利用すると共に、再度原料ガス 11 と混合して液化に供して循環再利用するオープンループサイクルプロセスを構築している。

[0035] 本実施例では、原料ガス供給ライン L_1 に設けられた予備冷却熱交換器 13 で冷却された原料ガス 11 の一部 11a を、抽出ライン L_4 により抽出し、この抽出ライン L_4 の先端に接続された膨張タービン 33 において、断熱膨張させることで、例えば -150°C 以下に降温した冷却源ガス 34 を得るようにしている。

[0036] そして、この得られた冷却源ガス 34 は、冷却源ガス供給ライン L_5 を介して、液化・過冷却熱交換器 14 の上流側の液化・過冷却熱交換器 14 と分離ドラム 15 との間の冷媒ガス供給ライン L_2 に設けた冷媒合流部 41 において、冷媒ガス 21 と合流させる。この合流により、冷媒ガス 21 に冷媒源ガス 34 を供給することとなり、液化・過冷却熱交換器 14 及び予備冷却熱交換器 13 及び常温熱交換器 12 での冷却に要する熱交換量を供給するようにしている。

[0037] このように、分離ドラム 15 で分離した冷媒ガス 21 のみでは、原料ガス 11 を十分に冷却することができないので、予備冷却熱交換器 13 で熱交換後の原料ガス 11 の一部 11a を抽出し、膨張タービン 33 に導入して断熱

膨張させて、冷媒源ガス 34 を得るようにし、これを冷媒ガス供給ライン L_2 の冷媒合流部 41 で冷媒ガス 21 と合流させることで、各熱交換部 14 a、13 a、12 a で原料ガス 11 を順次冷却するのに十分な冷却量の冷媒ガス 21 としている。

[0038] また、圧縮機 31 の動力は、同軸でつながれたこの膨張タービン 33 の動力で回収するようにして、圧縮動力の低減を図るようにしている。なお、圧縮機 31 には冷却器 31 a、31 b が設けられ、圧縮されたガスを冷却している。

[0039] 本実施例によれば、原料ガスのストリームラインと、冷媒ガスのストリームラインとを対向するようにして、常温熱交換器 12、予備冷却熱交換器 13 及び液化・過冷却熱交換器 14 の熱交換部 12 a、13 a、14 a で順に熱交換する熱交換設備が簡易な構成であるので、複雑な熱交換ループを必要とせず、設備コスト低減や動力低減を図ることができる。

[0040] 本発明のガス液化方法は、原料ガス（例えば天然ガス）11 を液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物の液化天然ガス（LNG）を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化製造方法であって、冷却されたガス成分を冷媒ガス 21 として、原料ガス 11 と対向して供給しつつ少なくとも 2 以上の熱交換部（本実施例では 3 つの熱交換部 14 a、13 a、12 a）で熱交換する熱交換工程と、例えば予備冷却熱交換器 13 の熱交換部 13 a と、液化・過冷却熱交換器 14 の熱交換部 14 a との間において、予備冷却熱交換器 13 の熱交換部 13 a で冷却後の原料ガスの 11 の一部 11 a を拔出し、膨張タービン 33 で断熱膨張させる断熱膨張工程と、断熱膨張工程で降温した冷却源ガス 34 を冷媒ガス 21 に供給する冷媒ガス供給工程とを有するものである。

[0041] なお、本実施例では、予備冷却熱交換器 13 と液化・過冷却熱交換器 14 との間において、原料ガス供給ライン L_1 から分岐され、予備冷却熱交換器 13 での熱交換後の原料ガス 11 の一部 11 a を拔出す拔出ライン L_4 を設けるようにしているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば原料ガ

ス供給ライン L_1 に設けた常温熱交換器 12 と予備冷却熱交換器 13 との間から、常温熱交換器 12 での熱交換後の原料ガス 11 の一部 11a を拔出す拔出ライン L_4 を設けて、膨張タービン 33 に送り、この膨張タービン 33 で断熱膨張させ、降温した冷却源ガス 34 を得るようにし、この得られた冷媒源ガス 34 を冷媒合流部 41 で冷媒ガス 21 と合流させて、十分な冷却容量の冷媒体を供給するようにしてもよい。

実施例 2

[0042] 本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図 2-1 は、実施例 2 に係るガス液化装置の概略図である。なお、図 1 に示す実施例 1 に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図 2-1 に示すように、本実施例のガス液化装置 10B は、図 1 のガス液化装置 10A において、常温熱交換器 12 と予備冷却熱交換器 13 との間の原料ガス供給ライン L_1 から分岐され、常温熱交換器 12 で熱交換後の原料ガス 11 の一部 11a を拔出す第 1 拔出ライン L_{4A} と、第 1 拔出ライン L_{4A} の先端が接続され、拔出した原料ガス 11 の一部 11a を断熱膨張させる温膨張タービン 33A と、温膨張タービン 33A で降温した第 1 冷却源ガス 34A を、予備冷却熱交換器 13 と液化・過冷却熱交換器 14 との間の冷媒ガス供給ライン L_2 の第 1 冷媒合流部 41A に供給する第 1 冷却源ガス供給ライン L_{5A} と、予備冷却熱交換器 13 と液化・過冷却熱交換器 14 との間の原料ガス供給ライン L_1 から分岐され、予備冷却熱交換器 13 で熱交換後の原料ガス 11 の一部 11b を拔出す第 2 拔出ライン L_{4B} と、第 2 拔出ライン L_{4B} の先端が接続され、拔出した原料ガス 11 の一部 11b を断熱膨張させる冷膨張タービン 33B と、冷膨張タービン 33B で降温した第 2 冷却源ガス 34B を、液化・過冷却熱交換器 14 と分離ドラム 15 の間の冷媒ガス供給ライン L_2 の第 2 冷媒合流部 41B に供給する第 2 冷却源ガス供給ライン L_{5B} と、を備えるものである。

[0043] 本実施例では、温膨張タービン 33A で得られた第 1 冷却源ガス 34A は、第 1 冷却源ガス供給ライン L_{5A} を介して、予備冷却熱交換器 13 と液化・過

冷却熱交換器 1 4 との間の冷媒ガス供給ライン L_2 に設けた第 1 冷媒合流部 4 1 A において、冷媒ガス 2 1 と合流させている。

[0044] また、冷膨張タービン 3 3 B で得られた第 2 冷却源ガス 3 4 B は、第 2 冷却源ガス供給ライン L_{5B} を介して、液化・過冷却熱交換器 1 4 と分離ドラム 1 5 との間の冷媒ガス供給ライン L_2 に設けた第 2 冷媒合流部 4 1 B において、冷媒ガス 2 1 と合流させている。

[0045] これらの第 1 及び第 2 冷却源ガス 3 4 A、3 4 B を、第 1 及び第 2 冷媒合流部 4 1 A、4 1 B で、順次冷媒ガス 2 1 へ合流させることにより、液化・過冷却熱交換器 1 4 及び予備冷却熱交換器 1 3 及び常温熱交換器 1 2 での冷却に要する熱交換容量の冷媒を供給するようにしている。

[0046] [試験例 1]

本発明の実施例 2 の効果を確認する試験を行った。図 2-2 は、試験例 1 に係るガス液化装置の概略図である。図 2-2 においては、主要なラインに温度及び圧力の一例を記載している。なお、試験例 1 において、図中に圧力及び温度を例示して説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。また、図中、圧力 ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{A}$) は丸で囲み、温度 ($^{\circ}\text{C}$) は四角で囲むようにしている (図 5-2 も同様)。

[0047] 図 2-2 に示すように、原料ガス 1 1 として 40°C 、 $40\text{ kg}/\text{cm}^2\text{A}$ の天然ガスを用いて試験を行った。

[0048] 常温熱交換器 1 2 では、原料ガス 1 1 は冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる -34.4 $^{\circ}\text{C}$ の冷媒ガス 2 1 により冷却され、これにより原料ガス 1 1 は 0°C まで冷却される。この 0°C の原料ガス 1 1 の一部 1 1 a は、温膨張タービン 3 3 A に送られ、ここで -131.1 $^{\circ}\text{C}$ の第 1 冷媒源ガス 3 4 A となり、第 1 冷媒合流部 4 1 A で、冷媒ガス 2 1 へ合流させ、冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる -153.1 $^{\circ}\text{C}$ の冷媒ガス 2 1 と混合して -145.8 $^{\circ}\text{C}$ の冷媒ガス 2 1 となり、予備冷却熱交換器 1 3 に導入される。

[0049] 予備冷却熱交換器 1 3 では、原料ガス 1 1 は冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる -145.8 $^{\circ}\text{C}$ の冷媒ガス 2 1 により冷却され、これにより原料ガスは 0

℃から -88.2 ℃まで冷却される。この -88.2 ℃の原料ガス11の一部11bは、冷膨張タービン33Bに送られ、ここで -155.2 ℃の第2冷媒源ガス34Bとなり、第2冷媒合流部41Bで、冷媒ガス21へ合流させ、冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる -154.1 ℃の冷媒ガス21と混合して -155.2 ℃の冷媒ガス21となり、液化・過冷却熱交換器14に導入される。

[0050] 液化・過冷却熱交換器14では、冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる -155.2 ℃の冷媒ガス21により原料ガス11が冷却され、これにより原料ガス11は -88.2 ℃から -127.0 ℃まで冷却される。

[0051] この -127.0 ℃に冷却された原料ガス11は、分離ドラム15の手前に設置された膨張弁51にて膨張した後、 -154.1 ℃のガス成分と液化成分とに分離ドラム15内でフラッシュ作用により分離される。液化成分は液化天然ガス(LNG)として、貯蔵タンク又はパイプライン等に送られる。ガス成分は冷媒ガス21として、冷媒ガス供給ライン L_2 に送られ、循環利用される。

[0052] 冷媒ガス21は、冷却に寄与した後、 19.1 ℃、 $1.2\text{ kg/cm}^2\text{A}$ のガスとなり、冷媒ガス供給ライン L_2 の先端のエンドゾーンに設けられた圧縮機31に送られ、ここで原料ガス11のガス圧と同程度の 40 ℃、 $40.0\text{ kg/cm}^2\text{A}$ に圧縮され、混合部32で原料ガス11と合流され、再度液化される。

実施例 3

[0053] 本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図3は、実施例3に係るガス液化装置の概略図である。なお、実施例1及び2に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図3に示すように、本実施例のガス液化装置10Cは、図2-1のガス液化装置10Bにおいて、原料ガス11を供給する原料ガス供給ライン L_1 において、常温熱交換器12の上流側に予備冷却器52を設け、原料ガス11を予備冷却し、圧縮機31の動力低減を図るようにしてい

る。

[0054] また、冷媒ガス供給ライン L_2 の常温熱交換器12と圧縮機31との間の圧縮機31の手前側において、例えばLNG設備等において、自然入熱により一部ガス化したボイルオフガス（BOG）を外部より供給するボイルオフガス供給ライン L_{11} を接続している。このボイルオフガス供給ライン L_{11} を介してBOGを供給し、冷却に寄与した後の冷媒ガス21と合流させることにより、BOGを有効に再液化させることができる。これにより、BOG単独の再液化の設備が不要となる。

[0055] また、本実施例では、常温熱交換器12で冷却された原料ガス11の一部11aを抽出す第1抽出ライン L_{4A} に重質分分離部53aを設け、常温熱交換器12で冷却される際に発生した重質分の液を分離するようにしている。また、本実施例では、予備冷却熱交換器13で冷却された原料ガス11の一部11bを抽出す第2抽出ライン L_{4B} に重質分分離部53bを設け、予備冷却熱交換器13で冷却される際に発生した重質分の液を分離するようにしている。なお、予備冷却熱交換器13での冷却条件において液が発生しない場合には、重質分分離部53bの設置は不要としてもよい。これにより、重質分を除去することにより、後流側の熱交換器での固化を防止するようにしている。なお、分離された重質分54は、例えばタービン駆動用の燃料として用いるようにしている。

[0056] また、本実施例では、分離ドラム15の手前の膨張用の膨張弁51の代わりに、液化膨張タービン55aと調圧弁55bからなるリキッドエキスパンダ55を設けることにより、液化工程での消費エネルギーを電気エネルギーとして回収することができる。

実施例 4

[0057] 本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図4は、実施例4に係るガス液化装置の概略図である。なお、実施例1及び2に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図4に示すように、本実施例のガス液化装置10Dは

、図2-1のガス液化装置10Bにおいて、圧縮機31と温膨張タービン33A、冷膨張タービン33Bを、ギアドコンパンダ（増速機内蔵型遠心圧縮機）61とし、各段階での効率が最適となる回転数を与えるようにしている。

[0058] 本実施例では、ギアドコンパンダ61を用いることにより、実施例2に較べて圧縮機の効率の向上を図るようにしている。

実施例 5

[0059] 本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図5-1は、実施例5に係るガス液化装置の概略図である。なお、実施例1及び2に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図5-1に示すように、本実施例のガス液化装置10Eは、実施例1に示す液化・過冷却熱交換器14を2つに分けて液化熱交換器14A及び過冷却熱交換器14Bの2台とし、この2台の液化熱交換器及び過冷却熱交換器を直列して設けている。そして、温膨張タービン33Aで降温した第1冷却源ガス34Aを2つに分岐し、分岐した第1冷却源ガス34Aを予備冷却熱交換器13と液化熱交換器14Aとの間の第1冷媒合流部41A-1に、第1冷却源ガス供給ラインL_{5A-1}で送ると共に、液化熱交換器14Aと過冷却熱交換器14Bとの間の第2冷媒合流部41A-2に、第1冷却源ガス供給ラインL_{5A-2}で送るようにしている。

[0060] また、分離ドラム15を2台設け、動作圧力が異なる第1分離ドラム15Aと第2分離ドラム15Bとを設置している。

[0061] 第1分離ドラム15Aで分離した冷媒ガス21は、大気圧より高い圧力で冷媒ガス供給ラインL₂を流れ、過冷却熱交換器14B、液化熱交換器14A、予備冷却熱交換器13及び常温熱交換器12の各熱交換部14b、14a、13a、12aで各々熱交換した後、圧縮機31側に導入するようにしている。これにより、実施例1のような大気圧程度まで圧力を解放しない分、圧縮機31での動力低減を図るようにしている。

[0062] また、冷膨張タービン33Bで降温した第2冷却源ガス34Bはガス成分

と液化成分との混相となっているので、第2冷却源ガス供給ライン L_{5B} の接続先は、第1分離ドラム15Aとしている。そして、この第1分離ドラム15Aに直接第2冷媒源ガス34Bを導入し、この内部でフラッシュさせてガス成分と液化成分とを分離するようにしている。

[0063] 第1分離ドラム15Aで分離された液化成分は、第2分離ドラム15Bの手前に設置された膨張弁51Bにて膨張した後、第2分離ドラム15B内でフラッシュされ、ここでガス成分と液化成分とに分離される。液化成分は液化天然ガス(LNG)として、貯蔵タンク又はパイプライン等に送られる。ガス成分は燃料ガスとして別途利用される。

[0064] [試験例2]

本発明の実施例5の効果を確認する試験を行った。図5-2は、試験例2に係るガス液化装置の概略図である。なお、試験例2において、図中に圧力及び温度を例示して説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0065] 図5-2に示すように、原料ガス11として40℃、40kg/cm²Aの天然ガスを用いて試験を行った。

[0066] 常温熱交換器12では、原料ガス11は冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる-26.3℃の冷媒ガス21により冷却され、これにより原料ガス11は-5.0℃まで冷却される。この-5.0℃の原料ガス11の一部11aは、温膨張タービン33Aに送られ、ここで-112.7℃の第1冷媒源ガス34A-1、34A-2となり、第1冷媒合流部41A-1で、液化熱交換器14Aで冷却した後の冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる-91.4℃の冷媒ガス21へ合流させ、-95.0℃の冷媒ガス21となり、予備冷却熱交換器13に導入される。

[0067] また、-112.7℃の第1冷媒源ガス34A-2を第2冷媒合流部41A-2にて、過冷却熱交換器14Bで冷却した後の冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる-91.4℃の冷媒ガス21へ合流させ、-104.8℃の冷媒ガス21とし、液化熱交換器14Aに導入させている。

[0068] 予備冷却熱交換器13では、原料ガス11は冷媒ガス供給ライン L_2 を流れ

る -95.0°C の冷媒ガス21により冷却され、これにより原料ガス11は -5.0°C から -88.4°C まで冷却される。この -88.4°C の原料ガス11の一部11bは、冷膨張タービン33Bに送られ、ここで -144.3°C の第2冷媒源ガス34Bとなり、第1分離ドラム15Aに導入され、ここで、フラッシュして -144.3°C の冷媒ガス21となり、冷媒ガス供給ライン L_2 に導入され、過冷却熱交換器14Bに導入される。

[0069] 過冷却熱交換器14Bでは、原料ガス11は、冷媒ガス供給ライン L_2 を流れる -144.3°C の冷媒ガス21により冷却され、これにより原料ガス11は -88.4°C から -141.0°C まで冷却される。

[0070] この -141.0°C に冷却された原料ガス11は、第1分離ドラム15Aの手前に設置された膨張弁51Aにて膨張した後、 -144.3°C 、 $3.5\text{ kg/cm}^2\text{A}$ のガス成分と液化成分とに第1分離ドラム15Aで分離される。この液化成分は、次いで第2分離ドラム15Bの手前に設置された膨張弁51Bにて膨張した後、 -161.3°C 、 $1.05\text{ kg/cm}^2\text{A}$ のガス成分と液化成分とに第2分離ドラム15Bで分離される。

[0071] 液化成分は、液化天然ガス(LNG)として、例えば貯蔵タンク又はパイプライン等に送られる。ガス成分は燃料ガスとして、利用される。

[0072] 冷媒ガス21は、冷却に寄与した後、 36.3°C 、 $3.0\text{ kg/cm}^2\text{A}$ のガスとなり、冷媒ガス供給ライン L_2 の先端のエンドゾーンに設けられた圧縮機31に送られ、ここで原料ガス11のガス圧と同程度の 40°C 、 $40\text{ kg/cm}^2\text{A}$ に圧縮され、混合部32で原料ガス11と混合され、再度液化される。この再液化の際、冷媒ガスを試験例1よりも高い圧力としているので、圧縮機31の圧縮負荷が軽減され、動力低減を図ることができる。

[0073] この結果、本試験例2では、試験例1に較べて製造原単位の大幅な向上を図ることができる。

符号の説明

[0074] 10A～10E ガス液化装置

11 原料ガス

- 1 2 常温熱交換器
- 1 3 予備冷却熱交換器
- 1 4 液化・過冷却熱交換器
 - 1 4 A 液化熱交換器
 - 1 4 B 過冷却熱交換器
- 1 5 分離ドラム
- 2 1 冷媒ガス
- 2 2 圧縮ガス
- 3 1 圧縮機
- 3 2 混合部
- L₁ 原料ガス供給ライン
- L₂ 冷媒ガス供給ライン
- L₃ 圧縮ガス抽出ライン
- L₄ 抽出ライン
- L₅ 冷却源ガス供給ライン

請求の範囲

[請求項1]

原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、

前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、

熱交換により前記原料ガスの液化温度以下まで冷却された凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、

前記分離ドラムで分離されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスの供給方向と逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、

前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却に用いた前記冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、

前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを、該圧縮機より拔出す圧縮ガス拔出ラインと、

前記圧縮ガス拔出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側で接続され、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、

前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間、又は前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間のいずれか一方又は両方において、前記原料ガス供給ラインから分岐され、熱交換後の原料ガスの一部を拔出す拔出ラインと、

前記拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる膨張タービンと、

前記膨張タービンで降温した冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器の上流側の前記冷媒ガス供給ラインに供給する冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置。

[請求項2]

原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、

前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷媒ガスにより熱交換して冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、

前記原料ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却されて凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、

前記分離ドラムで分離され冷却されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスと逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、

前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、

前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを抽出す圧縮ガス抽出ラインと、

前記圧縮ガス抽出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインと、前記常温熱交換器の上流側で接続し、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、

前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記常温熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を抽出す第1抽出ラインと、

前記第1抽出ラインの先端が接続され、抽出した原料ガスの一部を断熱膨張させる温膨張タービンと、

前記温膨張タービンで降温した第1冷却源ガスを、前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに供給する第1冷却源ガス供給ラインと、

前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記予備冷却熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を抽出す第2抽出ラインと、

前記第2抽出ラインの先端が接続され、抽出した原料ガスの一部を断熱膨張させる冷膨張タービンと、

前記冷膨張タービンで降温した第2冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器と前記分離ドラムの間の冷媒ガス供給ラインに供給する第2冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置。

[請求項3]

請求項2において、

前記液化・過冷却熱交換器を2つに分けて液化熱交換器及び過冷却熱交換器の2台とし、この2台の液化熱交換器及び過冷却熱交換器を直列して設けると共に、

前記温膨張タービンで降温した第1冷却源ガスを2つに分岐し、分岐した第1冷却源ガスを予備冷却熱交換器と前記液化熱交換器との間と、前記液化熱交換器と前記過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに各々供給することを特徴とするガス液化装置。

[請求項4]

請求項1乃至3のいずれか一つにおいて、

前記原料ガスを冷却する冷却器を、前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側に設けることを特徴とするガス液化装置。

[請求項5]

請求項1乃至4のいずれか一つにおいて、

前記原料ガスの一部を抽出した抽出液から重質分を分離する重質分分離器を設けることを特徴とするガス液化装置。

[請求項6]

請求項1乃至5のいずれか一つにおいて、

前記冷媒ガス供給ラインに接続する圧縮機の上流側に、ボイルオフガスを供給するボイルオフガス供給ラインを接続することを特徴とするガス液化装置。

[請求項7]

原料ガスを液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化方法であって、

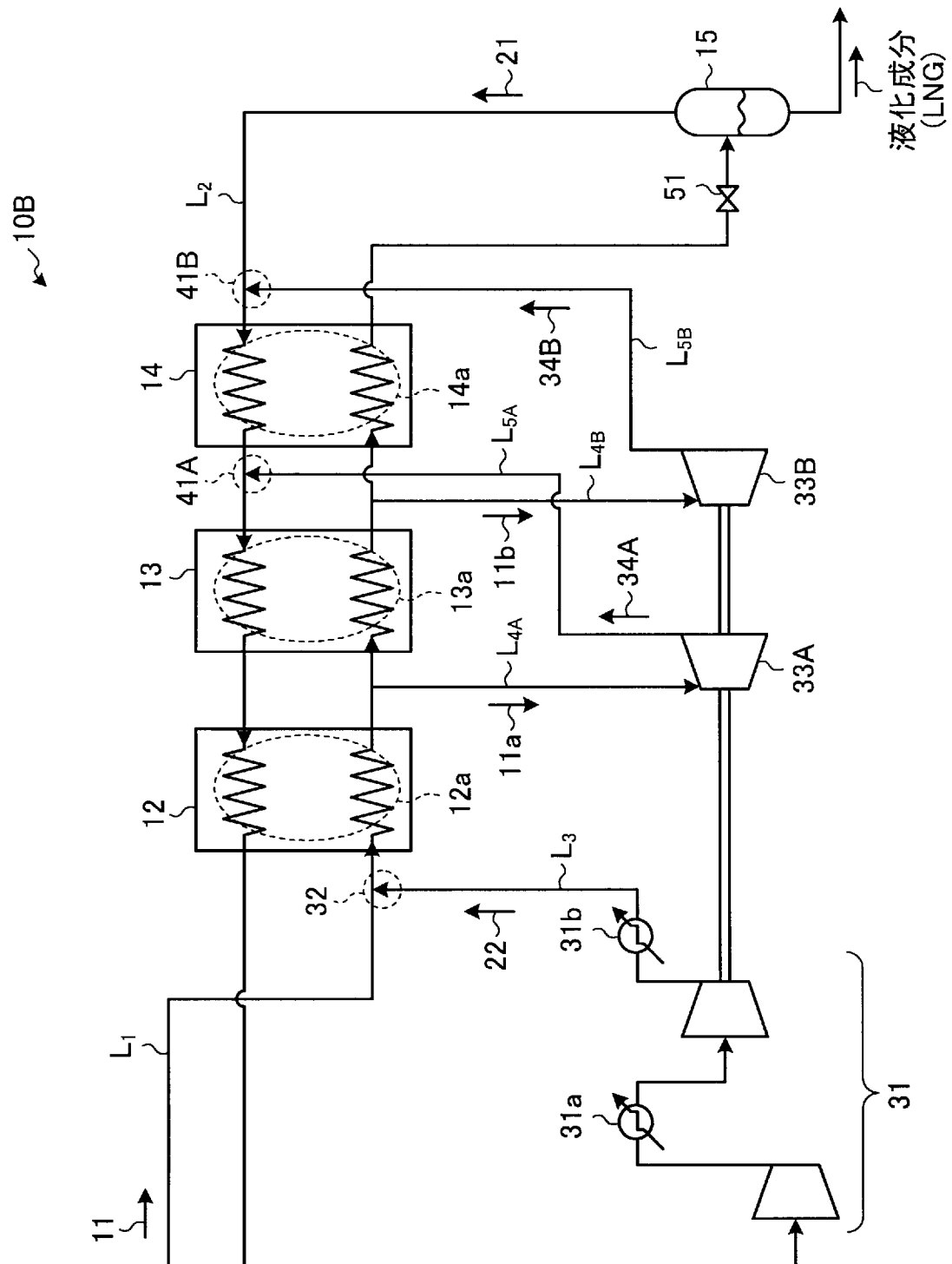
前記冷却されたガス成分を冷媒ガスとして、原料ガスと対向して供給しつつ少なくとも2以上の熱交換部で熱交換する熱交換工程と、

前記熱交換部と熱交換部との間において、冷却後の原料ガスの一部

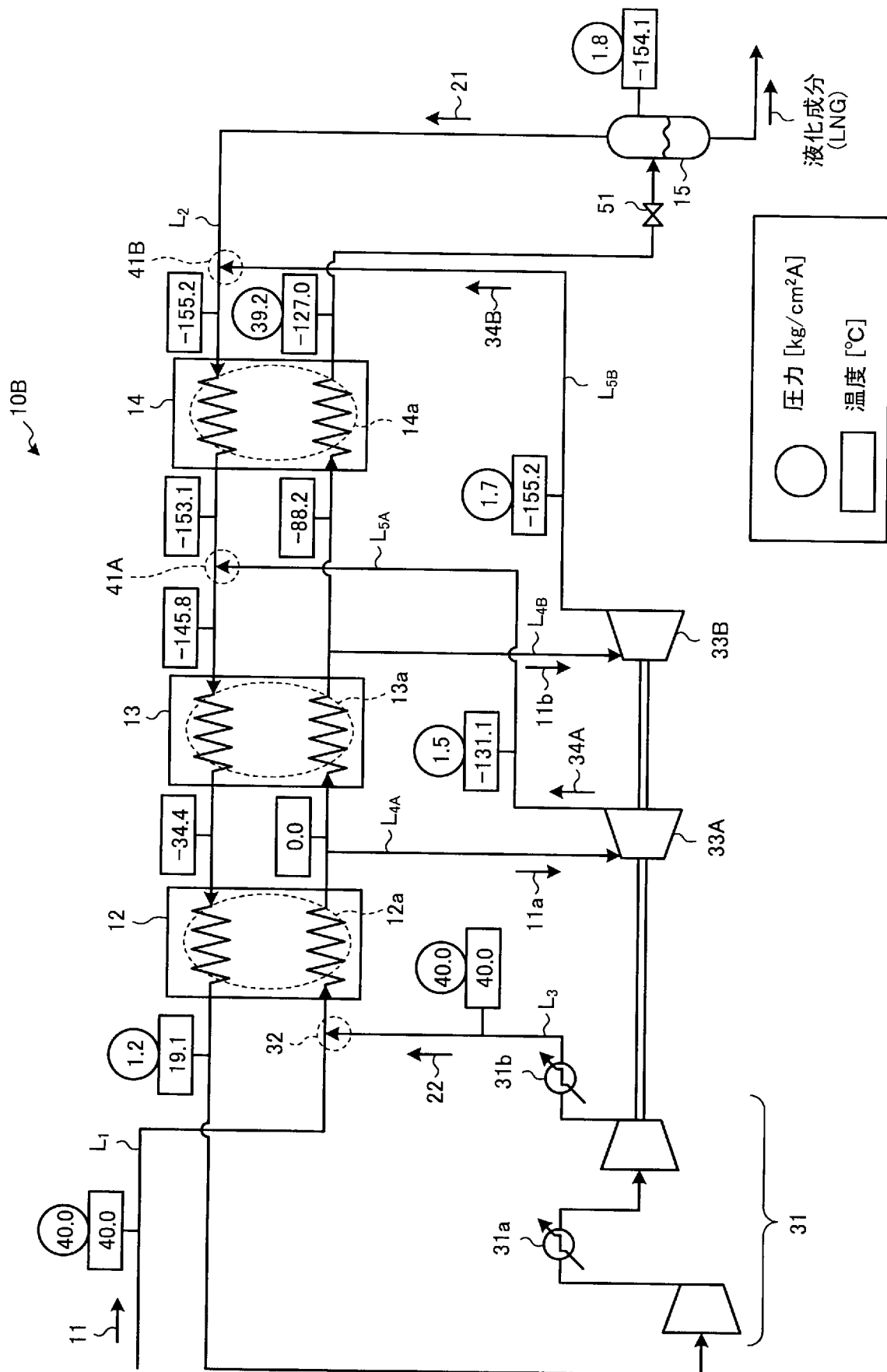
を抜き出し、断熱膨張させる断熱膨張工程と、

前記断熱膨張工程で降温した冷却源ガスを、前記冷媒ガスに供給する冷媒ガス供給工程とを有することを特徴とするガス液化方法。

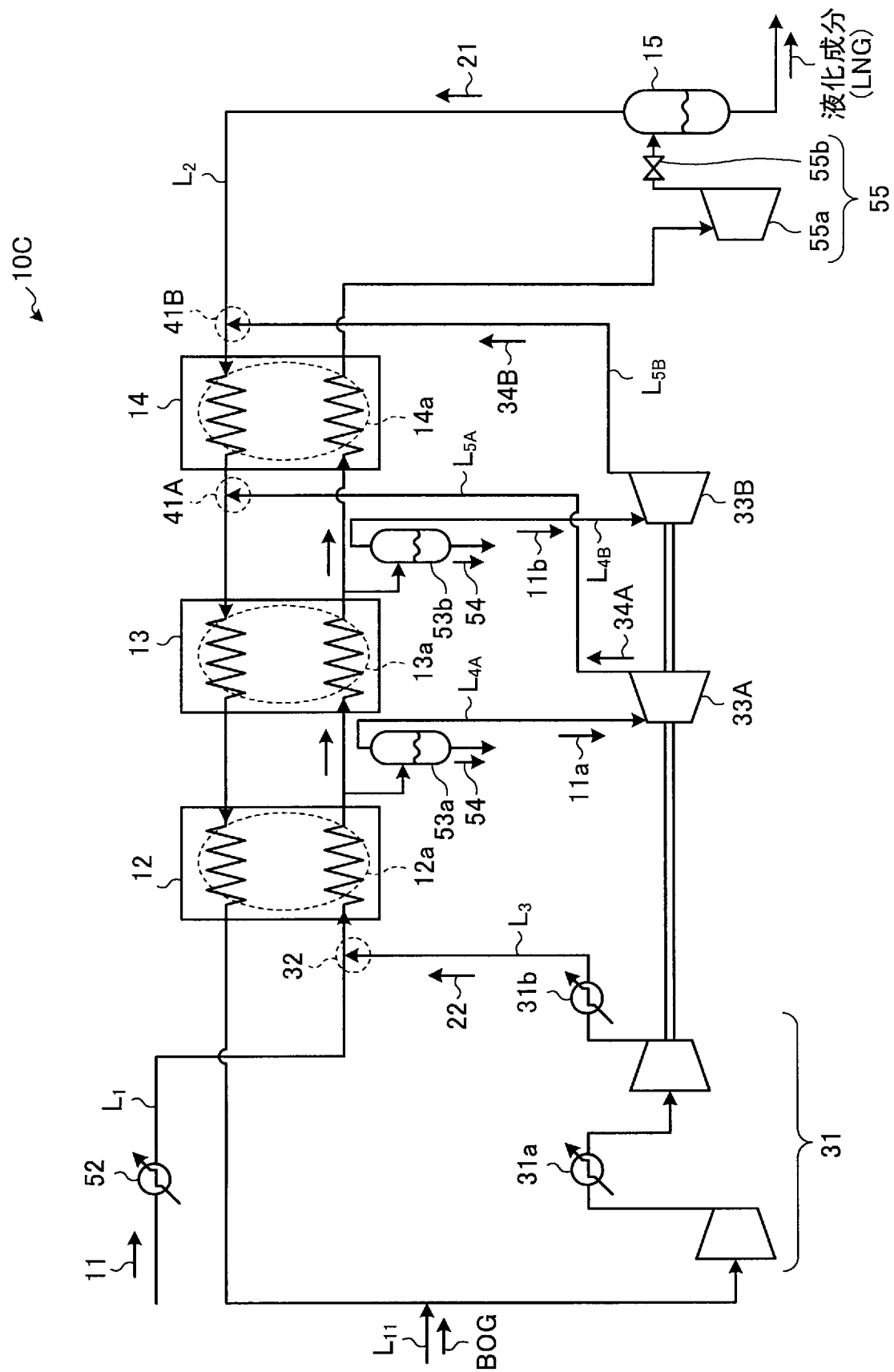
[図2-1]



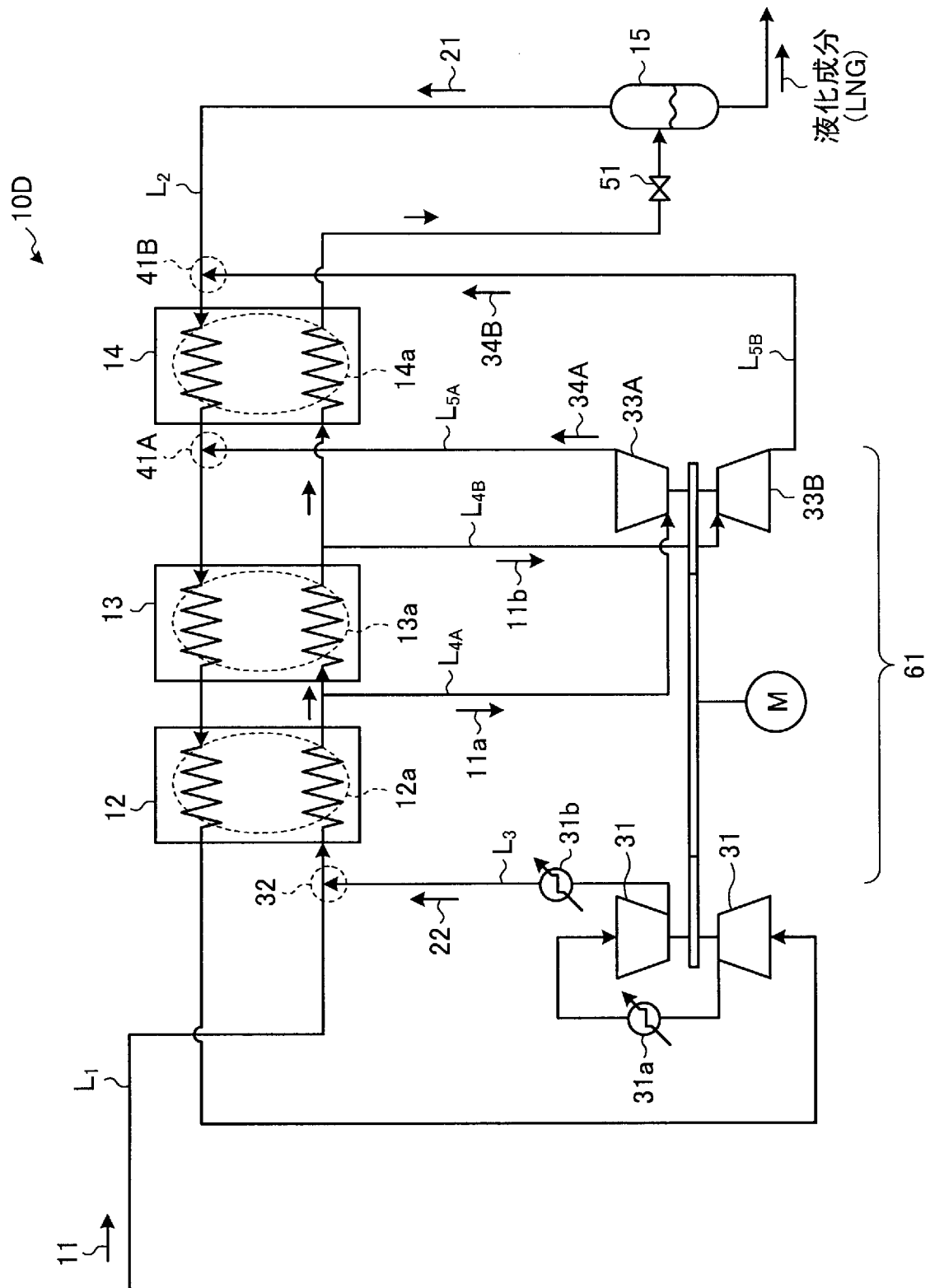
[図2-2]



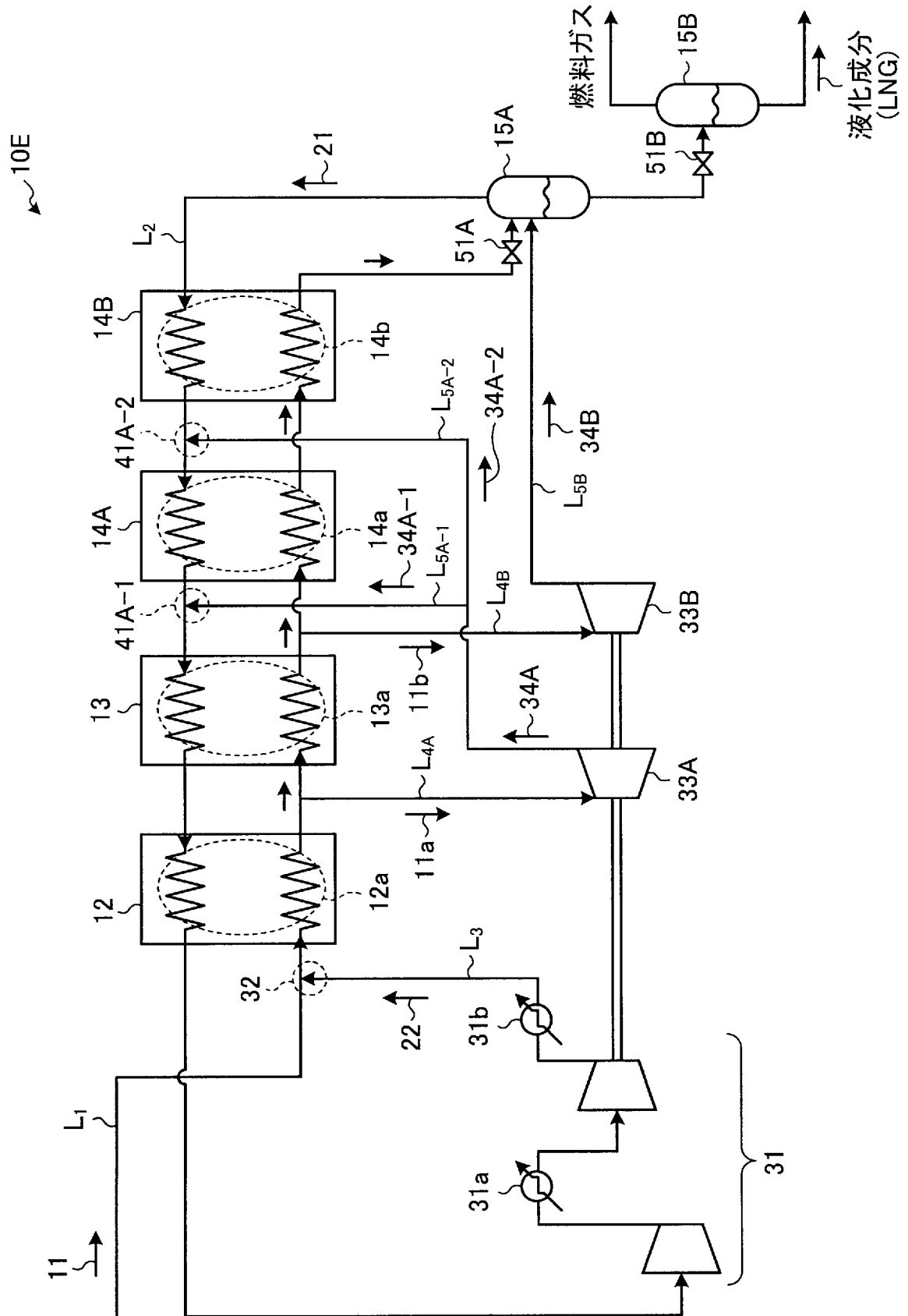
[図3]



[図4]



[図5-1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/050019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25J1/00(2006.01)i, F25J3/06(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)

F25J1/00-5/00

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 A	JP 2003-517561 A (ExxonMobil Upstream Research Co.), 27 May 2003 (27.05.2003), paragraphs [0017] to [0020]; fig. 3 & WO 2001/044735 A1 column 8, line 20 to column 10, line 5; fig. 3 & US 6378330 B1 & EP 1248935 A1 & AU 2092801 A & NO 20022846 A & BR 16439 A & CA 2394193 A & TW 498151 B & EG 22687 A & AU 777060 B & CN 1409812 A & RU 2002118819 A	7 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
18 February 2016 (18.02.16)

Date of mailing of the international search report
01 March 2016 (01.03.16)

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/JP2016/050019

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2003/0177785 A1 (KIMBLE E. L. et al), 25 September 2003 (25.09.2003), fig. 4 & WO 2003/081154 A1 & EP 1490639 A1 & AU 2003214242 A	7 1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25J1/00(2006.01)i, F25J3/06(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. F25J1/00 - 5/00

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 A	JP 2003-517561 A（エクソンモバイル アップストリーム リサーチ カンパニー）2003.05.27, 段落 0017-0020, 図3 & WO 2001/044735 A1, 第8欄20行-第10欄5行, 図3 & US 6378330 B1 & EP 1248935 A1 & AU 2092801 A & NO 20022846 A & BR 16439 A & CA 2394193 A & TW 498151 B & EG 22687 A & AU 777060 B & CN 1409812 A & RU 2002118819 A	7 1-6
X A	US 2003/0177785 A1（KIMBLE E. L. et al）2003.09.25, FIG.4 & WO 2003/081154 A1 & EP 1490639 A1 & AU 2003214242 A	7 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

18.02.2016

国際調査報告の発送日

01.03.2016

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）

山本 吾一

4Q

3128

電話番号 03-3581-1101 内線 3468