

(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
2020年4月30日(30.04.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/085329 A1

(51) 国際特許分類:

B63B 25/08 (2006.01) B63J 2/08 (2006.01)
B63B 25/16 (2006.01) F17C 13/00 (2006.01)

[JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内
三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/041381

(22) 国際出願日: 2019年10月21日(21.10.2019)

(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 2018-200725 2018年10月25日(25.10.2018) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社
(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)

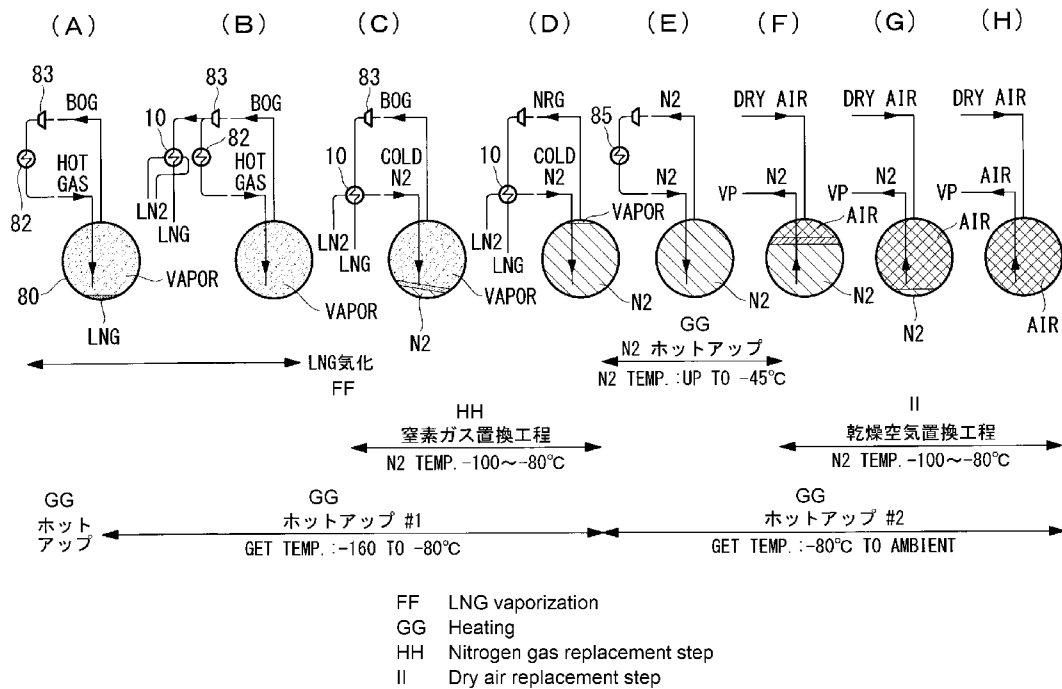
(72) 発明者: 上床 克哉 (UWATOKO, Katsuya);
〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2
番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
岡 勝 (OKA, Masaru); 〒2208401 神奈川県横
浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三
菱造船株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 藤田 考晴 (FUJITA, Takaharu);
〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみ
らい2-2-1 横浜ランドマークタ
ワー37F 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,

(54) Title: GAS-FREE METHOD AND GAS-FREE FACILITY

(54) 発明の名称: ガスフリー方法及びガスフリー設備



(57) Abstract: Provided is a gas-free method which can reduce the burden on the environment. In this gas-free method, the inside of an LNG tank (80) is replaced with nitrogen gas, and then replaced with air. This gas-free method includes: an LNG vaporized gas discharge step for discharging LNG vaporized gas remaining inside the LNG tank (80) to outside the LNG tank (80); a heat exchange step for causing heat exchange between the LNG vaporized gas discharged in the LNG vaporized gas discharge step and liquid nitrogen in order to condense the LNG vaporized gas and vaporize the liquid

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

nitrogen; and a nitrogen gas replacement step for replacing the inside of the LNG tank (80) with nitrogen gas by supplying the nitrogen gas vaporized in the heat exchange step to the LNG tank (80).

(57) 要約: 環境負荷を低減できるガスフリー方法を提供する。LNGタンク(80)内を窒素ガスで置換し、次いで空気で置換するガスフリー方法である。LNGタンク(80)内に残存するLNG気化ガスをLNGタンク(80)外に排出するLNG気化ガス排出工程と、LNG気化ガス排出工程にて排出されたLNG気化ガスと液体窒素とを熱交換させてLNG気化ガスを凝縮させるとともに液体窒素を気化する熱交換工程と、熱交換工程にて気化された窒素ガスをLNGタンク(80)に供給することによってLNGタンク(80)内を窒素ガスで置換する窒素ガス置換工程と、を有する。

明 細 書

発明の名称： ガスフリー方法及びガスフリー設備

技術分野

[0001] 本開示は、L N Gタンク内を空気雰囲気化するに至るガスフリー方法及びガスフリー設備に関するものである。

背景技術

[0002] L N Gを運搬したり貯蔵したりする船舶や浮体には、L N Gを貯蔵するL N Gタンクが設けられている。L N Gタンクに対しては、内部の機器や配管等の保守のため、L N Gタンク内に残存するL N G気化ガスを脱酸素されたイナートガス（不活性ガス）で置換し、次いでイナートガスを空気で置換するガスフリーが行われる（下記非特許文献1 参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：恵美洋彦編著「改訂増補 L N G船／L P G船技術資料」、船舶技術協会、1 9 9 1年、p. 2 1－2 2

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ガスフリーを行う際に用いるイナートガスとしては、L N G船等では一般に、燃料油を燃焼させた燃焼ガスを海水でスクラビングして冷却・清浄化し、水分を除去した後の乾燥燃焼ガスが用いられる。このため、燃料油のコストがかかるとともに大気や海洋への環境負荷への影響が懸念される。

[0005] L N Gタンク内に残存したL N G気化ガスは、L N Gタンク外に排出された際にボイラ等にて焼却処理されている。しかし、大型のL N G船では、焼却処理するL N G気化ガスは3 0 0トンを上回る場合もあり、処理時間が長くなりガスフリーの期間が長くなる。また、大量のL N G気化ガスを焼却処理するので環境規制の対象となり得る。

[0006] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、環境負荷を低

減することができるガスフリー方法及びガスフリー設備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

[0007] 本開示の一態様に係るガスフリー方法は、LNGタンク内に残存するLNG気化ガスを該LNGタンク外に排出するLNG気化ガス排出工程と、前記LNG気化ガス排出工程にて排出されたLNG気化ガスと液体窒素とを熱交換させてLNG気化ガスを凝縮させるとともに液体窒素を気化する熱交換工程と、前記熱交換工程にて気化された窒素ガスを前記LNGタンクに供給することによって該LNGタンク内を窒素ガスで置換する窒素ガス置換工程と、を有する。

[0008] LNGタンクに残存するLNG気化ガスを液体窒素と熱交換してLNG気化ガスを凝縮させる。これにより、LNG気化ガスを凝縮させたLNGとして貯蔵可能となり、LNGタンクからLNG気化ガスを排出した際に焼却処理する必要がない。

LNG気化ガスから凝縮熱を得て気化された窒素ガスをLNGタンクに供給することで、LNGタンク内を窒素ガスで置換することとした。これにより、イナータガスとして燃焼ガスを用いる必要がない。

以上により、環境負荷を低減することができる。

[0009] 本開示の一態様に係るガスフリー方法では、前記窒素ガス置換工程において、前記窒素ガスを前記LNGタンクの下方から供給するとともに、前記LNG気化ガス排出工程において前記LNGタンクの上方からLNG気化ガスを排出する。

[0010] 窒素ガスは、LNG気化ガス（主としてメタンガス）よりも同程度の温度で比重が大きく、また気化後の窒素ガスで低温となっているため、LNGタンク内に残存するLNG気化ガスよりも重いので重力によって下方へ移動する。そこで、窒素ガスをLNGタンクの下方に供給するようにして、LNGタンクの下方から窒素ガスを充填するようにした。これにより、LNG気化ガスと窒素ガスとを分離させた状態で効率的に窒素ガス置換工程を行うこと

ができる。

[0011] 本開示の一態様に係るガスフリー方法では、前記LNG気化ガス排出工程において、前記LNGタンクの上方からLNG気化ガスを排出する。

[0012] LNG気化ガスは、窒素ガスよりも比重が小さいため、LNGタンク内の上方に集積する。そこで、LNG気化ガスをLNGタンクの上方から排出するようにした。これにより、LNG気化ガスと窒素ガスとを分離させた状態で効率的にLNG気化ガス排出工程を行うことができる。

[0013] 本開示の一態様に係るガスフリー方法では、前記LNG気化ガス排出工程によって前記LNGタンク内のLNG気化ガスを排出した後の不活性ガス充填状態において、前記LNGタンクの上方から空気を供給することによって該LNGタンク内を空気で置換する空気置換工程を有する。

[0014] LNGタンク内からLNG気化ガスが排出された後に、LNGタンクに空気を供給することによってLNGタンク内を空気で置換する。このときに、LNGタンクの上方から空気を供給することによって、窒素よりも分子量が小さく軽い空気をLNGタンクの上部から充填するようにした。これにより、LNGタンク内で空気と窒素とを分離させた状態で効率良く置換することができる。

[0015] 本開示の一態様に係るガスフリー方法では、前記空気置換工程を行う際に、前記LNGタンクの下方から窒素ガスを該LNGタンクの外部に排出する窒素ガス排出工程を有する。

[0016] 窒素ガスは空気よりも比重を重くするように少々低温とすることで、LNGタンクの下方に集積させることができる。そこで、空気置換工程を行う際に、LNGタンクの下方から窒素ガスを排出することとした。これにより、LNGタンク内で空気と窒素ガスとを分離させた状態で効率良く窒素ガスを排出することができる。

[0017] 本開示の一態様に係るガスフリー方法では、前記熱交換工程において凝縮させたLNGを貯留するLNG貯留工程と、前記LNG貯留工程にて貯留されたLNGをLNGタンクに供給するLNG供給工程と、を有する。

[0018] 熱交換工程で凝縮させたLNGを貯留する。貯留したLNGは、LNGタンクに供給される。これにより、ガスフリーを行う際に回収したLNGを再利用することができる。

好ましくは、ガスフリーを行ったLNGタンクに逆工程によりLNGを戻す。より好ましくは、ガスフリーを行ったLNG船のLNGタンクに対して逆工程によりLNGを戻す。

[0019] 本開示の一態様に係るガスフリー設備は、液体窒素を貯留する液体窒素タンクと、LNGタンク内に残存するLNG気化ガスを導くLNG気化ガス導出配管と、前記LNG気化ガス導出配管から導かれたLNG気化ガスと前記液体窒素タンクから導かれた液体窒素とを熱交換させる熱交換器と、前記熱交換器によって冷却されて凝縮したLNGを回収するLNG回収タンクと、前記熱交換器によって加熱されて蒸発した窒素ガスを前記LNGタンクへ導く窒素ガス導出配管と、を備えている。

[0020] LNGタンクに残存するLNG気化ガスを液体窒素と熱交換してLNG気化ガスを凝縮させる。これにより、LNG気化ガスを凝縮させたLNGをLNG回収タンク内に貯蔵可能となり、LNGタンクからLNG気化ガスを排出した際に焼却処理する必要がない。

LNG気化ガスから凝縮熱を得て気化された窒素ガスをLNGタンクに窒素ガス導出配管を介して供給することで、LNGタンク内を窒素ガスで置換することができる。これにより、イナータガスとして燃焼ガスを用いる必要がない。

以上により、環境負荷を低減することができる。

[0021] 本開示の一態様に係るガスフリー設備では、前記熱交換器によって凝縮されたLNGが供給されて気液を分離する気液分離器と、前記気液分離器によって分離されたLNG気化ガスを燃焼させる燃焼器と、を備えている。

[0022] 凝縮されたLNGを気液分離器によって可燃性ガスと液体に分離する。気体として分離された可燃性ガスは、燃焼器によって燃焼され、焼却処理される。このように、気液分離器によって気化された可燃性ガスのみ（ただしN₂

分を多く含む)を焼却処理するだけなので、環境負荷を可及的に低減することができる。

[0023] 本開示の一態様に係るガスフリー設備では、船舶又は浮体に設けられている。

[0024] ガスフリー設備を船舶又は浮体に設けることとしたので、港湾内においてガスフリーを行うことができる。

[0025] 本開示の一態様に係るガスフリー設備では、前記液体窒素タンクは、前記LNG回収タンクと分離可能な船舶又は浮体に設けられている。

[0026] 液体窒素タンクを、LNG回収タンクと分離可能な船舶又は浮体に設けることとしたので、タンクローリー等の液体窒素供給設備から液体窒素を受け取る場所まで液体窒素タンクを備えた船舶又は浮体のみを移動させることができる。これにより、可燃性ガスとして取扱い規制が要求されるLNG回収タンクとは別に移動させることができるので、液体窒素を受け取る際の自由度を向上させることができる。

発明の効果

[0027] 液体窒素を用いてLNG気化ガスを凝縮するとともに、LNG気化ガスの凝縮熱によって気化した窒素ガスをイナータガスとして用いることとしたので、環境負荷を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本開示の一実施形態に係るガスフリー設備を示した概略図である。

[図2]図1のガスフリー設備の機能的な構成を示した概略図である。

[図3]ガスフリー方法を示した工程図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下に、本開示にかかる一実施形態について、図面を参照して説明する。

図1に示したガスフリー設備1は、LNG船等のLNGタンク内に残存したLNG気化ガスを回収して窒素ガスで置換し、次いで乾燥空気で置換するものである。

[0030] ガスフリー設備1は、液体窒素を貯留する液体窒素タンク3を備えた液体

窒素供給バージ（船舶）５と、ＬＮＧ（液化天然ガス）を回収して貯留するＬＮＧ回収タンク７を備えたＬＮＧ回収バージ（船舶）９とを備えている。

[0031] 液体窒素供給バージ５とＬＮＧ回収バージ９とは、接続と分離が可能となっている。接続した際には、液体窒素供給バージ５からＬＮＧ回収バージ９へと液体窒素や乾燥空気が供給されるように配管接続が行われる。

[0032] 液体窒素供給バージ５は、ＬＮＧ回収バージ９から分かれて航行することができ、タンクローリー等の液体窒素供給設備まで液体窒素を受け取りに行くことができる。

[0033] ＬＮＧ回収バージ９は、ＬＮＧ船等のＬＮＧタンク内に残存したＬＮＧ気化ガスを凝縮液化し、液化したＬＮＧをＬＮＧ回収タンク７内に貯留する。ＬＮＧ回収バージ９は、ＬＮＧ気化ガスを液化するＬＮＧ再凝縮用熱交換器１０と、気化したＬＮＧを焼却処理するオフガス燃焼炉（燃焼器）１１を備えている。

[0034] 図２には、図１に示したガスフリー設備１の機能的な概略構成が示されている。

液体窒素供給バージ５は、液体窒素タンク３と、液体窒素タンク３に接続された液体窒素供給配管１３を備えている。なお、液体窒素タンク３は、本実施形態では２つとされているが、１つであっても３つ以上であっても良い。

[0035] 液体窒素供給配管１３には、液体窒素供給ポンプ１５と、該ポンプ１５の吐出側に設けられた逆止弁１６とが設けられている。逆止弁１６の下流側には、仕切弁１７を介して液体窒素接続配管１８が設けられている。液体窒素接続配管１８は、液体窒素供給バージ５とＬＮＧ回収バージ９とを接続するときに用いられる。液体窒素接続配管１８は、ＬＮＧ回収バージ９側に設けられた仕切弁２５を介して液体窒素供給配管２６に接続されている。液体窒素供給配管２６の下流側は、液体窒素制御弁２７を介してＬＮＧ再凝縮用熱交換器（熱交換器）１０に接続されている。

[0036] 液体窒素供給バージ５は、ＬＮＧタンクに空気を供給するための空気ブロ

ワ 20 を備えている。空気ブロワ 20 の吐出側には乾燥空気を得るための空気除湿器 21 が設けられている。空気除湿器 21 の下流側には、気液分離器 22 と、仕切弁 23 とが設けられている。仕切弁 23 の下流側には、乾燥空気接続配管 24 が設けられている。乾燥空気接続配管 24 は、液体窒素供給バージ 5 と LNG 回収バージ 9 とを接続するときに用いられる。乾燥空気接続配管 24 は、LNG 回収バージ 9 側に設けられた乾燥空気供給配管 29 に接続されている。

[0037] LNG 回収バージ 9 は、2 つの LNG 回収タンク 7 を備えている。なお、LNG 回収タンク 7 は、本実施形態では 2 つとされているが、1 つであっても 3 つ以上であっても良い。

[0038] LNG 回収タンク 7 には、LNG 回収配管 30 が接続されている。LNG 回収配管 30 の上流側には、LNG 移送ポンプ 32 が設けられている。

[0039] LNG 移送ポンプ 32 と LNG 回収タンク 7 との間には、LNG 払い出し配管 34 が設けられている。LNG 払い出し配管 34 には、LNG 気化用熱交換器 35 が設けられている。LNG 気化用熱交換器 35 の加熱用熱源としては例えば清水や蒸気が用いられる。LNG 気化用熱交換器 35 によって気化された LNG 気化ガスが LNG 払い出し配管 34 を介して例えば陸側へと供給されるようになっている。なお、LNG 払い出し配管 34 と LNG 気化用熱交換器 35 は省略することができる。

[0040] LNG 回収配管 30 の上流側は、ガスセパレータ（気液分離器）38 に接続されている。ガスセパレータ 38 では、LNG 再凝縮用熱交換器 10 にて凝縮液化する際に非凝縮性分として N_2 を多く含む可燃性ガス（LNG 気化ガスを含む）を除去する。LNG から除去された可燃性ガスは、可燃性ガス排出管 40 を介してオフガス燃焼炉 11 へと導かれて焼却処理される。

[0041] 可燃性ガス排出管 40 には、可燃性ガス流れの上流側から順に、ガス熱交換器 42 と、可燃性ガス加熱器 44 と、可燃性ガス流量調整弁 46 とが設けられている。可燃性ガス加熱器 44 は、加熱用熱源として例えば清水や蒸気を用いられる。可燃性ガス加熱器 44 によって燃焼に適した温度（例えば大

気温度)まで昇温される。

- [0042] LNG船等のLNGタンク内に残留したLNG気化ガスは、LNG気化ガス流量調整弁50を介してLNG気化ガス導出配管52を通りLNG再凝縮用熱交換器10へと導かれる。LNG気化ガス導出配管52の途中位置には、ガス熱交換器42が設けられている。
- [0043] LNG再凝縮用熱交換器10には、窒素ガス導出配管54が設けられている。窒素ガス導出配管54の途中位置には、ガス熱交換器42が設けられている。
- [0044] ガス熱交換器42では、窒素ガス導出配管54を通る窒素ガスが加熱されるとともに、LNG気化ガス導出配管52を通るLNG気化ガスが冷却され、かつ、可燃性ガス排出管40を通る可燃性ガスが加熱される。
- [0045] 窒素ガス導出配管54を通る窒素ガスは、窒素ガス加熱用熱交換器56で加熱された後に、流量調整弁58を通りLNG船等のLNGタンクへと導かれる。窒素ガス加熱用熱交換器56で窒素ガスを昇温した後にLNGタンクへと送ることで、LNGタンクのホットアップを加熱する。窒素ガス加熱用熱交換器56に対して並列に設けられた流量調整弁59は、窒素ガス加熱用熱交換器56へ流れる流量を調整するために用いられる。
- [0046] オフガス燃焼炉11には、燃焼空気ブロワ61から燃焼用空気が供給される。オフガス燃焼炉11にて生成させた燃焼ガスは、排ガス配管63を通り煙突65から大気へと放出される。
- [0047] 排ガス配管63には、熱回収用熱交換器67が設けられている。熱回収用熱交換器67は、熱媒循環流路70を通る熱媒(例えば水)と熱交換を行う。熱媒循環流路70には、熱媒ポンプ72と、熱利用側熱交換器74とが設けられている。
- [0048] 熱利用側熱交換器74は、熱回収ポンプ75を備えた熱回収流路76と接続されている。熱回収流路76で回収された熱は、例えばLNGタンクのヒートアップ等の加熱用熱源として用いられる。熱利用側熱交換器74による加熱量は、三方弁77の開度調整によって調整される。

[0049] 上述した各仕切弁や各流量調整弁等の制御は、図示しない制御部によって行われる。制御部は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、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、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ROMやその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。

[0050] 次に、図3を用いて、上述したガスフリー設備1を用いたガスフリー方法について説明する。

図3には、LNG船等に設けられたLNGタンク80に対して行うガスフリーの工程が示されている。同図の左から右に向かって（（A）から（H）に向かって）各工程が進行する。ガスフリーを行う際には、図2で説明したLNG気化ガス導出配管52とLNGタンク80とが接続され、また、窒素ガス導出配管54及び乾燥空気供給配管29とLNGタンク80とが接続される。

[0051] 第1工程（A）では、LNGタンク80内に残存したLNG気化ガス（BOG）をLNGタンク80の上方（より具体的には頂部）からブロフ83を介して抜き出し、LNG気化ガスホットアップ用熱交換器82で加熱した後にLNG気化ガス（HOT GAS）をLNGタンク80内に戻す。これにより、LNGタンク80の底部に貯留したLNG（液体）を気化させる。LNG気化ガスホットアップ用熱交換器82に用いる加熱用熱源としては、図2で説明した熱回収流路76で回収した熱を用いることができる。また、LNG船内で供給される蒸気等の熱源を用いても良い。

[0052] 第2工程（B）では、第1工程（A）と同様にLNG気化ガスをLNGタンク80の頂部から抜き出してLNG気化ガスホットアップ用熱交換器82で加熱してLNG気化ガスをLNGタンク80内に戻すと同時に、ブロワ83の下流側のLNG気化ガスの一部を取り出してLNG再凝縮用熱交換器10（図2参照）へと導く。LNG再凝縮用熱交換器10では、図2で説明したように、LNG気化ガスと液体窒素とが熱交換を行う。これにより、LNG気化ガスは液体窒素によって冷却されて凝縮液化してLNGとなり、液体窒素はLNG気化ガスの凝縮熱によって加熱されて気化して窒素ガスとなる。

第1工程（A）及び第2工程（B）によって、LNGタンク80内に残留したLNGの気化が行われる。

[0053] 第3工程（C）では、LNG再凝縮用熱交換器10でLNGタンク80の頂部から抜き出し（LNG気化ガス排出工程）、LNG気化ガスを液体窒素で冷却して凝縮液化してLNGを生成する（熱交換工程）。液化されたLNGは、図2で示したLNG回収タンク7へと送られて貯留させる。そして、LNG再凝縮用熱交換器10でLNG気化ガスを冷却した液体窒素は、LNG気化ガスの凝縮熱によって加熱されて気化し、窒素ガスとなる。この窒素ガスは、LNGタンク80の下方へ向けて投入される。これにより、LNG気化ガスよりも分子量が大きくかつ冷たい窒素ガスは、LNG気化ガスよりも重いので、LNGタンク80の底部側から充填されることになる。

[0054] 第4工程（D）では、第3工程（C）の工程が継続して行われ、LNGタンク80内に窒素ガスが充填されて置換される。LNG気化ガスがLNGタンク80の頂部から排出されているか否かは、図示しないガス検知器によって検出することができる。ガス検出器の出力は、図示しない制御部へと送信され、窒素ガスによる置換が終了したか否かが判定される。窒素ガスによる置換の完了は、上述したガス検知器によってLNG気化ガスの検出値が所定値以下（例えばゼロ）となることによって制御部において判断される。

[0055] 上述した第3工程（C）から第4工程（D）にかけて、窒素ガス置換工程

が行われる。この時の窒素ガス温度は、約 -100°C ～ -80°C である。

第1工程（A）から第4工程（D）にかけて、LNGタンク80内のホットアップ#1が行われる。これにより、LNGタンク80内の温度は -160°C から約 -80°C までに加熱される。

[0056] 第5工程（E）では、LNGタンク80内を窒素ガスで置換した後に、LNGタンク80内の窒素ガスを取り出して窒素ガスホットアップ用熱交換器85を用いて窒素ガスを加熱し、LNGタンク80内に窒素ガスを戻す。窒素ガスホットアップ用熱交換器85に用いる加熱用熱源としては、図2で説明した熱回収流路76で回収した熱を用いることができる。また、LNG船内で供給される蒸気等の熱源を用いても良い。本工程（E）により、LNGタンク80内の窒素ガスの温度を約 -45°C まで加熱する。

[0057] 第6工程（F）では、LNGタンク80の上方（より具体的には頂部）から乾燥空気を供給する。乾燥空気は、図2で示した乾燥空気供給配管29から導かれる。乾燥空気は、船内や他の設備から供給しても良い。

乾燥空気は、窒素ガスよりも分子量が小さく軽いので、LNGタンク80の上方から充填される。窒素ガスは、LNGタンク80の下方（より具体的には底部）から外部へと排出される。

[0058] 第7工程（G）では、第6工程（F）が継続して行われ、LNGタンク80内に乾燥空気が充填されて置換される。窒素ガスがLNGタンク80の底部から排出しているか否かは、図示しないガス検知器によって検出することができる。ガス検出器の出力は、図示しない制御部へと送信され、乾燥空気による置換が終了したか否かが判定される。乾燥空気による置換の完了は、上述したガス検知器によって酸素濃度が所定値（例えば大気成分相当の範囲）となることによって制御部において判断される。

[0059] そして、第8工程（H）において乾燥空気による置換が終了し、一連のガスフリーの工程が終了する。

上述した第6工程（F）から第8工程（H）にかけて、乾燥空気置換工程が行われる。この時の窒素ガス温度は、約 -100°C ～ -80°C である。

第5工程（E）から第8工程（E）にかけて、LNGタンク80内のホットアップ#2が行われる。これにより、LNGタンク80内の温度は約−80℃から大気温度まで加熱される。

[0060] 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。

LNGタンク80に残存するLNG気化ガスを液体窒素と熱交換してLNG気化ガスを凝縮させる。これにより、LNG気化ガスを凝縮させたLNGとして貯蔵可能となり、LNGタンク80からLNG気化ガスを排出した際に焼却処理する必要がない。

LNG気化ガスから凝縮熱を得て気化された窒素ガスをLNGタンク80に供給することで、LNGタンク80内を窒素ガスで置換することとした。これにより、イナートガスとして燃焼ガスを用いる必要がない。

以上により、環境負荷を低減することができる。

[0061] 窒素ガスは、LNG気化ガス（主としてメタンガス）よりも比重が大きく、また気化後の窒素ガスで低温となっているため、LNGタンク80内に残存するLNG気化ガスよりも重いので重力によって下方へ移動する。そこで、窒素ガスをLNGタンク80の下方に供給するようにして、LNGタンク80の下方から窒素ガスを充填するようにした。これにより、LNG気化ガスと窒素ガスとを分離させた状態で効率的に窒素ガス置換工程を行うことができる。

[0062] LNG気化ガスは、窒素ガスよりも分子量が小さく軽いため、LNGタンク80内の上方に存在する。そこで、LNG気化ガスをLNGタンク80の上方から排出するようにした。これにより、LNG気化ガスと窒素ガスとを分離させた状態で効率的にLNG気化ガスの排出を行うことができる。

[0063] LNGタンク80内からLNG気化ガスが排出された後に、LNGタンク80に乾燥空気を供給することによってLNGタンク80内を空気で置換する。このときに、LNGタンク80の上方から乾燥空気を供給することによって、窒素よりも分子量が小さく軽い乾燥空気をLNGタンク80の上部から充填するようにした。これにより、LNGタンク80内で乾燥空気と低温

の窒素とを分離させた状態で効率良く置換することができる。

[0064] 窒素ガスは乾燥空気よりも分子量が大きく重いので、LNGタンク80の下方に存在する。そこで、乾燥空気による置換を行う際に、LNGタンク80の下方から窒素ガスを排出することとした。これにより、LNGタンク80内で乾燥空気と窒素ガスとを分離させた状態で効率良く窒素ガスを排出することができる。

[0065] LNG再凝縮用熱交換器10で凝縮させたLNGをLNG回収タンク7で貯留することとした。貯留したLNGは、LNGタンク80に供給することができる。これにより、ガスフリーを行う際に回収したLNGを再利用することができる。好ましくは、ガスフリーを行った後のLNG船のLNGタンク80にLNGを戻す。

[0066] 凝縮されたLNGをガスセパレータ38によって可燃性ガスとLNGに分離する。気体として分離された可燃性ガスは、オフガス燃焼炉11によって燃焼され、焼却処理される。このように、ガスセパレータ38によって気化された可燃性ガスのみを焼却処理するだけなので、環境負荷を可及的に低減することができる。

[0067] ガスフリー設備1としてバージ5, 9を用いることとしたので、港湾内においてガスフリーを行うことができる。

[0068] 液体窒素タンク3を、LNG回収タンク7を備えたLNG回収バージ9と分離可能な液体窒素供給バージ5に設けることとしたので、タンクローリー等の液体窒素供給設備から液体窒素を受け取る場所まで液体窒素供給バージ5のみを移動させることができる。これにより、可燃性ガスとして取扱い規制が要求されるLNG回収タンク7を備えたLNG回収バージ9とは別に液体窒素供給バージ5を移動させることができるので、液体窒素を受け取る際の自由度を向上させることができる。

[0069] 上記実施形態では、ガスフリー設備1としてバージ5, 9を一例として説明したが、他の船舶や浮体であっても良い。また、液体窒素供給バージ5とLNG回収バージ9とを分離せずに一体化した船舶や浮体としても良い。さ

らには、ガスフリー設備 1 を陸上に設置しても良い。

[0070] 上記実施形態では、LNGタンク 80 を備える設備として LNG 船を一例としてあげて説明したが、本開示はこれに限定されるものではなく、LNGタンクを備えている設備であれば良く、例えば、大型 LNG 船に限らず小型の LNG 船である地域間輸送船、または LNG バンカー船や、LNG 燃料化された船舶であっても良い。

符号の説明

- [0071] 1 ガスフリー設備
3 液体窒素タンク
5 液体窒素供給バージ（浮体）
7 LNG 回収タンク
9 LNG 回収バージ（浮体）
10 LNG 再凝縮用熱交換器（熱交換器）
11 オフガス燃焼炉（燃焼器）
13 液体窒素供給配管
15 液体窒素供給ポンプ
16 逆止弁
17 仕切弁
18 液体窒素接続配管
20 空気ブロワ
21 空気除湿器
22 気液分離器
23 仕切弁
24 乾燥空気接続配管
25 仕切弁
26 液体窒素供給配管
27 液体窒素制御弁
29 乾燥空気供給配管

- 3 0 L N G回収配管
- 3 2 L N G移送ポンプ
- 3 4 L N G払い出し配管
- 3 5 L N G気化用熱交換器
- 3 8 ガスセパレータ（気液分離器）
- 4 0 可燃性ガス排出管
- 4 2 ガス熱交換器
- 4 4 可燃性ガス加熱器
- 4 6 可燃性ガス流量調整弁
- 5 0 L N G気化ガス流量調整弁
- 5 2 L N G気化ガス導出配管
- 5 4 窒素ガス導出配管
- 5 6 窒素ガス加熱用熱交換器
- 5 8 流量調整弁
- 5 9 流量調整弁
- 6 1 燃焼空気ブロワ
- 6 3 排ガス配管
- 6 5 煙突
- 6 7 熱回収用熱交換器
- 7 0 熱媒循環流路
- 7 2 熱媒ポンプ
- 7 4 熱利用側熱交換器
- 7 5 熱回収ポンプ
- 7 6 熱回収流路
- 7 7 三方弁
- 8 0 L N Gタンク
- 8 2 L N G気化ガスホットアップ用熱交換器
- 8 3 ブロワ

85 窒素ガスホットアップ用熱交換器

請求の範囲

- [請求項1] L N Gタンク内に残存するL N G気化ガスを該L N Gタンク外に排出するL N G気化ガス排出工程と、
- 前記L N G気化ガス排出工程にて排出されたL N G気化ガスと液体窒素とを熱交換させてL N G気化ガスを凝縮させるとともに液体窒素を気化する熱交換工程と、
- 前記熱交換工程にて気化された窒素ガスを前記L N Gタンクに供給することによって該L N Gタンク内を窒素ガスで置換する窒素ガス置換工程と、
- を有するガスフリー方法。
- [請求項2] 前記窒素ガス置換工程において、前記窒素ガスを前記L N Gタンクの下方から供給するとともに、前記L N G気化ガス排出工程において前記L N Gタンクの上方からL N G気化ガスを排出する請求項1に記載のガスフリー方法。
- [請求項3] 前記L N G気化ガス排出工程において、前記L N Gタンクの上方からL N G気化ガスを排出する請求項2に記載のガスフリー方法。
- [請求項4] 前記L N G気化ガス排出工程によって前記L N Gタンク内のL N G気化ガスを排出した後の不活性ガス充填状態において、前記L N Gタンクの上方から空気を供給することによって該L N Gタンク内を空気で置換する空気置換工程を有する請求項1から3のいずれかに記載のガスフリー方法。
- [請求項5] 前記空気置換工程を行う際に、前記L N Gタンクの下方から窒素ガスを該L N Gタンクの外部に排出する窒素ガス排出工程を有する請求項4に記載のガスフリー方法。
- [請求項6] 前記熱交換工程において凝縮させたL N Gを貯留するL N G貯留工程と、
- 前記L N G貯留工程にて貯留されたL N GをL N Gタンクに供給するL N G供給工程と、

を有する請求項 1 から 5 のいずれかに記載のガスフリー方法。

[請求項7]

液体窒素を貯留する液体窒素タンクと、

L N G タンク内に残存する L N G 気化ガスを導く L N G 気化ガス導出配管と、

前記 L N G 気化ガス導出配管から導かれた L N G 気化ガスと前記液体窒素タンクから導かれた液体窒素とを熱交換させる熱交換器と、

前記熱交換器によって冷却されて凝縮した L N G を回収する L N G 回収タンクと、

前記熱交換器によって加熱されて蒸発した窒素ガスを前記 L N G タンクへ導く窒素ガス導出配管と、

を備えているガスフリー設備。

[請求項8]

前記熱交換器によって凝縮された L N G が供給されて気液を分離する気液分離器と、

前記気液分離器によって分離された L N G 気化ガスを燃焼させる燃焼器と、

を備えている請求項 7 に記載のガスフリー設備。

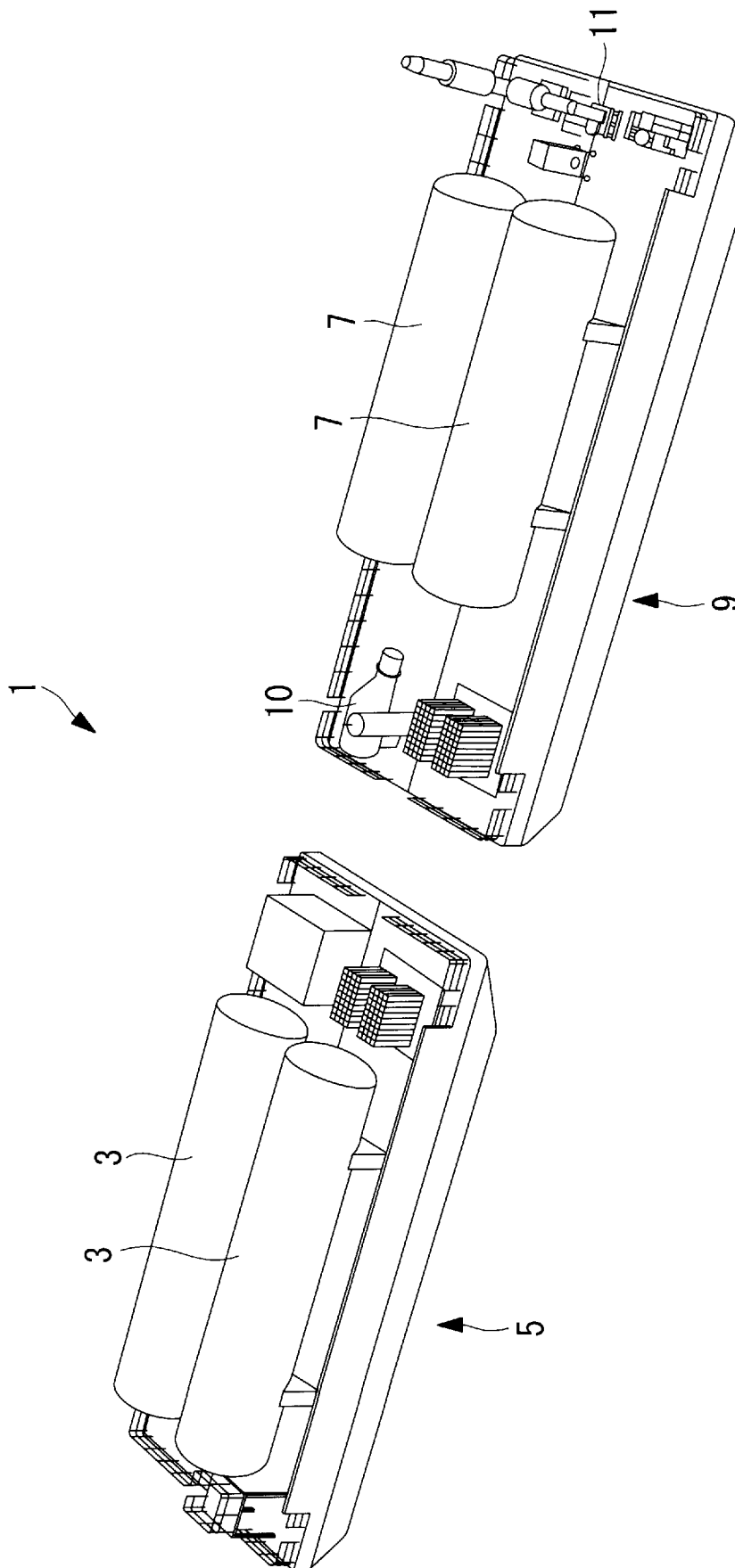
[請求項9]

船舶又は浮体に設けられている請求項 7 又は 8 に記載のガスフリー設備。

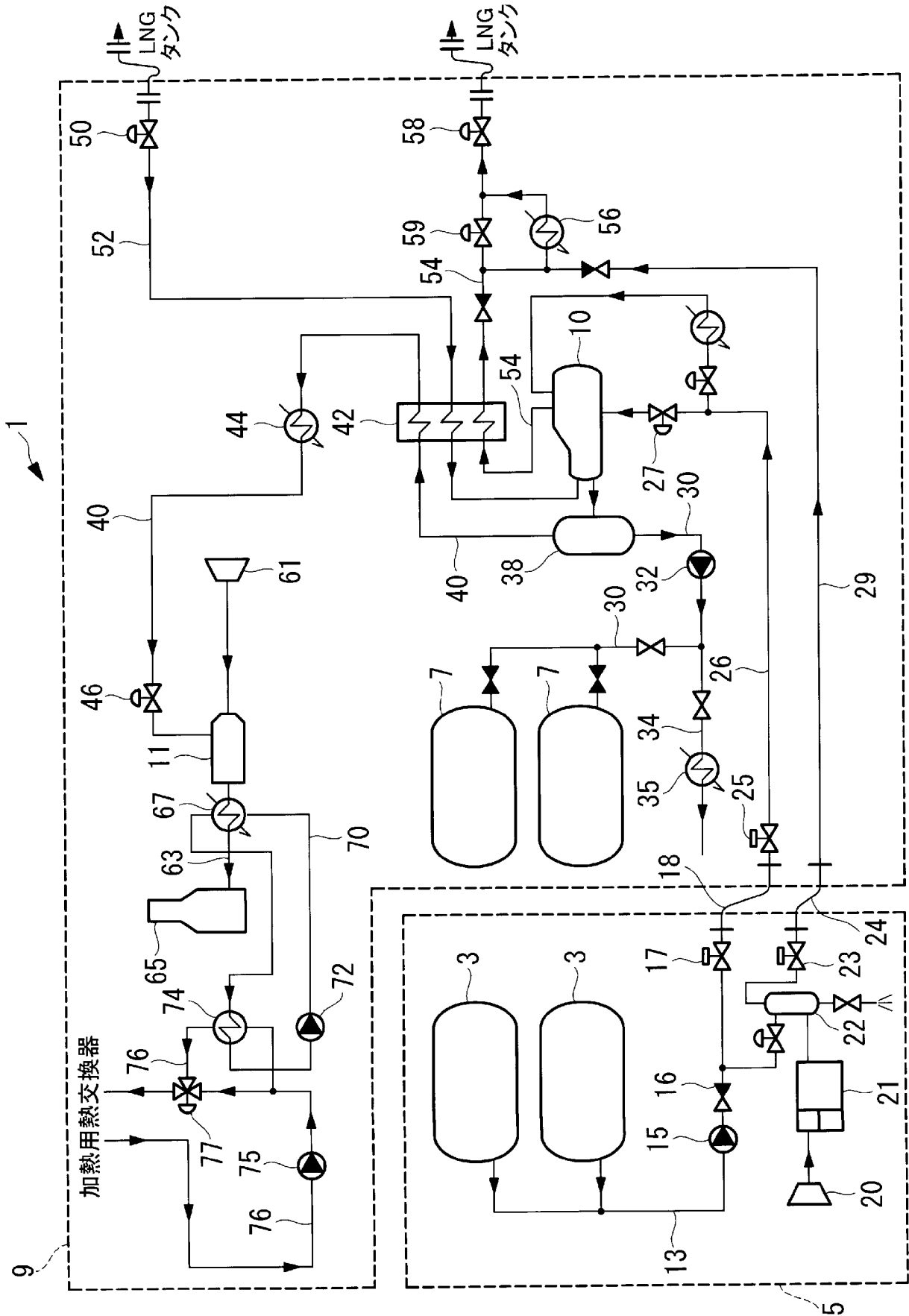
[請求項10]

前記液体窒素タンクは、前記 L N G 回収タンクと分離可能な船舶又は浮体に設けられている請求項 9 に記載のガスフリー設備。

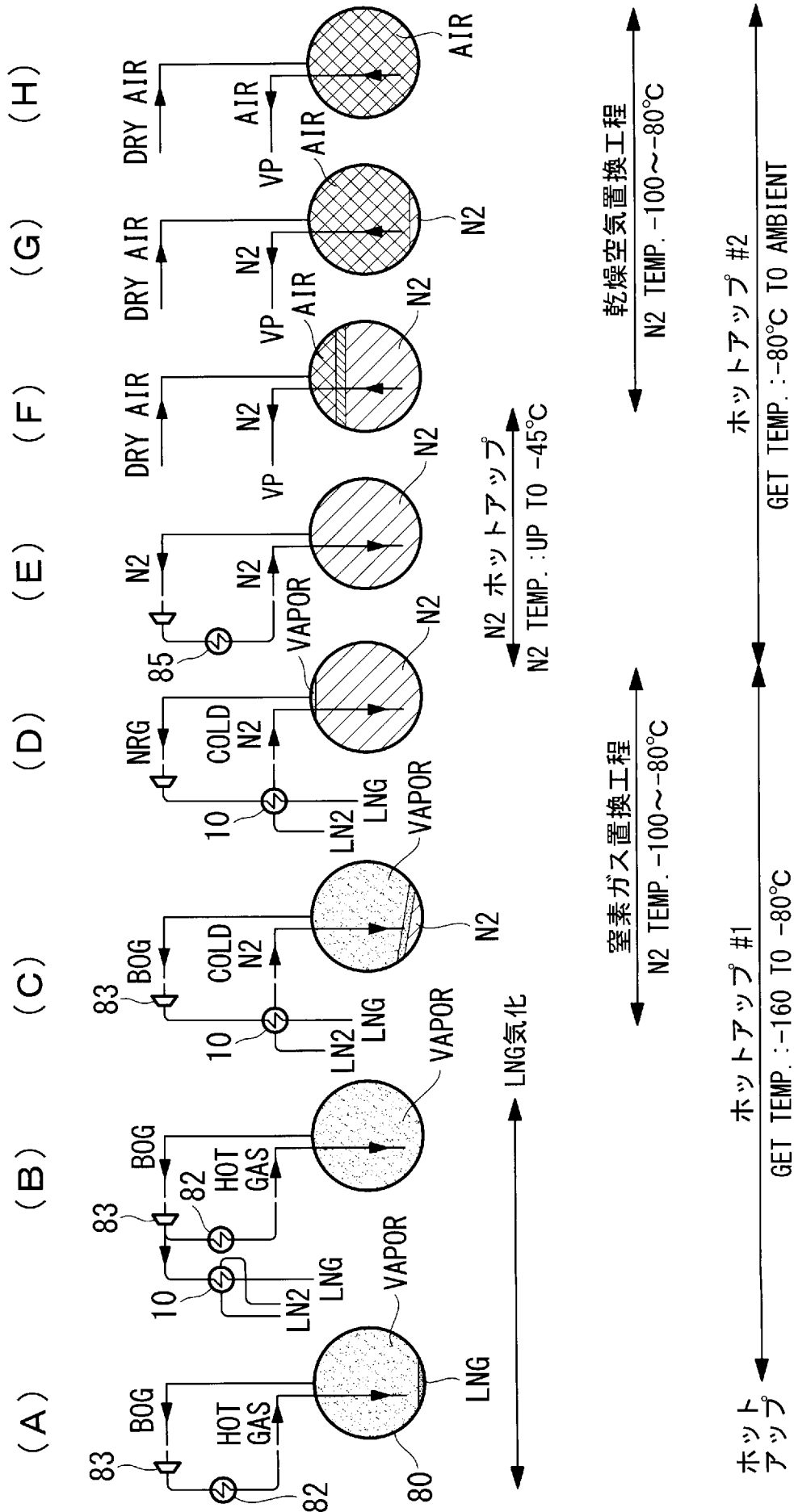
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/041381

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B63B 25/08(2006.01)i; B63B 25/16(2006.01)i; B63J 2/08(2006.01)i; F17C 13/00(2006.01)i

FI: F17C13/00 302Z; B63B25/08 Z; B63J2/08 B; B63B25/16 Z; B63B25/16 H; F17C13/00 302A

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)

B63B25/08; B63B25/16; B63J2/08; F17C13/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 129216/1977 (Laid-open No. 054096/1979) (BRIDGESTONE LIQUEFIED GAS CO., LTD.) 14.04.1979 (1979-04-14) specification, page 4, line 2 to page 8, line 11, figures	1-9
A		10
Y	JP 2014-141155 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 07.08.2014 (2014-08-07) paragraphs [0002], [0027]-[0028], fig. 2	1-9
Y	JP 56-065092 A (TAIYO SANSEI CO., LTD.) 02.06.1981 (1981-06-02) page 3, upper left column, line 5 to page 3, upper right column, line 5, fig. 2	8-9

☐ 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
06 January 2020 (06.01.2020)

Date of mailing of the international search report
14 January 2020 (14.01.2020)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/041381

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 54-054096 U1	14 Apr. 1979	(Family: none)	
JP 2014-141155 A	07 Aug. 2014	WO 2014/115480 A1 EP 2899115 A1 paragraphs [0002], [0038]-[0039], fig. 2 KR 10-2015-0058446 A CN 104736432 A	
JP 56-065092 A	02 Jun. 1981	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B63B 25/08(2006.01)i; B63B 25/16(2006.01)i; B63J 2/08(2006.01)i; F17C 13/00(2006.01)i FI: F17C13/00 302Z; B63B25/08 Z; B63J2/08 B; B63B25/16 Z; B63B25/16 H; F17C13/00 302A														
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）） B63B25/08; B63B25/16; B63J2/08; F17C13/00														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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												
Y	日本国実用新案登録出願52-129216号(日本国実用新案登録出願公開54-054096号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（ブリヂストン液化ガス株式会社）14.04.1979（1979-04-14）明細書第4ページ2行－第8ページ11行，図	1-9												
A		10												
Y	JP 2014-141155 A（三菱重工業株式会社）07.08.2014（2014-08-07）段落[0002]，[0027]－[0028]，図2	1-9												
Y	JP 56-065092 A（太陽酸素株式会社）02.06.1981（1981-06-02）第3ページ左上欄5行－同右上欄5行，図2	8-9												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 06.01.2020	国際調査報告の発送日 14.01.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 矢澤 周一郎 3N 3623 電話番号 03-3581-1101 内線 3361													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/041381

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	54-054096	U1	14.04.1979	(ファミリーなし)	
JP	2014-141155	A	07.08.2014	WO 2014/115480 A1	
				EP 2899115 A1	
				段落 [0 0 0 2] , [0 0 3 8] - [0 0 3 9] , 図 2	
				KR 10-2015-0058446 A	
				CN 104736432 A	
JP	56-065092	A	02.06.1981	(ファミリーなし)	