

(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
2024年8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/166241 A1

(51) 国際特許分類:
F17C 13/00 (2006.01)

彦 (TOMINAGA, Haruhiko). 木村 祐紀
(KIMURA, Yuki).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004137

(22) 国際出願日: 2023年2月8日(08.02.2023)

(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: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人有古特許事務所 (ARCO PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS); 〒6510088 兵庫県神戸市中央区小野柄通7丁目1番1号 日本生命三宮駅前ビル5階 Hyogo (JP).

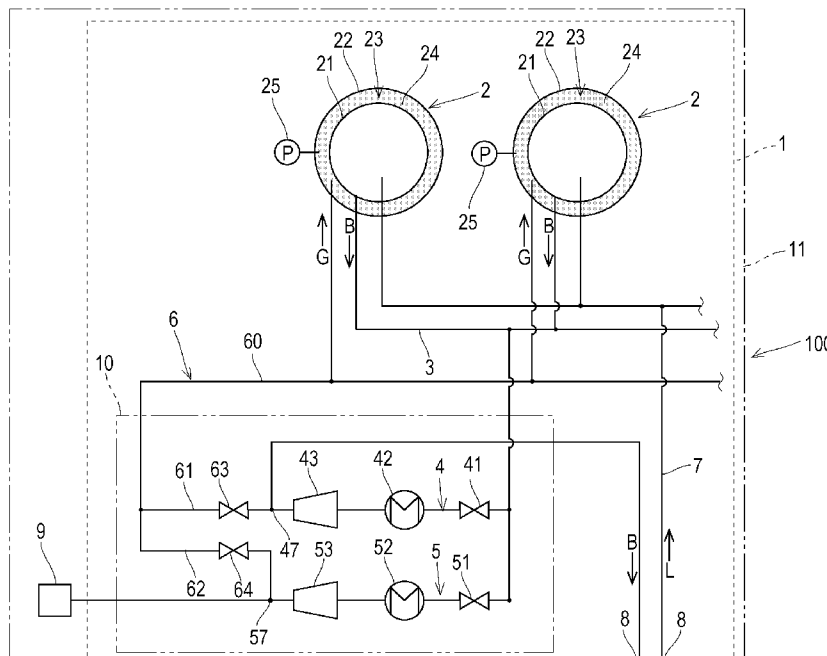
(72) 発明者: 武田 宏之 (TAKEDA, Hiroyuki). 下垣 貴志 (SHIMOGAKI, Takashi). 富永 晴

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) Title: LIQUID HYDROGEN STORAGE EQUIPMENT, FLOATING STRUCTURE, AND INTER-TANK GAS SUPPLY METHOD FOR MULTI-SHELL TANK

(54) 発明の名称: 液体水素貯蔵設備、浮体構造物、及び多重殻タンクの槽間ガス供給方法

[図1]



(57) Abstract: Liquid hydrogen storage equipment comprising: a multi-shell tank having an inner tank containing liquid hydrogen, an outer tank surrounding the inner tank, and a heat insulation layer disposed between the inner and outer tanks; a BOG line which is connected to the inner tank and from which boil-off gas of liquid hydrogen generated in the inner tank flows out; a heat exchanger that heats the boil-off gas; an inter-tank gas supply line for supplying the heated boil-off gas between the inner and outer tanks of the multi-shell tank; and a compressor that pressure-feeds the heated boil-off

LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

gas to the inter-tank gas supply line.

(57) 要約：液体水素貯蔵設備は、液体水素を収容する内槽、内槽を囲む外槽、及び、内槽と外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを有する多重殻タンクと、内槽と接続されて、内槽内で生じた液体水素のボイルオフガスが流れ出るBOGラインと、ボイルオフガスを加温する熱交換器と、加温されたボイルオフガスを多重殻タンクの内外槽間へ供給する槽間ガス供給ラインと、加温されたボイルオフガスを槽間ガス供給ラインへ圧送する圧縮機と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

液体水素貯蔵設備、浮体構造物、及び多重殻タンクの槽間ガス供給方法 技術分野

[0001] 本開示は、液体水素を貯蔵する多重殻タンクを備えた液体水素貯蔵設備に関する。

背景技術

[0002] 液体水素貯蔵設備を搭載した液体水素運搬船が知られている。液体水素貯蔵設備は、液体水素を収容する液体水素タンクや、液体水素タンクへ液体水素を揚げ下ろしするための荷役機器などを含む。液体水素タンクには高い防熱性が要求され、このような液体水素タンクとして、内槽と、内槽を囲む外槽と、内槽と外槽の槽間に配置された防熱層を備える多重殻タンクが知られている。例えば、特許文献1は、この種の多重殻タンクを開示する。

[0003] 特許文献1の多重殻タンクは、液化ガスを収容する内槽と、内槽を収容する外槽とを備える。内槽と外槽の槽間には、内槽の外表面を覆う断熱材が配置されている。また、内槽の頂部から排出されたボイルオフガスが内槽と外槽の槽間へ供給され、槽間は液化ガスの気化により生じたボイルオフガスで満たされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開WO2020/202578号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような多重殻タンクでは、内槽内と内外槽間では貯留可能な最低ガス温度が異なる。内槽は、低温の液化ガス及びそのボイルオフガスを貯溜可能な耐低温性を備える。一方、内外槽間に配置された断熱材が備える耐低温性は、内槽が備える耐低温性よりも低い。よって、内槽で生じたボイルオフ

ガスが直接的に内外槽間へ供給されて、低温のボイルオフガスと断熱材が接触すると断熱材が凍って変質するおそれがある。

[0006] 本開示は以上の事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、液体水素を収容する内槽と、内槽を囲む外槽と、内槽と外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを備える多重殻タンクにおいて、防熱層を損なうことなく内槽と外槽の間の内外槽間へ液体水素のボイルオフガスを供給することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本開示の一態様に係る液体水素貯蔵設備は、液体水素を収容する内槽、前記内槽を囲む外槽、及び、前記内槽と前記外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを有する多重殻タンクと、前記内槽と接続されて、前記内槽内で生じた前記液体水素のボイルオフガスが流れ出るBOGラインと、前記ボイルオフガスを加温する熱交換器と、加温された前記ボイルオフガスを前記多重殻タンクの前記内外槽間へ供給する槽間ガス供給ラインと、加温された前記ボイルオフガスを前記槽間ガス供給ラインへ圧送する圧縮機と、を備えるものである。

[0008] 本開示の一態様に係る浮体構造物は、船体と、前記船体に搭載された前記液体水素貯蔵設備とを備えるものである。

[0009] また、本開示の一態様に係る多重殻タンクの槽間ガス供給方法は、液体水素を収容する内槽、前記内槽を囲む外槽、及び、前記内槽と前記外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを有する多重殻タンクにおいて、前記内外槽間へ槽間ガスを供給する方法であって、前記内槽で生じた前記液体水素のボイルオフガスを前記内槽から取り出し、取り出した前記ボイルオフガスを熱交換器で加温し、加温された前記ボイルオフガスを前記内外槽間へ圧縮機で圧送するものである。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、液体水素を収容する内槽と、内槽を囲む外槽と、内槽と外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを備える多重殻タンクにおいて、防熱層を損なうことなく内槽と外槽の間の内外槽間へ液体水素のボイルオフガスを供給できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の一態様に係る液体水素貯蔵設備の概略構成を示す図である。

[図2]図2は、変形例1に係る液体水素貯蔵設備を示す図である。

[図3]図3は、変形例2に係る液体水素貯蔵設備を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 次に、図面を参照して本開示の実施の形態を説明する。図1は本開示の一態様に係る液体水素貯蔵設備1の概略構成を示す図である。図1に示すように、本開示の一態様に係る液体水素貯蔵設備1は、液体水素を貯蔵する多重殻タンク2と、液体水素貯蔵設備1の外部から供給される液体水素を多重殻タンク2へ受け入れたり、多重殻タンク2に液体水素を貯蔵したり、多重殻タンク2に貯蔵されている液体水素を液体水素貯蔵設備1の外部へ供給したりするための配管及び機器とを備える。本実施形態に係る液体水素貯蔵設備1は、浮体構造物100の船体11に設置されている。浮体構造物100には、船舶や、海上に浮遊する浮遊構造物が含まれ得る。但し、液体水素貯蔵設備1は、浮体構造物100に限定されず、陸上に設置されてもよい。

[0013] 多重殻タンク2には、BOGライン3、槽間ガス供給ライン6及び荷役用液ライン7の各々が接続されている。また、BOGライン3には、荷役用ガスライン4及び燃料供給ライン5が並列に接続されている。荷役用ガスライン4及び燃料供給ライン5は、液体水素貯蔵設備1の外部へボイルオフガスBを搬送するガス搬送ラインである。槽間ガス供給ライン6には、荷役用ガスライン4及び燃料供給ライン5が並列に接続されている。

[0014] 多重殻タンク2は、内槽21と、内槽21を囲む外槽22とを備える。内槽21と外槽22は、多重殻タンク2の径方向に離間しており、内槽21と

外槽 2 2 の内外槽間 2 3 には防熱層 2 4 が設けられている。防熱層 2 4 は、特に限定されないが、内槽 2 1 の表面を被覆する断熱パネルや、内外槽間 2 3 に充填された断熱材で構成されていてよい。

[0015] 内槽 2 1 には極低温の液体水素が収容される。内外槽間 2 3 には、内槽 2 1 において発生した液体水素のボイルオフガスが充填されている。多重殻タンク 2 には、内外槽間 2 3 の槽間圧力を検出する圧力センサ 2 5 が設けられている。

[0016] 荷役用液ライン 7 は、内槽 2 1 の内部とマニホールド 8 とを接続する配管で構成されている。荷役用液ライン 7 には、荷役時に液体水素貯蔵設備 1 の外部から内槽 2 1 へ供給されたり、内槽 2 1 から外部へ送出されたりする液体水素 L が流れる。マニホールド 8 は、液体水素貯蔵設備 1 が具備する荷役用液ライン 7 と、液体水素貯蔵設備 1 の外部の配管との接続部である。

[0017] B O G ライン 3 は、内槽 2 1 の気相部分（例えば、内槽 2 1 の頂部）と接続され、内槽 2 1 から多重殻タンク 2 の外部へ延びる配管で構成されている。B O G ライン 3 には、多重殻タンク 2 の内槽 2 1 で発生した液体水素のボイルオフガス B が流れ出る。但し、B O G ライン 3 には、ボイルオフガス B に限定されずパージ用ガスや冷却用ガスが流れてもよい。液体水素貯蔵設備 1 が複数の多重殻タンク 2 を備える場合には、各多重殻タンク 2 に接続された B O G ライン 3 が一本の B O G ライン 3 へ合流するように配管が構成されていてよい。

[0018] 荷役用ガスライン 4 は、B O G ライン 3 とマニホールド 8 とを接続する配管等で構成されている。荷役用ガスライン 4 は、荷役時等に B O G ライン 3 を流れるボイルオフガス B の一部を強制的にマニホールド 8 を介して液体水素貯蔵設備 1 の外部へ送る。荷役用ガスライン 4 は、内槽 2 1 の強制冷却やパージのために内槽 2 1 からガスを排出するために用いられてもよい。荷役用ガスライン 4 には、荷役用ガスライン 4 を通過するボイルオフガス B の流量を調整する流量調整弁 4 1 と、流量調整弁 4 1 よりも下流側に配置された熱交換器 4 2 と、熱交換器 4 2 よりも下流側に配置された圧縮機 4 3 とが設

けられている。熱交換器42及び圧縮機43が稼働し、流量調整弁41が開放されると、BOGライン3から荷役用ガスライン4へボイルオフガスBが流入する。荷役用ガスライン4へ流入したボイルオフガスBは、熱交換器42で加温されてから圧縮機43へ流入し、圧縮機43によってマニホールド8を介して外部へ圧送される。但し、荷役用ガスライン4へ流入したボイルオフガスBは、熱交換器42を経ずに或いは熱交換器42で加温されずに圧縮機43へ流入し、マニホールド8を介して外部へ圧送されてもよい。

[0019] 燃料供給ライン5は、BOGライン3と燃料消費機器9とを接続する配管等で構成されている。燃料供給ライン5は、BOGライン3を流れるボイルオフガスBの一部を、液体水素貯蔵設備1の外部に配置された燃料消費機器9へ送る。燃料供給ライン5には、燃料供給ライン5を流れるボイルオフガスBの流量を調整する流量調整弁51と、流量調整弁51よりも下流側に配置された熱交換器52と、熱交換器52よりも下流側に配置された圧縮機53とが設けられている。熱交換器52及び圧縮機53が稼働し、流量調整弁51が開放されると、BOGライン3から燃料供給ライン5へボイルオフガスBが流入する。燃料供給ライン5へ流入したボイルオフガスBは、熱交換器52で加温されてから圧縮機53へ流入し、圧縮機53によって燃料消費機器9へ圧送される。但し、燃料供給ライン5へ流入したボイルオフガスBは、熱交換器52を経ずに或いは熱交換器52で加温されずに圧縮機53へ流入し、燃料消費機器9へ圧送されてもよい。

[0020] 槽間ガス供給ライン6は、多重殻タンク2の内外槽間23と荷役用ガスライン4又は燃料供給ライン5とを接続する配管等で構成されている。槽間ガス供給ライン6は、荷役用ガスライン4を流れるボイルオフガスBの一部、及び／又は、燃料供給ライン5を流れるボイルオフガスBの一部を、槽間ガスGとして槽間ガス供給ライン6の内外槽間23へ供給する。但し、槽間ガス供給ライン6は内外槽間23へのボイルオフガスBの供給に限定されず、内外槽間23へのパージガスや置換用ガスなどの供給に利用されてもよい。

[0021] 槽間ガス供給ライン6は、多重殻タンク2の内外槽間23と接続された主

配管 6 0 と、主配管 6 0 に対し、荷役用ガスライン 4 と燃料供給ライン 5 とを並列に接続する第 1 配管 6 1 及び第 2 配管 6 2 を含む。第 1 配管 6 1 は、主配管 6 0 と荷役用ガスライン 4 の圧縮機 4 3 よりも下流側の接続部 4 7 とを接続している。第 2 配管 6 2 は、主配管 6 0 と燃料供給ライン 5 の圧縮機 5 3 よりも下流側の接続部 5 7 とを接続している。液体水素貯蔵設備 1 が複数の多重殻タンク 2 を備える場合は、主配管 6 0 から複数の多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ分岐する分岐管が設けられ、各多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ主配管 6 0 及び分岐管を通じて槽間ガス G が供給される。

[0022] 第 1 配管 6 1 には、荷役用ガスライン 4 から第 1 配管 6 1 へ流入するボイルオフガス B の流量を調整する第 1 流量調整弁 6 3 が設けられている。第 1 流量調整弁 6 3 はノーマルクローズであって、第 1 流量調整弁 6 3 が開放されると荷役用ガスライン 4 を流れるボイルオフガス B の一部が第 1 配管 6 1（即ち、槽間ガス供給ライン 6）へ流入する。ここで、第 1 配管 6 1 が接続される接続部 4 7 は、荷役用ガスライン 4 の熱交換器 4 2 よりも下流側に配置されていることから、熱交換器 4 2 で加温されたボイルオフガス B が第 1 配管 6 1 へ流入する。なお、図 1 に例示する荷役用ガスライン 4 には一組の熱交換器 4 2 及び圧縮機 4 3 が示されているが、荷役用ガスライン 4 には複数の熱交換器 4 2 及び圧縮機 4 3 が設けられていてもよい。この場合、接続部 4 7 は、少なくとも 1 つの熱交換器 4 2 の下流側もしくは少なくとも 1 つの圧縮機 4 3 の下流側に配置されていればよい。

[0023] 図 2 に示すように、第 1 配管 6 1 において第 1 流量調整弁 6 3 の下流側には、調温器 4 8 が配置されていてもよい。荷役用ガスライン 4 の熱交換器 4 2 による加温ではボイルオフガス B の温度が槽間ガス G として好適な温度である槽間ガス設定温度に満たない場合に、この調温器 4 8 でボイルオフガス B が槽間ガス設定温度となるまで加温される。なお、槽間ガス設定温度とは、多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 に配置された防熱層 2 4 が変質しない温度のうち低い温度である。槽間ガス設定温度は、多重殻タンク 2 の構造及び防熱層 2 4 を構成する断熱材の種類によって異なる。

[0024] 図1に戻って、第2配管62には、燃料供給ライン5から第2配管62へ流入するボイルオフガスBの流量を調整する第2流量調整弁64が設けられている。第2流量調整弁64はノーマルクローズであって、第2流量調整弁64が開放されると燃料供給ライン5を流れるボイルオフガスBの一部が第2配管62（即ち、槽間ガス供給ライン6）へ流入する。ここで、第2配管62が接続される接続部57は、燃料供給ライン5の熱交換器52よりも下流側に配置されていることから、熱交換器52で加温されたボイルオフガスBが第2配管62へ流入する。なお、図1に例示する燃料供給ライン5には一組の熱交換器52及び圧縮機53が示されているが、燃料供給ライン5には複数の熱交換器52及び圧縮機53が設けられていてもよい。この場合、接続部57は、少なくとも1つの熱交換器52の下流側もしくは少なくとも1つの圧縮機53の下流側に配置されていればよい。

[0025] 図2に示すように、第2配管62において第2流量調整弁64の下流側には、調温器58が配置されていてもよい。燃料供給ライン5の熱交換器52による加温ではボイルオフガスBの温度が槽間ガス設定温度に満たない場合に、この調温器58でボイルオフガスBが槽間ガス設定温度となるまで加温される。

[0026] 図1に戻って、荷役用ガスライン4の流量調整弁41、熱交換器42及び圧縮機43と、燃料供給ライン5の流量調整弁51、熱交換器52、及び圧縮機53と、槽間ガス供給ライン6の第1流量調整弁63及び第2流量調整弁64は、船体11に設けられた機器室10に配置される。機器室10は、船級規則では「貨物機関区域」と称される空間であって、主に貨物用の機器が置かれている。機器室10は、居住区域及び業務区域から隔離されており、配置される電気機器は防爆仕様とされている。

[0027] [槽間ガスGの供給方法]

ここで、多重殻タンク2の内外槽間23への槽間ガスGの供給方法について説明する。内外槽間23への槽間ガスGの供給は、主に、多重殻タンク2の初期冷却時と、荷役時と、航海中に行われる。多重殻タンク2の内外槽間

23の槽間圧力は、内槽21に液体水素が収容されている間は、所定の設定槽間圧力に維持されることが好ましい。槽間圧力が設定槽間圧力を大幅に下回ると、内槽21に作用する圧力又は外槽22に作用する圧力が過剰となって内槽21や外槽22の破損に繋がる恐れがある。なお、設定槽間圧力は、多重殻タンク2の構成によって異なる。

[0028] <初期冷却時>

多重殻タンク2の初期冷却時には、内槽21の冷却と、内外槽間23の冷却及び加圧が行われる。初期冷却時には、荷役用ガスライン4の熱交換器42及び圧縮機43が稼働され、荷役用ガスライン4の流量調整弁41が開放され、槽間ガス供給ライン6の第1流量調整弁63が開放され、燃料供給ライン5の流量調整弁51及び槽間ガス供給ライン6の第2流量調整弁64は閉止されている。第1流量調整弁63の開度は、内外槽間23へ適量の冷却及び調圧用の槽間ガスGが供給されるように調整されている。

[0029] 内槽21へ荷役用液ライン7を通じて外部から冷却用の液体水素Lが供給されると、液体水素Lの一部は内槽21内で気化してボイルオフガスBとなる。内槽21で生じたボイルオフガスBはBOGライン3へ流出する。流量調整弁41は開放され、第1流量調整弁63、流量調整弁51、及び第2流量調整弁64は閉止されて、圧縮機43の稼働によってボイルオフガスBの一部は荷役用ガスライン4を通りマニホールド8を通じて外部へ返送される。内槽21へ液体水素Lが供給されると、内外槽間23のガスが冷却されて、内外槽間23の圧力が低下する。そこで、流量調整弁51及び第2流量調整弁64が開放され、熱交換器52及び圧縮機53が稼働されて、ボイルオフガスBの残部は燃料供給ライン5の熱交換器52で加温されてから槽間ガス供給ライン6を通じて多重殻タンク2の内外槽間23へ供給される。このように、内外槽間23へ供給されるボイルオフガスB（即ち、槽間ガスG）によって内外槽間23の圧力が回復する。

[0030] <荷役準備時およびタンク冷却時>

多重殻タンク2へ液体水素を積む前の荷役準備時または液体水素を噴霧し

てタンクを冷却する時に、内槽 2 1 へ液体水素 L が供給されると、内槽 2 1、外槽 2 2 及び内外槽間 2 3 の槽間ガス G が冷却されて、内外槽間 2 3 の圧力が低下する。そこで、内外槽間 2 3 の槽間圧力が所定の設定槽間圧力に維持されるように、多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ槽間ガス G が供給される。多重殻タンク 2 へ液体水素 L を積む時には、荷役用ガスライン 4 の圧縮機 4 3 が稼働され、荷役用ガスライン 4 の流量調整弁 4 1 が開放されて、内槽 2 1 のボイルオフガス B が B O G ライン 3 及び荷役用ガスライン 4 を通じて強制的に外部へ排出されることによって、内槽 2 1 へ液体水素 L が速やかに充填される。内槽 2 1 へ液体水素 L が供給されると、内外槽間 2 3 のガスが冷却されて、内外槽間 2 3 の圧力が低下する。燃料供給ライン 5 の流量調整弁 5 1、槽間ガス供給ライン 6 の第 1 流量調整弁 6 3 及び第 2 流量調整弁 6 4 は通常閉止されている。内槽 2 1 へ液体水素 L が供給されることによって内外槽間 2 3 が冷却され、圧力センサ 2 5 で検出される槽間圧力が設定槽間圧力より低下すると、流量調整弁 5 1 及び第 2 流量調整弁 6 4 が開放されるとともに、熱交換器 5 2 及び圧縮機 5 3 が稼働される。これにより、ボイルオフガス B の一部が燃料供給ライン 5 及び槽間ガス供給ライン 6 を通じて加温された槽間ガス G が多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ供給され、多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 の槽間圧力は設定槽間圧力へ回復する。槽間圧力が設定槽間圧力に回復すると、流量調整弁 5 1 及び第 2 流量調整弁 6 4 は閉止され、熱交換器 5 2 及び圧縮機 5 3 は停止されて、内外槽間 2 3 への槽間ガス G の供給が停止される。

[0031] <航海中>

航海中に、多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 の槽間圧力が僅かに減少することがある。そこで、航海中に稼働している燃料供給ライン 5 を流れるボイルオフガス B の一部が槽間ガス供給ライン 6 を通じて多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ供給されて、槽間圧力が設定槽間圧力に維持される。航海中は、燃料供給ライン 5 の熱交換器 5 2 及び圧縮機 5 3 が稼働され、流量調整弁 5 1 が開放されて、内槽 2 1 のボイルオフガス B が B O G ライン 3 及び燃料供給

ライン 5 を通じて強制的に燃料消費機器 9 へ送られる。荷役用ガスライン 4 の流量調整弁 4 1 は閉止されている。槽間ガス供給ライン 6 の第 1 流量調整弁 6 3 及び第 2 流量調整弁 6 4 は通常閉止されている。圧力センサ 2 5 で検出される槽間圧力が設定槽間圧力より低下すると、流量調整弁 4 1 及び第 1 流量調整弁 6 3 が開放されるとともに熱交換器 4 2 及び圧縮機 4 3 が稼働されて、ボイルオフガス B の一部が荷役用ガスライン 4 及び槽間ガス供給ライン 6 を通じて加温された槽間ガス G が多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ供給される。これにより、多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 の槽間圧力は設定槽間圧力へ回復する。槽間圧力が設定槽間圧力へ回復すると、再び流量調整弁 4 1 及び第 1 流量調整弁 6 3 は閉止され、熱交換器 4 2 及び圧縮機 4 3 は停止されて、内外槽間 2 3 への槽間ガス G の供給が停止される。

[0032] 上記のように、内外槽間 2 3 へ供給される槽間ガス G は、熱交換器 4 2, 5 2 で加温されることから内槽 2 1 内のボイルオフガス B よりも高温である。ここで、内外槽間 2 3 へ供給される槽間ガス G は、多重殻タンク 2 の内槽 2 1 内のボイルオフガス B よりも高温であればよいが、熱交換器 4 2, 5 2 及び追加の熱交換器によってボイルオフガス B が防熱層 2 4 の凍結や変質が抑制できる程度まで加温されることが好ましい。これにより、内外槽間 2 3 に配置された防熱層 2 4 の凍結や変質を抑制できる。

[0033] なお、上記の槽間ガス G の供給方法では、荷役用ガスライン 4 と燃料供給ライン 5 のうち稼働していない一方が選択的に槽間ガス供給ライン 6 と連通される。これにより、稼働しているラインのボイルオフガス B の流れを阻害せずに、ボイルオフガス B を内外槽間 2 3 へ供給できる。また、稼働しているラインと異なる温度で、ボイルオフガス B を内外槽間 2 3 へ供給できる。但し、荷役用ガスライン 4 と燃料供給ライン 5 のうち稼働している一方が選択的に槽間ガス供給ライン 6 と連通されてもよい。このことによれば、内外槽間 2 3 への槽間ガス G の供給のためだけに熱交換器 4 2, 5 2 や圧縮機 4 3, 5 3 の立ち上げが不要であり、作業効率化が図れる。

[0034] 上記の槽間ガス G の供給方法において、熱交換器 4 2, 5 2、圧縮機 4 3

、 5 3、及び各弁 4 1、 5 1、 6 3、 6 4 の開閉や開度調整は手動で行われてもよいが、自動で行われてもよい。例えば、第 1 流量調整弁 6 3 及び第 2 流量調整弁 6 4 の開閉及び開度調整が自動で行われる場合、図 3 に示すように、液体水素貯蔵設備 1 は圧力センサ 2 5、第 1 流量調整弁 6 3 及び第 2 流量調整弁 6 4 と電氣的に接続されたコントローラ 2 6 を備える。このコントローラ 2 6 は、圧力センサ 2 5 で検出された内外槽間 2 3 の圧力が所定の設定槽間圧力を下回るときに、内外槽間 2 3 の圧力が設定槽間圧力となるまでボイルオフガス B が内外槽間 2 3 へ供給されるように第 1 流量調整弁 6 3 及び第 2 流量調整弁 6 4 の開閉及び開度調整を行う。

[0035] [総括]

本開示の第 1 の項目に係る液体水素貯蔵設備 1 は、
液体水素を収容する内槽 2 1、内槽 2 1 を囲む外槽 2 2、及び、内槽 2 1 と外槽 2 2 の間の内外槽間 2 3 に配置された防熱層 2 4 とを有する多重殻タンク 2 と、
内槽 2 1 と接続されて、内槽 2 1 内で生じた前記液体水素のボイルオフガス B が流れ出る B O G ライン 3 と、
ボイルオフガス B を加温する熱交換器 4 2、 5 2 と、
加温されたボイルオフガス B を多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ供給する槽間ガス供給ライン 6 と、
加温されたボイルオフガス B を槽間ガス供給ライン 6 へ圧送する圧縮機 4 3、 5 3 と、を備えるものである。

[0036] 上記構成の液体水素貯蔵設備 1 によれば、多重殻タンク 2 の内槽 2 1 で生じた液体水素のボイルオフガス B は直接に内外槽間 2 3 へ供給されるのではなく、熱交換器 4 2、 5 2 で加温されてから、内外槽間 2 3 へ供給される。このように、内外槽間 2 3 へ流入するボイルオフガス B は、内槽 2 1 内のボイルオフガス B よりも高温となっており、内外槽間 2 3 に配置された防熱層 2 4 の凍結や変質を防止できる。

[0037] 本開示の第 2 の項目に係る液体水素貯蔵設備 1 は、第 1 の項目に係る液体

水素貯蔵設備 1 において、

熱交換器 4 2 ; 5 2 と、圧縮機 4 3 : 5 3 とを有し、ボイルオフガス B を液体水素貯蔵設備 1 の外部へ送るガス搬送ライン 4 ; 5 を、備え、

ガス搬送ライン 4 ; 5 の熱交換器 4 2 ; 5 2 及び圧縮機 4 3 : 5 3 より上流側に B O G ライン 3 が接続されており、

ガス搬送ライン 4 ; 5 の熱交換器 4 2 ; 5 2 及び圧縮機 4 3 : 5 3 より下流側に槽間ガス供給ライン 6 が接続されているものである。上記において液体水素貯蔵設備 1 の外部は、液体水素貯蔵設備 1 が例えば船舶に搭載されている場合には船舶内の液体水素貯蔵設備 1 以外の設備であってもよい。

[0038] 上記構成の液体水素貯蔵設備 1 では、ボイルオフガス B を液体水素貯蔵設備 1 の外部へ送るために使用されるガス搬送ライン 4 ; 5 を、内外槽間 2 3 への槽間ガス G の供給に共用している。よって、内外槽間 2 3 への槽間ガス G の供給のために専用の圧縮機や熱交換器を省略できる。

[0039] 本開示の第 3 の項目に係る液体水素貯蔵設備 1 は、第 2 の項目に係る液体水素貯蔵設備 1 において、ガス搬送ライン 4 ; 5 は、B O G ライン 3 及び槽間ガス供給ライン 6 に対し並列に接続された第 1 ガス搬送ライン 4 及び第 2 ガス搬送ライン 5 を含み、第 1 ガス搬送ライン 4 が外部と連通されて第 1 ガス搬送ライン 4 を通じてボイルオフガス B が外部へ送られている際に、第 2 ガス搬送ライン 5 が内外槽間 2 3 と連通されて第 2 ガス搬送ライン 5 及び槽間ガス供給ライン 6 を通じてボイルオフガス B が内外槽間 2 3 へ送られるように構成されたものである。

[0040] 上記構成の液体水素貯蔵設備 1 では、第 1 ガス搬送ライン 4 を使ってボイルオフガス B を加温せずに外部へ送給している最中に、第 2 ガス搬送ライン 5 を使ってボイルオフガス B を加温して内外槽間 2 3 へ送ることができる。或いは、上記構成の液体水素貯蔵設備 1 では、第 1 ガス搬送ライン 4 を使ってボイルオフガス B を第 1 の温度に加温して外部へ送給している最中に、第 2 ガス搬送ライン 5 を使ってボイルオフガス B を第 2 の温度に加温して内外槽間 2 3 へ送ることができる。

- [0041] 本開示の第４の項目に係る液体水素貯蔵設備１は、第２又は３の項目に係る液体水素貯蔵設備１において、ガス搬送ラインが、ボイルオフガスＢを外部へ送る荷役用ガスライン４を含むものである。
- [0042] 上記構成の液体水素貯蔵設備１では、荷役用ガスライン４の熱交換器４２及び圧縮機４３を利用してボイルオフガスＢを多重殻タンク２の内外槽間２３へ供給できる。
- [0043] 本開示の第５の項目に係る液体水素貯蔵設備１は、第２乃至４のいずれかの項目に係る液体水素貯蔵設備１において、ガス搬送ラインが、ボイルオフガスＢを燃料消費機器９へ送る燃料供給ライン５を含むものである。
- [0044] 上記構成の液体水素貯蔵設備１では、燃料供給ライン５の熱交換器５２及び圧縮機５３を利用してボイルオフガスＢを多重殻タンク２の内外槽間２３へ供給できる。
- [0045] 本開示の第６の項目に係る液体水素貯蔵設備１は、第１乃至５のいずれかの項目に係る液体水素貯蔵設備１において、槽間ガス供給ライン６は、ボイルオフガスＢの内外槽間２３への供給と停止を切り替える弁６３，６４を有し、
多重殻タンク２の内外槽間２３の圧力を検出する圧力センサ２５と、
圧力センサ２５で検出された内外槽間２３の圧力が所定の設定槽間圧力を下回るときに、内外槽間２３の圧力が設定槽間圧力となるまでボイルオフガスＢが内外槽間２３へ供給されるように弁６３，６４を動作させるコントローラ２６と、を備えるものである。
- [0046] 上記構成の液体水素貯蔵設備１によれば、多重殻タンク２の内外槽間２３が自動的に設定槽間圧力に維持される。
- [0047] 本開示の第７の項目に係る液体水素貯蔵設備１は、第１乃至６のいずれかの項目に係る液体水素貯蔵設備１において、槽間ガス供給ライン６は、ボイルオフガスＢを所定の槽間ガス設定温度に調温する調温器４８，５８を有するものである。
- [0048] 上記構成の液体水素貯蔵設備１によれば、槽間ガス設定温度が槽間ガス設

定温度に調温されたうえで内外槽間 2 3 へ供給される。

[0049] 本開示の第 8 の項目に係る液体水素貯蔵設備 1 は、第 1 乃至 7 のいずれかの項目に係る液体水素貯蔵設備 1 において、複数の多重殻タンク 2 を有し、槽間ガス供給ライン 6 は分岐して複数の多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 の各々と接続されているものである。

[0050] 上記構成の液体水素貯蔵設備 1 によれば、一本の槽間ガス供給ライン 6 から複数の多重殻タンク 2 の内外槽間 2 3 へ槽間ガス G が供給されるので、多重殻タンク 2 の各々に槽間ガス供給ライン 6 を備える場合と比較して配管や機器を削減できる。

[0051] 本開示の第 9 の項目に係る浮体構造物 1 0 0 は、船体 1 1 と、船体 1 1 に搭載された、第 1 乃至 8 のいずれかの項目に係る液体水素貯蔵設備 1 とを、備えるものである。

[0052] 上記構成の液体水素貯蔵設備 1 は、浮体構造物 1 0 0 に搭載される液体水素貯蔵設備 1 として好適である。

[0053] 本開示の第 1 0 の項目に係る多重殻タンク 2 の槽間ガス供給方法は、液体水素 L を収容する内槽 2 1、内槽 2 1 を囲む外槽 2 2、及び、内槽 2 1 と外槽 2 2 の間の内外槽間 2 3 に配置された防熱層 2 4 とを有する多重殻タンク 2 において、内外槽間 2 3 へ槽間ガス G を供給する方法であって、内槽 2 1 で生じた液体水素 L のボイルオフガス B を内槽 2 1 から取り出し、取り出したボイルオフガス B を熱交換器 4 2、5 2 で加温し、加温されたボイルオフガス B を内外槽間 2 3 へ圧縮機 4 3、5 3 で圧送するものである。

[0054] 多重殻タンク 2 の槽間ガス供給方法によれば、多重殻タンク 2 の内槽 2 1 で生じた液体水素のボイルオフガス B は直接に内外槽間 2 3 へ供給されるのではなく、熱交換器 4 2、5 2 で加温されてから、内外槽間 2 3 へ供給される。このように、内外槽間 2 3 へ流入するボイルオフガス B は、内槽 2 1 内のボイルオフガス B よりも高温となっており、内外槽間 2 3 に配置された防熱層 2 4 の凍結や変質を防止できる。

[0055] 本明細書で開示するコントローラ 26 の機能は、開示された機能を実行するように構成又はプログラムされた汎用プロセッサ、専用プロセッサ、集積回路、ASIC (Application Specific Integrated Circuits)、従来の回路、及び／又は、それらの組み合わせを含む回路、又は、処理回路を使用して実行できる。プロセッサは、トランジスタやその他の回路を含むため、処理回路又は回路と見做される。本開示において、回路、ユニット、又は手段は、列挙された機能を実行するハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されているハードウェアであってもよいし、或いは、列挙された機能を実行するようにプログラム又は構成されているその他の既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが回路の一種と考えられるプロセッサである場合、回路、手段、またはユニットは、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェア及び／又はプロセッサの構成に使用される。

[0056] 以上の本開示の議論は、例示及び説明の目的で提示されたものであり、本開示を本明細書に開示される形態に限定することを意図するものではない。例えば、前述の詳細な説明では、本開示の様々な特徴は、本開示を合理化する目的で 1 つの実施形態に纏められているが、複数の特徴のうち幾つかが組み合わせられてもよい。また、本開示に含まれる複数の特徴は、上記で論じたもの以外の代替の実施形態、構成、又は態様に組み合わせられてもよい。

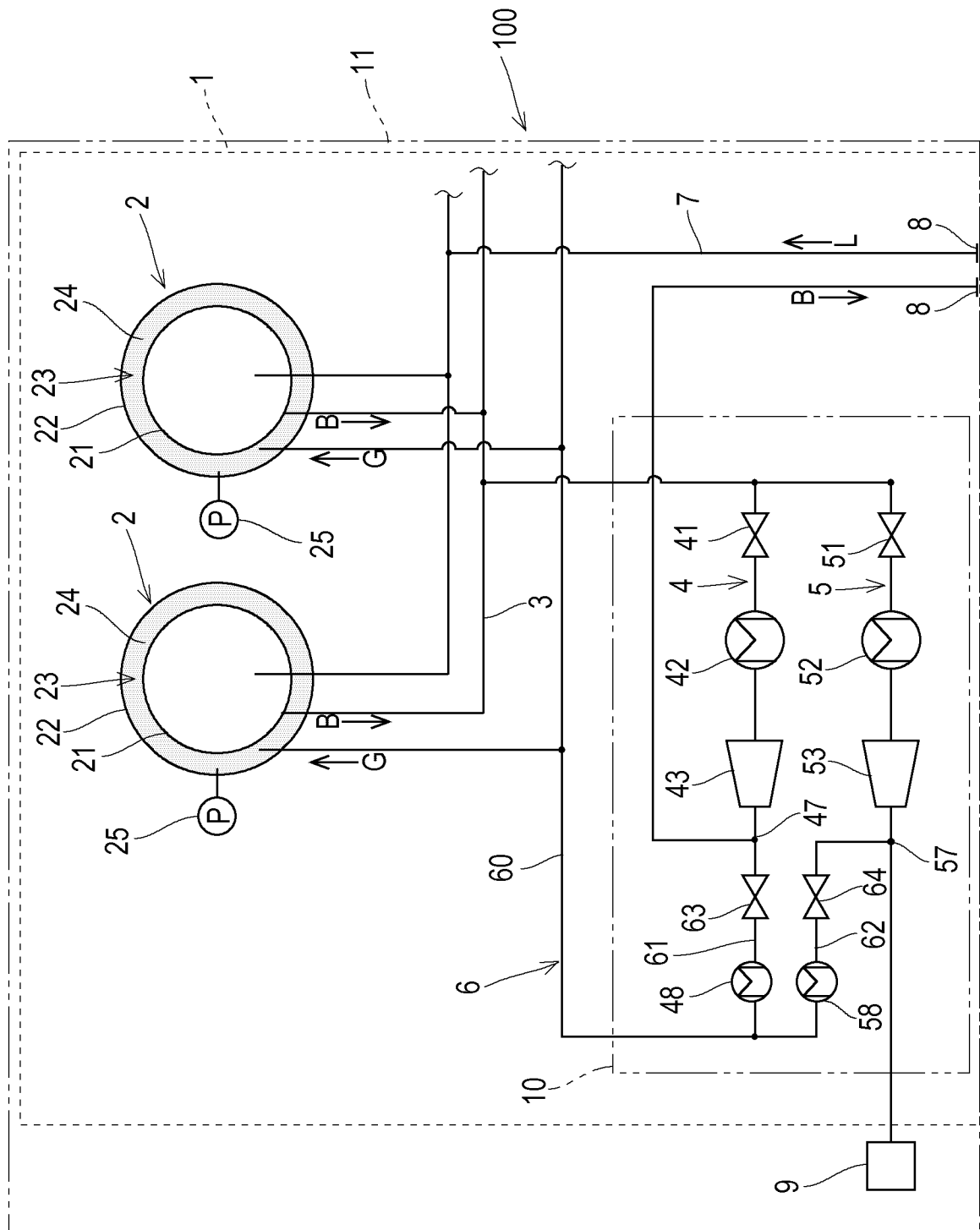
請求の範囲

- [請求項1] 液体水素を収容する内槽、前記内槽を囲む外槽、及び、前記内槽と前記外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを有する多重殻タンクと、
- 前記内槽と接続されて、前記内槽内で生じた前記液体水素のボイルオフガスが流れ出るＢＯＧラインと、
- 前記ボイルオフガスを加温する熱交換器と、
- 加温された前記ボイルオフガスを前記多重殻タンクの前記内外槽間へ供給する槽間ガス供給ラインと、
- 加温された前記ボイルオフガスを前記槽間ガス供給ラインへ圧送する圧縮機と、を備える、
- 液体水素貯蔵設備。
- [請求項2] 前記熱交換器と、前記圧縮機とを有し、前記ボイルオフガスを外部へ送るガス搬送ラインを、備え、
- 前記ガス搬送ラインの前記熱交換器及び前記圧縮機より上流側に前記ＢＯＧラインが接続されており、
- 前記ガス搬送ラインの前記熱交換器及び前記圧縮機より下流側に前記槽間ガス供給ラインが接続されている、
- 請求項１に記載の液体水素貯蔵設備。
- [請求項3] 前記ガス搬送ラインは、前記ＢＯＧライン及び前記槽間ガス供給ラインに対し並列に接続された第１ガス搬送ライン及び第２ガス搬送ラインを含み、
- 前記第１ガス搬送ラインが前記外部と連通されて前記第１ガス搬送ラインを通じて前記ボイルオフガスが前記外部へ送られている際に、
- 前記第２ガス搬送ラインが前記内外槽間と連通されて前記第２ガス搬送ライン及び前記槽間ガス供給ラインを通じて前記ボイルオフガスが前記内外槽間へ送られる、
- 請求項２に記載の液体水素貯蔵設備。

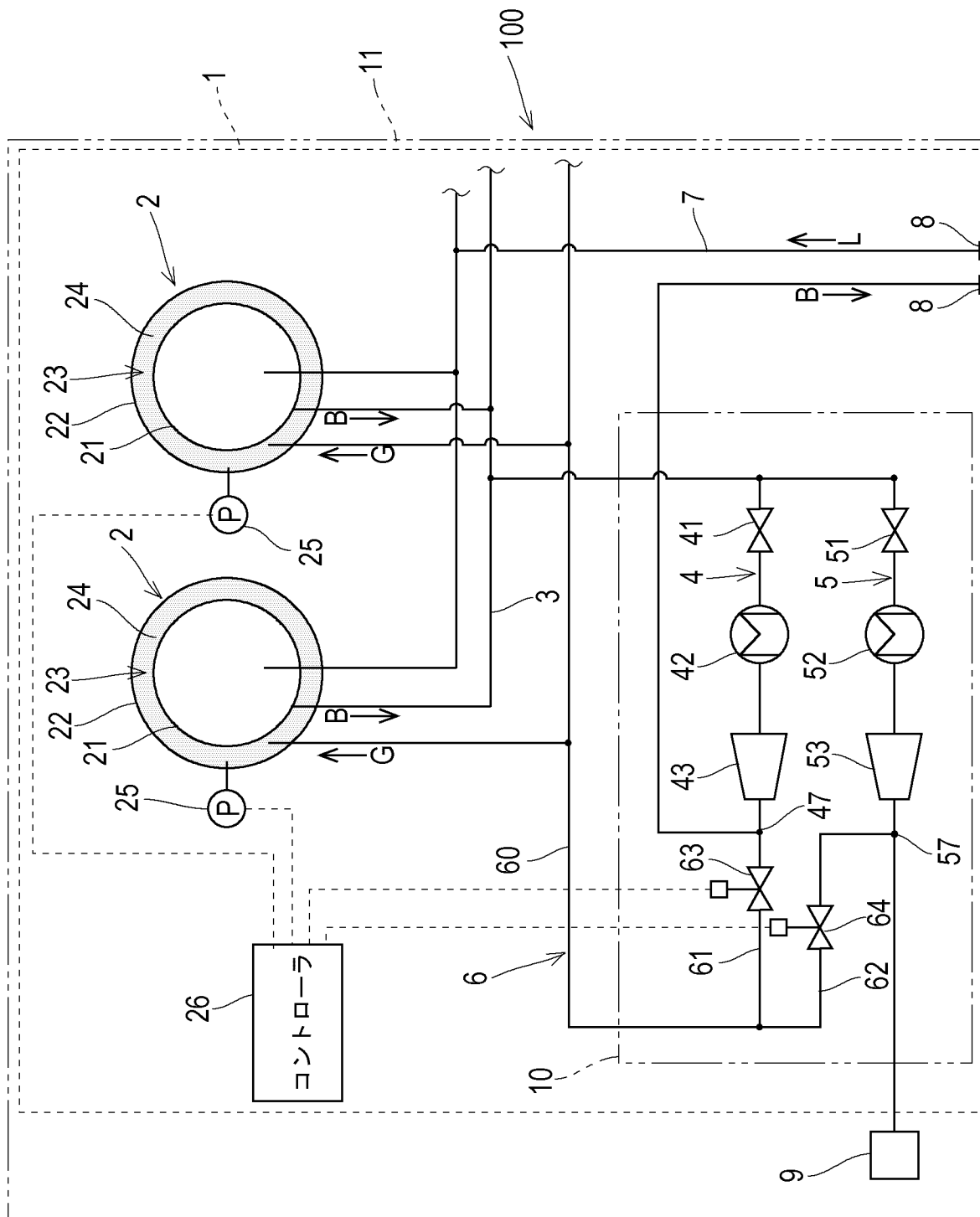
- [請求項4] 前記ガス搬送ラインが、前記ボイルオフガスを外部へ送る荷役用ガスラインを含む、
請求項2又は3に記載の液体水素貯蔵設備。
- [請求項5] 前記ガス搬送ラインが、前記ボイルオフガスを燃料消費機器へ送る燃料供給ラインを含む、
請求項2乃至4のいずれかに記載の液体水素貯蔵設備。
- [請求項6] 前記槽間ガス供給ラインは、前記ボイルオフガスの前記内外槽間への供給と停止を切り替える弁を有し、
前記多重殻タンクの前記内外槽間の圧力を検出する圧力センサと、
前記圧力センサで検出された前記内外槽間の圧力が所定の設定槽間圧力を下回るときに、前記内外槽間の圧力が前記設定槽間圧力となるまで前記ボイルオフガスが前記内外槽間へ供給されるように前記弁を動作させるコントローラと、を備える、
請求項1乃至5のいずれかに記載の液体水素貯蔵設備。
- [請求項7] 前記槽間ガス供給ラインは、前記ボイルオフガスを所定の槽間ガス設定温度に調温する調温器を有する、
請求項1乃至6のいずれか一項に記載の液体水素貯蔵設備。
- [請求項8] 複数の前記多重殻タンクを有し、
前記槽間ガス供給ラインは分岐して複数の前記多重殻タンクの前記内外槽間の各々と接続されている、
請求項1乃至7のいずれか一項に記載の液体水素貯蔵設備。
- [請求項9] 船体と、
前記船体に搭載された、請求項1乃至8のいずれか一項に記載の液体水素貯蔵設備とを、備える、
浮体構造物。
- [請求項10] 液体水素を収容する内槽、前記内槽を囲む外槽、及び、前記内槽と前記外槽の間の内外槽間に配置された防熱層とを有する多重殻タンクにおいて、前記内外槽間へ槽間ガスを供給する方法であって、

前記内槽で生じた前記液体水素のボイルオフガスを前記内槽から取り出し、
取り出した前記ボイルオフガスを熱交換器で加温し、
加温された前記ボイルオフガスを前記内外槽間へ圧縮機で圧送する、
多重殻タンクの槽間ガス供給方法。

[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004137

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F17C 13/00**(2006.01)i

FI: 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)

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	WO 2020/202578 A1 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 08 October 2020 (2020-10-08)	1-2, 4-5, 7-10
A	paragraphs [0023]-[0039], fig. 1-2	3, 6
Y	JP 6-323498 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO., LTD.) 25 November 1994 (1994-11-25)	1-2, 4-5, 7-10
	paragraph [0010], fig. 1	



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

27 February 2023

Date of mailing of the international search report

14 March 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

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/JP2023/004137

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/202578	A1	08 October 2020	EP 3951243 A1 paragraphs [0017]-[0033], fig. 1-2 KR 10-2021-0141627 A CN 113661355 A	
JP 6-323498 A			25 November 1994	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F17C 13/00(2006.01)i FI: 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）） 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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 A	WO 2020/202578 A1（川崎重工業株式会社）08.10.2020（2020-10-08） 段落0023-0039、図1-2	1-2, 4-5, 7-10 3, 6
Y	JP 6-323498 A（石川島播磨重工業株式会社）25.11.1994（1994-11-25） 段落0010、図1	1-2, 4-5, 7-10
☐ 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 “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 27.02.2023		国際調査報告の発送日 14.03.2023
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/JP2023/004137

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/202578	A1	08.10.2020	EP 3951243 A1 段落 0 0 1 7 - 0 0 3 3、 図 1 - 2 KR 10-2021-0141627 A CN 113661355 A	
JP	6-323498	A	25.11.1994	(ファミリーなし)	