

(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4月4日(04.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/069967 A1

(51) 国際特許分類:
F17C 3/04 (2006.01) B65D 90/02 (2019.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/036794

(22) 国際出願日: 2022年9月30日(30.09.2022)

(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).

(72) 発明者: 富永 晴彦 (TOMINAGA, Haruhiko). 下田 太一郎 (SHIMODA, Taichiro). 黒田 和宏 (KURODA, Kazuhiro). 松尾 優 (MATSUO,

Masaru). 武田 宏之 (TAKEDA, Hiroyuki). 下垣 貴志 (SHIMOGAKI, Takashi). 前田 洋明 (MAEDA, Hiroaki). ▲高 ▼田 広崇 (TAKATA, Hirotaka).

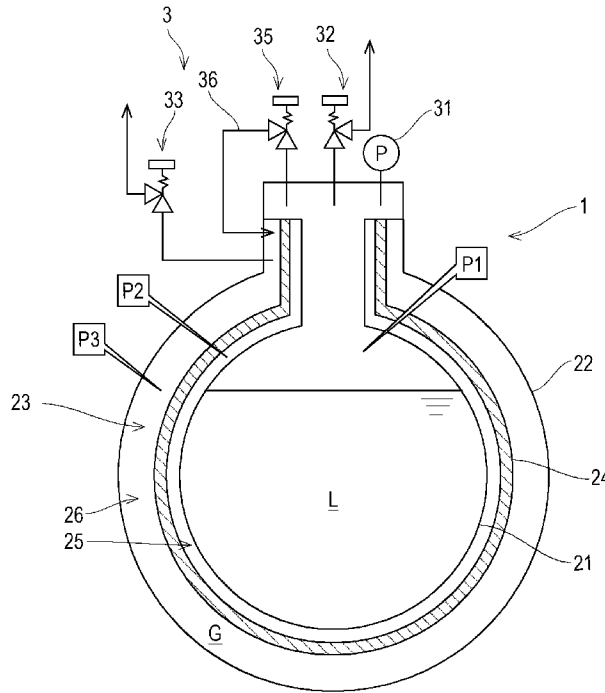
(74) 代理人: 弁理士法人有古特許事務所 (ARCO PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS); 〒6510088 兵庫県神戸市中央区小野柄通7丁目1番1号 日本生命三宮駅前ビル5階 Hyogo (JP).

(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,

(54) Title: LIQUID HYDROGEN TANK AND METHOD FOR OPERATING SAME

(54) 発明の名称: 液体水素タンク及びその運転方法

[図1]



(57) Abstract: This liquid hydrogen tank comprises: an inner tank in which liquid hydrogen is stored; an outer tank surrounding the inner tank; and a heat-insulating layer disposed in an inter-tank region between the inner tank and the outer tank, the heat-insulating layer covering the outer wall of the inner tank. In the liquid hydrogen tank, during storage when the inter-tank region is filled with hydrogen gas and liquid hydrogen is stored in the inner tank, an inter-tank pressure, which is the pressure in the inter-tank region, is lower than the saturated vapor pressure of hydrogen at a prescribed temperature.

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, 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, 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, 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, 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))
-

(57) 要約: 液体水素タンクは、液体水素が収容される内槽と、内槽を囲む外槽と、内槽と外槽との間の槽間領域に配置されて内槽の外壁を被覆する防熱層と、を備える。液体水素タンクでは、槽間領域に水素ガスが充填され、且つ、内槽に液体水素が収容されている貯蔵時に、槽間領域の圧力である槽間圧力が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い。

明 細 書

発明の名称：液体水素タンク及びその運転方法

技術分野

[0001] 本開示は、液体水素を収容する液体水素タンクに関する。

背景技術

[0002] 従来から、低温の液化ガスを収容する液化ガスタンクとして、内槽と、内槽を囲む外槽とを備え、内槽と外槽との間の槽間領域にガスが充填された二重殻タンクが知られている。例えば、特許文献1には、内槽と外槽とを有する二重殻タンクが開示されており、この二重殻タンクにおける内槽と外槽との間の槽間には、内槽から排出されたボイルオフガスが充填されている。また、槽間には断熱材が詰め込まれている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2020/202578号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 槽間領域の圧力変動等によって槽間に充填されたガスは凝縮して液化する可能性がある。槽間ガスが液化すると、タンクの構成要素が当該構成要素の許容下限温度以下となって損傷したり、槽間に配置された断熱材が劣化したり、ヒートパイプ効果によって入熱量が増加するおそれがある。

[0005] 本開示は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、液体水素を収容した内槽と、内槽を囲む外槽と、内槽と外槽の槽間領域に液体水素の気化ガスが充填された液体水素がタンクにおいて、槽間領域のガスの液化を抑制することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本開示の一態様に係る液体水素タンクは、液体水素が収容される内槽と、

前記内槽を囲む外槽と、

前記内槽と前記外槽との間の槽間領域に配置されて前記内槽の外壁を被覆する防熱層と、を備え、

前記槽間領域に水素ガスが充填され、且つ、前記内槽に前記液体水素が収容されている貯蔵時に、前記槽間領域の圧力である槽間圧力が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低いものである。

[0007] また、本開示の一態様に係る液体水素タンクの運転方法は、液体水素が収容される内槽と、前記内槽を囲む外槽と、前記内槽と前記外槽との間の槽間領域に配置されて前記内槽の外壁を被覆する防熱層と、を備える液体水素タンクの運転方法であって、

前記槽間領域に水素ガスが充填され、且つ、前記内槽に前記液体水素が収容されている貯蔵時に、前記槽間領域の圧力である槽間圧力を所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低く保持するものである。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、液体水素を収容した内槽と、内槽を囲む外槽と、内槽と外槽の槽間領域に液体水素の気化ガスが充填された液体水素がタンクにおいて、槽間領域のガスの液化を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本開示の一態様に係る液体水素タンクの概略構成を示す垂直断面図である。

[図2]図2は、変形例に係る液体水素タンクの概略構成を示す垂直断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 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タンク1の概略構成を示す垂直断面図である。図1に示す液体水素タンク1は、極低温の液体水素を収容する容器である。液体水素タンク1は、貨物としての液体水素を貯蔵する貨物タンクであってもよいし、燃料としての液体水素を貯蔵する燃料タンクであってもよい。液体水素タ

ンク 1 は、船舶や浮体構造物に搭載されてもよいし、地上に設置されてもよい。

[0011] 液体水素タンク 1 は、液体水素 L を収容する内槽 2 1 と、内槽 2 1 を囲む外槽 2 2 とを備える。但し、液体水素タンク 1 は二重殻タンクに限定されず、外槽 2 2 を包囲する少なくとも 1 つの槽を備える三重以上の多重殻タンクであってもよい。また、液体水素タンク 1 が船体に搭載されたものである場合には、船体が外槽 2 2 として機能してもよい。

[0012] 内槽 2 1 と外槽 2 2 は液体水素タンク 1 の径方向に離間しており、内槽 2 1 と外槽 2 2 の間に槽間領域 2 3 が設けられている。槽間領域 2 3 には防熱層 2 4 が配置されている。防熱層 2 4 は槽間領域 2 3 において内槽 2 1 の外壁を被覆している。防熱層 2 4 は断熱材で構成されており、断熱材としては、断熱パネルや、断熱シート、繊維状断熱材等が例示される。本明細書では、槽間領域 2 3 のうち、内槽 2 1 の外壁と防熱層 2 4 との間の領域を「アニュラ領域 2 5」と称し、防熱層 2 4 と外槽 2 2 の内壁との間の領域を防熱層外周領域 2 6 と称する。ここで、内槽 2 1 の外壁と防熱層 2 4 の間に設けられた隙間によってアニュラ領域 2 5 が形成されていてもよいし、内槽 2 1 の外壁と対峙する防熱層 2 4 の表面に形成された空隙や空孔によってアニュラ領域 2 5 が形成されていてもよい。

[0013] 槽間領域 2 3 には、内槽 2 1 に収容された液体水素 L の気化ガスと同種のガス、即ち、水素ガス G が充填されている。水素ガス G は、内槽 2 1 の内部で液体水素 L が気化することによって生じた気化ガスであってもよいし、液体水素タンク 1 の外部から供給されたガスであってもよい。内槽 2 1 に液体水素 L が収容された状態の貯蔵時の液体水素タンク 1 では、槽間領域 2 3 の水素ガス G が凝縮によって液化しないように、槽間領域 2 3 の圧力が調整されている。

[0014] 内槽 2 1 の内部と槽間領域 2 3 は、互いに独立した空間である。一方で、槽間領域 2 3 は、(i) アニュラ領域 2 5 と防熱層外周領域 2 6 とが連通されている場合と、(ii) アニュラ領域 2 5 と防熱層外周領域 2 6 が互いに独

立した空間である場合とがある。防熱層 2 4 が気密層であれば、アニュラ領域 2 5 と防熱層外周領域 2 6 が互いに独立した空間となる。そこで、以下では、上記 (i) (ii) の両ケースにおける貯蔵時の液体水素タンク 1 の槽間領域 2 3 の圧力調整方法を説明する。

[0015] (i) アニュラ領域 2 5 と防熱層外周領域 2 6 とが連通されている場合

内槽 2 1 の内部の圧力を「内槽圧力 P 1」と称し、槽間領域 2 3 の圧力を「槽間圧力 P 3」と称する。アニュラ領域 2 5 と防熱層外周領域 2 6 は連通されているので、これらの領域の圧力はいずれも槽間圧力 P 3 である。

[0016] 液体水素タンク 1 に液体水素 L が収容される初期設定時に、内槽圧力 P 1 は所定の内槽標準圧力であり、槽間圧力 P 3 は所定の槽間標準圧力であるように、内槽 2 1 に液体水素 L が充填され、槽間領域 2 3 に水素ガス G が充填される。

[0017] 液体水素タンク 1 には、内槽圧力センサ 3 1 と内槽安全弁 3 2 が設けられている。内槽圧力センサ 3 1 は、内槽 2 1 の気相部分の圧力、即ち、内槽圧力 P 1 を検出する。内槽安全弁 3 2 は、内槽圧力 P 1 が所定の内槽設計圧力を超えないように、内槽圧力 P 1 が所定の内槽許容圧力を超えると開放されて内槽 2 1 内の気化ガスを外部へ逃がすように構成されている。内槽許容圧力は、内槽設計圧力以下であり、且つ、内槽標準圧力よりも十分に高い。

[0018] 液体水素タンク 1 は、槽間領域 2 3 の圧力を調整する圧力調整装置 3 を備える。圧力調整装置 3 は、貯蔵時の液体水素タンク 1 において、槽間圧力 P 3 を、内槽圧力 P 1 より低く、且つ、所定の温度における水素の飽和蒸気圧よりも低くなるように調整する。本実施形態に係る圧力調整装置 3 は、槽間安全弁 3 3 と、接続管 3 6 及び差圧安全弁 3 5 とを含む。

[0019] 槽間安全弁 3 3 は、外槽 2 2、又は、槽間領域 2 3 と連通された配管等に設けられている。槽間安全弁 3 3 は、定常時閉止しており、槽間圧力 P 3 が槽間許容圧力を超えると開放される弁であって、請求の範囲の第 1 弁に相当する。槽間安全弁 3 3 は流体の圧力、パイロット圧、及びバネ圧等により発生する力を利用して作動する自力式自動弁である。但し、槽間安全弁 3 3 は

自力式自動弁に限定されず、制御装置によって制御されるアクチュエータによって槽間許容圧力を超えると開放される制御弁（即ち、他動式自動弁）や手動弁が用いられてもよい。槽間安全弁 33 が開放されると、槽間領域 23 の水素ガス G が強制排気系統を介して液体水素タンク 1 の外部へ逃がされ、槽間圧力 P 3 は槽間許容圧力以下まで低下する。なお、強制排気系統には、水素ガス G を強制的に排気させる圧縮機と、水素ガス G を安全に大気へ放出する放出塔や、水素ガス G を燃料等として消費する水素燃料消費機器等が含まれていてよい。

[0020] 槽間許容圧力は、内槽標準圧力よりも低く、所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い。ここで、所定の温度は、内槽 21 に収容される液体水素の温度、内槽 21 の内表面の温度、内槽 21 の外表面、又は、槽間領域 23 に充填された水素ガス G の温度であって、実測温度に限らず、 -259°C から -240°C までの間の推定又は設定された温度であってよい。槽間許容圧力は、内槽圧力 P 1 の想定される最低値に設定されてよい。内槽圧力 P 1 が 0 KPa G を下回ると槽間圧力 P 3 が 0 KPa G 未満の負圧となることから、内槽圧力 P 1 の最低値は 0 KPa G より高く、好ましくは 5 KPa G より高い。このように、槽間圧力 P 3 が所定の槽間許容圧力を超えないように調整されることによって、槽間領域 23 における水素ガス G の凝縮による液化が防止される。

[0021] 上記において、図 2 に示すように、圧力調整装置 3 は、槽間安全弁 33 とは別に、槽間領域 23 と連通された配管等に設けられたる開閉弁 37 を備えていてもよい。これにより、液体水素タンク 1 は、開閉弁 37 を通じた槽間領域 23 からの水素ガス G の放出流路である第 1 放出流路と、槽間安全弁 33 を通じた槽間領域 23 からの水素ガス G の放出流路である第 2 放出流路との、2 つの放出流路を備える。第 1 放出流路と第 2 放出流路は、互いに独立した流路であることが好ましく、これらの流路は途中で合流してもよいが少なくとも槽間領域 23 からの出口において互いに独立していることが好ましい。開閉弁 37 は、定常時は閉止されており、開放されると槽間領域 23 の

水素ガスGが第1放出流路を介して液体水素タンク1の外部へ逃がされる。開閉弁37は、オペレータによって操作される手動弁であってもよいし、制御装置によって開閉制御される制御弁であってもよい。

[0022] 上記のように液体水素タンク1が槽間領域23からの2系統の放出流路を有する場合、第1槽間許容圧力と、第1槽間許容圧力よりも高い第2槽間許容圧力との二段階の槽間許容圧力が与えられる。第1槽間許容圧力及び第2槽間許容圧力はいずれも所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い値である。開閉弁37は槽間圧力P3が第1許容圧力を超えると開放され、槽間安全弁33は槽間圧力P3が第2槽間許容圧力を超えると開放するように設定される。槽間圧力P3が第1槽間許容圧力を超えると、まず、開閉弁37が開放されて槽間領域23の水素ガスGが第1放出流路を通じて外部へ逃がされる。槽間圧力P3を検出する槽間圧力センサ38が液体水素タンク1に設けられ、槽間圧力センサ38で検出された圧力が第1槽間許容圧力を超えると、それを報知するために警報が発されてもよい。そして、開閉弁37の開放では槽間圧力P3が第1槽間許容圧力以下に低下せずに、槽間圧力P3が第2槽間許容圧力を超えた場合は、槽間安全弁33が開放される。開閉弁37と槽間安全弁33の開放によって、水素ガスGは第1放出流路及び第2放出流路を通じて外部へ放出され、槽間圧力P3が第1槽間許容圧力以下まで低下する。

[0023] 図1に戻って、接続管36は、内槽21内の気相部と槽間領域23とを接続する配管である。差圧安全弁35は、接続管36内の流路を開閉する弁であって、請求の範囲の第1弁に相当する。差圧安全弁35は、内槽21の気化ガスを槽間領域23へ導入することによって、内槽圧力P1と槽間圧力P3の差圧を0より大きく差圧設定値以下に保持する。例えば、差圧安全弁35は、内槽圧力P1と槽間圧力P3の差圧が差圧設定値を超えている間は開放して内槽21と槽間領域23とを接続管36を介して連通させ、内槽21の気化ガスを槽間領域23へ導入するように構成されている。差圧設定値は、槽間領域23の水素ガスGの凝縮が抑制されるような任意の値である。差

圧安全弁 35 によって、内槽圧力 P_1 と槽間圧力 P_3 の差圧が保持されることによって、槽間領域 23 と内槽 21 内の圧力差が適正範囲に保たれて液体水素タンク 1 の構成要素に過大な負荷がかかることを防止できる。なお、差圧安全弁 35 は内槽圧力 P_1 と槽間圧力 P_3 の差圧によって動作する自力式自動弁であるが、制御装置によって制御されるアクチュエータによって内槽圧力 P_1 と槽間圧力 P_3 の差圧が差圧設定値を超えると開放される制御弁であってもよい。

[0024] (ii) アニュラ領域 25 と防熱層外周領域 26 とが互いに独立した空間である場合

上記と同様に、液体水素タンク 1 は、内槽圧力センサ 31、内槽安全弁 32、及び圧力調整装置 3 を備える。圧力調整装置 3 は、槽間安全弁 33、接続管 36、及び差圧安全弁 35 を含む。

[0025] 槽間領域 23 において、アニュラ領域 25 は槽間領域 23 の他の領域（即ち、防熱層外周領域 26）から空間的に独立している。ここでは、槽間領域 23 のうちアニュラ領域 25 の圧力をアニュラ圧力 P_2 とし、槽間領域 23 のうちアニュラ領域 25 を除く領域（即ち、防熱層外周領域 26）の圧力を槽間圧力 P_3 とする。

[0026] アニュラ領域 25 には、内槽 21 に液体水素 L が収容されていないとき又は初期設定時に、予めアニュラ標準圧力となるように水素ガス G が充填されている。アニュラ圧力 P_2 は、積載時には内槽 21 に収容された液体水素 L の冷熱によってアニュラ標準圧力より低くなるが、アニュラ標準圧力より高くなることはない。アニュラ標準圧力は、内槽 21 に収容される液体水素の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い。ここで、内槽 21 に収容される液体水素の温度は、実測温度に限らず、 -259°C から -240°C までの間の推定又は設定された温度であってよい。このように、アニュラ標準圧力が設定されることによって、アニュラ領域 25 における水素ガス G の凝縮による液化が防止される。

[0027] 槽間圧力 P_3 がアニュラ圧力 P_2 よりも低くなると、内槽 21 に支持され

ている防熱層 24 が浮き上がったり、支持部が損傷したりするおそれがあることから、槽間圧力 P_3 はアニュラ圧力 P_2 以上となるように調整される。前述の通りアニュラ圧力 P_2 はアニュラ標準圧力以下であるから、槽間圧力 P_3 はアニュラ標準圧力以上となるように調整されればよい。例えば、槽間標準圧力はアニュラ標準圧力以上の値に設定され、槽間圧力 P_3 がアニュラ標準圧力以上となるように差圧安全弁 35 の差圧設定値が設定される。

[0028] 〔総括〕

本開示の第 1 の項目に係る液体水素タンク 1 は、
液体水素 L が収容される内槽 21 と、
内槽 21 を囲む外槽 22 と、
内槽 21 と外槽 22 との間の槽間領域 23 に配置されて内槽 21 の外壁を被覆する防熱層 24 と、を備え、
槽間領域 23 に水素ガス G が充填され、且つ、内槽 21 に液体水素 L が収容されている貯蔵時に、槽間領域 23 の圧力である槽間圧力 P_3 が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低いものである。

[0029] 上記構成の液体水素タンク 1 において、槽間領域 23 に充填された水素ガス G は、内槽 21 に収容された液体水素 L と実質的に同じ温度まで低下し得る。したがって、槽間圧力 P_3 が内槽 21 内に貯蔵された液体水素 L の温度における飽和蒸気圧よりも低い状態となれば、槽間領域 23 の水素ガス G が凝縮するおそれがある。上記構成の液体水素タンク 1 では、槽間領域 23 の水素ガス G の温度が低下しても水素ガス G が凝縮して液化しないように、槽間圧力 P_3 が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い値に保持されている。よって、槽間領域 23 内の水素ガス G の液化に起因するタンク構成要素の損傷や、槽間領域 23 に配置された防熱層 24 の劣化や、ヒートパイプ効果による入熱量の増加を抑制できる。

[0030] 第 2 の項目に係る液体水素タンク 1 は、第 1 の項目に係る液体水素タンク 1 において、貯蔵時に、槽間圧力 P_3 は内槽 21 内の気相部分の圧力である内槽圧力 P_1 よりも低いものである。

[0031] 内槽 2 1 内の液体水素 L の温度は、内槽圧力 P 1 に応じた温度（即ち、圧力 P 1 の飽和温度）に収束する。ここで、仮に、槽間圧力 P 3 が内槽圧力 P 1 以上であれば、槽間領域 2 3 の水素ガス G の飽和温度は液体水素 L の温度（＝内槽 2 1 の温度）以上となり、槽間領域 2 3 では内槽 2 1 の外表面において水素ガス G の液化が起こる。これに対し、本開示に係る液体水素タンク 1 では、槽間圧力 P 3 を内槽圧力 P 1 より低い値に維持することによって、槽間圧力 P 3 は内槽 2 1 に収容された液体水素 L の温度における飽和蒸気圧よりも低い値に維持されることとなる。したがって、上記構成の液体水素タンク 1 によれば、槽間領域 2 3 内の水素ガス G の温度が低下しても、槽間領域 2 3 内の水素ガス G の凝縮による液化が抑制される。よって、槽間領域 2 3 内の水素ガス G の液化に起因するタンク構成要素の損傷や、槽間領域 2 3 に配置された防熱層 2 4 の劣化や、ヒートパイプ効果による入熱量の増加を抑制できる。

[0032] 第 3 の項目に係る液体水素タンク 1 は、第 1 又は 2 の項目に係る液体水素タンク 1 において、前記所定の温度が、内槽 2 1 に収容されている液体水素の温度、内槽 2 1 の内表面の温度、又は、内槽 2 1 の外表面の温度であるものである。

[0033] 上記構成の液体水素タンク 1 によれば、槽間圧力 P 3 が内槽 2 1 に収容されている液体水素 L の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い値に保持されているので、槽間領域 2 3 に充填された水素ガス G の温度が低下しても水素ガス G の凝縮による液化を防止できる。

[0034] 第 4 の項目に係る液体水素タンク 1 は、第 1 乃至 3 のいずれかの項目に係る液体水素タンク 1 において、槽間圧力 P 3 を調整する圧力調整装置 3 を備えるものである。

[0035] 第 5 の項目に係る液体水素タンク 1 は、第 4 の項目に係る液体水素タンク 1 において、圧力調整装置 3 は、槽間圧力 P 3 が、内槽 2 1 に収容されている液体水素 L の温度における水素の飽和蒸気圧よりも低い所定の槽間許容圧力を超えると、槽間領域 2 3 の水素ガス G を外部へ逃がす第 1 弁を有するも

のである。

- [0036] 第4及び第5の項目に係る液体水素タンク1によれば、オペレータのオペレーションに拠らずに槽間領域23の水素ガスGの液化を防止できる。上記の第1弁は、上記実施形態において槽間安全弁33に相当する。
- [0037] 第6の項目に係る液体水素タンク1は、第1乃至5のいずれかの項目に係る液体水素タンク1において、槽間領域23は内槽21と防熱層24との間に水素ガスGが充填された気密なアニュラ領域25を含み、貯蔵時に、アニュラ領域25の圧力P2は内槽圧力P1よりも低いものである。
- [0038] これにより、アニュラ領域25に充填された水素ガスGの温度が低下しても、当該水素ガスGの凝縮による液化を防止できる。
- [0039] 第7の項目に係る液体水素タンク1は、第6の項目に係る液体水素タンク1において、アニュラ領域25の圧力P2は、アニュラ領域25を除く槽間領域23の圧力P3よりも低いものである。
- [0040] これにより、防熱層24やその支持部材の損傷や、防熱層24の浮き上がりを防止できる。
- [0041] 第8の項目に係る液体水素タンク1は、第4の項目に係る液体水素タンク1において、圧力調整装置3は、内槽圧力P1と槽間圧力P3の差圧を所定の差圧設定値以下に保持するものである。
- [0042] このように、内槽21の内部と槽間領域23との差圧が差圧設定値内に管理されることによって、差圧が過大となることに起因するタンク構成要素の損傷を防止できる。
- [0043] 第9の項目に係る液体水素タンク1は、第8の項目に係る液体水素タンク1において、圧力調整装置3は、内槽21の気相部と槽間領域23とを接続する接続管36と、内槽圧力P1と槽間圧力P3の差圧が差圧設定値を超えると、接続管36を通じて内槽21の気相部の気化ガスを槽間領域23へ導入する第2弁を有するものである。第2弁は、上記実施形態において差圧安全弁35に相当する。
- [0044] 上記構成の液体水素タンク1では、内槽21の内部と槽間領域23との差

圧がオペレータのオペレーションに拠らずに管理される。また、槽間圧力 P_3 の圧力を測定することなく、内槽圧力 P_1 と槽間圧力 P_3 の相対的關係によって槽間圧力 P_3 を調整できる。

[0045] 本開示の第 10 の項目に係る液体水素タンク 1 の運転方法は、液体水素 L が収容される内槽 21 と、内槽 21 を囲む外槽 22 と、内槽 21 と外槽 22 との間の槽間領域 23 に配置されて内槽 21 の外壁を被覆する防熱層 24 と、を備える液体水素タンク 1 の運転方法であって、槽間領域 23 に水素ガス G が充填され、且つ、内槽 21 に液体水素 L が収容されている貯蔵時に、槽間領域 23 の圧力である槽間圧力 P_3 を所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低く保持するものである。

[0046] また、第 11 の項目に係る液体水素タンク 1 の運転方法は、第 10 の項目に係る液体水素タンク 1 の運転方法において、貯蔵時に、槽間圧力 P_3 が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い所定の槽間許容圧力を超えると槽間領域 23 から水素ガス G を逃がして槽間圧力 P_3 を槽間許容圧力未満に低下させるものである。

[0047] 第 10 及び第 11 の項目に係る液体水素タンク 1 の運転方法によれば、槽間圧力 P_3 が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い値に保持されることによって、槽間領域 23 の水素ガス G の温度が低下しても水素ガス G の凝縮による液化が抑制される。よって、槽間領域 23 内の水素ガス G の液化に起因するタンク構成要素の損傷や、槽間領域 23 に配置された防熱層 24 の劣化や、ヒートパイプ効果による入熱量の増加を抑制できる。

[0048] 第 12 の項目に係る液体水素タンク 1 の運転方法は、第 10 の項目に係る液体水素タンク 1 の運転方法において、貯蔵時に、槽間圧力 P_3 が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い所定の第 1 槽間許容圧力を超えると第 1 放出流路を通じて槽間領域 23 から水素ガス G を逃がし、槽間圧力 P_3 が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低く且つ第 1 槽間許容圧力よりも高い第 2 槽間許容圧力を超えると第 1 放出流路及び第 2 放出流路を通じて槽間領域 23 から水素ガス G を逃がして、槽間圧力 P_3 を第 1 槽間許容圧力未満に低下

させるものである。第1放出流路は、上記実施形態において開閉弁37を通じて槽間領域23から水素ガスGを放出する放出流路に相当する。第2放出流路は、上記実施形態において槽間安全弁33を通じて槽間領域23から水素ガスGを放出する放出流路に相当する。

[0049] 上記液体水素タンク1の運転方法によれば、液体水素タンク1の槽間領域23から、第1放出流路を利用した第1段階、第1放出流路及び第2放出流路を利用した第2段階の二段階で水素ガスGを放出できる。

[0050] 本明細書中に記載されている制御装置により実現される機能は、当該記載された機能を実現するようにプログラムされた、汎用プロセッサ、特定用途プロセッサ、集積回路、ASICs (Application Specific Integrated Circuits)、CPU (Central Processing Unit)、従来型の回路、及び／又はそれらの組合せを含む、circuitry又は processing circuitryにおいて実装されてもよい。プロセッサは、トランジスタやその他の回路を含み、circuitry又は processing circuitryとみなされる。プロセッサは、メモリに格納されたプログラムを実行する、programmed processorであってもよい。本明細書において、circuitry、ユニット、手段は、記載された機能を実現するようにプログラムされたハードウェア、又は実行するハードウェアである。当該ハードウェアは、本明細書に開示されているあらゆるハードウェア、又は、当該記載された機能を実現するようにプログラムされた、又は、実行するものとして知られているあらゆるハードウェアであってもよい。当該ハードウェアがcircuitryのタイプであるとみなされるプロセッサである場合、当該circuitry、手段、又はユニットは、ハードウェアと、当該ハードウェア及び又はプロセッサを構成する為に用いられるソフトウェアの組合せである。

[0051] 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] 液体水素が収容される内槽と、
 前記内槽を囲む外槽と、
 前記内槽と前記外槽との間の槽間領域に配置されて前記内槽の外壁を被覆する防熱層と、を備え、
 前記槽間領域に水素ガスが充填され、且つ、前記内槽に前記液体水素が収容されている貯蔵時に、前記槽間領域の圧力である槽間圧力が所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い、
 液体水素タンク。
- [請求項2] 前記貯蔵時に、前記槽間圧力は前記内槽内の気相部分の圧力である内槽圧力よりも低い、
 請求項1に記載の液体水素タンク。
- [請求項3] 前記所定の温度が、前記内槽に収容されている前記液体水素の温度、前記内槽の内表面の温度、又は、前記内槽の外表面の温度である、
 請求項1又は2に記載の液体水素タンク。
- [請求項4] 前記槽間圧力を調整する圧力調整装置を備える、
 請求項1乃至3のいずれか一項に記載の液体水素タンク。
- [請求項5] 前記圧力調整装置は、前記槽間圧力が、前記所定の温度における水素の飽和蒸気圧よりも低い所定の槽間許容圧力を超えると、前記槽間領域の前記水素ガスを外部へ逃がす第1弁を有する、
 請求項4に記載の液体水素タンク。
- [請求項6] 前記槽間領域は前記内槽と前記防熱層との間に前記水素ガスが充填された気密なアニュラ領域を含み、
 前記貯蔵時に、前記アニュラ領域の圧力は前記内槽の圧力よりも低い、
 請求項1乃至5のいずれか一項に記載の液体水素タンク。
- [請求項7] 前記貯蔵時に、前記アニュラ領域の圧力は、前記アニュラ領域を除く前記槽間領域の圧力よりも低い、

請求項 6 に記載の液体水素タンク。

[請求項8] 前記圧力調整装置は、前記内槽の圧力と前記槽間圧力の差圧を所定の差圧設定値以下に保持する、

請求項 4 に記載の液体水素タンク。

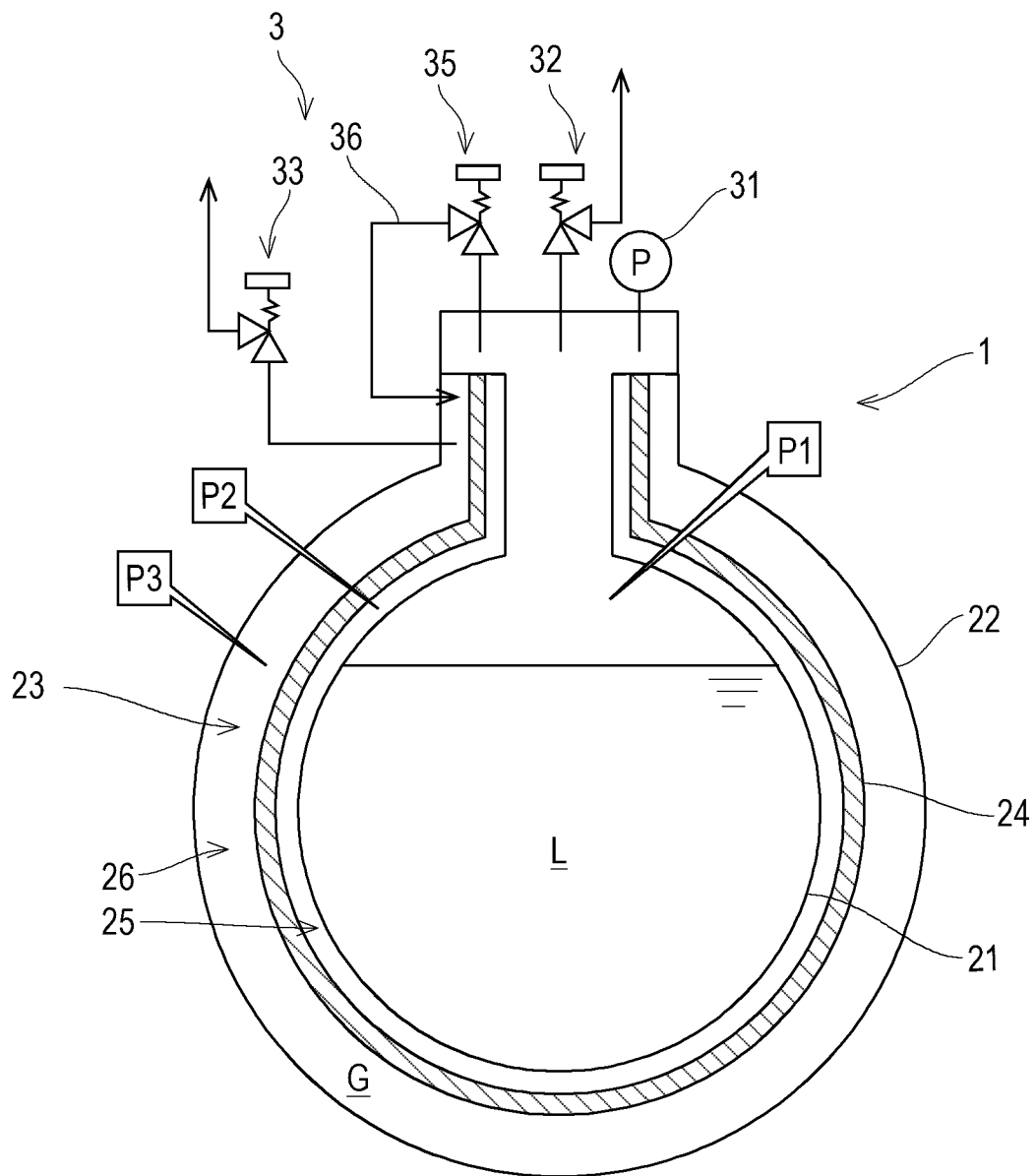
[請求項9] 前記圧力調整装置は、前記内槽の気相部と前記槽間領域とを接続する接続管と、前記内槽圧力と前記槽間圧力の差圧が前記差圧設定値を超えると、前記接続管を通じて前記内槽の気相部の気化ガスを前記槽間領域へ導入する第 2 弁を有する、
請求項 8 に記載の液体水素タンク。

[請求項10] 液体水素が収容される内槽と、前記内槽を囲む外槽と、前記内槽と前記外槽との間の槽間領域に配置されて前記内槽の外壁を被覆する防熱層と、を備える液体水素タンクの運転方法であって、
前記槽間領域に水素ガスが充填され、且つ、前記内槽に前記液体水素が収容されている貯蔵時に、前記槽間領域の圧力である槽間圧力を所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低く保持する、
液体水素タンクの運転方法。

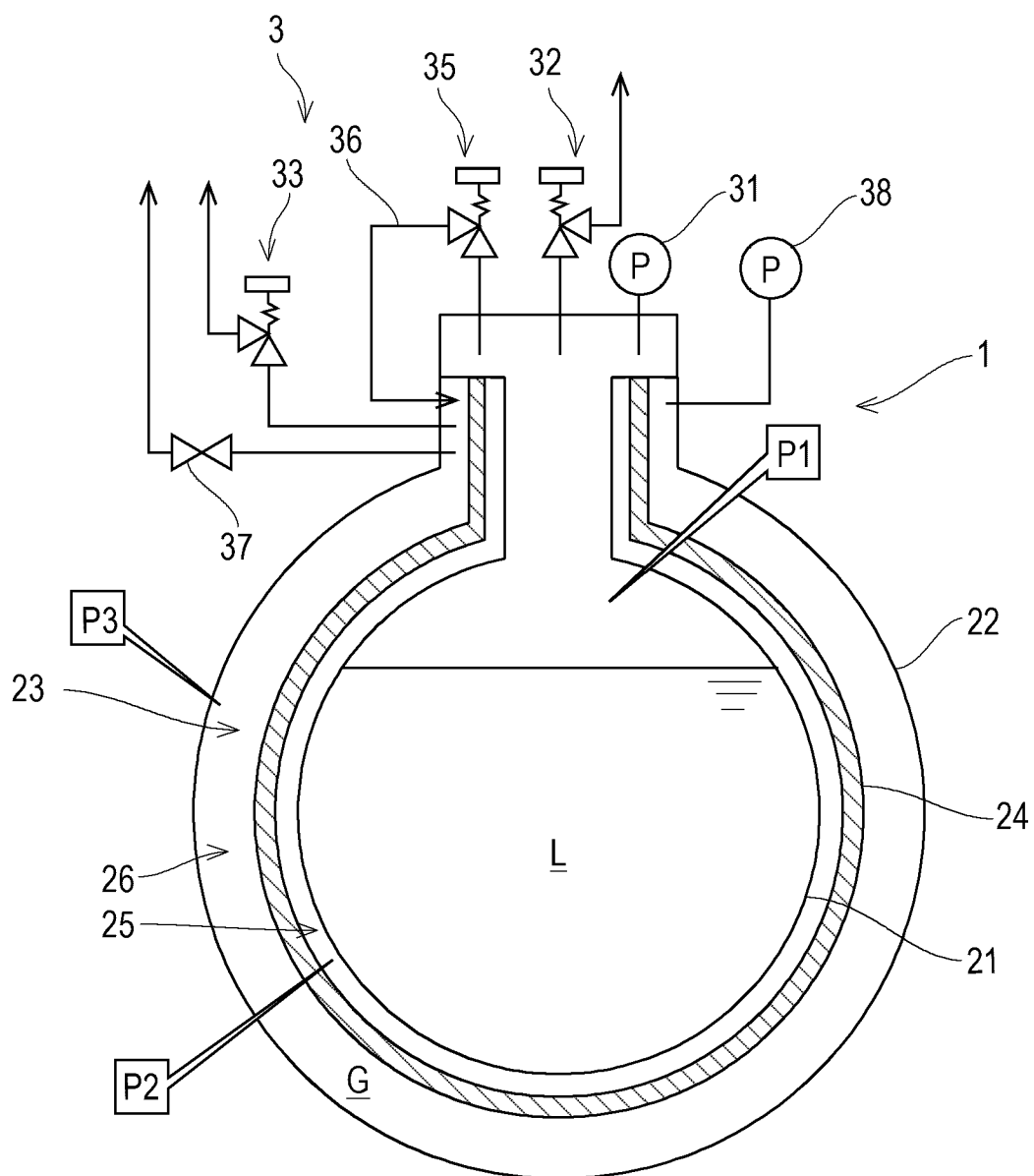
[請求項11] 前記貯蔵時に、前記槽間圧力が前記所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い所定の槽間許容圧力を超えると前記槽間領域から前記水素ガスを逃がして前記槽間圧力を前記槽間許容圧力未満に低下させる、
請求項 10 に記載の液体水素タンクの運転方法。

[請求項12] 前記貯蔵時に、前記槽間圧力が前記所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低い所定の第 1 槽間許容圧力を超えると第 1 放出流路を通じて前記槽間領域から前記水素ガスを逃がし、前記槽間圧力が前記所定の温度の水素の飽和蒸気圧よりも低く且つ前記第 1 槽間許容圧力よりも高い第 2 槽間許容圧力を超えると前記第 1 放出流路及び第 2 放出流路を通じて前記槽間領域から前記水素ガスを逃がして、前記槽間圧力を前記第 1 槽間許容圧力未満に低下させる、
請求項 10 に記載の液体水素タンクの運転方法。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/036794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F17C 3/04**(2006.01)i; **B65D 90/02**(2019.01)i

FI: F17C3/04 Z; B65D90/02 N

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)

F17C3/04; B65D90/02

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-323498 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND. CO., LTD.) 25 November 1994 (1994-11-25) paragraphs [0009]-[0018], fig. 1-4	1-12
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 117042/1984 (Laid-open No. 32699/1986) (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES, CO., LTD.) 27 February 1986 (1986-02-27), p. 4, line 2 to p. 6, line 7, fig. 1, 2	1-12
A	JP 11-82889 A (IHI PLANTECH KK) 26 March 1999 (1999-03-26) paragraphs [0008]-[0023], fig. 1, 2	1-12



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

26 October 2022

Date of mailing of the international search report

08 November 2022

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/JP2022/036794

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	6-323498	A	25 November 1994	(Family: none)	
JP	61-32699	U1	27 February 1986	(Family: none)	
JP	11-82889	A	26 March 1999	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F17C 3/04(2006.01)i; B65D 90/02(2019.01)i FI: F17C3/04 Z; B65D90/02 N										
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）） F17C3/04; B65D90/02										
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 <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 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022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 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022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 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 6-323498 A（石川島播磨重工業株式会社）25.11.1994（1994 - 11 - 25） 段落[0009]-[0018], 図1-4	1-12								
A	日本国実用新案登録出願59-117042号（日本国実用新案登録出願公開61-32699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（石川島播磨重工業株式会社）27.02.1986（1986-02-27）第4頁第2行-第6頁第7行, 第1-2図	1-12								
A	JP 11-82889 A（株式会社アイ・エイチ・アイ プランテック）26.03.1999（1999 - 03 - 26） 段落[0008]-[0023], 図1-2	1-12								
☐ 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 </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 “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 26.10.2022	国際調査報告の発送日 08.11.2022									
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） 佐藤 正宗 3N 6105 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/JP2022/036794

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6-323498	A	25.11.1994	(ファミリーなし)	
JP	61-32699	U1	27.02.1986	(ファミリーなし)	
JP	11-82889	A	26.03.1999	(ファミリーなし)	