

(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
2023年6月1日(01.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/095604 A1

(51) 国際特許分類:
F17C 13/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/041542

(22) 国際出願日: 2022年11月8日(08.11.2022)

(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 2021-190263 2021年11月24日(24.11.2021) JP

(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).

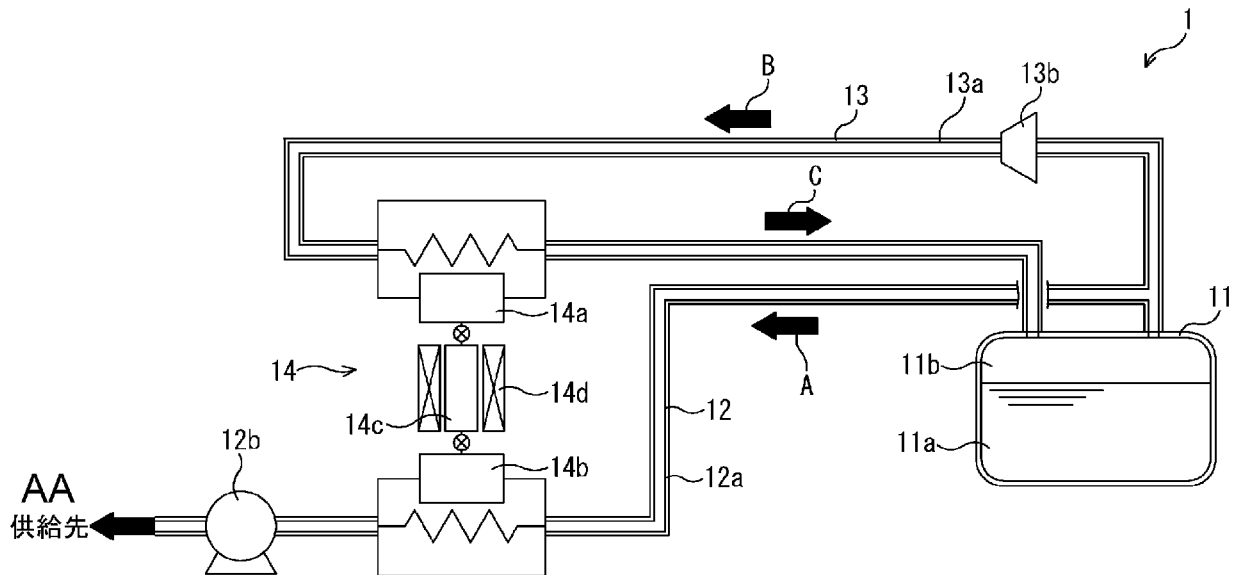
(72) 発明者: 仮屋 大祐(**KARIYA, Daisuke**). 原田 英一(**HARADA, Eiichi**). 西村 元彦(**NISHIMURA, Motohiko**). 森本 勝哉(**MORIMOTO, Katsuya**).

(74) 代理人: 石田 祥二 (**ISHIDA, Shoji**); 〒6510087 兵庫県神戸市中央区御幸通8丁目1番6号 神戸国際会館22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, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: HYDROGEN RE-LIQUEFACTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 水素用再液化システム



AA Supply destination

(57) Abstract: This hydrogen re-liquefaction system re-liquefies boil-off gas generated in a liquefied hydrogen tank and returns the same to the liquefied hydrogen tank and is provided with: a dispensing passage in which hydrogen to be dispensed from the liquefied hydrogen tank to a supply destination flows; a re-liquefaction passage in which boil-off gas flows; and a re-liquefaction apparatus that condenses the boil-off gas by cooling the boil-off gas flowing in the re-liquefaction passage, wherein the re-liquefaction apparatus includes a condensing part provided in the re-liquefaction passage

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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

and a heat dissipation part provided in the dispensing passage, and serves as a magnetic refrigerator that cools boil-off gas via the condensing part by demagnetization and discharges heat from excitation to hydrogen via the heat dissipation part.

(57) 要約: 水素用再液化システムは、液化水素タンク内で発生したボイルオフガスを再液化して液化水素タンクに戻すものであって、液化水素タンクから供給先に払出す水素が流れる払出通路と、ボイルオフガスが流れる再液化通路と、再液化通路を流れるボイルオフガスを冷却することによってボイルオフガスを凝縮する再液化装置と、を備え、再液化装置は、再液化通路に設けられる凝縮部と、払出通路に設けられる放熱部とを含み、消磁することによって凝縮部を介してボイルオフガスを冷却し且つ励磁する際の熱を放熱部を介して水素に放出する磁気冷凍機であるものである。

明 細 書

発明の名称：水素用再液化システム

技術分野

[0001] 本発明は、液化水素タンク内で発生したボイルオフガスを再液化して液化水素タンクに戻す水素用再液化システムに関する。

背景技術

[0002] 低温の液化ガスを貯留する液化水素タンク内で発生するボイルオフガスを再液化する再液化システムがある。再液化システムの一例として、例えば特許文献１の低温液化ガス貯留システムが知られている。特許文献１の低温液化ガス貯留システムでは、まずボイルオフガスが圧縮される。そして、圧縮したボイルオフガスと払出されるガスとの間で熱交換させる。更に、圧縮したボイルオフガスを膨張弁によって膨張させることによってボイルオフガスが再液化される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００５－２７３６８１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１の低温液化ガス貯留システムでは、ボイルオフガスを圧縮及び冷却する。更に、圧縮及び冷却されたボイルオフガスを膨張することによって、ボイルオフガスを液化させる。それ故、低温液化ガス貯留システムによるボイルオフガスの再液化では、効率が低い。

[0005] そこで本発明は、より高い効率でボイルオフガスを再液化することができる水素用再液化システムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の水素用再液化システムは、液化水素タンク内で発生したボイルオフガスを再液化して前記液化水素タンクに戻す水素用再液化システムであつ

て、前記液化水素タンクから供給先に払出す水素が流れる払出通路と、ボイルオフガスが流れる再液化通路と、前記再液化通路を流れるボイルオフガスを冷却することによってボイルオフガスを凝縮する再液化装置と、を備え、前記再液化装置は、前記再液化通路に設けられる凝縮部と、前記払出通路に設けられる放熱部とを含み、消磁することによって前記凝縮部を介してボイルオフガスを冷却し且つ励磁する際の熱を前記放熱部を介して水素に放出する磁気冷凍機である。

[0007] 本発明に従えば、再液化通路に設けられる凝縮部と払出通路に設けられる放熱部とを有している。それ故、大気に比べて極めて温度が低い払出通路に対して放熱を行うことによって作動温度範囲が狭い磁気冷凍機を再液化装置に適用することができる。磁気冷凍機は、消磁及び励磁を切換えることによってボイルオフガスを冷却すると共に水素に放熱することができる。このような磁気冷凍機を再液化装置に用いると、気体式冷凍機に含まれる圧縮機等の機器をなくすることができる。それ故、再液化装置では圧縮機等を駆動する必要がない。これにより、再液化装置は、気体冷凍式の再液化装置に比べて高効率で再液化を行うことができる。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、より高い効率でボイルオフガスを再液化することができる。

[0009] 本発明の上記目的、他の目的、特徴、及び利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1実施形態に係る水素用再液化システムを示す回路図である。

[図2]本発明の第2実施形態に係る水素用再液化システムを示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明に係る第1及び第2実施形態の水素用再液化システム（以下

、単に「再液化システム」という) 1, 1 Aについて前述する図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明で用いる方向の概念は、説明する上で便宜上使用するものであって、発明の構成の向き等をその方向に限定するものではない。また、以下に説明する再液化システム 1, 1 Aは、本発明の一実施形態に過ぎない。従って、本発明は実施形態に限定されず、発明の趣旨を逸脱しない範囲で追加、削除、変更が可能である。

[0012] [第 1 実施形態]

 <再液化システム>

図 1 に示す再液化システム 1 は、液化水素を貯蔵する液化水素貯蔵設備に備わっている。再液化システム 1 は、液化水素タンク 1 1 を備えている。液化水素タンク 1 1 は、液化した水素、即ち液化水素を貯蔵している。また、液化水素タンク 1 1 では、液化水素の一部が蒸発することによってボイルオフガスが発生している。再液化システム 1 は、液化水素タンク 1 1 内で発生するボイルオフガスを再液化する。そして、再液化システム 1 は、再液化によって生成された液化水素を液化水素タンク 1 1 に戻す。更に詳細に説明すると、再液化システム 1 は、前述する液化水素タンク 1 1 に加えて、ガス払出通路 1 2 と、再液化通路 1 3 と、再液化装置 1 4 と、を備えている。

[0013] <液化水素タンク>

液化水素タンク 1 1 は、前述の通り液化水素を貯蔵する容器である。また、液化水素タンク 1 1 は、真空断熱構造を含んでいる。なお、液化水素タンク 1 1 は、必ずしも真空断熱構造を含む必要はない。そして、液化水素タンク 1 1 内は、真空断熱構造によって水素の飽和温度以下に維持されている。他方、液化水素タンク 1 1 内では、前述の通り液化水素の一部が蒸発することによってボイルオフガスが発生している。それ故、液化水素タンク 1 1 内では、下側空間 1 1 a に液化水素が貯留され、上側空間 1 1 b にボイルオフガスが溜まっている。

[0014] <払出通路>

ガス払出通路 1 2 は、液化水素タンク 1 1 から供給先に払出す水素が流れ

る通路である。本実施形態において、払出される水素は、ボイルオフガス（以下、「払出ガス」という）である。更に詳細に説明すると、ガス払出通路 12 の一端は、液化水素タンク 11 に繋がっている。本実施形態において、ガス払出通路 12 の一端は、液化水素タンク 11 の上側空間 11b に繋がっている。他方、ガス払出通路 12 の他端は、供給先に繋がっている。そして供給先は、発電機器及び水素エンジン等の水素消費機器、並びにそれらを備える設備である。但し、供給先は、水素消費機器、並びにそれらを備える設備に限定されない。

[0015] また、ガス払出通路 12 は、断熱構造 12a 及び圧縮機 12b を含んでいる。第 1 断熱構造の一例である断熱構造 12a は、ガス払出通路 12 を流れるボイルオフガスに対する入熱を遮断する。そして、ガス払出通路 12 を流れるボイルオフガスが液化水素タンク内の温度と同じく極低温（本実施形態において、水素の飽和温度付近）に維持される。断熱構造 12a は、例えば真空二重管構造である。圧縮機 12b は、払出ガスを圧縮する。より詳細に説明すると、圧縮機 12b は、供給先で要求される圧力にてボイルオフガスを圧縮する。そして、圧縮機 12b は、払出ガスを払出先に送る。

[0016] <再液化通路>

再液化通路 13 は、ボイルオフガスを流す。更に詳細に説明すると、再液化通路 13 は、再液化するボイルオフガスを流す。そして、再液化通路 13 は、再液化した液化水素を液化水素タンク 11 に戻す。より詳細に説明すると、再液化通路 13 の両端は、液化水素タンク 11 に繋がっている。具体的に説明すると、再液化通路 13 の両端は、共に液化水素タンク 11 の上側空間 11b に夫々繋がっている。なお、本実施形態において、再液化通路 13 の一端は、ガス払出通路 12 に接続されている。そして、再液化通路 13 の一端は、ガス払出通路 12 を介して液化水素タンク 11 の上側空間 11b に接続されている。

[0017] また、再液化通路 13 は、断熱構造 13a 及びブローア 13b を含んでいる。第 2 断熱構造の一例である断熱構造 13a は、再液化通路 13 を流れるボ

イルオフガスに対する入熱を遮断する。そして、再液化通路 13 を流れるボイルオフガスが液化水素タンク内の温度と同じく極低温（本実施形態において、水素の飽和温度付近）に維持される。断熱構造 13 a は、例えば真空二重管構造である。ブロー 13 b は、液化水素タンク 11 のボイルオフガスを吸い込む。より詳細に説明すると、ブロー 13 b は、液化水素タンク 11 の上側空間 11 b からガス払出通路 12 に導かれたボイルオフガスの一部を再液化通路 13 に吸い込む。そして、ブロー 13 b は、再液化通路 13 においてブロー 13 b より下流側に送る。

[0018] <再液化装置>

再液化装置 14 は、再液化通路 13 を流れるボイルオフガスを冷却する。そして、再液化装置 14 は、冷却することによってボイルオフガスを液化水素に凝縮する。より詳細には、再液化装置 14 は、再液化通路 13 を流れるボイルオフガスを水素の飽和温度以下まで冷却する。これにより、再液化通路 13 を流れるボイルオフガスの少なくとも一部が液化水素に凝縮される。このような機能を有する再液化装置 14 は、磁気冷凍機である。以下、磁気冷凍機である再液化装置 14 について更に詳細に説明する。

[0019] 再液化装置 14 は、凝縮部 14 a と、放熱部 14 b と、を含んでいる。凝縮部 14 a は、再液化通路 13 に設けられている。より詳細に説明すると、凝縮部 14 a は、再液化通路 13 において、ブロー 13 b の下流側に配置されている。そして、再液化装置 14 は、消磁することによって凝縮部 14 a を介してボイルオフガスを冷却する。また、放熱部 14 b は、ガス払出通路 12 に設けられている。より詳細に説明すると、放熱部 14 b は、ガス払出通路 12 において再液化通路 13 より供給先側に配置されている。そして、そして、再液化装置 14 は、励磁する際の熱を放熱部 14 b を介して水素に放出する。

[0020] 更に詳しく説明すると、再液化装置 14 は、例えば以下のように構成されている。なお、以下の例は、再液化装置 14 の構成の一例である。従って、再液化装置 14 は、以下のように構成されていることに限定されない。即ち

、再液化装置 14 は、前述のように消磁によってボイルオフガスを冷却し、且つ励磁時の熱を払出ガスに放出可能な構成であればよい。再液化装置 14 は、例えば、熱媒体 14 c と、磁界発生部 14 d とを更に含んでいる。熱媒体 14 c は、磁性材料から成る。熱媒体 14 c は、消磁されることによって冷却され、励磁されることによって発熱する。磁界発生部 14 d は、熱媒体 14 c の周りに磁界を発生させることによって熱媒体 14 c を励磁させる。また、磁界発生部 14 d は、熱媒体 14 c の周りの磁界を消すことによって熱媒体 14 c を消磁させる。磁界発生部 14 d は、例えばコイル又は永久磁石である。磁界発生部 14 d がコイルである場合、磁界発生部 14 d は、コイルに流す電流をオン・オフすることによって熱媒体 14 c の周りに磁界を発生させたり消したりする。そして、磁界を消すことによって熱媒体 14 c が冷却されるので、凝縮部 14 a がボイルオフガスから熱を吸収する。そして、磁界を発生させることによって熱媒体 14 c が昇温するので、その熱を先に吸い込んだ熱と共に放熱部 14 b から払出ガスに放出する。これにより、凝縮部 14 a から放熱部 14 b に熱媒体 14 c を介して熱を輸送することができる。また、磁界発生部 14 d が永久磁石の場合、磁界発生部 14 d は、永久磁石を熱媒体 14 c に近づけたり離したりすることによって熱媒体 14 c の周りに磁界を発生させたり消したりすることができる。これにより、熱媒体 14 c が冷却される。そして、凝縮部 14 a から放熱部 14 b に熱媒体 14 c を介して熱を輸送することができる。

[0021] また、再液化装置 14 では、消磁する際に熱媒体 14 c が凝縮部 14 a に熱的に接続される。これにより、再液化装置 14 は、凝縮部 14 a を介して再液化通路 13 を流れるボイルオフガスを冷やす。他方、再液化装置 14 は、励磁する際に熱媒体 14 c が放熱部 14 b に熱的に接続される。これにより、再液化装置 14 は、励磁の際に発生する熱を放熱部 14 b からガス払出通路 12 のボイルオフガスに放出することができる。そして、放熱部 14 b を介して熱媒体 14 c を冷却することができる。冷却された熱媒体 14 c を再度消磁することによって、熱媒体 14 c が更に冷却される。そして、更に

冷却される熱媒体 14 c を凝縮部 14 a に熱的に接続することによって、凝縮部 14 a を介してボイルオフガスを冷やすことができる。これにより、凝縮部 14 a によってボイルオフガスが冷却される。このように、再液化装置 14 は、消磁及び励磁を繰り返すことによって、再液化通路 13 を流れるボイルオフガスを冷却し続けることができる。

[0022] 更に、再液化装置 14 は、凝縮部 14 a の温度を水素の飽和温度未満としている。より詳細に説明すると、凝縮部 14 a は、例えば極低温のボイルオフガスに熱的に接続されることによって極低温になっている。更に、凝縮部 14 a の温度は、再液化装置 14 における消磁作用によって凝縮部 14 a が冷却されるので、水素の飽和温度未満になっている。従って、凝縮部 14 a の温度は、液化水素タンク 11 の内圧、即ちボイルオフガスの圧力に応じた水素の飽和温度未満である。これにより、凝縮部 14 a は、再液化通路 13 を流れるボイルオフガスの少なくとも一部を液化水素に凝縮することができる。なお、凝縮部 14 a の温度は、あくまで一例であるので、この温度範囲に限定されるものではない。

[0023] また、再液化装置 14 では、放熱部 14 b の温度が凝縮部 14 a の温度より高い。より詳細に説明すると、励磁する際に発生する熱を放熱部 14 b から放出するので、放熱部 14 b の温度が凝縮部 14 a の温度より高い。他方、放熱部 14 b が熱を放出する払出ガスは、放熱部 14 b が設けられるガス払出通路 12 が断熱構造 12 a を含んでいるので、極低温に保たれている。例えば、放熱部 14 b は、本実施形態において 20 K 以上 70 K 以下の極低温となっている。それ故、再液化装置 14 では、放熱部 14 b と凝縮部 14 a との温度差を 50 K 以下にすることができる。これにより、放熱部 14 b の熱を払出ガスに放出した後、消磁によって凝縮部 14 a を冷却する際、凝縮部 14 a を飽和温度未満まで降温することができる。即ち、放熱部 14 b と凝縮部 14 a との温度差を磁気冷凍機の作動範囲内に収めることができる。

[0024] <再液化システムの動作>

再液化システム１では、ガス払出通路１２の圧縮機１２ｂが作動すると、液化水素タンク１１から供給先に払出ガスが払出される（図１の矢付Ａ参照）。また、再液化システム１では、再液化通路１３のブロア１３ｂも作動している。これにより、液化水素タンク１１のボイルオフガスが再液化通路１３にも流れる。より詳細に説明すると、ガス払出通路１２を流れるボイルオフガスの一部がブロア１３ｂによって再液化通路１３に吸入される。更に、ブロア１３ｂは、吸入したボイルオフガスを下流側にある再液化装置１４に送る（図１の矢付Ｂ参照）。

[0025] 再液化装置１４は、消磁によって凝縮部１４ａを冷却する。そして、再液化装置１４は、励磁の際に生じた熱を放熱部１４ｂを介して払出ガスに放出する。これにより、凝縮部１４ａの温度が水素の飽和温度、本実施形態では３０Ｋ以下に維持される。そして、再液化装置１４を通るボイルオフガスの少なくとも一部が液化水素に凝縮される。また、凝縮された液化水素は、残ったボイルオフガスと共に再液化通路１３を通過して液化水素タンク１１に戻される。このようにして、再液化システム１は、液化水素タンク１１内で発生するボイルオフガスを再液化して液化水素タンク１１に戻す（図１の矢付Ｃ参照）。

[0026] 本実施形態の再液化システム１は、再液化通路１３に設けられる凝縮部１４ａとガス払出通路１２に設けられる放熱部１４ｂとを含んでいる。それ故、大気より極めて温度が低いガス払出通路１２に対して放熱を行うことによって作動温度範囲が狭い磁気冷凍機を再液化装置１４に適用することができる。磁気冷凍機は、消磁及び励磁を切換えることによってボイルオフガスを冷却すると共に払出ガスに放熱することができる。このような磁気冷凍機を再液化装置１４に用いることによって、気体式冷凍機に含まれる圧縮機等の機器をなくすることができる。それ故、再液化装置１４では圧縮機等を駆動する必要がないので、再液化装置１４は、気体冷凍式の再液化装置に比べて高い効率で再液化を行うことができる。また、圧縮機等の機器をなくすることができるので、再液化装置１４を小型化することができる。

[0027] また、再液化システム１では、再液化するボイルオフガスと同様に液化水素タンク１１から払出される払出ガスに対して放熱部１４ｂが放熱する。それ故、凝縮部１４ａと放熱部１４ｂとの温度差を小さくすることができる。これにより、再液化装置１４の構成が複雑化することを抑制できる。より詳細に説明すると、凝縮部１４ａと放熱部１４ｂとの温度差が大きい場合、凝縮部１４ａと放熱部１４ｂとの間に多数の冷凍機を設ける必要があるので、再液化装置の構成が複雑になる。凝縮部１４ａと放熱部１４ｂとの温度差が小さい場合、例えば１つの磁気冷凍機で再液化装置１４を構成することができる。それ故、再液化装置１４の構成が複雑化することをより抑制できる。但し、再液化装置１４が複数の磁気冷凍機を含むことは否定されない。

[0028] 更に、再液化システム１では、再液化通路１３がガス払出通路１２から分岐するように形成されている。そして、ガス払出通路１２において、放熱部１４ｂは、再液化通路１３がガス払出通路１２と接続する部分より供給先側（即ち、下流側）に配置されている。従って、再液化されるボイルオフガスは、放熱部１４ｂを通ることなく、再液化通路１３に導くことができる。それ故、再液化されるボイルオフガスが放熱部１４ｂで放出される熱を吸収することがない。従って、再液化通路１３の上流側に放熱部１４ｂが配置されている場合に比べて低い温度のボイルオフガスを再液化通路１３に流すことができる。それ故、再液化通路１３に流れるボイルオフガスの温度を低く抑えることができる。これにより、再液化する際に下降させるべき温度を小さくすることができる。

[0029] 更に、再液化システム１では、ガス払出通路１２及び再液化通路１３が断熱構造１２ａ、１３ａを夫々有しているので、水素及びボイルオフガスを極低温に保って放熱部１４ｂ及び凝縮部１４ａに導くことができる。そして、凝縮部１４ａの温度を水素の飽和温度未満とすることによってボイルオフガスの再液化をすることができる。また、放熱部１４ｂを凝縮部１４ａより高くし且つ放熱部１４ｂと凝縮部１４ａとの温度差を４０Ｋ以下とすることによって、温度差を磁気冷凍機の作動範囲内に収めることができる。これによ

り、再液化装置 1 4 の構成が複雑化することを抑制できる。

[0030] <第 2 実施形態>

第 2 実施形態の再液化システム 1 A は、第 1 実施形態の再液化システム 1 と構成が類似している。従って、第 2 実施形態の再液化システム 1 A の構成については、主に第 1 実施形態の再液化システム 1 と異なる点が説明され、同一の構成については同一の符号を付して説明が省略される。

[0031] 第 2 実施形態の再液化システム 1 A は、液化水素タンク 1 1 と、液体払出通路 1 2 A と、再液化通路 1 3 と、再液化装置 1 4 と、を備えている。液体払出通路 1 2 A は、液化水素タンク 1 1 から供給先に払出す水素が流れる通路である。本実施形態において、払出される水素は、液化水素（以下、「払出液」という）である。

[0032] 更に詳細に説明すると、液体払出通路 1 2 A の一端は、液化水素タンク 1 1 に繋がっている。本実施形態において、液体払出通路 1 2 A の一端は、液化水素タンク 1 1 の下側空間 1 1 a に繋がっている。他方、液体払出通路 1 2 A の他端は、供給先に繋がっている。また液体払出通路 1 2 A は、断熱構造 1 2 a 及びポンプ 1 2 c を含んでいる。ポンプ 1 2 c は、液体払出通路 1 2 A において液化水素タンク 1 1 から導かれる払出液を供給先側に送り出す。なお、液体払出通路 1 2 A は、図示しない熱交換器を有している。液体払出通路 1 2 A は、熱交換器によって払出液に熱を加えることによって払出液を気化する。そして、再液化システム 1 A を備える設備は、気化した水素ガスを供給先に供給する（図 2 の矢付 D 参照）。

[0033] 再液化通路 1 3 A では、再液化通路 1 3 A の両端が液化水素タンク 1 1 に接続している。具体的に説明すると、再液化通路 1 3 の両端は、液化水素タンク 1 1 の上側空間 1 1 b に夫々繋がっている。なお、図 2 では、再液化通路 1 3 A は、液化水素タンク 1 1 の上側空間 1 1 b に直接接続されているが、第 1 実施形態の再液化通路 1 3 と同様に図示しないガス払出通路 1 2 を介して液化水素タンク 1 1 に接続されてもよい。また、再液化通路 1 3 A は、ブロア 1 3 b を含んでいる。

[0034] 再液化装置 1 4 では、凝縮部 1 4 a が再液化通路 1 3 A に設けられ、また放熱部 1 4 b が液体払出通路 1 2 A に設けられている。そして、放熱部 1 4 b は、液体払出通路 1 2 A においてポンプ 1 2 c より供給先側に配置されている。更に詳細に説明すると、放熱部 1 4 b は、液体払出通路 1 2 A において熱交換器（図示せず）より上流側に配置されている。

[0035] 再液化システム 1 A では、液体払出通路 1 2 A のポンプ 1 2 c が作動すると、液化水素タンク 1 1 から液体払出通路 1 2 A に払出液が払出される（図 2 の矢付 D 参照）。また、再液化通路 1 3 A では、ブローア 1 3 b によってボイルオフガスが再液化装置 1 4 に送られる（図 2 の矢付 E 参照）。再液化装置 1 4 では、消磁によって凝縮部 1 4 a が冷却され、励磁の際に生じた熱の放熱部 1 4 b を介して払出液に放出する。これにより、再液化装置 1 4 を通るボイルオフガスの少なくとも一部が液化水素に凝縮される。そして、凝縮された液化水素は、残ったボイルオフガスと共に再液化通路 1 3 A を通って液化水素タンク 1 1 に戻される。このようにして、再液化システム 1 A では、液化水素タンク 1 1 内で発生するボイルオフガスが再液化されて液化水素タンク 1 1 に戻される（図 2 の矢付 F 参照）。

[0036] 本実施形態の再液化システム 1 A では、ボイルオフガスより低温の液化水素に放熱部 1 4 b が放熱する。それ故、凝縮部 1 4 a と放熱部 1 4 b との温度差を小さくすることができ、磁気冷凍機の構成が複雑化することを抑制できる。

[0037] その他、第 2 実施形態の再液化システム 1 A は、第 1 実施形態の再液化システム 1 と同様の作用効果を奏する。

[0038] <その他の実施形態>

第 1 及び第 2 実施形態の再液化システム 1, 1 A は、液化水素貯蔵設備に設けられているが、再液化システム 1, 1 A が設けられるものは必ずしも液化水素貯蔵設備に限定されない。例えば、再液化システム 1, 1 A は、船舶や車両などの乗り物に備わっていてもよく、その他の機器に備わっていてもよい。

[0039] また、第1実施形態の再液化システム1において、放熱部14bは、ガス払出通路12において再液化通路13より供給先側に配置されている。しかし、放熱部14bは、ガス払出通路12において再液化通路13より液化水素タンク11側に配置されていてもよい。また、第2実施形態の再液化システム1Aにおいて、放熱部14bは、液体払出通路12Aにおいてポンプ12cの下流側で熱交換器（図示せず）の上流側に配置されている。しかし、放熱部14bは、ポンプ12cの上流側に配置されてもよい。

[0040] また、第1及び第2実施形態の再液化システム1，1Aでは、磁気冷凍機である再液化装置14が必ずしも前述のように構成されている必要はない。即ち、再液化装置14は、消磁することによって凝縮部14aを介してボイルオフガスを冷却し且つ励磁する際の熱を放熱部14bを介して払出ガス又は払出液に放出するものであればよい。

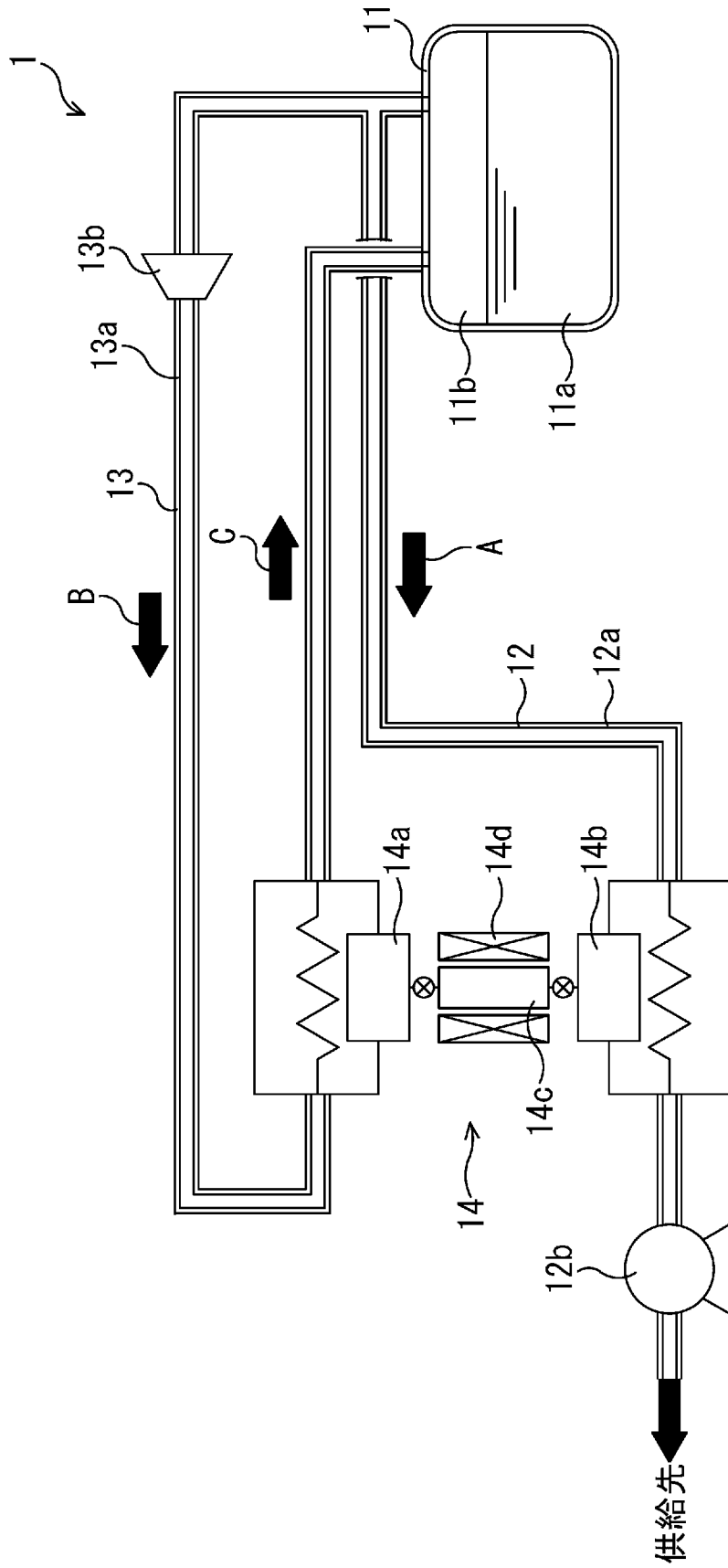
[0041] 上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

請求の範囲

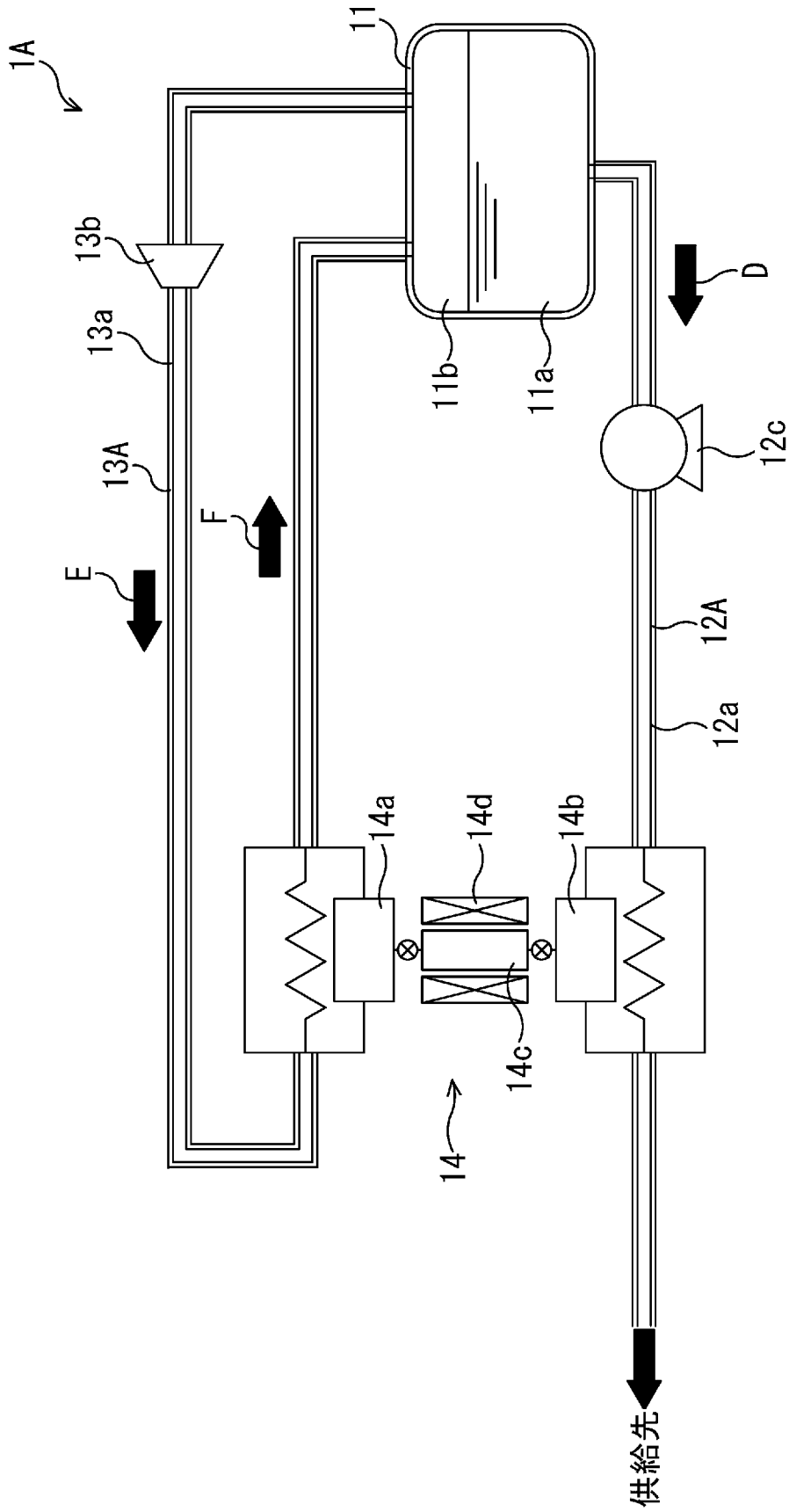
- [請求項1] 液化水素タンク内で発生したボイルオフガスを再液化して前記液化水素タンクに戻す水素用再液化システムであって、
- 前記液化水素タンクから供給先に払出す水素が流れる払出通路と、
- ボイルオフガスが流れる再液化通路と、
- 前記再液化通路を流れるボイルオフガスを冷却することによってボイルオフガスを凝縮する再液化装置と、を備え、
- 前記再液化装置は、前記再液化通路に設けられる凝縮部と、前記払出通路に設けられる放熱部とを含み、消磁することによって前記凝縮部を介してボイルオフガスを冷却し且つ励磁する際の熱を前記放熱部を介して水素に放出する磁気冷凍機である、水素用再液化システム。
- [請求項2] 前記払出通路は、前記液化水素タンクから前記供給先に払出される水素であるボイルオフガスが流れ、
- 前記磁気冷凍機は、前記放熱部を介して前記払出通路を流れるボイルオフガスに放熱する、請求項1に記載の水素用再液化システム。
- [請求項3] 前記払出通路は、前記液化水素タンクに接続され、
- 前記再液化通路は、前記払出通路を介して前記液化水素タンクに接続され
- 前記再液化装置の前記放熱部は、前記払出通路において前記再液化通路より前記供給先側に配置されている、請求項2に記載の水素用再液化システム。
- [請求項4] 前記払出通路は、前記液化水素タンクから前記供給先に払出される水素である液化水素が流れ、
- 前記再液化装置は、前記放熱部を介して前記払出通路を流れる液化水素に放熱する、請求項1に記載の水素用再液化システム。
- [請求項5] 前記払出通路は、水素への入熱を遮断する第1断熱構造を有し、
- 前記再液化通路は、ボイルオフガスへの入熱を遮断する第2断熱構造を有し、

前記再液化装置は、前記凝縮部の温度を水素の飽和温度未満であって30 K以下とし、前記放熱部の温度を20 K以上であって前記凝縮部より高くし、前記放熱部と前記凝縮部との温度差を50 K以下とする、請求項1乃至4の何れか1つに記載の水素用再液化システム。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/041542

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 1971-2022

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.
X	JP 2018-091391 A (MAYEKAWA MFG. CO., LTD.) 14 June 2018 (2018-06-14) paragraphs [0024]-[0047], fig. 1, 2	1, 4
Y		2-3, 5
Y	JP 2005-273681 A (EBARA CORP.) 06 October 2005 (2005-10-06) paragraphs [0022]-[0066], fig. 1, 3	2-3, 5
Y	JP 2006-200553 A (IWATANI INTERNATL. CORP.) 03 August 2006 (2006-08-03) paragraphs [0010]-[0015]	5
A	JP 04-370499 A (TOKYO GAS CO., LTD.) 22 December 1992 (1992-12-22)	1-5

☐ 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 December 2022

Date of mailing of the international search report

17 January 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/JP2022/041542

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2018-091391	A	14 June 2018	(Family: none)	
JP	2005-273681	A	06 October 2005	(Family: none)	
JP	2006-200553	A	03 August 2006	(Family: none)	
JP	04-370499	A	22 December 1992	(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 1971-2022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
X	JP 2018-091391 A（株式会社前川製作所）14.06.2018（2018-06-14） 段落[0024]-[0047]，第1-2図	1, 4
Y		2-3, 5
Y	JP 2005-273681 A（株式会社荏原製作所）06.10.2005（2005-10-06） 段落[0022]-[0066]，第1図，第3図	2-3, 5
Y	JP 2006-200553 A（岩谷産業株式会社）03.08.2006（2006-08-03） 段落[0010]-[0015]	5
A	JP 04-370499 A（東京瓦斯株式会社）22.12.1992（1992-12-22）	1-5
☐ 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 26.12.2022	国際調査報告の発送日 17.01.2023	
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） 加藤 信秀 3N 3745 電話番号 03-3581-1101 内線 3359	

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/JP2022/041542

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-091391	A	14.06.2018	(ファミリーなし)	
JP	2005-273681	A	06.10.2005	(ファミリーなし)	
JP	2006-200553	A	03.08.2006	(ファミリーなし)	
JP	04-370499	A	22.12.1992	(ファミリーなし)	