

(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
2017年8月31日(31.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/145769 A1

(51) 国際特許分類:
F17C 5/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004669

(22) 国際出願日: 2017年2月9日(09.02.2017)

(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 2016-032072 2016年2月23日(23.02.2016) JP
特願 2016-032073 2016年2月23日(23.02.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社日立プラントメカニクス(HITACHI PLANT MECHANICS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒7440002 山口県下松市大字東豊井794番地 Yamaguchi (JP). 株式会社アーカイブワークス(ARCHIVE WORKS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒8560032 長崎県大村市東大村1丁目2693-46 Nagasaki (JP).

(72) 発明者: 吉田 純(YOSHIDA, Jun); 〒7440002 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立プラントメカニクス内 Yamaguchi (JP). 三牧 幸博(MIMAKI, Yukihiko); 〒7440002 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立プラントメカニクス内 Yamaguchi (JP). 松尾 栄人(MATSUO,

Eito); 〒8560032 長崎県大村市東大村1丁目2693-46 株式会社アーカイブワークス内 Nagasaki (JP).

(74) 代理人: 森 治(MORI, Osamu); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀1丁目3番13号 第3富士ビル4階 ジョイアス特許事務所 Osaka (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, DJ, 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, 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.

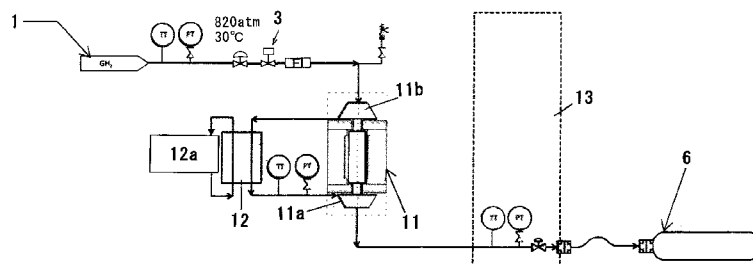
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: EXPANSION TURBINE AND COMPRESSOR-TYPE HIGH-PRESSURE HYDROGEN FILLING SYSTEM AND CONTROL METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法

[図3]



(57) Abstract: The purpose of the invention is to provide an expansion turbine and compressor-type high-pressure hydrogen filling system with a simple configuration with which on-site construction costs can be reduced, only a small maintenance, management, and service load is required, and operation costs including cost for power consumption can be lowered, and furthermore that does not require a means for extracting energy generated in an expansion device and effectively using the energy to be provided externally such as a power generator and is applicable to temperature reducing system technology such as a pre-cooler function in a final filling unit in a hydrogen station. A filling system that reduces hydrogen gas enthalpy by using an expansion turbine when pressure filling hydrogen gas accumulated at high pressure to a tank 6 comprises a process that incorporates an expansion turbine and compressor 11 in an expansion turbine section.

(57) 要約: 構成が簡易で、現地工事費用を低減でき、保守管理役務の負担が少なく、消費電力のコストを含む運転コストを低廉にでき、さらに、膨張機において発生するエネルギーを取り出し、発電機等の外部に有効利用する手段を別途設ける必要がない、水素ステーションの最終充填部におけるプレクーラ機能等の温度降下システム技術に適用できる高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムを提供するため、高圧に蓄圧された水素ガスをタンク6へ加圧充填する際に、膨張タービンを用いて水素ガスのエンタルピー降下を行う充填システムにおいて、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサ11を組み込むプロセスを備える。



WO 2017/145769 A1

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))

明 細 書

発明の名称：

高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法 技術分野

[0001] 本発明は、燃料電池自動車等の水素自動車（以下、単に、「水素自動車」という場合がある。）の燃料となる水素ガスを、水素ガス供給源から水素自動車の燃料タンクに充填するための水素充填設備（以下、「水素ステーション」という場合がある。）の最終充填部におけるプレクーラ機能等の温度低下システム技術に適用される高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 水素自動車の燃料として用いられる水素ガスは、水素ガスを充填する経路に設けられている膨張弁等の部分で高圧から断熱膨張（等エンタルピ膨張）すると、その性状から逆転温度（ -58°C ）よりも高い領域での膨張になるため、ジュールトムソン効果によって膨張後の温度が上昇するという性質を有している。

したがって、水素ステーションにおいて、水素自動車の燃料となる水素ガスを、水素ガス供給源から水素自動車の燃料タンクに充填する際に、水素ガスを充填する経路に設けられている膨張弁等の部分で水素ガスの温度が上昇する。

[0003] この水素ガスの温度の上昇は、水素ガスの膨張比が大きくなるほど顕著になることから、水素ステーションでの水素ガス供給源からの供給ガスの高圧力化、例えば、供給ガスの圧力（供給源のタンク圧）が、 $45 \rightarrow 70 \text{ MPa (G)}$ 、さらには、 82 MPa (G) と高圧力化するのに伴って、さらに自己温度上昇量が大きくなって来る。

一例として、水素ガスを、供給源のタンク圧である 70 MPa (G) 、 30°C から一段で膨張させたときの、各 2 次圧における自己温度変化の一例を

図 1 に示す。

[0004] 一方、現状で普及が開始された燃料電池車では、燃料タンクの材質による温度制限と、燃料電池本体セルの運用温度の制限から、水素充填時の最高温度上限は 85℃とされている。

[0005] そして、上記水素の性質から、何の手段も施さずにそのまま水素ガスを充填すると、水素充填時の温度が、最高温度上限の 85℃を越えてしまい、燃料タンクの材質による温度制限や燃料電池本体セルの運用温度の制限、さらには、充填後の冷却に伴う圧力降下等の問題が発生するため、水素ガスを充填する経路に熱交換器等の冷却手段を配置し、この冷却手段で水素ガスを冷却しながら水素自動車に充填する方法が提案され、実用化されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献 1：特開 2004-116619 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ここで、図 2 に、現状の一般的な 70MPa（G）の水素ステーションの構成図を示す（出典「NEDO 水素エネルギー白書」）。

この水素ステーションは、水素ガスを受け入れる圧縮機ユニットからなる圧縮機設備 1 と、圧縮機設備 1 から送られてきた水素ガスを蓄圧する蓄圧器ユニットからなる水素蓄圧設備 2 と、水素蓄圧設備 2 からの水素ガスを水素自動車の燃料タンク 6 に充填するための経路に設けられた膨張弁 3 及び水素ガスプレクーラ 4 と、プレクーラ 4 を介して水素ガスの冷却を行う水素プレクールシステム 5 とを備え、さらに、水素プレクールシステム 5 には、圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器、アキュムレータ等からなる冷凍機設備 7 と、ブライントank、1 次ブラインポンプ、2 次ポンプ等からなるブライン回路 8 を備えるようにしている。

そして、この水素ステーションは、オンサイト型、オフサイト型の水素ステーションの両者とも、受け入れた水素は圧縮機設備 1 で中間圧（図例では 4 0 M P a（G））や高圧（図例では 8 2 M P a（G））まで圧縮され、それぞれの圧力で水素蓄圧設備 2 の蓄圧ユニット内にて圧縮ガスの形で保持される。

これらの水素ガスを、需要側である車載の燃料タンク 6 へ充填するには、膨張弁 3 を介しての膨張により行われるが、その際に水素ガス自身の温度上昇を伴うため、外部設備である水素プレクールシステム 5 により -40°C まで冷却される。

現状の技術では、この水素プレクールシステム 5 は、フロン冷媒等の通常の冷凍機設備 7 と、 -40°C 近辺で動作するブライン回路 8 とを組み合わせ構成されているため、構成が複雑であり、また、冷凍機用冷媒圧縮機、1 次ブラインポンプ、2 次ブラインポンプ等の多くの回転機器も必要になる。

[0008] このため、従来の水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムにおいては、以下の課題があった。

1) 外部独立した水素プレクールシステムはそれ自体が外部電力で稼働するシステムである。一般的な水素ステーション（ $300\text{Nm}^3/\text{h}$ ）で約 40 kW となっており、水素プレクールシステムの運用自体が運転コストを上昇させる。

2) 冷凍機の冷媒にフロン（代替えフロン）を使用するため法的な扱いを受け、このプレクーラ設備自体が高圧ガス保安法の冷凍保安則にかかり、設備や運用において制約を受ける。

3) フロンやブラインをステーション内に保有することは、フロンやブラインの外部漏洩に対する環境事故の予防対策が必要になる。

4) 水素プレクールシステムが、冷凍回路とブライン回路の 2 段構成で複雑であることや、冷媒圧縮機やブラインポンプ等の回転機が複数存在するため、多くの保守管理役務が生じる。

5) ブラインを介したシステムのため、運転起動から定常状態になるまで時間を要する。このため、充填作業のかなり前から水素プレクールシステムを事前起動、系内を定常状態にしておく必要がある。

6) 水素ステーション自体の設置スペースを小型化する際に、水素プレクールシステムの専有スペースがその制約となる。

7) 現状の -40°C という温度では、さらなる水素の急速充填に制限が出てくる。将来において、さらに充填時間を短くするためには、現状の -40°C よりも低い温度に予冷が必要となる可能性もある。

[0009] ところで、上記従来の水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムの有する問題点に鑑み、本件出願人は、先に、特願2015-059323において、構成が簡易で、保守管理役務の負担が少なく、消費電力のコストを含む運転コストを低廉にできる、水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムを提案している。

[0010] この水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムは、水素ガスを膨張減圧する過程で外部に仕事を取り出す膨張機により水素ガスの温度低下を行い、その冷熱エネルギーを利用して水素ガスの予冷を行うものであり、上記従来の水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムの有する問題点を解消することができるものである反面、以下の課題があった。

8) 膨張機において発生するエネルギーを取り出し、有効利用する手段を別途設ける必要がある。

[0011] 本発明は、上記従来の水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムの有する問題点に鑑み、構成が簡易で、現地工事費用を低減でき、保守管理役務の負担が少なく、消費電力のコストを含む運転コストを低廉にでき、さらに、膨張機において発生するエネルギーを取り出し、発電機等の外部に有効利用する手段を

別途設ける必要がない、水素ステーションの最終充填部におけるプレクーラ機能等の温度降下システム技術に適用できる高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法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

[0012] 上記目的を達成するため、本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムは、高圧に蓄圧された水素ガスをタンクへ加圧充填する際に、膨張タービンを用いて水素ガスのエンタルピー降下を行う充填システムにおいて、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセスを備えたことを特徴とする。

より具体的には、膨張タービン・コンプレッサは、回転体のロータ軸の一方側に膨張作用を行うインペラを、他方側に、膨張により得られた回転エネルギーを消費する圧縮作用を行うインペラを、それぞれ備えて構成することができる。

さらに、供給される水素ガスを用いた動圧式ガス軸受方式の軸受を備えて構成することができる。

[0013] この場合において、膨張タービン・コンプレッサを1台で構成することができる。

[0014] また、膨張タービン・コンプレッサを複数台、直列に配置して構成することができる。

[0015] また、膨張タービン・コンプレッサの膨張タービン側入口部に冷却器を設けることができる。

[0016] また、膨張タービン・コンプレッサのコンプレッサ側入口部に冷却器を設けることができる。

[0017] 上記目的を達成するため、本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法は、高圧に蓄圧された水素ガスをタンクへ加圧充填する際に、膨張タービンを用いて水素ガスのエンタルピー降下を行う充填システムの制御方法において、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセス及び膨張タービン側入口部に冷却器を備え、該冷却

器の水素ガスの出口温度を制御することを特徴とする。

[0018] この場合において、前記冷却器の水素ガスの出口温度を検知して、該出口温度を適正温度になるように、冷却器の寒冷エネルギー量を調節追従するようにすることができる。

[0019] また、水素ガスをタンクへ加圧充填する際の充填時間配分により、それぞれの充填段階で最適なガス温度になるように、冷却器の寒冷エネルギー量を調節追従するようにすることができる。

[0020] また、タンクの圧力及び温度上昇を検知して、それぞれの充填段階で最適なガス温度になるように、冷却器の寒冷エネルギー量を調節追従するようにすることができる。

発明の効果

[0021] 本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムによれば、高圧に蓄圧された水素ガスをタンクへ加圧充填する際に、膨張タービンを用いて水素ガスのエンタルピー降下を行う充填システムにおいて、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセスを備え、膨張タービン・コンプレッサにて最終的に水素を膨張させて、エンタルピーを低下（温度降下）させた水素ガスを調節タンク側へ充填するようにすることにより、構成が簡易で、保守管理役務の負担が少なく、消費電力のコストを含む運転コストを低廉にできる、例えば、水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムを提供することができる。

そして、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセスを備えること、すなわち、回転軸の一方側に膨張用インペラ、他方側に圧縮用インペラを有する膨張タービン・コンプレッサを用いることにより、膨張機において発生するエネルギーを取り出し、有効利用する手段を別途設ける必要がなく、さらに、膨張タービン側にて得られた回転エネルギーを利用してコンプレッサ側にて水素ガスの圧力を上昇させて、膨張タービン入口へ導かれるようにすることによって、コンプレッサで昇圧された分、膨張タービ

ンの膨張比が大きくなり、より多くの熱落差（＝寒冷発生量）を得るようにすることができる。

さらに、膨張タービン側入口部に冷却器を備えて水素ガスの温度を適正値に下げることにより、タンク充填完了時の温度余裕度の確保やより効率の低い膨張タービンでのプロセス成立が可能となる。

ところで、このプロセスに使用する膨張機、すなわち、タービンは、現在の標準的な水素充填所（水素ステーション）に見合う容量で設計した場合、非常に小型で高速な回転体となることが避けられない。仮に5 kgの高圧水素ガスを約3分で充填するシステムの場合、膨張タービンの直径は8～12 mm、最大の膨張比時に相当する回転数は120万回転／分に相当する。

そこで、本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムにおいては、具体的には、回転体のロータ軸の一方側に膨張作用を行うインペラ（タービン）を、他方側に、膨張により得られた回転エネルギーを消費する圧縮作用を行うインペラ（コンプレッサ）を、それぞれ備えて構成する。

タービンによる水素ガスの膨張により取り出されたエネルギーは、タービン回転体の高速回転という形で運動エネルギーとして取り出されるが、この高速回転を実現するため、膨張タービン・コンプレッサには、供給される水素ガスを用いた動圧式ガス軸受方式の軸受を採用する。

このため、回転エネルギーとして取り出された「仕事」は、軸受による摩擦損失（軸損失）が極めて小さい値に抑制されたものとすることができる。

タービンで得られた回転エネルギーからこの軸損失を差し引いた量のエネルギーがコンプレッサ側にてプロセスガスを遠心昇圧することで消費され、回転がバランスする。

すなわち、タービンにより取り出された回転エネルギー（タービン動力）は、回転軸の反対側に設けられ、同じ回転数で駆動されるコンプレッサにて、プロセスガスの昇圧することで消費される。

この動圧式ガス軸受方式の軸受で、本発明のような小型で高速な回転体の軸受を構成することで、超高速回転の実現と、非常に少ない軸損失の実現を

担保することができる。

このようにして、動力回収を発電回収や、外部へ取り出しての回収を行わず、タービン・コンプレッサとしてクローズしたシステムとすることができ、構成が簡易で、現地工事費用を低減できる。

コンプレッサ側で昇圧されたプロセスガスは、熱力学的な圧縮により圧力上昇と温度上昇を伴う。温度の上昇は、必要に応じて、冷却器（空冷又は水冷のアフタークーラ）を設けることにより、例えば、約20℃近辺に冷却され、熱として外部に捨てられる。圧力上昇は、その分タービン入口における圧力上昇に帰結するため、タービンでの膨張比をさらに高め、結果として寒冷発生量を増大させる効果を奏する。

本発明において、タービンで取り出した動力を、発電機等で電力に変換せずに、タービン・コンプレッサを採用しプロセス内部で利用するとした技術的な理由は、あまりに小型高速回転の機器は、発電機自体が小型かつ高周波となり成立しないことがあり、また、プロセスガスが水素の関係上、防爆の観点からの優位性が挙げられる。

[0022] また、膨張タービン・コンプレッサを複数台、直列に配置して構成することにより、膨張タービン・コンプレッサのタービン効率をそれぞれの膨張比率で最大の領域にて運転を行い、寒冷発生量に余裕を持たせることができる。

[0023] また、膨張タービン・コンプレッサの膨張タービン側入口部及び／又はコンプレッサ側入口部に冷却器を設けることにより、水素ガスの温度降下を補助することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]水素ガスの膨張弁を用いた膨張（弁膨張）による充填流量及び圧力並びに温度の変化を示すグラフである。

[図2]従来の水素プレクールシステムを用いた水素ステーションの説明図である。

[図3]本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの一実

施例を示す説明図である。

[図4]本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの変形実施例を示す説明図である。

[図5]水素ガスの膨張弁を用いた膨張（弁膨張）（従来方式）と本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム（実施例）による充填流量及び圧力の変化を示すグラフである。

[図6]水素ガスの膨張弁を用いた膨張（弁膨張）（従来方式）と本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム（実施例）による温度の変化を示すグラフである。

[図7]本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法を実施する高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムのシステム構成の一実施例を示す説明図である。

[図8]膨張タービン側入口部に冷却器を備えて水素ガスの温度を変化させた場合の充填完了温度とタービン効率の関係を示すグラフである。

[図9]本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法を実施する高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムのシステム構成の一実施例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法の実施の形態を、図面に基づいて説明する。

[0026] この高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムは、本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムを、水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムに適用したものであって、高圧に蓄圧された水素ガスをタンクへ加圧充填する際に、膨張タービンを用いて水素ガスのエンタルピ降下を行う充填システムにおいて、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセスを備えるようにしたものである。

[0027] ここで、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロ

セスを備えるために、本実施例においては、従来、例えば、冷媒の圧縮と膨張を行うために汎用されている回転軸の一方側に膨張用インペラ、他方側に圧縮用インペラを有するタービン・コンプレッサ（本明細書において、「膨張タービン・コンプレッサ」という。）を用いることができる。

この膨張タービン・コンプレッサは、供給される水素ガスを用いた動圧式ガス軸受方式の軸受（ラジアル及びスラスト両方向の支承を行う軸受）を備えて構成することができる。

[0028] 具体的には、図3に示す、水素ステーションの水素ガスの最終膨張機構のように、この水素プレクールシステム10は、水素ガス源ライン9を、膨張タービン・コンプレッサ11の回路に接続して構成され、膨張タービン・コンプレッサ11にて最終的に水素ガスを膨張させて、エンタルピー低下（温度降下）させた水素ガスを、水素ガス供給ユニット13を介して、水素自動車の燃料タンク6に充填するようにしている。

[0029] ここで、膨張タービン・コンプレッサ11は、回転軸の一方側に膨張用インペラを有する膨張タービン11aを、他方側に圧縮用インペラを有するコンプレッサ11bを備えるようにし、膨張タービン11a側にて得られた回転エネルギーを利用してコンプレッサ11b側にて水素ガスの圧力を上昇させて、膨張タービン11aの入口へ導かれるようにする（水素ガスは、コンプレッサ11bに供給され、その後、膨張タービン11aに供給される。）ことによって、コンプレッサ11bで昇圧された分、膨張タービン11aの膨張比が大きくなり、より多くの熱落差（＝寒冷発生量）を得るようにすることができるものとなる。

[0030] また、膨張タービン・コンプレッサ11の膨張タービン11a側の入口部に冷却器12を設けることができる。

冷却器12の冷熱源12aには、水冷方式のものやチラーユニット方式のものを好適に用いることができる。

また、図示は省略するが、同様の冷却器を、コンプレッサ11b側の入口部に設けることができる。この場合、膨張タービン11a側の入口部に設け

た冷却器 12 は省略することもできる。

これにより、水素ガスの温度降下を補助することができ、水素ガスの温度を適正值に下げることにより、タンク充填完了時の温度余裕度の確保やより効率の低い膨張タービンでのプロセス成立が可能となる。

[0031] 図 5 及び図 6 に、水素ガスの膨張弁を用いた膨張（弁膨張）（従来方式）と本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム（実施例）による充填流量及び圧力並びに温度の変化を示す。

[0032] 本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムを、水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムに適用することによって、水素ガス源ライン 9 の高圧（82 MPa）（元圧）の水素ガスから水素自動車の燃料タンク 6 に対して、圧力差を利用して膨張タービン・コンプレッサ 11 を駆動して、膨張した水素ガスを直接的に充填することができる。

この場合、充填初期においては、元圧と燃料タンク 6 の内圧の差が大きいことから、膨張タービン 11a での膨張比及びコンプレッサ 11b による膨張比が比較的大きく取れるため、より多くの寒冷を発生することができる。

充填が進むにつれて燃料タンク 6 の内圧は上昇していき、膨張タービン・コンプレッサ 11 による発生寒冷は小さくなっていくが、最終的に 85℃以下で充填を終えることができる。

[0033] ところで、図 3 に示す実施例においては、1 台の膨張タービン・コンプレッサ 11 を用いるようにしたが、図 4 に示す変形実施例に示すように、複数台、直列に配置して構成するようにしたり、さらに、複数台、直列に配置したものを並列に配置して構成するようにすることができる。

これにより、膨張タービン・コンプレッサ 11 のタービン効率をそれぞれの膨張比率で最大の領域にて運転を行い、寒冷発生量に余裕を持たせるようにしたり、容易に設備流量を増加させることができ、大きなプレクール冷却器なしに、大型の燃料電池バスやトラックの充填設備を構成することが可能である。

[0034] ところで、図3に示す実施例（図4に示す実施例においても同様。）においては、図7に示すように、膨張タービン・コンプレッサ11の膨張タービン11a側の入口部に冷却器12及びその制御装置14を設け、冷却器12の水素ガスの出口温度を制御するようにしている。

 このように構成することによって、冷却器12の水素ガスの出口温度を適正に下げることができ、これにより、充填完了時の燃料タンク6内の温度の余裕度を持たせることができる。

[0035] 図7において、冷却器12の水素ガスの出口温度を、制御装置14により、例えば、通常の33℃近辺から25℃、20℃に降下させることにより、図8に示すように、充填後の燃料タンク6内の温度上昇に対して余裕を持たせるとともに、膨張タービン効率のより低いものでもプロセスとして構成できることになる。すなわち、新たなクーラで温度降下させるのではなく、冷却器12の寒冷を調節することで目的の温度にすることができる。

[0036] この場合、冷却器12の水素ガスの出口温度を検知し、充填初期（最初の20～30秒）は比較的設定を低く、充填が進むにつれ（寒冷負荷も減少するにつれ）適正な寒冷発生をプログラムし、水素ガスの出口温度を目的の温度に追従させるようにすることが望ましい。

 具体的には、水素ガスを燃料タンク6内へ充填するプロトコルの制御は、水素ガス供給ユニット13内に設けた制御装置（コントローラ）にて行うようにする。この場合、予め指定された充填時間配分に見合う最適な寒冷を内部計算し、膨張タービン11aの入口温度（冷却器12の出口温度）を最適に制御することにより、無駄な冷却を行うことなく、最小の外部エネルギーで充填を行うことができる。

[0037] また、燃料タンク6内の圧力及び温度上昇を検知して、水素ガスの出口温度を目的の温度に追従させるようにすることもできる。

 具体的には、図9に示すように、水素ガス供給ユニット13側で燃料タンク6の現在の圧力及び温度を検知し、充填完了までの最適な寒冷量を計算し、自動制御にて膨張タービン11aの入口温度（冷却器12の出口温度）を

最適に制御することにより、無駄な冷却を行うことなく、最小の外部エネルギーで充填を行うことができる。

[0038] 本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムを、水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムに適用することによって、従来の水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムの課題を、以下のとおり解決することができる。

課題1) については、膨張タービン・コンプレッサ自体の稼働には外部電力を必要としないため、従来の水素プレクールシステムの運転コスト（電気代）に対して、ほとんど電力は必要としない。

課題2) については、冷媒が存在しないので、別個には冷凍機にかからないシステムとなる。水素ステーション全体の高圧ガス保安法のなかで対処することができる。

課題3) については、フロン冷媒やブライン自体が存在しないので、環境事故に対するリスクはなくなる。

課題4) については、かなりシンプルなシステム構成となるため、運転コストのみならず保守コストも大幅に低減できる。

課題5) については、膨張タービン・コンプレッサの起動と同時に温度降下状態が作れるため、系内の時定数が非常に小さい。事前起動の時間はわずかになる。

課題6) については、膨張タービン・コンプレッサのコールドボックスのみでよいので大幅な省スペース化が図れる。従来のものに対して体積比率で10%程度になる。

課題7) については、膨張タービン・コンプレッサを複数台組み合わせたり、最適な流量の膨張タービン・コンプレッサを用いることにより、容易に設備流量を増加させることができ、大きなプレクール冷却器なしに、大型の燃料電池バスやトラックの充填設備を構成することが可能である。

課題8) については、膨張タービン・コンプレッサを用いることにより、

膨張機において発生するエネルギーを取り出し、有効利用する手段を別途設ける必要がなく、さらに、膨張タービン側にて得られた回転エネルギーを利用してコンプレッサ側にて水素ガスの圧力を上昇させて、膨張タービン入口へ導かれるようにすることによって、コンプレッサで昇圧された分、膨張タービンの膨張比が大きくなり、より多くの熱落差（＝寒冷発生量）を得ることができ、さらに、膨張タービン側入口部に冷却器を備えて水素ガスの温度を適正值に下げることにより、タンク充填完了時の温度余裕度の確保やより効率の低い膨張タービンでのプロセス成立が可能となる。

[0039] 以上、本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法について、その実施例に基づいて説明したが、本発明は上記実施例に記載した構成に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において適宜その構成を変更することができるものである。

産業上の利用可能性

[0040] 本発明の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム及びその制御方法は、構成が簡易で、現地工事費用を低減でき、保守管理役務の負担が少なく、消費電力のコストを含む運転コストを低廉にでき、さらに、膨張機において発生するエネルギーを取り出し、発電機等の外部に有効利用する手段を別途設ける必要がないという特性を有していることから、水素ステーションの最終充填部において水素ガスの温度を降下させるために用いられる水素プレクールシステムの用途に好適に用いることができる。

符号の説明

- [0041]
- 1 圧縮機設備
 - 2 水素蓄圧設備
 - 3 膨張弁
 - 4 プレクーラ
 - 5 水素プレクールシステム
 - 6 燃料タンク（タンク）
 - 7 冷凍機設備

- 8 ブライン回路
- 9 水素ガス源ライン
- 10 水素プレクールシステム
- 11 膨張タービン・コンプレッサ
 - 11 a 膨張タービン
 - 11 b コンプレッサ
- 12 冷却器
 - 12 a 冷熱源
- 13 水素ガス供給ユニット

請求の範囲

- [請求項1] 高圧に蓄圧された水素ガスをタンクへ加圧充填する際に、膨張タービンを用いて水素ガスのエンタルピー降下を行う充填システムにおいて、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセスを備えたことを特徴とする高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項2] 膨張タービン・コンプレッサが、回転体のロータ軸の一方側に膨張作用を行うインペラを、他方側に、膨張により得られた回転エネルギーを消費する圧縮作用を行うインペラを、それぞれ備えて構成されてなることを特徴とする請求項1に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項3] 膨張タービン・コンプレッサが、供給される水素ガスを用いた動圧式ガス軸受方式の軸受を備えて構成されてなることを特徴とする請求項1又は2に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項4] 膨張タービン・コンプレッサを1台で構成したことを特徴とする請求項1、2又は3に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項5] 膨張タービン・コンプレッサを複数台、直列に配置して構成したことを特徴とする請求項1、2又は3に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項6] 膨張タービン・コンプレッサの膨張タービン側入口部に冷却器を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項7] 膨張タービン・コンプレッサのコンプレッサ側入口部に冷却器を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5又は6に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システム。
- [請求項8] 高圧に蓄圧された水素ガスをタンクへ加圧充填する際に、膨張ター

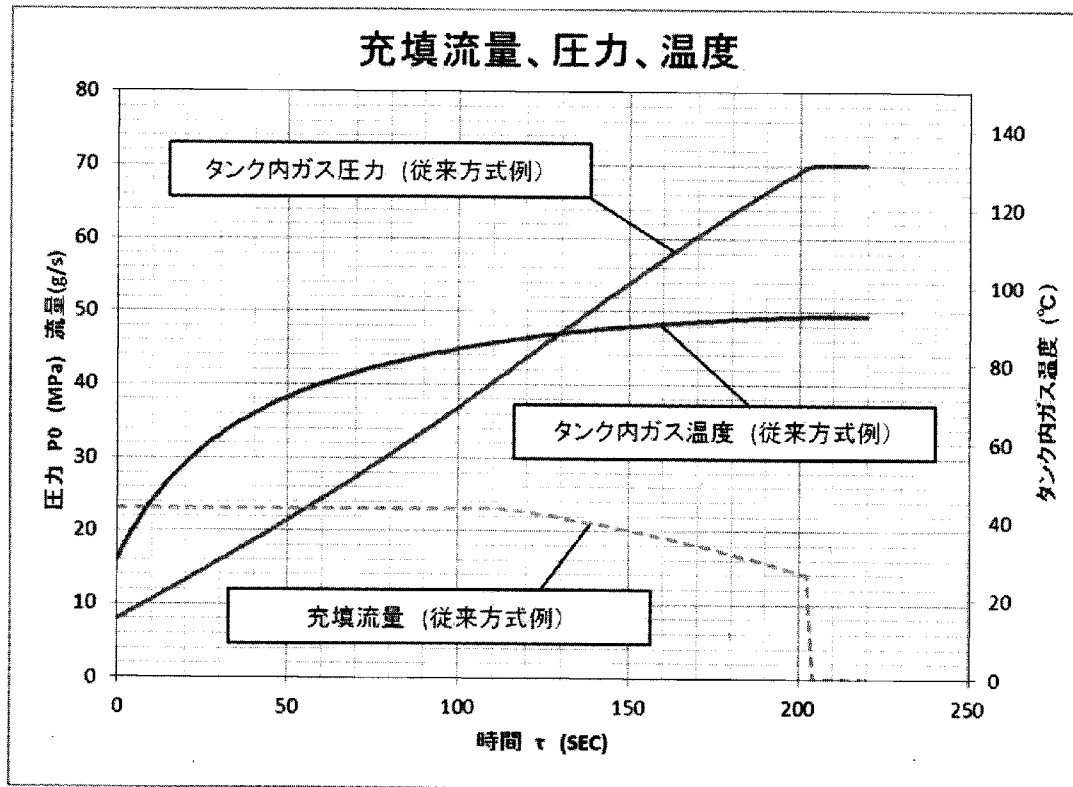
ピンを用いて水素ガスのエンタルピー降下を行う充填システムの制御方法において、膨張タービン部分に膨張タービン・コンプレッサを組み込むプロセス及び膨張タービン側入口部に冷却器を備え、該冷却器の水素ガスの出口温度を制御することを特徴とする高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法。

[請求項9] 前記冷却器の水素ガスの出口温度を検知して、該出口温度を適正温度になるように、冷却器の寒冷エネルギー量を調節追従するようにしたことを特徴とする請求項8に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法。

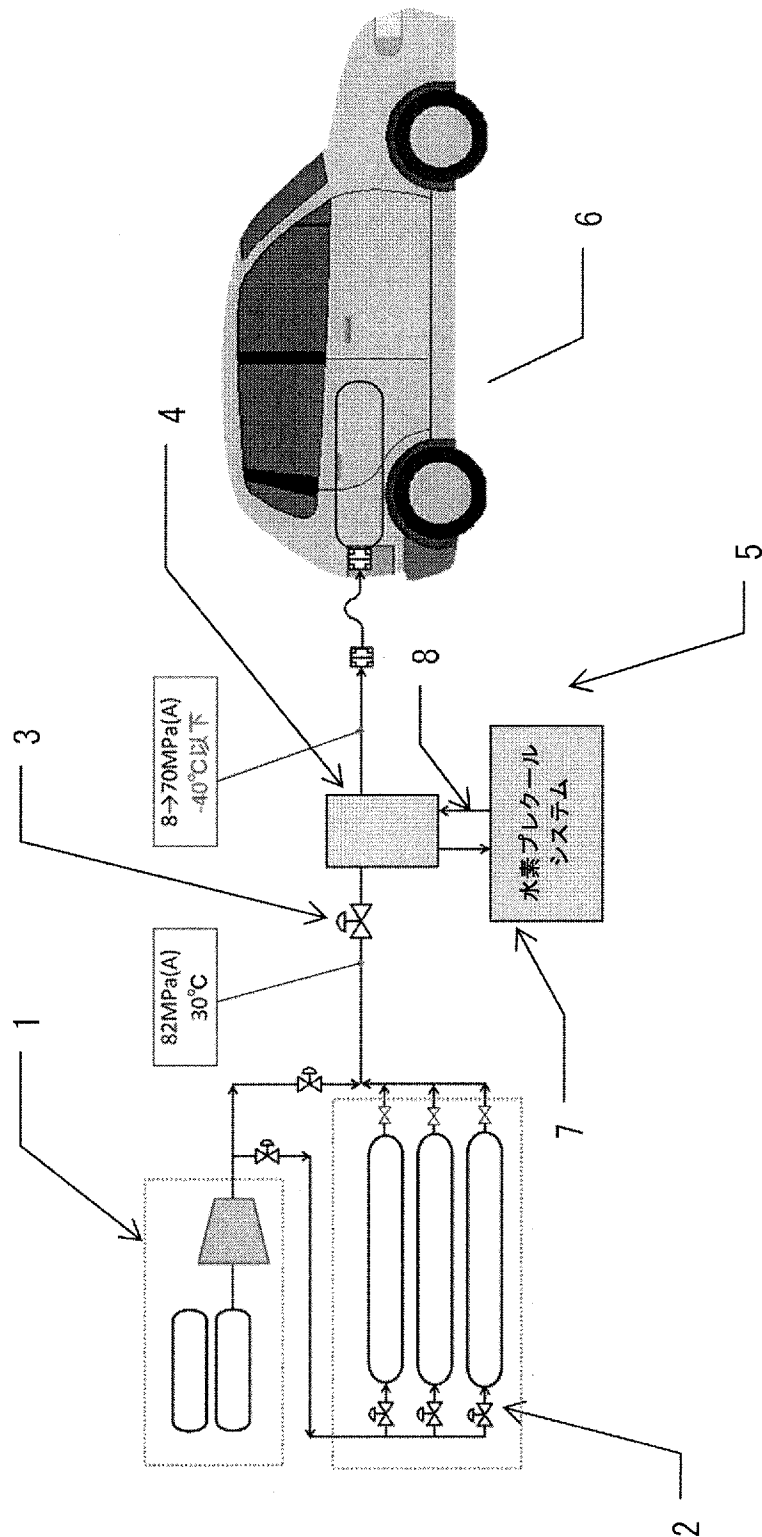
[請求項10] 水素ガスをタンクへ加圧充填する際の充填時間配分により、それぞれの充填段階で最適なガス温度になるように、冷却器の寒冷エネルギー量を調節追従するようにしたことを特徴とする請求項8又は9に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法。

[請求項11] タンクの圧力及び温度上昇を検知して、それぞれの充填段階で最適なガス温度になるように、冷却器の寒冷エネルギー量を調節追従するようにしたことを特徴とする請求項8、9又は10に記載の高圧水素の膨張タービン・コンプレッサ式充填システムの制御方法。

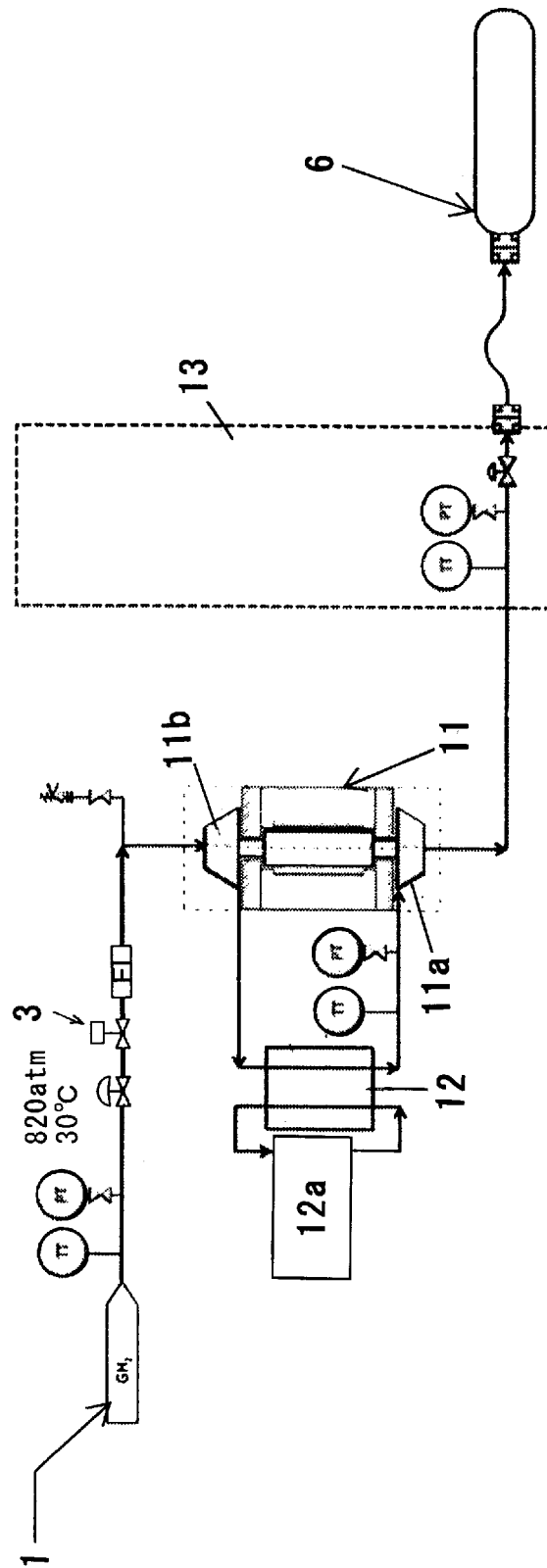
[図1]



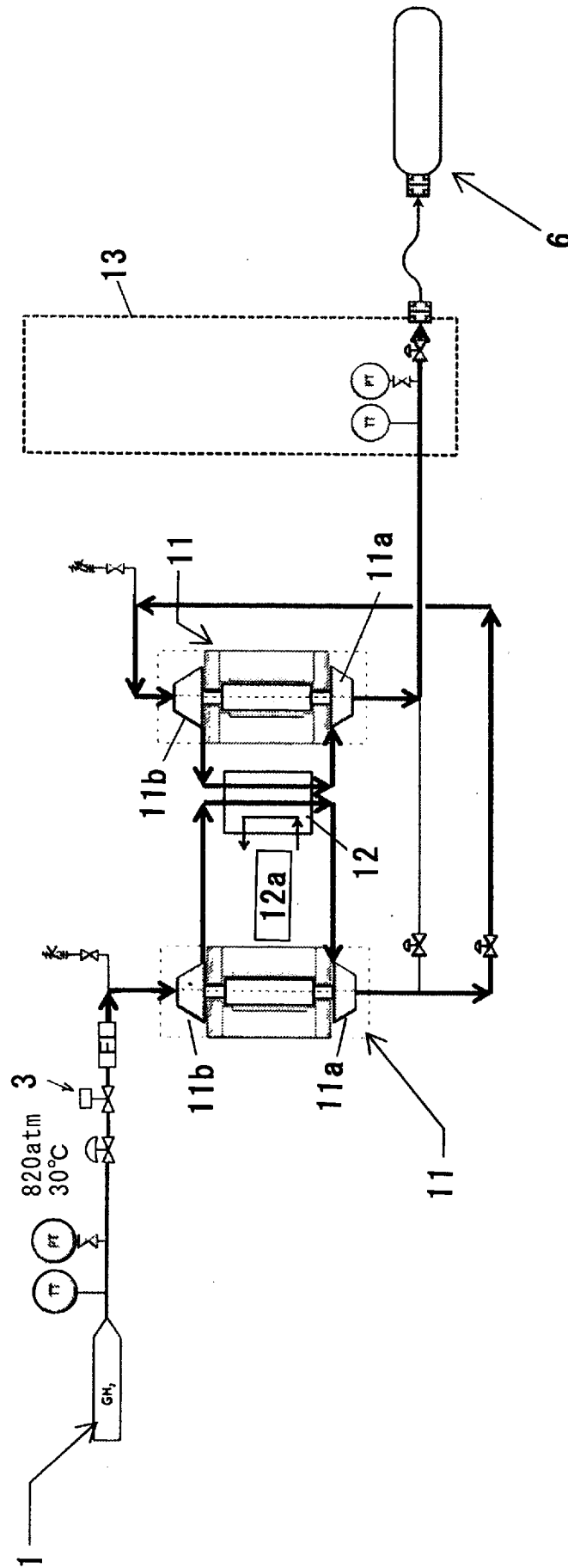
[図2]



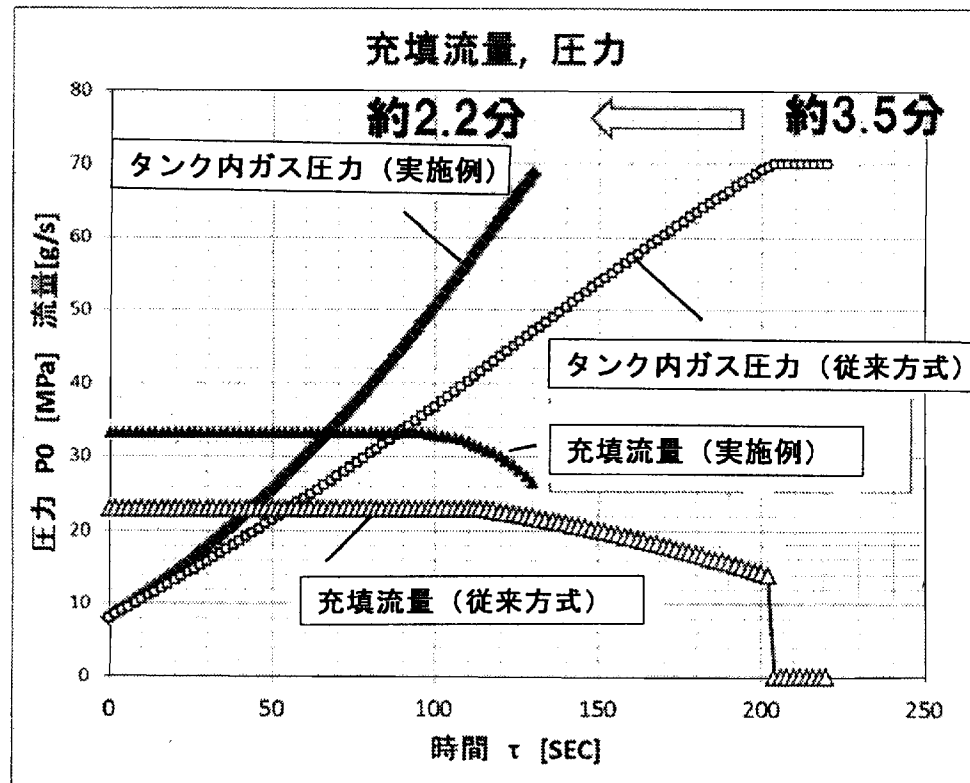
[図3]



[図4]

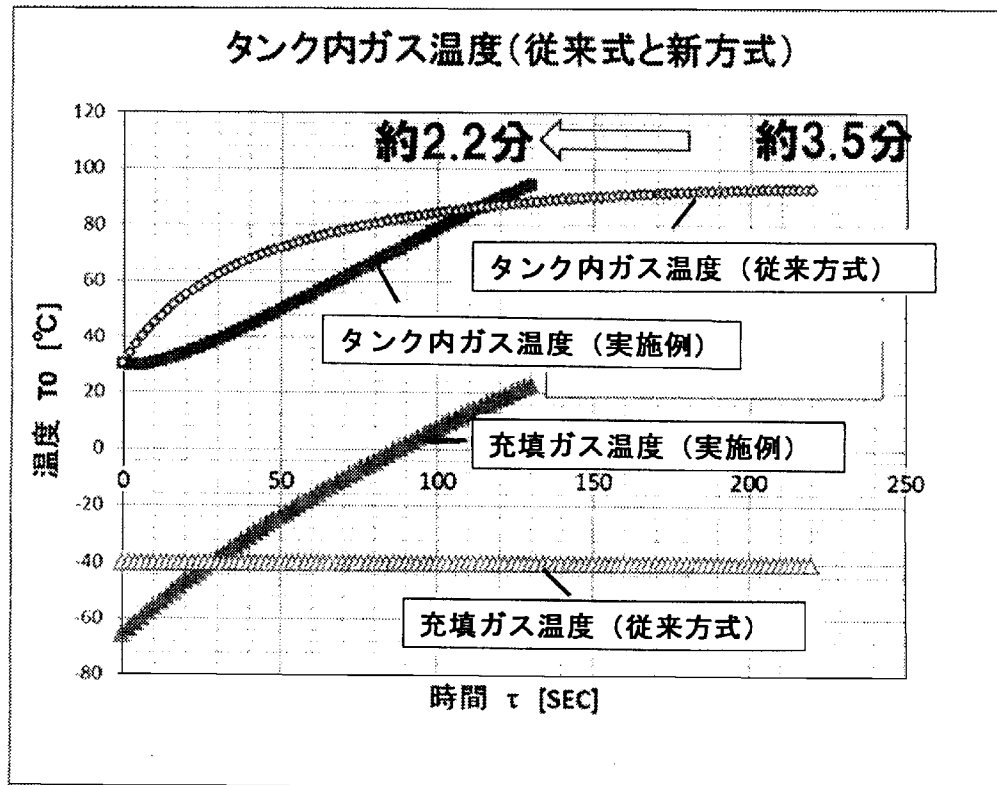


[図5]



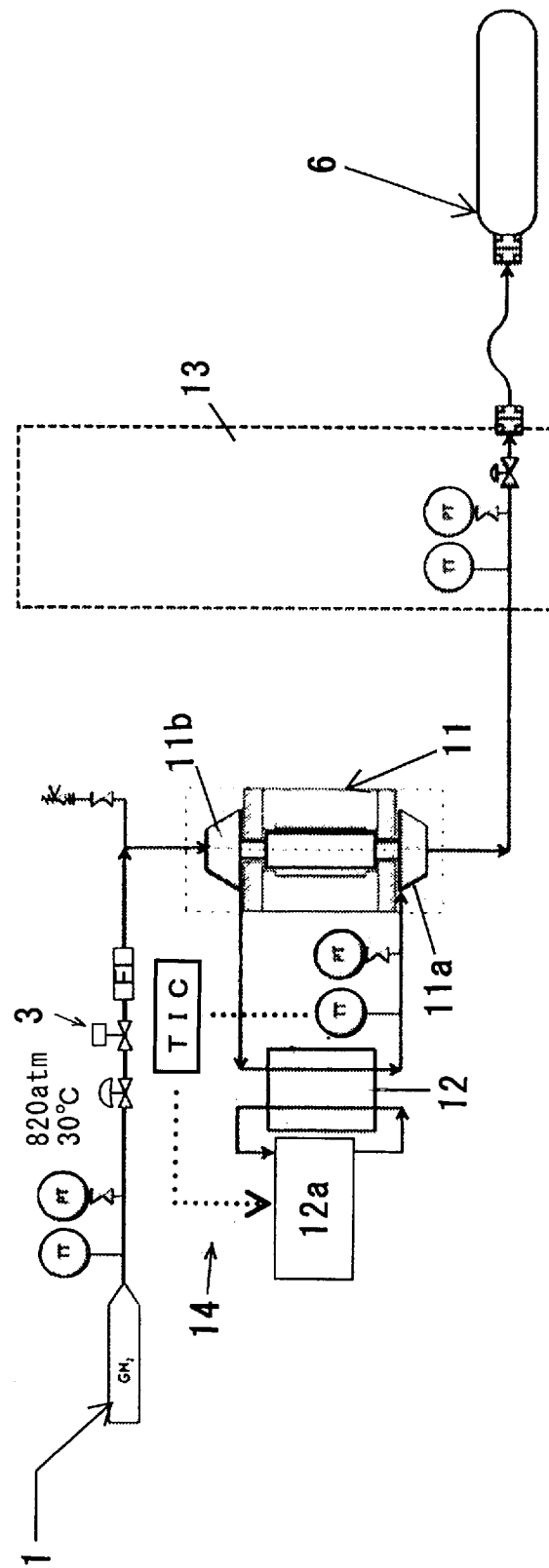
タンク容量：156L 水素ガス元圧：82MPa(A)、温度：30℃
 初期タンク圧力：8MPa(A)、初期タンク温度：30℃

[図6]

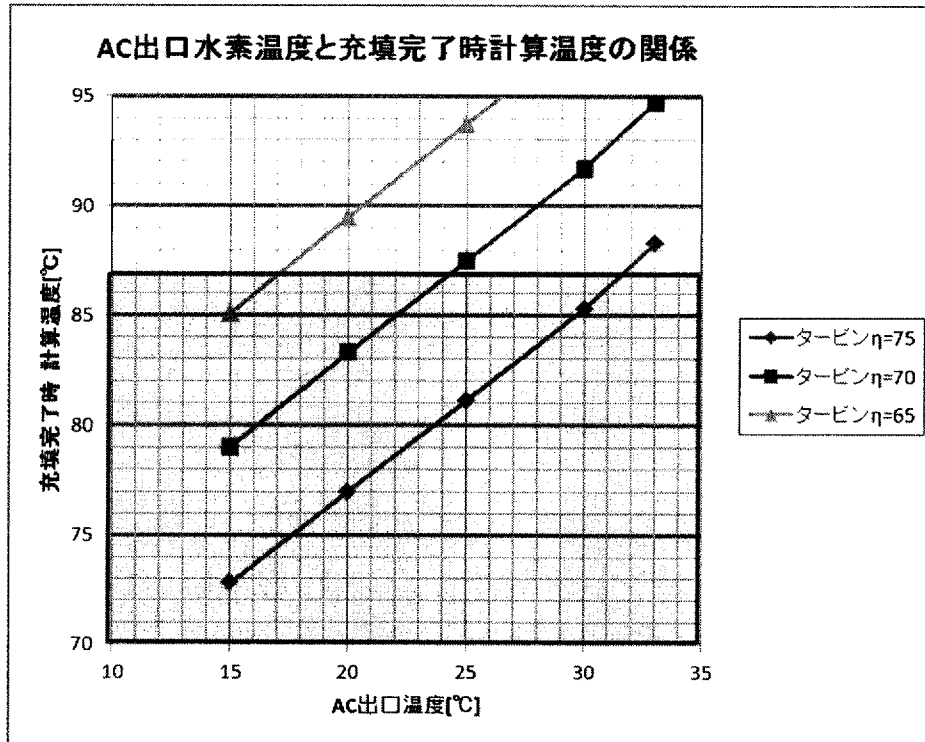


タンク容量 : 156L 水素ガス元圧 : 82MPa(A)、温度 : 30℃
 初期タンク圧力 : 8MPa(A)、初期タンク温度 : 30℃

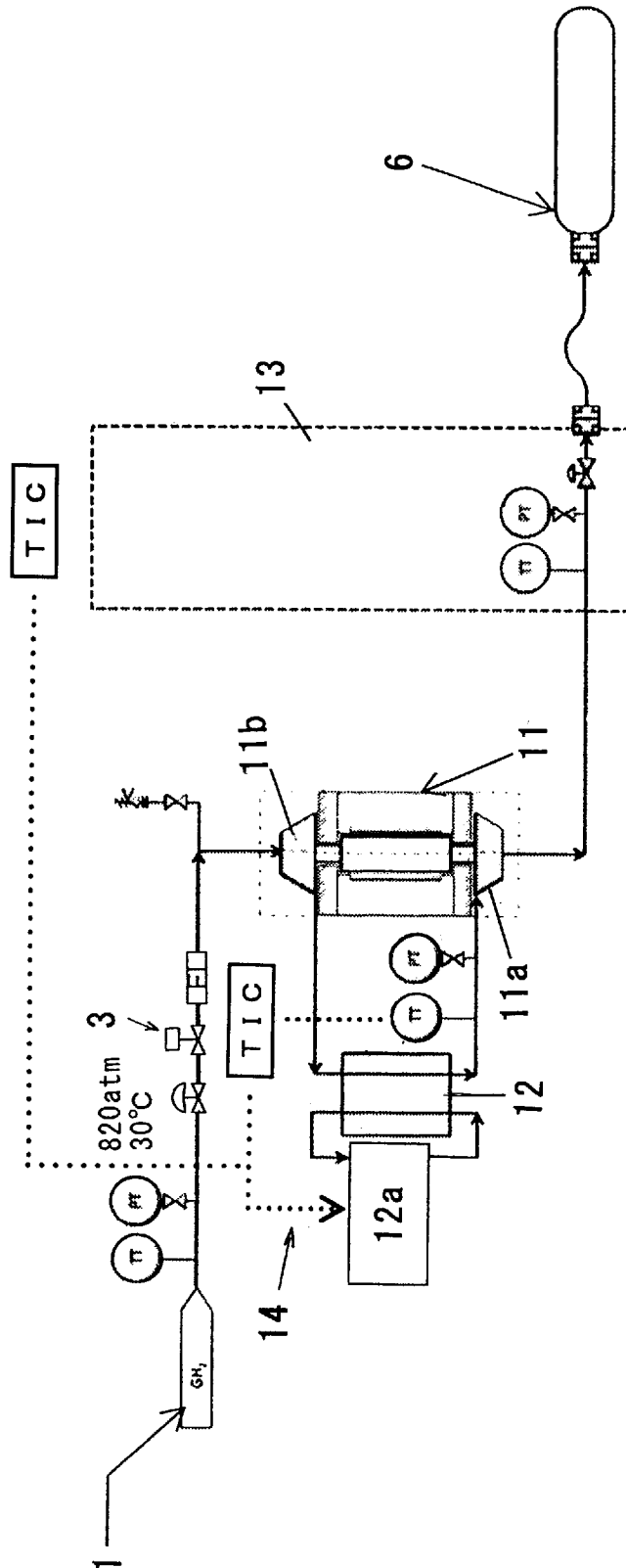
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/004669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F17C5/06(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)

F17C5/06

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 Y	JP 2010-032053 A (Linde AG.), 12 February 2010 (12.02.2010), paragraphs [0041] to [0044]; fig. 3 & US 2010/0018603 A1 paragraphs [0041] to [0045]; fig. 3 & EP 2148127 A2 & DE 102008034499 A & CN 101634397 A & KR 10-2010-0011932 A & CA 2673156 A1	1-2 3-11
Y	JP 2012-219711 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 12 November 2012 (12.11.2012), paragraphs [0033], [0040] to [0046]; fig. 3 & US 2014/0053598 A1 paragraphs [0039], [0047] to [0052]; fig. 3 & WO 2012/137270 A1 & AU 2011365154 A & CN 103477174 A	3-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
04 April 2017 (04.04.17)

Date of mailing of the international search report
18 April 2017 (18.04.17)

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/JP2017/004669

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-152871 A (Shimadzu Corp.), 05 June 2001 (05.06.2001), paragraphs [0014], [0016]; fig. 1 (Family: none)	3-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F17C5/06 (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. F17C5/06

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 Y	JP 2010-032053 A (リンデ アクチエンゲゼルシャフト) 2010.02.12, 段落 [0041] - [0044], 図3 & US 2010/0018603 A1, 段落 [0041] - [0045], 図3 & EP 2148127 A2 & DE 102008034499 A & CN 101634397 A & KR 10-2010-0011932 A & CA 2673156 A1	1-2 3-11

☒ 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

04.04.2017

国際調査報告の発送日

18.04.2017

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)

矢澤 周一郎

3 N

3 6 2 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3361

C (続き) . 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	JP 2012-219711 A (川崎重工業株式会社) 2012. 11. 12, 段落 [0 0 3 3], [0 0 4 0] – [0 0 4 6], 図 3 & US 2014/0053598 A1, 段落 [0 0 3 9], [0 0 4 7] – [0 0 5 2], 図 3 & WO 2012/137270 A1 & AU 2011365154 A & CN 103477174 A	3-11
Y	JP 2001-152871 A (株式会社島津製作所) 2001. 06. 05, 段落 [0 0 1 4], [0 0 1 6], 図 1 (ファミリーなし)	3-11