明　細　書

発明の名称 ：

液化水素荷役システム、及びボイルオフガス移送システム

技術分野

[0001]　本開示は、液化水素の荷役を行う液化水素荷役システム、及びボイルオフガスを移送するボイルオフガス移送システムに関する。

背景技術

[0002]　液化ガスの荷役を行う荷役システムがあり、その一例として例えば特許文献１に記載される荷役システムが知られている。特許文献１の荷役システムは、例えばＬＮＧ受け入れ基地に備わっている。そして、荷役システムは、荷役設備を備えている。そして、荷役設備によって払出側タンク（例えばＬＮＧ船のタンク）から受入側タンク（例えば基地のタンク）にＬＮＧが払出される。他方、払出される際に受入側タンクのボイルオフガスがリターンガスとして払出側タンクに戻される。これにより、払出側タンクが負圧となることが抑制されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１１－９９５００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の荷役システムに備わる荷役設備には、様々な構成が備わっている。各構成には、部品の間からガスが漏れることを防ぐべくシール装置が設けられている。シール装置では、ガスケット等によるメカニカルシールと共にシールガスが利用されている。そして、シールガスとしては、窒素が用いられている。

[0005]　特許文献１の荷役システムで荷役される液化ガスは、ＬＮＧであるが、荷役される液化ガスとしてはＬＮＧの他に水素がある。水素の液化温度は、窒

素の固化温度より低温である。それ故、ＬＮＧと同じ荷役システムを用いて水素を荷役すると、シールガスである窒素が固化する。そうすると、シール装置が機能しなくなることが考えられる。なお、ボイルオフガスを移送する移送設備を備えるボイルオフガス移送システムにおいても同様に、移送設備のシール装置が機能しなくなることが考えられる。

[0006] そこで本開示の目的は、シールガスが固化してシール装置が機能しなくなることを抑制できる液化水素荷役システム、及びボイルオフガス移送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

[0007] 本開示の液化水素荷役システムは、液化水素を貯留すると水素タンクと、前記水素タンクに対する液化水素の荷役を行う荷役設備と、前記荷役設備に設けられ、前記荷役設備内と大気との間を第１シールガスによって密封するシール装置と、前記水素タンクで気化したボイルオフガスを第１シールガスとして前記シール装置に供給するシールガス供給系統と、を備えているものである。

[0008] 本開示の液化水素荷役システムに従えば、ボイルオフガスである水素をシール装置のシールガスとして用いることによって、シールガスが液化することを抑制できる。これにより、シールガスが固化してシール装置が機能しなくなることを抑制できる。

[0009] 本開示のボイルオフガス移送システムは、液化水素を貯留すると水素タンクと、前記水素タンクで気化したボイルオフガスを移送する移送設備と、前記移送設備に設けられ、前記移送設備内と大気との間を第１シールガスによって密封するシール装置と、を備え、前記シール装置には、第１シールガスとしてボイルオフガスが供給されるものである。

[0010] 本開示のボイルオフガス移送システムに従えば、ボイルオフガスである水素をシール装置のシールガスとして用いることによって、シールガスが液化することを抑制できる。これにより、シールガスが固化してシール装置が機能しなくなることを抑制できる。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、シールガスが固化してシール装置が機能しなくなることを抑制できる。

[0012] 本開示の上記目的、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

[0013] [図1]本開示の第１実施形態に係る液化水素荷役システムを示す構成図である。

[図2]図１の液化水素荷役システムのシール装置を示す断面図である。

[図3]図１の液化水素荷役システムにおける荷役期間外のボイルオフガスの流れを示す構成図である。

[図4]図１の液化水素荷役システムにおける荷役期間のボイルオフガスの流れを示す構成図である。

[図5]本開示の第２実施形態に係る液化水素荷役システムを示す構成図である。

[図6]本開示の第３実施形態に係る液化水素荷役システムを示す構成図である。

[図7]本開示の第４実施形態に係るボイルオフガス移送システムを示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本開示に係る第１乃至第３実施形態の液化水素荷役システム１，１Ａ，１Ｂ、及び第４実施形態のボイルオフガス移送システム１Ｃ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、開示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、以下に説明する液化水素荷役システム１，１Ａ，１Ｂ及びボイルオフガス移送システム１Ｃは、本開示の一実施形態に過ぎない。従って、本開示は実施形態に限定されず、開示の趣旨を逸脱しない範囲で追加、削除、変更が可能である。

[0015] ［第１実施形態］

＜液化水素荷役システム＞

図１に示す液化水素荷役システム１は、船舶又は陸上設備に備わるタンク２との間で液化水素を荷役する。本実施形態において、液化水素荷役システム１は、港湾等の陸上に設けられている。また、タンク２は、船舶（例えば、タンカー）に備わり且つ液化水素を貯留することができる。そして、液化水素荷役システム１は、船舶のタンク２との間で荷役する。但し、液化水素荷役システム１は、必ずしも陸上に設けられている必要はない。例えば、液化水素荷役システム１は、船舶に設けられてもよい。液化水素荷役システム１についてより詳細に説明すると、液化水素荷役システム１は、水素タンク１１と、荷役設備１２と、シール装置１３と、シールガス供給系統１４と、排出設備１５と、を備えている。

[0016] ＜水素タンク＞

水素タンク１１は、液化水素を貯留することができる。水素タンク１１は、真空断熱構造等の断熱構造を有している。そして、水素タンク１１は、その中に貯留される液化水素の温度を液化水素１１ａの沸点未満に保持している。また、水素タンク１１では、液化水素の一部が気化している。そして、水素タンク１１において、液化水素を除いた部分がボイルオフガス１１ｂによって満たされている。なお、タンク２もまた、水素タンク１１と同様に構成されている。

[0017] ＜荷役設備＞

荷役設備１２は、水素タンク１１とタンク２との間で液化水素を荷役する。即ち、水素タンク１１に貯留される液化水素がタンク２に輸送され、又はタンク２に貯留される液化水素が水素タンク１１に輸送される。より詳細に説明すると、荷役設備１２は、液化水素用配管２１と、リターンガス用配管２２と、液圧ポンプ２３と、リターンガスブロワ２４とを有している。

[0018] 液化水素用配管２１は、水素タンク１１とタンク２とを繋ぐ配管である。より詳細に説明すると、液化水素用配管２１は、水素タンク１１に繋がって

いる。また、液化水素用配管２１は、図示しないジョイントを介してタンク２に接続することができる。そして、液化水素用配管２１は、タンク２に接続されている状態において、水素タンク１１からタンク２又はその逆方向に液化水素を流すことができる。

[0019] リターンガス用配管２２は、水素タンク１１とタンク２とを繋ぐ配管である。より詳細に説明すると、リターンガス用配管２２は、例えば水素タンク１１に繋がっている。リターンガス用配管２２は、液化水素用配管２１と同様に図示しないジョイントを介してタンク２に接続することができる。また、リターンガス用配管２２は、水素タンク１１からタンク２又はその逆方向にボイルオフガス（リターンガス）を流すことができる。

[0020] 液圧ポンプ２３は、液化水素用配管２１に介在している。そして、液圧ポンプ２３は、払出側タンク（本実施形態においてタンク２）から受入側タンク（本実施形態において水素タンク１１）に液化水素を送ることができる。これにより、水素タンク１１とタンク２との間で液化水素を荷役することができる。なお、払出側タンクが水素タンク１１の場合、液圧ポンプ２３は、前述する方向と逆方向に液化水素を送る。また、液圧ポンプ２３は、必ずしも荷役設備１２に備わっている必要はなく、荷役船に設けられていてもよい。また、液圧ポンプ２３は、タンク２又は水素タンク１１の内部に設けられてもよい。

[0021] リターンガスブロワ２４は、リターンガス用配管２２に介在している。そして、リターンガスブロワ２４は、受入側タンク（本実施形態において水素タンク１１）から払出側タンク（本実施形態においてタンク２）リターンガスを送ることができる。なお、払出側タンクが水素タンク１１の場合、リターンガスブロワ２４は、前述する方向と逆方向にリターンガスを送る。リターンガスブロワ２４についてより詳細に説明すると、リターンガスブロワ２４は、例えばコンプレッサである。即ち、リターンガスブロワ２４は、リターンガスを圧縮して送る。更に詳細に説明すると、リターンガスブロワ２４は、図２に示すようにケーシング３１、インペラ３２とを有している。

[0022] ケーシング３１は、リターンガス用配管２２に介在している。より詳細に説明すると、ケーシング３１は、流路３１ａ及び軸部挿通孔部３１ｂが形成されている。流路３１ａは、リターンガス用配管２２に介在している。即ち、流路３１ａでは、一方側及び他方側の各々がリターンガス用配管２２を介して水素タンク１１及びタンク２に接続されている。軸部挿通孔部３１ｂは、ケーシング３１に形成される孔である。そして、軸部挿通孔部３１ｂは、その一方側が流路３１ａに開口し、且つ他方側が大気側に開口している。

[0023] インペラ３２は、軸部３２ａとインペラ部３２ｂとを有している。軸部３２ａは、ケーシング３１の軸部挿通孔部３１ｂに挿通され且つそこで回動可能に支持されている。また、軸部３２ａの軸方向一端部には、ケーシング３１外に設けられている図示しないエンジン又は電動機等の原動機が接続されている。また、軸部３２ａの軸線方向他端部には、インペラ部３２ｂが設けられている。インペラ部３２ｂは、流路３１ａに配置されている。インペラ部３２ｂは、原動機によって軸部３２ａが回転させられると、流路３１ａのリターンガスを圧縮する。そして、インペラ部３２ｂは、軸部３２ａの回転方向に応じてリターンガスを水素タンク１１及びタンク２の何れかに送る。

[0024] このように構成されている荷役設備１２は、液化水素を水素タンク１１とタンク２との間で荷役する荷役期間において以下のように動作する。即ち、荷役設備１２では、液化水素を荷役する際、液化水素を輸送する輸送方向に応じて液圧ポンプ２３が作動する。ここで、輸送方向とは、払出側タンクから受入側タンクに向かう方向である。例えば、払出側タンクがタンク２の場合、受入側タンクは水素タンク１１である。また、払出側タンクが水素タンク１１の場合、受入側タンクはタンク２である。そして液圧ポンプ２３を作動させることによって、払出側のタンクから受入側のタンクに液化水素が輸送される。また、荷役設備１２は、液化水素を輸送する際、液圧ポンプ２３と共に輸送方向に応じてリターンガスブロワ２４を作動させる。即ち、リターンガスブロワ２４は、輸送方向と逆の方向にリターンガスを送る。これにより、払出側タンク内において過度な圧力低下が生じることが抑制され、且

つ受入側タンク内において過度な圧力上昇が生じることが抑制されている。

[0025] ＜シール装置＞

シール装置１３は、荷役設備１２に設けられている。そして、シール装置１３は、荷役設備１２内と大気との間をシールガスによって密封する。より詳細に説明すると、シール装置１３は、極低温の水素が流れる荷役設備１２内と大気との間をシールガスによって密封する。本発明において、「密封」とは、荷役設備１２内を流れる気体、即ちボイルオフガスが大気に放出されないことである。また、本発明において、「極低温」とは、窒素が固化する温度以下である。本実施形態において、シール装置１３は、荷役設備１２のリターンガスブロワ２４に設けられている。そして、シール装置１３は、リターンガスブロワ２４内と大気との間をシールガスによって密封する。なお、リターンガスブロワ２４は、シール装置１３が設けられる対象の一例であって、荷役設備１２において配管やその他の機器に設けられてもよい。シール装置１３は、互いに相対移動する２つの部材の間を密封する場合に特に好適である。但し、シール装置１３は、互いに相対移動しない２つの部材の間を密封する場合に用いられてもよい。また、シール装置１３は、水素タンク１１と、移送設備の一例であるリターンガスブロワ２４と共にボイルオフガス移送システム６０を構成している。なお、本実施形態において、ボイルオフガス移送システム６０は、後述するシールガス供給系統１４も備えている。シール装置１３についてより詳細に説明すると、シール装置１３は、３つのシール部材１３ａ～１３ｃと、第１シールガス空間３４と、第２シールガス空間３５とを有している。

[0026] ３つのシール部材１３ａ～１３ｃは、リターンガスブロワ２４においてケーシング３１と軸部３２ａとの間に設けられている。更に詳細に説明すると、シール部材１３ａ～１３ｃは、円環状に形成されている。なお、各シール部材１３ａ～１３ｃは、１つ又は複数のシールによって構成されている。そして、リターンガスブロワ２４内から順に第１シール部材１３ａ、第２シール部材１３ｂ、及び第３シール部材１３ｃが互いに間隔をあけて軸部３２ａ

に外装されている。そして、シール部材１３ａ～１３ｃは、ケーシング３１の軸部挿通孔部３１ｂと軸部３２ａとの間に介在し、軸部挿通孔部３１ｂと軸部３２ａとの間を密封する。

[0027] 第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５は、リターンガスブロワ２４内と大気側との間に配置されている。第１シールガス空間３４には、第１シールガスであるボイルオフガスが供給されている。第２シールガス空間３５は、第１シールガス空間３４より大気側に設けられている。また、第２シールガス空間３５には、窒素供給装置１６から窒素ガスである第２シールガスが供給されている。そして、シール装置１３は、２つのシールガス空間３４，３５に夫々供給される第１シールガス及び第２シールガスによってリターンガスブロワ２４内と大気との間を密封する。なお、第２シールガスは、窒素ガスに限定されずアルゴンガス等の他のガスであってもよい。

[0028] より詳細に説明すると、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５は、ケーシング３１の軸部挿通孔部３１ｂに形成されている。そして、第１シールガス空間３４は、第１シール部材１３ａと第２シール部材１３ｂとの間に形成され、第２シールガス空間３５は、第２シール部材１３ｂと第３シール部材１３ｃとの間に形成されている。更に詳細に説明すると、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５は、軸部挿通孔部３１ｂにおいて周方向全周にわたって形成され且つ径方向外方に凹んでいる。即ち、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５は、軸部３２ａを周方向全周にわたって囲むように円環状に形成されている。

[0029] このように構成されているシール装置１３では、シール部材１３ａ～１３ｃによってリターンガスブロワ２４内のリターンガスが大気に放出されることを抑制する。更に、シール装置１３は、第１シールガス空間３４によってシール部材１３ａを介して僅かに漏れ出るリターンガスを捕捉する。これにより、シール装置１３は、リターンガスが大気に漏れ出ることを抑制している。更に、第２シールガス空間３５によって第１シールガス空間３４から第２シール部材１３ｂを介して漏れ出る第１シールガスが捕捉される。これに

より、シール装置１３は、第１シールガスが漏れ出ることを抑制している。このようにして、シール装置１３では、第１シールガス及び第２シールガスによって、リターンガスブロワ２４内と大気との間が密封されている。

[0030] ＜シールガス供給系統＞

シールガス供給系統１４は、水素タンク１１で気化したボイルオフガスを第１シールガスとしてシール装置１３に供給する。より詳細に説明すると、シールガス供給系統１４は、ボイルオフガス回収ライン４１と、圧縮機４２と、ボイルオフガス用貯留槽４３と、供給ライン４４とを有している。ボイルオフガス回収ライン４１は、水素タンク１１に接続されている。そして、ボイルオフガス回収ライン４１には、水素タンク１１のボイルオフガスが導かれる。本実施形態において、ボイルオフガス回収ライン４１は、リターンガス用配管２２に分岐するように繋がっている。

[0031] 圧縮機４２は、ボイルオフガス回収ライン４１に介在している。圧縮機４２は、ボイルオフガス回収ライン４１に導かれるボイルオフガスを吸引して圧縮する。そして、圧縮機４２は、ボイルオフガス回収ライン４１の下流側へと送る。

[0032] ボイルオフガス用貯留槽４３は、圧縮機４２によって移送されるボイルオフガスを貯留する。より詳細に説明すると、ボイルオフガス用貯留槽４３は、ボイルオフガス回収ライン４１に接続されている。ボイルオフガス用貯留槽４３には、圧縮機４２で圧縮されたボイルオフガス（即ち、圧縮ガス）がボイルオフガス回収ライン４１を介して送られる。そして、ボイルオフガス用貯留槽４３は、送られた圧縮ガスをその中に貯留する。また、ボイルオフガス用貯留槽４３は、圧縮ガスを常温にて保持している。

[0033] 供給ライン４４は、ボイルオフガス用貯留槽４３に接続されている。また、供給ライン４４は、シール装置１３に接続されている。即ち、ボイルオフガス用貯留槽４３は、供給ライン４４を介してシール装置１３に接続されている。より詳細に説明すると、供給ライン４４は、シール装置１３における第１シールガス空間３４に接続されている。

[0034] このように構成されているシールガス供給系統１４では、水素タンク１１のボイルオフガスがボイルオフガス用貯留槽４３に貯留される。より詳細に説明すると、シールガス供給系統１４では、荷役設備１２で荷役作業が行われていない荷役期間外において水素タンク１１のボイルオフガスがボイルオフガス用貯留槽４３に貯留される。即ち、シールガス供給系統１４では、荷役期間外において圧縮機４２が駆動する。これにより、水素タンク１１のボイルオフガスがボイルオフガス回収ライン４１を介して圧縮機４２に吸引される。更に、圧縮機４２によってボイルオフガスが圧縮されてボイルオフガス用貯留槽４３に送られる。これにより、ボイルオフガス用貯留槽４３に圧縮ガスが貯留される。

[0035] 他方、シールガス供給系統１４では、荷役期間において、ボイルオフガス用貯留槽４３に貯留されたボイルオフガスが第１シールガスとしてシール装置１３に送られる。より詳細に説明すると、シールガス供給系統１４では、シール装置１３の第１シールガス空間３４にボイルオフガス用貯留槽４３から第１シールガスが供給される。また、第２シールガス空間３５には、窒素供給装置１６から第２シールガスが供給されている。即ち、シール装置１３に第１シールガス及び第２シールガスが供給される。これにより、シール装置１３は、リターンガスブロワ２４内と大気との間を密封する。

[0036] ＜排出設備＞

排出設備１５は、第１シールガス空間３４に供給される第１シールガスを排出する。より詳細に説明すると、排出設備１５は、第１シールガス空間３４及び大気に繋がっている。そして、排出設備１５は、第１シールガス空間３４に供給される第１シールガスを大気に排出する。また、排出設備１５は、第１シールガス空間３４に加えて第２シールガス空間３５に接続されている。排出設備１５は、第２シールガス空間３５もまた大気に排出する。より詳細に説明すると、排出設備１５は、第１シールガス及び第２シールガスを含む混合ガスを大気に排出する。

[0037] 本実施形態において、排出設備１５は、ベントライン５１及びバルブ５２

を有している。また、ベントライン５１は、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５に接続され、且つ大気に繋がっている。更に、ベントライン５１には、バルブ５２が設けられている。そして、排出設備１５は、リターンガスブロワ２４が駆動している間、バルブ５２を開く。これにより、各シールガス空間３４，３５に夫々供給される２つのシールガスを含む混合ガスがベントライン５１を介して大気へと放出される。

[0038] ＜液化水素荷役システムの作用効果＞

液化水素荷役システム１では、荷役期間外において圧縮機４２が作動する。そうすると、図３の太線で示すように水素タンク１１内で気化するボイルオフガスがボイルオフガス回収ライン４１を介して圧縮機４２によって吸引されて圧縮される。そして、ボイルオフガスは、圧縮ガスとしてボイルオフガス用貯留槽４３に送られる。これにより、圧縮ガスがボイルオフガス用貯留槽４３に貯留される。

[0039] また、液化水素荷役システム１は、荷役期間において以下のように動作する。即ち、液化水素荷役システム１では、荷役設備１２にタンク２が接続されることによって液化水素の荷役が開始される。以下では、図４の太線で示すように払出側タンクがタンク２であり、受入側タンクが水素タンク１１である場合を例に挙げて説明する。即ち、液化水素荷役システム１では、荷役期間において液圧ポンプ２３が作動する。そうすると、タンク２から水素タンク１１に液化水素が輸送される。他方、液化水素荷役システム１では、荷役期間においてリターンガスブロワ２４も作動する。リターンガスブロワ２４は、水素タンク１１のボイルオフガスをリターンガスとしてタンク２に送る。なお、払出側タンクが水素タンク１１であり、受入側タンクがタンク２である場合、液化水素及びリターンガスの各々が前述する方向と逆方向に送られる。

[0040] また、液化水素荷役システム１では、リターンガスブロワ２４が作動する間、ボイルオフガス用貯留槽４３に貯留されている圧縮ガスがシールガスとしてシールガス供給系統１４からシール装置１３に供給されている（図４の

二点太線参照）。より詳細に説明すると、リターンガスブロワ２４が作動する間、排出設備１５においてバルブ５２が開けられる。そうすると、ボイルオフガス用貯留槽４３の圧縮ガスがシールガスとしてシールガス供給系統１４の供給ライン４４に供給される。そして、シールガスは、供給ライン４４を介してシール装置１３の第１シールガス空間３４に流れる。第１シールガス空間３４では、シール部材１３ａを介して僅かに漏れ出るリターンガスが第１シールガスによって捕捉される。これにより、リターンガスがそのままの状態で大気に漏れ出ることを抑制できる。また、第２シールガス空間３５には、図示しない供給装置から窒素ガスである第２シールガスが供給される。第２シールガス空間３５では、第１シールガス空間３４から第２シール部材１３ｂを介して漏れ出る第１シールガスが捕捉される。これにより、第１シールガスがそのままの状態で大気に漏れ出ることを抑制できる。このようにして、シール装置１３は、第１シールガス及び第２シールガスによって、リターンガスブロワ２４内と大気との間を密封している。

[0041] また、第１シールガス空間３４の第１シールガスは、ベントライン５１を介して大気に排出される。これにより、第１シールガス空間３４に第１シールガスが常時供給させることができるので、第１シールガスの温度が低下することを抑制できる。また、第２シールガスは、第１シールガスと共にベントライン５１を介して大気に排出される。これにより、第２シールガス空間３５に第２シールガスを常時供給して排出することができるので、第２シールガスの温度が低下することを抑制できる。即ち、第２シールガスである窒素の固化が更に抑制される。

[0042] 本実施形態の液化水素荷役システム１では、ボイルオフガスである水素をシール装置１３の第１シールガスとして用いることによって、第１シールガスが液化することを抑制できる。これにより、第１シールガスが固化してシール装置１３が機能しなくなることを抑制できる。

[0043] また、液化水素荷役システム１では、窒素ガスが流れる第２シールガス空間３５が第１シールガス空間３４より大気側に配置されているので、第２シ

ールガス空間３５における窒素ガスが固化することが抑制できる。それ故、シールガスである窒素ガスが固化してシール装置１３が機能しなくなることを抑制できる。また、ボイルオフガスと大気との間に窒素ガスを介在させることによって、第１シールガスがそのままの状態で大気に放出されることを抑制できる。

[0044] 更に、液化水素荷役システム１では、荷役期間外においてボイルガスがボイルオフガス用貯留槽４３に貯留される。そして、荷役期間において、貯留したボイルオフガスをシールガスとしてシール装置１３に供給することができる。これにより、大量のシールガスをシール装置１３に供給することができる。

[0045] また、液化水素荷役システム１では、ボイルオフガスを圧縮してボイルオフガス用貯留槽４３に供給するので、より多くのボイルオフをボイルオフガス用貯留槽４３に貯留することができる。これにより、期間中において、より多くのシールガスをシール装置１３に供給することができる。

[0046] 更に、液化水素荷役システム１では、排出設備１５から第１シールガス空間３４の第１シールガスが排出される。これにより、シールガス供給系統１４から第１シールガス空間３４に第１シールガスを供給し続けることができるので、第１シールガスが第１シールガス空間３４に滞留してリターンガスによって冷却されることを抑制できる。即ち、第１シールガスの温度低下を抑制することができる。これにより、第２シールガスの温度低下も抑制することができるので、窒素ガスが固化してシール装置１３が機能しなくなることを更に抑制できる。

[0047] 液化水素荷役システム１において、シール装置１３は、荷役設備１２に含まれるリターンガスブロワ２４に設けられている。それ故、シールガスが固化してリターンガスブロワ２４が動かなくなることを防ぐことができる。

[0048] ボイルオフガス移送システム６０では、ボイルオフガスである水素をシール装置１３の第１シールガスとして用いることによって、第１シールガスが液化することを抑制できる。これにより、第１シールガスが固化してシール

装置１３が機能しなくなることを抑制できる。

[0049] ［第２実施形態］

第２実施形態の液化水素荷役システム１Ａは、第１実施形態の液化水素荷役システム１と構成が類似している。従って、第２実施形態の液化水素荷役システム１Ａの構成については、主に第１実施形態の液化水素荷役システム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。

[0050] 第２実施形態の液化水素荷役システム１Ａは、図５に示すように、水素タンク１１と、荷役設備１２と、シール装置１３と、シールガス供給系統１４と、排出設備１５Ａと、を備えている。排出設備１５Ａは、排出される第１シールガスをシールガス供給系統１４に戻す。より詳細に説明すると、排出設備１５Ａには、第１シールガスが第１シールガス空間３４から排出される。そして、排出設備１５Ａは、排出させた第１シールガスをシールガス供給系統１４に戻す。更に詳細に説明すると、排出設備１５Ａは、混合ガス回収ライン５３と、混合ガスブロワ５４と、水素再生装置５５と、水素回収ライン５６と、ベントライン５１Ａ、バルブ５２、を有している。

[0051] 混合ガス回収ライン５３は、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５に接続されている。そして、混合ガス回収ライン５３には、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５の各々からシールガスが排出される。そして、混合ガス回収ライン５３には、２つのシールガスが混合した混合ガスが流される。混合ガスブロワ５４は、混合ガス回収ライン５３に介在している。そして、混合ガスブロワ５４は、混合ガス回収ライン５３を流れる混合ガスをその下流側（詳しくは、後で詳述する水素再生装置５５）に送る。

[0052] 水素再生装置５５は、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５に接続されている。より詳細には、水素再生装置５５は、混合ガス回収ライン５３を介して第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５に接続されている。水素再生装置５５は、混合ガスから第１シールガスと第２シ

ールガスとを分離する。そして、水素再生装置５５は、混合ガスから第１シールガス（即ち、水素）を分離してシールガス供給系統１４に戻す。

[0053] 本実施形態において、水素再生装置５５は、例えば以下のようにして混合ガスから第１シールガスと第２シールガスとを分離する。即ち、水素再生装置５５には、リターンガス用配管２２が通されている。そして、水素再生装置５５では、リターンガス用配管２２を流れるリターンガスと、混合ガスとの間で熱交換が行われる。これにより、水素再生装置５５は、混合ガスの第２シールガス（即ち、窒素）を液化又は固化させる。他方、水素である第１シールガスは、気体の状態にて維持される。それ故、水素再生装置５５において、混合ガスから第１シールガスと第２シールガスとが分離される。なお、分離する方法は、前述する冷熱を用いた方法に限定されず、その他の方法（例えば、プレッシャースイング吸着方式（ＰＳＡ方式））が用いられてもよい。

[0054] また、水素再生装置５５は、荷役期間外において液化又は固化した第２シールガスである窒素を再び気化させる。より詳細に説明すると、窒素は、前述するようにリターンガスによって液化又は固化される。それ故、荷役期間外のようにリターンガス用配管２２におけるリターンガスの流れが止まると、液化又は固化した窒素が再び気化する。

[0055] 水素回収ライン５６は、水素再生装置５５で分離された第１シールガス、即ち水素をシールガス供給系統１４に戻す。より詳細に説明すると、水素回収ライン５６は、水素再生装置５５と、圧縮機４２に接続されている。水素回収ライン５６は、水素再生装置５５で分離された水素が導かれる。水素回収ライン５６に導かれる水素は、圧縮機４２に吸引されて圧縮される。そして、圧縮されたガスは、ボイルオフガス回収ライン４１を介してボイルオフガス用貯留槽４３に送られる。このようにして、水素再生装置５５で分離された水素は、圧縮ガスとしてボイルオフガス用貯留槽４３に貯留される。なお、水素回収ライン５６には、開閉バルブ５６ａが介在している。そして、開閉バルブ５６ａは、荷役期間において水素回収ライン５６を閉じている。

これにより、水素再生装置５５にボイルオフガスが逆流しないようになっている。

[0056] ベントライン５１Ａは、水素回収ライン５６に流れる気体を排出する。より詳細に説明すると、ベントライン５１Ａは、水素回収ライン５６及び大気に接続されている。また、ベントライン５１Ａには、バルブ５２が設けられている。そして、バルブ５２は、荷役期間外であって気化した窒素を排出する際に開かれ、且つ荷役期間においてバルブ５２が閉じられている。これにより、水素再生装置５５で分離した第２シールガスを大気に排出することができる。

[0057] ＜液化水素荷役システムの作用効果＞

液化水素荷役システム１Ａでは、荷役期間において、第１実施形態の液化水素荷役システム１と同様に、水素タンク１１とタンク２との間で荷役が行われる。また、液化水素荷役システム１Ａでは、シールガス供給系統１４からシール装置１３に第１シールガスが供給される（図５の二点太線参照）。

[0058] 他方、液化水素荷役システム１Ａでは、第１シールガス空間３４及び第２シールガス空間３５の各々から排出されるシールガスを含む混合ガスが混合ガス回収ライン５３に導かれる。更に、混合ガスは、混合ガスブロワ５４によって水素再生装置５５に送られる。そして、水素再生装置５５は、混合ガスにおける第１シールガスと第２シールガスとを分離する。また、分離された第１シールガス、即ち水素は、水素回収ライン５６を介して圧縮機４２に吸引されて圧縮される。そして、圧縮された水素は、に貯留されボイルオフガス用貯留槽４３る。ボイルオフガス貯留装置に貯留された水素は、第１シールガスとして再びシールガス供給系統１４を介して第１シールガス空間３４に供給される。即ち、分離された第１シールガスが第１シールガスとして再生される。

[0059] 本実施形態の液化水素荷役システム１Ａでは、排出設備１５Ａが排出される第１シールガスをシールガス供給系統１４に戻すので、第１シールガスを再利用できる。また、液化水素荷役システム１Ａでは、シール装置１３から

排出される混合ガスから水素を再生することができる。

[0060] その他、第２実施形態の液化水素荷役システム１Ａは、第１実施形態の液化水素荷役システム１と同様作用効果を奏する。

[0061] ［第３実施形態］

液化水素荷役システム１Ｂは、図６に示すように、水素タンク１１と、荷役設備１２と、シール装置１３，１３Ｂと、シールガス供給系統１４と、排出設備１５と、を備えている。シール装置１３Ｂは、本実施形態における移送設備の一例である圧縮機４２に設けられている。また、シール装置１３Ｂは、シール装置１３に並列するようにシールガス供給系統１４の供給ライン４４及び排出設備１５に接続されている。なお、シール装置１３Ｂは、シール装置１３に接続される排出設備１５と別の排出設備１５に接続されてもよい。シール装置１３Ｂには、シールガス供給系統１４から第１シールガスとしてボイルオフガスが供給される。そして、シール装置１３Ｂは、圧縮機４２内と大気との間を第１シールガスによって密閉する。

[0062] なお、シール装置１３Ｂの構造は、シール装置１３の構造と類似している。より詳細に説明すると、本実施形態の圧縮機４２は、リターンガスブロワ２４と同じくインペラによってボイルオフガス１１ｂを移送するようになっている。それ故、シール装置１３Ｂの構造は、シール装置１３の構造と類似している。従って、シール装置１３Ｂについては、シール装置１３の説明を参照し、シール装置１３Ｂの詳しい説明は省略される。また、液化水素荷役システム１Ｂでは、シール装置１３Ｂが水素タンク１１及び圧縮機４２（より詳細に説明するとシールガス供給系統１４）と共にボイルオフガス移送システム６０Ｂを構成している。

[0063] ボイルオフガス移送システム６０Ｂでは、ボイルオフガス１１ｂである水素をシール装置１３Ｂの第１シールガスとして用いることによって、第１シールガスが液化することを抑制できる。これにより、第１シールガスが固化してシール装置１３Ｂが機能しなくなることを抑制できる。

[0064] ボイルオフガス移送システム６０Ｂでは、ボイルオフガス用貯留槽４３に

ボイルオフガス１１ｂを送る圧縮機４２にシール装置１３Ｂが設けられている。それ故、シールガスが固化して圧縮機４２が動かなくなることを防ぐことができる。これにより、ボイルオフガス用貯留槽４３にボイルオフガス１１ｂを送り続けることができる。

[0065] その他、液化水素荷役システム１Ｂ及びボイルオフガス移送システム６０Ｂは、第１実施形態の液化水素荷役システム１及びボイルオフガス移送システム６０と同様の作用効果を奏する。

[0066] ［第４実施形態］

＜ボイルオフガス移送システム＞

図７に示すボイルオフガス移送システム６０Ｃは、タンク２から陸上設備３にボイルオフガス１１ｂを移送する。陸上設備３は、ボイルオフガス１１ｂを燃料又は原料等として使用する設備であり、発電プラント及び工場等である。本実施形態において、陸上設備３は、水素を用いて発電する発電プラントである。なお、陸上設備３は、必ずしも前述するようなタンク２を備えている必要はない。ボイルオフガス移送システム６０Ｃは、水素タンク１１と、移送設備１２Ｃと、シール装置１３Ｃと、シールガス供給系統１４と、排出設備１５と、を備えている。

[0067] 移送設備１２Ｃは、水素タンク１１で気化したボイルオフガス１１ｂを移送する。より詳細に説明すると、移送設備１２Ｃは、水素タンク１１と陸上設備３とに接続されている。本実施形態において、移送設備１２Ｃは、シールガス供給系統１４に並列するように水素タンク１１に接続されている。また、移送設備１２Ｃは、水素タンク１１で気化したボイルオフガス１１ｂを圧縮して陸上設備３に移送する。本実施形態において、移送設備１２Ｃは、圧縮機である。なお、移送設備１２Ｃは、圧縮機４２及びリターンガスブロワ２４と構造が類似している。それ故、シール装置１３Ｃの構造もまた、シール装置１３の構造と類似している。従って、移送設備１２Ｃ及びシール装置１３Ｃの構造については、リターンガスブロワ２４及びシール装置１３の構造の説明を参照し、それらの詳しい説明は省略する。

[0068] ボイルオフガス移送システム６０Ｃでは、移送設備１２Ｃがボイルオフガス１１ｂを圧縮して陸上設備３に移送する圧縮機である。それ故、シールガスが固化して移送設備１２Ｃが動かなくなることを防ぐことができる。これにより、陸上設備３にボイルオフガス１１ｂを送り続けることができる。

[0069] その他、ボイルオフガス移送システム６０Ｃは、第１実施形態のボイルオフガス移送システム６０と同様の作用効果を奏する。

[0070] ［その他の実施形態］

第１乃至第３実施形態において液化水素荷役システム１，１Ａ，１Ｂは、液化水素を荷役船（図示せず）との間で荷役するための設備であるが、荷役船に搭載され且つ陸上設備との間で液化水素を荷役するための設備であってもよい。この場合、荷役船に搭載されるタンクが水素タンクとなる。また、液化水素荷役システム１，１Ａ，１Ｂは、陸上設備と搬送車両との間の荷役を行うものであってもよい。液化水素荷役システム１，１Ａ，１Ｂにおいて、シール装置１３が密封する対象がリターンガスブロワ２４であるが、荷役設備１２に含まれる配管やその他の機器であってもよい。

[0071] また、第１乃至第３実施形態において液化水素荷役システム１，１Ａ，１Ｂのシール装置１３，１３Ｂ及び第４実施形態のボイルオフガス移送システム６０Ｃのシール装置１３Ｃにおいて、前述する構造は、あくまで一例であって、その他の構造であってもよい。シール装置１３は、例えば第２シールガス空間３５を有さずに第１シールガス空間３４だけを有するものであってもよく、少なくとも第１シールガスによって荷役設備１２内と大気との間を密封するものであればよい。

[0072] 更に第１乃至第４実施形態において、シールガス供給系統１４は、ボイルオフガス用貯留槽４３を有しているが、必ずしも有している必要はない。例えば、荷役期間中にボイルオフガスの一部が第１シールガスとしてシール装置１３に供給されてもよい。また、第１乃至第３実施形態において、ボイルオフガス用貯留槽４３に貯留されるボイルオフガスは、必ずしもシール装置１３，１３Ｂ，１３Ｃだけに供給される必要はなく、陸上設備３に供給され

てもよい。

[0073] また、第１乃至第４実施形態のボイルオフガス移送システム６０，６０Ｂ，６０Ｃにおける移送設備の一例としてリターンガスブロワ２４及び圧縮機４２が挙げられているが、ポンプであってもよい。移送設備は、その他、ボイルオフガス１１ｂを移送することができればよく、特に移送するボイルオフガス１１ｂを昇圧できるものであればよい。また、第４実施形態のボイルオフガス移送システム６０Ｃは、１つの移送設備１２Ｃを備えているが、複数の移送設備１２Ｃを備えていてもよい。そして、複数の移送設備１２Ｃの全て又は少なくとも１つ以上の移送設備１２Ｃにおいて、シール装置１３Ｃが設けられる。移送設備１２Ｃの圧縮機は、インペラを有するような遠心式圧縮機に限定されず、レシプロ圧縮機等の他の形式の圧縮機であってもよい。

[0074] 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] 液化水素を貯留すると水素タンクと、

前記水素タンクに対する液化水素の荷役を行う荷役設備と、

前記荷役設備に設けられ、前記荷役設備内と大気との間を第１シールガスによって密封するシール装置と、

前記水素タンクで気化したボイルオフガスを第１シールガスとして前記シール装置に供給するシールガス供給系統と、を備えている、液化水素荷役システム。

[請求項2] 前記シール装置は、前記荷役設備内と大気側との間に配置される第１シールガス空間及び第２シールガス空間とを有し、

前記第１シールガス空間は、前記シールガス供給系統から第１シールガスを供給され、

前記第２シールガス空間は、前記第１シールガス空間に対して大気側に配置され、且つ第２シールガスを流している、請求項１に記載の液化水素荷役システム。

[請求項3] 前記シールガス供給系統は、ボイルオフガス用貯留槽を有し、

前記ボイルオフガス用貯留槽は、ボイルオフガスを貯留し、且つ前記シール装置に接続されている、請求項１又は２に記載の液化水素荷役システム。

[請求項4] 前記シールガス供給系統は、圧縮機とを有し、

前記圧縮機は、前記ボイルオフガス用貯留槽に供給されるボイルオフガスを圧縮する、請求項３に記載の液化水素荷役システム。

[請求項5] 排出設備を更に備え、

前記シール装置は、前記荷役設備内と大気側との間に配置される第１シールガス空間を有し、

前記第１シールガス空間は、前記シールガス供給系統から第１シールガスを供給され、

前記排出設備は、前記第１シールガス空間に繋がり、且つ前記第１

シールガス空間に供給される第１シールガスを排出する、請求項１乃至４の何れか１つに記載の液化水素荷役システム。

[請求項6] 前記排出設備は、排出される第１シールガスを前記シールガス供給系統に戻す、請求項５に記載の液化水素荷役システム。

[請求項7] 前記シール装置は、前記荷役設備内と大気側との間に配置される前記第１シールガス空間及び第２シールガス空間とを有し、

前記第１シールガス空間は、前記シールガス供給系統から第１シールガスを供給され、

前記第２シールガス空間は、前記第１シールガス空間に対して大気側に配置され、且つ第２シールガスを流し、

前記排出設備は、前記第１シールガス空間及び前記第２シールガス空間に繋がり且つ第１シールガスと第２シールガスとを分離する水素再生装置を有し、

前記水素再生装置は、前記第１シールガス空間及び前記第２シールガス空間の各々から排出される第１シールガス及び第２シールガスの混合ガスが導かれ、混合ガスから第１シールガスを分離して前記シールガス供給系統に戻す、請求項６に記載の液化水素荷役システム。

[請求項8] 前記荷役設備は、前記水素タンクに液化水素を払出す払出側タンクにボイルオフガスを送るリターンガスブロワを含み、

前記シール装置は、前記リターンガスブロワに設けられている、請求項１乃至７の何れか１つに記載の液化水素荷役システム。

[請求項9] 液化水素を貯留すると水素タンクと、

前記水素タンクで気化したボイルオフガスを移送する移送設備と、

前記移送設備に設けられ、前記移送設備内と大気との間を第１シールガスによって密封するシール装置と、を備え、

前記シール装置には、第１シールガスとしてボイルオフガスが供給される、ボイルオフガス移送システム。

[請求項10] 前記移送設備及びボイルオフガス用貯留槽を含み、ボイルオフガス

を第１シールガスとして前記シール装置に供給するシールガス供給系統を備え、

前記ボイルオフガス用貯留槽は、前記移送設備によって移送されるボイルオフガスを貯留し、

前記シールガス供給系統は、前記ボイルオフガス用貯留槽のボイルオフガスを第１シールガスとして前記シール装置に供給する、請求項９に記載のボイルオフガス移送システム。

[請求項11] 前記水素タンクで気化したボイルオフガスを第１シールガスとして前記シール装置に供給するシールガス供給系統を更に備え、

前記移送設備は、ボイルオフガスを圧縮して陸上設備に移送する圧縮機である、請求項９に記載のボイルオフガス移送システム。