明　細　書

発明の名称 ： 水上浮体式設備

技術分野

[0001] 本発明は、水上浮体式設備に関する。

背景技術

[0002] 一般に、ＬＮＧ（液化天然ガス：liquefied natural gas）を輸送する船舶が知られている（例えば、特許文献１参照）。このような船舶で輸送されたＬＮＧは、ＦＳＲＵ（浮体式ＬＮＧ貯蔵・再ガス化設備：floating storage regasification unit）を介して、海水の熱を利用して再ガス化され、陸上の設備に送られる。ＦＳＲＵとしての操業に必要な電力は、化石燃料等によりディーゼル発電機を用いて発電することが知られている。

[0003] しかしながら、ＬＮＧの冷熱を海水で温めて、冷やされた海水がそのまま海に流出すると、生態系等の自然環境への影響が懸念される。また、操業のためにディーゼル発電機を用いて排熱を海水で冷却し、その海水が流出すると、同様に、自然環境への影響が懸念される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１９－３４６６５号公報

発明の概要

[0005] 本発明の実施形態の目的は、自然環境にある水を利用するＦＳＲＵとして機能し、自然環境への影響を抑制する水上浮体式設備を提供することにある。

[0006] 本発明の観点に従った水上浮体式設備は、液体状のガスを貯蔵するタンクと、前記タンクに貯蔵された前記ガスを気化する気化手段と、前記気化手段により気化された前記ガスを陸上の設備に送出するガス送出手段と、自然環境にある水を取り込む水取り込み手段と、前記ガスと前記水取り込み手段により取り込まれた前記水との温度差に基づいて、ランキンサイクルによる発

電を行うランキンサイクル発電手段とを備える。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本発明の実施形態に係る水上浮体式設備の構成を示す構成図。

[図2]本実施形態に係るＯＲＣの温度／比エンタルピーを示すＴ－ｓ線図。

発明を実施するための形態

[0008] （実施形態）

図１は、本発明の実施形態に係る水上浮体式設備１の構成を示す構成図である。

[0009] 水上浮体式設備１は、ＬＮＧを貯蔵し、貯蔵しているＬＮＧを再ガスして陸上の設備（例えば、ガス管）に高圧ガスを送る水上浮体式（洋上浮体式）のＬＮＧ基地である。即ち、水上浮体式設備１は、ＦＳＲＵである。また、水上浮体式設備１は、航行可能な移動体（例えば、船舶）である。

[0010] なお、水上浮体式設備１は、液体状のガス（例えば、ＬＮＧ）を貯蔵して、そのガスを再ガス化（気化）して陸上に送る機能を有し、海水、河水又は湖水等の水に浮かぶ設備であれば、どのような形状及び構造でもよい。例えば、水上浮体式設備１は、船の形をしていなくても良いし、推進設備がなくてもよい。ここでは、水上浮体式設備１は、主に、海洋を航行する船舶として構成されたものについて説明する。

[0011] 水上浮体式設備１は、ターボ発電機３、ＬＮＧ気化器４、有機媒体循環ポンプ５、第１熱交換器６、第２熱交換器７、第３熱交換器８、第４熱交換器９、第５熱交換器１０、ディーゼル発電機１１、リコンデンサー（再液化装置）１２、ＬＮＧ昇圧ポンプ１３、トリムヒーター（再ガス温度調整用熱交換器）１４、ＬＮＧタンク１５、フィードポンプ(feed pump)１６、ＢＯＧ(boil off gas)圧縮機１７、加熱用海水ポンプ１８、加熱媒体循環ポンプ１９、冷却用海水ポンプ２０、冷却清水昇圧ポンプ２１、有機媒体配管Ｌ１、ＬＮＧ配管Ｌ２、ＢＯＧ配管Ｌ３、海水配管Ｌ４、加熱媒体配管Ｌ５、冷却清水配管Ｌ６、及び、再ガス配管Ｌ７を備える。

[0012] 有機媒体配管Ｌ１は、発電システム２で用いられる有機媒体が流れる配管

である。有機媒体配管Ｌ１は、ＬＮＧ気化器４とターボ発電機３との間を有機媒体が循環するように構成される。有機媒体配管Ｌ１は、ＬＮＧ気化器４からターボ発電機３に第１熱交換器６及び第２熱交換器７を順次に介する経路を含み、ＬＮＧ気化器４から第１熱交換器６への経路において、第３熱交換器８を経由する経路と第３熱交換器８を経由しない経路（バイパス）に分岐するように構成される。ＢＯＧ圧縮機１７が動作中は、有機媒体は、第３熱交換器８を経由する経路を流れ、ＢＯＧ圧縮機１７が停止中は、有機媒体は、第３熱交換器８を経由しない経路を流れる。なお、有機媒体が３つの熱交換器６～８を通る順番は、どのように構成されてもよい。有機媒体は、例えばプロパンであるが、可燃性媒体ではなく、プロパンに熱特性が近い非可燃性媒体でもよい。

[0013] ＬＮＧ配管Ｌ２は、ＬＮＧタンク１５からリコンデンサー１２にＬＮＧが送られるように構成される。ＬＮＧは、どのような組成でもよい。

[0014] ＢＯＧ配管Ｌ３は、ＬＮＧタンク１５の上部からリコンデンサー１２にＢＯＧ圧縮機１７及び第３熱交換器８を順次に介してＢＯＧ(boil off gas)が送られるように構成される。また、ＢＯＧ配管Ｌ３は、ディーゼル発電機１１の燃料供給用としてＢＯＧを送る経路が設けられる。ＢＯＧは、ＬＮＧタンク１５に蓄積されたＬＮＧの一部が入熱により気化した気体状の天然ガスである。

[0015] 海水配管Ｌ４は、第４熱交換器９及び第５熱交換器１０のそれぞれに船外から取り込まれた海水が送られ、第４熱交換器９及び第５熱交換器１０のそれぞれから加熱又は冷却に使用された海水が船外に放出されるように構成される。

[0016] 加熱媒体配管Ｌ５は、加熱媒体が流れる配管である。加熱媒体配管Ｌ５は、第４熱交換器９とトリムヒーター１４との間を加熱媒体が循環する経路、及び、第４熱交換器９と第１熱交換器６との間を加熱媒体が循環する経路を含むように構成される。加熱媒体は、第１熱交換器６により有機媒体を加熱するために用いられ、トリムヒーター１４の加熱媒体としても用いられる。

[0017] ここで、有機媒体を海水で直接加熱すると、海水が第１熱交換器６の中で氷結するリスクがある。このため、有機媒体と海水との中間媒体として、不凍熱媒体である加熱媒体を用いる。例えば、加熱媒体は、エチレングリコール水溶液（グリコール水）であるが、プロパン等のその他の媒体でもよい。

[0018] 冷却清水配管Ｌ６は、ディーゼル発電機１１のエアクーラーなどでエンジン給気を冷却するための清水が流れる配管である。冷却清水配管Ｌ６は、第５熱交換器１０、ディーゼル発電機１１、及び、第２熱交換器７を順次に清水が流れて循環するように構成される。

[0019] 再ガス配管Ｌ７は、ＬＮＧ気化器４からトリムヒーター１４を介して陸上の設備に、気化（再ガス化）された天然ガスが送出されるように構成される。

[0020] 発電システム２は、ターボ発電機３、ＬＮＧ気化器４、有機媒体循環ポンプ５、第１熱交換器６、第２熱交換器７、第３熱交換器８、及び、有機媒体配管Ｌ１で構成される。

[0021] 発電システム２は、有機媒体を用いたランキンサイクルにより発電を行う有機ランキンサイクル（ＯＲＣ、organic Rankine cycle）式発電システムである。ＬＮＧ冷熱とその他の熱源との温度差を利用してターボ発電機３で発電を行う。

[0022] 発電システム２の動作の概要は、次のとおりである。各熱交換器６～８は、有機媒体を加熱（気化）して過熱蒸気を作る。ターボ発電機３は、熱交換器６～８により作られた過熱蒸気をタービンで膨張させて、タービンを回転させる。ターボ発電機３は、この回転力（仕事）により発電する。ターボ発電機３のタービンで仕事をした有機媒体は、気体のまま又は気液混合状態で、ＬＮＧ気化器４で冷却されて凝縮・液化し、各熱交換器６～８に戻る。発電システム２は、この一連の動作を繰り返すことで、発電するためのサイクルが行われる。

[0023] ターボ発電機３は、翼を備えるタービンローターが発電機と接続された構成である。ターボ発電機３は、蒸気ではなく高分子の有機媒体を利用する発

電機である。

[0024] ＬＮＧ気化器４は、有機媒体配管Ｌ１に流れる有機媒体から熱を吸収してＬＮＧを気化（再ガス化）させるための熱交換器である。例えば、ＬＮＧ気化器４は、シェルアンドチューブ(shell & tube)タイプであるが、その他のタイプでもよい。

[0025] 有機媒体循環ポンプ５は、ＬＮＧ気化器４で冷却され凝縮・液化した有機媒体を昇圧させて、発電システム２の有機媒体配管Ｌ１に有機媒体を循環させるためのポンプである。なお、有機媒体循環ポンプ５の上流側（ＬＮＧ気化器４の後流側）に、液化した有機媒体を一時的に貯蔵するタンクを設けてもよい。

[0026] 第１熱交換器６は、有機媒体配管Ｌ１に流れる有機媒体と加熱媒体配管Ｌ５に流れる加熱媒体との間で熱交換することで、加熱媒体で有機媒体を加熱する。なお、第１熱交換器６は、使用しない時があってもよいし、設けなくてもよい。この場合、発電システム２は、第２熱交換器７及び第３熱交換器８を用いて、ディーゼル発電機１１の廃熱及びＢＯＧ圧縮機１７の熱回収で、ランキンサイクルを行う。このため、水上浮体式設備１は、海水使用量を削減してもよい。

[0027] 第２熱交換器７は、有機媒体配管Ｌ１に流れる有機媒体と、冷却清水配管Ｌ６に流れる清水との間で熱交換することで、清水で有機媒体を加熱する。これにより、第２熱交換器７は、ディーゼル発電機１１の廃熱を利用して有機媒体を加熱する。

[0028] 第３熱交換器８は、有機媒体配管Ｌ１に流れる有機媒体と、ＢＯＧ配管Ｌ３に流れるＢＯＧとの間で熱交換することで、ＢＯＧで有機媒体を加熱する。

[0029] 第４熱交換器９は、海水配管Ｌ４に流れる海水と、加熱媒体配管Ｌ５に流れる加熱媒体との間で熱交換することで、海水で加熱媒体を加熱する。

[0030] 第５熱交換器１０は、海水配管Ｌ４に流れる海水と、冷却清水配管Ｌ６に流れる清水との間で熱交換することで、海水で清水を冷却する。

[0031] ディーゼル発電機１１は、再ガス化処理に必要な電力（例えば、ＬＮＧ昇圧ポンプ１３、ＢＯＧ圧縮機１７、又は、加熱用海水ポンプ１８の電源等）の船内の電力を賄うための発電機である。ディーゼル発電機１１は、重油及びＢＯＧ圧縮機１７から供給されるＢＯＧを燃料として燃焼させて発電する２元燃料焚きディーゼル発電機である。なお、ディーゼル発電機１１は、ディーゼル機関を用いない他の発電機でもよい。

[0032] リコンデンサー１２は、ＢＯＧ圧縮機１７から供給されるＢＯＧの一部を再液化（再凝縮）させるための圧力容器である。リコンデンサー１２は、加圧された状態の内部で、ＢＯＧにＬＮＧをスプレーすることによる蒸発潜熱を利用して、ＢＯＧの一部を再液化（再凝縮）させる。再液化されたＢＯＧは、スプレーされたＬＮＧと混合されて、ＬＮＧ昇圧ポンプ１３でＬＮＧ気化器４に送られる。なお、再液化されたＢＯＧは、ＬＮＧタンク１５に戻されてもよい。

[0033] ＬＮＧ昇圧ポンプ１３は、リコンデンサー１２から供給されたＬＮＧ（ＢＯＧが再液化されたものを含む）を昇圧して、ＬＮＧ気化器４を介して、陸上の設備に送るためのポンプである。ＬＮＧ昇圧ポンプ１３は、陸上側の要求圧力に合わせて設計吐出圧力を決定する。ＬＮＧ昇圧ポンプ１３は、空運転防止のために液面を一定以上に保つサクションドラムとしての役割を持つ。

[0034] トリムヒーター１４は、加熱媒体配管Ｌ５に流れる加熱媒体と、再ガス配管Ｌ７に流れる再ガスとの間で熱交換することで、加熱媒体で再ガスを加熱する。加熱媒体は、第４熱交換器９により海水で加熱されることから、トリムヒーター１４は、加熱用熱源として海水を利用する熱交換器である。トリムヒーター１４は、ＬＮＧ気化器４から再ガス配管Ｌ７に送り込まれた再ガスを加熱して、再ガスの温度を調整する。トリムヒーター１４の容量は、陸上側の要求圧力に合うように決定される。

[0035] ＬＮＧタンク１５は、ＬＮＧを貯蔵するタンクである。ＬＮＧタンク１５の上部には、一部のＬＮＧが蒸発・気化したＢＯＧが溜まる。

[0036] フィードポンプ１６は、ＬＮＧタンク１５の底面に設置され、ＬＮＧ配管Ｌ２に接続される。フィードポンプ１６は、再ガスに必要な量のＬＮＧをＬＮＧタンク１５からリコンデンサー１２に送るためのポンプである。

[0037] ＢＯＧ圧縮機１７は、ＬＮＧタンク１５の上部に溜まったＢＯＧを吸い込み、圧縮してリコンデンサー１２に送るガス圧縮機である。ＢＯＧ圧縮機１７は、ＬＮＧタンク１５の圧力制御用に使われる。ＢＯＧが増え続けるとＬＮＧタンク１５の内部圧力が上昇するため、ＢＯＧ圧縮機１７は、ＬＮＧタンク１５を保護するために、ＢＯＧを圧縮する。圧縮されたＢＯＧは、リコンデンサー１２に送られるか、又は、ディーゼル発電機１１の燃料として焼却処理される。

[0038] 加熱用海水ポンプ１８は、海水配管Ｌ４に設けられる。加熱用海水ポンプ１８は、海水を船外から取り込み、第４熱交換器９に送るためのポンプである。

[0039] 加熱媒体循環ポンプ１９は、加熱媒体を昇圧し、循環させるためのポンプである。加熱媒体循環ポンプ１９は、加熱媒体配管Ｌ５に設けられる。

[0040] 冷却用海水ポンプ２０は、海水配管Ｌ４に設けられる。冷却用海水ポンプ２０は、海水を船外から取り込み、第５熱交換器１０に送るためのポンプである。

[0041] 冷却清水昇圧ポンプ２１は、冷却清水配管Ｌ６に設けられる。冷却清水昇圧ポンプ２１は、ディーゼル発電機１１の冷却に用いられる清水を昇圧して、ディーゼル発電機１１、発電システム２の第２熱交換器７、第５熱交換器１０を順次に循環させるためのポンプである。

[0042] 次に、発電システム２について説明する。

[0043] 発電システム２は、有機媒体配管Ｌ１に流れる有機媒体の閉サイクルにより成り立っている。有機媒体は、ＢＯＧ圧縮機１７の後流のガスから回収する熱、海水から得た熱、及び、ディーゼル発電機１１の廃熱から得た熱で加熱・気化される。それらの熱とＬＮＧから得た冷熱との差で有機媒体を液化させて、膨張力を生み出す。ターボ発電機３は、この膨張力を回転エネルギ

ーに変換して発電する。

[0044] 有機媒体は、有機媒体循環ポンプ５で昇圧され、有機媒体配管Ｌ１を循環する。有機媒体の１次加熱として、第３熱交換器８は、ＢＯＧ圧縮機１７によりＢＯＧ配管Ｌ３に余分に与えられた熱を回収する。有機媒体の２次加熱として、第１熱交換器６は、加熱媒体を介して、海水からの熱を取り入れる。この加熱媒体は、第４熱交換器９を介して海水から熱を取り入れる。有機媒体の３次加熱(及び気化)として、第２熱交換器７は、ディーゼル発電機１１の冷却用の清水に与えられた廃熱を回収する。これらの加熱・気化過程を経て、有機媒体は、発電に必要なエネルギーを与えられ、ターボ発電機３を通過することで、発電システム２は、電力を得る。

[0045] 図２は、本実施形態に係る、発電システム２のＯＲＣで用いられる有機媒体の温度／比エンタルピーを示すＴ－ｓ線図である。また、図２には、有機媒体の飽和曲線Ｃｓを示している。

[0046] ＬＮＧ気化器４から出力された有機媒体は、有機媒体循環ポンプ５により昇圧されることで、ＯＲＣを実行するように有機媒体配管Ｌ１を循環する（状態Ｐ５）。

[0047] 有機媒体は、第１熱交換器６及び第３熱交換器８により、液体又は気液２相で加熱される（状態Ｐ６，Ｐ８）。ＢＯＧ圧縮機１７が動作中は、有機媒体は、ＢＯＧ圧縮機１７の後流の熱を回収するために、第３熱交換器８を通る（状態Ｐ８）。ＢＯＧ圧縮機１７が停止中は、有機媒体は、第３熱交換器８を通らないバイパスを通る。

[0048] 有機媒体は、ディーゼル発電機１１の廃熱を利用した第２熱交換器７により、加熱される。これにより、少なくとも一部が液体の状態（状態Ｐ７ａ）から、最終的に全量気化する（状態Ｐ７ｂ）。気化した有機媒体は、高温かつ高圧の状態（状態Ｐ３）でターボ発電機３に入り、仕事（発電）をして、ＬＮＧ気化器４に戻る。このとき、有機媒体は、気体の状態（状態Ｐ４ａ）から液体の状態（状態Ｐ４ｂ）に戻る。

[0049] 次に、ＬＮＧが再ガス化されて、陸上の設備に送られる動作について説明

する。

[0050] ＬＮＧ気化器４によるＬＮＧの再ガス化を行う場合、ＬＮＧタンク１５内のＬＮＧがフィードポンプ１６で、リコンデンサー１２に送られる。また、ＬＮＧタンク１５の上部に溜まったＢＯＧは、ＢＯＧ圧縮機１７で第３熱交換器８を介してリコンデンサー１２に送られる。したがって、第３熱交換器８により、リコンデンサー１２に送られる前に、ＢＯＧの温度は、下げられる。

[0051] リコンデンサー１２内では、フィードポンプ１６により送り込まれたＬＮＧがスプレーされて、ＢＯＧ圧縮機１７から送り込まれたＢＯＧの一部が再液化する。このとき、ＢＯＧの温度が予め下げられていることで、再液化効率が向上し、リコンデンサー１２は、より多くのＢＯＧを再液化することができる。

[0052] 再液化されたＢＯＧとＬＮＧタンク１５から送り込まれたＬＮＧは、ＬＮＧ昇圧ポンプ１３により、所定の圧力に昇圧され、ＬＮＧ気化器４に送られる。ＬＮＧ気化器４は、送り込まれたＬＮＧを再ガス化し、トリムヒーター１４に送る。トリムヒーター１４は、送り込まれた天然ガスを温度調節して、陸上の設備に送る。

[0053] 本実施形態によれば、以下の作用効果を得ることができる。

[0054] 発電システム２は、蒸気を熱源としてＬＮＧを加熱するクローズドループ式であるが、中間媒体を介して海水（自然環境にある水）の熱源を利用して有機媒体を再ガス化する間接加熱システムを採用しているため、オープンループ式の利点も有する。

[0055] 具体的には、海水の熱源を利用せずに再ガス化するクローズドループ式と比較して、燃料消費量および二酸化炭素排出量を抑制することができる。また、間接加熱システムを採用することで、ＬＮＧの冷熱で海水温度が低下することによる自然環境（例えば、生態系）への影響を抑制することができる。さらに、水上浮体式設備１の各機器（ＬＮＧ気化器４等）を海水が循環することによるリスク（例えば、海水の氷結によるチューブの破損等）を避け

ることができる。

[0056] また、発電システム２は、ＬＮＧ冷熱を利用したＬＮＧ冷熱発電を行うため、海水に流れ出るＬＮＧ冷熱をさらに低減することができる。

[0057] さらに、ディーゼル発電機１１を冷却する清水で、有機媒体を加熱するための第２熱交換器７を設けることで、発電システム２のエネルギー効率を向上させ、海水として放出されるディーゼル発電機１１の廃熱を低減することができる。これにより、海水温度が上昇することによる自然環境への影響を抑制することができる。

[0058] ここで、余剰ＢＯＧをリコンデンサー１２に送るために、ＢＯＧ圧縮機１７を運転する必要がある。これにより、ＢＯＧの温度が上がり、再液化処理にとって余分な入熱がＢＯＧに与えられる。この余分な入熱により、再液化効率は下がり、ＬＮＧタンク１５の内部圧力の上昇速度が上がる。ＬＮＧタンク１５の内部圧力が一定以上に上昇すると、ＬＮＧタンク１５の保護のため、ＢＯＧを焼却処理する必要がある。これにより、水上浮体式設備１の全体でのエネルギー効率が低減し、二酸化炭素の発生量が増加する。

[0059] そこで、水上浮体式設備１では、ＢＯＧにより有機媒体を加熱するための第３熱交換器８を設けることで、発電システム２のエネルギー効率を向上させ、リコンデンサー１２による再液化効率を向上させることができる。これにより、ＬＮＧタンク１５の内部圧力を効率的に低下させることができ、ＢＯＧの焼却処理される量を低減することができる。

[0060] したがって、水上浮体式設備１は、ＦＳＲＵにＬＮＧ冷熱を利用する発電システム２を適用することで、自然環境への影響を抑制し、ＦＳＲＵとしての操業に必要なエネルギーを低減することができる。

請求の範囲

[請求項1] 液体状のガスを貯蔵するタンクと、

前記タンクに貯蔵された前記ガスを気化する気化手段と、

前記気化手段により気化された前記ガスを陸上の設備に送出するガス送出手段と、

自然環境にある水を取り込む水取り込み手段と、

前記ガスと前記水取り込み手段により取り込まれた前記水との温度差に基づいて、ランキンサイクルによる発電を行うランキンサイクル発電手段と

を備えたことを特徴とする水上浮体式設備。

[請求項2] 前記水取り込み手段により取り込まれた前記水に基づいて、前記ランキンサイクルで用いるランキンサイクル用媒体を加熱するための第１加熱手段

を備えたことを特徴とする請求項１に記載の水上浮体式設備。

[請求項3] 前記第１加熱手段は、前記水で加熱される中間媒体を用いて、前記ランキンサイクル用媒体を加熱すること

特徴とする請求項２に記載の水上浮体式設備。

[請求項4] 前記ランキンサイクル発電手段と異なる他の発電手段と、

前記他の発電手段の冷却に用いる清水に基づいて、前記ランキンサイクル用媒体を加熱するための第２加熱手段と

を備えたことを特徴とする請求項２に記載の水上浮体式設備。

[請求項5] 前記水取り込み手段により取り込まれた前記水に基づいて、前記清水を冷却する冷却手段

を備えたことを特徴とする請求項４に記載の水上浮体式設備。

[請求項6] 前記タンクの内部で発生する気化した前記ガスを圧縮する圧縮手段と、

前記圧縮手段により圧縮された前記ガスを液化する液化手段と

を備えたことを特徴とする請求項２に記載の水上浮体式設備。

[請求項7] 前記ランキンサイクル用媒体を前記圧縮手段により圧縮された前記ガスで加熱するための第３加熱手段
を備えたことを特徴とする請求項６に記載の水上浮体式設備。

[請求項8] 前記タンクの内部で発生する気化した前記ガスを燃料とする前記ランキンサイクル発電手段と異なる他の発電手段
を備えたことを特徴とする請求項１に記載の水上浮体式設備。

[請求項9] 前記水取り込み手段により取り込まれた前記水に基づいて、前記気化手段により気化された前記ガスの温度を調節する温度調節手段
を備えたことを特徴とする請求項１に記載の水上浮体式設備。

[請求項10] 水上を移動する機能を有すること
を特徴とする請求項１に記載の水上浮体式設備。