

明 細 書

発明の名称：浮体

技術分野

[0001] 本開示は、浮体に関する。

本願は、2020年10月30日に、日本に出願された特願2020-182076号、及び2021年3月31日に、日本に出願された特願2021-061657号、に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 液化ガスを貯留するタンクを備えた船舶等の浮体においては、外部からの入熱により、タンク内に貯留した液化ガスが気化して、いわゆるボイルオフガスが生成される。ボイルオフガスが生成されると、タンク内の圧力が上昇する。そのため、例えば特許文献1には、燃料タンクに貯留された液化ガス燃料から発生する燃料ボイルオフガスを再液化するため、燃料ボイルオフガスを、カーゴタンクで発生する液化ガスのボイルオフガスの冷熱により冷却する構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-127137号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、タンクに液化二酸化炭素を貯留する場合、液化二酸化炭素は、そもそも大気中に放出される二酸化炭素を回収するために液化されたものである。そのためタンク内で液化二酸化炭素が気化することで生成された二酸化炭素ガスを、再液化するために要するエネルギーは、なるべく抑えることが望まれている。再液化するためのエネルギーを抑えるという観点からすれば、二酸化炭素ガスを大気中に放出してしまうことも考えられるが、当然のこ

とながら、回収した二酸化炭素を大気中へ放出することは好ましくない。

[0005] 本開示は、上記課題を解決するためになされたものであって、タンク内で気化した液化二酸化炭素を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に冷やして再液化することができる浮体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

[0006] 上記課題を解決するために、本開示に係る浮体は、浮体本体と、第一タンクと、第二タンクと、第一熱交換器と、送給ラインと、返送ラインと、第二熱交換器と、燃焼器と、を備える。前記第一タンクは、前記浮体本体に配置されている。前記第一タンクは、気相及び液相を有した二酸化炭素を貯留可能である。前記第二タンクは、前記浮体本体に配置されている。前記第二タンクは、液体状態での温度が前記二酸化炭素の液相よりも低い液化可燃性ガスを浮体の燃料として貯留可能である。前記第一熱交換器は、前記二酸化炭素と前記液化可燃性ガスとを熱交換する。前記送給ラインは、前記第一タンクから前記第一熱交換器に前記二酸化炭素を導く。前記返送ラインは、前記第一熱交換器から前記第一タンクに前記二酸化炭素を導く。前記第二熱交換器は、前記第一熱交換器を経た前記液化可燃性ガスを熱媒と熱交換することで前記液化可燃性ガスを気化させる。前記燃焼器は、前記第二熱交換器で気化された前記液化可燃性ガスを燃焼させる。

発明の効果

[0007] 本開示の浮体によれば、タンク内で気化した液化二酸化炭素を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に冷やして再液化することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の実施形態に係る浮体としての船舶の概略構成を示す平面図である。

[図2]本開示の第一実施形態に係る船舶に設けられた再液化・燃料供給システムの概略構成を示す図である。

[図3]本開示の第二実施形態に係る船舶に設けられた再液化・燃料供給システムの概略構成を示す図である。

[図4]本開示の第三実施形態に係る船舶に設けられた再液化・燃料供給システムの概略構成を示す図である。

[図5]本開示の第三実施形態の変形例に係る船舶に設けられた再液化・燃料供給システムの概略構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の実施形態に係る浮体について、図1～図3を参照して説明する。

<第一実施形態>

(船舶の構成)

図1に示すように、この実施形態において、浮体としての船舶1Aは、浮体本体としての船体2と、燃焼器9と、第一タンク11と、第二タンク21と、再液化・燃料供給システム30A(図2参照)と、を少なくとも備えている。

[0010] (船体の構成)

船体2は、その外殻をなす、一对の舷側3A、3Bと、船底(図示無し)と、上甲板5と、を有している。舷側3A、3Bは、左右舷側をそれぞれ形成する一对の舷側外板を有する。船底(図示無し)は、これら舷側3A、3Bを接続する船底外板を有する。これら一对の舷側3A、3B及び船底(図示無し)により、船体2の外殻は、船首尾方向Daに直交する断面において、U字状を成している。この実施形態で例示する上甲板5は、外部に露出する全通甲板である。船体2には、船尾2b側の上甲板5上に、居住区を有する上部構造7が形成されている。なお、上部構造7の位置は一例に過ぎず、例えば船体2の船首2a側に配置してもよい。

[0011] 船体2内には、第一タンク11を格納するための貨物搭載区画(ホールド)8が形成されている。

[0012] 燃焼器9は、船体2内に配置されている。燃焼器9は、第二タンク21に貯留された液化可燃性ガスFを燃焼させることで所要の機能を発揮する。燃焼器9としては、例えば、主機、発電機、ボイラーが挙げられる。主機は、

液化可燃性ガスFを燃料とするエンジン（内燃機関）であり、船体2を推進させるための推進力を発揮する。発電機は、液化可燃性ガスFを燃料とするエンジン（内燃機関）を備え、エンジンの駆動力によって、船体2内で使用される電力を発生させる。ボイラーは、液化可燃性ガスFを燃焼させることで、船体2内で使用される蒸気を発生させる。

[0013] （第一タンクの構成）

第一タンク11は、船体2に配置されている。第一タンク11は、貨物搭載区画8内に配置されている。この実施形態において、第一タンク11は、船首尾方向Daに間隔を空けて二個配置されている。本実施形態において、第一タンク11は、例えば、水平方向に延びる円筒状をなす。なお、第一タンク11は、円筒状に限られるものではなく、第一タンク11は球形、方形等であってもよい。

[0014] 第一タンク11は、気相及び液相を有した二酸化炭素Cを貯留可能である。この第一タンク11に貯留される二酸化炭素Cは、船舶1Aの積荷（貨物）である。

図2に示すように、第一タンク11内に貯留された二酸化炭素Cは、第一タンク11内で液相と、気相とに分離している。液相、すなわち液体状態の二酸化炭素C（以下、これを二酸化炭素液C1と称する）は、第一タンク11内の下部に貯留されている。気相、すなわち気体状態の二酸化炭素C（以下、これを二酸化炭素ガスC2と称する）は、第一タンク11内の上部に貯留されている。二酸化炭素ガスC2は、外部からの入熱によって、二酸化炭素液C1が第一タンク11内で自然に気化して生成されたボイルオフガスである。

[0015] 第一タンク11は、積込配管13と、揚荷配管14と、を備えている。

積込配管13は、陸上の設備等から供給される二酸化炭素C（二酸化炭素液C1）を第一タンク11内に積み込む。積込配管13は、第一タンク11の外部から第一タンク11の頂部を貫通し、第一タンク11の内部に延びている。積込配管13の先端部は、第一タンク11内に開口している。図2中

、積込配管 13 の先端部が第一タンク 11 の下部に位置する場合を例示しているが、積込配管 13 の先端部の配置は、これに限られない（後述する第二実施形態の積込配管も同様）。

[0016] 揚荷配管 14 は、第一タンク 11 内の二酸化炭素 C（二酸化炭素液 C1）を、船外に送出する。揚荷配管 14 は、第一タンク 11 の外部から第一タンク 11 の頂部を貫通し、第一タンク 11 の内部に延びている。揚荷配管 14 の先端部には、揚荷ポンプ 15 が備えられている。揚荷ポンプ 15 は、第一タンク 11 内の二酸化炭素 C（二酸化炭素液 C1）を吸い込む。揚荷配管 14 は、揚荷ポンプ 15 から送り出された二酸化炭素 C（二酸化炭素液 C1）を、第一タンク 11 外（船外）に導く。

[0017] 第二タンク 21 は、船体 2 に配置されている。この第二タンク 21 には、液化可燃性ガス F が貯留される。この液化可燃性ガス F は、船舶 1 A における燃料であり、燃焼器 9 で燃焼される。つまり、第二タンク 21 は、燃料を貯留するための、いわゆる燃料タンクである。

[0018] 第二タンク 21 に貯留される液化可燃性ガス F は、第一タンク 11 に貯留される二酸化炭素 C の液相よりも液体状態での温度が低い。液化可燃性ガス F としては、液化天然ガス（LNG）、メタン、エタン、水素が挙げられる。本実施形態では、液化可燃性ガス F として、液化天然ガスを用いる場合を一例に説明する。

[0019] （再液化・燃料供給システムの構成）

再液化・燃料供給システム 30 A は、第一タンク 11 内に貯留された二酸化炭素ガス C2 を再液化する。さらに、再液化・燃料供給システム 30 A は、第二タンク 21 内の液体状態の液化可燃性ガス F を気化させて燃焼器 9 に供給する。この再液化・燃料供給システム 30 A は、第一熱交換器 31 A と、第二熱交換器 32 と、を少なくとも備えている。

[0020] 第一熱交換器 31 A は、二酸化炭素ガス C2 と液化可燃性ガス F とを熱交換する。第一熱交換器 31 A には、送給ライン 33 A と、返送ライン 34 A と、第一燃料ライン 35 と、第二燃料ライン 36 とがそれぞれ接続されてい

る。

[0021] 送給ライン 33A は、第一タンク 11 から第一熱交換器 31A に二酸化炭素ガス C2 を導く。本実施形態において、送給ライン 33A の一端は、第一タンク 11 の頂部に接続されている。送給ライン 33A は、第一タンク 11 内の上部から二酸化炭素ガス C2 を第一熱交換器 31A に導く。送給ライン 33A には、二酸化炭素ガス C2 を圧縮する圧縮機 37 が配置されている。

返送ライン 34A は、第一熱交換器 31A で液化された二酸化炭素液 C1 を第一熱交換器 31A から第一タンク 11 に導く。

[0022] 第一燃料ライン 35 は、燃料ポンプ 25 により、第二タンク 21 から第一熱交換器 31A に液化可燃性ガス F を送給する。第二燃料ライン 36 は、第一熱交換器 31A から第二熱交換器 32 に液化可燃性ガス F を導く。

[0023] 第二熱交換器 32 は、第一熱交換器 31A を経た液化可燃性ガス F を熱媒 H と熱交換することで、液化可燃性ガス F を気化させる。この実施形態における第二熱交換器 32 では、液化天然ガスが気化されて天然ガスとなる。第二熱交換器 32 で用いられる熱媒 H としては、船体 2 内で用いられる蒸気、燃焼器 9 からの排気等が挙げられる。第二熱交換器 32 には、第三燃料ライン 38 が接続されている。第三燃料ライン 38 は、第二熱交換器 32 から燃焼器 9 に、液化可燃性ガス F を気化させた気体を導く。

[0024] このような再液化・燃料供給システム 30A では、圧縮機 37 を作動させることで、第一タンク 11 内の上部から二酸化炭素ガス C2 を取り出す。取り出された二酸化炭素ガス C2 は、圧縮機 37 で圧縮された後、送給ライン 33A を通して第一熱交換器 31A に送られる。一方で、第二タンク 21 内の液化可燃性ガス F は、燃料ポンプ 25 によって第一燃料ライン 35 を通して第一熱交換器 31A に送られる。そして、第一熱交換器 31A において、二酸化炭素ガス C2 と液化可燃性ガス F との熱交換が行われる。

[0025] 液化可燃性ガス F は、液体状態での温度が二酸化炭素 C よりも低い。したがって、第一熱交換器 31A における熱交換により、圧縮された二酸化炭素ガス C2 は冷却されて再液化する。冷却されて再液化した二酸化炭素液 C1

は、返送ライン 34 A を通して第一タンク 11 に返送される。

[0026] また、液化可燃性ガス F は、第一熱交換器 31 A で、液化可燃性ガス F よりも高温の二酸化炭素ガス C2 と熱交換することで加熱され、その温度が上昇する。温度上昇した液化可燃性ガス F は、第二燃料ライン 36 を通して第二熱交換器 32 に送られる。液化可燃性ガス F は、第二熱交換器 32 で熱媒 H との熱交換によって更に加熱されて気化する。気化された液化可燃性ガス F は、第三燃料ライン 38 を通して燃焼器 9 に供給される。

[0027] (作用効果)

上記実施形態の船舶 1 A では、送給ライン 33 A を通して第一タンク 11 から第一熱交換器 31 A へ送給された二酸化炭素ガス C2 は、第一熱交換器 31 A で液化可燃性ガス F との熱交換により冷却されて再液化される。この再液化された二酸化炭素液 C1 は、返送ライン 34 A を通して第一タンク 11 に返送される。そして、この再液化された二酸化炭素液 C1 の温度は、第一タンク 11 内に貯留された二酸化炭素 C の温度よりも低くなっている。そのため、冷却された二酸化炭素液 C1 が第一タンク 11 内に返送されることで、第一タンク 11 内の二酸化炭素 C の温度が低下する。これにより、第一タンク 11 内の温度上昇が抑えられ、第一タンク 11 内における二酸化炭素液 C1 の新たな気化を抑えることができる。

一方で、第二タンク 21 に貯留された液化可燃性ガス F は、第一熱交換器 31 A で二酸化炭素ガス C2 と熱交換することで温度上昇した後、第二熱交換器 32 に送られる。そのため、第二熱交換器 32 では、予め第一熱交換器 31 A で予熱された状態の液化可燃性ガス F を熱媒 H と熱交換して気化させることになる。したがって、第二熱交換器 32 で液化可燃性ガス F を気化させるのに必要な熱エネルギーが、第一熱交換器 31 A を備えない場合に比較して少なくて済む。

このようにして、第一タンク 11 内で生成された二酸化炭素ガス C2 を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に再液化することが可能となる。

[0028] また、二酸化炭素ガス C2 は、ボイルオフガス発生時の蒸発潜熱により冷

やされる二酸化炭素液C 1よりも温度が高い。したがって、第一熱交換器3 1 Aでは、二酸化炭素液C 1と熱交換する場合に比較し、液化可燃性ガスFを、より高い温度まで温度上昇させることができる。この点において、第二熱交換器3 2で液化可燃性ガスFを気化させるのに必要な熱エネルギーが、より少なく済む。

[0029] <第二実施形態>

次に、この発明に係る浮体の第二実施形態について説明する。以下に説明する第二実施形態においては、第一実施形態と第一熱交換器3 1 Bの構成のみが異なるので、第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複説明を省略する。

図3に示すように、本実施形態における浮体としての船舶1 Bの再液化・燃料供給システム3 0 Bは、第一熱交換器3 1 Bと、第二熱交換器3 2と、を備えている。

[0030] 第一熱交換器3 1 Bは、二酸化炭素C（二酸化炭素液C 1）と液化可燃性ガスFとを熱交換する。第一熱交換器3 1 Bには、送給ライン3 3 Bと、返送ライン3 4 Bと、第一燃料ライン3 5と、第二燃料ライン3 6とが接続されている。

[0031] 送給ライン3 3 Bは、第一タンク1 1から第一熱交換器3 1 Bに二酸化炭素Cを導く。より具体的には、送給ライン3 3 Bは、第一タンク1 1内の下部から二酸化炭素液C 1を前記第一熱交換器3 1 Bに導く。送給ライン3 3 Bは、揚荷ポンプ1 5から送り出された二酸化炭素液C 1を第一熱交換器3 1 Bに導く。送給ライン3 3 Bは、揚荷配管1 4から分岐している。送給ライン3 3 Bと揚荷配管1 4とが分岐した部分には、開閉弁3 9 A、3 9 Bが配置されている。開閉弁3 9 Aは、揚荷配管1 4内の流路を開閉する。開閉弁3 9 Bは、送給ライン3 3 B内の流路を開閉する。例えば、第一タンク1 1内の二酸化炭素液C 1を、揚荷ポンプ1 5で第一熱交換器3 1 Bに送給する場合は、開閉弁3 9 Aを閉状態、開閉弁3 9 Bを開状態とする。なお、揚荷ポンプ1 5によって二酸化炭素液C 1を送給ライン3 3 Bに送り出す場合

について説明したが、揚荷ポンプ１５とは別に小容量のポンプを装備して、この小容量のポンプを用いて二酸化炭素液Ｃ１を送給ライン３３Ｂに送り出すようにしてもよい。

- [0032] 返送ライン３４Ｂは、第一熱交換器３１Ｂから第一タンク１１に二酸化炭素液Ｃ１を導く。本実施形態において、返送ライン３４Ｂは、第一タンク１１の頂部に接続されている。第一タンク１１の頂部には、噴射部４０が配置されている。噴射部４０は、第一熱交換器３１Ｂから返送ライン３４Ｂを通して第一タンク１１に返送された二酸化炭素液Ｃ１を、第一タンク１１内の上部の気相に噴射する。この噴射形態としては、シャワー状や霧状などを挙げることができる。噴射された二酸化炭素液Ｃ１は、第一タンク１１内に貯留された二酸化炭素ガスＣ２と広く接触しつつ下方へ落ちていく。
- [0033] このような再液化・燃料供給システム３０Ｂでは、揚荷ポンプ１５を作動させることで、第一タンク１１内の下部から二酸化炭素液Ｃ１を送り出す。送り出された二酸化炭素液Ｃ１は、送給ライン３３Ｂを通して第一熱交換器３１Ｂに送られる。第一熱交換器３１Ｂにおいて、二酸化炭素液Ｃ１と液化可燃性ガスＦとの熱交換が行われる。第一熱交換器３１Ｂにおける熱交換により、二酸化炭素液Ｃ１は第一タンク１１内の二酸化炭素液Ｃ１よりも冷却されて過冷却状態となる。過冷却状態の二酸化炭素液Ｃ１は、返送ライン３４Ｂを通して第一タンク１１に返送される。
- [0034] 過冷却状態の二酸化炭素液Ｃ１は、噴射部４０により、第一タンク１１内の二酸化炭素ガスＣ２内に噴射される。これにより、第一タンク１１内の上部に貯留された二酸化炭素ガスＣ２は、噴射された二酸化炭素液Ｃ１によって冷却される。これにより、二酸化炭素ガスＣ２の少なくとも一部が再液化される。
- [0035] 一方で、液化可燃性ガスＦは、第一熱交換器３１Ｂで、液化可燃性ガスＦよりも高温の二酸化炭素液Ｃ１と熱交換することで加熱され、その温度が上昇する。温度が上昇した液化可燃性ガスＦは、第二燃料ライン３６を通して第二熱交換器３２に送られる。液化可燃性ガスＦは、第二熱交換器３２にお

ける熱媒Hとの熱交換によって更に加熱されて気化する。気化された液化可燃性ガスFは、第三燃料ライン38を通して燃焼器9に供給される。

[0036] (作用効果)

上記第二実施形態の船舶1Bでは、送給ライン33Bを通して第一タンク11から送給された二酸化炭素液C1は、第一熱交換器31Bで液化可燃性ガスFと熱交換することで冷却される。冷却された二酸化炭素液C1は、返送ライン34Bを通して第一タンク11に返送される。冷却された二酸化炭素液C1が第一タンク11内に供給されることで、第一タンク11内の二酸化炭素Cの温度が低下する。これにより、第一タンク11内における温度上昇が抑えられ、二酸化炭素液C1の新たな気化も抑えられる。

さらに、第二タンク21に貯留された液化可燃性ガスFは、第一熱交換器31Bで、液化可燃性ガスFよりも高温の二酸化炭素Cと熱交換することで温度上昇した後、第二熱交換器32に送られる。そのため、第二熱交換器32では、予め第一熱交換器31Bで予熱された状態の液化可燃性ガスFを熱媒Hと熱交換して気化させることになる。したがって、第二熱交換器32で液化可燃性ガスFを気化させるのに必要な熱エネルギーが、第一熱交換器31Bを備えない場合に比較して少なくて済む。

このようにして、第一タンク11内で生成された二酸化炭素ガスC2を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に再液化することが可能となる。

[0037] また、第二実施形態の第一熱交換器31Bでは、第一タンク11内から取り出した二酸化炭素液C1と、液化可燃性ガスFとを熱交換する。これにより、過冷却状態の二酸化炭素液C1が第一タンク11内に送り込まれるため、第一タンク11内の二酸化炭素ガスC2を冷却して再液化させることができる。

[0038] また、第二実施形態の船舶1Bでは、揚荷ポンプ15により、第一タンク11から第一熱交換器31Bに二酸化炭素液C1を送給している。この揚荷ポンプ15は、第一タンク11内の二酸化炭素液C1を、揚荷配管14を通して浮体本体2の外部に送り出すために備えられたものである。このように

、揚荷ポンプ15を、二酸化炭素ガスC2を再液化させるために兼用することができるため、部品点数の増加を抑え、コスト上昇を抑えることが可能となる。

[0039] また、第二実施形態の船舶1Bでは、第一熱交換器31Bでの熱交換により過冷却状態とされた二酸化炭素液C1を、噴射部40で第一タンク11内の上部に噴射している。そのため、過冷却状態の二酸化炭素液C1を、第一タンク11内の二酸化炭素ガスC2とより広く接触させることができる。したがって、より多くの二酸化炭素ガスC2を再液化させることが可能となる。

[0040] <第三実施形態>

次に、この発明に係る浮体の第三実施形態について説明する。以下に説明する第三実施形態においては、液化可燃性ガスFと熱交換する対象が冷媒になる点で第一実施形態と異なるので、図1を援用するとともに、第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明する。さらに、第一実施形態と同一部分については詳細説明を省略する。

図4に示すように、本実施形態における浮体としての船舶1Cの再液化・燃料供給システム30Cは、第一熱交換器31Cと、第二熱交換器32と、循環ライン33Cと、循環ポンプ41と、を少なくとも備えている。

[0041] 第一熱交換器31Cは、冷媒Rと液化可燃性ガスFとを熱交換する。第一熱交換器31Cには、第一燃料ライン35と、第二燃料ライン36と、循環ライン33Cと、が接続されている。

[0042] 循環ライン33Cは、冷媒Rを第一タンク11の内部と第一熱交換器31Cとの間で循環させる流路を形成している。循環ライン33Cの一端は、第一熱交換器31Cの冷媒出口31Coに接続されており、循環ライン33Cの他端は、第一熱交換器31Cの冷媒入口31Ciに接続されている。そして、この循環ライン33Cは、その途中で第一タンク11の内部を通過している。第三実施形態における循環ライン33Cは、第一タンク11内の気相を通過している。本第三実施形態においては、循環ライン33Cのうち少な

くとも第一タンク 11 内を通過する部分（以下、第一タンク 11 内通過部分という）は、金属等の熱伝導率の高い材料、フィンチューブ等の伝熱面積の広い材料、及び、これらを組み合わせたもの等で形成することができる。また、循環ライン 33C のうち、第一タンク 11 の外部に配置される部分（特に、冷媒出口 31C_o と第一タンク 11 との間）は、断熱性能の高い材料で形成したり、断熱材で覆ったりしてもよい。上述した冷媒 R としては、沸点が -40°C 程度の冷媒を用いることができる。なお、第一タンク 11 内通過部分が気相のみを通過する場合について説明したが、第一タンク 11 内通過部分は気相のみを通過するものに限られない。例えば、第一タンク 11 内通過部分のうちの一部が液相に接触していてもよい。また、第一タンク 11 内通過部分は、常時気相に接触している構成に限られず、例えば、第一タンク 11 内の液位の上昇時等に液相に没してもよい。

[0043] 循環ポンプ 41 は、循環ライン 33C の途中に設置されている。本実施形態の循環ポンプ 41 は、循環ライン 33C のうち、第一熱交換器 31C の出口 31C_o と第一タンク 11 との間に配置されている。循環ポンプ 41 は、循環ライン 33C 内の冷媒 R を循環ライン 33C の一端から他端に向かって送出している。

[0044] このような再液化・燃料供給システム 30C では、循環ポンプ 41 を作動させることで、第一熱交換器 31C の出口 31C_o から排出された冷媒 R は、循環ライン 33C 内の流路を第一タンク 11 に向かって流れる。そして、冷媒 R は、第一タンク 11 内に配置された循環ライン 33C の流路を流れる。このとき冷媒 R は、第一タンク 11 内において二酸化炭素 C（二酸化炭素ガス C₂ と二酸化炭素液 C₁ との少なくとも一方）と熱交換されて温度上昇する。

[0045] その後、冷媒 R は、第一タンク 11 外に配置された循環ライン 33C の流路を流れた後、第一熱交換器 31C の冷媒入口 31C_i に至る。そして、冷媒 R は、第一熱交換器 31C において、液化可燃性ガス F と熱交換されて温度低下して、再度、冷媒出口 31C_o から排出される。このようにして冷媒

Rは、循環ライン33C内を循環している。本第三実施形態における循環ポンプ41を動作させるタイミングとしては、第一タンク11内の圧力が閾値以上に上昇した場合にのみ動作させてもよいが、燃焼器9が動作しているときに、常時動作させるようにしてもよい。

[0046] 第一熱交換器31Bで液化可燃性ガスFよりも高温の冷媒Rと熱交換することで加熱されて温度上昇した液化可燃性ガスFは、第一実施形態と同様に、第二燃料ライン36を通して第二熱交換器32に送られる。この液化可燃性ガスFは、第二熱交換器32における熱媒Hとの熱交換によって更に加熱されて気化する。気化された液化可燃性ガスFは、第三燃料ライン38を通して燃焼器9に供給される。

また、冷媒Rと熱交換した第一タンク11内の二酸化炭素Cが温度低下する。この際、二酸化炭素ガスC2は、冷媒Rとの直接的な熱交換又は、冷媒Rと熱交換した二酸化炭素液C1との接触により温度低下する。これにより二酸化炭素ガスC2は、気体の状態で体積が減少するか、又は液化する。これにより、第一タンク11内の圧力上昇が抑制される。

[0047] (作用効果)

上記第三実施形態の船舶1Cでは、船体2と、船体2に配置され、気相及び液相を有した二酸化炭素Cを貯留する第一タンク11と、船体2に配置され、液体状態での温度が二酸化炭素Cの液相よりも低い液化可燃性ガスFを貯留可能な第二タンク21と、液化可燃性ガスFと冷媒Rとを熱交換させる第一熱交換器31Cと、第一タンク11内と、第一熱交換器31Cとの間で冷媒Rを循環させる循環ライン33Cと、循環ライン33Cの途中に設けられて冷媒Rを循環させる循環ポンプ41と、第一熱交換器31Cを経た液化可燃性ガスFを熱媒Hと熱交換することで液化可燃性ガスFを気化させる第二熱交換器32と、第二熱交換器32で気化された液化可燃性ガスFを燃焼させる燃焼器9と、を備えている。

この第三実施形態によれば、第一実施形態の作用効果に加え、第一タンク11内の二酸化炭素Cと液化可燃性ガスFとを、冷媒R介して熱交換するこ

とができるため、二酸化炭素ガスC 2や二酸化炭素液C 1を第一タンク1 1の外部の配管内に流す必要が無い。そのため、二酸化炭素Cへの入熱を抑制して効率よく第一タンク1 1内の圧力を低減させることができる。

[0048] また、上記第三実施形態の船舶1 Cでは、循環ライン3 3 Cが少なくとも第一タンク1 1の液相を通過している。

このように構成することで、冷媒Rと熱交換した第一タンク1 1内の二酸化炭素ガスC 2を温度低下させて、気体の状態で体積を減少させるか、又は液化させることができる。したがって、第一タンク1 1内の圧力上昇を効率よく抑制することができる。

[0049] (その他の実施形態)

以上、本開示の実施の形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

なお、上記実施形態では、二つの第一タンク1 1を備える構成としたが、これに限られない。一つ、あるいは三つ以上の第一タンク1 1を備えていてもよい。また、上記実施形態では、複数の第一タンク1 1を船首尾方向Daに並べて配置する場合を例示したが、第一タンク1 1は、船幅方向（言い換えれば、左右舷方向）に並べて配置してもよい。

また、上記実施形態では、浮体として船舶1 A、1 Bを例示したが、これに限られない。浮体は、推進機構を備えない洋上浮体設備であってもよい。

[0050] さらに、上記第三実施形態においては、循環ライン3 3 Cの配管の熱伝導を利用して冷媒Rと二酸化炭素Cとを熱交換する場合について説明した。しかし、第一タンク1 1内における循環ライン3 3 Cの途中に、冷媒Rと二酸化炭素Cとを熱交換する別の熱交換器を設けてもよい。

[0051] また、上記第三実施形態における循環ライン3 3 Cのうち、第一タンク1 1内に配置される部分において、冷媒Rの流路を蛇行させるようにしてもよい。

[0052] さらに、上記第三実施形態においては、冷媒Rを液体の状態で循環させる

場合について説明した。しかし、例えば、図5に示すように、上述した循環ポンプ41に代えて、循環ライン33Cの途中に、膨張弁42および圧縮機43を設けて冷凍サイクルを構築するようにしてもよい。この場合、第一熱交換器31Cの冷媒出口31C_oと第一タンク11との間に膨張弁42を設け、第一タンク11と第一熱交換器31Cの冷媒入口31C_iとの間に圧縮機43を設ければよい。このような冷媒サイクルを構築した場合、二酸化炭素ガスC2を冷却する能力を向上できるため、例えば、第一タンク11内の圧力が短時間で変化した場合であっても、迅速に対応することができる。

[0053] <付記>

各実施形態に記載の浮体1A、1Bは、例えば以下のように把握される。

[0054] (1) 第1の態様に係る浮体1A、1Bは、浮体本体2と、前記浮体本体2に配置され、気相及び液相を有した二酸化炭素Cを貯留可能な第一タンク11と、前記浮体本体2に配置され、液体状態での温度が前記二酸化炭素Cの液相よりも低い液化可燃性ガスFを貯留可能な第二タンク21と、前記二酸化炭素Cと前記液化可燃性ガスFとを熱交換する第一熱交換器31A、31Bと、前記第一タンク11から前記第一熱交換器31A、31Bに前記二酸化炭素Cを導く送給ライン33A、33Bと、前記第一熱交換器31A、31Bから前記第一タンク11に前記二酸化炭素の液体C1を導く返送ライン34A、34Bと、前記第一熱交換器31A、31Bを経た前記液化可燃性ガスFを熱媒Hと熱交換することで前記液化可燃性ガスFを気化させる第二熱交換器32と、前記第二熱交換器32で気化された前記液化可燃性ガスFを燃焼させる燃焼器9と、を備える。

浮体1A、1Bの例としては、船舶や洋上浮体設備が挙げられる。浮体本体2の例としては、船体や洋上浮体設備の浮体本体が挙げられる。

二酸化炭素Cの例としては、二酸化炭素液C1、二酸化炭素ガスC2が挙げられる。

液化可燃性ガスFの例としては、液化天然ガス、メタン、エタン、水素が挙げられる。

熱媒Hの例としては、蒸気、燃焼器9からの排気、清水タンク（図示せず）に貯留された清水、船外から汲み上げた海水等が挙げられる。

燃焼器9の例としては、主機や発電機用のエンジン（内燃機関）、ボイラーが挙げられる。

[0055] この浮体1A, 1Bによれば、送給ライン33A, 33Bを通して第一タンク11から送給された二酸化炭素の液体C1は、第一熱交換器31A, 31Bで液化可燃性ガスFと熱交換される。液化可燃性ガスFは、液体状態での温度が二酸化炭素Cの液相よりも低い。したがって、第一熱交換器31A, 31Bにおける熱交換により、二酸化炭素Cは冷却される。冷却された二酸化炭素Cは、返送ライン34A, 34Bを通して第一タンク11に返送される。冷却された二酸化炭素Cが第一タンク11内に供給されることで、第一タンク11内の二酸化炭素Cの温度が低下する。これにより、第一タンク11内における温度上昇が抑えられ、二酸化炭素Cの新たな気化も抑えられる。

第二タンク21に貯留された液化可燃性ガスFは、第一熱交換器31A, 31B、第二熱交換器32を経て燃焼器9へと供給される、液化可燃性ガスFは、第一熱交換器31A, 31Bで、液化可燃性ガスFよりも高温の二酸化炭素Cと熱交換することで温度上昇した後、第二熱交換器32に送られる。そのため、第二熱交換器32では、予め第一熱交換器31A, 31Bで予熱された状態の液化可燃性ガスFを熱媒Hと熱交換して気化させることになる。したがって、第二熱交換器32で、液化可燃性ガスFを気化させるのに必要な熱エネルギーが、第一熱交換器31A, 31Bを備えない場合に比較して少なくて済む。

このようにして、第一タンク11内で生成された気体状態の二酸化炭素C（C2）を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に再液化することが可能となる。

[0056] （2）第2の態様に係る浮体1Aは、（1）の浮体1Aであって、前記送給ライン33Aは、前記第一タンク11内の上部の気相から前記二酸化炭素C

の気体C 2を前記第一熱交換器3 1 Aに導く。

[0057] これにより、第一熱交換器3 1 Aでは、第一タンク1 1内から取り出した二酸化炭素Cの気体C 2と、液化可燃性ガスFとを熱交換することができる。そのため、第一タンク1 1内で気化した二酸化炭素Cの気体C 2を、液化可燃性ガスFと熱交換して冷却できるため、二酸化炭素Cの気体C 2を再液化させることができる。

また、二酸化炭素Cの気体C 2は、蒸発潜熱により冷やされる二酸化炭素Cの液体C 1よりも温度が高い。したがって、第一熱交換器3 1 Aでは、二酸化炭素Cの液体C 1と熱交換する場合に比較し、液化可燃性ガスFを、より高い温度まで温度上昇させることができる。この点において、第二熱交換器3 2で液化可燃性ガスFを気化させるのに必要な熱エネルギーが、より少なくて済む。

[0058] (3) 第3の態様に係る浮体1 Bは、(1)の浮体1 Bであって、前記送給ライン3 3 Bは、前記第一タンク1 1内の下部の液相から前記二酸化炭素Cの液体C 1を前記第一熱交換器3 1 Bに導く。

[0059] これにより、第一熱交換器3 1 Bでは、第一タンク1 1内から取り出した二酸化炭素Cの液体C 1と、液化可燃性ガスFとを熱交換することができる。これにより、二酸化炭素Cの液体C 1を過冷却状態にして、第一タンク1 1に返送することができる。そして、過冷却状態の二酸化炭素Cの液体C 1が第一タンク1 1内に送り込むことで、第一タンク1 1内の二酸化炭素Cの気体C 2を再液化させることができる。

[0060] (4) 第4の態様に係る浮体1 Bは、(3)の浮体1 Bであって、前記第一タンク1 1内の二酸化炭素Cの液体C 1を前記浮体本体2の外部に送り出す揚荷配管1 4に備えられた揚荷ポンプ1 5をさらに含み、前記送給ライン3 3 Bは、前記揚荷ポンプ1 5と前記第一熱交換器3 1 Bとを接続し、前記二酸化炭素Cの液体C 1を前記第一タンク1 1内から前記第一熱交換器3 1 Bに導く。

[0061] これにより、揚荷ポンプ1 5により、送給ライン3 3 Bを通して第一タン

ク 1 1 から第一熱交換器 3 1 B に二酸化炭素 C の液体 C 1 を送給することができる。揚荷ポンプ 1 5 は、第一タンク 1 1 内の二酸化炭素 C の液体 C 1 を、揚荷配管 1 4 を通して浮体本体 2 の外部に送り出すために備えられたものである。このような揚荷ポンプ 1 5 を、二酸化炭素 C の気体 C 2 を再液化させるために兼用することができるため、部品点数の増加を抑え、コスト上昇を抑えることが可能となる。

[0062] (5) 第 5 の態様に係る浮体 1 B は、(3) 又は (4) の浮体 1 B であって、前記第一熱交換器 3 1 B から前記返送ライン 3 4 B を通して前記第一タンク 1 1 に返送された前記二酸化炭素 C の液体 C 1 を、前記第一タンク 1 1 内の上部に噴射する噴射部 4 0 を更に備える。

[0063] これにより、第一熱交換器 3 1 B での熱交換により過冷却状態とされた二酸化炭素 C の液体 C 1 を、噴射部 4 0 で第一タンク 1 1 内の上部に噴射して、過冷却状態の二酸化炭素の液体 C 1 を、第一タンク 1 1 内の二酸化炭素 C の気体 C 2 とより広く接触させることができる。したがって、より多くの二酸化炭素 C の気体 C 2 を再液化させることが可能となる。

[0064] (6) 第 6 の態様に係る浮体 1 C は、浮体本体 2 と、浮体本体 2 に配置され、気相及び液相を有した二酸化炭素 C を貯留する第一タンク 1 1 と、浮体本体 2 に配置され、液体状態での温度が二酸化炭素 C の液相よりも低い液化可燃性ガス F を貯留可能な第二タンク 2 1 と、液化可燃性ガス F と冷媒 R とを熱交換させる第一熱交換器 3 1 C と、第一タンク 1 1 内と、第一熱交換器 3 1 C との間で冷媒 R を循環させる循環ライン 3 3 C と、循環ライン 3 3 C の途中に設けられて冷媒 R を循環させる循環ポンプ 4 1 と、第一熱交換器 3 1 C を経た液化可燃性ガス F を熱媒と熱交換することで液化可燃性ガス F を気化させる第二熱交換器 3 2 と、第二熱交換器 3 2 で気化された液化可燃性ガス F を燃焼させる燃焼器 9 と、を備えている。

[0065] これにより、第一タンク 1 1 内の二酸化炭素 C と液化可燃性ガス F とを、冷媒 R 介して熱交換することができるため、二酸化炭素ガス C 2 や二酸化炭素液 C 1 を第一タンク 1 1 の外部の配管内に流す必要が無い。そのため、二

酸化炭素Cへの入熱を抑制して効率よく第一タンク11内の圧力を低減させることができる。

また、第二タンク21に貯留された液化可燃性ガスFは、第一熱交換器31C、第二熱交換器32を経て燃焼器9へと供給される、液化可燃性ガスFは、第一熱交換器31Cで、液化可燃性ガスFよりも高温の冷媒Rと熱交換することで温度上昇した後、第二熱交換器32に送られる。そのため、第二熱交換器32では、予め第一熱交換器31Cで予熱された状態の液化可燃性ガスFを熱媒Hと熱交換して気化させることになる。したがって、第二熱交換器32で、液化可燃性ガスFを気化させるのに必要な熱エネルギーが、第一熱交換器31Cを備えない場合に比較して少なくて済む。

このようにして、第一タンク11内で生成された気体状態の二酸化炭素C(C2)を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に再液化することが可能となる。

[0066] (7) 第7の態様に係る浮体1Cは、(6)の浮体1Cであって、前記循環ライン33Cは、少なくとも前記第一タンク11の気相を通過する。

これにより、冷媒Rと熱交換した第一タンク11内の二酸化炭素ガスC2を温度低下させて、気体の状態で体積を減少させるか、又は液化させることができる。したがって、第一タンク11内の圧力上昇を効率よく抑制することができる。

産業上の利用可能性

[0067] 本開示の浮体によれば、タンク内で気化した液化二酸化炭素を、エネルギーを有効利用しつつ効率的に冷やして再液化することができる。

符号の説明

[0068] 1A、1B、1C…船舶(浮体) 2…船体(浮体本体) 2a…船首 2b…船尾 3A、3B…舷側 5…上甲板 7…上部構造 8…貨物搭載区画 9…燃焼器 11…第一タンク 13…積込配管 14…揚荷配管 15…揚荷ポンプ 21…第二タンク 25…燃料ポンプ 30A、30B、30C…再液化・燃料供給システム 31A、31B、31C…第一熱交換

器 31C_i…冷媒入口 31C_o…冷媒出口 32…第二熱交換器 33
A, 33B…送給ライン 34A, 34B…返送ライン 33C…循環ライ
ン 35…第一燃料ライン 36…第二燃料ライン 37…圧縮機 38…
第三燃料ライン 39A, 39B…開閉弁 40…噴射部 41…循環ポン
プ 42…膨張弁 43…圧縮機 C…二酸化炭素 C1…二酸化炭素液（
二酸化炭素の液体） C2…二酸化炭素ガス（二酸化炭素の気体） F…液
化可燃性ガス H…熱媒 R…冷媒