

明 細 書

発明の名称： ガス置換方法

技術分野

[0001] 本開示は、ガス置換方法に関する。

本願は、2019年12月19日に日本に出願された特願2019-229388号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 液化ガスを運搬する船舶等には、液化ガスを貯留するタンクが設けられている。このようなタンクでは、メンテナンス等によりタンク開放する際に、タンク内に残留した液化ガスと酸素とが接触しないように、まずタンク内に不活性なイナートガスを充満させ、その後、タンク内のイナートガスを大気等に置換する場合がある（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-193653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、上記液化ガスを貯留するタンクにおいては、タンクに貯留するガスの種類を切り換える場合がある。この際、切替前にタンクに貯留されていた第一のガスの残留ガスと、切替後にタンクに貯留される第二のガスとの接触により不具合が生じる可能性がある。この不具合としては、例えば、第一のガスと第二のガスとが化学反応して、固形物等が生成されてしまうことが例示できる。また、第一のガスが第二のガスに混入し、切替後に、タンク内に第一のガスが残留してしまう可能性もある。そのため、タンクに貯留するガスの種類を切り換える場合には、特許文献1のイナートガスの場合と同様に、タンク内の第一のガスを不活性ガスに置換した後に、第二のガスをタンク内に積み込むような運用をする必要がある。

しかしながら、上記したような手法では、タンク内に積み込むガスの種類を切り替える際に、第一の液化ガスのタンク外への払い出し、タンク内の不活性ガス等への置換、タンク内への第二の液化ガスの積込、といった工程を順次実行する必要があるため、タンク内に積み込むガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間が掛かってしまうという課題がある。

[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、タンク内に積み込むガスの種類を切り換える作業に要する手間と時間を抑えることができるガス置換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

[0006] 上記課題を解決するために、本開示に係るガス置換方法は、第一ガスが充填されたタンクに、前記第一ガスよりも比重の大きい不活性ガスを供給し、前記第一ガスの下方に前記不活性ガスによる分離層を形成する工程と、前記タンクの下部に前記不活性ガスよりも比重の大きい第二ガスを供給し、前記タンクの上部から前記第一ガス及び前記分離層を順次排出する工程と、を含む。

[0007] 本開示に係るガス置換方法は、第二ガスが充填されたタンクに、前記第二ガスよりも比重の小さい不活性ガスを供給し、前記第二ガスの上方に前記不活性ガスによる分離層を形成する工程と、前記タンクの上部に前記不活性ガスよりも比重の小さい第一ガスを供給し、前記タンクの下部から前記第二ガス及び前記分離層を順次排出する工程と、を含む。

発明の効果

[0008] 本開示のガス置換方法によれば、タンク内に積み込むガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の実施形態に係るガス置換方法が適用されるタンクを備えた船舶の概略構成を示す平面図である。

[図2]本開示の実施形態に係るガス置換方法が適用されるタンクにおいて、タンクに液化二酸化炭素を積み込んだ状態を示す側断面図である。

[図3]本開示の実施形態に係るガス置換方法が適用されるタンクにおいて、タンクに液化アンモニアを積み込んだ状態を示す側断面図である。

[図4]本開示の実施形態に係るガス置換方法の手順を示すフローチャートである。

[図5]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクに第一ガスが残留した状態を示す側断面図である。

[図6]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクに不活性ガスを供給して分離層が形成された状態を示す側断面図である。

[図7]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクに第二ガスが供給され、第一ガス、及び分離層が押し上げられた状態を示す側断面図である。

[図8]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクの第一ガス、及び分離層が排出された状態を示す側断面図である。

[図9]本開示の実施形態に係るガス置換方法の手順を示すフローチャートである。

[図10]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクに第二ガスが残留した状態を示す側断面図である。

[図11]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクに不活性ガスを供給して分離層が形成された状態を示す側断面図である。

[図12]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクに第一ガスが供給され、第二ガス、及び分離層が押し下げられた状態を示す側断面図である。

[図13]本開示の実施形態に係るガス置換方法において、タンクの第二ガス、及び分離層が排出された状態を示す側断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施形態に係る船舶について、図1、図2を参照して説明する。

(船舶の船体構成)

図 1、図 2 に示す本開示の実施形態の船舶 1 は、例えば、液化二酸化炭素と、液化アンモニアと、を選択的に運搬可能とされている。この船舶 1 は、船体 2 と、タンク 2 1 と、を少なくとも備えている。

[0011] (船体の構成)

図 1 に示すように、船体 2 は、その外殻をなす、一对の舷側 3 A, 3 B と、船底 (図示無し) と、甲板 5 と、を有している。舷側 3 A, 3 B は、左右舷側をそれぞれ形成する一对の舷側外板を備えている。船底 (図示無し) は、これら舷側 3 A, 3 B を接続する船底外板を備えている。これら一对の舷側 3 A, 3 B 及び船底 (図示無し) により、船体 2 の外殻は、船首尾方向 D a 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 2 b 側の甲板 5 上に、居住区を有する上部構造 7 が形成されている。

[0012] 船体 2 内には、上部構造 7 よりも船首 2 a 側に、貨物搭載区画 (ホールド) 8 が形成されている。貨物搭載区画 8 は、甲板 5 に対して下方の船底 (図示無し) に向けて凹み、上方に開口している。

[0013] (タンクの構成)

タンク 2 1 は、貨物搭載区画 8 内に、複数配置されている。この実施形態におけるタンク 2 1 は、貨物搭載区画 8 内に、例えば計 7 個配置されている。貨物搭載区画 8 内におけるタンク 2 1 のレイアウト、設置数は何ら限定するものではない。この実施形態において、各タンク 2 1 は、例えば、水平方向 (具体的には、船首尾方向) に延びる円筒状である。なお、タンク 2 1 は、円筒状に限られるものではなく球形であってもよい。

[0014] 図 2 に示すように、各タンク 2 1 には、上部配管 3 2 と、下部配管 3 3 と、が設けられている。

上部配管 3 2 は、タンク 2 1 の外部からタンク 2 1 の内部に至っている。上部配管 3 2 の先端には、タンク 2 1 内の上部に開口する開口部 3 2 a が形成されている。ここで、タンク 2 1 内の上部とは、タンク 2 1 内の領域のうち、上下方向 D v におけるタンク 2 1 の中央よりもタンク 2 1 の上端に近い

側の領域を意味しており、一例として、タンク 2 1 頂部を挙げるができる。上部配管 3 2 は、後述する他の配管に接続可能に設けられている。また、上部配管 3 2 には、開閉弁（図示無し）が設けられている。開閉弁（図示無し）は、例えば上部配管 3 2 に他の配管を着脱するとき等に、必要に応じて上部配管 3 2 内の流路を開閉する。

[0015] 下部配管 3 3 は、タンク 2 1 の外部からタンク 2 1 の内部に延びて設けられている。下部配管 3 3 の先端には、タンク 2 1 内の下部に開口する開口部 3 3 a が形成されている。ここで、タンク 2 1 内の下部とは、タンク 2 1 内の領域のうち、上下方向 D v におけるタンク 2 1 の中央よりもタンク 2 1 の下端に近い側の領域を意味しており、一例として、タンク 2 1 底部を挙げるができる。下部配管 3 3 の他端は、後述する他の配管に接続可能に設けられている。また、下部配管 3 3 には、開閉弁（図示無し）が設けられている。開閉弁（図示無し）は、例えば下部配管 3 3 に他の配管を着脱するとき等に、必要に応じて下部配管 3 3 内の流路を開閉する。

[0016] 上記タンク 2 1 には、液化二酸化炭素 L c と、液化アンモニア L a との何れか一方、を選択的に積込可能である。船舶 1 は、液化二酸化炭素 L c 、及び液化アンモニア L a の何れか一方のみを繰り返し運搬する場合、以下のようにして、タンク 2 1 への液化二酸化炭素の積込及び払い出し、又はタンク 2 1 への液化アンモニアの積込及び払い出しを行う。

[0017] （タンクへの液化二酸化炭素の積込、及び払い出し）

図 2 に示すように、液化二酸化炭素 L c をタンク 2 1 に積み込むには、下部配管 3 3 に、船外の液化二酸化炭素供給設備等から液化二酸化炭素 L c が供給される配管（図示無し）を接続する。船外から下部配管 3 3 に液化二酸化炭素 L c を送り込むと、液化二酸化炭素 L c は、開口部 3 3 a からタンク 2 1 内に積み込まれる。このようにして、タンク 2 1 内に液化二酸化炭素 L c が貯留される。なお、液化二酸化炭素 L c のタンク 2 1 への積込は、上部配管 3 2 を通して行ってもよい。

[0018] タンク 2 1 内に貯留された液化二酸化炭素 L c を払い出すときには、例え

ば、カーゴポンプ（図示無し）によりタンク 2 1 内から液化二酸化炭素 L c を吸い出す。これにより、タンク 2 1 内の液化二酸化炭素 L c が、船外の液化二酸化炭素回収設備等に払い出される。

[0019] （タンクへの液化アンモニアの積込、及び払い出し）

図 3 に示すように、液化アンモニア L a をタンク 2 1 に積み込むには、下部配管 3 3 に、船外の液化アンモニア供給設備等から液化アンモニア L a が供給される配管（図示無し）を接続する。船外から下部配管 3 3 に液化アンモニア L a を送り込むと、液化アンモニア L a は、開口部 3 3 a からタンク 2 1 内に積み込まれる。このようにして、タンク 2 1 内に液化アンモニア L a が貯留される。なお、液化アンモニア L a のタンク 2 1 への積込は、上部配管 3 2 を通して行ってもよい。

[0020] タンク 2 1 内に貯留された液化アンモニア L a を払い出すには、例えば、カーゴポンプ（図示無し）によりタンク 2 1 内から液化アンモニア L a を吸い出す。これにより、タンク 2 1 内の液化アンモニア L a が、船外の液化アンモニア回収設備等に払い出される。

[0021] 船舶 1 において、タンク 2 1 内に積み込む液化ガスの種類を切り替える場合、以下のようなガス置換方法を実行する。

（液化アンモニアから液化二酸化炭素へのガス置換方法）

図 4 に示すように、液化アンモニアから液化二酸化炭素へのガス置換方法 S 1 0 は、分離層 1 0 3 を形成する工程 S 1 1 と、アンモニアガス G 1 及び分離層 1 0 3 を順次排出する工程 S 1 2 と、を含む。

[0022] （分離層を形成する工程）

タンク 2 1 内の液化アンモニア L a を船外の液化アンモニア回収設備等に払い出した後には、図 5 に示すように、タンク 2 1 内には、残留した気体のアンモニアガス（第一ガス）G 1 が充填されている。分離層 1 0 3 を形成する工程 S 1 1 では、図 6 に示すように、下部配管 3 3 に、船内又は船外に設けられた窒素ガス発生装置等の窒素ガス供給源から窒素ガス（不活性ガス）G s を送り込む。窒素ガス G s は、下部配管 3 3 の開口部 3 3 a から、タン

ク 2 1 内の下部に供給される。窒素ガス G s は、アンモニアガス G 1 よりも比重が大きい。そのため、タンク 2 1 内の下部に窒素ガス G s を供給すると、タンク 2 1 内にアンモニアガス層 1 0 1 と分離層 1 0 3 とが形成される。アンモニアガス層 1 0 1 は、窒素ガス G s によってタンク 2 1 内の上部に押し上げられたアンモニアガス G 1 からなる。分離層 1 0 3 は、窒素ガス G s からなり、アンモニアガス層 1 0 1 の下方に形成される。

[0023] 分離層 1 0 3 を形成する工程 S 1 1 では、分離層 1 0 3 を形成する窒素ガス G s として、タンク 2 1 の容量よりも少ない量の窒素ガス G s をタンク 2 1 に供給する。上記窒素ガス発生装置にて生成される窒素ガス G s の露点は、液化二酸化炭素 L c の温度（例えば、 -50°C ）より低い温度になっている。また、窒素ガス G s をタンク 2 1 内に供給するのに伴って、タンク 2 1 の上部のアンモニアガス G 1 の一部が、上部配管 3 2 を通してタンク 2 1 外に押し出されてもよい。上部配管 3 2 を通して押し出されるアンモニアガス G 1 は、船外のガス回収設備で回収したり、船外の大気中に排出したりする。ここで、上記した二酸化炭素ガス G 2 やタンク 2 1 の内面は、液化二酸化炭素 L c と同じ温度であると想定される。そのため、上記のように、窒素ガス G s の露点を液化二酸化炭素 L c の温度よりも低い温度にすることで、残留する二酸化炭素ガス G 2 やタンク 2 1 の内面に窒素ガス G s が触れても窒素ガス G s に含まれる水分が凝縮して結露することを抑制できる。

[0024] （アンモニアガス及び分離層を順次排出する工程）

アンモニアガス G 1 及び分離層 1 0 3 を順次排出する工程 S 1 2 では、図 7 に示すように、タンク 2 1 の下部に窒素ガス G s よりも比重の大きい二酸化炭素ガス（第二ガス）G 2 を供給する。二酸化炭素ガス G 2 は、二酸化炭素ガス供給設備等から、下部配管 3 3 を通して、開口部 3 3 a からタンク 2 1 内の下部に供給される。二酸化炭素ガス G 2 の比重は、窒素ガス G s 及びアンモニアガス G 1 の比重よりも大きい。そのため、タンク 2 1 の下部に二酸化炭素ガス G 2 が供給されると、タンク 2 1 内でアンモニアガス層 1 0 1 及び分離層 1 0 3 の下方に、二酸化炭素ガス層 1 0 2 が形成される。なお、

アンモニアガスG 1及び分離層1 0 3を順次排出する工程S 1 2では、二酸化炭素ガスG 2に加えて、液化二酸化炭素L cを、タンク2 1内の下部に供給してもよい。

[0025] この状態のタンク2 1内では、上部のアンモニアガス層1 0 1と下部の二酸化炭素ガス層1 0 2との間に、分離層1 0 3が介在している。

二酸化炭素ガスG 2をタンク2 1の下部に供給し続けると、タンク2 1内における二酸化炭素ガスG 2量が増えるにしたがって、タンク2 1の上部のアンモニアガス層1 0 1を形成するアンモニアガスG 1、およびその下方の分離層1 0 3を形成する窒素ガスG sが押し上げられる。押し上げられたアンモニアガスG 1、及び窒素ガスG sは、上部配管3 2を通して、タンク2 1外に順次排出されていく。上部配管3 2を通して押し出されるアンモニアガスG 1、及び窒素ガスG sは、船外のガス回収設備で回収したり、船外の大気中に排出したりする。

[0026] 図8に示すように、アンモニアガスG 1、及び窒素ガスG sの全てがタンク2 1外に排出されると、タンク2 1内には二酸化炭素ガスG 2のみが残留する。しかる後、図2に示したように、タンク2 1への液化二酸化炭素L cの積込を行う。

[0027] (液化二酸化炭素から液化アンモニアへのガス置換方法)

図9に示すように、液化二酸化炭素から液化アンモニアへのガス置換方法S 2 0は、分離層1 0 3を形成する工程S 2 1と、二酸化炭素ガスG 2及び分離層1 0 3を順次排出する工程S 2 2と、を含む。

[0028] (分離層を形成する工程)

タンク2 1内の液化二酸化炭素L cを、船外の液化二酸化炭素回収設備等に払い出した後には、図1 0に示すように、タンク2 1内には、残留した気体の液化二酸化炭素(第二ガス)G 2が充填されている。分離層1 0 3を形成する工程S 2 1では、図1 1に示すように、二酸化炭素ガスG 2が充填されたタンク2 1に、窒素ガス(不活性ガス)G sを供給する。窒素ガスG sは、窒素ガス供給源から上部配管3 2に供給され、開口部3 2 aからタンク

21 内の上部に供給される。窒素ガスGsは、二酸化炭素ガスG2よりも比重が小さい。このため、タンク21内の上部に窒素ガスGsを供給すると、タンク21内に二酸化炭素ガス層102と分離層103とが形成される。二酸化炭素ガス層102は、窒素ガスGsによってタンク21内の下部に押し下げられた二酸化炭素ガスG2からなる。分離層103は、窒素ガスGsからなり、二酸化炭素ガス層102の上方に形成される。

[0029] 分離層103を形成する工程S21では、分離層103を形成する窒素ガスGsとして、タンク21の容量よりも少ない量の窒素ガスGsをタンク21に供給する。また、窒素ガスGsをタンク21内に供給するのに伴って、タンク21の下部の二酸化炭素ガスG2の一部が、下部配管33を通してタンク21外に排出されてもよい。上部配管32を通して押し出される二酸化炭素ガスG2は、船外のガス回収設備で回収したり、船外の大気中に排出したりする。

[0030] (二酸化炭素ガス及び分離層を順次排出する工程)

二酸化炭素ガスG2及び分離層103を順次排出する工程S22では、図12に示すように、タンク21の上部にアンモニアガス(第一ガス)G1を供給する。アンモニアガスG1は、アンモニアガス供給設備等から、上部配管32を通し、開口部32aからタンク21内の上部に供給される。アンモニアガスG1は、窒素ガスGs及び二酸化炭素ガスG2よりも比重が小さい。このため、タンク21内で二酸化炭素ガス層102及び分離層103の上部にアンモニアガス層101が形成される。

[0031] この状態のタンク21内では、下部の二酸化炭素ガス層102と上部のアンモニアガス層101との間に、分離層103が介在している。

アンモニアガスG1をタンク21の上部に供給し続けると、タンク21内におけるアンモニアガスG1(アンモニアガス層101)の量が増えるにしたがって、タンク21の下部の二酸化炭素ガスG2、およびその下方の分離層103を形成する窒素ガスGsが、下方に押し下げられる。これにより、二酸化炭素ガスG2、窒素ガスGsが、下部配管33を通して、タンク21

外に順次排出されていく。上部配管 3 2 を通して押し出される二酸化炭素ガス G 2、窒素ガス G s は、船外のガス回収設備で回収したり、船外の大気中に排出したりする。

[0032] 二酸化炭素ガス G 2、及び窒素ガス G s の全てがタンク 2 1 外に排出されると、図 1 3 に示すように、タンク 2 1 内にはアンモニアガス G 1 のみが残留する。しかる後、図 3 に示したように、タンク 2 1 への液化アンモニア L a の積込を行う。

[0033] (作用効果)

上記実施形態のガス置換方法 S 1 0 では、アンモニアガス G 1 が充填されたタンク 2 1 に、アンモニアガス G 1 よりも比重の大きい窒素ガス G s を供給し、アンモニアガス G 1 の下方に窒素ガス G s による分離層 1 0 3 を形成する工程 S 1 1 と、タンク 2 1 の下部に窒素ガス G s よりも比重の大きい二酸化炭素ガス G 2 を供給し、タンク 2 1 の上部からアンモニアガス G 1 及び分離層 1 0 3 を順次排出する工程 S 1 2 と、を含んでいる。

このガス置換方法 S 1 0 では、タンク 2 1 内の上部のアンモニアガス G 1 と下部の二酸化炭素ガス G 2 との間に、分離層 1 0 3 を介在させることができる。そのため、アンモニアガス G 1 と二酸化炭素ガス G 2 との接触を抑えることができる。また、二酸化炭素ガス G 2 をタンク 2 1 の下部に供給し続ければ、タンク 2 1 の上部のアンモニアガス G 1、およびその下方の分離層 1 0 3 を形成する窒素ガス G s がタンク 2 1 外に順次排出されていく。このようにして、アンモニアガス G 1 が充填されていたタンク 2 1 内を、二酸化炭素ガス G 2 に置換することができる。その結果、タンク内に積み込むガスの種類の切替を効率良く行い、ガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることが可能となる。

[0034] 上記実施形態のガス置換方法 S 1 0 では、窒素ガス G s、及び二酸化炭素ガス G 2 を、タンク 2 1 内の下部に開口する下部配管 3 3 を通し、タンク 2 1 に供給している。

このようにアンモニアガス G 1 よりも比重が大きい窒素ガス G s を、タン

ク 2 1 内の下部に開口する下部配管 3 3 を通してタンク 2 1 に供給することで、タンク 2 1 内でアンモニアガス G 1 の下方に窒素ガス G s による分離層 1 0 3 を迅速に形成することができる。さらに、窒素ガス G s よりも比重が大きい二酸化炭素ガス G 2 を、タンク 2 1 内の下部に開口する下部配管 3 3 を通してタンク 2 1 に供給することで、タンク 2 1 内で分離層 1 0 3 の下方に二酸化炭素ガス G 2 を供給することができる。

[0035] 上記実施形態のガス置換方法 S 2 0 では、二酸化炭素ガス G 2 が充填されたタンク 2 1 に、二酸化炭素ガス G 2 よりも比重の小さい窒素ガス G s を供給し、二酸化炭素ガス G 2 の上方に窒素ガス G s による分離層 1 0 3 を形成する工程 S 2 1 と、タンク 2 1 の上部に窒素ガス G s よりも比重の小さいアンモニアガス G 1 を供給し、タンク 2 1 の下部から二酸化炭素ガス G 2 及び分離層 1 0 3 を順次排出する工程 S 2 2 と、を含んでいる。

[0036] このガス置換方法 S 2 0 は、タンク 2 1 内で、上部のアンモニアガス G 1 と下部の二酸化炭素ガス G 2 との間に、分離層 1 0 3 を介在させることができる。そのため、アンモニアガス G 1 と二酸化炭素ガス G 2 との接触を抑えることができる。また、アンモニアガス G 1 をタンク 2 1 の上部に供給し続けると、タンク 2 1 の下部の二酸化炭素ガス G 2、およびその上方の分離層 1 0 3 を形成する窒素ガス G s が、タンク 2 1 外に順次排出されていく。このようにして、二酸化炭素ガス G 2 が充填されていたタンク 2 1 内を、アンモニアガス G 1 に置換することができる。その結果、タンク内に積み込むガスの種類の切替を効率良く行い、ガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることが可能となる。

[0037] 上記実施形態のガス置換方法 S 2 0 では、窒素ガス G s、及びアンモニアガス G 1 を、タンク 2 1 内の上部に開口する上部配管 3 2 を通し、タンク 2 1 内に供給している。

このように二酸化炭素ガス G 2 よりも比重が小さい窒素ガス G s を、タンク 2 1 内の上部に開口する上部配管 3 2 を通してタンク 2 1 に供給することで、タンク 2 1 内で二酸化炭素ガス G 2 の上方に窒素ガス G s による分離層

103を形成することができる。窒素ガスGsよりも比重が小さいアンモニアガスG1を、タンク21内の上部に開口する上部配管32を通してタンク21に供給することで、タンク21内で分離層103の上方にアンモニアガスG1を供給することができる。

[0038] 上記実施形態のガス置換方法S10、S20では、窒素ガスGsによる分離層103を形成する工程S11、S21において、分離層103を形成する窒素ガスGsは、タンク21の容量よりも少ない量がタンク21に供給される。

これにより、分離層103を形成する窒素ガスGsのタンク21内への供給量を抑え、分離層103を形成するための窒素ガスGsのタンク21内への供給に要する手間と時間を抑えることができる。

[0039] 上記実施形態のガス置換方法S10、S20は、タンク21は、船舶1の船体2に設けられたものである。

これにより、船舶1の船体2に設けられたタンク21に積み込むガスの種類の切替を効率良く行い、ガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることが可能となる。

[0040] (その他の実施形態)

以上、こ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、第一ガスをアンモニアガスG1、第二ガスを二酸化炭素ガスG2、不活性ガスを窒素ガスGsとしたが、これに限るものではない。例えば、第一ガスをアンモニア、第二ガスをプロパン又はブタンとしてもよい。

また、上記実施形態では、窒素ガスGsを用いる場合を説明したが、窒素ガスGsに代えて、例えば、ドライエア（乾燥空気）等を用いてもよい。

[0041] <付記>

実施形態に記載のガス置換方法S10、S20は、例えば以下のように把

握される。

[0042] (1) 第1の態様に係るガス置換方法S10は、第一ガスG1が充填されたタンク21に、前記第一ガスG1よりも比重の大きい不活性ガスGsを供給し、前記第一ガスG1の下方に前記不活性ガスGsによる分離層103を形成する工程S11と、前記タンク21の下部に前記不活性ガスGsよりも比重の大きい第二ガスG2を供給し、前記タンク21の上部から前記第一ガスG1及び前記分離層103を順次排出する工程S12と、を含む。

[0043] このガス置換方法S10では、分離層103を形成する不活性ガスGsは、第一ガスG1よりも比重が大きいため、タンク21内に不活性ガスGsを供給すると、タンク21内で第一ガスG1の下方に不活性ガスGsによる分離層103が形成される。第一ガスG1は、分離層103の上方で、タンク21の上部に位置する。第二ガスG2は不活性ガスGsよりも比重が大きい。そのため、タンク21の下部に第二ガスG2を供給すると、タンク21内で第一ガスG1及び分離層103の下方に第二ガスG2が送り込まれていく。この状態で、タンク21内では、上部の第一ガスG1と下部の第二ガスG2との間に、分離層103が介在する。これにより、第一ガスG1と第二ガスG2との接触を抑えることができる。また、第二ガスG2をタンク21の下部に供給し続ければ、タンク21の上部の第一ガスG1、およびその下方の分離層103を形成する不活性ガスGsをタンク21外に順次排出することができる。第一ガスG1、及び不活性ガスGsの全てがタンク21外に排出されると、タンク21内には第二ガスG2のみが残留する。その結果、第一ガスG1が充填されていたタンク21内を、第二ガスG2に置換することができる。したがって、タンク21内に積み込むガスの種類の切替を効率良く行い、ガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることが可能となる。

[0044] (2) 第2の態様に係るガス置換方法S10は、(1)のガス置換方法S10であって、前記不活性ガスGs、及び前記第二ガスG2を、前記タンク21内の下部に開口する下部配管33を通し、前記タンク21に供給する。

- [0045] これにより、第一ガスG1よりも比重が大きい不活性ガスGsを、タンク21内の下部に開口する下部配管33を通してタンク21に供給することで、タンク21内で第一ガスG1の下方に不活性ガスGsによる分離層103を迅速に形成することができる。さらに、不活性ガスGsよりも比重が大きい第二ガスG2を、タンク21内の下部に開口する下部配管33を通してタンク21に供給することで、タンク21内で分離層103の下方に第二ガスG2を供給することができる。
- [0046] (3) 第3の態様に係るガス置換方法S20は、第二ガスG2が充填されたタンク21に、前記第二ガスG2よりも比重の小さい不活性ガスGsを供給し、前記第二ガスG2の上方に前記不活性ガスGsによる分離層103を形成する工程S21と、前記タンク21の上部に前記不活性ガスGsよりも比重の小さい第一ガスG1を供給し、前記タンク21の下部から前記第二ガスG2及び前記分離層103を順次排出する工程S22と、を含む。
- [0047] このガス置換方法S20では、分離層103を形成する不活性ガスGsは、第二ガスG2よりも比重が小さい。そのため、タンク21内に不活性ガスGsを供給すると、タンク21内で第二ガスG2の上方に不活性ガスGsによる分離層103が形成される。また、第一ガスG1は不活性ガスGsよりも比重が小さい。そのため、タンク21の上部に第一ガスG1を供給すると、タンク21内で第二ガスG2及び分離層103の上方に第一ガスG1が貯まっていく。この状態で、タンク21内では、上部の第一ガスG1と下部の第二ガスG2との間に、分離層103が介在する。そのため、第一ガスG1と第二ガスG2との接触を抑えることができる。また、第一ガスG1をタンク21の上部に供給し続ければ、タンク21の下部の第二ガスG2、およびその上方の分離層103を形成する不活性ガスGsが、タンク21外に順次排出されていく。第二ガスG2、及び不活性ガスGsの全てがタンク21外に排出されると、タンク21内には第一ガスG1のみが残留する。このようにして、第二ガスG2が充填されていたタンク21内を、第一ガスG1に置換することができる。その結果、タンク21内に積み込むガスの種類の切替

を効率良く行い、ガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることが可能となる。

[0048] (4) 第4の態様に係るガス置換方法S20は、(3)のガス置換方法S20であって、前記不活性ガスGs、及び前記第一ガスG1を、前記タンク21内の上部に開口する上部配管32を通し、前記タンク21内に供給する。

[0049] このように第二ガスG2よりも比重が小さい不活性ガスGsを、タンク21内の上部に開口する上部配管32を通してタンク21に供給することで、タンク21内で第二ガスG2の上方に不活性ガスGsによる分離層103を形成することができる。さらに、不活性ガスGsよりも比重が小さい第一ガスG1を、タンク21内の上部に開口する上部配管32を通してタンク21に供給することで、タンク21内で分離層103の上方に第一ガスG1を供給することができる。

[0050] (5) 第5の態様に係るガス置換方法S10、S20は、(1)から(4)の何れか一つガス置換方法S10、S20であって、前記不活性ガスGsによる分離層103を形成する工程S11、S21では、前記分離層103を形成する前記不活性ガスGsは、前記タンク21の容量よりも少ない量を前記タンク21に供給する。

[0051] これにより、分離層103を形成する不活性ガスGsのタンク21内への供給量を抑え、分離層103を形成するための不活性ガスGsのタンク21内への供給に要する手間と時間を抑えることができる。

[0052] (6) 第6の態様に係るガス置換方法S10、S20は、(1)から(5)の何れか一つガス置換方法S10、S20であって、前記タンク21は、船舶1の船体2に設けられたものである。

[0053] これにより、船舶の船体に設けられたタンク21に積み込むガスの種類の切替を効率良く行い、ガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることが可能となる。

[0054] 第一ガスG1の例としては、アンモニアガスが挙げられる。不活性ガスGsの例としては、第一ガスG1がアンモニアガスである場合、窒素ガスが挙

げられる。第二ガス G 2 の例としては、不活性ガス G s が窒素ガスである場合、二酸化炭素ガスが挙げられる。

産業上の利用可能性

[0055] 本開示のガス置換方法によれば、タンク内に積み込むガスの種類を切り替える作業に要する手間と時間を抑えることができる。

符号の説明

- [0056] 1 …船舶
2 …船体
2 a …船首
2 b …船尾
3 A、3 B …舷側
5 …甲板
7 …上部構造
8 …貨物搭載区画
2 1 …タンク
3 2 …上部配管
3 2 a …開口部
3 3 …下部配管
3 3 a …開口部
1 0 1 …アンモニアガス層
1 0 2 …二酸化炭素ガス層
1 0 3 …分離層
D a …船首尾方向
G 1 …アンモニアガス（第一ガス）
G 2 …二酸化炭素ガス（第二ガス）
G s …窒素ガス（不活性ガス）
L a …液化アンモニア
L c …液化二酸化炭素