

明 細 書

発明の名称：船舶

技術分野

[0001] 本発明は、船舶に関する。

背景技術

[0002] 一般に、LNG（液化天然ガス：liquefied natural gas）を燃料としてディーゼル発電機により発電する船舶が知られている（例えば、特許文献1参照）。

しかしながら、LNGを燃焼すると、二酸化炭素が発生する。二酸化炭素の発生は、地球環境への影響が懸念されるため、抑制することが求められる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2020-192895号公報

発明の概要

[0004] 本発明の実施形態の目的は、二酸化炭素の排出を抑制して発電する船舶を提供することにある。

本発明の観点に従った船舶は、液体状のガスを貯蔵するガス貯蔵タンクと、前記ガス貯蔵タンクに貯蔵された前記ガスから水素と二酸化炭素を分離する成分分離手段と、前記成分分離手段により分離された水素により発電する燃料電池と、前記成分分離手段により分離された二酸化炭素を貯蔵する二酸化炭素貯蔵タンクとを備える。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、本発明の実施形態に係る船舶の構成を示す構成図である。

[図2]図2は、本実施形態に係る船舶におけるエネルギー及び物質の流れの概要を示す概略図である。

[図3]図3は、本実施形態に係る燃料電池から排出された水蒸気に含まれる水

素を再利用する構成の一例を示す構成図である。

[図4]図4は、本実施形態における二酸化炭素分離装置に送り込まれる混合ガスを冷却する構成の一例を示す構成図である。

[図5]図5は、本実施形態に係る二酸化炭素液化装置の構成の一例を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0006] (実施形態)

図1は、本発明の実施形態に係る船舶20の構成を示す構成図である。図2は、実施形態に係る船舶20におけるエネルギー及び物質の流れの概要を示す概略図である。なお、図面における同一部分には同一符号を付して、重複する説明を適宜省略する。

[0007] 船舶20は、船内に貯蔵されているLNGを燃料として、発電する船舶である。船舶20は、LNGを貯蔵する設備を備えていれば、どのような船舶でもよい。例えば、船舶20は、LNGの運搬を目的とするLNG船でもよいし、LNGを動力源の燃料として使用し、LNG以外の物の運搬を目的とする船舶でもよいし、物の運搬を目的としない船舶でもよい。

[0008] なお、ここでは、燃料電池6の燃料として、LNGを用いて説明するが、LPG（液化石油ガス：liquefied petroleum gas）を用いて、LNGと同様に構成してもよい。この他に、燃料電池6の燃料は、水素原子及び炭素原子を含む物質であれば、どのような物質でもよい。例えば、このような燃料は、エタノール又はメタノール等のアルコールでもよい。また、燃料電池6以外の燃料として、水素又はアンモニア等の炭素原子を含まない物質を使用してもよいし、これらの物質を燃料電池6の燃料の一部として使用してもよい。

[0009] 船舶20は、複数のLNGタンク1、改質装置2、二酸化炭素分離装置3、二酸化炭素液化装置4、二酸化炭素貯蔵タンク5、燃料電池6、複数の太陽電池7、蓄電池8、配電盤9、直流モータ10、推進器11、蒸気タービン12、及び、復水器13を備える。

- [0010] LNGタンク1は、LNGを貯蔵する設備である。LNGタンク1は、燃料電池6の需用電力量に応じて、改質装置2にBOG (boil off gas) を供給する。BOGは、LNGタンク1に蓄積されたLNGの一部が入熱により気化することで発生する気体状の天然ガスである。
- [0011] LNGタンク1は、LNG船であれば、LNGを運搬するために貯蔵するタンクであるが、動力源の燃料としてLNGを貯蔵する燃料タンクでもよい。LNGタンク1は、1以上であれば、いくつ設けられてもよい。
- [0012] 改質装置2は、LNGタンク1から供給されるBOGに、高温の水蒸気（例えば、約900℃）を加えて、水素と二酸化炭素の主に2つの成分に化学的に分解する装置である。例えば、改質装置2は、高温の水蒸気として、燃料電池6から排出される水蒸気を利用する。この水蒸気は加熱器により温度を上げて供給してもよい。改質装置2は、LNGに高温の水蒸気を加えて、改質反応（吸熱反応）とシフト反応を生じさせることにより、水素と二酸化炭素の混合ガスを生成する。メタン（LNG）と水蒸気で改質反応が生じることにより、水素と一酸化炭素が生成される。さらに、一酸化炭素と水蒸気がシフト反応することにより、水素と二酸化炭素が生成される。これにより、BOGは、水素と二酸化炭素に化学的に分解される。改質装置2は、生成した水素と二酸化炭素の混合ガスを二酸化炭素分離装置3に供給する。
- [0013] 燃料電池6から排出される水蒸気には、燃料電池6で反応しなかった水素が含まれる。したがって、燃料電池6から排出される水蒸気を利用することで、このような反応しなかった水素が改質装置2を介して再利用される。なお、燃料電池6から排出される水蒸気を利用せずに、改質装置2に高温の水蒸気を供給する設備等を別途設けてもよい。
- [0014] ここで、BOGが分解された後の混合ガスには、水素及び二酸化炭素以外の成分が混入してもよい。例えば、十分に分解されずに残ったBOG又は一酸化炭素が混入してもよいし、BOGに含まれる不純物が混入してもよい。
- [0015] 二酸化炭素分離装置（CCS、carbon capture system）3は、改質装置2により化学的に分解された水素と二酸化炭素の混合ガスを、二酸化炭素ガス

と水素ガスに物理的に分離する。例えば、二酸化炭素分離装置 3 は、圧力変動吸着（P S A、pressure swing adsorption）方式で、混合ガスを分離するが、どのような方式で、混合ガスを分離してもよい。二酸化炭素分離装置 3 は、混合ガスを分離後、水素ガスを燃料電池 6 に供給し、二酸化炭素ガスを二酸化炭素液化装置 4 に送る。なお、二酸化炭素分離装置 3 から燃料電池 6 に水素ガスを送る経路（例えば、パイプライン）には、水素ガスを圧縮するためのコンプレッサ C 1 が適宜設けられてもよい。

[0016] 二酸化炭素液化装置 4 は、二酸化炭素分離装置 3 から送られてきた二酸化炭素ガスを冷却して、液状の二酸化炭素を生成する。二酸化炭素液化装置 4 は、液化された二酸化炭素を二酸化炭素貯蔵タンク 5 に貯蔵する。このように、二酸化炭素を二酸化炭素貯蔵タンク 5 に貯蔵することで、船舶 20 の航行中の二酸化炭素の排出を抑制する。

[0017] 二酸化炭素貯蔵タンク 5 は、船舶 20 から取り外し可能に設置されてもよいし、船外に液化された二酸化炭素を送るために、輸送ポンプと接続されるように構成されてもよいし、これらの両方を備えてもよい。また、二酸化炭素貯蔵タンク 5 には、二酸化炭素貯蔵タンク 5 に貯蔵された二酸化炭素を取り出すために、輸送ポンプとは別に、荷役ポンプが設けられてもよい。このようにして、二酸化炭素貯蔵タンク 5 に貯蔵された二酸化炭素は、陸上に持ち運んで、自由に処分することができる。二酸化炭素貯蔵タンク 5 に貯蔵された二酸化炭素は、地中に埋めて処分されてもよいし、資源として二酸化炭素を必要とする用途に利用されてもよい。

[0018] 例えば、改質装置 2、二酸化炭素分離装置 3、及び、二酸化炭素液化装置 4 は、船舶 20 の 1 つの建屋 B D の中に一緒に設置されてもよい。これにより、これらの装置 2～4 を塩害などの外部要因から保護し、物質（二酸化炭素等）を送る経路（例えば、パイプライン）を短くできる。また、二酸化炭素貯蔵タンク 5 は、二酸化炭素液化装置 4 の近くにあり、かつ、内部に貯蔵されている二酸化炭素を陸揚げし易い箇所に設置されるのが望ましい。

[0019] 燃料電池 6 は、大気から取り込まれる空気中の酸素と、二酸化炭素分離装

置 3 により供給される水素ガスを利用して発電する固体酸化物形の燃料電池 (S O F C、solid oxide fuel cell) である。燃料電池 6 は、発電した電力を、配電盤 9 を介して、直流モータ 1 0 に供給する。

[0020] また、燃料電池 6 は、直流モータ 1 0 以外の船内の電気設備に発電した電力を供給してもよい。燃料電池 6 から排出され、反応せずに残った水素を含む水蒸気は、改質装置 2 及び蒸気タービン 1 2 に送られる。なお、ここでは、燃料電池 6 は、固体酸化物形として説明するが、他の形式の燃料電池を適用してもよい。また、燃料電池 6 は、塩害などの外部要因から保護するために建屋内に設置してもよい。

[0021] 太陽電池 7 は、太陽光を電気エネルギーに変換する電池である。太陽電池 7 は、船舶 2 0 の表面側にある太陽光が照射される場所 (例えば、甲板等) に設置される。太陽電池 7 は、発電した電力を、配電盤 9 を介して、直流モータ 1 0 に供給する。また、太陽電池 7 は、直流モータ 1 0 以外の船内の電気設備に発電した電力を供給してもよい。なお、太陽電池 7 は、船舶 2 0 に設けられなくてもよい。

[0022] 蓄電池 8 は、配電盤 9 に接続される。燃料電池 6 及び太陽電池 7 からの供給電力よりも、直流モータ 1 0 等に供給する需用電力が多い場合は、蓄電池 8 は、蓄電された電気エネルギーで、供給電力を補う。一方、燃料電池 6 及び太陽電池 7 からの供給電力よりも、需用電力が少ない場合は、蓄電池 8 は、充電する。このようにして、蓄電池 8 は、需要電力と供給電力のバランスをとるように充放電をする。なお、蓄電池 8 は、船舶 2 0 に設けられなくてもよい。

[0023] なお、燃料電池 6 及び太陽電池 7 は、それぞれ自身の動作を制御するための制御部、及び、出力電力を所望の電力に変換するための電力変換器を備えてもよい。同様に、蓄電池 8 は、自身の動作 (充電又は放電等) を制御する制御部、及び、充放電電力を所望の電力に変換するための電力変換器を備えてもよい。

[0024] 配電盤 9 は、燃料電池 6、太陽電池 7、及び、蓄電池 8 から供給される電

力を直流モータ 10 等に供給するための機器である。蓄電池 8 が充電する場合、配電盤 9 は、燃料電池 6 及び太陽電池 7 から供給される電気エネルギーを蓄電池 8 に供給する。なお、配電盤 9 は、いくつ設けられてもよいし、配電盤 9 を無くして、代わりにスイッチ等を設けてもよい。

[0025] 直流モータ 10 は、船舶 20 の推進力を得るための動力源である。直流モータ 10 は、燃料電池 6、太陽電池 7、及び、蓄電池 8 から供給される直流電力により駆動するため、交流モータを採用する場合よりも、インバータ等の電力変換回路の数を少なくでき、船舶 20 の全体のエネルギー効率が向上する。なお、直流モータ 10 の代わりに交流モータを用いてもよい。

[0026] 推進器 11 は、直流モータ 10 に接続され、直流モータ 10 の回転力を船舶 20 の推進力に変換する機器である。

[0027] 蒸気タービン 12 は、燃料電池 6 から排気される水蒸気により、蒸気タービン発電を行う。例えば、燃料電池 6 から排気される水蒸気のうち改質装置 2 に必要な水蒸気を除いた残りの水蒸気が蒸気タービン 12 に送られる。なお、燃料電池 6 から排気される水蒸気は、全て蒸気タービン 12 に送られ、改質装置 2 には送られなくてもよい。また、蒸気タービン 12 による発電は、どのように利用されてもよい。例えば、蒸気タービン 12 は、発電電力を配電盤 9 に供給してもよい。なお、蒸気タービン 12 を設けずに、燃料電池 6 から排気される水蒸気が復水器 13 に直接送り込まれてもよい。

[0028] 復水器 13 は、蒸気タービン 12 に接続されている。復水器 13 は、燃料電池 6 から蒸気タービン 12 を介して送られてきた水蒸気を水に戻し、水蒸気に含まれる水素を抽出する。復水器 13 は、水蒸気から抽出した水素を燃料電池 6 に燃料として供給する。このようにして、復水器 13 から抽出された水素は、燃料電池 6 で再利用される。また、復水器 13 から抽出された水は再利用されてもよいし、廃棄されてもよい。復水器 13 から外部に排水する場合は、排水するための復水ポンプが設けられてもよい。

[0029] 図 3 は、本実施形態に係る燃料電池 6 から排出された水蒸気に含まれる水素を再利用する構成の一例を示す構成図である。なお、ここで説明する構成

に限らず、どのように構成されてもよい。

[0030] 復水器 13 から燃料電池 6 に水素ガスを供給する経路（例えば、パイプライン）には、真空ポンプ P1 及びセパレータ SP が設けられる。

[0031] 真空ポンプ P1 には、復水器 13 から水素を多く含むガスが供給される。真空ポンプ P1 は、復水器 13 を真空中に保ちながら、復水器 13 から供給される水素を多く含むガスをセパレータ SP に送る。セパレータ SP は、真空ポンプ P1 から供給されたガスから水素ガス以外の不純物（水又は二酸化炭素等）を取り除く。これにより、セパレータ SP は、純度の高い水素ガスを抽出する。セパレータ SP は、抽出した水素ガスを燃料電池 6 に供給する。セパレータ SP が燃料電池 6 に水素ガスを送る経路には、水素ガスを圧縮するコンプレッサが設けられてもよい。

[0032] 図 4 は、本実施形態における二酸化炭素分離装置 3 に送り込まれる混合ガスを冷却する構成の一例を示す構成図である。

[0033] 改質装置 2 から排出される水素と二酸化炭素の混合ガスは、二酸化炭素分離装置 3 の許容温度を超える高温であるため、冷却しなければ、二酸化炭素分離装置 3 に送り込むことはできない。したがって、改質装置 2 から二酸化炭素分離装置 3 に送り込まれる混合ガスの経路（例えば、パイプライン）の途中には、混合ガスを冷却するための冷却器 31 が設けられる。ここでは、図 4 を参照して、冷却器 31 の他に、2 つの熱交換器 32、33 を設けた場合の構成について説明する。

[0034] 第 1 熱交換器 32 は、改質装置 2 から排出される水素と二酸化炭素の混合ガスを、二酸化炭素分離装置 3 又は復水器 13 から燃料電池 6 に燃料として供給される水素ガスにより冷却する。これにより、混合ガスが冷却され、燃料電池 6 に燃料として供給される水素ガスが加熱される。したがって、混合ガスを冷却するとともに、燃料電池 6 の燃料として使用する水素ガスを加熱することもできる。

[0035] 第 2 熱交換器 33 は、第 1 熱交換器 32 により冷却された混合ガスを、燃料電池 6 が燃料として取り込まれる酸素（空気）により冷却する。これによ

り、混合ガスが冷却され、燃料電池 6 に燃料として取り込まれる空気が加熱される。したがって、混合ガスを冷却するとともに、燃料電池 6 の燃料として使用する酸素（空気）を加熱することもできる。

[0036] 冷却器 3 1 は、改質装置 2 から排出され、2 つの熱交換器 3 2, 3 3 で冷却された混合ガスを、二酸化炭素分離装置 3 の許容温度以下になるように冷却する。このようにして、冷却器 3 1 は、許容温度以下に冷却した混合ガスを二酸化炭素分離装置 3 に送り込む。

[0037] なお、冷却器 3 1 は、いくつ設けてもよい。また、熱交換器 3 2, 3 3 は、いくつ設けてもよいし、設けなくてもよい。さらに、冷却器及び熱交換器による冷却の順番は、任意に決定してよい。

[0038] 図 5 は、本実施形態に係る二酸化炭素液化装置 4 の構成の一例を示す構成図である。なお、ここで説明する二酸化炭素液化装置 4 の構成は、一例であり、二酸化炭素ガスが液化できれば、どのような構成でもよい。

[0039] 二酸化炭素液化装置 4 は、二酸化炭素圧縮機 4 1、脱湿装置 4 2、第 1 熱交換器 4 3、二酸化炭素液化器 4 4、冷凍機 4 5、冷媒コンデンサ 4 6、及び、第 2 熱交換器 4 7 を備える。

[0040] 二酸化炭素圧縮機 4 1 は、二酸化炭素分離装置 3 により分離された二酸化炭素ガスを取り込んで、圧縮する。二酸化炭素圧縮機 4 1 は、圧縮した二酸化炭素ガスを脱湿装置 4 2 に送る。また、二酸化炭素圧縮機 4 1 は、二酸化炭素分離装置 3 からの二酸化炭素ガスに加えて、二酸化炭素貯蔵タンク 5 の内部で気化した二酸化炭素も取り込んで、一緒に圧縮してもよい。

[0041] 脱湿装置 4 2 は、二酸化炭素圧縮機 4 1 から送り込まれた二酸化炭素ガスを乾燥させる。これにより、二酸化炭素ガスからパージガスが抜ける。脱湿装置 4 2 は、乾燥させた二酸化炭素ガスを第 1 熱交換器 4 3 に送る。脱湿装置 4 2 は設けなくても良い。

[0042] 第 1 熱交換器 4 3 は、脱湿装置 4 2 から送り込まれた二酸化炭素ガスを清水により冷却する。清水は、予め船内に用意されている冷却水である。清水の代わりに、取水ポンプ等により、船外から汲み上げた水（海水等）を用い

てもよい。第１熱交換器４３は、冷却した二酸化炭素ガスを二酸化炭素液化器４４に送る。

[0043] 二酸化炭素液化器４４は、第１熱交換器４３から送り込まれた二酸化炭素ガスを冷却して液化する。これにより、凝縮されない非凝縮ガスが二酸化炭素から抜ける。二酸化炭素液化器４４は、液化した二酸化炭素を第２熱交換器４７に送る。

[0044] 二酸化炭素液化器４４は、冷媒により二酸化炭素ガスを冷却する。二酸化炭素ガスの冷却に使用された冷媒は、冷凍機４５に送られて、冷却される。冷凍機４５で冷却された冷媒は、冷媒コンデンサ４６に送られて、圧縮される。冷媒コンデンサ４６で圧縮された冷媒は、二酸化炭素液化器４４に供給され、二酸化炭素ガスの冷却に使用される。

[0045] 第２熱交換器４７は、二酸化炭素液化器４４から送り込まれた液化された二酸化炭素をＢＯＧにより冷却する。第２熱交換器４７は、液化された二酸化炭素を冷却して、二酸化炭素貯蔵タンク５に送る。

[0046] 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。

ＢＯＧを水素と二酸化炭素に分離し、二酸化炭素を取り除いて水素のみを燃料として、燃料電池６に供給することで、ＢＯＧをそのまま燃料として燃料電池６に供給するよりも、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。これにより、船外への二酸化炭素の排出量を抑制することができる。

[0047] 改質装置２における改質反応を生じさせるために必要な高温の水蒸気を、燃料電池６から排出される水蒸気を利用することで、高温の水蒸気を作り出すための装置を単独で設けるよりも、船舶２０の全体のエネルギー効率及び設備コストを低減することができる。また、燃料電池６から排出される水蒸気には、水素が含まれるため、ＬＮＧに含まれる水素の消費効率を向上させることができる。

[0048] 復水器１３を設けて、燃料電池６から排出される水蒸気に含まれる水素を取り出すことで、ＬＮＧに含まれる水素の消費効率を向上させることができる。

- [0049] 燃料電池 6 から復水器 1 3 に水蒸気が排出される経路の途中に、蒸気タービン 1 2 を設けることで、燃料電池 6 から排出される水蒸気により発電することができる。
- [0050] 熱交換器 3 2, 3 3 を設けて、二酸化炭素分離装置 3 から燃料電池 6 に供給される水素、及び、燃料電池 6 における発電に使用するための空気を利用して、改質装置 2 から排出される混合ガスを冷却する。これにより、熱交換器 3 2, 3 3 を設けずに混合ガスを冷却する場合よりも、冷却器 3 1 で冷却を開始するときの混合ガスの温度を低くできる。したがって、混合ガスを効率良く冷却することができ、より低い冷却能力の冷却器 3 1 を採用することができる。また、燃料電池 6 に供給される水素及び空気も加熱されるため、燃料電池 6 の発電効率を向上させることができる。
- [0051] 二酸化炭素液化装置 4 において、二酸化炭素を冷却するために、B O G を利用することで、二酸化炭素を冷却するエネルギー効率を向上させることができる。また、海水等の船外の水を冷却に利用することで、さらに、エネルギー効率を向上させることができる。
- [0052] なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、構成要素を削除、付加又は変更等をしてよい。また、複数の実施形態について構成要素を組合せ又は交換等を行うことで、新たな実施形態としてもよい。このような実施形態が上述した実施形態と直接的に異なるものであっても、本発明と同様の趣旨のものは、本発明の実施形態として説明したものとして、その説明を省略している。

請求の範囲

- [請求項1] 液体状のガスを貯蔵するガス貯蔵タンクと、
 前記ガス貯蔵タンクに貯蔵された前記ガスから水素と二酸化炭素を
 分離する成分分離手段と、
 前記成分分離手段により分離された水素により発電する燃料電池と
 、
 前記成分分離手段により分離された二酸化炭素を貯蔵する二酸化炭
 素貯蔵タンクと
 を備えたことを特徴とする船舶。
- [請求項2] 前記成分分離手段は、
 前記ガスから改質反応により化学的に水素と二酸化炭素に分解する
 改質反応手段と、
 前記改質反応手段により分解された水素及び二酸化炭素を含む混合
 ガスから水素と二酸化炭素に分離する混合ガス分離手段とを含むこと
 を特徴とする請求項1に記載の船舶。
- [請求項3] 前記改質反応手段は、前記燃料電池から排出される水蒸気を利用し
 て前記改質反応を生じさせること
 を特徴とする請求項2に記載の船舶。
- [請求項4] 前記混合ガス分離手段に送る前記混合ガスを冷却する冷却手段
 を備えたことを特徴とする請求項2に記載の船舶。
- [請求項5] 前記冷却手段は、前記改質反応手段により分離された水素を利用し
 て、前記混合ガスを冷却することを含むこと
 を特徴とする請求項4に記載の船舶。
- [請求項6] 前記冷却手段は、前記燃料電池に取り込まれる空気を利用して、前
 記混合ガスを冷却することを含むこと
 を特徴とする請求項4に記載の船舶。
- [請求項7] 前記燃料電池から排出される水蒸気に含まれる水素を抽出する水素
 抽出手段

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の船舶。

[請求項8] 前記二酸化炭素貯蔵タンクに貯蔵するために、前記成分分離手段により分離された二酸化炭素を液化する二酸化炭素液化手段を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の船舶。

[請求項9] 前記二酸化炭素液化手段は、前記ガス貯蔵タンクで発生した B O G (boil off gas) を利用して、二酸化炭素を液化することを特徴とする請求項 8 に記載の船舶。

[請求項10] 前記二酸化炭素液化手段は、船外の水を利用して、二酸化炭素を液化することを特徴とする請求項 8 に記載の船舶。

[請求項11] 前記燃料電池による発電電力により、前記船舶の推進力を得るモータを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の船舶。

[請求項12] 前記モータは、直流電力により駆動する直流モータを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の船舶。