

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6524485号
(P6524485)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.		F I	
B 6 3 B	25/16	(2006.01)	B 6 3 B 25/16 D
B 6 3 H	21/38	(2006.01)	B 6 3 H 21/38 B
B 6 3 J	2/14	(2006.01)	B 6 3 J 2/14 A
B 6 3 H	21/14	(2006.01)	B 6 3 H 21/14 A
F O 2 B	43/00	(2006.01)	F O 2 B 43/00 A

請求項の数 8 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-89370 (P2015-89370)
(22) 出願日 平成27年4月24日 (2015.4.24)
(65) 公開番号 特開2016-203852 (P2016-203852A)
(43) 公開日 平成28年12月8日 (2016.12.8)
審査請求日 平成30年3月23日 (2018.3.23)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 518126144
株式会社三井E&Sマシナリー
東京都中央区築地5丁目6番4号
(74) 代理人 110000165
グローバル・アイピー東京特許業務法人
(72) 発明者 辻 康之
岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船
株式会社 玉野事業所内

審査官 杉田 隼一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボイルオフガス利用システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液化天然ガスを運搬するLNG船におけるボイルオフガス利用システムにおいて、前記LNG船は、

液化天然ガスを貯留するLNGタンクと、

前記LNGタンク内で気化したボイルオフガスを燃料として利用する推進用エンジンと

、前記ボイルオフガスを圧縮して前記推進用エンジンへ搬送する多段式圧縮機と、を備え

、前記多段式圧縮機は、

前記ボイルオフガスを圧縮する上流側無給油式圧縮機と、前記上流側無給油式圧縮機で圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮する、前記上流側無給油式圧縮機よりも下流側にある下流側無給油式圧縮機とを含む複数の無給油式圧縮機と、

前記無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮し前記推進用エンジンへ供給する1又は複数の給油式圧縮機と、

前記複数の無給油式圧縮機と前記給油式圧縮機との間に設けられ、前記給油式圧縮機側へ供給された圧縮ガスの前記無給油式圧縮機側への逆流を防ぐ第1逆止弁と、を備え、

前記LNG船は、さらに、

前記上流側無給油式圧縮機によりボイルオフガスが圧縮された圧縮ガスを前記下流側無給油式圧縮機よりも上流から抽気する抽気配管と、

10

20

前記抽気配管から供給される圧縮ガスを処理するガス処理システムと、
前記下流側無給油式圧縮機により圧縮された圧縮ガスを、前記下流側無給油式圧縮機の
出口側と前記第1逆止弁との間から、前記下流側無給油式圧縮機の入口側であって、前記
上流側無給油式圧縮機と前記下流側無給油式圧縮機との間を接続する配管から前記抽気配
管が分岐する抽気箇所よりも下流側に、戻す第3スピルバック配管と、
を備えるLNG船のボイルオフガス利用システム。

【請求項2】

前記LNG船は、前記抽気配管に設けられた抽気配管調整バルブを備え、
前記抽気配管調整バルブは、前記LNGタンクから気化した、前記無給油式圧縮機の圧
縮を受ける前のボイルオフガスの圧力に基づいて開度を調整して、前記ガス処理システム
へ供給する前記圧縮ガスの流量を調整する、請求項1に記載のLNG船のボイルオフガス
利用システム。

10

【請求項3】

液化天然ガスを運搬するLNG船におけるボイルオフガス利用システムにおいて、前記
LNG船は、

液化天然ガスを貯留するLNGタンクと、

前記LNGタンク内で気化したボイルオフガスを燃料として利用する推進用エンジンと

、
前記ボイルオフガスを圧縮して前記推進用エンジンへ搬送する多段式圧縮機と、を備え

20

、
前記多段式圧縮機は、

前記ボイルオフガスを圧縮する1又は複数の無給油式圧縮機と、

前記無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮し前記推進用エンジ
ンへ供給する1又は複数の給油式圧縮機と、

前記無給油式圧縮機と前記給油式圧縮機との間に設けられ、前記給油式圧縮機側へ供給
された圧縮ガスの前記無給油式圧縮機側への逆流を防ぐ第1逆止弁と、を備え、

前記LNG船は、さらに、

前記無給油式圧縮機のうち少なくとも1つの上流側無給油式圧縮機によりボイルオフガ
スが圧縮された圧縮ガスを前記第1逆止弁よりも上流から抽気する抽気配管と、

前記抽気配管から供給される圧縮ガスを処理するガス処理システムと、

30

前記抽気配管に設けられた抽気配管調整バルブと、を備え、

前記抽気配管調整バルブは、前記LNGタンクから気化した、前記無給油式圧縮機の圧
縮を受ける前のボイルオフガスの圧力に基づいて開度を調整して、前記ガス処理システム
へ供給する前記圧縮ガスの流量を調整する、LNG船のボイルオフガス利用システム。

【請求項4】

前記LNG船は、さらに、

前記推進用エンジンと前記給油式圧縮機との間に、前記推進用エンジンに供給するボイ
ルオフガスの流量を調整する流量制御弁と、

前記給油式圧縮機により圧縮された圧縮ガスを前記給油式圧縮機の出口と前記流量制御
弁との間から前記給油式圧縮機の上流側へ戻す第1スピルバック配管と、

40

前記第1スピルバック配管に設けられ、前記給油式圧縮機の上流側へ戻す前記圧縮ガス
の流量を調整する第1スピルバック弁と、

前記給油式圧縮機の下流側から分岐し、前記ボイルオフガスを前記ガス処理システムが
利用できる圧力まで減圧して前記ガス処理システムに供給する減圧配管と、

前記減圧配管に設けられ、前記減圧配管から前記ガス処理システムの側に流す前記ボイ
ルオフガスの流量を調整する減圧配管調整バルブと、

前記給油式圧縮機による前記ボイルオフガスの圧縮後、前記ボイルオフガスを前記減圧
配管に抽気する前の前記ボイルオフガスの圧力の目標圧力に対する乖離量が所定の値以下
の場合、前記減圧配管調整バルブの開度を維持しつつ前記第1スピルバック弁の開度を調
整する制御を行い、前記乖離量が前記所定の値を越える場合、前記第1スピルバック弁及

50

び前記減圧配管調整バルブの開度を調整する制御を行う圧力制御部と、
を備える、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の LNG 船のボイルオフガス利用システム

。

【請求項 5】

前記無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスの一部を液化して、前記無給油式圧縮機の下流側かつ前記第 1 逆止弁の上流側から前記 LNG タンクへ戻す液化装置をさらに備える、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の LNG 船のボイルオフガス利用システム

。

【請求項 6】

前記給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスを前記給油式圧縮機の下流側から前記給油式圧縮機の上流側かつ前記第 1 逆止弁よりも下流側へ戻す第 1 スピルバック配管をさらに備え、

前記第 1 スピルバック配管の流量を制御することにより前記推進用エンジンへのボイルオフガスの供給量を制御する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項又は 2 に記載の LNG 船のボイルオフガス利用システム。

【請求項 7】

前記 LNG 船は、

前記上流側無給油式圧縮機により圧縮された圧縮ガスを前記上流側無給油式圧縮機の出口と前記抽気配管との間から前記上流側無給油式圧縮機の上流側へ戻す第 2 スピルバック配管を備え、

前記第 2 スピルバック配管の流量を制御することにより前記ガス処理システムへの圧縮ガスの供給量を制御する、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のボイルオフガス利用システム。

【請求項 8】

前記 LNG 船は、

前記給油式圧縮機の下流側から前記ボイルオフガスを前記ガス処理システムが利用できる圧力まで減圧して前記抽気配管に供給する減圧配管と備え、

前記抽気配管は、前記減圧配管との接続部よりも上流側に、前記減圧配管側から前記無給油式圧縮機側への前記ボイルオフガスの逆流を防ぐ第 2 逆止弁を備える、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のボイルオフガス利用システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液化天然ガス（LNG）を運搬する LNG 船においてボイルオフガスを利用するボイルオフガス利用システムに関する。

【背景技術】

【0002】

LNG 運搬船においては、液化天然ガスを貯留する LNG タンク内で液化天然ガスが自然に気化したボイルオフガスが発生する。ボイルオフガスをそのままにすると LNG タンクの内圧が上昇するため、ボイルオフガスを利用又は処理することで LNG タンクの内圧の上昇を抑制する必要がある。例えば、ボイルオフガスで蒸気を発生させ、蒸気でタービンを駆動し、タービンでプロペラを回転させることで推進力として利用することや、タービンで発電機を駆動し、電気モータでプロペラを回転させることで推進力として利用することが行われている。

【0003】

また、ボイルオフガスを圧縮して高圧の流体とし、高圧の流体をディーゼルエンジンの燃焼室に噴射して燃焼させることで低速ディーゼルエンジンを駆動し、低速ディーゼルエンジンでプロペラを回転させることで推進力とすることも試みられている。一方、燃料の需要が低いときには高圧の流体を液化して LNG タンクへ戻すことも行われている。

【0004】

10

20

30

40

50

ボイルオフガスのような低圧の流体を高圧の流体とするために、多段圧縮機を用いてボイルオフガスを圧縮することが行われる。多段圧縮機は、例えば特許文献1に示すように、直列接続された複数の圧縮機からなる。

【0005】

一般に、圧縮機は、その吐出圧力を一定に保つように制御される。例えば、圧縮機の出口側から入口側へ繋がる配管にスピルバック弁を設けたスピルバック配管を用いて、吐出圧力が基準値よりも高くなったときに圧縮機の出口側から吐出される流体をスピルバック配管により圧縮機の入口側へ戻すことで、吐出圧力を基準値以下に保つことが行われている（例えば、特許文献2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平8-219088号公報

【特許文献2】特開2011-226418号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

LNG運搬船のような船舶では、気象、海流、波や操船に影響されて推進用エンジンの燃料の需要が変動する。このため、ボイルオフガスを圧縮してLNG船のディーゼルエンジンに用いる場合、需要に応じてボイルオフガスの圧縮量を調整しないと、圧縮したボイルオフガスの圧力が上昇しすぎるおそれがある。また、運用上の要請から、推進用エンジンの燃料をボイルオフガスから重油等の他の燃料に切り替える場合があり、このときはボイルオフガスの需要がゼロとなる。この場合でも、ボイルオフガスの利用を短時間で再開する場合に備えて圧縮機を停止させずに待機することがある。このような場合に対応するために、圧縮したボイルオフガスを上流側に戻すことや、圧縮したボイルオフガスを液化してLNGタンクへ戻すことが考えられる。

【0008】

潤滑油を用いる給油式の圧縮機で圧縮されたボイルオフガスでは、潤滑油がボイルオフガスに混入するため、給油式の圧縮機で圧縮されたボイルオフガスを上流側に戻すと、潤滑油によってLNGタンク内の液化天然ガスが汚染されるおそれがある。そこで、潤滑油を用いない無給油式の圧縮機でボイルオフガスを圧縮することが考えられる。無給油式の圧縮機では、例えば回転軸と固定部との間にラビリンスシール等の非接触シールを用い、隙間からの流体の逆流量よりも圧縮機の送油量を高めることで、潤滑油なしで圧縮を可能としている。

【0009】

ところで、近年、低速ディーゼルエンジンの出力を高めるために、燃料を30MPa以上の高圧にしてから燃焼室に噴射することが試みられている。しかし、流体を30MPa以上の高圧に圧縮することは、無給油式の圧縮機では困難である。給油式の圧縮機を用いる場合、流体を30MPa以上の高圧に圧縮することができる。一方、給油式の圧縮機では、上述したようにボイルオフガスに潤滑油が混入するため、圧縮されたボイルオフガスを上流側に戻すと、潤滑油によってLNGタンク内の液化天然ガスが汚染されるおそれがある。上流側で無給油式の圧縮機を用い、下流側で給油式の圧縮機を用いる場合でも、スピルバック配管を用いて給油式の圧縮機の下流側から上流側にボイルオフガスを戻すと、無給油式の圧縮機では僅かに逆流が生じるため、潤滑油によってLNGタンク内の液化天然ガスが汚染される可能性がある。特に、無給油式の圧縮機においてもスピルバック配管を用いて圧縮機の下流側から上流側にボイルオフガスを戻す場合には、LNGタンク内の液化天然ガスが汚染されるおそれが高まる。

【0010】

本発明の目的は、給油式の圧縮機でボイルオフガスを高圧に圧縮して利用するとともに、ボイルオフガスに混入した潤滑油によりLNGタンク内の液化天然ガスが汚染されるこ

10

20

30

40

50

とを防ぐことができるボイルオフガス利用システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するため、本発明の第1の態様は、液化天然ガスを運搬するLNG船におけるボイルオフガス利用システムにおいて、前記LNG船は、

液化天然ガスを貯留するLNGタンクと、

前記LNGタンク内で気化したボイルオフガスを燃料として利用する推進用エンジンと

、
前記ボイルオフガスを圧縮して前記推進用エンジンへ搬送する多段式圧縮機と、を備え

、
前記多段式圧縮機は、

前記ボイルオフガスを圧縮する上流側無給油式圧縮機と、前記上流側無給油式圧縮機で圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮する、前記上流側無給油式圧縮機よりも下流側にある下流側無給油式圧縮機とを含む複数の無給油式圧縮機と、

前記無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮し前記推進用エンジンへ供給する1又は複数の給油式圧縮機と、

前記複数の無給油式圧縮機と前記給油式圧縮機との間に設けられ、前記給油式圧縮機側へ供給された圧縮ガスの前記無給油式圧縮機側への逆流を防ぐ第1逆止弁と、を備え、

前記LNG船は、さらに、

前記上流側無給油式圧縮機によりボイルオフガスが圧縮された圧縮ガスを前記下流側無給油式圧縮機よりも上流から抽気する抽気配管と、

前記抽気配管から供給される圧縮ガスを処理するガス処理システムと、

前記下流側無給油式圧縮機により圧縮された圧縮ガスを、前記下流側無給油式圧縮機の出口側と前記第1逆止弁との間から、前記下流側無給油式圧縮機の入口側であって、前記上流側無給油式圧縮機と前記下流側無給油式圧縮機との間を接続する配管から前記抽気配管が分岐する抽気箇所よりも下流側に、戻す第3スピルバック配管と、
を備えることを特徴とする。

このとき、前記LNG船は、前記抽気配管に設けられた抽気配管調整バルブを備え、

前記抽気配管調整バルブは、前記LNGタンクから気化した、前記無給油式圧縮機の圧縮を受ける前のボイルオフガスの圧力に基づいて開度を調整して、前記ガス処理システムへ供給する前記圧縮ガスの流量を調整する、ことが好ましい。

また、本発明の第2の態様は、液化天然ガスを運搬するLNG船におけるボイルオフガス利用システムにおいて、前記LNG船は、

液化天然ガスを貯留するLNGタンクと、

前記LNGタンク内で気化したボイルオフガスを燃料として利用する推進用エンジンと

、
前記ボイルオフガスを圧縮して前記推進用エンジンへ搬送する多段式圧縮機と、を備え

、
前記多段式圧縮機は、

前記ボイルオフガスを圧縮する1又は複数の無給油式圧縮機と、

前記無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮し前記推進用エンジンへ供給する1又は複数の給油式圧縮機と、

前記無給油式圧縮機と前記給油式圧縮機との間に設けられ、前記給油式圧縮機側へ供給された圧縮ガスの前記無給油式圧縮機側への逆流を防ぐ第1逆止弁と、を備え、

前記LNG船は、さらに、

前記無給油式圧縮機のうち少なくとも1つの上流側無給油式圧縮機によりボイルオフガスが圧縮された圧縮ガスを前記第1逆止弁よりも上流から抽気する抽気配管と、

前記抽気配管から供給される圧縮ガスを処理するガス処理システムと、

前記抽気配管に設けられた抽気配管調整バルブと、を備え、

前記抽気配管調整バルブは、前記LNGタンクから気化した、前記無給油式圧縮機の圧

10

20

30

40

50

縮を受ける前のボイルオフガスの圧力に基づいて開度を調整して、前記ガス処理システムへ供給する前記圧縮ガスの流量を調整する、ことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

前記 L N G 船は、

前記推進用エンジンと前記給油式圧縮機との間に、前記推進用エンジンに供給するボイルオフガスの流量を調整する流量制御弁と、

前記給油式圧縮機により圧縮された圧縮ガスを前記給油式圧縮機の出口と前記流量制御弁との間から前記給油式圧縮機の上流側へ戻す第 1 スピルバック配管と、

前記第 1 スピルバック配管に設けられ、前記給油式圧縮機の上流側へ戻す前記圧縮ガスの流量を調整する第 1 スピルバック弁と、

前記給油式圧縮機の下流側から分岐し、前記ボイルオフガスを前記ガス処理システムが利用できる圧力まで減圧して前記ガス処理システムに供給する減圧配管と、

前記減圧配管に設けられ、前記減圧配管から前記ガス処理システムの側に流す前記ボイルオフガスの流量を調整する減圧配管調整バルブと、

前記給油式圧縮機による前記ボイルオフガスの圧縮後、前記ボイルオフガスを前記減圧配管に抽気する前の前記ボイルオフガスの圧力の目標圧力に対する乖離量が所定の値以下の場合、前記減圧配管調整バルブの開度を維持しつつ前記第 1 スピルバック弁の開度を調整する制御を行い、前記乖離量が前記所定の値を越える場合、前記第 1 スピルバック弁及び前記減圧配管調整バルブの開度を調整する制御を行う圧力制御部と、

を備える、を備えることが好ましい。

前記無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスの一部を液化して、前記無給油式圧縮機の下流側かつ前記第 1 逆止弁の上流側から前記 L N G タンクへ戻す液化装置をさらに備えることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

前記給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスを前記給油式圧縮機の下流側から前記給油式圧縮機の上流側かつ前記第 1 逆止弁よりも下流側へ戻す第 1 スピルバック配管をさらに備え、

前記第 1 スピルバック配管の流量を制御することにより前記推進用エンジンへのボイルオフガスの供給量を制御する、ことが好ましい。

【 0 0 1 4 】

前記 L N G 船は、

前記上流側無給油式圧縮機により圧縮された圧縮ガスを前記上流側無給油式圧縮機の出口と前記抽気配管との間から前記上流側無給油式圧縮機の上流側へ戻す第 2 スピルバック配管を備え、

前記第 2 スピルバック配管の流量を制御することにより前記ガス処理システムへの圧縮ガスの供給量を制御する、ことが好ましい。

【 0 0 1 6 】

前記 L N G 船は、

前記給油式圧縮機の下流側から前記ボイルオフガスを前記ガス処理システムが利用できる圧力まで減圧して前記抽気配管に供給する減圧配管を備え、

前記抽気配管は、前記減圧配管との接続部よりも上流側に、前記減圧配管側から前記無給油式圧縮機側への前記ボイルオフガスの逆流を防ぐ第 2 逆止弁を備える、ことが好ましい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、ボイルオフガスを圧縮する無給油式圧縮機と、無給油式圧縮機により圧縮されたボイルオフガスをさらに圧縮し推進用エンジンへ供給する給油式圧縮機との間に、給油式圧縮機側へ供給された圧縮ガスの無給油式圧縮機側への逆流を防ぐ第 1 逆止弁が設けられているため、給油式圧縮機を通過して潤滑油が混入したボイルオフガスが無給油式圧縮機側へ戻ることがない。このため、第 1 逆止弁よりも上流側が潤滑油で汚染され

10

20

30

40

50

ることを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態に係るLNG船のボイルオフガス利用システムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態に係るLNG船のボイルオフガス利用システムを図1に基づいて説明する。

本実施形態のLNG船のボイルオフガス利用システムは、液化天然ガスを運搬するLNG船において、液化天然ガスを貯留するLNGタンク1内で気化したボイルオフガスを推進用エンジン2で利用するのに用いられる。

本実施形態においては、ボイルオフガスを圧縮してLNGタンク1から推進用エンジン2へ搬送する多段式圧縮機100に、無給油式圧縮機C1、C2、C3、C4、給油式圧縮機C5、第1逆止弁CV1、液化装置40等を備える。

【0021】

LNGタンク1には、LNG船により運搬される貨物である液化天然ガスが貯留される。ここで、天然ガスは、天然に産する化石燃料である炭化水素ガス、又は、原油精製プラントから生まれるガスであり、メタン、エタン、プロパン等の炭素化合物を含む。液化天然ガスは天然ガスを冷却して液化したものである。なお、図1では球型のタンクが図示されているが、本実施形態はこれに限らず、メンブレン方式のタンクであってもよい。

本明細書において、「ボイルオフガス」は、LNGタンク1内において気化した天然ガスであり、LNGタンク1内において気化した天然ガスを圧縮して液化したもの、および、圧縮して超臨界流体となったものを含む。

【0022】

無給油式圧縮機C1～C4および給油式圧縮機C5には、例えば、圧縮室内の可動部（プランジャ又はピストン）が直線交番運動をすることによって気体を吸い込み圧縮する、往復圧縮機を用いることができる。無給油式圧縮機C1～C4および給油式圧縮機C5の可動部はモータMの動力で回転するクランク軸19により連動して駆動される。無給油式圧縮機C1～C4および給油式圧縮機C5において、それぞれ同程度の圧縮率で圧縮されることで、ボイルオフガスは圧縮率の5乗まで圧縮される。例えば、無給油式圧縮機C1～C4および給油式圧縮機C5のそれぞれにおいて約3.15倍に圧縮することで、ボイルオフガスは3.15の5乗の310倍まで圧縮される。例えば、無給油式圧縮機C1の入口側におけるボイルオフガスの圧力が0.1MPaであれば、無給油式圧縮機C1の出口側の圧力は約0.32MPa、無給油式圧縮機C2の出口側の圧力は約0.99MPa、無給油式圧縮機C3の出口側の圧力は約3.13MPa、無給油式圧縮機C4の出口側の圧力は約9.85MPa、給油式圧縮機C5の出口側の圧力は約31.0MPaである。

【0023】

無給油式圧縮機C1～C4および給油式圧縮機C5の入口側（吸引側）および出口側（吐出側）には、図示しない緩衝タンク（スナッパ）が設けられている。また、無給油式圧縮機C1～C4および給油式圧縮機C5の出口側（吐出側）には、圧縮されることで温度が上昇したボイルオフガスを冷却する図示しないガスクーラが設けられている。

【0024】

LNGタンク1の上端部と無給油式圧縮機C1の入口側とは、配管10により接続されている。LNGタンク1内で発生するボイルオフガスは無給油式圧縮機C1により吸引され、配管10を通じてLNGタンク1から送出される。配管10は後述する抽気配管41とともに熱交換器42を通っており、配管10を通るボイルオフガスは熱交換器42内で抽気配管41から放出される熱を吸収する。配管10には圧力計P0が設けられている。圧力計P0は配管10内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部PC0

10

20

30

40

50

へ出力する。

【 0 0 2 5 】

無給油式圧縮機 C 1 の出口側と無給油式圧縮機 C 2 の入口側とは、配管 1 1 により接続されている。無給油式圧縮機 C 1 で圧縮されたボイルオフガスは配管 1 1 を通じて無給油式圧縮機 C 2 により吸引され、さらに圧縮されて配管 1 2 に排出される。配管 1 0 と配管 1 1 とはスピルバック配管 2 1 により接続されている。スピルバック配管 2 1 にはスピルバック弁 V 1 が設けられており、配管 1 1 内のボイルオフガスの圧力に応じて配管 1 1 側から配管 1 0 側へボイルオフガスが戻される。

配管 1 1 には圧力計 P 1 が設けられている。圧力計 P 1 は配管 1 1 内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部 P C 1 へ出力する。圧力制御部 P C 1 は計測信号に基づきスピルバック弁 V 1 の開度を調整することで、配管 1 1 内のボイルオフガスの圧力を制御する。

10

【 0 0 2 6 】

無給油式圧縮機 C 2 の出口側と無給油式圧縮機 C 3 の入口側とは、配管 1 2 により接続されている。無給油式圧縮機 C 2 で圧縮されたボイルオフガスは配管 1 2 を通じて無給油式圧縮機 C 3 により吸引され、さらに圧縮されて配管 1 3 に排出される。配管 1 1 と配管 1 2 とはスピルバック配管 2 2 により接続されている。スピルバック配管 2 2 にはスピルバック弁 V 2 が設けられており、配管 1 2 内のボイルオフガスの圧力に応じて配管 1 2 側から配管 1 1 側へボイルオフガスが戻される。

配管 1 2 には圧力計 P 2 が設けられている。圧力計 P 2 は配管 1 2 内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部 P C 2 へ出力する。圧力制御部 P C 2 は計測信号に基づきスピルバック弁 V 2 の開度を調整することで、配管 1 2 内のボイルオフガスの圧力を制御する。

20

【 0 0 2 7 】

無給油式圧縮機 C 3 の出口側と無給油式圧縮機 C 4 の入口側とは、配管 1 3 により接続されている。無給油式圧縮機 C 3 で圧縮されたボイルオフガスは配管 1 3 を通じて無給油式圧縮機 C 4 により吸引され、さらに圧縮されて配管 1 4 に排出される。配管 1 2 と配管 1 3 とはスピルバック配管 2 3 により接続されている。スピルバック配管 2 3 にはスピルバック弁 V 3 が設けられており、配管 1 3 内のボイルオフガスの圧力に応じて配管 1 3 側から配管 1 2 側へボイルオフガスが戻される。

配管 1 3 には圧力計 P 3 が設けられている。圧力計 P 3 は配管 1 3 内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部 P C 3 へ出力する。圧力制御部 P C 3 は計測信号に基づきスピルバック弁 V 3 の開度を調整することで、配管 1 3 内のボイルオフガスの圧力を制御する。

30

【 0 0 2 8 】

無給油式圧縮機 C 4 の出口側は、配管 1 4 の一端に接続されており、配管 1 4 の他端は逆止弁 C V 1 の上流側に接続されている。逆止弁 C V 1 の下流側は配管 1 5 の一端に接続されており、配管 1 5 の他端は給油式圧縮機 C 5 の入口側に接続されている。無給油式圧縮機 C 4 で圧縮されたボイルオフガスは配管 1 4、1 5 および逆止弁 C V 1 を通じて給油式圧縮機 C 5 により吸引され、さらに圧縮されて配管 1 6 に排出される。配管 1 3 と配管 1 4 とはスピルバック配管 2 4 により接続されている。スピルバック配管 2 4 にはスピルバック弁 V 4 が設けられており、配管 1 4 内のボイルオフガスの圧力に応じて配管 1 4 側から配管 1 3 側へボイルオフガスが戻される。

配管 1 4 には圧力計 P 4 が設けられている。圧力計 P 4 は配管 1 4 内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部 P C 4 へ出力する。圧力制御部 P C 4 は計測信号に基づきスピルバック弁 V 4 の開度を調整することで、配管 1 4 内のボイルオフガスの圧力を制御する。

40

なお、無給油式圧縮機 C 3、C 4 にそれぞれスピルバック配管 2 3、2 4 を独立させて設ける代わりに、無給油式圧縮機 C 4 により圧縮されたボイルオフガスは無給油式圧縮機 C 4 の出口側から無給油式圧縮機 C 3 の入口側に戻すスピルバック配管を設けてもよい。

50

【 0 0 2 9 】

また、配管 1 4 には、液化装置 4 0 が接続されている。液化装置 4 0 は、抽気配管 4 1、熱交換器 4 2、ジュール＝トムソン弁（J T 弁）4 3、気液分離器 4 4、配管 4 5、4 6 を備える。

抽気配管 4 1 は配管 1 4 に接続されている。抽気配管 4 1 は配管 1 0 とともに熱交換器 4 2 を通っており、抽気配管 4 1 を通るボイルオフガスは熱交換器 4 2 内で抽気配管 4 1 から熱を放出することで冷却される。抽気配管 4 1 は J T 弁 4 3 を介して気液分離器 4 4 と接続されている。抽気配管 4 1 を通るボイルオフガスは J T 弁 4 3 において圧力差を保ちながら膨張し、気液分離器 4 4 内に流入する。

J T 弁 4 3 はボイルオフガスが通過する多孔質体を有しており、多孔質体の入口側と出口側におけるボイルオフガスの圧力差が維持される。気液分離器 4 4 内にボイルオフガスが流入し、断熱膨張することで冷却されボイルオフガスの一部が液化する。気液分離器 4 4 内に流入したボイルオフガスのうち、気体部分は配管 4 5 により配管 1 0 に供給され、液化した部分は配管 4 6 により L N G タンク 1 に戻される。このように液化したボイルオフガスを L N G タンク 1 に戻すことで、L N G タンク 1 内でのボイルオフガスの発生を抑制することができる。

10

【 0 0 3 0 】

本実施形態においては、無給油式圧縮機 C 4 により圧縮されたボイルオフガスを、給油式圧縮機 C 5 よりも上流の逆止弁 C V 1 よりも上流から抽気配管 4 1 により抽気して気液分離器 4 4 に流入させ、液化して L N G タンク 1 に戻すため、給油式圧縮機 C 5 を通過して潤滑油が混入したボイルオフガスを L N G タンク 1 に戻すことがない。

20

【 0 0 3 1 】

なお、無給油式圧縮機 C 2 の出口側と無給油式圧縮機 C 3 の入口側とを接続する配管 1 2 には、図 1 に示すように、抽気配管 3 1 が接続されていてもよい。図 1 においては、抽気配管 3 1 の下流側に逆止弁 C V 2 が設けられており、逆止弁 C V 2 の下流側に抽気配管 3 2 が設けられており、抽気配管 3 2 はガス処理システム 5 に接続されている。無給油式圧縮機 C 2 で圧縮されたボイルオフガスの一部は抽気配管 3 1、3 2 を通じてガス処理システム 5 に供給される。例えば、ガス処理システム 5 は、余剰のボイルオフガスを発電に利用する火力発電システムである。例えば、ボイルオフガスの燃焼熱で水蒸気を発生させ、水蒸気で蒸気タービンを回転させ、蒸気タービンにより発電機を駆動してもよい。また、余剰のボイルオフガスを単に燃焼させることで処理してもよい。例えば、ボイルオフガスの燃焼熱で水蒸気を発生させ、発生した水蒸気を復水器において海水で冷却し、液化して循環させることで、燃焼熱を海中に排熱してもよい。

30

【 0 0 3 2 】

L N G タンク 1 内でボイルオフガスが発生することにより L N G タンク 1 内の圧力が上昇した場合、ボイルオフガスを L N G タンク 1 より排出することで、L N G タンク 1 内の圧力上昇を抑制する必要がある。一方、推進用エンジン 2 による燃料の需要は、気象、海流、波や操船に影響されるため、L N G タンク 1 内から排出されるボイルオフガスの量よりも推進用エンジン 2 による燃料の需要のほうが低い場合がある。抽気配管 3 1、3 2 を通じて、この超過需要分のボイルオフガスをガス処理システム 5 に供給することで、L N G タンク 1 内の圧力上昇を抑制することができる。

40

【 0 0 3 3 】

抽気配管 3 2 には、後述するように給油式圧縮機 C 5 の下流側に通じる配管 3 5 と接続されており、給油式圧縮機 C 5 で圧縮されたボイルオフガスの一部が配管 3 5 を通じて抽気配管 3 2 に流入する。逆止弁 C V 2 はボイルオフガスの抽気配管 3 2 側から抽気配管 3 1 側への逆流を防止することで、給油式圧縮機 C 5 を通過し潤滑油が混入したおそれのあるボイルオフガスが抽気配管 3 2 側から抽気配管 3 1 側へ流入することを防ぐ。

抽気配管 3 2 には圧力計 P 6 が設けられている。圧力計 P 6 は抽気配管 3 2 内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部 P C 6 へ出力する。

【 0 0 3 4 】

50

また、抽気配管 3 2 にはバルブ V 6 が設けられている。バルブ V 6 はバルブ制御部 3 7 により制御される。バルブ制御部 3 7 は圧力制御部 P C 0 から配管 1 0 内の圧力の情報を取得するとともに、圧力制御部 P C 6 から抽気配管 3 2 内の圧力の情報を取得し、取得した情報に応じてバルブ V 6 の開度を調整することで、ボイルオフガスのガス処理システム 5 への供給量を制御する。配管 1 0 内の圧力に基づいてバルブ V 6 の開度を調整することで、L N G タンク 1 内の圧力が上昇しすぎることを防ぐことができる。

また、後述するように抽気配管 3 2 に給油式圧縮機 C 5 で圧縮されたボイルオフガスの一部が供給されると、抽気配管 3 2 内の圧力が配管 1 2 内の圧力よりも高くなる場合がある。この場合でも、抽気配管 3 2 内の圧力に基づいてバルブ V 6 の開度を調整することで、抽気配管 3 2 内の圧力が上昇しすぎることを防ぐことができる。

10

【 0 0 3 5 】

配管 1 2 に抽気配管 3 1 を接続する場合、スピルバック配管 2 3 は、無給油式圧縮機 C 3 により圧縮されたボイルオフガスを、無給油式圧縮機 C 3 の入口側であって、配管 1 2 の抽気配管 3 1 との接続部（抽気箇所）よりも下流側に戻すことが好ましい。抽気箇所をまたぐようにスピルバック配管を設けると、スピルバック配管によって戻されるボイルオフガスの流量に応じて抽気配管 3 1 側へ流れるボイルオフガスの量の変動し、流量の制御が困難となるためである。同様に、無給油式圧縮機 C 4 により圧縮されたボイルオフガスを無給油式圧縮機 C 4 の出口側から無給油式圧縮機 C 3 の入口側に戻すようにスピルバック配管を設ける場合も、無給油式圧縮機 C 4 により圧縮されたボイルオフガスを抽気箇所よりも下流側に設けることが好ましい。

20

【 0 0 3 6 】

給油式圧縮機 C 5 の出口側は、配管 1 6 の一端に接続されており、配管 1 6 の他端は逆止弁 C V 3 の上流側に接続されている。逆止弁 C V 3 の下流側は配管 1 7 の一端に接続されており、配管 1 7 の他端は制御弁 V 7 の上流側に接続されている。制御弁 V 7 の下流側は配管 1 8 の一端に接続されており、配管 1 8 の他端は推進用エンジン 2 に接続されている。給油式圧縮機 C 5 で圧縮されたボイルオフガスは配管 1 6、1 7 および逆止弁 C V 3 を通じて推進用エンジン 2 に供給される。

配管 1 5 と配管 1 6 とはスピルバック配管 2 5 により接続されている。スピルバック配管 2 5 にはスピルバック弁 V 5 が設けられており、配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力に応じて配管 1 6 側から配管 1 5 側へボイルオフガスが戻される。

30

また、配管 1 6 には、減圧配管 3 3 の一端が接続され、減圧配管 3 3 の他端はバッファタンク 3 4 の一端に接続されている。減圧配管 3 3 には圧力制御弁 V 8 が設けられている。

【 0 0 3 7 】

配管 1 6 には圧力計 P 5 が設けられている。圧力計 P 5 は配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力を計測し、計測信号を圧力制御部 P C 5 へ出力する。圧力制御部 P C 5 は計測信号に基づきスピルバック弁 V 5 および後述する圧力制御弁 V 8 の開度を調整することで、配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力を制御する。すなわち、スピルバック弁 V 5 の開度を調整することで、給油式圧縮機 C 5 の下流に供給されるボイルオフガスの量を調整することができる。また、圧力制御弁 V 8 の開度を調整することで、後述する制御弁 V 7 の開度の急激な変動に対応して配管 1 6 内のボイルオフガスを減圧配管 3 3 に逃がし、配管 1 6 に作用する衝撃を緩和することができる。例えば、圧力制御部 P C 5 は、配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力が目標値と乖離している場合、その乖離量が一定値以下であればスピルバック弁 V 5 の開度のみで配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力を調整し、乖離量が一定値を超えて配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力が上昇したときに圧力制御弁 V 8 を開くことで、配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力が急激に上昇することを防ぐことができる。

40

【 0 0 3 8 】

バッファタンク 3 4 の他端は配管 3 5 の一端に接続され、配管 3 5 の他端は抽気配管 3 2 に接続されている。圧力制御弁 V 8 が開かれると、給油式圧縮機 C 5 で圧縮されたボイルオフガスの一部が、減圧配管 3 3、圧力制御弁 V 8、バッファタンク 3 4、配管 3 5、

50

抽気配管 3 2、バルブ V 6 を介してガス処理システム 5 に供給される。なお、抽気配管 3 2 内の圧力は 1 M P a 以下である一方、配管 1 6 内の圧力は 3 0 M P a 以上である。このため、減圧配管 3 3、圧力制御弁 V 8、バッファタンク 3 4、配管 3 5 を通過する過程でボイルオフガスの圧力は抽気配管 3 2 内の圧力まで低減される。例えば、圧力制御弁 V 8 として複数の弁を用いること、図示しないオリフィスを減圧配管 3 3 や配管 3 5 に設けること等により、ボイルオフガスの圧力が低減される。また、減圧によりボイルオフガスが断熱膨張し温度が低下するため、断熱膨張したボイルオフガスを加熱するヒータを設けてもよい。例えば減圧配管 3 3 や配管 3 5 に空気熱交換式のヒータを設けてもよい。また、バッファタンク 3 4 を設けることで、抽気配管 3 2 内の圧力が急激に上昇することを防ぐことができる。

10

【 0 0 3 9 】

推進用エンジン 2 は配管 1 8 から供給されるボイルオフガスを燃焼室で燃焼させて動力を取り出し、主軸 3 およびプロペラ 4 を回転させる。推進用エンジン 2 には、例えば 2 ストロークサイクルの低速ディーゼルエンジンを用いることができる。主軸 3 には回転数計 N が設けられている。回転数計 N は主軸 3 の回転数を計測し、計測信号をエンジン制御器 E C U に出力する。エンジン制御器 E C U は、プロペラ 4 の推進力を維持するのに必要な回転数と回転数計 N の計測信号とに基づき、制御弁 V 7 の開度を調整する。具体的には、L N G 船の操作卓を介して指示される回転数指令値と、回転数計 N により計測される回転数の計測値とが一致するように、指令値よりも計測値が高ければ制御弁 V 7 の開度を上げ、指令値よりも計測値が低ければ制御弁 V 7 の開度を下げる。

20

【 0 0 4 0 】

配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力は、制御弁 V 7 の開度の変動に応じて大きく変動する。例えば、L N G 船の操作卓から推進用エンジン 2 の回転数を減少させる操作を行うと、推進用エンジン 2 の負荷（トルク）が減少し、制御弁 V 7 は急激に閉塞される。また、推進用エンジン 2 の燃料をボイルオフガスから重油等の他の燃料に切り替える場合にも、ボイルオフガスの需要がゼロとなるため、制御弁 V 7 は急激に閉塞される。一方、給油式圧縮機 C 5 はクランク軸 1 9 によって駆動され、クランク軸 1 9 は無給油式圧縮機 C 1 ~ C 4 も駆動しているため、給油式圧縮機 C 5 による圧縮量を大きく変動させることはできない。

本実施形態においては、スピルバック弁 V 5 の開度を調整するとともに、圧力制御弁 V 8 の開度を調整することで、制御弁 V 7 の開度の変動による配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力の変動による衝撃を緩和することができる。

30

【 0 0 4 1 】

なお、圧力制御弁 V 8 を閉じるときの配管 1 6 内のボイルオフガスの圧力の目標値からの乖離量を、圧力制御弁 V 8 を開くときの乖離量よりも小さくしてもよい。これにより、圧力制御弁 V 8 の開閉動作を安定させることができる。例えば、圧力制御弁 V 8 を開くときの乖離量を 2 . 0 M P a、圧力制御弁 V 8 を閉じるときの乖離量を 1 . 5 M P a としてもよい。

【 0 0 4 2 】

また、抽気配管 3 2 内の圧力に基づいてバルブ V 6 の開度を調整する代わりに、抽気配管 3 2 に図示しないアキュムレータを設けることで、抽気配管 3 2 内の圧力が上昇しすぎることを防いでよい。

40

【 0 0 4 3 】

以上説明したように、本実施形態によれば、無給油式圧縮機 C 4 と給油式圧縮機 C 5 との間に逆止弁 C V 1 が設けられ、給油式圧縮機 C 5 側へ供給されたボイルオフガスの無給油式圧縮機 C 4 側への逆流を防ぐため、給油式圧縮機 C 5 を通過して潤滑油が混入したボイルオフガスが無給油式圧縮機 C 4 側へ戻ることがない。

【 0 0 4 4 】

このため、無給油式圧縮機 C 4 により圧縮されたボイルオフガスの一部を液化して、無給油式圧縮機 C 4 の下流側かつ逆止弁 C V 1 の上流側から L N G タンク 1 へ戻す液化装置

50

40が設けられている場合でも、給油式圧縮機C5を通過して潤滑油が混入したボイルオフガスがLNGタンク1に戻ることがない。また、潤滑油を用いない無給油式圧縮機C1～C4のうち、最も吐出圧が高圧となる無給油式圧縮機C4の下流側と、潤滑油を用いる給油式圧縮機C5の上流側との間に逆止弁CV1を設け、無給油式圧縮機C4の下流側かつ逆止弁CV1の上流側からボイルオフガスをLNGタンク1へ戻すため、ボイルオフガスへの潤滑油の混入を防ぎつつ、ボイルオフガスを高圧に圧縮して液化させることができる。

【0045】

さらに、給油式圧縮機C5により圧縮されたボイルオフガスを給油式圧縮機C5の下流側から給油式圧縮機C5の上流側かつ逆止弁CV1よりも下流側へ戻すスピルバック配管25を備え、スピルバック配管25の流量を制御するため、給油式圧縮機C5による圧縮量を大きく変動させることなく、推進用エンジン2へのボイルオフガスの供給量を制御することができる。

10

【0046】

また、無給油式圧縮機C2により圧縮されたボイルオフガスの一部を抽気配管31により逆止弁CV1よりも上流から抽気し、抽気配管31から供給される圧縮ガスをガス処理システム5で利用することで、LNGタンク1内の圧力上昇を抑制することができる。また、無給油式圧縮機C2により圧縮された圧縮ガスを無給油式圧縮機C2の出口と抽気配管31との間から無給油式圧縮機C2の上流側へ戻すスピルバック配管22の流量を制御することにより、ガス処理システム5への圧縮ガスの供給量を制御することができる。

20

【0047】

また、給油式圧縮機C5の下流側からボイルオフガスを減圧してガス処理システム5に供給する減圧配管33の流量を制御することにより、逆止弁CV1の下流側の圧力を制御することができる。

また、抽気配管32の配管35との接続部よりも上流側に、減圧配管33側から無給油式圧縮機C2側へのボイルオフガスの逆流を防ぐ逆止弁CV2が設けられているため、給油式圧縮機C5を通過して潤滑油が混入したボイルオフガスが無給油式圧縮機C2側へ戻ることがない。

【0048】

また、無給油式圧縮機C3、C4にスピルバック配管23、24が設けられ、無給油式圧縮機C3、C4により圧縮されたボイルオフガスを逆止弁CV1よりも上流側から配管12と抽気配管31との接続部よりも下流側へ戻し、スピルバック配管23、24の流量を制御することにより、逆止弁CV1の上流側のボイルオフガスの圧力を制御することができる。

30

【0049】

また、無給油式圧縮機C1、C2にそれぞれスピルバック配管21、22を別々に設ける代わりに、無給油式圧縮機C2により圧縮されたボイルオフガスを無給油式圧縮機C2の下流側から無給油式圧縮機C1の上流側に戻すスピルバック配管を設け、逆止弁CV2の上流側の圧力制御をしても良い。同様にスピルバック配管23、24を別々に設ける代わりに、無給油式圧縮機C4の下流側から無給油式圧縮機C3の上流側へ戻すスピルバック配管を設け、逆止弁CV1の上流側の圧力制御をしても良い。

40

しかし配管31の流量により無給油式圧縮機C2と無給油式圧縮機C3のガス通過量は異なるため、配管12から無給油式圧縮機C2の上流側へ戻すスピルバック配管と、無給油式圧縮機C3の下上流から配管12へ戻すスピルバック配管は省略すると配管12及び逆止弁CV2を介して配管32の圧力が変動し易く不都合である。

【0050】

なお、上記説明においては、メタン、エタン、プロパン等の炭素化合物を主成分とする天然ガスの運搬船について説明したが、本発明はこれに限らず、常温で気体の燃料を液化した液化ガスの運搬船に本発明を適用することができる。例えば、油田、天然ガス田、製油施設等で生じる副生ガスを精製、液化した液化石油ガス(LPG)の運搬船に本発明を

50

適用してもよい。

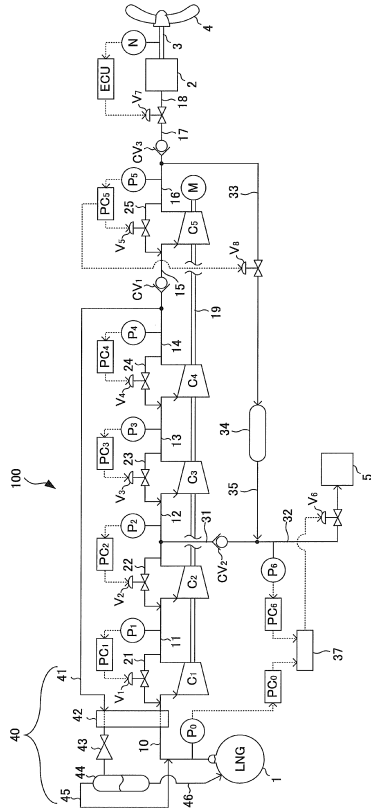
また、上記説明における温度、圧力は一例であり、本発明はこれに限られるものではない。

【符号の説明】

【 0 0 5 1 】

1	LNGタンク	
2	推進用エンジン	
3	主軸	
4	プロペラ	
5	ガス処理システム	10
10 ~ 18、35、45、46	配管	
19	クランク軸	
21 ~ 25	スピルバック配管	
31、32、41	抽気配管	
33	減圧配管	
34	バッファタンク	
37	バルブ制御部	
42	熱交換器	
43	JT弁	
44	気液分離器	20
100	多段式圧縮機	
40	液化装置	
C1 ~ C4	無給油式圧縮機	
C5	給油式圧縮機	
CV1 ~ CV3	逆止弁	
M	モータ	
N	回転数計	
P0 ~ P6	圧力計	
PC0 ~ PC6	圧力制御部	
V1 ~ V5	スピルバック弁	30
V6	バルブ	
V7	制御弁	
V8	圧力制御弁	

【 図 1 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
F 0 2 M 21/02 (2006.01) F 0 2 M 21/02 L
F 0 2 M 21/02 M
F 0 2 M 21/02 Z

(56) 参考文献 特表 2 0 1 1 - 5 1 7 7 4 9 (J P , A)
特表 2 0 1 4 - 5 1 1 4 6 9 (J P , A)
実開昭 6 2 - 6 2 1 0 0 (J P , U)
特開 2 0 0 6 - 3 4 8 7 5 2 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 3 2 8 9 8 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , DB名)
B 6 3 B 2 5 / 1 6
B 6 3 H 2 1 / 1 4
B 6 3 H 2 1 / 3 8
B 6 3 J 2 / 1 4
F 0 2 B 4 3 / 0 0
F 0 2 M 2 1 / 0 2