

日本初のガス焚きディーゼル電気推進 LNG 船

The First Dual Fuel Diesel Electric Propulsion LNG Carrier in Japan



沼口 哉
Hajime Numaguchi

佐藤 敏文
Toshifumi Satoh

石田 聡成
Toshinori Ishida

松本 祥一
Shoichi Matsumoto

日野 和宏
Kazuhiro Hino

岩崎 猛志
Takeshi Iwasaki

1. はじめに

液化天然ガス運搬船(LNG船)の推進プラントには、従来混焼ボイラを使用した蒸気タービン推進プラントが採用されてきた。近年、高圧ボイラを有する蒸気プラントの取扱いに慣れた船員の不足や原油価格高騰による省エネ化を背景に、船主よりLNG船以外で一般的に採用されているディーゼル機関を推進プラントに採用することを要求されるケースが増加している。当社でもこの度、MISC BERHAD社向けにガス焚きディーゼル機関を採用した電気推進船の設計・建造に至った。本稿ではこの日本初のガス焚きディーゼル電気推進LNG船について紹介する。

2. 本船の概要と推進プラント

本船は、MISC社向けに建造された 157 000m³ メンブレン型LNG船であり、主要目は表1のとおりである。本船の建造契約時の船主要求により、蒸気タービン推進に比べて燃料消費量の少ないガス焚きディーゼル機関を用いた本推進システムを採用している。

表1 本船主要目

船級	BV	貨物タンク容積 (m ³)	157 720
全長 (m)	294.60	推進モータ出力 (kW)	12 900×2set
垂線間長 (m)	281.60	発電機出力 (kW)	11 400×3set
幅 (m)	46.50		5 700×1set
深さ (m)	25.80	最大出力 (kW×min ⁻¹)	24 750×78
計算喫水 (m)	11.15	航海速力 (Kt)	19.5
総トン数 (t)	107 633		

本船の推進プラントは、4台の発電機関、2台の電気推進モータ、1台の減速機と推進用プロペラで構成されており、複数台の発電機関と電気推進モータの装備、並びに独立した給電システムを採用することで冗長性を高めている(図1)。

発電機関は、Wärtsilä 社製中速ガス焚きディーゼル機関を4機(12V50DF×3機、6L50DF×1機)搭載している。この発電機関は、ディーゼル油のみを燃料とするMDOモードとガスを主燃料としてディーゼル油をパイロット燃料とするGASモードを、切り換えて運転することができ、LNGタンクで発生するボイルオフガスを燃料とすることができる。

電気推進モータは、ABB社製の高回転型(定格 640min⁻¹)を2機搭載している。電気推進モータの出力軸は減速機に接続され、1つの推進用プロペラを駆動する。各電気推進モータは、独立した給電システムを有し、各々単独運転も可能である。

機関室の概略配置を図2に示す。発電機関は左右に分離した機関室に2台ずつ分散配置し、安全性を考慮し、中央に仕切壁を装備している。

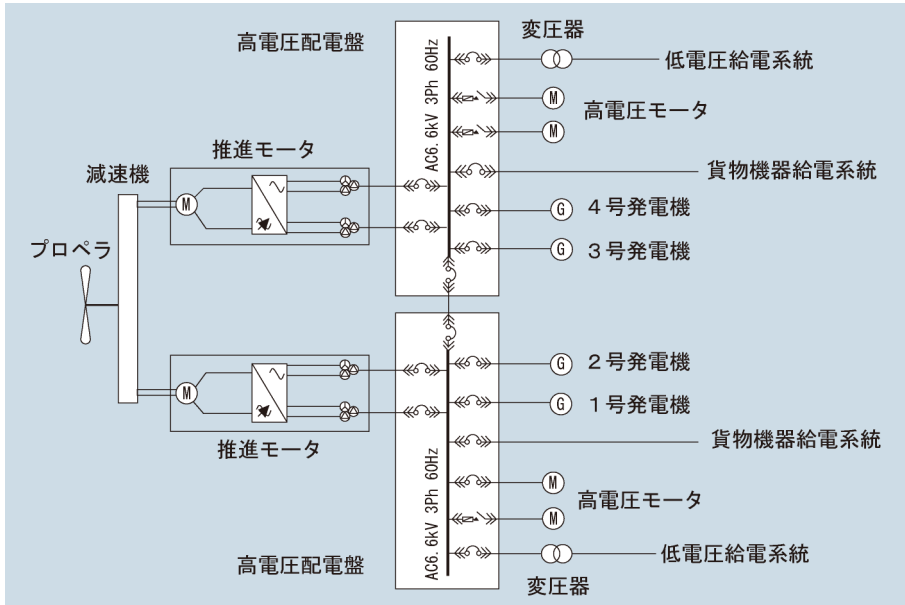


図1 発電・給電系統

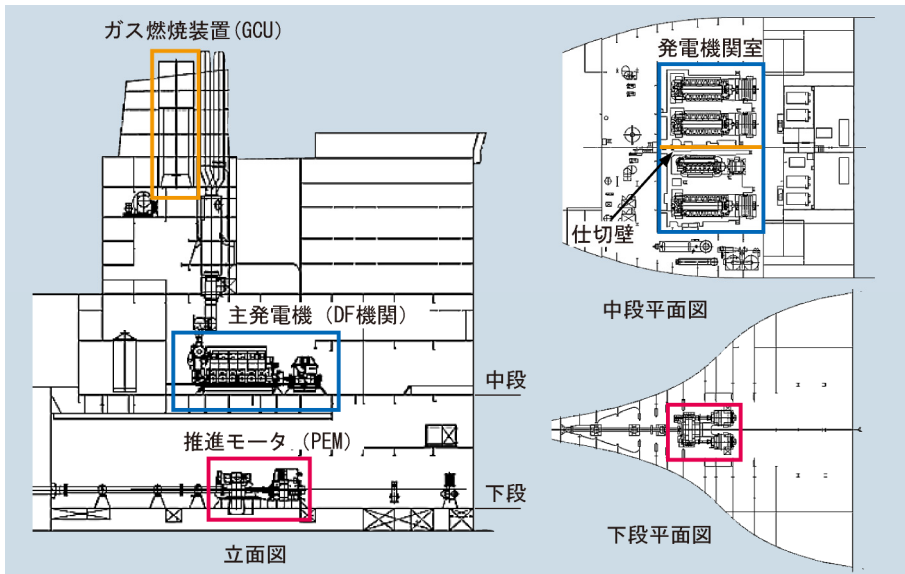


図2 機関室概略配置図

3. ガス供給システム

3.1 システム概要

本船のガス供給システムを図3に示す。

発電機関の燃料ガスは、LNGタンクで自然発生するボイルオフガス(NBO)とLNGタンク内の液化天然ガスを強制的に蒸発させて得られるガス(FBO)をガス圧縮機で加圧して供給している。発電機関の要求するガス圧力は0.55MPaであり、ガス圧縮機には2段加圧型を採用した。ガス圧縮機は、十分な圧縮比を得るため、吸い込み温度を -100°C 以下に制御する必要があり、NB O側には、LNGを噴霧してガス温度を下げるプレクーラを装備している。プレクーラで噴霧されたLNGの内、非ガス化成分はミストセパレータで分離され、ドレン回収タンクに集められ、この回収されたドレンはLNGタンクに返送される。

FBOはLNGタンク内の液化天然ガスをフューエルガスポンプで蒸気加熱式強制蒸発器に送り得られるガスで、蒸気過熱式強制蒸発器の出口側には、FBOの温度を -100°C 以下に保つためのLNG噴霧式スプレーヤを装備した。このスプレーヤは、良好な冷却性能を考慮して2段式が採用された。LNG噴霧後のガス中に残存する非ガス化成分はFBO専用のミストセパレータで分離され、LNGタンクに返送される。

また、ガス圧縮機出口温度は 100℃ 近くとなり、発電機関入口で要求されるガス温度 (0～60℃) を超える可能性があるため、ガス圧縮機出口側にも LNG を噴霧して温度を下げるアフタークーラを装備している。このアフタークーラは、NBO だけでは燃料ガス量が不足し、強制蒸発器を使うとガス量が過剰となるような領域において、必要ガス量に見合うように LNG の噴霧量を制御できる機能も有している。

また、NBO の発生量が燃料として必要な量を上回る場合に備え、余剰ボイルオフガス処理のためにガス燃焼装置 (GCU) を装備している。

アフタークーラ下流に配置しているガスヒータは、ガス温度を 0℃ 以上に保つため (例えばガス圧縮機を運転せずに LNG タンクの内圧のみでガス燃焼装置にボイルオフガスを供給する場合) や LNG タンクの温度を常温に加熱する際に使用される。

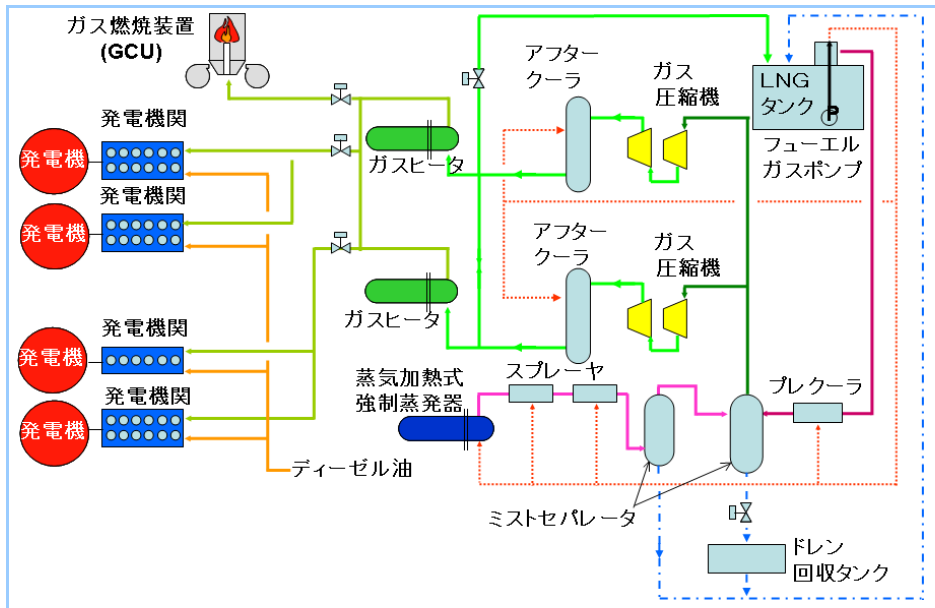


図3 ガス供給システム

3.2 ガス供給

ガス圧縮機は2速としており、起動は低速で行う。プレクーラを使ってガス圧縮機入口ガス温度が -100°C 以下に到達した後、高速に切り換え、吐出圧力を 0.55 MPa まで上げていく。この過程でガス圧縮機から吐出されたガスは、圧力不足によりガス焼きディーゼル機関では処理できない。このため、この過程のガスは、ガス燃焼装置で燃焼処理する必要があるが、本船ではガスの無駄な消費を防止できるように LNG タンクへ返送する配管を設けている。この LNG タンクへ返送する配管には制御弁を装備しており、ガス焼きディーゼル機関の燃料モード切換などによる急激なガス消費量低下時にガス圧縮機出口より LNG タンクにガスを返送し、ガス圧縮機を含めたガス供給システムに影響が出ないように制御する機能も有している。

3.3 タンク圧力制御

ガス供給システムは、ディーゼル機関へ燃料ガスを送るのみでなく、LNG タンク内の圧力制御に対しても重要な役割を果たしている。LNG タンク内の圧力を適正な値に制御するために、ガス燃焼装置の自動発停機能、強制蒸発器の流量制御機能、アフタークーラの噴霧量制御機能を装備した。

4. 試運転結果

4.1 海上試運転

本船の海上試運転での燃料消費率計測値と、ほぼ同出力の蒸気タービン推進プラントの燃料消費率を図4に示す。蒸気タービン推進プラントに比べ、プロペラ軸出力ベースの燃料消費率で約 20% の省エネ効果が得られた。

4.2 ガステスト

ガステストでのガス供給システムの安定性を示す例を図5に示す。ガス焚きディーゼル機関3台をガスモードで運転中に、機関の負荷を約40%急激に低下させた場合でもガス供給圧力の変化は約8%に抑えられており、ディーゼル機関のガスモード運転に影響を与えておらず、十分な安定性が実証された。

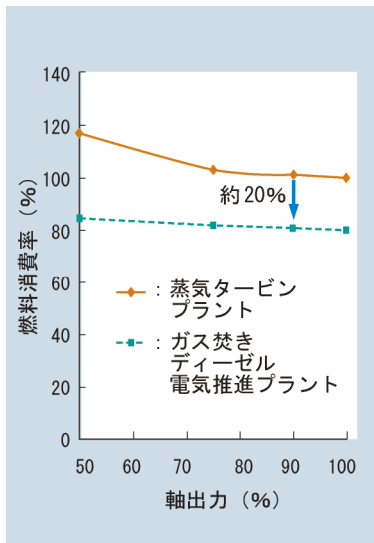


図4 燃料消費率比較

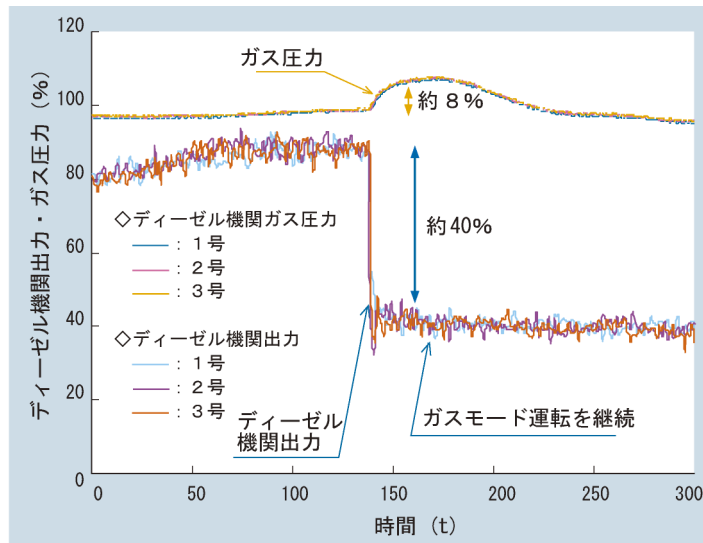


図5 ガス供給システムの安定性

図はディーゼル機関3台ガス運転中に発電機負荷が約40%変動した場合のガス供給系統の圧力変動を示す。

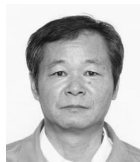
5. まとめ

日本初のガス焚きディーゼル電気推進LNG船である本船は、平成20年11月に目論見どおりの性能を発揮してガステストを完了し、平成21年1月に引渡し完了した。ディーゼル電気推進プラントは、蒸気タービンプラントに比べ定期点検時の部品交換などの保守性、柔軟なLNGタンクの圧力制御などの面で評価が分かれるところであるが、当社としては、LNG船に対し従来の蒸気タービンプラントに加え、ガス焚きディーゼル機関を採用した電気推進プラントも供給できるようになり、幅広い顧客ニーズに応えることができるようになった。

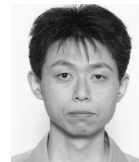
執筆者紹介



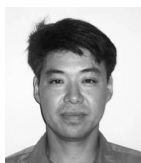
沼口 哉
長崎造船所
造船設計部
機装設計課
主席



佐藤敏文
長崎造船所
造船設計部
電装設計課
主席



石田聡成
長崎造船所
造船設計部
船装設計課
主席



松本祥一
長崎造船所
造船設計部
主席



日野和宏
長崎造船所
香焼工作部
機電課



岩崎猛志
長崎造船所
造船設計部
艤装生産情報課