

世界一環境に優しい LNG 船を目指して -全運航モードでガス専焼に対応可能な“さやえんどう UST”-

The Best LNG Carrier for Environment
by Only Gas Combustion “SAYAENDO UST”



津村 健司*1
Kenji Tsumura

石田 聡成*1
Toshinori Ishida

平岡 和芳*1
Kazuyoshi Hiraoka

桑畑 一志*2
Kazushi Kuwahata

濱島 彰徳*2
Akinori Hamajima

近年、環境への配慮から、船舶が排出する排気ガスに対する規制が順次強化され始めており、その対応として、LNG(液化天然ガス)を燃料とした船舶が登場してきている。一方、NO_x 排出の少ない蒸気タービンプラントを推進機関とする液化天然ガス運搬船(LNG 船)においては、貨物であるLNGの蒸発ガスを燃料とすることで、今後発効が予定されているNO_x・SO_x 排出に対する規制を満足することができる。しかしながら、従来のLNG 船では、負荷変動の大きい港内操船時は、安定した負荷追従ができるように、ガスと燃料油の混焼で運航する方法を採っている。本報においては、港内操船時においてもガス専焼にて安全な運航が可能で、かつ、経済性に優れた新しいシステムを提案する。

1. はじめに

近年、環境への配慮から図1に示すとおり、船舶の排気ガスへの規制が厳しくなっており、特に各国が定めるECA(Emission Control Area)では厳しい規制値が要求されている。強化される規制の主なものは、SO_xとNO_xである。SO_x規制への対応方法としては低硫黄燃料の使用、あるいは脱硫装置の装備が考えられるが、LNG 船においては貨物である天然ガスを燃料とすることでSO_x規制への対応が可能となる。一方、NO_x規制への対応として、通常のディーゼルエンジンを推進機関とする船舶においてはNO_x除去装置の装備や排気再循環等の対策が必要となるが、タービンを推進機関にするLNG 船においては、主ボイラからのNO_x排出量は非常に低く、従来よりNO_x規制の対象となっていない。

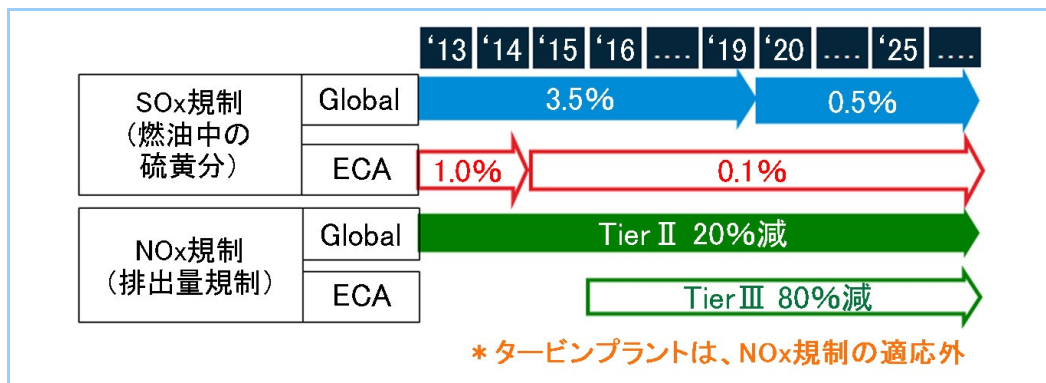


図1 環境規制の動向

*1 船舶・海洋事業本部船海技術統括部長崎船海技術部 主席技師

*2 船舶・海洋事業本部船海技術統括部長崎船海技術部

したがって、タービンプラントを推進機関とする LNG 船においては、貨物の LNG を燃料とし、100%ガス焚きを行うことで SOx 規制に対応でき、すべての排ガス規制に対処できる。

従来の LNG 船においてはカーゴタンクから発生する BOG (Boil off Gas) を主燃料として使用しているが、燃料ガス供給の追従性が遅く、港内操船時の大きい負荷変動に対して 100%ガス焚きでは缶圧の低下を引き起こし、運航に支障を来すことより、ガスと燃料油の混焼状態で運航されていた。そこで強化される排ガス規制への対応、及び、余剰 BOG の有効活用のため、港内操船時においても 100%ガス焚きを行う方法として“Low Load Gas Mode (LLGM)”が開発された。LLGM とは、港内操船時においても 100%ガス焚きを可能とするため、IGC コードで要求される“異常が発生した際の、100%ガス焚きから混焼モードへのスムーズな移行を確実に行う”システムである。LLGM では、100%ガス焚きの状態から安全に燃料油を投入するために必要とされる最低のガスヘッダー圧力を常時確保し、異常が発生した場合には、速やかに 100%ガス焚きから混焼へ移行するシステムとなっている。したがって、タービンプラントが要求する負荷相当以上の余分な燃料ガスを常時燃焼することになる。そこで当社は、100%ガス焚きから速やかに混焼モードへと切り替わることが可能で、かつタービンプラント所要量以上の余分な BOG 燃焼を必要としない、カーゴラインを利用した燃料ガス圧縮機の循環システムを構築し、異常が発生した場合は瞬時に、ガスヘッダーの圧力が燃料油を安全に投入できる最低圧力以上に復旧可能なシステム“New Low Load Gas Mode (NLLGM)”を開発した。

2. 従来船の 100%ガス焚き機能

タービンプラントを推進機関とする LNG 船においては、貨物の LNG のみを燃料とすることで、今後強化される SOx 規制に対応可能であるが、従来船の港内操船時においては前述の様に 100%ガス焚きは負荷追従性の問題が残っているため、ガスと燃料油の混焼モードとしていた。したがって、現行のシステムにおいては、強化される SOx 規制に対し、港内操船時は 100%ガス焚きで対応できず、低硫黄燃料の使用が必要となる。

3. 近年の港内操船時における 100%ガス焚き機能

港内操船時においても 100%ガス焚きを行うためには、IGC コードで要求される“安全にガスと燃料油の混焼モードに切り替わる”機能が必要である。そこで、港内操船時においてもガスヘッダー圧力を燃料油が確実に着火する圧力まで維持する 100%ガス焚きシステム“Low Load Gas Mode (LLGM)”を開発した(図2)。

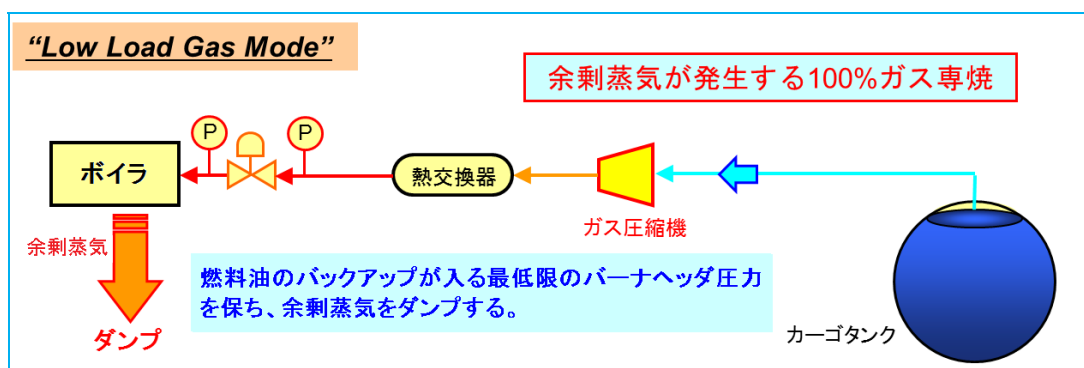


図2 Low Load Gas Mode (LLGM) 概要

LLGM においては、ボイラを燃料油に切り替えることができる最低限のガスヘッダー圧力を維持し、100%ガス焚きを継続する。したがって、港内操船時には、タービンプラントが要求するガス量以上の燃料ガスをボイラで燃焼することにより負荷変動及び混焼モードへの切替えに対応することになり、図3の通り、余分な蒸気を発生させ、ダンプ処理することで運航している。

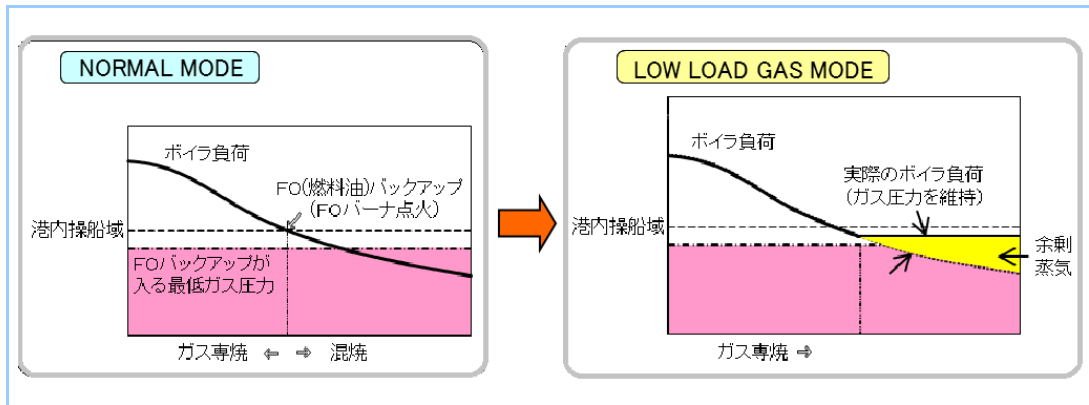


図3 ボイラ負荷と使用燃料の比較

4. 経済的なガス焚きを行うための新しい 100%ガス焚き機能

第3章で述べたように、LLGMは港内操船時などの低負荷時には、タービンプラントが要求するガス量以上の余分な燃料ガスを燃焼している。そこで、プラント負荷に対応したガスを燃焼する方法として、本報では図4の“New Low Load Gas Mode (NLLGM)”を提案する。LLGMを含め、現在、燃料ガス圧縮機はボイラの負荷に応じて流量を制御しているが、NLLGM においては、燃料ガス圧縮機をガスフロー制御弁 (FCV) 入口までの圧力を制御する吐出圧制御とし、FCV のみでボイラへのガス流量を制御するシステムとした。FCV 入口の圧力は、FCV の開作動により、瞬時に燃料油を安全に投入できる様なガスヘッダー圧力へと復旧できる圧力とすることで、余分な燃料ガスを消費することなく、常時プラントが要求するガス量をボイラで燃焼することができる。

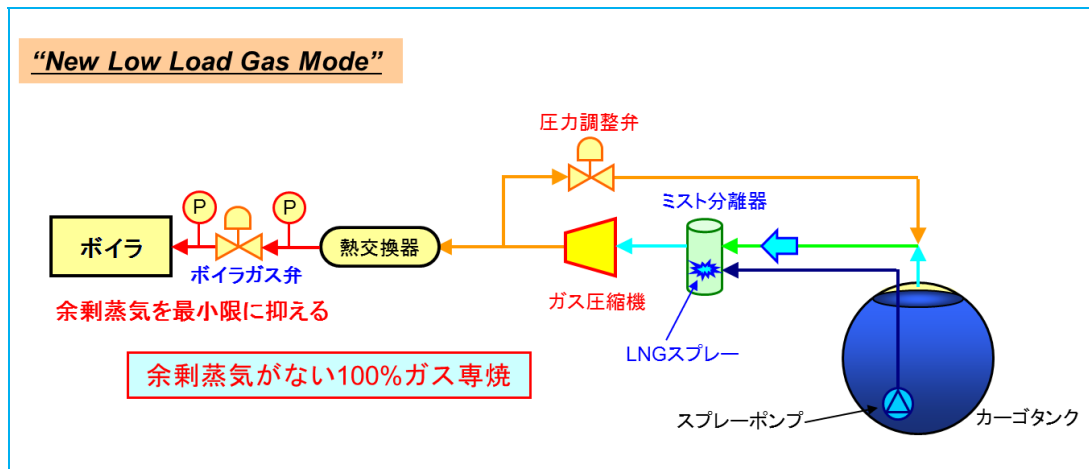


図4 New Low Load Gas Mode (NLLGM) 概要

5. NLLGM を採用する事によるメリット

LLGM 使用時と NLLGM 使用時の港内操船時におけるガス消費量の比較を行った。計算は、さやえんどう方式 153000m³ をモデル船とし、揚荷・積荷の各港内運転を想定して計算を行った (図5, 図6)。

LLGM では、常に燃料油に切替えが可能なガスヘッダー圧力で運転する必要があるが、NLLGM では、負荷に応じてガスヘッダー圧力を変化させることができる。この結果、揚荷時にガス消費量を 31.3t、積荷時に 24.4t 削減できることが分かった。153000m³ 級の LNG 船においては、NLLGM を使用した場合には、LLGM と比較すると、1航海で 55.7t のガス消費量を削減できる。

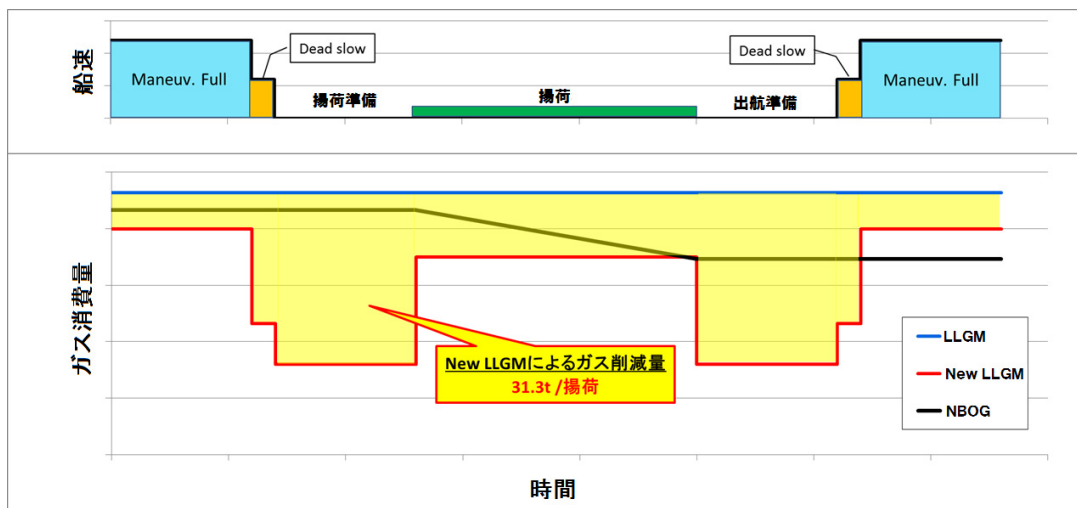


図5 LLGMとNLLGMのメリット比較(揚荷)

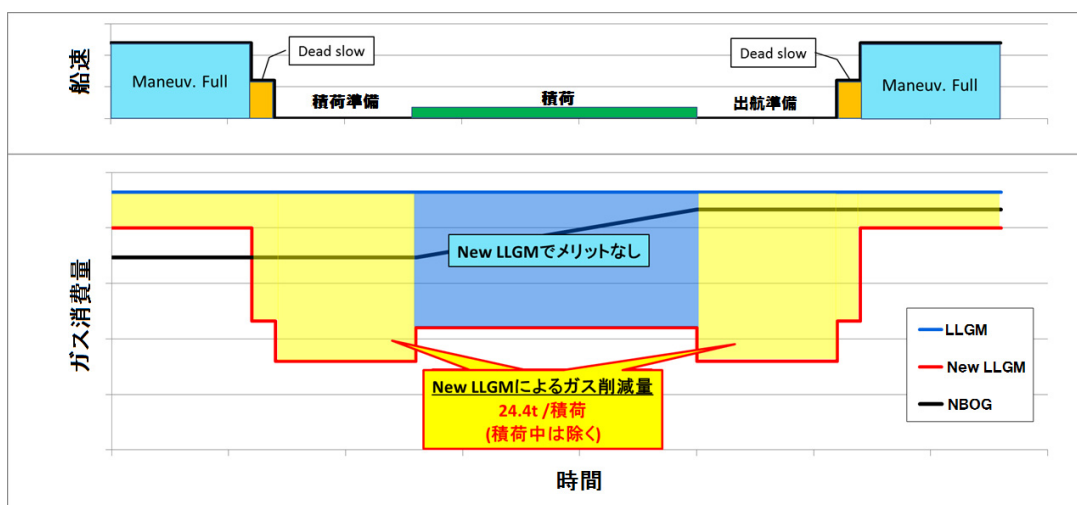


図6 LLGMとNLLGMのメリット比較(積荷)

6. まとめ

近年、環境への配慮から排ガス規制が強化されており、船舶の推進システムは大きな転換期にある。従来のタービンプラントにおいては、NO_xの排出規制は適応されないが、SO_xの排出規制には対応する必要がある。SO_x規制は燃料油中の硫黄分に関係するため、通常のディーゼルエンジンを主機とした船舶においては、排ガス処理装置などの後処理装置、または低硫黄燃料の使用が必要である。一方、LNG船のタービンプラントの場合は、低硫黄燃料と比べて安価な天然ガスを使用することによって、強化されるSO_x規制に対応できるLLGMを開発した。さらに本報では、タービンプラントが要求するガス量を過不足なく供給するためのNLLGMを提案した。これにより、強化される排ガス規制に対処し、かつ、経済的に運航が可能となる。