

## LNG燃料船 安全への取組み

世界的な環境規制の強化を背景に、新たな船用燃料としてLNGが注目され、その実用化が進んでいます。今後更なる普及が期待される中、今回の TOKIO MARINE TOPICS では、LNG 燃料船の現状およびこれまでの研究開発等を振り返るとともに、更なる安全運航に向けたポイントを整理しお伝えします。

### 1 LNG 燃料船導入の背景

#### (1) IMO における SO<sub>x</sub> の規制強化

国際海事機関(IMO)では、大気汚染防止対策として、船舶から排出される硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)を削減するために、2008年に船舶の燃料油に含まれるSO<sub>x</sub>の規制を導入しました。これは、世界の海域を一般海域と排出規制海域(注1)に分けて、それぞれの海域でSO<sub>x</sub>を段階的に削減するというもので、一般海域では、2011年まで4.5%以下、2012年以降3.5%以下とすることになっていましたが、2016年10月に開催されたIMO第70回海洋環境保護委員会で、2020年以降0.5%以下に強化することが決定されました。

#### (2) SO<sub>x</sub> 規制強化への対応策

SO<sub>x</sub> 規制強化への対応策として、海運会社は主に次の3案について検討を行っています。

- ①規制に適合する燃料油(低硫黄石油燃料)の使用
- ②排気ガス洗浄装置(スクラバー)の設置
- ③LNGなどの代替燃料の使用

このうち、③の代替燃料としてはLNGのほかLPGや水素ガス、メタノールなどがありますが、実用化ではLNGが先行しています。

LNG燃料船は高船価であるものの、従来の石油燃料と比較して、LNGはSO<sub>x</sub>をほぼ100%、NO<sub>x</sub>を40~70%、CO<sub>2</sub>を約25%削減できる「環境にやさしい燃料」であることから、SO<sub>x</sub>のみならず、NO<sub>x</sub>やCO<sub>2</sub>削減の観点からも、注目を集めています。

### 2 LNG 燃料船就航の現状

#### (1) 海外での現状

##### (a) 北欧中心の現状

LNG運搬船では、積荷のLNGから揮発したガス(ボイルオフガス)を燃料として利用していましたが、2000年代に入ると、LNG運搬船以外の船種でLNGを燃料とする船舶の就航が始まり、2010年頃からその数が増加しました。ノルウェー・ドイツ船級(DNVGL)によれば、2017年5月末に就航しているLNG燃料船は106隻、就航海域別にはノルウェー57隻、その他ヨーロッパ20隻、アメリカ13隻、その他16隻となっています(次頁円グラフ(左)ご参照)。

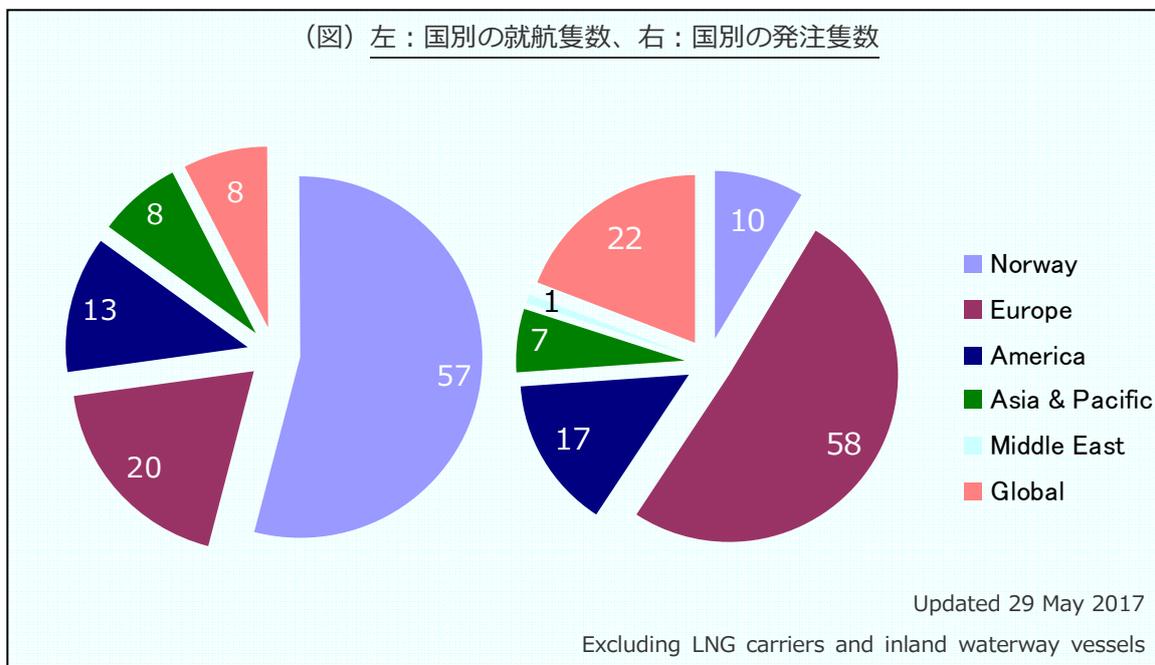
LNG運搬船以外で初のLNG燃料船は、2000年に就航したノルウェー籍のカーフェリー「GLUTRA」でした。ノルウェーは、「1999年ヨーテボリ議定書」(注2)を批准して、SO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>の数値目標達成に取り組んでいたほか、LNG燃料設備の設置に対する補助制度があったことも、LNG燃料船建造のインセンティブとなったものと思われます。さらに2007年に同国で導入されたNO<sub>x</sub>排出課税の対抗策として設立された「Business Secotor's NO<sub>x</sub> Fund(NO<sub>x</sub>ファンド)」によるLNG燃料船への建造補助が、この種類の船舶の建造・普及を促進しました。

(b) 今後の計画

DNVGLによれば、2017年5月末時点で2024年までに就航予定の新造船は115隻、就航海域別にはノルウェー22隻、その他ヨーロッパ58隻、アメリカ17隻、その他18隻となっています(下記円グラフ(右)ご参照)。2016年9月末時点での調査では、就航済み81隻、就航予定91隻でしたから、この8ヶ月間でいずれも大幅に増加したほか、これまで北欧と北米の排出規制海域を航行する近海船が中心でしたが、一般海域でのSOx規制強化を見据えて、ヨーロッパを中心に世界各地で導入を進める動きのあることがわかります。

(c) 対象船種の拡大

船種別に見ると、燃料補給場所が限定されることによって、航路が制限されることから、これまではカーフェリーや石油開発用プラットフォーム支援船(PSV)が中心でした。しかし、燃料の補給体制の整備が見込まれる中、現在計画されている新造船では、これらの船種に限らず、コンテナ船、タンカー、クルーズ客船、特殊船など多くの船種に広がっています。



(DVVGL “LNGi status update”(2017-05-29)を基に作成)

## (2) 日本での現状

### (a) 日本初の LNG 燃料船の就航

日本の大手海運会社や造船会社でも、LNG 燃料船についての研究が行われていましたが、2010 年前後からそのコンセプトシップが発表されるなど、取組が進んできました。

こうして日本で初の LNG 燃料船として、2015 年 5 月に京浜でハーバータグが就航しました。また、日本の海運会社と北欧の海運会社の合併会社が所有し、ヨーロッパを航路とする自動車専用船の第 1 船(これは世界初の LNG を燃料とする自動車専用船です。)が 2016 年 11 月に、第 2 船が 2017 年 2 月に就航したほか、2017 年 6 月にはこの自動車専用船はじめとして、ヨーロッパ各地で燃料補給を行う LNG 燃料供給船が就航しました。

### (b) 今後の計画

さらに、2019 年 4 月の予定で大阪湾のハーバータグや、2020 年の予定で日本国内各港において燃料補給を行う LNG 燃料供給船の建造が計画されているほか、大型コンテナ船の主機関を将来 LNG 燃料用への換装を可能にするために、船級協会の基本承認を受けたケースもあります。

## 3 LNG 燃料船の技術的課題とこれまでの取組

### (1) LNG の特性

#### (a) 天然ガスについて

LNG (Liquefied Natural Gas—液化天然ガス)とは、天然ガスを $-162^{\circ}\text{C}$ 以下の超低温で液化したものです。まずは「天然ガス」の特性について以下記載します。

【成分】	天然ガスの大半はメタン(概ね 90%程度)で、その他にエタン、プロパン、ブタンなどの炭化水素が含まれます。生産工程において不純物が除去されるので、硫黄や $\text{CO}_2$ を含まないエネルギーとなっています。
【比重】	主成分のメタンの比重(対空気)は 0.55 で、プロパンの 1.55 やブタンの 2.00 と比べてかなり軽い気体です。メタンは揮発性が高く、常温で急速に蒸発する性質があり、空气中に拡散しやすいので、常温では空気より重く、地上に停滞しやすいプロパンやブタンより、取り扱う上での危険性は低いと言えます。
【引火点】	メタンの引火点は $60^{\circ}\text{C}$ 以下であり、重油の $60\sim 100^{\circ}\text{C}$ に比べて低くなっています。
【爆発性】	メタンは空气中濃度 5% から 14% で爆発しますが、LPG の 1.9% に比べて危険性は低いと言えます。

#### (b) 液化後の特性

天然ガスを液化すると体積が  $1/600$  となることから、輸送や貯蔵の効率化などのために液化が行われます。LNG の水に対する比重は 0.43 から 0.48 程度で、原油の 0.85 と比べて軽いことから、運搬時には重量に比べて容積が大きくなります。

#### (c) LNG が漏出した場合の危険性

事故などによって LNG が漏出すると、 $-162^{\circ}\text{C}$  以下の超低温状態から  $-113^{\circ}\text{C}$  以上に暖められるまでは空気の 1.4 倍程度の重さがあるので地上に滞留します。この状態においては、爆発や火災発生の危険性がありますが、温度が  $-113^{\circ}\text{C}$  を超えると空気より軽くなるので、空气中に拡散し、危険性は低減します。

## (2) LNG 燃料船の安全に関する国際規則

### (a) ノルウェー・ドイツ船級 (DNVGL) による規則の策定

LNG の上記特性を踏まえて、LNG 燃料船の船体構造、機関、設備などのハード面、運航、燃料供給などのソフト面について、2000年にDNVGLが世界で初めて規則を策定し、その後運航船からのフィードバックや技術開発を反映して、改定を重ねてきましたが、国際的な規則や基準は未整備の状況にありました。

### (b) IGF コードの発効

このような状況を受けて、IMO は、LNG 燃料船に従来の石油燃料船と同等の安全性を確保するために、「ガスまたはその他の低引火点燃料を使用する船舶の安全に関する国際規則 (IGF コード)」を策定し、2017年1月から発効しました。この規則は、LNG 燃料船の設計、建造および運航の国際規則で、LNG 燃料船固有の設備やシステムなどに関する具体的な設計要件のほか、運航、緊急時の対応、乗組員の訓練などについて規定しています。

### (c) IGF コード発効に伴う STWC 条約の改定

IGF コードに乗組員の訓練に関する規定が策定されたことを受けて、乗組員の訓練要件を定める STWC 条約にも、「第5章 特定の種類の船舶の乗組員に対する特別な訓練の要件」に「第5-3 規則 IGF コード適用船舶の船長、職員、部員その他の者の訓練および資格証明に関する最小限の要件」が追加され、2017年1月から発効しました。

## (3) 日本での取組

### (a) 国土交通省の取組

日本においても国土交通省が、LNG 燃料船の普及に向けた環境整備を図るために、2012年に「天然ガス燃料船の普及促進に向けた総合対策検討委員会」を発足させ、燃料移送、航行安全、海上防災に関する検討を行いました。その結果、ソフト面では、関係省庁とも連携のうえ、「LNG 燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル」を策定し、LNG 燃料移送 (燃料補給) に係る標準的な手順や安全対策などの確立を行ったほか、ハード面では、高圧ガスシステムの設計指針を策定し、設計時の課題を整理し、安全要件の確立を行いました。

### (b) NK の取組

日本海事協会 (NK) は、IGF コード発効前の LNG 燃料船設計のための指針として、2012年1月に LNG 燃料船に求められる安全要件をまとめた「ガス燃料船ガイドライン」を発行し、その後見直しを重ねています。

### (c) 燃料補給体制の整備

LNG 燃料船の導入にあたり、燃料補給体制の整備が必要ですが、その補給方式には、主に次の3方法があります。

- ① LNG 燃料供給船からの補給 (Ship to Ship 方式)
- ② 臨海部に設置した LNG タンクからの補給 (Shore to Ship 方式)
- ③ LNG タンクローリーからの補給 (Truck to Ship 方式)

現在、京浜のハーバータグへの燃料補給は、陸上の LNG タンクローリーから行われていますが、横浜市や関係者の間では、これを第1段階としたうえで、2020年までに第2段階として LNG 燃料供給船からの燃料補給、さらにその後第3段階として供給船の追加を計画しており、クルーズ客船などの LNG 燃料船の横浜港への誘致を進めていくほか、横浜港のみならず東京湾内の港での LNG 燃料補給のニーズに対応していく予定です。

また、神戸市も2017年6月に LNG バンカリング検討会を発足させました。

以上のように LNG 燃料船の安全に関する国際規則の策定や、燃料供給体制の整備が進められ、国内でも LNG 燃料船普及に向けた環境が整いつつあります。

## 4 LNG 燃料船の今後のポイント

### (1) 個別の船舶でのマニュアルの策定

#### (a) マニュアルの策定

LNG 燃料船の設計、建造および運航に関する国際規則である IGF コードが発効し、それぞれの船舶では、このコードをもとに個々の事情に応じて、運航、燃料補給の作業手順、緊急事態発生時の対応などについて規定したマニュアルを策定することになります。その際に留意する点として、LNG 燃料システムの個々の機器の操作や管理についてのみならず、LNG を燃料とする船舶として、運航や燃料補給などをどのように行うのかという全体的な観点から策定することがあげられます。

#### (b) 国際規則や船級協会のガイドライン見直しへの対応

今のところ世界的に見ても LNG 燃料船の数は少なく、この種類の船舶に特有な大きな事故も発生していません。しかし、今後就航隻数の増加に伴う運航実績の蓄積を踏まえて、国際規則や船級協会のガイドラインの見直しが行われるものと考えられますので、それぞれの船舶のマニュアルも、その見直しに対応していくことが必要です。

### (2) 燃料補給時における課題

#### (a) 燃料供給業者との共同作業

LNG 燃料船特有の事故として、燃料補給時の LNG 漏出とそれによる火災の発生が想定されます。燃料補給時には、陸上の LNG 供給業者と LNG 燃料船側の乗組員が共同作業を行うこととなります。双方の業種・国籍等が異なるために、安全について求めるレベルが異なることや使用する言語が異なることも考えられ、このような状況の下で、作業を安全に遂行するためには、両者間のコミュニケーション強化を一層図るほか、作業手順(マニュアル)の共有や、あらかじめ役割分担や責任体制を明確にしておくことが必要です。

#### (b) 燃料補給中における他の作業の実施

LNG 燃料補給中に、荷役、乗組員や乗客の乗下船、タラップの設置や係留作業、LNG 以外の燃料補給などの作業を行うことは、安全性の観点から問題があるとされています。しかし、船舶によっては停泊時間が短いこともあり、他の作業を同時に行うこともあろうかと思われれます。その場合もあまり多種類の作業を行うことはせず、ノルウェー・ドイツ船級(DNVGL)やアメリカ船級協会(ABS)が発行する「LNG 燃料供給中に他の作業を行う場合のガイダンス」などを参考として、作業手順を策定しておくことが必要です。

### (3) 安全な運航に向けて

上記のとおり、LNG 燃料船に特有な大きな事故は発生していません。しかし、LNG を燃料として扱うことは、石油燃料を扱うこととも、LNG を積荷として扱うこととも異なるので、乗組員に対して、LNG 燃料船運航に関する知識の研修、燃料補給作業や緊急事態発生時の対応などについての訓練を継続的に実施することが不可欠です。

また、燃料給油中の LNG 漏出の原因は、人的要因である可能性が大きく、事故防止に向けて、乗組員のみならず陸上作業員の訓練の強化が必要です。

以上

(注1) 排出規制海域(ECA-Emission Control Area)とは、一般海域と比べてより厳しい規制が適用される海域で、北海、バルト海、北米沿岸、米国カリブ海が指定されています。

(注2) ヨーテボリ議定書(酸性化・富栄養化・地上レベルオゾンの低減に関する議定書)とは、越境大気汚染に関する条約で、1999年にSO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、アンモニア、揮発性炭化水素(VOCs)について、2010年までの排出削減目標が設定されました。さらに2012年に2020年までの削減目標が設定されるとともに、PM2.5が削減対象として追加されました。

## TOKIO MARINE Topics (本船事故情報)

(2017年6月発信分を掲載しております)

### 1. 2017年6月15日配信分

#### (1) 本船明細・航路・積載貨物

船名：“GERNER MAERSK”（コンテナ船 99,002GT/11,008TEU、2008年建造）  
船籍：デンマーク  
登録船主：Maersk Line A/S（デンマーク）  
航路：韓国・釜山（5.13出帆）、中国・寧波（5.19出帆）、シンガポール（5.26出帆）、  
エジプト・ポートサイド（6.7出帆）、イスラエル・ハイファ（6.8出帆）  
→スロベニア・コペル（6.14出帆）、イタリア・トリエステ  
積載貨物：コンテナ貨物

#### (2) 事故概要

- ・ 本船“GERNER MAERSK”は、2017年6月13日午後、アドリア海スロベニア・コペル港にて荷卸作業中、甲板からコンテナ5本が落下した。
- ・ このうち3本は岸壁上に落下。他の2本は本船船体と岸壁の間に海没した。
- ・ 当該5本のコンテナは中味貨物とともに全損の様相である。

### 2. 2017年6月29日配信分

#### (1) 本船明細・航路・積載貨物

船名：“COSCO PRIDE”（コンテナ船 141,823GT/13,092TEU、2011年建造）  
船籍：香港  
登録船主：Seaspan Corp（香港）  
航路：ベルギー・アントワープ（6.19出帆）、オランダ・ロッテルダム（6.23出帆）、  
イギリス・フェリックストール（6.27出帆）  
→イギリス・サザンプトン→ギリシャ・ピレウス→シンガポール  
→マレーシア・タンジュンペラパス→香港  
積載貨物：コンテナ貨物

#### (2) 事故概要

- ・ 本船“COSCO PRIDE”は、2017年6月28日、イギリス・サザンプトン沖でエンジントラブルが発生した。
- ・ タグが1隻出動し、本船をサザンプトンの錨泊地に曳航した。現在、本船はその場所で点検修理中である。

内容は、いずれも情報配信時点のものです。  
(情報入手元: W.K. Webster)

船舶・貨物・運送の保険の情報サイト「マリンサイト」

[http://www.tokiomarine-nichido.co.jp/hojin/marine\\_site/index2.html](http://www.tokiomarine-nichido.co.jp/hojin/marine_site/index2.html)

TOKIO MARINE Topics (船舶)

[http://www.tokiomarine-nichido.co.jp/hojin/marine\\_site/news/tokiomarine\\_topics/hull.html](http://www.tokiomarine-nichido.co.jp/hojin/marine_site/news/tokiomarine_topics/hull.html)