

横浜港LNGバンカリング拠点整備方策検討会

とりまとめ

平成28年12月

目次

はじめに

1. 環境規制の動向とLNG燃料への転換の可能性

1-1. 環境規制の概要.....	2
1-2. 環境規制への対応手法.....	2
1-3. LNGバンカリングの手法.....	4

2. LNGバンカリング拠点としての横浜港の優位性

2-1. 既存インフラの充実.....	6
2-2. LNG燃料タグボート「魁」の運航.....	7
2-3. 地理的特性・国際コンテナ戦略港湾としての位置づけ.....	8

3. LNGバンカリング拠点の形成に向けたロードマップとその課題

3-1. 需要予測.....	9
3-2. LNGバンカリング拠点形成に向けたロードマップ.....	10
3-3. 各 Phase に必要となる施設の整備及び課題等.....	12
1) Phase I 「Truck to Ship」バンカリングの効率化.....	12
2) Phase II 「Ship to Ship」バンカリングの導入.....	12
① 必要となる施設.....	12
② 事業採算性.....	14
3) Phase III 「Ship to Ship」バンカリングの強化.....	18
① 必要となる施設.....	18
② 事業採算性.....	18

4. 実現に向けて

4-1. 事業立ち上げ段階における採算性の改善方策.....	22
4-2. 国有作業船のLNG燃料化.....	25
4-3. 個別課題と解決方策.....	28
4-4. 海外との連携方策.....	29
4-5. 競争力のあるLNG価格の実現に向けて.....	30

おわりに

はじめに

国際的な船舶からの排出ガス規制の強化に伴い、重油と比べて排出ガスがクリーンなLNGに船舶燃料の転換が進むことが見込まれており、排出ガス規制が先行する北米、欧州を中心とした一部の地域では、既にLNG燃料に対応した船舶が出現している。

更に、本年10月に開催された国際海事機関(IMO)の第70回海洋環境保護委員会(MEPC70)の全体会合において、全海域を対象とするSO_x規制が現行の「3.5%以下」から「0.5%以下」へと強化される時期が2020年となることが決まった。

LNG燃料船の更なる普及・促進を図る上では、LNGバンカリング拠点の世界的なネットワークを構築していくことが求められることから、本年9月の日・シンガポール首脳会談におけるLNGバンカリングに関する両国首脳の発言、本年10月の7カ国8者による「LNGを船舶燃料として開発するための協力に関する覚書(MOU)」の締結など国際的な連携を推進しているところである。

こうした中、我が国におけるLNGバンカリング拠点を整備し、我が国港湾の競争力を高めるため、関係行政機関(資源エネルギー庁、国土交通省海事局・港湾局、海上保安庁、横浜市)、関係民間事業者(東京ガス株式会社、日本郵船株式会社、横浜川崎国際港湾株式会社)の参画を得て、「横浜港LNGバンカリング拠点整備方策検討会」を本年6月に設置し、横浜港をモデルケースとして、我が国にLNGバンカリング拠点を形成するための整備方策をとりまとめた。

検討に際しては、まずLNG燃料船をとりまく動向を整理した。次に、横浜港が持つLNGバンカリング拠点としての優位性を確認した。その上で、将来のLNG燃料の需要を予測し、それを踏まえ3つのフェーズからなるロードマップを作成し、それぞれのフェーズにおいて必要となる整備の内容等を整理した。最後に、ロードマップの実現に向けて取り組むべき課題についても整理した。

本とりまとめに盛り込まれた知見が活用され関係者が一丸となって取り組み、世界最大のバンカリング港であるシンガポール港とも連携し、LNGバンカリング拠点が速やかに形成されることで、新たなLNG燃料供給市場を開拓するとともに、我が国港湾の競争力の強化を通じて我が国経済の成長に貢献することを切に願うとともに、関係者による今後の努力に大いに期待するところである。

横浜港LNGバンカリング拠点整備方策検討会 座長

1. 環境規制の動向とLNG燃料への転換の可能性

1-1. 環境規制の概要

温室効果ガスの排出削減及び大気汚染防止を目的として、船舶からの排出ガスについては「海洋汚染防止条約」(MARPOL 条約)の附属書VIに基づき、硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)、二酸化炭素(CO₂)の規制が順次強化されている。

硫黄酸化物(SO_x)は、燃料油に含まれる硫黄分に起因するため、燃料油に含まれる硫黄分濃度により規制している。現在の基準値は、北海・バルト海、北米沿岸及び米国カリブ海の排出規制の厳しい特別海域(ECA)では硫黄分濃度0.1%である。

一方、それ以外の全海域(一般海域)は3.5%となっているが、本年10月に開催された国際海事機関(IMO)海洋環境保護委員会(MEPC70)において、2020年から一般海域での燃料油中の硫黄分濃度の上限値を0.5%に規制強化することが合意された。



◆ 特別海域



図1.環境規制の動向

1-2. 環境規制への対応手法

硫黄酸化物(SO_x)に対する規制への対応手法としては、主に以下の3つの手法が考えられる。特にⅢのLNGを代替燃料として利用する場合、船舶からの排出ガスは硫黄酸化物(SO_x)の削減

だけでなく、窒素酸化物(NO_x)、二酸化炭素(CO₂)の削減にもつながり、環境面で優位性がある対応手法となる。

なお、IIの排出ガス洗浄装置(スクラバー)の設置については、港側における対応は必要ないため、本検討会では検討の対象としていない。

I 環境規制に適合した低硫黄燃料油の利用

環境規制に適合する燃料油、例えば、軽質油(軽油やA重油)、軽質油と残渣油をブレンドしてできた適合油を使用。規制対応のために小規模な追加投資が必要なうえ、現在多くの船舶で使用されている高硫黄C重油よりも燃料価格は高額になる。

II 排ガス洗浄装置(スクラバー)の設置

SO_xの排出を減少させるスクラバーを船舶に新たに設置。スクラバーを搭載するため、初期費用を要するが、引き続き高硫黄C重油を使用し続けることができ、燃料代の高騰を抑制することができる。

III LNG等の代替燃料の利用

硫黄分を含まないLNG等の代替燃料を使用。LNG燃料タンクやLNG燃料機関設備を搭載することになり、初期費用が通常のディーゼル機関よりも高額になるが、LNG燃料を使用することで、NO_xやCO₂の排出も抑制される。

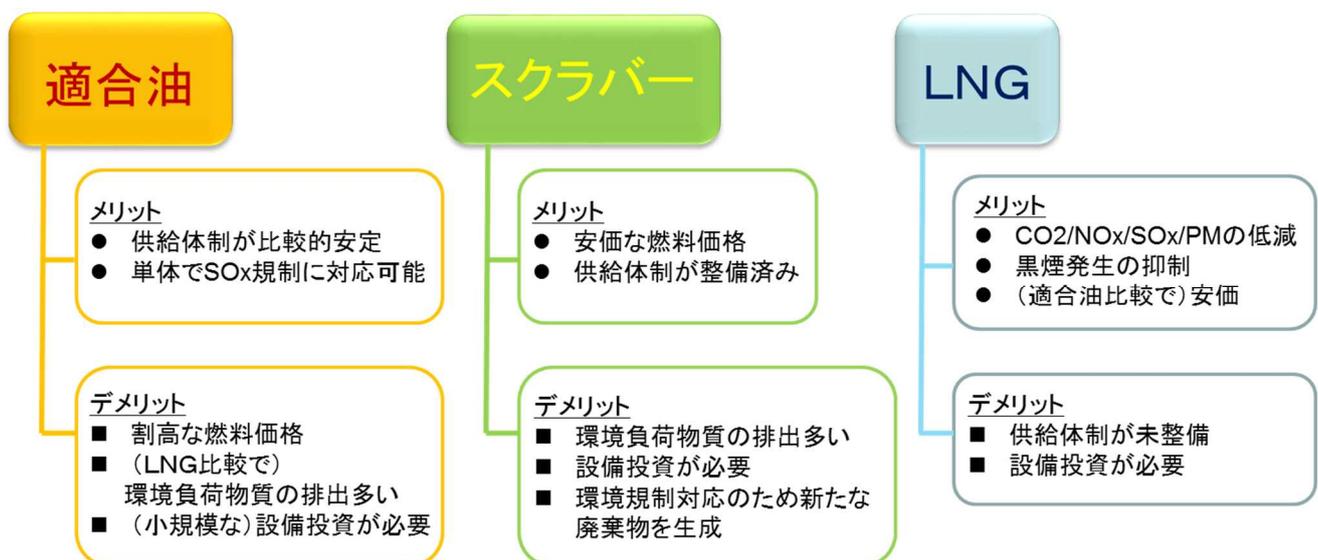
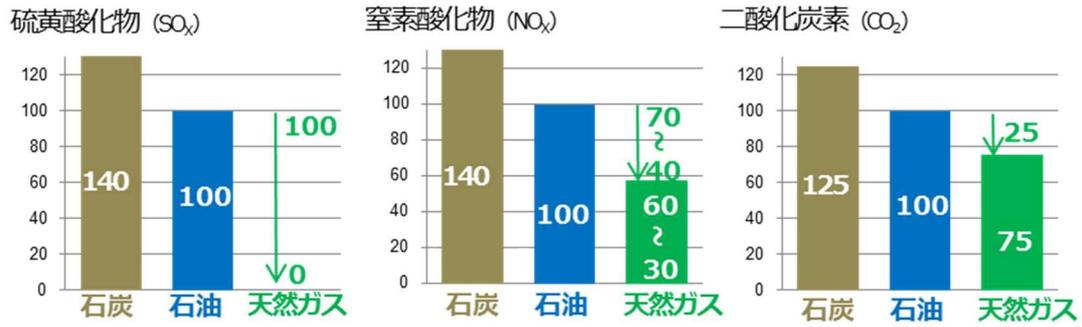


図2.各対応手法のメリット・デメリット



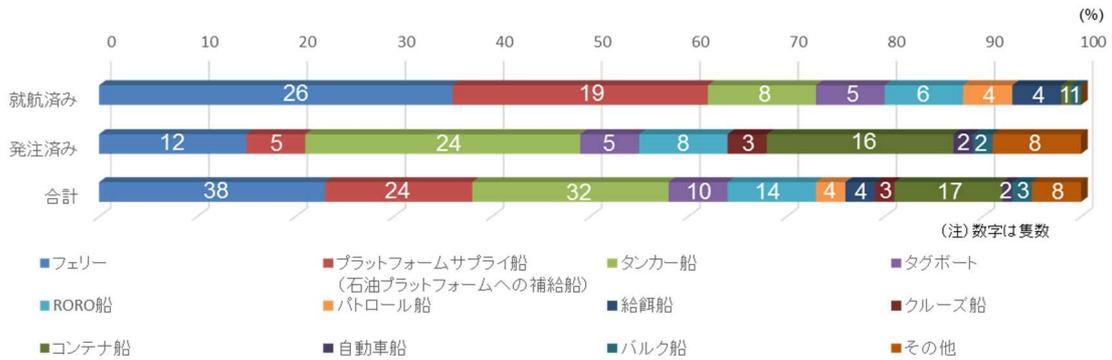
※石油を100とした場合の相対値

図3.天然ガスの環境優位性

なお、先行的に環境規制が強化されているECA地域においては、LNG燃料船の導入が、フェリー、自動車船、クルーズ船等で始まっており、今後、一般海域における排出ガス規制が強化されれば、LNG燃料船の導入が更に拡大すると考えられる。



図4.就航中のLNG燃料船



出典 Sox規制強化の対応に向けた調査検討 報告書 平成28年3月

図5.就航済み、発注済みのLNG燃料船隻数

1-3. LNGバンカリングの手法

LNGを代替燃料として利用する場合、LNGを船舶に供給するバンカリング手法として、以下の3つの手法が挙げられる。

【Truck to Ship バンカリング】

岸壁に係留中のLNG燃料船に対して、岸壁に駐車したLNGタンクローリーからLNGを供給。初期投資が少なく、小型船への燃料供給に適切。

【Shore to Ship バンカリング】

岸壁・棧橋に係留中のLNG燃料船に対して、陸上LNG基地やサテライトLNG基地からLNGを供給。大型船への燃料供給が可能。

【Ship to Ship バンカリング】

岸壁・棧橋に係留中のLNG燃料船に対して、LNGバンカリング船が接舷してLNGを供給。大型船への燃料供給が可能。



図6.バンカリングの手法

なお、国土交通省海事局では天然ガス燃料船の普及に向けた環境整備を図り、関係事業者の取組みを支援するため、「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」を平成24年に設置し、上記3方式のバンカリングについて、それぞれオペレーションマニュアル及びオペレーションガイドラインを作成し、平成25年6月に公表している。

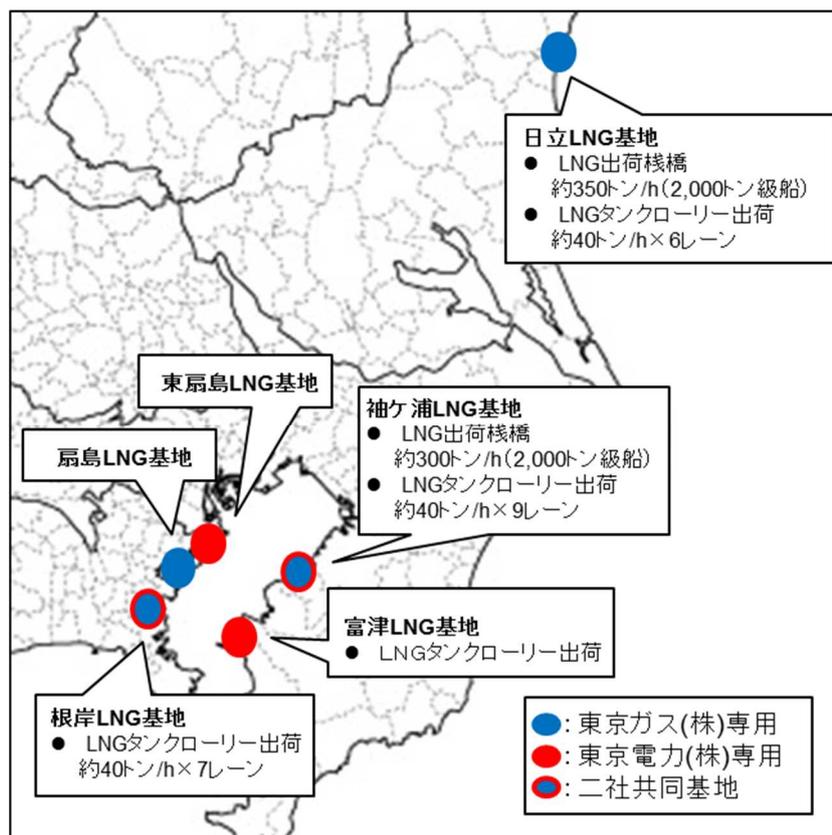


図8.横浜港及び周辺のLNG基地

2-2. LNG燃料タグボート「魁」の運航

横浜港においては、2015年8月から、LNG運搬船を除いて外航船・内航船を通じて日本で初めてLNGを燃料とする船舶となるタグボート「魁」の運航が開始されている。魁はA重油とLNGの双方を燃料として使用可能なデュアル・フューエル・エンジンを搭載している。なお、エンジン開発及び船の建造にあたっては国土交通省及び経済産業省から費用の一部を補助した。

魁のLNGバンカリングについては、横浜港新港ふ頭において約2週間に1回のペースで「Truck to Ship」方式にて行われており、1回あたり約7トンのLNGがタンクローリーより供給されている。魁の運航から1年以上が経過し、関係事業者及び関係行政機関の間でLNGバンカリングのノウハウの蓄積が図られていることも横浜港の優位性である。



図9. 魁全景

表1. 魁の主なスペック

船主	日本郵船株式会社	全長	37.2m
竣工	平成27年8月	全幅	10.2m
主機	デュアルフューエル (LNG+重油)	型深	4.4m
運航場所	横浜港、川崎港	総トン数	272トン



図10. 燃料供給の様子

2-3. 地理的特性・国際コンテナ戦略港湾としての位置づけ

LNG燃料船のLNGタンクは重油タンクに比べて構造が大きくなるが、貨物スペース等の維持のため極端にLNGタンクを大きくすることはできない。そのため、LNG燃料船の普及を促進するためにはバンカリング拠点のネットワークが適切に形成されていることが重要になってくるが、横浜港は太平洋側に位置しており、北米航路等のアジア側の最初または最後のバンカリング拠点となるため、太平洋を航行する船舶を中心に横浜港がLNGバンカリング拠点としての優位性を有している。

更に、横浜港は京浜港として阪神港とともに国際コンテナ戦略港湾として位置づけられており、国際コンテナ戦略港湾政策のハード・ソフト一体となった様々な施策が集中的に講じられ、国内外からのコンテナ貨物の集貨を促進するなど国策として機能強化を進めているところである。

また、コンテナ船に限らず、自動車船(PCC船)やクルーズ船等の船舶の寄港も多く一定の需要が見込まれることから、LNGバンカリング拠点としてのポテンシャルが高い。

3. LNGバンカリング拠点の形成に向けたロードマップとその課題

3-1. 需要予測

LNG燃料船の導入は環境規制の動向に左右され、先行して環境規制が強化されているECA地域においては既にLNG燃料船が多数出現している。船舶燃料としてのLNGの需要については様々な調査機関が予測を行っており、次の表は、THE BOSTON CONSULTING GROUP、Lloyd's Register、DNV-GL、iHSの4者が行った需要予測である。各者の予測には幅があるものの、重油の5～27%がLNGに切り替わると予想されている。重油のバンカリング量が全世界で年間約2億4千万トン(2013年)¹であることから、年間1,200万～6,480万トンのLNG需要が予測されているということになる。

表 2.LNG燃料の需要予測

調査機関名	時期	重油がLNGに切り替わる割合
THE BOSTON CONSULTING GROUP	2025	5～27%
Lloyd's Register	2030	11%
DNV-GL	2025	6～11%
iHS	2030	8%

- DNV-GLについては、重油の世界年間バンカリング量を2億4千万トンとしたうえで、LNGと重油の熱量差を考慮し割合を求めた。

また、LNG燃料船については、2016年8月時点では約200隻のLNG燃料船が確認されており(計画分含む)、将来のLNG燃料化の改造を見据えたLNG Ready船も約70隻確認されている(計画分含む)。今後、2020年から一般海域において規制の強化が導入されることから、LNG燃料船が大幅に増加することが予測される。

¹ 石油エネルギー技術センター資料に基づく



(出典)日本船舶輸出組合「LNG燃料船の建造需要予測(2012-2024調査)より
 ※近い将来あるいは中期的な将来にECAIに指定される海域の多く、特に極東(日本など)、オーストラリアなどの重要地域で、燃料価格差が大きくなり、市場スタンダードとしてLNG燃料対応オプションの普及が広範囲で進む場合

図 11.LNG燃料船隻数成長見込み

京浜主要港におけるLNGバンカリングの需要については、①現在の京浜主要港の重油バンカリング量をもとに、その一定割合がLNGに切り替わる場合の需要量と、②京浜主要港の寄港実績から、競争力のある燃料価格が実現された場合に予測される重油バンカリング量をもとに、その一定割合がLNGに切り替わる場合の需要量を予測した。予測にあたっては、IEA“Oil Information 2014”及び国内油社統計を参考にした。

表 3.LNG需要予測

重油からLNGへ切り替わる割合	①現在の京浜主要港の重油バンカリング量をもとに、その一定割合がLNGに切り替わる場合の需要量	②京浜主要港の寄港実績から、競争力のある燃料価格が実現された場合に予測される重油バンカリング量をもとに、その一定割合がLNGに切り替わる場合の需要量
5%	約9万トン/年	約25万トン/年
10%	約18万トン/年	約50万トン/年
20%	約36万トン/年	約100万トン/年

3-2. LNGバンカリング拠点形成に向けたロードマップ

先述のように、需要予測は様々な機関が行っているが現時点では予測値に幅があるなど確たるものは存在していない。しかしながら、どの予測においても年次の経過と共にLNG燃料の需要が増加傾向にあるという点は共通している。

また、LNG燃料船は 2020 年の規制開始とともに大量の新造船が就航するというよりは、既存船のリプレースにより徐々に増加していくと予想されることから、まとまった需要が生まれるまでには時間を要するものと思われる。

そこで本検討会では、初期のデリバリーコスト²を下げるために可能な限り既存インフラを活用するという方針のもと、横浜港におけるLNGバンカリング拠点の形成を需要の動向に応じて段階的に進めていくこととし、以下のロードマップを策定した。

Phase I	Truck to Ship バンカリングの効率化(現在～)
Phase II	Ship to Ship バンカリングの導入(2020年～)
Phase III	Ship to Ship バンカリングの強化(一定規模の需要に到達後～)

Phase I Truck to Ship バンカリングの効率化(現在～)

現在、横浜港新港ふ頭において行われている Truck to Ship バンカリングに関して、LNGタンクローリーがLNG燃料船に近接してバンカリングを行うことを可能とするなど、より円滑かつ効率的な Truck to Ship バンカリングを可能とする。

Phase II Ship to Ship バンカリングの導入(2020年～)

船舶からの排出ガス規制の強化が始まる 2020 年にいち早く大型のLNG燃料船に対応するため、同年に向けてLNGバンカリング船を導入し、Shore to Ship に比べ利便性の高い Ship to Ship バンカリングを開始する。バンカリング船へLNGを供給する基地は、既存ストックを有効活用する観点から、必要な施設が既に整備されている東京湾内の基地(袖ヶ浦基地)を利用する。

Phase III Ship to Ship バンカリングの強化(一定規模の需要に到達後～)

LNGバンカリングの需要が一定規模に到達後、Ship to Ship バンカリングの効率化を図るため、横浜港内のLNG基地に必要な施設を整備し、東京湾内の基地を併用することにより、LNGバンカリング体制の更なる強化を図る。

表 4. 各 Phase の開始時期及び施設整備に関する費用

	現在～	2020年～	年間需要30～40万トン程度に到達～	施設整備に要する費用
Phase I	→			
Phase II	-----	→		約60億円
Phase III		-----	→	約100億円

² LNG燃料の販売にあたり価格に転嫁される基地費用やバンカリング船費用等供給にかかるコストのこと

3-3. 各 Phase に必要となる施設の整備及び課題等

1) Phase I 「Truck to Ship」バンカリングの効率化

2015年8月のLNG燃料タグボート「魁」の運航開始以降、バンカリングにあたってはその都度、LNGタンクローリーと船舶間の約20mをフレキシブルホースで接続していた。しかしながら、新港ふ頭の岸壁等の詳細な構造検討の結果、LNGタンクローリーをLNG燃料船により近接させることが可能となり、2016年11月からバンカリングの効率化を図った。その結果、準備作業時間の半減、作業人員の3割減、危険物取扱エリアの縮小による安全性の向上などの効果が現れている。

なお、現在、魁にバンカリングを行っている新港ふ頭は当面の暫定利用とし、恒久的な供給場所や一部施設の固定化などについては、引き続き横浜港全体のタグボート配置計画の中で港湾管理者である横浜市が中心となって検討していく。



図 12.Truck to Ship バンカリングの効率化

表 5.効率化の効果

準備作業時間	50%削減
作業人員	30%削減
作業危険物取扱エリア	75%削減

2) Phase II 「Ship to Ship」バンカリングの導入

① 必要となる施設

「Ship to Ship」バンカリングにあたっては、LNG燃料船に燃料供給を行うLNGバンカリング船の導入が必要になる。参考として、日本郵船株式会社等の出資する欧州のLNGバンカリング事業者が投入するLNGバンカリング船の諸元を示す。



図 13.LNGバンカリング船イメージ

表 6.LNGバンカリング船の諸元

全長(m)	全幅(m)	喫水(m)	総トン数(トン)	タンク容量(m3)
100	18	4.7	6,000	5,000

次に、LNG基地については、LNGバンカリング船が上記諸元であれば、内航輸送用の出荷栈橋を既に備えている東京湾内のLNG基地(袖ヶ浦基地)で出荷用栈橋の改修をせずに対応が可能である。ただし、LNGバンカリング船の受入口と出荷アームに高低差があること等により、出荷アームの改修が必要となる。

なお、こうしたLNGバンカリング船の建造等には一定程度の期間を要するため、2020年に速やかにPhase IIを始めるには、早急に具体的な検討にとりかかる必要がある。



図 14.袖ヶ浦LNG基地



図 15.出荷アーム

② 事業採算性

LNG燃料の販売価格は、「LNGそのものの価格」と「デリバリーコスト」に大別され、さらに後者はLNG基地にかかる費用やLNGバンカリング船にかかる費用、BOGコスト(自然気化により減少するLNGのコスト)、LNG供給事業者の一般管理費等から構成される。デリバリーコストには固定費用が多く含まれることから、バンカリング量が増えるほど単体量あたりの金額を抑制することができる。図 17 は年間バンカリング量と指数化したデリバリーコストの関係を表したものである。

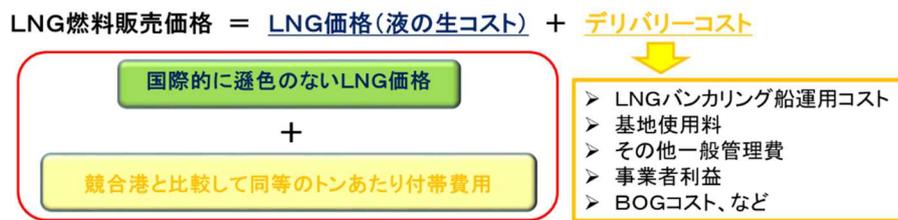
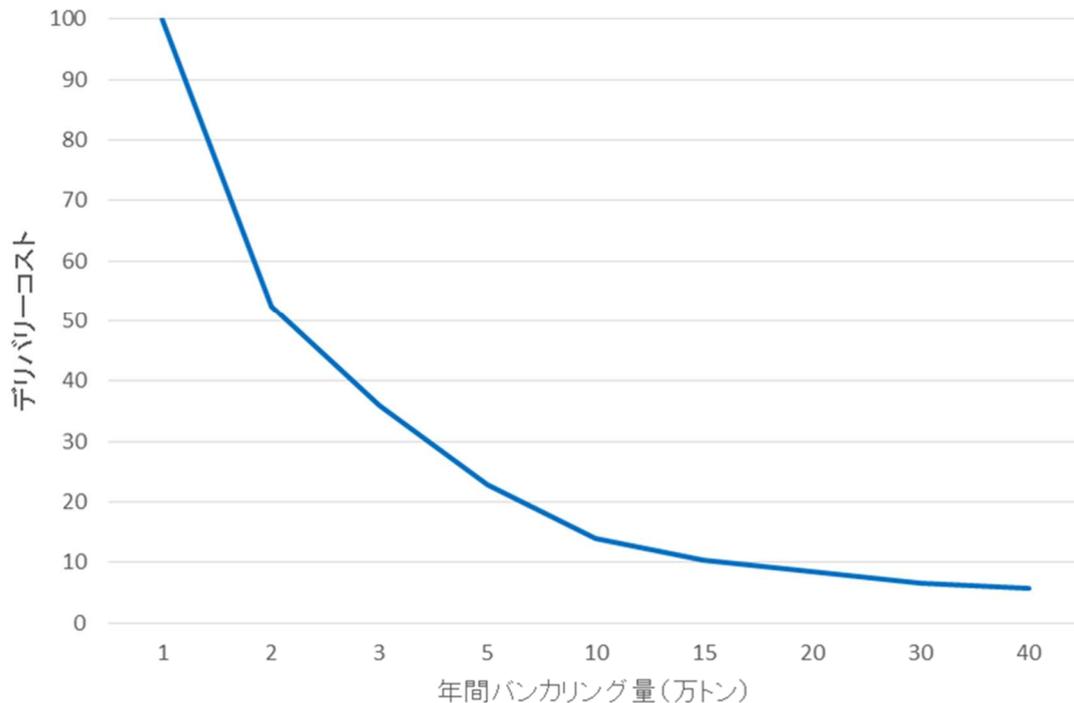


図 16.コスト概念図



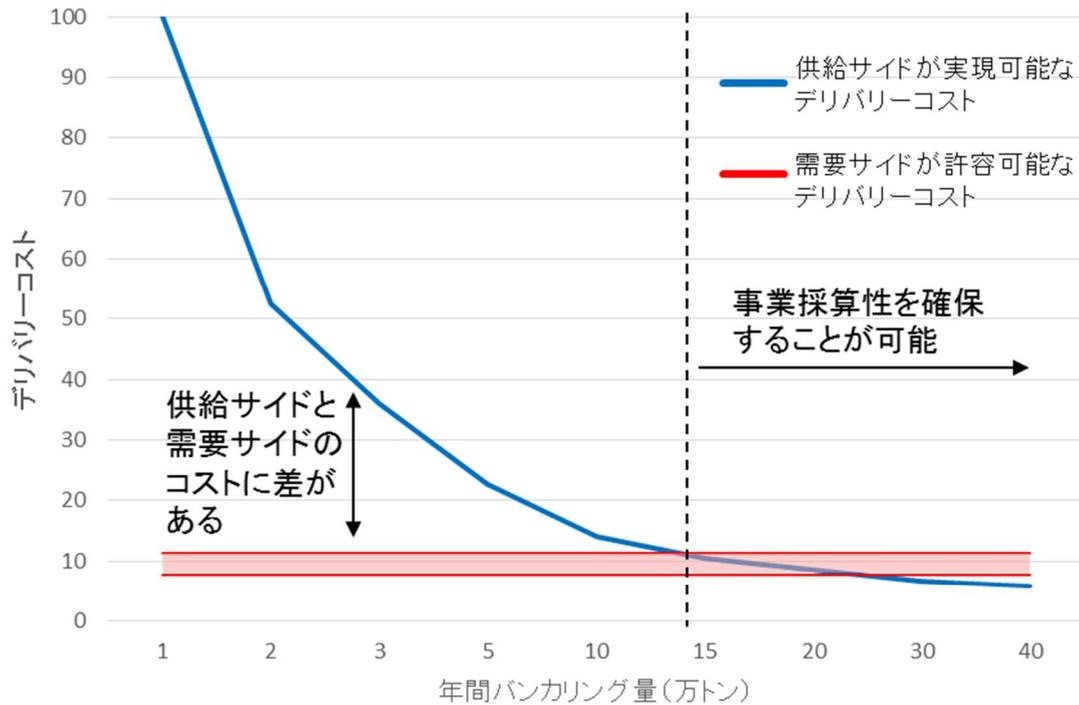
- 年間バンカリング量が1万トンの時のデリバリーコストを100とした。
- LNG基地にかかる費用としては基地出荷費を、LNGバンカリング船にかかる費用としては用船料・一般管理費・BOGコスト等を見込んでおり、それぞれヒアリングにより設定した。
- LNGバンカリング船にかかる一般管理費のうち固定費用(オフィス代等)は、需要が本格化する年間バンカリング量10万トン以上から加味した。
- 燃料(LNG,LSDO) 価格(ドル/トン)は足元スポット価格(平成28年9月末時点)を採用した。

図 17.年間バンカリング量とデリバリーコストの関係

他方、船主が環境規制への対応手法を選択する際には、船舶の建造費用及び運航にかかる費用の総額が一番安価な選択肢を選ぶこととなる。船員にかかる費用はどの選択肢をとってもほぼ変わらないため、船舶の建造費用と燃料代が船主の選択に大きく影響してくることとなる。

現在、LNG燃料船は重油を燃料とする船舶より建造費用が高額であるが、一方でLNGとLSDO等(環境規制に対応した低硫黄燃料油)とを比較すると、前者の方が安価である。つまり、燃料代の差が船舶の建造費用の差を上回る状況であれば、船主がLNG燃料船を建造するインセンティブとなり得る。

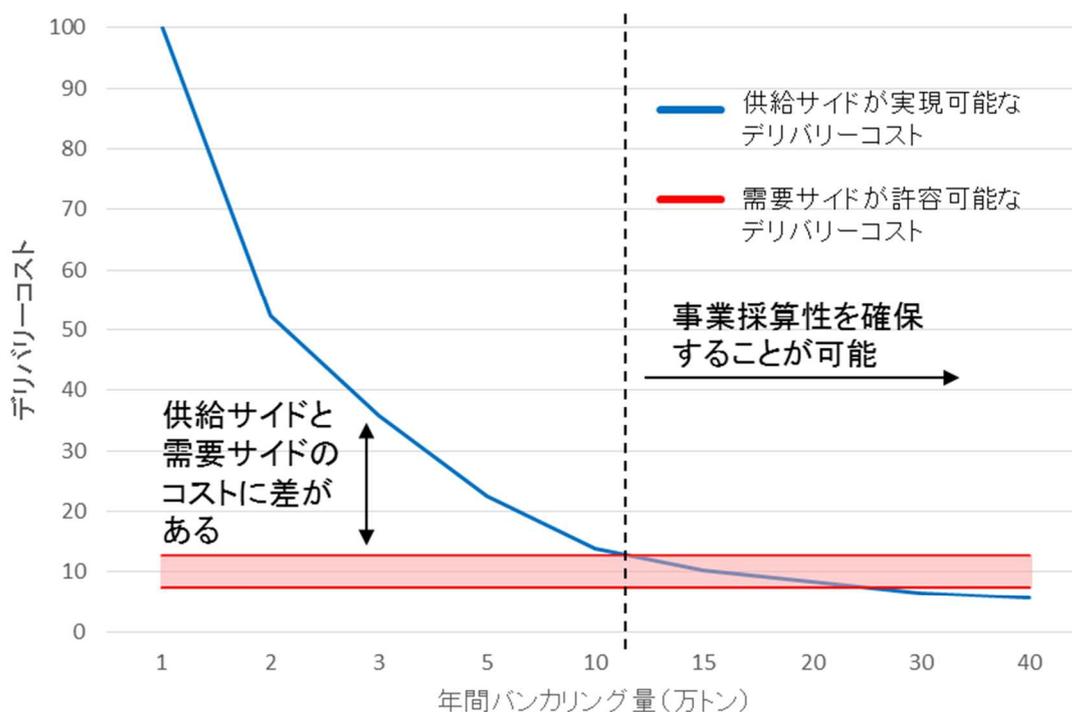
図 18 は、数パターン of 船種・船型毎に、船主がLNG燃料船の建造を選択することが可能となるデリバリーコスト指数を試算し、最高値と最低値を図 17 の上に落とし込んだものである。所定の前提指数に基づく試算ながら、需要の増加によりグラフ上の赤い帯の水準までデリバリーコストを下げることができれば、船主は環境規制に対応する方法としてLNG燃料船という選択肢を選ぶことが可能になると期待される。



- 年間バンカリング量が1万トンの時のデリバリーコストを100とした。
- LNG基地にかかる費用としては基地出荷費を、LNGバンカリング船にかかる費用としては用船料・一般管理費・BOGコスト等を見込んでおり、それぞれヒアリングにより設定した。
- LNGバンカリング船にかかる一般管理費のうち固定費用(オフィス代等)は、需要が本格化する年間バンカリング量10万トン以上から加味した。
- 燃料(LNG,LSDO) 価格(ドルトン)は足元スポット価格(平成28年9月末時点)を採用した。
- 船種・船型は外航コンテナ船5,000TEU積み、外航PCC船6,000台積み、外航クルーズ船100,000総トン級、内航コンテナ船500TEU積み、内航フェリー10,000トン級、内航タンカー15,000dwt級の6パターン設定した。
- 船種・船型毎の建造費用はヒアリングをもとに設定し、LNG燃料船は重油燃料船に比べ1.3倍の建造費用になるものと設定した。ただし、外航クルーズ船のみ建造費用に占める内装の割合を考慮し別途設定した。また、建造費用は15年かけて回収するものとした。
- 船種・船型毎の燃料消費量はIMO「Third Greenhouse Gas Study 2014」をもとに設定した。

図 18. バンカリング事業者が実現可能なデリバリーコストと船主が許容可能なデリバリーコストの関係(足元スポット価格の場合)

同じ条件のもと、燃料価格を2003年1月以降の平均価格とし、船主が許容可能なデリバリーコストの参考値を示したものが次のグラフである。



- 年間バンカリング量が1万トンの時のデリバリーコストを100とした。
- LNG基地にかかる費用としては基地出荷費を、LNGバンカリング船にかかる費用としては用船料・一般管理費・BOGコスト等を見込んでおり、それぞれヒアリングにより設定した。
- LNGバンカリング船にかかる一般管理費のうち固定費用(オフィス代等)は、需要が本格化する年間バンカリング量10万トン以上から加味した。
- 燃料(LNG,LSDO) 価格(ドル/トン)は2003年1月以降の平均を採用した。
- 船種・船型は外航コンテナ船5,000TEU積み、外航PCC船6,000台積み、外航クルーズ船100,000総トン級、内航コンテナ船500TEU積み、内航フェリー10,000トン級、内航タンカー15,000dwt級の6パターン設定した。
- 船種・船型毎の建造費用はヒアリングをもとに設定し、LNG燃料船は重油燃料船に比べ1.3倍の建造費用になるものと設定した。ただし、外航クルーズ船のみ建造費用に占める内装の割合を考慮し別途設定した。また、建造費用は15年かけて回収するものとした。
- 船種・船型毎の燃料消費量はIMO「Third Greenhouse Gas Study 2014」をもとに設定した。

図 19. バンカリング事業者が実現可能なデリバリーコストと船主が許容可能なデリバリーコストの関係(平均価格の場合)

上記の試算結果に基づくと、バンカリング需要が年間10~15万トン程度に達すれば、概ねバンカリング事業者(供給側)、船主(需要側)ともに事業採算性が採れることが判明した。一方で、需要の少ない段階では、バンカリング事業者が実現可能なデリバリーコストと船主が許容可能なデリバリーコストとの間に大きな乖離があることも明らかになった。

3) Phase III「Ship to Ship」バンカリングの強化

① 必要となる施設

前述の既設の出荷用棧橋を有する東京湾内の基地(袖ヶ浦基地)を活用したバンカリングでは、LNG基地の係留能力の制約等から年間 30～40 万トン程度の供給が限界となる。そこで、年間需要が 30～40 万トン程度に達したら、供給地点により近接したLNG基地を利用することによりバンカリング機能を強化するため、横浜港内のLNG基地も活用する。横浜港内のLNG基地はいずれも出荷用の機能を備えていないため、出荷用棧橋や配管設備の新設、払出しポンプの増強などの改修が必要となる。

また、バンカリング船についても、1隻で対応できるバンカリング量は、運航形態にも左右されるが最大で年間 40 万トン程度となるため、LNG基地の追加と同時期に2隻目を投入する必要がある。

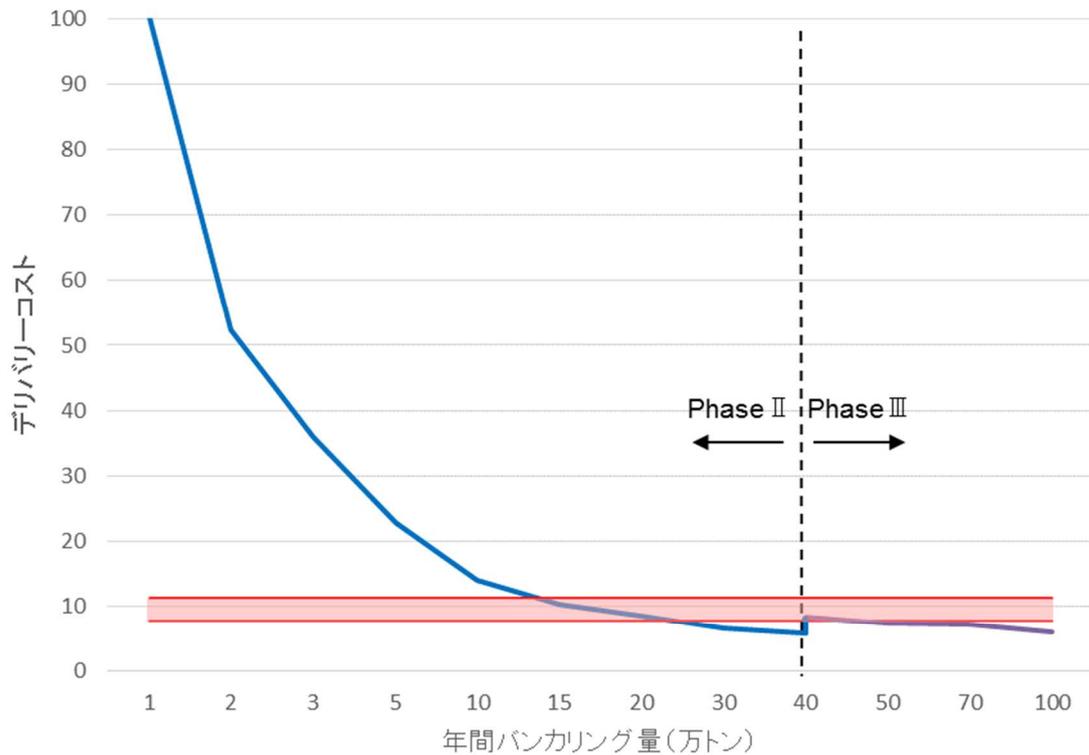
横浜港でのLNGバンカリングを想定した場合、横浜港内のLNG基地を活用することにより、基地からバンカリング場所への航行時間が短縮され、より迅速なオペレーションが可能になるほか、バンカリング船の燃料費削減といった効果も期待される。本検討会では、横浜港南本牧ふ頭等の需要地に近接する根岸LNG基地へのバンカリング設備増強を検討した(図 20)。



図 20.根岸LNG基地からの出荷イメージ

② 事業採算性

次の図は、図 18 について横軸である「年間バンカリング量 (万トン)」を 100 まで表示させたものである。



- 年間バンカリング量が1万トンの時のデリバリーコストを100とした。
- LNG基地にかかる費用としては基地出荷費を、LNGバンカリング船にかかる費用としては用船料・一般管理費・BOGコスト等を見込んでおり、それぞれヒアリングにより設定した。
- LNGバンカリング船にかかる一般管理費のうち固定費用(オフィス代等)は、需要が本格化する年間バンカリング量10万トン以上から加味した。
- 燃料(LNG,LSDO) 価格(ドル/トン)は足元スポット価格(平成28年9月末時点)を採用した。
- 年間バンカリング量が40万トンに達した時期に、基地及びバンカリング船を追加するものとした。
- 船種・船型は外航コンテナ船5,000TEU積み、外航PCC船6,000台積み、外航クルーズ船100,000総トン級、内航コンテナ船500TEU積み、内航フェリー10,000トン級、内航タンカー15,000dwt級の6パターン設定した。
- 船種・船型毎の建造費用はヒアリングをもとに設定し、LNG燃料船は重油燃料船に比べ1.3倍の建造費用になるものと設定した。ただし、外航クルーズ船のみ建造費用に占める内装の割合を考慮し別途設定した。また、建造費用は15年かけて回収するものとした。
- 船種・船型毎の燃料消費量はIMO「Third Greenhouse Gas Study 2014」をもとに設定した。

図 21. 年間バンカリング量とデリバリーコストの関係

これによると、デリバリーコストは基地及びバンカリング船の追加投資を行うタイミングでやや上昇するものの、年間バンカリング量が30~40万トン程度まで増加してきた段階では、実現可能なデリバリーコストが船主の許容できるデリバリーコストを下回るようになって考えられるため、バンカリング事業者(供給側)、船主(需要側)ともに事業採算性を確保できることが判明した。

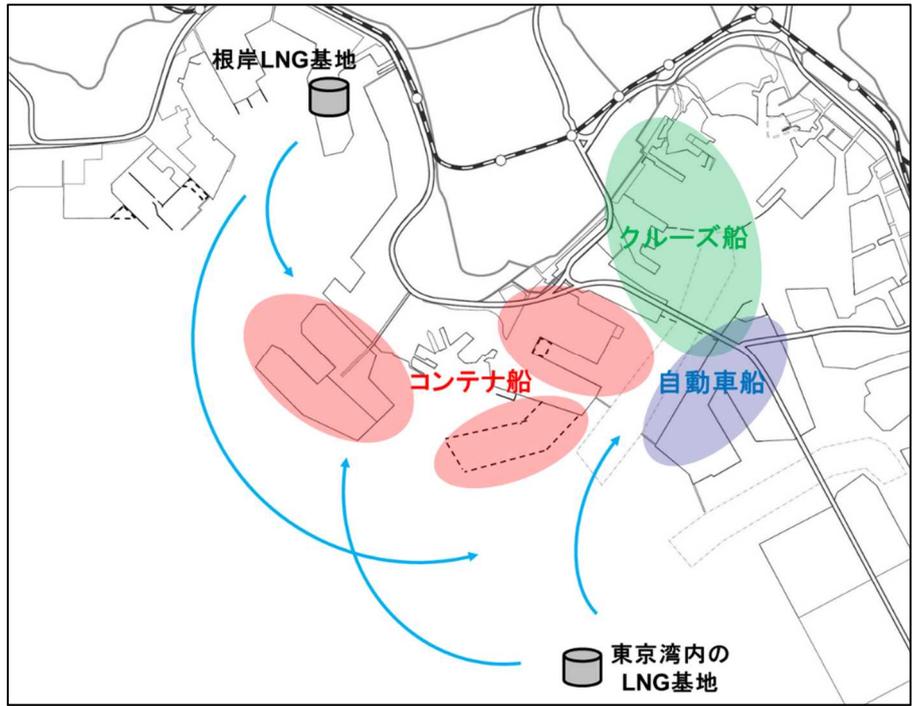


図 22. 横浜港におけるLNGバンカリングの対象船種及びエリア



図 23. 横浜港におけるLNGバンカリング船イメージ図



図 24. コンテナ船への「Ship to Ship」バンカリングイメージ図



図 25. クルーズ船への「Ship to Ship」バンカリングイメージ図

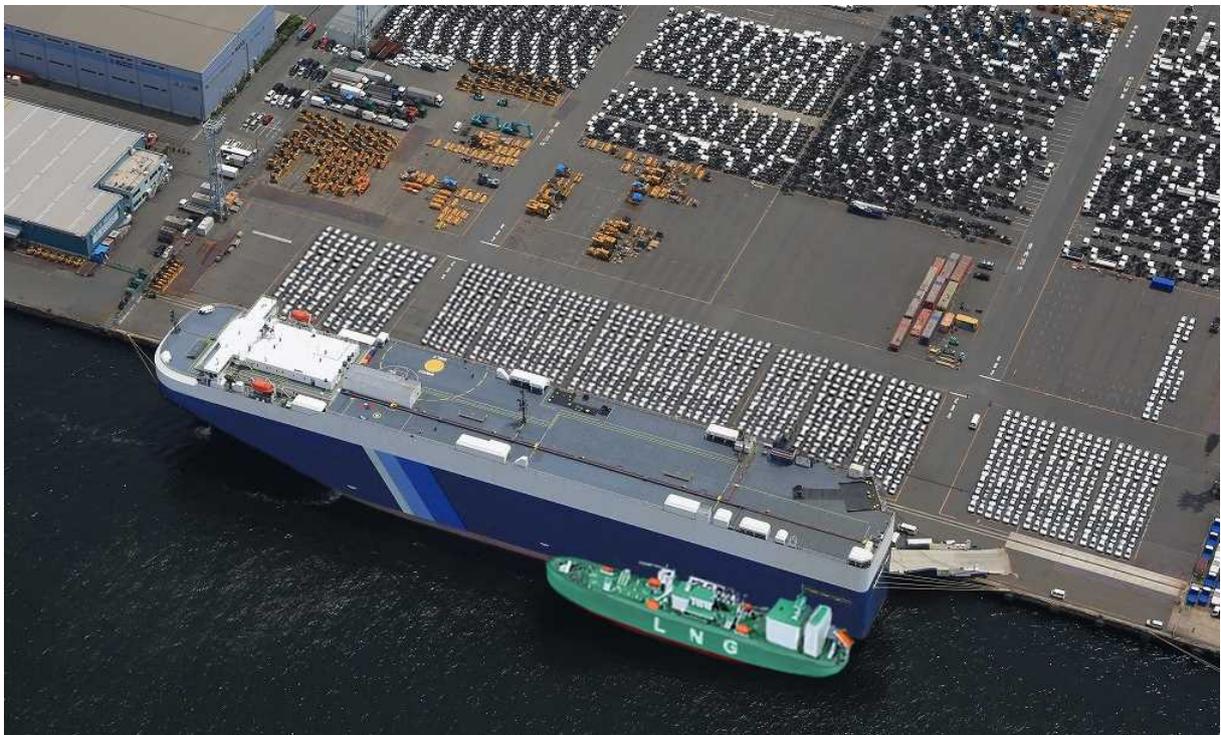


図 26. 自動車船への「Ship to Ship」バンカリングイメージ図

4. 実現に向けて

LNGバンカリング拠点形成に向けては、民間事業者をはじめ国・港湾管理者等各主体の取組が必要となる。想定される取組としては、コスト低減やLNG供給ネットワークの構築によるLNG燃料船の導入促進、競争力のあるLNG価格の実現等が挙げられる。本章の各節では、こうした各主体の取組を紹介する。

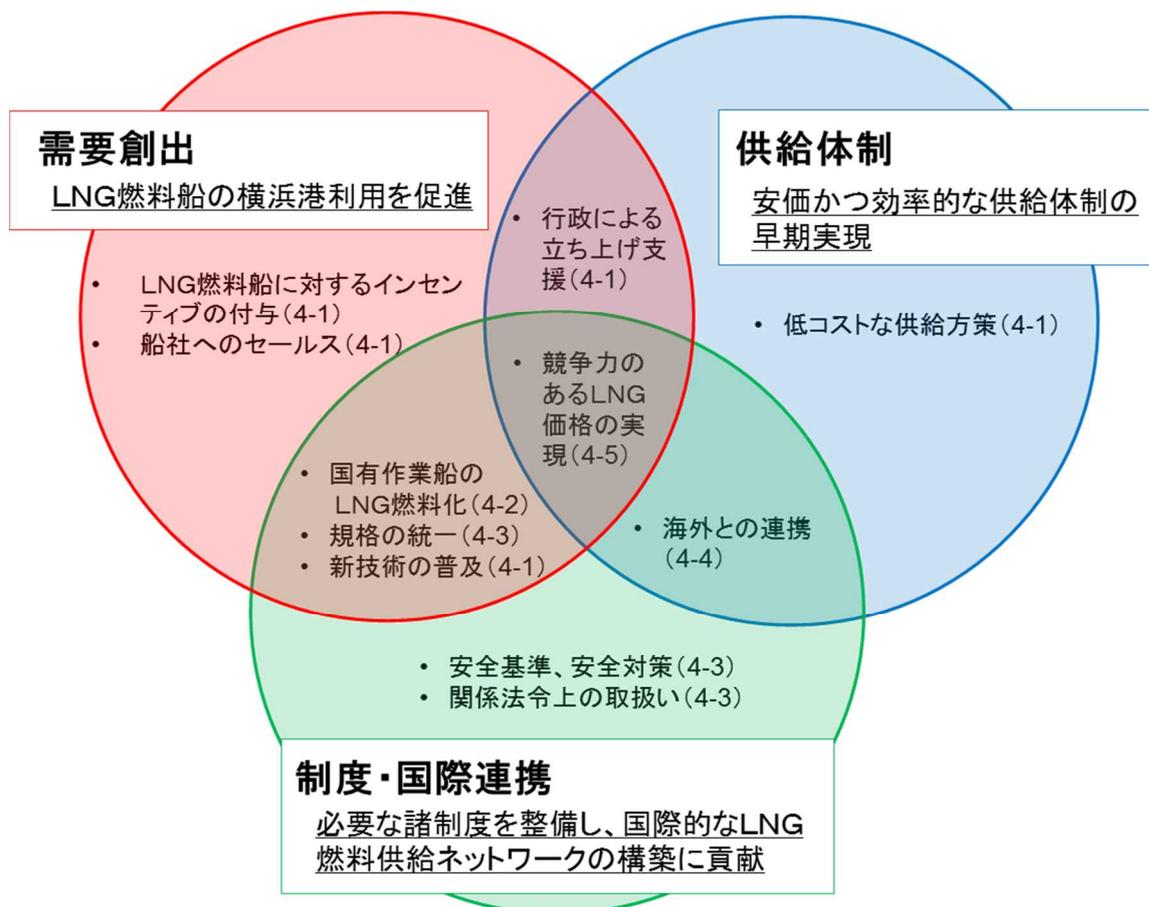


図 27. LNGバンカリング拠点形成の実現に向けた取組

4-1. 事業立ち上げ段階における採算性の改善方策

大型のLNG燃料船に対応するには Phase IIを開始する必要があるが、開始直後の需要が少ない段階では、バンカリング事業者、船主共に事業採算性を確保することは困難であることが試算により明らかになった。しかしながら、我が国にLNGバンカリング拠点を整備することは、我が国港湾の国際競争力向上の観点から必要ということは先述したとおりである。

諸外国では、安価なLNG燃料供給バージを導入して大型のLNG燃料船へのLNGバンカリングに取り組む事例がみられる。LNG燃料供給バージはLNGバンカリング船よりも建造コストが安価であることや、出荷棧橋だけでなくLNGタンクローリーから充填する使用方法も検討されていることから、Phase II の初期段階の対応としてLNG燃料供給バージを利用した Ship to Ship の導入によるコスト低減方策を検討する余地があると考えられる。



図 28. LNG燃料供給バージイメージ³

また、こうしたコスト低減に加えて、Phase II を開始するための行政による立ち上げ段階の支援を行うことも一つの方策として考えられる。本検討会では、LNGバンカリング事業者及び船主等へ一定程度の支援をした場合に、事業を成立させるための需要の規模がどの程度変化するか感度分析を行った。その結果、LNGバンカリング事業者及び船主双方が事業採算性を確保するためのLNGバンカリングの需要量を、約3～6割低減させることができるという結果を得た。

この他、横浜港のLNG燃料船寄港促進策も必要となる。

横浜港の港湾管理者である横浜市港湾局では、以下のようなLNG燃料船の寄港促進策等を検討している。

1 インセンティブ制度の創設

- 環境に配慮した船舶の入港を促す仕組みである ESI (Environmental Ship Index、IAPH が運営) と Green Award (グリーンアワード財団が運営) への参加に向けて調整を進める。
- インセンティブ制度への参加に併せて、LNG燃料船 (ただし、LNG運搬船は除く) ・ LNGバンカリング船が入港したときに入港料を減免することについても調整を進める。

2 船会社への働きかけ

- クルーズ船、コンテナ船、自動車船などの船会社へトップセールスを行う。
- 特にクルーズ船は、新たな旅客ターミナルの整備に伴い LNG燃料クルーズ船の母港化を目指す。

³ 出典: Titan LNG 社

3 LNG船舶技術の普及支援

- 27年度に設立された「海洋都市横浜うみ協議会」（事務局は横浜市）は、港湾・海運・造船分野を含め、海洋関連の企業・研究機関・大学・行政が参加しており、産学官の連携による産業振興などの取組が進められている。
- このような環境を活かし、産学官の情報共有・連携推進などによるLNG船舶技術の普及を図る。

4 バンカリング事業に対する支援

- LNGバンカリング事業は重油バンカリング事業と親和性があると考えられるので、横浜港における既存の重油バンカリング事業者のLNGバンカリング事業への転換方策について検討する。
- 既存のバンカリング事業者との連携を図るため、情報交換を継続する。

5 補助制度など直接的支援策

- 栈橋、供給施設の整備に対する補助
- LNGバンカリング船・LNG燃料供給バージの建造に対する補助
- バンカリング施設の埠頭内への誘致
- LNG燃料コスト抑制のため、当初運用段階におけるLNG販売に対する補助
- LNG燃料船やLNGバンカリング船等の港湾施設使用料の減免

6 国土交通省海事局、海上保安庁、市消防局と安全面を協議

- Ship to Shipバンカリングを想定して、バンカリングエリアの設定や安全対策など個別事項の検討を行う。

最後に、参考として、LNG燃料船の普及に向けた各国の支援制度を紹介する。

【EU】

TEN-T(Trans-European Transport Network)プロジェクトにおいて、2010年から船舶のLNG燃料化に関するプロジェクトについて補助金が投入され始め、事業費の最大50%を補助。2012年度は7件のLNGバンカリング関連プロジェクトに対し、合計1.05億ユーロを支援。

【ノルウェー】

ノルウェーでは2007年よりNOx排出への課税制度を導入。このNOx税の減免措置として、ノルウェー環境省及び業界団体により2008年に創設されたNOx基金により、LNG推進機への燃料転換について80%を支援し、1件あたりの平均支援額は約3.6億円。

【米国】

米国運輸省連邦海事局は、2015年4月に世界初のLNG燃料コンテナ船2隻の建造に対して「Federal Ship Financing Program (Title XI)」を通じて、3億2,460万ドルの融資保証を実施。また、2015年10月には既存RORO船のLNG燃料船への改造に対して90万ドルを拠出し、LNG燃料船の就航データ等を収集・調査する予定。

【シンガポール】

シンガポール海事港湾庁では、LNGバンカリングオペレーションの確立を目的としたパイロットプログラムを立ち上げ、LNG燃料船建造に対して最大200万シンガポールドル/隻を補助。また、自国登録のLNG燃料船に対して5年間の港湾施設使用料の免除。

【韓国】

民間需要の創出を図るため、政府、地方自治体、公企業等の官公船のLNG燃料化を推進。国内登録等特定要件を満たすLNG燃料船に対して、入港料等港湾施設使用料の減免や登録・保有に関わる税制優遇等のインセンティブを付与。更に、船舶ファンドの「船舶新造支援プログラム」(24億ドル規模)等を活用し、LNG燃料船等の建造を誘導。加えて、船舶安全法、港湾運送事業法施行令、海洋環境管理法等のLNG燃料船運航に関連する法制度の改正を予定。なお、同国海洋水産部が平成28年11月に公表した「LNG推進船舶関連産業育成案」によると、釜山新港に整備する計画のLNGバンカリング施設には、事業費約5億1000万ドル⁴が投じられる予定。

4-2. 国有作業船のLNG燃料化

我が国におけるLNG燃料船の導入促進・需要創出を図るためには、まずは国が率先して主導的な取組を行うことが重要であることから、国土交通省地方整備局等が所有する作業船(大型浚渫兼油回収船、海洋環境整備船、港湾業務艇)のLNG燃料化を推進する。このため、LNG燃料化にあたっての技術的、制度的課題の解決を目的とし、国土交通省港湾局が事務局となり有識者や関係民間事業者、関係行政機関の参画のもと、本年12月に「作業船LNG燃料化技術検討委員会」を設立して検討を開始したところである。国土交通省地方整備局等が所有する作業船のLNG燃料化の推進を通じて、民間事業者による技術開発やLNG燃料船建造の促進、需要創出を実現していく。

⁴ 1ウォン=0.00085ドルとして換算

【国土交通省地方整備局等が所有する作業船について】

国土交通省では、我が国の港湾整備事業及び海洋環境整備事業の着実な遂行のために必要となる作業船を地方整備局等が所有しており、種別としては「大型浚渫兼油回収船」、「海洋環境整備船」、「港湾業務艇」に大別される。

● 大型浚渫兼油回収船

大型浚渫兼油回収船は、海底の土砂を浚って取り除く浚渫機能と海洋に流出した油の回収機能を備えた作業船であり、平成28年12月現在「清龍丸(名古屋港)」「海翔丸(北九州港)」「白山(新潟港)」の3隻が配備されている。通常時は、各港にて航路・泊地の浚渫作業に従事しているが、大量油流出事案の発生時は、海上保安庁からの出動要請(海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律第41条の2)に基づき、出動後概ね48時間以内で本邦周辺海域の現場へ到着し、迅速かつ確実な油回収作業を実施できる体制を整えている。



図 29.大型浚渫兼油回収船「海翔丸」

● 海洋環境整備船

海洋環境整備船は、船舶航行の安全を確保し、海域環境の保全を図るため、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海、有明・八代海の閉鎖性海域(港湾区域、漁港区域を除く)において、海面に漂流する流木等のごみや船舶等から流出した油の回収を行う作業船であり、平成28年12月現在、これらの海域に12隻が配備されている。



図 30.海洋環境整備船「べいくりん」

- 港湾業務艇

港湾業務艇は、国土交通省が実施する港湾工事等の監督や検査、海域の調査及び測量、開発保全航路※の管理等に従事する作業船であり、災害発生時には港湾施設等の点検や緊急物資の輸送支援活動等にも利用されている。平成28年12月現在、全国に57隻が配備されている。

※開発保全航路: 港湾管理者が管理する港湾区域及び河川法に規定する河川区域以外の水域における船舶の交通を確保するため、国が自ら開発及び保全に関する工事を必要とする航路。

(港湾法第2条第8項)



図 31.港湾業務艇「べいさいち」

表7. 国土交通省地方整備局等が所有する作業船の諸元

平成28年12月現在

種別	隻数 (隻)	総トン数 (GT)	全長 (m)	幅 (m)	型深 (m)	機関出力 (kW)	燃料
大型浚渫兼油回収船	3	4,185～4,792	93.9～104.0	17.0～17.4	7.2～7.5	2,350～2,860×2機	A重油
海洋環境整備船	12	99.0～199.0	27.0～37.0	9.0～11.6	2.8～4.3	720～1,320×2機	軽油
港湾業務艇	57	10.0～76.0	11.9～27.4	3.5～8.3	1.3～3.1	260～1,109×2機(1機)	軽油

【作業船LNG燃料化技術検討委員会の概要】

地方整備局等が所有する作業船(大型浚渫兼油回収船、海洋環境整備船、港湾業務艇)に、軽油(又は重油)とLNGの双方を燃料として使用可能なデュアル・フューエル・エンジンを搭載するにあたり、まずは海洋環境整備船をLNG燃料化のモデル船に設定し、必要となるLNG燃料設備や安全に関する留意事項、導入にあたっての課題等について検討を行っている。

4-3. 個別課題と解決方策

本検討会において、前章及び4-1で取り上げた課題以外に、個別課題として以下の課題が指摘された。一部の課題については、本検討会で結論が得られなかったため、引き続き関係者間で解決に向けた取り組みが求められる。

【LNGの内貨・外貨の取扱、BOGの取扱について】

(課題)

LNG基地やLNGバンカリング船内において、外貨用と内貨用のLNGが混在することになるが、保税上の取扱について確認が必要。また、外貨用のLNGから発生したBOG(Boil Off Gas:外部からの熱で自然に気化した天然ガス)をバンカリング船の燃料として利用する場合の手続きについて確認が必要。

(解決の方向性)

以下の手続きを経ることにより、外貨用LNGを保税(石油石炭税・消費税)とすることが可能である。また、BOGについても同手続きの中で処理が可能である。

LNG基地においては内貨用LNGのみ通関を行い、内貨と外貨を分けて帳簿管理する。

LNG基地からLNGバンカリング船に出荷する際に、外貨用LNGのみ「外国貨物船用品積込承認申告書」を税関に申告する。

LNGバンカリング船から外航船に出荷する際に申告値と差異が発生した場合は、「外国貨物船用品積込承認申告書」の数量を訂正するとともに、LNG基地の外貨/内貨出荷量を訂正する。

なお、数量確定方法については現状では船尺のみ認可されており、今後の課題となる。

【LNG供給用設備に適用される法令について】

(課題)

バンカリング船の供給用ホースはLNG燃料船へ接続する場合とLNG出荷バースへ接続する場合がある。それぞれの場面でホースがどの法令の適用を受けるのか整理が必要。

(解決の方向性)

Ship to Shipなど船舶間の設備を使用するのであれば船舶安全法を、Shore to Shipで基地の設備を使用するのであれば高圧ガス保安法を、船の設備を使用する場合は船舶安全法を適用する。

【LNG供給用設備の規格について】

(課題)

船舶燃料としてのLNGの品質、LNG供給ホースの口径、緊急離脱装置、LNGバンカリングの計量方法について基準・規格が必要。

(解決の方向性)

後述の「LNGを船舶燃料として開発するための協力に関する覚書(MOU)」等を活用し、諸外国港湾や国際機関と連携して検討する。

【バンカリングオペレーションの安全対策について】

(課題)

バンカリング船の航行及びバンカリング作業に関する安全対策の検討が必要。

(解決の方向性)

具体的な安全対策はバンカリング船の仕様、航行ルート、作業手順等が具体的に定まった時点で、バンカリング事業者が海上保安庁及び関係者の協力を得つつ策定する。

4-4. 海外との連携方策

LNG燃料船の更なる普及・促進を図るためには、多国間でLNG供給拠点のネットワークを形成することが必要である。バンカリング作業の方法、使用する機器の規格、船員に求められる資格、安全対策等がバンカリングを受ける国毎に大きく異なることとなれば、LNG燃料船を運航する者にとって対応が煩雑になり好ましくなく、ハード、ソフト両面からLNGバンカリングのインフラ整備が必要であることが世界的な共通認識となり始めている。

LNG供給拠点ネットワーク形成のための取り組みの一つとして、本年10月に国土交通省港湾局は7か国8者の港湾当局との間で「LNGを船舶燃料として開発するための協力に関する覚書(MOU)」を締結した。この覚書は、LNGバンカリングに関する基準や規格の調和を図ることで港湾におけるLNGバンカリング拠点のネットワークを構築し、船舶燃料の重油等からLNGへの転換を促進

することを目的としている。これを一つの枠組みとし、関係国との連携を推進していくことが求められる。

特に、世界最大のバンカリング国であるシンガポールと連携を強化することは新たなLNG供給市場の開拓につながる。シンガポールは、地理的に欧州方面へ向かう船舶の東南アジアの供給拠点となり、我が国は北米方面へ向かう船舶の東アジアの供給拠点となるため、両者が連携してアジアのLNGバンカリング拠点を形成することにより、コンテナ船等の寄港増による我が国港湾の競争力強化の実現に寄与するものと考えられる。

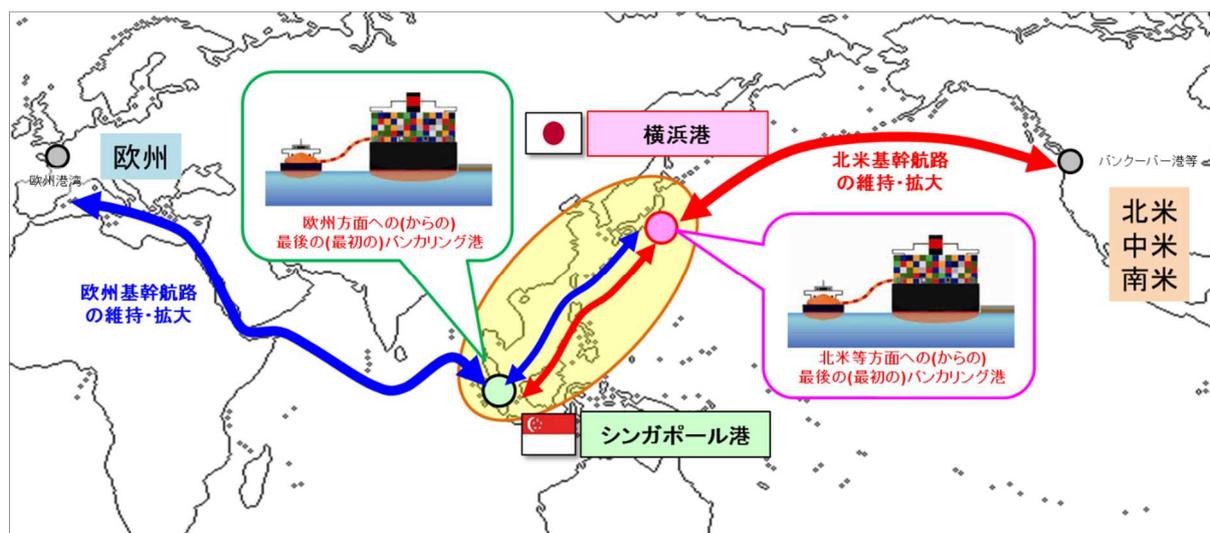


図 32.横浜港とシンガポール港の連携による LNG バンカリング拠点の形成(イメージ)

4-5. 競争力のあるLNG価格の実現に向けて

LNGバンカリング拠点整備の促進のためには、バンカリング事業が商業的な事業として成立するための一定のLNGバンカリング需要の確保が必要となるが、我が国が低廉にLNGを調達し、低廉な価格でLNGをバンカリング供給することは、その需要確保の重要な要素のひとつである。

これまで、我が国企業のLNG調達に際しては、長期に渡る契約期間を持ち、原油価格に連動する価格決定方式によるものが一般的であった。東日本大震災後には、原油価格上昇等の要因により、価格は高騰し、2012年以降数年に渡り、我が国は貿易赤字に転落するなど、低廉な価格は我が国経済一般にとっても重要な課題となっている。他方、LNG取引を巡る環境は近年大きく変化している。これまでの伝統的なLNG需要国である日本・韓国等に加え、東南アジアを始めとして世界的にLNG需要は拡大してきている。こうした需要面での変化に加え、米国からのLNG輸出が2016年から開始されるなど、LNG供給についても質・量ともに拡大を続けている。日本国内においては、電力市場が2016年に完全自由化され、同様にガス市場は2017年に自由化される予定であるなどの大きな変化が生じており、これまでの主要なLNG輸入者であった電力・ガス事業者も、エネルギー需要の不確実性等に対応する柔軟な調達を指向するようになると見込まれる。

こうした環境変化を踏まえ、経済産業省は、流動性の高い国際的なLNG市場の発展に向けた、「LNG市場戦略」を本年5月に発表した。具体的には、取引の容易性向上、需給を反映した価格指標の確立、オープンかつ十分なインフラの整備の3点を中心とした取組により、流動性の高いLNG市場を実現し、2020年代前半までに日本をLNGの取引や価格形成の拠点(ハブ)としていく事を目指すこととしている。

取引の容易性向上の観点からは、世界の主要需要国と連携した仕向地条項の緩和・撤廃の呼び掛けを図るとともに、主要なLNG需要家である欧州・韓国・中国・インド等と連携していくこととしているほか、アジアを中心とした海外での天然ガス・LNG利用促進による新規需要家の拡大に向けた関連国との政策対話の実施を図る。価格指標の確立の観点からは、価格報告機関によるスポット価格アセスメントの競争促進による信頼性向上等を図るほか、インフラ整備の観点からは、LNG受入基地等への第三者アクセス制度の導入を図ることとしている。また、経済産業省は、これらLNG市場の発展に向けた連携を生産国・消費国間で図るプラットフォームとして、「LNG産消会議」を毎年東京で開催している。今年11月24日には、第5回目となる会合が開催され、アジアのLNG市場開拓や、LNG市場の流動性向上に向けた取組等に関する議論が行われた。こうした取組により、合理的価格で安定的にLNGを調達する環境を整備し、我が国において低廉かつ安定的なLNGの調達に繋げていくことを目指す。

おわりに

本検討会では、横浜港をモデルケースとしてLNGバンカリング拠点の形成にあたっての課題の整理や解決方策の検討等を行った。外航のLNG燃料船の寄港を誘致するためには、外航に限らず内航のLNG燃料船も含めて全体として需要を増大させていくことが重要となる。本とりまとめを参考にして、横浜港をはじめ我が国港湾においてLNGバンカリング拠点の形成が進み、我が国港湾の競争力が強化されることを切に願うものである。

横浜港LNGバンカリング拠点整備方策検討会
名簿

(敬称略)

【構成員】

(座長)国土交通省 港湾局 国際コンテナ戦略港湾政策推進室長	松良 精三
東京ガス株式会社 エネルギー生産部長	玄間 隆之
日本郵船株式会社 燃料グループ長	篠崎 宏次
横浜川崎国際港湾株式会社 企画部長	正岡 孝
横浜市 港湾局 政策調整部長	中野 裕也
資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油天然ガス課 課長補佐	寺岡 優
国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 課長補佐	河合 崇
海上保安庁 交通部 航行安全課 航行指導室 専門官	坂中 裕司

【オブザーバー】

経済産業省 商務流通保安グループ 商取引・消費経済政策課 市場監視官	小川 幹子
国土交通省 港湾局 海洋・環境課 専門官	滝川 尚樹
国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 計画企画官	高阪 雄一

【事務局】

国土交通省 港湾局 国際コンテナ戦略港湾政策推進室

横浜港LNGバンカリング拠点整備方策検討会

開催経緯

平成28年 6月9日 第1回検討会

検討会の設置及び座長選出
関係者のこれまでの取組状況について意見交換
検討の進め方を確認

7月14日 第2回検討会

課題の整理・解決の方向性

8月24日 第3回検討会

LNG価格、需要、コストに関する検討

9月26日 第4回検討会

事業採算性の検討

10月24日 第5回検討会

事業採算性の検討(精緻化)

事業立ち上げ段階における採算性の改善方策の検討

とりまとめの方向性の検討

11月30日 第6回検討会

とりまとめ案の検討

12月20日 第7回検討会

とりまとめ