

# 北極海航路及び競合ルートによるLNG海上輸送路の経済的フィージビリティの分析

大塚 夏彦<sup>1</sup>・田村 亨<sup>2</sup>・古市 正彦<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 北日本港湾コンサルタント株式会社 企画部 (〒060-0052 札幌市中央区南2条東2丁目8-1)  
E-mail: otsuka@njpc.co.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 工博 北海道大学 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)  
E-mail: tamura-t@eng.hokudai.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 工博 京都大学 経営管理大学院 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町工学部建築学教室本館205)  
E-mail: furuichi.masahiko@gsm.kyoto-u.ac.jp

北極海航路を移用して北極圏で生産されたLNGを日本に輸送するシナリオを定め、その輸送コストを、既存産地であるカタール産LNGおよび、パナマ運河拡張により輸出が可能となる米国メキシコ湾岸産LNGと比較分析した。最近の燃油価格およびルーブル為替レートをを用いた北極海航路輸送コストは、ロシアの原子力砕氷船料金として規定される上限額を考慮しても、カタール産LNGと同程度となった。北極海航路による輸送コストは海氷が少なく、砕氷船支援料金が低下し、航海日数が短くなり、燃料価格が上昇し、ルーブル安が進むほど、比較対象に対して有利となる。

**Key Words :** Arctic shipping, Northern Sea Route, shipping cost, LNG transport, cost analysis

## 1. はじめに：北極海航路輸送とLNG

北極海航路とは、北極海のロシア側沿岸を通過して大西洋と太平洋をつなぐ航路（北東航路と呼ばれる）のうち、ノバヤゼムリヤ島を西端とし、ベーリング海峡を東端とする航路区間のロシアでの呼称である。北極海航路を利用すると、欧州と東アジア間の海上輸送距離を、現行のスエズ運河を利用する航路に比べて30%~40%短縮することができることから、1990年代頃から注目されるようになった。従来北極海は夏期でも広く海氷に覆われ、船舶の航行には大きな困難が伴った。

しかし近年、地球規模の気候変化によって北極海の夏期海氷が急速に減少し、船舶の航行が容易になりつつあ

る。近年では、ほぼ毎年8月末~9月末にかけて、北極海航路のほとんどの部分で海氷が無くなるようになってきている。こうした状況を背景に2010年以降、徐々に北極海航路を通じて欧州と東アジア間で貨物が輸送されるようになってきた。2010年はわずか4航海（うち2航海はバラスト航海）で11万トンの貨物が輸送されるにすぎなかったが、徐々に航海数・貨物量とも増加し、2013年には71航海、136万トンの貨物が、北極海航路を横断して東西に輸送された。我が国には、2012年に世界で初めて北極海航路を横断してLNGが輸送され、2013年にも再度、同様の輸送が行われた。またナフサ等の石油製品も、2013年に2度輸送された。

こうして北極海航路輸送は、徐々に新たな東西輸送路としての実績を重ねてきた。しかし、北極海航路から海氷がほとんど無くなるのはごく限られた期間のみで、依然として夏期でも海氷の存在のもとでの航海に備えなければならない。また現時点では、横断航行が可能な期間は6月末から11月末までの約5ヶ月間に限られる。それ以外の期間の北極海航路は、極めて厳しい海氷に覆われ、安全性や経済性の点で商業的な運航には適さないのが現状である。

海氷の存在する海域を航行する商業航路としては、バルト海およびセントローレンス湾が長い歴史をもってい

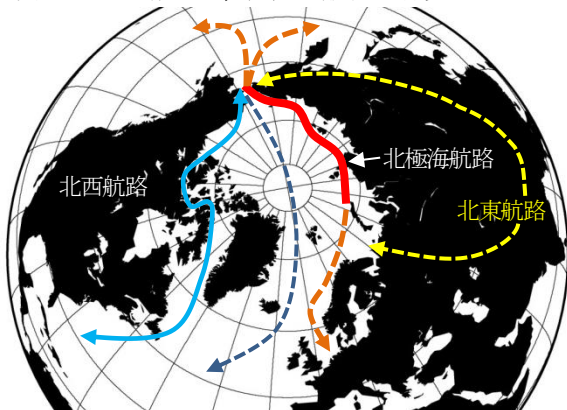


図-1 北極海航路

る。しかし北極海航路を横断する国際的な商業運航は2010年に始まったばかりであり、まだ十分な実績、情報、経験が得られるまでには至っていない。

こうしたなかロシアでは、結氷する北極海沿岸での世界で初めてのLNG生産が、ヤマルLNGプロジェクトにて始まろうとしている。2018年に生産開始を目指すこのプロジェクトが本格稼働すると、第1フェーズで年間550万ト、第2フェーズはその3倍の1,650万トのLNGが北極海航路を通じて欧州およびアジアに輸送される計画である(図-2)。これが実現すると、LNGが北極海航路の主要貨物となるだけでなく、史上初めて、経常的に北極海航路を利用した国際輸送が行われることになる。

以上を背景に、本研究は北極海航路を利用した北極産LNG輸送の経済性について、現存する競合産地・競合輸送路と比較し、そのフィージビリティを分析することを目的として実施したものである。

## 2. 北極海航路による海上輸送

### (1) 北極海航路の海上航行

船舶が海水の存在する中を航行する場合、海水による様々の荷重が船体に加わるほか、機関・装置への障害、推進抵抗、低温環境による影響など、一般海域ではみられない特殊な環境に準備することが必要になる。そこで船舶が海水の存在する状態の北極海および南極海を航行する場合について、国際海事機関IMOは Guidelines for Ships Operating in Polar Waters (Polar Guidelines) を定めた。ガイドラインでは、船の強度や装備、航行が許される海水状況などを規定している。これは強制規則ではないものの、極海を航行するほとんどの船は、原則的にはこれに従って航行してきた。さらに、世界の船級協会が集まった国際船級協会IACSでは、それまでは各船級協会が個別に定めてきたアイスクラス(氷海を航行することが許された船級)を比較し、IMOのPolar Guidelinesを基本に氷海船級に関する統一規則(Requirements concerning POLAR CLASS)を定めた。北極海航路を航行する船舶は、こうした要件を満たし、適切なアイスクラスを保有することが求められる。IMOは、現在のPolar Guidelinesを強制規則となるPolar Codeに移行するための調整を進めており、

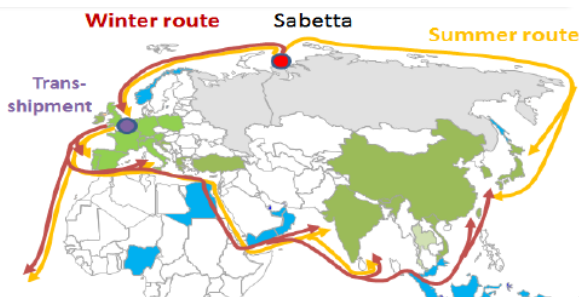


図-2 北極海航路を通じたLNG輸送 (Yamal LNG) <sup>1)</sup>

これは2017年に発効する見込みとなっている。

北極海航路に関しては、沿岸国であるロシアが国連海洋法条約第234条を根拠に、航行する船舶に対して、ロシア北極海航路局への事前申請と航行許可の取得を義務付ける国内法(北極海航路法)を定めている。同局では、申請した船のアイスクラス及び船長の氷海航行経験に応じて、ロシア原子力砕氷船の先導および氷海水先案内人の乗船などの付帯条件を義務付けしている。また、航行船舶は、原子力砕氷船の支援料金及び氷海水先案内人料金を、サービス提供会社に支払わなければならない。

### (2) 原子力砕氷船先導による北極海航路の航行

北極海航路法では、航行船舶のアイスクラスと、季節(7月~11月、12月~6月)、海水状況(Heavy, Medium, Light)、海域(カラ海西, 同東, ラプテフ海西, 同東, 東シベリア海西, 同東, チュクチ海)に応じて、砕氷船の先導を必要とするか、単独での航行を許すかを定めている。図-3は北極海航路の海域分割を示したものである。図-4は、日本へLNG輸送を実施した際の航行状況である。

最新のロシア北極海航路法では、海水状況が緩やかであれば、上位のアイスクラスを有する船は、砕氷船の助けを借りずに単独で航海することが許されている。こうした状況に合わせてロシアは、砕氷船支援料金の上限値を、船の規模(GT)および砕氷船支援を受けた海域の数に応じて定めている。図-3中に示した7つの海域がこれに相当する。砕氷船支援料金は、この規則に定められている砕氷船支援海域数ごとの単位料金に、航行船舶のGTを乗じて決定される。ただしこれは、ロシアの原子力船運航会社が徴収してもよい最大料金であって、航行船舶は同社との契約交渉によってこの料金を決めることができる。

このように複雑な制度となっているものの、実態では、北極海航路の経済優位性を保持するため、ロシアの原子



図-3 北極海航路の海域分割と氷況事例<sup>2)</sup>

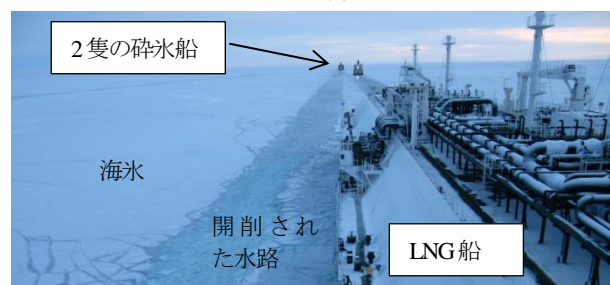


図-4 砕氷船に先導された氷海航行<sup>3)</sup>

力船運航会社では、同じ船がスエズ運河を航行する際の通航料と同等程度の料金にて契約している模様である<sup>4)</sup>。表-1に40,001GT~100,000GTの船舶に対する料金表を示す。

表-1 砕氷船支援助料金表 (単位: ルーブル)

Table 9 - Tariffs during the summer-autumn period of navigation							
Ice class of ship	tariff in rubles for a unit of gross tonnage of ship						
	escorting within 1 zone	escorting within 2 zones	escorting within 3 zones	escorting within 4 zones	escorting within 5 zones	escorting within 6 zones	escorting within 7 zones
None	446,84	536,21	625,58	714,95	804,32	893,68	893,68
Ice 1	312,79	375,35	437,91	500,46	563,02	625,58	625,58
Ice 2	290,45	348,54	406,63	464,72	522,81	580,90	580,90
Ice 3	268,11	321,73	375,35	428,97	482,59	536,21	536,21
Arc 4	223,42	268,11	312,79	357,47	402,16	446,84	446,84
Arc 5	221,19	265,42	309,66	353,90	398,14	442,37	442,37
Arc 6 - Arc 9	218,95	262,74	306,53	350,32	394,12	437,91	437,91

### 3. 海上輸送コストの算定モデル

#### (1) 海上貨物輸送コストの計算方法<sup>5)</sup>

貨物船による海上輸送コストには、資本費または船体の減価償却費、燃料・油費、船員費、保全費、保険料、運河等通航料、港湾使用料などが含まれる。北極海航路の場合には前記に加えて、原子力砕氷船支援助料、氷海水先案内人料金が必要になる。

##### a) 資本費・減価償却費

新造船を建造した時の船価に基づいて、毎年の支払または資産価値の償却に充てるコストである。本研究では、プロジェクト・ファイナンスの観点から新造船の建造費(船価)を金利7%、15年間元利均等払いの借入金によって賄い、その償還費用(船価の10.89%を15年間均等に償還)を毎年の資本費とした。

LNGタンカーの建造費は、150,000m<sup>3</sup>級の建造価格がほぼ200百万USDであることから、これを用いる。なお、北極海航路に就航するアイスクラス船の建造費は、通常船よりも高額となる。本研究では、耐氷船階級1Aを保有することを想定し、関係者への聞き取り調査をもとに、通常船の建造費の1.2倍とした。

##### b) 運河等使用料

後述する比較輸送シナリオにおいて、パナマ運河を航行するケースを取り上げる。パナマ運河通航料は、船種ごとに総トン数(GT)で概ね近似できるパナマ運河トン(PCUMS: Panama Canal Universal Measurement System)に応じて定められている。ただしパナマ運河拡張後のLNGタンカーに関する通航料がまだ不明の為、現行料金の中のLPG輸送料金をもとに算定する。ここに、最初の10,000 tonまで\$4.99 /ton, 次の10,000tonまで\$4.91 /ton, それ以上について\$4.82 /ton となっている。

##### c) 船員費

LNG船の一船当たり船員数は約45人程度であり、一般

的ならば積み船の約2倍となっている。以上より本研究では、年間の船員費を200万USDと設定した。

##### d) 保全費

船用品、潤滑油、ドック、修理・部品などに要する費用である。日野<sup>6)</sup>によると、55,000 DWT級のドライバルク船(船価3,500万USD)で年間約38万3,000 USDとされている。これより、年間保全費は船価の1.095%として計上した。

##### e) 保険費

前出の日野<sup>6)</sup>は、55,000 DWT級のばら積み船(船価3,500万USD)の船体保険とPI保険が、それぞれ年間約60,000 USD、合計で120,000USDと述べている。本研究はこれをもとに、年間保険費は船型に依存せず船価に比例するものとし、船価の0.343%とした。なお北極海航路を航行する場合、氷海航行における事故リスク、および北極海航路では輸送実績が少ないことから通常海域よりも高い保険料率が課せられる可能性がある。しかし本研究では、輸送実績が十分に積み上げられた状況を想定し、保険料の割増は行わないことにした。

##### f) 燃料及び油費

一般に燃料及び油費は、貨物船の運航コストにおいて大きな比重を占めている。本研究では、船舶の燃料消費量は、燃料消費率SFOC (Specific Fuel Oil Consumption) (g/KWh) にエンジン出力 (KW) 及びエンジン稼働時間 (h) を掛け合わせて算出した。エンジン稼働時間は設定した輸送シナリオにおける距離と航行速度から算出する。また停泊中は定格運航時の0.1%を計上した。また機械油消費量は、燃料消費量の1%を計上した。

なお、耐氷型船舶は通常海域での推進抵抗が大きくなることが予想されることから、燃料消費率SFOCを10%割増すことにした。またSFOCは、船舶の運航速度の2~3乗に反比例して増減することが知られている。すなわち、定格速度よりも遅い速度で運航すると、燃料消費量は大幅に低減され、大きなコスト削減が期待できることになる。そこで本研究では、定格速度に対する航行速度比の二乗に半比例してSFOCを低減した。

なお各輸送シナリオでは、積み込み・荷卸し時間としてそれぞれ1.0日を停泊時間に算入した。

##### g) 港湾使用料

LNGの荷役は企業の専用港湾施設で行われるものとし、港湾費は計上しない。

##### h) 北極海航路航行に係る費用

砕氷船支援助料金は、海氷状況に応じて砕氷船支援が必要となる海域数を判断し、ロシア政府が定める料金表にて上限の費用を算出し、これを50%ディスカウントした場合と比較する。氷海水先案内人に関しては、安全航行上から、ほとんどの外国船がその乗船のもとで運航している。本研究では、関係者への聞き取りにより、北極



海航路区間の航海日数について（砕氷船支援の有無にかかわらず）、2名（単価1,200USD/day）にて24時間勤務することを想定し、2,400 USD/dayを計上した。

## (2) 砕氷船支援の必要海域の判定

海氷状況は日々変化するため、砕氷船を必要とする海域数も変化する。本研究では、2012~2013年における7月~11月の期間における半月平均の、北極海航路ルート上における海氷密接度（海面を覆う海氷の比率）を算出した結果をもとに<sup>7)</sup>、航行船のアイスクラスを1Aとし、春~夏の融解期は海氷密接度20%以上で、秋期は海氷密接度30%以上で砕氷船支援を受けるものとした。この理由

表-2 砕氷船支援の必要海域

	カラ海 東部	ラプテフ 海西部	ラプテフ 海東部	東シベリ ア海西 部	東シベリ ア海東 部	チュク海
7月前半	要	要	要	要	要	要
7月後半	要	要	不要	要	要	要
8月前半	要	要	不要	不要	要	要
8月後半	要	不要	不要	不要	不要	不要
9月前半	要	不要	不要	不要	不要	不要
9月後半	要	不要	不要	要	不要	不要
10月前半	要	要	不要	要	不要	不要
10月後半	要	要	要	要	要	不要
11月前半	要	要	要	要	要	要
11月後半	要	要	要	要	要	要

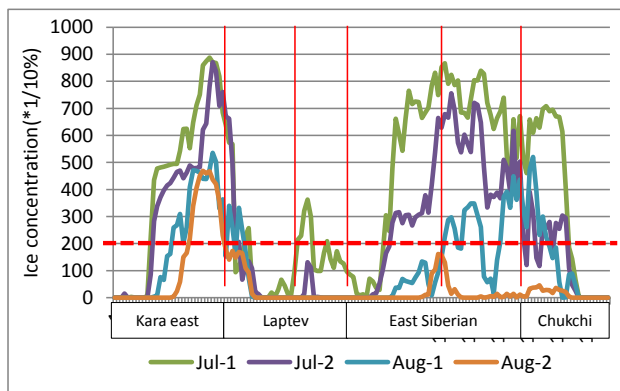


図-5 融解期の北極海航路海氷密接度

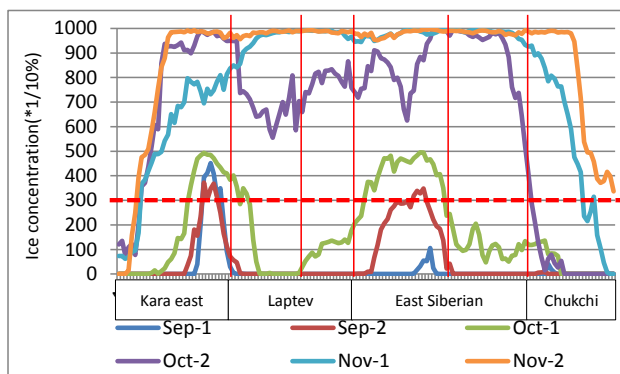


図-6 結氷開始期の北極海航路海氷密接度

は、春の融解期は、冬に発達した厚く強度の大きな海氷が存在するため、低い密接度であっても航行の障害になる危険性が高いのに対し、秋以降の新たに海氷が発達する時期は、海氷の材齢が若く強度は比較的低いため、同じ海氷密接度であっても、航行の障害とはなりにくいことによる。図-5、図-6に海氷密接度、表-2に上記の方法で砕氷船支援の必要海域を判定した結果を示す。ここに、海氷密接度はJAXAが公開するGCOM-W1衛星観測データベースL3プロダクト<sup>8)</sup>より取得した。

## 4. 北極海航路によるLNG輸送

### (1) 北極産のLNG輸送シナリオ

現在北極圏でLNGを生産しているのは、ノルウェー北部沖のスノービットガス田産の天然ガスからLNGを生産するハンメルフェストである。北極海航路を通して日本に運ばれたのもこのLNGである。そこで本研究では、このハンメルフェストからのLNGを北極海航路を通じて日本の千葉県袖ヶ浦に輸送することを基本シナリオとした。スノービットから袖ヶ浦までの輸送ルートおよび輸送距離を図-7に示す。

LNGタンカーは150,000m<sup>3</sup>級で実際に北極海航路を航行したOb Riverを想定する。この諸元は次の通りである。

総トン数：100,244GT

積込量：73,713ton, 150,000m<sup>3</sup>

機関出力：29,000kW

一般海域の航行速度は18kn、北極海航路区間のうち、砕氷船支援での航行速度はこれまでの実績から10kn、単独航行は15knとした。積み込みおよび荷卸しに要する時間にはそれぞれ1.0日を計上する。

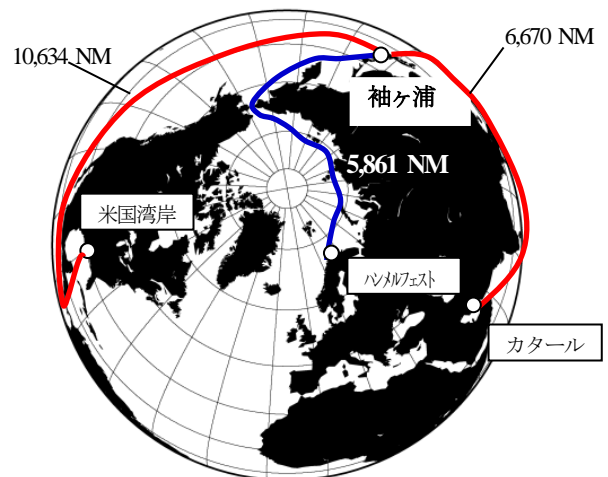


図-7 北極海産LNG輸送シナリオ

### (2) LNGの比較輸送シナリオ

比較輸送シナリオには、日本の実際の輸入先であるカタール産LNGのほか、パナマ運河拡張工事の完了とともに、今後生産が開始されるとみられている米国メキシコ湾岸産LNGをとりあげた。船の諸元は北極海航路シナリオと同じとする。カタールLNGの輸送距離は6,670NM、航行速度は18knとした。メキシコ湾岸産LNGの輸送は、パナマ運河を通過して太平洋を横断するルートとし、その総距離は10,634NM、航行速度はパナマ運河区間(43NM)は平均1.2kn、それ以外は18knとした。荷役および着岸・出港準備時間は北極海航路シナリオと共通である。

以上より計算した北極海航路輸送および比較シナリオが要する航行日数を表-3に示す。

表-3 LNG輸送日数の比較

産地	ハンメルフェスト	カタール	米国湾岸
北極海航路航行時間	168~226hr		
運河通航時間			36hr
一般海域航行時間	198hr	376hr	588hr
輸送距離	5,861NM	6,670NM	10,634NM
荷役時間	48hr		
合計輸送日数	18~20日	18日	29日

### (3) 輸送コスト算定条件

ロシア原子力船の支援料金はルーブル/USDの為替の影響を大きく受ける。昨年来進んだルーブル安は、ルーブル建てで料金を交渉する上で大きな便益となる。本研究では、最近のルーブルレート of 回復を考慮し、USD/RBL=50とした。また、ロシア政府の定める上限料金と50%ディスカウント料金にて検討する。

船の新造費は、150,000m<sup>3</sup>級LNGタンカーが概ね200万USDと言われていることから、これを採用する。ただし北極海航路に就航するアイスクラスLNGタンカーはこの20%増しの240万USDとする。

燃料価格は、近年は650USD/ton付近であったところが、

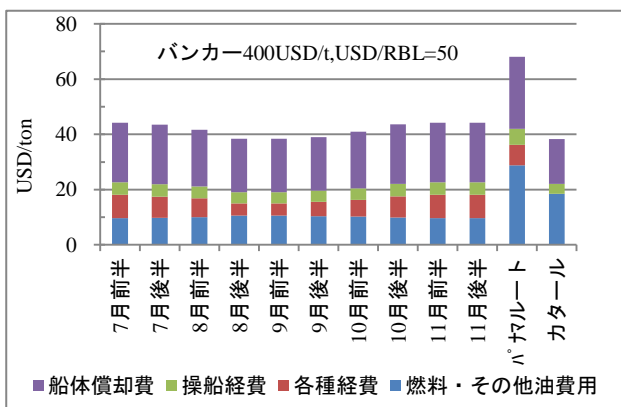


図-8 LNG輸送コストの比較

昨年後半から急激に下落していることから、これを反映して400USD/tonとする。また各シナリオとも積載量は定格の90%とした。

### (4) LNG輸送コスト算定結果

以上の条件にて北極海産LNGの輸送コストおよび比較シナリオの輸送コストを算出した結果を図-8、図-9に示す。まず図-8において、北極海航路よるハンメルフェストからのLNG輸送は、輸送距離がカタール産LNGの場合よりもわずかに短いものの、北極海航路での運航速度が通常海域よりも遅いため、輸送日数は同等かわずかに長くなる。しかし燃料消費量は、航行速度が遅いことから、北極海航路の方が少なくなる。一方北極海航路では、砕氷船支援料および氷海水先案内料がコスト増大要因となっている。総合して、砕氷船支援料を規定額上限まで支払うと、北極海航路でのLNG輸送は、カタールよりもわずかに高くなる。ただし9月の海水が最も無くなる時期では、カタールLNGとほぼ同等である。

米国湾岸LNGをパナマ運河を通じて輸送するシナリオでは、輸送距離が大きいため、燃料費および船体償却費が大きくなり、輸送コストはかなり高額となる。したがって米国湾岸LNGのアジアにおける経済的な競争力の有無は、その価格が輸送コスト増分を相殺できるかどうか焦点となるであろう。

3つのシナリオを通して比較すると、距離の短い北極海航路LNGでは船体償却費が大きな比重を占めており、一方通常海域を航行する2つのシナリオでは、燃料費と船体償却費が主要なコストとなっている。このため、バンカー価格が再び上昇すると、輸送コストの上昇が拡大する。北極海航路シナリオでは、海水の多い初夏や秋において、砕氷船使用料などのコストが燃料費を上回る傾向がある。これはルーブル/米ドルレートにも左右され、現在はかなりルーブル安となっている状態が回復すると、砕氷船支援料金は大きなコスト要因となる。

そこで砕氷船支援料金を50%ディスカウントする条件

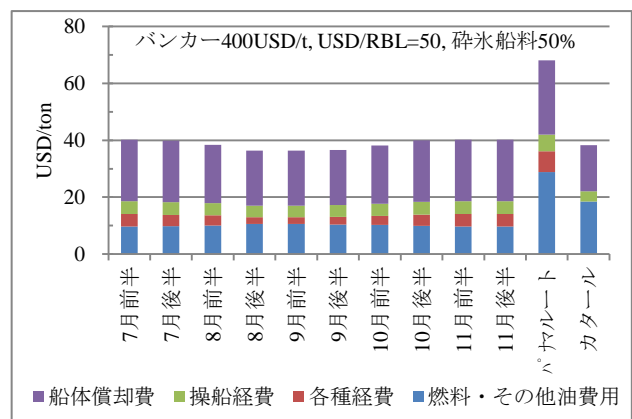


図-9 LNG輸送コストの比較 (砕氷船料50%)

で契約を取ったと仮定すると、今回の条件では、北極海航路経由でのLNG輸送コストは、カタールと概ね同等となった(図-9)。

## 5. まとめ

昨年より、世界的に原油需要と価格の低下が進行し、天然ガス生産においてもその影響を受けて、市場は停滞気味である。しかしBP Energy Outlook<sup>9)</sup>では、長期的な世界のエネルギー需要において、今後は原油が大きくシェアを落とす中、天然ガスが大きくシェアを伸ばすと推測している。北極圏は厳しい自然環境により、資源の開発および生産物の輸送に大きな困難を伴うのが通例であるが、既存ガス田の開発が大きく進む中、開発の対象は徐々に、大水深や極域などの、より厳しい環境にあるリソースに移行しつつあることも事実である。地球気候の変化による北極海の海水勢力減少は、ソマリア沖やマラッカ海峡などのチョークポイントのない東西航路として、北極海航路を商業的に利用する機会をもたらした。同時に、北極海での資源開発をある程度現実的なものとした。実際、北極海沿岸のヤマル半島で進められているヤマルLNGプロジェクトは、夏はアジア、冬は欧州に、北極海航路を横断してLNGを輸送するというもので、これによって恒常的にLNGタンカーが北極海航路を東西に航行する状況が出現する。

日本を荷揚げ地とする北極海航路によるLNG輸送においては、通常海域よりも航行速度の遅い北極海航路ではあるが、輸送距離が短いため、カタールからと同等の日数で輸送が可能であり、燃料費が大きく削減されて、輸送コストはカタール産LNGとほぼ同等となった。また、船体償却費のコスト比重が大きいため、少しの輸送日数短縮が輸送コスト削減につながる傾向がある。総じて、海氷が少なくなり、砕氷船支援朝金も低下し、航海日数が短くなり、燃料価格が上昇し、ルート安が進むほど、北極海航路による輸送コストは、優位性が高まる。

ただし、海氷状況によって航行の難易度ならびに砕氷船の要否は大きく変わり、砕氷船支援朝金も変化する。ルート替りの変動も大きな影響を及ぼす。これは予測の難しい部分であり、北極海航路の商業利用において大きな課題となっている。また、北極海航路を利用した恒常的な輸送は、まだ行われたことがない。氷海航行の不確実性が、現在の技術でどこまで克服できているかについても、安定、安全な運航に大きく影響する課題である。

北米湾岸産のシェールガス由来LNGは、パナマ運河の拡張と期を同じくして生産を開始する計画が報じられて

いる。アジア市場において、輸送距離が大きくなるシェールガスが価格競争力を持つためには、その生産コストが輸送コストを相殺することが焦点の一つになると考えられる。

北極海産LNGのアジアにおける市場性は、輸送コストだけで単純に評価できるものではないが、これまで不明であった北極海航路による輸送の現実性が、近年の一連の輸送事例、海氷の状況などから、徐々に評価できるようになってきた。第1点はLNGを運ぼうと思えば実施できること、次に、輸送コストは条件によっては十分に既存ルートに競合できるポテンシャルのあること、が明らかになってきた状況にある。なお、本研究では米国湾岸産LNGの輸送コストが高額になったものの、これが即座にその市場性を損なうとは限らない。生産開始時期がヤマルLNGと同時期であり、北極海産LNGにとっては大きな競合相手である。また、米国湾岸産LNGの供給はパナマ運河拡張を前提としていることもあり、2018年はLNG市場にも様々なインパクトが生じる可能性がある。

**謝辞：**本研究はGRENE北極気候変動研究事業および日本港湾協会 港湾関係助成対象研究の研究資金を得て実施したものである。

## 参考文献

- 1) Gleb Luxemburg : Yamal LNG Project Overview, *GASTECH London*, 2012.
- 2) The Northern Sea Route Administration : Long-term ice forecasts, [http://asmp.morflot.ru/en/dolgosrochnie\\_proгнози/](http://asmp.morflot.ru/en/dolgosrochnie_proгнози/), 2015.3
- 3) Central Marine Research & Design Institute(Russia)提供
- 4) Viacheslav Ruksha : Atomic Icebreaking Fleet and Development of the Northern Sea Route, *International Seminar on Sustainable Use of the Northern Sea Route in Sapporo*, 2014.
- 5) Furuichi, M. and Otsuka N. : Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping, *International Association of Maritime Economists Conference*, CD-ROM, 2013.7.
- 6) 日野 満 : 海運業の発達と現状, 愛媛銀行ファイナンス室, 2011.
- 7) Nakano, Y., Otsuka, N. et al. : Ice Concentration and Navigability of the Northern Sea Route, *Proc. of International Symposium on Okhotsk Sea and Seaice*, CD-ROM, 2014.
- 8) Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA-a), The GCOM-W1 Data Providing Service, <https://gcom-w1.jaxa.jp/>, 2013.
- 9) BP Energy Outlook 2035 February 2015, [bp.com/energyoutlook](http://bp.com/energyoutlook), retrieved on Feb. 2015.

(? 受付)

# ANALYSIS ON ECONOMIC FEASIBILITY OF LNG SHIPPING via NORTHERN SEA ROUTE AND COMPETITIVE SHIPPING ROUTES

Natsuhiko OTSUKA, Toru TAMURA and Masahiko FURUICHI

In this paper, LNG shipping cost using the Northern Sea Route(NSR) from Hammerfest to Japan considering icebreaker assistance based on ice condition is estimated. The result is compared to shipping cost from Qatar LNG and U.S. Gulf Coast LNG. Shipping cost from Hammerfest via NSR becomes the same level with the LNG from Qatar. It is found that if seaice becomes fewer, lead time becomes shorter, fuel price becomes higher and Russian rouble becomes weaker, NSR gains its feasibility against Qatar LNG.