北極海航路によるバルク貨物の 海上輸送コストの分析

大塚 夏彦¹・古市 正彦²・泉山 耕³・中野 佑哉⁴

¹正会員 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)
otsuka@njpc.co.jp

²正会員 独立行政法人 国際協力機構 (〒102-8012 東京都千代田区二番町5-25二番町センタービル)
Furuichi.Masahiko@jica.go.jp

³正会員 北日本港湾コンサルタント株式会社 企画部総合研究室 (〒060-0052札幌市中央区南2条東2丁目)
kohmac@celery.ocn.ne.jp

⁴東京大学大学院新領域創成科学研究科 海洋技術環境学専攻 海洋情報基盤学分野
(〒277-8561 千葉県柏市柏の葉5-1-5)
nakano@1.k.u-tokyo.ac.jp

北極海航路を用いて北極圏で産出される鉄鉱石及びLNGの我が国への輸送コストについて検討した。鉄鉱石・LNGそれぞれについて、北極海航路による輸送シナリオのほか、既存産地からの輸送シナリオを検討し、輸送コストを算出した。鉄鉱石の輸送コストでは、燃料費が最も大きな割合を占めた。北極海航路輸送では、距離短縮と航行速度低下によって燃料消費量が削減され、砕氷船支援料等のコスト増分を相殺した。LNG輸送コストでは、減価償却費が大きな割合を占めた。北極海航路の場合、航行日数が削減されて、高額な船価に起因する減価償却費増分が相殺された。以上より、北極圏で算出される天然資源を北極海航路で輸送する場合、輸送コストは、競合する既存産地からの輸送コストに対して競争力を持ちうることを示した。

Key Words : Northern Sea Route, shipping cost analysis, Arctic, Resource, Transportastion

1. はじめに

(1) 研究の目的

近年、北極海のロシア沿岸を通して大西洋地域と太平洋地域を結ぶ北極海航路を利用した海上貨物輸送が拡大してきた。北極海航路を利用すると、欧州とアジア間の海上輸送距離を、スエズ運河経由ルートに比べて30%~40%短縮できることから、輸送コスト削減や輸送日数削減が期待されている。しかし、夏期でも海氷が残り得る北極海を航行するため、輸送には建造費が増大する耐氷船が必要であり、またロシアの原子力砕氷船による航行支援費用、氷海航行に対する保険費の割増など、コスト増大要因が多く存在する。これまでの輸送事例から、スエズ運河経由ルートに比べて輸送コストを削減できたとの報告がいくつかあるものの、情報は限定的で、我が国の船社や荷主が北極海航路を利用することによって、どの程度の輸送コスト削減を期待できるのか推定することは難しい状況である。

そこで本研究は、これまでに著者らが行ってきた北極海航路輸送に関する調査・研究¹⁾²⁾をもとに、北極海航路を利用して我が国にバルク貨物を輸送する際の輸送コストを検討し、その特性とコスト面での有効性および有効となる条件について明らかにすることを目的として実施した。

(2) 研究の概要

貨物船による貨物の海上輸送コストの構成要素を整理し、北極海航路輸送において生じるコスト増大要因を含め、個々のコスト構成要素について算定方法・算定条件を定めた。

続いて、欧州北部およびロシア北極圏から産出する天然資源として鉄鉱石とLNGを取り上げ、それぞれの北極海航路による輸送シナリオを定めた。また比較シナリオとして、スエズ運河及びケープ・ルートなど既存の輸送ルートを利用した輸送シナリオと、実際に我が国が調達している産地からの輸送シナリオを定めた。この各シナ

リオについて輸送コストを算定し、比較分析を行って、北極海航路輸送の特徴と経済性について考察した。

2. 北極海航路による貨物輸送の動向

(1) 北極海航路

16世紀以降、欧州各国は、北極海を新しい捕鯨場およびシベリアとの交易路として、次いで北極海を渡って大西洋と太平洋をつなぐ新しい航路を求めて、数々の探検を実施した。北極海を横断する航路ルートには、ユーラシア沿岸側を通る北東航路(North East Passage:NEP)と、北米沿岸側を通る北西航路(North West Passage:NWP)、および北極海の中央を横断する航路が知られている(図-1)。北東航路は1879年にノルデンショルドによって、北西航路は20世紀初めにアムンゼンによって、初めて横断航海された。

その後は東西冷戦構造のもと、旧ソ連が、北極海沿岸の戦略的な拠点への物資輸送などのために、自国の沿岸に沿った国内輸送路として北東航路を利用してきた。20世紀の終わりになって旧ソ連は、自国の経済水域を通る北東航路を国際航路として開放することを宣言した。また北東航路のうち、ノバヤゼムリヤ島からベーリング海峡の間の区間を北極海航路(Northern Sea Route; NSR)と名付け、この区間(約2,300NM)の航行には、ロシア当局への事前申請、原子力砕氷船に支援された航行、およびその費用の徴収などを法制化した。しかし制度が不透明であり、通航に要する費用も高額であったため、国際市場からはほとんど注目されなかった。

図-1 北極海航路

(2) 北極海航路輸送の動向

北極海航路を利用すると、欧州北部の主要港と東アジアの港湾間の距離を、現在使われているスエズ運河経由ルートに比べて、30~40%程度短縮できる。さらに、近年の燃料価格の高騰、石油・天然ガス価格の高騰とアジア諸国での需要増大などに加え、北極海の夏の海氷が顕著に減退していることを背景に、2010年以降、北極海航路を利用した商業運航が実施されるようになった。2010年

は4隻の貨物船が北極海航路を横断し、11万トンの貨物(ガスコンデンセート及び鉄鉱石)が運ばれた。以降、航行隻数及び貨物量ともに年々増大し、2013年には71隻、136万トンが北極海航路を通じて東西に輸送された。主な貨物はガスコンデンセート、ナフサ、軽油、ジェット燃料、LNG及び鉄鉱石で、アジアでは韓国・中国・日本、欧州側ではロシア・ノルウェー・オランダ・フィンランドなどが輸送の起終点となった。

一方北西航路の方は、夏でも厳しい海氷に阻まれるため、今日でも、わずかに利用されるにとどまっている。

(3) 北極海航路の航行

北極海のような氷海域を航行する船舶は、海氷による荷重に耐えるように、通常の船よりも船体強度を高めるとともに、推進機関や各種装備に関して特別の配慮が必要になる。国際海事機関IMOでは、Guidelines for ships operating in polar watersにおいて、氷海を航行する船舶の安全および海洋汚染防止をはかるための国際的なガイドラインを示している。また船級協会では、IMOによるガイドラインを踏襲し、氷海を航行する船舶が満たすべき要件を示した氷海船級(アイスクラス)を策定している。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。北極海航路の航行には、classNK(日本海事協会)鋼船規則における耐氷船階級IA以上を保有することが望ましい。

これに加えてロシアは、国連海洋法条約234条を根拠に、北極海航路を通航しようとする船舶に対して北極海航路法を定め、その航行を規制している。主な規制事項を以下に示す。

- ・ 航行しようとする船は、ロシア北極海航路局に対し、事前申請を行って航行許可を受けなければならない。許可条件には、ロシアの原子力砕氷船による航行支援や氷海水先案内人の乗船などが盛り込まれる。この航行条件は、船舶の耐氷船級、海域別の海氷状況に応じたものとなっている。
- ・ 入域前後の通知、航行中の連絡義務。
- ・ 砕氷船支援および氷海水先案内人のサービスに対する費用は、ロシア連邦がそのサービスを行うよう指定したロシア企業と交渉して決められる。

3. 北極海航路による貨物輸送コスト

(1) 海上貨物輸送コストの計算方法

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。Ship & Ocean Foundation³⁾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。一方減価償却費として見た場合には、日本の国内法に準拠した法定耐用年数（外航船は 15 年間）の期間内に定率・定額のいずれかの方法で支払う費用となり、定額法の場合は、建造費の 6.67% を 15 年間均等に支払うことに相当する。本研究では、資本費として船価の 10.89% を 15 年間均等に償還することにする。

鉄鉱石輸送に用いるばら積み船の建造費は、近年の新造船取引価格⁴⁾⁵⁾をもとに DWT を変数にして線形近似して算出した。ここに、

$$\text{新造価格 (百万 USD)} = 0.0003 \times \text{DWT} + 15.14 \quad (1)$$

LNG タンカーの建造費は、150,000m³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 IA 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

スエズ運河庁が徴収するスエズ運河通航料は、船種ごとに総トン数(GT)で概ね近似できるスエズ運河純トン(SC Net Tonnage; scnt)に応じて定められている。ここに 1.0 scnt あたり、最初の 5,000scnt まで 7.88SDR、次の 5,000 scnt まで 6.02 SDR、次の 10,000 scnt まで 4.76 SDR、次の 20,000 scnt まで 1.74 SDR、次の 30,000 scnt まで 1.53 SDR、次の 50,000 scnt まで 1.44 SDR、それ以上 1.38 SDR となっている。また SDR のレートは 2014 年 3 月末現在で 1.0 USD=0.6470 SDR 程度となっている。

パナマ運河局の通航料も同様に、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(PC UMS: 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 USD/ton、次の 10,000ton まで 4.91 USD/ton、それ以上について 4.82 USD/ton となっている。

c) 船員費

一般的なバラ積み船の場合、船型サイズに依らず一船当たりの船員数は 23~25 人であり、船員全員が非日本人の場合の年間船員費は約 100 万 USD であると言われている⁶⁾⁷⁾。一方 LNG 船については、一船当たり船員数が約

45 人程度であり、ばら積み船の約 2 倍となっている。以上より本研究では、年間の船員費はばら積み船で 100 万 USD、LNG 船で 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⁷⁾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、船型に依存せず船価に比例するとして計上した。

e) 保険費

船体保険及び PI 保険費を計上する。PI 保険は料率がほぼ定められているが、船体保険は航行海域や航行条件および実績などによって大きく異なる。前出の日野⁷⁾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。

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、保険料には、通常海域よりも高い料率が課せられる可能性がある。実際、2010 年から輸送がはじまった当初は、高額な保険料が課せられていたと言われている。しかし 2012 年に行われた LNG 輸送では、同じ船がスエズ運河ルートを通った場合とほぼ同等の金額であったことが報告されている⁸⁾。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、耐氷型船舶は船体重量が通常船より重いこと、及び氷海航行性能を高める船型を採用することによって、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⁹⁾。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。

燃料価格は、シンガポール重油価格を参考に、

650USD/tonとした。機械油価格は、600USD/tonとした。

g) 港湾使用料

港湾使用料として入港のたびに、入港料、停泊料、網取料を計上する。港湾使用料は港湾によって種々であるが、本研究では、一寄港当たりそれぞれ0.092 USD/GT/Call, 0.092 USD/GT/Call, 0.244 USD/GT/Callを計上し、合計0.428 USD/GT/Callを計上した。

h) 北極海航路航行に係る費用

北極海航路を航行する場合、砕氷船クラスの氷海船級を持つ船でない限りは、ロシアの原子力砕氷船による支援を受けることになり、その支援料金を支払う必要がある。この料金は、ロシア国内法によってその上限額が決められており、原子力砕氷船を運航する国営企業と価格交渉して料金が決定されている。実際には、北極海航路の商業性を維持するため、同じ船がスエズ運河を通航する際に要する料金と同等程度に設定して運用されていることが、上記国営企業からの発表で示されている。最近の運航実績では、鉄鉱石および液体バルクに関しては、貨物船の総トン数GTに対して、5.0 USD/GTを課金している。またLNGに関しては、貨物重量に対して5.0 USD/tonを課金している⁹⁾。

ロシア北極海航路法では、船長に十分な氷海航行経験がない場合には、ロシアが指定する企業から氷海水先案内人の派遣を受け、その指示のもとに航行しなければならない。この氷海水先案内料についても、先方の企業との交渉にて料金が決められている。本研究では、関係者への聞き取りにより、概ね1航海当たり1万USD程度のオーダーであると想定し、北極海航路区間の航海日数について1,200 USD/dayを計上した。

(2) 北極海航路の航行

2012年まで、北極海航路区間の航行は、航行しようとする貨物船個別に原子力砕氷船が先導する形式を主体に運航されていた。2011年から2012年までの3シーズンにおいて、次々と北極海航路区間の航行速度記録が更新され、最速記録は平均速度約14 kn、約7.5日で横断されている。しかし航行船舶数が増大するにつれて、現在の稼働可能な原子力砕氷船が3~4隻の体制では対応が難しくなったことと、海氷の減退が顕著であることから、2012年以降、複数の貨物船が1列に船隊を組み、1~2隻の原子力砕氷船に先導されながら航行するキャラバン航海方式が用いられるようになった。このため、運航する速度は単独先導時よりも遅くなること、及び船団が揃うための待ち時間が生じていることが指摘されている。2011年~2013年における航海記録から、待ち時間等を含んだ平均航行速度を算出し、図-2に示す。これより、最近の北極海航路の平均的な航行速度は10kn弱であった。また、冬からの海氷が多く残る6月では航行速度が低下してい

る。しかし、北極海航路がほぼ海氷に覆われる11月でも、航行速度はあまり落ちない。これは、11月の海氷は成長初期で氷厚がまだ大きくないこと、および強度が大きくないことによると考えられる。以上から、本研究においては、北極海航路区間の航行速度を、船種に寄らず10knとして検討した。また通常海域の航行速度は、ばら積み船を15kn、LNG船を18knとした。

図-2 北極海航路の航行速度

4. 鉄鉱石輸送コスト

(1) 鉄鉱石の輸送シナリオ

これまでの北極海航路を通じた鉄鉱石輸送は、主にムルマンスク（ロシア）から中国に向けて、パナマックス級耐氷バルカーにて運ばれたものである。一方、我が国の現在の鉄鉱石調達先はオーストラリアが約6割を占め、これにブラジルを加えると我が国の輸入量の約9割に達する。近年の動向では、オーストラリア産鉄鉱石の品位低下を補う意味で、ブラジル産が輸入されている傾向がある。欧州ではスウェーデン北部のMalmberget及びKiruna鉱山が代表的な鉄鉱石産地で、品位は高く、ノルウェーのナルビクなどから積み出されている。これら鉱山を保有するLKAB社は、キルナ鉱山における現在の約1,500万トン/年の生産に加え、2017年からは1,900万トン/年の増産を計画している。

そこで本研究では、ブラジル産鉄鉱石の代替として、ナルビクを積込地として北極海航路を通じて我が国（千葉県）に輸送した場合のコストについて検討することにした。就航する耐氷船は現存するパナマックスバルカーとし、載貨重量トンDWTの90%を積み込むものとする。

一方、比較シナリオとして、同じナルビクを積込地として、スエズマックスバルカーでスエズ運河を通るルート、及び、ケープサイズバルカーで喜望峰を回るルートで輸送した場合を取り上げる。さらに現行の調達先であるイタキ（ブラジル）から30万トンバルカーで大分港まで輸送した場合について検討する。ばら積み船の機関出力は、主要船級協会に登録されている船舶諸元から、DWTを変数とする線形近似して算出した。ここに、

$$\text{機関出力(kW)} = 0.0694 \times \text{DWT(ton)} + 4483.5 \quad (2)$$

表-1 および図-3 に鉄鉱石輸送シナリオの概要を示す。

表-1 鉄鉱石輸送シナリオ

	①北極海航 路ルート	②Suez ルート	③Cape ルート	④イタキ ルート
荷積港 仕向港	ナルビク（ノルウェー） → 君津（千葉県）			イタキ→ 大分
DWT	75,000t	150,000t	200,000t	300,000t
貨物量	67,500t	135,000t	180,000t	270,000t
輸送距離	6,283 NM	12,638 NM	16,007 NM	12,450 NM

図-3 鉄鉱石輸送シナリオ

(2) 鉄鉱石輸送コストの計算結果

鉄鉱石の輸送コスト計算結果を図-4に示す。ナルビク積み込みで、ケープサイズ船によるケープ航路の輸送コストが最も高くなり(21.7 USD/ton)、パナマックス船を使った北極海航路輸送(19.1 USD/ton)とスエズマックス船によるスエズ運河ルート(19.8 USD/ton)は、ほぼ同等の輸送コストとなった。また、イタキから30万トン級バルカーで輸送するシナリオが最も安くなった。

図-4 鉄鉱石の輸送コスト

コスト要因別では、北極海航路(NSR)輸送では、砕氷船支援料等が大きな割合を占めるのに対し、距離の長い既存ルートでは燃料費が最大コストとなった。北極海航路輸送では、輸送距離短縮に加え、北極海での航行速度減少が燃料消費量削減をもたらし、コスト増大要因を相殺したといえる。

5. LNG輸送コスト

(1) LNGの輸送シナリオ

2012年と2013年にそれぞれ1隻、LNGがノルウェーのスノービットガス田から北極海航路を通じて日本に輸送されている。北米市場を狙っていたスノービット LNGは、米国のシェールガス革命によって北米市場を失い、新しい市場を求めているところである。北極海航路が実用化されると、アジア市場は重要なターゲットとなる。またロシアは、北極海沿岸のヤマル半島において、2017年の生産開始を目標に、LNG生産基地の建設を進めている。その仕向先としてアジア市場が期待されており、すでに中国が長期購入契約を締結している。このように、LNGは今後の北極海航路の主要な貨物となることが予想されている。一方我が国のLNG輸入先は、量の大きな順にオーストラリア、カタール、マレーシア、ロシアとなっており、この4か国で輸入全体の6割強を占めている。

そこでLNG輸入シナリオとして、北極圏のスノービットから北極海航路およびスエズ運河を通じて輸送するシナリオ、ヤマル半島から北極海航路を通じて輸送するシナリオ及び、既存輸送シナリオとしてカタール及びオーストラリアから輸送するシナリオを取り上げる。なお、米国はシェールガスからのLNG生産の準備を進めており、パナマ運河拡張によって、メキシコ湾岸からアジア市場へ輸出することを期待している。このメキシコ湾岸LNGのパナマ運河経由での輸送も取り上げることにした。LNG輸送には、15万m³級タンカーを用いることとし、機関出力は実際のLNGタンカーの諸元を用いた。積み込み・荷揚げ作業のためにそれぞれの港で2日間を計上する。図-5、表-2に輸送シナリオの内容を示す。

図-5 LNG輸送シナリオ

表-2 LNG輸送シナリオ

産地	ヤマル	スノービット		北米	オーストラリア	カタール
ルート	北極海航路		スズ運河	パナ運河		
船舶	船名: "Ob River", 147,500m ³ 積 (66,342ton), 100,244GT					
積地	ヤマル半島	ハメルフェスト (ノルウェー北部)		Jackson County	Pluto LNG	Ad-Dahirah
揚地	袖ヶ浦 (千葉県)					
距離 (NM)	5,071	5,861	13,603	10,634	3,788	6,769

(2) LNG 輸送コストの計算結果

LNG 輸送コストの計算結果を図-6 に示す。北極海航路を利用した場合、スノービット LNG(49.6 USD/ton)およびヤマル LNG(44.3 USD/ton)の輸送コストはカタール産 LNG の輸送コスト(46.5 USD/ton)と同程度になった。北米メキシコ湾岸のシェールガスによる LNG の輸送コストは(73.1 USD/ton)となり、スノービット LNG の北極海航路ルートを上回った。

LNG 輸送では、船体の減価償却費が大きな割合を占め、輸送期間の減少によるコスト削減効果が大きく発現する。このため、カタールよりも輸送距離が短くなるスノービット LNG およびヤマル LNG では、北極海航路におけるコスト増分が相殺される結果となった。

図-6 LNGの輸送コスト

6. まとめ

北極海航路を利用して、北極圏で産出する鉄鉱石およびLNGを我が国に輸送する際の輸送コストについて検討を行った。鉄鉱石の輸送コストにおいては、燃料費が大きな割合を占め、北極海航路輸送では砕氷船支援料・水先案内料が燃料費と同等程度を占める。しかし輸送距離削減と北極海航路区間の航行速度低減によって燃料消費量が削減されて、北極海航路特有の費用増を相殺する。本研究では、北極海航路輸送にパナマックスバルカーを想定したが、これをスエズマックス級に拡大すれば、30

万トン級大型船によるブラジルからの調達コストに匹敵できる可能性がある。

LNG輸送では、船体の減価償却費が大きな割合を占め、輸送期間の減少によるコスト削減効果が大きく発現する。特にヤマルLNGでは、北極海航路におけるコスト増分が相殺され、カタールからの輸送コストを下回る結果となった。実際の輸送価格は多くの市場要因から形成されており、本研究の結果がそのまま価格形成要因になるとは限らない。しかし、北極圏で産出される天然資源の北極海航路による輸送コストは、競合する既往産地からの輸送コストに対して競争力を十分持ちうると考えられる。

参考文献

- 1) Furuichi, M. and Otsuka, N. : Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping, International Association of Maritime Economists, IAME 2013 Conference, 2013.
- 2) Otsuka, N., Izumiyama, K. and Furuichi, M. : Study on Feasibility of the Northern Sea Route from Recent Voyages, Proc. of the 22nd International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, 2013.
- 3) シップ・アンド・オーシャン財団：北極海航路 — 東アジアとヨーロッパを結ぶ最短の海の道一, pp.97, 2000.
- 4) UNCTAD : Review of Maritime Transport 2011, pp.64, 2011.
- 5) 海事プレス社：新造船商況この1年／成約一覧(上), (下), 2012.
- 6) (一社)日本船主協会：日本海運の現状(2012年版), pp. 18, 2012.
- 7) 日野 満：海運業の発達と現状, 愛媛銀行ファイナンス室, 2011.
- 8) Vyacheslav Ruksha : The Navigation on the Northern Sea Route Today & in the Future, 北極海航路の持続的利用に向けた国際セミナー, 海洋政策研究財団, pp.4-7, 2013.
- 9) Omre A. : An economic transport system of the next generation integrating the northern and southern passage, Master Thesis, Norwegian University of Science and Technology, 2012.

COST ANALYSIS OF BULK CARGO SHIPPING VIA NORTHERN SEA ROUTE

Natsuhiko OTSUKA, Masahiko FURUICHI, Koh IZUMIYAMA and Yuya NAKANO

Shipping cost of iron ore and LNG from the Arctic to Japan via the Northern Sea Route is examined. At the same time, comparative shipping scenarios and costs from actual production sites are also investigated. Via the Northern Sea Route, shortened distance and sailing time reduce fuel cost, operational costs and overhead expenses. And this could cancel out additional cost of the Northern Sea Route such as icebreaker fee and ice pilot fee.