

東アジア～欧州航路におけるNSR・SCR組合せ 輸送の経済的フィージビリティ ーコンテナ輸送，完成自動車輸送，LNG輸送ー

古市 正彦¹・大塚 夏彦²

¹正会員（独）国際協力機構 国際協力専門員（〒102-8012 東京都千代田区二番町5-25 二番町センタービル）

E-mail: Furuichi.Masahiko@jica.go.jp

²正会員 北日本港湾コンサルタント（株）企画部長（〒060-0052 札幌市中央区南2条東2丁目8-1 大都ビル）

E-mail: otsuka@njpc.co.jp

地球温暖化に伴う北極圏の海水の後退が夏季を中心に拡大するにつれ，従来のスエズ運河航路（SCR）輸送に比べて約40%の航路距離短縮効果が期待できる北極海航路（NSR）輸送の実用化に向けた機運が国際物流の大動脈である東アジア～欧州間において高まってきている．本研究では，最新のNSR運航実績に基づく情報を取り入れつつ，夏季のNSR通航可能期間はNSRを通航し，冬季には従来通りSCRを通航するとした年間の運航スケジュールを想定し，通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送とSCR輸送の輸送費用を算出し比較した．その結果，東アジア～欧州間のコンテナ及び完成自動車輸送を取り上げたケーススタディでは，NSR・SCR組合せ輸送の経済的フィージビリティが確認された．さらに，典型的な不定期輸送であるLNG輸送については，単独のNSR輸送とSCR輸送の輸送費用を算出して比較したところ，やはりNSR輸送の経済的フィージビリティが確認された．また，輸送費用に関する経済的フィージビリティに留まらず，輸送時間短縮，地球温暖化ガスの排出削減，年間総輸送量の増加などの多面的な観点からの比較も行った．

Key Words : Shipping Cost Analysis, Northern Sea Route, Container, Finished Vehicle, LNG

1. 本研究の目的

地球温暖化に伴う北極圏の海水の後退が夏季を中心に拡大するにつれ，従来のスエズ運河航路（SCR: Suez Canal Route）輸送に比べて約40%の航路距離短縮効果が期待できる北極海航路（NSR: Northern Sea Route）輸送の実用化に向けた機運が国際物流の大動脈である東アジア～欧州間において高まってきている．とりわけ，2012年9月には北極海の海水面積が過去最少の341万km²を記録し，NSR航行可能期間も6月～11月の約6ヵ月間と長くなってきた．さらに，2013年には，北極圏で産出したガスコンデンセート，天然ガス，鉄鉱石などの天然資源を中心に合計71回のNSR商業航海により136万トンの輸送実績が記録された¹⁾．これに伴い，NSR輸送とSCR輸送の輸送費用試算に関する研究が数多く積み重ねられてきている．

一方で，輸送費用の算定根拠は各々の研究によって異なる条件が設定されるなど，研究成果の比較分析が困難な状況にある．そこで，最新のNSR運航実績に基づく情

報を取り入れつつ，輸送費用をその構成要素に分解し，それぞれの要素について算定根拠を分析・再整理した．そのうえで，本研究では，東アジア～欧州間のコンテナ輸送，東アジア～欧州間の完成自動車輸送さらにはノルウェー沖で産出されるLNGの東アジアへの輸送の事例をそれぞれケーススタディとして取り上げ，輸送費用を試算してNSR輸送の経済的フィージビリティを確認した．

2. 既存研究の概要

この分野の研究の先駆けとしては，INSROP (International Northern Sea Route Programme) (1999年)²⁾が挙げられる．この研究はNSR商業運航の経済性評価に関するシミュレーションを日本・ノルウェー・ロシアの専門家が実施し，米国の専門家がレビューしたものであり，北極圏で産出する鉱物資源（原油，LNG）及び木材のNSR輸送による輸出に関するフィージビリティを確認したものである．

これに続いてINSROPの日本側代表を務めたShip and Ocean Foundation (SOF) (2000年)³⁾は北極海航路の運航に関

する初めての総合的な研究を行っている。NSR上の船舶航行における最大の物理的制約であるサニコフ海峡を通過できる40,000 DWT級の砕氷型バルク・コンテナ船を想定し、横浜～ハンブルグ間の貨物輸送を対象に経済的・技術的なフィージビリティが分析されている。特に、夏季のNSR通航可能期間はNSRを通航し、冬季には従来通りSCRを通航するとした年間の運航スケジュールを想定し、通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送とSCR輸送の輸送費用比較を行っている点がこの研究の特徴である。

さらに数多くの研究が積み重ねられているが^{4)~9)}、これら既存研究成果を概観するとNSR輸送のSCR輸送に対する輸送費用の優位性は必ずしも確認されていない。一方で、近年大きく変化した船価（2008年まで著しい上昇傾向にあったがそれ以降著しく下落している）や燃料油価格（2000年以降ほぼ一貫して著しく上昇している）の実態、さらには、実際のNSR運航実績に基づく現実的なNSR利用料水準などを反映した最新の研究成果^{7)~9)}において、初めてNSR・SCR組合せ輸送のSCR輸送に対する輸送費用の優位性が示されたと言える。

3. 海上輸送費用の構成要素

海上輸送費用の構成要素に関しては、様々な捉え方があるが、オペレータの視点から見た費用構成要素としてSOF (2000年)³⁾によるもの、また船主の視点から見た費用構成要素として日野 (2011年)¹⁰⁾によるものを例として整理し表-1に示す。そして、既存研究におけるこれらの費用構成要素及びその現実的な設定水準を再整理し、第5章の試算を行った。

表-1 海上輸送費用の構成要素（例）

オペレータの視点	船主の視点
資本費	減価償却費
NSR利用料	NSR利用料
NSR Pilot料	NSR Pilot料
Suez 運河利用料	Suez 運河利用料
船員費	船員費
保全費【船用品費、潤滑油費、ドック費、修理・部品費】	保全費【船用品費、潤滑油費、ドック費、修理・部品費】
保険費【船体保険、PI保険】	保険費【船体保険、PI保険】
燃料費	燃料費
港費	港費
—	諸経費・雑費
—	一般管理費
—	支払利息

4. 現実的なNSR輸送シナリオの設定

NSRを利用するコンテナ輸送や完成自動車輸送のシナ

リオ及び競合するSCR等の代替航路を利用するシナリオの設定に当たっては、夏季のNSR通航可能期間はNSRを通航し、冬季には従来通りSCRを通航するとした年間の通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送とSCR輸送の輸送費用を比較するシナリオを設定した。さらに、コンテナ、完成自動車及びLNGについては対象航路区間を通航する潜在輸送需要を把握したうえで、NSR通航可能期間、NSR通航可能船型サイズ、耐氷型船舶建造費用、定格速度、運航速度等を設定した。

また、経済的フィージビリティの評価にあたってはソマリア沖海賊問題やマラッカ海峡などのSCR上のチョークポイントを回避できるメリットや輸送日数を短縮できる速達性のメリットを考慮することも重要である。

ここで、現実的なNSR輸送シナリオを設定するに当たり、コンテナ輸送、完成自動車輸送及びLNG輸送の世界的な需要の動向を概観することにする。

まず、国際コンテナ輸送における主要地域間流動量を見ると、2011年にはアジア～欧州間で往復約2,120万TEUの需要が確認されており、世界の主要コンテナルートであるアジア～欧州航路の代替ルートとしてNSR輸送の潜在需要が十分見込めるルートであることが分かる。ただし、SCRを通航するコンテナ船は航路上に位置する主要ハブ港に立ち寄り、多くのコンテナ貨物を集約して積み卸しすることができるが、NSR上には人口集積も貨物需要もほとんどないことから、シナリオ設定に当たってはそのような貨物集約は見込めないことに留意が必要である。

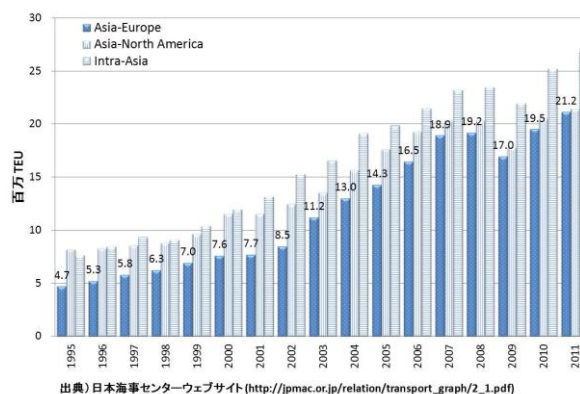


図-1 世界の主要地域間のコンテナ流動量¹¹⁾

次に、世界の主要地域における自動車生産量、販売量¹²⁾を基に、主要地域間の自動車輸出入量を推計したものを表-2に示す。2011年には、日本、韓国、中国から約842万台の輸出、また128万台の輸入があり、一方で、欧州（ドイツ、フランス）からは558万台の輸出があり、279万台の輸入があった。これらから類推すると、東アジア～欧州間には双方向の完成自動車の輸送需要（往復の需要）が相当程度見られ、NSR輸送の潜在需要を見込むこ

とが出来るルートであることが分かる。また、完成自動車は基本的に二地点間輸送であることから、NSR上の人口集積、貨物需要集積がないことはNSR輸送の大きな弱点にはならないと考えられる。

表-2 世界の主要地域における自動車の輸出入量（2011年）

（単位：万台）

主要地域	国	生産	輸出	販売	輸入
アジア大洋州	中国	1,842	81	1,851	90
	韓国	466	315	148	11
	台湾	34	6	29	10
	日本	840	446	421	28
	タイ	146	74	79	7
	インドネシア	84	-	89	-
	インド	394	-	329	-
	豪州	22	-	101	79
	小計	-	922	-	224
北米	米国	867	248	1,280	588
	カナダ	213	195	159	115
	小計	-	443	-	703
中南米	メキシコ	256	214	91	49
	ブラジル	341	54	363	86
	アルゼンチン	83	51	86	-
	小計	-	319	-	135
欧州ロシア	英国	147	-	194	-
	ドイツ	587	452	317	182
	フランス	230	106	220	97
	ロシア	175	-	265	-
	小計	-	558	-	279
中東アフリカ	トルコ	119	79	91	54
	南アフリカ	51	27	55	31
	小計	-	106	-	85

（出典）JETRO「2011年世界主要国の自動車生産・販売動向」¹²⁾を基に著者が推計した。

最後に、2012年における世界の主要地域におけるLNGの産出量及び消費量のシェアを表-3に示す。これを見ると、アジア太平洋及び欧州においてLNGの産出量より消費量の方が上回っており、LNGの輸入が必要な地域であることが分かる。とりわけ、日本においては2011年の東日本大震災以降、原子力発電に頼れない状態が続いており、それを補うエネルギー源としてはLNGに頼らざるを得ず、LNGの調達先を多様化することは極めて重要な国家的課題となっている。

表-3 世界主要地域のLNG産出・消費シェア（2012年）

地域	産出量 (%)	消費量 (%)
North America	25	25
Transition Economies	23	18
Western Asia	16	12
Asia Pacific	15	19
Europe	8	14
Developing Africa	7	8
Africa	6	4

（出典）Review of Maritime Transport 2013 (UNCTAD)¹³⁾

さらに、LNG輸送も典型的な二地点間輸送であることから、NSR上の人口集積、貨物需要集積がないことはNSR輸送の大きな弱点にはならないと考えられる。

4.1 NSR通航可能期間及び運航速度

最近の氷海域の後退状況やNSR運航実績（月別）を考慮するとともに、将来的に通航可能期間が拡大する傾向を踏まえてNSR通航可能日数を最短で105日間から最長で225日間の範囲で設定し、併せて氷海域（ムルマンスク〜ベーリング間）での通航実績を参考に船型ごとに運航速度を表-4のように設定した¹⁴⁾。

表-4 NSR航行可能期間と対象船舶の運航速度

NSR 航行 可能期間	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
運航速度	【氷海域】 コンテナ船／PCC: 12.8 Knot LNG 船: 10.4 Knot			【氷海域】 コンテナ船／PCC: 14.1 Knot LNG 船: 10.4 Knot			【氷海域】 コンテナ船／PCC: 12.8 Knot LNG 船: 10.4 Knot	
	【一般海域】 コンテナ船: 20.0 Knot PCC: 14 Knot LNG 船: 18 Knot							
	105 日間	---	---	---	30	30	30	15
135 日間	---	---	15	30	30	30	30	---
165 日間	---	15	30	30	30	30	30	---
195 日間	---	30	30	30	30	30	30	15
225 日間	15	30	30	30	30	30	30	30

4.2 運航速度と燃料消費率の関係

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) を掛け合わせることで求められる。耐氷型船舶は船体重量が通常船より多少重めであることから、燃料消費率 SFOC を若干割増す必要がある。また、SFOCは船舶のエンジン出力 (KW) に関係なく185 (g/KWh) でほぼ一定であるが、船舶の運航速度の2乗に比例して増減する。したがって、定格速度に比べて相対的に遅い速度で運航すれば、運航速度の低減傾向の2乗に比例して燃料消費率が低減するため、燃料消費低減効果も極めて大きいことが、Omre A. (2012年)⁹⁾によって示されていることは重要な指摘である。輸送費用の重要な構成要素である燃料費算定に当たってはこの特性を十分考慮した。

4.3 耐氷型船舶の船価

NSRを通航するには、NK（日本海事協会）規則のIAと同等以上の耐氷機能を有する船舶を新たに建造する必要がある。そのような新造船には通常船に比べて10%～30%の追加費用が必要であると言われている⁹⁾。本研究ではその追加費用を通常船建造費の10%と設定した。

4.4 NSR通航可能船型サイズ

NSRを通航するには、最大喫水がサニコフ海峡を通航可能な50,000 DWT級の貨物船が上限の目安となる（図-2 参照）が、近年では海水の後退によりサニコフ海峡に隣接するNew Siberian Islandsの北側が航行可能となっており、事実上の喫水制限は無くなっている。



図-2 代表的なNSR航路と物理的制約箇所（サニコフ海峡）

4.5 貨物単位当り輸送費用以外の視点による評価

海運業は、船舶という巨大な装置を用いてどれだけ多くの収益を上げることができるかをめざす装置型産業とも言える。したがって、NSR 輸送では航路距離が短縮され、一定期間内により多くの航海が可能となることから、年間輸送力を評価指標のひとつとすることは事業の財務性の観点から有益である。次いで、NSR 輸送はその通航可能期間は限定されるものの、所要時間は SCR 輸送より大きく短縮されるため、その速達性も重要な評価項目である。さらに、NSR 輸送では燃料消費量を大きく削減することが可能である。燃料油 1 トンを消費すると GHG のひとつである CO₂ は約 3.19 トン発生する¹⁹⁾ことから、輸送した貨物一単位当りの CO₂ 排出量を算出し、その削減効果を評価指標とすることは地球環境保護の観点からも有益である。

5. 海上輸送費用の具体的な試算例

第4章で潜在需要の存在を確認することが出来た東アジア～欧州間のコンテナ輸送、完成自動車輸送及びLNG輸送をケーススタディとして取り上げ、上述の様々な条件を具体的に設定して輸送費用を算出・分析した試算例を紹介する。この分析に当たって、コンテナ輸送と完成自動車輸送については、夏季のNSR通航可能期間はNSRを通航し、冬季には従来通りSCRを通航する年間の運航スケジュールに基づく通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送とSCR輸送の比較を行った。また、代表的な不定期輸送であるLNG輸送については、単純に一回の航海でのNSR輸送とSCR輸送の比較を行った。

5.1 ケーススタディのNSR輸送シナリオ

5.1.1 対象起終点

コンテナ輸送に関しては横浜港とハンブルグ港との往復輸送を、完成自動車輸送に関しても横浜港とブレーマーハーフェン港との往復輸送を、一方でLNG輸送に関してはハンメルフェスト港から横浜港への片道輸送を分析対象の起終点とした。

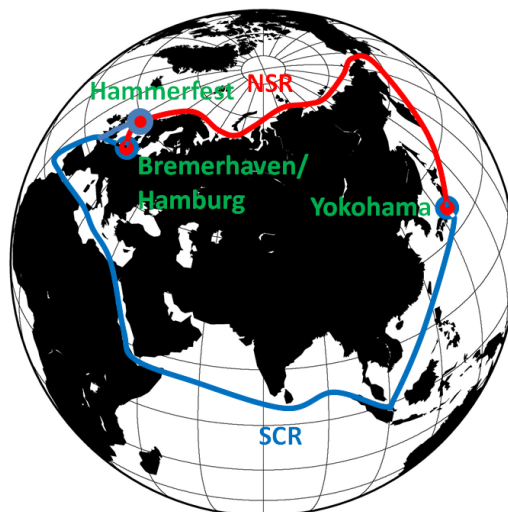


図-3 NSR・SCR組合せ輸送、NSR輸送及びSCR輸送ルート

5.1.2 想定する対象船とその船価

NSR・SCR 組合せ輸送によるコンテナ輸送に対しては耐氷型（IA）の 4,000 TEU 級コンテナ船を、競合代替航路である SCR 輸送には通常型の 4,000 TEU 級、6,000 TEU 級、8,000 TEU 級及び 15,000 TEU 級の大型・超大型コンテナ船を想定した。船型規模別の船価（通常型）は発表されている参考文献^{16)~18)}を参考に表-5 に示すように設定した。また、NSR・SCR 組合せ輸送による完成自動車輸送に関しては耐氷型（IA）の 6,500 CEU 級の自動車専用船（PCC）を、SCR 輸送には通常型の 6,500 CEU 級の PCC を想定した。さらに、NSR 輸送による LNG 輸送に関しては耐氷型（IA）の 150,000 m³ 級の LNG 船を、SCR 輸送には通常型の同サイズの LNG 船を想定した。ただし、LNG 船の船価は同程度のサイズ他船種に比べてかなり高価であることに注意が必要である（表-5 参照）。

表-5 NSR・SCR輸送対象船舶の主要項目

船型サイズ	航路	船員	船長 (m)	船幅 (m)	喫水 (m)	DWT (ton)	定格速度 (Knot)	エンジン出力 (KW)	船価 (百万\$)
コンテナ船 (4,000TEU)	NSR/SCR	25	296	32	13.0	50,000	25.0	40,000	47.0
PCC 船 (6,500CEU)	NSR/SCR	25	200	32	10.3	21,500	20.0	15,500	68.3
LNG 船 (150,000 m ³)	NSR/SCR	46	290	49	11.9	77,000	20.0	27,000	200.0

5.1.3 NSR 通航可能期間及び運航速度

最近の氷海域の後退状況やNSR運航実績（月別）を考慮し、ベースケースとして現実的なNSR通航可能期間を

最短で105日間、最長で225日間と設定した。また氷海域での運航速度は表-2の通りに設定した。

5.1.4 運航速度と燃料消費率の関係

燃料消費率SFOCは、定格速度（25.0 Kn）で運航すれば185（g/KWh）であるが、氷海域における実際の運航速度を考慮して（運航速度／定格速度）の2乗に比例して減じることとして燃料消費量を算定した（表-4参照）。また、耐氷型対象船は通常船に比べて船体重量が若干重めであることからSFOCを10%割増した。

5.2 海上輸送の費用構成要素の設定

また、第3章で提案した9項目の費用構成要素の具体的な水準については以下の通り設定した。

5.2.1 資本費

年利7%の資金を調達して15年間（耐用年数）均等払いで償還すると想定した年間支払額（船舶建造費用の約11%）を資本費と設定した。

5.2.2 NSR利用料

最新のNSR通航実績を踏まえてベースケースを5.0 USD/GTと設定とした。

5.2.3 Ice Pilot料

ムルマンスク～ペーリング間の通航時673 USD/dayと設定した。

5.2.4 スエズ運河利用料

2012年時点のスエズ運河利用料表に準拠した。

5.2.5 船員費及び船員数

（一社）日本船主協会（2012）¹⁹⁾を参考に、コンテナ船及びPCCの船員は23名で年間船員費を約100万USDと設定した。また、LNG船については船員45名で年間船員費を約200万USDと設定した。

5.2.6 保全費

年間保全費は船価の1.095%と設定した。

5.2.7 保険費

年間保険費は船価の0.343%と設定した。

5.2.8 燃料費

過去5年間のシンガポールでの実勢価格（平均値）を参考にベースケースを650 USD/tonに設定した（図-4）。

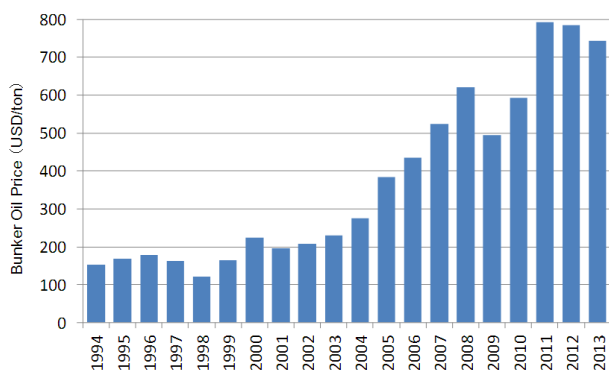


図-4 過去20年間の燃料油価格の推移

5.2.9 港費

入港料、停泊料、綱取料の合計は一回の入港当たり0.428 USD/GT/CallとしたSOF（2000年）³⁾に準じて設定した。なお、NSR輸送における寄港数は一航海当たり2寄港（起終点のみ）、また、SCR輸送におけるコンテナ船については実際の寄港パターンを参考に片道当たり10寄港と設定した。さらに、コンテナ輸送に関しては、起終点の港でのコンテナ及び完成自動車の積卸しに必要な荷役料金をそれぞれ100 USD/TEU及び100 USD/CEUと設定した。

5.3 コンテナ輸送のTEU当り輸送費用の比較

5.3.1 輸送費用の内訳

通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送（ベースケース：NSR通航可能期間105日間）によるコンテナ輸送費用は1,211 USD/TEUと算出された。その内訳構成について見ると燃料費が輸送費用の最も支配的な要素であり55%を占めている。2番目の港費が20%、3番目と4番目が拮抗しており資本費が11%、航路通航料等（NSR利用料等、SCR利用料等、アデン湾非常時チャージ等）が10%となっている（図-5参照）。

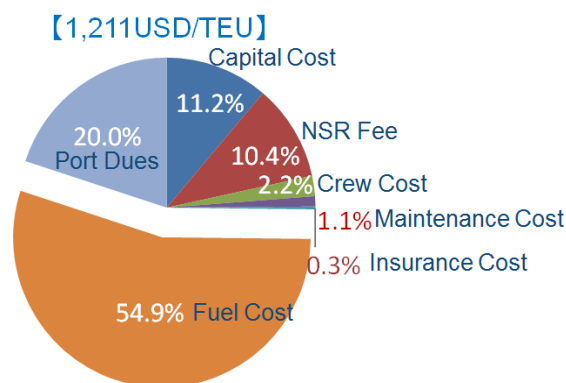


図-5 NSR・SCR組合せ輸送によるコンテナ輸送費用の構成

5.3.2 NSR通航可能日数の影響

NSR・SCR組合せ輸送には4,000 TEU級というスケールメリットをある程度発揮できる耐氷型コンテナ船を想定したことから、NSR通航可能日数を最も短めの105日間に設定した場合であっても、4,000 TEU級（1,355 USD/TEU）、6,000 TEU級（1,320 USD/TEU）及び8,000 TEU級（1,211 USD/TEU）までの大型コンテナ船によるSCR輸送に対して優位性を有することが明らかになった。ただし、15,000 TEU級の超大型コンテナ船によるSCR輸送（944 USD/TEU）と比較すると、NSR・SCR組合せ輸送には優位性が認められなかった。一方で、NSR通航可能日数が105日間より長くなればなるほどNSR・SCR組合せ輸送の輸送費用面での優位性はさらに高まることから、NSR通航可能日数を225日間と仮定すると輸送費用は984 USD/TEUとなり、15,000 TEU級の超大型コンテナ船によ

るSCR輸送の輸送費用（944 USD/TEU）と拮抗する程度の競争力を持つことは特筆すべき結果である。

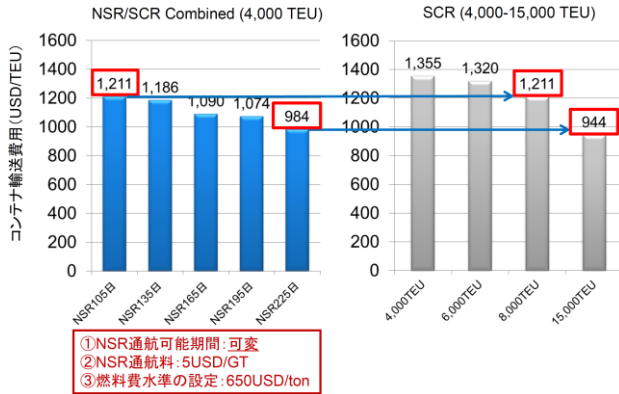


図-6 NSR通航可能日数とコンテナ輸送費用の関係

5.3.3 コンテナの年間輸送量の比較

通常の SCR 輸送では年間航海数（片道ベース）が 12 回であるが、NSR・SCR 組合せ輸送では NSR 通航可能日数が 105 日間の場合には年間 13 回の航海が可能である。この航海数の増加によって、4,000 TEU 級コンテナ船による NSR・SCR 組合せ輸送の場合、年間コンテナ総輸送量を同サイズの SCR 輸送に比べて 108.3%（36,400 TEU/年）まで増やすことができる。さらに、NSR 通航可能日数を 225 日間と仮定すると 125%（42,000 TEU/年）まで増やすことができ、これはコンテナ船運航における船社の収入増に大きく貢献することから財務改善の観点から見ると大変魅力的な数字と言える。

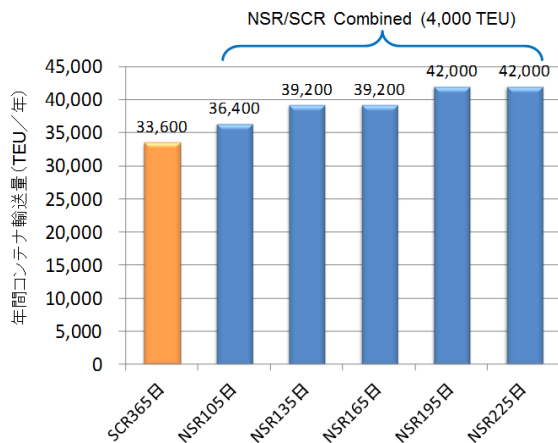


図-7 NSR通航可能日数と年間コンテナ輸送量の関係

5.3.4 輸送所要日数（速達性）の比較

次いで、NSR 輸送はその通航可能期間が限定されるものの、輸送日数は片道 19.3 日間と SCR 輸送（30.4 日間）より約 10 日間（35.4%）短くなることから、その速達性の優位性はかなり高いと考えられる。

5.3.5 TEU 当り CO₂ 排出量の比較

NSR 輸送では、航路距離の短縮（約 40%）に加えて氷海域における運航速度の低下が燃料消費量の削減に貢献するため CO₂ 排出量の削減が期待できる。その結果、NSR SCR 組合せ輸送（ベースケース：NSR 通航可能期

間 105 日間）の場合のコンテナ 1TEU 当り CO₂ 排出量は 1.023 ton/TEU であり、通常型で同サイズのコンテナ船による SCR 輸送（1.182 ton/TEU）に比べて 13.5%の削減効果が認められた。さらに、通航可能期間を 225 日間と仮定すればコンテナ 1TEU 当り CO₂ 排出量は 0.772 ton/TEU となり 34.7%の削減効果が認められる。

5.3.6 耐氷型コンテナ船による商業運航の動向

COSCOグループが運航する19,000トン級の永盛（Yong Sheng）がコンテナを積んで2013年8月8日に大連港を出発し、ベーリング海峡を経由して35日後の9月11日にロッテルダム港に到着したと報告されている²⁰。この運航によって、NSR航路を利用したコンテナの商業輸送の実現可能性が世界的に注目を集めることとなった。



（出典：COSCOウェブサイト²⁰）

図-8 COSCOがコンテナの商業運航を行った永盛（Yong Sheng）

5.4 完成自動車輸送の CEU 当り輸送費用の比較

5.4.1 輸送費用の内訳

通年運航ベースでの NSR・SCR 組合せ輸送（ベースケース：NSR 通航可能期間 105 日間）による完成自動車の輸送費用は 574 USD/CEU と算出された。

その内訳構成について見ると港費が輸送費用の最も支配的な要素であり 36%を占め、次いで燃料費が 31%で 2 番目である。続いて 3 番目と 4 番目が拮抗しており航路通航料等（NSR 利用料等、SCR 利用料等、アデン湾非常時チャージ等）が 16%、資本費が 14%となっている（図-9

参照)。

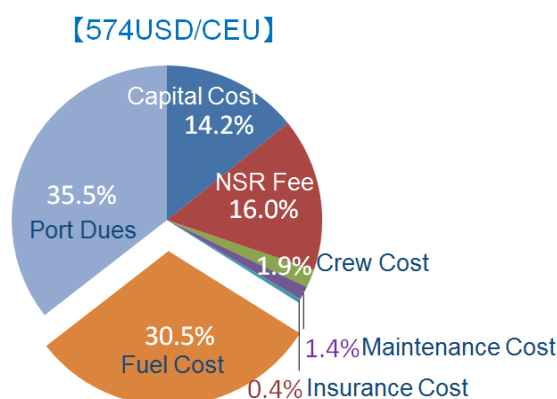


図-9 NSR・SCR組合せ輸送による完成自動車輸送費用の構成
4,000 TEU 積みのコンテナ船の載荷重量トンが 50,000 DWT であるのに対して 65,000 CEU 積みの PCC では 21,500 DWT とかなり軽い船舶であり、エンジン出力もコンテナ船の 40,000 KW に対して自動車専用船は 15,500 KW と小さい出力となっている。その結果、自動車専用船の燃料消費量がコンテナ船に比べて相対的に少量で済んでいると考えられる。

5.4.2 NSR 通航可能日数の影響

NSR・SCR組合せ輸送には6,500 CEU級という相当程度スケールメリットを発揮できる耐氷型PCCを想定したことから、NSR通航可能日数を最も短めに設定した105日間とすると完成車一台当りの輸送費用は574 USD/CEUと算出された。一方で、最長の225日間と仮定すると輸送費用は519USD/CEUとなり、通常型で同サイズのPCC（6,500 CEU級）によるSCR輸送による輸送費用（592 USD/CEU）に比べてそれぞれ3%及び12%経済的であることが明らかになった。

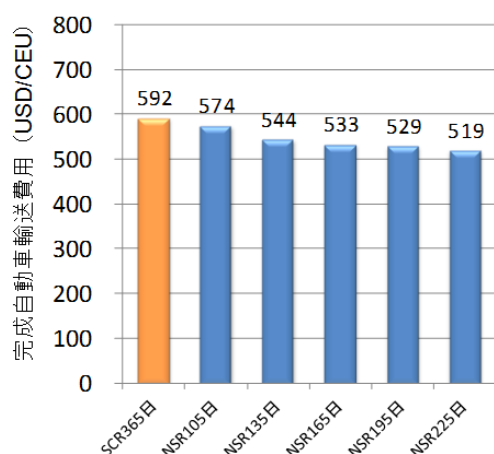


図-10 NSR通航可能日数と完成自動車輸送費用の関係

5.4.3 完成自動車の年間輸送量の比較

通常の SCR 輸送では年間航海数（片道ベース）が 10 回であるが、NSR・SCR 組合せ輸送（ベースケース：

NSR 通航可能期間 105 日間）の場合、年間 11 回の航海が可能である。この航海数の増加によって 6,500 CEU 級 PCC による NSR・SCR 組合せ輸送の場合、完成自動車の年間輸送量を同型サイズの SCR 輸送に比べて 110%（64,350CEU/年）まで増やすことができる。さらに、NSR 通航可能日数が 225 日間と仮定すると 130%（76,050CEU/年）まで増やすことができ、これは PCC 運航における船社の収入増に貢献することから財務改善の観点から見ると大変魅力的な数字と言える。

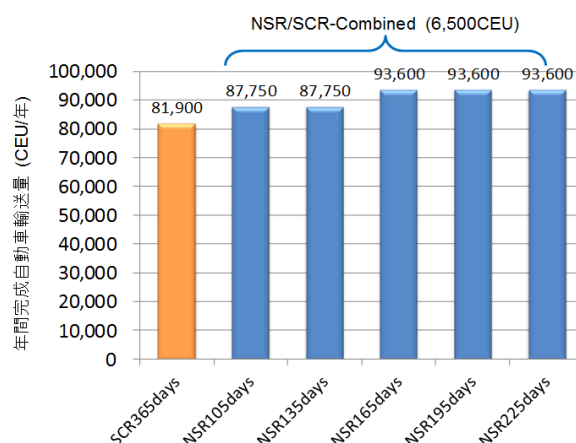


図-11 NSR通航可能日数と年間完成自動車輸送量の関係

5.4.4 輸送所要日数（速達性）の比較

NSR 輸送は、その通航可能期間が限定されるものの、輸送日数は片道 23.8 日間と SCR 輸送（35.5 日間）より約 12 日間（33%）短くなることから、その速達性はコンテナ輸送と同様に優位性はかなり高いと考えられる。

5.4.5 CEU 当り CO₂ 排出量の比較

NSR 輸送では、航路距離の短縮（約 40%）に加えて氷海域における運航速度の低下が燃料消費量の削減に貢献するため CO₂ 排出量の削減が期待できる。その結果、NSR SCR 組合せ輸送（ベースケース：NSR 通航可能期間 105 日間）の場合の完成自動車一台当り CO₂ 排出量は 0.277 ton/CEU と算出され、通常型で同サイズの PCC による SCR 輸送（0.298 ton/CEU）に比べて 7.0% の削減効果が認められた。さらに、NSR 通航可能期間を 225 日間と仮定すれば完成自動車一台当り CO₂ 排出量は 0.219 ton/CEU となり 26.5% の削減効果が認められた。

5.4.6 耐氷型 PCC の建造動向

日本郵船株式会社と Wallenius Lines 社（本社：スウェーデン・ストックホルム）が共同株主である United European Car Carriers 社（UECC、本社：ノルウェー・オスロ）は最高水準の耐氷仕様（1A Super）を持つ自動車専用船（PCC）2 隻の造船契約を川崎重工業株式会社と締結したと報じられた（竣工は2016年後半の予定）²⁰。また、同船はLNGと重油を燃料として使用可能な二元燃料エンジンを採用し、LNG燃料で航行が可能な世界で初めての自動車専用船であり、3,800台の完成自動車の輸送能力

を有している。



(出典：日本郵船株式会社ウェブサイト²⁰⁾)

図-12 UECCが発注した耐氷仕様 (1A Super) を持つPCC

UECC社は、耐氷仕様を持つ本船を今後も成長が期待される北海・バルト海航路に投入する予定と表明しているが、この船舶の完成により耐氷型自動車専用船の北極海航路就航がかなり現実味を帯びてきたと言える。

5.5 LNG 輸送の 1m³ 当り輸送費用の比較

5.5.1 輸送費用の内訳

単独の一航海による NSR 輸送での LNG 輸送費用は 43 USD/m³ と算出された。この輸送費用の内訳について見ると、資本費が輸送費用の最も支配的な要素として 34% を占め、続いて 2 番目と 3 番目が拮抗して燃料費が 29%、航路通航料等 (NSR 利用料等、SCR 利用料等、アデン湾非常時チャージ等) が 27% となっている (図-13 参照)。

同様に単独の一航海による SCR 輸送での LNG 輸送費用は 70 USD/m³ と算出されたことから、NSR 輸送は SCR 輸送に対して 39% 安価であることが明らかになった。しかしながら、LNG 輸送はバルク輸送の特徴である不定期輸送であることから、今回の分析では、通年ベースでの運用ではなく単独の一航海による輸送コスト比較に留めたい。

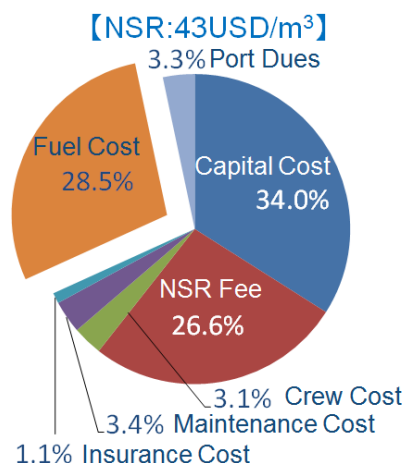


図-13 NSR 輸送による LNG 輸送費用の構成

一方で、LNG の算出場所については北極海域のヤマル LNG、さらには米国メキシコ湾岸のシェールガス由来の LNG などが有望な輸送起点となる可能性が高く、今後のエネルギー需給状況を見極めたうえで改めて輸送シナリオを設定した分析は今後の検討課題としたい。

5.5.2 輸送所要日数 (速達性) の比較

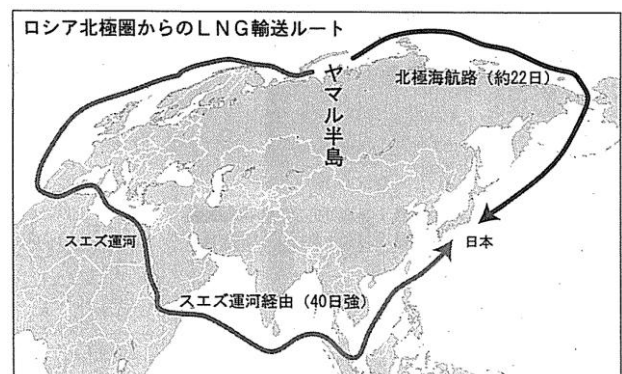
NSR 輸送はその通航可能期間が限定されるものの、輸送日数は片道 18.4 日間と SCR 輸送 (31.1 日間) より約 13 日間 (41%) 短くなることから、その速達性はコンテナ輸送と同様に優位性はかなり高いと考えられる。

5.5.3 LNG 1m³ 当り CO₂ 排出量の比較

NSR 輸送では、航路距離の短縮 (約 40%) に加えて氷海域における運航速度の低下が燃料消費量の削減に貢献するため CO₂ 排出量の削減が期待できる。その結果、NSR 輸送の場合の LNG 1m³ 当り CO₂ 排出量は 0.370 ton/m³ と算出され、通常型の同サイズの LNG 船による SCR 輸送 (0.450 ton/m³) に比べて 18% の削減効果が認められた。

5.5.4 耐氷型 LNG 船の建造動向

ロシアのエネルギー大手ノバテックと仏トタルがロシア北部で開発中のヤマル LNG プロジェクトは大宇造船海洋株式会社に 16 隻の砕氷型 LNG 船を発注する方針を固めたと報じられている²¹⁾。



(出典：日本海事新聞 (2013 年 10 月 15 日) ²²⁾)

図-14 ヤマル LNG プロジェクト位置と NSR 輸送ルート



(出典：World Maritime News Website (Date access: 14/04/2014) ²³⁾)

図-15 ヤマル LNG が建造を予定する砕氷型 LNG 船

ヤマル LNG プロジェクトの採掘場所は図-14 に示すように北極圏中央部に位置しており、年間を通じた輸送サービスを提供するためには砕氷型の LNG 船建造を目論んでいるものと考えられる。

いずれにしても、砕氷型 LNG 船が完成すれば、LNG の NSR 輸送は間違いなく現実味を帯びてくるものと考えら

れる。

6. 結論

本研究では、最新の NSR 運航実績に基づく情報を取り入れつつ、輸送費用をその構成要素に分解し、それぞれの要素について算定根拠の分析・再整理を行った。そして、4,000 TEU 級の耐氷型コンテナ船による横浜港～ハンブルグ港間のコンテナ往復輸送、6,500 CEU 級の耐氷型 PCC による横浜港～ブレーマーハーフェン港間の完成自動車往復輸送、さらに 150,000m³級の耐氷型 LNG 船によるハンメルフェスト港から横浜港までの LNG 片道輸送をケーススタディとして取り上げた。コンテナ輸送及び完成自動車輸送に関しては NSR SCR 組合せ輸送を適用し、また LNG 輸送には単独の NSR 輸送を適用して輸送費用を試算した結果、いずれについても経済的フィージビリティを確認することが出来た。試算結果が示す以下の 3 点は、NSR 輸送の経済的フィージビリティを今後論じる上で重要な示唆を与えてくれる。

(1) コンテナ輸送については、NSR 通航可能日数が現実的な 105 日間と仮定した場合の NSR SCR 組合せ輸送費用 (1,211 USD/TEU) が、4,000 TEU 級、6,000 TEU 級及び 8,000 TEU 級の大型コンテナ船による SCR 輸送費用 (1,355, 1,320, 1,211 USD/TEU) に対して十分な優位性があることが明らかになった。さらに、NSR 通航可能日数が 225 日間であると仮定すると 15,000 TEU 級の超大型コンテナ船による SCR 輸送と拮抗する程度の競争力を持つことは特筆すべき結果である。

(2) 完成自動車輸送については、PCC がコンテナ船に比べて船体重量が軽く、エンジン出力も小さいことから、輸送費用に占める燃料費の割合が小さくなり、NSR SCR 組合せ輸送費用は SCR 輸送に対して 3%から 12% (NSR 通航可能日数：105 日間～225 日間) の範囲で安価であり、一定程度の優位性が認められた。一方、高付加価値貨物の典型である完成自動車にとって、NSR 輸送による輸送日数が片道 23.8 日間と SCR 輸送 (35.5 日間) より約 12 日間 (33%) 短くなる速達性の効果はかなり高いと考えられる。

(3) LNG 輸送については、単独の一航海による NSR 輸送での輸送費用は 43 USD/m³と算出され、SCR 輸送の 70 USD/m³に比べて約 39%安価になるなどかなりの経済的優位性が確認された。

最後に、コンテナ輸送に関しては COSCO が 2013 年に初めて NSR 商業運航を行い、完成自動車輸送については耐氷型の PCC が既に発注され、さらに LNG 船についても既に砕氷型の船が発注されるなど、北極海航路を利用した商業運航の機運が近年一気に高まってきていることだけは確かである。

参考文献

- 1) IAPH Port Planning and Development Committee (PPDC) (2014), Economic Feasibility of Container, Finished Vehicle and LNG Transport by the Arctic Shipping, IAPH Sydney Mid-term Conference.
- 2) Isakov, N. A., et al (1999), The NSR Simulation Study Package 3: Potential Cargo Flow Analysis and Economic Evaluation for the Simulation Study (Russian Part), INSROP Working Paper No. 139.
- 3) Ship and Ocean Foundation (SOF) (2000), The Northern Sea Route - The Shortest sea route linking East Asia and Europe.
- 4) Arpiainen, M. and Killi, R. (2006), Arctic shuttle container link from Alaska US and Europe, AARC K-63, Aker Arctic Technology Inc.
- 5) Verny, J. and Grigentin, C. (2009), Container shipping on the Northern Sea Route, International Journal of Production Economics, No.122, pp. 107-117.
- 6) Liu, M. and Kronbak, J. (2010), The potential economic viability of using the Northern Sea Route (NSR) as an alternative route between Asia and Europe, Journal of Transport Geography, No.18, pp.434-444.
- 7) Schoyen, H. and Brathen, S. (2011), The Northern Sea Route versus the Suez Canal: cases from bulk shipping, Journal of Transport Geography, No.19, pp.977-983.
- 8) Omre A. (2012), An economic transport system of the next generation integrating the northern and southern passage, Master Thesis, Norwegian University of Science and Technology.
- 9) Furuichi, M. and Otsuka N. (2013). Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping, Proceedings of IAME 2013 Conference.
- 10) 日野 満 (2011), 海運業の発達と現状, 愛媛銀行ファイナンス室.
- 11) 日本海事センター Website : Date of access: 31/03/2014, http://www.jpmac.or.jp/relation/transport_graph/2_1.pdf
- 12) JETRO(2012), 2011 年世界主要国の自動車生産・販売動向.
- 13) UNCTAD (2013), Review of Maritime 2013.
- 14) Otsuka, N., et al (2013), Study on feasibility of the Northern Sea Route from recent voyages, International Conferences on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC)'13.
- 15) IMO: Second IMO GHG Study 2009 (2009), p.139.
- 16) UNCTAD (2011), Review of Maritime Transport 2011, p.64.
- 17) 海事プレス社 (2012), 海事プレス (2012 年 12 月 10 日「新造船商況この 1 年／成約一覧(上)」).
- 18) 海事プレス社 (2012), 海事プレス (2012 年 12 月 11 日「新造船商況この 1 年／成約一覧(下)」).
- 19) (一社) 日本船主協会 (2012), 日本海運の現状 (2012 年版), p. 18.

- 20) COSCO Website: Date access: 02/04/2014,
http://www.cosco.com/art/2013/8/8/art_40_40068.html
- 21) 日本郵船株式会社: Date of access: 31/03/2014,
<http://www.nyk.com/release/3131/003222.html>
- 22) 日本海事新聞社, 日本海事新聞 (2013年10月15日「ヤマルLNG 7船社に国際入札打診」)
- 23) World Maritime News Website: Date access: 14/04/2014,
<http://worldmaritimenews.com/archives/107853/abb-secures-equipment-order-for-1st-yamal-lng-tanker/>

(2014. 4. 24 受付)

Economic feasibility of the NSR/SCR-combined shipping between East Asia and Northwest Europe - Container, Finished Vehicle and LNG Transport -

Masahiko FURUICHI and Natsuhiko OTSUKA

Maritime trade between East Asia and Northwest Europe using the Northern Sea Route (NSR) has been increasing recently due to the shorter sailing distance compared to the Suez Canal Route (SCR). As Arctic sea-ice continues to retreat due to global warming, the NSR is now approximately 40% shorter than the SCR for such trade. NSR/SCR-combined shipping, when a vessel transits the NSR during the warmer months and the SCR in the colder months, has already been proposed as a realistic scenario for Arctic shipping in the previous studies.

This study aims at carrying out an economic feasibility analysis by estimating shipping cost of container and finished vehicle transport via NSR/SCR-combined shipping and SCR shipping as well as LNG transport via a simple NSR shipping and SCR shipping. Consequently, An empirical analysis revealed that NSR/SCR-combined shipping of container and finished vehicle as well a simple NSR shipping of LNG transport between East Asia and Northwest Europe can be commercially feasible. Furthermore, reduced transport time, reduction effect of CO₂ emission and the annual shipment capacity of NSR/SCR-combined shipping as well as a simple NSR shipping were also analyzed as well.