

NSR・SCR組合せコンテナ輸送によるQuick Deliveryシナリオの分析

古市 正彦¹・大塚 夏彦²

¹正会員 京都大学経営管理大学院 特定教授 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: furuichi.masahiko@gsm.kyoto-u.ac.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 大都会ビル)

E-mail: otsuka@njpc.co.jp

夏季の北極海航路(NSR)通航可能期間はNSRを通航し、冬季には従来通りスエズ運河航路(SCR)を通航する通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送を、東アジア～北西欧州間のコンテナ定期航路で実現するには、定期航路としての必要諸条件を満たしたうえで、20,000TEU級の超大型コンテナ船によるSCR輸送に対して十分な競争力を持つ必要がある。NSR輸送は、氷海域で航行速度が制限され、また、気象条件によっては一時的に足止めされる可能性があることから、一年間を通じたスケジュール運航、定曜日サービス、固定した寄港地サービスなどが求められるコンテナ定期航路には不向きであると考えられてきた。そこで、一年間を通じて、NSR通航時、SCR通航時ともに7隻の4,000TEU級耐氷型コンテナ船隊をアジア及び欧州でそれぞれ3港に寄港させ、49日間ローテーションのスケジュール運航による速達輸送を可能にするQuick Deliveryシナリオを提案する。そのうえで、NSR実航行記録を基に、気象条件による不確実性の下でも定期航路の必要諸条件を満たせるかどうかを検証し、さらに、超大型コンテナ船によるSCR輸送に対してトランジット日数及び輸送費用の観点で競争力があるかどうか分析した。

Key Words : Shipping Cost Analysis, Northern Sea Route, Container Transport, Quick Delivery

1. はじめに

地球温暖化に伴う北極圏の海氷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(Suez Canal Route: 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(Northern Sea Route: 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～北西欧州間において高まってきている。とりわけ、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。一方で、コンテナ輸送に関しては、2013及び2015年に中国船社の1,118TEU積み耐氷型コンテナ船による試験航海が行われるなどNSRコンテナ輸送の航行上の現実可能性が確認された。

しかしながら、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を通航する通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送を、東アジア～北西欧州間のコンテナ定期航路で実現するには、定期航路としての必要諸条件を満たしたうえで、20,000TEU級の超大型コンテ

ナ船によるSCR輸送に対して十分な競争力を持つ必要がある。東アジア～北西欧州(例えば、横浜港～ハンブルグ港)間のNSR輸送では、航路距離が7,356N.M.となり、SCR輸送の11,490N.M.に比べて36%短いものの、全体の約1/3に相当する2,551N.M.のNSR氷海域区間では航行速度が制限され、また、気象条件によっては一時的に足止めされる可能性があるという弱点を抱えている。このことから、NSRコンテナ輸送は、①一年間を通じたスケジュール運航、②定曜日サービス、③固定した寄港地サービスなどの諸条件が求められるコンテナ定期航路には不向きであると言われている。

そこで、これらの課題に対応する方策として、一年間を通じて、NSR通航時、SCR通航時ともに7隻の4,000TEU級耐氷型コンテナ船隊をアジアで3港(横浜港、釜山港、上海港)、欧州で3港(ハンブルグ港、ロッテルダム港、フェリックストゥ港)にそれぞれ寄港させ、49日間のローテーションのスケジュールによる速達輸送を可能とするQuick Deliveryシナリオを提案する。このシナリオは、定期航路としての必要諸条件を満たしたうえで、大型化の進行に伴いローテーション日数が長期化し

で84日間に及ぶようになったSCRコンテナ輸送に対してトランジット日数の観点で十分な競争力を有するものである。そのうえで、NSR実航行記録を基に、気象条件等による不確実性の下でも定期航路の必要諸条件を満たせるかどうかを検証し、さらに、超大型コンテナ船によるSCR輸送に対して輸送費用の観点でも競争力があるかどうか分析するものである。

2. 既存研究と本研究の関係

NSRコンテナ輸送の商業的フィージビリティに関しては数多くの既存研究が積み重ねられてきているが¹⁻¹⁰、これらの中のいくつかの研究は、アジア～欧州間のコンテナ定期航路に関する潜在的なシナリオ(具体的な運航スケジュール)を提案することに焦点を当てている^{2,3,6,9}。他方で、それ以外の研究は、通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送に焦点を当てているが^{4,5,7,8,10}、このNSR・SCR組合せ輸送では、寄港地やローテーション日数がNSR運航とSCR運航において異なるため、定期航路としての必要諸条件を満たしているとは言えないとい

う課題を抱えている。

この定期航路が満たすべき必要諸条件については、一般的なコンテナ航路にとっても主要課題として捉えられており、海上区間の航行時間や港湾での荷役に要する停留時間の不確実性を考慮した分析が行われている^{11,12}。

本研究は、このような従来の研究成果を基礎としつつ、Quick Deliveryシナリオを提案するとともに、その実現可能性を分析、確認するものである。

3. コンテナ船大型化に伴うローテーション日数の長期化

20,000TEU級の超大型コンテナ船によるSCR輸送においては、その積載能力がフルに活用された時に規模の経済効果が最大限に発揮される。例えば、満載の18,000TEU級コンテナ船(すなわち消席率100%)によるTEU当り輸送費用は、航路距離や燃料油価格などの諸条件によって異なるが、一定の条件下での試算によると、満載の14,000TEU級コンテナ船(消席率100%)による輸送費用より約9%安価になると試算されている¹³。しか

表-1 東アジア～北西欧州間コンテナ定期航路(例)の変遷

Loop Service (Shipping Lines)	Average Capacity (TEU)	Europe								Asia								Port calls	Rotation time (days)	Transit time (days)	Ships in a fleet							
		Mediteranean / Mid. East	Rotterdam	Hamburg	Le Havre	Southampton	Le Havre	0	0	0	0	Singapore	Yantian	Hong Kong	Tokyo	Shimizu	Nagoya					Kobe	0	0	0	0		
CEX in 2003 (COSCO/K-Line/Yang Ming)	5,370																					12	56	28	8			
JEX in 2008 (APL/Hyundai/MOL)	6,367																						13	63	31.5	9		
Silk Express Service in 2003 (MSC)	6,741																							15	70	35	10	
NE6 in 2015 (COSCO/Evergreen/Hanjin/K-Line/Yang Ming)	12,540																							14	77	38.5	11	
AE2 in 2015 (Maersk)	17,368																								19	84	42	12

しながら、14,000TEU級コンテナ船を満載にする需要規模に相当する14,000TEUのコンテナしか積載していない18,000TEU級コンテナ船（消席率78%）によるTEU当り輸送費用は、満載の14,000TEU級コンテナ船（消席率100%）による輸送費用より逆に約15%高価になると試算されている¹⁹。この試算結果は、十分なコンテナ需要規模が期待できない中で18,000TEU級コンテナ船を80%程度の消席率で運航した場合には、需要規模に見合った14,000TEU級コンテナ船を満載（消席率100%）で運航する場合より逆にコスト高になることを示している。

超大型コンテナ船は、需要が十分見込める少数のハブ港湾のみに寄港すると考えられがちであるが、実際には、できる限り多くの需要を取り込むためローテーション内で寄港する港湾数を徐々に増加させてきているのが実態である。

その結果、超大型コンテナ船による東アジア～北西欧州間サービスは、満載で運航できれば、規模の経済効果を楽しむ一方で、そのローテーション日数は長期化し、サービスに投入されるコンテナ船隊の隻数も増加してきている。例えば、2015年におけるMaersk社の極東～欧州サービスAE2は、12隻の17,368TEU積載可能な超大型コンテナ船を投入し、ローテーション日数84日間で運航し、1回のローテーションで19港に寄港するものであった（表-1）。

このようにコンテナ船の大型化に伴って長期化してきたローテーション日数に比例してコンテナの発地港湾から着地港湾までのトランジット日数が長期化したのは、コンテナ船の大型化による規模の経済の副産物であり、コンテナ輸送のサービス水準が低下したものと考えられる。具体的には、10年前に28日間であった東アジア～北西欧州間のトランジット日数が、現在では42日間へと50%長期化したことにより、その輸送サービス水準は高付加価値貨物や時間に敏感な貨物にとっては著しく低下したと考えられる。

4. NSR・SCR組合せコンテナ輸送のシンプルシナリオの分析

著者らによるこれまでの研究では、東アジア～北西欧州間のNSR・SCR組合せコンテナ輸送に関するシンプルシナリオを設定して、その経済的フィージビリティの分析を行ってきた^{8, 10}。ここでは、既存研究で採用したシンプルシナリオの諸条件を示すとともに、その分析結果の概要を要約して示す。

4.1 NSR・SCR組合せコンテナ輸送のシンプルシナリオ

(1) 投入するコンテナ船型

NSR・SCR組合せコンテナ輸送に投入するコンテナ船としては、NSR上で最大の物理的制であるSannikov海峡（水深13m）を通航できるいわゆるPanamaxサイズで一定程度の規模の経済効果が期待できる4,000TEU級耐氷型（IA）コンテナ船を想定した。

(2) 通年運航パターン

シンプルシナリオでは、横浜港及びハンブルグ港を起終点港として、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を通航する通年運航を想定した。

(3) ローテーション内での寄港数

シンプルシナリオでは、夏季のNSR通航時は、横浜港とハンブルグ港の間を往復する2港間シャトル運航を想定した。一方で、冬季のSCR通航時は、東アジア側で5港、北西欧州側で5港に寄港するローテーション運航（合計10港寄港）を想定した。このため、このシンプルシナリオでは、1回のローテーションでの寄港地数は、夏季の2港と冬季の10港が異なることとなり、定期航路としての必要条件（固定した寄港地サービス）を満たせない結果となった。

(4) NSR航行時の航行速度

氷海域では一般海域に比べて航行速度が遅くならざるを得ないことから、NSR氷海域区間における平均速度を

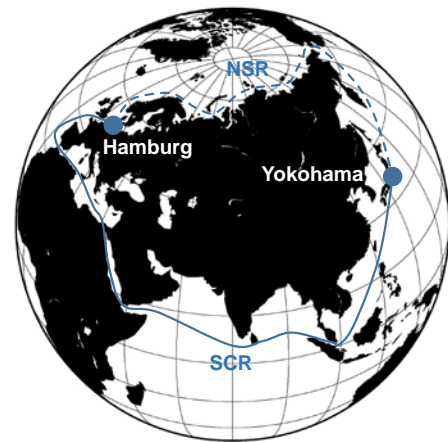


図-1 NSR・SCR組合せコンテナ輸送のシンプルシナリオ

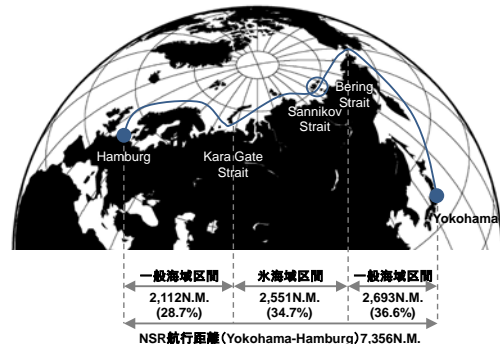


図-2 NSR氷海域区間とNSR一般海域区間の範囲と起終点港

過去のNSR実航行記録を参考に設定した(図-1, 図-2)。具体的には、2011~2012年の限られた航行記録を参考にNSR通航期間(105~225日間)の範囲で30日間刻みで設定し、春季(5月~7月)は12.8Kn, 夏季(8月~10月)は14.1Kn, さらに秋季(11月~12月)は12.8Knと設定した(表-2)。

表-2 NSR実航行記録に基づくNSR氷海域区間の平均速度

NSR 通航可能期間(日)	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均速度	氷海域 12.8Kn			氷海域 14.1Kn			氷海域 12.8Kn	
	一般海域 20.0Kn							
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

(5) ローテーション日数と船隊規模

シンプルシナリオでは、夏季のNSR通航において、平均速度をNSR一般海域区間で20Kn, NSR氷海域区間で12.8~14.1Knと設定したところ、ローテーション日数は38.6日間と算出され、少なくとも6隻の船隊が必要とされた。一方で、冬季のSCR通航では、SCR(一般海域)の平均速度を20Knと設定したところ、ローテーション日数は50.6日間と算出され、少なくとも8隻の船隊が必要とされた。その結果、安定的なウィークリーサービスの通年運航を確保するためには少なくとも8隻の4,000TEU級耐氷型コンテナ船隊が必要であり、夏季にはそのうちの2隻が余剰となる。さらに、東アジア~北西欧州間のトランジット日数は夏季19.3日間、冬季25.3日間と異なる日数となり、定期航路としての必要条件(年間を通じたスケジュール運航)を満たせていない。

(6) 船舶燃料油価格

船舶燃料油価格は過去10年間で大きく変動してきたが、2010年~2014年までの5年間の平均である650USD/tonと設定した。ただし、2015年以降、原油価格の急落に呼応して船舶燃料油価格も300USD/ton以下に急落したことに留意しておく必要がある。

4.2 NSR・SCR組合せコンテナ輸送のシンプルシナリオの実証分析

(1) 輸送費用(4,000TEU級耐氷型コンテナ船によるNSR・SCR組合せ輸送)

一年間を通じて運航すると想定した輸送費用の平均値として算定された横浜港~ハンブルグ港間の輸送費用は、NSR航行可能期間を105日間と設定すると1,211USD/TEU, 225日間と設定すると984USD/TEUと算出された。当然の

ことであるが、NSR通航可能期間が長くなるほど航路距離が短いという特性が反映されて燃料消費量が節減できるため、輸送費用は低下する(図-3)。

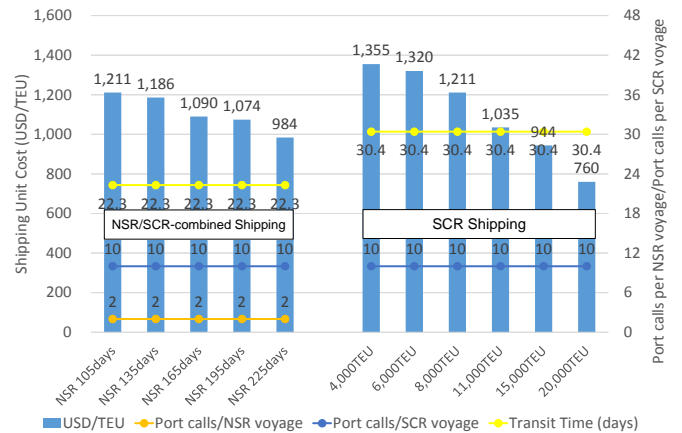


図-3 輸送費用, 寄港数, トランジット日数(NSR・SCR組合せコンテナ輸送のシンプルシナリオの場合)

(2) 輸送費用(4,000~20,000TEU級コンテナ船によるSCR輸送)

SCR輸送に就航するコンテナ船のサイズを4,000TEU, 6,000TEU, 8,000TEU, 11,000TEU, 15,000TEU, 20,000TEUと設定した場合の輸送費用は、それぞれ1,355USD/TEU, 1,320USD/TEU, 1,211USD/TEU, 1,035USD/TEU, 944USD/TEU, 760USD/TEUと算出された(図-3)。

(3) 輸送費用比較(NSR・SCR組合せコンテナ輸送 vs. SCRコンテナ輸送)

この算出結果は、4,000TEU級耐氷型コンテナ船によるNSR・SCR組合せ輸送は、NSR通航可能期間が105日間の場合(1,211USD/TEU)には、4,000TEU~8,000TEU級のコンテナ船によるSCR輸送(1,355~1,211USD/TEU)に匹敵するかそれ以上の価格競争力を有し、NSR通航可能期間が225日間の場合(984USD/TEU)には、11,000TEU~15,000TEU級のコンテナ船によるSCR輸送(1,035~944USD/TEU)に匹敵する価格競争力を有することを示している。

しかしながら、20,000TEU級の超大型コンテナ船によるSCR輸送費用(760USD/TEU)は4,000TEU級耐氷型コンテナ船によるNSR・SCR組合せ輸送費用(984~1,211USD/TEU)を凌駕していることも併せて示している。このシンプルシナリオでは、横浜港~ハンブルグ港間のトランジット日数(SCR輸送)をコンテナ船のサイズに依らず30.4日間と設定しているが、近年のコンテナ船超大型化に伴って実際のトランジット日数は42日間まで伸びていることは前述したとおりであり、トランジット日数に関しては実態に即したより詳細な分析が必要である。

5. NSR・SCR 組合せコンテナ輸送の Quick Deliveryシナリオの分析

ここでは、著者らが既存研究で提案したシンプルシナリオを発展的に展開することにより、東アジア～北西欧州間の4,000TEU級耐氷型コンテナ船によるNSR・SCR組合せ輸送として、定期航路の必要諸条件（①年間を通じたスケジュール運航、②定曜日サービス、③固定した寄港地サービスなど）を満たすことのできるQuick Deliveryシナリオを提案する。このQuick Deliveryシナリオは、NSR通航、SCR通航ともに同じローテーション日数になるよう調整するため、トランジット日数は長期化するものの、規模の経済効果によって安価な費用で輸送サービスを提供する20,000TEU級の超大型コンテナ船に対抗して、速達輸送サービスをリーズナブルな費用で提供するものである。

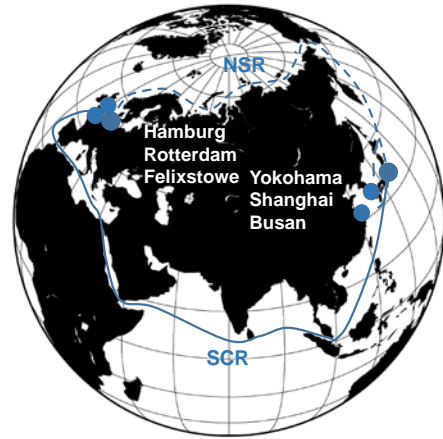


図-4 NSR・SCR 組合せコンテナ輸送の Quick Delivery シナリオ

には従来通りSCRを通航する通年運航を想定する（図-4）。

(3) ローテーション日数、平均航行速度、船隊規模

Quick Deliveryシナリオでは、夏季のNSR通航、冬季のSCR通航のいずれでも同じローテーション日数を達成することが最も重要である。したがって、航路距離の長いSCR（一般海域）での平均速度をコンテナ船の定格速度（最高速度25Kn）の範囲内で最も短いローテーション日数を探すこととする。そのうえで、シンプルシナリオで設定したNSR氷海域区間の平均速度（12.8～14.1Kn）に対してNSR一般海域区間での平均速度を定格速度（最高速度25Kn）の範囲内で調整することにより、夏季、冬季ともに同じローテーション日数を達成できる平均速度を探すこととする。

冬季のSCR航行においては、各港での停泊時間（荷役時間を含む）を18時間と設定し、ローテーション日数42日間となるようなSCR（一般海域）の平均速度を求めると26.4Knと算出されたが、これは定格速度（最高速度25Kn）を超えているため、実現不可能であることが明らかとなった。そこで、ローテーション日数が49日間と

5.1 NSR・SCR 組合せコンテナ輸送の Quick Delivery シナリオ

(1) 投入するコンテナ船型

Quick Deliveryシナリオでは、前述のシンプルシナリオと同様に、NSR上で最大の物理的制であるSannikov海峡（水深13m）を通航できるいわゆるPanamaxサイズで一定程度の規模の経済効果が期待できる4,000TEU級耐氷型（IA）コンテナ船を想定する。

(2) 通年運航パターン

Quick Deliveryシナリオでは、東アジア、北西欧州の両地域で十分なコンテナ需要を集約することができる寄港地として、東アジアの横浜港、上海港、釜山港の3港及び北西欧州のハンブルグ港、ロッテルダム港、フェリックストゥ港の3港に寄港するローテーション運航とするものの、夏季のNSR通航可能期間はNSRを通航し、冬季

表-3 Quick DeliveryシナリオにおけるNSR航行可能期間ごとのローテーション日数、平均航行速度

Loop Service	NRS service preiod	Europe			Med.		Asia						Ports of Call	NSR Classification	Loop Distance (N.M.)	Average Sailing Speed (Kn)	Rotationin Time (days)	Ships in a Fleet	
		Aarhus	Gothenburg	Hamburg	Rotterdam	Antwerp	Felixtowe	Le Havre	Algeciras	Port Said	Tanjung Pelepas	Singapore							Shekou
NSR+SCR (4,000TEU)	105 days																		
	135 days																		
	165 days																		
	195 days																		
	225 days																		
	Rest of NSR service period																		

Remark) Dwelling time at each port is assumed at 0.75day (18hours).

なるようなSCR（一般海域）の平均速度は22.3Knと算出され、実現可能な範囲（25Kn以内）であることが確認されたことから、Quick Deliveryシナリオの船隊構成は7隻とし、ローテーション日数は49日間とする。

次に、SCRに比べて航路距離の短いNSRでは、49日間のローテーション達成には十分な余裕が見込まれるため、シンプルシナリオで設定した平均速度の範囲（12.8～14.1Kn）で最も遅い12.8Knと設定して、ローテーション日数49日間を実現できるNSR一般海域区間の平均速度を求めたところ18.2Knと算出された（表-3）。

この結果、表-3に示すような運航パターンを適用すると、7隻の4,000TEU級耐氷型コンテナ船隊を構成し、各港での18時間の停泊時間で、横浜港、上海港、釜山港、ハンブルグ港、ロッテルダム港、フェリックストゥ港の6港に寄港する49日間ローテーション運航は、夏季のNSR通航、冬季のSCR通航のいずれでも成立することが明らかになった。

5.2 SCR コンテナ輸送における現実的なシナリオ

著者らによるこれまでの研究では、SCRコンテナ輸送のシナリオとしてローテーション日数、平均航行速度、船隊規模などの分析が十分ではなかった。そこで、SCRコンテナ輸送の現実的なシナリオを最近の実態に即して設定し直すこととする。

(1) 投入するコンテナ船型

SCR輸送に就航するコンテナ船のサイズは、4,000TEU, 6,000TEU, 8,000TEU, 11,000TEU, 15,000TEU, 20,000TEUと設定する。

(2) ローテーション日数、平均航行速度、船隊規模

シンプルシナリオにおいては、横浜港～ハンブルグ港間のローテーション日数を60.8日間（トランジット日

数30.4日間）でコンテナ船のサイズに依らず一定と設定したが、コンテナ船の大型化に伴って実際のローテーション日数は84日間にまで長期化してきている。

そこで、コンテナ船の各港での停泊時間（荷役時間を含む）を18時間（4,000～8,000TEU）、36時間（11,000～20,000TEU）と船のサイズに応じて設定し、また、寄港数を10港から18港まで増加させてローテーション日数（54～84日間）、平均速度（18.52～21.47Kn）、船隊規模（8～12隻）を実態に即して設定し直した（表-4）。

5.3 NSR・SCR 組合せコンテナ輸送の Quick Delivery シナリオのフィージビリティ

(1) 輸送費用（4,000TEU級耐氷型コンテナ船によるNSR・SCR組合せ輸送）

一年間を通じて運航すると想定した輸送費用の平均値として算定された横浜港～ハンブルグ港間の輸送費用は、NSR航行可能期間を105日間と設定すると1,171USD/TEU, 225日間と設定すると1,057USD/TEUであった。当然のことであるが、NSR通航可能期間が長くなるほど航路距離が短い特性が反映されて燃料消費量が節減できるため、輸送費用は低下するが、ローテーション日数をシンプルシナリオ（平均速度20Knで50.6日間）より短い49日間としたため、冬季のSCR（一般海域）航行時の平均速度が22.3Knとシンプルシナリオに比べて高速になった分だけ船舶燃料の消費量が増え、輸送費用低減の度合いが小さくなっている。

(2) 輸送費用（4,000～20,000TEU級コンテナ船によるSCR輸送）

SCR輸送に就航するコンテナ船のサイズを、4,000TEU, 6,000TEU, 8,000TEU, 11,000TEU, 15,000TEU, 20,000TEUと設定した場合の輸送費用は、それぞれ1,257USD/TEU,

表-4 SCR コンテナ輸送の現実的なシナリオにおける寄港数、ローテーション日数、平均航行速度、船隊規模

Loop Service	Ship-size	Europe						Med.	Asia						Ports of Call	Loop Distance (N.M.)	Average Sailing Speed (Kn)	Rotation Time (days)	Ships in a Fleet					
		Aarhus	Gothenburg	Hamburg	Rotterdam	Antwerp	Felixtowe	Le Havre	Algeiras	Port Said	Tanjung Pelepas	Singapore	Shekou	Hong Kong						Ningbo	Shanghai	Busan	Kobe	Yokohama
SCR	4,000TEU			○	○		○				○		○	○	○	○	○	○	○	10	24,002	20.6	56.0	8
SCR	6,000TEU			○	○		○			○		○		○	○	○	○	○	○	12	24,219	21.5	56.0	8
SCR	8,000TEU			○	○		○			○		○		○	○	○	○	○	○	13	24,354	19.0	63.0	9
SCR	11,000TEU			○	○		○			○		○		○	○	○	○	○	○	15	24,499	21.5	70.0	10
SCR	15,000TEU			○	○		○			○		○		○	○	○	○	○	○	17	25,094	20.3	77.0	11
SCR	20,000TEU			○	○		○			○		○		○	○	○	○	○	○	18	25,344	18.5	84.0	12

Remark) Dwelling time at each port is assumed 0.75day (18hours) for 4,000-8,000TEUs and 1.5day (36hours) for 11,000-20,000TEUs .

1,243USD/TEU , 1,167USD/TEU , 1,056USD/TEU , 1,003USD/TEU, 836USD/TEUと算出された。

(3) 輸送費用比較 (NSR・SCR組合せ輸送 vs. SCR輸送)

この算出結果は、Quick DeliveryシナリオによるNSR・SCR組合せコンテナ輸送は、NSR通航可能期間105日間の場合 (1,171USD/TEU) には、4,000TEU~8,000TEU級のコンテナ船によるSCR輸送 (1,257~1,167USD/TEU) に匹敵するかそれ以上の価格競争力を有し、NSR通航可能期間225日間の場合 (1,057USD/TEU) には、11,000TEU級のコンテナ船によるSCR輸送 (1,056USD/TEU) に匹敵する価格競争力を有していることを示している (図-5)。

しかしながら、15,000~20,000TEU級のコンテナ船によるSCR輸送 (836~1,003USD/TEU) の価格競争力は、Quick Deliveryシナリオ (1,057~1,171USD/TEU) を凌駕していることも併せて示している。ただし、15,000~20,000TEU級のコンテナ船によるSCR輸送のトランジット日数は38.5~42日間となっており、Quick Deliveryシナリオのトランジット日数の24.5日間より14~17.5日間余分な日数を要しており、速達性の観点では大きく劣っていることに留意する必要がある。

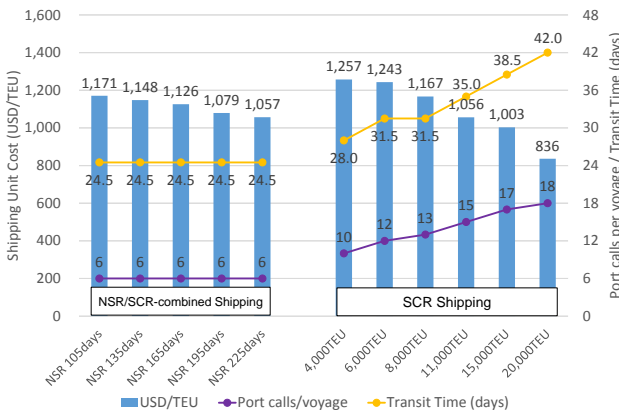


図-5 TEU当り輸送費用，寄港数，トランジット日数 (NSR・SCR組合せコンテナ輸送のQuick Deliveryシナリオの場合)

6. 高付加価値あるいは時間に敏感な貨物の潜在需要

前節では、東アジア~北西欧州間のNSR・SCR組合せコンテナ輸送におけるQuick Deliveryシナリオとして、7隻の船隊による49日間のローテーションで、東アジアの横浜港、上海港、釜山港の3港及び北西欧州のハンブルグ港、ロッテルダム港、フェリックストゥ港の3港に寄港するスケジュール運航を提案した。このQuick Deliveryシナリオは、定期航路の必要諸条件 (①年間を通じたスケジュール運航, ②定曜日サービス, ③固定した寄港地

サービスなど) を満たすとともに、東アジア~北西欧州間のトランジット日数24.5日間という速達輸送を実現したことで、高付加価値貨物や時間に敏感な貨物というニッチなマーケットを対象に魅力的なサービスをリーズナブルな費用で提供するものであるが、ここでは、Quick Deliveryシナリオの供給量と潜在需要の関係について概観する。

6.1 NSR・SCR組合せコンテナ輸送のQuick Deliveryサービスの潜在需要

(1) 東アジア~北西欧州間のコンテナ貨物流動 (2014年)

日本海事センターがContainer Trade Statistics (CTS) の統計を基に、2014年のアジア~欧州間のコンテナ貨物流動量は2,235万TEU (西航: 695万TEU, 東航: 1,540万TEU) であったと報告している¹⁴⁾。Quick Deliveryサービスの対象となるコンテナ貨物流動の発着地域としてはNSR通航による航路距離短縮効果が大きい東アジア (日本, 韓国, 中国の渤海湾 (大連港, 天津港, 青島港など) 地域) 及び北西欧州 (英国, 仏国, 蘭国, 独国) に絞り込む必要がある。文献¹⁴⁾で詳細な国別の発着地が明らかになっている西航のコンテナ貨物流動量 (表-5) を基に、発着国別シェアが東航, 西航ともに同じであると仮定すると、2014年の東アジア~北西欧州間のコンテナ貨物流動量は、226万TEU (西航: 156万TEU (=1,540万*24.3%*41.6%) , 東航: 70万TEU (=695万*24.3%*41.6%)) であったと推計される。

表-5 西航コンテナ貨物流動量の発着地国別シェア (2014年)

Origin	Thailand	Vietnam	Other ASEAN	China		Korea	Japan	Total
				Others	Bohai Bay			
1000TEU	560	642	1,801	8,662	2,035	1,141	559	15,400
(%)	(3.6)	(4.2)	(11.7)	(56.2)	(13.2)	(7.4)	(3.6)	(100)
					(24.3)			

Destination	U.K.	France	N.L.	Germany	Other Europe	Total
1000TEU	196.8	96.0	153.9	193.9	899.4	15,400
(%)	(12.8)	(6.2)	(10.0)	(12.6)	(58.4)	(100)
	(41.6)					

(2) 東アジア~北西欧州間で想定される最大消席率

前述したように、2014年のアジア~欧州間のコンテナ貨物流動量は、アジアから欧州への西航輸送 (1,540万TEU) が卓越しており、欧州からアジアへの東航輸送 (695万TEU) の約2.2倍であった。このため、通常のアジア~欧州航路に就航するコンテナ船の消席率は、西航サービスの需要をちょうど満たすだけの供給力を用意した (消席率100%) として、帰りの東航サービスでは695万TEUの貨物を積載すると仮定すると東航サービスの消席率は最大で45% (=695万TEU/1,540万TEU) と想定さ

れる。したがって、Quick Deliveryサービスの消席率は、往復平均で最大でも72.5% (= (100%+45%) / 2) 程度と想定される。

6.2 NSR・SCR組合せコンテナ輸送のQuick Deliveryサービスの需要ターゲット

(1) Quick Deliveryサービスの年間輸送能力

Quick Deliveryサービスは、7隻の4,000TEU級耐氷型コンテナ船隊による49日間ローテーションで、東アジア3港、北西欧州3港に寄港するウィークリーサービスであるため、東アジア～北西欧州間の年間輸送能力は、416,000TEU/年 (=4,000TEU/週/年*52週*2【往路・復路】) と算出される。

(2) 最大消席率を考慮したQuick Deliveryサービスの年間輸送能力 (期待値)

アジア～欧州間のコンテナ貨物流動は、アジアから欧州への西航輸送が東航輸送よりはるかに卓越しているため、Quick Deliveryサービスの消席率を往復平均で70%と想定すると、Quick Deliveryサービスの年間輸送能力 (期待値) は、291,200TEU/年 (=416,000TEU/年*70%) 程度と考えられる。この輸送能力は、前述の東アジア～北西欧州間のコンテナ貨物流動量 (226万TEU/年) の12.9%に相当する。

(3) Quick Deliveryサービスの需要ターゲット

Quick Deliveryサービスは、東アジア～北西欧州間のトランジット日数24.5日間という速達輸送であることから、東アジア～北西欧州間のコンテナ貨物流動量 (226万TEU/年【2014年】) に含まれる一定程度の高付加価値貨物や時間に敏感な貨物に利用されることが期待される。一方で、Quick Deliveryサービスが、対象区間の潜在需要 (226万TEU/年) のどの程度を利用転換させることができるかについては、同区間のコンテナ貨物に含まれる高付加価値貨物の割合、それらの貨物の時間価値を考慮した推計が必要であるが、大変難しい課題でもあることから今後の研究に期待したい。

7. 氷海域における不確実性下でのスケジュール運航

東アジア～北西欧州間のNSR・SCR組合せコンテナ輸送では、NSR氷海域区間における荒天、海氷、低い視程、極夜現象、氷結現象などの理由で一時的に足止めされたり、低速航行を余儀なくされる可能性がある。このため、本研究で提案したQuick Deliveryシナリオは、一年間を通じたスケジュール運航、定曜日サービス、固定した寄港地サービスなどが求められるコンテナの定期航路には不向きであるとも考えられるものの、これらの条件を現実

的に満たすことが可能かどうか検討することとする。

7.1 Quick Deliveryシナリオのスケジュール運航を維持する方法

横浜港～ハンブルグ港間のNSR航路距離は 7,356N.M.であるが、その35%に相当する2,551N.M.のNSR氷海域区間では航行速度が制限されるものの、それ以外の65%に相当するNSR一般海域区間 (4,805N.M.) では20Kn (平均速度) ～25Kn (最大速度) での航行が可能である。したがって、仮にNSR氷海域区間で一定期間に渡って足止めされても、NSR一般海域区間を最大25Knまでの高速で航行することによって、49日間ローテーションのスケジュール運航を維持することは十分可能である。

(1) スケジュール運航を維持できるNSR氷海域区間の最低平均速度

シンプルシナリオで想定したNSR氷海域区間の平均速度 (12.8～14.1Kn) の最も遅い12.8Knを前提とし、NSR一般海域区間を平均速度18.2Knで航行すれば、49日間ローテーションのスケジュール運航を維持できる。しかしながら、NSR氷海域区間では前述したように様々な理由によってもっと遅い速度での航行を余儀なくされる可能性があるため、NSR氷海域区間の平均速度を8～15Knの範囲で変化させて、その速度に応じて49日間ローテーション運航を維持できるNSR一般海域区間での平均速度を算出したところ、NSR氷海域区間での平均速度9Knを最低限達成できれば、NSR一般海域区間を平均速度24.3Kn (コンテナ船の最大速度25Kn以内) で航行することで49日間ローテーション運航の維持が可能であることが明らかになった (図-6)。

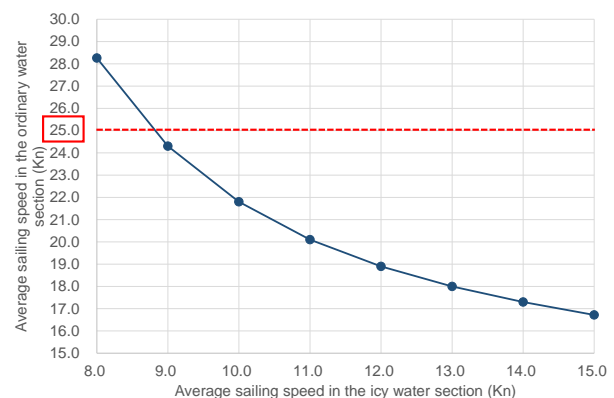


図-6 NSR通航においてスケジュール運航を維持できるNSR氷海域区間の平均速度とNSR一般海域区間の平均速度の関係

(2) スケジュール運航を維持できるNSR氷海域区間での最大足止め時間

さらに、NSR氷海域区間では様々な理由によって一定期間の足止めを余儀なくされる可能性がある。このため、

前述のようにNSR氷海域区間での様々な平均速度（9～13Kn）に対してNSR一般海域区間をコンテナ船の最大速度25Knで航行するものと仮定して、氷海域内にどの程度の時間であれば足止めされても49日間ローテーション運航を維持できるか検討した（図-7）。算定結果によると、NSR氷海域区間での平均速度が9、10、11、12、13Knであった場合、NSR一般海域区間を25Knで航行することにより、氷海域での足止め時間がそれぞれ、20、72、120、150、180時間であっても49日間ローテーション運航を維持できることが明らかになった。

7.2 最近のNSR実航行記録に基づくNSR氷海域区間の平均速度

シンプルシナリオでは、NSR氷海域区間の平均速度を12.8～14.1Knと想定したが、ロシア北極海航路局及びAIS記録（Ship Finder）による2011～2015年の181回の実航行記録に基づいて月別平均速度を整理した（表-6）。

実際に181回のNSR航行記録を残したほとんどの船舶

表-6 NSR実航行記録によるNSR氷海域区間の月別平均速度
(2011-2015年)

Month	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
Average sailing speed (Kn)	5.8	8.1	9.8	10.1	9.3	9.5
Number of transits	3	23	45	49	42	19
Average sailing speed (Aug.-Nov.) (Kn)	9.7					

Source: Records in 2011-2013; retrieved from the Northern Sea Route Administration, Records in 2014-2015; retrieved from the satellite AIS (Ship Finder), both by the authors.

は、コンテナ船より定格速度が遅いタンカーやバルク船であったため、定格速度25Knのコンテナ船の航行を想定する場合には、かなり安全側の目安になると考えられる。8月～11月（4カ月間）のNSR氷海域区間における実航行記録に基づく平均速度は9.7Knとシンプルシナリオで設定した平均速度（12.8～14.1Kn）より低速であったが、NSR氷海域区間を平均速度9Knで航行できれば、NSR一般海域区間を平均速度24.3Knで航行することで49日間ローテーション運航を維持することが可能であったと前述の分析結果は十分現実的であることが明らかになった。

さらに、このNSR実航行記録によると、2隻のタンカーが2014年7月に5日間（120時間）氷海域で足止めされた記録が残っている。したがって、前述の分析結果に従えば、足止めから解放された後のNSR氷海域区間を平均速度11Kn弱で航行することができれば、NSR一般海域区間を25Knで航行することで、5日間（120時間）の足止め時間を回復して49日間ローテーション運航を維持することが可能である。一方、8月～11月（4カ月間）の氷海域における実記録は、タンカーやバルク船が多かったものの平均速度9.7Knであったことから、今後はコンテナ船によるNSR実航行記録の積み重ねによって得られたデータに基づく確率論的分析が必要である。

8. 結論

夏季の北極海航路（NSR）通航可能期間はNSRを通航し、冬季には従来通りスエズ運河航路（SCR）を通航す

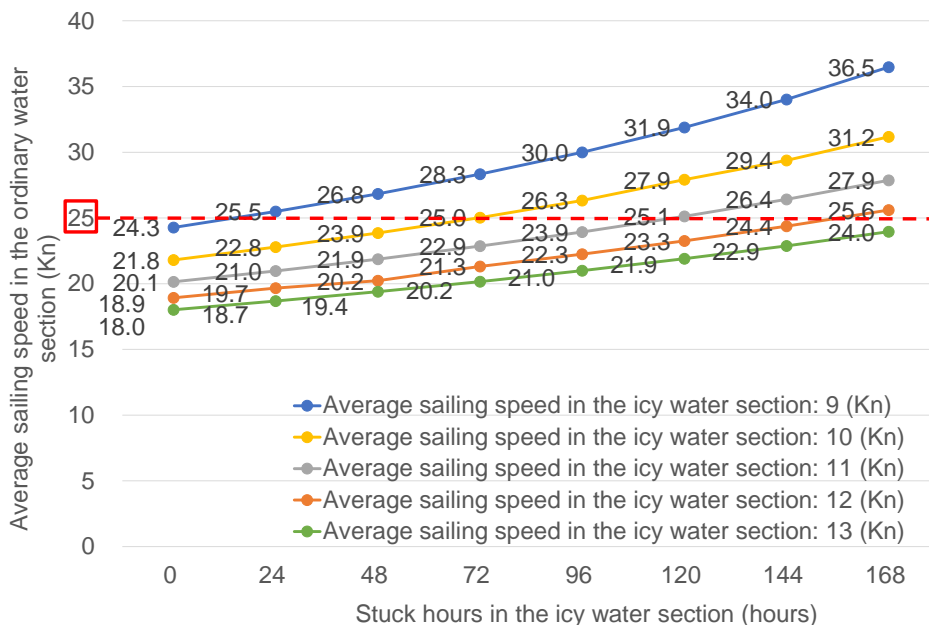


図-7 NSR通航においてスケジュール運航を維持できる氷海域での足止め時間とNSR氷海域区間の平均速度の関係

る通年運航ベースでのNSR・SCR組合せ輸送を、東アジア～北西欧州間のコンテナ定期航路で実現するには、定期航路としての必要諸条件を満たしたうえで、20,000TEU級の超大型コンテナ船によるSCR輸送に対して十分な競争力を持つ必要がある。東アジア～北西欧州間の航路距離（例えば、横浜港～ハンブルグ港）はNSR経由で7,356N.M.となり、SCR経由の11,490N.M.に比べて36%短いものの、全体の約1/3に当たる2,551N.M.のNSR氷海域区間では航行速度が制限され、また、気象条件によっては一時的に足止めされる可能性があることから、一年間を通じたスケジュール運航、定曜日サービス、固定した寄港地サービスなどが求められるコンテナ定期航路には不向きであると考えられてきた。

そこで、NSR 通航時、SCR 通航時ともに、一年間を通じて 7 隻の 4,000TEU 級耐氷型コンテナ船隊をアジアで 3 港（横浜港、釜山港、上海港）、欧州で 3 港（ハンブルグ港、ロッテルダム港、フェリックストウ港）に寄港させ、49 日間ローテーションのスケジュール運航する Quick Delivery シナリオを提案した。この Quick Delivery シナリオは、NSR 通航可能期間（105～225 日間）の長さに応じて、1,057～1,171 USD /TEU の輸送費用で、トランジット日数 24.5 日間の速達輸送サービスを実現できる。これは、8,000～11,000TEU 級コンテナ船による SCR 輸送と同程度の輸送費用（1,050～1,170 USD /TEU）でトランジット日数を 7～10.5 日間（22～30%）短縮でき、また、15,000～20,000TEU 級コンテナ船による SCR 輸送の輸送費用（836～1,003 USD /TEU）に比べて 150～300 USD /TEU（11～27%）程度割高になるものの、逆に、トランジット日数を 14～17.5 日間（36～42%）短縮できることが明らかになった。

2011～2015年までの過去5年間の181回に及ぶNSR実航行記録（実績のほとんどがコンテナ船より定格速度が遅いタンカーやバルク船であった）に基づく8月～11月（4カ月間）のNSR氷海域区間の平均速度は9.7Knと従来の研究でのシンプルシナリオで設定した平均速度（12.8～14.1Kn）より低速であった。しかしながら、NSR氷海域区間を平均速度9Knで航行できれば、NSR一般海域区間を平均速度24.3Knで航行することで、Quick Deliveryシナリオの49日間ローテーション運航を維持することが可能であることが明らかになった。

このように、速達輸送サービスをリーズナブルな費用で提供するQuick Deliveryシナリオは、高付加価値貨物や時間に敏感な貨物に対して十分な競争力を持つ輸送サービスであり、また、定期航路の必要諸条件（①年間を通じたスケジュール運航、②定曜日サービス、③固定した寄港地サービスなど）を満たすことを示した。

参考文献

- 1) Isakov, N. A., et al: The NSR Simulation Study Package 3: Potential Cargo Flow Analysis and Economic Evaluation for the Simulation Study (Russian Part), INSROP Working Paper No. 139, 1999.
- 2) Verny, J., and Grigentin, C.: Container shipping on the Northern Sea Route, *International Journal of Production Economics*, No.122, 107-117, 2009.
- 3) Chernova, S. and Volkov, A.: Economic feasibility of the Northern Sea Route container shipping development, Master Thesis, Bergen University College, 2010.
- 4) Liu, M. and Kronbak, J.: 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, 434-444, 2010.
- 5) Schoyen, H. and Brathen, S.: The Northern Sea Route versus the Suez Canal: cases from bulk shipping, *Journal of Transport Geography*, 19, 977-983, 2011.
- 6) Xu, H., Yin, D., Jia, F. and Hua, O.: The potential seasonal alternative of Asia -Europe container service via Northern sea route under the Arctic sea ice retreat, *Maritime Policy & Management*, 38, No.5, 541-560, 2011.
- 7) 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.
- 8) Furuichi, M. and Otsuka, N.: Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping, *Proceedings of the International Association of Maritime Economists Conference*, Marseille, France, July, 2013.
- 9) Lasserre, F., Case studies of shipping along Arctic routes. Analysis and profitability perspectives for the container sector, *Transportation Research Part A*, 66, 144-161, 2014.
- 10) Furuichi, M. and Otsuka, N.: Proposing a common platform of shipping cost analysis of the Northern Sea Route and the Suez Canal Route, *Maritime Economics and Logistics*, 17 (1), 9-31, 2015.
- 11) Tran, N. K.: Studying port selection on liner routes: An approach from logistics perspective, *Research in Transportation Economics*, 32, 39-5, 2011.
- 12) Wang, S., and Meng, Q.: Liner shipping route schedule design with sea contingency time and port time uncertainty, *Transportation Research Part B*, 46, 615-633, 2012.
- 13) Malchow, W.: Growth of containership sizes: Is there a need for a stop?, Presentation in the 29th IAPH World Ports Conference, Hamburg, Germany, June, 2015.
- 14) 上野絵里子：2014年アジア・欧州間往航コンテナ荷動き量概況，日本海事センター，2014。

(2016.4.22 受付)

An analysis of quick delivery scenario by the NSR/SCR-combined shipping of container transport

Masahiko FURUICHI and Natsuhiko OTSUKA

The authors proposed a container quick delivery scenario between East Asia and Northwest Europe by the NSR/SCR-combined shipping using a total of seven (7) 4,000TEU ice-class containerships, based on a weekly service and a 49day (7week)-rotation with an average capacity of 4,000TEUs per week. This service focuses on a niche market of high-value and/or time-sensitive cargo by reducing the transit time compared to the SCR shipping at a reasonable cost. The authors also examined a trade-off relationship between the shorter transit times by the NSR/SCR-combined shipping using 4,000TEU ice-class containerships and the lower shipping unit costs by the SCR shipping using the 4,000-20,000TEU containerships in the age of the Mega-ships.

The containerships are practically able to maintain a rotation time of 49days for 120days (August-November) in the summertime (the NSR operation), as far as they sail at an average speed of at least 9Kn in the icy water section, which is most likely based on the most recent five-year navigation records. Furthermore, even if the containerships are stuck in the icy water section for a while in August-November, they are also practically able to recover the scheduled navigation by sailing at an average speed of 9-13Kn in the icy water section and a maximum speed of 25Kn in the ordinary section via the NSR. This fact implies that the container quick delivery scenario can be realized in the practical manner, satisfying a set of liner shipping principles, i.e. the same transit time, the same service day of the week and the same port calls in a rotation on a year-round basis.