

北極海航路実現による北海道の国際物流拠点化に関する研究

Formulation of International Hub in Hokkaido for Logistics by Northern Sea Route

北海道大学大学院工学院 ○学生員 三条 肇 (Hajime Sanjo)
 北海商科大学大学院商学研究科 正 員 相浦宜徳 (Nobunori Aiura)
 北海道大学大学院工学研究院 正 員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)

1. はじめに

我が国の港湾政策として、「選択と集中」の理念のもと、京浜・大阪・伊勢において、規模の拡大を行い、各国の港湾に対抗すべく整備が行われている。しかしながら、現在の国際海上コンテナ輸送においては、東アジアを中心とした巨大港湾の台頭や北極海航路の実現可能性の高まり、資源問題対策としての省エネルギー船舶の開発等、日々変化している。この国際海上コンテナ輸送の現状に対して、我が国として何らかの新たなアクションを起こすことは、非常に重要だと考えられる。その中で、アジアで最も北極海航路に近く、広大な土地を有することから、北極海航路の拠点としてのポテンシャルを持っていると言われている北海道の今後の戦略が我が国の将来的な港湾計画にとって、非常に重要だと考えられる。

本研究では、北極海航路が実現した場合のアジアー欧州の国際海上コンテナ輸送に焦点を当て、輸送時間や輸送コスト、輸送ネットワークに関する分析を行う。すなわち、アジアー欧州航路における北極海航路のハブ港湾を我が国に設定することを想定し、それぞれの場合における輸送時間や輸送コストの比較を行うことで、位置的に優位性を持つ地域を明らかにし、特に北海道の国際物流の拠点化の可能性を明らかにすることを目的とする。

2. アジアー欧州における国際海上コンテナ輸送

2.1 東アジア圏におけるコンテナ輸送の現状

中国を始めとした東アジア諸国の急激な経済発展、工場誘致に伴う産業の集中で、東アジア発着のコンテナ量は増加している。それに従い、より効率的な輸送のために、船舶の大型化、ハブ・アンド・スポークス方式（図-1）での輸送が主流になり、コンテナの一極集中が進んだ。その結果、我が国に点在する地方港湾に入港する船舶はフィーダー輸送によるものが多く、時間・距離の面で余分な輸送を経ている現状がある。輸送コストの削減や船社側の利益を考えると、現状の輸送形態は非常に効率的であると考えられるが、我が国の地方港湾の活性化のためにも、今後何らかの新たな輸送形態を構築することは、非常に大きな効果を期待できることだと考えられる。

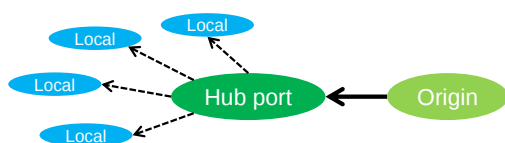


図-1 ハブ・アンド・スポークスのイメージ

2.2 北極海航路

近年、北極海航路に関する議論が世界的に活発になっており、位置的に優位であると言われている我が国にとって、北極海航路に対する戦略が我が国の将来を担っているとと言っても過言ではない。中でも、我が国は東アジアの中で北極海航路に最も欧州に近い国であり「東アジアのハブ」としてのポテンシャルを秘めていると考えられる。日本ー欧州の各経路における距離・時間を図-2に示す。

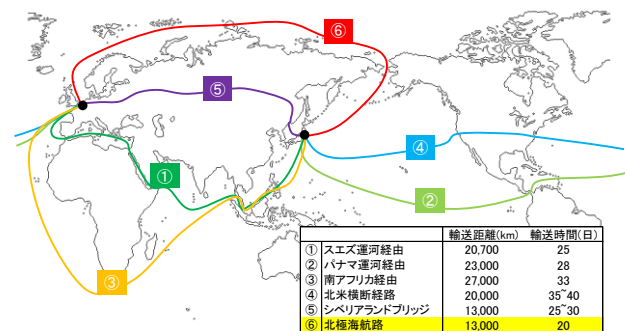


図-2 東京港ーロッテルダム港における輸送時間比較

各経路における距離・時間を比較すると、北極海航路は東アジアから欧州を非常に短い時間で結ぶことができることがわかる。輸送距離が短くなることもたらす効果として、単なる輸送時間の短縮だけでなく、定時性が求められている定期航路で、決められたスケジュールに間に合うように減速運航が可能になるということもある。燃料消費量が速度の2乗に比例している海上輸送において、非常に効果的であると考えられる。また、マラッカ海峡等の海賊被害が多発している海域を通らなくても良いために、安全性の面でも優位性があると言われている。

3. 既存研究のレビューと本研究の位置付け

コンテナ流動のモデル化や港湾計画、北極海航路に関する既存研究のレビューを行った。

港湾計画の評価に関する研究として、渡部ら²⁾は、アジア諸国でのコンテナ貨物の増大、トランシップ貨物の増大、我が国における国際ハブ港湾政策の中心的施策である大水深ターミナルの整備に関して、トランシップ貨物予測モデルの作成と、施策の「有効性評価」と「費用便益分析による評価」を実施した。この結果、我が国の中枢港湾において大水深国際海上コンテナ・ターミナル整備がされていなかった場合には、それらの港湾がアジア

アからのフィーダーポート化の可能性があったことや、費用便益分析により、大水深国際海上コンテナ・ターミナルの整備は、その投資に対して十分に効果があったことを示している。

柴崎³⁾が国際海上コンテナ貨物輸送市場の行動主体である「荷主」と「外航船社」の行動に着目し、航路ごとの運賃・所要時間等に対して最適化行動をとらせることで、経路選択を行い、分析を行なっている。「荷主」は船社が提示する運賃・時間を参照し、認知された一般化費用が最小になるように船社を決定する。「外航船社」は、アライアンスごとの利潤が最大となるよう行動するものと仮定し、運賃・時間を決定した。構築したモデルは、現状の日本港湾における輸出入貨物量やアジア各港におけるトランシップ貨物量を概ね再現することができたことを示している。

石黒⁴⁾は、北極海航路を通ると日本が東アジアで最も欧州に近い国になることに着目し、その際に多くのコンテナ船がラストポートとして日本に寄港する可能性があることを示し、規模の経済と多層ネットワークを考慮した物流費用最小化問題をアジア欧州に適用し、北極海航路の定期コンテナ航路開設の可能性を検討している。

本研究では、アジア・欧州についてのネットワークにおいて、年間のコンテナ流動 OD 貨物量を所与とした時のマクロ的なシミュレーションを行うため、Dijkstra 法を用いた最短経路探索モデルを作成した。各 OD における最短経路を求め、北極海航路実現による所要時間・コストに関する分析を行った。北極海航路の実現が具体化したのが昨年 2011 年であるために、まだ関連した研究は多くない。また、石黒⁴⁾の研究のように航路ネットワークに関する研究はあるものの、北極海航路に対して、港湾や地域を具体的に示した研究はないことから、本研究では、新たな観点からの結果を示すことができると考えられる。

4. シミュレーションに用いるネットワーク

4.1 ネットワークの概要

本研究では、図-3 を分析対象ネットワークとしている。

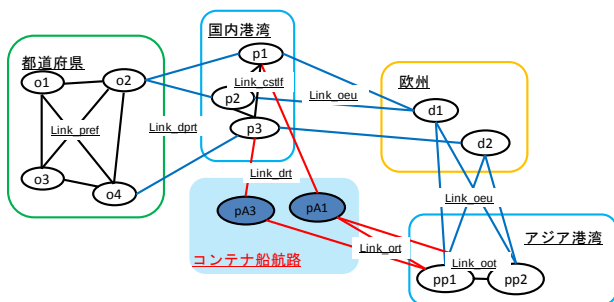


図-3 本研究で用いるネットワーク

Link_pref 都道府県間陸路輸送に関するリンク

Link_dpri 各地域と国内港湾に関するリンク

Link_cstlf 内航フィーダーに関するリンク

Link_drt 国内港湾待ち時間に関するリンク

Link_ort アジア港湾コンテナ航路に関するリンク

Link_oeu アジア港湾と欧州港湾に関するリンク

Link_oou アジア港湾間 T/S に関するリンク

総ノード数 594

総リンク数 13,444

各都道府県間、港湾間での輸送を可能にすることで、より多くの輸送を再現している。ノードはコンテナ発着地と港湾、国内港湾とアジア・欧州港湾を結ぶ航路ノードとしてそれぞれ設定した。航路をノードの一つとして考慮することで、各港湾における積み替え表現を容易にしている。

4.2 使用データ

各リンクにおけるデータを、陸路輸送に関する情報、海上輸送に関する情報、荷役に関する情報として整理した上で、各リンクにおける時間、コストを表-1、表-2のように設定する。ここで設定した時間・コストの区分は、4.1 のリンク名に対応している。

表-1 輸送時間の設定

輸送時間	
Time_pref	「平成22年度物流センサス」都道府県間輸送距離
Time_dpri	都道府県域内輸送時間の値を設定
Time_cstlf	各港湾において就航している内航フィーダー航路を設定
Time_drt	関税処理等の時間として12時間と設定
Time_ort	コンテナ船航路スケジュールと輸送時間から設定
Time_oeu	コンテナ船航路輸送時間から設定
Time_oou	コンテナ船航路輸送時間から設定

表-2 輸送コストの設定

輸送コスト	
Cost_pref	「平成22年度物流センサス」都道府県間輸送時間と輸送単価の積
Cost_dpri	都道府県域内輸送コストの値を設定
Cost_drt	各国における港湾荷役料金の値を設定
Cost_ort	船社の公表運賃の値を設定
Cost_oeu	船社の公表運賃の値を設定
Cost_oou	船社の公表運賃の値を設定

また、本研究ではコンテナ発生曜日、コンテナ船スケジュールを考慮するため、Time_ort を以下のような方法で求める。現時点では、各都道府県におけるコンテナの発生時間、コンテナ船の出港時間はともに午前9時として、シミュレーションを行っている。

- ・コンテナ発生日とコンテナ船の各港湾への就航曜日より、コンテナ船出発までの日数を得る。
- ・得られた日数に港湾処理時間として 24 時間加えた時間を、Time_ort の所要時間に加える。
- ・各曜日（日曜日～土曜日）繰り返す。

コンテナの発生曜日に応じて、コンテナ船の所要時間を更新し、スケジュールを数値化することで、曜日を考慮したシミュレーションを行った。

4.3 国際海上コンテナ流動の推計

国際海上コンテナ流動は、非常に多くの要素が絡んでいることから、複雑であり、まとめられた情報が少ない。本研究では、国内発着のコンテナ OD 表は 6)を元に推計し、海外間のコンテナ OD 表は 7)のデータを元に整理した。

5. 国内発欧州行きコンテナ経路選択シミュレーション

5.1 輸送時間のみを考慮したシミュレーション

北極海航路の条件を表-3 に示すように、東京港、大阪港、苫小牧港、釜山港にそれぞれ設定した場合の最短経路探索を行った。

表-3 北極海航路の設定 (単位: 所要日数)

	ロッテルダム	ハンブルグ	就航曜日
東京港	24	22	月曜日
大阪港	24	22	月曜日
苫小牧港	23	21	月曜日
釜山港	23	21	任意の曜日*

※ 釜山港 T/S での北極海航路における曜日設定はせず、樋口らの研究¹⁾の(1)式により得られる待ち時間を所要時間に加えることで、国内北極海航路と同じように週に1便であることを表現した。

$$tm_wait = \frac{7(days) \times 24(hour)}{Sl(Service/week)} \times \frac{1}{2} \quad (1)$$

図-4 に、各港湾に北極海航路を設定した場合の最短経路探索結果の比較を示す。値は47都道府県発、欧州行き経路の平均時間となっている。

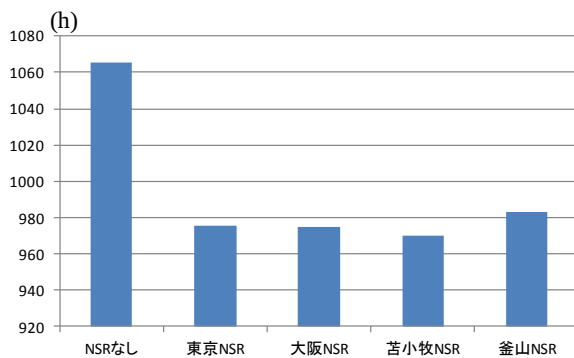


図-4 最短時間経路探索による平均所要時間の比較

結果より、北極海航路がない場合、平均で約1,065時間つまり約44日要するのに対して、北極海航路を利用することで、約970時間つまり40日間で輸送することができるようになることがわかる。また、東京、大阪、苫小牧、釜山それぞれに週1便の北極海航路を設定した場合の所要時間を比較すると、苫小牧港に北極海航路を設定した場合が最も所要時間が短くなることがわかる。以上の結果より、国内47都道府県発欧州行きコンテナについて、所要時間の観点から苫小牧港に優位性があると言える。

5.2 コストを考慮したシミュレーション

輸送時間と輸送コストの両方を考慮し、シミュレーションを行うために、一般化費用を入力データとして最短経路探索を行った。一般化費用は(2)式のように求めた。

$$C_t = C_n + tv \times T_n \quad (2) \quad \begin{cases} tv = 25,000(JPY/TEU \cdot day) \\ T_n = T_l + T_s + T_p \\ C_n = C_l + C_s + C_p \end{cases}$$

rtは経路、lは陸路輸送、sは海上輸送、pは荷役を意味する。図-5に各港湾に北極海航路を設定した場合のコンテナ輸送にかかる一般化費用の比較結果を示す。

ンテナ輸送にかかる一般化費用の比較結果を示す。

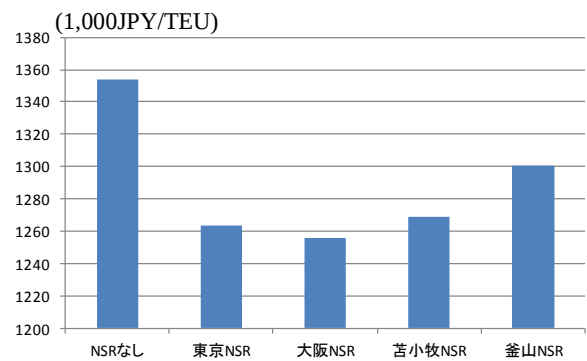


図-5 最小一般化費用経路探索による平均費用の比較

値は47都道府県発、欧州行き経路の平均一般化費用となっている。この時の単位は1,000JPY/TEUとしている。結果より、一般化費用の面でも、北極海航路利用により大きな効果が期待できることがわかる。それぞれの値は、北極海航路がない場合は1,354,000JPY/TEU、東京港のみの場合は1,263,000JPY/TEU、大阪港のみの場合は1,256,000JPY/TEU、苫小牧港のみの場合は1,269,000JPY/TEU、釜山港のみの場合は1,300,000JPY/TEUとなっており、大阪港に北極海航路を設定した場合、コンテナ1TEU当たり約100,000JPYの削減となり、最も大きな効果があることがわかる。

5.3 輸送コストの比較

ここで、北海道発(図-6)と徳島発(図-7)の経路について、輸送コストの内訳を示す。

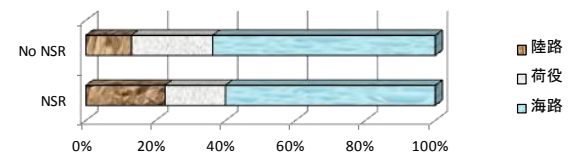


図-6 北海道発コンテナ輸送コスト内訳

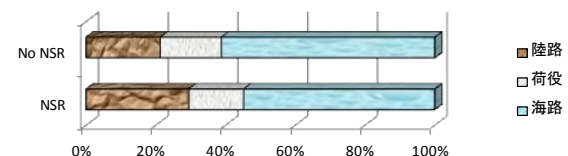


図-7 徳島県発コンテナ輸送コスト内訳

それぞれの経路に見られる傾向として、北極海航路が利用可能になることで、陸上輸送にかかるコストが大きくなり、海上輸送にかかるコストが小さくなるということがわかる。このことは、北極海航路がない場合においては、多くの欧州行きコンテナは釜山港やシンガポール港でのトランシップを経て、輸送され、発地から最も近い港湾かつ待ち時間の短い港湾を選択することができるゆえに、少ない陸上輸送となっていると考えられる。一方、海上輸送については、非常に所要時間の短い北極海航路を利用するためにより長距離にわたる陸上輸送を経

て、港湾へ行くことによる結果だと考えられる。荷役費用は、北極海航路がない場合における北海道発コンテナは、T/S を経ているため若干大きくなっているが、全体を通して比較すると、国内港湾一律としているゆえ大きな変化はない。この結果より、“陸路輸送”と“荷役”に関するコストを削減することができれば、より北極海航路をより効果的に利用することができると考えられることが言える。

6. 苫小牧港ハブ化のための戦略の検討

ここで、将来的な北海道の苫小牧港のハブ化戦略として、北極海航路の拠点とすることを想定する。この時、陸路輸送の削減のための“内航フィーダー航路”、荷役費用削減のため“北極海航路利用コンテナの荷役料無料化”を苫小牧港の北極海航路におけるハブ化戦略として設定し、最小一般化費用経路探索を行い、平均輸送費用を比較する。内航フィーダーは、苫小牧港と日本全国の各港湾を結ぶ経路を設定した。条件は、関西以北地域は所要時間1日、以西は所要時間2日とした。荷役料の無料化政策としては、現状 37,000JPY/TEU にかかるコンテナ荷役料を0円にした。値は同様に、47都道府県発、欧州行き経路の平均一般化費用とし、この時の単位は1,000JPY/TEUとする。

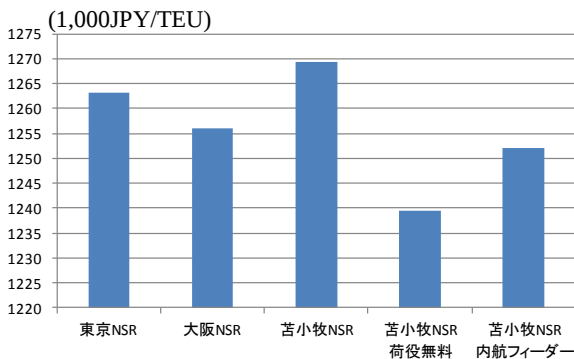


図-8 ハブ化戦略における平均費用の比較

図-8 に示す、ハブ化戦略を仮定した結果より、苫小牧港における荷役料を無料化した場合が、最も大きなコスト削減効果があり、東京や大阪における北極海航路より優位であることがわかる。内航フィーダー航路を設定した場合も、荷役料無料化より小さいものの、コスト削減効果が見られることがわかる。削減額としては、料金政策がない場合の苫小牧港における北極海航路の場合の1,269,000JPY/TEU に対し、荷役料無料化の場合1,239,000JPY/TEU で約 30,000JPY の削減、内航フィーダーの場合だと 1,251,000JPY/TEU で約 18,000JPY の削減となることがわかった。以上の結果より、北極海航路の拠点としての苫小牧港における荷役料金を無料化することで、優位性があることを示すことができた。

7. 北極海航路において想定されるリスク

北極海航路の実現には各方面で、様々なリスクや考慮すべき事項が指摘されている。それらの項目と本研究のモデルへの反映方法を以下に示す。

- 1) 悪天候による到着時刻の遅延
所要時間に確率に基づく不確定項を加える。
- 2) ロシアへの北極海航路使用料の支払い
運賃に割増料金として加える。
- 3) 北極海航路航行に必要な砕氷船の先導
砕氷船によるスケジュール上の制約を設ける。
- 4) 冬期間の航行不可能期間の扱い
夏期間のみを分析対象とすることで考慮。

北極海航路の活用を考える上で、これらの要因の考慮は非常に重要だと考えられる。到着時刻の遅延や料金的な問題については、輸送時間とコストを入力データとしている本研究で作成したネットワークモデルに導入することも可能である。しかしながら、北極海沿岸におけるインフラ整備の不足、外交問題等数値化することが難しい要素については、考慮するのは難しいが、何らかの形で、ネットワークに組み込むことが必要だと考えられる。

8. おわりに

本研究では、北極海航路実現による拠点として、釜山港、東京港、大阪港、苫小牧港を想定し、所要時間と輸送コストに関しての分析を行った。結果として、苫小牧港において、所要時間について優位性があるということ。コストについても、荷役料金の無料化等の料金政策を行うことで、苫小牧港に優位性を示すことができることを明らかにした。

今後の方針として、現段階では北極海航路が実現した場合に予想されるリスクや、苫小牧港の処理能力等を考慮しない経路における時間とコストのみの単純な分析であるため、今後北極海航路におけるリスクを考慮した分析と、港湾規模等制約条件を考慮した分析を行うことができるモデルの構築を行いたい。また、アジア発欧州行き経路は、時間的な優位性を見出すことが難しく、必ずしも、全てのアジア国が北極海航路の恩恵を享受できるとは限らなかった。時間やコストだけでなく、環境や安全の要素も考慮し、アジア全体にとっての北極海航路の効果を示したい。

参考文献

- 1) 樋口直人, 渡部富博 森川雅行: 国際海上コンテナ貨物の時間価値分布に関する研究, 港湾空港技術研究所 資料 0987, 2001
- 2) 渡部富博, 平井洋次, 田中淳, 柴崎隆一, 小島肇: 国際海上コンテナ貨物流動モデルと大水深ターミナル整備評価に関するシナリオ別分析, 国土技術政策総合研究所研究報告 No.13, 2003
- 3) 柴崎隆一, 渡部富博: 東アジアを中心とした国際海上コンテナ貨物流動シミュレーションモデルの構築, 国土技術政策総合研究所研究報告 No.37, 2009
- 4) 石黒一彦: 船社の寄港地選択行動分析に基づく北極海航路実現可能性検討, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM Vol.39, 2009
- 5) Ocean Commerce Ltd, 2012 年版国際輸送ハンドブック, 2012
- 6) 国土交通省: 平成 20 年度国際海上コンテナ流動調査, 2009
- 7) 国土交通省: 平成 22 年度物流センサス, 2011