

東アジアと欧州間のコンテナ輸送を対象とした 北極海航路の利用による CO₂ 排出量と輸送費用の 削減効果に関する研究

郭 天淳

指導教員 黒川 久幸 教授

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、地球温暖化により夏場の北極海の海水は減少傾向を示しており、夏場の安定した通航が可能となってきた。この北極海を東アジアと欧州間の航路として活用する場合、既存のスエズ運河を通航する航路と比べ、航海距離が 3252 海里短く、航海日数を 5.5 日ほど短縮できるとされている。このため北極海航路の本格的な活用に注目が集まっている。

この北極海航路は、従来は石油製品や鉄鉱石を運ぶ不定期輸送に使用されており、定期輸送には使用されてこなかった。しかし、先に述べたように夏場の安定した通航が可能となりつつあることから、中国が商業利用を念頭に貨物船の実験的運航をはじめたほか、ロシア北部で産出される LNG の通年の定期輸送が、砕氷機能を持った LNG 船を用いて行われようとしている。したがって、コンテナ輸送においても北極海航路の活用が高まっている。

1.2 研究目的

そこで本研究では、北極海航路を用いた東アジアと欧州間の CO₂ 排出量と輸送費用の削減効果を検討することを目的とする。なお、検討では北極海航路における水深と航行速度の制約を考慮する。現在、欧州航路では 8000TEU 台を中心とした大型のコンテナ船が就航しているが、北極海航路では水深の制約から 4000TEU までのコンテナ船しか航行できない。

そのため、欧州航路のコンテナ船を北極海航路に就航させることが出来ないため、他の航路からの転配を考慮する。そして、砕氷船の先導が必要

なことから航行速度の低下も考慮し、年間を通じた削減効果の検討を行う。

また、東アジアの港湾は南北に広がっているため、港湾毎に北極海航路を用いた場合の航海距離の短縮効果が異なる。そこで、東アジアを南北に 3 つのエリアに分けて、北極海航路を用いた場合の効果の違いを比較し、効果的な北極海航路の活用についても検討する。

2. 北極海航路

2.1 北極海航路の概要

北極海航路は、スカンジナビア半島の北側、バレンツ海、カラ海、ラプテフ海、東シベリア海、チュクチ海を経て、ベーリング海峡に至る航路である。この航路上には多くの島々が点在し、狭隘で浅い海峡が多いため船舶の喫水が制限される。北周りの場合には 4000TEU 程度の船型が限度となる。

2.2 北極海航路の通行実績

ロシア沿岸の北極海航路の利用実績は、スエズ運河の利用実績(2012 年 17,225 航海、貨物量 73,991 万トン)と比べるとまだ僅かなものであるが、毎年着実に増加している。2010 年に通航したのは僅か 4 隻であったが、2013 年は 71 隻と、約 18 倍も増加した。

3. コンテナ船輸送における主要航路

3.1 荷動き量及び就航船舶

外航コンテナ輸送における主要航路毎のコンテナ荷動き量の推移を表 1 に示す。表 1 より、欧州航路の荷動き量は、2,000 万 TEU で近年、微増傾向にあることが分かる。

表 1 航路別のコンテナ荷動き量 (百万 TEU)

年度	欧州航路	北米航路	大西洋航路	東アジア域内
2006	16.3	19.1	4.5	12.8
2007	18.6	20.1	4.7	28.3
2008	18.7	19.4	4.6	47.2
2009	17.0	17.3	3.6	44.0
2010	19.2	19.3	4.1	49.4
2011	20.0	19.9	4.4	52.7

出典：日本郵船調査グループ編(2012年版)より作成

表 2 に航路別の船型別隻数を示す。表 2 より、欧州航路に大型の船舶が就航していることが分かり、その中心船型は 8000TEU となっている。

表 2 航路別の船型別隻数

船型(TEU)	欧州航路		北米航路		大西洋航路		東アジア域内	
	隻数	比率	隻数	比率	隻数	比率	隻数	比率
1,000未満	0	0%	0	0%	0	0%	359	43%
1,000~2,999	9	2%	32	7%	53	27%	457	55%
3,000~4,999	74	15%	196	40%	106	53%	11	1%
5,000~7,999	179	36%	187	38%	39	20%	3	0%
8,000~9,999	196	40%	75	15%	0	0%	0	0%
10,000以上	36	7%	1	0%	0	0%	0	0%
合計	494	100%	491	100%	198	100%	830	100%

出典：日本郵船調査グループ編(2012年版)より作成

3.2 欧州航路

2011 年の荷動きは、東アジアから欧州が約 1,390 万 TEU、欧州から東アジアが約 600 万 TEU となっている。なお、検討では北極海航路の通航が可能な夏場の 3 ヶ月間(7月から9月)の間における荷動き量を、季節変動を考慮して求めた。

また、コンテナ船が寄港する東アジアと欧州の港湾の内、取扱量と寄港する航路数の多い 21 の港湾を対象とする。東アジアは、釜山港や上海港等の 15 港湾、欧州はハンブルク港やロッテルダム港等の 6 港湾である。そして、21 港湾に寄港する 3 つのサービスを対象として CO₂ 排出量及び輸送費用を算出する。

3.3 北米航路

2011 年の荷動きは、アジアから北米が約 1,310 万 TEU、北米から東アジアが約 670 万 TEU となっている。

また、取扱量と寄港する航路数の多い、東アジアの釜山港や香港港、北米東岸のニューヨーク港や西岸のシアトル港等の 19 の港湾を対象とする。そして、対象とする 19 港湾に寄港する航路を東岸と西岸の 2 つのサービス分けて CO₂ 排出量及び輸

送費用を算出する。

4. CO₂ 排出量、輸送費用及び就航隻数の算出式

4.1 CO₂ 排出量の算出式

CO₂ 排出量は、就航するコンテナ船の船型や消席率によって異なる。そこで、これを考慮した CO₂ 排出量の推計を行う。そのため、サービス毎の船型別の燃料消費量を下記の式から算出する。

$$F_0 = 6.87 \times 10^{-5} \times \{DSP - (1 - 0.65 \times Lf) \times DWT\} \times DSP^{-1/3} \times V^2$$

$$DSP = 1.37 \times DWT + 1660$$

F₀: 燃料消費量 (kg/km)

DSP: 船舶の満載排水トン数 (t)

Lf: 消席率 (%)

DWT: 船舶の載貨重量 (t)

V: 船舶の速力 (km/h)

$$CO_2 = C \times F_0 \times \left(DST \times \frac{DEM}{W} \right)$$

CO₂: CO₂ 排出量 (t-CO₂)

C: 換算係数 (t-CO₂/kg-Fuel)

DST: 航海距離 (km)

DEM: 輸送需要量 (TEU/年)

W: 船舶の積載量 (TEU)

4.2 輸送費用の算出式

輸送費用は、運航費、船費、コンテナ関係費の 3 つの部分に分けることが出来る。各費用をサービス毎に船型別に算出する。まず、運航費は、燃料費、港費、荷役費から求められる。

$$Num = g + p + l$$

$$g = C1 \times F_0 \times DST \times f \times N$$

$$P = (C2 \times W + C3) \times f' \times f \times N$$

$$l = C4 \times (Df + Ds) \times 2$$

Num: 運航費用 (万円/年)

g: 燃料費 (万円/年)

p: 港費 (万円/年)

l: 荷役費 (万円/年)

C1: 燃料油単価 (万円/kg)

C2: 入出港費単価の係数 (万円/TEU)

C3: 入出港費単価の係数 (万円)

C4: 1 TEU あたり荷役費 (万円/TEU)

f: 航海回数 (回/(隻・年))

f': 1 航海中の寄港回数 (回)

N: 就航隻数 (隻)

Df: 往路の輸送需要量 (TEU/年)

Ds: 復路の輸送需要量 (TEU/年)

次に、船費は、船員費、修繕費、減価償却費、利息から求められる。

$$C = C5 + C6 + C7 + C8$$

$$C5 = C9 \times hu \times N$$

$$C6 + C7 + C8 = (C10 + C11 + C12) \times C13 \times W \times N$$

C: 船費 (万円/年)

C5: 船員費 (万円/年)

C6: 修繕費 (万円/年)

C7: 減価償却費 (万円/年)

C8: 利息 (万円/年)

C9: 船員単価 (万円/(人・年))

C10: 船舶修繕係数

C11: 船舶減価償却係数

C12: 船舶利息係数

C13: 船価 (万円/TEU)

hu: 船員数 (人/隻)

N: 就航隻数 (隻)

最後に、コンテナ関係費は、次の式から求められる。

$$k = (C14 + C15 + C16) \times C17 \times (Df + Ds) \times \frac{CT}{2}$$

K: コンテナ関係費 (万円/年)

C14: コンテナ修繕係数

C15: コンテナ償却係数

C16: コンテナ利息係数

C17: 1 TEU コンテナ価額 (万円/TEU)

CT: 1 サイクル時間 (年)

4.3 就航隻数の算出式

輸送需要量を輸送するために必要なコンテナ船の就航隻数を次のように算出する。

$$N = D/(f \times W)$$

$$f = Q/CT$$

N: 就航隻数 (隻)

D: 往復路の輸送需要量の最大値 (TEU/年)

f: 航海回数 (回/年)

W: 輸送能力 (TEU)

CT: 1 サイクル時間 (年/回)

Q: 計算の対象期間 (年/年)

5. 現状の CO₂ 排出量及び輸送費用の推計

表 3 に、欧州航路及び北米航路における現状の CO₂ 排出量と輸送費用の推計結果を示す。

まず、CO₂ 排出量は欧州航路が、年間 2,022 万 t-CO₂ で、北米航路が、年間 614 万 t-CO₂ となった。そして、輸送費用は欧州航路が、年間 23570 億円で、北米航路が、年間 14440 億円となった。

表 3 欧州航路及び北米航路における推計結果

		欧州航路		北米航路	
CO ₂ 排出量 万t-CO ₂ /年	東航	575	29%	446	73%
	西航	1,441	71%	167	27%
	合計	2,016	100%	613	100%
輸送費用 億円/年	東航	9,994	42%	9,006	62%
	西航	13,576	58%	5,434	38%
	合計	23,570	100%	14,440	100%

6. 北極海航路の活用が有効な東アジアの港湾の検討

6.1 検討内容

東アジアの港湾は南北に広がっているため、東アジアを南北に 3 つのエリアに分け、表 4 に示す 3 つのパターン毎に CO₂ 排出量と輸送費用を算出し、削減量の多い有効なパターンを抽出する。

表 4 サービスのパターン

パターン	欧州航路	北極海航路
パターン①	B+C	A
パターン②	C	A+B
パターン③	—	A+B+C

6.2 CO₂ 排出量と輸送費用の削減効果

夏場の 3 ヶ月間の CO₂ 排出量と輸送費用を算出した結果、全てのパターンにおいて現状より大幅に削減されることが分かった。特に、パターン②の削減効果が大きく、現状より CO₂ 排出量が 313 万 t-CO₂、輸送費用が 5550 億円削減された。

なお、パターン②よりもパターン③の CO₂ 排出量と輸送費用が増加した。このことから、C のエリアは北極海航路の活用に適さない。したがって、北極海航路を用いるのが有効な港湾は、香港港以北にある港湾であるといえる。

7. コンテナ船の転配

7.1 転配の方針

北極海航路に就航するコンテナ船は、水深の制約から 4000TEU が限度となる。しかし、欧州航路のコンテナ船は大型化が進んでいるため、中型船の隻数が少ない。そこで、北極海航路に近く、かつ中型船が多い北米航路から転配する。

7.2 コンテナ船の転配結果

コンテナ船の転配結果を図 1 に示す。北米航路から北極海航路に 59 隻転配し、北米航路で不足する輸送能力を欧州航路の大型船 36 隻で担う結果となった。

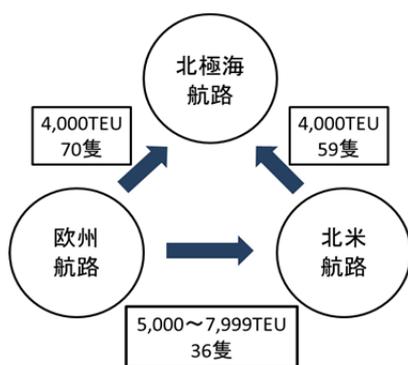


図 1 コンテナ船の転配結果

8. 転配を考慮した CO₂ 排出量と輸送費用の削減効果

図 2 に年間の CO₂ 排出量について、現状と北極海航路を活用した場合の比較を示す。

図より、現状の CO₂ 排出量、2,636 万 t-CO₂ に対して、北極海航路を活用した場合は 2,319 万 t-CO₂ と、317 万 t-CO₂ (12%) も削減されていることが分かった。

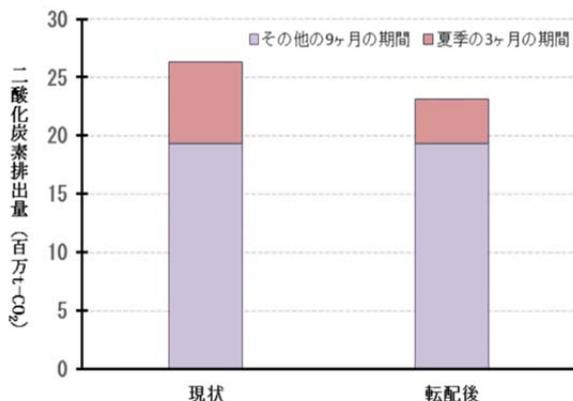


図 2 転配を考慮した CO₂ 排出量（年間）

また、年間の輸送費用は図 3 から、現状の輸送

費用、38011 億円に対して、北極海航路を活用した場合は 34851 億円と、3160 億円 (8%) も削減されていることが分かった。

なお、僅かであるが北米航路で北極海航路を用いた場合の方が減少しているのは、欧州航路から転配されたコンテナ船の船型が北極海航路に転配した船型より大きいため、船型の大型化による削減効果である。

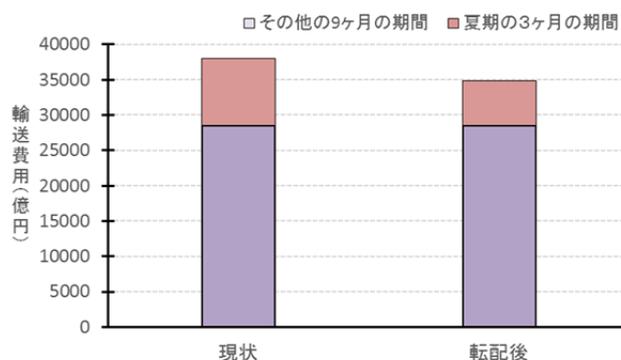


図 3 転配を考慮した輸送費用（年間）

9. おわりに

検討の結果、CO₂ 排出量及び輸送費用の削減策として北極海航路を活用する方策は、非常に有効であることが分かった。その CO₂ 排出量の削減量は、夏場の欧州航路の CO₂ 排出量の約 58%、北米航路も含めた年間の CO₂ 排出量の約 12% に達することが分かった。これは、コンテナ船の減速や大型化といった他の削減策と遜色のない削減効果である。また、輸送費用の削減量は夏場の欧州航路の約 50%、北米航路も含めた年間の輸送費用の約 8% となることが分かった。

その他、東アジアの港湾で北極海航路を活用するのが有効な港湾は、香港港以北にある港湾であることが分かった。

参考文献

- (1) 黒川久幸, 鶴田三郎, 嶋邦彦: 『海上コンテナ輸送ネットワークの設計に関する研究』, 日本航海学会論文集, No. 101, 259-269, 1999
- (2) 古市正彦, 大塚夏彦: 『北極海航路 (NSR) 及び競合代替航路利用における輸送費用の分析』, 土木計画学研究講演集 (CD-ROM), Vol. 47, ROMBUNNO. 5, 2013. 06