鉄鉱石を対象とした国際海上輸送における 物流コスト及びCO₂排出量の削減に関する研究

鈴木 ひろか¹・黒川 久幸²

A Study on the Reduction of Physical Distribution Cost and CO₂ Emissions in International Marine Dry Bulk Shipping of Iron Ore

Hiroka SUZUKI and Hisayuki KUROKAWA

Abstract

This study discusses reduction of physical distribution cost and CO₂ emissions on transportation of iron ore. And we conduct the sensitivity analysis of the effect which the size of a vessel, the number of unloading ports, voyage distance, and quantity demanded have on physical distribution cost and CO₂ emissions.

The following was found as a result of our studying. Physical distribution cost and CO₂ emissions are greatly reduced as the size of a vessel becomes large. Especially, enlargement of a vessel is so effective when voyage distance is long. Therefore, the result of this study should be considered for the vessels that voyage between Japan and Australia or Brazil.

Moreover, it turned out that the suitable number of unloading ports changes with sizes of a vessel. 300,000DWT is desirable when the number of unloading ports is two.

Keywords : *Shipping and Logistics, Physical distribution cost, CO₂ emissions, International marine shipping, The international bulk port strategy, iron ore*

キーワード: 物流・海運、物流コスト、CO₂排出量、海上輸送、国際バルク戦略港湾政策、鉄鉱石

1. 序論

1.1 研究背景

日本は、石油や鉄鉱石などの天然資源の90%以上を海外からの輸入に依存している。現在の海上輸送では、CIF 価格の40%は輸送費が占めており、高コスト構造に懸念が高まっている⁽¹⁾。そこで、日本政府は、三大バルクを対象に「国際バルク戦略港湾政策」を策定し、物流コストを40%削減する事を目標としている。当該政策では、一括大量輸送による物流コストの削減と安定的な調達を目指し、大型船の活用を掲げている。選定された全国9港の拠点港に対する集中的な投資や、大型船を利用した複数港揚

げ、港湾の連携などが政策として挙げられている。しかし、大型化を推進していく上での適切な船型の目安が明確ではない。拠点港や連携港湾を用いた運航パターンに関しても不明瞭である。

さらには、CO₂排出量の削減にも寄与することが求められているが具体的なCO₂排出量の推計や削減のための検討は行われていない。

1.2 研究目的

そこで本研究では、国際バルク戦略港湾政策におけるドライバルクの国際海上輸送を対象に、物流コストならびにCO₂排出量の削減を図るための運航パターンについて検討することを目的とする。

¹ 学生会員 東京海洋大学 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) xiong_xin_jia@yahoo.co.jp

² 正会員 東京海洋大学 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) kurokawa@kaiyodai.ac.jp

具体的には、近年、海上荷動き量が著しく増加している三大バルクの一つである鉄鉱石を対象に、船舶の大型化や連携する港湾数や港湾間の航海距離が物流コストや CO₂ 排出量に与える影響を感度分析する。また、大きな政策効果が期待できる対象輸入国を検討するために、需要量と航海距離の影響についても感度分析を行う。

2. 既存研究

赤倉ら⁽²⁾は、三大バルクを対象に就航船舶の船型や輸入及び移出量の現状について分析を行うとともに、船舶の大型化による輸送コストの試算を行っている。鈴木ら⁽³⁾は、ドライバルクを対象とした船舶の大型化及び 2 港揚げによるコスト及び CO₂ 排出量の削減効果を分析し、政策の効果を検証している。シップ・アンド・オーシャン財団⁽⁴⁾は、船種や船型、船齢等を詳細に加味した CO₂ 排出量の推定を行っている。そして、Hakkon ら⁽⁵⁾は、世界の就航船舶を対象に、平均船型が大型化した場合の CO₂ 排出量を算出し、削減効果を検討している。

以上のように船舶の大型化による削減効果の検証や基礎となる船舶の船型や輸送の現状、さらには輸送コストや CO₂ 排出量の算出式の検討が行われている。しかし、国際バルク戦略港湾政策に関連した具体的な港湾の連携数や政策を導入すべき対象輸入国等に関する検討は不十分である。

3. 国際バルク戦略港湾政策

3.1 国際バルク戦略港湾政策の概要

BRICS や ASEAN の国々の経済成長にともなう海上荷動き量の増加により、規模の経済性を追求した船舶の大型化が急激に進んでいる。現在の世界の主流は、Capesize 船であり、近年では 40 万 DWT 級の Valemax 船が運航されている。

このような状況から港湾の大水深化が進められ、ブラジルは水深-25m 級の大水深岸壁を有しており、中国でも-20m 以上の大水深岸壁が多数整備されている。しかし、日本においては-20m 以上の水深を有する岸壁は大分港のみであり、Capesize 船といった大型船が入港出来ない港湾が多数ある。

このため、日本政府は国際バルク戦略港湾政策を策定し、選択と集中による投資を図り、2020 年までに各戦略港湾において VLCC 船に対応可能な体制の構築を目指している。

戦略港湾として、石炭は小名浜港及び松山港・下

松港の 2 港、鉄鉱石は木更津港及び水島港・福山港の 2 港（水島港と福山港を 1 港として拠点化）、穀物は釧路港、鹿島港、名古屋港、水島港、志布志港の 5 港が選定されている⁽⁶⁾。そして、大型船の就航が可能となるように、これら各戦略港湾は、連携して貨物の集中輸入を行う連携港湾を選定している。例えば、鉄鉱石の戦略港湾である木更津港では、室蘭港、鹿島港、千葉港、川崎港、名古屋港、和歌山港、東播磨港、呉港、北九州港の 9 港を選定している。これらの港湾は、付近に製鉄所等がある等の立地条件から国内で需要量が非常に多く、木更津港からのセカンドポートとして考えられている⁽⁷⁾。

3.2 国際バルク戦略港湾政策の検討課題

政策では、VLCC 船の活用が挙げられているが、船型による物流コストの削減効果の傾向を踏まえた目指すべき大型化の目安や大型化に影響を与える寄港頻度について検討する必要がある。そして、優先的に大型化すべき対象輸入国についての検討もすべきである。また、ファーストポート(戦略港湾)から連携港湾への 2 港揚げ又は 3 港揚げについて、削減効果の高い連携港湾数や連携が望ましい港湾についても検討が必要である。

4. 物流コスト及び CO₂ 排出量の算出式

4.1 物流コストの算出式

参考文献(2)(8)を参考に、本研究では物流コストを運航費(変動費)と船費(固定費)の総計とした(表 1)。運航費は、貨物費、燃料費、港費の合計で、貨物費には、荷役費と保管費が含まれる。また、船費は、減価償却費、船員費、保険料の合計である。

なお、式(8)及び式(16)の原単位は、参考文献(4)(9)を用い、船型との関係から推計した。そして、式(19)は船舶保険会社へのヒアリングから船型との関係式を作成した。

表 1 物流コストの内訳

費用分類	内訳	
変動費 運航費	貨物費	荷役費、保管費
	燃料費	C重油
	港費	入港料、とん税、水先料、曳船使用料、岸壁使用料
固定費 船費	減価償却費	償却期間20年間、残存価値5%
	船員費	給与
	保険料	船舶保険料

$$\text{物流コスト}[\$/\text{年}] = \text{運航費}[\$/\text{年}] + \text{船費}[\$/\text{年}] \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{運航費}[\$/\text{年}] = \text{貨物費}[\$/\text{年}] + \text{燃料費}[\$/\text{年}] + \text{港費}[\$/\text{年}] \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{船費}[\$/\text{年}] = \text{減価償却費}[\$/\text{年}] + \text{船員費}[\$/\text{年}] + \text{保険料}$$

[\$ / 年] ----- (3)

貨物費[\$ / 年] = 荷役費[\$ / 年] + 保管費[\$ / 年] ----- (4)

荷役費[\$ / 年] = 荷役単価[\$ / トン] × 需要量[トン / 年] × 2
(荷積み・荷降ろし) ----- (5)

保管費[\$ / 年] = 保管単価[\$ / (トン・年)] × 平均保管量[トン] ----- (6)

燃料費[\$ / 年] = 燃料単価[\$ / トン] × 燃料消費原単位[トン / 年] × 総航海時間[年 / 年] ----- (7)

燃料消費原単位[トン / 年] = 22.2 + (0.000122 × DWT) - (8)

決定係数 (R^2) : 0.71、データ数 : 28

切片 : t 値 8.5、有意水準 1% で有意

DWT : t 値 8.0、有意水準 1% で有意

港費[\$ / 年] = 入港費[\$ / 年] + とん税[\$ / 年] + 水先料[\$ / 年] + 曳船使用料[\$ / 年] + 岸壁使用料[\$ / 年] ----- (9)

入港費[\$ / 年] = 入港費単価[\$ / 回] × 総寄港回数[回 / 年] ----- (10)

とん税[\$ / 年] = とん税単価[\$ / 回] × 総寄港回数[回 / 年] ----- (11)

水先料[\$ / 年] = 水先使用料単価[\$ / 回] × 総寄港回数[回 / 年] × 2 (入港・出港) ----- (12)

曳船使用料[\$ / 年] = 曳船使用料単価[\$ / 回] × 総寄港回数[回 / 年] × 2 (入港・出港) ----- (13)

岸壁使用料[\$ / 年] = 岸壁使用料単価[\$ / 年] × 総岸壁使用時間[年 / 年] ----- (14)

減価償却費[\$ / 年] = ({船舶 - (船舶 × 0.05)} / 20) [\$ / (隻・年)] × 就航隻数[隻] ----- (15)

船舶[\$ / 隻] = 15691732.7 + (236.3 × DWT) ----- (16)

決定係数 (R^2) : 0.99、データ数 : 4

切片 : t 値 17.8、有意水準 1% で有意

DWT : t 値 27.7、有意水準 1% で有意

船員費[\$ / 年] = 船員費単価[\$ / (隻・年)] × 就航隻数[隻] ----- (17)

保険料[\$ / 年] = 保険料単価[\$ / (隻・年)] × 就航隻数[隻] ----- (18)

保険料単価[\$ / 隻] = 10890075.2 + (144.6 × DWT) ----- (19)

決定係数 (R^2) : 0.93、データ数 : 8

切片 : t 値 10.7、有意水準 1% で有意

DWT : t 値 8.7、有意水準 1% で有意

4.2 CO₂ 排出量の算出式

参考文献(4)(10)(11)を参考に、CO₂ 排出量を算出した(式(20))。燃料消費量は、船型から求まる燃料消費原単位に総航海時間及び CO₂ 排出源単位を乗じて算出される。

CO₂ 排出量[t-CO₂/年] = CO₂ 排出原単位[t-CO₂/トン] × 燃料消費原単位[トン / 年] × 総航海時間[年 / 年] ----- (20)

5. 分析対象及び使用データ

5.1 分析対象

日本は鉄鉱石を 1 億 3432 万トン (2010 年)⁽¹²⁾ 輸入しており、このうち、オーストラリアから 7790 万トン、ブラジルから 3029 万トン輸入している⁽¹³⁾。そして、国内の港で最も輸入量が多いのは木更津港で、1567 万トン荷揚げされている。

なお、木更津港は鉄鉱石の国際バルク戦略港湾として選定されており、オーストラリアのポートワルコット港(288 万トン)やブラジルのセペチバ港(252 万トン)からの輸入量が多い⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。特にブラジルのセペチバ港は大水深岸壁を有しており、船舶の大型化の有力な候補となる港である。

そこで本研究では、木更津港とセペチバ港の間における鉄鉱石輸入を対象に、基本となる需要量(輸送量)や航海距離等を設定する(図 1)。

需要量 : 年間 300 万トン

航海距離 : 1.2 万 NM

船型 : 20 万 DWT

寄港回数 : 20 回 / 年 (荷揚げ量の上限 : 15 万トン)

また、第 6 章の感度分析で使用する隣り合う連携港湾間の航海距離を、木更津港一下津港間(316NM)や木更津港一東播磨港間(363NM)等の航海距離⁽¹⁵⁾を参考に、300NM を基準とした。

5.2 分析内容

鉄鉱石の積出港から国内の荷揚港までの輸入を対象に下記の項目の感度分析を行う。そして、この結果を基に幾つかの運航パターンを設定し、比較分析から望ましい運航パターンを検討する。

- (1) 船型の大型化の影響
- (2) 連携港湾数の影響
- (3) 連携港湾間の航海距離の影響
- (4) 需要量の影響
- (5) 航海距離の影響

上記の項目の内、(2)連携港湾数の影響は、図 2 に示すように複数の国内の港で荷揚げする場合の分析で、(3)連携港湾間の航海距離の影響は、図 3 に示すように国内の隣り合う連携港湾間の航海距離を変化させた場合の分析である。そして、(5)航海距離の影響は、図 1 に示すように鉄鉱石の積出港から国内の荷揚港までの航海距離を変化させた場合の分析である。

なお、(1)船型の大型化の影響等の感度分析では、港湾において鉄鉱石を一度に荷揚げできる量を考慮した分析も行う。具体的には、5.1 節に示す寄港回数 20 回/年（荷揚げ量の上限：15 万トン）を制約として分析を行う。

図1 船型・需要量・航海距離の感度分析

図2 連携港湾数の感度分析（1、2、3 港揚げの例）

図3 連携港湾間の航海距離の感度分析

5.3 使用データ

物流コスト及び CO₂ 排出量の算出で使用する単価及び原単位は、参考文献(4) (11) (16) (17)等を参考に求めた。

荷役単価[\$/トン]: 25.59

保管単価[\$/(トン・年)]: 0.05×保管期間

燃料単価[\$/トン]: 281.38

入港費単価[\$/回]: 0.03×GT

とん税単価[\$/回]: 0.41×GT

水先使用料単価[\$/回]: 409.74×DWT

曳船使用料単価[\$/回]: 618.45×GT

岸壁使用料単価[\$/年]: 0.03×GT

総岸壁使用時間[年/年]: 0.019×DWT

船員費単価[\$/(隻・年)]: 1900000.00

保険料単価[\$/(隻・年)]: 124062.65

また、参考文献(10)より満載時の積載率を 80%、船速を 13.9knot、そして空船時の船速を 14.3knot とした。

6. ドライバルクの国際海上輸送を対象とした感度分析

6.1 船型の大型化の影響

船型と物流コストの関係を図4、船型と CO₂ 排出量との関係を図5に示す。図中の青線は港湾における荷揚げ量の制約がない場合を示し、赤線は制約がある場合を示している。

図4 船型と物流コストの関係

図5 船型と CO₂ 排出量の関係

まず、制約がない場合から説明する。図から、船型が大型化するに従って、物流コスト及び CO₂ 排出量が低減している事が分かる。これは、大型化による寄港回数及び必要隻数の削減効果による。特に 10 万 DWT 程度までの大型化は非常に削減効果が大きいの。しかし、20 万 DWT を超えたあたりから低減傾向は緩やかとなり、30 万 DWT を超えるとほぼ横ばいとなっている。

この分析結果から、10 万 DWT (Panamax 船) 程度の大形化をまず進めていくべきであると言える。参考文献(14)のデータを分析した結果、鉄鉱石専用船の平均船型は約 20 万 DWT (VLOC 船) で、一般バルク船の平均船型は約 6 万 DWT (Panamax 船) であった。したがって、荷揚げ量の制約がない場合、物流コストを大きく削減するためには、一般バルク船の大形化が有

効である。

10 万 DWT 級の船舶では、最低でも-13m の水深が必要となる⁽¹⁸⁾。参考文献 (14) (19) (20) の分析結果から、ドライバルクを荷揚げしている港湾の大半は、錨地、航路、岸壁において水深-13m 以上を有している事が明らかになった。故に、10 万 DWT 程度までの大型化であれば、入港に差し支えがないと言える。

次に、港湾における荷揚げ量の制約がある場合は、物流コスト及び CO₂ 排出量が最小となる望ましい船型が存在し、この船型を超えると積載率の低下から物流コスト等が上昇している。

6.2 連携港湾数の影響

連携港湾数と物流コスト及び CO₂ 排出量の関係を図 6 と図 7 に示す(制約なし)。図 6 と図 7 から連携する港湾数が増加するに従って、物流コスト等が増加している事が分かる。これは、荷揚げする度に積載率が低下すると共に、航海距離の増加により燃料費及び必要隻数が増加する影響である。

また、図 8 と図 9 に示す港湾における荷揚げ量の制約がある場合より、望ましい連携港湾数と船型の組み合わせがある事が分かった。今回の基本条件の場合は、物流コストからは 1 港揚げが船型 10 万 DWT で、2 港揚げが船型 30 万 DWT、CO₂ 排出量からは 1 港揚げが船型 20 万 DWT で、2 港揚げが船型 30 万 DWT のときが望ましい。

次に、望ましい船型サイズが異なっていることから、参考文献 (21) の排出権取引価格(15EUR/t-CO₂)を参考に、CO₂ 排出量の削減効果を貨幣換算(2010 年の年間平均為替レート: 1.33EUR/USD)し、物流コストの削減効果と合わせて総合評価する。図 10 は、5.1 節で示した設定条件の船型 20 万 DWT、1 港揚げの場合を基準とし、船舶の大型化及び複数港揚げを行った場合の物流コスト及び CO₂ 排出量の削減効果を総合評価した結果である。図から削減効果が最も大きいのは、僅かな差であるが、船型 30 万 DWT で 2 港揚げを行う場合であることが分かった。次に効果が大きいのが、船型 20 万 DWT で 2 港揚げを行う場合であり、次いで船型 20 万 DWT で 1 港揚げを行う場合であった。

なお、複数の港湾で荷揚げする港湾の連携において物流コストが削減されるのは、寄港回数が増加することにより港湾において 1 回あたりの荷揚げ量が少なくなるためである。これにより、保管量が削減され、保管費が削減される。

図 6 連携港湾数と物流コストの関係 (制約なし)

図 7 連携港湾数と CO₂ 排出量の関係 (制約なし)

図 8 連携港湾数と物流コストの関係 (制約あり)

図 9 連携港湾数と CO₂ 排出量の関係 (制約あり)

図10 連携港湾数と総合評価[削減効果] (制約あり)

図12 連携港湾間の航海距離とCO₂排出量の関係

6.3 連携港湾間の航海距離の影響

連携港湾間の航海距離と物流コスト及びCO₂排出量の関係を図11と図12に示す。図から当然の結果であるが、連携港湾間の航海距離が増加するに従って、物流コスト及びCO₂排出量が増加している。特に、この増加傾向は連携港湾数が多いほど増加傾向が顕著である。

港湾間の航海距離の参考として、木更津港とその連携港湾である千葉港、室蘭港との間の航海距離を次に示す。また、船会社へのヒアリング及び参考文献(14)から木更津港との間の航海が行われている大分港及び釜山港についても示す。特に、釜山港はブラジルの鉄鉱石メジャーであるVale社が中継基地とすることを計画している港である⁽²²⁾。

千葉港：20NM

室蘭港・大分港：600NM

釜山港：900NM

以上のことから、木更津港を用いた例で言えば、大分港や釜山港との連携ではなく、千葉港のような近距離の港湾と連携すべきであると言える。

図11 連携港湾間の航海距離と物流コストの関係

6.4 需要量の影響

需要量と物流コスト及びCO₂排出量の関係を図13から図16に示す。港湾における荷揚げ量の制約がない場合は、図13と図14に示すように需要量の変化による物流コストとCO₂排出量に大きな変化は見られない。しかし、港湾における荷揚げ量の制約がある場合は、図15と図16から需要量に応じた適切な船型が存在する事が分かる。これは、船型が大きくなりすぎると港湾における荷揚げ量の影響から積載率が低下するためである。また、需要量が増加するに従って、最適な船型が大きくなり、そして、物流コスト等が低減していることが分かる。

図13 需要量と物流コストの関係 (制約なし)

図14 需要量とCO₂排出量の関係 (制約なし)

図 15 需要量と物流コストの関係（制約あり）

図 17 航海距離と物流コストの関係

図 16 需要量と CO₂ 排出量の関係（制約あり） 図 18 航海距離と CO₂ 排出量の関係

以上のことから、輸入量の多い積出港から船型の大型化を図るのが有効であることが分かる。木更津港の場合は、輸入量が多く、かつ平均船型が 20 万 DWT 未満であるブラジルのセペチバ港やオーストラリアのポートワルコット港などが候補となる。

6.5 航海距離の影響

積出港と荷揚港間の航海距離と物流コスト及び CO₂ 排出量の関係を図 17 と図 18 に示す。図から航海距離の違いにより、船型が大型化した場合の物流コスト等の低減傾向が異なることが分かる。1000NM とした航海距離が短い場合は、船型の大型化による物流コストの削減効果は見られない。これは、物流コストに占める燃料費の割合が非常に小さく、大型化によるメリットを享受出来ていないためである。逆に、減価償却費が増加し、結果として物流コストが増加している。

これに対して、航海距離が長い場合は、船型の大型化による寄港回数の減少による物流コストの削減効果が大きい。なお、CO₂ 排出量は近距離の場合でも船型の大型化による低減傾向が見られるが、その効果は小さい。

以上のことから、物流コスト及び CO₂ 排出量ともに大きな効果がみられる航海距離の長いブラジルからの鉄鉱石輸入を対象に船型の大型化を図るのが望ましいことが分かった。

7. 感度分析の結果を踏まえたドライバルクの国際海上輸送

7.1 国際海上輸送の設定

感度分析から、船型が大型化する程、物流コスト及び CO₂ 排出量の削減効果がある事が明らかになった。また、2 港揚げを行う場合は港湾間距離が短い程、物流コスト及び CO₂ 排出量の削減効果がある事が明らかになった。

そこで、政策で選定された戦略港湾を中心に、削減効果の検証を行う。対象とする荷揚港は、鉄鉱石の戦略港湾である木更津港と水島港・福山港、そしてこれらの連携港湾である室蘭港、鹿島港、千葉港、川崎港、名古屋港、下津港、東播磨港、呉港、大分港、北九州港の合計 13 港とした。

感度分析の結果を元に、ブラジルからの輸入を例に、表 2 及び図 19 に示す 3 つの運航パターンについて比較する。

まず、(a)はブラジルのセペチバ港と 13 港の港湾

間をそれぞれ個別に往復する輸送で、船型は下記に示す参考文献(14)から求めた各港湾に寄港する船舶の平均船型の場合である。

室蘭港 (6.0 万 DWT)、鹿島港 (12.1 万 DWT)、千葉港 (8.4 万 DWT)、川崎港 (7.9 万 DWT)、木更津港 (13.1 万 DWT)、名古屋港 (4.0 万 DWT)、下津港 (4.2 万 DWT)、東播磨港 (5.1 万 DWT)、水島港 (5.1 万 DWT)、福山港 (6.2 万 DWT)、呉港 (8.4 万 DWT)、大分港 (11.8 万 DWT)、北九州港 (3.9 万 DWT)

次に、(b)は(a)の場合の船型を全て、30 万 DWT とした場合である。最後に、(c)は船型を全て 30 万 DWT とした場合で、木更津港と水島港を拠点に、それぞれ次に示す港湾との 2 港揚げとした場合の輸送である。

木更津港：室蘭港、鹿島港、千葉港、川崎港、名古屋港

水島港：下津港、東播磨港、福山港、呉港、大分港、北九州港

また、需要量や航海距離は参考文献(13) (15)から求めた。

表 2 運航パターン

運航パターン	船型	荷揚げ方法	拠点港
(a)	平均船型	1港揚げ	—
(b)	30万DWT	1港揚げ	—
(c)	30万DWT	2港揚げ	木更津港・水島港

図 19 運航パターンの設定

7.2 物流コスト及び CO₂ 排出量の削減効果

運航パターン毎の物流コストと CO₂ 排出量の比較を図 20 と表 3、そして表 4 に示す。

運航パターン(a)と(b)の比較から、船舶の大型化による削減効果があることが分かる。本事例の場合

は、物流コストで 2.0 億[USD/年]、そして CO₂ 排出量で 53.9 万[t-CO₂/年]削減された。また、運航パターン(c)の木更津港及び水島港を拠点港湾とする 2 港揚げの場合は、物流コストが 1.3 億[USD/年]、そして CO₂ 排出量が 51.2 万[t-CO₂/年]削減される。

これより、運航パターン(b)の船舶の大型化が最も物流コスト及び CO₂ 排出量の削減効果が大きく、有効な削減策であることが分かった。

図 20 運航パターン毎の物流コストの比較

表 3 運航パターン毎の物流コストの比較

運航パターン	物流コスト USD/Year	貨物費 USD/Year	燃料費 USD/Year
(a)	1,328,848,383	418,251,969	196,699,509
(b)	1,129,709,382	445,015,538	92,399,183
(c)	1,196,513,817	419,621,485	99,698,637
運航パターン	港費 USD/Year	減価償却費 USD/Year	保険料 USD/Year
(a)	43,023,258	42,219,745	578,114,414
(b)	131,951,656	31,409,592	414,422,553
(c)	148,356,015	36,083,042	476,084,701

表 4 運航パターン毎の CO₂ 排出量の比較

運航パターン	CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /Year
(a)	875,269
(b)	336,472
(c)	363,053

8. 結論

本研究では、国際バルク戦略港湾政策における鉄鉱石輸入を対象に、物流コストならびに CO₂ 排出量の削減を図るための運航パターンについて検討した。

具体的には、船舶の大型化や連携する港湾数や港湾間の航海距離が物流コストや CO₂ 排出量に与える影響を感度分析するとともに、大きな政策効果が期待できる対象輸入国を検討するために、需要量と航海距離の影響について感度分析を行った。その結果、次のようなことが分かった。

- (1) 船型を大型化する程、削減効果が得られた。特に削減効果が大きかった、10 万 DWT 程度までの大型化をまずは行うべきである。
 - (2) また、需要量が多い程、若しくは、航海距離が長い程、大型化による物流コスト及び CO₂ 排出量の削減効果が大きい事が明らかになった。よって、オーストラリアやブラジルなどを中心に大型化を推進していくべきである。
 - (3) 港湾における荷揚げ量の制約がある場合は、望ましい連携港湾数と船型の組み合わせがあることが分かった。今回の基本条件の場合は、物流コストからは 1 港揚げが船型 10 万 DWT で、2 港揚げが船型 30 万 DWT、CO₂ 排出量からは 1 港揚げが船型 20 万 DWT で、2 港揚げが船型 30 万 DWT のときが望ましい。総合評価した結果、最も大きな削減効果得られたのは、船型 30 万 DWT で 2 港揚げをする場合ということが分かった。
 - (4) 運航パターンの比較から 30 万 DWT 程度の大型船を用いた 1 港揚げが、物流コスト及び CO₂ 排出量が最も少ないことが分かった。
- 書(公表資料),「応募港湾・木更津港、応募品目・鉄鉱石」, 2011. 01. 28
- (8) 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, pp259-269, 1999. 09
 - (9) 一般社団法人日本船用工業会: 船用工業製品統計月報,
<http://www.jsmea.or.jp/senyo/index.html>
 - (10) 平岡克英・亀山道弘: LCA 解析のための外航貨物船の運航状況分析と海上輸送の大気環境負荷物質の排出係数, 海上技術安全研究所報告第 5 巻 3 号, pp25-90, 2005. 10
 - (11) 一般財団法人省エネルギーセンター: エネルギー使用量の原油換算方法,
<https://www.eccj.or.jp/law/pamph/outline/04-5.html>
 - (12) 財務省: 財務省貿易統計(過去の報道発表資料, 2010 年分資料),
<http://www.customs.go.jp/toukei/shinbun/happyou.htm>
 - (13) 国土交通省: 港湾統計(平成 22 年度分年報),
<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/search/excelhtml/01/01201000a00000.html>
 - (14) Lloyd' s Marine Intelligence Unit: 船舶動静データ(2010 年)
 - (15) 海上保安庁: 距離表, 1995. 06
 - (16) 交通日本社(国土交通省認可・届出): 貨物運賃と各種料金表 2008, pp7-76
 - (17) 日本港湾協会港湾政策研究所: 港湾物流情報, 港湾諸料金比(費目別収受状況一覧),
http://www.phaj.or.jp/distribution_2014/14port/price.html
 - (18) 社団法人日本航海学会規格委員会国土技術政策総合研究所: 次世代の航路計画基準, 2004, pp1-8
 - (19) JAKOTA Cruise Systems GmbH, Rostock. : FleetMon Tracking the Seven Seas,
<http://www.fleetmon.com/>
 - (20) MarineTraffic.com :
<http://www.marinetraffic.com/jp>
 - (21) みずほ情報総研: 排出権取引市場,
<http://www.mizuho-ir.co.jp/publication/contribution/2010/economist100208.html>
 - (22) 一般社団法人横浜港振興協会: 韓国代表現地情報, 2013. 02, <http://www.yokohamaport.org/>

参考文献

- (1) 日本経済新聞: エネルギー・穀物輸入、10 港に集中 コスト 4 割削減, 経済速報, 2014. 10. 12
- (2) 赤倉康寛・瀬間基広: 我が国へのドライバルク貨物輸送の効率化に向けた一考察, 国土技術政策総合研究所研究報告書, No. 560, pp2-46, 2010. 01
- (3) 鈴木理沙・黒川久幸・鶴田三郎: 我が国のドライバルク港湾における政策効果の検証に関する研究, 日本航海学会論文集, No. 127, pp181-188, 2012. 09
- (4) 財団法人シップ・アンド・オーシャン財団: 船舶からの温室効果ガス(CO₂ 等)の排出削減に関する調査研究報告書, pp10-33, 2000. 03
- (5) Haakon Lindstad・Bjorn E. Asbjornslett・Anders H. Stromman : The importance of economies of scale for reductions in greenhouse gas emissions from shipping, Energy Policy, No. 46, pp386-398, 2012
- (6) 国土交通省: 国際バルク戦略港湾の選定結果について,
http://www.mlit.go.jp/report/press/port01_hh_000076.html
- (7) 千葉県: 国際バルク戦略港湾選定に向けた計画