

東日本大震災における外貿コンテナ貨物の 代替港湾・輸送経路試算

赤倉 康寛¹・小野 憲司²・渡部 富博³・福元 正武⁴・邊見 充⁵

¹正会員 京都大学 防災研究所 社会防災研究部門 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail:akakura.yasuhiro.6n@kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学 防災研究所 社会防災研究部門 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail:ono.kenji.5z@kyoto-u.ac.jp

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail:watanabe-t2w3@ysk.nilim.go.jp

⁴国土交通省 東北地方整備局 港湾空港部 (〒981-0013 宮城県仙台市青葉区花京院1-1-20)

E-mail:fukumoto-m2mk@pa.thr.mlit.go.jp

⁵国土交通省 東北地方整備局 港湾空港部 (〒981-0013 宮城県仙台市青葉区花京院1-1-20)

E-mail:henmi-m8310@pa.thr.mlit.go.jp

東日本大震災においては、東日本の太平洋側の港湾施設に甚大な被害が発生し、日本海側の港湾を中心に、被災港の代替機能を発揮した。今後想定される南海トラフ巨大地震や首都直下地震において、災害時にもなるべく途絶しない国際物流を実現するためには、事前に代替港湾・輸送経路を特定し、関係者間の連携を図っておくことが重要である。本研究は、外貿コンテナ貨物流動を対象に、東日本大震災における代替港湾・輸送経路を試算することを目的としたものである。試算は、①被災港の機能停止、②周辺港の航路便数変化及び③貨物の時間価値上昇を設定し、犠牲量モデルにより推計した。

Key Words : *Great East Japan Earthquake, containerized cargo, port BCP, alternative port/route*

1. 序論

東日本大震災においては、東日本の太平洋側の港湾施設に甚大な被害が発生し、国際物流機能の回復に長い期間を要した。この間、日本海側の港湾を中心に、被災港の代替機能を発揮した。今後想定される南海トラフ巨大地震や首都直下地震において、災害時にもなるべく途絶しない国際物流を実現するためには、事前に代替港湾・輸送経路を特定し、関係者間の連携を図っておくことが重要である。一方、災害発生後の物流については、その詳細なデータが存在しないため、平常時との差異に不明な点が多く、その推計には多くの困難が伴う。以上の状況を踏まえ、本研究は、外貿コンテナ貨物流動を対象に、東日本大震災における代替港湾・輸送経路を試算することを目的としたものである。

東日本大震災の被害を踏まえ、国土交通省交通政策審議会港湾分科会防災部会では、「港湾における地震・津波対策のあり方～島国日本の生命線の維持に向けて～」

(平成24年6月)がとりまとめられている。その中では、港湾の災害対応力の強化のため、港湾BCPを策定し関係者間で共有することが必要であることに加え、港湾相互のバックアップ体制をあらかじめ検討し、バックアップ機能を有する港湾を港湾BCPに位置付ける必要があるとされている。本研究は、この港湾BCPにおいて、外貿コンテナ貨物について、代替港湾を特定するための基礎となるものであり、平常時の港湾・輸送経路選択モデルとして開発された犠牲量モデルを用い、東日本大震災での再現性を分析・検討するものである。この試算結果を踏まえ、最終的には、様々な想定地震に対して、代替港湾・経路を事前に特定可能とすることを目標としている。以降、本稿では、2.で東日本大震災後の外貿コンテナ貨物の流動状況を分析し、3.では代替港湾・輸送経路の推計方法について述べ、4.で推計結果の分析・検証を行い、5.で結論をとりまとめる。

2. 東日本大震災後の外貿コンテナ流動の状況

(1) 港湾統計データによる分析

港湾調査（月報，国土交通省）による港湾統計データにより，五大港，被災港及び周辺港の外貿コンテナ貨物量の増減を整理したのが，図-1である．各指数は，2010年の同月コンテナ量に2010年→2011年の1・2月伸び率を掛け合わせた値を基準（1.0）としたものであり，東日本大震災がなければ，取り扱っていたと推測されるコンテナ量に対する割合である．

上図の五大港では，全般的に0.8～1.1の間にあり，それほど大きな増減は見られなかったものの，横浜港は9月まで0.9を切った状態が続き，名古屋でも5・6月に比較的低い水準にあった．製造業の操業度の低下による輸出を中心としたコンテナ量の減少があったものと推察される．また，輸入の割合が高い東京港でも4月に低下が見られたのは，放射能汚染の風評被害による抜港が影響している可能性が想定される．

中図の被災港では，震災後にいずれの港湾もコンテナ量0に落ち込んだが，八戸港は比較的早期に復旧し，10月には通常の数になっていた．これに対し，仙台塩釜港と茨城港は9月になって震災後初めてのコンテナ量が計上されており，小名浜港では10月までコンテナ量が0であった．被災港の中でも，状況に相違が見られた．

下図の周辺港では，ほとんどが1.0を超えており，地理的な位置から，代替港湾としての機能の発揮や，復旧・復興関連貨物の輸入があったものと推察された．特に，酒田港や新潟港でのコンテナ量増加は目立っていた．

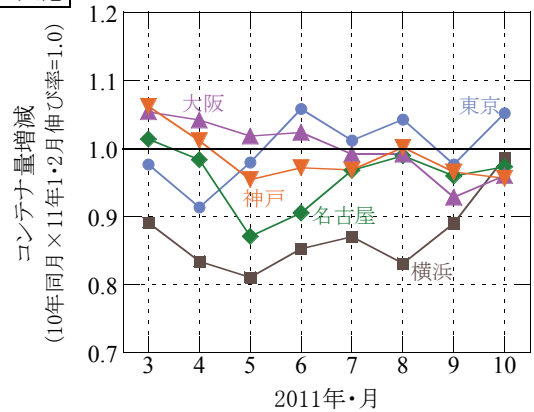
(2) 荷主アンケートによる分析

港湾統計データでは，平常時に利用していた港湾と東日本大震災時の代替港湾の直接的な関係が明確にはならない．そこで，東北地方整備局港湾空港部において実施した荷主アンケートから，外貿コンテナ貨物の代替港利用状況を整理したのが，図-2である．

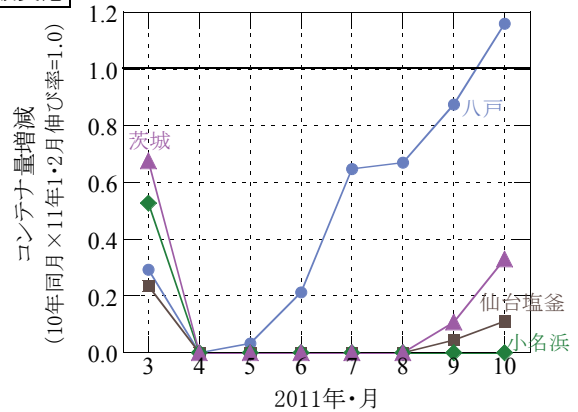
アンケート結果での荷主の平常時の利用港湾は，事業所数で，3/4が仙台塩釜港，2割弱が小名浜港であった．これに対し，東日本大震災での代替利用港湾は，半数が東京湾であり，次いで日本海側の新潟港，秋田港及び酒田港であった．八戸港は，被災港の中では比較的早期に復旧したことにより，他の被災港の代替機能を果たしたものである．

この荷主アンケートにより，被災港利用の傾向は判明したが，回答が得られた荷主の数が限られており（事業所数：16），定量的な議論は難しい状況である．

五大港



被災港



周辺港

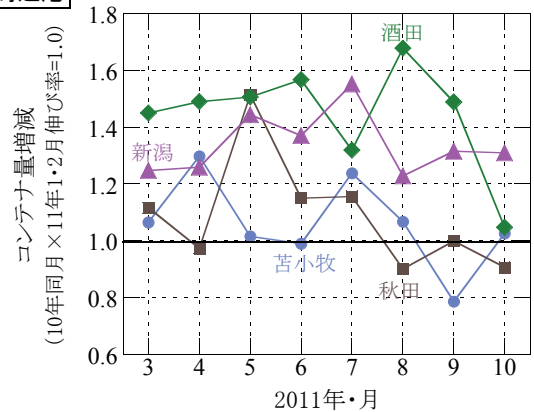


図-1 外貿コンテナ貨物量増減（月別トン数）

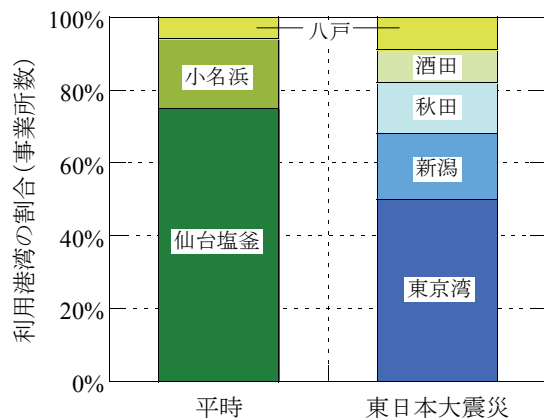


図-2 代替港のアンケート結果

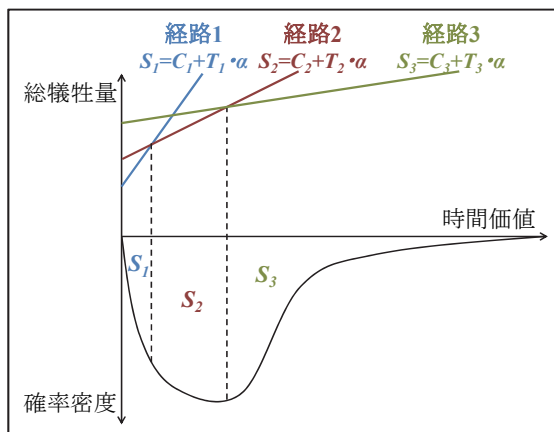


図-3 犠牲量モデルの概念図

3. 推計方法

(1) 港湾・輸送経路選択モデル

港湾・輸送経路選択モデルは、既開発¹⁾の犠牲量モデルを用いた。犠牲量モデルとは、各荷主は、以下に示される総犠牲量（一般化費用） S が最小となるルートを選択するとしたモデルである。

$$S = C + T \cdot \alpha \quad (1)$$

ここに、 C ：輸送費用

T ：輸送時間

α ：時間価値

モデルの概念図を、図-3に示す。上半分が総犠牲量—時間価値の関係であり、時間価値に応じて、総犠牲量が最低となるルートが異なる（経路1～3）。下半分がコンテナ貨物の確率密度—時間価値の関係であり、コンテナ貨物の経路選択確率は、確率密度分布の面積比（ S_1 ： S_2 ： S_3 ）となる。同モデルは、全国輸出入コンテナ貨物流動調査（2008年11月、国土交通省）のデータを用いて構築されており、その再現精度は、図-4のとおり。モデルにおいては、輸送経路として、最終船卸・最初船積港と仕向・仕出港が算定される（輸出であれば、国内生産地→最初船積港→仕出港→海外目的地であり、直行の場合、最初船積港と仕出港は同じになる）。なお、モデルの詳細については、文献1)を参照されたい。

(2) 震災後のモデル条件設定

東日本大震災後1ヶ月の状況を再現するため、モデルの時点修正を行った他、以下の条件を設定した。

- ①被災港湾の状況を再現：港湾施設の損壊や航路閉塞等により、港湾機能が停止した状況として、八戸～茨城港（常陸那珂港区）において、外貿・内貿共に航路停止とした。
- ②周辺港湾の状況を再現：代替機能を果たした周辺の港湾では、平常時に被災港湾を利用していたコンテナ貨物の代替輸送需要に対応するため、外貿コンテナ航路

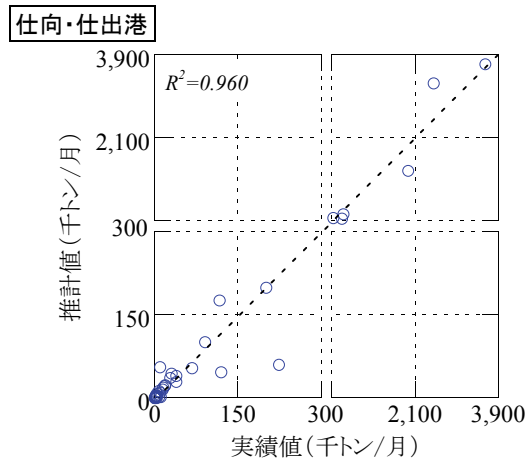
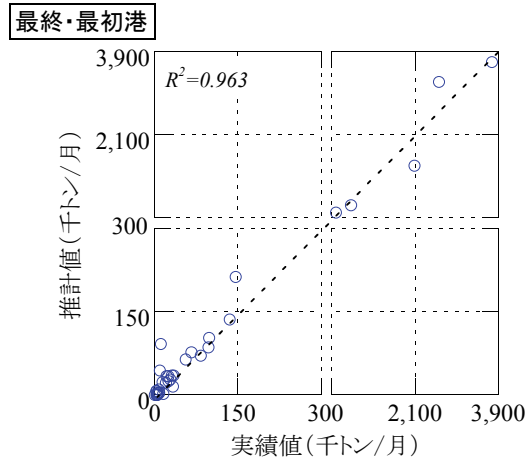


図-4 既開発犠牲量モデルの精度

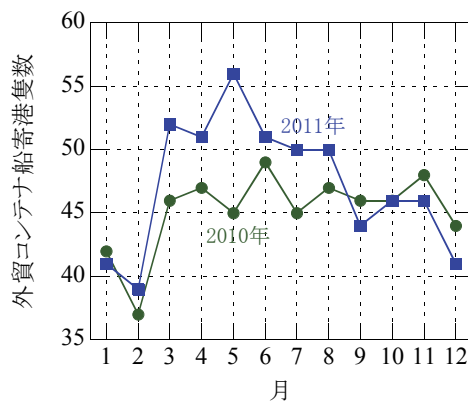


図-5 新潟東港外貿コンテナ船寄港隻数

の拡充が行われた。そこで、航路拡充が確認できた秋田・酒田・新潟の各港について、外貿航路便数を増加させた。例として、新潟港での外貿コンテナ船寄港隻数の推移を、図-5に示す（新潟東港コンテナターミナルのデータ²⁾より作成）。2011年3月以降での便数増が明確であり、このデータに基づき、震災後の航路別の増加数を設定した。また、東京湾では放射能汚染の風評被害による抜港（5月半ばまでで42隻³⁾）を踏まえ、外貿航路便数を減少させた。

- ③貨物の時間価値の上昇：震災後においては、平常時に

表-1 既開発モデルでの時間価値推計結果

航路・輸出入区別		平均値	標準偏差
基幹	輸出	2,146	6.3
	輸入	1,963	9.8
アジア	輸出	1,380	13.5
	輸入	1,155	12.7

単位:円/時・TEU

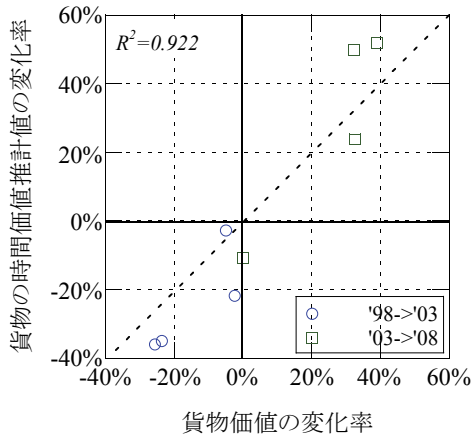


図-6 外貿コンテナ貨物の貨物価値と時間価値の関係

被災工場で生産されていた製品が不足する。そのため、被災港湾が使用できないとの限定された輸送経路において、高い輸送費・時間をかけてでも輸送されることになり、貨物の時間価値は上昇したものと推察される。この状況を貿易統計データにより推計した(後述)。

震災時の外貿コンテナの国内流動状況としては、上記の設定の他、代替機能を果たしたコンテナターミナルでの混雑による所要時間の増大や、道路の損壊や渋滞による港湾とのアクセス・イグレス時間の増大といった状況を再現する必要があるが、現時点ではモデル設定に反映できていない。また、貨物が集中したコンテナターミナルでの貨物取扱の能力限界も考慮できていない。これらについては、今後の課題である。

(3) 時間価値の推計

既開発モデルは、全国輸出入コンテナ貨物流動調査のデータを用いて貨物の時間価値を推計し、その推計結果により、港湾・輸送経路の選択を推計している。既開発モデルでの時間価値推計結果は、表-1のとおり。

震災後においては、貨物の時間価値が上昇したものと推察されるが、全国輸出入コンテナ貨物流動調査に相当するデータが存在しないため、直接推計ができない。そこで、コンテナ貨物の時間価値の変化を、貨物価値の変化から間接的に推計することとした。この点について、図-6に、過去の全国輸出入コンテナ貨物流動調査の貨物価値変化率と、既開発モデルによる貨物の時間価値推計値の変化率とを比較した結果(1998年調査→2003年調査及び2003年調査→2008年調査)を示す。この対比結果よ

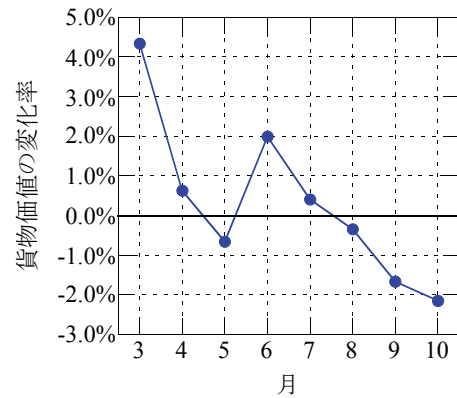


図-7 外貿コンテナ貨物の貨物価値変化(2011年)

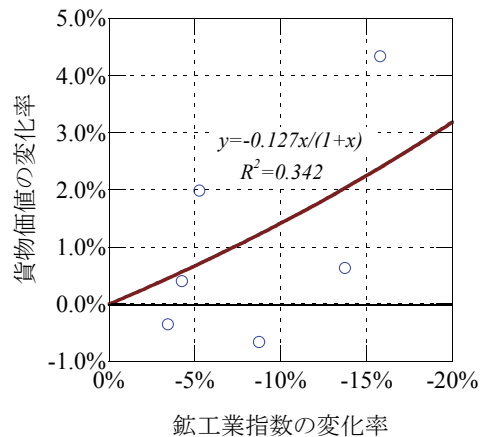


図-8 鉱工業指数と外貿コンテナ貨物価値の関係

り、両者の変化率を1:1とみなして問題ないものと考えた。

コンテナ貨物の価値は、貿易統計(財務省)より算定した。具体的には、単位が重量である品目について、単位重量あたりの価値(円)を整理し、さらに、取引通貨が円以外の割合は、円/ドル為替レートの影響を考慮した。その結果について、2010年同月値に2011年1・2月の伸び率を加味した値に対する変化率で整理したのが、図-7である。3月には貨物価値が大きく上昇し、5月を除くと7月までプラスとなっていた。

コンテナ貨物の時間価値は、製品の不足状態に対応すると考えると、全国一律ではなく、コンテナ貨物の発生集中地別に算定する必要がある。そこで、2011年3~8月のコンテナ貨物価値の変化率と、日本全体の鉱工業生産指数と対比させたのが、図-8である。曲線推計では、原点を通過し、生産0では貨物価値が無限大と設定した。決定係数は高くなかったものの、震災による製造業等の操業低下(鉱工業指数のマイナス変化)と貨物の価値変化とを、関係付けることが出来た。この推計曲線を用い、被災した東北地方及び3~4月に計画停電があった東京電力の電力供給区域のうち、鉱工業指数の低下がほとんどなかった山梨県を除く14都県で、鉱工業指数の変化率から、貨物の時間価値上昇を設定した。

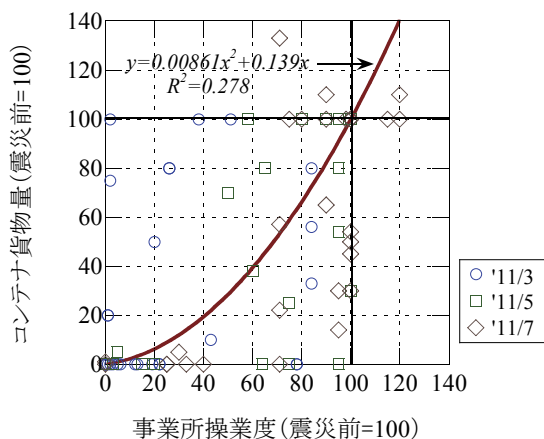


図-9 事業所操業度とコンテナ貨物量の関係

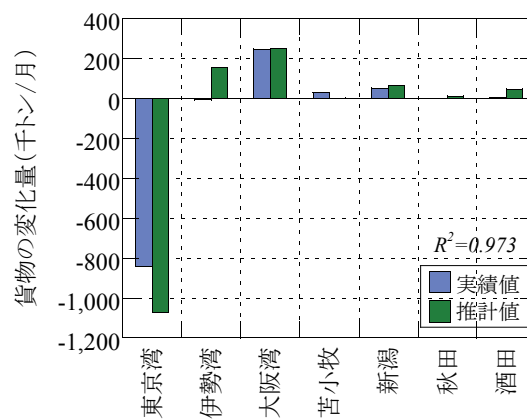


図-10 港湾別外貿コンテナ貨物の変化量の推計結果

表-2 外貿コンテナ貨物量の全国計の比較

	実績値	推計値	復旧関連物資考慮
輸出	-8.9%	-7.4%	—
輸入	3.8%	-5.9%	0.8%
合計	-1.7%	-6.5%	-2.8%

(4) 発生・集中貨コンテナ量の減少

発生・集中する外貿コンテナ貨物量は、被災による事業所の操業度低下によって減少する。東日本大震災時の状況を再現するためには、その減少度合いを推計しなければならない。そこで、東北地方整備局港湾空港部にて製造業等の事業所アンケートを実施し、被災事業所の操業度と、コンテナ貨物量とを関係付けた。その結果が図-9であるが、操業をしていなくても在庫から出荷した等の個別の事業所の状況が影響しているため、ある程度の分散が見られた。曲線推計では、原点及び(100,100)通過を条件とし、貨物量により誤差を加重平均した。その結果、決定係数は高くなかったものの、両者を関係付けることができた。全般的な傾向としては、曲線が下に凸の形状であったことから、操業度の復旧に比べて、コンテナ貨物量の復旧は少し遅くなるとの結果であった。

モデルにおける発生・集中コンテナ貨物量は、山梨県を除く東北地方及び東京電力管内14都県については、3・4月の鉱工業指数を基に、図-9の推計曲線を用いて、コンテナ貨物量の減少度を設定した（例えば、宮城県：29.5、福島県：47.4、茨城県：46.2（震災前=100））。

4. 推計結果と考察

(1) 推計結果及び検証

まず、全国のコンテナ量の実績値と推計値の比較を、表-2に示す。実績値は、港湾統計データである。輸出では、鉱工業指数の低下にコンテナ量の関係性を加味した

推計値は実績値と近かったが、輸入では実績値が増加していたのに対し、推計値は減少と傾向が異なっていた。輸入の場合、水や食料、防寒材等の復旧関連物資の輸入があり、これらは鉱工業指数による製造業の操業度低下では表現できない。そこで、米国輸出入貨物の詳データであるPIERSデータの分析により、復旧関連貨物が震災後4週間後から平常時の10%分、8～17週間後は25%分であった⁴⁾として補正したのが、表中「復旧関連物資考慮」である。その結果、推計値も平常時からプラスに転じたものの、まだ、実績値よりは増加率が少し小さかった。

次に、五大港及び周辺港について、港湾別の外貿コンテナ貨物の変化量を比較したのが、図-10である。実績値と推計値の決定係数は高く、全体としては良い精度を確保できていたが、伊勢湾では増減が逆になっており、酒田港では推計値が実績値に比べて非常に大きくなっていった。伊勢湾は、実績値では輸出の減少が大きかったが、推計では中部地方の事業所操業度は平常時と同じとしたため、部品不足等による生産停滞が相違をもたらしたものと考えられる。酒田港については、コンテナターミナルは1バース、震災前の航路は韓国航路1便/週であったため、推計値は取扱能力を超えているものと推察された。

(2) 代替港湾

平常時に被災港を利用していたコンテナ貨物が、どの港湾で代替されたのかが、本研究の最も重要な推計結果である。図-2の東北地方整備局港湾空港部でのアンケート結果と対比するため、同局管内の八戸港・仙台塩釜港・小名浜港の代替港湾の推計結果を整理したのが、図-11である。結果として、アンケート結果と非常に良く似た傾向となった。ただし、前述したとおり、図-2のアンケート結果は、事業所数の集計であり、定量的な議論が出来るほどの精度はないものと考えている。

港湾別コンテナ貨物の変化量である図-10と比較した場合、図-11での新潟港の割合が、秋田港に比べて小さくなっていった。この点については、新潟港には、どちら

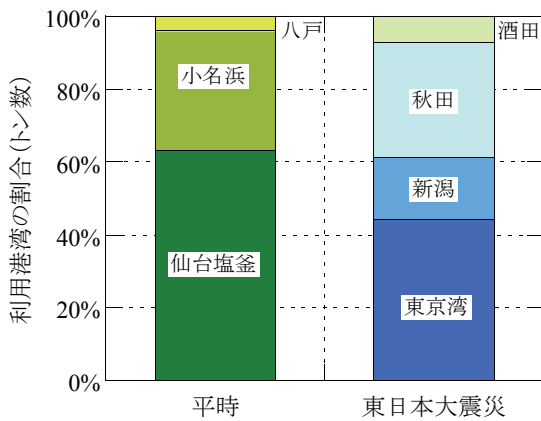


図-11 東北港湾の外貿コンテナ貨物代替港の推計結果

かという東京湾の貨物が流れていたことが原因である。東京湾は、被災港の代替で利用された一方で、もともと東北地域から東京湾を利用していたコンテナの一部が、東京湾の風評被害による便数減少、新潟港の便数増加により新潟港利用に転換していた。そのため、新潟港は被災港の代替としてはそれほど大きな割合を占めなかったものである。

(3) 輸送経路の変化

平常時から東日本大震災後1ヶ月への輸送経路の変化について、宮城県発着貨物の推計結果を整理したのが、図-12である。北米向け/出し（仕向・仕出国が北米諸国）では、平常時は仙台塩釜港の直行航路利用が40%、仙台塩釜港から内航フィーダー—東京湾航路利用が12%、内陸輸送で東京湾の直行輸送が48%となった。これに対して、震災後は99%が内陸輸送—東京湾直行航路利用であった。

タイ向け/出しでは、平常時では仙台塩釜港直行航路利用と、内陸輸送—東京湾航路利用とが、いずれも約4割を占めていたのに対し、震災後は東京湾航路利用に加え、酒田港から外港フィーダーで釜山港利用も13%見られた。

中国中部（上海・寧波等）向け/出しでは、内陸輸送—東京湾航路利用、仙台塩釜港から内航フィーダー—東京湾航路利用及び仙台塩釜港直行航路利用の3経路が併存していた。震災後は、酒田港に直行航路がないことから、新潟港と、震災後の増便で航路が開設された秋田港の航路利用が、合わせて1/3強を占めていた。

以上より、輸送経路は仕向/仕出地域により異なっており、一定の代替港が決まっていなかった。例えば、宮城県から最寄りの日本海側港湾は酒田港であるが、酒田港は釜山航路しかないため、中国中部仕向・仕出では、直行便のある秋田港や新潟港が代替機能を果たしていた。このような点を踏まえると、航路網としては、東京湾が最も有利であることから、通常利用していた貨物に加え

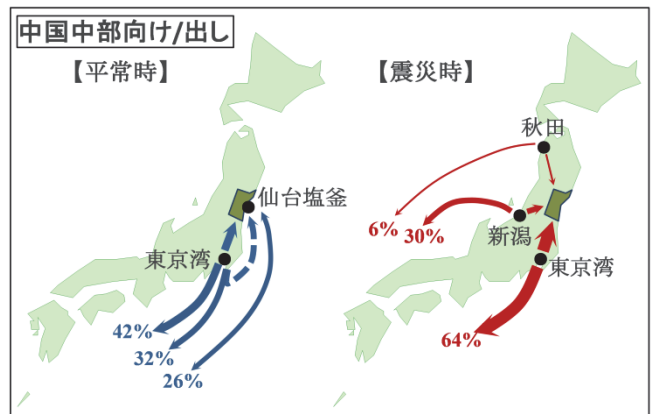
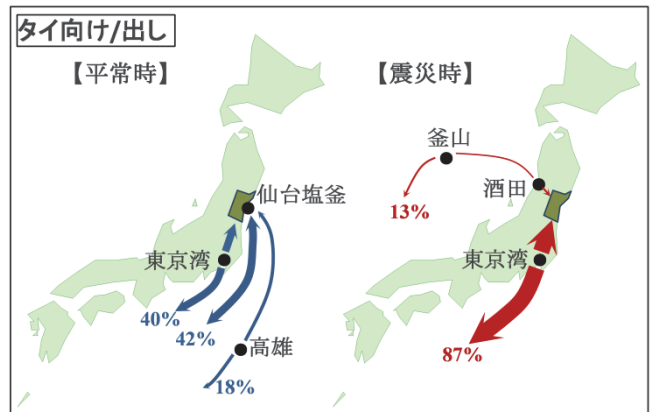
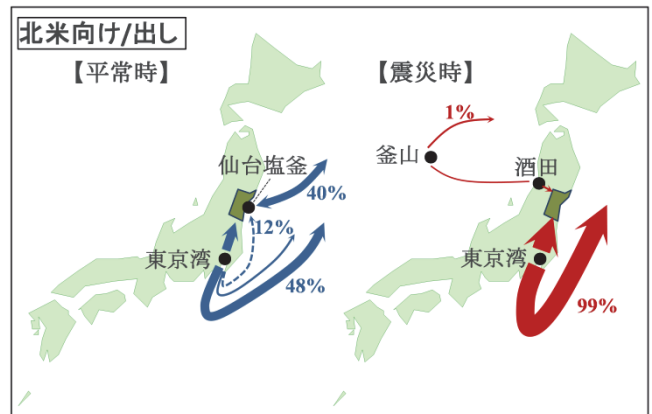


図-12 宮城県発着コンテナの輸送経路の変化推計

て、多くの貨物が東京湾経由となったものである。この中には、貨物の時間価値の上昇が、待ち時間の少ない（航路便数の多い）東京湾への代替を促した面もある。

5. 結論

本研究は、外貿コンテナ貨物流動を対象に、東日本大震災における代替港湾・輸送経路を試算することを目的としたものである。本研究で得られた結論は、次のとおり。

- (1) 既開発の港湾・輸送経路選択モデルを用い、震災

後の①被災港の機能停止，②周辺港の航路便数変化及び③貨物の時間価値上昇を設定することにより，震災後1ヶ月の利用港湾・輸送経路を推計することができた。

- (2) モデルによる推計結果は，三大湾及び周辺港の貨物量の増減を良い精度で再現し，荷主アンケートの結果とも傾向が一致した。
- (3) 輸送経路の変化推計では，代替となる港湾は，仕向/仕出地域によって，直行便の有無により相違が見られた。

本研究によって，東日本大震災後の外貿コンテナの代替港や輸送経路を概ね再現できた。しかし，震災による道路ネットワークの変化，代替港へのコンテナ貨物の集中による処理時間の増加，ターミナル処理能力の限界等現時点のモデルでは考慮できていない部分も残されている。また，より詳細な議論のためには，発生集中地の単位を都道府県レベルから，細分する必要がある。今後，

これらの課題に対してモデルの改善に取り組むと共に，併せて，想定される地震・津波に対する推計も進めていく予定である。

参考文献

- 1) 井山繁，渡部富博，後藤修一：犠牲量モデルを用いた国際海上コンテナ貨物流動分析モデルの構築，土木学会論文集 B3，pp.I_1181-I_1186，2012。
- 2) 新潟東港コンテナターミナル コントロールセンター：本船予定，<<http://www.nctc.jp/>>，2013年4月10日アクセス
- 3) 国土交通省港湾局：東日本大震災による産業・物流機能への影響，交通政策審議会第43港湾分科会資料1-4，2011。
- 4) 赤倉康寛，小野憲司，岡村京子，福元正武：大規模災害後の外貿コンテナ貨物量の需要復旧曲線の定量化，沿岸域学会誌（投稿中），2013。

(2013.4.22 受付)