

大規模地震・津波後の国際海上コンテナ貨物の 代替港湾の推計と港湾BCPへの適用

Estimation of the Alternative Port of International Maritime Container Transport after Large-scale Earthquake/Tsunami and Application to Port-BCP

赤倉康寛・小野憲司・渡部富博⁽¹⁾・川村浩⁽²⁾

Yasuhiro AKAKURA, Kenji ONO, Tomihiro WATANABE⁽¹⁾ and Hiroshi KAWAMURA⁽²⁾

(1) 国土交通省国土技術政策総合研究所

(2) 国土交通省東北地方整備局

(1) National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, Japan

(2) Tohoku Regional Development Bureau, MLIT, Japan

Synopsis

As a result of the Great East Japan Earthquake/Tsunami, the port facilities of eastern Japan on the Pacific Ocean suffered severe damage and, ports on the Sea of Japan or Tokyo Bay functioned as alternative ports. Similarly, after the Great Hanshin-Awaji Earthquake, Osaka port and other major ports functioned as alternatives to the damaged Kobe port. In response to these issues, each port in Japan has developed a business continuity plan (port-BCP). An important issue in port-BCPs is identifying alternative ports. Against this background, the purposes of this study are (1) to develop the procedure for estimating alternative port after large-scale earthquakes/tsunamis, and (2) to apply the estimation results to the Tohoku regional port-BCP with the aim of preventing the disruption of container transport in the region.

キーワード: コンテナ輸送, 港湾BCP, 代替港湾, コンテナ取扱能力

Keywords: container transport, port-BCP, alternative port, container handling capacity

1. 序 論

東日本大震災では、東日本の太平洋側港湾において、防波堤、係留施設、荷役施設等の損壊、荷さばき地の液状化、瓦礫・車両・コンテナ等の航路泊地への埋没等甚大な被害が発生した。津波警報・注意報が解除後に、東北・関東地方整備局等において航路啓開作業が急ピッチで進められ、3月中には被災した全主要港湾で一部の係留施設が暫定的に利用可能となったが、港湾機能の完全な復旧には多くの時間が必要とされた。仙台塩釜港の高砂コンテナターミナルでは、1号バース供用まで約3ヶ月、最初のガントリークレーン復旧まで約半年が経過する等復旧ま

でに長期間を要した。そのため、同ターミナルでは、貨物輸送需要に応えきことは出来ず、国際海上コンテナ物流の停滞を導き、企業のサプライチェーンの寸断の一因ともなり、経済被害を拡大させた。

政府は、南海トラフ巨大地震や首都直下地震等の大規模自然災害から、国民の生命・身体・財産を保護し、国民生活及び国民経済に及ぼす影響を最小化するため、2013年12月に国土強靱化基本法を制定した。さらに、2014年6月には、同法に基づく国土強靱化基本計画を閣議決定し、アクションプラン2014を定めた。このアクションプランにおいては、発災後に経済活動（サプライチェーンを含む）を機能不全に陥らせないことを目標とし、基幹的交通ネットワ

ークの機能停止を防ぐための施策の一つとして、2016年度末までに、重要港湾以上の全125港湾において港湾の事業継続計画(港湾BCP: Business Continuity Plan)を策定することとしている。

港湾BCPは、大規模地震・津波後においても、ユーザーである荷主や船社をつなぎ止めるため、①港湾施設の耐震強化等による物流機能の強靱性強化、②早期復旧体制の事前準備による復旧の迅速化及び③代替港湾の確保による物流容量の継続的確保の3つの対策を組合せる必要がある(小野ら, 2014)。大規模災害後のコンテナ輸送の需給関係と、その中での港湾BCPの効果とを模式的に示したのが、Fig. 1である。③代替港湾の確保については、東日本大震災では東日本の日本海側や東京湾の港湾が、阪神・淡路大震災では大阪港を始めとする主要港湾が、国際海上コンテナ輸送について、それぞれ被災港湾の代替機能を果たしたことを踏まえている。いずれの場合も、事前の準備がなく、情報が不足する中で代替港湾にコンテナ貨物が集中し、混乱と滞留を招いた。この教訓を踏まえると、事前にバックアップ機能を持つ代替港湾を特定し、災害時の相互連携を進めておくことが大変重要である。また、代替港湾においては、コンテナ取扱量が急増するため、能力の限界に達する場合がある。そのため、代替港湾にて、被災港湾のコンテナ貨物が受入可能なかどうかの定量的な検討が必要となる。

以上の状況を踏まえ、本研究は、国際海上コンテナ輸送を対象として、(1)大規模地震・津波後の代替港湾の推計手法を構築し、(2)東北広域港湾BCPへの適用を行ったものである。以下、2.で既往の文献を整理した上で、3.で代替港湾の推計モデル、4.で東北広域港湾BCPへの適用について述べ、5.においてとりまとめる。

2. 既往の文献

ISO (International Organization for Standardization) は、2012年に、国際規格ISO22301社会セキュリティ事業継続マネジメントシステム要求事項を策定した(ISO, 2012)。この規格は、それぞれの組織が、そのニーズに適い、利害関係者の要求事項を満たす事業継続マネジメントシステム(Business Continuity Management System)を設計できるように意図されている。その中で、BCPは、業務の中断・阻害に対応し、事業を復旧・再開し、あらかじめ定められたレベルに回復するように組織を導く文書化された手順と定義づけられている。

APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation) は、2006年より、貿易再開計画(Trade Recovery Program)の

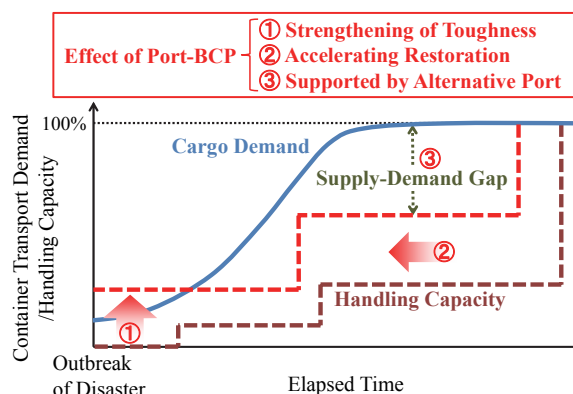


Fig. 1 Supply-demand relation of Port-BCP

策定・高度化を、WCO (World Customs Organization) 及びIMO (International Maritime Organization) と連携しつつ進めている(APEC, 2012)。TRPは、主にテロを対象としており、各国内の対策は、それぞれの国において対応する枠組みとなっている。

研究分野においては、安部(2007)は、大規模地震後の業種別の輸送ニーズを定式化している。宮本・新井(2010)は、国際港湾物流サービスへのBCP策定手法の適用を、名古屋港にて試みている。Berle et al. (2011)は海上輸送の各要素(ターミナル、航路、船舶等)の損失と対応策を評価している。Omer et al. (2012)は、海上輸送システムを3つのレジリエンシー指標による分析を行っている。Trepte and Rice (2014)は、米国の主要港湾の機能が停止した場合に、同国内の他港にて代替可能であるかどうかの分析を行っている。しかし、いずれも、代替港湾の推計手法は示されていない。

筆者らは、これまで、大規模地震・津波時の代替港湾の推計に関わる研究を積み重ねてきた(赤倉ら, 2013a; 赤倉ら, 2013b; 赤倉ら, 2014a; 赤倉ら, 2014b)。本稿は、これらを取りまとめた推計手法を構築すると共に、東北広域港湾BCPへの適用を行ったものである。

3. 代替港湾の推計手法

3.1 推計手順

代替港湾の推計の全体フローをFig. 2に示す。まずは、国や都道府県等による想定地震・津波での被災想定より、各地域の震度と津波浸水深の分布状況を整理する。その結果を基に、被災地域におけるコンテナ輸送需要の回復度合を推計する。地域区分は、全国幹線旅客純流動調査(国土交通省)の207生活圈ゾーンを使用している。また、当該地震・津波によって被災する港湾の可能取扱能力も設定をする。これらは、推計時点(被災後何ヶ月か)によって変化

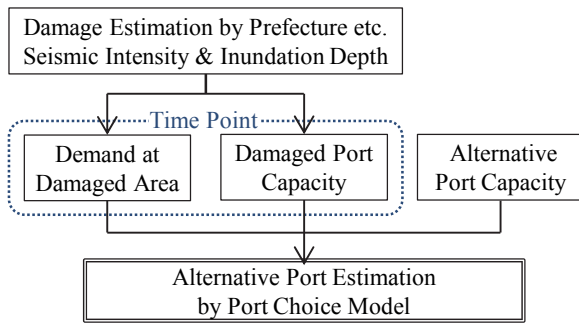


Fig. 2 Estimation flow

する。さらに、代替港湾の採りか使い能力を推計した上で、港湾選択モデルによって代替港湾を推計する。

3.2 港湾選択モデル

港湾選択モデルは、国内各地域の輸出入コンテナ貨物が、どの港湾を利用するのかを表現するモデルである。本研究では、井山ら（2012）の犠牲量モデルを採用した。同モデルでは、2008年全国輸出入コンテナ流動調査（国土交通省，2009）をベースとして、世界の11の国・地域（北米・欧州の2地域及び東南・東アジアを分割）別に、輸出入別に推計を行う。同モデルでは、全てのコンテナ貨物が、総犠牲量 S が最小となる経路で輸送されると仮定している。

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

ここに、 C ：輸送費用、 T ：輸送時間、 α ：時間価値である。犠牲量モデルの概念図を、Fig. 3に示す。図の上半分は総犠牲量と時間価値の関係であり、同じODであっても、時間価値により選択される経路が異なる。図の下半分は、時間価値の確率密度分布であり、各経路の選択確率は、確率密度分布の面積比となる。井山ら（2012）では、時間価値は、対数正規分布に従うと仮定している。推計される経路は、国内の最初船積・最終船卸港と、本船荷役される仕向・仕出港（海外港湾も含む）である。例えば、輸出では、国内発地→最初船積港→仕出港→海外着地であり、直行の場合、最初船積港と仕出港は同一である。国内港湾は、35港（三大湾、北部九州及び各都道府県に1港）が設定されている。国内の地域区分は、本研究にて、小規模港湾の精度向上のため、47都道府県から207生活圈に分割した。その再現精度を、Fig. 4に示す。なお、モデルの詳細については、井山（2012）を参照されたい。

3.3 輸送需要の推計

大規模地震・津波後のコンテナ貨物の輸送需要は、荷主企業等の被災により、一旦減少し、その後回復していく。そこで、震災前を100%とした輸送需要の

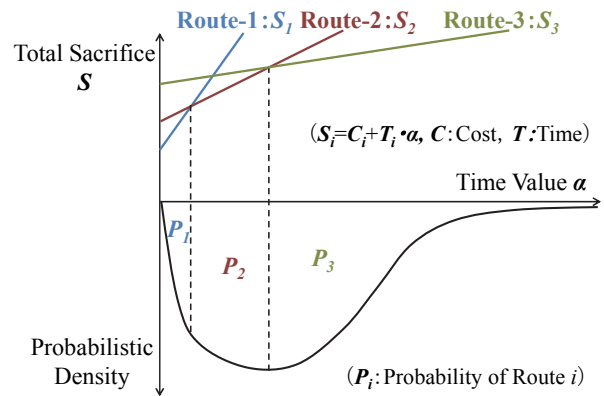


Fig. 3 Conceptual diagram of sacrifice model

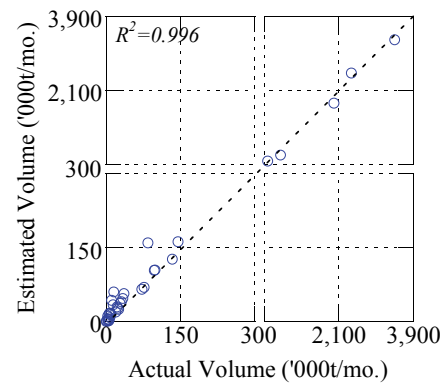


Fig. 4 Reproducibility of proposed model

回復割合を、東日本大震災についての事業所アンケートにより、ゴンペルツ曲線を用いてモデル化した（赤倉ら，2014a）（式(2)）。

$$f(x) = a \cdot b^{\exp(-c \cdot x)} \quad (2)$$

ここに、 x ：発災後日数、 a , b , c ：推定パラメータである。Fig. 5に回復曲線を、Table 1にパラメータを示す。この復旧曲線の精度については、被災各県の鉱工業生産指数及び米国輸出入貨物データPIERS（Port Import/Export Reporting Service）により妥当性を確認している（赤倉ら，2014a）。207生活圈での津波浸水深・震度の想定結果に対して、この復旧曲線を適用することにより、各生活圈からの、推計時点におけるコンテナ貨物の輸送需要が定量化できる。

また、大規模地震・津波後には、復旧に関連した貨物の輸入が発生する場合がある。東日本大震災の場合、米国より、平常時には輸入の無かった冷凍野菜や水、断熱材の原料（仮設住宅用と推察される）の輸入が確認された。そのコンテナ貨物量は、平時被災港湾の取扱量に対して、発災後4～7週：約10%、8～17週：約25%であった（赤倉ら，2013b）。このような輸入需要も見込むことが必要である。

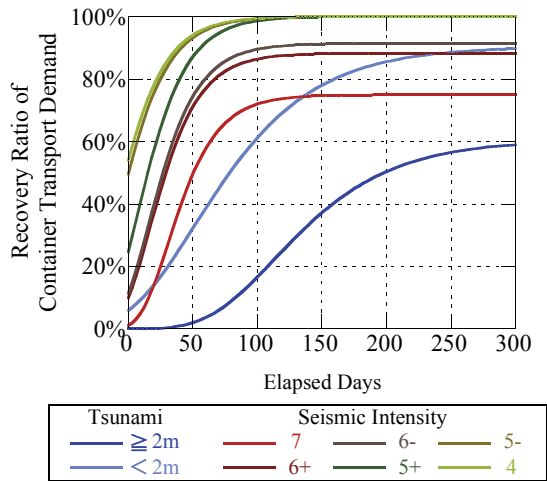


Fig. 5 Recovery curve of container transport demand

Table 1 Parameters of recovery curve

Strength of Hazard		Parameter		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Tsunami Inundation	≥ 2m	60.6	0.000121	0.0194
	< 2m	90.5	0.0652	
JMA Seismic Intensity	7	75.0	0.0150	0.0463
	6+	88.3	0.112	
	6-	91.4	0.125	
	5+	100.0	0.247	
	5-	100.0	0.495	
	4	100.0	0.539	

3.4 代替港湾の取扱能力の推計

東日本大震災における日本海側港湾でのヒアリング結果と、阪神・淡路大震災についての文献調査によれば、代替港湾の取扱能力は、i) 蔵置能力及びii) 港湾運送業の対応能力のいずれか小さい方により定まる（赤倉ら，2014b）。

このうち、i) 蔵置能力 N （TEU）に基づくコンテナターミナルの取扱能力 C （TEU/年）は、式(3)により算定される（高橋，2003）。

$$C = N \cdot \frac{g \cdot e}{f} \quad (3)$$

ここに、 g ：有効係数、 e ：年間回転数（＝年作業日数/平均蔵置日数）、 f ：ピーク係数である。代替港湾では臨時蔵置スペースの確保により蔵置能力の増加を図る。東日本大震災及び阪神淡路大震災では、臨時蔵置スペースの能力は、平常時の概ね4割が確保されていた。一方、ドレージ能力の不足や空コンテナの引き取り遅れ等により平均蔵置日数が増加し、取扱能力が減少する。東日本大震災の新潟港では、平均蔵置日数が概ね4割延長した。

また、ii) 港湾運送業では、平常時に想定される以上の機材や人員を余分に抱えることはない。そのため、急激なコンテナ取扱量の増加への対応には、自

ずと限界がある。この状況に対応して、東日本大震災や阪神・淡路大震災では、被災港湾からの応援があった。例えば、阪神・淡路大震災の大阪港には、神戸港から約300人の港湾労働者の応援があった。また、東日本大震災の秋田港では平常時の約3割、酒田港では約8割に相当する応援があったと見られる（赤倉，2014b）。代替港湾における港湾運送業の対応能力については、ある程度、被災港湾からの応援による増加を見込むことが可能である。

3.5 取扱量制約及び臨時増便の考慮

港湾選択モデルにおいて、取扱能力の制約を考慮するためには、繰り返し計算が必要となる。その算定フローを、Fig. 6に示す。前述したとおり、犠牲量モデルは、世界の11の国・地域別、輸出入別で計22に分かれており、これらを合計すると各港の取扱量推計値となる。この推計値が、取扱能力を超過（Overflow）した場合、推計値を能力まで減じた上で、超過分を再算定する。この過程を、超過が無くなるまで実施する。

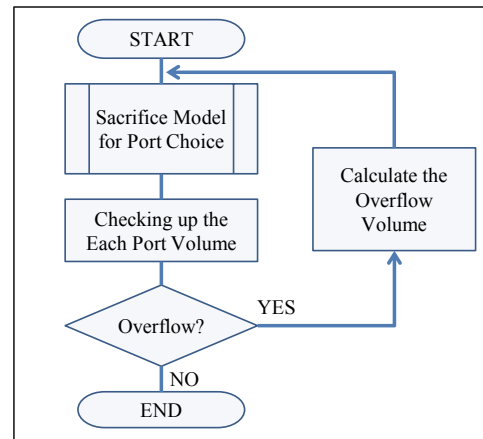


Fig. 6 Iterative calculation for considering overflow

さらに、代替港湾においては、取扱量の増加に応じて、臨時増便が行われる。東日本大震災における秋田・酒田・新潟港での、コンテナ取扱量と便数の増加割合の関係を示したのが、Fig. 7であるが、船社の臨時に用意できる船型と便数には制限があることから、少し便数が大きめにはなっているものの、全般的には両者はほぼ同じレベルと見ることができる。そこで、代替港湾の推計では、一度、平常時の便数で推計を行った後、再度、取扱量の増加に応じて便数を増加させ、再計算を行う。なお、便数を増加させる最低のコンテナ取扱量増加割合は、東日本大震災の実績から、1.15と設定できる。

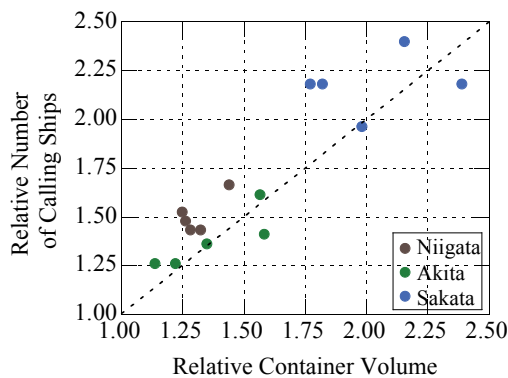


Fig. 7 Container volume vs. number of calling ships

3.6 推計精度

これまで述べてきた推計手法を、東日本大震災において検証した結果が、Fig. 8である。平常時に対する、発災後1ヶ月のコンテナ取扱量の増減値での比較である。実績値は、港湾統計（国土交通省）を基に、2010年3・4月平均のコンテナ取扱量に、2011年1・2月の対前年伸び率を掛け合わせた値を平常時とし、これに対する実際の2011年3・4月平均の変化量を整理した。推計では、八戸港～茨城港は機能停止とし、代替港湾の便数は、東京湾港での風評被害による抜港があったことから、実際の便数増減値を与条件とした。また、発災直後は、多くの品種で品不足が発生するため、コンテナ貨物の時間価値が上昇すると想定される。そこで、本研究では、コンテナ貨物の価値と時間価値の変化率がほぼ同じであることから、時間価値の変化率として、外貿コンテナ貨物のトン当たり価格の上昇率を適用した（赤倉，2014b）。また、実際の状況として、道路の被災や通行制限によって輸送時間が変化しているが、モデルの制約上考慮できていない。

コンテナ取扱量に変化のあった三大湾及び苫小牧～新潟港について、実績値と推計値との決定係数は0.966であり、全般的には良い精度が確保出来ているが、伊勢湾では乖離があった。これは、震災後に中部地方の自動車生産が停滞したのに対し、推計ではこれを考慮できていないことが原因と考えられる。

3.7 プログラム開発

犠牲量モデルでは、前述の通り世界の11の国・地域×輸出入で、合計22のプログラムを実行する必要がある。井山ら（2012）の47都道府県を国内発着地としたモデルでは、1プログラムの実行時間は、パソコンの能力にも依るが3～4分程度であった。そのため、連続的に実行させれば、一通りの計算が1時間強で終了した。しかし、国内発着地を207生活圏に拡大したところ、1プログラムの実行時間が25分程度にまで長くなった。全22プログラムを実行するのに、約9

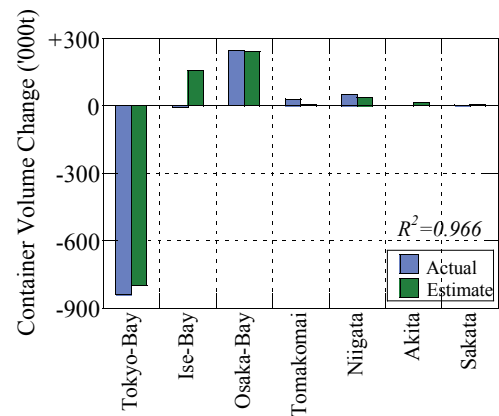


Fig. 8 Reproducibility of the Great East Japan Earthquake

時間を要することとなり、さらに、繰り返し計算となれば、1日経っても算定が終了しない場合もある状態となった。

防災研では、取扱能力を考慮するための繰り返し計算手法と、プログラムの算定期間の短縮については、中央復建コンサルタンツと共に技術開発を進めてきた。その結果、犠牲量モデルのプログラム内容の見直しにより、大幅な算定時間の短縮を実現できた。パソコンの能力や繰り返し計算の回数にも依るが、全体として30～40分程度で、全プログラムを実行可能となった。

Photo 1に算定プログラムの入力画面を示す。左側の＜分割回数及び構成比＞は算定が膨大になる場合への対応として、需要を少しずつ区切って算定していく分割算定の設定があるが、現時点では全体を一括で実行して問題ないため、100%としている。右側の＜作業フォルダ＞にて、各港の能力値を整理したファイルと、全22プログラムを保存しているフォルダを選択する。左下の＜平均・標準偏差＞は、時間価値の分布型（平均及び標準偏差）を推計してその結果を使用するか、もしくは、既に算定された結果を使用するのを選択である。最後に、配分計算実行をクリックすれば、計算が開始される。

また、同様に代替港湾の推計についてもプログラム化した。代替港湾の算定にあたっては、コンテナ貨物需要を震災時と同じとした上で、全港湾が機能した状態の比較計算が必要であり、その結果と、全11国・地域・輸出入別に代替港湾を判定していく必要がある。

以上より、都道府県等の被害想定結果を基にして、将来発生し得る大規模地震・津波に対しての代替港湾を推計手法が構築でき、この算定の高速化・プログラム化もできた。

Photo 1 Entry screen of calculation program

4. 東北広域港湾BCPにおけるシナリオ推計

4.1 東北広域港湾BCPの概要

東北の港湾では、港湾BCPの策定が進んでおり、重要港湾以上の全14港湾のうち、8港湾で既に策定済みである（前述したとおり、国土強靱化計画アクションプラン2014における全国目標は、2016年度末に策定完了）。しかし、大規模地震・津波においては、各港湾がどれだけ対策を充実させたとしても、地震・津波被害を皆無にはできず、復旧中の被災港湾では、輸送需要に対して取扱能力が不足する。

そのため、東北広域港湾防災対策協議会（座長：小野憲司京都大学教授）は、平成27年2月27日第5回協議会にて、東北広域港湾BCPをとりまとめた。同BCPでは、以下の2つの広域連携が大きな柱となっている。

- i) 港湾機能の早期復旧に向けた広域連携：航路啓開のための作業船や資機材の広域調達と荷役機能復旧のための荷役機械等の広域調達
- ii) コンテナ貨物の代替輸送の広域連携：被災したコンテナ港湾の取扱能力が復旧するまでの間、代替港湾においてコンテナ取扱能力を補完

広域港湾BCPでは、これらの広域連携について、事前の準備と発災後の行動とが整理されている。

4.2 推計シナリオの設定

コンテナ貨物の代替輸送の広域連携のための事前準備を進めるためには、代替港湾にて受け入れが想

定されるコンテナ貨物量の目安が必要となる。そこで、前章で構築した推計手法を用いて、代替港湾の推計を行った。そのシナリオ地震・津波を、Table 2に示す。太平洋側被災シナリオにおいては、宮城・福島県が東日本大震災後に想定地震を代えてなく、岩手県は東日本大震災の再来を想定していることから、本研究でも、東日本大震災の再来とした。日本海側被災シナリオについては、秋田・山形・新潟県の地震・津波被害想定で採用されている最大規模の地震・津波とした（3地震の震源は山形県～新潟県沖で、ほぼ同一）。推計時点は発災後3ヶ月、ベースとなる平常時のコンテナ貨物取扱量は、港湾統計（国土交通省）データより、2014年の月別平均値とした。また、東日本大震災後に、仙台塩釜港高砂コンテナターミナルが3ヶ月間機能しなかったことを踏まえ、最悪の状態として、全被災港湾が機能停止とした。

代替港湾については、純粹に各港湾の輸送需要を確認するために取扱能力を設定しないケース（以下、「需要ケース」と、実際の状況として東北地方の代替港湾にて取扱能力を設定したケース（以下、「現実ケース」）の2ケースを設定した。代替港湾における臨時ヤードの蔵置能力については、東日本大震災及び阪神・淡路大震災の主要港湾の実績を踏まえて、平常時の4割を確保するものとした。ただし、ターミナル後背地に土地のない仙台塩釜港だけは、臨時ヤードが確保出来ないとした。

Table 2 Scenario earthquake/Tsunami

Scenario	Damaged Port	Earthquake/Tsunami
Damage at the Pacific	Hachinohe Ofunato Sendai Onahama (Ibaraki)	The Great East Japan Earthquake (M9.0)
Damage at the Sea of Japan	Akita Sakata (Niigata)	North off Sado Island Earthquake (Akita:M8.7, Yamaagta:M8.5, Niigata:M7.8)

4.3 推計結果

太平洋側被災シナリオの推計結果を、Fig. 9に示す。右上表は、平常時と震災時のコンテナ取扱量である。酒田港では、需要ケース（表中「W/O Capa.」）では7.1万t/月の需要があったが、取扱能力が1.5万t/月のため、現実ケース（表中「With Capa.」）残りは他港湾利用を余儀なくされている。秋田港では需要ケースで6.9万t/月に対して、現実ケースでは酒田港の能力超過分の一部が追加され7.2万t/月となり、取扱能力近くにまで達していた。この結果からは、酒田港は、太平洋側港湾が完全に機能停止した場合の代替港湾としては、能力が大きく不足していた。東北最大の仙台塩釜港から最も近い代替港湾であることが、この大きな要因である。

一方、右下図は、需要ケース及び現実ケースにおいて、平常時に東北の被災港湾で取り扱われていたコンテナ貨物が、どの港湾にシフトしたのかを示したものである。需要ケースでは、酒田港が東京湾に次いで多かったが、現実ケースでは、その多くの部分が東京湾、秋田港及び新潟港利用となっていた。できるかぎり距離の近い東北内の港湾で代替輸送を提供するとの観点からも、やはり酒田港の代替港湾としての能力不足は否めない。

日本海側被災シナリオの推計結果を、Fig. 10に示す。右上表の各港取扱量では、大船渡港を除く仙台塩釜・八戸・小名浜港の3港はいずれも似た状況で、需要ケースの取扱量が取扱能力を超え、現実ケースでは超過分が他港湾利用を余儀なくされていた。

右下図における、東北港湾の代替港湾では、需要ケースと現実ケースのいずれも、八戸港、仙台塩釜港の順であった。これは、被災した東北港湾が秋田・酒田港であり、両港湾の荷主は、地理的に東京湾が遠いこと、八戸港や仙台塩釜港は秋田・酒田港より取扱能力が高いことが挙げられる。その意味では、太平洋側被災ケースに比べれば、東北内の港湾である程度代替できてはいる。しかし、需要ケースに比べて、現実ケースでは八戸港及び仙台塩釜港の割合が減っており、平常時に秋田・酒田湾を使用していたコンテナ貨物が、最寄りの代替港湾を使用できず、東京湾等を利用せざるを得ない荷主が一定程度存在する。やはり、八戸・仙台塩釜港も、代替港湾としての能力拡充が必要な状況にあると言える。

両シナリオにおいて、平常時に被災港湾を利用していたコンテナの陸上輸送コストの変化を、Fig. 11に示す。代替港湾の利用により大幅に陸上輸送コストが増加していること（平常時→震災時・需要）に加え、最寄りの代替港湾を使用できないことによる輸送コストの追加状況（震災時・需要→現実）が確認できた。

4.4 広域連携に向けて

シナリオ推計に基づき、今後、各港湾においては、港湾BCPの一環として、事前対策を行っていくこととなる。Table 3に、対策内容を示す。代替港湾としての取扱能力の確保は、①蔵置能力増加のための臨

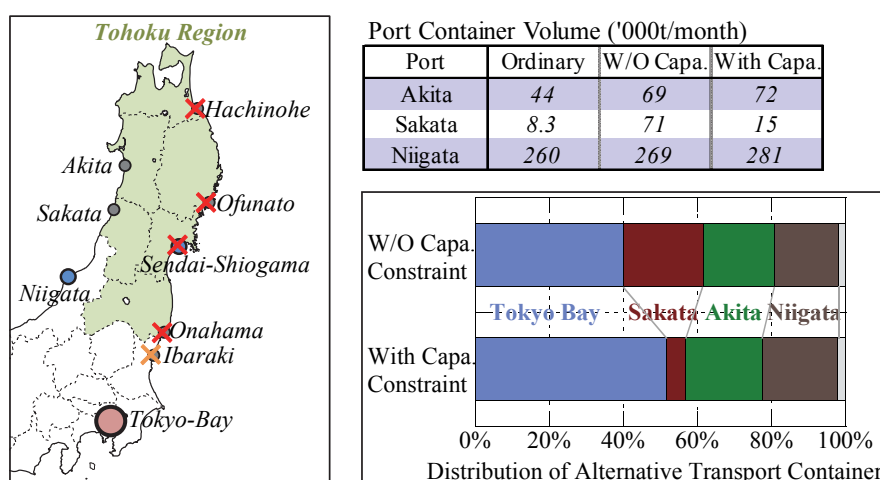


Fig. 9 Estimation result (Damage at the Pacific)

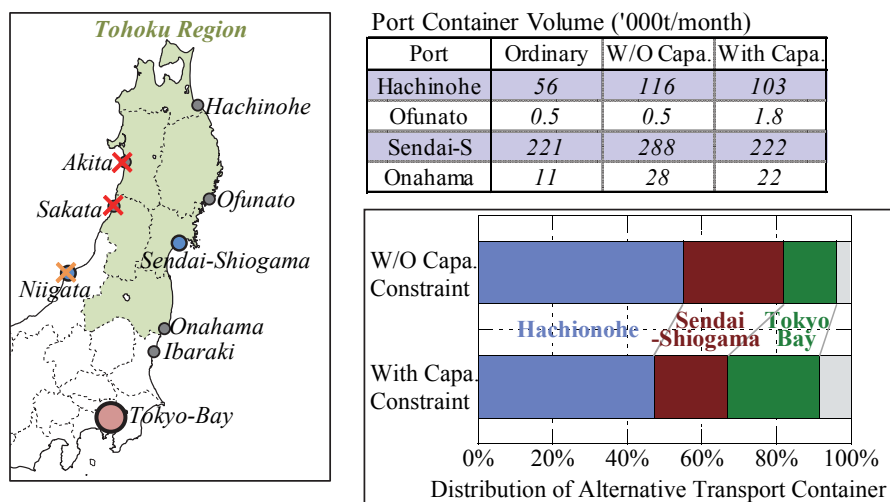


Fig. 10 Estimation result (Damage at the Sea of Japan)

Table 3 Preparation for wide-range cooperation

Countermeasure	Contents	Authority Concerned
Secure Cargo Handling Capacity	Planning of Temporary Yard and Shed, Extra Working Hours of Cargo Handling	Port Manager Terminal Operator Stevedore
Preparation of CIQ	Preparation for Large Amount of Cargo and Unusual Commodity	Animal and Plant Quarantine Service
Development of Quakeproof Facility	Forwarding of Development in order to Reduce the Load of Alternative Port	MLIT Port Manager
Transmitting System of Information	Organizing the Contents of Information and Development of the System	MLIT Port Manager

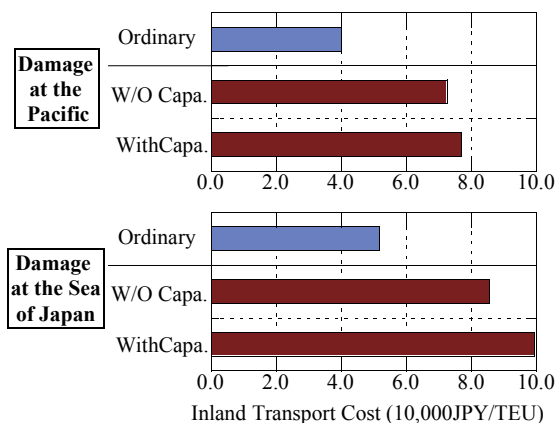


Fig. 11 Change of inland transport cost

時ヤード想定と、②港湾運送業の対応能力増加のための上屋の増加やゲート・荷役の時間等延長である。①臨時ヤードは、専用施設を確保するものではなく、施設整備計画の中で、一時的に空いているスペースを活用するものとなる。②港湾運送業の対応能力については、発災後に、被災港湾からのトレーラ・シャーシや人材の応援を考慮することができる。貿易

手続き体制については、東日本大震災において、平常時に代替港湾では取扱のなかった動植物検疫貨物の取扱のため、出張検査が必要となったことを踏まえている。大規模地震対策施設の整備は、被災港湾の能力低下をできる限り防ぐことによって、代替港湾の負担軽減を図るものである。情報発信については、各機関の発災後の行動として、発信すべき情報が整理されている。

このような事前準備を十分に行っておくことにより、代替港湾利用における混乱を未然に防ぐことが可能となる。これは、各港湾が単独でどれだけ地震・津波対策を推し進めたとしても物流機能の停滞は避けることができないため、東北全体として、効率的かつ効果的な対策であると言える。

5. 結 論

本研究は、外貿コンテナ輸送を対象に、シナリオ地震・津波後の代替港湾の推計手法を構築し、東北の広域港湾BCPにおいて代替港湾を推計したもので

ある。推計手法については、港湾選択モデルに犠牲量モデルを採用し、都道府県の被害想定を基礎データとして輸送需要の回復曲線を適用し、代替港湾の取扱能力を推計して能力超過による他港湾への流動を繰り返し算定によって考慮した。東北広域港湾BCPでは、太平洋側と日本海側の想定最大地震・津波における代替港湾を推計し、日本海側では酒田港が、太平洋側では仙台塩釜・八戸・小名浜港が能力限界に達し、一部荷主が他の港湾を使用せざるを得なくなることが明らかになった。今後、各港湾では、広域連携のための事前準備を進めていく。

各港湾のBCPと広域港湾BCPの両者において、不断の見直しと改善を進めることにより、大規模地震・津波に対応可能なレジリエントな港湾物流の実現に努めていきたい。

謝 辞

本研究の実施に当たっては、（公社）日本港湾協会、（一財）沿岸技術研究センター、（一財）港湾空港総合技術センター及び防災研究所社会防災研究部門の多々納裕一防災社会システム研究分野教授に、産官学共同研究部門の共同研究先として、研究環境を整えていただきました。また、（一財）みなと総合研究財団及び中央復建コンサルタンツに、研究においてご助力いただきました。加えて、本研究はJSPS科研費（25289165）の助成を受けました。ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

赤倉康寛・小野憲司・渡部富博・福元正武・邊見充（2013a）：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，土木計画学研究・講演集，Vol.47，CD-ROM.

赤倉康寛・小野憲司・岡村京子・福元正武（2013b）：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，Vol.26，No.1，pp.15-26.

赤倉康寛・邊見充・小野憲司・石原正豊・福元正武（2014a）：海運依存産業における大規模地震・津波後のコンテナ貨物需要の復旧曲線，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol.70，No.5，pp.I_689-I_699.

赤倉康寛・慈道充・丁子信・川村浩・渡部富博（2014b）：代替港湾の取扱能力を踏まえた大規模災害後の港湾・経路選択モデルの開発，土木計画学研究・講演集，Vol.49，CD-ROM.

安部智久（2007）：事業継続支援のための国際インフラマネジメント法竿国関する基礎的検討，国土技術政策総合研究所資料，No.409.

井山繁・渡部富博・後藤修一（2012）：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.

小野憲司・滝野義和・赤倉康寛（2014）：ビジネス・インパクト分析を用いた港湾物流機能継続計画策定手法の開発，土木計画学研究・講演集，Vol.49，CD-ROM.

国土交通省港湾局（2009）：平成20年度全国輸出入コンテナ流動調査，調査結果.

高橋宏直（2003）：港湾計画段階におけるコンテナターミナルエリア規模推計モデルーコンテナターミナル諸元に関する計画基準(案)ー，国土技術政策総合研究所研究報告，No.10.

宮本卓次郎・新井洋一（2010）：地震災害に対応した港湾の国際物流サービス維持のための対策の提案ー名古屋港における試行的実践と課題ー，沿岸域学会誌，Vol.22，No.2，pp.93-104.

Asia-Pacific Economic Cooperation (2012): APEC Trade Recovery Communication Mechanisms, First Sub-Committee on Customs and Procedures Meeting, Moscow.

Berle, O., Rice Jr., J. B., and Asbjorslett, B. R. (2011): Failure modes in the maritime transportation system –a functional approach to throughput vulnerability, Maritime policy and Management, Vol.38, No.6, pp.605-632.

International Organization for Standardization (2012): ISO22301 Society Security - Business Continuity Management System – Requirement, First Edition.

Omer, M., Mostashari, A., Nilchiani, R., and Mansouri, M. (2012): A framework for assessing resiliency of maritime transportation systems, Maritime policy and Management, Vol.39, No.7, pp.685-703.

Trepte, K. and Rice Jr, J. B., (2014): An initial exploration of port capacity bottlenecks in the USA port system and the implications on resilience, International Journal Shipping and Transport Logistics, Vol. 6, No.3, pp.339-355.

（論文受理日：2015年5月20日）