# 東北における港湾BCP策定の実践

川村 浩1・赤倉 康寛2・山岡 潮3・西川 泰樹4・小野 憲司5

<sup>1</sup>正会員 国土交通省東北地方整備局港湾空港部(〒980-0013 宮城県仙台市青葉区花京院1-1-20) E-mail: kawamura-h82ab@pa.thr.mlit.go.jp

<sup>2</sup>正会員 京都大学防災研究所准教授 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

<sup>3</sup>セントラルコンサルタント株式会社 東京事業本部技術第3部 (〒104-0053 東京都中央区晴海2-5-24) E-mail:uyamaoka@central-con.co.jp

<sup>4</sup>一般財団法人みなと総合研究財団 調査研究発部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-1-10) E-mail:nishikawa@wave.or.jp

<sup>5</sup>正会員 京都大学防災研究所教授 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

東日本大震災において、東北太平洋側港湾は、被災により港湾機能が停止し、荷主企業の生産・物流活動に多大な影響を与えた。これを教訓として、東北地方の主要な港湾では、大規模災害が発生した場合にも関係者が連携して港湾機能を継続できる体制(港湾BCMS)の構築と、「港湾機能継続計画」(港湾BCP)の策定に取り組んでいる。東北地方整備局等は、港湾BCPの策定のための手引書を作成した。手引書は、東日本大震災の被害と復旧活動の実績を踏まえ、東日本大震災クラスの地震・津波による被害を想定し、発災後の港湾機能の復旧目標と、施設の応急復旧から貨物輸送再開までの行動計画を定めることとした。復旧目標の設定については、発災後の貨物輸送需要を推計し需給ギャップが生じないように確保すべき施設量を設定することとした。

Key Words: the Great East Japan Earthquake, port-BCP, guideline, recovery level objective

## 1. 序論

東北地方の港湾は、国内外の物流拠点として背後に立地する石油・ガス基地、火力発電所等のエネルギー産業、製紙、セメント、飼料、金属、自動車等の製造業、水産品や生活資材を扱う流通業を支えている。2011年3月に発生した東日本大震災では、東北地方太平洋側の港湾は、巨大な地震と津波により港湾施設が深刻な被害を受け、港湾機能が長期にわたって停滞した。荷主企業の一部は、震災後の早い段階から操業を再開し、貨物輸送需要も回復を始めていたが、港湾機能の復旧に時間を要したたために、通常利用している港湾を利用できない状態(需給ギャップ)が生じ、荷主企業は、他の港湾を利用して代替輸送を行う等非効率な輸送を強いられたり。

東北地方の一部の港湾では、東日本大震災の前から大規模災害時にも港湾機能を維持・早期復旧するための計画(港湾BCP)の検討が行われていたが、東日本大震災を契機に、その重要性が強く認識されるようになった. 2013年6月、「東北広域港湾防災対策協議会」(以下、 「広域協議会」という。)は、「東北における大規模災害発生時の港湾機能継続の基本的な考え方」<sup>2)</sup>を策定した。この中で、東北地方の各港湾においては、大規模災害発生時にも関係者が連携して貨物輸送需要に対応した港湾機能を継続できる体制(港湾BCMS(Business Continuity Management System))の構築を目指し、港湾関係者で構成する「港湾機能継続協議会」(以下、「各港協議会」という。)を設置し、「港湾機能継続計画」(港湾BCP(Business Continuity Plan))の策定に取り組むこと、港湾単独で発災後の貨物輸送需要に対応できない場合を考慮し、他港湾を使った代替輸送ルートの活用等の広域的な視点からの機能調整を行い、東北地方全体として港湾機能継続を図ること、を方針として示した。

これを受けて、広域協議会は、東北地方の各港湾で港湾BCPの策定を着実に進めるため、東北地方の港湾における港湾BCPの策定手法を検討し、検討結果をもとに港湾BCPを策定する際に参考する手引書を作成している。 手引書では、港湾BCPには、各港湾で想定される最大規模の地震・津波による港湾施設の被害想定、発災後の港 湾機能の復旧目標の設定、施設の応急復旧から貨物輸送 再開までの行動計画等を定めることとしている。復旧目標の設定については、発災後の貨物輸送需要を定量的に推計し、貨物輸送需要と港湾貨物の輸送能力の間に需給ギャップが生じないように、確保すべき輸送能力と施設量を設定することとしている。発災後の貨物輸送需要の推計手法は、赤倉ら³が、東日本大震災で被災した企業へのアンケート結果をもとに、大規模地震・津波発生後の企業の操業度の復旧度を定量化した操業度復旧曲線とコンテナ貨物輸送需要の復旧度を定量化したコンテナ貨物需要復旧曲線を応用している。

2014年3月末現在,各港協議会は10港で設立され港湾BCPの策定を進めている.東北地方の主要港湾では,引き続き,港湾BCPの策定と港湾BCMSの構築を推進するとともに,港湾単独で輸送能力を確保できない場合の対応等,港湾BCPの策定を通じて明らかとなる課題を踏まえて,港湾間の連携により東北地方全体として港湾機能を維持できる体制の構築を進める.

本稿は、東日本大震災での港湾の被災状況を概観した上で、東北地方における港湾BCPの策定状況についてとりまとめるものである.以降、2章で東北地方における港湾機能継続の必要性を、3章で東北地方における港湾BCMと港湾BCPの考え方を、4章で発災後の需給ギャップの解消を目指した港湾BCPの策定手法を、5章で東北地方の港湾BCMSの今後の取組みを述べる.

### 2. 東北における港湾機能継続の必要性

# (1) 東日本大震災における東北地方の港湾の被害と物 流への影響

### a) 港湾の被害

東北地方には15の国際拠点港湾・重要港湾がある。これらの港湾には、コンテナ、RORO、フェリーの定期航路が就航し国内外を結ぶ物流ネットワークを形成するとともに、港湾背後に立地する石油・ガス基地や火力発電所等のエネルギー産業、製紙、セメント、飼料、金属、自動車等の製造業の原・燃料の搬入や製品出荷の拠点として、重要な役割を果たしてきた。

2011年3月11日に発生した東日本大震災により、東北地方の太平洋沿岸の地域は、多数の死傷者を出す甚大な被害を受けた。港湾においても、地震と津波により、岸壁、防波堤、臨港道路、荷捌地、荷役機械、上屋等が損壊するとともに、大量のガレキが水域・陸域に散乱し、港湾機能が長期にわたって停滞した。

特に、岸壁と荷役機械の被害は、復旧に時間を要した。 図-1は、東日本大震災で被災した東北地方の港湾の岸壁 の復旧状況を示している。約50%の岸壁が復旧するのに 発災から半年、約80%の復旧に10ヶ月を要している. ガントリークレーンの被災状況を整理したのが表-1である. ガントリークレーンは、地震による脱輪や走行軌道の破損、津波による走行部の浸水や漂流物の衝突による損傷,電気設備損傷等の被害を受け、新設が必要な場合で1年以上、修理を行っても材料手配等により6ヶ月~1年程度を要している. 穀物や石炭等の荷役に使用されているアンローダー等の荷役機械も同様の被害を受けている.

震災が発生した2011年の八戸港から小名浜港までの東北地方の被災港湾の取扱貨物量の前年同月比の推移を整理したのが図-2である。2011年4月に25%まで落ち込み、その後港湾施設の復旧とともに回復しているが、90%まで回復するのに10ヶ月を要している。



※ハ戸港・小名浜港の水梁を示い深の公共単壁(地方港湾含む)200 岸壁が対象(漁港区の岸壁や休憩岸壁等を含む)、利用可能半壁は1ま、暫定利用可能半壁を含んでいる。暫定利用可能半壁は1ま、制定が利服があかかかっている岸壁 おけば、今後流上げが必要となる岸壁 一部岸壁については、護岸等への利用残没予定、保北地方整備馬段子

図-1 東北地方の港湾の岸壁の復旧状況

表-1 ガントリークレーンの被災状況

港湾	施設名	被災状況 ( ) は復旧に要した期間
八戸港	ガントリー	津波による脚部及び受電施設損傷. H242に復
	クレーン1号機	旧(11ヶ月)
	ガントリー	津波による脚部及び受電施設損傷. H23.4に仮
	クレーン2号機	復旧(1.5ヶ月). 恒久対策はH23.8から開始し
		H24.5に完了.
仙台塩釜港	ガントリー	津波による脚部及び受電施設損傷. H23.12に再
(仙台港区)	クレーン1号機	稼働(10ヵ月).
	ガントリー	津波による脚部及び受電施設損傷. H239に再
	クレーン2号機	稼働(7ヶ月)
	ガントリー	津波による脚部及び受電施設損傷、レール変
	クレーン3号機	形. H23.12に再稼働(10ヶ月)
	ガントリー	津波による脚部及び受電施設損傷、レール変
	クレーン4号機	形. H243に再稼働 (13ヶ月)
小名浜港	ガントリー	浸水はないが、脚部損傷及びレール変形.
	クレーン	H24.11に新しいクレーンを導入(13ヶ月)

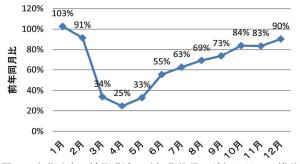


図-2 東北地方の被災港湾の取扱貨物量の前年同月比の推移 (2011)

### b) 物流への影響

図-3は、東北地方整備局が実施したアンケート調査等 の結果から、仙台塩釜港仙台港区のコンテナ貨物の主要 な荷主企業14社の震災後の操業再開した企業の割合と、 震災前の水準まで操業度が回復した企業の割合、コンテ ナ貨物量の推移、コンテナ定期航路の再開状況を整理し たものである. 荷主企業は発災後の早い時期から操業再 開に向け活動を開始しており、発災から1ヶ月後の4月に は80%近い企業が操業を再開させている。一方、仙台塩 釜港でも懸命の復旧作業が行われ、発災から3ヶ月後の6 月には国際フィーダー航路が再開、半年後の9月には中 国・韓国航路が再開したが、企業の操業再開の動きに対 して港湾機能の復旧は遅れている. 図-4は、仙台塩釜港 のある荷主企業が、仙台塩釜港のコンテナ輸送機能が復 旧するまでの間の代替輸送港湾の利用状況を示している. この企業は、3月中に操業再開し、仙台塩釜港のコンテ ナ輸送機能が停止している間も、被災しなかった日本海 側や京浜港等の港湾を代替利用し、貨物輸送を継続して いた. このように、被災港湾では、貨物輸送需要の回復 よりも港湾機能の復旧が遅く、需給ギャップが生じてい た.

この他バルク貨物についても、港湾が供用再開したものの航路水深が不足し大型船が航行できなかったため、喫水調整を余儀なくされたり、岸壁や荷役機械が被災し不足したために、輸送能力が低下し滞船が発生するなど、荷主企業が操業再開し貨物輸送を開始しても、港湾施設の復旧に時間を要し、非効率な物流を強いられていたことが確認されている。

このように、港湾機能の長期にわたる停滞は、荷主企業及び地域経済に大きな損失を与えるため、大規模災害時にも貨物輸送の需給ギャップが生じないように、港湾機能を維持することが必要である.

### (2) 東日本大震災後の港湾機能の復旧状況

被災港湾においては、港湾関係者が懸命の復旧作業を 行うとともに、東北地方の港湾間及び全国の港湾や業界 団体等との連携により、港湾機能の復旧がなされた.

## a) 被災港湾における港湾機能の復旧過程

被災港湾における復旧過程の事例として、仙台塩釜港の高砂コンテナターミナルにおける応急復旧過程を表-2に示す。高砂コンテナターミナルは、岸壁2バース、ガントリクレーン4基、ストラドルキャリア11台を備え、2010年に20万TEUのコンテナを取扱っていた。東日本大震災では、岸壁、ガントリークレーン、ストラドルキャリアの全でが、何らかの被害を受け、津波により蔵置していた約4000個の全てのコンテナが海域に流出またはヤード内に散乱した。発災後は被害調査が行われ、これに基づき2011年4月から港湾利用企業等の港湾関係者が参

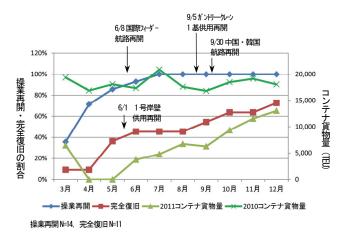


図-3 東日本大震災後の仙台塩釜港仙台港区の主要コンテナ荷 主の操業再開状況

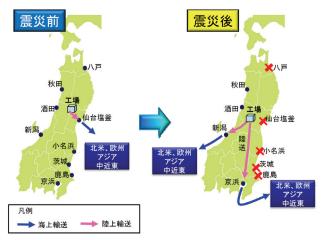


図-4 東日本大震災後の仙台塩釜港仙台港区のコンテナ貨物の 荷主企業による代替輸送港湾の利用状況

表-2 仙台塩釜港高砂コンテナターミナルの復旧過程 (2011.3 ~2012.1)

7:		(名口)山	NH HA					
年	月	復旧状況						
2011	3	3/11 震災発生. 高砂2号岸壁, ガントリークレーン等損傷. 蔵置コンテナ流出						
		現地調査	•					
		被災コンテナ						
		横内移	***					
	4	42 第 1 回復興会議	高砂1号岸壁 ガンドー 電気設備					
		高砂1号岸壁の6月中の供用	応急復旧工事 ルー/修理 復旧工事					
		再開を目指すことを確認						
	5							
		↓	<b>↓</b>					
	6	6/1 高砂 1 号岸壁供用開始 被災日	1ンテナ 災害査定					
		クローラクレーシ1基, 如	理					
		ストラドルキャリア2基						
		6/8 内航定期航路再開						
		624 第 2 回復興会議						
	7	7/26 자카						
	8	8/8 第 3 回復興会議	高砂2号岸壁					
		8/17 ストラドルキャリア 6基						
		01/ A(// M(// 025						
	9	9/5 ガントリクレーン 1 基供用開始						
		9/30 中国・韓国航路再開(1 航路)						
	10	2/2/   H   1	<del>                                     </del>					
	11		<del>                                     </del>					
	12	127 ガントリークレーン 2 基体制	<del>                                     </del>					
2012	1	1/13 高砂 2 号岸壁供用開始	<del>                                     </del>					
2012	1	がいりかシ3基体制						
		<u>1/22 北米航路再開</u>	* * *					

加する仙台塩釜港復興会議が開催され、被害が軽微であった1号岸壁を使用して6月に荷役を暫定的に再開することを確認した.

その後、国は岸壁エプロンの応急復旧、港湾管理者である宮城県は高砂1号岸壁背後のヤードからの被災コンテナの撤去やガントリークレーンの代替としてクローラクレーンの確保等、港湾運送事業者はストラドルキャリアの修理や荷役体制の確保等、関係者が連携して応急復旧にあたり、発災3ヶ月後の6月8日に国際フィーダー船の荷役を再開した。この事例では、大規模災害時の港湾機能の早期復旧には、被害調査や、応急復旧方針の決定、施設の応急復旧工事、被災した荷役機械の代替機の確保等の発災後の活動が重要であった。また、行政機関と民間事業者が目標を共有して各々の役割を果たすことでコンテナターミナルの供用再開が達成されていった。このような港湾機能の復旧活動は、全ての被災港湾で展開されていた。

#### b) 広域的な連携の状況

東日本大震災において甚大な被害を受けた東北地方の 港湾では、人的・物的資源が不足する中で、国や全国的 な業界団体、他の港湾からの支援が大きな力となった。

被災港湾の水域には、大量のガレキやコンテナ、船舶等が流出し、船舶の航行が困難となった。 航路啓開作業に必要な作業船や潜水士が限られる中で、東日本太平洋沿岸の広域にわたって大量の漂流物・障害物の撤去が必要となり、各港湾の港湾管理者単独では対応が困難な状況であった。このため、国土交通省は、日本埋立浚渫協会等に支援を要請して各港湾での作業体制を確保し、港湾管理者と連携して航路啓開作業にあたった。

仙台塩釜港の高砂コンテナターミナルでは、ストラドルキャリアが津波により被災し不足していたが、名古屋港と博多港からストラドルキャリアの無償提供を受けることができた。コンテナ貨物の代替輸送港湾として利用され貨物量が急増した秋田港では、人員やコンテナトレーラが不足し、太平洋側の被災港湾の同業者から作業員の派遣やコンテナトレーラによる配送での応援を受けた。

## (3) 東北地方の港湾における港湾事業継続の必要性

大規模災害後の荷主企業と地域経済の復旧・復興を妨 げないようにするためには、東北の港湾は、発災後の貨 物輸送需要に対応できるよう、最低限の輸送能力を維持 する必要がある.

これを実現するためには、各港湾において、最大規模の地震・津波による被害を想定し、発災後に港湾機能の維持と早期復旧のために必要な活動の内容や手順、関係者の役割分担を整理するとともに、発災後の活動を円滑にし被害を防止・軽減するための対策を実施することが必要である。その際、港湾物流機能は、様々な施設と多

くの関係者で成り立っていることから、全ての関係者が 大規模災害のリスクと港湾機能継続の目標を共有し、 各々の役割を果たすことができる体制の整備が重要であ る。

また,最大規模の災害や広域災害の場合には,港湾単独で対応することは困難であるため,東北地方の港湾間の連携や国や全国的な業界団体等との連携が必要である.

### 3. 東北における港湾機能継続の考え方

東日本大震災後の2011年11月に東北港湾の復旧・復興基本方針検討委員会において「東北港湾の復旧・復興基本方針」<sup>4</sup>が取りまとめられ、災害に強い港湾づくりに向けた港湾BCPの必要性等が示された。2012年6月には国土交通省交通政策審議会港湾分科会防災部会において、「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〜」<sup>5</sup>が取りまとめられ、「港湾BCPに基づく港湾の災害対応力の強化」が位置付けられた。これらを受けて、東北地方整備局では、2013年3月に「東北広域港湾防災対策協議会」(広域協議会)を設立し、2013年6月に「東北における大規模災害発生時の港湾機能継続の基本的な考え方」を策定した。

この「基本的な考え方」では、東日本大震災の経験を踏まえ、防災・減災目標として「人命の確保」とともに、「産業活動の維持に対応した港湾機能の確保」を掲げ、東北地方の各港湾の港湾BCMSの構築と広域的な視点かからの機能調整を踏まえた港湾BCPの策定に取り組む方針としている。現在、東北地方の各港湾では、この方針の下、港湾BCPの策定に取組んでいる。

以下では、東北地方の港湾における港湾機能継続の考 え方と、取組みの現状を述べる.

### (1) 各港湾の港湾BCMSの構築

大規模災害時の港湾機能継続のため、各港湾では、関係者が連携して災害直後から迅速に対応できる体制を構築する。各港湾では、関係機関の参加のもと、大規模災害発生後の貨物輸送需要に対応した輸送能力の確保を目標として、初動体制の確立から港湾施設の復旧、物資輸送に至るまでの行動計画を定めた港湾BCPを策定するとともに、定期的な港湾BCPの見直しや訓練などを継続的に行うこととしている。

また、発災後に関係機関が連携して港湾機能の確保に 取り組む際に必要となる統一的な指揮命令系統の構築や 連絡手段の確保と、港湾利用者である企業が企業活動を 円滑に進めるための判断材料として重要な港湾の復旧・ 復興に関する情報の発信や伝達体制についても、港湾 BCPに位置付けることとしている.

# (2) 広域的な視点からの機能調整を踏まえた港湾BCPの 策定

大規模災害により被災した港湾において、港湾施設の 被害が深刻な場合や、港湾施設の復旧に必要な人員や資 機材を十分確保できない場合、被災港湾単独では発災後 の貨物輸送需要に対応した輸送能力を確保できない可能 性がある. このような状況に対処するため、他の港湾を 使った代替ルートの活用等、広域的な視点から各港湾の 港湾BCP間で発災後に確保すべき輸送能力の調整を行い、 東北地方全体として貨物輸送需要に対応できるよう、各 港の港湾BCPに位置付けることとしている.

### (3) 広域協議会と各港協議会

東北地方整備局では、以上の各港湾の港湾BCPの策定 と広域的な視点からの機能調整を踏まえた港湾BCPの策 定を実施するため、各港湾に港湾BCMSの構築を目的と する各港協議会と、各港湾における港湾BCMS構築の支 援と調整を目的とする広域協議会を設置し活動を行って いる. 各港協議会は、港湾管理者、地元市町、海上保安 部,運輸局、税関、東北地方整備局等の行政機関と、港 運業者、港湾建設企業、荷主企業等の民間の関係者で構 成している. また, 広域協議会は, 学識経験者, 各港協 議会代表者,港湾建設関係団体,港湾関係の地方支分部 局で構成している.

広域協議会は、2014年3月末までに3回開催している。 2013年6月には、前述の「基本的な考え方」を策定し、 2013年10月には、港湾BCPの策定のために必要な情報 (被害想定,復旧目標,港湾BCP作成の手引書)を各港 協議会に提示している.

各港協議会は、2014年3月末現在、東北地方の10港で 設立されており、広域協議会から示された情報に基づき 港湾BCPの策定を進めている.

今後は、各港湾の港湾BCP策定の過程で、想定される

災害の規模、港湾施設の脆弱性や機材や人材の不足等、 当該港湾単独では対応出来ない課題が残る場合、広域協 議会が、これらの課題を吸い上げ、代替港湾のバックア ップや広域的な人的・物的支援について検討することと している.

### 4. 港湾BCPの策定手法

3章で述べた、東北地方における港湾機能継続の考え 方を受けて, 広域協議会では, 各港湾において着実に港 湾BCPを作成できるよう、港湾BCPの策定手法を検討し、 検討結果をもとに、港湾BCPの手引書を作成した.以下 では、東北地方の港湾を対象とする港湾BCPの策定手法 について述べる.

#### (1) 東北地方における港湾BCPの考え方と構成

港湾BCPは、現在、全国の多くの港湾で策定が進めら れている. これらの港湾BCPは、基本的に、地震・津波 による港湾の「被害想定」を行ったうえで、発災後に維 持または復旧する輸送能力の目標である「復旧目標」を 設定し、復旧目標を達成できるよう発災後の活動の内容 や関係者の役割分担を定めた「行動計画」と、発災後の 行動を円滑に行い、被害を防止・軽減するための「事前 対策」,関係者による「協働体制」と「港湾BCPの運 用」を定める構成となっている.

東北地方の港湾BCPも、この構成を踏襲するが、東日 本大震災の経験と東北地方の港湾の特性を踏まえ、次の 考え方により港湾BCPを策定することとしている.

(a)東日本大震災では、各港湾は、それまでの想定を超 える被害を受け、港湾機能の復旧にあたって一から対応 を模索しなければならない状況があった. このため, 港 湾BCPの前提として、各港湾で発生する可能性がある最 大規模の地震・津波による被害を想定する.

表-3 東北地方の港湾を対象とする港湾BCPの基本的な構成						
項 目	概要					
1.港湾機能継続計画策定の必要性	目的、港湾BCPの位置づけ、協議会会員の行動規範と本計画の活用方法、本計画の対象					
	について整理する.					
2.想定地震・津波の規模及び回復目標の設定	当該港湾で想定される最大クラスの地震・津波の規模を設定する.この地震・津波による					
	港湾施設の被害と発災後の貨物輸送需要を想定し、貨物輸送需要に対応できるよう目標と					
	して発災後に確保すべき輸送能力(取扱貨物量と施設数)を時系列に設定する.					
3.初動体制の確立	大規模発災後の港湾機能継続協議会を立ち上げ、連絡ルートの確保、災害対策活動拠点の					
	確保,情報通信手段の確保,被害調査,応急復旧方針の決定の手順を整理する.					
4.施設復旧のための行動計画	陸域施設の応急復旧と航路啓開の作業方針、作業内容、手順、関係者の役割分担と相互の					
	関係を整理する.					
5.物資輸送のための行動計画	緊急物資輸送と幹線貨物輸送再開の手順,関係者の役割と相互の関係を整理する.					
6.情報の整理と発信	被害調査結果等の情報の事務局への集約と共有、情報発信の体制と方法、発信する情報に					
	ついて整理する.					
7.継続的な見直し (PDCA) の実行	計画見直しのサイクル,体制について整理する.					
8.港湾機能を継続するための練習・訓練の実施	訓練の実施回数と、訓練の方法を整理する.					
9.災害対応力をさらに強化するためのソフト・	発災後の活動を円滑にするとともに、被害を軽減・防止するためのソフト・ハードの改善					
ハード両面の改善計画	第について内容と実施時期、実施主体について整理する。					

(b)東日本大震災では、港湾機能の復旧に時間を要したために発災後の貨物輸送需要に対応することができず需給ギャップが生じ、荷主企業は代替輸送港湾の使用等の対応を強いられた.一方、全ての施設を耐震強化し被害が生じないようにすることは、非現実的である.このため、発災後の貨物輸送需要を推計しこれに対応できるように港湾の輸送能力を設定する.

(c)港湾機能は、行政と民間の多様な関係者によって支えられており、災害時には関係者が連携しつつ各々の事業活動を継続することが求められる.このため、港湾BCPでは、港湾関係者が対応すべき活動と対策の全体像を示すに留め、各関係者の詳細な行動計画や具体的な対策は、それぞれの関係者の自組織のBCPに委ねる.

(d)大規模災害時には、想定外の事態が発生することを前提として臨機応変に対応する必要があり、発災後の参考書として利用することも考慮し、要点を簡潔に整理し、資料の厚さを抑えるよう心掛ける.

(e)港湾BCPの運用主体は各港湾の協議会とし、災害時には協議会を中心に関係者が連携して港湾機能の復旧活動にあたるとともに、通常時においては訓練の実施や港湾BCPの継続的な見直しを行う.

表-3に東北地方の港湾を対象とする港湾BCPの基本的な構成を示す。

以上の港湾BCPの項目のうち,「想定地震・津波の規模及び回復目標の設定」は,東日本大震災の経験を踏まえ東北地方の特性が最も反映されている.「想定地震・ 津波の規模及び回復目標の設定」は,さらに,「想定地震・ 津波の規模」,「港湾施設の被害想定」,「復旧目標の設定」の3つの内容で構成される.以下では,これらの手法について述べる.

### (2) 想定地震・津波の規模

東日本大震災では巨大な地震・津波に襲われ、発災後の復旧活動においては、想定していなかった事態に直面し、混乱の中で、一から対応を検討しなければならない場面が多く見られた.このため、いかなる事態に直面しても臨機応変に対応できることを重視し、港湾BCPの策定にあたって、各県の地域防災計画等から、各港湾で想定される最大の地震(震度)と津波(浸水深)を抽出して、前提となる地震・津波を設定することしている。また、地震・津波は2ケース設定することとし、直下型地震を基本とするケース1(地震のみ)とプレート型地震を基本とするケース2(地震+津波)の2ケースを設定することとしている。

#### (3) 港湾施設の被害想定

(2)で設定した2ケースの大規模災害が発生した場合の港湾施設について被害想定を行う.対象施設は,航

路・泊地,係留施設,荷役機械,防波堤や荷さばき地, 臨港道路等としている。各港湾の被害想定は,地震・津 波の規模と施設ごとに利用状況や耐震性能や老朽化等の 施設の状態等を考慮して想定する。手引書では,施設ご との被害想定の考え方と,被害の程度や復旧に要する期間を想定する際に参考となる事例や目安を示している。 被害想定は,復旧目標や発災後の行動,事前対策の検討 の前提とするために,(1)施設ごとに被害の内容,(2)被 害の程度(直ちに使用可能,応急復旧で使用可能,本格 復旧が必要の3区分で評価),(3)復旧に要する期間の 3点を整理することとした。

港湾施設の被害想定は、構造計算に基づく耐震診断によることも可能だが、多数の施設に対してこのような検討を行うことは、時間とコストがかかる。全ての港湾に同様の検討の実施を義務付けると、港湾BCPの策定を妨げる恐れがある。また、港湾BCPの目的は、施設の被害を詳細に検討することではなく、港湾機能が停止した場合の対応を検討することであるため、東日本大震災等の被災事例をもとに、被害想定を行っても良いこととした。

表-4に被害想定結果のイメージを示す.

### (4) 復旧目標の設定

2章で述べたように、東日本大震災後の東北地方の被 災港湾では、港湾機能の復旧に時間を要したために、操 業再開した荷主企業等の貨物輸送需要と港湾の輸送能力 の間に需給ギャップが生じていた.

このため、復旧目標の設定は、貨物輸送需要を定量的 に推計し、需給ギャップが生じないように確保すべき輸 送能力と必要な施設数を時系列に設定することとした.

貨物輸送需要を定量的に推計し、これに対応できる復旧目標を設定することで、復旧目標を達成するための課題が明確になり、対策を検討しやすくなる.

# a) 発災後の貨物輸送需要の推計

企業が策定する一般的なBCPの復旧目標では、顧客の需要に合わせて、優先的に復旧するサービスや、サービスの提供を再開する時期を設定するが(中小企業庁<sup>6)</sup>等)、これまでの港湾BCPでは、定量的に貨物輸送需要を推計する手法がなく、耐震強化岸壁の整備状況や施設の復旧に要する時間等、サービスを提供する側である港湾の事情に応じて目標を設定している例が多い.

赤倉ら³は、東日本大震災の被災企業へのアンケート結果をもとに、地震の震度と津波の浸水深の外力から発災後の貨物輸送需要を定量化する復旧曲線の手法を確立しており、この手法を用いれば、定量的かつ簡便に貨物輸送需要を推計することが可能である。港湾の想定地震・津波発生後の貨物輸送需要をコンテナ、バルク、RORO、フェリーの輸送モード別に推計することとしている。

表4 被害想定結果のイメージ

施 設		ケース1 (震度6強, 津波なし)		ケース 2 (震度 6 強, 津波浸水深 2m 以上)			
		被災の程度	被災状況	被害の程度	被災状況		
航路・泊地		0	漂流物は少ない	Δ	漂流物(コンテナ,原木,完成自動車,プレジ   ャーボート,漁具)により閉塞		
		0	漂流物は少ない	ΔΔ	沈下物により水深減少		
耐震強化	岸壁	O 2バース	耐震強化岸壁は被害軽微	O 2バース	被害軽微		
岸壁	荷捌地	0	液状化対策により被害軽微	Δ	液状化対策により被害軽微    貨物,自動車,ガレキ等が散乱		
フェリー 岸壁	岸壁	△ 1バース	エプロンに段差,陥没, 岸壁が若干の傾斜	△ 1バース	エプロンに段差,陥没, 岸壁が若干の傾斜,はらみ出し		
	荷捌地	Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生	Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生 シャーシ,トレーラが散乱		
コンテナ 岸壁	岸壁	△ 1バース	エプロンに 20cm 以内の段差, 陥没, 岸壁は 若干の傾斜	△ 1バース	エプロンに 20cm 以内の段差,陥没,岸壁は若干 の傾斜		
	荷捌地	Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生,   コンテナ等貨物が一部散乱	Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生, コンテナが全て散乱,ガレキが散乱		
が ントリー フレーン 免震 1 基		0	被害軽微	×	浸水または漂流物衝突により走行部, モータ ー, スプレッダ等が損傷, 電気設備浸水		
	が ントリークレーン × 一般 1 基		脱輪	×	脱輪,浸水または漂流物衝突により走行部,モ ーター,スプレッダ等が損傷,電気設備浸水		
バルク 岸壁	岸壁	△ 3バース	エプロンに段差、陥没	△ 3バース	エプロンに段差,陥没		
		△△3 <i>バ</i> ース	エプロンに段差、陥没、岸壁が若干の傾斜	△△3 <i>バ</i> ース	エプロンに段差、陥没、岸壁が若干の傾		
		× 5バース	岸壁が大きく傾斜,はらみ出し,沈下	× 5バース	岸壁が大きく傾斜,はらみ出し,沈下		
	荷捌地	Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生	Δ	液状化により陥没、空洞、沈下が発生 貨物、自動車、ガレキ等が散乱		
臨港道路		Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生	Δ	液状化により陥没,空洞,沈下が発生, コンテナ,自動車,ガレキ等が散乱		

凡例:被害の程度の区分

記号	係留施設	航路・泊地	臨港道路・荷捌き地	荷役機械
0	2~3 日で応急復旧可能	直ちに使用可	直ちに使用可	2~3日で応急復旧可能
Δ	1ヶ月程度で応急復旧可能	概ね3週間程度で応急復旧可能	概ね2週間程度で応急復旧可能	_
$\triangle \triangle$	3ヶ月程度で応急復旧可能	概ね3ヶ月程度で応急復旧可能	_	_
×	2~3年の期間を要する	6ヶ月~	_	6ヶ月~1年

コンテナ貨物の発災後の貨物輸送需要設定の手順を図-5に示す。まず、背後圏を市町村や地方生活圏等のいくつかのエリアに区分し、想定地震・津波の震度分布と津波浸水深から、各エリアの想定外力(震度、津波の有無、表-5)を決定する。次に、各エリアの外力に応じた貨物復旧曲線(表-6、図-6)を選択し、各エリアの発災後1ヶ月ごとの貨物復旧度を求め、これらを全国輸出入コンテナ貨物流動調査等から得られる各エリアの発着貨物量を重みとして加重平均し港湾全体の貨物復旧曲線(貨物復旧度)を求める。これに、基準とする貨物量(例えば、月平均貨物量)を乗じて、発災後の貨物輸送需要を求める。

図-7は、この手法により仙台塩釜港の発災後のコンテナ貨物輸送需要を試算した結果である。ケース1は、東日本大震災と同規模の地震のみ、ケース2は、東日本大震災と同規模の地震と津波が発生する想定とした。背後圏は地方生活圏によりエリア区分し、各エリアの想定外力は、東日本大震災の震度分布と津波浸水深、企業アンケートで把握した事業所の分布から設定した。各エリアの発着貨物量は、平成20年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査の結果を用いて設定した。基準貨物量は、2010年の月平均貨物量を使用した。ケース1とケース2を比較すると、ケース2よりもケース1の方が貨物輸送需要の回復

が早い結果となり、津波浸水の有無が試算結果に反映されている.

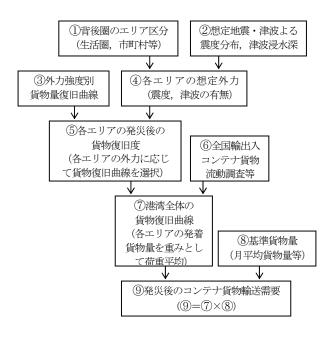


図-5 コンテナの災害後の貨物輸送需要設定の手順

表-5 外力強度の設定

津波浸水	浸水深	震度
あり	2m以上	全て
<i>Ø</i> 3 '9	2m未満	全て
		7
		6強
なし		6弱
140	_	5強
		5弱
		4

注:「津波浸水あり」の場合は、震度に関係なく浸水深20m以上か浸水深20m未満を外力強度とする貨物復旧曲線を適用する. 「津波浸水なし」の場合は、震度に応じた貨物復旧曲線を適用する.

表-6 外力強度別コンテナ貨物復旧曲線のパラメータ

パラ	津波浸水あり		津波浸水あり 津波浸水なし					
メータ	2m以上	2m未満	7	6強	6弱	5強	5弱	4
a	60.6	90.5	75	88.3	91.4	100	100	100
b	0.000642	0.065	0.015	0.112	0.125	0.247	0.495	0.539
C	0.019		0.046					

注: ゴンペルツ曲線  $f(x) = ab^{\exp(-cx)}$ 

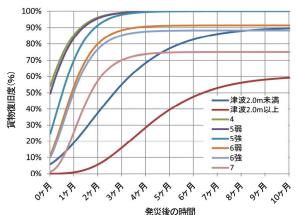


図-6 外力強度別コンテナ貨物復旧曲線

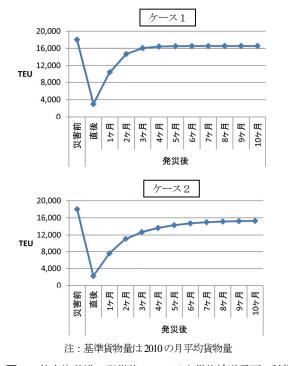
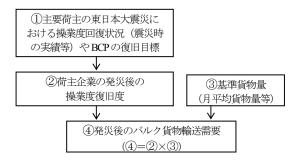


図-7 仙台塩釜港の発災後のコンテナ貨物輸送需要の試算結果

バルク貨物の発災後の貨物輸送需要設定の手順を 図-8に示す. バルク貨物は、貨物輸送需要が少数の主要 荷主企業の生産活動と密接に関連し、その在庫状況にも 左右されることから、発災後の貨物輸送需要は、主要荷 主の操業度回復状況(震災時の実績等)や荷主企業が定 めたBCPの復旧目標を基に設定することを基本とした. 主要荷主の操業度回復状況や荷主企業のBCPが把握でき ない場合は、荷主企業立地エリアの外力強度(表-5)を 設定して、赤倉ら3の外力強度別操業度復旧曲線(表-7, 図-9) を用いて発災後の企業の操業度を推計し、これに 基準貨物量を乗じて推計した. なお, バルク貨物のうち, 石油・ガス、穀物、木材チップ、石炭等の品目は荷役に 専用の荷役機械等が必要であり、通常時使用している岸 壁が被災した場合に他の岸壁を代替利用することが困難 であるため,貨物輸送需要の設定の対象外とし,各港湾 の実情に応じて設定することとしている.

図-10は、この手法による酒田港の試算結果である. 酒田港のバルク貨物の主要荷主は酒田港直背後に立地しており、ケース1は津波浸水なしの震度6強の操業度復旧曲線、ケース2は津波浸水ありの2.0m以上の操業度復旧曲線を適用した。ケース2は、津波浸水により荷主企業が被災するため、ケース1と比較して貨物輸送需要の回復に時間を要する結果となっている.

【主要荷主の東日本大震災における操業度回復状況や BCPの復旧目標が把握できる場合】



【主要荷主の東日本大震災における操業度回復状況や BCPの復旧目標が把握できない場合】

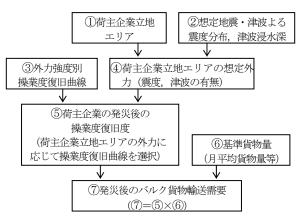


図-8 バルク貨物の災害後の貨物輸送需要設定設定の手順

RORO貨物については、バルク貨物と同様に港湾直背後に立地するケースや、東北地方以外の地域から製品を東北地方に搬入しているケースがある。前者の場合は、バルク貨物と同様の方法で、後者の場合は、東日本大震災の事例等を参考に発災後の貨物輸送需要を設定することとした。

フェリー貨物については, 東日本大震災後の代替輸送

表-7 外力強度別操業度復旧曲線のパラメータ

パラ	津波浸水あり		津波浸水あり 津波浸水なし					
メータ	2m以上	2m未満	7	6強	6弱	5強	5弱	4
a	63.7	90.9	75.0	88.7	91.4	100	100	100
b	0.001	0.085	0.014	0.112	0.136	0.262	0.511	0.557
С	0.019		0.050					

注:ゴンペルツ曲線  $f(x) = ab^{\exp(-cx)}$ 

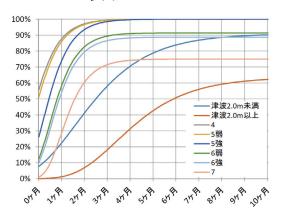
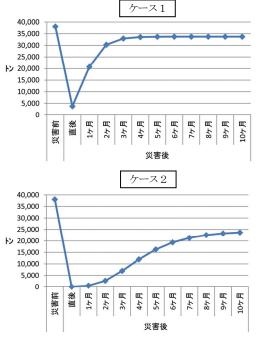


図-9 外力強度別操業度復旧曲線



注1:基準貨物量は2010年の月平均貨物量

注2: 重油, 石油製品, その他石油製品, LPG, セメントを 除くバルク貨物を対象とする

図-10 酒田港の発災後のバルク貨物輸送需要の試算結果

港湾の利用状況から貨物輸送需要に大きな変化がなかったことが確認されていることから、貨物輸送需要は変化しない設定とした.

#### b) 復旧目標の設定

復旧目標は、コンテナ、バルク、RORO、フェリー等の貨物の種類別に、発災後の貨物輸送需要と、被害想定、荷主企業や港湾関係者の意見等を踏まえて、目標とする時期と、輸送能力、岸壁数(バース数)を設定する.

確保すべきバース数は、岸壁の輸送能力を想定し、発 災後の各時期の貨物輸送需要を上回るように設定する. 岸壁の輸送能力は、岸壁を使用するために必要な荷捌地 や荷役機械、作業体制を考慮して設定する. 発災後の岸 壁の輸送能力は、比較的早期に復旧した八戸港での事例 (フェリーと石油・ガスを除く公共岸壁の2011年4月~ 12月の月平均貨物量は、2010年の月平均貨物量の1.3倍倍 であった)を踏まえ、月平均取扱貨物量の1.3倍を目安 として設定する.

図-11は、貨物輸送需要に対応した復旧目標の設定の 概念を示している. 横軸に発災後の期間, 縦軸に貨物輸 送需要または輸送能力を示している. 青線は復旧曲線の 手法により設定した発災後の貨物輸送需要、赤線は復旧 目標の輸送能力及びバース数、緑の線は岸壁の被害想定 に基づき確保可能と考えられる輸送能力である. 赤線の 復旧目標は、貨物輸送需要を上回るように設定されてい る. 緑の線の岸壁の被害想定に基づき確保可能と想定さ れる輸送能力は、直後に1バース分の輸送能力が維持さ れているが、発災後3ヶ月まで1バース分の輸送能力が継 続し、発災後3ヶ月で4バース分まで輸送能力が回復する がその後は、この状態が継続している. 発災後1ヶ月か ら3ヶ月までと、10ヶ月以降で、青線の発災後の貨物輸 送需要を緑線の被害想定に基づく確保可能と考えられる 輸送能力が下回っており、グレーの範囲で需給ギャップ が生じている.

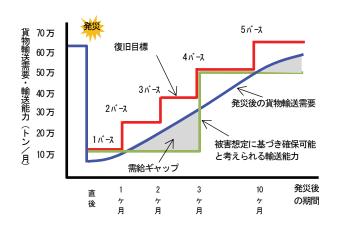


図-11 貨物輸送需要に対応した復旧目標の設定の概念図

この図のケースでは、港湾施設の大規模災害に対する 脆弱性等により、現状のままでは需給ギャップが生じて しまうため、港湾機能を継続するためには、他の港湾を 使用した代替輸送や、耐震強化岸壁の整備による係留施 設の脆弱性の解消等の対策が必要となる.

このように、発災後の貨物輸送需要を定量的に設定し、 これに対応できるように復旧目標を設定することにより、 港湾機能継続のための課題が明確になる.

# 5. 港湾BCMの今後の取組み

東北地方では10港で各港協議会が設立済みであり、未設立の港湾においても今後、順次設立する予定である. また、2013年10月の第3回広域協議会において、4章で述べた港湾BCPの策定のために必要な被害想定の考え方、貨物輸送需要と復旧目標、及び港湾BCP策定の手引書を各港協議会に提示した.

各港協議会では、貨物輸送需要や復旧目標をもとに「港湾機能の復旧をどこまで待ってもらえるか」といった需要サイドの意見を反映させつつ、港湾BCPの検討を進めている。このうち、青森港、八戸港の2港では港湾BCPの策定が終了し、能代港、船川港、秋田港、酒田港の4港では、港湾BCP(素案)を策定しているところである。

今後は、各港湾の港湾BCP策定の過程において明らかとなる課題を広域協議会で協議し、港湾BCP策定手法にフィードバックし改善していく、特に、荷役機械等の機能維持のための事前対策については、震災時の荷役機械等の被災事例、対処状況の具体事例を整理し、広域調達の観点を含め、検討する必要がある。

また、コンテナやバルク貨物等、東北の経済や住民生活を維持する上で重要な幹線貨物の輸送需要に対して、 港湾単独では対処しきれず、代替輸送ルートや広域的な調整を検討する必要が考えられる.

これら港湾単独で対処できない課題を抽出し、代替港湾によるバックアップや、関係者間の連携等の施策につなげていくこととしており、東北地方全体として、港湾機能を維持できる体制の構築・強化を進めていく.

謝辞:本稿のとりまとめにあたり、港湾空港技術研究所の福元正武氏(元国土交通省東北地方整備局沿岸域管理官)に多大なご尽力をいただきました. ここに記し、感謝の意を表します.

# 参考文献

邊見充,赤倉康寛,小野憲司,石原正豊,福本正武:東日本大震災後の海運依存産業の操業再開過程

- における輸送特性について, 土木計画学研究・講演 集, Vol.47, CD-ROM, 2013.
- 2) 東北広域港湾防災対策協議会:東北における大規模 災害発生時の港湾機能継続の基本的な考え方, 2013.
- 3) 赤倉康寛,邊見充,小野憲司,石原正豊,福本正武: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 D4(土木計画)(投稿中),2014.
- 4) 東北港湾の復旧・復興基本方針検討委員会:東北港湾の復旧・復興基本方針,2011.
- 5) 国土交通省交通政策審議会港湾分科会防災部会: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~,2012.
- 6) 中小企業庁:中小企業 BCP 策定運用指針第2版, 2012.

(2014.\*.\*受付)