

東日本大震災における海運・港湾部門のレジリエンスに関する研究

(正) 小野憲司 (京都大学防災研究所), (正) 赤倉康寛 (京都大学防災研究所)
福元正武 (国土交通省東北地方整備局)

1. 序論

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、関東以北の太平洋沿岸域の港湾、海運機能を一瞬にして麻痺させ、被災地への救援要員及び緊急支援物資の輸送や、生産を再開した地域産業を支える物流の重要性が再認識された。震災後におけるこれらの海運・港湾機能の速やかな復旧は、被災者の生命や健康を守る上で、また地域経済のいち早い復興を支援し地域住民の生活再建を図る上で、極めて重要であるが、復旧された港湾における物流活動の復活は、荷役機械等の埠頭機能施設の復旧度合や地域企業の出荷の状況等にも大きく左右される。本研究は、港湾統計及び東北地方整備局等のデータを基に、港湾BCPの策定時に考慮すべき港湾施設の復旧と海運による港湾利用の復活の相互関係について定量的な考察を試みるものである。

2. 震災による東日本の物流インフラの被害と復旧

青森県の八戸港から茨城県の鹿島港に至る11の重要港湾では、防波堤や岸壁等の基本施設の損壊に加えて、荷役機械、上屋、倉庫の港湾機能施設が被害を受け、また、津波によって押し流された瓦礫等によって航路や泊地が覆われ、船舶の入港が不可能となった。

一方内陸では、東日本大震災の地震動や津波によって東北縦貫自動車道の15区間が、また一級国道69区間、2級国道102区間、県道540区間が閉鎖された。特に青森県から岩手県、宮城県に至る海岸沿いの国道45号線は津波による橋梁等の流出によって寸断された。幸いなことに東北縦貫自動車道路と一級国道4号線は迅速に復旧することができ、発災の翌日には自衛隊や消防、警察等の救援輸送用車両が通行することが可能となった。沿岸部を通る国道45号線の被害が大きかったため、内陸部の国道4号線から北上山地を縦断して沿岸部に至る2級国道の啓開が優先され、翌日12日の夕刻までには太平洋沿岸の主要都市に至る横断ルートの確保を図ったことが功を奏した。

しかしながら、東北沿岸域の被災港湾においては、発災後51時間続いた津波警報や津波注意報の間は、作業船による航路・泊地の啓開作業（瓦礫撤去）に入れず、3日後の3月14日ようやく作業が開始された。啓開作業は、最も早かった茨城港常陸那珂港区で約1日、釜石港および小名浜港で約2日、宮古港は約3日で終了し、3月16日には釜石港及び宮古港に緊急支援物資運搬船が入港した。一方、養殖いかだ等の流出浮遊物が多かった大船渡港や石巻港、茨城港大洗港区では啓開作業に7~9日を要した。これらの港湾は、まず災害支援船や重油、ガソリン等の緊急物資輸送船向けに優先供用され、一般商船の入港制限は、例えば仙台塩釜港および石巻港では4月1日ようやく解除された。

3. 港湾インフラと海運輸送サービスの復旧度

3.1 公共バースの復旧状況 東北地方整備局が管轄する重要港湾8港において暫定復旧され使用が可能となったバース数の毎月の推移を図-1に示す。また、図の凡例の右側には、各港が震災前に有した水深-4.5m以上の公共バースの数を併せて記した。最も多い小名浜港で公共バースの数は72バース、これに次いで八戸港の44バース、国際拠点港湾（特定重要港湾）仙台塩釜港が44バースとなっている。最も公共バースが少ないのは釜石港の7バース、次いで相馬港の13バースである。

また、図-2に各港の暫定復旧バース数の震災前バース数に対する比率を示す。最も復旧が早い八戸港では4か月弱で90%の公共バースが使用可能となった。また仙台塩釜港、釜石港、大船渡港、宮古港、石巻港も震災後半年で70~80%の公共ふ頭が使用可能となった。一方、東北地方で最大のバー

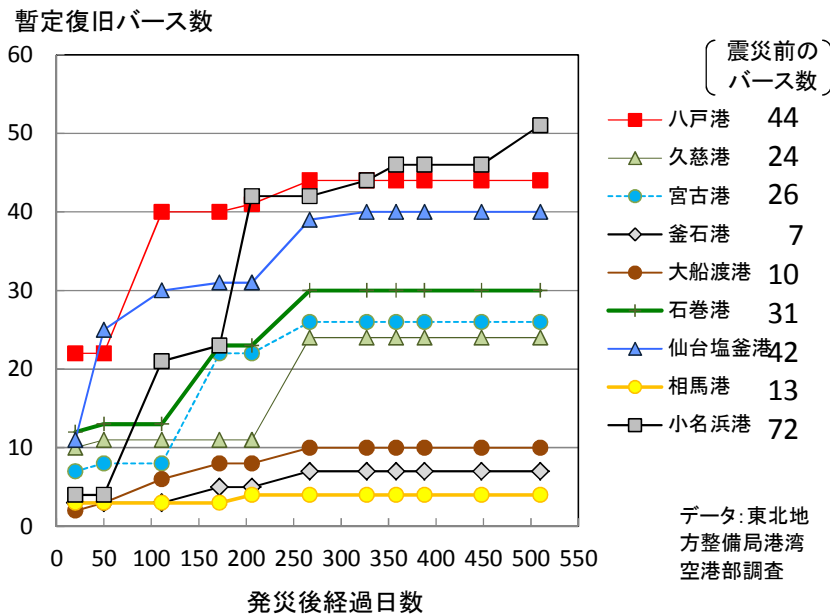


図-1 東北地方重要港湾の公共バースの復旧過程

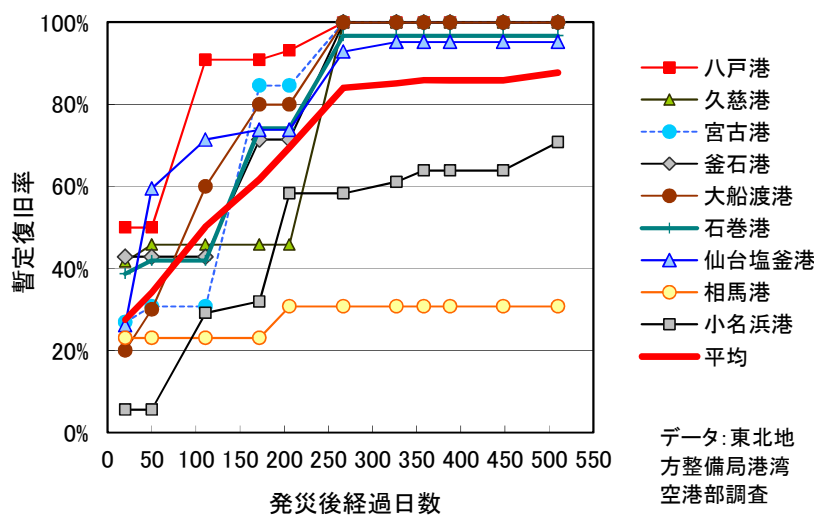


図-2 公共バースの復旧比率（震災前バース数に対する比率）

ス数を有する小名浜港は震災後1年が経過しても60%の水準を推移し、津波によって防波堤に大きな被害があった相馬港では三分の二の公共ふ頭が使用できない状態が続いている。

これらの港湾では、津波によって上屋・倉庫が破壊されたり、トラクター・トレーラーが流されフォークリフトが損壊するなど、荷役・保管機能にも大きな被害が生じた。その結果水域施設や岸壁等が復旧しても港湾機能が回復できない地区が続出し、港湾に寄港する定期船航路の再開に大きな影響が及んだ。特に、荷役にガントリークレーンが必要なコンテナ定期船航路の再開には時間を要した。仙台塩釜港を中心とする内航コンテナ航路の再開は約3ヵ月後、韓国・中国航路は6ヵ月後、東北地方唯一の国際基幹航路である仙台塩釜港の北米航路は、震災9ヵ月後の平成24年1月になってようやく再開された。津波による浸水被害を蒙った臨海部立地企業の操業再開にも多大な困難が伴い、被災を契機として他地区に生産を集約した企業や操業を再開

したものものの操業停止間のブランクが災いして元の市場シェアを回復できず業績が低迷する企業も現れるなど海運貨物の輸送需要の回復に大きな遅れが生じた。

このように、岸壁、航路泊地等の港湾インフラが復旧しても、商船が直ちには入港するとは限らない。臨海部立地企業が事業所閉鎖や移転を余儀なくされたり、港湾インフラの復旧の遅れによって他の港湾経由に貨物輸送ルートが変更されれば、港湾の利用者そのものが失われ、被災港の海運・港湾部門の輸送需要は大きく減少する。その場合、港湾は復旧しても貨物輸送需要は元の水準に回復せず、商船の入出港も減少したままとなる。

3.2 公共バースの復旧と入港船数回復の比較 一般的に港湾の接岸能力を表すバースウィンドウ量は、バース数と時間の積で定義される。また、船舶によるバースの占有の度合は、入港船舶数と停泊時間の積で表される。従って t 日までの間に応急復旧によって $Nb(t)$ バースの公共岸壁が利用可能となり $Ns(t)$ 隻の船舶の入港があった港湾においては、応急復旧が成って港湾サービスの用に供された公共ふ頭と専用ふ頭からなる総バースウィンドウ量 $Bw(t)$ 、及びそれらに停泊した船舶の延バース占有時間 $Bo(t)$ は、当該港湾の全岸壁に占める公共岸壁の比率を α 、1船当たりの平均滞在時間を β

日とすると、

$$Bw(t) = \frac{1}{\alpha} \int_0^t Nb(t) dt, \quad Bo(t) = \beta \int_0^t Ns(t) dt \quad \dots \dots \dots (1)$$

と表される。一方、当該港湾の震災前の公共バース数及び日平均入港船舶数を $Nb(0)$ 及び $Ns(0)$ とおくと、震災前の t 日間に提供されたバースウィンドウの量； $Bw(0)$ 及び入港船による延バース占有時間； $Bo(0)$ は、震災前の公共岸壁比率を α_0 、1 船当たりの平均滞在時間を β_0 とおくと、

$$Bw(0) = \frac{t}{\alpha_0} Nb(0) = \frac{1}{\alpha_0} \int_0^t Nb(0) dt, \quad Bo(0) = \beta_0 t Ns(0) = \beta_0 \int_0^t Ns(0) dt \quad \dots \dots (2)$$

ここで、バースウィンドウ量及び延バース占有時間の震災前後の比 $Bw(t)/Bw(0)$ 、 $Bo(t)/Bo(0)$ は、当該港湾におけるバースウィンドウ量及び船舶寄港数の復旧度合を表し、上記(1)、(2)から、

$$Bw(t)/Bw(0) = \frac{1}{\alpha} \int_0^t Nb(t) dt / \frac{t}{\alpha_0} Nb(0) = \frac{\alpha_0}{\alpha} \int_0^t \frac{Nb(t)}{Nb(0)} dt \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

$$Bo(t)/Bo(0) = \beta \int_0^t Ns(t) dt / \beta_0 \int_0^t Ns(0) dt = \frac{\beta}{\beta_0} \int_0^t \frac{Ns(t)}{Ns(0)} dt \quad \dots \dots \dots (3.2)$$

上記式中の $Nb(t)/Nb(0)$ 及び $Ns(t)/Ns(0)$ は公共バース復旧数及び震災後の入港船舶数の震災前に対する比率であり、それぞれ、公共バース復旧率及び入港船舶数回復率と呼ぶことにする。仙台塩釜港及び八戸港の公共バース復旧率及び入港船舶数回復率の時間推移は図-3 とおりとなる。

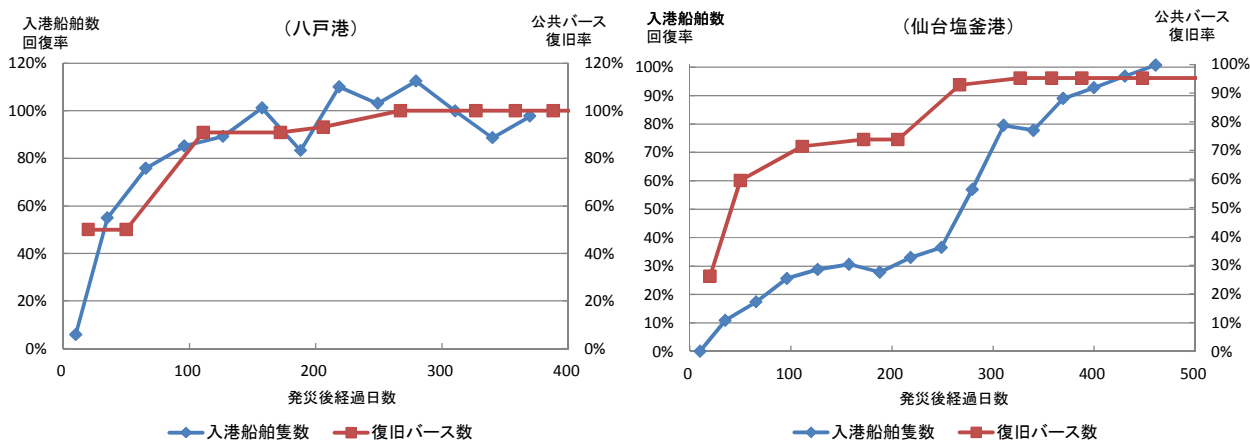


図-3 公共バース復旧率及び入港船舶数回復率の時間推移

ここで $No(0)$ は、港湾統計における各港の商船入港隻数の平成 21 年～22 年の月平均値を用いた。八戸港では公共バースの復旧に従って入港船舶数が回復しているが、仙台塩釜港では、震災後 10 か月間にわたって入港船舶隻数の回復が公共バースの復旧率を大きく下回っている。防波堤が津波によって被災するなどの被害を受けたものの、埠頭の荷役機能復旧の立ち上がりが早く、震災後他港の穀物輸送機能が移転集約される等港勢回復が順調であった八戸港に比して、先述の通り、ガントリークレーンの復旧に時間を要し、定期船航路回復にも苦慮した仙台塩釜港の差異が表れているものと考えられる。しかしながら仙台塩釜港は東北地方全体を背後圏とする流通拠点港湾であることから、10 か月以降は北米航路が復活するなどその港湾機能は地域の生産・消費の復興とともに物流量を回復した。

3.3 復旧港湾インフラの利用度の評価

震災後 t 日経過時点までに応急復旧された公共バースのバース占有率は、総バースウィンドウ量に対する入港船舶の延バース占有時間の比率 $Bo(t)/Bw(t)$ で表され、同様に震災前のバース占有率は $Bo(0)/Bw(0)$ であるから、この震災前後のバース占有率の比を復旧港湾インフラ利用度； $Mr(t)$ と定義すると(4)が得られる。 $Mr(t)$ は、応急復旧後暫定供用されたバースウィンドウが時間 t までの間に、震災前に比べてどの程度使用されていたかを示す指標

であり、(4)式から、図-3に示したような公共バース復旧率及び入港船舶数回復率の時間 t までの積分値の比率であることがわかる。

$$Mr(t) = \frac{Bo(t)/Bw(t)}{Bo(0)/Bw(0)} = \frac{Bo(t)/Bo(0)}{Bw(t)/Bw(0)} = \frac{\alpha}{\alpha_0} \times \frac{\beta}{\beta_0} \int_0^t \frac{Ns(t)}{Ns(0)} dt \Big/ \int_0^t \frac{Nb(t)}{Nb(0)} dt \quad \dots (4)$$

東北の被災港湾の各港について復旧港湾インフラ利用度を計算したものを図-4に示す。なお簡単のため、公共バースの比率及び荷役時間が震災前後変わらない ($\alpha = \alpha_0, \beta = \beta_0$) と仮定した。

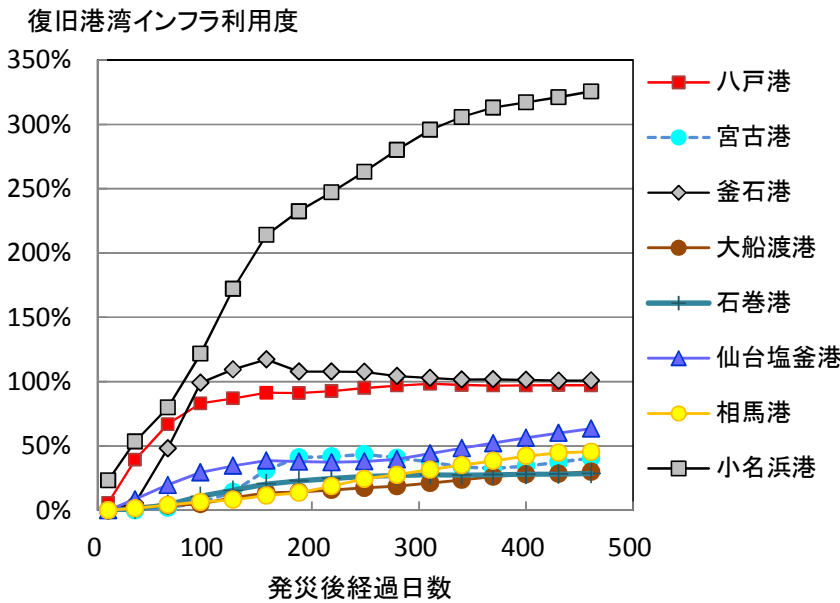


図-4 各港湾の港湾インフラ利用度

八戸港や釜石港では3ヵ月程度の間に応急復旧し暫定供用したバース数に見合って商船の入港が再開され、 $Mr(t)$ は100%に漸近している。このうち八戸港は、図-3に示すように3ヵ月から半年の間に商船の入港数が震災前のほぼ100%に戻り、また釜石港でも80%の水準まで回復しており、順調に回復する港勢に沿って効率的に公共ふ頭の復旧が進んだことが示唆される。一方、小名浜港を除く他の重要港湾では震災後6ヵ月までの入港商船隻数の水準は20%~40%と伸び悩み、1年半を過ぎてようやく震災前の水準に復帰した仙台塩釜港を除くと、入港商船隻数の水準及び港湾インフラ利用度ともに50%に到達できておらず、貨物需要の低迷が公共ふ頭復旧の進捗にも影響していることがわかる。なお、小名浜港の港湾インフラ利用度は震災後1年で300%の高水準に達しているが、これは火力発電所向けの重油、原油類の専用バースによる取り扱いが震災前の1.2倍に増加し、これに伴い入港船舶も大幅に増加する一方で公共バースの復旧は60%程度の水準で停滞したこと、また震災前に比して小型船が増えた(実際は $\beta/\beta_0 < 1$ であった)ことから $Mr(t)$ が見かけ上大きな値として評価されたためであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、東日本大震災における港湾等物流インフラの被害と復旧の過程、海運サービスの回復とのタイムラグ等について述べた。特に、被災した港湾機能の復旧と海運サービス回復の相互関係について、暫定供用公共バース数と入港船舶数を指標として、バースウィンドウの利用効率性の観点から評価した。その結果、港湾施設復旧の進捗度や港湾取扱貨物の回復といった個々の指標では明確とはならない海運輸送インフラの復旧・復興に関する様々な示唆が得られた。今後これらの情報にも基づき、港湾物流機能の効率的で効果的な復旧、復興のための更なる検討が進められるものと期待する。

参考文献

- 1) 小野憲司, 赤倉康寛: 東日本大震災における港湾物流へのインパクトと海運・港湾部門のレジリエンス機能, 平成24年度京都大学防災研究所研究発表講演会 D20., 平成23年2月
- 2) 小野憲司: 物流インフラに対する東日本大震災のインパクトと海運・港湾部門のレジリエンス, 土木学会重点課題シンポジウム発表概要, 平成25年3月29日