

## ビジネスインパクト分析及びリスク評価の手法を取り入れた 港湾物流BCP作成手法の高度化に関する研究

### Inclusion of Business Impact Analysis and Risk Assessment for Facilitating Effectiveness of Methodology to Prepare Business Continuity Plans in the Port Logistics Sub-sector

小野憲司・赤倉康寛<sup>(1)</sup>

Kenji ONO and Yasuhiro AKAKURA<sup>(1)</sup>

(1) 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所

(1) Yokohama Port and Airport Technology Investigation Office

#### Synopsis

Resiliency of port operation is one of key elements and essential for the modern port logistics business, and local and global economy. Developing business continuity plans (BCPs) for major port operation is, in this context, vital, therefore, is ongoing in Japanese ports in particular after the Great East Japan Earthquake. This study discusses and proposes a procedure and techniques, by focusing on the port logistics, for systematically preparing BCPs. Case studies undertaken by authors in Japanese and Chilean ports are also referred for demonstrating effectiveness and efficiency of the proposed BCP preparation system.

**キーワード:** 事業継続計画, ビジネス・インパクト分析, リスク評価, 港湾物流

**Keywords:** business continuity plan, business impact analysis, risk assessment, port logistics

#### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、北関東及び東北の港湾、海運機能は一瞬にして麻痺させ、地域経済や市民生活に大きな負のインパクトを与えた。被災地への緊急支援物資等の輸送、地域の産業活動を支える物流の重要性が再認識され、港湾物流の分野でも港湾機能継続のための計画を策定する動きが急速に広まった。

上記を踏まえて2012年6月に防災研究所に設置された産官学共同研究部門（港湾物流BCP研究分野）では、国土交通省が推進する港湾における事業継続計画（Business continuity plan: BCP）策定の支援や日本とチリが協同で進める津波防災研究プロジェクトであるSATREPSチリ・プロジェクトへの参加のため、港湾におけるBCP作成手法の研究を進めてきた。

本稿は上記のこれまでの研究成果の中間とりまとめとしてまず、BCPに関する国際基準の考え方や港湾機能の継続性についての近年の研究等を述べた後、公共性の高い物流インフラである港湾における事業継続計画（港湾BCP）策定の意義について考察する。また、国際標準に照らすと港湾BCPをより効果的で実効性の高いものとする上で必要不可欠であると考えられるビジネスインパクト分析（Business impact analysis: BIA）及びリスク評価（Risk assessment: RA）等の分析の港湾物流への適用手法について検討する。

#### 2. 港湾BCPを巡る現状と課題

本章では、港湾物流におけるBCP策定の重要性や基本的な考え方、これまでの研究事例、日本における港湾BCP作成の現状と今後の課題について述べる。

## 2.1 港湾物流におけるBCP策定の重要性

地震や津波等のハザードは人為的に不可避な自然現象であるため、抜本的なリスク回避策となると、災害の無い場所に人口や資産、中枢機能等を移転する「エクスポージャーの回避」が最も効果的であると言える。しかしながら、海運輸送と陸上交通網の結節点にあって、コンテナやエネルギー資源等の輸送拠点として、また、臨海部に立地した企業の生産活動を支えるロジスティクス基地として機能する港湾は、船舶の出入や荷役を行う都合上、地震の大きな揺れや津波のリスクが高い臨海部から離れることは不可能である。このため、港湾における地震、津波リスク対策は、これまでは専ら、防波堤の建設や岸壁等物流施設の耐震強化、液状化対策の実施等のハードの災害脆弱性低減策に依拠してきた。

しかしながら東日本大震災の教訓から我々は、一旦大地震や大津波が発生すれば港湾機能の大幅な低下を免れることが困難であることを再認識させられた。このようなことから、港湾物流の分野においても、港湾施設等の被災による物流機能の低下を前提とした事業継続マネジメント（Business continuity management: BCM）に正面から向き合う必要性に迫られている。

2013年12月4日に国土強靱化基本法が成立し、その第10条に基づき作成された国土強靱化計画及びアクションプログラムには、災害時でも機能不全に陥らない経済社会システム確保策の一端として事業継続計画（BCP）作成の重要性が盛り込まれている。港湾物流の分野においては、国際戦略港湾・国際拠点港湾・重要港湾と言った日本の主要な港湾における港湾BCP策定の割合を平成28年度中に100%とすることが決定されている。

このようなことから、万一の大地震や大津波にあっても最小限度の物流機能を保持し、いち早い復旧を成しとげるために、全国の重要港湾以上の港において港湾BCPの作成が推進されているところである。

## 2.2 港湾BCPの基本的な考え方とこれまでの研究

BCPは、その作成主体が災害に遭っても存続できるようにあらかじめ災害に対する対応策を準備しておくマネジメントのための計画である。

BCPの起源は1960年代のアメリカで企業活動が次第にコンピューターに依存し始めた際に立てられた災害復旧計画にあるとされる。企業ビジネスのコンピューター依存度が増大するに従って、コンピューターシステムの停止が大きな顧客損失を生じ、企業の存続を脅かす大きなリスクとなるとこれらの企業

を中心にBCPが策定されるようになった。

今日では、自然災害や事故災害等企業活動ととりまく様々な経営リスクに対して、単なる復旧計画に留まらない、災害後の顧客離れを最小限度にとどめて企業の存続を維持するためのビジネス上のツールとして、BCPはますます重要視されている。またISO（International Organization for Standardization）は、BCMを実施していく上での要求事項の内容を定める国際規格（ISO22301）を2012年に策定し、第三者認証を通じたBCPの効果的な整備を推進している。

一方港湾の分野では、1995年の阪神・淡路大震災が港湾機能継続の重要性を考える大きな転機となった。港湾施設が被災し、国際コンテナ港湾としての機能停止が数か月間続いた結果、世界の海運網における神戸港の地位はこれ以降凋落の一途をたどった。

このことは、すでにコンテナ港湾としての魅力と競争力を失っていた神戸港が震災を引き金としてその衰退を顕在化させたと受け止められ、これ以降の日本の国際コンテナ港湾戦略を方向付ける契機となったが、一方で、安部（2007）は、神戸港の荷主のビジネス再開時期に比べて国際コンテナ輸送機能の復旧に要した時間が長かったため、荷主の港湾利用ニーズと港湾サービスの供給にミスマッチが生じた結果、神戸港の荷主離れが生じたとの見方を示した。

また舟橋ら（2004）は、2002年に北米西岸港湾において労使協定をめぐる対立から発生した港湾ロックアウト（港湾封鎖）は、港湾におけるコンテナ船の平均滞在時間が通常の5倍に達し、一部の日系企業では北米工場の操業停止を回避するため部品の空輸を行うなど、大きな影響を与えたことを報告した。

上述の北米西岸港湾ロックアウトについてOno（2010）は、国土交通省が行った調査結果に基づき、船舶輸送費・航空輸送費の高騰、滞船料、東岸・メキシコへの迂回輸送による経費の増大、一時保管のための倉庫料の発生などに加えて、トラック事業者・鉄道事業者の収益減、事業者収入の減少に伴う租税減少、船腹減少による一部生産調整、一部食料品の腐敗などによる販売機会の損失等によるロックアウト期間中における損害額は1日当たり1.5億ドル（北米西岸港湾経由の貿易額の約15%）と見積られると述べている。この北米西岸港湾におけるロックアウトは、グローバルサプライチェーンにおける港湾機能継続性の重要性を広く認識させた。

これらを背景として前出の安部は、国際物流インフラである港湾の事業継続マネジメントの方向性として、①最低限の機能確保、②提供可能な港湾サービス水準に関する情報開示、③代替輸送の提供、の3点をあげている。特に②の情報開示を前提として荷主企業は自らの事業継続計画の策定が可能となると

指摘している。

また、宮本ら（2010）は、名古屋港を事例として、災害時における国際港湾物流サービスの維持のためのBCPの在り方について研究を行い、港湾物流サービスの需要と供給のボトルネックを、港湾機能の復旧時間を指標として抽出するとともに、その解消に向けた取り組みを港湾ロジスティクス維持計画として提案した。

安部や宮本の研究は、日本の港湾物流における機能継続計画検討の基本的な方向性を示すものであると位置づけられる。特に宮本の港湾物流サービスの需給ギャップとボトルネックの考え方は、東北地方整備局が2012年3月に発表した「東北地方における港湾物流の業務継続計画策定の手引きや2013年6月の「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」に大きな影響を与えた。

これらの先行研究を踏まえ、現下の港湾BCPでは、①港湾施設の耐震強化等による物流機能の頑健性強化、②早期復旧体制の事前準備による早期機能回復、③代替港湾機能確保によるリダンダンシーの拡大の3つの対策を組み合わせ、万一の災害時にあっても港湾利用者である荷主、船社等を繋ぎ止めることが目標となると考えられている。（Fig. 1参照）

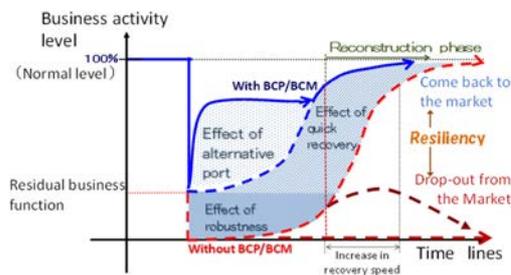


Fig. 1 Schematic view of the consequence of BCP in the area of port logistics (see Ono, 2014)

港湾BCPの下で上記の3つの対策を的確に講じることによって、災害による港湾物流機能の低下と回復のスピードが港湾利用者が不便を受忍できる範囲に収まれば、港湾は災害前と同様の港湾利用を回復することができる。再び、海運・港湾輸送市場に復帰することを通じて、地域経済及び社会の復興に寄与することとなれば、その港湾は災害に対する十分な復元力（レジリエンシー）を有すると評価される。一方で、港湾利用者の要請に対応できない場合は、市場からの退場につながる。この差を分けるのがBCPの作成等の的確な事前準備の実施を通じたBCMS（Business Continuity Management System）の確立とそれに基づいたBCMの実行である。

## 2.3 我が国における港湾BCP策定の現状

現在、東日本大震災の教訓を踏まえて、国土強靱化アクションプランの一環として、日本の重要港湾以上の123港で港湾BCPの作成が進められている。東日本大震災によって地域の生産活動や物流に多大な影響が生じた東北地方の場合、2014年12月時点で、6港でBCPを策定済み、6港で平成26年度内に策定予定、2015年度以降は2港となっている。（東北地方整備局、2014）

東北地方では、国土交通省東北地方整備局が東北広域港湾防災対策協議会を設立し「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」を公表、重要港湾以上の港格を持つ14港に港湾機能継続協議会を設置して港湾BCP策定作業を推進してきた。上記はその成果の一つであると言えよう。

現下の港湾BCP検討のもう一つの特徴は、地域や湾域単位での広域的な港湾BCPの策定にある。例えば、いったん南海トラフの巨大地震・津波が発生すれば、高知県の全域と徳島県及び愛媛県の南部に大きな被害が発生することとなる四国地方においては、近畿や中国、九州地方等の周辺地域からの緊急支援物資海上輸送ルートの確保が喫緊の課題となっている。

このようなことから四国地方では、国土交通省四国地方整備局の主導の下に、大規模な地震・津波災害が発生した際の広域的な海上輸送継続指針が作成されている。（四国地方整備局、2014）この指針では、東南海・南海地震及び南海トラフの巨大地震の発生を念頭において、四国地方の主要な港湾の被災の想定、津波による海上流出物の推計、航路泊地の速やかな啓開のあり方等が示されている。

一方、我が国の国際貿易の海の拠点である東京湾及び伊勢湾、大阪湾においても、大規模な災害発生時の港湾物流機能の継続性確保のための計画が検討されている。

神田ら（2013）は、大阪湾においては直下型地震（上町断層帯地震）及び海溝型地震に備えた大阪湾諸港の機能継続のための活動指針（大阪湾BCP）の内容について報告している。大阪湾BCPでは、上町断層帯地震及び南海トラフの巨大地震を念頭に置いた大阪港及び神戸港等の大阪湾諸港の物流施設の被害想定を行うとともに、緊急支援物資の受け入れについて発災後3日、国際コンテナ輸送の再開については、上町断層帯地震の発生を念頭において2ヶ月を目標に掲げ、その目標を達成するための港湾施設の緊急復旧手段や復旧にあたる組織及び連絡体制の明確化、役割分担や工程表の提示、課題の検討内容等を記載している。

この大阪湾BCPでは、特に、災害時における湾内

の港湾物流機能の低下を最小限度にとどめることを重視し、緊急支援物資の港湾における揚陸機能や国際コンテナ取扱機能の継続性確保に向けて、神戸港及び大阪港をはじめとする湾内諸港が相互にバックアップするための活動指針を示している。

例えば上町断層帯地震に対する国際コンテナ物流機能上の対処方針として、発災直後は大阪港のコンテナ貨物を神戸港経由のルートで代替して取扱うとともに、大阪港夢洲地区等の耐震岸壁を優先的に暫定復旧することによって大阪港のコンテナ取扱機能の早期回復を図ることとしている。その際に重要となる耐震強化岸壁の変状等は有限要素法によって求め、復旧工法と復旧に要する資材等の量、復旧期間の推定をより厳密に行っている。

また、大阪湾BCPを運用する目的で設置された大阪湾港湾機能継続推進協議会（大阪湾BCP協議会）の下で、国、港湾管理者、その他の海事・港湾関係者の協働体制の構築を図り、これら関係者による対応訓練の実施を通じて、BCPの有効性に関する検証と改善を図ってきた。

上記の結果、大阪湾BCP協議会では、耐震強化岸壁を有する夢洲コンテナターミナルに復旧資源を優先的に投入することによって、目標とした2か月後の国際コンテナ取扱機能再開は可能であると結論付けている。

## 2.4 現下の港湾BCPの作成上の課題

上述のように、現下の港湾BCPでは、主たる事業の場である港湾が公共性の高い交通インフラであることから、一刻も早い港湾施設の復旧と輸送サービスの再開を念頭に置いた、いわばサービス供給側の視点に立った機能継続計画の色合いが強い。しかしながら、機能復旧の速さが必ずしも港湾利用者である荷主や船社の顧客満足度に直結するとは限らない。

前述の安部や宮本の研究において指摘された港湾利用ニーズと港湾サービスの供給にミスマッチや需給ギャップが発生すると、港湾機能の迅速な復旧や持続的な港湾利用の妨げとなる恐れが強い。阪神淡路大震災後の国際コンテナ港湾としての神戸港の衰退の原因はまさにそこにあつたのではないかと考えられている。

また、港湾機能の復旧を迅速にはかるための作業に必要な資器材、労働力の確保が、大災害発生後の不安定な経済社会情勢化にあつて本当に可能なのかという検証がまだまだ不十分だと言わざるを得ない。大阪湾BCP協議会における議論の中でも、様々な事態が指摘され、解決されない課題が山積の状態であると言える。

林（2011）は、阪神淡路大震災を振り返った著書

「大災害の経済学」の中で、「緊急時あるいは有事には、平時と異なる事情が出現する。その第一は、個人にとっても企業にとっても緊急時には人命に関わるような想定外の不可欠需要が発生し、他方、利用可能な資源は被災によって減少するため、資金、物資、マンパワー、土地、空間、建物など、ほとんどの資源の希少性が劇的に高まる。これを『緊急時希少性』と呼ぶことにしよう。第二に、希少資源の中で、最も厳しい制約となるのが『時間』である。・・・（中略）したがって、緊急時に起こる普通でないことは、突然発生する資源の希少性問題を時間の制約の中でどのように解決していくかという課題である」と述べている。

林の指摘は、現下の港湾BCPが抱える課題を端的に述べたものとしてとらえることができる。港湾機能継続のために平時に考えられた対応策が、時間もなく、資器材や人材に乏しい緊急時に本当に実行可能なのかという疑問が、BCPに携わるすべての人々の頭から払拭できないでいる間は、実効性のあるBCPが作成されたとは言えない状況である。

前述の国際規格ISO223011では、BCMSの運用にあつて事業影響度評価（BIA）及びリスク・アセスメント（RA）の実施を求めている。

BIAにおいては、サービスの提供が中断した場合に、サービスの再開を顧客がどの程度待つことが可能かといった顧客の受忍の限度を評価する。このようにBIAは、上記の港湾利用ニーズと港湾サービス供給のミスマッチを防ぐための顧客目線の情報を与える分析手法として、今後のBCP検討上重要なものとなると考えられる。

中島ら（2013）によると、BIAは、財、サービス等を提供する事業活動とそれらが依存する資源に注目して、万一、それらの資源が被災して事業活動が中断した場合の事業活動全般に対する影響を、リスクの大小にとらわれず評価し文書化することに特徴があるとして適している。

上記のようなことを港湾BCPについて具体的に述べれば、サービス等を提供する事業活動とは港湾における船舶の入出港や貨物の荷積み、荷卸し、荷捌き、荷主への引き渡し等であり、サービス等の提供に必要な資源とは、基本的な港湾施設である航路・泊地や岸壁、荷役機械に加えて、情報通信システムや労働力、建物・オフィス、外部からの電力、燃料供給と言った様々な財、労働力、情報等を意味する。

前出の大阪湾BCPでは、緊急支援物資の受け入れを被災後3日目、国際コンテナ輸送の再開については2ヶ月後を目標に掲げ、必要な港湾機能の復旧を緊急的に行うこととしているが、上町断層地震の様な激甚災害の直後にあつては、岸壁や荷役機械等のター

ミナル施設の復旧工事に必要な要員、資機材等を的確に確保することができるという確証は必ずしも得られていない。また、岸壁やクレーン等のコンテナターミナルの施設が目標期間内に復旧できたとしても、船舶の入出港に必要なタグボートや水先案内などの船舶航行支援サービス、港湾労働者による荷役体制、港湾入出港や税関・検疫・入管手続きの体制、背後道路網の通行機能等が確保されなければ、ターミナルが的確に機能することは困難である。更に、これらの港湾運営資源は、しばしば相互に依存する関係にあり、災害によってある資源が失われることが、連鎖的に他の資源の機能発揮を困難としてしまう場合がある。

例えば、岸壁に船舶を係留することが可能であったとしても、船から貨物を下すためにはクレーンが必要である。そのクレーンが稼働するためには電力の供給やクレーン操縦士の従事が必要であり、貨物を正確に積み降ろしするためにはターミナルオペレーションシステム経由でクレーン操縦士に荷役管理情報が伝達されなければならない。また、降ろした貨物を所要の蔵置場所まで移動させるためには、ヤード・シャーシとトレーラー、その運転手が確保され、荷役作業員による貨物積み替え作業が不可欠である。すなわち、岸壁と言う資源の機能はこれらの多くの資源に「依存性」を有すると言える。このように、港湾運営に必要とされる資源の他の資源への依存関係を確認しておくこともBIAの重要な機能となっているが、現下の港湾BCPではそこまでの分析が行われていないのが実情である。

上記のように、港湾サービスを提供する相手である荷主や船社が災害後どのような港湾利用ニーズを有するか、港湾機能の復旧までどの程度待てるかといった利用者側の欲求を可能な限り正確に把握し、その欲求に的確に答えるためにはどうすればよいか、また、そのために必要な港湾運営資源をいかに確保するかといった対応方策を事前に検討して港湾BCPに記載しておくことが、災害現場の現実と真に向き合いつつ、有効な機能継続マネジメントを実施する上で欠かせないものとして今後益々求められると考えられる。

### 3. 港湾BCPの分析・検討の手順と手法

事業継続マネジメントの国際規格ISO22301では、事業継続マネジメントシステム（BCMS）の運用にあたって、災害時であっても最低限の顧客満足度を維持し、またサービス機能の的確な復旧によって顧

客をつなぎ留め、経営に破たんをきたさないための事前の分析と準備を目的としたBIA及びRAを実施し、その成果をBCPに記述しておくよう求めている。このような国際標準を港湾に当てはめるため、小野ら（2014）は港湾BCP作成のための分析・検討の手順を示した。（Fig. 2 参照）

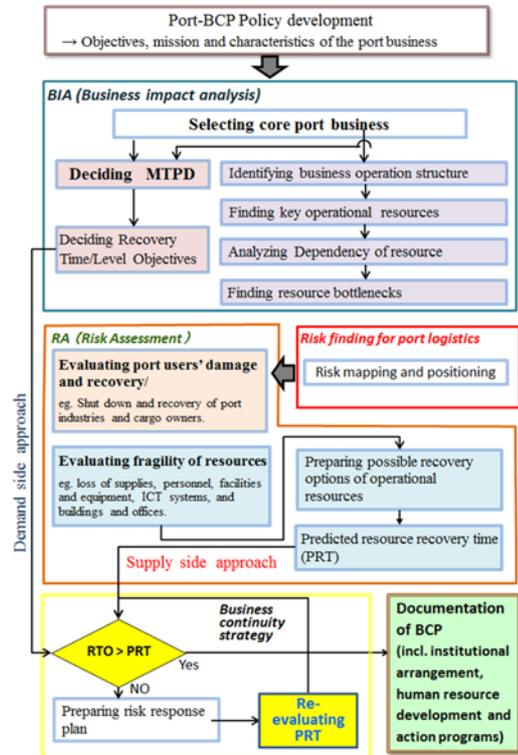


Fig. 2 Procedures for preparing BCP for port logistics

大阪港夢洲コンテナターミナル（DICT）は、国家戦略として港湾の国際競争力強化を推進するための国際コンテナ戦略港湾の一角を形成する我が国最先端の港湾物流ターミナルの一つである。

本共同研究部門では、上記の分析・検討手順のDICTにおける実践を試みてきた。DICTにおいては、大型コンテナターミナルの一体的な経営が進められてきた。ターミナル運営者である夢洲コンテナターミナル株式会社（DICT（株））は、南海トラフの巨大地震や上町断層帯地震等の地震・津波による経営リスクに強い関心をいただいております、筆者らが提案したワーキンググループ会合の場での議論を重ねてきた。

また科学技術振興機構（JST）及び国際協力機構（JICA）の地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムであるSATREPSチリプロジェクトにおいても、津波に強い地域社会づくりの一環としてチリ国港湾におけるBCPの検討が進んでおり、本共同研究部門は検討対象港湾のイキケ港においても上記手順の適用を試みてきた。

イキケ港では、チリ北部における巨大地震発生リスクに備えて地元の港湾・海運関係官署や自治体、港湾ターミナル運営会社、荷役業者等で構成されるBCP協議会を設置し、筆者らと交えたBCP策定のためのワークショップや検討会議を開催されている。

本章では、それらの検討過程における議論の内容を参照しつつ筆者らが提案する港湾BCP作成手法について述べるとともに、現場での議論から明らかとなったその効果等について報告することとする。

### 3.1 港湾BCPの基本方針と港湾に対する脅威の発見

BIA及びRAの実施に先立って、港湾における事業継続マネジメントの基本的な方向性を明らかにしておくことが重要である。すなわち、港湾の発展の歴史や地理的特性、重要物流機能等を踏まえて、国、地域経済の物流基盤並びに生活、防災基盤としての港湾機能の継続の必要性と方向性を、港湾BCPの基本方針として確認しておくことが求められる。

これらの検討にあたっては、各港湾の港湾計画をまず参照する必要がある。港湾計画は、港湾法第三条の3の規定に従い、①港湾の取扱可能貨物量その他の能力に関する事項、②港湾の能力に応ずる港湾施設の規模及び配置に関する事項、③港湾の環境の整備及び保全に関する事項、④港湾の効率的な運営に関する事項その他の基本的な事項、を定めるものであることから、港湾法を参照することによって、地域社会、経済における当該港湾の位置づけや役割、主たる港湾の機能等のBCP検討にあたって必要となる基本的な情報を得ることが容易となる。

また、地域における港湾の防災上の役割を示すものとして各種の防災計画がありこれらを参照することによって、災害時に港湾に求められる緊急支援輸送拠点としての機能の在り方を明確化することができる。特に、国の内閣府に設置された中央防災会議が公表する地震防災対策基本計画や具体的な応急対策活動に関する計画及び地方自治体が作成する地域防災計画の内容は港湾BCPの検討においても重要な枠組みを与える。

次に、当該港湾が直面する脅威（ハザード）の特定と評価を行う必要がある。現下の港湾BCPでは、作成の最大の動機づけが東日本大震災であることから、もっぱら地震、津波を想定脅威とするものとなっているが、日本の港湾機能に対する現実の脅威は、これらにとどまらず、自然現象だけでも高潮、強風、大雪、濃霧、火山噴火といった様々な脅威が存在する。BCPを作成する目的は、いかなる事態下にあっても可能な限り港湾機能の継続性を確保することであるから、脅威を不用意に限定することは、不必要

な「想定外」の事態を招く原因となるため、もっとも避ける努力がなされなければならない点である。

ハザードの特定と評価に際しては、前出の中央防災会議が公表する南海トラフ巨大地震や首都直下地震等の巨大災害に関する防災対策推進地域指定や地震・津波予測、被害想定その他、当該港湾が位置する地域の地域防災計画を踏まえる必要がある。

Fig. 3は、DICTにおけるハザード発見のための議論に用いたリスクマッピングの結果である。このようなリスクマッピングの手法を用いると、発生の確からしさ（発生確率）と影響の大きさから、地域が有する固有の災害リスクとその特性を可視化することができ、関係者間での情報共有とリスクの評価が容易となる。

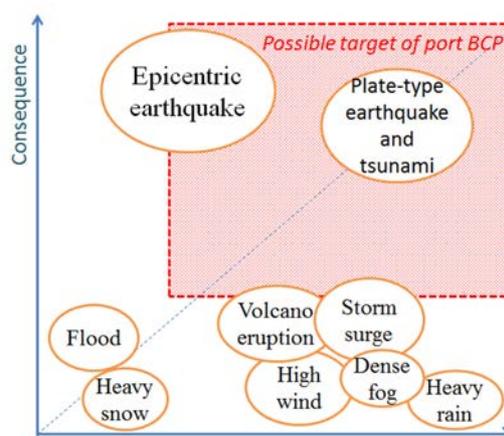


Fig. 3 An example of risk mapping (Case study of Osaka bay area)

### 3.2 ビジネスインパクト分析

港湾物流におけるビジネスインパクト（BIA）では、先述のとおり、港湾物流サービスに必要な資源の発見とそれら資源の他の資源への依存性の発見、並びに災害によってそれら資源が失われた場合の港湾サービス停止期間に対する荷主や船社等の許容度の評価を行う。

昆ら（2010）は、もっぱら民間企業のBCP担当者向けの解説書を念頭に置いて、BCP作成のためのBIA等の分析作業を系統的に実施していくための一連の作業シートを提案している。昆の作業シートを応用して筆者らは、港湾BCP作成に向けたBIA等の作業を分かりやすく進めることを目的とするFig. 4に示すような作業シートシステムを考案した。

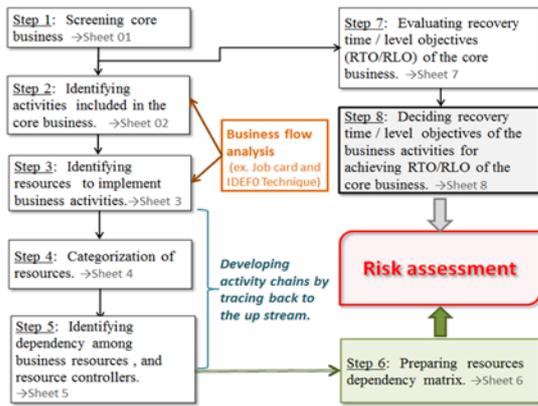


Fig. 4 Detailed procedures for undertaking BIA.

BIAを実施するための作業内容は、大きく、①中核業務の資源の抽出・分類・依存性の発見、及び②中核業務の最大機能停止時間並びに機能復旧目標時間／水準（RTO/RLO）の決定、から構成される。作業シートシステムでは、中核業務のスクリーニングから業務フロー分析を介して始まるこれらのBIA実施プロセスを7ステップに分け、それぞれのステップの作業のために1~2の作業シートを用意した。これらの作業シートは、定められた作業手順に従って順番に作成することによって、容易にBIAの分析作業を進めることができるよう工夫した。

(1) 中核業務の決定

BIAの実施にあたっては、まず当該港湾にとって最も重要な機能である「中核業務」を決定する必要がある。そのため、港湾の主要な業務について、港湾の将来の発展性や競争力と言った経営上の重要事項に対して当該業務の停止が引き起こす負のインパクトの程度を評価指標としてスクリーニングを行うことが有効である。中核業務決定のためのスクリーニング作業シートのイメージをFig. 5に示す。

Selection policy		Rating of major business			
Criteria	Specific impacts/risks of losing business.	Container terminal operation	Multi-purpose terminal operation	Passenger terminal operation	....
Future development	Negative impact on port throughput, passengers and industrial investment.	A	B	B	-
Competitive-ness of port business	Losing competition with neighboring ports.	A	B	C	-
Market share	Decline of output from the port industry.	A	B	C	-
Creditability	port clients.	A	A	C	-
General score		8	5	1	-
Inclusion or exclusion in BCP		Include	Exclude	Exclude	....

Risk exposure [score]: A=High [2], B=Mean [1], C=Low [0]

Fig. 5 Screening table for identifying core businesses

中核業務は民間企業のBCPではしばしばコア・ビジネス（Core business）と呼ばれることからわかる

ように、当該事業体が行う事業の中心的存在であり最も重視されるべき業務であるといえる。

中核業務は、将来にわたる港湾運営の根幹に係るものであることから、当該港湾の将来の発展性や競争力と言った評価項目に基づいて評価したうえで、最終決定は経営責任者が自ら下す必要がある。従って、原案作成者から現場の責任者、関係者、更には経営責任者が容易に内容を理解し、情報共有し、自らの意見を表明できることが必要である。このような分析プロセスの共通インフラとして、作業シートシステムの果たす役割は重要なものとなる。

中核業務のスクリーニング基準の決定に際しては、上記の幅広い関係者が港湾機能を継続していくことの意義、戦略的価値等を十分議論し、共有する作業を経ることが大切である。これらの作業は、平時の業務効率化やマネジメント能力の向上にも繋がる。

(2) 業務活動の流れの分析と業務資源の抽出

港湾物流が災害に出会うということは、換言すると、港湾運営のための資源の一部が失われ、港湾における中核業務の実行に支障が生じると言うことを意味する。従って、スクリーニングの結果に基づき決定される港湾の中核業務が災害時にどのような影響を被るかを知るためには、中核業務が必要とする資源を明らかにし、中核業務実行上の重要性（重み）を評価する必要がある。

ここでは、中核業務の実施に必要な資源を洗い出すために、小松ら（2013）の事例を参考にして、まず港湾における業務の詳細なプロセスを把握する手順を示す。小松らは、2011年度に実施された大阪市水道局の浄水場におけるBCP作成作業を的確に進めるため、仕事カードとIDEF0の手法を用いた業務フロー図作成手法を提案している。

IDEF0は、企業、組織の業務プロセスを機能（アクティビティ）という観点から階層化して表記するモデリング手法で、複雑な業務プロセスを単純な箱の図形（仕事カード）と4種類の矢印で体系的に表す。

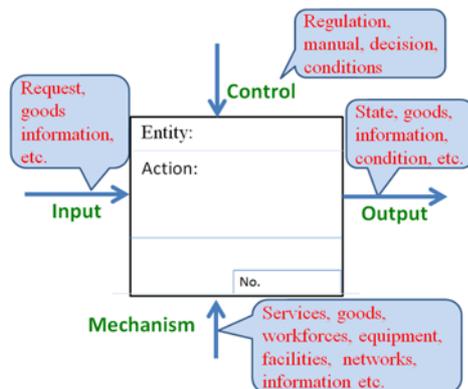


Fig. 6 Modified job card for developing business flow of port operation.

港湾の業務プロセス表現用に作成した仕事カードをFig. 6に示す。

港湾における船舶の入港や貨物取扱い作業の一単位毎に1枚のカードを割り当てることとし、各カードの左側に上流側からの業務の伝達を、カード内に業務処理の内容を、カードの右側に処理結果を記す。また、カードの下から業務処理に必要な資源を、上から業務処理に必要な制御をインプットするイメージで個々の業務がその処理上必要とする資源を記述する事とした。

DICTやイキケ港の中核業務であるコンテナターミナルの運営業務は、Fig. 7のブロックチャートに示すように、①コンテナ船の入出港と荷役、②コンテナの保管、輸入手続き、荷受人から差し向けられたトラックへの引きわたし、③荷送人が持ち込んだコンテナの受け取り、保管、輸出手続き、の3つの流れに区分される。また、それぞれが5~6の業務活動から構成され、合計16の活動に分類される。例えば一般的なコンテナ船の入出港・荷役は、IDEFO手法を用いてFig. 8に示すようなイメージで記述される。

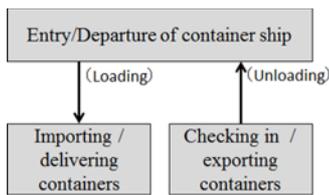


Fig. 7 Block chart of port operation procedures

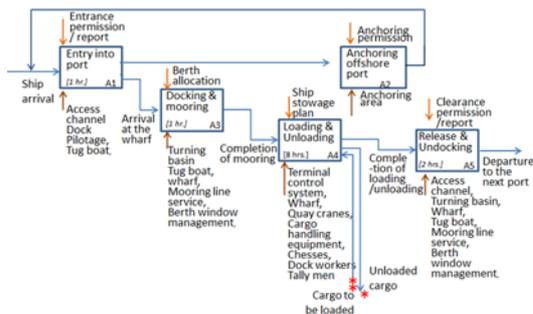


Fig. 8 Business flow chart of port operation

このような業務フロー図を作成することを通じて、中核業務の実施に必要な資源が容易に抽出できる。すなわち、業務フロー図から①事業活動、②制御、③業務処理に必要な資源といった情報が読み取れ、これらを作業シートに転記した後、制御の内容から制御機関を割り出し、その制御機関が活動するために必要な資源を選び出すという手順を踏むと、「制御のための資源」も容易に抽出できる。(Fig. 9参照)

Operations	Control	Executing agency	Resources	
			Resource for control	Resource for activity
A1 Entry in port	Customs clearance, Entry permission,	Customs, Harbor master, Port	CIQ officers/offices, Harbor master officer, Port MIS, SeaNACCS, Harbor master officer,...	Access channel, Tug boat, Pilot, Port radio, Electric/water/fuel supplies, Telecommunication service,
A2 Mooring	Anchoring permission	Harbor master	Harbor master officer,	Anchoring area, Service vessels
A3 Docking	Berth	Terminal	Terminal operator staff,	Turning basin, Quay wall, Tug boat, Line men, Port

Fig. 9 Worksheet table for identifying operational resources.

また前述の昆らは、業務活動が依存している資源を、「外部サービス」、「人」、「施設」、「ネットワーク」、「装置」、「ソフトウェア」、「電子情報」、「製品・部品」の8カテゴリーに分けて分類している。ここでは港湾における実務や災害リスクの評価、事前対策の検討上の便宜を考慮して、これらの資源を、i)外部供給, ii)人的資源, iii)施設・設備, iv)情報通信, v)建物・オフィスの5区分に分類する。(Fig. 10)。

Operations	Resources for control and operations				
	Outside supply	Human resource	Facilities /equipment	ITC systems	Buildings /offices
A1 Entry in port	Electric/fuel/water supplies	CIQ officers/offices, Pilot,	Access channel, Tug	Port MIS, SeaNACCS,...	CIQ offices, Harbor building,
A2 Mooring	Water supply	Harbor master officer	Anchoring area	Telecommunication service	
A3 Docking	Electric/fuel/...	Line men	Quay wall, Turning	Terminal operation system	Terminal operation station

Fig. 10 Worksheet table for classifying operational resources.

上記作業の結果、DICTのターミナル運営業務に関しては61項目の資源が、またイキケ港のコンテナふ頭の場合、81項目の資源が抽出された。(DICTの事例については、Table 1を参照されたい)

これらの資源抽出作業は、作業シートを媒介とするため透明性が高く、ワークショップ等の議論の場への関係者の積極的な参加が促進される。

Table 1 Identified resources of DICT terminal operation in the port of Osaka

	Resources for control and operations				
	Outside supply	Human resource	Facilities /equipment	ITC systems	Buildings /offices
(5 items)	Electric/fuel/water supplies, Telecommunication service	CIQ officers, Port authority staff, Harbor master officer, Pilot, Line men, Stevedore's staff, Dock workers, Crane operator, Yard planner, track driver, RTG operator, Gate clerk,...	Access channel, Anchorage, Turning basin, Quay wall, Tug boat, Service vessel, Epron, Quay crane, Trailer/Chesse, RTG, Container slot, Reefer concent, Gate, Access road, CIQ inspection equipments,...	SeaNACCS, Port MIS (Management information system), Port radio, Terminal operation system, Port security system	Harbor building, Port authority office, Harbor master office, Harbor traffic control office, Shipping agent office, Terminal operation station, Stevedore's site office, Marine house
(18 items)			(24 items)	(5 items)	(9 items)

### (3) 運営資源の他資源への依存性の分析

次に、これらの資源が機能するうえで必要とする他の資源の発見手順について述べる。先述の昆らは、

これを「リソース間の依存関係の特定」と呼んでいる。ここでは、「依存資源の発見」という表現を用いる。(Fig. 11 参照)

Resources	Resource dependency				
	Outside supply	Human resource	Facilities /equipment	ITC systems	Buildings /offices
Electric supply			Incoming panel /transformer		
Telecommunication			Tel. wire/ switch board		
Fuel oil			Refueling facility		
Customs officer	Electric supply, Telecommunication		Inspection equipment	SeaNACCS	Harbor building
Quarantine officer	Electric supply, Telecommunication		Inspection equipment	Port MIS	Harbor building
Harbor master	Electric supply,			Port MIS	Harbor building

Fig. 11 Worksheet table for identifying dependency of the operational resources on other resources.

第2章でもふれたように、港湾の運営に必要な資源は様々な資源への依存関係を有する。施設以外の資源についても、例えば税関の検査職員の業務には、輸出入品を電子申告で受け付けコンピューター処理するためのSea-NACCSと呼ばれるシステムの稼働が欠かせない。また、書類検査では不十分なため実物検査を行う際は、検査場が必要となり、場合によってはコンテナ用の大型X線検査装置が投入される。コンテナから荷物を一旦取り出す際には荷役作業員とフォークリフトの支援を必要とする。このように、コンテナターミナルの運営に係わる資源が災害時に実際の稼働できるか否かを判断するためには、当該資源に関係する依存資源の発見が欠かせない。

上記のような資源の依存関係は、1及び0を要素とするマトリックス（資源の依存関係マトリックス）として表現できる。すなわち、資源*i*を $x_i$ と表現し、 $x_i$ が依存する資源の集合を $D_i$  ( $f: x_i \rightarrow D_i$ )とすると資源の依存関係マトリックスは下式(1)及び(2)で表現できる。

$$X_{ij} = \begin{cases} 1: & x_i \in D_j \\ 0: & x_i \notin D_j \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1N} & \cdots & X_{NN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$N$ は運営資源の数で、 $0 \leq j \leq N$ である。

模擬的に作成した資源依存関係マトリックスをFig. 12に示す。

ここで、 $D_i$ に含まれる資源 $x_j$ は、 $D_j$ の元 $x_k$ に依存することから、その依存関係も考慮した資源 $i$ の依存資源の集合 $D_i^*$ を定義すると：

$$D_i^* = D_j \cup D_i \quad (3)$$

他の資源への依存性が及ばなくなる条件は、

$$D_i^* = D_i \quad (4)$$

であるから、(1)~(4)式から成るアルゴリズムによって資源の依存関係の波及が明らかになる。

	Electric supply	Crane operator	Access channel	Quay wall	Quay crane
Electric supply	1	0	0	0	0
Crane operator	0	1	0	0	0
Access channel	0	0	1	1	0
Quay wall	0	0	0	1	1
Quay crane	1	1	0	0	1

Fig. 12 Schematic view of the resource dependency matrix.

上記により資源の依存関係の波及を考慮した資源の依存関係マトリックスを次式で表現しておく。

$$\hat{X}_{ij} = \begin{cases} 1: & x_i \in D_j^* \\ 0: & x_i \notin D_j^* \end{cases} \quad (1')$$

$$\begin{bmatrix} \hat{X}_{11} & \cdots & \hat{X}_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{X}_{1N} & \cdots & \hat{X}_{NN} \end{bmatrix} \quad (2')$$

上記に基づいてFig. 12の資源の依存性の波及を追跡していくと結果はFig. 13となる。Fig. 12では、主航路は岸壁に、岸壁はクレーンに、クレーンはクレーン操縦士に依存関係を有し、またクレーンは電力供給に依存するという関係が示されていたが、これらを総合してFig. 13では、主航路が機能するためには電力供給、クレーン操縦士、岸壁、クレーンの4資源が必要である（依存関係を有する）ということが読み取れるようになっている。

	Electric supply	Crane operator	Access channel	Quay wall	Quay crane
Electric supply	1	0	0	0	0
Crane operator	0	1	0	0	0
Access channel	1	1	1	1	1
Quay wall	1	1	0	1	1
Quay crane	1	1	0	0	1

Fig. 13 Result of tracing resource inter-dependency relationship.

DICT及びイキケ港における検討では、それぞれ61及び81運営資源が抽出されたため、それぞれ61×61及び81×81の大きさの資源の依存関係マトリックスを作成した後に、それぞれについて式(1)~(4)のアルゴリズムを用い、資源の依存性の波及結果を反映した依存関係マトリックスを作成した。

#### (4) 重要業務の目標復旧時間と復旧水準の決定

BIAで決定するもう一つの重要なパラメーターとして最大機能停止時間 (Maximum Tolerable Period of Downtime: MTPD) があげられる。

MTPDから算定される目標機能復旧時間 (Recovery Time Objective: RTO) 及び目標機能復旧水準

(Recovery Level Objective: RLO) は、港湾物流サービスを再開するための機能復旧の作業に、顧客の我慢の範囲内でどの程度の時間を費やすことができるか、また、どの程度まで機能を復旧すれば当面の間の顧客の理解が得られるかと言う目安を表す。RTOは、Fig. 14 に示すように、MTPDから発災後の初動の遅れや機能復旧後からサービス再開までのタイムラグを差し引いたものとなる。

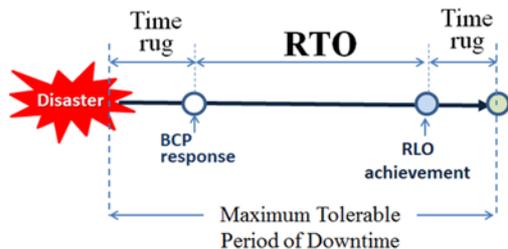


Fig. 14 Schematic view of MTPD and RTO/RLO.

まず最初に重要業務のMTPDを決定する必要があるが、その作業には実務上大きな困難が伴う。

港湾物流の場合、荷主や船社に対して「万一の災害が発生した場合、どの程度、港湾サービスの停止を容認してもらえるか？」と言った質問を投げかけても、正確な回答は期待し難い。コスト負担の恐れのない顧客側からすれば、港湾機能の復旧は早い方が良く、サービス水準も被災前のサービスが速やかに提供されれば物流面での一切のビジネスリスクを避けられる。顧客の要請はその時々荷主が抱える輸送の緊急性にも依存することから、真摯な回答者であれば「その時になってみなければ分からない」と答えるであろう。

一方で、港湾物流サービスを提供する側にとってMTPD及びRTO, RLOは、被災した港湾機能の復旧計画をたて実施するうえで大変重要なパラメーターである。顧客である荷主や船社に求められるままの迅速性を持って施設を復旧しようとする莫大なコストをかけねばならないかもしれない。その場合、仮に復旧がかなって顧客が戻ってきたとしても、復旧コストに見合う利益が上げられない恐れがある。また、要員や資機材といった復旧工事等のための資源の不足、その他の様々な制約条件によって、掲げた復旧目標の達成が困難になると、港湾の信頼性が失われ、中長期的には顧客を失うことになりかねない。

このようなことから、重要業務のMTPDを推定するにあたっては、機能復旧に対する実需や顧客のビジネス上の諸事情等の背景となる情報を可能な限り収集するとともに、ポートセールスやマーケティング担当者の経験と感性を最大限に生かしつつ顧客の意向を探ることが重要となる。その際の具体的な情報

収集手段として、顧客や内部担当者に対するアンケート調査、インタビュー等が有効な手立てとなる。

赤倉ら(2014)は、国土交通省が実施したアンケート調査結果に基づき、東日本大震災におけるコンテナ輸送需要の回復曲線を定量化した。赤倉らの需要回復曲線によって、災害後の各時点において想定されるコンテナ港湾貨物量を推計すれば、港湾機能の復旧に対する利用者からの要請のひっ迫性を推し量ることができ、MTPD推定の参考とすることができる。また川村ら(2014)は、赤倉らの方法を適用して、災害時における東北地方の港湾相互のバックアップの枠組みを提案している。

また、多くの情報に基づいて行うMTPDの検討プロセスを「見える化」することは、港湾管理者トップから現場担当者に至る衆知を広く集めるための重要な手続きとなる。これらを勘案して本共同研究部門では、DICTやイキケ港での検討に際してFig. 15のようなMTPD推定のための作業シートを提案した。

Impact of port shutdown	Impact of port shutdown						MTPD (days)	RTO (days)	RLO (narratively described)
	>1 week	>2 weeks	>1 month	>2 months	>3 months	>6 months			
Stranded container cargos	L~M	H	H	H	H	H	7	6	Undertaking delivery operation of containers stored in the terminal at the time of disaster.
Loosing Asian container links	L	L	L	M	H	H	60	59	Accommodating container ship calls of Asian links.
Loosing trunk line ship calls	L	L	L	L	M	H	90	89	Accommodating container ships of intercontinental trunk lines.

Fig. 15 Worksheet for deciding MTPD and RTO/RLO.

上記の作業シートでは、DICTにおけるコンテナターミナル運営を重要業務として、コンテナ取扱機能が失われると、

- ① 発災時に在港しているコンテナの滞留による荷主への不便益、
- ② 近海・アジア向けコンテナ航路の他港移転、
- ③ 北米航路の他港移転、

の3項目の負の影響がどの程度顕在化するかについて、

- L: 「影響は無いか極めて限定的」、
- M: 「影響は回復可能な範囲内」、
- H: 「影響は大きく長期化し回復困難」、

の3段階で評価している。

評価にあたっては、大阪湾諸港のBCPで設定されたDICTの復旧目標やターミナル運営者の意見に基づき、コンテナターミナルの持続的な運営に支障をきたすH評価に至る時期をMTPDと判断した。

例えば近海・アジア航路の他港移転については、大阪湾BCP協議会の検討において、上町断層帯地震発生後2か月でDICTターミナルを再開することが求

められたことに鑑み、M評価を2ヵ月以内とし、それを越えないようMTPDを60日が限度であると想定した。そこから、BCP発動や復旧後の施設供用の再開に伴うリードタイムを考慮すると、RTOは59日、RLOは「航路、泊地の水深-12m、ガントリークレーン1基/バースの確保等」と評価された。

これらの結果に基づき、DICTにおいて3項目の負の影響を顕在化させないための港湾機能継続目標をRLO及びRTOとして示したものをTable 2に示す。

Table 2 Three levels of RTO and RLO

Business continuity Management	Target 1	Target 2	Target 3
	Releasing stranded containers	Maintaining Asian regional container links	Maintaining int'l container trunk lines
RTO	6 days	59 days	89 days
RLO	Recovering container delivery capacity by coastal container links and/or by tracks.	Accommodating container ships by securing -12m water depth and a quay crane operation per berth.	Accommodating container ships by securing -15m water depth and two quay crane operations per berth.

なお上記の作業においては、目標復旧時間/復旧水準を的確に決定するため、ターミナル運営のトップマネジメントから現場管理職に至る幅広い関係者が情報共有しながら進めることが不可欠であると考えられた。

### 3.3 リスクの評価と対応戦略の検討

本節では、前節までのBIAの結果を受けて、①中核業務の実行に必要な資源の被災リスクと機能復旧に要する期間等、及び②顧客の要請に応える上での機能回復上の隘路の抽出、を行うための手順を示す。

#### (1) リスクアセスメント

リスクアセスメント (RA) は、事業の中断を引き起こすインシデントの発生の確からしさと資源に及ぶ被害の程度を評価するもので、その内容は、i)リスクの特定、ii)リスクの体系的な分析、iii)対応を必要とするリスクの評価、から成るプロセスとしてとらえることができる。(前出の中島ら)

大阪湾BCPの港湾物流においてはRAの対象となるのは、港湾運営に必要な資源(運営資源)と港湾における貨物取扱需要の発生源である荷主の経済活動である。前者について昆ら(前出)は、被害の想定と復旧に要する期間、復旧可能な水準を予想復旧時間(Predicted recovery time: PRT)及び予想復旧水準(Predicted recovery level: PRL)として算出することを提案している。

これらのPRTの概念を用いると、資源( $x_i$ )の他資源への依存性を考慮した復旧時間(PRT\*:  $t_i^{prt}$ )は以下のように表せる。

$$t_i^{prt} = \max_{1 \leq j \leq N} (X_{ij} \times t_j^{prt}) \quad (5)$$

ここで、

$t_i^{prt}$ : 資源 $x_i$ の予想復旧時間(PRT)

$t_i^{prt}$ : 資源 $x_i$ の他資源への依存性を考慮した復旧時間(PRT\*)

$X_{ij}$ : 資源 $x_i$ の $x_j$ への依存性(前出式(1)及び(2)参照)

N: 資源の数

大阪湾BCPでは、南海トラフの巨大地震及び上町断層帯地震を念頭に置いて、DICTが位置する大阪港における地震・津波ハザードを、震度7~5弱、津波高さ5mとしている。DICTにおいて開催したワークショップでは、これらを踏まえてコンテナターミナルの運営に必要な資源のPRT( $t_i^{prt}$ )をTable 3に示す通りと評価した。

Table 3 Predicted recovery time based in association with the different recovery level objectives and different risk scenarios.

Classifications of resources	(Unit: days)								
	BCM target 1			BCM target 2			BCM target 3		
	Nos of resource	Std. scenario	Worst scenario	Nos of resource	Std. scenario	Worst scenario	Nos of resource	Std. scenario	Worst scenario
Outside supply	4	2	7~14	5	2	7~14	5	2	7~14
Human resource	12	2~3	6~7	18	5~7	10~15	18	5~7	5~7
Facility/equipment	33	3~5	5~7	24	30~60	60~180	24	30~90	60~180
ICT system	48	4	6	5	7~35	14~70	5	7~35	14~70
Building/office	55			9	2	5~14	9	2	5~14
Total	152			61			61		

Table 3に示した機能継続目標1では、荷主の求めや施設復旧上の必要性から発災時に在港したコンテナをターミナル外に排出することを目的とする。このため、内航コンテナ船やトラックへのコンテナ積み込み機能の回復が急務と想定された。ワークショップにおける筆者及びDICT(株)担当者等との議論では、これらの業務に必要な資源の確保を1週間以内に行うことはそれほど困難ではないと判断された。

しかしながら、機能継続目標2及び3では、税関、検疫等の貿易、入出国手続き機関が機能し、外航コンテナ船の入港を受け入れるための航路、泊地、岸壁、大型クレーンの稼働が確保される必要がある。大阪湾BCPでは大阪湾諸港の国際物機能の継続性強化に向けて主要航路等における漂流物の除去等の水域啓開作業を共同で実施することとしている他、DICTはコンテナクレーンの免震化を進めてきたことから、2~3ヶ月の期間内に外航コンテナ船の入港体制を整えることは可能であると考えられるが、一方でDICTの運営管理者からは、津波による航路埋没の発生やコンテナガントリークレーン等荷役機械の

脱輪、損壊、アクセス道路トンネルの冠水等によってPRTが大幅に長くなるリスクもあると指摘された。また、復旧期間の見積もりには発注準備や発注体制確保上の不確実性が常に伴う。このようなことを勘案してTable 3では、標準のリスクシナリオに加えて、最悪時のシナリオも併せて設定した。

上記のPRTは、式(5)を用いて資源の依存性を考慮したPRT\*に変換した上で、復旧目標時間と比較され、 $PRT^* \leq RTO$ の時に顧客の要請通り港湾機能の回復が可能と判断される。

機能継続目標1~3について、運営資源別シナリオ別のPRT\*とRTOの比較をFig. 16 (1)~(3)に示す。

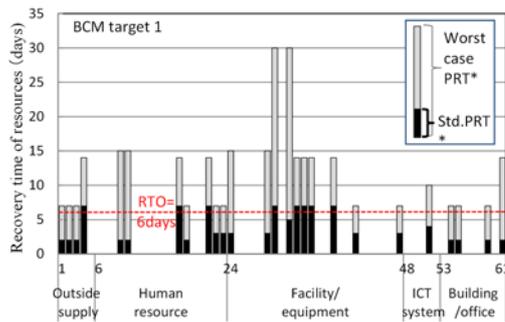


Fig. 16 (1) Comparison of PRT\* with RLO (RLO 1)

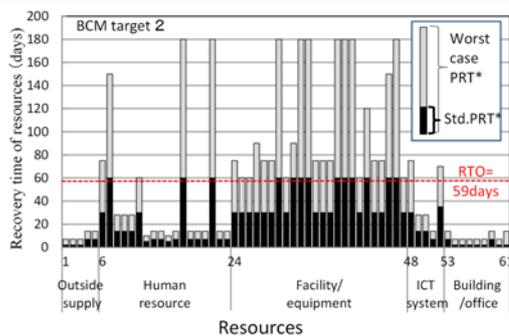


Fig. 16 (2) Comparison of PRT\* with RLO (RLO 2)

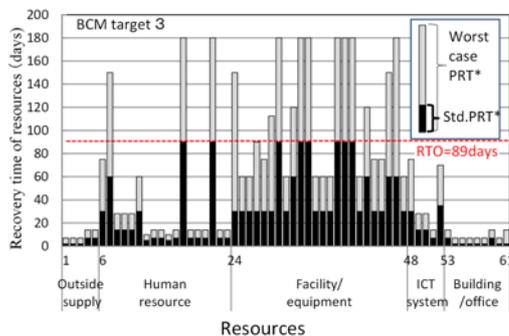


Fig. 16 (3) Comparison of PRT\* with RLO (RLO 3)

一般的に施設・設備に分類されるハード系の運営資源は、災害による損壊等の機能損失がない場合であっても、発災後の運用にあたって構造健全性の確認や部品の取り換え、洗浄等の部分的な補修を伴うものが多く、またしばしば相互に依存性を有するため、他の資源に比べるとPRT\*が大きく評価されている。軟弱地盤による地震力の増幅や津波浸水範囲の拡大等が想定を超え、構造物や機器類が著しく損壊する最悪の被災シナリオを想定すると、施設・設備系の資源の復旧には長期間を要するリスクがあることが判明した。

また、いくつかの人的資源についても、その機能発揮に施設・設備系資源が欠かせないことから、PRT\*が大きくなるとなった。

このように、それぞれの資源の機能を単独で復旧しようとする場合に要する時間であるPRTに比して、他の資源への依存性を勘案した資源の復旧時間であるPRT\*は、一般的に長期間を要するものと考えられる。

## (2) 事業継続戦略検討のための隘路資源

PRT及びPRLは、機能復旧を阻む様々なリスクに対して事前に講じるリスク対応オプション( $\chi$ )の関数であることから、港湾BCP作成の手順においては、(6)式を満たすような $\chi$ を求め、その実施の方策を事業継続戦略としてBCPに記述することとしている。

$$\{\chi \in A : PRL(\chi) = RLO\} \cap \{\chi \in A : PRT(\chi) \leq RTO\} \quad (6)$$

なお、ここで(A)は、港湾運営資源復旧のためのオプション全体の集合であり、例えば、岸壁の耐震化等の災害に対する港湾施設の強靱化やバックアップ電源の設置、港湾間における作業員、荷役機械等の相互融通などのリダンダンシーの確保、貨物輸送の代替港湾・ルート確保等の事前対応方策が含まれる。

ここで資源確保のボトルネック率( $\gamma_i$ )を

$$\gamma_i = \frac{PRT}{RTO} \times 100 \quad (7)$$

で定義する。DICTのコンテナターミナルオペレーションについて求めた $\gamma_i$ の分布をFig. 17及びTable 4に示す。

Table 4にまとめた通り、標準的なPRTでは機能継続目標1及び3において13%、機能継続目標2では21%の運営資源がRTOを超え、荷主や船社の要請に応える上での隘路となる危険性があることが判明したが、その程度は5割未満であり、特にレベル2及び3については1割未満であることから、適切な事前対応策をBCPに定め実行することによって顧客への対応は十分可能と考えられた。一方、最悪のシナリオでは、26%~43%の資源の $\gamma_i$ が100%を超え、300%

を超える資源も散見される。

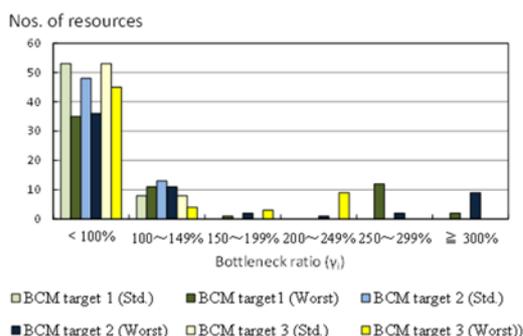


Fig. 17 Bottleneck ratios of the respective RLO and risk scenarios

Table 4 Proportion of the number of resources in association with bottleneck ratio..

Bottleneck ratio	BCM target 1		BCM target 2		BCM target 3	
	(Std.)	(Worst)	(Std.)	(Worst)	(Std.)	(Worst)
< 100%	86.9%	57.4%	78.7%	59.0%	86.9%	73.8%
100~149%	13.1%	18.0%	21.3%	18.0%	13.1%	6.6%
≥ 150%	0.0%	24.6%	0.0%	3.3%	0.0%	4.9%

最悪のシナリオで  $\gamma_i$  が100%を大きく超えるのは、予想外の地震動によって耐震強化済の岸壁等が大きく変形したり、免振クレーンが脱輪、倒壊する等の極端な被災シナリオを想定した場合である。これらの事象は、現行の想定ハザードの範囲内では発生確率は低いものと考えられているが、想定外の事態を避けるためのクライシスマネジメントを検討する上で有益な情報を与える。

上記のような運営資源の隘路情報に基づくと、事業継続戦略の検討を具体的な数値を基礎としつつ効果的、効果的に進めることが可能となるものと期待される。

#### 4. まとめ

本稿では、まず、港湾等の公共性が高い物流インフラにおけるBCPの意義について検討し、港湾施設の耐震強化等による物流機能の強靱性強化に加えて、適切な事前準備による復旧の迅速化、代替港湾の確保による物流容量の継続的確保の3点が重要であることを明らかにした。

また、昨今の港湾BCPの検討状況を概観し、港湾が公共インフラであることから、一刻も早い港湾施設の復旧と物流サービスの再開を目指す、サプライサイド型の機能継続計画となっていることを指摘した。

更に第3章では、効果的なBCP作成に向けて筆者らが検討してきたBIA重視の分析手法について述べ、大阪港夢洲コンテナターミナルにおける検討成果を中心に、その適応結果を示した。

上記の議論を通じて、南海トラフの巨大地震や首都直下地震等の脅威にさらされている我が国の経済活動と国民生活をより安全で安定的なものにしていくためには、我が国の港湾物流の分野において、BIA等の手法を駆使した効率的で効果的な事業継続計画の作成推進が求められると結論付けられた。

一方チリ国においては、2014年4月1日にイキケ市沖合でマグニチュード8.3の地震が発生した。イキケ港の既存ターミナルは大きな被害を受けたが、その際のイキケ港関係者の初動は、イキケ港BCP協議会のこれまでの活動によって培われたネットワークの下で綿密な連絡調整が可能となったと報告されている。(Caselli et al, 2014)

上記のことは、本研究で論じた作業シートシステムを活用したプロセス参加型のBIAの検討が、我が国やチリといった災害の多い国々において、よりレジリエンシーの高い社会構築につながるソーシャルキャピタルを生み、育てる可能性を秘めていることを示唆する。

このように、BIAがとる顧客重視の立場と災害現場の現実と向き合う姿勢は、港湾BCPなどの災害リスクマネジメントの充実を通じて国際物流の安定性と信頼性を担保し、より向上させるものとして、単に災害への備えにとどまらず、国家経済を支えるソフトな競争基盤としてもさらに重視していく必要があるものと考えられよう。

なお、Fig. 2で示したように、港湾BCP検討のプロセスは、BIAから導き出される目標機能回復時間・水準とリスク評価によって求められる復旧予想時間・水準が比較され、両者を適合させるためのリスク対応計画の下に必要な事前措置が講じられて初めて完結するものである。港湾BCP作成のための効率的で効果的なリスク評価手法の高度化についても今後更なる検討を進めていくこととしたい。

#### 謝 辞

本研究は、公益社団法人日本港湾協会及び一般財団法人沿岸技術研究センター並びに一般財団法人港湾空港総合技術研究センターと京都大学防災研究所が設立した共同研究部門の主たる研究プロジェクトとして実施したものである。

また研究の実施にあたっては、国土交通省港湾局、東北地方整備局港湾空港部その他の港湾関係者の皆様方のご協力をいただいた。特に夢洲コンテナター

ミナルにおけるケーススタディの実施に際しては、みなと総合研究財団神野竜之介研究員、阪神国際港湾株式会社篠原正治理事その他の職員の皆さま、DICT株式会社の後藤毅顧問及び水城裕文所長その他のスタッフの方々に、多忙中にも係わらずワークショップでの議論にご参加いただいた。

チリ国においては、国立研究開発法人科学技術振興機構及び独立行政法人国際協力機構が推進するSATREPSチリプロジェクトの下で、バルパライソ大学工学部海洋工学科のFelipe Caselli 講師、Mauricio Reyes 准教授らと共同でチリ国イキケ港におけるフィールド研究を行うことができた。

これらの本研究に対する全てのご支援とご協力に感謝の意を表明する。

### 参考文献

- 赤倉康寛・邊見充・小野憲司・石原正豊・福元正武 (2014) : 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 B3, Vol.70, No.5, pp.689-699.
- 安部智久 (2007) : 事業継続支援のための国際物流インフラマネジメント方策に関する基礎的検討, 国土技術政策総合研究所資料第409号.
- 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
- 川村浩・赤倉康寛・山岡潮・西川泰樹・小野憲司 (2014) : 東北における港湾BCP策定の実践, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, CD-ROM.
- 神田正美・小野憲司・石原正豊 (2013) : 東日本大震災以降の我が国サプライチェーンの構造変化と物流リスク管理, 土木計画学研究・講演集, Vol.48, CD-ROM.
- 小松瑠実・林春男・尾原正史・鮫島竜一・玉瀬充康・豊島幸司・木村玲欧・鈴木進吾 (2013) : 最大級の南海トラフ地震による津波を見据えたBIA及びRAに基づく浄水施設の事業継続戦略構築, 自然災害科学, Vol.32 No.2, pp183-205.
- 昆正和・小田隆 (2010) : 実践BCP運用・定着マニュアル, (株)オーム社.
- 四国地方整備局 (2014) : 南海トラフ地震に対応した四国の広域的な海上輸送の継続計画, 四国の港湾における地震・津波対策検討会議資料.
- 東北地方における港湾物流の業務継続計画策定の手引き, 東北地方整備局港湾空港部.
- 東北地方整備局 (2013) : 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, 第2回東北広域港湾防災対策協議会資料.
- 東北地方整備局 (2014) : 東北広域港湾防災対策協議会第4回会議資料.
- 中島一郎・渡辺研司・櫻井三穂子・岡部紳一 (2013) : ISO22301:2012事業継続マネジメントシステム要求事項の解説 (Management System ISO SERIES), 日本規格協会.
- 林敏彦 (2011) : 大災害の経済学, pp.52-53, PHP新書.
- 舟橋香・高橋宏直 (2004) : 世界コンテナ船動静分析 (2003年版) -コンテナ船寄港実績データと北米西岸の港湾ロックアウト影響-, 国土技術政策総合研究所資料第145号.
- 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, 沿岸域学会誌, Vol.22, No.4, pp.93-104, 2010.
- Caselli, F., Beale, M., & Reyes, M. (2014) : Impact of the recent earthquake and tsunami on Chilean port, S. Iai (Ed.), Geotechniques for Catastrophic Flooding Events, pp. 207-215, CRC Press, Leiden.
- International Organization for Standardization (2012): Societal security –Business continuity management systems – Requirements, ISO 22301.
- Ono, K. (2010): The further research topics to be focused by the participant, Discussion paper for the 2nd international workshop on risk governance of the maritime global critical infrastructure, DPRI-KU, IRGC and GCOE-HSE, Kyoto

(論文受理日: 2015年6月4日)