漂流物に着目した港湾機能復旧に向けた手法の開発

名古屋大学　学生会員○若尾　晃宏
名古屋大学　正会員　富田　孝史　名古屋大学　正会員　中村　晋一郎

1. はじめに

地震・津波等の大規模災害によって，港湾は甚大な被害を受けることが予想される．1995 年の阪神・淡路大震災では，神戸港の復旧の遅れが，輸送時間・輸送コストの増大や物流サービス容量の減少，代替港湾での埠頭混雑，人手・荷役機械の不足，荷主の競争力低下，受注の低下など，港湾物流や地域経済に大きな影響を及ぼした．また 2011 年の東日本大震災における津波によって，ヤード等における浸水被害や倉庫等の損傷被害の他に，津波漂流物によって航路や岸壁が使用不可能となり，東北・関東の被災 13 港湾を全て啓開するために約 2 ヶ月を要した．このような災害は南海トラフ地震津波においても起こりうるものである．

港湾におけるビジネス・インパクト分析に関連する研究として，例えば小野ら [1]は，ビジネス・インパクト評価重視の分析手法を，大阪港夢洲コンテナターミナルに適応したものがある．

本研究では，津波漂流物による被害推定と港湾物流に及ぼす影響評価を行い，両者を比較することで，港湾の目標復旧目標を達成するための漂流物除去に関する考察を行う．

2. 評価手法

2.1 津波漂流物による被害推定

手法の概要を示した図-1 に示す．

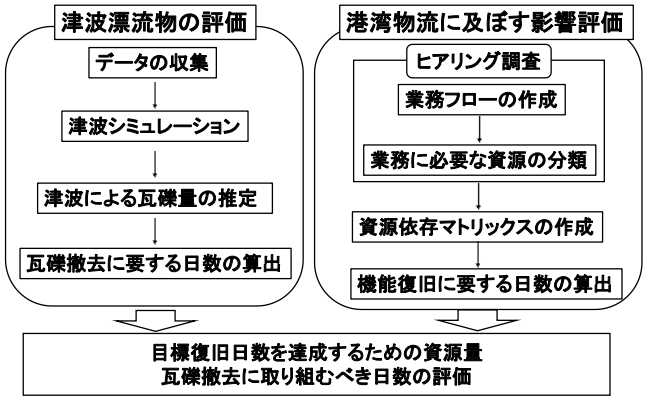

図-1　手法の概要

津波漂流物による被害推定は，富田ら [2]が開発した高潮津波シミュレータ STOC のうち，静水圧近似モデル STOC-ML を用いて南海トラフ地震津波の伝播・水深の計算を行った．木造建物・自動車・漁船を対象に最大浸水深における瓦礫発生量を算出した．木造建物の瓦礫発生量の例として示す．最大浸水深 h における木造建物の被災率 p_w を東日本大震災の事例 [3]を参考に式(1)と定義し，式(2)によって木造建物の瓦礫量 M_w を算出した．

$$\begin{aligned} p_w &= 0.05 \quad (0.0m < h \le 1.0m) \\ p_w &= 0.2 \quad (1.0m < h \le 1.5m) \\ p_w &= 0.5 \quad (1.5m < h \le 2.0m) \\ p_w &= 0.7 \quad (2.0m < h \le 2.5m) \\ p_w &= 0.9 \quad (2.5m < h \le 3.0m) \\ p_w &= 1.0 \quad (3.0m < h) \end{aligned} \tag{1}$$

$$M_w = \sum_{i=1}^{n} t \times S_{iw} \times p_w \tag{2}$$

ここで，n は対象地域内のメッシュ数，t は瓦礫発生原単位，S_{iw} は各メッシュ内の木造建物の面積である．更に式(3)により瓦礫除去に要する日数 D_w を算出した．

$$D_w = \frac{M_w}{W_w \times N_{ws} \times p_s} \tag{3}$$

ここで，W_w は作業船の作業量，N_{ws} は作業船の隻数，p_s は船舶の被災率 [4]である．本研究で使用する津波漂流物の評価に関する既存空間データ及び既存統計資料を表-1 に示す．

2.3 港湾物流に及ぼす影響評価

港湾物流に及ぼす影響評価では，対象港湾のコンテナ物流を対象に，業務フロー及び業務フローに係る各資源の関係，復旧期間についてヒアリング調査を行った．

3 ケーススタディ

評価対象地域は，南海トラフ巨大地震による津波

被害により浸水被害を受けると想定されている三重県四日市港霞ヶ浦地区とした．

対象港湾において，内閣府が公表した「南海トラフの巨大地震モデル」のうち，南海トラフ検討ケース①（「駿河湾～紀伊半島沖」に大すべり量を設定）したケースを波源とする津波計算を実施した．

表-1　使用データ一覧

データ項目及び値		発行者・引用源
地形データ		G 空間情報センター
交通量		国土交通省
漁船数		漁業センサス
作業船の隻数	26	（一社）日本作業船協会
船舶の被災率(%)	40	岡本 [4]
家屋等の瓦礫発生源単位(t/m^2)	0.26	津波における津波漂流物影響検討業務 [4]
瓦礫の海域流出率(%)	39	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 [5]
自動車の海域流出率(%)	50	
瓦礫除去量(t/日)	20.65	河田ら [6]
船舶除去量(隻/日)	8	
自動車除去量(台/日)	8	

4.　津波漂流物推定結果

図-1 に四日市港における最大浸水深分布を示す．四日市港周辺において，浸水被害とそれに伴う建物の被害が考えられる．さらに国道周辺の浸水被害は，自動車の漂流物化に生み出すと考えられる．

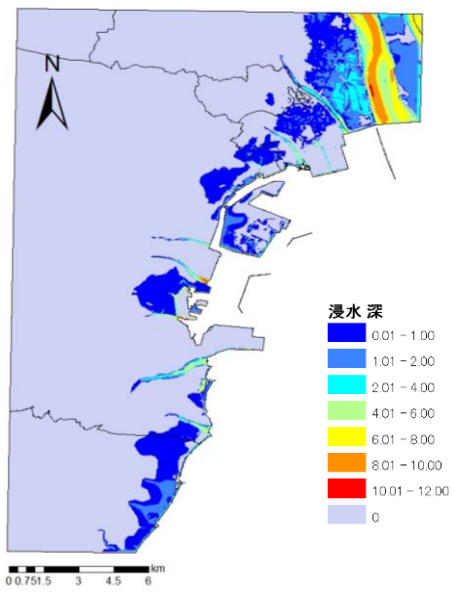

図-1　四日市港における浸水域

表-2 に対象漂流物の瓦礫量の推定，及び瓦礫撤去を行った場合の撤去完了に要する日数を示す．作業船の隻数の合計は，三重県が保有する作業船に東日本大震災時の船舶の被災率 [4]を乗じた値により算出した．また作業船の配置については作業に要する日数が最小になるように配置した．その結果，建物による瓦礫量は約 11 万トン発生し，作業に要する期間が 37 日を要すると想定された．さらに建物によって発生する瓦礫の撤去に多くの時間を要することが想定された．

表-2　対象漂流物の瓦礫量及び作業に要する日数

	建物	自動車	船舶
津波漂流物量	112818(t)	174(台)	123(隻)
作業船の作業量	20.65(t/日)	8(台/日)	1.2(隻/日)
作業船の隻数	15(隻)	1 隻	1(隻)
作業に要する時間	37 日	22 日	13 日

5.　おわりに

四日市港を対象に STOC-ML による津波シミュレーションの結果及び対象漂流物の推定を示した．また東日本大震災の事例に基づくデータ，資料を使用して瓦礫撤去に要する日数を推定した．その結果，すべての瓦礫を撤去するのに一ヶ月以上要することが明らかとなった．

6.　参考文献

1)小野憲司，滝野義和，篠原正治，赤倉康寛：港湾 BCP へのビジネス・インパクト分析等の適応方法に関する研究，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.71，No.5，I_41-I_52，2015
2)富田孝史，柿沼太郎，島田昭男：3 次元流動モデルによる津波防波堤の防護効果に関する数値計算，土木学会　海岸工学論文集，第 51 巻，pp294-300，2004
3)内閣府：南海トラフの巨大地震　建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要，平成 24 年 8 月 29 日発表，http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/2_2.pdf（2017 年 11 月 27 日最終閲覧）
4)岡本修：東日本大震災時の港内船舶の被害実態，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.69，No.2，I_73-I78，2013
5)国土交通省中部地方整備局：港湾における津波漂流物影響検討業務，2014
6)四国の港湾における地震・津波対策検討会：南海トラフ地震に対応した四国の広域的な海上輸送計画，2014
7)河田恵明，小鯛航太，鈴木進吾：東南海・南海地震発生時の港湾機能を活用した緊急輸送戦略，土木学会　海岸工学論文集，第 54 巻，*pp1326-1330，2007*