

第Ⅱ部門

津波漂流物予測計算を用いた適切な避泊地・航路啓開ルート提案のための検討

大阪大学工学部 学生会員 ○山西悟史
大阪大学大学院工学研究科 正会員 入江政安

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 日下部包

1. はじめに

東日本大震災では津波漂流物による港湾の閉塞¹⁾、石油コンビナートからの流出油による津波火災²⁾、および船舶の避泊地不足が問題となった。南海トラフ巨大地震が発生した際には、大阪湾においても同様の問題が生じる可能性がある。そこで、本研究では、津波漂流物予測計算を2次元、3次元計算で実施し、3次元計算での津波漂流物位置計算の必要性を検証する。また、津波漂流物追跡計算結果を用いて、航路啓開ルート、避泊地の検討を行う。

2. 計算条件

津波流動計算および津波漂流物追跡計算には沿岸域静水圧3次元流動モデルROMS(Regional Ocean Modeling System)を用いる。計算期間は2012年7月12日から48時間とした。津波流動は南日本全体での津波伝播計算を行い、小領域との接続部分の津波流速、水位を境界条件として小領域に与えた。外力条件として淀川および大和川からの河川流入、潮汐を考慮し平面2次元計算、3次元計算により津波漂流物追跡計算を実施した。対象時期の淀川の流量は500m³/s程度の中規模で、潮汐は小潮であった。

考慮する津波漂流物は船舶に接触した際に被害が大きい車両、コンテナ、啓開作業の際に除去が必要である漂流ゴミ、および津波火災の原因となりうる石油コンビナートからの流出油の4種類とした。漂流物の初期位置および流出量は、まずGoogle map上で漂流物の流出点となりうる土地を調査し、その面積を算出した。計算に用いる粒子数は計算時間を考慮して1種類につき1000個とし、1000個の粒子を各流出点の面積と合計面積の比にしたがってそれぞれの流出点に割り当てることで、漂流物の初期位置、流出量の設定を行った。また、それぞれの津波漂流物の適切な挙動を表現するためにコンテナと車両については津波漂流物の沈降をモデリングした。沈降速度 w 、沈降加速度 a を以下の式で示す。

$$w = \begin{cases} (H - D)/t_{limit}, & t \leq t_{limit} \quad (1) \\ a \cdot (t - t_{limit}), & t > t_{limit} \quad (2) \end{cases}$$

$$a = \left(1 - \frac{\rho V}{m_0 + \rho e V}\right) C_k g$$

ここで D ：初期喫水(m)、 H ：漂流物代表高さ(m)、 t_{limit} ：浮遊限界時間(t)、 C_k ：抗力係数、 e ：間隙率、 ρ ：水の単位体積重量(kg/m³)、 m_0 ：空気中での漂流物の質量(kg)である。式(1)は漂流物の喫水増加をモデリングしたものであり、式(2)は漂流物の沈降をモデリングしたものである。コンテナ、車両については漂流開始から水没するまでの時間である浮遊限界時間を設定した。浮遊限界時間はコンテナでは30分から48時間といったようにばらつきがある³⁾ため、範囲時間内で乱数を与えて表現した。また、漂流物の水平方向のばらつきは各漂流物に水平拡散係数を既往研究^{4,5)}を参考に与えることで表現した。

3. 計算結果と航路啓開ルート、避泊地提案の検討

図-1に計算開始から48時間後の漂流物位置を示す。コンテナは沈降過程で鉛直方向に変化の大きい3次元流に乗ることで、流出油は拡散係数が大きいことで3次元計算での拡がりが大きいと考えられる。車両は浮遊限界時間が5分から10分と短く、拡がる前に沈没するため、拡がりほとんどないと考えられる。漂流ゴミは家屋からの流木を想定し、浮遊する設定としたため全ての粒子がほとんど同じ表面流速により移動したため拡がりほとんどないと考えられる。

大阪湾においては大規模地震が発生した際に、緊急物資の輸送を行うため、一般水域では、迅速に啓開作業を行うことができる緊急確保航路が国により設定されており、また港湾では、耐震強化岸壁が整備されている。航路啓開ルートの検討対象領域として、陸域と直接接続している耐震強化岸壁への航路を考え、図-2に示す通りに接続航路を設定した。そ

して、10分ごとの計算結果を用いて、それぞれの接続航路の領域内に存在する漂流物の個数を48時間分積算していくことで算出される累積通過漂流物数を用いて評価を行った。車両からの引火点の低いガソリンが着火し、重油に燃え移ることを考慮し車両と流出油が同時に存在する航路を津波火災の危険性が高い航路として評価した結果、堺泉北港の助松1号岸壁が津波火災の危険性が高い航路として推定された。また、漂流物通過が少ない航路を早期復旧可能な航路として評価した結果、神戸港のH-F,G岸壁が早期復旧可能な航路として考えられる。

累積通過漂流物を大阪湾全体に対して計算し図-3に示す津波漂流物襲来リスクマップを作成した。色が濃くなるほど襲来リスクが高いことを示している。本研究の対象期間では尼崎西宮芦屋港および堺泉北港の一部にリスクの少ない海域が現れる他、西向きに避難すると襲来リスクが比較的少ないと推測される。

4. まとめ

本研究では、2次元、3次元での津波漂流物予測計算を行い、車両、コンテナ、流出油、漂流ゴミの4種類について漂流物追跡計算を行い、津波収束以降の漂流物計算での3次元計算の必要性を検証した。また、計算結果を用いて、助松1号岸壁で津波火災のリスクが高いことや、漂流物の少ない海域の抽出を行ったが、気象および海象によって結果が大きく変化すると考えられるため、マップの精度評価のためには検討を重ねる必要がある。

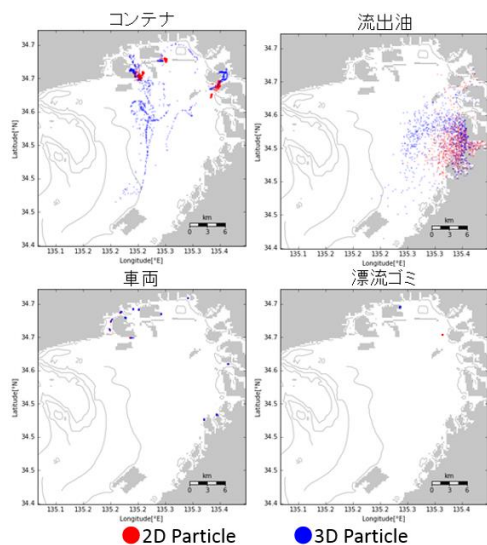


図-1 48時間後の漂流物位置

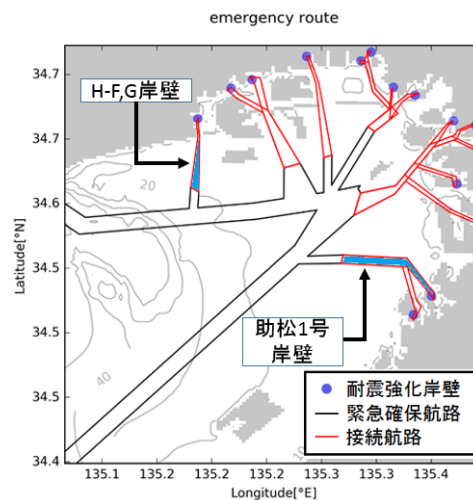


図-2 接続航路

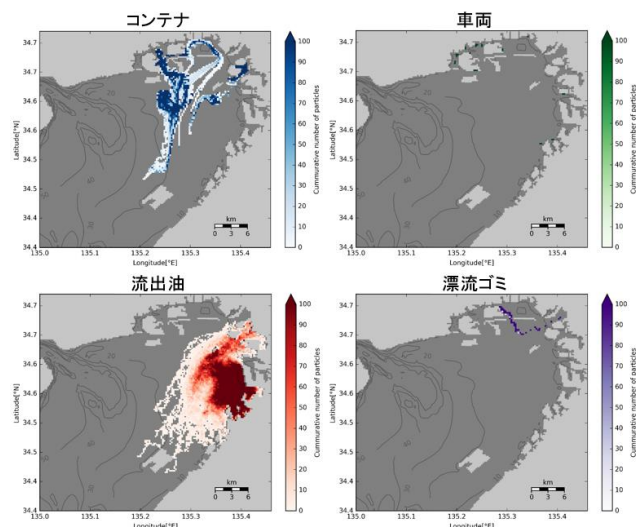


図-3 津波漂流物襲来リスクマップ

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16H4419 の助成を受けたものです。記して深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) 東北地方整備局震災伝承館：航路啓開，
<http://infra-archive311.jp/s-kouwankeikai.html>, 2017年12月閲覧。
- 2) 消防研究センター：東日本大震災におけるコンビナート被害、火災被害等の現地調査結果，
http://www.fdma.go.jp/ugoki/h2306/2306_06.pdf, 2017年12月閲覧。
- 3) 熊谷兼太郎，小田勝也，藤井直樹，コンテナ沈没挙動測定の実地実験と港湾における漂流数値シミュレーション，海岸工学論文集，第55巻，土木学会，p271-p275，2008
- 4) 藤井直樹，福山貴子，稲垣聡，池谷毅，柳沢賢，大森政則，津波による漂流物挙動の変動性に関する実験と評価方法の提案，海岸工学論文集，第54巻，土木学会，p241-p245，2007
- 5) 松崎義孝，藤田勇，油拡散を考慮した流出油の数値計算法の開発，港湾空港技術研究所資料，No.1255，2012