

## 秋田県北部における津波の河川遡上に関する研究

秋田大学理工学部  
秋田大学大学院理工学研究科  
秋田大学地方創生センター  
秋田大学大学院理工学研究科  
東北大学大学院工学研究科

学生会員  
正会員  
非会員  
正会員  
フェロー会員

○林 直幸  
齋藤憲寿  
鎌滝孝信  
渡辺一也  
田中 仁

## 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に三陸沖を震源に地震が発生し、東日本の各地で大きな揺れを観測するとともに、沿岸を襲った津波により多くの命が失われた。さらに沿岸のみならず、河川を遡上し流下した津波が、河川堤防を越えて沿岸地域に甚大な被害をもたらした。そのため、沿岸域における津波防災を考える上で、津波の河川遡上への対策が重要である。一方、日本海側では活断層が陸地に近く、地震発生から津波到達までの時間が短い傾向にあるにも関わらず、津波のデータや記録は少ない。

そこで、本研究では日本海側、特に秋田県北部に位置する竹生川（図-1）を対象に津波の数値シミュレーションを行い、実測値との比較検討を行った。

## 2. 対象河川

竹生川は秋田県北部に位置する二級河川で流域面積が 34.7 km<sup>2</sup>、流路延長は 12.8 km である。日本海中部地震時の津波は竹生川流域についても被害をもたらしている。来襲した津波は、河口から 1100 m の川沿いにある水田へと侵入したのみでなく、さらに上流の 1800 m 地点まで遡上したとされている<sup>1)</sup>。

図-1 は計算領域である竹生川流域の標高を示しており、P1 は河口部分、P2 は津波堆積物が確認されている水田地域、P3 は河道である。また、本研究では、図-1 中左側の黒線の位置からの津波計算を行った。

竹生川流域の地形的特徴としては、河口の両側に位置する砂丘と、標高の高い地域に囲まれた水田が挙げられる。この水田は、河川に近づくにつれて徐々に標高が下がっている。また、河川は大きく蛇行している

ことが確認できる。

## 3. 計算手法

本研究では津波の数値計算において直交座標を一般曲線座標系に変換して非定常平面 2 次元流計算を行った。基礎方程式を以下の式(1)~(3)に示す。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q + r \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y \quad (3)$$

ここで、 $h$  は水深、 $t$  は時間、 $u$  は  $x$  方向の流速、 $v$  は  $y$  方向の流速、 $q$  は単位面積当たりのカルバード・樋門・ポンプによる流入量、 $r$  は雨量、 $g$  は重力加速度、 $H$  は水位、 $\tau_x$  は  $x$  方向の河床せん断力、 $\tau_y$  は  $y$  方向の河床せん断力、 $\rho$  は水の密度である。

その他詳しい計算条件については既往研究<sup>2)</sup>に則った内容とした。

## 4. 計算結果

図-2 は津波が図-1 の波形入力位置に到達してから 80 s 後と、1000 s 後の浸水深と流速ベクトルを示している。流速ベクトルについて注目すると、右岸側に位置する水田では、河川を遡上した津波による影響は少なく、河口部を含む砂丘の間から流入した津波が直接流れ込んでいることがわかる。また、引き波については河川に沿って流れていく様子も見られたが、大半は直接砂丘間へと戻ることが確認できた。これは第二波以降も同様であり、河川を遡上する津波が北方向へ流れていく様子はほとんど見られなかった。

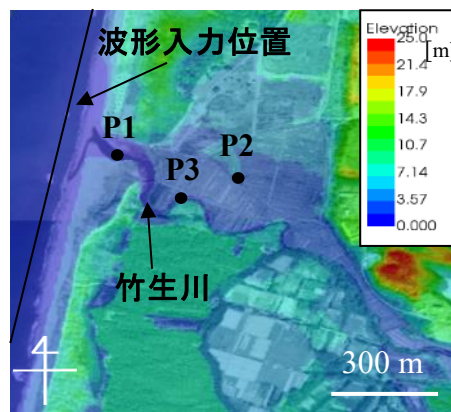


図-1 竹生川流域の標高

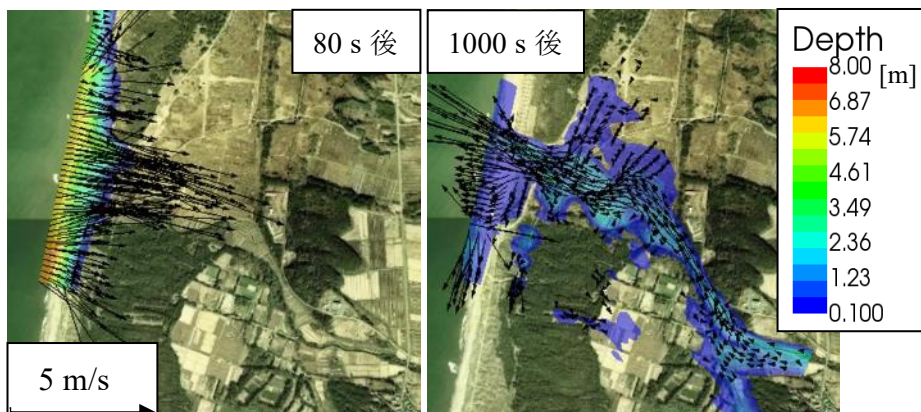


図-2 浸水深と流速ベクトル

キーワード：数値計算，河川遡上津波，秋田県，日本海中部地震

連絡先（〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1 番 1 号）TEL018-889-2884

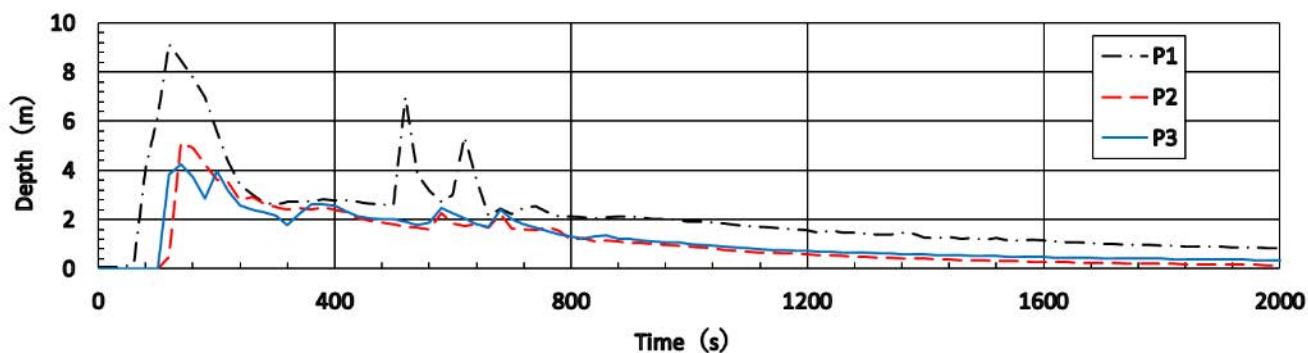


図-3 各地点の水深時間変化

図-3 は図-1 中の P1, P2, P3 における水深の時間変化を示したものである。

図-3 より、P1 は河口の点であるため津波を遮るものがなく、海岸に近い位置であるため最大値は入力値を少し超える値となった。これは、河口では波高を増大させながら河川に侵入するという河川遡上にみられる特徴を示している。水田地域に位置する P2 は第一波到着後の大きな変化はなく、緩やかに水が引いていく様子を確認できた。P3 は河道内であるが、4 m の浸水深を記録し、この津波が河川を遡上していることを確認できた。しかし、この水位は P2 の水位を下回っているため、河川からの氾濫があった可能性は低く、P2 への浸水は海から直接浸水したものが主であると考えられる。また、通常の河川遡上であれば引き波の際に、河川の後に平地の水位が低下していくが、この計算結果では順序が逆になっており、この点からも河川遡上の影響は少ないと考えられる。

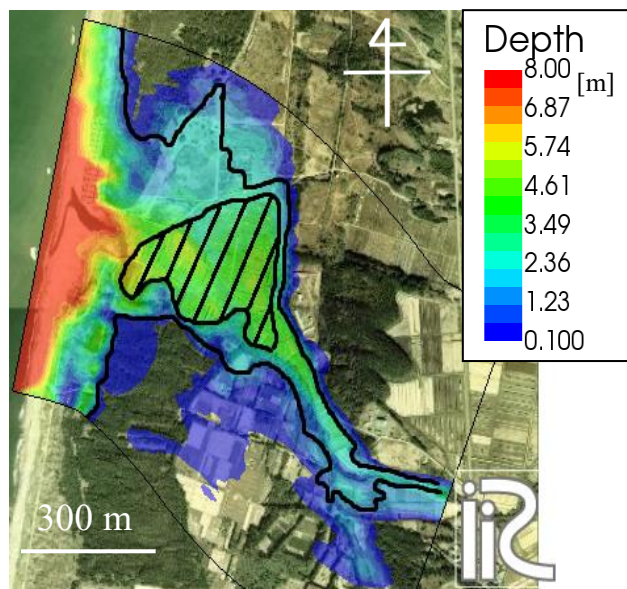


図-4 浸水域と堆積物分布

図-4 は本研究の計算結果と、日本海中部地震時の津波浸水域<sup>1)</sup>、津波堆積物分布<sup>3)</sup>を重ね合わせたものであり、実線部分が実際の津波浸水域を示し、斜線部分は層厚が約 5~15 cm の砂、泥が堆積したとされている範囲を示している。

浸水域を見ると、本研究における計算結果の浸水深が 2~3 m の地点と実際の浸水域がおおよそ一致している。浸水範囲は全体的に大きくなっているものの、その傾向を把握することができた。浸水範囲が大きくなった原因としては、本研究における計算に土砂の混合が考慮されていないことが考えられる。

津波堆積物の分布範囲は、計算結果における浸水深が 4~6 m の範囲となった。既往研究<sup>4)</sup>では堆積土砂の厚さを浸水深で除した値を土砂濃度として解釈し、データを分析した結果、上記の定義による土砂濃度がおおむね 2% で近似できるとして、津波堆積物の層厚に基づく浸水深の推定を試みている。本研究の結果を土砂濃度で表すと、最小で 0.8%，最大で 3.8% となり整合性のとりうる値であった。また、図-2 から、この津波堆積物分布範囲への津波は海から直接流れ込んでおり、河川遡上によるものではないと考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、竹生川について津波の河川遡上に関する検討を行ってきた。その結果、津波浸水域が計算結果とおおよそ一致し、その範囲についてシミュレーション結果の浸水深が 2~3 m の範囲と一致するという傾向を把握するとともに、日本海中部地震時の津波堆積物分布範囲への津波は海から直接流れ込んでおり、河川遡上によるものではないと確認した。

今後は日本海中部地震以前の津波についても数値シミュレーションによって波の挙動や浸水範囲を算定し、過去の津波痕跡や堆積物との比較を行う予定である。

**謝辞：**本研究の実施にあたり、大成学術財団の助成を受けた。ここに記して、謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 宇多高明：津波，土木研究所報告，165，pp.17-54，1985.
- 2) 林直幸，齋藤憲寿，鎌滝孝信，渡辺一也，田中仁：数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する研究，東北地域災害科学研究，第 56 巻，2020.
- 3) 三浦昌司，児玉徹，金田吉弘：日本海中部地震による津波被害，農業技術，第 39 巻，2 月号，pp.49-52，1984.
- 4) Goto, K., Hashimoto, K., Sugawara, D., Yanagisawa, H. and Abe, T.: Spatial thickness variability of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits along the coastline of Sendai Bay, Marine Geology, 358, pp.38-48, 2014.