

1983 年日本海中部地震津波来襲時に竹生川において確認された 河川遡上に関する感度分析

秋田大学理工学部

秋田大学理工学部

秋田大学大学院理工学研究科

秋田大学大学院理工学研究科

秋田大学地方創生センター

東北大学大学院工学研究科

学生会員

学生会員

正会員

正会員

正会員

フェロー会員

○谷口隼也

林 直幸

渡辺一也

齋藤憲寿

鎌滝孝信

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

図-1 は計算領域である竹生川と河口付近の標高を示しており、図-1 中左側の白線の位置からの津波計算を行った。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 km²、流路延長は 12.8 km である。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。

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おり、来襲した津波は河口から 1100 m の川沿いにある水田へと浸入したのみでなく、さら

に上流の 1800 m 地点まで遡上したとされている¹⁾。

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、 τ_x は x 方向の河床せん断力、 τ_y は y 方向の河床せん断力、 ρ 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²⁾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下する様子も見られたが、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

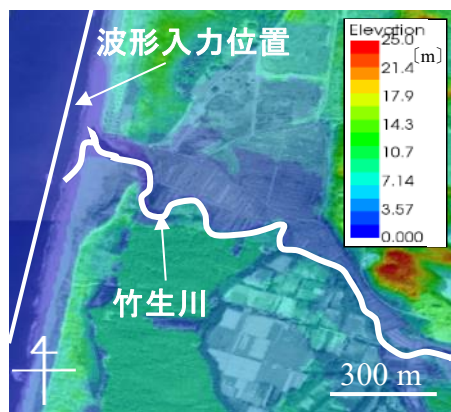


図-1 竹生川流域の標高

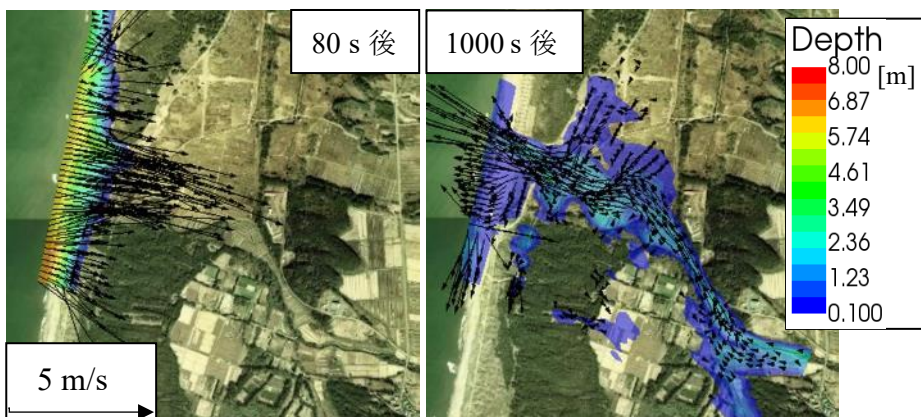


図-2 浸水深と流速ベクトル

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，感度分析

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

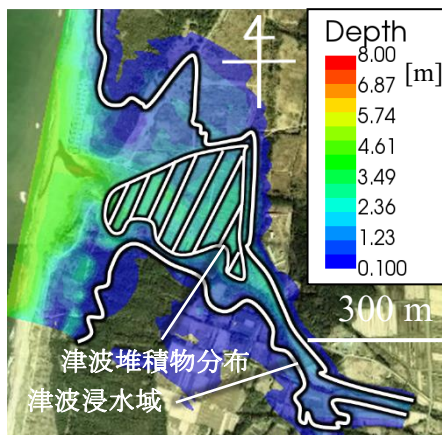
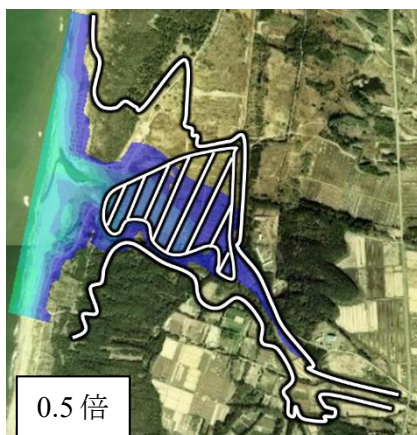
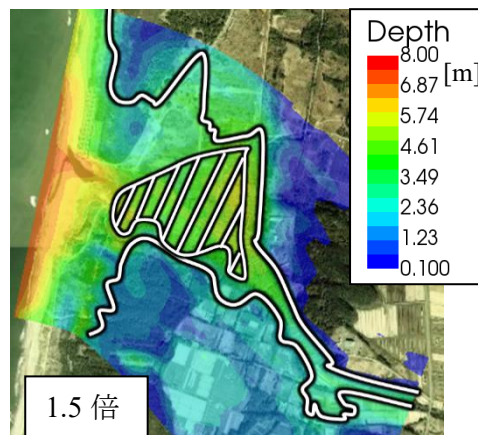


図-3 堆積物分布と浸水域



0.5 倍



1.5 倍

図-4 堆積物分布と津波の大きさを変えた場合の浸水域

降も同様であり、河川を遡上する津波が右岸側に流れていく様子はあまり見られず、本河川において河川遡上が内陸への浸水に与えた影響は小さいと考えられる。

図-3 は本研究の計算結果と、日本海中部地震時の津波浸水域¹⁾および津波堆積物分布³⁾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⁴⁾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、最小では 0.8%、最大では 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。

津波の入力波形を 0.5 倍および 1.5 倍にして計算を行うことで感度分析を行った。図-4 に入力する津波波形を変化させたときの最大浸水深と実際の浸水域及び堆積物分布の比較を示す。波形が 1.5 倍になると砂丘を越え始め、津波が大きくなるにつれて浸水深が大きくなるという比例関係を確認出来た。しかし、右岸側の内陸において、波形が 1 倍のとき(図-3)における浸水深が、0.5 倍のときの 2 倍以上となっていることを考慮すると、津波が大きくなった場合、内陸ではこの変化以上に浸水域が拡大する可能性がある。波形が 0.5 倍のときには日本海中部地震の津波堆積物分布範囲の一部にのみ浸水が見られ、さらに実際の浸水域との比較では波形が 1 倍のときが最も一致しているため、

計算結果が妥当であることが分かった。また、波形を 0.5 倍にした場合においても、河川経由ではなく海から直接内陸に侵入しているため、この観点からも河川遡上が内陸への浸水に与えた影響は小さいと考えられ、この地域における堆積物調査で発見されている津波堆積物⁵⁾は日本海中部地震以前のものについても海由来である可能性が考えられる。

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い、以下の知見を得た。

- 津波浸水域が計算結果とおおよそ一致した。そして、その範囲についてシミュレーション結果における浸水深が 2~3 m の範囲と一致するという傾向を把握することが出来た。
- 感度分析の結果から、津波の入力波形が 1 倍のときに計算結果と実際の津波痕跡がよく一致し、計算が妥当であることを確認した。
- 竹生川流域において、津波の大きさが変化しても津波は直接内陸に流れ込む傾向が強く、日本海中部地震時の津波堆積物分布範囲においても、海から直接流れ込んだ可能性が考えられるため、河川遡上によるものではないことが明らかになった。

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。
- 5) 鎌滝孝信，内館美紀，金澤慎，石田将貴，松富英夫：1983 年日本海中部地震津波の影響地域における過去の津波履歴の検討，土木学会論文集，Vol.74，pp.529-534，2018。