

中小河川における津波の遡上特性と河川地形との関連性

Tsunami Intrusion and River Channel Morphology

北海道大学 工学部環境社会工学科 ○学生員 山田大樹 (Daiki Yamada)
 北海道大学 大学院工学研究院 正員 田中 岳 (Gaku Tanaka)

1. はじめに

2011年3月11日午後2時46分頃に日本の太平洋三陸沖で発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波は、東北地方を中心として北海道沿岸部を含む東日本一帯に甚大な被害をもたらした。日本各地沿岸域における河川津波遡上距離及び津波高の調査結果¹⁾などが報告されている。一般的に津波防潮堤等で防護された沿岸部に比べ、河川や河道内に設置されている構造物は津波に対して脆弱であり、河道部においては分散波列の形成など特徴的な水理現象が観測されている。こうした河口・河道部における津波の影響に対し、いくつかの実験的な研究²⁾がなされている。その一方で、2010年田中らは、チリ地震津波の東北地方河川への遡上を対象とした、複数の河川における、河口・河道部の遡上特性に関する比較研究³⁾を行なっている。津波の河川遡上は陸地遡上に比べ、津波の遡上速度が速く、より内陸に遡上することが知られており、上流部で越流した水が氾濫し河川周辺地域での被害が報告されている。このことより、河川の防災計画は緊急を要する課題であるが、中小河川も含めすべての河川への対応は難しいというのが実情である。

本研究では、2011年の東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波の遡上距離データ(北海道津波合同調査団)を使用し、北海道の河川を対象として、津波の河川遡上特性について考察する。その上で将来的に、ハード面及びソフト面における河川遡上対策の優先順位付け、また津波の対策方法の検討に期待する。

2. 研究対象及び使用するデータに関して

本研究では、北海道合同調査団によって集められたデータをを用いるものとし、北海道南部にある釧路地方・十勝地方・日高地方・胆振地方・渡島地方の41河川を対象とする。ただし、津波高さについては、河川の河口部ではなく一部、河口部付近のデータを使用しており、また遡上距離については、堰までの距離や落差工までの距離を含んでいる場合があることに留意されたい。さらに、各河川の遡上距離は図-1(北海道庁)に示すようにいくつかのグループに分け調査された。遡上距離は図-2に示すように津波の痕跡をもとに計測した。図-2は猿留川左岸の積雪表面に堆砂した砂の写真であり、津波遡上の痕跡と推察できる。地形特性は航空写真⁴⁾から推測し、河口部での堆砂状況、港湾及び導流堤の有無、狭窄部の有無、河道の形状、流路の確保性、植生についてまとめ、これらの地形特性と遡上距離データとの比較検証を行なった。

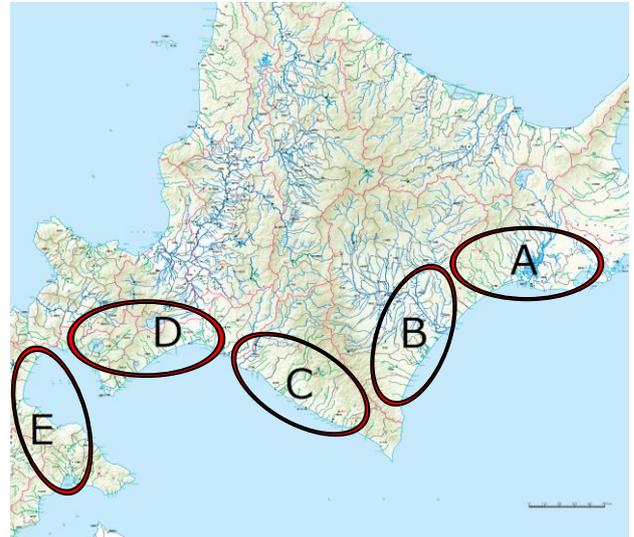


図-1 遡上距離データ収集のグループ分け(北海道南部)



図-2 津波の遡上痕跡

3. 各地域の河川における遡上特性

北海道沿岸部の河川は地域毎に河口・河道の特徴が異なる。例えば釧路地方には、新釧路川のような直接海に流入する一級河川があり、その流路はコンクリートで固定されている。一方、渡島地方では国縫川などの二級河川が調査対象であり、その流路は河岸に植生が繁茂していることで固定され、河口には導流堤がある。このような地域毎の特徴の違いを踏まえ、東から順に河川の遡上特性を考察する。ただし、津波の河川遡上において河口での津波高さが重要と考えられるが、すべての河川でデータが揃っているわけではないため、便宜的に地域毎におおよそ同程度の波高であると仮定する。

(1) Aグループの河川

このグループは釧路地方を中心としたグループである。図-3のAは新釧路川(一級河川)と茶路川(二級河川)にお

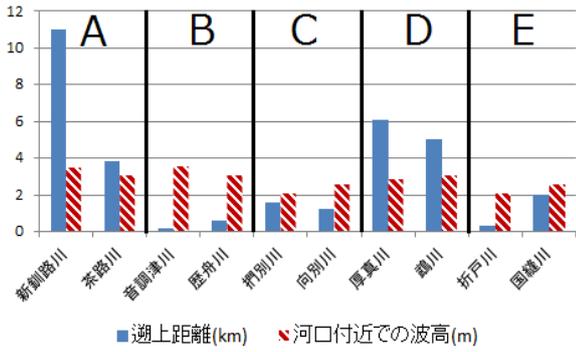


図-3 遡上距離と津波高



図-4 新釧路川の河口及び流路の地形



図-5 茶路川の河口及び流路の地形

ける遡上距離と津波高さを示す。津波高さはそれほど変わらないと仮定すると、遡上距離は大きく異なる。新釧路川は図-4 に示すとおり、河口部は釧路港に注いでいる。このことから、河口前面では浚渫により大きな水深が保たれ、底面摩擦による津波の減衰を招きにくい地形となっていることがわかる。また、流路が固定されていることから一度進入した波がその後も安定して遡上しやすい地形であるとも考えられる。一方、茶路川は砂浜海岸に注ぎ、河口は閉塞気味で、流路が固定されておらず交互砂州が観測される(図-5)。地形特性から判断すると波が進入しづらい河川であると考えられる。しかし、今回の津波では 3.8km 程度とかなり遡上している。茶路川では、今回発生した波の進行方向に対面する向きに河口部が存在しており、このことが遡上を助長する原因となっていると思われる。



図-7 音調津川の河口及び流路の地形



図-8 歴舟川の河口及び流路の地形

(2) B グループの河川

B グループは十勝地方を中心としたグループである。図-3 の B は歴舟川(二級河川)と音調津川(二級河川)における遡上距離と津波高さを示す。音調津川は図-7 に示すとおり、河口部右岸側に漁港がある。河口には狭窄部があり、流路は固定されておらず、河口から上流 150m 地点までは川幅 15~20m 程度の直線水路である。直線水路であり河口には漁港があることから比較的波が進入しやすいことが考えられるが、流路が固定されておらず、150m 程度しか遡上していない。一方、歴舟川は図-8 からわかるように、河道そのものの幅は大きい、河川全体が網状的になっており、河道の勾配がかなり緩いことが判断される。勾配が緩ければ緩いほど当然波は進入しやすくなるが、河道内の陸地面積が大きいので、河川遡上よりも陸地遡上に近くなることが予想され、流路が固定された河川に比べると、遡上距離はそれほど長くないと考えられる。

(3) C グループの河川

このグループは日高地方を中心とした河川である。図-3 の C は樺別川(二級河川)と向別川(二級河川)における遡上距離と津波高さを示す。樺別川は河口部に導流堤が見られ、また流路が固定されている(図-10)。向別川は河口部左岸側に漁港があり、流路は固定されているが河口部右岸側から砂州が伸びている(図-11)。二つの河川における導流堤及び漁港は、今回発生した津波が河川へ進入するのを妨げる位置に設置されており、本来地形特性から判断すると、両河川とも遡上しやすい河川と言えるが、実際にはあまり遡上していないことがわかる。



図-10 摺別川の河口及び流路の地形



図-11 向別川の河口及び流路の地形



図-12 厚真川の河口及び流路の地形



図-13 鶴川の河口及び流路の地形



図-14 折戸川の河口及び流路の地形



図-15 国縫川の河口及び流路の地形

(4) D グループの河川

このグループは胆振地方を中心としたグループである。図-3 の D は厚真川(二級河川)と鶴川(一級河川)における遡上距離と津波高さを示す。図-12 に示すとおり、厚真川は河口に狭窄部があるものの、河口右岸側には苫小牧港があり、河口部以外は流路が固定されている。一方鶴川は、河口左岸側から砂州が伸びており、河川全体で流路が固定されていない。しかし、砂州部より上流部では、河口幅が大きく、さらに河口付近から徐々に川幅が減じていく地形を有しており、遡上するとともに津波エネルギーが集中しやすくなっている(図-13)。このため、流路の特性は厚真川に比べかなり遡上しにくいものとなっているにもかかわらず、鶴川も厚真川と同程度に内陸まで遡上していることがわかる。

(5) E グループの河川

このグループは渡島地方を中心としたグループである。図-3 の E は折戸川(二級河川)と国縫川(二級河川)における遡上距離と津波高さを示す。図-14 に示すとおり、折戸川は河口部に導流堤、右岸側に消波堤がある砂浜海岸に面している河川である。河岸に植生があるため流路は固定されている。国縫川は河口部に導流堤があり、河口部付近以外は植生により流路が固定されている(図-15)。いずれの河川も、同じような形状地形を有しているが、折戸川の導流堤は砂浜の上であり、国縫川の導流堤は海洋に直接繋がっている。この違いにより、折戸川では津波エネルギーが河口部の砂浜部分で減衰した後、河道に進入するが、国縫川では河口部でエネルギーが減少することなく進入することが予想される。そのため、同程度の津波高さと仮定すると、遡上距離に大きな違いがでたと考えられる。

表-1 河川の分類 (左:本研究による分類, 右:田中らによる分類)

<p>Type 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河口は開放的, あるいは部分閉塞. ・港湾に注ぐ, 及び河口部に非縮流型の導流堤があり, 河口周辺をコンクリート護岸で固定. ・河道内に砂州がなく河岸に植生が繁茂し流路が固定. <p>Type 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河口は部分閉塞, あるいは閉塞. ・河道内に砂州が見られる. ・縮流型の導流堤あり. <p>Type 2'</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Type 2 の中でも特に河川が網状的になっている. 	<p>Type 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ・港内に注ぎ, 河口周辺をコンクリート護岸で固定. ・湾内に注ぎ, 河口周辺をコンクリート護岸で固定. ・非縮流型の導流堤あり. <p>Type 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・砂浜海岸に注ぎ, 導流堤なし. ・砂浜海岸に注ぎ, 縮流型の中導流堤あり.
---	--

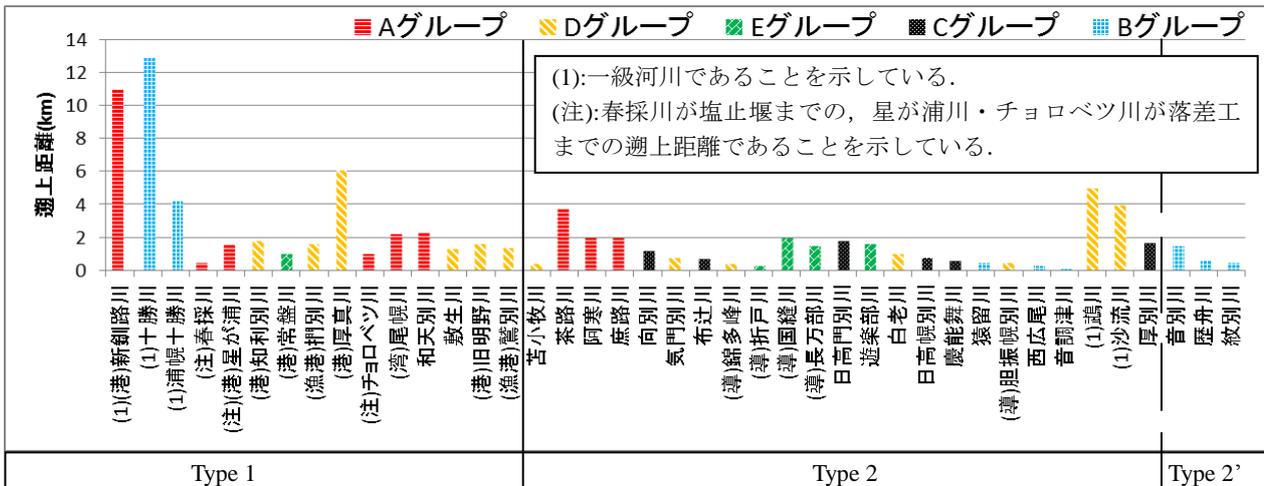


図-16 全ての河川の遡上特性

4. 地形特性に応じた津波の遡上特性

以上に示したように, それぞれの河川における津波遡上特性について考察すると, 河口部の地形特性及び, 河道の安定性といった要素が遡上距離と深く関係しているといえる. そこで, 表-1 のように河川を分類し, 図-16 のように 41 河川全てについて, Type 1, Type 2 および Type 2' に分類した. 本研究における, Type 1, 2 の分類は基本的に河口部の閉塞状況, 河道の安定性に依っており, 田中らによる分類を北海道の河川に合わせたものである. 例えば, 前節で示したように新釧路川は港に注ぎ, 河口周辺をコンクリート護岸で固定されているため Type 1 に属しているが, 茶路川は河口砂州により閉塞気味になっており, 河道内には交互砂州が見られるため, Type 2 に属する. 一方, 前節でも示したように, 歴舟川のような網状的な河川は Type 1 及び Type 2 とは異なる性質を有するため, 田中らの分類に加え, 新たに網状的な河川を Type 2' として分類した. ここで, B グループを見ると, Type 2 よりも Type 2' の方で遡上距離が長くなっていることから, Type 2 よりも Type 2' の方が遡上しやすい地形であると予想される.

5. まとめ

Type 1 と Type 2・Type 2' とでは遡上距離が大きく異なることがわかる. このように, 港湾に注ぐ河川及び

流路が固定された河川ほど顕著な津波の遡上が認められることがわかった. 今後この成果が防災計画立案に有用であると考えられる.

謝辞

今回の研究を行うに当たり, 北海道津波合同調査団による調査結果, 海上保安庁海洋情報部から貴重な遡上データ・津波高さのデータ及び, 空中写真の提供を受けた. また, 北海道大学工学院環境工学フィールド工学専攻奥寺亮太氏には, 論文作成にあたり, 指導をたまわった. ここに記して, 謝意を表する.

参考文献

- 1) 水工学委員会, <http://committees.jsce.or.jp/hydraulic/>
- 2) 安田 浩保: 不等流を遡上する波状段波に関する実験とその数値計算, 寒地土木研究所月報, No. 658, pp.29-37, 2008
- 3) 田中 仁, Nguyen Xuan Tinh, 盧 敏, Nguyen Xuan Dao: 2010 年チリ地震津波の東北地方河川への遡上-河口地形と遡上特性との関連-, 水工学論文集, 第 55 巻, pp.1627-1632
- 4) 海上保安庁海洋情報部, <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/>