

秋田県の一級河川を対象とした塩分遡上と入退潮量に関する検討*

秋田大学工学資源学部 今井 勇士, 小此木 琢哉
秋田大学工学資源学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

河口では河川や海岸からの外力を受けてその地形が大きく変化している。河口域では淡水と海水が混合し、そのために複雑な環境となっている。そのため、独特の生態系が発達している。河川の淡水は豊富な水資源として我々の生活に恩恵を与えている。しかし、近年増加している異常気象は、海面上昇や沿岸災害だけでなく、波高の増加や濁水も引き起こすと予想されており、その影響により河川への塩水の侵入が増加することが懸念されている。そのため、塩水の遡上に関して精度よく観測、推定することは重要である。

そこで、本研究では河口タイプの異なる秋田県の一級河川である米代川、子吉川、雄物川を対象として塩分遡上と入退潮に着目した。

2. 研究対象領域

本研究の研究対象領域である米代川、子吉川、雄物川は秋田県を流れる一級河川である。研究対象領域の概要を図-1に示す。

米代川は秋田県北部を流れ、能代市において日本海に注ぐ一級河川である。流域面積 4100 km²、幹川流路延長 136 km となっている。米代川河口部の地形は、冬季の季節風による高波浪に起因した砂州の発達、並びに、冬季に発達した砂州が、春季の融雪出水や夏季の洪水流により消失するという季節的な変化を有する。この米代川特有の河口閉塞は右岸側によく発達し、その大きさは全長 400 m を越えることもある。

子吉川は、秋田県南西部に位置し、源流は鳥海山で、笹子川、鳥海川、石沢川、芋川等の支川を合流させ本荘市街地を迂回し日本海に注ぐ一級河川である。流域面積が 1190 km²、幹川流路延長は 61 km で、子吉川の感潮区間は、河口から 8 km 地点の二十六木橋の付近であり、感潮区河床勾配は 1/6509 と緩やかな勾配になっている。

雄物川は、南半分を流域とし、秋田の市街地である秋田市に流れる一級河川である。流域面積が 4710 km²、幹線流路延長は 133 km となっている。

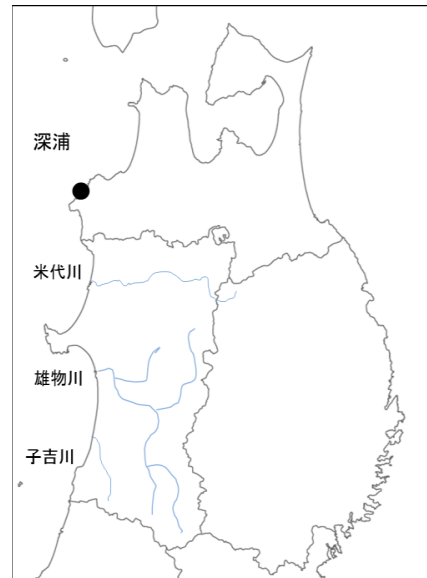


図-1 研究対象領域

*Investigation of Tidal Discharge and Salinity Intrusion due to Winter Storm Waves at the River Mouth of Akita Prefecture by Yushi Imai, Takuya Okonogi and Kazuya Watanabe

3. 塩分観測

それぞれの河川において塩分濃度の現地観測を行った（写真-1）。観測には多項目水質計（クロテック）を使用した。

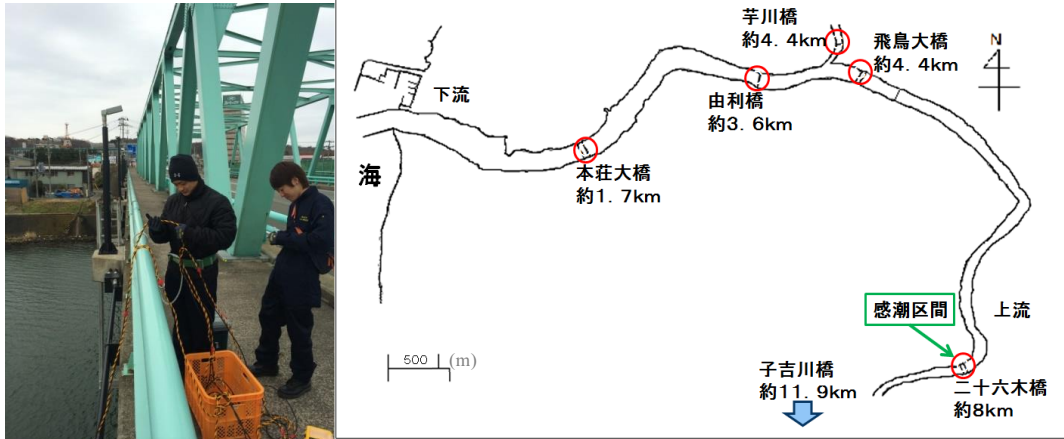


写真-1 観測の様子

図-2 塩分観測の結果（子吉川）

写真-1，図-2 に示されるように橋上から観測機器を下して塩分を測定した。その結果，子吉川において，本庄大橋，由利橋の二地点で塩分を観測した。その時の塩分の様子を図-3 に示す。

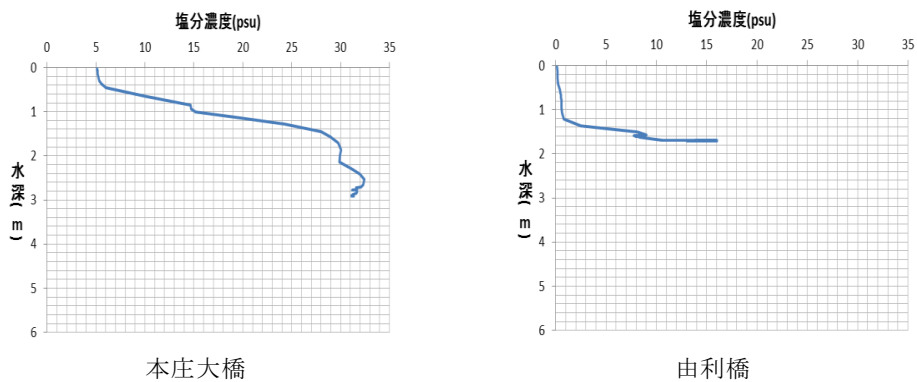


図-3 塩分の鉛直分布

子吉川において塩分が観測された11月26日の水位と潮位のグラフを図-4に示す。観測された日は河川流量が小さく塩分が遡上し易い条件となっていた。

また，同様に雄物川，米代川においてもそれぞれ10月と11月に観測を行ったが，塩分の観測は出来なかった。

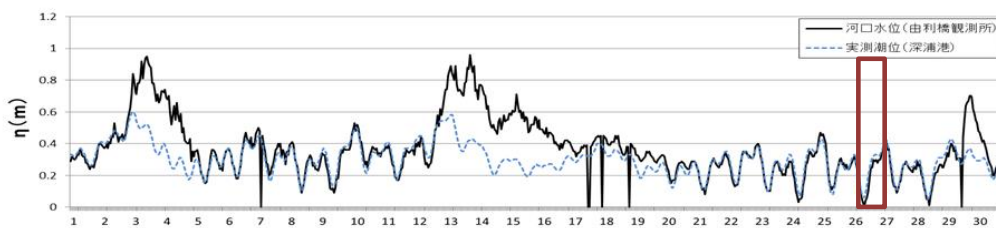


図-4 2014年11月の水位と潮位のグラフ

4. Wave set-up の定量評価

wave set-up による水位上昇量 $\Delta\eta$ は有義波高 H_o を用いて表現することができる。¹⁾²⁾

$$\Delta\eta = \alpha H_o \dots \dots \dots (1)$$

水位上昇を洪水起源と波浪起源のものとして分類するため、波高 $H_o > 2\text{m}$ データ及び、河口部における水位変動に河川流量が影響を及ぼさない流量をそれぞれ子吉川、雄物川では $100\text{m}^3/\text{s}$ 以下、米代川においては $500\text{m}^3/\text{s}$ 以下のデータを抽出³⁾することで、河口水位 η_R と潮位 η_T から wave set-up 量を得る。

$$\Delta\eta = \eta_R - \eta_T \dots \dots \dots (2)$$

式(1)と式(2)を用いて係数 α を求めることにより、wave set-up 量 $\Delta\eta$ を定量的に評価する。各河川における2012年の水位と潮位、水位上昇量、波高、流量のデータを図-5、図-6、図-7に示した。また、係数 α の変化を図-8、図-9、図-10に示す。

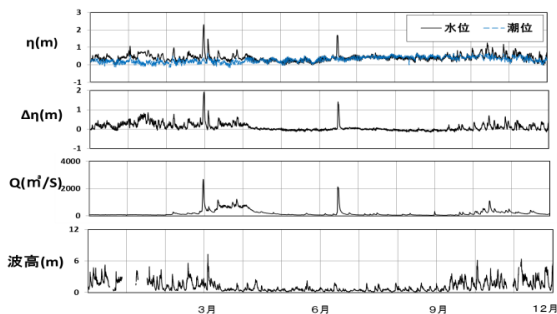


図-5 米代川水位データ (2012年)

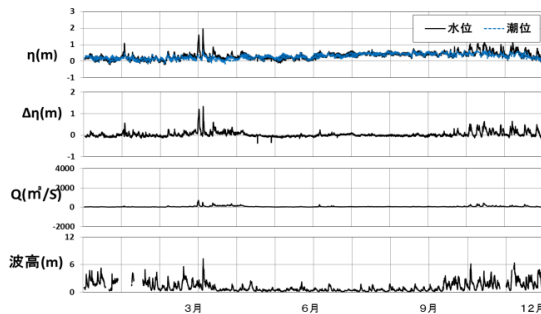


図-6 子吉川水位データ (2012年)

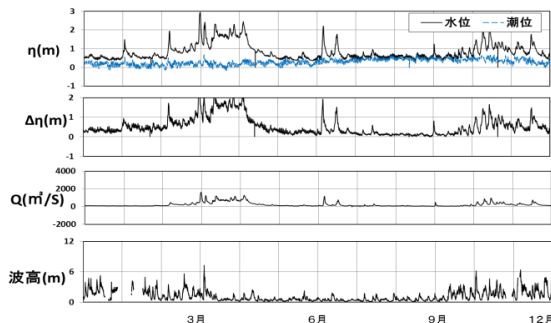


図-7 雄物川水位データ (2012年)

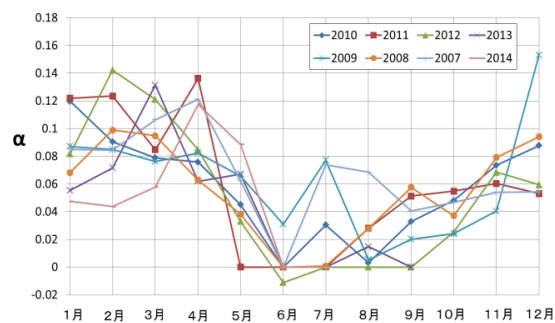


図-8 米代川における係数 α の変化

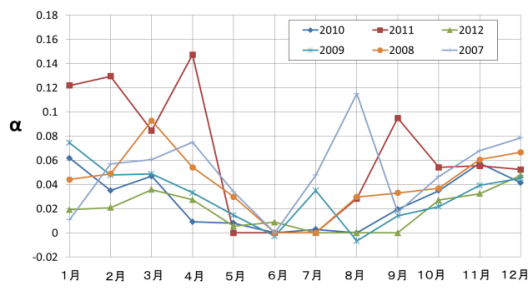


図-9 子吉川における係数 α の変化

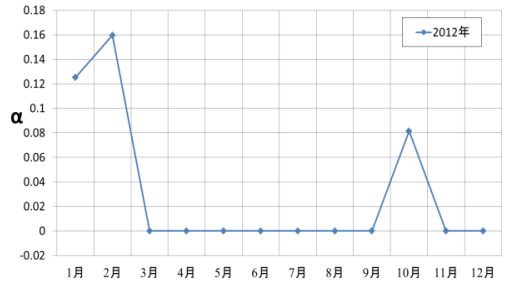


図-10 雄物川における係数 α の変化

図-5, 図-6, 図-7 から米代川, 雄物川, 子吉川の全ての河川において春先から夏季にかけて出水が認められる。また, 波浪のデータを見ると, 流量のデータと同様に全ての河川において, 冬季に大きな傾向を示し, 図-8, 図-9, 図-10 から約 10%程度の wave set-up による水位上昇が認められた。

5. 入退潮量の算定

次に, wave set-up の影響を評価するために入退潮量の計算を行った。wave set-up による流量と潮汐による流量, 河川流量による影響に分けて, それぞれの流量を計算した⁴⁾。

$$A_R \frac{d(\eta_{omeas} + \alpha H_0)}{dt} = Q_T + Q_W + Q_R \dots \dots \dots (4)$$

$$A_R \frac{d\eta_{omeas}}{dt} = Q_T + Q_R \dots \dots \dots (5)$$

$$Q_W = \alpha A_R \frac{dH_0}{dt} \dots \dots \dots (6)$$

η_{omeas} を実測潮位, A_R を感潮面積, H_0 を波高, Q_T を潮汐流量, Q_W を wave set-up 流量, Q_R を河川流量とした。図-11, 12, 13 は 2012 年 1 月及び 8 月の潮汐流量 Q_T と河川流 Q_R , wave set-up による流量 Q_W の算出結果である。米代川では感潮面積が子吉川に比べて大きいので, 潮汐流量の影響が大きくなっている。また, wave set-up による流量も $10\text{m}^3/\text{s}$ と大きな値を示した。

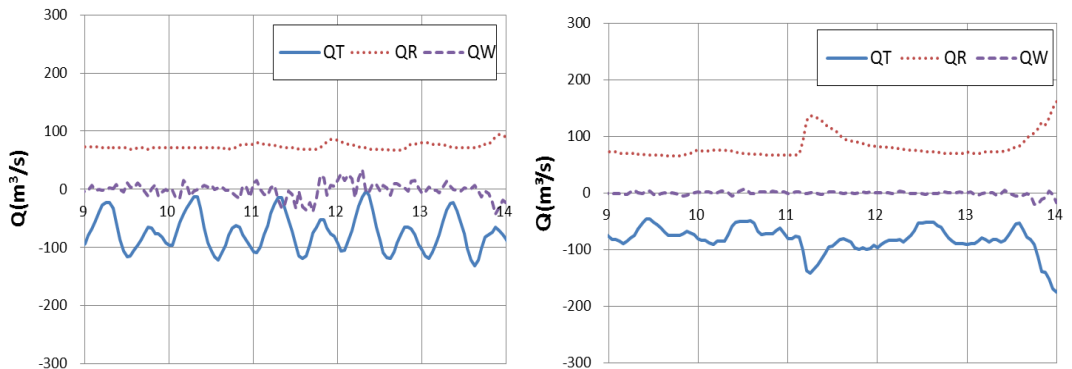


図-11 米代川における入退潮量の算出結果 (左: 2012 年 1 月, 右 2012 年 8 月)

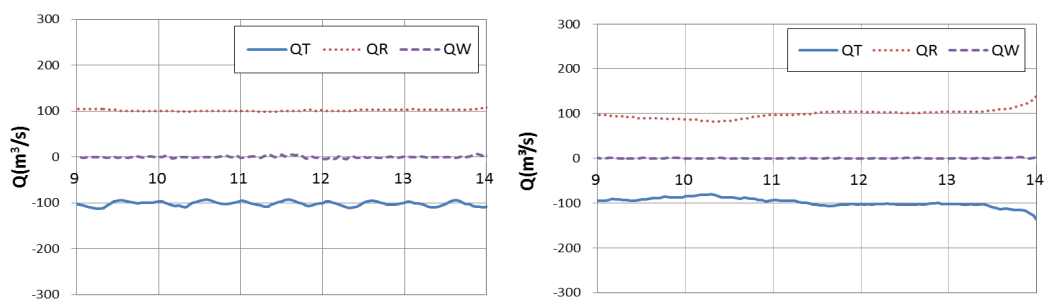


図-12 雄物川における入退潮量の算出結果（左：2012年1月，右2012年8月）

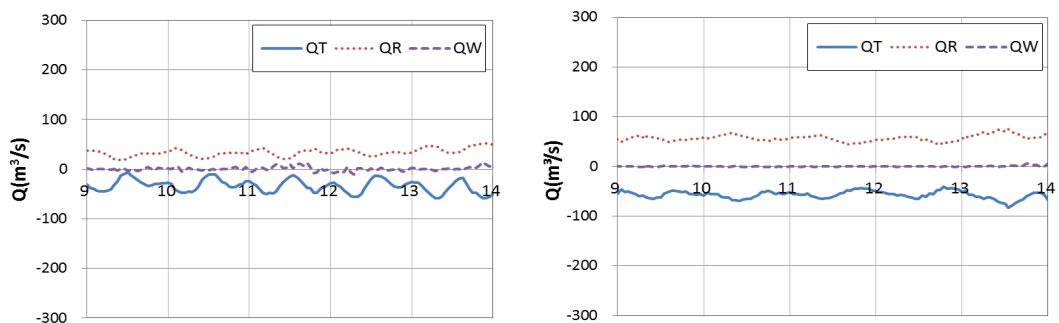


図-13 子吉川における入退潮量の算出結果（左：2012年1月，右2012年8月）

これらのことから，米代川は子吉川と比べて wave set-up の影響を大きく受けていると考えられる。

6. 写真解析による河口幅の変遷

米代川河口部に設置されている固定点カメラのデータを用いて写真解析を行った。写真データから得られた河口幅の変遷を図-14に示す。

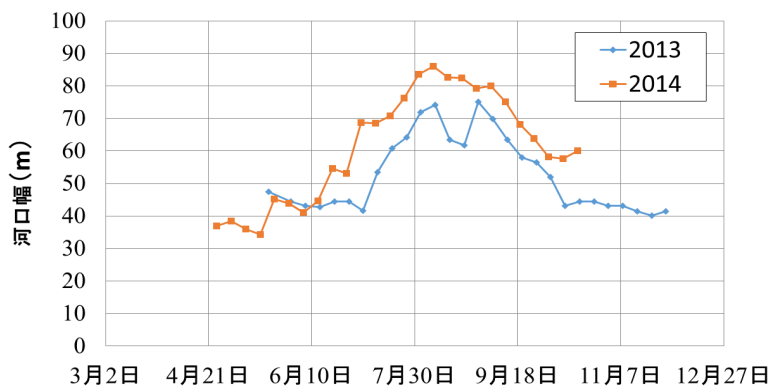


図-14 河口幅の変遷

カメラは中島閘門に設置されており、河口部を定点撮影している。データは2013年5月20日から12月27日、2014年4月25日から10月31日の期間に1週間毎に撮影されたものである。また、実際の河口幅と写真から得られた河口幅はオーダー的に一致することが分かっている⁵⁾。それにより、河口幅は夏季に最長で冬季に最短となり、最短で約40mまで閉塞することが分かった。

7. まとめ

今回の研究では、子吉川の3.6km地点にある由利橋まで、塩分が遡上している事が確認できた。また、wave set-up は冬季に大きくなり、米代川、雄物川、子吉川においては波高の約1割であることが分かった。米代川では wave set-up 流量は $10\text{m}^3/\text{s}$ と大きな値を示し、他河川に比べ wave set-up の影響を大きく受けている事が確認できた。さらに米代川では冬季において河口幅は最短で40mまで閉塞することが写真解析から明らかとなった。しかし、どの河川においてもデータは未だ少なく、河口閉塞の影響による塩分遡上をさらに精度よく捉えるためには、今後も観測を続けていく必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり国土交通省東北地方整備局、港湾局から貴重な現地データの提供を受けた。また、東北大学から研究機材の提供を受けた。ここに記して関係機関に対し謝意を表す。

参考文献

- 1) Nguyen Xuan Tinh, 田中仁, 長林久夫(2007):2006年秋冬季低気圧来襲時に観測された河口感潮域 wave set-up 高さ, 海岸工学論文集, 第54巻, pp.321-325.
- 2) Nguyen Xuan Tinh, 田中仁, 梅田信, 佐々木幹夫(2008):日本海に面した河口感潮域における冬季の wave set-up 高さ, 海岸工学論文集, 第55巻, pp.366-370.
- 3) 名倉華子, 田中仁, 梅田信(2010):米代川における冬季 wave set-up と塩水遡上に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), vol.66, No.1, pp.316-320.
- 4) 築田栄輝, 田中仁, 名倉華子, 梅田信, 佐々木幹夫(2009):日本海に面した河川感潮域における冬季高波浪時の wave set-up と入退潮量, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), vol.65, No.1, pp.391-395.
- 5) 神成寿樹, 伊東緋音, 渡辺一也(2014):現地観測と写真解析における米代川の wave set-up と入退潮量について, 土木学会東北支部講演概要集, II-15.