

子吉川を対象とした塩分遡上に関する検討*

秋田大学工学資源学部 古仲 陽穂
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

本荘平野において子吉川は古くから農業用水として利用されてきた。子吉川は良質な米を作り出す水として知られている。また、割合は少ないものの、他には水道および工業用水として利用されている。しかし、子吉川では時おり渇水による水不足に見舞われており、特に流量の低下時において、塩分の遡上も発生している。その遡上距離は河口から 10km 近くまでであり、塩分遡上時においては本荘市子吉地区までが揚水不能となっている。そのため、塩水の遡上に関してその状況を把握し、遡上の条件について検討することは非常に重要である。

そこで、本研究では秋田県の一級河川である子吉川を対象として塩分遡上と流量・波高などの外力との関係について検討を行った。

2. 研究対象河川

子吉川は図-1 に示されるように秋田県南西部に位置している。その幹川流路延長は 61km であり、流域面積は 1190km² となっている。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り、感潮区間は、河口から 8km 地点の二十六木橋の付近で、感潮区河床勾配は 1/6509 と緩やかな勾配になっている。

3. 塩分観測

塩分濃度の現地観測を行った（写真-1）。観測は 2013 年から行っており、データの取得については既往の研究（例えば^{1) 2) 3)}）を参考に多項目水質計を使用した。他河川においても塩分の鉛直分布は取得されている^{4) 5)}。子吉川の観測地点を図-2 に示す。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の測定を行った。それらのデータと秋田河川国道事務所が観測したデータを併せて検討を行った。子吉川



図-1 研究対象領域

において塩分の遡上が見られた一例として、2016 年 9 月 2 日における塩分の様子を図-3 に示した。2016 年 9 月 2 日は本庄大橋、由利橋、芋川橋の 3 地点で塩分の遡上を確認できた。同年の 9 月 15 日、10 月 27 日においても塩分観測を行った。その結果、9 月 15 日は、本庄大橋、由利橋、芋川橋、飛鳥大橋の 4 地点で塩分が確認され、10 月 27 日は本庄大橋、由利橋で塩分が観測された。9 月 2 日は前日までの流量が大きく、塩分の遡上距離が例年より短かった。

*Investigation of Salinity Intrusion at the Koyoshi River by Akiho Konaka and Kazuya Watanabe



写真-1 観測の様子

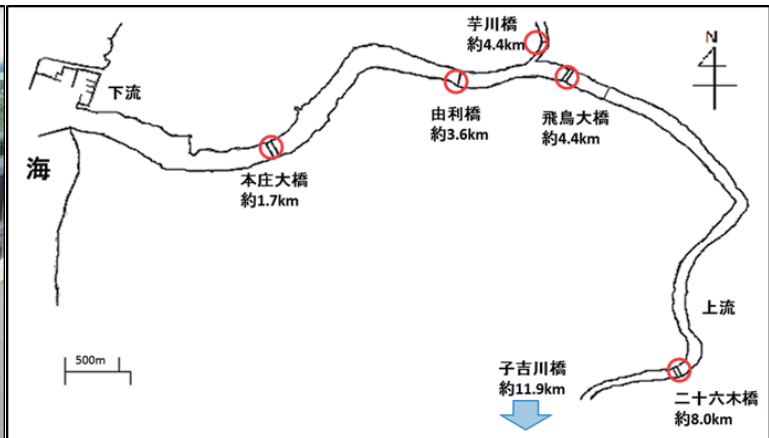
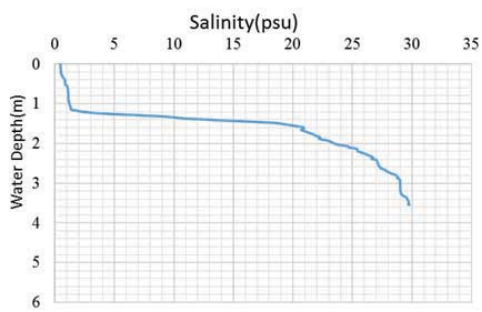
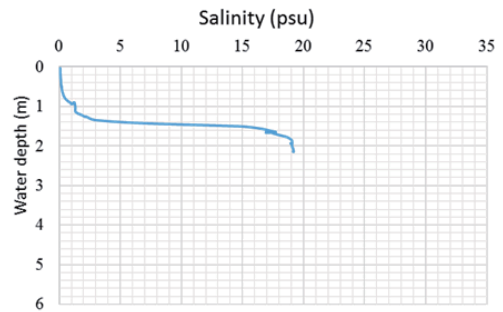


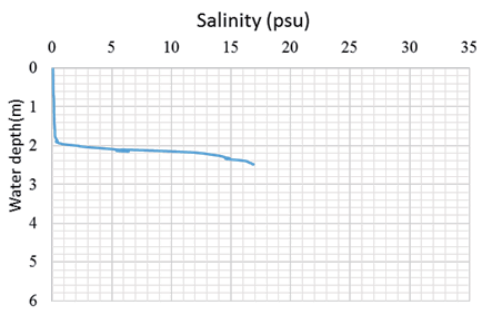
図-2 子吉川（観測地点）



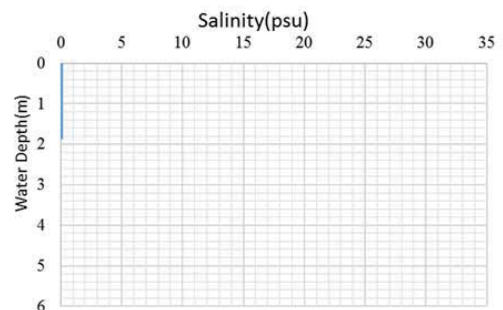
本庄大橋



由利橋



芋川橋



飛鳥大橋

図-3 塩分の鉛直分布

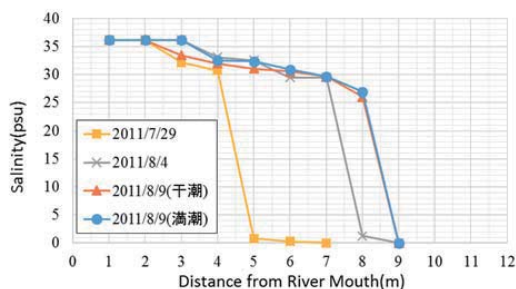


図-4 塩分遡上距離(2011年)

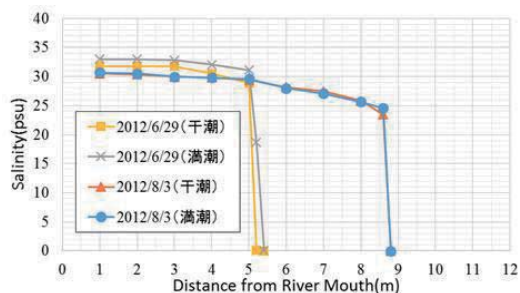


図-5 塩分遡上距離(2012年)

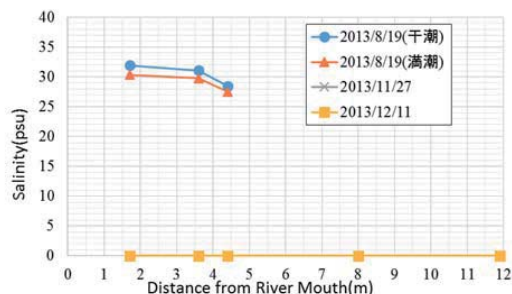


図-6 塩分遡上距離(2013年)

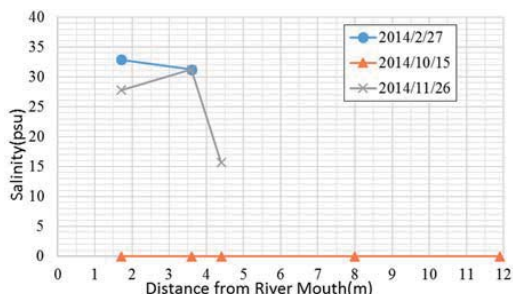


図-7 塩分遡上距離(2014年)

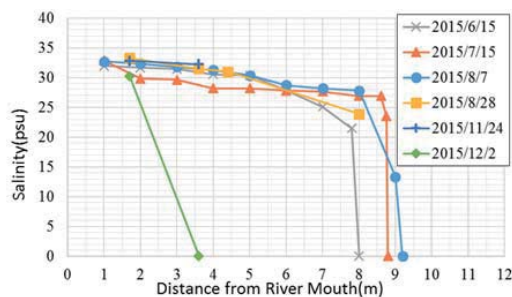


図-8 塩分遡上距離(2015年)

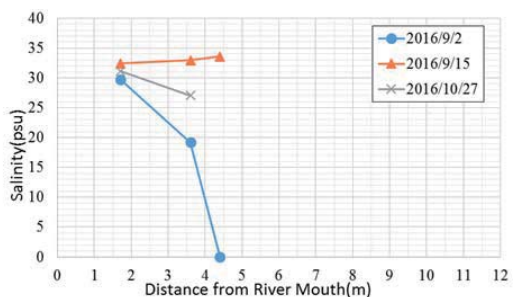


図-9 塩分遡上距離(2016年)

各年に行った塩分観測のデータから塩分濃度と河口からの距離とのグラフを図-4、図-5、図-6、図-7、図-8、図-9に示す。

これらのデータを見ると、夏季に顕著に塩分の遡上が見られ、最大で河口から9km地点まで塩分の遡上が見られた。これらは弱混合系の他河川と同様の傾向であった(例えば⁶⁾)。ただし、冬季に塩分の遡上が観測された原因としては、*wave set-up*が一因であると考えられる。また、子吉川において塩分が観測された2011年8月9日と2012年6月29日の水位： η_R と潮位： η_0 のグラフをそれぞれ図-10、図-11に示す。2011年8月9日と2012年6月29日の観測時は上げ潮時と下げ潮時のそれぞれで観測している。図-4における2011年8月9日のグラフと図-10を、図-5における2012年6月29日のグラフと図-11を合わせてみると、上げ潮時の塩分濃度が下げ潮時の塩分濃度に比べてわずかに大きくなっていることが認められる。

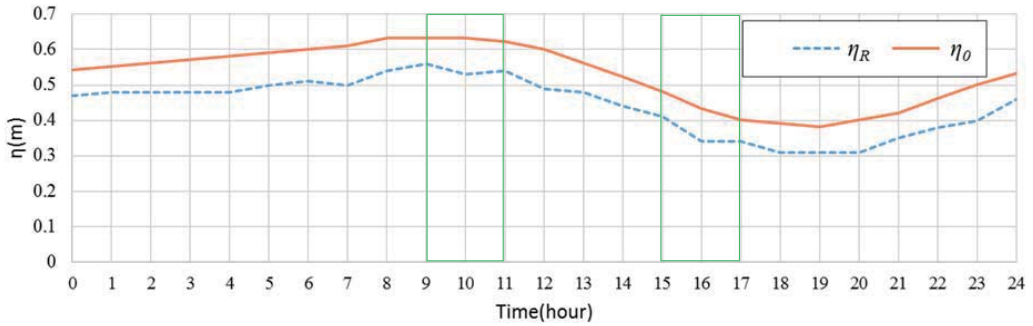


図-10 2011年8月9日の水位と潮位のグラフ

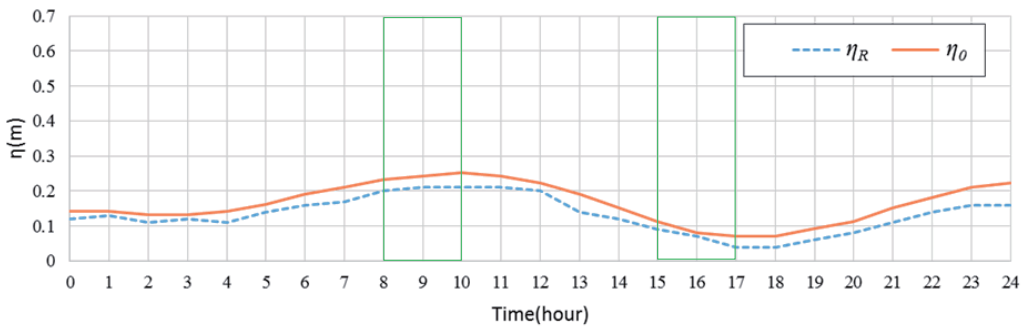


図-11 2012年6月29日の水位と潮位のグラフ

また、塩分濃度を河川流量： Q ， η_R ，水位差： $\Delta\eta$ ，波高： H_0 から関係性を調べ、図-12、図-13、図-14、図-15、図-16に示した。 $\Delta\eta$ は次の式(1)のように定義する。

$$\Delta\eta = \eta_0 - \eta_R \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 Q は河口より約8kmに位置する二十六木橋における実測値を用い、 η_R は、河口より約3.6kmに位置する由利橋観測所における実測値を用いた。また η_0 は深浦港のデータを、 H_0 は秋田港(欠測箇所については酒田港)を用いた。

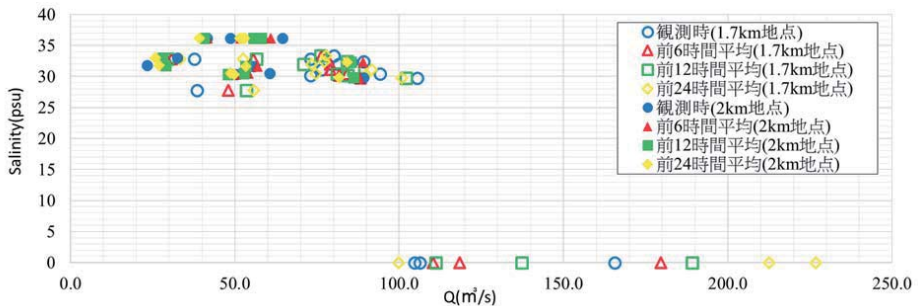


図-12 塩分濃度と河川流量 Q の関係(各時間平均)

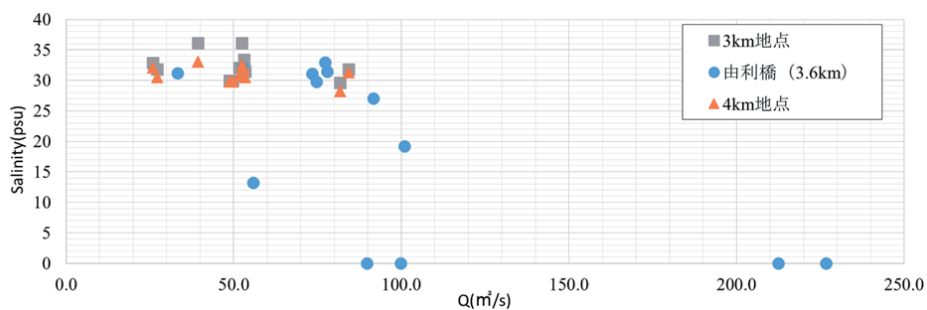


図-13 塩分濃度と河川流量 Q の関係(前 24 時間平均)

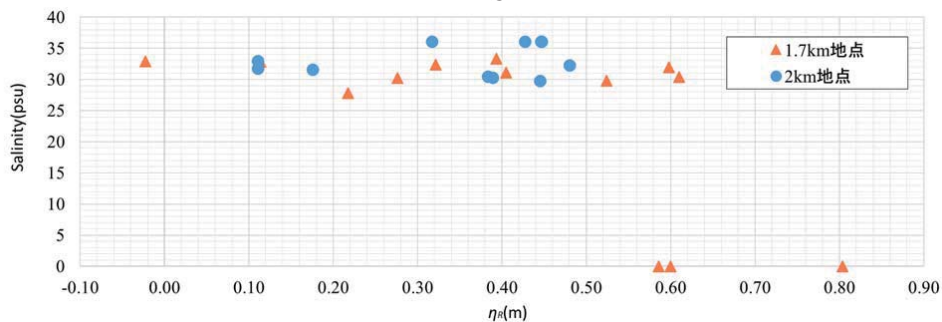


図-14 塩分濃度と水位 η_R の関係

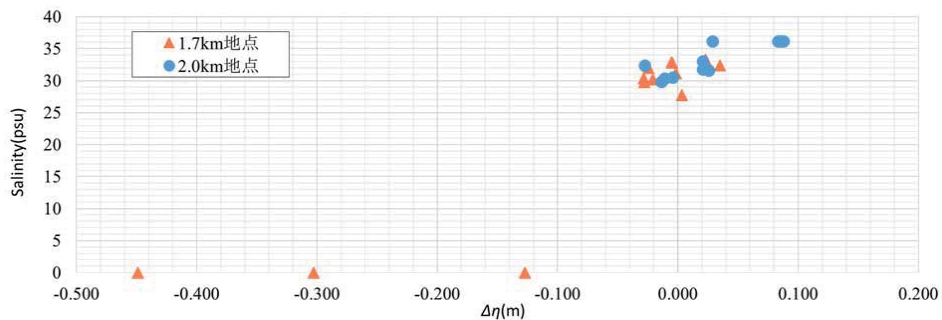


図-15 塩分濃度と $\Delta\eta$ の関係

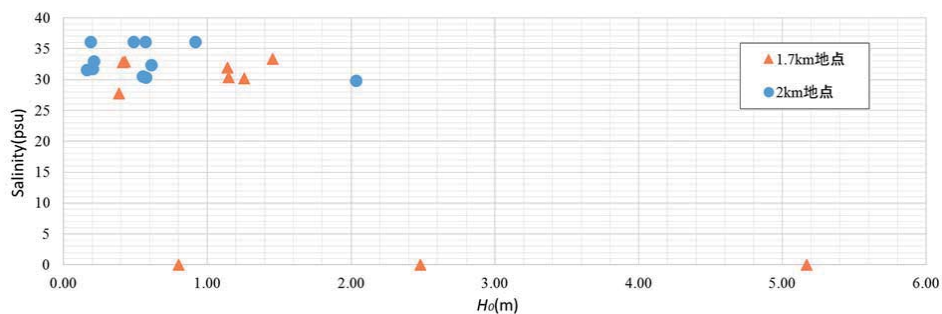


図-16 塩分濃度と波高 H_0 の関係

図-12 は観測時間における流量の値と塩分濃度の関係である。図-13 は流量の値と塩分濃度の関係であるが、図-12 と異なり流量は観測時から 24 時間前の平均値を用いたものとなっている。図-12 から河川流量が約 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以下の場合に高濃度の塩分が遡上していることが認められる。図-13 からは河川流量が約 $90\text{m}^3/\text{s}$ 以下の場合に高濃度の塩分が遡上していることが分かる。また、図-14 の塩分濃度と水位の関係から見ると、水位が約 0.60m 以下までは高濃度の塩分が観測されている。次に、図-15 の塩分濃度と $\Delta\eta$ の関係を見ると、 $\Delta\eta$ の値が -0.028m 以上の値では塩分が観測されている。さらに、図-16 の塩分濃度と波高 H_0 の関係を見ると、波高の値が小さい場合でも河口付近において高濃度の塩分が観測されており、波浪との関係性はあまり認められなかった。

4. まとめ

今回の研究では、子吉川において夏季に塩分の遡上が多く見られることが分かった。二十六木橋で観測される河川流量を基準とすると、流量が約 $100\text{m}^3/\text{s}$ を超えると塩分が観測されることが分かった。次に、水位を基準とすると由利橋における水位が約 0.60m を超えると塩分が観測されなかった。潮位と河口水位の差 $\Delta\eta$ が -0.028m までは、塩分の観測が見られるが、塩分の遡上が見られない場合のデータが少ないため、塩分遡上を精度よく捉えるためには、観測回数を増やす必要がある。また、波高と塩分濃度に関しては明らかな関係性が見られなかった。

そのため、今後はデータを増やすとともに使用するデータの精度について検討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秋田河川国道事務所、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) 渡辺一也，小此木啄哉，今井勇士：河口形状の異なる日本海側河川を対象とした塩分遡上と入退潮量に関する検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.71，(2)，pp.409-414,2015（DVD-ROM）。
- 2) 渡辺一也，神成寿樹，伊東緋音：日本海側河川を対象とした冬季高波浪時の wave set-up と入退潮量に関する検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），第 70(2)巻，pp.401-405,2014。
- 3) 三浦雄大，渡辺一也：秋田の一級河川を対象とした河口水理に関する検討，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，2016（CD-ROM）。
- 4) 久保成隆，平野亜希子，Kwon Sungill，Hoang Nagn Giang，大里耕司：多摩川河口における塩水遡上の現地観測と遡上特性，農業土木学会全国大会講演会講演要旨集，pp.674-675,2004。
- 5) 藤原広和，栴沢正樹，石川忠晴，西田修三，沢本正樹，西塚純一：小川原湖の塩分鉛直分布と河口水位変動に関する現地観測，海岸工学論文集，第 46 巻，pp.416-420,1999。
- 6) 横山勝英，大村拓，鈴木伴征，高島創太郎：筑後川河口域における塩水遡上特性と汽水環境について，土木学会論文集 B1（水工学），Vol. 67，No. 4，pp.I_1453-I_1458，2011。