

網走川の河床隆起部における塩水遡上の現地観測

A Field Observation of Salinity Intrusion in the River Bed in Abashiri River

北見工業大学工学部土木開発工学科	学生員	谷村和俊
北見工業大学工学部社会環境工学科	正会員	渡邊康玄
独立行政法人寒地土木研究所	正会員	吉川泰弘

1. はじめに

北海道東部に位置する網走湖は、オホーツク海から流入してくる海水と淡水が混ざり合う汽水湖である。網走湖と網走川の位置関係について図-1 に示した。上流から流れてくる湖水がオホーツク海へ流出するが、満潮時など海水位が湖水位より高い場合に海水が湖内に流入するメカニズムとなっている。どの川でも海からの塩水は流入し、遡上する段階で順流（上流から流下してくる河川水）によって塩水は押し戻されてしまうが、図-1 に見られるとおり、網走川はオホーツク海と網走湖を結ぶ河川長が7kmと短く、かつ湖水面と海水面との水位差があまりないために網走湖に流入するのである。特に大潮時にはオホーツク海から海水が網走湖に多く流入し、小潮時には網走湖に塩水は入らない傾向にある。

近年、塩水層の上昇が顕著になってきており、青潮やアオコといった被害が発生し、早急な対策が望まれている。従来まで、塩水遡上を抑制する方法として、気泡噴流による塩水遡上抑制対策²⁾や鮭類捕獲施設である「やな」による塩水遡上抑制対策³⁾が報告されているが、気泡噴流による塩水遡上対策は鉛直方向の混合を促進させ塩水侵入長を低減させることが明らかにされている。しかし、生態系への影響・装置の維持管理において、懸念が残る。また、「やな」による対策は、やな直下流と直上流で擾乱・混合により塩水遡上が抑制されているような変化が見られず、やなを構造物による抵抗として考えた場合、3%の塩分量しか抑制されていないことが示されている。

網走川におけるマウンドによる塩水遡上効果に関する論文が報告されたが⁴⁾、定量的に明らかになっていない。そこで、本研究は網走川におけるマウンドの塩水遡上抑制の程度について検証することとした。具体的には、マウンド前後の塩分濃度・密度・流速等を調べて塩水遡上に関してマウンドの影響がどの程度あるのかを調べた。

2. 現地観測

(1) 観測地点と日時

平成20年7月に行った網走川下流河床高のデータをもとに、マウンドの選定を行った。河口と網走湖の間には河床隆起地点がKP5.5のマウンドとKP3.65のマウンドの2箇所存在する。隆起地点がKP5.5付近のマウンドでは蛇行部であるため、観測が困難と予想され

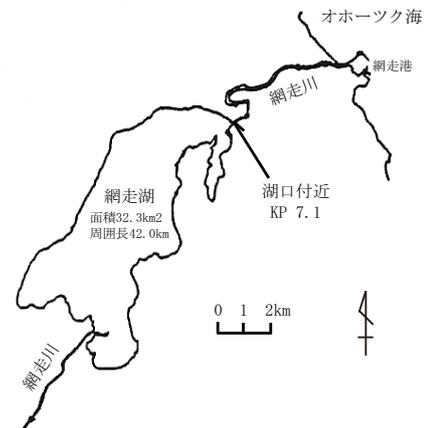


図-1 網走湖周辺図

た。このことから、直線部に存在するKP3.65のマウンドを対象することとした。マウンド周辺における観測地点として、マウンド下流側地点KP3.00をSt.1、KP3.20地点をSt.2とし、マウンド上流側地点KP4.10をSt.3、KP4.40をSt.4とした。網走川縦断方向河床高とマウンドの選定場所を図-2に、調査箇所を平面図を図-3にそれぞれ示した。観測地点において、上げ潮時1回、下げ潮時1回の計2回調査を行った。1回の調査では定点観測4ヶ所(St.1~St.4)について実施した。また、各観測地点は、河道横断方向の最深部とした。

調査日は、図-4に示す網走港の潮位を考慮し、大潮の下げ潮時である9月2日の6時50分~10時50分における観測と小潮期の上げ潮時の9月23日の14時20分~17時30分における観測とした。なお、図-4には、観測箇所のSt.1、St.4及び隆起部のKP3.65の水位も合わせて示している。

(2) 観測項目と手法

観測方法は、流速測定がADCPにより定点観測4地点において、観測時間10分間隔、層厚10cmで流向・流速を観測するとともに、水質計を鉛直方向に降下させ、定点観測4地点において、時間間隔10分、層厚0.1m間隔で川の底面まで鉛直分布を観測した。流速、塩分濃度、水温、密度の観測を行った。定点観測4地点の観測概要については図-5に示した。

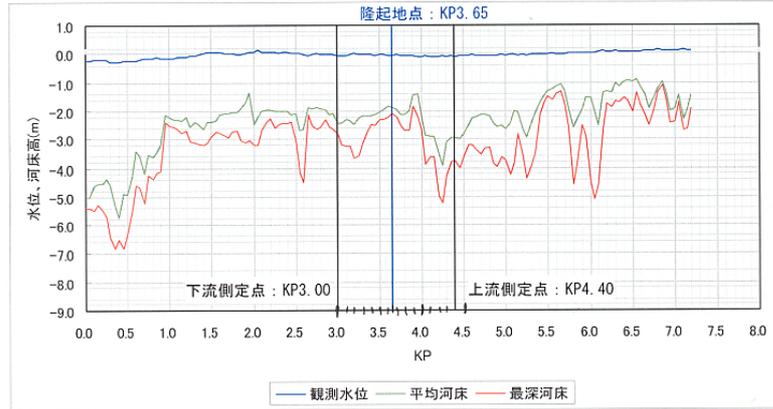


図-2 平均・最深河床高縦断面図



図-3 測量位置図

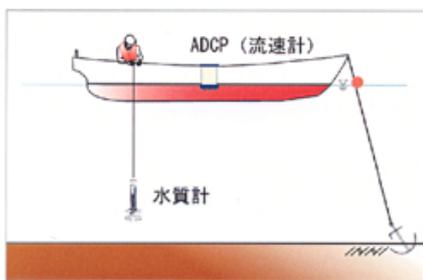


図-5 観測概要図

3. 現地観測結果

淡水・塩水の混合の程度を把握することで、塩水遡上抑制効果の検証を行う。2日間で得られたマウンド前後の定点観測4地点であるSt.1～St.4の密度、縦断流速、塩分濃度、水深のデータをもとに、塩水と淡水の混合形態の把握を試みた。マウンドが塩水遡上へ与える影響を評価するために、河床隆起部の下流部(St.1・St.2)と上流部(St.3・St.4)において、リチャードソン

数と C_s/C_b による塩分濃度の比の経時変化を見ることとする。

(1) リチャードソン数による混合形態

リチャードソン数によって、塩水・淡水の混合が把握可能である。塩水と淡水の境界面を分ける方法として、0～10psuまでを淡水層、11～29psuまでを混合層、30psu～を塩水層(ただし、混合層のみのデータしかない場合は11～20psuを上層、21～29psuを下層として考える)として分け、それぞれの層における平均の密度・縦断流速を求め、式(1)で表されるリチャードソン数を算出した。

$$R = \frac{\Delta\rho/\rho_2gh_1}{\Delta u^2} \quad (1)$$

ここで、 $g = 9.8(\text{m/s}^2)$ 、 $\Delta\rho = \rho_2 - \rho_1(\text{kg/m}^3)$ 、 h_1 : 上層の水深(m)、 $\Delta u = u_2 - u_1(\text{m/s})$ (下層の流速-上層の流速)流速方向は、順流方向を+(海へ流れる方向)、逆流方向を-(湖へ流れる方向)とした。また、添字1は上層の値、添字2は下層の値である。式(1)よ

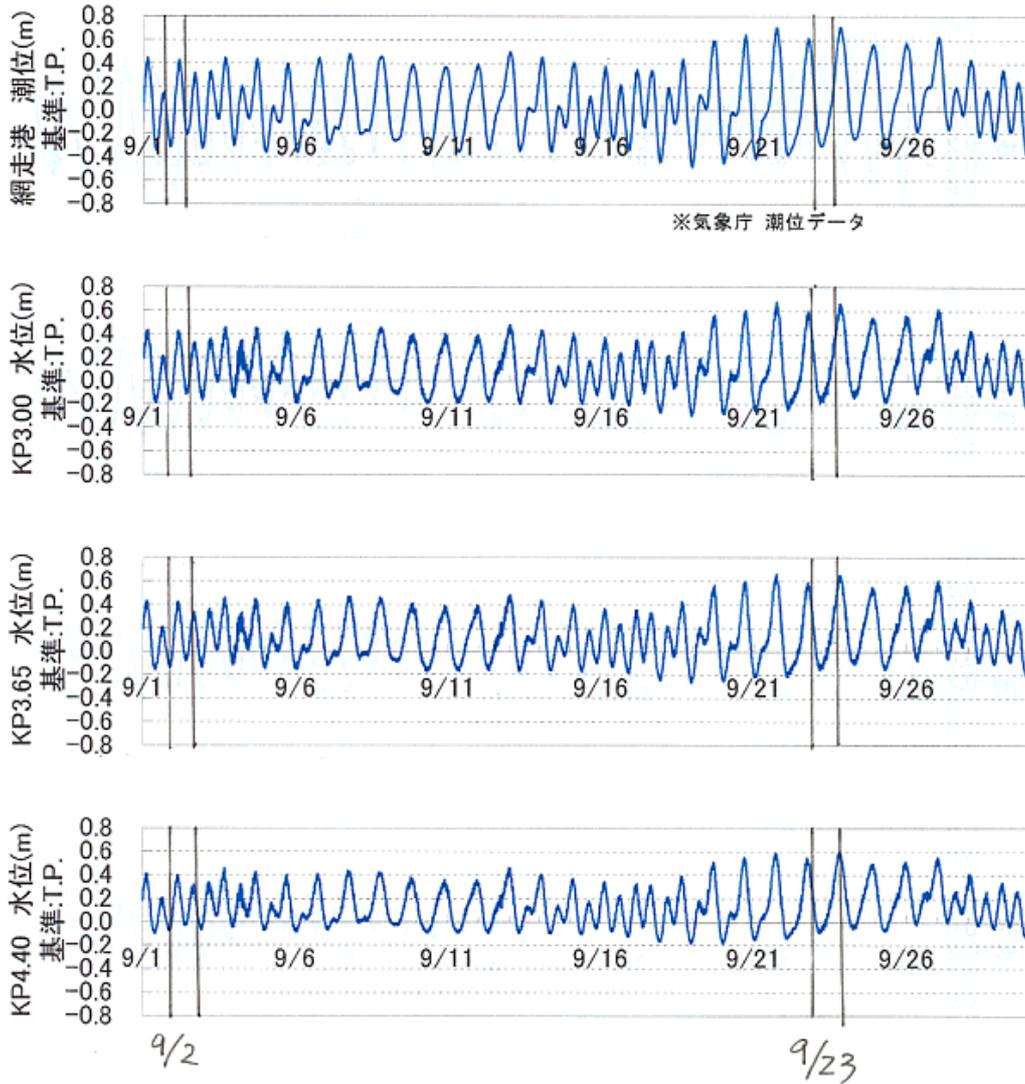


図-4 9月網走港, 網走川水位

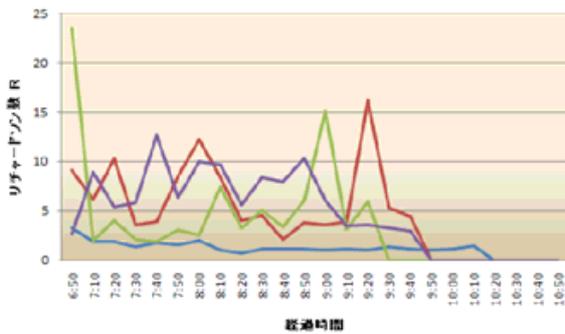


図-6 9月2日リチャードソン数の変化

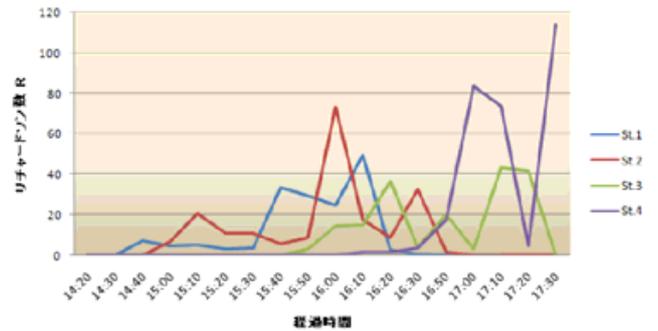


図-7 9月23日リチャードソン数の変化

り、 R が大きければ混合されていないとし、 R が小さければ混合しているとした。

9月2日、9月23日それぞれの時間経過に伴うリチャードソン数の変化を図-6、図-7に示した。

(2) C_s, C_b を用いた混合形態

続いて、表層断面塩分濃度と低層断面塩分濃度の比を用いて鉛直混合形態を表すことを考える。鉛直混合形態の分類の目安として C_s/C_b の値を用いることとした。 C_s : 表層断面塩分濃度、 C_b : 低層断面塩分濃度とすると、 $C_s/C_b = 0.1$ で弱混合、 $0.1 < C_s/C_b < 0.5$ で

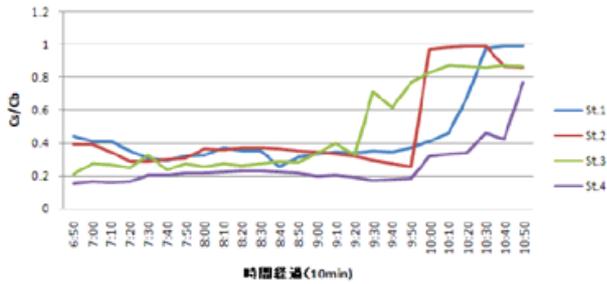


図-8 9月2日におけるCs/Cbの変化

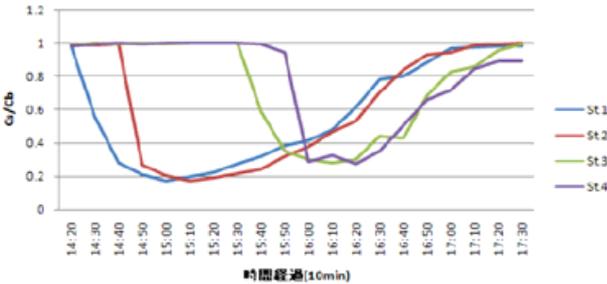


図-9 9月23日におけるCs/Cbの変化

緩混合、0.5 C_s/C_b で強混合と分類される⁵⁾。下げ潮時及び上げ潮時の結果をそれぞれ結果を図-8、図-9に示した。

(3) 河床隆起部が塩水遡上へ与える影響

a) 下げ潮時(9月2日)

下げ潮時において、上流から流出してくる塩水の流れとともに、リチャードソン数の経時変化を見ると、St.4 St.3と塩水が流出する場合にSt.4に比べSt.3の方が全体的にリチャードソン数の値が小さくなっている。また、St.3よりSt.4の方が全層淡水化している時間が遅くなった。St.3 St.2を比較すると、St.2の方が大きい値を示しており、St.2 St.1を比較すると、St.1の値が小さいことがわかった。一方、 C_s/C_b の値を見ると、どの時間帯でも緩混合、強混合の値を示している。マウンド上流側(St.4 St.3)とマウンド下流側(St.2 St.1)における塩水のぬける時間を比較すると、マウンド上流側地点では塩水が下流に移動していく速度が遅いのに対し、マウンド下流地点では塩水が下流に移動していく速度が速いという結果になった。

以上の結果をまとめると以下のとおりになる。St.4の時点で塩水は混合されており、マウンドを通った後のSt.2では混合されていない。しかしながら、St.1では混合されている。このことは、混合されたものがマウンド直下流で成層化し、St.2からSt.1へ向かう間に混合されたことになる。

また、本来であれば、St.3より上流のSt.4の方が淡水化する時間が早いはずであるが、実際には遅くなっていた。この現象はSt.3付近において凹地が存在していることから、この部分には塩水が常時留まっていたことによるものであり、マウンドによる何らかの現象

が生じたものではない。

塩水の移動する速度に関しては、マウンド上流で遅く、マウンド下流で速いことから、マウンドは下げ潮時の塩水が流出する現象に対して抵抗として働いていることが把握された。

b) 上げ潮時(9月23日)

上げ潮時において、下流から侵入してくる塩水の流れとともに、リチャードソン数の経時変化を見ると、St.1 St.2へと塩水が侵入する場合に、リチャードソン数に変化が見られず、St.3 St.4では、St.3よりSt.4の方が顕著に大きい結果を得た。

一方、 C_s/C_b の値では、全ての地点において、塩水の先端が通過する際は、緩混合を示すが先端が通過した後は強混合へと変化している。

マウンド下流側地点(St.1 St.2)における塩水の侵入速度はマウンド上流側地点(St.3 St.4)に比べ、遅いことがわかった。

以上の結果から、St.1、St.2で混合された塩水がマウンドを通過して、混合されたままSt.3に到達したと考えられる。混合形態に対する影響はないものの、塩水の侵入する速度に関しては、マウンド下流側で速く、マウンド上流側で遅いことから、塩水抑制効果はあったといえる。

4. おわりに

本研究で以下のことがわかった。

- ・塩水の移動する速度に関して、マウンド上流では遅く、マウンド下流では速いことから、下げ潮時のマウンドによる抵抗となる。
 - ・上げ潮時における塩水の侵入する速度に関して、マウンド下流側では速く、マウンド上流側では遅いことから、塩水抑制効果はあったことをいえる。
- 今後は塩水挙動について理論解析や数値計算ととの比較・検討も考慮し、検証していく。

謝辞 本研究に際し、貴重な観測データを御提供された網走開発建設部ならびに国際航業株式会社に御尽力頂いたことここに記して深潭の意を表す。なお、本研究は、国土交通省北海道開発局の網走湖水環境改善施策検討委員会の一環として行われた。

参考文献

- 1) 北海道開発局網走開発建設部発行パンフレット：網走湖の水環境
- 2) 小松利光、孫双科、安達貴浩、川上義幸、米須清彦：感潮河川における塩水遡上の人工的制御法についての研究、水工学論文集 第40巻 p517-524
- 3) 吉川泰弘、安田浩保、渡邊康玄：透過性構造物による塩水遡上抑制効果についての研究
- 4) 池永均、大束淳一、三沢大輔、内島邦秀、櫻山和男、山田正：網走川における塩水遡上特性と塩水楔の形態変化に関する研究
- 5) 川上哲生：感潮都市河川における塩水流動と水質に関する研究