

石狩川の感潮区域における大気の影響を踏まえた海水と淡水の相互作用

Interaction between seawater and freshwater based on atmospheric effects in tidal areas in Ishikari River

北海道大学工学部環境社会工学科国土政策学コース ○学生員 田中健人(Kento Tanaka)

北海道大学大学院工学研究院

正員 山田朋人(Tomohito Yamada)

1. 背景と目的

塩水遡上とは河川の感潮区域において海水が河川の流下方向に対して逆流する現象である。塩水遡上によって農業用水、工業用水、生活用水への利水に関する被害や水生生物などの環境に関する被害が生じる恐れがある。塩水遡上の要因としては降水量の減少による河川水位の低下、風向風速、潮汐による海面水位の変動などが挙げられる¹⁾。よって、塩水遡上を考えるにあたって河川、海、大気の相互作用に注目する必要がある。

塩水遡上を起こす要因として最も注目すべき要因は降水量である。塩水遡上は河川の流量が少ない時に発生しやすいため、流量に直結する降水量に注目することが重要である。また、風向風速も塩水遡上の発生に影響を及ぼす。下流から上流向きの風が吹くことで水位は無風時よりも上昇し、界面水位は低下する。一方、上流から下流向きの風が吹くことで水位は低下し、界面水位は上昇する²⁾。また、潮汐も塩水遡上の発生に影響を及ぼす。満潮の時は海面水位が上昇し塩水は遡上しやすくなる。また、潮位変動は弱混合、緩混合、強混合といった塩水と淡水の混合度合いに影響する。潮位変動が小さい場合、塩水と淡水の混合度合いが小さく塩水と淡水の二層に分かれる弱混合になりやすい。一方、潮位変動が大きいと塩水と淡水の混合度合いが大きい強混合になりやすい³⁾。

石狩川は幹線流路延長 268km の北海道で最も長い河川であり、開発計画の中で蛇行部の直線河道化が進められ、河口域では直線河道で海岸線に対して直交して流入している。石狩川では前述した弱混合という形態で塩水遡上が発生する。石狩川の KP8km 付近には灌漑用水の取水口があり、千歳川の石狩川との合流部付近 (KP28.5km 付近)には工業用水と生活用水の取水口があるため³⁾、それらの地点まで塩水が遡上した場合、水質基準を満たさなくなり取水制限が発生する可能性がある。石狩川下流部において 2002 年 6 月下旬～7 月上旬の渇水による塩分濃度の上昇によって農業用水の取水停止が発生した。また、直近では 2021 年 7 月に石狩川と千歳川の合流部の少し手前の KP28.0km 付近まで塩水が遡上した。

本研究では、石狩川において過去の観測データや気候予測を用いて塩水遡上が発生する条件やその発生確率、その条件下での塩淡水境界面形状や塩水遡上距離を明確にすることを目的とする。

2. 用いたデータと研究手法

2.1 用いたデータ

2021 年 7 月の石狩川河口域の気象状況としては石狩アメダスにおける 1990～2021 年 7 月の降水量、風向、風速の 1 時間値を用いた。

2021 年 7 月の河口部の塩分濃度としては、北海道開発局が観測している 2021 年 7 月の石狩大橋(KP26.60km)における 1 層目(設置標高-1.1m)、2 層目(設置標高-1.6m)、3 層目(設置標高-2.0m)、4 層目(設置標高-2.4m)、5 層目(設置標高-2.8m)、6 層目(設置標高-3.2m)、7 層目(設置標高-3.6m)、8 層目(設置標高-4.0m)のデータと札幌大橋(KP15.00km)における 1 層目(設置標高-1.5m)と 3 層目(設置標高-2.4m)5 層目(設置標高-3.2m)の塩分濃度を用いた。天気図としては 1993 年 7 月、2003 年 7 月、2021 年 7 月の JRA-55 の気温、気圧、風速ベクトルを用いた。

2.2 研究手法

塩水遡上が発生した 2021 年 7 月の石狩アメダスにおける横軸が時間、縦軸が降水量のグラフを作成した。2021 年 7 月の石狩アメダスにおける横軸が時間、縦軸が風速のグラフを作成し、南東→北西の風向を赤で、北西→南東の風向を青で描画した。2021 年 7 月の札幌大橋と石狩大橋の塩分濃度データを用いて横軸が時間、縦軸が深さ、色が塩分濃度を表すグラフを作成した。

また、渇水期である 7 月の降水量と風向風速の平年との違いに注目した。石狩川流域のアメダスのデータを用いて 1990 年～2021 年 7 月の石狩川流域の流域平均の総降水量を求めた。風速風向では石狩アメダスにおける 1990 年～2021 年 7 月の風速風向の時系列データの 1 時間値を使用した。観測された風のベクトルを石狩川の流下方向に正射影し、1 時間値の月平均を求めた。

また、塩水遡上が起こる気象状況と温度の関係に注目し、1993 年 7 月、2003 年 7 月、2021 年 7 月の気温、気圧、風速ベクトルの天気図を JRA-55 のデータを用いて作成した⁴⁾。

3. 結果

3.1 2021 年 7 月の石狩川河口域の気象状況と塩分濃度

2021 年 7 月の石狩アメダスにおける総降水量は平年値 94.9mm に対して 6.0mm と 7 月を通して非常に少なく、7 月 8 日から 7 月 31 日まで無降雨が連続している。

図 1 に 2021 年 7 月の石狩アメダスにおける風速と風向を示す。南東から北西の風向を赤でプロット、北西から南東の風向を青でプロットしている。風は 7 月 1 日から 7 月 16 日まで南東風が連続し、7 月 16 日から 7 月 22 日付近までは一旦南東風が止むが、22 日付近からまた連続している。

図 2 に 2021 年 7 月の札幌大橋(KP15.0km)における標高ごとの塩分濃度を示す。図 3 に 2021 年 7 月の石狩大橋における標高ごとの塩分濃度を示す。図 2、図 3 より、塩分濃度は 7 月 23 日から上昇している。7 月 16 日から 7 月 22 日付近までは南東風が収まるため塩分は押し戻されることが予想されるが、7 月 22 日頃に再度南東風

が吹き始めると上昇している。千歳川の取水口までは到達しなかったが、このような南東風が連続する風の場合が7月16日から7月22日の間も続いていた場合には塩水遡上距離はより長くなり取水に影響が及んでいた可能性がある。

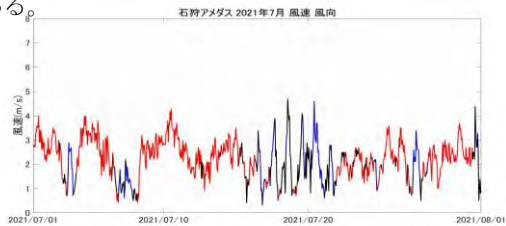


図1 2021年7月の石狩アメダスにおける風速(m/s)と風向(赤:南東→北西 青:北西→南東)

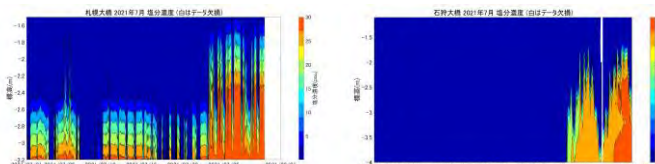


図2 2021年7月の札幌大橋と石狩大橋における標高と塩分濃度

3.2 気象状況の平年との違い

図4に1990年～2021年7月の石狩アメダスにおける風速の南東から北西成分の1時間値の月平均を示す。石狩アメダスにおける2021年7月の風速の南東から北西成分の1時間値の月平均は平年と比べて0.51m/sほど大きいことが分かる。図5に1990年～2021年7月の石狩川流域の流域平均総降水量を示す。2021年7月の流域平均の総降水量は平年と比べて100mmほど少なく、これは過去32年で最も少ない。2021年7月は南東風が卓越し、降水量が少ないという塩水遡上が起こりやすい条件が揃っていたといえる。



図4 1990年～2021年7月の石狩アメダスにおける風速の南東→北西成分の1時間値の月平均

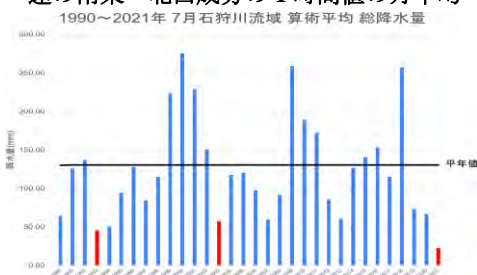


図5 1990年～2021年7月の石狩川流域の流域平均総降水量

3.3 塩水遡上と気温

1993年、2003年も7月に塩水遡上は発生しており、塩水遡上距離はそれぞれ28.5km、29.5kmであった。2003年の塩水遡上距離は1988年に観測が始まってから

最長である。図4と図5を見ると、1993年と2003年はともに南東風は平年よりも卓越しており、総降水量もともに平年値の半分を下回っていることから、塩水遡上が起こりやすい条件であったことが分かる。図6には1993年7月、2003年7月、2021年7月の気温、気圧、風速ベクトルを示す。天気図に注目すると、1993年と2003年の7月はともにオホーツク海高気圧が発達しており北海道の気温は低くなっている。2021年は太平洋高気圧が発達しており北海道の気温は高くなっている。

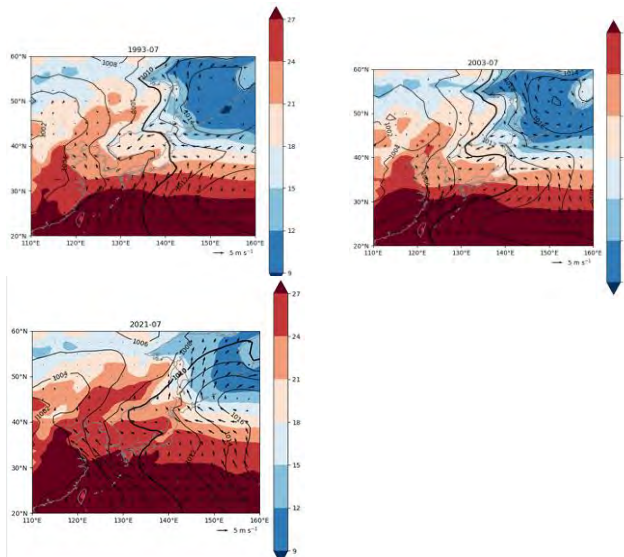


図6 1993年7月 2003年7月、2021年7月の気温、気圧、風速ベクトル

4. まとめ

2021年7月は南東風が卓越し、降水量が少ないという塩水遡上が起こりやすい条件が揃った年であった。平年との比較でもそのことは明らかである。また、1993年、2003年も塩水遡上は発生しており、平年に対して南東風が卓越し降雨量が少ないという塩水遡上が起こりやすい条件下であった。しかし、1993年と2003年は気温が平年より大きく低いのに対し、2021年は気温が平年よりも高かった。今後は風の影響も考慮した二層流の数値計算を行い、塩水遡上が起こりやすい条件での塩淡水境界面形状や塩水遡上距離を明確にすることを目指す。

謝辞:本研究は科研費基礎研究(B)22H01594 および文部科学省「気候変動予測先端研究プログラム」JPMXD0722680734の支援を受けて実施されました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 有田正光・池田裕一・中井正則・中村由行・道典康治・村上和男 (1998):水圏の環境, 東京電機大学出版局
- 2) 横尾啓介・吉田静男・荒川範彦(2004):河口二層流に与える風の影響, 海岸工学論文集, 第51巻, pp361-365
- 3) 小倉和紀・宮崎俊行・唐澤圭(2003):石狩川下流部における塩水遡上による利水への影響予測について, 北海道開発局平成14年度技術研究発表会
- 4) Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics J. Met. Soc. Jap., 93(1), 5-48 (DOI: 10.2151/jmsj.2015-001).