

2023年2月28日- 3月1日
第18回ヤマセ研究会

石狩川河口域における 塩水遡上発生時の 水理・水文学的要因の分析

北海道大学 大学院工学研究院

石原道秀 (mail:m.ishihara@eng.hokudai.ac.jp)

田中健人、山田朋人，星野剛，

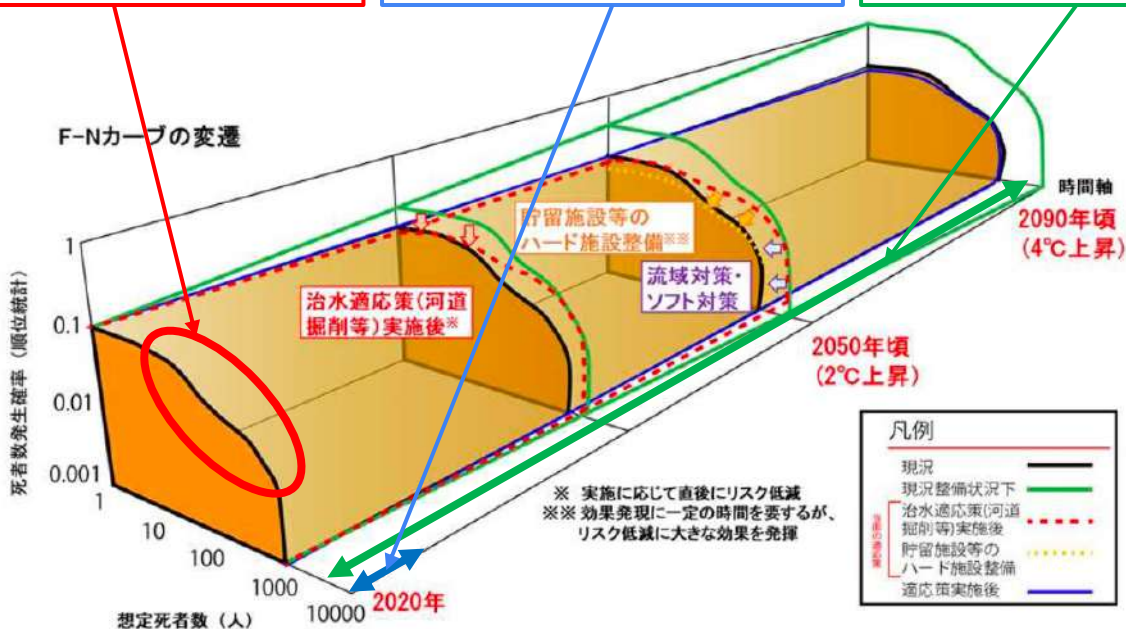
Sourabh Shrivastava、清水啓太，Xiao Huiru，

サブ課題2: 地域・流域の適応策推進に向けた 気候変動予測情報の創出・極端現象メカニズムの解明

ii-c リスク増大箇所
(ティッピングポイント)

ii-b 近年の極端現象にお
ける気候・気象要因特定

ii-a 被害規模の確率
評価、時間軸上の検討

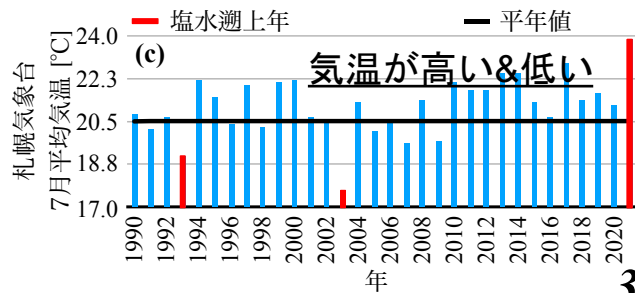
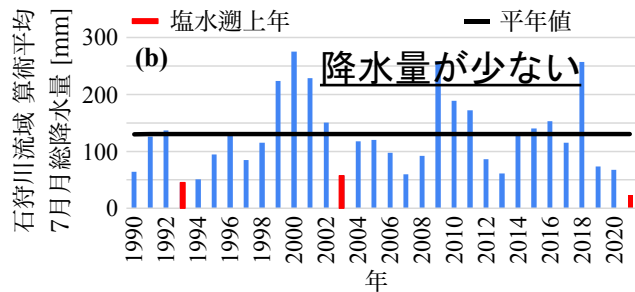
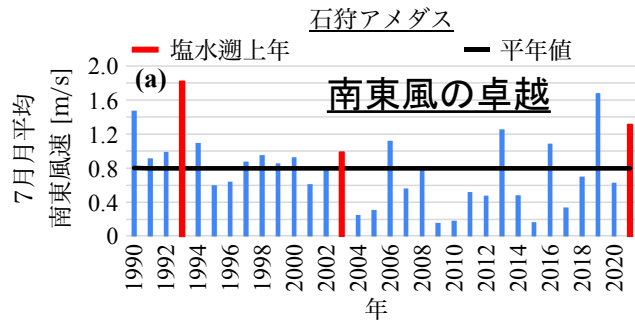


石狩川下流域における塩水遡上の概要

	塩水遡上距離 (km)	備考
1993年7月	KP28.5	
1995年	KP28.5	
2002年6月下旬 ~7月上旬	KP28.0	農業用水の取水停止(灌漑1)
2003年7月中旬	KP29.5	過去観測で最も塩水遡上距離が長い
2004年8月上旬	KP27.0	
2021年7月	KP28.0	過去最も気温が高く、降水量が少ない



記録的少雨により石狩川の流量が減少したことで塩水が取水口付近(KP28.0)まで到達



自己組織化マップによる塩水遡上発生年の気象場分類

【データ】ERA5（空間解像度は0.25度：20~30km）

【領域】北海道領域、日本全域の二つ

【変数】7月平均海面更正気圧（SLP），7月平均地上2m高さ気温（TS），7月平均地上10m高さ東西風（US），7月平均地上10m高さ南北風（VS），7月平均500hPa面ジオポテンシャル高さ（Z500），7月平均降水強度（PREC）の6変数。

1979, 1985, 1987

1994, 1997, 2000, 2004

1979, 1985, 1987

1994, 1997, 2000, 2004

1991, 1992, 2002, 2009

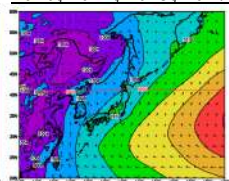
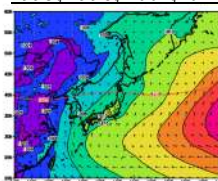
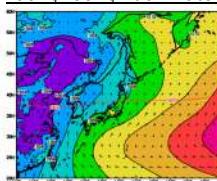
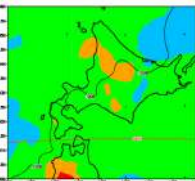
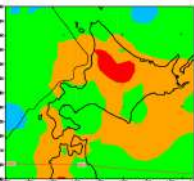
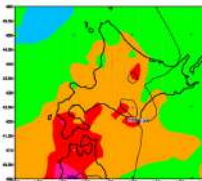
1995, 1996, 2001, 2012

2010, 2014, 2015, 2017

1991, 1992, 2002, 2009

1995, 1996, 2001, 2012

2010, 2014, 2015, 2017



2005

2008

1981, 1999, 2011, 2018

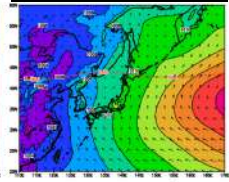
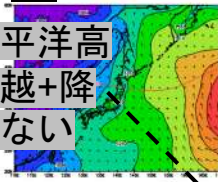
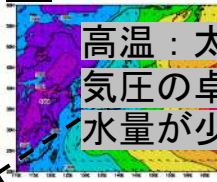
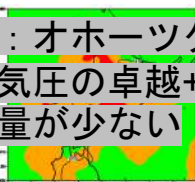
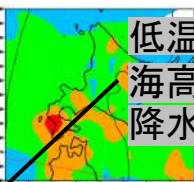
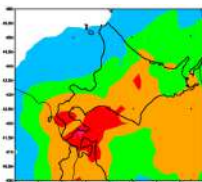
2005

2008

1981, 1999, 2011, 2018

低温：オホーツク
海高気圧の卓越+
降水量が少ない

高温：太平洋高
気圧の卓越+降
水量が少ない



1980, 1983, 1986, 1988

1984, 1989, 2013

1980, 1983, 1986, 1988

1984, 1989, 2013

1993, 1998, 2003, 2007

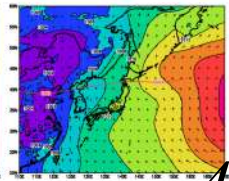
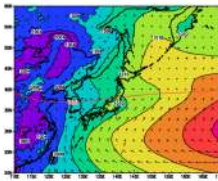
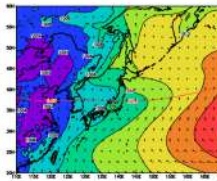
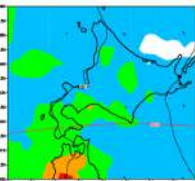
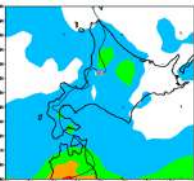
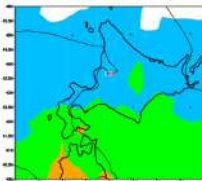
1981, 2006, 2020

2016, 2019, 2021

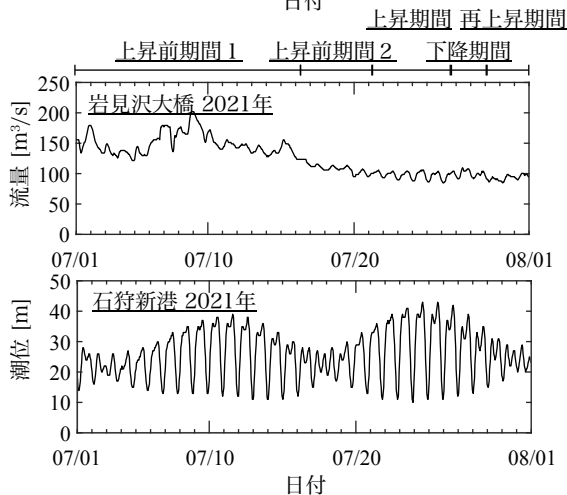
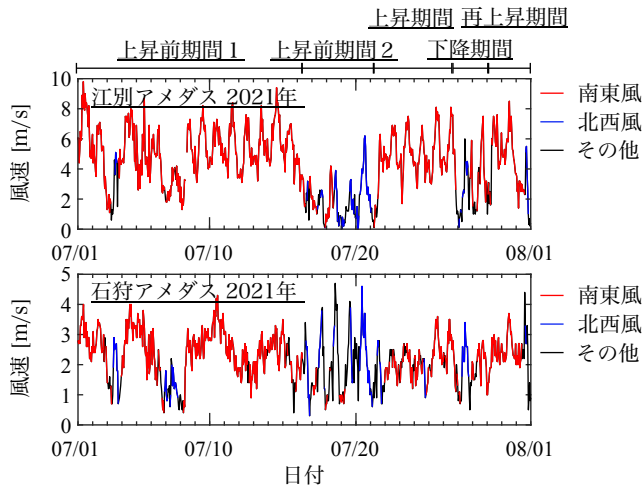
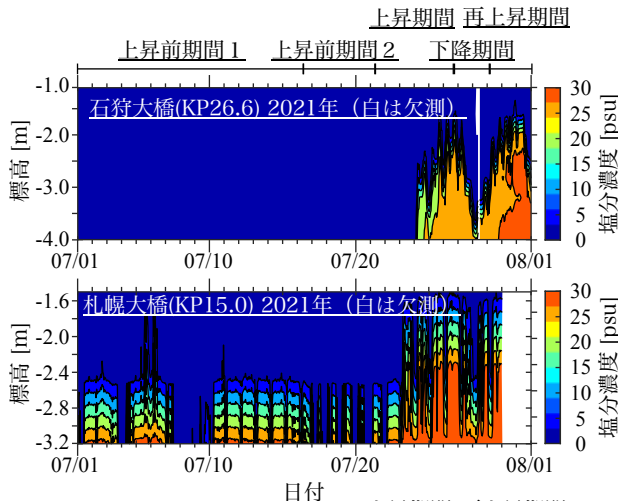
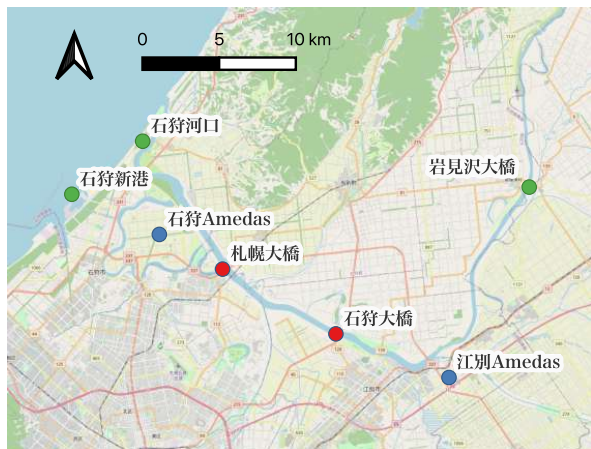
1993, 1998, 2003, 2007

1981, 2006, 2020

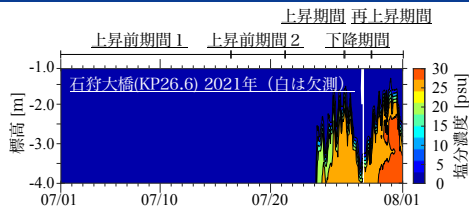
2016, 2019, 2021



2021年7月 石狩川下流域における塩水遡上の観測結果



塩水遡上発生時の風向風速・河川流量・潮汐の関係整理



赤文字：塩水遡上を助長

青文字：塩水遡上を抑制

	1)上昇前 期間1	2)上昇前 期間2	3)上昇期間	4)下降期間	5)再上昇 期間
風向・風速 (江別と石 狩アメダス)	南東風 江別：平均 約6 m/s 石狩：平均 約3 m/s	北西風 江別：平均 約2 m/s 石狩：同上	南東風 江別：平均 約5 m/s 石狩：平均 約1.5 m/s	北西風 江別：平均 約3 m/s 石狩：平均 約2 m/s	南東風 江別：平均 約4 m/s 石狩：平均 約2.5 m/s
流量 (岩見沢大 橋)	<u>100 m³/s</u> <u>以上</u>	<u>100 m³/s</u> <u>以上</u>	<u>100 m³/s</u> <u>以下</u>	100 m ³ /s 以下	<u>100 m³/s</u> <u>以下</u>
潮汐 (石狩新 港)	小潮→ 大潮→ 小潮	小潮	小潮→ 大潮	大潮→ 大潮	小潮

弱混合における風の影響を考慮した二層流モデル

運動方程式(淡水)

$$\frac{\partial q_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_1^2}{h_1} \right) + g h_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + g h_1 \frac{\partial h_2}{\partial x} + g h_1 b + \frac{f_i}{2} (u_1 - u_2) |u_1 - u_2| - \frac{f_w \rho_3}{2 \rho_1} (u_3 - u_1) |u_3 - u_1| = 0 \dots \textcircled{1}$$

運動方程式(塩水)

$$\frac{\partial q_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_2^2}{h_2} \right) + \frac{\rho_1}{\rho_2} g h_2 \frac{\partial h_1}{\partial x} + g h_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + g h_2 b + f_b u_2 |u_2| - \frac{f_i \rho_1}{2 \rho_2} \times (u_1 - u_2) |u_1 - u_2| = 0 \dots \textcircled{2}$$

連続式(淡水)

$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + h_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = 0 \dots \textcircled{3}$$

連続式(塩水)

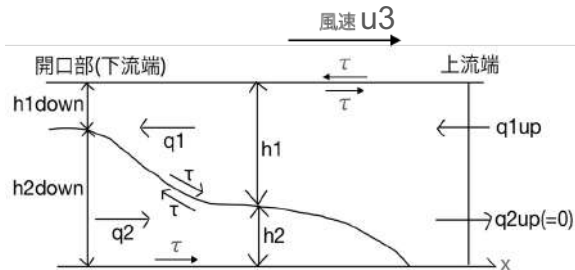
$$\frac{\partial h_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + h_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = 0 \dots \textcircled{4}$$

モデルの仮定

- ・ 直線かつ幅一定の河道
- ・ 流速および密度は各層で鉛直方向に一樣
- ・ 淡水と塩水の相互作用は接触面の剪断力のみ

計算条件

計算距離: KP3.0~KP40.0km
河床形状: 石狩川の最深河床高
幅: 500m



界面抵抗係数に関するパラメータ

金子の式: $f_i = C \psi^{-n} \dots \textcircled{5}$ ($C=0.10$ $n=-0.5$)

岩崎数: $\psi = Re F_{di}^2 \dots \textcircled{6}$

レイノルズ数: $Re = \frac{u_1 h_1}{\nu} \dots \textcircled{7}$

密度フルード数: $F_{di}^2 = \frac{Q_i^2}{\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} g B^2 h_i^3} = \frac{\rho_2 Q_i^2}{(\rho_2 - \rho_1) g B^2 h_i^3} \dots \textcircled{8}$

初期条件

上層→流量0、水位は下流端の水位と同じ
下層→流量0、水深0

境界条件(上流)

上層→岩見沢大橋(KP44.5)地点の流量
下層→流量を0

境界条件(下層)

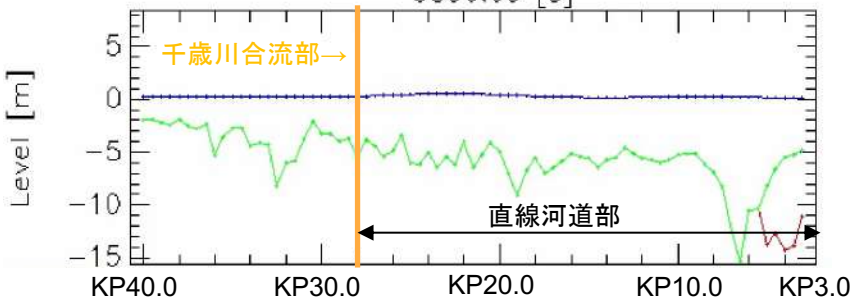
上層→石狩河口(KP3.0)地点の水位
下層→石狩河口(KP3.0)地点の水位から-5m

解析結果(上:観測値を境界条件に付与、下:風を変更)

青が淡水、緑が塩水、赤が河床

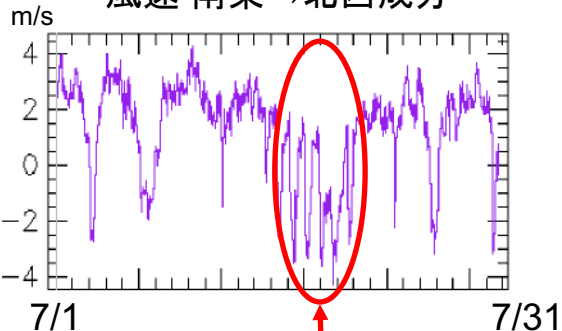
観測通りの場合

上流 3590.00 [s] 下流



→最大塩水遡上距離はKP30km付近

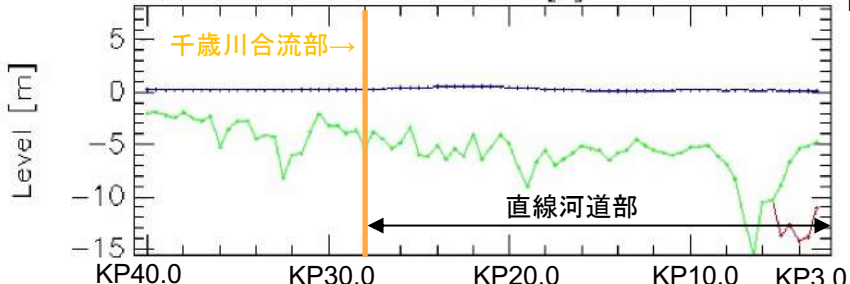
風速 南東→北西成分



風を変更

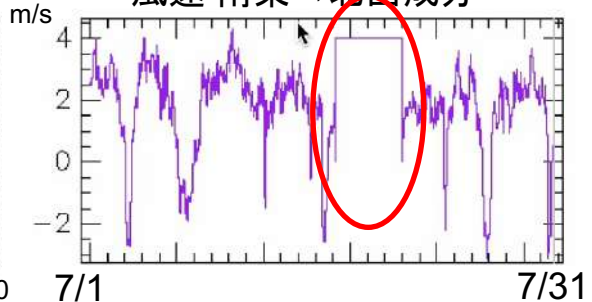
7/20付近も南東風が連続していた場合(4m/s)

上流 3590.00 [s] 下流



→最大塩水遡上はKP40km付近

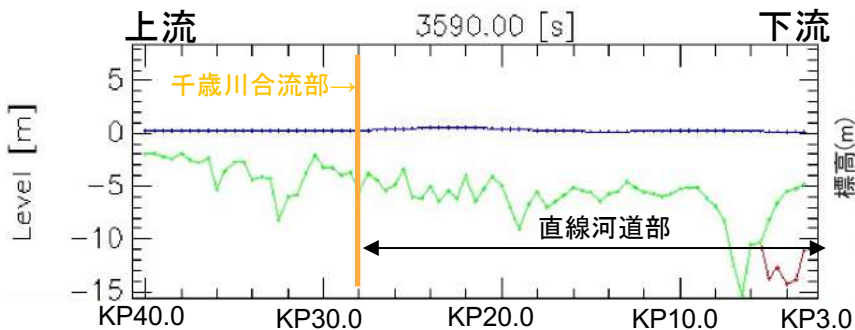
風速 南東→北西成分



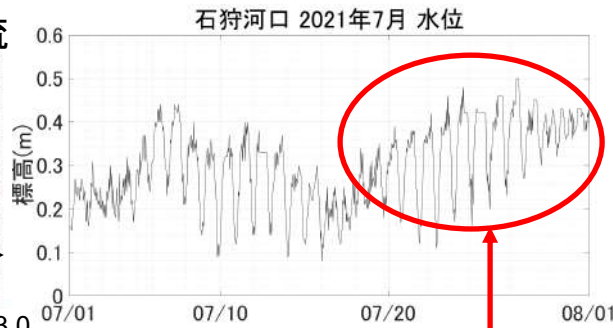
解析結果(上:観測値を境界条件に付与、下:潮汐を変更)

青が淡水、緑が塩水、赤が河床

観測通りの場合

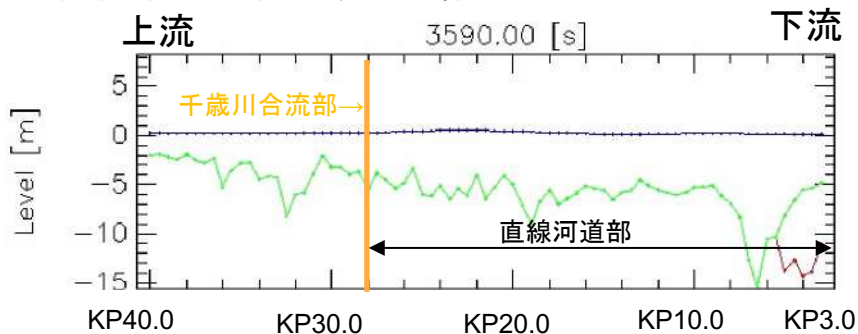


→最大塩水遡上距離はKP30km付近

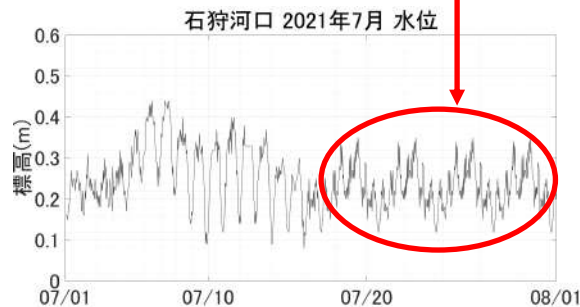


潮汐を変更

7月後半も小潮であった場合



→最大塩水遡上距離はKP30km付近



解析条件ごとの最大塩水遡上距離

7月下旬の大潮を変えた場合

	観測通り	大潮を小潮に	大潮を振幅0に
観測通り	約KP30km	約KP30km	約KP30km
南東風1m/s	約KP30km	約KP30km	約KP30km
南東風2m/s	約KP30km	約KP30km	約KP30km
南東風3m/s	約KP30km	約KP30km	約KP30km
南東風4m/s	約KP40km	約KP40km	約KP40km

7月中旬の南東風を変えた場合

○風は塩水遡上距離に大きく影響を与えることが分かった

○潮汐はあまり効いていない

潮汐が小さくなると、塩水楔フロント部の鉛直混合が弱くなり、塩水遡上距離は長くなるはず
→しかし、このモデルでは鉛直混合は考慮していないため潮汐を変えても同じ挙動になる

素材

2021年7月の北海道における高温、少雨の概要

<概要>

・令和3年7月の北海道では太平洋高気圧が例年より大きく北側に張り出し、記録的な少雨、高温であった。札幌管区气象台によると1946年の統計開始以来、月平均気温の高さと月降水量の小ささで1位となった。札幌では7月の平均気温は23.9℃で平年に比べ2.8℃高く、降水量は7.5[mm]であり平年の90.7[mm]に比べ大幅に少なかった。記録的な高温、少雨により農業、畜産に大きな影響を及ぼした。

<農業への被害>

・乳牛の産乳量の減少、キャベツ、大根、ジャガイモ、玉ねぎなどの作物が枯れ、収量の減少などの影響が発生。

⇒札幌市内の店頭にも影響が生じており、ジャガイモは例年の4割、キャベツは8割の値上がりとなった。

<ダム貯水率低下による農業用水の節水>

・石狩川水系空知川ダム群利水地区渇水調整協議会により該当地域(富良野土地改良区、空知川上流地区土地改良区、北海道土地改良区、浦臼土地改良区、新えべつ土地改良区)において、7月30日より40%の農業用水の節水が決定。

出典

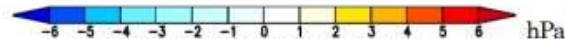
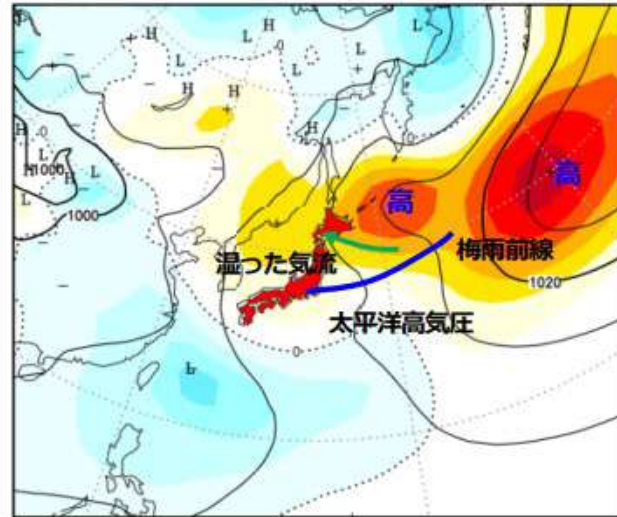
札幌管区气象台 農業気象情報 3年7月後半 <https://www.hokkaido-np.co.jp/article/575399>

日本農業新聞「北海道で「災害級」干ばつ 深刻な農作物被害、牛ぐったり」 <https://news.yahoo.co.jp/articles/68936d84533e41a80d64fee81da8f671956c8d4c>

STVNEWS ジャガイモ4割↑キャベツ8割↑猛暑と少雨が直撃 北海道の畑とスーパーマーケットで起きていること <https://news.yahoo.co.jp/articles/b953c22b019e76933ef0270ab2fd0104c6a6f2a4>

国土交通省 石狩川水系空知川ダム群利水地区渇水調整協議会幹事を開催 令和3年7月29日

<https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/release/e11g9o000002qff-att/e11g9o000004scw.pdf>



日本付近の月平均海面気圧と平年偏差

(平年値は1991～2020年の平均値)

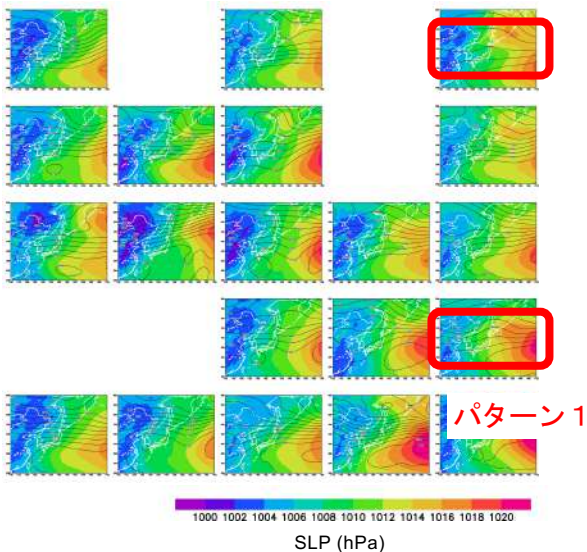
実線は等圧線 (hPa)、着色は平年偏差 (hPa)。平年偏差の暖(寒)色は、平年より気圧が高(低)い領域。寒色の領域では、平年より気圧の谷や低気圧の影響を受けやすい。

札幌管区气象台 北海道の天候のまとめ・農業気象に関する資料 2021年7月の天候まとめ <https://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/kikou/weather/flush/pdf/sokuhou202107.pdf>

2021年7月の気象場のパターン

過去43年(1979-2021)を分類

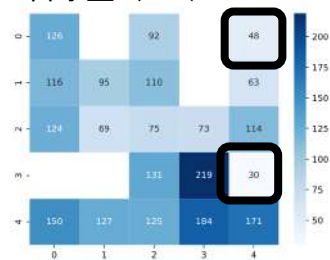
- 再解析データ (ERA5) を使用
- 7月平均のSLPとZ500を自己組織化マップ (SOM)により分類



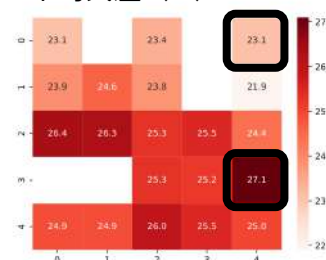
コンター : Z500 (m)

石狩川流域における、

降水量 (mm)

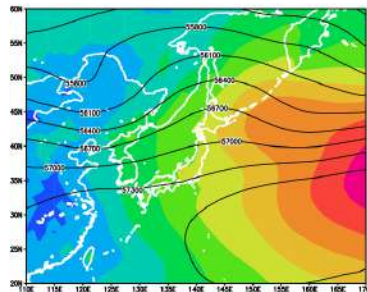


平均気温 (°C)

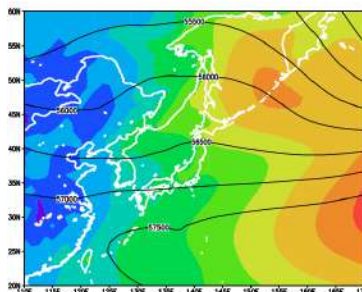


降水量の少ないパターンは2つ存在

パターン1 (高温)



パターン2 (低温)



- 太平洋高気圧の北への張り出し
- オホーツク海高気圧が卓越

1982, 1988, 1993, 2003年

1989, 2021年

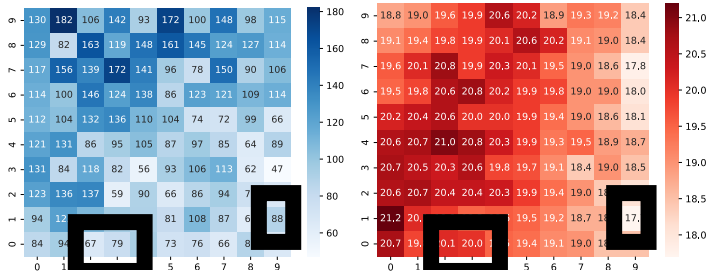
いずれも本州を中心に低温・日照不足により農業被害 (1993年は特に不作、平成の米騒動のきっかけ)

d4PDFを用いた類似パターンの将来予測

石狩川流域における、

降水量 (mm)

平均気温 (°C)



パターン1 パターン2 パターン1 パターン2

パターン1,2ともにd4PDFから検出された。
過去のパターンと同様の傾向を有する。

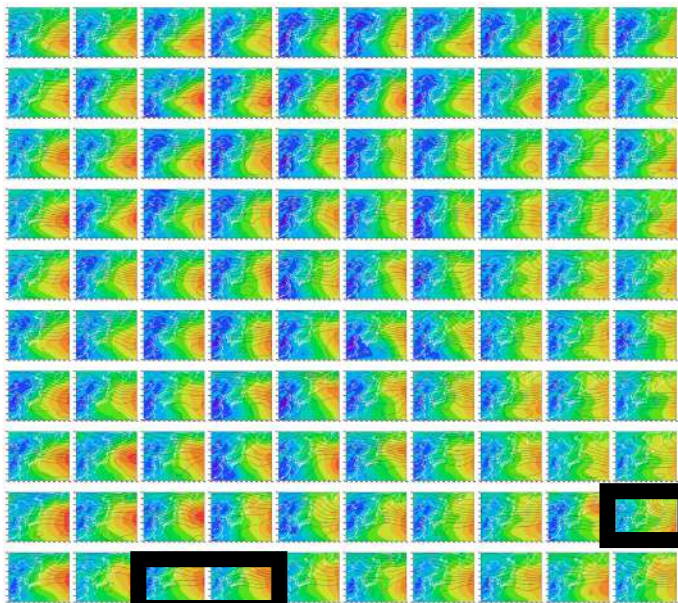
パターン1 : 少雨、高温
パターン2 : 少雨、低温

過去・4°C上昇実験の比較より、4°C上昇下
ではパターン2でも過去気候のパターン1
の気温を上回る事がわかった。

- SSTパターンの影響
- 降雪・融雪も含めた水資源への影響
- 河川流量・水温への影響

1. SOMを用いてd4PDF過去・4度上昇実験の気象場を分類
2. 少雨パターン1,2と類似したパターンの年の降水量・気温を算出

d4PDF過去実験におけるパターン分類

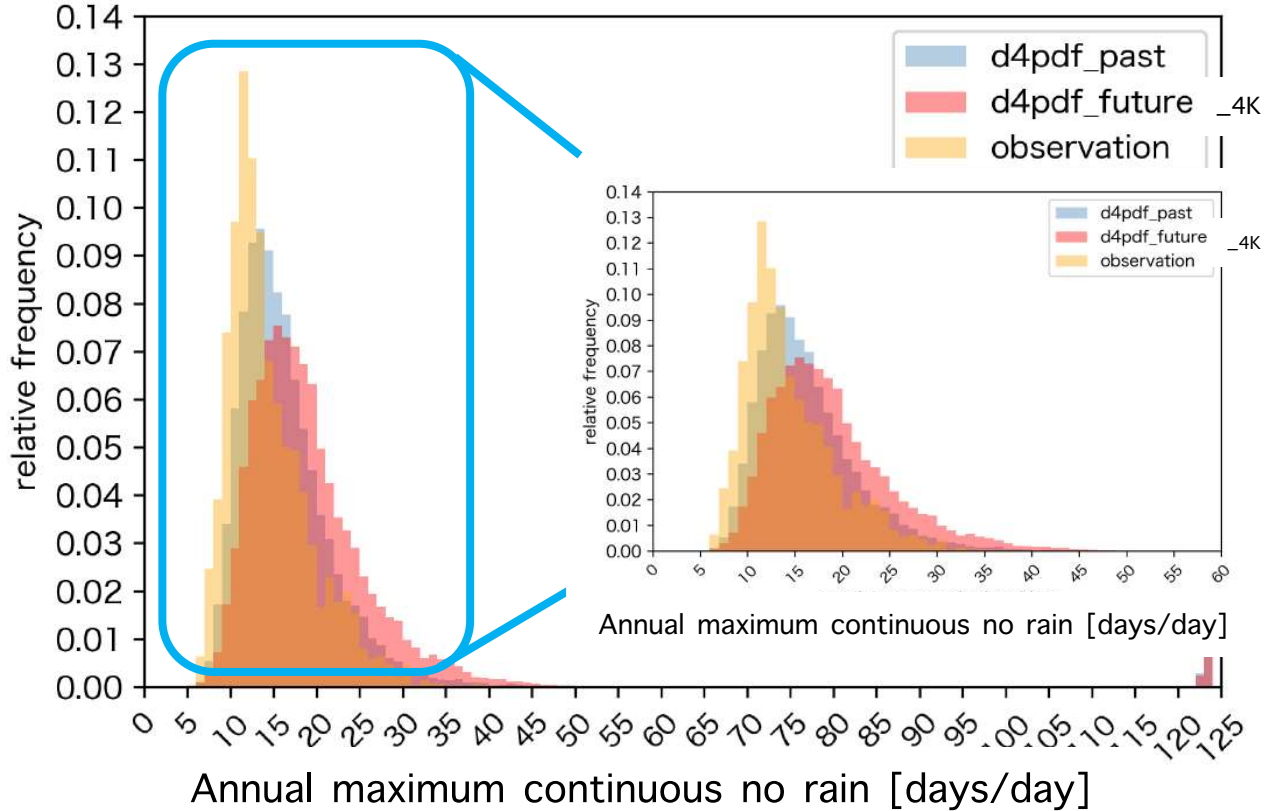


パターン1

パターン2

年最大連続無降雨日数の将来変化

Frequency distribution of annual maximum continuous no rain days for all observation site

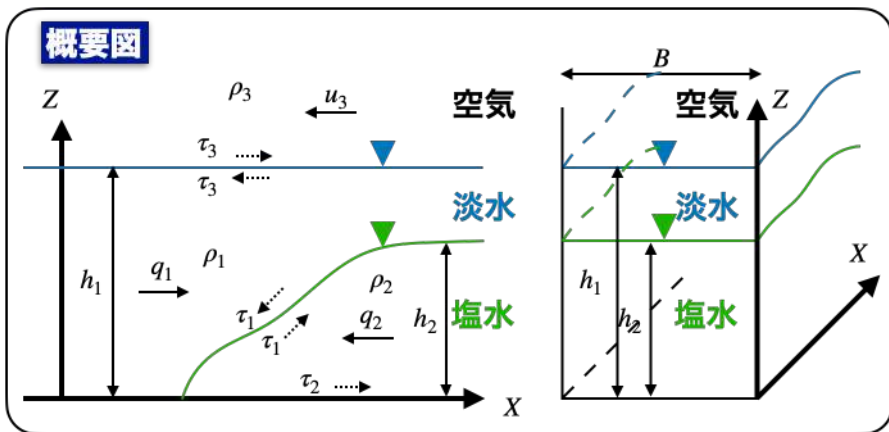


過去実験に比べて4K上昇実験では年最大連続無降雨日数が増大しそう。
→ 湯水・塩水遡上の将来的な発生頻度が増える可能性がある。

塩水遡上のモデル

【解析の概要】

淡水と塩水の弱混合条件における一次元二層流解析を想定
 上記の解析には風の影響を考慮するために、自由水面と風のせん断応力を考慮
 単純な一定流路幅の矩形断面直線水路を想定
 淡水と塩水のやりとりは運動のみで質量のやりとりはなし



支配方程式

$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + \frac{\partial q_1}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial q_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_1^2}{h_1} \right) + gh_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + gh_1 \frac{\partial h_2}{\partial x} + gh_1 I_b + \frac{\tau_1 - \tau_3}{\rho_1} = 0$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial t} + \frac{\partial q_2}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial q_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_2^2}{h_2} \right) + \left(1 - \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} \right) gh_2 \frac{\partial h_1}{\partial x} + gh_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + gh_2 I_b + \frac{\tau_2 - \tau_1}{\rho_2} = 0$$

$$\frac{\tau_1 - \tau_3}{\rho_1} = \frac{f_i}{2} (u_1 - u_2) |u_1 - u_2| - \frac{f_w}{2} \left(1 - \frac{\rho_1 - \rho_3}{\rho_1} \right) (u_3 - u_1) |u_3 - u_1|$$

$$\frac{\tau_2 - \tau_1}{\rho_2} = f_b u_2 |u_2| - \frac{f_i}{2} \left(1 - \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} \right) (u_1 - u_2) |u_1 - u_2|$$

$$f_i = 0.35 (R_{e1} F_1^2)^{-0.5} \quad R_{e1} = \frac{u_1 h_1}{\nu} \quad F_1 = \frac{u_1}{\sqrt{\epsilon g h_1}}$$

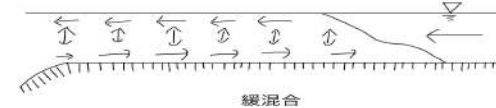
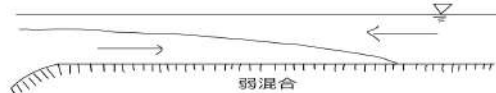
塩水遡上とは？

・下流部において海水(塩水)が河川の流下方向に対して逆流する現象

- ・降水、風、潮汐などが影響
- ・農業用水、工業用水、生活用水が水質基準を満たさなくなり、取水制限が行われる

弱混合、緩混合、強混合

- ・淡水と海水の混合度合いによって弱混合、緩混合、強混合の3つに分類
- ・石狩川、天塩川など潮位の変動が少ない日本海側の河川では弱混合となりやすい。(安間ら,2005)
- ・弱混合では塩水遡上距離だけでなく界面形状にも注目する必要がある。



塩水楔の基礎式

運動方程式(淡水)

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + g \frac{\partial h_1}{\partial x} + g \frac{\partial h_2}{\partial x} + g l_b + \frac{\tau}{\rho_1 h_1} = 0$$

運動方程式(塩水)

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + \gamma g \frac{\partial h_1}{\partial x} + g \frac{\partial h_2}{\partial x} + g l_b - \frac{\tau}{\rho_2 h_2} = 0$$

連続式(淡水)

$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + h_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = 0$$

連続式(塩水)

$$\frac{\partial h_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + h_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = 0$$

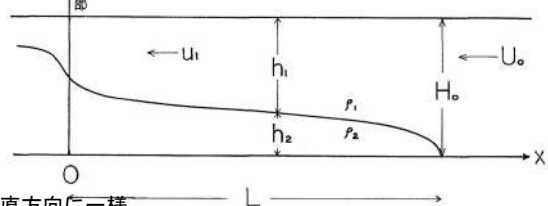
塩水楔の形状の式($\frac{\partial}{\partial t} = 0, u_2 = 0, \tau = -\frac{f_i \rho_1 + \rho_2}{8} u_1^2$)

$$-\frac{1}{5F_{i0}^2} \left(\frac{h_1}{H_0}\right)^5 + \frac{1}{4F_{i0}^2} \left(\frac{h_1}{H_0}\right)^4 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_1}{H_0}\right)^2 - \left(\frac{h_1}{H_0}\right) - \frac{3}{10} F_{i0}^{4/3} + \frac{3}{4} F_{i0}^{2/3} = \frac{f_i}{8} \frac{x}{H_0}$$

楔の長さを与える式($\gamma = 1$ 、水面勾配が一定($h_2 = H_0 - h_1$))、

開口部では内部波が静止する($\frac{u_1^2}{(1-\gamma)gh_1} = 1$ すなわち $\frac{h_1}{H_0} = F_{i0}^{2/3}$)

$$\frac{L}{H_0} = \frac{2}{f_i} \left(\frac{1}{5F_{i0}^2} - 2 - \frac{6}{5} F_{i0}^{4/3} + 3F_{i0}^{2/3} \right)$$



条件

τ :二層間の剪断力

l_b :水路床勾配

γ :塩水と淡水の密度比= ρ_2/ρ_1

- ・水路は直線とし幅一定
- ・各層では流速および密度は鉛直方向に一樣
- ・水面と空気との剪断力は無視
- ・底における剪断力は無視
- ・淡水層と塩水層の相互作用は接触面の剪断力のみ

吉田ら(1966)

将来の気候予測

・無降水日

北日本日本海側では無降水日は
4.8 ±8.2日(将来変化量±標準偏差)増加すると予想されている。

・海面水位

2081～2100年には、1995～2014年の平均海面水位に対して0.32～0.62m 上昇(SP1-2.6シナリオの場合)
気象庁 世界の過去および将来の海面推移変化より

地域	年
全国	8.2 ± 5.2
北日本日本海側	4.8 ± 8.2
北日本太平洋側	3.9 ± 6.0
東日本日本海側	14.1 ± 9.4
東日本太平洋側	8.1 ± 6.6
西日本日本海側	12.1 ± 8.0
西日本太平洋側	9.9 ± 7.7
沖縄・奄美	8.2 ± 11.7

全国及び地域別の1地点あたりの無降水日の将来変化(単位:日)
気象庁 地球温暖化予測情報 第9巻より

無降水日の増加、海面水位の上昇によって塩水遡上のリスクは高まると考えられる

○研究目的

石狩川において過去のデータや気候予測を用いて塩水遡上が起きる条件やその発生確率、その条件下でどの程度塩水遡上が起きるのか(境界面形状や塩水遡上距離)を明確にしたい。

塩水遡上を起こす要因とは？

○雨の影響

- ・ 淡水流量の増加 → 塩淡境界位置標高が低下
- 塩水遡上が抑制
- ・ 流量に直結する降雨が重要

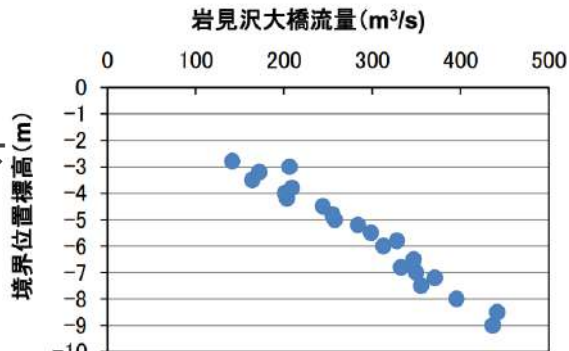
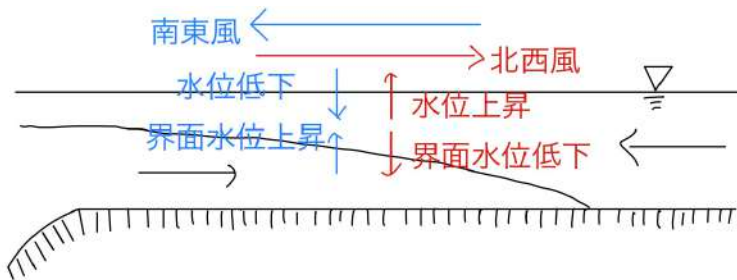


図-2 石狩川 KP4.6 における淡水流量と塩淡境界位置標高の関係 杉原ら(2021)

○風の影響

- ・ 下流から上流の風 → 水位が無風時より上昇する(界面水位は低下)。(横尾ら、2004)
- ・ 上流から下流の風 → 水位は降下する(界面水位は上昇)。(横尾ら、2004)



降水量、風速風向に注目

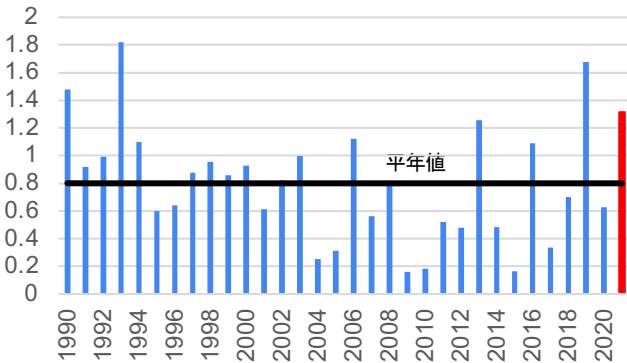
塩水遡上発生時の風、雨の平年差

風向風速

- ・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(1時間値)を使用した
- ・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

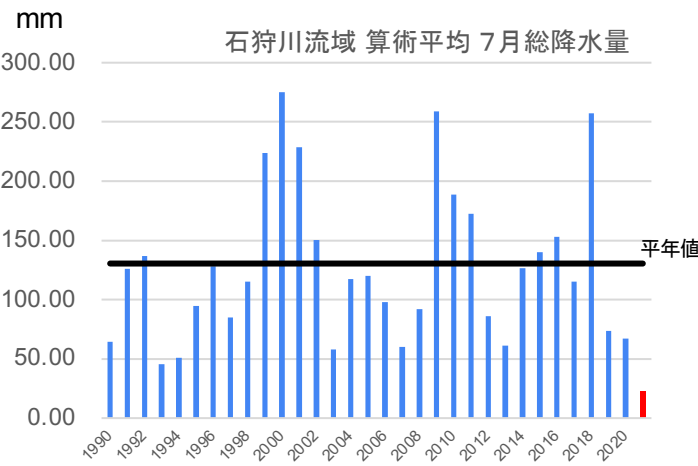


m/s 1990～2021年 7月 石狩アメダス 風速 南東成分



降水量

石狩川流域のアメダスにおける1990年～2021年7月の総降水量を求めた



2021年7月の風の南東→北西成分の1時間値の月平均は平年より

0.51m/sほど大きい

2021年7月の石狩川流域の総降水量は平年より100mmほど少ない

過去32年間で1番少ない

○今回の発表のまとめ

石狩川では弱混合という二層流の塩水遡上が起きる。

2021年7月は塩水が千歳川の取水口近くのKP28.0付近まで遡上した。

南東風が平年よりも卓越、降水量は過去からの観測の中で最も少ない。

○今後の予定

観測ベース

- ・ 無降雨連続日数が長い時と南東風の連続が重なる条件はどのくらいの発生確率なのか
- ・ また、それは気候変動が進んでいくと将来どのように変化していくのか
- ・ 雨と風どちらの条件も考慮すべきなのか、二つには相関があり片方みれば同じなのか、独立しているものなのか、他の潮汐や気圧などの要因にも注目

流体力学ベース

- ・ 感潮域の二層流を風の影響も考慮し、流体力学的に条件を加えて解く
- ・ 無降雨の連続、南東風の風速や連続がどの程度塩水遡上に影響するのか(境界面形状や塩水遡上距離)を明らかに
- ・ 気候変動予測も外力として加え、塩水遡上のリスクを考えたい
- ・ また、石狩川が蛇行河川のままであったらどうだったのか
- ・ 風が南東風でも蛇行していた場合また見方は変わる
- ・ 河川長も蛇行していた時より短くなっている(塩水遡上は促進)が、勾配は急になっている。(塩水遡上は抑制)

参考文献

○論文

https://www.jstage.jst.go.jp/article/proce1989/51/0/51_0_361/_pdf

https://www.jstage.jst.go.jp/article/proce1989/46/0/46_0_411/_pdf/-char/ja

<https://thesis.ceri.go.jp/db/files/RP0002900002.pdf>

https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/40797/1/41_327-342.pdf

○本

水圏の環境(有田ら)、第3章 密度流

水理学Ⅱ(椿)、第13章 密度流

○インターネット

気象庁 過去の気象データダウンロード(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>)

国土交通省 水質水文データベース(<http://www1.river.go.jp/>)

その他

開発局の方から頂いた資料

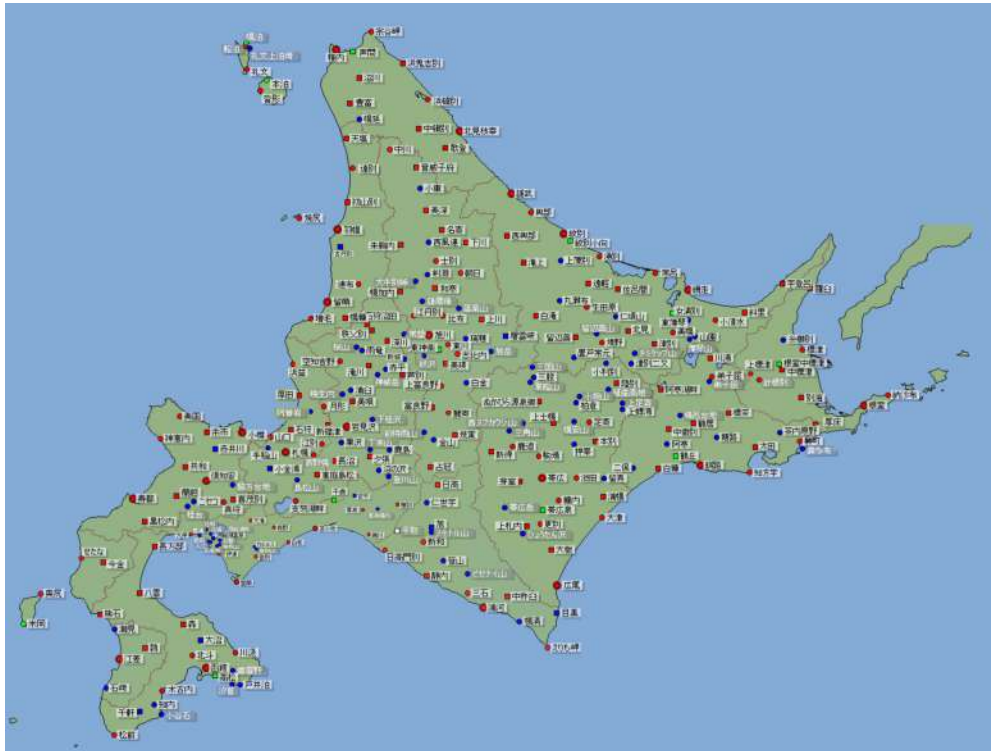
塩水遡上距離、塩水遡上の距離、塩分濃度、雨、風の表をつくる

潮汐の影響も考慮

フランクミュラー

風によって塩水と淡水が混合

continuous no rain days analyse



All the observation data in hokkaido(from 1979~2022)

- Weather office(longer time series, from 1872)
- AMeDAS(accuracy of observed rainfall is 0.5mm)

Definition of no rain day: daily rainfall less than 0.5mm

analyse period:

From May to October each year

analyse period:

From May to October each year

d4PDF data(5km resolution):

Past experiment: total 783 members, 90 ensemble members for some years from 1951 to 2010

For each member, data preiod is from 7.24 to 8.31 of next year. for example:

HPB_m001_1956: data period is from 7.24,1956 to 8.31 1956.

HPB_m001_1985.nc

HPB_m001_1987.nc

HPB_m001_1990.nc

HPB_m001_1994.nc

HPB_m001_1997.nc

HPB_m001_2006.nc

HPB_m001_2008.nc

HPB_m002_1959.nc

HPB_m002_1966.nc

HPB_m002_1971.nc

HPB_m002_1972.nc

HPB_m002_1974.nc

HFB_CC_m101_2067.nc

HFB_CC_m101_2090.nc

HFB_CC_m101_2094.nc

HFB_CC_m101_2096.nc

HFB_CC_m101_2099.nc

HFB_CC_m101_2105.nc

HFB_CC_m101_2110.nc

HFB_CC_m102_2053.nc

HFB_CC_m102_2054.nc

HFB_CC_m102_2057.nc

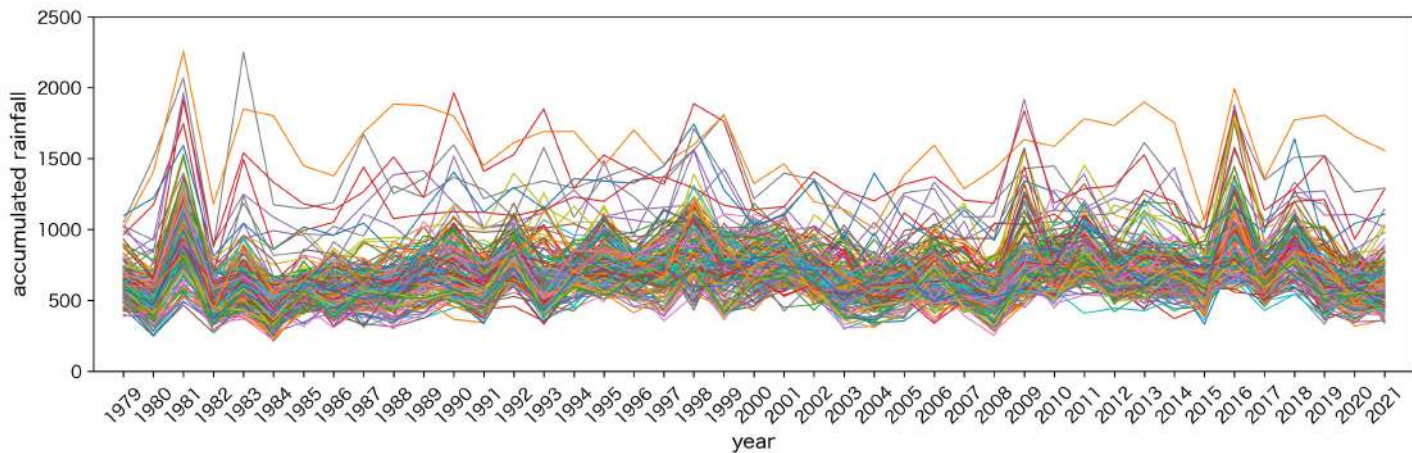
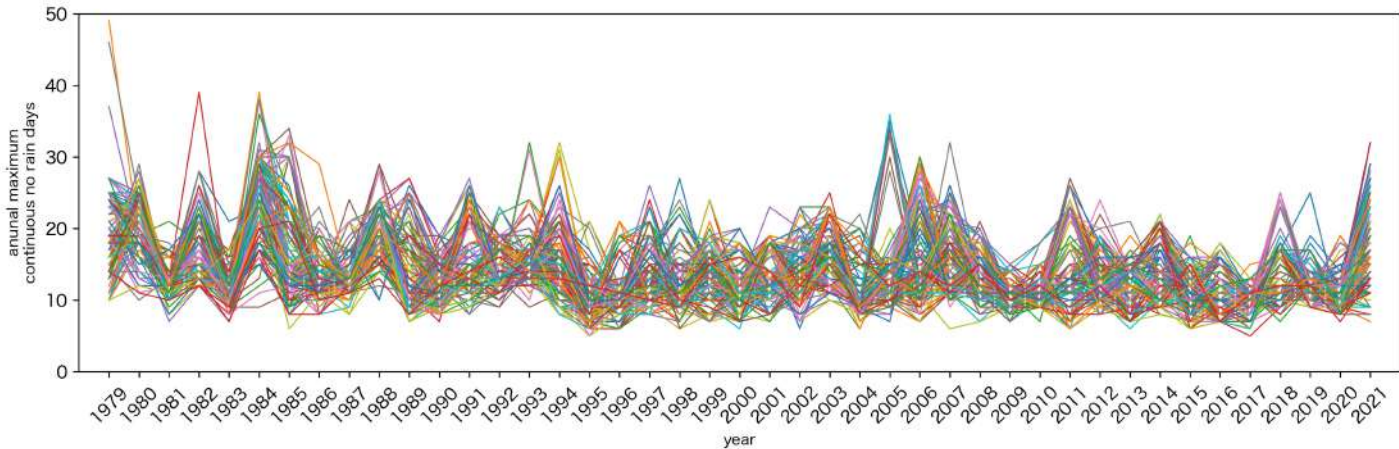
HFB_CC_m102_2062.nc

Future experiment(4K): total 748 members, six models with 15 ensemble members for some years from 2050 to 2111

For each member, data preiod is from 7.24 to 8.31 of next year. for example:

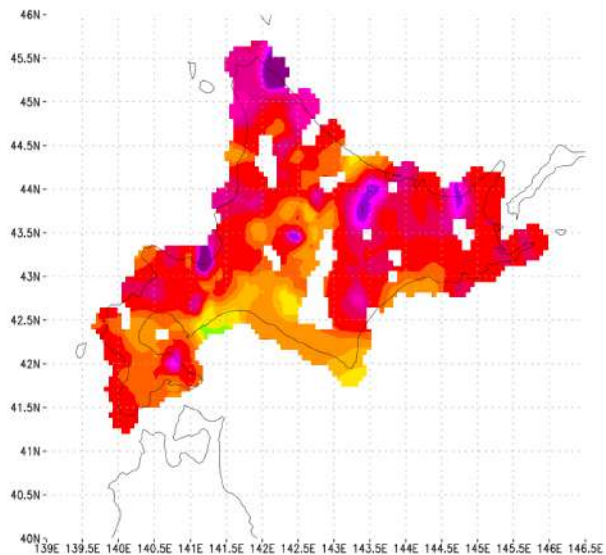
HFB_CC_m101_2067: data period is from 7.24,2067 to 8.31 2068.

Annual change (from May to October)



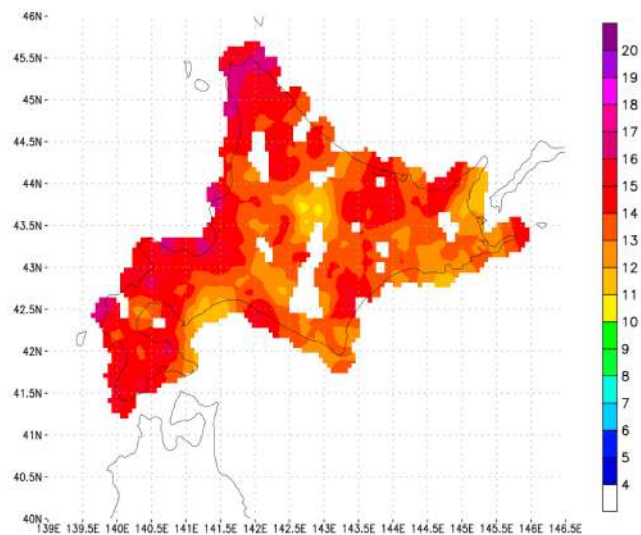
maximum continuous no rain days

(1979-2022) eliminate snow season
May to October

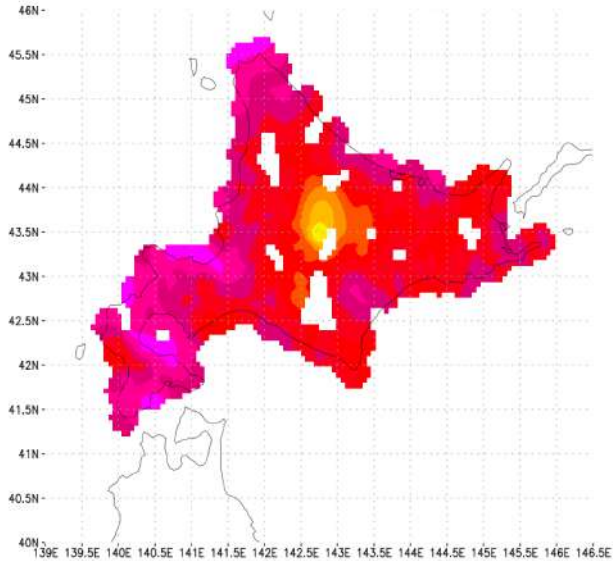


Average continuous no rain days

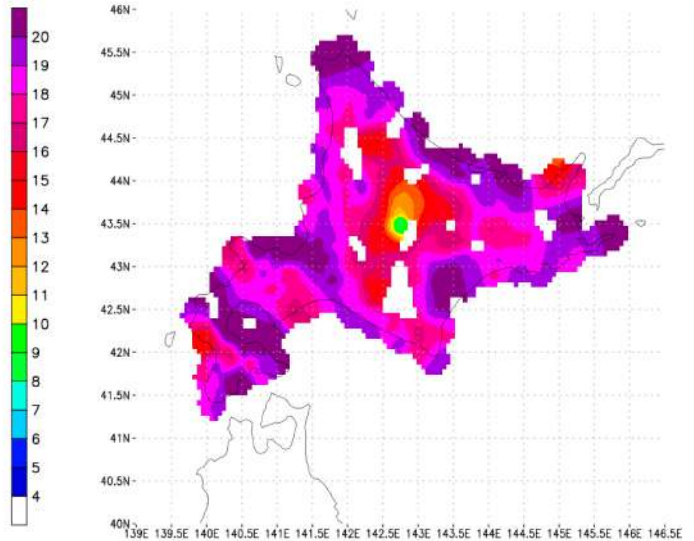
(1979-2022) eliminate snow season
May to October



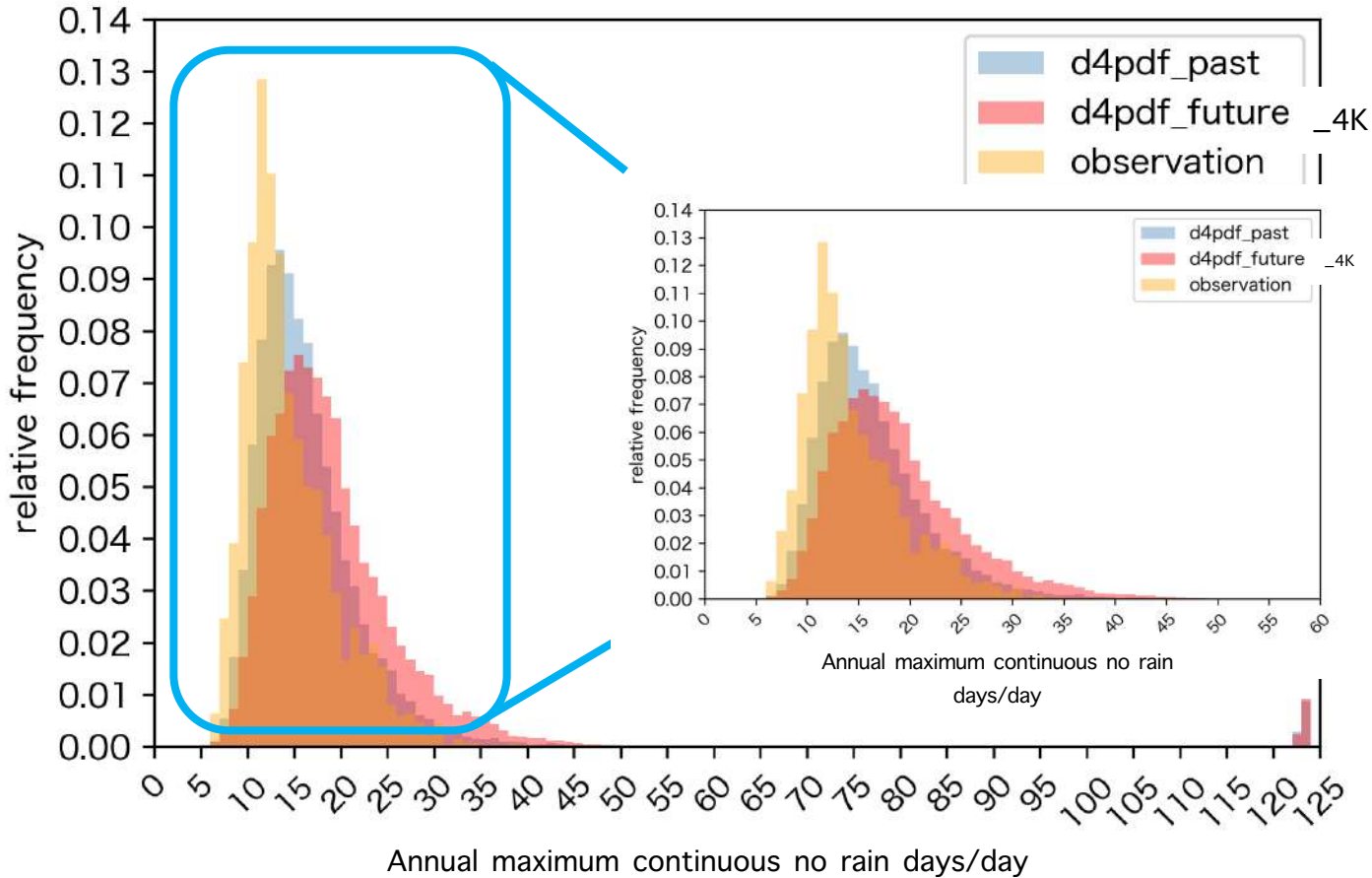
Average continuous no rain days
For d4PDF past experiment data
(1979-2022) eliminate snow season
May to October



Average continuous no rain days
For d4PDF future experiment data
(1979-2022) eliminate snow season
May to October



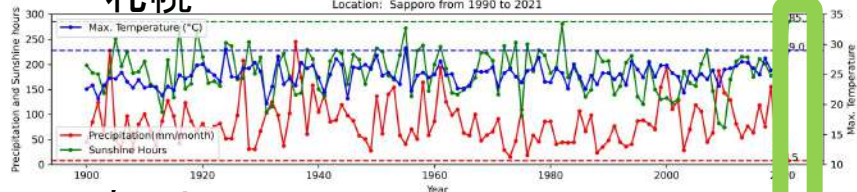
Frequency distribution of annual maximum continuous no rain days for all observation site



令和3年7月の北海道における高温、少雨の概要

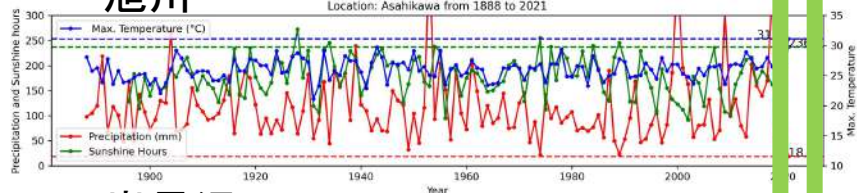
札幌

Location: Sapporo from 1990 to 2021



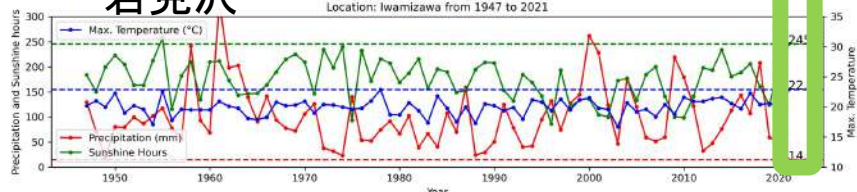
旭川

Location: Asahikawa from 1888 to 2021



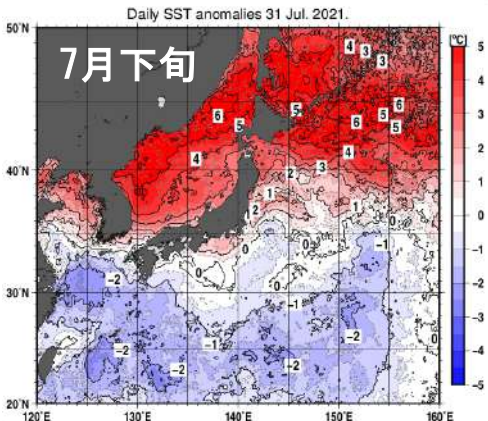
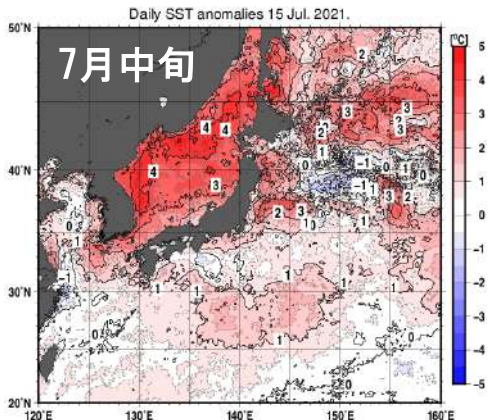
岩見沢

Location: Iwamizawa from 1947 to 2021



2021

石狩川流域を含め、全道的に顕著な高温、渇水傾向となった。地域・流域スケールにおける治水・利水の方向性を示すべき。



海面水温の平年に対する偏差
(過去に対して水温が高いと暖色)