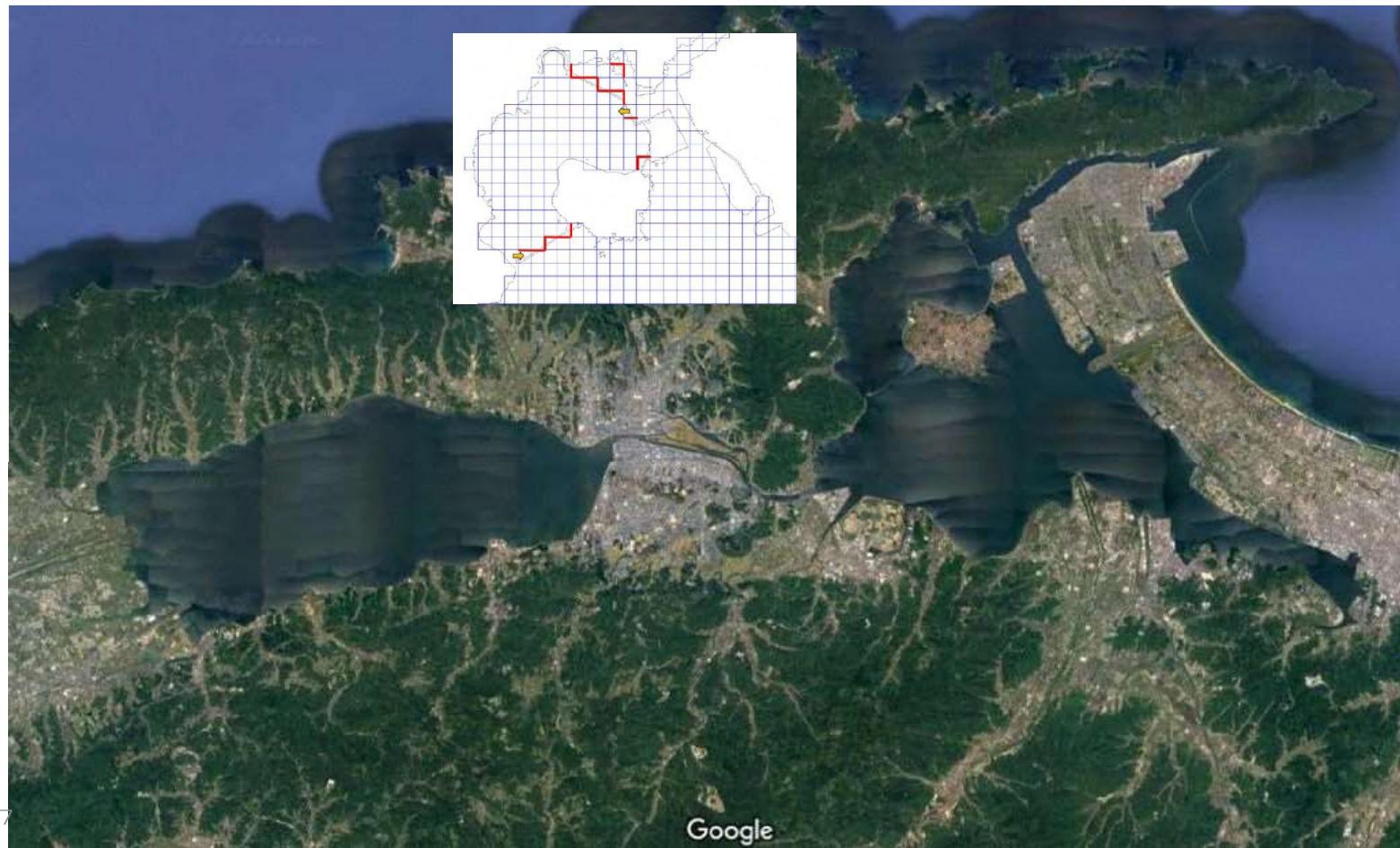


宍道湖・中海に係る水質シミュレーション



検討内容

流動について、再検討

- 大橋川のみのシミュレーション
- 宍道湖のシミュレーション（特に鉛直混合）

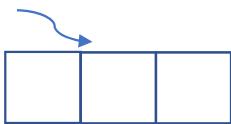
大橋川シミュレーション

200mメッシュを50mメッシュにすると、、、

- ・水平方向のメッシュの数→16倍

時間間隔の制限

- ・1ステップで波が伝わる距離→ $\sqrt{gh} \times \Delta t$



$$\Delta x > \sqrt{gh} \times \Delta t \rightarrow \text{時間間隔は } 1/4 \text{ 倍}$$

→計算ステップは4倍

結果として、計算コストは64倍

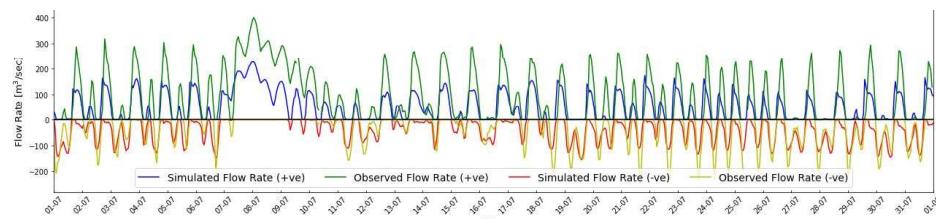
50mメッシュ
これぐらいの計算ができると良いが、
計算コストが大きい

200mメッシュ
計算コストの都合上、
これぐらいのメッシュで計算したい

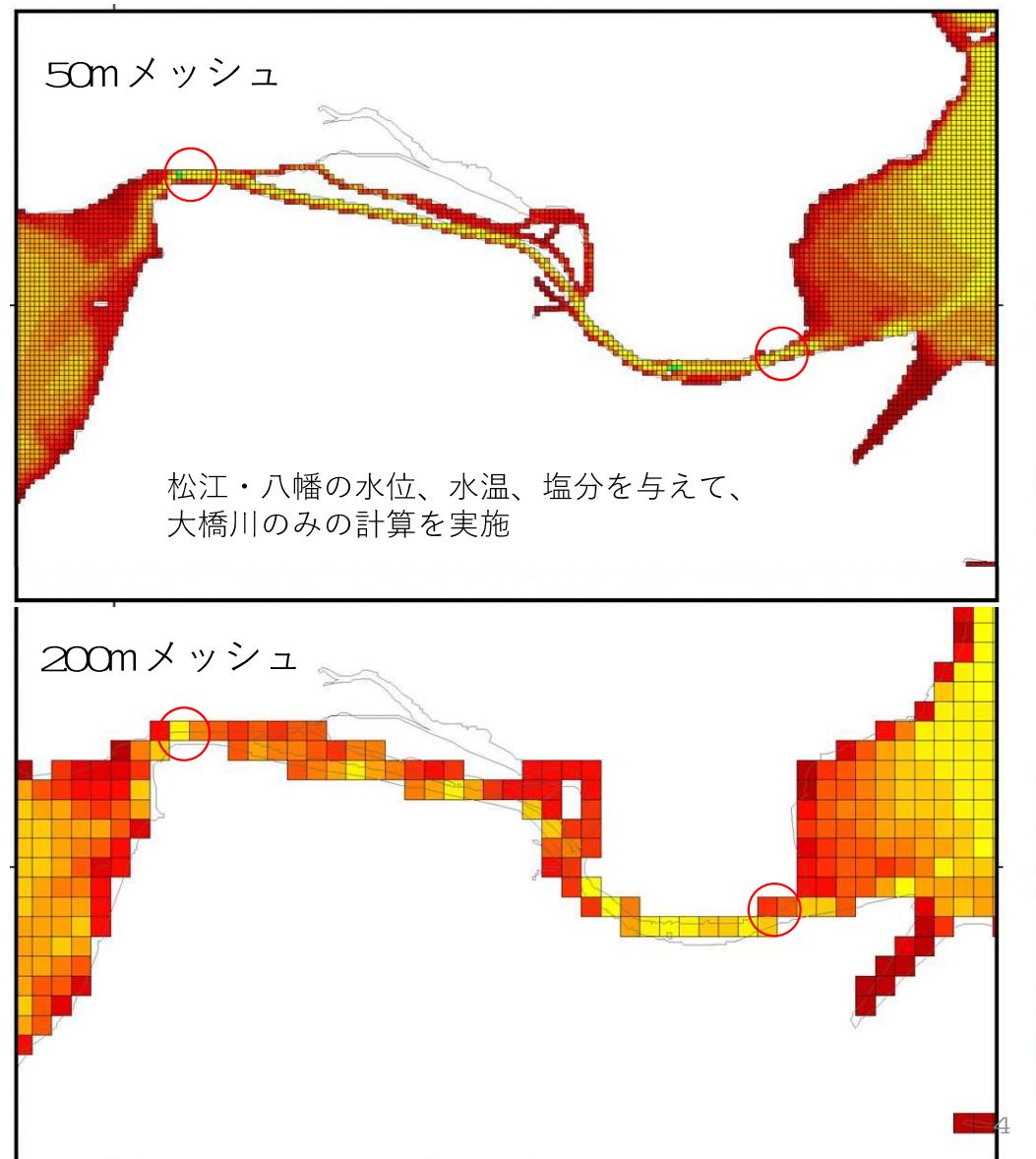
試計算



国土交通省 水文水質データベースより

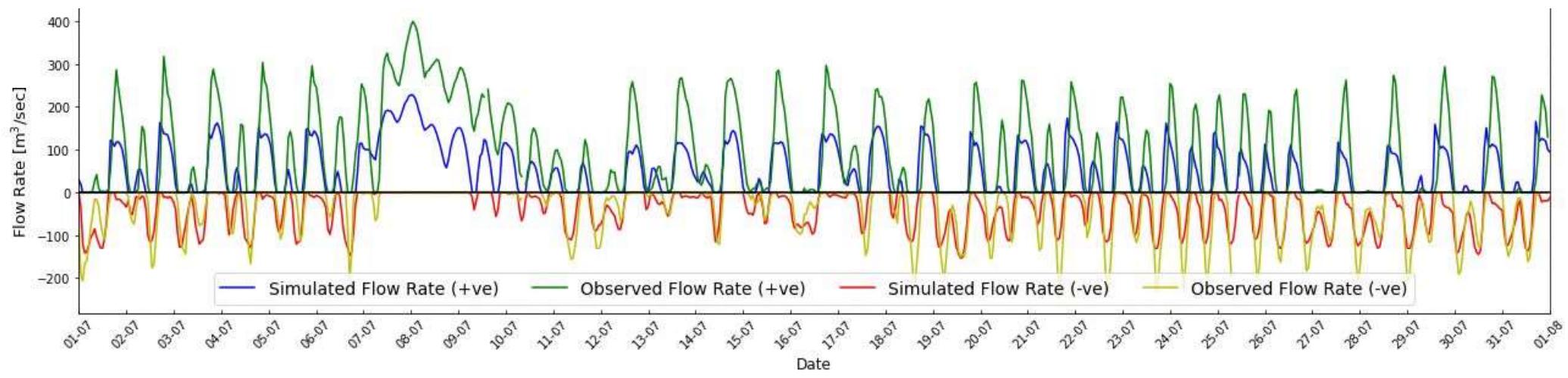


流量計算結果の一例 緑・黄：観測、青・赤：計算



松江・八幡の水位、水温、塩分を与えて、
大橋川のみの計算を実施

試計算



流量計算結果の一例 緑・黄：観測、青・赤：計算

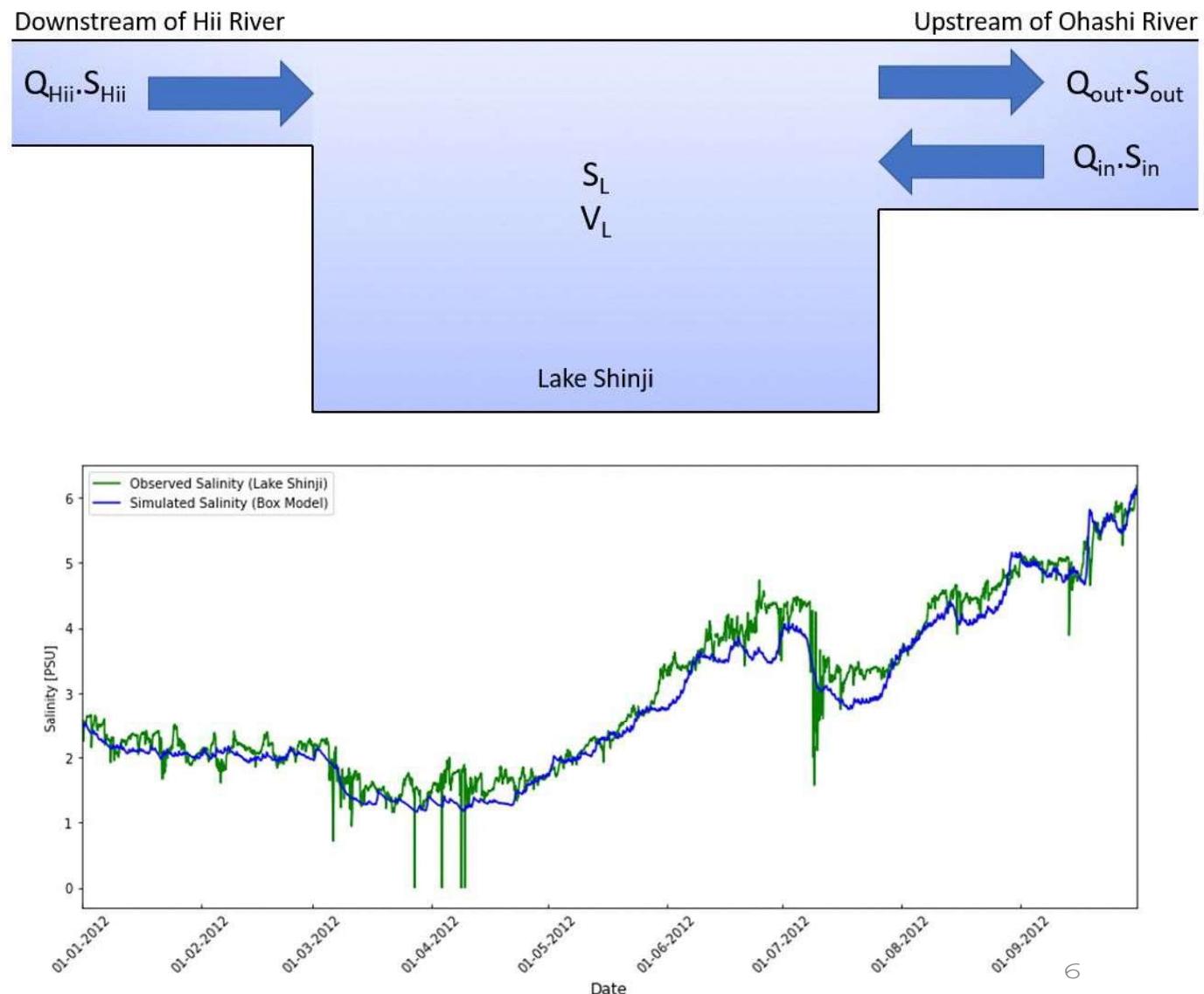
観測値の確認

宍道湖をボックスモデルとしてとらえ、斐伊川流量、松江観測所での塩水遡上量などから、宍道湖の平均的な塩分変動を再現できるか？



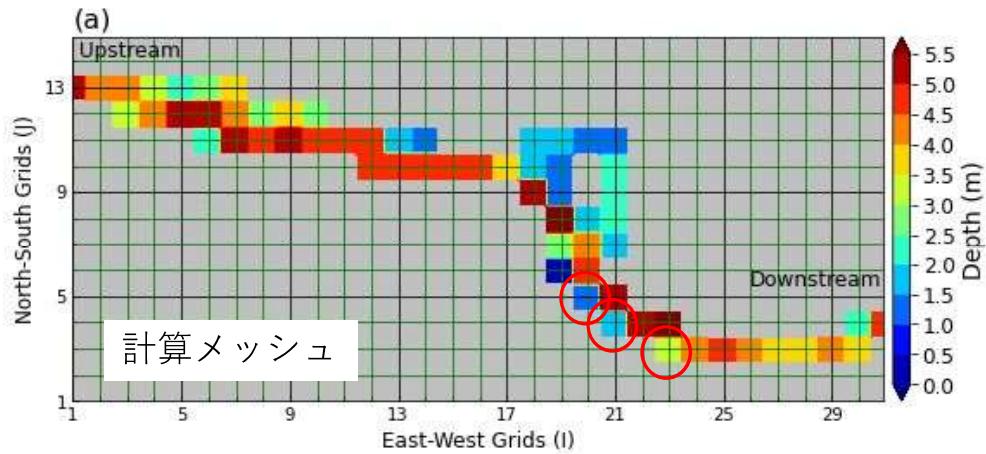
問題なさそう

2022/2/17



200mメッシュでの計算 (測量データから機械的に作成)

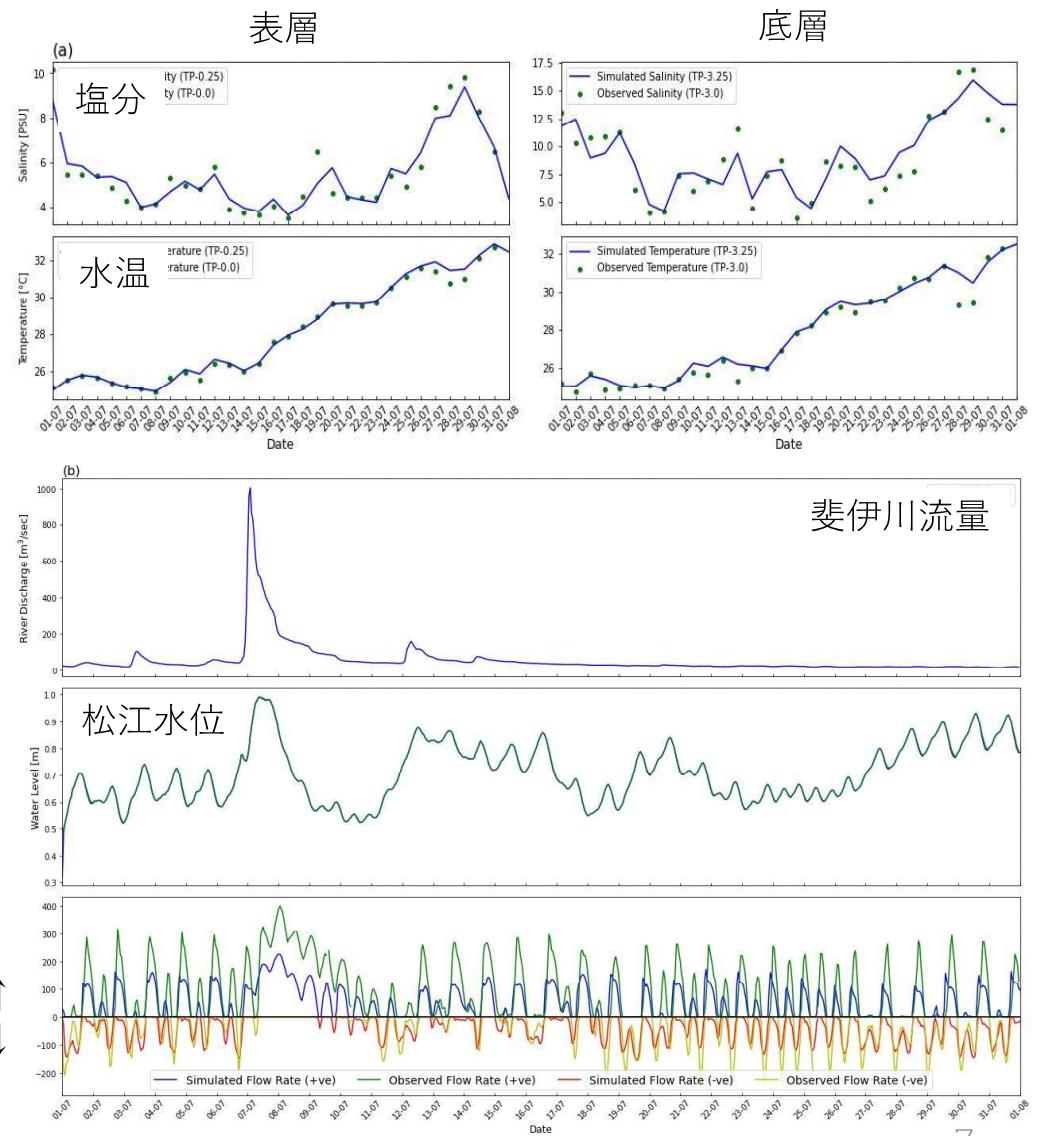
水温、塩分の再現性は悪くない→



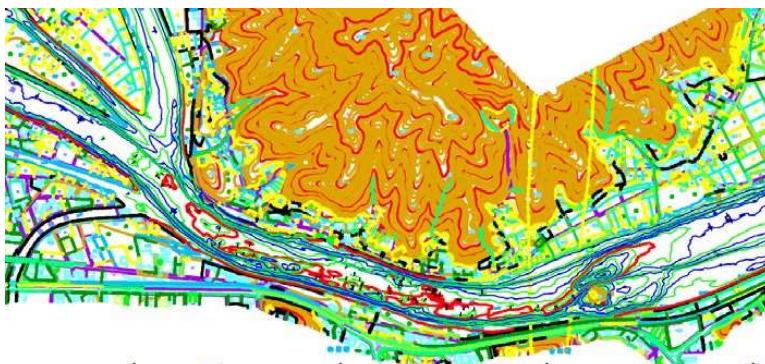
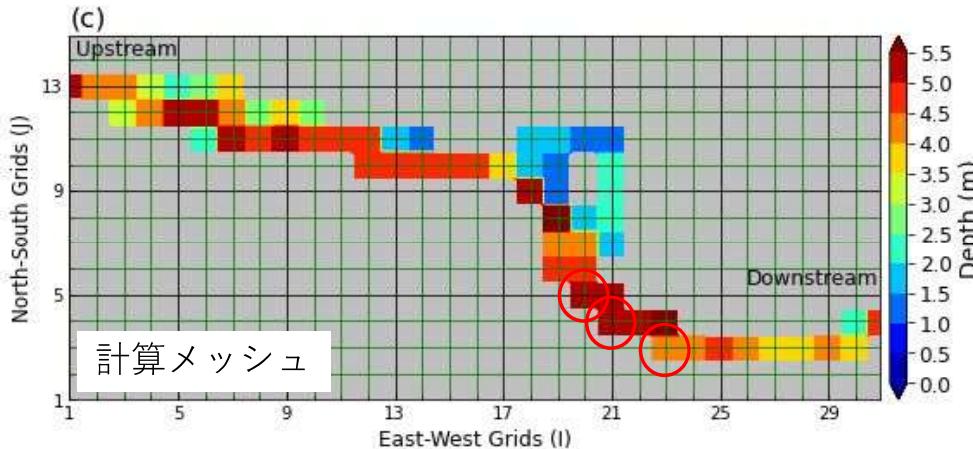
流量は過小評価→

流量
下流方向↑
上流方向↓

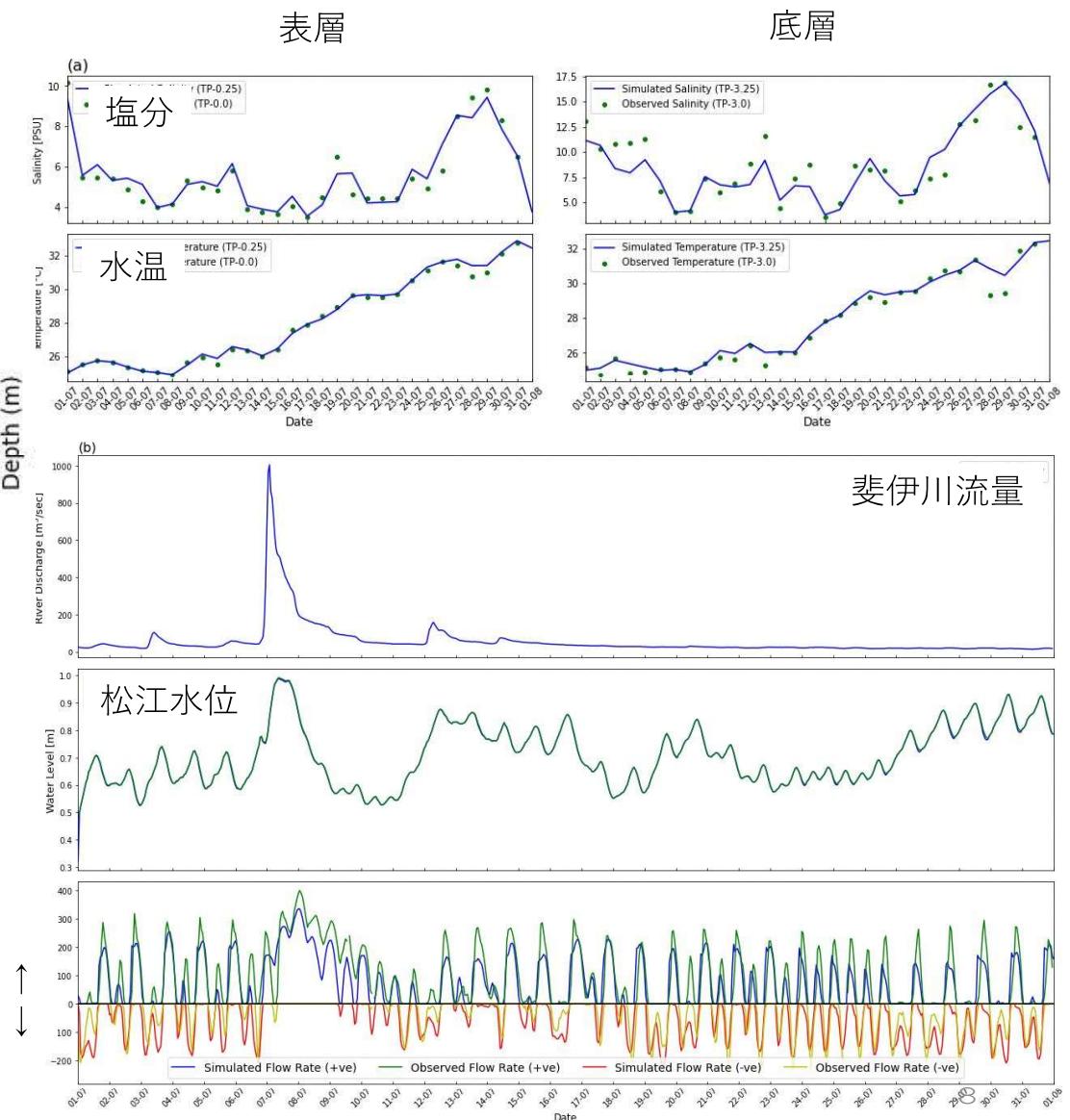
2022/2/17



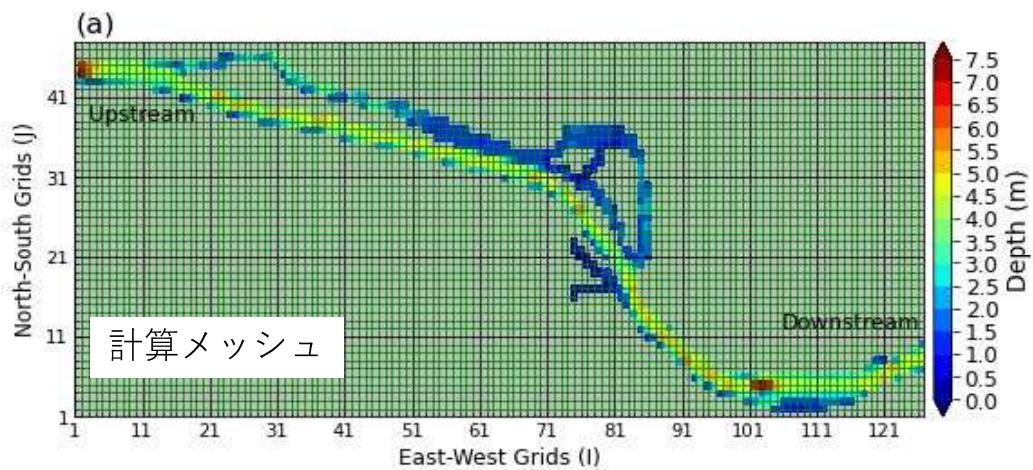
200mメッシュでの計算 (3つのメッシュの水深を変更)



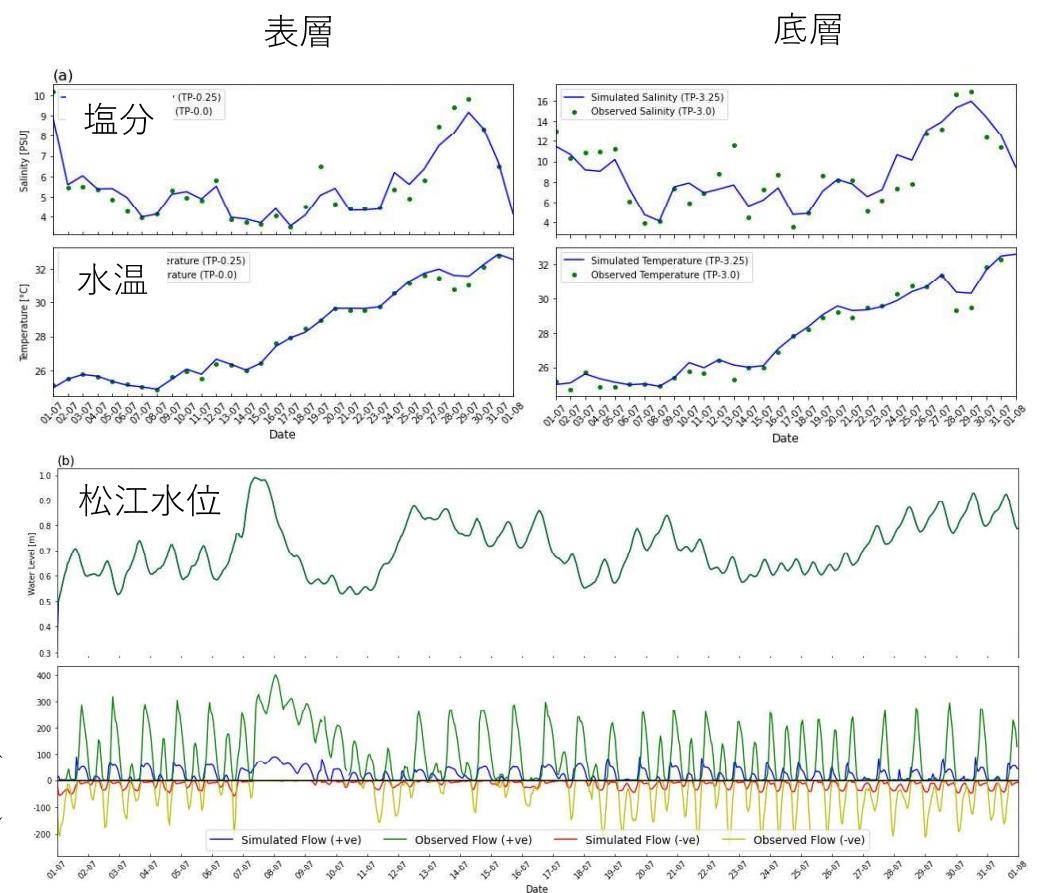
2022/2/17



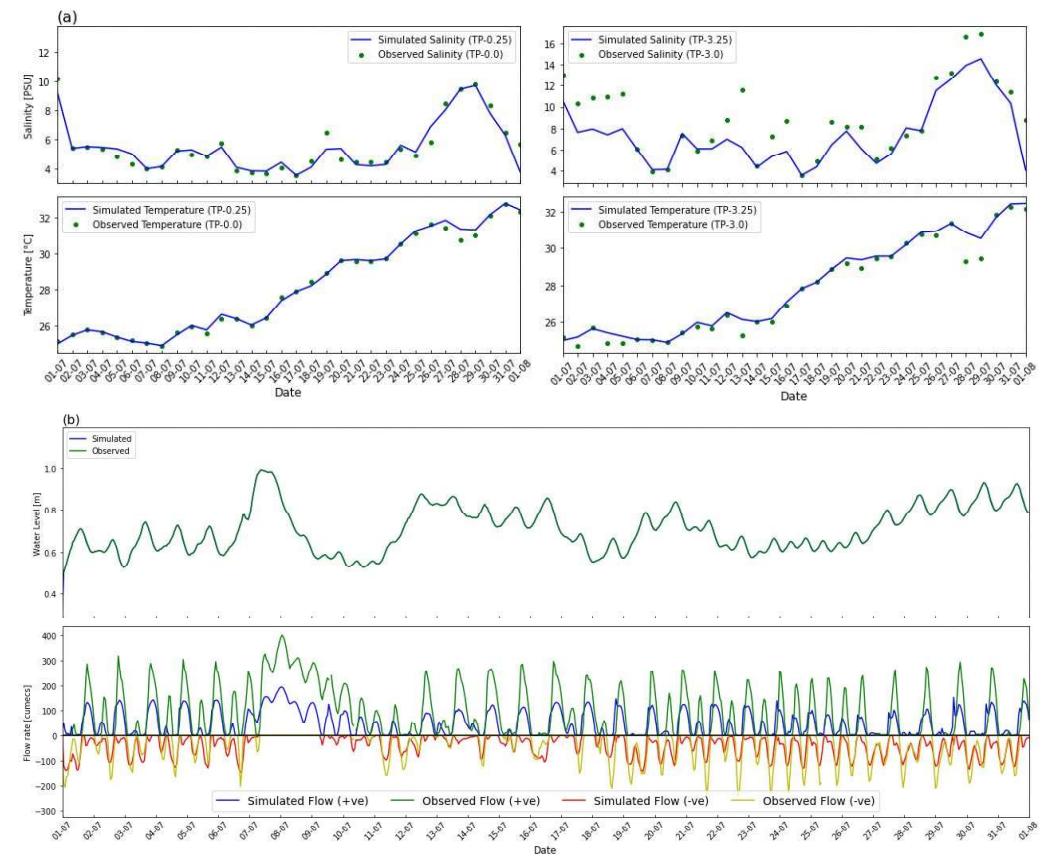
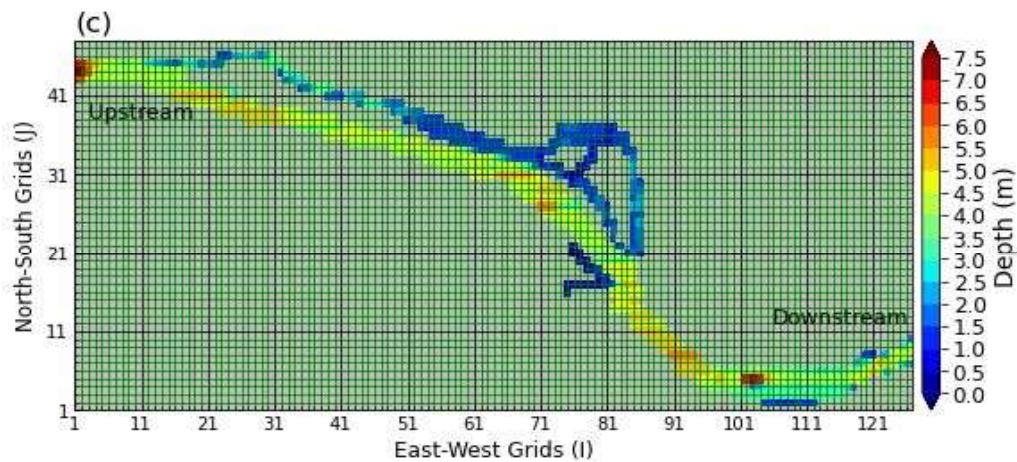
50mメッシュでの計算 (測量データから機械的に作成)



流量
下流方向 ↑
上流方向 ↓



50mメッシュでの計算 (川幅や水深を大幅に変更)



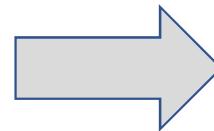
流速・流量に関する考察（1/2）

流速の計算結果に与える要因について検討

- ↓
 - ・壁面、底面、水表面の抵抗係数などは、それほど問題とならない
 - ・境界条件（風、両端の水位など）はある程度信頼できる値を与えており、調整の余地がない
 - ・メッシュの配置（ジグザグの形状）による抵抗でもない

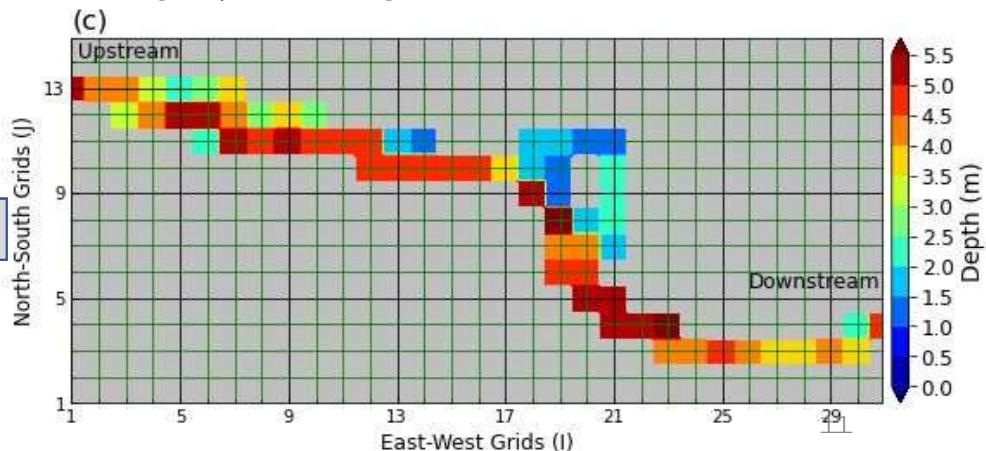
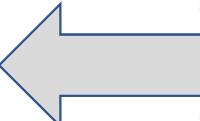
計算メッシュ上での道のりを35メッシュ = 7 kmに変更したところ、流速の計算結果が合うようになった。

問題は、最も基本的な水の駆動力である水面勾配 = 水位差 / 水平距離であったことが判明



地図で見ると、松江から八幡までの距離は約7km

↓
しかし、計算メッシュ状での道のりは、40メッシュ = 8km



流速・流量に関する考察（2/2）

Ishitobi et al. (1999)は、大橋川で流速観測を行い、松江一八幡間での水位差と流速との関係について、次式でまとめている。

$$u^2 = K^2 \left(|\Delta h \pm c| \right)$$

その結果、Kの値として $1.21\sim 1.72 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}^{-1}$ を得ている。

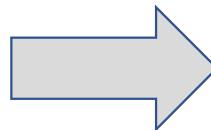
同様に、藤井・長縄(1995)は、中海の水位変動を近似的に与え、宍道湖の水位変動を再現するためのK値を求めている。その結果、Kの値として $0.9 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}^{-1}$ を得ている。

これらに対し、本研究における数値解析の結果からは、 $0.77 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}^{-1}$ を得た。
流速を過小評価している。

左式を流量の観点で補正してみる。

$$Q^2 = (uA)^2 = (KA)^2 \left(|\Delta h \pm c| \right)$$

Ishitobi et al. (1999) の結果をもとに検算すると、KAの値として $570\sim 810 \text{ m}^{5/2}/\text{sec}^{-1}$ が得られる。



本研究における数値解析の結果からは、 $636 \text{ m}^{5/2}/\text{sec}^{-1}$ を得た。

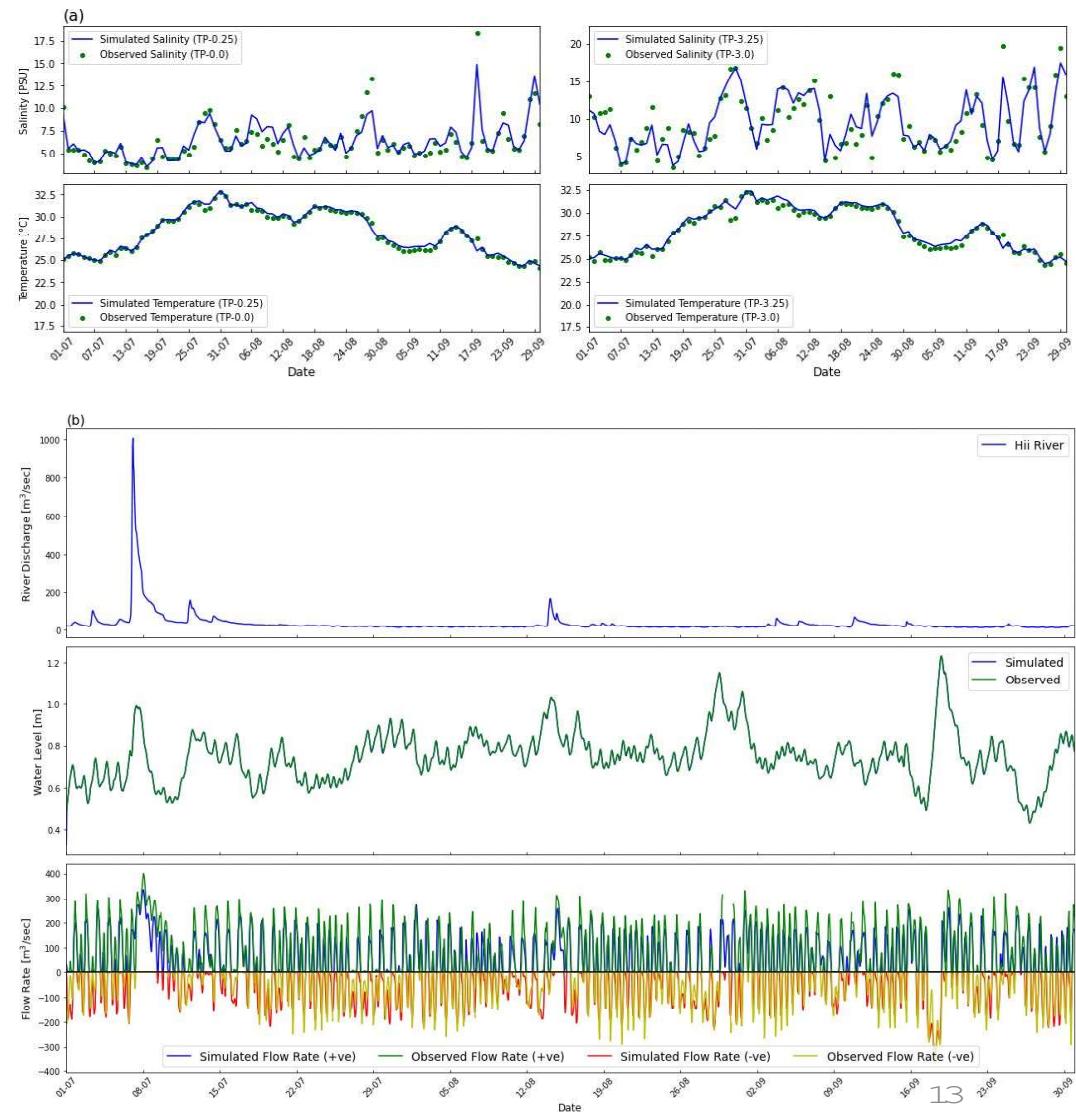
数値解析では断面積を大きくしているため、流量の比較ではつじつまが合う。

大橋川シミュレーション に関するまとめ

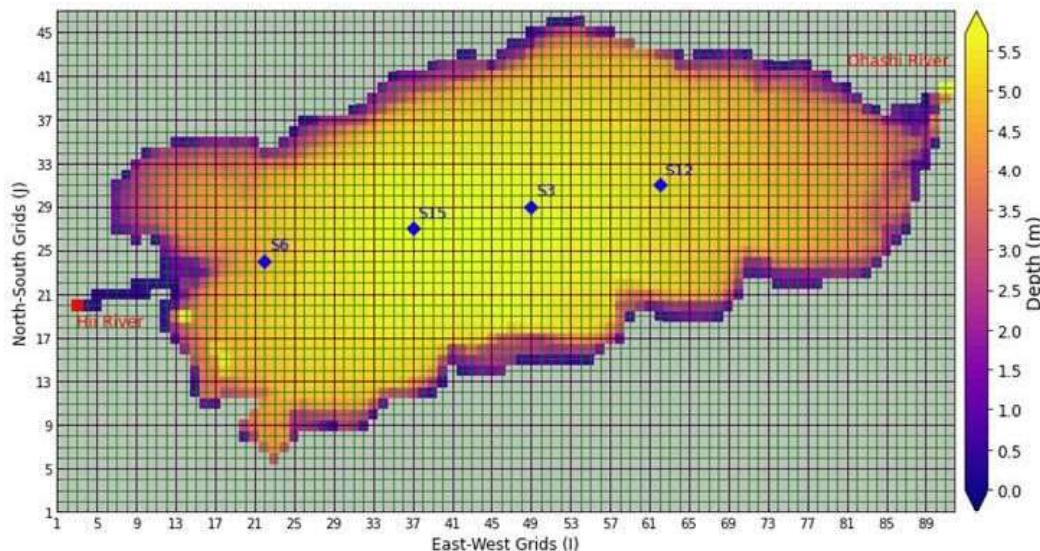
大橋川では弱混合型の塩水進入形態をとることは少なく、全層で逆流する侵入形態をとることが多い。このため、断面積を適切に調整することで流量の再現性が向上するものと考えられる。

地形のメッシュデータを作成する際に測量結果を空間的に補間することは常法と思われるが、特に岸沿いや複雑な形状を持つ付近（本研究では矢田地先）では、水温、塩分等のスカラー量だけでなく、流量等の観測値も参照しながら適切に修正を施すことが重要と考えられる。

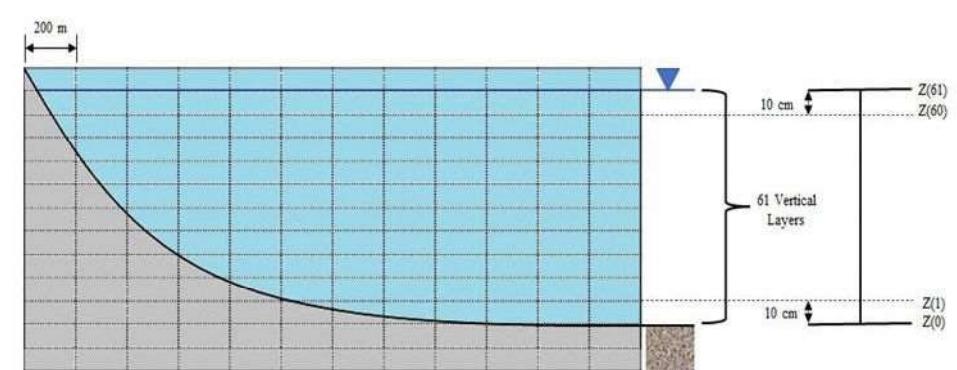
2022/2/17



宍道湖における流動シミュレーション



検討対象領域と比較観測点



鉛直方向のメッシュ分割イメージ

計算条件等

計算の基本条件

入力値	パラメーター	取得元
初期条件	水温、塩分、水位	助走計算より
水表面	気温、日射、風、降雨、 気圧、水蒸気圧	気象庁
開境界条件	水温、塩分	国土交通省
河川	流量、水温	国土交通省

鉛直拡散にかかわる基礎式

$$u_s^2 = \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right) C_D U^2$$

$$K_* = 0.51 \frac{\sin \phi}{U}$$

$$R_i = \frac{-1 + \left[1 + \frac{40 N^2 k^2 z^2}{u_s^2 \exp(-2 K_* z)} \right]^{0.5}}{20}$$

$$f(R_i) = (1 + \alpha \cdot R_i^\gamma)^{\beta_v}$$

$$K_z = \frac{k u_{*s} z}{S_c} \exp(-k_* z) f(R_i)$$

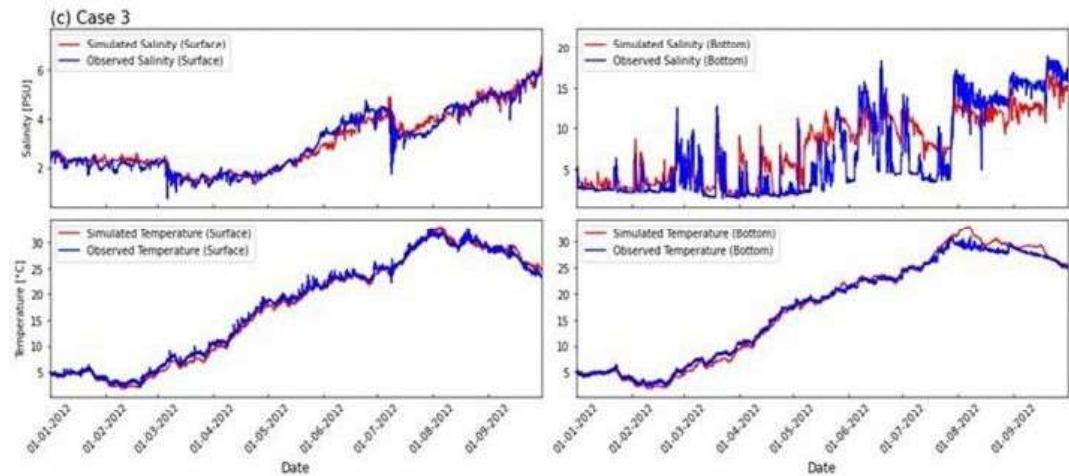
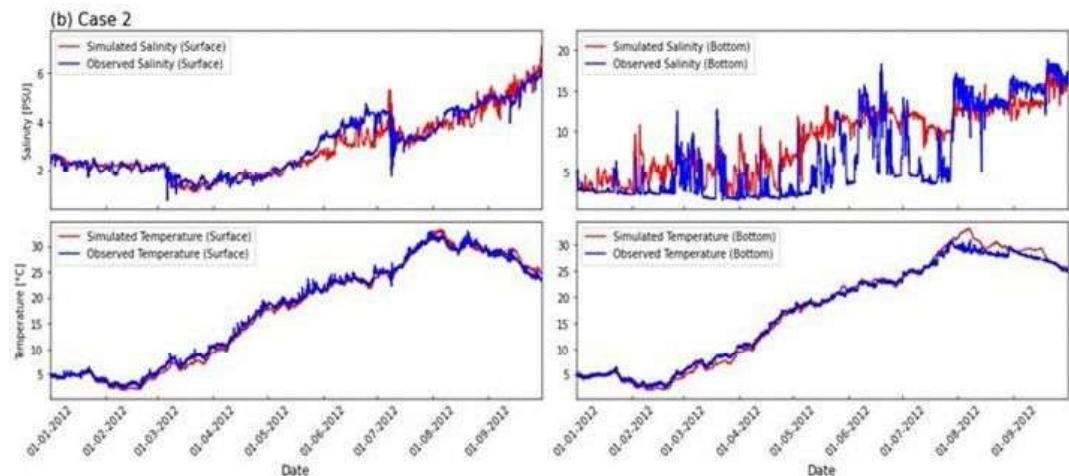
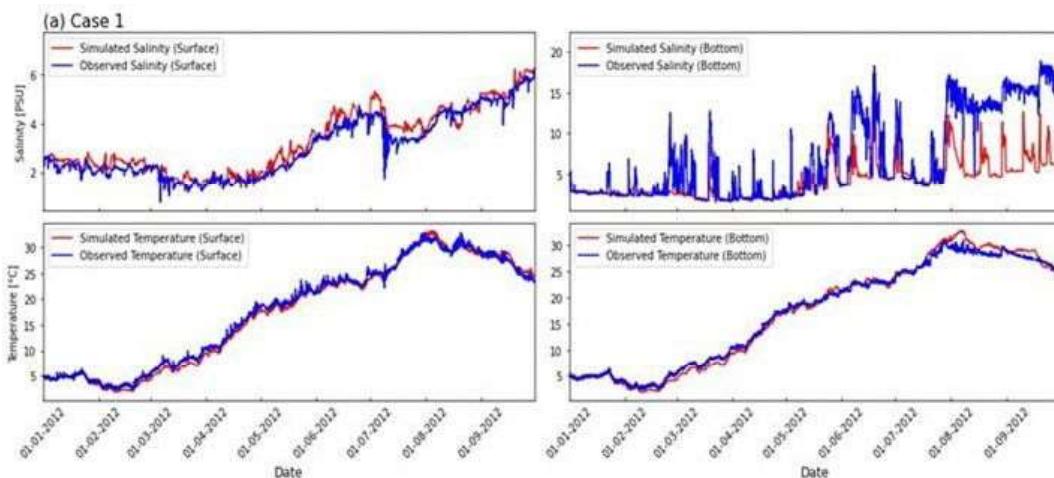
鉛直拡散にかかわるパラメーター

Parameter	Symbol	Value	Unit
Latitude	ϕ	35.4	Degree
Wind speed	U	Observed	m/s
Density of Air	ρ_a	1.148	Kg/m ³
Density of Seawater	ρ_w	1020	Kg/m ³
Coefficient of Drag	C_D	0.0006	-
Turbulence Schmidt Number	S_c	1.0	-
Von Karman Constant	k	0.40	-
Water Depth	Z	Model Vertical Layers	m
Model constants	α, β_v, γ	Tuning	-

試行計算の結果

計算パラメーター

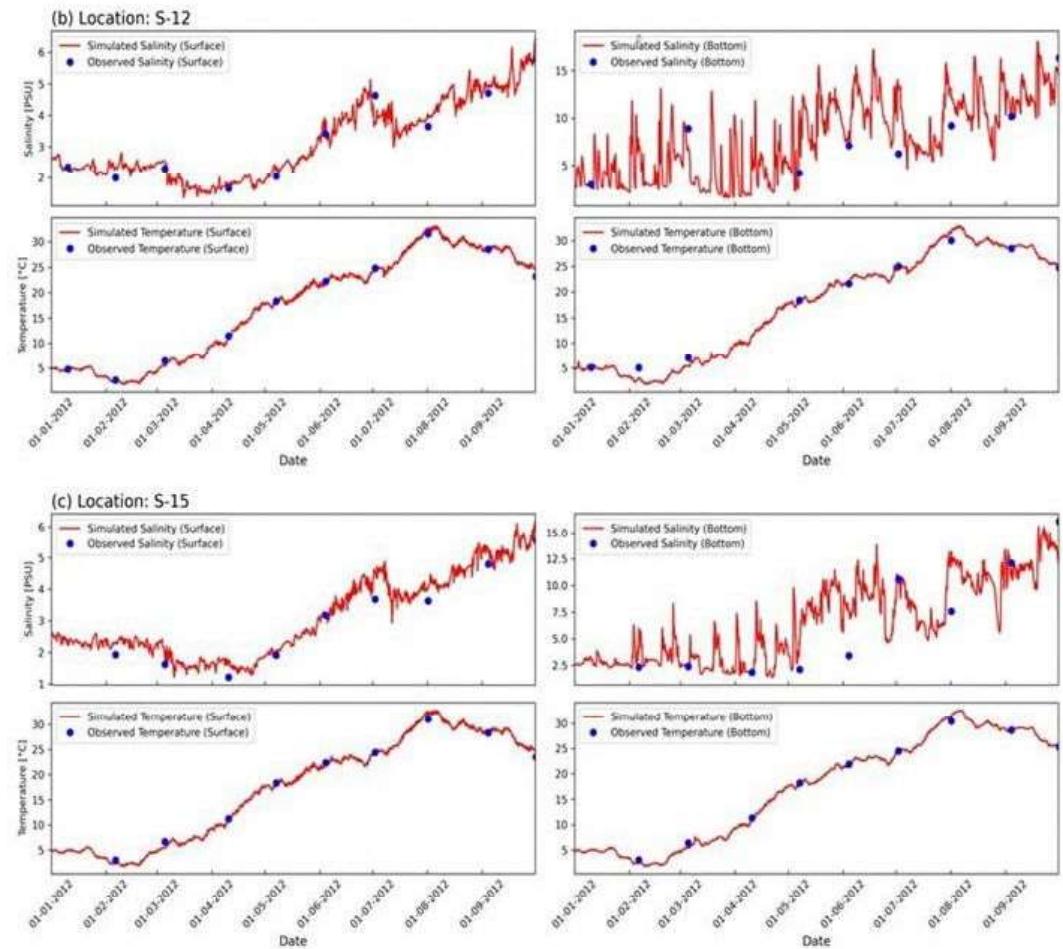
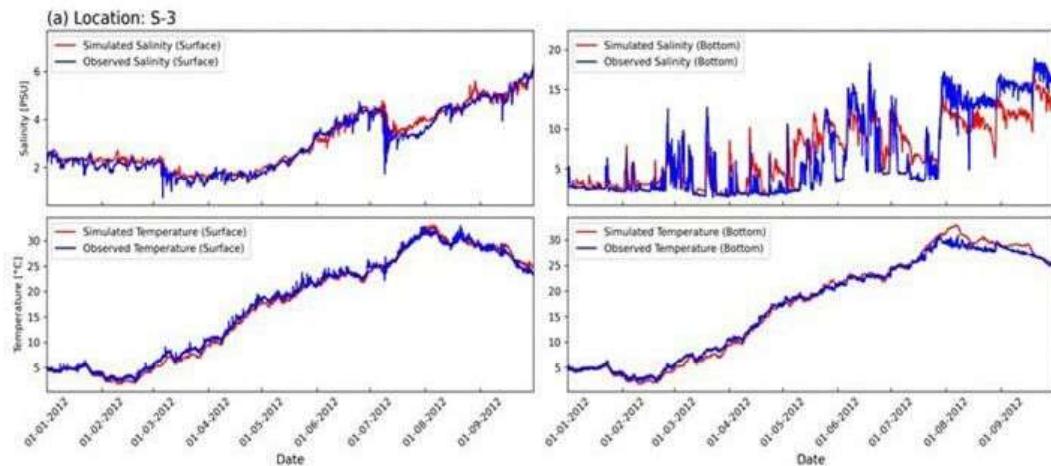
Case	水温に関する拡散係数			塩分に関する拡散係数			塩分の α についての備考
	α	β_v	γ	α	β_v	γ	
1	3.33	-1.50	1.0	3.33	-1.50	1.0	下方限界
2	1.0	-1.50	1.0	50.0	-1.50	1.0	上方限界
3	1.0	-1.50	1.0	25.0	-1.50	1.0	上方限界の半値
4	1.0	-1.50	1.0	18.0	-1.50	1.0	最適値



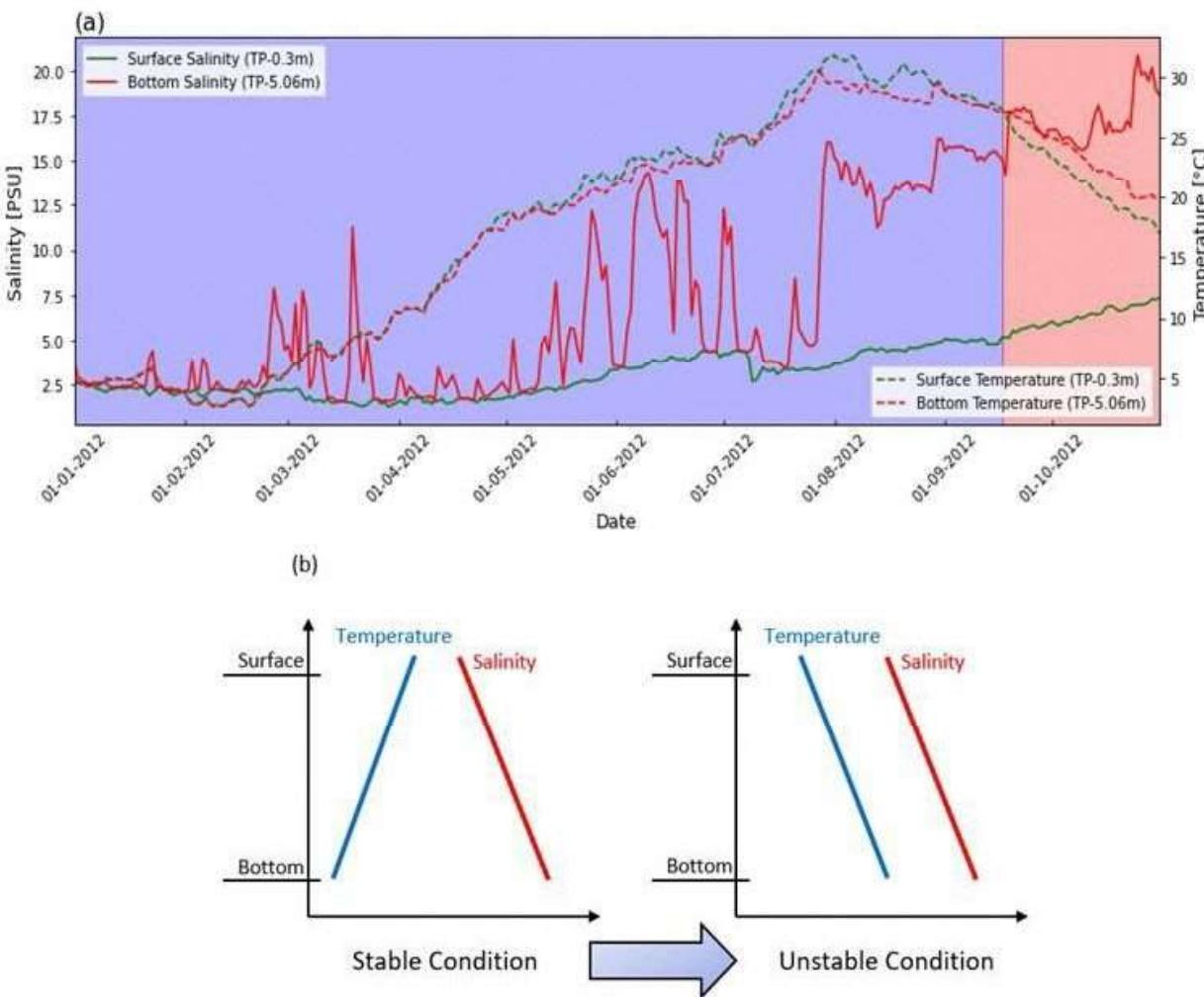
試行計算の結果

計算パラメーター

Case	水温に関する拡散係数			塩分に関する拡散係数			塩分の α についての備考
	α	β_v	γ	α	β_v	γ	
1	3.33	-1.50	1.0	3.33	-1.50	1.0	下方限界
2	1.0	-1.50	1.0	50.0	-1.50	1.0	上方限界
3	1.0	-1.50	1.0	25.0	-1.50	1.0	上方限界の半値
4	1.0	-1.50	1.0	18.0	-1.50	1.0	最適値



試行計算の結果

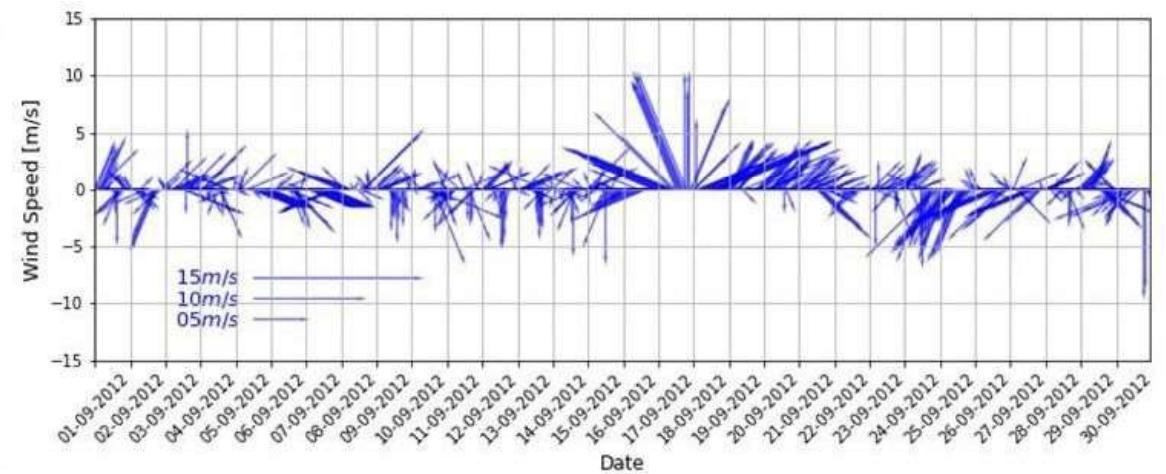
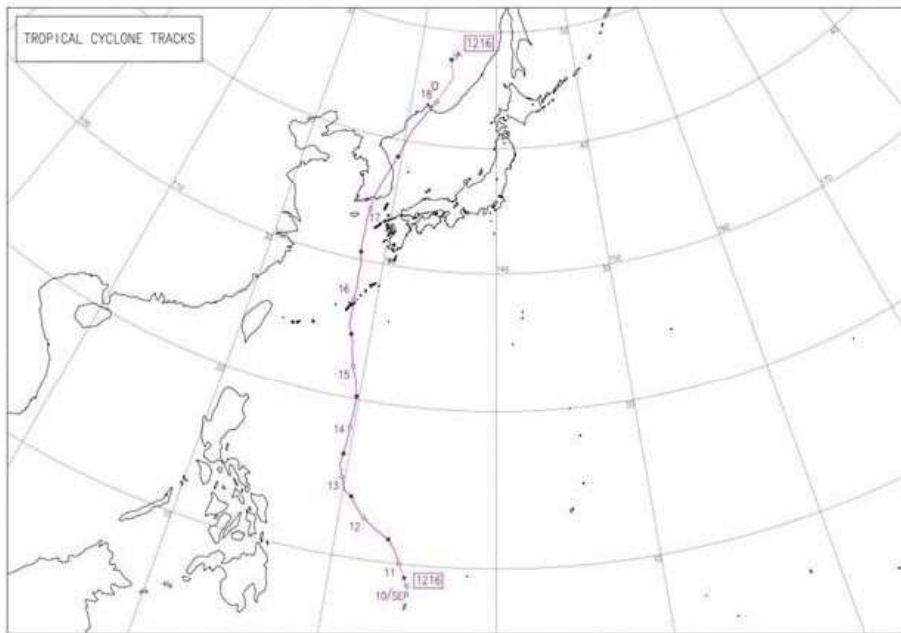


宍道湖湖心部における表層水と底層水の温度と塩分の時間変化

2022/2/17

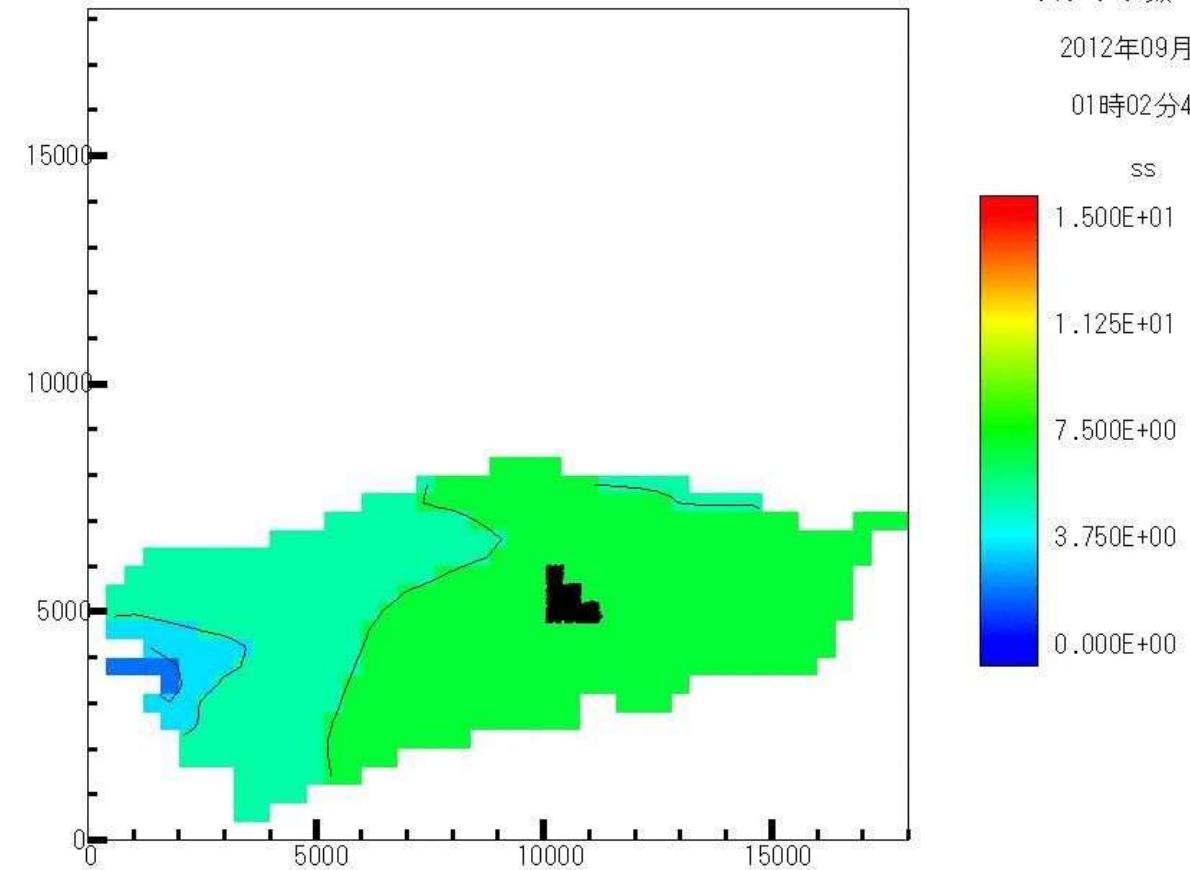
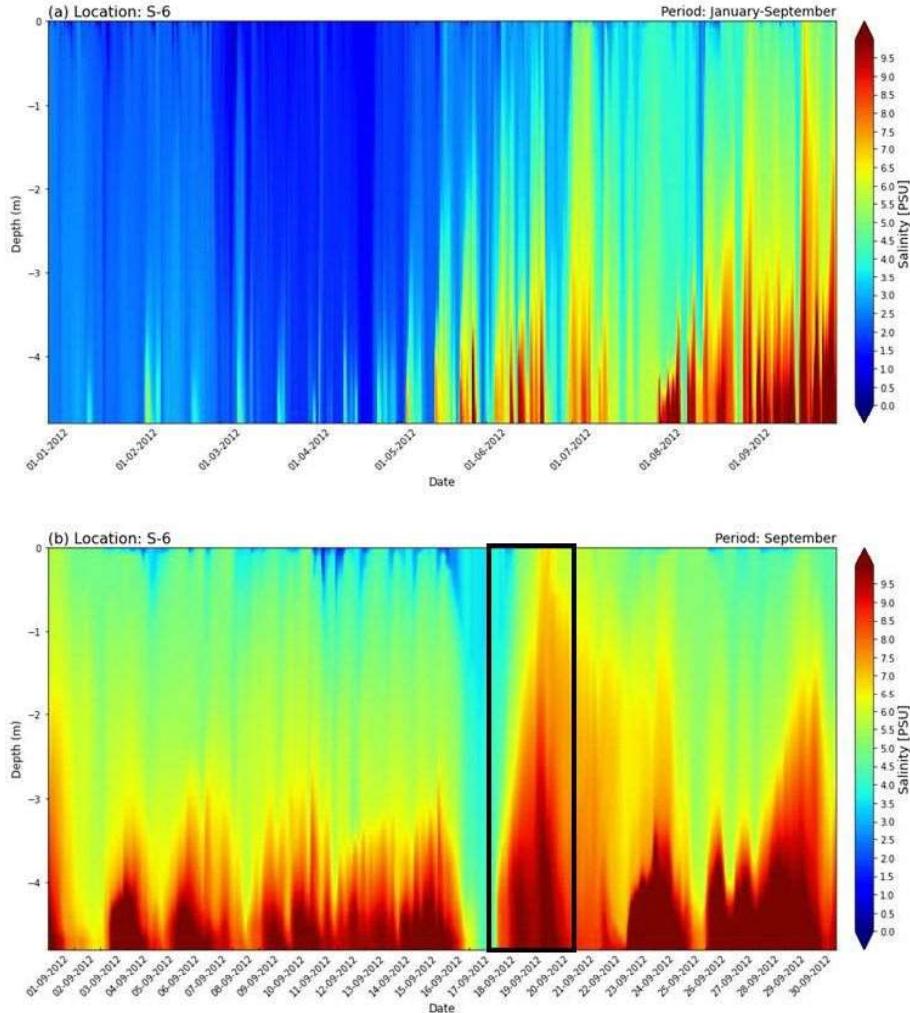
18

イベント時の挙動



2012年9月の台風の経路と風向風速の変化

イベント時の挙動



■ 9月の青潮の再現計算

2022/2/17

20

まとめ

- 宍道湖・中海連成系でのシミュレーションを行うことを念頭に置き、大橋川を表現する最適な地形条件を検討した。
- 簡略化された水深図を使用しても、河川の流れ特性、特に中海からの塩水侵入の様子を表現することが可能と判断した。
- 宍道湖内での高塩分水塊の形成及びその解消を解明するために、3次元流動モデルを用いた過去解析シミュレーションを行った。
- モデル定数 (α) を調整することで、鉛直乱流拡散を調整し、シミュレーションの精度向上を図った。
- チューニングされたモデルでは、通常の時間変化だけでなく、台風時の青潮イベントの再現も可能であった。