

検討の目的

排砂および通砂時の海域の土砂動態把握の一環として、排砂および通砂時に流下した土砂による海域での濁り拡散範囲を確認し、排砂・通砂による影響範囲を推定する。

前回のご報告の要点

- ドローン空撮写真により濁りの範囲をある程度は定量的に推定が可能。
- シミュレーションによる再現計算はモデル改良※を行うも精度向上の余地あり。

※モデル改良の概要は、P7以降の（参考資料）参照



今回のご報告概要

【検討①】 ADCPの観測データを用いたシミュレーションによる再現計算の精度向上検討

今年度の排砂、通砂時に実施したADCP※による海域の濁度、流向・流速分布の観測結果を再現計算の検証データとして追加。

※ADCP（Acoustic Doppler current profiler）：超音波流速計。超音波のドップラー効果を利用した非接触型流速計の一つ。

⇒観測値の再現には至っていないが、ADCPの実測値から、**濁りの深さ方向の分布は表層付近が高く、水深10m~20m程度以深には濁りが届いていない**という特徴を確認。

【検討②】 ドローン空撮写真とシミュレーションによる再現計算の比較検証

ドローン空撮写真から推定した濁りの範囲と、シミュレーションによるSSの表層分布を重ね合わせることで、濁り拡散状況の再現性を検証。

⇒定性的な評価として、**現行モデルに対して改良モデルの一定の優位性**を確認。

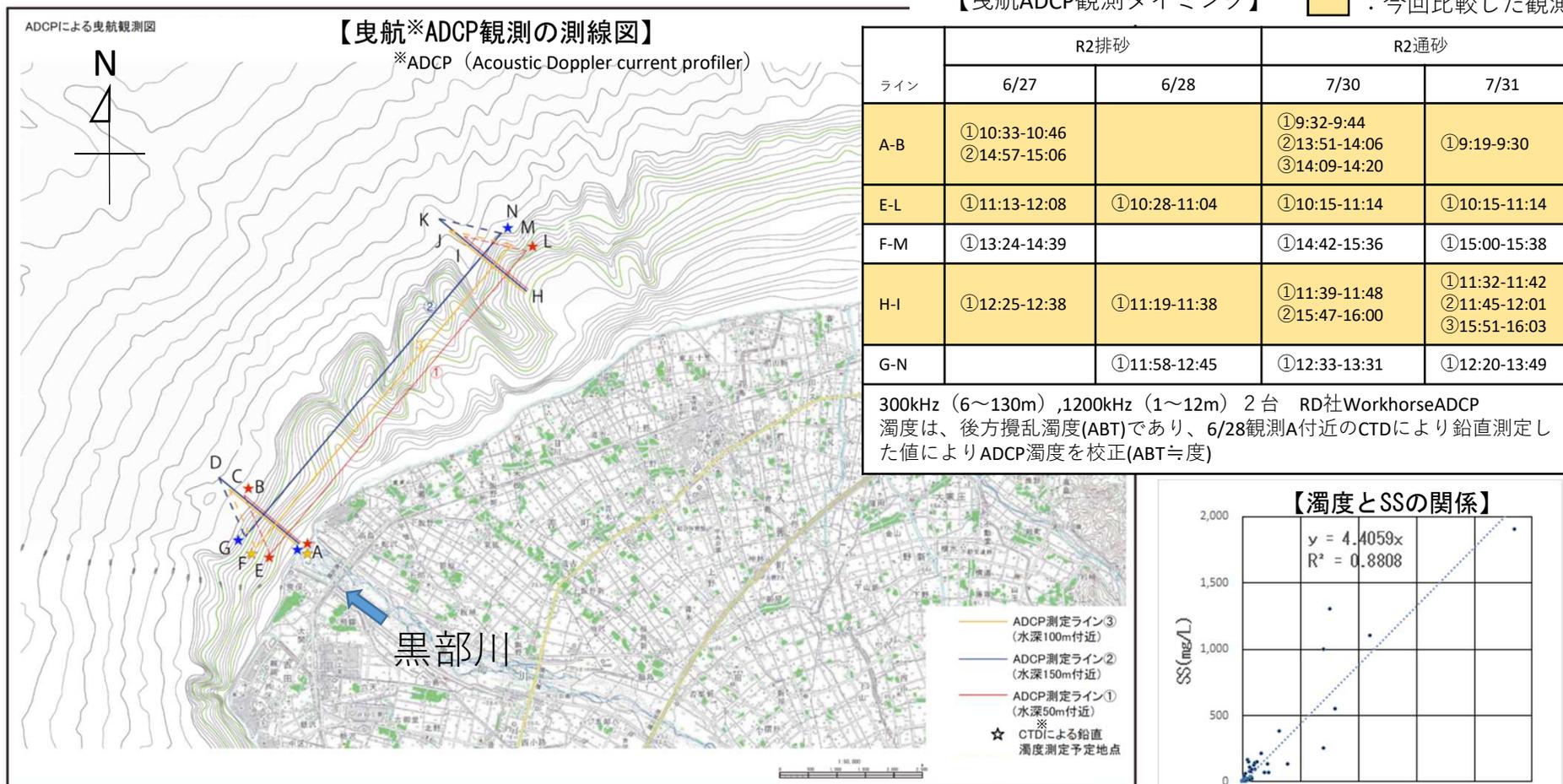
令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

【検討①】 現行モデル — 改良モデルの比較 曳航ADCP【流速、濁度】との検証

曳航ADCPと各モデルの検証における留意点を下記に示す。

- 1) 測定ラインでの比較が困難であったため、始点、終点とその中間点に相当するメッシュの結果を比較の対象とした。
- 2) 比較する測定ラインは、A-Bライン、E-Lライン、H-Iラインとし、曳航ADCP測定時間に近い計算結果との比較とした。
- 3) 曳航ADCPで観測した濁度は下図の関係式を用いてSS変換した。

【曳航ADCP観測タイミング】 : 今回比較した観測



(曳航ADCP観測濁度のSS変換について)

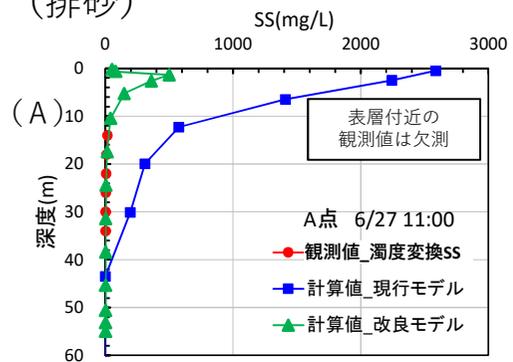
- ・ R2年排砂および通砂中 (各1日後含む) の海域採水分析の濁度分析値とSS分析値より関係式を算出
- ・ ADCP測定範囲近傍の水質調査地点 (A点、C点、河口沖、M-10、P-20) 5点

※CTD :
Conductivity Temperature Depth profiler

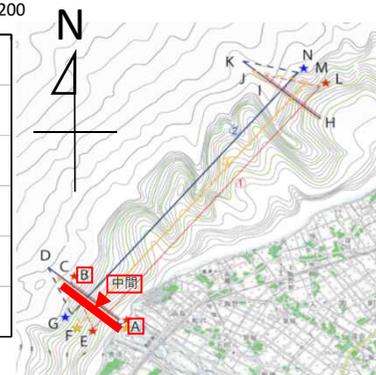
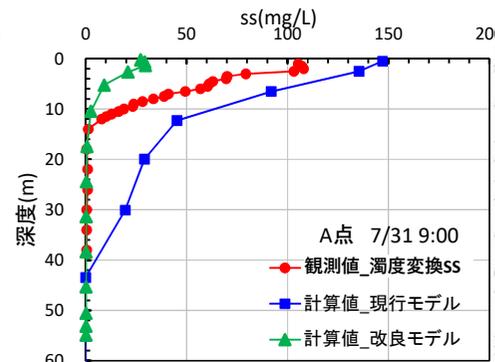
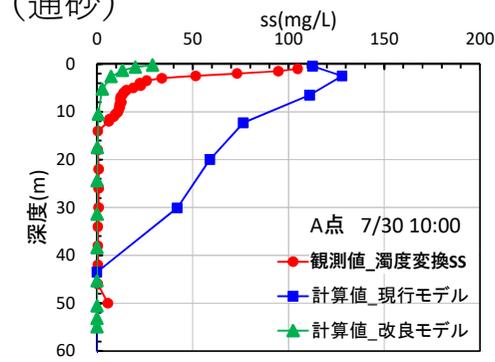
令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

【検討①参考資料】 現行モデル — 改良モデルの比較 曳航ADCP 【SS（A-Bライン）】

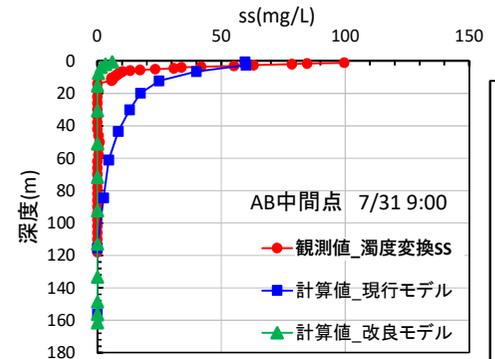
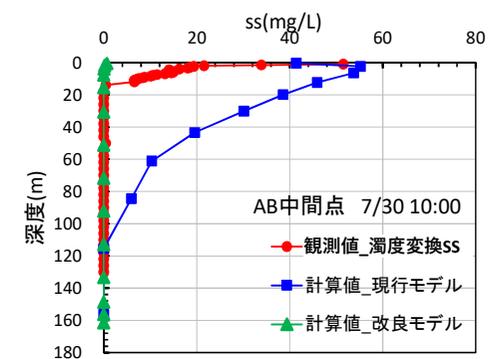
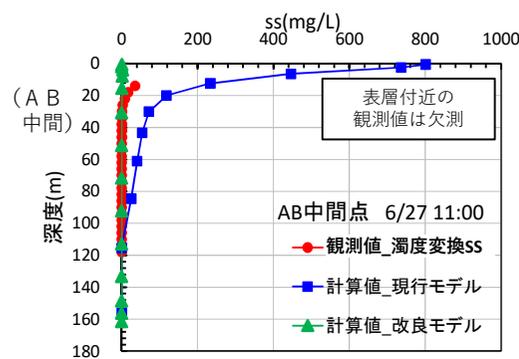
(排砂)



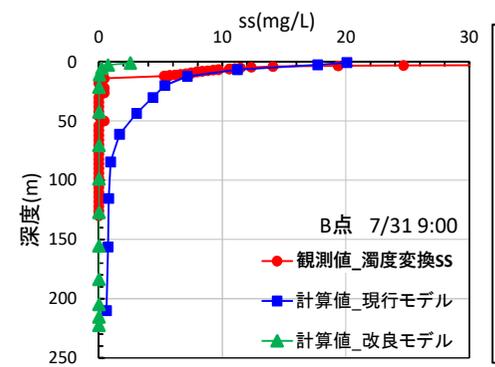
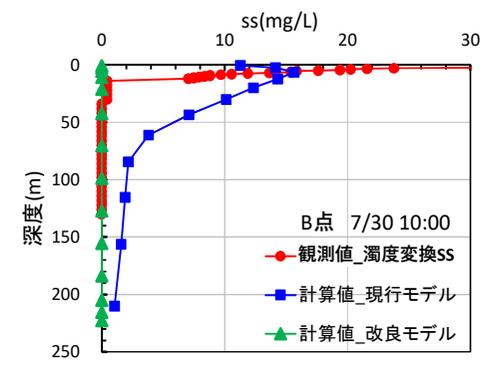
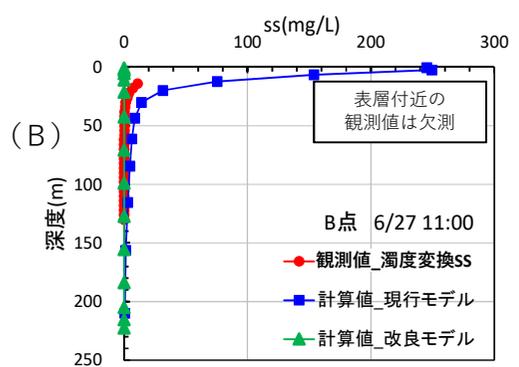
(通砂)



— : 測定ライン



(実測値の特徴)
 実測値は水深20m程度までの表層付近のSSが高く、以深は濁りがほとんどない状況。

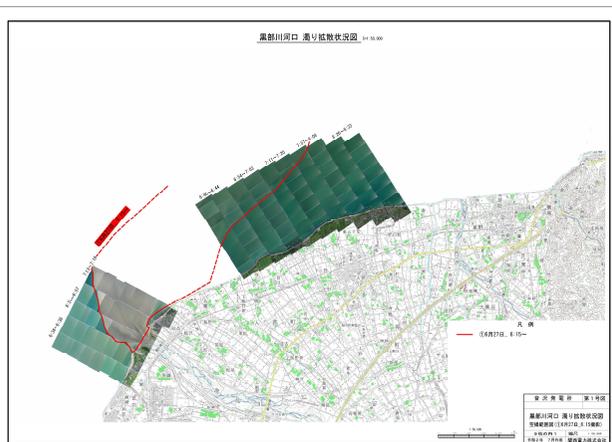


(解析値の再現性)
 現行モデル、改良モデルともに高い再現性とは言い難いが、改良モデルの方が上記の特徴を表現できている。

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

【検討②（結果抜粋）】排砂①タイミング

ドローン及びポイント撮影



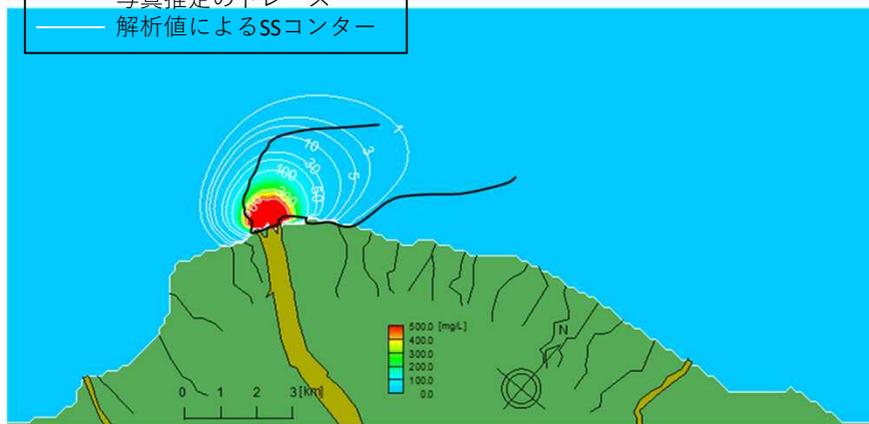
河口より沖合500m地点、入善側を望む

撮影日時:6/27 6:15~

再現計算結果（SS表層分布）

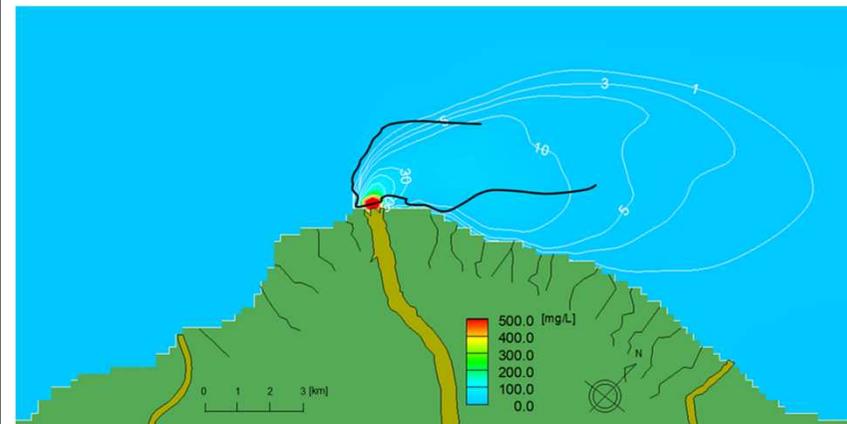
(凡例)
 写真推定のトレース
 解析値によるSSコンター

18.3km²



現行モデル

65.6km²



改良モデル

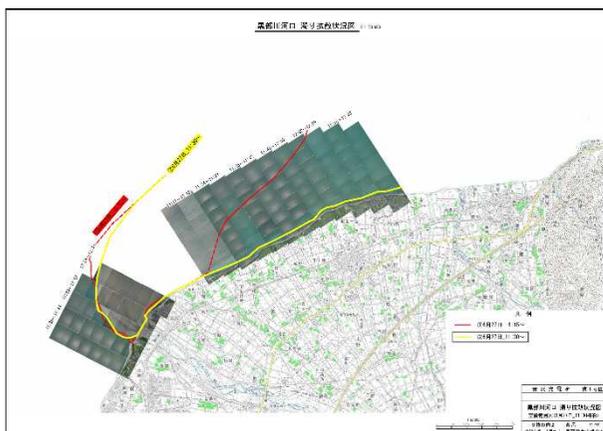
出力日時:6/27 7:00

※再現計算結果は、ドローン撮影日時に近い計算結果との比較であり、同一時間ではない。
 ※また、再現計算結果の表層は海面下0.5mの値、ドローンは表層0.0mである。

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

【検討②（結果抜粋）】排砂②タイミング

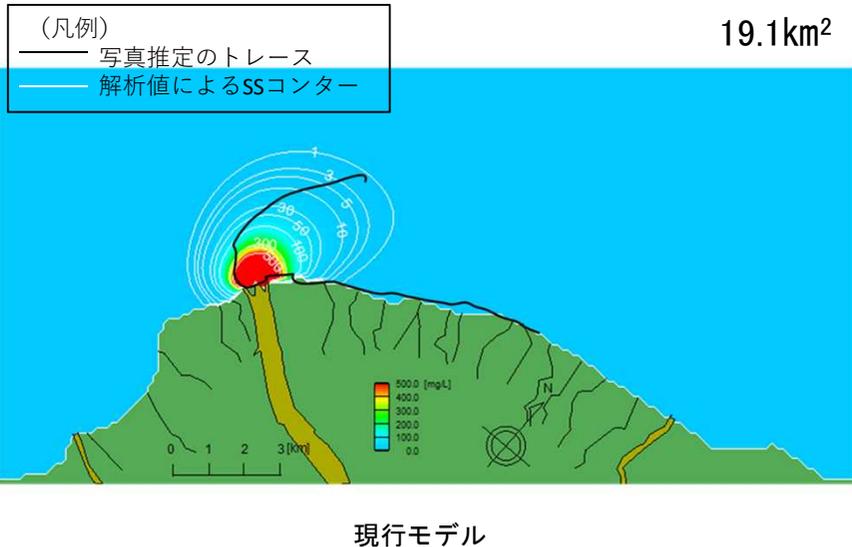
ドローン及びポイント撮影



河口より沖合500m地点、入善側を望む

撮影日時: 6/27 11:30~

再現計算結果 (SS表層分布)



出力日時: 6/27 12:00

※再現計算結果は、ドローン撮影日時に近い計算結果との比較であり、同一時間ではない。
 ※また、再現計算結果の表層は海面下0.5mの値、ドローンは表層0.0mである。

今後の方向性

今年度の検討においては主に下記の結果が得られた。

- ・ ADCPの観測値から、濁りの拡散は表層付近が主たるものであること。
- ・ 上記特徴の再現性は現行モデルより改良モデルの方が優位であること。

これらの結果を踏まえ、モデル改良は一旦の区切りとし、今後は再現計算データの蓄積により濁り拡散に寄与する条件の絞り込みに関する検討を進め、それらの条件の組み合わせにより、ある程度の幅を持たせた拡散状況の推定手法の確立を目指すこととする。

(参考資料)

現行モデルと改良モデルの計算条件比較

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

■ 計算条件

現行モデル

項目		設定内容
初期条件	水温	夏季平均水温
	塩分	夏季平均塩分
	SS	0mg/L
境界条件	潮位	夏季平均的流動パターンとなる潮位
	水温	夏季平均水温
	塩分	夏季平均塩分
	SS	0mg/L
河川からの流入条件	流量	ダム運用実績より算出した河川流量
	水温	下黒部橋観測データ ※不足分はアメダス魚津気温観測データと下黒部橋水温観測データとの相関関係式により補間
	SS	下黒部橋観測データ
気象条件	海上風	下新川海岸田中海象観測所データ
	晴天日射量	富山気象台観測データ
	雲量	
	接水気温	
	相対湿度	

改良モデル（赤文字が変更箇所）

項目		設定内容
初期条件	水温	R2環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値及び平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定
	塩分	R2環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値及び平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定
	SS	0mg/L
境界条件	潮位	夏季平均的流動パターンとなる潮位
	水温	R2環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値及び平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定
	塩分	R2環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値及び平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定
	SS	0mg/L
河川からの流入条件	流量	ダム運用実績より算出した河川流量
	水温	下黒部橋観測データ ※不足分はアメダス魚津気温観測データと下黒部橋水温観測データとの相関関係式により補間
	SS	下黒部橋観測データ
気象条件	海上風	下新川海岸田中海象観測所データ
	晴天日射量	富山気象台観測データ
	雲量	
	接水気温	
	相対湿度	

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

海域シミュレーション条件の補足説明

現行モデル

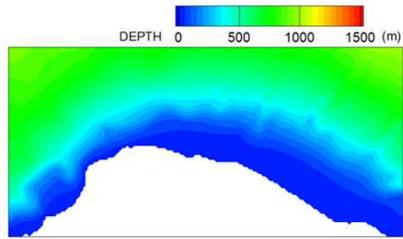
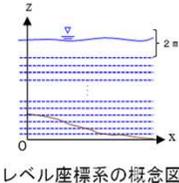
項目	設定内容
解析モデル	準3次元解析モデル
	①連続式 $\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0$
	②運動方程式
	③水温・塩分の拡散方程式
④濁りの拡散方程式	

改良モデル

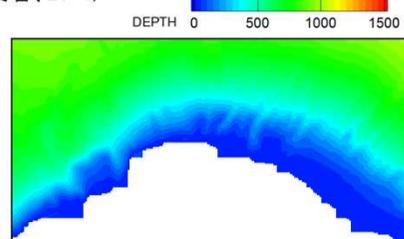
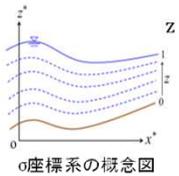
項目	設定内容
解析モデル	準3次元解析モデル(σ座標系に基づく)
	①連続式 $\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Hu}{\partial x} + \frac{\partial Hv}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$
	②運動方程式
	③水温・塩分の拡散方程式
④濁りの拡散方程式	

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

現行モデル

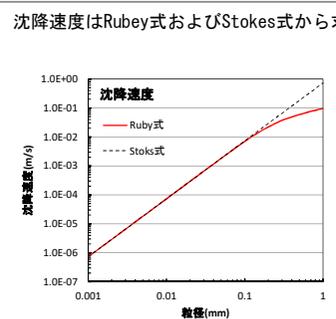
項目		設定内容
地形データ		棚の海の基本図のデータ（海上保安庁、2000年3月刊行） 
計算領域		黒部川沿岸付近 28.5km × 13.8km
計算メッシュサイズ	平面方向	150m
	鉛直方向	レベル座標（17層）  レベル座標系の概念図
水平渦動粘性・拡散係数		水平渦動粘性係数 $A_H = (C \Delta x)^2 \left[2 \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$ 水平渦動拡散係数 $K_H = A_H$ ここに、C：乱れの定数 (=0.12) Δx：水平方向の格子間隔 (m)

改良モデル

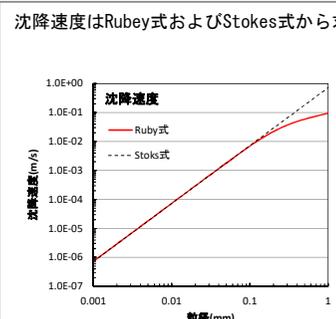
項目		設定内容
地形データ		「日本海における大規模地震に関する調査検討会」で作成されたデータ（国交省、2014） 
計算領域		黒部川沿岸付近 27km × 14km
計算メッシュサイズ	平面方向	200m: 改良モデルは高精度スキームを使用しているため、計算効率を考え、現行モデルよりもメッシュは粗い
	鉛直方向	σ座標(14層)：境界適合型座標系 デカルト座標に対する次式の変換により定義される。 $z = \frac{z^* + h}{\delta + h}$ ここに、 z*: デカルト座標系およびσ座標系における鉛直座標 δ: 平均水面からの水位変動量 h: 静水時の水深  σ座標系の概念図 ・地形変化が急峻な沿岸海域を解くのに適している。 ・海底海況層を精度よく表現できる。
水平渦動粘性・拡散係数		水平渦動粘性係数 改良モデルでは、水平渦動粘性を求める際に、座標変換のjacobianが用いられ、より高精度なスキームを用いて計算を行っている。 $A_H = C_H \Delta x \Delta y \left[\left(\frac{1}{m_x} \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{m_x} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{m_y} \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{1}{m_y} \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$ 水平渦動拡散係数 $K_H = A_H$ ここに、C：乱れの定数 (=0.12) Δx：水平方向の格子間隔 (m)

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

現行モデル

項目	設定内容
鉛直渦動粘性・ 拡散係数	Richardson数関数モデル(0次関数モデル) 鉛直渦動粘性係数 $A_V = A_{VO} (1 + 5.2R_i)^{-1}$ 鉛直渦動拡散係数 $K_V = A_V \frac{(1 + 10R_i/3)^{-3/2}}{(1 + 10R_i)^{-1/2}}$ ここに、 A_{VO} = 中立状態における鉛直方向渦動粘性係数 R_i = リチャードソン数 (成層の強さをあらわす指標) $R_i = - \frac{g \left(\frac{\partial \rho}{\partial z} \right)}{\rho_a \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2}$ U: 平均流速のx方向成分 (m/s)
	代表粒径0.005mm: 3.00×10^{-4} m/s 代表粒径0.015mm: 1.27×10^{-3} m/s 代表粒径 0.11mm: 9.40×10^{-3} m/s 代表粒径 0.25mm: 2.99×10^{-2} m/s
沈降速度	沈降速度はRubey式およびStokes式から求めた値を調節し計算に用いている。  <p style="text-align: center;">Rubey式による沈降速度</p> 代表粒径0.005mm: 1.82×10^{-5} m/s 代表粒径0.015mm: 1.64×10^{-4} m/s 代表粒径 0.11mm: 8.28×10^{-3} m/s 代表粒径 0.25mm: 2.99×10^{-2} m/s <p style="text-align: center;">Stokes式による沈降速度</p> 代表粒径0.005mm: 1.82×10^{-5} m/s 代表粒径0.015mm: 1.64×10^{-4} m/s 代表粒径 0.11mm: 8.80×10^{-3} m/s 代表粒径 0.25mm: 4.55×10^{-2} m/s

改良モデル

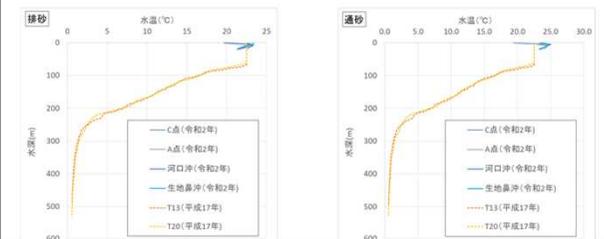
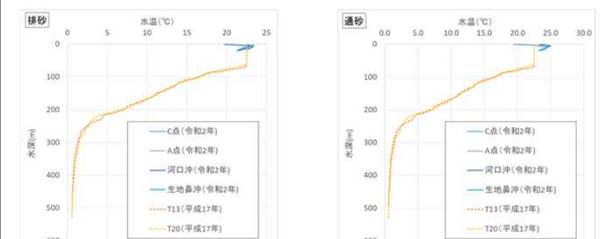
項目	設定内容
鉛直渦動粘性・ 拡散係数	Mellow&Yamada乱流モデル(2方程式モデル) 鉛直渦動粘性係数 $\frac{\partial m H q^2}{\partial t} + \frac{\partial m_x H u q^2}{\partial x} + \frac{\partial m_y H v q^2}{\partial y} + \frac{\partial m w q^2}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{m A_h}{H} \frac{\partial q^2}{\partial z} \right) + Q_t$ $+ \frac{2m A_v}{H} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] + 2m g A_b \frac{\partial b}{\partial z} - \frac{2m H q^3}{B_l}$ 鉛直渦動拡散係数 $\frac{\partial m H q^2 l}{\partial t} + \frac{\partial m_x H u q^2 l}{\partial x} + \frac{\partial m_y H v q^2 l}{\partial y} + \frac{\partial m w q^2 l}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{m A_l}{H} \frac{\partial q^2 l}{\partial z} \right) + Q_l$ $+ \frac{m E_l A_l}{H} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] + m g E_l A_b \frac{\partial b}{\partial z} - \frac{m H q^3 l}{B_l} \left(1 + \frac{E_l l^2}{\kappa^2 L^2} \right)$ ここに、xおよびy: 直交曲線座標系での水平座標 m_x, m_y : 座標変換のJacobian m : 座標変換のJacobian (= $m_x m_y$) A_h : 水平方向の渦粘性拡散係数 A_b : 鉛直方向の渦粘性拡散係数 A_l : 乱れエネルギーの鉛直方向拡散係数 鉛直渦動拡散係数 $A_q = A_v$ 乱れエネルギーの鉛直拡散係数 A_l は、一般には、鉛直方向の渦粘性係数 A_b に等しいとされている。
	沈降速度
沈降速度	沈降速度はRubey式およびStokes式から求めた値を調節し計算に用いている。  <p style="text-align: center;">Rubey式による沈降速度</p> 代表粒径0.005mm: 1.82×10^{-5} m/s 代表粒径0.015mm: 1.64×10^{-4} m/s 代表粒径 0.11mm: 8.28×10^{-3} m/s 代表粒径 0.25mm: 2.99×10^{-2} m/s <p style="text-align: center;">Stokes式による沈降速度</p> 代表粒径0.005mm: 1.82×10^{-5} m/s 代表粒径0.015mm: 1.64×10^{-4} m/s 代表粒径 0.11mm: 8.80×10^{-3} m/s 代表粒径 0.25mm: 4.55×10^{-2} m/s

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

現行モデル

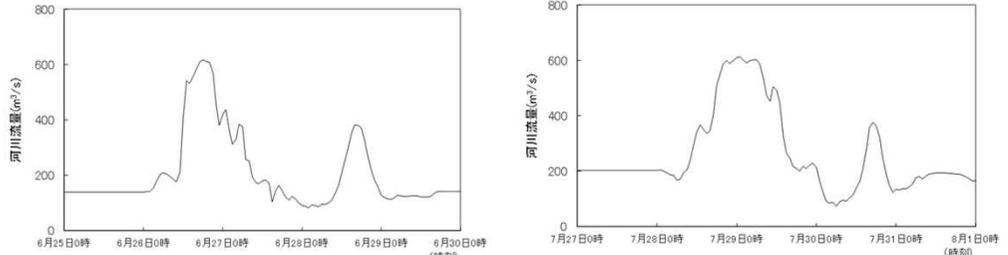
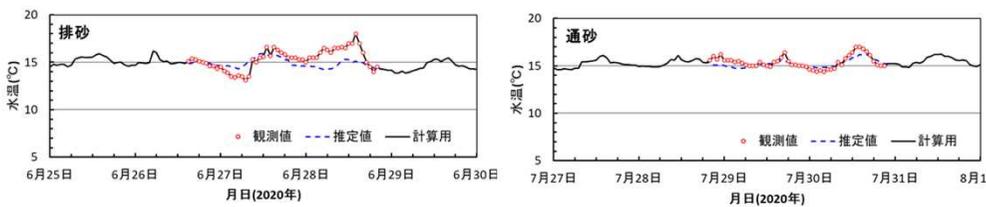
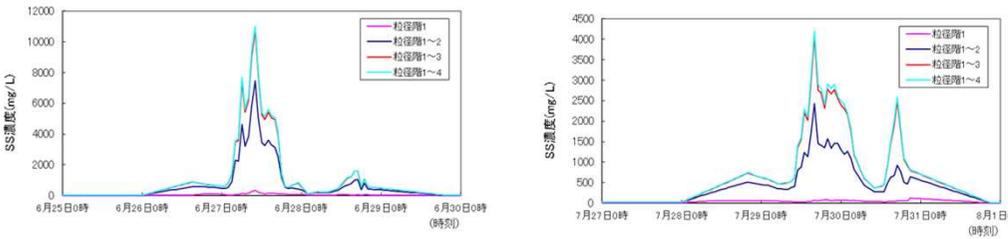
項目	設定内容
初期条件	水温 夏季平均水温 水温一表層23.0°C～底層4°C、 (海上保安庁の海洋速報および富山県の調査船による水温観測等を参考に設定)
	塩分 夏季平均塩分 塩分一表層32psu～底層34.5psu (海上保安庁の海洋速報および富山県の調査船による水温観測等を参考に設定)
	SS 0mg/L
境界条件	潮位 既往業務で設定された潮位 既往業務では、富山湾の夏季の平均的な流動パターン [※] を再現するために広域モデル（富山湾）を計算し、その結果を基にネスティングよりデータを設定した。 <small>※）内山勇：富山湾および周辺海域の平均的流動パターン、富山県水産試験場研究報告 第4号、1993</small>
	水温 夏季平均水温 水温一表層23.0°C～底層4°C、 (海上保安庁の海洋速報および富山県の調査船による水温観測等を参考に設定)
	塩分 夏季平均塩分 塩分一表層32psu～底層34.5psu (海上保安庁の海洋速報および富山県の調査船による水温観測等を参考に設定)
	SS 0mg/L
	SS 0mg/L

改良モデル

項目	設定内容
初期条件	水温 R02環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値及び平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定 
	塩分 R02環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値及び平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定 
	SS 0mg/L
境界条件	潮位 モデル作成時に設定した潮位 モデル作成時には、富山湾の夏季の平均的な流動パターン ¹⁾²⁾ を再現するために広域モデル（富山湾）を計算し、その結果を基にネスティングよりデータを設定した。 <small>1) 海上保安庁第九管区海上保安本部：富山湾共同環境調査（富山湾域）報告書、2005 2) 内山勇：富山湾および周辺海域の平均的流動パターン、富山県水産試験場研究報告 第4号、1993</small>
	水温 R02環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値および平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定
	塩分 R02環境調査結果の観測値（地点C、A、および河口沖）平均値および平成17年富山湾共同調査結果（第9管区海上保安本部）より設定
	SS 0mg/L
	SS 0mg/L

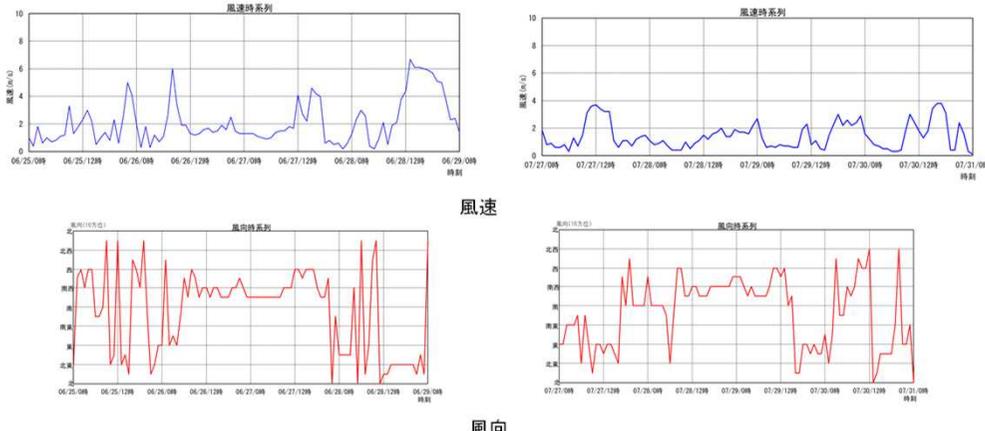
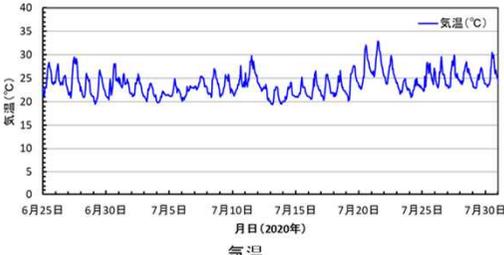
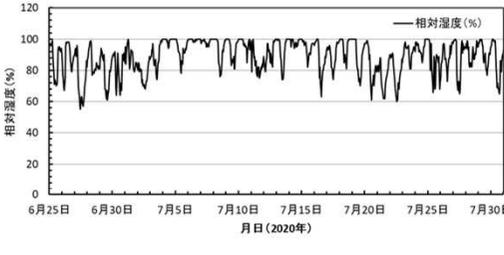
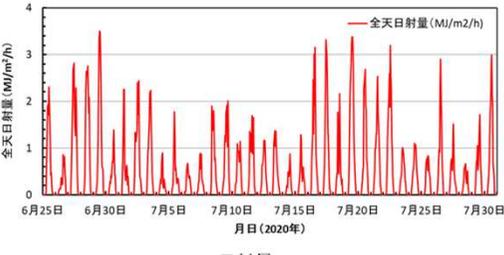
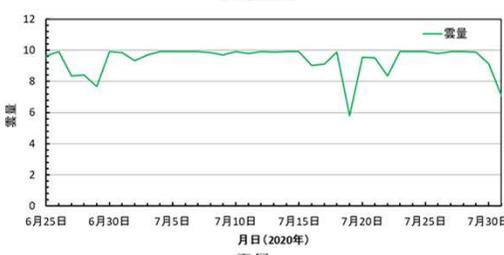
令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

現行モデル・改良モデル共通

項目		設定内容
河川からの流入条件	流量	<p>ダム運用実績より算出した河川流量</p>  <p>河川流量 (ダム運用実績により算出)</p>
	水温	<p>下黒部橋観測データ ※不足分はアメダス魚津気温観測データと 下黒部橋水温観測データとの相関関係式により補間</p>  <p>水温</p>
	SS	<p>下黒部橋観測データ</p>  <p>SS (下黒部地点観測所データ)</p>

令和2年度連携排砂、通砂における海域（表層）濁り拡散状況の検討について

現行モデル・改良モデル共通

項目		設定内容		
気象条件	海上風	下新川海岸田中海象観測所データ	 <p>風速</p> <p>風向</p>	
	晴天日射量	富山気象台観測データ	 <p>気温</p>	
	雲量		 <p>相対湿度</p>	
	接水気温		 <p>日射量</p>	
	相対湿度		 <p>雲量</p>	