

黒部川前面海域における流入土砂の拡散解析

日大生産工(院) 太田 吉陽
日大生産工 和田 明

1. はじめに

現在、多量の土砂流入によって引き起こされるダム貯水池内への堆砂は、水資源開発、洪水調節などを目的として建設されたダムにとって本来の機能を維持する上で大変深刻な問題となっている^{1),2)}。また、下流における河床低下や海岸部の侵食なども上流貯水池における堆砂が一つの原因になっている³⁾。今後、水資源の管理と流砂系におけるバランスのとれた総合的な土砂管理を実現させるためには、その要となるダム貯水池の適切な土砂管理が必要不可欠である。

その解決策として、日本国内の幾つかのダムでは、貯水池内の堆積土砂量を減少させるために、排砂ゲートや排砂バイパストンネルの設置を行い、直接土砂を下流へ排出する方法を採用している。その結果ダムからの高濁度水が下流域だけでなく河口沿岸域にも到達し、一時的な濁度上昇が起こる。これは、河口域に達する濁水中に、微細な粘土粒子が多く含まれていることに起因している。

そこで、本研究では実際に連携排砂（同一河川の上流側ダムとその下流に位置するダムの排砂ゲートを同時期に開け、上流側ダムから排砂されたダム堆積物を下流ダム貯水池に再堆積させないために行う操作のこと。）を実施している黒部川の河口前面海域を対象とし、海域において一時的な濁度上昇を引き起こす要因となる流入土砂の挙動解析にスキャベンジング^{5),6)}（微細粒子が海水中の懸濁物質に吸着し、沈降することによって海水中から除去される現象）を考慮した数値モデルを構築し、海域における濃度分布を数値シミュレーションによって検討した。

2. モデル計算手法

本研究では、ダム排砂に関するデータやシミュレーション結果などが国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所により公開されている富山県の黒部川河口前面海域（図-1）を対象とした。

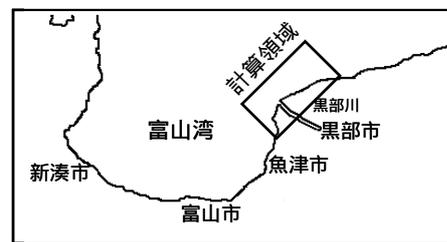


図-1 黒部川河口前面海域

2.1 流動モデルの概要

流動計算では、海域の密度構造と河川流入を考慮し、連続式、運動方程式、水温・塩分の拡散方程式の各方程式による3次元モデルを使用した。境界条件は、海底は $u=v=w=0$ とし、海表面の鉛直成分は $w=0$ とした。側方方向の外海境界で、流れは1階微分=0、水温・塩分の流入時は外海値が流入し、流出時は1階微分=0とした。

黒部川河口前面海域の海底地形は図-2に示すように急峻な形状を呈しており、河口から約1000m沖で水深200mに達する。

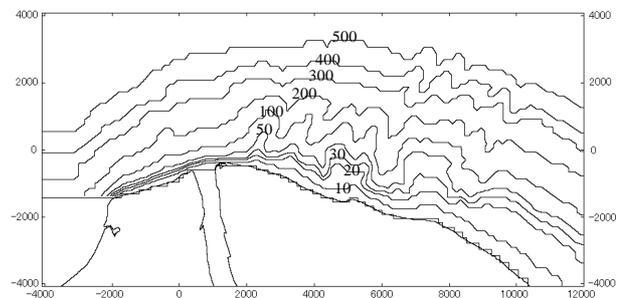


図-2 対象海域

Examination of the sedimentation diffusion model of soil particles
in offshore of Kurobe river

Yoshiharu OTA, Akira WADA

2.2 沈降拡散モデルの概要

流入土砂に含まれる粘土粒子は、河川を流下している時はコロイド状態で存在しており殆ど沈降しないが、海域に達すると生物遺骸などを核に集合離散⁴⁾を繰り返しながら比較的速い速度で沈降すると考えられる。

そこで河川から海域に流出した粘土粒子の挙動をモデル化するために、S.L.Clegg and M.Whitfield (1990, 1991)^{5), 6)}が放射性物質の拡散沈降解析で使用したモデルを原型に構成した。

以下の図-3 にモデル概念を示す。

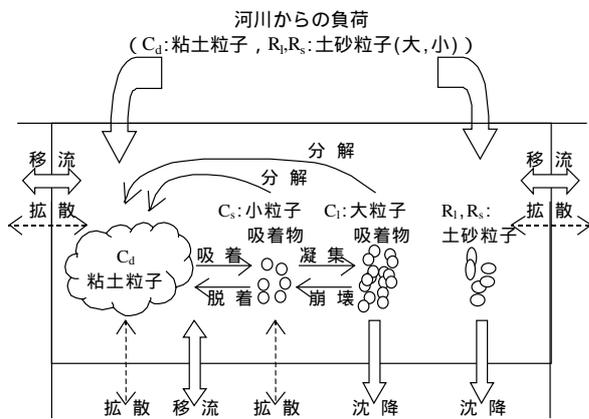


図-3 沈降拡散モデルの概念図

3. 流動解析

黒部川河口前面海域を対象として、排出土砂の挙動を検討するために、沿岸流と流入する河川水の影響(流れ)を考慮した計算を実施する。

3.1 計算条件

格子分割は水平方向が 120m x 120m ~ 180m x 255m の不等間格子、鉛直方向が上層 2m ~ 下層 100m の層厚で最大 23 層に分割した。なお、水温、塩分の水深別初期分布は JODC 所蔵のデータより、対象海域に最も近い観測点の過去 10 年間の観測結果を平均したもので設定した。

河川流量は、連携排砂期間中において時系列にその大きさが変化するため、3 つに分けて流動計算を実施した。それぞれの設定流量は、連携排砂を実施している下流側ダム(宇奈月ダム)の連続観測された放水量を用い、流量が急増する連携排砂開始直後(計算開始から 33 時間)は 454.47m³/s、上流側ダムの排砂措置が終了し流量が減少し始める連携排

砂中期(33 時間から 40 時間)は 230.34m³/s、さらに流量が小さくなる連携排砂終了後(40 時間から 64 時間)は 131.96m³/s を与えた。その他の計算条件を表-1 に示す。

表-1 計算条件

項目	設定値
渦動粘性係数	水平 1.0 m ² /s
	鉛直 1.0 × 10 ⁻⁴ m ² /s
渦動拡散係数	水平 1.0 m ² /s
	鉛直 1.0 × 10 ⁻⁴ m ² /s
流入河川水	水温 10.88
	塩分 11.90PSU
海域の初期値(表層)	水温 19.05
	塩分 31.22PSU

3.2 流動解析結果

連携排砂開始直後の表層における流動計算結果を図-4 に示す。上流側は最大約 20cm/s で汀線に平行に流れているが、河口部からの大量の流入水(454.47m³/s)により、河口前面では沖合方向に向かう最大約 40cm/s の流れがみられた。河口前面より下流側の岸近くでは数 cm/s 以下の弱い流れであるが、その沖合では流入河川水の影響により約 40cm/s の流れがみられた。

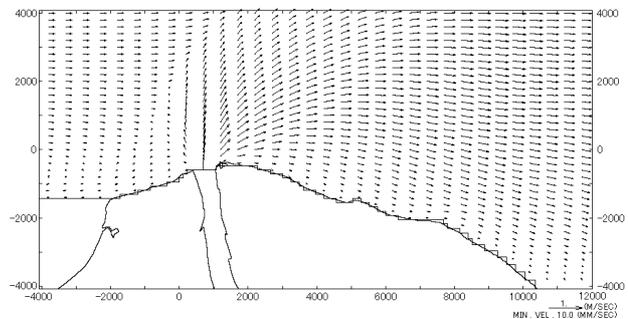


図-4 連携排砂開始直後の流動場(表層)

また、連携排砂中期では、図-5 に示すように、河口前面より下流側沖合の流れについては、あまり変化はみられなかったが、流入河川水(230.34m³/s)が連携排砂開始直後に比べて減少したことにより、河口前面から沖合方向に向かう流れが最大約 30cm/s と小さくなった。

さらに、連携排砂終了後の流動計算結果についても図-6 に示すように、河口前面より下流側の沖合についての流れにあまり変化はみられなかったが、流入河川水(131.96m³/s)

が連携排砂期間中で最も小さくなったことにより、河口前面の沖合方向に向かう流れも最大約 20cm/s と小さくなった。

以上の結果より、連携排砂期間中において、河川からの流入量の減少に伴い、河口から沖合方向に向かう流れが小さくなり、汀線に平行に流れる沿岸流の影響が顕著にみられるようになる。

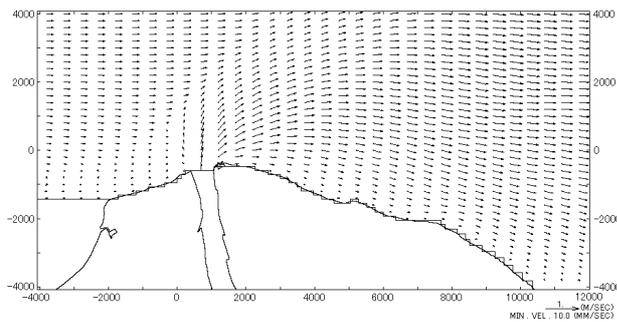


図-5 連携排砂中期の流動場（表層）

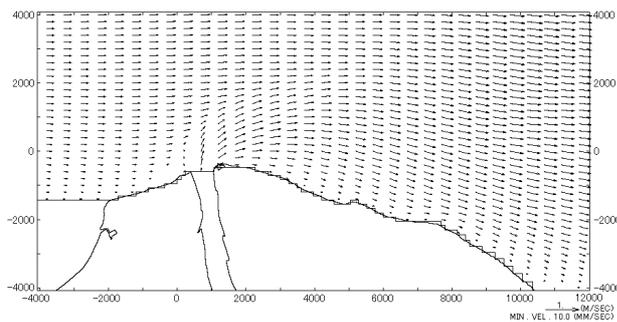


図-6 連携排砂終了後の流動場（表層）

4. 沈降拡散解析

4.1 計算条件

河川から流入した土砂粒子の挙動を検討するため、初期条件では海域内に粘土粒子などの懸濁粒子は存在しないものと仮定した。また、海域への河川流入量は、先に設定した河川流量と黒部川最下流部の下黒部橋で連続観測された SS 濃度から設定した。よって河川流入量は連携排砂開始直後（計算開始から 33 時間）で 385.9kg/s、連携排砂中期（33 時間から 40 時間）で 319.2kg/s、連携排砂終了後（40 時間から 64 時間）に 65.3kg/s と設定した。流入土砂の粒子分配率と各粒子の沈降速度は、国土交通省の公開資料⁷⁾に基づき、粘土粒子：土砂小粒子：土砂大粒子は 20：62：18 に分類し、沈降速度を大粒子吸着物と土砂小粒子では 38.9m/day とし、土砂大粒子は

812.2m/day と設定した。

4.2 沈降拡散解析結果

連携排砂開始直後の計算開始 12 時間後の表層での総土砂濃度分布を図-7 に示す。河口前面から約 1.0 km 沖合までの海域が 200mg/l 以上の高濃度な分布となり、20mg/l 以上の分布域は沖合方向に最大約 4.0 km、汀線方向に約 5.5 km もの広範囲に広がる結果となった。

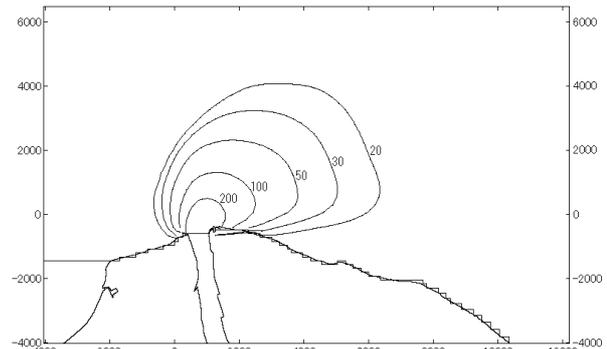


図-7 12 時間後の表層総土砂濃度分布（mg/l）

次に、河川からの SS 濃度がピークを迎える計算開始 35 時間後の表層での総土砂濃度分布を図-8 に示す。連携排砂開始直後と比較して、河川からの土砂流入量が 1.5 倍以上に増加しているが、河川流入水が減少し、沿岸流が卓越するため、河口前面から沖合方向への 20mg/l 以上の分布域が最大約 3.0 km と狭まり、汀線方向の分布域は最大約 6.0 km まで広がる結果となった。

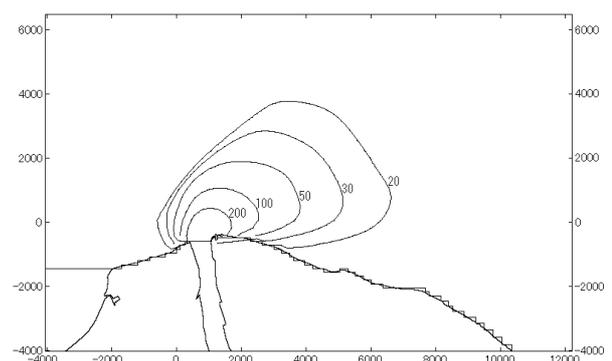


図-8 35 時間後の表層総土砂濃度分布（mg/l）

次に、河川からの負荷量が最も小さくなる計算開始 64 時間後の表層での総土砂濃度分布を図-9 に示す。河川からの土砂流入量が大幅に減少したことにより、20mg/l 以上の分布域範囲も、沖合方向に最大約 1.5 km、汀線方向に最大約 2.5 km と大幅に狭まる結果となっ

た。

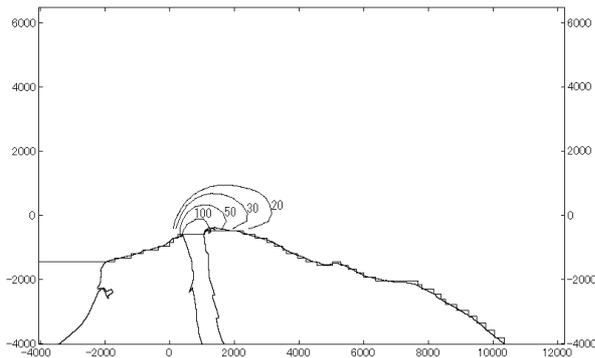


図-9 64 時間後の表層総土砂濃度分布 (mg/l)

4.3 再現性の検討

本研究で構築した数値モデルの妥当性を検討するために、得られた計算結果より表層における SS 濃度の再現性の検討を行った。再現対象となるデータは国土交通省が平成 13 年の連携排砂期間中に黒部川河口前面海域全 33 点で観測した 6 月 20 日午前 10 時ごろ、6 月 21 日午前 9 時ごろ、6 月 21 日午後 2 時ごろの表層における SS 濃度の観測結果⁸⁾とする。

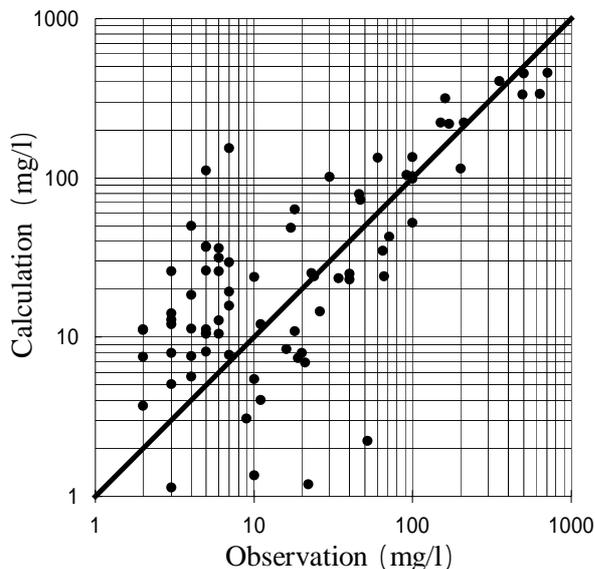


図-10 SS 濃度の計算値と観測値の比較

この結果、図-10 に示すように計算結果が観測結果よりも一部、過小評価となる点が存在するものの、両者の相関を計算した結果、 $R^2=0.81$ と高い値を示し、モデルによる計算値と観測値の整合性が得られる結果となった。

6. まとめ

本研究では、河川から流入する土砂の挙動

解析にスキャベンジグモデルを用いて、単体では殆ど沈降しない粘土粒子の沈降・拡散の検討を行った。その結果、本数値モデルにおいて、再現対象としている平成 13 年 6 月に実施された連携排砂時の観測結果と高い整合性を現す結果となった。

粘土などの微細粒子は、海域における濁度上昇を引き起こす要因とされているため、粘土粒子の挙動をより正確に予測することは有用であると思われる。本研究では、構築したモデルの適用がこれを可能にすることを示したと思われる。

参考文献

- 1) 角哲也, 村崎充弘, 藤永清和, 名倉裕, 玉置晴郎, ; フラッシング排砂時における貯水池堆砂の侵食・堆積過程計測に関する研究, 水工学論文集, 第 48 巻, pp.1147-1152, 2004.
- 2) 田崎和江, 國峯由貴江, 森川俊和, Chaneru Siti Khodjah, 朝田隆二, 宮田浩志朗, 脇元理恵, 池田頼正, 佐藤一博, 瀬川宏美, 小路奈々絵, 藤沢亜希子, 盛一慎吾: 富山県出し平ダムの排砂ゲートから排出された黒色濁水の特徴, 汽水域研究, 10, pp.1-17, 2003.
- 3) 国土交通省北陸地方整備局河川部: 新しい時代の総合土砂管理 - 水系全体でバランスのとれた土砂の管理を目指して - .
- 4) 足立泰久, 岩田進午編著: 土のコロイド現象 土・水環境の物理化学と工学的基礎, 学会出版センター, 2003.
- 5) S. L. Clegg and Michael Whitfield: A generalized model for the scavenging of trace metals in the open ocean- .Particle cycling, deep-sea Research., Vol.37, pp.809-832, 1990.
- 6) S. L. Clegg and Michael Whitfield: A generalized model for the scavenging of trace metals in the open ocean- .Thorium scavenging, deep-sea Research., Vol.38, pp.1.91-120, 1991.
- 7) 国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所: 海域濁り拡散・沈降シミュレーションの概要(速報), 第 12 回黒部川ダム排砂評価委員会, 資料-5, 2002.
- 8) 国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所: 平成 13 年度連携排砂及び連携通砂に伴う環境影響調査結果(データ集), 第 11 回黒部川ダム土砂管理協議会, 資料-4- , 2002.