

混合粒径下における蛍光砂濃度の画像解析

Image Analysis of Fluorescent Sand Concentration under Mixture Grains

函館工業高等専門学校専攻科

○学生員 成田郁史 (Ikumi Narita)

函館工業高等専門学校社会基盤工学科

正会員 宮武誠 (Makoto Miyatake)

1. はじめに

底質が様々な粒径で構成される実海域において、荒天時に砂浜斜面の底質が粗粒化し、前浜勾配の急峻化や浜崖の形成といった波打ち帯の侵食現象を解明するためには、混合粒径を考慮に入れた漂砂移動特性の把握が不可欠である。混合粒径を考慮に入れた漂砂移動に関する振動流実験や断面模型実験、数値解析は過去に数多く行われ、混合粒径砂における鉛直分級過程や粒径別漂砂量に関する有用な知見が得られている¹⁾²⁾³⁾。しかし、遡上波の水深が希薄でかつ底質からの浸透・滲出流の影響を受ける波打ち帯の漂砂量を混合粒径として取り扱った研究は、現象の複雑化や測定の困難さ等の理由から活発に行われているとは言えない。

一方、著者ら⁴⁾は、単一粒径に限定されるが、段波作用下における波打ち帯の漂砂移動に関し、蛍光砂を用いて可視化実験を行うとともに、越智ら⁵⁾による遡上波変形と飽和・不飽和浸透流の結合解析モデルより得た遡上波底面流速及び浸透・滲出流速を用いて、透過斜面の無次元掃流力モデルから、実験結果の再現性を検証し、波打ち帯の漂砂移動を定性的ではあるが、概ね良好な結果が得られている。

本研究は、波打ち帯での混合粒径下の漂砂移動の解明に向け、粒径毎に色相の異なる蛍光砂を用いて、水路内に形成した定常循環流場において蛍光砂を浮遊させた実験を行い、既往の画像計測法⁴⁾を準用した各粒径に対する蛍光砂の濃度変換曲線を作成することで、混合粒径下における漂砂濃度を評価し、混合粒径下の波打ち帯の漂砂移動に関する可視化実験の基礎的知見とするものである。

2. 単一粒径下における濃度変換曲線の導出

実験は、図-1に示す長さ13.5m、高さ1m、幅50cmの2次元造波水路内に上底4m、下底7m、高さ30cmからなる海底勾配1/10の塩ビ製テラス（水路水平床部）を設置し、その上部に仕切板で仕切られた水槽内を観測槽とし、3機の水流通発生装置による定常循環流場を発生させる。

暗転した室内のもとLEDブラックライト照射下で観測槽に中央粒径毎に3色相（ $d_{50}=0.1\text{mm}$ ：緑色， $d_{50}=0.2\text{mm}$ ：青色， $d_{50}=0.4\text{mm}$ ：赤色）の蛍光砂を単一粒径のもと所定の量で順次投入し、観測槽の漂砂濃度が目視でほぼ均一になることを確認後、濁度計により各粒径（色相）に対する浮遊物質濃度（SS）を計測するとともに、各粒径（色相）に対する蛍光砂の輝度を観測槽側面に設置したハイスピードカメラにより撮影した。観測槽内の定常循環流に伴う蛍光砂の移動を撮影した動画

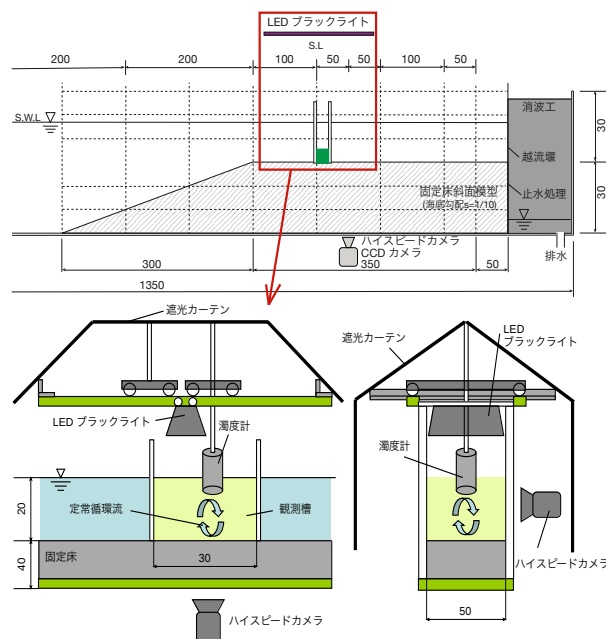


図-1 実験装置の概要（単位：cm）

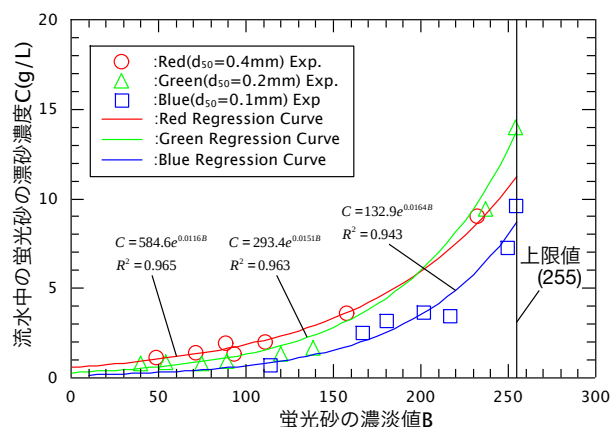


図-2 単一粒径における濃度変換曲線

表-1 混合粒径下における模型実験の配合ケース

case	蛍光砂緑色(G) $d_{50}=0.1\text{mm}$	蛍光砂青色(B) $d_{50}=0.2\text{mm}$	蛍光砂赤色(R) $d_{50}=0.4\text{mm}$
mix1	53%	33%	13%
mix2	13%	33%	53%

は、DIB 形式の RGB 画像で 1/150 秒毎に抽出した後、粒径毎の蛍光砂に相当する緑色、青色、赤色の色相を抽出し、それぞれ 256 階調白黒濃淡画像に変換し、画像濃淡値はその閾値が標準偏差で 10 以下の精度で抽出した。

図-2 は単一粒径における蛍光砂の白黒濃淡値と流水中の蛍光砂の漂砂濃度の関係を示し、図中の実線は各粒径（色相）において、指数関数で回帰させた曲線を表示する。いずれの回帰曲線式においても高い相関で回帰していることがわかる。各色相において、ある漂砂濃度で輝度が上限値に達している。よって後章で検討する混合粒径下での実験では各色相での上限値を超過しないように実験を行うこととする。

3. 混合粒径下における流水中の漂砂濃度の評価

実験は、表-1 に示す 2 種の混合粒径砂を用いて、前章で述べた単一粒径の実験と同じ実験方法により行った。なお、混合粒径を構成する蛍光砂は、前章の実験で使った色相の異なる 3 粒径の割合を変化させて構成している。この 2 種の混合粒径砂によって得られる RGB 形式の静止画から、それぞれ蛍光砂の色相に相当する緑色、青色、赤色の成分を抽出した後、前章と同様に 256 階調白黒濃淡画像に変換する。この画像から得られる標準偏差 10 以下の閾値を有する各色相に対する濃淡値は、前章の図-2 に示す濃度変換曲線により、各粒径に対する流水中の漂砂濃度に変換した後、それらの合計を持って混合粒径下の漂砂濃度とし、濁度計により同期計測した流水中の SS と比較したものを図-3 に示す。各混合粒径砂とともに、画像で求めた漂砂濃度は、計測値を概ね妥当な精度で評価できることがわかる。

図-4 及び図-5 は、各漂砂濃度に対する各粒径の含有累加百分率を示す。細砂を多く含む mix1 では、漂砂濃度が大きくなるに従い、投入した混合粒径の割合とほぼ一致する格好で漂砂濃度の計測が可能である。一方、粗砂を多く含有する mix2 では多くの粗砂が定常循環流によって巻き上げらず、中間粒径の蛍光砂の割合が多く分布する結果となった。

今後はこのことを踏まえ、混合粒径下での波打ち帯の漂砂移動の可視化実験を実施する予定である。

4. 結論

単一粒径下における流水中の蛍光砂の画像濃淡濃度と蛍光砂量の関係を示す濃度変換曲線を粒径別に導出し、混合粒径下の漂砂濃度を評価した結果、濁度計により同期計測した流水中の SS と比較すると、画像で求めた漂砂濃度は、計測値を概ね妥当な精度で評価できることがわかった。

謝辞

本研究は学術研究助成基金助成金 基礎研究(c)（課題番号 16K06521）の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

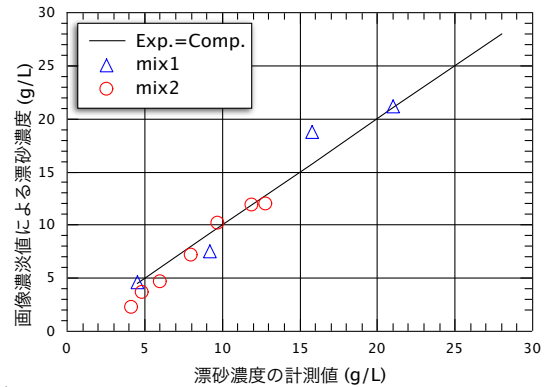


図-3 画像濃淡値と計測値による漂砂濃度の比較

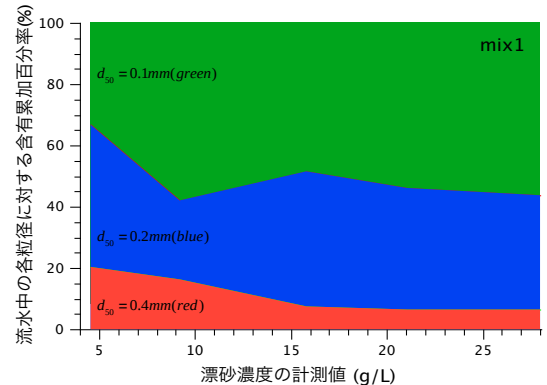


図-4 mix1 の漂砂濃度による各粒径の含有累加百分率

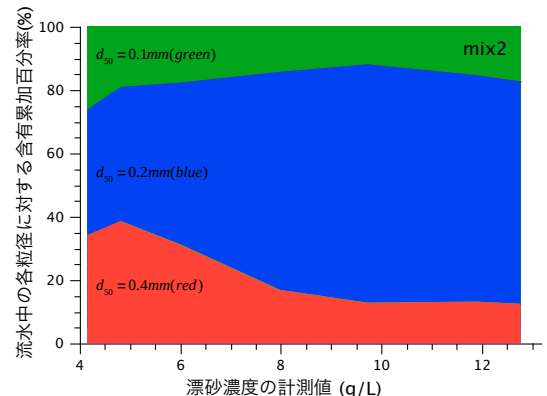


図-5 mix2 の漂砂濃度による各粒径の含有累加百分率

参考文献

- 1) 本田隆英, 佐藤慎司, 渡辺晃, 磯部雅彦(2003): 遡上域を含む混合粒径底質海浜の三次元海浜変形モデル, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.511-515
- 2) 黒岩正光, 口石孝幸, 加藤憲一, 松原雄平, 野田英明, 中本良平(2005): 混合粒径砂の分級と汀線変化を考慮した 3 次元海浜変形予測モデル, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.521-525
- 3) 柿木哲哉, 辻本剛三, 酒井大樹(2009): 遡上域における底質の分級過程のリアルタイム計測, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.B2-65, No.1, 2009, 521-525
- 4) 宮武誠, 阿部翔太, 木村克俊, 越智聖志(2013): 底質粒径による飽和・不飽和浸透流が波打ち帯の漂砂移動に及ぼす影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.69, No.2, 2013, I_076-I_080
- 5) 越智聖志, 宮武誠, 木村克俊(2011): 段波の遡上に伴う前浜浸透流の流動特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.67, No.2, 2011, I_111-I_115