

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19206052

研究課題名 (和文) 固液連成型流域洪水土砂流出数値モデルの開発

研究課題名 (英文) Numerical model of solid-fluid coupled flood flows

研究代表者

清水 康行 (SHIMIZU YASUYUKI)

北海道大学・大学院公共政策学連携研究部・教授

研究者番号：20261331

研究代表者の専門分野：水工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：土砂災害, 水工水理学, 減災, 洪水

#### 1. 研究計画の概要

本研究の目的は、集中豪雨に伴う洪水氾濫流及び河川流域内の表面及び浸透流とそれらに駆動される土砂流及び流動地盤を連成して評価し得る数値モデルを構築し、近年中小河川流域で頻発している異常流出が原因となる河道や河床だけでなく流域の地形をも大きく変化させる大規模な土砂流動の予測法を確立することである。以下の項目について並行して研究をすすめてきた。

(1) 移動床河川の河床形態のうちの重要な要素である、小規模河床形態と中規模河床形態について、流れの形態、流砂形態、抵抗の状態、境界条件の違いなど様々な局面からその特徴を分析して形成機構を解明し、河川工学上の問題との関連を明らかにする。

(2) 洪水波形と水みちの形状との関係の定量化をすすめる。流量と川幅の関係をさらに明確にするため、安定川幅の理論解析を進める。また、これらの知見を利用し、流域規模での地形形成の機構を解明する。浸透流によって発生する地形の大変形過程を水理実験により、明らかにする。透水層で構成される斜面下流端では湧水が発生し、浸透水の湧出による斜面下流端の侵食と水路の形成との関係を解明する。浸透流によって発生する水路群の形成モデルを基に理論解析を行う。

(3) 浮遊砂輸送の確率モデルを、河床上のラグランジュ固液混相乱流数値モデルにより多様な流れについてパラメータスタディを行う。再現計算結果と実験結果とを比較し、その再現性、不確実性について定量化する。

(4) 非粘着性土の流砂が粘着性土の侵食速度に与える影響を考慮した河床変動解

析モデルを構築し、河床の侵食特性の違いが流砂及び河床変動特性に与える影響を明らかにする。

#### 2. 研究の進捗状況

(1) 河床波の形成・消失といった遷移現象は洪水時に現れるため、洪水時に見られるような流量の非定常性が河床形状の変化に対してあたえる遷移的影響を実験で再現し、その水理特性を明らかにした。蛇行水路の河床変動に関して、今までは主に均一粒径の河床材料における特性が検討されてきたが、2009年度は混合粒径、さらには蛇行水路における2流の算定方法との関係について、新たなモデルの開発を行うとともにその特性の検討を行った。

(2) 当初予定していた浸透流によるガリ形成実験は概ね終え、その結果を用いたガリ形成の数学モデルを提案した。実験を行う過程で、理論の適用範囲外である急勾配斜面上でのガリの形成間隔について緩勾配斜面上とは異なる新たな知見を得た。氾濫流の波形と河道幅との関係について、様々な場合を想定した水理実験を実施し、減水期の比較的水理量が変化しない時期に川幅が決定されることを定量的に明らかにした。また、定常状態を仮定した流砂の平衡状態から導かれた安定横断形状が氾濫流の減水期に形成される河道形状をも表現できることを示した。

(3) 数値モデルへの導入のためには、粒径に対するモデルパラメータが必要であることが判明し、浮遊砂輸送距離の粒径依存性を解明するための物理実験を行った。これにより、浮遊砂のストークス数が乱れの増大に大きく寄与することが明らかになった。

(4) 河床及び河岸材料が粘着性土と非粘着

性土が混在した場の河床・流路変動モデルを構築した。また、河床材料の粒度特性が砂州地形に与える影響を明らかにした。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由) 新たに判明した問題に対する追加すべき研究はあるものの、当初の期待した研究成果は既に得られており、それらは国内外の雑誌で出版されている。

### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 平成 21 年度に開発を行った、部分境界適合法の計算特性および計算格子の次号生成技術の妥当性を検証するために、同技術を過去に実施された室内実験および実河道に適用する。また、その結果明らかとなった問題点の克服を行う。

(2) 今年度までに得られた知見の適用範囲についてさらに解析をすすめ、実際の河川と氾濫源との関係への適用性について検討を進める。提案されたガリ形成モデルは概ね実験結果を再現できているが、未だ実験によって同定しなければならないファクターが含まれており、それを物理過程から理論的に導出することを試みる。また、実験データをさらに解析するだけでなく、現地のガリを実測することによって、ガリの形成間隔を決定するための理論をさらに精緻化する。また、これまでの理論では説明の不可能な急勾配斜面上でのガリ形成についても実験を行い、理論の構築を行う。

(3) 浮遊砂粒径、底面地形をパラメータとして決定されたモデル係数を一般化し、最終的なモデルである LES-Stochastic two-way モデルを完成させる。

(4) 土砂氾濫の典型的な現象である土石流氾濫現象を再現するため、固液混在の一流体モデルに基づいた混合砂対応の数値解析モデルを構築する。

### 5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 17 件)

1. 岩崎理樹, 清水康行, 木村一郎, 清治真, 蛇行水路の河床変動及び分級現象に及ぼす二次流の影響, 水工学論文集, 54, 739-744, 2010, 有

2. 井上卓也, 清水康行, 江崎國夫, 二次流による浮遊砂濃度分布の変形を考慮した準3次元河床変動モデルの開発, 水工学論文集, 54, 703-708, 2010, 有

3. Pornprommin, A., N. Izumi, Inception of Stream Incision by Seepage Erosion, J. Geophys. Res., 2009JF001369, doi:10.1029, 2010, 有

4. 橋本尚棋・渡部靖憲・清水康行・木村一郎・山口里美, 浮遊砂によるデューン上の固液乱流の変化と浮遊砂輸送フラックス, 水工学論文集, 54, 733-738, 2010, 有

5. Pornprommin, A. and N. Izumi, Linear

stability analysis of escarpment planforms by groundwater sapping, Ann. J. Hydraulic Engineering, JSCE, 53, 139-144, 2009, 有

6. K.P. Dulal and Y. Shimizu, Investigation of the cohesive sediments influence on the meandering channel development, Proc. 8th Int. conf. on Hydro-Science and Engineering, 8, 329-334, 2009, 有

7. 竹井義博, Adichai Pornprommin, 泉典洋, 湧水侵食によるガリの発達プロセスに関する実験的研究, 理論応用力学講演会講演論文集, 12, 177-178, 2009, 有

8. A. Pornprommin, Y. Takei, A. M. Wubneh and N. Izumi, Numerical simulation of channelization by seepage erosion, J. Applied Mechanics, JSCE, 12, 887-894, 2009, 有

9. Pornprommin, A., N. Izumi, Linear stability analysis of channelization by seepage erosion, Proc. 6th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, 6, 195-204, 2009, 有

10. Chichibu K., Watanabe Y., Shimizu Y., Dynamic effects of suspended sediments on turbulent flows over dunes, J. Hydraulic and Hydrology Engineering, 27, 1-10, 2009, 有

11. 益本孝彦, 渡邊康玄, 佐々木章允, 洪水減水期における水みち形成に関する実験, 土木学会河川技術論文集, 15, 225-230, 2009, 有

12. 山本昌慧, 渡邊康玄, 安田浩保, 標津川蛇行復元試験地における砂州の形成と樹木の生育特性, 土木学会河川技術論文集, 15, 135-140, 2009, 有

13. 佐々木章允, 渡邊康玄, 益本孝彦, 砂州が形成された河床における流木の流下に関する実験, 土木学会河川技術論文集, 15, 177-182, 2009, 有

14. Yasuharu WATANABE, Takahiko MASUMOTO, Experimental study on channel formation in low flow conditions on bars created in high flow conditions, RCEM2009, 74 3-749, 2009, 有

15. M. Kuwahara, H. Takebayashi and so on, Bed deformation analysis considering uprooting of trees during floods, Proc. Of 6<sup>th</sup> IAHR symposium on RCEM, 6, 853-860, 2009, 有

[学会発表] (計 16 件)

1. Yasuyuki Shimizu, Numerical Modeling of Bedforms and Channel Geometry under Unsteady Discharge with Uniform and Non-uniform Sediment Transport, the 6th Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, RCEM 2009, 2009.9.21-25, Santa Fe, Argentina