

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：14301  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22760369  
 研究課題名（和文） 河川環境保全・再生のための流水・流砂現象の高精度予測技術に関する研究  
 研究課題名（英文） Study on High-Accuracy Prediction Technology for River Flow and Sediment Transport in Environment Restoration  
 研究代表者  
 張 浩 （ZHANG HAO）  
 京都大学・防災研究所・助教  
 研究者番号：90452325

研究成果の概要（和文）：流れ構造及び底質特性は、水生動植物のハビタット評価及び河川生態系の保全・再生を行う上で必要不可欠な情報となる。本研究では混合砂河床における代表的な河川構造物である水制周りの流れ場・地形変動・河床材料の粒度変化特性を水路実験および現地調査、そして数値シミュレーションにより検討を行い、より科学的根拠に基づいた河川環境の保全と創成に係わる実用的な河川再生手法を提案し、分析・評価ツールを開発した。

研究成果の概要（英文）：The information on the flow and the substrate is important and necessary for the habitat assessment of aquatic species as well as the management and restoration of the riverine ecosystem. In this research, the flow field, bed morphological change and the sediment size distribution around a typical river restoration structure, spur dyke, are investigated with laboratory experiment, field survey and numerical simulation methods. Based on the research results, environmental restoration schemes are proposed with scientific evidences and advanced numerical analysis and assessment tools are developed.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：河川工学・河川再生

## 1. 研究開始当初の背景

河川環境に配慮した川づくりが世界的に行われている。例えば、治水と利水の確保以外にはレクリエーション場の確保、水辺景観の向上、水生動植物のハビタットの修復などもますます盛んになっている。しかしながら、外国、特に欧米の手法を直接持ち込んで適用するだけでは、気候条件を始めとする河

川を取り巻く環境が大きく異なる日本の国土にあった川づくりは難しいと言わざるを得ない。日本の河川に適用可能な工法を開発し、その学問的な体系化を図る必要が生じている。学問的な体系化が構築されれば、日本の河川に限らず、世界各国の河川にもその技術の適用性は大きく広がるものと考えられる。

一方、河川構造物周辺の流れ、地形及び河床材料の粒度変化等の予測は河川環境再生技術を構成する重要な要素にもかかわらず、既存の研究はほとんど理想的な均一砂河床を対象としたものである。混合砂河床を対象とした中長期におよぶ河床変動に関する研究が一部行われているが、河川の生態環境を議論する上で必須の局所現象の予測に関しては決して精度がよいとは言えない。特に生態系の生息域として多様な河床形状、多様な河床粒度を有する水制や井堰などの河川構造物周辺の土砂水理学的な情報を適切にはまだ提供できる段階になかったため、より定量的にハビタットを評価するのは困難であった。

研究代表者はこれまで、水路実験、現地調査及び数値解析により、水制や井堰周辺の流れ場及び河床変動特性を検討し、河川再生手法などを研究してきた。そして、均一砂を対象とした2次元、3次元流れ及び河床変動モデルを開発している。実際、これらのモデルを用いて実験室での均一砂河床における河床変動を再現するのにある程度成功しているが、実河川でハビタットとして利用されているところは、粗砂からウォッシュロードのような微細土砂といった広い粒度分布を持った河床材料から構成されていることが多い。したがって、河川再生のための予測技術の開発には、複雑な流れ場における混合砂の運動メカニズムの解明及びモデル化を通じた流れおよび河床変動に関する研究が必須である。

現在、人と自然の共生意識が高まっている中、世界では河川環境問題が大きくクローズアップされているものの、多様性のある河床形状、多様性のある河床粒度の重要性といった土砂環境の視点はまだ少なく、土砂環境から見た好ましい河川環境の再生技術の開発は、日本のみならず、世界各国の今後の河川の保全・再生技術として大いに期待でき、基礎的な研究として混合砂運動機構の解明だけではなく、実用化可能な技術開発として本研究の社会的意義は極めて大きいと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、上述のような背景のもとに、微細土砂から石礫までの広い粒度の混合砂河床からなる沖積河川を対象に、治水上の安全性を確保し、かつ、生態系にとっても好ましい環境を担保し得る河川の土砂環境の創造手法について、研究を実施するところに大きな特徴がある。本研究は特に、多様性のある生態系を創出し得る河川構造物を対象としたものである。河川構造物周辺の流れや河床形態及び河床材料の粒度分布は、水生動植物のハビタットの評価及び河川生態系の保

全・再生を行う上で必要不可欠な情報となる。本研究は、様々な混合砂河床における河川構造物周辺の地形変動・河床材料の粒度変化の機構及び特性を水路実験や現地調査により明らかにする。さらに、これらの変動機構に基づいて、流砂過程を確率過程問題としてモデル化し、非構造格子を用いた2次元・3次元流れの解析モデルと混合砂河床変動の高精度数値モデルを開発する。これらの研究成果を基に、より科学的根拠に基づいた河川環境の保全と創成に係わる実用的な河川再生手法を提案しようとするものである。

## 3. 研究の方法

本研究は申請者を中心に、他の若手研究者の協力や若い大学院生の支援のもとに、3年にわたって、理論分析、水路実験、現地調査及び数値モデルの開発を実施した。

(1) 多様性のある生態系を創出し得る河川構造物としては水制やそだ沈床、捨石工等があり、これらの河川構造物は河岸侵食や局所洗掘にも防止効果が期待できると考えられ、混合砂河床における水理模型実験を実施して多様性のある河川空間の創成や河岸侵食・局所洗掘の防止効果について検討した。初年度では、直線水路に不透過型水制を1基設置し、移動床の河床材料条件(平均粒径及び粒度分布)や水制の水没条件などを変化させ、水制周辺の水理量や河床の応答特性を考察した。また、流砂の物理現象をより把握しやすくするために、カラーサンドを用いて粒度分布変化の可視化にも力を入れた。次年度では、実験では非越流型不透過型水制、透過型水制および透過部分と不透過部分の組み合わせた3種類の透過不透過混合型水制を対象とし、河床材料として混合砂河床を用いることにより水制形式が水制周辺の水理量や河床形状に与える影響、また水制が周辺の河床粒度分布に与える影響について検討した。そして、最終年度では、不透過型水制設置向き、設置間隔及び相対水深の影響を明らかにするため混合砂河床を用いることにより、水制が水制周辺の水理量・河床形状・河床粒度分布に与える影響について検討した。

(2) 現地調査では京都府八幡市木津川(淀川流域)にある流れ橋周辺の環境再生用の2基の水制、及び中国成都市近郊府河(長江の支川である岷江流域)にある航路整備用水制群を対象とし、水制群周辺の河床形状、河床材料及び流速に関する調査を重点的に行い、それぞれの特性を整理・比較し、実河川における水制周辺の河床材料の粒度分布特性の一般化を試みた。

(3) 数値モデルでは、研究代表者がこれまで開発してきた非構造格子を用いた3次元流れ解析モデルに流砂の非平衡性を考慮した流砂モデルを組み込み、混合砂河床における河床

変動をより高精度に予測可能なモデルを構築した。このモデルは、既存の流砂理論を踏まえ、個々粒子に対する力学の考察とその総合化としての確率論の考察とを融合した新しい理論である。また、計算時間を短縮するために、OpenMPを用いてプログラムの並列化を行った。

#### 4. 研究成果

以上の研究方法により、水制周辺の複雑な流速場、局所洗掘とそれに伴う堆積及び河床表層の粒度変化特性などを明らかにした。特に河床材料の平均粒径と粒度の非均一性の影響、そして水制上の越流水深の影響がより定量化でき、水制の形状によって水制周辺の流れ構造、河床形状が大きく異なることが分かった。また、水制周辺における流砂の縦断、横断及び鉛直方向における分級現象の重要性も指摘し、洗掘孔内の粒度分布の特徴や水制下流に顕在化する粗粒化領域、そしてその周囲に細粒化する領域(サンドリボン)の存在も確認した。さらに、土砂環境からみた好ましい河川の再生技術の手法を提案した。うえ、分析・評価の実用可能なツールを開発した。

また、本研究で得られた成果は国際ジャーナル IJSR (International Journal of Sediment Research) で発表され、3年に1度授与される論文賞を受賞することになった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- (1) Zhang, H., Nakagawa, H. and Mizutani, H., Bed morphology and grain size characteristics around a spur dyke, International Journal of Sediment Research, Vol.27, No.2, 141-157, DOI: 10.1016/S1001-6279(12) 60023-7, 2012, 査読有
- (2) Mizutani, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Baba, Y. and Zhang, H., Study on local scour and variation of bed composition around non-submerged spur dyke, Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering, Vol.30, No.1, 29-46, 2012, 査読有
- (3) 水谷英朗・中川一・川池健司・馬場康之・張浩: 相対水制高が水制周辺の局所洗掘と粒度変化に与える影響, 土木学会論文集B1 (水工学), 68(4)巻, 1141-1146, 2012, 査読有
- (4) Teraguchi, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Baba, Y. and Zhang, H., Effects of hydraulic structures on river

morphological processes, International Journal of Sediment Research, Vol.26, No.3, 283-303, DOI: 10.1016/S1001-6279(11)60094-2, 2011, 査読有

- (5) Zhang, H., Zhang, X. H., Nakagawa H., Xu, W. L., Lin, P. Z. and Mizutani, H., Characteristics of grain size distribution in groin fields and their environmental implications, Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, No.54B, pp.511-523, URL: <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no54/ronbunB/a54b0p53.pdf>, 2011, 査読無
- (6) 水谷英朗・中川一・川池健司・馬場康之・張浩: 水制周辺の河床変化および砂の分級現象, 京都大学防災研究所年報, No.54B, pp.525-538, URL: [www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no54/ronbunB/a54b0p54.pdf](http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no54/ronbunB/a54b0p54.pdf) 2011, 査読無
- (7) 水谷英朗・中川一・川池健司・馬場康之・張浩: 非越流・不透過水制周辺の局所洗掘および粒度変化に関する研究, 水工学論文集, 55巻, 829-834, 2011, 査読有

[学会発表] (計15件)

- (1) Zhang, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Saito, Y. and Baba, Y., Flow structure and bed deformation around a group of spur dykes in a curved channel, The 12th International Symposium on River Sedimentation, Kyoto Terrsa, Kyoto, Japan, September 2-5, 2013 (発表確定)
- (2) Zhang, X. H., Xu, W. L., Lin, P. Z., Zhang, H. and Nakagawa, H., A field survey on the bathymetry and bed sediment in a multi-spur-dyke field, The 12th International Symposium on River Sedimentation, Kyoto Terrsa, Kyoto, Japan, September 2-5, 2013 (発表確定)
- (3) Zhang, H., Nakagawa, H., Ogura, M. and Mizutani, H., Alternative groyne designs for disaster mitigation and environment restoration, 平成24年度京都大学防災研究所年次講演会, 京都大学宇治キャンパス, 2013年02月19日~20日
- (4) 小倉政利・中川一・張浩・水谷英朗: 水制の形式が河床形状および粒度の変化に及ぼす影響, 平成24年度土木学会全国大会第67回年次学術講演会, 名古屋大学東山キャンパス2012年09月05日~07日
- (5) Zhang, H., Nakagawa, H., Ogura, M. and Mizutani, H., Local flow and bed variation around different types of spur dykes in sediment mixtures, The 3<sup>rd</sup> International Symposium on Sediment

- Disasters and River Environment in Mountainous Area, Tainan, Taiwan, pp.57-67, August 27-29, 2012
- (6) Zhang, X.H., Zhang, H., Xu, W.L. and Nakagawa, H., A field survey on the bathymetry and bed sediment in a groyne field, The 3<sup>rd</sup> International Symposium on Sediment Disasters and River Environment in Mountainous Area, Tainan, Taiwan, pp.53-56, August 27-29, 2012
- (7) Zhang, H., Zhang, X.H., Nakagawa H., Xu, W.L., Lin, P.Z. and Mizutani, H., Impacts of groins on sediment size distribution in alluvial rivers, Proceedings of RCEM2011 (The 7<sup>th</sup> IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics), Beijing, China, September 6-8, 2011, pp.1396-1405.
- (8) Mizutani, H., Nakagawa, H., Zhang, H., Kawaike, K. and Baba, Y., Influence of overtopping ratio on scouring and sediment sorting around spur dyke, Proceedings of RCEM2011 (The 7<sup>th</sup> IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics), Beijing, China, September 6-8, 2011, pp.1849-1862.
- (9) Zhang, H., Mizutani, H. and Nakagawa, H., Impact of grain size distribution on bed topography around a groyne, The 34<sup>th</sup> IAHR Congress, Brisbane, Australia, pp.2616-2623, CD-ROM, June 26-July 1, 2011
- (10) Zhang, H., Zhang, X.H., Nakagawa H., Xu, W.L., Lin, P.Z. and Mizutani, H., Characteristics of grain size distribution in groin fields and their environmental implications, 平成22年度 京都大学防災研究所年次講演会, 京都大学宇治キャンパス, 2011年02月22日~23日
- (11) 水谷英朗・中川一・川池健司・馬場康之・張浩・住友秀成: 水制周辺の河床変化および砂の分級現象, 平成22年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 京都大学宇治キャンパス, 2011年02月22日~23日
- (12) 張浩・戸田圭一・多々納裕一: 大都市における防災と環境の調和した親水空間の創出, アジアメガシティ“深せん市”における人間安全保障工学の展開に関するシンポジウム, 清華大学深セン研究生院(招待講演), 2010年11月28日
- (13) 水谷英朗・中川一・川池健司・馬場康之・張浩: Open MPを用いた非平衡流砂モデルによる水制周辺の河床変動計算, 第29回日本自然災害学会学術講演会, 岐阜大学,

2010年09月16日~17日

- (14) Zhang, H., Nakagawa, H. and Mizutani, H., Local scour and sediment size variation around a spur dyke, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Symposium on River Sedimentation, Stellenbosch, South Africa, 11p, CD-ROM, September 6-9, 2010
- (15) Mizutani, H. Nakagawa, H., Kawaike, K., Baba, Y. and Zhang, H., Experimental study of bed evolution around non-submerged spur dyke using color-coded non-uniform sediment, International Symposium on Sediment Disasters and River Environment in Mountainous Area, Kyoto University, Uji Campus, August 24, 2010

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

張 浩 (ZHANG HAO)  
 京都大学・防災研究所・助教  
 研究者番号: 90452325

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: