

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360212

研究課題名(和文) 河道内樹林の消長機構に関する水理・生態学的解析と持続的河川管理に向けた戦略研究

研究課題名(英文) Strategic study on ecohydraulic properties of overgrown vegetation on floodplain aiming at sustainable river management

研究代表者

道奥 康治 (Michioku, Kohji)

神戸大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40127303

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：加古川、旭川、手取川をフィールドとして、樹林化が進行する河川の洪水水理と植生動態を実証的、解析的研究を遂行し、洪水攪乱を利用した樹林化抑制と自然再生に向けた河川管理戦略を検討した。研究期間において各試験区間では樹林損壊をもたらす規模の出水が複数回発生し、洪水攪乱による樹木倒伏の水理解析手法が確立された。また、植生が繁茂した河川に礫河原を再生するための試験施工や水理実験を通して、自然を復元するための河川整備や水制工配置などの適正化に資する技術的知見を得た。本研究では模型ヘリによるリモートセンシングなど河川監視に利用可能な新技術も開発された。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate ecohydraulic properties of overgrown vegetation on floodplain, field studies and flood flow analysis were performed in three test reaches of vegetated river channel. The test reaches were chosen so that effects of river restoration and artificial discharge control on vegetation overgrowth were individually evaluated. In addition to the probe measurements of flood flow and vegetation behaviors, aerial photographic surveying was carried out by using a radio control mini-helicopter (falcon-PARS). Decades-long vegetation dynamics were successfully analyzed by hydrodynamic and ecological models, which were verified through comparison with the field data collected after several flood events. It was found how river restoration and discharge control affect ecohydrodynamics of vegetated river reach. The result is to provide a guideline for a sustainable river management strategy with minimum labor and cost.

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：水工水理学 水圏現象 河川環境 河川樹林 植生動態 リモートセンシング 洪水流 維持管理

1. 研究開始当初の背景

国内外の多くの河川では、砂礫床から植生繁茂へ、すなわち"White River"から"Green River"へのレジーム・シフトが不可逆的に進行している。堤外地に成長した樹木群は河積阻害や粗度の増加をもたらすと同時に、樹林内への土砂堆積を促進して河積縮小をより一層加速する。また、流木源として橋梁・井堰などに樹木夾雑物を集積させ越水氾濫をもたらすなど、樹林区間だけではなく下流域の危険度を増加させる要因にもなっている。砂州や高水敷上の樹林は細粒土砂の堆積と低水路への流れの集中による深掘れを促進する上、水際遷移帯の喪失や高水敷上への陸生植物の増加などにより河川生態系の多様性が損なわれる。このように、高水敷や中州など堤外陸地の樹林化は治水・環境面で深刻な問題をもたらす。樹林化の緩和・抑制が河川の整備・維持管理上の大きな課題となっている。河道樹林化の主たる要因としては以下の項目が考えられる。

(1) 流量コントロールによる流況の平準化

ダム・井堰などの治水・利水施設により流量が平準化して堤外地植生の流掃・冠水頻度が減少し、植生の生育を阻害する要因が減少した。

(2) 河川改修による断面諸元の変化

疎通能力向上を主目的とする河川改修が長期にわたり継続され、当然のことながら、自然河川状態よりも河積が増加し中小規模出水時の掃流力は低下した。また、自然環境への影響が十分配慮されずに河川が整備された時代に、多くの河川では縦横断方向に単調な河道地形が仕上げられた。そのため砂礫砂州やみお筋など中規模河床形態が固定化され、低々水路の局所的な浸食や出水後の砂州上への細粒土砂の堆積など、河川敷の上昇(比高増加)と地下水水面低下をもたらした。

(3) 樹木資源の利用減少

かつて河道内樹木が薪炭燃料やまな板・柳行李の材料に利用され、野焼きなど河道内植生を人為的に抑制する地域文化が存在していた。近年、樹木資源の伐採・利用が減少している。

上流に大規模なダムがある場合には(1)の影響が大きく、ダムと樹林化との因果関係を実証する様々な研究がなされている。しかし、流量制御の影響が小さな河川区間でも樹林化は進行していることから、(2)が全ての河川に共通した樹林化の要因と言える。(3)は事実関係として認められ、農林・生態学分野では有力な学説ではあるが、河道内樹木を資源として使う習慣のない欧米でも樹林化が進んでおり、樹林化の主たる要因とは考えにくい。河道形状・流況を原自然の状態に復元すれば、樹林化を回避できる見込みはあるが、社会の持続性を前提とする限り不可能な対応策である。樹林化は河川管理に課された国内外共通の深刻な問題であるが、伐採管理による樹林化抑制には限界がある。経年的な気候変動

の増大や河川事業費の縮小などを勘案すると、樹林拡大の抑制・最小化は喫緊の課題である。河道内樹林の消長機構を明らかにして、樹林化を抑制するための河川整備や動的な維持管理の総合的戦略を早急に確立しなければならない。

2. 研究の目的

樹林化の主因である(1) 流量コントロールによる流況の平準化と(2) 河川改修による断面諸元の変化のうち、前者の影響がない加古川と両者の影響がある旭川をフィールドとして、水文・樹林の現地観測を実施し、水理学・生態学を融合した斬新な分析手法によって樹木消長機構を明らかにする。特に、流れ・土砂・樹木生態の平衡関係を河川地先だけの問題ではなく、流域スケールの問題として捉えて樹木動態の中長期に及ぶ河道内樹木の推移を評価する。河道改修と伐採・伐木を組み合わせた総合的な河川管理戦略を提案する。

3. 研究の方法

河川環境の復元に要する技術的知見を得るために、本研究では流量制御がない加古川(大堰より上流区間)と流量制御・河道改修の影響がある旭川をフィールドとして、水文・樹林の現地観測を実施し、樹木消長機構と洪水流特性を明らかにした。まず、加古川中流部に試験区間を設置して、洪水流況と出水後の樹木倒伏を観測した。ラジコンヘリFalcon-PARSを用いたリモートセンシングも実施し、樹高分布と洪水流の表面流速に計測に成功した。洪水流況や樹木に作用する倒伏モーメントは二次元二層流(2D2L)モデルによって解析された。さらに、複数の樹木輪伐シナリオを想定して、2D2Lモデルを用いた流水攪乱効果を評価し、洪水の自然営力と樹林の部分伐採を組み合わせた河道内樹木の維持管理方法を考察した。2D2Lモデルは樹林部の相当粗度係数評価にも応用され、相当粗度と水理・樹木諸元との関係を明らかにした。植生動態のモデル化に関しては、高水敷切り下げ部におけるヤナギの栄養繁殖調査に基づき新規参入と枯死動態を合理的に定式化し、河川敷の切り下げや樹林間伐が洪水攪乱と樹林動態に及ぼす影響を明らかにした。水文確率過程を考慮した樹林の中長期的動態解析に加えて樹林化河道の治水安全度を評価した。旭川の試験区間では洪水攪乱による樹林消長の解析モデルを構築するとともに、樹林化抑制と礫河原再生を目指した水制・護岸工の機能を評価した。手取川ではダムの流量制御を受ける試験区間を設定し、ダム操作が河道地形の固定・植生消長に及ぼす影響を実証的・解析的に明らかにした。今後、河川管理者との相互連携を進めて、研究成果の実装を図ることに注力する。

4. 研究成果

(1) 樹木倒伏モーメントの評価

二次元二層流モデル(2D2L)を用いて樹木没水状態を含む樹林化河道の洪水流解析を実施した。図-1に示す加古川の23.6km区間において、樹木倒伏調査を実施した。過年度を含む出水イベントに対して、倒伏実績と2D2L解析による倒伏モーメントを比較すると図-2,3のようである。倒伏が確認された領域と大きな倒伏モーメントが発生する領域が良好に一致しており、また、倒伏本数と倒伏モーメントの領域平均値とも良好に一致している。

(2) ラジコンヘリによる樹高・洪水流速のリモートセンシング

ラジコンヘリ Falcon を用いて樹高観測を実施した。図-4に横断面の樹高ならびに河床標高の計測結果を示す。図-2の(a)~(c)のピンクの位置はオルソ画像から同定した堤防の位置、水色部は低水路の位置であり、図-2(b)は同様にして特定した竹林部である。図-2(c)の灰色部は現地踏査による樹林帯の位置である。これらのデータとメッシュ内最小標高値から樹林内の河床標高を推定し、樹高を推定した。樹高の地上計測値とラジコンヘリ計測から推定される樹高との比較例を図-5に示す。また、2013年9月の出水時にラジコンヘリによる洪水流況の空撮を実施し、PIV解析によって得られた流速ベクトルの観測例を図6に示す。

以上のように本研究では、河川樹林化の抑制方を講ずる上で有用な解析ツールと河川監視に供し得る新技術を開発した。

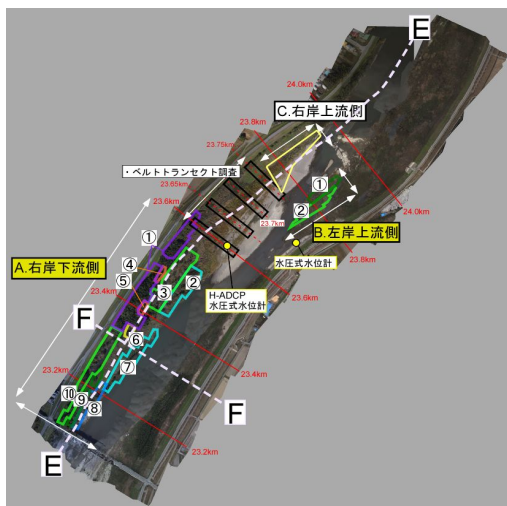


図-1 対象区間の領域設定と調査内容

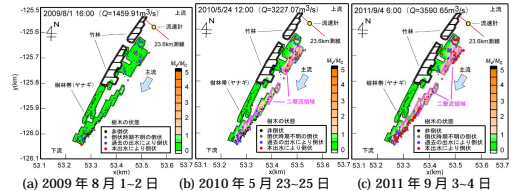


図-2 倒伏モーメント比 M_v/M_c と当該出水によって倒伏したと判定される樹木の位置 (A. 右岸下流側)

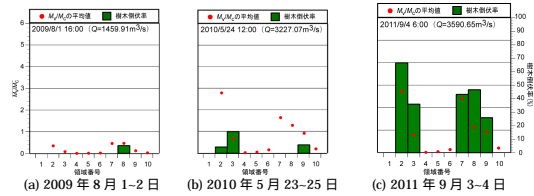


図-3 各領域における平均倒伏モーメント比 M_v/M_c と倒伏率の比較

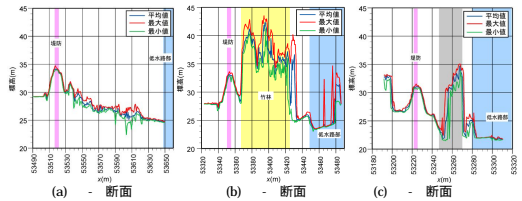


図-4 ラジコンヘリによって計測された樹高を含む横断地形

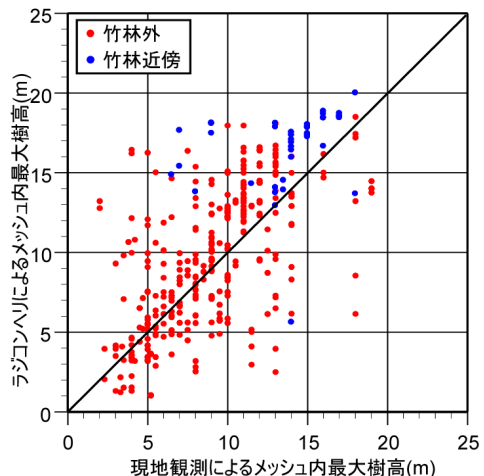


図-5 現地踏査による樹高とラジコンヘリデータから得られた樹高の比較例

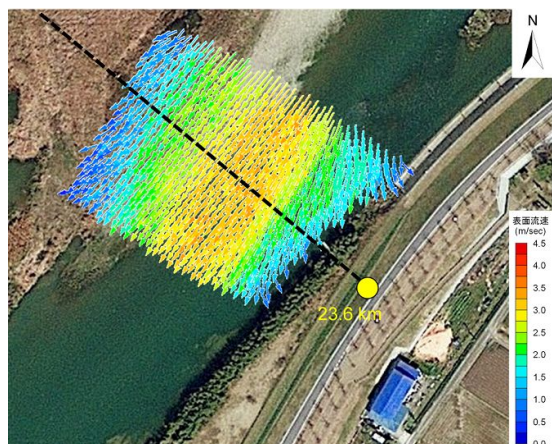


図-6 表面流況解析結果

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 26件)

- 1) 道奥康治・谷口麻衣・魚谷拓矢・阿河一穂・神田佳二：河川敷上の樹木に作用する流体抗力解析とその検証，土木学会論文集，B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp. I_1357-I_1362, 2014(査読有)。
- 2) 利守伸彦・宮本仁志：植生動態モデルを用いた樹林化河道の間伐・切り下げによる洪水水位低減効果の確率評価，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp. I_1381-I_1386, 2014(査読有)。
- 3) 木村諒・宮本仁志・利守伸彦・織田澤利守：河川水系の複数河道における樹林化傾向・治水安全性の統合的評価の試み，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp. I_1387-I_1392, 2014(査読有)。
- 4) 前野詩朗・吉田圭介・松山悟・藤田駿佑：旭川大原試験区における植生消長シミュレーションモデルの構築と検証，土木学会論文集，B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp. I_1369-I_1374, 2014(査読有)。
- 5) 米谷駿一・魚谷拓矢・道奥康治・神田佳二・入江良幸・柳田昂希：複断面開水路における樹木の流水抵抗に関する相当粗度係数，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp. I_697-I_702, 2014(査読有)。
- 6) 魚谷拓矢・神田佳二・道奥康治：高水敷水際の樹林帯が複断面開水路の水理特性におよぼす影響，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.70, No.4, pp. I_715-I_720, 2014(査読有)。
- 7) K. Michioku, M. Nanjo, M. Haneda, K. Kanda and Z. Li: Hydrodynamics and hydromorphology of river structures constructed by natural materials, Proc. 6th Intl. Conf. Water Resources and Environment Research, Water & Environment Dynamics, pp.607-627, 2013(査読有)。
- 8) M. Taniguchi, K. Aga, K. Michioku and K. Kanda: Hydrodynamic influence of vegetated floodplain morphology on drag force moment acting on trees, Proc. 35th IAHR World Congress, CD-ROM, 2013(査読有)。
- 9) 利守伸彦・宮本仁志・木村諒・阿河一穂・道奥康治：河道内の植生動態モデルにおける樹木の成長・死亡・新規参入，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol. 69, No.4, pp. I_1363-I_1368, 2013. DOI: 10.2208/jscejhe.69.I_1363(査読有)
- 10) 木村諒・宮本仁志・利守伸彦：河川水系の複数河道における樹林化傾向の感度分析，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol. 69, No. 4, pp. I_1369-I_1374, 2013. DOI: 10.2208/jscejhe.69.I_1369(査読有)
- 11) 前野詩朗・悴熊公子・吉田圭介・山村明：手取川の洪水時の礫河原再生工の変形要因の検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69, No.4, I_721-I_726, 2013. DOI: 10.2208/jscejhe.69.I_721(査読有)
- 12) 吉田圭介・前野詩朗：2011年9月旭川洪水における河道内植生の流水抵抗特性の検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69, No.4, I_715-I_720, 2013. DOI: 10.2208/jscejhe.69.I_715(査読有)
- 13) 悴熊公子・前野詩朗・吉田圭介・高田大資・山村明：射流場の護岸・根固めブロックに作用する流体力評価，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69, No.4, I_691-I_696, 2013. DOI: 10.2208/jscejhe.69.I_691(査読有)
- 14) 前野詩朗・吉田圭介・三島望・松山悟：旭川の大原箇所における植生の生長と洪水時の植生流出条件の検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69, No.4, I_727-I_732, 2013. DOI: 10.2208/jscejhe.69.I_727(査読有)
- 15) S. Maeno, K. Yoshida, K. Kaseguma and A. Yamamura: Three-Dimensional Flow Analysis around Permeable Hydraulic Structure Comprising Connected Stones, Proc. of 35th IAHR World Congress, CD-ROM, 2013(査読有)。
- 16) K. Yoshida and S. Maeno: Inverse Estimation of Flow Resistance of Vegetation in the Asahi River during a Flood, Proc. of 35th IAHR World Congress, CD-ROM, 2013(査読有)。
- 17) K. Yoshida, S. Maeno, S. Matsuyama & N. Mishima: Effect of flood impact on wash-out of vegetation and bed deformation in the Asahi River, Proc. of ISRS 2013, Advances in River Sediment Research – Fukuoka et al. (eds), pp.1657-1666, 2013(査読有)。
- 18) S. Maeno, K. Yoshida, K. Kaseguma & A. Yamamura: Effects of groin installation on gravel bed restoration in the Tedoru River, Proc. of ISRS 2013, Advances in River Sediment Research – Fukuoka et al. (eds), pp.1649-1656, 2013(査読有)。
- 19) T. Uotani, K. Kanda and K. Michioku: Experimental and numerical study on hydrodynamics of riparian vegetation, Proc. 35th IAHR World Congress, CD-ROM, 2013(査読有)。
- 20) 神田佳二・池田愛・藤本浩輔：竹炭を用いた河川水の有機物除去に関する実験的研究，日本高専学会誌，第18巻3号(第7回論文特集号)，pp.15-20, 2013(査読有)。
- 21) K. Michioku, Y. Ohchi, K. Aga, H. Miyamoto and K. Kanda: Strategy for ecohydraulic management of vegetated river channel, E-Book: 9th International

Symposium on Ecohydraulics 2012 Proceedings, Ed. by Helmut Mader & Julia Kram, ISBN: 978-3-200-02862-3, 4 pages, 2012 (査読有).

- 22) K. Michioku, Aga H., K. Kanda and T.Uotani: Impact of river morphological changes on floodplain vegetation, Proc. 10th Intl. Conf. HydroScience and Eng., CD-ROM, 10 pages, 2012 (査読有).
- 23) 木村諒・宮本仁志・盛岡淳二: 植生動態モデルとリンクマグニチュードによる河川水系複数河道での樹林化傾向の確率評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 4, pp. I_727-I_732, 2012. DOI: 10.2208/jscejhe.68.I_727 (査読有)
- 24) 俣熊公子・前野詩朗・瀬島美香・山村明: 手取川における水制群設置による礫河原再生効果の検討, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68, No.4, pp.I_817-I_822, 2012. DOI: 10.2208/jscejhe.68.I_1165 (査読有)
- 25) 阿河一穂・道奥康治・神田佳一・魚谷拓矢: 河道の経年変化から見た樹林化の要因分析と持続的な河川管理のための方策, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.68, No.4, pp. I_745- I_750, 2012. DOI: 10.2208/jscejhe.68.I_745 (査読有)
- 26) 泉佳甫・神田佳一: プランチブロック護岸周辺の河床変動と流れの特性に関する実験的研究, 明石工業高等専門学校研究紀要, 第 54 号, pp.1-6, 2012(査読有).

〔学会発表〕(計 13 件)

- 1) 米谷駿一・谷口麻衣・魚谷拓矢・道奥康治: 河道内樹木の流水抵抗力に対するマニングの粗度係数, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 日本大学生産工学部, 2013 年 9 月 4 日.
- 2) 谷口麻衣・魚谷拓矢・神田佳一・米谷駿一・道奥康治: ラジコンヘリを用いた河道内樹木の樹高推定に関する試験的研究, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 日本大学生産工学部, 2013 年 9 月 4 日.
- 3) 魚谷拓矢・谷口麻衣・米谷駿一・神田佳一・道奥康治: 河道内樹木が流れに及ぼす影響に関する実験的・解析的研究, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 日本大学生産工学部, 2013 年 9 月 4 日.
- 4) 孝子綸岡・藤本真希・神田佳一・三輪浩・小倉涼: 洪水時における由良川河口砂州の挙動に関する模型実験, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 日本大学生産工学部, 2013 年 9 月 4 日.
- 5) 石橋春香・神田佳一: 河岸に設置した椀型粗度周辺の河床変動に関する模型実験, 日本高専学会第 19 回年会講演会論文集, pp.183-184, 高知高専, 2013 年 8 月 31 日.
- 6) 小野元毅・神田佳一: 木杭列低水護岸の腐朽特性に関する模型実験, 日本高専学

会第 19 回年会講演会論文集, pp.183-184, 高知高専, 2013 年 8 月 31 日.

- 7) 谷口麻衣・魚谷拓矢・米谷駿一・道奥康治・神田佳一: ラジコンヘリによる河道内樹木の観察, 平成 25 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 大阪市立大学, 2013 年 6 月 8 日.
- 8) 谷口麻衣・木村諒・阿河一穂・魚谷拓矢・道奥康治・宮本仁志・神田佳一: 河道内樹木の消長特性と流量の確率特性を考慮した倒伏率の期待値評価, 第 67 回土木学会年次学術講演会, 名古屋大学, 2012 年 9 月 5 日.
- 9) 三輪浩・出野幸一・神田佳一: 由良川河口地形の変動特性と侵食規模の推定, 第 67 回土木学会年次学術講演会, 名古屋大学, 2012 年 9 月 5 日.
- 10) 阿河一穂・谷口麻衣・道奥康治・神田佳一・魚谷拓矢: 河道内樹木におよぼす流水攪乱と樹木倒伏特性について, 第 67 回土木学会年次学術講演会, 名古屋大学, 2012 年 9 月 5 日.
- 11) 孝子綸岡・神田佳一: 洪水による由良川河口砂州の動態に関する実験的研究, 日本高専学会第 18 回年会講演会講演論文集, pp.143-144, 近畿大学工業高専, 2012 年 8 月 25 日.
- 12) 阿河一穂・谷口麻衣・道奥康治・神田佳一・魚谷拓矢: 出水にともなう樹木冠水時の流況と樹木倒伏の再現, 平成 24 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 神戸市立高専, 2012 年 6 月 9 日.
- 13) 谷口麻衣・阿河一穂・道奥康治・神田佳一・魚谷拓矢: 高水敷の部分伐採が樹木倒伏に及ぼす影響, 平成 24 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 神戸市立高専, 2012 年 6 月 9 日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

異動のため, 現在, 整備中

6. 研究組織

- (1)研究代表者
道奥 康治 (MICHIOKU, Kohji)
神戸大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 4 0 1 2 7 3 0 3
- (2)研究分担者
前野 詩朗 (MAENO, Shiro)
岡山大学・環境生命科学研究科・教授
研究者番号: 2 0 1 5 7 1 5 0
- (3)研究分担者
宮本 仁志 (MIYAMOTO, Hitoshi)

神戸大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：50283867

(4)研究分担者

神田 佳一 (KANDA, Keiichi)
明石工業高等専門学校・教授
研究者番号：60214722