

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510026

研究課題名(和文) 河川水系のネットワーク構造に着目した気候変動・人間活動の河川環境への影響評価

研究課題名(英文) Impact assessment for the river environment due to climate change and human activities evaluated by focusing on the network structure of river systems

研究代表者

宮本 仁志 (MIYAMOTO, Hitoshi)

神戸大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50283867

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、河川流域における水系ネットワークの階層構造に着目したモデルを構築し、気候変動や人間活動のインパクトが河川環境に及ぼす影響を検討した。その結果、構築した河川水温のネットワークモデルにおいて、流域規模の水温形成における基底流水温の重要性が示された。試験流域である揖保川の水温熱収支バランスをみると、夏季には水面熱フラックスが水温形成に大きく影響するのに対して、冬季では地下水・湧水など河床からの熱輸送が水温形成に効くことがモデルより推定された。気候変動の影響として、気温と降水量の変化による河川水温変化を分析した結果、流域の下流に比べて上流域での昇温が大きいことが推定された。

研究成果の概要(英文)：This research project developed a network-type model for river environmental management, in which hierarchical accumulation structure of the stream network was introduced using the stream orderings. The network model for stream temperature was used to examine the effects of the impact of human activity and climate change on the river environment. In Ibo River basin, a test basin of this study, the results of the network model indicated that the heat balance in stream in summer was dominated by the heat flux on the water surface, whereas in winter significance was formed by the heat transport from ground water on the riverbed. As for the effects of climate change, the model analyzed the stream temperature changes due to changes in air temperature and precipitation, indicating that temperature rise in the upstream seems to be larger than that in the downstream of the river basin.

研究分野：河川工学，流域環境論

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価，環境政策

キーワード：流域管理 河川環境 河川水系ネットワーク 河道位数 流量 河川水温 樹林化 生態系

1. 研究開始当初の背景

水系ネットワークの繋がりにから河川流域を包括的に捉えて、生態系保全や洪水防御・水資源管理などを統合的に実施しようとする流域統合管理の考え方が定着してきた。河川は源流から河口に至るまでツリー状のネットワーク構造で繋がる。そのため様々な環境インパクトに対する河川流域の環境応答を考えると、流量や土砂、水質・栄養塩などの物質が水系ネットワーク上でどのように集積し、変化を受けるのかが重要となる。このように、上流域で当該地域発展のために行われた開発が下流環境に大きなインパクトを与える事例は広義には「流域の上下流問題」であり、そのトレードオフを多角的に評価することがこれからの流域環境管理において強く要求される。しかし、現行の河川環境整備は水資源開発や洪水防御、生態系保全という非常に重要ではあるが個別の課題解決に精緻化されるため、各課題の流域内の相対的重要性を合理的に評価した整備や政策判断が実施されない場合も多い。この流域規模の環境課題の解決には、全域の関連性が一手に把握できる、いわば精緻化されない総合的な解析アプローチが本質的に重要となる。

私たちの研究グループではこれまで、この流域統合管理に関して、ネットワークの階層構造を定量的に表現する河道位数(stream orders)に着目して河川環境解析を行ってきた。具体的には、河川環境の基礎水質指標のひとつである河川水温の水系ネットワークモデルを構築し、河川生態系への環境負荷因子となる土地利用や定住人口の流域分布モデルを開発するとともに、流域の各部に限定した形ではあるが気候変動が河川水温に及ぼす影響を検討してきた。

2. 研究の目的

本研究課題では、これまでの研究成果を進展させ、気候変動や人間活動の複合インパクトが河川環境に及ぼす影響を明らかにする。具体的な研究項目は、以下の3つである。

- (1) GIS解析と試験流域での観測結果を用いた水系ネットワークモデルの改良
- (2) 土地利用変化や気候変動などの社会・自然環境変化から生み出される環境インパクトのシナリオ設計
- (3) 水系ネットワークモデルを用いたシナリオごとの河川環境への影響評価

3. 研究の方法

(1) 河川環境の水系ネットワークモデルの改良:

GIS解析と試験流域の観測結果より水系ネットワークモデルの解析性能を向上させる。具体的には、河道位数を用いた流量と流域面積の関係の数理モデル化、河川水温の形成機構に関連する影響要因の物理モデル構築、を検討する。

(2) 社会・自然環境変化から生み出される環境インパクトのシナリオ設計:

河川環境への影響評価を行うために、GIS解析と文献資料調査によって、土地利用・定住人口など社会環境変化と、気候変動による自然環境変化のシナリオをそれぞれ設計する。

(3) 水系ネットワークモデルによる気候変動・人間活動の河川環境への影響評価:

社会・環境変化のシナリオに対して、精緻化された新しい水系ネットワークモデルを適用し、環境インパクトに対する河川水温の応答を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 河川環境の水系ネットワークモデルの改良:

河川流域において各河道地先の相対位置を表現する河道位数・リンクマグニチュードを介して、流域面積から河川流況がよく予測できる関係式を構築した。精度向上のために、式中には流域の気候・地質・土地利用の影響が考慮されている。

試験流域である揖保川において、現地観測を2006年より継続的に実施し、流域規模で河川水温の時空間変動特性を整理した。図-1に、揖保川における観測水温の流域分布の例を示す。さらに、河川水系での水温形成機構に関連して、源流・横流入水温、河畔林や山地地形の日射遮蔽効果をモデル化した。

河川水温の水系ネットワークモデルにおいて、季節変化・空間変化と遅れ時間をもって河道にはいる横流入水温の数理モデルを構築した。この横流入水温モデルによって、これまでは冬期において過小評価されていた水温の再現性が大きく改善され、あわせて

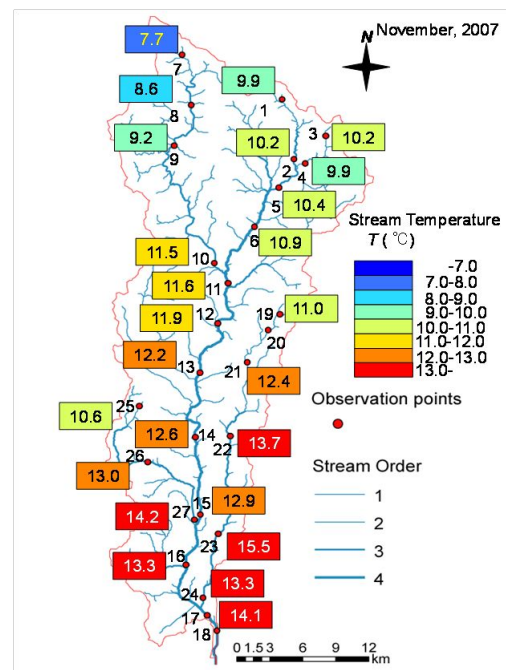


図-1 揖保川における河川水温の流域分布 (2007年11月)

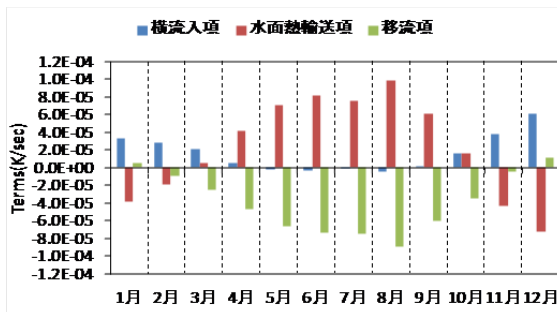


図-2 河川水温の熱収支バランスの推定値 (揖保川 下流域, 2007 年)

流域規模の河川水温形成における基底流出水温の重要性が示された。

(2) 社会・自然環境変化から生み出される環境インパクトのシナリオ設計：

土地利用・定住人口など社会環境変化では、河道位数を用いて土地利用・人口の流域分布をフラクタル型の等比数列モデルで表現した。社会環境の変化幅を森林-都市軸、農地-水域軸の二軸をもとに定量的に見積った。試験流域の社会環境状態を一級水系の中で相対的に特徴づけた。

自然環境変化のシナリオ設計では、IPCC 第4次報告書での気候モデルにおける将来降水量・気温の推定値を統計分析した。試験流域である揖保川を対象にして河川水温と将来降水量・気温変化との相関関係を統計的ダウンスケーリング手法により検討した。

(3) 水系ネットワークモデルによる気候変動・人間活動の河川環境への影響評価：

試験流域である揖保川を対象にして、前年度までに精緻化された水系ネットワークモデルを用いて河川水温の熱収支バランスを定量的に評価した。その結果、揖保川では夏季には水面での熱フラックスが水温形成に大きく影響するのに対して、冬季では地下水・湧水などの河床からの熱輸送が水温形成に効いていることがモデルより推定された(図-2)。

気候変動の影響として、気温と降水量の変化による河川水温変化を感度分析した結果、流域の下流に比べて上流域での水温上昇が大きいことが推定された(図-3)。一方、流域の土地利用の経年変化はそれほど大きくなく、気候変動に比べて河川水温へのインパクトは小さく評価された。

水系ネットワークモデルの拡張として、物質循環と底生生物を考慮した数値生態モデルを構築し、あわせて樹林化に代表されるような河道内の植生動態モデルの構築を行い、試験流域として揖保川・加古川水系への適用を試みた。今後は、これら河川生態系・植生動態の水系ネットワークモデルを改良していき、河川流域の統合管理に資する河川生態系解析の主幹ツールに発展させていく予定である。

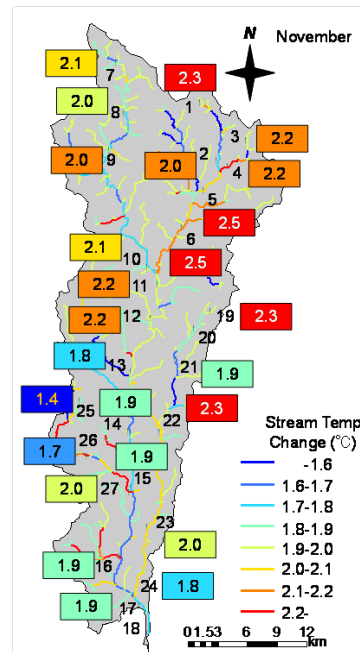


図-3 河川水温の将来昇温量の推定値 (揖保川, 11 月, IPCC-AR4 等をもとに現在から将来 2070-2099 年への昇温をモデルで推定)

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 13 件)

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確率評価の試み, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, I_1387-I_1392 (2014), 査読有。

戸田祐嗣, 山下貴正, 宮本仁志, 辻本哲郎: 数値河川生態系の構築と流域河道網への適用, 土木学会論文集 G(環境), Vol.69, No. 6, II_127-II_138 (2013), 査読有。

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, I_1363-I_1368 (2013), 査読有。

浦野仁志, 宮本仁志, 前羽 洋, 戸田祐嗣: 河川流域の流水水温形成における基底流出水温の影響について, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, I_1681-I_1686 (2013), 査読有。

石田和也, 宮本仁志: 気候・地質・土地利用の影響を考慮したリンクマグニチュードによる河川水系の流況推定, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.68, No.4, I_487-I_492 (2012), 査読有。

前羽 洋, 宮本仁志, 中山和也: NDVI による日射遮蔽と流量推定の補正による河川水温ネットワークモデルの改良, 土

木学会論文集 B1(水工学) Vol.68, No.4. I_733-I_738 (2012), 査読有.

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. I_727-I_732 (2012), 査読有.

Miyamoto, H., Hashimoto, T., and Michioku, K.: Basin-Wide Distribution of Land Use and Human Population: Stream Order Modeling and River Basin Classification in Japan, Environmental Management, Vol.47, No.5. pp.885-898 (2011), 査読有.

Miyamoto, H., Michioku, K., Maeba, H., and Nakayama, K.: A stream order network model for predicting basin-wide distribution of stream temperatures, Proceedings of the 34th International Association of Hydraulic Engineering and Research Congress, Proc. CD-ROM., pp.3247-3254 (2011), 査読有.

Miyamoto, H., Kanda, K., Michioku, K., Morioka, J., Uotani, T., Ohchi, Y., and Aga, K.: A stochastic model for tree vegetation dynamics in interaction with flood events, Proceedings of the 34th International Association of Hydraulic Engineering and Research Congress, Proc. CD-ROM. pp.3089-3096 (2011), 査読有.

〔学会発表〕(計 28 件)

浦野仁志, 宮本仁志: 気候変動・土地利用変化が流域の河川水温分布に及ぼす影響分析, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 2013 年 9 月 4-6 日, 日本大学.

木村 諒, 宮本仁志, 利守伸彦, 織田澤利守: 樹林化問題における生態環境・治水安全に関する統合的評価手法の試論, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 2013 年 9 月 4-6 日, 日本大学.

浦野仁志, 宮本仁志: 河川流域ネットワークモデルを用いた水温熱収支のバランス評価, 平成 25 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2013 年 6 月 8 日, 大阪市立大学.

Miyamoto, H. and Urano, H.: Impact Analysis of Climate Changes on Stream Temperatures in Ibo River Basin by a Stream Order Network Model, presented at the 19th biennial ISEM (The International Society for Ecological Modelling) Conference, ISEM, Toulouse, France, 28-31 Oct., 2013.

宮本仁志: 河川流域のメタボリズム ～河川水系における樹林化傾向の確率診断～, 環境水理部会・河川部会主催ジョイントワークショップ, 2012 年 11 月 22 日, 神戸大学.

宮本仁志, 前羽 洋: 河川水系のネットワークモデルによる流水水温の流域分布特性の解析, 第 67 回土木学会年次学

術講演会, 2012 年 9 月 5-7 日, 名古屋大学.

前羽 洋, 宮本仁志, 浦野仁志, 萩迫隆弘: 河川ネットワークモデルを用いた気候変動が流域水温環境に及ぼす影響評価, 平成 24 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2012 年 6 月 9 日, 神戸工業高等専門学校.

米田誠也, 宮本仁志: 河道位数モデルを用いた世界の河川流域における自然・社会環境の分布特性評価, 平成 24 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2012 年 6 月 9 日, 神戸工業高等専門学校.

Miyamoto, H., Urano, H. and Sugahara, Y.: Analytic Investigation on Main Drivers of Stream Temperature Formation along a Stream Network in a River Basin, Abstract H51M-06 presented at 2012 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 3-7 Dec., 2012.

宮本仁志, 石田和也, 道奥康治: 気象・地質・土地利用を考慮したリンクマグニチュードによる河川流量の推定モデル, 第 66 回土木学会年次学術講演会, 平成 23 年 9 月 7-9 日, 愛媛大学.

浦野仁志, 前羽 洋, 中山和也, 宮本仁志, 道奥康治: 揖保川河川水温の流域変動特性に関する主成分分析, 第 66 回土木学会年次学術講演会, 平成 23 年 9 月 7-9 日, 愛媛大学.

木村 諒, 盛岡淳二, 宮本仁志, 神田佳一, 魚谷拓矢, 道奥康治, 大地洋平, 阿河一穂: 加古川中・下流部の複数河道における樹木消長の確率評価, 第 66 回土木学会年次学術講演会, 平成 23 年 9 月 7-9 日, 愛媛大学.

石田和也, 宮本仁志, 道奥康治: 流域地形則に基づく河川流量ネットワークモデルの構築, 平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 平成 23 年 6 月 12 日, 関西大学.

中山和也, 宮本仁志, 前羽 洋, 浦野仁志, 道奥康治: NDVI と平衡地温を用いた河川水温ネットワークモデルの改良, 平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 平成 23 年 6 月 12 日, 関西大学.

辻本晋吾, 宮本仁志: リモートセンシングに基づく河道内生態環境の定量分析, 平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 平成 23 年 6 月 12 日, 関西大学.

Miyamoto, H.: On the Cumulative Area Distribution for River Basins, Abstract NG33A-1499 presented at 2011 Fall Meeting, AGU, San Francisco, California, 5-9 December 2011.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.riversidecafes.org>

(1)研究代表者

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：5 0 2 8 3 8 6 7

(2)研究分担者

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