

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19360223

研究課題名(和文) 水・物質輸送—生物動態連成系としての河川生態系の物質循環機構に関する研究

研究課題名(英文) Study on Mechanisms of Material Cycling in River Ecosystem with Water, Material and Organism Dynamics

研究代表者：

辻本 哲郎 (TSUJIMOTO TETSURO)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：20115885

研究成果の概要(和文)：本研究は、河川の流れ・物質輸送・生物動態の相互作用を解明し、生態系が河川の水・物質循環に果たす役割を定量的に明らかにするものである。(1) 河畔植生の効果を取り入れた水・土砂・有機物・栄養塩輸送機構、(2) 河川水、地下水間での水・物質輸送機構、(3) 藻類、水生昆虫、魚類による生物生産と物質輸送機構を解明し、(4) 各サブプロセスを統合した流れ・物質輸送・生物動態の連成解析モデルを構築して、それぞれの要素間の相互の関係を記述した。

研究成果の概要(英文)：The present study is conducted to be clarified the interaction system between water and material transports under fluvial processes with biological communities. These topics are carried out by arranging as the following three sub themes: (1) the mechanism of water-sediment-organic-nutrient material transportation processes with riparian vegetations, (2) the interaction system of water and materials between surface and subsurface water of sand bar, (3) the mechanisms of production and material cycling of riverine algae, aquatic insects, and fish, and (4) the combining of findings from these three sub themes for numerical dynamics modeling.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

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：河畔植生、栄養塩輸送、粒状有機物、底生動物、付着藻類、連続水質モニタリング、伏流挙動、生息場所特性

1. 研究開始当初の背景

流域に降り注ぐ降雨から始まり、地下水、河川、湖沼、海域へとつながる水・物質の流れは、人間を含めた流域圏の生物相の生命と生活を根幹から支えている。もはや市民権を得たといえる21世紀のキーワードの一つ“持続可能性”も、流域の健全な水・物質循環の回復・保全の上に成り立つものであり、それを支えるための科学技術の開発は急務

といえる。流域の水・物質循環の中で、河川は陸と海をつなぐ主要な経路の一つである。そのため、河川域での水・物質循環特性を把握することは、陸域—海域の連結により構成される流域圏システムの把握へ向けた重要なステップといえる。

河川の水・物質循環は、流れや地形変化に代表される物理プロセス、物質輸送中に生じる様々な化学プロセスおよび河川生態系と

して有機的につながる生物プロセスによって構成される。これらは相互に関係しており、物理・化学的な基盤は河川生態系を支え、逆に河川生態系は水・物質循環を通して物理・化学的基盤をも変化させる。近年、河川域での絶滅危惧種の保全や河川生態系の保全・復元の視点から、物理・化学的基盤と河川生物の生息状況の関係を明らかにしようとする試みが数多く行われているが、流域圏システムの中での河川の役割を把握するという視点に立てば、むしろ河川生態系が水・物質循環機構の中で果たす役割を定量化することが重要となってくる。

流域圏での水・物質動態については、近年、国内外で盛んに研究が行われるようになった。これらの研究の中で、河川は水・物質を運搬する水路として簡便に取り扱われることが多い。本研究の成果はこれらのモデルの中の河川での物質輸送について、より合理的な解析手法を提供するものであり、流域圏統合モデルのキーとなる要素技術の開発として位置づけられる。

河川の生物環境に関しては、国内外の多数の河川を対象に、各種水生生物の生息と大局的な流れの特性量との相関関係に関する調査が精力的に行われている。しかし、河川生物の生息は生態系の中での物質・エネルギーの流れに支えられており、それを合理的に考慮した本研究の成果は、水生生物の生息環境に関する研究に学術的基礎を与えるものとして位置づけられる。また、本研究では河川工学の分野において精力的に研究されてきた流れや土砂輸送に関する研究成果に生物・化学的なプロセスを取り入れ、河川・流域の環境問題への適用を図るものであり、河川工学の今後に新たな方向性の一つを指し示す研究として位置づけられる。

2. 研究の目的

以上をふまえて、本研究では河川の流れ・物質輸送・生物動態の相互作用を解明し、河川生態系が河川の水・物質循環に果たす役割を定量的に明らかにすることを目的とする。この最終的な目的を達するため、本研究においては河川の水・物質循環を構成する主要な要素として、河川水・地下水の流れ、土砂輸送、有機物・栄養塩輸送、河畔植生、藻類、水生昆虫、魚類、土壤微生物を取り上げ、それらの要素間の相互の関係を定量化する。具体的には、(1)河畔植生の効果を取り入れた水・土砂・有機物・栄養塩輸送機構の解明、(2)河川水、地下水間での水・物質輸送機構の解明、(3)藻類、水生昆虫、魚類を中心とした河川水内での生物生産と物質輸送機構の解明といった3つのサブプロセスの研究を実施し、(4)各サブプロセスを統合した流れ・物質輸送・

生物動態の連成解析モデルの構築と物質循環解析、と研究を進行していくこととする。上記(1)~(3)のサブプロセスの研究においては、最終的に成果を統合出来るよう、水、土砂、有機物・栄養塩の流れを一つの軸として研究をすすめる、それを介して各サブプロセス間の相互の関係を明確化していく。

3. 研究の方法

(1)河畔植生の効果を取り入れた水・土砂・有機物・栄養塩輸送機構の解明

本サブテーマでは、植生の繁茂が進行している砂州や植生が繁茂していない砂州を含む約10km程度の河川区間に着目し、長期的にわたる地形、栄養塩・有機物環境の変化に関する現地調査を実施し、植生の生長、地形変動、栄養塩輸送について現象を実証的に明らかにするとともに、数値解析モデルの開発を実施する。

数値解析モデルの開発について、申請時点においても、砂河川における掃流砂輸送を考慮した数値解析モデルの開発は行われており、それに植生の効果、浮遊砂輸送、粒子態栄養塩輸送の効果を取り込み、モデルの拡張を行う。開発されたモデルを用いて、平成19年度の観測期間中の洪水を対象とした数値計算を実施し、洪水前後の地形、河床粒度、栄養塩量の変化を比較することによってモデルの検証を行う。

また、植生の生長・群落拡大と栄養塩輸送に関する数値解析モデルの開発を行い、実測データと比較することによってモデルの検証を行う。

(2)河川水、地下水間での水・物質輸送機構の解明

本サブテーマでは、サブテーマ(1)と同じ約10km程度の河川区間において、河川水、砂州地下水、河川周辺地下水の水・物質濃度の計測を行う。観測域に多数の水位計測、採水用の井戸を設置し、水位の連続計測、定期的な水質サンプルの採取を行う。採取された水質サンプルについて、有機物、栄養塩量の計測を行い、水位計測から推定される地下水流動と組み合わせて、地下水による物質輸送量を定量化する。

また、水質サンプルや砂州域や河川域の土壤サンプルについて、土壤微生物の活性を調査し、微生物作用による硝化・脱窒活性や有機物分解量を明らかにする。以上の調査により、地下水-河川水間での水・物質輸送量を明らかにし、地下水による河川水質浄化・変換機能を定量化する。調査結果に基づいて、地下水の流動解析モデルを構築する。解析結果を水位の実測データと比較することによってモデルの検証をおこない、その後、土壤

微生物による水質変化の効果をモデルに組み込んでいく。開発されたモデルを用いて、河川周辺水域での地下水流動・物質輸送解析を行い、モデルの検証、汎用化を行う。

(3)藻類、水生昆虫、魚類を中心とした河川水内での生物生産と物質輸送機構の解明

平水時の河川水中において、流れ、有機物栄養塩量、付着および浮遊藻類量、底生生物量、魚類量調査を実施する。観測では藻類の生産活動や生物の生理活性に影響を及ぼす日射量、栄養塩濃度、水温についても長期連続計測を行う。調査された生物量の時間変化から、水域内での物質生産量を把握する。

調査結果に基づいて、流れ、水質、水生生物の相互作用を組み込んだ河川水内物質循環モデルの構築に着手する。

(4)各サブプロセスを統合した流れ・物質輸送・生物動態の連成解析モデルの構築と物質循環解析

各サブテーマによって開発された数値解析モデルの統合化に取り組む。統合されたモデルは、大きく分割して平水時物質循環モデルと洪水時物質循環モデルにより構成される予定である。平水時物質循環モデルでは、上記サブテーマの(2)と(3)のモデルが統合され、平水時の河道－陸域－砂州植生・河川水内生物の間での水・溶存態栄養塩・有機物の動態解析と生物の成長解析が行われる。洪水時物質循環モデルでは上記サブテーマ(1)のモデルが中心となって、河道地形と出水前後の河道・砂州での有機物・栄養塩量の変化を解析する予定である。実河川での十年程度の期間における流量データを用いて数値計算を実施し、本研究により蓄積されたデータ、航空写真より得られる植生分布図との比較を行うことによりモデルの検証・改良を行う。

本解析モデルを用いて、流入流量、流入土砂量、流入水質（栄養塩・有機物濃度）が変化した場合の数値計算を実施する。様々な流入条件による河道内での栄養塩・有機物収支を整理することによって、河川生態系が水・物質循環に与える影響を定量的に明らかにする。

4. 研究成果

(1)河畔植生の効果を取り入れた水・土砂・有機物・栄養塩輸送機構の解明

特徴の異なる砂河川、礫河川のそれぞれにおいて、植生域変遷とそれに伴う砂州の発達、砂州内の土砂・栄養塩の捕捉効果についてモデル化を行った。この際、地形、栄養塩・有機物環境の変化に関する現地調査による成果から、河川水－地下水挙動、植生の生長、地形変動、栄養塩輸送に関する影響を組み込

んだ水・物質輸送モデルを開発し、各種の境界条件を制御した感度分析を数値的に実施した。

(2)河川水、地下水間での水・物質輸送機構の解明

砂河川の中・下流区間において、河川水・伏流水の流れ、河道内砂州の地形、栄養塩・有機物の変化に関する現地観測を実施し、現地で採取した河川水・地下水について有機物・栄養塩量を計測することにより、地下水による物質輸送を定量化した。特に、硝化、脱窒といった窒素動態に着目して、物質変換モデルを構築し、各種の境界条件を制御した感度分析を数値的に実施した。

(3)藻類、水生昆虫、魚類を中心とした河川水内での生物生産と物質輸送機構の解明

河川水中において、流れ、有機物栄養塩量、付着および浮遊藻類量、底生生物量、魚類量調査を実施した。砂河川では、水温変動に着目して付着藻類による一時生産特性を記述するとともに、底生魚カマツカが河床を掘り返す行動を力学的に評価することによってその環境劣化抑制機能を評価した。また、ワンドを有する感潮河川では、水辺、滯筋といった特徴的な景観における現地観測結果に基づき、生息する底生動物の群集構造から生息場所を類型化し、各類型の物理特性を考察することで、生物生産に必要な物理条件を明らかにした。さらに、汽水性二枚貝が浮遊性藻類を濾過摂食する過程に着目し、これらの成長過程を追跡しながら各景観における水質浄化能を評価した。

以上を踏まえた上で、上流から下流に至る水系に沿ったシステムを対象として、生物生産と物質輸送に大きく影響を及ぼす流れ、有機物栄養塩量、付着および浮遊藻類量、底生生物量に関する因果関係から数理モデルを構築した。さらに、調査・収集した生物・物質動態に関する知見によりモデルを進展させ、粒状有機物、栄養塩、付着および剥離藻類量、水生昆虫生物体量といった指標を出力結果とする生物群集の動態解析を実施した。

(4)各サブプロセスを統合した流れ・物質輸送・生物動態の連成解析モデルの構築と物質循環解析

上記(1)～(3)のモデルの結合度、汎用性を高めることにより、河川・流域における流れ・物質輸送・生物動態の連成解析モデルを構築し、総合的な物質循環の動態解析を実施した。

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 18 件)

- ① 溝口裕太, 戸田祐嗣, 辻本哲郎: 粗粒有機物の供給・分解・輸送過程を考慮した河川水系一貫物質循環解析, 土木学会水工学論文集, 第 55 巻, pp.1333-1338, 2011, 査読有.
- ② 戸田祐嗣, 土屋允人, 辻本哲郎: 砂州移動の活発な礫河川における植生域長期変化解析手法の構築～天竜川下流域を対象として～, 土木学会水工学論文集, 第 54 巻, pp.1249-1254, 2010, 査読有.
- ③ 田代 喬, 古畑 寿, 辻本哲郎: 木曾川の感潮ワンドにおける底生動物群集, 陸の水 (Limnology in Tokai Region of Japan), Vol.43, pp.61-69, 2010, 査読有.
- ④ 辻本哲郎, 尾花まき子, 井上佳菜: 砂州景観の生態的機能評価から見た河川環境管理の目標設定, 土木学会河川技術論文集, Vol.15, pp.13-18, 2009, 査読有.
- ⑤ 椿 涼太, 佐藤圭輔, 戸田祐嗣, 辻本哲郎: 河道景観の変遷に着目した河道通過フラックス算定モデル構築の試み, 土木学会水工学論文集, 第 53 巻, pp.619-624, 2009, 査読有.
- ⑥ 田代 喬, 勝野ちほ, 辻本哲郎: 砂河川に生息する底生魚カマツカの河床環境劣化抑制機能の評価, 土木学会河川技術論文集, Vol.14, pp.355-360, 2008, 査読有.

〔学会発表〕(計 50 件)

- ① Tetsuro Tsujimoto, Yuji Toda, Hisashi Furuhata and Hitohiro Shionoya: Ecological Function of Series of Groins and Induced Morphology in Estuary Segment of River with Tidal Motion - Downstream Reach of the Kiso River, Japan -, 8th Int. Symp. Eco-Hydraulics, Seoul, Korea, Sep.12-16, 2010.
- ② Yuji Toda, Tetsuro Tsujimoto and Hideki Maeda: EFFECTS OF GROWTH AND INTERSPECIFIC COMPETITION OF RIPARIAN VEGETATION ON CROSS-SECTIONAL BED TOPOGRAPHY OF SAND BED RIVER, IAHR, Asia Pasific Devison, Newzealand, Feb. 23,2010.
- ③ 田代 喬, 辻本哲郎: 河川における水生生物による土砂動態変化: 生態系管理に向けたその工学的評価, ELR2008 (日本緑化工学会, 日本景観生態学会, 応用生態工学会合同大会), 福岡大学, 2008/9/20-23.
- ④ 古畑 寿, 河野周平, 田代 喬, 辻本哲郎: 河川感潮域に生息するヤマトシジミ

Corbicula japonica の生息場所特性—木曾川感潮域における現地観測—, 平成 18 年度土木学会中部支部研究発表会, 名古屋工業大学, 2007/3/2.

〔図書〕(計 1 件)

- ⑤ 中村太士, 辻本哲郎, 天野邦彦 川の環境目標を考える—川の健康診断—, 技報堂出版, 122p. 2008 年 7 月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻本 哲郎 (TSUJIMOTO TETSURO)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 20115885

(2) 研究分担者

戸田 祐嗣 (TODA YUJI)
名古屋大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 60301173
田代 喬 (TASHIRO TAKASHI)
名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号: 30391618

(3) 連携研究者 なし