

河川生態系モデルの開発と、その応答特性・活用法の検討

名古屋大学大学院工学研究科 溝口 裕太・戸田 祐嗣

1. 序論

河川の水・物質循環や生態系の特徴を抽出し、これを河川環境管理に活用するには、広域かつ長期に亘る現地調査、観測に基づくアプローチや、数値解析技術を用いた現象の解明、予測などが考えられる。これまで我々の研究グループでは、技術的・経済的な課題を抱える現地調査、観測による現象の把握、解明を代替、補完しうる河川生態系解析モデル^{1,2,3)}の構築を目指して開発を進めている。本報では、図-1に示すように物理基盤、物質循環、生物相のサブシステムに区分される河川生態系に対して構築された数値モデルの応答特性について検討すると共に、このモデルの活用例を示す。

2. 河川生態系モデルの概要

河川環境の水系一貫管理を念頭に置き、河川連続体仮説⁴⁾に代表される上流から下流にかけての河川生態系の遷移を表現するために必要と考えられる生物相および物質循環をモデル化の対象とした(図-1)。具体的には、生物相として浮遊生物(動植物プランクトン)、付着生物(藻類, 他栄養生物), 底生動物(破碎食者, 刈取食者, 濾過食者, 堆積物食者, 捕食者)と魚類(雑食性魚類, 藻食性魚類)および、物質項目として粒状有機物(CPOM, FPOM), DOM, 窒素三態, リン酸態リン, 溶存酸素を考慮した。なお、本数値モデルでは河川環境を把握する上で多用される底生動物の群集構造に着目しており、これ

を摂食機能群および河床生息型⁵⁾に分類することで現地観測データとの親和性を高めている^{2,3)}。また、群集動態を規定する因子として、これらの成長を決定する摂食機能群に対応した餌資源および魚類の捕食圧をモデル化し、各項目の相互作用を解析的に求めることで、ボトムアップ並びにトップダウン的な影響を加味した。

3. 解析結果と考察

(1) **解析の概要**: 本報では、これまでに構築した河川生態系モデルを水系全体へ適用する前段として、この応答特性を把握する観点から、前報^{2,3)}に従い阿木川ダム下流区間を対象として、水理・地形条件を設定した。また、2000年9月から2005年2月の阿木川ダム貯水池の水質データ⁶⁾を用いて解析を実施した。

(2) **数値モデルの応答特性**: 本数値モデルには相当数のパラメータが設定されており、これらの感度分析を進めることがモデル精度の検証に不可欠である。そこで本報では、各パラメータの値を±20%とした各ケースでの感度分析を実施し、モデルの応答特性を検討した。その結果、付着生物(藻類・他栄養生物), 底生動物, 魚類およびFPOMに関係するものが高感度なパラメータとして抽出された。ここでは、FPOMに関するパラメータのうち微粒状有機物密度の分析結果を例示する。図-3(a)より堆積(BFPOM)は密度に対して正の相関、一方で、わずかではあるが浮遊有機物(FPOM)は負の相関が確認できる。

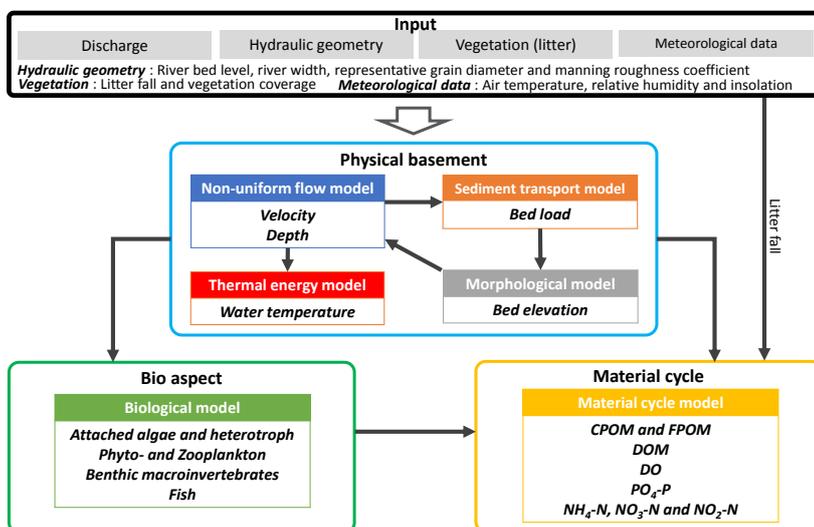


図-1 河川生態系解析モデルの概要

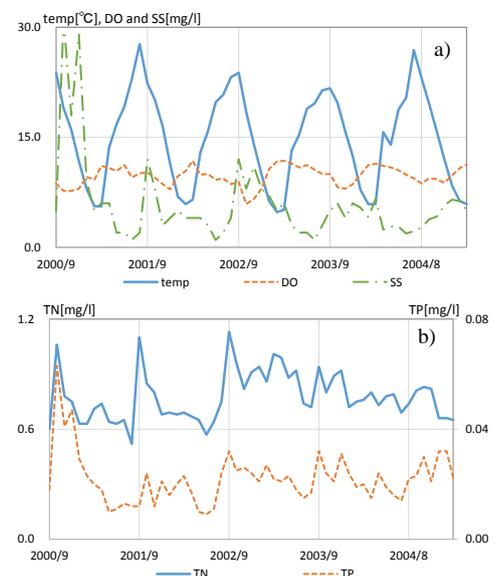


図-2 水温及び各水質の入力条件

また、微粒有機物密度は堆積有機物に対して高感度である一方で、付着藻類に対しては低感度である。図-3(b)に示す底生動物群集は、餌資源の感度の大小関係に対応しており、堆積物を摂食する堆積物食者や底生動物を捕食する捕食者は感度が高く、付着藻類を摂食する刈取食者や、水中有機物(FPOM)を摂食する濾過食者に対する感度は相対的に小さい。また図-3(c)から、主に底生動物を捕食する雑食性魚類が藻類を捕食する藻食性魚類よりも高感度であることがわかる。図-3(d), (e)に示す流下物質については、河道内のストック(図-3(a)から(c))と比して感度は低いが、堆積有機物の分解過程で生成されるDOCやNH₄-N, PO₄-P濃度が左右されることを確認した。

(3) 数値モデルの活用法：図-4(a), (b)には本数値モデルの活用例として、雑食性および藻食性魚類の摂食餌資源

源の時系列データを示す。魚類の餌資源に関しては、胃内容物や安定同位体比による分析がなされているが、本数値モデルの有用性が担保されれば、これら現地調査に基づくデータを補完しうる解析結果を提供できると推察され、河川生態系の理解の深度化に貢献できると考えられる。

謝辞：本研究は特別研究員奨励費(15J10717)の助成を受けて実施された。ここに記して御礼申し上げる。

参考文献：[1]戸田ら：土木学会論文集G(環境) 69, II_127-II_138 (2013). [2]溝口ら：土木学会論文集G(環境) 71, II_171-II_181 (2015). [3]溝口・戸田：土木学会論文集B1(水工学) 72, I_1009-I_1014 (2016). [4]Vannote & Minshall: Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37(1) VN, 130-137 (1980). [5]国土交通省ダム諸量データベース(阿木川ダム観測データ, <http://dam5.nilim.go.jp/dam/>)

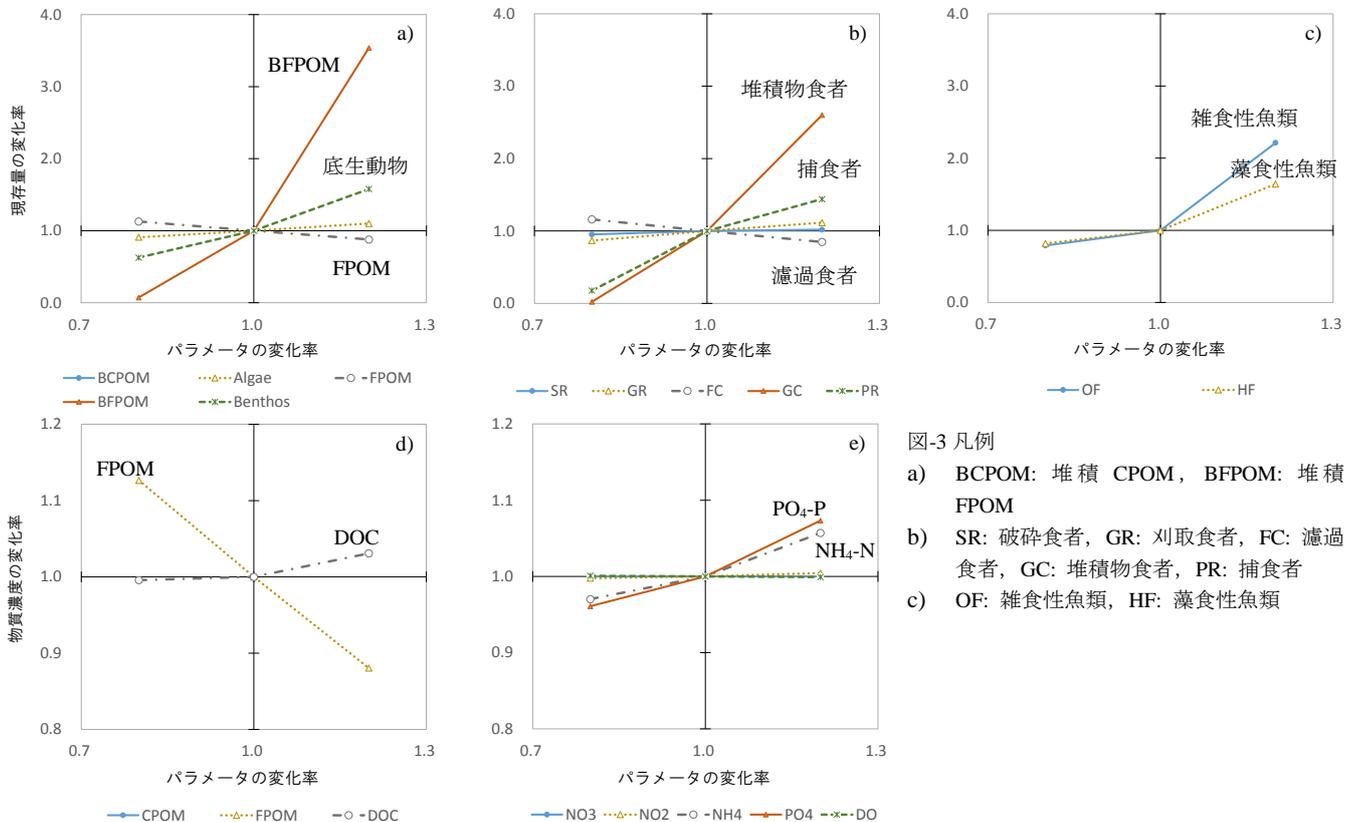


図-3 パラメータ感度分析の例 (懸濁態物質密度) a)底生動物の餌資源, b)底生動物, c)魚類, d)粒状態・溶存態有機物および e)窒素三態・リン酸態リン・溶存酸素濃度の応答特性

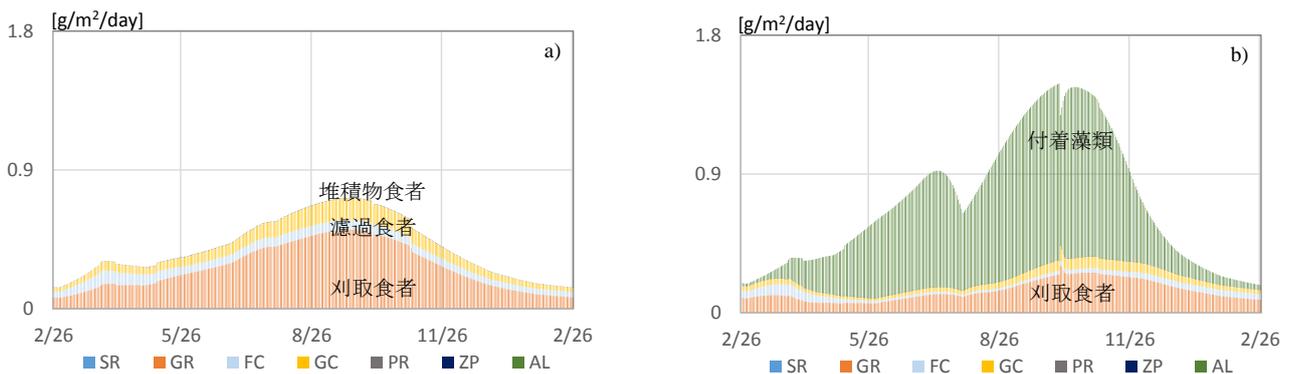


図-4 a)雑食性魚類および b)藻食性魚類に関する摂食餌資源の分析例