

粗粒有機物の供給・分解・輸送過程を考慮した河川物質循環モデルの開発

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○溝口裕太
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 戸田祐嗣
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 辻本哲郎

1. はじめに

河川の物質循環は、流程に沿った景観の変化に伴い卓越する生物・化学・物理現象が大きく異なるという特徴を持っている。例えば、河川水内での有機物生産が小さいが、河畔林から外来性有機物が供給される河川上流域、河道水内の付着性藻類による生産が卓越し¹⁾、有機物の生産が消費を上回っていると言われる中流域、また、有機物の消費が卓越する¹⁾下流域がある。これまで、各々の河川景観の特徴を捉えた物質循環モデルが多数開発されており、これらのモデルは対象域の物質循環の特徴を詳細に記述出来るメリットを有している。しかしながら、流域一体の環境管理の重要性が指摘される今日、上流域の変化が下流側景観に与える影響を直接的に考慮出来る河川水系一貫物質循環モデルの構築が必要となっている。そこで、本研究では河川上流域から下流域までを一貫して扱うことが出来る物質循環モデルを構築するための第一歩として、上流域における外来性有機物の供給、粗粒状有機物のサイズ変化・分解・輸送過程を考慮した水系一貫の物質循環モデルの構築を行った。

2. 数値解析の概要

(1)モデル河川

はじめに、河川の縦断地形については山本²⁾のセグメント分類法によりセグメント M~3 の 4 つに区分した。また、河川の全長は 100km とし、各セグメント長は矢作川を参考とした(表 1)。流量・河幅に関しては、水系に沿った河道内物質循環の特徴を抽出することが本研究の主目的であるので、河道網形状や流出解析の複雑さを避けるため、河川上流から下流へと連続的に変化するモデル河川とした。解析で扱う河川流量は矢作川 2008 年の年平均流量³⁾を用いて、源頭部から距離に応じた河川流量を求め、その近似曲線から流程に沿って連続的に変化する流量を求めた。図 1 に解析に用いた流量(実線)を示す。また、セグメント 1~3 の河幅はレジーム則を適用し、セグメント M は現地データを参考に流量と河幅の関係を求めた(破線)。

表 1 縦断地形の分類

	セグメントM	セグメント1	セグメント2	セグメント3
河川区分	山地河川	扇状地河川	自然堤防帯河川	感潮区間
河道勾配	1/20	1/100	1/1000	1/5000
区間長[km]	25.0	33.0	40.0	2.0
代表粒径[cm]	25.0	5.0	0.5	0.05

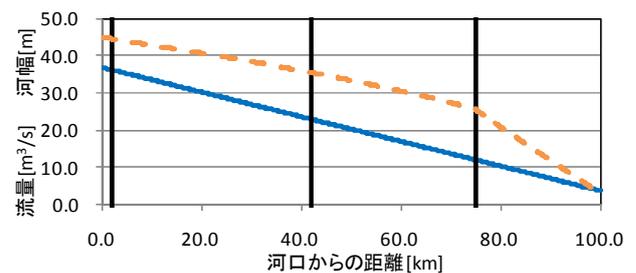


図 1 モデル河川における流量・河幅の縦断変化

(2)解析モデル

本研究で構築した物質循環モデルは、次の 4 つのサブモデルで構成されており、(a)流れ場を解析する流体輸送モデル、(b)水温を解析する熱収支モデル、(c)生物バイオマス解析する生物モデル、(d)水質を解析する物質循環モデルである。

流体輸送モデルには横流入を考慮した流体の輸送方程式を用いた。また、熱収支モデルは河川水面での短波と長波放射量の差である正味放射量、顕熱、潜熱、河床伝熱量を考慮した近藤のモデル⁴⁾を用いた。

生物モデル、物質循環モデルについては戸田ら⁵⁾を参考に構築した。生物は付着性藻類と付着性他栄養生物とし、また、流水中の物質として粗粒状有機物濃度、微粒状有機物濃度、溶存有機態炭素濃度、硝酸態窒素濃度、リン酸態リン濃度、溶存酸素濃度を扱い、堆積物として粗粒状有機物堆積量、微粒状有機物堆積量を考慮した。本研究では粗粒状有機物濃度と堆積量を新たにモデル化し、それぞれ式(1)と式(2)に示す。

$$\frac{\partial(CPOM)}{\partial t} + U_s \frac{\partial(CPOM)}{\partial x} = -\frac{1}{H} (Dep_{cp} - Ero_{cp}) - k_{mic} CPOM + ALLOM + \frac{q_s}{BH} (CPOM_s - CPOM) + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ Dis \frac{\partial(CPOM)}{\partial x} \right\} \quad (1)$$

ここに、 H : 水深[m]、 B : 河幅[m]、 Dep_{CP} : 粗粒状有機物の沈降量[g/m²/s]、 Ero_{CP} : 粗粒状有機物の巻き上げ量[g/m²/s]、 k_{mic} : 栄養塩の溶出と微生物による粗粒状有機

物の分解速度[s^{-1}], $ALLOM$: 外来性有機物供給量[$g/m^3/s$] であり与え方は解析条件で示す, $CPOM_S$: 横流入水の粗粒状有機物濃度[g/m^3], Dis : 分散係数[m^2/s]である.

$$\frac{d(Se_{CP})}{dt} = Dep_{CP} - Ero_{CP} - k_{mic}Se_{CP} - k_{ben}Se_{CP} \quad (2)$$

ここに, k_{ben} : 底生物による粗粒状有機物の破砕速度[s^{-1}]である.

(3)解析条件

熱収支モデルの解析に必要な気温と相対湿度, 風速は気象庁新城観測所, 日射量については名古屋地方気象台の2009年の観測値を用いた⁶⁾. また, 1年を夏(7-9月), 秋(10-12月), 冬(1-3月), 春(4-6月)にわけ, 各々の季節での日変動は一定とした.

陸域から河川へ供給される外来性有機物は図2に示すように, 河川上方から落下するもの⁷⁾ (林冠: 実線)と, 風や降雨等に伴って河岸から流入するもの⁸⁾ (林床: 実線)にわけて入力条件とした.

3. 結果と考察

(1)粗粒状有機物の流下方向変化

図1に示す流量のもとで4年間の解析を行った. 図3上段には粗粒状有機物濃度(CPOM濃度), 下段には堆積量(CPOM堆積量)の流下方向変化を示す. 3年目の各季節の中間日(夏: 8/14, 秋: 11/13, 冬: 2/11, 春: 5/15)の正午における解析結果をプロットした. 図3(上)のCPOM濃度と図2に示す外来性有機物の季節変化より, CPOM濃度は秋期に最も大きいことから, この上昇は秋期の落葉に起因することがわかる. また, 図3(下)よりCPOM堆積量は落葉時期が終わった冬期にピークとなり, 春期, 夏期に減少, 再び秋期より堆積量が上昇すること, また, 河口から約50kmより下流ではほとんど堆積しないという結果を得た.

(2)リン酸態リンとCPOM堆積量の経年変化

河口より22km地点のリン酸態リン濃度と, 河口より87km地点のCPOM堆積量の経年変化を図4に示す. また, 解析は夏→秋→冬→春の順番に行った. リン酸態リン濃度に注目すると, はじめ周期的な変動をしながら上下限界が上昇しているが, 3年目以降は上下限界の上昇は収まり0.05~0.08[g/m^3]の範囲で周期的な変動をしている. また, 上流域のCPOM堆積量の経年変化に注目すると, これもリン酸態リンと同様な周期的変動をしながら上下限界が上昇し3年目以降は47~70[g/m^2]の範囲で季節変動をしながら平衡状態に達

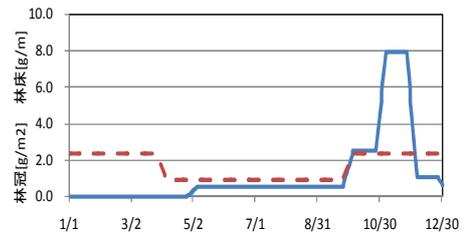


図2 外来性有機物の河川への供給

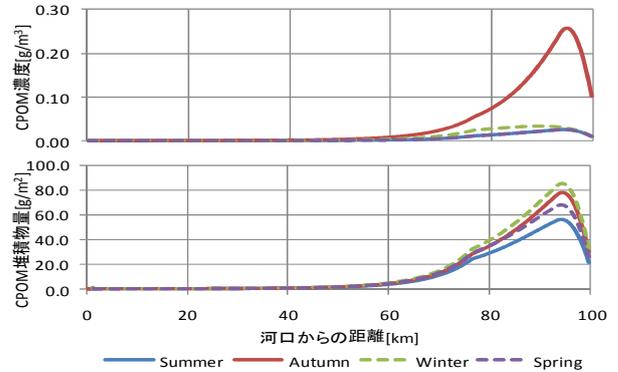


図3 CPOM濃度(上)と堆積量(下)の流下方向変化

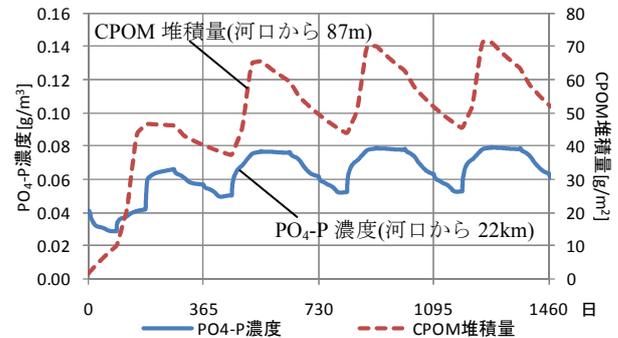


図4 リン酸態リン濃度とCPOM堆積量の経年変化

していると考えられる. これらより中下流域のリン酸態リン濃度は上流域に堆積するCPOM量に大きく依存すると考えられる.

4. まとめ

今回設定した解析条件の範囲内で以下の結論を得た. 1)外部から供給された粗粒状有機物は下流への輸送に比して上流域に堆積する割合が高い. 2)河川中下流域のリン酸態リン濃度は上流域に堆積する粗粒状有機物量に大きく依存する.

参考文献

- 1) Vannote, R.L. et al. : The river continuum concept, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37, pp.130-137, 1980
- 2) 山本晃一: 沖積河川学堆積環境の視点から, 山海堂, pp.1-7, 1994
- 3) 水文水質データベース: <http://www1.river.go.jp/>
- 4) 近藤純正: 河川水温の日変化 (2)観測による検証—異常昇温と魚の大量死事件—, 水文・水資源学会誌, Vol.8, No.2, pp.197-209, 1995
- 5) 戸田祐嗣・池田駿介: 礫床河川の物質循環シミュレーション, 土木学会論文集, No.635, pp.67-83, 1999
- 6) 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 7) 橋詰隼人: 鳥取大学蒜山演習林の落葉広葉樹林におけるリターフオールについて, 広葉樹研究, 6, pp.1-15, 1991
- 8) 森林総合研究所: 溪畔林の環境保全機能の解析と評価手法の開発調査, 交付金プロジェクト研究成果集 13, pp.64-71, 2006