

河川バイオマス動的平衡モデルを用いた生態系回復時間の流域間比較

筑波大学 学生会員 ○藤原誠士
 筑波大学 学生会員 篠崎由依
 筑波大学 正会員 白川直樹

1. 研究の背景および目的

世界規模で急速に進む水資源開発は、流量の減少や流況の画一化など、生態系に悪い影響を与えている現状がある。この課題に対する一つの方策として「環境流量 (Environmental Flow)」の適用がある。環境流量とは、灌漑や発電などによる流量調整がなされている状況で、河川生態系を維持するために確保されるべき流量のことである。環境流量を全球的に評価するモデルとして、植物の純一次生産力に着目した環境流量グローバルモデルが提唱されている¹⁾²⁾。篠崎 (2012) は、植物の純一次生産力と河川縦断方向及び陸上からのバイオマス収支に基づく河川バイオマス動的平衡モデルを構築し¹⁾、バイオマスの蓄積傾向から河川生態系の質と脆弱性を評価する様々な指標を用いて環境流量を見積もっている²⁾。

本研究では、河川バイオマス動的平衡モデルの各指標のうち、脆弱性を評価する指標である「生態系回復時間」を精査することで、環境流量グローバルモデルの精度向上を目指すことを目的とする。気候特性や地理特性の異なる世界の流域を対象に、生態系の回復速度に影響する要因について調査する。

2. 手法

(1) 河川バイオマス動的平衡モデル

河川バイオマス動的平衡モデルは、植物の純一次生産力(NPP)に着目する。NPPは生態系の扶養基盤であり、基盤の大きさに環境変化に対する許容力がわかる。ある場所の河川植物バイオマスについて、NPP、流入流下、陸上からの供給、無機化過程が平衡状態にあると仮定し、バイオマス量を推定する

$$B_R = r(B'_R + \alpha NPP + fB'_{Ru} + C - fB'_R) \quad (1)$$

$$\beta = \frac{C}{NPP_{ind}} + C \quad (2)$$

ただし、 β : 陸上から流入するバイオマスの割合、 f : 上流から下流へのバイオマス流下割合、 r : 枯死・

溶脱による消失を差し引いたバイオマス残存割合、 B_R : 河道内バイオマス (t/ha) B'_R : 1 タイムステップ前の河道内バイオマス B'_{Ru} : 1 タイムステップ前の上流バイオマス (t/ha) C : 陸上から流入するバイオマス (t/ha) である。1 タイムステップを 1 年、 B'_R の初期状態を 0 として全グリッドでバイオマスが 1.0×10^{-3} (t/ha) 以上変化しなくなった時点で計算を終了する。 α , f , r の3つのパラメータは、それぞれ 1.0, 0.5, 0.9 を標準値として採用する。河道内 NPP は筑後モデル³⁾で与え β , 陸上 NPP はケッペンの気候区分と気候ごとの代表植生に従って設定する。

(2) 生態系回復時間の測定

生態系回復時間 (Ecological Recovery Time: ERT) は、生態系の脆弱性に着目した指標である。動的平衡モデルの初期値を 0 として河川バイオマスが存在しない状態を想定し、繰り返し計算を行い 1 タイムステップごとにバイオマス蓄積量を計測する。バイオマス蓄積量が平衡状態に到達した時点で計算終了とし、初期状態から平衡状態になるまでのタイムステップ数をもって回復時間とする。タイムステップが多いほど回復時間が長く脆弱性の高い生態系とみなすことができる。さらに、河川バイオマスの蓄積過程の時系列変化を回復速度という指標を用いて分析する。

河川環境が悪化する要因として線的な事象と点的な事象の二つが考えられる。線的な事象とは上流に巨大なダムが建設されるなど、流域全体を通して線的に進行する場合であり、点的な事象とは、河道浚渫のように河川の特定の区間のみで河川環境が変化する場合である。また、気象条件や流域の形状・支流の流入数によっても ERT とその過程は異なることが予想される。本研究ではこの二つの事象を対象として ERT を評価する。

キーワード 環境流量, グローバルモデル, 水資源, NPP

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 システム情報系 白川研究室 TEL.080-4287-3328

E-mail: s1310403@u.tsukuba.ac.jp

3. データ及び計算条件

河道網データは東京大学生産技術研究所より公開されている全球 1 度グリッド河道網モデル (Total Runoff Integrating Pathways: TRIP) と利用する. 各種気象データは全球土壌水分プロジェクト (The second Global Soil Wetness Project: GSWP2 : 1985 年~1995 年) から取得した. なお, 河川バイオマス動的平衡モデルは全球水資源モデルH08を使用して構築する 45).

また, 評価対象流域は表 1のとおりである.

4. 結果

生態系回復時間について, 点的な事象と線的な事象で気象・地理因子との関係の分析を目標とした. 対象流域としてケッペンの気候ごとに合計 20 流域抽出し, 気温, 降水量, 流域面積, 陸域 NPP, 河道内 NPP, 最終的なバイオマス, 陸域バイオマスの流入割合 β の 7 要素に加えて, 流路延長と上流の気候区を気象・地理因子とし, 回復時間と回復速度との相関を分析した. ここでは紙面の関係上線的な事象の分析の結果を示す (図 1).

- (1) 生態系が回復する初動は, その場の河道内および陸域 NPP の有無に左右される.
- (2) 点的に河道の植生が破壊された場合, 上流のバイオマスが平衡状態に近ければ近いほど生態系回復時間は短くなる.
- (3) 生態系が破壊されて元の状態に回復するまでの時間の長さは, 流域面積と流路延長に左右される.
- (4) 上流の気候分布および河畔植生や流路延長, 支流の集積状況が回復速度の時系列変化を生んでいる.

また, 本研究で算出した河川バイオマス蓄積量は, 篠崎 (2012) の算出結果や既往研究で得られた結果と比較すると過大に評価されていた. この要因としては, 今回検証されていないパラメータである, 枯死・溶脱による消失を差し引いた残存割合 r の検証と, 陸域バイオマスの流入割合 β の地域設定によるものと考えられる. これらパラメータの精査が今後の課題である.

表 1 対象流域表

気候帯	気候区	流域名	国名 (河口)
熱帯	サバンナ	メコン川	ベトナム
		コンゴ川	コンゴ民主共和国
	熱帯モンスーン	アマゾン川	ブラジル
	熱帯雨林	バリト川	インドネシア
温帯	温暖冬季少雨	長江	中国
		西江	中国
	地中海性温暖湿潤西岸海洋性	ドナウ川	ルーマニア
		ミシシッピ川	アメリカ
冷帯	冷帯冬季少雨	パラナ川	アルゼンチン
		ライン川	オランダ
	冷帯湿潤	デュエロ川	ポルトガル
		ネルブ川	ガナダ
乾燥帯	ステップ	ベチョラ川	ロシア
		アムール川	ロシア
	砂漠	ユーコン川	アメリカ
		リオグランデ川	アメリカ
寒帯	ツンドラ	ジュバ川	ソマリア
		ナイル川	エジプト
		アムダリア川	ウズベキスタン
		ヌナブタ準州の河川	カナダ

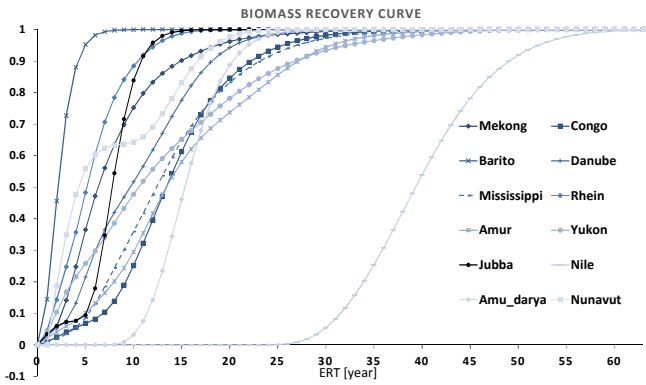


図 1 バイオマス回復曲線 (線的な事象の例)

参考文献

1) 篠崎由依: 全球一次生産力に基づく環境流量のための地域区分: 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 4, pp1465-1470 (2012)

2) 篠崎由依, 白川直樹: 河川生態系の質と脆弱性を考慮した全球環境必要量の推定: 水工学論文集, No. 60, pp991-996 (2016)

3) 角野貴信, 小崎隆: 土壌有機炭素動態モデルにおける「測定可能な」炭素プール - 炭素循環の「見える化」 - : 観光化学研究, Vol. 3, pp79-88 (2010)

4) Hanasaki, N., S. Kanae, T. Oki, K. Masuda, K. Motoya, N. Shirakawa, Y. Shen, and K. Tanaka: An integrated model for the assessment of global water resources - Part 1: Model description and input meteorological forcing: Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol. 12, pp1007-1025. (2008a)

5) Hanasaki, N., S. Kanae, T. Oki, K. Masuda, K. Motoya, N. Shirakawa, Y. Shen, and K. Tanaka: An integrated model for the assessment of global water resources - Part 2: Applications and assessments: Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol 12, pp1027-1037. (2008b)