

河川生態系の質や脆弱性に応じて環境流量を設定する

筑波大学大学院 篠崎由依

1. 研究の背景

増加する人間の水需要に応えるため、莫大な水が川から取り出されている。取水により河川本来の流量を確保できないことに加え、周期的な流量変動が妨げられている。その結果、河川とその周辺の生態系への様々な影響が指摘されている。河川環境の健全な機能を維持するためには一定の流量を川に残しておく必要がある。これが環境流量 (Environmental Flow : EF) である。現在、環境流量設定に関して 200 余りの手法が提案され、70 カ国以上で研究が進められている。その多くは河川流量の大小に応じて一部を EF として割り振る「水文統計法」¹⁾ である。ある場の生態系にとって必要な流量は、生態系の質や脆弱性により異なると考えられるが、水文統計法では、流況変動による河川生態系 (生物・物理環境・エネルギー輸送) の応答と流量の関連性が不明瞭である。水資源とは、広義的には水だけでなく、生物資源を含む健全な河川生態系により扶養されるサービス全体を含むものである。従って持続可能な水資源利用のためには、環境流量は生態系の特質によって区別すべきであり、それを可能にする手法が必要である。

2. 研究目的

本研究は、水文統計法では表現できない生態系の特質に着目した新たな環境流量設定手法を提案することを目的とする。河川生態系の特質を、①生物、②無機物、③物理地形の 3 つで表現し、各々を評のモデルを構築する。ここでは、生物を評価するためのモデル「河川バイオマス動的平衡モデル」について述べる。このモデルでは、植物の純一次生産力 (NPP) を使用して河川生態系の潜在的な扶養力 (質・脆弱性) を評価し、この扶養力を用いて EF を算出する。

植物の一次生産力、河川縦断方向、陸上植生からのバイオマスフラックスを考慮し、ある場所のバイオマス量 (ストック) を推定する

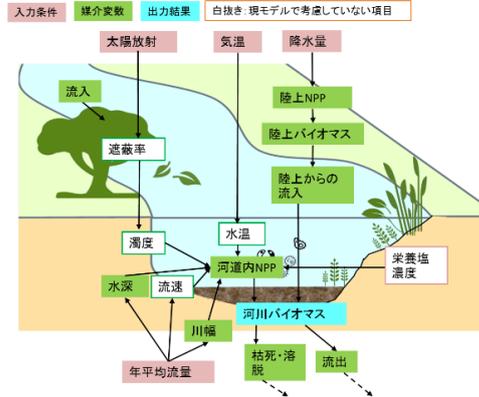


図-1 河川バイオマス動的平衡モデル

3. 河川の一次生産力に着目した評価モデル

純一次生産力 (NPP) は河川生物の扶養基盤であり、基盤の大きさによりその場の河川生態系の環境改変に対する許容力を推定することが出来る。ある場所の河川植物バイオマスについて、NPP, 流入流下, 外部からの供給, 捕食・無機化による消失過程が平衡状態にあると仮定し、バイオマス蓄積量を推定するモデルを構築した (図-1)。

$$\frac{\partial B}{\partial t} = B_u + C + NPP - (D + P) - E \quad (1)$$

$$C = \beta B \quad (2)$$

$$D = dB \quad (3)$$

$$P = pB \quad (4)$$

$$E = f(B/\alpha \Delta x V) \quad (5)$$

ここに、 B_R : 河川バイオマス (g), B_u : 上流から流入するバイオマス (g), C : 陸上から流入するバイオマス (g), E : 流失するバイオマス (g)=剥離量, D : 分解・溶脱バイオマス (g), P : 上位消費者に取り込まれるバイオマス (g), V : 単位時間当りの流速 (m), Δx : 流路延長, α, β, d, p, f : 係数。モデルは全球 0.5 度グリッド河道網モデル上に構築し、NPP は NASA Earth Observatory より公開されている 2001~2010 年の月別観測値を使用した。なお、計算に際し 1 タイムステップは 1 日とする。

4. 結果

河川バイオマス動的平衡モデルにより、全球の植物バイオマスの月ごとの蓄積量を見積もった(図-2)。さらに計算バイオマスの大小及び蓄積時間(平衡状態に要する時間をもって脆弱性の指標とする)から閾値を設定し、環境流量を推定した(図-3)。環境流量は全球平均で年平均流量の49%となった。水文統計法に基づく既往個別研究の提案値と比較した場合(本研究値)、スウェーデンでは15~20%(20%)、カナダでは25%(20%)である一方、モンスーン地域に位置するネパールでは最小月流量の10%(50%)、インドでは20%(70%)の例がある²⁾。水文統計では区別できなかった一次生産力の高い場所や、脆弱性の高い場所では従来提案よりも40~50%高い環境流量が必要であることが示唆された。また、中国の長江を例にとると、従来の全球モデルでは流域一律30%に設定されているが³⁾、本研究では30%~70%と、流域内でも生態系の特質により変化させることができる。既往の手法は生態系の単純な地域は表現できるが、生態系の質や脆弱性が高い地域では過小である可能性がある(図-4)。今後は各地の実測値との照合によるモデルの妥当性の検証・精度向上に取り組むと共に、②無機物、③物理地形を評価するモデルを構築する。

むと共に、②無機物、③物理地形を評価するモデルを構築する。

5. まとめ

- ・NPPを用いて河川生態系の質・脆弱性の違いから環境流量を設定するモデルを構築した。
- ・水文統計では区別できなかった一次生産力の高い場所や、脆弱性の高い場所では従来提案よりも40~50%高い環境流量が必要であることが示唆された。
- ・同モデルでは河川縦断方向で異なる環境流量基準を適用でき、かつ月ごとの目標設定が可能である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費(特別研究員 課題 No.17J01264)の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) Tharme, E. A global perspective on environmental flow assessment, River Research and Applications, Vol.19, pp. 397-441, 2003.
- 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流量必要量の推定」, 『水工学論文集』, 60号, pp.1_991-1_996, 2016
- 3) Smakhtin, V. et al. A pilot Global Assessment of Environmental Water Requirements and Scarcity, Water International, Vol.29, No.3, pp.307-317, 2004.

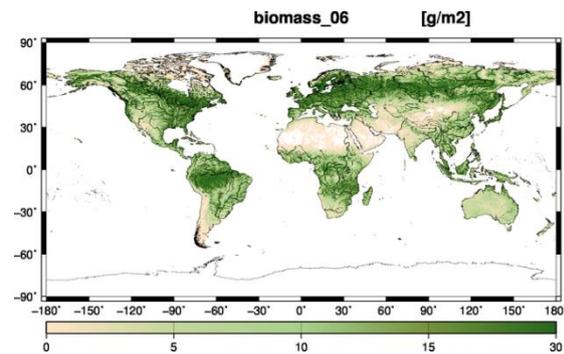
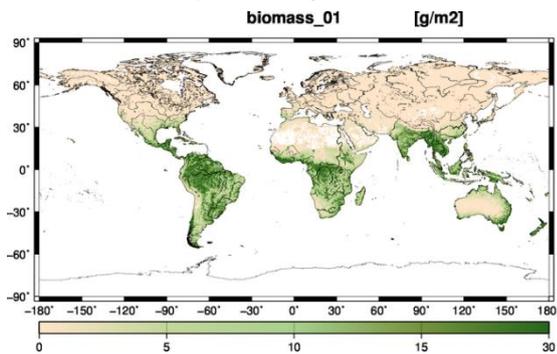


図-2 河川バイオマス動的平衡モデルで計算したバイオマス蓄積量 (g/m² 左: 1月, 右: 6月)

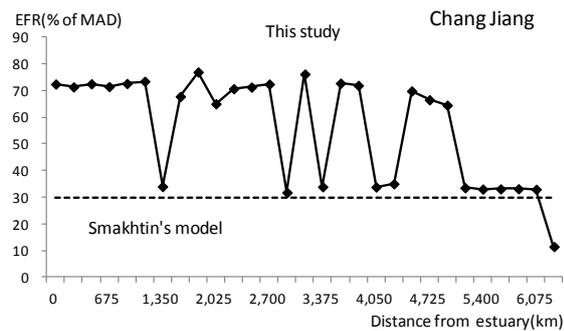
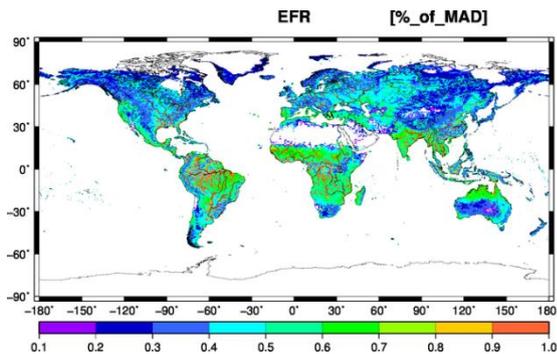


図-3 環境流量必要量(年平均流量に対する%)

図-4 長江の縦断方向にみた環境流量必要量