

## エネルギー効率を用いた佐波川の河川生態環境評価

山口大学大学院 正会員 ○赤松 良久  
 山口市 非会員 笹川 雄己

### 1. 目的

今日までわが国における河川環境や流域内の水環境の評価は、BODやCODに代表される水質調査によって行われてきた。しかし、地球環境や生物多様性への関心の高まる今日、河川・流域の生物の生息環境としての健全性を定量的に評価することが必要とされている。そこで、赤松・宮本<sup>1)</sup>は河川生態系内のエネルギーの流れに着目し、生態系内のエネルギー効率によって河川生態環境を評価することを提案している。

本研究では河川生態系におけるエネルギー効率に着目した健全性の評価法を用いて山口県唯一の一級河川である佐波川の河川生態環境評価を行う。

### 2. エクセルギー効率に基づく河川生態環境評価法

河川生態系内のエクセルギー（有効エネルギー）利用効率は系外から供給されたエクセルギー（出水によって系内に供給された有機物エクセルギー $Ex_{id}$ +出水後から定常状態になるまでに供給された光エクセルギー $Ex_s$ ）に対する系内に存在する有機物・有機体の総エクセルギー（付着藻類 $Ex_a$ 、底生生物 $Ex_i$ 、魚類 $Ex_f$ 、河床堆積有機物 $Ex_d$ ）として(1)式で示される。

$$\eta = \frac{Ex_a + Ex_i + Ex_f + Ex_d}{Ex_{id} + Ex_s} \quad (1)$$

このエクセルギー効率は出水直後には1に近い値をとりその後減少していくと考えられる。しかし、健全な生態系では高いエクセルギーを持つ底生生物や魚類の成長によってその系内のエクセルギー効率の低下は鈍く、次の出水が起こることによって、エクセルギー効率は1に戻る。ここで出水とは、河床の付着藻類が十分に剥離する程度のもをを対象とする。

### 3. 現地河川への適用

現地観測は、山口県の一級河川である佐波川の stn.2~5 までの合計4地点を対象として行った（図-1）。各地点で1m×1mのコドラード内の河床に堆積する有機物、水生昆虫、付着藻類のサンプリングを約一か月毎に行った。サンプルは乾燥後にそれぞれの乾燥重量を計測し、それらの結果と日射量データをもとに式(1)を用いてエクセルギー効率を算出した。算出されたエクセルギー効率を図-2に示す。観測期間中には、5月13日と7月8日に出水が見られた。自然度の高い沖縄の源河川(出水から約二か月で0.187)と比較しても佐波川のエクセルギー効率はある程度高い値をとっていると考えられ、佐波川の生態系は健全性を保っていると言える。特に河床の攪乱の激しかった6、7月において非常に高い値となっている。また、stn.4は他の地点比べて生態系の健全性が高いことが明らかとなった。

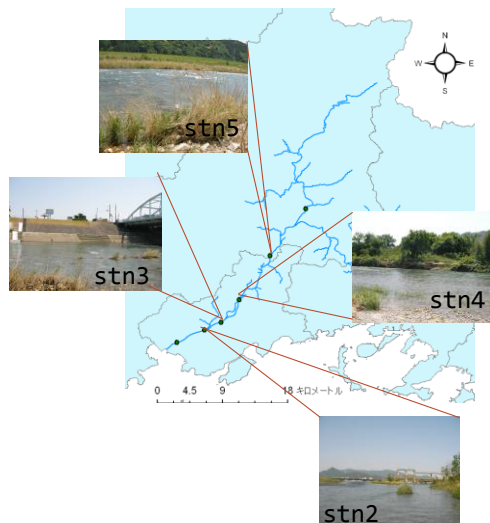


図-1 佐波川の調査地点

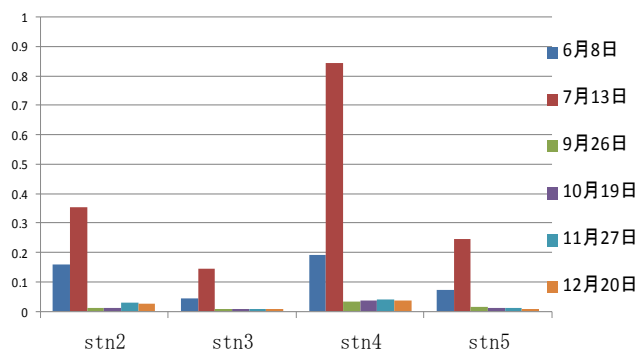


図-2 佐波川の各調査地点でのエクセルギー効率

キーワード エネルギー効率, 河川生態環境評価, 水・物質循環モデル  
 連絡先 〒755-861 1山口県宇部市常盤台2-16-1 TEL 083-685-9342 FAX 083-685-9301

#### 4. エクセルギー効率の予測モデルの構築

次に、エクセルギー効率の長期的推移を算出し、長期間の佐波川の健全性を評価するために、エクセルギー効率の予測モデルを構築した。図-3にエクセルギー効率の予測モデルの概念図を示す。また、各要素モデルについて以下に説明する。

(1)水・物質循環モデル：エクセルギー効率の算出に必要な水理条件を予測するために流域水物質循環モデル(SIPHER-MODEL)を用いた。佐波川の地形データや気象データをこのモデルに入力することで、佐波川の任意の地点の流量・水深を算出することができる。また、各地点の平均的な粒径の礫が出水時に移動するかどうかを判定し、礫が移動した場合には藻類が完全に剥離し、エクセルギー効率は1に戻ると判断した。

(2)藻類増殖モデル：藻類増殖モデルの基礎式を示す。

$$\frac{dA}{dt} = \mu_A A - h_A A - k_{ae} A \quad (2)$$

$$\mu_A = \frac{L_b}{L_s + L_b} \frac{NH_4}{NH_{4S} + NH_4} \frac{PO_4}{PO_{4S} + PO_4} \mu_{Amax} 1.047^{(T-20)} \quad (3)$$

(2)の式の右辺第1項は増殖、第2項は剥離、第3項は代謝をそれぞれ表わしている。このモデルに日射量や栄養塩、で算出した水理条件を入力することで藻類現存量の予測をすることができる。

(3)底生動物予測モデル：底生動物の予測モデルの基礎式を示す。

$$\frac{dB_{SC}}{dt} = G_{SC} - (1 - e_{SC})G_{SC} - (e_{SC} - g_{SC})G_{SC} - D_{SC}(B_{SC}) - E_{SC}(B_{SC}) \quad (4)$$

(4)式の右辺第1項は摂食による増殖、第2項は排糞、第3項は排泄による減少、第4項は自然死亡による減少、第5項は羽化による減少である。このモデルに藻類増殖モデルで算出した藻類現存量と死滅速度や羽化速度、同化率等を入力することで底生生物の現存量を算出することができる。

#### 5. 佐波川での長期間のエクセルギー効率

エクセルギー効率の予測モデル用いて算出したエクセルギー効率を図-4に示す。予測値と観測値を比べるとある程度一致しており、佐波川のエクセルギー効率は予測可能であると考えられる。また、長期的なエクセルギー効率の面からも stn.4 が健全な環境にあることがわかる。

#### 6. 結論

佐波川におけるエネルギー効率に着目した河川生態環境を行った結果、佐波川の生態系は健全性を保っていることが明らかとなった。また、現地調査に基づいた予測モデルによって長期間のエクセルギー効率の推移を予測可能であることがわかった。

**謝辞**：本研究は科学研究費若手研究（B）（課題番号：2760465，研究代表者：赤松良久）の補助を受けている。記して謝意を表す。

#### 参考文献

1) 赤松良久, 宮本大輔: エクセルギー効率に基づく河川生態環境評価法の開発, 水工学論文集, 第52巻, pp.1177-1182, 2008.

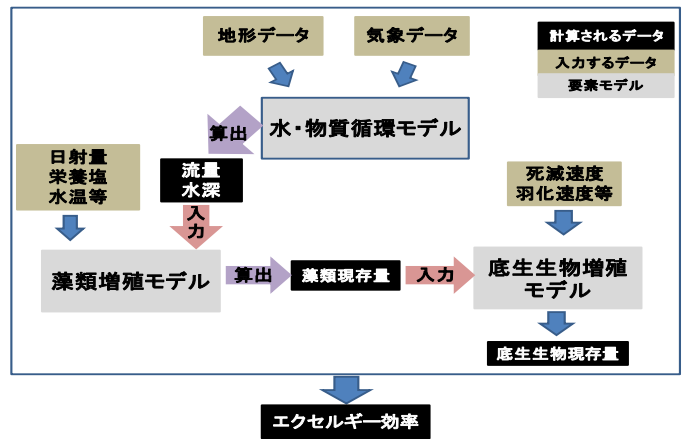


図-3 エクセルギー効率の予測モデル概念図

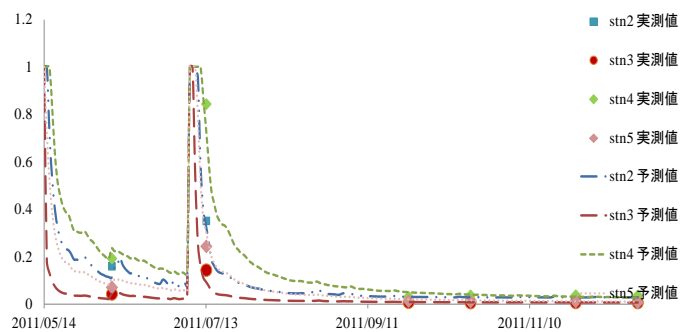


図-4 佐波川の各調査地点のエクセルギー効率の長期推移