

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月3日現在

機関番号：	15501
研究種目：	若手研究(B)
研究期間：	2011~2012
課題番号：	23760465
研究課題名（和文）	エネルギーフローに着目した流域水・熱・物質循環モデルの開発
研究課題名（英文）	Development of water, heat, and material cycle model based on energy flow
研究代表者	
	赤松 良久 (AKAMATSU YOSHIHISA)
	山口大学・大学院理工学研究科・准教授
	研究者番号： 30448584

研究成果の概要（和文）：本研究では河川生態系内のエネルギーのフローに着目した新しい河川生態評価モデルを構築した。本モデルを山口県の佐波川流域に適用したところ、佐波川の複数地点間の生態系の健全性の違いを有効エネルギー効率で表現可能であることがわかった。本モデルと流域水・物質循環モデルとの結合によって、長期間の有効エネルギー効率の推移を予測可能であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：Assessment model of river ecosystem based on energy flow is developed. The application for Saba River reveals that this model can clarify the difference of health of river ecosystem at several points. The combination with the water and material cycle model enables the assessment model to predict the long-term variation of energy efficiency in river ecosystem.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：環境水理学

科研費の分科・細目：土木工学、水工学

キーワード：エネルギー効率、河川生態系、環境評価、物質循環モデル、佐波川

1. 研究開始当初の背景

自然と社会構造の基本組織体である流域において、河川はその大動脈として流域の水・物質循環を担っている。しかし、我が国のほぼすべての河川はダムや堰などの構造物によってその連続性が分断され、陸域からの負荷を河川内にも蓄積し易い状態にある。したがって、流域の水・物質循環（エネルギーフロー）の健全化を図ることによってこれらの人間活動による負荷を低減し、河川・流域生態系に与える負荷を最小限に抑えることが必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では現地調査結果を援用して河川生態系における有効エネルギー効率を予測

するモデルを構築し、山口県の佐波川の河川生態環境を長期間の有効エネルギー効率の変化から評価する。

3. 研究の方法

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_p ）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_b 、魚類 Ex_f 、河床堆積有機物 Ex_d ）として(1)式で示される。

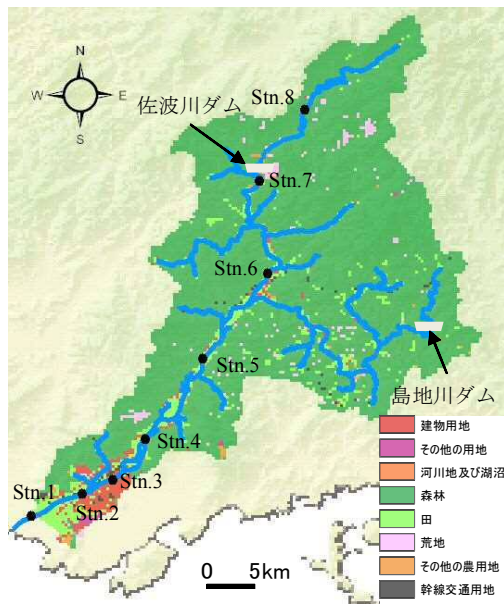


図-1 研究対象域

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

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のを対象とする。

山口県の佐波川流域を対象として上流から下流の4地点(図-1)に約一ヶ月毎の物理・水質環境および生物環境の調査を2年間にわたって実施し、各地点の河川生態系内の有効エクセルギー効率を明らかにした。また、有効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、有効エクセルギー効率の予測モデルを構築した。このモデルでは地形データ、気象データ、日射量・栄養塩・水温、生物パラメーターを入力データとして、「流域水物質循環モデル」、「藻類増殖モデル」、「底生動物成長モデル」の各要素モデルを用いて、流量・水深、付着藻類量、底生動物量を算出する(図-2)。

4. 研究成果

(1) 現地観測結果

図-3, 4 に観測期間中の平均の $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の縦断分布を示す。ダムの上流の Stn. 8 では高く、ダム下流の Stn. 7 から河口に近づくにつれて濃度が増加していることがわかる。しかし、その濃度は低く下

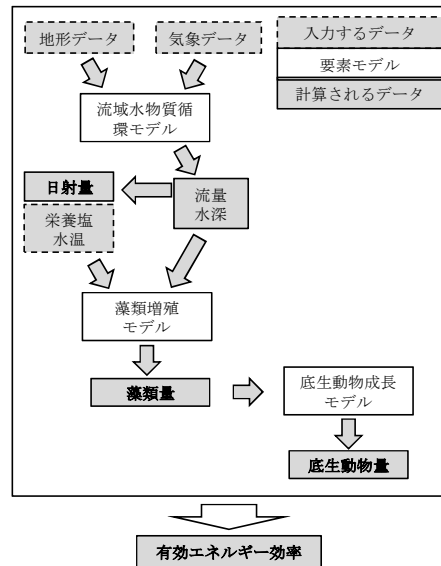


図-2 モデルの概念図

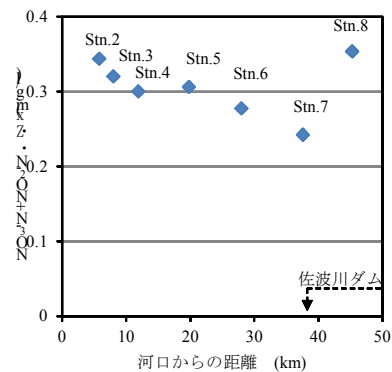


図-3 $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の縦断分布

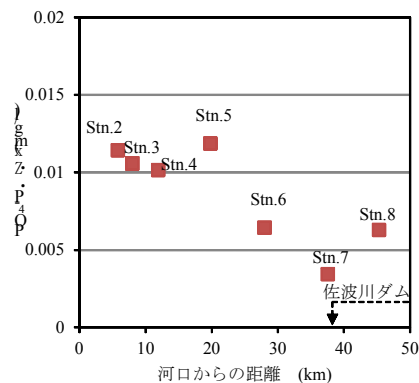


図-4 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の縦断分布

流の Stn. 2~5 の地点では優位な違いは認められない。また、図-5 に観測期間中の平均の底質中の $\delta_{15}\text{N}$ 濃度の縦断分布を示す。河口に近い Stn. 2 では1%程度まで上昇しているものの、すべての地点において0%前後の近い値である。これは底質中に含まれる有機物の起源が主に陸域の森林 ($\delta_{15}\text{N}$: -1~1%) であることを示している。以上のことから、

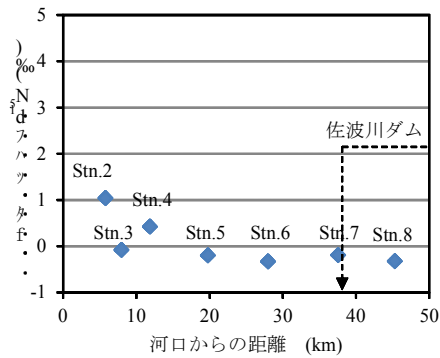


図-5 底質中の $\delta^{15}\text{N}$ 濃度の縦断分布

水質・底質という観点からは Stn. 2~5 の地点の環境はほぼ同等であることがわかった。高いことが明らかとなった。

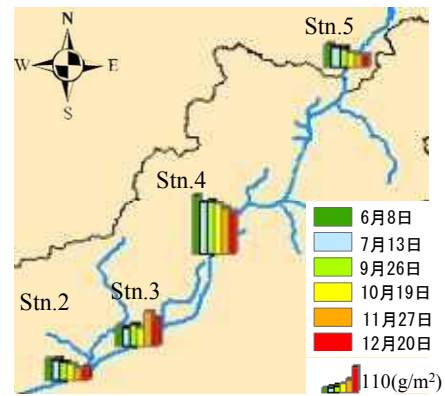
図-6 に観測期間中の Stn. 2~5 の河床堆積有機物量、底生動物量、付着藻類量の変化を示す。河床堆積有機物量はすべての地点において6月8日が圧倒的に多く、その後は減少し10~12月には大きな変化は見られない。付着藻類量に関しては Stn. 4 が他の地点に比べて多く、水温が低くなる10~12月は減少している。しかし、Stn. 3 に関しては水温の低い11月27日、12月20日に現存量が増加している。底生動物量に関しては全期間で Stn. 4 が他の地点に比べて圧倒的に多い。また、Stn. 2 では11月27日、12月20日に底生動物量が増加しているが、これは鮎の産卵場の造成のために人為的に河床を攪乱したためであると考えられる。

(2) 調査日の有効エネルギー効率

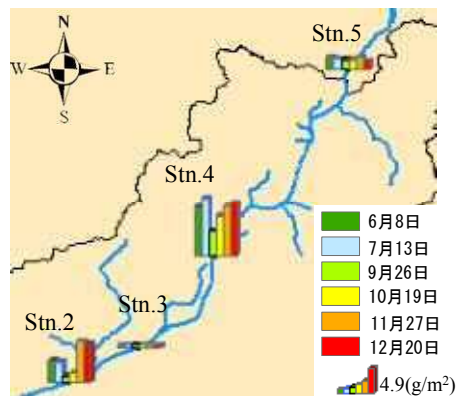
これらの観測結果と日射量データから式(1)を用いて有効エネルギー効率を算出した。算出された調査日の Stn. 2~5 の有効エネルギー効率を図-7 に示す。先述のように観測期間中には、5月13日と7月8日に河床が移動する程度の出水があったものの、その後、7月8日以降は大きな出水がなかったため、9月26日、10月19日、11月27日、12月20日の有効エネルギー効率は低下している。有効エネルギー効率は河床が攪乱される出水を基準としており、出水日からの時間経過によってその値が大きく変動するため、特定の日の絶対値での評価は困難である。しかし、図-8 から Stn. 4 は他の地点比べて明らかに有効エネルギー効率が高く、生態系の健全性が



(a) 有機物



(b) 付着藻類



(c) 底生動物

図-6 Stn. 2~5 の河床堆積有機物量、底生動物量、付着藻類量の変化

高いことがわかる。

(3) 有効エネルギー効率の長期的変化

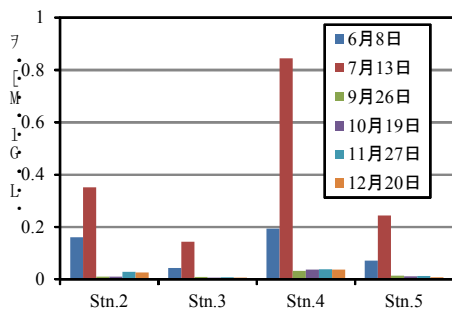


図-7 調査日の Stn. 2~5 の有効エネルギー効率

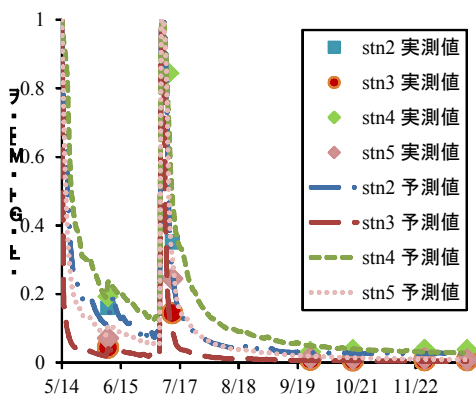


図-8 Stn. 2~5 のエネルギー効率の長期推移

本モデルを用いて調査対象の4地点における有効エネルギー効率の長期的推移を明らかにした。有効エネルギー効率の予測モデルを用いて算出した有効エネルギー効率の時系列変化を図-8に示す。図-7で示された調査日の実測値も同時に示す。予測値と観測値を比べるとある程度一致しており、佐波川の有効エネルギー効率は予測可能であると考えられる。また、長期的な有効エネルギー効率からも Stn. 4 が他の地点に比べて健全な環境にあることがわかる。一方で、Stn. 3 は他の地点に比べて有効エネルギー効率が低い状態にあることがわかる。これは、Stn. 3 は他の地点に比べて流量が少なく、水深が浅いため河床に到達する日射量が多いにもかかわらず、河川内の有機物量や底生動物量が他の地点に比べて少ないためであると考えられる。

その結果、佐波川の複数地点間の生態系の健全性の違いを有効エネルギー効率で表現可能であることがわかった。また、現地調査に基づいた予測モデルによって、長期間の有効エネルギー効率の推移を予測可能であることがわかった。さらに、有効エネルギー効率による河川環境評価によって水質・底質環

境から判断不可能な河川の健全性を評価可能であることが示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① 赤松良久・笹川雄己・高村紀彰：有効エネルギー効率を用いた佐波川の河川生態環境評価、土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 57, No. 4, I_1261-I_1266, 2013. 査読有

[学会発表] (計1件)

① 赤松良久, 笹川雄己：エネルギー効率を用いた佐波川の河川生態環境評価、土木学会年次学術講演会講演概要集, 第67巻, pp. 207-208, 2012. 9. 7

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤松 良久 (AKAMATSU YOSHIHISA)
山口大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号：30448584

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

研究者番号：