

砂床および礫床河道を対象とした生態系代謝構造の推定

埼玉大学大学院理工学研究科 正会員 ○溝口 裕太
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 戸田 祐嗣

1. 序論

河川生態系の包括的な情報を抽出する手法として生態系代謝が注目されている。これは、生産者による一次生産(GPP: Gross Primary Production, 以下 GPP)及び、生物群の呼吸(ER: Ecosystem Respiration, 以下 ER)に基づき推定される有機物の生成と消費に関する指標である。また近年では、河川水中の溶存酸素の連続観測に基づき、この日変動から代謝構造を推定する Odum¹⁾の理論式が広く用いられている。

$$\frac{dX_{DO}}{dt} = P - R + D \quad (1)$$

ここに、 X_{DO} : 溶存酸素濃度、 t : 時間、 P : 単位体積あたりの生産速度、 R : 単位体積あたりの呼吸速度および D : 単位体積あたりの再曝気量である。

本稿では、同一水系内の砂床および礫床区間において溶存酸素の連続観測に基づき GPP と ER を推定し、これらと付着藻類 Chl.*a* 量および河床有機物量とを比較することで、生態系代謝を駆動する因子を考察する。

2. 現地観測および分析方法

(1) 現地観測位置

観測地点として、矢作川のセグメント2に属する砂床(矢作橋, 河口から 23.1km)と礫床(古巣, 河口から 43.8km)区間を選定した(図-1)。また、観測は 2016/5/28/～9/18 にかけて実施し、各調査地に設置した据置型の各種ロガーによる水中溶存酸素、水温および水深の連続観測に加えて、付着藻類 Chl.*a* 量、河床付着物または堆積物の強熱減量(AFDM)、粒状有機物(CPOM, FPOM)および試水(NO_3 , NO_2 , NH_4 , PO_4)のサンプリングを行った。

(2) 連続観測

生態系代謝の推定に必要な溶存酸素、水温、水深の観測は、DO ロガー(HOBO U26-001, Onset 社製)及び水位ロガー(HOBO U20-001, Onset 社製)を設置し、10 分間隔の連続観測を実施した。また GPP と ER は、前述の Odum の概念¹⁾を実用化した萱場の手法²⁾に基づき、水面における酸素のやりとりである再曝気量を求めた上で、それぞれ

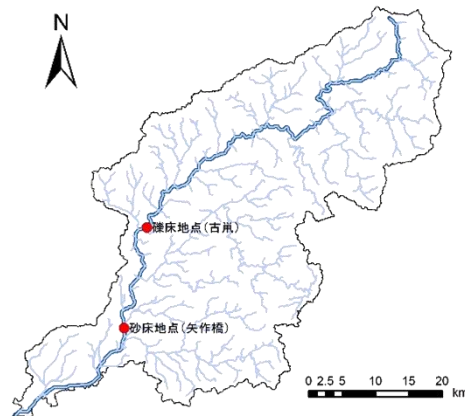


図-1 現地観測位置

れ推定した。なお、DO ロガーの埋没によるデータ欠損と、萱場による推定手法²⁾が適用できない水位が変化する非平衡な期間などについては、観測値を除外し、生態系代謝を推定した。

(3) 試料サンプリング

代謝構造に影響を与えると推察された付着藻類 Chl.*a* 量、強熱減量、粒状有機物および試水に関しては、連続観測の期間中に定期観測(5/28, 6/6, 17, 27, 7/7, 25, 8/5, 19, 9/1, 16)を実施し、それぞれの項目について3試料を採取した。生産者である付着藻類は、礫床では10～15cm程度の石礫を任意に選び、その表面の方形区(一辺 5cm)内の付着物を試料とした(欠損 5/28, 6/27, 8/5)。他方、砂床では、直径 9cm のシャーレを用いて、河床面から深さ 1.8cm のコアを採取した後、これを十分に洗浄し、洗浄水を試料とした(欠損 8/5)。また、これらの試料を用いて Chl.*a* 量と強熱減量を定量した。粒状有機物は、POM ネット(一辺 25cm, 250 μm)を用いて流下物を採集し、強熱減量と同様な手順で測定を行った(礫床欠損 9/16, 砂床欠損 6/6, 9/16)。

なお、連続観測および各試料の分析方法の詳細については、前報³⁾を参照されたい。

3. 結果と考察

(1) 総生産速度(GPP)と生態系呼吸速度(ER)

各区間で推定した GPP と ER を図-2 に示す。ここから、砂床の GPP は 0.20～1.25、ER は -1.57～-0.28 程度、

キーワード 生態系代謝、総生産速度、生態系呼吸速度、砂床河道、礫床河道

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 225 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL 048-858-3116

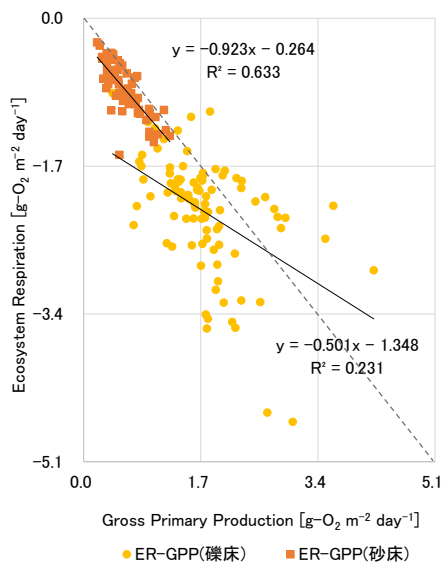


図-2 総生産速度と生態系呼吸速度

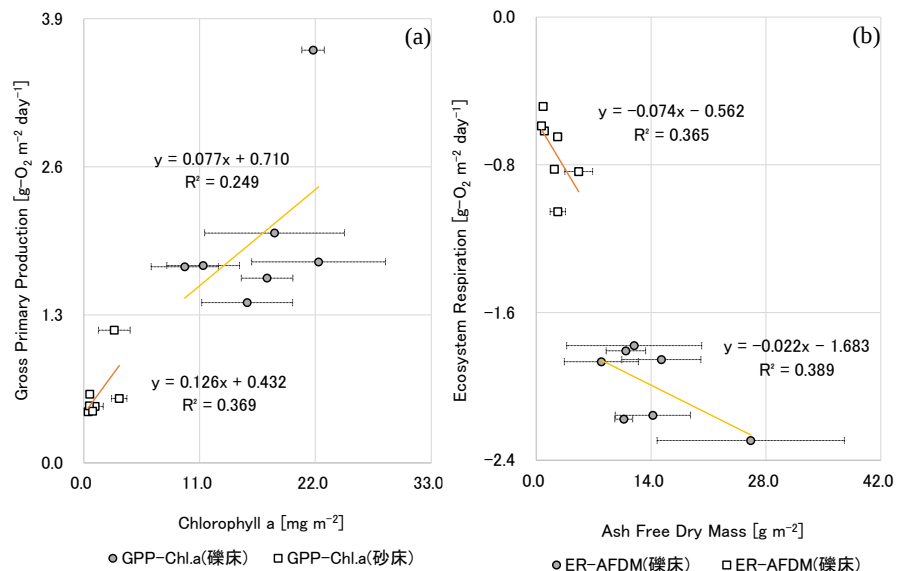


図-3 (a)総生産速度と Chl.a 量および(b)生態系呼吸速度と AFDM (平均値±標準偏差, n=3)

一方、礫床の GPP は 0.42~4.21, ER は -4.64~-0.86[g-O₂ m² day⁻¹]程度となった。この結果から、礫床では砂床区間と比して GPP が大きく、ER が小さい景観的な特徴を有することがわかる。

ER の増加は出水に伴う河床攪乱に起因することが、生態系代謝と水深の時系列データより整理³⁾でき、呼吸を駆動する付着膜の剥離や堆積有機物の流出などとの関係が示唆される。また GPP の減少は、攪乱による付着藻類の剥離に加えて、天候に依存した河床面への日射量³⁾の減少が影響を及ぼしている。他方、ER の減少と GPP の増加は、物理的攪乱からの河床付着膜の回復に起因³⁾するものと推察される。

なお、図中の破線(y=-x)より上方は独立栄養、下方は従属栄養を意味しており、この結果から、砂床と比して礫床区間では独立栄養となりやすい傾向が示された。

(2) 総生産速度と Chl.a 量の関係

生態系代謝を駆動すると考えられる河床付着物または堆積物の Chl.a 量と強熱減量および、GPP と ER の関係性を図-3 に示す。はじめに、GPP と Chl.a 量の関係について論じる。図-3(a)より、Chl.a 量の増加に GPP が追随する傾向を読み取ることができる。しかしながら、Chl.a 量は光合成による酸素供給を左右する要因の一つであり、GPP の日射量(天候)への依存性にも留意する必要があるものの、比較的明瞭な関係が得られたと考えられる。また、Tominaga and Ichimura⁴⁾によると付着藻類の酸素供給速度は、本稿での観測期間(5~9月)において 9.6~12.4 [mg-O₂ Chl.mg⁻¹ hr⁻¹]と算定されている。これと観

測結果(図-3(a))に基づく推定値を比較すると、砂床は93.8, 礫床は 18.9[mg-O₂ Chl.mg⁻¹ hr⁻¹] (除外 9/16)であることから、礫床区間では既往研究⁴⁾と同程度の値を得た。

なお砂床区間では、河床コアの洗浄水を Chl.a 量の定量的ための試料としたため、河床材料に付着している藻類を十分に洗浄することができず、Chl.a 量あたりの酸素供給速度が過大に見積もられたと推察される。

(3) 生態系呼吸速度と強熱減量の関係

図-3(b)に示す ER と強熱減量の関係より、付着物(礫床)または堆積物(砂床)の増加が、ER の低下を引き起こす要因であることがわかる。

また、前述の Chl.a 量あたりの酸素供給速度で妥当な値が得られた礫床において、酸素消費速度を求めると 5.4[mg-O₂ Chl.mg⁻¹ hr⁻¹](除外 9/16)と算定され、既往研究(1.5~1.9)⁴⁾と比して 3~4 倍程度となった。なお、本稿における酸素消費速度の算定値は、付着藻類のみを対象とした既往研究とは異なり、呼吸を駆動する全ての因子を内包した酸素消費速度である。したがって、既往研究に基づく付着藻類の呼吸に起因するものは、推定された ER のうち 1/3~1/4 程度であると考えられ、この他は、微生物や底生無脊椎動物、魚類などによる酸素消費だと推測される。

参考文献: [1]Odum: *Limnol. Oceanogr.* 1, pp.102-117 (1956). [2]萱場: 陸水学雑誌 66, pp.99-105 (2005). [3]溝口・戸田: 土木学会論文集B1(水工学) 73, pp.I_1099-I_1104 (2017). [4]Tominaga and Ichimura: *Bot. Mag. Tokyo* 79, pp.815-829 (1966).