

生態系代謝の算定に基づく流込式水力発電による影響評価

田代 喬*, 片岡輝之**, スクカ・イェットミル***, 辻本哲郎*

*名古屋大学, **八千代エンジニアリング, *** MegaWat ShPK Company

1. はじめに

流込式発電は最も一般的な水力発電形態であり、多くの場合、急峻な山地渓流に建設された取水堰からの一時取水により運用されている。そのため、堰下流は恒常的な減水区間となり、特に低水期にはしばしば「瀬切れ」や止水域が生じて生態系を変質させる¹⁾。流込式堰堤は広く水系内に分布していることからその生態影響は小さくないが、規模の大きなダムの影響調査に比べて研究事例は少ない。

河川生態系の代謝は、光合成による一次生産と群集呼吸によって成立し、Vannote et al.²⁾の河川連続体説に記載されているように、周囲の景観によって大きく異なることが知られている。Odum³⁾は、河川軸に沿って同様な環境が連続する河川を対象とし、河川水中の溶存酸素の日変動を一次生産速度、呼吸速度、大気から水中への再曝気量により定式化した。計測技術が進化して水中の溶存酸素濃度の高精度な連続計測が可能になった昨今、Odum³⁾の理論に基づく生態系代謝の記述が可能になり、欧米ではその算定のためのマニュアルやソフトウェアが公開されるなど^{4),5)}、環境影響評価のための汎用技術として確立されつつある^{6),7)}。日本では、萱場⁸⁾が溶存酸素濃度データから呼吸速度と一次生産速度を推定したが、依然、観測事例は少なくダムなどの環境影響評価にまでは使用されていない。

本研究では、流込み式発電堰堤が設置された山地渓流の環境影響評価を通じて、河川生態系の代謝評価に関する萱場⁸⁾の手法の有効性について考察することを目的とする。

2. 材料と方法

Odum³⁾によって記述された、水域中の単位体積当たりの酸素の収支式を以下に示す。

$$\frac{dX_{DO}}{dt} = P - R + D$$

ここで、 X_{DO} は溶存酸素濃度、 t は時間、 P は単位体積当たりの生産速度、 R は単位体積当たりの呼吸速度、 D は単位体積当たりの再曝気量である。本研究では萱場⁸⁾にしたがい、大きな水位変動が無い期間に得られた夜間の溶存酸素データを用いて呼吸速度と再曝気係数を算出し、続いてこれらをもとに日中の総生産速度を推定した。なお、本手法が適用できない場合には、期間内の別の日に得られた呼吸速度の平均値を与えて再曝気係数を求めて生産速度を推定した。

解析に必要なデータは、堰堤からの越流が無い低水期を含む2013年夏期の約1カ月間(7月30日から9月3日)、堰堤および上流の背水区間を挟む上下流の2地点に溶存酸素ロガー(Onset社製)と水位ロガー(JFEアドバンテック社製)を設置して連続観測を行うことにより得た。また、この観測期間中、両地点で付着藻類の採取、分析を3回(7月31日、8月9日、9月3日)行った。

3. 結果と考察

水位の観測結果から、35日間の観測期間中、堰堤からの越流が観察されない低水期間は、8月9日から25日、同28日から30日、および、9月1日の延べ21日間であることが明らかとなった。溶存酸素濃度(DO)の観測結果から、堰堤上流(St. H_Up)では水温の高い昼間に常にDOが減少するなど、渓流域でみられる挙動(DOと水温の変動が逆位相)⁹⁾を示していた。一方、堰堤下流(St. H_Down)では、堰堤からの越流がある高水期に上流と同様の挙動を示したのに対し、低水期にはDOが水温の高い昼間に上昇する傾向(DOと水温の変動が同位相)が見られた。DOと水温が同位相で変動する傾向は、光合

成による一次生産活動が活発な中流域の河川における観測事例⁸⁾で確認されていることから、流込式堰堤によって渓流域の生態系が変質している可能性が示唆された。

付着藻類量（強熱減量）については、低水期間を挟んだ8月9日、9月3日の2回において、空間的および時間的に有意な差は認められなかった。ただし、7月31日時点の上下流における付着藻類量には有意な差があり（ $P < 0.01$ ）、下流地点におけるそれは顕著に小さかったが、その10日後には有意に大きくなった結果（ $P < 0.05$ ）、8月9日時点の上下流における有意差は認められなくなった。この結果は、夏季の堰堤下流の減水区間における付着藻類の早い増殖速度を示した、Skuka et al.¹⁾の報告と一致するものであり、減水区間の安定的な物理条件に起因するものと考えられる。

さらに、出水を除く溶存酸素濃度の観測データから、萱場⁸⁾の方法により各地点の総生産速度を算定したところ、図1のようになった。低水期間に入る前の高水期にはほとんど差が認められなかったのに対し、低水期には堰堤下流（ $1.39 \text{ g-O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）が堰堤上流（ $0.23 \text{ g-O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）を大きく上回り、その後の出水（8月25～27日）を経てもこの傾向は変わらなかった。なお、この総生産速度は、河川上流域で過去に推定されたそれ（ $0.15\text{-}0.59 \text{ g-O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）¹⁰⁾と比較すると、低水時の堰堤下流では顕著に大きかった。これらと付着藻類量の結果を合わせて考えるに、低水期の堰堤下流では、活発な生産活動を基盤とする食物連鎖の卓越、あるいは、過剰な付着藻類による「自己剥離」と懸濁態有機物の発生に伴う有機汚濁¹⁾が生じた結果、付着藻類量が抑制されている可能性が考えられた。

本研究において算定した生態系代謝は、個別の各種生態過程に関するデータと比べて、流込式水力発電堰堤による環境影響を総合的に評価できる可能性が示された。ただし、本稿では取り上げていない水中栄養塩の挙動にも影響を及ぼしていると考えられ、因果関係のさらなる精査は必要と考えられる。

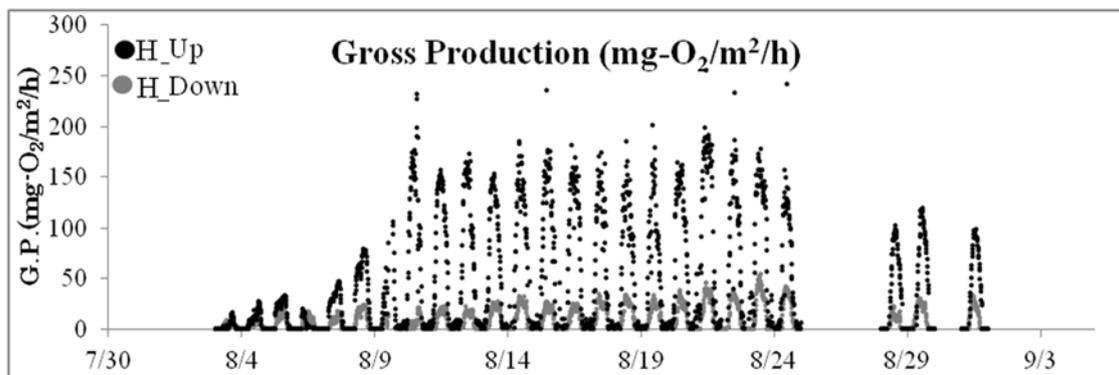


図1 堰堤上下流における総生産速度の比較

参考文献

- 1) Skuka et al.: Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser. B1, 69(4): I_229-I_234, 2012.
- 2) Vannote et al.: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 130-137, 1980.
- 3) Odum: Limnology and oceanography 1(2): 102-117, 1956.
- 4) Bott: Methods in Stream Ecology, Academic Press, San Diego, CA, USA, 533-556, 1996.
- 5) Bales and Nardi: U. S. Geological Survey Techniques and Methods 4-C2, 33p, 2007.
- 6) Young and Huryn: Ecological Applications 9(4): 1359-1376, 1999.
- 7) Houser et al.: Journal of North American Benthological Society 24(3): 538-552, 2005.
- 8) 萱場：陸水学雑誌 66: 93-105, 2005.
- 9) 加藤：東北地理 23(3): 164, 1971 .
- 10) Chessman: Aust. J. Mar. Freshw. Res. 36: 873-880, 1985.