

流込み式水力発電システムが水域生態系に及ぼす影響

○田代 喬（名大減災センター）、松谷隆祐（日揮）、戸田祐嗣（名大院工）

キーワード：熱環境変化適応，環境影響，生態系代謝

1. はじめに

水力発電は、一般には環境負荷の少ない再生可能なエネルギーとして認識され、山地の多い我が国において温暖化適応の一方策として注目されている¹⁾。流込み式発電は中でも最も一般的な水力発電形態であり、多くの場合、急峻な山地溪流に建設された取水堰からの一時取水により運用される。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²⁾。さらに、多くの場合、同じ水系に連鎖的に配置されており、流下方向にもその影響が伝搬すると考えられることから、堰下流の単独減水区間のみならず、一連のシステムとして捉えた評価が必要になると思われる。しかしながら、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。

水域生態系の影響評価は技術的に未確立であるが、著者ら³⁾が導入した生態系代謝（光合成による一次生産と群集呼吸）を算定する方法は、同所的に生息する生産者・消費者全ての過程を反映して数値化できるなど、水域生態系を包括的に扱える利点がある。流水・止水を問わず、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、本手法を導入する際の技術的課題は解消されつつあり、欧米では Odum⁴⁾の理論に基づく生態系代謝を算定するためのマニュアルやソフトウェアが公開されているが⁵⁾、日本での観測事例は依然として少ない。

本研究では、生態系代謝の算定に基づき、流込み式発電が連鎖して存在する水系における生態影響の実態を紹介するとともに、各発電所の集水域規模、発電出力と生態系影響の関係について考察することにより、生態系から見た流込み式発電の在り方について議論することを目的とする。なお、本研究は JSPS 科研費 26701013 の助成を受けて実施し、愛知県豊田加茂建設事務所、中部電力越戸土木管理所、巴川漁業協同組合の方々には調査の便宜を図っていただいた。ここに記して御礼申し上げる。

2. 材料と方法

Odum⁴⁾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。水位が大きく変動しな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。

調査地は、矢作川流域の一水系（愛知県豊田市）であり、 1 には、当該水系における取水堰堤、発電所および調査地点の分布状況を示す。右支流の流域面積は約 30 km²であるのに対し、本川のそれは支流を含めず、140 km²となっている。5つの堰堤の堤高は流域規模によらず 1.8 ~ 6.25 m で、そこから導水する発電所は 500 ~ 2,100 kW の小規模出力となっている。調査地点には取水前の上流地点を含め、堰堤と発電所の上下流に設置した。具体には、St. kA ~ kD が支流筋、St. tE ~ tI が本川筋に位置する。支流では断続的取水による流下方向への影響を、本川ではそれに加えて発電後の放水による影響を把握することが狙いである。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 2015 年夏季～冬季の約 4 カ月間、溶存酸素、水位、電気伝導度、照度の各項目を記録する投込み式ロガー（Onset 社製 HOB0 U26-001, U20-001, U24-001, CO-UA-002）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、付着藻類の採取・分析、魚類の採捕を複数回行った。

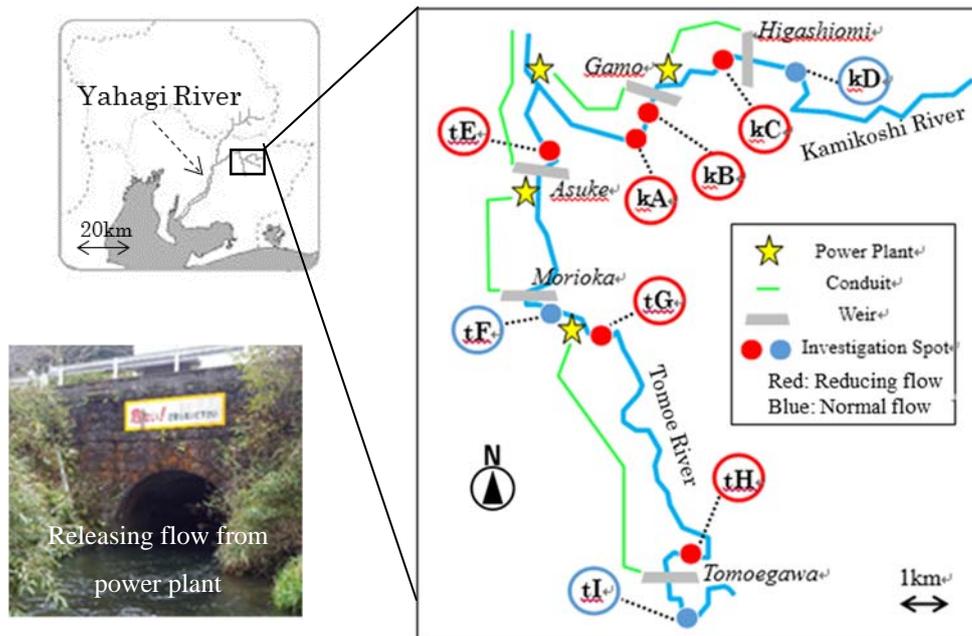


図1 矢作川流域の一水系における流込み式水力発電システムとその影響把握のための調査地設定

3. 結果と考察

表1には支流において算定された、一次生産速度 (P), 群集呼吸速度 (R) およびそれらの比 (P/R) を, 表2には本川において算定されたそれらを示す. 支流では, 著者らによる同所における過去の観測³⁾と同じく, 最上流の堰堤直下の減水区間で一次生産速度が極端に大きくなった一方で, ほぼ同様であった群集呼吸速度にも同様の大小関係が現れるなど, 過去の観測³⁾と異なる傾向を示した. 同時期の付着藻類の現存量では地点間に有意差は見られなかったが, 魚類生息密度は St. kC で最大を示すなど, 群集呼吸速度と対応する結果が得られた. 堰堤直下では開空度が高く, 水深も浅くなったことで付着藻類の生産活性が上がり, 魚類ほか消費者の生息密度の増加が群集呼吸を押し上げたことによるものと考えられる. また, P/R では流下方向に増加する傾向が見られ, 別の山地溪流での観測⁶⁾と類似も著しく早く増加する点で違いがあり, 取水が連鎖する流込み式水力発電システムの影響と考えられた. 本川では, 堰堤下流の減水区間より発電所からの放水後の流量回復箇所 (St. tF) において, 一次生産速度が極端に大きくなった. 付着藻類現存量では有意差が無かったが, 放流水の栄養塩濃度が相対的に高く, 流量増加の効果と相俟って栄養塩供給フラックスが上昇した可能性が示唆された. なお, P や R の地点間の大小関係は季節的に入れ替わることは無かった. 各発電所の集水域規模, 発電出力による変化については講演で補足することとしたい.

参考文献

- 1) 例えば, 環境省: <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep/index.html>. / 2) Skuka, et al.: Journal of JSCE B1 (Hyd. Eng.), 69(4): I_229-I_234, 2013. / 3) 田代他: 土論 B1(水工), 71(4): I_1129-I_1134, 2015. / 4) Odum: LO 1(2): 102-117, 1956. / 5) Bott: Methods in Stream Ecology, Academic Press, 533-556, 1996. / 6) McTanny et al.: J. NABS 22(3): 359-370, 2003.

表1 8月12日における支流調査地点の一次生産速度 (G.P.) ($\text{mg-O}_2/\text{m}^2/\text{d}$), 群集呼吸速度 (R.) ($\text{mg-O}_2/\text{m}^2/\text{d}$), 生産呼吸比 (P/R ratio)

Site	G.P.	R.	P/R ratio
St.kA	3.72	7.52	0.50
St.kB	1.41	4.13	0.34
St.kC	2.46	9.43	0.26
St.kD	0.19	1.44	0.13

表2 11月22, 23日における本川調査地点の一次生産速度 (P) ($\text{mg-O}_2/\text{m}^2/\text{d}$), 群集呼吸速度 (R) ($\text{mg-O}_2/\text{m}^2/\text{d}$), 生産呼吸比 (P/R)

	November 22 nd			November 23 rd		
	P	R	P/R	P	R	P/R
St.tF	2.24	0.84	2.66	1.14	1.19	0.96
St.tG	0.15	1.01	0.15	0.14	1.03	0.13
St.tH	0.22	1.02	0.22	0.36	1.03	0.35