

報告 (Report)

明暗びん法と袋法による矢作川上～中流域の一次生産量測定を試み

内田朝子¹⁾

Preliminary measurement of primary production using the light and dark bottle method and the bag method in the upper to middle reaches of the Yahagi River

Asako UCHIDA¹⁾

キーワード：一次生産量，明暗びん法，袋法，矢作川

Key words : primary production, light and dark bottle method, bag method, Yahagi River

(2015年3月31日受付；2015年6月11日受理)

はじめに

河川中流域の生態系は，付着藻類や水草の一次生産，つまり内部生産によって供給された有機物が食物網の主なエネルギー源となっている可能性が高い (Vannote *et al.*, 1980)。したがって，河川生態系を理解するためには一次生産の情報を得ることが重要である。しかしながら日本の主要河川で一次生産が測定された事例は極めて限られている (Aizaki, 1978；桜井, 1985)。愛知県西三河地域の一級河川である矢作川はアユ (*Plecoglossus altivelis*) が良く遡上し (山本・永友, 2010)，アユの生息に適した環境を維持していると考えられるが，その餌資源となる付着藻類の一次生産は明らかにされていない。河川の一次生産の測定法には，その精度をめぐる様々な議論がある (岩田, 2012)。本報告では，最も基礎的な測定法である明暗びん法およびその改良法である袋法 (三島, 2010) を用いて予備的調査を行った。

材料と方法

調査地点を図1，測定日，天候，現場での培養時刻を表1に示した。明暗びん法による測定は，大野瀬，古嵐，豊田大橋および葵大橋の4地点で行った (図1)。各地点の瀬で6個の石を拾い，5 cm × 5 cm の面積から付着藻類をブラシでこそげ落とし，1500 ml の河川水に懸濁させ，速やかに9本 (3本 × 3組) の100 mL の酸素びんに注入した。1組の3本を明びん，3本をアルミホイルで包み暗びんとした。残りの3本は測定開始時の溶存酸素濃度を測定 (蛍光式溶存酸素計 LDO-HQ30d

HAC 社) 後，保冷ボックスに入れ持ち帰り，クロロフィル *a* 量の分析に供した。明暗びんの2組は付着藻類を採取した石があった場所に流されないように沈め，約3時間後に溶存酸素濃度の増減を測定した。クロロフィル *a* 量は，ガラス繊維濾紙 (Whatman GF/C) で濾過・捕集した試料を90% エタノールで抽出し，Lorenzen 法により分析した。明暗びん法は，付着藻類の群落構造を破壊するため，測定結果に大きな影響を及ぼすと考えられている (例えば Nakanishi and Yamamura, 1984)。そこで次の袋法が提案されている。

袋法は，矢作川本流の古嵐，豊田大橋，明治用水頭首工下の3地点で行った。各地点の瀬で25 cm × 25 cm 枠内の石を拾いポリエチレン袋 (なんでも PACK, アルフォーインターナショナル (株), 650 mm × 1000 mm, 厚さ0.1 mm) に入れ，5-10 L の河川水を静かに注ぎ入れ，溶存酸素濃度を測定後，中の空気を抜いて袋の口を閉じた。この袋を2つ用意し，一方は，石があった場所に沈め，もう一方は光を遮断するためソフトクーラーボックスに入れて川底に沈めた。約3時間後の溶存酸素濃度の変化を測定した。クロロフィル *a* 量はマイクロクロス (谷田ほか, 1999) を用い，生産量の測定に採取した石の近傍の石表面から採取した。付着藻類を擦り取ったマイクロクロスは保冷ボックスに入れ持ち帰り，90% エタノールで抽出し，Lorenzen 法により分析した。オオカナダモ (*Egeria densa*) の一次生産は古嵐で測定した。川底に繁茂する群落から25 cm × 25 cm 内の藻体の茎葉の部位を川底から刈り取り，ポリエチレン袋に入れ，石と同様の手順で測定した。なお，培養時間中に生じた溶存酸素の増減は，呼吸商を1と見なし炭素量に換算して示した。

¹⁾ 豊田市矢作川研究所 〒471-0025愛知県豊田市西町2-19, Yahagi River Institute, Nishi-machi 2-19, Toyota, Aichi 471-0025, Japan



図1. 調査地点.

表1. 各地点における調査日、天候および培養時刻.

明暗びん法	測定日	天候	培養時刻	
			開始	終了
大野瀬	2014年8月7日	晴	12:10	15:10
古峯	2014年7月8日	晴	10:45	14:45
豊田大橋	2014年7月8日	晴	13:00	16:00
葵大橋	2014年7月15日	晴	11:00	14:00

袋法 1回目	測定日	天候	培養時刻	
			開始	終了
古峯	2014年9月17日	晴	11:40	14:20
豊田大橋	2014年9月17日	晴	10:50	13:50
明治用水頭首工下	2014年9月16日	晴	10:00	13:00
オオカナダモ	2014年9月16日	晴	12:20	15:20

袋法 2回目	測定日	天候	培養時刻	
			開始	終了
古峯	2014年11月13日	晴	12:30	15:00
豊田大橋	2014年11月13日	晴	11:30	14:30
明治用水頭首工下	2014年11月13日	晴	10:20	14:10
オオカナダモ	2014年11月13日	晴	13:00	15:40

表2. 各地点における培養時の水温とクロロフィル a 量.

明暗びん法	測定日	水温	Chl.a (mg m ⁻²)
			平均値±標準偏差
大野瀬	2014年8月7日	25.9	37.4±3.5
古峯	2014年7月8日	25.0	23.6±2.8
豊田大橋	2014年7月8日	26.4	40.1±3.5
葵大橋	2014年7月15日	26.9	39.6±4.7

袋法 1回目	測定日	水温	Chl.a (mg m ⁻²)
			平均値±標準偏差
古峯	2014年9月17日	23.0	23.3±11.4
豊田大橋	2014年9月17日	24.1	35.3±20.2
明治用水頭首工下	2014年9月16日	23.8	19.5±10.4
オオカナダモ	2014年9月16日	23.2	—

袋法 2回目	測定日	水温	Chl.a (mg m ⁻²)
			平均値±標準偏差
古峯	2014年11月13日	14.2	89.4±40.5
豊田大橋	2014年11月13日	15.0	203.4±130.4
明治用水頭首工下	2014年11月13日	15.1	196.5±39.3
オオカナダモ	2014年11月13日	13.8	—

結果と考察

調査時の各地点の水温およびクロロフィル *a* 量を表2に示した。明暗びん法による付着藻類の純生産量および呼吸量は $20.3\text{--}36.3\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, $6.9\text{--}13.4\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ の範囲にあった(図2)。袋法で得た9月の純生産量および呼吸量は $39.8\text{--}54.5\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, $6.6\text{--}10.4\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, 11月の純生産量および呼吸量は $30.0\text{--}54.0\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, $3.4\text{--}4.4\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ であった(図3, 左の3地点)。オオカナダモ群落の純生産量は9月に $107.4\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, 11月に $129.4\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ であった。呼吸量は9月に $68.5\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ であったのが11月には $11.8\text{ mg-C m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ と小さくなった(図3, 右端)。

本調査では、明暗びん法と袋法による付着藻類の純生産量および呼吸量に明確な違いは見られなかったが、7-8月に実

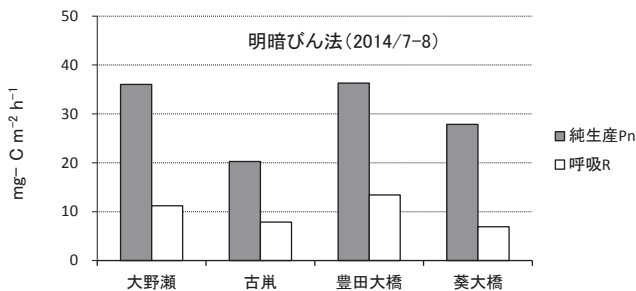


図2. 明暗瓶法による各調査地点の純生産量と呼吸量。

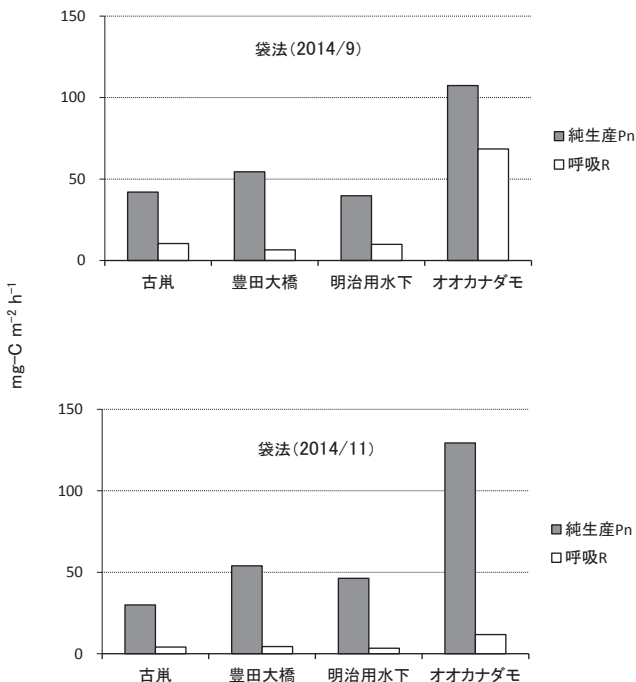


図3. 袋法による各調査地点の純生産量と呼吸量。右端はオオカナダモ群落の純生産量と呼吸量。

施した明暗びん法と9月に実施した袋法を比較すると、明暗びん法では純生産量に対する呼吸量の割合が大きかった。これは、明暗びん法では群落下部にある活性の低下した細胞 (Tomimaga and Ichimura, 1966) が相対的に高まったためと考えられる。オオカナダモ群落では藻体の表面や微空間に付着藻類、細菌、原生動物、ワムシ類などの微生物が生息しており、水温低下にともなってそれらの活動が小さくなったことが11月の呼吸量の低下に反映されたと推測される。

生産速度が一定と考え、本調査で得た時間あたりの生産量に培養日の日長時間を乗じて日生産量を推定した。明暗びん法で得た各地点の純生産量は $0.3\text{--}0.5\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$, 袋法で得た各地点の9月の純生産量は $0.5\text{--}0.7\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$, 11月は $0.3\text{--}0.6\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ の範囲にあった。

3回の調査で矢作川中流の地点である古巽および豊田大橋の最大値は、 $0.7\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ (9月)、最低値は $0.3\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ (7月) を示した。これを日本の他河川と比べると、山地溪流の児野沢 (Nakanishi and Yamamura, 1984) の最大値 $0.16\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ より大きいが、富栄養的な環境である千曲川と多摩川の中流の夏季の最大値 $1.8\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ (桜井, 1985) および $5.3\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ (Aizaki, 1978) を大きく下回った。2001年11月に実施された調査で推定された矢作川中流の日生産量 $0.7\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ および呼吸量 $0.5\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ (野崎, 2013) と比較すると、本調査の袋法で得た同地点同月のそれらの推定値は $0.3\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$, $0.1\text{ g-C m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ と低い値を示した。野崎ほか (2003) は、矢作川中流の光合成速度の最小値 $0.6\text{ mg-C mg-Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$ (9月)、最大値 $2.1\text{ mg-C mg-Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$ (7月) と推定している。今回の調査で得た同地点の光合成速度は、明暗びん法で $0.9\text{ mg-C mg-Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$ (7月)、袋法では $1.8\text{ mg-C mg-Chl.}a^{-1}\text{ h}^{-1}$ (9月) となり、野崎ほか (2003) に近い値を示した。

謝 辞

矢作川天然アユ調査会の中根耕造氏、豊田市矢作川研究所の宇地原栄吉氏、愛知工業大学土木工学専攻の大森勇樹さん、牧野清佳さんにご協力をいただいた。愛知工業大学の八木明彦教授には調査手法の指導および溶存酸素計の貸与をいただいた。編集委員長の野崎健太郎博士 (椋山女学園大学教育学部) には貴重なご助言をいただいた。ここにお世話になった全ての方に心より感謝いたします。

引用文献

Aizaki, M. (1978): Seasonal changes in standing crop and production of periphyton in the Tamagawa River. *Japanese Journal of Ecology*, **28**:123-134.
 岩田智也 (2012): 河川の炭素循環. 河川生態学のフロンティ

- ア, 日本生態学会 (編): 108-121. 共立出版.
- 三島次郎 (2010): 全体法による水生生物群集の代謝に関する研究. 柿田川の自然 湧水河川を科学する, 柿田川生態系研究会 (著): 93-142.
- Nakanishi, M. and N. Yamamura (1984): Seasonal changes in the primary production and chlorophyll *a* amount of sessile algal community in a small mountain stream, Chigonosawa. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Biology*, **9**: 41-55.
- 野崎健太郎・神松幸弘・山本敏哉・後藤直成・三田村緒佐武 (2003): 矢作川中流域における糸状緑藻 *Cladophora glomerata* の光合成活性. 矢作川研究, **7**: 169-176.
- 野崎健太郎 (2013): 付着藻類. 河川生態学, 中村太士 編: 72-88. 講談社.
- 桜井善雄 (1985): 河川における物質循環. 環境科学研究 (文部省科学研究費) 報告集, 35-48.
- 谷田一三・三橋弘宗・藤谷俊仁 (1999): 特殊アクリル繊維による付着藻類定量法. 陸水学雑誌, **60**: 619-624.
- Tominaga, H. and S. Ichimura (1966) Ecological studies on the organic matter production in a mountain river ecosystem. *Botanical Magazine, Tokyo*, **79**:815-829.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K.W., Sedell, J. R., and Cushing, C. E. (1980): The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **37**: 130-137.
- 山本敏哉・永友昌秀 (2010): 明治用水頭首工におけるアユの遡上データ (1998~2009年). 矢作川研究, **14**: 73-76.
(担当編集委員: 野崎健太郎, 椋山女学園大学教育学部)