

矢作川と土岐川の中流域における付着藻現存量と 栄養塩濃度の季節変化

Seasonal changes in chlorophyll-*a* amounts of periphytic algal communities and nutrients concentrations in the middle region of the Yahagigawa River and the Tokigawa River

野崎健太郎¹⁾・志村知世乃²⁾

Kentaro NOZAKI¹⁾ and Chiseno SHIMURA²⁾

要 約

矢作川中流（愛知県豊田市扶桑町）および土岐川（庄内川）中流（岐阜県多治見市本町）で得られた河床付着物中のクロロフィル*a*量と河川水中の溶存無機態窒素およびリン濃度の調査結果を用いて、河川の付着藻現存量に及ぼす河床の安定性と栄養塩濃度の影響を検討した。矢作川の河床は、長径20～30cmの玉石が、土岐川では砂と長径3～5cmの小礫が優占しており、矢作川に比べて土岐川の河床は不安定であると判断された。矢作川の窒素濃度は土岐川の半分程度、リン濃度は10分の1程度であったが、付着藻現存量は、全体的に土岐川を上回り、窒素・リン濃度が土岐川より、それぞれ10倍程度高い多摩川中流で得られた値に匹敵した。これらの結果から、土岐川では、砂礫中心の河床が不安定であり、増殖した付着藻が流失しやすく、現存量が低く抑えられていることが示唆された。

キーワード：付着藻，現存量，河床の安定性，栄養塩濃度

Key Words : periphytic algae, biomass, river-bed stability, nutrients concentrations

研究の背景と目的

付着藻は河川生態系における有力な内部生産者の1つである（野崎・白金，2010）。したがって、ある河川生態系の特徴を理解するためには、そこに繁茂する付着藻群落の現存量とその動態が重要な指標の1つになる。ただし、1つの河川で得られた結果は、近隣の他の河川の結果と比較し、相対的に理解していく必要がある。矢作川中流域は、豊田市中心部に近く、矢作川研究所の継続的な調査により、河川生態系に関する情報が集積している場所である。付着藻の現存量については、内田ほか（2002）、野崎ほか（2003）、野崎（2004）、野崎（2005）、付着藻の成長に影響を及ぼす栄養塩濃度については、白金（2002）、白金（2004）、Shiragane and Nozaki（2005）が発表されている。このうち、水質については、近隣河川との比較が行われているが（白金，2004；野崎・白金，2010）、付着藻の現存量については、まだ比較が行われていない。そこで、本研究では、矢作川および矢作川と分水嶺を分けて西側を流れる土岐川（庄内川）の付

着藻の現存量および栄養塩濃度の季節変化を調べた。そして、それらの結果を比較することで、両河川の特徴を明らかにすることを試みた。



図1. 矢作川の調査地点（河口から43km地点，愛知県豊田市扶桑町）。

Fig.1. Sampling site (43 km from the river-mouth) of the Yahagigawa River at Fuso-cho, Toyota, Aichi.



図2. 土岐川の調査地点（河口から50km地点，岐阜県多治見市本町）。

Fig.2. Sampling site (50 km from the river-mouth) of the Tokigawa River at Honmachi, Tajimi, Gifu.

調査地と方法

矢作川の調査は，河口からおおよそ43km地点の中流域（愛知県豊田市扶桑町，北緯35.1107，東経137.1934）で，2002年1月から2002年12月にかけて月1回の頻度で実施した。川幅は50m，河床は長径20～30cmの玉石が優占し（図1），尚且つ，越戸ダム直下に位置するために，河床の固着化が進み（北村ほか，2000），安定した環境といえる。付着藻の採集は，流心の水深60～80cmの場所で行った。土岐川（庄内川）の調査は，河口からおおよそ50km地点の多治見橋（岐阜県多治見市本町，北緯35.3354，東経137.1295）で，2005年5月から11月にかけて月1回の頻度で実施した。川幅は45m，河床は砂混じりの小礫で，小さな礫は長径3～5cm，大きな礫は長径10～15cmであった（図2）。矢作川の調査地点に比べ，河床は不安定な環境であった。付着藻の採集は流心の水深40～50cmの場所で行った。矢作川は流路延長117km，流域面積1,830km²，土岐川は96km，1,010km²で，土岐川は矢作川に比べ，やや小規模であるが，隣り合った集水域を流れ，比較する河川として適している。

付着藻の採集は，矢作川では，川底に方形枠（25cm×25cm）を置き，枠内の石を全て取り上げ，カワシオグサ（*Cladophora glomerata*）等の糸状緑藻は丁寧に手でつまみ取り，残った石面付着物は金属ブラシで剥ぎ取り，水に懸濁させることによって行った。土岐川では，川底に方形枠（18cm×18cm）を置き，枠内の砂礫を両手で静かに包み込むようにしてバット上に取り上げ，水を少

しずつ加えながら付着物を懸濁させることによって行った。洗浄は，懸濁物が少なくなり，洗浄水がほぼ透明になるまで繰り返した。付着藻が含まれた懸濁水は，全量（500～2000ml程度）を記録した後，良く攪拌し，その一部（100ml程度）を分注して試料とした。いずれの地点でも，採集は3回繰り返した。栄養塩分析用の試水は，付着藻を採集した場所の表面水を採取した。付着藻試料および試水は冷やして持ち帰った。

付着藻の試料は，良く攪拌した後，一定量（20～100ml程度）をろ過し，ガラス繊維ろ紙（ADVANTEC，GA-100，直径47mm）上に懸濁物を捕集した。付着藻現存量は，クロロフィルaを指標とした。懸濁物中に含まれているクロロフィルaは，Lorenzen（1967）の方法で抽出および定量を行った。栄養塩は，藻類の主要な制限要因となる溶存無機態窒素およびリン（Sakamoto，1966；Parker and Maberly，2000）を分析した。分析には，試水をガラス繊維ろ紙（ADVANTEC，GF-75，直径47mm）でろ過したろ液を用い，硝酸態窒素は，サリチル酸ナトリウム法（Kalf and Bentzen，1984），アンモニア態窒素はインドフェノール法，亜硝酸態窒素はBR法，溶存無機態リンはモリブデン青法（日本分析化学会北海道支部編，1994）でそれぞれ測定した。硝酸態，アンモニア態および亜硝酸態窒素濃度の合計値を溶存無機態窒素濃度とした。なお，矢作川のクロロフィルa量の結果は，野崎ほか（2003），野崎（2004）にて発表済みである。

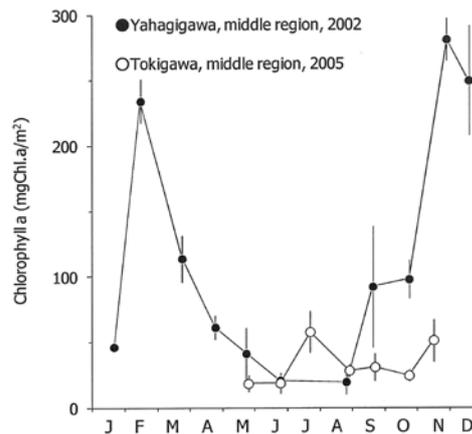


図3. 矢作川と土岐川の調査地点における河床付着物中のクロロフィルa量の季節変化（平均値±標準偏差，試料数3）。

Fig.3. Seasonal changes of chlorophyll a amounts (mean ± SD, n=3) in periphytic algal communities at each sampling station of the Yahagigawa River and the Tokigawa River.

結果と考察

図3は、クロロフィルa量の季節変化である。矢作川では、冬期にBiggs (2000) が定義した中栄養と富栄養の境界200 mgChl.a/m²を超え、付着藻現存量が高くなり、夏期には20mgChl.a/m²まで低下した。矢作川の付着藻現存量は、1年の中で、Biggs (2000) の定義によれば、貧栄養から富栄養状態まで大きく変動することがわかった。野崎 (2004) によれば、このような矢作川の現存量の季節変化は、2001年～2003年にかけて繰り返し観察されており、2002年の結果は、特異な状態ではない。一般に、日本の河川の上流～中流域では、降雨が少なく出水という物理的かく乱の頻度が低下する冬期に付着藻現存量が増加し、降雨が多い夏期には低下する傾向を示す (野崎, 2005)。土岐川では、調査を行った5月～11月の間で付着藻現存量は明確な季節変化を示さず、20～50 mgChl.a/m²の値であった。両河川の付着藻現存量は、夏期である5月～8月には、ほぼ同じであったといえる。ただし、9月～11月は、矢作川で急激な増加を示すのに対し、土岐川では、夏期と同じ程度の現存量で

推移していた。特に11月は、矢作川で281±16 mgChl.a/m² (平均値±標準偏差, 試料数3) であったのに対し、土岐川では52±16 mgChl.a/m² (平均値±標準偏差, 試料数3) であり、5倍以上の差が見られた。

図4は、河川水中の溶存無機態窒素濃度、図5は溶存無機態リン濃度と付着藻現存量との関係を示している。矢作川と土岐川の調査結果に加え、極めて窒素・リン濃度が高かった1970年代前半の多摩川中流域で、人工付着板という安定した基質上から得られた結果 (Aizaki, 1978) を比較として用いた。矢作川の窒素濃度は、土岐川の半分、多摩川の10分の1程度、リン濃度は、土岐川の10分の1、多摩川の100分の1程度であるが、付着藻現存量の高い値は多摩川に匹敵している。一方、土岐川の付着藻現存量は、栄養塩濃度が矢作川より高いにもかかわらず、低い値であった。これらの結果は、土岐川では、砂礫中心の河床が不安定であり、増殖した付着藻が流失しやすく、現存量が低く抑えられていることを示唆している。

湖沼の浮遊藻および付着藻の現存量は、窒素、リンに代表される栄養塩濃度と正比例の関係を示し、その抑制

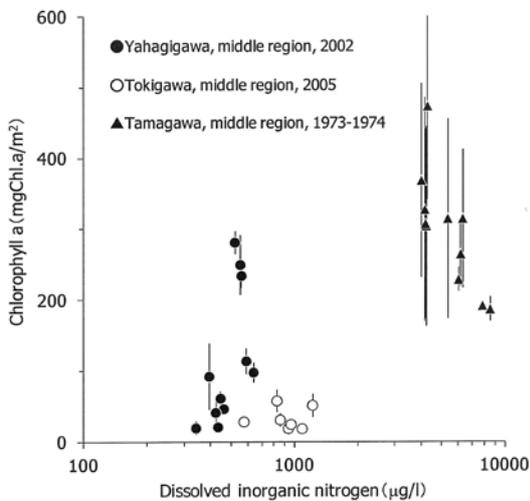


図4. 矢作川中流 (本研究), 土岐川中流 (本研究) および多摩川中流 (Aizaki, 1978) における河川水中の溶存無機態窒素濃度と河床付着物中のクロロフィルa量 (平均値±標準偏差, 試料数3) との関係。

Fig.4. Relationships between dissolved inorganic nitrogen concentrations and chlorophyll a amounts (mean ± SD, n=3) in periphytic algal communities at the middle region of the Yahagigawa River (this study), the Tokigawa River (this study) and the Tamagawa River (Aizaki, 1978).

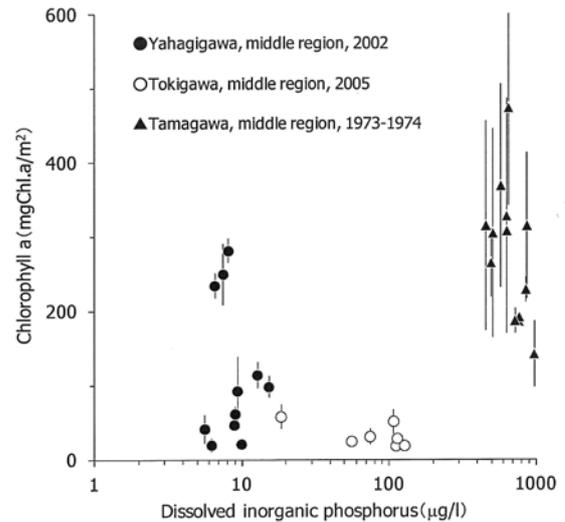


図5. 矢作川中流 (本研究), 土岐川中流 (本研究) および多摩川中流 (Aizaki, 1978) における河川水中の溶存無機態リン濃度と河床付着物中のクロロフィルa量 (平均値±標準偏差, 試料数3) との関係。

Fig.5. Relationships between dissolved inorganic phosphorus concentrations and chlorophyll a amounts (mean ± SD, n=3) in periphytic algal communities at the middle region of the Yahagigawa River (this study), the Tokigawa River (this study) and the Tamagawa River (Aizaki, 1978).

のためには、栄養塩の負荷量を削減することが効果的である (Sakamoto, 1966 ; Parker and Maberly, 2000). 一方、河川の付着藻現存量と栄養塩濃度との間には、大まかには正比例の関係が見られることが報告されてきた (Aizaki and Sakamoto, 1988 ; Biggs, 1996 ; Dodds et al., 1997 ; Chetelat et al., 1999). 確かに栄養塩濃度の増加は付着藻の成長速度を高める効果を示す (Aizaki, 1978 ; Borchardt, 1996). ただし、現存量は、成長した藻の蓄積結果であり、付着藻が着生する河床基質が安定していなくては、物理的かく乱によって流失してしまい、その値は低く抑えられてしまうだろう。Biggs(2000) は、ニュージーランドの25河川30地点で測定された溶解態窒素およびリン濃度、出水による物理的にかく乱頻度、付着生物膜中のクロロフィル a 量を用いて河川の富栄養化、すなわち付着藻現存量の増加についての考察を行った。貧栄養と中栄養の境界を $60\text{mgChl.}a/\text{m}^2$ 、中栄養と富栄養の境界を $200\text{mgChl.}a/\text{m}^2$ とすると、かく乱頻度が高い河川では、栄養塩の濃度がより高くないと富栄養化は進行しないことを示した。

結論として、今回の結果は、Biggs (2000) の提案が日本の河川でも成立しているであろうことを示した。ただし、土岐川では、高い栄養塩濃度の効果で、付着藻の成長が速く、それが剥離し流失することで、下流域には矢作川より多くの有機物が供給されている可能性もある。河川の富栄養化を流域全体で考えるのであれば、戸田ほか (2005, 2007, 2009) が、付着藻が剥離しやすい砂河川である矢作川下流域で試みている出水による有機物供給の定量化という視点が重要になる。

謝辞

矢作川、土岐川の現地調査を支援して下さった野崎妙子、志村健治、志村名美乃の各氏に深く感謝いたします。

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.

Aizaki, M. and K. Sakamoto (1988) Relationships between water quality and periphyton biomass in several streams in Japan. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 23:1511-1518.

Biggs, B. J. F. (1996) Patterns in benthic algae of streams. In: *Algal Ecology-Freshwater Benthic Ecosystems* (Eds. Stevenson, J., Bothwell, M. L. and R. L. Lowe), pp.31-56. Academic Press, San Diego.

Biggs, B. J. F. (2000) Eutrophication of streams and rivers: dissolved nutrient-chlorophyll relationships for benthic algae. *Journal of North American Benthological Society*, 19:17-31.

Borchardt, M. A. (1996) Nutrients. In: *Algal Ecology-Freshwater Benthic Ecosystems* (Eds. Stevenson, J., Bothwell, M. L. and R. L. Lowe), pp.183-227. Academic Press, San Diego.

Chetelat, J., Pick, F. R., Morin, A. and P. B. Hamilton (1999) Periphyton biomass and community composition in rivers of different nutrient status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56:560-569.

Dodds, W. K., Smith, V. H. and B. Zander (1997) Developing nutrient targets to control benthic chlorophyll levels in streams: a case study of the Clark Fork River. *Water Research*, 31:1738-1750.

Kalff, J. and E. Bentzen (1984) A method for the analysis of total nitrogen in natural waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41:815-819.

北村忠紀・田代喬・辻本哲郎 (2001) 生息場評価指標としての河床かく乱頻度について. *河川技術論文集*, 7:297-302.

Lorenzen, C. J. (1967) A note on the estimation of chlorophyll a in freshwater algal communities. *Limnology and Oceanography*, 12:340-346.

日本分析化学会北海道支部編 (1994) 水の分析 (第4版). 化学同人, 東京.

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 (2004) 矢作川中流域における大型糸状緑藻群落の発達. *河川技術論文集*, 10:49-52.

野崎健太郎 (2005) 第6章 自然的攪乱・人為的インパクトに対する河川水質と基礎生産者の応答. 小倉紀雄, 山本晃一編著, 自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系, pp.231-257, 技法堂出版, 東京.

野崎健太郎・白金晶子 (2010) 5.3 河川中流域の水質と底生生物. 日本陸水学会東海支部会編, 身近な水の環

境科学, pp.61-70, 朝倉書店, 東京.

- Parker, J. E. and S. C. Maberly (2000) Biological response to lake remediation by phosphate stripping: control of *Cladophora*. *Freshwater Biology*, 44:303-309.
- Sakamoto, M. (1966) Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Archiv für Hydrobiologie*, 62:1-28.
- 白金晶子 (2002) 矢作川中流域の水質. 矢作川研究, 6: 99-111.
- 白金晶子 (2004) 矢作川中流域の水質Ⅱ－水質の長期変動と他河川との比較. 矢作川研究, 8: 219-228.
- Shiragane, A. and K. Nozaki (2005) Long-term changes of the nutrients in the middle-reach of the Yahagi River, central Japan. *Korean Journal of Limnology*, 38 (4): 439-444.
- 戸田祐嗣・辻本哲郎・藤森憲臣 (2005) 取水量の大きな砂河川における河床付着藻類の繁茂について. 河川技術論文集, 11:541-546.
- 戸田祐嗣・多田隈由紀・辻本哲郎 (2007) 砂河川における付着藻類の空間分布に関する研究. 水工学論文集, 51:1213-1218.
- 戸田祐嗣・多田隈由紀・辻本哲郎 (2009) 流量変化が砂河川付着藻類の一次生産特性に与える影響. 水工学論文集, 53:1129-1134.
- 内田朝子・藤居勇・山戸孝浩 (2002) 矢作川における大型糸状緑藻の時空間変動. 矢作川研究, 6: 113-124.

- 1) 椋山女学園大学教育学部：〒464-8662愛知県名古屋市千種区星が丘元町17-3.
School of Education, Sugiyama Jogakuen University,
Hoshigaoka Motomachi 17-3, Chikusa-ku, Nagoya,
Aichi 464-8662, Japan (E-mail:ken@sugiyama-u.ac.jp)
- 2) 椋山女学園大学人間関係学部：〒470-0131愛知県日進市岩崎町竹の山37-234.
School of Human Sciences, Sugiyama Jogakuen
University, Takenoyama 37-234, Iwasaki-cho, Nisshin,
Aichi 470-0131, Japan