

筑後川上流大山川における流量変動が 付着藻類の生育に与える影響

EFFECT OF THE INSTREAM FLOW CHANGE ON GROWTH OF
ATTACHED ALGAE IN THE OHYAMA RIVER, UPPER CHIKUGO RIVER

矢野真一郎¹・黨秀治郎²・吉海宏祐²・田辺智子²

河口洋一³・斉藤正徳⁴・井芹寧⁵

Shin-ichiro YANO, Shujiro TOH, Kosuke YOSHIKAI, Tomoko TANABE,
Yoichi KAWAGUCHI, Masanori SAITO and Yasushi ISERI

¹正会員 工博 九州大学大学院准教授 工学研究院環境都市部門(〒819-0395福岡市西区元岡744)

²学生会員 九州大学大学院 工学府海洋システム工学専攻(同上)

³正会員 学術博 九州大学大学院助教 工学研究院環境都市部門(同上)

⁴正会員 工博 国土交通省 中国地方整備局出雲河川事務所

⁵正会員 工博 西日本技術開発株式会社 環境部(〒810-0004 福岡市中央区渡辺通1-1-1)

In the upper Chikugo River, the so-called “Ohyama River,” decrease of the flow rate due to intake for electric power stations by dams has made the riverine environment worse. To improve it, water volume discharged from Ohyamagawa Dam has been increased to 4.5m³/s in a period from the end of March to the beginning of October and to 1.8m³/s in the remaining term since 2002. In this study, we intend to evaluate the influence of instream flow change on hydraulic situation and riverine ecosystem, and find the appropriate flow regime. We carried out fortnightly sampling of attached algae mainly from spring to summer in 2007. As a result of this research, we conclude as follows: 1) The temporal change of chlorophyll-a was similar. 2) During a period with no disturbance by flush, chlorophyll-a increased monotonically and reduced after showing maximal value. The maximal value depends on the amount of solar radiation. 3) It needs longer time for growth of attached algae under initial condition with no algae than with a certain amount of algae. The amount of attached algae depends primarily on flow regime.

Key Words : *instream flow change, attached algae, dam, flow regime*

1. はじめに

河川は水、土砂、および有機物が恒常的に移動するという動的な環境を持つ¹⁾。また、出水による河床材料の移動は水生生物の生息場を良好な状態に維持するといわれている²⁾。陸上より供給される落葉などの有機物は、上流から下流まで流下しながら様々な水生生物に利用・分解されながら移動するといわれており(河川連続体仮説: River Continuum Concept)³⁾、この物質の移動が正常に行われることが河川生態系の持つ機能を正常に維持すると考えられている⁴⁾。

一方、河川におけるダムなどによる人為的な改変は生息場の構造の変化を通して、あるいは物質の移動構造を変化させることで、河川棲生物相に大きな影響を及ぼす

⁵⁾。ダム直下の河川ではダムに起因する環境変化として、一般的に河床低下や河床構成材料の粗粒化などが見られる。さらに、流量の安定化や発電用取水による流量の減少による魚類や底生動物などの生息場への影響が懸念されている。このような課題に対応すべく、1988年に通達「発電水利権の期間更新時における河川維持流量の確保について」(いわゆる「発電ガイドライン」)が全国274のダムに適用され、それ以降、一定の河川維持流量を下流河川に流すことで河川環境に対して最低限必要な河川流量を確保する流況改善対策が講じられるようになった。発電ガイドラインでは、維持流量の設定の目安として発電取水口における集水面積100km²あたりの比流量を0.1~0.3m³/s/100km²を定められている。

大分県と熊本県の県境にあり筑後川上流に位置する松原・下釜ダム(図-1)は1953年(昭和28年)6月の筑後

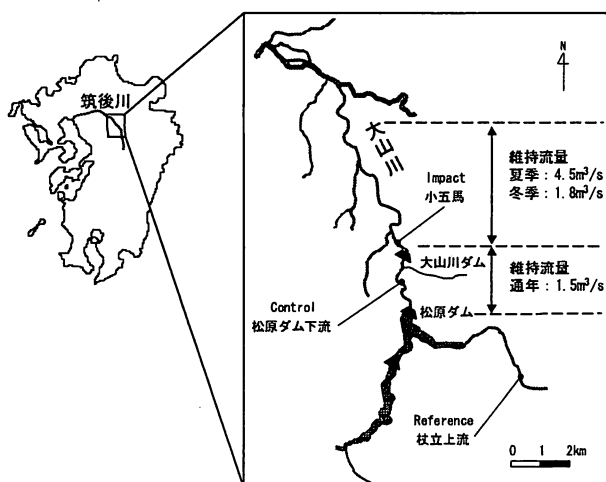


図-1 筑後川上流域（大山川）と調査地点

川大水害を教訓に、発電用・洪水調節ダムとして1973年に完成した。それに伴い、この水を利用した柳又発電所が日田市に建設され、同年から運転が開始されている。柳又発電所の発電用水として、導水路をひいて大山川ダムから取水した結果、大山町から日田市の中心部を通る河川に流れる流量が大幅に減少することとなった。また、大山川ダムからは女子畑発電所にも取水している。このため、一時は大山川ダム直下の維持流量がゼロになり、江戸時代には日本一の鮎と謳われた「ひびき鮎」も姿を消した。

この変わり果てた大山川の惨状に地域住民たちは危機感を募らせ、1999年3月31日に柳又発電所の発電用水利権が30年ぶりの更新期を迎えるにあたり、日田市と大山町の住民による流量増加を求める市民運動が始まった。これを受けて、旧建設省・大分県・電力会社・学識経験者・住民代表による「三隈川・大山川河川環境協議会」が結成され協議が重ねられた。その結果、河川環境の改善を目的として、2002年4月より大山川ダムからの放流量を年間 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ （比流量： $0.3 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ ）から夏季（3月21日～9月30日） $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ （ $0.88 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ ）、冬季（10月1日～3月20日） $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ （ $0.36 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ ）に増加するという合意に達した。さらに翌年には、松原ダムからの放流量も年間 $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ （ $0.1 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ ）から $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ （ $0.3 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ ）に増加された。比流量を比較すると明らかに、大山川ダムで増量された放流量は発電ガイドラインで設定された維持流量を大きく上回っている。

これまでに流量の増加が大山川の河川環境へ与える影響を把握するため、流動構造などの物理環境、付着藻類とアユなどの魚類、水生昆虫、ならびに地域住民の意識や音環境に関する調査・研究が行われてきた^{9)~11)}。しかしながら、河川環境などの生態系を含む自然環境の応答をとらえるには長期的な現地調査を行う必要があると考

えられる。そこで本論文では、2006年に実施された付着藻類調査⁹⁾と時期や頻度を合わせた調査を2007年にも実施したので、その結果、ならびに2年間の調査結果を比較検討することで明らかになったことを報告する。

2. 調査方法

(1) 調査地概要

図-1に示すように、上流に温泉街などの負荷源は存在するもののダムがなく流域の降雨に対応した自然流況を示すReference区間（杖立地点）、出水時を除き維持流量が松原ダムにより年間 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ に制御されている松原ダム下流のControl区間（松原地点）、ならびに平常時の流量が大山川ダムにより夏季は $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ に、冬季は $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ に制御されているImpact区間（小五馬地点）の3区間で2007年の4月～9月までの期間中の平常時に付着藻類調査を行った。なお、松原ダムにおける発電用取水は、松原発電所を経由して大山川ダム直上に放流され、大山川ダムでの取水に利用されることから、松原ダムと大山川ダムの間の区間が減水区間となっている。

(2) 付着藻類調査

2007年4月～9月までの期間中に約2週間間隔で（ただし、7月末から9月中旬までは調査を行っていない）平常時に付着藻類調査を行った。なお、7月17日については出水のため杖立地点では調査できなかった。

それぞれの調査区間において、流軸方向に約30mの範囲で水際部分を除く領域でランダムに石礫（直径約15～25cm）を5個ずつ採取した。ただし、石礫を選択する際にアユのはみ後が多くついているものは除くようにした。

石礫を採取する際には水深と底層流速（10秒平均流速を3回測定した平均値）を測定した。流速測定には2次元電磁流速計（AEM213-D、アレック電子社製）を使用して、水平流速が測定された。また、各区間において表層水を採水ボトルで直接採取し、一部を現場にて濾過した。それらの原水と濾過水の試料を冷凍保存後、後日オートアナライザー（swAAT、BLTEC社製）を用いて全窒素、全リン、ならびに無機態窒素・リンを測定した。なお、本報では、付着藻類量についてのみ報告し、水質調査結果については取り扱わない。

次に、採取した石礫の上面からナイロンブラシと蒸留水を用いて付着物全てをこすり取って試料とした。付着物をはがした石礫はスケールと一緒にデジタルカメラで写真撮影され、後日パソコン上で剥ぎ取り部分の面積を計測した。採取された試料は氷を充填したクーラーボックス内で冷やした状態で研究室に持ち帰り、ただちにガラス繊維濾紙（GF/C、 $\phi 47 \text{ mm}$ 、Whatman Japan Ltd.）で濾過し、吸光度法によりクロロフィルa（以下Chl. a）を測定した。なお、試料は4等分して、Chl. aの他に藻類

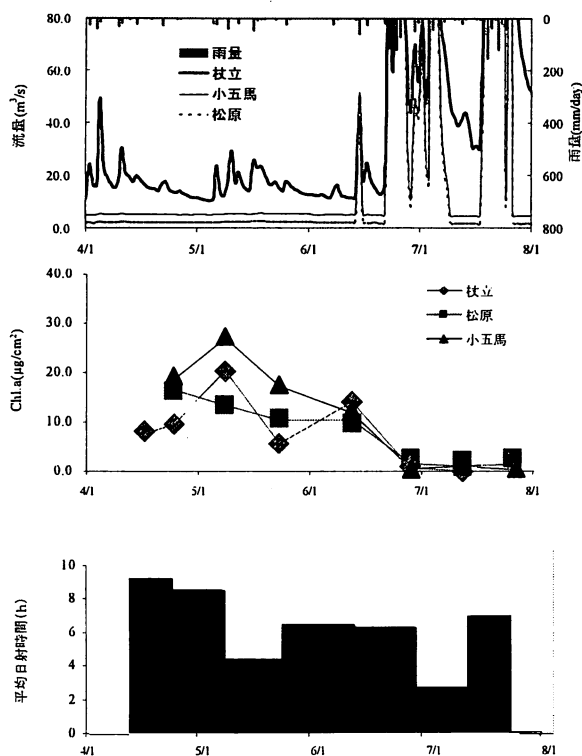


図-2 2006年の調査結果

(上図) 各地点の流量および雨量⁸⁾, (中図) 各地点のChl.a⁸⁾,
(下図) 調査日間での平均日射時間

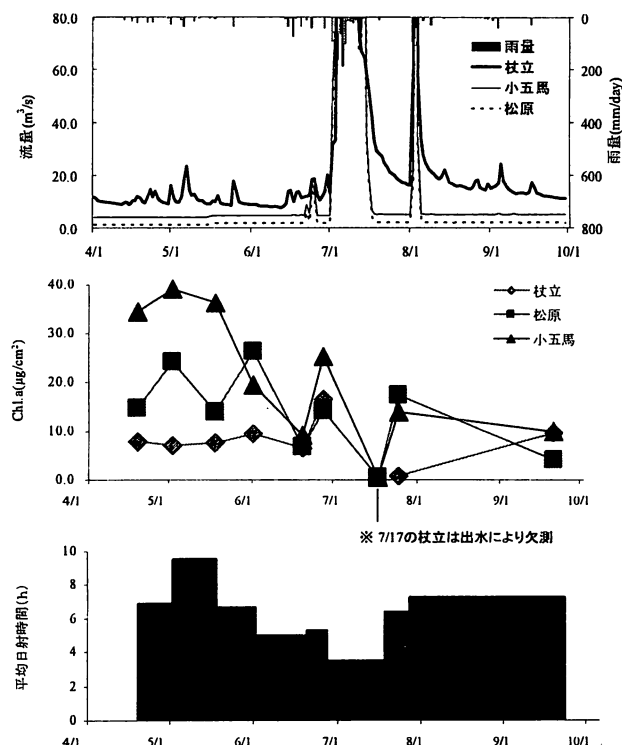


図-3 2007年の調査結果

(上図) 各地点の流量および雨量, (中図) 各地点のChl.a,
(下図) 調査日間での平均日射時間

種の同定、炭素・窒素安定同位体の測定、ならびに強熱減量と強熱残留量の測定に利用した。

3. 調査結果

(1) 2006年の調査結果について

まず、すでに発表済みではあるが、比較のために2006年に行った調査結果⁸⁾を簡単に説明する。同年の日平均流量と雨量、Chl. aの経時変化、および調査日間での平均日射時間（アメダス日田のデータ）を図-2に示す。6月～7月の梅雨期には降雨による流量増加のため付着藻類が剥離し、3区間ともChl. aの値が大きく減少していた。また、杖立地点に関しては上流にダムがなく降雨による影響が直接現れるので、流量変動が主に付着藻類量を規定していたと考えられた。

ダム上流(杖立)とダム下流(松原、小五馬)を比較すると、後者の方がChl. aの値が高い期間が長かった。これはダムにより流量変動が抑えられ、小規模出水などの流量増加による剥離が起りにくかったためと考えられた。

一方、ダム下流の小五馬地点（Impact区間）では5月にChl. aがピーク値を示した後、流量が安定していた期間ではChl. aが減少していた。この原因として、付着膜の成熟により付着膜下層まで光が届かない自己遮光によって定着力が低下し剥離しやすくなったことや、バク

テリアの分解などが要因として考えられた。

(2) 2007年の調査結果と2年間の比較

次に、2007年の調査結果を同様に図-3に示す。全体的な流況については、梅雨期前において松原と小五馬では設定された維持流量で安定し、杖立では小規模な降雨に起因する流量の変動が見られ、おおむね2006年と同様の傾向であった。ただし、杖立では2006年の方が流量は大きかった。梅雨期になると出水により両年ともダム下流を含む全地点で流量が増加しているが、2007年は梅雨入りが遅かったことが分かる。

ダム上流の杖立地点は、両年ともダム下流の2地点と比較して全体的にChl. aは低かった。これは、杖立が降雨の影響を直接受ける自然流況を示すため、剥離が頻繁に起こったためと推測される。2007年は2006年と異なり増減の変動があまり見られず安定していたように見えるが、調査間隔が2週間程度あったためにその変動を捉え切れていない可能性が残される。

2006年の小五馬においては、5月に出水が発生しなかったにもかかわらずChl. aは減少傾向にあった。これは日射量が少なかったことと、流れによる剥離が起こらず付着膜が成長し、自己遮光が進んだためと考えられている。2007年も同様に、同時期に自己遮光を起していたと考えられるが、2006年と比べると日射時間が長かったため、小五馬においてChl. aのピーク値が $40\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程

度と2006年のピーク値約 $30\mu\text{g}/\text{cm}^2$ より大きく、5月下旬から6月にかけて自己遮光に転じたものと考えられる。このように、安定した流量が持続すると付着藻類量は減少傾向を示したことから、維持流量の増加効果が増量直後の4月～5月初旬に比べて相対的に弱まることになっている。この時期に流量を人為的に操作し、変動を与えると付着藻類量のある程度高い状態に保つことも可能かもしれない。

小五馬と比べると流量が小さい松原地点においてもChl. aの最大値は $30\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度と2006年の $20\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度より大きかった。5月には安定した日射が継続したため、自己遮光による減少と増加を繰り返していたため増減を繰り返したと考えられる。

2007年6月19日から6月27日の変化について見ると、6月27日の直前3日間では日射時間が長く、3地点ともChl. aが増加していた。それに対して、7月25日の直前3日間も同様に大きな日射時間であったにもかかわらず、杖立地点のみ後述するように流量が大きかったため増加していなかった。流況は6月19日から27日が $10\sim 20\text{m}^3/\text{s}$ の間で変動していたが、7月19日から25日は $20\sim 40\text{m}^3/\text{s}$ の間で変動していた。6月19日のChl. aが $10\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度であったのに対して、7月17日は杖立地点が欠測のため正確には不明であるが、比較的大きな出水中であることと、他の2地点がほぼゼロであったためほぼゼロであったと推測される。ほとんど付着藻類の生えていない状態から成長するには、藻類がある程度繁茂した状態から増加するのに比べて長い時間が必要であることから、杖立において $20\sim 40\text{m}^3/\text{s}$ の流量が維持されているときには7月17日から7月25日までの1週間程度では付着藻類が回復しないことが分かった。

4. 結論

2年間の現地調査から大山川におけるダム放流量増加が付着藻類に与える影響として、以下の知見が得られた。

(1) ダム上流では自然の流量変化による付着藻類の剥離が頻繁に起こり、Chl. a量が相対的に低い。

(2) 小五馬地点の方が松原地点と比べて全体的に大きなChl. a量を示し、維持流量増加による流速の増加は付着藻類の増殖に対し良い影響を与えた。

(3) ダム下流域では、流量が安定した状態が続くと、成熟した付着藻類の自己遮光による剥離やバクテリアによる分解によって、Chl. a量は減少し、放流量増加の効果は相対的に弱まる。

今回の調査は2週間に1回程度の頻度で行われたため、調査日間の藻類量の変動については不明確である。しかし、流況が付着藻類へ与える影響については、2年間の調査で大まかに把握できたと考えられる。今後は、数日から1週間程度の間隔で密な調査を継続的に実

施することで、ここで考察された内容の確認を行い、流量の変動が付着藻類の生育に与える影響を定量的に評価していく必要がある。

謝辞：本研究は、(財)河川環境管理財団による平成19年度河川整備基金による研究助成「流量変化に伴う物理環境変化が河川生態系に与える影響に関する研究」(研究代表者：矢野真一郎)の援助により実施された。ここに記し深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 中村太士(1999)：流域一貫，築地書館，東京。
- 2) 竹門康弘(1997)：溪流における水生昆虫の棲み場所保全，砂防学会誌，50，pp. 52-60。
- 3) 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 Science*, 37, pp.130-137.
- 4) Dale, V.H., Brown, S., Haueber, R.A., Hobbs, N.T., Huntly, N., Naiman, R.J., Riebsame, W.E., Turner, M.G. and Valone, T.J.(2000): Ecological principle and guidelines for managing the use of land, *Ecological Applications*, 10, pp.639-670.
- 5) Rapport, D.J. and Whitford, W.G.(1999): How ecosystems respond to stress, *Bioscience*, 49, pp.193-203.
- 6) 矢野真一郎，齋藤正徳，井芹寧，河口洋一，島谷幸宏，緒方健，山崎正敏，清野聡子(2006)：筑後川上流（大山川）における維持流量変化が河川環境に与える影響に関する現地観測，河川技術論文集，12，pp. 443-448。
- 7) 井芹寧，矢野真一郎，石川泰助，齋藤正徳，河口洋一，島谷幸宏，緒方健，山崎正敏，清野聡子(2006)：ダム維持放流量変化が河床付着生物膜形成に与える影響に関する現地観測，河川技術論文集，12，pp. 277-282。
- 8) 齋藤正徳，河口洋一，矢野真一郎，井芹寧，黨秀次郎，島谷幸宏，緒方健，山崎正敏，清野聡子(2007)：筑後川上流域におけるダム放流量増加が付着藻類に与える影響，水工学論文集，51，pp. 1219-1224。
- 9) 齋藤正徳，矢野真一郎，黨秀治郎，河口洋一，井芹寧，宮坂仁(2007)：筑後川上流（大山川）におけるダム湖由来の浮遊性藻類がアユの採餌環境に与える影響，河川技術論文集，13，pp. 95-100。
- 10) 緒方健，山崎正敏，中村朋文，矢野真一郎，齋藤正徳，井芹寧，島谷幸宏，河口洋一，清野聡子(2006)：筑後川上流大山川における流量変動が水生昆虫群集に与える影響，日本陸水学会第71回大会講演要旨集，p177。
- 11) 清野聡子，森和恒，矢野真一郎，齋藤正徳，石川泰助，島谷幸宏，河口洋一，井芹寧，緒方健，山崎正敏(2006)：筑後川上流大山川における住民の地域知と河川環境再生研究での作業仮説形成，環境システム研究論文発表会講演集，34，pp. 231-238。

(2008. 4. 3受付)