

# 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

EFFECTS OF PLANKTONIC ALGAE FROM DAM RESERVOIR ON FEEDING CONDITION FOR AYU IN THE UPPER CHIKUGO RIVER (OHYAMA RIVER)

齋藤正徳<sup>1</sup>・矢野真一郎<sup>2</sup>・黨秀治郎<sup>3</sup>

河口洋一<sup>4</sup>・井芹寧<sup>5</sup>・宮坂仁<sup>6</sup>

Masanori SAITO, Shinichiro YANO, Shujiro TO,  
Yoichi KAWAGUCHI, Yasushi ISERI and Hitoshi MIYASAKA

<sup>1</sup>学生会員 工修 国土交通省中国地方整備局港湾空港部港湾計画課 (〒730-0004 広島市中区東白島町14-15)

<sup>2</sup>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)

<sup>3</sup>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)

<sup>4</sup>正会員 学博 九州大学大学院助教 工学研究院環境都市部門(同上)

<sup>5</sup>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)

<sup>6</sup>地環博 愛媛大学大学院COE特別研究員 沿岸環境科学研究センター(〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5)

Current researches indicate energy flow in river ecosystem is affected by an influx of planktonic algae from the upper dam reservoir. It seems that deposition of planktonic algae on river bed causes attached algae composition and its photosynthesis to change. Meanwhile, algophagous Ayu (*Plecoglossus altivelis*) are released into the Ohyama River (upper Chikugo River) where a few dams locate in the upstream. In this study, to investigate the effects of deposition of the planktonic algae on the feeding condition of Ayu in the Ohyama River, food web structure was analyzed by carbon and nitrogen stable isotope ratio among Ayu, omnivorous young fish, attached algae and planktonic algae. The results show that the effect of the planktonic algae on the feeding condition is not so large for Ayu, and the rate of it depends on fish species.

**Key Words :** Ayu (*Plecoglossus altivelis*), planktonic algae, attached algae, food web, carbon and nitrogen stable isotope ratio

## 1. はじめに

ダムが河川の物理的および生物学的プロセスに及ぼす影響としては、土砂移動の抑制、エネルギー基盤の変化、流況の改変、および水生生物の移動阻害などがあげられる<sup>1)</sup>。エネルギー基盤の変化として考えられる現象の一つとして、ダム下流河川における食物網に対する流下プランクトンの影響が挙げられる。ダム湖で発生した浮遊性藻類や動物プランクトンがダムからの放流水中に多く含まれる場合、ダム下流域では底生動物の群集組成として流下有機物を餌資源とする濾過食者が増加することが把握されている<sup>2)</sup>。また、流下するに従って、ダム湖由来の動植物プランクトンが減少するが、それは濾過食者の捕食によるものであることも報告されている<sup>3)</sup>。よって、ダム下流の水生生物の餌資源については、動植物プランクトンの寄与率が高く、食物網への影響は大きいことが示唆される。しかしながら、流下プランクトンが石礫表面の付着膜に堆積することが、付着藻類の生長、な

らびに高次の栄養段階に属する魚類へ与える影響が把握されていない。

筑後川上流の大山川では上流に松原ダムが位置しており(図-1)、ダム湖では浮遊性藻類が増殖し、アオコや淡水赤潮が観察されている。上述のように、ダム湖で発生した浮遊性藻類がダム放流水中に多く含まれる場合、浮遊性藻類の河床への堆積によりダム下流の付着藻類に何らかの影響が及ぶことが予想される。また、大山川はアユが数多く放流されているため、アユの生息場としても重要である。アユは河床の石礫に付着している藻類を餌とするため、浮遊性藻類の河床への堆積がアユの餌環境に与える影響の把握が求められている。一方、2002年以降には河川環境の改善を目的にして、大山川ダム(図-1)からの放流量をそれまで通年1.5m<sup>3</sup>/sであったのを、冬季1.8m<sup>3</sup>/s、夏季4.5m<sup>3</sup>/sに増加させている。流量の増加は、浮遊性藻類が下流の食物網に与える影響の度合や範囲を変化させるという報告もあり<sup>3)</sup>、大山川においても影響の評価が求められている。

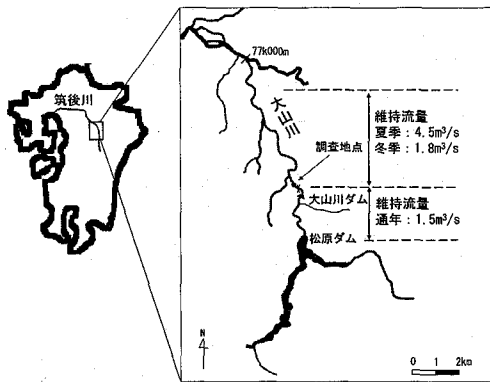


図-1 筑後川上流域と調査地の概要

そこで本研究では、大山川において浮遊性藻類の河床への堆積が付着藻類およびアユの餌環境に及ぼす影響を把握するために、流量増加時と減少時に付着膜の横断調査を行った。また、流量減少時に炭素・窒素安定同位体比を用いて、アユ、雑食性のカワムツの稚魚、浮遊性藻類および付着藻類の食物網解析を行った。

## 2. 調査方法

### (1) 調査地概要

調査地点は大山川ダムの下流700mに位置している(図-1)。図-2に示す横断調査ラインにおいて、2005年9月28～30日にかけて付着基盤を安定した石礫の上面に取り付けて48時間設置後回収し、付着膜の種組成を調べた調査結果<sup>4)</sup>より、流心と比較してワンドで浮遊性藻類の堆積やトラップされる細胞数が多いことが把握されている(表-1)。浮遊性藻類は付着藻類の上に覆い被さるように堆積するため、日射の遮断による光合成活性度の低下などの影響を及ぼし、その影響が流心とワンドで異なることが予想される。

### (2) 付着物の横断調査

大山川ダム放流量が4.5m³/s時の2006年9月21日、および1.8m³/s時の同年10月17日に、横断調査ライン(図-2)において、約4m間隔で2次元電磁流速計(AEM213-D, アレック電子社製)を用いて鉛直方向に約2～10cm間隔で10秒間の平均流速を測定した。また、同時に横断方向に約4m間隔で石礫(直径約15～25cm)を採取し、5cm×5cmのコードラートを設置して、付着物をナイロンブラシと蒸留水を用いてこすり取り試料とした(以下: Periphyton)。採取した試料はクーラーボックスに入れ研究室に持ち帰り、各試料を均等に2つに分けた。一方の試料については、ガラス繊維濾紙(GF/C, 1μm, φ47mm, Whatman Japan Ltd.)で濾過し、吸光光度法によりクロロフィルaを測定した。残りの試料は105℃で2日間乾燥させ、乾重量を測定後、550℃で3時間燃焼し強熱残留物量を計測した。燃焼前の乾燥重量から強熱残留物量を除くことで、

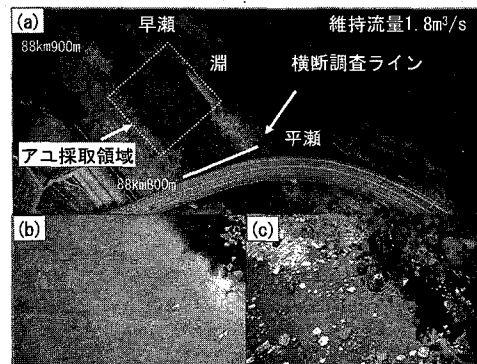


図-2 調査地点の航空写真

(a)全体図, 横断ラインの(b)流心, (c)ワンド

表-1 初期発生付着膜中の浮遊性藻類出現状況<sup>4)</sup>

	藻類種	流心部	ワンド部
浮遊性藻類	<i>Microcystis aeruginosa</i>		++
	<i>Asterionella formosa</i>		+
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	+	+++
	<i>Staurastrum</i> sp.		++
	<i>Scenedesmus</i> sp.		++
	<i>Pandrina morum</i>		+
	<i>Eudorina</i> sp.		++
	<i>Aulacoseria granulata</i>	++	+++
中間型	<i>Melosira varians</i>	++	++
	<i>Synedra ulna</i>	++	++

+が多いほど出現細胞数が多い

付着膜の強熱減量を測定した。

さらに、10月17日の調査では採取した試料を分取し、Periphytonの炭素・窒素安定同位体比を測定した。また、流心部で口径20cm, 0.1mm目合いのプランクトンネット(NXX13)を用いて、2分間にわたってDPOM(Drift Particulate Organic Matter: 漂流粒状有機物)を採取した。それぞれ種の同定と炭素・窒素安定同位体比の測定を行った。さらに、付着膜中の浮遊性藻類と付着藻類を分取することを目的として、流心部とワンド部において、石礫上の付着物に対して図-3に示す装置を用いて石礫を移動させずにPeriphytonを採取した。浮遊性藻類は付着膜表面に堆積しており、乱れを起こせば剥がれやすいことから、採取容器内に起こした水流のみで剥がれたものをLoosely Attached Periphyton(以下: L-Periphyton)とした。また、付着藻類で占められる残留物をナイロンブラシでこすり取ったものをTightly Attached Periphyton(以下: T-Periphyton)とした。両者についても炭素・窒素安定同位体比を測定した。

各試料の炭素・窒素安定同位体比の測定では、試料から実体顕微鏡(倍率; 45倍)で確認できる底生動物と土粒子を取り除いた後、60℃で2日間以上乾燥させたものをサンプルとした。そして、安定同位体比質量分析計(ANCA-SL, PDZ Europa社製)を用いて測定を行った。な

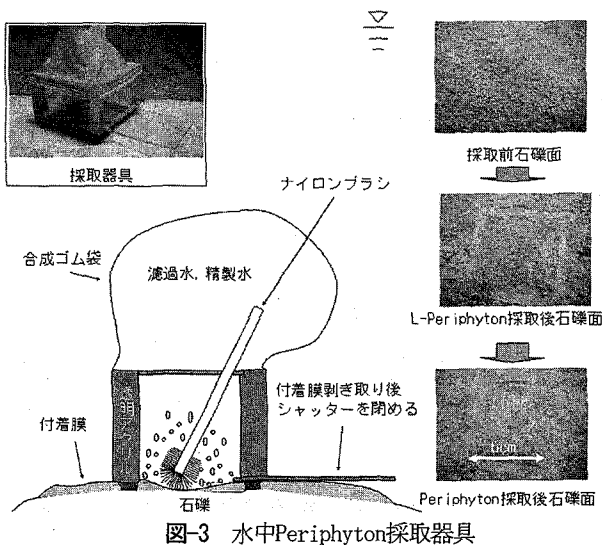


図-3 水中Periphyton採取器具

お、安定同位体比は、一般的な方法に基づき国際標準物質(炭素:PDB, 窒素:大気中の窒素ガス)からの千分偏差(‰)により表記した。

### (3) 魚類調査

10月17日の横断付着藻類調査時に、調査地点のワンド(図-2(c))において、カワムツの稚魚が多く確認でき、そのうちの4尾(5~6cm)を採取した。さらに、2006年10月31日に大山川の同地点の上流の淵(図-2(a))において、下流に網を張り上流から光と音で下流におびき寄せ捕獲する伝統的漁法である火ぶり漁によりアユを採取した。そのうちの4尾について、胸ビレの筋肉を切り取り試料とした。なお、捕獲されたアユの個体数は10尾であり、湿重量は $89 \pm 19$ g, 全長は $21 \pm 2$ cm(平均値 $\pm$ SD)であった。実験室に持ち帰った、カワムツの稚魚およびアユの試料は、60℃で2日間以上乾燥させた後に粉末状にして、Periphytonなどと同様に炭素・窒素安定同位体比を測定した。

### (4) 付着藻類の $\delta^{13}C$ の変動要因

付着藻類の $\delta^{13}C$ は光合成基質である無機態炭素(DIC)の $\delta^{13}C$ に加え、付着膜内部における無機態炭素の拡散および光合成反応での同位体効果の大小によって決定される<sup>5)</sup>。まず、光合成基質である無機態炭素は水中では $CO_2(d)$ (溶解態),  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ などの形で存在する。水温, pH, 塩分によって存在比が規定され、 $CO_2(d)$ が光合成に利用されやすい。河川水中の無機態炭素の供給源としては、大気からの再曝気と生物の呼吸や有機物の分解が挙げられる。特に、有機物の分解が生じている場合、河川水中の $CO_2(d)$ の $\delta^{13}C$ は低下する。また、 $CO_2(d)$ の濃度が上昇すると、 $CO_2(d)$ の $\delta^{13}C$ が低下すると指摘されている<sup>6)</sup>。

次に、光合成反応での同位体効果については、光合成による無機態炭素の同化時に生じる分別作用が分別係数( $\epsilon$ )を用いて式(1)で表せる<sup>6)</sup>。

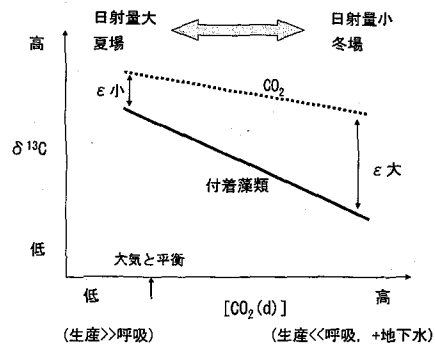


図-4 付着藻類の炭素安定同位体比の変動要因についての概念モデル [(Finlay, 2004)<sup>6)</sup>を改変]

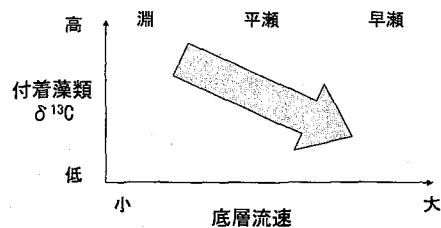


図-5 付着藻類の炭素安定同位体比と底層流速の関係

$$\epsilon(\text{‰}) = \frac{\delta^{13}C_{DIC} - \delta^{13}C_{algae}}{1 + \delta^{13}C_{algae} / 1,000} \quad (1)$$

ここで、 $\delta^{13}C_{DIC}$ : 無機態炭素の炭素安定同位体比,  $\delta^{13}C_{algae}$ : 付着藻類の炭素安定同位体比である。付着藻類については、光合成活性度が上昇すると $\epsilon$ は低下することが把握されている<sup>6)</sup>。以上のことをFinlay(2004)<sup>6)</sup>が模式化した概念モデルを図-4に示す。夏場においては、呼吸や分解と比べて光合成による生産が卓越しているので、 $CO_2(d)$ 濃度は低く、 $CO_2(d)$ の $\delta^{13}C$ は高い。そして、日射量が大きく強光阻害が働かない場合、光合成が活性化することにより分別作用が小さくなり、その結果として付着藻類の $\delta^{13}C$ は高くなる。冬場はその逆の現象が生じやすい。さらに、地下水の流入の影響として、地下水中の $CO_2(d)$ 濃度は高く、 $\delta^{13}C$ は低いことから、付着藻類の $\delta^{13}C$ が低くなることが考えられる。

無機態炭素の拡散に関しては、付着膜上の流速が上昇すると付着膜上の境界層が薄くなり、無機態炭素の付着膜内部への拡散輸送が促進されることが分かっている<sup>7)</sup>。付着膜内部において利用できる無機態炭素の濃度が上昇すると、取り込みの際の分別作用により付着藻類の $\delta^{13}C$ は低下する<sup>8)</sup>(図-5)。

### (5) 炭素・窒素安定同位体比を用いた食物網の解析

水生生物の炭素・窒素安定同位体比は摂餌における同位体効果により餌資源に対して、 $\delta^{13}C$ は0.8‰,  $\delta^{15}N$ は3.3‰上昇する<sup>9)</sup>。その同位体効果は生息環境, 年齢, 窒素代謝型の違いによらず一定である<sup>10)</sup>ことから、捕食者の安定同位体比から、その餌資源の安定同位体比が推定できる。そのため、餌資源の同定、餌資源利用割合の見

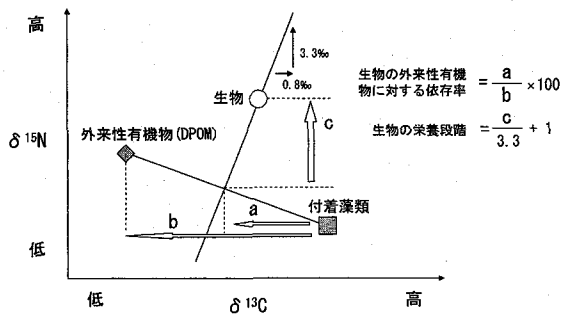


図-6 餌資源利用割合と栄養段階の計算方法

積もり、ならびに食物連鎖上の栄養段階の推定が可能となる。

まず、餌資源の同定に関しては、食う食われる関係が1対1に対応している食物連鎖上の生物群集は、 $\delta^{13}\text{C}$ を横軸、 $\delta^{15}\text{N}$ を縦軸としたとき傾き4.1(=3.3/0.8)の直線上にプロットされる。したがって、同一直線上にプロットされるかを判別することによって、対象生物の餌資源を特定することができる。次に、河川水棲生物の食物網は現場における基礎生産者である付着藻類と他の領域で生産され流入した外来性有機物によって成り立っていると考えられる。そこで、餌資源利用割合の見積もりと栄養段階の推定に関しては、2資源モデル<sup>11)</sup>を用いて外来性有機物であるDPOMへの依存率を以下のように算出した。

図-6に示すように、DPOMと付着藻類を結ぶ直線と対象生物(捕食者)を通る傾き4.1の直線の交点を求める。そして、式(2)を用いそれぞれの $\delta^{13}\text{C}$ の値から依存率を算出した。

$$\text{依存率(\%)} = \frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{付着藻類}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{交点}}}{\delta^{13}\text{C}_{\text{付着藻類}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{DPOM}}} \times 100 \quad (2)$$

ここで、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{付着藻類}}$ ：付着藻類の炭素安定同位体比、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{交点}}$ ：交点の炭素安定同位体比、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{DPOM}}$ ：DPOMの炭素安定同位体比である。次に、栄養段階の推定はそれぞれの $\delta^{15}\text{N}$ の値を用い式(3)から算出した。

$$\text{栄養段階} = \frac{\delta^{15}\text{N}_{\text{生物}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{交点}}}{3.3} + 1 \quad (3)$$

ここで、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{生物}}$ ：生物の窒素安定同位体比、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{交点}}$ ：交点の窒素安定同位体比である。

### 3. 調査結果

#### (1) 横断付着物調査

Periphytonのクロロフィルa、強熱減量、強熱残留物の横断分布について、大山川ダム放流量4.5m<sup>3</sup>/s時の9月

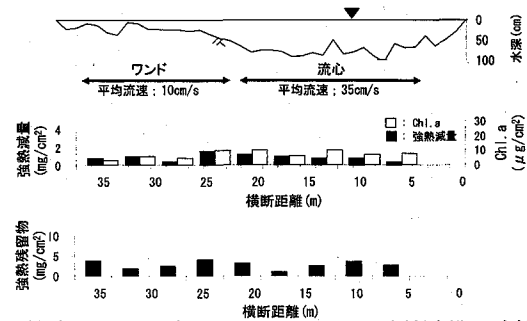


図-7 放流量4.5m<sup>3</sup>/s時のクロロフィルa、強熱減量、強熱残留物の横断分布

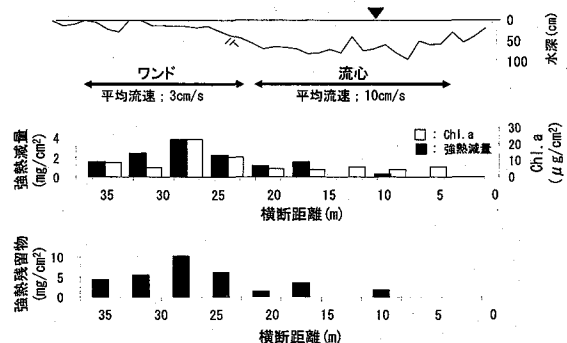


図-8 放流量1.8m<sup>3</sup>/s時のクロロフィルa、強熱減量、強熱残留物の横断分布

表-2 放流量1.8m<sup>3</sup>/s時の流下プランクトン

種類	出現種	細胞数 cells/L
珪藻	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> *	597,400
	<i>Acanthos crenulata</i>	104
	<i>Asterionella formosa</i> *	1,036
	<i>Aulacoseira japonica</i> *	6,734
	<i>Caroneis</i> sp.	3
	<i>Cocconeis placentula</i>	518
	<i>Cymbella turgiluda</i> var. <i>nipponica</i>	207
	<i>Cymbella</i> spp.	173
	<i>Diatoma vulgare</i>	78
	<i>Epithemia</i> sp.	26
	<i>Fragilaria crotonensis</i> *	1,036
	<i>Gomphonema</i> sp.	52
	<i>Mellosira varians</i>	1,554
	<i>Navicula turugiluda</i> var. <i>nipponica</i>	259
	<i>Navicula</i> spp.	1,554
	<i>Nitzsthaia</i> spp.	259
<i>Synedra</i> spp.	907	
藍藻	<i>Oscillatoria</i> spp.	181
	<i>Homoeothrix janthina</i> **	26
	<i>Microcystis</i> sp.*	777
緑藻	<i>Eudorina elegans</i> *	26
	<i>Staurastrum</i> sp.*	3
渦鞭毛藻	<i>Peridinium bipes</i> *	3
	<i>Ceratium hirundinella</i> *	78
動物	ケンミジンコ幼生(破片)	3

\* 浮遊性藻類, \*\* 糸状体数

21日の結果を図-7に、1.8m<sup>3</sup>/s時の10月17日の結果を図-8に示す。ワンド部と流心部における平均流速と断面形についても併せて示す。まず、放流量4.5m<sup>3</sup>/s時は全て

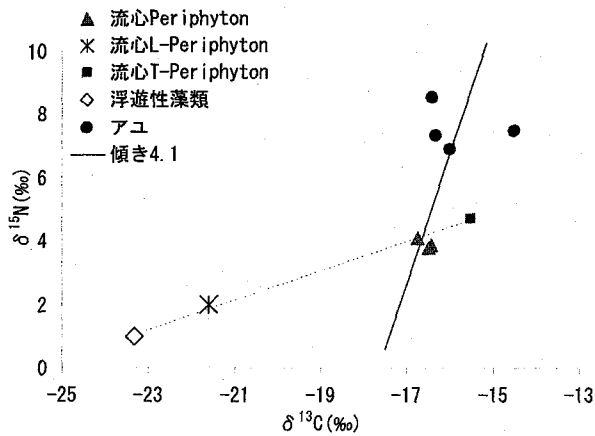


図-9 流心における炭素・窒素安定同位体比

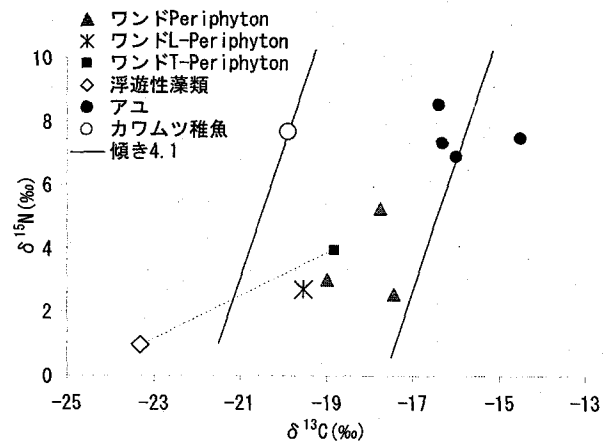


図-10 ワンドにおける炭素・窒素安定同位体比

の項目において横断方向にはほぼ一様に分布していた。しかし、放流量 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 時はワンドで大きな値を示し、クロロフィルaは最大で $22\mu\text{g}/\text{cm}^2$ にまで上昇していた。また、流心部分において、放流量 $4.5\text{m}^3/\text{s}$ 時と $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 時で大きな差はなかった。さらに、放流量 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 時におけるDPOMの同定結果を表-2に示す。25種類の動植物プランクトンが確認されたが、珪藻類が主体であった。ダム貯水池で一般的に優占する種類である*Aulacoseira granulata* (var. *angustissima*)が最多出現種であった。25種のうち典型的な浮遊性藻類は9種であり、出現総細胞数の99%以上を占めていた。剥離した付着藻類と比べて上流のダム貯水池からのプランクトンの混入の影響が大きいことがわかった。よって、DPOMは浮遊性藻類と同じと見なせる。

以上から、放流量 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 時においてワンドでクロロフィルa、強熱減量、強熱残留物ともに高い値を示した理由として、以下のことが推察される。まず、ワンド部においては流速の低下により流下物が堆積し、強熱減量、強熱残留物が高くなったと考えられる。流下物は浮遊性藻類で占められていたことから、クロロフィルaの横断分布も同様にワンドで高い値を示していた。また、9月21日から10月17日までの期間は降雨による流量変動がなく安定していたので、出水による付着膜の剥離は生じていないと考えられる。しかしながら、この時期はアユの生息密度は低く、摂食圧の影響は小さいと考えられるが、流心部分においてクロロフィルaの値は上昇していなかった。これは、10月2日の大山川ダム放流量の減少により底層流速や付着膜上の乱れが低下したことで、付着藻類の光合成速度が減少し<sup>12), 13)</sup>、増殖が抑えられたためと考えられる。

## (2) 炭素・窒素安定同位体比を用いた食物網の解析

放流量 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 時に採取したDPOMの炭素安定同位体比は $\delta^{13}\text{C} = -23.3$ であった。浮遊性藻類などの懸濁態有機物の $\delta^{13}\text{C}$ は、富栄養な水域では一般的に $-16\text{‰} \sim -28\text{‰}$ の範囲で変動し、その変動は植物プランクトンの光合成における分別作用に依存する。動物プランクトン由来の炭

素が混じっている場合でも捕食や呼吸の際の $\delta^{13}\text{C}$ の変動はわずかであること<sup>14)</sup>から、DPOMの同位体比は浮遊性藻類の同位体比を反映していると考えられる。次に、放流量 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 時に採取した試料すべての炭素・窒素安定同位体比を流心とワンド別に図-9、図-10に示す。まず、石礫上のL-PeriphytonとT-Periphytonの $\delta^{13}\text{C}$ を比較すると、L-Periphyton(流心:  $-21.6$ , ワンド:  $-19.5$ )はT-Periphyton(流心:  $-15.5$ , ワンド:  $-18.8$ )と比べて、浮遊性藻類( $-23.3$ )に近く、低い値を示した。この原因として、L-Periphytonは付着膜の上部に存在し、付着膜内部と比較して細胞表面の水塊交換率が高いため分別作用が働きやすいこと、ならびに、L-Periphytonは浮遊性藻類の割合が高く、その同位体比が反映されていることが考えられる。

また、流心とワンドにおけるPeriphytonの $\delta^{13}\text{C}$ より、ワンド(平均値:  $-18.1$ )は流心(同:  $-16.6$ )よりも低い値を示した。さらに、ワンドのT-Periphytonは流心のT-Periphytonと比較して $\delta^{13}\text{C}$ が低く、ワンドのPeriphytonと大きな差はなかった。

ここで、ワンドのT-Periphytonの $\delta^{13}\text{C}$ が低い値を示した理由として、浮遊性藻類の堆積の影響が考えられる。放流量 $4.5\text{m}^3/\text{s}$ 時では、流心と比べてワンドの流速が小さいことから、付着膜内部におけるDICの拡散が抑制され、T-Periphytonの主な構成種である付着藻類の $\delta^{13}\text{C}$ が高かった可能性がある。しかし、その後の放流量減少により、さらに流速が低下したワンドにおいて付着膜上にDPOMが堆積することで、遮光による付着藻類の光合成活性度の低下や、堆積した浮遊性藻類の分解時に溶出されたDICを栄養素として再利用することがT-Periphytonの $\delta^{13}\text{C}$ の低下を引き起こした要因ではないかと考えられる。

最後に、浮遊性藻類がアユおよびワンドに生息していたカワムツの稚魚の採餌環境に与える影響を把握するために、餌資源に対する浮遊性藻類の依存率と栄養段階を式(2)、(3)より算出した(図-9、図-10)。ここで、餌資源については付着性藻類が主になるT-Periphytonと浮遊性藻類の同位体比を用いた2資源モデルを仮定している。

なお、アユに関しては、アユの群集の平均値 ( $\delta^{15}\text{N} = 7.6$ ,  $\delta^{13}\text{C} = -15.8$ ) を通る傾き 4.1 の直線よりワンドの T-Periphyton が左側に位置していたため (図-10), 流心の安定同位体比を用いて算出した。依存率および栄養段階は、アユについては 14% と 2.0, カワムツについては 51% と 2.6 であった。アユの依存率が低い理由として、浮遊性藻類は流れが遅く水深が浅いワンドなどで堆積するが、アユは流れがある程度速い流心の藻類を主に採餌していることが考えられる。一方、カワムツの稚魚の依存率に関しては、アユに比べて大きく、魚種や成長段階によって浮遊性藻類の影響の度合いが異なる可能性が示唆された。ただし、生物の安定同位体比が餌資源の値を反映するまでには、ある程度のタイムラグ (turnover time) が生じること、放流量減少後にワンドの付着藻類は徐々に安定同位体比が低下していること、などが考えられることからカワムツの依存率を過少評価している可能性はある。しかし、アユはカワムツの稚魚と比較して浮遊性藻類に対する依存率が明らかに低く、雑食性であるカワムツに対して藻類を食べるアユの栄養段階が低く評価でき、かつ理論値 (2.0) とも一致していたことから、大山川のアユは付着藻類を主に採餌していることが明確に示された。

#### 4. 結論

筑後川上流の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として、以下のような知見が得られた。

- (1) アユおよびカワムツの稚魚の餌資源における浮遊性藻類の依存率から、魚種や成長段階によってダム起源の浮遊性藻類が魚類に与える影響が異なることが示唆された。
- (2) 浮遊性藻類は流れが遅く水深が浅いワンドなどで堆積しやすいが、アユは流れがある程度速い流心の藻類を主に採餌していることから、アユの餌資源における浮遊性藻類の依存率は低かった。

謝辞：本研究は、(財) 河川環境管理財団の H17, 18 年度河川整備基金助成事業「維持流量の弾力的運用による河川環境の保全・改善効果 (研究代表者：矢野真一郎)」により実施された。また、日田漁業共同組合の江藤英二専務理事にはアユ採取に、九州大学大学院工学府環境流体力学研究室の田辺智子さんには現地調査にご協力いただいた。ここに記し謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) Poff, N.L. and Hart, D.D.: How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal, *Bioscience*, Vol.52, No.8, pp.659-668, 2002.
- 2) Richardson J.S. and Mackay, R.J.: Lake outlets and the distribution of filter feeders: an assessment of hypothesis, *Oikos*, Vol.62, pp.370-380, 1991.
- 3) Walks, D.J. and Cyr, H.: Movement of plankton through lake-stream systems, *Freshwater Biology*, Vol.49, pp.745-759, 2004.
- 4) 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: 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実験, 河川技術論文集, 第12巻, pp.277-282, 2006.
- 5) 高橋和志: 植物プランクトンの生理状態と炭素同位体比, 遺伝, 第47巻, 第5号, pp.21-26, 1993.
- 6) Finlay, J.C.: Patterns and controls of lotic algal stable carbon isotope ratios, *Limnology and Oceanography*, Vol.49, No.3, pp.850-861, 2004.
- 7) Horner, R.R., Welch, E.B., Seeley M.R. and Jacoby, J.M.: Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorus concentration, *Freshwater Biology*, Vol.24, pp.215-232, 1990.
- 8) Finlay, J.C., Power, M.E. and Cabana, G.: Effects of water velocity on algal carbon isotope ratios: Implications for river food web studies, *Limnology and Oceanography*, Vol.44, No.5, pp.1198-1203, 1999.
- 9) 高津文人, 河口洋一, 布川雅典, 中村太士: 炭素, 窒素安定同位体自然存在比による河川環境の評価, 応用生態工学, Vol.7, No.2, pp.201-213, 2005.
- 10) 南川雅男: 安定同位体による海洋食物網研究, 月刊海洋, Vol.29, No.7, pp.391-407, 1997.
- 11) 浦谷祐樹: 安定同位体比を用いた森林河川生態系における食物網の解析と外来性有機物の重要度に関する研究, 京都大学大学院理学研究科生物科学専攻動物学系修士論文, 1999.
- 12) Hondzo, M. and Wang, H.: Effects of turbulence on growth and metabolism of periphyton in a laboratory flume, *Water Resources Research*, Vol.38, No.12, pp.131-139, 2002.
- 13) 戸田祐嗣, 赤松良久, 池田駿介: 水理特性が付着藻類の一次生産特性に与える影響に関する研究, 土木学会論文集, No.705/II-59, pp.161-174, 2002.
- 14) 山田佳裕, 吉岡崇仁: 水域生態系における安定同位体解析, 日本生態学会誌, 第49巻, pp.39-45, 1999.

(2007.4.5 受付)