

鹿児島県屋久島の河川におけるアユの分布と付着藻類植生

阿部信一郎¹・井口恵一朗¹・南雲 保²・片野 修¹

¹水産総合研究センター中央水産研究所 (〒386-0031 長野県上田市小牧1088)

²日本歯科大学 (〒102-8159 東京都千代田区富士見1-9-20)

Shin-ichiro Abe¹, Kei'ichiro Iguchi¹, Tamotsu Nagumo² and Osamu Katano¹: Distribution of ayu (*Plecoglossus altivelis*) and benthic algal flora in the Yaku Island, Kagoshima Prefecture, Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 53: 1 - 5, Mar. 10, 2005

Benthic algal flora and fish fauna were investigated in thirteen streams through the Yaku Island, Kagoshima Prefecture, Japan. In the all streams the grazing goby, *Sicyopterus japonicus*, was observed by snorkeling census, although ayu, *Plecoglossus altivelis*, was recognized in the four of thirteen streams. Filamentous cyanobacteria, *Homoeothrix janthina*, predominated in the streams with and without ayu, although their biomass was greater in the streams with ayu than without ayu. The distribution of the other fish had no significant effects on the biomass of the filamentous cyanobacteria and there were no significant differences in nine environmental factors (width, water velocity, depth, pH, temperature, total nitrogen and phosphorus, the ratio of nitrogen and phosphorus and sky openness) between the streams with and without ayu. It appeared that the presence of ayu allow the filamentous cyanobacteria to increase in the natural environment.

Key Index Words: ayu, benthic algal flora, grazing goby, *Homoeothrix janthina*, *Plecoglossus altivelis*, Yaku Island

¹National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Komaki 1088, Ueda, Nagano, 386-0031 Japan

²The Nippon Dental University, Fujimi 1-9-20, Chiyoda, Tokyo, 102-8159 Japan

藻食魚類の採食は、河川付着藻類の群落構造を変化させ (Power and Matthews 1983, Power *et al.* 1985, 1988, Wootton & Oemke 1992, Gelwick *et al.* 1997), 生態系に多大な影響を及ぼすことが知られている (Stewart 1987, Gelwick & Matthews 1992, Flecker 1992, Pringle and Hamazaki 1997)。日本の河川においても数種の藻食魚類が分布しており、なかでもアユ (*Plecoglossus altivelis* Temminck & Schlegel) は広く分布し、かつ、水産的に重要な魚種として各地で盛ん

に増殖事業が行われている。これまでに人工河川を用いた実験から、アユの採食により付着藻類群落が、珪藻優占群落から糸状藍藻 (*Homoeothrix janthina* (Bornet & Flahault) Starmach) 優占群落へ変化することが知られている (Abe *et al.* 2001)。しかし、天然河川においてアユの採食の影響を調査した例は少ない (Abe *et al.* 2000, 2003)。

屋久島は、鹿児島県大隈半島から約60km離れた沖合にあり (Fig. 1), 堆積岩からなる熊毛層群に花崗岩が隆起して形成

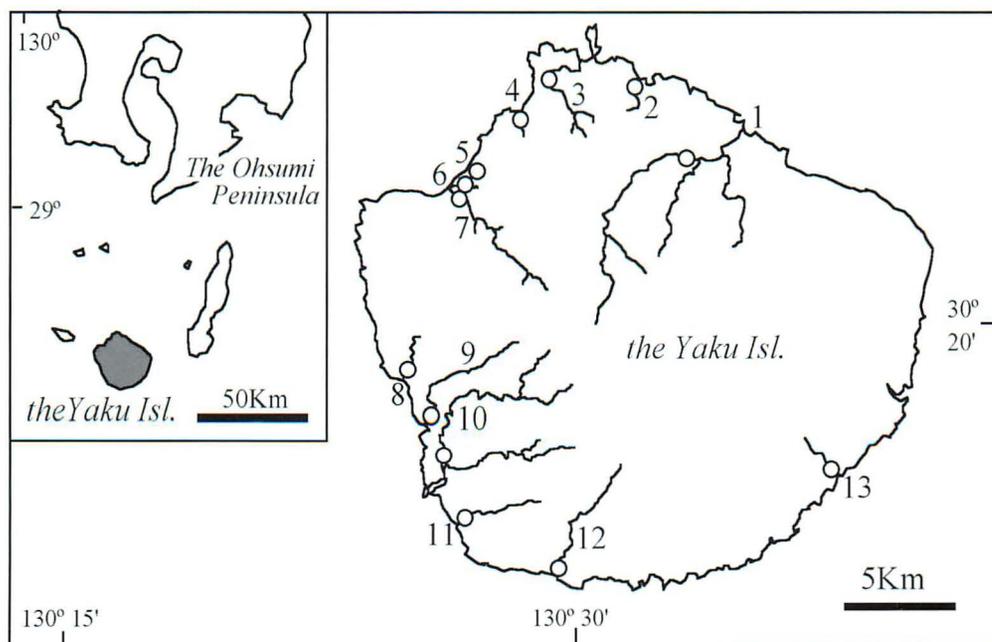


Fig. 1. Map of the Yaku Island and the thirteen streams (1 - 13). 1. the Miyanoura River, 2. the Shitoko River, 3. the Isso River, 4. the Yoshida River, 5. an anonymous stream, 6. the Domen River, 7. the Nagata River, 8. the Segiri River, 9. the Oho River, 10. the Koyouzi River, 11. the Nakama River, 12. the Yu River, 13. the Nakase River. Open circle shows the location of the study site in each stream.

Table 1. List of fish taxa observed by snorkeling census in the thirteen streams (1 - 13). Plus mark (+) indicates presence.

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Plecoglossus altivelis</i>	+		+				+			+			
<i>Sicyopterus japonicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stiphodon elegans</i>					+					+	+		
<i>Tridentiger kuroiwae</i>	+					+							
<i>Rhinogobius giurinus</i>	+			+		+				+	+		
<i>Rhinogobius spp.</i>	+	+	+		+	+		+	+	+		+	+
<i>Kuhlia marginata</i>	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	

された南西諸島中帯の島である。屋久島は、約500km²程度の小さな島であり、標高1900mを超える奥岳山塊に源を發し急峻な斜面を流れ下る多くの河川を有している。本研究では、天然河川における付着藻類群落に及ぼすアユの採食の影響について検討するため、屋久島においてアユが分布する河川と分布していない河川の付着藻類植生を調査したので報告する。

方法

調査は、2003年10月29 - 31日に屋久島を流れる13河川(宮之浦川、志戸子川、一奏川、吉田川、無名の河川、土面川、永田川、瀬切川、大川、小楊枝川、中間川、湯川、中瀬川)にて行った(Fig. 1)。各河川の調査地点は、アユの移動を妨げる堰および滝などの下流に設定した。各地点において、約200mの区間を約10分間、潜水観察し魚類相を調査した他、川幅、流速、水深、水温、水質(pH、全窒素、全リン、全窒素対全リン比)および開空率を測定した。本研究では、開空率を全天写真において空が見える部分の面積の比率によって表し、日照条件の指標とした。なお、開空率は、魚眼レンズ(オリンパスFC0N-02)付きデジタルカメラ(オリンパスC-900 Zoom)により撮影した全天写真をコンピューターソフト(CanopOn ver. 1.10, <http://takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon>)を用いて解析した。流速は、プロペラ式流速計(コスモ理研CR-7型)を用いて測定した。河川水の全窒素および全リン濃度は、アルカリペルオキシ二硫酸ナトリウム溶液およびペルオキシ二硫酸ナトリウム溶液をそれぞれ添加し加熱分解した後、オートアナライザー(ブラン・ルーベ(株)社TRAACS 800)を使って測定した。各地点の底質は、いずれも粒径10cm以上の石および巨石が優占していた。

付着藻類は、各地点において無作為に選んだ6個の石の上に置いた方形枠内(5 x 5cm)からナイロンブラシと洗ビンを使って採集した。6個の石から採集した付着藻類を1つに併せ、さらに2つに小分けした後、その1つに直ちにホルマリン(5%)を加え種類組成測定用の試料とした。残りの試料は、ガラス繊維ろ紙(Whatman GF/C)を使ってろ過し、残渣を80°Cで24時間乾燥させ乾燥重量を求めた後、500°Cで燃焼させ灰分重量を測定した。付着藻類の現存量は、乾燥重量から灰分重量を引いて求めた強熱減量により表した。固定した付着藻類試料は、細胞計数板を用いて光学顕微鏡(x40)10視野内における珪藻細胞数を計数し、さらに、緑藻および藍藻を同定した後、それらの被度を算出して優占度とした。また、

糸状藍藻の現存量は、試料中の糸状体密度と糸状体の平均サイズ(>0.1μm)を測定し、それらの値を使って算出した体積により表した。その後、試料を南雲(1995)の方法を用いて洗浄し、プルーラックスに封入後、光学顕微鏡(x100)を用いて珪藻を同定した。この際、出現種ごとに被殻数を計数し相対頻度を求めた。また、顕微鏡写真から、各珪藻種の殻面面積を算出した。各珪藻種の優占度は、光学顕微鏡10視野内の珪藻細胞数に、相対頻度および殻面面積を掛合せ求めた被度により表した。

データは、*t*検定法を用いて解析した。なお、データの正規性および等分散性を高めるため、優占度および開空率データは逆正弦変換および現存量データは対数変換によりそれぞれ変数変換し解析した。

結果

潜水観察の結果、13河川より7種類の魚類が確認され、そのうち2種類の藻食魚が認められた。アユは13河川のうち4河川(宮之浦川、一奏川、永田川および小楊枝川)において観察されたが、ボウズハゼ(*Sicyopterus japonicus* (Tanaka))は全ての河川で認められた。さらに、アユの分布が確認された河川および未確認の河川において、雑食性魚類であるナンヨウボウズハゼ(*Stiphodon percnopterygionus* Watson & Chen)、ナガノゴリ(*Tridentiger kuroiwae* Jordan & Tanaka)、ゴクラクハゼ(*Rhinogobius giurinus* (Rutter))、ヨシノボリ類(*Rhinogobius* spp.)およびユゴイ(*Kuhlia marginata* (Cuvier))が観察された(Table 1)。

本研究では、13河川より採集した付着藻類試料より、38種類(緑藻1種類、藍藻4種類、珪藻33種類)を同定した(Table 2)。アユの分布が確認された河川および未確認の河川、いずれにおいても糸状藍藻*Homoeothrix janthina*(Fig. 2)が優占(平均50%以上)していた。また、珪藻では、アユが未確認の河川で、*Achnanthes subhudsonis* Hustedt(Fig. 3)、*A. crenulata* Grunow(Fig. 4)、*Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *euglypta* (Ehrenberg) Grunow(Fig. 5)、*Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot(Fig. 6)および*Reimeria sinuata* (W. Gregory) Kociolek & Stoermer(Fig. 7)が優占(平均2%以上)していた。一方、アユの分布が確認された河川では*Gomphonema parvulum* Kützing(Fig. 8)および*N. cryptotenella*がそれぞれ優占(平均2%以上)していた。

アユの分布が未確認の河川における*H. janthina*の優占度

Table 2. List of algal taxa identified in the benthic algal communities in the thirteen streams (1 - 13). Plus mark (+) indicates presence. The shaded columns are indicates the streams where ayu were observed.

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BACILLARIOPHYCEAE													
<i>Achnanthes cremulata</i>			+	+	+	+		+			+		
<i>A. oblongella</i>		+				+	+	+		+	+	+	+
<i>A. subhudsonis</i>		+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
<i>Achnantheidium convergens</i>		+	+	+		+	+	+		+	+		+
<i>A. exiguum</i>					+		+						
<i>A. minutissima</i>		+	+	+		+	+	+	+		+		+
<i>Brachysira brebissonii</i>								+		+			
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>			+		+	+				+	+		
<i>Cymbella silesiaca</i>	+	+	+	+			+	+					+
<i>Eunotia exigua</i>	+	+						+		+			
<i>E. pectinalis</i>											+		+
<i>Fragilaria capucina</i>	+	+											
<i>F. vaucheriae</i>		+				+	+	+		+			
<i>Gomphonema augur</i>		+			+								
<i>G. biceps</i>		+	+			+				+	+		
<i>G. clevei</i>	+	+			+	+	+	+		+		+	
<i>G. parvulum</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	
<i>Melosira varians</i>										+	+		
<i>Navicula cryptotenella</i>	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+
<i>N. gregaria</i>			+	+			+				+		
<i>N. notha</i>		+	+			+	+						
<i>N. pseudacceptata</i>				+	+								
<i>Nitzschia amphibia</i>			+	+									
<i>N. hantzschiana</i>				+									
<i>N. palea</i>		+	+	+		+					+		
<i>Planothidium lanceolatum</i>				+	+	+							
<i>Reimeria simuata</i>		+	+				+		+		+	+	+
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>			+										
<i>Stauroneis japonica</i>						+							
<i>S. kriegerii</i>					+						+		
<i>Sullaphore pupula</i>					+		+						
<i>Surirella linearis</i>		+	+			+					+	+	
<i>Synedra ulna</i>		+	+					+			+		
CYANOPHYCEAE													
<i>Homoeothrix janthina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chamaesiphon</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calothrix</i> sp.		+				+							
<i>Phormidium</i> spp.		+	+			+	+		+				+
CHLOROPHYCEAE													
Filamentous green algae		+		+	+	+						+	+

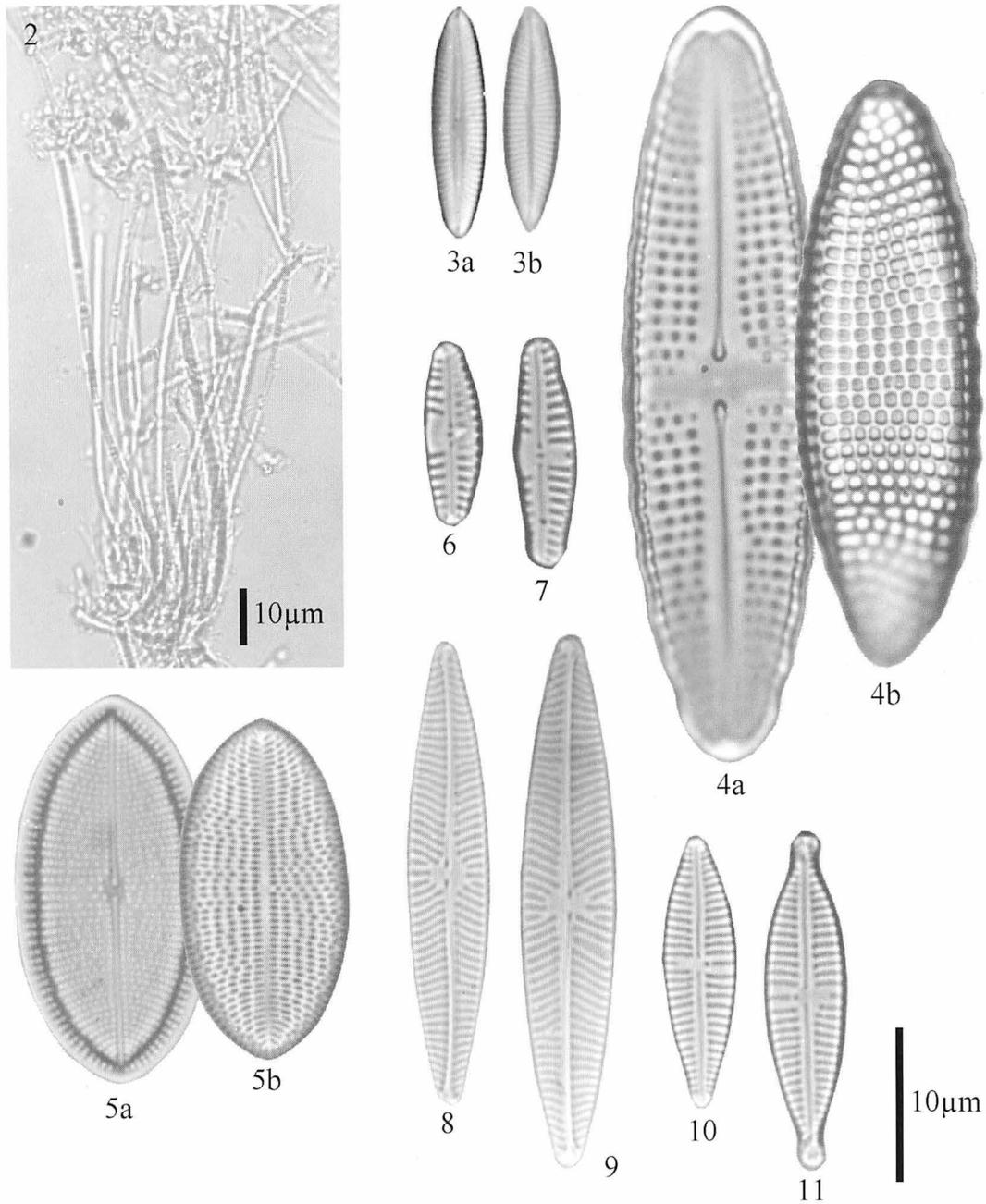


Fig. 2. *Homoeothrix janthina*. Fig. 3. *Achmanthes subhudsonis*: a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 4. *Achmanthes cremulata*: a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 5. *Cocconeis placentula* var. *euglypta*: a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 6, 7. *Reimeria sinuate*. Fig. 8, 9. *Navicula cryptotenella*. Fig. 10, 11. *Gomphonema parvulum*

は、珪藻類の優占度との間に有意な差は認められなかった ($t = 1.450$, $p > 0.1$, Fig. 12A)。しかし、アユの分布が確認された河川における *H. janthina* の優占度は、珪藻類に比べ有意に高かった ($t = 6.335$, $p < 0.01$, Fig. 12A)。さらに、*H. janthina* の現存量は、アユが未確認の河川に比べ、アユの分布が確認された河川で有意に高かった ($t = 3.698$, $p < 0.05$, Fig. 12B)。一方、*H. janthina* の現存量に対し、ナンヨウボウズハゼ ($t = 0.137$, $p > 0.5$)、ナガノゴリ ($t = 0.314$, $p > 0.5$)、ゴクラクハゼ ($t = 0.392$, $p > 0.5$)、ヨシノボリ類 ($t = 0.177$, $p > 0.5$) およびユゴイ ($t = 1.539$, $p > 0.1$) の有無による影響は認められなかった。また、調査地点の川幅、流速、水深、水温、水質 (pH, 全窒素, 全リ

ン, 全窒素対全リン比)、開空率および付着藻類の現存量について、いずれもアユの分布が確認された河川および未確認の河川間で有意な差は認められなかった (Table 3)。

考察

屋久島ではアユが離散的に分布し、アユの分布する河川では、アユが確認されなかった河川に比べ、糸状藍藻の現存量が高くなっていた。本研究では、アユの他、5種類の雑食性魚類の分布が離散的に確認されたが、糸状藍藻の現存量に対しこれら魚類の分布の影響は認められなかった。さらに、調査した9項目の物理・化学的環境要因について、アユの分布する河川および分布が確認されなかった河川の間で有意な違

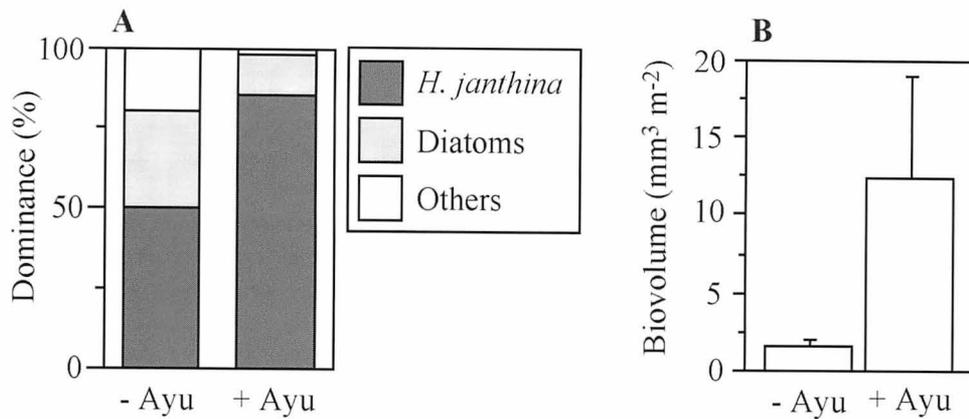


Fig. 12. Dominance of the algal taxa (A) and biovolume of *H. janthina* (B) in the streams with (+ Ayu) and without ayu (- Ayu). Vertical bars indicate standard errors.

いは認められず、アユの分布が付着藻類の群落構造に強く影響を及ぼしていたものと考えられる。これまでに、人工河川を用いた実験から、アユの採食によって河床に糸状藍藻優占群落の形成されることが報告されており (Abe *et al.* 2001)、天然河川においてもアユに頻りに採食された場所では糸状藍藻が優占すること (Abe *et al.* 2000)、アユの遡上に伴い珪藻群落から糸状藍藻群落に変化することがそれぞれ報告されている (Abe *et al.* 2003)。本研究の結果は、これらの既報の知見と一致し、天然河川においてもアユの採食が付着藻類群落に強い影響を及ぼしていることを示す。

叢状のコロニーを形成する糸状藍藻類は、魚類の採食に対し強い抵抗性を有しており (Abe *et al.* 2001)、様々な種類の藻食魚によって採食されている環境下で繁茂することが知られている (Power *et al.* 1988, Gelwick *et al.* 1997, Flecker 1996, Pringle & Hamazaki 1997)。本研究では、調査した全ての河川において藻食性のボウズハゼが分布しており、アユの分布が確認されなかった河川においても糸状藍藻が優占種となっていた。しかし、アユの分布が確認されなかった河川では、糸状藍藻の現存量が低く、珪藻と糸状藍藻の優占度にも有意な差は認められなかった。この結果は、糸状藍藻の増殖に及ぼす影響が、藻食魚の種類により異なることを示

している。水生昆虫を用いた実験から、付着藻類の群落構造に及ぼす影響は、藻食動物の採食行動の違いにより異なることが知られている (Hill & Knight 1988, Karouna & Fuller 1992)。今後、魚類においても口器の形態および採食行動等の比較研究を通して、付着藻類群落に及ぼす藻食魚の影響について検討していくことが必要である。

引用文献

- Abe, S., Uchida, K., Nagumo, T. & Tanaka, J. 2001. Effects of a grazing fish, *Plecoglossus altivelis* (Osmeridae), on the taxonomic composition of freshwater benthic algal assemblages. *Arch. Hydrobiol.* 150: 581-595.
- Abe, S., Katano, O., Nagumo, T. & Tanaka, J. 2000. Grazing effects of ayu, *Plecoglossus altivelis*, on the species composition of benthic algal communities in the Kiso River. *Diatom* 16: 37-43.
- Abe, S., Uchida, K., Shimizu A., Nagumo, T. & Tanaka, J. 2003. Algal succession corresponding with the upstream migration of ayu *Plecoglossus altivelis* in the Nezugaseki River. *Proceeding of Algae 2002*: 11-15.
- Flecker, A. S. 1992. Fish trophic guild and the structure of a tropical stream: weak direct vs. strong indirect effects. *Ecology* 73: 927-940.
- Flecker, A. S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a

Table 3. Ranges of nine environmental factors (width, water velocity, depth, temperature, pH, total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), the ratio of TN to TP (N/P ratio), sky openness) and algal biomass in the streams with (+ Ayu) and without ayu (- Ayu). Asterisk indicates $p > 0.05$.

	- Ayu (n = 4)	+ Ayu (n = 9)	t value
Width (m)	2.4 - 17.5	6.0 - 13.0	0.601*
Water Velocity (cm s^{-1})	19.1 - 132.9	26.1 - 41.7	0.843*
Depth (cm)	15.0 - 79.6	38.0 - 83.1	2.030*
Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	14.7 - 17.1	14.8 - 17.9	0.595*
pH	7.0 - 7.9	6.7 - 7.5	1.469*
TN (mg L^{-1})	0.073 - 0.271	0.060 - 0.112	1.003*
TP (mg L^{-1})	0.002 - 0.015	0.001 - 0.004	1.867*
N/P ratio	6 - 142	15 - 85	0.687*
Openness (%)	23.9 - 61.8	48.7 - 63.5	2.245*
AFDM (g m^{-2})	0.56 - 2.55	0.79 - 1.45	0.214*

- diverse tropical stream. *Ecology* 77: 1845-1854.
- Gelwick, F. P. & Matthews, W. J. 1992. Effect of an algivorous minnow on temperate stream ecosystem properties. *Ecology* 73: 1630-1645.
- Gelwick, F. P., Stock, M. P. & Matthews, W. J. 1997. Effect of fish, water depth, and predation risk on patch dynamics in a north-temperate river ecosystem. *Oikos* 80: 382-398.
- Hill, W. R. & Knight, A. W. 1988. Concurrent grazing effects of two stream insects on periphyton. *Limnol. Oceanogr.* 33: 15-26.
- Karouna, N. K. & Fuller, R. L. 1992. Influence of four grazers on periphyton communities associated with clay tiles and leaves. *Hydrobiologia* 245: 53-64.
- 南雲 保. 1995. 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom* 10: 88.
- Power, M. E. & Matthews W. J. 1983. Algae-grazing minnows (*Camptostoma anomalum*), piscivorous bass (*Micropterus* spp.), and the distribution of attached algae in a small prairie-margin stream. *Oecologia* 60: 328-332.
- Power, M. E., Matthews, W. J. & Stewart, A. J. 1985. Grazing minnows, piscivorous bass, and stream algae: dynamics of a strong interaction. *Ecology* 66: 1448-1456.
- Power, M. E., Stewart, A. J. & Matthews, W. J. 1988. Grazer control of algae in an Ozark Mountain stream: effects of short-term exclusion. *Ecology* 69: 1894-1898.
- Pringle, C. M. & Hamazaki, T. 1997. Effects of fishes on algal response to storms in a tropical stream. *Ecology* 78: 2432-2442.
- Stewart, A. J. 1987. Responses of stream algae to grazing minnows and nutrients: a field test for interactions. *Oecologia* 72: 1-7.
- Wootton, J. T. & Oemke, M. P. 1992. Latitudinal difference in fish community trophic structure, and the role of fish herbivory in a Costa Rican stream. *Environ. Biol. Fishes* 35: 311-319.

(Received 3 May 2004; Accepted 1 Feb. 2005)