

三重県銚子川河口域の付着藻類植生およびそこに生息するアユ *Plecoglossus altivelis altivelis*の消化管内容物における藻類組成

阿部信一郎¹・井口恵一朗¹・松原尚人¹・淀 太我²・田中次郎³・南雲 保⁴

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日本学術振興会科学技術特別研究員 (〒386-0031 長野県上田市小牧 1088)

³東京水産大学 (〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7)

⁴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, Naoto Matsubara¹, Taiga Yodo², Jiro Tanaka³ and Tamotsu Nagumo⁴: Benthic algal flora and the algal composition of the gut contents of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* in the estuary of the Choshi River, Mie Prefecture, Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 51: xxx-xxx, July 10, 2003

Benthic algal flora and the algal composition of the gut contents of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* were investigated in the estuary of the Choshi River, Mie Prefecture, Japan. In the estuary benthic algal communities were composed mainly of *Stigeoclonium* sp., *Isactis* sp. *Plectonema* sp. and *Navicula tenelloides*, while *Homoeothrix janthina* and *Achnanthydium convergens* predominate in the freshwater region. The main components in the gut contents of ayu captured in the estuary were algae which included *Stigeoclonium* sp., *Plectonema* sp. and several diatoms (*Amphora actiuscula*, *Haslea spicula*, *Melosira jurgensi*, *M. varians*, *N. tenelloides*, *Nitzschia frustulum* and *N. palea*). The gut contents were similar to the benthic algal composition in the estuary, comparing with that in the freshwater region. Benthic algae are the one of the significant primary producers in the estuary of the Choshi River, which provide the basic energetic source for ayu.

Key Index Words: ayu, benthic algal flora, estuary, Choshi River, food habit

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

²Japan Society for the Promotion of Science, Domestic Research Fellow, Komaki 1088, Ueda, Nagano, 386-0031 Japan

³Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato, Tokyo, 108-8477 Japan

⁴The Nippon Dental University, Fujimi 1-9-20, Chiyoda, Tokyo, 102-8159 Japan

河口域は、潮汐により塩分が周期的に変動する環境変化の激しい区間であり、これまでに河口域特有の付着藻類植生が報告されている(小島 1950, 造力・広瀬 1975, 後藤 1978, 1979, 1986, 小林 1981, 真山・小林 1982, Nagumo & Hara 1990, 山川 1994)。一般に、河口付近では腐食連鎖あるいは植物プランクトンを1次生産者とする食物連鎖が主体と考えられており(Vannote *et al.* 1980), 河口域における付着藻類の生態学的役割は、マングローブ林および干潟生態系を除き、ほとんど注目されていない。

三重県中部を流れる銚子川は、台高山脈に源を發し尾鷲湾に流入する流域面積99.4Km², 延長約18Kmの清澄河川である。銚子川では、河川を遡上せず河口域に留まるアユ(*Plecoglossus altivelis altivelis* Temminck & Schlegel)の存在が知られており,"シオアユ"と呼ばれている。アユは、日本の河川に広く分布する藻食魚であり、その採食は付着藻類群落に大きな影響を及ぼしていることが知られている(Abe *et al.* 2000, 2001)。しかし、これまでに,"シオアユ"の採食生態に関する報告はなく、河口域でのアユと付着藻類の関係は明らかにされていない。本研究では、銚子川河口域において捕獲した"シオアユ"の消化管内に藻類を確認し、河

口域および淡水区間における付着藻類群落の種類組成と比較したので報告する。

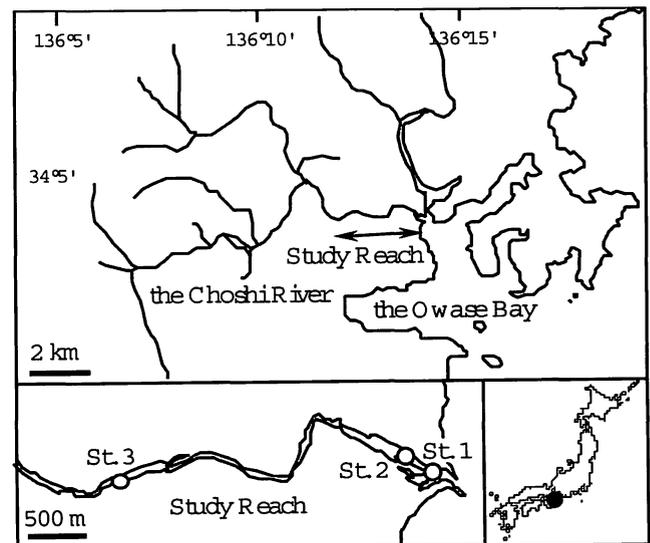


Fig. 1. Maps of the Choshi River and the study sites (St. 1, 2, and 3)

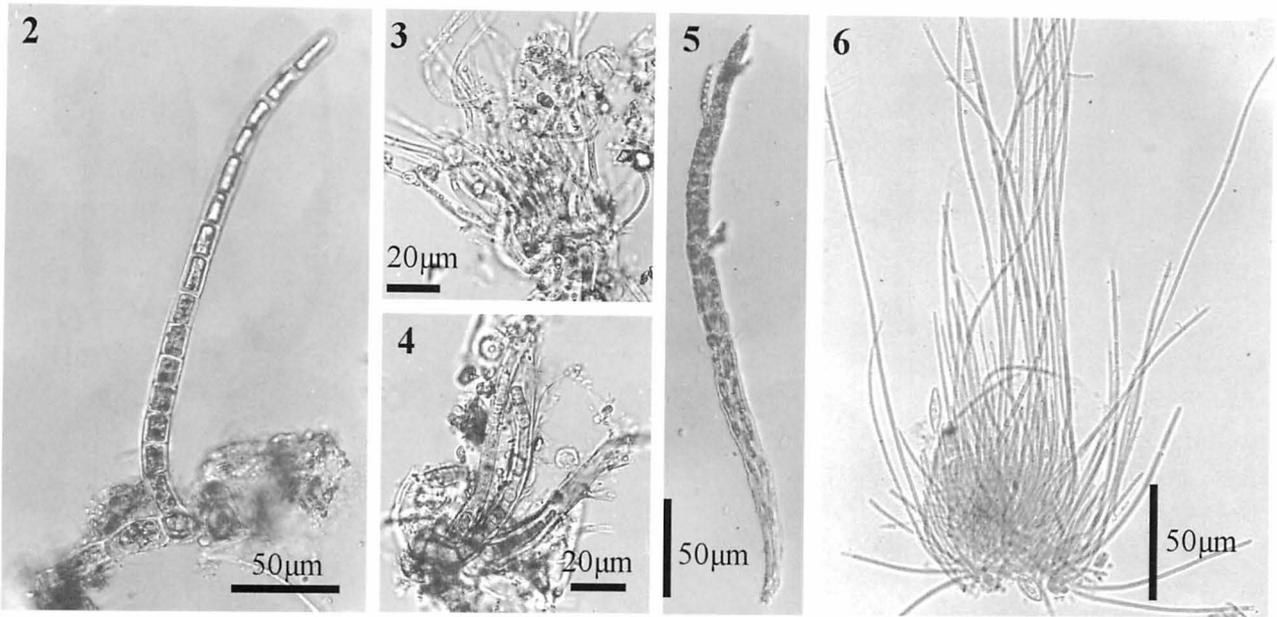
Table 1. List of algae taxa identified in the benthic algal communities at the three study sites and in the gut contents of ayu (A) captured in the estuary. Site 1 and 2 (1 and 2) were in the estuary and Site 3 (3) was in the freshwater region. Plus mark (+) indicates presence.

Taxa	1	2	3	A	Taxa	1	2	3	A
BACILLARIOPHYCEAE					<i>M. varians</i>				+
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i>	+	+		+	<i>Navicula cryptocephala</i>		+	+	+
<i>A. kuwaitensis</i>		+		+	<i>N. cryptotenella</i>				+
<i>Achnantheidium convergens</i>		+	+	+	<i>N. decussis</i>		+		
<i>A. japonica</i>			+	+	<i>N. digitoradiata</i>		+		
<i>A. minutissimum</i>		+	+	+	<i>N. gregaria</i>		+	+	+
<i>A. subhudsonis</i>				+	<i>N. heimansioides</i>		+	+	+
<i>Actinocyclus normanii</i>		+		+	<i>N. mollis</i>		+	+	+
<i>Amphora actiuscula</i>		+	+	+	<i>N. pavillardii</i>		+		+
<i>A. inariensis</i>			+		<i>N. tenelloides</i>		+	+	+
<i>A. pseudoholsatica</i>			+	+	<i>Nitzschia brevissima</i>			+	
<i>A. ventricosa</i>			+		<i>N. dissipata</i>			+	
<i>A. sp.</i>		+			<i>N. filiformis</i>			+	
<i>Bacillaria paxillifer</i>			+	+	<i>N. frustulum</i>		+	+	+
<i>Berkeleya rutilans</i>				+	<i>N. palea</i>		+	+	+
<i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>recta</i>		+	+	+	<i>N. scalpelliformis</i>				+
<i>Cocconeis placentula</i>		+	+	+	<i>Planothidium delicatulum</i>			+	
<i>C. scutellum</i>		+	+	+	<i>P. lanceolata</i>			+	+
<i>C. shikinensis</i>		+		+	<i>Pleurosigma salinarum</i>			+	
<i>Cymbella japonica</i>			+	+	<i>Psammothidium bioretii</i>			+	
<i>C. minuta</i>		+	+	+	<i>Reimonia sinuata</i>		+	+	+
<i>C. trugidulla</i>		+	+	+	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		+	+	+
<i>Diatoma mesodon</i>			+	+	<i>Rhopalodia constricta</i> var. <i>minor</i>		+		+
<i>Diploneis elliptica</i>			+		<i>Synedra ulna</i>		+	+	+
<i>Eunotia arcus</i>			+	+	<i>Tabularia investiens</i>		+	+	+
<i>Fragilaria capucina</i>			+	+	<i>T. parva</i>		+	+	+
<i>F. vaucheriae</i>			+	+	CYANOPHYTA				
<i>Gomphonema clevei</i>		+	+	+	<i>Chamaesiphon</i> sp.				+
<i>G. minutum</i>			+		<i>Homoeothrix janthina</i>				+
<i>G. parvulum</i>		+	+	+	<i>Isactis</i> sp.			+	
<i>G. quadripunctatum</i>			+		<i>Lyngbya</i> sp.			+	+
<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i>		+		+	<i>Phormidium</i> sp.				+
<i>G. sumatrense</i>			+	+	<i>Plectonema</i> sp.		+	+	+
<i>Haslea spicula</i>		+		+	<i>Xenococcus</i> sp.		+	+	
<i>Luticola goeppertiana</i>			+	+	CHLOROPHYTA				
<i>Mastogloia exigua</i>		+	+	+	<i>Enteromorpha prolifera</i>		+		+
<i>M. pusila</i> var. <i>pusila</i>		+		+	<i>Stigeoclonium</i> sp.		+	+	+
<i>Melosira jurgensi</i>		+	+	+					

材料と方法

付着藻類の採集は、2000年7月4日に、銚子川河口より0.2, 0.5kmおよび3.2km上流の3地点(それぞれ, St. 1, 2, 3)で行った(Fig. 1)。河口域の2地点(St. 1, 2)における表層水の電気伝導度は、干潮時(7月3日, 13:50)および満潮時(7月4日, 6:30)とも0.08 - 0.42mSであった。一方、河床では潮の干満に伴い、電気伝導度が0.33mS(干潮時)から16.51mS(満

潮時)に上昇し、満潮時には塩水楔の侵入がみられた。付着藻類試料は、各地点において無作為に選んだ数個の石から、ナイロンブラシを使ってこすり落とし、5%ホルマリンを用いて固定した。さらに、7月4日に、St. 1および2付近にて、投網を使いアユ4個体(平均±標準偏差, 標準体長93.8 ± 6.4mm, 体重5.00 ± 1.32g)を捕獲し、10%ホルマリンで固定した。その後、固定したアユから胃を摘出し、消化管内容物を5%ホル



Figs 2-6. Fig. 2. *Stigeoclonium* sp.. Fig. 3. *Plectonema* sp.. Fig. 4. *Isactis* sp.. Figs. 5. *Enteromorpha prolifera*. Fig. 6. *Homoeothrix janthina*.

マリオンを用いて保存した。

付着藻類および消化管内容物試料は、細胞計数板を用いて緑藻およびラン藻を同定し、光学顕微鏡(x40)5視野内における緑藻およびラン藻の被度を算出し優占度とした。さらに、この段階で珪藻細胞数を計数した。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、総被殻数400個以上にて相対頻度を求めた。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5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。アユ消化管内容物と付着藻類群落の種類組成の比較は、Standerの類似度(McIntire & More 1977)を用いて行った。一部の珪藻については、試料を定法(長田・南雲 2001)により処理後、走査電子顕微鏡(Hitachi S-400)および透過電子顕微鏡(JEOL-2000EX)を用いて観察した。

結果

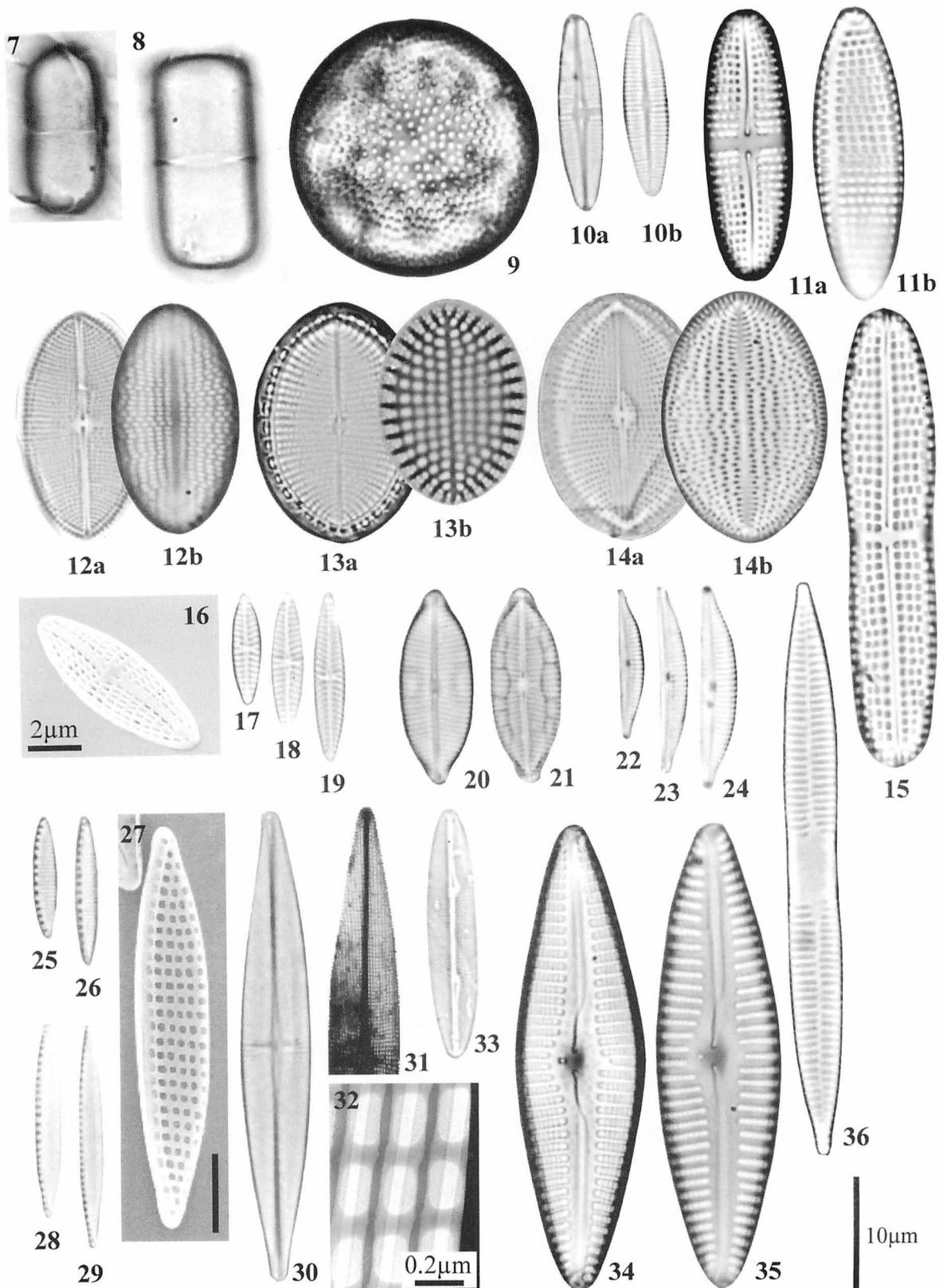
銚子川3地点より採集した付着藻類試料より、67分類群(緑藻 2分類群, ラン藻 7分類群, 珪藻 58分類群)を同定した(Table 1)。そのうち、河口域のSt. 1では、淡水性の糸状緑藻*Stigeoclonium* sp. (Fig. 2), *Plectonema* sp. (Fig. 3) および*Navicula tenelloides* Hustedt (Figs. 16-19)が, St. 2では*Isactis* sp. (Fig. 4)および*Plectonema* sp. がそれぞれ優占(5%<優占度)していた。また、河口域の2地点では、汽水域から沿岸域にかけて分布が知られている緑藻*Enteromorpha prolifera* (Mueller) J. Agardh (Fig. 5) および珪藻*Actinocyclus normanii* (Gregory ex Greville) Hustedt (Fig. 9), *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* Kützing (Fig. 11a, b), *Cocconeis plecentula* Ehrenberg (Fig. 12a, b), *C. scutellum* Ehrenberg (Fig. 13a, b), *C. shikinensis* Hid. Suzuki (Fig. 14a, b), *Haslea spicula* (Hickie) Lange-

Bertalot (Figs. 30-32), *Mastogloia pusila* Grunow (Figs. 20, 21), *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg (Fig. 36), *Cymbella japonica* Reich. (Figs. 34, 35)が準優占(1%<優占度<5%)して出現した。一方、淡水区間のSt. 3では、糸状ラン藻*Homoeothrix janthina* (Bornet & Flahault) Starmach (Fig. 6) および*Achnantheidium convergens* (Kobayasi) Kobayasi (Fig. 10a, b)が優占していた。各地点間における付着藻類組成の類似度は、St. 1-2間で0.362, St. 1-3間で0.000およびSt. 2-3間で0.001であった。

”シオアユ”の消化管内容物は主に藻類により占められ、53分類群(緑藻 2分類群, ラン藻 2分類群, 珪藻 49分類群)を同定した(Table 1)。そのうち、糸状緑藻*Stigeoclonium* sp. および糸状ラン藻*Plectonema* sp. の他、珪藻*Amphora actiuscula* Kützing (Figs. 22-24), *H. spicula*, *Melosira jurgensi* Agardh (Fig. 7), *M. varians* C. Agardh (Fig. 8), *N. tenelloides*, *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow (Figs. 25-27), *N. palea* (Kützing) W. Smith (Figs. 28, 29)が優占して観察された。さらに、*E. protifera*, *Achnanthes kuwatiensis* Hendey (Fig. 15), *A. brevipes* var. *intermedia*, *A. normanii*, *Berkeleya rutilans* (Trentepohl) Grunow (Fig. 33), *C. scutellum*, *C. shikinensis*, *M. pusila* および *S. ulna* が準優占して観察された。”シオアユ”の消化管内容物の藻類組成と3地点における付着藻類群落の種類組成を比較した結果(Fig. 37), 類似度は3地点間で異なり(フリードマン検定, $df = 2$, $\chi^2 = 6.500$, $P < 0.05$), St. 1およびSt. 3間で有意な差が認められた(ボンフェローニ型多重比較, $P < 0.05$)。

考察

銚子川河口域の付着藻類植生は淡水区間の種類組成と大きく異なり、淡水性から海産性まで塩分に対し様々な耐性を持つ藻類が観察された。また、河口域の調査地点では、小型羽



Figs 7–36. Fig. 7. *Melosira jurgensi*. Fig. 8. *Melosira varians*. Fig. 9. *Actinocyclus normanii*. Fig. 10. *Achnanthis convergens*; a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 11. *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*; a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 12. *Cocconeis placentula*; a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 13. *Cocconeis scutellum*; a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 14. *Cocconeis shikinenis*; a. Raphe valve. b. Rapheless valve. Fig. 15. *Achnanthes kuwaitensis*. Figs. 16–19. *Navicula tenelloides*; 16. SEM photo, showing a frustule. Figs. 20, 21. *Mastogloia pusila*. Figs. 22–24. *Amphora actiuscula*. Figs. 25–27. *Nitzschia frustulum*; 27. SEM photo, showing a frustule. Scale = 2µm. Figs. 28–29. *Nitzschia palea*. Figs. 30–32. *Haslea spicula*; 31. TEM photo; 32. TEM photo, showing ricas. Fig. 33. *Berkeleya rutilans*. Figs. 34–35. *Cymbella japonoca*. Fig. 36. *Synedra ulna*.

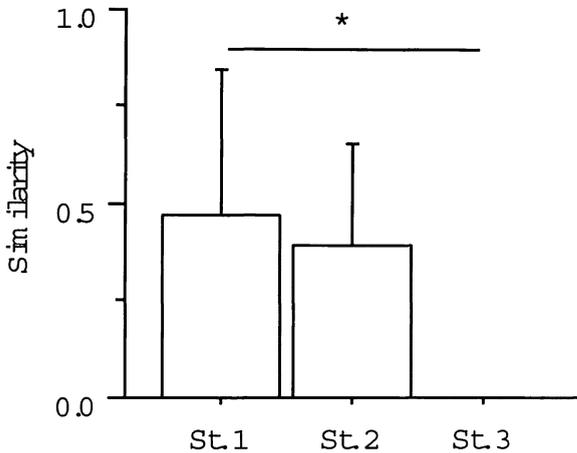


Fig. 37. Similarity values ($n = 4$) between the algal compositions of the gut contents of ayu and of the benthic algal communities at the three study sites (St. 1, 2 and 3). St. 1 and 2 was in the estuary and St. 3 was in freshwater region. Vertical lines indicate standard deviations.

状珪藻 *M. tenelloides* が優占して出現した。本種は、湿地および藪類に着生する他、様々な電解質濃度の水域に出現することがと記載されており (Kramer & Lange-Bertalot 1997)、塩分に対し広い適応性を有していることが予想される。一方、淡水区間では、糸状ラン藻 *H. janthina* および *A. convergens* が優占していた。*H. janthina* の優占は、他の清澄河川においても頻繁に観察されており (Kobayasi 1972, 田中・渡辺 1990)、特にアユの採食により促進されることが知られている (Abe *et al.* 2000, 2001)。銚子川の淡水区間には、アユの他、ボウズハゼ (*Sicyopterus japonicus* (Tanaka)) が多数生息しており、これら藻食性魚類の強い採食圧は、淡水区間の付着藻類群落に大きな影響を及ぼしていることが予想される。

一般に、河口域では、川の流が弱く土砂の堆積が顕著となるため、腐食連鎖あるいは植物プランクトンを1次生産者とする食物連鎖が主体と考えられている (Vannote *et al.* 1980)。しかし、本研究では、銚子川河口域にて捕獲したアユ、いわゆる”シオアユ”の消化管内において、河口域に優占あるいは準優占する付着藻類が数多く認められた。さらに、河口域での潜水調査により、河床の石に付着した藻類をアユが採食していることも観察されており、付着藻類は河口域に留まる”シオアユ”にとって重要な食料源になっていることが考えられる。海岸に接した急峻な斜面を流れ下る日本の清澄河川では、河口付近においても藻類の基質となる転石が散在し、河床まで十分に太陽光が届く環境にある。そのため、河口域生態系においても付着藻類が重要な1次生産者として機能しうるものと考えられる。

謝辞

銚子川のシオアユに関する情報を頂いた日本放送協会田辺陽氏、およびシオアユの捕獲にあたりご協力頂いた新村安雄氏および銚子川内水面漁協の皆様は厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Abe, S., Uchida, K., Nagumo, & 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.
- 後藤敏一 1978. 淀川汽水域の付着藻類(2). 近畿大学教養部研究紀要 9: 15-47.
- 後藤敏一 1979. 淀川汽水域の付着藻類(3). 陸水学雑誌 40: 191-200.
- 後藤敏一 1986. 熊野川河口の珪藻群集(2). *Diatom* 2: 103-115.
- Kobayasi, H. 1972. Chlorophyll content and primary production of the sessile algal community in the mountain stream Chigonozawa running close to the Kiso Biological Station of the Kyoto University. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Biol.* 5: 89-107.
- 小林艶子 1981. 桑名市汽水域のケイ藻. 横浜市立大学論集自然科学編 32: 73-88.
- 小島 力 1950. 多摩川汽水域珪藻群落について. 陸水学雑誌 15: 56-66.
- Kraemer, K. & Lange-Bertalot, H. 1997. Bacillariophyceae. I. Teil: Naviculaceae. 876 pp. *In: Ettl, H., J., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/1. Gustav Fischer, Stuttgart.*
- 真山茂樹・小林 弘 1982. 青野川のケイソウ. 東京学芸大学紀要 4 部門 34: 77-107.
- McIntire, C. D. & Moore, W. W. 1977. Marine littoral diatoms: ecological considerations. 333-371. *In: D. Werner (ed) The biology of diatoms. Blackwell Scientific Publications, Oxford.*
- 南雲 保 1995. 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom* 10: 88.
- Nagumo, T. & Hara, Y. 1990. Species composition and vertical distribution of diatoms occurring in a Japanese mangrove forest. *Jpn. J. Phycol.* 38: 333-343.
- 長田敬五・南雲 保 2001. 珪藻研究入門. 日本歯科大学紀要(一般教育系) 30: 131-142.
- 田中志穂子・渡辺仁治 1990. 日本の清澄河川における代表的付着藻類群集 *Homoeothrix janthina*・*Achnanthes japonica* 群集の形成. *藻類* 38: 167-177.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- 山川清次 1994. 嘉瀬川河口の珪藻. *Diatom* 9: 41-72
- 造力武彦・広瀬弘幸 1975. 淀川汽水域の藻類について. *藻類* 23: 60-66.

(Received 21 Feb. 2003, Accepted 7 May 2003)

