

## 河床の石の異なった面における付着藻類群集

石田典子

### Benthic Algal Community Developed on Different Sides of Rock

Noriko ISHIDA

#### Abstract

Species composition and the accumulation rate of benthic algal community on different sides of rocks in different flow regimes were observed in a small branch of Yahagigawa-River. Chlorophyll-a amounts were higher in winter than in summer. The maximum chlorophyll-a amount was obtained at the downstream face in slow flow regime in both summer and winter seasons. The initial accumulation rates of benthic algal community developed at different sides of rocks showed no marked difference in both flow regimes. The distribution of dominant diatoms seems to be affected by the existence of filamentous algae.

#### はじめに

河床の岩や石の上に発達する付着藻類の生育過程は、流れの状態の相違に強く影響されることが予測され、増殖速度や種類構成には、流速の差に伴って相違が見られることが報告されている (e. g., HORNER and WELCH, 1981<sup>1)</sup>; STEVENSON, 1983<sup>2)</sup>, 1984<sup>3)</sup>). また、付着微生物群集の形成には、流れの速さだけでなく、流れに対する石の面によって、強い水圧、渦による攪乱、水流が弱められるなど様々な影響が生じると考えられる。これらに関して、物理的攪乱は、極く狭い範囲での藻類の分布にも著しい相違をもたらすこと (LUTTENTON and RADA, 1986<sup>4)</sup>), 石の上側の平らな面と側面では、群集密度にかなり相違が見られること (JONES, 1974<sup>5)</sup>) が指摘されている。また、上條・渡辺 (1975)<sup>6)</sup> らも生物学的な水質判定では、微環境の相違に影響されることのないように、付着物は平らな石の上の面から採集することが望ましいと示唆している。

流れの異なる微環境における河川の付着藻類の群集形成を調べることは、河川生態系を把握するうえで基礎的課題であると考えられる。本研究では、小河川の一地点において、流れの速いところと遅いところのそれぞれの石の上流側と下流側で生育する付着藻類の増加速度と種類構成の変化について調べた。

#### 方 法

付着生物群集の採集は、1985年7月から8月、および同年の11月から12月に、愛知県の矢作川の支流である青木川において行った (Fig. 1)。付着物を採集する石は、長い期間の変化を観測するため、下部が河床に固定されているさしわたし50cm程度の石を、表面流速が異なる2ヶ所を選んだ。石の上部はいずれもわずかに水面上に出ていた。あらかじめ石についていた付

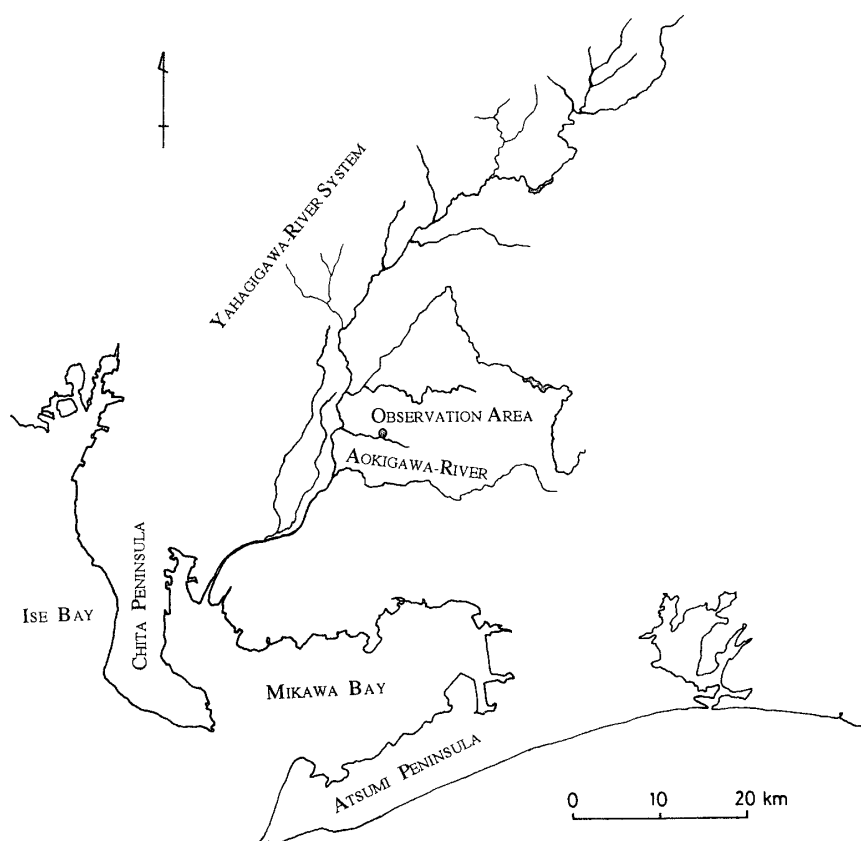


Fig 1 Observation area in Aokigawa-River of Yahagigawa-River system

着物を剥ぎ落とした後、3日から9日の間隔でそれぞれの石の上流側と下流側の面から付着物を採集した。2つの石の距離は約3mで、水の栄養塩類の濃度、水温および光の付着生物にとっての環境条件はほぼ同じであると考えられる。石の水中の部分から付着物を直接採集できるように直径5.5cmの軟質のプラスチック製ロートに直径2.5cmのプラスチック管を取付けたものを石の表面に密着させ、付着物をブラシではぎ落として管内に懸濁させ、これを吸引して採集した。水中の栄養塩類測定のために、あらかじめ450℃で4時間焼いて有機物を除去した Whatman GF/C グラスファイバーフィルターで河川水をろ過し、ろ液を-20℃で分析まで冷凍保存した。アンモニア態窒素は SAGI (1966)<sup>7)</sup>、亜硝酸態窒素は BENDSCHNEIDER and ROBINSON (1952)<sup>8)</sup>、硝酸態窒素は WOOD *et al.* (1967)<sup>9)</sup>、そしてリン酸態リンは MURPHY and RILEY (1962)<sup>10)</sup> に従い、それぞれ分析した。付着物の乾重量、炭素量、窒素量、クロロフィル量を測定するために、採集した試料の一部を Whatman GF/C グラスファイバーフィルターでろ過した。付着物の炭素、窒素量は、CHN Corder (柳本 MT-3 型) により分析した。クロロフィル a は90%アセトンで抽出した後、SCOR/Unesco (1964)<sup>11)</sup> に従って定量した。残りの試料は微量のホルマリン溶液を加えて生物活性を固定し、顕微鏡を用いて珪藻を除く藻類の種を同定した。珪藻は総細胞数を計数し、後に試料を酸処理して種を同定し、それぞれの種の相対出現頻度を求めた。

## 結 果

調査期間中の水温、流速、pH および窒素・リン栄養塩の測定結果を Table 1 に示した。平均流速は、夏季には流れの遅いところで $32\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、速いところで $60\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、一方、冬季に

はそれぞれ  $23\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  と  $42\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  が測定され、平均流速に約 2 倍の差が認められた。溶存無機窒素 (DIN; アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の合計) 現存量は、冬季に高い傾向を示したが、リン酸態リンは逆に夏季にかなり高い値であった。なお、溶存無機窒素の73から93%は硝酸態窒素で占められていた。

付着物の炭素量と窒素量の変化を Fig. 2 に示した。これらの値は夏季に変動が大きかった。炭素、窒素量は流れの速いところでは石の上流側で高い値を示す傾向が認められた。調査期間中の付着物の乾重量と炭素・窒素量の変化はよく似て

おり、これらの間の相関は夏季は.82, 冬季は.99であった。調査期間中の後期には、乾重量の増加率は、炭素量、窒素量およびクロロフィル量の増加に比べて高く、付着物に占める無機質の割合が高くなったことを示すと考えられる。付着物のクロロフィル a 量の変化を Fig. 3 に示した。クロロフィル a 量は、炭素、窒素量の変化とよく似た変化傾向を示した。夏季の調査期間のクロロフィル a 量の最大値は  $16\mu\text{g chl. a} \cdot \text{cm}^{-2}$ 、一方、冬季には  $127\mu\text{g chl. a} \cdot \text{cm}^{-2}$  で藻類の量は冬季に高い傾向を示した。なお、これらの最大値は、いずれも流れの遅いところの下流側で得られた。夏季の炭素量、窒素量およびクロロフィル a 量の変化に見られる変動は、明らかにすることはできなかったが、水生昆虫などの摂食による影響が大きいと考えられる。

夏季の主な構成種は、藍藻の *Homoeothrix janthina* および珪藻であった。調査期間の初期には *Homoeothrix janthina* が優占していたが、17日目以降では珪藻主体の群落となり、調査の最後の採集時には緑藻の *Spirogyra* sp. も見られた。この傾向は、採集場所による著しい相違はなかった。冬季には、10日目以降に珪藻のほかに大型の糸状体である緑藻の *Oedogonium* sp. や *Spirogyra* sp. も見られ、これらの生育が高いクロロフィル a 量にかなり寄与したと考えられる。なお、これらの大型の糸状体を持つ藻類は、採集した試料の中では破片のみで、計数はできなかった。冬季の29日目以降、流れの速いところで、*Oedogonium* sp. は極めて少なかった。冬季の付着物のクロロフィル a 量と珪藻細胞数の変化はよく一致しており、これらの間の相関係数は、.73から.98と高い相関関係が認められた。また、クロロフィル a とクロロフィル c の比にも大きな変化は見られないことから、冬季にも珪藻は付着藻類群集の主要な構成者であったと考えられる。珪藻優占種の相対出現頻度を Figs. 4, 5 に示した。夏季はいずれの採集場所においても主要な構成種は、*Melosira varians*, *Cocconeis placentula* var. *lineata* および *Cymbella tumida* であった。冬季はいずれの採集場所でも *Melosira varians* と *Gomphonema quadripunctatum* が主要な構成種で、季節で異なった結果が得られた。糸状の群落を形成する *Melosira varians* は、冬季の調査期間を通して特に流れの遅いところで優占し、全珪藻細胞数の約80%を占めていた。流れの速いところでは、*Gomphonema quadripunctatum* の割合が特に下流側で高くなっていた。遅いところの上流側では調査期間の後期に *Gomphonema quadripunctatum* の占める割合が高くなっていた。

Table 1 Physico-chemical parameters at sampling area.

Date	WT (°C)	Current Velocity ( $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )		pH	DIN ( $\mu\text{g at} \cdot \text{l}^{-1}$ )	DIP
		SR	FR			
13-Aug-85	26.2	52	81	7.2	21.9	0.90
18-Aug-85	24.0	36	60	7.2	15.8	0.80
21-Aug-85	24.0	32	52	7.2	14.2	0.76
26-Aug-85	25.8	22	48	7.3	11.4	0.96
2-Sep-85	25.0	28	66	7.0	15.8	0.93
10-Sep-85	22.0	26	53	7.3	14.5	0.85
19-Sep-85	25.0	25	55	7.2	13.1	0.95
15-Nov-85	10.5	22	41	7.2	24.9	0.33
19-Nov-85	10.0	26	43	7.2	22.6	0.21
22-Nov-85	11.5	26	44	7.2	23.7	0.21
27-Nov-85	8.5	22	45	7.2	29.0	0.19
4-Dec-85	7.0	18	41	7.2	20.6	0.22
11-Dec-85	6.0	25	43	7.2	21.1	0.23
27-Dec-85	6.0	-	36	7.3	22.6	0.27

SR, slow flow regime, FR, fast flow regime, DIN, Dissolved inorganic nitrogen (sum of ammonia, nitrite and nitrate nitrogen), DIP, Dissolved inorganic phosphorus

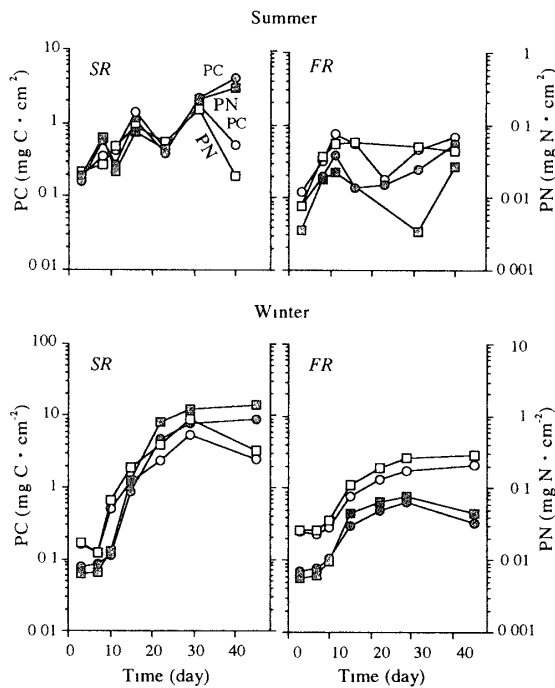


Fig 2 Changes of particulate carbon and nitrogen in slow flow regime (SR) and in fast flow regime (FR) during summer and winter sampling period (open, upstream face, shaded, downstream face)

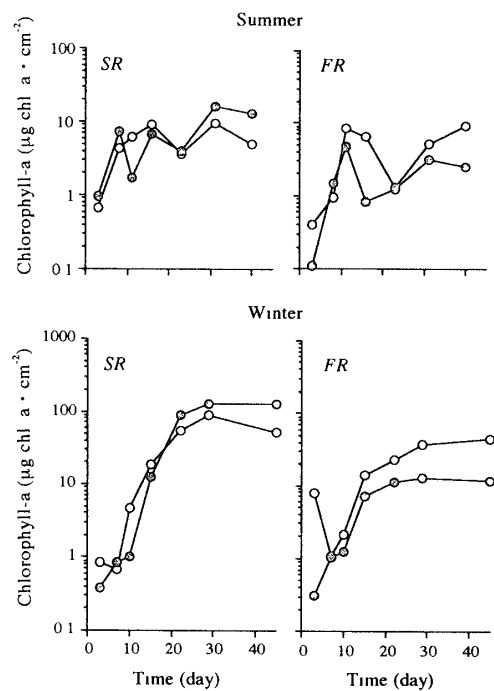


Fig 3 Changes of chlorophyll-a amount in slow flow regime (SR) and in fast flow regime (FR) during summer and winter sampling period (open, upstream face, shaded; downstream face)

## 考 察

調査期間の初期の付着物のクロロフィル a 量の増加率の高い期間について、増加速度として現存量が2倍になるのに要する時間(倍加の時間)を求めた。夏季の流れの速いところ(平均流速 $60\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )では、上流側と下流側でそれぞれ23時間と32時間、流れの遅いところ(平均流速 $32\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )で、それぞれ44時間と40時間と計算された。一方、冬季について同様に増加速度を求めると、流れの速いところ(平均流速 $42\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )では、上流側と下流側で、それぞれ44時間と48時間、流れの遅いところ(平均流速 $23\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )で、それぞれ26時間と33時間となった。上流側と下流側との間に著しいクロロフィル a の増加速度の差は認められず、調査期間の初期の増加に対しては水流の影響は小さかったと考えられる。同じ期間について、炭素量の増加から群集全体の倍加の時間を求めると、夏季は流れの速いところの上流側と下流側で、それぞれ59, 73時間、遅いところでは、それぞれ71時間と60時間が計算された。また、冬季では、速いところの上流側と下流側でそれぞれ83時間と80時間、一方、遅いところでは、同じくそれぞれ36時間と41時間と計算された。それぞれの値の差は比較的小さかった。夏季にクロロフィル a 量および炭素量の増加速度が大きかったのは水温が高いことによるものと考えられる。冬季はクロロフィル a 量および炭素量の倍加の時間がともに遅いところで比較的小さ

い値が得られていた。これは下流側では水流が弱められ、水中の懸濁物の堆積のためにより大きい増加速度が得られたためと考えられる。AIZAKI (1979)<sup>12)</sup>は、多摩川の中流域において、藻類の増殖速度として現存量が2倍になるのに要する時間を12~28時間、また、付着性微生物群集全体として、炭素量の変化から12~59時間を得ている。本研究の値は彼の値より大きかった。これは多摩川の栄養度が極めて高いことに関係するものと考えられる。

HORNER and WELCH (1981)<sup>11)</sup>は、 $50\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ 以上の流速は付着微生物群集の増殖を押さえ、現存量はむしろ低くなる傾向があると報告しているが、本研究では、藻類現存量には流速の差に関係しての著しい相違は見られなかった。

珪藻には基質に対して水平に付着するもの、殻端で直立して付着するもの、また粘質の柄によって付着するものというような種による付着の仕方の相違がある。平面的に付着する種に比べて、直立するものや柄を持つもののように立体的に付着する種は、空間の利用また光の利用に関して有利であると考えられ、時間の経過に従って藻類量が増加するのに伴って後者の種が優占するという遷移が種類構成に見られることが指摘されている (HUDON and BOURGET, 1981<sup>13)</sup>; HOAGLAND *et al.*, 1982<sup>14)</sup>)。また、水の流れの強さや物理的攪乱に対する抵抗性も、付着の仕方に関係しての相違があると考えられる。LUTTENTON and RADA (1986)<sup>4)</sup>はガラス基質への付着藻類の出現に対する水の物理的攪乱の大小の影響についての実験の解析から、

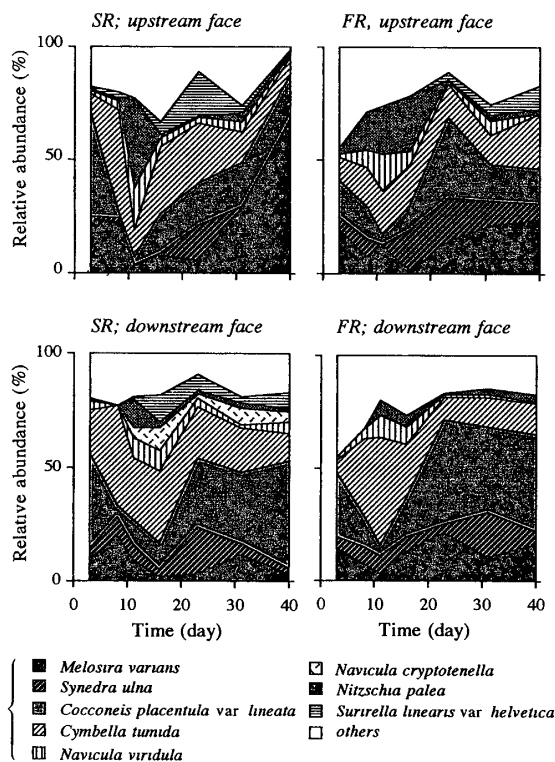


Fig. 4 Changes of relative abundance of diatoms in slow flow regime (SR) and in fast flow regime (FR) during summer.

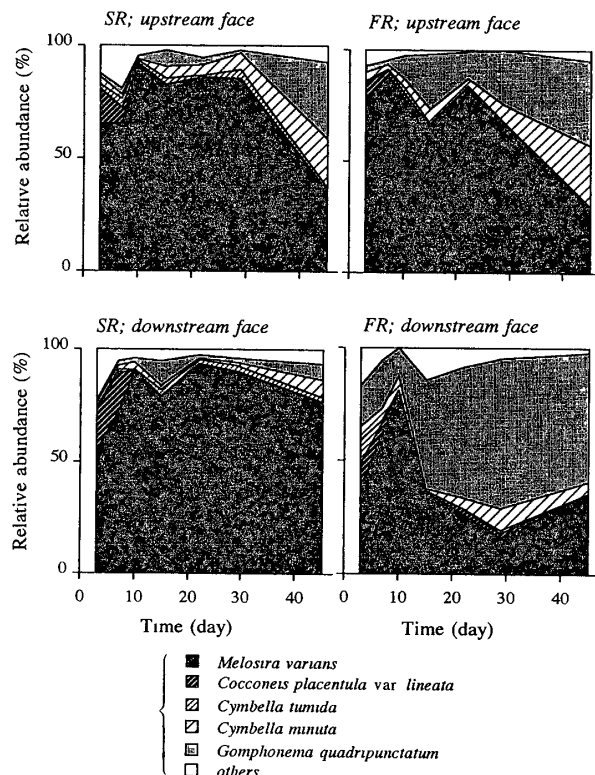


Fig. 5 Changes of relative abundance of diatoms in slow flow regime (SR) and in fast flow regime (FR) during winter.

基質に平面的に付着する *Cocconeis placentula* var *lineata* は攪乱が大きいときに優占し、立体的に付着する *Gomphonema olivaceum* や *Melosira varians* は攪乱が小さい時に特に出現する傾向があるという結果を得ている。本研究の冬季の結果では、円筒形の細胞が連なって群落を形成する *Melosira varians* は流速が遅いところ (平均流速  $23\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) で、極めて優占していた。一方、流速の速いところ (平均流速  $42\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) では粘質の柄により着生する *Gomphonema quadripunctatum* が、水流の弱められる下流側で多く出現していた。珪藻の分布には大型の藻類が生育することによって空間の利用が制限されるというような影響や大型の藻糸により水流が弱められるという影響が加わることが考えられ、立体的な群落を持つこれらの2種の優占度が高いのは、冬季の調査期間中に大型の藻類の量が多いことに関係していると考えられる。また、大型の藻類の量は流速の遅いところでもかなり多く、*Gomphonema quadripunctatum* と *Melosira varians* の分布に見られる相違に関係する可能性が考えられる。藻類間の相互作用については、今後野外また実験系で定量的に検討すべき課題であると考えられる。

### 摘 要

矢作川の支流の小河川において、流速の速いところと遅いところの河床の石のそれぞれの上流側と下流側の付着藻類群集の増加速度と種類構成を調べた。付着藻類のクロロフィル a 量は、冬季に高い傾向が認められた。クロロフィル a 量の最大値は、夏季、冬季ともに流速の遅いところの石の下流側で得られた。調査期間の初期の藻類の増加速度は、流速の速いところでも遅いところでも石の上流側と下流側とで明らかな差はなく、初期の付着過程に対する水流の影響は小さかったと考えられる。大型の藻類の存在は珪藻の分布に影響を及ぼす可能性が認められた。

### 参 考 文 献

- 1) HORNER, R. R and E. B WELCH Can J Fish Aquat Sci., **38**, 449 ~ 457 (1981)
- 2) STEVENSON, R J Ecology, **64**, 1514 ~ 1524 (1983)
- 3) STEVENSON, R J Int Revue ges Hydrobiol, **69**, 241 ~ 262 (1984)
- 4) LUTTENTON, M R and R G RADA J Phycol, **22**, 320 ~ 326 (1986)
- 5) JONES, J G Oecologia, **16**, 1 ~ 8 (1974)
- 6) 上條裕規・渡辺仁治: 陸水雑, **36**, 16 ~ 22(1975)
- 7) SAGI, T Oceanogr Mag, **18**, 43 ~ 51 (1966)
- 8) BENDSCHNEIDER, K and R J ROBINSON J Mar. Res, **11**, 87 ~ 96 (1952)
- 9) WOOD, E D, F A J ARMSTRONG and F A RICHARDS J mar biol Ass U K, **47**, 23 ~ 31 (1967)
- 10) MURPHY, J and G A RILEY: Anal Chim Acta, **27**, 31 ~ 36 (1962)
- 11) SCOR/Unesco Working Group 17 UNESCO, 69pp (1964)
- 12) AIZAKI, M Jap J Limnol, **40**, 10 ~ 19 (1979)
- 13) HUDON, C and E BOURGET. Can J Fish Aquat Sci, **38**, 1371 ~ 1384 (1981)
- 14) HOAGLAND, K D, S C ROEMER and J R ROSOWSKI Amer J Bot, **69**, 188 ~ 213 (1982)