

付着藻類の群落構造とその遷移

日 下 部 有 信

まえがき

水中の微小な珪藻・藍藻・緑藻などが礫・水草その他のものに付着して生育増殖する場合には、これらの藻類が炭水化物の多糖類を分泌し、それが寒天状になって付着器となり藻体を他物にくっつけているのである。このようにして形成される付着藻類群落は光条件その他の無生物的あるいは生物的環境要因のもとに一つの有機体としての群落構造をつくっているはずである。

陸上の高等植物について各群落の特徴をみる際には群落の種組成とその空間的配置・密度・被度・頻度などの群落測度によってこれを分析し、さらにそれらの時間的变化を調べることが行われているが、水生の微細な付着藻類についてはこのような方法で群落構造を明らかにすることは従来行われていない。筆者はこれらの微小な付着藻類群落の構造とその形成過程を明らかにする目的で、びわ湖(大津市下坂本の京大大津臨湖実験所内)の付着藻類について若干の調査を試みたので、その資料をもとに、微小な付着藻類群落の性格を調べるために群落測度を如何に適用していくかについて検討してみたい。

方法および無機環境

資料採取は、主として群落の遷移をみる目的で金属製の枠に表裏2枚の木綿布を糸で縫いつけ、これを水面下約20cmの深さのところに沈めて(図1)その布を順次切りとり、その付着藻類について現存量を測定し、また切片標本を作成して検鏡した。なお、沈めてから資料採取時までの経過日数と年月日、水温、pHなどの無機環境および木綿布 25 cm^2 当たりに換算した現存量を表1に示した(現存量は布から付着藻類を歯ブラシでこすり落し、3000回転

2 (目下部)

表1 びわ湖下坂本における木綿布沈水実験時の無機環境と付着藻類現存量

経過日数	年月日	水温(時刻)	pH	現存量 (ml/25cm ²)
0	1971. 11. 19	14.1 (15 ; 40)	8.3	0
5	11. 24	12.0 (10 ; 50)	7.6	0.02
8	11. 27	12.7 (14 ; 40)	7.8	0.06
12	12. 1	8.8 (11 ; 40)	7.5	0.10
19	12. 8	7.1 (10 ; 40)	7.3	0.24
26	12. 15	8.0 (11 ; 40)	7.2	0.40
33	12. 22	8.3 (10 ; 40)	7.4	0.46
46	1972. 1. 4	7.7 (12 ; 50)	7.4	0.54
61	1. 19	7.8 (11 ; 00)	7.3	0.51
75	2. 2	8.7 (11 ; 40)	7.2	0.57
94	2. 21	7.2 (11 ; 30)	7.2	0.47
111	3. 9	9.8 (15 ; 30)	8.0	0.48

5分間の遠心沈殿を行いその量を測定して 25 cm² 当りに換算したものである)。木綿布からこすり落した資料とは別に採取した木綿布をおよそ 1 cm 四方の大きさに切って水洗し、アルコールの濃度を順次上げて脱水し、キシレンに移してからパラフィンに包埋してパラフィンケーキをつくる。これを布面に垂直な方向にミクロトームで切って切片をつくり、脱パラフィンをし、これをスライドグラスにカナダバルサムで封入して永久プレパラートを作った。このプレパラートを検鏡して、水に沈めてから日を経るにつれてどのような付着藻類群落が形成され遷移していくかを調べた。

その他に湖中の水生植物であるエビモとオオカナダモの葉の表面の付着藻類群落を調べるために、それら水草の葉を採取してこれも上述と同様の方法でパラフィンで包埋し、切片を作つてプレパラートを作成して検鏡した。

なお切片の厚さはミクロトームで調節し、検鏡時の計測は測微計（対物マイクロメーターと接眼マイクロメーター）による計測法を用いた(図2)。

論 議

A 群 落 測 度

1 方形区の大きさ

陸上植物の群落を調べる場合には方形区法（コドラート法）を使うが、水中の微小な付着藻についてもこの方法を適用することができるかどうか、また適用できるとしてもどの位の大きさの方形区が適當かが問題である。

河川や湖沼など淡水の付着藻の主なものは珪藻と藍藻であり、その大きさから考えて方形区を設定するとすれば一辺 100μ～200μ ぐらいが適當と思われるが、顕微鏡下で観察するという条件ではあまり厚い切片は観察に適さない。

い。筆者は切片の厚み $20\mu \sim 150\mu$ の間の色々な厚さの切片を作つて比較してみたところ、 $20\mu \sim 30\mu$ のうすい切片では種の同定や個体の計数・計測には都合が良いが個体間の立体関係がつかみ難く、一方 $100\mu \sim 150\mu$ の厚い切片では付着藻類の個体間の立体関係はある程度わかるが、種の判定や個体の計数などが困難となる。これらを総合的に考えると、切片の厚さは $50\mu \sim 60\mu$ くらいが最も適当であろうと判断する。筆者は今回 50μ の厚さの切片をつくり付着藻類の群落測定の対象とした。ただし、同時に厚さ 30μ の切片もあわせて作り、種の同定その他群落構造の把握に利用した。

上記の厚さの切片を作るとして、その切片のどのくらいの範囲（長さ）を方形区のもう一方の辺、すなわち巾とするかについても検討してみたが、藻体の大きな群落の場合には 200μ ぐらいが適当であり、藻体の小さい場合は個体の計数が大変なので 100μ 程度が妥当ではないかと考える。したがってとくに大きな藻体（例えば緑藻の *Oedogonium*（サヤミドロ）、*Draparnaldia*（ツルギミドロ）、*Stigeoclonium* など）が含まれている場合を除いては厚さ 50μ 、巾 100μ という矩形枠を方形区のかわりに設定することにした。

2 密 度

密度は上記の矩形枠の付着藻の総個体数を面積で除して単位面積当たりの個体数を求めるわけであるが、珪藻は単細胞なので細胞数をそのまま個体数として数え、また藍藻のような糸状藻の場合はその藻体の本数を個体数として数えて総個体数を求める。群落間の比較の場合、同じような生育状態（現存量が同じ）でも、種類による藻体の大きさの差によってこの値はかなり違う（藻体の小さいものが多ければ密度は高くなる）から、陸上植物の場合と同様に下記の被度や藻体の高さなどを加味して検討しなければならない。

3 被 度

陸上植物群落で地表面に対する植被面積を出す際には平面的な観察が可能であるが、付着藻類についての上記切片の検鏡で平面的な植被面積を求ることは非常に困難であるから、群落の側面観から各藻体を付着面に投影してその長さを求め、これに藻体の巾を乗じておおよその被覆面積を求めることができる。被覆面積を枠面積に対する百分率であらわしたもののが被度百分率であり、階級値を加減乗除するには Penfound and Howard の方法による被度階級（表2参照）が便利である。今回もこの方法によって被度階級をあらわした（表2、表3）。

4 (日下部)

表2 設置後46日目の付着藻類群落の被度および頻度

種類	調査区番号	被度階級					頻度 百分率
		I	II	III	IV	V	
Melosira varians				1	1		40
Synedra rumpens var. familiaris		1'	1	1'	1		80
Cocconeis placentula		1	1	1	1'	1	100
Rhoicosphenia curvata		1	1	1	1	1	100
Navicula radiosha		2	1	2	3	2	100
Navicula radiosha var. tenella			+	1		1	60
Navicula menisculus var. upsaliensis					1'		20
Cymbella tumida			1'			+	40
Cymbella turgida				1	1		40
Cymbella turgidula var. nipponica		1	1		1'	1	80
Gomphonema quadripunctatum var. Hastata		1					20

被度階級	4	3	2	1	1'	+
被度百分率(%)	75~100	50~75	25~50	6~25	1~5	1以下

表3 付着藻類群落の遷移（被度階級の変遷）

種類	経過日数	被度階級							
		5	8	12	19	33	46	61	111
Melosira varians				1			1		
Fragilaria virescens					+			+	
Synedra rumpens var. familiaris		1	2	2	1	1'	1	1	
Synedra rumpens var. scotica		1'		1					
Synedra ulna				1			1		
Eunotia lunaris								+	1'
Cocconeis placentula		1	1'	1	1	1	1	1	1
Rhoicosphenia curvata			1	1	1	2	1	2	2
Navicula radiosha		1'		1	1	2	2	3	1
Navicula radiosha var. tenella						1	1	1	1
Navicula menisculus var. upsaliensis					1'	1'			
Navicula viridula var. slesvicensis							1'		
Cymbella tumida								1	1
Cymbella turrida					1'	1	1		
Cymbella turgidula var. nipponica					1	1	1	1	2
Cymbella ventricosa						+		1'	1
Gomphonema parvulum var. exilissima							1'		+
Gomphonema quadripunctatum var. Hastata				1'	1'			1	1

4 頻 度

ある種の頻度はその種を含む株数（方形区数）の調査全株数に対する百分率で示す。これは陸上植物における方法をそのまま持ち込むことができる。表2には46日目の付着藻類群落の各出現種の頻度が示してある。被度と頻度でみればこの場合 *Navicula radiosa* が最も優占的で *Rhoicosphenia curvata* と *Coccineis placentula* がそれにつぐ、いずれも頻度は 100 % である。

5 高さ

種ごとに付着点から藻体の最先端までの高さを測定するのであるが、付着藻が単層構造であれば種の藻体の高さを測ればよい（例えば図3のエビモの葉の表面の *Eunotia lunaris* 群集と裏面の *Coccineis placentula* 群集）が、群落が多層構造の場合あるいは長い付着器の先についているような場合（たとえば *Rhoicosphenia curvata* など）どうするかが問題である。他物に付着して中層や上層にある場合には藻体そのものの高さを、長い付着器の先についている場合は付着器を含んだ高さを測るのが妥当ではないかと考える、群落間の比較の際には群落全体の高さを測定する必要がある。群落が発達すると高さも高くなり、その値によって群落の大きさを知ることができる。

6 群度

これは植物の集合の度合を段階に分けて示すもので、付着藻類は種類によって集合の状態に特徴があり、たとえば *Homoeothrix janthina* は常に集合して叢状に密生する。したがってこれらを群度によって示すことは意味があると考えられるが、付着藻類の集まり方には陸上植物とは違った点があった、たとえば上記の *Homoeothrix janthina* が河川で優占している場合は Braun-Blanquet の群度階級では 3 か 4 ということになるが、実際は他の藻が入り込むすき間がないくらいに密生しているのでこういう場合も含めてどのような基準でどういう階級を設ければよいかは今後検討しなければならないところである。Numata (沼田) (1954) は陸上植物の群度について客観的な尺度を提案しているが、これも付着藻類には適用し難い。

7 優占度

群落を構成する種間の関係を示す尺度として、陸上植物では被度(C)・密度(D)・頻度(F)・高さ(H)などを用いて優占度をあらわすが、付着藻類にもこれを適用して優占度を出すことができよう。C, D, F, H のそれぞ

6 (日下部)

れを相対値であらわし (それぞれの測度で最高のものを 100 としてそれに対する測定値の比数を求める), これを用いて積算優占度 (S D R) を示すと $\frac{C+D+F+H}{4} \times 100\% \quad (\text{P}^1)$ として求めることができる。またファイトグラフ指数 (P^I) すなわち $\frac{(C+D)(F+H)}{2}$ を適用することもできる。この場合は C · D · F · H を 4 要素とした四角形の面積を求めることになり, その広さを比較することになる。

陸上植物では小型で個体数が多いものがあると相観とかなり違った S D R の値が出てくることがあり, 密度を除いた値で優占度を示す場合もあるが, 付着藻類では密度よりむしろ高さの要素を除いた方が良い場合がある。たとえば藍藻や緑藻の糸状藻が付着している場合は他の付着藻類に比して著しく高くなるために優占度が極端に大きくなりすぎるからである。

B 階層構造

付着藻類では森林の階層構造のように判然とした層を区別することはできないが, ある程度の階層構造がみられる場合がある。例えば *Coccconeis placenta* が最も下層にみられたり, *Rhoicosphenia curvata* の付着器が長く伸びて藻体が上層で繁殖したりというような階層構造をみることができる。したがって付着面に接した最下層と下層・中層・上層の 4 層ぐらいに分けて調べると群落全体が把握しやすい場合がある。とくによく発達した高さの高い群落ではそれが必要であろう。

C 群落の遷移

付着藻類群落では最初の藻が付着を始めてからある時期非常に繁殖が盛になり, 次に再び鈍化して遂にはほとんど増えなくなる。すなわち増殖は一般に S 字状のいわゆる生長曲線型を示すが, これは湖沼でも河川でも同様である (日下部 (1973), 安達他 (1973))。群落全体の高さもこれとほぼ平行して変化する。すなわち, 木綿布の沈水後の経過日数 12 日目には $70 \sim 80 \mu$ になり, 33 日目には 200μ 前後に成長し, 46 日目には 300μ 前後に達し, このとき高いところでは 500μ 以上にもなる。

5 日目から 110 日目までの遷移を Penfound and Howard 法の被度階級で示したものが表 3 である。表 3 でみると種類相は今回の調査では初め *Cocconeis placenta* の木綿繊維への付着がみられ (図 4, 図 5, 図 6), これは写真でみるように付着面に平面的にくっついて広がっており, ついで Cy-

mbella turgidula var. *nipponica* がふえ、さらに沈水後 26 日目の群落では中層から上層にかけて *Synedra rumpens* var. *familiaris* がふえて付着面に放射状に並んでくつつき、この時最下層には *Coccconeis placentula* がみられる。その後 33 日目になると、*Rhoicosphenia curvata* が付着器を長く樹枝状にのばし、それが次々と枝分かれしてその先に藻体をくつづけるという付着のし方で数が多くみられた(図7, 図8)。この頃には群落の高さが 200 μ 近くにもなる。このような付着藻類群落の遷移は、あとでふえてくる種類が光合成に必要な光や無機養分を得るのをそれまでに付着している藻類に妨げられないようにさらに上へ出るような付着の仕方をしながら群落を形成していく結果だとみることもできる(図9)。46 日目には *Navicula radiosa* が多くなり、61 日目には *Rhoicosphenia* の付着器が著しく長くなっているものがあり、その付着器の間に *Navicula radiosa* が多くみられる(図10, 図11)。111 日目には *Gomphonema quadripunctatum* var. *Hastata* がやや多くなり、*Cymbella ventricosa* も多くなってくる。

以上の遷移は11月から3月初めまでの冬季間の結果なので、他の季節では、また他の湖沼や河川では違った遷移がみられるものと思われる。たとえば九頭龍川における8月と10月の植物遷移の例(安達・日下部(未発表))では全く異なった植物相の遷移がみられた。

D 水草の付着藻類群落

びわ湖下坂本で1971年11月採集した水草に付いている付着藻類群落についても上記と同様の方法で切片をつくり、その群落構造をみた。エビモの葉の切片では表面に *Eunotia lunaris* の純群落がみられ、また裏面には *Coccconeis placentula* の純群落がみられた(図3, 図12)。

オオカナダモの切片ではエビモのような純群落はみられず、葉の表面には *Rhoicosphenia curvata* が被度・密度・頻度とともに優占し、裏面には *Coccconeis placentula* が優占していた(図13, 図14, 図15)。水草の種類によってこのように付着藻類群落の植生が異っているが、その理由は今のところ明らかでない。なお標本の製作過程で付着面から群落が少し剥離したものを図16に示したが、群落の最下層を *Coccconeis placentula* が形成しているのがわかる。

ま　と　め

付着藻類群落の構造とその遷移を明らかにする目的で、びわ湖下坂本の湖水中に木綿布を沈めてこの布に付着して行く藻類群落を厚さ 50μ の切片を作って調べ、陸上植物群落の分析に用いる各種の測度が適用できるかどうか検討してみた。密度や頻度は陸上植物群落の方法をほぼそのまま使えるが、方形区のとり方や、被度・高さ・群度などには微小な付着藻類群落独自の尺度が工夫されなければならない。

付着藻類群落の階層構造は森林のようなはっきりしたものは認められないが、発達した群落では4層ぐらいに区分することができる。

水中の布の繊維に付着が始まってから発達した群落が形成されるまでの群落の遷移は、初め平面的に付着する *Coccineis placentula* が顕著にみられ、次に放射状にくつつく *Synedra rumpens* var. *familiaris* が多くなり、さらに長い樹枝状の付着器をのばしてその先に藻体をくっつける *Rhoicosphenia curvata* がふえてくる。

文　　献

Numata, M. (1954) : Some special aspects of the structural analysis of plant communities 千葉大文理紀要, 1; 194—202

日下部有信(1973) : 本邦5河川およびびわ湖における付着藻類の生態学的研究, 大谷大学研究生報, 26, 35—115

安達誘, 日下部有信, (1973) : 九頭竜川中流域における付着藻類植生の季節変化および復元状態, 第38回日本陸水学会大会講演要旨集, 304

(本学教授 生物学)

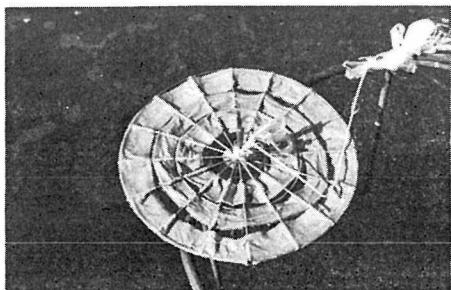


図1 木綿布を縫いつけてびわ湖の水中に沈めた
金属枠



図2 計測のために接眼マイクロメーターの目盛
を視野に入れたところ

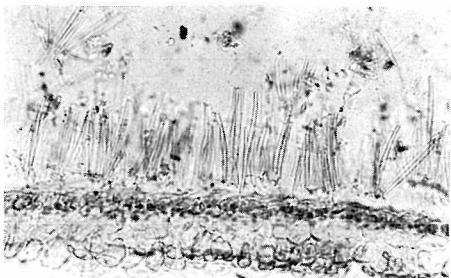


図3 エビモの葉の付着藻類群落（表面には Eu-
notia lunaris 群集、裏面には Cocconeis pla-
centula 群集がみられる）



図4



図5

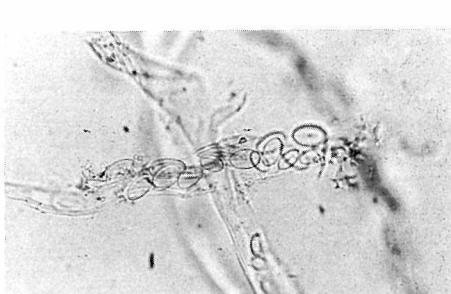


図6

図4～6 沈水後5日目
の木綿の纖維に付着
している Cocconeis
placentula 群集

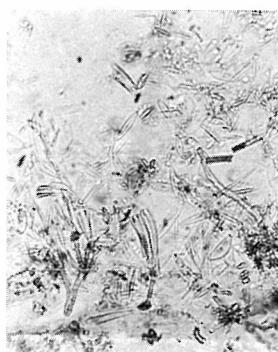


図7

図7～8 33日目の付着
藻類群落 (Rhoicos-
phenia curvata が
樹枝状の付着器の先
についている)



図8

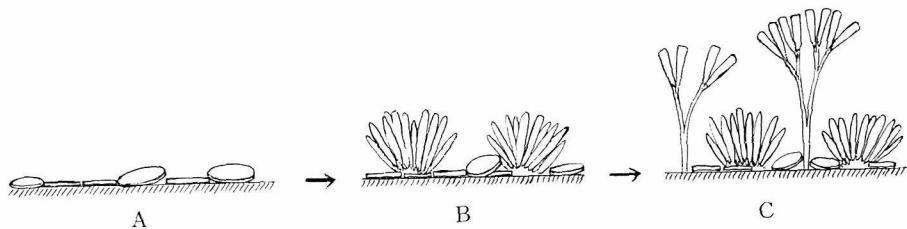


図9 付着藻類群落の遷移 (A→B→C)



図10 61日の付着藻類群落

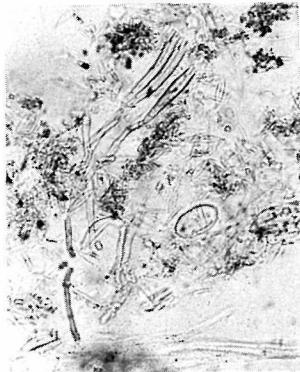


図11 61日の付着藻類群落
Rhoicosphenia curvata の樹枝状の付着器が長く伸びている。



図13 オオカナダモの葉の付着藻類群落

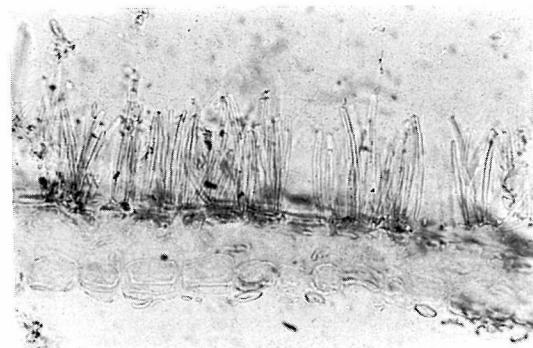


図12 エビモの葉の付着藻類群落

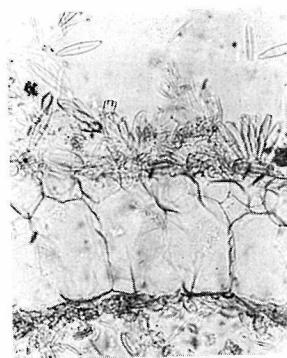


図14 オオカナダモの葉の付着藻類群落 最下層に *Cocconeis placentula* が多い

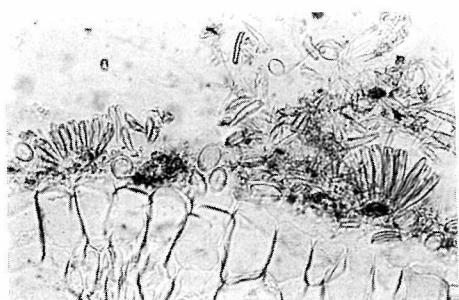


図15 オオカナダモの葉の付着藻類群落

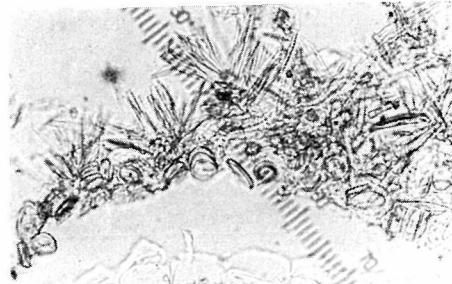


図16 オオカナダモの葉の付着藻類群落、群落が葉の表面から少し剝離したところ