

# 琵琶湖北湖沿岸域における付着藻類群集の群集構造および基礎生産

石田 典子

環境動態学専攻

## 要旨

琵琶湖北湖の上部沿岸域において付着藻類の種類構成、現存量および基礎生産の季節的変動を調べた。飛沫帯においては、数種の藍藻が常に認められたが、水面下では付着藻類の優占種と現存量は季節的鉛直的に変化した。付着藻類の現存量は、糸状緑藻 *Spirogyra* の増殖と消滅に関係して、6月に最大となり、8月に最小となった。糸状藻類は他の小型の藻類種に基質を提供すると考えられた。付着藻類の同化数はこれまで流水域および止水域で求められた値とほぼ同様の値の範囲にあった。琵琶湖に流入する河川における付着藻類の原植生は水源地質に関係する水質の違いに強く影響を受ける。沿岸域では、付着藻類の成長は水温や栄養塩類濃度等の物理化学的環境の季節的変動に関係すると考えられる。

## 課題設定の背景と研究の目的

湖沼における付着藻類の分布は光条件に影響されて沿岸域に限定されるため、浅く小さい湖を除いては生産活動における付着性藻類の寄与は浮遊性藻類のそれに比べて比較的小さいと考えられ、あまり注目されず、研究も少ない。しかしながら、湖沼における沿岸域の面積は一般に小さいものの、生物量は沖帯のそれに比べて多く、系の基礎生産における役割は無視できないものと考えられる。温帯の湖沼沿岸域における付着藻類の季節的な変化については、いくつかの研究例（例えば King et al. 2002）はあるものの、明らかではない。付着藻類の生育には基質の安定性は重要な要因の一つである。琵琶湖北湖の湖岸線に占める岩礁帯の割合は13%と大きくはないが、本研究ではその視点から重要な生息場所の一つであると考えられる岩礁帯を調査地点として選んだ。岩礁帯における付着藻類の生産力の見積もりと群集の周期性に関する知見は、沿岸域の特性への重要な知見をもたらすものと考えられる。

本研究では、琵琶湖北湖において、湖沼の湖岸に近い浅い水域（上部沿岸域とする）の岩礁帯の付着藻類を対象として、1) 上部沿岸域の付着藻類の種類構成の季節変化を明らかにすること、および 2) 上部沿岸域の藻類群集の現存量と基礎生産の現状を明らかにすることを目的とした。また、藻類群集の決定要因を検討するために 3) 集水域の河川上流部にみられる付着藻類の群集構造の特性を調べ、併せて考察

した。

## 琵琶湖北湖岩礁帯の上部沿岸域の岩面付着藻類群集

調査場所と方法：1997年11月と1998年の2月から12月にかけて2ヶ月ごとに、琵琶湖北湖の海津大崎（35° 27'N, 136° 05'E）の岩礁帯において採集調査を行った（図1）。

付着藻類群集は、高さ2.8m、幅3.5m、傾斜50°の巨岩から、プラスチック袋にブラシと円筒をつけた手製の採集用具を用いて採集した。試料は水面上（+0.2m）および水面下については水面から底まで0.2mごとに採集した。それぞれの藻類種の平均の細胞容量を画像解析により求め、測定した種ごとの細胞数、コロニー数、糸状体数などに乗じて、藻類量に変換した。藻類各種の優占率は藻類量に基づく。クロロフィルa量の分析はユネスコ法によった。水温、電気伝導度は伝導度計、pHは比色法で測定した。栄養塩類は、試水をあらかじめ420℃で2時間焼いたWHATMAN GF/C濾紙で直ちに濾過し、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素およびリン酸態リンをそれぞれ分析した。光合成の測定は<sup>14</sup>C法によった。



図1 調査地点

## 結果および考察

物理化学的環境：水温変動は、8月の28.5℃から2月の7.7℃と大きく変動した。栄養塩類については、溶存無機態窒素は1.3から20μMと変動し、夏季に低く、冬季に高い。溶存無機態窒素はほぼ95%を

硝酸が占めるが、8月のみ64%と減少した。溶存無機態リンは0.06から0.13 $\mu\text{M}$ と常に低く、変動は小さい。溶存無機態窒素と溶存無機態リンとのモル比から、リン欠乏の状態と考えられた。

付着藻類の種類構成と群集構造：水面上(+0.2m)の飛沫帯では、数種の藍藻(*Schizothrix* sp., *Calothrix parietina* および Pleurocapsaceae? の不明種)が優占した(図2)。これら藍藻は乾燥化や水の攪乱に対する耐性を持つと考えられる。水面下の藻類群集には明瞭な季節的变化が認められた。*Spirogyra* sp. 1は2月から見られ、6月になるとすべての深度で優占したが、8、10月にはほとんど見られなくなった。2月および12月の低水温期には *Cymbella turgidula* など数種の珪藻が優占していた。多様性指数( $H'$ )は *Spirogyra* が優占した群集では0.29とその他の群集について得られた平均値(1.40)にくらべて低く、また多様性指数を種数の自然対数で除した均衡度も0.3以下と他の群集に比べて低く、*Spirogyra* による独占的な状態が強いことを示している。*Spirogyra* が優占する群集における珪藻の平均種数は28であったが、*Spirogyra* の見られない群集では19と低かった。糸状緑藻の細胞表面が付着基盤を提供したり、糸状体の藻糸間の空間が利用されるなど、*Spirogyra* の存在によって生じる構造的な複雑さが小さい他の藻類種に有利に関与したためと考えられる。

付着藻類の現存量および光合成：クロロフィル a 量は、水面下では0.1から20 $\mu\text{g chl. a cm}^{-2}$ の範囲にあった(図3)。クロロフィル a 量の最大値は *Spirogyra* の増加に関係し、*Spirogyra* は水温や光の上昇に伴って増加し、真夏に水温が極めて高くなり、栄養塩類が枯渇するまで、波浪の影響などに耐えて生き延びると考えられる。0cmと飛沫帯では水面下に比べ、クロロフィル a 量は低かった。

光合成速度はクロロフィル a 量の変動に良く似ていた(図4)。同化数は水面下については0.5から4 $\mu\text{g C } \mu\text{g chl. a}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ となり、最大は *Spirogyra* が優占した時であった。同化数は水温の低い11月、2月および12月に低い傾向が見られた。

付着藻類と植物プランクトンの現存量と光合成の面あたりの比較から、*Spirogyra* が優占する時に付着藻類の密な集積が起こっていること、また生産への寄与は大きいことを示した。一方、*Spirogyra* が消滅し現存量が減少した夏季には、生産への寄与は小さかった。今回得られた現存量および同化数の値は付着藻類の種類構成に関係し、これまでの研究で

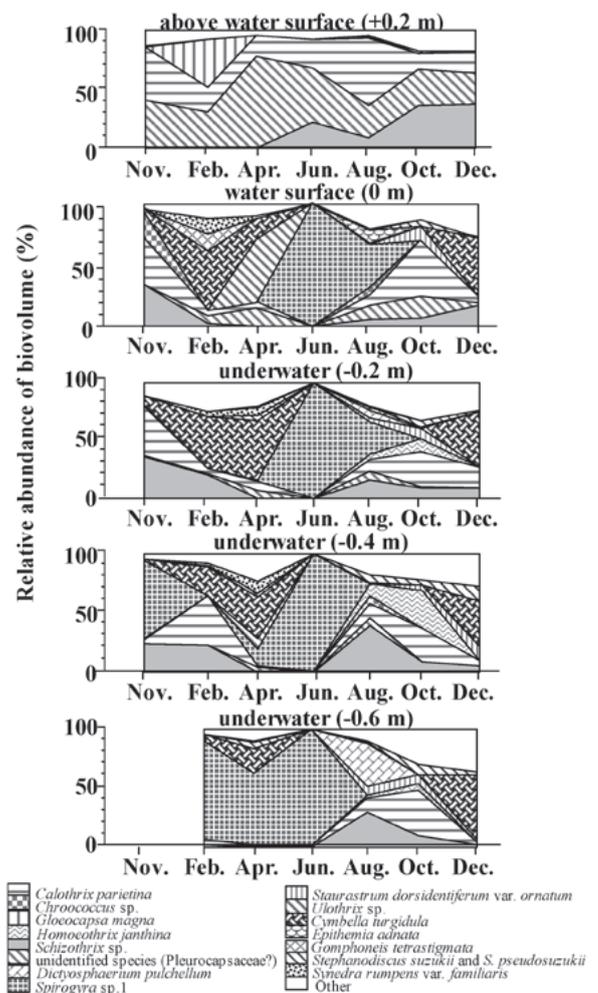


図2 琵琶湖北湖海津大崎の岩面付着藻類の季節的变化。1997年11月から1998年12月。相対出現頻度が10%以上である優占種を示した。藍藻はピンク、緑藻は緑、珪藻は茶色でそれぞれ表した。

求められた中栄養までの水域の沿岸域および流域での値とほぼ同程度であった。沿岸域では付着藻類の成長は水温や栄養塩類濃度のような物理化学的環境の変動に関係すると考えられる。

### 琵琶湖集水域の河川上流部における付着藻類の群集構造

沿岸域の付着藻類の生息場所は波浪のような物理的攪乱が卓越する場であり、流域との類似が認められる。琵琶湖集水域に位置する鈴鹿山脈北部の花崗岩や石灰岩などの地質的に異なる地域から流出するいくつかの一次河道において、付着藻類群集の種類構成を決定する要因として地質要因とそれに関係する化学成分の特性に注目して群集構造との関係を調べ、沿岸域の付着藻類群集の形成を考察するための知見を求めた。

調査場所と方法：琵琶湖湖東地域(35°03'Nから35°18'N, 136°19'Eから136°28'E)において、15の一

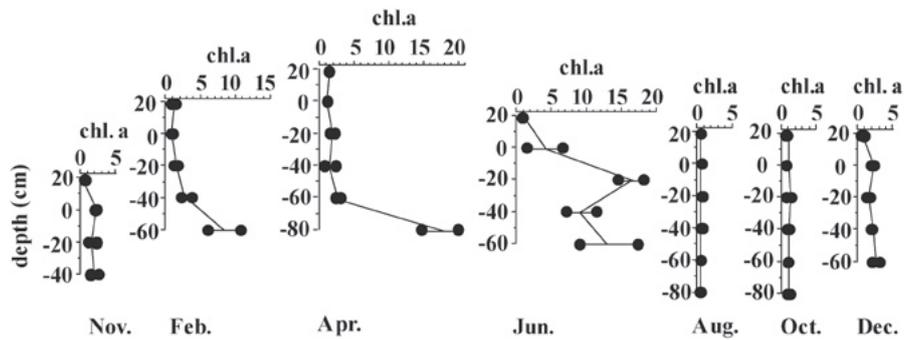


図3 付着藻類のクロロフィルa量 (mg chl.a cm<sup>-2</sup>) の鉛直分布の季節変化。0 cm水深はそのときの水面を示す。それぞれの図は水位の変動を考慮して配置している。縦軸は岩面上の採集距離を示す。

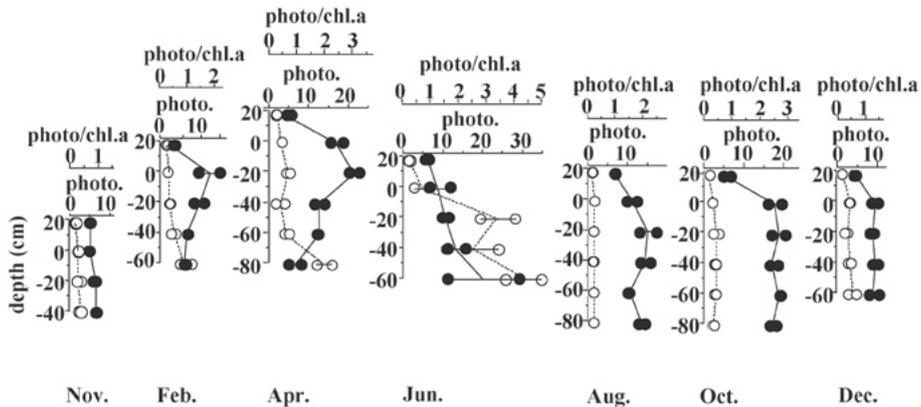


図4 付着藻類の光合成速度 (○;  $\mu\text{g C cm}^{-2} \text{hr}^{-1}$ ) および同化数 (●;  $\mu\text{g C } \mu\text{g chl.a}^{-1} \text{hr}^{-1}$ ) の鉛直分布の季節変化。0 cmはそのときの水面を示す。それぞれの図は水位の変動を考慮して配置している。縦軸は岩面上の採集距離を示す。

次河道と1の二次河道との合計16地点を、地質図を参照し地質特性を考慮して選んだ。採集調査は、1997年3、8、12月および1998年5、10月に行った。付着藻類の試料として10から20個の礫を河床から取り、礫の上面の付着物をプラスチックのブラシではぎおとして採集した。陽イオン(ナトリウム、カリウム、マグネシウムおよびカルシウム)と陰イオン(塩素および硫酸)、重炭酸イオンおよびケイ酸態ケイ素をそれぞれ求めた。

結果および考察：各地点の水質特性は、地質に関してそれぞれ特徴的な傾向を示した。石灰岩を水源とする川のカルシウムイオンと重炭酸イオンは、花崗岩の地点における値より高く、また、小林(1960)による日本の河川の平均値より高かった。花崗岩帯から流出する河川水は石灰岩帯のそれよりも貧栄養の傾向を示した。各地点の主要なイオンの当量百分率に基づいた三角図から、地質学的な特性から石灰岩群または花崗岩群と推定された地点はそれぞれ特徴的な水質を示し、2つのグループに分けられた。地点I-1(チャート)はこれらから孤立していた。時季の異なる5回の採集試料から得たそれぞれの珪

藻種の相対出現頻度をもとにクラスター分析を行ったところ、クラスター1には7つの石灰岩群の地点と地点AK-1(花崗岩)と地点I-1(チャート)が属し、クラスター2には花崗岩群の地点(地点AK-1を除く)が属し、クラスター3には石英斑岩と溶結凝灰岩の3地点が属し、各地点の珪藻群集はおおむね地質の相違に関係して異なるクラスターに区分された。この結果から同じ地質特性の地点グループの珪藻植生は、互いに似ており、特に分水嶺の同じ側でその傾向は大であると言える。

主要化学成分を説明変数とし、珪藻群集のクラスターを目的変数とした正準判別分析では、判別の中率は94%であり、珪藻群集の類似性は河川水的主要化学成分によりほぼ説明可能であると考えられた。判別得点の散布は地点AK-Iを除いてクラスター分析の結果と一致した(図5)。この結果は、異なる地質特性に起因する河川水中の主要化学成分の相違は、同じ気候区分内の珪藻群集の原植生に強く影響することを示唆した。

### 河川上流部の藻類群集の決定要因

琵琶湖湖東地域の地質的に異なる地域(石灰岩と

花崗岩) から流出する2つの一次河道において、これらの河床の礫の入れ替えにより、付着藻類群集への水質と基質の影響を調べ、基質の相違が珪藻群集の量と質に及ぼす影響を調べた。

調査場所と方法：調査と実験は、2001年10月から11月に行った。地点L (35°11'N, 136°27'E) は石灰岩帯に、地点G (35°06'N, 136°27'E) は花崗岩帯に位置する。地点Lと地点Gとにおいて直径が5から10cmの礫を取り、針金のブラシですべての付着物を除去し、70%アルコールを吹き付け、乾燥させた。その後これらの礫は4つの約40cm方形のステンレスのかごにいった。4つのうち2つのかごはもとの河床に沈め、残りの2つは河川水に浸したままもう一方の川に運び、沈めた。これらのかごは水深20cmから30cmで、陸上の植生によって日照が妨げられない場所に位置した。同時に2つの地点の藻類がついたままの礫も同様にそれぞれ異なる川に運び、沈めた。これらによって6つのシリーズを設定した。

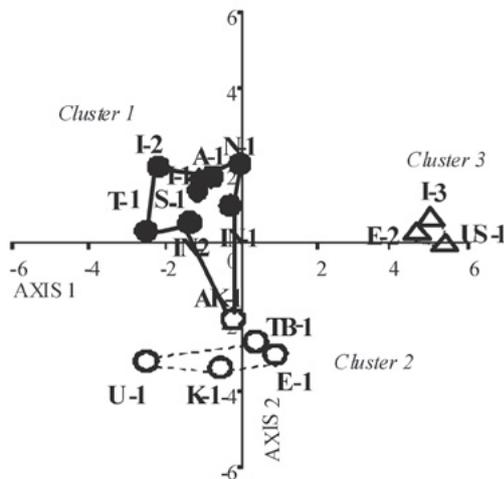


図5 判別分析による各地点についての判別得点。

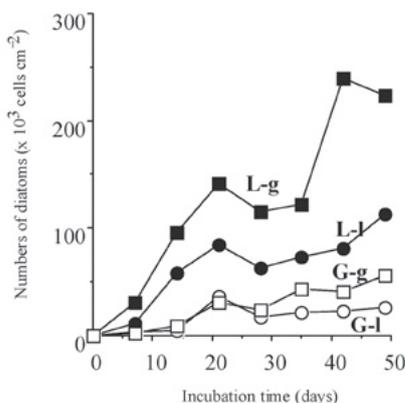


図6 付着実験における珪藻細胞数の増加。実験L-l(黒丸)、L-g(黒四角)、G-g(白四角)およびG-l(白丸)

結果および考察：付着藻類を除去した礫をそれぞれの川に沈めた付着実験の結果から、石灰岩帯の地点Lにおける珪藻の増加速度と最大細胞数は花崗岩帯の地点Gにおける場合より高かった(図6)。栄養塩類濃度を含む水質の相違は、これらの川の藻類の生長に関しての制限要因であると考えられる。いずれの地点についても基質が花崗岩である場合(L-g, G-g)に細胞数の増加が大であり、水質が同じ場合は、基質の特性(表面の粗さなど)が関係すると考えられる。藻類を除去して移動させた礫上の群集についても、藻類つきで移動させた礫上の群集についても培養期間の終了時には、その場の礫の群集との相違はほとんど見られなかった。この結果は、基質特性の違いは藻類の群集構造に関しては影響が小さいことを示唆すると考えられる。その理由としては、有機物の集積が微小な生物の侵入に対して似た表面を提供する(Blinn et al. 1980)という可能性が考えられる。

本研究の河川水域の付着藻類群集は比較的短期間で更新され、水質の特性に応じた特徴的な種群で構成されると考えられる。

### まとめ

- (1) 上部沿岸域は河川と同じく物理的攪乱の大きい場であるが、その藻類相、密度、分布などからみて流水系とは異なる特徴を持つ場である。沿岸域では付着藻類の成長は水温や栄養塩類濃度のような物理化学的環境の変動に関係する。
- (2) 沿岸域の付着藻類の基礎生産は、藻類現存量に関係し、糸状緑藻 *Spirogyra* 優占期の寄与は大きい。*Spirogyra* の形態は単位面積あたりの現存量を多く保つことができ、光利用および栄養塩類の吸収に関して有利であると考えられる。
- (3) *Spirogyra* の増加は、藻類群集の多様性を低下させるが、一方でその藻糸に付着する珪藻に生息場所を提供するなど群集構造に影響を与える。
- (4) *Spirogyra* を含む付着藻類群集の増加には基質となる岩の性質が関係する可能性がある。琵琶湖北湖の岩礁の花崗岩質の巨岩は付着藻類に対して安定度の高い基質である。
- (5) 糸状緑藻の出現には水域の富栄養化が背景にある。湖沼環境の指標として藻類種と量の監視が必要であると考えられる。