

調査報告

琵琶湖北湖湖岸帯における湖底泥質化の実態調査
- 泥質化と藍藻(アオコ・附着藍藻)の関連 -

一瀬 諭^{*1} 若林徹哉^{*1} 加賀爪敏明^{*1}

Biological Survey of Mud at Littoral Zone of The Northern Basin of Lake Biwa
- Relationship between Increasing of Muddy Nature and Blue-green Algae -

Satoshi ICHISE^{*1}, Tetsuya WAKABAYASHI^{*1} and Toshiaki KAGATSUME^{*1}

今回、県が実施した琵琶湖北湖湖岸帯湖底泥質化実態調査において、当センターでは底泥上に生息する藻類の現存量やアオコ形成種の有無、およびエリ網などに付着する藍藻の分布状況について調査を実施した結果、琵琶湖中央沿岸帯の砂質中心の測線では藻類の現存量は少なかった。しかし、北部沿岸帯および南部沿岸帯ではシルト質や砂混じりシルト質となっており、この測線では生物量が多く、また、アオコ形成種が底泥上に広く分布していることが明らかとなった。また、エリ網に多く付着する糸状性藍藻種も底泥上には多く分布しており、その分布は北部沿岸帯測線より南部沿岸帯測線で多い傾向などが明らかとなった。

キーワード：琵琶湖、沿岸帯、湖底、泥質、藻類、アオコ

はじめに

湖沼における底質環境は、生態系全体での重要な構成要素であり、湖底の泥質やそこに分布する微生物を正確に把握することは、大きな意義を持つ。特に琵琶湖沿岸帯の生態系に関しては、未解明な部分が多くあり、湖底地形や底質性状により生活する微生物群落も相違している事が予測される。また、近年、南湖沿岸部ではアオコの形成が毎年のようにみられ、さらには琵琶湖北湖の定置網であるエリ網にも付着物量が多くなり、エリ操業にも深刻な影響が出てきている。

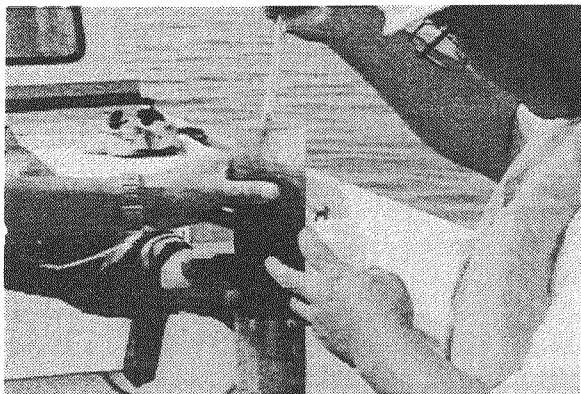


写真1 琵琶湖北湖沿岸帯における底質環境調査
(底質サンプリング状況)

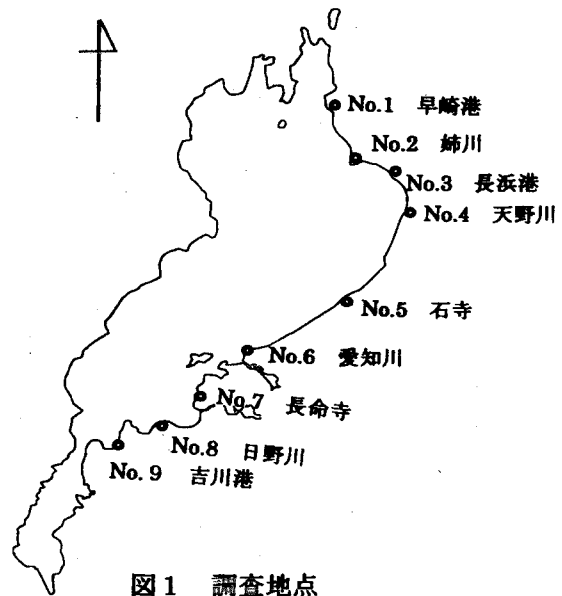


図1 調査地点

今回、県が実施した調査の中で、琵琶湖北湖沿岸帯における底質環境を把握するとともに、当センターでは底泥上における藻類の量やアオコ形成種の有無およびエリ網の付着藻類の生息状況について調査を実施したので報告する。

*1 滋賀県立衛生環境センター 〒520-0834 滋賀県大津市御殿浜 13-45

Shiga Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science,
13-45, Gotenhama, Ohtsu, Shiga, 520-0834, Japan

方法

1. 調査期間

平成 14 年 9 月 26 日～10 月 9 日.

2. 調査地点

図1に示す琵琶湖東岸部9測線の全90地点で実施した. 各測線間は約6km間隔で1測線につき湖岸から沖合い300m間で30m毎にコアサンプラーで採泥した(写真1). 理化学分析および採泥は県の委託により株 東レテクノが実施した.

3. 計数方法

直上泥のサンプルは搬入直後, 図2に示すように一部の検体につき浮上性藍藻類の有無を確認し, 20 ml 用試験管に全量に移した. その後, 攪拌・転倒を約10回繰り返して24時間静置した後, 試験管の底泥直上の藻類と水面まで浮上した浮上性藍藻類(アオコ形成種)の計数を行った.

3-1 底泥上の藻類(優占種を中心として計数)

藻類の計数は, 上水試験方法のプランクトン計数板を使用し, 直上泥 0.1ml 中の藻類を生物光学顕微鏡(Nikon 製: エクリプス)を用い, 種類とその総細胞数を計数した. なお, ここで言う優占種とは, 各地点で最も総細胞数が多かった種類を言う.

3-2 底泥上から浮上した浮上性藍藻類

(アオコ形成種を中心として計数)

細胞内に偽空胞を有する浮上性藍藻の計数は, プランクトン計数板(離合社製)を使用し, 表層水 1 ml 中の浮上性藍藻類を生物光学顕微鏡(Nikon 製: オプチフォト)を用いてその群体数を計数した.

3-3 底泥中に分布する付着性藍藻類

(エリ網, 付着性藍藻を中心として観察)

底泥中に分布する付着性藍藻類の有無については, 直上泥を駒込ピペットにて一部をスライドガラス上に移し, 落射蛍光顕微鏡(Nikon 製の DFE2: G 励起, B 励起)を用い, 藍藻が持つフィコシアニンやフィコエリスリン色素を有し揮橙色に発光する糸状体を定性的に検鏡した.

3-4 底泥中の珪藻類

(付着珪藻を中心として観察)

泥中に存在する付着性珪藻類の有無とその活性度については, 直上泥を駒込ピペットにて一部スライドガラス上に移し, 落射蛍光顕微鏡(Nikon 製の DFE2: B 励起)を用いて活性のある珪藻細胞を検鏡した. 特に珪藻類は珪酸質の殻を有するため, 死滅してもその殻は底泥上に残る. この殻のみの珪藻(死滅個体)と殻内に細胞質を有する珪藻(活性個体)を蛍光顕微鏡下で定性的に検鏡しその比率を求めた.

3-5 化学分析 委託

検査項目は, 現況調査および含水比, 強熱減量, 酸化還元電位, 全窒素, 全リン, 全炭素を県の委託により東レテクノが分析を行った.

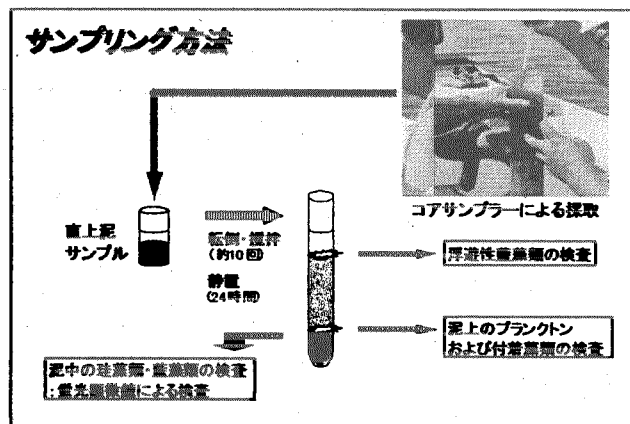


図2 琵琶湖北湖沿岸帯における泥質化調査の方法

結果

底泥上に分布する藻類の優占種や底泥上から浮上したアオコ形成種および蛍光顕微鏡による底泥中の珪藻類や藍藻類の計測結果について以下に述べる.

1. 底泥上の藻類優占種

各測線における底泥上で多く観察された藻類の中でも最も細胞数の多かった種類を優占種とし図4に示した.

1-1 No.1 早崎港沖

早崎港沖の測線は図3に示したように人工護岸であり, 湖岸より急に水深が深くなっている. それより沖は, ほぼ平坦な湖底面が続いている. 早崎港沖の藻類優占種は主に浮遊性藍藻に属する *Gomphosphaeria lacustris* 写真2 や付着性珪藻のエピテミアと呼ばれる *Epithemia adnata* (写真3 が優占種となった. 特に沖合の深い場所で *E. adnata* が多く観察された. 本種は付着性の珪藻であり沖合の表層部では, ほとんど観察されない種類である. 更に, 沖合 170 m ~ 320 m 間の地点においては硫黄細菌の *Beggiator* sp. 写真4 が今回初めて確認された. 特に沖合 230 m および 260 m の地点において多かった. 本種は糸状群体の中に顆粒状のイオウ成分を有する種類であり, 硫化物を必要とするため, 酸素がないか極めて少ない環境を好む種類である.

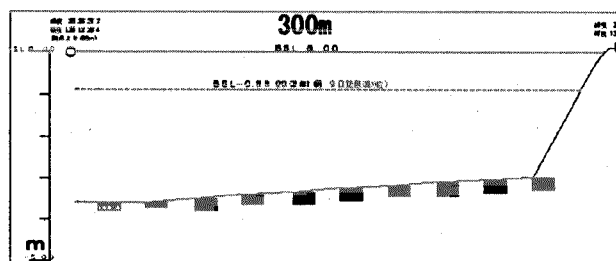


図3 早崎港沖 (No. 1) 測線断面図

	← 沖側 →									岸側	
	P-10	P-9	P-8	P-7	P-6	P-5	P-4	P-3	P-2	P-1	
早崎港沖	EA ↓ 650	EA ↓ 1,300	EA ↓ 1,100	GL ↑ 580	GL ↑ 680	GL ↑ 1,300	GL ↑ 3,500	FC ↓ 630	GL ↑ 1,500	FC ↓ 750	L-1 北
姉川沖	SD ↑ 560	EA ↓ 700	EA ↓ 1,300	EA ↓ 1,100	EA ↓ 690	EA ↓ 1,100	GL ↑ 4,800	EA ↓ 1,200	GL ↑ 1,600	EA ↓ 660	L-2
長浜港沖	MG ↑ 920	MG ↑ 510	MG ↑ 510	SS ↑ 200	FC ↓ 320	FC ↓ 310	FC ↓ 280	FC ↓ 500	FC ↓ 170	FC ↓ 250	L-3
天野川沖	SC ↑ 400	NH ↓ 190	SU ↓ 520	SC ↑ 1,800	SC ↑ 2,200	SC ↑ 1,000	SC ↑ 600	SC ↑ 400	SC ↑ 600	SC ↑ 200	L-4
石寺沖	SD ↑ 180	SD ↑ 430	FC ↓ 130	SD ↑ 430	FC ↓ 290	FC ↓ 200	SC ↑ 4,200	SD ↑ 340	NC ↓ 2,600	NC ↓ 3,200	L-5
愛知川沖	SC ↑ 1,200	SC ↑ 800	SC ↑ 3,600	SC ↑ 2,800	SC ↑ 2,000	SC ↑ 4,800	SC ↑ 3,800	SC ↑ 3,200	SC ↑ 10,000	NC ↓ 130	L-6
長命寺沖	MG ↑ 1,100	MG ↑ 820	MG ↑ 1,400	MG ↑ 750	GO ↓ 500	GO ↓ 760	GO ↓ 700	MG ↑ 550	MG ↑ 460	MG ↑ 340	L-7
日野川沖	MG ↑ 560	GO ↓ 1,200	MG ↑ 480	SU ↓ 210	MG ↑ 150	MG ↑ 220	MG ↑ 170	MG ↑ 430	MG ↑ 260	MG ↑ 290	L-8
吉川港沖	MG ↑ 860	MG ↑ 260	MG ↑ 930	SD ↑ 750	MG ↑ 500	MG ↑ 300	MG ↑ 290	MG ↑ 220	MG ↑ 290	MG ↑ 190	L-9 南

- 凡例
- | | |
|--|---|
| MG: <i>Melosira granulata</i> | SC: <i>Stephanodiscus carconensis</i> var. <i>pusilla</i> |
| FC: <i>Fragilaria capucina</i> | NH: <i>Navicula hasta</i> |
| NC: <i>Navicula clementis</i> | EA: <i>Epiteimia adnata</i> |
| GO: <i>Gyrosigma obscurum</i> | SU: <i>Surirella</i> sp. |
| GL: <i>Gomphosphaeria lacustris</i> | SS: <i>Scenedesmus</i> sp. |
| SD: <i>Staurastrum dorsidentiferum</i> var. <i>ornatum</i> | |

□ = 珪藻綱 □ = 藍藻綱 □ = 緑藻綱

↑ = 浮遊性種 ↓ = 付着性種

図中の数字は1mL中の細胞数。ただし、MG, FC, GL, SSは群体数で表示した。

図4 琵琶湖北湖沿岸帯における底泥上の藻類優占種(2002)

1-2 No.2 姉川沖

姉川沖の側線は自然的な護岸であり、図5に示したように湖岸から沖約200mまで平坦な湖底面である。早崎港沖と同様に *G. lacustris* が優占種となることが多かった。湖岸約200mから沖は勾配が強くなり、ここでも付着珪藻に属する *Epiteimia adnata* や *Rhoicosphaenia curvata* および浮遊性の緑藻の *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum* (写真5) が優占種となった。この種類はツツミモに属し、琵琶湖中央部でも夏季から秋季にかけて優占種となる種類である。

1-3 No.3 長浜港沖

長浜港沖は図6に示したように人工護岸であり、湖岸から沖100m付近まで直線的に水深が深くなり、水深約5mに達していた。ここでは主にオビ珪藻の

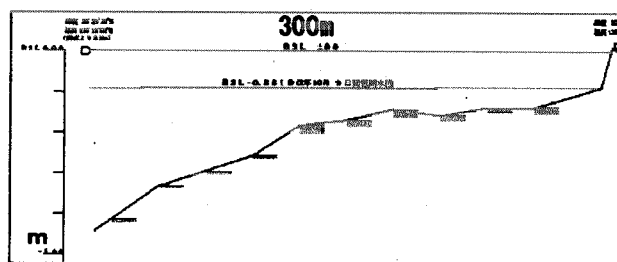


図5 姉川沖 (No. 2) 測線断面図

Fragilaria capucina が優占種となった。それより沖は約300mまではほぼ平坦な地形であり、緑藻のイカダモと呼ばれる *Scenedesmus* sp. やイトケイソウと呼ばれている *Melosira granulata* (*Aulacoceira granulata*: 写真6) が優占種であった。この測線においても沖合230m

～320 m間の地点で硫黄細菌の *Beggiator* sp. が観察された。特に早崎港沖と同様に沖合部の 230 m および 260 m の地点において多く観察された。

1-4 No.4 天野川沖

天野川沖は図7に示したように湖岸から沖約 120 m にかけては直線的に深くなっている人工護岸であり、それより沖は勾配が緩くなっており、沖合約 400 m の地点では水深が約 7 m であった。ここでは、ほとんどの地点でカスミマルケイソウと呼ばれる *Stephanodiscus carconensis* var. *pusilla* (*Stephanodiscus pseudosuzukii*: 写真7) が優占種となった。本種は琵琶湖中央部でも多く見られる種類である。また、付着珪藻に属するコバンケイソウとよばれる *Surirella* sp. 写真8 やフナガタケイソウと呼ばれる *Navicula hasta* も沖合の地点で優占種となった。硫黄細菌の *Beggiator* sp. は、少なかったが沖合 120 m から 180 m 間の地点において確認された。

1-5 No.5 石寺沖

湖岸は砂浜帯が続く自然護岸帯である。図8に示したように湖岸から水深約 1～2 m の平坦な地形が沖約 140 m まで続いていた。それより沖では緩やかに水深を増し、沖 320 m 地点においては水深約 5 m に達した。

ここで見られた種類は、湖岸から沖に向かって *Navicula clementis* や珪藻の *S. carconensis* var. *pusilla*、*F. capucina*、緑藻の *S. dorsidentiferum* var. *ornatum* が順に優占種となって出現した。

1-6 No.6 愛知川沖

自然護岸の砂浜帯であり、図9に示したように湖岸から沖 110 m 地点までは遠浅の地形で、それより沖では、急な勾配となり沖 230 m においては、水深約 5.5 m であった。また、それより沖では再び平坦な地形となっていた。ここではほとんどの地点で *S. carconensis* var. *pusilla* が優占種となり、沖合約 80 m の地点では 10,000 細胞/ml と最も多かった。本種は琵琶湖中央部でも多く見られる種類である。また、ツヅミモの *S. dorsidentiferum* var. *ornatum* は浅い水深の地点で優占種となって出現した。本種も琵琶湖中央部でも多く認められる種類である。硫黄細菌の *Beggiator* sp. は沖合 170 m から 290 m 間の地点において少量確認された。

1-7 No.7 長命寺沖

長命寺沖は図10に示したように自然護岸であるが、湖岸付近では急深な地形となっており、沖 30 m で水深約 3.5 m に達していた。それより沖では勾配が徐々に緩やかになっており、沖 300 m 地点で水深約 7 m であった。湖岸付近で *M. granulata*、沖合ではエスジケイソウと呼ばれる *Gyrosigma obscurum* 写真9 が優占種となって出現した。本種は大型の珪藻類で表層部では出現しない種類である。また、最も沖部では *M. granulata* が優占種となって出現した。

1-8 No.8 日野川沖

日野川沖は図11に示したように遠浅の自然護岸(砂浜)であり、湖岸付近から沖 220 m まではほぼ平坦な

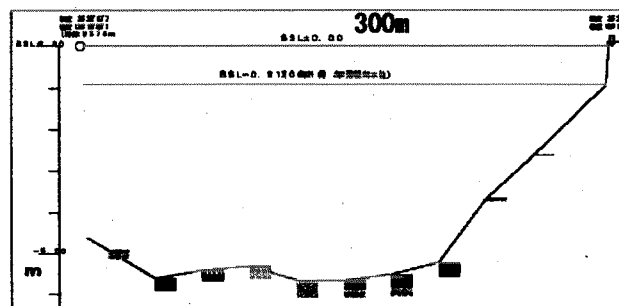


図6 長浜港沖 (No. 3) 測線断面図

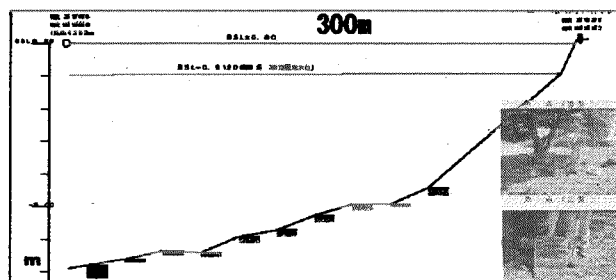


図7 天野川沖 (No. 4) 測線断面図

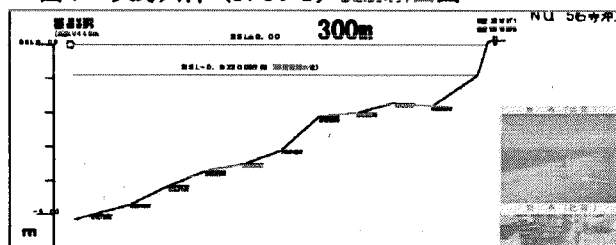


図8 石寺沖 (No. 5) 測線断面図

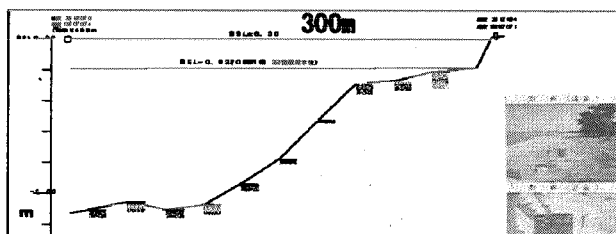


図9 愛知川沖 (No. 6) 測線断面図

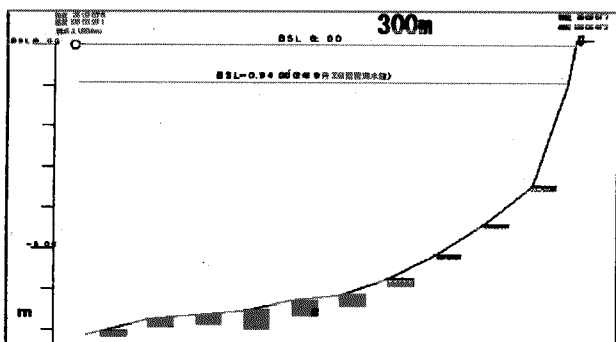


図10 長命寺沖 (No. 7) 測線断面図

湖底面で水深約 2 m に達していた。その後、沖 250 m までは急激に水深が増し、沖 250 m 地点では水深約 4 m であった。その後は緩やかな勾配となり、沖 370 m において水深約 5 m であった。主な出現種は湖岸付近の

地点から沖合の地点まで *M. granulata* が優占種となった。また、沖合 340 m の地点では *G. obscurum* が優占種となって出現した。

1-9 No.9 吉川港沖

吉川港沖は人工護岸であり、図 12 に示すように湖岸付近においては約 2 m の水深であり、それより沖 220 m までは勾配の変化をもちながら水深約 5 m に達し、その後は緩やかな勾配となり、沖 340 m においては水深約 5.5 m であった。出現種は湖岸付近の地点から沖合の地点まですべて珪藻の *M. granulata* が優占種となった。

1-10 底質と藻類の関係

北湖東岸は一般的に遠浅であったが、沿岸帯の底質の状況は、表 1 に示したように多様な様相を示しており、湖岸地形や湖底の勾配、あるいは河口との位置関係などの要素が影響していることが想定された。

図 3 ~ 12 の測線断面図に示したように、シルト質や浮泥（湖底にたまった底泥の中でもふわふわと漂うように湖底の表面に存在し有機物を多く含んだ泥）の蓄積状況については、湖底の勾配が緩く平坦な測線では比較的少なかった。しかし、水深が急激に深くなる長浜港沖や長命寺沖のような湖底形状の相違する部分では多くの浮泥の堆積が認められた。また、早崎港沖のように湖岸部から沖合まで浮泥堆積が顕著な測線も認められた。

北湖底泥上に分布する藻類の優占種の特徴をみると、図 4 に示したように全般的には珪藻が主体であった。しかし、北部である早崎港沖や姉川沖では浮遊性藍藻の *G. lacustris* が多かった。本種は湖中から底泥上に沈降してきた藻類であると考えられた。また、長浜港沖の特徴としては、付着珪藻の一種である *F. capucina* が沿岸帯に多かった。本種は水草等に付着しているものが落ちてきた可能性も考えられた。また、琵琶湖中央部で多く観察される *M. granulata* も多かったことである。

天野川沖から愛知川にかけての中央部の測線では、琵琶湖中央部のプランクトンとして観察されることが多い

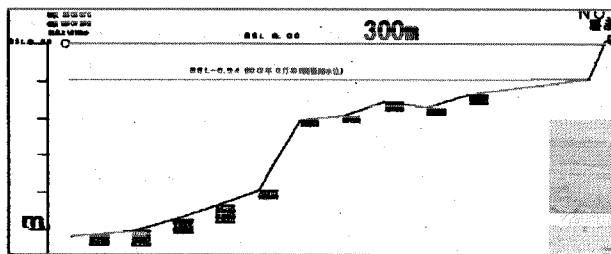


図 11 日野川沖 (No. 8) 測線断面図

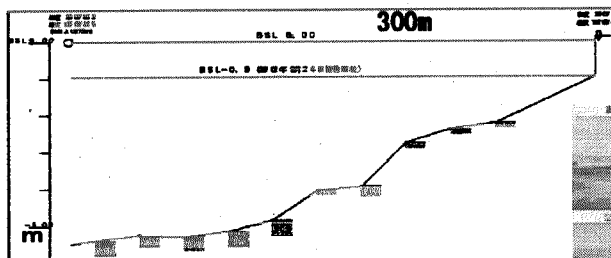


図 12 吉川港沖 (No. 9) 測線断面図

珪藻類に属する *S. carconensis* var. *pusilla* や緑藻類に属する *S. dorsidentiferum* var. *ornatum* が多く観察された。この 2 種類についても湖中から底泥上に落ちてきたものと考えられた。また、長命寺沖の測線では、*M. granulata* の他に、大型付着珪藻の *G. obscurum* が非常に多く認められた。本種は水深の深い地点でも活性度があり、動き回っているものが顕微鏡下で多く観察されたことから底泥上で生活しているものと考えられた。

南部に位置する日野川沖と吉川港沖の測線では、浮遊性の珪藻類である *M. granulata* が主に優占種になることが多かった。

このように琵琶湖北湖の底泥上における生物相は地点によって主な出現種が異なっていることが明らかとなった。また、測線によって生物量に大きな差が認められた。南部の測線である長命寺沖、日野川沖、吉川港沖では珪藻の生物量が多く、北湖東岸の中央部の測線である天野川沖、石寺沖、愛知川沖では珪藻の生物量は非常に少なかった。

表 1 琵琶湖北湖沿岸における泥質化状況(搬入表より作成)

地点	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1.早崎港沖	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	砂混じりシルト
2.姉川沖	黄土色砂	黄土色砂	灰色砂	黄土色砂	灰色砂	灰色砂	黄土色砂	黄土色砂	黄土色砂	灰色砂
3.長浜港沖	黄土色砂	灰色砂 シルト	灰色 シルト	灰色砂 シルト	灰色砂 シルト	灰色砂	灰色砂 シルト	シルト 砂混じり	シルト	砂混じり シルト
4.天野川沖	灰色砂	黄土砂	黄土砂	黄土砂	黄土砂	灰色砂	黄土砂	黄土砂 (シルト)	黄土砂 (シルト)	黄土砂 (シルト)
5.石寺沖	黄土色砂	黄土色砂	黄土色砂	黄土色砂	黄土色 小石混	黄土色砂	黄土色 小石混	灰色砂	黄土色 小石混	灰色砂
6.愛知川沖	灰色砂	灰色砂	灰色砂	黄土色砂	黄土色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂
7.長命寺沖	灰色砂	灰色砂	黄土色砂	シルト	砂混じり シルト	シルト	シルト	シルト	シルト	シルト
8.日野川沖	黄土色砂	黄土色砂	黄土色砂	黄土色砂	黄土色砂	灰色砂 シルト	灰色砂 シルト	灰色砂 シルト	灰色砂 シルト	灰色砂 シルト
9.吉川港沖	灰色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂	黄土色砂	灰色砂	灰色砂	灰色砂

天野川沖や石寺沖は黄土砂や、黄土色砂および小石混じりの底質であった。また、愛知川沖は黄土色砂から灰色砂中心であり、これらの地点の生物量も少なかった。しかし、これと反対に生物量が多かった早崎港沖、長命寺沖地点ではシルト質や砂混じりのシルト質の場合が多く、底泥上の生物量も増加することが示唆された。

2. 底泥上から浮上した藍藻類(アオコ形成種:図13)

直上泥の攪拌・転倒を繰り返した後、擬空胞の作用により水面まで浮上してきた藍藻の計数を行った。また、活性の有無についても蛍光顕微鏡を用いて確認した。

2-1 No.1 早崎港沖(図14)

最も多く出現した浮上性藍藻は *Anabaena spiroides* var. *crassa* (写真 10) であり、全体の 55 % を占めていた。本種は螺旋状の群体を形成するジュズモの一種であり、カビ臭物質を生成する種類である。また、本種は採水直後の検水中からも数は少ないが確認されていたことから、すべてが底泥上から浮上したものではないと考えられた。沖合の地点では湖岸部より多く本種が計数された。その他の種類ではマイクロキスティス属の一種である *Microcystis wesenbergii* (写真 11) が認められた。

2-2 No.2 姉川沖(図15)

浮上性の藍藻は比較的少なかった。しかし、沖合で少群体計数された。主に計数された種類はマイクロキスティス属の *M. wesenbergii* が全体の 53 % を占め、次いで *A. spiroides* var. *crassa* で、全体の 31 % を占めていた。

2-3 No.3 長浜港沖(図16)

多く計数した種類は *M. wesenbergii* であり全体の 67 % を占め、次いで *Microcystis novacekii* (18 % : 写真 12) であった。長浜港沖は人工の護岸であり、直線的に水深が深くなった周辺の地点で最も多く分布していた。また、姉川沖や天野川沖と比較すると多かった。

2-4 No.4 天野川沖(図17)

観察された藍藻はマイクロキスティス属の *M. wesenbergii* であり、全体の 72 % を占め、次いで *Microcystis aeruginosa* (16 % : 写真 13) であった。これら浮上性藍藻は沿岸帯では少なく、沖合の地点で比較的多く分布する傾向が認められた。

地点	沖側 ← → 岸側										群体数計
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1.早崎港沖											CC
2.姉川沖											C
3.長浜港沖											CC
4.天野川沖											C
5.石寺沖											C
6.愛知川沖											C
7.長命寺沖											CCC
8.日野川沖											CC
9.吉川港沖											C

凡例
 ...*Anabaena*属
 ...*Microcystis*属
 ...*Oscillatoria*属
 ...観測されず
群体数計: CCC...非常に多い、CC...多い、C...普通

図13 浮上性藍藻 アオコ形成種 の優占種と群体数計

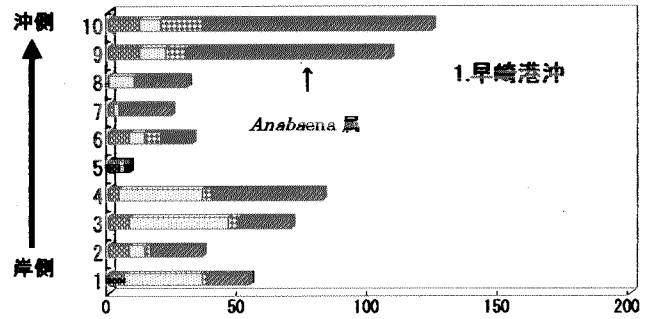


図14 早崎港沖 (No. 1) 群体数/ml

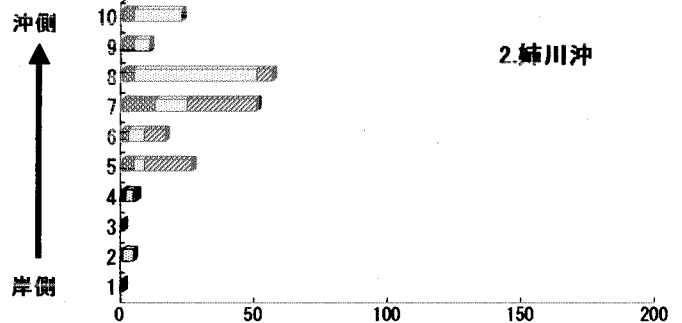


図15 姉川沖 (No. 2) 群体数/ml

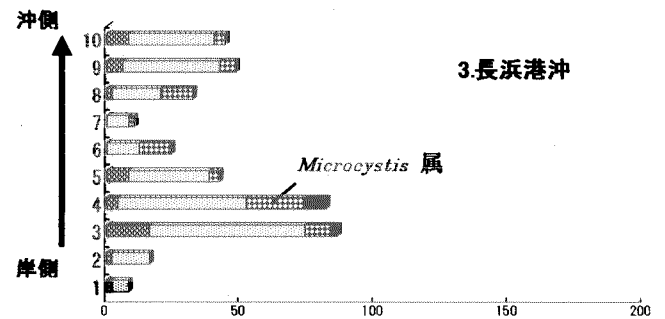


図16 長浜港沖 (No. 3) 群体数/ml

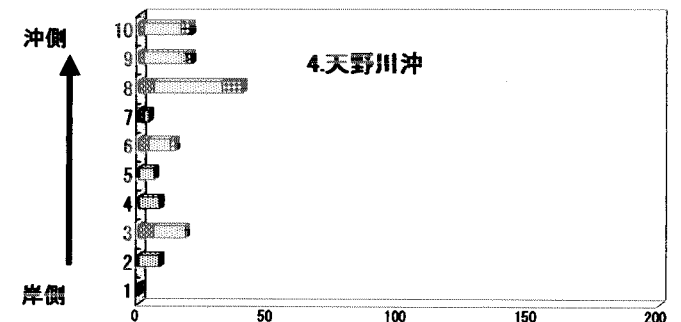


図17 天野川沖 (No. 4) 群体数/ml

- Microcystis aeruginosa*
- Microcystis wesenbergii*
- Microcystis novacekii*
- Anabaena macrospora*
- Anabaena spiroides* var. *crassa*
- Oscillatoria tenuis*
- Oscillatoria Kawamurae*

凡例: 底泥上のアオコ形成種

2-5 No.5 石寺沖(図18)

浮上性の藍藻は比較的少なかったが、*M. wesenbergii* が全体の77%を占め、次いで*M. aeruginosa* (18%)であった。沿岸帯よりも沖合の地点での分布が多かった。

2-6 No.6 愛知川沖(図19)

石寺沖と同様に少なかった。出現した浮上性藍藻類は*M. wesenbergii* が全体の76%を占めていた。沿岸帯より沖合約150mの地点での分布が多かった。

2-7 No.7 長命寺沖(図20)

長命寺沖の地点はアオコの原因となるマイクロシステス属が9測線の中では最も多く計数された。中でも*M. wesenbergii* が最も多く全体の85%を占めていた。この測線では、沿岸帯での*M. wesenbergii* の分布が比較的少なかったが、沖合での分布が非常に多かった。特に沖合240mから沖の3地点では浮上性藍藻が400群体/m¹以上と多く、この長命寺沖の底泥上には大量にアオコ形成種が分布していることが明らかとなった。

2-8 No.8 日野川沖(図21)

日野川沖は長命寺沖に次いで多くのアオコ形成種が計数された。中でも*M. wesenbergii* が全体の67%を占めていた。この測線では、*Microcystis* 属の100倍以上の細胞体積を有する*Oscillatoria Kawamurae* (写真14)も群体数としては全体の10%程度認められた。総群体数は沿岸帯の地点より沖合の地点の方が多かった。

2-9 No.9 吉川港沖(図22)

最も多く出現した浮上性藍藻は*M. wesenbergii* が全体の78%を占めていたが、大型種の*O. Kawamurae*も群体数として全体の9%程度認められた。本種は沿岸に近い地点で多く出現した。

今回の調査において、アオコを形成する浮上性藍藻は*Microcystis* 属が3種類、*Anabaena* 属が2種類、*Oscillatoria* 属が2種類の合計7種類が観察され、琵琶湖沿岸帯のシルト質の底泥上に多く分布していることが明らかとなった。また、その分布は長命寺沖が最も多く、次いで日野川沖、早崎港沖、長浜港沖の順であった。これらの地点は、理化学的な調査結果をみても、酸化還元電位が低く、全窒素や全りん濃度が高いことが認められた。また、分布が少なかった測線としては、石寺沖や天野川沖、愛知川沖の砂質中心の測線であった。

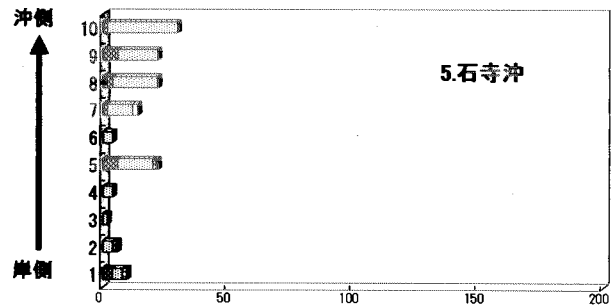


図18 石寺沖 (No. 5) 群体数/m¹

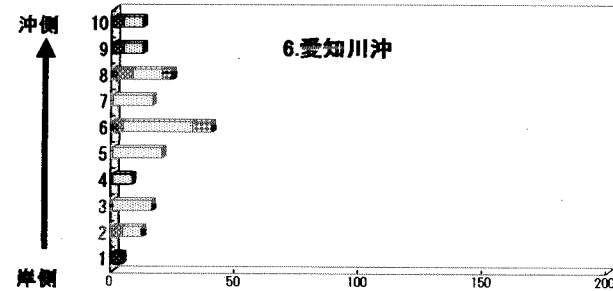


図19 愛知川沖 (No. 6) 群体数/m¹

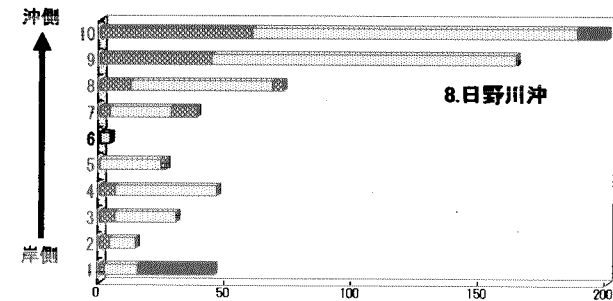


図21 日野川沖 (No. 8) 群体数/m¹

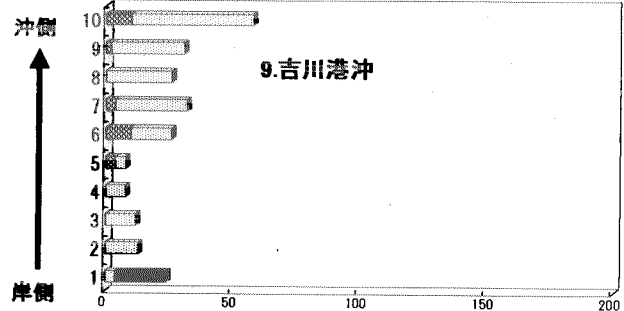


図22 吉川港沖 (No. 9) 群体数/m¹

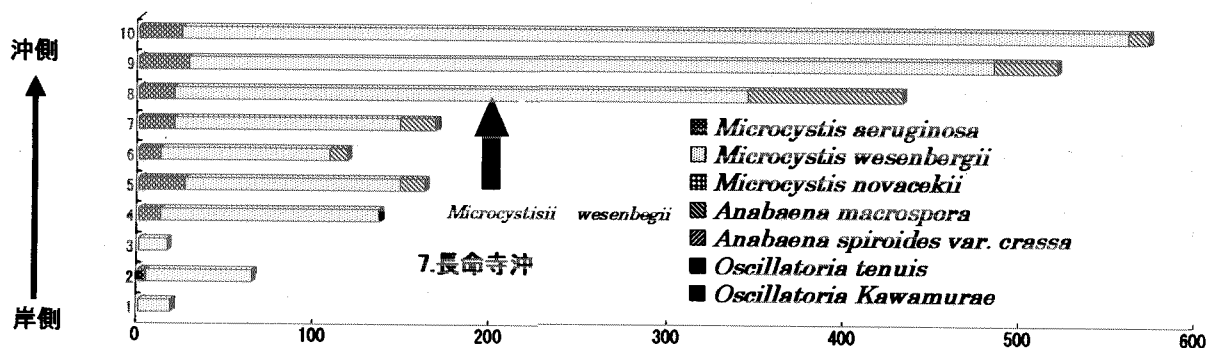


図20 長命寺沖 (No. 7) 群体数/m¹

超大型藍藻である *O. Kawamurae* は北部測線でも認められたが、南部測線である日野川沖や吉川港沖で多く計数された。本種は近年、南湖の沿岸帯において主にアオコを形成する種類であり、今後の増減が注目される。

3. 底泥中に分布する付着性藍藻類

近年、琵琶湖沿岸帯においてエリ網に茶褐色の付着物量が多くなり、網目づまりやかび臭の問題を引き起こしている。この藻類は付着性藍藻に属する *Schizothrix* sp. (写真15) や *Phormidium* sp. (写真16) によるものであった。今回、この底泥上に分布する付着性藍藻について調査を実施した。表1にその結果を示した。愛知川沖の底質は灰色砂や砂質が中心であり、通常の顕微鏡観察では藻類の確認は出来なかった。しかし、落射蛍光顕微鏡を用いて確認を行った結果、写真16に示したように、

黄褐色のひも状の *Phormidium* sp. が砂上や砂の周辺に多く観察された。また、蛍光顕微鏡B励起で観察した場合は、ひも状の *Phormidium* sp. は薄い黄色を発し、G励起では強い揮橙色を発することからフィコエリスリンを含有する種であることが明らかとなった。またこの *Phormidium* sp. の分布は、表2に示したように北湖南部測線の愛知川沖や長命寺沖、日野川沖、吉川港沖で多くの付着性藍藻の *Phormidium* sp. が確認され、特に、長命寺沖および吉川港沖の測線では沿岸部から沖合部の

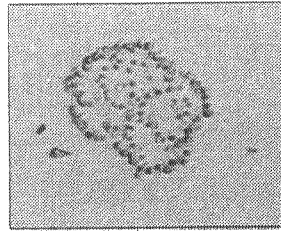


写真2 *Gomphosphaeria lacustris*

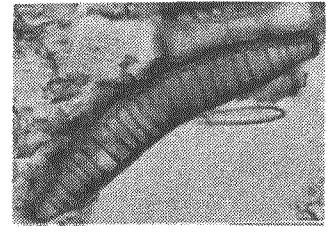


写真3 *Epithemia adnata*

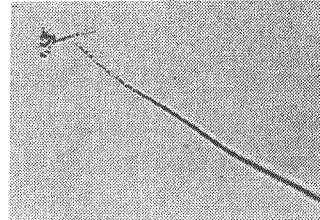


写真4 *Beggiatoa* sp.

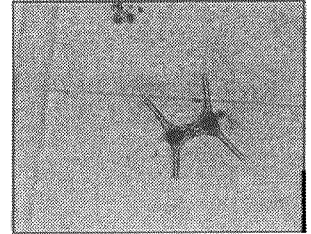


写真5 *Staurostrum dorsidentiferum* var. *ornatum*

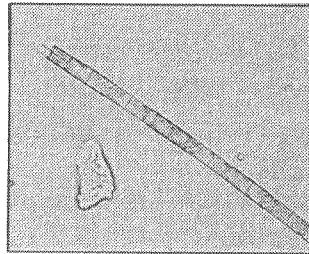


写真6 *Melosira granulata*

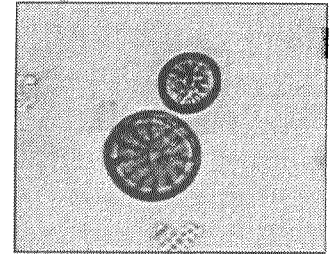


写真7 *Stephanodiscus carconensis* var. *pusilla*

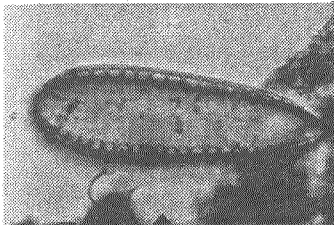


写真8 *Surirella* sp.

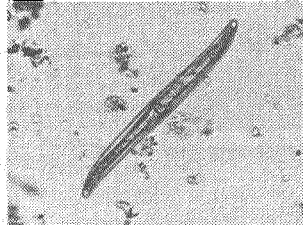


写真9 *Gyrosigma obscurum*

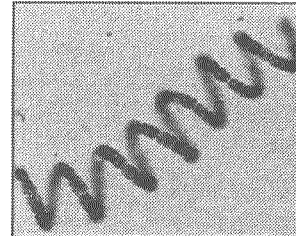


写真10 *Anabaena spiroides* var. *crassa*

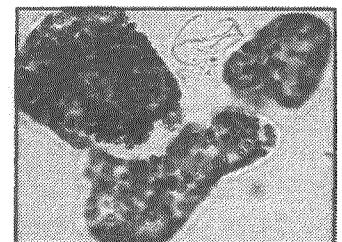


写真11 *Microcystis wesenbergii*

表2 琵琶湖底泥中に分布する付着性藍藻 (*Phormidium* sp.) の分布状況

地点	沖側 ← → 岸側										ライン	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
1. 早崎港沖												1
2. 姉川沖												2
3. 長浜港沖		○	○									3
4. 天野川沖												4
5. 石寺沖												5
6. 愛知川沖	○	○	○	○	○							6
7. 長命寺沖	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		7
8. 日野川沖	○	○	○	○	○	○	○	○				8
9. 吉川港沖	◎	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9

○ : *Phormidium* sp. が観察された地点

◎ : *Phormidium* sp. (大型) が観察された地点

※ ただし、蛍光を発する藍藻のみの観察結果

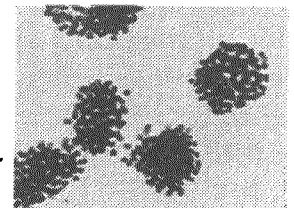


写真12 *Microcystis novacekii*

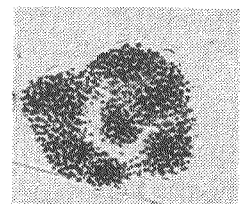


写真13 *Microcystis aeruginosa*

全地点にわたり確認された。

Phormidium 属の種名については、現在未定であるが糸状体が細いフィラメント状の *Phormidium* sp. と太く直線状の *Phormidium* sp. の2タイプが底泥中から確認された。これら2種類の付着性藍藻はエリ網に大量に付着するものと形態的には同様であったが、培養試験からも同一種類かを確認する必要がある。

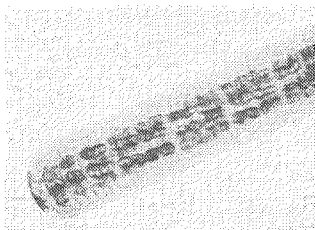


写真14 *Oscillatoria Kawamurae*

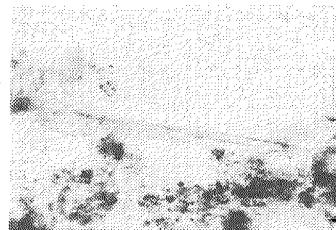


写真15 *Schizothrix* sp.

4. 底泥中に分布する珪藻類の活性

珪藻類は珪酸質の殻を有し、死滅してもその殻は壊れにくく底泥上に残る。このため、珪藻の殻だけのものと殻の内に細胞質を有するものを蛍光顕微鏡下で選別した。その蛍光を発するものの比率および活性をもった珪藻の量についての調査結果を図23、図24に示した。

4-1 No.1 早崎港沖

早崎港沖の沿岸は人工護岸であり、湖岸より急に水深が深くなっている。この水深が急に深くなった部分に分布する珪藻は全体の60～70%が活性を持った細胞であった。しかし沖合の地点では20%程度と低かった。

4-2 No.2 姉川沖

自然的な護岸が続いており、浅い沿岸から沖合の地点まで活性のある珪藻は全体の20%以下と少なかった。

4-3 No.3 長浜港沖

長浜港沖は人工護岸であり、湖岸から沖100m付近まで直線的に水深が深くなり、その後は一定の水深を保っていた。ここでは水深の浅い、沿岸部に分布する珪藻は5～10%程度と少なかったが、沖合では20～25%とやや増加する傾向であった。

4-4 No.4 天野川沖

人工護岸であり、湖岸から沖にかけて緩やかに深くなっており、水深が深くなるに従い活性のある珪藻の比率が増加する傾向にあった。しかし、200m以上沖合の地点では、逆に減少していく傾向が認められた。

4-5 No.5 石寺沖

沿岸は砂浜が続く自然護岸であり、水深の浅い沿岸でも、沖合でも活性を有する珪藻は10～20%程度と少なかった。しかし、水深が深くなるに従い活性のある珪藻が増加傾向を示し、最も沖合の地点では、徐々に減少する傾向が認められた。

4-6 No.6 愛知川沖

自然護岸の砂浜帯であり遠浅の地形であった。しかし、沖合は急な勾配となっていた。活性のある珪藻は全地点で少なく、その傾向は水深が深くなるに従い徐々に増加傾向を示した。また、最も沖合の地点では減少傾向が認められた。

4-7 No.7 長命寺沖

長命寺沖の湖岸付近では急深な地形となっていた。活性のある珪藻の比率は沿岸帯の地点で少なく、沖合に出るに従って増加傾向を示し、最も沖合の地点では、その比率は70%であり、非常に多くの活性のある大型珪

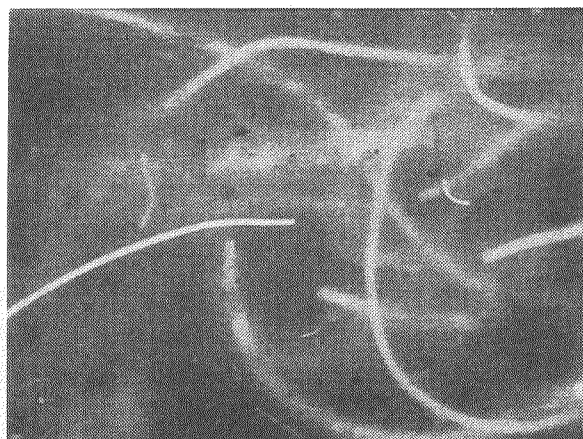


写真16 *Phormidium* sp. (蛍光顕微鏡撮影：G 励起)
太い直線状の *Phormidium* sp. (大)
細いフィラメント状の *Phormidium* sp. (小)

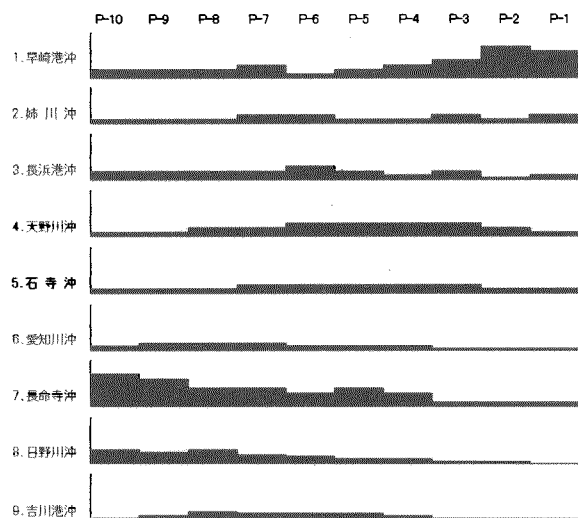


図23 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における底泥上の珪藻の活性率(フルスケール100%:2002年)

藻が分布していた。

4-8 No.8 日野川沖

砂浜帯であり、湖岸付近から沖合い220mまでほぼ平坦な湖底面であった。その後、沖合い250mにかけては急激に水深が深くなっていた。活性のある珪藻の比率は長命寺のパターンと同様に、沿岸帯の地点で少なく、沖合に出るに従って増加傾向を示し、最も沖合の地点では、その比率は30%であった。

4-9 No.9 吉川港沖

湖岸付近では1～2mの水深で勾配の変化をもちながら水深約5mに達していた。それより沖は緩やかな

勾配となっていた。活性のある珪藻は全地点で少なく、石寺沖と同様、水深が深くなるに従い徐々に増加し、その後、減少する傾向が認められた。

珪藻の藻類量は、底質がシルト質主体の地点で多く、砂質主体の地点で少なかった。また、殻内の細胞質の有無を指標として珪藻の活性率を比較したところ、沖側の活性率が高い傾向が多く測線で見られた。しかし、早崎港のように湖岸から浮泥の蓄積が顕著な地点では、岸側のほうが活性率が高かった。この早崎港沖や長命寺沖などのシルト質の泥質の地点においては珪藻の総細胞数も多くなる傾向が認められた。

更に、人工護岸等で直線的に深くなり、その後、平坦な湖底面が続くような場合にも、沿岸部周辺でも活性率が60～70%と高くなる地点も認められた。

5. 化学分析：有機性堆積物の堆積状況

県の委託により各測線の堆積物調査や化学分析を行った結果、底質表面が黄土砂に覆われ、浮泥が少なかった測線は、姉川沖、天野川沖、石寺沖、愛知川沖、日野川沖の5測線であり、図25～30に示すように化学分析の各項目も比較的安定した低い結果が得られた。逆に、浮泥が1 cm以上堆積しているような測線やシルト層が発達していた測線は、早崎港沖、長浜港沖、長命寺沖の3測線であり、これらの測線は含水比や強熱減量が非常に高い傾向が認められ、全窒素や全りんなどの項目も高かった。また、日野川沖、吉川港沖の2測線は、湖岸では有機性堆積物が少なく、沖合に出るほど有機性堆積物が多くなる測線も認められた。

今回の調査で、有機性堆積物が多かった早崎港沖、長浜港沖および長命寺沖や琵琶湖南部に近い測線では、いずれも酸化還元電位が-100mV以下を示しており、還元的な状態にある地点が多いことが明らかとなった。浮泥の蓄積状況についても、湖底の勾配が緩く平坦な測線では比較的少なかったが、水深が急激に深くなる湖底形状部分では浮泥の堆積が認められた。さらに、早崎港沖のように湖岸部においても浮泥の堆積が顕著な測線も見られたことなどが今回の調査で明らかとなった。

まとめ

1. 底泥上の藻類（優占種を中心として）

琵琶湖北湖東岸帯の底泥上に分布していた藻類の特徴は、北部では藍藻の *Gomphosphaeria* 属が多く出現し、南部では珪藻の *Melosira* 属が優占種になることが多かった。また、中央部に位置する測線では、遠浅の砂浜中心の環境であり、珪藻の *Stephanodiscus* 属や緑藻の *Staurastrum* 属が多かった。この2種類は表層部でも多く観察されるため、湖水中から底泥上へと沈降してきたものと考えられた。また、付着性の珪藻の *Fragilaria* 属が沿岸帯で多く計数されたが、本種は水草帯などに付着していたものが沈降したものと考えられた。さらに沖合でみられた大型珪藻の *Gyrosigma* 属は活性度が強く

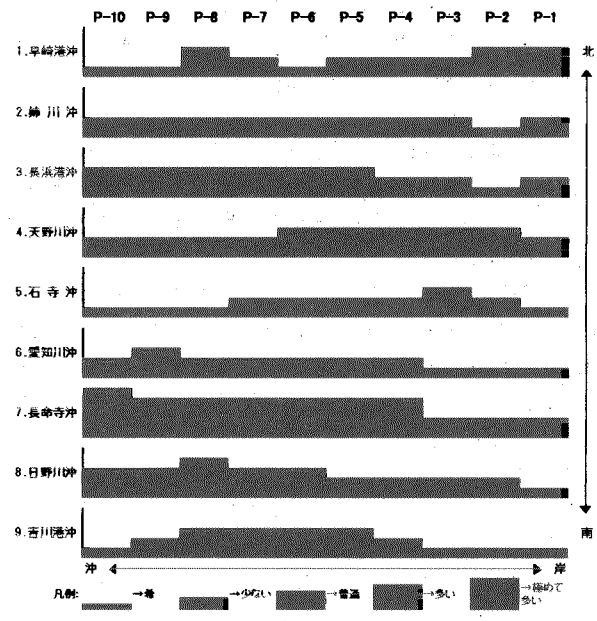


図24 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における底泥上の珪藻(蛍光を発するもののみ)の分布状況(2002)

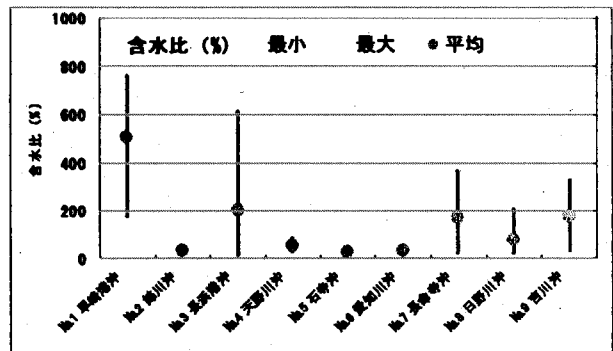


図25 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における含水比の変動

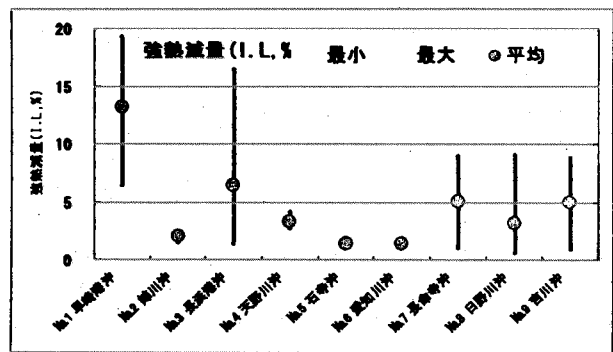


図26 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における強熱減量の変動

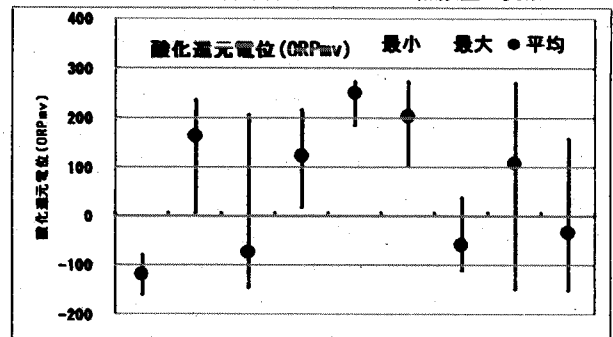


図27 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における酸化還元電位の変動

底泥上で生活しているものと推察された。これらの結果から優占種の特徴を大きく分けると、北部の3測線、中央部の3測線、南部の3測線の3タイプに分けられると考えられた。

今回、北部のシルト質の地点において硫黄細菌の *Beggiator* sp. が初めて確認された。本種は溶存酸素量がないか、極めて少ない環境で出現する種類であるため今後の増減が注目される。

次に藻類量についてみると、シルト質や砂混じりのシルト質に多く分布する傾向が認められ、黄土砂や灰色砂の底質では少ない傾向が明らかとなった。

2. 底泥上から浮上した浮上性藍藻類（アオコ形成種を中心として）

琵琶湖で発生するアオコ形成種の分布は、今まで水質汚濁の進んだ港内や南湖の一部水域と考えられていた。しかし、北湖においても今回の沿岸帯調査結果から全地点の底泥上に *Microcystis* 属が広く分布しており、特にシルト質の底泥上には多く分布していることが明らかとなった。また、これらの地点は、図 25 ~ 30 に示すように各項目理化学的な調査結果からも底質の汚濁が進んでいることが明らかとなった。

超大型藍藻である *Oscillatoria* 属は南部の沿岸帯測線で観察された。本種は南湖においてアオコを形成する代表的な種類である。

3. 底泥中に分布する付着性藍藻類（エリ付着性藍藻を中心として）

蛍光顕微鏡を用い底泥中に存在する付着性藍藻について調査を行った結果、南部の測線で多くの付着性藍藻が確認され、特に、長命寺沖や吉川港沖では、全地点で *Phormidium* 属が確認された。本種はエリ網に大量に付着するものと形態的には同様であるため、今後、底泥とエリ網から同時に分離培養をしたものを比較検討する必要があると考えられた。

4. 底泥中の珪藻類（付着性珪藻を中心として）

珪藻類は壊れにくい殻を持つため、死滅してもその殻だけは泥中に残る。一方、活性をもった珪藻類の殻内には細胞質が存在する。よって、泥中の珪藻類の殻のうち、細胞質が存在する殻の比率を求めた結果、自然護岸の砂浜帯である河口周辺部地点では、珪藻の活性度は低い傾向にあり、人工湖岸等により急に水深が深く落ち込んでいるような地点では、珪藻の活性度は高くなる傾向が認められた。

おわりに

今回の調査結果から、自然護岸の砂浜帯や河口周辺部においては湖底の泥質化の程度は低く、人工湖岸等により急に水深が深く落ち込んでいるような湖岸部では、湖底の泥質化の程度が進行していることが具体的に明らかとなった。また、琵琶湖で発生するアオコ形成種についても、泥質化の進んだシルト質の底泥上に広く分布していることなども明らかとなった。さらに、近年のエリ網に多く付着する藍藻種についても確認され、その分布は北部

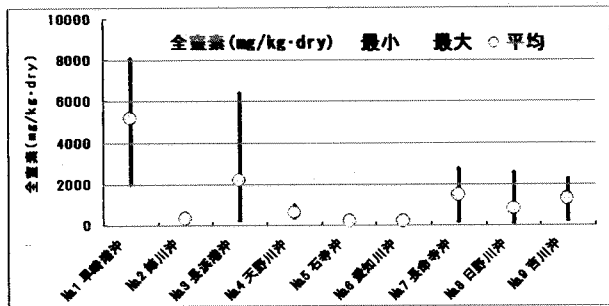


図28 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における全窒素量の変動

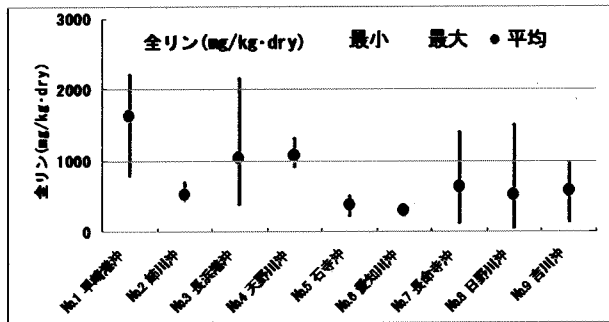


図29 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における全リン量の変動

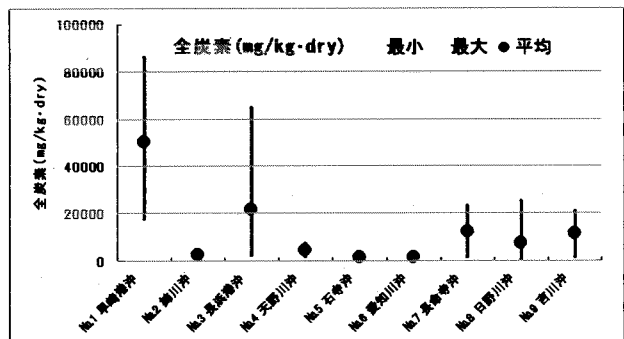


図30 琵琶湖北湖東岸沿岸帯における全炭素量の変動

の測線より南部の測線で多い傾向なども明らかとなった。

このように今回の実態把握調査から、北湖東岸沿岸帯の湖底の形状・泥質および藻類の生息状況についての基礎的なデータが多く得られた。今後は、湖岸形態等の地形的要因や流入河川の状況などと底質環境の関係についても検討し、泥質・水質・生物相も含めた生態系の現状について調査・研究を進めたいと考える。

なお、まだ調査されていない琵琶湖北湖西岸部湖岸帯や琵琶湖南湖湖岸帯についても継続して調査を行う必要があると考えられる。

謝辞

本研究遂行にあたり、滋賀県琵琶湖生態系研究会委員の占部城太郎先生 現：東北大学 に多くの助言を頂きましたことに心より感謝いたします。また、本調査研究にあたり、(現)滋賀県環境管理課の水嶋清副副参事、山本雅則副主幹に多くの助言と便宜をはかって頂いたことに心より感謝いたします。