

滋賀県立衛生環境センター
第23巻 1063
77報

調査研究

琵琶湖南湖湖底における「水の華」形成プランクトン調査

—1984~1987—

一瀬 諭* 若林 徹哉*

Blooming Planktons at the bottom of the South Basin of Lake Biwa

—1984~1987—

Satoshi ICHISE* and Tetsuya WAKABAYASHI*

はじめに

湖沼の富栄養化が進行すると、夏季から秋季にかけて藍藻綱が大量に発生し「水の華」を形成することが多い。この現象は、プランクトンが湖水表面に薄膜、あるいは塊状に浮遊、集積するため青いペンを流したような状態となり、湖沼の美観を著しく損ない、特異な臭気を放つという特徴をもつ。また、飲用水として利用する場合浄水濾過障害、異臭味発生、および *Microcystis* については、毒性をも憂慮されている^{1)~4)}。琵琶湖南湖ではこの現象が1983年9月から大規模に観察されるようになったが、冬季から春季(11~5月)にかけての湖水表層部では、この原因となるプランクトンはほとんど観察されていない。^{5)~6)}これらのプランクトンが年間を通じ、どのような生活史を送るかについては、まだ明らかでない部分が多く、中でも大量発生後沈降したプランクトンが、どのような形で越冬するのか、また湖底泥上で増殖する可能性があるかなどについては未知の領域となっている。

今回、底泥上の「水の華」形成プランクトンの変遷を知る目的で、3年間にわたり琵琶湖南湖においてプランクトン調査を行ったのでその結果について報告する。

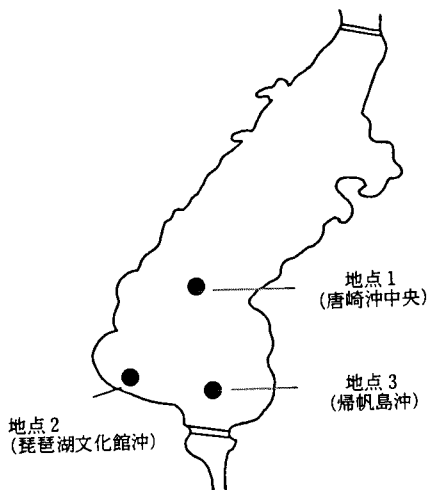


図1 調査地点

方 法

地 点：図1に示す南湖3地点

期 間：1984年8月~1987年12月

回 数：毎月1~2回

調査方法：コーサンプラー(内径3.5cm)により各

* 滋賀県立衛生環境センター 〒520 滋賀県大津市御殿浜13番45号
Shiga Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science
13-45, Gotenhama, Ohtsu, Shiga 520, Japan

地点ごとに3サンプルの採泥を行い、底泥最上層部を顕微鏡下で測定した。プランクトンの活性等については落射蛍光顕微鏡(B2, B, UV 励起)を用いて観察を行い、また増殖の可能性有無についてはキャピラリー洗浄法によりプランクトンを分離し培養試験を行った。

計教方法は、所報22集で報告した琵琶湖における「水の華」モニタリング調査での計数法⁶⁾、および植物プランクトン定性試験法(上水試験方法)に従った。また地点1および地点2については表層水中のプランクトンについても同時に調査を行った。

結果および考察

1. 観察された主な種類の消長

底泥上で観察された「水の華」を形成する種類(以下「水の華プランクトン」という)は、5属14種(表1)であり、「水の華」の発生水域の種類組成(表2)とほとんど一致する傾向にあった。底泥上で「水の華プランクトン」が多く観察された部位としては、湖底泥最上層部の5mmまでのところであり、数回行った10mm以深の底泥中の調査では、全く観察されなかった。観察された主な属としては、*Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria* 属であった。

これらのプランクトンの消長および、「水の華プランクトン」以外のプランクトン優占種の消長を地点別に述べる。

(1) 唐崎沖中央(地点1, 水深4m)表3

南湖の中央部に位置し、南湖水質の代表的な地点としている。底泥上で観察された「水の華プランクトン」は *Anabaena* に属する *A. affinis* が多く観察

表1 南湖湖底泥上における「水の華」を形成する藍藻綱の種類(1984年8月~1987年12月)

<i>Microcystis aeruginosa</i> KUTZING
<i>Microcystis wesenbergii</i> KOMAREK
<i>Microcystis viridis</i> (A. BRAUN) LEMMERMANN
<i>Anabaena affinis</i> LEMMERMANN
<i>Anabaena spiroides</i> KLEBAHN
<i>Anabaena macrospora</i> KLEBAHN
<i>Anabaena</i> sp. (a)
<i>Anabaena</i> sp. (b)
<i>Anabaena</i> sp. (c)
<i>Oscillatoria tenuis</i> AGARDH
<i>Oscillatoria</i> sp. (a)
<i>Oscillatoria</i> sp. (b)
<i>Aphanizomenon</i> sp.
<i>Raphidiopsis</i> sp.

表2 「水の華」発生水域におけるプランクトン水深別種類組成
膳所浄水場~膳所公園の湖岸(1987年9月25日午前11時採水)

	水深		
	0~2cm	2~10cm	10~30cm
	colonies/ml	colonies/ml	colonies/ml
<i>Anabaena affinis</i>	0	10	0
<i>Anabaena spiroides</i>	40	40	0
<i>Anabaena macrospora</i>	10	0	0
<i>Microcystis wesenbergii</i>	2,400	140	140
<i>Microcystis aeruginosa</i>	58,000	2,800	2,400
<i>Microcystis viridis</i>	200	100	40
<i>Oscillatoria tenuis</i>	10	0	0
	60,660	3,090	2,580

され、*Microcystis* 属や *Oscillatoria* 属については他の地点より少なかった。*Anabaena* の消長は、8月~11月にかけての短期間に非常に多く観察される傾向にあり、コーパイプの内径から単純にm²当りの群体数を計算すると、多い時で5×10⁶群体/m²の *Anabaena* が観察された。また12月~7月の期間にはほとんど観察されなかった。

底泥上における「水の華プランクトン」以外に観察された主なプランクトンとしては、表6に示すように底泥上では *Melosira granulata* (珪藻綱) や *Closterium aci. v. subprorum* (緑藻綱) および *Pediastrum biwae* (緑藻綱) が年間を通じ優占種となり、表層水中のプランクトン相と比べると底泥上では種類組成があまり変化しないことが推察された。このことは他の地点についても同様であった。

(2) 琵琶湖文化館沖(地点2, 水深2.5m)表4

南湖南部水域の沿岸部に位置し、水深も比較的浅い地点である。地点1に比べ *Microcystis* 属が多く観察され、南湖中央部より沿岸部の分布が多いことが示唆された。*Microcystis* 属の消長としては7月頃から観察されはじめ、9月頃ピークに達し、その後、少数ではあるが11月頃まで毎月観察される傾向にあった。また1985年9月の調査時には、底泥上にマット状に集まった *M. wesenbergii* の群落(1,000~1,500群体/群落)がコーパイプ3本中1本に観察された。*Oscillatoria* 属は *Microcystis* 属より比較的少ない傾向にあったが、1984年9月の調査時において、コー3本中1本に円盤状に集まった *O. tenuis* の群落(200~500群体/群落)が2箇所観察された。

「水の華プランクトン」以外に観察された主なプランクトンとしては、他の地点に比べ種類数が多く(表7)、特に珪藻綱に属する *Navicula*, *Synedra*,

表6 唐崎沖中央における底泥上および湖水表層水中の
優占種経月変化
(地点1, 1985年)

	底泥上の優占種	湖水表層水中の優占種
1月上旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Cryptomonas</i> sp.
下旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Cryptomonas</i> sp.
2月上旬	—	<i>Mallomonas akrokomas</i>
下旬	—	<i>Cryptomonas</i> sp.
3月上旬	—	<i>Cryptomonas</i> sp.
下旬	—	<i>Cryptomonas</i> sp.
4月上旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Cryptomonas</i> sp.
下旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Uroglena americana</i>
5月上旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Uroglena americana</i>
下旬	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>	<i>Uroglena americana</i>
6月上旬	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>
下旬	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>
7月上旬	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>
下旬	<i>Closterium aci. v. subpronum</i>	<i>Melosira granulata</i>
8月上旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Melosira granulata</i>
下旬	<i>Anabaena affinis</i>	<i>Melosira granulata</i>
9月上旬	<i>Anabaena affinis</i>	<i>Anabaena affinis</i>
下旬	<i>Pediastrum biwae</i>	<i>Anabaena affinis</i>
10月上旬	<i>Pediastrum biwae</i>	<i>Pediastrum biwae</i>
下旬	<i>Pediastrum biwae</i>	<i>Melosira granulata</i>
11月上旬	<i>Pediastrum biwae</i>	<i>Melosira granulata</i>
下旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Melosira granulata</i>
12月上旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Cryptomonas</i> sp.
下旬	<i>Melosira granulata</i>	<i>Dinobryon divergens</i>

—=欠測

Nitzshia, *Cymbella* や緑藻綱に属する *Scenedesmus* などの種類が多い傾向にあった。

(3) 掃帆島沖 (地点3, 水深13m) 表5

掃帆島の浅瀬跡地であり, 0.25km²にわたり水深が約13mと深くなっている。*Anabaena* 属は他の地点に比べ少なく, また期間についても短く推移した。しかし, これと反対に *Microcystis* 属については, 他の地点より多く観察される傾向にあり, 期間についても6月~12月までと長期間観察された。1984年8月の調査時には, 底泥上にマット状に集まった *M. wesenbergii* の群落 (2,000~3,000群体/群落) がコアパイプ3本中2本に観察された。このような *Microcystis* の群落形成は1985年および1986年にもこの地点で観察されたが1987年については一度も群落の形成は見られなかった。

Oscillatoria 属についても *Microcystis* と同様にマット状に集まった *O. tenuis* の群落が1985年, 1986年に観察された。この *Oscillatoria* 属の中にはガス胞を持つ種類と持たない種類とがあり, 種の同定が

できていない種類も含めると5種類 (ガス胞を持つもの3種, 持たないもの2種) が観察された。キャピラリー洗浄法により分離培養した結果, ガス胞を持たない1株については培養期間中にガス胞を生成することは一度もなかったが, ガス胞を持つ *Oscillatoria tenuis* については持つ時と持たない時があることが明らかになった。今後, 他の種類についても培養し浮上性の有無について検討する必要がある。

「水の華プランクトン」以外のプランクトン消長は水温躍層を形成する4月~9月にかけて非常に少なくなる傾向にあり, 落射蛍光顕微鏡によりプランクトンの活性を観察した結果, *Gyrosigma acuminata* (珪藻綱) などの一部の種類を除いてはクロロフィル色素が細胞内に全くなく, ほとんどがプランクトンの死骸 (多くは珪藻綱の被殻) であった。

2. 地点別分布の特徴

底泥上における「水の華プランクトン」の群落形成は地点1では全く観察されなかったが, 地点2では調査回数31回中, *Microcystis* 属は1回, *Oscillatoria* 属1回, 地点3では *Microcystis* 属3回, *Oscillatoria* 属3回観察された。

底泥上において「水の華」を形成するプランクトンが観察された調査回数を表8に示した。*Anabaena* は地点1および地点2に比べ, 地点3が少ない傾向にあり, *Microcystis*, *Oscillatoria* 属については, この現象と反対に地点3がもっとも多い傾向にあった。

3. 「水の華プランクトン」の生活史

(1) *Anabaena* 属

Anabaena が糸状体として観察された時期は, 図2に示すように8月~10月にかけての短期間であり表層水中の増殖時期と一致する傾向にあった。

この時期, 底泥上で観察された *Anabaena* の糸状体は分解途中のものが多かったことなどから, 底泥上では長期間生活できないと考えられ, 表層で増殖したものが沈降・堆積したものと推察される。しかし, アキネート (休眠細胞, 写真1, 2) については, 微量ながら全期間を通じて観察された。*Anabaena* 属の多くの種類は, 図3に示すように3種類の細胞からなり, トリコーム細胞(a)と異質細胞(b)は沈降後, 速やかにバクテリア, 原生動物等によって分解されるがアキネート(c)については分解され難く, 環境条件の悪くなる冬季には, 底泥上で休眠し, 環境条件のよい夏季になると発芽し, 浮上増殖すると考えられる。

地点1において冬季である1985年2月に採泥した

表8 南湖湖底泥上における「水の華」形成プランクトンの観察された回数
(1984年8月~1987年12月 総調査回数31回)

	地点1	地点2	地点3
<i>Microcystis aeruginosa</i>	9	11	24
<i>Microcystis wesenbergii</i>	9	13	21
<i>Microcystis viridis</i>	0	1	1
<i>Microcystis</i> 属合計	18	25	46
<i>Anabaena affinis</i>	9	11	6
<i>Anabaena spiroides</i>	5	8	2
<i>Anabaena macrospora</i>	5	3	2
<i>Anabaena</i> sp.	0	2	4
<i>Anabaena</i> 属合計	19	24	14
<i>Oscillatoria tenuis</i>	3	9	11
<i>Oscillatoria</i> sp. (a)	2	3	1
<i>Oscillatoria</i> sp. (b)	2	7	10
<i>Oscillatoria</i> 属合計	7	19	22
<i>Aphanizomenon</i> sp.	3	5	0
<i>Raphidiopsis</i> sp.	1	3	0

サンプル中のアキネートをキャピラリー洗浄法により分離培養(CT培地, 20°C, 3000x, 25日間振とう培養)した結果, 多くのバクテリアと共存した状態で *Anabaena affinis* の糸状態が少量ではあるが観察された。年間を通じアキネートが観察されたことは, 環境条件さえ整えばいつでも *Anabaena* 属は増殖できることが示唆された。

(2) *Microcystis* 属 (写真3)

Microcystis は, 湖水表層では7月~10月までと短期間観察されたが, 底泥上では5月頃から翌年の1月頃までと長期間観察された。

著者らは *Microcystis* を用いた AGP 試験の結果, 地点3の表層水のみではほとんど増加せず, これに窒素, リン, EDTA 鉄などが加わると大増殖を引き起こし得る可能性があることを報告している⁹⁾。

また, この時期の栄養塩類となる窒素, リンの値は, 表層部より底層部が高い値であることから南湖においては栄養塩類の比較的少ない表層より底泥上のほうが *Microcystis* の増殖条件としては整っているのではないかと推察されるが, *Microcystis* の分解速度は *Anabaena* より遅いことが報告されていることや,⁷⁾水深もこの地点は深いことから物理的な条件によりこの水域の底部に集積されている可能性もある。その原因等については今後詳しい調査, 検討が必要である。

高村らは水温11°C以下になると, *Microcystis* は分

解しにくくなり湖底泥上で休眠状態に入ること報告⁷⁾している。また, *Microcystis* 属は *Anabaena* 属のようにアキネートを持たないため, 冬季は, 栄養細胞の集まったままの状態 で底泥上において冬を越すと考えられる。そして *Microcystis* の増殖に適した水温⁹⁾ (20°C以上) になると, 底泥上でも増加がみられ, ガス胞等の作用により湖水中に浮上し, 表層水中で増加がみられるのではないかと推察される。

底泥上で観察された *Microcystis* が現実に浮上し湖水中の大増殖へとつながっているのか, またその量についても検討し, 「水の華」発生にどのように関与しているのか, 今後調査研究を進める必要がある。

(3) *Oscillatoria* 属 (写真4)

Oscillatoria は, 表層水中では, あまり観察されなかったが底泥上では比較的多く観察された。この *Oscillatoria* 属は, 単独に浮遊するものや他物に付着するもの, また藻塊を形成するものなどさまざまな生活史をもち, *Oscillatoria tenuis* のようにガス胞を持つ時と持たない時があることや, 湖水中に1群体/ml 観察されても「カビ臭」を与えることが報告⁹⁾されていることから, 今後種類別に「水の華プランクトン」との関係について検討する必要がある。

Oscillatoria 属は *Anabaena* 属のようにアキネートおよびヘテロシストを持たないため *Microcystis* 属と同様に, 冬季は栄養細胞の集まったままの状態 で底泥上において越冬すると考えられる。

ま と め

1. 底泥上で観察された「水の華」を形成する種類は5属14種類であった。観察された部位としては, 湖底泥最上層部の5mmまでのところであった。
2. 表層水中プランクトン相と底泥上プランクトン相を比べると底泥上では種類組成が季節によってあまり変化しない傾向にあった。底泥上で観察されたプランクトンの種類数は地点2がもっとも多かった。
3. *Anabaena* 属の消長は, 8月~11月にかけての短期間に非常に多く観察された。その分布は地点1および地点2が多く, 水深の深い地点3が少ない傾向にあった。
4. *Microcystis* 属は5月頃から翌年の1月頃までと表層水中の増殖時期より長期間観察され, その分布は地点3がもっとも多い傾向にあり, 調査回数31回中3回にわたりマット状に集まった *Microcystis* 属の群落が底泥上で観察された。
5. *Oscillatoria* 属は8月頃~12月まで観察された。この種類についても地点3が多い傾向にあり, 調査

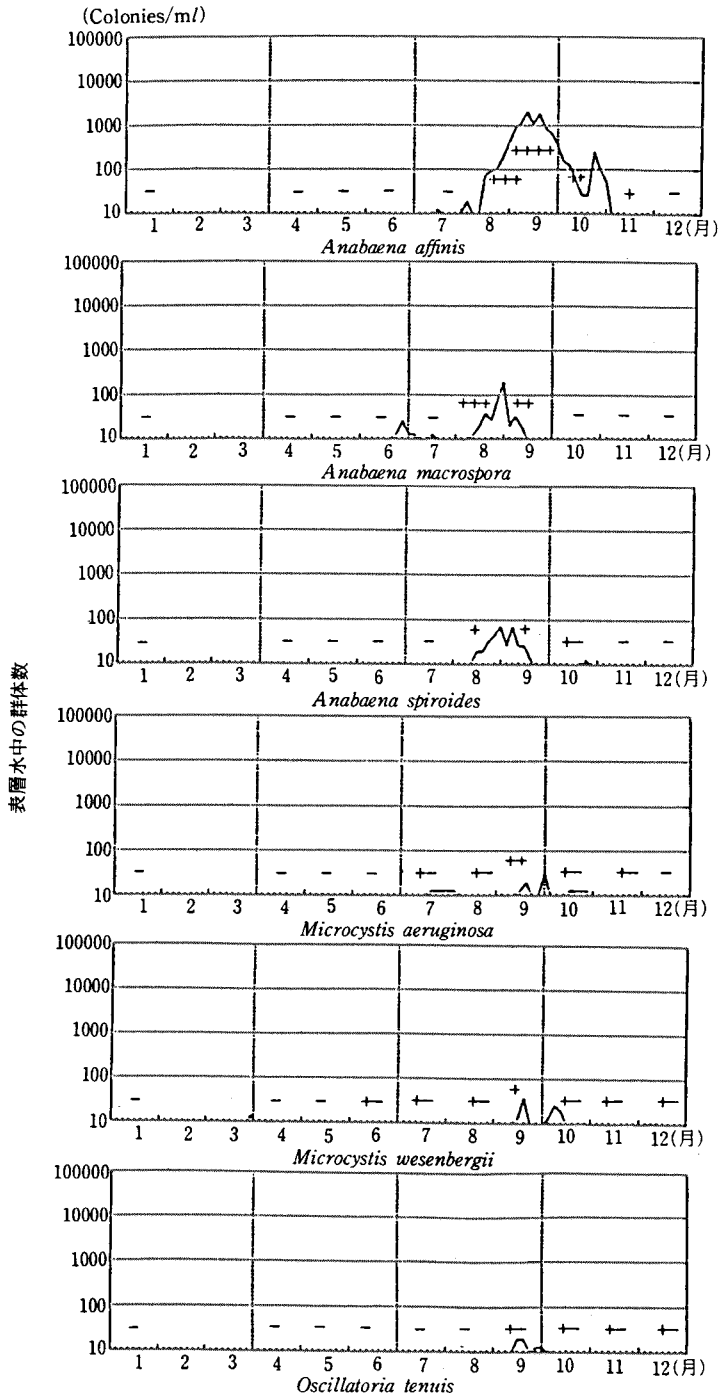


図2 琵琶湖文化館沖における表層水および底泥上のプランクトン経日変動 (昭和59年~61年の平均値)

	+++ (かなり多い)	出現種の50%以上
	++ (多い)	// 15~50%
	+ (少ない)	// 8~15%
底泥上のプランクトン	+ (かなり少ない)	// 2~8%
	+ (観察されたり, されなかったり)	// 2%以下
	- (観察されない)	// 0%

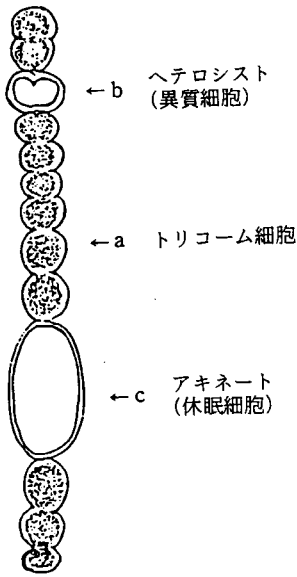


図3 アナベナ属の形態

回数31回中3回にわたりマット状に集まった群落
が底泥上で観察された。

6. *Anabaena* 属の観察された時期は、表層水中の
増殖時期と一致する傾向にあり、その糸状体は分解
途中のものが多かったことなどから、単に表層で増
殖したものが沈降したものと推察された。また、地
点3については、水深が他の地点より深く、表層水
中で増殖した *Anabaena* が沈降していく過程で、ほ
とんど分解されることが示唆された。

7. アキネート細胞については少量であるが、年間
を通じて観察され、環境条件さえ整えばいつでも増
殖できることが示唆された。

8. *Microcystis* 属および *Oscillatoria* 属は水中の増
殖時期より長期間観察され、底泥上でも増加できる
可能性が示唆された。また、冬季水温が低下すると
群体を形成したままの状態底泥上において越冬す
るものと推察された。

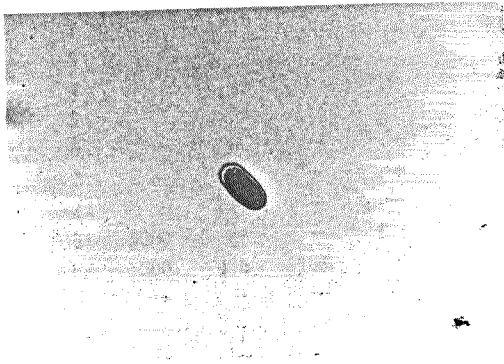


写真1 *Anabaena* のアキネート (9月撮影)
×600倍

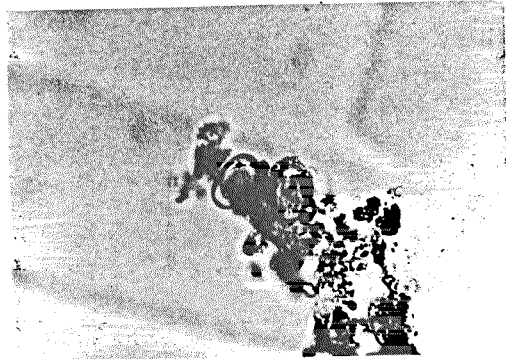


写真2 *Anabaena* のアキネート (2月撮影)
×600倍

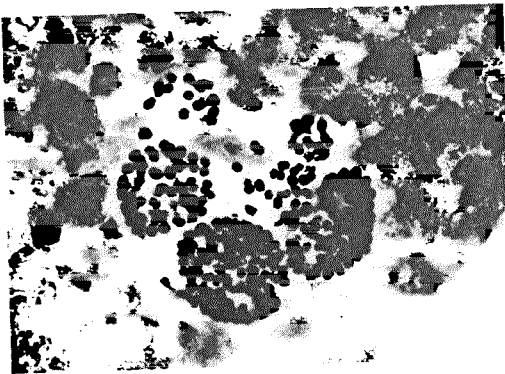


写真3 *Microcystis wesenbergii* (12月撮影)
×800倍

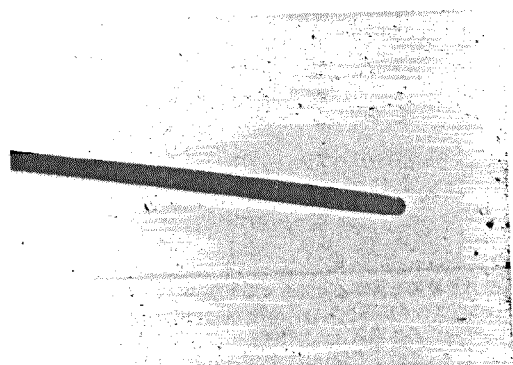


写真4 *Oscillatoria tenuis* (9月撮影)
×400倍

琵琶湖南湖における底泥直上のプランクトン

9. 地点3において *Microcystis* 属や *Oscillatoria* 属が多量に観察されたことについては, *Microcystis* の分解速度が *Anabaena* より遅いことや, ⁷⁾この地点では深い窪みとなっていることから物理的な条件により底部に集積, 堆積している可能性もあることなどから, その原因等については今後詳しい調査, 検討が必要である.

引用文献

- 1) 須藤隆一: 日本陸水学会第44回大会172 (1979)
- 2) 矢木修身: 霞ヶ浦のアオコについて. 水, 24, 48~50 (1982)
- 3) 渡辺真利代, 大石真之, 松本浩一: 東京都立衛生研究所年報, 29-1, 389-391 (1978)
- 4) 村岡浩爾, 渡辺信: 有毒アオコその研究の必要性一. 水, 9, 18~22 (1987)
- 5) 一瀬諭, 若林徹哉: 滋衛環セ所報, 19, 115~125 (1984)
- 6) 琵琶湖における「水の華」に関する調査報告書: 滋賀県立衛生環境センター, 104-131 (1988)
- 7) 高村典子, 岩熊敏夫, 安野正之: 国立公害研究報告, 第51号, 別巻 (1984)
- 8) 根来健, 西川光春, 岡山治一, 安藤政義: 日本水処理生物学会誌, 別巻6号17 (1986)

表3 南湖湖底における「水の華」形成プランクトン調査
地点1 (唐崎沖中央)

1 × 10³ 群体数/m³

	A. af	A. ma	A. sp	Ana.	M. ae	M. we	M. vi	O. te	Os. a	Os. b	Aph.	Rap.
1984. 8	5000	50	50	1.5	—	—	—	—	—	—	1.5	—
9	50	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1985. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	5000	50	50	5.0	3.0	3.0	—	—	—	—	—	—
9	500	5.0	5.0	1.5	5.0	—	—	—	—	—	—	—
10	50	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—	—	—
11	5.0	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1986. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	5000	—	—	1.5	—	—	—	1.5	—	—	—	1.5
10	500	1.5	1.5	—	1.5	50	—	5.0	1.5	3.0	1.5	—
11	—	—	—	—	3.0	1.5	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	1.5	1.5	—	—	—	1.5	—	—
1987. 1	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	500	—	—	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—
10	50	5.0	3.0	—	—	1.5	—	—	—	—	1.5	—
11	—	—	—	—	3.0	5.0	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	5.0	—	—	1.5	—	—	—

A. af = *Anabaena affinis*
A. ma = *Anabaena macrospora*
A. sp = *Anabaena spiroides*
Ana. = *Anabaena* sp. (3種類, *A. spiroides* 状の群体を含む)
M. ae = *Microcystis aeruginosa*
M. we = *Microcystis wesenbergii*
M. vi = *Microcystis viridis*
O. te = *Oscillatoria tenuis*
Os. a = *Oscillatoria* sp. (a) 細胞は短く, 細胞の長さは幅の1/2以下。
Os. b = *Oscillatoria* sp. (b) 細胞の長さは幅の1/2よりも大きい。
Aph. = *Aphanizomenon* sp.
Rap. = *Raphidiopsis* sp.

◎◎ = 「水の華」形成プランクトンの群落が観察された。
5000 = 1検体平均1,000群体/m³以上観察された。
500 = 1検体平均100~999群体/m³観察された。
50 = 1検体平均10~99群体/m³観察された。
5.0 = 1検体平均1~10群体/m³観察された。
3.0 = 3検体中2本で1~10群体/m³観察された。
1.5 = 3検体中1本で1~10群体/m³観察された。
— = 観察されなかった。
空白 = 欠測

表4 南湖湖底における「水の華」形成プランクトン調査
地点2 (琵琶湖文化館沖)

1 × 10³ 群体数/m³

	A. af	A. ma	A. sp	Ana.	M. ae	M. we	M. vi	O. te	Os. a	Os. b	Aph.	Rap.
1984. 8	500	50	50	—	5.0	5.0	—	—	—	—	1.5	1.5
9	50	—	5.0	—	1.5	—	—	◎◎	—	9.0	—	—
10	—	—	—	—	—	1.5	—	5.0	1.5	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1985. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	3.0	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	1.5	3.0	—	—	—	—	—	—
8	5000	50	5.0	3.0	5.0	50	—	1.5	1.5	—	5.0	—
9	500	50	5.0	1.5	500	◎◎	1.5	5.0	—	—	1.5	1.5
10	5.0	—	—	—	—	5.0	—	—	—	3.0	—	—
11	5.0	—	—	—	1.5	1.5	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	1.5	—	—	—	—
1986. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	1.5	1.5	—	—	—	—	—	—
9	500	—	3.0	—	—	—	—	—	1.5	1.5	—	1.5
10	500	—	5.0	—	3.0	5.0	—	1.5	—	—	1.5	—
11	50	—	—	—	1.5	—	—	5.0	—	3.0	—	—
12	—	—	—	—	—	1.5	—	—	—	1.5	—	—
1987. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	500	—	5.0	—	—	5.0	—	—	—	1.5	1.5	—
10	5.0	—	3.0	—	5.0	3.0	—	1.5	—	—	—	—
11	—	—	—	—	5.0	—	—	1.5	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.5	—	—

A. af = *Anabaena affinis*
A. ma = *Anabaena macrospora*
A. sp = *Anabaena spiroides*
Ana. = *Anabaena* sp. (3種類, *A. spiroides* 状の群体を含む)
M. ae = *Microcystis aeruginosa*
M. we = *Microcystis wesenbergii*
M. vi = *Microcystis viridis*
O. te = *Oscillatoria tenuis*
Os. a = *Oscillatoria* sp. (a) 細胞は短く, 細胞の長さは幅の1/2以下。
Os. b = *Oscillatoria* sp. (b) 細胞の長さは幅の1/2よりも大きい。
Aph. = *Aphanizomenon* sp.
Rap. = *Raphidiopsis* sp.

◎◎ = 「水の華」形成プランクトンの群落が観察された。
5000 = 1 検体平均1,000群体/m³以上観察された。
500 = 1 検体平均100~999群体/m³観察された。
50 = 1 検体平均10~99群体/m³観察された。
5.0 = 1 検体平均1~10群体/m³観察された。
3.0 = 3 検体中2本で1~10群体/m³観察された。
1.5 = 3 検体中1本で1~10群体/m³観察された。
— = 観察されなかった。
空白 = 欠測

表5 南湖湖底における「水の華」形成プランクトン調査
地点3 (掃帆島沖)

1 × 10³ 群体数/m³

	A. af	A. ma	A. sp	Ana.	M. ae	M. we	M. vi	O. te	Os. a	Os. b	Aph.	Rap.
1984. 8	50	-	-	-	50	◎◎	-	50	-	1.5	-	-
9	-	-	-	-	5.0	500	-	1.5	-	-	-	-
10	-	-	-	-	50	50	1.5	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	5.0	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	3.0	5.0	-	-	-	-	-	-
1985. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	5.0	5.0	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	5.0	5.0	-	-	-	-	-	-
8	5.0	1.5	1.5	3.0	50	50	-	5.0	1.5	3.0	-	-
9	50	5.0	5.0	50	500	◎◎	-	◎◎	-	-	-	-
10	-	-	-	-	50	-	-	◎◎	-	3.0	-	-
11	-	-	-	-	5.0	5.0	-	50	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-
1986. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	5.0	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	5.0	5.0	-	-	-	-	-	-
9	50	-	-	-	50	500	-	◎◎	-	1.5	-	-
10	50	-	-	5.0	50	◎◎	-	500	-	1.5	-	-
11	-	-	-	-	5.0	50	-	500	-	5.0	-	-
12	-	-	-	-	50	50	-	5.0	-	1.5	-	-
1987. 1	-	-	-	-	-	5.0	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	1.5	1.5	-	-	-	-	-	-
9	50	-	-	-	1.5	3.0	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	1.5	5.0	3.0	-	1.5	-	1.5	-	-
11	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	5.0	-	-
12	-	-	-	-	1.5	1.5	-	-	-	1.5	-	-

A. af = *Anabaena affinis*
A. ma = *Anabaena macrospora*
A. sp = *Anabaena spiroides*
Ana. = *Anabaena* sp. (3種類, *A. spiroides* 状の群体を含む)
M. ae = *Microcystis aeruginosa*
M. we = *Microcystis wesenbergii*
M. vi = *Microcystis viridis*
O. te = *Oscillatoria tenuis*
Os. a = *Oscillatoria* sp. (a) 細胞は短く, 細胞の長さは幅の1/3以下。
Os. b = *Oscillatoria* sp. (b) 細胞の長さは幅の1/3よりも大きい。
Aph. = *Aphanizomenon* sp.
Rap. = *Raphidiopsis* sp.

◎◎ = 「水の華」形成プランクトンの群落が観察された。
5000 = 1検体平均1,000群体/m³以上観察された。
500 = 1検体平均100~999群体/m³観察された。
50 = 1検体平均10~99群体/m³観察された。
5.0 = 1検体平均1~10群体/m³観察された。
3.0 = 3検体中2本で1~10群体/m³観察された。
1.5 = 3検体中1本で1~10群体/m³観察された。
- = 観察されなかった。
空白 = 欠測

表7 「水の華」形成プランクトン以外に底泥上で観察された種類 (1984~1987)

唐崎沖中央 (地点1)	琵琶湖文化館 (地点2)	播帆島沖 (地点3)
<i>Aphanothece clathrata</i>	<i>Aphanocapsa elachista</i>	<i>Aphanothece clathrata</i>
<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanothece clathrata</i>	<i>Aphanothece</i> sp.
<i>Chroococcus dispersus</i>	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Chroococcus dispersus</i>
<i>Chroococcus dis. v. minor</i>	<i>Synechococcus</i> sp.	<i>Chroococcus dispersus</i>
<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Chroococcus dispersus</i>	<i>Chroococcus</i> sp.
<i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Merismopedia tenuissima</i>
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	<i>Merismopedia tenuissima</i>	<i>Merismopedia</i> sp.
<i>Phormidium tenue</i>	<i>Merismopedia elegans</i>	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>
<i>Uroglena americana</i>	<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Oocystis lacustris</i>
<i>Dinobryon divergens</i>	<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Oocystis</i> sp.
<i>Dinobryon bavaricum</i>	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	<i>Ankistrodesmus</i> fa. v. <i>acicularis</i>
<i>Chrysoamoeba radians</i>	<i>Phormidium tenue</i>	<i>Schroederia judayi</i>
<i>Mallomonas tonsurata</i>	<i>Phormidium mucicola</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Mallomonas fastigata</i>	<i>Uroglena americana</i>	<i>Pediastrum biwae</i>
<i>Mallomonas akrokomas</i>	<i>Dinobryon divergens</i>	<i>Pediastrum</i> sp.
<i>Mallomonas</i> sp.	<i>Dinobryon bavaricum</i>	<i>Coelastrum cambricum</i>
<i>Melosira granulata</i>	<i>Ochromonas</i> sp.	<i>Actinastrum hantzschii</i>
<i>Melosira gra. v. angustissima</i>	<i>Chrysoamoeba radiaua</i>	<i>Actinastrum</i> han. v. <i>fluviatile</i>
<i>Melosira italica</i>	<i>Mallomonas elongata</i>	<i>Scenedesmus acutus</i>
<i>Melosira distans</i>	<i>Mallomonas tonsurata</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
<i>Cyclotella glomerata</i>	<i>Mallomonas reginae</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Mallomonas akrokomas</i>	<i>Scenedesmus perforatus</i>
<i>Stephanodiscus carconenais</i>	<i>Mallomonas</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.
<i>Stephanodiscus car. v. pusilla</i>	<i>Synura</i> sp.	<i>Mougeotia</i> sp.
<i>Stephanodiscus subsalsus</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Closterium aci. v. subprorum</i>
<i>Fragilaria crotonensis</i>	<i>Melosira granulata</i>	<i>Closterium acerosum</i>
<i>Asterionella formosa</i>	<i>Melosira gra. v. angustissima</i>	<i>Closterium</i> sp.
<i>Asterionella</i> sp.	<i>Melosira italica</i>	<i>Cosmarium</i> sp.
<i>Synedra ulna</i>	<i>Melosira distans</i>	<i>Staurastrum dor. v. ornatum</i>
<i>Synedra acus</i>	<i>Cyclotella stelligera</i>	<i>Staurastrum</i> sp.
<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Cyclotella glomerata</i>	<i>Cosmoecidium constrictum</i>
<i>Gyrosigma acuminata</i>	<i>Cyclotella</i> sp.	
<i>Navicula hasta</i>	<i>Stephanodiscus car. v. pusilla</i>	
<i>Navicula</i> sp.	<i>Stephanodiscus subsalsus</i>	
<i>Cymbella</i> sp.	<i>Tabellaria</i> sp.	
<i>Nitzschia holsatica</i>	<i>Fragilaria crotonensis</i>	
<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Fragilaria capucina</i>	
<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Fragilaria</i> sp.	
<i>Surirella</i> sp.	<i>Asterionella formosa</i>	
<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Asterionella gracillima</i>	
<i>Peridinium</i> sp.	<i>Synedra ulna</i>	
<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Synedra uln. v. Ramesi</i>	
<i>Rhodomonas</i> sp.	<i>Synedra acus</i>	
<i>Euglena gracilis</i>	<i>Synedra rumpens</i>	
<i>Euglena</i> sp.	<i>Synedra</i> sp.	
<i>Trachelomonas</i> sp.	<i>Cocconeis placentula</i>	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>Cocconeis</i> sp.	
<i>Pandorina morum</i>	<i>Acnantes</i> sp.	
<i>Eudorina elegans</i>	<i>Rhoicosphaonia curvata</i>	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	<i>Gyrosigma acuminata</i>	
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Gyrosigma</i> sp.	
<i>Tetraspora lacustris</i>	<i>Nedium</i> sp.	
<i>Phormidium</i> sp.	<i>Navicula hasta</i>	
<i>Micractinium pusillum</i>	<i>Navicula cryptocephala</i>	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	<i>Navicula pupula</i>	
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.	
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	<i>Pinnularia</i> sp.	
<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Amphora</i> sp.	
<i>Oocystis</i> sp.	<i>Cymbella tumida</i>	
<i>Chodatella subsalsa</i>	<i>Cymbella ventricosa</i>	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	<i>Cymbella</i> sp.	
<i>Ankistrodesmus fal. v. mirabile</i>	<i>Gomphonema</i> sp.	
<i>Schroederia judayi</i>	<i>Nitzschia holsatica</i>	
<i>Schroederia</i> sp.	<i>Nitzschia acicularis</i>	
<i>Pediastrum duplex</i>	<i>Nitzschia palea</i>	
<i>Pediastrum biwae</i>	<i>Nitzschia</i> sp.	
<i>Coelastrum cambricum</i>	<i>Surirella robusta</i>	
<i>Crucigenia lauterbornii</i>	<i>Surirella</i> sp.	
<i>Actinastrum hantzschii</i>	<i>Gymnodinium helveticum</i>	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Gymnodinium</i> sp.	
<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Glenodinium</i> sp.	
<i>Mougeotia</i> sp.	<i>Peridinium penardii</i>	
<i>Spirogyra</i> sp.	<i>Peridinium</i> sp.	
<i>Closterium aci. v. subprorum</i>	<i>Ceratium hirundinella</i>	
<i>Closterium</i> sp.	<i>Cyptomonas</i> sp.	
<i>Xanthidium has. v. javanicum</i>	<i>Rhodomonas</i> sp.	
<i>Staurastrum dor. v. ornatum</i>	<i>Euglena oxyuris</i>	
<i>Staurastrum pingue</i>	<i>Euglena</i> sp.	
<i>Staurastrum arctiscon</i>	<i>Phacus</i> sp.	
<i>Staurastrum</i> sp.	<i>Trachelomonas</i> sp.	
<i>Spondylosium moniliforme</i>	<i>Chlamydomonas</i> sp.	
<i>Cosmoecidium constrictum</i>	<i>Carteria</i> sp.	
	<i>Pandorina morum</i>	
		<i>Aphanothece clathrata</i>
		<i>Aphanothece</i> sp.
		<i>Chroococcus dispersus</i>
		<i>Chroococcus</i> sp.
		<i>Merismopedia tenuissima</i>
		<i>Merismopedia</i> sp.
		<i>Gomphosphaeria lacustris</i>
		<i>Oocystis lacustris</i>
		<i>Oocystis</i> sp.
		<i>Ankistrodesmus</i> fa. v. <i>acicularis</i>
		<i>Schroederia judayi</i>
		<i>Pediastrum duplex</i>
		<i>Pediastrum biwae</i>
		<i>Pediastrum</i> sp.
		<i>Coelastrum cambricum</i>
		<i>Coelastrum microporum</i>
		<i>Actinastrum han. v. fluviatile</i>
		<i>Scenedesmus</i> sp.
		<i>Closterium</i> sp.
		<i>Staurastrum dor. v. ornatum</i>
		<i>Staurastrum</i> sp.