琵琶湖主湖盆の植物性プランクトン

根 來 健 一 郎

The phytoplankton of the main basin of Lake Biwa-ko

By Ken-ichiro NEGORO

1

琵琶湖は堅田、野洲川扇状地間の狭縫部を境として、南北の2大部分に分かたれている。その北に存して広く深い部分が主湖盆、南にあつて狭く浅い部分が副湖盆である。主湖盆は最大深度 96 m, 平均深度 45.5 m, 面積 617.6 km², 容積 28.1 km³, であり、副湖盆は最大深度 7.6 m, 平均深度 3.5 m, 面積 56.8 km², 容積 0.2 km³ であるから、両者の比は面積において 10.9 : 1, 容積において 140.5 : 1 である¹⁾。主湖盆とは、同じ琵琶湖であつても、自然的条件の上で大いに異なるから、その水棲生物も二つの部分でかなり著しく相違している。植物性プランクトンもその例に漏れない。

最近、著者は滋賀県水産試験場の昭和 25 年総合開発調査（主湖盆の全沿岸帯より採集）のプランクトン標本 198 瓶、及び昭和 27 年横断観測（主湖盆のほぼ中央横断線、彦根舟木崎間の 5 地点における毎月中旬の定期的採集）のプランクトン標本 109 瓶、合計 307 瓶を材料として、琵琶湖主湖盆のプランクトンについて研究を行つた²⁾。その結果の中から特に植物性プランクトンに関して判明せる諸要項を、ここにまとめて報告する。

2

琵琶湖主湖盆の植物性プランクトンを構成する藻類は 35 種³⁾であつて、その内分けは藍藻類 2, 珪藻類 15, 鼓藻類 8, 黄藻類 3, 双帯鞭藻類 1, 緑藻類 5, 不等毛類 1 であるが、それらの中で特に主要な構成員と認められるものは、次に示すようなものである。

藍藻類 (Cyanophyceae, Myxophyceae)

Aphanocapsa elachista W. et G. S. WEST var. *conferta* W. et G. S. WEST

珪藻類 (Bacillariophyta, Diatomeae)

Melosira solida EULENSTEIN, *Stephanodiscus carconensis* GRUN., *Attheya Zacha-*

- 1) 最大深度以外の数値は、著者の依頼によつて、京都大学大学院学生の堀江正治氏が計測せられたものである。ここに同氏に謝意を表す。
- 2) 根來健一郎：琵琶湖のプランクトン。滋賀県水産試験場、琵琶湖水位低下対策（水産生物）調査報告書，5，1—40頁，10 図版，昭和 29 年 3 月。
- 3) 他に數種見出されたが、それらはいずれも湖岸や注入河川から運ばれて混入したもので、しかも極めて稀にしか出現しないから、ここには数え入れなかつた。

Fig. 1 Some noteworthy members of the phytoplankton of Lake Biwa-ko
 1. *Melosira solida* EULENSTEIN, 2. *Stephanodiscus carconensis* GRÜN., 3.
Pediastrum Biwae NEGORO, 4. *Ceratium hirundinella* (O. F. MÜLLER)
 SCHRANK, 5. *Oedogonium* sp. (Streile), 6. *Staurastrum dorsidentiferum*
 W. et G. S. WEST var. *ornatum* GRÖNBL., 7. *Staurastrum limneticum*
 SCHMIDLE var. *Burmense* W. et G. S. WEST. [1, 2, 5.....scale A ; 3, 4,
 6, 7.....scale B.]

riasi J. BURN, *Asterionella formosa* HASSALL

鼓藻類 (Desmidiaceae)

Closterium aciculare T. WEST var. *subpronum* W. et G. S. WEST, *Staurastrum dorsidentiferum* W. et G. S. WEST var. *ornatum* GRÖNBL., *Staurastrum paradoxum* MEYEN, *Staurastrum limneticum* SCHMIDLE var. *Burmense* W. et G. S. WEST, *Cosmocladium constrictum* ARCH.

黄藻類 (Chrysophyceae)

Dinobryon cylindricum IMHOF, *Dinobryon bavaricum* IMHOF, *Mailomonas fastigata* ZACHARIAS

双帯鞭藻類 (Dinoflagellata)

Ceratium hirundinella (O. F. MÜLLER) SCHRANK

緑藻類 (Chlorophyceae)

Sphaerocystis Schroeteri CHODAT, *Eudorina elgans* EHRENBENG, *Pediastrum Biwae* NEGORO⁴⁾, *Oedogonium* sp. (STERILE)

不等毛類 (Heterokontae)

Botryococcus Braunii KÜTZING

以上の中で、珪藻類の *Melosira solida* (図 1, 1) と *Stephanodiscus carconensis* (図 1, 2) は、いずれも北米から見出されているが、わが国では琵琶湖以外には産せず、また緑藻類の *Pediastrum Biwae* (図 1, 3) は琵琶湖のみに限られて産するものである上に、3 者はともにその産量がおびただしいので、琵琶湖主湖盆のプランクトンを特徴づける最も重要な構成員である⁵⁾。また、*Ceratium hirundinella* (図 1, 4) も、琵琶湖主湖盆に産するものは、種々の点から "琵琶湖型" と称すべき特殊の品種を形成しているものであつて、前記 3 者に次いで顕著なものである。*Oedogonium* sp. (図 1, 5) は、生殖器官を形成せる個体が全く見出されないで、種名決定は不可能であるが、恐らく浮游生活に適応せる琵琶湖特産種であろう。なお、琵琶湖主湖盆は *Staurastrum* 属の 3 種、即ち *S. dorsidentiferum* var. *ornatum* (図 1, 6), *S. limneticum* var. *Burmense* (図 1, 7), および *S. paradoxum* をおびただしく産するが、その内前 2 者は比較的珍らしい種類である。

3

次に昭和 27 年横断観測の材料に基いて、琵琶湖主湖盆の植物性プランクトンの季節的遷

4) K. NEGORO (1954) : *Pediastrum Biwae* spec. nov, eine neue planktische Gruenalge aus dem Biwasee. Acta Phytotax. Geobot., 16.

5) 但し、琵琶湖に近接する余呉湖には、明らかに *Stephanodiscus carconensis* 及び *Pediastrum Biwae* を産す (著者未発表論文)。

移について論ずるが、まづ環境としての湖水について概観し、次に各月における優占種の遷移について考察し、最後に先にあげた主要浮游植物各種の生態と季節的消長について記することとする。

滋賀県水産試験場の琵琶湖横断観測は、彦根港口、舟木崎の見通し線(8.5 湊=15.7km)に I, II, III, IV, V の 5 地点を設定し、毎月中旬に 1 回これらの 5 地点で湖水の状況を観測し、かつプランクトンを採集するものであるが、各地点の位置および水深は表 1 に示す如くである。

Table 1.

地点 番号	彦根港よりの距離 km	位 置 舟木崎よりの距離 km	水深 (約) m
I	0.1	15.6	8
II	2.6	13.1	20
III	6.0	9.7	50
IV	12.0	3.7	75
V	15.6	0.1	8

しかして、プランクトンの採集は、I 地点においては 0~5m 層、II 地点においては 0~10m 層、III 地点においては 0~10m, 10~20m, 20~40m の 3 層、IV 地点においては 0~10m, 10~20m, 20~40m, 40~70m の 4 層、そして V 地点においては 0~5m 層について、それぞれ行うものであり、昭和 27 年における観測施行日は、1 月 21 日、2 月 15 日、3 月 17 日、4 月 15 日、5 月 16 日、6 月 17 日、7 月 16 日、8 月 13 日、9 月 16 日、10 月 17 日、11 月 14 日、及び 12 月 12 日であつた。

毎月観測日における湖上気温(観測時間中の最高気温、因みに観測時間は 9 時から 14 時に至る間)、表面水温(5 地点におけるものの平均)、表面水の pH、及び参考のために併せて表水層(0~10m)のプランクトン容量を、滋賀県水産試験場の研究報告⁶⁾によつて示せば表 2 の如くである。

Table 2

月	湖上気温 (°C)	表面水温 (°C)	表面水の (pH)	表水層の浮游生物容量 (cc/m ³)
1	7.6	8.22	7.1	0.32
2	5.1	6.92	7.2	0.56
3	12.5 ⁷⁾	7.54	7.0	1.07
4	12.5 ⁷⁾	9.98	7.1	1.81

6) 昭和 26 年滋賀県水産試験場研究概要報告(昭和 27 年 6 月)、(1~13)~(1~38); 滋賀県水産試験場研究報告, 4, 29~44 (昭和 28 年 6 月)。

7) 観測時間中の最低気温は、3 月が 6.0°C, 4 月が 11.1°C である。

5	19.9	14.88	7.2	3.40
6	22.5	20.36	7.3	4.22
7	30.0	24.60	7.2	5.85
8	28.0	27.36	7.4	5.21
9	25.3	25.72	7.3	3.78
10	19.4	19.70	7.2	4.40
11	9.9	14.30	7.2	2.17
12	9.6	11.78	7.1	1.69

表面水温は、最高が8月で、最低が2月であるが、プランクトン容量は、最大が7月で、最小が1月であつて、両者間に1カ月のずれが見られ、12月と1月との間に飛躍的な差異がある。水温の年較差は0m層においては甚だ大で、20°C以上にも及ぶが、深層では小さく、70m層では僅かに2°C未満に過ぎない⁸⁾。水温躍層(変水層)は7~8月は5~30m層に現れるが、その上限界は9月には10m層に、10月には15m層に下降する。表層湖水のpHは、1年を通じて7.0~7.4の間にあるが、40~70m層湖水のpHは、1年を通じて6.8~7.1の間にある。

4

さて、琵琶湖主湖盆における植物性プランクトンの優占種は、年間次の如くに遷移する。

1—3月	<i>Stephanodiscus carconensis</i>
4月	<i>Melosira solida</i>
5月	<i>Asterionella formosa</i>
6月	<i>Attheya Zachariasii</i>
7月	<i>Ceratium hirundinella</i>
8—9月	<i>Pediastrum Biwae</i>
10月	<i>Attheya Zachariasii</i>
11—12月	<i>Melosira solida</i>

但し、7月と9月においては、全体としてのプランクトンから見た真の優占種は、動物(橈脚類)の *Eodiaptomns japonicus* である。その他の月の優占種は、全体としてのプランクトンから見た真の優占種と一致する。優占プランクトン植物の消長を図示すれば、大体次の如くなる(図2)。

次に植物性プランクトンの主要構成員の各々について、その生態と季節的消長とを記す。

8) 70m層に於ける水温は、1年を通じて6.85~8.61°Cの間にある。

Aphanocapsa elachista var. *conferta*……1~3月及び9~12月の期間に現れ、特に10月に最も多い。琵琶湖は貧栄養湖であるから、浮游性藍藻に極めて乏しく、富栄養湖に普通に見られるような *Microcystis* や *Anabaena* は全然出現しない。本種は水の華

Fig. 2 Diagram showing the seasonal succession of the dominant phytoplankton species of Lake Biwa. 1. *Stephanodiscus carconensis* GRUN., 2. *Melosira solida* EULENSTEIN, 3. *Asterionella formosa* HASSALL, 4. *Atthya Zachariasii* J. BRUN, 5. *Ceratium hirundinella* (O. F. MÜLLER) SOHRANK, 6. *Pediatrum Biwae* NEGORO.

(water-bloom) を形成するには至らないが、藍藻に乏しい琵琶湖において、唯一の普遍的な浮游性種である。しかも、藍藻の多くが1年中で最も水温の高い頃に出現するにかかわらず、本種がかえつてその時期をさけて出現するのは注目に値する。

Melosira solida……既述の如く、本種は琵琶湖におびただしく産し、琵琶湖を特徴づける注目すべき浮游性藻類の1種である。しかし、本種は又 50~70m の湖底上にあつて、底棲生物としていわゆる Ävja を形成して生育するものの如くである。本種が浮游するのは1月より5月に至る間および10月より12月に至る間であつて、1年の中で6~9月の間だけ欠けている。但し、6~8月の間は表層には浮游しないけれども、6月は10~20m の水層に、7~8月は20~40 m の水層に存し、表面から湖底まで全層を通じて全く浮游しないのは9月のみである。本種が最もおびただしく表層に浮游するのは、11~12月であつて、2~4月がそれに次ぐが、1月は比較的に少い。

Stephanodiscus carconensis……本種も、既述の如く、琵琶湖におびただしく産し、琵琶湖を特徴づける藻類の1種である。浮游生活以外に、*Melosira solida* とともに 50~70m の湖底上 Ävja を形成する。いずれの月にも多少とも現れるが1年を通じて最も多いのは1~3月で、11~12月がそれに次ぐ。最も少いのは7月である。

Atthya Zachariasii……本種は殻の硅化が極めて弱度で、細胞は中央部の核および

色素体の集まる細胞質濃厚箇所を除いては、ほとんど全体が透明であるために、顕微鏡下に見のがされ易い。真性の浮游植物で、通常富栄養型の湖沼に広く分布するものであるが、時には清澄な水をたたえた大湖にも出現することがある。琵琶湖は実に後者のよい1例である。歐洲の湖沼には広く分布するが、北米の湖沼には殆んど出現しない。琵琶湖主湖盆では5月から12月に至る間に出現し、最も多量なのは6月と10~11月の両期である。休眠胞子は11月に形成される。

Asterionella formosa……世界に広く分布する真性浮游植物の1種で、通常星状の群体を形成する。特に富栄養湖におびただしく出現するが、稀に大きくて深い貧栄養湖にもおびただしく出現することがある。琵琶湖は実に後者に属するよい1例である。この事情は、前記 *Attheya Zachariasi* の場合と、趣を同じくしている。琵琶湖主湖盆では、1月及び7~8月を除いて、他の月にはいずれも出現するが、特におびただしく出現するのは5月で、次いで4月、更にそれに次いで12月に多い。

Closterium aciculare var. *subpronum*……細胞は非常に細長く（長さは幅の約100倍）、大部分は真直ぐで、両端部で軽度に変曲する。従つて細胞全体はほとんど直線に近い弧状を呈するか、またS字状をなす。真性の浮游植物で、ドイツ、イギリス等の湖沼に産する。琵琶湖主湖盆では、2~5月および9~10月の両期に現れるが、4~5月に最も多い。

Staurastrum dorsidentiferum var. *ornatum*……各半細胞は、鋸歯を有するかなり太い突起を3本具えている。突起の屈曲度やその伸びる方向にはかなり変化があつて、いわゆる「冬型」と称せられるものでは、突起は斜上方に向つて伸び、真直ぐであるか、又は僅かに内方へ彎曲しているが、いわゆる「夏型」と称せられるものでは、突起はほとんど水平に伸び、かつ真直ぐである。また突起の背側にある鋸歯は、冬型では著しく強大であるが、夏型では極めて小さくほとんど有るか無きかの状態である。従つて両型は一見すれば恰も別種のような感じを受ける。外国では、フィンランドで見出されているに過ぎない。

琵琶湖主湖盆におびただしく産する。夏型は夏季（7~9月）に現れるに過ぎないが（但し夏型はなお10月の深層に僅かに残っている）、冬型は1年中を通じて、いずれの季節にも現れる。すなわち、夏季は冬型と夏型とが混じて出現する。従つて琵琶湖における場合は、冬型は普通型であるといひ得る。本種は1年を通じて浮游し、1月を除けばほとんど量的にあまり増減はない。しかし、4~5月および8~11月の両期には、各地点の全層にわたつて出現するから、特に多いといつてよいであろう。1月のみは格別に僅少で、皆無に近い。

Staurastrum paradoxum……世界広分布種で、通常各半細胞に4本の小鋸歯を有する突起を具えているが、稀に一方の半細胞が4本の突起を有するのに、他方の半細胞が3本の突起を有する様な突起が出現する。2細胞が突起で互に絡み合つて連終せるものが

往々見られる。琵琶湖主湖盆において、本種は *S. dorsidentiferum* var. *ornatum* および *S. limneticum* var. *Burmense* と共に、最も普遍的な浮游性 *Staurastrum* であるが、他の2種に比して量は可成り少い。1年を通じて出現し、1月を除いて量的にはほとんど増減はない。しかし各地点の全層にわたって出現するのは、5月と9月である。1月は甚だ少く、皆無に近い。

Staurastrum limneticum var. *Burmense*……ビルマから知られているが、わが国では琵琶湖以外に、鹿児島県の池田湖および鰻池からも見出されている。各半細胞に、疎大鋸歯を有する5本の突起を具えている。琵琶湖主湖盆には1年を通じて出現するが、1年のほぼ前半1~7月の間は甚だ少く、8月から急に多くなり、9~11月は特に多く、12月もまた前3カ月に劣らぬ程である。

Cosmoecium constrictum……真性の浮游植物でスエーデン、フィンランド、英国、北米合衆国等より知られている。通常群体をなすが、また細胞が単独で浮游するものも多い。琵琶湖主湖盆における本種の出現期については、調査なお不充分であるが、特に11月頃に多い。

Dinobryon cylindricum……中欧および北欧に広く分布し、主として弱度の富栄養及至貧栄養の湖に繁栄する。琵琶湖主湖盆では、5~6月および11~12月の両期に出現する。

Dinobryon bavaricum……北半球の温帯および寒帯に広く分布する浮游植物であるが、富栄養湖には全く出現しないで、常に貧栄養湖および腐植栄養湖に限って出現する。琵琶湖主湖盆では、4月から6月に至る間に出現し、特に5月に多い。

Mallomonas fastigata……北ドイツ及びベルギーでプランクトン中に見出されている。琵琶湖主湖盆では、9~12月の間に出現する。

Ceratium hirundinella……前述の如く、琵琶湖産の本種は固有の1新型をなすものであるが、その特徴は後角が前角（又は頂角）とほとんど同方向に伸長し、後赤道角がやや外方に向い、かつ前角の基部両縁に鋸歯状の小突起があつて、そこに薄膜が張られている点にある。1年を通じて各月とも多かれ少かれ出現するも、1~4月の間は極めて少く、7月に最も多い。補助角（又は第四角）を有する個体、所謂4本角個体は、夏季（9月）と冬季（12月）に少数出現する。

Sphaerocystis Schroeteri……スイス、ドイツ、北米合衆国等の湖沼に浮游して出現する。琵琶湖主湖盆には1年を通じて出現するものの如くであるが、なお詳細な調査を必要とする。

Eudorina elegans……世界広分布種で、軟水の池や湖に浮游して現れる。琵琶湖主湖盆では、3~11月の間に出現し、7~8月が最も多い。通常主として沿岸部に現れる。

Pediastrum Biwae……琵琶湖固有種で、主湖盆全体に広く分布して浮游し、夥しく産する。一見すれば *P. duplex* の如くであるが、詳細に検すると、*P. duplex* と異つて、

周縁部細胞の突起が唯 1 本であつて、明らかに *P. simplex* 群、即ち A. BRAUN (1855) の散けた *Monactinium* 亜属に属するものであることが判る。*P. duplex* に類似した姿を呈するのは、隣り合う細胞の突起が彎曲して互に相近づくか、または相離れているからである。

1~2 月は極少量で、ほとんど皆無に近いが、3 月から湖岸部で増殖し始め、7 月に至つて全体に拡がり増して、8 月には最大の繁栄を示し、それがほぼ 9 月まで繼續する。10 月以降はやや少くなるが、湖全体にわたつて 12 月まで浮游する。

Oedogonium sp.……1 年を通じて常にかなり多量に浮游するが、比較的が多いのは 4~9 月の間で、その中でも 6 月が最も多い。生殖器官を形成しない。

Botryococcus Braunii……世界広分布種であるが、その生態に関しては、未だほとんど確かなことが何も知られていない。多数の細胞が周縁に 1 層に並び、中空塊状の単独群体を形成する。更にこの単独群体は、弾性を有し、かつ透明な粘質絲で幾個かが連つて不規則な複合群体を形成する。色素体は黄緑色を呈するが、同化形成物は赤味を帯びた油滴であるので、これが細胞中に貯藏されると、細胞全体が赤褐色に見える。

5~8 月及び 11~12 月の両期に出現し、5 月が最も多く、8 月がそれに次いで多い。5~7 月は単独群体のものが多く、僅かに小複合群体が見られるに過ぎないが、8 月は単独群体のものもお幾らか存するが、大複合群体を成すものが多く、11~12 月は再び単独群体が主で、小複合群体が僅かに見られるのみになる。

✱

以上に記した事実に基いて、琵琶湖主湖盆の植物性プランクトンの主要構成員を、假に冬季種、夏季種、春季種、秋季種、春秋両季種に分類すると、大体次の様になる。

冬季種……*Aphanocapsa elachista* var. *conferta*, *Melosira solida*, *Stephanodiscus carconensis*.

夏季種……*Ceratium hirundinella*, *Eudorina elegans*, *Pediastrum Bivae*.

春季種……*Asterionella formosa* (春秋両季?), *Dinobryon bavaricum*, *Oedogonium* sp. (?).

秋季種……*Staurastrum limneticum* var. *ornatum*, *Cosmocladium constrictum* (?), *Mallomonas fastigata* (?).

春秋両季種……*Attheya Zachariasi*, *Closterium aciculare* var. *subpronum* (春季種?), *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum*, *Staurastrum paradoxum*, *Dinobryon cylindricum*, *Botryococcus Braunii* (?).

✱

終りに臨み、本稿を御査閲下つた京都大学教授上野益三博士に対し感謝の意を表する。

S U M M A R Y

The phytoplankton of the main basin of Lake Biwa-ko consists of 35 species of algae, viz., Cyanophyceae 2, Diatomeae 15, Desmidiaceae 8, Chrysophyceae 3, Dinoflagellata 1, Chlorophyceae 5, and Heterokontae 1. Of the 35 species, the principal members are the followings : *Aphahanocapsa elachista* var. *conferta* (Cyan.), *Melosira solida* (Diat.), *Stephanodiscus carconensis* (Diat.), *Attheya Zachariasi* (Diat.), *Asterionella formosa* (Diat.), *Closterium aciculare* var. *subpronum* (Desm.), *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum* (Desm.), *Staurastrum paradoxum* (Desm.), *Staurastrum limneticum* var. *Burmense* (Desm.), *Cosmocladium constrictum* (Desm.), *Dinobryon cylindricum* (Chrys.), *Dinobryon bavaricum* (Chrys.), *Mallomonas fastigata* (Chrys.), *Ceratium hirundinella* (Dinofl.), *Sphaerocystis Schroeteri* (Chlor.), and *Botryococcus Braunii* (Heterok.). The Annual succession of the dominant species of phytoplankton is as follows : Jan. ~Mar. *Stephanodiscus carconensis*→Apr. *Melosira solida*→May *Asterionella formosa*→June, *Attheya Zachariasi*→July. *Ceratium hirundinella*→Aug. ~Sept. *Pediastrum Biwae*→Oct. *Attheya Zachariasi*→Nov. ~Dec. *Melosira solida*. In July and September the dominant form of the plankton is represented by a zooplankton *Eodiadromus japonicus* (Copepoda).

(著者：根来健一郎，大津市観音寺町，京大臨湖実験所；Ken-ichiro NEGORO, Otsu Hydrobiological Station, Otsu-shi, Shiga-ken)