琵琶湖のプランクトンの垂直分布 の周年變化概況

菊池健三・榎田淑子・館野文枝

(東京女子高等師範學校)

Seasonal Change in the Vertical Distribution of the Plankton in Lake Biwa

By Kenzo KIKUCHI, Yosiko ENOKIDA and Hunie TATEO

琵琶湖のプランクトンの量の消長の周年變化は川村 (1918) の記録があるのみである。又滋賀縣水産試験場では數年に亘り毎月採集を行つてゐるが未だ發表されてゐない。本湖のみならず日本の他の湖に於けるプランクトンの垂直分布の周年變化に關する報告も又皆無であるから、本報告は 1926 年 10 月から 1928 年 9 月まで滿 2 年間行つた古い觀測結果であり又不完全な點も多々あるがここに概要を報告する事とする。

觀測地點は琵琶湖の西岸南雄松沖の深度約 50 m の所及び大津市柳ヶ崎沖深度約 4 m の兩地點である。觀測は毎月 1 回正午前後的時刻に行つた。全觀測結果を記録することは紙數の關係で出來ぬから最初の一年間の結果を要約記述し、其後の結果を參考とし、更に、大津市沖の觀測結果を略記するに止る。當時の環境要因として水温、水素イオン濃度、溶解酸素量の測定を行つたが、水素イオン濃度の變化は pH 6.8-7.4 の間にあり、又溶解酸素の飽和度は停滯期末期に於ても最低 84 % であるから、之等の要因はプランクトンの垂直分布に直接影響はないと考へられるので本報告に於ては省略し、最も重要と考へられる水温の變化のみを第 1 圖に示すこととする。

プランクトンの採集は菊池がポンプを用ひて行ひ、其の検査並に計算は最初の 3 回については菊池が行つたが、其後のものは總て榎田及び館野が行つた。尙 1927 年 9 月から 1928 年 9 月までは菅原健氏が行つた琵琶湖の水の化學的觀測 (菅原 1938) と同時に行つた。ここに同氏の助力を得たこと

第 1 圖 琵琶湖の水溫の周年變化

を記し感謝の意を表する。

プランクトンの垂直分布を示すには、各種のプランクトンの各水層に於ける単位容積中の個體數を以てするのが最適であるが、紙數の關係で本報告ではプランクトン各種の總數（表層より 30 m まで切口 10 cm 平方の水柱を考へ、其の内の總個體數を以て示す）、その垂直分布の上下限 (U.L., L.L.), 上下四分値 (Q_1 , Q_3) 及び平均値 (Q_2) を示すこととした。即平均値は垂直分布の中心を示し、上下四分値のひらきの大小はプランクトンが比較的一様に分布してゐるか、又は平均値附近の水層に密集してゐるかを示す。例へば上下四分値の間の値が上下限間の値の半分であれば、プランクトンは上下限間に一様に分布してゐることを示す。又平均値の深さの移動を見ればプランクトン全體の垂直分布の移動を察することが出来る。之等の關係は第 1 表及び第 2 表を参照すれば明瞭となることと思ふ。

1. *Eodiaptomus japonicus* (第 1, 2 表)

本種についてはナウプリウス、コペポディッド、雌及び雄の成體の 4 に區別して検査した。ナウプリウスは冬季減少する傾向があるが其の季節的増減は成體に比し顯著でない。コペポディッド及び雌は冬季に最も減少し夏季に増加する。この結果は川村 (1918) と一致する。之に反し雄は秋—冬季に増加し春—夏季は減少する。雌雄の總個體の比は日本内地の他の湖沼に於ける *from*-

第 1 表 南雄松沖に於ける *Eodiaptomus japonicus* の垂直分布の周年変化 (U.L.=上限, Q_1 =上四分値, Q_2 =平均値, Q_3 =下四分値, L.L.=下限, T =総個體数, 單位は m)

Nauplius

	6/X	2/XI	1/XII	25/I	26/II	18/III	18/IV	12/V	12/VI	10/VII	7/X
U.L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_1	2.2	4.3	4.3	6.5	9.3	7.5	7.1	3.4	1.9	2.9	5.
Q_2	3.3	7.5	7.1	13.0	15.4	14.5	12.5	15.0	3.1	4.9	9.4
Q_3	4.5	11.3	9.7	19.0	21.9	21.9	19.0	22.5	5.3	8.3	17.5
L.L.	20	25	15	30	30	30	30	30	30	25	30
T	1783	5295	807	866	1294	2133	1463	1088	1551	2849	1744

Copepod

	0	0	0	5	10	2	5	2	2	0	0
U.L.	0	0	0	5	10	2	5	2	2	0	0
Q_1	9.7	8.4	10.8	6.7	14.0	7.9	5.3	7.8	5.0	4.2	4.8
Q_2	14.2	11.7	13.7	11.6	16.8	11.3	8.8	12.8	7.5	7.2	6.7
Q_3	19.8	14.6	16.2	19.9	20.0	14.5	13.3	24.2	10.0	10.7	12.4
L.L.	30	30	20	30	30	30	30	30	30	20	30
T	1120	396	378	24	13	708	80	82	56	2187	614

雌

	2	2	2	0	0	2	0	2	2	2	2
U.L.	2	2	2	0	0	2	0	2	2	2	2
Q_1	10.4	4.6	12.8	12.6	14.5	10.2	6.5	7.9	4.8	6.3	4.7
Q_2	17.7	7.9	16.4	22.0	18.7	15.5	11.5	10.8	7.4	10.6	6.8
Q_3	24.3	9.6	20.0	26.0	22.8	25.5	19.3	16.9	9.9	16.2	10.0
L.L.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
T	157	363	140	52	45	38	902	1352	1003	1904	214

雄

	5	2	10	5	—	—	15	—	—	—	2
U.L.	5	2	10	5	—	—	15	—	—	—	2
Q_1	7.7	5.1	15.6	14.5	—	—	16.9	—	—	—	2.7
Q_2	12.3	8.3	18.9	20.4	30	15.0	21.3	2	0	—	4.3
Q_3	17.0	13.5	23.7	25.2	—	—	25.6	—	—	—	6.3
L.L.	20	30	30	30	—	—	30	—	—	—	15
T	28	98	73	41	0.5	1	4	3	0.4	0	103

第2表 *Eodiaptomus japonicus* の垂直分布が發生段階により異なるを
示す (1926 年 12 月 1 日南雄松沖採集, 個體数は 1L 中の數)

深 さ	0m	2	5	10	15	20	25	30	Q_1	Q_2	Q_3	T.
Naup.	2.0	2.8	8.8	6.4	0.4	0	0	0	4.3m	7.1	9.7	807
0.4-0.5mm	0.1	0.1	0.5	1.0	0.6	0	0	0	7.0	10.4	13.5	104
0.5-0.6	0	0	0.1	0.2	1.8	0.1	0	0	11.8	14.5	17.3	109
0.7-0.85	0	0	0	0.2	1.9	0.2	0	0	12.5	15.0	17.5	116
♀ (1.2)	0	0.1	0	0.2	1.7	0.4	0.3	0.3	12.8	16.4	20.0	140
♂ (0.9-1.0)	0	0	0	0.1	0.4	0.7	0.2	0	15.6	18.9	23.7	73

thodiaptomus pacificus の場合 (菊池, 1930) と同様周年雌の方が著しく多く, 殊に春-夏季にこの傾向が著しい。歐洲に於ても RUTTNER (1926) は *Diaptomus gracilis* に於て同様の傾向のあることを示してゐる。之に反し原田 (1935) は臺灣に於ては *Diaptomus birulai* の雌雄は略々同比率に出現し冬季には雄の方が稍々多く, 夏季には雌の方が稍々多く出現することを記してゐる。

垂直分布については第1表に示す如く ナウプリウス は最も表層近く分布しコペポディッド之より稍々深層にあり, 成體は更に深層に分布する。第2表に示す如く コペポディッドを更に三期に分ければ 若い小型のもの程成長せるものに比し表層近く分布してゐる。橈脚類は日本及歐洲の例を見ても一般にこの如き傾向がある。又雌雄の何れか一方が常に深層に分布するといふ如き一定の關係は認められない。

本種は晝夜移動の觀測結果 (菊池, 1930) から見ても明な如く水温の差は垂直分布に影響がない。従つて垂直分布は *Diaphanosoma* の如き水温 (水温躍層) に左右されるものと異り, 或る水層に密集する傾向が少く, 比較的上下層一様に分布してゐる。即四季を通じ 2m 又は表層より 30m まで分布し, 分布の平均深度は夏季は表層近く (5-10m) 冬季には深い (10-20m)。又上下四分値のひらきは雌の場合最少 5m (6 月, 9 月), 最大 15m (3 月, 1 月) とをつて居り夏季には比較的表層近くに密集し, 冬季には廣範圍に一樣に分布してゐること示してゐる。之は夏季には日光強く且つ湖水が停滯して

ゐるため、趨地性及び趨光性が顯著に現れるため、冬季には日光弱く之等の趨性が顯著でない上水が攪亂されるためであらう。

大津市沖に於ては量の消長は雄松沖の観測と一致するが、夏一秋には 4 m の底層に最多量分布してゐる。冬一春には略々一様に分布してゐるが表層に於て稍々減少してゐる。

2. *Cyclops strenuus* (第 3, 4 表)

本湖には本種の他に *Thermocyclops oithonoides* (又はその近似種?) が表層近くに、又稀に *Mesocyclops leuckarti* が湖岸近くに見られるが之等は数が少く且つ出現が不規則であつたから *Cyclops strenuus* だけについて記すこととする。

本種は秋及び春に最多数現れ冬及び初夏は出現数は少い(第 3 表)。木崎湖の例を見ると(菊池 1927) 本種は夏季には底に近く密集してゐるから本湖に於ても 50 m の底層まで観測すれば多数出現してゐるものかも知れない。本種の雌雄の数は周年雌の方が多い。この傾向は木崎湖及野尻湖の場合(菊池, 1927) と一致する(第 3 表)。

第 3 表 *Cyclops strenuus* の雌雄比の周年変化

	6/X	2/X	1/XI	25/I	26/II	18/III	18/IV	12/V	12/VI	10/VII	7/X
雌	170	145	88	84	39	169	152	17	16	87	123
雄	57	18	28	24	4	8	3	4	4	4	29

第 4 表 *Cyclops strenuus* の垂直分布が發生段階により異なるを示す。

(1926 年 12 月 1 日南雄松沖採集)

深 さ	0m	2	5	10	15	20	25	30	Q_1	Q_2	Q_3	T.
0.5-0.55mm	0.3	0.6	2.1	5.5	5.6	0.2	0	0	8.4	12.1	15.5	716
0.6-0.75	0	0	0	0.4	1.4	0.8	0.5	0.1	13.2	17.1	21.0	158
♀ (0.8-1.0)	0	0	0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7	18.3	22.9	26.7	88
♂ (0.8-1.2)	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.3	19.5	24.3	27.4	28

垂直分布は第 4 表に 1 例を示す如く常に若いものが表層近く分布する。雌雄の何れか一方常に深層に分布するといふ一定の傾向はない。本種も前種と

同じく垂直分布に對して水温躍層が影響する傾向は認められない。従て其の分布は表層より深層まで比較的一様に分布してゐる。又四季による相違もあり明でない。

大津市沖に於ける観測も上記の傾向と一致する。

3. *Diaphanosoma brachyurum* (第 5 表)

本種は本湖に最多數に出現する枝角類で夏最多となり冬は減少し全採集中數匹を數へるに過ぬ。雄の出現する時期は秋の終から初冬で本観測中では 12 月 1 日の採集品の中に數匹見られたのみである。本種は既に菊池 (1930) が水月湖, 木崎湖, 青木湖, 琵琶湖に於ける例で示した如く, 夏季には常に水温躍層より上層に分布してゐる。即 10 月には分布下限は 20m であつたが, 11 月になると 25m となり 12 月には 30m に達する (第 1 圖参照)。1 月—3 月は個體數が非常に少く垂直分布は明瞭でないが, 4—5 月には 5—30m に分布し, 7 月には再び 20m より上層のみに分布する。

第 5 表 *Diaphanosoma brachyurum* の垂直分布の周年變化

	6/X	2/X	1/X	25/I	26/II	18/III	18/IV	12/V	12/VI	10/VII	7/X
U.L.	2	10	15	5	—	5	5	5	5	5	2
Q ₁	7.2	13.4	17.7	6.7	—	7.1	9.1	14.1	6.2	9.1	5.4
Q ₂	10.6	17.0	21.0	10.0	25	17.3	16.8	19.5	10.1	13.4	7.7
Q ₃	14.4	20.6	24.0	15.0	—	22.4	24.7	24.0	12.5	17.7	10.4
L.L.	20	25	30	20	—	30	30	30	25	25	20
T.	1167	228	79	4	1	4	30	57	117	113	926

大津市沖に於ては 4 月—11 月には多數居るが 12 月—3 月には全く居なくなる。其の垂直分布を見ると常に底層に密集してゐる。

4. *Bosmina longirostris* (第 6 表)

本種は *Diaphanosoma* に次いで多數出現する枝角類である。最多數に達するのは 4, 5 月であり 1, 2 月に最少數となる。垂直分布は夏季には大多數が水温躍層又は夫以下に分布するが, 春から初夏には一様に分布する。本種は浅い池沼に居る場合は上下層一様に分布してゐるが湖の場合は木崎湖, 青木湖, 河口湖等に於ても本湖と同様の傾向を示してゐる (菊池 1930)。

大津市沖には比較的多量に出現するが底層に多数分布する傾向がある。

第 6 表 *Bosmina longirostris* の垂直分布の周年変化

	6/X	2/X	1/XII	25/I	26/II	18/III	18/IV	12/V	12/VI	10/VII	7/X
U.L.	15	5	5	—	10	5	0	0	0	2	10
Q ₁	16.5	10.0	12.3	—	17.0	14.8	10.2	8.4	—	13.7	15.2
Q ₂	19.3	16.9	16.0	20.0	21.6	18.5	16.1	12.1	—	18.3	17.7
Q ₃	22.4	22.0	24.2	—	25.0	23.0	20.8	14.3	—	22.0	20.5
L.L.	30	25	30	—	30	30	30	30	30	30	30
T.	88	32	63	2	12	70	247	1026	20	143	59

5. *Leptodora kindtii* (第 7 表)

本種は 6 月から 12 月まで 5-15 m の中層に出現する。個體数は少く最大 23 であった。

大津市沖に於ても同様の季節に出現するが大部分は 4 m の底層に分布してゐる。

6. *Daphnia pulex* (第 7 表)

本種は前報告(菊池, 1930)には *D. longispina* と記したが本湖のものは上野(1934)の指摘した如く *D. pulex pulex* の浮游性のものである。殆ど全部水温躍層以下の深層に分布し夜間も表層に上昇しない。但し數匹を水温躍層より上層から得たことがあるから *D. longispina* 程確實に水温躍層に

第 7 表. 第 1—6 表に示したものの以外のプランクトンの總個體數 (T) の消長

	6/X	2/X	1/XII	25/I	26/II	18/III	18/IV	12/V	12/VI	10/VII	7/X
<i>Leptodora</i>	19	23	10	0	0	0	0	0	0	1	10
<i>Daphnia</i>	30	23	5	5	3	4	47	134	6	0	3
<i>Asplanchna</i>	155	0	0	52	7	18	8	7	1	12	22
<i>Polyarthra</i>	4	24	83	54	27	20	18	200	11	1	10
<i>Keratella c.</i>	1	23	12	0	0	0	0	1	0	10	14
<i>Mesostomum</i>	14	10	0	0	0	0	0	0	0	5	9
<i>Diflugia</i>	58	28	17	30	8	8	13	3	0	0	902
<i>Ceratium</i>	311	1790	723	406	57	118	100	684	911	1686	2420
<i>Staurastrum</i>	1370	2488	1904	141	15	19	29	66	12	196	2134
<i>Mougeotia</i>	2500	2250	2360	120	0	0	0	52	24	43000	32,000
<i>Melosira</i>	6000	59,000	175,000	5,200,000	1,700,000	870,000	9,500,000	3256	95	1180	15,000

よつて其の分布上限が決定せられるものでないかも知れない。個體數は少く 5 月に 143 を得たのが最多數であるが、周年少數づつ採集した。大津市沖には本種は見出されない。

7. 輪蟲類 (第 7 表)

Asplanchna priodonta は周年出現するが夏季に多い。其の垂直分布は春には表層にも見られるが他の季節には 5 m 以下の層に分布してゐる殊に水温躍層内及びそれ以下の層に多い。

大津市沖に於ては個體數は少く底層近くに分布してゐる。

Polyarthra platyptera は周年出現し冬・春に多く夏は少くなる。表層より深層まで一様に分布してゐる場合が多い。

Keratella cochlearis は春・秋に出現し、冬季には全く見られない。垂直分布は 15 m より上層特に表層近くに多數分布してゐる。*K. aculeata* も略と同様の消長を見たが其の數は非常に少く *K. cochlearis* より稍々深層に多い。

Plerosoma truncatum, *P. hudsoni*, *Pedalion mirum* は略 *K. cochlearis* と同傾向の消長が見られるが、*Keratella* より更に表層近く分布してゐる。

8. *Mesostomum* sp. (第 7 表)

本種の如き棒腸渦蟲類がプランクトンとして見られるのは特異の例で本邦はもとより外國に於ても他に例を見ない。個體數は僅少である。夏・秋に 5-15 m の中層に分布してゐるが冬・春には全く見られない。大津市沖に於ては本種は見出れなかつた。

9. *Diffugia biwae* (第 7 表)

本種は本湖特産種で夏最多數見られたが他の季節にも少數づつ見られた。分布層は春・秋には表層より深層まで分布してゐるが特に水温躍層より上層に多い。12, 1 月には分布層が深くなり 10 m 以下となり、2 月には 15 m 以下となる。3 月以後は再び全層に分布する。

大津市沖に於ては 4 月-11 月まで見出され 12 月-3 月までは見出れない夏には全層略々一様に分布してゐるが 10-11 月には底層のみに見出される。

10. *Ceratium hirundinella* (第 7 表)

本種は周年出現するが夏に最多数となる。水温躍層のある季節にはこの層より上層に大多数分布してゐるが 2 月—4 月には全層一様に分布してゐる。

大津市沖に於ては周年全層一様に分布し其の数も少い。

11. *Staurastrum paradoxum* (第 7 表)

本種の如き鼓藻類が大湖のプランクトンとして存在する例は本邦に於ては他にない。夏に最多数 (2500) となり、冬には減少する (15)。分布層は大體水温躍層より上層であるが、10 月 11 月には表層近く (2.5 m) と 中層 (15—20 m) と 2 ヶ所に多数が分布してゐた。

大津市沖に於ても其の消長は一致するが 1 月 2 月には數個體を底層近くに見出したにすぎぬ。他の季節には略々全層一様に分布してゐる。

12. *Mougeotia* sp. (第 7 表)

本種は *Melosira* と共に本湖に於ける最多数出現する植物性プラクトンである。夏に個體数は増加し最大は 7 月の 43000 である。2—4 月には殆ど見られなかつた。表層から深層まで分布してゐるが、水温躍層より上層に多い。

大津市沖に於ても其の消長は同傾向であるが、全層一様に分布してゐる。

13. 珪藻類 (第 7 表)

珪藻類としては *Melosira* が特に多量に出現する。*Melosira italica* が大部分を占めるが *M. varians* を混じてゐる。ここでは兩種を區別せずに斷片 10 個の細胞数の平均を計算し之に斷片の數を乗じたものを以て總個體數とした。

夏は個體數少く最少 95 であつたが 11 月より急激に増加し 1 月には 500 萬に達し引續き大量に存在する。4 月には 950 萬の最大量となるが翌 5 月には 3000 に激減し夏中は數千乃至數萬見出された。分布層は全層に亙るが水温躍層の存在する期間には其の下層に多量にゐる。冬の循環期には略々全層一様に分布してゐる。

大津市沖に於ても略々同様の消長を見た。全層略々一様に分布してゐるが多少底層に多い傾向が見られた。

Attheya zachariasii は冬—春に出現し其の最多數に達する時期は前種より早く 12 月に見られた。其の分布は水温躍層より上層を主とする。

Asterionell gracillima は *Melosira* に次いで多數出現する珪藻である。1 月最多數に達し大體 *Melosira* と同様の消長を見た。

以上の他動物性プランクトンに *Chydorus ovalis*, *Synchaeta stultata*, *Rattulus capusinus*, 植物性プランクトンとして *Dinobryon* sp., *Eudorina* sp., *Cosmoecium* sp., *Stephanodiscus* sp., *Synura* sp. 等が比較的多數出現したが、動物性プランクトンは出現が不規則であつた。又植物性プランクトンでは *Dinobryon* sp., *Eudorina* sp., が多數出現したが標本が古いので適確に其の消長を知ることは出来なかつた。

文 献

- 原田五十吉 1935: 日本學術協會報告, 10.
 川村多賀二 1918: 日本淡水生物學, 下巻.
 菊池健三 1930: 京大理紀要 B, 5.
 ——— 1936: Rec. Oceanogr. Wrks., 9.
 近藤正義 1935: 水道研究資料 19.
 Ruttner, Fr. 1930: Int. Rev., 30.
 上野益三 1934: 科學, 4.