

びわ湖におけるコアユの浮上群泳(マキ)についての研究

〔I〕マキを形成するコアユの体長組成、成熟度、摂餌状態について

Studies on the Schooling of Ayu-Fish, Plecoglossus Altivelis Tet.S., on the surface off Lake Biwa-ko —〔I〕On the Size Composition, Gonad somatic Index, and Volume of Alimentary Canal Contents.

はじめに

毎年、夏季から秋季にかけて、びわ湖北湖の湖上では、コアユの浮上群泳がみられる。この群泳(通称マキ)を船上よりすくい獲る沖すくい網漁が行なわれ、漁獲量は50トンから100トンに達することもあり1973年には240トンに達した。殆んどは食用に加工される。沖すくい網漁は、操業期間が産卵期に近いことから、産卵親魚群への影響は十分考えられるのであるが、マキそのものについての生態的研究、マキと遡河産卵群の関係についても、東(1973)の研究しかなく体形からでは湖中集団の沖アユと晩期(夏季)遡河する群は同じグループとするに問題を残している。

マキについては、生態的な面も、資源的な面も不明な点が多い。本研究は、マキの生態、マキの遡河産卵親魚群に占める位置、沖すくい網漁業の産卵親魚群への影響を知ることである。本年は、まずマキの観察(1973年6月~9月)とマキを形成しているコアユのマキ別の採捕を行い、外部計測、摂餌状態等について調べたので報告する。

本報告に当たって、統計処理について種々の御教示を載いた東京水産大学吉原友吉教授、マキアユの採捕に御協力下さった湖北町、松岡正一氏に謝意を表する。

調査方法

1 調査時期および水域

調査時期は、マキ出現初期の6月19日から、マキ終期の9月8日に至る間で、水域は、初期、終期は塩津湾内であったが、他の時期は姉川地先、早崎、竹生島のはほ3点を結ぶ水域内であった。

調査月日	調査水域	備考
1973.6.19	藤ヶ崎湖岸	姉川、竹生島、塩津湾水域内の他水域にマキなし
1973.7.10	姉川地先、早崎、竹生島を結ぶ水域	塩津湾内マキ殆んどなし
1973.7.23	〃	〃
1973.8.7	〃	〃
1973.8.22	〃	〃
1973.9.8	山梨子から西野に至る湖岸	姉川、竹生島、塩津湾水域の他水域にマキなし

2 採集方法および調査項目

(a) 採集

タモ網(直径45 cm,柄長5.3 m)を用いて、漁船上から人手により、マキ別にサンプリングした。

(b) 外部計測

全長、体長、体高、体巾、体重を測定した。

以下の項目については、7月10日、8月7日、9月3日のサンプルの中から、それぞれ6群を抽出し、各群約20尾について計量、観察した。

(c) 生殖腺重量

(d) 胃内容物量

食道部後端より幽門部までを切り取り、胃重量と内容物除去後の空胃重量の差から算出した。

(e) 食道部および腸管部の充満状態

各部共、脂肪等を除去後肉眼観察より階級分けした。

- 食道部 0 内容物なし。
 1+ 内容物少い。
 2+ 内容物多い。
 3+ 食道部から胃噴門部まで内容物が充満している。
- 腸管部 0 内容物なし。
 1+ 内容物極少し。
 2+ 内容物少し。
 3+ 内容物多い(5+の $\frac{1}{2}$ 量程度)。
 4+ 内容物かなり多い。
 5+ 幽門部から肛門部まで内容物が充満している。

結果および考察

湖上での“マキ”の観察 マキと言われるものは、コアユのみの群泳状態のものでは、(a)水面上で直径4 m内外に群れているものと、(b)マキの大きさは(a)より小さく、コアユの量も少なく、ドーナツ状に群泳しているものと、(c)マキの直径が1 m以下でコアユが水面上に飛び上がり、また元の位置近くに飛び込む様な状態をくり返している垂直型のものに、大きく3つの型に分けられる。次に(d)ハス *Opsariichthys uncirostris*(T. & S.)に追われて(a)の群泳のコアユが水音を立てて一斉に水面

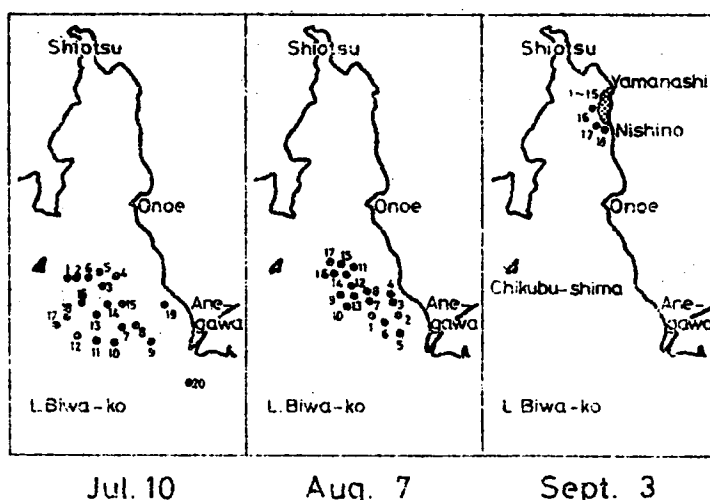


Fig. 1 Localities of sampling station collected by "Oki-sukui-Ami" in order of numbers

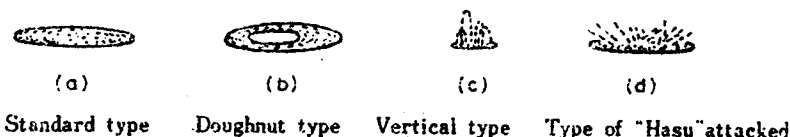


Fig. 2 Schooling type of Ayu-Fish observe on the surface off Lake Biwa-ko

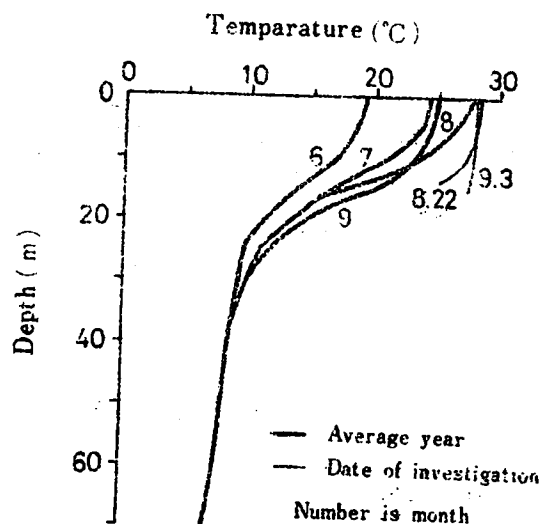


Fig. 3 Water temperature in the average year in Lake Biwa-ko

を逃げたり水面上に四方に飛びはねる状態のものがみられる。飛びはねる様子は、(b)の垂直型と(d)のハスに追われた型のものでは明らかに飛び方が異なる。マキがみられるのは、例年6月から9月初旬にかけてであり、主な出現時間は朝の8時から11時頃と夕方の17時から18時30分頃である。出現期間におけるびわ湖の水温の平年値と本調査時の水温は図-3に示した。本調査時の水温はアユにとつての適水温の上限近いと思われ、マキは水温からみると、至適な条件下に起る現象とはいえない。なかでもドーナツ型のマキは、出現時間帯でも水温が上昇してくると出現し易く、マキの形成の成因の中で、水温の占める位置は低い事が想像される。

体長組成 マキ別に採集されたコアユについて、5回の調査結果をFig.4およびTable 2、3、4、5、6に示した。同日に採集されたコアユでもマキ別に体長組成に差がみられる。差の有無を厳しくするために、t検定で1%の危険率をもつて検定したところ、7月10日では、マキ番号13と18は採集した他のどのマキとも体長に有意差があり、マキ番号5、17、18は互いに有意な差はないが、マキ番号5は、マキ番号17、18以外のマキとは明らかに有意な差があるといえる。マキ番号5、18を除いた他のマキの間には、体長に有意な差はないといえる。7月23日では、マキ番号3は採集した他のどのマキとも有意な差があるといえる。マキ番号6、1、9は互いに有意な差がなく、マキ番号8と9の間にも有意差はないといえる。8月7日採集のマキについては、マキ番号6と5は有意な差はないが、他

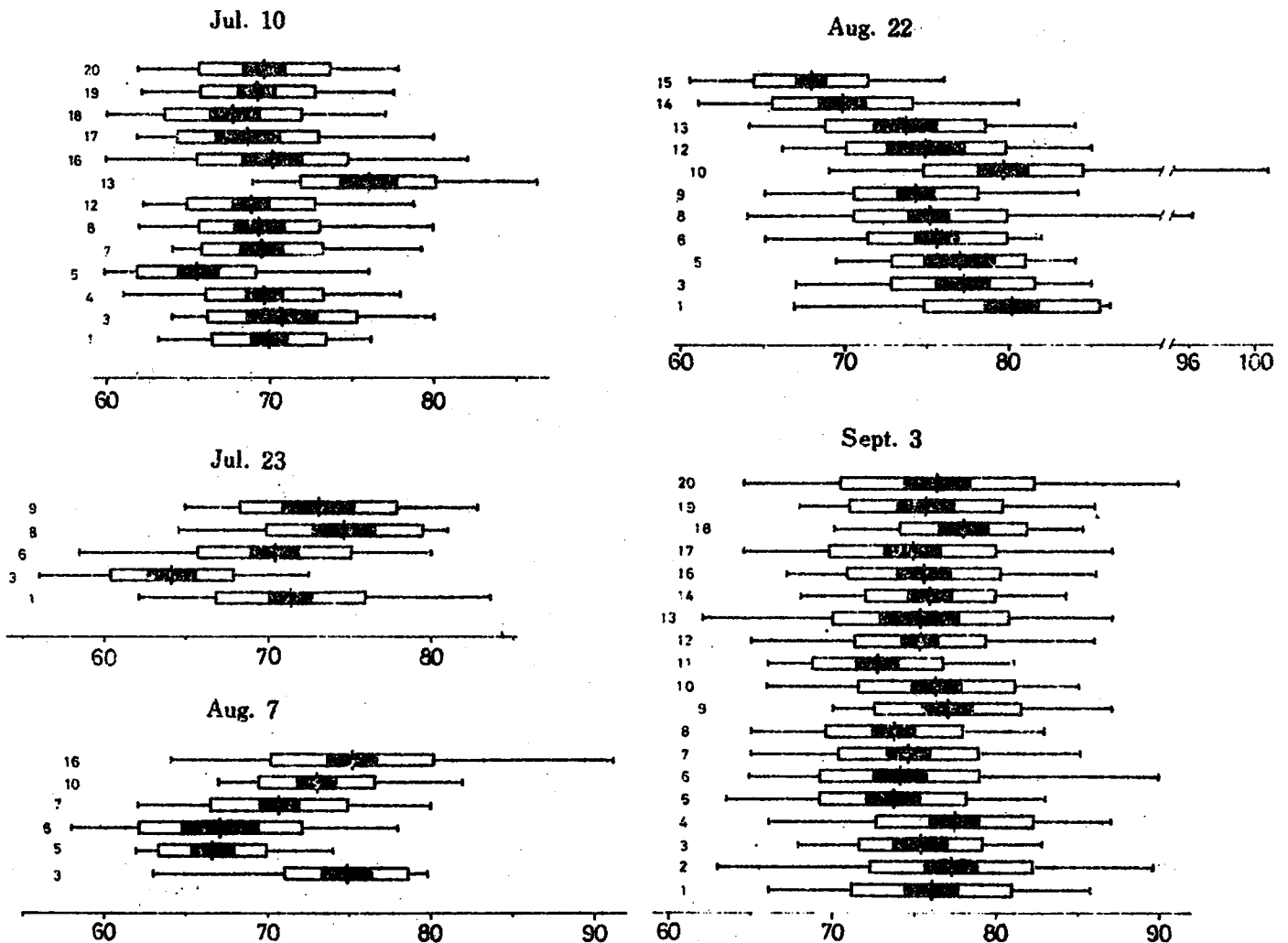


Fig. 4 Composition of body length in each schooling "Maki".
 (Max. Min. Mean value, standard deviation and t.99 confidence interval)
 Collection numbers of schooling in ordinate and body length(mm)in abscissa

のマキに対しては有意差があるといえる。マキ番号7と10は有意な差はなく、マキ番号10、8、16についても同様なことがいえる。8月22日採集のマキについては、マキ番号14、14は互いに有意な差はないが、他のどのマキに対しても有意な差があるといえる。マキ番号8、5、6、8、9、12、13は互いに有意な差がないといえる。マキ番号8、10、1についても同様な事がいえる。

9月8日採集のマキアユでは、マキ番号11、5、8、6、7、13、17、8、16、19は互いに体長に有意な差がないといえる。また同様にマキ番号13、17、8、16、19、12、1、20、14、10、9、2、4、18は互いに体長に有意な差がないといえる。

以上、7月10日から9月8日に至るいずれの調査時においても、1%の危険率で体長に有意差(t検定)のあるものが出現している。出現の傾向をみるのに、2つのマキの間に有意な差のある組合せ数のマキの組合せ総数に占める割合で示すと、7月10日は35.9%、7月28日が50%、8月7日が36.7%、8月22日が71.1%、9月8日が29.2%となっている。どうしてこのような傾向を示すかについては、減少の傾向は、かなり説明がつくと思われるが、7月10日から8月7日にかけての増加の傾向については不明である。一応考えられる事をのべると、マキを形成

しているコアユは、Fig.9にみられるように、7月から産卵直前の時期にかけても生長をつづけているので、体長は7月以前よりも、自然と優劣が出来、その差が大きくなるものと考えられる。そして遊泳や索餌行動において、遊泳力や索餌活動の優劣のため体長の似かよったアユが群泳するようになるのではないと思われる。1つのマキは、コアユの量にして、およそ40kg(5千~1万尾)と推定され、またマキは肉眼観察からも、マキ自体が合流して数倍もの大きさになつて長時間行動するような事はみられず、群泳行動のための必然的大きさというものに制約されているような感じを受けるところから、当然体長組成のよく似たマキが多数出現する事になると考えられる。これは、春アユの地びき網、エリでの漁獲標本⁸⁾とも類似するところである。

そしてさらに、体長差のあるマキが多くなる事の一つとして、これら体長差のある群が、沖すくい網漁(1973年は7月1日~8月15日の期間許可操業された)によつて連日追いまわされるために、その逃避行動がより以上に体長差のあるマキを多く形成したとも考えられる。一方、コアユの捕食者の一つであるハスの行動の面からもマキの形成を考慮しなければならないのは当然である。マキのなかには明らかに、ハスが追っているのが観察されるし、ハスは18cm以上では完全な魚食性となり、コイ科魚類、アユを専食する²⁾ことから、ハスの存在がマキの形成、マキ別の体長にかなり影響があるものと思われる。

次に、本調査でマキ別の体長差が、8月7日をピークとして、8月22日、9月8日と少なくなつてくる傾向は、産卵期に近づくに従つて、遡河産卵群として、まとまつてくる事によるものと思われる。これは、産卵遡河がはじまると湖中のマキ現象が急激に消滅する事、産卵期近くになると、マキが比較的湖岸近くにみられるようになり、且つ今まで、かなり広い水域にみられたマキが狭い水域に集まつて、マキが大きくなる事から体長組成は当然似かよつてくるものと思われる。

成 熟 度

本調査の中から、7月10日、8月7日、9月8日の標本について、各調査日のマキの中から各6つのマキを抽出し、各マキについて約20尾の成熟度(性腺重量×100/体重)をしらべた。7月10日では、

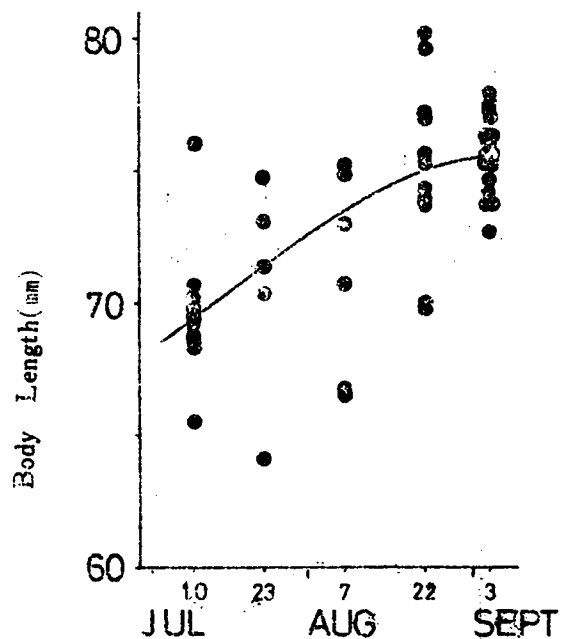
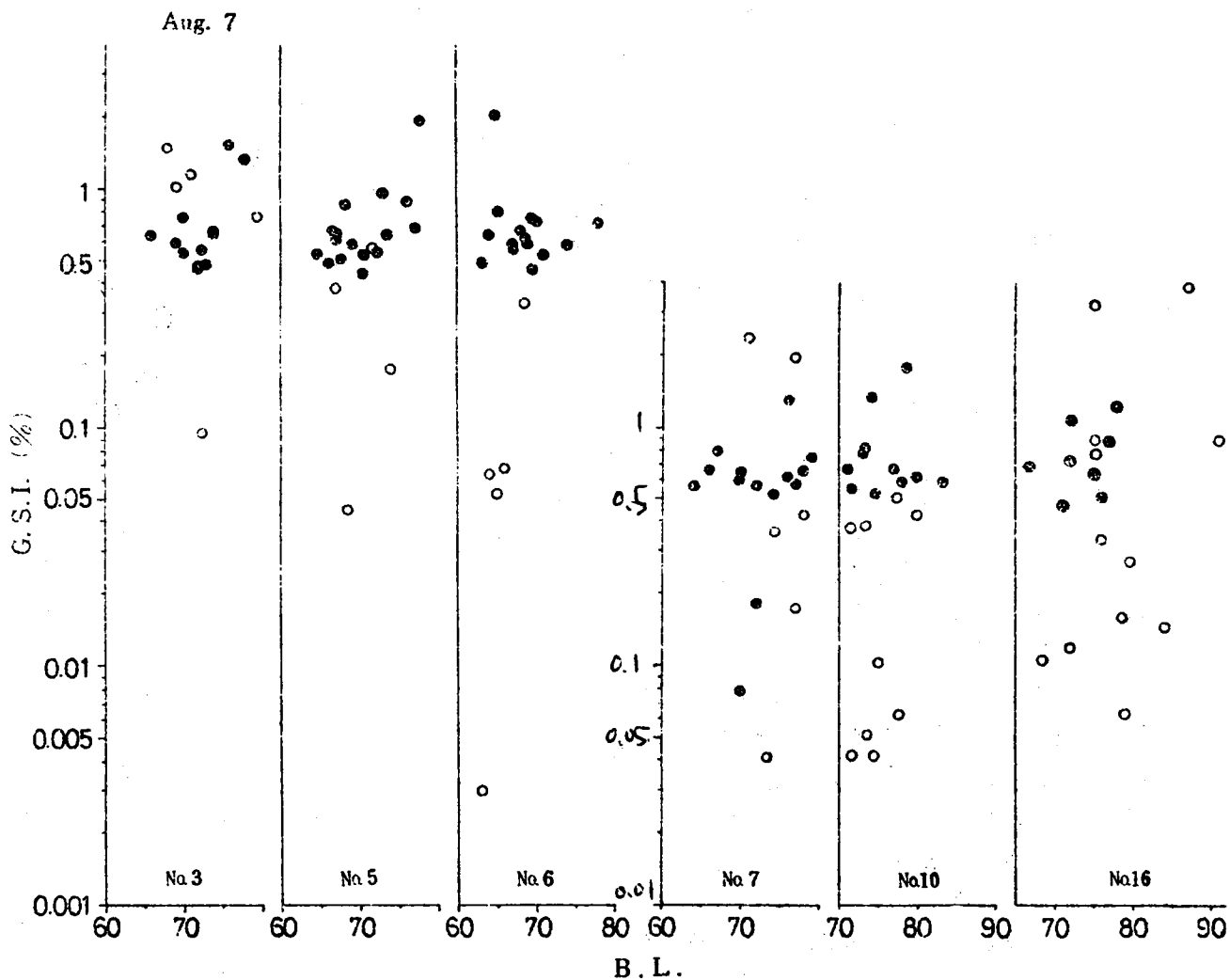
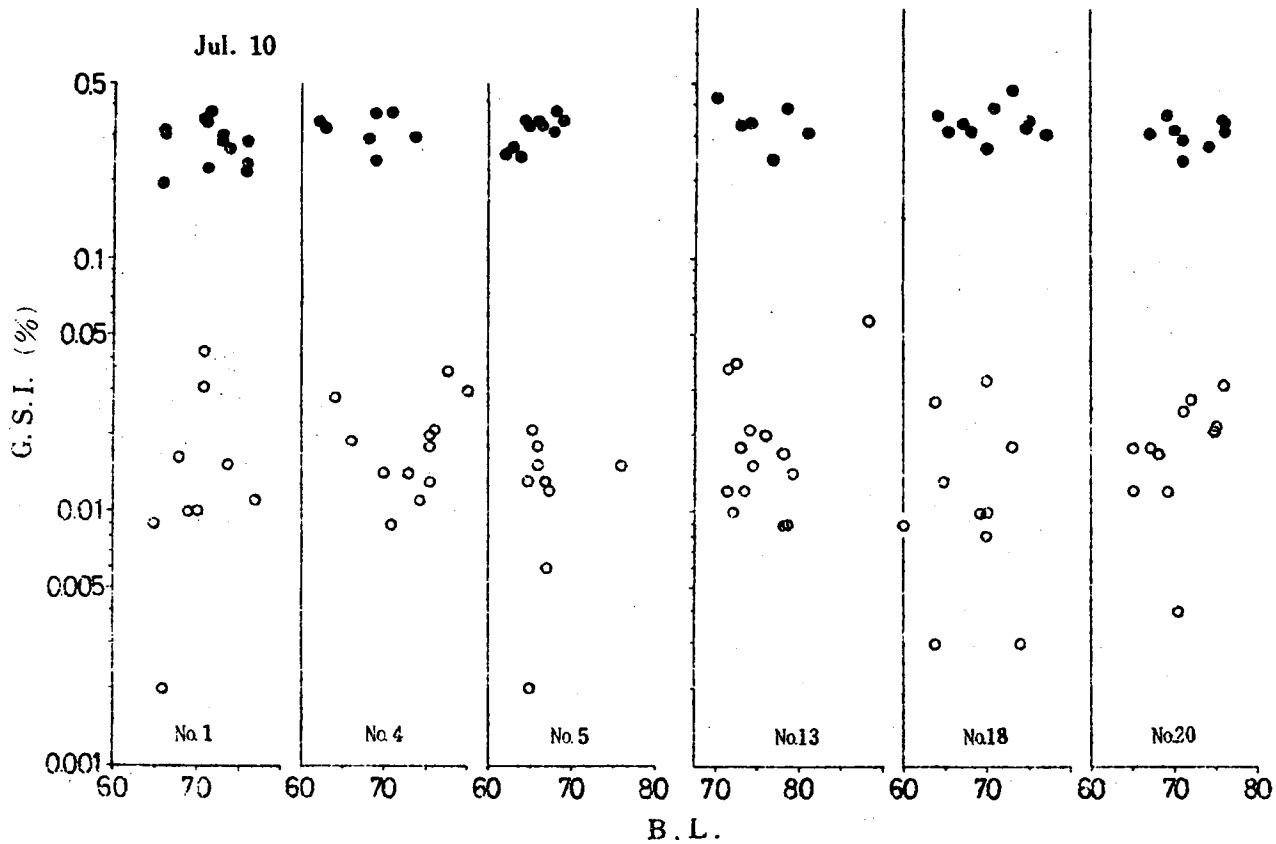


Fig. 5 Diurnal variation of mean length in each schooling by "Oki-Sukui-Ani"



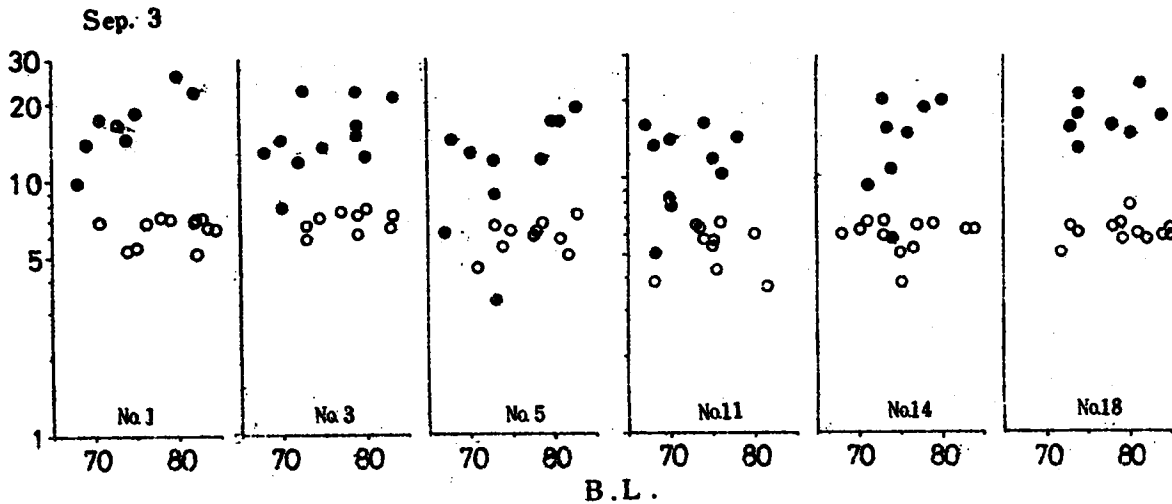


Fig. 6 Diurnal variation in the G.S.I. of schooling Ayu-Fish. No. is collection numbers of schooling. Body length(mm)in abscissa

成熟度は、体長が他のマキより大きかつたマキ番号18は、成熟度の平均が他のマキよりやや大きかつた。体長の小さかつたマキ番号5では、他のマキより成熟度の平均が他のマキより小さいという傾向はなかつた。8月7日では、体長の大きいマキ番号16は、成熟度も他より大きく、体長の小さいマキ番号5、6は成熟度も小さかつたが、マキ番号7、10ではこのような傾向はみられなかつた。9月8日でも、体長のやや大きい、マキ番号1、3、14、18では成熟度もやや大きく、体長の小さいマキ番号11では、他よりやや成熟度は小さい傾向であつた。この項については、コアユの検体数を多くして、さらに検討する必要がある。特徴的であつたのは、8月7日ではマキによつて雄の成熟度のバラツキが大きい事と、9月8日の雌の成熟度にマキによつて少し違いがみられることであつた。9月8日現在、雌は調査個体数全部が排卵前で、雄は全数が精管に精液が認められ放精中であつた。

性 比

成熟度の項で調べた雌雄数を一括してTable-1に示した。各調査日で特徴ある傾向がみられる。これがマキ出現時期の様相を示しているかどうかは、成熟度同様、コアユの検体数を多くする事と調査回数も多くする必要があるが、マキ別の体長差の大きい8月7日に、性比が100:56とその差が大きい事が目立つ、7月10日、9月8日は性比が正常である事が何を意味しているか興味のある事である。

摂 餌 状 況

(a) 胃充満度

7月10日、8月7日、9月8日のマキのコアユの採集標本の中から、成熟度を測定したと同

一個体について胃充満度をFig7に示した。胃充満度は、アユでは、飽食状態から1~2時間で胃は空胃となる³⁾ことから、摂餌状態を十分に知るには適当でないかもしれない。自然の環境では、一度に必ず飽食状態になるとは考え難いことから、Fig. 7は、マキとして採捕したその時点の胃内容物の量を示しているのであつて、時間的な推移を知る事は出来ない。ただし、9月8日のマキコアユの胃充満度については、性腺が発達しており、消化管が圧迫されて、物理的に十分な摂餌は出来ない状態であつたので、この時期のコアユの摂餌の状況を示している。次にマキ別に順次採捕

Table 1 Sex ratio of Ayu-Fish forming school No. is collection numbers of schooling

Jul. 10		Aug. 7		Sept. 3	
♀	♂	♀	♂	♀	♂
no. 1 13	9	no. 3 11	6	no. 1 8	12
no. 4 7	12	no. 5 16	4	no. 3 11	9
no. 5 10	9	no. 6 15	5	no. 5 10	10
no. 13 6	14	no. 7 14	6	no. 11 10	10
no. 18 10	10	no. 10 11	9	no. 14 8	12
no. 20 9	11	no. 16 8	12	no. 18 8	12
Total 55	65	75	42	55	65
Sex ratio 100	113	100	56	100	113

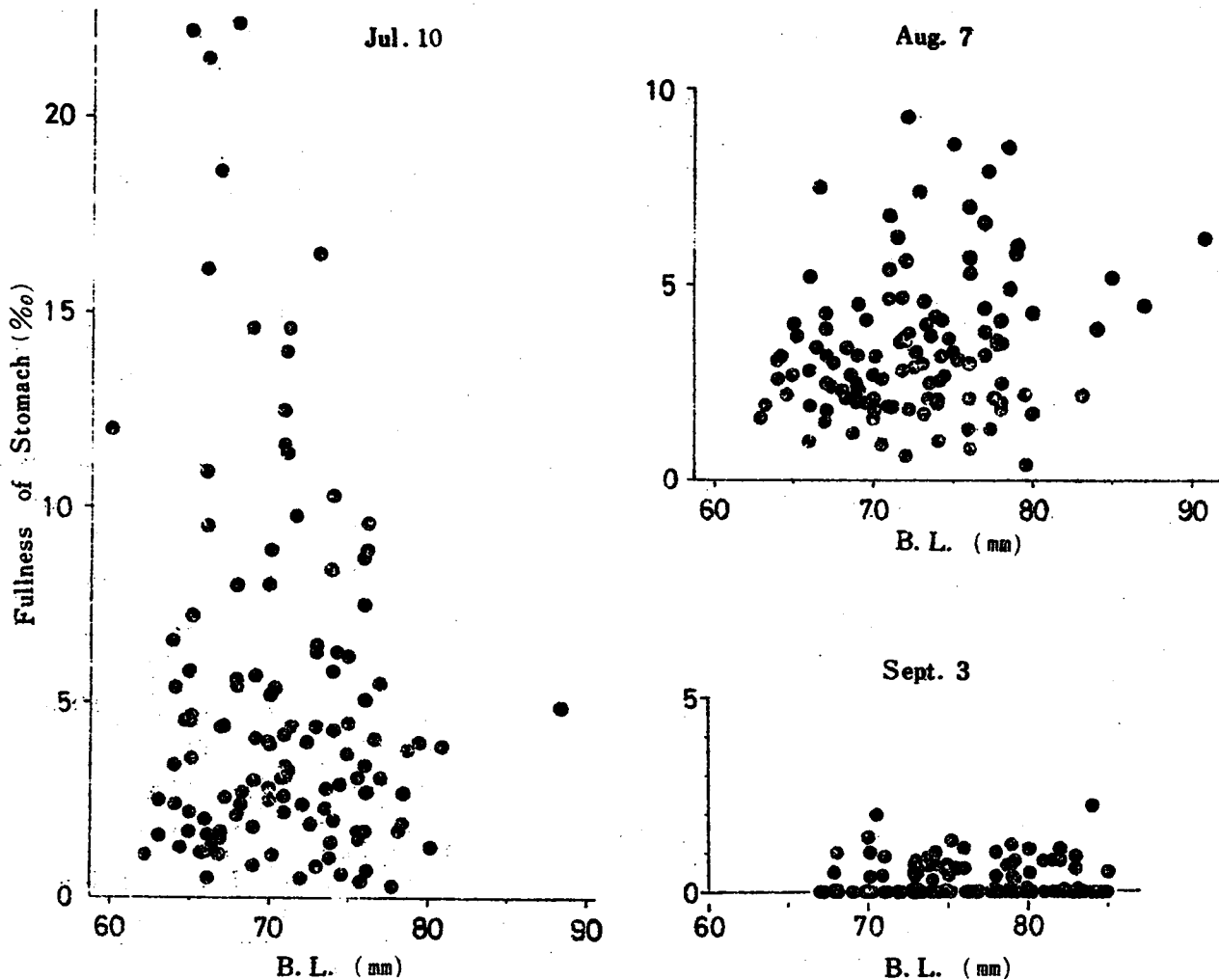


Fig. 7 Distribution of fullness of stomach of schooling Ayu-Fish

した時の時間のずれとマキの平均の胃の充満度を示したのが Fig. 8 である。この図からは時間の経過と胃の充満度とが無関係であるといえる。これはマキ毎に摂餌した時間が異なっていることを示しており、マキを形成しているコアユは、比較的長い時間にわたって行動を共にしていると推測してもよいと思われる。

(b) 食道部と腸管部における摂餌の充満状況

胃の充満度のみでは、摂餌状態を知るのは困難であるので、同個体について、胃切除時に食道と腸管をも取り出し、肉眼観察により充満状況を階級分けをして、Fig. 9 に示した。胃、食道、腸管の充満の状態を検討すると、マキによつて摂餌した時間が異なる事がはつきりしてくる。7月10日のマキ番号1は、食道部に餌科が充満に近く、胃の充満度も採集標本の中では比較的大きく、また腸も充満に近いことから、摂餌中で飽食に近いか、飽食直後のマキであると思われる。マキ番号20は、マキ番号1によく似ているが、食道部の充満がかなり少なく、胃の充満度も小さい、腸管はマキ番号1よりは少ないが充満しているものが多いことから、マキ番号1よりも、飽食後時間が経過しているものと思われる。マキ番号4、5、18、18は胃の充満度が小さいのに比して、食道部に餌科がやや多いものがみられるところから、摂餌後時間が経過して、再び摂餌をはじめたマキと思われる。8月7日では、前記と同様な類推をすると、マキ番号16は、食道部に少なく、胃にやや多く、腸管が充満に近いことから、6つのマキの内では飽食後最も経過時間の短いマキといえる。マキ番号8、5、10は6つのマキの内では、飽食後の経過時間の比較的長いマキと思われ、マキ番

号6、7は飽食後の経過時間がさらに長く、食道部に充満のものが少しみられることから、摂餌しはじめた状態にあるマキであると思われる。

7月、8月のびわ湖沖合にみられるマキを形成しているコアユは、飽食前後または摂餌中、または飽食後時間が経過して再び摂餌をはじめていることが消化管の状態から推測されることから、湖中のマキコアユは飽食に近い状態にあり、沖合のコアユに空胃率が少ない⁴⁾ことを示している。だから索餌行

動、飽食状態がマキ形成と何んらかの関連があると思われ、池中実験⁶⁾からは大いに関連性がある事を示した。

消化管内容物は、動物性プランクトンで占められており、種類は東(1978)と殆んど変わらず *Daphnia longispina* が最も多く、その他に *Diaphanosoma brachyurum*, *Eodiaptomus japonicus*, *Cyclops vicinus* がみられたが、*Leptodora kindtii* はみられなかった。

ま と め

- 1 びわ湖上において、夏季から秋季にかけて、浮上群泳する群(通称“マキ”)について、1973年7月から9月にかけて、びわ湖北部において調査し、マキを形成しているコアユの体長組成、摂餌状況等の面から考えてみた。
- 2 体長組成は、各調査時共、1%の危険率で有意な差(t検定)のあるものが出現した。有意差のあるマキの出現率は7月10日以後、調査毎に増加し、8月7日をピークとして減少し、9月8日には少なくなった。

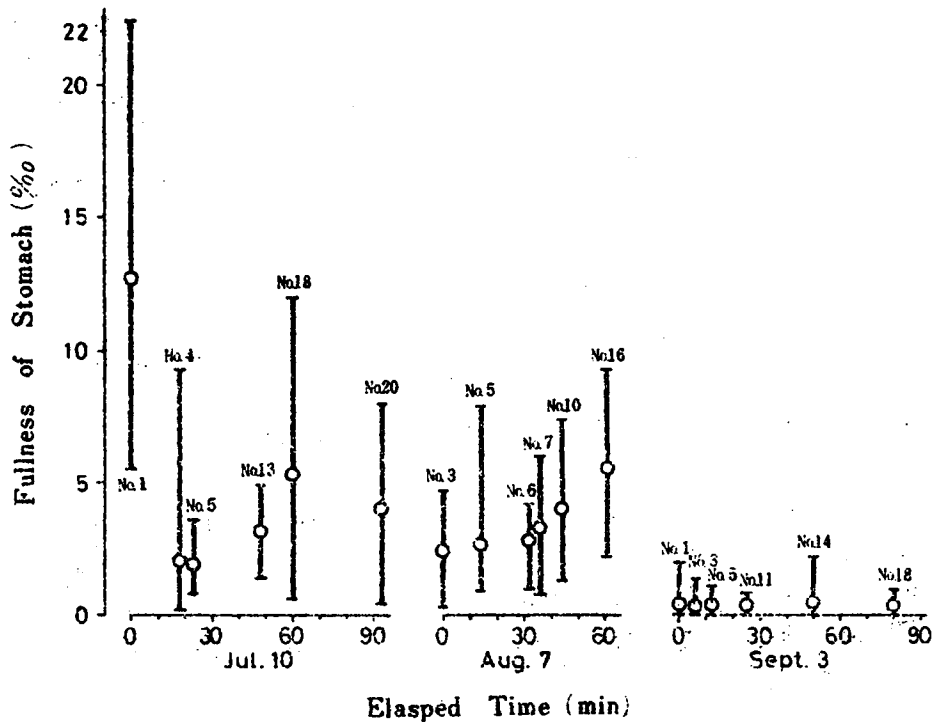


Fig. 8 Fullness of stomachs and the time lags collected by dip net "Oki-Sukai-Ami" (Max, Min, Average). No. is sampling numbers of school.

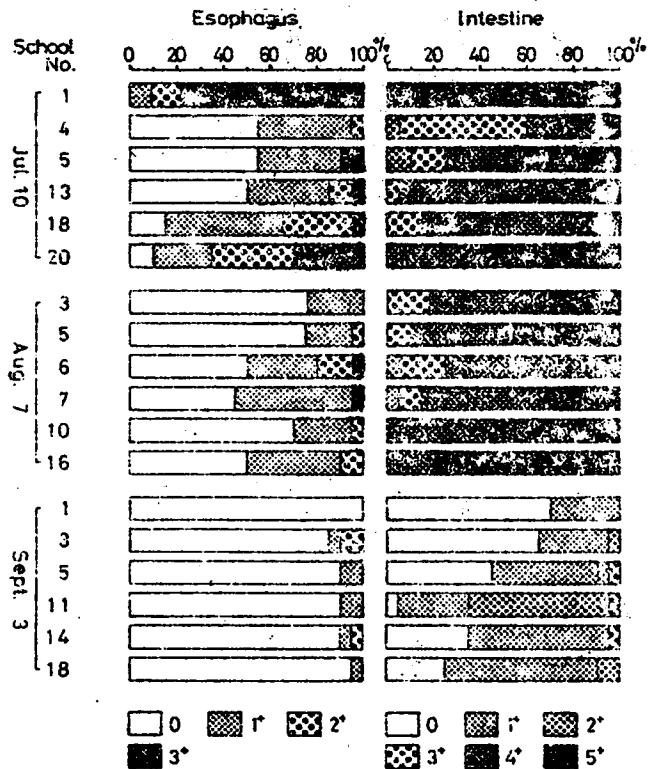


Fig. 9 Percentage composition of food contents by classification of its fullness

減少傾向は産卵遡河のために接岸して群れがまとまるためであるが、増加傾向については推測の域を出ない。

3 成熟度は、マキ別のはつきりした傾向は分からなかつたが、体長の大きいマキでは成熟度も大きく、体長の小さいマキでは成熟度も小さい傾向があるのではないかと思われた。

性比は、マキ別の体長差の大きかつた8月7日に♀100:♂56であつたが何を意味するものか不明である。

4 摂餌状況は、マキによつて摂餌の時間にずれがあり、マキのコアユは常に飽食状態に近いと思われる。

引用文献

- (1) 久保伊津男・吉原友吉 1969 水産資源学 共立出版(東京) 482p
- (2) 田中 晋 1964 びわ湖産ハス *Opsariichthys uncirostris* (T. & S.) の食物と成長、生理生態、12、106~114
- (3) 石田力三 1964 アユの摂餌率、消化率および摂餌行動に関する2,8の実験 生理生態、12 (1, 2)
- (4) 東 幹夫 1969 びわ湖のアユの発育段階と変異、ミチユールン生物学研究、5(2)、165~172
- (5) 東 幹夫 1964 びわ湖におけるアユの生活史 一発育段階的研究の試み、生理生態 12、55~71
- (6) 中 賢治 1974 コアユの群形成に関する池中実験 本報告
- (7) 東 幹夫 1978 びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究Ⅱ. 集団の分化と諸変異について 日生態会誌 23(3) 126~139
- (8) 滋賀県 1972 漁具別にみたアユの漁獲体長について、琵琶湖水産資源維持増殖対策調査報告 36~59

The size composition of schooling of Ayu collected with the dip net "Ori sukui-emi" (Table 2 to Table 6)

Table 2 Date Jul. 10 1973

Sampling station	1	3	4	5	7	8	12	13	16	17	18	19	20
\bar{x}	6.99	7.07	6.96	6.55	6.95	6.93	6.88	7.60	7.01	6.86	6.77	6.92	6.96
N	70	35	75	57	60	46	87	42	47	36	64	69	75
σ	0.34	0.46	0.36	0.36	0.37	0.37	0.39	0.41	0.45	0.43	0.42	0.35	0.40
$t_{95(N)}$	2.646	2.727	2.642	2.660	2.660	2.687	2.632	2.704	2.676	2.727	2.650	2.646	2.642
$\bar{x} - t_{95(N)} \cdot \sigma$	0.106	0.213	0.111	0.128	0.128	0.148	0.111	0.170	0.179	0.196	0.140	0.111	0.124
$\bar{x} + t_{95(N)} \cdot \sigma$	6.88	6.86	6.85	6.42	6.82	6.78	6.77	7.43	6.83	6.66	6.63	6.81	6.84
$\bar{x} \pm t_{95(N)} \cdot \sigma$	7.10	7.28	7.07	6.69	7.08	7.08	6.99	7.70	7.19	7.06	6.91	7.03	7.08
Min.	6.32	6.40	6.10	5.99	6.40	6.20	5.22	6.39	5.99	6.18	6.00	6.21	6.19
Max.	7.62	8.00	7.79	7.60	7.92	7.99	7.87	8.62	8.20	7.99	7.70	7.75	7.78

Table 3 Date Jul. 23 1973

Sampling station	1	3	6	9	9
\bar{x}	7.14	6.47	7.04	7.47	7.51
N	85	45	73	44	37
σ	0.46	0.38	0.47	0.48	0.48
$t_{95(N)}$	2.636	2.687	2.642	2.687	2.727
$\bar{x} - t_{95(N)} \cdot \sigma$	0.13	0.15	0.15	0.19	0.22
$\bar{x} + t_{95(N)} \cdot \sigma$	7.01	6.26	6.89	7.28	7.09
$\bar{x} \pm t_{95(N)} \cdot \sigma$	7.27	6.56	7.19	7.66	7.53
Min.	6.21	5.60	5.85	6.45	6.49
Max.	8.36	7.25	8.00	8.10	8.28

Table 4 Date Aug. 7 1973

Sampling station	3	5	5	7	10	16
\bar{x}	7.49	6.66	6.71	7.07	6.50	7.52
N	47	50	35	93	68	80
σ	0.38	0.33	0.50	0.42	0.36	0.50
$t_{95(N)}$	2.687	2.676	2.727	2.629	2.646	2.638
$\bar{x} - t_{95(N)} \cdot \sigma$	0.15	0.13	0.23	0.12	0.12	0.15
$\bar{x} + t_{95(N)} \cdot \sigma$	7.34	6.53	6.48	6.95	7.18	7.37
$\bar{x} \pm t_{95(N)} \cdot \sigma$	7.64	6.79	6.94	7.19	7.42	7.67
Min.	6.30	6.19	5.80	6.20	6.70	6.41
Max.	7.98	7.40	7.80	8.00	8.19	9.11

Table 5 Date Aug. 22 1973

Sampling station	1	3	5	6	8	9	10	12	13	14	15
\bar{X}	8.02	7.72	7.70	7.56	7.52	7.43	7.96	7.39	7.37	6.98	6.79
N	75	55	29	79	87	85	75	33	47	65	99
σ	0.54	0.44	0.41	0.43	0.47	0.38	0.49	0.49	0.49	0.43	0.35
$t_{99}(N)$	2.642	2.665	2.756	2.638	2.636	2.636	2.642	2.727	2.687	2.650	2.627
$\bar{X} - t_{99}(N) \cdot \sigma$	0.16	0.16	0.21	0.13	0.13	0.11	0.15	0.23	0.19	0.14	0.09
$\bar{X} - t_{99}(N) \cdot \sigma$	7.86	7.56	7.49	7.43	7.39	7.32	7.81	7.16	7.18	6.84	6.76
$\bar{X} + t_{99}(N) \cdot \sigma$	8.18	7.18	7.91	7.59	7.65	7.54	8.11	7.62	7.56	7.12	6.88
Min.	6.69	6.70	6.95	6.51	6.40	6.51	6.90	6.61	5.41	6.10	6.05
Max.	8.62	8.50	8.41	8.20	9.62	8.42	10.08	8.50	8.40	8.05	7.60

Table 6 Date Sept. 3 1973

Sampling station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\bar{X}	7.61	7.73	7.54	7.75	7.37	7.41	7.46	7.37	7.70	7.63
N	69	70	40	70	55	70	80	70	63	75
σ	0.49	0.50	0.38	0.48	0.45	0.49	0.43	0.42	0.45	0.48
$t_{99}(N)$	2.646	2.646	2.704	2.646	2.665	2.648	2.638	2.646	2.650	2.642
$\bar{X} - t_{99}(N) \cdot \sigma$	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.16	0.13	0.13	0.15	0.15
$\bar{X} - t_{99}(N) \cdot \sigma$	7.45	7.57	7.38	7.60	7.21	7.25	7.33	7.24	7.55	7.48
$\bar{X} + t_{99}(N) \cdot \sigma$	7.77	7.89	7.70	7.90	7.53	7.57	7.59	7.50	7.85	7.78
Min.	6.61	6.30	6.79	6.61	6.35	6.49	6.50	6.50	7.00	6.59
Max.	8.58	8.96	8.28	8.70	8.30	8.99	8.51	8.29	8.70	8.50

Sampling station	11	12	13	14	16	17	18	19	20
\bar{X}	7.27	7.53	7.53	7.59	7.55	7.48	7.79	7.56	7.63
N	70	85	38	65	63	63	50	52	60
σ	0.40	0.40	0.54	0.40	0.47	0.51	0.39	0.47	0.59
$t_{99}(N)$	2.646	2.636	2.704	2.650	2.650	2.650	2.676	2.676	2.660
$\bar{X} - t_{99}(N) \cdot \sigma$	0.13	0.11	0.24	0.13	0.16	0.17	0.15	0.17	0.20
$\bar{X} - t_{99}(N) \cdot \sigma$	7.14	7.42	7.29	7.46	7.39	7.31	7.64	7.39	7.43
$\bar{X} + t_{99}(N) \cdot \sigma$	7.40	7.64	7.77	7.72	7.71	7.65	7.94	7.73	7.83
Min.	6.60	6.50	6.20	6.80	6.71	6.45	7.00	6.79	6.45
Max.	8.10	8.59	8.70	8.42	8.60	8.70	8.52	8.59	9.10

Explanation of plates

Photo. 1 Standard type schooling of Ayu-fish in nature.

Photo. 2 The schooling type of Ayu-fish attacked by Ayu

Photo. 3 "Oki-Sukui-Ami" is the catching method of schooling Ayu-fish on the surface off shore.

