

# 水平魚群探知に関する研究（第1報）

## 池田湖に於ける魚群量の推定

黒木 敏郎・中馬三千雄

### Studies on the Horizontal Finding of Fish School— I. The Estimation of Stock in Lake IKEDA

Toshirō KUROKI, Michio CHŪMAN

#### 緒 言

数年前よりマス孵化放流を実施しつつある鹿児島県指宿郡今和泉村では、養殖効果の確認を兼ねて池田湖を調査するよう本学水産学部に依頼して来た。池田湖は薩摩半島南部に位置する周囲 19 km の淡水湖である。霧島火山脈系の Caldera 湖と称せられて居り、昭和 5 年水路部によつて調査された。水温分布・底質・水質などについては詳細に記録されているが、観測が 21 点のみであるし勿論水産生物学・生態学の見地から調査されたものではない\*。近年における同湖での漁獲の概要は、年平均ワカサギ約 10 万尾、アユ稚魚約 18 万尾、コイ・ウナギその他若干といった程度である。更に生産額を向上するため、村当局はマスの増殖を計画して、昭和 24 年 11 月より昭和 27 年 12 月迄に約 33 万粒の卵を移入し、これを孵化（稚魚としては推定約 28 万尾）放流した。所が、池田湖の水温は北方の淡水湖のよりも遙かに高く、真冬でもその表面水温は約 11°C である。湖水の表層と底層との反転混合が行われない事、水温の高過ぎる事などを考える時マス類特にヒメマスの増殖効果が危惧されるのも当然であろう。昭和 27 年 11 月に至つてサクラマスの成魚数尾が捕獲され、その成長度も良好と認められたので、一応マス類の育ち得る事は確認された。しかしその魚群量がどれ程であるかは推定困難であつて、ここに本湖の魚群量調査の必要が生じた訳である。

従来、下向き魚群探知機を以て、漁場に出現した魚群の量を推定せんとする試みは各方面でなされて来た<sup>2)</sup>。又、淡水湖の湖底調査に魚探機を使用した報告<sup>3)</sup>も見受けられる。しかし超音波発射の角度は絶対値を示さず、例えば“音量 1/2 減衰の発射波面角が 26°”などという表現を用いているので判る通り、被射物体（魚群）が水平方向にどれ程拡がつているかについては憶測の域を出ないものと思われる。そこで、下向き魚探機使用のみで得られた結果から魚群量を推定する事は大胆にすぎるといつても過言ではない。

著者等は上記池田湖の調査に於て、同一魚群探知機を垂直と水平とに切り換え使用し、魚群量の推定を稍正確に計上し得たので、湖底に関する若干の知見と併せて、ここに報告する次第である。但し、本報は池田湖調査のうち魚群探知機使用によつて得られた結果のみに関係するものである。

\* 水産上の、特に生物学的・生態学的立場からの調査研究並びに増殖指導は本学村山教授・今井助教授によつてなされつつある。

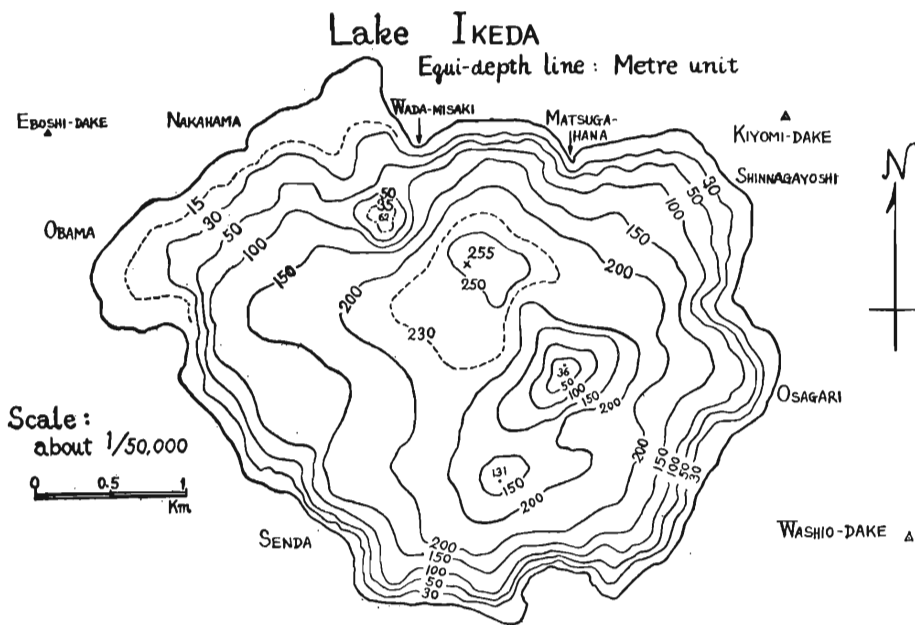
## 調 査

調査は昭和 27 年 12 月 11・12 日の両日と昭和 28 年 1 月 17~20 日の 4 日間と 2 回に亘つて実施された。前の回では湖底探査に、後の回では水平向き魚群探知に重点が置かれたが、両回とも従来通りの方式による垂直下向き魚群探知の併行実施された事は勿論である。

調査艇としては、本学水産学部ツバメ号（艇外エンジン EVINRUDE 4 IP 装着）を用い、又同湖の遊覧船池富士丸（約 5 ton, 焼玉エンジン 7 IP 装備）をも拝借援用した。使用魚群探知機は地崎電機製水研式 CK-252 型（40 kc）で、これに強力な増巾器を附加して性能向上したものである。

第 1 図には湖底調査の結果を等深線図で示した。海水用の深度目盛を讀んで淡水の場合に補正したが、記録指示が 150 m までなので、それより深い箇所では発振線をズラせて記

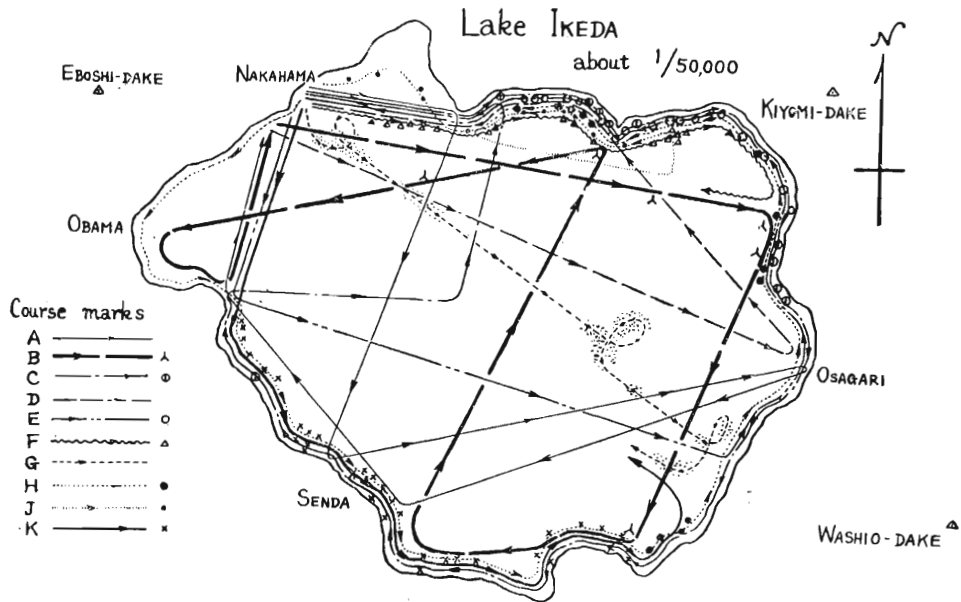
Fig. 1. Equi-depth lines investigated on Lake IKEDA.



録させた。そのため深度判定に若干の誤差はまぬがれない。しかし最深部は  $\pm 1$  m の誤差を考えに入れても、255 m 以上を示した。これは昭和 5 年水路部測定 of 最深点（232.0 m）から約 200 m 北方へ偏した場所にある。尚、水路部に見出された最浅 36 m の浅堆とは全然別に、頂上水深 35 m の浅堆が発見された。これには直径 150 m に及ぶ火口跡らしい凹部があり、その最深部は水面下約 60 m を示している。この 35 m 浅堆の頂上には後述の如く瀬付きの形に魚群が認められた。これは水路部報告<sup>1)</sup>中に 36 m 浅堆の頂上岩肌より水藻の採取された事の記述されているのに関連して、本湖魚族生態上誠に興味深い現象と言わねばならない。

魚群の存在については村当局の危惧に反して大いに有望であることが判つた。第 2 図に

Fig. 2. Investigation courses and points where fish-schools were found out.



は運航したコースと魚群の発見された地点とを示してある。殆ど全岸特に南北両岸で多くの魚群がキャッチされた。記録された魚群の態様を要約すれば第1表のようになる。

ここに留意すべきは魚群移動の影響である。魚群の移動速度が大きい場合には、たとえ異なる二地点で得られた魚群記録と雖も、二測定時刻に大きな間隔が置かれた時には全く別の魚群の記録であるとは断定し得ない筈である。Dコースの後半とEコースの後半とは共に北岸「松ヶ鼻」～「和田岬」間距岸50mの線を選んでいるに拘らず前者には魚群皆無、後者には相当数出現という異なる結果を得ている。同日内で約6時間の差によってこんなに違う結果が得られるのは、魚群の活潑な移動に原因するものと判定せざるを得ない。上と同じ例はHコースとKコースとの間にも認められる。同じく南岸沿いのコースでありながらEコース前半(1月19日午前)では魚群は殆ど発見されず、約24時間後のKコースでは夥しく発見されている。

そこで、魚群量の推定に際しては、6時間以内で出来るだけ短時間に得られた魚群記録を基として推計を行わねばならない事を知る。調査艇が一隻ならば短時間と言つても湖面の一局部しか測定し得ない程短かくする訳にはいかない。本報ではKコースを参考にしつつ、最大群量を示すEコースの魚探記録より魚群量推定計算を行うこととする。その結果は極めて安全側(少い側)に出る筈であつて、実際としては数割方少な目に算出されるものと思われる。しかし、魚群移動の態様より察して4割以上の過少計算になるとは考えられない。

### 考察並びに計算

一魚群の量を推定するためには、先ずその群の占める立体空間を測定しなければならない。理想的に言えば、垂直用と水平用との両魚探機を同時使用し、両者の間隔を適当に保

Table 1. Dimensional classification of schools, found every day.

Day, Mon.	Time	Course line & Point	Conditions of fish-school found					School number		Water temp. (°C)	Remark
			Depth (m)	Thick- ness (m)	Length (m)	Density (Breadth) (m)	Mode	Per-	Total		
10, Dec.	13.30 ~17.00	A	12	6	7	Middle	Shal.	1	1	14.5	Mainly in- vestigated about depth of lake
11, Dec.	09.00 ~11.45	B	7~10	3~5	8~10	Middle	Surf.	4	7	15.0	
			24	3	10	Small	Mid.	1			
			31	3	10	Large	Bank	1			
11, Dec.	12.30 ~15.40	C	6~7	3~4	15, 18	Large	Surf.	2	11	15.0	Rounded along on shore 70~150m distance
					15	Small	"	1			
			10, 12	Middle	"	2					
14	3	8	Middle	Mid.	1	5					
12, Dec.	10.00 ~12.30	D	—	—	—	—	—	0	0	14.5	No school at all
12, Dec.	13.00 ~16.00	E	5~7	3~9 (15)	5~10	Mid. Sm.	Surf.	14	27	15.5	Mainly investi- gated fishschool
			14~17	3~5	8~15	Larg. Mid.	"	5			
			7~8	5(15)	80	Mid. Sm.	Bott.	7			
					Large	Surf.	1				
17, Jan.	11.00 ~12.00	F	(5~6)	(4~5)	10~15	7~10		7	18	11.9	Mainly tried horizontal finding
			5~6	4~5	5~13	Small	Surf.	5			
			30~35	5	20~30	Middle	Bott.	3			
			20~25	6	8~15	Middre	Mid.	3			
17 18, Jan.	23.35 ~02.15	G	2~3	3~5	30~100	Small	Surf.	10	約40	—	At midnight
			1~2	~2	~3~	Small	"	約30			
19, Jan.	09.30 ~14.50	H	3~5	3~4	8~15	Small	"	3	11	12.0	Rounded along on shore
			10~15	3~5	5~10	Middle	Bott.	8			
19, Jan.	15.30 ~17.00	J	3~4	2~3	3~7	Large	Surf.	6	10	11.9	Mainly along north shore
			20~30	5~8	12~16	Middle	Bott.	4			
20, Jan.	09.00 ~14.00	K	(1~2)	(2~3)	10~30	5~8		約30		11.5	Mainly along south shore horizontal finding.
			10~11	3~5	5~10	Middle	Surf.	12	約44		
			20~23	10	5	Large	Bott.	2			

ちつつ魚群の長さ・厚さ・巾を同時に記録すべきであろう。今回の調査では、1台の魚群探知機を水平・垂直両方に兼用し、水平探知後旋回しては同一魚群の垂直確認を行うという方法によつたので、完璧を期し難い点が多い。第3図には垂直探知された魚群を水平確認した例を、第4図には水平探知された魚群を垂直確認した例を掲げた。第3図で判るように所によつては断崖絶壁の岸近くまで魚群の寄せている事もある。同図には送波中心線を伏角 20° に保つと魚群が現われず真横(水平)にした時魚群記録がはじめて現われた例も示されている。この場合魚群は極めて薄く水面附近に拵がついていたものと思われる。こ

Fig. 3. Confirmation of fish-school near the bluff.

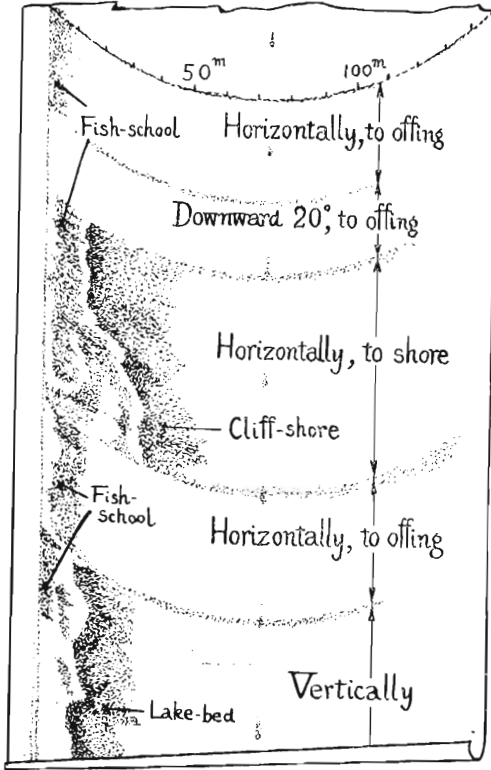
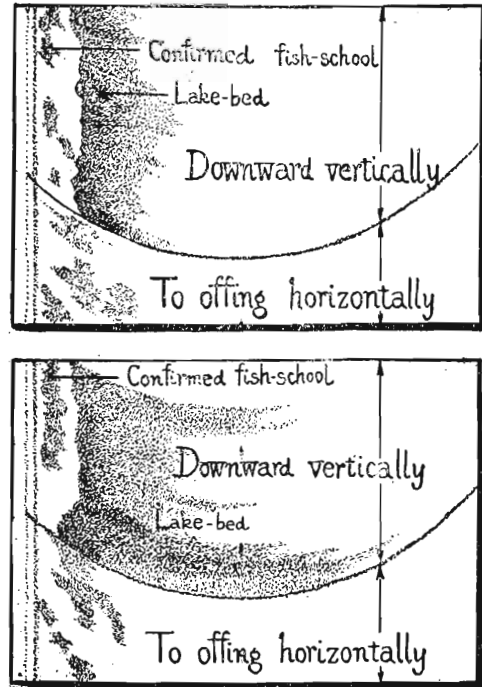


Fig. 4. Confirmations of fish-school by vertical recording after turning.



んな時に、感度の低い受信機を使用すれば、垂直探知では見逃がされる事が生ずるけれども、水平探知では明瞭に大きく記録されるから便利である。池田湖の場合表・中層魚群は殆ど 5~10 m (大きな群で約 20 m) 程度の巾に拡がっている事を知った。

以上の如き確認の仕方、上述の如く E コースの探知記録より魚群量を推定計算したのが第 2 表である。巾を推定して立体積を求め、記録の濃淡より割掛の率を定めて実効立体積に換算する。単位実効立体積中に含まれる尾数は次の考え方に基いて想定した。

昭和 27 年 11 月北海道大学潜水探測機「くろしお」号に塔乗して、鹿児島湾海中 40m の深度で小サバ (体長 15~18 cm) の魚群を観察した際、同機が母船装備の魚探機 (NEC-103 型) 記録の魚影最下限深度にあつた事から考えると、海水 1 立方メートル中に 1 尾以下の魚が居たのでは記録に出ないし、又 10 尾以上も密在するものではないらしいと推定された。池田湖の場合、マスならば体長 30 cm 内外、ワカサギならば約 4~5 cm (アユ稚魚でも同様) であるから、稍、控え気味に見積もつても 1 立方メートルの水中には前者で 3~4 尾、後者で約 70~90 尾程度の魚が含まれていると想定してもよいであろう。表に示すように実効立体積の総容量は凡そ 2 万立方メートルであるから、記録に掛つた魚群量はマスならば 6~8 万尾、ワカサギ乃至アユ稚魚ならば 140~180 万尾と計上される。何れにしても現在の漁獲高と比較して桁違いに多いので、現用漁法を一段と改善強化する必要を認めざるを得ない。

Table 2. Estimation of stock according to the effective volume calculated from records.

School No.	Length m	Thickness m	Breadth m	Density factor	Effective volume m <sup>3</sup>
1	13	6	10	0.7	550
2	22	6	10	1.0	1320
3	80	5.3	15	1.2	7820
4	6.5	3.7	5	1.0	120
5	9	7	10	0.9	570
6	7	3	5	0.8	80
7	8	3.5	10	1.0	280
8	9	4	10	1.0	360
9	11	6	10	0.9	600
10	8	3	10	0.9	220
11	13	3.7	10	0.8	370
12	13	9	15	0.7	1220
13	15	15	15	0.7	2370
14	5	2	5	0.6	30
15	14	9	10	0.8	1010
16	4.5	3	5	0.7	50
17	10	3	5	1.0	150
18	7	7	5	1.0	250
19	8	5	10	0.7	280
20	8	4	10	1.0	320
21	17	6	15	0.6	920
22	5	8	5	1.0	200
23	6	3	5	0.9	80
24	8	7	5	0.8	220
25	10	4	5	0.6	120
26	11	4	5	1.0	220
27	10	5	5	0.7	180
Kind of fish supposed		Body length cm	Number per m <sup>3</sup>	19910 m <sup>3</sup>	
<i>Hypomesus olidus</i> or <i>Plecoglossus altivelis</i>		4~5	70~90	1400000~1800000	
Cherry Salmon <i>Oncorhynchus masou</i>		~30	3~4	60000~80000	

魚群の実体が何であつたかは適当な漁具を持たなかつたので確認し得るに至らなかつた。観察資料として次の3点を掲げ参考とする。① 12月12日と1月19日との昼間に北岸で、又1月18日午前1時(真暗夜)に東岸で、体長約30cmの銀鱗の躍るを見た。跳躍高約20cm、ボラ・コイの如く上方へ躍ぶのではなく、スポッと頭から没入する。② 東岸で夜間に見た場合には、数十秒間湖面でザワめき、水流のような音を立てて実験艇に追隨するかのよう之感ぜられた。但し艇上には作業灯として豆球6 Voltのランプを使用していただけである。③ 1月20日南岸沿いに実験進航中、水面に浮上した仔アユの完全屍

体を拾い上げた。外傷はなく死因・浮上原因は不明である。又実績資料として村当局より受けた口伝によれば、前年(昭和27年)11月に数尾のサクラマスが刺網に掛つたのに拘らず今年1月下旬のマス刺網にはマスが掛らずワカサギ数尾がエラ蓋を掛けて捕えられた。此等の諸資料を以つてしても記録に現れたこの莫大な魚群衆体量を明確に判断する事は困難である。

今第1表より水深ごとの魚群数を整理してみると、主として湖面中央部を走航した12月中旬の調査でコース距離総計58km間に探知された魚群については上縁水深10m以浅の表層群34・上縁水深12~17mの底付群8・湖底火山頂上についた水深31mの群を含み上縁水深14~31mの中層群3・上縁水深110mの深層群1 合計46群が認められる。又、主として湖面周辺を走航した1月中旬の調査でコース距離総計約33km間に探知された魚群については、夜間の極く表面に浮いている群約40を除けば、魚群上縁水深3~6mの表層群約51・上縁水深10~15mの底付群20・同じく20~25mの中層群3・20~35mの底付群9となつている。

此等の魚群区分と水深との関係に水温を結びつけて判り易く示したのが第3表である。

Table 3. Relation between water-temperature and depth where school appeared.

Dec. 10~12, 1952		Jan. 1930		Jan. 17~20, 1953	
Schools found	Water temp.	Depth (Temp. 1)	Water temp.	Schools found	
5m Near surface ↓ 表層 34 群 10m × 12m Bottom 14m ↑↓ 17m 底付 8 群 24m × 中層 3 群 Middle ×31m Deep 深層 1 群×110m	15.0°	0 m 13.3°C	12.0°	←→夜間浮上 3m Surface(night) 40群 ↓表層 51 群 6m Near surface 10m ↑↓底付 20 群 15m Bottom 20m 20m ↑↓中層 3 群 25m Middle ↓底付 9 群 35m Bottom	
	15°	10 m	11.9°		
	14°	20 m 13.4°C	11.9°		
	11.9°	30 m	11.8°		
	11.4°	50 m 11.4°C	11.4°		
	11.1°	100 m 11.1°C	11.1°		
Apparition rate	Classific. by depth		Apparition rate		
76 %	0m~10m		74 %		
17 %	10m~17m		16 %		
7 %	20m~100m		10 %		

大体3種の群衆体に区別出来るように思われる。探知魚群数の74~76%に及ぶ表層魚群は水温の割に高い方(14~15°C)を好むらしく、1月になつて水温が下がると6m以浅の水界へ上つて来る。特に夜間は殆ど水面迄上つて薄く拡がっている。魚群数の16~17%を占める湖底付きの魚群は、水温降下が2~3°Cあつても底から離れず、若干浅い湖底へ移るものと考えられる。残りの10~7%は12月中水温11~13°Cの中層(20m附近)から100mの深さに亘つて現われているが、1月になれば12°C水温層の上昇と共に上層へ

上つてくるらしくもう深い所には認められない。これが底付きの魚群になるとは速断し兼ねるが、適温層中で食餌のとり易い箇所に集るという意味から、これを中層並びに底付群(何れも群上縁水深 20~35 m)として一括して考えたい。こんなに考えると魚群探知結果から推計された魚群衆量全部を唯一種の魚と見る方が無理であつて、むしろ、表層魚群はワカサギ乃至アユ稚魚、中層以下の魚群はマス類と見る方が妥当ではなからうか。すると大凡の所で、ワカサギ類 100~130 万尾・マス類 1 万尾と計上されることになる。10~17 m 範囲の水深で湖底についている魚群が何れに属するか又はどちらにも属さないで他の魚種であるかは依然として不明のまま残る。各方面関係者の協力を得て魚群衆の本体が何であるかを一日も早く究明し了るよう切望してやまない次第である。

尙魚群移動の活潑さに論及して置く。

本調査に掛つた魚群は殆ど全部相当な移動速度を示し、第1表と第2図とより推算すれば表・中層魚群の速度は毎時 120 m を下らないものと思われる。即ち、湖の南北両岸間を往復するのに2昼夜を要しない事となる。従つて本湖の漁獲高向上には漁法のみならず短周期(例えば数日)で変動する漁場と漁期との調査研究が必要となる事論をまたない。

## 結 言

以上の所論を要約すれば次のようになる。

1. 池田湖には予想以上の魚群が蕃殖して居り、現在の水揚高はその1割にも及ばぬものと推定される。
2. 魚群分布層は水温の降下すると共に上層側へ遷移する。大体3種類の魚群衆体が予想せられ、上層魚群は夜間湖面表層迄浮上して薄く拡がる傾向を持つ。
3. 湖面が平靜なため魚群探知機の横向き使用は従来のままの器材でも可能である。表層魚群の水平巾は殆ど 5~10 m で大群の場合に 15~20 m 程度の中を示す事がある。
4. 実効立体積に含まれる尾数を想定する事によつて魚群量の推定が可能となる。表層魚群のみを密度 70~90 尾/m<sup>3</sup> のワカサギと想定してもその総数は 100~130 万尾以上と計算される。
5. 表・中層魚群の水平移動は活潑であつてその移動速度は毎時 120 m を下らず、湖を南北に往復するには2昼夜を要しない程度と推定される。漁獲量を安定ならしめるための漁期・漁場選定を慎重にすべき所以である。
6. 副作業として湖底深度の測定を行つた結果、昭和5年水路部観測の浅堆とは別に火口(直径 150 m)跡らしき浅堆を新しく見出した。

以上の試験実施には山田氏・馬場氏の尽力を仰ぎ、本学漁業学科学生4名の他増殖学科諸氏の御協力を得た。器材運搬その他に多大の便宜を与えられた本学関係者・今和泉村当局並びに現地池富士旅館の方々に対しても併せて深甚の謝意を表する次第である。

## Résumé

Dec. '52~Jan. '53, the authors investigated schools in Lake IKEDA by means of the horizontal fish-finder.

The essential points in results got are as follows:

- a) In the lake, a great deal of fish have bred unexpectedly, and it appears



that the catches in the last few years have not reached to 10% of the stock.

b) It was possible to find out many schools horizontally, and then, through the effective volume in which schools occupied, the stock was estimated at more than one million.

c) All of schools, distributed in various depth, ascend to a certain extent respectively as the water-temperature descends. At midnight, some of schools ascend to water-surface and spread thinly. The velocity of horizontal movement of school is more than 120m per hour.

d) As a by-play, an unknown bank which seems to be the site of the old crater was found out.

#### 文 献

- 1) 日高・松平・他：海洋時報，5巻2号（昭5）
- 2) 横田：水産学会九州支部会講演・於宮崎（昭27.1.26）  
大渡・他：同 上
- 3) 川田・吉牟田・他：日本水産学会誌 18巻4号（昭27）