

漁場設計に関する研究 — I

区画の役割について

津田 勉・浜田 篤信

霞ヶ浦・北浦のような限られた水域での漁業生産は、水面や水容積によって限定されるものである。このことは、他産業の経済成長によって漁業が相対的貧困におちいることを意味している。このような条件の中で漁業経済の発展を図るには、小割成養殖業の例にみられるように水面や水を積極的に利用する体質へ移行することが必要である。昭和39年に導入されたコイの小割成養魚は、46年には3,000トンの生産をみるようになり、漁業は、46年には3,000トンの生産をみるようになり、漁業経済の中で大きな比重を占めるまでに発展した。しかし、霞ヶ浦北浦をめぐる諸情勢は総合開発による諸問題、水質汚濁等きびしいものがあり、今後の漁業のありかたについて、新しい方策が要求されている。

このような限られた水域の漁業経済の発展を図ろうとする場合には、2つの方向が考えられる。一つは、自然状態では生産は限定されるものであるから、水域内に何らかの生産手段をもち込んで生産基盤の拡大を図る方法である。この代表的なものは小割養殖であり、施肥養魚である。さらに広くみれば釣場を造成したり、漁業によって水質管理したりすることによって公共的な役割を果し、その中で漁業が利益を得るという方向も将来考えられる。

もう一つの方向は、生産が限定されるものであるから、湖内の魚類の組成を、できるだけ漁業に有利なものに近づけて、全体の魚類生産のうちで有用魚種が占める割合を高めていく方向である。ワカサギやコイの放流事業や産卵繁殖施設の造成は、いずれもこの部類に属するものであるが、魚類生産の機構が解明されていなかったために有力な手段とはなり得なかった。しかし、魚類生産の機構が解明された場合には、広い水域の中に人間が管理できる場を積極的に造成し利用することによって新しい有効な方法となるであろう。

従来漁業の発展を図る方策として、常に第一の方法、養殖がとりあげられ、それなりの成果をあげては来た。しかし、調和のとれたより一層の発展を考えた場合には、それらを単独にとりあげるのではなく、相互関係を重視した総合的な「場」の設計が重要となって来る。

本研究は、このような観点から、生産機構や漁獲機構等の漁場を管理するものに必要な法則を究明することから始めた。

1 管理のしやすさ

水域を積極的に利用しようとする場合に、最も重要な要因となるのは、管理のしやすさである。すなわち、放流した魚が必要に応じて回収されることが、積極利用の必要条件である。現在、水域の中に場を造成する方法として小割方式と仕切網方式の2つが考えられる。小割方式は回収が100%であり、この点から考えれば最も好ましいものであるが、湖内で生産される底棲生物や detritus の利用を考えれば、生産は水面積に比例するから生産量と回収率との関係から適正な面積が求まる。そして回収技術が向上すれば仕切網漁場の面積を拡大して一漁場当りの生産量

から、まずはじめに、霞ヶ浦・北浦における最も一般的な漁具である雑魚張網について、漁場面積と漁獲能率の関係を求めることにした。ここでいう、漁獲能率とは再捕数/放流数/1操業を指す。

まずはじめに霞ヶ浦北浦及び琵琶湖について標識放流の結果から漁獲能率を算出した。第1表

第1表 漁場面積と漁獲能率

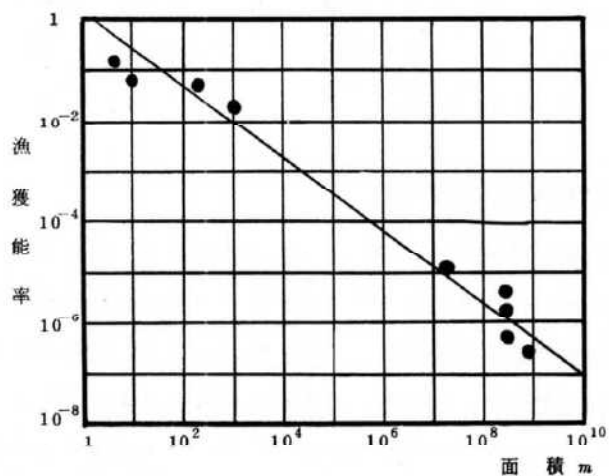
場所	面積	日数	魚種	放流数	再捕数	操業数	漁獲能率	備考
霞ヶ浦	175 Km ²	30	ウナギ	2,263	109	21,400	2.26×10^{-6}	1969年
〃	〃	〃	〃	2,390	82	15,500	2.34×10^{-6}	〃
北浦	39.1	〃	〃	150.6	64	3,600	1.18×10^{-5}	〃
霞ヶ浦	〃	〃	コイ	2,000	33	11,103	1.48×10^{-6}	1960中野 1960中野
琵琶湖	〃	〃	〃	3,280	67	39,386	2.90×10^{-6}	1954小林
池	9.6m ²	1	〃	220	21	1	0.096	
〃	6.0	1	〃	70	22	1	0.314	
〃	250	1	〃	290	18	1	0.062	
〃	1,000	1	〃	700	17	1	0.024	

は上記湖沼における漁獲能率と6~1,000m²の池についての実験結果を示すものである。標識放流の資料については、放流後30日以内の再捕数を、操業数は農林統計表より採用した。

ウナギについてみると、漁獲能率(q)は、霞ヶ浦で 2.3×10^{-6} であるが北浦では 1.18×10^{-5} で5倍も高い値を示している。コイについてみると昭和34年の中野²⁾によって報告されている例では霞ヶ浦で 1.48×10^{-6} を示し、ウナギの 2.3×10^{-6} に比較するとやや低い。

琵琶湖では、コイの標識放流試験は数回おこなわれているが、この中湖心部に放流された昭和26年3月のえり³⁾によって再捕された例についてqを算出してみると 2.90×10^{-6} という値が得られる。この値は霞ヶ浦の 1.48×10^{-6} に比較するとやや高いが、漁具のちがいを考慮しなければならぬ。えりは雑魚張網に比較するとかなり大きく、霞ヶ浦北浦ではすまきに近い漁具である。昭和39年の農林統計より両者の努力当り漁獲量を求めると4.35及び1.7.2

第1図 水面の広さと漁獲能率の関係



ですまきが3.95倍高い。この点を考慮すると琵琶湖の q は 0.733×10^{-6} となる。

以上の結果に池で行った実験値を加えると第1図が得られる。面積の増加にともなって、 q は小さくなり、面積が小さい程回収は容易になることを示している。

2 生産構造についての考察

霞ヶ浦北浦の漁獲量や組成は、ごく短い期間についてみれば比較的安定している。これは、自然状態での餌の生産速度、稚仔魚の生残率さらには漁獲によって変動するが、それらの間に一定の関係が保たれているからであろう。そして、生産を管理するためには、その構造を明らかにし、さらにより有利な構造を新しい場の内に積極的につくらなくてはならないが、ここでは、まず生産構造を明らかにする手懸を得る目的で漁獲量変動の検討を行ってみる。

第2表は、最近14ケ年の主要魚類漁種別漁獲量を示すものである。この中で、最も著しい変化は41年以降のワカサギ・シラウオの減少とハゼ・エビ・アミ等の雑魚の増加である。いま、

第2表 漁獲量の変遷

	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
ワカサギ	1383	1185	901	1286	1036	894	556	951	1809	1570	2595	2420	1395	665	405
シラウオ	411	364	297	507	277	486	573	455	433	313	228	416	217	199	144
合計	1794	1549	1198	1893	1313	1380	1129	1306	2242	1883	2823	2836	1612	864	549
ハゼ	582	501	520	566	487	846	1129	578	793	755	719	1065	1966	3207	4020
エビ	490	459	435	356	210	269	1050	1042	579	331	311	602	1485	966	1914
アミ	1549	2013	3201	2327	2371	2086	2122	1589	698	1214	1064	1623	1551	2968	1658
フナ	429	481	462	369	485	467	627	806	787	690	960	847	1272	1390	1261
コイ	156	125	75	54	130	97	116	142	169	200	272	260	349	530	486
合計	3206	3579	4693	3672	3683	3585	4774	5157	3026	3190	3326	4397	6623	9061	9839
ウナギ	152	214	295	402	422	367	467	438	293	167	174	180	275	262	238
スズキ	29	31	20	21	21	120	71	82	11	1	10	1	13	35	29
合計	191	245	315	423	443	487	538	520	304	168	184	181	288	297	267

増加しているものと減少している魚種について相関を求めてみると、第2図が得られる。減少している魚種(ワカサギ・シラウオ)にと増加している魚種(ハゼ・エビ・アミ・フナ・コイ)との間には一定の関係がみられる。すなわち、ワカサギ・シラウオが1トン減少すると、雑魚が2.8トン増加する。30～39年までの値と40～44年の値では、勾配はほぼ同じであるが係数(ワカサギ・シラウオが0のときの雑魚の量)が異なる。40～44年の例をとればY軸との交点は11,200トンとなる。またX軸との交点は3,800トンとなる。このことから、ごく大まかに

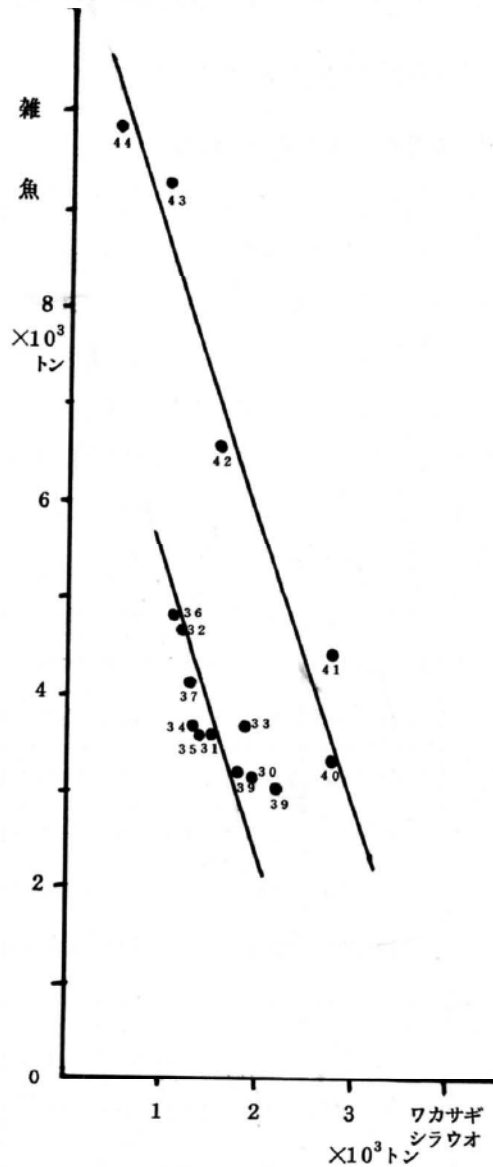
第2図 雑魚とワカサギ、シラウオの魚獲量の関係

考えると、動物プランクトンによる生産は3,800トンとなる。一方雑魚について考えてみると、食性は主にイトミミズ・ユスリカ幼虫・detritusとみられるが、動物プランクトンが多量に存在する場合には、それを利用するものであるから、ワカサギ・シラウオが少なくなれば、当然雑魚が動物プランクトンを利用することになる。このように考えると、動物プラン以外の餌で生産される量は雑魚からワカサギ・シラウオを差引いた値と考えられよう。したがってワカサギ・シラウオの生産が0に近づけば雑魚の生産は11,000トンに近づき、このうち $11,000 - 38,000 = 7,200$ トンは動物プランクトン以外の餌によって生産されることになる。

次にこのような相関関係は、何によってもたらされるのであろうか。第一に考えられるのは、ワカサギ・シラウオの減少によって余った餌が雑魚に摂餌された結果であるという考えである。すでに述べたように1トンのワカサギ・シラウオの減少に対し2.8トンの雑魚が増えるのであるから、 $2.8 - 1 = 1.8$ トンは別の要因によってもたらされたものと考えざるを得ない。もう

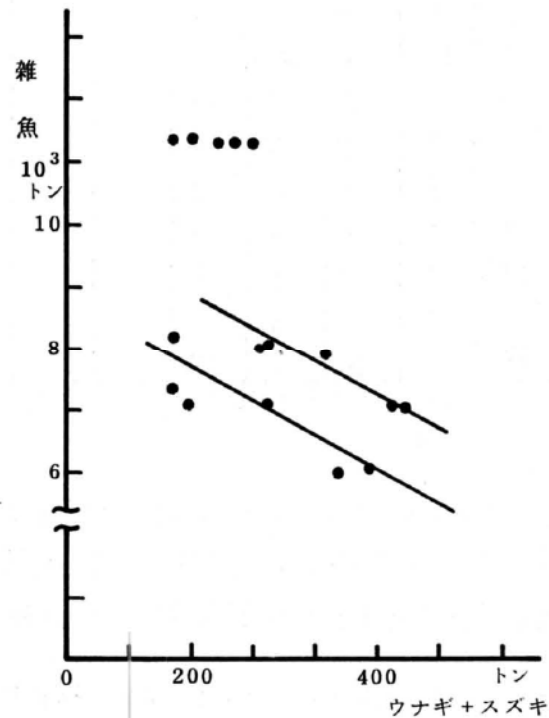
一の考え方は、喰う喰われるの関係によるものである。すなわちワカサギ・シラウオの量が捕食によってハゼ・エビ・アミ等の残存を決め、さらにそれらの漁獲量にまで影響を及ぼしているという見方である。アミがワカサギによって多量に捕食されることは、すでに橋谷⁴⁾によって明らかにされているが、ハゼ類の稚魚も、少数ではあるが確認されている。エビについては確認はされていないが、Zoeaのように浮遊している時期には捕食されるのは当然であろう。また逆にワカサギ・シラウオの卵や稚魚はハゼ・エビ等⁵⁾によって捕食されることが知られておりワカサギ・シラウオと雑魚の数がこのような相互作用によって或る関係を保っているものと考えられる。

第2図で昭和30～39年と昭和40～44年の群との間に雑魚にして2,800トンの差がみとめられる。ここで得られた相関は、不変のものではなく、湖沼の遷移とともに変化していくものであろう。しかし、昭和39年から40年への移行は著しく、別に原因がありそうに思われる。



雑魚とくにハゼ・エビ・フナ等を捕食する第3次捕食者が存在すれば、それを考慮しなければならない。そのような魚種として、ウナギ及びスズキがあげられる。その漁獲量は第2表のとおりであるが、これとワカサギ・シラウオが0のときの雑魚の量との関係を求めると第3図が得られる。変動は大きいがウナギ・スズキの漁獲量が大きい程、雑魚の漁獲量が小さくなる傾向がみられるが、30～39年と40～44年のものでは差が大きい。30～39年の群についてみると、ウナギ・スズキ1トンの増加が約6トンの雑魚の減少をもたらすこと示しているが、この値は、ウナギ・スズキの増肉係数に相当する数字であり、第3次捕食者の量によって雑魚が影響を受けることを示している。しかし40～44年の群については、遙かに高い値を示し別に要因があるものと思われる。

第3図 雑魚とウナギ・スズキの漁獲の関係



以上のように霞ヶ浦水域の魚類の生産は主に湖内の魚種間の相互作用のうえになりたっているものであることがわかる。そして、その魚種組成は漁獲という人間の行為によって著しい影響を受けるものである。最近の魚種組成の変化は、41年以降の帆曳から動力曳への移行によってもたらされたもので人間の行為が生態系を変化させることをよく示している。

3 イトミミズ・ユスリカ幼虫の生産量

雑魚の生産を支えているものは、イトミミズ、ユスリカ幼虫、原生動物、細菌類及び detritus であると考えられる。このうち、イトミミズ及びユスリカ幼虫は最も重要なものと考えられ、昭和30年より調査が行われて来た。第3表はその結果を示すものである。それは霞ヶ浦木原沖で観測された数値を示すものであるが、一般に冬期に高く、昭和34年以降は最高100個/675cm² = 1,480個/m² 前後の値を示している。霞ヶ浦のコスリカは、春秋の2回産卵するものが多く、4月には殆んど羽化してしまい140個/m²以下であるが6～8月にかけて多くなる。8～10月にかけて尾数は減少することが多いが、これは魚類によって捕食されるものと、9～10月の第2回目の産卵によるものがある。そして冬季に多量に見出されるのは秋季に産卵されたものが、冬季の水温低下によって殆んど捕食されないまま保たれるためであろう。

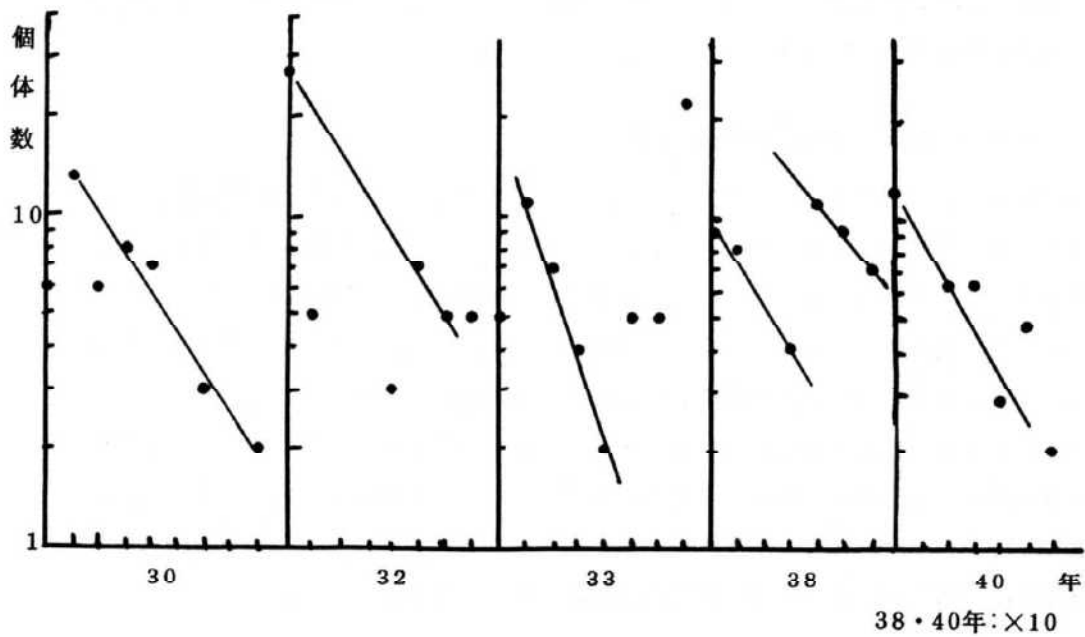
第3表 ユスリカ幼虫・イトミミズの個体数の変化

年 月	30	31	32	33	34	35	38	39	41	42	43	44	45
1		9	27	21	—	26		130		12	14	112	57
2		3	25	13	68	24		145		32	33	62	60
3		—	25	12	—	13		123		33	105	126	81
4	6	—	—	1	4				5	1	9	0	
5	13	3	27	5	5				4	50	8	0	1
6	6	—	5	11	1		94		5	119	14	0	20
7	8	—	—	7	6		81		2	—	6	—	
8	7	1	—	4	1					64	1	1	
9	—	2	3	2	2		41			64	1	0	0
10	3	6	7	5	13		111		12	29	4	0	25
11	—	3	5	5	2		94		4	48	2	3	6
12	2	16	5	23	88		70		57	20	65	89	

木原沖：675cm²当り

いまイトミミズ・ユスリカ幼虫の生産量を推定するためには現存量だけではなく魚へ移行した量をも知らなくてはならない。尾数の減少は毎年変動が大きく一定の傾向はつかみにくい、昭和30、32、33、38、42年の値を図示すると第4図が得られる。これにもとずいて1ヶ月間の

第4図 ユスリカ幼虫，イトミミズの個体数変化



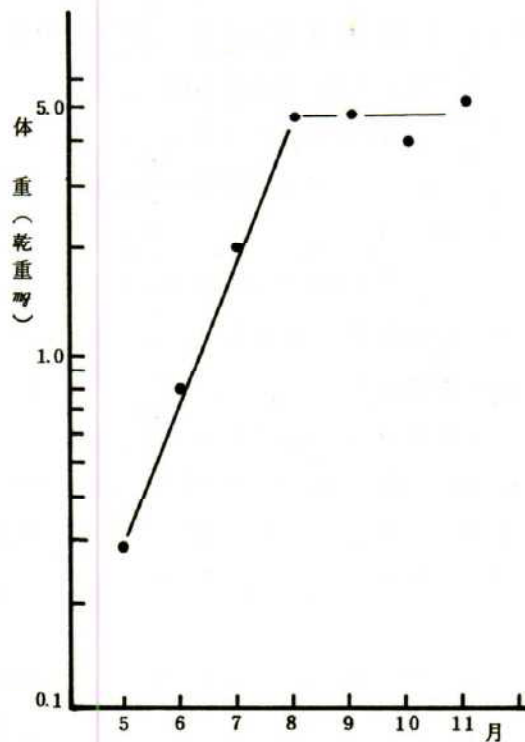
尾数減少率を求めると夫々 26, 24, 44 及び 25% となっている。この減少率は、おそらく、それを捕食する魚類の資源量によって変化するものであろうが、およその生産量を推定するために、30% を採用してみる。また春季の現存量を $1,500/m^2$ と仮定する。一方ユスリカ幼虫の成長を木原沖で測定した結果は第 5 図のとおりである。いまイトミミズの成長をユスリカ幼虫と同じであるとすれば、魚類によって捕食されるイトミミズ・ユスリカ幼虫の量は第 4 表のようになる。これによれば、5 月から 11 月までの 6 ヶ月間に魚類生産に寄与する量は乾燥重量で $3.7 g$ となる増肉係数はほぼ 1 であるから、 $3.7 g$ が魚類生産となる。また 12 月以降 3~4 月までの間には大量のものが水温が低く殆んど利用されることがなく、羽化するものと考えられる。

一方、漁獲量の側からみると底棲生物を利用して生産されるものは、ワカサギ・シラウオが少い場合には、約 7,000 トンと推定されるから、 $3.5 g/m^2$ であり、このうち $4 g$ がイトミミズ・ユスリカ幼虫によるものである。したがって $3.5 - 4 = 3.1 g$ は原生動物・細菌類・detritus による生産であり全体からみても非常に大きな割合を占めることになる。

第 4 表 ユスリカ幼虫・イトミミズによる魚類生産量の推定

月	現存量個体数/ m^2	捕食量/ m^2	体重(乾重 mg)	捕食量(乾重 g/m^2)
5	1,500			
6	1,050	450	0.8	0.360
7	735	315	2.0	0.730
8	515	220	4.7	1.034
9	361	154	4.7	0.724
10	253	108	4.0	0.432
11	177	76	5.3	0.403
計				3.683

第 5 図 ユスリカ幼虫の成長(44年木原沖)



4 おわりに

霞ヶ浦の中では、各種の生物や環境、さらには漁業が相互に作用しながら、各々の種の現存量あるいは生産量が決まって来る。最近の特徴は、ワカサギ・シラウオの乱獲によって雑魚の残存率が高くなり、その漁獲量が増加したことである。そしてワカサギ・シラウオ(X)と雑魚(Y)の関係は、現在の霞ヶ浦北浦では

$$Y = 11,200 - 2.8 X$$

が保たれている。したがって全生産(P)は

$$P = 11,200 - 1.8 X$$

となる。この関係は、もし、ワカサギ・シラウオに重点をおけば、エビその他は多くを望めないし、総漁獲量も小さくなり、逆に総漁獲量に重点をおけばワカサギ・シラウオは、期待できないことになる。ここで、人間が管理することができる「場」を考え、動物プランクトン、底棲生物を利用する魚種が相互に捕食できないような組合せや、場の構造、あるいは、放流方法を考えればワカサギ・シラウオ等の動物プランクトン食性のものと総漁獲量を両立させることができるであろう。第5表は、このような場における最大生産量であり、自然状態における生産量の上限である。

第5表 霞ヶ浦における最大魚類生産量

	魚類生産量 g/m^2
動物プランクトン	19
ユスリカ幼虫・イトミミズ	4
細菌・原生動物・デトリタス	31
合計	54

以上、農林統計表にもとづいて、生産構造について考察を加えて来たが、これから究明しなければ明らかにできない点が多かった。生産量についても、不十分な資料にもとづいて上限値を推定したが、これらの点については、調査や実験にもとづいて精度をあげる必要もあろう。しかしもっとも重要なのは、実際に場を造成し、その中で、食性のちがう魚種を分離して「喰う喰われる」の関係をくづすにはどのような画区が有効かという問題であるが、これについては、別報で検討することゝしたい。

文

献

- 1) 加瀬林成夫 1970: ウナギの標識放流について, 昭和45年度日本水産学会年会発表
- 2) 中野 勇 1959: コイの増殖効果について, 本誌VOL.5.
- 3) 小林 茂雄 1952: 琵琶湖におけるコイの標識放流について, 滋賀水試報告Vol.1.
- 4) 橋谷 尚志 1958: ワカサギの食性について, 本誌VOL.3.
- 5) 矢口 正直・須賀 順一 1960: 人工採卵によるワカサギ卵の食害について, 本誌Vol.5.