

ドジョウの増殖に関する研究—Ⅶ.*

仔魚の放養時期, 配合餌料の種類および池の底質が
種苗の生産に及ぼす影響について

久保田善二郎・久我万千子・岡政 徹・前田達男

Studies on Culturing of the Japanese Loach,
Misgurnus anguillicaudatus (CANTOR)—VII.

Yield of the Loach Fry Cultured in Ponds, with Estimation of
the Suitable Stage to Transferring, Suitable Ingredient
of Artificial Food and the Promotive Effect
of Mud Covering the Bottom

By

Zenziro KUBOTA, Machiko KUGA, Tōru OKAMASA and Tatsuo MAEDA

Few papers dealt with the culturing of the loach at the early stage in the development, in spite of its indispensable importance to securing the fry supply. The authors conducted, therefore, several series of the experimental culturing of the loach at very early stage from the prelarval to the young, in an attempt to estimating the suitable stage to transferring to pond, suitable ingredient of artificial food and the effect of mud covering the bottom. Then, based on the results of these experiments, the authors gave some conjectures as to the pattern of the mechanisms of organic and inorganic environmental factors on the yield of loach fry, chiefly from the standpoint of the pond culture.

The results obtained are summerized as follows:

1. Results of morphological observations, as well as physiological and ecological ones, showed a good correspondence of the developmental stage to the body length: the individuals less than 4 mm in body length are at prelarval stage, 4 to 15 mm at postlarval stage, 15 to 50 mm at young, 50 to 80 mm at immature and those not smaller than 80 mm at adult.
2. Food supplied was detectable in the alimentary cannal of the fry as early as 44

* 水産大学校研究業績 第443号, 1965年1月25日受理
Contribution from the Shimomoseki University of Fisheries, No. 443
Received Jan. 25, 1965

hours after hatched (3.8 to 4.1 mm in body length), although they still have yolk remaining.

3. The individuals at postlarval stage preferred predating zooplankton to taking artificial food supplied sufficiently.
4. All the fry could survive as long as 4 days after hatched without any supply of artificial and natural food. But they began to die 5 days after hatched and none could bear 10 days without food supply.
5. The fry 2 to 4 days after hatched, especially 3 days, was at the stage estimated to be the most suitable to transferring to ponds.
6. The best results in respect of increase in weight was found in the group supplied by the flour for trout with liver oil and mixed vitamins.
7. The flour for carp was better than that for trout in the growth of weight, when they were not supplied with any supplemental nutrient such as liver oil and mixed vitamins.
8. Better result was obtained from the pond of yellowish green or green water than not colored, in respect of the growth of weight.
9. The semi-quantitative examination on plankton population in the pond water clearly showed the facts in support of the close relation of plankton population to the color of pond water consequently to the growth of the loach fry.
10. Better result was obtained from the pond with mud than from the pond without mud covering the bottom.
11. The concentration of oxygen dissolved in pond water related closely to the mortality, and especially a concentration of lower than 3 cc per liter caused sharp increase in the mortality, which suggests the necessity of aeration for preventing unfavorable results caused by short oxygen.
12. But culturing is better in still water than in running water, since the indirect use of the supplied food — through conversion to plankton — was more highly expectable in the former than in the latter.
13. The pH value higher than 7 was desirable for the pond water to keep the fry.
14. The most significant factors on the yield of fry were thought to be the ingredient of artificial food supplied, concentration of oxygen dissolved in pond water and presence of mud covering the bottom. The conjectured pattern of the mechanisms of environmental factors on the yield of fry is schematically illustrated in Fig. 5.

まえがき

ドジョウの増殖を行なうには、まず種苗を生産しなければならない。それには天然産のものを採捕するか、または、人工ふ化した仔魚を飼育するかの2方法がある。しかし、農薬の使用によって天然における生息量が激減している現在では、後者の方法を選ぶのが得策である。

ドジョウの人工ふ化法は、川村(1944)⁴⁾がトノサマガエルの脳下垂体を注射する方法によって成功して以来、藤田ら(1948)²⁾、田中(1948)^{22) 23)}、渡辺・小堀(1948)²⁴⁾、渡辺ら(1950)²⁵⁾、久保田(1951, '52, '53, '55)^{6) 7) 8) 9) 11)}、および小林・山林(1957)⁵⁾らによって、ほぼ確立されたが、稚仔魚の飼育については、山口県水産指導所(1947)²⁹⁾、久保田(1961)¹⁶⁾、および鈴木・三矢(1964)²⁰⁾などの報告があるだけで、その基礎的研究は、まだ行なわれていない。

ドジョウに限らず、一般に種苗を大量に、高効率で確保するには、稚仔魚を好適条件下で飼育しなければならない。仔魚からの発育過程において、適当な放養時期、餌料および環境は、種苗生産における主要因で、一見異質な内容に見えるが、魚の飼育上からは密接な関係を持った一連の現象と考えられる。

そこで、筆者らは、従来の知見では、まだ不完全であったこれらの問題に対する説明を求めるために、第1実験で仔魚をふ化槽から飼育池へ移す最適時期、また、第2実験で配合餌料の種類および池の環境、とくに底質が種苗生産に及ぼす影響について研究を行なった。

本文に入るに先立ち、ご校閲を賜った本大教授松井魁博士に感謝の意を表す。

実験の材料および方法

実験1：仔魚を池へ放養する最適時期を決定するには、仔魚が摂餌を始める時期およびそれを無給餌の状態においた場合の経過日数と生存率との関係を知る必要がある。それゆえこの2項目について、1964年6月22日から7月18日までの間、室内で実験を行なった。

摂餌を開始する時期についての実験は、まず、下関市吉見町永田川付近で採捕したドジョウを親魚として、川村(1944)⁴⁾および鈴木・三矢(1964)²⁰⁾の方法で人工ふ化した仔魚を、内径30 cm、高さ19.5 cmのガラス水槽内に無給餌の状態で収容した。

つぎにその中から10尾ずつ取り出して、内径12.5 cm、高さ2.5 cmのシャーレの中に放養し、日本配合飼料株式会社製のマス用粉餌を煮沸して与え、摂餌の有無を時間的に観察した。さらに、上述の実験結果を確かめる目的で次の実験を行なった。すなわち、まず、1000尾の仔魚を他のガラス水槽(75 cm×37 cm×41 cm)に放養後、前実験と同一餌料を給餌した。その後、その中から約10尾ずつ捕獲して、10%ホルマリン溶液に固定し、体長をメカニカルステージの副尺を用いて0.1 mmの単位まで測定するとともに、顕微鏡写真をとって、ふ化後の経過時間と消化管内における餌料の有無および卵黄の側面積が肛門より前方の頭部を含めた体側面積に対して占める割合との関係などをしらべた。

無給餌状態における仔魚のふ化後の経過日数と生存率についての実験は、ふ化直後の仔魚を前述のシャーレ内に収容し、毎日、生魚数をしらべるとともに、魚の状態を観察する方法で行なった。

実験2：実験は1964年6月15日から7月24日までの40日間、水産大学の実験池¹⁷⁾で行なった。

供試種苗は、永田川産のドジョウを親魚として、前記と同一の方法で採卵、1964年6月13日にふ化し、1日間ガラス水槽内に収容した前期仔魚の中から、無作為に2100尾を選んで使用した。放養時の仔魚の平均体長は、 4.24 ± 0.04 mm、そして平均体重は0.36 mgである。なお、この場合における平均体重の測定は、50尾の仔魚を濾紙上におき、水分を十分に除去してから、トーションバランスで、0.1 mgの単位まで読みとった。そして、後述する各群の放養魚体重量は、この平均体重に放養尾数を掛けて求めた。

実験方法は、6月14日に、A、B、C、D、E および F の各群では300尾、0.108 g ずつ、また、G

Table 1. Variety of ingredient and daily ration supplied to respective groups under comparison of growth.

Bottom	Group	June 15~ June 22			June 23~ June 30			July 1~ July 6			July 7~ July 14			July 15~ July 23			
		CF (g)	TF (g)	V (mg)	O (cc)	CF (g)	TF (g)	V (mg)	O (cc)	CF (g)	TF (g)	V (mg)	O (cc)	CF (g)	TF (g)	V (mg)	O (cc)
Covered with mud	A	3.0		90	0.15	3.0		90	0.15	4.5		90	0.23	9.0		180	0.46
	B	3.0				3.0				4.5				9.0		180	0.46
	C		3.0	90	0.15		3.0	90	0.15		4.5	90	0.23		9.0	180	
	D		3.0	90			3.0	90			4.5	90			9.0	180	
	E		3.0				3.0				4.5				9.0		
Without mud	F		8.0	240			90			4.5	90	0.23		9.0	180	0.46	
	G		8.0	240			60	0.15		3.0	60	0.15		6.0	120	0.30	
	H		8.0	240			30	0.08		1.5	30	0.08		3.0	60	0.16	

Note : CF, flour for carp ; TF, flour for trout ; V, vitamin mixture ; O, Alaska pollack liver oil.

群では 200 尾, 0.072 g, そして H 群では 100 尾, 0.036 g の供試魚を下記の池へ, それぞれ放養した。

使用した各実験池は, できるだけ止水としたが, D および E の両群の池は, 漏水したので時々注水した。そして, 排水口に内径 2 cm の L 字型をした鉄管を設置して, 水深を 30 cm 以上にならないように調節した。A, B, C, D および E の各群の池底には, 永田川のドジョウの生息地域における泥土を運搬して, 厚さ約 1 cm に敷いたが, F, G および H の 3 群の池底には, 泥土を加えないでコンクリートのままとした。

各群の餌料の種類および 1 日当りの給餌量は第 1 表に示した通りである。すなわち, 主餌料は, A および B 群では日本配合飼料株式会社製のコイ用粉餌, また, 残りの各群では同社製のマス用粉餌である。各群の餌料の種類は, B および E の両群では主餌料だけであるが, D 群では混合ビタミンを, 残りの各群では混合ビタミンおよびスケトウダラ肝油をそれぞれ主餌料に添加したものである。主餌料量に対する混合ビタミンおよび肝油の添加量の割合は, それぞれ 2% および 5% で, 調餌は主餌料 1 に対して水 2 の割合で混合, 煮沸した後, 冷却するのを待って添加物を加える方法で行なった。

マス用粉餌とコイ用粉餌の組成および混合ビタミンの内容は, 前報告¹⁷⁾で示した通りである。

給餌は, 仔魚を放養してから 1 日経過した 6 月 15 日に開始し, それ以後 7 日の間では池全体に, さらにそれ以後では排水口の近くにそれぞれ散布する方法で, 原則として毎日午前中に 1 回行なった。そして, その際に, 魚の行動, 分布, 残餌の有無, 水色, プランクトンの繁殖状態および E 群の池の水温などをしらべた。

また, 6 月 26 日に各池水の pH, そして 7 月 13 日に pH および溶存酸素量の測定を行ない, さらに 7 月 20 日には, プランクトンを採集し, 10% ホルマリン溶液に固定後, 検鏡した。なお, 溶存酸素量は WINKLER の方法, また, pH はガラス電極 pH メーターで, それぞれ測定した。

各群の種苗生産の比較は, 7 月 24 日にすべての魚を採捕し, 各群別に総魚体重量, 尾数をしらべ

るとともに、無作為に28～100尾を抽出して個体別に体長、体重を測定し、平均値を求め、さらに、それらの結果から増重倍率、減耗率および餌料係数を前報¹⁷⁾と同じ方法で算定した。

実験結果

A. 第1実験の結果

a ふ化後の経過時間と仔魚の体形の変化および摂餌の有無

実験期間中の水温は22～28°Cである。ふ化直後の仔魚は、体長が1.9～3.7 mm、平均2.83 ± 0.06 mm、平均体重が0.29 mgで、ガラス水槽の底部に横臥、静止していた。その体形はオタマジャクシに似ており、卵黄は頭部後端から肛門までにわたり、その形は、前部ではほぼ球形、後部では細く棒状で、後端は丸い。卵黄の側面積が肛門より前方の頭部を含めた体側面積に対して占める割合は59.0～62.7%で、コイの場合(中村, 1947)¹⁸⁾よりも大きい。色素はまだ発生しておらず、体は鉛色、透明である。消化管は、筋節と膨大な卵黄にはさまれて非常に細く、餌料はその中に全く見られなかった。ふ化後17時間30分の仔魚は、体長が3.52 mmで、多くの個体がガラス水槽の側壁に口器でもって吸着、懸垂していた。卵黄は、前時期より縮小し、体側面積に対する割合が35%となり、その形は中央部よりやや前方の部分で細く、くびれた個体が混在した。ふ化後21時間では、体長が3.74 mmとなり、前時期と同様に器の側壁に懸垂していた。卵黄は、ほぼ棒状で、前部がわずかにふくらみ、個体によっては、その前端から1/3の部分で急に狭小とな

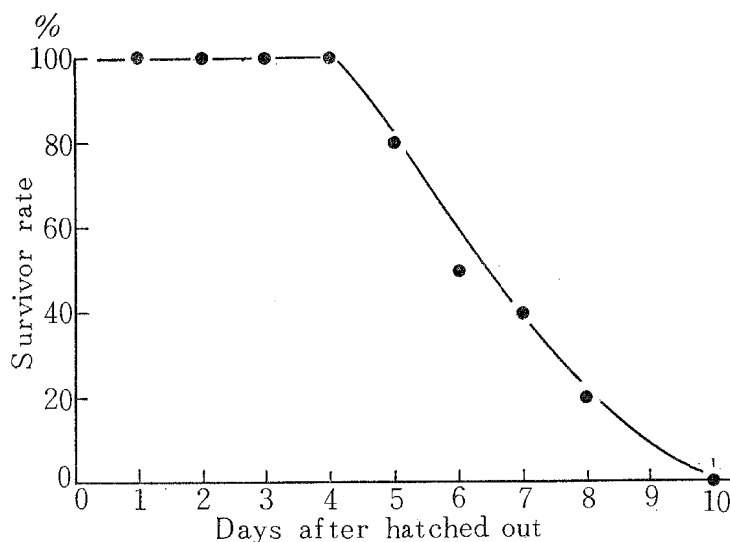


Fig. 1. Survivor rate of fry kept in starvation.

その後方では再び太く、短棒状を呈し、その末端からさらに後方において離島状の小片として存在した。この時期においても、消化管内には餌料が全く見られなかった。ふ化後27時間では、給餌したところ、10尾中、成長のすぐれた2尾がきわめて少量の餌料を食べた。ふ化後44時間では、体長が3.8～4.1 mm、平均3.96 mmで、器底に伏臥していた。卵黄は非常に細く、紐状となり、その側面積の体側面積に対する割合は7.4%であった。この時期における著しい特徴は、卵黄が完全に吸収されていないにもかかわらず、消化管内は餌料で満されていた。この時期の仔魚に給餌すると、5～12分後にすべての個体が摂餌した。ふ化後56.5時間では、体長は平均4.38 mmとなり、卵黄は完全に消失し、消化管内には多くの餌料が認められた。ふ化後68時間では、給餌してから3～5分後に、すべての個体が摂餌を開始した。ふ化後168時間では、平均体長は4.73 mmで、外鰓は痕跡的に残り、背鰭、臀鰭および尾鰭などの原基は、まだ分化して

いなかったが、ふ化後15日では、体長が12.2～12.3 mm となり、上記の鱗に軟条が出現した。ふ化後17日では、体長は13.6 mm に達し、外鰓は全く消失し、膜鱗は背鱗よりやや後方から始まり、臀鱗に連結して終り、そして尾鱗基部の上方には、ドジョウに特有の1小黒点が登場し、大体、成魚に近い形態となった。ところで、この時期にマス用粉餌と多量の *Moina macrocopa* とを同時に与えると、大部分の仔魚は容器の周囲、とりわけ四角の表層、または中層に集まって、さかんに後者を捕食し、少数の個体だけが、器底において前者を摂餌した。

b 無給餌状態における仔魚のふ化後の経過日数と生存率との関係

第1図によると、仔魚はふ化後4日まではすべて健在であるが、5日から死にはじめ、10日で全滅する。これらの仔魚に鉄針を近づけると、5日までは活潑に逃避したが、その後では、動作が次第に鈍り、8日ではほとんど動かなかった。

B. 第2実験の結果

a 飼育環境および魚の状態

飼育期間中におけるF群の池水の表面水温は、実験開始日から終了日にかけて、全般的には上昇したが、6月17日と18日および7月2日では異常に高く、また、6月19日から25日にかけて低かった。同期間中における水温の最高は33.5°C、最低は22.3°Cそして平均は27.0°Cである。ところで、D群における池の水温は、7月2日に、池水が漏水し、水深が約10 cm になったために、36°C まで達した。

第2表によると、各群の池水のpH値は、6月26日には7.40～9.41で、C群が最大、つづいてF、E、G、H、D、BそしてA群、また、7月13日には8.05～9.82で、H群が最大つづいてG、F、E、A、B、DそしてC群の順位で、両測定日ともに、いずれもアルカリ性を示している。各群のpH値を6月

Table 2. Showing that the pH value differs according to presence or absence of the mud on the bottom, and that when liver oil is added to food, the dissolved oxygen decreases.

Group	Items Date	pH		O ₂ (cc/l)
		June 26	July 13	July 13
A		7.40	9.38	2.25
B		7.78	9.25	6.46
C		9.41	8.05	3.31
D		7.89	8.75	5.42
E		9.09	9.40	6.95
F		9.30	9.60	7.07
G		9.00	9.70	6.50
H		9.00	9.82	7.60
Water replenished		6.70	6.70	2.81

26日と7月13日について比べると、C群を除いて、後者の方が前者よりも大きく、全般的にアルカリ性に傾いている。つぎに、池底に泥土を加えたA～Eの5群と泥土を敷かなかったF～Hの3群とを比べると、pH値は、6月26日には前者で7.40～9.41、後者で9.00～9.30、また、7月13日には同じく8.05～9.40に対して9.60～9.82で、両測定日とも前者の方が後者よりも小さい傾向が認められる。そして、補給水は、ほぼ中性である。

第2表によると7月13日における各群の池水の溶存酸素量は、2.25～7.60 cc/l で、H群が最多、つづい

て F, E, G, B, D, C そして A 群の順位である。泥土を加えなかった 3 群における池水の溶存酸素量は 6.50 ~ 7.60 cc/ℓ で、泥土を敷いた 5 群における 2.25 ~ 6.95 cc/ℓ よりも群間の差異が小さく、しかも多い傾向が認められる。溶存酸素量は、A ~ E の 5 群のうちでは、主餌料に混合ビタミンおよび肝油を添加した A および C 群が、それぞれ 2.25 cc/ℓ と 3.31 cc/ℓ で、残りの 3 群における 5.42 ~ 6.95 cc/ℓ よりも、また、補給水では 2.81 cc/ℓ で、A 群を除いたすべての群におけるよりも、それぞれ少ない。

第 2 図によると各池水の水色は、E 群を除いて、全般的に各群とも観測開始日では透明であるが、日数の経過に伴って、黄緑色となり、さらに緑色に変っている。観測した日数のうち、最も多く見られた水色およびその日数は、B, C, D, F, G および H の各群では、緑色または薄緑色で 17 ~ 21 日、A 群では黄緑色で 10 日そして E 群では透明または半透明で 24 日である。池水が透明かまたは半透明であった日数は、E 群が最も多く、つづいて A 群が 8 日、D 群が 5 日、B, F および H の 3 群が 4 日、C 群が 3 日、そして G 群が 2 日である。

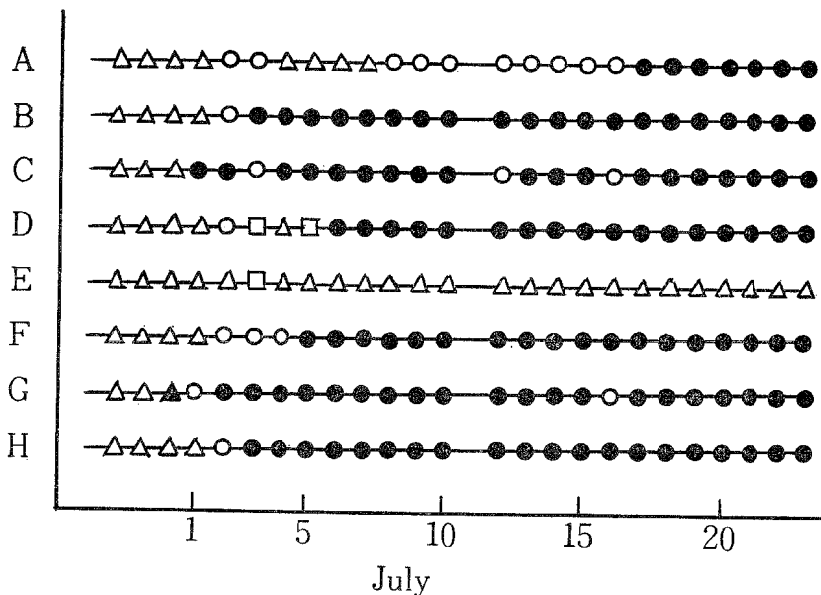


Fig. 2. Difference of the ponds in respect of the days showing color of water favorable to the loach culturing.

Note : ●, green ; ▲, light green ; ○, yellowish green ; □, grayish green ; △, not colored.

大形動物性プランクトンは、6月18日にまずA群の池に出現し、その翌日には多発した。そこで、6月20日に同池から *Moina macrocopa* を F, G および H の各群の池へ移殖した。その後、6月25日には、A, B, C, D および E 群の各池にも多量に繁殖した。6月29日から7月23日までの期間中における各池水の動物性プランクトンの繁殖状況を第3図に示した。

なお、この場合における繁殖状況は肉眼的に6階級に分けて観測・比較した。すなわち、池全般にきわめて多量を ccc、池の周辺部に多量を cc、池の一部に多量を c、同じく少量を r、ごく少量を rr、よく観察しなければ発見できない量を rrr として現わした。プランクトン量は、全般的に観測開始日から7月1日~4日までは多く、それ以後では減少しているが、7月17日から22日にかけて、マス用粉餌を与えた D, E, F および G 群では、再び増加している。各群の池水におけるプランクトンの発生量を、階級 C 以上の量が見られた日数でもって比較すると、その日数は、G 群が 8 日で最多、つづいて A および F 群が 7 日、E 群が 6 日、B および D 群が 4 日、C 群が 3 日そして H 群が皆無で最少である。また、初期餌料として動物性プランクトンに依存する度合いが大きいと思われる期間、つまり観測開始日から7月10日までの間では、泥土を敷い

た池のプランクトン発生量は、A群が最多、つづいてB、C、DおよびE群の順位である。

7月20日に各群の池で採集された主なプランクトンについて述べると、*Scenedesmus* spp. はすべての池に見られ、DおよびHの両群を除いた各群で優占種として認められた。また、*Pediastrum* spp. はA、E、FおよびG群で見られ、D群では *Coelastrum* spp. が優占種であった。ところで、E群の池の側壁には、*Spirogyra* sp. が多量に着生した。

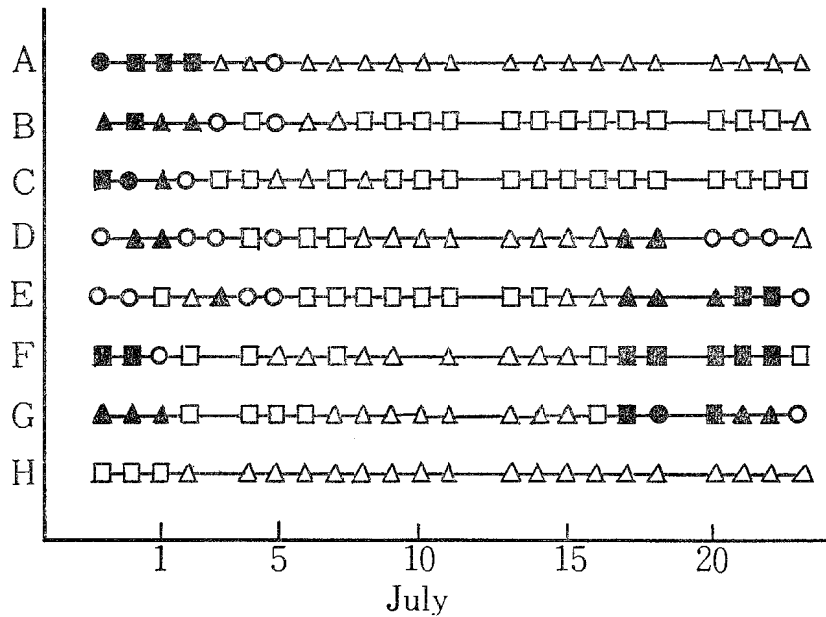


Fig. 3. Relative abundance of zooplankton in the culturing ponds.

Note : ●, ccc ; ■, cc ; ▲, c ; ○, r ; □, rr ; △, rrr.

魚は放養後約2週間の間では、きわめて小さいために、ほとんど発見できなかったが、6月29日ごろになると、池の周辺部で散見された。その時期の魚は、体長が約2.5 cm で、給餌してから約10~20分後に餌に集まり摂餌した。そして、各池底には残餌が少量見られた。その後、魚の行動や分布の観察は、ほとんどすべての池が緑色または黄緑色となり、不可能となった。昼間において腸呼吸が見られたのはA群だけで、7月9日、11日および13日の3日間である。

b 餌料および飼育環境と種苗生産との関係

Table 3. Summarized results of the experimental culturing.

Group	At transferring to pond		At yielding		Increase in total weight(g)	Dead individuals	Total amount of food supplied(g)
	Total weight(g)	Number of ind.	Total weight(g)	Number of ind.			
A	0.108	300	179.6	94	179.5	206	246
B	0.108	300	173.8	211	173.7	89	246
C	0.108	300	181.4	194	181.3	106	246
D	0.108	300	160.4	80	160.3	220	246
E	0.108	300	156.7	219	156.6	81	246
F	0.108	300	65.9	111	65.8	189	285
G	0.072	200	80.3	161	80.2	39	212
H	0.036	100	19.6	28	19.6	72	131

放養時および実験終了時における各群の魚体重量および尾数は第3表に示した通りである。この表から実験期間中における各群の増重倍率、減耗率および餌料係数を求めた(第4表)。

増重倍率、減耗率および餌料係数は、種苗生産の良否を判定する基準となる。以下、餌料および飼育環境と、これら3つの要素との相互関係について述べる。

i) 餌料：餌料の種類が異なるA, B, C, DおよびEの5群における増重倍率は1424～1648で、C群が最大、つづいてA, B, DそしてE群の順位である。すなわち、増重倍率は、主餌料に混合ビタミンと肝油を加えたA, Cの両群が、それらを添加しなかった残りの3群よりも高く、さらに、これら2群の間では、主餌料としてマス用粉餌を用いたC群の方が、コイ用粉餌を与えたA群よりも大きい。つぎに、マス用粉餌だけを与えたE群、それに混合ビタミンを加えたD群および混合ビタミンと肝油を加えたC群とを比べると、増重倍率はC群が最大、つづいてD, E群の順位で、ビタミンの添加により大きい影響を受けることがわかる。また、主餌料だけを給餌したB群とE群とを比べると、倍率は前者の方が後者よりも大きく、餌料としてコイ用粉餌の方がマス用粉餌よりも、すぐれた成績を示している。これは鈴木・三矢(1964)²⁰⁾の実験結果と一致する。

Table 4. Three key indexes to fish culturing.

Group	Yield in gram per gram of fish transferred	Mortality	Food quotient
A	1632	68.7	1.37
B	1579	29.7	1.42
C	1648	35.3	1.36
D	1457	73.3	1.53
E	1424	27.0	1.57
F	609	63.0	4.33
G	1114	19.5	2.64
H	543	72.0	6.70

減耗率は、B, CおよびEの3群では27.0～35.3%で、AおよびDの両群における68.7～73.3%よりも著しく小さく、また、主餌料だけの群と、それに混合ビタミンおよび肝油を添加した群とを比べると、後者の方が前者よりも大きい。

各群の餌料係数は、1.36～1.57で、C群が最小、つづいてA, B, DそしてE群の順位で、増重倍率が大きい群ほど小さい。

以上から、本実験に使用した餌料によって大きい影響を受ける要素は、増重倍率と餌料係数である。

ii) 底質：池底に泥を加えなかったF, GおよびHの3群における増重倍率は、543～1114、また、減耗率は19.5～72.0%、さらに餌料係数は2.64～6.70である。これらの各値と、上述した池底に泥土を加えた場合の成績を比べると、両者の間には、増重倍率と餌料係数において著しい差異が認められる。すなわち、放養密度と餌料の種類がほとんど同一で、底質が相違している群、つまり、泥を加えたCおよびDの両群と泥を敷かなかったF群とを各値について比べると、前者の2群は後者の群よりも増重倍率が約2.7倍も大きく、餌料係数が小さく、減耗率では、本実験結果からは優劣がつけられない。そして、泥土を加えたA～Eの5群は、それらよりも放養密度が小さい群を含む、泥土を敷かなかったF～Hの3群のいずれよりも、増重倍率が大きく、餌料係数が小さい。

このように、底質と増重倍率および餌料係数との間には、密接な関係が認められる。

iii) 溶存酸素量：溶存酸素量と関係しているのは減耗率である。D群における減耗率は異常に高いが、これは前述したように、池水の減少により、水温が36°Cまで達したことによるものと推察する。久保田

・松井 (1954)¹⁰⁾ によると、ドジョウ卵のふ化可能の限界水温は 31°C で、D群において最高水温を示した7月2日は、ふ化後19日目に相当し、この時期の仔魚では、まだ温度に対する抵抗力が弱く、その結果、多くの個体が斃死したものと考えられる。このような理由から、D群を除いて溶存酸素量と減耗率との関係を求め、第4図に示した。両者の関係は曲線で現わされ、減耗率は溶存酸素量が約 3 cc/l 以下では激増する。

溶存酸素量と増重倍率および餌料係数との間には、直接的な関係は認められない。

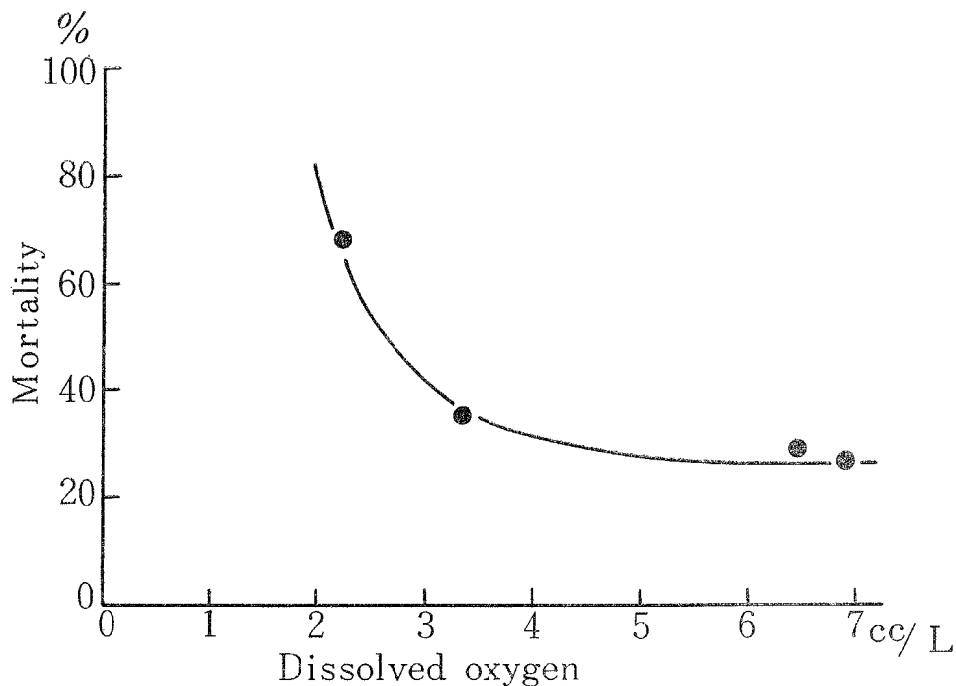


Fig. 4. Decrease in mortality at high concentration of oxygen dissolved in pond water.

iv) 水色：水色が緑色か黄緑色を呈した日数はC群が最も多く、つづいてB、D、AそしてE群、また、黄緑色を呈した日数はA群が最多、つづいてC、B、DそしてE群である。これらの順位は、増重倍率における順位とほぼ一致する。一方、池水が透明か、半透明であった日数は、E群が最多、つづいてA、D、BそしてC群の順位で、これは増重倍率における逆順位とほぼ一致する。つまり、増重倍率は、池の水色が緑色か、または黄緑色の場合に大きく、透明か半透明の場合に小さい。そして、餌料係数は増重倍率が大きい群ほど小さいから当然水色とも関係する。

v) 動物性プランクトンの発生量：ドジョウの後期仔魚が最も多く好んで捕食する動物性プランクトンの発生量は観察開始日から7月10日までの間では、A、B、C、DそしてE群の順位に多く、これも増重倍率の順位とほぼ一致している。つまり、動物性プランクトンが多く発生するほど、増重倍率は大きく、餌料係数は小さい。

c 実験終了時における各群の平均体長および平均体重の比較

第5表によると、実験終了時における各群の平均体長は池底に泥土を加えたA～E群では、 $45.6\sim 62.2\text{ mm}$ で、A群が最大、つづいてD、C、BそしてE群、また、同じく平均体重は $0.72\sim 2.02\text{ g}$ で、D群が最も重く、つづいてA、B、CそしてE群で、これらの順位は減耗率の順位とほぼ一致する。つまり、減耗率の大きい群ほど平均体長が大きく、平均体重が重い傾向がある。つぎに、泥土を加えなかったF～Hの3群では、平均体長は $36.6\sim 43.8\text{ mm}$ 、平均体重は $0.49\sim 0.65\text{ g}$ で、いずれもF群が最大、G群が最小である。

A～Eの5群とF～Hの3群とを比べると、前者の各群の方が後者のいずれの群よりも平均体長および平均体重において優っている。

A～Eの5群における体長と体重の変異係数は、それぞれ3.8～14.4および14.1～46.2の範囲で、両者ともにB群が最大、つづいてE、C、DそしてA群で、この順位は減耗率、平均体長および平均体重の逆順位とほぼ一致する。一方、F～Hの3群における変異係数は、体長では20.1～23.6、そして体重では56.2～86.0で、A～Eの5群におけるいずれよりも著しく大きい。このように、仔魚は、池底に泥土を敷いた方が、敷かない場合よりも、そろって大きく成長する。

Table 5. Size variation within each group of fish at yielding.

Group	Body length (mm)			Body weight (g)		
	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
A	62.20±0.23	2.36±0.16	3.79±0.26	1.93±0.03	0.27±0.02	14.09±0.97
B	46.84±0.64	6.72±0.45	14.36±0.99	0.91±0.04	0.42±0.03	46.23±3.73
C	47.84±0.47	4.96±0.34	10.38±0.71	0.85±0.03	0.26±0.02	30.59±2.25
D	60.60±0.32	3.31±0.22	5.46±0.37	2.02±0.03	0.31±0.02	15.49±1.07
E	45.64±0.54	5.66±0.38	12.41±0.85	0.72±0.03	0.31±0.02	42.68±3.36
F	43.80±0.94	9.84±0.66	22.47±1.59	0.65±0.05	0.45±0.03	76.70±7.64
G	36.56±0.50	7.35±0.35	20.10±1.00	0.49±0.02	0.28±0.01	56.15±2.93
H	42.14±1.26	9.94±0.90	23.59±2.24	0.56±0.06	0.48±0.04	85.99±12.21

考 察

ふ化後の経過時間と体形の変化についての実験から、仔魚はふ化後44時間、体長が3.8～4.1mm、平均3.96mmでは、卵黄が細く紐状に残るが、ふ化後56.5時間、体長が3.7～5.5mm、平均4.38mmでは、卵黄が完全に消失し、ふ化後17日、体長が13.6mmになると各鰭に軟条が発達して、成魚に近い体形となることがわかった。久保田(1961)¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾は、生殖腺を肉眼的に観察できる最小体長が49mm、雄の胸鰭に骨質薄板が現われる時の体長が53mm、そして、2つの卵巣が1つにゆ合し、消化管の長さが急増して、食性が動物性食から雑食性へと変る時期の体長が約80mmであることを報告した。さらに筆者らの実験で、脳下垂体を注射して排卵が可能となる個体の最小体長は70～80mmであった。以上からして、ドジョウの成長段階の区分は、ふ化してから体長が4mmまでを前期仔魚期、4mmから15mmまでを後期仔魚期、15mmから50mmまでを稚魚期、50mmから80mmまでを幼魚期そして80mm以上のものを成魚とするのが妥当と考える。

第1実験において、仔魚が最初に摂餌した時期は、ふ化後44～45時間経過した時であり、一方、無給餌の状態下においた仔魚は、ふ化後5日間経過してから死に始め、10日間で全滅した。ところで、仔魚を池へ放養するには、その後の減耗のことを考慮して、活力があり、しかも、ある程度まで成長した個体であることが必要条件である。以上から、種苗を池へ放養する時期は、ふ化後2～4日、とりわけ3日ごろが最適であると考える。

上記の実験で、仔魚は卵黄が完全に吸収し終らない時期、つまり前期仔魚期から摂餌を開始することが判明した。この事実は、中村(1947)¹⁶⁾がコイで行なった実験結果と一致する。このような状態のもとで、摂餌を始めることについては、つぎの諸点が考えられる。仔魚は、初めは側壁に懸垂しているが、この時期に

なると、底層、時には中層や表層を活潑に游泳し、そのためエネルギーが多量に消費され、わずかに残った卵黄からの栄養だけでは不十分であること、消化管と口器が発達してくることなどである。

つぎに、第2実験において、増重倍率は、池底に泥土を敷き、同じ条件下で飼育した場合でも、餌料の種類によって変異がみられ、主餌料にビタミンと肝油を加えた群が、それらを加えない群よりも大きい値を示した。これは前報告¹⁷⁾で述べた理由によるものと思われる。また、コイ用粉餌とマス用粉餌とを、それぞれ単独で給餌した場合、増重倍率は前者の方が後者よりも大きい値を示した。これは幼魚期のドジョウを用いて行なった前報告¹⁷⁾の実験結果と相違している。このように差異を生じた原因は、両餌料における成分の違いによるものと思われる。すなわち、コイ用粉餌とマス用粉餌の原料は、いずれも北洋産白身魚粉と小麦粉とによって大半が占められるが、前者は後者よりも小麦粉の占める割合が大きく、可溶性無機態窒素量が多い。ところで、山田(1950)²⁰⁾は、池中の窒素量とミジンコの繁殖量との間には密接な関係があり、また、久保田(1961)¹⁴⁾は、ドジョウが幼魚期を境として動物性食から雑食性へと変ることを、それぞれ報告した。以上から、ミジンコの発生量はマス用粉餌よりもコイ用粉餌を給餌した場合の方が多く、配合餌料とともに動物性プランクトンをも食べる後期仔魚期および稚魚期の成長段階の魚で行なった本実験では、コイ用粉餌の方が、また、ほとんど動物性プランクトンを食べないで、主に配合餌料を食べる幼魚期で行なった前実験では、マス用粉餌の方が粗蛋白質の占める割合が大きいために、それぞれ良好な成長を示したものと推察される。

増重倍率は、池底に泥土を加えた群の方が、そうしなかった群よりも大きかった。これは、前者では後者におけるよりも池中における物質循環が円滑に行なわれ(STRÖM, 1933)¹⁹⁾、さらに餌料となる底生生物が繁殖することなどに起因するものと思われる。

池水の溶存酸素量は主餌料に肝油を添加して給餌したAおよびCの両群では、それを添加しなかった群に比べて少量であった。この原因は、肝油の一部が水面に浮上して膜状となり、そのため空中からの酸素の補給を困難にしたことによるものと思われる。また、E群の池水は透明または半透明であった日数が全群中最多で、植物性プランクトンの発生量が乏しいにもかかわらず、溶存酸素量が6.95 cc/lで多かった。これは *Spirogyra* sp. が著しく繁殖したことによるものと推定される。

池水の pH 値は、各群ともアルカリ性を示し、池底に泥土を加えた群よりも加えなかった群の方が、また、実験の前期よりも後期の方が、それぞれ大きい傾向を示した。これは植物性プランクトンおよび藻類の繁殖活動に原因するが、上述した水質変化の特別の場合を除き、本実験中における溶存酸素量および水温変化の範囲では、種苗生産に大きい影響を及ぼすとは考えられない。しかし、第2実験の結果で述べたように、稚仔魚の減耗率は溶存酸素量が3 cc/l以下では急激に増大するから、pH 値に対する注意が必要である。

実験終了時におけるドジョウの平均体長および平均体重は、減耗率が高い群ほど大きく、また、それらの変異係数は、魚の大きい群ほど小さい傾向が認められた。これらは減耗が、池水の溶存酸素量の欠乏および異常な高温に関係しており、このような異常環境下では、強健な個体だけが生き残り、その結果、1個体当りの天然餌料量が多くなるために、全部の個体がそろって大きく成長したものと考えられる。

本実験結果から、餌料の種類、底質、水色つまり植物性プランクトンの発生、動物性プランクトンの繁殖量が増重倍率および餌料係数に、そして、溶存酸素量が減耗率に影響を与えることがわかった。しかし、これらの諸要因は、それぞれ独立したものではなくて、互いに連けいを保ったものである。

そこで、ALSTERBERG(1924)¹⁾、WETZEL(1928)²⁷⁾、JUDAY(1934)³⁾、吉村(1942)³⁰⁾、および WELCH(1952)²⁶⁾などによる湖中における物質循環についての研究結果を参照して、本研究からドジョウの種苗生産を中心とした池中の物質循環を想定し、その模式図を示した(第5図)。この図は、餌料、溶存酸素量および池の底質が、止水池におけるドジョウの種苗生産を支配する最も大きい要因であることを示している。

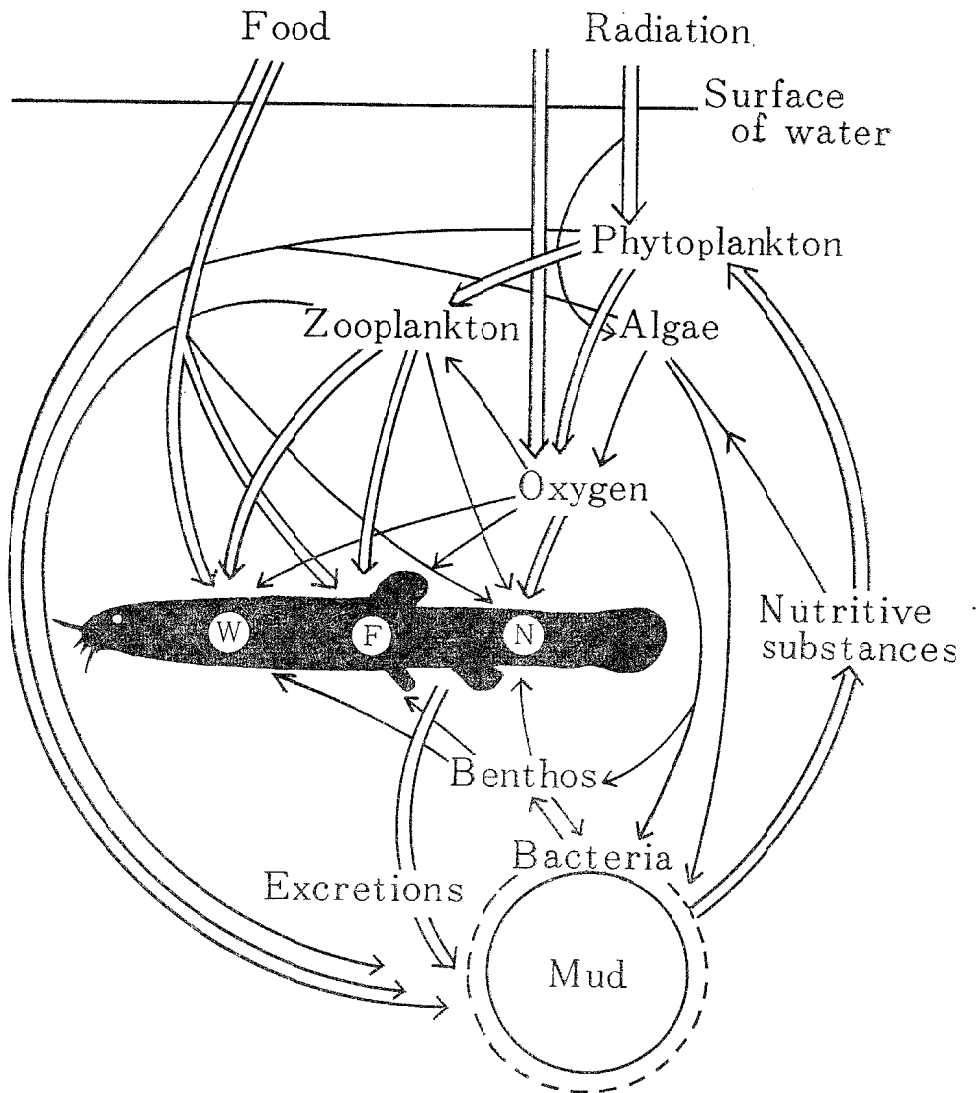


Fig. 5. Conjectured pattern of the mechanism of organic and inorganic environmental factors governing the yield of fish, chiefly from the standpoint of the pond culture of the loach.

Notes : N, mortality ; F, crude efficiency of food conversion ; W, growth in weight.

摘 要

1. ドジョウの成長段階は、ふ化してから体長が4 mmまでを前期仔魚期、4 mm から 15 mm までを後期仔魚期、15 mm から 50 mm までを稚魚期、50 mm から 80 mm までを幼魚期そして80 mm 以上のものを成魚に区分される。
2. ドジョウは、ふ化後44時間、体長が3.8~4.1 mmの時期に最初に餌を食べはじめる。この時期のドジョウは、まだ卵黄がわずかに残っている。
3. 後期仔魚期のドジョウは、マス用粉餌よりも、動物性プランクトンを好んで捕食する。
4. 無給餌状態においたドジョウは、ふ化後5日から死にはじめ、10日で全滅する。
5. 仔魚を池へ放養する時期は、ふ化後2~4日、とりわけ3日が最適である。

6. 増重倍率は、マス用粉餌に混合ビタミンと肝油を加えて給餌した場合に最大であった。
7. マス用粉餌およびコイ用粉餌を単独で与えた場合では、増重倍率は後者の方が前者よりも大きい。
8. 増重倍率は、水色が黄緑色または緑色の池では大きく、透明または半透明の池では小さい。
9. 増重倍率は、植物性プランクトンおよび動物性プランクトンが多量に発生する池では大きい。
10. 増重倍率は、池底に泥土を敷いた方が、敷かない場合よりも大きい。
11. 減耗率は、池水の溶存酸素量が少ないほど大きく、とりわけ3 cc/l以下では激増する。したがって、減耗を防ぐには、送気する必要がある。
12. 種苗生産池は、流水式よりも止水式の方が良い。
13. 種苗生産池の水は、酸性よりもアルカリ性の方が良い。
14. ドジョウの種苗生産を対称とした池の物質循環を推定し、図解的に示した(第5区)。それによると、種苗生産に影響を与える最も大きい要因は、餌料、溶存酸素量および池の底質の3つであると考えられる。

文 献

- 1) ALSTERBERG, G., 1924: Die Nahrungszirkulation einiger Binnenseetypen. *A. f. H.* **15**, 219—338.
- 2) 藤田正ほか3名, 1948: 脳下垂体ホルモンに依る鱸の採卵に就て. *日水誌*, **13**(6), 254—258.
- 3) JUDAY, C., 1943: The summer standing crop of plants and animals in four Wisconsin lakes. *Trans. Wis. Acad. Sci., Arts, Let.*, **34**, 103—135.
- 4) 川村智治郎, 1944: 鱸の採卵法と稲田放養. 1—17.
- 5) 小林弘・山林勇, 1957: ドジョウの放卵促進に及ぼす同種ドジョウの脳下垂体の影響. *魚類学雑誌*, **6**(4, 5, 6), 170—176.
- 6) 久保田善二郎, 1951: ドジョウ卵孵化に及ぼす用水の水素イオン濃度の影響に就いて. *日水誌*, **16**(12), 151—154.
- 7) ———, 1952: ドジョウ卵巣の成熟過程—I. 天然産ドジョウの卵巣の成熟過程. *本報告*, **2**(1), 35—39.
- 8) ———, 1953: ドジョウ卵巣の成熟過程—II. タンニン酸のホルモンに対する協働効果作用. *日水誌*, **18**(11), 11—16.
- 9) ———, 1953: ドジョウ卵巣の成熟過程—III. ホルモン添加餌料による卵巣の成熟促進. *本報告*, **3**(2), 5—10.
- 10) ———・松井魁, 1954: 孵化用水の温度変化がドジョウ卵孵化に及ぼす影響について. *本報告*, **3**(3), 9—15.
- 11) ———・——, 1955: 孵化時のドジョウ仔魚の大きさに及ぼす水温の影響に就いて. *本報告*, **4**(2), 109—114.
- 12) ———, 1960: 日本産ドジョウの形態, 生態および増殖に関する研究. 1—452. (騰写印刷)
- 13) ———, 1961: ドジョウの形態学的研究—III. 雌雄による形態的差異(2). *本報告*, **11**(1), 85—125.
- 14) ———, 1961: ドジョウの生態に関する研究—II. 食性. *本報告*, **11**(1), 177—195.
- 15) ———, 1961: ドジョウの生態に関する研究—III. 生殖腺について. *本報告*, **11**(1), 197—211.
- 16) ———, 1961: ドジョウの生態に関する研究—IV. 成長度および肥満度について. *本報告*, **11**(1), 213—234.
- 17) ———, 1965: ドジョウの増殖に関する研究—VI. 配合餌料の種類およびビタミンの添加が生産量に及ぼす影響について. *本報告*, **14**(1), 53—57.
- 18) 中村中六, 1947: コイ仔魚の食性. *日水誌*, **13**(3), 111—112.

- 19) STRÖM, K. M., 1933: Nutrition of algae. *A. f. H.* **25**, 38—47.
- 20) 鈴木亮・三矢和夫, 1964: マドジョウの養殖に関する2, 3の実験. *日水誌*, **30** (2), 137—140.
- 21) 田中小治郎, 1947: 鱈の魚体に及ぼす塩基性土壌の影響に就て. *香川水試報* (昭和22年度).
- 22) —————, 1948: 食用蛙の脳下垂体ホルモンに依る鱈の排卵促進. *香川水試報* (昭和23年度), 1—10.
- 23) —————, 1948: 二種のホルモンの協働作用に依る鱈の排卵促進. *香川水試報* (昭和23年度), 11—19.
- 24) 渡部王雄・小堀伸治, 1948: 各種脳下垂体前葉ホルモンに依る鱈の排卵促進効果—I. 鮒及び食用蛙の脳下垂体並にヒポホリン. *資源研彙報*, (11), 11—13.
- 25) 渡部王雄ほか2名, 1950: 各種脳下垂体前葉ホルモンに依る魚類の排卵促進効果—II. 鮭・鯰・カナヘビ・青大将・ブレホルモン. *日水誌*, **15** (12), 799—802.
- 26) WELCH, P. S. 1952: *Limnology*. McGRAW-HILL BOOK Co. New York, Toronto and London.
- 27) WETZEL, A. 1928: Der Faulschlamm und seine Ziliaten Leitformen. *Zeit. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere*, **13**, 177—328.
- 28) 山田紀作, 1950: 無機窒素肥料のコヒ稚魚育成に及ぼす影響. *日水誌*, **15** (11), 591—595.
- 29) 山口県水産指導所, 1947: 鱈増産の実際. *山口県水産指導所特集*46, 1—10.
- 30) 吉村信吉, 1942: *湖沼学*. 三省堂, 東京.