No. 4 March, 1981

BULLETIN
OF THE
FUKUSHIMA PREFECTURAL INLAND WATER FISHERIES
EXPERIMENTAL STATION
INAWASHIRO, FUKUSHIMA, JAPAN

福島県内水面水産試験場研究報告

第 4 号

福島県内水面水産試験場
福島県耶麻郡猪苗代町
昭和56年 3 月

福島県内水面水産試験場研究報告

第　4　号

目　　次

福島内水試研報第4号　昭和56年3月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No.4. Mar. 1981

ニシキゴイの人工採卵に関する研究－III

水温の調整による産卵時間の調節に関する研究

石川幸児・佐藤　脩・佐野秋夫・高田寿治

Studies on the Artifical Spawning of Coloured Carp－III

A Study on the Control of Spawning by Effecting Water Temperature

Koji ISHIKAWA, Shu SATŌ, Tokio SANO and Toshiharu TAKADA

緒　　言

多くの組合せ交配を短時間にしかも確実に行なう方法としては、マゴイによる人工受精法が鈴木[1]により実験的に試みられ90%以上の高い受精率が得られている。この方法を応用してニシキゴイ[2~5]の人工受精が実施されるようになり、その結果短期間に多くの組合せ交配がなされるようになった。しかし、稲葉[6]によれば、コイの産卵の多くは早朝から始まり正午まで続くとしており、このため交配しようとする親魚がすべて同一の短い時間帯に産卵するとは限らず時間のズレが生ずるために、受精率の低下や受精できない場合を招くことがある。鈴木[1]によれば、コイの排卵後の受精能力は4時間までは有効であるという。このために、排卵後のコイ卵は受精能力が低下する前に受精させる必要があり、なるべく同一の短い時間帯に多くの産卵を集中させることが望まれる。1978年[7]の試験において、産卵池の水温を0℃、2℃、4℃、7℃、9℃の5段階の温度差を与えて産卵調節試験を実施した結果、産卵誘発のため飼育水温を16℃から23℃に昇温させた区、16℃から25℃に昇温させた区の両区、即ち7℃以上の収容温度差を与えた場合には産卵率がいずれも100%となり、産卵開始の時間差も3時間以内に集中させることができた。しかし、交配例が5～6組と少なかったので、1979年においては、前年産卵率の高かった16→20℃、16→23℃、16→25℃の各昇温条件について交配例を多くして産卵試験を行なったところ、3時間の範囲に多くの親魚の産卵を集中させることができたのでその結果を報告する。

この試験を行なうにあたり、御指導をいただいた水産庁養殖研究所遺伝育種部長 鈴木 亮博士に誌上をもって深謝の意を表します。

材　料　と　方　法

供試魚の内訳を表1に示す。親魚数はあらかじめ雌と雄を分養飼育していたものから雌55尾、雄55尾の計110尾を使用（ただし、1，2，3の試験は1978年に実施した）し、雌は7歳以上、雄は6歳以上の経産親魚を用いた。また、これらの親魚はいずれも産卵予定前日の午前10時ごろまでに感触により熟度鑑別し、雌は腹部のはりが良くやわらかいもの、雄は追星があって肛門部を圧することにより精液の出ることを確認した。

産卵に用いた試験池は、当場の温水魚ハウス内のコンクリート水槽（2m×5m×0.5m有効水深0.4m）5面を用い、図1に示すように1面につきそれぞれA・B 2張の産卵用網生簀（1.8m×1.8m×0.5m目合30メッシュ）のテトロンマーギゼット網地製を設置し（以下産網とする）、各産網に

表1　供試験魚内訳

水温℃	試験回数	A生簀 雌	A生簀 雄	B生簀 雌	B生簀 雄
16－16	1	ヤマトゴイ	ヤマトゴイ	昭和三色	大正三色
	2	山吹黄金	大正三色	ヤマトゴイ	ドイツカガミ
	3	ヤマトゴイ	ヤマトゴイ	紅白	大正三色
16－18	1	銀松葉	銀松葉	ヤマトゴイ	ヤマトゴイ
	2	昭和三色	大正三色	銀松葉	大正三色
	3	大正三色	大正三色		
16－20	1	ドイツカガミ	ヤマトゴイ	紅白	プラチナ
	2	プラチナ	プラチナ	プラチナ	大正三色
	3	プラチナ	山吹黄金	ヤマトゴイ	ヤマトゴイ
	4	昭和三色	昭和三色	ヤマトゴイ	昭和三色
	5	ドイツカガミ	ヤマトゴイ	プラチナ	プラチナ
	6	昭和三色	昭和三色	プラチナ	昭和三色
	7	ドイツカガミ	ヤマトゴイ	昭和三色	紅白
	8	プラチナ	昭和三色	大正三色	銀松葉
16－23	1	紅白	紅白	紅白	紅白
	2	大正三色	大正三色	紅白	紅白
	3	大正三色	大正三色		
	4	大正三色	大正三色	紅白	紅白
	5	大正三色	大正三色	大正三色	大正三色
	6	白無地	白無地	赤無地	赤無地
	7	大正三色	大正三色	大正三色	大正三色
16－25	1	紅白	紅白	ドイツカガミ	ドイツカガミ
	2	紅白	紅白	大正三色	大正三色
	3	ヤマトゴイ	ヤマトゴイ		
	4	大正三色	プラチナ	黄金	大正三色
	5	大正三色	大正三色	大正三色	紅白
	6	秋水	浅黄	大正三色	大正三色
	7	紅白	大正三色	昭和三色	大正三色
	8	白別光	大正三色	白別光	大正三色

註：試験回数の1，2，3は1978年に実施した。

雌・雄を各々1尾宛産卵予定前日の午前10時30分ごろまでに収容した。産卵巣には人工魚巣（商品名キンラン）を用い、2本1組にしてそれぞれの産網内に9組宛水中に垂下した。加温を開始するまでは、各産卵池ごとに河川水と地下水を混合して16℃に調整した飼育用水を注水して、産卵池内の水温の上昇を防ぎ、また、親魚の鼻上げ防止のために産網ごとにエアストーンを入れて通気した。

産卵試験は、延べ3回から8回行なったが、加温開始時刻は第1回の産卵試験のみ産卵予定当日の午前5時とし、2回目以降は午前6時より行なった。加温の方法は、池内に配管した温水パイプによる間接法によった。水温条件は試験区を5区にわけ、対照区が注水温の16℃と一定にし、そのほかはそれぞれ16℃から18℃、16℃から20℃、16℃から23℃、16℃から25℃と加温開始時から2，4，7，9℃昇温するよう設定した。

結果および考察

加温開始から産卵を始めるまでの時間を図2に示す。水温を一定（16℃）にした対照区では、3回目のAのみが同日の午前9時30分に産卵を始めたが、そのほかでは正午すぎになっても産卵行動がみられなかった。16℃から18℃と2℃の温度差を与えた区では、1回目のA・Bの2組が7時30分から8時前（推定）に、1組が10時30分、もう1組が正午にそれぞれ産卵を開始した。16℃から20℃と4℃の温度差を与えた区では、1回目と5回目のA、7回目と8回目のBでは産卵が行なわれなかったが、そのほかでは午前6時45分から午後の2時5分の間に産卵を開始した。しかし、産卵開始時刻にかなりのズレがみられ、最長差で7時間20分にわたった。また、16℃から23℃と7℃の温度差を与えた区では、13組中4回目のAのみ産卵を行なわなかったが、そのほかでは午前7時30分から10時20分の間に産卵を開始し、最長差で2時間40分であった。16℃から25℃と9℃の温度差を与えた区では、15組中4回目と7回目のA2組に産卵がみられなかったが、そのほかは午前7時30分から11時10分の間に産卵を開始し、最長差は3時間40分であった。

加温開始後の水温の変化と産卵開始時刻について図３－１から３－５に示す。水温を16℃と一定に調整した対照区では、１組だけ産卵を開始したが、これは３回目の試験で制御装置のトラブルがあり、前日より１℃の水温上昇が生じたためと考えられる。16℃から18℃区では、加温開始後１時間で産卵池の水温は18℃に達したが、産卵を開始した時間にはバラツキがみられた。16℃から20℃区では、一部20℃に達した段階で産卵を開始したものがあったが、そのほかは１時間以降であった。16℃から23℃区では、水温が23℃に上昇する前にも産卵を開始したものがあったが、多くは23℃に達してからであり、前区にくらべて一定時刻に産卵が集中した。また、16℃から25℃では、25℃に上昇する途中の23℃付近で産卵を開始したものと、25℃に達してからのものと、25℃に達してから１時間以降の３つの群に分かれた。

組合せに対する産卵の割合、つまり産卵率を表２に示す。産卵率の最も高い値を示したのは、16℃から23℃と７℃の温度差を与えた区で92.3％となり、ついで、16℃から25℃と９℃の温度差を与えた区の86.7％、16℃から18℃の２℃の温度差を与えた区の80％、16℃から20℃と４℃の温度差を与えた区の75％の順となった。

16℃から23℃と７℃の温度差を与えた区は、昇温から産卵開始までの時間、産卵率ともほかの４区にくらべて良い結果を示した。なお、図３－１から３－５にみられるように、水温の上昇時間に多少の誤差がみられたので、各水温条件で産卵を開始したものについて、水温と昇温から産卵開始時間との関係を図４に示した。これをみると、産卵が多くなされた水温は、

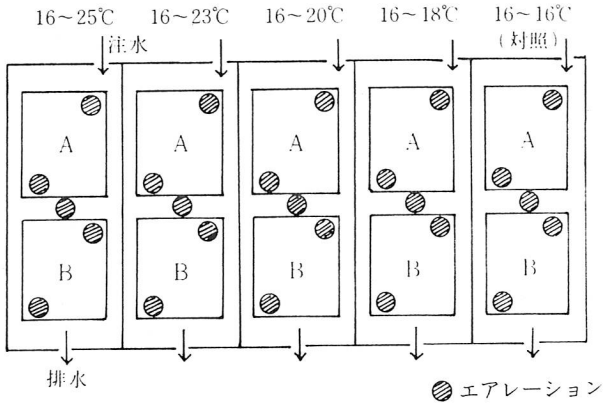


図１　産卵生簀配置内容

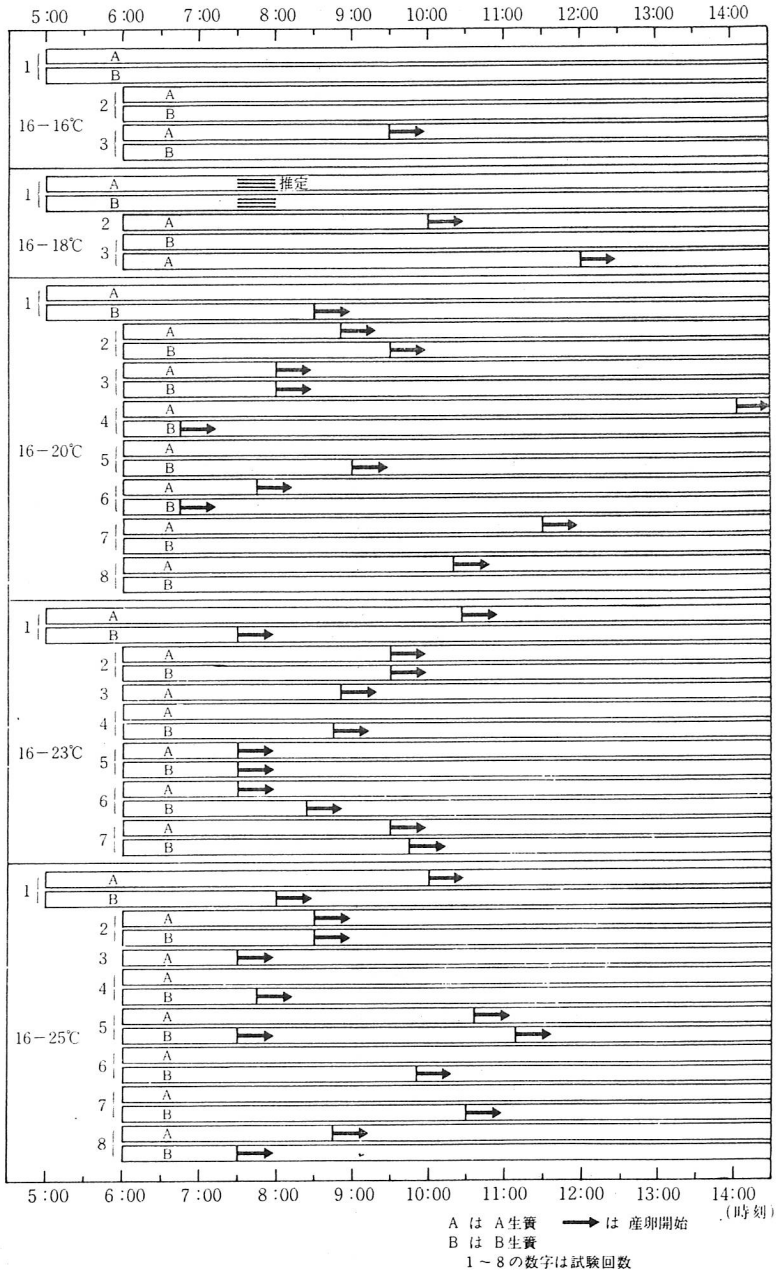


図２　加温後の産卵開始時刻

20.5℃から25.5℃の5℃の範囲内にある。水温別にみてみると、20℃から21℃の範囲では産卵率は高いが、昇温から産卵開始までの時間にはかなりのバラツキがみられ、産卵開始までの時間差は約7時間にわたっている。鈴木[1]のいうとおりコイ卵は排卵後4時間しか受精能力が維持出来ないとすれば、このような場合は集中産卵法として確実性に乏しい。一方、22.5℃から23.5℃の範囲では産卵率は高く、産卵時間差も3時間内に集中して

表2　産　卵　実　績

水温℃ ＼ 項目	組合せ数	産卵数	産卵率%
16 ～ 16	6	1	16.7
16 ～ 18	5	4	80.0
16 ～ 20	16	12	75.0
16 ～ 23	13	12	92.3
16 ～ 25	15	13	86.7

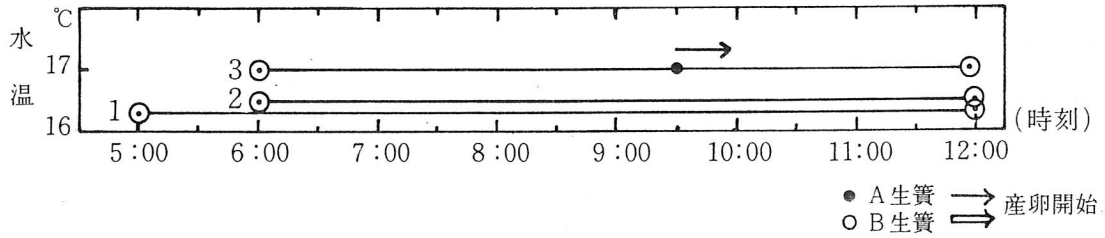


図3－1　水温の変化と産卵動向（16～16℃）

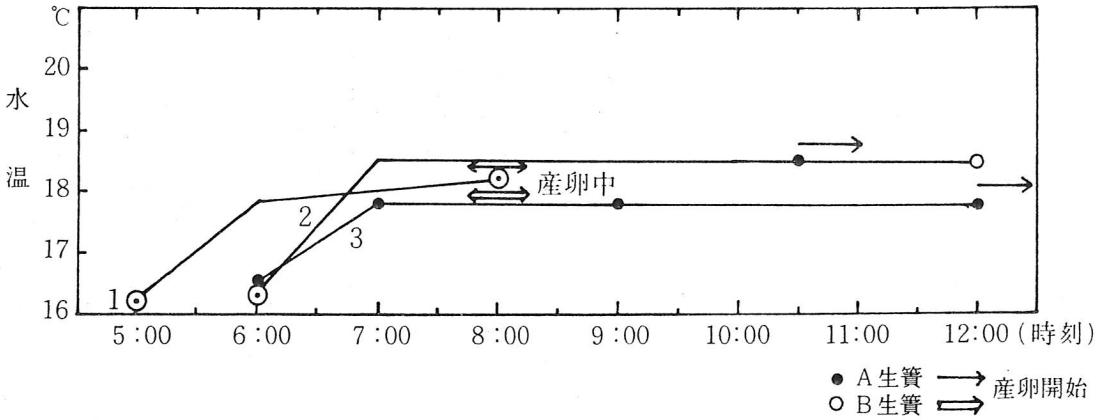


図3－2　水温の変化と産卵動向（16～18℃）

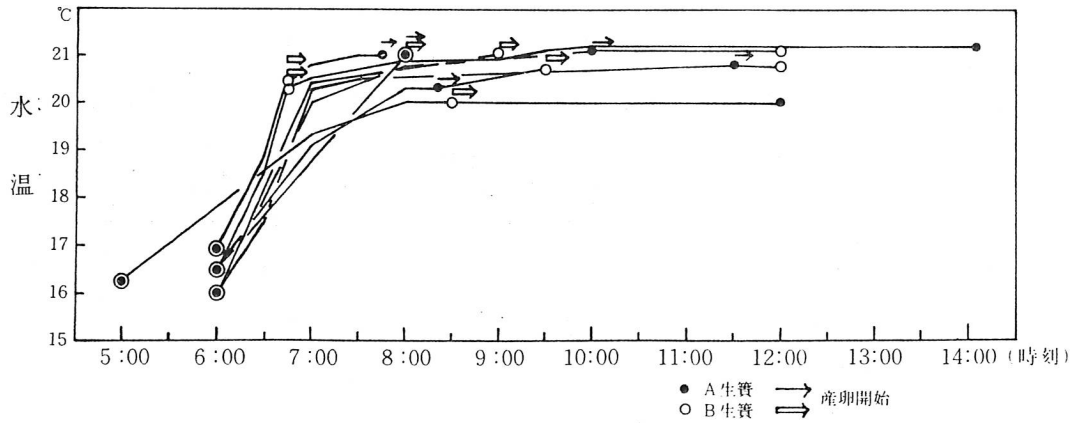


図3－3　水温の変化と産卵動向（16～20℃）

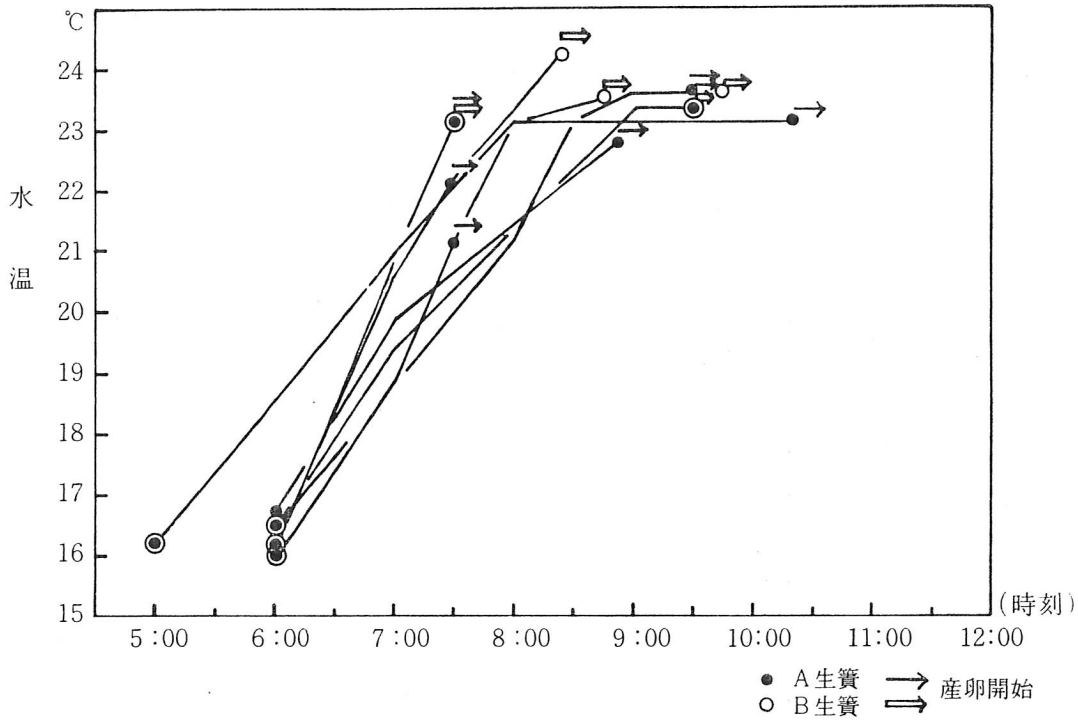


図3 － 4　水温の変化と産卵動向（16～23℃）

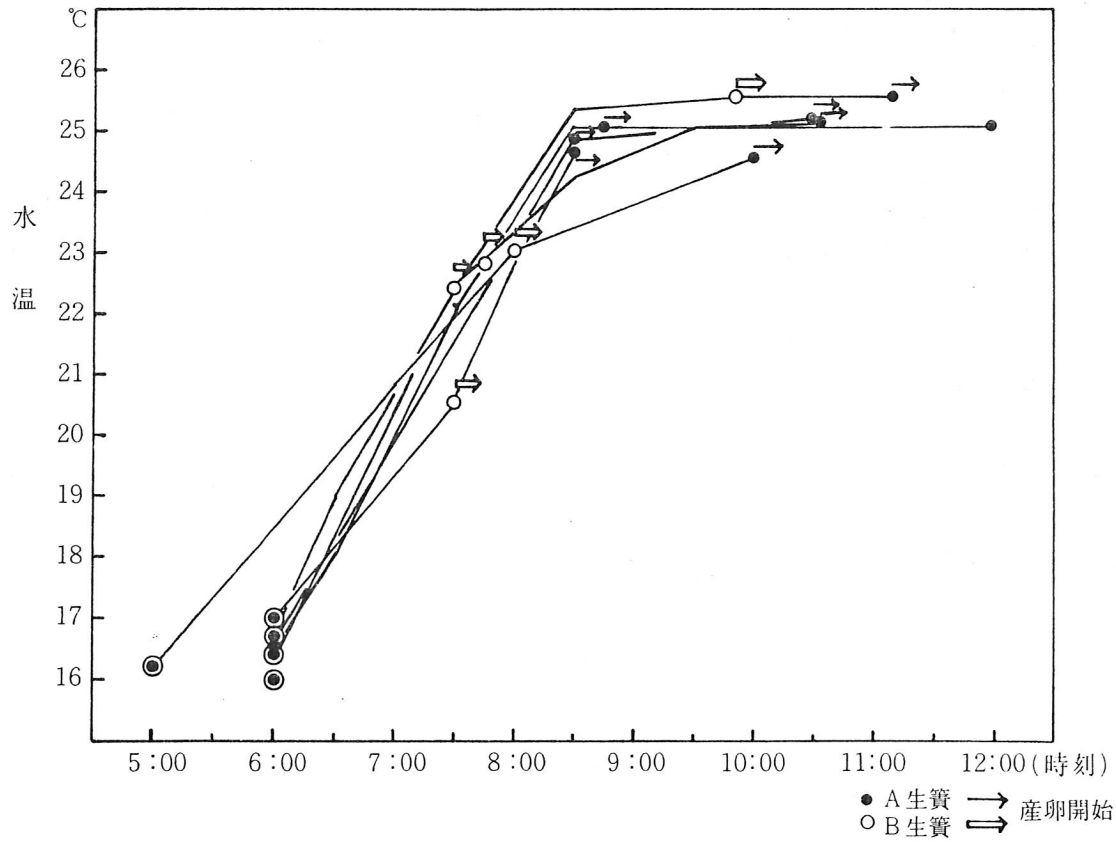


図 3 － 5　水温の変化と産卵動向（16～25℃）

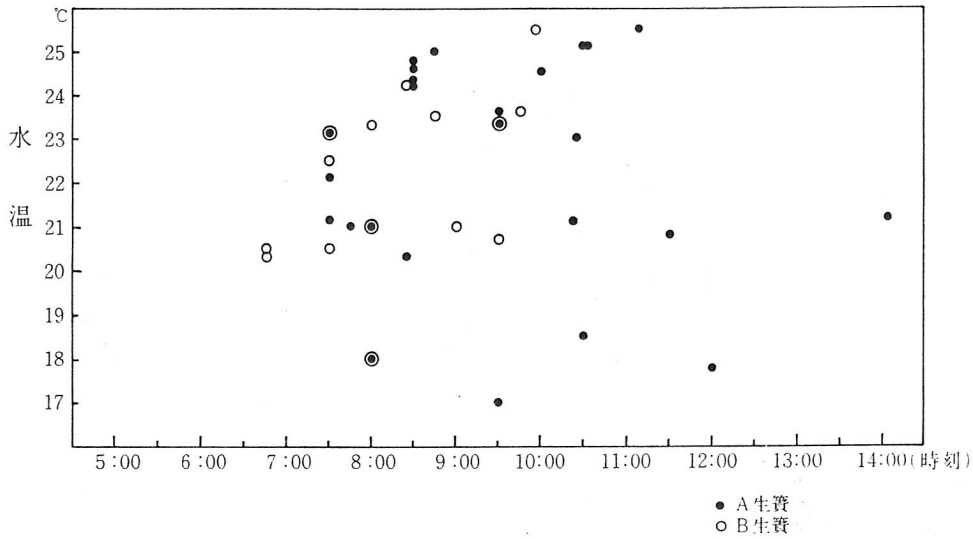


図4　水温と産卵開始時刻との関係

いる。また、24℃から25.5℃の範囲でも産卵率が高く、昇温から産卵開始までの時間差は3時間内に集中していた。

このことからみて、任意の時間内に集中産卵を確実に行なわせるためには、親魚の収容水温を23℃から25℃の範囲内に加温すると効果的であり、加温前の温度差は7℃から9℃程度が妥当なものと推察される。また、コイの産卵は、親魚が完全に成熟している状態にあれば、収容水温の調整により昇温から産卵開始までの時間を人為的に調節することが可能であると考えられる。また、温度刺激によって、排卵から放卵まではかなり短い時間で行なわれるものと推察された。

文　　献

1) 鈴木　亮、(1977) ：コイ科魚類の人工受精に関する諸問題、第5回ニシキゴイ研究会講演資料.
2) 富田政勝・岩橋正雄・金子文与、(1977) ：ニシキゴイの人工採卵に関する研究－1、新潟県内水試研報.
3) 福島県内水面水産試験場、(1977) ：ニシキゴイの人工採卵に関する研究－1、第5回ニシキゴイ研究会資料.
4) 広島県淡水魚指導所、(1977) ：人工採卵受精について、第5回ニシキゴイ研究会資料.
5) 山梨県魚苗センター、(1977) ：ニシキゴイ人工採卵試験、第5回ニシキゴイ研究会資料.
6) 稲葉伝三郎、(1961) ：コイの養殖、水産学全集－1、淡水増殖学149－176、恒星社厚生閣、東京.
7) 石川幸児・大滝勝久ほか、(1979) ：ニシキゴイの人工採卵に関する研究－Ⅰ、水温の調整による産卵時間の調節に関する研究（予報)、福島県内水試研報、2、7－13.

福島内水試研報第4号　昭和56年3月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

ニシキゴイの人工採卵に関する研究－Ⅳ

ニシキゴイの周年採卵法について

石川幸児・佐藤　脩・佐野秋夫・高田寿治

Studies on the Artifical Spawning of Coloured Carp－Ⅳ

A Method to Induce Artifical Spawning of Coloured Carp Throughout the Year

Koji ISHIKAWA, Shu SATŌ, Tokio SANO and Toshiharu TAKADA

緒　　言

淡水魚類の成熟には、水温や光などの外部環境要因が影響することが、多くの魚種について[1~5]明らかにされている。野村[6]によれば、春夏に産卵する魚類については、水温を変えることが産卵時期を変えるのに効果的であると報告している。山本[4]らは、外部環境の飼育温度を調整し、周年にわたって金魚に産卵させ、また、鈴木[5]は、大型雌ドジョウの飼育水温を調整することによって、周年にわたって人工採卵したことを報告している。しかし、コイについて周年採卵を行なった報告はなく、市川・川上[7]が、産卵後のコイにゴナトロピンを連続投与して、40日後に2回目の産卵を誘発させた報告があるにすぎない。また、中国[8]では、第1回の産卵を行なわせたハクレン・コクレン・草魚を50日乃至70日間飼育し、腹部の比較的大きな親魚の一部に第2回の産卵を行なわせることができたが、周年採卵にはいたっていない。著者は、前報[9]において、産卵後のニシキゴイを26℃の水温で90日間飼育し、第2回の産卵を行なわせることに成功し、水温の調節が人為的に産卵を誘発させることの可能性について報告した。そこで、今回は、前報と同じ条件で試験を行ない、45日間隔で年3回の産卵を誘発させることに成功し、周年採卵の可能性について足がかりが得られたので、その結果を報告する。

この試験を行なうにあたり、御指導をいただいた水産庁養殖研究所、遺伝育種部長 鈴木　亮博士に誌上をもって深謝の意を表します。

材　料　と　方　法

1. 供　試　魚

供試魚の内訳を表1に示す。親魚は当場養成のニシキゴイで、魚体重が2,000g以上でかつ、経産魚の雌3尾と雄3尾を用いた。AとBの雌は1978年に2回産卵した親魚である。

表1　供試魚内訳

区分	A		B		C	
性別	♀	♂	♀	♂	♀	♂
種類	紅　白	大正三色	銀松葉	黄　金	プラチナ	プラチナ
年齢	8　年	9　年	13　年	11　年	10　年	11　年

2. 飼　育　期　間

1979年6月1日に雌1対雄1の自然産卵後、当場の温水魚ハウス内にあるコンクリー

ト水槽（２ｍ×５ｍ×１ｍ有効水深0.8ｍ）２面を用い、雌・雄を分養して同年６月２日より第３回産卵前日の８月31日まで飼育した。飼育期間中の給餌回数は１日５回とし、市販の鯉用配合飼料（ペレット径７㎜）を手まきで飽食量与えた。

表2　飼育環境条件

項目 / 期間	第１回産卵		第２回産卵		第３回産卵	
	水温	ＰＨ	水温	ＰＨ	水温	ＰＨ
高温期（40日間）	春期 13～16℃	6.8～7.6	27℃±0.5	7.7	27℃±0.5	7.8
低温期（４日間）	冬期 3～5℃	6.8～7.2	14℃	7.4	14℃	7.4

3．飼育環境条件

飼育期間中の水温とＰＨの経緯を表２に示す。供試魚は、前年の最終産卵以降、屋外のニシキゴイ養成池（20ｍ×25ｍ×1.5ｍ有効水深1.3ｍ）で、ほかのニシキゴイと混養で飼育管理されたものである。冬期間の最低水温は３℃程度で、４月下旬から第１回産卵前日までの飼育水温は10℃から16℃であった。鈴木[5]によればドジョウの生息適水温は25℃であり、この水温で継続飼育を行なえば、短期間に成熟状態にすることができると報告している。前報[9]では、成熟を促進させるための水温を26℃としたが、この試験では図１に示すように27℃のやや高い水温で40日間給餌飼育し、水温差を与えるために４日間は14℃で管理した。27℃から14℃まで水温を下げる方法は、14℃の地下水を注水し、ほぼ24時間で14℃になるように調整した。

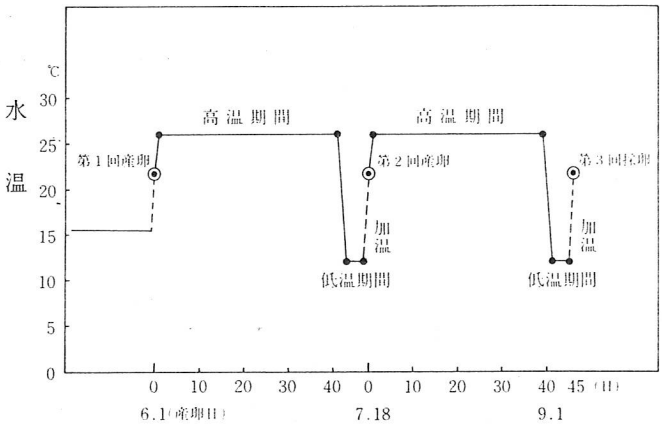


図１　飼育環境条件

4．交配方法および産卵方法

当場温水魚ハウス内のコンクリート水槽（２ｍ×５ｍ×0.5ｍ有効水深0.4ｍ）２面を用い、図２に示すようにＡ・Ｂ・Ｃ３張の産卵用網生簀（1.8ｍ×1.8ｍ×0.5ｍ目合30メッシュ）を設置し、産卵予定前日の午前10時までにそれぞれの親魚を触感により熟度鑑別し、各網生簀に雌・雄を１尾づつ収容した。飼育池および産卵池の加温は、温水パイプによる間接加温によった。加温開始時刻は、第２回の産卵のみ産卵予定日の午前８時45分とし、そのほかは、産卵予定前日の午後６時より行なった。また、産卵池の最終水温は25℃になるように調節した。産卵巣は市販の人工魚巣（商品名キンラン）を使用した。なお、産卵池の水質劣化と鼻上げ防止のために毎分５ℓの地下水（13℃）を注水し、

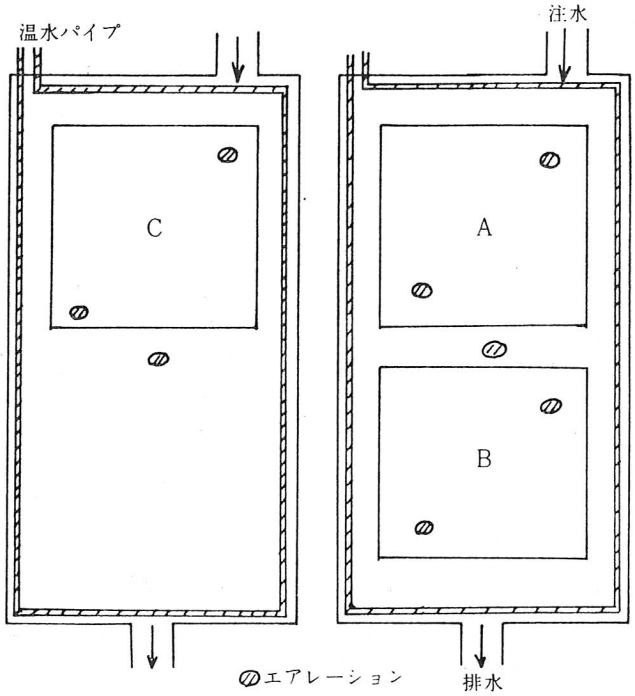


図２　産卵生簀の配置内容

エアレーションをあわせて行なった。

結　果　と　考　察

産卵開始時刻　産卵予定日前日の午後6時より加温を始めた第1回の試験では、加温を開始した翌日の午前8時30分に観察した時にはA，B，C区ともすでに産卵は終了しており、はっきりした産卵開始時刻は確認できなかった。第2回目の産卵試験では、産卵予定日の午前6時に加温を開始した。A区は加温を始めてから4時間50分後の午前10時50分に、つづいてB区が5時間30分後の午前11時30分に、C区は7時間後の午後1時にそれぞれ産卵を開始した。第3回目の試験では、第1回目と同様午後6時に加温を開始したところ、加温を始めた翌日の午前6時20分に観察した時にはA，B，Cの3区ともすでに産卵は終了していた。加温を午後6時に開始した場合、産卵は翌日の早朝に行なわれ、加温を午前6時に開始すれば、その日のほぼ午前中に産卵が行なわれており、石川[10]らが行なった過去の結果とほぼ一致した。このことからみて、加温開始時刻を操作することにより産卵時間帯を調整することが可能と推察される。

表3　産　卵　成　績

区分＼項目		産卵による体重の減少(産卵量) 産卵前	産卵後	減少量	減少量/体重×100	発眼率
第1回産卵	A	2,325 g	2,023 g	302 g	13.0 %	54.3 %
	B	3,075	2,697	378	12.3	66.9
	C	2,109	1,827	282	13.4	60.4
第2回産卵	A	2,425	2,145	280	11.5	37.8
	B	3,180	2,830	350	11.0	62.7
	C	2,145	1,945	200	9.3	57.2
第3回産卵	A	2,667	2,385	282	10.6	60.2
	B	3,225	2,929	326	10.0	78.5
	C	2,385	2,122	263	11.0	59.6

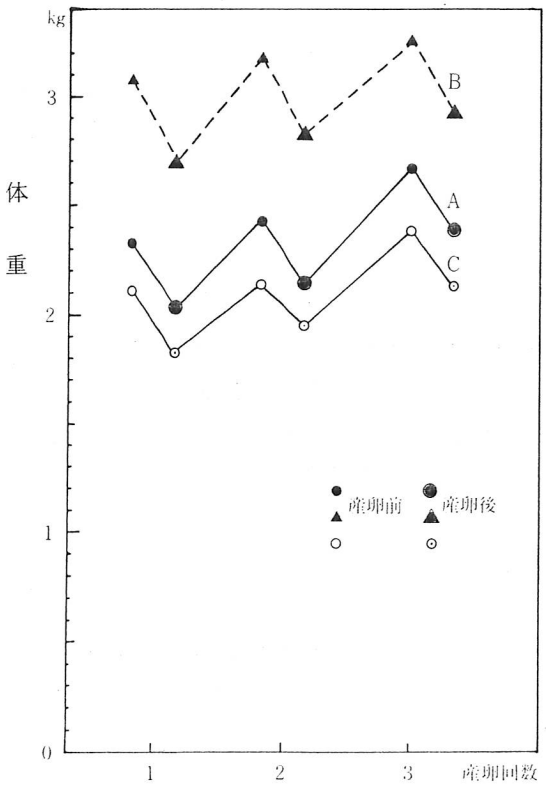


図3　産卵前と産卵後の体重の変化

産卵量および発眼率　産卵量と発眼率を表3に示した。山本[4]らは、産卵前と産卵後の体重の差を産卵量としており、この方法でもとめた産卵量は、200gから378gで体重に対する割合は、第2回目のC区が9.3%とやや低い値を示したが、そのほかは10%～13.4%の範囲で、山本[4]らが金魚で行なった結果と一致している。また著者[11]が測定した成熟未受精卵の1粒当りの重量を2.49mgとして計算すれば平均体重が2,618.4gの親魚から、118,830.1粒の産卵があった計算になる。発眼率は、第2回目のAが37.8%と低い値を示したが、そのほかでは54.3%から78.5%の範囲で平均発眼率も59.7%であり、雌・雄1：1の自然産卵の場合と同様でほぼ正常な値とみられ、また、ふ化仔魚の状態からみても良好な卵質であったものと考えられる。図3に産卵前後の魚体重の変化を示した。A，B，Cの3区いずれの親魚も第1回産卵前の体重よりも、第2回、第3回の産卵前の体重が増加しており、今回産卵に供した親魚は、いずれも正常な成熟状態にあったものとみられる。

富田ら[12]は、コイについて産出卵と残存卵の卵径分布を調査し、産卵前に摘出した卵巣には卵径950～1,350μの大形卵、350～900μの中間卵、50～300μの3つの卵群分布がみられ、一方、産出された成熟未受精卵の卵径は大部分が1,000～1,350

μの範囲にあり、放卵前の大形卵群が産み出されたとしており、卵巣卵の形態もドジョウと同様な非同時発生型と報告している。A区とB区の雌親魚は、前年2回産卵したもので、今回の産卵も含めると2年間で5回産卵したことになる。また、産卵間隔も90日から45日に短縮することができた。しかるに、コイも金魚[4]やドジョウ[5]のように周年にわたる人工採卵が可能とみられ、また、水温の調節によって短期間に成熟させることができるものと考えられる。以上のことから、ニシキゴイは、成熟した魚体であればホルモン剤を投与しなくても水温の調節によって人工的に産卵を誘発し得るものと考えられ、かつ、ニシキゴイの成熟と産卵には水温が重要な役割を果すものと考えられた。

要　　約

1. ニシキゴイを水温の調節により人工的に45日間隔で年3回産卵させることに成功した。
2. 産卵池の加温を午後6時に開始すれば、産卵は加温開始翌日の早朝に行なわれ、午前6時に加温を開始すると5時間から7時間後に産卵させることができた。
3. この場合の産卵前後の体重との差より算出した産卵量は、平均体重あたり10%から13.4%であった。また、平均産卵数は118,830粒であった。
4. この場合の全期間を通じての平均発眼率は59.7%であった。
5. ニシキゴイは水温の調節によって、短期間に成熟させることが可能であり、成熟した魚体であれば水温を調節することだけで、人工的に産卵誘発が可能であった。
6. 成熟と産卵には水温が重要な役割をすることが認められた。

文　　献

1) 白石芳一・武田達也（1961）：アユの成熟に及ぼす光周期の影響、淡水研報、11（1），71～81.
2) 野村　稔（1962）：ニジマスの人工採卵に関する基礎研究－Ⅲ、光周期の変化による採卵の早期化、日水誌、28（11），1070～1076.
3) 松島昌大（1963）：産卵期における下垂体ホルモン投与、並びに冬期、早春期における外部環境調節及びホルモン投与によるフナの成熟、産卵の促進、淡水研報、13（2），93～104.
4) 山本喜一郎・長浜嘉雄・山崎文雄（1966）：金魚の周年採卵法について、日水誌、32（12），977～983.
5) 鈴木　亮・山口元吉（1977）：ドジョウの成熟におよぼす水温の影響ならびに周年採卵、日水誌、43（4），367～373.
6) 野村　稔（1964）：魚類の成熟・産卵と外部環境要因、水産増殖、12（3），159～195.
7) 市川　衛・川上　泉（1944）：脳下垂体ホルモンに依る鯉の放卵促進、兵庫水試報、5，1～6.
8) 鍾　麟　等（1974）：家魚の生物学と人工繁殖、淡水研資料A、No.15，111～113.
9) 石川幸児（1979）：ニシキゴイの人工採卵に関する研究－Ⅱ、水温の調節による年2回採卵試験、福島内水試研報、2，15～17.
10) 石川幸児・大滝勝久ほか（1979）：ニシキゴイの人工採卵に関する研究－Ⅰ、水温の調整による産卵時間の調節に関する研究、福島内水試研報、2，7～13.
11) 石川幸児（1980）：ニシキゴイの卵径と卵重について、福島県内水面水産試験場、未発表.
12) 富田政勝・岩橋正雄・鈴木　亮（1980）：コイにおける親魚の大きさと放卵数、卵巣卵数、卵径および発眼率の関係、日水誌、46（9），1077～1081.

福島内水試研報第4号　昭和56年3月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

油脂添加飼料の保存条件による油脂の変化とマゴイの飼育成績について

石川幸児・長沢静雄・佐藤　脩・佐野秋夫・高田寿治

A Comparative Study on the Degeneration of Oils Added to the Carp feed Reserved under Various Conditions and the Results of Raising Carp.

Koji ISHIKAWA, Shizuo NAGASAWA, Shu SATŌ, Tokio SANO and Toshiharu TAKADA

緒　　言

コイにリン酸塩を添加した飼料を与えると成長を促進させ、かつ飼料効率を向上させることは、村上[1]、高松ら[2]により明らかにされている。高松らは90gのマゴイを用いて200gまで飼育した結果、リン酸塩を添加した飼料を与えた場合には、無添加のものにくらべて内臓への脂肪の蓄積が少ないことを指摘した。また、大前[3]は130gのマゴイを用いて500g前後まで飼育した結果、リン酸塩を添加した飼料を与えたマゴイの魚肉部の脂肪の蓄積は、油脂の添加の有無にかかわらず差は認められないが、内臓部については、リン酸塩に油脂を加えても油脂のみを加えたものより脂肪の蓄積量は低下し、リン酸塩のみを添加すると著るしく脂肪の蓄積量が低下すると報じているが、いずれもその供試検体は魚体重が200g～500gのものであり、一般に使用される食用サイズには達していない。そこで、著者ら[4]は、1977年に520gのマゴイを用いて1,200g前後の食用サイズまで飼育した結果、リン酸塩に油脂を添加した飼料は、油脂無添加のものよりも成長、飼料効率のいずれも良い値を示した。また、魚体内の脂肪の蓄積は、油脂無添加のものより魚肉部、内臓部いずれも脂肪の蓄積が高い値を示して油脂の添加効果のあることが認められた。

現在、養鯉業者は飼料効率の向上、成長促進等をはかるため市販配合飼料に油脂を添加して給餌しているが、油脂の酸化による魚体への影響を懸念して、給餌直前に油脂を添加する方法を採用している。コイに酸化脂肪を投与するとセコケ病発生の一つの大きな要因になることが、橋本ら[5]によって明らかにされ、村地・唐川[6]は眼底病変の原因となることを明らかにしている。そこで、著者らは市販鯉用配合飼料を粉砕し、油脂を添加してペレットに作り変えて長期保存した飼料を用いて535gから1,000gまで飼育を行なってその影響と飼育成績について検討した結果、若干の知見を得たので報告する。

この報告をするにあたり、御校閲をいただいた秋元義正場長ならびに根本半生産技術部長に感謝するとともに、飼料の提供、分析に御協力をいただいた理研ビタミン株式会社、同社上原良吾氏、そのほかの皆様に深謝の意を表します。

材　料　と　方　法

1. 試　験　場　所

福島県耶麻郡猪苗代町　福島県内水面水産試験場

2. 飼　育　期　間

昭和54年7月17日から同年10月16日までの92日間。

3. 飼育環境条件

試験池は屋外に設置したコンクリート水槽５ｍ×10ｍ×１ｍ(有効水深0.8ｍ)、水容積40トンのものを４面（１区につき１面）用いた。また、飼育水は河川水で、各試験区とも毎分50ℓの割合で注水して流水飼育を行なった。飼育期間中の水温とＰＨを表１に示す。

4. 供　試　魚

当場で養成した平均体重約453ｇのマゴイ（２年魚）を試験開始前日にできるだけ同型魚体に選別し、１区につき50尾放養した。

5. 供 試 飼 料

試験飼料の種類と成分の一般分析値を表２に示す。Ａ区は、市販鯉用配合飼料（以下Ａ飼料とする）を粉砕し、そのままペレットにしたものを使用した。Ｂ区は、Ａ飼料にフィードオイルを給餌直前に内割で５％添加した飼料（以下Ｂ飼料とする）を使用した。Ｃ区は、Ａ飼料と同じ市販鯉用配合飼料を粉砕し、フィードオイルを５％内割添加混合してペレットにした飼料（以下Ｃ飼料とする）を使用した。各試験飼料はいずれも飼料倉庫に保存した。Ｄ区は、Ｃ飼料と保存条件の違いを比較するために20ℓの青色フタ付のポリバケツに10kg入れて屋外に２週間以上放置したもの（以下Ｄ飼料とする）で飼育した。各飼料の保存期間中の気温変化を表３に示す。

6. 飼 育 経 過

配合飼料は１日６回手まきで与え、給餌量は特に定めず各試験区とも飽食するまで与え、最終給餌後残量を計量して１日の給餌量とした。飼育開始当日は、環境に馴れていないためか給餌場に集まらずに摂餌不良であったが、２日目からはいずれの区とも活潑に摂餌した。

表１　飼育水の水温、ＰＨ

	日数	月　日	最高水温	最低水温	平均水温	ＰＨ 最高	ＰＨ 最低	ＰＨ 平均
給餌期間	30	7.17～ 8.15	23.0℃	20.0℃	21.6℃	8.0	6.8	7.2
	32	8.16～ 9.16	27.5	22.9	21.1	8.0	7.2	7.6
	30	9.17～10.16	23.3	12.0	16.3	8.4	7.4	7.6
平均	92	7.17～10.16			19.8			7.6

表２　供試飼料の組成と一般分析値

成分＼区		種類	Ａ区 市販飼料	Ｂ区 Ａ＋オイル5%(内割)	Ｃ区 Ａにペレット時オイル５%	Ｄ区 Ｃを屋外放置
水分 %			6.3	(6.0)	9.9	
粗蛋白 %			43.4	(41.2)	39.8	
粗脂肪 %			5.7	(10.2)	10.3	
粗灰分 %			13.3	(12.6)	12.4	
リン %			2.52	(2.39)	2.24	
α-トコフェロール mg%			10.	(11)	10	
	分析日	ＰＯＶ	10.9		11.9	
	6.20	ＡＶ	23.8	—	14.0	—
		※ＣＯＶ	104.5		66.4	
飼育開始(7.17)	7.23	ＰＯＶ	14.5	—	17.0	17.0
		ＡＶ	24.7		16.9	16.9
62日目(9.17)	9.28	ＰＯＶ	5.1	—	6.2	22.8
		ＡＶ	25.1		18.8	18.8
		ＣＯＶ	100.7		63.4	80.6
92日目(10.17)	11.13	ＰＯＶ	21.3	—	18.7	17.8
		ＡＶ	26.4		20.2	20.3
		ＣＯＶ	108.2		73.3	73.0
		α-トコフェロール mg%	7.		8	

註：ＰＯＶ過酸化物価
ＣＯＶカルボニル価
※製造後１ケ月目の分析値
Ｂ区はオイル５％内割添加した場合の換算値で、
α-トコフェロールはフィードオイル中に含まれる量も含めた換算値。
分析は理研ビタミン㈱による。

表３　飼料保存期間の気温変化

月　日	倉庫内気温(Ａ・Ｂ・Ｃ各区の飼料) 最高	最低	平均	屋外気温(Ｄ区の飼料) 最高	最低	平均
7.17～ 8.15	32.5℃	14.8℃	26.4℃	39.8℃	19.1℃	29.5℃
8.16～ 9.16	32.2	19.7	24.0	34.7	12.6	23.7
9.17～10.16	32.0	7.5	20.0	28.4	7.2	20.9
平　均			24.5			25.3

7. 測　定　方　法

魚体の測定は、各試験区とも試験開始後30日、62日、92日目に全数を取り上げて生残尾数、個体ごとの体長・体重について全尾数の測定を行なった。なお、魚体測定に際しては、麻酔剤MS-222を使用した。また、各試験区ごとに飼育開始時、62日と92日目に5尾づつ抽出して魚体分析に供した。魚体分析は、理研ビタミン株式会社が行なった。更に、魚体の健康度調査をするために、血液性状の検査を常法により下記の項目について実施した。血液性状の検査は、各試験区より5尾づつ抽出し、動物用ピスカイン（フエンチアザミン臭化水素酸塩）で麻酔を行なってから、尾部動脈よりヘパリン処理した注射器を用い生体採血を行ないこれを検査に供した。

赤血球数：メランジュールおよび希釈用ハイム液は、市販の人血用を用いた。また、血球計算器は、Burker Turk により常法に従って計数し、別途に作製した塗沫標本によりその他の細胞（白血球等）を計数し補正した。

ヘマトクリット値（Ht値）：市販のプレーン毛細管を用い、12,000r·p·m で5分間遠心分離し付属のリーダによって測定した。

ヘモグロビン量（Hb量）：アザイト・メトヘモグロビン法で、試薬は市販キット（中外製薬製）を用いた。

血漿蛋白量：屈折法によった。

血糖量（グルコースーE）：グルコースオキシターゼ法で、試薬は市販キット（中外製薬製）を用いた。

結果および考察

飼料の分析値　各試験飼料の保存期間中の一般分析値は表2のとおりであり、A・C飼料とも製造後4ケ月経過したにもかかわらず、分析値に大きな変化はみられなかった。しかし、62日目のD飼料においては、A・C飼料にくらべて過酸化物価が高い値を示しているが、屋外に放置したための影響が現われたものとも考えられる。しかし、92日目においてはむしろA・C飼料よりも低い値を示した。小柳ら[7]は、ペレット飼料にスケトウタラ肝油を添加して、種々の保存条件について検討を行ない、北洋魚料とタラ肝油には抗酸化性があると述べており、北洋魚粉を配合したペレットに添加されたタラ肝油は、遮光保存した場合劣化がそれほど進まず安定的であると報告している。このことと、今回の一般分析値からみて、飼料倉庫に保存した供試飼料はかなり安定していたものと考えられる。

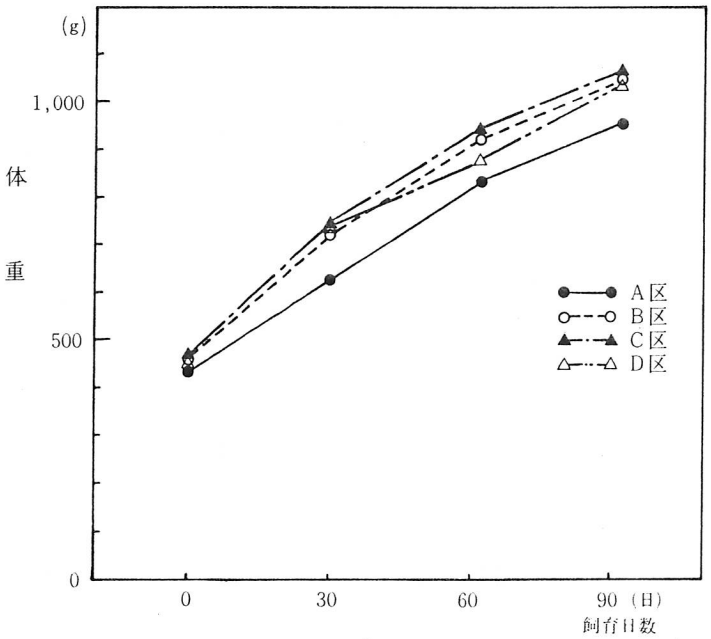


図1　平均体重の変化

飼育成績　92日間の飼育成績を表4に示す。図1に示した平均体重の変化をみると、飼育開始から30日の間は、A区にくらべてB・C・D区の油脂を添加した飼料は、いずれも良い成長を示した。しかし、D区では30日以降62日までは他の3区にくらべて成長が落ち込む傾向にあったが、62日以降は良

表4　飼　育　成　績

項目	日数	A 区	B 区	C 区	D 区
(1) 総尾数 (尾)	0	50	50	50	50
	30	50	50	50	50
	62	50	50	50	49
	92	43※	44※	45※	44※
(2) 総重量 (kg)	0	21.579	22.944	23.457	22.629
	30	31.379	36.119	37.446	36.866
	62	41.603	46.045	47.243	42.200
	92	41.025※※	46.110※※	48.105※※	45.615※※
(3) 平均体重 (g)	0	431.6± 67.2※※※	458.9± 76.5※※※	449.1± 78.3※※※	452.6± 78.0※※※
	30	627.6± 98.1	722.4±114.0	748.9±109.7	737.3±111.7
	62	832.1±140.0	920.9±180.7	944.9±141.1	880.8±142.6
	92	954.1±175.4	1048.0±214.8	1069.0±172.1	1036.7±179.5
(4) 処理及び魚体重 (kg) 尾数	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0
	62	4,193(5ᵗ)	5,847(5ᵗ)	5,333(5ᵗ)	5,021(5ᵗ)
	92	0	0	0	0
(5) 斃死尾数 (尾)	30	0	0	0	0
	62	0	1	0	0
	92	0	0	0	0
	計	0	1	0	0
(6) 斃死重量 (g)	30	0	0	0	0
	62	0	683	0	0
	92	0	0	0	0
	計	0	683	0	0
(7) 不明尾数減耗 (尾)	30	0	0	0	0
	62	0	0	0	1
	92	2	0	0	0
	計	2	0	0	1
(8) 不明推定重量 (g)	30	0	0	0	0
	62	0	0	0	808.3
	92	1,780	0	0	0
	計	1,780	0	0	808.3
(9) 尾数歩留 (%)	30	100	100	100	100
	62	98	98	100	98
	92	95.6	100	100	100
	全期間	96	98	100	98
(10) 増重量 (kg)	30	9,800	13,175	13,989	14,237
	62	10,224	9,926	9,797	5,334
	92	3,878	5,457	5,950	8,279
	全期間	23,639	28,558	29,736	27,850
(11) 補正増重量 (kg)	30	9,800	13,175	13,989	14,237
	62	10,224	10,609	9,797	6,142
	92	5,662	5,457	5,950	8,879
	全期間	25,419	28,558	29,736	28,658

項目	日数	A 区	B 区	C 区	D 区
(12) 増重倍率 (%)	30	145.4	157.4	159.6	162.9
	62	132.6	127.5	126.2	119.2
	92	115.6	113.4	114.1	122.2
	全期間	221.1	228.4	227.9	229.1
(13) 原物給餌量 (kg)	30	9,221	13,053	14,040	15,155
	62	13,311	14,354	14,371	10,793
	92	9,812	9,065	10,100	11,194
	全期間	32,344	36,472	38,511	37,142
(14) 原物効率 (%) 飼料	30	106.3	100.9	99.6	93.9
	62	76.8	69.2	68.2	49.4
	92	36.8	60.2	58.9	74.0
	全期間	73.3	76.8	75.6	72.4
(15) 補正飼料原物効率 (%)	30	106.3	100.9	99.6	93.9
	62	76.8	73.9	68.2	56.9
	92	57.7	60.2	58.9	74.0
	全期間	78.6	78.3	77.2	77.2
(16) 日間成長率 (%day)	30	1.247	1.510	1.558	0.555
	62	0.880	0.758	0.726	0.667
	92	0.482	0.420	0.440	0.900
	全期間	0.861	0.897	0.894	0.900
(17) 平均肥満度	0	30.9± 2.1※※※	30.9± 2.4※※※	31.7± 2.3※※※	32.0± 2.1※※※
	30	33.3± 2.2	34.8± 2.7	35.1± 2.8	35.6± 2.6
	62	34.7± 3.0	34.1± 4.0	35.2± 3.1	35.4± 2.7
	92	36.7± 3.3	37.3± 4.0	38.0± 3.7	38.1± 3.3

註：1. ※は魚体成分分析用に各区とも5尾づつ抽出した残りの数字を示す。

2. ※※は魚体分析用に抽出後、継続飼育した重量を示す。

3. ※※※は標準偏差。

4. 計算方式

不明尾数 (N_4) $= N_0 - (N_1 + N_2 + N_3)$

不明推定重量　$W_4 = N_4 \times (w_1 / w_0) / 2$

増重量　$W_5 = (W_1 + W_3) - W_0$

補正増重量　$W_6 = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) - W_0$

増重倍率　$w_1 / w_0 \times 100$

原物飼料効率　$C_0 = W_5 / F \times 100$

補正原物飼料効率　$C_1 = W_6 / F \times 100$

日間成長率　$\log (w_1 / w_0) \times 230 \div$ 日数

肥満度　$(BW^3 / BL^3) \times 10^3$

記号　N_0 放養尾数　w_1 放養平均体重

N_1 取上尾数　w_0 取上平均体重

N_2 へい死尾数　F 給餌量

N_3 処理尾数

W_0 放養尾数

W_1 取上尾数

W_2 へい死尾数

W_3 処理尾数

い成長を示し、92日目ではＢ・Ｃ区とほぼ同じ大きさになった。また、放養時から30日後、62日後、92日後の肥満度の分布を図２－１から２－４に示す。Ｄ区は、30日から62日の間では肥満度の増加がほとんどみられなかったにもかかわらず、62日以降は顕著な増加を示し、最終的には４区中で最も高い値を示した。つぎに、成長比較のため増重倍率をみると、油脂無添加のＡ区にくらべて油脂添加したＢ・Ｃ・Ｄの３区は高い値を示し、無添加区との差も6.8%から８%となり、油脂の添加効果が認められた。飼料効率ではＤ区が62日までは他の３区にくらべて低い値を示したが、62日以降では上昇傾向を示し、92日においては一番良い値を示した（図３）。しかし、全期間での平均飼料効率ではＡ＞Ｂ＞Ｃ・Ｄの順となったがその差は僅少である。

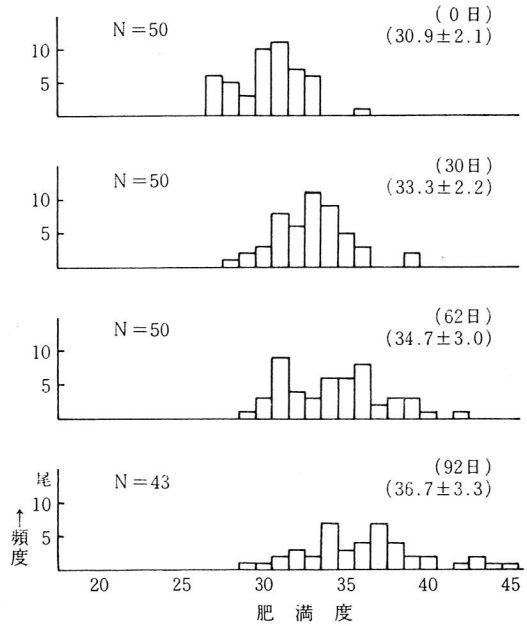


図２－１　肥満度の変化（Ａ区）

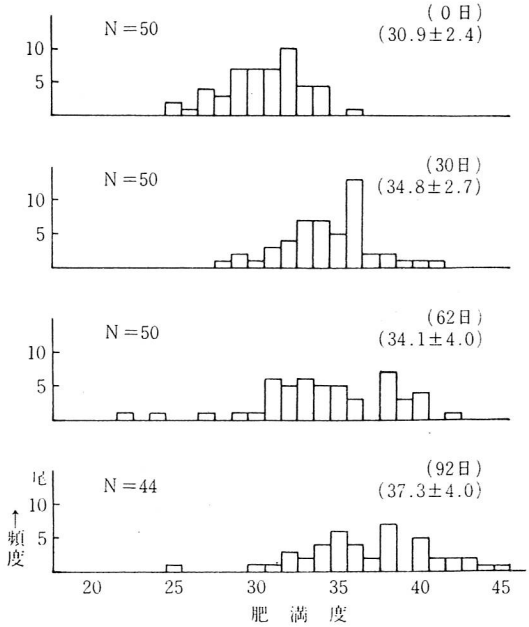


図２－２　肥満度の変化（Ｂ区）

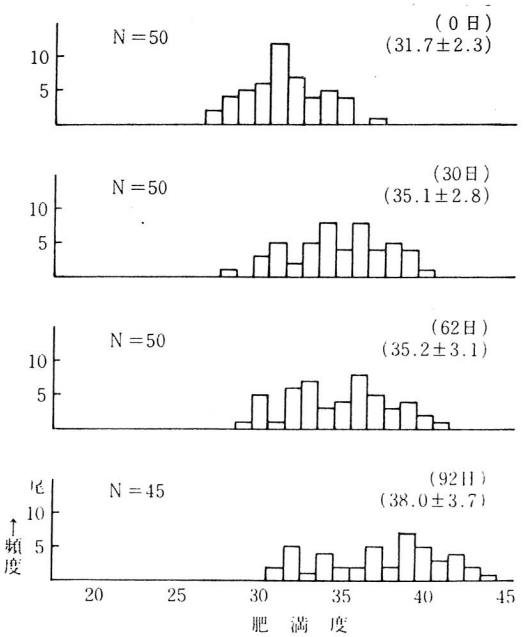


図２－３　肥満度の変化（Ｃ区）

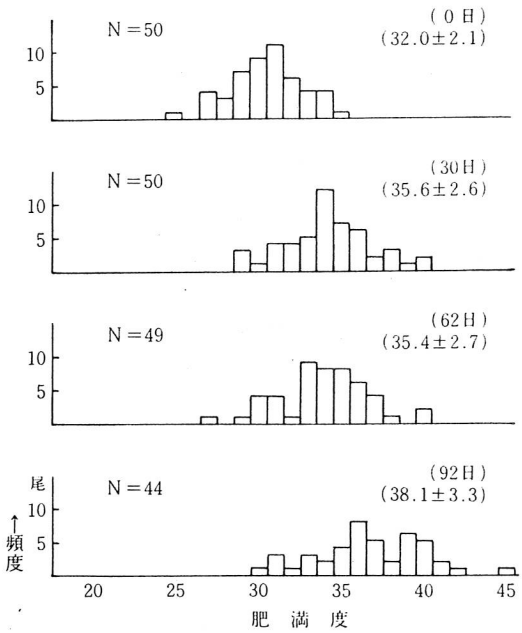


図２－４　肥満度の変化（Ｄ区）

表5　魚体分析結果

期間＼区＼項目		体長 (cm)	体重 (g)	平均内臓重量 (g)	内臓重量比 (%)	肥満度 W/L³×10³	筋肉 水分(%)	筋肉 脂肪(%)	内臓 水分(%)	内臓 脂肪(%)
放養時		24.1	402.7	34.8	8.6	28.8± 2.7※	73.4	2.5	67.1	19.7
62日目	A	29.3± 0.9※	838.6± 84.2※	103.5	12.3	33.5± 3.8	77.2	2.9	64.9	18.4
	B	30.5± 1.2	941.8±127.9	119.0	12.6	33.9± 2.6	76.1	4.0	57.2	29.7
	C	30.8± 1.1	1018.6±129.4	127.9	12.6	34.7± 2.4	77.8	3.6	60.6	23.9
	D	30.3± 0.9	972.8± 41.1	124.0	12.7	35.1± 2.0	76.7	3.9	62.5	23.6
92日目(終了時)	A	29.8± 0.5	1021.2± 56.7	117.4	11.5	38.7± 3.2	77.7	2.8	70.1	14.3
	B	30.6± 0.8	1044.0± 46.2	130.4	12.5	36.7± 3.3	76.9	4.5	64.7	20.8
	C	30.5± 0.8	1000.0± 51.0	98.2	9.8	35.2± 2.7	77.3	3.6	70.1	13.9
	D	30.0± 1.0	980.2±103.7	123.7	12.6	36.0± 2.1	77.7	3.3	70.3	14.2

註：1．※は標準偏差
　　2．水分・脂肪分析結果は理研ビタミン株式会社による。

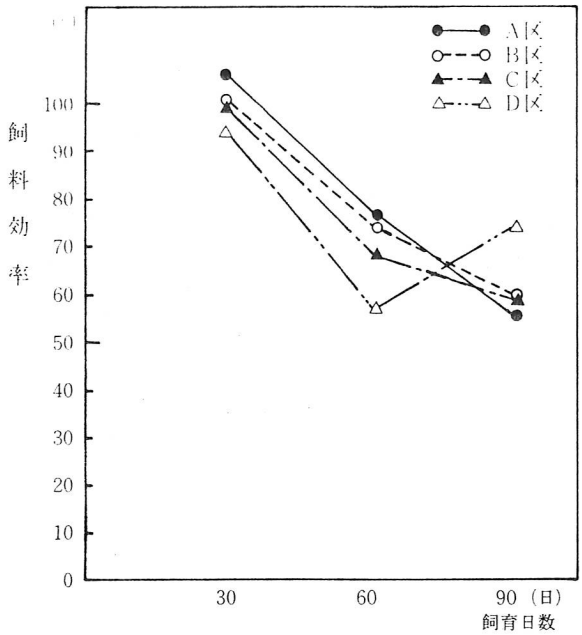


図3　飼料効率の変化

魚体脂肪含量　試験期間中に抽出した魚体の分析結果を表5に示す。また、魚体各部の脂肪並びに水分含量の変化を図4－1から5－2に示す。魚肉部ではA区が他の3区にくらべ全期間を通して低い値を示したが、B区では水温の低下とともに脂肪の含量が高くなる傾向を示した。C区は水温の低下とともに横ばいとなり、D区ではやや減少の傾向を示した。一方、A区の内臓部では筋肉部でやや増加の傾向にあったにもかかわらず、水温の低下にともなって減少傾向を示した。B区では62日までは増加の傾向にあったが、62日以降は減少の傾向を示したものの、内臓への脂肪蓄積は顕著であった。また、C・D区はほとんど同じで62日以降は減少傾向を示した。つぎに、水分含量についてみると、魚肉部では4区ともほとんど一定の傾向を示したのに対し、内臓部ではB区が他の3区よりも低い値を示した。

魚体の健康度調査　各試験区の魚体について健康度を調べるために血液性状について検査を行なった結果を表6に示す。コイにおける酸化脂肪投与による影響は、横手[1]のいう一部の組織が自然発症糖尿動物の病理組織に類似していることから、生体採血により、血糖量の測定を行なった。しかし、測定月日毎に変化はあるものの、個体差が大きく、明確な区間差は認められなかった。今後、血糖量の測定をする場合には負荷試験も併せて実施し、測定値について検討する必要があろう。一方、他の血液性状において62日目までは、ほとんど差が認められないが、92日目に至り、軽度ではあるがD区の2尾にHt値、Hb量、RBCの低下をともなった貧血症と考えられる個体が出現した。しかし、D区の飼料の保存条件は、屋外放置のいわば日光にさらしたものであり、飼料倉庫にくらべれば苛酷な設定条件であることを考えれば何らかの影響が現われるのは当然と思われる。

飼育結果、魚体分析結果、血液性状検査結果からみて、この飼料は、保存条件により飼育成績に

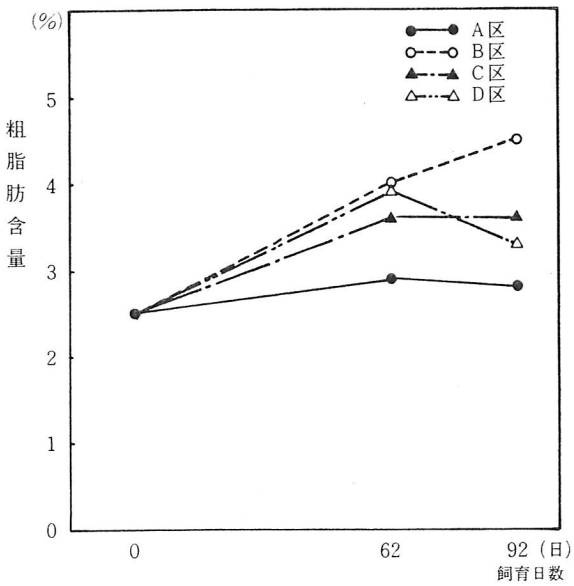


図４－１　魚体内の粗脂肪含量の変化（筋肉部）

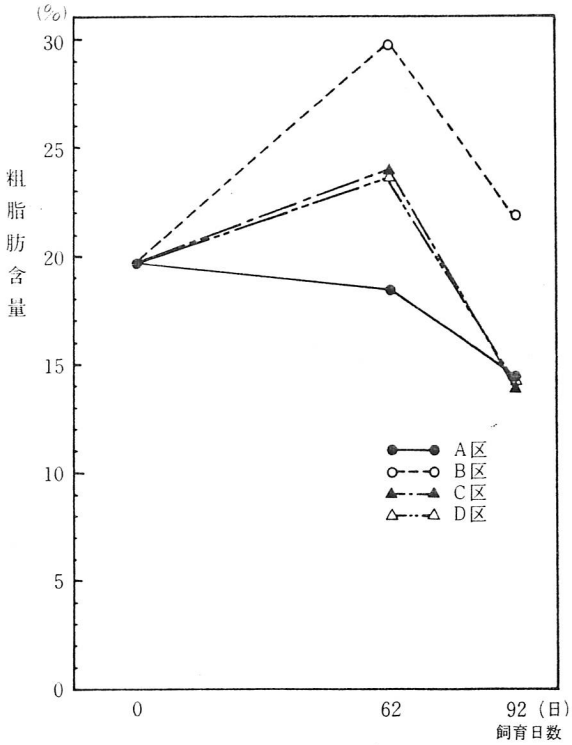


図４－２　魚体内の粗脂肪含量の変化（内臓部）

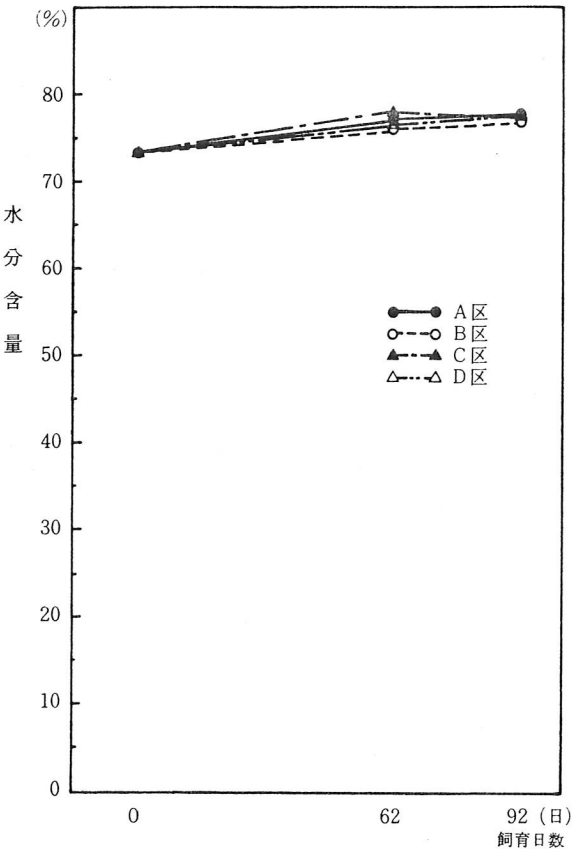


図５－１　魚体内の水分含量の変化（魚肉部）

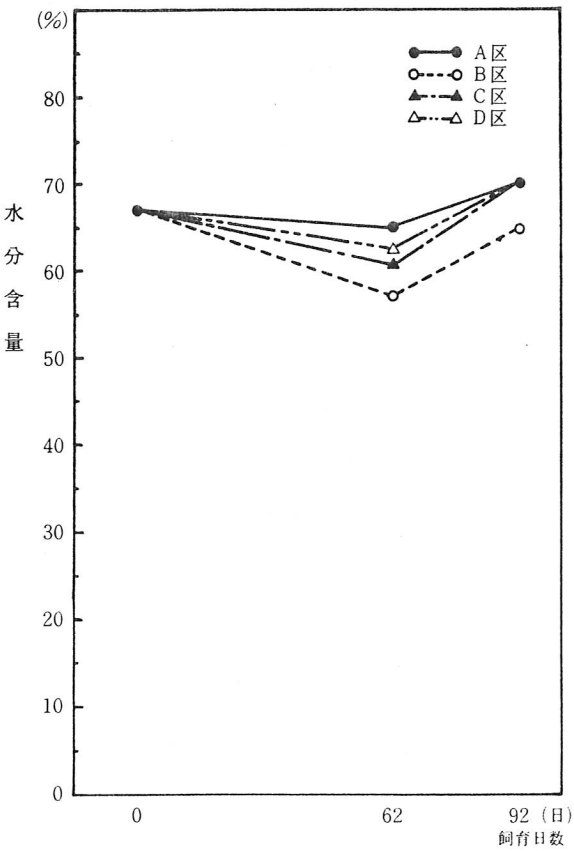


図５－２　魚体内の水分含量の変化（内臓部）

大きな差はみられず、ペレット製造時に油脂を添加して長期間保存しておいても極めて安定であり、コイの成長には影響がないことが明らかになった。また、従来行なっている給餌時に油脂の添加を行なうよりも、ペレット製造時に多量の油脂添加が出来れば、養魚作業面での省力化に役立つものと思われる。

表6　血　液　性　状

月日＼測定項目	魚体No.	Hb g/dℓ	Ht %	RBC ×10³/mm³	血漿蛋白 g/dℓ	血糖量 mg/dℓ
7月16日（開始時）	Cont 1	9.5	49	1,833	3.6	215
	2	11.0	56	2,191	4.2	224
	3	10.0	52	2,151	4.2	247
	4	8.88	44	1,653	3.6	163
	5	8.1	45	1,844	3.0	247
		9.48±1.0	49.2±4.5	1,934±205	3.72±0.5	219.2±30.8
9月17日（62日目）	A－1	8.6	44	1,304	4.0	153
	A－2	8.2	43	1,604	4.0	235
	A－3	8.3	41	1,318	3.8	208
	A－4	7.7	37	1,351	3.6	300
	A－5	10.9	46	1,787	4.2	125
		8.74±1.1	42.2±3.1	1,472±3.1	3.92±0.2	204.2±61.7
	B－1	8.6	42	1,719	3.6	169
	B－2	7.7	39	1,275	3.6	172
	B－3	6.9	32	1,268	4.2	206
	B－4	10.2	46	1,390	3.6	208
	B－5	8.8	44	1,446	3.8	152
		8.32±1.1	40.6±4.9	1,420±164	3.76±0.2	181.4±22.0
	C－1	9.0	37	1,575	3.4	308
	C－2	10.5	42	1,672	4.6	164
	C－3	8.0	36	1,437	4.0	191
	C－4	9.9	48	2,082	4.0	259
	C－5	8.9	43	1,454	3.8	206
		9.26±0.9	41.2±4.4	1,644±235	3.96±0.4	225.6±51.5
	D－1	8.7	36	1,640	3.6	92
	D－2	9.6	43	1,239	3.8	189
	D－3	6.4	29	1,537	3.8	191
	D－4	9.3	41	1,469	4.0	199
	D－5	10.0	47	1,835	4.8	199
		8.80±1.3	39.2±6.2	1,544±196	4.00±0.4	174±41.2
10月17日（92日目）	A－1	8.3	40	1,154	4.6	160
	A－2	10.3	47	1,667	5.8	119
	A－3	8.7	39	1,430	4.0	93
	A－4	8.4	38	1,188	4.0	112
	A－5	9.2	44	1,561	4.4	225
		8.98±0.7	41.6±3.4	1,400±202	4.56±0.7	141.8±47.0
	B－1	7.1	33	1,106	4.0	190
	B－2	9.1	39	1,545	4.4	106
	B－3	9.0	38	1,444	3.8	200
	B－4	8.1	34	1,467	4.2	183
		8.33±0.8	36.0±2.6	1,391±169	4.10±0.2	169.8±37.3
	C－1	8.1	39	1,510	4.6	153
	C－2	6.7	37	1,170	4.8	177
	C－3	10.2	51	1,571	4.6	192
	C－4	8.2	36	1,353	5.2	127
	C－5	8.1	39	1,579	5.2	157
		8.26±1.1	40.4±5.4	1,437±156	4.88±0.3	161.2±22.1
	D－1	6.2	33	1,469	4.2	273
	D－2	3.9	21	716	3.4	202
	D－3	5.0	23	764	3.4	208
	D－4	6.8	33	1,029	4.2	190
	D－5	8.9	39	1,397	4.4	107
		6.16±1.7	29.8±6.8	1,075±312	3.92±0.4	196±53.0

文　　献

1）村上恭祥（1970）：コイ養成におけるリン酸塩の飼料添加効果について、広島淡水指導調査研報.

2）高松千秋ほか3名（1975）：コイ成長における燐酸塩添加飼料の効果、水産増殖、23,（2），55～60.

3）大前浩美（1976）：コイにおけるリン酸塩添加配合飼料での油脂添加試験、養魚用飼料油脂研究会委託試験報告別刷.

4）石川幸児・大滝勝久ほか3名（1978）：マゴイに対するリン酸塩添加飼料における油脂の添加効果について、福島内水試研報、1，8－15.

5）橋本芳郎・岡市友利・渡辺武（1966）：酸化脂肪によるコイのセコケ病の発生とビタミンの予防効果、日水試、32（1），64－69.

6）村地四郎・唐川佳子（1967）：酸化脂肪投与コイに見られる眼底病変、広島大学水畜産学部紀要、7（1），89～95.

7）小柳哲夫・井上伊佐男・上原良吾（1980）：飼料に添加したスケトウタラ肝油の安定性－1、ペレット飼料に添加したスケトウタラ肝油の安定性、日本水産学会春季大会講演要旨、450.

8）Motoyoshi YOKOTE（1970）：Sekoke disease, spontaneous diabetes in carp, Cypri nus carpio, found in fish farms 1. Pathological Study, Bull. Freshwater Fish. Res. lab. Vol. 0, No. 1 39～72.

福島内水試研報第4号　昭和56年3月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

エゾイワナ種苗生産研究－III
（水温、餌付飼料及び継代について）

長沢静雄・佐藤　修・佐野秋夫・高田寿治

Studies on the fry production of Charr fish, Salvelinus Leucomanis－III
On the problems of water temparature, first diets and generations

Shizuo NAGASAWA, Shu SATOH, Tokio SANO and Toshiharu TAKADA

緒　　言

現在イワナ種苗の量産化の障害となっているものは餌付からの初期歩留の低下によるものである。その原因として、適当な餌付飼料が存在しない、餌付時の環境の不備、親魚の継代数不足等々が考えられる。初期飼料については、福島[1]、岐阜[2),3)]、石川[4]、新潟[5]で生餌、活餌を用いてある程度の効果が確認されている。しかしながら、保存方法、給餌方法及び必要量の安定した確保においては少なからず問題がある。

一方、餌付時の環境については、新潟[6]、福島[7]の報告があるが、この種の研究の報告例は少ない。自然界における生息環境を考える場合に、水温条件は無視出来ないものと考えられる。更に、他のマス類種苗生産の現在に至る過程をふり返ってみた場合、継代を重ねることの重要性も無視できない。本研究では、イワナ稚魚の初期歩留の向上を図るため、初期飼料としての乾燥牛肝、鶏卵の価値、餌付時の飼育水温、餌付までの積算水温、3継代と4継代の仔魚歩留等について検討したのでここに報告する。

材料及び方法

試験Ⅰ—餌付時の飼育水温

供試魚は、猪苗代湖産に由来する第3代目のエゾイワナ仔魚F_3を用いた。この仔魚は、昭和53年11月に内水面水産試験場苅屋沢ふ化場で採卵、発眼したものを本場に輸送してふ化させたものである。試験区は、1区2,000尾ずつとし、図1に示す木製水槽（75cm×30cm×30cm）に収容したものを2水槽宛設定した。1区（A・B）は水温7℃、2区（A・B）は12℃、3区（A・B）は15℃に水温を維持し餌付を行なった。給餌回数は原則として1日6回とし、市販の配合飼料（0.3～0.5mm）クランブルを使用し飼育槽の注水部に手撒きで行なった。給餌量は、ライトリッツ氏の給餌率の30％を基準として与え、更に仔魚の摂餌状況にあわせて適宜増減した。アクアトロン装置により、約13℃の地下水を加温もしくは冷却して飼育用水とした。試験期間中の注水量は各区とも毎分5ℓで、溶存酸素は1区で9.6～10.2mg/ℓ、2区が9.1～9.6mg/ℓ、3区は8.7～8.8mg/ℓで、PHは7.2～7.3の間にあった。試験期間は昭和54年1月26日から3月31日までの64日間で、試験開始時より24日目、38日目及び終了時に各区とも任意に50尾とりあげて平均体重を算出し、その結果より総体重を推算した。

試験Ⅱ—餌付までの積算水温差による歩留の比較
乾燥牛肝及び卵黄の餌付飼料としての効果

継代の違いによる歩留の比較

供試魚は昭和54年11月、内水面水産試験場及び苅屋沢ふ化場で、猪苗代湖産に由来する第２代の親魚F_2（７～８年魚群）、及び第３代の親魚F_3（３年魚群）より採卵しふ化させた仔魚F_3とF_4である。それぞれの仔魚は、受精時より餌付までの積算水温を計算し、806℃、858℃、910℃の３群とした。試験区は６区設定し、１区には積算水温806℃、３・４・５区には858℃、６区には910℃のF_3群を、２区には806℃のF_4群を各々2,000尾ずつ、図１に示す木製水槽（75cm×30cm×30cm）に収容して餌付を行なった。給餌回数は１日６回とし、１・２・３・６区は市販の虹鱒用配合飼料（0.3～0.5mm）クランブルを、４区は配合飼料と乾燥牛肝を等量混合したもの、５区は煮沸した鶏卵の卵黄を裏ごししたものと配合飼料を手撒きにより注水部で与えた。４・５区ではそれぞれ乾燥牛肝、卵黄を40日目まで与え、それ以降は配合飼料のみ給餌した。給餌量はライトリッツ氏の給餌率の30%を基準とし、仔魚の摂餌状況にあわせ適宜増減した。飼育用水は地下水を７～８℃に冷却して用いた。期間中の注水量は各区とも毎分５ℓで、飼育水中の溶存酸素は8.58～10.05mg/ℓ、PHは7.2～7.3を示した。試験期間は昭和55年１月21日から４月９日までの80日間で、試験開始時より20日目、40日目、60日目、及び終了時に各区任意に50尾とりあげ、平均体重を算出し、その結果より総体重を推算した。

それぞれの試験Ⅰ・Ⅱにおける期間中の斃死魚は毎日とりあげ、尾数と重量を記録した。

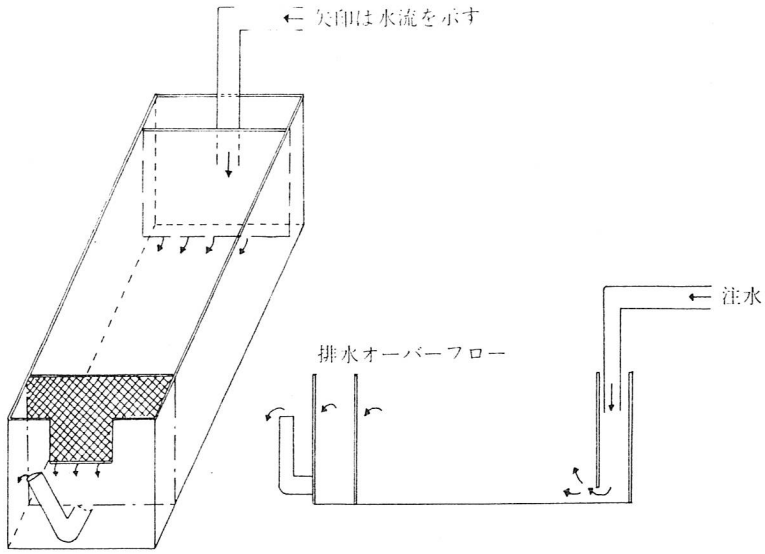


図１　木製飼育水槽

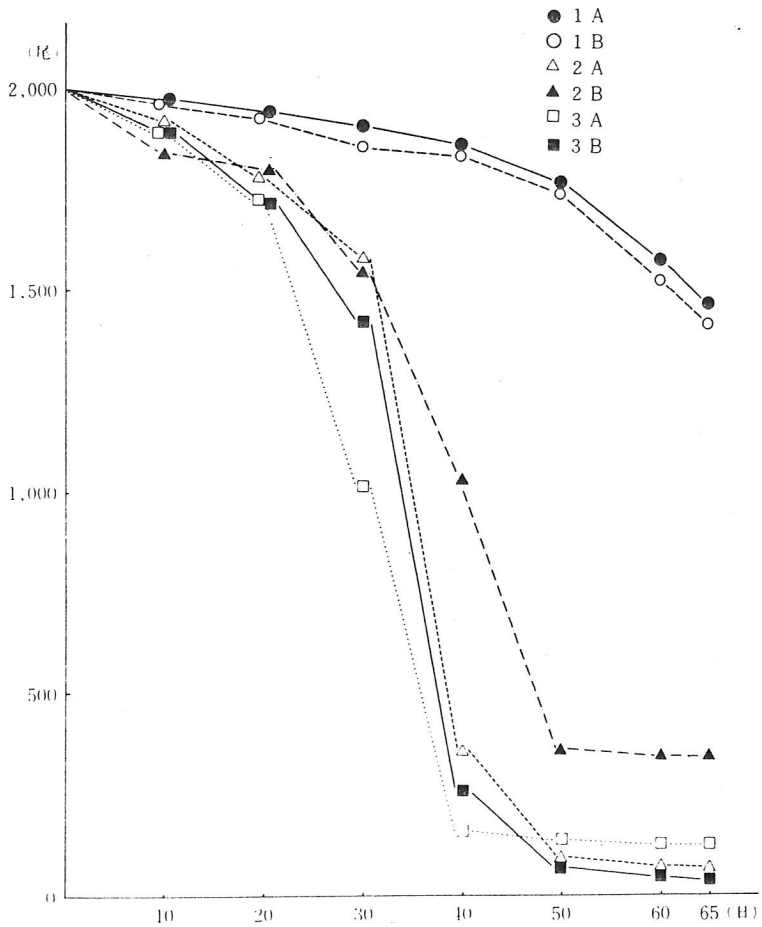


図２　（試験Ⅰ）10日目毎の生残尾数

表1　飼育結果（試験Ｉ）

測定項目	経過日数	1区（7℃）		2区（12℃）		3区（15℃）	
		A	B	A	B	A	B
総尾数(尾)	0	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	24	1,909	1,929	1,707	1,630	1,655	1,646
	38	1,839	1,870	366	1,041	184	296
	64	1,401	1,474	83	367	133	59
総体重(g)	0	240	240	220	220	220	220
	24	251	252	205	196	182	198
	38	221	281	48	104	33	41
	64	196	221	13	48	27	10
平均魚体重(g)	0	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
	24	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.12
	38	0.12	0.15	0.13	0.10	0.18	0.14
	64	0.14	0.15	0.16	0.13	0.10	0.17
増重倍率(倍)	全期	1.17	1.25	1.45	1.18	1.82	1.55
斃死尾数(尾)	24	91	71	293	370	345	354
	38	70	59	1,341	589	1,471	1,350
	64	438	396	283	674	51	237
	全期	599	526	1,917	1,633	1,867	1,941
斃死重量(g)	24	10.0	9.2	38.1	40.7	38.0	38.9
	38	8.4	7.1	160.9	64.8	161.8	162.0
	64	39.4	39.6	25.5	67.4	4.1	14.2
	全期	57.8	55.9	224.5	172.9	203.9	215.1
斃死魚平均魚体重(g)	24	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	38	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12
	64	0.09	0.10	0.09	0.10	0.08	0.06
給餌量(g)	全期	127	119	98	109	97	98
尾数歩留(%)	24	95.5	96.5	85.4	81.5	82.8	82.3
	38	96.3	96.9	21.4	63.9	11.1	18.0
	64	76.2	78.8	22.7	35.3	17.9	19.9
	全期	71.9		6.3		4.8	
不明尾数(尾)	全期	27	32	159	138	99	144

結　　果

（試験Ｉ）

64日間の飼育結果並びに10日毎の生残尾数について、それぞれ表1、図2に示す。各区とも餌付開始から15日目前後までは満足に摂餌せず残餌が多かったが、20日目以降は注水部で流れに逆らって活発に摂餌する仔魚が観察された。一方、排水部付近の槽底には、全体に体色が黒化し、やせてピンヘッドを呈し摂餌を全くしない仔魚が認められた。新たな仔魚は、1区、2区、3区を比較すると、3区では15日目以降、2区では45日目以降急激に増加し、更に斃死するものが多発し、終了時の歩留は1区で72%、2区で6.3%、3区は4.8%で飼育水温の低い区ほど高い歩留りを示した。

一方、生長をみると、増重倍率では水温の高い区が大きい結果を示した。

また、各区における斃死魚を肉眼的に観察すると、ほとんどの個体に外傷及び罹病した形跡は認められなかったが、魚体がピンヘッド状を呈し平均体重も健康魚にくらべて下まわった。

（試験 II）

80日間の飼育結果並びに10日毎の生残尾数について表2、図3に示す。

1，3，6区の積算水温別の比較では、餌付が悪く各区とも同じような摂餌傾向を示した。飢餓による斃死魚は50日目を境にして急激に増加し、そのため最終歩留は1区15.8%、3区17.7%、6区21.4%でわずかながら積算水温の高い区ほどよい結果を示した。

餌付飼料の比較においては、乾燥牛肝を給餌した区は、前報(1)の生牛肝区とは状況が全く異なり、不良であり、イワナの乾燥牛肝に対する嗜好性は認められなかった。歩減りの傾向には、配合飼料給餌区のそれと同様な傾向を摂餌した。最終歩留は25.0%で配合区よりは良好な結果を示した。卵黄を給餌した5区は、餌付当初2，3日間は十分な摂餌が認められなかったが、4，5日目以降、旺盛な摂餌行動を示した。しかし、41日目以降、配合飼料に完全に切り換えた後は摂餌不良となり、

引　用　文　献

1）長沢静雄・立花一正（1978）：エゾイワナ種苗生産研究－Ⅰ、福島県内水試研報　1，16～22.

2）斎藤　薫・熊崎隆夫（1977）：イワナの増殖に関する研究－Ⅴ、岐阜水試研報 22，123～129.

3）斎藤　薫・立川　亙（1978）：イワナの増殖に関する研究－Ⅵ、岐阜水試研報 23，41～47.

4）石川内水試（1976）：イワナ種苗生産試験、石川内水試業報　2，13～21.

5）関　泰夫・小島将男（1978）：イワナの増殖について－Ⅲ、新潟内水試研報　6，30～33.

6）関　泰夫・小島将男（1972）：イワナの増殖について－Ⅱ、新潟内水試研報　2，67～69.

7）長沢静雄・佐藤　脩（1979）：エゾイワナ種苗生産研究－Ⅱ、福島県内水試研報　2，19～23.

8）田代文男・立川　亙（1974）：養魚講座　10　ニジマス　緑書房　68～68.

9）東京水試奥多摩分場（1980）：イワナの種苗生産について　第5回養鱒技術協議会資料.

10）岩手水指（1980）：イワナ種卵の発眼率向上試験 東北･北海道内水面試験研究連絡協議会資料.

福島内水試研報第４号　昭和56年３月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

ヤマメの白内障に関する研究

長沢静雄・佐藤　脩・佐野秋夫・高田寿治

A Study on the Cataracta Observed in Cultured Yamame Onchorynchus masou

Shizuo NAGASAWA, Shu SATOH, Tokio SANO, Toshiharu TAKADA

緒　　言

県内におけるマス類の白内障は、昭和49年に内水面水産試験場左走分場において飼育中のエゾイワナ稚魚で確認されたのが最初であり、以後、県内各地の養魚場で飼育されているヤマメ・ニジマスに散発的に発病をみている。発病件数、発病率をみると、在来マス、中でもヤマメが圧倒的に多く、養魚場によっては70％以上の発病率に達しているところも確認されている。発病稚魚の由来を調べると同一種卵によるものであっても、養魚場により発病率にかなりの差が認められる。更に当場における親魚の罹病状況調査の結果、雌雄の別なくかなりの率で白内障が確認された。

このような状況から、親魚の形質、すなわち罹病の有無が稚魚の発病にどのように影響するか、またビタミン強化飼料による予防効果について検討を行ない２，３の知見を得たので報告する。

報告に先だち、御協力をいただいた台糖ファイザー株式会社事業部に誌上をもって深謝の意を表します。

材料及び方法

供試魚は昭和54年10月に内水面水産試験場で採卵、ふ化した仔魚を用いた。採卵時に親魚の罹病の有無を調べ、(A) 雌（正常）×雄（正常）、(B) 雌（白内障）×雄（正常）、(C) 雌（正常）×雄（白内障）(D) 雌（白内障）×雄（白内障）の４通りの交配を行ない供試魚を準備した。試験区は６区設定し、１，２区には(A)、３区は(B)、４区は(C)、５，６区には(D)の交配によって得られた浮上仔魚を白内障に罹病していないことを確認してから、各区とも1,050尾ずつ収容し、90日間の飼育試験を行なった。終了後、１，２，５，６区について120日目以降同じ稚魚を用いて各区350尾ずつ収容し150日間の飼育試験を継続した。90日目から120日目までの試験魚の飼育方法は90日間の試験と同様に飼育した。90日間の飼育は屋内の木製水槽（0.8m×0.6m×0.3m）を使用し、120日目以降は屋外のコンクリート製の試験池（３m×1.5m×１m）を使用した。飼料として市販の虹鱒用配合飼料を与え、１，５区には表１に示す水産用ビタミン粉末を、更に0.5％の外別で添加したものを与えた。飼育水は、屋内では地下水を、屋外では地下水と地表水を混合して用いた。試験期間中の水温は13℃～16℃、溶存酸素は9.05～10.25ppm、PHは7.3～7.8であった。測定は各試験区とも30日毎に全尾数をとりあげ、総尾数、総体重を測定した後、麻酔をかけ、白内障の発病の有無を調査した。白内障の判定は、肉眼的観察により、いずれか一方の眼もしくは両眼の水晶体が白濁しているか、中央が白点となっているものを罹病魚とした。罹病魚は測定時にとり除いた。180日目以降は、測定時に各区ともに、正常魚、白内障魚をそれぞれ５尾宛取りあげて採血し、Ht値、Hb量、血漿蛋白量を測定した。先ず、動物用ピスカイン（フェンチアザミン臭化水素酸塩）でこれらの供試魚に麻酔を施し、ヘパリン処

表1　添加ビタミンの組成（1kg中）

成　　分	含　有　量
硝酸チアミン（ビタミンB_1硝酸塩）	2（g）
リボフラビン（ビタミンB_2）	6
塩酸ピリドキシン（ビタミンB_6）	3
パントテン酸カルシウム	10
ニコチン酸（ナイアシン）	6
葉　　酸	0.4
イノシトール	5
塩化コリン	10
d－ビチオン（ビタミンH）	0.01
アスコルビン酸カルシウム（ビタミンC）	50
ビタミンA油（ビタミンA）	400,000（I・U）
コレカルシフェロール（ビタミンD_3）	40,000（I・U）
酢酸トコフェロール（ビタミンE　酢酸エチル）	20
メナジオン亜硫酸水素ナトリウム（ビタミンK_3重亜硫酸ナトリウム）	0.2
賦形物質（ブドウ糖）	

表2－1　90日目までの飼育経過

測定項目＼試験区	経過日数	1区	2区	3区	4区	5区	6区
平均魚体重(g)	0	0.16	0.16	0.14	0.14	0.16	0.16
	30	0.43	0.44	0.38	0.43	0.41	0.42
	60	0.71	0.70	0.72	0.73	0.61	0.64
	90	1.17	1.00	1.41	1.35	0.95	1.11
白内障発病尾数(尾)	30	1	1	2	0	0	0
	60	2	2	0	0	1	0
	90	0	0	0	0	0	0
	全期	3	3	2	0	1	0
白内障発病率(%)	全期	0.29	0.29	0.19	0	0.10	0

表2－2　120日目以降の飼育経過

測定項目＼試験区	経過日数	1　区	2　区	5　区	6　区
平均魚体重(g)	120	2.83	2.49	2.00	2.31
	150	8.07	8.20	7.17	7.73
	180	13.56	12.61	12.33	14.41
	210	20.71	20.00	17.22	17.20
	240	25.21	24.91	20.41	23.01
	270	36.03	31.74	27.28	30.55
白内障発病尾数(尾)	150	0	0	0	0
	180	0	0	0	0
	210	19	35	15	66
	240	32	86	27	32
	270	5	19	5	4
	全期	56	140	47	102
白内障発病率(%)	全期	16.00	40.00	13.43	29.14

理した注射器を用いて尾部動脈より生体採血を行ない、血液性状の検査に供した。Ht値は市販のプレーン毛細管を用い1,2000 r・p・mで5分間遠心分離後、付属のリーダーによって測定した。Hb量はアザイト、メトヘモグロビン法で、試薬は市販キット（中外製薬製）を用いた。血漿蛋白量は屈折法によった。

結　　果

90日目までの飼育魚の白内障発病経過について、表2－1に示す。室内における90日間の飼育中に1，2，3，5の各区でわずかに白内障が発病したが、親魚の系質との関連は認められなかった。

発病魚の症状は、水晶体の中心部分が薄く白濁したものがほとんどであった。体色は一部の病魚に灰白色化が認められた。

120日目以降の発病経過を表2－2、累積発病尾数については図1に示す。白内障は180～210日目に各区に発病した。一方、親魚の交配方法と罹病数の間に関連は認められなかった。ほとんどの罹病魚には両眼とも水晶体の白濁もしくは白点が認められ、体色は灰白色または暗灰白色を呈し、生長は正常魚にくらべてやや劣り、群より離れて飼育池の中央部から排水部附近で遊泳していた。

血液性状検査の結果を図2に示したが、Hb量、Ht値とも各区ビタミン強化の有無にかかわらず差は認められなかった。血漿蛋白量は、わずかではあるが、各区とも白内障罹病魚群のその平均値が低くなる傾向が認められた。

考　　察

白内障発病の後天的な原因として、細菌感染症、寄生虫症、栄養障害、薬物中害等をあげている報告がある。一方、先天的な原因として岐阜[1)]の報告によると、罹病親魚及び正常親魚の交配方法により

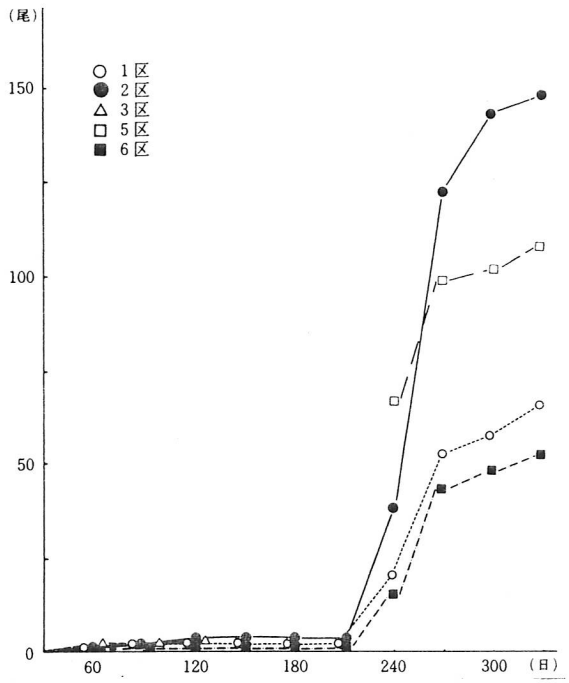


図1　30日毎の異積白内障罹病尾数

稚魚の発病率にかなりの差が認められたとしている。しかしながら、今回行なった同様な方法による結果では、親魚の形質との関連は全く認められなかった。遺伝的な要素として罹病しやすい体質は受け継ぐが、発病は別の原因が引き金になって起こる後天的なものと考えられる。このことは、ビタミン強化飼料により飼育した稚魚が、他の区に比較して発病率が低いことからも窺われ、茨城[2]の考え方に合致している。しかしながら、ビタミン強化区においても13～16%の罹病魚が出現していることから、ビタミンの強化だけでは解決できないと考えられる。

一方、発病時期及び発病サイズについては岐阜[3]、松里[4]、茨城[5]によると1～13g稚魚に多発するとしている。今回の試験では1g以下でわずかに発病しているものの、12g以上の大型稚魚に多発の傾向がみられた。90日目までと120日目以降においては飼育用水が多少異なっており、水質が発病に何らかの影響があったものと推測されるが、今回の試験では明らかにするまでにいたらず、今後、更に検討の必要がある。

今回の試験では白内障魚に血漿蛋白が低い傾向がみられたが、これは罹病したために十分な摂餌ができなかったことによるものと考えられ

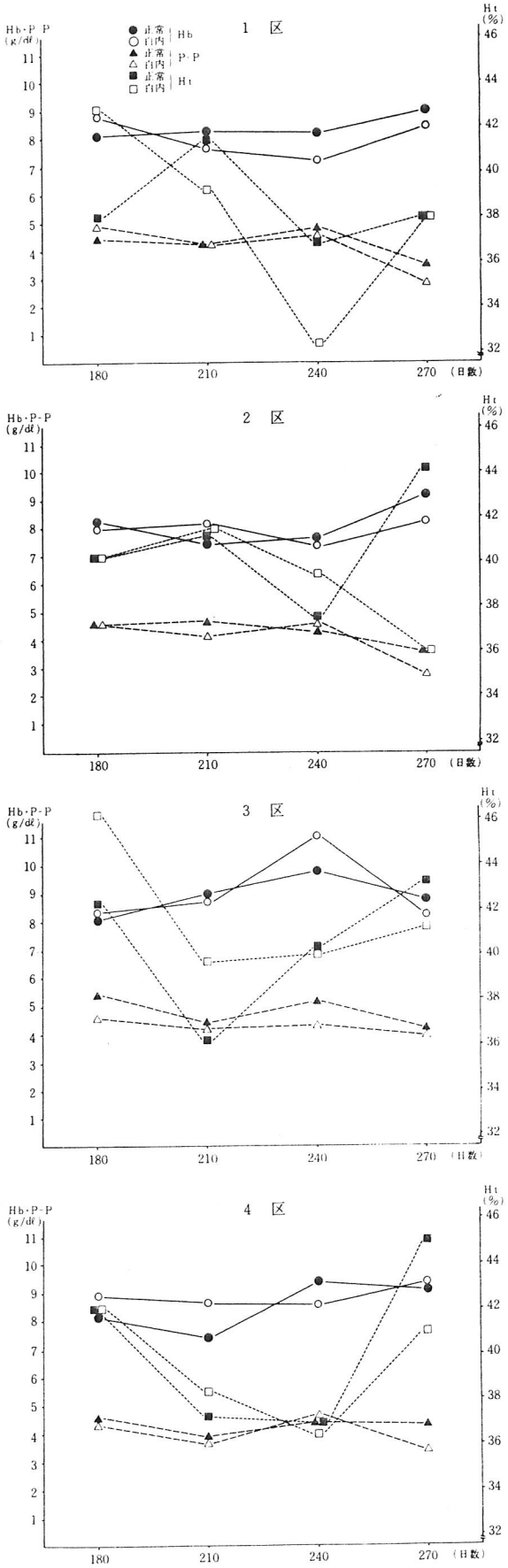


図2　血液性状検査結果

る。

要　　約

1．白内障・正常、それぞれの雌雄親魚で4通りの交配を行ない仔魚を得て、270日間飼育し親魚の形質が稚魚の白内障発病に及ぼす影響、及びビタミン強化飼料による白内障予防効果を調べた。
2、白内障は、90日目までわずかにみられたが180日目以降12g以上の稚魚に多発した。
3．親魚の形質が稚魚の発病に及ぼす影響は認められなかった。
4．ビタミン強化飼料による予防効果が認められた。
5．罹病魚群は血漿蛋白が低い傾向を示した。

文　　献

1）田代文男（1978）：マス類の白内障　養殖10月号.
2）赤野誠之・岡本誠司（1978）：養殖ヤマメの白内障に関する研究－Ⅰ　茨城内水試研報 36～38.
3）細江重男・田代文男（1979）：マス類の白内障に関する研究－Ⅱ　岐阜水試研報 51～54.
4）松里寿彦・上松和男（1975）：養殖アマゴの白内障に関する研究　魚病研究 10 10～16.
5）赤野誠之・岡本誠司（1978）：養殖ヤマメの白内障に関する研究－Ⅱ　茨城内水試研報 41～47.

福島内水試研報第4号　昭和56年3月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

養鯉〝ため池〟の生産力に関する研究－I

中丸ため池、北沢ため池、酒蓋池、松房池における コイの生産と漁場環境

鈴木　馨・石川幸児・長沢静雄・横山宣雄※)・門田定美※※)

Studies on Productive Capacity in Carp Farm Pond.

Carp Production and Fishery Environment in Four Farm Ponds, Nakamaru, Kitazawa, Sakabuta and Matsubo.

Kaoru SUZUKI, Koji ISHIKAWA, Shizuo NAGASAWA, Norio YOKOYAMA*) and Sadami KADOTA**)

目　　次

緒　　言

福島県における食用ゴイの生産は〝ため池〟養殖によるものが、県内総生産量の大部分を占める。これら養殖に利用されている〝ため池〟には、第2種区画漁業権が設定され、コイ養殖を中心とした集約的養魚が行なわれている。昭和54年の総生産量は、農林統計によれば1,500トン前後とされており、漁業権の設定されている〝ため池〟の数は、昭和55年現在で67水面におよんでいる。

〝ため池〟を使用した給餌養魚の場合、環境は人為的につくられてゆくといえる。即ち、給餌という負荷により、富栄養化の速度が早められ、過栄養の状態まですすめられた環境水質の中で、コイの生産は行なわれている。従って、何らかの要因の引きがねによって、環境条件の激変（水がわり etc.....）が常に考えられるようなきびしい条件の中で、生産機構が組みたてられているといえる。

これらの〝ため池〟は、当然のことながら池の形態、地形、依存する水源や注排水のタイプなど

※）山形大学理学部　　※※）日本大学農獣医学部

から、〝ため池〟そのものの環境条件が種々異なり、したがって、池を生産に利用する型式もまた異っていると推測される。こうした点に鑑みながら、環境的にそれぞれ特徴的であるとみられた4池を選定し、その理化学的、生物学的な基本性状を把握するとともに、その性状と養鯉との関連を明らかにすること、そして、より高度な利用方法等についての養殖指針を得ることを目的として研究はすすめられた。

なお、この調査を実施するにあたり、プランクトン調査については日本大学農獣医学部門田教授に、底棲動物については山形大学理学部横山講師に研究分担をお願いし、結果等についての執筆も併せてお願いした。また、現地調査にあたって、終始快く種々の御協力の労をいただいた養魚経営者 海老沼四郎、熊田純幸、熊田真幸、渡辺英雄の四氏には、深く感謝の意を表する次第です。

方　　法

下記の4面の〝ため池〟を調査対象とした。図1～4に〝ため池〟の形状略図と調査地点を示す。調査は、5月から10月にかけて行なわれた。

（池　名）	（所 在 地）	（水面積）	（漁業権者氏名）
中丸ため池	相馬郡鹿島町	3.5ha	海老沼 四 郎
北沢ため池	郡山市逢瀬町	9.8〃	熊 田 純 幸
酒 蓋 池	郡山市深沢	3.8〃	熊 田 寅 吉
松 房 池	西白河郡矢吹町	6.0〃	渡 辺 英 雄

項目と方法

1．環境・水質

昭和54年5月から10月にかけて毎月1回行なわれ、採水には北原式採水器を使った。

注水量・水位・水色……注水量・水位は実測、水色は日本色彩社の配色色名帳によった。

水　温……水銀棒状温度計、サーミスタ温度計

ＰＨ……比色法、ガラス電極法

透明度・透視度……透明度板、透視度は単位目盛をふった60cmのガラス管

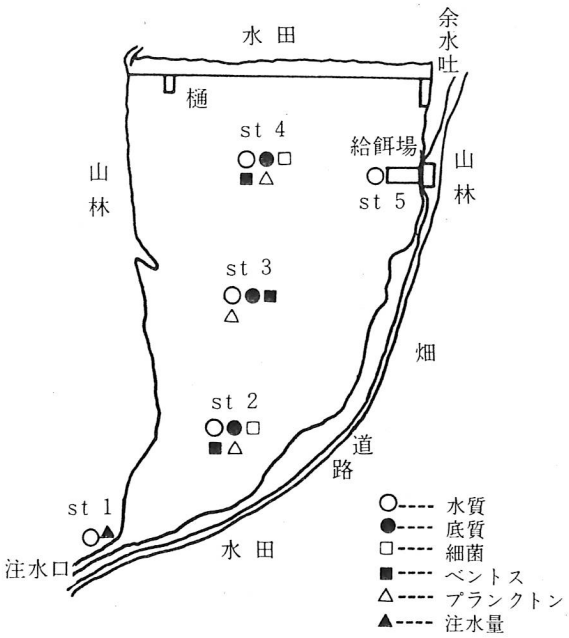


図1　中丸ため池調査地点図（略図）3.5ha

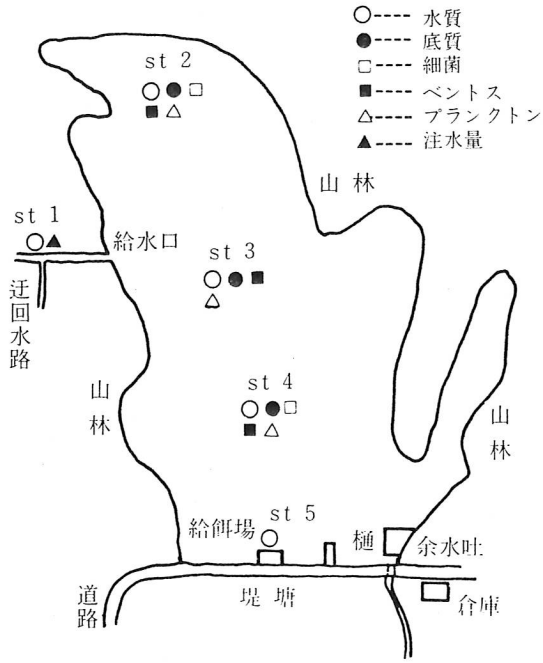


図2　北沢ため池調査地点図（略図）9.8ha

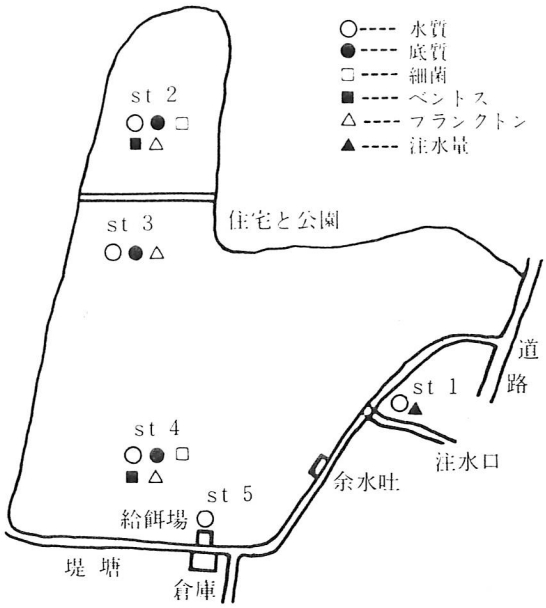


図3　酒蓋池調査地点図（略図)3.8ha

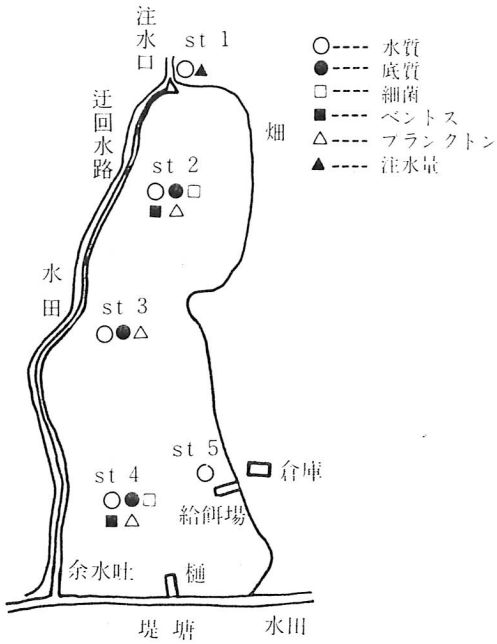


図4　松房池調査地点図（略図)6.0ha

溶存酸素……ウィンクラーアジ化ナトリウム変法
ＣＯＤ……硫酸酸性過マンガン酸カリウム法
全窒素……ミクロケルダール法
アンモニア態窒素……ネスラー法
亜硝酸態窒素……Ｇ・Ｒ法
燐酸態燐……塩化第一スズ法

2．底　質

調査は５月から10月にかけて毎月１回行なわれ、採泥にはエクマンバージ採泥器を使った。

ＰＨ……風乾泥50ｇを蒸留水125ccに溶かし、3,000rpm 15分間遠心分離後、その上澄液についてガラス電極で測定

粒子組成……タイラー標準フルイの Mesh30，115の２種を用いた。

強熱減量……マッフル炉で700℃恒量まで

3．表層水及び泥の生菌数と菌叢

６月と９月の２回実施し、図１～４に示した２定点（st.2，st.4 ）の底質ならびに表層水について調査した。表層水ならびに底質は無菌的に採取し、氷蔵保管して実験室に持ち帰り、表１に示すＦＷＡ培地により、生菌数を20℃、５日間の好気培養により測定すると共に、分離菌については、主として図５に示す SHEWAN らの方法に従い、属レベルの分類を行なった。

4．底棲動物の現存量

調査は、養鯉が始まった直後の６月と、ほぼ養鯉が終る９月の計２回行なった。図１～４に示した調査地点から３回のサンプリングを行なった。

表１　ＦＷＡ培地の組成

	FWA※(g)
Polypepton (Daigo)	5.0
Beef extract	2.5
Yeast extract (Diff co)	2.5
K_2HPO_4	0.2
$MgSO_4$	0.05
Glucose	1.0
Nacl	5.0
Agar	15.0
distilled water	1,000mℓ
PH.	7.5

cf　※：fresh water agar.

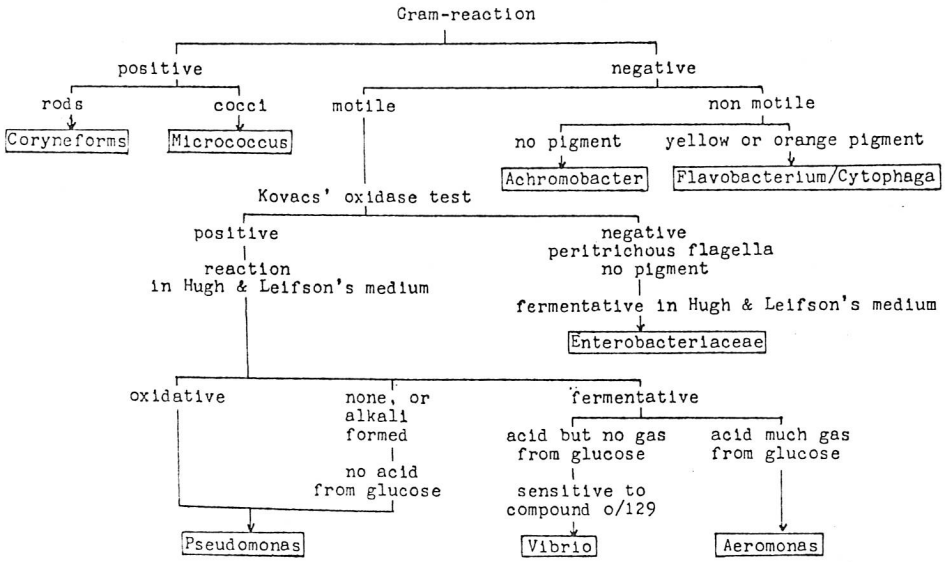


Fig. 5. An outline of the sequence of tests used in the secreening of isolates. (by Shewan, J.M., G.Hobbs & W.Hodgkiss 1960)

図5　分離菌の分類法

サンプリングにはエクマンバージ採泥器（採集面積 15×15㎠）を使い、採集された泥塊を水に溶かして、その後、24メッシュのフルイにかけ、残ったゴミや砂を白色バットにあけ、その中から底棲動物を拾いだした。採集面積は15×15㎠であるので、50×50㎠あたりは、およそ11倍すればよい。

5. プランクトン

5月から10月に至る毎月1回実施し、図1～4に示した各ため池における3地点で行なわれた。プランクトンの定量採集には、元田式プランクトン定量採集ネット（××13）を用い、また定性採集には口径30cm、長さ1mの通常のプランクトンネット（××13）を使用した。

クロロフィルの定量は、池水の500cc.を研究室に持ち帰り、直ちに$MgCO_3$けん濁液1cc.を加え、振とうの後、Whatman. G/F ガラスフィルターで吸引ろ過

養魚日報

年　月　日

水温：最高（　℃）　最低（　℃）　天候：午前（　）　午後（　）

水　色		透視度	cm	PH	
摂餌の	良　普通　否	給水量	特大量 大量 普通量 少量 なし	病　魚	あり　なし
鼻　上	あり　なし	排水量	特大量 大量 普通量 少量 なし	斃死尾数	尾
水　位		盗難について	あり　なし	斃死原因	

給餌状況

給餌時間	5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6	給餌回数
給餌量%	% % % %	回

本日給餌量

飼料名	荷姿	個数	数量	備考	飼料名	荷姿	個数	数量	備考
生　蛹	kg		kg		麦	kg		kg	
丸干蛹					フードオイル				
粉末蛹					リン酸添加配合				No.
配合No.									
配合クランブル					本日給餌量合計				kg
〃 粉末									

した（池により50～500cc）。ろ過後のろ紙は蒸気中に約１分間浸した後、これを二つ折りにして乾燥し、デシケーター中にて保存した。その後ろ紙をハサミで細かく切りきざみ、共栓付試験管中に入れ、これに95％アセトン10ccを加えて暗冷所に24時間放置した。その後、これを遠心分離し、その液の２ccについて分光光度計で吸光度を測定した。

6．各〝ため池〟におけるコイの生産と成長ならびに給餌

ため池ごとのコイの放養量と総取揚量を聞き取りにより調査するとともに、原則として月１回、給餌場付近に寄ったコイを四ツ手網、またはタモ網で捕獲し、魚体測定を実施して、成長を調べた。また左に示した様式の養魚日報を作成し、給餌期間中養魚者に記入を依頼して回収し、各ため池ごとの旬別給餌量、給餌組成等を調査した。

結　果　と　考　察

1．環　境・水　質

注水量、水位、水色）

表２に実測した結果を示した。

注水量は、中丸ため池が、9,600～37,300㎥/日であり、取水源は真野川である。中丸ため池の面積を3.8ha、平均水深３ｍとすると、換水率は3.1～11.9日/回、即ち、３日～12日のわりで池水は入れ換わる計算となる。同様の計算を、北沢ため池、松房池についてしてみると、北沢ため池が125日～235日、松房池が3.6日～19.4日に１回の割合で、池水が入れかわることになる。

即ち、北沢ため池は、全くの止水に近い状態ということが出来よう。松房池は、羽鳥湖からの羽鳥用水が、灌がい期（５月～９月10日）に流入するが、それ以外は、天水以外に殆んど流入がないが、時期的にみて養魚への影響は少ない。また、酒蓋池は、６月の時点で5,700㎥/日の注水をしていたが、それ以降は、下水流入等の影響を考慮して注水を人為的に止めていたため、この池もまた若干の天水etc の流入がみられたにとどまった。

表２　注水量、水位、水色の変化

	5　月	6　月	7　月	8　月	9　月	10　月
（中丸ため池）						
注水量（㎥/日）	37,300	20,400	11,700	34,200	17,400	9,600
水　位（cm）	0	－12	－12	－２	－39	－40
水　色	にぶ黄緑	にぶ緑	にぶ黄緑	にぶ緑	にぶ黄緑	にぶ黄
（北沢ため池）						
注水量（㎥/日）	4,700	—	—	2,500	2,700	3,900
水　位（cm）		－５	－19	0	－35	－10
水　色	にぶ緑	にぶ緑	にぶ黄緑	にぶ黄緑		にぶ黄緑
（酒蓋池）						
注水量（㎥/日）	—	5,700	—	—	—	—
水　位（cm）	－17	－６	0	－10	－10	－４
水　色	にぶ黄	にぶ黄緑	にぶ黄	にぶ緑	にぶ緑	にぶ黄緑
（松房池）						
注水量（㎥/日）	16,800	9,100	15,900	9,600	—	3,100
水　位（cm）		－５	0		－９	－14
水　色	暗い黄	にぶ黄緑	暗い黄	明るい茶	暗い黄	暗い黄

水位は、満水時を０ｍとし、それからの減少をcmで表わしてあるが、各池とも変化は非常に小さく、中丸ため池が10月に満水時よりも40cmの低下、北沢ため池が９月に35cmの低下といったところが最大で、水面積は非常に安定していたといえる。

水色の変化は、日本色彩社の配色色名帖による表現によれば、中丸ため池は〝にぶ黄緑（10－16－３）〟が多く、北沢ため池は、当初の澄明な〝にぶ緑（12－16－４）〟から、７月以降〝にぶ黄緑（10－16－３）〟へと変化していった。酒蓋池は、夏期アオコ増殖による〝にぶ緑（12－16－４）〟が特徴的であり、また、松房池は、終始〝暗い黄（７－17－５）〟を呈していることが多かった。

水　温）

水質観測結果を図６に示す。

各池とも表面水温が、コイの飼育に最適となる20℃を越えるのは、５月下旬から６月上旬にかけてであるとみられる。そして平均水温で20℃以上が維持される期間は、９月下旬から10月初旬まで

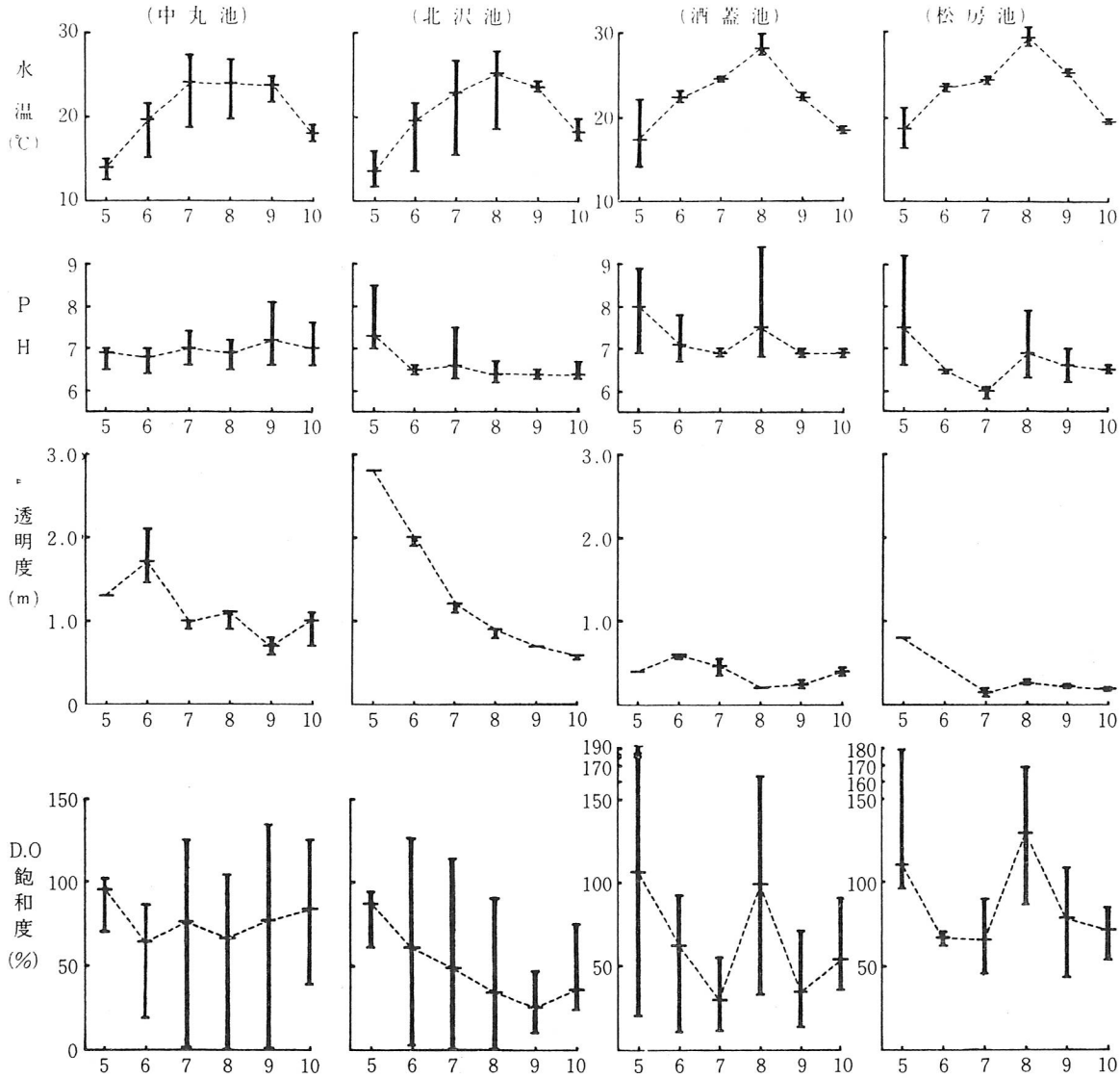


図6　水質観測結果（最高、最低、平均）

である。給餌努力もこの時期に重点的に行なわれており、生産量が左右される。中丸ため池では、給餌場付近において毎日定時に最高最低水温を測定しているが、その結果を図7に示した。これによれば、中丸ため池においては最高水温がはじめて20℃を越えたのは5月24日であり、そして、秋期に20℃以下となった日は10月6日である。即ち、ほぼ4.5ケ月間にわたり20℃以上の水温が維持されたことになる。

上下層の水温較差は、水深の浅い酒蓋池・松房池においては、はなはだ小さく、気温の影響を直接受けやすい状態にあると考えられる。一方、中丸ため池・北沢ため池は、6・7・8月に上下層の水温較差が大きい。図8，9に北沢ため池と中丸ため池の中心部における水温の鉛直分布を示した。これによれば、北沢ため池の7月で上下層水温較差は11.2℃と大きく、成層していることがうかがわれる。しかるに、9月に入り気温の低下とともに、池水の循環期に入ると水温較差は非常に小さくなり、上下ほぼ同一水温となる。即ち、北沢ため池で観測された9月の上下層水温較差はわずかに0.9℃であった。

各池とも注水口における水温よりも、ため池内の表層水温が高くなっているが、その較差は、中丸ため池が2.0～4.3℃、松房池が0.3～4.1℃であり、北沢ため池では、注入水が沢水のため、実に

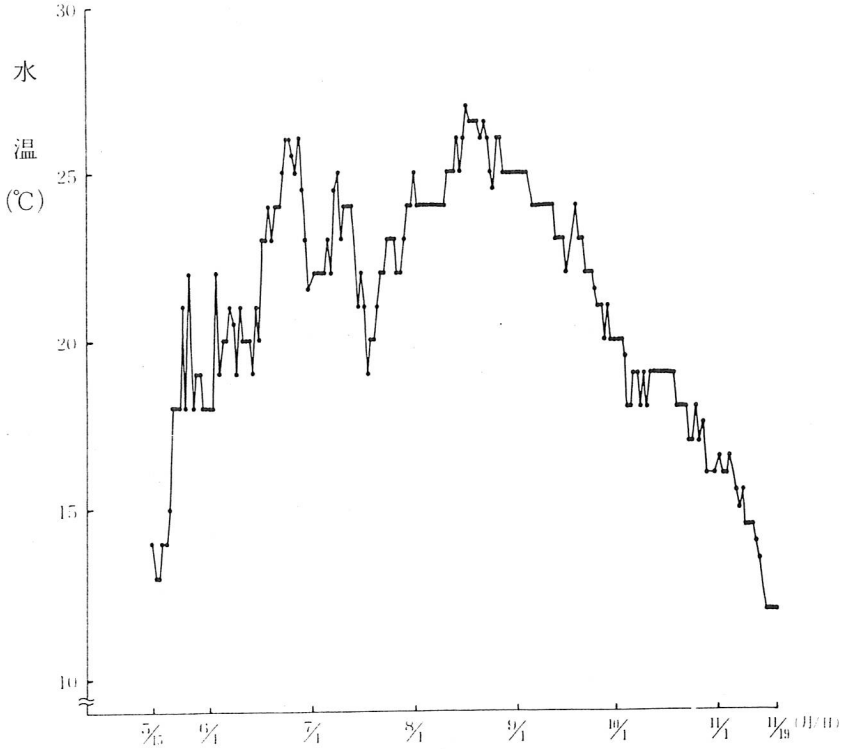


図7　中丸池における水温の経日変化

6.0～9.6℃と大きかった。いずれにあっても、7・8月の夏場において注入水との温度較差が大きい傾向が認められた。

夏期の最高水温は、酒蓋池・松房池が30℃前後となるが、北沢ため池では27～28℃内外であり、中丸ため池においても27～28℃前後で30℃を越えることはなかった。

ＰＨ）

中丸ため池の注入水は、河川水（上真野川）であり、中性（ＰＨ≒７）である。池水は、ほぼ中性から若干アルカリ側に傾くが、鉛直的には、底層になるほどＰＨ値が低い傾向を示した。

北沢ため池は、注入水は沢水であり、ＰＨ＝４前後の強酸性水である。従って、春先、池を満水にすると同時に池全体に石灰を投入しＰＨ値を調整する。５月の時点で、底層水に高いＰＨ値が観測されたのは、この影響によるものと考えられる。養魚期間中も、この低ＰＨ値を示す沢水が若干注入されるため、池水のＰＨ値は全体的に6.2～6.4を示し、やや酸性側に傾く。

酒蓋池は、硫酸酸性水である猪苗代湖からの安積疏水が流入するが、酒蓋池に流入する時点ではすでに疏水は末端であるのと、都市下水流入等のため、ＰＨ値はほぼ中性となっ

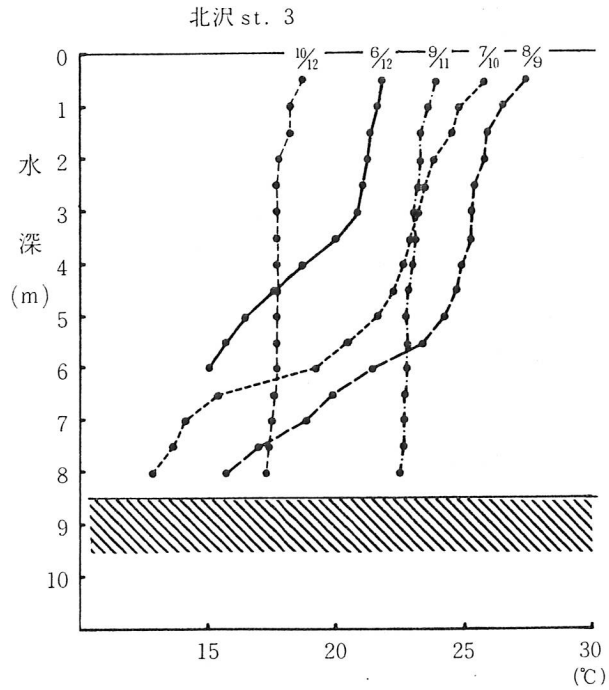


図8　水温鉛直分布（北沢ため池）

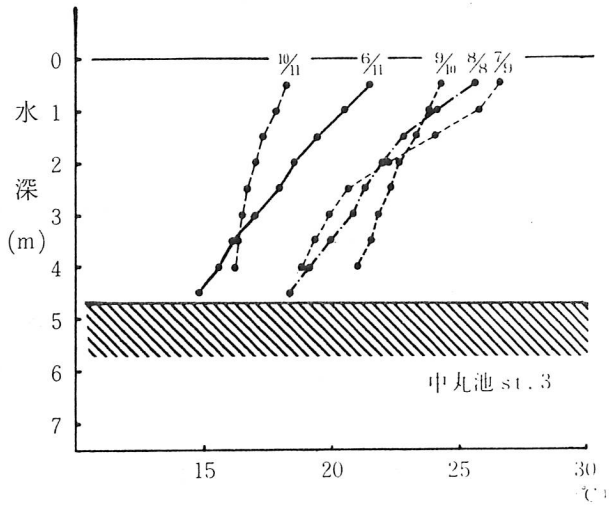


図9　水温鉛直分布（中丸ため池）

ている。池水は８月に水の華のフロッグが観察されるなど富栄養の傾向にあり、植物プランクトンの増殖が著しく、そのためＰＨ値もしばしば9.4前後のアルカリ性を示した。

松房池に流入してくる水は、ＰＨが6.0前後と低い値を示す。これらは、この地方に特有の腐植酸による酸性と考えられる。このため、池水も全体的にＰＨは低く6.4～6.6前後にある。

透明度と透視度）

中丸ため池は、0.6m以下の値はなく、終始1.0m前後の高い透明度を維持した。北沢ため池においては、５月2.75mと、この種の養鯉ため池としては非常に高い透明度を有していたが、養鯉期間が長びくにつれて確実に低下の傾向がうかがわれ、10月には0.6m前後まで低下した。

一方、酒蓋池と松房池の透明度は低く、酒蓋池が0.2～0.5m程度、松房池にあっては0.1～0.2mという低い値を示した。酒蓋池の透明度の低下は、主として植物プランクトンの発生によるものであり、松房池のそれは、浅い池のためコイの運動による底泥のまき上げによる泥にごりによるものである。従って、水色も、酒蓋池がにぶ緑色、松房池が暗い黄だいだい色に近い水色を呈している。

なお、調査時には、透明度と同時に透視度の測定も行なった。この透視度計はJISの規格に準じたものであるが、筒の長さを60cmとし１cm単位に目盛をふった手製のものを用いた。58例の測定結果よりこの透視度Ｘ(cm)に対応する透明度Ｙ(m)との間には、

$$Y = 0.021X + 0.001, \quad \text{相関係数 } 0.972$$

の関係式が成りたった。この式より、透視度の測定限界である60cmに対応する透明度は1.26mである。これら給餌ため池においては、透明度が1.26mを越えることは少なく、しかも測定の正確さからして、透視度の測定の方がむしろ有効であり、透視度を測定することにより、透明度の値を推定することは可能と考えられた。

溶存酸素）

図10，11に、中丸ため池と北沢ため池の中央部付近における溶存酸素飽和度の鉛直分布を示した。これにみられるように、中丸ため池においては、底層の直上付近において低い飽和度を示すことがあるものの、全般的に終始50%以上の高い飽和度にあった。これに対して、北沢ため池では、６月の時点で表層から６ｍ層まで70%前後の高い飽和度を示していたものが、7・8月には、２ｍ層までは50%以上の飽和度を有したものの４ｍ層ではすでに29%、19%となり、６ｍ層以下ではそれぞれ３%、２%と溶存酸素は殆んど皆無に近かった。そして、循環期に入った９月には、表層において

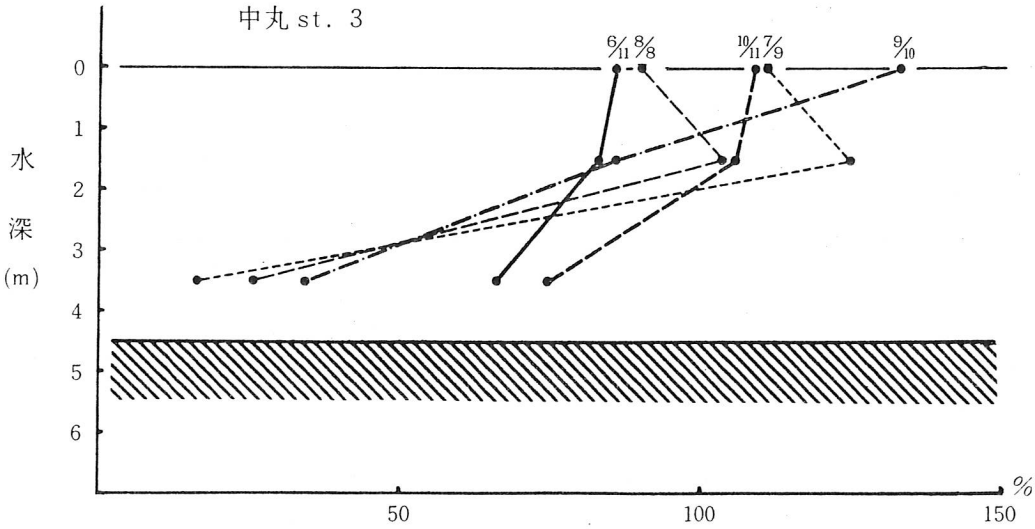


図10　溶存酸素の鉛直分布（中丸ため池）

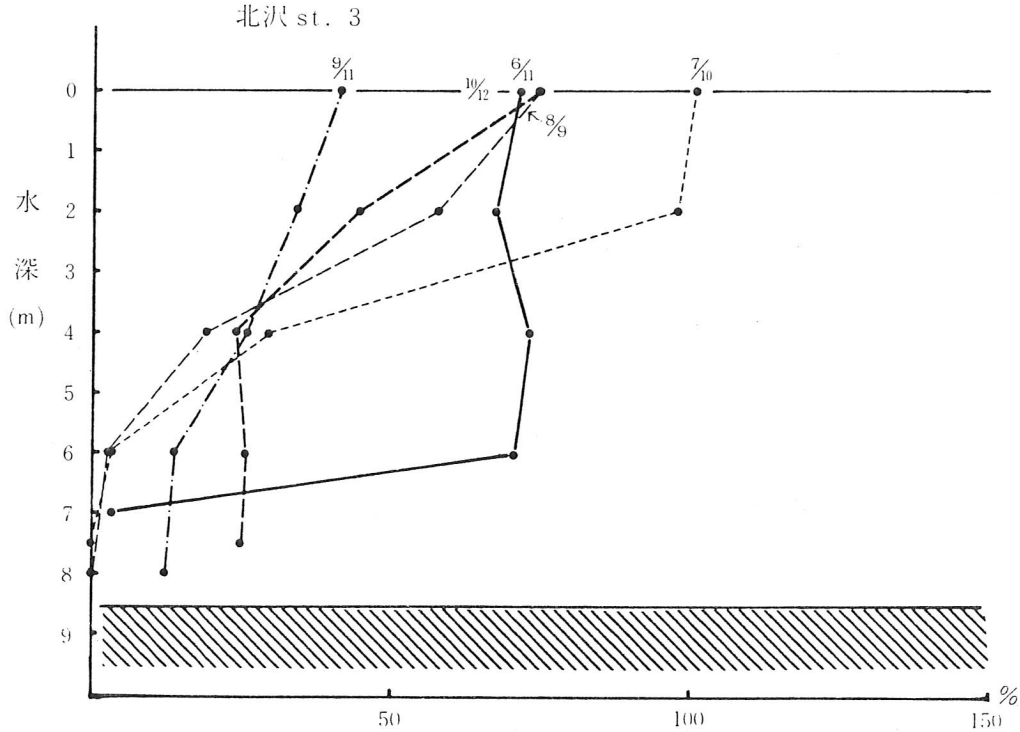


図11　溶存酸素の鉛直分布（北沢ため池）

さえも41%の飽和度にとどまった。9月初旬、この北沢ため池において約5トン前後のコイのへい死事故が発生しているが、これは7・8月に底層に形成された無酸素層が、循環期に入るとともに上下混合され池水全体の溶存酸素量を低下せしめ、一時的にいわゆる酸欠状態を引き起したためと考えられる。これらのことにより、水深の深い北沢ため池といえども、鯉の生息に利用出来る有効利用水深は2～4m層までであると考えられ、底層に形成される無酸素層は、秋季循環期初期に養魚上悪影響を及ぼすものであり、一つの問題点といえる。

一方、酒蓋池は水深が浅いにもかかわらず、0m層に比較して1m層の溶存酸素飽和度は低い。また、8月にはアオコの増殖による過飽和現象がみられ、飽和度で163%もの値が観測された。

松房池は、水深も浅いために、上下層とも終始50%以上の比較的高い飽和度を示した。

ＣＯＤと全窒素（キェルダール窒素）

図12に水質分析結果を示す。

ため池の水質としてのCODの値は、その大部分が植物プランクトンであり、一般的に工場排水の分析値にみられるような有機汚染としての指標とは、若干、性格を異にするように考えられる。しかし乍ら、養魚努力の強度、ならびに魚の成長による排泄物の増加、残餌の湖底への堆積等の結果、季節的には確実に増加の傾向が認められた。

中丸ため池では、6月最小1.45から最大2.13ppmであったものが、9月には5.50から最大13.67ppmとなり、平均値でも8ppm前後の値となった。北沢ため池においても、同様の増加傾向が認められ、9月には最も大きい値を示し平均値で10ppmを越えるようになる。一方、酒蓋池においては、前述したように都市下水の流入の影響を受け、6月の時点ですでに平均9.0ppm前後の値にあり、8・9月には20ppmを越える値となり、過栄養の状態が顕著である。松房池においては、8月までは5ppmないしそれ以下の値にあるが、注水源である羽鳥用水が止まる9月以降において高いＣＯＤ値となり、10月には最大22.48ppm、平均でも20ppm程度に過栄養化される。

全窒素は、中丸ため池が6月当初0.4ppm程度であり、7月以降1ppmを越えてゆくが、2ppmを

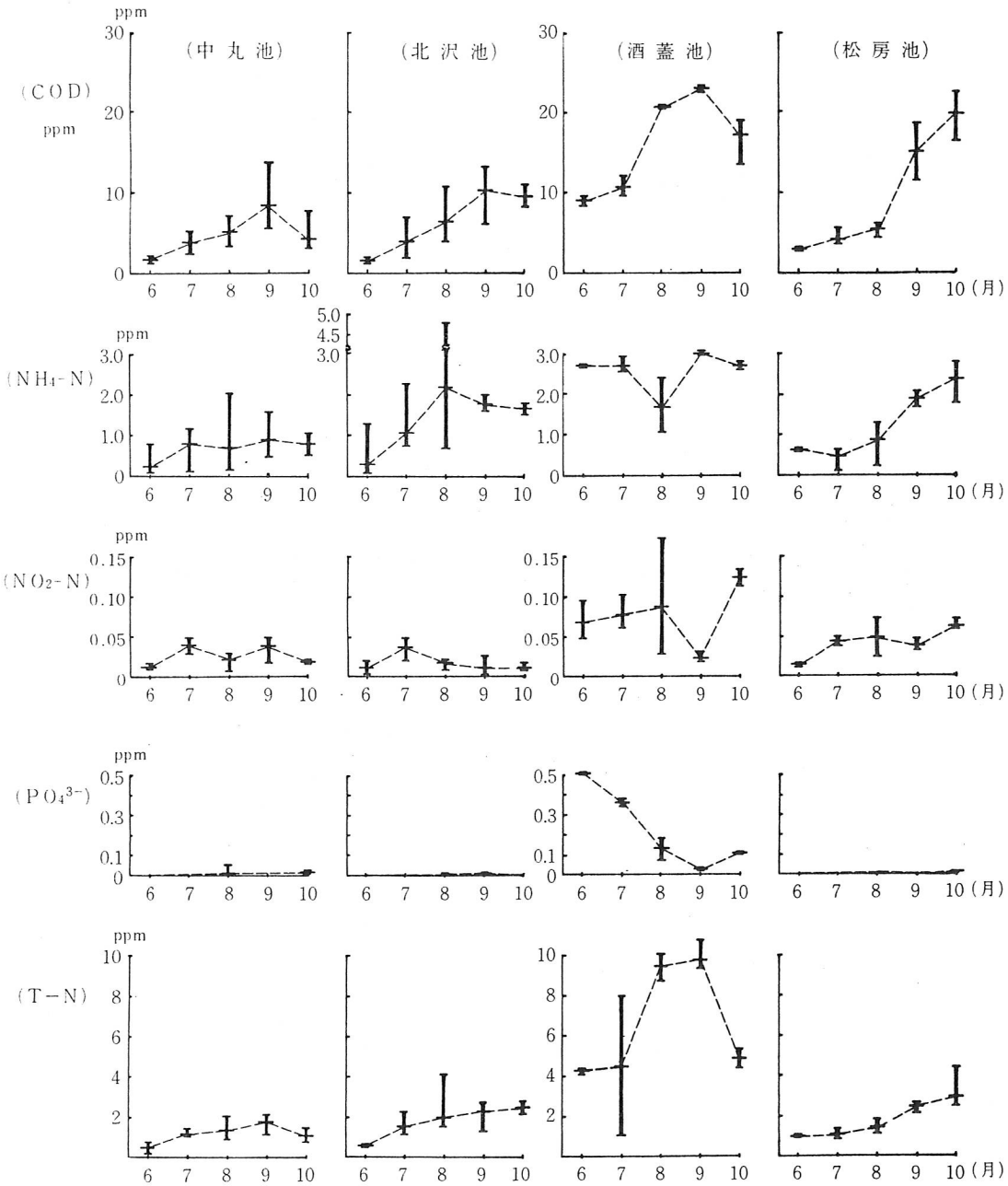


図12　水質分析結果（最高、最低、平均）

越えることはなかった。北沢ため池では６月に0.5ppm前後のものが７月以降増加し、８月には２ppmを越え、10月には平均値で2.4ppm前後の値を示す。酒蓋池においては６月の時点ですでに4ppm以上の高い濃度にあり、８月、９月には更に９ppm以上の高濃度を示した。松房池は８月までは1.4ppm前後にあるが、９月以降２～３ppm程度に増加してゆく。

以上のように、各池ともCODと全窒素は、似たような増加、減少の傾向を示すが、その濃度レベルは、酒蓋池において最も高く、過栄養の状態にあり、特に、８～９月においてその傾向が顕著である。

アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・燐酸態燐）

アンモニア態窒素は、中丸ため池において1.0ppm以下にあり少ないといえるが、北沢ため池では７月以降１ppmを越え、８月～10月には２ppmに近い値を示す。また酒蓋池においては終始３ppmに

近い高濃度にあるが、８月に若干低下の傾向を示した。これは、植物プランクトンの増殖に伴う水質浄化作用のあらわれと考えられた。即ち、６月、注水口でのNH_4-Nが3.42ppmであったのに比較し、st.２・３・４におけるNH_4-Nの値は、それぞれ、2.70ppm、2.70ppm、2.64ppmとなっており、注水部より池水中の濃度が低かったことはそのことをうらづけている。松房池においては、８月迄は１ppm以下にあるが、９月以降２ppm前後に増加する。

亜硝酸態窒素は、酒蓋池が0.07～0.12ppmと高い濃度にあるが、他の池は概して0.05ppm以下の低濃度である。

また、燐酸態燐は、中丸ため池、北沢ため池、松房池は殆んど痕跡程度である。これに対して、酒蓋池は、注水を行なっていた６月には0.5ppmという高濃度を示したが、以後、注水を停止したため漸減し、９月には0.03ppm前後まで低下した。

2. 底　　質

表３－１～表３－４に分析結果を示す。

中丸ため池の底質は、注水口に近いst.２は赤土または砂地であり、st.３，４はメッシュ115のフルイをほとんど通過する浮泥状の泥である。外観的にst.３の泥は灰色、st.４の泥は灰色が上層10㎜位で、それより下は黒色泥であった。蒸留水抽出液によるＰＨ値は、5.68～6.71であり、ごく正常なＰＨ値とみなされる。強熱減量は、st.２が3.2～9.9%、st.３，４はほぼ11～16%である。またst.３，４において、６月が11.8～12.5%であり、これを養魚による堆泥前の状態と考えると10月には14.6～16.0%となり、養魚による有機物の負荷は、単純計算で約3.5%前後の増加とみなすことが出来る。経済的にみた場合、採泥地点の若干のずれなどにより各分析値にバラツキがみられるが、大まかには以上のようなことがいえよう。

同様に、北沢ため池はst.４がメッシュ30以上の礫分が２～３割、メッシュ30～115の間の砂が約６割、残りが泥分となっており、st.２，３はメッシュ115以下の泥分が主体の粒子組成を示す。これはst.４付近において攪水車を２基、常時使用していたため、底泥の移動が促進されたための粒子組成の変化とみられた。ＰＨ値は、注水される水が酸性水のためと考

表３－１　底質分析結果（中丸ため池）

月日	St	pH	強熱減量（%）	粒子組成（%） 礫又は粗砂 Mesh 30以上	砂 Mesh 30～115	泥 Mesh 115以下
5.14	5	5.91	12.4	0	0.4	99.6
6.11	2	5.92	9.9	4.8	4.0	91.2
	3	6.05	11.8	0	0.6	99.4
	4	5.75	12.5	0	0.8	99.2
7. 9	2	5.91	3.3	9.4	67.1	23.5
	3	6.12	6.2	14.0	34.9	51.1
	4	5.83	12.8	0.1	0.7	99.2
8. 8	2	5.96	3.2	16.8	56.4	26.8
	3	5.85	11.2	0.1	0.6	99.3
	4	5.74	11.7	0.1	0.7	99.2
9.10	2	6.71	3.6	11.8	61.1	27.1
	3	6.09	11.3	0.2	0.6	99.2
	4	5.99	12.2	0.2	1.7	98.1
10.11	2	6.04	9.4	4.7	33.3	62.0
	3	5.92	14.6	0.1	0.5	99.4
	4	5.68	16.0	0.3	0.6	99.1

表３－２　底質分析結果（北沢ため池）

月日	St	pH	強熱減量（%）	粒子組成（%） 礫又は粗砂 Mesh 30以上	砂 Mesh 30～115	泥 Mesh 115以下
6.12	2	4.46	7.1	15.8	41.8	42.4
〃	3	5.47	17.1	0.0	6.9	93.1
〃	4-1	4.34	8.8	5.2	47.4	47.4
〃	4-2	5.31	5.4	21.0	57.0	22.0
7.10	2	4.83	15.2	0.8	3.1	96.1
〃	3	4.61	15.9	0.1	0.8	99.1
〃	4	4.47	14.5	1.0	11.5	87.5
8. 9	2	5.06	15.6	0.9	4.1	95.0
〃	3	4.99	15.9	0.3	3.0	96.7
〃	4	4.82	3.8	31.1	56.7	12.2
9.11	2	5.33	13.2	3.8	18.6	77.6
〃	3	5.39	9.3	9.5	56.1	34.4
〃	4	4.97	9.2	13.9	62.9	23.2
10.12	2	5.20	19.8	0.0	0.7	99.3
〃	3	5.70	20.3	0.0	0.8	99.2
〃	4	5.01	4.8	29.6	59.8	10.6

表３－３　底質分析結果（酒蓋池）

月日	St	pH	強熱減量（%）	粒子組成（%） 礫又は粗砂 Mesh 30以上	砂 Mesh 30～115	泥 Mesh 115以下
5.10	2	5.87	1.7	32.2	61.6	6.2
〃	4	5.57	3.2	27.2	54.8	18.0
6.13	2	4.87	9.8	0.3	26.0	73.7
〃	4	5.22	14.5	0.	3.0	97.0
7.11	2	4.95	11.1	0.1	1.7	98.2
〃	3	4.92	11.5	4.4	0.3	95.3
〃	4	5.06	13.9	0.1	0.5	99.4
8.10	2	6.58	11.1	0.6	4.6	94.8
〃	3	5.52	11.0	0.7	8.6	90.7
〃	4	5.18	13.6	0.1	1.2	98.7
9.12	2	6.49	14.5	0.4	4.7	94.9
〃	3	6.46	15.5	0.1	0.9	99.0
〃	4	6.00	16.3	0.1	2.4	97.5
10.13	2	5.14	13.9	0.2	2.7	97.1
〃	3	5.11	16.6	0.6	0.9	98.5
〃	4	5.17	16.9	0.1	0.6	99.3

表３－４　底質分析結果（松房池）

月日	St	pH	強熱減量（%）	粒子組成（%） 礫又は粗砂 Mesh 30以上	砂 Mesh 30～115	泥 Mesh 115以下
5.11	5	5.85	11.6	28.0	22.2	49.8
6.13	2	5.60	25.4	4.3	10.1	85.6
〃	4	5.35	8.6	11.6	66.6	21.8
7.11	2	5.84	12.6	3.4	53.7	42.9
〃	3	5.23	22.2	0.2	0.1	99.7
〃	4	5.33	22.3	4.6	8.9	86.5
8.10	2	5.49	27.8	9.7	10.4	79.9
〃	3	5.50	24.4	0.1	2.1	97.8
〃	4	5.19	21.2	2.1	12.1	85.8
9.12	2	5.75	29.9	1.3	18.8	79.9
〃	3	5.58	28.3	0.1	3.9	96.0
〃	4	5.43	27.2	1.2	18.8	80.0
10.13	2	5.42	31.9	1.6	4.0	94.4
〃	3	5.07	29.4	3.4	11.3	85.3
〃	4	5.35	29.5	0.3	1.2	98.5

えられるが、4.34～5.70と酸性側に傾き６月の時点で低いPH値を示し、養魚期間が経過するにつれて、若干上昇の傾向がみられた。強熱減量は、st. ２，３で14～15%から19～20%へと増加してゆくとみられた。

酒蓋池の底質は、メッシュ115を通過する泥分であり、厚さ５～10mmの黒色浮泥が表層をおおっている。ＰＨは 4.87～6.58であり、強熱減量は、６，７月ごろは11～13%とみられ、10月には16%前後と増加の傾向を示した。

松房池の底質は、腐植土であり、茶褐色を帯び、泥分の中に木片その他の植物の破片が多い。従って、強熱減量は、大きな値を示し、６，７月の初期で22～25%の値にあるとみられた。そして、10月には30%前後に増加した。

以上より、底質は、養魚開始初期の６～７月と後期の10月との比較で、明らかに有機質の負荷がみとめられ、強熱減量で、３～５%前後増加するとみられた。

３．溜池の表層水及び泥の生菌数と菌叢

調査した４溜池で生菌数は表４－１に示したが、表層水で10^3～10^4／mℓ、泥で10^5～10^7／g のオーダーの範囲にあった。６月と９月の２回の調査結果から、泥では明確ではないが、表層水中の生菌数は各池とも９月に増加する傾向にあり、季節的な変動がみられる。これはプランクトン数、栄養塩類の増加傾向と合っている。

生菌叢は表４－２～表４－５に示したが、泥の場合、同一stによっても変動がみられる。更に、底質の組成、特に粒子が粗い場合、底泥のＰＨが低い場合には、出現する菌の種類が少なくなっている。

北沢溜池

表層水中の生菌数は10^3オーダー、泥は10^5～10^6オーダーで測定された。菌叢は他の３池に比べて少なく、表層水中では Acromobacter, Cytophagaceae, 泥では Acromobacter, Pseudomonas が主体を成しており、菌叢の季節的な変化は少ない。菌叢が少ない原因として、底質のＰＨが低く、底土が砂及び礫の部分が多いためと考えられる。

酒 蓋 池

表層水中の生菌数は10^3～10^4オーダーと4池中最も多く、泥は10^6オーダーで測定された。菌叢をみると、表層水では、6月においてCytophagaceae, Pseudomonasが主体を成しているが、9月にはAcromobacterと変化がみられる。泥ではPseudomonas, Acromobacter, Aeromonasが主体であった。

中丸溜池

表層水中の生菌数は10^3オーダー、泥で10^6～10^7で測定され、いずれの場合も、6月の時点より9月の方が増加しており季節的な

表4－1　溜池の泥、表層水中の生菌数

溜　池	採水月日	採　水　地　点		
		St. 2	St. 4	表層水
中丸溜池	79.6	2.8×10^6	8.0×10^6	2.0×10^3
	9	5.6×10^6	9.1×10^7	6.9×10^3
北沢溜池	79.6	3.5×10^7	2.8×10^6	2.5×10^3
	9	7.8×10^5	9.0×10^5	5.4×10^3
酒 蓋 池	79.6	——	6.4×10^6	7.5×10^3
	9	5.4×10^6	1.8×10^6	9.0×10^4
松 房 池	79.6	——	1.5×10^6	1.6×10^3
	9	3.8×10^5	4.2×10^5	5.4×10^3

表4-2　養鯉溜池(中丸溜池)の泥、表層水における生菌叢

細菌属名＼採水年月日・採水地点	79.6			79.9		
	St.2	St.4	表層水	St.2	St.4	表層水
Micrococcus	5%	0%	5%	0%	0%	0%
Coryneforms	17	9	0	50	19	4
Acromobacter	17	64	41	4	8	54
Flavobacterium/ Cytophagaceae	33	9	11	0	65	4
Bacillus	0	0	0	0	0	0
Enterobacteriaceae	0	0	5	0	0	0
Pseudomonas	17	18	33	36	8	4
Vibrio	0	0	0	0	0	0
Aeromonas	0	0	5	4	0	33
Unclassified	11	0	0	6	0	0
Number of the isolates	27	17	29	47	26	24

表4-3　養鯉溜池(北沢溜池)の泥、表層水における生菌叢

細菌属名＼採水年月日・採水地点	79.6			79.9		
	St.2	St.4	表層水	St.2	St.4	表層水
Micrococcus	0%	0%	6%	0%	0%	21%
Coryneforms	21	0	0	0	0	0
Acromobacter	45	29	38	78	88	58
Flavobacterium/ Cytophagaceae	0	0	44	0	4	0
Bacillus	0	0	0	0	0	0
Enterobacteriaceae	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas	21	71	12	6	4	21
Vibrio	0	0	0	0	0	0
Aeromonas	13	0	0	11	0	0
Unclassified	0	0	0	0	0	0
Number of the isolates	29	14	32	18	24	14

表4-4　養鯉溜池(酒蓋溜池)の泥、表層水における生菌叢

細菌属名＼採水年月日・採水地点	79.6			79.9		
	St.2	St.4	表層水	St.2	St.4	表層水
Micrococcus	%	31%	0%	0%	0%	0%
Coryneforms		3	0	4	0	0
Acromobacter		0	8	78	10	66
Flavobacterium/ Cytophagaceae		3	40	9	3	14
Bacillus		0	0	0	7	0
Enterobacteriaceae		0	8	0	0	0
Pseudomonas		50	39	9	7	14
Vibrio		0	0	0	0	0
Aeromonas		13	4	0	73	6
Unclassified		0	0	0	0	0
Number of the isolates		32	24	23	30	45

表4-5　養鯉溜池(松房池)の泥、表層水における生菌叢

細菌属名＼採水年月日・採水地点	79.6			79.9		
	St.2	St.4	表層水	St.2	St.4	表層水
Micrococcus	%	0%	0%	28%	0%	0%
Coryneforms		11	88	0	38	0
Acromobacter		84	12	28	5	0
Flavobacterium/ Cytophagaceae		0	0	3	10	7
Bacillus		0	0	3	0	0
Enterobacteriaceae		0	0	0	0	52
Pseudomonas		5	0	28	47	7
Vibrio		0	0	0	0	0
Aeromonas		0	0	0	0	34
Unclassified		0	0	9	0	0
Number of the isolates		19	14	32	21	27

変化がみられた。一方菌叢においては、表層水ではいずれの時点も Acromobacter であるが、泥では St によって異なるが、Acromobacter, Coryneforms, Cytophagaceae が主体を成している。

松 房 池

表層水の生菌数は10^3オーダー、泥では10^5～10^6オーダーで測定され 4 池中で最も少ない。菌叢は、表層水で Enterobacteriaceae, Coryneforms, 泥では、Acromobacter, Pseudomonas が主体を成していた。

表 5 － 1　底棲動物（中丸ため池）　　調査月日（1979.6.11, 9.10）　面積15×15㎠, 湿重量 g

種　名	St. 2（6 月）		St. 3（6 月）		St. 4（6 月）		St. 2（9 月）		St. 3（9 月）		St. 4（9 月）	
	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
Chironomus plumosus	9.3	0.043	2.7	0.017								
Chironomus sp. (1)												
Chironomidae sp. (1)	3.0	0.010										
〃 sp. (2)	1.3	0.003										
〃 sp. (6)	1.7	0.003										
C Chaoborus					1.7	0.010			0.7	0.003	0.3	0.003
Culicoides sp.												
Limnodrilus socialis	63.3	0.033	0.7	0.007	1.0	0.013	23	0.01				
Tubifex hattai	4.7	0.007	0.7	0.007	0.3	0.003						
Branchiura sowerbyi												
Pisces (fry)												
Cipangopaludina chinensis												
〃 japonica												
Anodonta woodiana												
（計）	83.3	0.099	4.1	0.031	3.0	0.026	23	0.01	0.7	0.003	0.3	0.003

表 5 － 2　底棲動物（北沢ため池）　　調査月日（1979.6.12, 9.12）　面積15×15㎠, 湿重量 g

種　名	St. 2（6 月）		St. 3（6 月）		St. 4（6 月）		St. 2（9 月）		St. 3（9 月）		St. 4（9 月）	
	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
Chironomus plumosus	1.3	0.010			0.3	0.003						
Chironomus sp. (1)												
Chironomidae sp. (1)	0.3	0.003										
〃 sp. (2)												
〃 sp. (6)												
Chaoborus									3.3	0.010	0.7	0.003
Culicoides sp.												
Limnodrilus socialis												
Tubifex hattai	0.3	0.003										
Branchiura sowerbyi												
Pisces (fry)												
Cipangopaludina chinensis												
〃 japonica												
Anodonta woodiana												
（計）	1.9	0.016	0	0	0.3	0.003	0	0	3.3	0.010	0.7	0.003

4．底棲動物の現存量について

各調査地点での底棲動物の種類、個体数および湿重量は表5 －1～表5－4に示した。

全体的に底棲動物の現存量を評価すると、6月、9月ともに、松房ため池の現存量が最も多く、他のため池の追随を許さない。他の3つのため池の現存量は極めて少なく、その中では、中丸ため池がやや多い。酒蓋池に至っては、6月、9月ともに底棲動物は皆無である。

次に各ため池について注釈する。

表5－3　底棲動物（酒蓋池）　調査月日（1979.6.13，9.11）　面積15×15㎠，湿重量g

種　名	St. 2（6月）		St. 4（6月）		St. 2（9月）		St. 4（9月）	
	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
Chironomus plumosus								
Chironomus sp. (1)								
Chironomidae sp. (1)								
〃 sp. (2)								
〃 sp. (6)								
Chaoborus								
Culicoides sp								
Limnodrilus socialis								
Tubifex hattai								
Branchiura sowerbyi								
Pisces (fry)								
Cipangopaludina chinensis								
〃 japonica								
Anodonta woodiana								
(計)	0	0	0	0	0	0	0	0

表5－4　底棲動物（松房池）　調査月日（1979.6.13，9.11）　面積15×15㎠，湿重量g

種　名	St. 2（6月）		St. 4（6月）		St. 2（9月）		St. 4（9月）	
	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
Chironomus plumosus	13.0	0.240	20.3	0.563				
Chironomus sp. (1)	0.3	0.003			0.7	0.003		
Chironomidae sp. (1)	15.0	0.027	17.0	0.036				
〃 sp. (2)								
〃 sp. (6)	43.3	0.027	5.0	0.010				
Chaoborus								
Culicoides sp			1.0	0.007				
Limnodrilus socialis	16.7	0.043	21.3	0.050	1.0	0.007	20.7	0.020
Tubifex hattai								
Branchiura sowerbyi	1.0	0.057	1.3	0.060	0.7	0.007	1.0	0.007
Pisces (fry)			0.3	0.003				
Cipangopaludina chinensis							0.7	2.623
〃 japonica							0.3	6.073
Anodonta woodiana							0.3	5.013
(計)	89.3	0.132	66.2	0.729	2.4	0.017	23.0	13.736

中丸ため池

6月には、比較的多くの底棲動物がみられるが、その現存量は少ない。優先種はユリミミズLimnodrilus socialis である。また、現存量は、st.4からst.2まで、だんだん浅くなるにつれ、少なくなる傾向も見られる。9月には、6月にあった現存量も少なくなり、また、種類数も少なくなる。フサカの一種（Chaoborus）がわずかに棲息しているだけである。おそらく、養鯉による多量の有機物の堆積と停滞期のため、泥底面にはほとんど酸素のない状態が続いたことによる。

北沢ため池

6月、9月ともに、各調査地点では、わずかに底棲動物が棲息している。6月も9月も、現存量の少ないことには変わりがない。このため、池の泥底の状態からみて、例えば、軟泥が黒色でSH_2の臭いが強い、無酸素が長く続くものと思われる。

酒 蓋 池

SH_2の気泡があちらこちらに見られたり、泥も黒色で厚く堆積していることから解る通り、6月、9月とも底棲動物は一個体も発見出来なかった。

松房ため池

底棲動物の種類も、また、その現存量も極めて多い。st.4の餌場付近では、6月に比較的多かった現存量も、9月にはかなり少なくなっている。養鯉の原因が充分に考えられる。st.2の浅い部分で、注水口の周辺では、逆に6月に比較して9月の方が現存量が多くなっている。おそらく、充分な酸素の供給があるものと思われる。

5. プランクトンについて

表6－1～表6－4に各池のクロロフィルa量について示した。各池ごとに次に述べる。

中 丸 池

5月のプランクトン量は、それほど多くなかった。このためPHも殆んど大部分が7で、溶存酸素飽和量も100%前後であった。当期のクロロフィルa量をみると、st.4（表面）で最も少なく、その量は1.60㎎/㎥で、その他のstでは4.27㎎/㎥～14.95㎎/㎥の範囲で変化した。また垂直的には各stとも2～3m付近で最も多かった。

6月のプランクトン量は、5月に比べ幾分増加したが、量的にはそれほど多くなかった。このためかPHも若干低下し、溶存酸素飽和量もまた幾分減少した（表面51.4%～78.1%）。クロロフィルa量は全般的には5月よりかなり減少しており、最も多かったst.4（2.78㎎/㎥～13.35㎎/㎥）を除けば、その量は1.38㎎/㎥～2.67㎎/㎥の範囲であった。垂直的には表層より底層に向けて漸次多くなる傾向を示した。なお、st.4は深度が深く給餌場に最も近い所であるが、量的に多かったのはこの影響があったものと思われる。

7月のプランクトンは、6月に比べ増加したが、動物性プランクトンが比較的多かったのに対し、植物性プランクトンはそれ程多くなかった。クロロフィル量は全般的には6月の2倍以上で、最大値29.90㎎/㎥～最少値3.20㎎/㎥の範囲で変化した。

8月におけるクロロフィルa量をみると、st.3の底層では109.47㎎/㎥で最も多かったが、他のstはいずれも40.05㎎/㎥以下で、それほど大きな変化はみられなかった。しかし、st.4では表層で幾分多かったものの両層の差はあまりなかった（30.71㎎/㎥～40.05㎎/㎥）。なお、当期のプランクトンは、7月よりさらに増加したが、量はそれほど多くなかった。またst.4の深層では幾分硫化水素臭があった。

9月は植物性プランクトン特にMicrocystisが多くみられた。このためクロロフィルa量もまた著しく増加し、表面付近では120.82㎎/㎥～268.78㎎/㎥の範囲で変化した。垂直的には深度を増すにつれて著しい減少を示し、たとえば溶存酸素の最も少なかった（酸素飽和量0.4%）4.5m付近（st.4）

表6－1　中丸池のクロロフィルa量（mg/ℓ）

観測点	観測月日	5月18日	6月11日	7月9日	8月8日	9月10日	10月11日
st. 2	0 m	4.27	1.38	11.21	14.69		18.69
	2 m	7.48		12.28	4.01	120.82	
st. 3	0 m	4.81	1.78	5.87	4.01		17.36
	1.5m	8.01	1.78	29.90	17.36	268.78	40.72
	3.5m	9.08	2.67	11.75	109.47	41.19	11.35
st. 4	0 m	1.60	4.45	12.82		268.78	13.35
	1.5m	10.15	2.78	16.55	40.05	198.47	64.75
	3.0m	14.95	5.34	5.94	38.72	51.62	33.38
	4.5m	6.94	13.35	3.20	30.71	16.91	21.30

表6－2　北沢ため池のクロロフィルa量（mg/ℓ）

観測点	観測月日	5月17日	6月11日	7月9日	8月9日	9月11日	10月12日
st. 2	0 m	0.53	1.38	6.01	16.02	41.83	64.08
	2 m	1.60		10.01	17.32	60.52	40.94
	4 m			8.01	13.35	54.16	36.49
	6 m	2.14		9.79	6.68	37.38	30.26
st. 3	0 m	0.53	1.78	8.01	16.56	32.80	39.16
	2 m	1.60	(1.5m)1.78	8.01	22.70	48.06	40.05
	4 m	1.60	(3.5m)2.67	8.23	14.69	50.35	33.82
	6 m	1.06			19.10	32.80	33.82
	7 m	1.06		(7.5m)1.78	(8 m) 6.68	38.80	(7.5m)29.37
st. 4	0 m	1.07	4.45	5.34	17.36	61.94	30.26
	2 m		(1.5m) 1.78	2.67	21.36	32.40	30.26
	4 m		(3.0m) 5.34	5.34	8.01	43.61	45.39
	6 m		(4.5m)13.35	2.67	8.01	39.16	50.73
	8 m				(7.5m)5.34	(7 m)46.28	(6.8m)48.95

表6－3　酒蓋池のクロロフィルa量（mg/ℓ）

観測点	観測月日	5月19日	6月13日	7月11日	8月10日	9月12日	10月13日
st. 2	0 m		42.72	128.96	440.55	353.78	237.63
st. 3	0 m	164.21	18.69	90.78	393.83	264.33	92.12
	0.7m	162.87					
st. 4	0 m	68.35	16.02	74.76	248.31	154.86	84.11
	0.7m	198.91					

表6－4　松房池のクロロフィルa量（mg/ℓ）

観測点	観測月日	5月19日	6月13日	7月11日	8月10日	9月12日	10月13日
st. 1	0 m		2.67				
st. 2	0 m	2.67	4.45		65.42	106.80	36.31
st. 3	0 m	4.81	3.56		86.78	113.92	32.40
	0.5m	6.94					
st. 4	0 m	4.81		28.48	126.83	89.45	52.33
	0.7m	7.48					

ではわずかに16.91㎎/㎥であった。なお理化学的条件もまたこれらの変化によく対応し、表面ではPH 7.5～8.1、また溶存酸素飽和量は106.9%～133.8%の範囲であった。

10月のクロロフィルa量は11.35㎎/㎥～133.8㎎/㎥の範囲で、9月に比べ著しい減少を示した。また垂直的には各stとも1.5m付近で最も多かった。当期のプランクトン量もまた9月に比べ幾分減少がみられたが、PHや溶存酸素量の値にもまた若干低下の傾向がみられた。

北沢ため池

北沢ため池のクロロフィルa量についてみると、5月は深層より表層付近で幾分少なかったが(0.53㎎/㎥)、2m以深ではあまり差はみられなかった(1.60～2.14㎎/㎥)。6月のクロロフィルa量は全般的に5月に比べ幾分多く、その範囲は1.38㎎/㎥～3.45㎎/㎥であった。垂直的には5，6月ともに表層より底層で増加する傾向がみられた。なお、5，6月ともプランクトン量は甚だ少なかったが、溶存酸素量は何れも不飽和で特に給餌場に近いst.5(表面)では51.4%が飽和量の最高であった。

7月のクロロフィルa量は全般的には6月に比べ3～4倍に増加した、垂直的には表面付近で多く深度を増すにつれて漸次減少の傾向を示す。特に酸素量の甚だ少なかったst.4の底層付近では著しい減少がみられた(2.67㎎/㎥)。st別ではst.2が最も多く、次いでst.3、st.4の順であった。

8月のクロロフィルa量は、7月に比べおおよそ2倍に増加した(最多量22.70㎎/㎥)。垂直的には各stとも2m層で最も多く、深度を増すにつれて減少する傾向であった。9月は8月に比べさらに2～3倍に増加した。すなわち、その最大はst.4以外ではst.2の2m層(60.52㎎/㎥)とst.3の4m層(50.35㎎/㎥)が最大であった。また、垂直的にはこれまでと同様に深度を増すにつれて減少する傾向であった。なお、当期はプランクトンが頗る多く、特にMicrocystisが大量に増殖していた。

10月は全体的には9月とほぼ同様の値で、最高はst.2の64.08㎎/㎥であった。垂直的にはst.2においては深度を増すにつれて漸次減少したのに対し、st.3及びst.4では反対に深度を増すにつれて漸次増加の傾向を示した。

以上要するに、北沢ため池のクロロフィルa量は5月及び6月には比較的少なく貧栄養水域の値であったが、7月以降は漸次増加し富栄養水域に相当する値を示した。

酒蓋池

酒蓋池は最大深度3m、平均1mの灌漑用ため池であるが、周囲には住宅が多くため池への生活廃水の流入がみられる。

5月のクロロフィルa量をみると、池の中央部のst.4(表面)では最も少なく68.35㎎/㎥であったが、st.3及びst.4の底層では162.87㎎/㎥～198.91㎎/㎥の範囲で頗る多かった。この様な高い値は植物プランクトンの増殖によるものと見做され、このことはPHや溶存酸素の測定結果ともよく一致するものであった。しかし、6月には著しく減少し16.02㎎/㎥～42.72㎎/㎥の範囲であった。PH及び溶存酸素量もまた著しく低下したが、養魚への投餌料の残存物や排泄物などの影響(酸化)で池中環境が一変したものと思われる。たとえば家庭廃水の注入口に最も近いst.3(1m層)では酸素飽和度はわずかに11.2%であった。

7月についてみてみると、池水にはMicrocystisが比較的多く、特にst.2付近ではパッチ状をなしているのが観察された。このためかクロロフィルa量は6月より著しく増加し、深度の最も浅い(70㎝)st.2では128.16㎎/㎥であった。しかし溶存酸素量は6月よりさらに低下した。

8月はクロロフィルa量の最も多い時期で、最大値440.55㎎/㎥～最少値248.31㎎/㎥の範囲で変化した。当時池水は所謂水の華現象でMicrocystisの大増殖がみられた。このためクロロフィル量の最も多かったst.2ではPH9.4、溶存酸素飽和量は163.3%に達した。

9月もまた植物性プランクトン(Microcystis)が大量に増殖した。このためクロロフィルa量もまた頗る多く最高353.78㎎/㎥に達した。場所的にはst.2で最も多かった。なお、池面では所謂ヘドロ

の悪臭が感じられた。

10月のクロロフィルａ量は９月よりさらに減少し、その量の最大は237.63㎎/㎥であった。st 別には深度の浅いst.２で最も多く、次いでst.３，st.４の順であった。なお、当期のＰＨ、溶存酸素及び透明度などの値は９月に比べ何れも低かったが、この傾向はクロロフィルａ量の測定結果ともよく一致している様に思われた。

松 房 池

松房池は、最大深度２ｍ（平均1.5ｍ）で、周囲が森林でおおわれた養鯉池である。５月の調査時は雨天であったためか、池水は腐植質に富んだ薄茶褐色を呈していた。当時のクロロフィルａ量は、2.67㎎/㎥～6.94㎎/㎥の範囲で、垂直的には表面より底層に向けて増加の傾向を示した（st.３，４）。

６月は表面のみの調査であったが、クロロフィルａ量は2.67㎎/㎥～4.45㎎/㎥の範囲で、量的には５月とほぼ同程度の値であった。

７月はst.４についてのみ行なわれた。クロロフィルａ量は 28.48㎎/㎥で著しい増加を示した。５，６月はプランクトンは比較的少なく、少量の動物プランクトンがみられたが、７月は水温の上昇や魚の放流などでプランクトンが比較的多くなったためと思われる。

８月のクロロフィルａ量はさらに増加し65.42㎎/㎥～126.83㎎/㎥の範囲で変化した。st 別では給餌場に最も近いst.４で最も多く、次いでst.３、st.２の順であった。今回クロロフィルａ量は100㎎/㎥以上を示したが、諏訪湖でも夏期には100㎎/㎥以上になることが報告されている。この様な増加は植物プランクトンの増殖によるものと思われるが、このことは豊富な溶存酸素量からも窺知することが出来る。

９月の池水は所謂泥色を示したが、クロロフィルａ量は８月同様かなり多く、その量は89.45㎎/㎥～106.80㎎/㎥の範囲であった。

10月のクロロフィルａ量は８，９月に比べると、比較的少なく32.40㎎/㎥～52.33㎎/㎥の範囲で変化した。この様な結果はＰＨや溶存酸素量の変化とも良く対応している様に思われた。

以上、中丸ため池、北沢ため池、酒蓋池及び松房池４池のクロロフィルａ量についてこれを要約すると、５～７月では酒蓋池を除く他の池ではクロロフィルａ量は何れも30㎎/㎥以下で、それほど多くなかった。しかしながら、８月以降は高水温や養殖事業による有機物の増加などによってプランクトン量は増大し、クロロフィルａ量はまた著しく増加する。しかし酒蓋池を除く他の池では９月に最高に達する。すなわち９月の最大量を示すと、中丸池では268.78㎎/㎥、北沢ため池60.52㎎/㎥（但し、10月は64.08㎎/㎥）、酒蓋池350㎎/㎥以上（但し、最高は８月の440.55㎎/㎥）、松房池113.92㎎/㎥であった。

なお、山口・市村（1973）は、湯ノ湖の春から秋にかけての調査で、クロロフィルａ量が20㎎/㎥～30㎎/㎥となることを報じ、また倉沢ら（1973）は諏訪湖の1968年及び1971年頃の夏期における調査でクロロフィルａ量が200㎎/㎥以上になることを報告している。これらのことを考えると、今回の測定結果は所謂養魚池の特性をよく表わしている様に思われる。ただ酒蓋池のみはこれらの値をはるかに凌駕するものであったが、本池は周囲に人家が多く生活廃水の流入による影響が甚だ大きいものとして特別とみなされる。

6．鯉 の 生 産

放養と取揚げ）

表７に、各ため池におけるコイの放養と取揚げに関して、その時期、重量、尾数、平均体重を示した。これは、聞き取りによるものであり、10kg当り何尾、または20kg当り何尾のコイを何トン放養、取揚げたという程度のかなり大まかな数字である。

放養は、中丸ため池、北沢ため池、酒蓋池においては、４月～５月にかけて行なわれたが、松房池は農薬（モリネート系除草剤）の流入が懸念されたため、農薬散布時期をはずして、７月４日に

表7　魚類生産量

	中丸ため池	北沢ため池	酒蓋池	松房池
放養時期	54年5月10日	54年5月23日	54年4月25日	54年7月4日
〃 重量(A)	12,760kg	15,000kg	2,150kg	9,525kg
〃 尾数	68,510尾	93,341尾	43,000尾	50,000尾
〃 平均体重	186.25g	160.7g	50g	190.5g
取揚時期	54年12月17/18日		55年3月20日	55年3月25日
〃 重量(B)	64,670kg		18,000kg	38,000kg
〃 尾数	56,234.7尾		27,692尾	36,190尾
〃 平均体重	1,150g		650g	1,050g
生産量 (B−A)	51,910kg		15,850kg	28,475kg
ha当り生産量	14.8ton/ha		4.2ton/ha	4.7ton/ha

放養された。放養時、魚体の大きさは選別作業によりある程度の大きさにそろえて放養される。これは一般的に、トビゴイ発生の防止や飼料効率の向上のために為されるものである。中丸池には、平均体重 191gのコイが12,760kg放養され、同様に北沢ため池には、161gのコイが15,000kg、酒蓋池には50gのコイが 2,150kg、松房池には 191gのコイが9,525kg放養された。このうち、酒蓋池のコイの放養サイズが、他のため池と比較して小さいが、これは池そのものの利用法が異るためである。即ち、いわゆる新仔のジャミ、ビク（切り鯉生産に使用される新仔のうち成長が悪く、選別作業で残されたもの）を育成し、3年がかりで商品化（1kgサイズ）にするという経営方針があって、このような小型のコイが放養された。

取揚げの時期は、中丸ため池がその年の12月、その他の池は翌年の3月以降に行なわれた。総取揚量は、中丸ため池が64,670kgであり、酒蓋池が18,000kg、松房池が38,000kgであった。更に、これから放養量を引いたものを、生産量とし、ha当りに換算すると、中丸池が14.8トン/ha、酒蓋池が4.2トン/ha、松房池が4.7トン/haと、ため池によって大きな差がみられた。

成　　長）

図13～図16に、各ため池におけるコイの成長度を示した。成長をみてみると、中丸ため池では、5月10日、平均体重186gのコイが、9月10日、平均体重で966gに成長し、同様に北沢ため池では5月23日161gが9月11日、726gに、酒蓋池は4月25日で50gが9月12日、422gに、松房池では7月2日 191gのコイが9月12日迄に 877gのコイに成長した。当然のことながら、6月中旬から9月にかけての成長が著しい。これを魚体測定の実測値により日間成長率

$$\log(W_1/W_0)\times 230\div 日数$$

W_1：取上平均体重

W_0：放養平均体重

で比較してみると、中丸ため池が、6月11日から9月10日迄で1.635%となり、北沢ため池が、6月12日から9月11日迄が1.281%、酒蓋池が6月13日から9

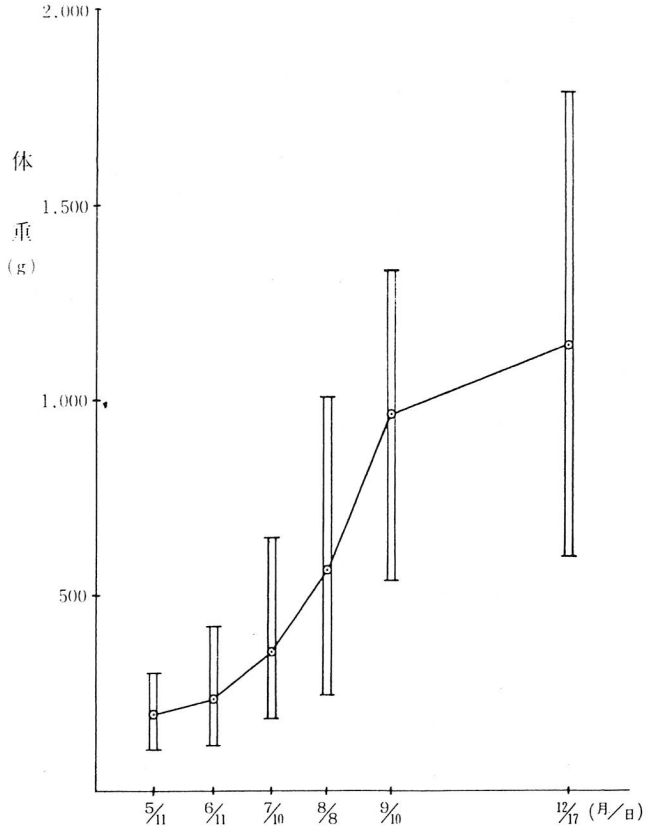


図13　コイの成長（中丸ため池）

月12日迄で1.421%、そして松房池では８月10日から９月12日迄で1.599%という値が得られる。即ち、夏期における成長率では、中丸ため池－松房池－酒蓋池－北沢ため池の順で、中丸ため池と松房池の成長が良く、次いで酒蓋池で、北沢ため池は最も成長が良くなかった。前述したような理由から、積極的な給餌努力が行なわれなかった酒蓋池は別にして、北沢ため池においては、飼育管理の面か、または環境面で問題点があるといえよう。

中丸ため池と松房池における鯉の成長比較では、日間成長率では同じような傾向を示したものの、９月上旬の時点で、中丸池が平均体重で966ｇに達したのに較べて、松房池は877ｇにしか達せず、１kgサイズにしなければ商品化されないことを考えると、農薬対策のための放養時期のおくれと、放養サイズに問題点がある。

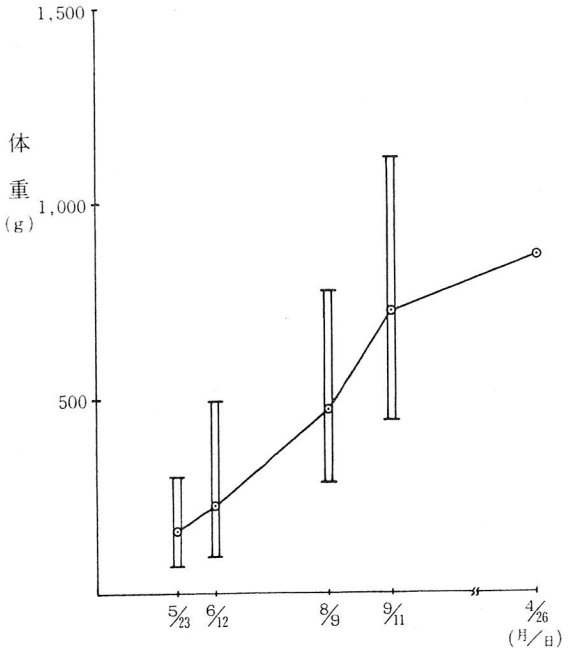


図14　コイの成長（北沢ため池）

ため池養鯉の場合、放養時ある程度魚体の大きさをそろえて放養される。しかしながら、かなり良く選別されているとみられた中丸池においてもその差は大きい。即ち、５月放養時の平均体重が193ｇのとき最大300ｇ、最小105ｇ、標準偏差33ｇと不揃いであり、12月の取上げ時には、平均体重で1,148ｇとなったものの、最大1,790ｇから最小600ｇであり、その標準偏差は264ｇであった。肥満度は、放養時の中丸ため池では25.6であり、給餌飼育開始後の６月以降は、32～35程度の値となる。

給　餌（量、率、組成）

図17～図22、表８－１～表８－３に中丸ため池、松房池、酒蓋池における旬別給餌量と、給餌組成を示した。

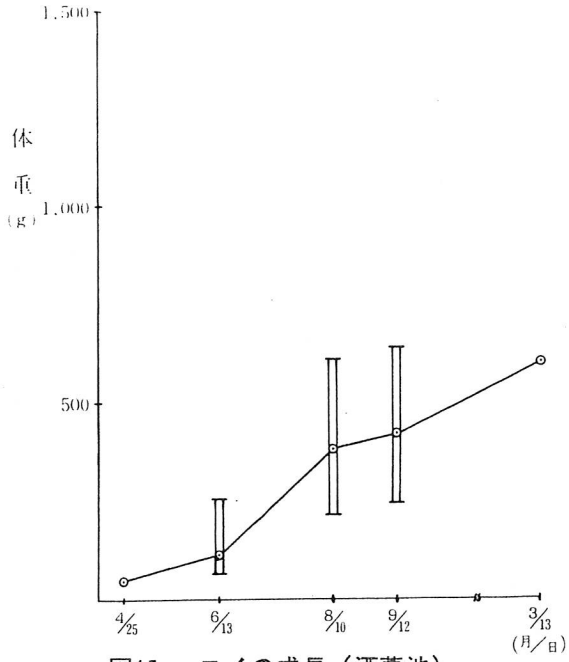


図15　コイの成長（酒蓋池）

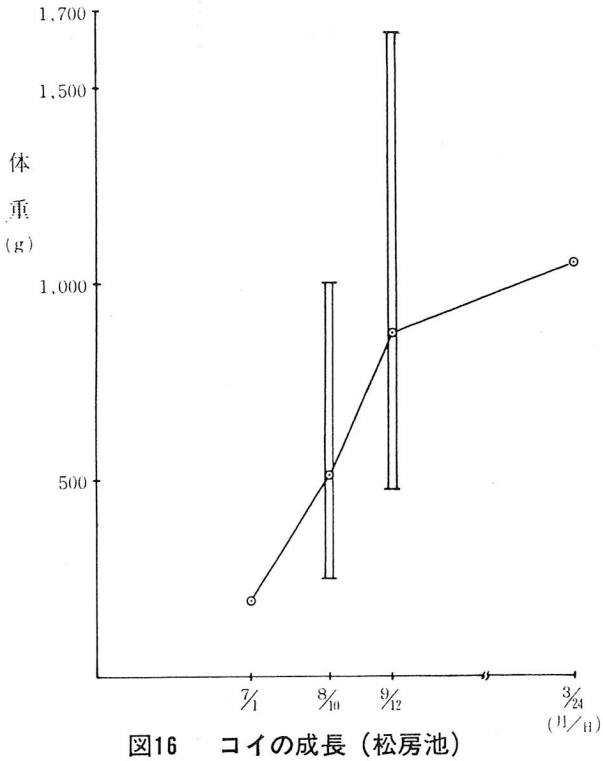


図16　コイの成長（松房池）

飼料としては、配合飼料・蛹・そして麦を主な飼料として与えているが、その給餌量ならびに給餌率は、時期（特に水温）ならびに各ため池の養鯉経営者によってそれぞれ異っている。しかしながら、給餌努力は各池とも、水温が20℃を越える７，８，９月の３ケ月に重点的に行なわれ、この３ケ月でほぼ生産量を左右されるとみられる。

中丸ため池における給餌期間は、５月15日～11月19日までであり、総給餌量は78,567kgであり、その配合組成は、麦：3,720kg、配合：39,090kg、蛹：35,757kgとなっている。給餌の最盛期は、７月、８月で、７月下旬には旬計で7,120kgの投餌を行なっている。成長曲線より、おおよそ７月下旬ごろは平均体重で500ｇ、尾数は６万尾と推定すると、この時点で約30トンのコイが放養されていることになり、従って、この期間の給餌率は、１日当り魚体重の2.37％と計算される。同様の計算で為された５月下旬の給餌率は0.71％であり、７，８，９月の時期に如何に集中的に給餌努力が行なわれているかがうかがわれる。また、給餌組成の面でも、時期的に明瞭に区別している。即ち、５～６月は総給餌量のうち、麦が40％、配合50％、蛹10％といった給餌組成にあるが、７月以降10月上旬までは蛹と配合が主体となり、なかでも蛹の占める割合が高く、８月中旬ごろでは、実に蛹75％、配合25％の割合の給餌を実施している。10月下旬以降は蛹の使用割合、給餌量そのものも少なくなり、11月に入ると配合を主体とし麦を若干混ぜた給餌組成となり、投餌期間を終了する。

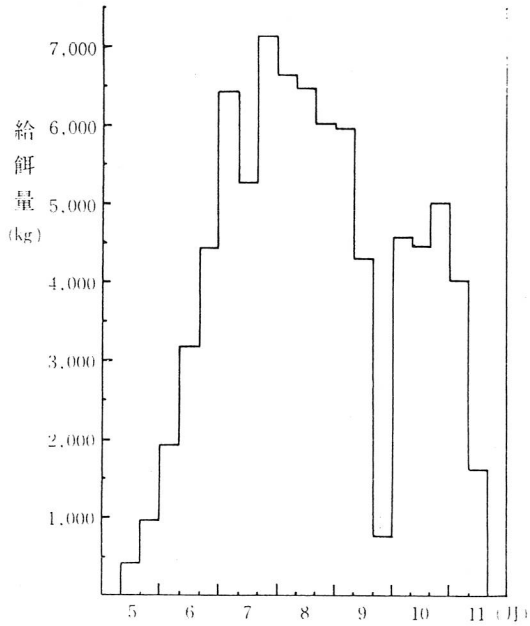


図17　中丸池の旬別給餌量

中丸ため池において試算した飼料効率は66.1％であり、増肉係数は1.51であった。なお同池における生残率は82.08％と計算された。

松房池における給餌の特徴は、その組成面におい

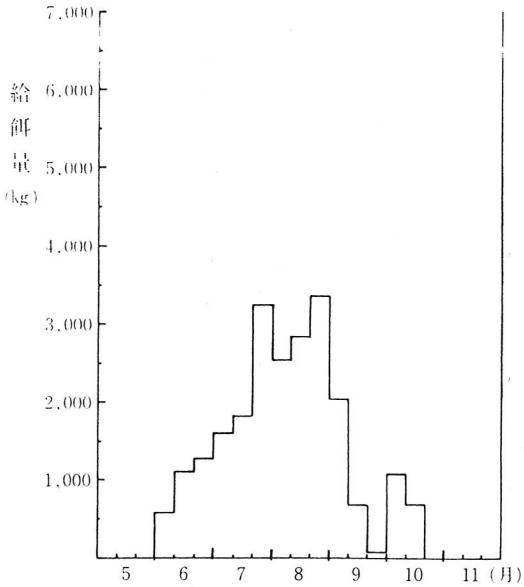


図18　酒蓋池の旬別給餌量

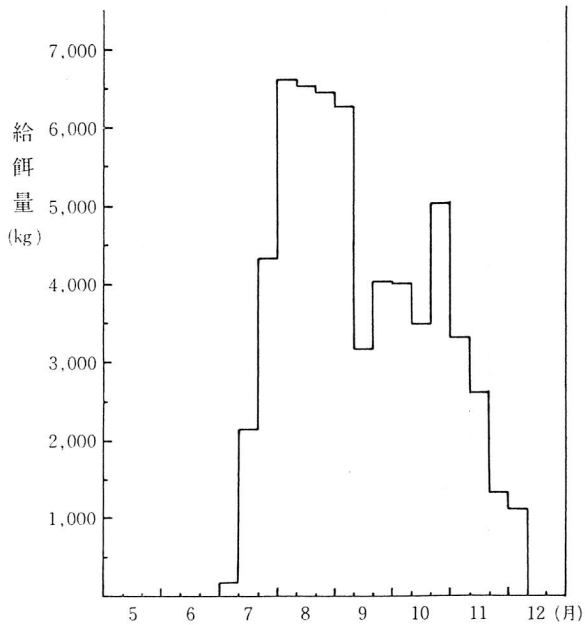


図19　松房池の旬別給餌量

表 8 － 1　旬別給餌量と給餌組成（中丸ため池）

（単位　kg）

月		5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月		
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
麦	旬計	－	140	380	480	600	300	0	0		0	0	0	0	0	0	0	360	440	580	420	－
	月計	520			1,400		320	0			0			0			800			1,000		
配合	旬計	－	220	470	1,300	2,240	3,000	2,820	1,700	2,220	2,160	1,620	3,120	3,460	2,300	360	2,340	2,100	4,020	3,440	1,200	－
	月計	690			6,540			6,740			6,900			6,120			8,460			3,640		
蛹	旬計	－	42	110	140	325	1,125	3,600	3,575	4,900	4,475	4,850	2,900	2,515	2,000	400	2,250	2,000	550	0	0	－
	月計	152			1,590			12,075			12,225			4,915			4,800			0		
総給餌量	旬計	－	402	960	1,920	3,165	4,445	6,420	5,275	7,120	6,635	6,470	6,020	5,975	4,300	760	4,590	4,460	5,010	4,020	1,620	－
	月計	1,362			9,530			18,815			19,125			11,035			14,060			4,640		

総給餌量　78,567kg｛麦　3,720kg／配合39,090kg／蛹　35,757kg｝　　給餌期間　54．5．15～54.11.19

表 8 － 2　旬別給餌量と給餌組成（酒蓋池）

（単位　kg）

月		5月			6月			7月			8月			8月			10月			11月		
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
麦	旬計	－	－	－	460	560	1,020	900	1,160	1,760	1,440	1,300	2,000	1,120	380	0	600	160	－	－	－	－
	月計	－			2,040			3,820			4,740			1,500			760			－		
配合	旬計	－	－	－	0	440	40	400	140	540	300	840	360	220	0	80	140	60	－	－	－	－
	月計	－			480			1,080			1,500			300			200			－		
蛹	旬計	－	－	－	125	120	225	310	525	950	810	700	1,000	710	300	0	350	475	－	－	－	－
	月計	－			470			1,785			2,510			1,010			825			－		
総給餌量	旬計	－	－	－	585	1,120	1,285	1,610	1,825	3,250	2,550	2,840	3,360	2,050	680	80	1,090	695	－	－	－	－
	月計	－			2,990			6,685			8,750			2,810			1,785			－		

総給餌量　23,020kg｛麦　12,860kg／配合 3,560kg／蛹　6,600kg｝　　給餌期間　54．6．4～54.10.12

表 8 － 3　旬別給餌量と給餌組成（松房池）

（単位 kg）

月		5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬
麦	旬計	－	－	－	－	－	－	80	380	1,020	1,560	1,380	1,720	1,540	800	780	800	680	1,020	1,540	1,200	160	840
	月計	－			－			1,580			4,660			3,120			2,500			2,900			840
配合	旬計	－	－	－	－	－	－	0	460	1,080	1,360	1,280	1,280	1,120	640	680	780	860	1,760	1,040	780	780	－
	月計	－			－			1,540			3,920			2,440			3,400			2,600			－
蛹	旬計	－	－	－	－	－	－	100	1,200	2,235	3,690	3,870	3,450	3,600	1,725	2,575	2,425	1,950	2,250	725	675	400	275
	月計	－			－			3,535			11,010			7,900			6,625			1,800			275
総給餌量	旬計	－	－	－	－	－	－	180	2,140	4,335	6,610	6,530	6,450	6,260	3,165	4,035	4,005	3,490	5,030	3,305	2,655	1,340	1,115
	月計	－			－			6,655			19,590			13,460			12,525			7,300			1,115

総給餌量　60,645kg｛麦　15,600kg／配合13,900kg／蛹　31,145kg｝　　給餌期間　54．7．8～54.12.10

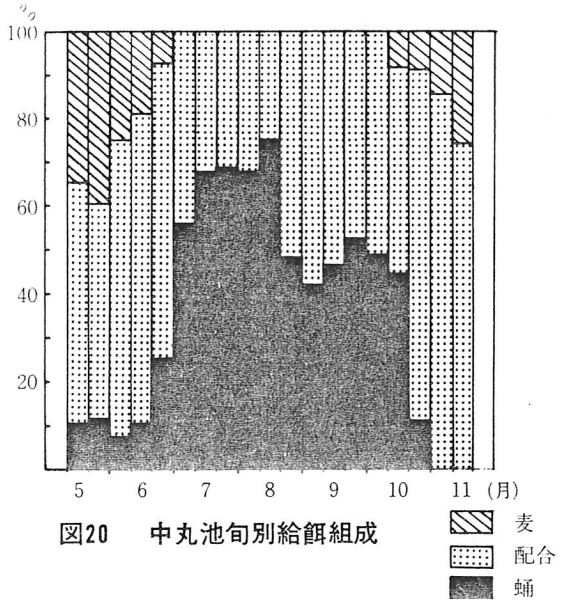


図20　中丸池旬別給餌組成

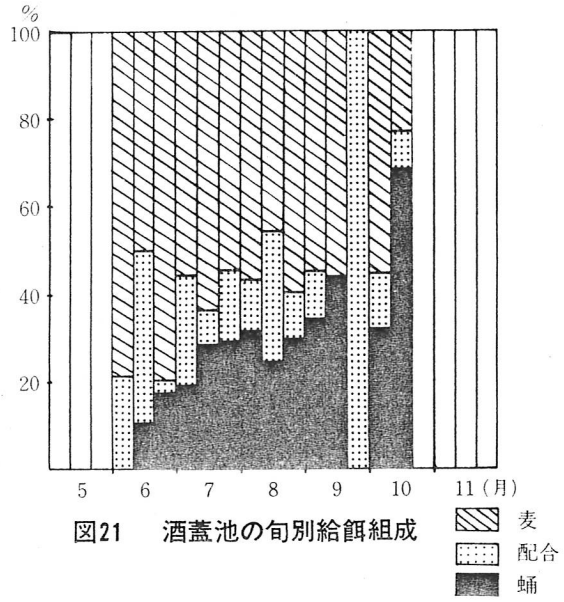


図21　酒蓋池の旬別給餌組成

て蛹の占める割合の高さにある。給餌は、7月8日より12月10迄行なわれ、この間に与えた総給餌量は60,645kgであり、このうち麦は15,600kg、配合が13,900kgであり、蛹は実に31,145kgと50%以上を占めている。8月上旬における組成は、麦23.6%、配合20.6%、蛹55.6%であり、10月末までは殆んどこのような割合で給餌が為され、11月に入ると蛹のかわりに麦を多く使用して投餌を終える。給餌量のピークは8月にあるが、7月は上旬放養のための餌付けにかなりの時間を要することと農薬の影響の後遺症が残るために7月下旬から8月上旬にかけて本格的給餌に入った。これらの事情のために成長が若干遅れ、従って水温が下がりはじめた10月以降も給餌努力が続けられ、12月上旬まで延長された。

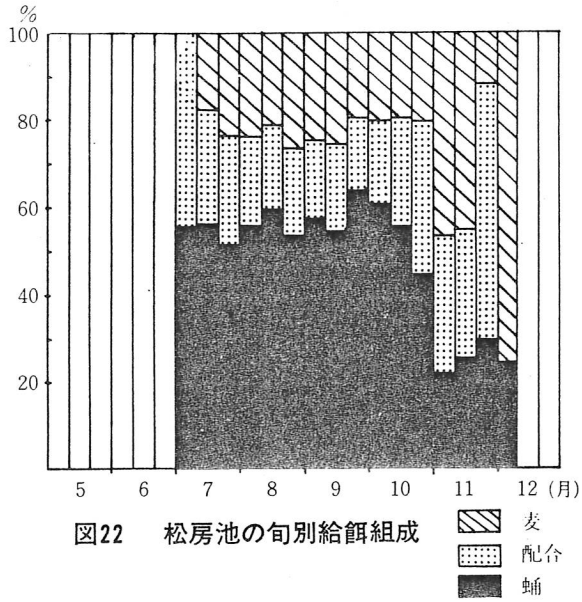


図22　松房池の旬別給餌組成

酒蓋池においては、3年飼育という養魚方針のために、積極的給餌努力はされなかったが、この池においては、麦を主体に給餌組成が組まれた点が他の池と異っている。すなわち、全期間を通して、ほぼ、麦が6割位、蛹が2～3割、配合が1～2割の組成であった。

北沢ため池の給餌量は、養魚日報の回収が出来なかったため、聞き取りによるおおよその値しか推定出来なかった。聞き取りによる給餌量は、6月20

表9－1　鯉用配合飼料の種類と形態

種類と形態	No.	名　称	粒　大 mm	投与対象魚	
餌付用	1	マッシュ	0	～0.5g	～2.5g
	2	クランブル	0.8	0.5～1.0	2.5～3.5
稚魚用	3	クランブル	1.4	1～3	3.5～6.0
	4	〃	2.2	3～10	6.0～7.5
成魚用	5	ペレット	2.5	10～30	7.5～12.0
	6	〃	3.2	30～60	12～15
	7	〃	4.5	60～250	15～23
	8	〃	6.0	250～800	23～30
	9	〃	8.0～10.0	800～	30～

※（ノーサン養鯉用飼料による）

表９－２　鯉用配合飼料の成分

成分(%)	初　期	餌付用 1・2号	稚魚用 3・4号	ペレット 5・6号	ペレット 7・8・9号
粗蛋白	55.0以上	43.5	43.5	41.0	40.0
粗脂肪	8.0	4.5	4.5	4.0	4.0
粗繊維	4.5以下	2.0	2.5	3.0	3.0
粗灰分	15.5	13.0	13.0	14.0	14.0

※（ノーサン養鯉用飼料による）

表９－３　蛹　の　成　分　表

成分表	水　分 %	粗タンパク質 %	粗脂肪 %	粗灰分 %
生　蛹	70.3	17.1	9.2	1.2
丸干蛹	9.8	57.5	29.7	2.6

※水質研究叢書 9－2
魚類の栄養と養魚飼料学II 136頁

トン、７月28トン、８月37トン、９月51トン、10月36トン、11月12トンで、総量は約184トン程度の給餌量と推定された。給餌組成は９月の例でみてみると、麦が52%、蛹が41%、配合が７%となっており、春先若干の調整はあるものの常時同じ割合で与えている模様である。

表９－１～表９－３に一般的に使用されている鯉用配合飼料の種類と形態、成分および蛹の成分表を示した。蛹は丸干蛹が広く用いられており、常時、低温冷蔵庫に保蔵されている。

要　　約

福島県の養鯉〝ため池〟について、環境条件が特徴的であるとみられた４面の池を選定し、その理化学的、生物学的な基本性状と、〝ため池〟における給餌養鯉の実態について調査した。概要は次の通りである。

1. 注水量から換算した各ため池の換水率は、中丸ため池、松房池がそれぞれ3.1～11.9日/回、3.6～19.4日/回であり、北沢ため池と酒蓋池は全くの止水に近い状態であった。
2. 各池の水温がコイの飼育に最適となる20℃を越えるのは、５月下旬から６月上旬にかけてであり、この20℃以上が維持される期間は、９月下旬から10月初旬までである。水深の８ｍと深い北沢ため池では、夏期に上下層の水温較差が大きく、成層がみられ、同時に中底層に無酸素層が形成された。この無酸素層は９月の循環期に入るときに上下層混合され、酸欠等の原因となり、養魚に悪影響を及ぼした。
3. 池水のＰＨ値では、注入水に酸性の沢水を利用している北沢ため池が、6.2～6.4の酸性側に傾き、酒蓋池は、夏期に植物プランクトンの増殖の影響でしばしば9.4前後のアルカリ性を示し、また、松房池は、腐植酸性を示し6.4～6.6前後にあった。
4. 透明度は、養魚期間が長びくにつれて低下する傾向がみられるが、中丸ため池、北沢ため池が終始0.6ｍ以上であったのに対し、酒蓋池、松房池はそれぞれ0.2～0.5ｍ、0.1～0.2ｍと低かった。
5. 池水中のＣＯＤ、全窒素は、９月に最大となる傾向がみられ、都市下水等の流入により、富栄養化の著しい酒蓋池をのぞけば、ＣＯＤ値が10ppm前後、全窒素が２～３ppm程度にある。
6. アンモニア態窒素は、酒蓋池が終始３ppmに近い高濃度を示したが、他の３池は、給餌が本格的になる７月以降は１ppmを越え、８～10月には１～２ppmの濃度であった。亜硝酸態窒素、燐酸態燐も、酒蓋池において高濃度であるが、他の池では痕跡程度であった。
7. 底質からみた養魚による有機物の負荷は、６月と10月の分析値の比較から、強熱減量で３～５%の増加とみられた。
8. 調査した４溜池の生菌数は、表層水で10^3～10^4/mℓ、泥で10^5～10^7/ｇのオーダーの範囲にあった。６月と９月の２回の調査結果から、泥では明確ではないが、表層水中の生菌数は、各池とも９月に増加する傾向にあり、季節的変動がみられる。生菌叢は、泥の場合、粒子組成が粗い場合や底泥のＰＨが低い場合には、出現する菌の種類が少なかった。
9. 底棲動物の現存量を評価すると、松房池が最も多く、他の３つの溜池は極めて少なく、酒蓋池に至っては、６月、９月とも皆無であった。現存量の少ないことは、給餌養魚による多量の有機物の堆積と、停滞期のため、泥底面にはほとんど酸素のない状態が続いたことによると考えられ

た。

10．クロロフィルａ量は、５～７月では、酒蓋池を除く他の池で何れも30mg/m³以下で、それほど多くはない。しかしながら、８月以降は、高水温や養殖事業による有機物の増加などによって著しく増加し、９月に最高に達した。即ち、９月の最大量を示すと、中丸ため池では268.78mg/m³、北沢ため池60.52mg/m³、酒蓋池350mg/m³以上、松房池113.92mg/m³であった。

11．コイの取揚量は、中丸ため池が64,670kg、酒蓋池が18,000kg、松房池が38,000kgであり、これより放養量を差引いた生産量をha当りに換算すると、中丸ため池が14.8トン、酒蓋池が4.2トン、松房池が4.7トンと、ため池により大きな差がみられた。

12．コイの成長度は、中丸ため池では５月10日に平均体重186ｇのものが９月10日で平均体重950ｇに成長し、同様に、北沢ため池では５月23日に161ｇが９月11日で726ｇに、酒蓋池では４月25日で50ｇが９月12日で422ｇに、松房池では７月２日191ｇが９月12迄に877ｇのコイに成長した。これを日間成長率でみてみると、中丸ため池が６月11日から９月10日迄で1.635％となり、北沢ため池が６月12日から９月11日迄で1,281％、酒蓋池が６月13日から９月12日迄で1,421％、そして、松房池では８月10日から９月12日迄で1,599％であった。即ち、夏期における成長率では、中丸ため池－松房池－酒蓋池－北沢ため池の順に成長が良かった。

13．給餌努力は、各池とも水温が20℃を越える７，８，９月に重点的に行なわれ、この３ケ月でほぼ生産量も左右される。中丸ため池で試算した７月下旬の給餌量は、旬計7,120kg、給餌率は、１日あたり魚体重の2.37％であった。

14．給餌組成は、各池とも特徴的で、中丸ため池においては、水温の低い５，６月と10,11月に若干の麦を混ぜる他は配合と蛹を主体にする。しかも、蛹の量は水温により調節している。松房池では、麦、配合及び蛹を使用し、なかでも、蛹の占める割合が50％以上を示した点が特徴的である。また、酒蓋池では、麦を主体に給餌組成が組まれた。

文　　献

畑　久三ほか（1949）：溜池の生産増進に関する研究（プリント）.

中村一雄ほか（1954）：長野県塩田平の７面の溜池に於ける魚類の生産と水理生物学的環境及び増殖手段との関係、淡水研報、Vol３，Nov.１.

里見至弘ほか（1973）：淡水養魚池における富栄養化の限界、水圏の富栄養化と水産増養殖、日本水産学会編、53～61.

津田　勉ほか（1973）：淡水増養殖における富栄養化の限界、水圏の富栄養化と水産増養殖、日本水産学会編、62～67.

海老沼四郎（1979）：養鯉業における生産原価管理、日本大学大学院経済学研究科・昭和54年度修士論文.

大家正太郎（1980）：溜池における施肥養魚技術に関する研究、大阪府淡水魚試験場研究報告第６号.

千葉健治ほか：養魚講座１、鯉、緑書房.

水質分析結果表

表10－1　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.5.14）　天候（小雨　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0		13.0	7.1		＞60	11.12	105	1.81	0.01	0.002	0.083	tr	0.143	
5	0		15.0	6.8		＞60	9.38	92	1.62	0.06	0.012	0.151	〃	0.366	2.4
〃	2		15.0	6.9			9.64	95	2.15	0.02	0.002	0.090	〃	0.355	

表10－2　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.5.18）　天候（晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	15:20	14.3	7.0	1.3		10.46	102							2.9
〃	2		14.8	7.0			10.44	102							
3	0	14:40	14.4	7.0	1.3		10.15	99							4.5
〃	1.5		13.9	7.0			10.33	99							
〃	3.5		13.4	7.0			9.77	93							
4	0	13:18	14.2	7.0	1.3		10.04	97							5.3
〃	1.5		13.7	7.0			10.17	98							
〃	3.0		13.7	6.9			9.90	95							
〃	4.5		12.5	6.5			7.46	70							

表10－3　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.6.11）　天候（雨　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0		17.3	7.7		＞55			1.30	0.04	0.005	0.207	tr	0.234	
2	0	15:26	21.6	7.0	2.1	＞55	6.95	78	1.79	0.08	0.008	0.160	〃	0.556	2.4
〃	2		19.5	7.0			7.01	76	1.56	0.05	0.010	0.099	〃	0.192	
3	0	15:02	21.5	7.0	1.7	＞55	7.69	86	1.83	0.07	0.009	0.001	〃	0.546	4.5
〃	1.5		20.0	7.0			7.62	83							
〃	3.5		17.4	6.8			6.41	66	1.45	0.06	0.010	0.109	〃	0.266	
4	0	14:27	21.5	6.8	1.6	＞55	7.00	79	1.47	0.07	0.012	0.157	〃	0.522	5.5
〃	1.5		20.2	6.8			6.75	74							
〃	3.0		17.5	6.9			7.30	76							
〃	4.5		15.2	6.4			1.92	19	2.13	0.06	0.016	0.068	〃	0.654	
5	0		20.8	6.7	1.4	＞55	4.64	51	1.60	0.48	0.010	0.127	〃	0.714	
〃	1.5		20.6	6.6			3.94	43							
〃	2		20.6	6.6			3.65	40	1.70	0.75	0.011	0.032	〃		

表10－4　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.7.9）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0		24.0	7.2			8.57	101	1.64	0.05	0.030	0.271	tr	0.210	
2	0	15:34	26.7	7.4	1.0	41	8.98	111	5.13	0.09	0.045	0.206	〃		2.8
〃	2.0		23.6	7.3			9.72	113	2.90	0.78	0.028	0.261	〃		
3	0	15:13	27.3	7.3	1.0	43	8.90	111	3.39	0.73	0.045	0.219	〃		4.3
〃	1.5		24.9	7.3			10.51	125							
〃	3.5		20.2	6.6			1.53	17	2.97	0.81	0.034	0.178	〃		
4	0	14:34	26.7	7.2	0.9	37	8.87	110	3.49	1.13	0.044	0.192	〃	1.194	5.3
〃	1.5		25.5	7.0			6.71	81							
〃	3.0		21.7	6.7			2.46	28							
〃	4.5		18.8	6.6			0.20	2	3.81	0.89	0.036	0.228	〃	1.404	
5	0		26.8	7.0	1.0		6.66	32	4.39	0.96	0.048	0.197	〃	1.088	
〃	2		24.2	6.8			4.64	55	2.44	0.75	0.032	0.216	〃	1.018	

表10－5　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.8.8）　天候（快晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1		16:44	22.2	7.0		＞55	8.05	92	1.77	0.19	0.008	0.130	tr	0.137	
2	0	15:35	25.9	7.1	1.1	＞55	7.25	88	3.85	0.78	0.018	0.119	〃		2.5
〃	2		23.2	7.1			8.30	96	3.39	0.18	0.020	0.152	〃		
3	0	15:13	26.5	7.0	1.1	54	7.35	90	4.38	0.82	0.028	0.108	〃	1.009	4.5
〃	1.5		24.6	7.2			8.77	104	4.63	0.27	0.022	0.103	〃	0.844	
〃	3.5		21.5	6.6			2.31	26	7.07	0.67	0.023	0.016	0.005	1.515	
4	0	14:43	26.3	7.0	1.1	54	7.13	87	4.57	0.84	0.015	0.134	tr	1.180	5.3
〃	1.5		24.2	7.0			5.62	66	5.22	0.79	0.026	0.118	0.009	1.426	
〃	3		22.1	6.5			3.20	36	6.23	0.23	0.024	0.098	0.005		
〃	4.5		19.8	6.5			0	0	6.12	2.02	0.015	0.026	0.051	2.142	
5	0	16:15	26.8	7.0	0.9		7.11	88	4.63	0.82	0.029	0.092	tr	1.174	
〃	2		23.5	6.7			4.88	57	5.93	0.11	0.006	0.071	0.006	1.518	

表10－6　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.9.10）　天候（うすぐもり）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1			21.8				8.32	94	1.62	0.132	0.009			0.148	
2	0		24.7	7.7	0.8	39	9.88	117							2.8
〃	2		23.6	7.1			7.75	90	7.60	0.417	0.032			1.216	
3	0		24.8	8.1	0.6	31	11.25	134							4.2
〃	1.5		24.2	7.1			7.32	86	13.67	0.779	0.048			2.066	
〃	3.5		22.6	6.7			3.01	34	5.50	0.637	0.034			1.119	
4	0	14:50	24.4	7.5	0.7	31	9.00	107	11.00	0.838	0.041			1.926	5.0
〃	1.5		23.9	7.0			6.22	73	10.76	0.833	0.040			2.100	
〃	3.0		23.1	6.7			1.41	16	6.43	0.735	0.041				
〃	4.5		21.8	6.6			0.04	0.4	7.28	1.558	0.017			2.056	
5	0	16:10	24.5	7.6		30	9.90	117	7.89	0.764	0.041			1.824	
〃	1.9		24.2	7.0			5.85	69	10.11	1.073	0.049			1.930	

表10－7　水質分析結果（中丸ため池）

調査月日（1979.10.11）　天候（小雨のち曇）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0	16:00	17.0	7.0			9.34	96	1.42	0	0.003		tr	0.129	
2	0		18.8	7.2	1.0	49	10.58	113	3.48	0.764	0.018		0.011	0.987	3.2
〃	2.0		18.0	7.2			9.55	100	3.44	0.613	0.018		0.011	0.783	
3	0	15:00	18.7	7.4	1.1	＞60	10.31	110	3.96	0.769	0.022		0.014	1.197	4.2
〃	1.5		18.2	7.4			10.09	106	7.68	0.784	0.021		0.011	1.158	
〃	3.5		17.1	6.9			7.27	75	3.03	0.485	0.016		0.006	0.724	
4	0	14:20	19.1	7.6	1.0	＞60	11.63	125	3.40	0.745	0.018		0.012	1.023	5.0
〃	1.5		18.1	7.0			7.69	81	4.81	0.887	0.022		0.019	1.283	
〃	3.0		17.8	6.8			5.71	60	4.21	0.701	0.018		0.005	1.000	
〃	4.5		17.2	6.8			5.92	61	4.37	0.750	0.020		0.010	1.003	
5	0	13:32	18.2	6.6	0.7	39	4.02	42	3.56	1.014	0.018		0.022	1.446	1.9
〃	2.0		17.6	6.6			3.78	39	4.89	0.985	0.021		0.017	1.345	

表11－1　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.5.10）　天候（　晴　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
5	0		16.0	7.5		＞60	9.33	94	1.16	0.05	0.009	0.195	tr	0.542	2.2
〃	2		15.8	7.3			9.36	94	0.88	0.05	0.010	0.099	〃	0.450	
排水									1.12	0.02	0.010	0.057	tr	0.570	

表11－2　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.5.17）　天候（　雨　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	14:15	13.7	7.1	2.75		9.59	92							6.5
〃	2		13.6	7.0			9.57	92							
〃	4		13.6	7.1			9.55	91							
〃	6		13.1	7.0			8.98	85							
3	0	15:05	13.6	7.1	2.75		9.65	92							7.5
〃	2		13.6	7.0			9.62	92							
〃	4		13.4	7.0			9.49	90							
〃	6		12.6	7.7			8.46	79							
〃	7		12.2	8.5			8.33	77							
4	0	12:22	13.6	7.3	2.75		9.56	91							8.5
〃	2		13.5	7.1			9.64	92							
〃	4		13.6	7.2			9.57	92							
〃	6		13.2	7.1			9.02	85							
〃	8		11.8	7.6			6.67	61							

表11－3　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.6.12）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	10:46	21.6	6.4	2.0	＞55	6.62	74	1.77	0.05	0.003	0.206	tr	0.658	8.0
〃	2		21.4	6.4			6.19	69							
〃	4		19.6	6.6			6.21	78	1.12	0.06	0.010	0.116	〃	0.520	
〃	6		15.6	6.5			4.18	42	1.70	0.55	0.012	0.124	〃		
3	0	11:33	21.7	6.4	1.9	＞55	6.34	71	1.91	0.08	0.013	0.197	〃	0.564	8.15
〃	2		21.4	6.5			6.02	67							
〃	4		19.6	6.6			6.73	73	1.43	0.04	0.019	0.097	〃	0.546	
〃	6		18.8	6.6			6.59	70							
〃	7.5		13.6				0.35	3	1.43	1.26	0.006	0.091	〃		
4	0	12:25	21.6	6.4	2.0	＞55	6.19	70	1.79	0.05	0.009	0.095	〃	0.584	8.6
〃	2		21.4	6.4			5.58	63							
〃	4		19.4	6.4			4.97	54	1.12	0.05	0.014	0.213	〃	0.606	

表11－4　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.7.10）　天候（快晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	11:55	26.4	7.0	1.2	53	8.39	103	3.62	0.71	0.041	0.085	tr	1.350	
〃	2		24.6	6.9			9.02	107							6.8
〃	4		23.7	6.4			2.79	33	6.92	0.90	0.033	0.236	〃	1.376	
〃	6		21.2	6.3			0.19	2	3.77	0.66	0.032	0.100	〃	1.328	
3	0	13:25	26.7	7.2	1.1	57	8.83	109	3.79	0.70	0.045	0.178	〃	1.144	8.0
〃	2		24.8	6.9			8.22	98							
〃	4		23.4	6.4			2.52	29	2.95	0.92	0.033	0.134	〃	1.320	
〃	6		21.0	6.3			0.23	3							
〃	7.5		15.5	6.5			0	0	3.89	2.18	0.020	0.010	〃	2.204	
4	0	14:37	26.2	7.5	1.2	57	9.33	114	5.28	0.95	0.042	0.105	〃	1.256	8.2
〃	2		24.6	6.6			5.35	64							
〃	4		23.2	6.2			2.03	23	3.62	0.91	0.029	0.120	〃	1.382	
〃	6		20.5	6.3			0.17	2							
〃	7.5		15.6	6.5			0	0	1.81	2.24	0.028	0.059	〃	2.234	
5	0	15:58	25.0	6.5	1.2	48	4.42	53	4.02	1.22	0.048	0.116	〃	1.644	
〃	2		24.6	6.4			3.16	38	3.41	1.29	0.040	0.092	〃	1.824	

表11－5　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.8.9）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1			18.0	4.1			8.56	90	0.74	0.15	0.003	0.123	tr	0.089	
2	0	12:10	27.8	6.5	0.8	45	5.39	68	7.26	1.66	0.020	0.052	〃	1.499	6.9
〃	2		26.1	6.4			4.12	50	6.48	0.64	0.019	0.048	〃		
〃	4		25.6	6.2			1.94	23	6.04	2.52	0.021	0.065	〃	1.700	
〃	6		25.0	6.2			1.80	22	6.12	1.88	0.012	0.025	〃	1.563	
3	0	13:10	27.6	6.6	0.9	45	5.93	74	7.20	1.39	0.015	0.061	〃	1.515	8.3
〃	2		26.3	6.5			4.67	57	6.40	1.62	0.018	0.066	〃		
〃	4		25.6	6.2			1.55	19	3.96	1.56	0.020	0.042	〃	1.524	
〃	6		23.0	6.4			0.20	2	4.52	2.74	0.014	0.017	〃		
〃	8		18.6	6.3			0	0	9.47	4.73	0.016	0.003	0.008	4.085	
4	0	14:15	27.6	6.6	0.9	42	6.48	81	4.84	1.64	0.018	0.049	tr	1.518	7.9
〃	2		26.2	6.4			2.84	35	5.58	2.89	0.021	0.056	〃		
〃	4		25.6	6.2			1.67	20	5.15	1.72	0.020	0.024	〃	1.541	
〃	6		23.8	6.2			0	0	5.11	1.95	0.012	0.014	〃		
〃	7.5		20.1	6.2			0	0	10.56	4.03	0.008	0.003	〃	3.612	
5	0	15:28	27.6	6.7	0.9	38	4.95	62	6.52	1.80	0.019	0.057	〃	1.602	
〃	2		26.2	6.2			2.24	27	5.89	1.73	0.017	0.050	〃	1.817	

表11－6　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.9.11）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1		15:00	17.8	4.1			8.78	92	1.50	0.103	0.005			0.442	
2	0	11:10	23.6	6.4	0.7	26	2.98	35	6.00	1.803	0.016		0.005	2.185	6.8
〃	2.0		23.4	6.4			2.82	33	9.71	1.735	0.026		0.005	1.206	
〃	4.0		23.2	6.4			1.84	21	10.72	1.852	0.004		tr		
〃	6.0		23.2	6.3			1.05	12	6.40	1.759	0.006		0.005	2.139	
3	0	11:47	24.0	6.4	0.7	26	3.50	41	11.12	1.730	0.014		0.008	2.497	8.3
〃	2.0		23.7	6.4			2.88	34	9.99	1.686	0.016		0.007		
〃	4.0		23.4	6.4			2.19	25	9.91	1.656	0.015			2.481	
〃	6.0		23.3	6.3			1.19	14	10.30	1.666	0.013				
〃	8.0		23.1	6.3			1.04	12	10.27	1.642	0.006			2.516	
4	0	12:31	24.3	6.5	0.7	23	4.01	47	10.92	1.583	0.012			2.027	7.8
〃	2.0		23.4	6.4			2.57	30	10.84	1.691	0.009				
〃	4.0		23.7	6.4			2.03	24	11.81	1.695	0.008			2.458	
〃	6.0		23.4	6.4			2.00	23	9.91	1.632	0.007				
〃	7.0		23.3	6.4			0.82	10	9.58	1.744	0.009			2.600	
5	0	14:14	24.2	6.4		25	3.18	37	12.98	1.847	0.002		0.008	2.609	
〃	2.0		24.2	6.4			1.50	18	13.02	1.980	0.006		0.007	2.391	

表11－7　水質分析結果（北沢ため池）

調査月日（1979.10.12）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr：m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1		17:22	13.8	4.2			9.81	94	1.01	0.049	0		tr	tr	
2	0	14:10	19.7	6.7	0.6	31	6.86	74	10.96	1.509	0.007		〃	2.150	6.8
〃	2.0		18.3	6.5			4.45	47	10.35	1.671	0.010		〃	2.228	
〃	4.0	14:20	18.0	6.4			2.55	27	9.58	1.475	0.008		〃	2.609	
〃	6.0		18.0	6.4			2.30	24	8.21	1.548	0.013		〃	2.558	
3	0	14:50	19.8	6.7	0.6	36	6.89	75	10.96	1.475	0.008		〃	2.214	8.1
〃	2.0		18.5	6.5			4.17	44	9.02	1.571	0.010		〃	2.611	
〃	4.0		18.0	6.4			2.28	24	8.90	1.544	0.009		〃	2.150	
〃	6.0		17.9	6.3			2.41	25	8.69	1.573	0.009		〃	2.656	
〃	7.5		17.9	6.4			2.38	25	8.41	1.691	0.013		〃	2.793	
4	0	15:30	18.0	6.4	0.55	27	3.44	36	10.27	1.725	0.010		〃	2.206	7.6
〃	2.0		18.0	6.4			3.23	34	9.62	1.622	0.013		〃	2.667	
〃	4.0		17.9	6.4			2.75	29	10.51	1.720	0.010		〃	2.103	
〃	6.0		18.0	6.4			2.97	31	8.90	1.607	0.009		〃	2.701	
〃	6.8		17.7	6.4			2.27	24	8.09	1.769	0.014		〃	2.424	
5	0	16:26	18.3	6.4	0.55	25	2.54	27	9.95	1.720	0.011		〃	2.438	
〃	2.0		18.0	6.4			2.24	24	8.94	1.642	0.018		〃	2.228	

表12－1　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.5.10）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr：m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0		22.1	7.0		24	3.26	37	6.75	3.45	0.069	0.057	0.864	5.340	1.5
〃	1		19.6				2.68	29	7.83	3.45	0.014	0.144	0.985	4.834	
5	0		21.0	6.9		31	4.23	47	6.25	3.63	0.039	0.113	1.088	5.125	1.5
〃	1		18.4	7.0			1.94	21	5.95	3.63	0.043	0.021	1.024	5.533	

表12－2　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.5.19）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr：m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	9:47	16.8	8.8			17.08	175							
〃	0.7		14.2	8.2			12.79	124							
3	0	9:15	15.8	8.7	0.4		15.96	160							1.3
〃	0.7		14.7	7.9			13.24	130							
4	0	8:45	16.4	8.9	0.4		18.86	191							1.5
〃	0.7		14.8	8.4			15.16	149							

表12－3　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.6.13）　天候（　晴　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0	10:31	21.8	7.0		32	5.83	66	7.55	3.42	0.108	0.026	0.68	3.452	
2	0	10:06	23.2	7.2	0.55	25	7.69	89	8.18	2.70	0.047	0.044	0.512	4.366	
〃	0.8		22.6	7.0			6.56	75							
3	0	9:54	22.8	7.2	0.6	29	8.03	92	9.40	2.70	0.059	0.002	0.50	4.052	1.4
〃	1.0		21.8	6.7			0.99	11							
4	0	9:41	22.2	7.8	0.6	30	5.79	66	9.23	2.64	0.094	0.003	0.54	4.326	1.4
〃	1.0		22.0	6.8			3.34	38							

表12－4　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.7.11）　天候（　雨　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	10:08	24.7	7.0	0.35	19	4.61	55	17.32	2.56	0.101	0.196	0.38	7.962	1.2
〃	1.0		24.2	6.9			2.38	28							
3	0		24.7	7.0	0.45	18	3.22	38	11.97	2.90	0.101	0.215	0.36	5.320	1.3
〃	1.0		24.5	6.9			2.26	27							
4	0	9:30	24.8	6.9	0.5	27	1.69	20	9.49	2.62	0.068	0.015	0.35	3.634	1.4
〃	1.0		24.7	6.8			1.02	12							
5	0	10:52	24.7	6.9	0.55	24	2.55	30	10.08	2.52	0.060	0.156	0.34	1.018	
〃	1.0		24.6	6.9			2.18	26							

表12－5　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.8.10）　天候（　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0		29.8	9.4	0.2	15	12.51	163	20.68	3.37	0.030	0.066	0.183	10.035	1.1
〃	0.8		27.9	7.3			10.03	126							
3	0		28.5	8.0	0.2	14	10.10	129	20.45	1.03	0.172		0.073	9.532	1.3
〃	1		27.9	7.5			9.04	114							
4	0	10:00	28.7	7.3	0.2	12	6.96	89	20.41	1.57	0.028	0.029	0.073	9.439	1.4
〃	1		27.7	7.0			6.70	84							
5	0		27.9	6.8		12	3.53	44	20.66	2.39	0.057		0.179	8.659	1.7
〃	1.5		27.4	6.8			2.63	33							

表12－6　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.9.12）　天候（　晴　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	10:17	22.6	7.0	0.2	12	6.20	71	26.89	2.617	0.024		0.022	10.720	1.2
〃	1.0		22.0	6.8			2.77	31							
3	0	10:07	23.0	7.0	0.3	13	3.70	43	23.25	2.955	0.018		0.015	9.367	1.3
〃	1.0		22.3	6.8			1.67	19							
4	0	9:50	22.4	6.8	0.25	13	2.81	32	23.21	2.969	0.030		0.019	9.439	1.5
〃	1.0		22.2	6.8			1.27	14							
5	0		22.3	6.8	0.25	14	3.77	43	22.40	3.038	0.018		0.011	9.669	1.8
〃	1.5		22.2	6.8			2.34	27							

表12－7　水質分析結果（酒蓋池）

調査月日（1979.10.13）　天候（　晴　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	10:43	19.0	7.0	0.35	16	8.38	90	20.22	2.920	0.133		0.131	5.349	1.1
〃	0.8		18.4	6.9			6.08	64							
3	0	10:33	18.8	6.9	0.45	19	6.18	66	18.85	2.573	0.121		0.162	4.818	1.4
〃	1.0		18.2	6.8			4.66	49							
4	0	10:20	18.7	6.9	0.4	18	3.67	39	18.93	2.720	0.114		0.166	4.834	1.4
〃	1.0		18.2	6.8			3.10	33							
5	0	11:19	18.4	6.8	0.4	17	4.21	45	13.38	2.788	0.125		0.181	4.398	1.8
〃	1.5		18.2	6.9			4.39	46							

表13－1　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.5.11）　天候（くもり　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0		19.4	5.8		14	15.40	166	5.89	0.68	0.043	0.155	0.01	1.418	
4	0		20.5	8.4		19			5.66	0.18	0.043	0.040	tr	1.664	
5	0		21.3	9.2		20	15.96	178	5.45	0.21	0.053	0.061	〃	1.292	1.6
〃	1		20.5	9.2			8.60	95	4.10	0.23	0.029	0.076	〃	1.286	

表13－2　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.5.19）　天候（曇時々小雨）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	13:30	18.6	6.6			9.86	105							0.4
3	0	13:02	17.7	6.6	0.8		9.63	100							0.8
〃	0.5		16.6	6.6			9.72	99							
4	0	12:33	18.5	6.7	0.8		9.39	99							0.9
〃	0.7		16.5	6.7			9.45	96							

表13－3　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.6.13）　天候（くもり　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1			23.8	6.5			6.01	70	2.25	0.03	0.027	0.190	tr	0.558	
2	0	13:33	24.0	6.5		＞55	5.29	62	2.61	0.57	0.014	0.106	〃	0.982	0.7
3	0	13:22	24.0	6.5		＞55	5.75	67	2.92	0.63	0.016	0.193	〃	1.006	0.8
4	0	13:10	23.4	6.4		＞55	5.79	67	2.86	0.63	0.014	0.233	〃	0.974	1.2
〃	0.8		23.1	6.5											
5	0	14:00	23.8	6.5			6.01	70	2.71	0.57	0.010	0.159	〃		

表13－4　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.7.11）　天候（　雨　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1	0	15:20	22.1	6.1			7.31	83	2.04	0.04	0.030	0.242	tr	0.506	
2	〃	14:20	23.9	6.1	0.2	11	7.64	89	3.32	0.09	0.037	0.217	〃	0.828	0.7
3	〃	14:10	24.4	6.0	0.15	7	6.51	77	3.47	0.57	0.045	0.222	0.02	1.396	0.8
4	〃	13:50	24.9	5.9	0.1	5	4.20	50	3.79	0.60	0.046	0.240	0.03	1.082	0.9
5	〃	15:03	24.7	5.8	0.15	5	3.77	45	5.30	0.51	0.049	0.208	0.04	1.178	

表13－5　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.8.10）　天候（　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1			26.5	6.0		29	14.92	183	4.00	0.24	0.020	0.314	tr	0.484	
2	0	14:52	30.6	7.9	0.25	14	11.85	157	6.00	0.19	0.024	0.142	〃	1.107	0.65
3	0	14:32	30.0	7.0	0.25	15	12.78	168	5.43	0.58	0.026	0.191	〃	1.409	0.8
〃	0.6		29.7	6.9			12.47	163							
4	0	14:07	29.2	6.6	0.3	13	8.40	108	5.26	1.23	0.070	0.132	0.008	1.468	0.9
〃	0.7		28.5	6.3			6.74	86							
5	0		28.4	6.4	0.25	11	7.41	94	4.17	1.29	0.072	0.114	0.005	1.806	1.7

表13－6　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.9.12）　天候（　晴　　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
2	0	13:57	25.8	6.7	0.2	9	8.26	100	17.43	1.632	0.032		tr	2.588	0.7
3	0	13:51	25.4	7.0	0.25	13	8.94	108	11.36	1.632	0.046		〃	2.198	0.8
〃	0.5		24.9	6.9			9.10	108							
4	0	13:38	25.1	6.6	0.25	11	5.53	66	15.21	1.857	0.036		〃	2.667	0.8
〃	0.5		25.5	6.6			5.48	66							
5	0	14:15	25.3	6.2	0.2	11	3.55	43	18.40	2.043	0.036		〃	2.374	1.5
〃	1.0		25.3	6.4			4.31	52							

表13－7　水質分析結果（松房池）

調査月日（1979.10.13）　天候（晴のち曇　）

St.	観測層 (m)	時間 hr:m	水温 ℃	pH	透明度 (m)	透視度 (cm)	溶存酸素 ppm	飽和度 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm	水深 m
1		15:26	19.5	6.4		27	8.05	87	6.59	0.897	0.096		0.010	0.984	
2	0	14:22	19.3	6.4	0.2	8	6.99	76	22.48	1.720	0.071		0.007	2.528	0.6
3	0	14:10	19.8	6.6	0.21	9	7.70	84	16.74	2.293	0.059		0.012	2.791	0.7
〃	0.5		19.7	6.6			7.57	82							
4	0	14:00	19.5	6.4	0.2	10	6.17	67	17.79	2.749	0.058		0.015	3.162	0.9
〃	0.5		19.2				4.96	53							
5	0	14:42	19.3	6.4	0.18	7	5.86	63	21.43	2.592	0.058		0.014	3.461	

福島内水試研報第４号　昭和56年３月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar.1981

試験池における高密度養鯉試験

マゴイの成長と飼育環境について

石川幸児・鈴木　馨・佐藤　脩・佐野秋夫・高田寿治

A Study on the Intensive Carp Culture in the Artifical Pond

On the Growth and Environmental Condition of Cultured Carp, Cyprinus carpio

Koji ISHIKAWA, Kaoru SUZUKI, Shu SATŌ, Tokio SANO and Toshiharu TAKADA

緒　　言

マゴイの生産は、溜池などの無給餌による粗放的養魚から流水池における集約的な給餌養魚まで様々な方法により行なわれているが、生産性の高い方法は、溜池での給餌養鯉、網生簀養鯉、流水養鯉が代表的なものとしてあげられよう。

溜池養鯉の１ha当り生産量は５トン程度[1]とされ、流水養鯉[2]では注水量にもよるが前者の200～400倍の生産が可能とされている。しかし、このような流水養鯉は群馬県、長野県、岐阜県等の極く限られた場所に発達した養鯉方法で、福島県内のマゴイの養殖は、注水量の少ない灌漑用溜池養鯉が大部分を占めている。県内の生産量は、漁業養殖生産統計年報によれば1,682トン[3]とされており、ha当りの収獲量は溜池の性状にもよるが５トン前後の場合が多い。また、溜池への種苗の放流量はha当り300kgから500kg以上とされ、収獲時にはおおむね10倍の増重を見込んで給餌養殖が行なわれている。

ここでは、止水池での単位面積当りの生産限界がどのあたりにあるかを知るために、m²当りの種苗放流量を0.052kgを基準にして、２倍の0.11kg、約５倍の0.25kgと増加した場合の増重量・成長・飼料効率・日間成長率などについて検討を行ない、併せて飼育環境の変化も調査した。

材　料　と　方　法

試験期間　飼育試験は昭和54年６月１日から同年10月21日までの143日間行なった。

供試魚　当場産マゴイ１年魚を用い、試験開始前日にできるだけ同型に選別し、１区は23尾（平均体重112.4ｇ）、２区は48尾（平均体重115.1ｇ）、３区は104尾（平均体重120.2ｇ）宛放養し、m²当りの重量は１区が51.7ｇ（ha換算で517kg）、２区は１区の２倍の110.5ｇ（ha換算で1,105kg）、３区は１区の５倍の250ｇ（ha換算で2,500kg）とした。各試験池のm²当りの放養尾数は１区が0.46尾、２区が0.96尾、３区が2.08尾である。

供試飼料　市販の鯉用配合飼料（ペレット径３mmから５mm）を与えた。飼料の成分を表１に示す。

飼育環境条件　試験池は屋外に設置したコンクリート水槽（５ｍ×10ｍ×１ｍ有効水深0.8ｍ）、水容量40トンのものを３面（１・２・３区各１面）用いた。また、飼育用水は河川水を用い、各池ごとに毎分１ℓ（換水率１回/27.8日）の割合で注水し、ほぼ天水溜池に近い条件とした。飼育期間中の水温、ＰＨ、透視度を表２に示す。

飼育経過　配合飼料は１日６回手まきで与え、各池とも給餌量は特に定めないで摂餌の状況をみ

表1　供試飼料の成分

成分%＼種類	鯉養成用P－3 ペレット径3㎜	鯉養成用P－5 ペレット径5㎜
粗蛋白質	39.0 以上	39.0 以上
粗脂肪	3.0 以上	3.0 以上
粗繊維	5.0 以下	5.0 以下
粗灰水	15.0 以下	15.0 以下
カルシウム	1.5 以上	1.5 以上
リン	1.6 以上	1.6 以上

ながら残餌のないよう飽食するまで与え、その日の最終給餌後残量を計算し1日の給餌量とした。

飼育当初1区では放養尾数が少ないためか給餌場に集まらない傾向にあったが、1週間を経過するころにはいずれの区とも活発に摂餌した。しかし、3区において7月27日に酸欠によるとみられる斃死が発生したため、各池ごとにエアストーンを1個宛投入して通気を行ないながら継続飼育した。

魚体測定　各池ともほぼ30日ごとに任意に標本魚を抽出し、体長・体重の測定を行なった。また、最終取上げ時には完全に排水し全数測定を行なった。なお、魚体の測定に際しては麻酔剤Ms-222を使用した。

水質分析　6月から10月にかけて毎月1回排水部付近で北原式採水器を使用して採水し、下記の項目について分析した。結果を表3から表5に示す。また、8月19日から20日にかけて水温・PH・溶存酸素について2時間おきに、NO_2-N、NH_4-Nについては4時間おきに24時間観測を併せて行なった。結果を表6に示す。

水　温……水銀棒状温度計
P　H……比色法、ガラス電極法
透視度……1㎝目盛をふった直径3.5㎝、長さ60㎝のガラス管
溶存酸素……ウインクラーアジ化ナトリウム変法
COD……硫酸々性過マンガン酸カリウム法
T－N……ミクロケルダール法
NH_4-N……ネスラー法
NO_2-N……G・R法
PO_4^{3-}……塩化第1スズ法

結　　果

飼育結果　143日間の飼育成績について表7に示す。また、各試験区ごとの総重量の変化を図1に示す。1区は放養当初2.58kgの重量が143日後には7.27倍の18.77kgとなり、その増重量は16.18kgで増重倍率は758.9%になった。2区は1区の2倍の5.59kgを放養し、最終的には6.67倍の37.17kgとなり、増重量は31.74kgで増重倍率は674.5%になった。3区は1区の5倍の12.50kgが最終的には4.24倍の53.04kgとなり、増重倍率は474.5%になった。次に、体重の分布と平均体重の変化を図2から図4に示す。1区は平均体重112.4gのものが143日後には、平均体重が853.0gとなり1,250gに達した個体も出現したが、最小個体は400gで体重の標準偏差は173gと大

表2　飼育池の水温・PH・透視度

区	飼育日数	期間	水温(℃) 最高	最低	平均	PH	透視度(cm)
1区	30日	6月1日～6月30日	29.0	17.0	23.4	8.2	39.8
	31	7.1～7.31	30.5	19.4	24.8	9.0	21.8
	31	8.1～8.31	30.5	22.0	26.5	9.3	18.8
	33	9.1～10.3	27.3	16.9	21.2	8.8	14.2
	18	10.4～10.21	21.7	13.8	16.9	8.0	12.7
	平均		24.5	21.3	22.9	8.5	20.4
2区	30	6.1～6.30	29.0	17.0	23.3	7.9	36.7
	31	7.1～7.31	30.6	19.4	24.7	8.5	21.9
	31	8.1～8.31	31.0	22.0	26.3	8.6	14.2
	33	9.1～10.3	28.0	17.7	21.8	8.0	8.7
	18	10.4～10.21	21.8	13.8	16.4	7.5	14.7
	平均		24.7	21.1	22.9	8.1	19.2
3区	30	6.1～6.30	29.0	17.0	22.5	7.2	57.5
	31	7.1～7.31	30.5	19.8	24.7	8.1	21.1
	31	8.1～8.31	30.5	22.2	26.3	8.2	9.1
	33	9.1～10.3	30.0	17.0	21.6	7.7	18.0
	18	10.4～10.21	22.0	13.6	16.6	7.4	15.8
	平均		24.6	21.1	22.9	7.7	24.3

きく成長のバラツキがみられた。2区は平均体重115.1gのものが143日後には、平均体重776.1gとなり1区と同様に最大1,250gから最小500gとなり標準偏差は168gとなった。一方、3区では平均体重120.2gのものが143日後には、平均体重570.3gとなり最大900g、最小360gで1，2区にくらべるとかなり成長が劣り、当然のことながら放養量の少ない区で成長の良い傾向を示した。また、単位面積当りの取上げ重量をみると、1区が0.375kg/m²（ha換算3.75トン）、2区が0.745kg/m²（ha換算7.45トン）、3区が1.061kg/m²（ha換算10.61トン）となった。しかし、2区と3区は放養量を1区の2倍、5倍としたが、増重量は前者が1.986倍と順調に増加したのに対し、後者は2.8倍にと

表3　水質分析結果（1区）

月　日	時刻	観測層 (m)	水温 ℃	PH	透明度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm
6月18日	16:00	0	27.7	8.9	50	8.78	110.3	3.87	0.11	0.007	0.012	0.01以下	0.894
7月11日	16:00	0	23.8	9.6	22	9.53	111.3	6.19	0.14	0.027	0.004	0.01	—
		0.5	23.8	9.6	—	9.53	109.2	—	—	—	—	—	—
8月10日	18:00	0	29.9	>9.8	12.9	12.17	157.6	13.00	0.59	0.007	0.001	tr	1.897
		0.65	29.0	>9.8	—	12.52	162.6	—	—	—	—	—	—
9月12日	16:30	0	23.2	>9.8	12.5	19.03	233.9	32.23	0.162	0.010	—	0.01	3.020
		0.5	23.1	>9.8	—	18.57	227.8	—	—	—	—	—	—
10月13日	9:25	0	16.8	9.0	9.3	12.17	124.3	27.22	0.181	0.012	—	0.007	—
		0.5	16.8	9.0	—	12.56	128.3	—	—	—	—	—	—

時刻　159.1　94.1

表4　水質分析結果（2区）

月　日	時刻	観測層 (m)	水温 ℃	PH	透明度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm
6月18日	16:00	0	28.0	9.7	23	12.60	159.1	7.76	0.220	0.009	0.011	0.01	1.636
7月11日	16:00	0	23.4	7.8	27	7.43	86.2	6.94	0.310	0.024	0.023	0.02	1.412
		0.5	23.4	7.6	—	8.11	94.1	—	—	—	—	—	—
8月10日	18:00	0	29.4	>9.8	6.5	12.99	168.3	18.83	0.980	0.012	—	0.005	9.614
		0.5	28.6	>9.8	—	12.88	164.5	—	—	—	—	—	—
9月12日	16:30	0	23.2	9.1	5.7	10.84	133.2	63.01	0.319	0.022	—	0.013	12.130
		0.5	22.9	9.1	—	11.56	141.3	—	—	—	—	—	—
10月13日	9:40	0	16.7	8.0	11.6	10.09	103.0	26.97	0.270	0.199	—	0.005	—
		0.5	16.6	8.0	—	10.00	101.8	—	—	—	—	—	—

表5　水質分析結果（3区）

月　日	時刻	観測層 (m)	水温 ℃	PH	透明度 (cm)	溶存酸素 ppm	溶存酸素 %	COD ppm	NH_4-N ppm	NO_2-N ppm	NO_3-N ppm	PO_4^{3-} ppm	T－N ppm
6月18日	16:00	0	26.6	8.0	>55	9.76	120.2	2.61	0.070	0.012	0.009	0.01	0.984
7月11日	16:00	0	22.8	7.6	27	7.33	84.1	8.71	0.140	0.034	0.020	0.01	1.988
		0.5	22.9	7.5	—	7.82	89.9	—	—	—	—	—	—
8月10日	18:00	0	29.2	>9.8	4.5	13.09	168.9	14.03	0.420	0.015	—	0.005	13.845
		0.65	28.8	9.6	—	13.28	170.3	—	—	—	—	—	—
9月12日	16:30	0	22.8	>9.8	7.9	17.81	217.4	54.51	0.225	0.128	—	0.012	5.238
		0.5	22.8	>9.8	—	17.99	219.6	—	—	—	—	—	—
10月13日	9:50	0	16.2	8.4	15.7	12.56	126.9	19.53	0.191	0.042	—	0.035	—
		0.5	16.4	8.4	—	—	125.7	—	—	—	—	—	—

表 6　24時間の水質分析結果

調査月日（1979. 8 .18～ 8 .19）

区分 / 項目 / 時刻	1区 水温 ℃	1区 PH	1区 溶存酸素 ppm	1区 溶存酸素 %	1区 NO_2-N ppm	1区 NH_4-N ppm	2区 水温 ℃	2区 PH	2区 溶存酸素 ppm	2区 溶存酸素 %	2区 NO_2-N ppm	2区 NH_4-N ppm	3区 水温 ℃	3区 PH	3区 溶存酸素 ppm	3区 溶存酸素 %	3区 NO_2-N ppm	3区 NH_4-N ppm
10:00	26.5	9.8	7.2	94.2	0.268	0.776	26.3	8.0	4.5	58.1	0.510	1.770	25.8	6.7	1.4	18.1	0.370	1.320
12:00	27.9	9.8	8.9	119.2	—	—	27.5	8.9	7.3	97.1	—	—	27.3	6.7	2.0	26.8	—	—
14:00	29.2	9.8	11.7	161.5	0.230	0.794	28.8	9.4	10.7	146.0	0.450	0.960	28.9	7.0	2.8	38.5	0.470	1.666
16:00	29.1	9.8	13.3	182.5	—	—	29.1	9.6	10.8	148.0	—	—	28.9	7.0	2.3	31.4	—	—
18:00	28.5	9.8	11.1	151.0	0.306	0.726	28.5	8.9	7.6	102.9	0.392	1.506	28.2	6.9	1.3	17.2	0.450	1.770
20:00	27.7	9.8	9.1	121.2	—	—	27.9	7.8	3.8	50.4	—	—	27.2	6.8	0.7	9.3	—	—
22:00	27.5	9.8	7.6	101.7	0.408	0.796	27.3	7.4	2.4	32.1	0.320	0.490	26.9	6.8	0.6	7.3	0.334	1.718
24:00	26.9	9.6	6.6	87.2	—	—	26.9	7.1	2.0	26.2	—	—	26.4	6.7	0.4	5.6	—	—
2:00	26.6	9.4	5.6	73.7	0.288	0.350	26.5	7.1	1.0	13.1	0.274	0.796	25.9	6.7	0.6	7.2	0.354	1.650
4:00	26.2	9.0	4.6	59.7	—	—	26.1	7.0	1.0	12.4	—	—	25.5	6.7	0.5	7.0	—	—
6:00	25.8	8.9	4.0	51.1	0.266	0.596	25.6	7.0	0.8	10.1	0.168	0.854	25.0	6.8	0.4	4.9	0.400	1.930
8:00	26.1	9.0	5.5	71.2	—	—	26.8	7.2	2.7	34.3	—	—	25.3	6.8	1.5	19.0	—	—
10:00	27.0	9.4	7.7	102.3	0.248	0.560	26.8	7.5	4.3	56.1	0.228	1.230	26.4	7.0	2.9	37.7	0.312	1.926

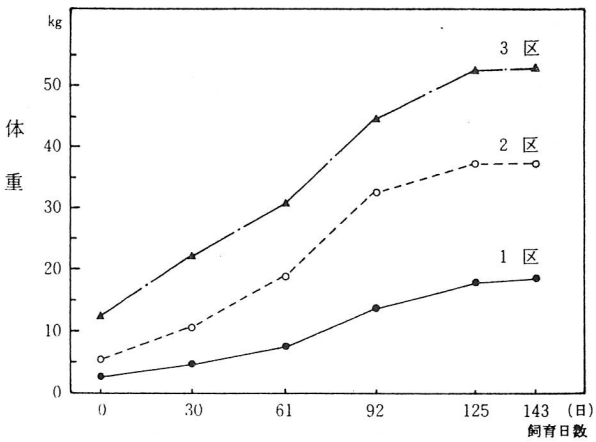


図 1　総 重 量 の 変 化

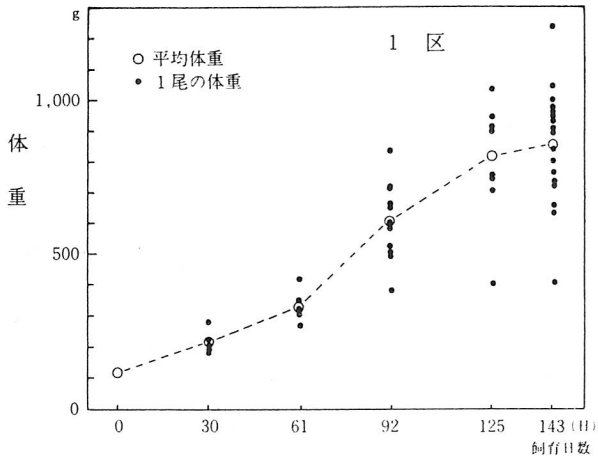


図 2　体重の分布と平均体重の変化

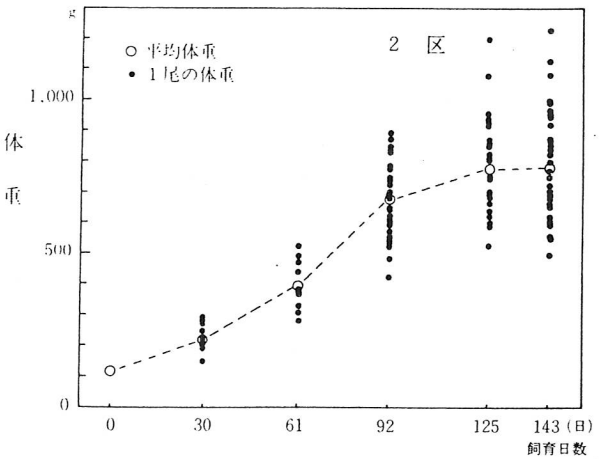


図 3　体重の分布と平均体重の変化

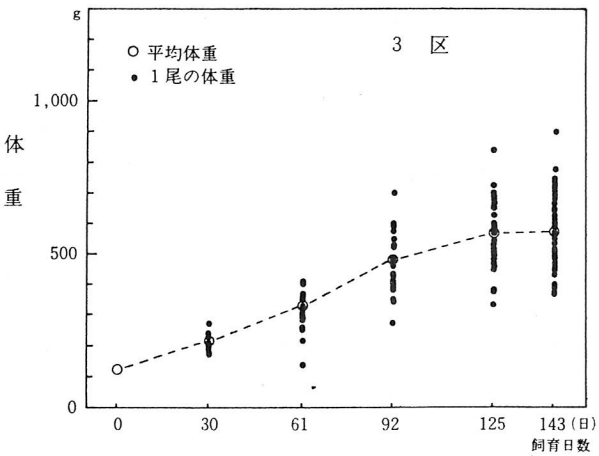


図 4　体重の分布と平均体重の変化

表7　飼　育　成　績

項　目	飼育日数	1　区	2　区	3　区
(1) 総尾数 (尾)	0	23	48	104
	144	22	48	93
(2) 総重量 (kg)	0	2,585	5,526	12,502
	30	4,906	10,646	22,162
	61	7,512	18,998	30,625
	92	13,812	32,506	44,603
	125	18,003	37,171	52,489
	143	18,766	37,262	53,038
(3) 平均体重 (g)	0	112.4	115.1	120.2
	30	213.3± 32.2※	221.8± 36.0※	213.2± 26.4※
	61	326.6± 48.6	395.8± 74.8	329.3± 69.3
	92	600.5±117.9	677.2±122.3	479.6± 88.1
	125	818.3±179.4	774.4±159.2	564.4±103.2
	143	853.0±173.0	776.1±168.0	570.3±102.0
(4) 斃死尾数 (尾)	30	0	0	0
	61	0	0	8
	92	0	0	0
	125	0	0	0
	143	0	0	0
	全期間	0	0	8
(5) 斃死重量 (g)	30	0	0	5,400
	61	0	0	0
	92	0	0	0
	125	0	0	0
	143	0	0	0
	全期間	0	0	5,400
(6) 不明減耗尾数 (尾)	全期間	1	0	3
(7) 推定不明重量 (g)	全期間	482.7	0	1,035.8
(8) 尾数歩留 (%)	全期間	95.6	100.0	89.4
(9) 増重量 (kg)	30	2.321	5.120	9.660
	61	2.606	8.352	8.463
	92	6.300	13.508	13.978
	125	4.191	4.665	7.886
	143	0.763	0.091	0.549
	全期間	16.181	31.736	40.536
(10) 増重倍率 (%)	30	189.8	192.7	177.3
	61	153.1	178.4	154.5
	92	183.7	171.1	145.6
	125	136.3	114.4	117.7
	143	104.2	100.2	101.0
	全期間	758.9	674.5	474.5

項　目	飼育日数	1　区	2　区	3　区
(11) 原物給餌量 (kg)	30	2,524	5,046	9,183
	61	3,241	9,581	15,895
	92	7,083	13,993	15,517
	125	8,210	10,190	13,130
	143	4,268	5,618	6,195
	全期間	25,326	44,428	59,920
(12) 原物飼料効率 (%)	30	92.0	101.5	105.2
	61	80.4	87.2	53.2
	92	88.9	96.5	90.1
	125	51.0	45.8	60.1
	143	0.2	0.02	0.09
	全期間	63.9	71.4	67.7
(13) 補正原物飼料効率(%)	全期間	65.8	71.4	69.9
(14) 日間成長率 (%/day)	30	2.133	2.184	1.908
	61	1.373	1.866	1.401
	92	1.962	1.730	1.211
	125	0.937	0.406	0.493
	143	0.230	0.012	0.058
	全期間	1.416	1.333	1.088
(15) 日間給餌率 (%/day)	全期間	2.195	1.867	1.511
(16) 肥満度	30	38.4± 4.4※	35.4± 2.0※	34.4± 2.2※
	61	32.0± 1.7	32.6± 1.8	32.2± 2.7
	92	34.6± 2.4	33.9± 2.1	33.7± 2.9
	125	32.7± 2.3	32.5± 2.3	33.0± 2.3
	143	33.2± 4.3	31.3± 2.4	32.2± 2.7

計算方式

不明尾数　$N_3 = N_0 - (N_1 + N_2)$

不明推定重量　$W_3 = N_3 \times (w_0 + w_1) / 2$

増重量　$W_4 = W_1 - W_0$

補正増重量　$W_5 = (W_1 + W_2 + W_3) - W_0$

増重倍率　$= w_1 / w_0 \times 100$

原物飼料効率　$C_0 = W_4 / F \times 100$

補正原物飼料効率　$C_1 = W_5 / F \times 100$

日間成長率　$\log\left(\frac{w_1}{w_0}\right) \times 230 \div$ 日数

日間給餌率　$\log\left(\frac{W_1 + W_3}{W_0}\right) \times 2.3 \div$ 日数 $\div C_0 \times 10^4$

肥満度　$W^3 / L^3 \times 10^3$

記号

N_0 放養尾数　W_0 放養重量　w_0 放養平均体重

N_1 取上尾数　W_1 取上重量　w_1 取上平均体重

N_2 斃死尾数　W_2 斃死重量　F 給餌量

註：※は標準偏差

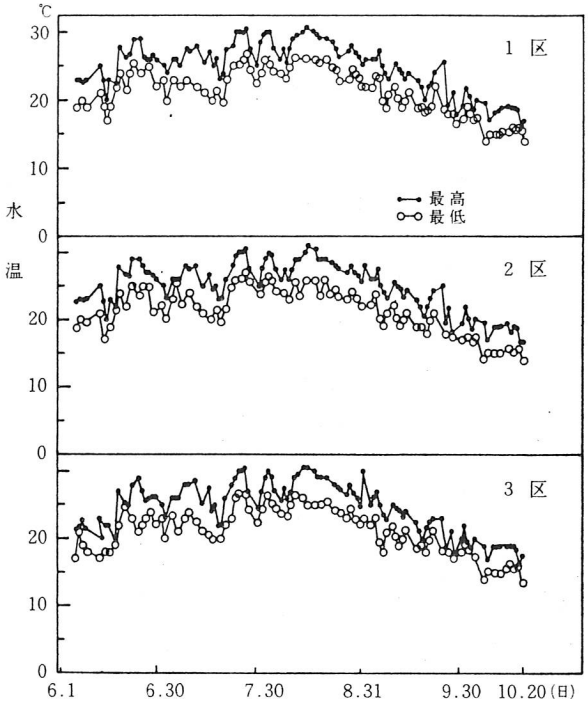


図5　水温の経日変化

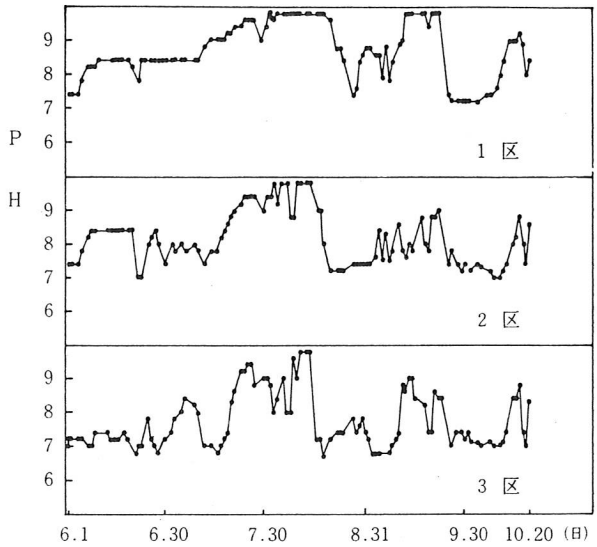


図6　ＰＨの経日変化

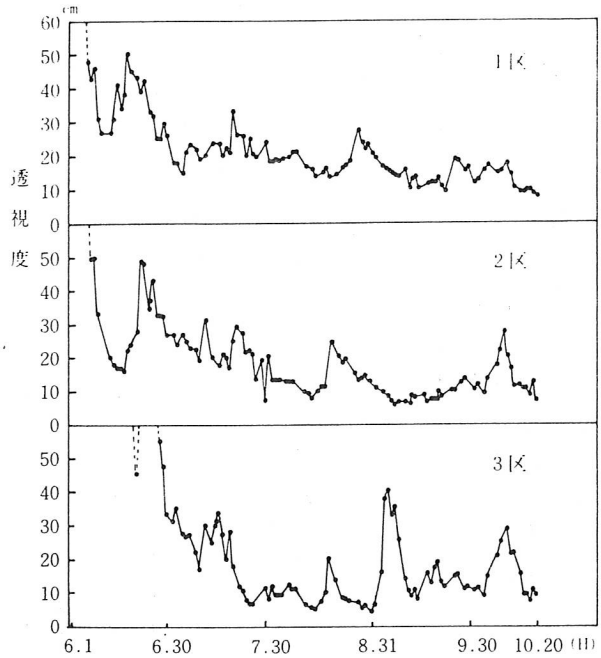


図7　透視度の経日変化

どまり、成長・増重倍率とも１，２区より低い値を示した。飼料効率は２区が71.4%、３区が67.7%、１区が65.8%となり、１区は他の２区より低い値を示したが、放養尾数が少ないことと、青粉の発生にともない透視度が低下したため摂餌状況が把握できず、やや過給餌の傾向にあったことが影響したものと考えられる。日間成長率では、１区＞２区＞３区の順となり、放養量の少ない区で高い値を示した。日間給餌率も同様の傾向を示し、１区＞２区＞３区の順となった。栗原[4]は諏訪湖において網生簀養鯉を行ない、水温別魚体別の給餌率表を作成したが、この給餌率と比較すると１区がかなり近い値を示したものの、２，３区では低い傾向にあった。肥満度においては３区間に大きな差は見られなかった。

水　質

水温の経日変化を図５に示す。３区とも最高水温は30℃に達したものの長くは続かず、143日間の平均水温はいずれも22.9℃であった。

ＰＨの経日変化を図６に示す。１区は飼育日数の経過とともに上昇傾向を示し、７月の中旬以降には９台に達し、８月上旬には9.8の高い値となりその後上下変動を繰返した。２区は８月までは１区とほぼ同じ傾向を示したが、９月からは上下変動がみられた。３区は他の２区よりも経日変化が大きく、やや不安定な傾向にあった。いずれの区も９月の下旬において急激なＰＨの低下がみられたが、一般の溜池で発生する水変り現象の発生時期と同じ時期であることから同一の現象が起ったものと推察される。

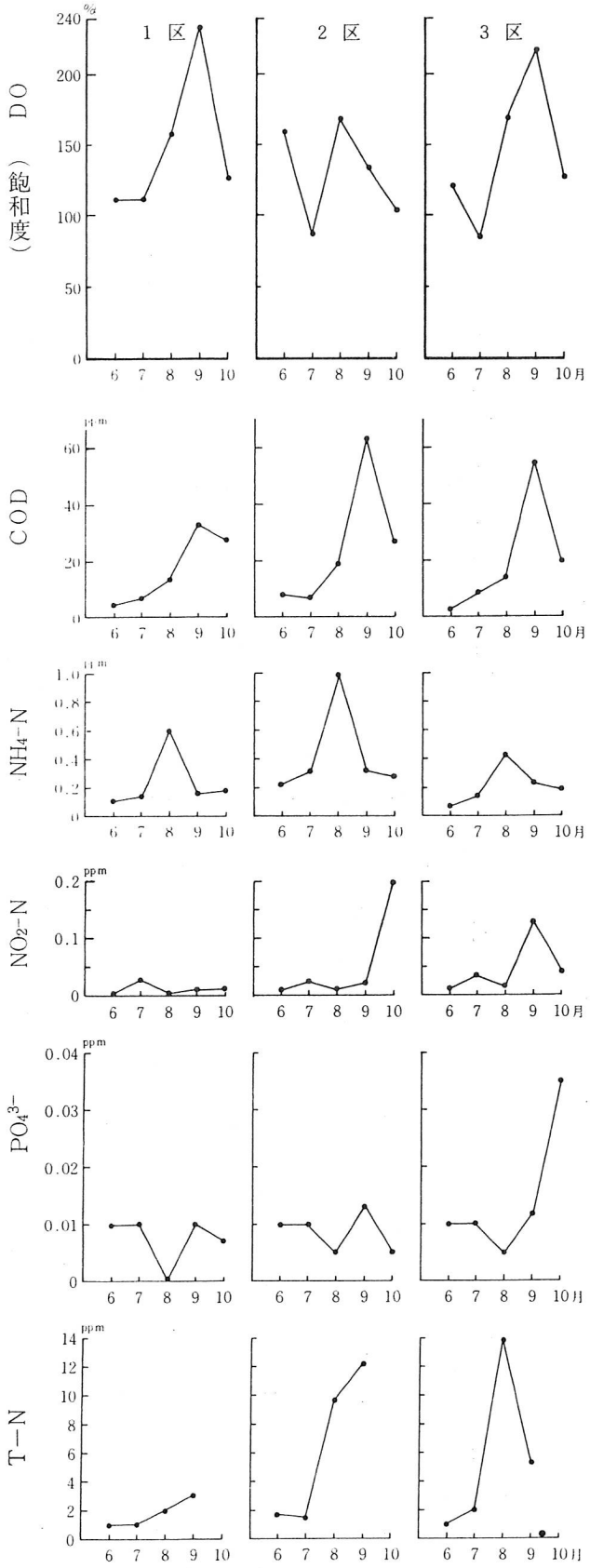


図8　水質分析結果

透視度は飼育日数の経過とともに低くなる傾向を示した（図7）。1区と2区はほぼ同様の傾向を示したのに対し、3区は9月上旬において一時高い値を示したが長くは続かずに変動がみられた。

DO, COD, NH_4-N, NO_2-N, PO_4^{3-}, T−Nの測定結果を図8に示す。

DOは1区では6月から10月までいずれの月も100%以上の過飽和の状態となり、特に9月においては230%以上の高い値となった。2区では7月に86%と一時やや低下の傾向を示したが、そのほかでは100%以上となり、8月には168%の高い値を示した。また、3区でも7月に84%の値を示したが、1区，2区と同様100%以上となり、9月には217%と過飽和を示した。この過飽和となった原因は、植物プランクトンによる光合成のためと考えられる（光合成反応 $CO_2 + 2H_2O \rightarrow CH_2O + H_2O + O_2$）。

CODは1区では6月に3.87ppmだったものが、飼育日数の経過にともなって上昇傾向を示し、9月には32.23ppmとなった。2区は6月に7.76ppmだったものが、9月に最大となりその値も63.01ppmとなって、6月のほぼ8倍となった。また、3区は6月に2.61ppmの値が9月には54.51ppmに増加し、6月の20倍となった。

NH_4-Nは各区とも8月に最大値を示したが、いずれも1ppmをこえることはなく、2区が0.98ppm、1区が0.6ppm、3区が0.42ppmであった。

NO_2-Nも同様0.2ppmをこえることはなく、1区は0.007から0.27ppm、2区は0.009から0.199ppm、3区は0.012から0.128ppmにとどまり、放養量による差はみられなかった。

PO_4^{3-}は各区とも8月には最低値を示し、1区が0.01ppm以下、2区が0.013ppm以下、3区が0.035ppm以下ときわめて少量であった。

T−Nでは放養量の少ない1区が3ppmで一番少なく、放養量の多い2区と3区が高い値を示し、3区は1区の4.6倍となった。

24時間観測　8月19日から20日にかけて行なった連続観測結果を図9から図12に示す。

水温は各区とも同様の傾向を示し、午後2時から午後4時にかけて最高となり、その後時間の経過にともなって徐々に下降して翌日の午前6時に最低となり、日の出とともに上昇する傾向を示した。水温の較差は1区が3.3℃、2区が3.5℃、3区が3.9℃とほぼ同様であった。

PHの変動をみると、1区では午前10時から午後の10時までは9.8と一定であったが、午前0時よ

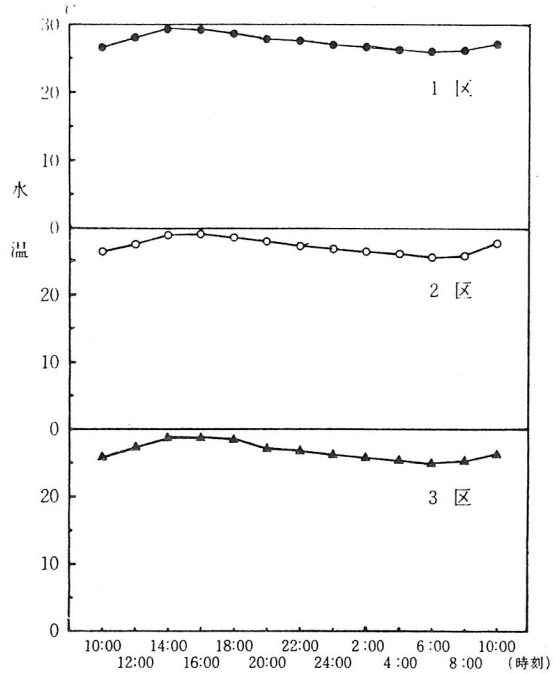


図 9　24時間の水温の変動

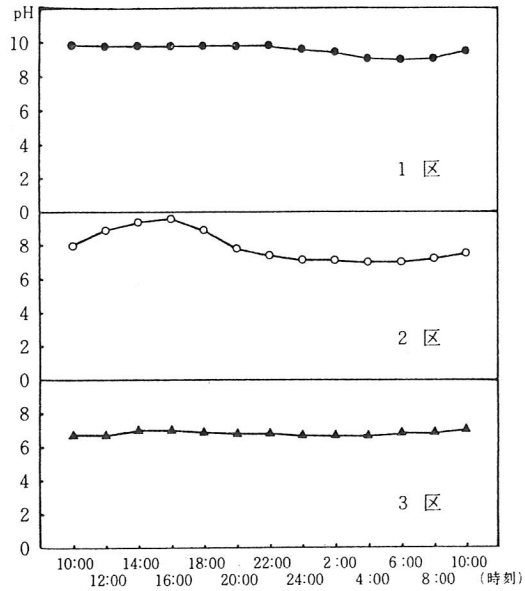


図10　24時間のＰＨ変動

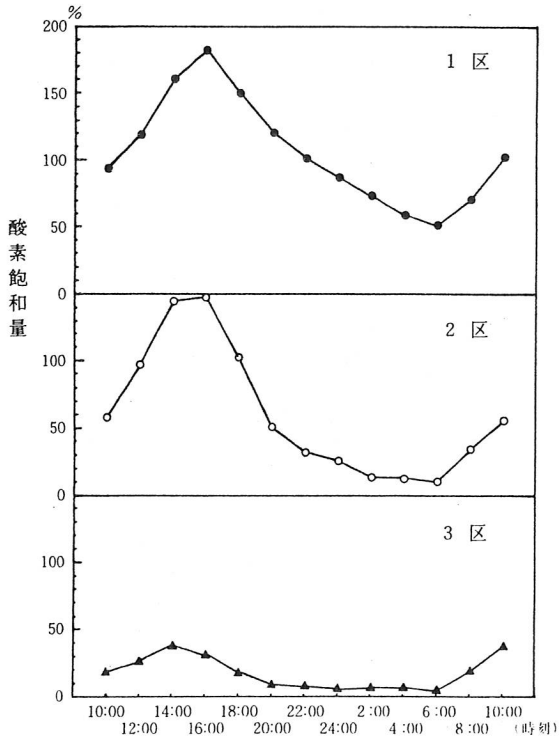


図11　24時間のＤＯの変動

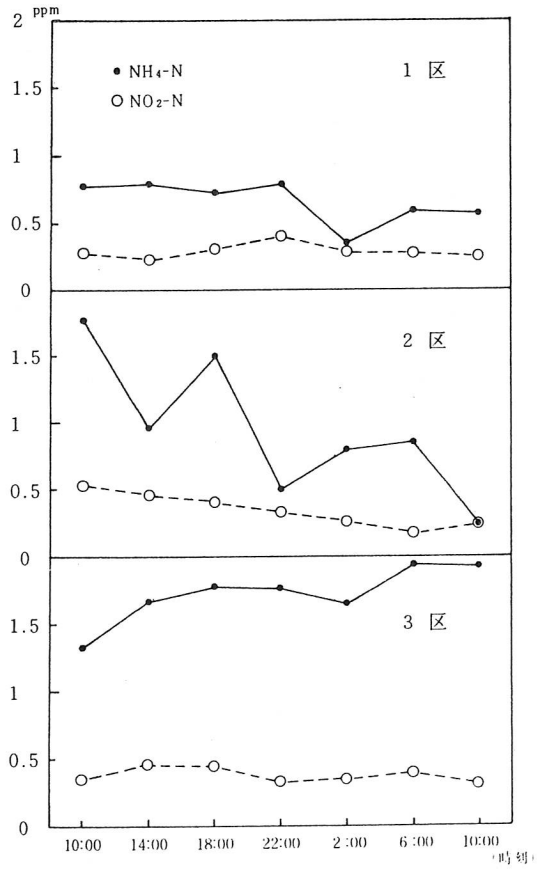


図12　24時間のNO_2-NとNH_4-Nの変動

り低下がみられ午前6時に最低を示したが、その差は僅少であった。2区では午後4時に最高となり、日没とともに低下して午前6時に最低となった。しかし、3区においては経時変化がほとんどみられず、PH値も他の2区にくらべて低く6.7から7.0の間で推移した。

DOは経時変化が最もはげしく、1区と2区は午後4時に最大となり、その後減少を続け午前6時には最低となった。3区では午後の2時38.5%で最高となったものの、午前6時には4.9%と低酸素を示し、かなり危険な状態にあった。

NO_2-NとNH4-Nの経時変化を図12に示す。NO_2-Nはいずれの区とも大きな変化はみられず、0.5ppm以下であった。一方、NH4-Nは1区が0.35ppmから0.8ppmの間で変化したものの大きな変動はみられなかったが、2区においては1.77ppmから0.23ppmの間で変動がみられ、減少傾向を示した。しかし、3区は2区とは逆に1.32ppmから1.93ppmに増加する傾向を示した。

考　　察

川本[1]によれば、給餌溜池におけるコイの生産量はおおむね0.5kg/m²（ha換算5トン）であり、従来生産量を左右する要因は水温・水質・特に溶存酸素、魚体よりの排泄物、池底に堆積した残餌、糞等の分解産物を含めた底質等があげられるが、特に生産を制限するものとして魚の排泄物をあげている。しかしながら、給餌溜池などではアンモニア態窒素が8ppmにも達することもあるがコイの成長には特に異状と思われず、循環ろ過式飼育を行なった場合でも5から6ppm程度のアンモニアがあってもコイの摂餌や成長がそれほど阻害を受けるとはみられないとしている。また、里見ら[5]によれば、曝気筒設置池において放養量を1.24/m²（ha換算12.4トン）と高密度にして飼育を行なっは結果、取揚量は2.3kg/m²（ha換算23トン）となり、日間成長率は0.5%にとどまり、取揚量も2倍にしか高め得なかったとしている。しかし、酸素量は多く、溶存酸素が制限要因になったとは考え難く、成長を阻害した要因は泥にごりとNO_2-Nの高濃度を指摘している。

今回の試験では、放養量を51.7g/m²、110.5g/m²、250g/m²と増加させた場合の成長と飼育環境について比較を行なってみる。放養量を5倍に増やした3区の水質分析結果では、NH4-N、NO_2-Nは夫々2ppmと0.5ppm以下であった。佐伯[6]によれば、コイはNO_2-Nに対して少なくとも1.8ppmまでは耐忍性があるとしており、これらが成長阻害要因になったとは考え難く、夜間の低酸素の状況と里見ら[5]が指摘している泥にごりが強く影響したものと考えられる。

次に、単位面積当りの生産限界がどのあたりにあるか検討を加えてみる。前述した様に、川本[1]はha当りの生産量をおおむね5トンとしており、止水池におけるコイの酸素消費量から水量1m³当りの収容可能量を1.06kg（ha換算10.6トン）と計算している。今回の試験池の水深は0.8mなので、夫々の取揚量を1m³に換算すると1区が0.469kg（ha換算4.69トン）、2区が0.931kg（ha換算9.31トン）、3区が1,326kg（ha換算13.26トン）となり、収容可能量に対して1区が44.2%、2区が87.8%、3区が125.1%となり、3区だけが収容可能量以上の値となった。

放養量を5倍にした3区の場合、1区や2区に比較して飼育環境（特に夜間の溶存酸素量がかなり低い）や成長が劣ったことから、成長阻害要因があったものと考えられるために、この様な過密飼育は安全な方法とはいえないであろう。しかし、2倍放養した2区においては、1区と比較しても飼育環境・成長等にそれほど大きな差はみられず、養殖水面の有効利用を考えた場合にはある程度期待はできるものと考えられる。

また、水中の溶存酸素量が一定と仮定した場合には、山本[1]の計算した1m³当りの収容可能量を1.06kgとすれば、1区は放養当初がこの可能量の4.88%の量でしかなく、酸素量で90%以上の余裕がみられる。単位面積当りの総生産量を高めるとするならば、むしろ、放養当初は500kg/haよりも多くして収容可能量に近づいた段階で、中間選別を行なって商品サイズのものを取揚げた方が有利

とも考えられるが、このことについては今後の検討に待ちたい。

文　　献

1）川本信之（1974）：コイ、養魚学各論、水産学全集23、恒星社厚生閣、15～47、東京.

2）千葉健治・栗原伸夫・富永正雄（1962）：鯉、養魚学講座１、緑書房、23～69.

3）農林水産省統計情報部（1980）：漁業　養殖業生産統計年報.

4）栗原伸夫（1966）：コイの網生簀飼育における給餌率について、水産増殖、13, (4), 197～203.

5）里見至弘・東井純一・伊藤時夫・田中秀雄（1975）：曝気筒設置池における高密度養鯉試験、淡水研報、25, (1), 1～11.

6）佐伯有常（1965）：魚介類の循環濾過式飼育法の研究－II、コイの養殖試験、日水誌、31, (11), 916～923.

福島内水試研報第４号　昭和56年３月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

猪苗代湖の酸性湖水に対する各種魚類の生物試験

高　越　哲　男

Toxicity of Inorganic Acid Water "Inawashiro-co Lake" on Fish

Tetsuo TAKAGOSHI

は　じ　め　に

硫酸酸性の特徴をもつ猪苗代湖水に対する魚類の反応ならびに馴化能力を明らかにする目的で、昨年度に続いて生物試験を行なった。

今回は、ワカサギ、ウグイ、コイ、フナの卵を用いて、卵の発生・孵化に及ぼす影響の試験を行なうとともに、ヤマメ、ニジマス、ワカサギ、ウグイ、アブラハヤ、オイカワ、コイの７魚種について24時間TLm試験を通じて猪苗代湖水の毒性を硫酸水と比較検討し、魚の成長にともなう耐性変化をウグイを用いて検討し、更に、ヤマメ、ニジマス、ワカサギ、マゴイ、檜原湖産ウグイの５魚種について湖水に対する適応能力を検討した。

この仕事を実施するにあたり、終始御指導と御支援をいただいた前場長小野寺英也氏に謝意を表します。

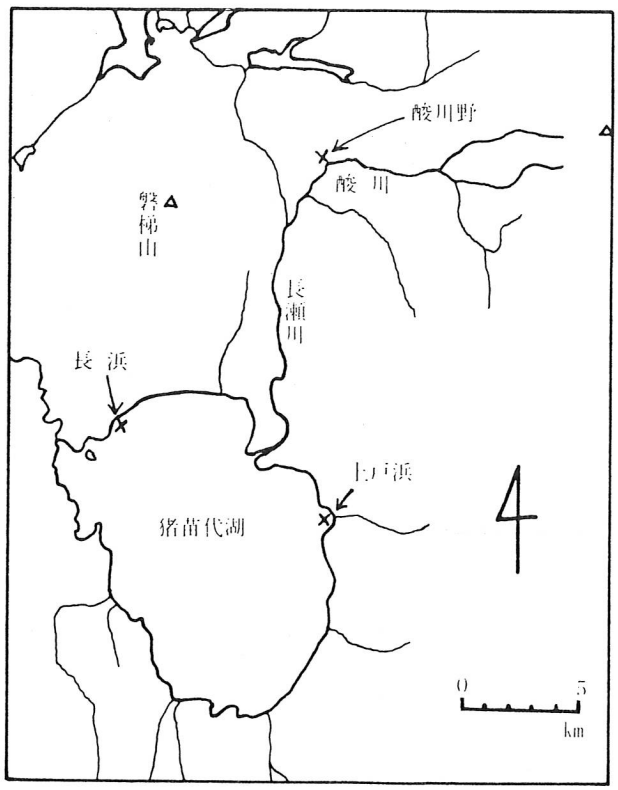


図１　試水に用いた猪苗代湖水と長瀬川の河川水の採水地点（×印）

材料および方法

１．酸性水の卵の発生・孵化に及ぼす影響

ワカサギ・ウグイ・コイ・フナの卵を用いて、長瀬川の河川水および猪苗代湖水が、卵の発生と孵化に及ぼす影響について実験した。材料と方法は表１に示した。供試水は下記の通りである。また、実験に用いた水槽は６ℓ容アクリル水槽を用い、通気して止水で実験した。

長瀬川の河川水……pH3.04；４月11日に酸川野前の酸川（長瀬川の支流）から採水（図１）。

猪苗代湖水……pH4.87；４月11日に長浜から採水。

pH5.16；５月24日に上戸浜から採水（現場における比色法ではpH4.70）。

pH4.86；７月９日に上戸浜から採水（現場における比色法ではpH4.55）。

地下水……当場の飼育用水。河川水と湖水の稀釈水および対照区に使用。

表１　酸性水の卵の発生および孵化に及ぼす影響の実験における材料および方法に関する表

魚　種	親魚の産地	採卵日	卵付着資材	試験期間	飼育水温℃	１試験区の使用卵数
ワカサギ	檜原湖（北岸）	５／７	ナイロン網地	５／９～26	16.5～16.9	約100又は50粒
ウグイ	舟津川	５／22	〃	５／23～26	19.1～21.1	約100粒
コイ	試験場	６／２	採卵用ブラシ	６／２～７	18.2～20.8	約100粒
フナ	猪苗代湖（天神浜）	５／22	ナイロン網地	５／23～28	19.1～21.1	約100粒

コイとフナの卵の飼育試水は、試験中に１回、ワカサギ卵の飼育試水は、１ないし２回換水した。ワカサギ卵の飼育試水温は、アクアトロンにより16.8℃に調節した水を流した木槽内に実験水槽を入れて制御した。

２．24時間TLm試験

期間　昭和54年４月27日から７月10日。

供試魚　ヤマメ、ニジマス、ワカサギ、ウグイ、オイカワ、アブラハヤ、コイの計７魚種。

供試水　長瀬川の河川水…前記のものを使用。
猪苗代湖水……前記のものを使用。
硫酸水……濃硫酸の稀釈水を使用。
地下水……前記のものを各試験区の稀釈水に使用。

80ℓ容ポリバケツ、20ℓおよび６ℓ容アクリル水槽を用い、通気して止水で実験した。供試魚の飼育量は試水量の0.1%以下であり、供試魚には供試前の２日間は餌を与えなかった。TLm値はpHで表現した。

ヤマメ、ワカサギ、オイカワについては、高安式嫌忌量測定装置を用いて、長瀬川の河川水に対する嫌忌量と不好量を調べた。

３．猪苗代湖水による４日間の飼育試験

期間　昭和54年４月25～29日、５月９～21日、７月９～13日。

供試魚　ヤマメ、ニジマス、ワカサギ、ウグイ、コイの計５魚種。

供試水　猪苗代湖水…前記のうち、４月11日に長浜から採水したもの（pH4.87）と７月９日に上戸から採水したもの（pH4.86）を使用。
硫酸水……前記のものを使用。
地下水……前記のものを稀釈水に使用。

80ℓ容ポリバケツと20ℓ容アクリル水槽を用いた。ニジマス、ワカサギ、ウグイの飼育試水は１日１回、ヤマメとコイの飼育試水は試験中に１回換水を行ない、通気して止水で実験した。飼育量は試水量の0.1%以下とし、供試魚には供試前の２日間は餌を与えなかった。

結果および考察

１．酸性水の卵の発生・孵化に及ぼす影響

ワカサギの卵の試験結果を表２ａに示したが、長瀬川の河川水を試水とした場合、pH4.90（河川水濃度27%）とpH4.98（25%）試水区の卵は、発眼期まで発生が進んだがその後に斃死し、pH5.32（22.5%）試水区の卵は、孵化直前まで発生が進んだがわずか２尾しか孵化しなかった。一方、pH5.78（20%）試水区では、40～50尾の仔魚が正常に孵出した。追試を行なったが同様な結果が得られた。つまり、pH5.42（23%）試水区では孵化がみられず、pH5.75（22%）とpH5.97（21%）試水区で孵出仔魚がみられた。

表 2a 酸性水のワカサギ卵の発生および孵化に及ぼす影響の実験結果

5月9～17日

試　水	pH(試水の濃度)	孵化尾数	備　　考
長 瀬 川	4.90 (27%)	0	
〃	4.98 (25%)	0	
〃	5.32 (22.5%)	2	非孵化卵は活卵
〃	5.78 (20%)	40～50	
猪苗代湖水	5.16 (98%)	0	
〃	5.35 (95.5%)	0	
〃	5.55 (94%)	0	
〃	5.74 (92.5%)	26	
〃	6.35 (86%)	15	
対　　照		約130	

◦水温16.5～16.9℃
◦各試験区とも発眼期まで発生が進んだ。
◦pHの値は、試験開始時と換水直後の測定値であり、低い方の値である。

5月17～26日（8～17日まで冷蔵）

試　水	pH(試水の濃度)	孵化尾数	備　　考
長 瀬 川	5.42 (23%)	0	非孵化卵は活卵
〃	5.60 (22%)	8	
〃	5.97 (21%)	12	
対　　照		7	

◦水温は16.8～16.9℃

猪苗代湖水を試水とした場合、pH5.16（湖水濃度98%）、pH5.35（95.5%）、pH5.55（94%）試水区の卵は、発眼期まで発生が進んだがその後に斃死した。一方、pH5.75（92.5%）試水区では26尾の仔魚が、pH6.35（86%）試水区では15尾の仔魚が正常に孵出した。

ウグイの卵の試験結果を表2bに示したが、河川水を試水とした場合、前回はpH4.89以下では孵化せずpH5.25以上で孵化が見られたが、今回は、pH5.10(26%)、pH5.23(25%)、pH5.60(24%)試水区の卵は、いずれも孵化期まで発生が進んだが孵化は見られなかった。一方、pH5.70（23%）試水区では孵化率97%（孵出仔魚29尾）、pH5.97（22%）試水区では孵化率91%（孵出仔魚50尾）であった。前回、pH5.25試水区で孵化が見られたのは、水生菌の除去作業中に刺激が加わったためであり、人為的刺激を加えなければ、pH5.60試水区でも孵化しない結果が得られた。

猪苗代湖水を試水とした場合、前回はpH4.81試水では発生の途中で斃死した。今回も、pH5.52(95%）試水区では卵は孵化直前まで発生が進んだが孵化せず、pH5.70（93.5%）試水区では孵化率24%（孵出仔魚10尾）であった。一方、pH5.94(92%)試水区では孵化率91%（孵出仔魚64尾）、pH6.33（89%）試水区では孵化率99%（孵出仔魚83尾）であった。

表 2b 酸性水のウグイ卵の発生および孵化に及ぼす影響の実験結果

5月23～26日

試　水	pH(試水の濃度)	孵化尾数	非孵化卵数	備　　考
長 瀬 川	5.10 (26%)	0	—	非孵化卵は活卵
〃	5.23 (25%)	0	35	〃
〃	5.60 (24%)	0	—	〃
〃	5.70 (23%)	92	3	〃
〃	5.97 (22%)	50	5	〃
猪苗代湖水	5.52 (95%)	5*	27	〃
〃	5.70 (93.5%)	10	31	〃
〃	5.94 (92%)	64	6	〃
〃	6.33 (89%)	83	1	〃
対　　照		17	0	

◦水温19.1～21.1℃
◦pH値は前記と同様。
＊水生菌の着生した死卵を除去した際に孵化したもの。

コイの卵の試験結果を表2cに示したが、河川水を試水とした場合、前回はpH4.88試水で孵化せずpH5.53試水で孵化がみられたが、今回は、pH5.21（26%）試水区の卵は、発眼期まで発生が進んだがその後に斃死し、pH5.47（25%）試水区の卵も、孵化直前まで発生が進んだが孵化せず、pH5.58（24%）試水区は、孵化率67%（孵出仔魚12尾）であった。一方、pH5.83（23%）とpH6.08（22%）試水区は、

表 2c 酸性水のコイ卵の発生および孵化に及ぼす影響の実験結果

6月2～7日

試　水	pH（試水の濃度）	孵化尾数	非孵化卵数	備　　考
長 瀬 川	5.21（26%）	0	0	発眼後に斃死
〃	5.47（25%）	0	5	非孵化卵は活卵
〃	5.58（24%）	12	6	〃
〃	5.83（23%）	12	0	
〃	6.08（22%）	21	0	
猪苗代湖水	5.25（98%）	0	0	発眼後に斃死
〃	5.51（95%）	0	8	非孵化卵は活卵
〃	6.05（92%）	15	0	
〃	6.35（89%）	12	0	
対　　照		9	0	

◦水温18.2～20.8℃
◦pH値は前記と同様。

表 2d 酸性水のフナ卵の発生および孵化に及ぼす影響の実験結果

6月23～28日

試　水	pH（試水の濃度）	孵化尾数	非孵化卵数	備　　考
長 瀬 川	5.23（25%）	0	102	非孵化卵は活卵
〃	5.70（23%）	90	0	
〃	5.97（22%）	120	0	
〃	6.10（21%）	97	0	
〃	6.21（20%）	115	0	
猪苗代湖水	5.52（95%）	22	73	非孵化卵は活卵
〃	5.70（93.5%）	75	0	
〃	5.94（92%）	103	1	非孵化卵は活卵
〃	6.33（89%）	85	0	
〃	6.61（86%）	75	0	
対　　照		45	0	

◦水温は19.1～21.1℃
◦pH値は前記と同様。

孵化率100%（孵出仔魚12尾と21尾）であった。前回、pH5.53（24%）試水区で30尾の孵出仔魚がみられたが、今回は同様なpH5.58試水区での孵化率は67%であり、前回とは若干の差がみられた。

猪苗代湖水を試水とした場合、pH5.25（98%）試水区の卵は、発眼期まで発生が進んだがその後に斃死し、pH5.51（95%）試水区の卵は、孵化直前まで発生が進んだが孵化が見られなかった。一方、pH6.05（92%）試水区とpH6.35（89%）試水区では、孵化率100%（孵出仔魚15尾と12尾）であった。

フナの卵の試験結果を表2dに示したが、河川水を試水とした場合、前回はpH5.35試水で孵化せずpH6.66試水で孵化する結果を得た。今回は、pH5.23（25%）試水区の卵は、孵化直前まで発生が進んだが孵化がみられず、一方、pH5.70（23%）とpH5.97（22%）試水区では、孵化率100%（孵出仔魚90尾と120尾）を示した。

猪苗代湖水を試水とした場合、前回はpH5.04試水では発眼後に斃死したが、今回は、pH5.52（95%）試水区の卵は孵化率23%（孵出仔魚22尾）であり、一方、pH5.70（93.5%）とpH5.94（92%）試水区の卵は、孵化率100%（孵出仔魚75尾と103尾）であった。

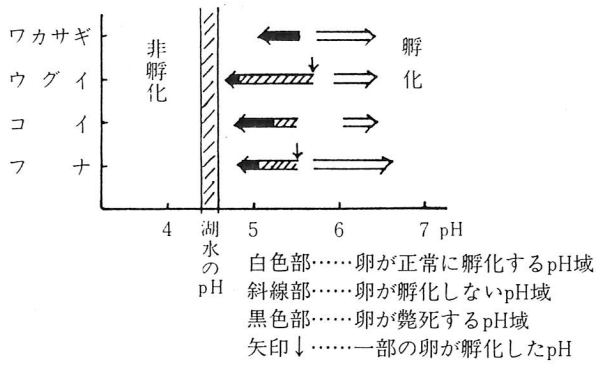
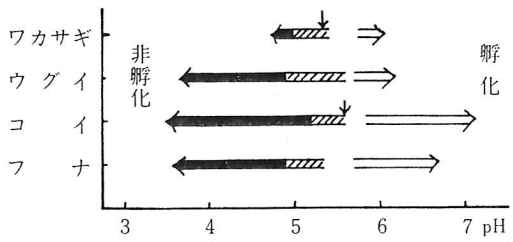


図 2a 猪苗代湖水による卵の発生および孵化実験



図の説明は、図2aを参照。

図 2b 長瀬川の河川水による卵の発生および孵化実験

以上の結果、4魚種とも酸性の猪苗代湖水では卵は孵化しないことは、前回の結果と一致する。また、孵化直前まで発生が進んでいるにもかかわらず、孵化しない試水区の卵については、棒でつつく等の刺激を与えたり、正常な飼育水に戻すと孵化する卵である。孵化能力をもっているが酸性水の影響により孵化できないものと思われる。図2aに、湖水を試水とした実験の結果を示し、図2bに長瀬川の河川水を試水とした実験の結果を示した。今回の結果では、4魚種とも卵が孵化できる水質のpHが近似していることが示され、卵が正常に孵化する水質は、pH5.75以上であると考えられる。河川水についても、孵化する水質は、湖水と同様のpH5.75以上であると考えられる。仮に、実

表3　酸性水に対する各供試魚の24時間TLm試験結果

魚種	全長 cm	体重 g	産地	24時間TLm pH 猪苗代湖	長瀬川	硫酸水	水温 ℃	備考
エゾイワナ	5.2～7.4	0.7～2.6	試験場の飼育魚	—	3.84	—	15.0～16.8	猪苗代湖産系
〃	5.8～8.1	1.3～4.1	〃	—	5.07	—	15.0～17.5	岩手県産系
ヤマメ	6.5～7.7	2.1～3.1	〃	5.30	5.15	3.75	16.1～18.2	
ニジマス	4.6～7.9	1.0～5.1	〃	—	5.50	—	16.0～17.5	
〃	4.8～6.4	1.4～3.2	〃	5.35	—	3.95	15.1～19.0	
ワカサギ	7.8～10.9	2.2～6.5	檜原湖	5.65	6.22	3.81	14.8～18.2	
ウグイ	1.05～1.20	—	舟津川	<4.97	4.46～4.70	—	20～22	猪苗代湖産系
〃	1.24～1.58	平均0.017	〃	—	4.01～4.52	—	22～24	〃
〃	1.7～2.0	0.05～0.07	試験場の飼育魚*	—	3.77～4.04	—	22前後	〃
〃	4.1～8.3	0.5～3.6	猪苗代湖	—	3.46	3.58	18.7～22.2	
〃	8.4～11.9	5.1～13.0	〃	—	3.47	—	14.3～16.8	
〃	7.1～8.2	2.7～3.7	檜原湖	—	3.6**	—	20.5～21	
〃	13.9～16.9	17.4～36.5	〃	—	3.55	—	18.3～18.5	
〃	6.2～8.2	1.7～4.3	大川	—	3.74	3.7**	18.5～21	
アブラハヤ	0.73～1.05	—	舟津川	—	5.4**	—	22～24	
〃	2.3～4.2	0.4～1.0	〃	—	5.03	—	17.1～18.4	
オイカワ	3.0～4.3	0.2～0.6	〃	5.60	5.1**	—	23～24	
コイ	—	—	試験場の飼育魚	—	5.49	—	21前後	孵化後2日目の仔魚
〃	3.1～5.3	0.2～1.7	〃	—	5.04	—	21.5～23.6	
〃	3.5～4.6	0.6～1.2	〃	5.14	—	—	21前後	
〃	6.5～8.8	4.3～10.3	〃	—	—	3.65**	24.0～25.5	
〃	8.4～13.3	8.8～36.0	養殖魚	—	5.22	—	14.0～17.9	会津坂下の業者
フナ	1.6～3.2	平均0.24	舟津川	—	4.45	—	26前後	
〃	5.6～10.6	2.4～14.5	猪苗代湖	—	3.75	—	17.3～19.5	
〃	6.7～8.9	4.0～9.8	〃	<4.90	—	—	—	
〃	1.8～2.3	平均0.07	檜原湖	—	5.01	—	20.0～24.0	
タナゴ	3.2～3.8	平均0.2	猪苗代湖	—	5.18	—	20.5～21.6	
ドジョウ	5.4～10.4	0.9～5.5	〃	—	5.08	—	18.5～23.1	
メダカ	3.3～3.7	1.0～2.0	〃	—	3.77	—	20.5～21.6	
〃	1.7～2.6	平均0.14	〃	—	—	3.05**	24.0～25.6	
モツゴ	3.2～5.9	0.2～2.3	〃	—	5.09	—	22.4～23.2	
〃	5.0～6.5	1.0～2.5	檜原湖	—	4.99	—	22.0～23.8	
スジエビ	—	平均0.24	秋元湖	—	4.04	—	14.0～20.2	

* 親魚は舟津川産　　** 比色法

験に供した地下水で稀釈する場合、pH 4.86（現場の比色法ではpH4.55）の湖水については1.1倍弱の稀釈であり、また、pH3.04の河川水については約4.5倍の稀釈が必要となる。

2．24時間ＴＬｍ試験

表３に結果を示したが、ヤマメ、ワカサギ、オイカワの河川水に対するTLm値は、それぞれpH5.15、pH6.22、pH5.1であり、湖水に対するTLm値は、pH5.30、pH 5.65、pH5.60であった。３魚種とも酸性水に弱く、特にワカサギが非常に弱く、前回の実験で最も弱かったニジマスよりも更に弱い結果が得られた。（ニジマスのTLm値は、河川水に対してはpH5.50、湖水に対してはpH5.35であった。）

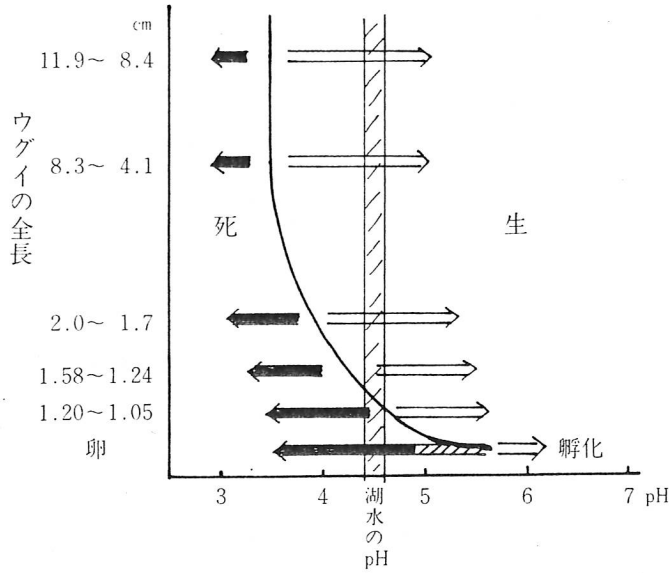


図３　成長にともなう耐性の増加
飼育試水は長瀬川の河川水の稀釈水

次に、猪苗代湖の重要種であるウグイを用いて、成長にともなう耐性の変化について検討してみた。河川水を飼育試水にして24時間飼育試験を行なったが、図３に示したように、卵が孵化するためにはpH5.70以上の水質が必要であり、全長10.5～12.0㎜後期仔魚のTLm値はpH4.46とpH4.70の間（以後pH4.46～4.70と示す）であり、全長12.4～15.8㎜後期仔魚のTLm値はpH4.01～4.52、全長17～20㎜後期仔魚ないし稚魚のTLm値はpH3.77～4.04と次第に酸性側に移動し、満１歳弱の全長 4.1～8.3㎝ 稚魚ないし若魚のTLm値はpH3.46であり、成魚と同様な強い耐性をもっていた。

また、孵化後１週間位の全長10.5～12.0㎜の後期仔魚を、湖水で飼育試験した。湖産ウグイは、湖南に河口をもつ舟津川に遡上し産卵するが、仔魚は孵化後間もなく湖に降下し湖内で生活するとみられるが、この後期仔魚は、pH4.97の湖水中では斃死も異常な行動も見られなかったことからも、既に、特殊な酸性湖水に対してかなり強い耐性をもっていることが明らかになった。

次に、湖水の毒性の程度を、硫酸水を対照にして検討したが、硫酸水に対するTLm値は、ヤマメがpH3.75、ニジマスがpH3.95、ワカサギがpH3.81、コイがpH3.65であった。いずれも、湖水に対するTLm値よりpH1.40～1.84酸性側であり、従って、酸性度で比較した場合、湖水の方が単純な硫酸水より非常に毒性が強いことを示している。ただし、ウグイの場合のように、湖水や河川水に強い耐性をもつ魚種では、硫酸水と河川水のTLm値に差は見られない。むしろ、河川水に対するTLm値がpH3.46に対して、硫酸水に対するTLm値がpH3.58であり、単純な硫酸水の方が毒性の強いことがうかがわれた。また、湖水と河川水との毒性を比較した場合、一般的には、湖水の酸性源である河川水の毒性が強い。ニジマス、ワカサギがこの例であるが、逆に、ヤマメとオイカワでは、湖水の毒性が河川水より強く現われた。このような逆の結果は、卵の孵化実験においても見られた。

表４　酸性水に対する３魚種の不好量、嫌忌量試験の結果

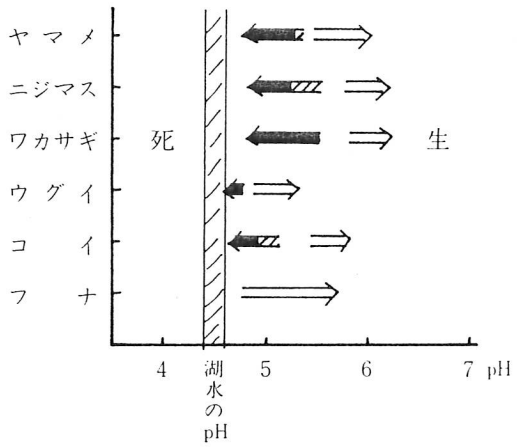
魚　種	全長 cm	重量 g	供試水	不好量pH	嫌忌量pH	水温 ℃
ヤマメ	6.5～ 7.7	2.1～ 3.1	長瀬川	6.16	3.46	12～13
ワカサギ	7.8～10.9	2.2～ 6.5	〃	6.41	4.55	15前後
オイカワ	11.5～12.5	10.5～17.3	〃	4.71	3.83	24～25

表5　猪苗代湖水による4日間の飼育試験の結果

魚種	大きさ全長cm 重量g		湖水濃度 % 100	97	96	94	92	硫酸水	水温 ℃	試験月日
ヤマメ*	6.5～7.7	試水pH		—	5.34	5.45	5.72		16.1～18.2	5/9～14
	2.1～3.1	供試尾数		2	2	2	2			
		生残尾数		0	1	2	2			
ニジマス*	4.8～6.4	試水pH				5.53	5.71		16.4～19.0	5/15～21
	1.4～3.2	供試尾数				4	4			
		生残尾数				1	4			
ワカサギ**	8.5～10.3	試水pH	4.87		5.36	5.52	5.73	4.81	15.8～17.2	4/25～29
	2.7～5.0	供試尾数	5		2	2	2	5		〃
		生残尾数	0		0	0	2	5		
ウグイ**	6.1～7.5	試水pH	4.87		5.36		5.73	4.81	15.8～17.2	4/25～29
	1.4～2.4	供試尾数	5		2		2	5		
		生残尾数	5		2		2	5		
マゴイ*	3.5～4.6	試水pH	4.86	5.14		5.43			21前後	7/9～12
	0.6～1.2	供試尾数	4	4		4				
		生残尾数	0	1		4				

* 試験場の飼育魚
** 檜原湖産

次に、ヤマメ、ワカサギ、オイカワの河川水に対する不好量は、表4に示したようにそれぞれpH6.16、pH6.41、pH4.71であり、嫌忌量は、それぞれpH3.46、pH4.55、pH3.83であった。ワカサギは敏感であり、オイカワは鈍感であることが示された。ヤマメの嫌忌量はpH3.46と低い所にあり、これは、同じサケ科のニジマスが非常に敏感であるのとは対象的である(ニジマスの嫌忌量はpH5.92、不好量はpH6.87)。



ウグイは檜原湖産、フナは猪苗代湖産、その他の魚は当場の飼育魚である。

白色部……斃死がないpH域
斜線部……斃死があったpH域
黒色部……全数斃死したpH域

図4　猪苗代湖水による4日間の飼育試験

3. 猪苗代湖水による4日間の飼育試験

前回は、pH4.77の湖水を試水にして、養殖コイ、猪苗代湖産フナ、檜原湖産ウグイを供試魚にして試験した。その結果、コイとウグイは4日目までに斃死した。

今回の結果を、表5と図4に示したが、檜原湖産のウグイは、稀釈をしないpH4.86の湖水で斃死が見られず異常な行動も見られなかった。コイ、ヤマメ、ニジマス、ワカサギの斃死しない試水のpHは、それぞれ5.43(94%)、5.45(94%)、5.77(92%)、5.79(92%)であった。また、斃死する試水のpHは、それぞれ5.14(97%)、5.34(96%)、5.54(94%)、5.52(94%)であった。

以上、ある条件下で行なった室内実験の結果が、そのまま現場に当てはまるとは限らないが、例えば、コイを猪苗代湖の増殖対象魚種と考える場合は、pH5.4を目安にそれよりアルカリ側の湖水域が増殖漁

場と考えられ、ワカサギの場合は、pH5.8を目安にそれよりアリカリ側の湖水域が増殖漁場として考えられる。ただし、pHの他にも、水温、餌料等の漁場条件を考慮しながら、増殖、移殖対象魚種を選定する必要がある。

要　　約

1. 前報に続いて、昭和54年4月から7月にかけて、猪苗代湖水、長瀬川の河川水、硫酸水に対する各種魚類の生物試験を行なった。
2. ワカサギ、ウグイ、フナ、コイの卵の孵化域は、湖水ではpH5.70～6.05以上、河川水ではpH5.70～5.83以上であった。4魚種とも酸性の湖水では卵は孵化しないことは、前回と一致している。この結果、河川水・湖水とも、卵が正常に孵化できる水質は、pH5.75以上であると考えられる。
3. ヤマメ・ワカサギ・オイカワについて、24時間TLm値、嫌忌量、不好量を調べた。これまでの供試魚計14種の中で、ワカサギが酸性水に最も弱いことが示された。
4. 猪苗代湖産ウグイは、成長にともない耐性の増加が認められた。また、孵化後約1週間の全長10.3～12.0㎜後期仔魚は、既にpH4.97の酸性湖水に耐性能力をもっていた。
5. 湖水の毒性を、硫酸水を対照にして検討したが、ヤマメ・ニジマス・ワカサギ・コイの24時間TLm値は、pHで1.40～1.84の差がみられ、明らかに湖水の毒性が非常に強くあらわれた。
6. 湖水による4日間の飼育試験の結果から、コイはpH5.43、ヤマメはpH5.45、ニジマスはpH5.77、ワカサギはpH5.79以上の湖水で生息できると考えられる。

参　考　資　料

◦中村守純（1969）：「日本のコイ科魚類」、資源科学研究所.

◦五十嵐彦仁（1967）：「汚水化学総論―廃水処理とバイオアッセー」、内田老鶴圃.

◦新田忠雄（1966）：「水質保護論」、恒星社厚生閣.

◦古田能久・山口教雄（1968）：福島県檜原湖における魚類の分布構造と湖沼条件、淡水区水研研究報告、**18**(2)、81～93.

◦若林　務・渋谷隆之・叶木彦治（1978）：川俣湖におけるヤマメ、イワナの遊泳層と食性について、栃木県水試研究報告、**7**．33～45.

◦鈴木　馨・成田宏一・大滝勝久（1979）：猪苗代湖の水質と底質について－Ⅰ、福島県内水試研究報告、**3**．59～69.

◦高越哲男（1979）：酸性水に対する各種魚類の生物試験、福島県内水試研究報告、**3**．147～156.

福島内水試研報第４号　昭和56年３月
Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. No. 4 Mar. 1981

当場養魚用水の水質について

高越哲男・鈴木　馨・成田宏一

Chemical Components of Fish-farming Water led into the Experimental Station

Tetsuo TAKAGOSHI Kaoru SUZUKI and Kôichi NARITA

は　じ　め　に

当場が使用している養魚用水は、当場の敷地内から揚水する地下水及び檜原湖・秋元湖・五色沼等の裏磐梯湖沼群を水源とする農業用水の一つである土田用水堰の用水の２系統がある。年間を通じての平均使用水量は、地下水が約1.5m³/minで、土田用水堰（以後土田堰とする。）は、6～7m³/minである。現在飼育している主な魚種は、冷水魚のヤマメ・イワナ・ニジマス及び温水魚のニシキゴイ・マゴイ・アユであり、これらの種苗生産技術開発と養殖技術の開発に関する試験研究を行なっているが、養魚用水の量と水質保全については、日頃から注意を払っている。

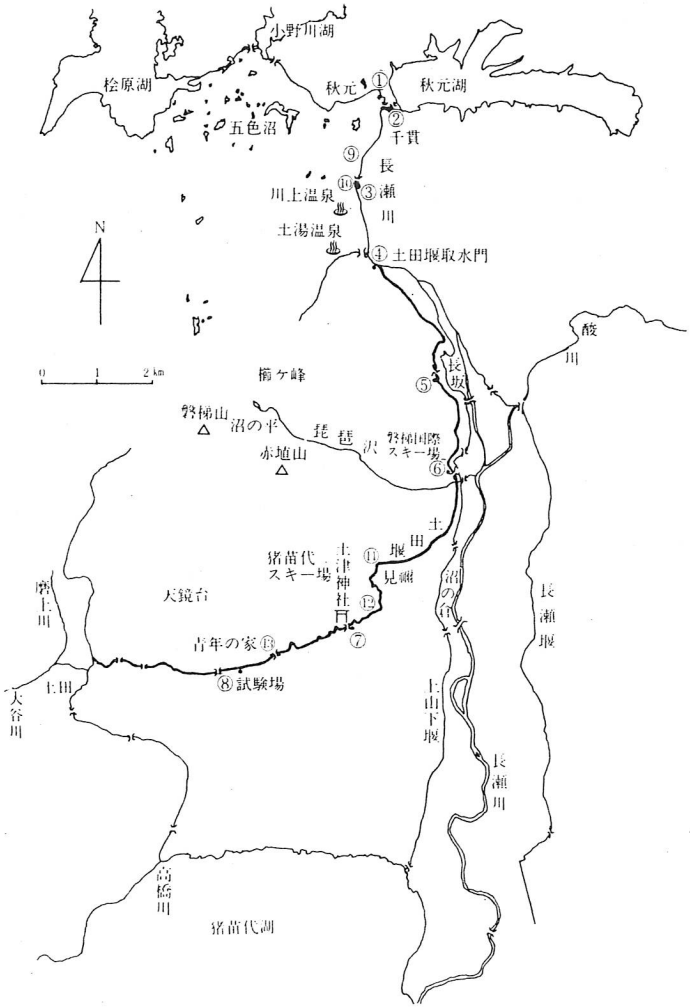


図１　長瀬川～土田堰流路の概略図と調査点

土田堰用水の水質については、昭和45年と昭和49年に調査されているが、45年の調査では、表１に示したように、リン酸イオン0.06ppmが特に高い値としてみられる。また、49年の調査では、人為的汚染源として養豚場排水（今回の調査ではst. 12）を指摘し、更に降雨時にSSが最大135ppmの高い値になったことを示し、この用水を養魚用水として用いる場合の問題点として、にごり、pH、有機汚染、落葉等の流下物が考えられた。

今回は、堰用水の水質の現状を把握するために、昭和53年４月から昭和54年７月までに５回の調査を行なった。1，2回目の調査は土田堰の流路について、３，４，５回目の調査は土田堰の流路及び用水を分水している長瀬川の流路について、その概要を把握するために水質調査を実施した。

表1　昭和45年5月の土田堰用水水質分析値資料

1	pH	7.20
2	酸消費量（pH4.8）	22.0 ppm
3	アルカリ消費量（pH9.0）	17.0 ppm
4	蒸発残渣	96.0 ppm
5	COD	1.46ppm
6	全硬度	26.3 ppm
7	カルシウム硬度	18.1 ppm
8	マグネシウム硬度	8.2 ppm
9	カルシウムイオン	7.24ppm
10	マグネシウムイオン	1.99ppm
11	塩素イオン	6.24ppm
12	リン酸イオン	0.06ppm
13	硫酸イオン	10.9 ppm
14	アンモニウムイオン	tr

採水年月日　昭和45年5月8日　PM 2:00
天　候　　晴（5月6,7日とも降雨なし）
水　温　　16.5℃
分析月日　昭和45年5月8日～11日

本調査の実施にあたり、前場長小野寺英也氏からは適切な御助言をいただき、藻類の種の査定については、東京水産大学教授岩本康三氏に御協力いただいた。また場長秋元義正氏に御校閲をいただいた。

方　　法

調査地点を図1に示し、調査月日、調査項目、分析方法を表2に示した。

結果及び考察

調査時の天候、気温、降雨状況を表3に示し、水質調査結果を表4に示した。また土田堰の流水量および当場の年間取水計画を表5に示した。

1）長瀬川および土田堰の流路の概要

長瀬川の調査点は秋元（st.1）と川上温泉（st.3）の2地点とし、また、秋元湖の放水路をst.2とした。秋元湖の放水はst.1の下流で長瀬川に合流する。

長瀬川は檜原湖を源流にし、小野川湖水系と秋元湖水系の水が流下するが、檜原湖と小野川湖の水は小野川発電所を経て秋元湖に落水し、更に秋元湖の水は秋元発電所と沼の倉発電所を経て長瀬川の下流に流入する。従って、長瀬川の調査地点st.1は、檜原湖と小野川湖の水は流下せず

表2　調査月日、調査項目、分析方法

調査項目	53.4.24	6.27	10.25	54.3.15	7.18	分析方法
水温	○	○	○	○	○	現場で測定
pH	○	○	○	○	○	〃　比色法
流量			○	○	○	〃
溶存酸素量	○	○	○	○	○	ウィンクラー・アジ化ナトリウム変法
透視度	○	○				長さ60cm透視度計
SS	○	○			○	JIS・K－0102による
COD	○	○	○	○	○	$KMnO_4$消費量
BOD	○		○	○	○	暗中20℃における酸素消費量
NH_4^+	○	○	○	○	○	ネスラー法
NO_2^-	○	○	○	○	○	グリスロミン試薬による法
NO_3^-					○	銅カドミウム還元法
total－N					○	ミクロケルダール法
PO_4^{3+}			○	○	○	モリブデン酸アンモニウムによる法
Cl^-			○	○	○	硝酸第2水銀滴定法
SO_4^{2-}			○	○	○	比濁法
Ca^{2+}			○	○	○	EDTAによる滴定法
Mg^{2+}				○	○	〃
全硬度				○	○	$CaCO_3$としての量
SiO_2			○	○	○	モリブデン青法
着生藻類			○			転石の着生藻類を採集　乾燥重量を測定

表 3　調査時の天候・気温・降雨状況

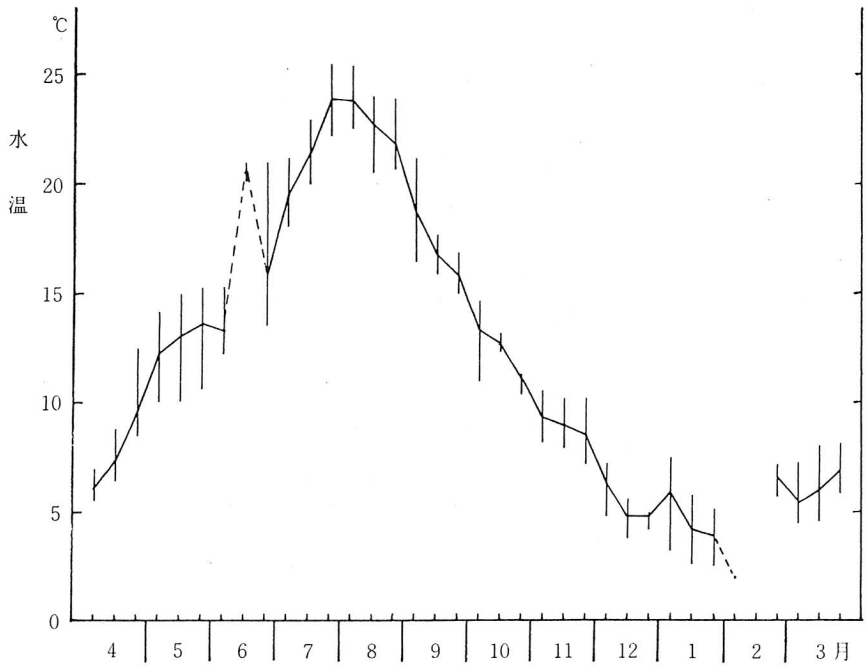
	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回
調査日	53.4.24	53.6.27	53.10.25	54.3.15	54.7.18
時間帯	9～13	13～16	10～17	9～13	9～13
天　候	◎(時々雨)	●	◎	◎～⊛	◎
気　温(℃)	9.7～13.1	20前後	10.6～13.9	4前後	17～20
降雨量(mm)	4.22－0	6.24－0	10.23－0	3.13－0	7.16－0
(月日・雨量)	23－0	25－115.0	24－0	14－2.5	17－0
	24－0.4	26－107.9	25－0	15－9.2	18－0
		27－ 88.8			

に、五色沼水系の地表水が流下しており、その水質は表4に示したようにSO_4^{2-} 165～185ppm、Cl^- 53.8～67.0ppm、全硬度200ppm前後等、塩類含有量が非常に高くなっている。st.3においては、高塩類を含んだ2系統の流水が長瀬川に流入する。一つは湿地帯から流れてくるpH4.6～4.7の酸性水であり、SO_4^{2-}500～602ppm、Cl^-77.1～106.6ppm、全硬度538～557ppmの高塩類を含む流水であった。もう一つは温泉水を含むpH7.5～8.2のアルカリ性水であり、SO_4^{2-}535～602ppm、Cl^-324.5～346.2ppm、全硬度564～616ppmの高い濃度の塩類を含む流水であった。前者を調査点st.9、後者を調査点st.10とした。

st.3より千数百m下流に土田堰の取水門がある。土田堰の調査点は、取水門(st.4)、長坂st.5)、国際スキー場へ通じる道路との交叉点(st.6)、土津神社の前(st.7) および当場の取水口(st.8)の5点とした。この間にst.6とst.7の区間でpH4.6～4.7 の酸性の沢水が堰水路に落水する。st.7の直前で養豚場からの排水(st.12)が堰水路に落水する。この水質はBOD3.48～5.30ppm、NH_4^+0.49～1.30ppmであり、堰用水の有機汚染源である。更に当場取水口(st.8)の約700m上流で、桂沢(st.13)が堰水路に落水する。この沢は磐梯青年の家の生活排水が流入するとともに、降雨時には砂泥を含む混濁があり、堰用水の有機汚染源と混濁汚染源である。

2) 水　温

当場の取水口(st.8)における用水の水温の年変化を図2に示す。6月中旬から20℃を越える観測値がみられ、7月上旬から9月上旬まで平均20～24℃の高水温が続き、7月下旬～8月上旬に最高25.5℃の水温を観測した。一方、11月上旬から翌年4月下旬まで平均10～3℃の水温になり、2月上旬に最低2℃を観測した。従って、当場におけるヤマメ・イワナ等の冷水性魚類の飼育用水は、初夏には水温の低い約13℃の地下水または地下水と堰用水の混合水に切換えることになる。



(観測期間　昭和53年4月～昭和54年3月　生産技術部の観測資料を用いる)

図 2　当場の堰用水取水部における午前10時頃の水温変化

表 4　長瀬川～土田堰用水の水質調査結果

調査地点	調査回数	調査日	水温 ℃	PH	流量 m³/min	DO ppm	DO飽和度 %	透視度 cm	SS ppm	COD ppm	BOD ppm
st. 1	第3回	53.10.25	10.8	6.8	26.3	10.21	98.2			1.45	0.64
長瀬川	第4回	54. 3 .15	4.3	6.4	19.2	11.49	94.4			1.94	0.15
(秋元)	第5回	54. 7 .18	16.7	6.8	63.6	8.69	95.0		2.5	0.95	0.53
st. 2 秋元湖の放水	第5回	54. 7 .18	20.1	6.8	(400*)	8.19	95.7		0.0	1.96	0.63
st. 3	第3回	53.10.25	10.6	6.3	60.2	10.22	97.8			1.18	0.53
長瀬川	第4回	54. 3 .15	5.4	6.4	43.8	11.47	96.9			1.38	0.11
(川上温泉)	第5回	54. 7 .18	20.2	6.9	468	8.34	97.5		5.7	2.17	0.56
st. 4	第1回	53. 4 .24	9.2	7.2		11.01	102.0	60<	2.10	1.41	0.94
土田用水堰	第2回	53. 6 .27	16.5	7.0		9.07	98.6	47	23.3	5.05 (2.11)	
(取水口)	第3回	53.10.25	13.2	7.4	48.0	10.05	100.9			1.14	0.71
	第4回	54. 3 .15	7.4	7.35	54.6	11.33	100.4			1.63	0.63
	第5回	54. 7 .18	19.8	6.9	186	8.38	97.3		4.5	2.42	0.58
st. 5	第1回	53. 4 .24	9.0	7.1		11.06	102.1	60<	1.50	1.57	1.32
土田用水堰	第2回	53. 6 .27	15.2	6.8		9.31	98.5	39	24.8	6.27 (2.07)	
(長坂)	第3回	53.10.25	12.5	7.3	46.2	10.15	101.4			0.97	0.36
	第4回	54. 3 .15	7.1	7.6	55.2	11.66	102.8			1.69	0.92
	第5回	54. 7 .18	19.7	6.9		8.23	95.5		8.3	2.13	0.41
st. 6	第1回	53. 4 .24	8.9	7.2		11.37	104.8	60<	3.75	1.30	1.17
土田用水堰	第2回	53. 6 .27	15.2	6.8		9.27	98.1	35	28.7	7.25 (2.07)	
(国際スキー場)	第3回	53.10.25	12.6	7.3	46.2	10.12	101.4			0.87	0.49
	第4回	54. 3 .15	7.2	7.8	55.2	11.70	103.5			1.75	0.79
	第5回	54. 7 .18	19.7	6.9		8.67	100.6		10.7	2.44	0.42
st. 7	第1回	53. 4 .24	8.9	7.2		11.26	103.8	60<	6.05	1.84	2.08
土田用水堰	第2回	53. 6 .27	15.0	6.8		9.37	98.8	59	8.7	5.69 (2.77)	
(土津神社)	第3回	53.10.25	12.5	7.4	40.2	10.27	102.6			0.83	0.49
	第4回	54. 3 .15	7.5	7.6	44.4	11.10	98.8			2.00	1.03
	第5回	54. 7 .18	19.5	7.1		8.67	100.2		8.6	2.29	0.52
st. 8	第1回	53. 4 .24	9.6	7.1		9.91	92.8	60<	11.70	1.78	1.14
土田用水堰	第2回	53. 6 .27	14.8	6.8		9.47	99.4	39	21.2	6.33 (2.13)	
(内水試取水口)	第3回	53.10.25	12.0	7.0	38.4	10.03	99.1			0.83	0.71
	第4回	54. 3 .15	6.9	7.8	37.8	11.81	103.7			1.80	0.99
	第5回	54. 7 .18	19.3	7.0		8.66	99.7		10.8	2.36	0.51
st. 9	第3回	53.10.25	13.2	4.7							
川上温泉湿地	第4回	54. 3 .15	11.0	4.6							
帯からの流水	第5回	54. 7 .18	16.1	4.6		8.58	92.6				
st. 10	第4回	54. 3 .15	23.2	8.2							
川上温泉の沢	第5回	54. 7 .18	28.5	7.5							
st. 11	第1回	53. 4 .24	6.5	6.3		11.23	97.5	60<	6.05	1.32	1.23
	第2回	53. 6 .27	15.8	6.3				60<	2.9	4.62 (2.32)	
見爾の沢	第3回	53.10.25	11.0	7.0							
	第4回	54. 3 .15		4.6	0.06						
	第5回	54. 7 .18	18.0	4.55							
st. 12	第1回	53. 4 .24	10.0	6.6		8.28	78.3	60<	20.90	5.30	3.77
養豚場の排水	第2回	53. 6 .27	14.5	6.5		7.70	80.4	43	16.8	7.18 (3.54)	
	第3回	53.10.25	10.0	6.5	0.02	4.06	38.4			3.48	1.52
st. 13	第1回	53. 4 .24	7.7	6.8		11.03	98.7	60<	16.60	4.72	1.97
	第2回	53. 6 .27	11.8	6.7		9.79	96.3	17.5	99.8	22.89 (2.19)	
桂沢	第3回	53.10.25	11.0	7.2	1.2					1.10	0.78
	第4回	54. 3 .15		6.8	0.05					6.77	1.37
	第5回	54. 7 .18	12.6	6.8	1.2				15.0	2.69	1.23

＊ st 3 の流量468－st 1 の流量63.6≒ st 2 の流量400（m³/min）　（COD値）；濾過後の分析値

NH_4^+ ppm	NO_2^- ppm	NO_3^- ppm	total-N ppm	PO_4^{3-} ppm	Cl^- ppm	SO_4^{2-} ppm	Ca^{2+} ppm	Mg^{2+} ppm	全硬度 ppm	SiO_2 ppm	着生藻類 mg/25cm²
tr	tr			tr	65.1	165				38.3	
0.27	tr			tr	67.0	185	53.6	18.6	211	33.3	
0.12	tr	tr－ND		tr	53.8	165	52.0	16.6	198.5	37.0	
tr	tr	tr－ND		tr -ND	4.44	6.2	3.12	1.80	15.2	12.5	
tr	tr			tr	76.7	240				46.4	
0.22	tr			tr	69.9	254	66.6	20.7	252	38.3	
tr	tr	tr－ND		tr	12.92	26.7	9.2	5.5	45.5	16.7	
tr	tr										
0.08	tr										
tr	tr			tr	115.7	240				55.0	46
0.15	tr			tr	109.9	265	72.4	23.0	276	48.8	
tr	tr	tr－ND	0.084	tr -ND	18.90	32.5	11.2	6.3	54.0	18.6	
tr	tr										
tr	tr	tr		tr	96.4	175				50.5	22
0.08	tr	tr		tr	90.6	210	62.0	18.1	230	46.3	
tr	tr	tr－ND		tr	18.51	33.8	11.8	5.7	53.0	19.0	
tr	tr										
tr	tr			tr	92.1	188				52.5	21
0.05	tr			tr	91.6	197	60.8	18.6	229	45.5	
tr	tr	tr－ND	0.104	tr -ND	17.94	31.7	12.4	5.3	53.0	19.0	
tr	tr										
tr	tr			tr	87.3	202				51.0	35
0.11	tr			tr	86.3	191	55.8	17.4	211	46.2	
tr	tr	tr		tr -ND	16.32	33.3	12.2	5.5	53.0	19.5	
tr	tr										
0.06	tr										
tr	tr			tr	82.4	177				51.6	51
0.05	tr			tr	76.7	184	51.8	16.7	198	46.1	
tr	tr	tr	0.106	ND	18.13	31	12.0	5.5	52.5	24.9	
					98.8	555				77.3	
					77.1	602	155.2	41.1	557	75.3	
					106.6	500	142.4	44.2	538	75.9	
					346.2	602	143.2	62.7	616	115.0	
					324.5	535	142.4	50.5	564	116.5	
tr	tr										
					12.5	156	42.4	9.48	145	43.9	
					12.05	142.7	40.6	7.9	134	60.8	
0.61	0.020										
0.49	0.028										
1.30	0.060			0.275	15.4	tr					
tr	tr										
0.06	tr										
tr	tr			0.515	4.44	13.5				37.4	
0.17	0.010			0.013	6.36	13.4	7.36	2.67	29.4	30.3	
0.33	0.015	0.022		0.011	4.82	13	8.96	2.28	31.8	39.0	

表 5　土田用水堰の流水量と当場の取水量の年間計画

時　期	土田用水堰流水量*	当場の取水量
1 月	22 立方尺/秒	2.5 立方尺/秒
2 月	22	2.5
3 月	22	2.5
4 月	22	2.5
5 月 1 日～19日	22	4.0
5 月20日～31日	143	6.0
6 月	112	5.5
7 月	112	5.5
8 月 1 日～20日	112	5.5
8 月21日～31日	78	4.5
9 月	22	4.0
10月	22	2.5
11月	22	2.5
12月	22	2.5

＊取入口の取水量

3）P　H

当場用水のpHの年変化を図3に示した。

観測値の最高がpH7.8、最低がpH6.7であり、平均値でpH6.9～7.5の変動幅である。4月中旬から8月下旬までの期間は、ほぼ中性を示すが、9月から翌年4月上旬までややアルカリ側の水質を示す。

図4に流程にともなう水温とpHの変化を示した。昭和54年3月15日の調査では、長瀬川の河川水はst.1とst.3ともにpH6.4の微酸性であったが、堰用水はアリカリ性を示し、st.4でpH7.4、st.5でpH7.6、st.6でpH7.8、st.7でpH7.6、st.8（当場取水口）でpH7.8であった。堰用水は、日中、水路に繁茂する藻類の光合成が、水質のアルカリ化に働くため、流下に従ってpH値は上昇の傾向を示すものと考えられる。またst.7で若干低下するのは、st.6とst.7の区間でpH6.3とpH4.6の酸性水が流入するためと考えられる。現時点では当場の養魚がpHにより悪影響を受けた例はみられないようである。

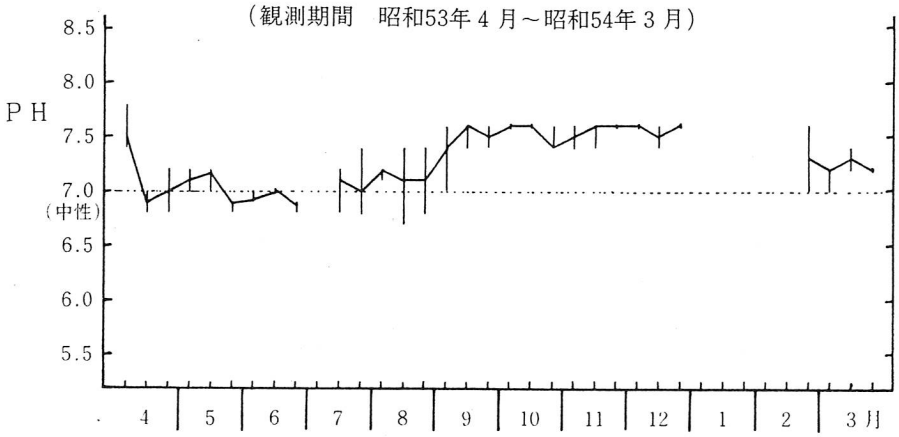


図 3　当場の堰用水取水部における午前10時頃のpH変化

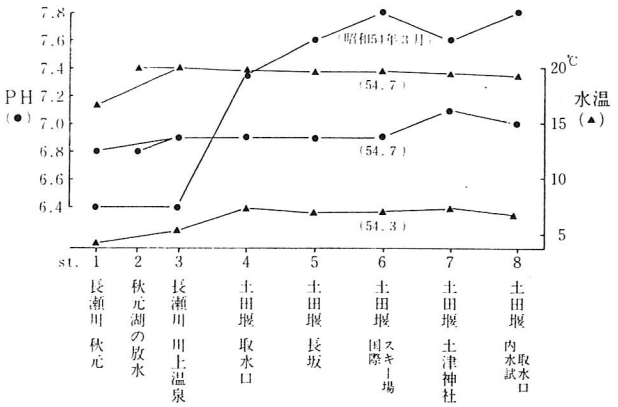


図 4　長瀬川～土田用水堰の流程にともなうPH・水温の変化

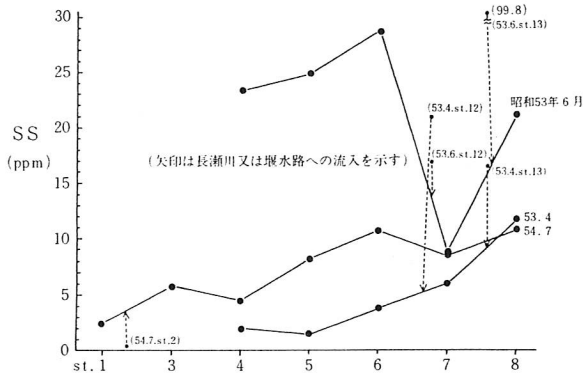


図 5　長瀬川～土田堰の流程にともなうSSの変化

（水産環境水質基準ではpH6.7～7.5を要望している。）

4）溶存酸素量と飽和度

溶存酸素量は河川水が8.34～11.49ppm、堰用水が8.23～11.70ppmであり、飽和度はいずれも92.8～104.8％の間であった。水産環境水質基準ではサケ、マス、アユを対象とする場合は7ppm以上であることを要望しているが、酸素量に関しては特に問題はないと考えられる。

5）透視度・懸濁物質（SS）

図5に示したように、昭和54年7月の調査では、長瀬川の河川水はSS 2.1～5.7ppmであり、通常混濁は少ないと考えられる。堰用水は通常透視度が60cm以上であるが、SSは昭和53年4月の調査および昭和54年7月の調査時には、流下に従って増加する傾向がみられた。st.8（当場取水口）では、通常でもSS10ppm前後見られた。

コイの実験では、カオリンを懸濁した試水では5ppmからコイの酸素消費量の低下の影響が見られており、堰用水は、水産環境水質基準値である25ppm以下ではあるが、ヤマメ、イワナ稚魚の鰓病発生の誘因になっているものと考えられる。

豪雨があった（表3）昭和53年6月27日の調査では、堰用水（st.8において）は透視度39cm、SS21.2ppmの高い混濁があり、一時的にはこの数倍の混濁があったと思われるが、降雨時等の混濁は養魚管理上の問題となる。この調査における桂沢の透視度は17.5cm、SS 99.8ppmで非常に混濁しており、この沢水の流入が堰用水の混濁汚染源になっていた。またst.7土津神社後方から流下する沢水が、バイパス水路（樋）の破損部から混濁水が堰に流入していた。昭和54年3月15日の調査では、st.6付近の国際スキー場へ通じる道路工事の完了後であったが、道路側溝排水が堰水路に落水する構造になっており、上記の箇所とともに降雨時には堰用水の混濁汚染源になるとみられた。

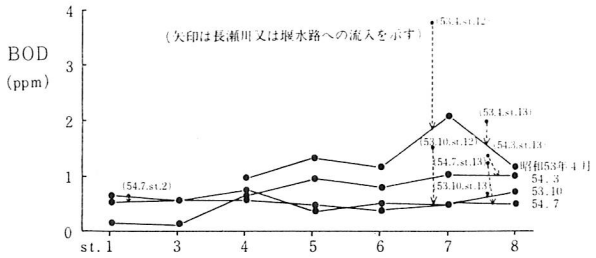


図6　長瀬川～土田堰の流程にともなうBODの変化

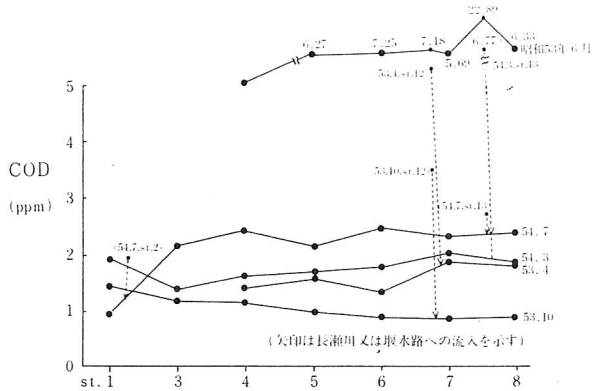


図7　長瀬川～土田堰の流程にともなうCODの変化

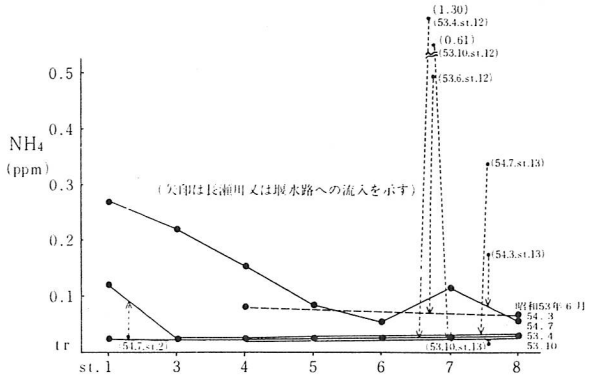


図8　長瀬川～土田堰の流程にともなうアンモニアイオンの変化

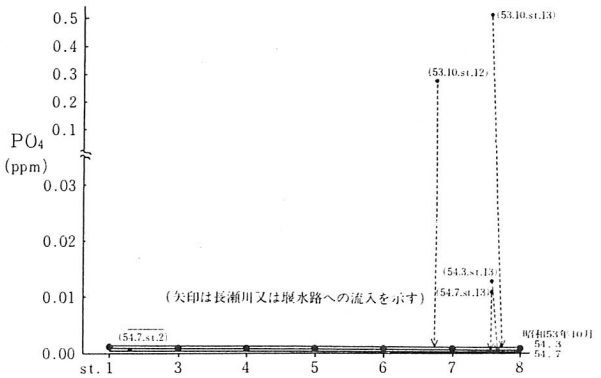


図9　長瀬川～土田堰の流程にともなうリン酸イオンの変化

6) ＢＯＤ

図６に示したように堰用水（st.８において）はBOD1.14～0.51ppmの範囲にあるが、通常１ppm未満であると考えられ現時点では特に問題はないと考えられる。水産環境水質基準のサケ、マス、アユを対象とする場合の基準値（２ppm以下）内である。なおst.12、st.13において有機汚染があるが、その落水量が少ないために負荷量が小さく、堰用水により稀釈されるために（調査では760倍と2,000倍の稀釈値に計算された）汚染源ではあるが堰用水から検出されない。ただし昭和53年４月の調査では、養豚場（st.12）の排水が流入した堰用水（st.７）のBODは、2.08ppm検出され、養豚場からの有機汚染が認められた。

7) ＣＯＤ

CODは通常湖沼の水質調査に用いられる。図７に示したように堰用水（st.８において）のCODは、豪雨による混濁が見られた第２回目の調査を除くと、0.83ppmから2.36ppmの範囲であった。

8) アンモニア、亜硝酸、硝酸

図８に示したようにアンモニアは堰用水にも検出されることがある。アンモニアは0.3ないし0.4ppmから魚に影響があるとの報告があり、現時点では特に問題になるような数値は検出されないが有機汚染は混濁と共に注意を要する。st.１とst.２において昭和54年３月と７月の調査時に0.12～0.27ppmが検出され、長瀬川の河川水に有機汚染が認められた。これは裏磐梯地域の観光地および住居地の生活排水が長瀬川に流入することによるものと判断される。

亜硝酸、硝酸は長瀬川の河川水、堰用水とも微量であった。

9) 燐　　酸

図９に示したように、昭和53年10月25日の調査で堰に落水する桂沢（st.13）から0.515ppmの燐酸が検出された。この沢に〝国立磐梯青年の家〟の下水が排水されているためであるが、堰用水の有機汚染源となっていることが明らかにされた。

10) Cl^-、SO_4^{2-}

図10に流程にともなう変化を示したが、７月の調査では河川水と堰用水のSO_4^{2-}は、st.１を除いて26.7～33.8ppmの範囲にあり、Cl^-は12.92～18.90の範囲にあった。これらの値は東北地方の河川の中ではやや高い方である。一方３月の調査では河川水と堰用水のSO_4^{2-}は184～265ppmの範囲にあり、Cl^-は67.0～109.9ppmの範囲にあった。これは東北地方の河川の中でも非常に高い値であり堰用水の一つの特徴である。

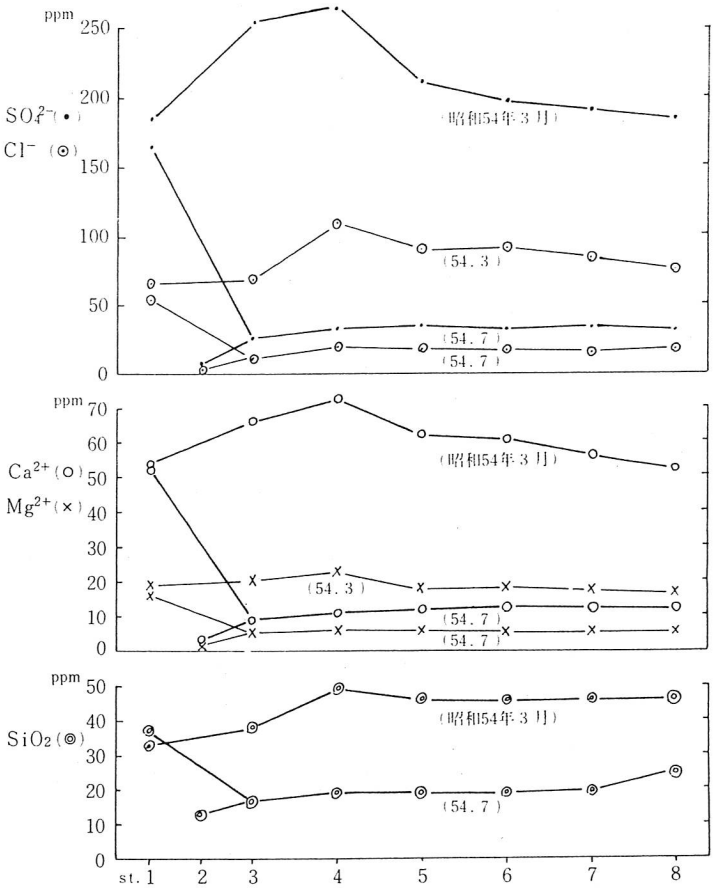


図10　長瀬川～土田堰の流程にともなう SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SiO_2の変化

11）Ca、Mg、SiO_2

Ca、Mg、SiO_2もCl^-、SO_4^{2-}と同様な傾向を示した。すなわち7月の調査では、Ca^{2+}はst.1を除いて9.2～12.4ppm、Mgが5.3～6.3ppm、SiO_2が16.7～24.9ppmであり、Ca^{2+}とMg^{2+}は東北地方の河川の中ではやや高い方である。一方3月の調査ではCaが51.8～72.4ppm、Mgが16.7～23.0ppm、SiO_2が38.3～48.8ppmの範囲にあった。これらの値はSO_4^{2-}やCl^-と同様に、東北地方の河川の中では非常に高いものである。

既に述べたとおり、土田堰は猪苗代地域の灌漑用水路であり、長瀬川の河川水を水源にしている。灌漑期の5月下旬から8月には、無機塩類の少ない秋元湖湖水が長瀬川に大量に流入する。このため、長瀬川の水質は秋元湖水に近い水質を示す。これに対し非灌漑期の9月から翌年5月中旬の期間は、秋元湖の水の流入量は極めて少なく（54年3月の調査時は放水門から漏水が見られただけであった）、長瀬川の水質は、無機塩類の多い五色沼水系の水質を示し、更に、st.3においてst.9（湿地帯からの流水）およびst.10（川上温泉の沢）の無機塩類の多い流入水がある。無機塩類の含有量が7月に比べて3月に極めて高かったのはこのためである。

12）着生藻類

秋から初冬にかけて堰用水に落葉と共に藻類の流下量が多くなり、養魚池管理上の問題点になっている。このため昭和53年10月25日に堰水路の着生藻類の調査を併せて行なった。藻類は堰水路のほぼ全域に着生しており、調査点の藻類量を表4に示したが、踏査観察でもst.4の堰取水口附近とst.11の見禰開拓部落から当場までの区間に多く、st.5とst.6の区間はそれより少ない傾向にあった。緑藻のシオグサ類（ウキシオグサ *Cladophora crispata*、カワシオグサ *C. glomerafa*）とサヤミドロ *Oedogonium* sp. が主体であり、特にウキシオグサの着生量が多い。

これまでに述べたように、現在の長瀬川の河川水は五色沼水系を源流としていると考えてよく、これに灌漑期には秋元湖水の一部が長瀬川に放水され、灌漑用水として土田堰他2堰に分取されている。従って非灌漑期の河川水は五色沼系の無機塩類を多量に含む水質となる。これに加えて、st.3の川上温泉で弱酸および弱アルカリ性を示す無機塩類を多量に含む2本の細い支流が長瀬川に流入し、塩類濃度を高めている。ただしこれによる養魚への弊害は特に見られない。

堰用水の有機汚染については、現時点で養魚用水として問題となる点は見られないが、現在各戸に設置される小規模浄化槽および別荘、観光地での浄化槽の放流水による環境の有機汚染が問題視されている。今回の調査で明らかにされたように、長瀬川のst.1においては裏磐梯地域の生活排水の流入による有機汚染が認められ、また堰水路においては養豚場の排水および国立磐梯青年の家の生活排水の流入による有機汚染が認められた。この他河川および土田堰沿線の住宅地域の生活排水の流入等による有機汚染が考えられる。

これら有機汚染は堰水路に繁茂する藻類の栄養塩でもあり、その増加は養魚管理上問題となる流下藻類の増加につながる。養魚用水としての水質保全のために、SSとともに可能な限り汚染源がでないことが望まれる。

ま　と　め

1．昭和53年4月から昭和54年7月にかけて5回、土田用水堰流路の水質を調査した。

2．特徴として非灌漑期の無機塩類が非常に多いことがあげられる。昭和54年3月に調査した長瀬川河川と堰用水は、SO_4^{2-}184～265ppm、Cl^-67.0～109.9ppm、Ca^{2+}51.8～72.4ppm、Mg^{2+} 16.7～23.0ppm、SiO_2 38.3～48.8ppmであった。

3．長瀬川の水質はDO、BOD、SSともに特に問題はないが、NH_4^+が0.12～0.27ppmの数値で検出

され、裏磐梯地域の生活排水の流入による有機汚染が進んでいると考えられた。

4．土田用水堰の有機汚染源として磐梯青年の家の下水が流入する桂沢の落水と、養豚場の排水の落水が認められた。後者は養豚場の移転により将来は問題がなくなるものと考えられる。

5．混濁汚染源として桂沢の落水の他、数カ所が指摘された。

6．堰水路に着生する藻類は緑藻のシオグサ類（ウキシオグサ *Cladophora crispata*、カワシオグサ *C. glomerata*）とサヤミドロ *Oedogonium* sp.）が主体であり、ウキシオグサが特に多い。

7．pHは、堰用水量の少ない非灌漑期に変動が大きいが、アルカリ性の傾向は藻類の同化作用によるものと考えられる。

8．当場が取水する土田用水堰の水質はDO、BODとも水産環境水質基準のサケ、マス、アユを対象とする場合の基準以内であった。

9．SSは水産環境水質基準の25ppm以内ではあるが、通常10ppm前後検出されるために、ヤマメ、イワナの養魚用水としては問題があると考えられる。降雨による混濁は著しいので特に注意を要する。

10．水温の年較差が大きく、朝10時頃の観測値では6月中旬頃から20℃を越える観測があり9月上旬まで20℃以上の観測がある。また11月上旬から翌年4月下旬まで平均10～3℃の低水温となる。特に冷水性のサケ科魚類を冬期間堰用水で飼育していた場合、初夏の水温上昇期前に地下水あるいは地下水との混合水に切り換える必要がある。

参　考　資　料

○加藤武雄・会田徳旺（1970）：裏磐梯湖沼群の無機環境について、JIBP-PF　昭和44年度研究報告、非調和型湖沼の生物群集の生産力に関する研究、53～68.

○坂本博幸（1975）：森支場における養魚用水の水質について、道立水産孵化場研究報告、**30**,43～55.

○土田用水堰土地改良区（1968）：「土田用水堰沿革史」

○小林　純、他（1976）：東北地方の河川水質について、農学研究、**55**．103～144.

○日本水産資源保護協会（1972）：「水産環境水質基準」

○小瀬洋喜（1977）：生活排水をめぐる諸問題、用水と廃水、**19**(5)，5～13.

○ヴァレンタイン（1978）：「湖の生態：人為的富栄養化をめぐって」、恒星社厚生閣（原俊昭 訳）

○福島県内水面水産試験場（1976）：土田堰用水水質調査、昭和49年・50年度事業報告。

○田中啓陽（1973）：濁りが魚類の酸素消費速度におよぼす影響 (1) 魚類酸素消費量測定装置の試作と1，2の実験について、水産増殖、**21** (1)，22～25.

本報告略号
―― 福 島 内 水 試 研 報 ――

Abbreviation of this bulletin
―― Bull, Fukushima Pref. I. W. Fish. Exp. Stat. ――

昭和56年３月20日　印刷
昭和56年３月31日　発行

発行所　福島県内水面水産試験場
福島県耶麻郡猪苗代町大字長田字東中丸3447－１
〒969-32　電話（02426）５－2011～２

発行者　秋　元　義　正
福島県耶麻郡猪苗代町大字長田字東中丸3447－１
〒969-32　電話（02426）５－2011～２

印刷者　佐　瀬　吉　暲

印刷所　㈲ 丸サ印刷所
福島県会津若松市行仁町２番35号
〒965　　電話（0242）22－0540

CONTENTS OF NO. 4

FUKUSHIMA PREFECTURAL INLAND WATER
FISHERIES EXPERIMENTAL STATION.
INAWASHIRO, YAMA, FUKUSHIMA, JAPAN