

## 湖山池の環境保全と内水面漁業に関する研究 II. ヘラブナ (カワチブナ) の種苗養成における水質管理

七條喜一郎\*・吉田 勲\*\*・猪迫耕二\*\*・斎藤俊之\*\*\*・竹内 崇\*  
原田悦守\*・鈴木 實\*

平成11年6月25日受付

\* 鳥取大学農学部家畜生理学教室、 \*\*鳥取大学農学部生存環境科学講座、

\*\*\* 鳥取大学農学部家畜薬理学教室

## Protection of Environment and Inland Water Fishery on Lake Koyama

### II. Control of Water Quality in Crucian Carps (Kawachi Buna) Raising

Kiitiro Sitizyo\*, Isao Yoshida\*\*, Koji Inosako \*\*, Toshiyuki Saito \*\*\*,  
Takashi Takeuchi \*, Etsumori Harada \* and Minoru Suzuki \*

\* Department of Veterinary Physiology, \*\* Department of Agriculture and Forest Sciences,

\*\*\* Department of Veterinary Pharmacology, Faculty of Agriculture, Tottori University,

Tottori 680-8553, Japan

Kawachi bunas were cultivated as a part of the study on water quality and activation of inland water fishery of Lake Koyama. Concentration of pH in fish tanks increased from 6.7 to 10.5, whereas no significant change in the pH of the natural pond (Koyama Lake) occurred during 3~4 days at above 25° in summer. Some fishes died in this time. We concluded from the experiment described above that the water of fish tanks must be diluted by water distribution at 3-day intervals in summer.

(Received 25 June 1999)

*Key words* : raising, Crucian carps, Kawachi buna

### 緒言

生活排水を主因とする閉鎖性水域 (湖沼を始めとする内湾・内海) の水質汚濁が叫ばれて久しい [1, 3, 8]。この様な水域では有機物や N・P の大量負荷の結果、基礎生産の拡大によるプランクトンの増大や藻類の繁殖が盛んになり、植食性魚介類の増産がみられる。しかし、他方では有害プランクトンによる養殖魚の大量への死や貧酸素化による底生魚介類のへの死、河川・湖沼におけるアユ、タナゴ、オイカワなどの清水に棲む魚種の減少などが問題になっている。さらにラン藻 (アオコ) の大量発生やメタンガスによる悪臭など地域環境の劣化を招い

ている。

このように、湖沼の水質汚濁と漁業や地域環境との関わり合いは単純ではないが、前報 [5, 6] でも述べたように内水面漁業は、漁獲物として湖水の有機物を回収する直接的な浄化機能を果たす一方、引き網漁などによる湖水の攪拌・湖底の耕耘・浮遊物の除去など二次的な水質浄化機能を持っている。さらに、湖岸周辺の環境整備など湖沼の環境保全にも大きな役割を果たしている。

そこで著者らは湖山池の環境保全と内水面漁業の活性化に関する総合的な研究の一環として、植物性プランクトンを主食とするカワチブナ (ヘラブナ) の孵化養殖試験を行い [7]、種苗養成における水質管理には pH 値の測

定が有用であることを示唆した。

本報ではカワチブナの種苗生産における水管理システムを確立することを目的として、養魚池のpHを経時的に測定するとともに、天然池との比較を行った。

## 材料及び方法

### 1. 種苗養成

親魚には湖山池で捕獲したカワチブナ（雌雄各10尾、体長30～35cm）を用い、採卵はゴナドトロピン処理により、1998年4月29日と5月4日の2回に分けて行った。飼育は前報[7]と同様に行い、飼料にはコイ用の粉末及びスクランブルA（日清製粉kk）を用いた。

### 2. 試験池の設定

実験には湖山池の湖畔に設置されたコンクリート製の養魚池8基を使用した（図1）。

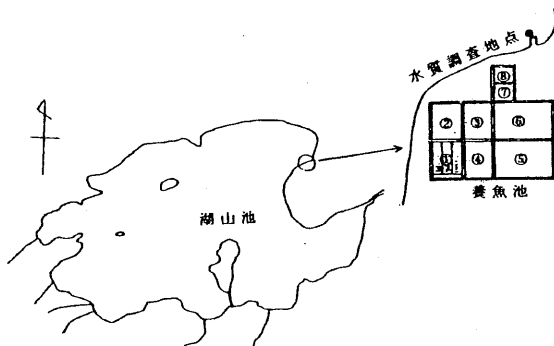


図1 養魚池の配置図

池①～④は6×10m 水深1.0mのコンクリート製で、そのうち池①は2m幅に3分割されている（①-1～①-3）。⑤と⑥は10×25mの周囲をコンクリートブロックで囲った素掘りの池である。その水深は約40cmで、底は泥土状で全面にガマが密生し、天然池の様相を呈している。⑦と⑧は6×6m 水深1.0mのコンクリート製である。

### 3. 各池の放養尾数

池②、③、④にはカワチブナの稚魚をそれぞれ2～3万尾づつ放養し、①-1にはコイの稚魚約30尾、①-3にはカワチブナの稚魚を約1千尾、⑤と⑥は自然に放置された池で自生の水生昆虫、ウシガエルおよび小魚が生息している。⑦にはコイの稚魚約1千尾を放養し、⑧はコイの親魚（体長40～50cm）を10尾放養した。

### 4. 養成池の水質検査と給水

5月20日から8月26日までの期間、各池の電気伝導度

(EC)、溶存酸素(DO)、総窒素(T-N)、総リン(T-P)、生物化学的酸素要求量(BOD)を前報[7]と同様の方法で、1週間間隔で測定するとともに、ポータブルpH計（東亜電波kk、HM-14P型）を用いてpHおよび水温を1時間間隔で自動測定した。

4～6月の養魚池の給水は透明度を基準にして適宜行ったが、7月以降はpH値9.00以上を基準にして、地下水を補給した。

## 結果

### 1. 地下水および養魚池の水質

表1に給水用地下水と各養魚池の水質測定値の一部を示した。

池①-1～①-3は7月上旬まで給水を行わず、池②～④は前述の方法で適宜給水した。その結果、池①-1および①-3は7月までpH値が9以上の高値で、DOが12～16ppmと過飽和の状態を示した。なお、これらの測定は全て午前9～10時に行った。

池②～④のpH、DO、は測定時ごとのバラツキが大きかったが、ECはほぼ一定の値であった。これに対して、池⑤のpHは一定しており6.9～7.9の値であった。また、

表1 養魚池の水質

|        | pH   | 水温   | EC  | DO    | T-N  | T-P  | BOD  |
|--------|------|------|-----|-------|------|------|------|
| 給水用地下水 | 6.2  | 18.1 | 320 | 2.25  | 0.82 | 0.04 | 1.04 |
| 池①-1   |      |      |     |       |      |      |      |
| 5月20日  | 10.5 | 22.4 | 285 | 14.38 |      |      |      |
| 6月18日  | 9.1  | 23.0 | 310 | 15.00 |      |      |      |
| 7月16日  | 9.4  | 25.1 | 270 | 12.46 |      |      |      |
| 8月17日  | 8.8  | 27.0 | 320 | 6.70  |      |      |      |
| 池①-3   |      |      |     |       |      |      |      |
| 5月20日  | 10.1 | 22.2 | 284 | 14.22 |      |      |      |
| 6月18日  | 9.1  | 23.0 | 310 | 15.00 |      |      |      |
| 7月16日  | 9.6  | 25.1 | 276 | 16.41 |      |      |      |
| 8月17日  | 8.8  | 27.0 | 310 | 6.70  |      |      |      |
| 池②     |      |      |     |       |      |      |      |
| 5月20日  | 7.9  | 22.3 | 232 | 5.75  | 1.46 | 0.05 | 3.23 |
| 6月18日  | 6.2  | 20.2 | 320 | 9.20  | 1.53 | 0.01 | 9.62 |
| 7月16日  | 7.2  | 25.1 | 344 | 18.00 | 2.01 | 0.05 | 3.30 |
| 8月17日  | 8.5  | 28.0 | 410 | 9.26  | 2.63 | 0.01 | 1.20 |
| 池③     |      |      |     |       |      |      |      |
| 5月20日  | 9.3  | 22.4 | 274 | 8.55  | 1.81 | 0.05 | 4.44 |
| 6月18日  | 6.3  | 19.0 | 320 | 10.70 | 1.78 | 0.01 | 4.14 |
| 7月16日  | 7.3  | 25.1 | 314 | 18.00 | 3.00 | 0.03 | 3.30 |
| 8月17日  | 8.8  | 27.0 | 350 | 7.85  | 2.00 | 0.01 | 2.24 |
| 池④     |      |      |     |       |      |      |      |
| 5月20日  | 9.0  | 23.2 | 344 | 9.25  | 1.50 | 0.04 | 3.44 |
| 6月18日  | 6.2  | 19.0 | 320 | 9.20  | 2.49 | 0.01 | 3.78 |
| 7月16日  | 7.3  | 25.5 | 319 | 18.00 | 2.00 | 0.03 | 3.30 |
| 8月17日  | 8.5  | 26.0 | 330 | 6.93  | 2.34 | 0.01 | 2.24 |
| 池⑤     |      |      |     |       |      |      |      |
| 5月20日  | 7.0  | 21.5 | 300 | 5.04  |      |      |      |
| 6月18日  | 7.9  | 23.4 | 556 | 2.50  | 0.16 | 0.01 | 8.00 |
| 7月16日  | 7.9  | 26.5 | 305 | 4.00  |      |      |      |
| 8月26日  | 6.9  | 27.0 | 310 | 5.50  |      |      |      |

DOも2.5~5.0と他の池に比べて有意に低値であった。しかし、BODが1回のみ測定ではあるが、8.0と高値を示した。

## 2. pHおよび水温の日内変動

各養魚池のpHは池⑤(葦の繁茂した池)に比べて高い値を示し、大きな変動を示した。また、地下水を補給しなかった養魚池のDOは池⑤の3~5倍の高値を示し、地下水を随時補給した池ではその差が少なかった。そこで、このような変動をさらに詳細に検討するために、池④におけるpHと水温の日内変動を夏期と冬季について検索した。

### 1) 夏期の変動

図2にみられるように、曇りおよび雨の日(7月9~12日)の水温はほとんど変動せず、25℃前後の値で推移した。また、この期間のpHは晴れの日に比べて変動が少なく、4日間で6.6から10.0に増加した。その後、12時間の給水により水温、pHがともに減少した(水温20℃、pH6.7)。

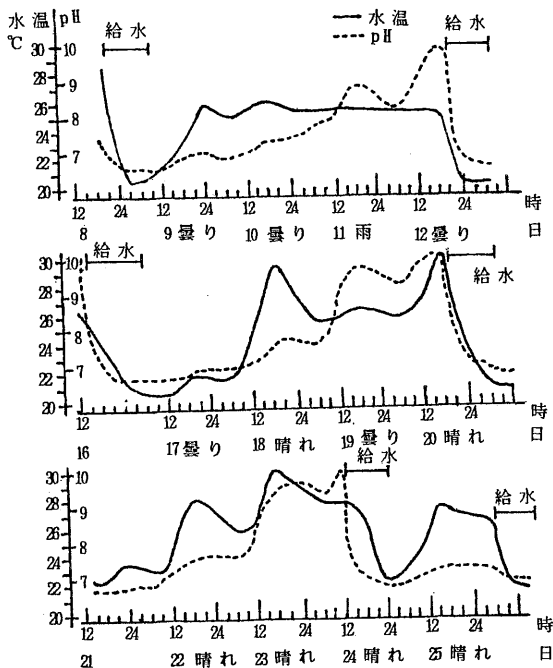


図2 7月の水温およびpH

次に曇りと晴れの日が交互におきた期間(7月17~20日)の変動をみると、曇りの日は水温pHともほとんど変化し

ないが(7月17日)、晴れの日(7月18日)は午前6時頃より水温が上昇しはじめ、午後6時に最高値(29~30℃)となり、夜間に減少し、午前5時に25℃になった。

一方、pHは午前11時頃より増加しはじめ、午後9時に最高値を示し、明け方にかけてわずかに減少した。翌19日は曇りで水温は25℃前後で推移したが、pH値は午前11時から午後3時にかけて急速に増加した(pH 9.8)。

晴天が二日以上続いた期間(7月22~24日)では昼間の水温は28~30℃に上昇し、夜間に減少して午前6時に25℃になった。一方、pHは昼間に増加し夜間はほとんど変動せず、減少しても極めてわずかであった。その結果、晴天が続いた時にはpHが2日間で10.0まで増加した。

### 2) 冬季の変動

図3に11月13~30日までのpHおよび水温の日内変動を示した。水温は13~17日の間7~9℃の範囲で推移したが、19日以降は昼間8℃に上昇し、夜間は6℃に低下した。

一方、pHはほとんど変動を示さず、6.5前後の値で推移し、26日以降は6.1~7.5とその変動幅がやや大きかったが、一定の傾向はみられなかった。

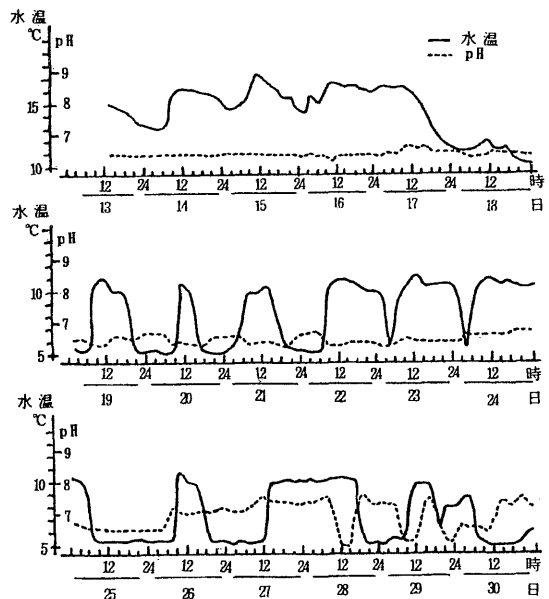


図3 11月の水温およびpH

## 3. 養魚池と天然池のpH変動の比較

上述したように、池①~④のpHは夏期に酸素が過飽和となり、pHが異常に高値を示した。しかし、底が泥土でしかも葦が密生した池⑤ではpH値およびDO濃度に大きな

変化がみられなかった。そこで、このような相違現象を明確に知るために、7月3～9日の7日間にわたり、池④、⑤および湖山池のpHと水温を同時測定するとともに、池④に60×30×30cmのガラス水槽を浮かべて、同池の水を汲み込み、池④の給水による改善効果の対象とした。

図4にみられるように、測定開始時(7月3日午後4時)の水温は湖山池、池④および池⑤がそれぞれ29.2、31.3、30.5℃であり、大きな差がみられなかった。

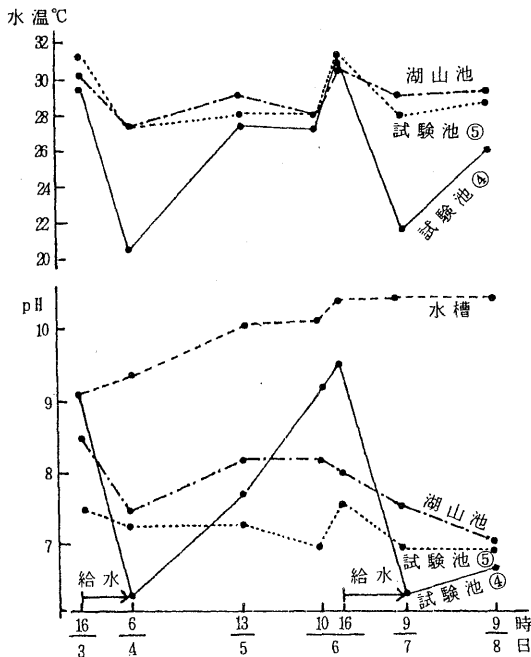


図4. 7月の天然池と養魚池のpHおよび水温

翌、7月4日午前6時には湖山池と池⑤が26.7℃に減少し、池④は20.9℃に激減した。この池④の値は前日より地下水を流入させたことによるもので、流入量は池の水量の約2倍であった。7月5日午後1時は3池とも28℃前後の値であり、翌、7月6日午後6時には31℃に上昇し、その後は前2日と同様な変動傾向を示した。

pHの変動をみると、湖山池のpHは7～8.5の間で推移し、池⑤のpHは6.8～7.5の範囲にあり、その変動は夕方が高く、午前中に低い傾向にあった。

これに対して、池④のpHは当初9.2であったが、地下水流入により6.4に減少し、2日後には9.5に上昇した。一方、池④に浮かべた水槽では2日後までわずかに増加し、10.2となった後、それ以上には増加しなかった。

## 考察および結論

湖沼の適度な富栄養化は、そこに生息する生物の食物連鎖を活発にする。すなわち、NやPを栄養源として増殖した植物プランクトンが直接に、または動物性プランクトンや底棲動物を経て魚に移行していくことになる。しかし、食物連鎖の諸経路は複雑で、ある種の魚介類が増加する反面、へい死する魚種もある。

また湖沼の水質環境と内水面漁業の関係においても、内水面漁業を活発に行い、養殖事業を推進すれば湖沼の富栄養化が必然的に進む反面、漁による漁獲は湖沼の浄化を推進することになる。このように、湖沼の環境保全と内水面漁業活性化との関わりは一筋縄ではいかない面がある。

しかし、緒言でも述べたように、内水面漁業が湖沼の環境保全に果たしている役割は大きく[5,6]、特に植物性プランクトンを主食とするカワチブナなどの増産はその価値が大きく、内水面漁業の活性化にも繋がるものと思われる。しかし、湖山池漁協の経営体質はほとんどの組合員が兼業であるため[6]、放流事業を活発に行うには、種苗生産技術の簡素化、省力化を図らなければならない。

種苗生産における技術的問題点としては、水温の問題を別にすれば、酸素の補給と老廃物および給餌にともなう有機物の処理である。

このうち、酸素の供給は、本実験の結果からも明らかにように、植物性プランクトン(アオコ)の光合成作用に依存している面が大きく、特に6月～8月の日中は常に酸素が過飽和の状態になり、それにとまって池水のpHが異常に高値となり、へい死する例があった。平野

[3]によると、止水池の溶存酸素はアオコの濃度およびその活力によって支配され、アオコの濃度が低い場合には、池の表層から底まで生産層となるが、濃度が高いと光が底まで届かないために分解層を生じることが知られている。この場合、生産層と分解層の境界である補償深度は透明度の2倍の深さに相当し、分解層が厚くなると、アオコの活力が急速に低下すると報告されている。

一方、植物プランクトンの1世代時間は増殖盛期において24時間と考えられており、アオコが高濃度に繁殖した池の水を2倍に希釈しても、翌日にはもとの濃度にもどると報告されている[2]。このことは本実験におけるpHの変動に一致しており、植物性プランクトンが大量に発生し、pHが9以上になった池に地下水を補給して、pHを7以下に希釈しても、2～3日でpHが9～10の高値を示した。また、水の補給を行わず、そのまま放置すると

pHは10.0以上の値を持続したが、底が泥土で葺が密生した池および天然の湖山池のpHは実験期間中8.5以下の値であった。

養魚において最も悪影響を与える排泄物はアンモニアと亜硝酸塩・硝酸塩であることが知られている[4]。アンモニアは魚類の排泄物や残餌の分解から生成され、そのうち、非解離アンモニア ( $\text{NH}_3$ ) が魚にとって有毒であることは古くから知られている。また、水中の総アンモニア ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) に占める非解離アンモニアの割合はpHおよび水温が高いほど大きい[4]。したがって、夏期水温が上昇した時期には、pHが高くなるとアンモニアの毒性が増強され、養魚の成長を妨げるばかりでなく、へい死の原因となる。

また、亜硝酸塩・硝酸塩はアンモニアが細菌によって酸化される過程で生成され、毒性をあらわすが、その耐性濃度は魚種によって異なっている。コイ、フナ、ウナギなどは亜硝酸塩に対する抵抗性が強く、400ppmで48時間死亡しないとの報告がある[4]。しかし、フナであっても本実験のように、孵化直後から数カ月の稚魚ではやはりその影響は大きいものと思われ、定期的な給水による排泄物の除去が必要である。

以上述べたように、コンクリート製の小型養殖池でカワチブナの種苗生産を行う場合、植物性プランクトン(アオコ)の繁殖・維持を適切に図る必要があり、水温が25℃以上になる時期には、3~4日毎に池水量の1/2程度の給水を行う必要がある。

#### 謝 辞

本実験を行うに当たり、ご協力戴きました湖山池漁業協同組合の宮島君美組合長をはじめ理事の方々に御礼申し上げます。また養魚管理に御協力下さいました鳥取へ

ラ釣り研究会の岡村 操会長に御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) Hasegawa, K., Sitizyo, K., Yoshida, I. and Inosako, k. : Study on ecolgy and water purification of Lake Koyama. A. I. T., (1999) (in press)
- 2) 平野礼次郎 : 止水養魚池における水質環境, 淡水魚と用水, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京 (1990) pp. 47-63
- 3) 猪迫耕二・吉田 勲・松井 毅 : 湖山池の水質に与える流入河川の影響, 鳥大農研報, 46 : 13-22 (1998)
- 4) 野村 稔 : 流水池の環境と魚類生産, 淡水魚と用水, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京 (1990) pp. 64-83
- 5) 七條喜一郎・田中善蔵・佐藤俊夫・佐竹寛昭・竹内崇・原田悦守・鈴木 實 : 内水面漁業の現状と課題 —特に鳥取県湖山池漁業を事例として—, 鳥大農研報, 49 : 133-139 (1996)
- 6) 七條喜一郎・佐藤俊夫・竹内 崇・原田悦守・鈴木 實 : 内水面漁業の活性化方策 —鳥取県湖山池漁業のアンケート分析を通して—, 鳥大農研報, 50 : 83-89 (1997)
- 7) 七條喜一郎・斎藤俊之・吉田 勲・竹内 崇・原田悦守・鈴木 實 : 湖山池の環境保全と内水面漁業に関する研究, 1. ヘラブナ(カワチブナ)の稚魚生産試験, 鳥大農研報, 51 : 111-116 (1998)
- 8) Sitizyo, K., Yoshida, I., Hasegawa, K. and Inosako, K. : Relationship between raising of fish and water quality. A. I. T., (1999) (in press)