

# 網生簀養鯉に関する研究 — II

## 魚の動きにもとづく水の流入

浜田篤信・津田勉

### 1 はじめに

最近湖沼を利用した網生簀が各地で急速に普及してきた。網生簀養魚の特徴は溶存酸素をはじめとする環境条件が比較的安定していて摂餌がそれらによつて制限されることが少く、適正な投餌を行えば最大成長に近い成長が得られ、<sup>1)</sup>しかも生産量が非常に高いことである。ところが生産量をどの程度まで高められるのが、網生簀の大きさや配列の方法をどのようにすれば、もつとも効果的な飼育環境をつくることができるのかというような基礎的な知見は少いようである。

網生簀漁場の設計にあつて考えねばならないものの一つに網生簀への流入水量の問題がある。流入水量は、かなり速い流れのある場合には、流速を詳細に測定することによつて求められ、また実際の設計にあつては、防災的な観点よりはむしろ飼育環境を適正に保つための設置方法、放養量の決定等対象魚の生物学的あるいは環境条件に重点をおいて設計する必要がある。

一般に網生簀の交代水量は、活簀内外の溶存酸素量の差から求められるのが普通である。<sup>2)</sup>

しかしながら湖沼のように無風状態時には水が殆んど動かないような場所では、網生簀周辺の溶存酸素は、垂直的にも水平的にも複雑な分布を示すことが多く、どの地点の溶存酸素量が生簀内外の値を代表しているのか判定に苦しむことが多い。

筆者等は、<sup>3)</sup>夏期、水温の躍層が著しく発達するときに網生簀周辺の水温分布をサーミスター水温計で詳細に測定し、また漁場に垂下した沈殿瓶中の沈殿物の量と組成から、 $5 \times 5 \times 1.5$  mの網生簀に1.5トンのコイが収容されている場合、生簀内の水は魚群によつてよく混合され、魚群の水の動きに及ぼす影響網から2~3 mの範囲にまで及んでおり、魚の運動が生簀内の水の交較に大きな役割を果していることを報告した。もしもこれら魚による水の動きを漠然としたものではなく、一つの値としてつかむことが出来れば放養量の決定や網生簀の大きさ・配置の仕方等の決定に有力な手懸りを興えるものと思われる。

本報告はこのような警点にもとづいて、魚の動きが流入水量に及ぼす影響について実験を行い、若干の知見を得たので報告するものである。

### 2 実験の方法とその吟味

コイの網生簀養魚において、生簀内の魚群の行動を存細に観察すると、よく馴れた魚群では求餌行動・摂餌行動・そしやく行動等が認められ、求餌行動・摂餌行動は非常に激しく容易に流入水量の増大が考えられる。しかしながら酸素収支の面から流入水量を考える場合には、このような激しい運動によつて生ずる流入水を標準にとることは、養魚という事業の面からは危険性があり、むしろ安全度を考慮して魚の運動の低い値をとるべきものと思われる。そしてこのような考えにたてば、魚の運動による流入水量を調べるにあつて、模型の網生簀をつくつて実験を行つても差支えないように思われる。

実験の実験においてはナイロン・マキユゼット30メツシユの網地で針金枠の網生簀をつくり、流入水の測定は、フルオレッセンを指標として、その濃度変化を光電光度計によつて測定することによつて求めることにした。

網生簀内の水がよく混合されている場合、流入水量とフルオレッセンの濃度との関係は次式で示される。

$$C = C_0 e^{-\frac{Q \cdot T}{V}}$$

Q : 流入水量 T : 時間

C : フルオレッツセンの濃度

C<sub>0</sub> : 初めの濃度

V : 網生簀の容積

即ち、T、C<sub>0</sub>、C及びVを測定すれば流入水量Qを求めることができる。

第1表、第1図はこの方法を吟味するために行つた際に得られた結果である。

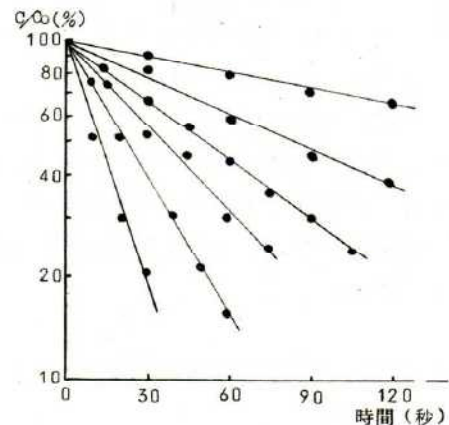
第1表 流入水によるフルオレッツセン濃度の変化

| 実験の種類        | 実験 I<br>(ポリ製容器) |      |       | 実験 II<br>(網生簀) |      | 実験 III<br>(網生簀) |      |
|--------------|-----------------|------|-------|----------------|------|-----------------|------|
|              | 1               | 2    | 3     | 1              | 2    | 1               | 2    |
| 容 積 (ℓ)      | 17.0            | 17.0 | 1.25  | 4.91           | 4.91 | 4.91            | 4.91 |
| 注入水量 (ℓ/min) | 3.80            | 9.53 | 1.16  | 0.7            | 0.4  | —               | —    |
| 時 間 (Sec)    | 濃 度 変 化         |      |       |                |      |                 |      |
| 0            | 100             | 100  | 100   | 100            | 100  | 100             | 100  |
| 10           |                 |      | 89.3  |                |      | 50.6            | 74.8 |
| 15           |                 |      |       | 82.3           | 73.9 |                 |      |
| 20           |                 |      | 75.2  |                |      | 29.4            | 51.0 |
| 30           | 89.9            | 85.8 | 70.2  | 44.5           | 51.2 | 20.6            | 40.2 |
| 40           |                 |      | 61.5  |                |      | 10.9            | 30.5 |
| 45           |                 |      |       | 54.9           | 46.7 |                 |      |
| 50           |                 |      | 50.8  |                |      |                 | 21.6 |
| 60           | 79.7            | 57.2 | 45.6  | 43.9           | 29.6 |                 | 15.8 |
| 75           |                 |      |       | 35.7           | 24.4 |                 |      |
| 90           | 71.1            | 44.7 |       | 30.2           |      |                 |      |
| 105          |                 |      |       | 24.0           |      |                 |      |
| 120          | 66.7            | 37.5 |       |                |      |                 |      |
| 計算値(ℓ/min)   | 3.88            | 9.52 | 0.982 | 4.05           | 5.98 | —               | —    |

実験は3×5 m、水深0.4 m～1.0 mの池の中央部に生簀を設置して行つた。実験 Iは穴のあいたポリエチレン製容器について行つたもので、容器内のフルオレッツセンを充分混合したのち、水道水を注入し、時間の経過にともなう濃度変化を調べたものであり、実験 IIは20×30 cmの木枠製網生簀で同様の実験を伴なつたもの、実験 IIIはこの網生簀の中央部において攪拌器で円運動攪拌を行つたものである。

これらの3つの実験においてフルオレッツセンの濃度は指数曲線にしたがつて減少し、log C/C<sub>0</sub>と時間Tとの関係はよく直線をなし変動も少い。そして実験 Iにおいては、濃度変化から計算された流入水量Qと実

第1図 水の流入によるフルオレッツセン濃度の変化(×1)



際の注入水量とはよく一致している。しかしながら網生簀の中へ水道水を注入した場合には、計算された流入水量は実際の注入水量をはるかに上廻つた値を示している。このことは網生簀に水道水を注入してゆくときには、水道水の落下の影響が強くあらわれ、注入水量よりもはるかに大きな水の交流が網面を外して行なわれるものと思われる。しかしながら実際の実験では注入と思われる。しかしながら実際の実験では注入水というような外力を加えないから、生簀内での濃度変化から流入水量を求めても差支えないと思われる。実験Ⅲは魚の運動をより単純化して考えるために行つたもので、この場合でも  $\log \frac{C_0}{C_t}$  と  $T$  とは直線となし、本法によつて可成り正確に流入量を求めることが出来ることを示している。

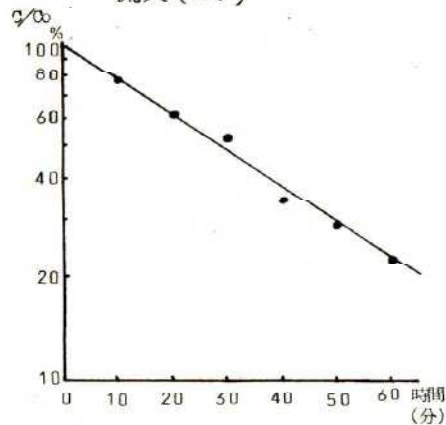
### 3 実験の結果と考察

第2図は 1.31 Kg のコイを  $40 \times 40 \times 40$  cm のナイロンマーキュゼット、30メツシュの網生簀に收容し、放養1時間後フルオレッセンの濃度変化を10分間隔で1時間測定して得られた結果である。この場合にも  $\log \frac{C_0}{C_t}$  と  $T$  との関係は直線を示し、変動も少く、この関係からコイによる流入水量を求めると  $Q = 0.155$  l/min の値が得られた。この実験中水温は  $16^\circ\text{C}$  であり、コイは僅かに動く程度で静止しているのが普通であつた。

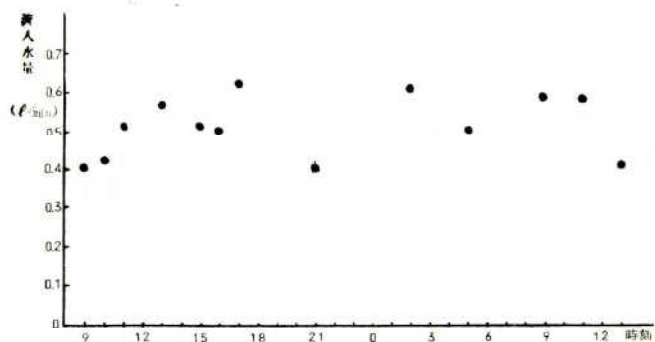
次に魚の運動に伴つておこる流入水量の日変化を調べた。第3図は水温  $12 \sim 13^\circ\text{C}$ 、50g のコイ8尾を上記網生簀に收容し、各時間毎の流入水量を求めたものである。

この結果コイによる流入水量には日変化がほとんど認められず  $0.4 \sim 0.6$  l/min の範囲を不規則に変動しているものの比較的安定した値を示している。魚の運動は直感的には、非常に複雑で一定していないように感じられるが、以上の結果はむしろ安定した動きを示し、魚によつてもたらされる網生簀への流入水は数字として取扱うことが出来るものであることを示している。

第2図 魚の動きにもとづく水の流入 ( $\times 1$ )



第3図 魚の動きにもとづく流入量の日変化 ( $\times 1/2$ )



#### 1) 魚体重と流入水量との関係

水温  $20^\circ\text{C} \sim 23^\circ\text{C}$  及び  $15^\circ\text{C} \sim 18^\circ\text{C}$  において、体重  $15\text{g} \sim 1310\text{g}$  のコイを使い、魚体重と流入水量との関係をしらべた。結果は第2表、第4図に示した。

第4図から明らかをようにコイによる網生簀への流入水量は体重の増加と共に除々に増加し、流入水量と体重の両対数は直線を示している。即ち流入水量は略、体重の0.8乗に比例する。 $20 \sim 20^\circ\text{C}$  の場合に例をとると  $15\text{g}$  のコイの場合には  $0.19$  l/min  $1.31\text{m}$  の場合には  $6.82$  l/min である。このことは事実である。例を  $1.31\text{Kg}$  のコイについて考えると、このコイの酸素消費量は  $25^\circ\text{C}$  において約  $7000/\text{h}^3$  であるが、このコイを網生簀に收容した場合には、魚によつて

もたらされる流入水量は、 $6.8 \text{ l/min} = 4.08 \text{ l/n}$  となり、供給量が消費量よりも遙かに大きいことになる。

第2表 魚体産と流入水の関係

| 水温     | 体重 (g) | 尾数  | 水容積 V | 時間 (min) T | 濃度 C/C <sub>0</sub> | 流入水量 (l/min) Q |
|--------|--------|-----|-------|------------|---------------------|----------------|
| 20~25℃ | 1,300  | 1   | 64    | 20         | 11.9                | 6.82           |
|        | 650    | 1   | 500   | 30         | 18.4                | 24.8           |
|        | 610    | 1   | 64    | 4          | 62.3                | 7.59           |
|        | 280    | 2   | 64    | 20         | 43.0                | 1.36           |
|        | 125    | 4   | 64    | 20         | 22.4                | 1.20           |
|        | 98     | 1   | 8     | 2          | 82.5                | 0.77           |
|        | 84     | 5   | 64    | 3          | 83.9                | 0.75           |
|        | 37     | 5   | 8     | 5          | 9.0                 | 0.33           |
|        | 36     | 3   | 8     | 4          | 54.7                | 0.40           |
|        | 21     | 100 | 500   | 20         | 52.5                | 0.16           |
|        | 18     | 5   | 8     | 4          | 58.8                | 0.21           |
|        | 16     | 10  | 8     | 4          | 39.4                | 0.17           |
|        | 15     | 10  | 8     | 4          | 40.5                | 0.19           |
| 12~16℃ | 1,310  | 1   | 64    | 60         | 24.1                | 1.52           |
|        | 800    | 1   | 64    | 5          | 87.5                | 1.71           |
|        | 753    | 1   | 64    | 5          | 90.0                | 1.37           |
|        | 725    | 1   | 64    | 20         | 65.9                | 1.34           |
|        | 580    | 1   | 64    | 10         | 84.0                | 1.12           |
|        | 160    | 1   | 8     | 10         | 71.4                | 2.15           |
|        | 86     | 1   | 8     | 50         | 15.1                | 0.31           |
|        | 58     | 1   | 8     | 30         | 48.0                | 0.19           |

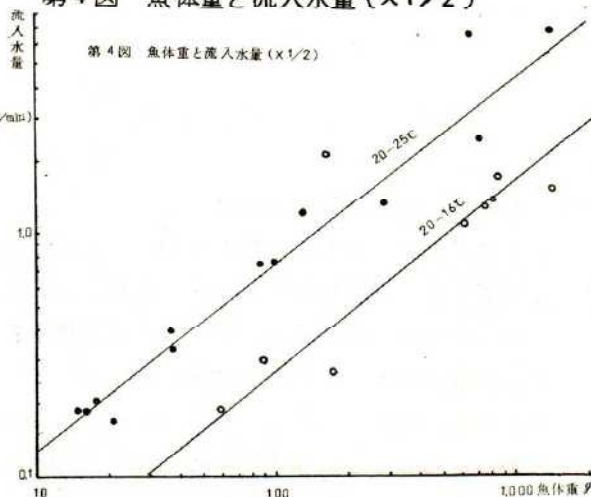
注) 供試魚が多いものは1尾当りの流入水量で示した。

## 2) 放養尾数と流入水量

放養尾数と流入水量との関係を調べるために実積500ℓの模型網生置に体重約20gの鯉100~380尾, 610gのもの5~29尾を収容し常法により実験を行った。結果は第3表に示すとおりである。

第3表から明らかなように、流入水量は、放養尾数に比例して増加し、1尾当りの流入水量  $Q/N$  は21gの鯉では0.161~0.142 l/min, 610gのものでは1.54~2.44 l/minであった。即ちこの実験の範

第4図 魚体重と流入水量 (×1/2)



囲内では放養尾数に比例して流入水量は増加している。この点を確かめるために、網生簀を極端に小さくし、一辺20 cmの網生簀を使用し、水温10~12℃の下で平均体重50gのコイを5~120尾收容し、密度を高めた場合流入水量はどのように変化するかを調べた。この実験においては、魚の占める空間は無視出来ないので、魚の比重を1と見做し、網生簀の容積8ℓから放養魚の占める空間を差し引いた値を生簀の水容積として計算を行った。結果は第5図に示した。

第5図から流入水量は、放養尾数が約60尾迄は直線的に増加するが、それ以上放養量を増しても流入量は殆んど増加せず80尾すなわちコイの占める空間が網生簀の容積の50%に達すると逆に流入水量は低下し始める。

このとき生簀内の酸素量は急激に低下し、一部は鼻上げ状態を示していた。

このことから、網生簀容積の約30~40%の量までは收容し得ることが考えられる。勿論以上の数値を直ちに現場の網生簀に拡大することは危険であり、現場への適用は今後の課題であるが、ここで得られた値から考えれば現在の放養量は非常に小さく、1面の網生簀においては、酸素条件が生産を規制する第1の要因にはならないものと考えられる。

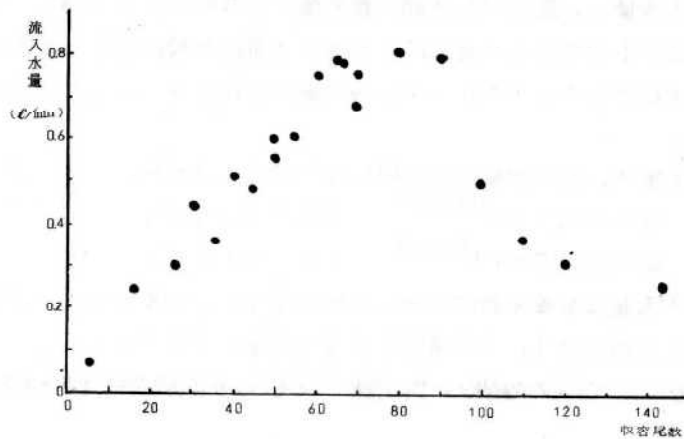
### 3) 魚による流入水の実体

前項まで述べてきたように、網生簀における魚によつてもたらされる流入水量は、比較的安定した値を示している。これは、ごく小さな網生簀の中に魚を閉じこめて実験を行ったからであろうか。そして放養量を決める場合にこれらの値を基礎にしてよいかどうかについて問題が残されている。前述したように魚

第3表 放養尾数と流入水量

| 魚体重 (g) | 時間 (min) | 尾数  | 濃度変化 $C/C_0$ | 流入水量 ( $\ell/\text{min}$ ) | 1尾当りの流入水量 |
|---------|----------|-----|--------------|----------------------------|-----------|
| 210     | 20       | 100 | 52.5         | 16.13                      | 0.161     |
|         |          | 200 | 29.7         | 30.35                      | 0.152     |
|         |          | 300 | 15.0         | 47.73                      | 0.152     |
|         |          | 380 | 11.6         | 53.85                      | 0.142     |
|         |          | 5   | 63.0         | 7.72                       | 1.54      |
| 610     | 30       | 10  | 23.2         | 24.42                      | 2.44      |
|         |          | 15  | 14.0         | 32.67                      | 2.18      |
|         |          | 20  | 9.6          | 39.09                      | 1.95      |
|         |          | 29  | 2.1          | 52.07                      | 1.80      |

第5図 收容尾数と流入水量( $\times 1/2$ )



第4表 呼吸運動にともなう流入水量

|   | 体重  | 尾数 | 無処理     |       | 処理      |       |
|---|-----|----|---------|-------|---------|-------|
|   |     |    | $C/C_0$ | Q     | $C/C_0$ | Q     |
| 1 | 545 | 1  | 89.3    | 0.722 | 92.4    | 0.501 |
| 2 | 108 | 1  | 94.6    | 0.044 | 93.4    | 0.055 |
| 3 | 78  | 3  | 87.5    | 0.107 | 80.8    | 0.171 |
| 4 | 94  | 5  | 70.8    | 0.276 | 78.2    | 0.197 |

T: 10分 水温 16.5

によつてもたらされる流入水は、游泳によるものと呼吸に伴うものとに区別できよう。我々が行つた実験はどれに属するかを知る必要がある。この点を確認するために、ガーゼで包んだ鉄棒を体側面にしばしつけ游泳行動を抑制した魚による流入水量と常法による値を比較する実験を行つた。

結果は第4表に示したが、二つの実験の間には、明確な差は認められず費者等が行つた方法で求めた流入水量の大部分は魚の呼吸運動にもとづいているものと考えられる。従つて流入量が安定した値を示すことも納得がゆく。

この場合、流入水量は魚の呼吸に利用される水量そのものではなく呼吸に利用される水量そのものではなく、呼吸運動によつて引込まれる水と、それによつて生ずる乱流拡散によるものと考えられる。実際の網生簀で魚群は非常にしばしば回転運動を行い、この運動が交代水量に及ぼす影響は見逃がすことは出来ない。しかしながら放養量の決定には、安全度も見越して少値である呼吸運動によつてひきおこされる流入水量を用いることが適当と思われる。そして別報で述べるが、この値をとつても、流入水量は想像以上に大きいものである。

#### 4 要 約

模型の網生簀内に投入されたフルオレッセンの濃度変化を利用して、コイによつて行なわれる流入水量を測定して次の結果が得られた。

- 1) 流入水量  $Q$ 、濃度  $C$  及び網生簀容積  $V$  との間には  $C = C_0 e^{-\frac{Q}{V}T}$  の関係がある。
- 2) 本法によつて得られた魚による流入水量は比較的安定した値を示し、 $13^{\circ}\text{C} \sim 14^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{g}$  のコイ8尾を  $40 \times 40 \times 40\text{cm}$  の網生簀に収容したときの流入水量は  $0.4 \sim 0.6\text{ l/min}$  であつた。
- 3) 魚体重  $W$ 、流入水量  $Q$  との関係は次式で示された。  
$$Q = 0.0221 W^{0.771} \quad (20 \sim 25^{\circ}\text{C})$$
$$Q = 0.00764 W^{0.808} \quad (12 \sim 16^{\circ}\text{C})$$
- 4) 流入水量は放養尾数に比例して増加するが、放養魚の占める空間が網生簀容積の40%になると殆んど増加せず、50%以上になると逆に低下する。
- 5) 本法によつて得られた結果は、魚の游泳によるものよりも呼吸に伴うものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 浜田篤信・津田 勉・狩谷貞二；網生簀養鯉に関する研究—I  
霞ヶ浦北浦水産事務所調研報告 No. 8 (1966)
- 2) 江 草 周 三；第3回人工湖利用部会要録 (1965)
- 3) 津田 勉・浜田篤信；網生簀養鯉に於ける魚群の動き、昭和41年日本水産学会年会発表  
(1966)