

# ウナギ養殖技術に関する研究—I

## 網生簀用種苗の養成及び網生簀養殖試験の結果について

鈴木 健 二

### 1. はじめに

霞ヶ浦におけるコイの網生簀養殖は1967年頃から技術導入され、その効率的な生産性を生かしながら発展し、現在では、我が国最大のコイ生産量を誇るまでに至っている。しかしながら、近年における食文化の多様化にともなってコイの需要は漸減しつつあり、養殖経営は困難となってきている。このため、コイの需要に見合った生産規模への縮小と同時に、コイに代わる新しい養殖魚種の導入による魚種の多様化を図ることが必要である。新養殖魚種を選択するにあたっての必要条件は、大きな需要が見込まれる魚種であること、湖内網生簀での養殖が可能な魚種であることである。ここでは、こうした条件を満足しうる魚種の一つとしてウナギを取り上げ、網生簀養殖の技術可能性及び収益性等について検討することとした。ウナギの網生簀養殖技術については、すでに当試験場においていくつかの報告がなされており、この中で赤野(1973)はウナギ網生簀養殖における問題点として、1) 網生簀に馴化しにくいこと。2) 網生簀からの逃亡により歩留りが悪いこと。3) 現状の技術では経営収支に難点があること等を指摘している。これまでの網生簀養殖試験において馴化が困難であった理由の一つとして、供試魚が養殖業者から購入したいわゆる養中サイズのウナギであったことが考えられることと、網生簀養殖を実用化した場合に、大量の養中サイズ種苗を購入することは事実上困難であると思われることから、シラスウナギからの網生簀用種苗生産、さらに網生簀における成魚養成に至るまでの一貫生産技術が必要であると考え、ここでは網生簀用種苗の養成と網生簀養成試験を併せて行い、上記問題点についての技術的改善策を検討した。

### 2. 材料と方法

1991年1月16日に波崎共栄漁協よりシラスウナギ0.5Kgを購入し、翌日の1月17日より、室内池(2.8m\*1.2m\*0.4m)2面に半数づつ収容して飼育を行った。飼育開始時は淡水馴化、及び外部寄生虫駆除のために飼育水をC1濃度を0.7%とし、ホルマリン30ppmで薬浴を行った後、2日目から流水方式に変えて、徐々に飼育水を淡水化した。これと同時に水温も1月17日の10℃から1日2~3℃の昇温を行い、1月25日には29℃とし、以降常に飼育水温を29~30℃に保った。給餌は、池へのシラス収容後すぐに餌付けを行うと摂餌にばらつきが生じるため、7日間は絶食とし、1月24日から生餌の投与を開始した。また、給餌飼料は一般的な養鰻で行われている手法に従って、飼育段階で飼料の種類を変え、1月24日から2月3日までは生餌を体重の5~7%に、2月4日~2月7日までは生餌と初期配合飼料を混合した飼料を、2月8日以降は完全配合飼料の給餌とした。室内での飼育は1月から5月まで行い、6

月から一部大型魚を網生簀に移し、網生簀養殖試験を行うとともに、残りについては引続き室内飼育を行った。さらに室内飼育の内の大型化した一部は8月30日に網生簀に追加収容した。

網生簀養殖試験においては、もじ網製網生簀（2m\*2m\*2m）を用い、この中にシェルターとして径50mm、長さ50cmの塩ビパイプを50本程度束ねたものを吊した。網生簀における飼育期間は6月1日から、台風による増水でウナギが逸散した9月24日までの116日間とした。網生簀における給餌方法は室内池と同様にウナギ用配合飼料を練り餌とし、網生簀内表層に吊したカゴに置き、ウナギが水面に浮上してきて摂取するようにした。給餌時間及び回数は午前9時前後と午後4時前後の2回とし、午後の給餌量は午前のほぼ2倍量とした。

1992年及び1993年においては、シラスウナギ1kgを室内加温池で網生簀用種苗まで養成した後、網生簀におけるウナギの摂餌条件、年度別成長比較、浮餌の給餌試験等を行った。なお、網生簀への浮餌給餌試験に用いた飼料は日清飼料社製（ウナギ用配合飼料、うきえ1~4号）で、自動給餌器により給餌を行った。また、浮餌の網生簀内からの流出を防ぐため、網生簀内の水面に塩ビパイプ製の正方形の枠（80cm\*80cm）を浮かべ、その枠内に浮餌が撒かれるようにした。

### 3. 結果及び考察

#### (1) 室内池飼育結果について

1991年2月から5月までの室内加温池における飼育結果を表-1に示した。購入時のシラスウナギは総重量0.5kg、平均体重0.18gであったので、推定総尾数は約2778尾となる。しかし、2月26日に総尾数を計測した結果は2172尾であった。この間における減耗原因は、死亡個体が確認されていないため、おそらく、排水口からの逸散によるものと考えられた。2月27日以降は2池に同数に分養し、さらに、4月16日に両池の中から大型魚を選別して3区とした。全試験区とも逸散が多く、真の餌料効率は確認できなかったが、4月16日から5月30日の飼育結果でみると、1区の0.64、3区の0.70と比較的高い値を示した。

#### (2) 網生簀飼育結果について

1991年6月1日から9月1日までの網生簀における飼育結果を表-2に示した。その間、7月3日、7月24日、9月1日に体重測定を行い、併せて、7月24日、9月1日には成品サイズに達したウナギを取り上げた。取り上げ量は、7月24日（90.8kg、472尾）、9月1日（26.4kg、155尾）であった。網生簀飼育においては室内池における以上に逸散が多く、結果として餌料効率が低い成績となる場合もあった。今回の網生簀飼育試験において最も良い飼育成績を示したのは、比較的逸散の少なかった1区の6月1日から7月3日までの間、餌料効率で0.65であった。なお、この値は室内加温池における飼育成績と同等のものであり、網生簀からの逸散を防止すれば、室内加温池と同等遜色の無い飼育成績が得られるものと考えられた。

表-3は飼育結果を尾数別に示したものである。網生簀1面当りの収容量は、飼育終了時点で

表1-① 室内飼育結果

(1991. 2. 8-2. 26)

	(1)	(2)	(計)
飼育開始日	1991. 2. 8		
〃 終了日	1991. 2. 26		
飼育日数	19日間		
給餌日数	15日間		
開始時総重量(尾数)			
終了時 〃 (尾数)	2.8kg (836尾)	2.2kg (1336尾)	5.0kg (2172尾)
増重量			
摂餌量	4.7kg	3.5kg	8.2kg
飼料効率			
開始時 平均体重	1.1g (2/12測定)	0.8g (2/12測定)	
終了時 〃	3.3g	2.0g	

表1-② 室内飼育結果

(1991. 2. 27-4. 15)

	(1)	(2)	(計)
飼育開始日	1991. 2. 27		
〃 終了日	1991. 4. 15		
飼育日数	48日		
給餌日数	41日		
開始時総重量(尾数)	2.8kg (1086尾)	2.2kg (1086尾)	5.0kg (2172尾)
終了時 〃 (尾数)	13.7kg (1056尾)	12.3kg (999尾)	26.0kg (2055尾)
増重量	10.9kg (-30尾)	10.1kg (-87尾)	21.0kg (-117尾)
摂餌量	20.15kg	20.1kg	40.25kg
飼料効率	0.54	0.50	0.52
開始時 平均体重	2.6g	2.0g	2.3g
終了時 〃	13.0g	12.3g	12.7g

表 1 - ③ 室内飼育結果

(1991. 4. 16-5. 30)

	(1)	(2)	(計)
飼育開始日	1991. 4. 16		
〃 終了日	1991. 5. 30		
飼育日数	45日		
給餌日数	45日		
開始時総重量 (尾数)	7.5kg (831尾)	7.0kg (821尾)	11.5kg (403尾)
終了時 　　〃 (尾数)	21.9kg	16.2kg	37.0kg
増重量	14.4kg	9.2kg	25.5kg
摂餌量	22.35kg	19.8kg	36.55kg
飼料効率	0.64	0.46	0.70
開始時 平均体重	9.0g	8.5g	28.5g
終了時 　　〃			

表 2 - ① 網いけす飼育結果

(1991. 6. 1-7. 3)

	シェルター	シェルター
飼育開始日	1991. 6. 1	
〃 終了日	1991. 7. 3	
飼育日数	33日	
給餌日数	30日	
開始時総重量 (尾数)	25.8kg	25.8kg
終了時 　　〃 (尾数)	46.0kg (355尾)	42.9kg (344尾)
増重量	20.2	17.1kg
摂餌量	31.3kg	31.0kg
飼料効率	0.65	0.55
開始時 平均体重	73.6g	73.6g
終了時 　　〃	129.6g	124.7g

表 2-② 網いけす飼育結果

(1991. 7. 4-7. 24)

	シェルター	シェルター	シェルターなし
飼育開始日	1991. 7. 4		
〃 終了日	1991. 7. 24		
飼育日数	21日		
給餌日数	17日		
開始時総重量 (尾数)	46.0kg (355尾)	42.9kg (344尾)	21.5kg (232尾)
終了時 〃 (尾数)	49.6kg (303尾)	50.4kg (318尾)	21.3kg (207尾)
増重量	3.6kg (-52尾)	7.5kg (-26尾)	-0.2kg (-25尾)
摂餌量	21.4kg	21.1kg	11.0kg
飼料効率	0.17	0.36	
開始時 平均体重	129.6g	124.7g	92.7g
終了時 〃	163.7g	158.4g	102.9g

表 2-③ 網いけす飼育結果

(1991. 7. 25-9. 1)

	シェルター	シェルターなし
飼育開始日	1991. 7. 25	
〃 終了日	1991. 9. 1	
飼育日数	39日	
給餌日数	29日	
開始時総重量 (尾数)	16.0kg (191尾)	14.5kg (165尾)
終了時 〃 (尾数)	16.7kg (108尾)	19.0kg (153尾)
増重量	0.7kg (-83尾)	5.5kg (-12尾)
摂餌量	7.9kg	13.1kg
飼料効率	0.09	0.42
開始時 平均体重	83.8g	87.9g
終了時 〃	154.6g	124.2g

16.7kgから50.4kgと幅広い結果となり、適正収容密度を判定するには至らなかった。

7月4日からは以上の飼育試験と並行して、網生簀内にシェルターの無い試験区を設定し、シェルターの有無による成長の違いを調べた。飼育中にシェルターを持ち上げたところ、その中にウナギが多数入っているのが確認され、ウナギがシェルターを利用していることが伺えた。

網生簀内にシェルターがある場合と無い場合の成長の違いを図-1に示したが、シェルターの有る試験区の方が明らかによい成長を示した。このことは、網生簀飼育の場合、池中飼育と異なり常に遊泳していることが強制される結果、エネルギーの消耗により成長が阻害されることを示唆しており、シェルターを利用することによりこうしたエネルギーの消耗が妨げるものと思われる。しかし、シェルターを網生簀に収容することにより、魚の取り上げが不便になること、一網当りの収容量を抑えなければならないこと等のデメリットは避けがたい。

### (3) 成長について

表3 飼育結果（尾数変化）

飼育法	室内飼育
飼育期間	1/16～5/30
開始時尾数	2172尾 (2/26)
終了時尾数	1852尾
逸散・死	320尾

飼育法	室内飼育
飼育期間	6/1～9/1
開始時尾数	918尾
終了時尾数	900尾
逸散・死	18尾

飼育法	網いけす飼育
飼育期間	6/1～9/1
開始時尾数	934尾
逸散・死	201尾
成品・とりあげ	627尾
終了時尾数	106尾

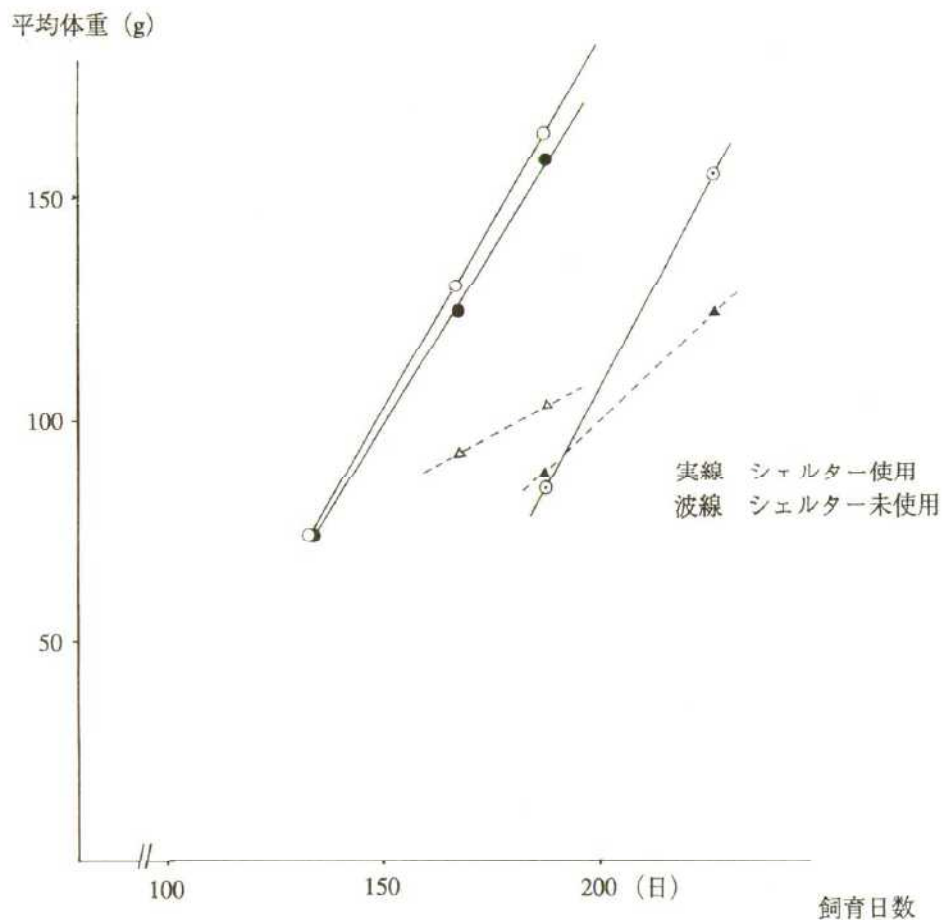


図1 シェルター使用、未使用時の成長比較

ウナギの室内飼育、網生簀飼育での体重組成を図-2に示した。ウナギはある期間飼育すると群に大小の個体差を生じ、成長に影響が出ることが知られている（1982年 岩橋）。今回の室内、網生簀の両飼育試験においても同様なことが確認された。図-3は、室内及び網生簀での成長を示したものである。（各点は計測時の平均体重）

網生簀養成においては、使用する網目との関係で少なくとも40gサイズの網生簀養成用種苗が必要であるが、今回の室内飼育試験の結果からシラスウナギから40gサイズ種苗までは室内飼育で130日程度の飼育日数が必要であることが判明した。

#### (4) 水温と摂餌の結果について

ウナギは、絶食後給餌すると最初の7～8分間でほとんど飽食に達すると言われている。室内池において、十分な餌を与え、最初の5分間に摂餌した餌の量と水温の関係を調べた。ウナギは室内飼育で十分に馴化されたもの（16.7kg、109尾）を用いた。その結果を図-4に、水温30℃の摂餌量を100

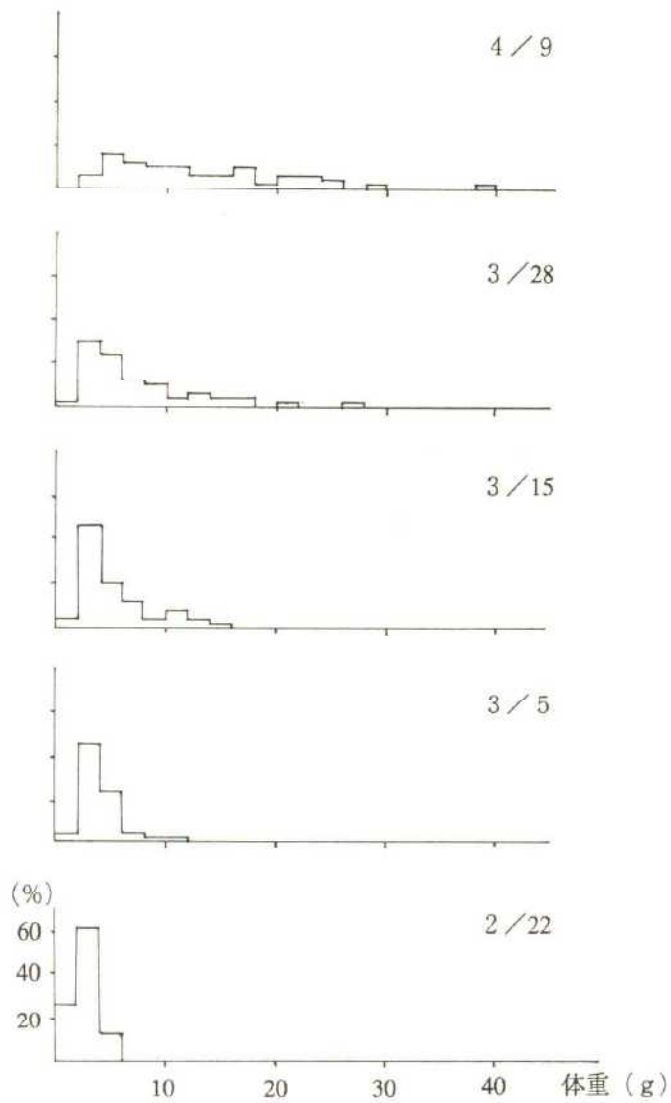


図 2-① 室内池におけるウナギの成長 (1991年)

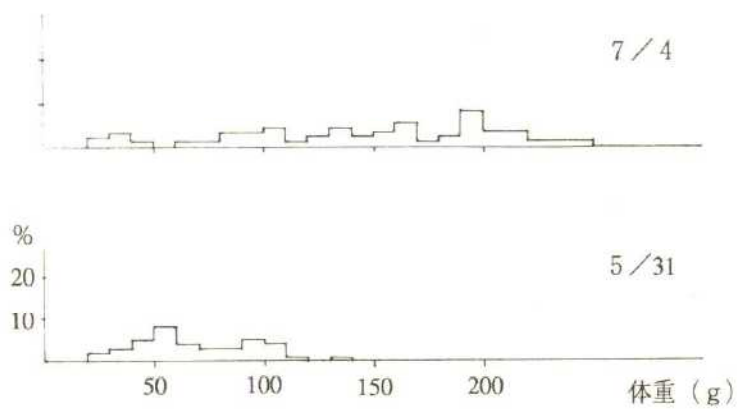


図 2-② 網いけすにおけるウナギの成長 (1991年)



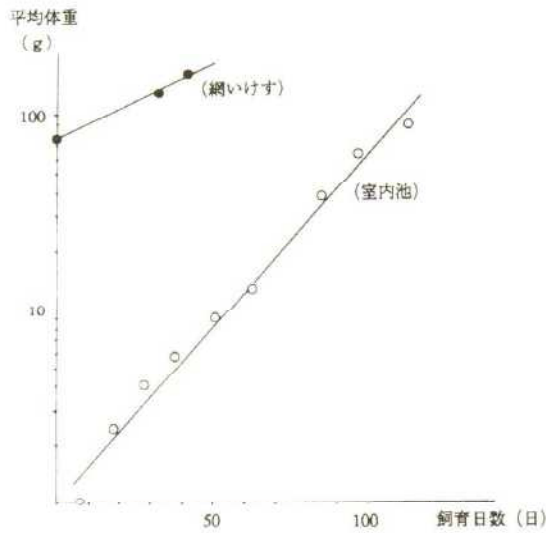


図3 ウナギの成長曲線

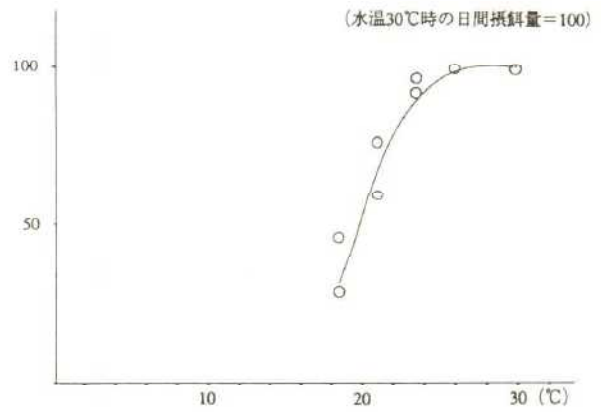


図4 水温と日間摂餌量の関係

として示した。30～25℃では摂餌量はほとんど変わらず、25℃を割ると摂餌量は減り始め、さらに水温が低下するとともに急激に減少し、水温20℃における摂餌量は30℃における最大摂餌量の約半分であった。

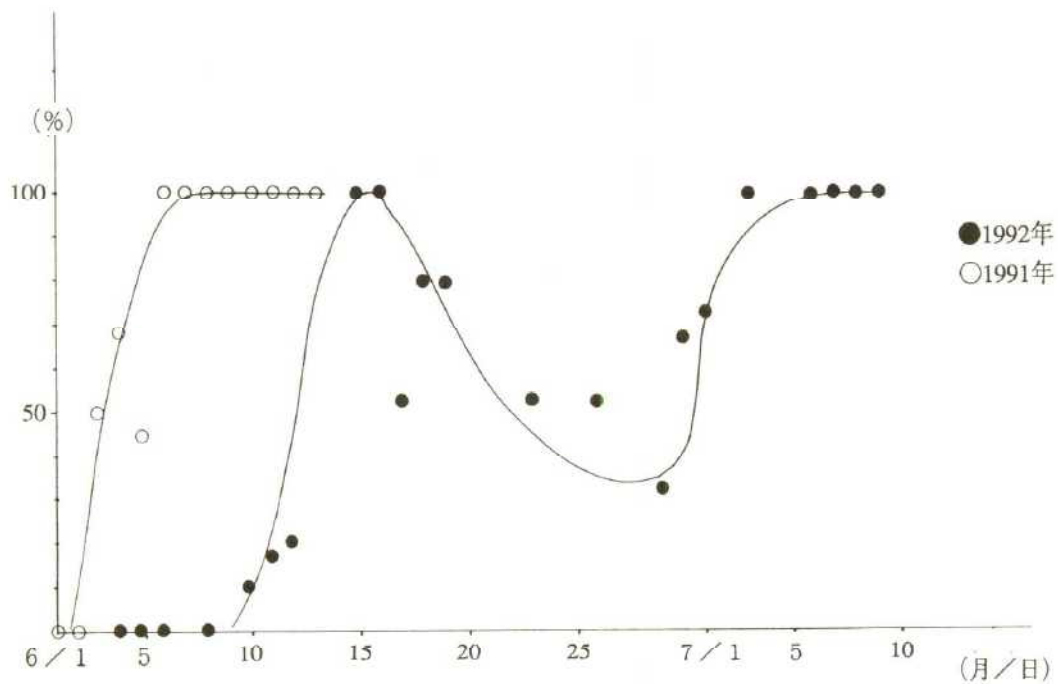


図5 1991、1992年の網いけすでの摂餌率比較

次に網生簀飼育における摂餌状況について、1991年と1992年で比較した。(図-5)

両年とも6月から網生簀での飼育を開始したが、様相は大きく異なり、1991年は網生簀収容後約1週間で最大摂餌量に達したが、1992年においては6月下旬に大きく落ち込み、最大摂餌量に達したのは7月上旬であった。一方、水温変化についてみると、1991年は6月10日に24℃に達し、その後は高水温を維持した。1992年は6月中は22℃で前後で推移し、25日には19℃の低水温を記録し、その後24℃を越えたのは7月以降であった。(図-6)

以上のように、湖内網生簀養殖においては霞ヶ浦の水温変動と摂餌動向の間に高い相関性が認められた。次に、室内池において水温25℃区と30℃区での成長を比較したところ、表-4、図-7に示したとおり、30℃区の方が成長、飼料効率とも良い結果となった。ウナギの成長が良い25℃以上の期間は年によってかなり異なっており、最近の3ケ年で見ても、1991年は、3ヶ月間、1992年は50日間、1993年は約3週間と変動が著しく、飼育成績は年によって一定でないことが予想される。また、網生簀での飼育期間は、湖内水温が20℃以上で摂餌が認められることから、条件の良い年で6月初旬から10月中旬の約140日間ということになる。

1991年の飼育試験の結果においては、10月中旬の時点で成魚に達しないウナギが初期飼育尾数の46%程度残っており、これらについては越冬し、翌年効率よく飼育しなければならないが、網生簀内での越冬、さらに継続して成鰻までの飼育等については今後の検討課題である。

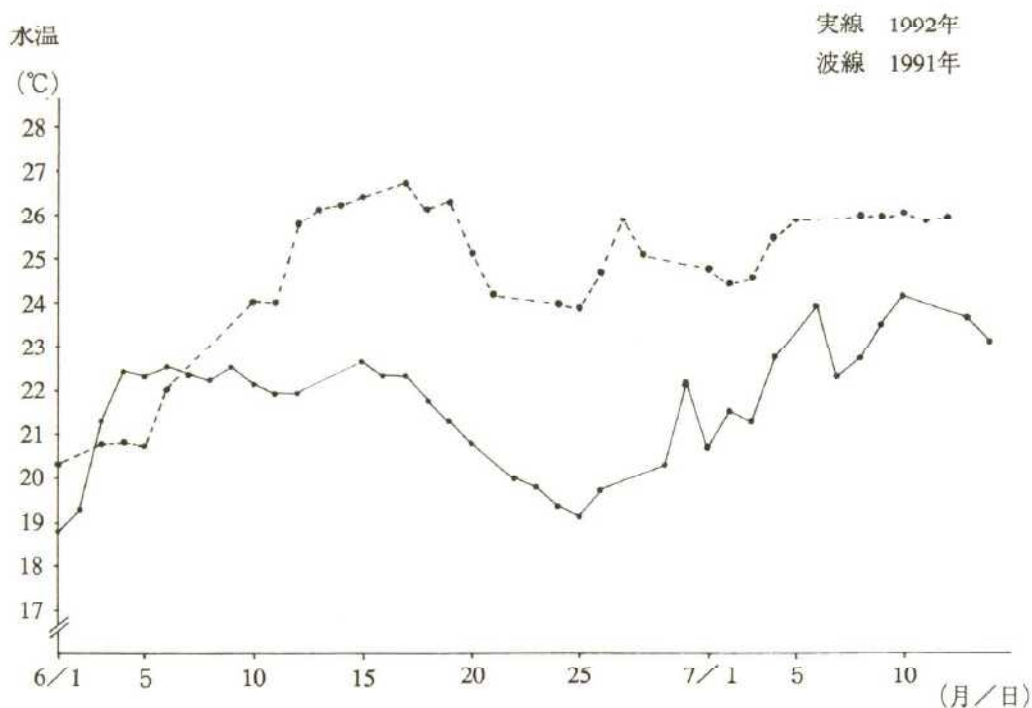


図6 網いけす水温

表4 水温別飼育結果

	W.T.=25℃	W.T.=30℃
飼育開始日	1991. 10. 18	
〃 終了日	1991. 12. 24	
飼育日数	66日	
給餌日数	49日	
開始時総重量 (尾数)	6.2kg (247尾)	6.2kg (290尾)
終了時 〃 (尾数)	10.8kg (252尾)	12.7kg (276尾)
増重量	4.6kg (±0尾)	6.5kg (-14尾)
摂餌量	13.2kg	13.5kg
飼料効率	0.35	0.46
開始時 平均体重	25.1g	21.4g
終了時 〃	42.9g	46.0g

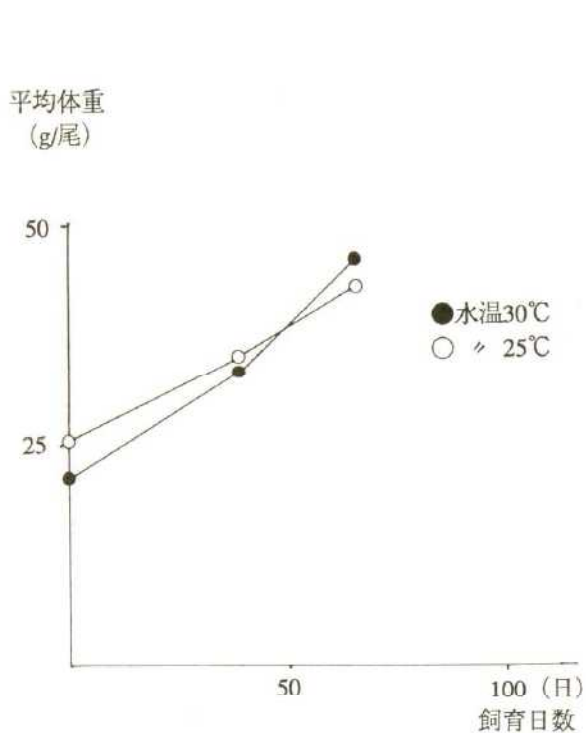


図7-① 水温25℃時と30℃時の成長比較  
(1991年10月18日～12月24日)

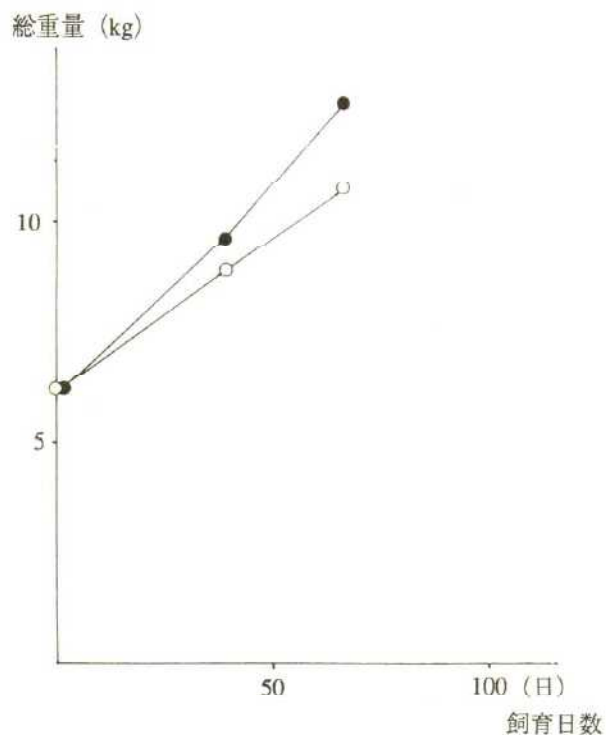


図7-②

(5) 日間摂餌量について

15.5時間、絶食状態にしたウナギに午前8時30分から2時間毎に十分な餌を与え、一回毎に残餌を取り出して一昼夜の摂餌状況を観察した。試験には、網生簀区（総重量：16.7kg、総尾数：108尾）と室内池区（総重量：33.2kg、総尾数：900尾）の試験区を設けた。各試験区の水温は網生簀区が26℃（8月29日午前9時測定）、室内池は30℃であり、いずれも最大摂餌量が可能な水温である。その結果は、図-8に示したとおり、網生簀区においては最初の摂餌後約6時間後に次の摂餌のピークが見られたが、2回目のピークについてはピーク以後も摂餌行動は衰えることなく漸減しながらも夜間を通じて摂餌し続け、翌日の6時30分（2回目のピークから14時間後）に3回目のピークが見られた。このことから、ウナギは大まかには1日2回食と見られるが、夜間により積極的な行動を示すものと思われる。一方、室内池区においては、最初の摂餌後6～8時間後に2回目の摂餌ピークが現れるところは網生簀区と同様であるが、その後の摂餌量は網生簀区よりも収容総量が多いにもかかわらず伸びていない。このことはおそらく池水の水質悪化が原因ではないかと思われる。網生簀区における24時間（28日午後2時30分から29日12時30分まで）の総日間摂餌量は0.975Kgとなり、これは魚体総重量当り5.9%に当たる。

次に、網生簀飼育と室内飼育の結果から日間摂餌率を求め、表-5及び図-9に示した。同一魚体重のウナギでもバラつきが大きいのが、日間摂餌率は魚体重の増加に伴って漸減の傾向を示している。

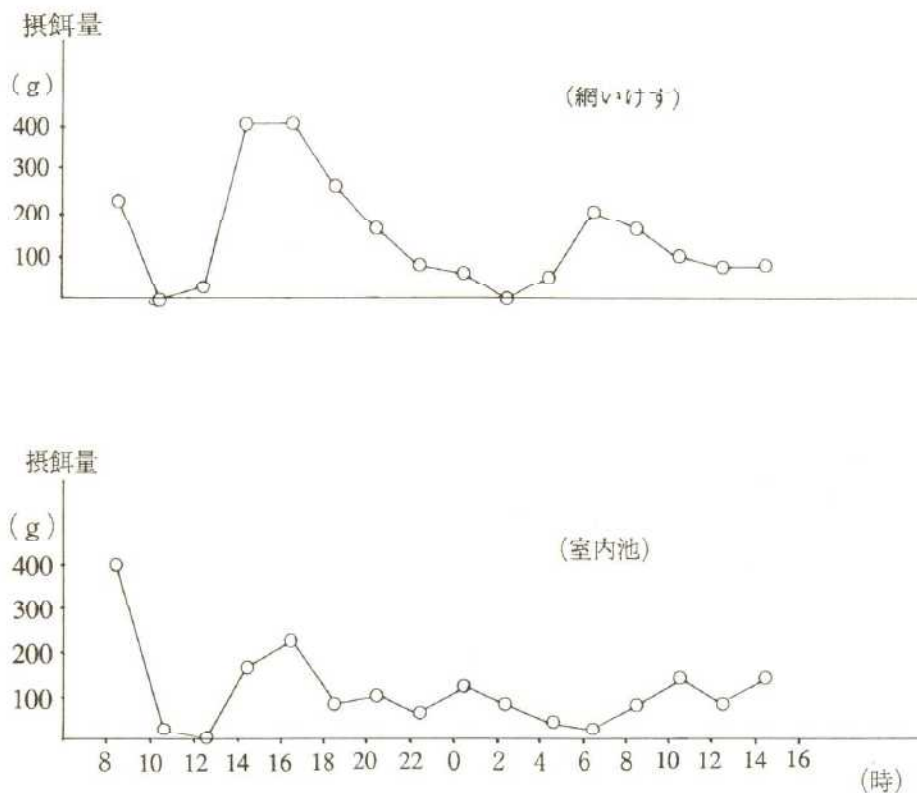


図8 摂餌量の経時変化

表5 日間摂餌量率

日 時	(A) 平均体重 (g)	(B) 総重量 (Kg)	(C) 日間摂餌量 (Kg)	(C) / (B) 日間摂餌率	
1991.6.10	73.6	25.8	0.95	0.037	網いけす 飼 育
7. 4	129.6	46.0	1.50	0.033	
7.26	164.7	49.6	1.60	0.032	
9. 1	154.6	16.7	0.80	0.048	
4.15	13.0	13.7	0.86	0.058	室内池 飼 育
4.15	12.3	12.3	0.80	0.065	
4.22	9.0	7.5	0.50	0.067	
4.22	28.3	11.5	0.70	0.061	
10.18	25.1	6.2	0.30	0.048	
10.18	87.2	9.5	0.50	0.053	
11.27	153.2	16.7	0.70	0.042	
11.27	33.3	9.6	0.40	0.042	

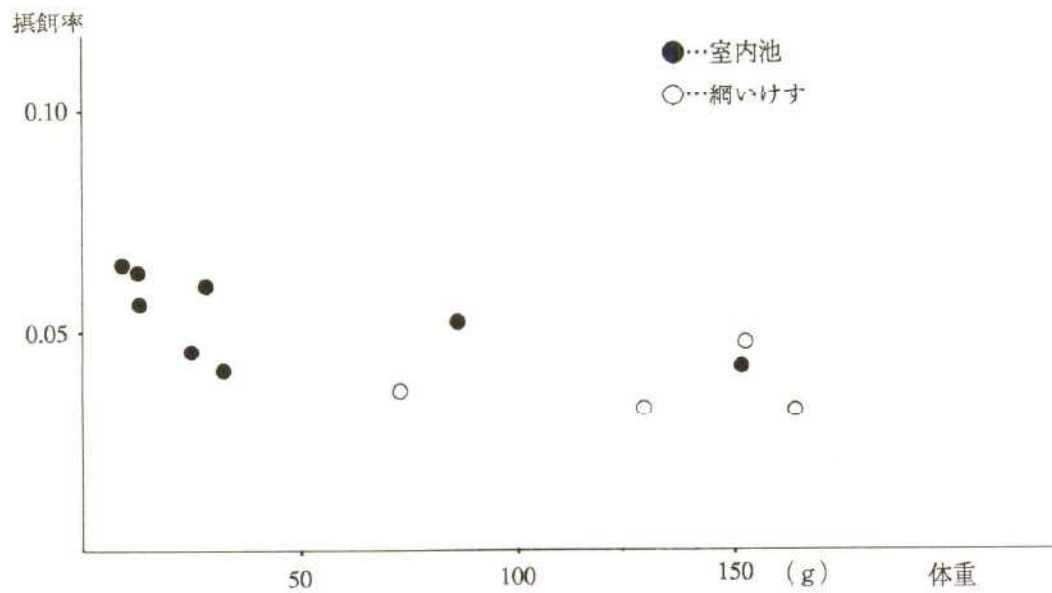


図9 魚体重別日間摂餌率 (日間摂餌量/魚体重)

#### (6) 溶存酸素量と摂餌量の関係について

松沢 (1960) はウナギの鼻上げ現象と溶存酸素量の関係について、鼻上げは水温の高低にかかわらず、0.5cc/lでは起こるが、1cc/lでは起こらないと報告している。このことはウナギが低酸素条件下においても比較的強い魚であることを示している。しかしながら、成長への影響はより高い酸素量において出る可能性があるものと考えられるため、次のような試験を行った。馴化したウナギ (26.6kg、109尾) を収容した室内池において、曝気量を変えることによって溶存酸素量の異なる飼育環境を設定し、各溶存酸素条件下における摂餌量を測定した。なお、ウナギへの給餌は各水温毎に1日間絶食した後に行い、摂餌量の測定は摂餌行動が終了した時点で給餌量から残餌量を差し引いて求めた。その結果は図-9に示したとおり、溶存酸素量が2.5ppm以下になると摂餌量の急激な低下が認められた。霞ヶ浦では夏期に溶存酸素量がしばしば2.5ppm以下になることがあるので注意を要する。

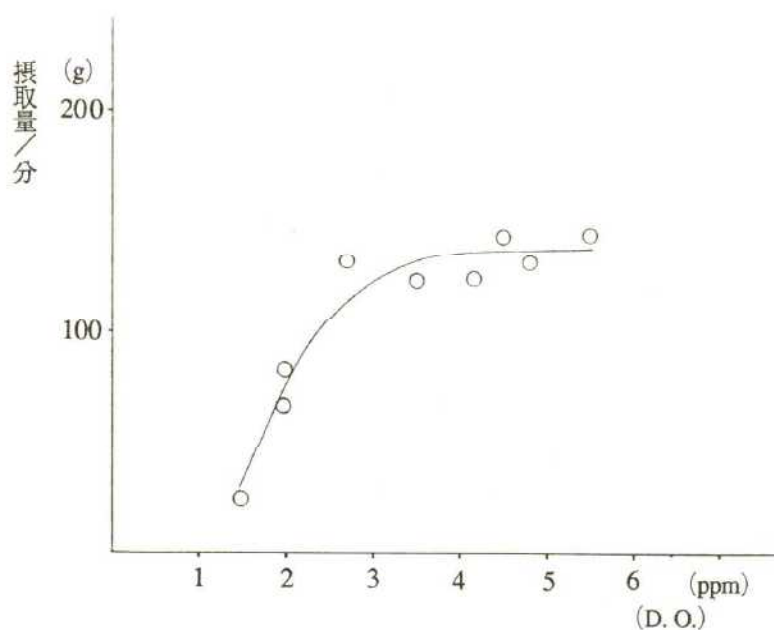


図10 溶存酸素量と摂取量の関係

#### (7) 網生簀養成における浮き餌による飼育結果

ウナギを網生簀で養殖する場合には、従来の練り餌給餌作業は困難と思われるため、給餌作業の省力化が必要である。そこで、自動給餌器による浮き餌投餌による飼育試験を行った。1993年6月4日にウナギを網生簀に収容した後、毎日浮き餌を与え続けたが、ウナギが水面に浮上して積極的に摂餌行動を示すようになったのは6月17日の給餌開始13日後であった。

この間の摂餌行動を示さなかった原因については、移動したことによるストレスによるものか、水温が低かったためなのか明確できない。しかし、一度浮き餌に慣れるとかなり積極的に摂餌を行うようになり、人が近づいても摂餌行動を中断するようなことはなかった。浮き餌による飼育結果は表-6に示した。飼育試験は6月4日から11月2日までの間を3回に分けて行った。第1回目は前述したように餌付け期間が含まれているため、飼料効率は0.26と悪かったが、第2回目は飼料効率0.80の好成績であった。第3回目は逸散魚が多かったことにより飼育成績が悪い結果となった。なお、浮き餌の給餌に際して、網生簀の中に塩ビパイプ製の正方形の枠を浮かべ、この中に浮き餌が落ちるように給餌を行ったが、風の強い日には餌の一部流出は避けられなかった。こうした餌の一部が無駄になることは不可避であるが、飼料効率が良い、省力化が可能となる等の点から網生簀養殖における実用的な給餌方法と考えられる。

ただし、従来の練り餌配合飼料単価（242.5円/kg）に比べて、浮き餌単価（272～294.3円/kg）が高いため、生産コスト全体の中で実用的かどうかの検討が必要である。

表6 うき餌による飼育結果（1993年）

	③	②	①
飼育開始日	1993. 8. 4	1993. 7. 7	1993. 6. 4
〃 終了日	11. 2	8. 3	7. 6
飼育日数	88日	28日	32日
給餌日数	88日	28日	32日
開始時総重量（尾数）	47.5kg（1995尾）	33.6Kg（526尾）	20.1kg（489尾）
終了時 〃 （尾数）	89.6kg（1506尾）	62.5kg（509尾）	22.6kg（351尾）
増重量	42.1kg（-489尾）	28.9kg（-17尾）	2.5kg（-138尾）
摂餌量	67kg	33.6kg	9.5Kg
飼料効率	0.63	0.86	0.26
開始時 平均体重	23.8g	63.9g	41.1g

#### 4. 要 約

ウナギの網生簀養殖について、シラスウナギから成鰻に至る一貫した飼育法の検討を行った。

- (1) 飼料効率は加温室内池（水温：30℃）の場合、最高値が0.70、網生簀の場合0.65であった。これらはいずれも無視できない程度の逸散魚があつての値であるため、真の値より小さくなっており、

ウナギの逸散を防止することによりさらに改善することが可能と思われる。

- (2) 水温と摂餌量との間には密接な関係があり、25～30℃で最大摂餌量を示し、25℃未満で急激に摂餌量は低下し、20℃で最大摂餌量の約半分となる。
- (3) 網生簀での摂餌、成長は湖内水温に大きく左右され、成長の良い25℃以上の期間の長さによって、飼育成績が一定しない。6月中の水温が平年並みで推移すれば、霞ヶ浦における網生簀養殖適期は6月中旬から10月上旬までの約140日間である。
- (4) 今回の網生簀飼育試験の結果では年内に成鰻になった尾数は購入シラスウナギの29%であり、翌年に持ち越しとなるのが46%であった。越年の方法、及び越年魚の飼育方法については今後の重要な課題である。
- (5) 溶存酸素量が2.5ppm以下になると摂餌量は急激に低下する。
- (6) 網生簀養成に使用する飼料として、浮き餌は従来の配合飼料に比べて高価であるが、飼料効率が良く、省力化にもなるため実用的である。

## 引用文献

- 1) 赤野 誠之 (1973) ウナギ網生簀養殖について－I. 網生簀における餌付き. 本誌No.11, P.45～51
- 2) 岩橋 義人 (1983) シラスウナギの飼育水温と成長. 静岡水試事業報告P.217～218
- 3) 板沢 靖男 (1960) ウナギの鼻上げ時の水中酸素量. 日水試Vol.26, No.10