

ヘラブナ養殖技術に関する研究—Ⅲ

網生簀養殖用飼料の適正N、P組成と給餌量について

鈴木健二・熊丸敦郎

1. はじめに

現在、霞ヶ浦の網生簀養殖業に求められている課題は、主要な魚種であるコイの需要低下に対する経営安定化対策と湖内水質浄化のための養殖負荷削減対策である。前者の経営安定化対策としては、コイに代わる新たな養殖魚種を導入し、コイとこれら養殖魚種を複合的に生産することによってコイの需給バランスに基づいた適正価格の保持と収益性の向上を図ろうとしており、後者の負荷削減対策については、養殖に使用する飼料の効率改善及び使用飼料量のできるだけ少ない養殖魚種の導入開発を行おうとしている。これら両対策を同時に解決しうる養殖魚種の一つとしてヘラブナを取り上げ、その養殖技術開発を行っているところである。前報¹⁾²⁾において網生簀用種苗の生産技術および網生簀養殖における減耗対策等について報告したが、ここではヘラブナの網生簀養殖に使用する飼料の適正蛋白、リン含有率および適正給餌量について過去3ケ年にわたって飼育試験を行った結果をまとめて報告することとする。なお、ここで言うヘラブナとは和名：ゲンゴロウブナ (*Carassius cuvieri*) の地方名である。

2. 材料と方法

(1) 網生簀養成用飼料の適正蛋白含有率

供試飼料

試験飼料は蛋白含有率65%の沿岸魚粉、大麦仕上げ糠、第一リン酸カルシウム、ビタミンプレミックス、ミネラルプレミックスを原料とし、沿岸魚粉と大麦仕上げ糠の配合比を変えることによって粗蛋白含有率が15~35%の5段階飼料とした。それらの配合比は表-1に示す。

ペレットの大きさは径3.2mmとし、飼料の製造は白麦米株式会社に依頼した。

飼料成分分析

水分(%)：配合飼料ペレットについては乳鉢で粉化し、湿重測定後に、90℃、24時間温風乾燥し、乾燥減量から求めた。魚体については1尾毎に湿重測定後、90℃、24時間温風乾燥し、乾燥減量を求めた。さらに、これを乳鉢で粉化し、以下の供試試料とした。

灰分(%)：水分測定で得られた乾燥試料について、マッフル炉にて550℃、2時間の灰化を行って求めた。

粗蛋白(%)：上記乾燥試料についてC-Nコーダーにより炭素量及び窒素量を求め、窒素量

を6.25倍することにより粗蛋白量とした。

Total-P (%) : 灰分測定で得られた灰分試料についてHCL (1:1) を加えて30分間煮沸、希釈定容後、バナドモリブデン酸アンモニウム法により比色定量した。

粗脂肪 (%) : 乾燥試料についてソックスレー脂肪抽出器を用い、定法により定量した。

総熱量 (: G.E.Kcal/100g) : 乾燥試料について熱研式熱量計を用いて測定した。

供試魚及び試験区

湖内網生簀において1年間無給餌飼育したヘラブナ2⁺魚(平均体重:40g)を供試魚とし、1991年7月18日に内水試前網生簀漁場の網生簀(2m*2m*2m、14節)6面に80Kgづつ分養し、6試験区とした。その内の1区は無給餌区とし、その他の5区は上記蛋白含有率の異なる飼料の給餌区とした。

給餌方法及び試験期間

給餌試験区5区にはそれぞれ自動給餌器を設置した。1日の給餌量は浜田ら²⁾によるコイの給餌量を参考としてその1/2量とし、次式により求めた。この1日量を土曜日、日曜日を除く毎朝自動給餌器に移し入れ、タイマーにより1日3回(6:00~7:00, 11:00~12:00, 16:00~17:00)の給餌とした。なお、土曜、日曜の給餌については金曜日に3日分を給餌器に入れることとした。

また、過去における飼育試験結果を参考として成長を予測し、1週間毎に給餌量を増加した。

$$\text{コイの日間飽食量 (g/day)} : R=0.191 * e^{0.103 * T} * W^{2/3} * N \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{ヘラブナ日間給餌量 (g/day)} : R=0.096 * e^{0.103 * T} * W^{2/3} * N \dots\dots\dots (2)$$

(ただし、T:水温℃, W:体重g, N:尾数)

飼育試験期間は給餌を開始した7月19日から最終取り上げの8月21日の間の33日間とした。

(2) 網生簀養成用飼料の適正リン含有率

供試飼料

飼料の原料として、沿岸魚粉(粗蛋白含有率65%)、小麦粉(フスマ、スエコ)、第一リン酸カルシウム、ビタミンプレミックス、ミネラルプレミックスを用い、リン含有率が1.0~2.6%の間で段階的に異なる5種類の飼料を作成した。これら試験飼料の蛋白含有率は(1)の適正蛋白含有率試験の結果に基づいて全て25%となるように設定し、第一リン酸カルシウム及び小麦粉の配合比を変えることによってリン含有率に段階をつけた。(表-4)なお、各飼料のペレットの大きさは径2mmサイズとし、大洋飼料株式会社に依頼して作成した。本飼料の成分測定方法については(1)の適正蛋白含有率試験の場合と同じである。

供試魚及び試験区

網生簀養成した65gサイズのヘラブナ(2⁺魚)を1992年7月1日、内水試前の湖内網生簀(2m*2m*2m、14節)6面に各70Kgづつ収容し、6試験区を設定した。この内1区を無給餌養成区

とし、その他5区をリン含有率の異なる給餌試験区とした。

給餌方法及び試験期間

給餌方法、給餌量については(1)の適正蛋白含有率試験の場合と同じである。飼育試験期間は給餌を開始した1992年7月2日から取り上げ体重測定同年9月10日の間、82日である。

(3) 適正給餌量

供試飼料

(1)適正蛋白含有量試験及び(2)適正リン含有量試験の結果から得られたそれぞれ最適含有率と思われる粗蛋白25%、リン1.5%の飼料を用いた。ペレットの大きさは径2mmとし、大洋飼料株式会社に依頼して作成した。その原料配合比及び成分組成は表-7に示す。

供試魚及び試験区

網生養養成した平均体重90gサイズのヘラブナ(3+魚)を1993年6月28日、内水試前の湖内網生養(2m*2m*2m、14節)6面に各60Kgづつ収容し、6試験区を設定した。この内の1区は無給餌養殖試験区とし、その他の5区を給餌率の異なる給餌試験区とした。各給餌試験区における日間給餌量： r は、さきに示したコイの日間飽食量： R を参考とし、 R の15%から75%の間の5段階とした。ここで、 r/R を給餌量率と言うこととする。

給餌量： r (g/day) 及び実際の給餌量率： r/R の計算

5段階に給餌量率を変えて飼育試験を行うに際して、各試験区への当初の給餌量： r は次の式によって求めた。

$$r = r/R * 0.191 * e^{0.103 * T} * W^{2/3} * N \dots\dots\dots (3)$$

また、今回の試験においては飼育期間中の増重を予測して、給餌量を1週間毎に少しづつ増やして飼育を行っており、したがって各試験区における実際の給餌量率は、試験終了後に次の方法により求めることとした。各試験区における初期体重： W_1 と最終取り上げ時の体重： W_2 により飼育期間中の平均体重： W_{av} を求め、コイ魚体重： W_{av} の日間飽食量： R とし、試験期間中の総給餌量： r_t 、を飼育日数： Δt で除した平均日間給餌量： r の R に対する割合として r/R を求めた。

$$W_{av} = (W_1 + W_2) / 2 \dots\dots\dots (4)$$

$$r/R = (r_t + \Delta t) / (0.191 * e^{0.103 * T} * W^{2/3} * N) \dots\dots\dots (5)$$

給餌方法及び試験期間

各給餌試験区への給餌タイマー付自動給餌器により1日3回(6:00~7:00, 11:00~12:00, 16:00~17:00)を行い、各給餌試験区とも1日分の給餌量が3回の投餌ですべて給餌されるように給餌器からの飼料排出量を調整した。また、過去における飼育結果を参考として成長を予測し、1週間毎に給餌量を増やした。

飼育試験期間は1993年6月29日から同年9月2日の65日間とした。

なお、(1), (2), (3)の各試験における飼育成績の比較評価は主に増重量により行ったが、試験年度によって初期体重が異なるため、これらの飼育成績を比較する上で浜田⁴⁾による成長係数を指標として用いた。

$$\text{成長係数} : Kg = 2.5 * (W_2^{0.4} - W_1^{0.4}) / \Delta t \dots\dots\dots (6)$$

(ただし、 W_1 : 初期体重 (g/尾)、 W_2 : 取上げ体重 (g/尾)、 Δt : 飼育日数)

3. 結果及び考察

(1) 網生簀養成用飼料の適正蛋白含有率

試験に使用した5種類の蛋白含有率の異なる飼料の成分分析結果は表-2に示した。これら各供試飼料の蛋白含有率は、作成する前に想定した値と若干の差があるものの16%~32%の段階的に異なる飼料であった。湖内網生簀におけるこれらの飼料による給餌試験及び無給餌試験の結果は表-3に示したとおりである。これによると、無給餌区においても成長が認められたが、各給餌試験区とも無給餌試験区より飼育成績が優れており、給餌による成長促進効果があったことを示している。また、各給餌試験区における飼育成績を比較すると、総増重量についての比較では明確な差が認められなかったが、1尾当りの平均増重量及び、成長係数についてはⅡ区(粗蛋白含有率:25.24%)

表-1 適正蛋白含有率試験に用いた飼料配合割合 (%)

試験区	沿岸魚粉 cp:85%	大 麦 仕 上 糠	第一リン酸 カルシウム	ビタミン プレミックス	ミネラル プレミックス
I (cp:15%)	8.0	87.2	3.3	0.5	1.0
II (cp:20%)	17.0	78.2	3.3	0.5	1.0
III (cp:25%)	26.0	69.2	3.3	0.5	1.0
IV (cp:30%)	35.0	60.2	3.3	0.5	1.0
V (cp:35%)	45.0	50.2	3.3	0.5	1.0

表-2 適正蛋白含有率試験に用いた飼料成分組成

試験区	水分 (%)	灰分 (%)	Total C (%)	Total N (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	Total P (%)	Total Ca (%)	総エネルギー量 (kcal/100g)
I (cp:15%)	10.85	7.00	38.25	2.60	16.27	4.67	1.55	1.10	380.5
II (cp:20%)	10.74	7.94	37.52	3.24	20.25	4.85	1.74	1.36	384.2
III (cp:25%)	10.26	8.81	38.05	4.04	25.24	4.70	1.93	1.64	394.2
IV (cp:30%)	11.19	9.61	37.03	4.50	28.14	5.47	2.04	1.91	396.2
V (cp:35%)	13.89	9.98	35.00	5.18	32.35	3.20	2.11	2.04	377.4

表-3 飼育試験結果-1 ヘラブナ用補助飼料の適正蛋白含有率

試験区	試験期間	給餌量 Total (kg)	初期収容量 kg/尾 (平均体重: W_1 g)	取上時収容量 kg/尾 (平均体重: W_2 g)	増重量 (kg)	成長係数 : $K_g (*10^{-2})$
O (無給餌区)	1991年 7/19~8/21 ($\Delta t=33$ days)	0	80.0/2,000 (40.0)	91.32/2,048 (44.6)	11.32	1.474
I (cp:15%)		85.7	"	118.04/2,154 (54.8)	38.04	4.446
II (cp:20%)		85.7	"	120.32/1,982 (60.7)	40.32	6.015
III (cp:25%)		85.7	"	119.50/1,824 (65.5)	39.50	7.225
IV (cp:30%)		85.7	"	114.38/1,945 (58.8)	34.38	5.520
V (cp:35%)		85.7	"	120.38/1,977 (60.9)	40.38	6.066

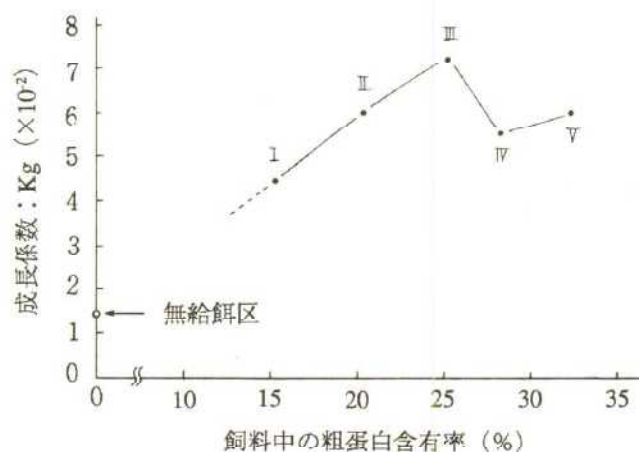


図-1 粗蛋白含有率の異なる飼料によるヘラブナの成長比較

が最も高い値を示した。(図-1) このことから、ヘラブナの湖内網生簀養殖において、成長を速めるためには給餌を行う必要があり、給餌飼料の粗蛋白含有率は25%が適当と考えられる。

(2) 網生簀養成用飼料の適正リン含有率

ヘラブナの網生簀養成飼料としての適正リン含有率を調べるために、(1)の試験結果に基づき粗蛋白含有率をおよそ25%とし、リン含有率を段階的に変えた5種類の供試飼料による網生簀飼育試験を行った。各供試飼料の成分分析結果を表-5に、飼育試験の結果を表-6及び図-2に示した。なお、無給餌区を含む6試験区の内、給餌飼料中のリン含有率が最も高いV区については試験期間中に網生簀が破損し、試験魚が逃亡したため欠測となった。今回の試験結果においてはII区(リン含有率: 1.57%飼料給餌区)が総増重量、成長係数とも高い値を示し、飼料中リン含有率が2%以上

表-4 適正リン含有率試験に用いた飼料配合割合 (%)

試験区	沿岸魚粉 cp:85%	小麦粉 (75%、85%)	第一リン酸 カルシウム	ビタミン プレミックス	ミネラル プレミックス
I (TP:1.0%)	26.0	71.5	1.0	0.5	1.0
II (TP:1.4%)	26.0	69.8	2.7	0.5	1.0
III (TP:1.8%)	26.0	68.0	4.5	0.5	1.0
IV (TP:2.2%)	26.0	66.2	6.3	0.5	1.0
V (TP:2.6%)	26.0	64.5	8.0	0.5	1.0

表-5 適正リン含有率試験に用いた飼料成分組成

試験区	水分 (%)	灰分 (%)	Total C (%)	Total N (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	Total P (%)	Total Ca (%)	総エネルギー量 (kcal/100g)
I (TP:1.0%)	6.44	6.54	41.16	4.27	26.66	6.28	1.32	1.11	440.6
II (TP:1.4%)	6.02	7.32	43.92	4.36	27.25	6.41	1.57	1.22	416.8
III (TP:1.8%)	6.94	8.90	39.67	4.12	25.78	5.96	2.05	1.48	415.9
IV (TP:2.2%)	5.93	10.66	39.50	4.18	26.10	5.84	2.48	1.69	406.6
V (TP:2.6%)	9.93	11.28	35.42	3.90	24.38	4.33	3.92	1.98	367.2

表-6 飼育試験結果-2 ヘラブナ用補助飼料の適正リン含有率

試験区	試験期間	給餌量 Total (kg)	初期収容量 kg/尾 (平均体重: W _{1g})	取上時収容量 kg/尾 (平均体重: W _{2g})	増重量 (kg)	成長係数 : Kg(*10 ⁻²)	生残率 (%)
0 (無給餌区)	1992年 7/2~9/10 (Δt=82days)	0	70.0/1,107 (63.23)	93.44/1,032 (90.54)	23.44	2.473	93.2
I (TP:1.0%)		182.5	70.0/1,023 (68.43)	128.94/ 971 (132.78)	58.94	5.018	94.9
II (TP:1.4%)		182.5	70.0/1,057 (66.23)	130.61/ 999 (130.79)	60.61	5.103	94.5
III (TP:1.8%)		182.5	70.0/1,068 (65.54)	120.03/1,068 (112.34)	50.03	3.908	100.0
IV (TP:2.2%)		182.5	70.0/1,076 (65.06)	114.08/1,076 (106.22)	44.06	3.494	100.0
V (TP:2.6%)		182.5	70.0/1,140 (61.40)	21.77/ 129 (-*)	-	-	-

* : 網生質破損により逃亡

になるとむしろ飼育成績が悪くなる傾向を示した。したがって、(1)の試験結果と合わせて、ヘラブナの湖内網生質養成飼料の粗蛋白含有率は25%、リン含有率は1.5%が適当と考えられる。

なお、この飼料は現在使用されているコイ用飼料(粗蛋白含有率:35%、リン含有率:1.5~1.9%)に比べて、かなり低蛋白、低リンの飼料と言える。

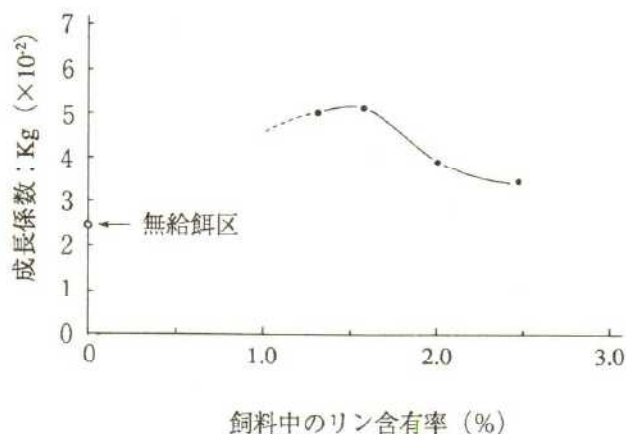


図-2 リン含有率の異なる飼料によるヘラブナの成長比較

(3) 適正給餌量

(1)及び(2)の試験結果から得られた適正粗蛋白、リン含有率の飼料により、給餌率を変えて湖内網生簀における飼育試験を行った。供試飼料の原料組成及び成分組成は(2)の試験におけるⅡ区で使用した飼料と同じである(表-7)。飼育試験の結果は表-8に示したとおり、無給餌から給餌量率(r/R)を多くするにしたがって飼育成績は良くなり、Ⅳ区の給餌量率:0.6、即ちコイの給餌量の60%給餌量に設定した試験区で成長係数が最大となった。ただし、この給餌量率は、試験開始時に各試験区における成長を予測し、計算により設定した値であり、実際の給餌量率と異なっている。このため、飼育試験の結果から、飼育期間中の平均体重における給餌量率を計算しなおし、表-9に示した。また、実際の給餌量率と成長との関係を図-3に示した。これによるとヘラブナの成長はコイの給餌量の50%で最大となり、それ以上多く給餌しても成長は並行状態になるものとみられる。したがって、湖内網生簀においてヘラブナを養殖する場合の給餌量はコイの給餌量の約0.5倍が適正と考えられ、この給餌量をコイの給餌量を求める式に当てはめると次のように表される。

$$\text{ヘラブナ日間給餌量 (g/day)} : R = 0.096 * e^{0.103 * T} * W^{2/3} * N \dots \dots \dots (7)$$

(ただし、T:水温℃, W:体重g, N:尾数)

なお、以上の3ヶ年の飼育試験を通じて、いづれの給餌区においても飼料効率が低い結果となったが、これまでの網生簀給餌養殖事例において飼料効率のより高い飼育成績が認められていることから、ヘラブナ養殖技術について改善の余地が残されているものと考えられる。特に、飼料ペレットの大きさ、給餌方法等についてはさらに検討を加える必要があるだろう。

表一七 適正給餌率試験に用いた飼料の配合割合及び成分組成 (表一四、表一五のⅡ区に同じ)

配合組成	沿岸魚粉 cp:85%	小麦粉 (アス、スロ)	第一リン酸 カルシウム	ビタミン プレミックス	ミネラル プレミックス
配合割合(%)	26.0	69.8	2.7	0.5	1.0

成分	水分 (%)	灰分 (%)	Total C (%)	Total N (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	Total P (%)	Total Ca (%)	総エネルギー量 (kcal/100g)
含有率	6.02	7.32	43.92	4.36	27.25	6.41	1.57	1.22	416.8

表一八 飼育試験結果一三 ヘラブナ用補助飼料の適正給餌率

供試飼料の大きさ：2 mm、供試魚年齢：3+

給餌量率 (r/R)：コイの日間飽食量 (R) に対する実際の給餌量 (r) の割合

試験区	試験期間	給餌量 Total (kg)	初期収容量 kg/尾 (平均体重: W ₁ g)	取上時収容量 kg/尾 (平均体重: W ₂ g)	増重量 (kg)	成長係数 :Kg(*10 ⁻²)	生残率 (%)
0 (無給餌区)	1993年 6/29~9/2 (Δt=65days)	0	60.0 / 651 (92.17)	59.3 / 559 (106.08)	-0.7	1.358	85.9
I (r/R:0.15)		27.96	60.0 / 655 (91.80)	67.7 / 559 (121.11)	7.7	2.769	85.3
II (r/R:0.30)		51.33	60.0 / 664 (90.36)	73.7 / 583 (126.42)	13.7	3.350	87.8
III (r/R:0.45)		86.37	60.0 / 659 (91.04)	75.3 / 547 (137.66)	15.3	4.218	83.1
IV (r/R:0.60)		114.92	60.0 / 674 (89.02)	75.4 / 547 (137.84)	15.4	4.427	81.2
V (r/R:0.75)		149.33	60.0 / 669 (89.69)	73.1 / 551 (132.67)	13.1	3.939	82.4

表一九 飼育終了後に求めた真の給餌量率：r/R

試験区 (当初設定 給餌量率)	初期 平均体重 W ₁ (g/尾)	取上時 平均体重 W ₂ (g/尾)	飼育期 間中平 均尾数	飼育 日数 Δt	飼育期間中 平均体重:W (W ₁ +W ₂)/2	コイの体重:W ₀ (g) 時における摂餌量 R (g/尾·day)	ヘラブナへの 給餌量 r ₁ (kg)	ヘラブナへの 平均日間給餌量 r (g/尾·day)	真の平均 給餌量率 r/R
0 (無給餌区)	92.17	106.08	605	65	99.13	5.106	0	0	0
I (r/R:0.15)	91.80	121.11	607		106.35	5.352	27.96	0.709	0.13
II (r/R:0.30)	90.36	126.42	624		108.39	5.420	51.33	1.301	0.24
III (r/R:0.45)	91.04	137.66	603		114.35	5.617	86.37	2.204	0.39
IV (r/R:0.60)	89.02	137.84	611		113.43	5.586	114.92	2.894	0.52
V (r/R:0.75)	89.69	132.67	610		111.18	5.512	149.33	3.766	0.68

4. 要 約

粗蛋白含有率及びリン含有率が段階的に異なる各種試験飼料を用い、湖内網生簀においてヘラブナの飼育試験を行い、その飼育成績から次のような結果を得た。

- (1) ヘラブナは湖内網生簀において、無給餌飼育でも成長を示したが、いずれの供試飼料についても給餌飼育を行ったが無給餌飼育より成長が早かった。

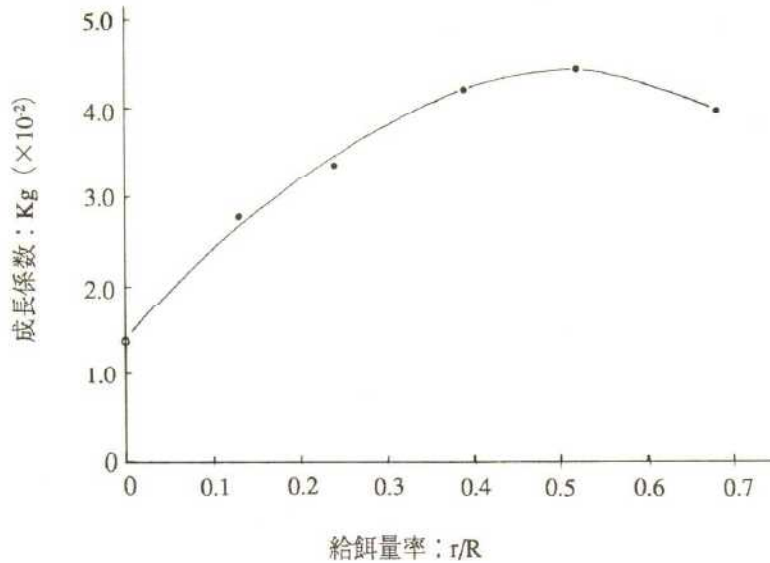


図-3 給餌量率とヘラブナの成長の関係

(r/R: コイの日間最大摂餌量に対するフナへの給餌量の割合)

- (2) ヘラブナの湖内網生簀養成用飼料の適正粗蛋白含有率は25% (N含有率4%)、適正リン含有率は1.5%であり、コイ用配合飼料に比べて、かなり低蛋白含有率で良いということが判明した。
- (3) 上記適正飼料により湖内網生簀における給餌養殖試験を行った結果、ヘラブナへの適正日間給餌量はコイの給餌量の約半分であることが判明した。これをヘラブナの体重及び水温との関係で表すと次式となる。

$$\text{適正給餌量: } R \text{ (g/day)} = 0.096 * e^{0.103 * T} * W^{2/3} * N$$

(ただし、T: 水温℃, W: 体重g, N: 尾数)

5. 引用文献

- 1) 安藤 隆二他, 1989: ヘラブナ養殖技術に関する研究-I. 種苗生産期における成長、適正収容密度および形態について本誌No.25, P.17~31
- 2) 鈴木 健二他, 1993: ヘラブナ養殖技術に関する研究-II. 網生簀養殖における減耗の原因とその対策について 本誌No.29, P.46~56
- 3) 浜田 篤信他, 1966: 網生簀養殖における研究-I. コイの摂餌と成長 本誌No.8, P.48~55
- 4) 浜田 篤信他, 1975: 魚類の成長構造解析に関する研究-I. コイの最大成長 日水誌 Vol.41, No.2, P.147~154