

ホンモロコ種苗生産試験Ⅳ

越冬中のホンモロコの減耗について

中村 幹雄・小川 絹代

温水性魚類は冬の間、水温の低下による極端な摂餌力の低下のため成長が望まれないばかりでなく、体重は減少し、さらには抵抗力の低下による病気、消耗によるへい死を引き起す。(ここでは体重減少とへい死の両者をあわせて減耗と呼ぶ)

このように冬季摂餌力の低下している間、生体内に蓄積しているエネルギー源によって代謝を維持しなければならないので魚体の小さいホンモロコ0+年魚にとって越冬は非常に大きな減耗の時期と思われる。

牧¹⁾ 2) 3) 4) 5) は琵琶湖のホンモロコ個体群の年変動に関係する生活環境上の時期は、0+年魚の越冬期であり、体長6cm未満、肥満度1.4以下のホンモロコは越冬中に脱落することを報告している。

ホンモロコにとって人工種苗大量生産における野外飼育池においても、また移植放流される宍道湖においても越冬中の減耗の大きさは、非常に重要な影響を与えらると思われる。そこで本年度は室内実験水槽中で越冬試験を行い、その生残率、体重の減少、肥満度の変化、体成分の変化などの試験を行い、ホンモロコの越冬について2・3の考察を行なったので報告する。

材 料 と 方 法

供試魚と飼育法 試験に使用したホンモロコは当分場で採卵、ふ化後、人工配合飼料で飼育した0+年魚を用いた。(平均体長5.39cm, 平均体重2.42g)

飼育水槽(30×60×35cm, 水量50ℓ)に軽くair-rationを行い、20日毎に半量の飼育水を交換した。水槽の底の残餌はサイフォンで除去した。

水温は毎日10時に計測した。

試験期間 1980年12月2日～1981年3月23日。111日間

試験区	試験区1 無給餌(絶食状態)	越冬中のホンモロコのへい死状況、体重の減少、肥満度の変化などを調べる
	試験区2 無給餌(絶食状態)	
	試験区3 人工配合飼料(2%給餌)	ため、室内実験水槽5区を設定し、各
	試験区4 人工配合飼料(0.5%給餌)	試験区に12尾ずつ収容した。
	試験区5 冷凍ミジンコ	

体長, 体重の測定 無給餌の1区は毎週一度, 他の区は2週間に一度測定した。
 麻酔にはMS222. ($\frac{1}{10,000}$ 濃度)を使用した。体重測定には電子ざら天秤を使用した。

体成分の分析 越冬試験前と試験終了後の魚各5尾について, ウロコ, 内臓を取除き, 一般成分分析を行った。

分析方法は常法によった。

結 果 と 考 察

表-1 越冬試験成績

項目	区	1	2	3	4	5
実験開始時尾数(尾)		12	12	12	12	12
実験終了時尾数(尾)		12	7	12	6	12
生残率(%)		100	58.3	100	50	100
実験開始時平均体重(g)		2.38	2.54	2.33	2.26	2.62
実験終了時平均体重(g)		1.58	1.90	2.93	2.06	2.39
個体増重率(%)		66.38	74.80	125.75	91.15	91.22
給餌量(g)		-	-	22.6	5.35	182.24
増関係数		-	-	37.67	-	-

表-2 実験中のへい死魚

区	へい死日	経過日数	体長(cm)	体重(mg)	肥満度※	
1区	へい死魚なし					
№1	1月20日	(39)	5.6	2.11	12.01	
№2	3 4	(92)	5.3	1.35	9.06	
2区	№3	3 16	(104)	5.6	1.85	10.53
№4	3 18	(106)	6.1	2.26	9.96	
№5	3 20	(108)	4.0	0.60	9.38	
3区	へい死魚なし					
№1	12 29	(27)	5.7	2.39	12.90	
№2	1 25	(54)	5.8	2.43	12.45	
4区	№3	1 25	(54)	5.6	2.42	13.78
№4	2 4	(64)	5.9	2.93	14.27	
№5	2 19	(79)	5.8	2.74	14.04	
№6	2 25	(85)	4.7	2.02	19.46	
5区	へい死魚なし					

※ 肥満度 = $\frac{\text{体重}}{\text{体長}^3} \times 10^3$

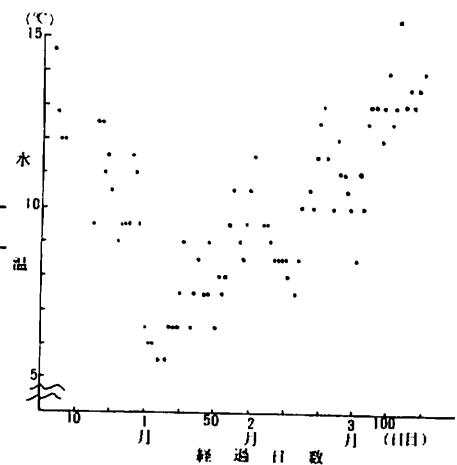


図-1 実験水槽の水温

表一三 体重の変化

月 日	1 区		2 区		3 区		4 区		5 区	
	平均体 重(mg)	分散 標 偏	平均体 重(mg)	分散 標 偏	平均体 重(mg)	分散 標 偏	平均体 重(mg)	分散 標 偏	平均体 重(mg)	分散 標 偏
12. 2	2.379	0.2060 0.4539	2.542	0.4395 0.6630	2.338	0.3210 0.5666	2.261	0.4933 0.7023	2.615	0.8978 0.9475
12. 25	2.192	0.2174 0.4663	—	—	2.497	0.3911 0.6253	2.188	0.4160 0.6450	2.712	1.0835 1.0409
1. 14	2.133	0.1848 0.4299	—	—	2.580	0.5037 0.7097	2.192	0.4658 0.6825	2.663	1.0364 1.0180
2. 2	1.979	0.1980 0.4450	—	—	2.601	0.4767 0.6904	2.079	0.4527 0.6728	2.553	1.0328 1.0163
2. 14	1.950	0.1762 0.4198	—	—	2.774	0.5790 0.7609	2.098	0.4884 0.6989	2.504	0.9832 0.9915
2. 28	1.845	0.1404 0.3747	2.000	0.3561 0.5967	2.938	0.5657 0.7521	2.072	0.5960 0.7720	2.524	1.0190 1.0094
3. 23	1.580	0.1323 0.3637	1.903	0.2113 0.4597	2.934	0.4690 0.6848	2.060	0.6460 0.8037	2.478	0.9818 0.9908

表一四 肥満度の変化

月 日	1 区		2 区		3 区		4 区		5 区	
	※肥満度	分散 標 偏	肥満度	分散 標 偏	肥満度	分散 標 偏	肥満度	分散 標 偏	肥満度	分散 標 偏
12. 2	16.94	3.5342 1.8799	16.58	10.5851 3.2534	14.77	4.8078 2.1926	13.91	4.9462 2.2240	15.85	5.5300 2.3515
12. 25	15.50	1.7218 1.3121	—	—	14.82	1.0324 1.0160	13.97	1.2085 1.0993	16.17	2.7296 1.6521
1. 14	15.14	2.2553 1.5017	—	—	15.16	1.5681 1.2522	14.11	0.7768 0.8813	15.91	2.3844 1.5441
2. 2	13.98	1.1347 1.0652	—	—	15.40	1.6527 1.2855	13.94	2.2602 1.5034	15.16	1.6662 1.2908
2. 14	13.82	1.5469 1.2437	—	—	16.40	2.5236 1.5885	14.80	3.9085 1.9770	14.86	1.7844 1.3358
2. 28	13.08	1.2784 1.1306	—	—	17.44	2.9790 1.7259	14.17	4.1066 2.0264	15.79	9.5681 3.0932
3. 23	11.13	0.8658 0.9305	9.73	1.2946 1.1378	17.50	3.1872 1.7852	11.07	6.8626 2.6196	14.25	2.8118 1.6768

※ 肥満度 = $\frac{\text{体重}}{\text{体長}}, \times 10^3$

表一五 完全絶食時の体重・肥満度の減少

絶食日数	測定月日	体重の変化			肥満度の変化	
		平均体重 (mg)	分散 標準偏差	減少率 (%)	肥満度	分散 標準偏差
0	12. 2	2.379	0.2060 0.4539	0	16.94	3.5342 1.8799
4	12. 6	2.368	0.1779 0.4218	0.45	16.92	3.4469 1.8566
13	12. 15	2.319	0.2175 0.4664	2.52	16.48	2.2384 1.4961
18	12. 20	2.209	0.1908 0.4368	7.14	15.71	2.2571 1.5023
25	12. 27	2.192	0.2174 0.4663	7.84	15.50	1.7218 1.3121
34	1. 5	2.180	0.2023 0.4498	8.37	15.46	2.0281 1.4241
39	1. 10	2.133	0.1848 0.4299	10.3	15.14	2.2553 1.5017
53	1. 24	2.048	0.1809 0.4253	13.9	14.52	1.6106 1.2690
62	2. 2	1.979	0.1980 0.4450	16.8	13.97	1.1347 1.0652
67	2. 7	1.961	0.1730 0.4160	17.5	13.88	1.7687 1.3299
74	2. 14	1.950	0.1762 0.4198	18.0	13.81	1.5469 1.2437
81	2. 21	1.868	0.1546 0.3932	21.5	13.23	1.4515 1.2047
88	2. 28	1.845	0.1404 0.3747	22.4	13.08	1.2784 1.1306
95	3. 7	1.760	0.1412 0.3758	26.0	12.47	1.3606 1.1664
102	3. 14	1.665	0.1199 0.3463	30.0	11.78	1.1142 1.0555
111	3. 23	1.580	0.1323 0.3637	33.6	11.17	0.7240 0.8509

温水性魚類は冬期、低水温による摂餌強度の低下は避けられない。そのため成長が望めないばかりでなく、この期間、体内に蓄積している脂肪、蛋白質、グリコーゲン等のエネルギー源によって代謝を維持しなければならない。その結果、体重の減少、肥満度の減少がみられる。

体重の減少は魚種により、水温、運動量、越冬前の栄養状況、環境変化等の条件により異なる。

冬期、低水温期における完全絶食区と給餌区とにおける越冬期間中の体重の変化について試験した結果は表-2のとおりである。

実験水槽は温度調節を行えなかったので水温変化はかなり大きかった。

実験中の水温は図-1のとおりである。

完全絶食時(1区)の体重減少を表-5, 図-3にあらわした。

B.C・イヴレフ⁶⁾は完全絶食時の体重減少率はS字型の非対曲線で表わされるとしているが、今回のホンモロコの場合は次のような回帰直線の関係式が得られた。

$$Y_1 = -0.0067x + 2.3917 \quad (r=0.9884)$$

$$Y_2 = 0.2824x - 0.5527 \quad (r=0.9883)$$

(Y_1 : 体重減少(g) Y_2 : 体重減少率(%) x : 絶食期間 r : 相関係数)

1, 2区においては12月2日から3月23日までの111日間の絶食期間中にそれぞれ2.379g→1.580g, 2.542g→1.903gに減少している。これを減少率になおすと前者は33.6%, 後者は25.2%であった。

B.C・イヴレフ⁶⁾は魚種が異なっても稚魚では体重減少率の限界値は30~35%であり、この水準まで減少する早さには差があり、それは運動量の差であるとしている。

1区での体重減少率が33.6%であり、B.C・イヴレフの説によれば、ほぼ限界値と思われるが、へい死魚が1尾もいなかった。したがって体重の減少率はさらに大きくなりうると思われるので、絶食の試験期間を110日(3月22日)で終るのでなくさらに続け、限界値をみるべきであった。

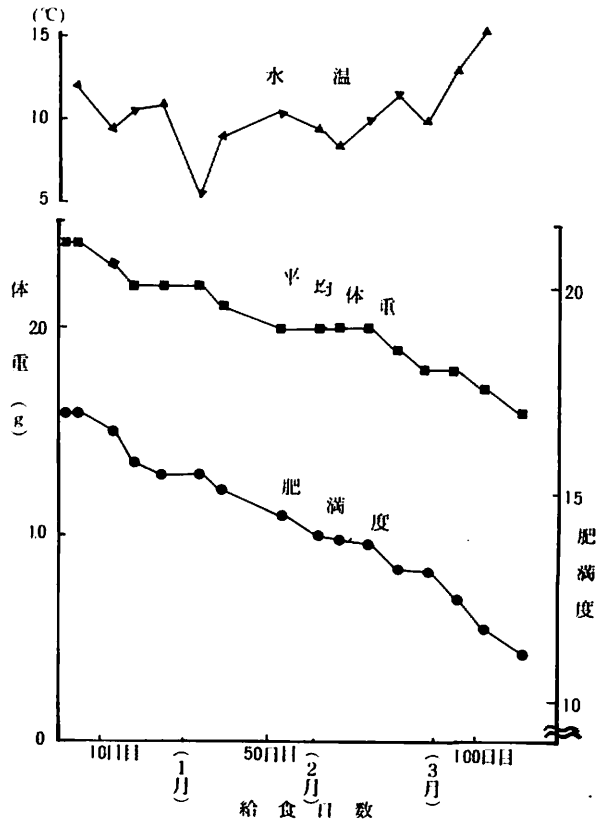


図-2 絶食時における体重、肥満度の変化

3, 4, 5区の給餌区のうち3区はわずかであるが期間中に体重の増加がみられた。

2.338g(±0.566) 2.934g(±0.685), 個体増重率25.75%

ホンモロコの場合、水温が6℃でも摂餌がみられた。しかし増関係数は37.7と非常に餌量効率が悪かった。与えた餌、人工配合餌料(クランブル)も冷凍ミジンコも共に摂餌はするが水槽の池底には残餌が非常に多かった。

4区, 5区は体重の増加はみられなかったが、体重減少率はそれぞれ、8.9%, 5.2%と非常にわずかである。故に越冬期間中も餌があれば体重の減少は軽減されるように思われる。

水温が6℃以下の場合も別試験で検討してみたい。

越冬の肥満度 越冬_{II}にあたってエネルギー源をいかに多く貯えておくかということは非常に重要な意味を持っている。越冬条件と脂肪含有量とを強く結びつけて考えているのは、ニュルスキー⁷⁾をはじめとするソ連の研究者である。アラル海のレンチにおいて、脂肪蓄積の充分なされた成魚は冬の間、代謝の強度を低下させ、摂餌を休止するが、未成魚は充分脂肪の蓄積がなされていないので摂餌を続けること、またコイの越冬時の飢餓状態における寿命は、比較的の不活発な状態でも、その肥満度と脂肪含有量に関連していること。そしてまた、体内の脂肪蓄積量を示すために手軽に用いられる指数に肥満度係数があることを報告している。この係数は生殖線重量、消化管内容物重量、体内水分量などによっても影響されるので問題はあるが、牧³⁾はホンモロコにおいて、脂肪含有量と肥満度係数とは相関係数 r が0.487で1%レベルで有意であり、脂肪含有量の指標として肥満度を用いても大差はないと報告している。

ソ連のキルビムニコフおよびベルグは種々の魚について越冬できる基準肥満度を求めている。それによるとコイは肥満度25以上がよいとしている。牧は琵琶湖で捕獲されたホンモロコの魚の大きさを測定し、すると、0+年魚において2月上旬より3月下旬にかけて体長6cm, 肥満度14以下の個体が急激に小さくなっており、従って肥満度において14以上が必要であると報告している。

今回の実験における肥満度の変化は表-3, 図-2に示した通りである。

完全絶食状態の1区, 2区における越冬前と後の肥満度の変化はそれぞれ、16.94→11.13, 16.58→9.73, 1区では肥満度が11.13まで小さくなっているがへい死魚は1尾もいなかった。

肥満度の減少と絶食期間の関係式は
$$Y = -0.0484x + 17.0075 \quad (r = 0.9885)$$

(r : 肥満度, x : 絶食期間)

給餌区のうち3区においては、わずか

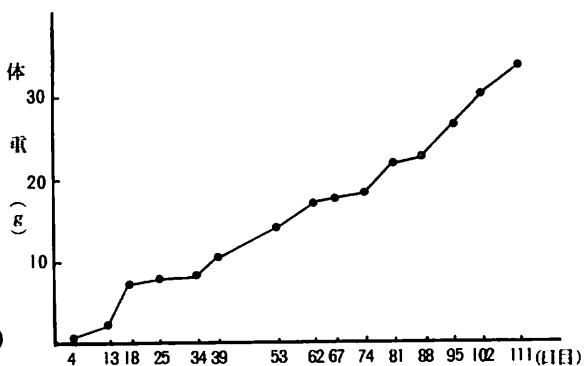


図-3 絶食時の体重減少率の変化

であるが、体重増加がみられ、肥満度も14.77—17.50と増加している。

4区、5区はそれぞれ肥満度13.91→11.07, 15.85→14.25, 肥満度の減少率はわずか10%前後である。このことは冬期低水温期においてもホンモロコ0十年魚は摂餌強度は弱いがある程度行い、体重の減少をゆるやかにしている。ただ今回の最低水温が6℃であるので、さらに低水温6℃以下の場合についても次回には検討してみたい。

今回の試験においては、肥満度の限界値を求めることはできなかったが、肥満度係数が約10以下になると、抵抗力の非常に弱くなった危険な状態と思われる。

飼育途中でへい死した魚の肥満度と完全絶食試験の最後まで生存した魚の肥満度において有意の差はない(表-2)。したがって越冬中にへい死した魚は肥満度の減少(体力の消耗)の限界まできて死ぬものは少なく、摂餌の極端な減少による抵抗力の低下のため環境変化、諸々のストレスに非常に弱くなり、限界値の手前でへい死するものが多いと思われる。

越冬中の体成分の変化 摂餌力の低下、或は絶食によっておこる体重、肥満度の減少は、体内で行われる代謝に由来し、物質代謝と体成分が一定の関係を保ちながら変化することによってもたらせられるものである。

絶食時(冬期)のホンモロコの体成分比の変化は表-6のとおりである。脂肪比は5.1%から2.9%に、粗蛋白質比は17.3%から16.2%に減少している。

従来、絶食時の体成分の変化はその比率で論じられている例が多い。しかし、体重減少の構造を解析するためには、体成分の量的な変化も必要である。

表-7は冬期、完全絶食による体成分の量的変化を示すものである。

これは各成分の比率にそれぞれ越冬前、越冬後の平均体重を乗じて求めたものである。

脂肪量は5.1→2.9%, 蛋白質17.3→16.2%と減少している。

今回の脂肪量の減少率、量ともに大きいのは、"越冬"のためのエネルギー源として使用されたためと思われる。

宍道湖での越冬について 今回の実験は室内水槽におけるものであるので、この結果より放流後の宍道湖での越冬について考察するのは困難である。

琵琶湖でのホンモロコは11月頃から次

表-6 ホンモロコの完全絶食による体成分比の変化

	越冬前(12/2)	越冬後(3/23)	変化率
水分	75.0%	水分 76.5%	+1.5
蛋白質	17.3	蛋白質 16.2	+1.1
脂肪	5.1	脂肪 2.9	-2.2
灰分	1.9	灰分 2.0	+0.1
糖質	0.8	糖質 -	-

表-7 ホンモロコの完全絶食による体分量

	越冬前(12/2)	越冬後(3/23)	変化量
水分	1.784g	水分 1.209g	0.575
蛋白質	0.412	蛋白質 0.256	0.156
脂肪	0.121	脂肪 0.046	0.075
灰分	0.045	灰分 0.032	0.013
糖質	0.019	糖質 -	-

第に湖深部（水深50～70m）へ向って移動し、湖の最深部付近で冬を越す。⁸⁾湖中央部の底層の無機環境条件は安定しており、水温も6℃以下になることはない。pH、DO、においても魚の生息に影響を与える数値でない。

一方、宍道湖においては、最深部でも水深5～6mしかなく、1～3月の間の水温は大体2.5～5.5℃前後であり、この水温は琵琶湖の底層水より約4～5℃低い。また他の無機環境条件も琵琶湖に比べて不安定である。よって魚類学者の中にはホンモロコの宍道湖への移殖について、疑問視する人も多い。

しかし、宍道湖よりさらに水深の浅い（約0.8m）水温の低い（最低0.5℃）当分場の野外飼育池（約500m²、河川水、池底泥土）において、今春、ふ化、育成したホンモロコ0+年魚8万尾をそのまま越冬させた。越冬中の減耗の度合（へい死率、体重減少、肥満度の変化）について詳しく調べることはできなかったが、余り大きなへい死もなく春には多くの魚が生残し、親魚に成長した。このことは宍道湖の水深と水温が、ホンモロコの“越冬”に関して制限要因となると必ずしもいえず、この水深、水温でも越冬の可能性を示唆するものである。

また、“越冬”における生物学的要因については、今回、全く検討していないが、B.C・イヴレフ⁶⁾は絶食（飢餓）は生物学的要因の作用に対して最も強い影響を与える。捕食者により食われること、および餌の捕捉の成否に対する影響、寄生虫、カビに対する抵抗力の低下などについて実験を行い、実験魚の消耗度がかかる生物学的作用の結果を量的にも、さらに質的にも支配することを報告している。

いずれにしても宍道湖での越冬についてはいろいろの条件が複合的に影響すると思えるので、今後さらにいろいろの条件設定した越冬試験を行なわなければならない。

要 約

- 1) ホンモロコの越冬試験を調べるため室内水槽において無給餌区、給餌区の5区を設定して、越冬期間中のへい死率、体重減少量、体重減少率、肥満度の変化、体成分の変化等について調べた。
- 2) 成績の最も良かったのは3区の人工配合飼料2%給餌区であり生残率100%、増重率125.8%であった。しかし相関係数は非常に悪い。
- 3) 完全絶食区でも1区は生残率100%であった。体重の減少率は111日間で1区、2区それぞれ38.6%、25.2%であった。
また肥満度は11.1、9.7まで下がった。
- 4) 冬期、完全絶食時の体重減少量、減少率、肥満度の減少は絶食期間と強い相関があり、今回の試験で得られた関係式は以下のとおり直線となった。

$$Y = -0.0067x + 2.3917 \quad (r = 0.9884) \quad Y: \text{体重 (g)}$$

$$Y = 0.2824x - 0.5527 \quad (r = 0.9883) \quad Y: \text{体重減少率}$$

$$Y = -0.0484x + 17.0075 \quad (r = 0.9885) \quad Y: \text{肥満度}$$

x : 絶食期間 r = 相関係数

5) 完全絶食時のホンモロコの体成分の分析を行なった。

脂肪は 5.1% → 2.9%, 蛋白は 17.3% → 16.2% に体成分比は変化した。

脂肪の減少率が大きかった。越冬中に消費される体内エネルギーの主要なものは体内に蓄積された粗脂肪と思われる。

6) 試験の結果と飼育池における越冬成績より宍道湖の水深と水温でもホンモロコの越冬が可能性はあるものと思える。

文 献

- 1) 牧 岩 男: 日本生態学会誌, 16, №5 183 - 190 (1966).
- 2) " : " 16 6 255 - 264 (1966).
- 3) " : " 17 5 199 - 205 (1967).
- 4) " : " 18 3 112 - 119 (1968).
- 5) " : " 18 4 158 - 166 (1968).
- 6) B.C-イヴレフ: 魚類の栄養生態学, 新化学文献刊行会, (亀井訳) 1965 165~186
- 7) ニコルスキー: 魚類生態学, 新化学文献刊行会, (亀井訳) 1963
- 8) 中 村 守 純: 日水誌, 15 88~96 (1949)