

# 養殖魚の越冬の研究—I

## 絶食時のコイの体成分変化と物質代謝について

山崎 耿二郎

は し が き

B, C, イブレイフ(1955)が飢餓の生態学で報じているように<sup>1)</sup>、魚介類の長期にわたる絶食が体重の減少をまねき、それと同時に起こる栄養状態の悪化が疫病やへい死をひきおこし、養魚家に多大な損害を与えることは稀ではない。実際に養殖魚の越冬管理をおこなっている場合には、その終期に近い2~3月に各種の疫病によるへい死が頻発し、薬剤による治療を試みても効果は薄いようである。

したがって越冬については予防的立場からの究明が要求され、体重減少の実体的な把握が必要となる。本研究は養殖魚の越冬管理技術を確立することを目的として始められたものである。

絶食に伴って起こる体重の減少は、体内で行な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えされるもので、両者を分離して論ずることはできないが、第一報ではコイの絶食によって起こる体成分の変化について報告する。

### 試 験 の 方 法

#### 1 恒温における絶食試験1(体成分変化)

##### (1) 供試魚

供試魚は1969年11月中旬からすでに餌止めしていた当試験場産の当オゴイのうち、最も成長の良かった群の中から100尾を選別し、恒温循環池に收容し、2週間十分餌料を与えて飼育したのち試験に供した。魚体重は150g~250gの範囲にあった。

##### (2) 期間および絶食環境

絶食はコイ100尾を恒温循環池(2.5m×3.5m×1.0m)に設置した1m×1m×1mの網いけすに收容し、1970年2月から6月まで125日間行った。

試験中水温は、43日目から2日間は16℃~22.5℃に低下し、113日目から12日間は19℃~29℃の間を変動したが、それ以外の期間は25℃±2℃の範囲に保った。また循環は25t/時で行なったため、期間中溶存酸素が不足することはなかった。

##### (3) 測定および分析

供試魚は原則として15日毎に10尾ずつ取り上げ、その各々について測定、分析を行なった。魚体は体重および体長を測定したのち内臓を摘出し、ウロコを取り去り、チョッパーで良

くくだき、十分混合して一部を試料とした。粗蛋白および粗脂肪は各々ケルダール法、ソックスレイ法(エチルエーテル可溶性分)により分析した。

なお、ここでいう内臓とは、消化管前端部から末端部までの一塊、つまり消化管、肝脾臓、胆嚢および附随している脂肪を指すものである。

## 2 恒温における絶食試験2(内臓成分変化)

この試験は容量40ℓのポリエチレン水槽に50g~100gの当オゴイを20尾収容して注水しながら水温を25℃に保ち、30日間の絶食試験を行なった。測定は1回5尾ずつ取り上げ、魚体の取り扱いは前に述べた体成分変化の試験と全く同様である。

摘出した内臓成分の分析は5尾まとめて行ない、内臓コージンの測定は常法によりグリコーゲンを分離したのちヨード法で測定した<sup>2)</sup>。粗蛋白、粗脂肪の分析は前に述べた方法により行なった。

## 3 湖中における絶食試験

試験は霞ヶ浦(当試験場地先)に網いけすを設置し、直前まで十分餌料を与えて飼育していた当オゴイ(100g~150g)を100尾収容し、1969年11月~1970年1月まで62日間行なった。測定は30日目までは10日おきに、1回10尾ずつ取り上げ、各々測定、分析した。魚体の取り扱いおよび測定、分析方法は前に述べた方法と同様である。

## 試験の結果

### 1 恒温における絶食時の体成分比および内臓成分比の変化

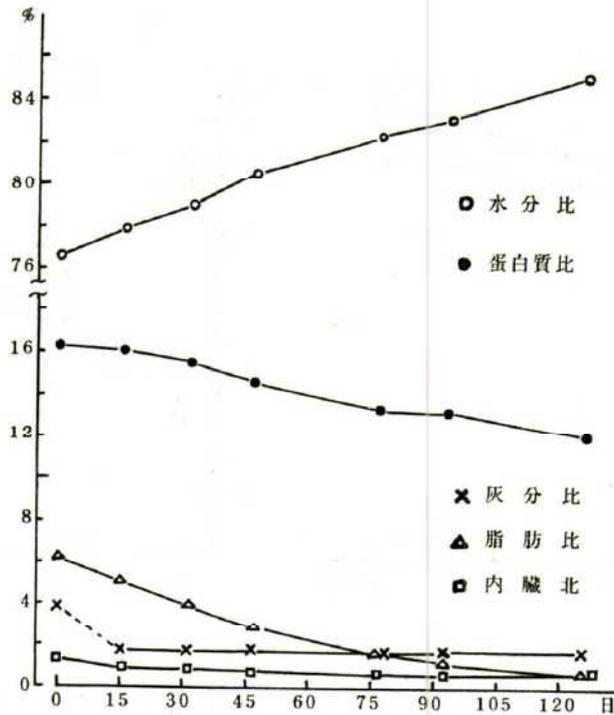
恒温(25℃)での体成分比(成分/体重×100)の分析結果は第1表および第1図に示した。

第1表 恒温における絶食時のコイの体成分変化(25℃)

経過 項目 日数	供試 魚数	体重	体長	肥満度	水分	蛋白質	脂肪	灰分	内臓(乾重)
0	9	191.3	19.6	2.522	76.6% (146.2g)	16.2% (30.9g)	6.3% (12.1g)	2.9% (5.5g)	1.3% (2.4g)
15	9	187.1	19.4	2.549	77.9% (145.5g)	16.1% (30.1g)	5.2% (9.7g)	1.8% (3.3g)	0.9% (1.6g)
31	9	164.6	18.9	2.403	79.0% (130.0g)	15.5% (25.6g)	4.2% (6.9g)	1.7% (2.9g)	0.8% (1.3g)
46	9	160.6	19.6	2.264	80.5% (132.5g)	14.6% (24.0g)	3.0% (4.9g)	1.8% (2.9g)	0.7% (1.1g)
76	10	157.0	19.2	2.201	82.4% (129.5g)	13.4% (21.0g)	1.7% (2.7g)	1.7% (2.7g)	0.6% (0.9g)
92	10	145.0	18.5	2.206	83.2% (120.5g)	13.3% (19.2g)	1.2% (1.7g)	1.8% (2.7g)	0.6% (0.8g)
125	10	149.0	19.6	1.954	85.1% (126.6g)	12.0% (17.8g)	0.7% (1.0g)	1.9% (2.8g)	0.5% (0.8g)

( )は比率に体重を乗じて求めた成分量。体長は吻端からウロコ末端まで

第1図 絶食時のコイの体成分比の変化  
(25℃恒温)



絶食によって水分比が増加し、脂肪比、蛋白質比が減少することはすでに指摘されている<sup>3)</sup>。

第1表の水分比、脂肪比、蛋白質比についても同様の傾向が見られ、水分比が76.6%から85.1%まで8.5%増加したのに対して、脂肪比は6.3%から0.7%まで5.6%減少し、蛋白質比も16.2%から12%まで4.2%減少した。灰分比は最初の15日間を除くと1.7%から1.9%の範囲にあり、内臓(乾重)比は1.3%から0.5%まで0.8%の減少を示した。

なお灰分比については、試験開始時2.9%と高い数値を示し、初期15日間に著しい低下が見られたが、霞ヶ浦湖中における絶食試験、恒温による他の試験でもこのような結果は得られず、灰分比の初期の低下については以後記述をさける。

第1図に示した各成分比の変化の傾向を見ると、各成分比いずれも法測性が見られ、水分比の増加傾向は、46~76日目、82%に達する頃から増加割合の低下が見られ、90日以後再び増加割合は大きくなっている。

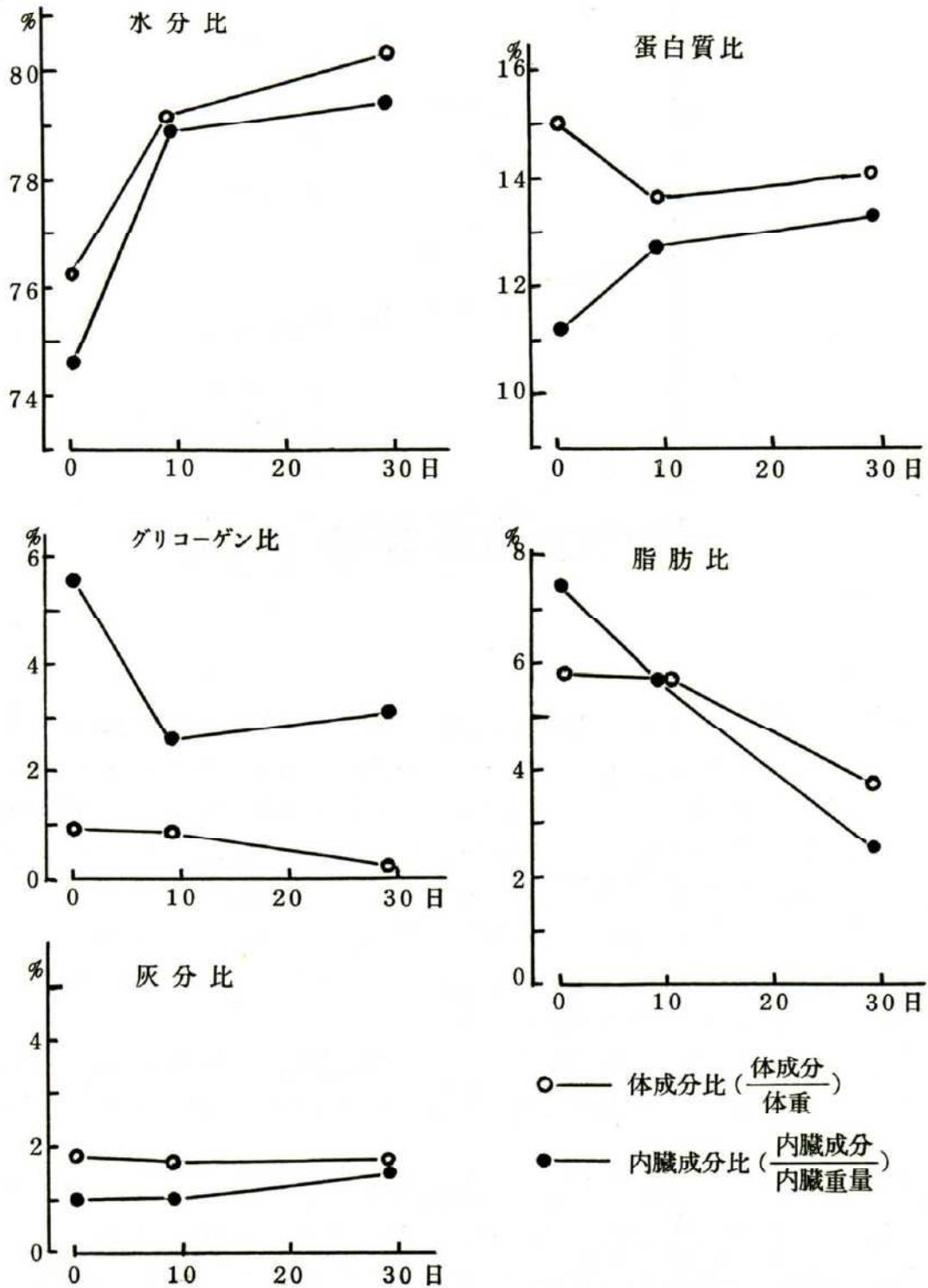
脂肪比もこれとほぼ同じ傾向で低下し、46~76日、約2%に達するまでは一定割合で低下するが、その後の低下割合は減少し、90日、1%以下の低下はごくわずかであった。

蛋白質比は脂肪比に比較すると複雑で、初期30日間の低下は少なく、30日~90日の間に

については脂肪と同様の傾向を示し、90日以後再び低下割合が増加している。

内臓(乾重)重量比は最初の15日間に大きく低下し、その後の低下はごくわずかであった。

第2図 絶食時のコイの体成分比および内臓成分比の変化 (25℃恒温)



第2図は短期間恒温で絶食させ、内臓成分比(内臓成分/内臓重量)と体成分比(体成分/体重-内臓重量)についてその変化を見たものであるが、内臓成分比は体成分比に比較すると、グリコーゲン比および脂肪比の低下はきわめて顕著であり、絶食初期のエネルギー産生に内臓に貯蔵されているグリコーゲン、附随している脂肪が大きく関与していることを示すものであろう。

また内臓蛋白質比は低下しておらず短期間の絶食では内臓蛋白質はあまり影響を受けないものと考えられる。

## 2 恒温における絶食時の体成分の量的変化

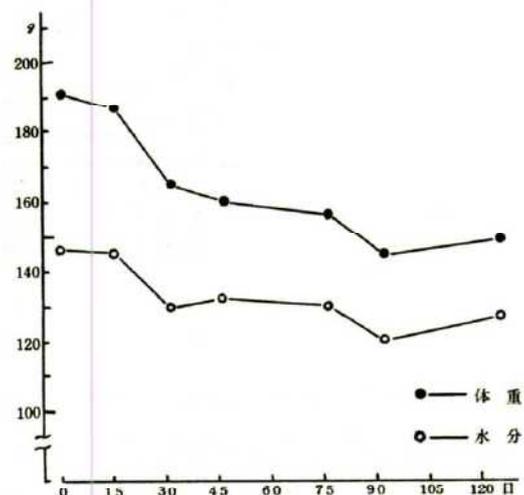
従来絶食時の体成分の変化は、体重に対する比率で論じられた例が多い。しかし実際にこれらの結果を冬期管理の技術へ適用するためには体重減少の構造の把握が必要となり、そのためには各成分の量的な変化をとりあげる必要がある。

第3図は絶食に伴って生じる各成分の減少の様子を、比率にその時の体重を乗じて求めた絶対量で示したものである(第1表( )内参照)。

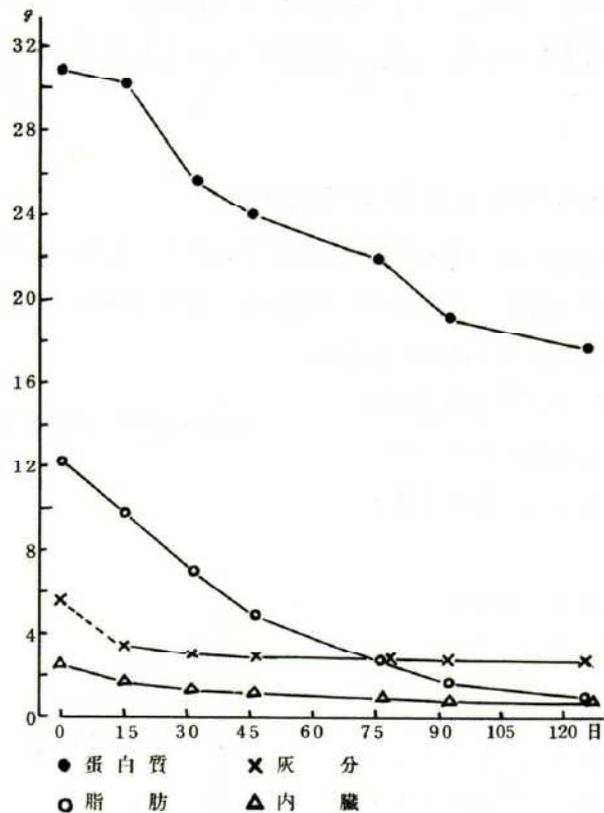
体重は125日間で42.3g減少した。各成分の体重減少に占める割合は、水分の減少が19.6gで最も大きく、46.4%を占めている。次に蛋白質の減少が大きく、13.1gで31%を占め、脂肪は11.1gで26.1%であった。灰分の減少はごくわずかで0.5g、1.2%。内臓(乾重)は1.7gで4.0%を占めている。

各成分の減少量を実験開始時保持していた量と比較すると、体重はその22%を失ったが、水分は13.4%を失ったに過ぎず、蛋白質は42.4%、脂肪は91.7%、灰分は13.4%、内臓(乾重)は67.7%をそれぞれ失ない、脂肪、蛋白質、内臓において減少が著しく、特に脂肪はその大部分を消費している。

第3-1図 絶食時のコイの体分量の変化-1 体重および水分量



第3-2図 絶食時のコイの体成分量の変化-2  
 蛋白質, 脂肪, 灰分, 内臓



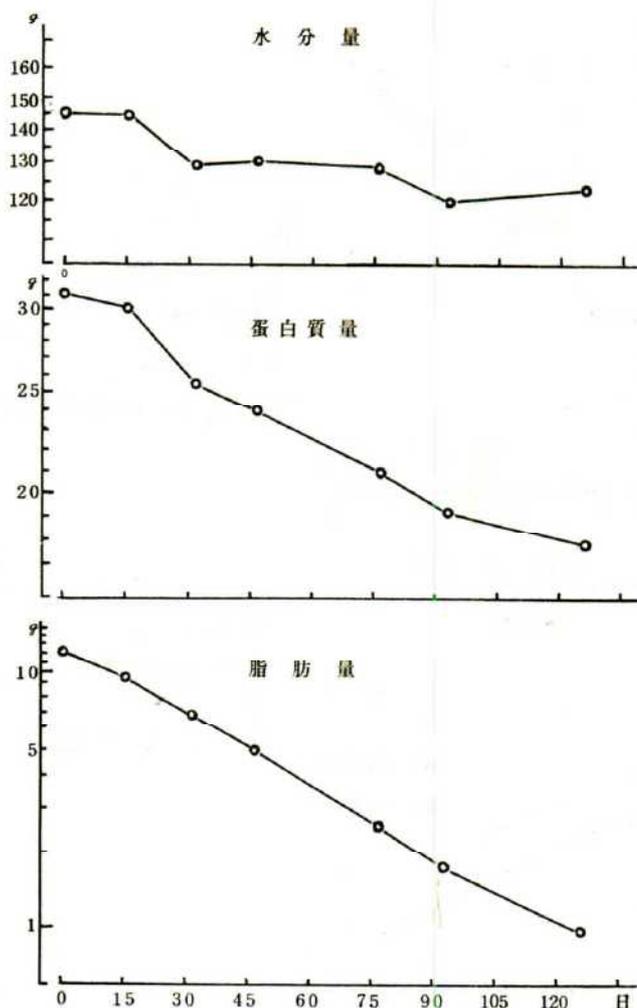
第4図は水分, 脂肪, 蛋白質についてその減少の様子を片対数グラフで示したものである。

脂肪では最初の15日間の減少割合がごくわずかに小さいが, 脂肪量と日数は直線を示し, ほぼ全期間にわたって指数関数的に減少している。

蛋白質もこれとほぼ同傾向を示しているが初期の30日間と終期の30日間では減少傾向が異なる。このように絶食初期の脂肪および蛋白質の減少傾向はいずれもその後の傾向と異なる。この場合, グリコーゲンについては測定していないが, 前にも示したように, 絶食初期にグリコーゲンの消費は集中することから絶食初期の体脂肪, 体蛋白の減少傾向の違いにはグリコーゲンが関与していると考えられる。

脂肪, 蛋白質に比較すると水分の減少は複雑であるが, 最初の30日とそれ以後では差が見られ, 第3-1図に示した全魚体重の減少も水分減少の影響を受けて複雑である。

第4図 絶食時のコイの成分変化の傾向



3 湖中における絶食時の体成分の変化

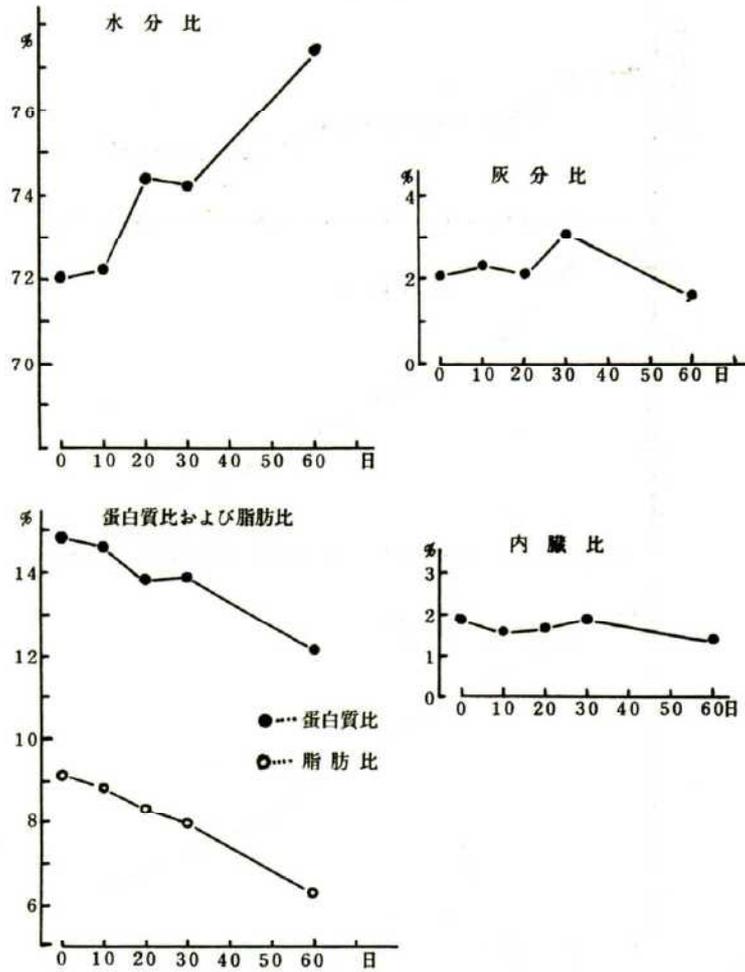
霞ヶ浦湖中における絶食試験の結果については第2表および第5図に示した。

第2表 湖中における絶食時のコイの体成分の変化

	供試魚数	体重	体長	肥満度	水分	蛋白質	脂肪	灰分	内臓(乾重)	水温
0日目	10	127.7	17.0	2.558	72.0% (91.9g)	17.8% (22.7g)	9.1% (11.6g)	2.1% (2.7g)	1.9% (2.4g)	0~10 13°C
10日目	10	101.7	15.9	2.599	72.2% (73.4g)	17.5% (17.8g)	8.8% (8.9g)	2.3% (2.3g)	1.6% (1.6g)	11~20 10°C
20日目	10	94.1	15.6	2.453	74.4% (70.0g)	16.8% (15.8g)	8.3% (7.8g)	2.1% (2.0g)	1.7% (1.6g)	21~30 7°C
30日目	9	93.6	15.5	2.509	74.2% (69.5g)	16.8% (15.7g)	7.8% (7.3g)	3.2% (3.0g)	1.9% (1.8g)	31~60 4.5°C
60日目	6	89.2	15.2	2.528	77.4% (69.0g)	15.1% (13.3g)	6.2% (5.5g)	1.7% (1.5g)	1.4% (1.2g)	

( )内は、比率に体重と乗じて求めた成分量。体長は吻端からウロコの末端まで

第5図 湖中における絶食時のコイの体成分比の変化

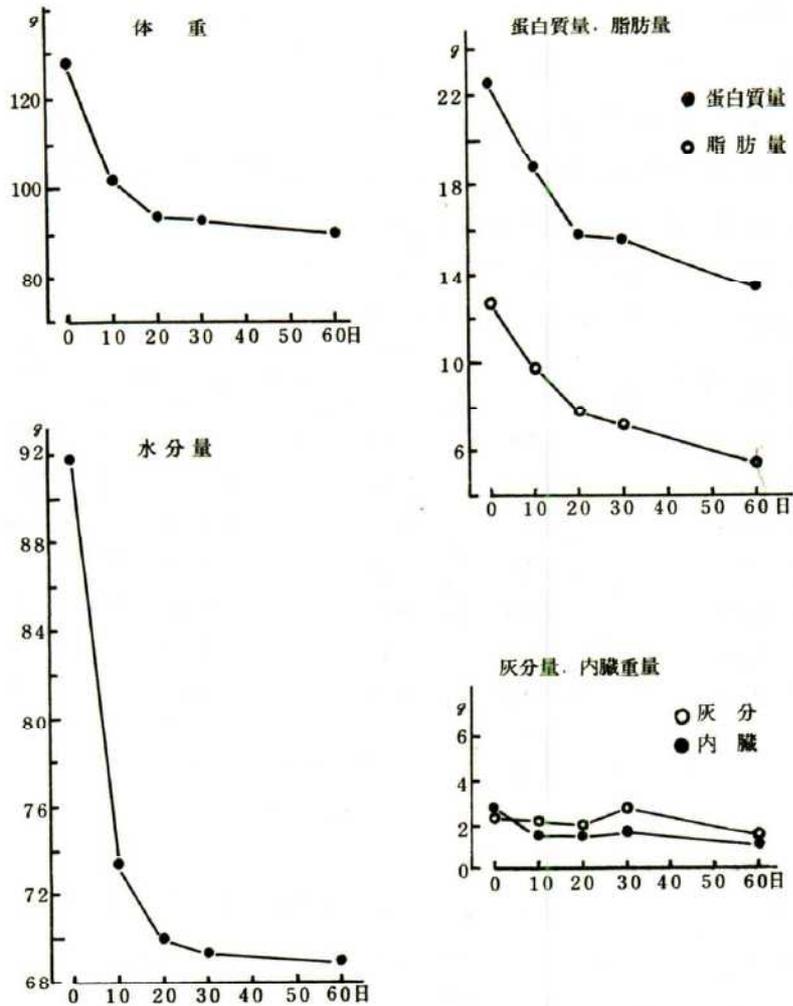


体成分比の変化の傾向については恒温試験の結果と同様で、水分比は72%から77%まで約5%増加し、蛋白質比は約18%から15%まで約3%、脂肪比は9.1%から6.2%まで約3%の低下を示した。

灰分比はバラツキは見られるが、ほぼ一定で、内臓(乾重)重量比は絶食初期の10日間で約0.3%低下したが、その後の変化はわずかであった。

試験開始時の体成分比は前に述べた恒温試験での供試魚に対して、水分比は約4%低く、蛋白質比、脂肪比はそれぞれ4%、3%、高い値を示している。このことは恒温試験での魚体は11月中旬から1月中旬までの絶食による減耗が著しく、2週間程度の餌付では絶食以前の状態に回復していないことを示すものであろう。

第6図 湖中における絶食時のコイの体成分量の変化



第6図は前に述べた恒温試験と同様の方法にしたがって、比率にその時の魚体重を乗じて求めた絶対量を示したもので(第2表( )内参照)、水温の高い初期10日間の減少量が非常に大きく、その後の減少量が少ないという傾向は、体重、水分、蛋白質、脂肪、内臓重量(乾重)に同様に見られる。しかし、水温が7℃以下になる絶食20日以後では、水分、蛋白質、脂肪の各々の減少量には差が見られ、蛋白質、脂肪の減少量に対して水分の減少は少なく、体重の減少は、水分減少の影響を受けて小さなものとなっている。

## 考 察

### 1 エネルギー代謝と体重減少機構について

絶食中のエネルギーは体内の蛋白質、脂肪、そしてグリコーゲンの燃焼によって供給されるから必然的にそれらの減耗をまねくことになる。先に述べた蛋白質、脂肪および内臓重量の減少量から、その産生エネルギーを算出すると第3表のようになる。

第3表 絶食によるコイの産生エネルギーの変化

日	項目	蛋白質による産生エネルギー	脂肪による産生エネルギー	総エネルギー
0~	15	0.67 Cal/日 (29.5%)	1.60 Cal/日 (70.5%)	2.27 Cal/日
16~	30	0.61 (30.5)	1.39 (69.5)	2.00
31~	45	0.59 (35.1)	1.09 (64.9)	1.68
46~	60	0.43 (36.4)	0.75 (63.6)	1.18
61~	75	0.43 (47.3)	0.48 (52.7)	0.91
76~	90	0.28 (43.1)	0.37 (56.9)	0.65
91~	105	0.27 (50.0)	0.27 (50.0)	0.54
106~	120	0.19 (54.3)	0.16 (45.7)	0.35

第3-2図より算出 ( )は、総エネルギーに対する割合

すなわち産生エネルギーは絶食に伴って減少し、最初の15日間では2.27 Cal/日のエネルギーの産生があったが、100日の絶食を越えた時点でのそれは0.35 Cal/日と、最初の約1/7にも激減している。

一方、エネルギー産生における脂肪と蛋白質の割合は絶食日数の経過に伴って変化し、最初の30日頃までの蛋白質3割、脂肪7割の割合でエネルギーを産生するが、その後、貯蔵脂肪の減少とともに脂肪の比率は下がり、蛋白質の割合は増加する。

次に、産生エネルギーの低下は代謝量の低下を意味するので、いま5 Calの熱量要求が1ccの酸素消費量に相当するとして、恒温試験での魚体について、その酸素消費量を算出すると、第4表、および第7図に示したように絶食に伴って減少する。

コイの酸素消費量は、一般に体表面積に比例し、体重の $2/3$ 乗に比例するとされており、

$$\text{酸素消費量} = KW^{2/3} \text{ で表わされている。}$$

いま絶食日数の経過に伴って、その前後の平

第4表 絶食によるコイの酸素消費量の変化

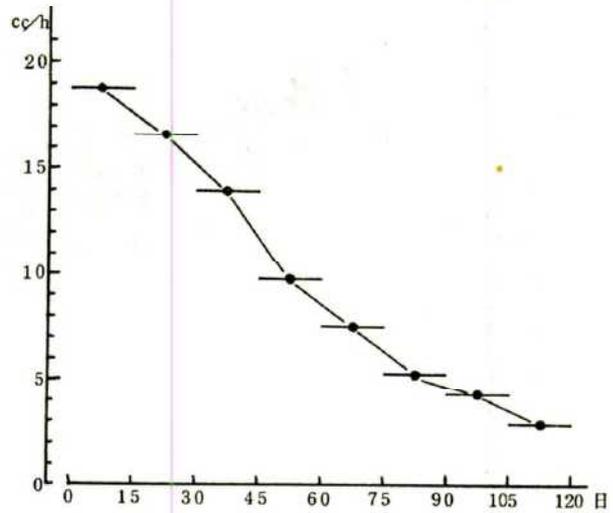
日	項目	平均体重	酸素消費量	K
0~	15	189 g	18.8 cc/時	0.57
16~	30	176	16.7	0.58
31~	45	165	14.0	0.47
46~	60	155	9.8	0.34
61~	75	153	7.6	0.27
76~	90	150	5.4	0.19
91~	105	147	4.4	0.15
106~	120	145	2.9	0.11

平均体重は第3-1図より算出酸素消費量は第3表より算出

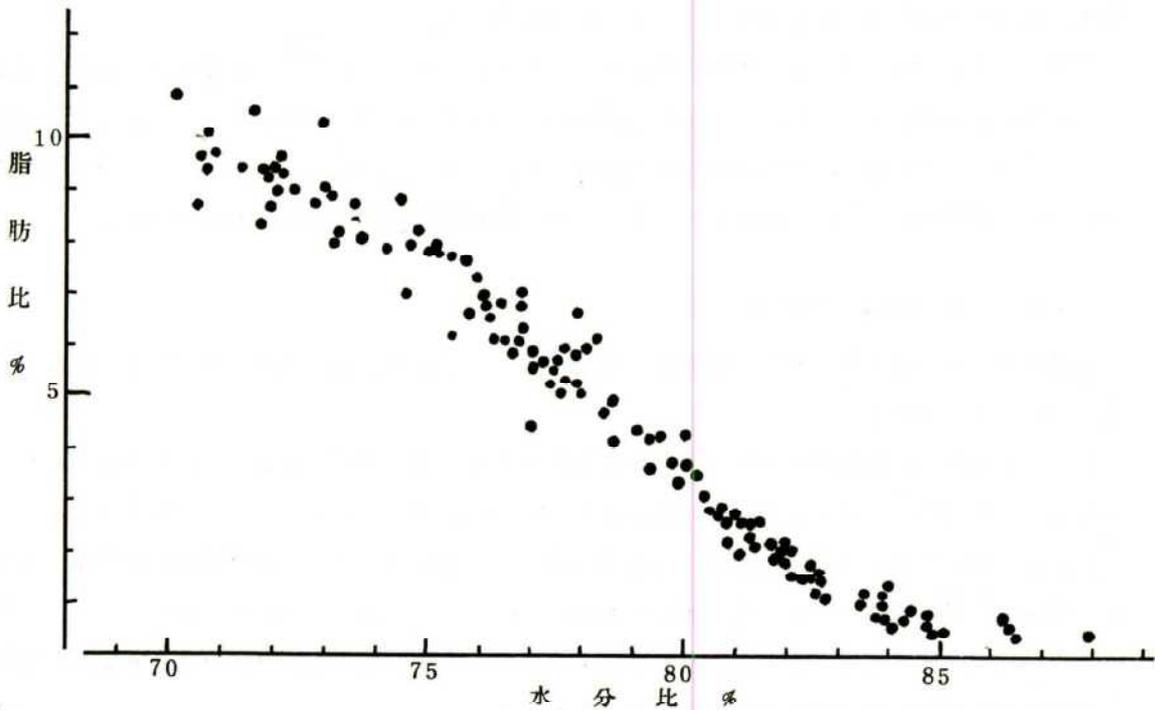
均体重で、定数Kを算出すると第4表に示したように、Kは0.57から0.11まで低下し、125日の絶食によってKの値は最初の $\frac{1}{5}$ 以下となる。絶食によって酸素消費量が低下することについては良く知られているが、<sup>3)</sup>以上述べたように、絶食による酸素消費量の低下は、体重減少に伴う低下、すなわち $KW^{\frac{2}{3}}$ で表わされる範囲内のそれではなく、一般式で与えられる定数Kをも低下させる酸素消費量の低下ということになる。

このように絶食によって消費されるエネルギーは一定の割合で減少していくもので、魚種、魚体重あるいは水温の関係を求めておけば、その消費量の推定は比較的容易に行なえるはずである。しかし、実際に必要とされるものは絶食による体重減少である。

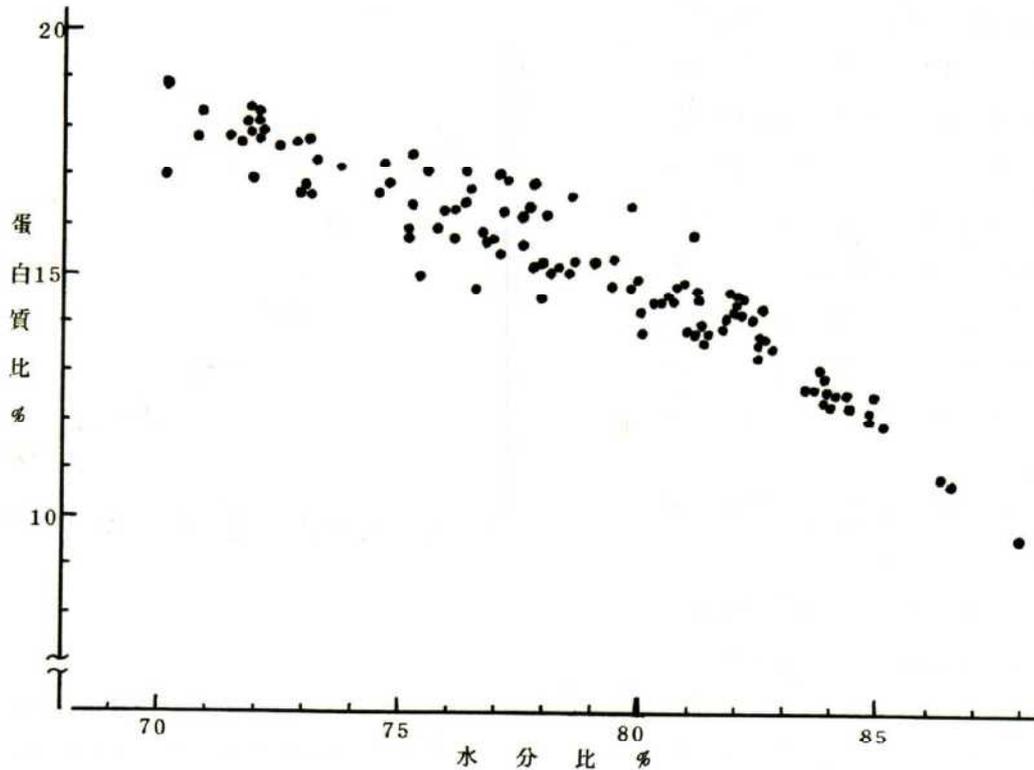
第7図 絶食によるコイの酸素消費量の変化



第8図 水分比と脂肪比の関係



第9図 水分比と蛋白質比の関係



体重は水分と乾物の和としてとらえることができるが、すでに見たように、水分量の変動は、脂肪や蛋白質の減少に比較して見るとはるかに複雑である。

脂肪と水分との間には一定の関係が成り立つことは良く知られており、この試験でも相関が認められた(第8図参照)。しかし、水分と蛋白質の間にも一定の関係が認められる。(第9図参照)。このように水分は、単に脂肪のみに関係するのではなく、各種の代謝、さらに参透圧調整などと深い関係を持つものと考えられるが、その変動機構の解析は今後の課題である。

## 2 絶食時の肥満度について

ソ連ではコイの越冬条件として肥満度が2.5～2.9、脂肪含有率が体重の4%以下であってはいならないとされている。<sup>6)</sup>

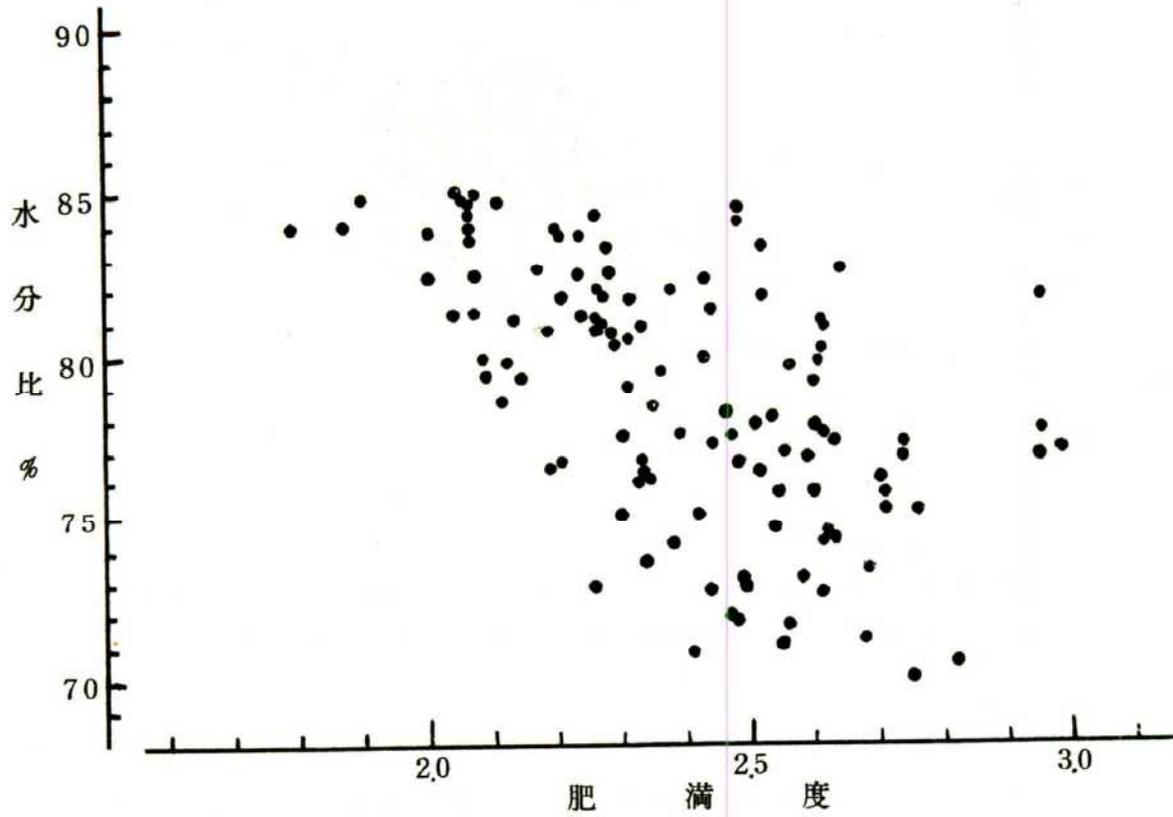
しかしわが国では養殖ゴイにおいて、肥満度と体成分の関係について報告された例は少なく、体成分の含有状態を指す指標としての肥満度については、疑問とする考え方が少なくない。

しかし、体重の減少はそれを構成する成分の減少によるものであり、前の試験結果で見たように、体成分の減少は各々単独に減少するのではなく、相互に関連しつつ減少する。

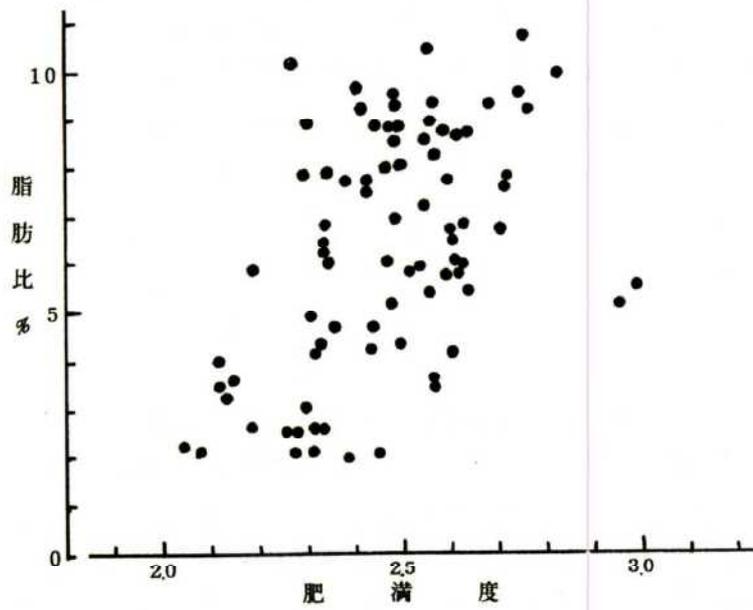
したがって、体重を構成する主たる成分、すなわち、水分、蛋白質、脂肪の含有率は、いずれも肥満度の低下と一定の関係が成り立つはずである。

第10図、第11図および第12図は、この試験で測定した魚体について、第10図は肥満度

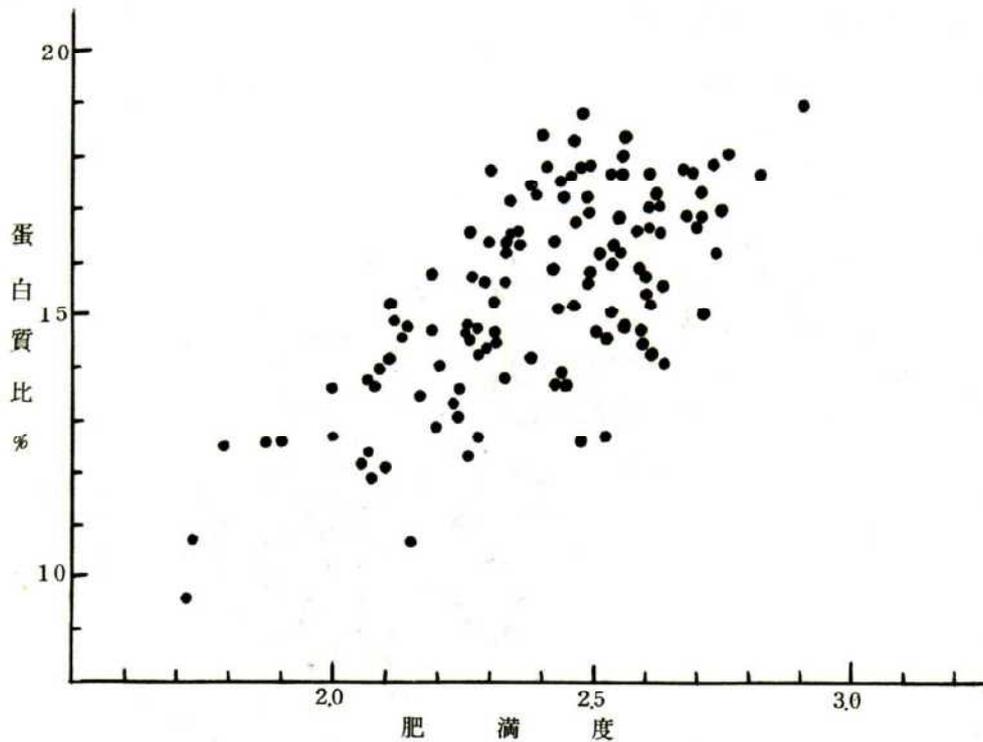
第10図 肥満度と水分比の相関



第11図 肥満度と脂肪比の相関



第12図 肥満度と蛋白質比の相関



と水分比, 第11図は肥満度と脂肪比, 第12図は肥満度と蛋白質比について各々相関を見たものであり, いずれも相関関係が認められ, 統計的処理の結果, いずれも有意であった。

なお, 第10図では水分比85%以上の魚体, 第11図では脂肪比2%以下の魚体についてはそれぞれ前の試験結果で, それ以前の減少傾向と異っていることから除いてある。

肥満度は一般に同一魚種においても, 飼育条件の違い, 生活時期の違いで変化することが知られており, 通常養魚家が越冬させる場合, 魚体の越冬以前の飼育条件は必ずしも同一ではなく, 肥満度と体成分含有率については更に種々の条件での吟味が必要であろう。

## 要 約

絶食による体重減少の機構を明らかにするため, 恒温における絶食試験, 湖中での絶食試験を行ない, 体成分の変化を検討した。

- (1) 絶食に伴う各成分の体重に対する比率は, 規則的な変化を示し, 水分比は増加するが脂肪, 蛋白質, 内臓(乾重)比は低下する。

- (2) 各成分の比率に、その時の体重を乗じて求めた絶対量では、脂肪、蛋白質、内臓(乾重)の減少が著しく、特に脂肪の減少は激しい。  
 体重減少に占める各成分の割合は、水分が最も多く46.4%を占め、蛋白質が31%、脂肪は26%であり、水分の減少が体重の減少を大きく左右している。
- (3) 各成分の減少傾向については、脂肪および蛋白質は同様の傾向を示し、ほぼ指数関数的に減少する。しかし、水分の減少傾向は複雑である。  
 内臓(乾重)の減少は初期に集中する。
- (4) 絶食によってエネルギーの産生は低下する。  
 エネルギー産生における蛋白質および脂肪の割合は、最初、蛋白質3割、脂肪7割であるが、貯蔵脂肪の減少に伴って蛋白質の割合が多くなる。
- (5) 絶食によって酸素消費量は低下するが、その低下は、一般式で与えられる範囲内の低下ではなく、定数Kをも低下させるものである。
- (6) 絶食させた状態では、肥満度と水分比、肥満度と脂肪比、肥満度と蛋白質比にはいずれも相関が認められる。

## 文 献

- 1) B, C イブレイフ, 1955: 魚類の栄養生態学 165~185, 新科学文献刊行会
- 2) 藤井暢三, : 生化学実験法(定量編) 163~164, 南山堂
- 3) ポリヤコフ, 1958: 越冬中のコイの消耗, 淡水区水産研究所資料A.3 16~17
- 4) John, H, Bland, 1963 : Clinical Metabolism of Body Water and Electrolytes, 29~31, Sanders.
- 5) 吉川春寿, 阿部正和 編1970: 代謝(基礎と臨床), 73~77, 朝倉書店。
- 6) ボガトバ・ベトレンコ, 1963: 池での越冬に際して、当オゴイの生存能力に対する飼育条件の影響  
 淡水区水産研究所資料A9.9~10
- 7) 竹内昌昭・他1969: 冬期におけるコイの生化学的研究I~VIII, 東海区水産研究所報告59, 1~80
- 8) ニコルスキー, 1965: 魚類生態学 184~192, 228~230, 新科学文献刊行会
- 9) 尾崎久雄, 1970: 魚類生理学講座(2) 206~208, 緑書房
- 10) 村上恭祥, 1971: コイ新仔の越冬に関する研究  
 広島県淡水魚指導所調査研究報告, 10, 1~20