

# 網生す養鯉に関する研究—I

## コイの摂餌と成長

浜田 篤信・津田 勉・狩谷 貞二

### 1. はじめに

最近、網生すや循環水槽による養魚がさかんになつてきた。これらの養魚は従来の止水式養魚とは異り、飼育環境が比較的安定しているため、環境に対する配慮よりも成長速度の増大や、これに見合う投餌量の決定等の飼育方法についての要請が高まつてきたように思われる。しかしながら、養殖魚の成長に関する基礎研究は比較的少く、しかもその主流は、Robertsonによつて代表される成長現象の便宜的な数式化とその適用・解析であつて、成長の実体的構造が明確に把握されていないように思われる。従つて現在行なわれている養魚において、その養魚成績を評価し得ない面があつたように見受けられる。このように考へてくると、養殖において、成長基準の設定が早急になされる必要性を痛感する。そしてその基準を最大成長にとれば、それが最適な条件下での成長であるから、これをもつて投餌法の適否・環境の良否等も逆に類推することが可能で、養殖の技術化が期待できるものと思われる。

養殖魚の成長基準に関する研究は、極めて少く、中村・笠原(1955)<sup>1)</sup>が、コイの「トビ」が遺伝的な形質によつてでなく、摂餌量の差によつて出現することを示し、狩谷(1956)<sup>2)</sup>は、最大成長の重要性を指摘し、コイ、キンギョについて、多回投餌実験を行い、投餌回数と成長量との関係を求め、白旗(1965)<sup>3)</sup>はニジマス稚魚の「トビ」の成長を最大成長と仮定した例があるに過ぎない。

一般に動物の成長速度は食物の摂取に支配される。そして十分な熱量の摂取を行つた場合の成長を最大成長と定義している。魚類の場合、餌料の要求は水温や溶存酸素等の環境要因によつて影響をうけるから、一応こゝでは、魚類の最大成長とは、最適環境下において、質・量とも十分な餌料の摂取を行つた場合の成長と考へることとする。換言すれば、最大成長とは、至極正常な成長であり、こゝに基準を求めることも亦当然のことと思われる。

本報告では、コイの最大成長を求め、養殖における意義について検討することとする。

### 2. 実験方法

コイの最大成長を求めるに先立ち、コイの代謝活動を支配する要因のなかで、水温と溶存酸素が最も重要であると考へられるので、この二つの条件を吟味し、得られた最適な条件下で飼育試験を行うことにした。

実験条件の吟味においては、水温と酸素消費量及び消化速度との関係、又溶存酸素量と摂餌量の関係を求めた。酸素消費量の測定は流水方式、消化速度は摂餌から排便迄の時間で表現することにした。

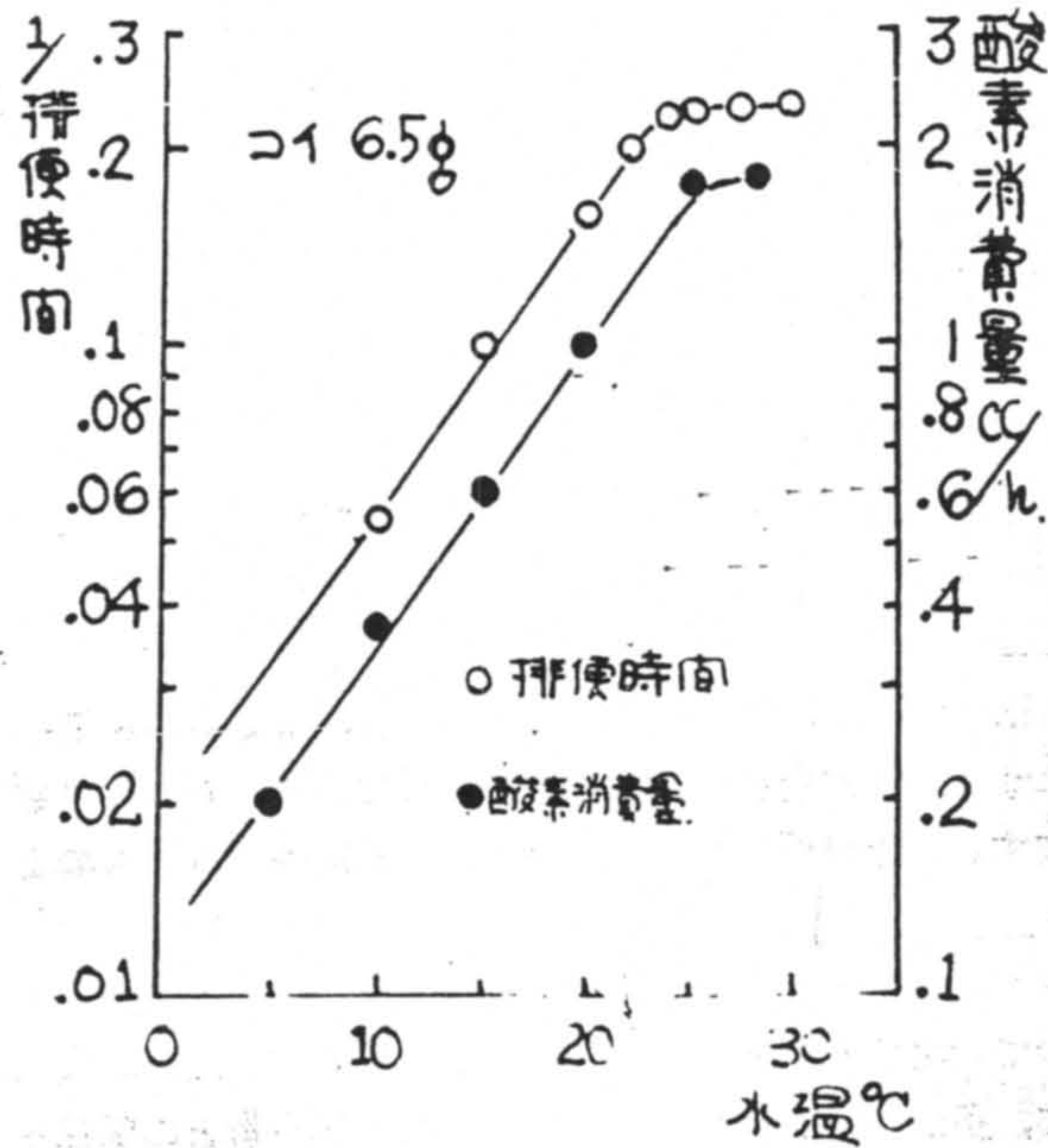
### 3. 実験結果

#### A. 水温と代謝活動

第1図は水温と酸素消費量及び消化速度との関係を示すもので、6.5gの稚ゴイについて得られた値である。コイの酸素消費量は、水温の上昇に伴つて急増するが、23~25℃附近からその増加率は小さくなる。又消化速度を摂餌から排便迄に要する時間、排便時間で表したときの水温との関係は、酸素消費量の場合と同様な傾向を示し、24℃附近迄は、Van't Hoffの反応速度の法則にし

※ 東北大学農学部

たがい、 $Q_{10} = 2.8$  の割合で増加し、水温が更に上昇しても排便時間に殆んど変化は見られない。



第1図 水温と代謝活動の関係

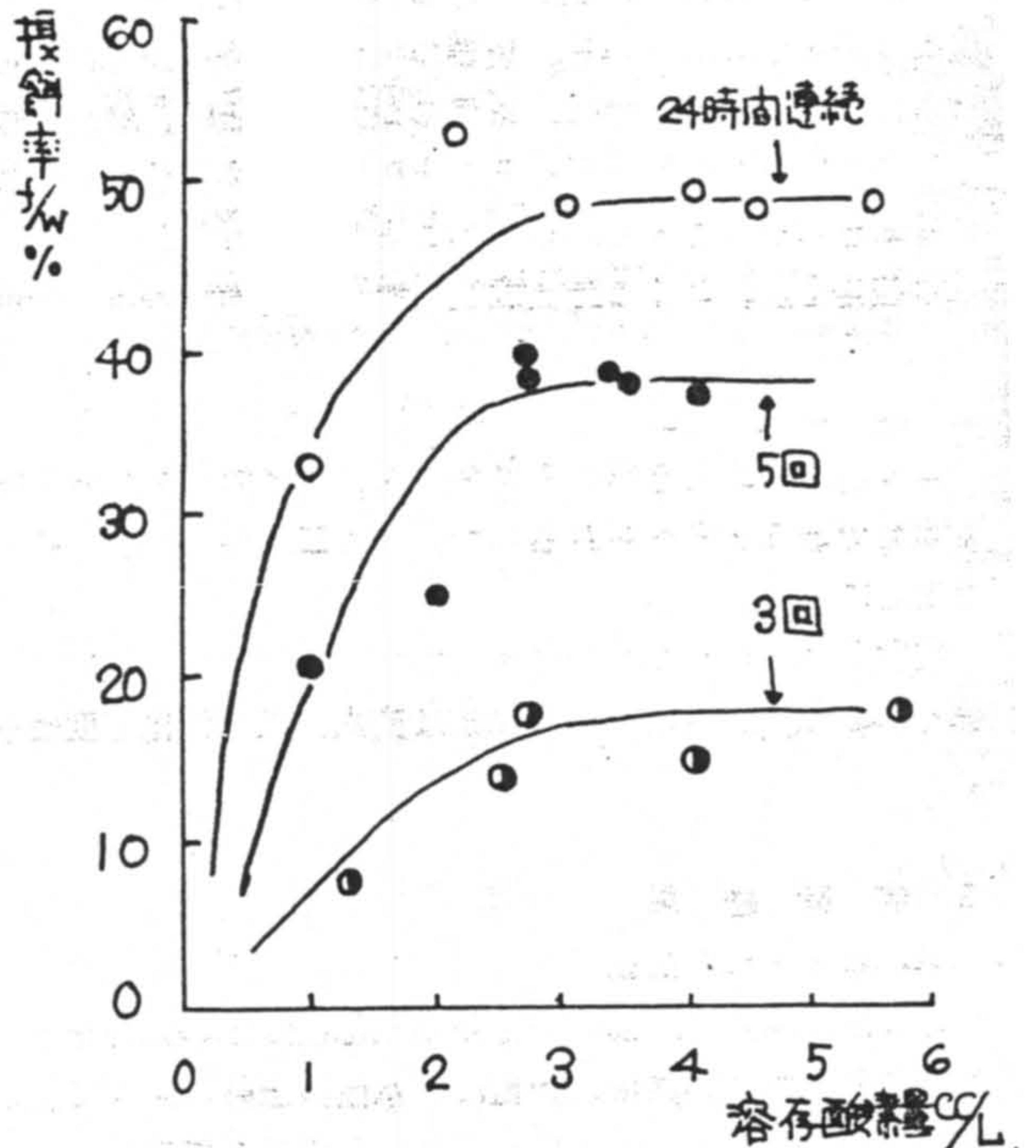
C. 飼育結果

まえの2の実験結果から、最大成長は、 $23 \sim 24^\circ\text{C}$ 以上、溶存酸素  $3 \text{ cc/l}$ 以上で得られるものと考へられたので、水温を  $25^\circ\text{C}$ に保ち適当量の水を水槽に注入しながら、イトミミを常時捕食し得るように与へ、コイの成長を測定した。

コイは  $0.57 \text{ g}$ のものから出発し、91日間飼育を続け  $300 \text{ g}$ のものを得た。この間の成長と摂餌の様子は第1表、第3図に示した。第3図から明らかなように、体重の増加は飼育後62日迄は放物線的に急激に増加するが、それ以後こう配はゆるやかになつている。又体重は直線的に増加しているが体重と同様に62日以後こう配が低下している。次に摂餌量についてしらべると、60日附近までは次第に増加し

B. 溶存酸素と摂餌量の関係

第2図は溶存酸素量と摂餌量の関係を示すものである。実験は  $25^\circ\text{C}$ で  $3 \sim 4 \text{ g}$ のコイにイトミミズを与へ、摂餌量を測定した。環境水である低酸素量の水は適当数のキンギョを入れた別の水槽からとり入れ、投餌は1日24時間連続、昼間12時間に5回及び3回実施したものである。第2図から明らかなように、摂餌量は、溶存酸素量が  $3 \text{ cc/L}$ 以上で比較的安定し摂餌量も多いが、それ以下の溶存酸素量では明らかに摂餌量の低下が認められる。



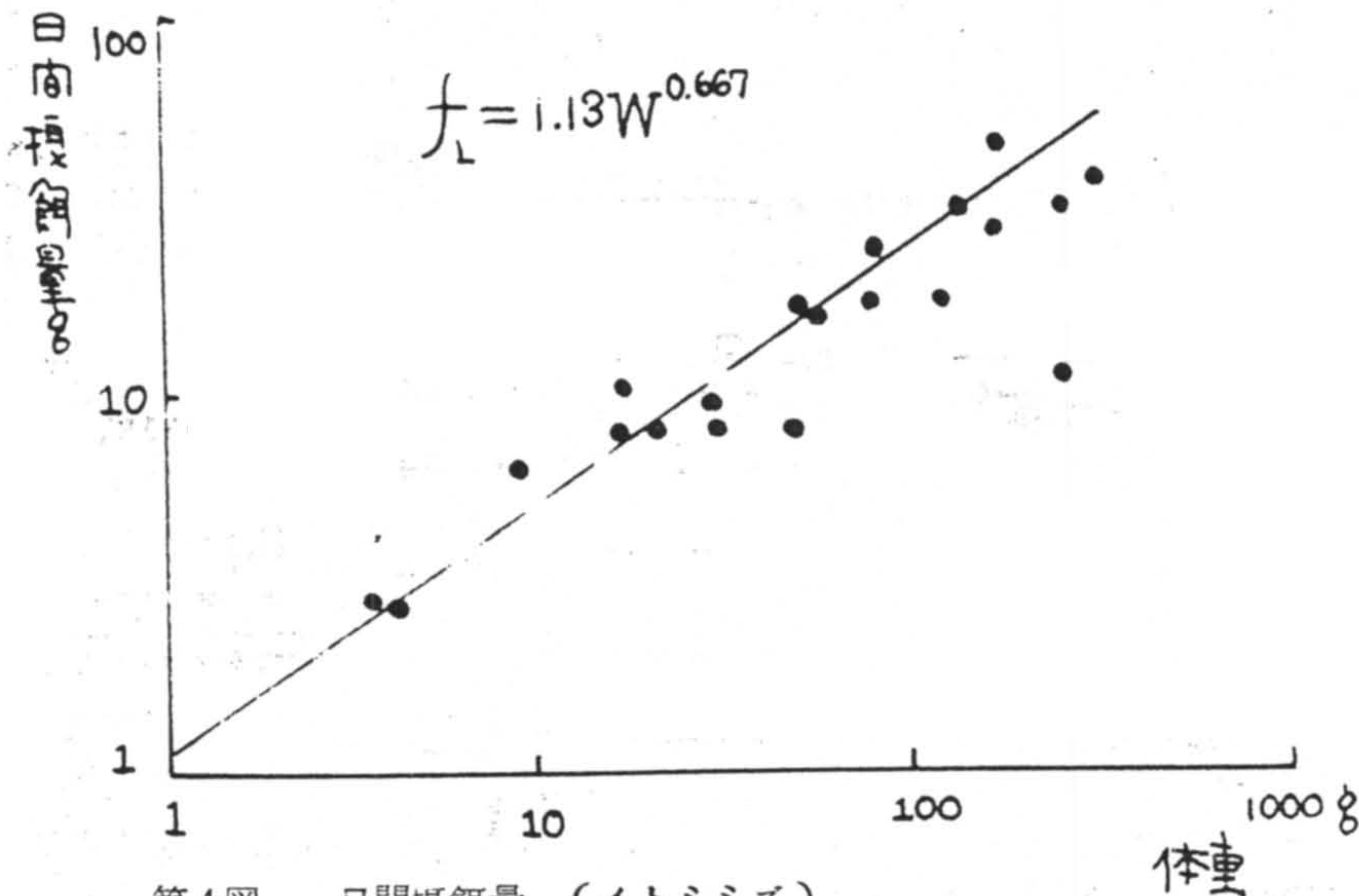
第2図 溶存酸素量と摂餌量の関係

第1表 コイの摂餌と成長

飼育日数	体重 g	体長 cm	摂餌量 g	増肉係数
0	0.57			
7	1.36			
14	7.75	6.0		
21	17.51	8.0	41.3	0.93
28	29.31	9.0	53.6	1.00
35	47.9	10.7	53.6	0.63
42	78.9	12.2	122.2	0.87
50	120	14.1	190.1	1.03
62	180	17.4	320.5	1.19
76	220	18.0	414.1	1.52
91	300	19.6	365.9	1.34

変動も比較的少ないが、それ以後増加傾加は減少し、しかも変動も著しいことが認められる。そして摂餌量と体重の比較から、摂餌率は体重の増加とともに低下していることがわかる。

次にこの最大成長と考へられる飼育実験から体重と摂餌量との関係を求めるために、体重の測定が行なわれた前後2日の日間摂餌量と、更に正確な日間摂餌量を求めるために、追試験として十分に馴致された3.6 g, 4.1 g, 18.2 g, 51.0 g, 148 gのコイについて前記の飼育条件と同様な条件で飼育を行い日間摂餌量を示めた。結果は第4図の通りである。



第4図 日間摂餌量 (イトミミズ)

第4図によれば、100 g以上のものについて、特に長期間飼育のものでは、かなりの変動が認められるが、日間摂餌量  $f_L$  と体重  $W$  の各対数は直線を示し、その関係は次式で表わされる。

$$f_L = 1.13W^{0.667} \dots \dots \dots (1)$$

(1)式の関係は、イトミミズを餌料にした場合に得られた関係であり、実際の養殖においては使用出来ない。そこで実際の養殖において利用出来る関係を求めるために配合餌料について検討を行った。配合餌料の場合には、イトミミズを餌料とする場合とは異つて、配合餌料を一定時間水槽中に放置し回収して行う実験方法は、配合餌料が水にとけるために採用出来ない。従つて、こゝでは、イトミミズと配合餌料のカロリー、飽食量や餌料の転換効率等を比較することによつて求めることにした。斯くすることによつて消化率や嗜好の問題も考慮することになると思われる。

第2表 餌料の比較

	イトミミズ	ペレット
熱量 cal/g	1.05	3.32
飽食率%	5 ~ 8	1.5 ~ 2.0
増肉係数	3.5 ~ 6	1.0 ~ 1.5

第2表に両餌料のカロリー、飽食量、餌料転換効率等の比較を行つた結果を示した。カロリーは配合餌料の水分含量によつて多少変動し、飽食量や転換効率は成長とともに変動するが、イトミミズ4gが配合餌料のほゞ1gに相当するものと考えて差支へないようである。従つて使用したペレットの日間摂餌量 $f_p$ は

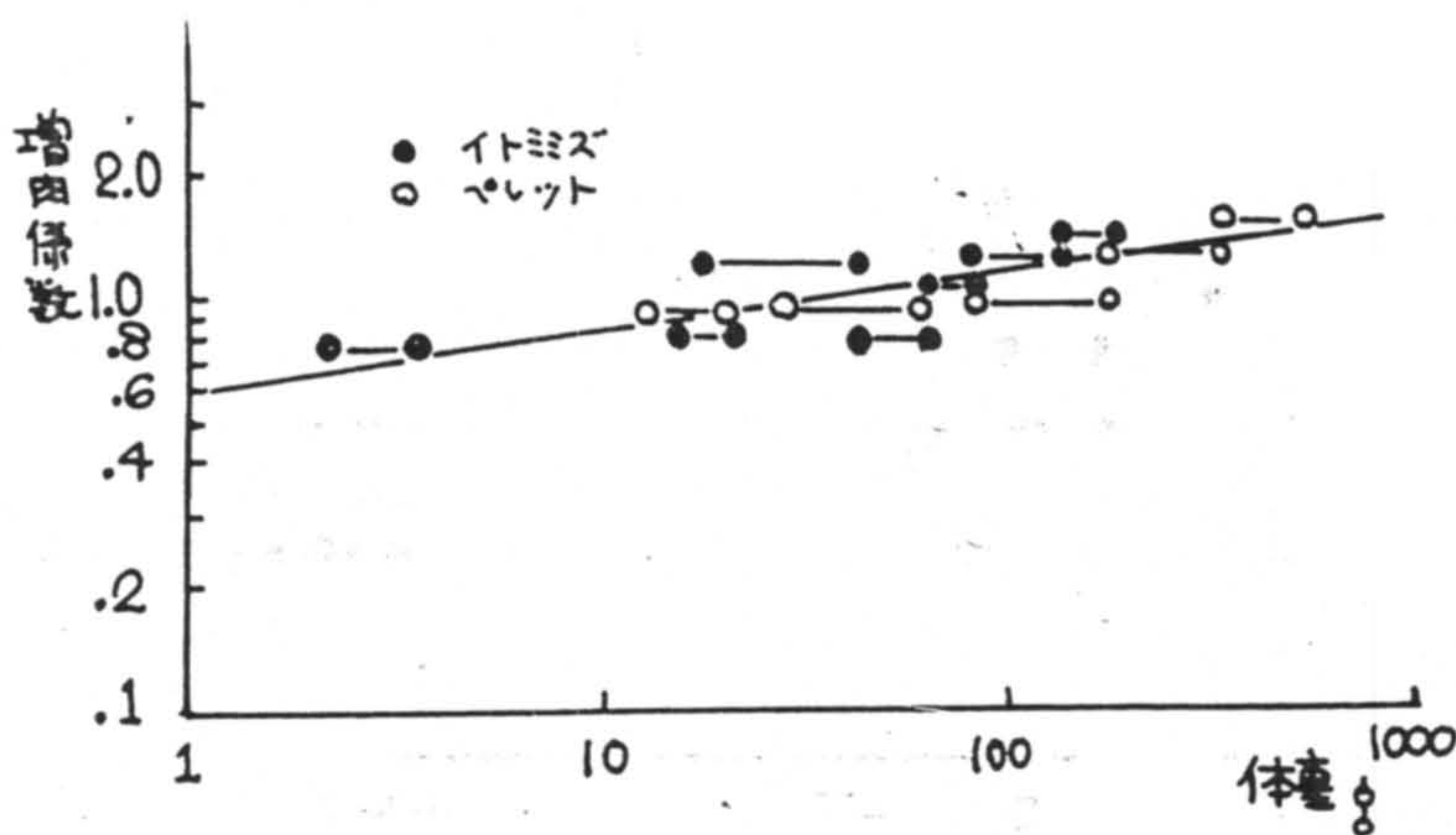
$$f_p = 0.285W^{0.667} \text{ となる。}$$

又イトミミズ、ペレットの水分含量は、各々88%、12%、であるから日間摂餌量は乾燥重量で

$$f = 0.251W^{0.667} \text{ g} \dots\dots\dots (2)$$

となる。

次に摂取された餌料の転換効率について検討を行うことにする。



第5図 増肉係数

第5図は前述の飼育実験でのイトミミズの増肉係数を乾燥重量で示した値と体重との関係を示したものである。又同時は網生すにおいて(2)式に近い量の投餌を行い増肉係数を求め図示した。ペレットの場合には、真の摂餌量はつかむことが出来ず、投餌量から増肉係数を求めることになるから、ペレットの流出が問題になる。そこで20ℓのバケツを網生すの底に沈め、バケツ

の真上を中心に2kg、約3300粒の配合餌料を投餌し、40分後バケツをひきあげて流出する餌料の数を測定した。その結果バケツ中に集められた餌料の数は、僅かに4粒のみであつた。従つて注意深く、投餌を行へば流出するペレットは、ごく少数で投餌量を摂餌量とみなしてさしつかえないようである。第5図から、増肉係数は体重の増加にともなつて徐々に増加することが判る。

そしてその増加は放物線で体重が10gでは1であるが、1kgでは近くにまでなり、両者の関係は次式で表わされる。

$$\text{即ち } 1/e = 0.6W^{0.140}, \quad e = 1.667/W^{0.140} \dots\dots\dots (3)$$

又第5図からは、ペレットとイトミミズの間には、著しい差は認められないようである。

4. 考 察

Bertalanffy(1949)<sup>4)</sup>は成長の実体的構造を同化と異化との差としてとらえ、右田等(1937)<sup>5)</sup>やIvlev(1960)<sup>6)</sup>は同様の観点から投餌量の決定を試みている。この場合、餌料の摂取量は比較的簡単に求めることが出来るが、エネルギー喪失は消化率、運動状態や持異動的な作用によつて複雑に変化することが予想され、それらを量的にとらえることは困難である。そこでここでは、摂取量及び餌料の転換効率を成長との関連においてとらえ、体重の変化を摂取量と転換効率の積で表わすことにした。

$$\text{即ち } \frac{d w}{d t} = f \cdot e \dots\dots\dots (4)$$

(4)式に(2)(3)式を代入すると

$$\frac{d w}{d t} = 0.418 W^{0.527}$$

上式を積分すると

$$\begin{aligned} W &= 0.0326 t^{2.114} + \text{Const.} \\ &\doteq 0.0326 D^{2.11} \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

但し Dは飼育日数

日間摂取量や転換効率は前述のように平均的なものであつたから、ここで求められた成長も亦平均値的な最大成長であり、これよりも速い成長を示す個体もみられるであらう。しかし第4.5図からみて、その変動は比較的小さいものであらう。

次に最大成長における飼育日数と投餌量の関係を求めると、(5)式を(3)式に代入することによつて

$$f = 0.256 D^{1.41} \dots\dots\dots (6)$$

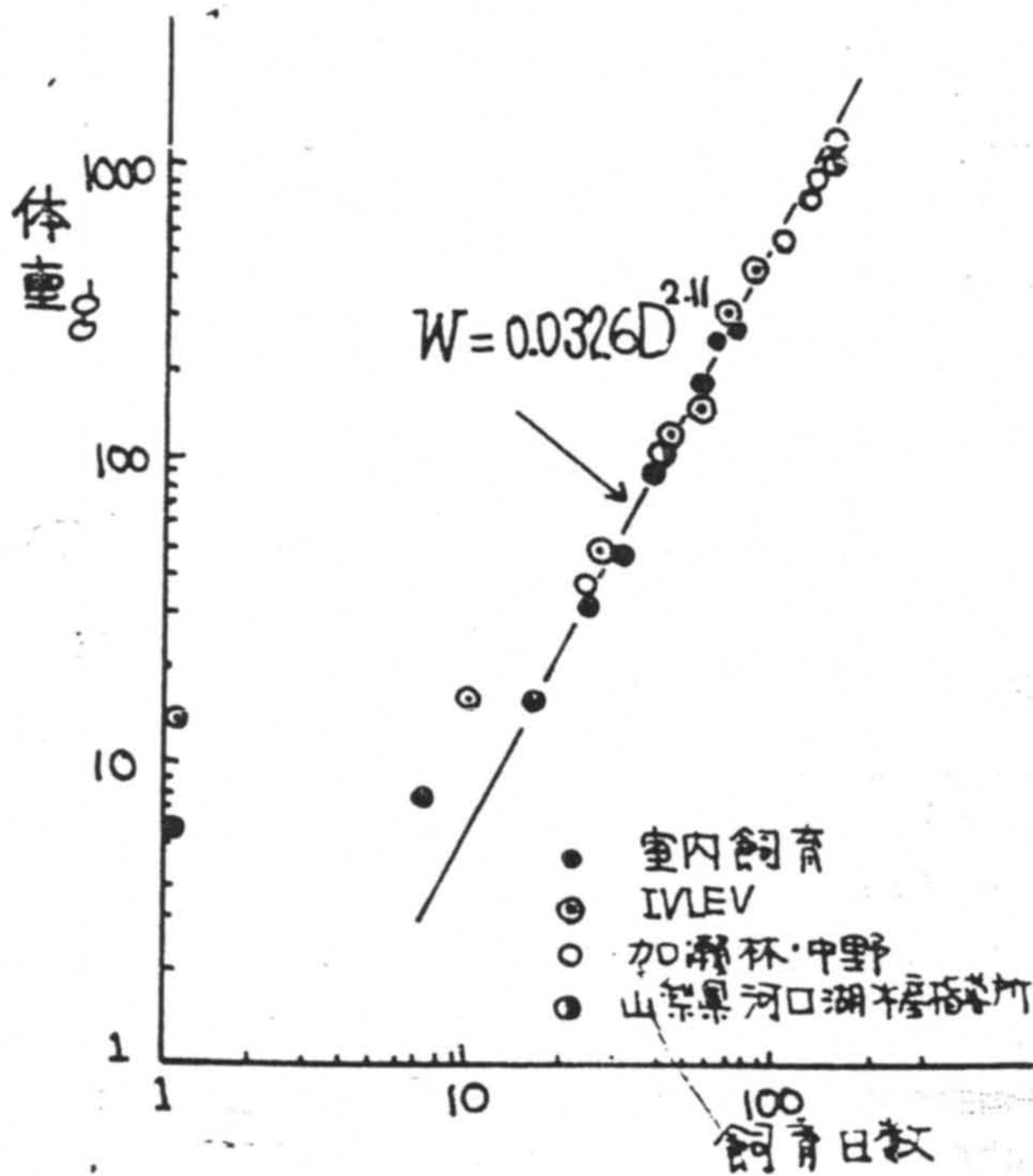
となる。係数の0.256は乾燥重量に対してであるからイトミミズに対しては1.165、ペレットでは0.291となる。

次に(5)式を基準とし、実際に得られた成長曲線を比較検討することにする。その結果は第6図に示したが、前述のイトミミズによる飼育実験の成長は、初めの7日間を除けば、(5)式とよく一致している。Ivlevは13.8gのコイを110日飼育し421gのものを得ている。この記録において、はじめの25日間の成長は著しくおそいが、それ以後の成長は(5)式とよく一致する。天然での成長記録では、茨城県牛久沼に於いて、加瀬林・中野(1965)<sup>7)</sup>によつて報告された標識放流の結果がある。彼等は平均34.4gの鯉を標識放流し再捕魚にもとづいて成長曲線を求めているがこの上限の値も(5)式に近い値を示している。又網生す養鯉では、山梨県河口湖水産指導所が行つた養殖の成長が速く<sup>8)</sup>、ペレットとさなぎを1日4回投与し、101日間で121gから1031gのコイを得ており飼料配が2.03で殆んど最大成長と一致している。

これらのことから、10g~1000gの範囲内で最大成長を(5)式と考へてもよいものと思われる。そして養殖においても最大成長を得ることが出来ることを示すものである。

従来、養魚家の間では、「腹八分」の投餌がよいとされ、飽食させることが嫌われているようである。これは増肉係数が著しく増大することと、病気の発生等が理由となつていようである。この点を確認するために、網生す養鯉成績を基にして、成長速度と転換効率の関係を検討してみた。

増肉係数は投餌量を増重量で割つた値で示されるが、これは既に述べたように、成長とともに変化するため見掛けの効率を示すに過ぎない。従つて成長の解析や養殖技能、餌料の価値等を評価す



第6図 コイの成長曲線

第3表 網生す養魚成績

No	昭和39年					昭和40年				
	1	2	3	群馬	山梨	1	2	3	4	5
飼育日数	112	112	112	128	101	30	28	30	28	6
放養重量Kg	423	153	210	359	91	345	824	223	398	5.70
養尾数	1969	1748	9447	3088	750	5820	5489	1257	1217	528
取揚重量Kg	1124	539	876	1853	764	824	1376	398	607	111
揚尾数	1888	1622	8137	2999	733	5489	4863	1217	1168	528
W <sub>0</sub> g	215.0	87.7	22.2	116	121	59.3	1505	183.5	327.1	10.8
W <sub>t</sub> g	595.0	3324	107.6	617	1031	150.5	2830	327.1	519.9	21.0
総投餌量Kg	1447	799	1426	2850	936	652.9	7935	220.2	329.3	4.43
増肉係数	2.06	2.07	2.14	1.9	1.39	1.36	1.44	1.26	1.57	0.82
b	0.924	0.960	0.833	1.28	2.03	1.48	1.23	1.38	1.28	1.97
Ke	0.89	0.96	1.20	0.71	0.56	0.97	0.82	0.70	0.79	0.57

成長曲線のこう配  $b$  と、(7)式に増肉係数  $1/e_m$ 、放養時平均体重  $W_0$ 、取揚時平均体重  $W_t$  を代入して求めた  $Ke$  との関係を調べると第7図が得られる。

るには充分とは思われない。

体重  $W_0$  から  $W_t$  を得るのに必要な餌の量は第5図で  $1/e = Ke W^{0.140}$  と  $W = W_0, W_t$  で囲まれた面積に相当するから、見かけの増肉係数を  $1/e_m$  とせば

$$1/e_m = \frac{Ke \int_{W_0}^{W_t} W^{0.140} dW}{W_t - W_0}$$

..... (7)

となる。Ke は已に示したように、大体 0.5 ~ 1.0 の範囲にあり、大きい程転換効率の低下を意味する。

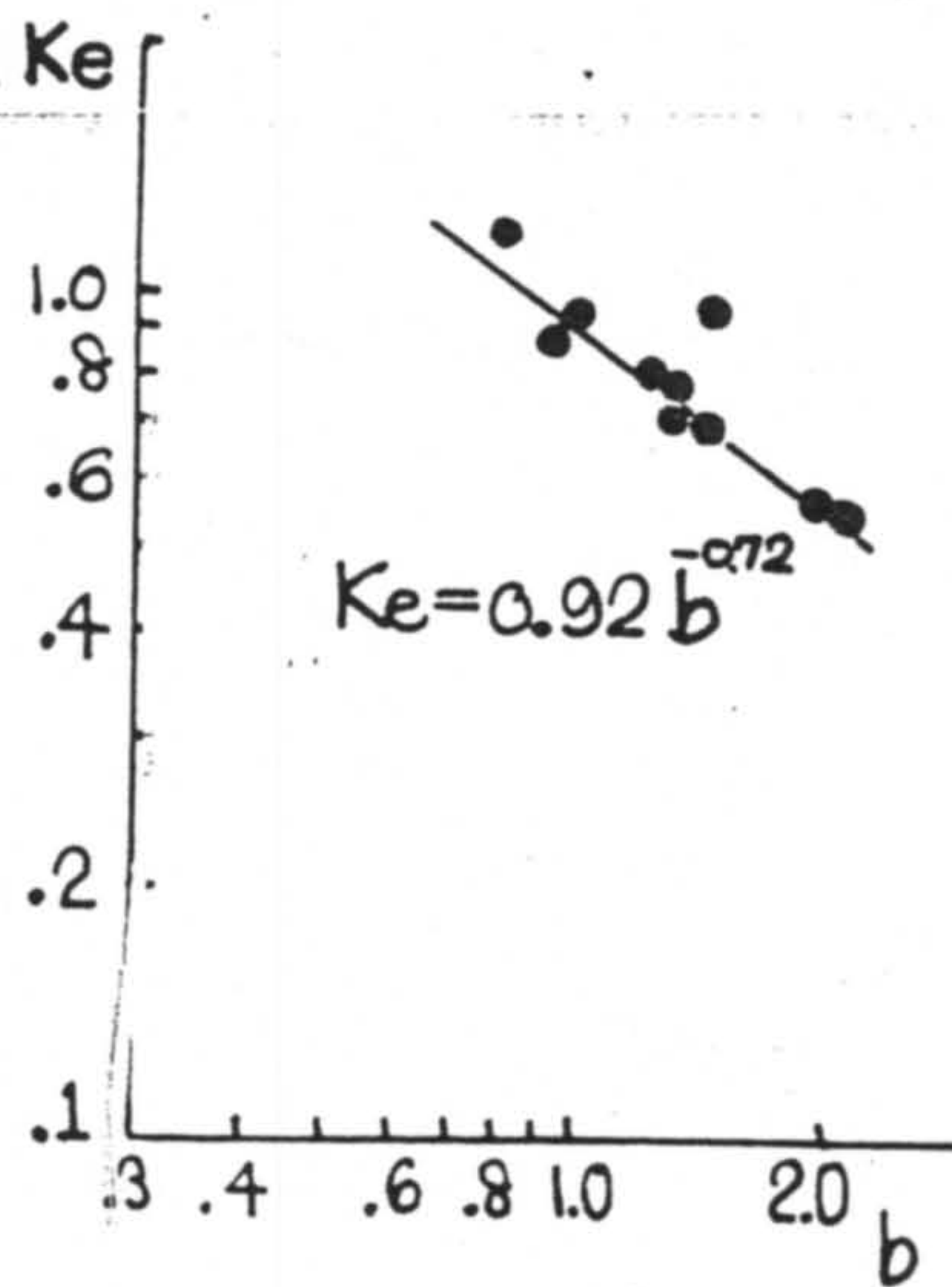
茨城県の所有する土浦漁場の39年度、40年度の網生す養魚成績及び第7回人工湖利用部会の資料<sup>8)</sup>から、比較的水温の高い群馬、山梨県の網生す養魚試験をもとに(第3表)

第7図によれば、成長曲線のこう配が所謂最大成長の2.11に近づくとつれて、Keの値が小さくなり、転換効率が高くなるとがわかる。そして両者の関係は

$$Ke = 0.92 b^{-0.72}$$

であらわされる。

このことは、養魚を行う場合、成長が速い程餌料の転換効率がよく、成肉単価が安いことを意味している。即ちこゝで得られた最大成長を行なわしめることが養魚経営上、餌料の面から言へば有利な方法と考へられる。



第7図 増肉係数と成長速度の関係

#### 要 約

1. コイの日間摂餌量  $f$  は  $25^{\circ}\text{C}$  で

$$f = 0.251 W^{0.667} \quad \text{である。}$$

2. 増肉係数  $1/e$  は

$$1/e = 0.6 W^{0.140} \quad \text{で示される。}$$

3. 日間摂餌量と餌料の転換効率から求められた最大成長は

$$W = 0.0326 D^{2.11}$$

であり、実際の成長も  $10 \sim 1000 \text{ g}$  の範囲では、これとよく一致する。

4. 餌料の真の転換効率は、成長の速い程高く、最大成長に近い成長を行なわしめることは、餌料の節約という面で、養魚経営上有利な方法である。

#### 引 用 文 献

1. 中村中六・笠原正五郎(1955): トビゴイに関する研究I・II 日水誌 21(2, 9)
2. 狩谷貞二(1956): 魚類の餌付に関する問題 水増 4(2)
3. 白旗総一郎(1965): 天然餌料によるニジマスの餌付と稚魚期の最大成長. 長崎大学水産学部研究報告 19
4. Bertalanffy: 共立出版社, 久保・吉原著 「水産資源学」より引用
5. 右田正男・花岡資・都筑清(1937)

植物性養魚餌料試験第一報. 水試報(8)

6. Ivlev. V. S (1960)

Bestimmungsmethode dervon dem wachsenden Fisch ausgenutzten Futtermengen Z. für Fischerei und deren Hilfsrisse-nschaften. 9.

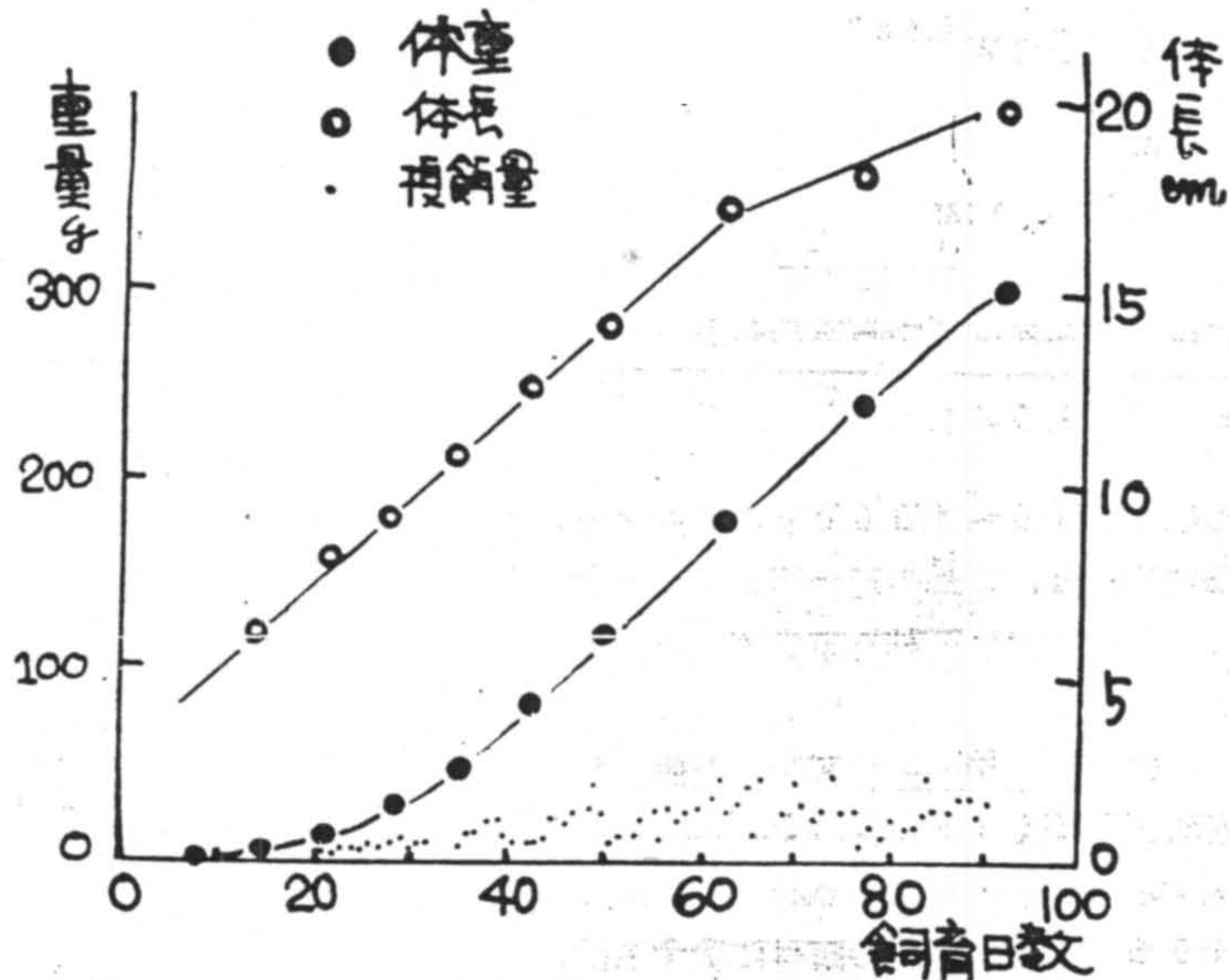
7. 加瀬林成夫・中野勇(1965)

牛久沼におけるコイの標識放流について

茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所. 調査研究報告. 7

8. 長野県水産指導所諏訪支所(1965) :

諏訪湖におけるコイの網生す飼育試験, 第6回人工湖利用部会資料



第3図 摂餌と成長