

## 飼育実験におけるマイワシの摂餌量と成長の関係\*

野口昌之<sup>1)</sup>・高橋善弥<sup>2)</sup>・広田祐一<sup>1)</sup>

### The Relationship between Food Consumption and Growth of Sardine *Sardinops melanostictus* by the Feeding Experiment

Masayuki NOGUCHI<sup>1)</sup>, Yoshiya TAKAHASHI<sup>2)</sup> and Yuichi HIROTA<sup>1)</sup>

#### Abstract

Using synthetic pellet and frozen euphausiid, the relationship between the daily feeding rate (percentage of body weight per day) and the daily growth rate (weight gain as a percentage of body weight per day) was investigated on 1-3 year-old sardine *Sardinops melanostictus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) caught from the Sea of Japan. Experiments were made on fortnight basis.

When the synthetic pellet was used, the relationship between the daily feeding rate ( $f$ ) and the daily growth rate ( $g$ ) seen in 1 year-old fish was  $g=0.347f-0.508$  in high water temperature (20-22°C) and was  $g=0.417f-0.462$  in low water temperature (16-20°C). The relationships obtained under broad temperature ranges (8-20°C) were  $g=0.424f-0.442$  for 2 year-old sardine and  $g=0.280f-0.304$  for 3 year-old sardine.

Because of the high mortality of fish, the experiment using euphausiid as food was not successful. However, limited data obtained on sardine fed the euphausiid indicated greater conversion efficiency of this food as compared with the results of the synthetic pellet.

**Key words** sardine, feeding experiment, growth rate, feeding rate

#### 緒 言

マイワシ *Sardinops melanostictus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) は動・植物プランクトンを餌としており、生態系における食物連鎖の中では動・植物プランクトンと魚食性魚類とを結ぶ重要な生態的地位を占めている。飼育実験により摂餌量と成長の関係式を求め、自然状態での成

1989年12月22日受理, 日本海区水産研究所業績A第467号

- 1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所  
(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)
- 2) 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石2丁目17番5号 南西海区水産研究所  
(Nansei National Fisheries Research Institute, Ohno, Hiroshima 739-04, Japan)

\* 本研究の一部は科学技術庁振興調整費による「海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究」の一環として行った。本研究の一部は昭和60年4月、日本水産学会春季大会で発表した。

長に適用することは天然魚の摂餌量を推定する方法の1つである (HATANAKA *et al.* 1957; 高橋・畑中1958; HATANAKA and MURAKAWA 1958; HATANAKA and TAKAHASHI 1960; TAKAHASHI and HATANAKA 1960; 畑中・関野1962; 畑中・飯塚1962). 筆者らは日本海におけるマイワシの摂餌量の推定を目的として飼育実験を実施し、摂餌量と成長の関係について知見を得たので報告する。

稿を進めるに当たり、実験魚の入手に協力いただいた富山県氷見市漁業協同組合、新潟市五十嵐浜漁業協同組合、富山県水産試験場、富山県栽培漁業センターの関係者、飼育実験及び測定に協力していただいた小野寺綾子嬢、斎川佳予子嬢、上野明子嬢、作岡等にご協力いただいた永澤智子嬢に対し深謝の意を表する。

## 材 料 と 方 法

飼育実験は1983年10月～1984年1月（1回目）、1984年7月～1985年2月（2回目）に、日本海区水産研究所の屋内飼育施設で行った。実験には尾さ長133～239mm、体重19.2～155.6gの範囲のマイワシを用いた。このうち、1983年に開始した2、3歳魚は1983年5月に新潟県新潟市で、1984年に開始した1歳魚の実験では1984年6月に富山県氷見市で、それぞれ定置網に入網したものを20日間以上飼育馴致して使用した。供試魚の年齢は同時に採集されたマイワシの尾さ長と年齢との関係から推定した。

実験は1tの角形水槽6個にそれぞれ4～11個体を収容し、それぞれ的水槽を1つの実験区とし、無給餌区（I）、配合飼料給餌区（II～IV）、オキアミ給餌区（V・VI）に分けて流水下で行った。実験区I、III、IVの2、3歳魚は1回目、実験区II、V、VIの1歳魚は2回目の実験で行った（表1）。

実験期間中は約2週間（以後1期間として扱う）毎にMS 222（1/5000海水溶液）により麻酔をし、体重、尾さ長を測定した。1984年7月からの実験では飼育水温を調節した。水温は毎日正午に測定し、飼育期間ごとの平均水温をその期間の飼育水温とした。

天然でのマイワシの摂餌している餌の量を推定するには、天然における餌料と同じものを使って飼育実験を行うのが好ましいが、餌料の入手が困難であるため、イワシ育成用配合飼料“新わたつみ”（日本農産工業K.K.）に混合ビタミンを加え、残餌が回収しやすいようにペレット状にしたもの（以下配合飼料）と、市販のツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* HANSEN（以下オキアミ）を解凍したものを使用した。給餌は残餌を出さないよう留意しながらゆっくり行い、水底に沈む餌の割合が魚が食べる割合よりも多くなった時点で終了した。残餌

Table 1. Experimental condition of feeding and growth of sardine.

Group	Age	Average body weight (g) (Initial)	No. of fish examined (Initial)	Food <sup>a)</sup>	Experimental period	Water temperature (°C)
I	2-3	98.4	4	None	1983. 10-1984. 1	8.4-20.4
II	1	27.0	11	S	1984. 7-1985. 2	15.6-22.2
III	2	77.4	9	S	1983. 10-1984. 1	7.5-20.4
IV	3	121.8	5	S	1983. 10-1983. 12	8.4-20.4
V	1	28.3	10	E	1984. 7-1984. 8	21.2-22.2
VI	1	41.9	11	E	1984. 7-1984. 10	20.0-22.2

a) S : Synthetic pellet, E : *Euphausia pacifica*

を拾いあらかじめ乾燥重量を測定した濾紙の上に乗せ、乾燥器で乾燥させ、濾紙の重量を引いて残餌量（乾燥重量）とし、餌の水分含量で湿重量に換算後、給餌量から差し引いて摂餌量とした。個体別の摂餌量の計測は行わなかった。給餌は1日3回としたが1984年8月以降は1日2回とした。

1期間1実験区ごとの日間摂餌率（以下摂餌率）と日間成長率（以下成長率）を次式によって求めた。

$$\begin{aligned} \text{期間開始時の体重の合計を} & \quad \Sigma w_0, \\ \text{期間終了時（}t\text{日後）の体重の合計を} & \quad \Sigma w_t, \\ \text{摂餌量の合計を} & \quad \Sigma F \end{aligned}$$

とすると、

$$\begin{aligned} \text{成長量の合計} & \quad \Sigma G = \Sigma w_t - \Sigma w_0, \\ \text{中間体重の合計} & \quad \Sigma w = (\Sigma w_t + \Sigma w_0) / 2, \\ \text{日間摂餌率（\%）} & \quad f = (\Sigma F / t \Sigma w) \cdot 10^2, \\ \text{日間成長率（\%）} & \quad g = (\Sigma G / t \Sigma w) \cdot 10^2 \end{aligned}$$

となる。

1実験区毎の摂餌率と成長率の関係を求める際には、死亡個体および成長の悪い個体の影響で、摂餌率に対して成長率を低く見積もる恐れがある。このため、成長が認められなかった（ $g < 0$ ）個体については体重、摂餌量とも計算から除外した。その方法は、1期間中には個体間に大きな成長の差はないと仮定し、1期間の前後における実験区毎の実験魚の尾さ長と体重を比較して除外個体の識別を行った。その上で、成長がなかった（ $g < 0$ ）と判断された個体の体重と推定摂餌量を計算から除いた。各個体の摂餌量（ $F$ ）は無給餌区（I）での成長率の値が $-0.5$ であったことから、 $g \leq -0.5$ の個体については $F = 0$ とし、それ以外の個体について、各々の中間体重（ $w_t + w_0$ ）/2、成長率から無給餌区の成長率を差し引いた値（ $g - (-0.5)$ ）、生存期間の積に比例させて $\Sigma F$ を配分することにより推定した。

以上の方法で1期間1実験区毎に摂餌率と成長率の関係式を最小自乗法により求めた。なお、II～IV実験区の摂餌率と成長率の関係式を求める際には、実験区Iの摂餌率が0の時の成長率の値 $-0.5$ を他の実験区の1飼育期間の結果と同様の重み付けになるようにして用いた。

熱量換算するためカロリーメーター（島津製作所熱研式自動ポンプ熱量計 CA-3）によりマイワシと配合飼料の熱量を求めた。

## 結 果

1回目の飼育実験中、水温は1983年10月から1984年1月の間に20.4℃から8.4℃まで急激に低下した。水温の変動により摂餌効率が大きく変わる恐れが強いため、2回目の実験の1984年7月から1985年2月までは、水温の変動が少なくなるように温度調節をした。その結果、飼育水温は8月の22.2℃を最高に1月の15.6℃まで徐々に低下した（図1）。

### 1 無給餌区（I）

1983年の10月に実験を開始した実験区I（ $f = 0$ ）では4個体（尾さ長187～239mm、体重63.6～155.6g）の2、3歳魚を用いて実験を行った。これら4個体の平均成長率は10月前半から12月後半まで各期間毎に $-0.63$ 、 $-0.34$ 、 $-0.37$ 、 $-0.13$ 、 $-0.22$ 、 $-0.24\%$ であった（死亡個体は除く）。すなわち体重は実験開始直後に急激に減少し、その後減少の割合が小

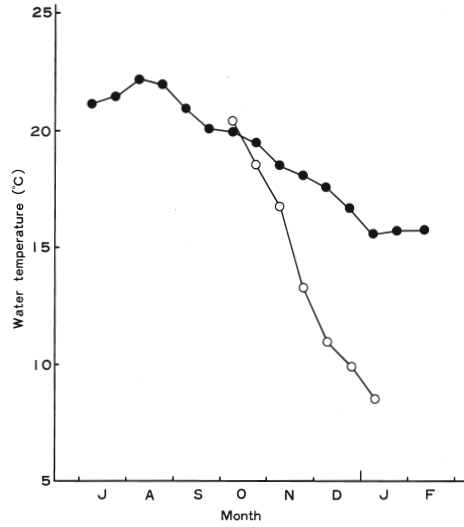


Fig. 1. Changes in water temperature during the experiments in October 1983 to January 1984 (○ : Groups I, III, IV) and in July 1984 to February 1985 (● : Groups II, V, VI).

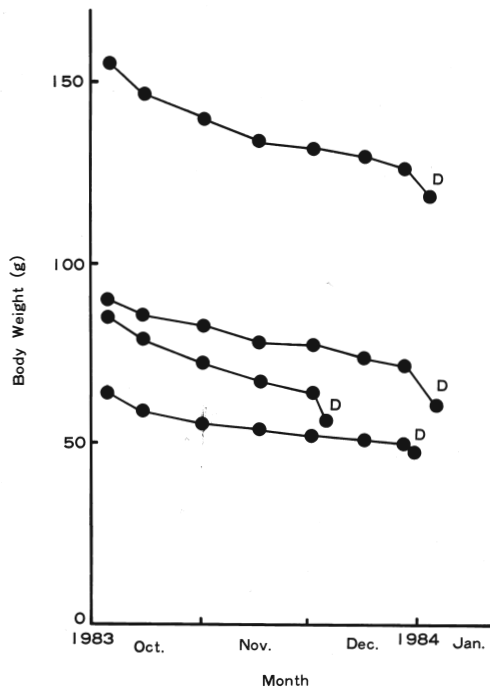


Fig. 2. Decrease in body wet weight seen in four fishes provided no-food (Group I). "D" indicates Death.

さくなくなった。また、開始後61日目から死亡個体があらわれ、92日目にすべて死亡したが、いずれも死亡直前に体重の急激な減少がみられた(図2)。長期間無給餌を続け、減少の割合が小さくなってからの体重の減少値は正常個体における摂餌率が0の時の値とは考えにくいので、ここでは最初の2期間のみの値を用いて成長率を求めた。最初の2期間(27日間)の成長率は約-0.5%であった。

## 2 配合飼料給餌区(Ⅱ~Ⅳ)

1984年に実験を開始した実験区Ⅱの1歳魚(尾さ長133~153mm, 体重19.3~34.0g)では7月後半から9月後半までは、摂餌率が2.0~3.0%で(図3)、成長率は0.19~0.55%であった(図4)。しかし、10月以降2月までは、摂餌率は1.2~1.7%前後、成長率は0.10~0.24%と低下した。また、7~9月の飼育水温は8月前半の22.2℃を最高に20℃を越えていたが、10月以降は16~20℃であった。つまり水温が高いほど摂餌率が高いのに対して、成長率は水温20℃以上の7~9月で高いが、それ以下の水温の10~2月ではそれほど変わらなかった。このため、水温20℃付近を境にして摂餌率と成長率の関係が変わったと考え、水温の範囲を20℃で区切り、実験期間を2つに分けて、それぞれ両者の関係を求めた(図5)。なお、7月前半は摂餌率1.4%に対して、成長率は0.37%と他の期間に比べて目立って高かった。馴致中に少量の餌料しか投与していなかった影響が実験開始初期にあらわれたものと推測し、7月前半の結果は計算から除外した。

1983年に実験を開始した実験区Ⅲの2歳魚(尾さ長178~199mm, 体重64.3~92.1g)では10月前半から12月前半まで、摂餌率が1.4~1.8%で、成長率は0.14~0.27%であった。しかし、12月後半には、低水温のため摂餌率は0.9%、成長率は0.05%と低くなった(図6)。実験区Ⅳの3歳魚(尾さ長204~234mm, 体重109.5~138.9g)では10月前半から11月前半まで、摂餌率が1.7~2.0%で、成長率は0.14~0.25%であった。しかし、11月後半及び12月前半には、Ⅲ区と同様に摂餌率は0.7~1.0%、成長率は0.03~0.19%と低くなった(図7)。

各実験区の摂餌率と成長率との関係は

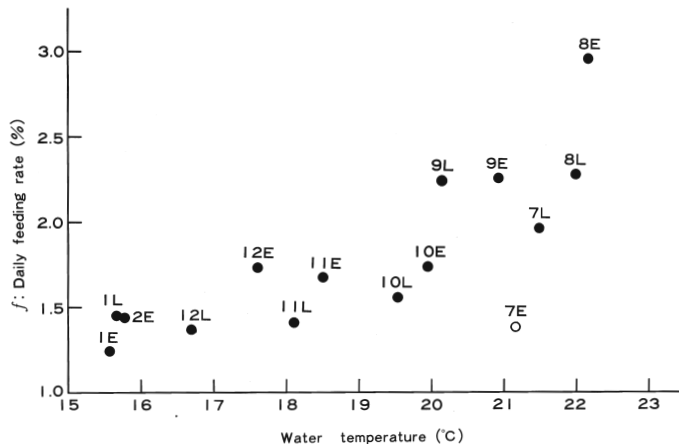


Fig. 3. Relationship between daily feeding rate ( $f$ ) and water temperature of 1 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group II). Numerals alongside the symbols are month (E; data from the first fortnight, L; data from the last fortnight). Open circle is the data omitted from regression analyses.

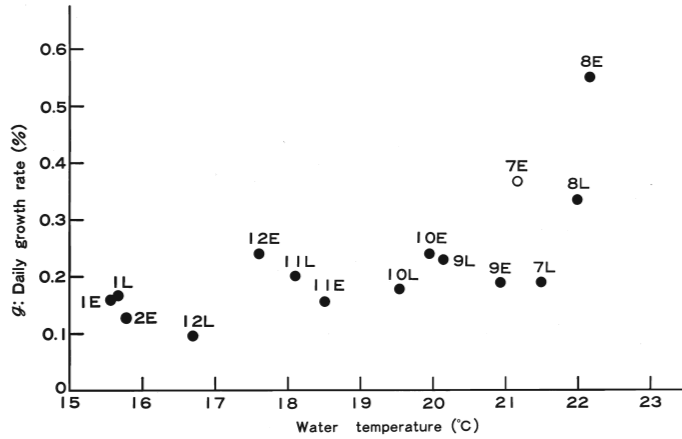


Fig.4. Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and water temperature of 1 year-old sardine (Group II) fed on the synthetic pellet. See Fig. 3 for symbols.

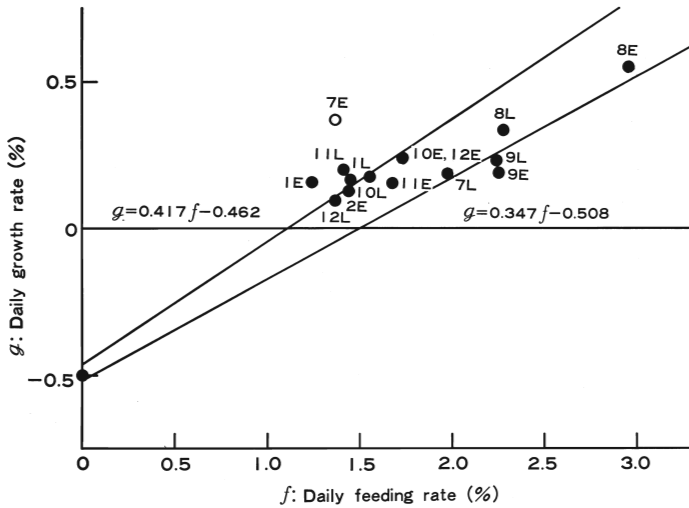


Fig. 5. Relationship between daily growth rate( $g$ ) and daily feeding rate( $f$ ) of 1 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group II). Superimposed regression lines are for the data from high temperature experiment (upper line) and those from low temperature experiment (lower line). See Fig. 3 for symbols.

1 歳魚	7 月～9 月 (20.1～22.2℃)	$g = 0.347 f - 0.508$
1 歳魚	10 月～2 月 (15.6～20.0℃)	$g = 0.417 f - 0.462$
2 歳魚	10 月～12 月 (9.8～20.4℃)	$g = 0.424 f - 0.442$
3 歳魚	10 月～12 月 (10.9～20.4℃)	$g = 0.280 f - 0.304$

となった。

カロリーメーターによる分析結果から、マイワシは 1.87kcal/g (水分含量 65%)，配合飼料は 2.87kcal/g (同 37%) であり，それぞれの式を熱量で換算すると

1 歳魚 7 月～9 月 (20.1～22.2℃)  $g' = 0.227 f' - 0.508$

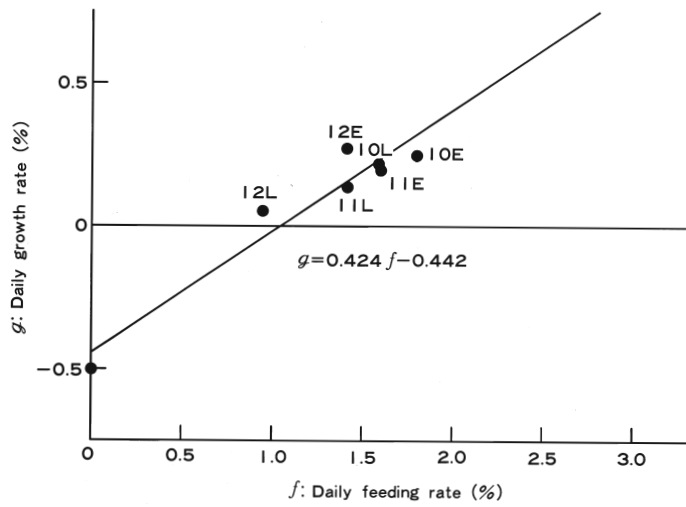


Fig. 6. Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of 2 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group III). See Fig. 3 for symbols.

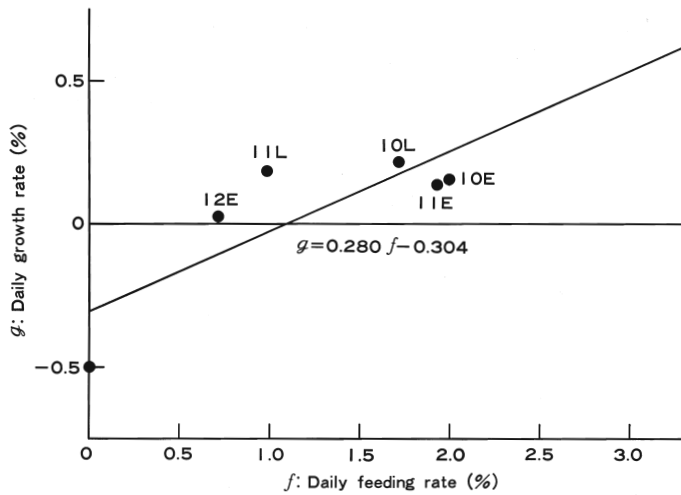


Fig. 7. Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of 3 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group IV). See Fig. 3 for symbols.

1 歳魚	10月～2月 (15.6～20.0℃)	$g' = 0.273 f' - 0.462$
2 歳魚	10月～12月 (9.8～20.4℃)	$g' = 0.277 f' - 0.442$
3 歳魚	10月～12月 (10.9～20.4℃)	$g' = 0.183 f' - 0.304$

となった。

### 3 オキアミ給餌区 (V・VI)

実験区Vでは7月4日に飼育を開始した。7月後半までは摂餌率が8.8～9.2%、成長率が0.7～0.9%と高かったが、8月前半から死亡率が高くなり、実験開始55日後にすべて死亡した(図8)。実験区VIでは、当初、摂餌率が8.3～8.9%、成長率が0.4～1.0%であった。しか

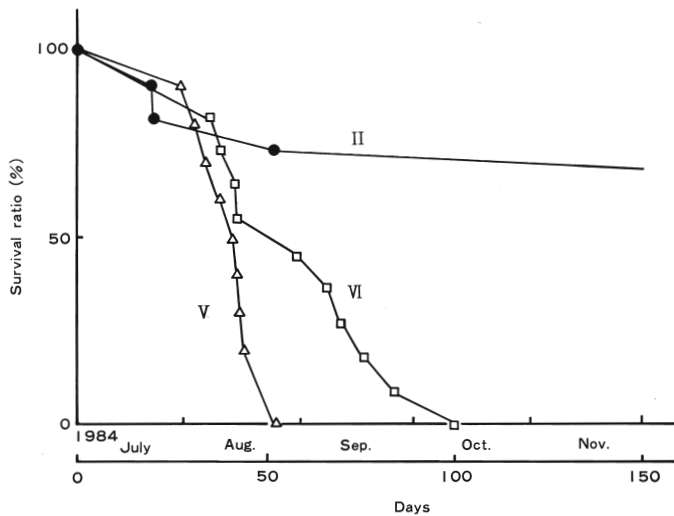


Fig. 8. Survival ratio of 1 year-old sardine fed on euphausiid (Groups V and VI), and the synthetic pellet (Group II).

し、8月前半から死亡率が高くなり、実験開始99日後にすべて死亡した(図8)。

実験区V及びVIのオキアミ給餌区では短期間で実験魚が死亡したため摂餌率と成長率との関係は求めなかったが、オキアミの熱量0.58kcal/g(鈴木1967)を用いた試算では、7月の餌料効率は配合飼料を使用したものと比較して約2倍(熱量換算)も高かった。また、V、VI区ともにII区と同様、飼育開始時の7月前半の摂餌率に対する成長率の割合が他の期間より高くなる現象が見られた。

### 考 察

魚類の摂餌率と成長率との関係を求める飼育実験において、従来は個体の識別を行って1個体ごとに摂餌量を観測し、増重量との関係を求めていた。マアジでは実験個体数が少ないと飽食量が少なくなることが知られており(石渡1979)、マイワシでもこの恐れがあると考え、今回の給餌実験においては、群(5~11個体)として飼育した。このため、個体別の摂餌量は直接計測できなかった。計算では実験途中の死亡個体及び成長しない個体( $g < 0$ )が実験中に摂取した餌の量を推定し除外した。また、死亡個体が多くなることが予想されたため、給餌の程度を様々に変えた実験区は設定しなかった。摂餌率と成長率の関係は摂餌率が0の場合も含め1次式を適用して関係式を求めた。この際、実験尾数が少なかったために2、3歳魚で行った無給餌区の結果の平均値 $-0.5\%$ を、1~3歳魚の摂餌率と成長率の関係を求める時に使用した。しかし、当然魚体の大きさにより摂餌率が0の時の成長率には差があると考えられるので、今後魚体の大きさ別に摂餌率が0の時の実験を行う必要がある。

一般に、水温は摂餌率と成長率の関係に影響を与えられている(高橋・畑中1958; HATANAKA and MURAKAWA 1958; 鈴木1967)。実験区IIでは、15.6~20.0℃と20.1℃以上の水温範囲で摂餌率と成長率の関係が変わったため、2つの水温範囲に分けて関係を求めた。一方、2回目の実験は15.6℃以上で行ったのに対し、1回目の実験では11月後半以降7.5~13.6℃の低い水温範囲で実験を行った。このため、低い水温範囲における場合とそれより高い



場合では摂餌率と成長率の関係が変わることが予想された。しかし、今回の実験では大きな差は認められなかった。そこで、1回目と2回目の実験結果を同様のものとして扱った。水温の影響については、より一層の細かい設定で実験を行う必要があると考えられる。

飼育実験で導かれた1次式  $g = af - b$  で  $a$  は餌の同化に関わる係数（同化率）であり、 $b$  は生活エネルギーに相当する項（異化量）と考えられる（高橋・畑中1958）。各々を比較すると、同化率  $a$  は1、2歳魚では差がほとんど認められないが、3歳魚では1、2歳魚の約2/3と小さくなった。これは、天然魚の成長が1、2歳魚に比べ3歳になると鈍くなることとよく一致した。また、異化量  $b$  でも1、2歳魚では差がほとんど認められないが、3歳魚では1、2歳魚の約2/3と小さくなった。マサバ、ブリ、マアジでは体重の増加に伴う同化率  $a$  及び異化量  $b$  の減少が認められており（高橋・畑中1958；HATANAKA and MURAKAWA 1958；鈴木1967）、今回の結果はこれらの結果と同傾向を示したものと考えられる。

今回得られたマイワシの摂餌率と成長率の関係を他の魚種と比較した（表2）。同化率  $a$  の値（カロリー当量）は、マサバでは、オキアミ給餌の時、0.34～0.44、カタクチイワシ給餌の時、0.41～0.54（高橋・畑中1958）、マアジではオキアミ給餌で、0.263、カタクチイワシ給餌で、0.418（鈴木1967）、カタクチイワシでは、オキアミ給餌の時、0.141が知られている（TAKAHASHI and HATANAKA 1960）。今回のマイワシの同化率  $a$  は1歳魚で0.227及び0.277であり、ほぼ同じ体重のマサバの0.44及び0.54と比較すると約1/2とかなり小さい値であり、マアジの0.263及び0.418と比較してもほぼ同程度かやや小さいが、カタクチイワシの0.141と比較すると約1.5～2倍であった。今回、オキアミ給餌区では長期間飼育できなかったものの、同化率  $a$  が高かった。マイワシは天然ではオキアミ等の動物プランクトンも摂餌しており（中井ら1955）、天然では今回の結果よりも同化率が高い可能性がある。しかし、マイワシは植物プランクトンも摂餌しており（KAWASAKI and KUMAGAI 1984；又野1984）、今後、これらの天然餌料を摂餌した時の関係を明らかにしていく必要がある。

**Table 2.** Relationship between daily growth rate ( $g'$ ) and daily feeding rate ( $f'$ ) of marine pelagic fish. Both  $g'$  and  $f'$  are expressed as caloric unit.

Fish	Food	Body wet weight (g)	Water temperature (°C)	Relation between $g'$ and $f'$	Reference
Sardine	Synthetic pellet	19～34	16～20	$g' = 0.273 f' - 0.462$	Present study
		19～34	20～22	$g' = 0.227 f' - 0.508$	
		64～92	10～20	$g' = 0.277 f' - 0.442$	
		110～139	11～20	$g' = 0.183 f' - 0.304$	
Mackerel	<i>Euphausia</i>	11～38	17～21	$g' = 0.44 f' - 0.19$	TAKAHASHI & HATANAKA (1958)
		47～122	16～21	$g' = 0.34 f' - 0.42$	
	Anchovy	13～46	20～22	$g' = 0.54 f' - 0.18$	
		55～155	16～22	$g' = 0.41 f' - 0.71$	
Horse Mackerel	<i>Euphausia</i>	20～29	17～20	$g' = 0.263 f' - 0.22$	SUZUKI (1967)
	Anchovy	21～28	17～20	$g' = 0.418 f' - 0.78$	
Anchovy	<i>Euphausia</i>	1.4～7.3	11～22	$g' = 0.141 f' - 0.23$	TAKAHASHI & HATANAKA (1960)

異化量  $b$  について、鈴木 (1967) はマアジを10日間絶食させた結果、体重の減少率は平均 0.31% であり、給餌実験の結果から求めた式  $\mathcal{G} = 0.200 f - 0.29$  における異化量 0.29% とほぼ等しいとしている。今回の無給餌区での結果は 2, 3 歳魚で 0.5 となった。これをもとに摂餌率と成長率の関係を求め 0.304~0.508 の値を得たが、これまで報告されている異化量  $b$  の値、マサバ 0.18~0.71 (高橋・畑中 1958), 0.35~1.96 (HATANAKA and TAKAHASHI 1960), ブリ 0.14~1.12 (HATANAKA and MURAKAWA 1958), マアジ 0.02~0.78 (鈴木 1967) などとほぼ同レベルの数値である。

マイワシ 1 歳魚のオキアミ給餌区 (V, VI) では同時に開始した 1 歳魚の配合飼料給餌区 (II) に比べて摂餌率に対する成長率の割合は高かったが、短期間に生残率が落ち、実験区 V, VI では、実験開始後各々 55 日, 99 日で全数が死亡した。実験区 II の配合飼料給餌区では 150 日目で生残率は 72.7% であった。このことから長期飼育を行うにはオキアミ単独給餌は適当でないと考えられた。原因としては栄養の偏り、ビタミン類の欠乏が考えられるが明らかではない。

## 要 約

1. 天然でのマイワシの摂餌量を推定するため、絶食実験及び配合飼料とオキアミを餌とした飼育実験を行い、日間摂餌率と日間成長率の関係を求めた。
2. 飼育は 1 実験区 4~11 個体で行い、個体別の摂餌量の計測は行わなかった。実験中に成長しなかった ( $\mathcal{G} < 0$ ) 個体は計算から除いた。これらの個体が実験中に摂取したとみられる餌の量は推定によって除いた。
3. 配合飼料給餌区での日間摂餌率 ( $f$ ) と日間成長率 ( $\mathcal{G}$ ) の関係は 1 歳魚で 7 月後半から 9 月後半に  $\mathcal{G} = 0.347 f - 0.508$ , その他の時期に  $\mathcal{G} = 0.417 f - 0.462$ , 2 歳魚で  $\mathcal{G} = 0.424 f - 0.442$ , 3 歳魚で  $\mathcal{G} = 0.280 f - 0.304$  であった。
4. オキアミ給餌区では長期飼育はできなかったが、日間摂餌率に対する日間成長率の割合は配合飼料の場合よりも高かった。

## 文 献

- 畑中正吉・飯塚景記 (1962) モ場の魚の群集生態学的研究—III. モ場の魚の生産効率. 日本誌 28(3), 305-313.
- HATANAKA, M. and MURAKAWA, G. (1958) Growth and food consumption in young amberfish, *Seriola quinqueradiata* (T. et S.). *Tohoku J. Agr. Res.*, 9(2), 69-79.
- 畑中正吉・関野清成 (1962) スズキの生態学的研究—III. スズキの生産効率. 日本誌 28(10), 949-954.
- HATANAKA, M. and TAKAHASHI, M. (1960) Studies on the amounts of the anchovy consumed by the mackerel. *Tohoku J. Agr. Res.*, 11(1), 83-100.
- HATANAKA, M., SEKINO, K., TAKAHASHI, M. and ICHIMURA, T. (1957) Growth and food consumption in young mackerel, *Pneumatophorus japonicus* (HOULTUYN). *Tohoku J. Agr. Res.*, 7(4), 351-368.
- 石渡直典 (1979) 魚の摂餌に関する生態学的研究—XI. 飽食量に影響する外的条件 (2). 日本誌 45(10), 1275-1276.
- KAWASAKI, T. and KUMAGAI, A. (1984) Food Habits of the Far Eastern Sardine and Their Implication in the Fluctuation Pattern of the Sardine Stocks. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 50(10), 1657-1663.
- 又野康男 (1984) 富山湾の魚類をめぐる生態系. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究 北陸沿岸地域調査成果報告, 日本海区水産研究所, 233-252.

- 中井甚二郎・宇佐美修造・服部茂昌・本城康至・林 繁一 (1955) 鯷資源協同研究経過報告 (昭和24~26年). 東海区水産研究所, 49-52.
- 高橋正雄・畑中正吉 (1958) マサバ幼魚の食餌利用に関する実験的研究 (続報). 日本誌, **24**(6, 7), 449-455.
- TAKAHASHI, M. and HATANAKA, M. (1960) Experimental study on utilization of food by young anchovy, *Engraulis japonicus* TEMMINCK et SCHLEGEL. *Tohoku J. Agr. Res.*, **11**(2), 161-170.

**Appendix table 1.** Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of growth fish ( $g \geq 0$ ), and that of all fish 1 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group II). “ $L$ ” indicates mean folk length, and “ $W$ ” indicates mean body weight.

Date	Period days	Number of fish			Growth fish ( $g \geq 0$ )				All fish				Mean water temp. (°C)
		$g \geq 0$	All	Dead	$L$ (g)	$W$ (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	$L$ (g)	$W$ (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	
1984. JULY 16	12	8	11	0	145	27.0	0.367	1.378	146	27.2	0.175	1.079	21.2
16-30	14	7	10	2	148	28.0	0.189	1.951	146	27.7	0.085	1.596	21.5
30-AUG. 17	18	6	8	0	144	26.9	0.550	2.953	145	26.7	0.348	2.398	22.2
AUG. 17-30	13	5	8	1	144	28.1	0.334	2.275	146	27.6	0.000	1.706	22.0
30-SEP. 17	18	5	7	0	145	29.4	0.189	2.253	145	28.7	0.122	2.041	20.9
SEP. 17-OCT. 4	17	7	7	0	147	29.6	0.230	2.238	147	29.6	0.230	2.238	20.1
OCT. 4-18	14	7	7	0	148	30.7	0.239	1.735	148	30.7	0.239	1.735	20.0
18-NOV. 1	14	7	7	0	147	31.6	0.178	1.557	147	31.6	0.178	1.557	19.5
NOV. 1-15	14	3	7	0	145	29.1	0.155	1.676	149	32.0	0.000	1.289	18.5
15-DEC. 1	16	6	7	0	149	32.2	0.200	1.412	150	32.4	0.149	1.311	18.1
DEC. 1-17	16	4	7	1	150	33.2	0.240	1.731	150	32.6	-0.052	1.057	17.6
17-28	11	2	6	0	152	33.1	0.096	1.369	150	32.0	-0.237	0.972	16.7
DEC. 28-1985. JAN. 16	19	5	5	0	152	34.3	0.160	1.242	152	34.3	0.160	1.242	15.6
1985. JAN. 16-FEB. 2	17	5	5	0	153	35.3	0.167	1.452	153	35.3	0.167	1.452	15.7
FEB. 2-FEB. 15	13	2	5	0	158	42.0	0.128	1.441	154	35.9	0.039	1.241	15.8

**Appendix table 2.** Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of growth fish ( $g \geq 0$ ), and that of all fish 2 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group III). "L" indicates mean fork length, and "W" indicates mean body weight.

Date	Period days	Number of fish			Growth fish ( $g \geq 0$ )			All fish			Mean water temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )		
		$g \geq 0$	All	Dead	L(g)	W (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	L(g)	W (mm)		$g$ (%)	$f$ (%)
1983. OCT. 5-OCT. 15	10	8	9	0	190	79.7	0.249	1.800	189	78.2	0.212	1.711	20.4
15-NOV. 1	17	9	9	0	189	80.5	0.218	1.589	190	80.5	0.218	1.589	18.5
NOV. 1-16	15	8	9	0	191	84.9	0.197	1.603	191	83.1	0.177	1.558	16.7
16-DEC. 1	15	5	9	0	192	85.1	0.138	1.418	192	84.0	-0.034	1.046	13.2
DEC. 1-16	15	2	9	2	197	86.8	0.273	1.411	193	83.2	-0.087	0.750	10.9
16-27	11	2	6	0	197	95.0	0.053	0.947	194	87.6	-0.251	0.538	9.8
DEC. 27-1984. JAN. 13	17	0	6	4	-	-	-	-	194	82.4	-0.571	0.116	8.4
JAN. 13-21	8	0	2	2	-	-	-	-	195	81.8	-1.424	0.000	7.5

**Appendix table 3.** Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of growth fish ( $g \geq 0$ ), and that of all fish 3 year-old sardine fed on the synthetic pellet (Group IV). "L" indicates mean fork length, and "W" indicates mean body weight.

Date	Period days	Number of fish			Growth fish ( $g \geq 0$ )			All fish			Mean water temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )		
		$g \geq 0$	All	Dead	L(g)	W (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	L(g)	W (mm)		$g$ (%)	$f$ (%)
1983. OCT. 5-OCT. 15	10	4	5	0	224	125.5	0.159	1.997	220	122.6	0.126	1.896	20.4
15-NOV. 1	17	4	5	0	216	121.6	0.219	1.715	220	125.1	0.159	1.577	18.5
NOV. 1-16	15	1	5	0	227	129.0	0.140	1.929	222	126.1	-0.073	1.307	16.7
16-DEC. 1	15	4	5	0	219	124.6	0.186	0.984	221	126.7	0.145	0.927	13.2
DEC. 1-16	15	2	4	2	220	128.9	0.026	0.712	220	122.3	-0.375	0.375	10.9
16-27	11	0	2	0	-	-	-	-	222	124.9	-0.611	0.292	9.8
DEC. 27-1984. JAN. 13	17	0	1	1	-	-	-	-	230	126.6	-0.493	0.000	8.4

**Appendix table 4.** Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of growth fish ( $g \geq 0$ ), and that of all fish 1 year-old sardine fed on euphausiid (Group V). " $L$ " indicates mean folk length, and " $W$ " indicates mean body weight.

Date	Period days	Number of fish			Growth fish ( $g \geq 0$ )				All fish				Mean water temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )
		$g \geq 0$	All	Dead	$L$ (g)	$W$ (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	$L$ (g)	$W$ (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	
1984. JULY 4-JULY 16	12	10	10	0	145	29.9	0.888	9.180	145	29.9	0.888	9.180	21.2
16-30	14	10	10	0	146	33.0	0.659	8.864	147	33.0	0.659	8.864	21.5
30-AUG. 17	18	7	10	7	149	36.2	0.600	9.321	149	35.5	0.300	6.987	22.2
AUG. 17-30	13	0	2	2	-	-	-	-	157	39.5	-0.457	1.254	22.0

**Appendix table 5.** Relationship between daily growth rate ( $g$ ) and daily feeding rate ( $f$ ) of growth fish ( $g \geq 0$ ), and that of all fish 1 year-old sardine fed on euphausiid (Group VI). " $L$ " indicates mean folk length, and " $W$ " indicates mean body weight.

Date	Period days	Number of fish			Growth fish ( $g \geq 0$ )				All fish				Mean water temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )
		$g \geq 0$	All	Dead	$L$ (g)	$W$ (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	$L$ (g)	$W$ (mm)	$g$ (%)	$f$ (%)	
1984. JULY 4-JULY 16	12	11	11	0	166	44.6	0.991	8.915	167	44.6	0.991	8.915	21.2
16-30	14	11	11	0	167	48.7	0.423	8.343	167	48.7	0.423	8.343	21.5
30-AUG. 17	18	10	11	5	168	51.2	0.233	7.434	168	51.0	0.202	7.167	22.2
AUG. 17-30	13	1	6	0	166	46.0	0.033	5.258	170	52.9	-0.121	3.780	22.0
30-SEP. 17	18	2	6	3	170	50.7	0.159	7.324	171	51.6	-0.190	3.332	20.9
SEP. 17-OCT. 4	17	0	3	2	-	-	-	-	169	48.3	-0.284	2.209	20.1
OCT. 4-18	14	0	1	1	-	-	-	-	167	47.9	-0.731	0.000	20.0