イワシとその食餌プランクトンとの関係—I. マイワシの摂餌量について

米田勇一・吉田陽一
(京都大学農学部水産学教室)

The Relation between the Sardine and the Food Plankton—I. On the Food Intake by *Sardinops melanosticta* Yuichi YONEDA and Yoichi YOSHIDA

We have studied both quantitatively and qualitatively the digestive-tract contents and the seasonal changes of plankton production in relation to the food intake. The materials and data were collected from several fishing grounds on the coast of Kyoto Prefecture. The results obtained are :

1) The amount of the stomach and intestine contents was found small in the early morning and great in the evening. The plankton taken as food during the daytime might be digested until the next morning. It has been suggested that the feeding intensity attained to a great extent in the daytime but the feeding almost ceased in the night. Thus it may be concluded that the sardine follow a feeding rhythm during the course of a day.

2) Examining the stomach and intestine contents of the sardine caught in the Bay of Maizuru on Dec. 18 (1953), we found that the important plankton components were *Skeletonema costatum* and *Thalassionema nitzschioides*. Especially the hard-bodied frustules of the latter might little decompose in the stomach and intestine, and hence they were comparatively easy to evaluate. Using these two diatoms, estimations were made of the number of cells reserved in the digestive-tracts and also of the plankton density in the water. From these investigations, how much water should be used each day for the straining of plankton was calculated. A sardine of 12.0 cm. long should take water of ca. 270 litres per day, and the fish could strain the plankton of ca. 270•P (P : number of plankton per litre) from it. In comparison with the data obtained from the sardine of different length, it was deduced that the volume of strained water as well as the food intake was nearly proportional to the square of body length.

3) The analyses of the digestive-tract contents of the sardine and the investigation of the plankton composition in the waters showed a considerable confluence. The sardine indicated little selectivity of food. So far as the food selectivity is concerned, it will be further discussed in the next paper from the standpoint of the feeding mechanism.

緒 言

一般にプランクトン捕食魚とその餌料との関係については従来多くの研究調査が行われている。日本でも最近特にこの問題の重要性が認識されて、若干の業績が発表されるようになった。なかんずくマイワシとその食餌プランクトンについては、既に中井⁽¹⁾、橋高⁽²⁾その他諸氏の報告がある。筆者等は 1953 年以來イワシとその食餌プランクトンとの諸関係、例えば摂餌量、摂餌機構、生長との関係、プランクトンと漁況との関係などについて、一連の調査研究を続けている。マイワシはプランクトン殊に植物性プランクトンの捕食魚として代表的なものの一であり、また日本に於ける重要魚種に属しているから、先ず之を本研究の対象として選んだ。本報ではマイワシの摂餌量について、之を消化管内容量の日変化、食餌プランクトンを濾過するに要する水量、プランクトン組成などの点から研究した結果を述べる。

1955 年 1 月 17 日受理

本報の概要は 1954 年 4 月の日本水産学会年会にて講演した。

本稿を草するにあたり、終始適切な指導と助言を賜った松原教授及び川上教授に深謝する。また落合明、中島松夫の両氏から多大の協力を得た。材料の蒐集に際しては三浜、田井、舞鶴及び湊村（久美浜）の各漁業協同組合によつて種々の便宜を与えられた。之等の諸氏に対して謝意を表する次第である。

I 消化管内容量の日変化

研究に用いたマイワシはすべて京都府海域で漁獲されたものである。1953年5月から翌年2月までの期間に舞鶴海区の主要漁場である三浜及び田井のイワシ定置網により早朝漁獲されたマイワシについて、また1953年8月及び9月の下旬各1日につき久美浜湾のイワシ刺網によつて夕方漁獲されたもの及び同年12月18日夕と翌朝とに舞鶴湾内の地曳網によつて漁獲されたものについて調査した。之等の材料は何れも漁獲後直ちに10%フォルマリン液に浸漬し、のち実験室に於て胃の盲嚢と幽門部及び腸の内容量の多少を調べた。調査に際しプランクトンで飽満している場合を充満度1とし、他の場合はそれに対する見掛上の比を求めた。供試材料は毎回5—10尾を用い、それらの平均をとつた。なお之等マイワシの漁獲時に於けるプランクトン相を知るために、同時に定量用プランクトンネット（北原式、口径22 cm、篩絹XX-13）を以てプランクトンの採集を行い、その沈澱量を測定し、それとマイワシの消化管内容量との関係を調べた。之等の結果を示すと第1図のようになる。なお三浜の資料中には隣接の田井のものを含む。

Fig. 1. Diagram showing the degree of repletion with plankton in the stomach and intestine, and the settling volume of net plankton collected at the same time. ●—●, blind sac of the stomach; ×—×, pyloric part of the same; +—+, intestine; ■—■, net plankton.

つたにも拘らず、その翌朝に漁獲されたものでは著しく少なかった。この事から考えてマイワシの摂餌活動は、昼間には旺盛であつて夜間には減衰するものと思われる。即ちマイワシの摂餌活動にはイカナゴ幼魚についてみられた如く⁽³⁾、日週周期性があるものと推察される。昼間から夕方にかけて消化管内に貯えられたプランクトンの大部分は翌朝までに概ね消化されてしまうものと解される。なお三浜及び田井漁場に於て早朝漁獲された資料中には腸の内容量の比較的多い場合もみられる。之はその時期がプランクトンの繁殖期にあつたために、摂餌量そのものが著しく多くて翌朝までに充分消化しきれなかつたものと思われる。また冬期の資料では更に水温低下による消化速度の減少もその理由の一と考えられる。

II 内容量、濾過水量及び摂餌量

いま海水 1 l 中に含まれるプランクトンの個体数を P 、消化管内のプランクトンの個体数 p としマイワシが p だけのプランクトンを集めるために要する濾過水量を V とすれば次の関係式が得られる。

$$V = \frac{p}{P}$$

但し、マイワシとプランクトンネットとの両者の濾過率が考慮されねばならないので、上式は近似的に成

さて内容量の日変化を詳しく研究するためには少なくとも数時間毎に調査すべきであるが、漁法その他の関係から普通の漁場で之を行うことは困難であるから、筆者等は早朝及び夕方に漁獲されたマイワシについて比較することにした。図によると早朝漁獲されたものは夕方のものに比して消化管の内容量が著しく少ないことが判る。このように内容量の較差をきたす原因としては、プランクトンの増殖状況、漁法の相違、水変温化による消化速度の相違などが考えられる。しかし舞鶴湾内の地曳網によつて12月18日夕方に漁獲された魚体の消化管内容量は甚だ多か

立するものと思われる。

12月18日夕に舞鶴湾内の曳網によつて漁獲された体長9—12 cm. の4尾のマイワシについて、消化管内の珪藻二種 *Skeletonema costatum* (GREY.) CL. 及び *Thalassionema nitzschioides* GRUN. の個体数をそれぞれ p_{Sk} , p_{Th} とし、同時に海水中に於ける5—10m層の上記2種の個体数をそれぞれ P_{Sk} , P_{Th} とし、之等の値から求めた濾過水量をそれぞれ V_{Sk} , V_{Th} とするとき、体長毎に得られた濾過水量を示したのが第2図である。

Fig. 2. Relation between body length and estimated volume of the strained water.

5m層と5—10m層との両層のプランクトン密度にあまり差がみられなかつたことなどによる。

Table 1. The number of plankton collected in the two different layers and the plankton density at 5—10 m. depth. Samples taken in the Bay of Maizuru, Dec. 18, 1953.

	Number of plankton		Plankton density (5—10 m)	
	5—0 m. depth	10—0 m. depth	Colonies/l.	Cells/l.
<i>Sk. costatum</i>	8.63×10^5	1.86×10^6	4.9×10^3	1.3×10^5
<i>Th. nitzschioides</i>	3.36×10^5	6.83×10^5	1.8×10^3	1.1×10^4
Other plankton	3.52×10^5	1.18×10^6	4.4×10^3	—

第2図によると、胃に於ては $V_{Sk} \approx V_{Th}$ であり、腸に於ては $V_{Sk} < V_{Th}$ である。之は胃内のプランクトンとネットで採集したプランクトンについて、*Sk. costatum* と *Th. nitzschioides* の個体数比がほぼ等しいことを意味し、また腸内では前種が後種よりもその比率を低下していることを示している。この事実は消化管内に於て後種の殻が崩壊し難いことを示唆するものであるから、以下に述べる考察にあつては後種によつて得られた結果を用いることにする。

体長12.0 cmのマイワシを例としてその摂餌量もしくは濾過水量を求めてみると次のようになる。その消化管内容量は胃では約 $170 \cdot P_{Th}$ 、腸では約 $40 \cdot P_{Th}$ となつてゐる(第2図)。このマイワシが当日摂取し且夕方までに消化排泄したプランクトン量を後述の方法によつて推定し、排泄量と内容量とから一日の摂餌量を求めることにした。

夕方漁獲された魚体の胃及び腸内はプランクトンで充満していたが、翌朝(約12時間後)漁獲された魚体では、胃は大体空虚となつていたけれども、腸では殆ど相違がみられなかつた。従つて当時の消化速度は $170 \div 12 \approx 14$ (P_{Th}/hr)であつたと考えられる。因に現場水温は $16^\circ C$ 前後であつた。この消化速度と幽門部及び腸の内容量とから、幽門部及び腸に於ける消化時間を推測してみる。盲嚢と幽門部との内容量の比は

この際、指標として前記2種をとつたのは、当時の湾内のプランクトン相はマイワシの消化管内のプランクトン組成と同様に、植物性プランクトンが動物性のものよりも遙かに優勢であり、更に植物性プランクトンの中では之等2種が優勢であつて、群體数に於て60%以上を占めていたからである。個體数の算定には資料を稀釈して、0.18 cc中に珪藻が約300群體含まれるようにし、この稀釈液0.18 cc中の群體数を測定し、別に群體を構成する個體数の平均を求めて、それらの値と稀釈率とから各種の総個體数を算出する方法をとつた。次にマイワシの摂餌水域として5—10m層をとつたが、之は舞鶴湾の深度が約15mであること、更にプランクトン採集のとき5mから表層までと10mから表層までとの2回垂直採集を行つた結果(第1表)によると、0—

ほぼ3:1であつたことから、幽門部の内容量は腸のそれと同じく約 $40 \cdot P_{Th}$ と考えられるから、消化時間は幽門部でも腸でも約3時間となる。それ故に昼間約10時間のうち、最初の6時間には当日摂取されたプランクトンは消化を終えて排泄される段階には達しないと考えられる。従つて夕方までに排泄されるプランクトン量は、それ以後の4時間分に相当する量となり、約 $60 \cdot P_{Th}$ となるわけである。このようにして体長12.0cmのマイワシの1日(昼間)の摂餌量は約 $270 \cdot P_{Th}$ となり、その摂餌に要した濾過水量は約270 l.となる。

次に内容量 P_{Th} しくは濾過水量 V_{Th} と体長 l の n 乗と関係を求めるために、それぞれの対数をとつてプロットしたのが第3図である。その結果によると

$$V = al^{2.2}$$

となる(但し a は常数)。即ち濾過水量もしくは内容量はほぼ l^2 に比例することが判る。RICKER⁽⁴⁾ は魚体が大きくなるにつれて単位体重当りの摂餌量の減少する傾向がみられる理由として、消化速度は消化管の表面積に比例することをあげている。この事から魚体が当日摂取し且夕方までに消化排泄するプランクトン量もほぼ l^2 に比例するものと思われる。従つてマイワシの一日の摂餌量もしくは濾過水量はほぼ体長の自乗に比例すると考えられる。

Fig 3. Relation between body length (l) and food intake (P_{Th}) and volume (V_{Th}) of the strained water, plotted on a logarithmic scale.

化があることは云うまでもない。

III 消化管内のプランクトン組成

前述の各時期に於けるマイワシの消化管内プランクトンと、同時にネットて採集した海水中のプランクトンとの組成を比較した結果を示すと第2表の通りである。多くの場合植物性プランクトンの方が動物性プランクトンよりも優勢であつた。前者のうち普通にみられる種類は *Chaetoceros affinis* LAUD., *C. denticus* CL., *Rhizosolenia alata* BRIGTHW., *R. setigera* BR., *Skeletonema costatum* (GREV.) CL., *Thalassionema nitzschoides* GRUN. などの珪藻であつた。季節的変

Table 2. The gross composition of the digestive-tract contents of the sardine and the net plankton. (May—Dec., 1953; Jan., Feb., 1954.)

Date	Locality	Dominant plankton in the		Dominant organisms
		Net collection	Digestive-tract	
May 15	Mihama	Phytoplankton	Zooplankton	(<i>Ch. denticus</i>)
July 5, 14	"	"	Phytoplankton	<i>Ch. affinis</i> , <i>Rh. alata</i>
Sept. 15, 23	"	"	"	<i>Ch. affinis</i> , <i>Th. nitzschoides</i>
Oct. 12, 19, 26	"	"	"	<i>Th. nitzschoides</i> , <i>Rh. setigera</i>
Nov. 15, 18, 24	"	Zooplankton	Zooplankton	Copepoda
Dec. 16	"	"	"	"
Dec. 30, Jan. 19	"	Phytoplankton	Phytoplankton	<i>Sk. costatum</i>
Feb. 10, 27	"	"	"	"
Aug.	Kumihama	"	"	<i>Ch. affinis</i>
Sept.	"	Zooplankton	Zooplankton	Copepoda
Dec. 19	Maizuru	Phytoplankton	Phytoplankton	<i>Sk. costatum</i>

マイワシの消化管内に於けるプランクトンの組成は植物性或は動物性の差別なく、そのときの海水中に於けるプランクトン相に一致する傾向がみられる。之は橋高氏⁽⁶⁾が既に指摘した通りである。また前述の如く12月18日夕方に漁獲されたマイワシの胃内では、*Sk. costatum* と *Th. nitzschoides* との個体数比がネットプランクトンのそれとほぼ等しかつたことや、摂餌機構⁽⁶⁾(後報)などの点を併せ考えると、マイワシはその摂餌水域を選び得るとしても、その水域内に於ては捕食プランクトンに対する選別性を殆ど有しないものと思われる。

京都府海域で漁獲されたマイワシを材料とし、主として摂餌量の問題について研究した。

1) マイワシの消化管内容量は、早朝には非常に少なかったが夕方には多かった。之はマイワシの摂餌活動に日周期性があることを示すものと思われる。即ち摂餌活動は昼間に旺盛で、夜間に衰えるものであり、昼間から夕方にかけて捕食されたプランクトンは翌早朝までに概ね消化されるもの解される。

2) 12月18日の夕方にとれたマイワシの消化管の内容量とそのときのプランクトン密度を調べ、体長12.0cmのマイワシの一日(昼間)の摂餌量を約 $270 \cdot P$ と推定した。但し P は海水 1*l* 中のプランクトン数である。また体長の異なる個体について比較した結果、摂餌量はほぼ体長の自乗に比例することがみられた。

3) マイワシの消化管内のプランクトン組成はそのときの海洋におけるプランクトン相と大体一致していた。このことや摂餌機構などから考えて、マイワシはその摂餌水域内においては捕食プランクトンに対する選別性を殆んど有しないものと思われる。

文 献

- 1) 中井甚二郎：水研誌 **33** (12), 547-561 (1933).
- 2) 橋高二郎：若狭湾とその肢湾のイワシについて。京都府水試研究報告 (1952).
- 3) 元田 茂・田中義昭：北水試研究報告 第7号, 56-67 (1950).
- 4) W. E. RICKER: Ecol. Monogr. **16**, 375-391 (1946).
- 5) 橋高二郎：与謝内海と久美浜湾の海況。日本海区水研創立三周年記念論文集, 139-149 (1952).
- 6) 吉田陽一：本誌に投稿 (11月印刷予定)