

マイワシ太平洋系群の房総およびその周辺海域における
発育と生活に関する研究*

平 本 紀久雄

Studies on the Growth and Life-cycle of the
Japanese Sardine *Sardinops melanosticta*
(TEMMINCK et SCHLEGEL) in its Pacific
Sub-population found in Jōban and Bōsō
Regions

Kikuo HIRAMOTO

Abstract: The Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL), is one of the most important commercial fishes exploited in the Japanese waters. Its main fishing ground is concentrated in the north-east of Honshū, especially off the coasts of Jōban and Bōsō regions, where the fishing is operated by one-boat or two-boat purse seiners all the year round. In the past, the sardine fisheries have experienced several times drastic fluctuations in the catches. Recently, the yearly catch of the Japanese sardine has remarkably increased in all notable fishing regions around Japan, and the Japan's total annual sardine catch for 1973-1978 ranged between 300,000 and 1,640,000 metric tons. At present, the catches from the Pacific coast offings of northern Honshū and eastern Hokkaidō amount to what occupying the overwhelming majority in the total catches of Japanese sardine, or attaining 59 to 79 percent of them. As for a possible cause of fluctuations in catches, a number of studies have hitherto been conducted in order to make the matter clear. However,

*北海道大学審査学位論文

studies on biological characteristics of the Japanese sardine such as developmental stages and yearly life cycles have been left nearly untouched to this day.

The fish population of Japanese sardine was distinguished into the following steps such as species population \rightleftharpoons race or sub-population \rightleftharpoons migration cluster \rightleftharpoons shoal \rightleftharpoons fish school \rightleftharpoons individual, resting on the basis of developmental stages and yearly life cycles.

The series of the above steps are considered as the results of evolutionary process of the species formation. This assures that the characteristics of aggregation as fish schools in each step of life must be provided with historical evidence as the standard to evaluate the structure changes of fish populations.

The present study mainly aims to elucidate possible developmental stages and yearly life cycles of the Pacific sub-population of Japanese sardine. For making a contribution to such a basic conception, the sardine stocks inhabiting in the Japanese waters were proved to be consisted of four sub-populations, namely, the Pacific sub-population, Ashizuri sub-population, Kyūshū sub-population and Japan Sea sub-population. The developmental stages employed in this study correspond to the following five size classes: viz., Larval stage, from hatchout up to 40 mm in total length; Juvenile stage, 40–60 mm; Young stage, 4–8 cm in standard body length; Early immature stage, 8–12 cm; Late immature stage, 12–18 cm and partly grown up to adult stage; and Adult stage, 18 cm and over. The adult sardine has five different yearly life cycle periods, namely, northward migrating, summering, southward migrating, pre-spawning and spawning periods. And immature sardine's yearly cycles were classified into the following three periods, viz., northward migrating, southward migrating and wintering periods.

The fish aggregation at the above-mentioned each period forms a cluster which shows biological characteristics similar to each other (see Tables 8 and 9). The fish of each cluster comprises several shoals, each showing similar biological conditions for nearly one month.

The results obtained in the present study are summarized as follows:

1. Feeding, growth and maturation

1-1. All stomachs of the immatures and adults examined were found to contain a wide variety of plankton, of which diatoms and copepods were most important. The diatoms were most important in wintering period of immatures and in northward migration period of adults, whereas both diatoms and copepods became important in other periods of immatures and adults.

It was estimated that the average amount of food among immatures and adults ranged from 0.06 to 0.7 % of body weight. Immatures in northward migration period and adults in spawning period showed largest stomach fullness, 0.4–0.7 % and 0.2–0.6 % of body weight respectively. On the other hand, it was the least in both summering period of adults (0.05–0.25 %) and southward migration period of adults (0.1–0.4%).

Each period demonstrates every year similar feeding habits in both amount and quality of food.

1-2. The sardine increases in body weight from spring through summer, and becomes lean from autumn through winter. The adults are slightly fatter than the immatures all the year round.

Amount of fat deposition in the abdominal cavity was closely related to the amount of fat in the edible part of the body. The equation was estimated as follows:

$$Y = 3.4413 X + 5.0237 \quad (r = 0.936)$$

where Y: Rate of fat deposition in the edible part of body to body weight in %,

X: Rate of fat deposition in the abdominal cavity to body weight in %.

1-3. The growth of the 1972 year class, the dominant during five successive years, was fitted for the BERTALANFFY's curve, and the parameter were calculated as follows:

$$L_t = 22.39 \left\{ 1 - e^{-0.96(t - 0.0355)} \right\}$$

where L: Body length in cm,

t: Age.

Relationship between body weight and body length was proportional, and the following equation was obtained:

$$W = 0.01281 L^3$$

where W : Body weight in g,
 L : Body length in cm.

1-4. The maturity coefficient (KG) of large-sized fish (II-age and III-age) reached its maximum in February through April, while that of medium-sized fish (I-age) in November through December or in February through April. Relationship between the maturity coefficient and the amount of fat deposited in abdominal cavity in both II-age fish and earlier birth group of I-age fish was in inverse proportion respectively, as shown in Fig. 22'. On the contrary, in later birth group of I-age fish, the maturity coefficient was not increased and the fat deposition remained scarce.

The medium-sized sardine, about 15 cm in length, is regarded fully one year old. Most of the medium-sized fishes caught in winter were found to be still immature, though some of them became mature in November through December, or in January through April. This may be interpreted as follows: the ripening of sardine gonad requires fattening of body in advance during the antecedent feeding period.

2. Life pattern

2-1. Sardine eggs were found to be distributed along the Pacific side of central Honshū from the stretch of sea named Kumanonada to that named Kashimanada. Rich distribution of eggs in spring is always located around the Izu Islands where the Kuroshio Current water mixes with the coastal water. The main spawning season was found from February to May, while the spawning in minor scale occurred earlier from November to December in the previous year.

The hatched larvae, postlarvae and young sardines were found distributed over the Pacific area along the coast of Honshū from Tōkai to Tōhoku districts, from spring through autumn.

2-2. The immatures found in northward migration period grew during summer up to 13 cm in length, and became fatty showing the coefficient of fatness over 12. In the waters from the Bōsō Peninsula to Sendai Bay, the immatures in northward migration period were distributed in the areas shallower than 20 meters during summer to autumn. Some

rapidly growing fishes entered into a succeeding developmental stage.

From November to January, the immature sardines began their southward migrations under densely aggregated shoals along the coastal waters off southern Sanriku to Jōban. Those in the shoals distributed in the waters off Jōban grew up and became a little more fatty than those found in the waters southern Sanriku.

After the southward migration period was over, the immatures reached and concentrated in the waters off southern Jōban and Kujūkuri, where they stayed for a long while in a great quantity for wintering. The immatures grown up to 13–15 cm in body length were usually found nourished poorly with fatness coefficient less than 10 during wintering.

2-3. The adults of northward migration period appeared in water areas, at a depth of 20–100 meters, off Bōsō and Jōban regions during a period from spring to summer. Since their feeding activities had been accelerated during this period, they began northward migration when their fatness level increased to more than 14. They migrate northward along the offshore waters of eastern Hokkaidō and southern Kurile Chains where the Oyashio Cold Current prevails. These migratory shoals consist of a mixture of wintered immature fishes and adult ones in post-spawning stage.

Although the majority of shoals migrated to the north, some of them did not migrate but stayed close to the ocean floor at 200–300 meters depth, in the areas off southern Jōban and southern Bōsō regions. In late August through September, these fish groups called “summering cluster” came up again to the near-surface layers and began northward migration along the coastal waters extending from off Bōsō Peninsula to Sendai Bay. The fishes of summering cluster may lose their rich fat reserve during northward migration, and then turn to southward migration as soon as the stored fat is totally consumed.

And the adult sardines began to migrate southward when the Oyashio Current became apparently intruding into their summering habitat along the waters off eastern Hokkaidō and southern Kurile Chains. They migrated to the south along the waters off southern Sanriku and Jōban districts and near Cape Inubōsaki, forming very dense schools. They usually stay temporarily there for a few months, and are caught abundantly.

dantly by purse seines from October to December.

The adult sardines gradually became sexually mature, and began their southward migration forming rather thin schools for spawning from December to January, hence it was called spawning migration.

When nutritive conditions of the fishes became worst, their maturity reached its highest level. Then their south-bound schools were in their least density.

3. Environmental conditions

3-1. The sardines are always distributed throughout their life-cycle in mixed coastal waters of Kuroshio and Oyashio currents. They show seasonal migrations from south to north and vice versa in connection with their developmental stages and yearly life cycles.

In Bōsō region, the surface sea conditions suited for the sardine egg occurrence were 14.7–20.3 °C and 34.1–34.7 ‰ .

The adults in northward migration in spring to summer migrated within warmer coastal waters, 15–22 °C in surface sea temperature, while the adults in southward migration in autumn to winter preferred colder waters, 14–15 °C, off southern Sanriku and Jōban. The pre-spawning adults migrated further south for spawning in waters at 14–17 °C, which were found between the Kuroshio and the coastal water masses.

The immatures migrating southward for wintering in dense aggregation began to migrate southward in the coastal waters off southern Sanriku to Jōban, where waters at 9–11 °C in surface temperature were found, but in Jōban and Bōsō regions they tarried in waters at 14–15 °C, or a mixture among the Oyashio, Kuroshio and coastal water masses.

3-2. The adults of anchovy (*Engraulis japonica*) in southward migration period are found distributed widely for a longer period in the waters off Jōban when a weak intrusion of the Oyashio Cold Current is found there, but their migration quickly shifts to south into the waters off Kashimanada and Kujūkuri when the Oyashio's intrusion is strong and rapid. In place of those departed anchovy adults, immature mackerels (*Scomber japonicus*) appeared and occupied the vacant area left behind in winters of 1967–68 and 1968–69, but the occupant was immature sardines in 1974–75.

In the winter of 1972–73, the immature mackerels aggregated along the offing of Jōban and Kashimanada and the immature sardines in the coastal waters of Jōban and Bōsō regions. It is considered that the former is distributed in the waters more closely neared the Oyashio Cold Current than the latter.

3-3. The immature sardines of northward migration period are distributed along the areas shallower than 20 meters deep in the waters off sandy shore lines of Bōsō-Kashimanada regions, and of Jōban-Sendai Bay regions. On the contrary, other immatures and adults are distributed chiefly in the places attaining a depth of 40–100 meters off rocky shore lines of Jōban and Bōsō regions, and they show north–south seasonal migrations depending on stages of their life cycles.

4. Stock size and migration route

4-1. Both medium- and large-sized sardines spawn. The medium-sized spawners usually maintained a smaller stock size from 1965 to 1971 while the large-sized maintained a larger one in 1972 and ever since.

4-2. The immature sardines demonstrate two possible patterns of migration, of which the one is a long distance migration from Tōkai district to Hokkaidō district, and the other is a shorter migration from Tōkai district to southern Tōhoku district. The fishes belonging to the former pattern may grow up to adult stage after two years while those belonging to the latter pattern may become adult a year earlier.

The adult sardines also demonstrate a wide range north–south migration in offshore waters along the Pacific coast of Japan.

4-3. The biological characteristic of the Japanese sardine is the fact that its life pattern changes in accordance with its stock size. During the growing period of the stock size, the sardine grows and matures slowly and its distributional range expands widely. On the contrary, when the stock size is getting smaller, groups of sardine maturing faster may proportionally increase in number and their distributional range may become rather limited.

目 次

1. 緒言 —— イワシ漁業の歴史をふりかえって ——	10
2. マイワシ研究の史的発展 —— 種の生活の展開 ——	14
2-1. 戦後第1期 (1945~1955年)	15
2-2. 戦後第2期 (1955~1970年)	15
2-3. 戦後第3期 (1970年以降)	16
3. 資 料	16
4. 方 法	20
4-1. 種の生活研究の根拠	20
4-2. マイワシ太平洋系群の生活に関する既往の知見	20
4-2-1. 栄養・摂餌	20
4-2-2. 発生・成長	22
4-2-3. 肥満度・成熟	22
4-2-4. 発育段階・生活年周期	23
5. 房総およびその周辺海域におけるマイワシの発育	26
5-1. 摂餌 —— 種類と量 ——	27
5-2. 肥満度の季節変化	35
5-3. 脂肪含有量の段階区分	37
5-4. 成 長	40
5-5. 成 熟	43
5-6. 栄養と発育の関係	46
5-7. 要 約	48
6. 房総およびその周辺海域におけるマイワシの生活様式	49
6-1. マイワシ個体群の階層区分	49
6-1-1. 系 群	49
6-1-2. 回遊群・魚群	50
6-2. 発育段階別集合様式	55

6-2-1. 卵・稚仔	55
6-2-2. 未成魚	69
a) 北上群	69
b) 南下群	69
c) 越冬群	69
6-2-3. 成魚	77
a) 索餌北上群・越夏群	77
b) 索餌南下群	87
c) 産卵準備群	94
d) 産卵群	94
6-3. 要約	101
7. 生活諸条件	107
7-1. 海洋条件	107
7-2. 他魚種との関係	107
7-3. 生活の拠点	111
7-4. 要約	117
8. 論議 —— 新しい生活の仮説 ——	119
9. 総括	122
9-1. マイワシ太平洋系群の摂餌と栄養と発育との関係	122
9-2. マイワシ太平洋系群の発育に伴う生活様式の特徴	122
9-3. マイワシ太平洋系群の生活諸条件	123
9-4. マイワシ太平洋系群の生活領域と回遊経路	123
文 献	123

1. 緒言—イワシ漁業の歴史をふりかえって—

房総近海におけるイワシ漁業の歴史は古く、16世紀半ば（1545年、天文14年）に始まっている（福与 1947）。その後、1640～1716年頃（正保～享保）まで豊漁が続いたが、1736～1768年（元文～明和）には著しく減少した。イワシ漁獲量は1789年頃（寛政）からふたたび増加傾向に転じたが、1844年前後（弘化～安政）には少なく、1860年頃（江戸時代末期）にも不漁であった。ところが1864年頃（江戸時代末期から明治初期）に突如急増しているが、19世紀末期にはまた減少している（福与 1947, 伊東 1961）。そして、これらのマイワシ豊凶の歴史は近世における漁村の興亡に直接影響していた（Fig. 1）。

このように、イワシ漁業が近世以降わが国第一の漁業になった主な要因は、イワシの製造品である干鰯、鰯粕が稲作を始め棉作、ミカン、藍などの農作肥料として盛んに利用されたことにある（山口 1948, 1964）。江戸時代のイワシ漁業は地曳網、八手網、任せ網など各種の漁法が用いられていたが、九十九里浜では地曳網が主で、その最盛期の江戸時代後期には、この地方のイワシ漁業従事者数は4万戸余に達していた（山口

1964）。

全国一の隆盛を誇った九十九里、銚子地方の地曳網や八手網漁法も1870年頃（明治前期）から衰退し始め、19世紀末（明治中期）の不漁時代を境に、新たに開発された改良揚繰網漁法にとって替られた（山口 1964, 岡本 1965）。もちろん、その背景には封建時代に替って資本主義の発達があった。

19世紀末の不漁は1920年頃（大正末期）まで続いたが、その後次第に増加し、日本全国の漁獲量は1930年（昭和5年）には70万トン、1932年には100万トンを突破し、1936年（昭和11年）には最高の160万トンに達した。しかし、その翌年から急激に減少し始め、1945年（昭和20年）には16万トン、すなわち最盛時の1/10にまで減少した（Fig. 2）。1930年代の大豊漁期のマイワシの分布域はわが国から朝鮮・樺太・沿海州に及び、極東水域全体に広がっていた（NAKAI 1962a）。

大正～昭和期になると、改良揚繰網、巾着網、改良流網漁法などはますます発達し、とくに1919～1931年頃（大正末期から昭和初期）にかけて漁船の動力化も進んだ。したがって、漁場も沖合へ広がり、1930年代後半（昭和10年代）には距岸20マイル内外まで出漁するようになった。また、この時代にはイワシの利用法にも画期的な変化が起きた。すなわち、大正年代以降、

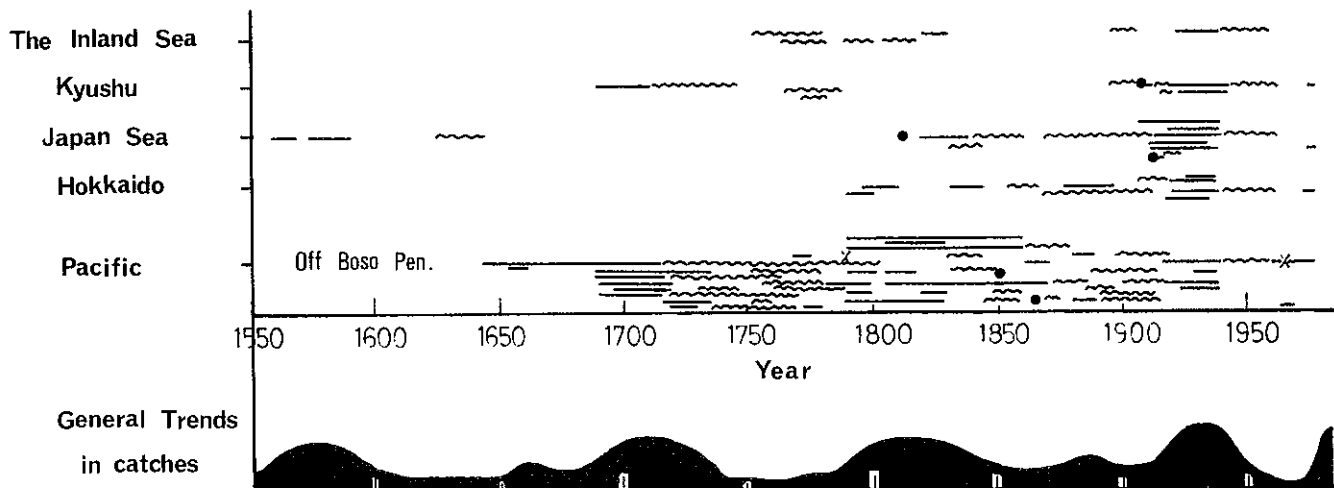


Fig. 1. Long-term changes in the catches of *iwashi* during past 428 (1550—1978) years in the Japanese waters. *Iwashi* is generally referred to the three species of fishes including the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta*, anchovy, *Engraulis japonica*, and round herring, *Etrumeus micropus*. The Japanese sardine comprised the major portion of *iwashi* catches in the prosperous years. (after ITO, 1961)

— : Good catch, ~ : Poor catch, ● : Unusual good catch (year)
 × : Unusual poor catch (year)

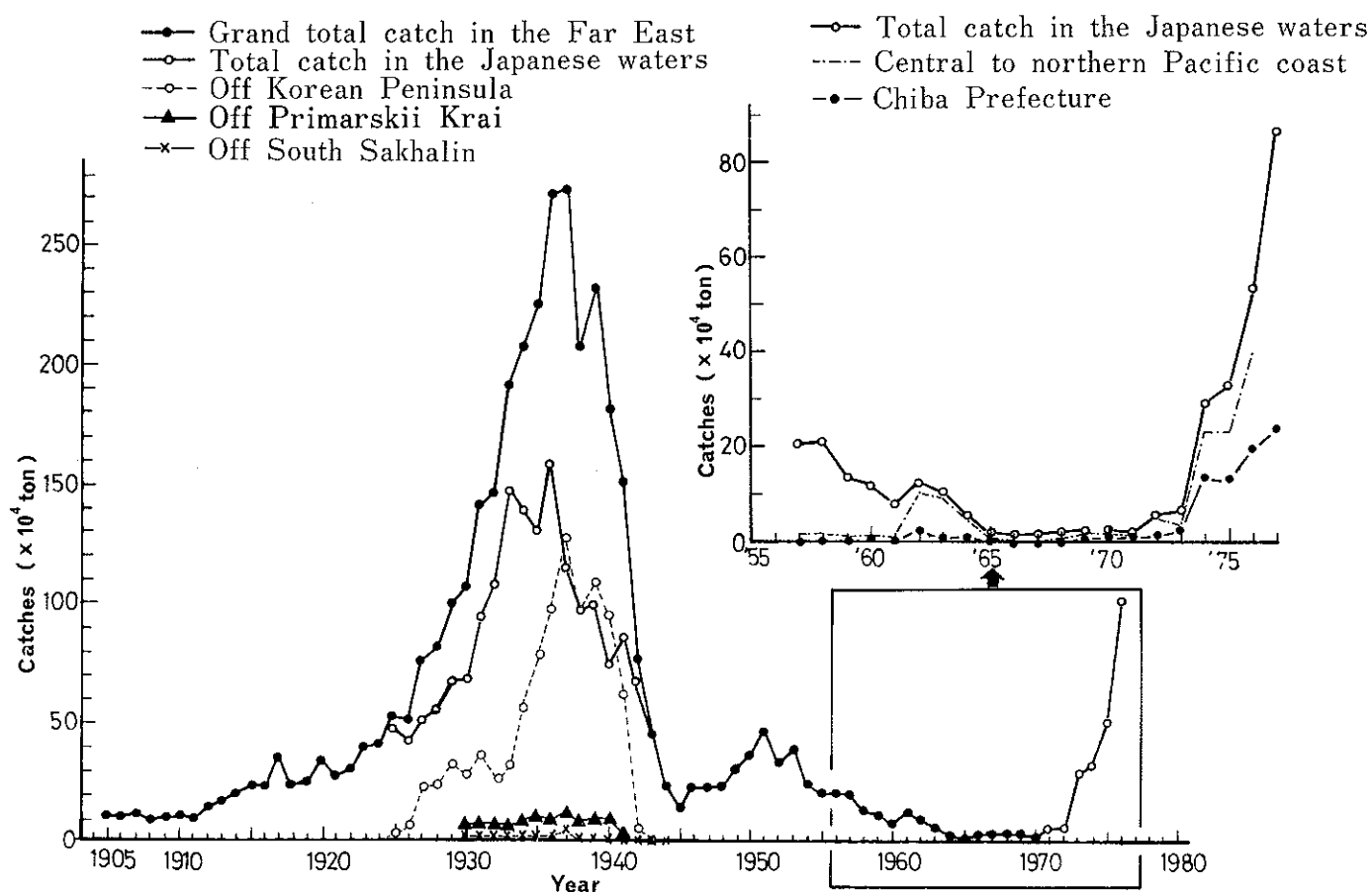


Fig. 2. Long-term fluctuations of catches of the Japanese sardine in the Far Eastern seas by four major catch regions, 1905–1976.

魚肥の地位が次第に低下し、魚油（イワシ油）の需要が急増した。第2次世界大戦直前にはイワシ漁獲量の70～80%が油と粕に製せられ、食用になったのは20～30%に過ぎなかった（山口 1964）。

第2次世界大戦後のマイワシ漁獲量は次第に増加し、1951年（昭和26年）には46万トンに達した。この当時のマイワシの産卵場は、(i)九州西岸沖～山陰沖、(ii)能登半島西岸沖～青森県日本海側、(iii)日向灘～土佐湾、(iv)房総半島沖の4か所に形成されている（日水研 1954）。マイワシの生態・生活史の研究成果によると、上記4か所の産卵場に現われる親魚はそれぞれ別系統の集団であると考えられ、(i)は九州系群、(ii)は日本海系群、(iii)は足摺系群、(iv)は太平洋系群と呼んでいる（Fig. 3）（伊東 1961）。当時の主群は(i)と(ii)であり、日本海が主漁場であった。日本海のマイワシ漁獲量は1950年代に入ってから減少し、しかも漁場は年ねん北上し、1955～1957年（昭和30～32年）には青森県鯨が沢沖に限られてしまった。その後、日本海側

のマイワシ漁は消滅し、主漁場は太平洋側の三陸沖～千葉県銚子沖へ移っていった。この間の経緯をNAKAI（1962a）は、次のように推定している。「日本海の大羽イワシ（II～VI年魚）は、1955～1956年の夏に津軽海峡を抜けて太平洋側へ回遊してきた。これらの大羽イワシは1957年（昭和32年）春には千葉県銚子近海で産卵して、1957年級を再生産し、これが源となって1960～1962年（昭和35～37年）の仙台湾～房総海域での小規模な豊漁につながっている。」1960～1962年のマイワシ漁獲量は年間10万トンを記録し、仙台湾～房総海域の漁獲量が全国の80%を占めていた。

この時代の主な漁法は前述の改良揚繰網であるが、1950年頃（昭和25年）から魚群探知機が導入普及し、さらに1955年頃（昭和30年）から漁網が綿糸からアミランなどの化繊網に替っていった（猿谷 1973）。また、銚子地方に定着していた流刺網漁法は、1961～1962年（昭和36～37年）を境に姿を消していった。

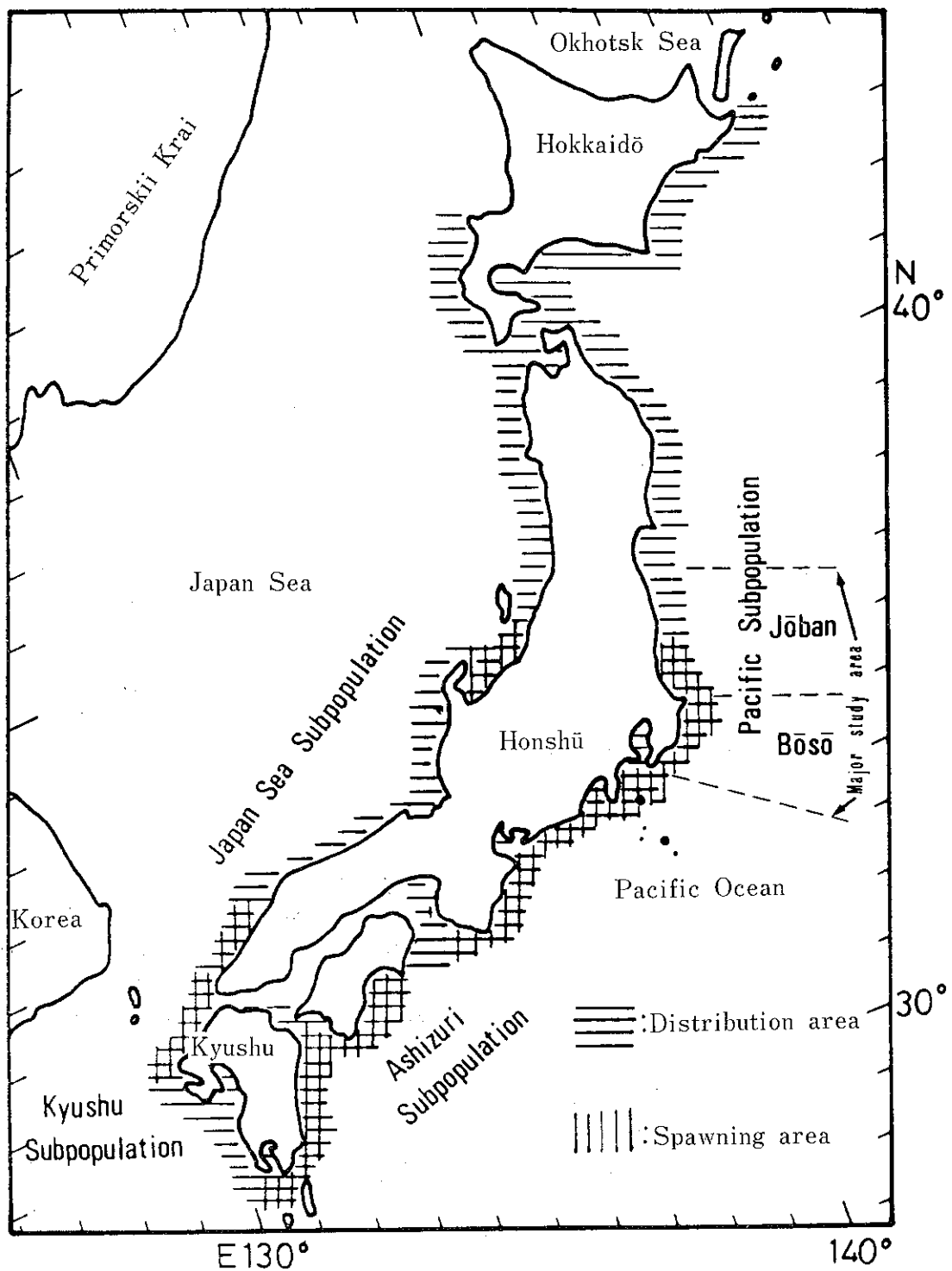


Fig.3. Possible occurrence of geographical distribution of four sub-populations of the Japanese sardine. (after KONDO, HORI and HIRAMOTO, 1976)

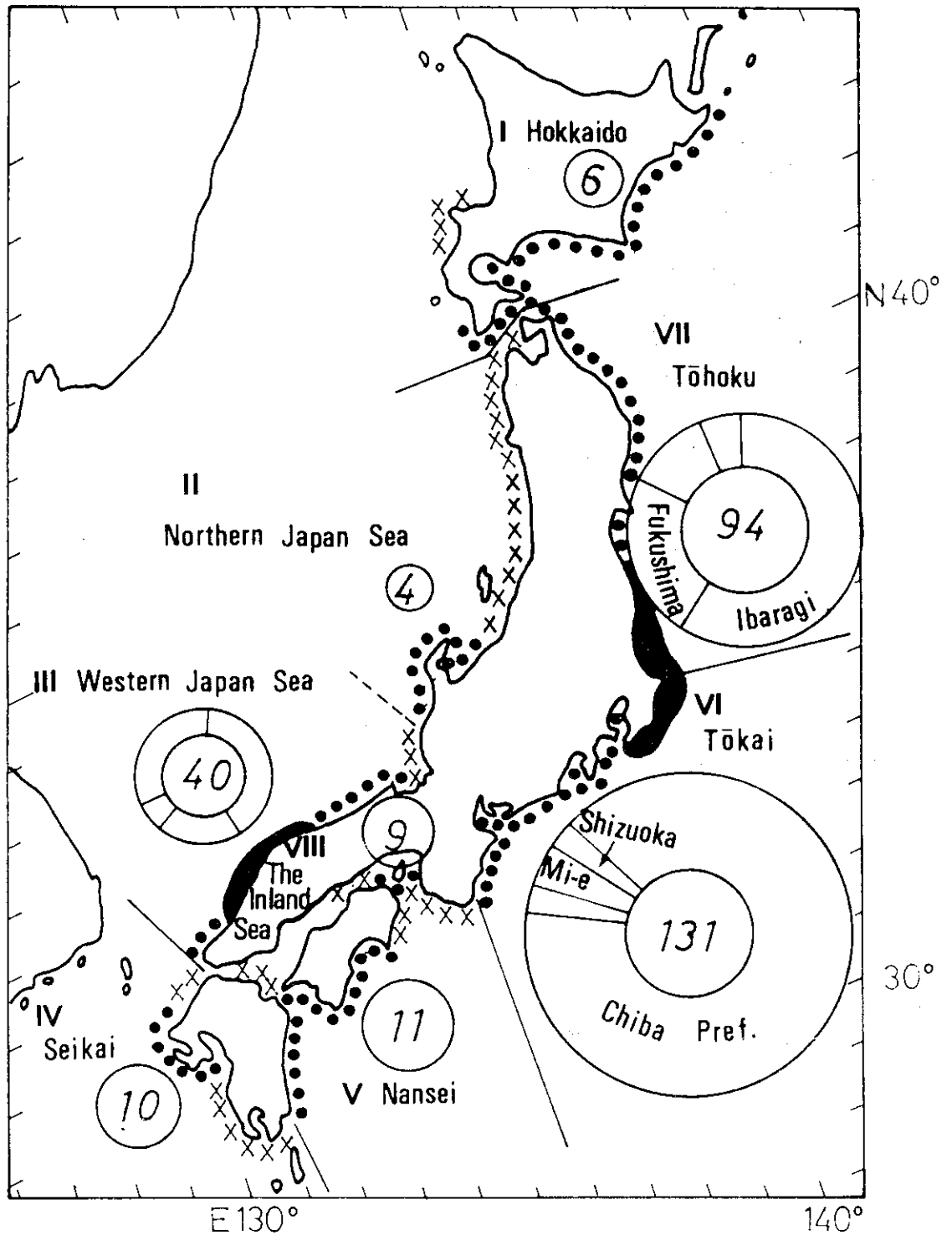


Fig.4. Annual catch figures for the Japanese sardine by eight regions (I-VIII) averaged through 1972-1975. (x10³tons)

■■■■■ : > 10⁴ tons
 ●●●●● : 10³-10⁴ tons
 ××××× : < 10³ tons

その後、1972年（昭和47年）までの10年間には上記の海域でも年間1万トンを超える極端な不漁が続く、一時は「幻の魚」になるのではないかと心配された程である（平本 1973）。ところが1972年末以降、常磐～房総海域を中心にマイワシ漁獲量は急増し、1975～1976年には年間40～80万トンに増加してきた（Fig. 2）。

また、近年漁獲が急増してきた1972年以降のマイワシの地理的分布は次のようになっている。1972～1975年の年平均漁獲量が1万トンを上まわっている海域は常磐～房総海域と山陰海域である。これらの海域を中心に年平均1,000トン以上の海域は太平洋側と日本海側に広がり、全国的にマイワシがみられるようになっている（Fig. 4）。この外、1976～1977年には北海道太平洋側海域でもマイワシが急増し、年間漁獲量は26～46万トンに達している。このように、北海道太平洋側沖～房総海域に主に分布しているマイワシ太平洋系群は近年急激に増加している。なお、イワシを漁獲対象とした大中型1そうまき網漁法（主として69トン型）および全円周型音波魚群探知機（スキヤニング・ソナー）がマイワシの豊漁を契機に1972年頃（昭和47年）から開発され、現在では千葉・茨城両県のまき網漁業の主流になっている。現在のイワシの利用配分は食用に20%（生鮮10%、加工10%）、飼料（主としてハマチ養殖飼料とフィッシュ・ミール）に80%となっており、食用への利用配分率は第2次世界大戦前と同程度である。以上述べたように、マイワシは歴史的に大きな資源変動を繰返してきた。また、このようなマイワシ資源の増減の背後には一定の生産手段（漁法）および生産関係（利用・流通）の急激な変化がともなった事実を指摘した。

マイワシの豊漁期には、九十九里浜から銚子近海はその中心的漁場であり、またマイワシ漁獲量が最低を記録した1964～1967年においても、銚子近海を中心とする鹿島灘～房総海域ではマイワシは絶えることがなかった。すなわち、千葉県沿岸域はマイワシの生活の中心域であり、本海域におけるマイワシの生活のあり方を明らかにすることは、その数量変動機構の核心へ迫る重要な契機の一つである。

したがって、筆者は本報告において過去半世紀以上にわたって行われてきたマイワシに関する研究成果を房総海域を中心とする「生活の知見」として整理してこれを科学的な仮説とし、そして筆者が調査に従事した1962～1977年の資料を解析して「既往の知見の検証」を行ない、さらに「新しい生活の仮説」を作成して、これからの研究を進展させていくための土台（科

学的な仮説）を提出して、本研究の締めくくりとした。

なお、本研究を進めるにあたって生活研究の方法論について種々ご教示を賜った佐藤栄博士（元水産庁東北区水産研究所長）、終始有益な助言を与えられ、本論文のご校閲を頂いた北海道大学水産学部の濱田啓吉教授、五十嵐孝夫教授および箕田嵩教授に深謝する。また、協同研究を分担している東海区水産研究所資源部と関係各県水産試験場、とくに東海区水産研究所の近藤恵一博士と茨城県・福島県水産試験場のイワシ資源担当者の各位には日常の討議と助言を受けた。千葉県主要港のまき網標本船各位には永年に亘り協力を得た。さらに、本研究を取りまとめるにあたり北海道大学名誉教授の時田郁博士と北海道大学水産学部の河村章人助教授には英文作成について助言と指導を、千葉県水産試験場の高柳健前場長始め資源担当者各位には終始変らぬ激励とご鞭達を頂いた。これらの各位に厚くお礼申上げる。

2. マイワシ研究の史的発展—種の生活の展開—

わが国におけるマイワシの資源・生物学的研究は、1908年（明治41年）に発表された岸上謙吉の論文「イワシ漁業調査」によって始まった（岸上 1908）。その内容は、主として分類・成長・繁殖・移動・食性を論じた生活史研究を中心とした理学的研究であった。その後、マイワシの豊漁時代となった1933～1942年（昭和初期から第2次大戦前）には雨宮・阿部ら（1933, 1934）、木村（1935）、宇田・岡本（1936）、高山・酒井（1936）、中井（1938, 1939）、酒向（1938, 1939）、相川・小西（1940）、田内・三善（1939）、田内（1942）、安田（1940）、雨宮・田村（1942）らの研究が活発に発表された。それらは主として成長（年齢）・繁殖・移動などの生物学的諸属性、およびそれらに及ぼす海況の影響を論じて、ポピュレーションの個体数変動に関する資源論を展開した。また、雨宮、中井、相川らは脊椎骨数の地方変異から宇田・岡本は漁況から、田内は力学および数理統計分野からそれぞれ系群の構造分析を展開した。このように、魚群の移動・集合・分散、あるいは個体群の数量変動を一義的に環境の側から、あるいは生物と環境の平面的な相互関係という見地から捉え、現象面に現われる相関的な規則性を容易に測定できる値の函数として表わそうとする環境論が主であり、戦前・戦後を通じて急速に発展するわが国の漁業生産力拡大に対応する特殊事情を反映して発達していた（佐藤 1970, 1971, 1978）。

第2次大戦後のイワシ研究の展開は、戦後経済再建期（食糧増産政策期）の戦後第1期（1945～1955年）、高度経済成長期の戦後第2期（1955～1970年）および現在の戦後第3期（1970年以降、現在に至る）に区別される。マイワシ研究はそれぞれの時代に応じて段階的に発展し、次のように整理される。

2-1. 戦後第1期（1945～1955年）

イワシ研究は戦後直ちに8海区水産研究所（1949年）の出発とともに、これらの水産研究所を中心に都道府県水産試験場が参加する全国的な協同調査として発足した。その目的は戦後の食糧危機に対応して多獲魚の1つであったマイワシの漁獲減少原因を明らかにしようとするもので、その研究は戦前に田内・相川らによって方向づけられた資源論を基盤とし、まもなく標本論が新しく導入されBARANOV理論の再評価（たとえば、TANAKA 1957）をつうじて、ポピュレーション・ダイナミクスの分野が華々しく展開された（栗田 1957、田中 1958, 1960, 土井 1959a, b, 山中 1960）。同時に、生活史研究の継承として久保・服部・川崎（1949）の研究があるほか、HJORT（1914, 1926）ら北炊学派に近い中井らによって、稚仔魚の生残り過程の研究が地道に続けられた（たとえば、NAKAI 1962a）。

この時代のイワシ研究は、日本の海洋・漁業生物研究がこれまで蓄積してきた生活史研究、漁場論、個体群の解析的構造論、個体群生態などを理論的基盤として水揚地魚体調査を中心とする水研・水試の大規模な協同調査として展開された（沿岸重要資源協同研究経過報告、1949年以降、現在まで継続して実施されている）。

ポピュレーション・ダイナミクスと呼ばれる理論体系は、生物的生産過程の質的变化がまったく捨棄されているのが特徴である（佐藤 1971）。

2-2. 戦後第2期（1955～1970年）

この期の初めには、漁業生物研究に生態系理論が導入された。南海水研（1956）および横田（1960, 1961）は魚類のポピュレーションの数量変動の法則はある特定のポピュレーションのみを追求する手法では困難であり、共存するポピュレーションの相互作用による生産系の動向を見究める必要があると主張して、ポピュレーション・サイズの変動要因として補充、漁獲死亡、自然死亡をとりあげた。また、補充量の変動原因を稚仔魚の必要とする餌料問題からだけでなく、コミュニティ概念から捉えようとした。

畑中（1976）は群集構造を規定する要件として、群集は統一された体制を維持し、一定の領域を占める個

体群によって構成される。それらの個体群間に食物関係の結合があり、それらは空間的結合として現われ、かつ、一定の領域をもつとし、生物群集の食物環を中心とした生物生産構造を明らかにしようとした。マイワシの食性をとおしたこのような研究には、米田・吉田（1955）、吉田（1955, 1956）、山下（1955）およびENOMOTO and HAMADA（1962）等があげられる。

このように、生態系理論は自然のエネルギーの移行・転換や現実の生物の生活を全面的にはなく、栄養にまつわるニッチの観点から一面的に捉えている点に特徴がみられる（佐藤 1971）。

また、この期にマイワシの生活史および再生産機構に関する総括的研究として、NAKAI（1962a）および伊東（1961）の研究がある。

やがて、佐藤（1965）は水産資源研究をめぐる諸学派の理論体系の足跡を分析して、従来の理論と実践について疑問をだし、生物的生産の変化・発展は生物的生産力（主として生物と非生物の関係）と生物的生産関係（主として生物と生物の関係）の矛盾を原動力とし、この普遍的矛盾が現実の種の具体的な生活過程に内包されていることを指摘し、種の生活は発育段階および生活年周期の一連の諸段階によって質的に変化し、それらを一貫普遍的矛盾の運動形態が特殊化し、個別化していく過程を捉えることによって、生物的生産の本質に迫ることができると主張した。この論議と並行して、マイワシにおける種の生活研究は林（1965）、近藤（1964）らによって1962—63年漁期に仙台湾～房総海域に來遊した成魚の南下期の集合特性、主として分布・移動について検討されたが、その後マイワシ資源の極端な減少によって漁業もほとんど成立せず、研究においても継続した展開はみられなかった。

その他の浮魚について同一基盤に立った研究は、カタチイワシで近藤（1969）、平本（1968）、マサバで宇佐美（1973）、サンマで小林・若生・内藤（1968, 1969, 1970）らによって、1960年代後半に展開された。それらの研究の特徴は種の生活様式を発育段階と生活年周期に基づいて生活の質的区別を行ない、区別された等質な集団がいつ、どこに、どのように現われるかを問題にし、その生活様式の全容が具体化される道すじを示そうとした。また、その生活様式に環境条件が内包されていることを強調した。なかでも、小林・若生・内藤（1968, 1969, 1970）はサンマの未成魚期・成魚期の生活様式を個体間・雌雄間関係の2つの側面から分析し、成熟・肥満度の生物学的諸属性がそれらとどのように関連しているかを検討している。

この期の後半には、海洋研究においても海流の発展段階という一連の海の歴史的形成過程を根拠として、海洋構造の実体を捉えようとする方法論が論議された(藤井・茄子川 1966)。また、平野・藤本(1969)は卵・稚仔の補給機構としての黒潮表層水の役割を実験的に検証しようとする研究方向を打ち出した。

2-3. 戦後第3期(1970年以降、現在に至る)

1960年代には、自然の生物的生産過程において生物と環境を統一的に捉えていく方法論の模索が中心的課題として登場した。それらは従来の海洋・漁業生物研究の豊富な業績を基礎として、生活史研究・漁場論・個体群動態論・生態系理論および歴史的方法の効果と限界を捉えながら、新たな研究の体系を模索し始めていた。

これらの一連の論議は、1970年代に入って水産学会生物生産シンポジウム(1971)、漁業資源研究会議シンポジウム(1972)および佐藤栄の一連の論文として現われてくる(佐藤 1970, 1971, 1978)。それは方法論にとどまらず、研究活動の基礎的条件となる研究体制、漁業経済構造、社会経済など一連の条件を包括して、科学的歴史観のもとに統一的に捉えようとする方向が模索され始めている。佐藤(1978)はこれらの論議を総括して、生物的生産の体系的な研究は、今後、対象の自然史的発展の特殊形態の特性を反映して、1)生物とその生活諸条件を統一的に捉えること、2)生物と非生物の存在様式の区別と同一性を認識すること、3)対象の実体は「種」に根拠をおくこと、4)方法論の骨格と方向は、種の発育段階・生活年周期の各段階にしたがって、基本的諸属性(摂餌・生長・増殖・自己再生産・移動・反応など)の総体的展開を通じて実現される「生物とその生活諸条件」の統一形態の特殊化・個別化の特性とその変化の過程を段階的に捉えていくことなどが、論点となると予想した。

この期の種の生活研究には、マイワシについて近藤・堀・平本(1976)、マサバについて宇佐美(1973)の研究がある。それらの研究は前期の種の生活研究を発展させ、「回遊群⇄魚群」段階まで具体化して、その生活様式を多面的に明らかにしている。また、発育段階・生活年周期によって区別された具体的な「魚群」と環境との関連を、生物主体論の立場から「主体と条件」として展開した。一方、北欧学派に近い立場から、渡部(1970)はマサバ発生初期の生残り過程について、その要因を多面的に論じている。

3. 資料

用いた資料は、漁業者の「操業活動の記録(漁獲成績日報)」、ならびに千葉・茨城・福島各県水産試験場が実施した「生物統計(魚体調査)資料」である。「漁獲成績日報」を受けた漁船ならびに資料数は、1960~1977年については仙台湾~房総海域で操業したまき網漁船(主として2そうまき網、1969年以降、1そうまき網が加わる)のうち千葉・茨城・福島各県主要港所属標本漁船延2,082日4,762か統7,697投網分(Table 1-1)、および1973~1977年に三陸~房総海域で操業した北部太平洋海区まき網漁業協同組合連合会所属の主として1そうまき網漁船(69トン型、および110トン型)の船間連絡による延759日12,439か統17,456投網分、合計延2,841日17,201か統分である(Table 1-2)。標本漁船および船間連絡の「漁獲成績日報」には、それぞれ日別・操業別・漁場別・魚種別・銘柄別の漁獲量が記入されており、それらをあらかじめ日別に5マイル柵目ごとの1操業あたりの平均漁獲量(CPUE)に整理した。

生物統計(魚体調査)資料は、1960~1977年に千葉・茨城・福島三県の水産試験場が「沿岸重要資源調査」で実施した合計1,703標本109,245尾のマイワシの測定結果である(Table 2)。魚体調査は各県主要港で月2~3回実施するよう努めた。1標本あたりの採集尾数は50~100尾である。また、1回に用いられた項目別の標本尾数は、それぞれ体長・体重50~100尾、肥満度20~50尾、性比・生殖腺重量20~25尾、脂肪含有量10~20尾および胃内容物重量10~20尾である。とくに、1972~1977年には千葉県水産試験場では、マイワシ太平洋系群の発育と栄養状態を明らかにする目的で、脂肪含有量と胃内容物組成とその重量を集中的に測定した。

Table 1-1. Statistical records of sardine fishing boats used for the study of the Japanese sardine off the coast of Fukushima, Ibaragi and Chiba Prefectures.

Year	Number of fishing boats				Days worked	Total number of boats operated	Total number of net cast	Fishing season	Note
	F*	I	C	Total					
1960	1	3	1	5	98	162	388	Jan-Feb Nov-Dec	Only 2-BPS* *
1961	4	4	5	13	164	389	776	Jan-Jun Nov-Dec	"
1962	3	2	3	8	120	258	527	Jan-May Oct-Dec	"
1963	2	3	5	10	97	192	393	Jan-Jun Nov-Dec	"
1964	6	4	5	15	74	138	280	Jan-Feb Nov-Dec	"
1965	6	5	5	16	69	140	228	Jan-Jun Nov-Dec	"
1966	6	6	5	17	56	88	136	Jan-Feb Apr-Jun	"
1967	3	6	6	15	69	103	153	Jan-Apr Aug-Dec	"
1968	1	5	6	12	96	153	282	Aug-Nov	"
1969	2	1	7	10	78	107	169	Sep-Dec	(2-BPS: 9 1-BPS: 1
1970	1	1	8	10	103	178	292	Jul-Nov	"
1971	0	1	7	8	90	162	240	Jul-Nov	"
1972	0	1	9	10	110	225	349	Jul-Sep Dec	"
1973	0	1	9	10	165	321	476	Jan-Aug Oct-Dec	(2-BPS: 8 1-BPS: 2
1974	0	1	10	11	142	268	395	Mar-Sep Nov-Dec	(2-BPS: 8 1-BPS: 3
1975	0	1	11	12	197	630	835	Jan-Sep Dec	(2-BPS: 8 1-BPS: 4
1976	0	1	13	14	189	547	725	Jan-Dec	(2-BPS: 11 1-BPS: 3
1977	0	1	10	11	165	701	1053	Jan-Dec	(2-BPS: 9 1-BPS: 2
Total	35	47	125	207	2082	4762	7697		

* F : Fukushima Pref., I : Ibaragi Pref., C : Chiba Pref.

* * 2-BPS : Two-boat purse seiner, 1-BPS : One-boat purse seiner

Table 1-2. Operation records of larger and medium sized one-boat purse seiners operated in the northern Pacific region from Aomori to Chiba Prefectures, 1973—1977.

Year	Days worked	Total number of boats	Total number of boat's day's work	Note
1973	111	1845	2523	No data for Oct.
1974	149	1872	2823	
1975	178	2540	3517	
1976	187	3149	4451	
1977	134	3033	4142	No data for Oct.—Dec.
Total	759	12439	17456	

Table 2. Number of material sardines obtained off the coast and offshore waters along Jōban and Bōsō regions, 1960—1977.

Year	Authority	Body length (cm)		1) Coefficient of fatness		2) Maturity coefficient		Amount of fat (gr)		Weight of stomach contents (gr)	
		No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.
1960	F*	17	882	—	—	10	200	—	—	6	80
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	10	263	4	51	—	—	—	—	—	—
1961	F	14	812	14	280	5	100	—	—	—	—
	I	5	92	5	77	1	20	—	—	—	—
	C	11	539	—	—	—	—	—	—	—	—
1962	F	25	1421	22	440	5	100	—	—	—	—
	I	10	628	—	—	3	60	—	—	—	—
	C	8	760	8	160	—	—	—	—	—	—
1963	F	37	1759	24	480	4	80	—	—	—	—
	I	6	388	5	100	3	50	—	—	—	—
	C	6	120	6	119	5	95	—	—	—	—
1964	F	29	1402	—	—	20	218	—	—	12	217
	I	7	249	6	117	2	40	—	—	—	—
	C	9	369	6	120	3	58	—	—	—	—
1965	F	33	325	—	—	5	41	—	—	2	21
	I	2	68	2	28	2	28	—	—	—	—
	C	10	487	9	180	4	79	—	—	—	—
	F	20	352	—	—	—	—	—	—	—	—

1) $BW/(BL)^3 \times 10^3$

2) $GW/(BL)^3 \times 10^4$

* F: Fukushima Prefectural Fisheries Experimental Station

I: Ibaragi Prefectural Fisheries Experimental Station

C: Chiba Prefectural Fisheries Experimental Station

Table 2. Continued.

Year	Authority	Body length (cm)		Coefficient of fatness		Maturity coefficient		Amount of fat (gr)		Weight of stomach contents (gr)	
		No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.	No. of exam.	No. of inds.
1966	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	4	130	4	80	2	40	—	—	—	—
	F	24	665	14	271	5	111	—	—	6	131
1967	I	21	912	21	495	7	72	—	—	—	—
	C	7	372	7	132	6	105	5	78	3	52
	F	11	712	8	169	4	65	—	—	7	95
1968	I	9	468	8	418	—	—	—	—	—	—
	C	22	813	19	326	8	140	12	225	11	211
	F	15	869	15	440	3	60	—	—	3	60
1969	I	29	1577	1	50	—	—	—	—	—	—
	C	17	913	16	285	9	175	4	75	13	245
	F	12	1166	11	467	—	—	—	—	5	100
1970	I	24	1233	19	1009	8	160	—	—	—	—
	C	11	429	11	191	6	103	—	—	7	123
	F	9	590	9	360	—	—	—	—	4	80
1971	I	30	1737	30	1478	13	306	—	—	—	—
	C	32	2100	29	569	12	205	—	—	22	474
	F	8	408	8	346	4	80	—	—	6	120
1972	I	29	1624	29	1015	6	120	—	—	—	—
	C	33	2002	32	617	20	355	7	140	24	481
	F	7	724	7	409	7	140	—	—	7	140
1973	I	70	4618	70	2536	39	840	—	—	—	—
	C	72	3823	61	1193	43	833	—	—	33	717
	F	22	1966	—	—	—	—	—	—	—	—
1974	I	110	8665	110	4478	64	1242	—	—	—	—
	C	64	3504	64	1474	39	846	—	—	46	1002
	F	41	4062	—	—	—	—	—	—	—	—
1975	I	175	11438	175	6466	73	829	—	—	—	—
	C	101	5652	96	2399	47	845	—	—	100	1391
	F	47	4796	—	—	—	—	—	—	—	—
1976	I	131	10502	130	6066	94	1198	—	—	—	—
	C	106	8133	106	4380	67	1342	37	720	85	1800
	F	22	1902	—	—	—	—	—	—	—	—
1977	I	25	2188	24	1098	20	376	—	—	—	—
	C	104	7636	102	4418	74	1545	82	1483	48	816
	Total	1703	109245	1347	45787	752	13302	147	2721	450	8356

4. 方法

4-1. 種の生活研究の根拠

生命に固有の物質代謝の生成が、非生物と生物を質的に区別する基本的な要素（本質）である。

また、「種」の生活を保障する基本的な要素、つまり物質代謝という特殊性から必然的に導きだされる種の生活の基本的属性は、動物では摂餌（捕食）・生長・増殖・行動・反応などである。そして、生物的生産過程の矛盾を典型的に内蔵する対象として、まず種の生活の過程をとりあげ、発育段階および生活年周期の各段階にしたがって質的に変化する種の生活様式の特徴を、本研究ではマイワシを対象にとりあげることとする。

「種」（マイワシ）の生活様式を把握するためには、マイワシ自身のもつ生活の暦（発育段階および生活年周期）によって、同一の運動法則に支配される集合体を区別して、その段階ごとの集合様式を明らかにして、それらの相互の連関・移行の過程を考察していかねばならないと、筆者は考えている。

そのような手続きをとることによって、マイワシの発育にともなう段階的な特性と房総およびその周辺海域へ来遊する具体的な魚群の集合様式を総体的に現わし得ると考えて、その発育段階ごとの集合様式を根拠として「生物と非生物（環境）との関係」、「種内・種間を含む生物と生物の関係」を考察することにした。その具体的な手続きは6-1項以下に示す。

マイワシ属はニシンとともに真骨魚類のなかでは進化の歴史の永い魚であり、その出現は地質年代でいう中世代・白亜紀・1億3千万年前にさかのぼる（井尻・友田 1974）。マイワシは永い進化の歴史のなかで、どのように環境に適応し、どのような生活様式をもつことによって現在まで存在し得たか？

筆者はその生活のしくみは、上述した手続きによって現在のマイワシの生活を発育段階ごとに、成魚では生活年周期ごとに解析していけば、環境への適応を内包した「生活の本質」をみつけだすことができるものと考えている。

本研究はこのような観点からマイワシ太平洋系群の生態学的根拠を明らかにして、当該資源の的確な予測と管理のために貢献することを目的としている。

4-2. マイワシ太平洋系群の生活に関する既往の知見

魚は摂餌しなければ生存できない。魚が餌を求めて回遊し、生涯の生活を完結することは生物として存在するための必然的な姿である。すなわち、日ごとの「生

活への努力の営み」がその魚の生存を保障し、成長を促し、発育を押し進めて成熟し、子孫を残す原動力となっている。マイワシは進化の歴史を通じて環境に適応し、自己の生活様式を築きながら分布・移動する。その回遊の基本が発育段階と生活年周期であり、それらは一定の環境条件を背景にして行なわれる。その結果として、マイワシはその種固有の生物学的特性を備えるようになると考えられる（ニコルスキー 1964, 渋谷 1960, 徳田 1957, 1963, 1970）。したがって、マイワシがなにを栄養として成長・発育し、どのような成熟過程をたどって子孫を残し、どのように環境に反応・適応して分布・移動するかを明らかにすることは、マイワシ個体群の存在のしかたを総体的にとらえることになる（佐藤 1964, 1965, 1966a, b, 1970, 1971）。そのため、この研究を展開する前提として、筆者は以下に現在までに得られたマイワシの研究成果を整理して、「マイワシの生活の仮説」にあたるものを提示しておきたい。

4-2-1. 栄養・摂餌

a. 卵・前期仔魚—自栄養時代—

産み出された未受精卵は直径1mmの球形をしており、卵内には卵黄が充満し、囲卵腔はいまだ狭い（卵径1.020mmの卵で、卵黄径は0.974mm）。精子は全長0.045mmで、長い尾をもつ（内田ほか 1958）。卵は分離性浮遊卵であり、放卵後ただちに受精する。受精卵は次第に囲卵腔が拡大し、卵径は1.5~1.75mmになる。卵黄は淡黄色で、細かい顆粒（径0.1~0.13mm）を示す。油球は1個（径0.15~0.2mm）で、ときに数個に分かれるものもある。油球は帯紅色、卵膜は水中でみると美しい虹彩を放つ。海中に浮ぶときは油球部を上、すなわち動物極が下になる。したがって、胚も下方に位置する。ふ化に要する時間はふつう50~60時間（水温15~20℃）である（内田ほか 1958, NAKAI 1962b）。

ふ化した仔魚は全長約3~4mmである。体は細長く、卵黄は体の前部約 $\frac{2}{3}$ の腹面を占め、油球は卵黄の後隅に位置する。肛門は体の後方より $\frac{1}{3}$ あたりに開いているが、口はまだ開いていない。仔魚は卵黄を栄養として、全長約5mmになり、ふ化後3昼夜内外で前期仔魚期を終る（内田ほか 1958）。

b. 後期仔魚—シラス期—

イワシ類では卵黄吸収時期（前期仔魚期）と摂餌開始時期の重複がみられず、後期仔魚になって口が開き、始めて外部から餌が摂れるようになるが、活動はいまだにぶい（本城・木立・鈴木 1966）。全長5.9mmの後期仔魚では上下顎がよく発達し、下顎前端は上顎後端より

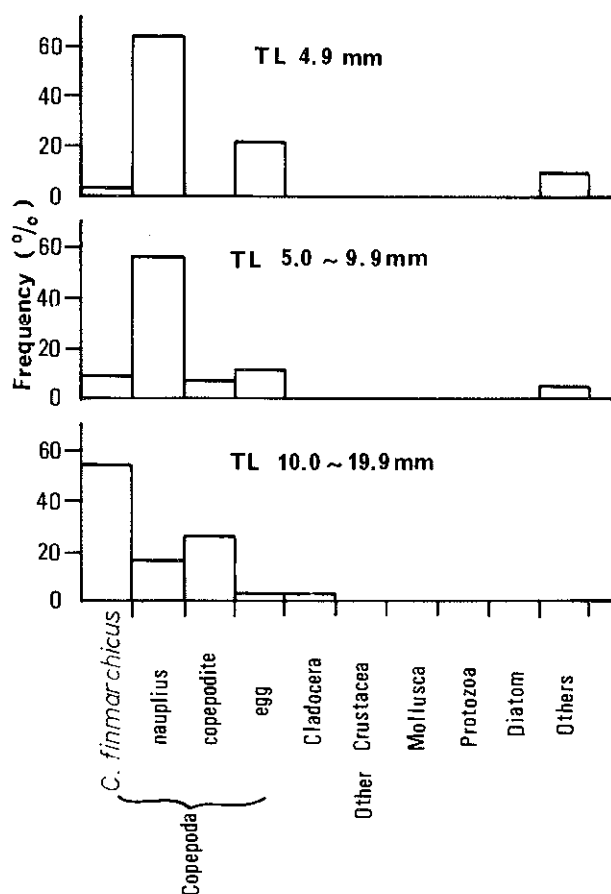


Fig. 5. Percent composition of the food of post-larval Japanese sardine, (after AGR. FISH. TECH. CONF., 1962)

やや前に突出し、口裂後端は瞳孔の後縁下に達する(内田ほか 1958)。この頃から本格的に自ら餌を求めるステージに入る。全長10数mmになると、沿岸域ではシラスとして船曳網漁業の漁獲対象となる。

全長5mm以下の仔魚は、Copepoda nauplius幼生と卵を餌としている。この両者の出現率は91%を占めている。全長5~10mmに成長した後期仔魚でも依然Copepoda naupliusが主な餌であるが、Naupliusの次の发育段階であるCopepoditeもかなり摂るようになる (Fig. 5)。餌生物の大きさは仔魚の大きさに比例しており、全長5.8mm以下の仔魚は体幅0.06~0.08mmのNaupliusを餌とし、全長11~14mmの仔魚は体幅0.2~0.3mmのNaupliusを餌としている (農林水産技術会議 1962)。

マシラスは午前5時から午後7時までの昼間に活発に摂餌し、夜間にはほとんど摂餌しない (農林水産技術会議 1962)。

遠州灘・駿河湾におけるCopepoda naupliusの分布量は沿岸部および沿岸水と黒潮の混合域に多く、黒潮

や親潮系水の中では少ない。また、それらは季節的には春季にもっとも多く、春シラス漁況との関連を伺わせる (農林水産技術会議 1962)。後期仔魚に達したマシラスが餌を摂り得る機会はこのCopepoda naupliusの分布に条件づけられてくる。シラスの摂餌量はCopepoda naupliusの多い海域で明らかに高く、飢餓を想定させる沖合域のシラスと沿岸域のそれとは明らかに肥満度が異なっている (NAKAI 1960, 本城・木立・鈴木 1966)。したがって、このステージに餌にありつけるか否かが生き残りの良し悪しを決定づけ (初期減耗)、この初期減耗の大小がマイワシ資源の増減を支配する1つの重要な鍵になっている。

全長20mm以上のマシラスは小型のCopepodaの成体を摂餌するようになる。

c. 稚魚 (カエリ)・幼魚 (ヒラゴ)・未成魚・成魚
マシラスは口を大きく開けて遊泳し、摂餌する。マシラスは餌をろ過する鰓耙が未発達であるが、幼魚 (ヒラゴ、体長5~8cm) になると、鰓耙も次第に形成さ

れ、植物プランクトンも選別できるようになる (中井 1938b, SCOFIELD 1934)。したがって、幼魚期以降は Copepodaなどの動物プランクトンのほかに、Diatomなどの植物プランクトンも摂れるようになり、雑食性となる。しかも、幼魚期から未成魚期のうちは動物プランクトンに依存する割合は高い(山下 1955, 木立 1968)。

成魚の胃内容物組成をみると、動物性の餌の占める割合は標本中の46%で、ほかのイワシ類 (カタクチイワシ, ウルメイワシ) と比較するともっとも低い。一方、植物性の餌の占める割合は34%で、イワシ類のなかでもっとも高い。成魚の主な餌生物の組合せをみると、Copepoda-Sagitta型が全体の29.4%を占めもっとも高く、次いでDiatom-Copepoda型が10.6%を占めている(木立 1968)。

このようにマイワシの食性は、発育あるいは生活年周期の相違にしたがって段階的に変化し、特徴づけられるものである。

4-2-2. 発生・成長

a. 卵・稚仔

マイワシは早いものでは10~12月に産卵するが、主として2~5月に産卵する。産卵場の水温は12~19℃であり(日水研 1954), 飼育実験結果によると、卵は平均水温が15.2℃, 17.5℃, 20.3℃のとき、それぞれ85時間, 56時間, 34時間でふ化する。マイワシの産卵は日没後数時間たった前夜半(午後10~12時)にもっとも盛んに行なわれる(伊東ほか 1954, 伊東 1958, NAKAI 1962b)。ふ化した前期仔魚は3~4日で全長約5mmに成長し、本格的に外部から餌を摂って生活する後期仔魚(マシラス)となる(内田ほか 1958)。マシラスは1~3か月たつと、色素が体側全体に広がり黒ずみ、鱗が頭部と各鱗を除いて体側全体を覆い、全長40~60mmの稚魚(カエリ)となる。さらに、ふ化後約半年を経過すると、体長5~6cmの幼魚(ヒラゴ)になる。

b. 幼魚期以降の成長

1949~1951年の漁獲物についてNAKAI and HAYASHI (1962)が示した日本産マイワシの成長式は $L_t = 22.39 \{ 1 - e^{-0.87(t - 0.0483)} \}$ L: 体長 (cm), t: 年令 であり、この成長式から導かれた年令別計算体長は Table 3のとおりである。

c. 成長の経年変化

NAKAI (1962a) は1930年代以降日本周辺から極東水域全体に広く分布していたマイワシの年令・成長について研究し、1938~1940年(昭和13~15年)の産卵群はⅢ年魚(平均体長18cm)が主体であり、漁獲量水準の減少 (Fig. 2参照)にともなってⅢ年魚の平均体長

Table 3. Growth of the Japanese sardine in 1949-50. (after NAKAI and HAYASHI, 1962)

Age	Mean body length (cm)
End of 0-age	12.63
I-age	18.29
II-age	20.67
III-age	21.67
IV-age	22.10
V-age	22.26
VI-age	22.35
VII-age	22.37

$$L_t = 22.39 \{ 1 - e^{-0.87(t - 0.0483)} \} \text{ cm}$$

L: Body length, t: Age (Year)

は1941年(昭和16年)以降次第に大きくなり、1944年(昭和19年)には20.5cmに達し、その後はほぼ安定しているとしている。このような漁獲量の減少にともなう成長度の増大および成魚(大羽イワシ)の分布範囲の縮小する原因として、NAKAI (1962c) は資源量の激減による餌料の相対的増加によると考えている。1950~1962年(昭和25~37年)に青森~千葉県沖で漁獲されたマイワシは、この期間においても第1~3年輪の形成された時点の体長が依然として大きくなり続けている (Fig. 6) (NAKAI and HAYASHI 1962, 近藤・堀・平本 1976)。この結果によると、1961年(昭和36年)にはⅡ年魚の平均体長は19cmになっており、産卵親魚群はⅡ年魚以上であると考えられるようになった(東海水研 1964, 近藤 1964)。

4-2-3. 肥満度・成熟

a. 肥満度

肥満度は $W = QL^k$ (W: 体重, L: 体長, k: 相対成長係数, Q: 定数) という相対成長式で $k \approx 3$ の場合のQのことをいい、kが一定ではければ用いられない。マイワシの場合、全体的には $k = 3$ とみなすことができる(伊東 1949, 久保・服部・川崎 1949)。

マイワシの肥満度 ($CF = \frac{W}{L^3} \cdot 10^3$, W: 体重, L: 体長) は季節的に増減し、未成魚・成魚にかかわらず夏季にもっとも増大し、冬季にもっとも減少している(木村 1935, 東海水研 1964)。また、成魚の産卵群を例にとった場合、海区別の差異が大きく、全体の変異の傾向として、肥満度は北方海区(東海区, 日本海中・北部)

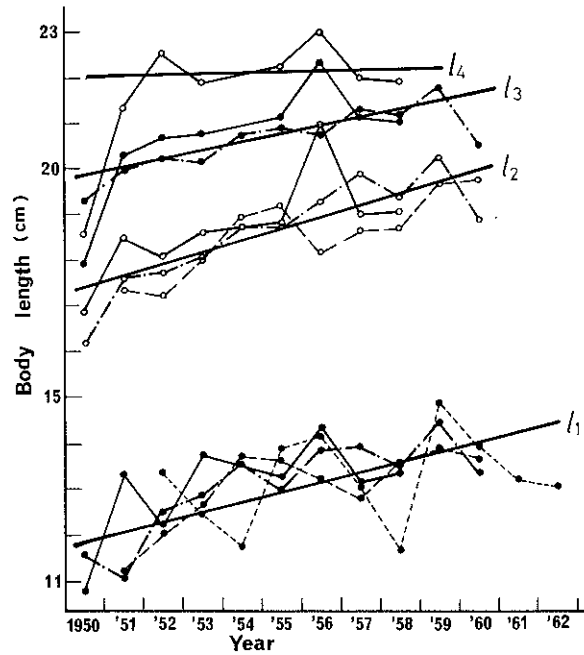


Fig. 6. Annual fluctuation in the mean body length of 1-to 4-year-old sardine for the Pacific sub-population, 1950-1962.

(after KONDO, HORI and HIRAMOTO, 1976)

- : 1-year-old
- : 2-year-old
- : 3-year-old
- : 4-year-old
- : Odd year-class
- : Even year-class

で大きく、南方海区で小さいとされている（石垣ほか 1959）。

b. 成熟係数・卵巣卵

マイワシの成熟状態は卵巣・精巣の重量 (GW, g) を測定し、これを体長 (L, cm) の3乗した値で割り、 10^4 倍した値を成熟係数 ($KG = \frac{GW}{L^3} \cdot 10^4$) で示している。生殖腺重量は普通10~12月には1g以下であるが、1月以降急速に増大し、3月には7gを超えるが、以後急速に減少して5月以降には再び1g以下になる (Fig. 7) (近藤・堀・平本 1976, 相川 1940)。

卵巣内の卵径を測定すると、0.4mm以下の卵群だけのものと、0.2~0.7mmにモードをもつものが現われてくる。さらに成熟が進むと、0.5~1.3mmにモードをもつものが現われてくる。それらをそれぞれⅠ卵群、Ⅱ卵群、Ⅲ卵群と呼ぶ (Fig. 8) (NAKAI 1962a, b)。Ⅰ卵群だけの卵巣は未熟期のものであり、Ⅱ卵群の卵径はほぼ0.4~0.6mmで安定しているが、Ⅲ卵群のそれは0.7mmから1.0mm以上へ次第に大きくなっていき、Ⅲ卵群の増大にともなって中熟期から前完熟期、完熟期へ移行し

ている。Ⅲ卵群は卵径のモードが0.9mmを超える頃からⅡ卵群と完全に分離して、卵径が1.0mm以上になったときにⅢ卵群だけ産卵するものと考えられている (宇佐美 1964)。また、卵径分布および卵巣卵の組織学的観察からみて、マイワシは多回産卵するものと考えられている (石田・鶴川・有田 1959)。

卵巣内Ⅲ卵群の卵径と成熟係数 (KG) の間には正の相関関係が認められる (Fig. 9) (平本 1973)。

宇佐美 (1964) はマイワシ卵巣卵がそれぞれの成熟階級を経過するに要する期間を次のように推定している。中熟期 (C, D-stage) から前完熟期 (E-stage) に要する日数は約30日かかり、前完熟期から完熟期 (F, G-stage) へは約20日かかるとしている。

4-2-4. 発育段階・生活年周期

マイワシは前項までに述べてきたように、卵として生みだされてから成魚になるまでに、段階的に形態的・生理的・生態的变化を示しながら発育していく。成魚となってからは、種個体群を維持するための「再生産過程 (産卵)」が生活の基本となり、体の肥満も産卵

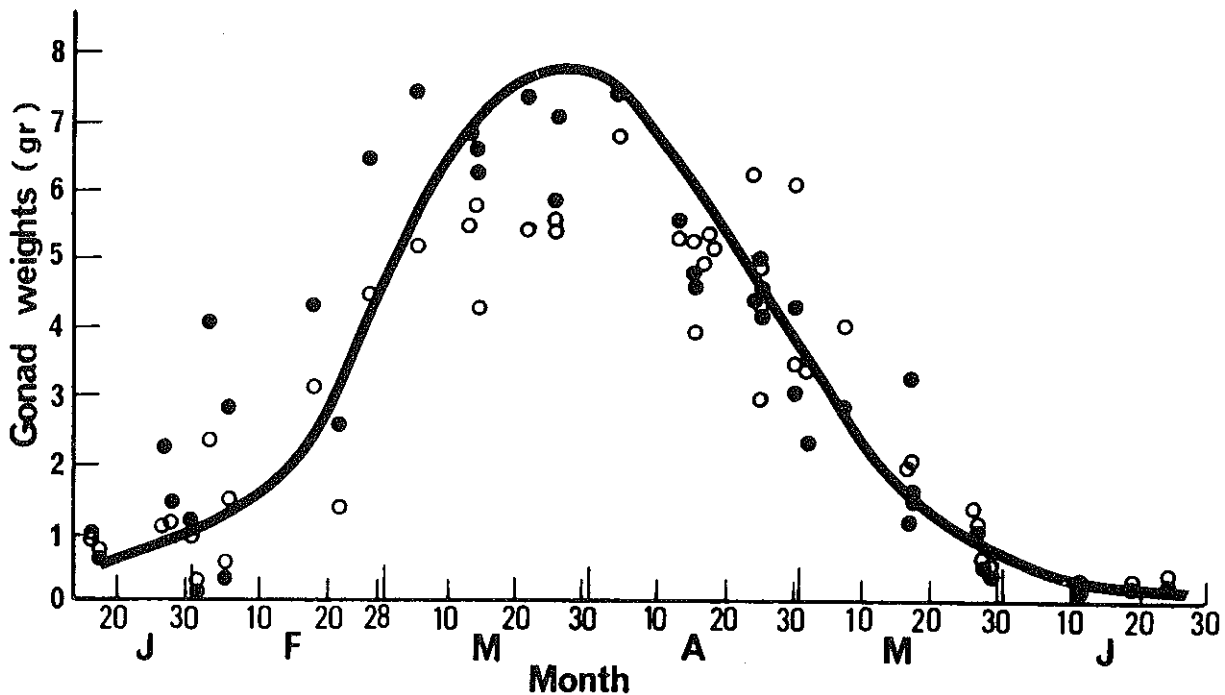


Fig.7. Seasonal fluctuations in the gonad weights of large-sized Japanese sardine caught in Jōban and Bōsō regions, 1974.

○ : Female, ● : Male

へ向けて栄養（生理）状態を整える過程として季節的に変化し、夏から秋へ向けての肥満度の高まりと、冬から春へ向けての肥満度の減少と生殖腺の成熟、そして産卵という「生活年周期」をもつようになる。マイワシの寿命は数年あり、I年魚（中羽イワシ）からすでに産卵に関与する群れも出てくる（平本 1973, 宇佐美 1972）。

筆者は従来の生活史研究から得られた生物学的知見を基にして、次のような発育段階・生活年周期を設定して、これを“マイワシの生活の仮説（マイワシの生活時間）”とする（科学技術庁資源局 1965, 近藤・堀・平本 1976）。なお、常陸・房総地方の漁業者が普通使っているマイワシの銘柄呼称は、マイワシの発育段階を適確に区別しているので、付記した。

- 卵期……産卵されてから、ふ化するまで
- 前期仔魚……ふ化後、卵黄から栄養を吸収している自己栄養時代のもの
- 後期仔魚……卵黄吸収後、全長40mmまでの、いわゆるシラス期のもの
- 稚魚……全長40～60mmの体色が銀白色になり、鱗もそろい始め集群性が出てきた、いわゆるカエリ期のもの
- 幼魚……成魚型の特徴を完全に具えてから小羽（体

長8～12cm）となるまでの時代で、カエリ期より感受性が強まり集群性も一段と強くなる、いわゆるヒラゴ（あるいはタツクチ）と呼ばれるもの

未成魚前期（小羽）……体長8cm以上12cm未満、生殖腺が未発達のもの。幼魚期よりさらに集群性が強まる。このstage以降、成魚期群までが主として旋網漁業の漁獲対象となっている

未成魚後期（中羽）……体長12cm以上18cm未満、生殖腺は発達し始めるが大部分のものは未成熟である。一部のは成魚へ転化し始める。体長17～19cmのものはニタリと呼ばれる

成魚（大羽）……体長18cm以上のもの、最大体長24cm、寿命はⅧ年魚位まで、以下に示す生活年周期をもつ

索餌南下群……夏の索餌期を終え、越冬・産卵回避へ向かう索餌期のもの。時期としては10～12月

産卵準備群……冬を越しつつ、生殖腺が次第に成熟しつつある群。時期としては12月～翌年1月

産卵群……生殖腺の熟度が最高に達し、再生産過程にあるもの。時期としては2～4月

索餌北上群……産卵後、または越冬後（未成魚）

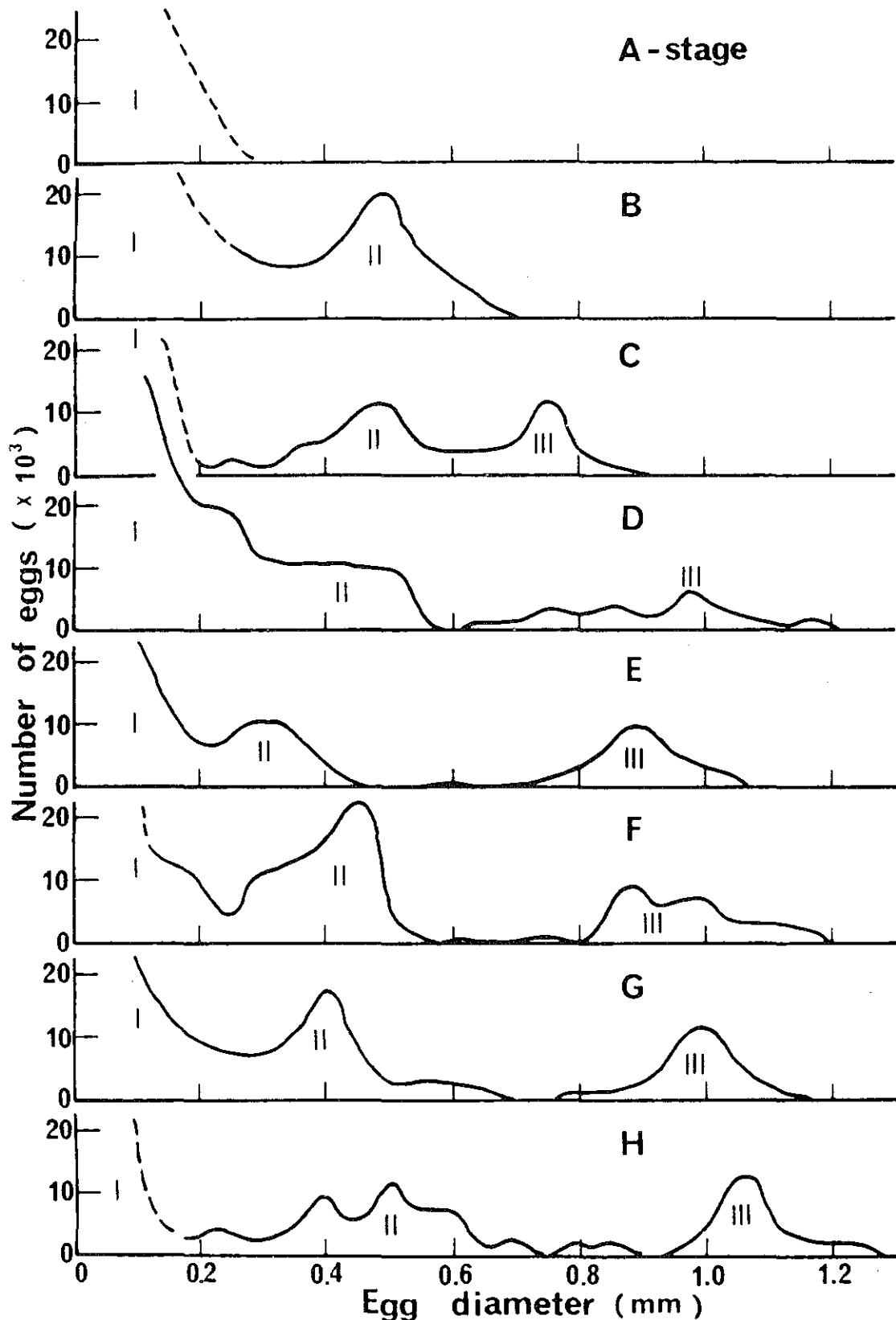


Fig.8. Frequency distribution of egg sizes of female Japanese sardine by maturity. A-H denotes the maturity stages of proposed definition by NAKAI(1962a,b). Roman numerals (I - III) show different size groups of eggs (1st egg group (I): small-sized egg, 2nd egg group (II): medium-sized egg, 3rd egg group (III): large-sized egg). (after NAKAI,1962b)

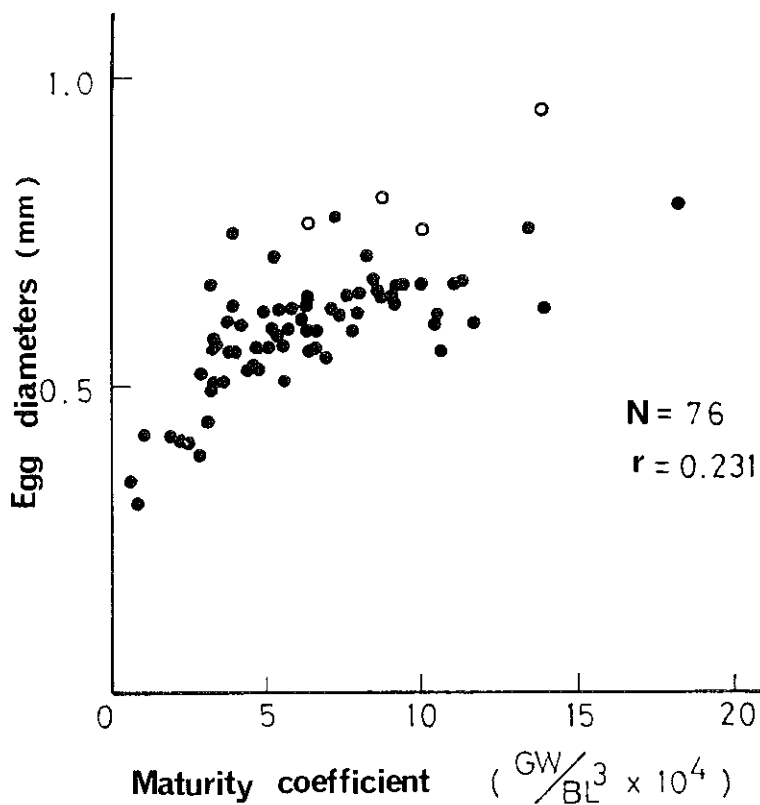


Fig.9. Relationship between mean egg diameter of the 3rd egg group (NAKAI 1962 b) and maturity coefficient (KG) of female medium-sized Japanese sardine. ○: Fully matured egg.

の索餌期のもので、地理的には北上回遊の過程にあるもの。時期としては5～8月。未成魚よりも沖合を北上回遊して、北海道東沖から年によっては南千島沖へ達する。索餌北上回遊への移行が遅れたもののなかには、犬吠埼沖から常磐南部沖の深層（水深200～300m）で夏を越すものもある

マイワシの生活は月別旬別海区別漁業種類別規模別といったような人間の作った区分でみている、その生活の本質が理解できない。なぜならば、そこには人間の経済活動による要因が混入するからである。したがって、「マイワシの生活」を解明するための時空間区分はマイワシの生活時間である上記の各発育段階と生活年周期を基準としなければならない。そして、同一発育段階・同一生活年周期にあるものが、いつ・どこに・どのように現われ、無機的环境(物理化学的環境)にどのように適応した生活を営み、種内・種間の生物と生物の関係はどのようになっているかを調査資料に

則って、それぞれの年の具体的な生活のあり方を海図上に示していく必要がある。したがって、本研究では1960～1977年に得られた調査結果に基づき、マイワシ太平洋系群の発育にともなう生活のあり方を示し、この項で立てた「マイワシの生活の仮説」を次章以下で検証することにした。

5. 房総およびその周辺海域におけるマイワシの発育

“マイワシとはどんな生活をしている魚か”ということは、その摂餌・成長・増殖・回遊・反応などの生物学的な基本的諸属性に具体的に現われてくる(4-2項参照)。種の特徴はこの基本的諸属性の統一の仕方が異なるところから、それぞれの種としての形態的・生理的・生態的な特殊性が生れてくる。また、親から生み出された卵、そして稚仔は環境に適応しつつ順次

發育し、發育にしたがって自己の生理的要求が異なり、環境への反応の仕方も異なってくる(近藤 1969)。したがって、種の發育段階ごとの諸属性が具体的に明らかにされるならば、その認識の段階に応じて、「種の生活に関する知見」は發展する。

筆者は本研究を進めるなかで、マイワシの發育と生活に関する諸知見を得たので、以下にその仮説の証明をする。

5-1. 摂餌—種類と量—

1974~1976年に房総およびその周辺海域に來遊し、集合したマイワシ太平洋系群未成魚・成魚の回遊群別餌生物の種類別リストはTable 4に示される。これによると、未成魚の主要な餌生物の種類は、北上群ではDiatomの*Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp., *Chaetoceros* spp., *Eucampia zoodiacus*, *Tropidoneis lepidoptera*, Protozoaの*Peridinium* spp., *Favella taraikaensis*, Copepodaの*Calanus finmarchicus*, 南下群・越冬群ではDiatomの*Coscinodiscus excentricus*, *C. asteromphalus*, *C. gigas*, *Coscinodiscus* spp., *Lauderia borealis*, *Chaetoceros* spp., *Eucampia zoodiacus*, *Biddulphia longicruris*, *B. aurita*, *Nitzschia seriata*, *Nitzschia* spp., Protozoaの*Dinophysis homunculus* var. *tripos*, *Peridinium* spp., Copepodaの*Calanus finmarchicus*である。

成魚の主要な餌生物は、索餌北上群では、Diatomの*Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp., *Lauderia borealis*, *Rhizosolenia alata*, *Rhizosolenia* spp., *Chaetoceros* spp., *Eucampia zoodiacus*, *Biddulphia longicruris*, *Pleurosigma* sp., *Nitzschia seriata*, *Nitzschia* spp., Protozoaの*Dinophysis homunculus* var. *tripos*, *Peridinium* spp., Copepodaの*Paracalanus parvus*, Copepoda nauplius, 越夏群ではDiatomの*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp., *Biddulphia longicruris*, *Nitzschia seriata*, Protozoaの*Dinophysis homunculus* var. *tripos*, *Peridinium oceanicum* var. *oblongum*, 索餌南下群ではDiatomの*Coscinodiscus oculus iridis*, *Coscinodiscus* spp., Protozoaの*Dinophysis homunculus* var. *tripos*, *Ceratium* spp. およびCopepoda nauplius, 産卵準備群ではDiatomの*Coscinodiscus* spp., *Lauderia borealis*, *Chaetoceros* spp., *Eucampia zoodiacus*, *Ditylum brightwellii*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, 産卵群ではDiatomの*Stephanopyxis palmeriana*,

Lauderia borealis, *Eucampia zoodiacus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pleurosigma* sp., Copepodaの*Calanus finmarchicus*からなっている。木立(1968)は1962—63年に仙台湾~房総海域で多獲されたマイワシ成魚の主要な餌生物としてCopepodaでは*Paracalanus parvus*, *Oncaea venusta*, *Microsetella* sp., *Corycaeus* sp., *Calanus finmarchicus*, Diatomでは*Coscinodiscus* spp., *Rhizosolenia* spp., *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira* spp., *Chaetoceros* spp., *Nitzschia seriata*, *Eucampia zoodiacus*などを挙げている。本研究における主要な餌生物の種類数は、木立(1968)のそれと比較すると、Copepodaでは少ないが、DiatomやProtozoaでは際立って多い。山下(1955)は九州西岸域のマイワシの食性変化を調査した結果、体長2~4cm(マシラス、カエリに相当する)では小型Copepoda, Lamellibranchia larva, Gastropoda larvaなどを主に摂っており、体長5~14cmの幼魚・未成魚ではCopepoda-Diatom型で、なかでもCopepodaが多いが、体長15cm以上になるとDiatom型になるとしている。

本研究における回遊群別のマイワシの食性を餌生物の生物群別に大別してみると、卓越生物群は未成魚・南下群、越冬群と成魚・索餌北上群ではDiatom型であるが、他の回遊群ではDiatom-Copepoda型となっている。また、卓越生物群に次ぐ生物群は回遊群それぞれの生活域を端的に反映した構成を示しており、生涯でもっとも黒潮系水寄りの混合水帯で生活する未成魚・北上群や成魚・産卵群のそれはProtozoa, Copepoda nauplius, 魚卵などからなり、一方比較的親潮系水寄りの混合水帯で生活する未成魚・南下群、越冬群のそれはCopepodaやEuphausiaceaからなっている(Fig. 10, Table 5)したがって、成魚の食性は、Diatom型の索餌北上群(5~8月)を除いては、すべてDiatom-Copepoda型となっており、木立(1968)の指摘するような索餌南下群(10~12月)の動物プランクトン食から、産卵準備群・産卵群の珪藻(Diatom)食への変化はみられなかった(Table 5)。また、本研究の観察では、1962-63年には同じ海域でマイワシ成魚が普通に摂食していた*Sagitta* (Chaetognatha) がまったくみられなかった。

マイワシ太平洋系群未成魚・成魚の回遊群別の餌生物を水塊指標種別に区別すると、Fig. 11に示されるようになる。これによると、総体的には暖海性プランクトンが25~82%を占め、寒海性プランクトンの3~38%や、その他の沿岸性プランクトンの14~42%を上ま

Table 4. Food of the Japanese sardine by different migrating clusters of the Pacific sub-population in Jōban and Bōsō regions, 1974 — 1976.

Northward migration cluster (Immature)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Skeletonema costatum</i>	+
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	R
C. spp.	+
<i>Rhizosolenia</i> spp.	R
<i>Bacteriastrum</i> spp.	R
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	R
Ch. <i>brevis</i>	R
Ch. spp.	C
<i>Eucampia zoodiacus</i>	C
<i>Ditylum brightwellii</i>	R
<i>Biddulphia longicruris</i>	R
B. sp.	R
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	R
<i>Thalssiothrix</i> sp.	R
<i>Tropidoneis lepidoptera</i>	+
<i>Nitzschia seriata</i>	R
Protozoa	
<i>Peridinium</i> spp.	+
<i>Favella campanula</i>	R
F. <i>taraikaensis</i>	+
Copepoda	
<i>Calanus finmarchicus</i>	+
<i>Paracalanus parvus</i>	R
Calanoidae	+
Copepoda nauplius	R
Fish egg	R
Southward migration cluster and Wintering cluster (Immature)	Relative abundance in the stomachs
Cyanophyceae	
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	R
Diatom	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	R
<i>Thalassiosira subtilis</i>	R
<i>Coscinodiscus excentricus</i>	+
C. <i>asteromphalus</i>	+
C. <i>gigas</i>	+
C. spp.	C
<i>Astromphalus heptactis</i>	R

Table 4. Continued.

Southward migration cluster and Wintering cluster (Immature)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Bacterosira fragilis</i>	R
<i>Lauderia borealis</i>	+
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	R
R. <i>styliformis</i>	R
R. <i>alata</i>	R
R. spp.	R
<i>Chaetoceros affinis</i>	R
Ch. <i>curvisetus</i>	R
Ch. spp.	+
<i>Eucampia zoodiacus</i>	C
<i>Ditylum brightwellii</i>	R
<i>Biddulphia longicruris</i>	+
B. <i>aurita</i>	+
<i>Rhabdonema</i> sp.	R
<i>Grammatophora marina</i>	R
<i>Licmophora paradoxa</i>	R
<i>Fragilaria oceanica</i>	R
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	R
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	R
Th. <i>mediterranea</i>	R
Th. spp.	R
<i>Asteionella japonica</i>	R
A. sp.	R
<i>Navicula distans</i>	R
<i>Tropidoneis lepidoptera</i>	R
<i>Nitzschia seriata</i>	+
N. spp.	+
Protozoa	
<i>Dictyocha fibula</i> var. <i>messanesis</i>	R
<i>Dinophysis ovum</i>	R
D. <i>homunculus</i> forma <i>pedunculatus</i>	R
D. <i>homunculus</i> var. <i>tripos</i>	+
<i>Peridinium pallidum</i>	R
P. <i>roseum</i>	R
P. <i>granii</i>	R
P. <i>depressum</i>	R
P. spp.	+
<i>Ceratium</i> spp.	R

Table 4. Continued.

Southward migration cluster and Wintering cluster (Immature)	Relative abundance in the stomachs
Protozoa	
<i>Favella campanula</i>	R
Globorotaliidae	R
Copepoda	
<i>Calanus finmarchicus</i>	+
<i>Paracalanus parvus</i>	R
Euphausiacea	
<i>Euphausia pacifica</i>	R
Northward migration cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	R
<i>Skeletonema costatum</i>	C
<i>Thalassiosira rotula</i>	R
<i>T. condensata</i>	R
<i>Coscinodiscus</i> spp.	C
<i>Lauderia borealis</i>	+
<i>Leptocylindrus</i> sp.	R
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	R
<i>R. delicatula</i>	R
<i>R. stolterfothii</i>	R
<i>R. styliformis</i>	R
<i>R. alata</i>	C
<i>R. spp.</i>	C
<i>Bacteriastrum</i> spp.	R
<i>Chaetoceros didymus</i>	R
<i>Ch. affinis</i>	R
<i>Ch. brevis</i>	R
<i>Ch. spp.</i>	C
<i>Eucampia zodiacus</i>	+
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	R
<i>B. longicruris</i>	+
<i>Hemiaulus hauckii</i>	R
<i>Climacosphenia moniligera</i>	R
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	R
<i>Thalssiothrix frauenfeldii</i>	R
<i>Asterionella japonica</i>	R
<i>Pleurosigma intermedium</i>	R
<i>P. elongatum</i>	R
<i>P. sp.</i>	+

Table 4. Continued.

Northward migration cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Nitzschia seriata</i>	C
<i>N.</i> spp.	+
Protozoa	
<i>Prorocentrum micans</i>	R
<i>Dinophysis homunculus</i> var. <i>tripos</i>	C
<i>Noctiluca scintellans</i>	R
<i>Pyrocystis lunula</i>	R
<i>Peridinium inflatum</i>	R
<i>P.</i> <i>depressum</i>	R
<i>P.</i> spp.	+
<i>Ceratium</i> spp.	R
<i>Favella campanula</i>	R
Copepoda	
<i>Calanus finmarchicus</i>	R
<i>Paracalanus parvus</i>	+
Calanoidae	+
Copepoda nauplius	+
Euphausiacea	
<i>Euphausia</i> sp.	R
Macrura larva	R
<i>Balanus</i> larva	R
<i>Doliolum</i>	R
Summering cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Skeletonema costatum</i>	+
<i>Bacteriastrum</i> spp.	R
<i>Chaetoceros affinis</i>	R
<i>Ch.</i> spp.	+
<i>Biddulphia longicruris</i>	+
<i>Rhabdonema adriaticum</i>	R
<i>Asterionella japonica</i>	R
<i>Pleurosigma</i> sp.	R
<i>Nitzschia seriata</i>	C
Protozoa	
<i>Dinophysis homunculus</i> var. <i>tripos</i>	C
<i>Peridinium oceanicum</i> var. <i>oblongum</i>	+
<i>P.</i> spp.	R
<i>Ceratium</i> spp.	R

Table 4. Continued.

Summering cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Copepoda	
<i>Calanus finmarchicus</i>	R
<i>Oncaea</i> sp.	R
<i>Microsetella rosea</i>	R
Calanoidae	R
Copepoda nauplius	R
Southward migration cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Coscinodiscus excentricus</i>	R
<i>C. asteromphalus</i>	R
<i>C. oculus iridis</i>	C
<i>C.</i> spp.	+
<i>Rhizosolenia</i> spp.	R
<i>Biddulphia aurita</i>	R
<i>Asterionella</i> sp.	R
<i>Pleurosigma intermedium</i>	R
<i>P.</i> sp.	R
Protozoa	
<i>Dictyocha fibula</i>	C
<i>Dinophysis homunculus</i> var. <i>tripos</i>	R
<i>Peridinium</i> spp.	R
<i>Ceratium</i> spp.	+
Copepoda	
<i>Paracalanus</i> sp.	R
Copepoda nauplius	+
Pre-spawning cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+
<i>Lauderia borealis</i>	+
<i>Rhizolenia fragilissima</i>	R
<i>R.</i> <i>setigera</i>	R
<i>R.</i> spp.	R
<i>Chaetoceros affinis</i>	R
<i>Ch.</i> spp.	+
<i>Eucampia zoodiacus</i>	C
<i>Ditylum brightwellii</i>	+
<i>Biddulphia longicruris</i>	R
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	C
<i>T.</i> <i>mediterranea</i>	R
<i>Asterionella japonica</i>	R

Pre-spawning cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Pleurosigma normanii</i>	R
Protozoa	
<i>Dinophysis homunculus</i> var. <i>tripos</i>	R
<i>Favella taraikaensis</i>	R
Spawning cluster (Adult)	Relative abundance in the stomachs
Diatom	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	+
<i>Coscinodiscus lineatus</i>	R
<i>C. asteromphalus</i>	R
<i>C. gigas</i>	R
<i>C. spp.</i>	R
<i>Lauderia borealis</i>	+
<i>Rhizosolenia</i> spp.	R
<i>Chaetoceros didymus</i>	R
<i>Ch. spp.</i>	R
<i>Eucampia zoodiacus</i>	C
<i>Biddulphia pulchella</i>	R
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+
<i>Pleurosigma</i> sp.	+
Protozoa	
<i>Peridinium depressum</i>	R
<i>P. spp.</i>	R
Copepoda	
<i>Calanus finmarchicus</i>	C
<i>Oncaea</i> sp.	R
Calanoidae	+
Copelata	R
Cirripedia larva	R
Fish egg	R

Notes; C: Abundant, +: Common, R: Rare

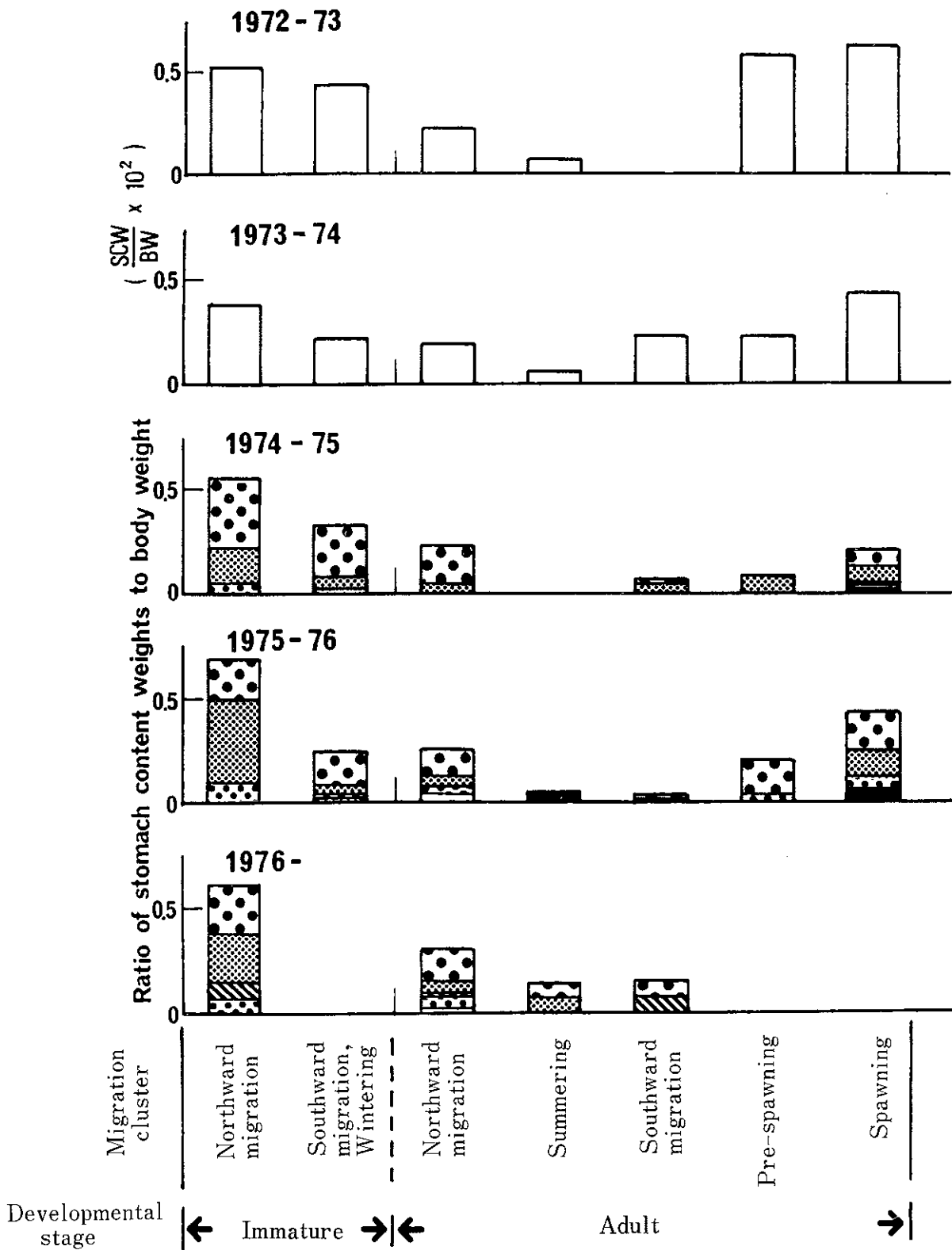


Fig.10. Comparison of the food components and the ratio of weight of stomach contents (SCW) to body weight (BW) among the clusters of the Japanese sardine during 1972-1976.

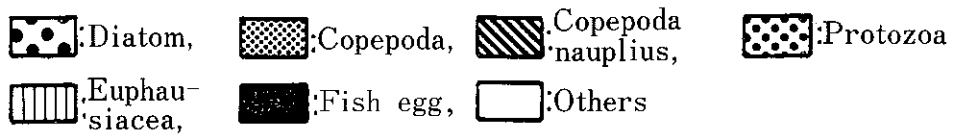


Table 5. Comparison of feeding rate and composition of food among the clusters of the Japanese sardine during 1972-1976.

Developmental stage	Migration cluster	Feeding rate ($\frac{SCW}{BW} \times 10^2$)		Dominant food organisms
		Range in %	Relative fullness	
Immature	Northward migration	0.4-0.7	Very rich	Diatom-Copepoda, Protozoa, Copepoda nauplius
	Southward migration and Wintering	0.2-0.4	Rich	Diatom, Copepoda, Euphausiacea
Adult	Northward migration	0.2-0.3	Medium	Diatom, Copepoda, Protozoa
	Summering	0.05-0.25	Very little quantity	Diatom-Copepoda, Protozoa
	Southward migration	0.1-0.4	Little	Diatom-Copepoda, Copepoda nauplius, Protozoa
	Pre-spawning	0.1-0.4	Medium	Diatom-Copepoda, Protozoa
	Spawning	0.2-0.6	Very rich	Diatom-Copepoda, Protozoa, Fish egg

わっている。回遊群別には、未成魚・北上群、成魚・索餌北上群、越夏群、産卵準備群および産卵群は黒潮系水寄りの混合水帯に、一方、未成魚・南下群、越冬群および成魚・索餌南下群は親潮系水の影響を受けた混合水帯で生活している姿が明らかである。

1972-1976年のマイワシ太平洋系群未成魚・成魚の摂餌量を標本群別の平均胃内容重量比で表わすと、Fig. 12に示されるように標本ごとにばらつきがあるが、たとえば成魚の摂餌量は季節的に冬～夏季に多く、秋季に少ない傾向が伺える。また、Fig. 10に示される回遊群別胃内容重量比 ($\frac{\text{胃内容重量(g)}}{\text{体重(g)}} \times 10^2$)の平均値からみた摂餌量は、未成魚・北上群でもっとも多く(0.4~0.7%)、次いで成魚・産卵群(0.2~0.6%)、未成魚・南下群、越冬群(0.2~0.4%)、成魚・索餌北上群(0.2~0.3%)、産卵準備群(0.1~0.4%)の順に多い。一方、摂餌量がもっとも少ないのは成魚・越夏群で(0.06~0.15%)、次いで成魚・索餌南下群(0.05~0.25%)で少ない(Table 5)。1962-63年の仙台湾～房総海域に現われたマイワシ成魚の摂餌量は索餌南下群に相当する10~12月よりも、産卵準備群、産卵群に相当する1~

5月に多く(木立 1968)、本研究の結果と完全に一致している。また、未成魚では摂餌量の多少によって、発育の差異が必然的に現われてくるが、詳細は5-6項で扱おうことにする。

5-2. 肥満度の季節変化

マイワシの肥満度は未成魚・成魚にかかわらず春から夏にかけて増大し、秋から冬にかけて減少する(木村 1935, 東海水研 1964, 近藤・堀・平本 1976)。1972-1977年の標本群別平均肥満度の季節変化を経年的に比較すると、発育段階別(未成魚・成魚)および年別に若干の差異がみられる(Fig. 14)。すなわち、周年を通じて成魚の肥満度は、未成魚のそれを若干上まわっている。成魚の肥満度が最大となる月は、1973年、1974年、1976年では8月(索餌北上群)、1975年、1977年では9月(越夏群)になっている。未成魚の肥満度が最大となる月は、1973年、1975年、1977年では9月、1974年では8月になっている(いずれも北上群に相当する)。未成魚の肥満度の増大期の差異は、一部の群はその年に成熟するので、後述の成熟過程の季節的な遅速と密接に関連している(5-5, 5-6項参照)。

マイワシ太平洋系群未成魚・成魚の漁獲時刻別の摂

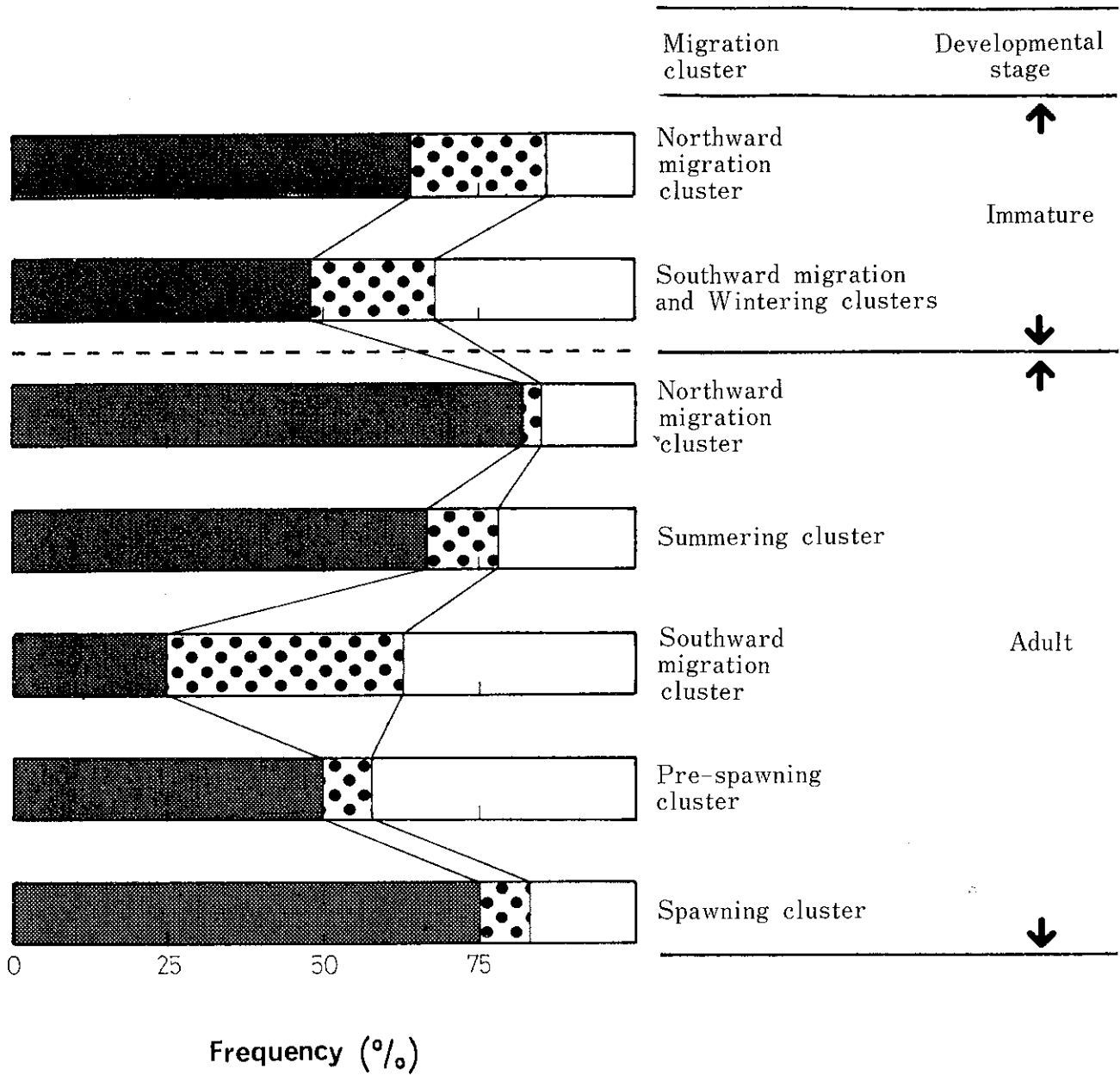


Fig.11. Changes in the composition of indicator plankton species numbers fed by each cluster of the Japanese sardine in Jōban and Bōsō regions.

■ : Warm-waters species, ▨ : Cold-waters species, □ : Others

餌量を回遊群別にみると、おおむね06~15時にもっとも活発に摂餌し、夜間には不活発であり (Fig.13), マサバ・サンマ・イワシ類のような暖水性表層回遊魚の摂餌活動は通常日中に行なわれるという見解と一致している (米田・吉田 1955, 川崎 1977)。

以上述べたような餌生物組成や摂餌量は、餌生物との出会いという偶然性をはらみながら、それぞれマイ

ワシ太平洋系群の発育段階、あるいは生活年周期の相異にしたがって段階的に変化し、特徴づけられている。このことは、マイワシが諸感覚器官をつうじて環境に反応し、自己の生活に必要な環境を求めて積極的に索餌回遊を行なっている事実を示唆している (ELTON 1971, ニコルスキー 1964, 近藤・堀・平本 1976)。

また、成魚の肥満度が最小となる月は、1973年、1974

年, 1975年では2~3月, 1976年, 1977年では3~4月で, いずれも産卵群に相当している。未成魚の肥満度が最小となる月は, 1972-73年, 1973-74年, 1974-75年では12~2月, 1976年, 1977年では2月で, いずれも越冬群にあたる。

肥満度の季節変化はマイワシの栄養状態(生理状態)を端的に表わしているものと考えられるが, 成魚の産卵期前後では生殖腺重量が体重の15%以上に達し, 摂餌も活発になるので(前項参照), 肥満度が純粹に魚の肥り具合を表現しない場合が生じる(近藤・堀・平本1976)。そこで, 肥満度の代わりに体内の粗脂肪含有量が魚の生理的条件を知る重要な数値として用いられる(網仲1974)。マイワシ成魚の粗脂肪含有量(率)は索餌北上群では10~25%で, その末期にもっとも高く, 索餌南下群では10~18%, 産卵準備群では5~15%と次第に低くなり, 産卵群では3~5%の最低値を示している(Fig. 15)。このように, マイワシ成魚の脂肪分は産卵過程で生殖素に吸収されていき, 産卵の準備態

勢が整うようになることが明らかである。

なお, 生殖腺の成熟にともなって体脂肪量が徐々に減少してくるこのような現象は, イカナゴやニシンやベニマスなどの魚種でも知られている(関口1977, LOVE 1970)。

5-3. 脂肪含有量の段階区分

脂肪含有率も魚の生活諸条件にとって重要な数値であり, 体内に含まれる脂肪量, 器官や組織への脂肪の配分の仕方, その季節変化は魚と環境との相互関係の仕方と密接に関連して, 魚の生活諸条件の変化によって適応的に変化する。したがって, 脂肪含有量の変動は, 魚とその生活諸条件の状態の変化を反映するものと考えられる。とくに, マイワシの場合, その摂取脂肪量の大部分はエネルギー源となると考えられるので, 発育と直接関連している(工藤1977)。魚の脂肪が摂餌期に内臓部に相当量蓄積され, 容易に遊離されるので, 魚の脂肪含有量は内臓(あるいは消化管)付着脂肪量の全体重に対する百分比で表わしている。この数値は

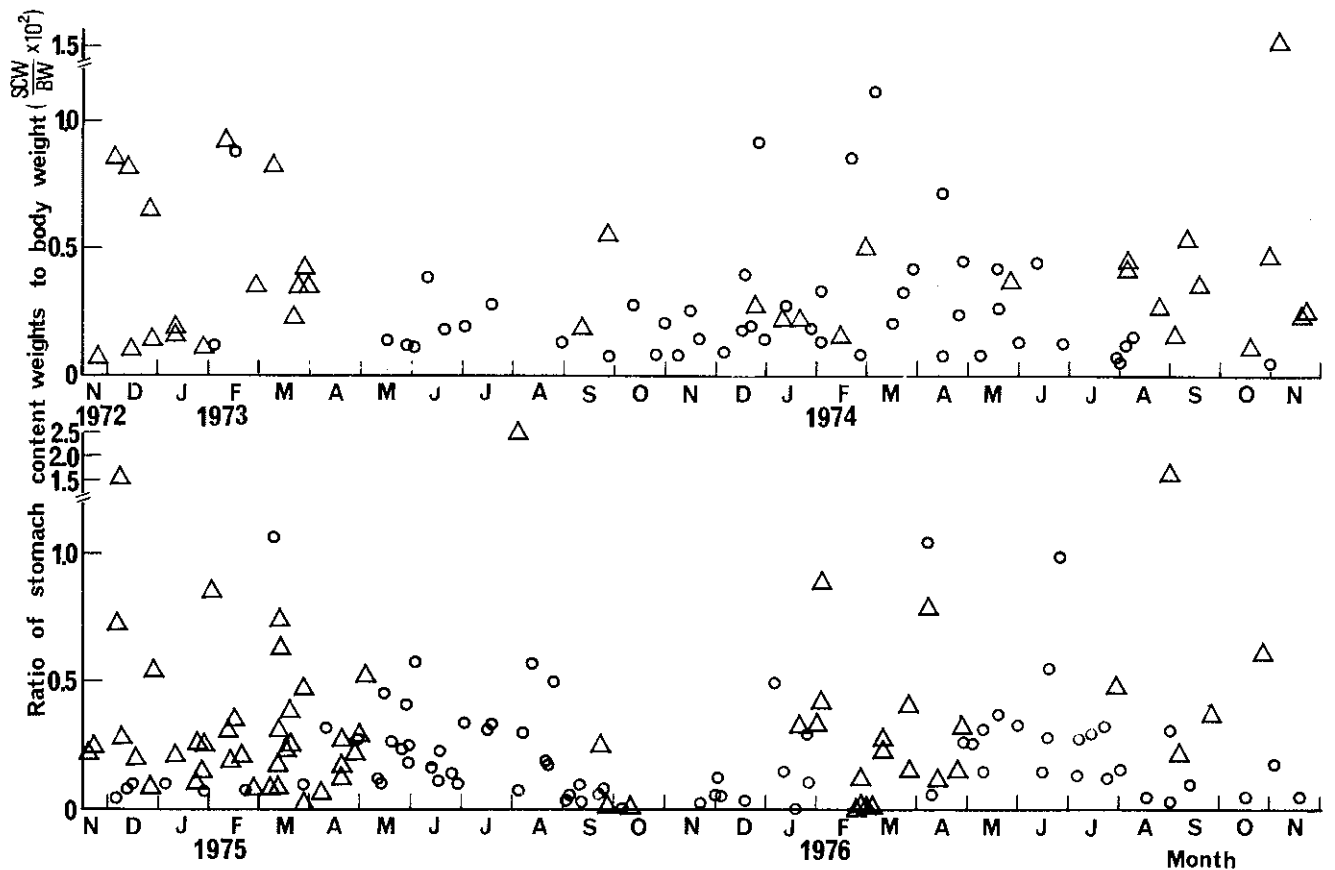


Fig. 12. Seasonal changes in the ratio of weight of stomach contents (SCW) to body weight (BW) in the Japanese sardine in Jōban and Bōsō regions from 1972 to 1976.

△: Immature, ○: Adult

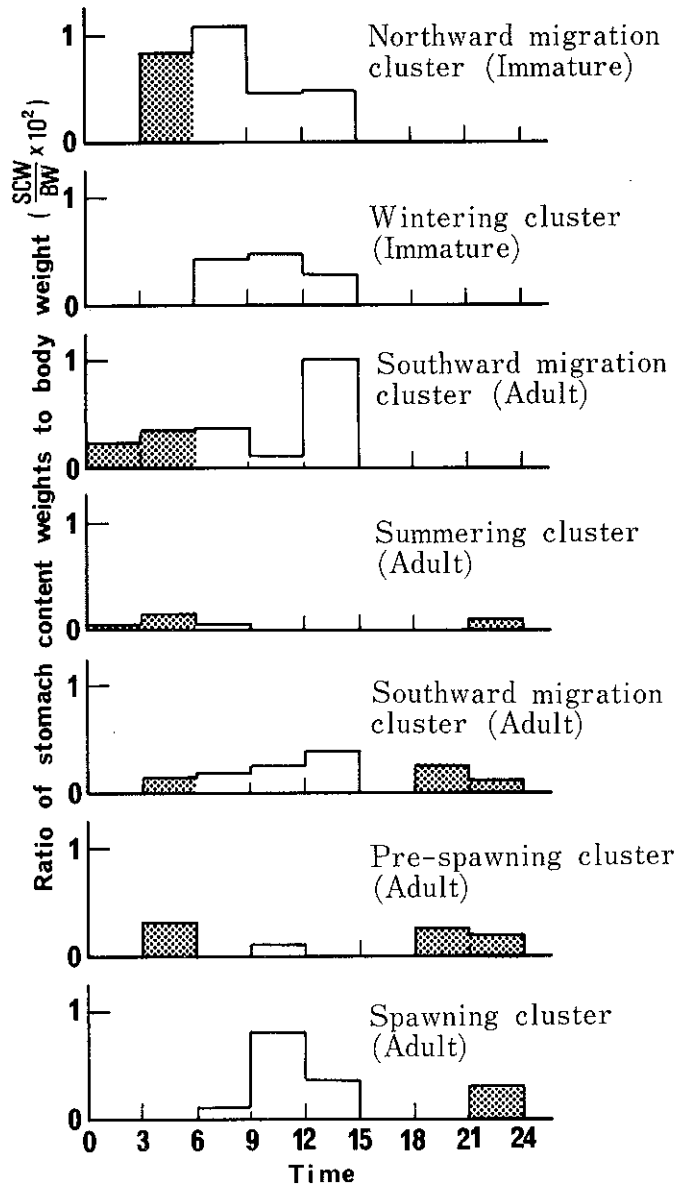


Fig.13. Feeding time of the Japanese sardine by each cluster in Jōban and Bōsō regions.

▨:Feeding at night □:Feeding in the daytime

魚の可食部脂肪含有量^{*}と正比例し、次式で表わされる (Fig. 16)。

$$Y = 3.4413X + 5.0237 \quad (r = 0.936)$$

ただし、Y : 可食部粗脂肪量 (%)

X : 内臓付着脂肪量 (%)

HJORT (1914) はニシンの脂肪含有量を表わすのに、

解剖した魚だけを手掛りにして決める一種の脂肪含有量段階区分法を提案した。さらに、プロゾロフスカヤは、カスピ海産ウオーブラ *Rutilus* について詳細な脂肪含有量段階区分を用いた (ニコルスキー 1964)。

筆者はマイワシの胃を中心とした内臓部の付着脂肪量について、次の7つの階級区分を設定した (Fig.17)。

階級0 : 胃および内臓部に脂肪の付着はまったくみられない。

*ソックスレー法によりエチル・エーテルで溶解して定量した。

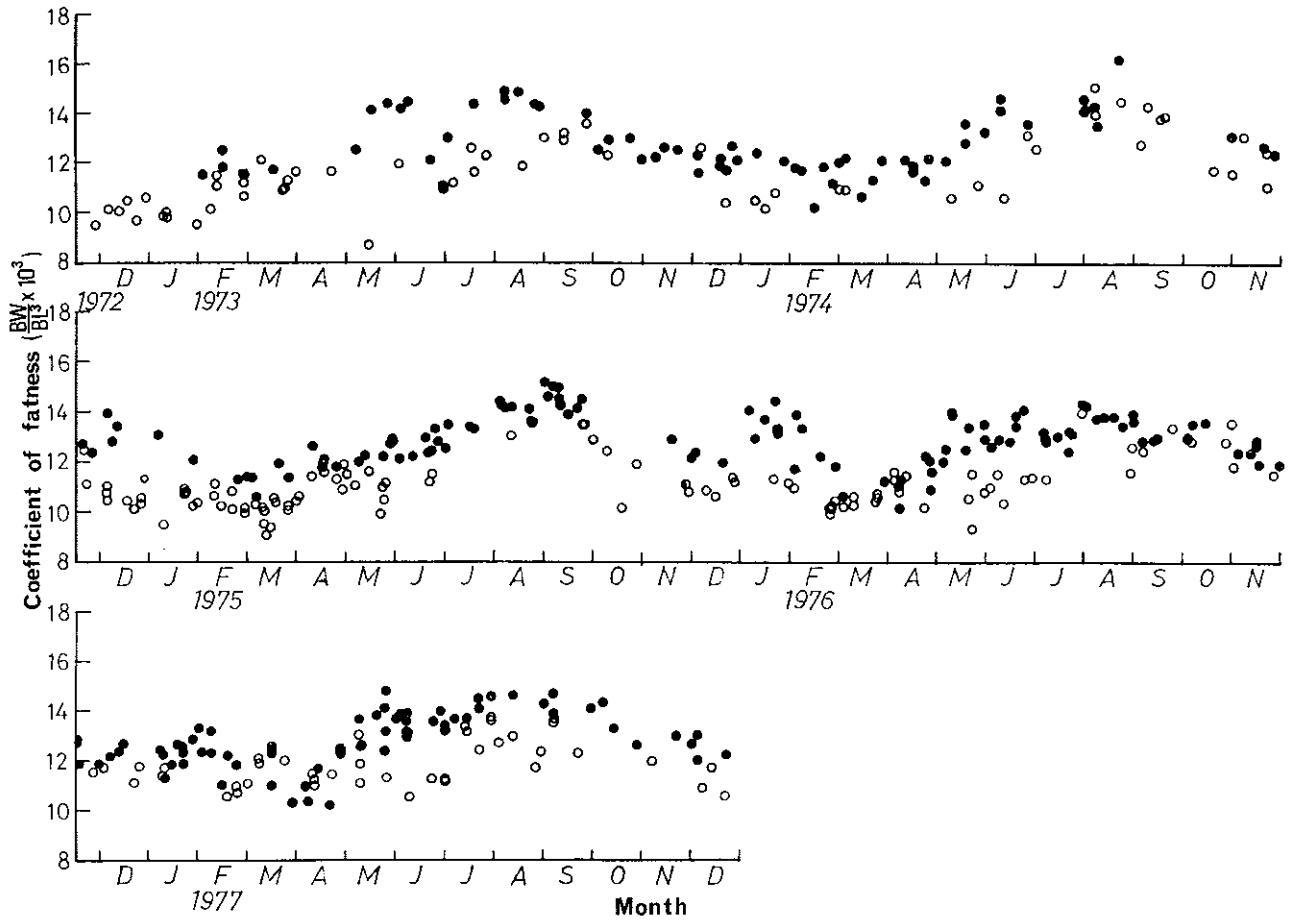


Fig.14. Seasonal changes in the mean coefficient of fatness $(BW/(BL)^3 \times 10^3)$ of the Japanese sardine in Jōban and Bōsō regions, observed from December 1972 through December 1977. ○ : Immature ● : Adult

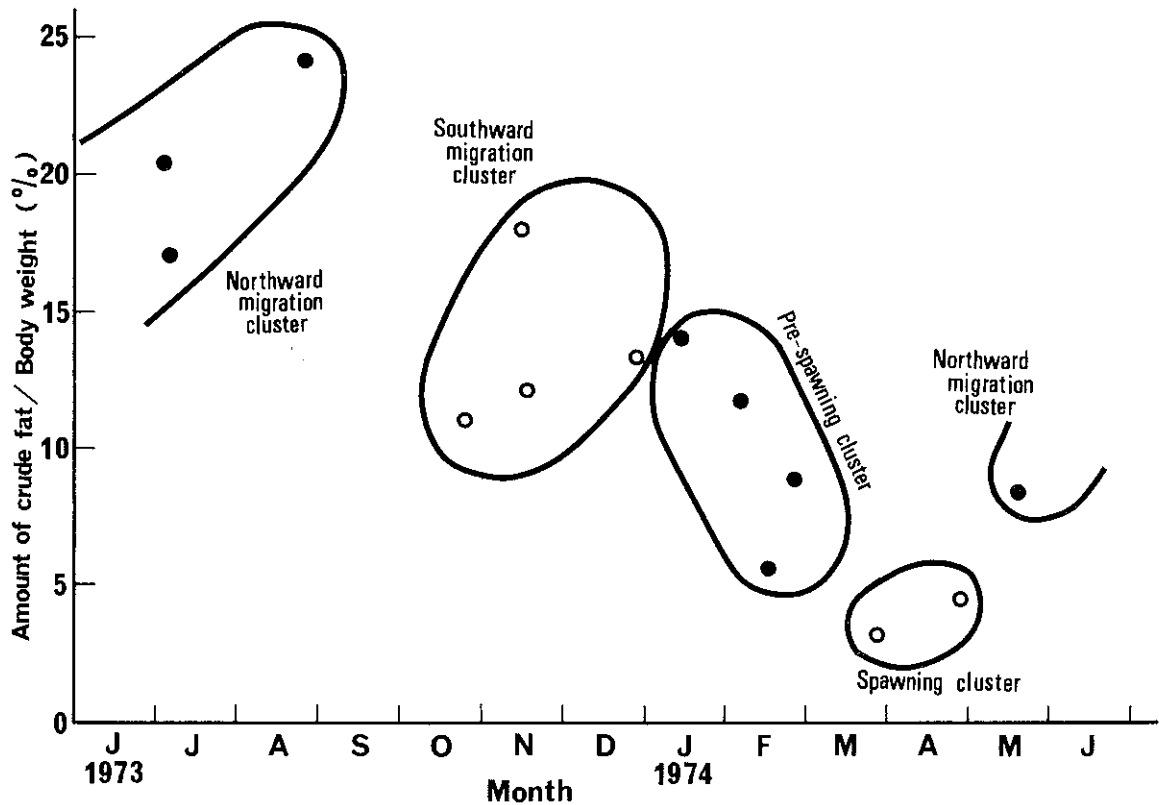


Fig.15. Fat deposition in the adult Japanese sardine by each migration cluster in Jōban and Bōsō regions, observed from June 1973 through May 1974. (after AMINAKA, 1974)

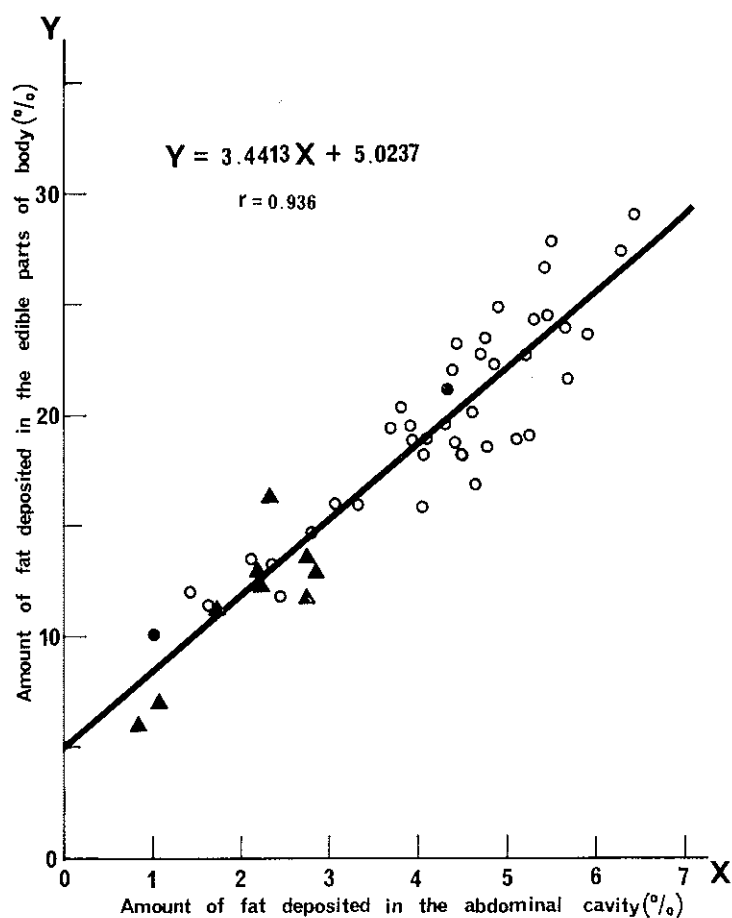


Fig. 16. Relationship of fat depositions between abdominal cavity and the edible parts of body in the Japanese sardine.

●: Large-sized fish, ○: Medium-sized fish, ▲: Small-sized fish

階級Ⅰ：胃の盲嚢と幽門部に細い条状に脂肪が付着している

階級Ⅱ：胃にひも状に脂肪が付着している

階級Ⅲ：胃に付着している脂肪はややたわわになり、腸部にもひも状に脂肪が付着するようになる

階級Ⅳ：脂肪は盲嚢と幽門部をほぼ覆う

階級Ⅴ：脂肪は完全に胃全体を覆い、さらに腹腔壁にもうすく幕状に覆うようになる

階級Ⅵ：脂肪は胃全体を覆い、さらに腹腔壁面に層をなして付着している

脂肪含有量は階級Ⅰ～Ⅳでは階級別にはっきりと分離しているが、階級Ⅴ～Ⅵではばらつきが目立ってくる。したがって、Fig. 17に示される脂肪含有量階級区分は脂肪量が比較的少ない段階ではマイワシの体内に含まれる粗脂肪量を十分に反映しているものと考えられる。

5-4. 成長

一般に魚は春から夏を通じて秋の初めまでに大きく成長し、冬の間には成長がほとんど止まり、越冬または産卵したのち再び翌年の成長期に入る。これは自然界の季節変化に適応した生物に共通した生活の在り方である。この成長の季節変化は鱗・耳石・脊椎骨・鰭条などの成長に刻みこまれているので、それらの硬組織の成長帯と成長休止帯が観察される。成長休止帯が季節的に一定時期に形成されることが証明できれば、魚の年齢は推定できる。マイワシの場合は鱗に年1回形成される冬輪が証明されている(東海水研 1955, NAKAI 1962c)。

幼魚期以降のマイワシの成長を、最近の卓越年級群の1つである1972年級群(昭和47年生まれ)を例にとると、次のようになる。1972年生まれのマイワシは、