

日水研年報, (6): 1-16, 1960.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (6): 1-16, 1960.

利用度の変動及び再生産曲線からみた 日本海イワシ資源についての知見

山 中 一 郎

Some Aspects of the Population Dynamics of Sardine (*Sardinops melanosticta* T. & S.) from the Viewpoint of the Availability and the Reproduction Curves

BY

ICHIRO YAMANAKA

Abstract

(1) *Introduction* The discussion of the same author on the same project which he has published in the "Progress Report of the Cooperative Iwashi Resources Investigation, 1954" was amended and supplied.

(2) *The diagnose on the population status by means of the availability analysis.*

(1) *Method of estimating availability;*

The fundamental equation which shows the relationship between total mortality coefficient Z , fishing efforts X , natural mortality coefficient M , and availability r has the form as follows.

$$Z = M - \log[re^{-qX} + (1-r)] \dots\dots\dots(1)$$

Both Z and X are known. The geometric average of r can also be considered as one of the unknowns as well as M and q . Therefore they can be solved numerically by trial-and error so that the sum of the squares of the residuals becomes minimum.

By the formulae (2) through (4), the availability of each season r_i can be obtained by the average availability \bar{r} and the residual of each season δ_i .

The tables 1 and 2 show the values of X and Z of the western part of the Japan Sea; and Tables 5. and 6 do those of the northern part respectively.

The increase of the efforts in the western part includes those of the surrounding nets, of which efforts were converted into those of the gill nets by standardizing the effort. The values of the Y thus computed are tabulated in the Tables 10 and 11.

(a) In the western region, the amount of the fishing effort can still be increased by about 50 % bigger than the present level in order to attain the maximum value of Y/R . However, as the increment of Y/E is only 14 % in this case, it is unpreferable to increase the fishing effort from the economical viewpoint. The situs does not change widely even when the value of the availability is as big as one.

(b) In the northern region, the fishing effort can be increased, if the recruitment

can be kept as big as the level of the early 50's. But when the value of the availability is close to one, the increasing of the efforts does not cause any significant increase of the value of Y/R ; namely, when $r=0.5$, the increase of X from 500 to 1,000 makes the value of Y/R as big as 1.6 times; while when $r=0.5$, it does only 1.1 times as big as the present level.

(3) *Discussion of the causes of the variation of recruitment.*

The large sardine fisheries in the Japan Sea has mainly the two-age fishes as the first capture. As for the cause of the fluctuation of the recruitment, (a) the exploitation of the younger fish, and (b) the population size which generates the resulting year classes, are considered.

(a) *The effect of the catch of zero-age-fish.*

No significant correlation was found between the catch of zero-age-fish and the value of catch per effort of the two-age-fish belonging to the same year class. The catch of zero-age-fishes increased rapidly after 1955. But the data of the year class size is available only up to 1956.

(b) *The population size of the spawning adult and the amount of the recruiting year class.*

The relationship between the population size of the parent stock P and that of the year class generated by it Q can be expressed by RICKER, as,

$$Q = APe^{-bP} \dots\dots\dots(8)$$

or

$$\log \frac{Q}{P} = \log A - bP \dots\dots\dots(10)$$

The value of Q can be maximum when $p=1/b$.

The values of P , Q , Q/P are tabulated in the Table 12. The significant relationship was found only in the northern part of the Japan Sea.

(ii) *The values estimated;*

Tentatively, the values of q and be obtained by the formula (5), The values of M and r , and the resulting values of $\sum \delta_i^2$ are tabulated in the Tables 3 and 7.

Namely, the most probable values of M , r , and q are,

$M=0.2$	$r=0.6$	$q=2.038 \times 10^{-6}$	(western part)
$M=0.4$	$r=0.5$	$q=1.341 \times 10^{-6}$	(northern part)

The computed values of the availability of each specific year are tabulated in the Tables 4 and 8.

(iii) *The change of the exploitation rate with that of the availability;*

The exploitation rate of the partially available population includes the value of r as a factor which affects E (exploitation rate) directly. Therefore, even if no remarkable variation exists in the amount of the fishing efforts, the change of the availability causes the change of the exploitation rate. In the Table 9 the practical values were tabulated.

The value of the availability correlates as significantly as the amount of fishing efforts to the exploitation rate in the western part of the Japan Sea. While in the northern part of it, the latter hardly correlates to the exploitation rate. Namely,

in the western part;	$R(X, E)=0.88$, $R(r, E)=0.84$
in the northern part;	$R(X, E)=0.38$, $R(r, E)=0.96$

The average value of the exploitation rate in the western Japan is 41 %, while that in the northern part is 16 %.

(iv) *The equilibrium yield per recruitment;*

The amount of the equilibrium yield per recruitment can be expressed, when the value of the availability is constat, as

$$Y = \frac{rqX}{qX+M} [1 - e^{-(qX+M)}] [1 - e^{-Zw_1} + e^{-2Zw_2} + \dots] \dots\dots\dots(7)$$

Here, w_1 w_2 and so on are the body weight assuming the weight of the first capture

as one. In the practical example, $w_1=1.36$, $w_2=1.46$, and $w_3=1.58$.

Although no data can be available to discuss the conditions in 1930s when the sardine fisheries were thriving, the recent data show that the stock size in the Japan Sea in 1950s is not so serious to decline the reproduction itself. It is the strength of the entering year class which is scanty now, and not the amount of the spawning adults.

(c) *The amount of the larvae and the entering year class.*

The same relationship was detected between the abundance of larvae (expressed in the number of catch per towing net) and the year class strength. The same type of the curve could be drawn. The amount of the survived larvae seems to be scanty to maintain the year class optimum.

I. 緒 言

著者等(1957)は、さきに日本近海のマイワシ (*Sardinops melanosticta* T. et S.) の資源について、“現在(1954)程度の漁獲は、資源に対して、加入量あたりの生産量にも、また次代の再生産力に対してもとくに強大で、それを悪化させるような圧力を及ぼしているとは考えられない、そして利用度の影響が漁獲量に大きく作用している”ということをおのべた。

しかし、この報文(以下前報と記すことにする)発表当時は、利用度の変動、再生産等を扱うための資料が不十分であり、十分な検討を行うことができなかったため、その後得られた資料を併せて再び検討をおこない、日本海域のマイワシについて前報の所論に修正補足を試みた。前報発表後著者によせられた各位の御批判、御教示を多とするものである。

II. 利用度の変動を考えに入れた資源の現状診断

(1) 利用度の推定法

資源の一部のみが利用される場合の減少係数を示す基本式は WIDRIG (1954) により

$$Z = M - \log[re^{-qX} + (1-r)] \dots\dots\dots(1)$$

として示される。この記号については、概ね HOLT その他(1959)、による国際的申合せによつた。

本文中で用いられるもののみについては

N ……資源尾数 P ……資源重量 C ……漁獲尾数 Y ……漁獲重量 Z ……全減少係数
 F ……漁獲係数 M ……自然死亡係数 w ……体重 t ……時間 w_0 ……漁獲開始体重
 X ……努力量 q ……catchability coefficient (漁具能率係数)

このほか、申合せの外に r ……利用度がある。

M , q 及び各漁期の利用度を求めるには、著者(未発表)がカリホルニヤ・サージン(*Sardinops caerulea*)の利用度を推定するに用いた方法を使用した。すなわち、利用度の幾何平均値 \bar{r} を M , q とともに Z , X を既知数とする1組の方程式の未知数とし、この最確値、及び各々の観測方程式の残差 δ_i を求め

$$\delta_i = -\log \frac{\delta_i}{r_{i+1}} \dots\dots\dots(2)$$

すなわち

$$\left. \begin{aligned} \log r_2 &= \log r_1 - \delta_1 \\ \log r_3 &= \log r_2 - \delta_2 = \log r_1 - \delta_1 - \delta_2 \\ &\vdots \\ \log r_n &= \log r_1 - \sum_{i=1}^{n-1} \delta_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

したがって、

$$\log r_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \log r_i}{n} + \frac{\sum_{K=1}^{n-1} \sum_{i=1}^K \delta_i}{n-1}$$

$$= \log \bar{r} + \frac{\sum_{K=1}^{n-1} \sum_{i=1}^K \delta_i}{n-1} \dots\dots\dots(4)$$

……以下 $\log r_2$ $\log r_3$ …… も同様にして求めることができる。

しかし、上の方程式(1)は非線型であるため、試行錯誤によつて数値的に最確値を求めなければならないので、観測数 n の値が少い場合には、信頼性の高い推定値を得ることができない。それで前報では、これを直接に求めることをやめ、 Z と X との直接回帰 (BEVERTON 1952) を基本方程式とし、これを最小自乗法によつて解いて得られた残差から、相連する2つの漁期の利用度の比を求め、ある基準年次の利用度に対する相対比のみを求めたのであつた。しかし n が十分大きければ数値解が可能となる。

1951～59年の日本海西区及び北区の大羽イワシについて、年令組成、努力当年令組成、減少係数、努力量およびこの方法によつて利用度を求めた。

この場合の努力量は、日本海北区では流網の航海数を用いた。西区では、従来大羽イワシの最重要漁具であつた流網が巾着網にかわりつつあるので、努力量を計算するばあい、全漁具を合計した2才以上の総漁獲量を、流網のみの努力当り漁獲量で除して、有効努力量の推定値とした。すなわち、流網を基準とした努力量に換算した。

(2) 推 定 値

a 日 本 海 西 区

Table 1. Western Japan Sea, age composition of sardine landing

日本海西区 イワシ年令組成 (全漁具)

単位 10⁶尾
Unit 10⁶

Year	Total	0	I	II	III	IV	V	VI
1952	5,698	5,468	16	33	108	13	5	0.3
53	8,963	8,582	139	121	80	60	1	
54	6,214	5,368	383	357	91	14	3	0.2
55	10,352	9,862	299	154	39	5	2	2
56	13,224	12,877	116	384	310	27	8	2
57	12,200	11,231	269	410	220	63	6	1
58	7,092	6,271	375	378	45	13	8	0.1

landing by gill nets (同流網のみ)

year	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
51	89.9	41.6	7.3	4.4	0.9		
52	100.6	130.6	32.2	6.2	0.4		
53	110.0	74.2	59.8	1.1			
54	132.3	78.9	11.2	2.4			
55	114.3	35.3	6.2	1.3	0.59	0.62	
56	148.1	117.7	11.0	4.3	0.03		
57	74.2	105.9	33.0	2.9	0.07		
58	100.9	26.8	8.6	4.6	0.02		
59	35.0	32.0	7.3	1.6	0.24		

Catch per trip (gill nets) 流網1 流海当り

単位 1,000尾
Unit 1,000

Year	II	III	IV	V	VI	II*	III*
51	3.39	1.57	0.23	0.17	0.03	5.39	2.00
52	2.23	2.91	0.72	0.14	0.01	6.01	3.78
53	2.81	1.90	1.52	0.03		6.26	3.45
54	3.49	2.08	0.29	0.07		5.93	2.44
55	3.25	1.00	0.18	0.04	0.02	4.51	1.26
56	4.28	3.40	0.32	0.12	0.00	8.13	3.85
57	2.20	3.10	0.96	0.08	0.00	6.34	4.14
58	4.71	1.25	0.40	0.22	0.00	6.58	1.87
59	2.66	2.14	0.56	0.12	0.02	5.49	2.83

*はその年令以上のものを示す

* indicates the value of/over that year of age

(年令組成, 流網年令組成, 流網努力当年令組成)

Table 2. 日本海西区大羽イワシ, 生残率, 全減少係数, 漁獲量及び有効努力量
Survival rate, total mortality, catch and effective fishing effort of sardine
in the Western Japan Sea

Year	C/X(II)*	C/X(III)*	s	Z	C(II)*	X
52	6.01 × 10 ³	3.78 × 10 ³	0.57	0.55	214 × 10 ⁶	356 × 10 ²
53	6.26	3.45	0.39	0.71	262	419
54	5.93	2.94	0.21	1.55	465	782
55	4.51	1.26	0.85	0.16	202	448
56	8.13	3.85	0.51	0.68	730	898
57	6.34	4.14	0.29	1.22	700	1,104
58	6.58	1.87	0.46	0.78	590	897
59	5.66	3.00				

*はその年令以上のものの値を示す

* indicates the value of/over that year of age

(努力当漁獲量 2才以上 同3才以上) 生残率 減少係数 2才以上漁獲量 有効努力量)

数値解を求める場合, 電子計算機を用いるときには, 未知数に種々な値を代入して試行錯誤によって最確値が求められる. しかし今の場合, r と M とに, ある値を仮定すれば, q の第一近似値が

$$q = \frac{-\log[e^{(Z-M)} - (1-\bar{r})]}{\bar{r}} / X \dots\dots\dots(5)$$

\bar{r} , \bar{X} は夫々平均値,

によって求められることが知られており, またこの近似値に対しての補正はあまり大きくないことが経験的に知られた(著者のカルホルニヤ・サージンの計算)

したがって \bar{r} , M の値を色々な値に変化させて, 残差平方和を少くする値をさぐりあてる方法をとった. この結果は第3表に示すとおりで,

$$M=0.2 \quad r=0.6 \quad q=2,038 \times 10^{-6}$$

となつた。

さらに、これを用いて各年の利用度として第4表に示す値が得られる。

Table 3. 利用度及び自然死亡係数と残差平方和の変化 (日本海西区)
Tentative values of availability and natural mortality and the corresponding values of the square summation of residuals (in the Western Japan Sea)

r \ M	0.1	0.2	0.3
0.5		0.88	
0.6	0.81	0.86	0.87
0.7	1.00	0.87	0.92

Table 4. 利用度の推定値 (日本海西区)
Estimates of availability in the Western Japan Sea

Year	Z^*	Z	δ	$\sum -\delta$	$-\log r$	r
1952	0.598	0.55	-0.048	0.048	-0.431	0.65
53	0.651	0.72	0.072	-0.024	-0.426	0.66
54	0.878	1.55	0.672	-0.696	-0.434	0.64
55	0.645	0.16	-0.518	0.178	-1.274	0.28
56	0.907	0.68	-0.258	0.080	-0.253	0.78
57	0.967	1.22	-0.222	-0.142	-0.354	0.71
58	0.900	0.78	-0.148	0	-0.573	0.56

Z^* は M, q, X を代入しての計算値

Z^* indicates the calculated value obtained adopting the estimates of $M, q,$ and X .

利用度の平均は約0.6で、28~71%の間で変動している。

b 日本海北区

Table 5. 日本海北区大羽イワシ年令組成 (殆んど流網)
Northern Japan sea
Age composition of sardine over two years old (by gill nets almost exclusively)

Year	II	III	IV	V	VI	VII
1951	50.0	87.1	23.8	13.2	2.3	
52	54.2	111.1	23.9	3.5	0.8	
53	117.0	88.3	30.3	4.9	2.4	
54	107.0	117.8	44.0	39.0	5.9	8.1
55	215.1	68.9	18.0	4.4	0.5	
56	83.3	94.6	11.5	4.0	1.1	
57	74.2	105.9	33.0	2.9	0.0	
58	77.6	37.2	14.5	3.5	0.8	
59	55.1	35.9	15.1	1.9	1.6	

流網航海当り年令組成
Catch per trip (gill nets)

Year	II	III	IV	V	VI	VII	II*	III*
1951	1.46	2.55	0.70	0.39	0.07		5.17	3.71
52	1.27	2.62	0.51	0.08	0.02		4.50	3.23
53	3.26	2.47	0.86	0.13	0.06		6.78	3.52
54	2.83	3.06	1.12	1.02	0.15		8.39	5.56
55	5.07	1.62	0.43	0.10	0.02	0.21	7.24	2.17
56	2.16	2.45	0.30	0.11	0.03		5.05	2.89
57	2.11	2.25	0.39	0.03	0.02		4.81	2.70
58	2.64	1.27	0.84	0.12	0.03	0.01	4.90	2.26
59	2.11	1.38	0.58	0.07	0.06		4.20	2.09

Table 6. 日本海北区生残率, 全減少係数, 努力量等
Survival rate, total mortality, and fishing effort in the Northern Japan Sea

Year	C/X(II)	C/X(III)	s	Z	X
1951	5.17×10^3	3.71×10^3	0.62	0.48	342×10^2
52	4.50	3.23	0.78	0.25	427
53	6.78	3.52	0.82	0.20	358
54	8.39	5.56	0.26	1.35	378
55	7.24	2.17	0.40	0.92	422
56	5.05	2.89	0.54	0.62	385
57	4.81	2.70	0.57	0.76	343
58	4.90	2.26	0.43	0.53	294
59	4.20	2.09			260

Table 7. 利用度及び自然死亡係数と残差平方和の変化 (日本海北区)
Tatative values of availability and natural mortality, and the corresponding values of the square summation of residuals (in the Northern Japan Sea)

$M \backslash r$	0.4	0.5	0.6
0.2		0.99	
0.3	1.11	0.91	1.54
0.4	1.02	0.74	1.10
0.5		0.97	

Table 8. 日本海北区利用度の推定
Estimates of availability in the Northern Japan Sea

Year	Z*	Z	δ	$-\sum\delta$	$-\log r$	r
1951	0.60	0.48	-0.12	0.12	-0.99	0.37
52	0.65	0.25	-0.40	0.52	-0.87	0.41
53	0.61	0.20	-0.41	0.93	-0.46	0.63
54	0.63	1.35	0.73	0.20	-0.05	0.94
55	0.64	0.92	0.28	-0.08	-0.78	0.45
56	0.63	0.62	-0.01	-0.09	-0.99	0.37
57	0.60	0.76	0.16	-0.25	-1.12	0.35
58	0.78	0.53	0.25	—	-0.99	0.37

これによれば、 $M=0.4$, $r=0.5$, $q=1,341 \times 10^{-6}$ 及び利用度の各年の値は第8表に示すように0.37~0.94, 平均0.50で西区よりもぐや少ない。

(3) 利用度の変動にともなう漁獲率の値化

利用度に変動のあるときの漁獲率は、

$$E = \frac{r[1 - e^{-(M+qX)}]}{M+qX} qX \dots\dots\dots(6)$$

となる。これは r は直接に比例する項として入っている。したがって、たとえ、漁獲努力に変動がなくても、利用度の変動は漁獲率に影響する。

以上の推定値を上式に應用した年々の漁獲率は次のようになる。

Table 9. 利用度と努力量, 漁獲率
Relationship between availability, effort, and exploitation rate

Year	日本海北区 Northern Japan Sea			日本海西区 Western Japan Sea		
	r	X	E	r	X	E
1951	0.37	342	0.114			
52	0.41	427	0.150	0.65	356	0.310
53	0.63	358	0.166	0.66	419	0.350
54	0.94	378	0.313	0.64	782	0.474
55	0.45	422	0.163	9.28	448	0.154
56	0.37	385	0.124	0.78	898	0.619
57	0.33	343	0.128	0.71	1,104	0.594
58	0.37	294	0.100	0.56	897	0.438

E と r , X との間の相関係数 R は

西 区 $R(X, E) = 0.841$ $R(r, E) = 0.835$
北 区 $R(X, E) = 0.334$ $R(r, E) = 0.962$

$R(X, E)$ のみ有意でないが他は $\alpha=0.05$ で有意である。

すなわち、西区では利用度, 努力量(この場合巾着の増加による有効努力量の増加をも考えて)ともに大羽イワシの漁獲率にはほぼ同程度の変動要因となつているのに対し、北区では漁獲率の変化に対して、努力量の変動はほとんど影響しない、そして利用度の変化の方がこの影響は大である。

漁獲率の値は平均すると西区の方が大であり、その変動も西区の方が大である。

(4) 成魚漁獲の資源に対する影響

このように、現在の日本海の成魚に対する漁獲率は、北区の流網では、むしろ利用度（海況等による・宮田 1959 等）によって左右され、10~30%であるので、この値は自然死亡率に比してむしろ小さく、資源に及ぼす圧力が重要であるとは思えないのであるが、日本海西区では、努力量と利用度の双方がほぼ同程度に作用し、漁獲率で15%から60%以上にも及び、自然死亡率の推定値 $M=0.2$ に比して大きいので、この影響を考えないわけにいかない。

この影響としては、第一にその同一年代の大型魚に対して、過大の圧力となつて加ノ量あたりの生産量に影響するか、或いは親魚の残存数を減じて次代の生産力を阻げるかという2点である。

まず第一の点について考える。

加入量あたりの全漁獲量は、利用度が一定であるとすれば

$$Y = \frac{rqX}{qX+M} [1-e^{-qX+M}] [1-e^{-2w_1}+e^{-22w_2}] \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここに $Z = M + \log[re^{-qX} + (1-r)]$

w_1, w_2 等は最初の年令の漁獲物の体重（この場合2才）のものを1とした体重である。今の場合（伊東 1957）等による体長比の3乗をとり、2才……1.36, 4才……1.46, 5才……1.88 とする。

a 日本海西区

$$r=0.6 \quad M=0.2 \quad q=2.0381 \times 10^{-6}$$

を用いる。Yの値を計算すると、第10表のようになる。

Table 10. 加入量当り平衡生産量の利用度及び努力量による変化（日本海西区大羽イワシ）
Equilibrium yield per recruitment of large sardine in the Western Japan Sea, against the change of fishing effort, and availability.

Y/R \ X	250	500	1,000	1,500	2,000
r=0.6	0.611	0.816	0.873	0.968	0.955
r=1.0	0.764	0.911	0.944	0.982	0.970

すなわち、Yの最大値はXが約1,500のときである。したがつて、もし親魚数の残存量を考慮に入れないのであれば、現在努力量（約1,000）の50%の努力を増したときに、加入量あたりの漁獲量は最大である。しかし、その増加は現在の97/87すなわち約14%の増にすぎない。したがつて経費、努力等を考えに入れると、努力の増加は得策ではない。努力量を現在の1/2にしても漁獲量の減少は8%にすぎず、1/4にしても30%だけ減少するにすぎない点を考えに入れなくてはならない。

海況が好転して $r=1$ すなわち、完全利用の状態では安定した場合を仮定しても、やはり現在程度の努力量は極限に近いことがいえる。そして、努力量の増減が加入量あたり生産量にそれほど大な影響を及ぼさないことは同様である。

b 日本海北区

$r=0.5, M=0.4, q=1,341$ を用い同様な計算をした（第11表）。

Table 11. 加入量当り平衡生産量の利用度及び努力量による変化（日本海北区大羽イワシ）
Equilibrium yield per recruitment of large sardine in the Northern Japan Sea, against the change of fishing effort, and availability

Y/R \ X	250	500	1,000	1,500	2,000
r=0.5	0.32	0.38	0.61	0.75	0.80
r=1.0	0.54	0.71	0.82	0.90	0.96

この場合、現在の X の値(約350)に比して約6倍の2,000に努力量をましてもまだ Y/R の値の極値に達しない。すなわち、もし加入量(2才魚として)の量が保たれている限り今まであまり日本海北区で盛んでないイワシ巾着網の導入も、成魚資源に関する限り心配ない。

$r=1$ すなわち完全利用となつている場合でも同様である。しかし利用度が高まつていると、努力増大に対して、生産量の増大はそれほど大でない。すなわち $r=0.5$ では X を500から1,000に増大すると、 Y/R の値が $61/38=1.6$ 倍となるのに対し、 $r=1.0$ では $82/71=1.15$ 倍にすぎない。

III. 加入量の変動要因の検討

前章で、加入量に変動がないとき、これに対する平衡生産量 Y/R の値が、利用度および漁獲率によつていかに影響するかを論じたのであるが、実際の日本海大羽イワシ漁業では、北、西両区とも漁獲組成の半を2才魚がしめており、この年令のものの加入状態が漁獲量の変動の大きな部分を占めている。

2才魚として加入する量の変動要因としては、(a)当才魚や1才魚時代の巾着網其他の漁具による漁獲が同一年級の残存数に影響する。

(b) 成魚の残存量が次代の再生産に影響する。

等が考えられる。(a)について、1才魚は北区、西区ともに漁獲量が2才よりもむしろ少いので、この漁獲の影響は少いとみて今の場合を考えから除き、1才魚の漁獲のみを考える。

(1) 当才魚漁獲の影響(第12表)

Table 12. 当才魚漁獲の大羽イワシに対する影響
Effect of catching zero age fish upon the large ones

Year class 日本海西区 当才魚漁獲量 Catch of 0-age in the western Japan Sea	同年級による2及3才の努力当漁獲量 Summation of catch-per-trip of two and three-age fish from the same year class			
	西 区 Western Japan Sea		北 区 Northern Japan Sea	
	利用度補正 corrected with availability	未補正 uncorrected	利用度補正 corrected with availability	未補正 un- corrected
1951	7.50	4.88	8.42	6.32
52 5,468	9.02	4.99	6.61	4.45
53 8,582	15.95	6.65	17.92	7.52
54 5,366	9.45	7.38	12.64	4.41
55 9,862	5.32	3.35	9.82	3.38
56 12,877		7.65		4.02
57 11,231				
58 6,271				

当才魚の漁獲は殆んど日本海西区であるが、55年からこの値は急増し、58年になつて減じている。

当才魚は、漁具の種類も、漁獲する体長にも、多くの相違があるので、基準的な漁具を定めて有効努力量を計算することは困難であるので、一応漁獲量をそのまま用いて、これで、同一年級のものが2才及び3才で現われるときの努力当漁獲量の和と比較した。(4才以上は量が僅少であるので計算に入れなかつた)

a 西 区 当才魚漁獲量と、2, 3才の量との相関は、利用度の補正を施したもの(努力当漁獲を利用度で除したものを資源量とする)について -0.053 , 補正を施さないとき 0.17 で、いずれも有意でない。

b 北 区 同じく西区の当才魚漁獲とで3才魚との相関は、利用度の補正を加えると -0.41 , 加えないとき 0.32 でいずれも有意でない。

このように、当才魚の漁獲増と、大羽イワシの加入量との間の関係は不明である。しかし、考えなくてはならないのは、0才魚の急増は55年であるが、この年の年級の2才魚以上はいずれも前年より減じており、この以降の年級についての追跡を行いうるまでに資料がないことである。したがって、真に西日本海区の当才魚の漁獲増が、西区、又は北区の大羽の加入量に影響したかどうかは、今後数年間の資料の蓄積がなければ、十分な判断を下し得ない。

(2) 残存資源量とこれに由来する年級量

カルホルニヤ・サージンの場合、親魚量とこれに由来する年級量との関係の有無については意見の一致がない(例えばCLARKE & MARR, 1955)。

親魚量 R とこれに由来する年級量 Q との量的関係は色々考えられるが、RICKER (1954) は、親魚から発生する卵が、種々の密度依存的な調節作用を受ける場合の形として、

$$Q = APe^{-bP} \dots\dots\dots(8)$$

$(b > 0)$

なる形を考えた。 A , b は常数である。この場合 $P = -1/b$ のときに、年級量は極大となり、これより親魚が多いとこれに由来して再生産にいたる年級量は却つて減ずる。

上式は変形して

Table 13. 親魚量とこれによる年級量
Population size of spawning adults and generated year class

西 区
Western Japan Sea

Year class	利用度未補正のもの Uncorrected with availability			補正したもの Corrected		
	P (spawning adult)	Q (generated year class)	Q/P	P	Q	Q/P
	親魚	年級量				
1951	5.39	4.88	0.91		8.42	
52	6.01	4.99	0.75	9.24	5.80	0.63
53	6.26	6.65	1.06	9.48	14.30	1.51
54	5.93	7.38	1.24	9.26	9.90	1.07
55	4.51	3.35	0.74	16.10	6.87	0.43
56	8.13	7.65	0.94			

北 区
Northern Japan Sea

Year	Uncorrected			Corrected		
	P	Q	Q/P	P	Q	Q/P
1951	5.17	6.32	1.22	13.9	8.42	0.60
52	4.50	4.45	0.98	11.0	6.61	0.60
53	6.78	7.52	1.11	10.8	17.92	1.65
54	8.38	4.41	0.52	8.9	12.64	1.42
55	7.24	3.38	0.46	16.08	9.82	0.61
56	5.07	4.02	0.79	13.64		

$$\frac{Q}{P} = Ae^{-bP} \dots\dots\dots (9)$$

又は $\log \frac{Q}{P} = \log A - bP \dots\dots\dots (10)$

となる。すなわち、仔魚と親魚との比は、親魚が増すにしたがつて指数的に減ずる。

もし再生産に寄与する年級量が親魚類によらず、発生後の環境のみ（生物的、非生物的を問わず）に依存するのであれば Q/P と P との関係は明瞭ではない。

親魚数として、2才以上の努力当漁獲量の和を用い、前記した同一年級量と比較した（第13表）。

このようにして得られた A, b の値は第14表に示される。

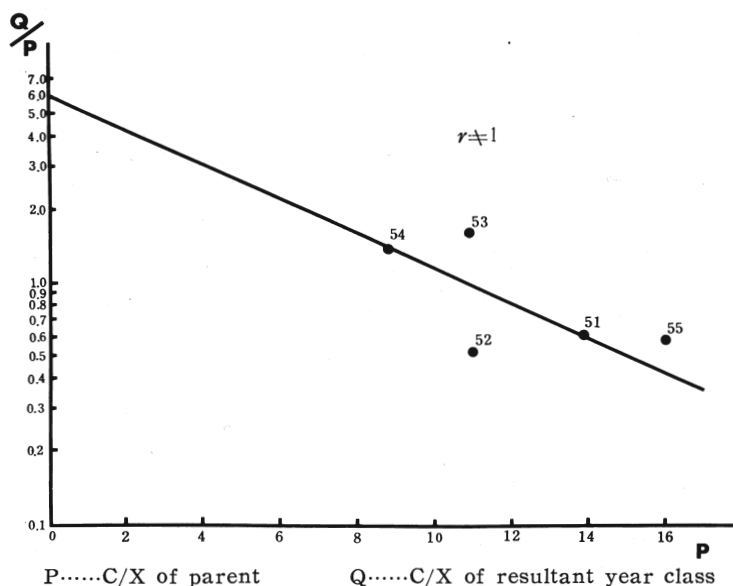
Table 14. 再生産曲線のパラメーター
Estimated parameters of reproduction formulae $Q = APe^{-bP}$
of sardine in the Japan Sea

西 区 Western Jap. Sea	利用度不補正 Availability uncorrected	A	b
		補正したもの Corrected	0.65
北 区 Northern Jap. Sea	不補正 Uncorrected	0.47	0.122
	補正したもの Corrected	2.46	0.183*
		6.75	0.180*

* significant in 5% risk

$b=0$ という仮説を検定すると、西区の値は有意差がないが、北区では有意である。

すなわち西区では、残存親魚量はこれに由来する年級量との間に明確な関係を見せていないが、北区では(4)の関係がなり立っていて第1, 2図のような曲線が示される。



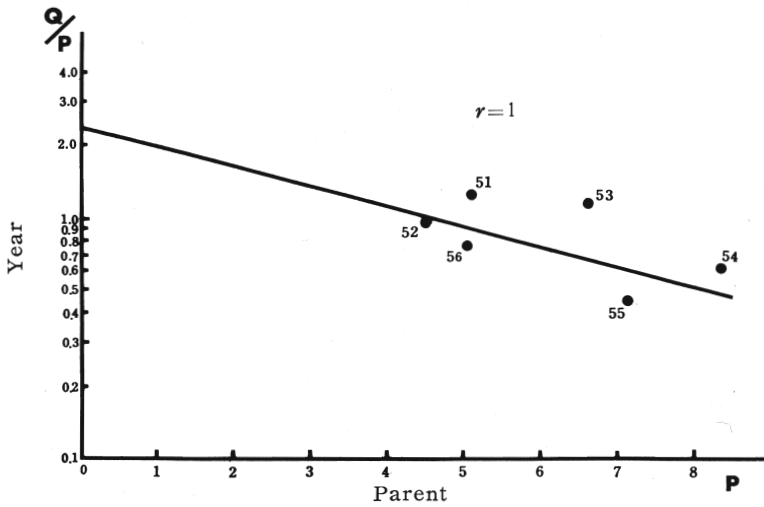


Fig. 1. Relationship between parent stock size and resultant year class of sardine in the Northern Japan Sea.

すなわち、親魚量と年級量との間に、日本海北区ではある調節関係が作用している。

RICKER (1958) はこの曲線からのずれを環境のじょう乱作用によるものと考えたが、図でみると1950年代初期の日本海北区の残存親魚数は、再生産力を破壊するほどに減じてはおらず、むしろ安定しているものようである。

注意すべきことは、1930年代の大漁時代の資料が用いられていないことである。当時の資料が得られて、これを加えれば、あるいは図上の点はさらに右方にひろがり、曲線の形が変つて、現在引かれた線は、曲線の左方分枝の一部にすぎなくなるかも知れない。

しかし、少なくとも、この数年の資料による限り、親魚資源の衰退が、再生産の減少という悪循環を来してイワシ資源を破壊するという事は考えられない。

(3) 稚仔量と加入年級量

上述のように、親魚量とそれに由来する年級量との関係は、ある程度日本海北区で認められながら、しかも資源量の変動は再生産力を阻害するまでに達していない。それで、再生産力を調節する密度依存的な因子があるとしても、これは親魚から産出された新しい年代のものが、その世代になつてから作用すると考えてみる。この点に立ち、稚仔量と成魚として加入する量との関係について考えることにする。

伊東 (1957) は、日本海北区において、能登沖で採集される稚仔量と、同一年級の2才魚との間に関係のあることを示し、これを2才魚の量の予報に用いることを示唆している。事実1951乃至57年の年級については、この両者の間に0.58なる相関係数(1%有意)が存在する。

しかし乍ら、この両者は単に平行であるのみ考えるのは不十分ではなからうか、この間に RICKER の考えた密度調節作用(その生物学的関係は別に考えるとして)は存在しないであろうか。

さきのべた RICKER の式(8)の P のかわりに、稚仔数 L (能登沖, 1揚網当り) を用いて、同一年級の2才魚の航海当漁獲と比較し、前と同じく A, b を求めた(第15表)。

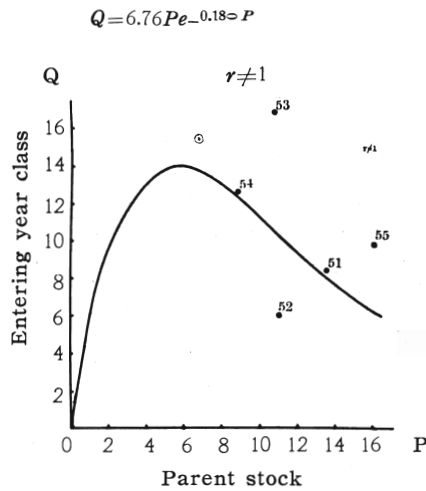
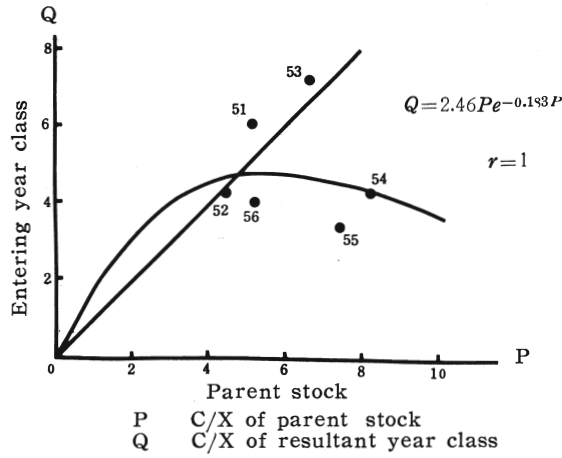


Fig. 2. Reproduction curve of sardine in the northern Japan Sea.

Table 15. 北日本海における稚仔量とこれによる年級量 (2才)
 Abundance of larvae at Northern Japan Sea and the population size
 of the same year class at two-age fish

Year	L (number of larvae per haul)	Q (generated year class)	Q/L
1951	1.9	3.26	1.71
52	9.3	2.83	0.30
53	17.8	5.07	0.28
54	9.8	2.16	0.22
55	5.9	2.11	0.36
56	13.2	2.64	0.20
57	4.6	2.11	0.46

この結果第3, 4図に示すとおり

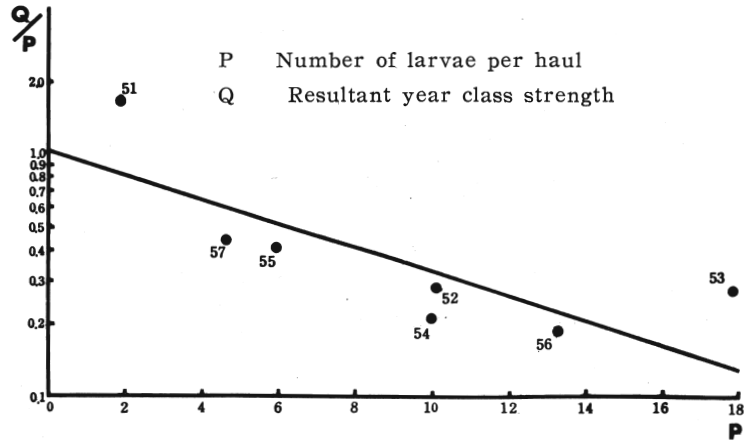


Fig. 3. Relationship between the number of larvae and resultant year class of the sardine in the northern Japan Sea.

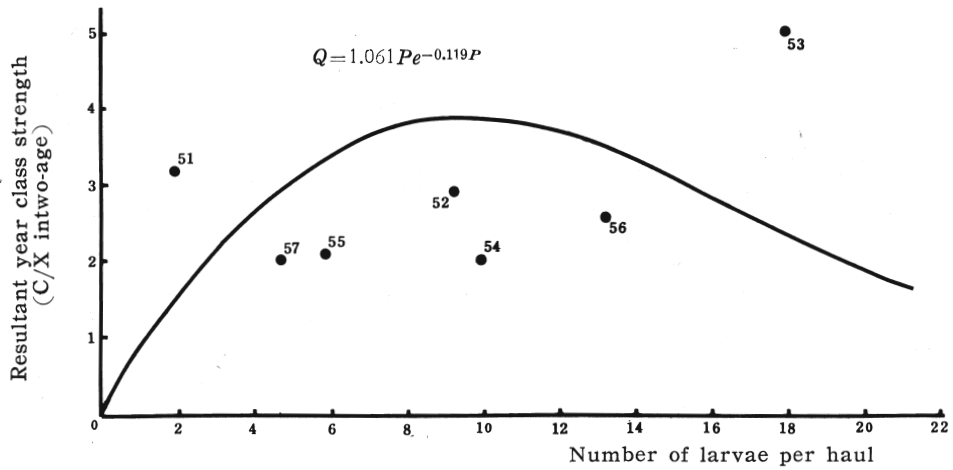


Fig. 4. Reproduction curve of large sardine in the Japan Sea

$$A=1.061 \quad b=0.119$$

すなわち

$$Q = 1.061Le^{-0.119L} \dots\dots\dots(11)$$

であり、 b の値は有意である。そして親魚数と加入年級量との関係（第1図）と第2図を比較してみると今の方が点の位置は曲線のモードより左側に多い。すなわち親魚数が現在の所では再生産力を減退せしめるほどに減じていないのに対し、現状でも稚仔の生残数は、最適密度より小さい。

もちろん自然のじょう乱作用が作いて、曲線上の点はばらついているが、稚仔の生残数が現在の約2倍になるように環境の好転がない限り、資源の安定、回復は望まれないであろう。

Ⅳ．結 論

(1) 日本海の大羽イワシの利用度は西区で平均0.6, 北区で0.5, 自然死亡率は西区で0.2, 北区で0.4程度であるが利用度は北区の方が変動が多い。

(2) 漁獲率は西区で平均41%, 北区ではこれより低く16%である。そして北区ではこの変化は努力量にはあまり作用されず、むしろ利用度によるが、西区では努力量と利用度は同様に漁獲率に作用する。巾着網の増加は西区の漁獲率を高め、時に60%以上にも達することがある。

(3) 2才魚の加入量がもし一定に保たれるのであれば、西区では現在の努力量は、最大生産をあげ得る最適努力量よりは低い。しかし期待される最大生産量は、努力量を50%以上増すのに対し、僅か14%の増大にすぎず、コストを考えると努力を減ずる方が特策である。この状態は漁場が完全利用の状態になつてもあまり変化ない。

北区では加入量が一定であれば、努力増加の余地がある。しかしこれも漁場利用度が高いときは、努力の増大は漁獲量の増大をあまり伴わない。

(4) 当才魚の漁獲強化と、2才魚加入量の変化との関係は明瞭でない。

(5) 親魚資源量の変動が、これから産出した年級が2才魚となつて大羽イワシとして加入するときの量との関係は西区では不明である。北区では RICKER の示した $Q=Ape^{-bP}$ (P は親魚量, Q が年級加入量) の関係が存在し、親魚の密度に依存する年級量の調節効果が認められるが、1956年級までの資料による限り、現在の親魚量の水準は再生産力を破壊するに到つているとはいえない。

(6) 能登地方の稚仔量と、同年級の2才魚との関係が示唆されているが、この両者には正相関のみならず(5)と同様、密度依存の調節作用がみとめられ RICKER の示した関係が存在する。1957年までの資料によれば現在の稚仔量は、成魚加入量を最大にする適正量より概ね低位であり、現在の約2倍の稚仔量が確保されるような状況にない限り資源の増大は望まれない。

文 献

CLARKE, F. N. and J. C. MARR, (1955). Population Dynamics of the Pacific Sardine; *Progress Report of CCOFI 1954-55.*

伊東祐方(1957). 日本海北部海域の2才魚の出現量の予測, 日本海イワシ資源調査概要 No. 12.

宮田和夫(1959). 対馬暖流の四季と北部日本海春の大羽イワシ 漁況予報, 日水研パンフレット No. 8.

RICKER, W. E., (1954). Stock and Recruitment. *J. Fish. Res. Bd., Canada* 11(5)

——— (1958). Maximum Sustained Yield from Fluctuating Environment and Mixed Stock; *ibid* 15(5).

WIDRIG, T. M., (1954). A Method Estimating the Size of Fish Population with an Application to Pacific Pilchard. *Fish. Bull. U. S. FWS* No. 94.

YAMANAKA, I., (in manuscript). Some Note on the Natural Mortality and Availability of California Sardine.

山中一郎・伊東祐方(1957). 昭和29年イワシ資源協同研究経過報告。