

## 魚群探知機によるカタクチイワシシラスの現存量 推定とそれにもとづく総補給量の検討

高尾 亀次・石岡 清英・土井 長之\*

### The Standing Crop of Japanese Anchovy (*Engraulis japonica* Houttuyn) "Shirasu" by an Echo Sounder and the Discussions on Its Total Recruitment

Kameji TAKAO, Kiyohide ISHIOKA and Takeyuki DOI\*

The abundance of autumn brood "shirasu" - juvenile (T.L. 15-35 mm) of Japanese anchovy (*Engraulis japonica* Houttuyn) -in Osaka Bay was estimated as follows :

1. The following two methods were tried to estimate the standing crop of fish schools from the echo traces.  
A : A relation between the product of length by height of echo trace of a fish school and the amount of subsequent catch (Fig. 1).  
B : A relation between the number of echo trace and the amount of subsequent catch (Fig. 2).  
Comparing two methods mentioned above, the latter, B method was used to estimate abundance of fish school.
2. The  $q$  was obtained from "shirasu" abundance estimated by B method and daily catch report at 6 main fishing ports for "shirasu".
3. The following mathematical model was used to estimate an abundance of autumn brood "shirasu" of Japanese anchovy.

$$N = \frac{R}{M+F} \left[ 1 - e^{-(M+F)t} \right]$$
$$C = \frac{FR}{M+F} \left[ T - \frac{1 - e^{-(M+F)T}}{M+F} \right]$$

N ; Standing crop of "shirasu"

R ; Total recruitment in number of fish per day

C ; Total catch during fishing day T

M ; Natural mortality coefficient per day

F ; Fishing mortality coefficient

X ; Mean number of fishing botas operated per day

T ; Period of fishing season in number of days

t ; Time in days

Using above the mathematical model, the abundances of "shirasu" were estimated to be 9,792 tons in 1976, 4,644 tons in 1977 and 2,712 tons in 1978.

1980年12月22日受理。南西海区水産研究所業績 第107号

\* 東海区水産研究所 (Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)

4. Examining the both results on this paper and on the catch data of spawner from 1976 to 1978, it is assumed that the decreasing trend of the total recruitment in the recent years is attributed to the gradual decrease in spawning fish and the subsequent reduction of eggs.

南西海区水産研究所は昭和30年以来瀬戸内海関係水産試験場と協力して、カタクチイワシの漁業および資源調査を行ってきた。瀬戸内海では、外海発生群の「入込み現象」もあって、複数の発生群が時空的に錯綜している。それを漁獲対象にする漁業種類も多く、それらの漁獲努力の投入量も漁況や需要と供給などに左右される。従来瀬戸内海のカタクチイワシについては、季節別発生群の識別、各発生群の環境との対応関係などが研究の中心であったが、200カイリ水域内の水産資源の見なおしと、有効利用が叫ばれるようになるのに伴って資源量評価が重要な研究課題となった。資源量を推定する方法は、次の2種類に分けられる。

- i) 漁業情報を数理的に処理する方法、即ち努力量、漁獲量の統計を解析するもの。
- ii) 漁獲情報に依存しないいわゆるクイックアセスメントと呼ばれる方法。

例えば魚群探知機（以後「魚探」と云う）を利用する方法や産卵量調査から親魚量を推定する方法等である。

i) の方法を適用するには漁獲努力量が標準化されるかまたは努力の質が同一である事が必要である。当海域のカタクチイワシ漁業の場合、先述したように努力量の内容が複雑で標準化は困難である。そこで筆者らは、魚探調査により現存量を把握する試みを行なった後、漁獲統計を用いて総補給量を推定した。

魚探による魚群量推定の試みは、横田<sup>1)</sup>が日向灘・豊後水道のイワシ類成魚群について、影像面積と影像の濃淡との積で数値化した試みで始まる。その後、神浦<sup>2)3)</sup>、能津<sup>4)</sup>、大川三栖<sup>5)</sup>、青山・見元<sup>7)</sup>らは影像の濃淡を厳密に定量化する事のむずかしさから魚群量の推定には影像面積のみを用いて行なっている。近年、土井<sup>6)</sup>は南氷洋の沖アミの単群は球状と仮定して、魚探の影像記録から長径および密度などを統計学的に推定して現存量を求めている。成魚の影像は一般的に塊状をなすが本報告で取り扱う影像はシラス群であり、その影像は点状に近い、シラス単群間には量的差はないと仮定し、その影像の数をを用いて魚群量を求めた。別途従来の影像面積からの魚群量の推定も試み両者を比較検討した。ここで調査対象にした資源は大阪湾における秋生まれカタクチイワシシラスである。産卵は、8～11月にわたり、つぎつぎに発生加入がみられる。ふ化後約1カ月で漁獲され始め、漁獲対象期間は約1カ月である。その後はカエリ、小羽に成長し、漁獲対象とはならなくなる。当然この間の自然死亡も考えなくてはならない。したがって推定された魚群量は調査時点での現存量ではあっても、秋漁期全体の資源量とは云えない。資源量としては秋漁期全体の総補給量を考えなくてはならない。筆者らは求められた現存量(P)と対応する時期の1隻当り漁獲量(w)と出漁隻数(f)から、漁獲能率q ( $q = \frac{1}{f} \cdot \frac{P}{w}$ )を求め、数理モデルを組み立てて、総補給量を求めた。

本文に入るに先立ち本研究について御教示と御校閲をいただいた内海資源部長、倉田博博士、同部第一研究室長上田和夫氏に感謝の意を表します。また、大阪水試吉田俊一、林凱夫、辻野耕実の各位には、調査についての御協力をいただいた事を深く感謝します。

## I. 魚探影像による現存魚群量推定

### 1) 魚探及び漁獲調査の方法

魚探調査並びに漁獲試験のために、大阪府岸和田市春木漁業協同組合所属のばっち網漁船義丸、9.66トン（網船2隻、手船兼魚探船1隻）を用船した。

本調査に使用した魚群探知機は、NJA171型日本無線製である。本機は3周波を有するが、本調査では、75zHkに設定した。超音波の発射回数は毎分114回で感度は1で測定した。記録紙は乾式、移動速度毎分40mm、使用したレンジは、0～60mとし、全調査期間をつうじて同一条件で作動させた。

最初の調査として、魚探船による魚探影像と、その影像に対応する魚群量を把握する実験を行なった。

大阪湾のバッチ網が、シラスを漁獲する場合1回当りの曳網時間は、ほぼ1時間であり、曳網速度は約1

ノットである。あらかじめ魚探船で魚群を探索し、魚群を発見したらその魚群の位置と大きさを把握するために魚探船を操船した。調査に際しては、魚探船は2ノットで魚群の中心部を航走し、網船は魚探船を追跡するように操船曳網した。

## 2) 魚群量推定方法

網船による漁獲量を曳網面積中の魚群量とみなした。この漁獲量と魚探影像との関係を調べ魚探影像を魚群量に変換するには以下のA・Bの二つの方法を用いて算出し、どちらが適当かを検討した。調査は昭和52年10～11月間に延べ9回（曳網数67回）行なった。

### A 単群影像面積の総和からの魚群量推定

シラスの魚探影像から魚群量指数(X)は次のようにして求めた。 $X = \sum (L_i \times H_i)$  ……(1)

$L_i$  : i番目の単群の記録紙上の影像から換算した魚群の最大の長さ(m)

$H_i$  : i番目の単群の記録紙上の影像から読み取った魚群の最大の高さ(m)

この魚群量指数(X)とそれに対応するシラス漁獲量(Y)との関係から魚群量を推定した。

### B 魚群影像の単群数からの魚群量推定

シラスの単群影像は点状に近い。各単群の影像に大・小の差はないと仮定し、魚探に記録された影像の単群の数を求めた。単群の数(N)とシラス漁獲量(Y)との関係から魚群量を推定した。

## 3) 結果及び考察

### A 単群影像面積の総和からの魚群量推定結果

用船調査より得られた魚群量指数(X)とそれに対応するシラス漁獲量(Y)との関係を、Fig. 1に示

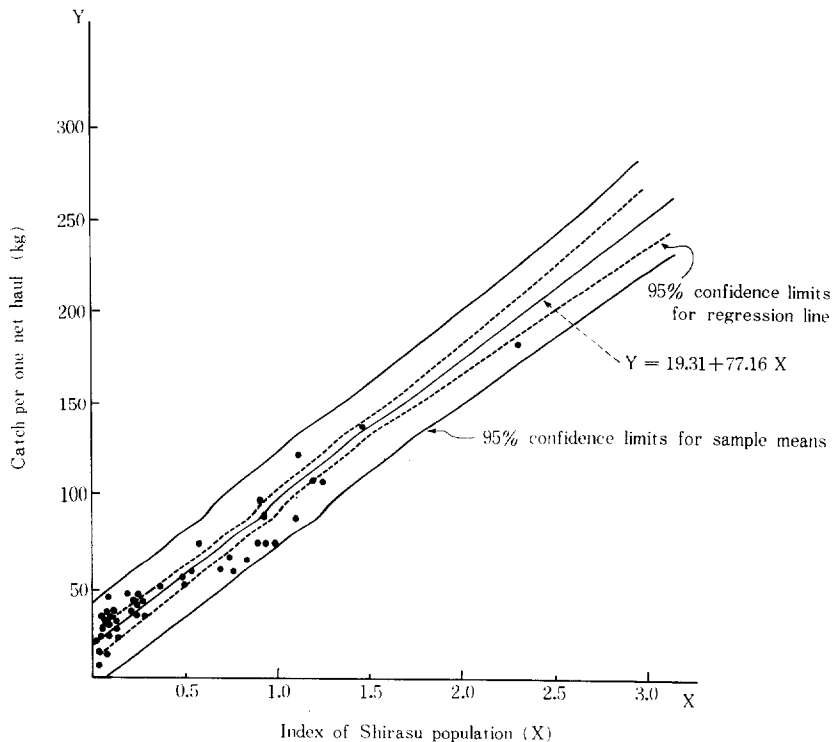


Fig. 1 Relationship between the population indices of autumn hatched shirasu(X) and the catch amount per one net haul in Osaka Bay in 1977.

す。最小二乗法によって直線式を求めたところ次のとおりである。

$$Y = 19.31 + 77.16X \dots\dots(2)$$

また、同時に予測値に対する95%信頼限界と母回帰線に対する95%信頼限界を求め図に示した<sup>10)</sup>。魚群量指数(X)に対する漁獲量(Y)の回帰直線は、原点を通らずY切片は19.31(kg)である。大川・三柄<sup>5)</sup>も油谷湾で魚探反応記録の面積とカタクチイワシ(シラス~小羽)の漁獲量との関係を調査し、両者の関係は直線で表わせるが、やはり原点を通らないという結果を得ている。しかし実際には魚群量が0の場合は魚群量指数も当然0となるはずである。従って魚群量指数が0の場合はその区のシラス漁獲量推定値として0kg、および19.31kgの2つの推定値を用いることにした。

**B、魚群影像の単群数からの魚群量推定結果**

魚群影像からみて秋シラスは、単群の長さ2~3m、高さ0.3~0.5mで群の大きさに差がみられない事から、単群の数で魚群量を推定する試みを行なった。単群の数(N)と漁獲量(Y)との関係を Fig. 2 に示す。両者の関係は

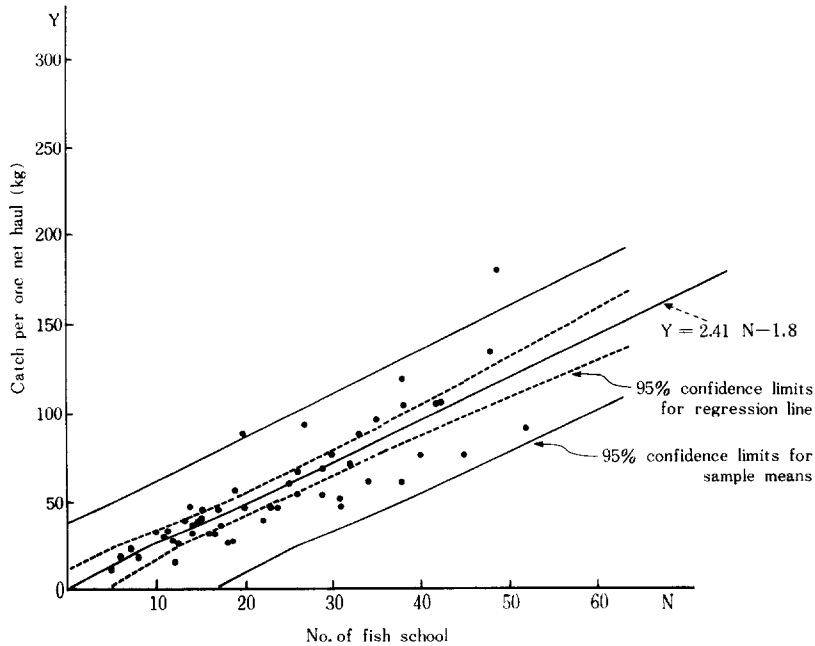


Fig. 2 Relationship between the number of images of fish school shown in the echo sounder and the catch amount in Osaka Bay.

$$Y = 2.41N - 1.80 \dots\dots(3)$$

で表わされた。この直線はほぼ原点を通っている。またAの方法と同様予測値に対する95%信頼限界と母回帰線に対する95%信頼限界を図に示した。

**II. 全調査域の現存魚群量(P)と漁獲能率(q)の推定**

**1) 調査時期と調査水域および調査定線**

昭和53年10~12月間に延べ8回魚探船を走査し、大阪湾における秋シラス魚群量調査を行なった。調査定

線は同海域を南北18マイル、東西12マイルの調査域を設定し、横田<sup>1)</sup>・能津<sup>4)</sup>らの報告を参考に、2マイル間隔で南北方向に6本設定し、大阪府側から淡路側に向けてA、B、C、D、E、Fとした。各定線には、1マイルごとに定点を設け、これを北から順にst. 1~19とした。これら調査線上をほぼ7ノットで航走し、1回の調査を約8時間で終るよう設定した。なお各定点間の航走において魚探影像から推定した魚群現存量は、パッチ網の幅で長さ1マイルの面積内の魚群量とし、かつ、それは航走軸を中心とした2平方マイル(1×2)に存在する魚群量の代表値と考えて、ひきのばしを行なった。

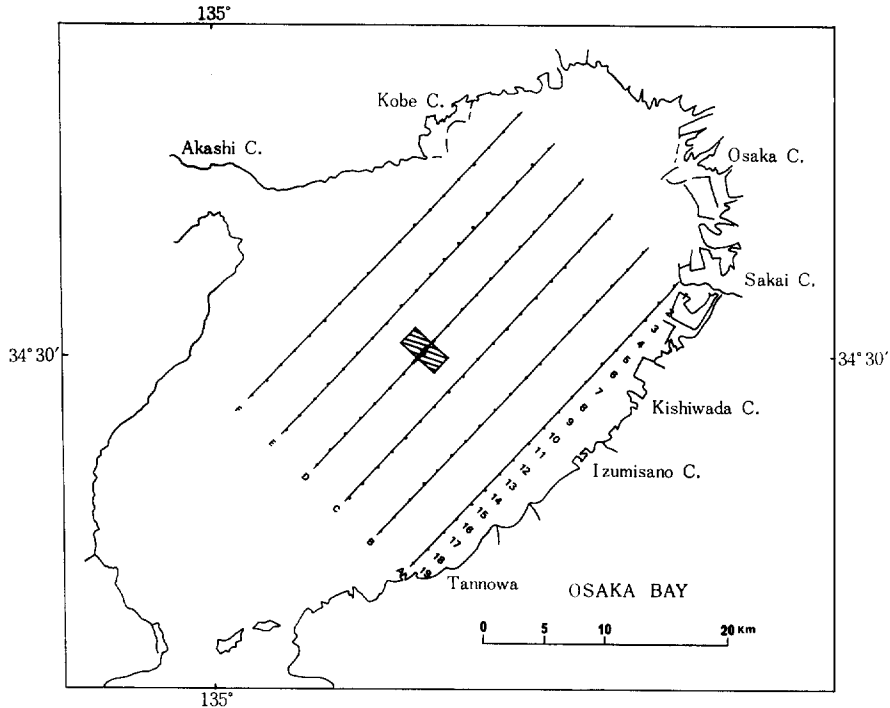


Fig. 3 Survey lines of echo sounding in Osaka Bay. Rectangle area of 1×2 miles shows survey block in which shirasu stock of  $Y_i$  kg is estimated to be existed (see Tables 2 and 3).

## 2) 全調査域の現存魚群量推定

全調査域の魚群量は、先述のA・B両方法により求めた。

A 先にも述べたように魚群影像が見られない調査区のシラス漁獲量は0あるいは19.31 kgであるとみなすと、全調査域のシラス魚群量の推定値は、以下のよう考えられる。

i) 魚群量指数  $X_i$  が0のとき魚群量も0とした場合。

魚群量の総計を  $P_1$  とすると、

$$P_1 = \sum_{i=1}^{n_1} Y_i \times \frac{W}{R} \dots\dots\dots(4)$$

W: 調査区の東西2マイルの幅 (3704m)

R: パッチ網の曳網中の袖網の幅 (74m)

Table 1. Catch of autumn hatched shirasu at the main fishing ports of anchovy fishery in Osaka and Hyogo prefecture (1978).

Day	Osaka Pref.												Hyogo Pref.																		
	Oct.			Nov.			Dec.			Total			Oct.			Nov.			Dec.			Total.			Sum			total			
	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N	
1	26	2,430	6	720	14	3,760	46	6,910				7	125	10	66	17	191	63	7,101												
2	20	2,100	6	960			26	3,060										26	3,060												
3	13	1,500			26	7,540	39	9,040										39	9,040												
4	7	720			26	3,980	33	4,700										33	4,700												
5			14	1,120	4	600	18	1,720										18	1,720												
6	14	1,200	5	600	25	5,060	44	6,860										49	6,885												
7			7	1,260	26	3,160	33	4,420										33	4,420												
8	19	1,680	14	1,400	26	2,590	59	5,670										59	5,670												
9	7	240	3	480	10	820	10	720										10	720												
10			10	820	20	5,040	30	5,860										30	5,860												
11	7	0			6	990	13	990										13	990												
12	20	2,550	7	700	20	3,120	47	6,370										47	6,370												
13	7	1,800			20	2,790	27	4,590										27	4,590												
14	7	960	12	1,570	7	700	26	3,230										26	3,230												
15	13	90	6	1,400	2	240	21	1,730										17	437												
16																		14	437												
17	26	4,290	13	1,100	20	2,490	59	7,880										5	600												
18	26	1,920			14	2,400	40	4,320										5	600												
19	26	1,920					26	1,920										5	600												
20	7	1,440			6	1,800	13	3,240										5	600												
21			13	2,400			13	2,400										13	2,400												
22	13	4,050	13	2,460	20	4,100	46	10,610										46	10,610												
23	26	4,210	14	2,120			40	6,330										11	125												
24	13	1,320	4	1,500	9	400	26	3,220										16	300												
25	26	3,020			20	1,530	46	4,550										6	75												
26	13	3,300	13	2,280	10	300	36	5,880										16	300												
27	7	600	5	840	7	0	19	1,440										6	75												
28																															
29	7	1,080			7	0	14	1,080										14	1,080												
30	13	750					13	750										13	750												
31	7	0					7	0										7	0												
Σ	370	43,170	171	25,530	329	50,790	870	119,490				29	500	62	2,840	5	25	96	3,365												

N; Number of fishing unit operated C; Catch (Kg)

ここで  $n_1$  は魚群影像がみられた調査区の数である。これに(2)式を代入して

$$P_1 = (19.31 \times n_1 + 77.16 \times \sum_{i=1}^{n_1} X_i) \times \frac{W}{R}$$

が得られる。

ii) 魚群量指数  $X_i$  が0のとき魚群量が、19.31kgあるとした場合、  
魚群量の総計は  $P_1 + P_0$  となる。

ただし、 $P_0 = (19.31 \times n_2) \times \frac{W}{R}$  である。

ここで  $n_2$  は魚群影像がみられなかった調査区の数である。

B. 先述したBの方法で求められた(3)式を用いて Fig. 3 に示した各定線の1マイル毎の魚群量  $Y_i$  を求め次式により全調査域のシラス魚群量を推定した。

$$P = \sum_{i=1}^n Y_i \times \frac{W}{R}$$

ここで  $n$  は全調査点数である。

Table 2. Estimation of the standing crop of autumn hatched shirasu in Osaka Bay (Method A).

Estimated population of survey blocks in which traces of fish school were appeared

$$X_i \neq 0$$

$$P_1 = (19.31 \times n_1 + 77.16 \times \sum X_i) \times \frac{W}{R}$$

Maximal estimated population of survey blocks in which the traces of fish school was not appeared

$$X_i = 0$$

$$P_0 = (19.31 \times n_2) \times \frac{W}{R}$$

Estimating range of the sum total of shirasu population in investigating area

$$P_2 = P_1 \sim P_1 + P_0$$

Date	Catch of shirasu(C) number of fishing units operated (N)		Amount of shirasu population estimated by Method A (ton)			Exploitation rate (%)	q (%)
	N	C ton	$P_1$	$P_0$	$P_2 = P_1 \sim P_1 + P_0$		
1978 Oct. 12	20	2.6	80.1	30.0	80.1~110.1	3.25~2.36	0.163~0.118
Oct. 13	7	1.8	86.0	12.6	86.0~98.6	2.09~1.83	0.299~0.261
Oct. 28	7	1.1	88.4	22.3	88.4~110.7	1.24~1.00	0.177~0.142
Oct. 30	13	0.8	44.5	33.9 (A-G)	44.5~78.4	1.80~1.02	0.138~0.078
Nov. 19	6	1.8	88.9	21.3	88.9~110.2	1.12~1.63	0.187~0.272
Dec. 3	26	7.5	78.8	8.7	78.8~87.5	9.52~8.57	0.366~0.330
Dec. 15	2	0.2	49.4	56.1	49.4~105.5		
Dec. 16	20	2.5	49.0	22.3 (A-G)	49.0~71.3	5.10~3.51	0.255~0.176
Mean							0.226~0.172

q: Mean exploitation rate per one fishing unit

### 3) 漁獲日報調査

大阪湾でのイワシ漁業の主要根拠地であるつぎの地点を調査地として選定した。

大阪府；岸和田・尾崎・深日・北中通り

兵庫県；洲本・岩屋

シラス漁獲量と出漁日数を求めるために昭和53年9～12月までの4カ月間にわたり、各根拠地に所属する全当業船を対象として漁獲日報調査を行なった (Table. 1)。

### 4) 結果及び考察

秋シラス漁獲量 (Table. 1) と魚探調査のA・B両方法から得られた全調査域の秋シラス魚群量とから漁獲割合を求め、Table. 2 および Table. 3 に示した。方法Aより推定した魚群量  $P_2$  (トン) は、40～90あるいは70～110トとなる。一方、Bの方法では6～50トと推定された。次に漁獲能率 (q) を着業統数の少ない12月15日を除いて求めると、Aの方法では、0.172あるいは0.226%、Bの方法では、1.00%となった。このように両方法間でシラス魚群量、漁獲能率 (q) に相異がみられる。そこでどちらの方法を用いるのが良いか吟味を行なった。Aの方法では各単群の長さと高さを測定する際、影像が小さいと相対的に誤差が大きくなる懸念があった。ところが魚群量指数と漁獲量の関係を求めた際の船速が2ノットであったのに対し、調査全域に対する魚群量調査の際の船速は、7ノットであった。このため記録紙上の影像は小さくなり、測定誤差は大きくなったと考えられる。そのためシラス現存量が過大に見積られた可能性が考えられる。一方B

Table 3. Estimation of the standing crop of autumn hatched shirasu in Osaka Bay (Method B)

Relationship between the number of fish school ( $N_i$ ) and catch ( $Y_i$ )

$$Y_i = 2.41N_i - 1.80$$

Amount of shirasu population in investigating area

$$P = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \frac{W}{R}$$

W: Width of survey block (3,704 m)

R: Width of both wing nets end of boat seine (Patch Net) (74 m)

Date	Amount of shirasu population estimated by Method B (ton)	Exploitation rate (%)	q (%)	Remarks
	P			
1978				
Oct. 12	22.4	11.61	0.581	
Oct. 13	44.1	4.10	0.586	
Oct. 28	20.3	5.42	0.774	From 29 th
Oct. 30	5.5	14.50	1.115	
Nov. 19	27.8	6.47	1.078	From 20 th
Dec. 3	27.7	27.10	1.042	
Dec. 15				
Dec. 16	9.8	25.51	1.280	From 18 th
Mean			1.000	

q: Mean exploitation rate per one fishing unit



の方法では、魚群の数と漁獲量との関係はほぼ原点を通る直線関係を示した。これは単群間の大きさにあまり差がないことによるものと考えられる。また、大川・三柄<sup>5)</sup>は油谷湾のイワン船曳網で漁獲されるカタクチイワシ（シラス～小羽）の漁獲能率(q)は平均1.5%と述べており、前述したBの方法で求めた(q)と近似の値が得られている。油谷湾のイワン船曳船は5トン級で漁具漁法共内海西部のイワン船曳網と類似している。大阪湾のPATCH網は9トン級であり漁具はやや異なるが漁法はほぼ一致している。従って漁獲能率は両者で近似した値をとると思はれる。そこで以後の資源量解析はBの方法で求められたq=0.01を用いることにした。

### III. 総補給量の推定

#### 1) 材料及び方法

昭和51～53年の瀬戸内海漁業離別統計表と県別統計資料を用いて大阪湾の総漁獲量及び総努力量を求めた。大阪湾産秋シラス漁期は9～12月までの間の120日と考えた。総補給量の変動を求める数理モデルとしては、この間に秋シラスは日々発生加入があるとする。ここでは1日当り加入量(R)は一定とした。漁獲努力は期間の総努力量が分っているので、それを120日で除して日平均努力量(隻数)を求めた。漁獲能率(q)は、魚探調査結果から得られた値を用いる。土井・他<sup>9)</sup>は大阪湾の秋シラスについて、種々の仮定した初期資源量と自然死亡係数Mを用いて漁獲量を計算し、現実の漁獲量変化にもっとも対応しているM=0.18/日をシラスの自然死亡係数(見掛けの自然死亡)であると推定しているのをこれを用いる。Mを見掛けの自然死亡係数としたのは、カエリ・小羽に成長し、シラスでなくなるものや漁場外へ逸散するものもこの中に含めたからである。なお、シラスの平均体重は0.1g/尾とした。したがって以下の解析にあたっては、尾数と重量の関係は0.1g/尾で換算できる。シラスの総補給量変動を求める数理モデルは以下の通りである。

$$\frac{dN}{dt} = R - (M + F)N \dots\dots(5)$$

$$C = \int_0^T F \cdot N dt \dots\dots(6)$$

これを解くと次のようになる。

$$N = \frac{R}{M + F} [1 - e^{-(M+F)t}] \dots\dots(7)$$

$$C = \frac{FR}{M + F} \left\{ T - \frac{1 - e^{-(M+F)T}}{M + F} \right\} \dots\dots(8)$$

- N : シラス現存量
- R : 1日当り補給量
- C : 漁期T日間の漁獲量
- M : 見かけの自然死亡係数
- F : 漁獲死亡係数 (F = q · X)
- X : 1日平均操業隻数
- T : 漁期日数 (120日)
- t : 時間 (日)

(8)式において、R以外のパラメーターは、すべて既知あるいは推測されているので未知数Rを求めること

ができる。Rは1日当りの補給量であるので期間内では、 $T \cdot R$ が総補給量となる。期末のシラス現存量 $N'$ は(7)式で、 $t = 120$ 日とおけば得られる。

## 2) 結果及び考察

昭和51～53年の大阪湾における秋シラス総補給量を求めた結果は Table. 4 に示した。なお表中の自然死亡量は、総補給量より漁獲量と期末現存量を引いたものである。

Table 4. The total recruitment of autumn hatched shirasu.

Year	Item	Recruitment in weight per day (ton)	Total recruitment in weight (ton)	Total catch in weight (ton)	Total amount of natural mortality in weight (ton)	standing crop in weight at the end of fishing season
1976		81.6	9,792	4,864	4,705	223.0
1977		38.7	4,644	2,390	2,152	102.0
1978		22.6	2,712	1,274	1,373	65.1

$F = 0.186(1976)$ ,  $F = 0.200(1977)$ ,  $F = 0.167(1978)$ ,  $M = 0.18$

大阪湾における秋シラス総補給量・漁獲量および期末現存量は、この年次間では年々ほぼ半減傾向を示している。他方、内海東部海域で行なった漁況予測の基礎資料<sup>11)</sup>を検討してみると、総補給量を推定した当該年次における秋シラスの親魚の資源量指数(CPUE)は51年28.8, 52年17.4, 53年6.8トンと年々低下傾向を示し、また卵の発生量も1曳網当り51年7.8, 52年7.1, 53年1.82と減少を示している。これらのことを併せ考察すると、近年の秋シラス総補給量の低下傾向は、漁獲量にみられる産卵親魚量の減少とその結果としての産卵量の低下に対応しているものと推定される。

## 要 約

大阪湾における秋シラスの総補給量を以下の手順で推定した。

1. 魚探により現存魚群量を推定するため、魚探影像記録の数値化について次の2方法を試みた。

A: 記録紙上の各単群影像の長さ高さの積の和(魚群量指数)と当該魚群に対する漁獲量の関係 (Fig. 1)

B: 記録紙上の単群数と当該魚群に対する漁獲量の関係 (Fig. 2)

2方法に基づく現存魚群量推定値を相互に比較した結果、Bの方法が適当であると判断した。

2. 得られた魚群量推定値と、イワン漁業主要根拠地での漁獲日報調査資料より秋シラスの漁獲能率が求められた ( $q = 0.01$ )

3. 数理モデルにより秋シラスの総補給量を求め、51年9792トン、52年4644トン、53年2712トンが得られた。

## 文 献

- 1) 横田滝雄, 1953: 日向灘, 豊後水道のイワン類の研究, 南海区水研報告, (2), 128~160.
- 2) 神浦藤雄, 1958: 魚群探知機の記録よりみたイワン類魚群の分布構造について, 南海区水研報告, (9), 76~83.
- 3) 神浦藤雄, 1966: 魚探記録からみたカタクチ群の大きさと出現状況について, 南海区水研報告, (23), 31~42.
- 4) 能津純治, 1965: 豊後水域におけるカタクチイワン *Engraulis japonica* (HOULTUYN) の漁業生物学的研究, 大分水試報告, (5), 112~124.

- 5) 大川浩・三栖寛, 1978: 魚群探知機により魚群量を推定する一つの試み, 西海区水研報告, (51), 141~157.
- 6) 土井長之, 1975: 魚探記録解析による南極洋沖あみの現存量推定, 鯨類研究所, (287), 57~59.
- 7) 青山恒雄・見元孝一, 1970: 魚群探知機によるカタクチイワシ群の分布機構の解明と分布量の推定, 橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告, 西海区水研, 93~118.
- 8) 高尾亀次・石岡清英・土井長之, 1979: シラス資源調査, 関西国際空港漁業環境影響調査報告第3分冊, 漁業生物班(上) 1~13.
- 9) 土井長之・他, 1979: カタクチイワシの資源解析, 関西国際空港漁業環境影響調査報告第3分冊, 漁業生物班(上) 805~807.
- 10) スネデカー統計的方法, 改定版, 1962: 岩波書店, 116~148.
- 11) 南西海区水産研究所, 1980: 瀬戸内海東部カタクチイワシ等漁況予報会議資料.