

クルマエビの漁業生物学的研究—I.

燧灘西部資源の加入量の推定

石岡 清英・高尾 亀次・外間 源治・長谷川 彰*

Studies on the Fishery Biology of Kuruma Prawn, *Penaeus japonicus*

BATE-I.

Estimation of the Amount of Recruitment in West

Hiuchi-Nada Area of Seto Inland Sea

Kiyohide ISHIOKA, Kameji TAKAO, Genji GEMA and Akira HASEGAWA

SUMMARY

In order to analyze the population dynamics of the prawn, two kinds of data were used. The one was the informations on exact position of fishing operation and number of prawn caught in each operation, which have been obtained from the sample boats. The other was the catch statistics of the whole boats from June to October in 1971.

In the preliminary treatment of the data, calculations were made on the total effective overall fishing intensity (f_T) and the relative index of population size (P_T) in each 5 consecutive day period. The results of calculation from the 5th period (in June) to the 28th period (in October) were used for the later analysis.

Population parameters were estimated according to the two mathematical models, adapted for situations of the actual fisheries and the ecology of the prawn. Dispersion was included in the natural mortality.

The obtained parameters are :

(Model 1)

Migratory stage

Natural mortality coefficient (M) = 0.191/5 days

Catchability coefficient (q) = 0.0129

Recruiting coefficient (α) = 0-1.414/5 days

Non-migratory stage

Natural mortality coefficient (M) = 0.0365/5 days

Catchability coefficient (q) = 0.00424

Recruiting coefficient (α) = 0-1.028/5 days

(Model 2)

Parameters are identical to those of the non-migratory stage in Model 1.

The population parameters assessed by these two mathematical models were similar to each other, and the following estimations were resulted.

- (1) The number of prawn captured within the area and period of study was about 300 thousands.
- (2) The recruitments occurred four times from June to October.
- (3) The number of total recruitment was 400-500 thousands.
- (4) The number of natural mortality (including dispersion) was 80-120 thousands.

1970年からはじまった浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究の一環として行なわれた「クルマエビの資源培養に関する研究」において、著者らは、愛媛県西条市地先に放流したクルマエビ (*Penaeus japonicus* BATE) の種苗が、燧灘西部の小型底曳網漁業に、どの程度の生産効果をおよぼすかを分担調査した。

西条市地先の干潟調査によれば、稚・幼エビ期を干潟で過ごしたクルマエビは、成長に伴って、沖合いの小型底曳網漁場へ移動して行くことが明らかになっている^{1),2),4),5)}。本報告では、1971年に行った調査データにもとづいて小型底曳網漁場における資源解析、特に加入量を検討した結果について報告する。

なお、この報告に当っては、東海区水産研究所土井長之博士に有意義な助言と、校閲をしていただいた。また、倉田博士および多々良薫博士には終始ご指導を賜った。愛媛県水産試験場東予分場河野慈敬氏には、調査に当り種々の協力をしていただいた。河原津漁業協同組合の方々は、よく調査に協力していただき、貴重な資料を提供していただいた。内海資源部小松登志恵さんに、計算および図の作製をお願いした。これらの方々へ深く感謝する。

方法および結果

解析方法は土井ほか⁶⁾の方法に従った。ただし、加入係数については、数学的モデルを多少変更した。

調査データは、Fig. 1 に示す漁場でのクルマエビ漁獲量の約80%を占めている⁴⁾河原津を根拠地とする小型底曳網漁船約70隻のうち、10隻に依頼した操業日誌と、河原津漁業協同組合のクルマエビ水揚統計とである。操業記録は1海里×1海里(1海里=1.852 km)区画ごとのクルマエビ漁獲尾数、曳網海里数を5日ごとにまとめた。また、6月1日から10月25日までを5日ごとの1~30期に区分した。

ここで使用した記号や数式表現は、次のとおりである^{6),9)}。

- A_i : i 漁区の面積
- C_i : " 漁獲量 (尾数)
- X_i : " 漁獲努力量 (曳網海里数)

とすれば、

漁場面積	$A = \sum A_i$
漁獲量 (尾数)	$C = \sum C_i$
努力量 (曳網海里数)	$X = \sum X_i$
各漁区の密度指数	$\phi' = C_i / X_i$
資源量指数	$P = \sum A_i \cdot \phi' = \sum A_i \cdot C_i / X_i$
平均密度指数	$\bar{\phi}' = \sum A_i \cdot \phi' / A$
有効努力量	$\bar{X} = C / \bar{\phi}'$
努力の有効度	$r = \bar{X} / X$
有効漁獲強度	$f = \bar{X} / A$

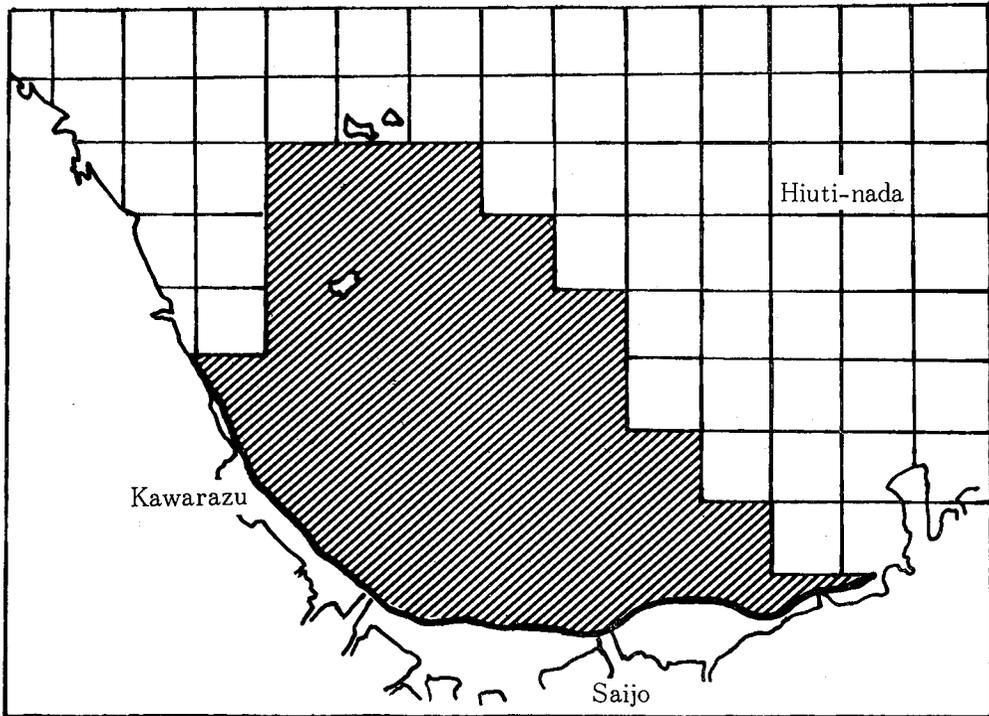


Fig. 1. Map showing the survey area (hatched portion) divided into 1 square mile blocks. Tagging experiments and analysis of catch statistics have revealed that the prawn population within the area is almost exclusively recruited from intertidal flats at Saijo.

となる。

標本船についてそれらの計算結果を5日期ごとに整理し、Table 1 に示す。また、操業区画面積は、時期により3.0平方海里から、44.8平方海里まで変化するが、標識放流個体の再捕位置などから考えて、西条地先干潟から沖合いに移動するクルマエビが移動滞留する範囲、および河原津漁協の所属船が操業する海域は、Fig. 1 に示した斜線の範囲と考えられる^{1), 2), 4), 5)}。したがって、ここでは対象とする漁場面積として、全漁場面積 $A' = 34.1$ 平方海里を使用することとした。なお、数ヶ月間をこの海域で過ごしたクルマエビは、成長に伴って、一部のものは、北西方向に逸散して行くことが標識放流の結果明らかとなっている^{4), 5)}。

河原津漁協の水揚統計(重量)を、定期的に調査した漁獲エビの平均体重を使って尾数に換算し、各5日期ごとにまとめて全漁船の漁獲尾数(C_T)とした。 C_T と標本船の漁獲尾数(C)との比を K として全漁船について引き延ばしを行い、全漁船の有効漁獲強度(f_T)とした。また、標本船の操業範囲は小型底曳網漁場を充分にはカバーしていないので、平均密度指数(ϕ')に、漁場面積($A' = 34.1$ 平方海里)を乗じて、この漁場における資源量指数(P_T)とした。これらの値をTable 2 に示した。以下の分析には、この値を使用した。

次に、資源量指数(P_T)について、2期移動平均(\bar{P}_T)を求め平滑化した。

$$\bar{P}_T \cdot i = (P_T \cdot i + P_T \cdot (i+1)) / 2$$

$\bar{P}_T \cdot i$ を*i*期の終わりの資源量指数および(*i*+1)期の始めの資源量指数とした。この指数(\bar{P}_T)から5日期ごとの全変化率(S)を求め、次式から全変化係数(V)を求めた。

Table 1. Catch statistics by the sample small trawlers.

Month	Period*	A (mile ²)	C (Number of prawn)	X (mile)	P	ϕ'	\bar{X}	r	f
June	1	11.7	102	13.5	82.2	7.0	14.5	1.076	1.24
	2								
	3								
	4	18.5	514	51.3	182.0	9.8	52.2	1.018	2.82
	5	11.6	76	14.9	58.8	5.1	15.0	1.005	1.29
	6	3.0	121	4.5	80.0	26.7	4.5	1.011	1.52
July	7	3.3	262	7.9	120.3	36.4	7.2	0.911	2.18
	8	4.2	646	21.1	125.0	29.8	21.7	1.029	5.17
	9	16.4	1,232	52.7	270.7	16.5	74.7	1.417	4.55
	10	9.8	164	25.6	57.2	5.8	28.1	1.096	2.86
	11	17.2	273	43.1	121.3	7.1	38.7	0.897	2.25
Aug.	12	30.0	829	86.6	201.4	6.7	123.5	1.426	4.12
	13	3.8	70	7.5	35.4	9.3	7.5	1.002	1.98
	14	15.0	2,825	111.8	467.5	31.2	90.6	0.811	6.04
	15	27.9	1,284	117.3	278.1	10.0	128.8	1.098	4.62
	16	13.3	210	29.9	82.5	6.2	33.9	1.134	2.55
	17	38.9	866	93.8	309.4	8.0	108.8	1.160	2.80
Sept.	18	31.7	778	67.8	361.6	11.4	68.2	1.005	2.15
	19	44.7	2,753	178.5	457.9	10.2	268.8	1.506	6.01
	20	24.2	463	42.5	185.4	7.7	60.4	1.422	2.50
	21	40.2	1,417	132.7	384.0	9.6	148.3	1.118	3.69
	22	7.8	60	9.4	51.2	6.6	9.2	0.976	1.18
	23	37.4	1,382	163.8	260.1	7.0	198.8	1.214	5.31
	24	44.8	1,774	175.3	412.7	9.2	192.5	1.098	4.30
Oct.	25	33.3	651	84.4	250.9	7.5	86.3	1.023	2.59
	26	31.2	359	53.0	234.6	7.5	47.8	0.901	1.53
	27	29.8	583	92.2	157.0	5.3	110.6	1.200	3.71
	28	38.1	522	103.1	184.7	4.8	107.6	1.044	2.82
	29	25.1	292	61.3	122.1	4.9	60.1	0.980	2.39
	30	5.8	1	7.7	0.8	0.1	7.5	0.978	1.30

A : area of operated blocks

C : catch in number by sample boats

X : hauling distance

P : relative index of population size

 ϕ' : average relative index of population density

X : effective effort

f : effective overall fishing intensity

* One period consists of 5 days.

Table 2. Estimation of the effective overall fishing intensity and the relative index of population size for the whole boats operating in the study area.

Period	C _T	Sample boat			K	Total boat		P _T
		C	φ'	\bar{X}		\bar{X}_T	f _T	
4	12,846	514	9.8	52.2	25.0	1,305	38.3	334
5	9,652	76	5.1	15.0	127.0	1,905	55.9	174
6	14,256	121	26.7	4.5	117.8	530	15.5	910
7	12,572	262	36.4	7.2	48.0	345	10.1	1,241
8	13,907	646	29.8	21.7	21.5	467	13.7	1,016
9	22,311	1,232	16.5	74.7	18.1	1,353	39.7	563
10	12,392	164	5.8	28.1	75.6	2,123	62.3	198
11	10,609	273	7.1	38.7	38.9	1,504	44.1	242
12	17,464	829	6.7	123.5	21.1	2,602	76.3	228
13	4,266	70	9.3	7.5	60.9	457	13.4	317
14	28,322	2,824	31.2	90.6	10.0	909	26.6	1,064
15	19,873	1,284	10.0	128.8	15.5	1,993	58.5	341
16	3,738	210	6.2	33.9	17.8	603	17.7	211
17	13,392	866	8.0	108.8	15.5	1,683	49.3	273
18	7,927	778	11.4	68.2	10.2	695	20.4	389
19	12,396	2,753	10.2	268.8	4.5	1,210	35.5	348
20	2,714	463	7.7	60.4	5.9	354	10.4	263
21	14,128	1,417	9.6	148.3	10.0	1,479	43.4	327
22	310	60	6.6	9.2	5.2	48	1.4	225
23	15,273	1,382	7.0	198.8	11.1	2,197	64.4	239
24	14,481	1,774	9.2	192.5	8.2	1,571	46.1	314
25	6,723	651	7.5	86.3	10.3	891	26.1	256
26	4,290	359	7.5	47.8	11.9	571	16.8	256
27	8,325	583	5.3	111.0	14.3	1,585	46.5	181
28	7,946	521	4.8	107.6	15.3	1,641	48.1	164
29	4,017	292	4.9	60.1	13.8	827	24.2	167

C_T : total catch in number

K : ratio of C_T to C

\bar{X}_T : total effective effort

f_T : total effective overall fishing intensity

P_T : estimated relative index of population size

$$V = F + M - \alpha = -\log_e S$$

ここで、Fは漁獲死亡係数、Mは自然死亡係数（逸散係数を含む）、αは加入係数である。Table 3はこれらの結果を示す。この結果から、以下の計算に使える期間は、5～28期（6月20日～10月20日）である。

5日期ごとにまとめた有効漁獲強度（f_T）と、全変化係数（V）との関係を Fig. 2 に示した。漁獲能率をqとすると、

$$F = q \times f_T$$

である。

全減少係数をZとすると、

加入がない場合（α = 0）、

Table 3. Estimation of total change coefficient from relative index of population size.

Period	P_T	\bar{P}_T	S	V
4	334			
5	174	254	2.136	-0.759
6	911	543	1.983	-0.685
7	1,241	1,076	1.049	-0.048
8	1,016	1,129	0.700	0.357
9	563	790	0.482	0.730
10	198	381	0.578	0.548
11	242	220	1.070	-0.068
12	229	236	1.159	-0.148
13	317	273	2.529	-0.928
14	1,064	691	1.017	-0.017
15	341	703	0.393	0.934
16	211	276	0.877	0.131
17	273	242	1.368	-0.313
18	389	331	1.113	-0.107
19	348	369	0.829	0.187
20	263	306	0.966	0.035
21	327	295	0.936	0.067
22	225	276	0.841	0.174
23	239	232	1.192	-0.175
24	314	277	1.031	-0.030
25	256	285	0.898	0.107
26	256	256	0.854	0.158
27	181	219	0.789	0.236
28	164	173	0.959	0.041
29	167	166		

\bar{P}_T : 2 term's moving average of P_T

S : rate of total change

V : coefficient of total change

$$V = F + M = Z$$

$$Z = q \times fr + M$$

すなわち、加入がない場合、 fr と $V (=Z)$ の関係は、傾き q 、切片を M とする直線となり、各点の上限に位置するはずである。また、加入があると、

$$V = Z - \alpha$$

$$= q \times fr + M - \alpha$$

であるので、 fr に対応する V の位置は、加入がない場合に求められた直線から、 α だけ下にある。

以上のことを念頭において、次に述べる2種類の数学的モデルを考えて、資源特性値を計算した。

(1) 各5日期を移動期と滞留期に分けた場合

Fig. 2 に示した各5日期の与える点について、資源量指数の変化 (Fig. 3 または、Fig. 4) および標本船の操業位置等を参考にして⁴⁾、時期8, 9, 15は、加入のない移動期と考えて直線(a)を、また、時期16,

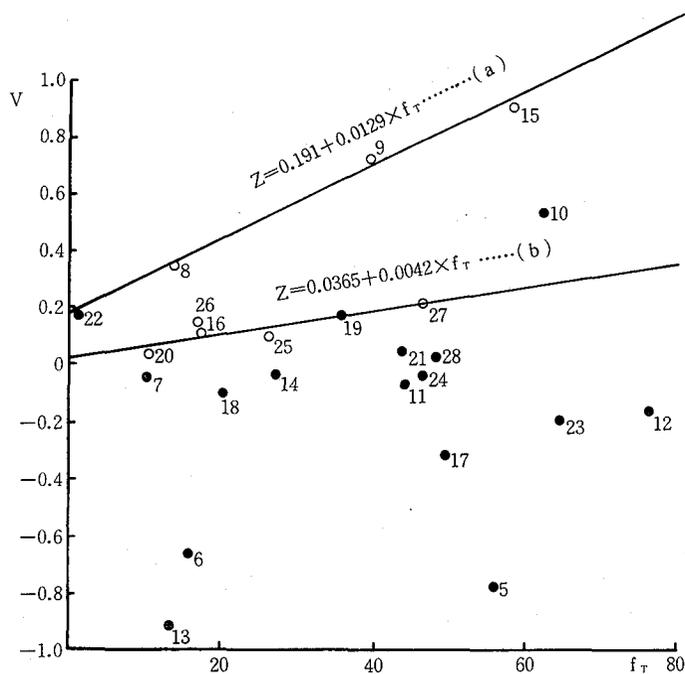


Fig. 2. The regression of the effective overall fishing intensity (f_T) on the coefficient of total change (V). Numerals in the graph indicate serial numbers of 5 day period. The regression lines (a) and (b) were fitted to the periods shown by open circles. The total mortality coefficient (Z) will coincide with the total change coefficient (V) when there are no recruitment.

20, 25, 26, 27は、加入のない滞留期と考え直線(b)をそれぞれ最小自乗法により当てはめた。これら2本の直線の回帰係数より、

$$\begin{array}{ll} \text{移動期} & F = q \times f_T = 0.0129 \times f_T \quad M = 0.191 \\ \text{滞留期} & F = 0.00424 \times f_T \quad M = 0.0365 \end{array}$$

を得る。

漁獲能率 q が時期により変化する理由としては、移動期には何らかの理由で漁獲されやすくなるとか、漁船の操業形態が変化するとかが考えられる。また、逸散係数については、加入がない ($\alpha = 0$) の場合の移動期と滞留期の漁獲死亡係数以外の減少係数の差であるとも考えられるが、この差が実際に逸散係数を示すのか、それとも移動期の特異な生態により自然死亡係数が増加しているのかがあきらかでない。したがって、以下の解析にあたっては、逸散係数は、自然死亡係数 (M) の中に含めて処理した。

標本船の操業位置⁴⁾、資源量指数の変化および f_T と V の関係図における点の位置などから判断して、全ての5日期を移動期、滞留期に分け、さらに加入の有無を組み合わせ、次の4種類に分類した。

- (i) 移動期で加入がある…… 6, 7, 10, 14, 17, 18, 24
- (ii) 移動期で加入がない…… 8, 9, 15

Table 4. Change of population in number in each 5 day period. (Model-1)

Month	Period	q ($\times 10^{-2}$)	M	V'	α	F	S'	D	E	R	No	Ne	Nd	Nr
June	5	0.424	0.0365	-0.755	1.028	0.236	2.128	0.055	0.353	1.536	27332	58163	1490	41972
	6	1.29	0.191	-0.688	1.081	0.203	1.989	0.275	0.291	1.555	48907	97284	13429	76064
July	7	1.29	0.191	-0.048	0.370	0.131	1.049	0.196	0.134	0.379	94009	98631	18384	35583
	8	1.29	0.191	0.368	0	0.177	0.692	0.160	0.148	0	93978	65057	15011	0
	9	1.29	0.191	0.703	0	0.512	0.495	0.137	0.368	0	60706	30070	8325	0
	10	1.29	0.191	0.550	0.443	0.802	0.577	0.147	0.617	0.341	20087	11591	2950	6845
Aug.	11	0.424	0.0365	-0.066	0.289	0.187	1.068	0.038	0.193	0.299	54913	58654	2072	16422
	12	0.424	0.0365	-0.152	0.512	0.323	1.164	0.039	0.349	0.553	49994	58207	1971	27646
	13	0.424	0.0365	-0.927	1.020	0.057	2.526	0.060	0.094	1.679	45495	114906	2734	76408
	14	1.29	0.191	-0.016	0.551	0.344	1.016	0.192	0.347	0.555	81726	83044	15727	45368
	15	1.29	0.191	0.945	0	0.754	0.389	0.123	0.488	0	40741	15837	5031	0
	16	0.424	0.0365	0.112	0	0.075	0.894	0.035	0.071	0	5266	47110	1819	0
	17	1.29	0.191	-0.313	1.141	0.637	1.368	0.224	0.748	1.340	17914	24502	4016	23996
	18	1.29	0.191	-0.112	0.565	0.263	1.118	0.202	0.278	0.598	28513	31883	5759	17056
Sept.	19	0.424	0.0365	0.187	0	0.150	0.829	0.033	0.137	0	90320	74915	3007	0
	20	0.424	0.0365	0.081	0	0.044	0.923	0.035	0.042	0	64123	59157	2249	0
	21	0.424	0.0365	0.220	0	0.184	0.802	0.033	0.165	0	85622	68693	2805	0
	22	0.424	0.0365	0.042	0	0.006	0.958	0.036	0.006	0	53722	51492	1920	0
	23	0.424	0.0365	-0.178	0.488	0.273	1.195	0.040	0.299	0.534	51077	61052	2041	27287
Oct.	24	1.29	0.191	-0.036	0.821	0.595	1.036	0.194	0.605	0.836	23926	24791	4650	19996
	25	0.424	0.0365	0.147	0	0.111	0.863	0.034	0.103	0	65236	56301	2214	0
	26	0.424	0.0365	0.108	0	0.071	0.898	0.035	0.067	0	63749	57251	2206	0
	27	0.424	0.0365	0.233	0	0.196	0.792	0.033	0.175	0	47498	37626	1547	0
	28	0.424	0.0365	0.240	0	0.204	0.786	0.032	0.181	0	43883	34513	1424	0

q : catchability coefficient

M : natural mortality coefficient (including dispersion coefficient)

V' : adjusted coefficient of total change

α : coefficient of recruitment

F : coefficient of fishing mortality

S' : adjusted rate of total change

D : rate of natural mortality

E : rate of exploitation

R : rate of recruitment

No : population in number at the beginning of each period

Ne : population in number at the end of each period

Nd : natural mortality in number (including dispersion)

Nr : recruitment in number

(iii) 滞留期で加入がある…… 5, 11, 12, 13, 23

(iv) 滞留期で加入がない……16, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28

加入がない場合の全減少係数 (Z) は,

$$Z = F + M = q \times fr + M$$

で計算した。ただし、移動期と滞留期とでは、q および M の値が異なる。

加入がある場合にも、F および M の値は、移動期と滞留期とでは異なるが、加入係数 α は,

$$\alpha = (F + M) - V = (q \times fr + M) - V$$

から求めた。

すなわち、加入のない場合は上で求めた Z を、加入のある場合は V を、各 5 日期の調整された全変化係数 (V') とした。

各 5 日期の F, M, α , V' を上述を上述のように定めると、各資源特性値は各 5 日期ごとに次の式により計算できる⁶⁾。結果を Table 4 に示す。

調整された全変化率	$S' = e^{-V'}$
自然死亡率 (逸散率を含む)	$D = \frac{M}{V'}(1 - S')$
漁獲率	$E = \frac{F}{V'}(1 - S')$
加入率	$R = \frac{\alpha}{V'}(1 - S')$
始めの資源尾数	$N_0 = C_T / E$
終りの資源尾数	$N_e = N_0 \times S'$
自然死亡尾数 (逸散尾数を含む)	$N_d = N_0 \times D$
加入尾数	$N_r = N_0 \times R$

また、資源量指数 (\bar{P}_T) は資源尾数 (N) に比例する。

$$N = b \times \bar{P}_T$$

$$(ただし、b = \frac{\sum \bar{P}_T \cdot i \times N_i}{\sum (\bar{P}_T \cdot i)^2})$$

Table 4 について計算すると、

$$N = 103.9 \times \bar{P}_T$$

または、 $\bar{P}_T = 0.00962 \times N$

となる。

以上の解析によって得られた各 5 日期ごとの資源量指数と、資源尾数および加入尾数の計算値の変化を Fig. 3 に示した。

(2) 移動期と滞留期とを区別しない場合

上記(1)のモデルに用いた移動期における fr と Z の関係の直線(a)は、3 個の点から求められている。これらの点を与えた時期の標本船の操業状況を検討してみると、いずれも少数の漁船が干潟周辺部で、沖合へ移動する前の体長10cm前後の小型クルマエビを多獲しており⁴⁾、むしろ例外的な場合であるとも考えられる。また、モデル(1)において直線(a)から得られた自然死亡係数 $M = 0.191$ は、坪刈り調査による干潟生息段階の自然死亡係数等³⁾から考えても、値が大きすぎる。そこで、直線(b)から得られた、 $M = 0.0365$, $q = 0.00424$ を、全期間にわたって使用することにした。各 5 日期を次の 2 種類に分類した。

5 日期区分

(i) 加入がある……5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 23, 24

(ii) 加入がない……8, 9, 10, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29

各 5 日期ごとの F, M, α , V' の定め方は、(1)のモデルと同様に行ない、各資源特性値も同様に計算し、結果を Table 5 に示した。

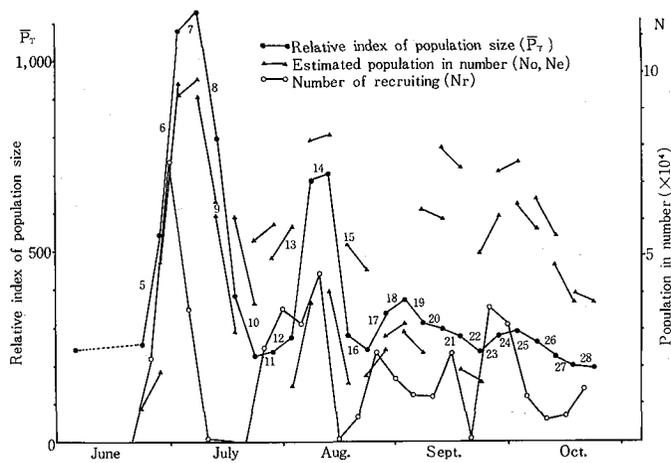


Fig. 3. Fluctuations in the relative index of population size, estimated population number and the number of recruiting population. (Model-1) Numerals in the graph indicate serial numbers of the 5 day period.

Table 5. Change of population in number in each 5 day period. (Model-2)

Month	Period	V'	α	F	S'	D	E	R	No	Ne	Nd	Nr
June	5	-0.755	1.028	0.236	2.128	0.055	0.353	1.536	27332	58163	1490	41972
	6	-0.688	0.791	0.067	1.989	0.052	0.096	1.137	148799	295981	7812	169248
July	7	-0.048	0.127	0.043	1.049	0.037	0.044	0.131	286018	300082	10694	37327
	8	0.095	0	0.058	0.910	0.035	0.055	0	250732	228100	8732	0
	9	0.205	0	0.168	0.815	0.033	0.152	0	146721	119562	4843	0
	10	0.300	0	0.264	0.741	0.032	0.228	0	54417	40309	1716	0
	11	-0.066	0.289	0.187	1.068	0.038	0.193	0.299	54913	58654	2072	16422
Aug.	12	-0.152	0.512	0.323	1.164	0.039	0.349	0.553	49994	58207	1971	27646
	13	-0.927	1.020	0.057	2.526	0.060	0.094	1.679	45495	114906	2734	76408
	14	-0.016	0.166	0.113	1.016	0.037	0.114	0.167	248646	252657	9149	41482
	15	0.284	0	0.248	0.753	0.032	0.216	0	92127	69329	2927	0
	16	0.112	0	0.075	0.894	0.035	0.071	0	52666	47110	1819	0
	17	-0.313	0.559	0.209	1.368	0.043	0.246	0.656	54501	74547	2336	35771
	18	-0.112	0.235	0.086	1.118	0.039	0.091	0.248	86750	97002	3350	21532
Sept.	19	0.187	0	0.150	0.829	0.033	0.137	0	90320	74915	3007	0
	20	0.081	0	0.044	0.923	0.035	0.042	0	64123	59157	2249	0
	21	0.220	0	0.184	0.802	0.033	0.165	0	85622	68693	2805	0
	22	0.042	0	0.006	0.958	0.036	0.006	0	53722	51492	1920	0
	23	-0.178	0.488	0.273	1.195	0.040	0.299	0.534	51077	61052	2041	27287
	24	-0.036	0.267	0.195	1.036	0.037	0.199	0.272	72794	75424	2705	19815
Oct.	25	0.147	0	0.111	0.863	0.034	0.103	0	65236	56301	2214	0
	26	0.108	0	0.071	0.898	0.035	0.067	0	63749	57251	2206	0
	27	0.233	0	0.196	0.792	0.033	0.175	0	47498	37626	1547	0
	28	0.240	0	0.204	0.786	0.032	0.181	0	43883	34513	1424	0
	29	0.139	0	0.103	0.870	0.034	0.096	0	41885	36442	1427	0

The value of $M=0.0365$ and $q=0.00424$ were applied for every period. Symbols are the same in table 4.

この場合は、

$$N = 232.6 \times \bar{P}_T$$

$$\bar{P}_T = 0.00430 \times N$$

となる。この結果を Fig. 4 に示す。

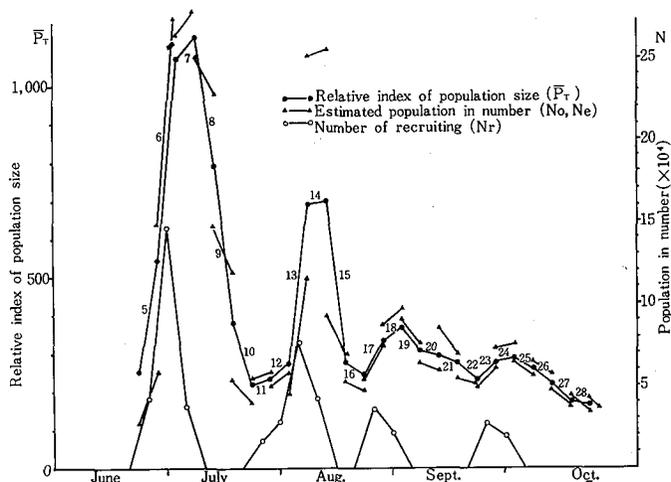


Fig. 4. Fluctuations in the relative index of population size, estimated population in number and the number of recruiting population. (Model-2) Numerals in the graph indicate serial numbers of the 5 day period.

なお、以上の計算に用いた漁獲尾数は、河原津漁協の水揚統計のみであり、前述のように、この水域の漁獲量のおよそ80%を占めていると考えられる。したがって、実際の有効漁獲強度 $f'r$ は1.25倍となる。このため漁獲能率 q は0.8倍、尾数の換算では1.25倍とする必要がある。ただし、この補正値は、ここでは使用していない。

以上の結果を、土井ほか⁶⁾が求めた資源特性値と比較して、Table 6 に示した。なお、この比較にあつ

Table 6. The comparison of the population parameters estimated by Model (1) and (2) with those calculated by the Model of Doi et al (1972).

Type of the Model Coefficient	Model by Doi et al (1972)	Model (1)		Model (2)
		Migratory stage	Non-migratory stage	
Natural mortality (M)	0.211	0.191	0.0365	0.0365
Catchability (q)	0.00682	0.0129	0.00424	0.00424
Recruiting (a)	0.526	0~1.141	0~1.028	0~1.028

て、両者の漁場面積の解釈の差による違いは、本報告の尺度に換算し統一した。すなわち、土井ほかは、漁場面積を50平方海里と仮定したが、本報告では、34.1平方海里とした。そのための補正として、前者の求めた $f'r$, q は、 $f'r = f'r/0.682$, $q' = 0.682 \times q$ として補正した $f'r$, q' を用いた。(0.682 = (34.1平方海里/50平方海里))

考 察

土井ほか⁶⁾は、1970年9月～11月の間、同海域での資源解析を行ったが、本報告では、1971年6月～10月の期間について、ほぼ同様な方法で解析を行った。この期間は、河原津の小型底曳網が、クルマエビを主要な漁獲対象としている時期でもある。まとめ方の違いは、漁場面積を実体に合わせて変更したこと、加入係数の変化を考慮した数理モデルを用いたことである。クルマエビの沖合漁場への加入は、干潟から単調に拡散するのではなく、体長11～13cm位から急激におこる⁵⁾。このように間けつ的な移動がおこるため、加入係数は一定ではないと考える方が現実的であろう。

数理モデルの作り方により、数値に当然差が出る。そのいずれがより正しいかの最終的な判断はできないが、モデル(1)における移動期、滞留期の区別をする必然性については、さらに別の調査が必要であろう。また、資源量指数の変化と、モデル(1)による資源尾数の推定値の一致がよくない。(Fig. 3)

他方、モデル(2)による計算では、土井ほかの報告や、この資料における8, 9, 15期のような、急激な資源量水準の変化(いわゆる移動期)をうまく説明できない。

Table 7 に、モデル(1)およびモデル(2)により計算された加入尾数、資源尾数、自然死亡尾数(逸散尾数を

Table 7. Estimations of population size, recruitment and natural mortality in the two different models. (number of prawns)

		Model (1)	Model (2)
Total catch		227, 267	
Population in each period	Initial	27, 332	27, 332
	Last	34, 513	36, 442
	Mean	54, 726	94, 130
Recruitment	1 st	(Period 5-7) 153, 619	(Period 5-7) 248, 547
	2 nd	(Period 10-14) 172, 689	(Period 11-14) 161, 958
	3 rd	(Period 17-18) 41, 052	(Period 17-18) 57, 303
	4 th	(Period 23-24) 47, 283	(Period 23-24) 47, 102
	Total	414, 643	514, 910
Natural mortality		122, 781	85, 190

含む)を示す。操業資料収集の精度と、含まれているであろう相当な誤差を考えれば、この2種のモデルによる計算値はよく一致しているといえよう。すなわち、1971年6月～10月の期間には、調査範囲の小型底曳網漁場では、4回の加入が行われ、その合計は40～50万尾であり、そのうち約30万尾が漁獲され、8～12万尾が自然死亡または逸散したと推定される。

要 約

燧灘西部小型底曳網漁場におけるクルマエビ資源の解析、とくに加入量について検討した。河原津における標本船の操業記録と、全船の漁獲尾数の資料を、5日期ごとに整理し、有効漁獲強度を求めた。操業記録

から求めた平均密度指数は、漁場面積を34.1平方海里として、資源量指数に換算した。次に、資源量指数の変化から全変化係数を求め、有効漁獲強度との関係を図解し、その解釈から二つの数理モデルを考え資源特性値を計算した。ただし、自然死亡係数(M)には逸散係数も含めた。

1) 移動期と滞留期に分けて、漁獲能率(q)およびMを求めた。

移動期： $q=0.0129$ $M=0.191$

滞留期： $q=0.00424$ $M=0.0365$

2) 全ての時期を滞留期として考え、モデル1)の滞留期の係数を用いた。

次に、加入係数(α)は、全変化係数(V)と、上記の係数により定められる全減少係数(Z)との差として求め、各資源特性値を計算した。両モデルにより求められた数値は、ほぼ一致しており、次のように考えられる。1971年6月～10月の期間には、この漁場には4回の加入が行われ、その合計は40～50万尾であり、そのうち約30万尾が漁獲され、8～12万尾が自然死亡または逸散した。

文 献

- 1) 倉田博, 石岡清英, 仁科重己, 1971: 放流種苗の減耗に関する研究. 浅海別枠備後灘, 昭45研究成果, 5~32.
- 2) 長谷川彰, 山口義昭, 石岡清英, 1971: 種苗放流の生産効果に関する研究. 同誌, 33~51.
- 3) 倉田博, 石岡清英, 仁科重己, 河野慈敬, 1972: 放流種苗の減耗に関する研究—1, 放流方法に関する研究. 浅海別枠備後灘, 昭46研究成果, 16~25.
- 4) 長谷川彰, 高尾亀次, 石岡清英, 外間源治, 河野慈敬, 1972: 種苗放流の生産効果に関する研究—1, 漁業生産効果. 同誌, 121~148.
- 5) —, —, —, —, —, 1973: 減耗要因の解明に関する研究—2, 西条漁場における種苗放流の生産効果. 浅海別枠備後灘, 昭47研究成果, 8~33.
- 6) 土井長之, 金容文, 高尾亀次, 石岡清英, 岡田啓介, 1972: 燧灘底曳漁場におけるクルマエビの資源解析. 東海水研報, 69, 45~54.
- 7) —, 1971: マッコウ鯨の資源診断法. 同誌, 66, 89~143.
- 8) 松浦秀喜, 土井長之, 1974: 山口県外海域のマダイ資源研究—II. 仙崎湾・深川湾マダイ当歳魚の資源解析. 同誌, 80, 11~28.
- 9) 田中昌一, 1957: 資源量の相対指数と有効漁獲努力量. 同誌, 17, 1—13