

基礎生産と漁獲量との関係

—漁業による基礎生産の利用—

(瀬戸内海におけるモデル計算)

(綜 述)

多々良 薫

Relation Between the Primary Production and the Commercial Fishery Production in the Fishing Ground Utilization of the Primary Production by the Boat Fishery (Review)

Kaoru TATARA

This paper aims to present a numerical model of the relation between the primary production and the fishery production in the fishing ground. The basic principle leading to the model is the scheme of energetic flows through the trophic levels in the biological production system in the sea area.

Firstly, the commercial catch was divided into two production series (fish- and benthos-feeding). Each series was then divided according to the trophic levels and species. On the other hand, a species-feeding habits matrix was prepared for each commercial species using the results of various studies of stomach contents, etc. These two informations were combined by the coefficient of assimilation between the trophic levels of each fish- and benthos-feeding production series. Through these procedures, the estimate of the total amount of energy consumed by the catch was calculated in terms of weight of primary production.

The model is shown in Figure 2, and the primary production consumed is estimated by the following equations:

$$(PC) = \sum_{i=0}^1 (PF_i) + \sum_{i=0}^1 (PB_i)$$

$$(PF_i) = (CF_i) \int \frac{1}{\pi} G_n$$

$$(PB_i) = (CB_i) \int \frac{1}{\pi} G_n$$

where

PC = Total amount of primary production utilized through the total catch

PF_i = Amount of primary production utilized through the catch of i-trophic level of fish-feeding series

PB_i = Amount of primary production utilized through the catch of i-trophic level of benthos-feeding series

CF_i = Amount of commercial catch of i-trophic level of fish-feeding series

CB_1 = Amount of commercial catch of i-trophic level of benthos-feeding series

G_n = Coefficient of assimilation from (n-1)-trophic level to n-trophic level

r = Rate of dependence to the prey of fish-feeding series

The amount of the primary production which was utilized through the commercial catch was estimated from the amount of the fishery productions in the Seto Inland Sea under the following assumptions. Firstly, the relation among the transfer coefficient (t_n), the assimilation coefficient (G_n) and the coefficient of prey utilization (S_n) between n- and (n-1)-trophic levels is supposed to be $t_n = S_n \cdot G_n$, and also $G_n \cdot t_n$. However, no reliable value on S_n was obtained. In the present calculation, the assimilation coefficients are conjectured to be 0.3 from trophic level 0 (phyto plankton or detritus) to trophic level 1 (phyto pl. feeder or detritus feeder) and to be 0.1 for the higher levels. Secondly, r , the rate of dependence of benthos-feeding series to the prey of fish-feeding series, is conjectured to be 0.5.

Commercial fishery production in the Seto Inland Sea in 1958 was about 240×10^3 m.t., and the estimation of primary production utilized through the catch was about 19×10^6 m.t. In 1977, those values were about 406×10^3 m.t. in the catch and 29×10^6 m.t. in primary production. Commercial catch has increased by 1.7 times during past 20 years, and the utilization of estimated primary production increased about 1.5 times. Finally the paper derived an estimate that 60-80 m.t. of primary production of fishing ground is being consumed in each 1 m.t. of commercial catch.

There are some problems that should be clarified in the present method. The following points in question are also included in the summarizing discussions: qualitative contents of catch statistics, feeding habit of commercial species, transfer coefficient and assimilation coefficient between the trophic levels, reduction of assimilation coefficient by detour transformation, primary production consumed by benthos feeders, migratory features of fish resources and aquaculture productions.

海洋生物がその再生産力によって、尽きることのない人類の食糧資源としての可能性を秘めていることは、最も重要な特質である。この再生産サイクルの起点は植物プランクトンによる基礎生産である。基礎生産物は生物界の物質循環機構を介して、次々に高栄養段階の生物に再生産される。その一部が漁獲物として取りあげられ人類に利用される。基礎生産量に比例して漁獲量が得られるわけではないが、基礎生産量から求められる枠を越えた漁獲が得られないことは確かである。

ここでは、基礎生産と漁獲量との関係を検討し、基礎生産量が漁獲量につながる機構の解析を試みる。すなわちまず漁獲量からそれを支えた基礎生産量を求める方法を提示し、この方法を用いて瀬戸内海についてのモデル計算を行ない、漁業を通して利用した基礎生産量について検討を行なう。

科学技術庁は、過去約2年間資源調査所に海洋資源部会海洋生産力小委員会を設け、日本200海里水域の海洋生物生産力に関する取り括めを行なった。著者は小委員会メンバーの一人として、漁業による海域基礎生産力の利用に関する検討に参加した。この綜述はそこで著者が担当した取り括めの内容を主な部分として準備したものである。

同小委員会における検討では、海洋資源部会長天野慶之博士、海洋生産力小委員会委員長木部崎修博士はじめ、専門委員各位から貴重な助言と検討をいただきました。ここに厚くお礼申し上げます。特に遠洋水産研究所長崎福三博士には取り括め全般について示唆に富む指導と助言をいただきました。更に東北大学教授西沢敏博士からは低次生産とその Energy flow に関する最近の知見について懇切なご指導をいただきました。また安楽・遠藤・弘田他の委員からはプランクトン生産に関して、青山・浅見・須田・林他の委員からは高次生産に関して討論をいただきました。さらにモデル計算にあたっては南西海区水産研究所石岡清英技

官がプログラミングを受け持ってご援助して下さいました。南西海区水産研究所長桑谷正幸博士はこの報告を研究所報告として印刷する機会を与えられました。これらの方々に厚くお礼申し上げます。

1. 漁獲物と基礎生産の利用

瀬戸内海周辺では1960年代以後のいわゆる高度成長時代に沿岸地域の工業化・都市化が急激に進んだ。そのため産業排水や生活排水が海域に流入して、水質の富栄養化が進み、大規模な赤潮発生や種々の環境問題が起る事態にもなった。

漁業を取りまく諸条件も大きく変化したが、特に水域の富栄養化が餌生物を通して漁業資源の変化に強い影響を与えたことは明らかである。植物プランクトンによる生物生産は動物プランクトンを通して高次栄養段階の生物に利用される。漁獲物となる海域の生物はおおむねプランクトン食種、ベントス食種および魚食種や、エビ・カニ食種などの高次生物であり、しかも商業漁獲物として価値のあるものに限定される。したがって、海域の基礎生産量がそのまま漁業生産に反映されるとは限らない。つまり漁業資源の特性や漁業の特徴によって、海域における基礎生産の利用は如何ようにも変わると見てよいであろう。

ここでは、海域の基礎生産量に対応して、漁業が如何にそれを利用しているかについて検討する。そのため漁獲物を食性によって生物生産系と栄養段階に区分し、転送効率を考慮した上で、漁業生産物が漁獲物となるまでに消費したと考えられる基礎生産量を求めた。

2. 漁業が利用した基礎生産量を推定するための基礎資料

1) 漁獲統計

まず漁獲物の種類別重量が必要であるが、日本周辺では魚種別漁獲量統計表に海区別統計が収録されている。瀬戸内海では灘別漁獲統計表として公表される更に詳細な統計が利用できる。この統計表は、1964年以

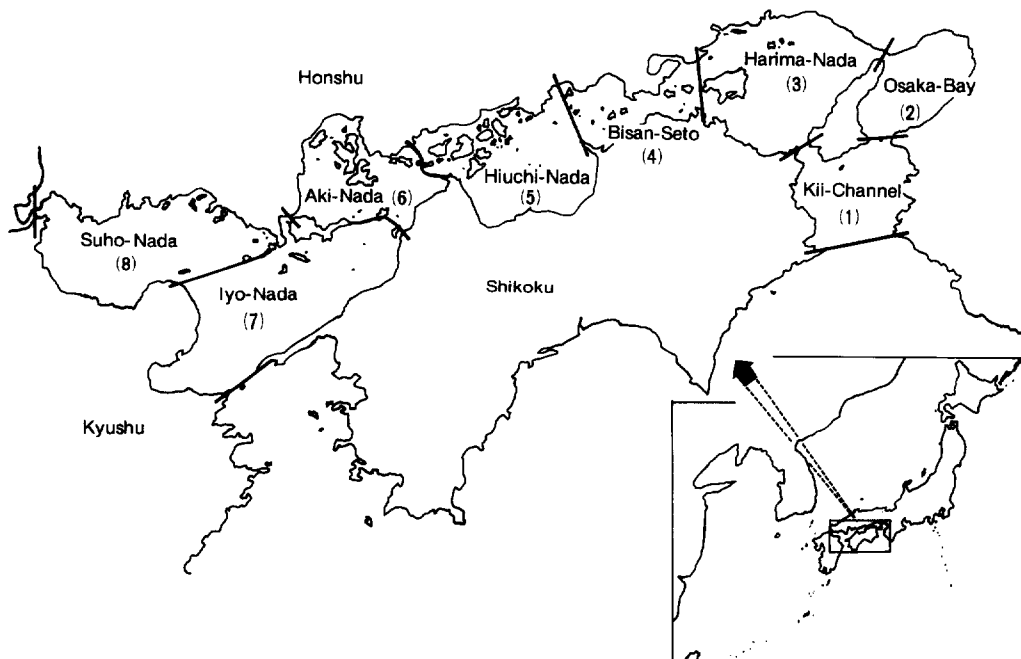


Fig. 1 Fishing ground of the Seto Inland Sea.

降、中四国農政局が公表しているものである。これより先、1958年と1963年については瀬戸内海漁業調整事務局（現同事務所）が漁業センサス資料を基に公表した灘別統計表を利用した。

この統計表には、瀬戸内海を8灘（紀伊水道・大阪湾・播磨灘・備讃瀬戸・燧灘・安芸灘・伊予灘・周防灘）に区分し（Fig. 1）、その海面漁業および養殖業について、

- (i) 生産構造（経営体数、など）
- (ii) 生産量（努力量、漁業別漁獲量、種別漁獲量など）
- (iii) 生産額

などの統計を含んでいる。

なお、ここでは後述の理由から、養殖生産物に関する検討は行なわなかった。

2) 漁獲物の食性

漁獲物として揚げられたものから基礎生産量を求める場合、その漁獲物の生物界における物質循環の中での位置を知る必要がある。つまり食物の質量を推定しなければならない。

ここでは灘別漁獲統計に含まれる約47銘柄の種類について、生物生産系別に食性およびその段階表を用意する。その基礎となる食性については、瀬戸内海における詳細な食性調査結果、瀬戸内海における生態研究結果、他水域の研究結果などを引用又は参考としたほか、これらの結果から推定した。

3. 推定方法

1) 漁獲物の食性マトリックス

植物プランクトンが生産したいわゆる基礎生産物がエネルギーとして高次栄養段階種へ流れる道すじは、瀬戸内海の場合も、魚食生物生産系とベントス食生物生産系に大きく区分できると考える（Fig. 2）。

魚食系は、主として植物プランクトン→動物プランクトン→プランクトン食種→魚食魚類等の系列であり、ベントス食系は主としてデトライタス→デトライタス食ベントス→ベントス食種→魚類等の系列である。しかし、2つに区分したこれらの系列の間にも捕食関係はあるから、エネルギーの流れが全く分かれている訳ではない。とくにベントス食系の場合は種々の段階で魚食系の栄養源にも直接依存している場合が多いことに注意しなければならない。

種別漁獲量にあげられている種類について、Table 1 に示す食性マトリックスを準備した。

なお、海面漁業漁獲物中の海藻類については栄養段階を0とし、魚食系50%、ベントス系50%とした。また、食性・生態の上で、魚食系・ベントス食系の両系に亘ると見られる種類（タチウオおよびその他の魚※）についても、両系50：50とした。

2) 種別漁獲量

1958年と1963～1977年の16年間について、灘別・種別漁獲量を Table 2（1977年の例）の様に整理した。統計の銘柄には、生物学的に複数種を含む場合がある。

3) 漁獲量の基礎生産量への転換

まず、これまでに述べた食性マトリックスと、灘別・種別漁獲量を組み合わせて、灘別・生物生産系別・栄養段階別漁獲重量表を作る。この栄養段階別漁獲重量に転送効率の逆数を乗算して、漁獲されるまでに捕食したと考えられる餌生物推定重量を、植物プランクトン換算重量として求める。つまり、漁獲物を通して漁業が利用した基礎生産量を推定することとなる。

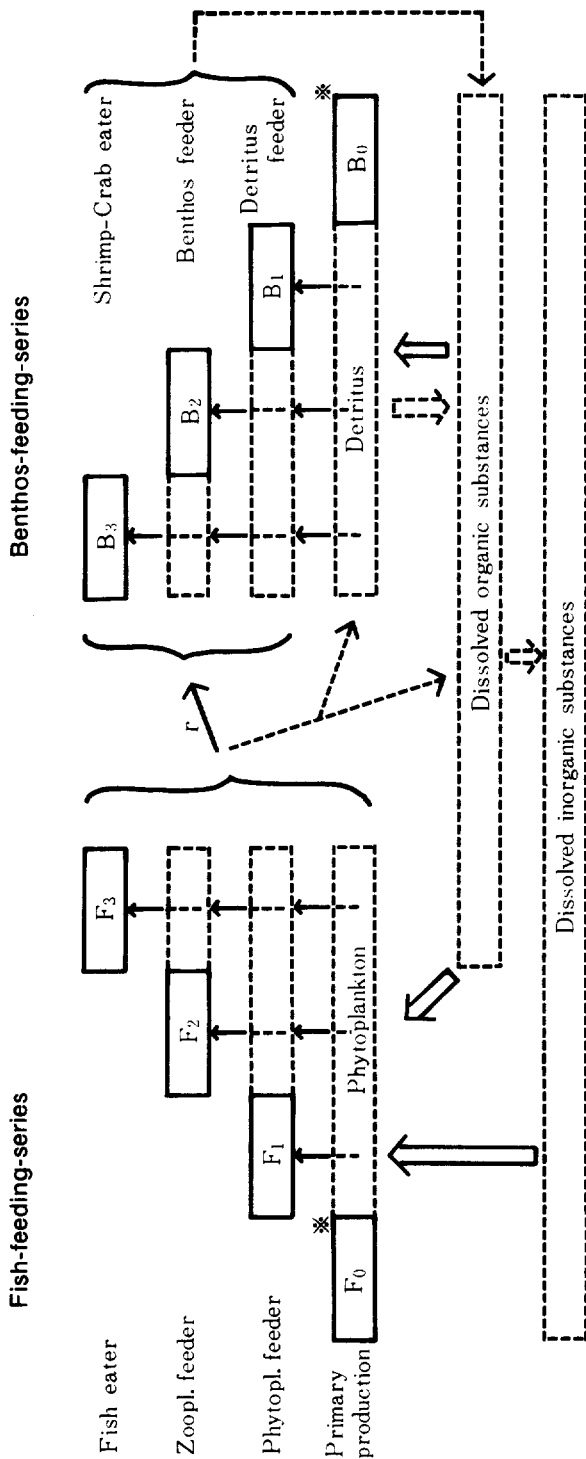
ここで推定式は次のように表わされよう。

$$(PC) = \sum_{i=0}^3 (PF_i) + \sum_{i=0}^3 (PB_i)$$

PC : 全漁獲物を通して利用した基礎生産量

PF_i : 魚食系種 i 段階漁獲物を通して利用した基礎生産量

Fig. 2 Utilization of primary production in the fishing ground by the commercial fishery (scheme).



where : PC : Total amount of primary production utilized through the total catch.
 PF_1 : Amount of primary production utilized through the catch of i-trophic level of fish-feeding series.
 PB_1 : Amount of primary production utilized through the catch of benthos-feeding series.
 CF_1 : Amount of commercial catch of i-trophic level of fish-feeding series.
 CB_1 : Amount of commercial catch of i-trophic level of benthos-feeding series.
 G_n : Coefficient of assimilation from (n-1) -trophic level to n-trophic level.
 r : Rate of dependence to the prey of fish-feeding series.

$$(PC) = \sum_{i=0}^3 (PF_i) + \sum_{i=0}^3 (PB_i)$$

$$(PF_i) = (CF_i) / \sum_{n=0}^i g_n$$

$$(PB_i) = r \cdot (CB_i) / \sum_{n=0}^i g_n$$

- : Commercial catch
- : Flows by feeding
- ⇒ : Flows by other than feeding
- ⇨ : Flows by excretion and dead body
- ⇩ : Flows by other than above mentioned
- * : Crops of sea weed was divided in phytoplankton and detritus.

Table 1. Species-feeding habit matrix.

Bio-production series				Fish-feeding (F)				Benthos-feeding (B)				Total (%)
Trophic level				0	1	2	3	0	1	2	3	
Species				(Plant)	Phyto pl. feeder	Zoo pl. feeder	Fish eater	(Plant)	Phyto pl. feeder	Zoo pl. feeder	Fish eater	
1	マ	イ	ワシ	Sardine	50	50						100
2	カ	タ	クチ	Anchovy		100						100
3	シ	ラ	ス	Shirasu (Anchovy larvae)		100						100
4	ア	ジ	類	Horse mackerels		100						100
5	サ	バ	類	Mackerels		100						100
6	ブ	リ		Yellow tail			100					100
7	ヒ	ラ	メ	Bastard halibut			100					100
8	メ	イ	タ	Fine spotted flounder					100			100
9	他のカレイ・ヒラメ			Other flat fishes					50	50		100
10	サ	メ	類	Sharks						100		100
11	ニ	ベ	グチ	類 Croakers							100	100
12	エ	ソ	類	Lizard fishes			100					100
13	ハ		モ	Eel (<i>Muraenesox cinereus</i>)						100		100
14	タ	チ	ウオ	Ribbon fish			50			50		100
15	イ	ホ	ダイ	Butter fish		100						100
16	エ		イ	類 Skates						100		100
17	マ		ダイ	Red Sea Bream						100		100
18	ク	ロ	ダイ	Black sea bream						100		100
19	サ	ワ	ラ	Sawara (<i>Scomberomorus</i>)			100					100
20	ホ		ラ	類 Mulletts					50	50		100
21	ス	ズ	キ	Sea bass			100					100
22	イ	カ	ナゴ	Sand lance		100						100
23	ア		ナゴ	Eel (<i>Astroconger</i>)						100		100
24	コ	ノ	シロ	Gizzard shad	100							100
25	カ	サ	ゴ	メバル	Rock fishes (<i>Sebastes</i>)					100		100
26	他	の	魚	Other fishes		15	35		15	35		100
27	コ	ウ	イカ	Sepia (Cuttle fish)						100		100
28	他	の	イカ	Other Squids						100		100
29	タ		コ	類 Octopuses						100		100
30	ク	ル	マエビ	Kuruma prawn						100		100
31	他	の	エビ	Other shrimps					100			100
32	ガ		ミ	Blue crab						100		100
33	他	の	カニ	Other crabs					100			100
34	ウ		ニ	Sea urchin				100				100
35	ナ		マコ	Sea cucumbers				100				100
36	ン		マコ	Mantis shrimps						100		100
37	エ	ム	シ	類 Polycheatas				100				100
38	他	の	水動	Other benthos				50	50			100
39	ア		ワビ	Abalone				100				100
40	サ		ザエ	Turbo				100				100
41	ハ	マ	グリ	Clam				100				100
42	ア		リ	Short necked clam				100				100
43	モ		ガイ	Ark shells				100				100
44	タ		ラギ	Pen shells				100				100
45	他	の	貝	Other shell fishes				100				100
46	ワ		カメ	Wakame sea weed	50			50				100
47	他	の	草類	Other sea weeds	50			50				100

Table 2. Catch amount by species and by fishing ground (Boat fishery 1977)

M.T.

Species		Fishing ground No.	Kii 1	Osaka 2	Harima 3	Bisan 4	Hiuchi 5	Aki 6	Iyo 7	Suho 8	Total
1	マイワシ	Sardine	2,888	19,930	331	—	—	—	152	—	23,301
2	カタクチ	Anchovy	6,262	17,916	22,385	213	42,879	8,251	8,964	134	107,004
3	シラス	Shirasu (Anchovy larvae)	5,696	3,337	1,329	—	—	181	986	—	11,529
4	アジ	類 Horse mackerels	1,939	405	1,880	6	230	145	297	29	4,931
5	サバ	類 Mackerels	1,827	1,175	237	1	10	44	89	—	3,383
6	ブリ	Yellow tail	193	21	115	10	33	13	54	1	440
7	ヒラメ	Bastard halibut	38	6	19	43	158	10	85	14	373
8	メダイ	Fine spotted flounder	116	162	601	442	594	305	423	248	2,891
9	他のカレイ・ヒラメ	Other flat fishes	378	796	2,029	1,221	1,460	534	1,366	2,436	10,220
10	サメ	類 Sharks	27	54	4	—	105	7	60	2	259
11	ニベ・グチ	類 Croakers	149	497	272	3,665	810	281	357	310	6,341
12	エソ	類 Lizard fishes	1,892	165	218	27	1,461	226	800	330	5,119
13	ハモ	Eel (<i>Muraenesox cinereus</i>)	296	41	18	—	17	9	36	1	418
14	タチウオ	Ribon fish	4,231	68	154	—	458	408	774	18	6,111
15	イボダイ	Butter fish	3	1	—	—	—	—	—	—	4
16	エイ	類 Skates	19	29	14	7	108	23	79	87	366
17	マダライ	Red sea bream	240	93	74	23	1,418	502	594	16	2,960
18	クロダテ	Black sea bream	90	30	365	486	785	260	183	573	2,772
19	サワラ	Sawara (<i>Scomberomorus</i>)	281	132	529	177	1,024	137	474	259	3,013
20	ボラ	類 Mulletts	124	348	810	286	691	288	939	1,488	4,974
21	スズキ	Sea bass	128	708	751	306	430	117	283	676	3,399
22	イカナゴ	Sand lance	1,636	3,646	15,022	3,412	728	4	—	—	24,448
23	アナゴ	Eel (<i>Astroconger</i>)	238	1,024	1,204	580	1,116	492	365	814	5,833
24	コノシロ	Gizzard shad	269	517	2,377	319	524	392	399	552	5,349
25	カサゴ・メバル	Rock fishes (<i>Sebastes</i>)	138	178	616	410	747	219	323	353	2,984
26	他の魚	Other fishes	6,700	2,332	4,431	3,051	5,105	2,383	8,349	5,719	38,070
27	コウイカ	Sepia (Cuttle fish)	4,320	227	1,101	571	4,536	480	3,448	797	15,480
28	他のイカ	Other squids	239	177	994	101	541	45	2,115	289	4,501
29	タコ	類 Octopuses	431	528	1,892	621	837	641	795	1,157	6,902
30	クルマエビ	Kuruma prawn	142	112	171	35	52	24	189	257	982
31	他のエビ	Other shrimps	1,573	1,376	2,495	1,129	3,519	1,487	4,920	4,028	20,527
32	ガザミ	Blue crab	153	61	163	48	426	48	2	6	907
33	他のカニ	Other crabs	118	38	183	548	193	32	89	340	1,541
34	ウニ	Sea urchin	46	—	1	8	252	34	413	24	778
35	ナマコ	Sea cucumbers	117	43	617	97	476	1,661	1,044	840	4,895
36	シヤコ	Mantis shrimps	126	669	1,980	582	1,523	160	88	816	5,944
37	エムシ	類 Polycheatas	—	3	22	7	29	17	—	35	113
38	他の水動	Other benthos	4,260	—	14	11	—	—	—	32	4,317
39	アワビ	Abalone	114	29	10	—	4	19	115	3	294
40	サザエ	Turbo	150	4	87	28	373	56	282	213	1,193
41	ハマグリ	Clam	13	—	32	—	—	—	—	83	128
42	アサリ	Short necked clam	17	1	352	103	1,798	1,003	637	22,846	26,757
43	モガイ	Ark shells	7	25	—	1,301	—	—	—	192	1,525
44	タイラギ	Pen shells	—	—	111	1,297	—	—	162	485	2,055
45	他の貝	Other shell fishes	195	62	792	2,174	5,892	3,040	2,224	9,946	24,325
46	ワカ	メ Wakame sea weed	145	28	150	467	200	24	93	52	1,159
47	他の草	類 Other sea weeds	1,026	98	2,313	2	325	290	602	191	4,847
SUB-T			48,990	57,092	69,265	23,815	81,867	24,292	43,649	56,692	405,662

Table 3. Conversion of the commercial catch weight to the estimated consumption of primary production by bio-production series, by fishing ground and by year (1958, 1963-1977). Unit: m. t.

(For 1977)

Fishing ground	Fish-feeding series					Benthos-feeding series					PF + PB
	F ₀ (Plant)	F ₁ Phyto pl. feeder	F ₂ Zoo pl. feeder	F ₃ Fish eater	PF (Sub-T)	B ₀ (Plant)	B ₁ Detritus feeder	B ₂ Benthos feeder	B ₃ Shrimp-crab eater	PB (Sub-T)	
1 Kii	1	6	660	2,331	2,998	0	5	87	1,887	1,978	4,976
2 Osaka	0	35	1,227	627	1,889	0	0	42	857	899	2,788
3 Harima	1	8	1,389	1,087	2,486	1	3	90	1,986	2,079	4,565
4 Bisan	0	1	136	544	681	0	8	56	1,492	1,556	2,237
5 Hiuchi	0	2	1,487	1,707	3,196	0	15	102	2,685	2,803	5,999
6 Aki	0	1	299	514	815	0	10	43	773	826	1,641
7 Iyo	0	2	389	1,668	2,059	0	8	131	2,183	2,322	4,381
8 Suho	0	2	34	1,097	1,133	0	58	124	1,575	1,757	2,890
Total	3	57	5,622	9,575	15,257	2	107	674	13,438	14,220	29,477

PB_i : ベントス食系種 i 段階漁獲物を通して利用した基礎生産量

$$(PF_i) = (CF_i) / \prod_{n=0}^i g_n$$

$$(PB_i) = r \cdot (CB_i) / \prod_{n=0}^i g_n$$

CF_i : 魚食系種 i 段階の漁獲量

CB_i : ベントス食系種 i 段階の漁獲量

g_n : $(n-1)$ 栄養段階から n 段階への餌生物同化率

r : ベントス食系種漁獲物の魚食系餌生物種への依存度

4. 得られた結果

上に述べた推定式による計算にあたって、栄養段階別漁獲重量 (CF_i , CB_i) は、求められている。しかし餌生物同化率 g_n は転送効率 t_n と次式の関係で結ばれていると考えられる。

$$t_n = S_n \cdot g_n$$

S_n : n 段階種の $(n-1)$ 段階種餌生物利用率

この式は同化率 g_n が転送率 t_n より可成り大きくなるであろうことを意味しているが、利用率 S_n の値は今のところ信頼すべき推定値をうることができない。唯、 S_1 (植物プランクトンから動物プランクトンに至る利用率) がほぼ 1.0 に近いであろうことが知られているのみである。ここでは $g_1=0.3$ とし g_2 , g_3 を一率に 0.1 として計算を行なった。実際の g_2 , g_3 は 0.1 より可成り大きいとすれば、以下の計算結果は基礎生産利用度をその分だけ過大に見積ったことになるであろう。しかし後述するように、食物鎖における側鎖の存在を考慮すればこの過大評価は帖消しとなる可能が強いと考えられる。

またベントス食系種のエネルギー源は魚食系餌生物の直接捕食と、生物系からの排泄物やその屍体が源となるデトライタスである。しかし、その依存する比率は不明である。ここでは魚食系餌生物への依存度 (r) を便宜的に 50% として計算する。

これらの便宜的な数値を導入すれば、漁獲物を通して利用した基礎生産量は次式で推定できることとなる。

$$\begin{aligned} (PC) &= \sum (PF_i) + \sum (PB_i) \\ &= (CF_0) + \sum_{i=1}^3 \left\{ (CF_i) \times \frac{1}{3} \times 10^i \right\} \\ &\quad + (CB_0) + \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^3 \left\{ (CB_i) \times \frac{1}{3} \times 10^i \right\} \right] \end{aligned}$$

瀬戸内海における年次別・灘別・生物生産系別漁獲量から、上記の方法で求めた基礎生産量を、Table 3 に示した (1977年の例)。

5. 議 論

1) 計算上の問題

(1) 統計と食性について: 灘別統計にあげられた 47 種のうち 17 銘柄は 2 種以上の種を含んでいる。食性マトリックスはこの銘柄別に食性を評価しているから、複数種の銘柄については食性が実態を反映できない。しかし「サメ類」や「グチ類」のように、その大部分は食性が類似している場合が多く、“その他の

カレイ・ヒラメ”にしても、魚食性のヒラメとベントス食のメイタは別銘柄となっているから、他のカレイ類が一括されても、ここでの分析には問題はないであろう。ただ「その他の魚」のような銘柄では、全漁獲の8~9%を占める銘柄だけに、厳密には今後検討しなければならない問題が残されている。

さらに食性については、詳しい研究結果を引用できた種もあるが、断片的な調査結果しか利用できなかった場合がある。また、充実した調査結果があっても食性は餌生物環境に大きく左右され、時期と場所とによって変化するから、その評価がむづかしい場合もある。ただ、変動が大きいと云っても、それぞれの種類の生態・形態からみて、参考とした食性研究結果から大きく逸脱するとは考え難い。例えば、マダイがイカナゴやカタクチなどの魚食系プランクトン食種などを捕食することがあっても、位置づけとしてはエビ・カニ食と区分することに問題はないであろう。しかし、食性は幼魚から成魚までの発育によって変わる場合がある。内海資源は一般に幼魚や若年魚の多い資源であるから、その点でも食性の評価に問題を残しており、今後の課題である。

(2) 転送効率について：　ここで行った計算における大きい問題点は、食段階間の転送効率の推定値が海域における実態を正しく反映しているかどうかである。瀬戸内海においてその実態を調べた研究は無いが、他の海域についても知見は貧弱のようである。ここでは便宜的に植物プランクトンから動物プランクトンでは $3/10$ 、他の場合はすべて $1/10$ を使った。この推定法による場合、実験的にしろこの効率についての知見を高めることは最も重要な課題の一つであろう。

また転送効率については漁業資源の特色から来る問題がある。瀬戸内海は全体として幼魚の生育場としての性格が強く、漁獲物が高次栄養段階の種でも一般に若令である。しかし漁獲統計にはこのような情報は“シラス”を除いて全く含まれていない。若令期の食性が成魚と質的に異なることと併せて、若令期の転送効率が成魚にくらべて可成り高いことに注意しなければならない。これも今後の検討課題である。

これら瀬戸内海における漁業と資源の特色を考慮すると、ここで得られている計算結果、つまり漁獲物を通して利用した基礎生産量は過大に評価されている可能性がある。

(3) 迂回転送による同化効率の低下：　図2に示した模式図では、同一栄養段階内での捕食関係を想定していない。つまり、或段階の食種は必ず一段低次の餌生物を捕食するとの仮定である。しかし、同一栄養段階内でも、より大型種が小型種を捕食する場合が有り得よう。捕食の一般的傾向としては、大型の餌ほどまた高次の餌生物ほど同化効率が良いと考えられ、捕食種の餌の大きさの選択 (Size preference) でも捕食可能な範囲内では比較的大型餌生物の側に選択が高い。

同化率を0.1とした場合、餌生物10の全量を直下の栄養段階から得たとすれば、同化量は1となる。しかし、 $1/5$ を同一段階から、つまり迂回して側鎖から同化したとすれば、同化量はほぼ0.7、 $2/5$ を側鎖から同化すればほぼ0.4となり、同化効率は迂回するほど低下する。つまり側鎖による同化量の増大とともに利用した基礎生産の推定値は過少評価となる。

このようなエネルギーの迂回転送は、相対的な高次捕食種の減少とともに大きくなる筈であり、側鎖を断ち切ることによって全体としての基礎生産利用効率は高まるであろう。

海域におけるエネルギー転送メカニズムでは、種々の栄養段階におけるこのような迂回転送が Energy flow のバッファーとして働いていると考えられ、この解明も重要課題の一つである。

(4) ベントス食系種が利用 (消費) した基礎生産量の推定：　ここで用いた計算法では生物生産系を魚食系とベントス食系とに2大別する考え方をとっている。しかし胃内容物調査結果を見ても、種によっては、特に高次栄養段階の種類では、その食性が確然とどちらかの系に位置付けできない場合がある。例えば魚食系のヒラメがエビ類を捕食する場合や、ベントス食系のマダイの胃内容物にイカナゴが出現する場合である。ただ、ブリ・サワラ等の典型的魚食系種がエビ・カニ等に依存する度合は、マダイなどエビ・カニ食種における魚食系餌生物への依存にくらべると、問題にならないほど小さいことは明らかである。

これらの事情を考慮して、便宜的に魚食系種のベントス食系餌生物への依存は0%とし、逆にベントス食

系種の魚食系餌生物への依存は50%であると仮定した。この仮定は今後の研究によって修正を要する点である。

(5) 養殖生産物について： 瀬戸内海における海面養殖業の生産は近年25~30万トンに及んでいる。海面漁業生産量が約40万トンであるから日本の他の沿岸に比べて養殖業は遙かに重要な部分を占めている。ただ、ハマチ・タイ・クルマエビと云った投餌養殖の場合は、主として他水域で漁獲された餌を使用するから、内海の基礎生産を利用するとは云い難い。またこれらの種の生産は全養殖生産量の10~15%に過ぎない。

カキ、のり、わかめの養殖生産物は、養殖生産重量の80%以上を占め、いずれも内海の基礎生産を利用する。しかし、これらの養殖産品による基礎（植物）生産の利用は、貝類（カラ付重量約17万トン）によるものと海藻類（生産量約15万トン）であるから、ベントス食系種によるものが重要部分である。

カキやその他の貝類の主要餌生物は、デトライタスと植物プランクトンとされるから、投餌をしない養殖産品による基礎生産の利用は、高々数十万トンの水準と推定される。従って、現状の推定値の確からしきからみて、海面漁業による推定利用量数千万トンの誤差範囲と云うことになる。

2) 計算結果について

瀬戸内海における1年間の漁業生産は海面漁業が約40万トン、養殖業が約27万トン（1977年）であり、約39ton/km²/年と云う高い生産性を示している。この値は日本の200海里水域における約2.0ton/km²/年や他の沿岸漁業水域の生産が大まかに約10ton/km²/年と推定されるのに比べて、内海漁業の生産性が如何にすぐれているかを物語っている。これは戦前の約12万トンの生産から戦後期と高度成長期における2回の飛躍的生产増の結果である。特に内海沿岸地帯の工業化・都市化が進んだ1963年~1970年の時代には海面漁業において漁獲重量が約1.7倍にも増加した（Fig. 3）。

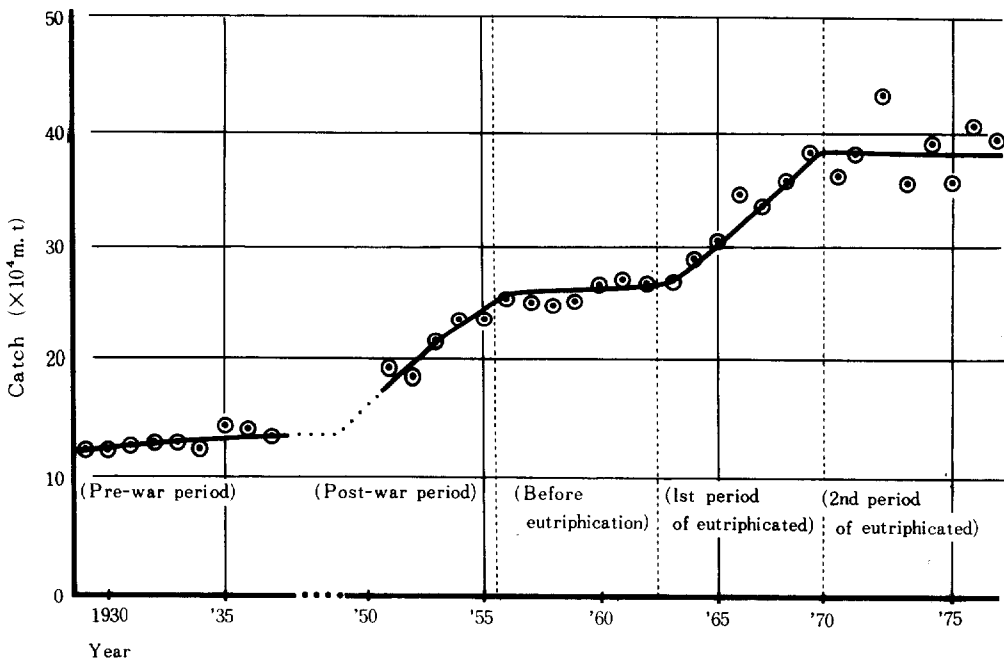


Fig. 3 Change of catch amount by boat fishery in the Seto Inland Sea.

Table 4. The amount of commercial catch and the estimated consumption of primary production through the commercial catch. Right side numerals of each fishing ground row are the ratios of each value to the average values of 1958 and 1963 in %.

(1) Catch (m.t.)

Year	Fishing ground	Kii		Osaka		Harima		Bisan	
		1		2		3		4	
1958		32,391	108	44,879	89	46,415	101	18,026	91
1963		27,859	92	55,420	111	45,866	99	21,574	109
1964		22,071	73	55,043	110	52,852	115	29,106	147
1965		28,126	93	58,049	116	69,517	151	23,808	120
1966		31,361	104	56,119	112	59,589	129	23,290	118
1967		35,868	119	60,858	121	69,327	150	27,537	139
1968		36,815	122	50,311	100	83,801	182	24,585	124
1969		40,162	133	63,526	127	79,243	172	24,122	122
1970		39,330	131	52,338	104	87,481	190	28,510	144
1971		40,695	135	55,856	111	75,105	163	33,663	170
1972		45,094	150	45,892	92	69,500	151	30,273	153
1973		41,505	138	49,482	99	62,397	135	26,424	133
1974		48,435	161	62,547	125	69,146	150	37,544	190
1975		55,771	185	55,188	110	62,328	135	24,210	122
1976		51,662	171	72,866	145	77,095	167	28,899	146
1977		48,990	163	57,092	114	69,265	150	23,815	120

(2) Estimated amount of primary production utilized (10³ m.t.)

Year	Fishing ground	Kii		Osaka		Harima		Bisan	
		1		2		3		4	
1958		2,933	108	3,464	112	3,234	100	1,368	86
1963		2,514	92	2,720	88	3,231	100	1,814	114
1964		1,829	67	2,441	79	3,683	114	2,057	129
1965		2,399	88	2,439	79	4,195	130	1,740	109
1966		3,288	121	2,880	93	4,126	128	1,833	115
1967		3,489	128	2,800	91	4,613	143	1,872	118
1968		3,964	146	2,542	82	4,936	153	1,767	111
1969		4,892	180	3,357	109	5,023	155	1,681	106
1970		4,798	176	2,768	90	4,983	154	1,852	116
1971		4,564	168	2,669	86	4,941	153	1,993	125
1972		5,785	212	2,448	79	4,673	145	2,000	126
1973		4,846	178	2,650	86	4,257	132	1,771	111
1974		5,620	206	3,635	118	4,952	153	2,240	141
1975		6,159	226	2,605	84	4,033	125	2,093	132
1976		5,951	218	3,815	123	4,880	151	2,395	151
1977		4,976	183	2,788	90	4,565	141	2,237	141

Hiuchi 5		Aki 6		Iyo 7		Suho 8		Total	
37,909	96	18,530	104	17,250	92	28,222	95	243,622	97
41,182	104	17,235	96	20,394	108	31,389	105	260,919	103
47,693	121	19,685	110	28,214	150	34,767	117	289,431	115
38,471	97	23,628	132	24,525	130	34,963	117	301,087	119
51,355	130	26,091	146	27,266	145	42,215	142	317,286	126
46,540	118	27,892	156	28,876	153	37,813	127	334,711	133
51,285	130	25,213	141	30,369	161	46,265	155	348,644	138
64,095	162	23,538	132	30,270	161	55,892	188	380,848	151
56,939	144	22,592	126	36,290	193	50,513	169	373,993	148
53,654	136	21,002	117	35,966	191	63,308	212	379,249	150
78,919	200	23,382	131	37,401	199	105,632	354	436,093	173
59,838	151	21,986	123	30,573	162	73,334	246	365,539	145
65,200	165	23,481	131	32,431	172	64,626	217	403,410	160
69,415	176	21,532	120	37,003	197	49,580	166	375,027	149
81,915	207	25,743	144	40,980	218	41,664	140	420,824	167
81,867	207	24,292	136	43,649	232	56,692	190	405,662	161

Hiuchi 5		Aki 6		Iyo 7		Suho 8		Total	
3,417	106	1,511	103	1,438	85	2,138	99	19,503	102
3,022	94	1,415	97	1,935	115	2,189	101	18,840	98
3,315	103	1,436	98	2,418	143	2,256	104	19,434	101
3,044	95	1,322	90	2,135	127	1,958	90	19,231	100
3,313	103	1,467	100	2,365	140	1,959	91	21,233	111
3,161	98	1,553	106	2,131	126	2,151	99	21,770	114
3,326	103	1,456	100	2,300	136	1,977	91	22,268	116
3,252	101	1,392	95	2,221	132	2,022	93	23,840	124
3,747	116	1,397	95	2,657	157	1,926	89	24,129	126
4,049	126	1,309	89	2,476	147	2,107	97	24,108	126
5,104	159	1,306	89	2,663	158	2,615	121	26,593	139
4,375	136	1,407	96	2,126	126	2,259	104	23,691	124
4,946	154	1,552	106	2,347	139	2,440	113	27,731	145
5,367	167	1,563	107	3,529	209	2,794	129	28,144	147
5,809	180	1,836	125	4,483	266	2,723	126	31,892	166
5,999	186	1,641	112	4,381	260	2,890	134	29,477	154

Table 5. The amount of commercial catch and the estimated consumption of primary production through the catch by bio-production series. Right side numerals of each fishing ground row are the ratios of each value to the average values of 1958 and 1963 in %.

(1) Fish-feeding series

(a) Catch amount (m.t.)

Year	Fishing ground	Kii		Osaka		Harima		Bisan	
		1		2		3		4	
1958		21,267	111	29,406	83	29,260	102	4,647	99
1963		17,077	89	41,701	117	28,222	98	4,745	101
1964		14,737	77	28,543	80	31,499	110	6,100	130
1965		19,328	101	41,504	117	49,659	173	5,023	107
1966		19,199	100	42,955	121	38,656	134	7,350	157
1967		24,564	128	42,477	119	46,472	162	7,928	169
1968		23,261	121	38,530	108	63,680	222	6,878	146
1969		20,755	108	52,806	149	55,532	193	6,013	128
1970		22,498	117	43,122	121	66,840	233	6,252	133
1971		24,736	129	45,346	128	54,303	189	12,749	271
1972		26,685	139	33,772	95	47,852	166	10,587	225
1973		26,084	136	42,120	118	41,208	143	9,490	202
1974		29,851	156	50,707	143	44,891	156	17,049	363
1975		35,752	186	47,679	134	40,912	142	7,040	150
1976		30,568	159	62,312	175	56,159	195	13,335	284
1977		29,103	152	49,222	138	48,717	170	6,274	134

(b) Estimated consumption of primary production through commercial catch (10³ m.t.)

Year	Fishing ground	Kii		Osaka		Harima		Bisan	
		1		2		3		4	
1958		1,776	110	2,255	107	1,760	99	541	94
1963		1,460	90	1,956	93	1,790	101	613	106
1964		1,150	71	1,517	72	2,045	115	741	128
1965		1,484	92	1,838	87	2,698	152	687	119
1966		1,891	117	2,009	95	2,519	142	817	142
1967		2,160	133	1,989	94	2,764	156	747	129
1968		2,334	144	1,779	84	3,321	187	740	128
1969		2,499	154	2,403	114	3,144	177	657	114
1970		2,866	177	1,950	93	3,360	189	680	118
1971		2,817	174	1,927	92	3,119	176	838	145
1972		3,699	229	1,543	73	2,634	148	735	127
1973		3,218	199	1,895	90	2,434	137	671	116
1974		3,692	228	2,618	124	2,890	163	1,007	175
1975		4,025	249	1,859	88	2,053	116	693	120
1976		3,716	230	2,598	123	2,730	154	934	162
1977		2,998	185	1,889	90	2,486	140	681	118

Hiuchi 5		Aki 6		Iyo 7		Suho 8		Total	
18,229	116	9,881	116	8,696	102	4,130	94	125,514	100
13,220	84	7,174	84	8,403	98	4,680	106	125,220	100
15,599	99	5,673	67	13,097	153	5,348	121	120,595	96
14,076	90	6,031	71	9,872	115	3,682	84	149,174	119
25,907	165	6,018	71	9,520	111	3,412	77	153,016	122
20,837	133	5,663	66	12,938	151	4,165	95	165,041	132
28,198	179	6,063	71	17,031	199	3,574	81	187,213	149
25,046	159	5,547	65	18,294	214	3,395	77	187,386	149
24,502	156	5,786	68	22,922	268	3,221	73	195,142	156
26,057	166	5,403	63	21,105	247	3,384	77	193,081	154
52,660	335	5,587	66	17,298	202	3,875	88	198,315	158
36,534	232	6,311	74	12,651	148	3,895	88	178,291	142
33,423	213	7,641	90	11,042	129	6,250	142	200,852	160
40,859	260	8,265	97	13,642	160	3,909	89	198,055	158
48,064	306	11,336	133	14,180	166	4,273	97	240,227	192
50,521	321	11,073	130	17,492	205	4,985	113	217,387	173

Hiuchi 5		Aki 6		Iyo 7		Suho 8		Total	
1,719	109	740	111	649	85	816	95	10,256	103
1,443	91	590	89	880	115	907	105	9,638	97
1,436	91	537	81	1,117	146	898	104	9,440	95
1,426	90	575	86	1,075	141	716	83	10,499	106
1,696	107	606	91	1,129	148	679	79	11,348	114
1,517	96	625	94	1,129	148	803	93	11,733	118
1,758	111	614	92	1,295	169	767	89	12,608	127
1,721	109	624	94	1,300	170	683	79	13,031	131
2,003	127	598	90	1,686	220	680	79	13,823	139
2,029	128	543	82	1,449	189	708	82	13,431	135
2,817	178	522	78	1,443	189	870	101	14,264	143
2,340	148	580	87	1,004	131	711	82	12,854	129
2,386	151	653	98	1,045	137	773	90	15,064	151
2,661	168	680	102	1,617	211	875	102	14,464	145
3,128	198	872	131	1,774	232	917	106	16,670	168
3,196	202	815	123	2,059	269	1,133	131	15,257	153

(2) Benthos-feeding series

(a) Catch amount (m.t.)

Year	Fishing ground	Kii		Osaka		Harima		Bisan	
		1		2		3		4	
1958		11,125	102	15,473	106	17,156	99	13,380	89
1963		10,783	98	13,720	94	17,645	101	16,829	111
1964		7,334	67	26,500	182	21,353	123	23,007	152
1965		8,798	80	16,545	113	19,858	114	18,785	124
1966		12,162	111	13,164	90	20,934	120	15,941	106
1967		11,305	103	18,381	126	22,856	131	19,610	130
1968		13,555	124	11,781	81	20,121	116	17,708	117
1969		19,408	177	10,721	73	23,711	136	18,110	120
1970		16,832	154	9,217	63	20,641	119	22,258	147
1971		15,960	146	10,511	72	20,802	120	20,915	138
1972		18,409	168	12,120	83	21,648	124	19,686	130
1973		15,421	141	7,363	50	21,189	122	16,935	112
1974		18,584	170	11,841	81	24,255	139	20,496	136
1975		20,020	183	7,509	51	21,417	123	17,171	114
1976		21,095	193	10,554	72	20,936	120	15,564	103
1977		19,887	182	7,870	54	20,548	118	17,541	116

(b) Estimated consumption of primary production through the commercial catch (10³m.t.)

Year	Fishing ground	Kii		Osaka		Harima		Bisan	
		1		2		3		4	
1958		1,157	105	1,209	122	1,474	101	827	82
1963		1,054	95	764	77	1,441	99	1,201	118
1964		679	61	924	94	1,638	112	1,316	130
1965		915	83	601	61	1,497	103	1,053	104
1966		1,397	126	871	88	1,607	110	1,016	100
1967		1,329	120	811	82	1,849	127	1,125	111
1968		1,630	147	763	77	1,615	111	1,027	101
1969		2,393	216	954	97	1,879	129	1,024	101
1970		1,932	175	818	83	1,623	111	1,172	116
1971		1,747	158	742	75	1,822	125	1,155	114
1972		2,086	189	905	92	2,039	140	1,265	125
1973		1,628	147	755	76	1,823	125	1,100	108
1974		1,928	174	1,017	103	2,062	141	1,233	122
1975		2,134	193	746	76	1,980	136	1,400	138
1976		2,235	202	1,217	123	2,150	147	1,461	144
1977		1,978	179	899	91	2,079	143	1,556	153

Hiuchi 5		Aki 6		Iyo 7		Suho 8		Total	
19,681	83	8,649	92	8,554	83	24,093	95	118,109	93
27,962	117	10,062	108	11,991	117	26,710	105	135,700	107
32,094	135	14,013	150	15,117	147	29,419	116	168,836	133
24,396	102	17,598	188	14,653	143	31,281	123	151,913	120
25,448	107	20,073	215	17,746	173	38,804	153	164,271	129
25,704	108	22,230	238	15,939	155	33,648	132	169,670	134
23,087	97	19,151	205	13,338	130	42,692	168	161,431	127
39,050	164	17,991	192	11,976	117	52,497	207	193,462	152
32,438	136	16,806	180	13,369	130	47,292	186	178,852	141
27,597	116	15,599	167	14,861	145	59,925	236	186,168	147
26,260	110	17,796	190	20,104	196	101,757	401	237,779	187
23,304	98	15,676	168	17,923	174	69,440	273	187,249	148
31,777	133	15,840	169	21,390	208	58,377	230	202,558	160
28,557	120	13,268	142	23,361	227	45,672	180	176,972	139
33,851	142	14,407	154	26,800	261	37,391	147	180,598	142
31,346	132	13,220	141	26,157	255	51,707	204	188,276	148

Hiuchi 5		Aki 6		Iyo 7		Suho 8		Total	
1,698	104	771	97	789	86	1,322	102	9,247	100
1,579	96	825	103	1,055	114	1,282	98	9,202	100
1,879	115	899	113	1,301	141	1,358	104	9,994	108
1,618	99	747	94	1,060	115	1,242	95	8,732	95
1,617	99	861	108	1,236	134	1,280	98	9,885	107
1,644	100	928	116	1,002	109	1,348	104	10,037	109
1,568	96	842	106	1,005	109	1,210	93	9,660	105
1,531	93	768	96	921	100	1,339	103	10,809	117
1,744	106	799	100	971	105	1,246	96	10,306	112
2,020	123	766	96	1,027	111	1,399	107	10,677	116
2,287	140	784	98	1,220	132	1,745	134	12,329	134
2,035	124	827	104	1,122	122	1,548	119	10,837	117
2,560	156	899	113	1,302	141	1,667	128	12,667	137
2,706	165	883	111	1,912	207	1,919	147	13,680	148
2,681	164	964	121	2,709	294	1,806	139	15,222	165
2,803	171	826	104	2,322	252	1,757	135	14,220	154

漁獲量が急増した背景には、漁船・漁具などの機械化・近代化による漁獲力の急激な増加があり、資源に対する漁業の圧力が強化され漁獲物は全体として小型化・若令化が進んでいる。

この漁獲の量的拡大と共に漁獲物中の高級種が減り、多獲性種や中級種の割合が多くなっている。また漁場環境も産業排水や生活排水の流入によって富栄養化が進み、内海全域で基礎生産の増加があったと考えられる。

このような漁業の推移を背景にしながら計算結果を考察しよう。

(1) 漁業ならびに利用した基礎生産の推移： まず Table 4 には年次別・灘別に漁獲量と、先に述べた計算式で求めた「漁業が利用した基礎生産」を示した。漁獲が約24万トンから約40万トンに増大した期間に、漁獲物として利用した基礎生産量は1958年における約2,000万トンから1977年における約3,000万トンに増加した。1977年における基礎生産の利用は魚食系漁獲物を通して約1,500万トン、ペントス食系漁獲物を通して約1,400万トンである。Table 5 には生物生産系別に漁獲と漁獲による生物生産の利用状況を表にしたが、最近の約20年間に海域における生物生産の利用は約50%増加したと推定される。この増加割合は魚食系・ペントス食系両系のいずれの場合もほぼ同率である。

この約20年間に漁獲量は約1.7倍に、基礎生産の利用は約1.5倍に増加した。ここで漁獲物として揚げられた水産物が消費したと考えられる基礎生産量は、漁獲量の増加と共に増大している。しかしその増加は単純な比例関係とはならない。Fig. 4 には漁獲物1トン当りの基礎生産の利用（消費）の変化を経年的に図示した。生物生産系を込みにした値では1970年までは減少し、以後増加に転じている。ただし、最近の3年間（1975～1977年）の高い値は、西部海域におけるイカ類の大発生に影響されている可能性がある。特定種の著増は、かつて異常発生と云われて、充分利用されない場合が多かった。貝類をはじめこの様な大発生が可成りの頻度で見られるようになったのは近年の内海の特徴である。また同時に充分ではないにしてもその利用度が高まったのも近年の特徴である。

生物生産系別（Fig. 5）に見ると、込みにした状況が主としてペントス食系の変化に強く影響されていることが分かる。ペントス食系の1964年～1973年の値が低いのは貝類が多獲された事に影響されているが、以後の上昇は特徴的である。魚食系では1960年代後半に低下したあと1970年代前半には一旦上昇しているが、その後はペントス食系とは逆にまた低下している。一般に漁獲物の平均栄養段階が低下すれば、漁獲量当りの基礎生産の利用度は低下し、栄養段階の高い漁獲物の割合が多くなればその利用度は高まることになるであろう。

1964年～1970年は瀬戸内海における漁獲量が急増した時期と一致し、それ以後の数年は増加傾向が停滞して約40万トンに頭打ちとなった時代である。つまり急激な漁獲増は平均栄養段階を低下させることによって達成され、その後の量的増加が停滞した時期には再び栄養段階の高次のものへと漁獲が戻って行ったことを示している。ただここで、漁獲量急増時にはカタクチイワン・イカナゴや、多獲性貝類のような栄養段階の低い漁獲物の増加が著しかった割には、基礎生産の利用率の低下は著しくないように思われる。高次種の漁獲増も同時に進行したと見るべきであろう。また1970年以後の漁業資源の平均年令が、それ以前の平均年令と変わっている証拠はないから、Fig. 4 の右上がり、漁獲物の種類組成の変化によるものと見て良いであろう。

(2) 栄養段階別にみた漁獲と基礎生産の利用： 瀬戸内海における1977年の漁獲を生産系別・栄養段階別に区分して Table 6 に示した。この表には漁獲を通して利用した基礎生産についても同様の区分で表示している。まず漁獲量についてみると魚食系の53.6%に対してペントス系は46.4%であった。魚食系の内訳をみると動物プランクトン食種（F₂）が約78%を占め、魚食種（F₃）の13%、植物プランクトン食種（F₁）の8%となっている。これに対しペントス食系ではエビ・カニ食種（B₃）が43%、デトライタス食種（B₁）34%、ペントス食種（B₂）が22%で比較的バランスのある漁獲がなされている。

この漁獲を通して利用した基礎生産量の計算値では、いずれの生産系でも高次栄養段階の値が高いが、特

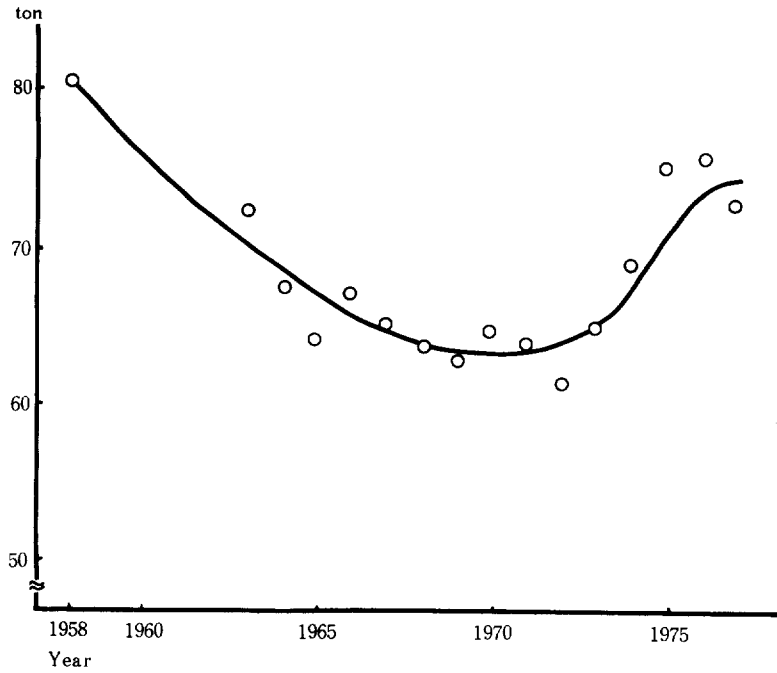


Fig. 4 Changes of estimated consumption of primary production by 1 m. t. of commercial catch (total).

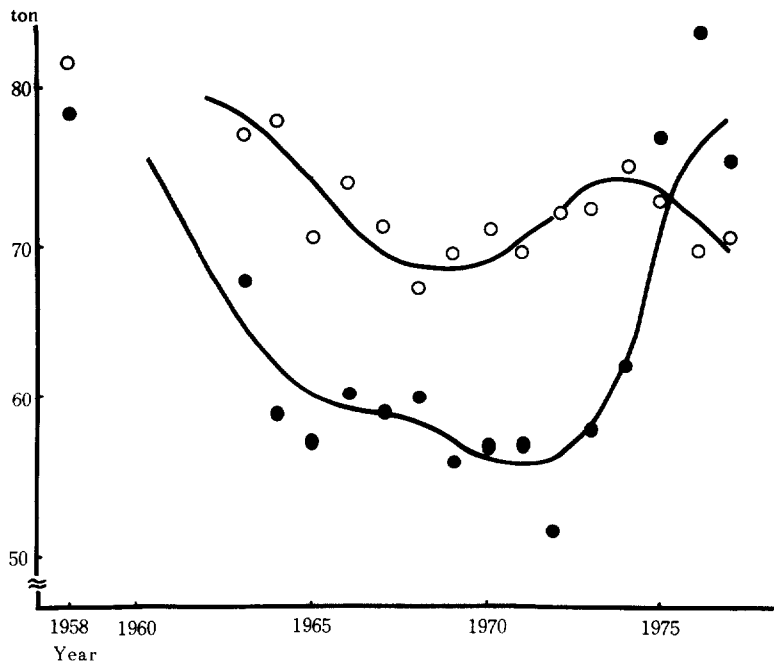


Fig. 5 Changes of estimated consumption of primary production by 1 m. t. of commercial catch.
 ○ : by fish-feeding series, ● : by benthos-feeding series,

Table 6. Catch amounts and estimated consumptions of primary production through the catches by bio-production series and by trophic level (for 1977).

F : Fish-feeding series B : Benthos-feeding series C : Catch amount
P_C : Estimated consumption of primary production through the catch

Trophic level	F				B				T			
	C		P _C		C		P _C		C		P _C	
	ton	%	1000ton	%	ton	%	1000ton	%	ton	%	1000ton	%
0	3,003	1.4	3	0.0	3,003	1.6	2	0.0	6,006	1.5	5	0.0
1	17,000	7.8	57	0.4	64,222	34.1	107	0.8	81,222	20.0	164	0.6
2	168,660	77.6	5,622	36.9	40,425	21.5	674	4.7	209,091	51.4	6,296	21.4
3	28,724	13.2	9,575	62.8	80,626	42.8	13,438	94.5	109,350	27.0	23,013	78.1
Total	217,387	100.0	15,257	100.1	188,276	100.0	14,220	100.0	405,662	99.9	29,477	100.1
T.C (%)	53.6				46.4				100.0			
T.P _C (%)									100.0			

にベントス食系ではエビ・カニ食種 (B₃) の値が約95%を占めている。

この結果から見れば、漁業による生産の約75%は中位の栄養段階 (F₂, B₂) であり、低位 (F₁, B₁) と高位 (F₃, B₃) が夫々約15%を占めていることが分る。しかし、この漁獲を通して利用している基礎生産では約75%は高位栄養段階種 (F₃, B₃) を通して利用し、約15%が中位種 (F₂, B₂) を通しての利用であることが分る。漁業による選択的な漁獲が、海域基礎生産の利用を強く特色づけることがうかがえる。また高級種と云われる種類は栄養段階の高いものが多いから、高級種を選択的に獲る沿岸漁業の海域利用は合理性があると云えよう。

Table 7 にはここで1977年について述べた数値の推移を1958年および1963年～1977年について百分率で示している。

(3) 資源の分布特性について： 水域の基礎生産と漁獲物による基礎生産の利用を対比する際のもう一つの問題は、漁業対象資源が移動する問題である。瀬戸内海漁業の対象資源には内外海交流種がある。幼期に内海で生育し、生長と共に生活領域を外海にまで拡げて内外海を交流する種である。従って、内海で捕食し生長して外海で漁獲される場合や、逆に冬期に外海で生活した後、夏期に内海で漁獲される場合もある。このような事情を考えると、厳密には内海で漁獲されたものがすべて瀬戸内海内部の基礎生産を利用消費したものとは云い難い。

しかし、内外海に分布が広がる種と云っても極く少数の浮魚、例えば、マイワシやアジ・サバ類のように幼期だけに内海に棲む種が見られるだけで、殆んど種は隣接の極く狭い外海沿岸域に季節的な行きつ戻りつをする程度である。そして、内海でのマイワシ、アジ・サバ類の漁獲はあまり大きくはない。また内外海交流生態は年々大きく変わるものではないから、内海と隣接外海の漁業が相対的に安定している現状からみて、基礎生産の利用状況を年々の推移で見ると大きい問題とはならないだろう。

次に瀬戸内海の東部では魚食系の漁獲がベントス食系を上廻り、西部では逆にベントス食系漁獲物が魚食系より多い特色が明らかである。漁獲物を通して利用 (消費) した基礎生産でもこの傾向は同じである。この内海の東と西の資源の特性が、漁業による利用の結果であるか、又は逆に水域の生物生産の特性が漁業そして漁獲物を特性づけているか、は明らかではない。

しかし比較的漁場が平坦で底魚への漁獲圧力が強く、その資源状態の悪化が酷いと考えられる紀伊水道・大阪湾・播磨灘など東部では、ベントス食系を通しての基礎生産の利用が劣っており、底魚資源の悪化が比較的少ない西部水域ではベントス食系を通しての利用が東部に比べて優れているように見られる。

Table 7. Catch amounts and estimated consumption of primary productions through the catches by bio-production series and by trophic level, from 1958 to 1977 in the Seto Inland Sea.

C_F: Catch amount of fish-feeding series, F₀, F₁, F₂, F₃: Trophic levels of fish series, P_CF: Estimated consumption of primary production through C_F, C_B: Catch amount of benthos-feeding series, B₀, B₁, B₂, B₃: Trophic level of benthos-series, P_CB: Estimated consumption of primary production through C_B.

Year	C _F ton				C _B ton				P _C F 1000 ton				P _C B 1000 ton							
	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃				
	%				%				%				%							
1958	125,514	0.9	0.9	81.8	16.3	118,109	1.0	21.3	34.4	43.3	10,256	0.0	0.0	33.4	66.6	9,247	0.0	0.5	7.3	92.2
1963	125,220	0.8	1.6	82.8	14.8	135,700	0.7	37.0	24.4	37.9	9,638	0.0	0.1	35.9	64.1	9,202	0.0	0.9	6.0	93.1
1964	120,595	2.0	2.3	80.3	15.4	168,836	1.5	42.7	23.1	32.8	9,440	0.0	0.1	34.2	65.7	9,994	0.0	1.2	6.5	92.3
1965	149,174	2.1	2.3	82.8	12.8	151,913	2.0	42.0	24.3	31.6	10,499	0.0	0.1	39.2	60.7	8,732	0.0	1.2	7.1	91.7
1966	153,016	1.6	2.8	81.6	14.1	164,271	1.5	38.6	26.8	33.0	11,348	0.0	0.1	36.7	63.2	9,885	0.0	1.1	7.4	91.5
1967	165,041	2.4	3.0	81.4	13.1	169,670	2.3	42.5	22.3	32.8	11,733	0.0	0.1	38.2	61.7	10,037	0.0	1.2	6.3	92.5
1968	187,213	1.9	3.0	83.2	11.8	161,431	2.2	43.9	20.5	33.4	12,608	0.0	0.2	41.2	58.7	9,660	0.0	1.2	5.7	93.1
1969	187,386	1.9	3.4	82.0	12.6	193,462	1.9	49.4	17.4	31.3	13,031	0.0	0.2	39.3	60.5	10,809	0.0	1.5	5.2	93.3
1970	195,142	1.8	3.7	81.4	13.1	178,852	2.0	47.0	18.8	32.2	13,823	0.0	0.2	38.3	61.5	10,306	0.0	1.4	5.4	93.2
1971	193,081	1.6	4.1	81.6	12.7	186,168	1.7	47.1	19.2	32.0	13,431	0.0	0.2	39.1	60.7	10,677	0.0	1.4	5.6	93.1
1972	198,315	1.7	4.4	80.4	13.5	237,779	1.5	53.5	16.1	29.0	14,264	0.0	0.2	37.3	62.5	12,329	0.0	1.7	5.2	93.1
1973	178,291	2.9	2.0	81.7	13.4	187,249	2.8	46.0	18.9	32.4	12,854	0.0	0.1	37.8	62.1	10,837	0.0	1.3	5.4	93.2
1974	200,852	3.4	2.7	79.4	14.5	202,558	3.3	41.3	20.3	35.1	15,064	0.0	0.1	35.3	64.6	12,667	0.0	1.1	5.4	93.5
1975	198,055	1.9	8.3	75.6	14.3	176,972	2.1	32.6	21.4	43.9	14,464	0.0	0.4	34.5	65.1	13,680	0.0	0.7	4.6	94.7
1976	240,227	1.5	5.0	80.9	12.7	180,598	2.0	28.9	20.9	48.2	16,670	0.0	0.2	38.9	60.9	15,222	0.0	0.6	4.1	95.3
1977	217,387	1.4	7.8	77.6	13.2	188,276	1.6	34.1	21.5	42.8	15,257	0.0	0.4	36.9	62.8	14,220	0.0	0.8	4.7	94.5

参 考 文 献

- 浅見忠彦, 1962: 太平洋南区のカタクチイワシに関する研究. 南水研報, (16).
- 中国・四国農政局, 1963~1977: 瀬戸内海漁業灘別統計表.
- 遠藤拓郎, 1972: 瀬戸内海の基礎生産. 海洋科学, 4.
- 花岡 資, 1952: 内湾生産力の標示について. 内水研報, (1).
- , 1953: 内湾漁獲物の組成について. 日本誌, 19(4).
- , 1954: Community としてみた水産資源に関する一考察. 内水研報, (6).
- , 1977: 魚類群集の構造と生産, 海の生物群集の生産, 畑中正吉教授退官記念誌.
- 林 知夫ほか, 1960: 魚食性底魚類の食性に関する研究. 農林水産技術会議成果 2.
- 池田郁夫, 1957: 食性の問題, 東海黄海における底魚資源研究 4.
- 今林博道・花岡 資・高森茂樹, 1975: 生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態 I. 他魚種との関係. 本誌, (8), 101~111.
- ・———・矢野 実, 1977: ————— II. 底性動物群集と関連した底魚群集の変動. 本誌, (10), 73~86.
- ・———・———, 1977: ————— III. 個体群の種内関係. 本誌, (10), 87~100.
- 岩井昌三・森脇胖二, 1981: 明石海峡及びその周辺海域における重要水族の資源生態調査, 本四架橋漁業影響調査報, (29). 日本水産保護協会.
- 科学技術庁, 1974: 海洋微生物およびプランクトンの役割と開発利用に関する基礎資料. 資源調査所資料, (31).
- 北森良之介ほか, 1958: 藻場の生態学的研究 I. 日本研報, (11).
- 北森良之介, 1959: ————— II. 日本研報, (12).
- , 1964: 瀬戸内海とその近接水域における底曳網漁獲物の食性群別組成について. 内水研刊行物 C輯, (2-3).
- 桑谷幸正, 1962: スズキを対象とする漁礁の総合的研究. 京都府水試報, 8.
- 工藤晋二・通山正弘ほか, 1969: 土佐湾陸棚崖産の底魚の食性の研究. 本誌, (2).
- 岸田 達, 1979: 周防灘西部沿岸におけるスズキ(セイゴ)の体長別・季節別食性について. 内海漁業研究会報.
- 近藤正人, 1978: 瀬戸内海における栄養塩類などの分布と季節変化. 海と空, 54 (2~3).
- 松原喜代松・落合 明・岩井 保, 1965: 魚類学(上・下), 恒星社厚生閣版.
- 村上彰男ほか, 1976: 瀬戸内海の海域生態と漁場, フジテクノシステム.
- 森慶一郎, 1980: 油谷湾における浮遊期・底生生活初期のマダイ生態. 西水研報, (54), 59~78.
- 西沢 敏, 1973: 海洋低次生産力の動態. 海洋科学.
- , 1977: 深海系への粒状有機物質輸送序説. 海洋科学 2.
- , 1977: 海洋低次生産試論, 海の生物群集の生産, 畑中正吉教授退官記念誌.
- 西沢 敏ほか, 1980: 日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査, 科学技術庁資源調査所.
- 農 林 省, 1951~1978: 農林省農林経済局統計情報部. 漁業養殖生産統計年報.
- 農林水産技術会議, 1980: 資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究. 研究成果, (129).
- 日本水産資源保護協会, 1980: 水生生物生態資料. 日本水産保護協会.

- 大森勉夫, 1979: 仙台湾における底魚の生産構造に関する研究 N. 西水研報, (52), 131~168.
- 阪本俊雄, 1978: 紀伊水道におけるタチウオの食性. 内海漁業研究会報.
- , 1981: マダイ, タチウオ等内外海交流種に対する架橋の影響調査. 本四架橋漁業影響調査報 29, 日本水産保護協会.
- 瀬戸内海水産開発協議会, 1958・1963: 瀬戸内海の水産統計資料, 瀬戸内海漁業調整事務局.
- 高尾亀次, 1964: 瀬戸内海のカタクチイワシ *Engrauli japonica* (Houttuyn) の生態について, 内水研刊行物C輯, (2), 1~50.
- 多々良薫, 1981: 内海・内湾漁業生物の生産力について—瀬戸内海漁業資源の生産力—. 本誌, (13), ~.
- 上田和夫, 1972: 水圏の富栄養化と水産増殖業. 日本水産学会, 水産学シリーズ, (1), 108~119.
- 宇野史郎, 1980: 日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査(西沢敏・木部崎修ほか), V. 瀬戸内海の植物及び動物プランクトンの現存量と生産力, 科学技術庁資料.
- 山本護太郎, 1977: 底生生物群集, 海の生物群集の生産, 畑中正吉教授退官記念誌.
- 横田滝雄, 1956: 食糧からみた魚類の群集について.
- , 1960: 魚種間の関係からみた魚類の生産. 日水学会シンボ資料.
- , 1961: 漁業生物学における community study の意義. 水産科学 9 (1).
- 横田滝雄ほか, 1961: 魚類の食性に関する研究. 南水研報 14, pp.234.