

大型魚礁(3タイプ)における魚礁効果

秋元 清治・鎌滝 裕文

Effect of three types of artificial fishery reef which typed "oogata gyoshou"

Seiji AKIMOTO*
Hirofumi KAMATAKI**

緒言

神奈川県における魚礁設置事業は、1955年に浅海増殖開発事業により横須賀市観音崎沖の東京湾浦賀水道に203個のコンクリートブロックが投入されたことに始まる。その後も国の補助事業である沿岸漁業振興対策事業、第1次、第2次沿岸漁業構造改善事業により実施されたが、1976年からは沿岸漁場整備開発法に基づく事業が行われるようになり、事業量は一段と増大した。1998年度末現在、東京湾及び相模湾の沿岸域には人工礁漁場3箇所161,477空³、大型魚礁漁場46箇所127,989空³、並型魚礁漁場130箇所45,359空³の総計334,825空³の魚礁漁場が整備されている。

魚礁設置事業を開始した当時から「魚礁漁場造成に用いる1個の構造物である魚礁単体の形状はどのようなものがよいか、さらにどのような配置構造とすべきか」という問題は大きな研究テーマであった。これまでも、小型の魚礁単体がある程度集中している魚礁の蛸集量は大きく、組立魚礁は骨格構造でも面構造でも比較的少なく、小型の魚礁単体が散在した魚礁はさらに少ない(柿元・大久保, 1983¹⁾)、スズキ、セイゴを対象にした魚礁ではブロックを余り積み上げずにある程度のブロック集団とし、ブロック集団間を有効な距離とした場合に集魚効果が高まる(増沢, 1968²⁾)など魚礁形状及び配置構造と蛸集魚の関係についてある程度の知見が得られているが、魚礁設置海域における調査では魚類の蛸集状況が設置場所の設置水深、底質、海底形状、海況などの海域特性の影響を強く受けてしまうことから、魚礁そのものの単体形状や配置構造が魚の蛸集に及ぼす影響を評価した事例は少ないと言える。

筆者らは魚礁単体の形状及び配置構造が魚礁効果にどのような影響をもたらすかを把握するため、1998~1999年にかけて近接した海域に設置された大型魚礁の中から魚礁単体の形状及び配置構造が異なる3タイプを抽出し、漁獲調査及び標本船調査により魚種組成と魚の蛸集状況を基に経済的評価をした魚礁効果の違いについて比較したのでここに報告する。

材料及び方法

1. 調査対象魚礁

調査対象としたのは、神奈川県三浦市松輪沖に設置された大型魚礁で魚礁の単体形状及び配置状況が異なるA, B, Cの3タイプであり、A, Bは各地点、Cは2地点を対象とした(表1, 図1)。これらの調査対象魚礁は、造成規模が2,500~3,000空³、設置水深が50~65m、底質が砂、海底形状が平坦と類似しており、魚礁の単体形状や配置状況が魚礁効果に及ぼす影響を評価しやすいと考えられたことから選定した。

表1 各大型魚礁の諸元

	Aタイプ	Bタイプ	C-1タイプ	C-2タイプ
使用魚礁	コンクリート魚礁FP3.25	コンクリート魚礁1.5m角型	鋼製魚礁立方型600	鋼製魚礁立方型600
設置年度	1993	1991	1997	1998
魚礁単体数(個)	86	741	7	7
魚礁単体の容積(m ³)	34.3	3.37	428.4	428.4
魚礁造成量(m ³)	2949.8	2500.9	2998.8	2998.8
設置水深(m)	56	52	50	65
底質	砂	砂	砂	砂

(注) Cタイプは立方型600に、魚礁の外縁部に網係り防止網が設けられており、外形上は直径12m、高さ6mの円筒形に見えるものである。

2. 魚礁配置構造調査

魚礁設置面積/魚礁全投影面積から算出する魚礁の散らばり度(全国沿岸漁業振興開発協会, 1986³⁾)、及び魚礁高さを把握するため、神奈川県水産総合研究所調査船さがみ(48トン)及びみうら漁業協同組合松輪支所所属漁船利一丸(4.9トン)により魚礁設置海域を10~20mの間隔で縦横に走航し、DGPS(さがみ:古野電気社製GP-500MARK-2, 利一丸:日本無線社製NWU-800color)による走航位置情報及び魚群探知機(さが

み：シムラッド社製EK500，利一丸：SUZUKI社製ES3314)による海底地形情報を魚探記録紙及び8ミリビデオに記録し，後日，画像を解析することで魚礁の配置図を作成した。また，魚礁外縁部を結んだ範囲を魚礁の設置面積として魚礁配置図からプランメーターにより測定した。

3. 海域特性調査

魚類の蜻集状況と海況条件との対応を知るため1998年9月21日，10月21日，1999年8月20日にA，B及びC-1，C-2(8月20日のみ)の3地点(図1)において，水深別の水温，塩分濃度，溶存酸素量を多項目水質計(IDRONAUT社製OCEAN SEVEN 401)により測定した。

4. 漁獲調査

調査対象魚礁がほとんど一本釣りで利用されている実態から一本釣りによる漁獲調査を行い，釣獲魚組成，多様性，体長組成を比較した。さらに，魚礁に対する蜻集特性から釣獲魚を～型に分類し(柿元・大久保，1983¹⁾，全国沿岸漁業振興開発協会，1986³⁾，東海大学出版会，1994⁴⁾)，その組成を比較した。調査は魚礁をよく利用しているみうら漁業協同組合松輪支所所属漁船(3

～5トン)3隻を借り上げ，船尾にスパンカー(spanker)を掛け，魚礁の潮上から潮下に流す方式で1998年10月から1999年10月までの10回行った。各船には調査員として3～5人が乗船し，釣獲方法は1調査員1竿，コマセはアミコマセ及びオキアミ，付け餌はオキアミ，針は3号～5号(主に3号)とした。また，調査時には調査員及び調査船間の釣獲能力の差異を緩和するため，3隻の調査船を各タイプ魚礁に同時に配し，一定時間ごとに漁場を交換するなど，できるだけ同じ条件で釣獲するよう努めた。釣獲物は種を同定した後，鮮魚のまま体長，体重を測定した。さらに，各タイプでの釣獲物の経済的価値を比較するため，釣獲物重量及びみうら漁業協同組合松輪支所の月別魚種別単価及び1997年の神奈川県農林水産統計年報の魚価情報を用い，釣獲魚の経済的価値を算出した。

5. 標本船調査

当該魚礁を頻りに利用している遊漁專業船及び遊漁兼業船から8隻(みうら漁業協同組合松輪支所所属船4.9～19トン)を抽出し，調査対象魚礁の利用状況及び釣獲状況を標本日誌(表2)に記帳するよう依頼した。回収したデータの内，1998年6月から1999年5月の1年分について解析を行った。

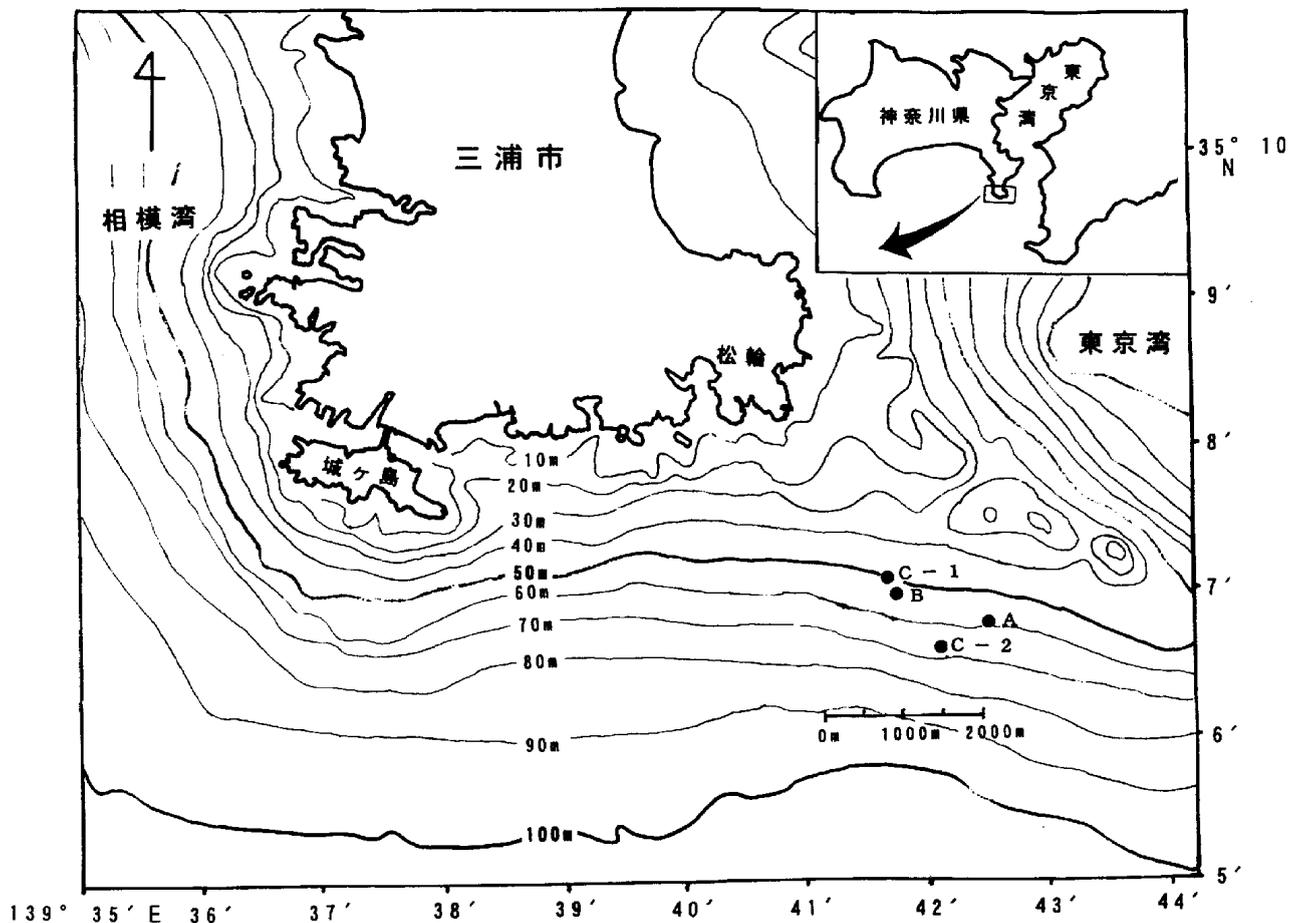


図1 魚礁設置位置図

表2 標本日誌

1	操業日 平成 年 月 日	
2	操業種類 一本釣り、遊漁案内業、その他 ()	
3	操業位置 A, B, C-1、その他	
4	操業時間 () 時間	
5	操業人数 漁業の場合 名、遊漁の場合 名	
6	漁獲 (釣獲量)	
	魚種	尾数又は重量
	銘柄 (1尾の重量)	
7	他の操業船の隻数 (漁業操業 隻、遊漁案内業 隻)	
8	コマセ使用量 約 kg (注: 利用魚礁ごと別葉に記入のこと)	

結果

1. 魚礁配置構造

各タイプの魚礁配置図を図2に示す。また、図2から算出した各タイプの魚礁設置面積、面積比、魚礁のちらばり度を表3に示す。魚礁設置面積はC-1 > C-2 > B > Aの順に広く、面積比は3.3:2.1:2:1であった。同じコンクリートブロック魚礁であるA、Bタイプで設置面積が異なったのは、Bタイプが投入目標とする仮ブイを中心として海面から魚礁単体を投入する海上投入方式、Aタイプが投入目標とする仮ブイを中心として魚礁単体を海底まで吊り下ろして着底させる方式を採用したためである。海底から魚礁の最頂部の高さはAタイプが約9m、C-1、C-2タイプ6m（規格値）、Bタイプ約4.5mであり、着定方式をとったAタイプで最も高い箇所が見られた。ちらばり度はC-1 > C-2 > B > Aの順に大きかった。以上からAタイプは一辺3.25mのFP魚礁が狭い範囲に積み上げられた状況、Bタイプが一辺1.5mの角型魚礁が適度に分散してなだらかに積み上がった状況、Cタイプは1基428m³の大型鋼製魚礁が点在する状況であった。

表3 魚礁タイプ別配置状況

タイプ	A	B	C-1	C-2
設置面積 (m ²)	4,486	8,841	14,822	9,487
面積比	1	2	3.3	2.1
海底からの高さ (最頂部)	9m	4.5m	6m	6m
ちらばり度	4.9	5.3	18.7	11.9

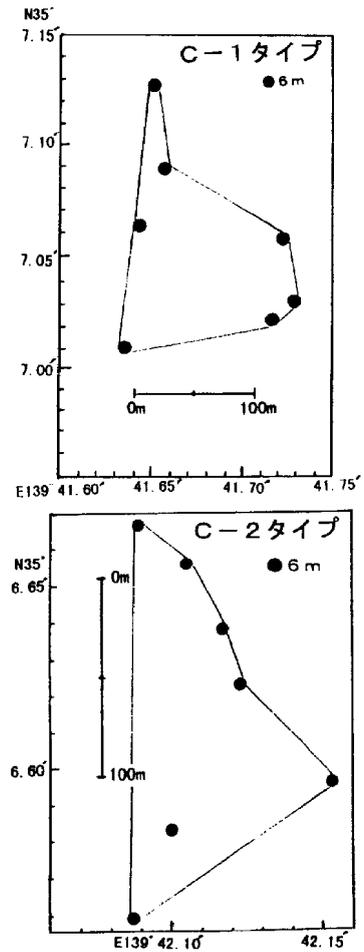
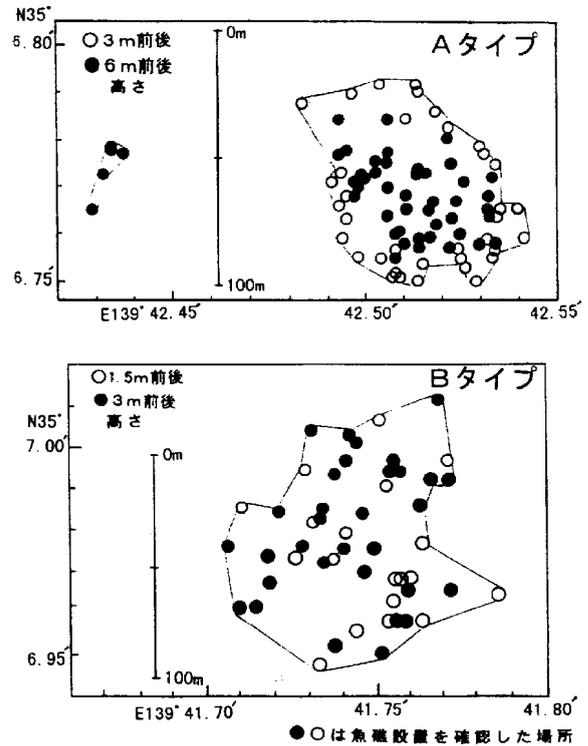


図2 各タイプにおける魚礁配置図

2. 漁獲調査における釣獲魚種

魚種数はAタイプ25種、Bタイプ28種、Cタイプ24種であった。また、調査日別の魚種数はBタイプで多く、C-1タイプで少ない傾向が見られた（表4）。

表4 漁獲調査における魚礁タイプ別釣獲魚種数

	'98.10. 2	'98.11. 4	'98.12.17	'99. 1.19	'99. 4.22	'99. 6. 2
A	3	9	6	7	6	7
B	8	11	9	8	9	9
C-1	2	7	4	6	5	
C-2						4
	'99. 7. 2	'99. 8.23	'99. 9.14	'99.10.13	延魚種数	標本船調査 延魚種数
A	5	8	6	6	25	33
B	7	10	7	11	28	32
C-1					24	16
C-2	7	8	8	10		

各タイプで多く釣れた魚種は、Aタイプがマアジ28.5%、ヒメ24.1%、ネンブツダイ11%、ウマツラハギ7.5%、トゴットメバル6.1%、Bタイプがマアジ21.1%、クラカケトラギス10.6%、ネンブツダイ10.6%、ヒメ6.6%、ウマツラハギ6.6%、Cタイプがヒメ41.9%、マルソーダ13.2%、ゴマサバ12.1%、マアジ5.5%、クラカケトラギス5.5%であった（別表1）。水産重要種ではマアジがAタイプ28.5%、Bタイプ21.1%、Cタイプ5.5%、マダイ、チダイ、イシダイの3種計がAタイプ3.1%、Bタイプ7.5%、Cタイプ6%、カワハギ類がAタイプ9.3%、Bタイプ9.7%、Cタイプ1.4%であった（表5）。蛸集特性による分類ではA、Bタイプは型種が約60%と主力で、型種が約5%と少ないのに対し、Cタイプは型種が18.9%と少なく、型種が51%、型種が25.5%と多かった（表6）。

3. 標本船調査における釣獲魚種

釣獲魚の魚種数はAタイプ33種、Bタイプ32種、C-1タイプ17種であった（表4）。各タイプで多く釣れた魚種は、Aタイプがマアジ57.8%、サバ類22.4%、トゴットメバル7.5%、マダイ3.4%、マルソーダ2%、Bタイプがマアジ42.4%、サバ類21.5%、トゴットメバル9.9%、マダイ7.8%、マルソーダ6.9%、Cタイプがブリ類28.8%、マアジ26.0%、サバ類13%、マダイ9.8%、ネンブツダイ6.5%であった（別表2）。水産重要種ではマアジがAタイプ57.8%、Bタイプ42.4%、

表5 魚礁タイプ別釣獲魚組成（%）

	魚礁タイプ	A	B	C
マアジ	漁獲調査	28.5	21.1	5.5
	標本船調査	57.8	42.4	26.0
マダイ・チダイ・イシダイ3種計	漁獲調査	3.1	7.5	6.0
	標本船調査	4.1	10.5	11.7
カワハギ・ウマツラハギ	漁獲調査	9.3	9.7	1.4
	標本船調査	0.7	0.6	3.3
その他魚種	漁獲調査	59.1	61.7	87.1
	標本船調査	37.4	46.5	59.0

表6 漁獲調査及び標本船調査における釣獲魚組成（%）

		A	B	C
型	漁獲調査	0.4	2.2	0.0
	標本船調査	0.2	0.1	0.5
型	漁獲調査	61.0	60.8	18.9
	標本船調査	73.6	66.4	51.2
型	漁獲調査	4.8	6.6	25.5
	標本船調査	24.8	29.5	42.3
型	漁獲調査	4.0	11.5	4.6
	標本船調査	0.8	2.3	2.3
型	漁獲調査	29.8	18.9	51.0
	標本船調査	0.6	1.7	3.7

（注）ヒメ、トラギス類については周辺の無魚礁海域でも多く釣獲されたため、型種とした。また、マアジは釣獲位置及び魚探反応から魚礁の真上に局在する傾向が強いことから、型種とした。

- 型：魚礁に体の大部分もしくは一部を接触させている種
イソカサゴ、カサゴ類、アイナメ類
- 型：体を魚礁に接触させることは少ないが魚礁に近い位置に位置する種
マアジ、ネンブツダイ、トゴットメバル、ウマツラハギ、カワハギ、サクラダイ、イシダイ、マダイ、チダイ、イサキ、オキゴンベ、ハタ類、カイワリ、カゴカキダイ、ヒメコダイ、イサキ、マトウダイ、スズキ、テンス、タカノハダイ、キントキダイ
- 型：主として魚礁から離れた表中層に位置する種
マルソーダ、マサバ、ゴマサバ、カワクチイワシ、ブリ類、マグロ類、シイラ
- 型：主として魚礁周辺の海底及び底層に位置する種
ササノハベラ、カレイ類、ホウボウ、カナガシラ類、ヒラメ類、アマダイ、ホシサメ、ウミヒゴイ
- 型：魚礁性が低いと思われる種
ヒメ、トラギス類、サバフグ

C-1タイプ26.0%、マダイ、チダイ、イシダイの3種計がAタイプ4.1%、Bタイプ10.5%、C-1タイプ11.7%、カワハギ類がAタイプ0.7%、Bタイプ0.6%、C-1タイプ3.3%であった（表5）。また、蛸集特性による分類ではA、Bタイプは型種が73.6%、66.4%、型種が24.8%、29.5%と似た組成であるのに対し、Cタイプは型種が51.2%と少なく、型種が42.3%と多かった（表6）。

4. 漁場利用時間

標本船調査における魚礁タイプ別の延漁場利用時間（8隻の1年間分）は、Aタイプ15,335分、Bタイプ12,690分、C-1タイプ1,695分で、A、Bタイプが多く、C-1タイプが少なかった。

5. 釣獲魚の魚体差

漁獲調査において各タイプで10尾以上釣獲された魚種の平均体重を表7に示す。比較した魚種の中で顕著な体重差が見られたのは、AタイプとBタイプのマアジ（1.64倍）、BタイプとCタイプのササノハベラ（1.81

表7 魚礁タイプ別釣獲魚の平均体重及び釣獲尾数

	A	B	C		A	B	C
マアジ	234.5	142.8	163.6	トゴットメバル	79.8	75	
	65	48	20		14	15	
ヒメ	35.4	43.9	46.3	クラカケトラギス	57.2	59.2	59.2
	55	15	153		12	24	20
ネンブツダイ	19.1	18.3		マルソーダ		386.4	360.4
	25	24				10	48
ウマツラハギ	570.8	586.2		ササノハベラ		43.2	78.2
	17	15				15	10

上段：平均体重（g）
下段：釣獲尾数（標本数）

倍)の2例であった。特に、マアジは1回毎の調査でもBタイプよりもAタイプで平均体重が大きく、明らかに魚体差が認められた。しかしながら、ササノハベラは、標本数が少なく明確な評価ができなかった。

塩分濃度は9月21日及び8月20日で表層の数値が各タイプで異なっているが、10m以深ではほぼ同じような傾向で推移していた。

溶存酸素は8月20日の20m層で調査点間で最大1ppmを越える差が見られたが、その他はほぼ同じような傾向で推移していた。

6. 魚礁設置海域における水温、塩分濃度、溶存酸素量の鉛直分布

各調査点における水深別の水温、塩分濃度、溶存酸素量の鉛直分布を図3に示す。

水温は9月21日のAタイプの30m以深の水温がB、C-1に比べ2~3度高かったのを除いて概ね同じような傾向で推移していた。

7. 生産性評価

漁獲調査における魚礁タイプ別の釣獲魚重量×単価を生産金額として表8に示す。各タイプ別ともマダイ、イシダイ、チダイ、マアジ、ウマツラハギ、カワハギの6種の比重が高く、6種計ではAタイプ90.7%、Bタイプ83.3%、

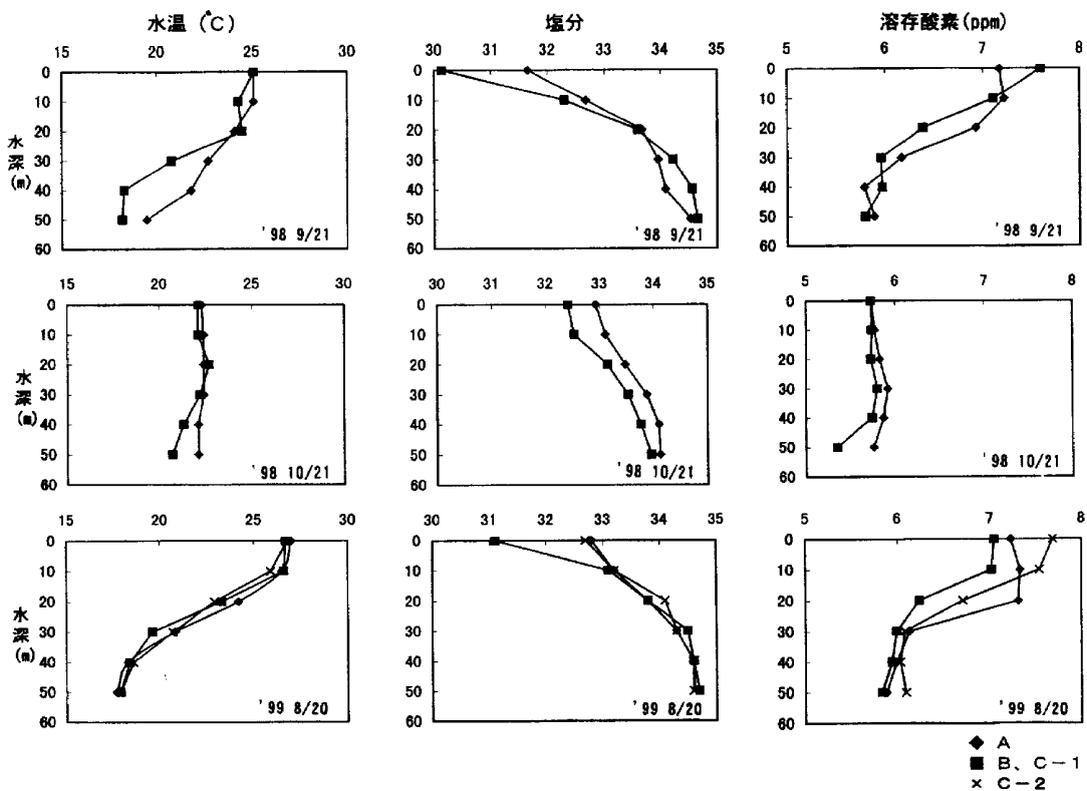


図3 魚礁設置海域における水温、塩分濃度、溶存酸素量の鉛直分布

表8 魚礁タイプ別釣獲魚生産金額

Aタイプ	金額(円)	割合(%)	Bタイプ	金額(円)	割合(%)	Cタイプ	金額(円)	割合(%)
マダイ	25183	35.0	マダイ	29812	43.8	マダイ	65439	72.8
マアジ	21930	30.5	ウマツラ	11247	16.5	イシダイ	8518	9.5
ウマツラ	11253	15.6	マアジ	7067	10.4	マアジ	5119	5.7
イシダイ	4008	5.6	チダイ	5277	7.8	ウマツラ	3501	3.9
トゴツメバル	2355	3.3	カワハギ	3234	4.8	イサキ	1201	1.3
カワハギ	2108	2.9	マサバ	2027	3.0	クラカケトラギス	1140	1.3
イナダ	1191	1.7	トゴツメバル	1984	2.9	トゴツメバル	1104	1.2
イサキ	918	1.3	ホシザメ	1500	2.2	チダイ	1008	1.1
チダイ	768	1.1	マハタ	1334	2.0	アマダイ	757	0.8
ホウボウ	705	1.0	ホウボウ	1307	1.9	マルソウダ	661	0.7
クラカケトラギス	634	0.9	カサゴ	1196	1.8	カワハギ	452	0.5
ムシガレイ	620	0.9	クラカケトラギス	1146	1.7	ムシガレイ	276	0.3
その他	319	0.4	その他	936	1.4	その他	672	0.7
合計	71992	100.0	合計	68067	100.0	合計	89848	100.0

Cタイプ93.5%を占めた。しかし、これら6魚種が全体の釣獲尾数に占める割合はAタイプ40.8%、Bタイプ38.3%、Cタイプ13.4%に過ぎず、経済的生産性は一部の魚種により構成されていると言えた。特にマダイは当該海域では釣獲尾数は少ないが単価が非常に高いため、各タイプとも最高金額となった。また、A、Bタイプではマアジ、カワハギ類の比重も高いが、Cタイプでは比較的良かった。

釣人1人1時間当たりの生産金額を生産性として表9に示す。各タイプとも調査1回毎の生産金額は大きく変動しているが、平均値はAタイプ446円、Bタイプ437円、Cタイプ447円とほぼ同じ値となった。しかし、生産金額の変動係数（標準偏差/平均）はB(0.57) < A(1.09) < C(1.54)と差が認められた。

表9 魚礁タイプ別生産性
(釣人1人1時間当たりの生産金額)

タイプ	'98.10.2	'98.11.4	'98.12.17	'99.1.19	'99.4.22	'99.6.2
A	円/h 236	円/h 131	円/h 341	円/h 767	円/h 346	円/h 272
B	144	394	750	300	748	269
C-1	14	980	2210	189	531	
C-2						54
タイプ	'99.7.2	'99.8.23	'99.9.23	'99.10.13	平均値	変動係数
A	円/h 54	円/h 419	円/h 180	円/h 1714	円/h 446	1.09
B	180	484	288	809	437	0.57
C-1					447	1.54
C-2	51	77	136	228		

考 察

1. 生産面からの評価

今回調査した魚礁は、天然礁と1km以上離れた場所に造成されたものであり、魚礁の投入により新たに漁場価値をもった漁場である。調査対象魚礁は設置水深、底質、海底形状が類似し(表1)、水温、塩分、溶存酸素量の鉛直分布も概ね同じような傾向で推移していることから(図3)、漁獲調査の結果は魚礁の単体形状や配置状況の違いを反映しているものと考えられる。

一般に魚礁効果を評価する場合、そこから漁獲される生産金額が問題となるが、漁獲調査の生産性の平均値は3タイプでほとんど変わらなかった(表9)。しかしながら、生産性評価では、マダイなど高級魚の釣獲量により評価が大きく変わることから、さらに調査回数を増やし検討する必要がある。また、魚礁の生産性は調査日により大きく変動しており、海況及び魚群来遊状況の影響を強く受けていると考えられた。今回の漁獲調査では、延べ38種の魚種が釣獲されたが、各魚礁タイプとも生産金額の8~9割はマダイ、イシダイ、チダイ、マアジ、カワハギ、ウマツラハギの6種で占められていた(表8)。これら6種は釣獲尾数では全体の13~40%に過ぎず(表5)残り半数以上の釣獲魚は生産金額にはほとんど貢献していなかった。このことから当該海域における魚礁の効果を高めるには、これら水産重要種をいかに増集させるかが重要なポイントとなる。

2. 漁場利用度からの評価

漁獲調査では各タイプの生産性に差は生じなかったが、標本船調査における実際の延漁場利用時間ではA、BタイプとC-1タイプの間に大きな差が生じた。(小倉, 1994⁵⁾)は水産庁が1984年から1986年に行った魚礁効果調査(全数調査)を解析し、漁業という経済行為を行うとき、生産性の高い漁場には大きな漁獲努力が加えられるが、生産性の低い漁場には漁獲努力がそれ程投入されないため、魚礁区と非魚礁区のC P U Eには有意な差が生じないと報告している。これに従えば生産性の高い漁場ほど漁獲努力量の指標となる利用時間は長くなるはずであり、漁業者はC-1タイプ(1,695分)に比べ、Aタイプ(15,335分)、Bタイプ(12,690分)を評価していることになる。

(柿元, 1998⁶⁾)は水槽実験により魚礁の素材によって増集効果は変化しないとしており、鋼材とコンクリートという材質が原因になっているとは考えにくい。C-1タイプの利用が少ない理由としては、Cタイプに比べA、Bタイプの魚礁の方が釣獲対象とする型魚の増集が多いため利用しやすいA、Bタイプに比べCタイプは生産金額の変動が大きいことから敬遠される(釣れる時と釣れない時の差が大きい)Cタイプの場合、A、Bタイプのような小型の魚礁単体が集合した漁場と異なり、大型鋼製魚礁が散在しているため、潮流が早い場合に船を魚礁の直上及び直下に配船することが難しいCタイプは魚礁設置年数が浅く、魚類の餌となる付着性生物が少ない等が考えられる。

3. 水産重要種の増集特性

増集特性による分類では、A、Bタイプは型種を中心とした似た構成をしているのに対し、Cタイプは型種が少なく、型種が多かった。また、各タイプとも標本船調査では、漁獲調査に比べ型種の比率が高く、及び型種が低くなっているが、これは、タイ類、マアジ、カワハギ類等の型種を主対象に操業を行っている標本船では、これら魚種の釣果が見込まれないとすぐに漁場を移動してしまうためと考えられた(表6)。

マダイは漁獲調査、標本船調査ともB及びC-1タイプでよく釣獲されている(別表1)。(長崎水試, 1965⁷⁾)は数タイプの魚礁漁場を比較した結果から、マダイ(成魚)を対象とした魚礁の有効な設置法の1つとして魚礁単体の分布面積を広くとることを報告しているが、Bタイプは他タイプに比べ小型の魚礁単体が広い範囲に分散した漁場といえ、マダイが良く釣れている点でこの報告と一致している。また、同じCタイプでもマダイはC-2タイプでは釣れず、C-1タイプでよく釣れているが、これはBタイプとC-1タイプが最も接近した所で30m程度と隣接していることから、Bタイプの増集の影響がC-1タイプにも及んだか、BとC-1タイプを含めた広い漁場がマダイの増集に効果があったものと考えられた。マアジは漁獲調査及び標本調査ともA、Bタイプでよく釣れ、Cタイプで少ない傾向が見られた。また、

カワハギ類は漁獲調査ではA, Bタイプ, 標本船調査ではC-1タイプに多い結果となり評価が分かれた(表5)。マダイ, マアジ, カワハギ類とも魚礁性の強い型種であるが, 他の型種の釣獲率も概ねA > B > Cの傾向が見られることから(別表1), これら型種については, 大型鋼製礁や組立礁などの大型単体礁を点在させるよりも小型の魚礁単体のある程度の範囲に散乱させ漁場面積を広くとる方が有効と考えられる。

4. 魚礁設置の底面構造と蛸集特性

今回の調査では, 魚礁の設置面積を魚礁の外縁部を結んだ範囲としたが, A, BタイプとCタイプでは魚礁の設置により生じた海底の凹凸面の広がりには基本的な違いがある。A, Bタイプが小型の魚礁単体が適度に散乱した広がりのある凹凸面を有するのに対し, Cタイプは魚礁単体の容積は大きい, 魚礁間は平坦であり, 実質的な凹凸面は魚礁7基分の底面積(791 m²)部分だけである。つまり凹凸面の広がりにはB > A > C-2 = C-1の関係にあり, これは漁獲調査における釣獲魚の多様性の傾向と類似している(表4)。(片野, 1995⁸)は, 生物の生息種数に影響を与える要因として時間, 環境の厳しさや安定性, 環境の広さと供給源からの距離, 空間的多様性, 競争, 捕食, 生産性をあげているが, 魚礁漁場においても海底の凹凸面という空間的多様性の広がりや魚種の多様性を富ませている可能性がある。また, 生産性の変動係数はB < A < Cで凹凸面の広がりとは逆の関係となっており(表9), 凹凸面の広がりが増すほど, 型種が安定的に存在でき, 変動係数が小さくなると考えられる。

適度な魚礁単体の散らばり度の一つの指標値として(全国沿岸漁業振興開発協会, 1986³)は, 1~1.8m円筒魚礁の効果事例に基づき, 小型の魚礁単体の散らばり度を20倍以下にすべきとしている。しかし, 魚礁のちらばり度は大型の魚礁単体を使用するほど値が大きくなる傾向があること, 本報の事例のようにAタイプ(4.9倍), Bタイプ(5.3倍)においても十分な漁場利用がされていることを考慮すれば, 魚礁の散らばり度については魚礁単体別に評価事例を増やし, これらの結果を検証していくことが望まれる。

5. 一本釣り漁法における漁場効果範囲について

(全国沿岸漁業振興開発協会, 1986³)では, 魚礁漁場の最小単位として概ね400空m³以上を標準とし, この単位魚礁の設置によって形成される漁場面積を, 型種で単位魚礁縁辺より約200m, 型種で約300mとしている。しかし, 魚類の移動に伴い漁獲される刺網ならばともかく, 一本釣りでは魚礁の直上及び直近からはずれると, 型種の漁獲効率は極端に落ちる傾向が見られ, 漁場有効範囲はこれよりも狭い範囲と考えられた。(荻野・松下, 1996⁹)は魚群は魚礁に局在的に分布するとしており, この局在する魚群範囲が一本釣りによる,

型種の主たる漁場効果範囲になると考えられるが, この点については今後検討することとしたい。また, 一本釣りの場合, 船尾にスパンカーを掛けて船を風上に向け, 魚礁の潮上から潮下まで船を流しながら操業することから, 魚礁の設置面積は広いほど有利となる。魚礁の配置計画は生物の蛸集面だけでなく, こういった操業上の利便性も十分に考慮すべきである。

6. 魚礁高さ及び魚礁単体形状が蛸集に及ぼす影響について

型種の蛸集には礁による流況変化が表中層に及ぶことが必要とされている(全国沿岸漁業振興開発協会, 1986³)。今回の調査でもA, Bタイプに比べCタイプでは型種の構成が高く(表6), 特にマルソーダ及びブリ類の構成比が高かったことから魚礁の高さを確実に確保できたCタイプが型種に有効と考えられた(別表2)。しかし, Cタイプは散在させると, 型の蛸集性及び一本釣りの操業性から不利となるため, 小型の魚礁単体を周辺に散在させるなどの工夫が必要である。

また,(全国沿岸漁業振興開発協会, 1986³)によれば, 内部空間の小さい魚礁には大型の魚類も見られるものの, 小型の魚類が多く, 内部空間の大きい組立魚礁には小型の魚はほとんど見られないとされているが, 今回の調査で魚礁タイプ間で体重差が見られたのはマアジとササノハベラだけであった(表7)。しかし, マアジは魚礁上部, ササノハベラは魚礁周辺底部に蛸集することが知られており(全国沿岸漁業振興開発協会, 1986³), 体長差は魚礁の内部構造というより, 魚礁の散らばり度や高さの影響と考えられる。

7. 効果調査の評価について

魚礁効果は蛸集魚, 海洋特性, 造成規模, 設置水深, 魚礁単体の構造及び配置等により大きく変化するため, 一概にどのような魚礁をどのように設置すべきかという評価は非常に難しいと言える。本報の結果も地域的な海洋特性や設置条件を十分に考慮した上で造成計画の参考とされるべきであろう。従来, 魚礁効果は標本船調査により評価されることが多かったが, 労力がかかる割に正確さや客観性に乏しいことが問題視されてきた。しかしながら, 近年になり, 魚礁の利用状況をレーダーや漁船のDGPS情報を解析することで正確に把握する調査手法が開発されてきており(水産庁資源生産推進部整備課, 1999¹⁰), 魚礁事業の効率化のためには, これらの手法を用いた魚礁の効果評価と造成要素の検証事例が増えることが望まれる。

謝 辞

本報をとりまとめるにあたり, 神奈川県環境農政部水産課今井利為博士には懇切なご指導をいただきました。また, 本調査を実施するにあたりみうら漁業協同組合所属山十丸, 信丸, 江奈信丸, 鈴米丸, かねいち丸, 利

一丸，一義丸，棒面丸，あまさけや丸，太郎八丸，健洋丸の各船長，調査船さがみの奥村弘幸船長をはじめ乗組員の方々及びみうら漁業協同組合，横須賀三浦農政事務所，東部漁港事務所，県環境農政部水産課，本研究所の職員の皆様には多大なご協力をいただきました。ここに記して，心から御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 柿元皓・大久保久直 (1983): 海中構築物周辺の魚類の資源生態研究報告書，新潟県水産試験場，156pp.
- 2) 増沢寿 (1968): 人工魚礁におけるブロックの配置構造と生産効果，水産増殖，15 (4)，51 - 57.
- 3) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会 (1986)，沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針，183pp.
- 4) 東海大学出版会 (1994): 日本産魚類生態大図鑑，465pp.
- 5) 小倉通男 (1994): 人工魚礁と魚 - ，株式会社小野田，54 - 57.
- 6) 柿元皓 (1998): 人工魚礁による魚類生息場の造成，社団法人全国沿岸漁業振興開発協会，7 - 8.
- 7) 長崎県水産試験場 (1971): 人工魚礁効果認定特別調査報告，長崎県水試登録第 333 号，33pp.
- 8) 片野修 (1995): 新動物生態学入門，中公新書，181 - 189.
- 9) 荻野隆太，松下吉義 (1996): 長井沖大型魚礁底層における魚群分布特性の検証 (人工魚礁効果調査)，神奈川県水産総合研究所研究報告，1，27 - 38.
- 10) 水産庁資源生産推進部整備課 (1999)，平成 9 年度沿岸漁場整備開発調査 (直轄) 報告書，297 - 314.

別表1：漁獲調査結果（魚種別釣獲尾数）

調査時間	10/2	11/4	12/17	1/19	4/22	6/2	7/2	8/23	9/14	10/13	計	釣獲率 尾/人	組成率 %
	8:00~ 12:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 12:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00			
調査時間	8:00~ 12:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 12:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00			
延釣獲時間(h・人)	20	30	20	15	12	16.5	15	9	19.5	16.5	173.5		
マアジ	9		7	15	6	10	7	5	6		85	0.37	28.5
ヒメ		1	10		5	10	14	8	7		55	0.32	24.1
ネンブツダイ	2			4		3	2	3	2	9	25	0.14	11.0
ウマズラハギ		2	1	3		2		3	3	3	17	0.10	7.5
トゴツトメバル		1		2	6	4				1	14	0.08	6.1
クラカケトラギス			3			1	1	3	4		12	0.07	5.3
マルソウダ	1	8									9	0.05	3.9
カワハギ		2		1						1	4	0.02	1.8
マダイ										4	4	0.02	1.8
ハチビキ										2	2	0.01	0.9
カナド					2						2	0.01	0.9
サクラダイ		2									2	0.01	0.9
イシダイ			1	1							2	0.01	0.9
イサキ				2							2	0.01	0.9
ササノハベラ		1					1				2	0.01	0.9
ムシガレイ					2						2	0.01	0.9
ゴマサバ									1		1	0.01	0.4
イソカサゴ								1			1	0.01	0.4
チダイ								1			1	0.01	0.4
オキゴンベ								1			1	0.01	0.4
サバフグ		1									1	0.01	0.4
タマガンソウビラメ						1					1	0.01	0.4
イナダ		1									1	0.01	0.4
ホウボウ				1							1	0.01	0.4
カナガシラ											1	0.01	0.4
計	12	19	23	28	22	31	25	25	23	20	228	1.31	100.0
釣獲率(尾/h・人)	0.60	0.63	1.15	1.87	1.83	1.88	1.87	2.78	1.18	1.21	1.31		

Bタイプ

調査時間	10/2	11/4	12/17	1/19	4/22	6/2	7/2	8/23	9/14	10/13	計	釣獲率 尾/人	組成率 %
	8:00~ 12:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 12:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00			
調査時間	8:00~ 12:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 12:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00			
延釣獲時間(h・人)	20	20	20	20	8	16.5	15	9	19.5	16.5	164.5		
マアジ	1	1			13	14	14	4			48	0.29	21.1
クラカケトラギス		2	1	14		2	2	1	2		24	0.15	10.6
ネンブツダイ	3		1		3	1	1	2	4	9	24	0.15	10.6
ヒメ		1		3		7	4				15	0.09	6.6
ウマズラハギ	1	1	1		1		1	3	5	2	15	0.09	6.6
ササノハベラ	2							3	3	4	15	0.09	6.6
トゴツトメバル	3		2		3	3	2				13	0.08	5.7
マルソウダ	2	4								4	10	0.06	4.4
マダイ		2	4	1	1					1	9	0.05	4.0
チダイ	2					1		3	2		8	0.05	3.5
カワハギ			1	2		1		1	2		7	0.04	3.1
サクラダイ					2			1	3		6	0.04	2.6
ハチビキ									5		5	0.03	2.2
ホウボウ		2	1		1						4	0.02	1.8
サバフグ		2	2								4	0.02	1.8
カナド		1		1		1					3	0.02	1.3
ホシザメ			1	1						1	3	0.02	1.3
カタクチイワシ				2							2	0.01	0.9
フサカサゴ				1	1						2	0.01	0.9
カサゴ								1		1	2	0.01	0.9
シイラ									1		1	0.01	0.4
イソカサゴ									1		1	0.01	0.4
カイワリ									1		1	0.01	0.4
ウミヒョイ						1					1	0.01	0.4
ゴマサバ		1									1	0.01	0.4
カゴカキダイ		1									1	0.01	0.4
マハタ					1						1	0.01	0.4
マサバ		1									1	0.01	0.4
計	15	18	14	25	26	31	27	20	19	32	227	1.38	100.0
釣獲率(尾/h・人)	0.75	0.90	0.70	1.25	3.25	1.88	1.80	2.22	0.97	1.94	1.38		

Cタイプ

調査時間	C-1					C-2					計	釣獲率 尾/人	組成率 %
	10/2	11/4	12/17	1/19	4/22	6/2	7/2	8/23	9/14	10/13			
調査時間	8:00~ 12:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 13:00	8:00~ 12:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00	8:30~ 13:00			
延釣獲時間(h・人)	24	30	20	20	8	16.5	15	9	19.5	16.5	178.5		
ヒメ		2		2	2	27	73	18	18	11	153	0.86	41.9
マルソウダ	22	24									46	0.27	13.2
ゴマサバ								3	41		44	0.25	12.1
マアジ				4	15		1				20	0.11	5.5
クラカケトラギス	1	1	2		1	4	6			5	20	0.11	5.5
マダイ		4	10	4	1						19	0.11	5.2
オキトラギス						3	1	2	3	3	12	0.07	3.3
ササノハベラ		1				1		6	2		10	0.06	2.7
トゴツトメバル	1			4	3						8	0.04	2.2
ネンブツダイ				3	1		1			2	7	0.04	1.9
ウマズラハギ									2	2	4	0.02	1.1
ホシヒメコダイ								1	1	2	4	0.02	1.1
ムシガレイ								2	1		3	0.02	0.8
イシダイ		2									2	0.01	0.5
ガンゾウビラメ							2				2	0.01	0.5
アカアマダイ									1		1	0.01	0.3
カワハギ										1	1	0.01	0.3
カイワリ								1			1	0.01	0.3
チダイ									1		1	0.01	0.3
マサバ							1				1	0.01	0.3
サクラダイ									1	1	1	0.01	0.3
イサキ		1									1	0.01	0.3
カナガシラ			1								1	0.01	0.3
サバフグ											1	0.01	0.3
計	23	35	13	19	22	32	83	39	89	30	365	2.04	100.0
釣獲率(尾/h・人)	0.96	1.17	0.65	0.95	2.75	1.94	5.53	4.33	3.54	1.82	2.04		

別表2 標本船調査における釣獲魚組成

魚種	釣獲数	組成率(%)
マアジ	1883	57.8
サバ類	731	22.4
トゴツトメバル	245	7.5
マダイ	112	3.4
マルソウダ	66	2.0
イサキ	55	1.7
サクラダイ	18	0.6
マトウダイ	17	0.5
ウマズラハギ	16	0.5
ヒメ	15	0.5
ムシガレイ	14	0.4
イシダイ	14	0.4
ネンブツダイ	13	0.4
クロマダロ	11	0.3
チダイ	10	0.3
エゾイソアイナメ	7	0.2
カワハギ	6	0.2
ヒラメ	5	0.2
アマダイ	3	0.1
クラカケトラギス	3	0.1
キントキダイ	2	0.1
イシガレイ	1	0.0
ブリ類	1	0.0
カイワリ	1	0.0
スズキ	1	0.0
アカハタ	1	0.0
テンス	1	0.0
ホシザメ	1	0.0
オアカムロ	1	0.0
カサゴ	1	0.0
ホウボウ	1	0.0
カナガシラ	1	0.0
タカノハダイ	1	0.0
計	3258	100.0

Bタイプ

魚種	釣獲数	組成率(%)
マアジ	929	42.4
サバ類	471	21.5
トゴツトメバル	217	9.9
マダイ	171	7.8
マルソウダ	151	6.9
チダイ	48	2.1
ネンブツダイ	39	1.8
ホウボウ	38	1.7
ヒメ	25	1.1
イシダイ	14	0.6
サクラダイ	14	0.6
ウマズラハギ	11	0.5
カタクチイワシ	10	0.5
クラカケトラギス	8	0.4
クロマダロ</		