

海砂採取跡地に出現する砂浜系魚類 2 種の食性の多様化

野田幹雄*¹・柿元 皓*¹

Diversified utilization of food resources in two sand-associated fishes occurring in an area exploited as a sand pit

Mikio Noda*¹ and Hiroshi Kakimoto*¹

An influence that artificial disturbance of sandy sea bottom, due to previous exploitation as a sand pit, has on feeding habits of common Japanese conger *Conger myriaster* and five spot flounder *Pseudorhombus pentophthalmus* was examined off the coast of Takehara city in Hiroshima Prefecture. Specimens were concurrently collected from an exploited area and a naive one by longline or gill net. In both areas the above two fishes fed mainly on brachyurian crabs (the conger) or mysids (the flounder). However, other preys differed largely between the areas surveyed in the percentage IRI of dietary composition of the fishes; particularly, porcelain crabs were detected only in specimens from the exploited area in either of two fishes. Values of food niche breadth and dietary overlap using the Shannon diversity index (H') and Pianka's α index indicated that the two fishes exhibited more diversified utilization of food resource in the exploited area than in the naive one.

1. はじめに

河川改修やダム建設あるいは減反による水田景観の縮小などの人間活動は、そこに生息する淡水生物の生活様式に対して様々な形で影響を及ぼすことが明らかにされている^{1,2)}。海洋においても、安全・防災および開発・利用の面から様々な人工構造物が海岸や沖合に設置され、その周辺の生物に何らかの影響を及ぼしていると推測される。しかし、多くの報告は、既存種に対する影響よりもむしろ二次的に現れた生物叢集の効果に着目している³⁻⁵⁾。また、人為的な環境の改変に対する影響評価も主に生物の出現の有無および分布様式との関係で論じられることが多い。

筆者らは、広島県竹原市沖合で行われている海砂採取の

跡地の漁場価値を調査した際に、砂の採掘による人為的な海底地形の攪乱がそこに生息する既存の魚種の生活内容に対してどのような影響を与えているかを食性面から分析する機会を得た。その結果、いくつかの知見を得ることができたので報告する。

2. 調査場所

広島県竹原市沖合では、昭和45年頃から指定された数カ所の区画内で海砂の採取が行われている。今回、調査の対象とした区画(Fig. 1)は、砂採取跡地の漁場価値とその回復状況を調べるために昭和63年から砂の採取を中止している場所である。

水産大学校研究業績 第1528号, 1995年8月25日受付。

Contribution from National Fisheries University, No.1528. Received Aug. 25, 1995.

*1 水産大学校増殖学科水産増殖学第二講座(Laboratory of Aquatic Physiology and Ethology, Department of Biology and Aquaculture, National Fisheries University)

砂採取の状況と採取後の海底形状の概略を砂採取跡地の漁場調査報告書⁸⁾に基づいて説明する。海底から取り上げられた砂は、おおよそ全量の1/3程度が船上に確保され、残りは海底へ戻される。そのため、採取跡地の地形は、深く掘り下げられた窪みと対照的にうずたかく盛り上がったマウンドから形成されていた。このマウンドは礫質で、砂山のイメージから想像されるような軟弱なものではなく、かなり安定した一種の構造物となっている。本調査を実施した採取区では、採取前に比較すると最大約10m、平均して5m程度深くなっており、海底がかなり大きな凹凸となっていた。また、砂採取時に形成された高さ3~4mのマウンドが水域全体に点在していた。底質は、局所的に変化しており、多くは砂礫質か砂質で、所によりシルトが認められた。

3. 方法

1994年6月1日と2日に上述した海砂の採取跡地と砂を採取していない場所で底延縄と底刺網による漁獲調査をそれぞれ同時に行なった。以後、砂の採取跡地を「採取区」、砂を採取していない従来どおりの場所を「自然区」と表す。調査場所と漁具の投入位置の概略は、Fig.1に示した。底延縄は、6月1日の日没後18:30から採取区と自然区にそれぞれ長さ640mにわたって投入し、約1時間放置した後、19:45から回収した。底刺網は、6月2日の日没前に採取区と自然区にそれぞれ720mにわたって投入し、翌朝の4:45から揚網した。底延縄の仕様は、幹縄に約3.6mの間隔で長さ約1.8mの枝縄が付いたものであり、釣針は流線形7号が使われていた。餌はイカの切り身とイカナゴを使った。底刺網の仕様は、中心の網の目合1cm、外側の網の目合20cm、網丈90cmの三枚網であった。漁獲された標本は、現地で全長あるいは体長および体重を測定した後、解剖して内臓を取り出し、10%ホルマリン液で固定して保存した。

研究室で胃を含めた全消化管の内容物を小型のシャーレに掻き出し、双眼実体顕微鏡を用いて内容物中から見出された餌生物の査定と計数を行い、その湿重量を電子天秤で測定した。出現した餌生物の多くは網から目程度の判別にとどまったが、可能なものについては種まで査定した。なお、延縄で漁獲された標本については消化管から釣り餌が出現した場合にはそれを除いて食性の分析を行なった。

重量法、個体数法および出現頻度法の三つの方法を併用して採取区と自然区で漁獲された魚種ごとに全消化管内の

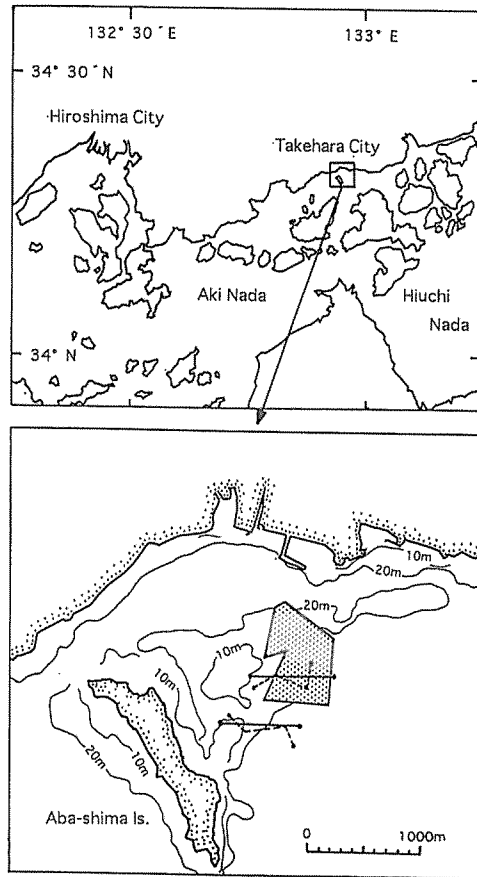


Fig. 1 Locations of sampling sites by longline (broken line) or gill net (solid line) and an area (hatched) exploited as a sand pit off Takehara city in Hiroshima Prefecture.

餌生物の組成を分析した。各方法にはそれぞれ特長があり、重量法は主食となる餌生物かどうか、個体数法は容量は小さくても努めて摂食している餌生物かどうか、出現頻度法はごく普通に利用されている餌生物かどうかを検出するうえで有効と考えられる。これらの三つの方法の特長を総合し、全消化管内に出現した餌生物のそれぞれについて相対的な重要度を表す一つの指標として、IRI指数⁶⁾を算出した。この指数の百分率組成(%IRI)を餌生物のそれぞれについて求めて、採取区と自然区における消化管内容物中の餌生物組成の相違を総合的に評価した。IRI指数は、Pinkas *et al.*⁶⁾にしたがって重量組成(%W)、個体数組成

(%N), 出現頻度(%F)の値を次式に代入して求めた:

$$IRI=(\%N+\%W)\times\%F$$

なお, 重量組成(%W)あるいは個体数組成(%N)は, 餌生物の重量あるいは個体数を標本全部について加算し, その値をもとにそれぞれの餌生物について比率を求めた。

また, 両調査区からともに漁獲された同一魚種について消化管内の餌生物組成が自然区と採取区でどの程度異なるかを数値化するために, %IRIに基づいて重複度指数の一種であるピアンカの α 指数⁷⁾を次式により求めた。

$$\alpha_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^S P_{1i} \cdot P_{2i}}{\sqrt{\sum_{j=1}^S (P_{1j})^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^S (P_{2j})^2}}$$

なお, $\alpha_{1,2}$ は, 自然区と採取区を比較したときの, %IRIによる消化管内の餌生物組成の重複度で, P_{1i} および P_{2i} は, 自然区および採取区の%IRIによる消化管内の餌生物組成(Fig.4とFig.5)において全体に対するそれぞれの分

類群の比率であり, P_{1i} は自然区, P_{2i} は採取区である。

さらに, 両調査区からともに漁獲された同一魚種について消化管内の餌生物組成の多様性の大きさを両調査区で比較検討するため, %IRIによる消化管内の餌生物組成に基づいて, 次式によりシャノンの多様度指数(H')⁷⁾を算出した:

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

なお, P_i は, %IRIによる餌生物組成(Fig.4とFig.5)において全体に対するそれぞれの分類群(つまり餌生物)の比率を示す。 n は餌生物組成における分類群の総数である。

4. 結果

採取区では先述したように海底の景観が大きく変化していることから, 生息する魚類の組成はその影響を受けて変化している可能性がある。そこで, 採取区と自然区の魚類

Table 1. Species, number and weight of fish caught in a naive sandy area and that exploited as a sand pit by long line or gill net

Fishing method	Species	Naive area		Exploited area	
		Total No.	Total weight (g)	Total No.	Total weight (g)
Long line	* <i>Conger myriaster</i>	55	4543	59	3770
	* <i>Argyrosomus argentatus</i>	10	1960	2	390
	* <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	1	50	1	90
	+ <i>Sebastiscus marmoratus</i>	2	465	1	170
Gill net	* <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	58	3188	48	2149
	* <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	14	1870	29	3521
	* <i>Raja porosa</i>	8	3086	4	1894
	* <i>Cynoglossus robustus</i>	2	279	10	1838
	* <i>Cynoglossus joyneri</i>	2	186	7	603
	* <i>Pleuronichthys comutus</i>	2	287	0	0
	* <i>Mustelus manazo</i>	1	1320	2	3020
	* <i>Argyrosomus argentatus</i>	1	192	2	323
	* <i>Eopsetta grigorjewi</i>	1	96	1	93
	* <i>Repomucenus richardsonii</i>	0	0	1	77
Gill	+ <i>Pagrus major</i>	2	170	1	65
	+ <i>Haplooglycus nitens</i>	2	190	0	0
	+ <i>nimicus japonicus</i>	1	251	1	187
	+ <i>Sebastiscus marmoratus</i>	0	0	2	419
	+ <i>Hexagrammos otakii</i>	0	0	1	169

*, sand-dwelling fishes; +, reef fishes.

相の特徴を漁獲調査の結果から大まかに分析するとともに、食性の比較をするうえでの条件設定が整っているかどうかをまず検討する。

延縄と刺網によって計16種、334個体が漁獲された(Table 1)。延縄では自然区と採取区ともにマアナゴ *Conger myriaster* が圧倒的多数を占めた。一方、刺網では、タマガンゾウビラメ *Pseudorhombus pentophthalmus*, コウライアカシタビラメ *Cynoglossus abbreviatus*, アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri*, イヌノシタ *Cynoglossus robustu* などの異体類が多く漁獲され、なかでもタマガンゾウビラメ、コウライアカシタビラメが両調査区ともに多数を占めていた。このように自然区と採取区では、双方でよく似た魚種組成を示し、ともに砂浜系の魚類群集が成立する場所であった。さらに、漁獲された魚種のなかで、マアナゴについては自然区で55尾、採取区で59尾、タマガンゾウビラメについては自然区で58尾、採取区で48尾と、比較的まとまった数の標本がほぼ同数採集された。そこでこの2種に

ついて、サイズおよび体重組成を両調査区で比較した(Fig.2, Fig.3)。サイズ組成および体重組成は両種ともに自然区と採取区で大きな差が認められなかった。したがって、両調査区で普通に見られ、ほぼ同じ成長段階で構成されると考えられるマアナゴとタマガンゾウビラメについて消化管内容物の比較検討を行った。

マアナゴとタマガンゾウビラメの消化管内の餌生物組成をTable 2とTable 3に示す。なお、タマガンゾウビラメでは刺網で漁獲された標本のみを使用した。

マアナゴの場合は、カニ類(短尾類)が重量(自然区40.2%, 採取区23.8%), 個体数(自然区71.7%, 採取区41.7%)および出現頻度(自然区65.8%, 採取区44.1%)のいずれも両調査区で高い値を示した。したがって、マアナゴは両調査区でともにカニ類を主要な餌生物とし、これを普通に摂餌していると考えられる。そのカニ類の内訳をみると、自然区ではワタリガニ科が高頻度で出現した。そのうちフタホシシガニ *Charybdis bimaculata* が種まで同定がなさ

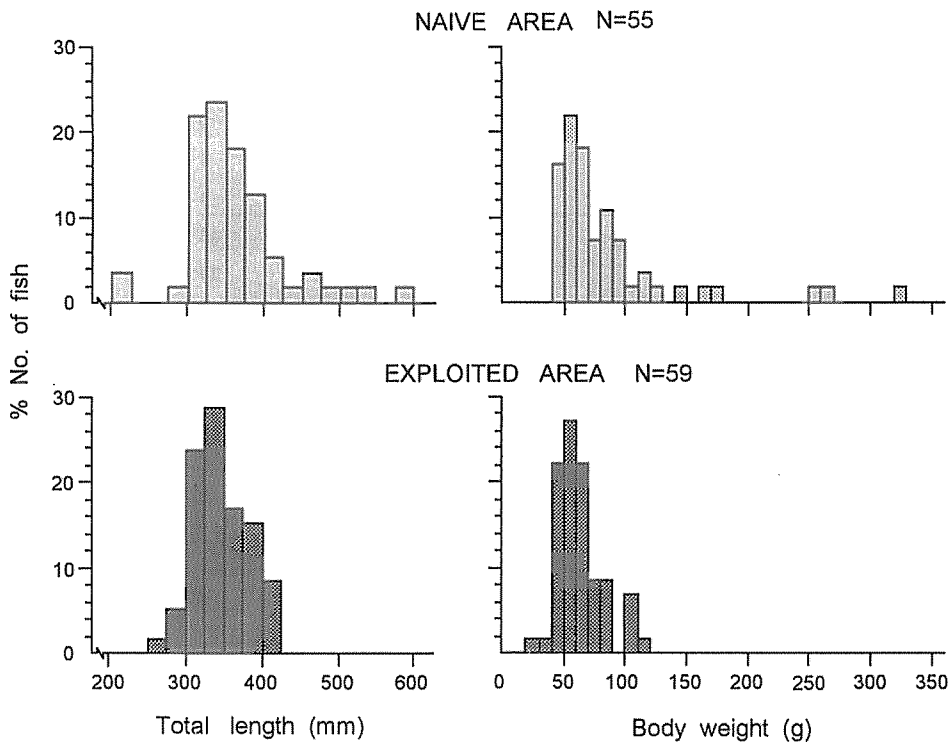


Fig. 2 The length and weight distribution of *Conger myriaster* caught by longline.

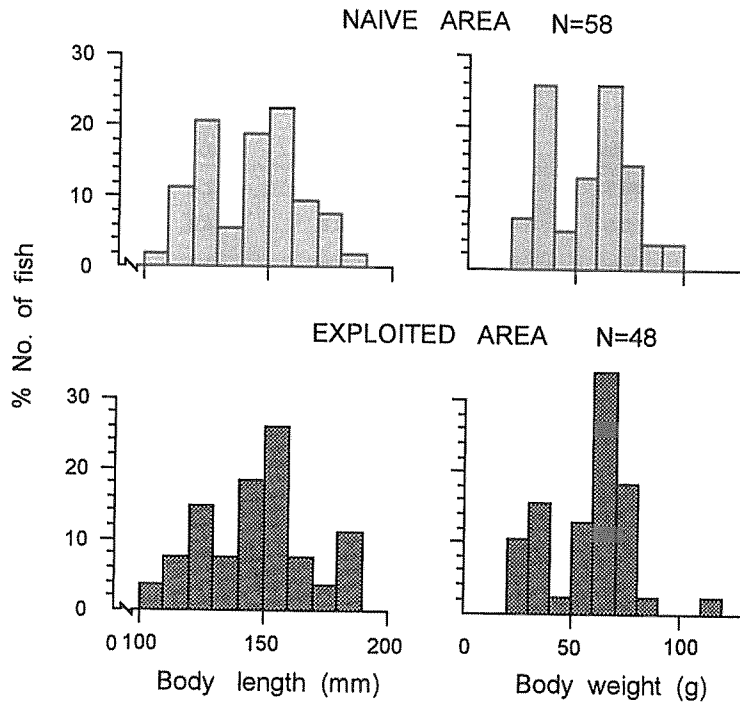


Fig. 3 The length and weight distribution of *Pseudorhombus pentopthalmus* caught by gill net.

Table 2. Prey items of *Conger myriaster* in a naive area (58 individuals) or that exploited (48 individuals) as a sand pit

Food item	% W		% N		% F	
	Naive	Exploited	Naive	Exploited	Naive	Exploited
Brachyura	40.2	23.8	71.7	41.7	65.8	44.1
Natantia	9.0	12.7	8.3	14.3	10.5	18.6
Anomura (Porcellanidae)	—	5.9	—	16.7	—	10.2
Stomatopoda	2.7	—	3.3	—	5.3	—
Amphipoda (Gammaridea)	—	0.2	—	2.4	—	3.4
Isopoda	—	0.5	—	1.2	—	1.7
Pisces	25.6	15.2	10.0	2.4	18.4	3.4
Cephalopoda	0.3	—	1.7	—	2.6	—
Polychaeta	1.6	6.4	5.0	17.9	5.3	10.2
Sipunculida	—	11.8	—	3.6	—	1.7
Amorphous materials	19.1	23.6	*	*	39.5	47.5
Unknown	1.6	—	*	—	5.3	—

The entire gut contents of 106 specimens were analyzed. % W, percentage weight; % N, percentage number; % F, frequency of occurrence; —, not consumed; *, not countable.

Table 3. Prey items of *Pseudorhombus pentopthalmus* in a naive area (55 individuals) or that exploited (59 individuals) as a sand pit

Food item	% W		% N		% F	
	Naive	Exploited	Naive	Exploited	Naive	Exploited
Mysidacea	35.5	8.6	93.7	72.4	68.4	43.8
Natantia	20.5	14.8	0.9	4.6	7.9	18.8
Anomura (Porcellanidae)	—	18.2	—	1.1	—	6.3
Pisces	36.4	2.4	0.6	1.1	5.3	6.3
Ostracoda	+	2.2	0.3	14.9	5.3	12.5
Amphipoda (Gammaridea)	0.1	0.2	0.9	3.4	7.9	6.3
Brachyura	1.2	—	0.3	—	2.6	—
Cephalopoda	—	51.9	—	1.1	—	6.3
Polychaeta	0.5	—	0.3	—	2.6	—
Bivalvia	+	—	0.3	—	2.6	—
Amorphous materials	5.6	1.7	*	*	34.2	6.3
Unknown	0.1	—	0.6	1.1	5.2	6.3

The entire gut contents of 114 specimens were analyzed. % W, percentage weight; % N, percentage number; % F, frequency of occurrence; —, not consumed; *, not countable; +, less than 0.1%.

れた。採取区ではワタリガニ科が高頻度で出現することはなく、オウギガニ科、ヒシガニ科など多様であった。同様に、エビ類(遊泳類)、カニダマシ類、シャコ類でも自然区と採取区で相違がみられた。つまり、エビ類は、重量、個体数および出現頻度ともに自然区よりも採取区の方が高い値を示した。また、採取区でのエビ類は、ほとんどがテッポウエビ科で占められ、自然区とは出現した分類群の組成が異なっていた。カニダマシ類はとりわけ特徴的で、採取区では出現するが、自然区ではまったくみられなかった。逆にシャコ類は、自然区では出現したが、採取区ではまったくみられなかった。また、魚類は自然区では多く(重量25.6%、個体数10.0%)、採取区では少なかった(重量15.2%、個体数2.4%)。

タマガンゾウピラメの場合、自然区ではアミ類が重量(35.5%)、個体数(93.7%)および出現頻度(68.4%)のいずれでも高い値を示し、採取区でも同様にアミ類の値が個体数(72.4%)および出現頻度(68.4%)のいずれも最も高いが、重量(8.6%)では低い。これは採取区でのアミ類は消化が進んでいたものが多く、重量を実際の摂食量よりもかなり低く見積もってしまった可能性がある。アミ類以外をみると、自然区では重量でアミ類の次に魚類(36.4%)およびエ

ビ類(20.5%)が高い値を示し、他の餌生物はわずかに出現する程度である。これに対して、採取区ではエビ類、頭足類、介形類などの比率が高くなっており、様々な種類が認められた。また、マアナゴの場合と同様に、採取区においてのみカニダマシ類が認められた。

以上に比較検討した消化管内の餌生物組成を%IRIで総合評価した結果をFig.4とFig.5に示す。IRI指数は、その値が大きいほどその餌生物の重要性が高いことを表す。マアナゴの場合は、カニ類の比率が両調査区で高い値(自然区約90%、採取区約70%)を示した。したがって、消化管中に見出された餌生物のうち、最も重要性の高い餌生物については、自然区と採取区で差が認められない。しかし、その他の餌生物の比率をみると、自然区と採取区で明確な相違が認められる。つまり、自然区では魚類の値が比較的大きい(約8%)のみで、エビ類、シャコ類、頭足類、多毛類の値は2%未満である。これに対して採取区ではエビ類が約12%、カニダマシ類が6%、多毛類が約7%の値を示し、自然区に比べ他の餌生物の重要性が増している。タマガンゾウピラメの場合についても、マアナゴと同様な傾向を示した。つまり、アミ類の比率はいずれの調査区においても高く(自然区約95%、採取区約75%)、最も重要な餌生

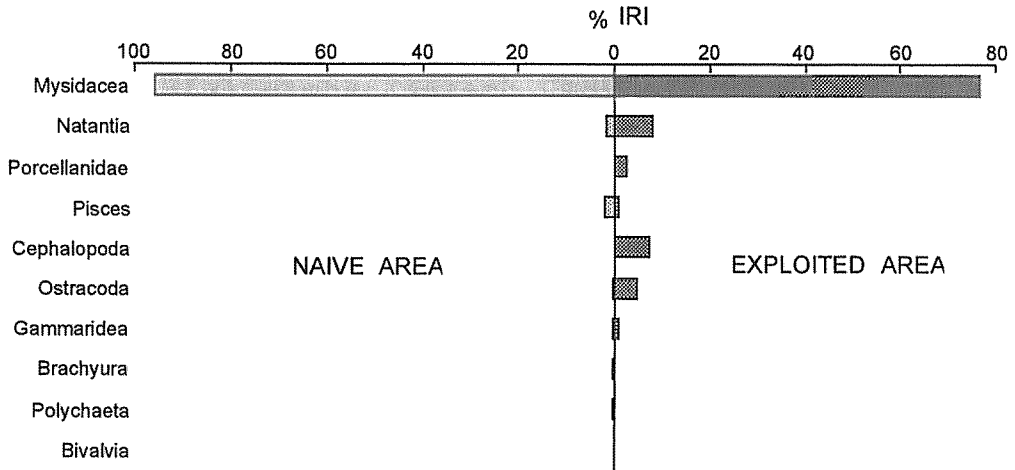


Fig. 4 Comparison of diet composition of *Conger myriaster* between a naive sandy area and that exploited as a sand pit on the basis of percentage of total Index of Relative Importance (IRI) of 10 different prey categories.

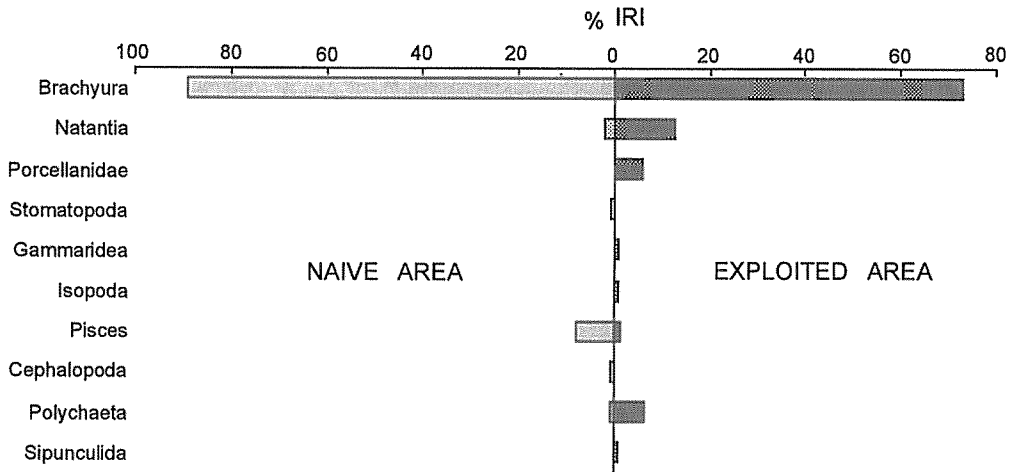


Fig. 5 Comparison of diet composition of *Pseudorhombus pentophthalmus* between a naive sandy area and one exploited as a sand pit on the basis of percentage of total Index of Relative Importance (IRI) of 10 different prey categories.

物は両調査区で同じであった。しかし、その他の餌生物については、自然区ではエビ類と魚類が2～3%の値を示すにすぎず、その他の餌生物の重要性は極めて低い。これに対して、採取区ではエビ類が8%、頭足類が7%、介形類が5%、カナダマシ類が3%の値を示し、その他の餌生物も比較的均等にその重要性が増している。

次に、マアナゴとタマガンゾウピラメについて自然区と採取区との間でピアンカの類似度指数(α)を求めた(Table 4)。 α は0から1までの値をとり、この値が大きいほど消化管内の餌生物組成の重なりが大きいことを表わす。ピアンカの類似度指数は、両種のいずれにおいても自然区と採取区との間で高い値を示した。したがって、消化管内の餌生物組成において主要な餌生物は両調査区でほとんど相違がないと考えられる。また、マアナゴとタマガンゾウピラメについてシャノンの多様性指数(H')の値を両調査区で比較検討した(Table 4)。 H' は0から $\ln n$ までの値をとり、 H' の値が大きいほど餌生物組成の多様性が大きいことを表わす。マアナゴについてみると、採取区では自然区に比べ2倍以上高い値を示している。同様にタマガンゾウピラメにおいても採取区では自然区に比べ4倍高い値を示している。このように両種ともに採取区では消化管内の餌生物組成がより多様化した。

5. 考察

マアナゴとタマガンゾウピラメは、自然区で摂食していた主要な餌生物を採取区においても同様に摂食しながらも、利用する餌生物の種類を広げていることが明らかとなった。

環境中の餌生物についての本格的な調査は行っていないが、採取跡地内の数カ所でスミスマッキンタイヤー採泥器を使ったサンプリングの結果によると、採取跡地では底生

動物の組成が多様になることが示唆されている⁸⁾。おそらく砂の採取跡地に人工的に造り出された起伏に富んだ海底地形と底質の多様化はそこに生息する底生動物の組成に変化をもたらし、食性の多様化を引き起こす下地をつくったと考えられる。

しかし、底生動物相の変化がそのまま魚類の食性に反映され、消化管内の餌生物組成の変化につながるとは限らない。一般に海底地形の大きな変化は、元来生息していた魚類にとって餌利用を含めたその場所での生活を困難にし、そこに生息する魚類は排除されるか、あるいは従来どおりの生活様式のままごく少数が残存することが多い。したがって、本報告で調査の対象としたマアナゴとタマガンゾウピラメは、人為的な餌環境の変化に対処しうる柔軟性のある摂食生態をもっていたと推察される。

マアナゴについては、摂食様式の柔軟性を示唆する報告がある。従来の知見^{9,10)}によると、マアナゴは魚類、エビ類、カニ類などの底生動物を多く捕食するとされており、本調査結果においても同様であった。しかし、捕食する底生動物の摂食量には相違が認められる。高井の報告¹⁰⁾では魚類の比率がかなり高いが、本調査では圧倒的にカニ類の比率が高かった。さらに、高井¹⁰⁾によれば、周防灘産のマアナゴは内湾に生息するものでは魚類が多く、ついでカニ類、エビ類、多毛類で、沖合および島の周辺水域のものではエビ類が最も多く、ついで魚類、カニ類などを多く捕食するという。このことから利用する餌生物の摂食量は比較的狭い範囲の海域内でも場所によって変化すると報告している。つまり、マアナゴは餌環境に応じてかなり柔軟に餌生物の利用順位を変えることができると考えられる。

結論として、餌利用の側面に関する限り、マアナゴとタマガンゾウピラメは新しく生じた人為的環境を巧みに利用しえた魚種であり、その帰結として食性の多様化が生じた

Table 4. Food niche breadth calculated for a naive sandy area or that exploited as a sand pit and dietary overlap between two areas in each species examined

Species	Shannon diversity index (H')		Pianka's similarity index (α)
	Naive area	Exploited area	Naive vs Exploited
<i>Conger myriaster</i>	0.44	0.95	0.98
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	0.21	0.88	0.99

The Shannon diversity index and the Pianka's α index were used to measure niche breadth and dietary overlap, respectively.

と推察される。

一般に、海域で環境影響評価を行うときには、その海域から消失あるいは減少した種との関係を中心に議論されることが多い。しかし、本調査では、海底地形の大きな変化の後も依然として普通に出現する種の食性の視点からの分析を行い、人為的な攪乱の影響についての情報を得ることができた。このような普通種に焦点を当てた影響調査も人為的な環境改変とそこに生息する魚類群集との関係を検討する際には、有効な方法であると考えられる。

6. 要約

海砂の採掘による海底地形の攪乱が魚類の生活にどのような影響を及ぼすかを食性の面から分析することを目的として、1994年6月に広島県竹原市沖の海域で漁獲調査を行い、採集されたマアナゴとタマガンゾウピラメの消化管内の餌生物組成を砂採取跡地と採取していない場所の双方で比較検討した。

(1)調査海域のマアナゴはカニ類(短尾類)を主要な餌生物とし、これを普通に摂食していた。その他ではエビ類(遊泳類)、カニダマシ類および魚類の比率が高かった。タマガンゾウピラメはアミ類を主要な餌生物とし、その他ではエビ類(遊泳類)、カニダマシ類、魚類および頭足類の比率が高かった。

(2)砂の採取跡地では主食以外の餌生物の比率が均等に増加する傾向があった。特に、砂を採取していない場所には認められなかったカニダマシ類が採取跡地の個体の消化管中から出現するようになった。

(3)シャノンの多様性指数とピアンカの類似度指数を使って、それぞれの魚種について餌生物組成の相違の程度とその多様性の大小を分析した。その結果、砂採取跡地と砂を採取していない場所で消化管内の主要な餌生物には相違が

なかったが、砂採取跡地の魚類は利用する餌生物の種類を広げていることが明らかとなった。

謝辞

広島県六漁協連合協議会 中本 實会長ならびに財団法人広島県漁業振興基金 副島 直専務、吉野健三部長には、調査実施に際し特段のご協力を頂いた。また、阪神臨海測量株式会社 矢野 實取締役、新井健次部長には調査計画立案の段階から調査実施の段取りまで終始ご尽力頂いた。記して深甚の謝意を表する。

文献

- 1) 水野信彦・御勢久右衛門：河川の生態学，初版，築地書館，東京，1972，pp.200-214.
- 2) 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦：日本の淡水生物，東海大学出版会，東京，1980，pp.1-182.
- 3) 大野正夫：海洋科学，20，350-354 (1988).
- 4) 木下泉・石川浩：海洋科学，20，377-382 (1988).
- 5) 森政次・野田頭照美・新井洋一：沿岸海洋研究ノート，29，37-50.
- 6) L. Pinkas, M. S. Oliphant, and I. Iverson: *Fish. Bull.*, 152, 5-12 (1971).
- 7) 木元新作・武田博清：群集生態学入門，共立出版，東京，1989，p.198.
- 8) 阪神臨海測量株式会社：平成6年度広島県中部海域(竹原沖)海砂採取跡地漁場調査報告書，pp.1-140 (1995).
- 9) 宇都宮正・八柳健郎・富山昭・前川兼佑：山口県内海水試報，6，11-24(1954).
- 10) 高井徹：水講研報，8，209-555(1959).