

漁場施設の魚類増殖効果の検討

Discussion on fish propagation effects by fishery facilities

中野喜央*・伊藤 靖**

Yoshio NAKANO and Yasushi ITO

* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 漁場と海業研究室 主任研究員

** (財) 漁港漁場漁村技術研究所 漁場と海業研究室 室長

We have quantitatively examined biologically environmental factors such as small animals distributed in the artificial fish reefs and their circumferences to examine propagation effects of fishery facilities. At the same time, we understood the relationships between environment factors and fish that come to artificial fish reefs. Moreover, we have examined fish propagation effect of fishery facilities such as artificial fishing reef through investigation of spawning parent fish coming to the artificial fish reefs. As a result, various propagation functions of the artificial fish reefs have quantitatively been confirmed, and the fact that propagation functions are surely expressed in fish reefs regardless of sea areas. In addition, we have examined propagation functions involved in the fish reefs through the in-situ investigations and thus established a quantitative evaluation method.

(Key words: artificial fish reef, propagation function, feeding-ground function, spawning field function, evaluation method)

1. はじめに

我が国周辺には水産動物の増殖を目的とした人工魚礁が多数沈設されている。これらの人工魚礁は本来の蛸集機能のほか、水産動物にとって餌場、隠れ場・休息場、さらには産卵場といった増殖機能を併せ持つようになっており、それらの効果を定量的に評価する手法を確立することが漁場整備事業においては重要な課題のひとつとされている。そこで、人工魚礁およびその周辺に分布した小型動物(葉上動物, 固着・潜入動物, マクロベントス等)など生物的環境要因を定量的に調査するとともに、人工魚礁に蛸集した魚類との関連を把握した。さらに、人工魚礁に蛸集した産卵親魚を調査することにより、魚礁等の漁場施設の持つ魚類増殖効果を検討した。

2. 調査方法

2.1 調査海域

海域環境の異なる内海域(岡山県備前市日生町地先)および外海域(石川県鳳珠郡能登町地先)を調査海域とした。調査海域の水深は内海域で D.L. -4.1 ~ -6.5 m, 外海域で D.L. -9.3 ~ -10.3mであった(図-1)。

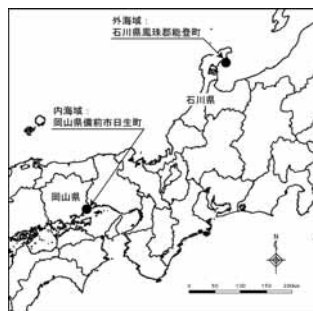


図-1 調査海域

2.2 調査の内容と調査時期

調査海域に沈設された人工魚礁(以下、魚礁)を調査対象として、魚礁および魚礁周辺に生息する魚類および小型動物を定量的に把握する以下の調査を実施した。

(1) 魚類蛸集状況調査

魚類の魚礁への蛸集状況を把握するため、潜水目視観察により種名、全長、個体数を記録し、全長・体重の関係式から蛸集生物量を算出した。

(2) 魚礁周辺に分布する小型動物の把握

魚礁周辺の小型動物の分布状況を確認するため、以下の調査を実施した。

海藻類着生状況調査：魚礁に着生しているホンダワラ類海藻を潜水目視観察し、その藻長および着生面積を測定して着生容積を求めた。また、着生している海藻を刈り取り、その乾燥重量を測定し、着生容積との関係性を求めた。

葉上動物調査：魚礁に着生したホンダワラ類に生息する葉上動物を採集し、1mm以上の生物について種の同定、個体数の計数および湿重量の測定を行った。

固着・潜入動物調査：カキ殻を充填した直径15cm長さ30cmのメッシュパイプテストピース(以下、貝殻基質)を魚礁に装着し、装着後約1年以上経過したものを採り上げ、カキ殻およびその空隙に固着・潜入した生物を採集し、1mm以上の生物について種の同定、個体数の

計数および湿重量の測定を行った。また、メッシュパイプと同サイズのコンクリート柱テストピース（以下、平面形状基質）も同時に設置し、テストピース構造の差異による生物の生息への影響を比較した。

底生生物調査：魚礁直近および周辺海底に生息するマクロベントスを採泥器で定量採集し、1mm以上の生物について種の同定、個体数の計数および湿重量の測定を行った。同時に底質の粒度組成および強熱減量を測定した。

プランクトン調査：潜水目視観察により魚礁周辺に分布する動物プランクトンのスウォーム形成の有無を確認し、スウォームが確認された場合、プランクトン採集網により採集した。

(3) 魚礁に蛸集する魚類の食性調査

魚礁周辺に分布する魚類を刺網、かぶせ網、囲い網などで採捕して消化管を取り出し、その内容物の種類や量を分析した。

(4) 産卵親魚の分布調査

魚礁周辺に分布する魚類を刺網、かぶせ網、囲い網などで採捕して産卵親魚の蛸集状況を把握した。成熟した卵巣が確認された産卵親魚については、抱卵数を計数した。

(5) 調査時期

調査は内海域では2004年12月から2006年9月の間に7回、外海域では2004年11月から2006年10月の間に6回実施しており、それぞれの調査項目は四季を通した蛸集状況が把握できるように調査日を選定した(表-1)。

表-1 調査項目と調査時期

調査項目	2004年		2005年					2006年				
	11月	12月	3月	4月	5月	7月	8月	12月	3月	6月	9月	10月
魚類蛸集状況調査												
葉上動物調査												
固着・潜居動物調査												
底生生物調査												
プランクトン調査												
漁獲調査												

表中の「」は内海域、「」は外海域で調査を実施した。

3. 調査結果

3.1 現地調査結果

魚礁への魚類の蛸集状況、魚礁周辺の小型動物の分布状況および魚礁に蛸集する魚類の食性を把握するための現地調査について、以下に結果を示す。なお、紙面の関係上、ここでは内海域の調査結果のみを示す。

(1) 魚礁に蛸集する魚類

潜水目視観察調査の結果、確認された種類数は夏季に多く冬季に少なくなる傾向が見られた。確認された主な魚種は、カサゴ、メバル、クロダイ、マコガレイなどで

あった。

魚類の蛸集量は、2005年3月に772.9g/空m³で最大、2005年7月に45.6g/空m³で最小となった。

(2) 魚礁に着生した海藻類と葉上動物

魚礁に着生した大型海藻類は、一年生ホンダワラ類のアカモク、多年生ホンダワラ類のヨレモク、一年生コンブ類のワカメであった。全調査を通してホンダワラ類が大型海藻類全体の80%以上を占めており、その大半がアカモクであった。

アカモクの魚礁への着生状況は、2004年9月には藻長3cm程度の幼体のみみられ、2005年3月には藻長140~250cm程度に生長し、その現存量は1.1kg dw/基で最大となった。その後、時間の経過とともに衰退したが、7月には藻長数cmの幼体がいづつか新たに着生していた。

魚礁1基当たりの葉上動物量は、ホンダワラ類の現存量が最大であった2005年3月が90.12gと大きかったが、以後は減少し、7月には生息場所である藻体がほとんどなくなったため1.21gとなった。以上のことから、ホンダワラ類の現存量が多い春季には葉上動物の生息空間が拡大されるため葉上動物量は最大となるが、ホンダワラ類の着生が少なく、葉上動物の生息空間が少なくなるにつれてその量も少なくなることが分かった(図-2)。

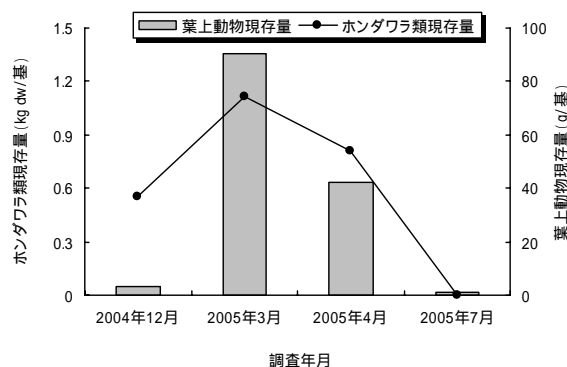


図-2 内海域の人工魚礁に着生したホンダワラ類と葉上動物の魚礁1基当たりの現存量

葉上動物の平均湿重量による組成をみると、節足動物門端脚目が75.3%で優占した。葉上動物量が最大となった春季(2005年3月)の主な優占種は、端脚目のモノワレカラ、トゲワレカラ、マグレワレカラであった。また、魚類が特に好んで摂餌を行う動物群(環形動物門多毛綱、節足動物門エビ亜綱(軟甲類))を選好性餌料動物として集計した結果、全湿重量の80%以上を占めていた(図-3)。これは、吉川¹⁾が示した、愛媛県地先におけるマクサの葉上動物調査の結果と同様の傾向であったことから、端脚目の増加にはホンダワラ類やマクサのような立体的で複雑な構造が適していると考えられた。

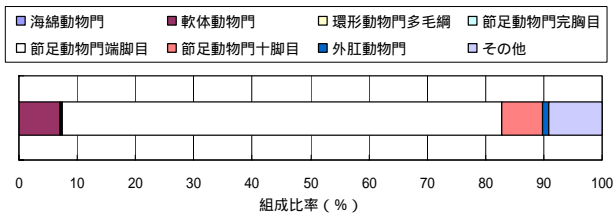


図-3 葉上動物の湿重量による組成

(3) 固着・潜入動物

調査全体で確認された固着・潜入動物は、全体で 191 種類、貝殻基質で 168 種類、平面形状基質で 143 種類であり、両基質での共通種は 120 種類であった。そのうち選好性餌料動物の出現種類数は、貝殻基質が 73 種類、平面形状基質が 67 種類であった。

貝殻基質および平面形状基質で確認された出現種類数の経時変化を図-4 に示す。出現種類数は両基質ともに夏季に多く冬季に少ない傾向にあったが、2005 年と 2006 年の同じ季節の着生状況を比較すると、2006 年の出現種類数が両基質とも時間の経過とともにやや増加する傾向がみられた。また、両基質で出現した種類数は、水温が 23.7 と高くなった 2005 年 7 月や 2006 年 9 月の調査ではそれぞれ 38 および 46 種類と同数であったが、水温の低下とともに平面形状基質の方が貝殻基質よりも大きく減少し、底層水温が 8.0 に低下した 2006 年 2 月には貝殻基質が 36 種類、平面形状基質が 25 種類と差がみられた。このように、出現種類数の差は夏季に小さく、冬季に大きくなる傾向がみられた。

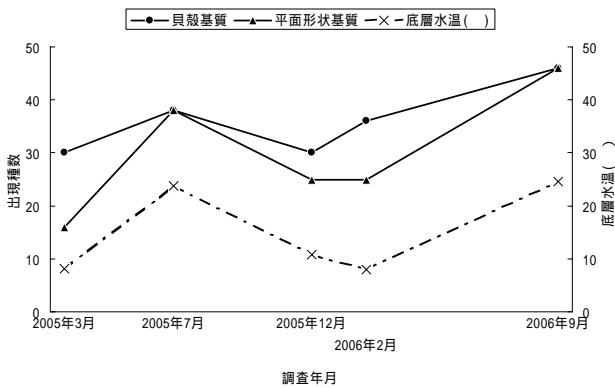


図-4 貝殻基質と平面形状基質の選好性餌料動物の出現種類数と底層水温の推移

選好性餌料動物の平均湿重量による組成は、貝殻基質では節足動物門十脚目(以下、十脚目)が 61.2% で優占しており、続いて環形動物門定在目(以下、定在目)、環形動物門遊泳目(以下、遊泳目)が多かった。また、平面形状基質では十脚目が 34.4% で優占しており、続いて節足動物門端脚目(以下、端脚目)、遊泳目であり、両基質の組成には違いがみられた。この結果から、基質の構造の違いにより、そこに生息する動物の組成には差異が生ず

ることがわかった(図-5)。

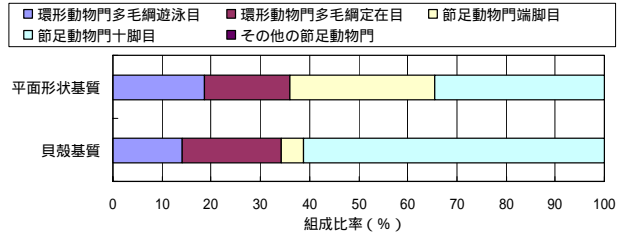


図-5 貝殻基質と平面形状基質における選好性餌料動物の平均湿重量による組成

(4) 底生生物

調査海域の底質は、魚礁周辺ではその周囲と比較して粒度が粗く、有機物も多くなっていた。

マクロベントスの平均湿重量は、魚礁区 0m(魚礁直近)が他の地点に比べて明らかに多い傾向にあった。それ以外では少なくなる傾向にあった(図-6)。対照区におけるマクロベントスの湿重量は全ての地点において、魚礁区 5m および 10m と同程度であった。このことから、内海域および外海域ともに魚礁直近ではマクロベントス量が明らかに多くなることが分かった。また、マクロベントスが魚礁の設置により影響を受ける範囲は、魚礁から 5m 以内であると考えられた。

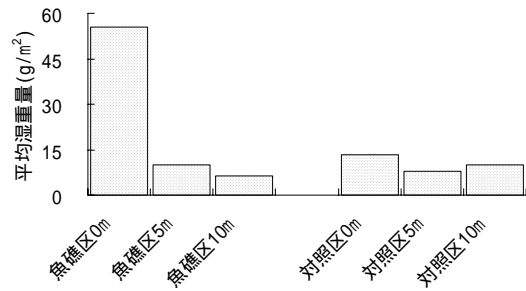


図-6 人工魚礁周辺のマクロベントスの分布(1m²当たりの平均湿重量)

採集したマクロベントスをその生物の生息場所別(A群:主に底質中に生息する生物,B群:主に物体に固着・潜入し、底質中にはあまり見られない生物,C群:A群とB群の両方の環境下に生息する生物)に分類し、種類数、個体数、湿重量について地点毎にそれぞれ平均したものを図-7 に示す。

魚礁区、対照区ともに種類数、個体数、湿重量は A 群 > C 群 > B 群の順であった。A 群については、種類数は魚礁区 0m が 27 種類、魚礁区 5m が 23 種類と多く、他の地点と比べて 1.3~2.0 倍多かった。また、個体数と湿重量についても魚礁区 0m で最も多く(それぞれ 1,223 個体/m², 41.5 g/m²)、対照区を含む他の地点に比べ個体数で 2.1~2.7 倍、湿重量で 3.3~7.0 倍であった。B 群については、魚礁区 0m で種類数が 7 種類、個体数が 53 個体/

m², 湿重量が 5.0g/m² に対し, 他の地点では種類数が 0~1 種類, 個体数が 0~3 個体/m², 湿重量が 0.1g/m² と少なかった。C 群は, 魚礁区 0m で種類数が 16 種類で他の地点と比べて 2.7~4.6 倍, 個体数, 湿重量についても魚礁区 0m で最も多く (それぞれ 813 個体/m², 9.0 g/m²), 対照区を含む他の地点に比べ個体数で 9.4~28.7 倍, 湿重量で 12.5~180.5 倍であった。

以上のことから, 魚礁の設置によって A 群, B 群, C 群の全ての動物群が増加しており, その中でも B 群で代表されるような魚礁由来と考えられる生物の量がとくに多くなることが分かった。

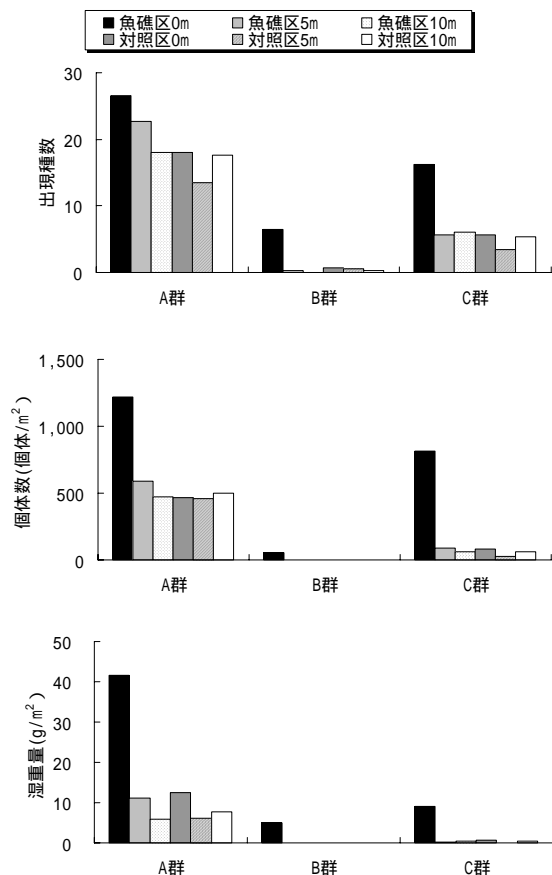


図-7 内海域のマクロベントスの生息場所別平均生物量 (上:種類数, 中:個体数(個体/m²), 下:湿重量(g/m²))

次に, マクロベントスと魚礁に着生した海藻に生息する葉上動物および魚礁上面に取り付けたテストピースの固着・潜入動物との共通種類数を図-8 に示す。

マクロベントスと葉上動物との共通種類は, 魚礁区 0m と 5m でトゲワレカラやオサテワレカラなどであったが, これらの種は対照区では確認されなかった。また, 固着・潜入動物との共通種類は, 魚礁区では 0m が最も多く, 主な種としてトゲワレカラ, ミズヒキゴカイなどが優占していたが, 5m 以遠では 0~2 種類であった。対照区については全地点で 0~2 種類と水平分布に差はみられず, 魚礁区の 5m 以遠と同程度であった。

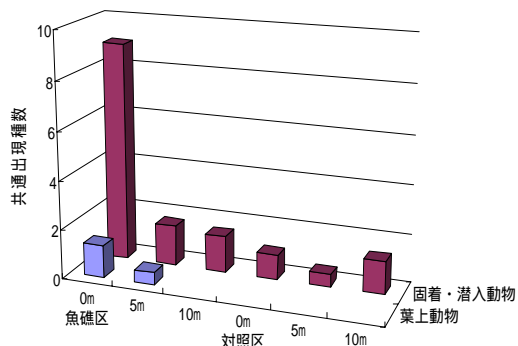


図-8 内海域におけるマクロベントスと葉上動物および魚礁部材で増殖する小型動物との共通種類数

この結果から, 魚礁由来の動物 (主に物体に固着あるいは潜入し, 底質中にはあまり見られない動物=B 群) が魚礁近辺に落下, 拡散している可能性があり, これが魚礁直近域のマクロベントスの種類数や生物量が周辺海域に比べて多くなっている要因のひとつと考えられる。

(5) 魚礁に蝟集する魚類の食性

7 回にわたって行った漁獲調査で採捕された, 計 17 種, 66 個体の魚類の消化管内容物を調査した。その中から水産有用種のカサゴ, メバル, クジメ, マコガレイの調査結果を以下に示す。

カサゴ

カサゴは周年, ワレカラ類や十脚類, クモヒトデ類など, 主に魚礁部材に生息する小型動物を捕食していたが, 12 月には魚礁に着生したアカモク藻体上に優占して確認されたトゲワレカラを多く捕食していた (表-2)。

以上のことから, カサゴは魚礁部材由来の小型動物を周年利用し, さらに魚礁に着生した海藻類が生長して葉上動物量が多くなる春季にはそれらの動物も餌料として利用していることが分かった。

表-2 カサゴの消化管内容物で確認された主な生物の人工魚礁周辺における分布場所

消化管内容物中に確認された主な生物種	消化管内容物中に確認された生物種の魚礁周辺における採取場所			
	内海域			
	2005年		2006年	
	3月	6月	12月	9月
環形動物 ウロコムシ科	B			
節足動物 サンカクフジツボ				M
トゲワレカラ			M, A	
オサテワレカラ	M, P	M, A, P, B		
テッポウエビ属	M, B			
アカシマモエビ			M	
ヨツハモガニ			M	M
シウオウキガニ				M
棘皮動物 ナガクモヒトデ	M	M		
脊椎動物 ハゼ科			M	

記号は, M が付着動物調査により魚礁部材から, A が葉上動物調査により魚礁に着生した海藻類から, P がプランクトン調査により魚礁周辺の海中から, B が底生動物調査により海底から採取されたことを示す。また, 下線付きの記号は, その生物種が採取された動物群の中で個体数もしくは湿重量において 10% 以上を占めていることを示す。

メバル

メバルは十脚類やクモヒトデ類など魚礁部材で増殖する小型動物や, 魚礁に蝟集するカイアシ類やアミ類など

のプランクトン類を幅広く利用し、また魚礁に着生した海藻類が大型化する春季には、その海藻上に生息する葉上動物を積極的に利用するものと推察された。

クジメ

クジメの当歳魚は魚礁部材や葉上で生息する小型魚類や端脚類を捕食していた。一方、1歳以上の個体についても、魚礁部材や葉上で生息する端脚類の他、十脚類、サンカクフジソバなどの固着動物が消化管内容物のほとんどを占め、クジメは成長段階でやや食性が異なるものの、魚礁周辺で多く見られる動物を効率的に捕食していることが窺えた。

マコガレイ

1歳以上のマコガレイは3~5月にかけてウミケムシ科の一種やノリコイソメ科など魚礁周囲の海底でよく見られるマクロベントスを多く捕食する傾向が見られた。また、消化管からはニシキウズガイ科の巻貝類やイソソコエビ科のヨコエビ類など、マクロベントスの分析結果からは得られなかった小型動物などが確認されており、魚礁や周辺の海底に分布する小型動物を広範囲に捕食していると考えられた。さらに、外海域の現地調査の潜水目視観察時にマコガレイがプランクトンのスウォームを頻繁についばむ様子がみられていたことから、これらのプランクトンも餌料として有効に利用されているものと考えられる。

食 - 被食関係図

消化管内容物の調査結果を基に、魚礁周辺で採捕された全ての魚類と魚礁やその付近で増殖する小型動物の大きな食 - 被食の関係を図-9に示す。

選好性餌料とされる環形動物門多毛綱および節足動物門軟甲類と、軟甲類以外の節足動物、脊椎動物（魚類）を多くの魚種が捕食していることが伺える。

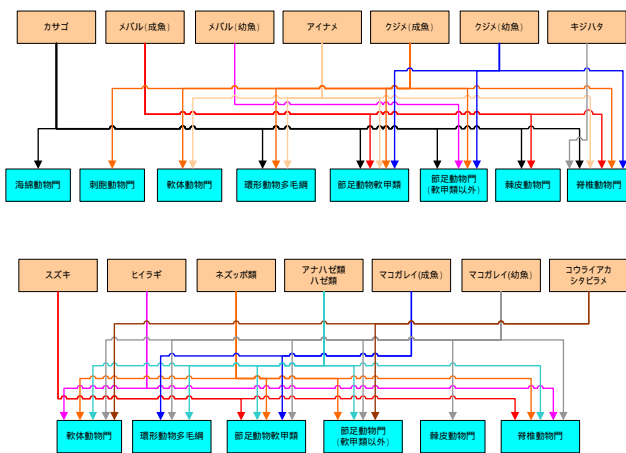


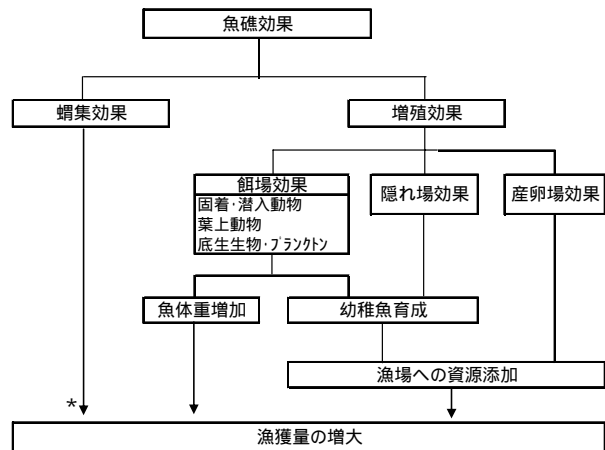
図-9 魚礁周辺で採捕された魚類と魚礁周辺に分布する小型動物のおおまかな食 - 被食関係図

(6) 産卵親魚調査

刺網で採捕された魚介類のうち、夏季および冬季にカサゴ、メバル、アイナメ、ウロハゼ、ヒイラギ、アカシタビラメで抱卵仔親魚が確認された。また、シリヤケイカの卵塊が魚礁に付着しているのが確認された。

3.2 人工魚礁における増殖効果の考え方

魚礁には餌場、隠れ場・休息場、産卵場等として利用されることによる増殖機能があり、この効果が魚礁に魚が集まる要因となっているとともに、成長の促進、幼魚等の生残率の向上、産卵量と資源の増加等の効果をもたらしている²⁾ 魚礁が持つ効果の考え方を図-10に示す。



*: 現行の効果評価(空m³あたり増産期待量として示される)

図-10 魚礁の効果の考え方

(1) 餌場としての機能

魚礁が設置されると海底基質、流れ、照度等の物理化学的な環境が変化することにより、新たな生態系が形成される。この生態系を構成する主な生物種は固着・潜入動物、海藻（葉上動物）、底生生物、プランクトン、魚介類であり、高次生産者の魚類は他の生物種を餌料とすることで成長・生残する。

(2) 産卵場としての機能

魚礁を産卵場として利用する魚種として、アイナメ、マダコ、ミズダコ、アオリイカ、ヤリイカ、コウイカなどがあり、魚礁への卵の付着が確認されている。また、クロソイ、カサゴ、メバルなどは産仔期の親魚が魚礁で採捕されている。

(3) 隠れ場・休息場としての機能

魚礁、特に複雑な構造を持った魚礁や魚礁に着生した海藻群落は、被捕食者となりやすい小型魚等の隠れ場としての機能を有しており、稚稚魚の生残率の向上に寄与している。また、水槽実験では、強い流れに対抗しながら流況の穏やかな場所を選択するなど、稚稚魚が耐久力

を超える物理環境から待避する行動や体力回復のためとみられる休憩行動が確認されている^{3,4)}。

4. まとめ

本調査では、漁場整備事業において重要な課題の一つとされている人工魚礁の増殖効果を検討するため、人工魚礁およびその周辺に分布した小型動物（葉上動物、固着・潜入動物、マクロベントス等）など生物的環境要因を定量的に調査するとともに、人工魚礁に蝟集した魚類との関連を把握した。さらに、人工魚礁に蝟集する産卵親魚を調査することにより、人工魚礁等の漁場施設の持つ魚類増殖効果を検討した。

現地調査は、岡山県日生町沖瀬戸内海および石川県能登町沖の日本海における人工魚礁を対象に実施され、人工魚礁の多様な増殖機能が定量的に確認され、増殖機能が海域の別なく確実に魚礁に発現することが示された。

現地調査の結果、人工魚礁に着生するホンダワラ類海藻には、多くの葉上動物が生息しており、その分布量は生息基盤である海藻類の繁茂量に連動して増減し、海藻類の繁茂量が最大となる春季に葉上動物量も最大となった。葉上動物として優占していた節足動物門端脚目はマダイやヒラメなどの幼稚魚の初期餌料として重要であることから、魚礁に海藻類が着生することにより、魚類に好適な餌場環境を提供するとともに、魚類増殖効果の増大に寄与していると考えられた。

魚礁の固着・潜入動物についても、節足動物門十脚目や端脚目、環形動物門多毛綱が確認されたが、魚礁構造が複雑な程その生息空間が増加することにより生物量が大きくなった。固着・潜入動物として確認されたこれらの種は、選好性餌料生物として前述の葉上動物と同様、魚類の餌料として重要であり、魚礁が魚類の餌場環境の提供に貢献していることが考えられる。

魚礁周辺の底生生物については、魚礁直近に分布量が多く、その周辺海域との間に5倍もの差がみられた。これらは、魚礁の設置により底質が変化することでマクロベントスの生息に良好な環境になった結果と考えられるが、それに加えて、魚礁由来の葉上動物や付着・潜入動物が生息環境から落下・拡散した結果によることが示唆された。

魚礁周辺で採捕された魚類消化管内容物の分析結果からは、人工魚礁周辺に分布する葉上動物、固着・潜入動物、底生生物、プランクトンが魚類の餌料として利用されていることが確認された。これら餌料動物の出現頻度は、魚礁部材上の固着・潜入動物や周辺の海底で確認されたマクロベントスで高く、葉上動物がこれに続いた。とくに葉上動物については、春季に頻度高く消化管から出現しており、海藻類の着生が餌料動物の増大に大きく影響を与えることが示唆された。

さらに、魚礁周辺で抱卵仔したカサゴ、メバル、アイ

ナメなどが漁獲され、シリヤケイカの卵塊が魚礁に産み付けられていたことから、産卵親魚が人工魚礁を産卵場もしくは産卵親魚の隠れ場・休息場として利用していることも示唆された。

また、現地調査の結果を踏まえ、魚礁の有する増殖機能を検討し、評価方法を検討した。魚礁が有する増殖機能を餌場機能、産卵場機能、隠れ場・休息場機能に区分し、その機能が示す効果を整理した結果、餌場機能として、魚礁に着生した海藻類による効果、魚礁周辺の海底に分布する底生生物による効果を定量的に評価する手法を確立した。さらに、魚礁の産卵場効果についても定量的に評価する手法を確立することができた。

現在の漁場造成事業における機能・効果は多岐に亘っており、本調査において評価手法を確立した効果以外にも多くの未だ評価手法の確立できない効果が存在する。今後このような効果を検討し、その評価手法を確立することにより、事業効果を適正に評価することができ、今後の水産基盤整備事業をより効率的に進めていくことに貢献できる。

引用・参考文献

- 1) 吉川浩二：藻場環境生態調査報告書(2)(南西海区水産研究所編)。1979。
- 2) 柿元 皓：人工魚礁。財団法人漁港漁場漁村技術研究所。2004。
- 3) 安永義暢：小型環流水槽によるマダイ幼魚の走流行動の観察。水産工学研究所報告、第5号、1-23、1984。
- 4) 柿元 皓：人工魚礁による魚群行動制御。水産工学、30(1)、59-68、1993。

関連情報

- 1) 平成15年度水産基盤整備生物環境調査 原単位把握のための調査（魚礁事業における増殖効果指標検討調査）報告書、水産庁漁港漁場整備部・財団法人漁港漁場漁村技術研究所。2004。
- 2) 平成18年度水産基盤整備事業 漁場施設の増殖機能の定量化検討調査 報告書、水産庁漁港漁場整備部・財団法人漁港漁場漁村技術研究所。2007。

本調査は、水産庁が2004～2006年度に実施した「漁場施設の増殖機能の定量化検討調査」によった。