

イセエビ増殖場造成事業調査

長崎県生産流通課

小倉 敏義

平成7～9年度

1. 調査目的

この調査業務は、沿岸域において、対象水産動植物の増殖を促進するのに適した生息環境を造成するための開発方式を調査し、今後の増殖場造成事業の適正な実施を図るのを目的とした。

対象生物であるイセエビ (*Panulirus japonicus*) は、約1年間に及ぶフィロソーマ幼生としての浮遊生活期の後、プエルルス (ポストラーバ) として沿岸岩礁域へ回帰し、親と同様の底生生活に移行する。伝統的に卵の保護対策として、産卵期の禁漁および抱卵雌の再放流が各地で行われている。フィロソーマ幼生に関しては、その分布水域が黒潮沖合いの広範域に及ぶ可能性が指摘されている (Yoshimura and Yamakawa, 1997) 上に、その期間が1年間という長期に及ぶと推定される (Yamakawa, et.al, 1988) ことから、現時点ではこのステージを資源増殖や資源管理における直接の対象とするのは非現実的である。従って、人為的方策の対象となり得る生活史上最も早期の段階は、沿岸域に回帰したプエルルスや着底直後の稚エビと言える。

このプエルルスは、遊泳行動によって沿岸域に回帰した後、着底することで浮遊生活から底生生活への移行を行なう。これまでの研究から、プエルルスはまず海藻の上に着底し、次いで海藻周辺の岩礁表面に開口する小孔を隠れ場所として選択することが示唆されているが、着底前後の行動様式や基質選択性、着底後の減耗過程などの詳細はよく分かっていない。

そこで、本調査では実験礁を用いた野外実験を実施することによって、これらに関する知見を得るとともに、着底が生ずるための最適な環境条件を見出すとともに、稚エビ期の減耗を小さくする礁の開発に向けた技術的検討を行うことを目的とした。

2. 調査期間

平成6年7月～平成10年3月

3. 調査場所

西彼杵郡野母崎町沿岸地先 (図1参照)

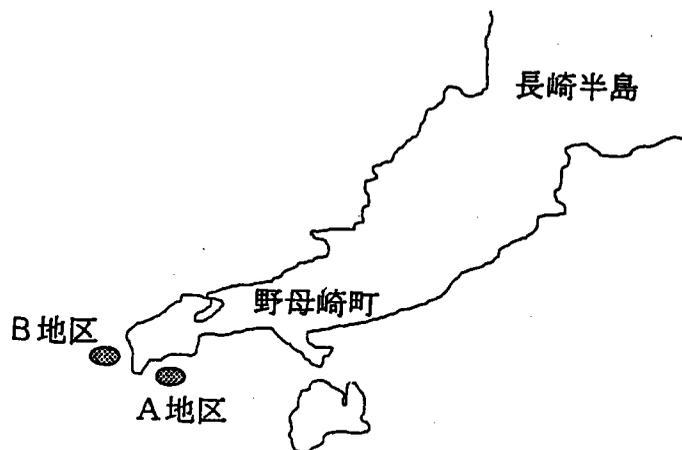


図1. 調査位置図

4. 調査内容

1) 基礎条件調査

(1) 自然環境調査

気温、降水量、風向・風速、水温・塩分、流況及び対象生物（イセエビ）の漁獲動向については既存資料を収集し、整理・解析した。

(2) 海底地形・底質調査

試験礁設置位置を選定するために、調査測線を海底に敷設し、スキューバ潜水により、海底地形・底質及び底生生物の生息状況等を調査した。

2) 開発方式調査

6年度には、イセエビの増殖のための試験礁の製作を行った。

7～9年度には、長崎県西彼杵郡野母崎町地先水域に設定したA・Bの2地区において、実験礁による野外実験と天然域の観察を実施した。

5. 調査結果

5-1. 6年度結果

1) 基礎条件調査

(1) 自然環境調査

① 気 象

a. 気温、降水量

気温は、町の観測資料によると、最高は8月の26.9℃、最低は1月の5.6℃、年平均は16.9℃で、寒 暖の差が少ない温暖な気候を示している。

年間平均降水量は1655.4mmで、月別平均降水量は42.8~289.9mmの範囲にあり、降水量が多いのは梅 雨期の6,7月で、年間降水量の32%を占め、少ないのは11~2月で、いずれも月100mm以下となっている。

b. 風向・風速（図2・1~4）

平均風速は年間で3.8m/s、冬季4.5~5.0m/s、夏季2.9~3.5m/sを示し、最多風向は冬~春季がNW、夏季がESE、秋季がNWで年間を通じてNWが卓越する。

c. 波 浪

季節的な特徴は春~秋季は平穏期であり、特に5,9,10月は波高1m未満が80%を占める。しかし、台風期の7,8月は60%とやや低下し、2m以上のうねりが7月で9日現れている。年間平均波高は1.49mで、波高別の出現割合は0.5m未満が15.0%、0.5~1.25mが38.9%、1.25~2.5m が29.8%、2.5m以上が16.3%で1.25m未満の波浪の出現割合が53.9%と高く、比較的平穏である。

②水温・塩分

対象海域周辺の月平均水温は、表層で14.6~27.4℃、底層(50m層)では14.3~24.0℃の範囲で変化しており、2~4月が低温期、8~9月が高温期で、その後の水温の上昇及び

下降は月間 2~3℃である。水温躍層が顕著に現れるのは 7~9 月で、最も発達する 8 月は鉛直差は 4.8℃に達する。月平均塩分は、表層で 32.88~34.56‰、底層で 33.62~34.55‰の範囲にあり、1~3 月が高塩期、8~9 月が低塩期である。

③ 流況

五島灘東方海域の潮流は、高潮時を中心にアジ曾根を北進し、野母崎西方海域を経て西彼半島沿いを北上する流れと、アジ曾根付近で方向を転じ、野母崎西方沿岸を次第に流速を増し橋湾に向かう。南流は低潮時を中心に、西彼半島南下流と橋湾沖し流れが野母崎からアジ曾根付近で合流するために複雑な流況を呈し、また、野母崎、樺島沿岸域では還流を形成するものと考えられる。

④ 対象生物(イセエビ)の漁獲動向

野母漁港における過去 5 年間のイセエビの漁獲量は、元年度から 4 年度にかけては、7 トンから 6 トンと減少の幅は小さいが、平成 5 年度になると 3 トンと前年度の半分に落ち込んでいる。

⑤ 海底地形・底質調査

[St.1]

調査区域の水深は 5~11m で、調査ラインにおける平均勾配は、東西方向が 4/100、南北方向が 11/100 を示し、概ね南東方向に向かって緩やかに傾斜している。区域の底質は小~巨礫を主とするが、区域の西側には屹立する岩礁(大立神)が分布し、また、北~北東側の縁辺部には高さの低い岩盤の露頭が散在分布する。

[St.2]

調査区域内には東方向(岸側)から起伏に富む岩礁の張り出しがみられ、さらに南側にもこれに連なるように岩盤が分布している。これ以外の所は大~巨礫を主とする礫帯となっている。海底は西方に向かって傾斜しており、岩盤帯西方の礫部の水深は概ね 7~8m で、海底形状は比較的単調である。

(3) 生物の生息状況

② 植生

全般的な植生は両地点とも類似した傾向を示すが、St.1 ではハイオウギ、有節サンゴモ類等の小型海藻が点在する岩盤の露頭上で主体的にみられ、St.2 では岩礁や散在する巨礫の上にノコギリモク、ヤツマタモク等のホンダワラ類が疎らにみられた。

調査実施時が季節的な海藻の衰退期に当たることもあるが、両地点とも大規模な海藻群落はみられず、植生景観はやや貧弱であった。

③ 底生動物

生息する主な動物は、St.1、2 ともほぼ同様に、巻貝類ではサザエが散見された他、トコブシ、オオコシダカガンガラ等の生息がみられ、ウニ類は主としてムラサキウニが多く、他にアカウニ、バフンウニ、ガンガゼ等がみられた。両調査地点とも主要域は海底形状が比較的単調であることもあり、生息する底生動物は種類、量ともやや少なかった。

④ 魚類

出現魚種の組成も、植生、底生動物と同様に St.1、2 とも同様の傾向を示し、ベラ

類、スズメダイ、カサゴ等の小型の磯魚が主体でみられた。なお、調査用に敷設したライン上で両地点とも各々 1 尾のウツボを視認した他、St. 1 ではアオリイカ(未成体)の小群がみられた。

2) 開発方式調査

① 試験礁の製作

種苗生産がまだ成功していない現在、プエルルスから稚エビに至る期間の減少をできるだけ小さくすることが、イセエビ資源の回復・増大対策として最も有効と考えられる。従来 of イセエビ礁には親エビ用のものしかなく、稚エビ用の礁を開発する必要がある。

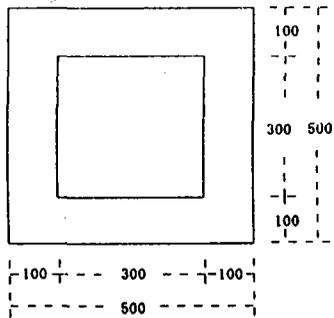
従って、ポストラバから頭胸甲長(C L)10mm 程度の稚エビを対象とし、着底から着生生活初期における生態解明を目的とした S タイプの稚エビ礁を 40 個、ポストラバから C L およそ 30mm までの稚エビを対象とし、主として 1 年間住み着くか否かを見ることを目的とした、大型で耐久性を第一に考えた L タイプの稚エビ礁を 4 個製作した。

次ページに S, L タイプの稚エビ礁の見取り図を添付した。

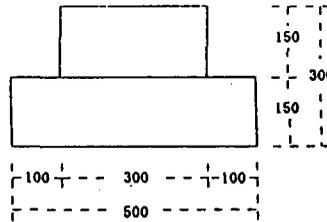
(1) Sタイプ見取り図

単位:mm

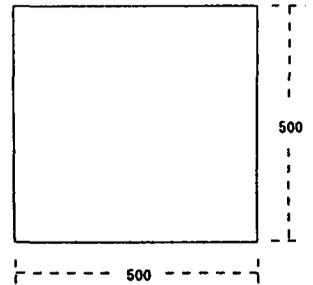
コンクリートブロック体
上面図



側面図

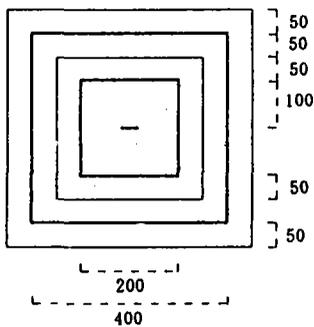


底面図

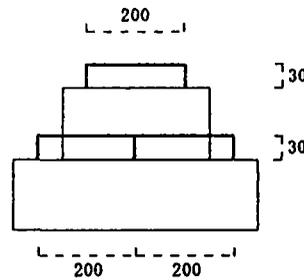


海藻取り付け用と礁吊り下げ用のフック：直径1.5cmの鉄筋で、ロープで結びつけた海藻がずれないように、表面が滑らかでないもの。数字は、鉄筋の中心からブロックの端までの長さを意味する。

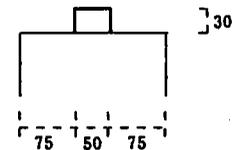
上面図



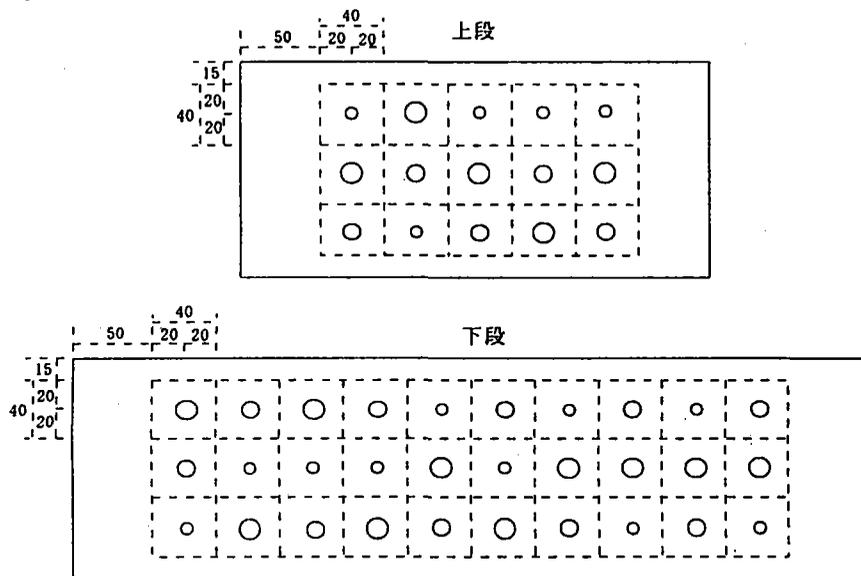
側面図



吊り下げ用フック
側面図



孔のサイズと配置：孔は、上下段ともに 40×40mm当りに1個とする。礁1基当たりの孔数は、180個となる。



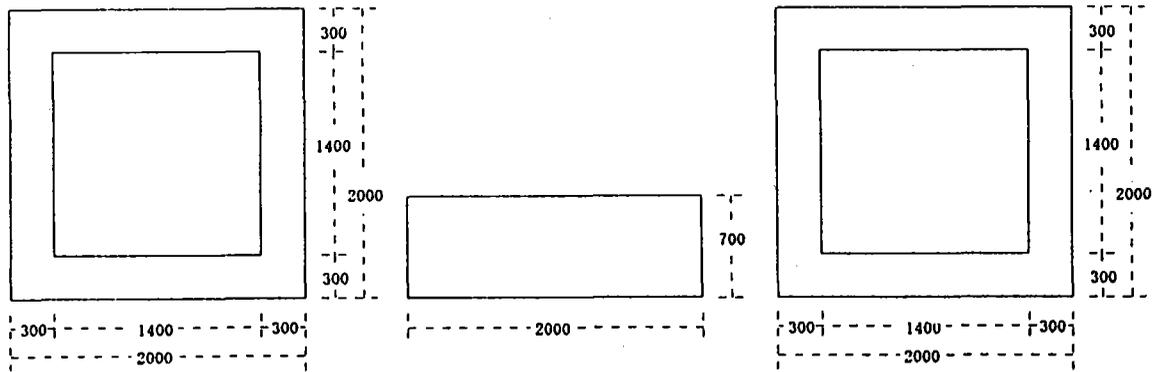
2) Lタイプ見取り図

単位:mm

ブロック体
上面図

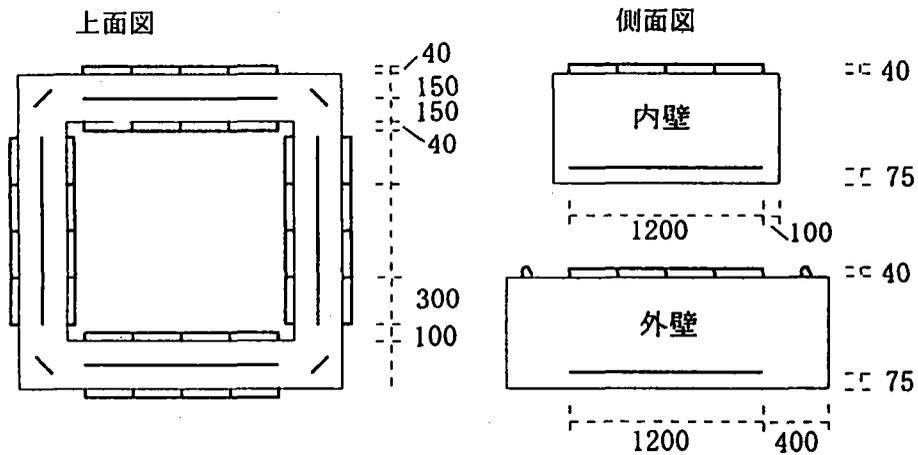
側面図

底面図

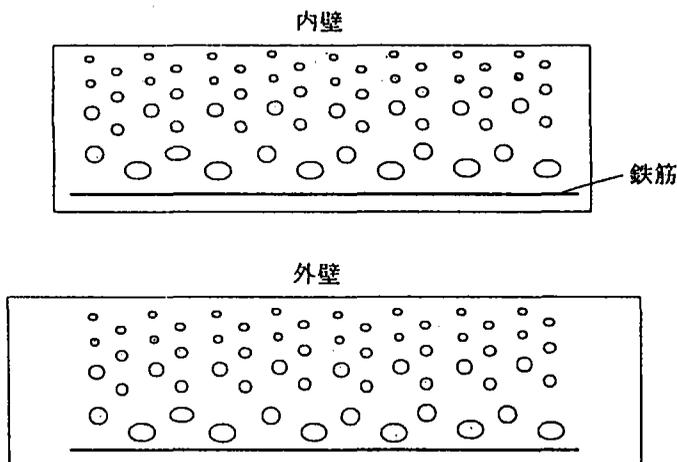


海藻取り付け用フック：直径1.5cmの鉄筋を12本取り付ける。

礁吊り下げ用フック：上面の4角に吊り下げ用のフックを取り付ける。



孔のサイズと配置：ポストラバからC L約25mmの稚エビまでを対象とする。サイズは、 9×28 mm, 11×33 , 13×39 , 15×44 , 19×56 , 23×68 , 28×81 , 32×94 , 37×107 , 42×121 の10段階とし、大型のものは数を少なくする。孔を開ける場所は、外壁面と内壁面の計8面とし、それぞれにおける孔の配置は同一とする。配置詳細については別紙1を参照。



5-2. 7年度結果

1) 開発方式調査

①実験礁の設置

設置場所については、前年度の調査に基づき、設置した礁が近隣の岩礁による流れの影響を受けない様に、できるだけ平坦な地区を2箇所選び出した。しかしながら、A地区では孤立した平坦地が見出せなかったため、結果的には大きな岩盤（高さ約10m）に隣接する場所となった。

このうちのA地区は、水深5～12mのノコギリモクとクロメの優占する転石地帯であった。またB地区は、左右を岩礁に囲まれた水深6～7mの砂地で、岩礁部にはノコギリモクが点在するが、クロメは存在しない。B地区における海藻密度は、A地区よりも低い。

②実験礁の目的と設定条件

【S礁】：礁に取り付ける着底基質（海藻）のタイプによるプエルルス着底数の差を明らかにすること、次年度以降の実験用として最適な基質を見出すことを目的とした。総数40基を、A・Bの2地区に20基ずつ設置した。各礁には取り付ける着底基質によって5つの実験区（クロメ、ノコギリモク、植毛タイプの人工海藻、フィルムタイプの人工海藻、基質なし（コントロール））を設定し、ブロック中段の4辺にある鉄筋部に括りつけた。両地区全体での1実験区あたりの総ブロック数はそれぞれ8基であった。A地区では柵目状に配置し、乱数表によってランダムに各礁を配置した。B地区では十字型に配列し、各辺において5つの実験区をランダムに配置した。

【L礁】：この礁の目的は、今回の設計に基づく多孔式礁に稚エビがどの程度の数や期間住み着くかを知ること、海藻を持つ礁と持たない礁、及び海藻によって覆われている面と露出している面における稚エビの生息数の差を明らかにすることである。

A・B両地区に2基ずつを設置し、一方には何もつけず、他方にはノコギリモクを南西の壁の内外と上部に3本ずつ（1基当たり計18本）取り付けた。

※S・L礁いずれの場合も、海藻類は直径5mm程度のロープによって各礁の鉄筋部に括りつけた。

なお、人工海藻2種はそれ自体では浮力が小さく、海藻の様に立ち上がらなかったため、それぞれ発砲スチール製とプラスチック製の浮きを取り付けた。

【天然区】：天然岩礁域における着底状況を把握し、実験区と比較する目的で、A・B両地区の実験礁を配置した周辺の岩礁部に、観察区を設定した（図5）。A地区はノコギリモクとクロメの繁茂する転石10個を、B地区ではノコギリモクの点在する岩礁部を対象とし、それぞれロープラインを設定し、毎回同じ場所を観察した。S礁同様に、調査の度に発見されたプエルルスや稚エビは全数採集した。

③実験・調査時期と方法

実験礁の設置は1995年4月26,27日に行い、着底の状況に応じて調査を実施した。

原則として毎回の調査で、すべての礁と天然区2区を調査した。S礁は、プエルススの着底がほぼ終了したと考えられた10月12日まで、L礁と天然区は12月14日までの期間中着底状況に応じて調査を行った。

調査は、原則として3名のダイバー（うち2名が調査、1名が礁のメンテナンス担当）と、2名の船上監視者の計5名で実施した。S礁と天然区では、調査の度にブロックの孔に生息していたプエルススや稚エビは、全数採集した。これに対して、L礁では生息していたプエルススや稚エビは、採集せずに水中で体長測定と生息位置の記録のみを行い、測定後元の孔に戻した。なお、着底数はプエルススと第1期稚エビの合計数としたが、これはプエルススが着底後約1週間以内に第1期稚エビへと変態することと、プエルススから第1期稚エビにかけてはほとんど移動しない（西海区水産研究所：吉村，未発表）ことに基づく。

④ S礁の調査結果

調査は、5月10日から10月12日までの間に計27回実施し、このうちの12回において着底が認められた。プエルススと第1期稚エビの総観察数は48個体（プエルスス32個体、第1期稚エビ16個体）であり、第2期以降の稚エビの生息数は4個体（CL 8.8～11.0mm）であった。着底が始まったのはA・Bいずれの地区でも6月8日であったが、終了したのはA区では9月6日、B区では8月24日と、B地区の方が若干短かった。

実験区別に着底数を検討すると、いずれの区にも着底は生じたが、基質を取り付けなかったコントロール区ではわずかに1個体と少なく、またノコギリモク、クロメ、植毛の3区での着底数がそれぞれ14、13、12個体と多かった。着底の見られた12日間でのべ面積（40基×12日間）に基づくと平均密度は0.35尾/m²、着底数が最も多かった8月4日のノコギリモク、クロメ、植毛の3区のみでは1.74尾/m²であった。

地区別に見ると、A地区ではフィルム区への着底数が6個体と最も多く、基質のないコントロール区には1個体が着底したに止まった。基質をもつ4つの区間においては、優位な差は認められなかった。これに対してB地区ではノコギリモク区への着底数が10個体と最も多く、植毛区とクロメ区がこれに次いたが、コントロール区には全く着底しなかった。また、A地区では最も多かったフィルム区には、わずかに2個体が着底したに止まった。

配置場所別に見ると、B地区では南側の2辺（S礁のNo.1～5とNo.16～20）において、それぞれ10、12個体と北側の2辺（それぞれ、4、2個体）に比べて多かった。また、A地区では水深9～10m付近に設置した礁で着底数が多い傾向が見られた。今後、礁周辺における流況に関するデータを得て、検討する必要があると考えられた。

取り付けた4つの着底基質のうち、クロメはブロック部とのすれによって傷みが激しく、しばしば流失あるいは切断による損傷が見られた。また、フィルムもブロック部とのすれによって表面がざらざらの状態になったり破れたりする例が多かった。これに対して、ノコギリモクと植毛タイプの人工海藻は傷みが少なく、初期の条件を維持することが容易であった。着底数が多いことと、維持が容易であることから、次年度以降の実験では、この2つを用いて行うことが効率上よいものと判断された。但し、植毛タイ

プも途中から切断している場合が見られたため、今後ロープ部を太くするか、丈夫な材質に変更する必要があるものと考えられた。

⑤ L 礁の調査結果

調査は、5月10日から12月14日までの間に計28回実施し、このうちの14回においてプエルルスの新規着底が認められた。4基におけるプエルルス総着底数は45個体であり、A・B両地区ともに海藻区の方が、コントロール区よりも多かった。着底が見られた期間は、A地区では7月6日から9月6日、B地区では6月8日から9月26日であった。また、着底の見られた14日間での密度は0.41尾/m²であった。

礁にプエルルスや稚エビが生息していたのは、28回の調査のうちの21回であった。礁における個体識別が困難なため、礁を利用した純粋な個体数は不明である。調査ごとに観察された稚エビのべ生息数は175例であり、このうちノコギリモクを付けた礁では115例、何も付けなかった礁では60例であった。1回の調査による最多生息数は8月7日における18個体、1基当たりの最多生息数はやはり8月7日における13個体（B区のノコギリモクを付けた礁：密度1.46尾/m²）であった。調査最終日である12月14日には、ノコギリモクを付けた2基に6個体、付けなかった1基に1個体の稚エビが生息しており、稚エビの最大甲長は28.4mmであった。

ノコギリモク区においては、ノコギリモクによって覆われた面と露出した面での生息数を比較すると、前者では94例、後者では21例であり、しかも後者でも内壁の角付近の海藻の影響が大きい面に生息していたものが多かったため、稚エビは海藻によって覆われた面の孔を選択する傾向があると考えられる。

コントロール区では、外壁において53例、内壁では7例と、外壁における生息数が多い傾向にあったが、ノコギリモク区では逆に外壁で44例、内壁で71例と内壁における生息数が多い傾向がみられた。

⑥ 天然礁の調査結果

調査は、4月28日から12月14日までの間に計30回実施し、このうちの15回においてプエルルスの新規着底が認められた。A地区では、6月8日から10月12日までの期間に、プエルルスの着底が見られたが、B地区では8月17日に見られたのみであった。B地区の天然区では8月7日に第1期稚エビが3個体見られたに止まり、B地区全体では天然区よりも実験区のブロックへの着底数が多い結果となった。

B地区の天然岩礁部には、稚エビに好適と見られる孔が存在しており、ノコギリモクなどの海藻もA地区ほどの密度はないものの存在するため、一見すると稚エビにとっての必要条件は有していると思われる。現時点ではこの原因は不明であり、今後B区の天然区に着底がほとんど生じない原因を解明する必要があると考えられた。

表1. 天然区と実験区における1995年のプエルルス着底数と稚エビ住み着き数

天然区におけるプエルルス着底数			
天然 2区	着底個体数		計
	A区	B区	
	47	3	50

L礁におけるプエルルス着底数				
実験区	着底個体数		計	密度*
	A地区	B地区		
ノギリモク区	11	25	36	0.145
コントロール区	5	4	9	0.051
合計	16	29	45	0.106

S礁におけるプエルルス着底数				
実験区	着底個体数		計	密度*
	A区	B区		
ノギリモク区	4	10	14	0.506
植毛区	4	9	13	0.470
加毛区	5	7	12	0.434
フィルム区	6	2	8	0.289
コントロール区	1	0	1	0.036
合計	20	28	48	0.347

L礁におけるプエルルスと稚エビののべ観察数							
実験区	生息個体数			計	密度**		
	A区	B区	小計				
ノギリモク区	外壁	24	20	44	0.708	115	0.463
	内壁	28	43	71	1.142		
コントロール区	外壁	37	16	53	0.597	60	0.338
	内壁	2	5	7	0.079		
合計		91	84	175		175	0.411

*: 着底総数 / (着底の生じた日数(12) × 表面積(m²))

** : 着底総数 / (着底の生じた日数(14) × 表面積(m²)) 但し、コントロール区の8月4日以降に死亡した1基を除外

⑦ 7年度の結果

本年度の調査によって、S・Lいずれのブロックにも着底及び稚エビの住み着きが生じたことから、これらが実験礁として機能すること、ノギリモクと植毛タイプの人工海藻が維持管理の面で実験材料として適していることが判明した。従って、本年度の礁とノギリモクや植毛を用いて、詳細な海藻の条件（取り付け密度や長さ、位置）、ブロックの配置、表面の性状などを考慮した実験を今後行うことで、稚エビにとって好適な人工礁の条件を見出すことができよう。

S礁（高さ:30cm）のうち、着底基質を持たないブロックにはわずかに1個体の着底が見られただけであり、この結果によると着底に際しては海藻あるいは海藻的なものの存在が不可欠であるということが示唆される。また、L礁の海藻区とコンクリート区では稚エビの住み着きが前者で有為に多く、かつ海藻を有する面における生息数が露出面における生息数よりも多かったことから、稚エビにとっては海藻の存在が重要であることが示唆された。しかしながら、L礁（高さ:70cm）の海藻を持たない2基（実際は微小な海藻が表面を覆っていた）に合計9個体のプエルルスが着底したことは、着底に際しては必ずしも海藻の存在が必要でなく、ある程度の高さがあればよいことを示しているとも取れる。今年度の実験では、海藻部を含めると各ブロックの表面積が同一ではなかったため、この点に関する厳密な検討はできない。従って、次年度は海藻部も含めて表面積を等しくした2種のブロックを造り、この2つにおける着底数を比較検討することで、この疑問点をはっきりさせる必要がある。

5-2. 8年度結果

1) 開発方式調査

5. 調査結果

① L 礁

L 礁の調査は、6月から11月までの内の10月を除く各月に実施した。このうち、ノコギリモクが最も多かった No.4 とクロメが多かった No.3 における結果について報告する。まず、No.4 のノコギリモクは主としてブロックの上面に繁茂し、9月下旬までには順調に成育を続け藻長約 20cm まで達した。これに対して No.3 のブロック側面に繁茂したクロメは、夏場の衰退期のため藻長の増加は見られなかった。いずれの海藻も9月下旬までは密度の変化は比較的少なかったが、11月下旬の調査時にはクロメは全滅、ノコギリモクも約 15cm の長さを残してきれいに刈られた様な状況となった。なお、このノコギリモクには魚類の食害跡が見られ、夏の終わり頃から頻繁に観察されたブダイの仲間によるものである可能性が考えられた。

② S 礁

S 礁の調査は、6月24日から3月19日までの期間中、A地区では28回、B地区では27回実施した。調査日別の着底量によると、プエルスの着底はA地区では7月23日から9月20日まで、B地区では7月15日から9月24日までの期間に認められ、総着底数は、それぞれ19個体と12個体の合計31個体であり、昨年の48個体に比べると少なかった。加入のピークは、それぞれ8月22日と8月27日で、地区間で若干のずれが認められた。

着底量を実験区ごとに比較すると、A地区ではコントロール区である0区において着底が見られなかったが、1から4の各実験区では、4から6個体と有為な差は認められなかった。これに対して、B地区ではコントロール区にも1個体着底したが、人工海藻の長さが長くなるほど、着底数も増加する傾向が見られた。この地区間における傾向の差の原因は明確ではないが、A地区では大小様々な転石があり、起伏に富んだ海底地形であるのに対して、B地区では平坦な砂地であるため、プエルスの遊泳に影響を及ぼすと考えられる海水の流れや動きが、前者では後者に比較して複雑であると予想され、これの影響が出た可能性が考えられる。

孔を覆い隠す補助海藻の取り付け後における着底量を見ると、A地区では付けた区への着底量が9個体と、付けない区における2個体の4.5倍となった。ところが、B地区では両区において共に5個体と全く差は見られなかった。この差についても単一年の結果である上にデータ数が少ないため、やはりはっきりしたことは言えないものの、A地区は通常イセエビが生息する天然の岩礁域であり、当然捕食者も生息するのに対して、B地区は砂地であり、礁以外はイセエビの生息する環境でないため、捕食者がいないか、少ない可能性があり、これが影響した可能性が考えられる。すなわち、捕食者の生息する岩礁域では効果がある可能性が示唆される。

各ブロックの面別に着底数を検討すると、A地区では各面でほぼ同数の着底が見られたが、B地区ではCとD面が3個体が多く、AとB面では1個体と少なかった。

③ N 礁

N 礁 10 基を対象とした調査は、6 月 18 日から 11 月 29 日までの間に、計 29 回実施した。このうち、着底が観察されたのは 7 月 15 日から 8 月 30 日までの間のべ 11 日においてであり、ピークは 8 月 22 日に観察された。全 10 基における着底数は、計 27 個体であった。

礁別の着底数によると、最も着底数が多かったのは、人工海藻を付けたタイプⅡの 13 個体であったが、この 2 基 (No. 3 と 4) においては 1 : 12 と大差が見られた。全体的に着底数が少なかったため実験区ごとの統計的な差は明確ではないが、ⅠとⅣ、ⅢとⅣの間には有為 (ANOVA、 $p=0.012$ 、 $p=0.030$) が認められた。このことは、プエルルスに着底には礁の高さと孔の位置が影響することを示唆している。

ブロックの面別に着底数を比較すると、最も多かったのは C 面の 10 個体で、D 面の 9 個体がこれに次ぎ、B 地区 S 礁における結果と一致した。A と C 面はそれぞれ 5 個体と 3 個体で少なかった。

従って、B 地区におけるプエルルスの来遊方向が南である可能性が示唆されるものの、着底から孔の選択に至る行動様式が不明なため、結論とするには不十分である。ブロック 7 と 8 の段別着底数を比較すると、各段における着底数には有為差は認められなかった。プエルルスの孔タイプ別着底数によると、最も選択されていた孔はタイプ 8 (13 × 35mm) の 6 例で、タイプ 12 (15 × 50mm) が 4 例でこれに次いだ。

④ 天然区

天然礁における調査は、4 月 25 日から 3 月 19 日までの間に、計 33 回実施した。このうち、着底が観察されたのはのべ 23 日であり、期間は 5 月 22 日から 10 月 4 日であった。着底数が多かったのは、7 月下旬から 9 月上旬であり、ピークは 8 月 22 日に観察された。

着底総数は 91 個体で、前年の 102 個体に比較的近い値であったが、転石が増えた点を考慮すると、着底数は少なかったことになる。転石別の最高総着底数は、転石 13' における 27 個体で、転石 13 における 16 個体がこれに次いだ。各転石の最高部位 (転石頂点か、着生した海藻の最上部) から海底までの距離と着底総数との間には、比例関係が見られた。

⑤ 8 年度結果の総括および今後の課題

本年度は各ブロックにおける着底数が少なく、各実験のデータが量的に不十分なものとなった。このため、実験区間での統計的検討が十分に行えず、明確な結果を得ることができなかった。従って、次年度は、まず本年度の実験を規模を拡大した上で継続する必要がある。S 礁における着底量で比較すると、B 地区よりも A 地区が多く、実験区として適していると考えられるが、残念ながら A 地区には実験礁を均一に配置できる平坦な場所がない。そこで、A 地区と B 地区の中間地点付近に新たな適地を見出し、データ量の増大を計る必要があるものと考えられる。また、過去 2 年間の調査において、高さ 70cm の L 礁と 90cm の N 礁には、海藻がなくても少数ながら着底が生じている。これは、プエルルスの遊泳層を示唆しているものと考えられるため、次年度はさらに高さを増した実験礁を投入することで、最も着底数の多くなる高さを決定することができると考えられる。

これまでの実験は、プエルスの着底に着目したものであり、次年度の調査結果を含めることで着底礁に関する技術的検討は可能になるものと考えられる。しかしながら、稚エビ礁としての機能も持たせるためには、稚エビ期の減耗を小さくする何らかの工夫が必要であるが、稚エビ期を対象とした実験は不十分なものしかない。最近、着底したプエルスの天然環境中における減耗率がようやく報告された（Yoshimura and Yamakawa, 1997）ため、これを基準として礁の効果を判定することが理論的には可能となった。しかしながら、この調査では、着底したプエルスを個体識別しつつ継続観察するという細かい潜水作業が必要であるため、限られた調査人員で行うことは困難が予想される。手法を含めて、今後の検討課題である。

5-4. 9年度調査結果

①コレクターによる調査結果

コレクターが小型であったためか、総着底数は7個体と少なかった。いずれのタイプのコレクターにおいても、表層に設置したものにはプエルスの着底は全く生じなかった。これに対して中層では、フィルムタイプで2個体、繊維タイプで1個体の計3個体が、また底層では前者で3個体、後で1個体の計4個体が着底し、設置水深が深いほど着底数が多い結果となった。

中層と底層における統計的有意差は見られないため、水深12mの本地点においては、プエルスは表層を遊泳せず、中層から底層を遊泳するものと推測された。

コレクタータイプ別に着底数を比較すると、フィルムタイプでは5個体、繊維タイプでは2個体と後者が少なかったものの、水中における容積に差が見られたことから、容積あるいは表面積の差が着底数に影響したものと推測される。

②N礁における実験結果

N礁18基では、昨年よりもブロック数、調査区数ともに多かったものの計25個体と、昨年と同数であった。これは、時化で設置が遅れた上に台風による被害復旧にも手間取ったため、総実験期間が短かったことも一因と考えられる。

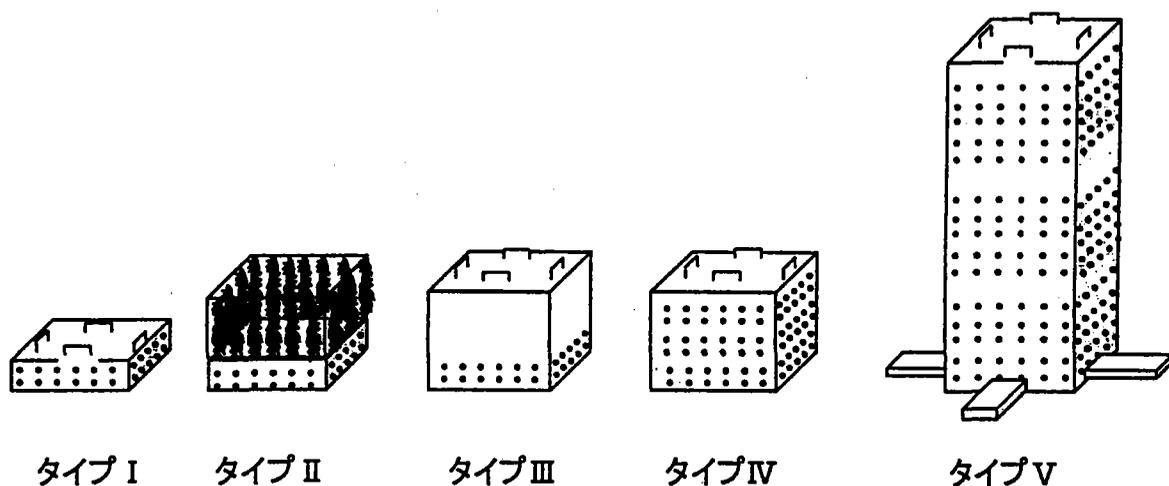


図2. 1997年に用いたN礁のタイプ別構造図

地区別礁タイプ別の着底数によると、B地区では昨年の結果も含めるとタイプⅡが17個体と最も多く、タイプⅣが13個体でこれに次いだ。タイプⅠには2年連続して着底は生じなかった。一方、A地区ではやはりタイプⅡが7個体と最も多かったが、タイプⅠにも2個体着底が見られた。設置場所周辺の環境を考えると、B地区は平坦な砂礫帯で周辺に障害物がないのに対して、A地区は岩礁地帯の中で周辺に様々な障害物があるという違いがある。このため、A地区では流れが複雑で、プエルルス（Puerulus）の遊泳水深がB地区に比べて一定していない結果が反映されたものと示唆される。

各地区別のタイプ間での比較では、B地区のⅠとⅡ・Ⅲ・Ⅳ、ⅡとⅢとの間に有為差が認められた。このことから、平坦な場所においては礁は少なくとも30cm以上の高さをもたせる必要があること、岩礁域の様に周辺の構造が複雑な場所においては、高さ30cm程度でも着底は期待できること、高さについては海藻を含めて考えてよいこと、孔は構造物側面の全体に存在させる必要のあること、が示唆される。また、B地区におけるタイプⅡのうち、ノコギリモクを取り付けた2基には6個体、人工海藻を取り付けた2基には5個体と、わずかながら人工海藻よりも天然海藻の方が着底数が多かった。

タイプⅤにおけるプエルルス着底数は、A地区では4個体、B地区では1個体の計5個体であった。プエルルスが生息していた孔の海底からの高さは、A地区では18~68cmで、海底から1m以内の範囲に集中していた。またB地区における1個体は、海底から163cmの高さにある孔に生息していた。これらの結果から、データ数は不十分ながら、おおよそプエルルスが着底後に選択する孔の位置は、海底から約2mの範囲であると推測される。従って、人工礁に穿つ孔のうちプエルルスを対象とする小さいものは、海底から2mの範囲に必要であることが示唆される。

③ L礁における実験結果

L礁による実験の結果、B地区では数個体が短期間棲みついたに止まったが、A地区では全期間中いずれのブロックにおいてもイセエビの棲みつきが認められた。A地区のうち、人工海藻を巻き付けたブロックにおける生息数は、何も付けないものよりもほぼ常に勝っており、期間中の平均生息数を比較すると、前者は後者に比べて2.6倍のイセエビが生息した。

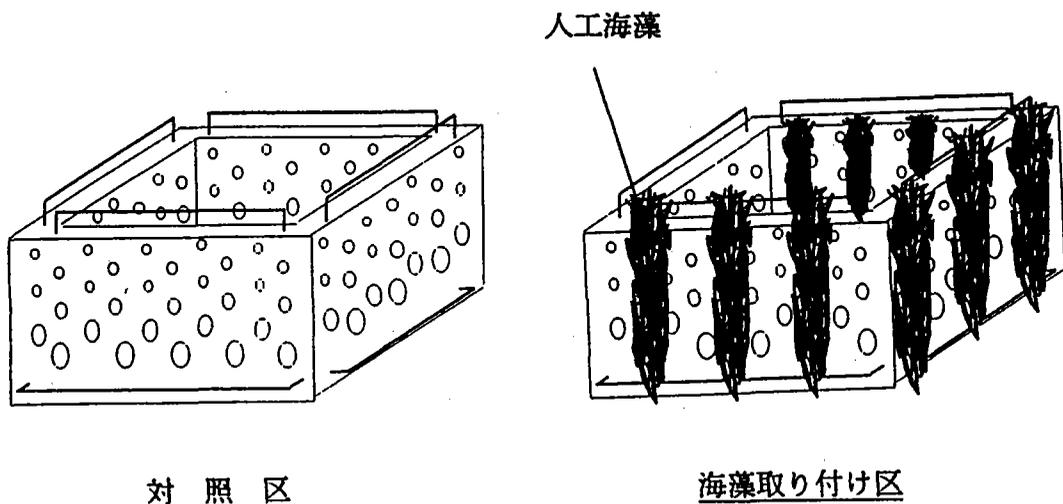


図3. 1997年のL礁を用いた2実験区

このことから、孔周辺の小型海藻が稚イセエビの生息数を増大させる上で効果的である可能性が指摘される。なお、調査終了日における測定結果によると、A地区の人工海藻付きし礁では稚エビの頭胸甲長範囲は 12.3 ~ 27.9mm、何も付けないブロックでは 18.8 ~ 27.0mm で、前者では様々なサイズの稚エビが生息していたのに対して、後者では比較的大型の稚エビが多かった。

④天然区における調査・実験結果

梅雨時期に時化が続いたため調査ができず、6月24日の調査初日ですでに18個体が着底していた。このうち74%が第一令稚エビであったことから、6月中に1回目の着底ピークがあったものと推測される。その後10月22日まで加入が続き、9月10日~23日に2回目のピークが観察され、総着底数109個体のうち47%がこの期間に集中した。なお、これまでの観測では通例8月に加入のピークが観測されていたため、本年度は1ヶ月遅れたものと判断される。

A地区における表層と底層での塩分日平均値の経時変化を観察した結果、プエルルスに着底があったと推測される6月と、2回目のピークが始まった9月10日頃には、表層・底層ともに塩分33.0を超える高塩分水が入ってきた時期とよく一致している。また、水温はいずれの時期もおよそ25℃以下と低めに推移している。一方、塩分が33.0以下で水温が25℃以上となっていた7~8月においては、プエルルス着底数は少ない傾向が続いていた。黒潮主流域におけるフィロソーマ幼生の分布特性(Yoshimura et al, 1998)も考慮すると、プエルルスの沿岸来遊は黒潮系の高塩分水の移動とともに行われている可能性が示唆される。

海藻刈り取り実験では、海藻を刈り取らなかった6個の転石では、96年の総着底数が85個体であったのに対して、97年は94個体とやや多かった。これに対して、97年に海藻を刈り取った5個の転石では、前年が18個体であったのに対して、わずかに2個体であった。

この2個体は、刈り取り区のうちでも大型海藻のみ除去して小型海藻は残した転石でのものであり、岩面が露出するまで完全に刈り取った2個の転石ではイセエビは観察されなかった。また、昨年クロメが自然に消滅し、今年になって回復した1個の転石では、前年の着底数が1個体であったのに対して今年は11個体と多かった。これらのことから、プエルルスの着底あるいは着底直後の生残に、海藻が大きな役割を持っていることが分かる。

⑤本年度の問題点と今後の課題

本年度までの実験や観測によって、人工礁にプエルルスを着底させるための条件や、人工礁上での稚エビ生息数を増大させるための条件として、高さや孔の位置、海藻などに関して様々な点が明らかとなった。しかしながら、本実験で用いている多孔式のコンクリートブロックは、孔が付着生物によって覆われると機能がストップしてしまう。事実、内湾的要因の大きい長崎県の網場湾においては、多孔式ブロックの大半の孔が、設置後わずか数ヶ月の間に付着生物で覆われてしまった事例が観察されている(西水研、未発表)。野母崎における一連の実験では、実験条件を維持する必要があったため、毎年の調査開始

時や必要に応じて掃除を行ったため、孔の長期的変化に関するデータは得られていない。一般的にイセエビは外洋に面した水域を生息場所としているため、極端な埋没はないと推測されるものの、断言はできない。そこで、今後の検討課題としてこの点の解明が残されている。また、これまではプエルルスに着底期に重点を置いてきたため、今後は着底後の稚エビ期に焦点をあてて、実験礁上での減耗過程など詳しい生態を解明することも重要な課題であろう。