

イセエビの沿岸回帰過程における生態の解明および稚エビ礁の技術的検討

西海区水産研究所 沿岸資源研究室 吉村 拓・小笹 悦二
資源培養研究室 清本 節夫

(平成7～10年度)

1. 緒言

イセエビは、フィロソーマ幼生としての浮遊生活期を経てプエルルス(ポストラバ)に変態した後、沿岸岩礁域へと回帰する。近年、飼育実験によってこの幼生期間がおよそ1年間¹⁾と水産生物の中でも特異的に長いことが明らかとなったものの、移送過程や再生産機構に関する知見は依然として極めて乏しい。このため、産卵親エビの禁漁策などが地先資源にとって果たして直接的な利益をもたらすのか、という疑問の声が漁業者から聞かれる状況になっており、増殖場のみならず、イセエビ漁場全体の管理を考える上で、幼生期の生態に関する知見の充実が求められている。さらに、沿岸域における底生生活初期のステージに関しても、着底環境や生息環境、およびその成長に伴う変化、行動様式、減耗過程などに関する知見がまだ不十分であり、より高度な機能を持つ増殖場の設計や精度の高い効果評価を行なう上での問題となっている。

前課題(平成4～6年度)では、プエルルスが海藻群落到着底し、その直後から日中の隠れ場として岩礁表面に開口する小孔を選択すること²⁾、また頭胸甲長(以下、CL)15～30mmになると、石の下や石の積み重なりによって形成される隙間などへ移動すること、てんぐさ類など微細な海藻群落は孔の代用となり得ることが明らかとなり³⁾、従来の投石や比較的大きな間隙を持つブロックで構成される増殖場は、CLが15～30mm以上の稚エビについては隠れ場を提供し得るものの、それ以下の底生生活初期の稚エビにとっては、微細な構造を持った海藻が繁茂しない場合は、十分な隠れ場は提供されにくいことが示唆された⁴⁾。また、小孔と海藻の2つの条件を持ったコンクリートブロックにはプエルルスが着底することも、小規模な実験ながら確認された⁴⁾。

そこで本研究では、後期幼生から稚エビに至る過程を対象とした詳細なフィールド調査や、前課題の結果に基づいて設計した実験礁を用いた野外実験に基づき、移送過程や着底期前後の生態に関する知見をさらに得るとともに、新しい着底礁の開発を含んだより効果的な増殖場造成に向けた技術的検討を行うことを目的とした。なお、本報告での着底礁とは、ポストラバを直接着底させる機能と、底生生活初期の稚エビを住みつかせる機能の両者を有する人工構造物を意味する。

なお、幼生採集に関しては、遠洋水産研究所浮魚資源部温帯性まぐろ研究室、東北区水産研究所資源管理部浮魚資源第二研究室(現、遠洋水産研究所近海かつお・まぐろ資源部かつお研究室)、西海区水産研究所東シナ海海洋環境部海洋動態研究室、及び西海区水産研究所漁業調査船陽光丸、遠洋水産研究所漁業調査船俊鷹丸、水産庁漁業調査船開洋丸の関係各位に、DNA解析に基づく幼生の種査定に関しては西海区水産研究所資源増殖部の白井滋室長(現、日本海区水産研究所)に、実験礁の製作・設置や潜水調査の一部では長崎県水産部生産流通課、(社)長崎県水産開発協会の関係各位、及び水産工芸研究所水産土木工芸部の高木儀昌室長にご協力を頂いた。以上の関係各位に対して、深謝申し上げたい。

2. 調査方法

(1) 沖合調査

フィロソーマ幼生の後期、および遊泳期プエルルスの分布生態を解明する目的で、主に薩南海域において陽光丸による調査を実施した。幼生の中期における分布生態を把握する目的で、平成10年度開洋丸第1次調査航海“西部太平洋熱帯域におけるカツオ幼魚及び餌生物の分布調査”に参加し、混獲されるイセエビ類幼生を採取した。また、俊鷹丸によるクロマグロ調査⁵⁾で得られたトロールネットのサンプルも利用した(表1)。

用いられた採集ネットは、調査船によって異なったが、表中層トロールネット⁵⁾、IKMT(アイザックスキット中層ト

ロールネット)⁶⁾、表層ネット⁶⁾など、比較的網口の大きなものであった。陽光丸の場合は、原則として夜間の水深50mからの IKMT 傾斜曳網と表層ネットの水平曳網を、開洋丸では昼夜の中層トロールによる水深200m以浅での水平曳網が行われた。また、俊鷹丸では表・中層トロールネットの昼夜水平曳網が行われた。得られたサンプルは、1995年の調査では5%海水ホルマリンで、1996年以降は99.5%エタノールで保存して持ちかえり、各種測定に供した。エタノール保存で持ちかえった幼生の一部は、ミトコンドリア DNA 解析に基づく種の査定⁷⁾を行った。

表 1. 実施調査およびサンプル提供を受けた調査の一覧

調査年	期間	調査船	調査水域	採集器具
1995	7/24-8/7	陽光丸	薩南海域	IKMT、表層ネット
1996	6/24-7/9	陽光丸	沖縄周辺	IKMT
1997	5/8-6/17	俊鷹丸	沖縄周辺	表・中層トロールネット
	5/27-6/13	陽光丸	沖縄周辺	IKMT、表層ネット
	6/27-7/14	陽光丸	沖縄南方	IKMT
1998	4/23-5/15	開洋丸	西部太平洋	中層トロールネット

(2) 沿岸調査

着底期プエルルスから稚エビ期を対象とした潜水による生態調査、およびコンクリート製の多段多孔式実験礁による各種野外実験を長崎県西彼杵郡野母崎町(図1)の地先で実施した(表2)。

表2. 長崎県野母崎町地先で実施した主な潜水調査の一覧

調査年	期間	回数	調査項目
1995	4/26-12/14	31	生態調査、実験礁 (S、L) による野外実験、環境観測
1996	4/25-3/19	39	生態調査、実験礁 (S、L、N、T) による野外実験、環境観測
1997	6/24-12/20	33	生態調査、実験礁 (S、L、N、T) による野外実験、環境観測
1998	7/6-3/19	9	生態調査、実験礁 (N、T) の観察、海藻調査、環境観測

A区は大小の転石で構成される複雑な地形を呈し、クロメ、ノコギリモク、ウスバノコギリモクなどの大型褐藻類が優占するイセエビ稚エビの生息密度が高い水域、B区は砂礫地、及びノコギリモクの優占する転石地帯で比較的単調な地形であり、稚エビは若干生息するものの密度は低い水域、C区は転石及び根で構成される複雑な地形ながら、初夏まではアントクメが見られるものの、イセエビの着底最盛期である7～9月、及び晩秋にかけてはほとんど海藻がない転石地帯で、稚エビもほとんど見られない水域である。いずれにおいても水深15m以浅を対象水域とした。

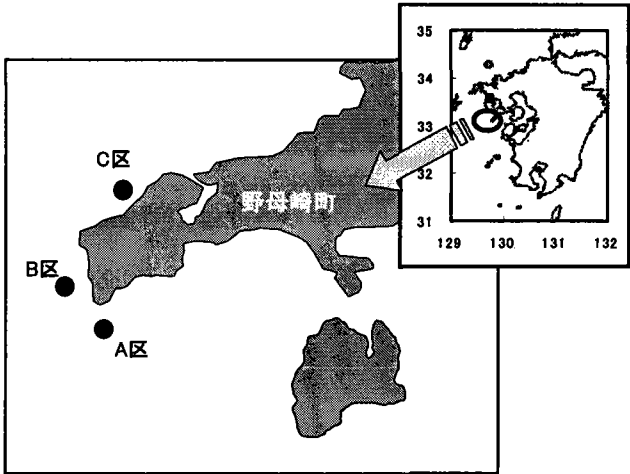


図 1. 長崎県野母崎町地先における潜水調査水域

主な調査・実験は以下の通りである。

1) 自然の転石におけるプエルルス着底パターン、および環境条件との関連性の検討(野外調査)：A区において、大型褐藻類のクロメやノギリモク、ウスバノギリモクが繁茂し、かつ表面に比較的多数の孔が存在する長径1～3mの転石11個を選び、毎回の調査ごとにプエルルスと稚エビの生息尾数をカウントすることで、着底数の経時変化を観察した。

2) 底生生活初期における行動様式の解明、および減耗率の推定と捕食者の解明(室内実験と標識放流調査、潜水観察)：過去に千葉県安房郡小湊町地先で行った調査によるデータを解析して、行動様式および着底後の減耗率を推定した。この調査は、岩の孔に隠れているプエルルスや初期稚エビを採集し、標識をつけて元の孔に再び戻した後、夜間観察や日中の連続的な追跡観察を実施したものである。標識にはミシン糸を用い、色や数、くくり付ける部位(第2アンテナの基部3節のいずれか)を変えることで個体識別を行なった。着底後の捕食者を解明する目的で、1997年9月の野母崎地先において、刺網及び手網によって底魚類を採集し、胃内容物を検討した。なお、魚類の採集はプエルルスの加入がピークを迎えた直後に行なった。また、生息場所が稚エビと似ており、比較的個体数が多いことから、稚イセエビの捕食者である可能性が推測されたフトユビシャコモドキについては、孔を開けたレンガを入れた水槽に、稚エビとともに収容し、その後の様子をビデオ撮影した。

3) 海藻がプエルルス着底数や稚エビ生息数に及ぼす影響の評価、及び着底基質の有効性の検討(自然転石と実験礁S、L(付図1)での野外実験)：1)の転石のうち、1995年から1997年の間に自然に大型海藻類が増減した1つを対象として、海藻の被度とプエルルス着底数の量的変化について検討した。1997年には、うち3つの転石で大型海藻のみを除去、別の2つでは小型海藻も含めて完全に海藻類を除去し、自然のまま手を加えなかった3つの転石との間で、プエルルス着底密度を比較した。転石の表面積は、三角測量を基本とした水中での直接計測によって、おおよその値を得た。着底基質(各種海藻類)の性状がプエルルス着底数に及ぼす影響については、実験礁を用いた野外実験によって検討した。基質として、長さ80cmの人工海藻2種(フィルムタイプと植毛タイプ)と同じ長さに調整した天然海藻2種(クロメとノギリモク)を用い、これらをS礁に紐で結び付け、その後の着底数を比較検討した。用いたS礁は計20個で、基質を付けないコントロール区を含めて、各区それぞれ4個ずつをB区(図1)に設置した。また、L礁2基を用いて、人工海藻の有無が稚エビの生息密度に及ぼす影響を評価した。うち1基のL礁には、植毛タイプの人工海藻を壁面周囲に巻きつけ、もう1基はブロックのみとし、設置後の稚エビ生息数を比較した。

4) 孔サイズの段階数が稚エビの生息数や生息期間に及ぼす影響の評価(T型実験礁による野外実験)：礁に穿孔する孔サイズの段回数を減らした場合、稚エビの生息数や生息期間にどのような影響が見られるかを調べる目的で、T礁6基による実験を行った。表3の7段階の孔のうち、全てを持った2基、タイプ1・3・5・7を持った2基、タイプ1、4、7のみを持った2基を設置し、その後のプエルルスや稚エビの生息状況を調査した。1面における孔の数は、いずれのブロックも計70個である。

表3. T礁に穿孔した孔のサイズ.

孔タイプ	1	2	3	4	5	6	7
直径(mm)	13	15	19	23	28	32	37
奥行(mm)	39	44	56	68	81	94	107

5) ブロックの高さ、海藻の有無、孔の部位が、着底数に及ぼす影響の解明(実験礁Nでの野外実験)：4タイプのN礁をもちいて(付図1)、これらの条件の差が着底数にどのような影響を及ぼすかを調査した。ブロックの高さ

に関する評価は、高さ30cmと90cmのN礁で、海藻の有無に関する評価は、見かけ上の高さと表面積が等しい、人工海藻をつけたタイプⅡとコンクリートのみのタイプⅢで、孔の部位に関する評価は、孔を側壁の下部のみに穿孔したタイプⅢと側壁全面に穿孔したタイプⅣで行い、それぞれを野外に設置後、プエルルス着底数を調査した。調査時に観察されたプエルルスや稚エビは、毎回採集して取り除いた。

6) 海藻が着生したブロックを磯焼け地帯に移設することの有効性の評価(実験礁Lによる野外実験)：長崎半島北側のC区(図1)は、いわゆる磯焼け地帯であり、特に夏場にはほとんど海藻類は見られない。イセエビの成育場にとって、海藻類は重要な環境条件であり、イセエビの成育場造成においても、藻場の存在が不可欠である。そこで、藻場造成の簡便な手法を検討する目的で、藻場に設置して自然に海藻が着生したL型実験礁をC区に移設することの有効性を検討した。L型実験礁はA・B両区に1995年に設置した計4基で、いずれにもノコギリモクかクロメが自然に繁茂していたが、これらを1996年6月にC区に移設し、その後の海藻の変化を追跡調査した。

7) ブロックに穿った孔のブロック設置後の変化(実験礁Tによる観察)：本多段多孔式のコンクリート製ブロックの場合、孔が付着生物等によって覆われると、そのプエルルスや稚エビを生息させる機能は失われる。そこで長崎地先において、海底に設置してからおよそ1年間、全く清掃などを行わずに放置して自然のままとした実験礁では、孔がどのような状態にあり、またどのような生物が利用しているのか、その状況を調査した。

3. 調査結果

(1) 沖合調査

各調査ごとのフィロソーマ幼生と遊泳期プエルルスの採集結果を表4に示す。総計で、中・後期幼生が97個体、最終期幼生が274個体、プエルルスが6個体採集された。1992～1994年に前課題で実施した陽光丸調査での採集数を加えると、フィロソーマ幼生が391個体、プエルルスが44個体となった。なお、フィロソーマ幼生の種査定については、一部はDNAに基づいた詳細な検討を行ったが、他はいわゆるF型フィロソーマと呼ばれるもの⁸⁾のう

表4. 調査航海によるイセエビの幼生とポストラバの採集数

調査年	期間	調査船	採集数		
			中・後期幼生	最終期幼生	プエルルス
1995	7/24-8/7	陽光丸	1	67	4
1996	6/24-7/9	陽光丸	22	54	0
1997	5/8-6/17	俊鷹丸	5	128	0
	5/27-6/13	陽光丸	18	8	2
	6/27-7/14	陽光丸	6	6	0
1998	4/23-5/15	開洋丸	31	8	0
Total			97	274	6

ち、調査時期と奄美大島におけるカノコイセエビの着底時期⁹⁾を考慮して、およそ体長20mmの大型のものをイセエビと判断した。また、陽光丸によって採集された幼生の一部はプエルルスに変態するまで飼育した上で種査定を行った結果、イセエビと同定された。これらの結果、薩南海域の黒潮主流域では最終期の幼生が卓越し、それ以前の若いステージがほとんど分布しないこと(図2)、またプエルルスへの変態が薩南海域では黒潮主流域中で行われており(図2)、プエルルスが黒潮主流域から沿岸域までの移動を担っていることが示唆された。最終期幼生が卓越する傾向は、南西諸島周辺の黒潮主流域中でも共通した現象であること(図4)、これらの幼生が夜間は表層に分布するが、日中には少なくとも約40m以深に分布し、日周期鉛直移動を行なう傾向が示唆された(図5)。

沖縄島周辺やその南東水域では、ごく近海にも最終期幼生が分布し、また最終期以前の若い幼生が黒潮主流域よりも高い割合で分布すること(図3)から、イセエビ幼生の中期から後期のものは黒潮主流域の沖合水域に分布し、最終期になった段階で黒潮主流域へと移送されていることが示唆された。この傾向は、開洋丸調査結果によっても支持され、イセエビの幼生はおおよそ北緯19度が分布域の南限であり、東西の境界は不明ながら、黒潮沖合域の広範な水域に分布する可能性が示唆された(図6)。

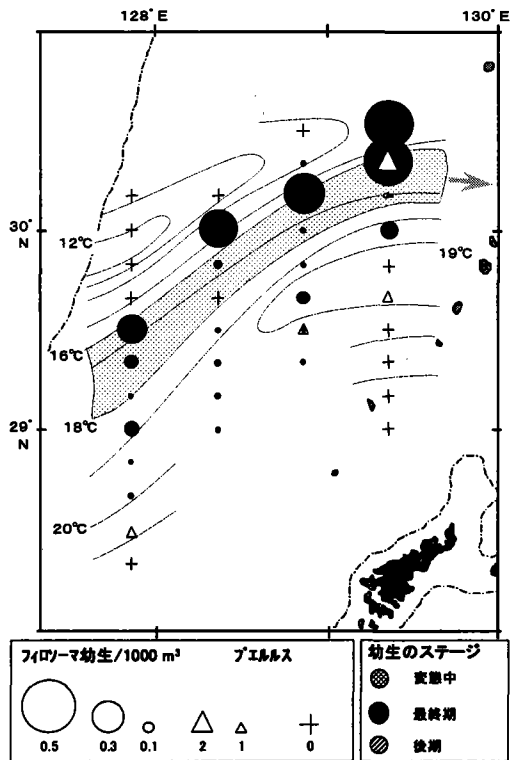


図 2. 薩南海域におけるイセエビ幼生のステージ別分布、及び水深 200m の水温分布とそれから推測される黒潮主流域（点描部）。1995 年陽光丸調査による。

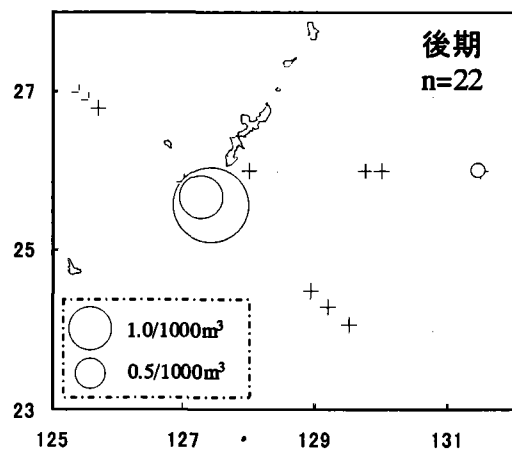
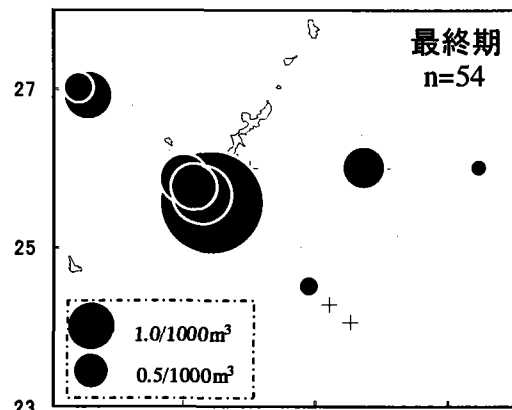


図 3. 沖縄周辺におけるイセエビ幼生のステージ別分布。1996 年陽光丸第 4 次調査による。

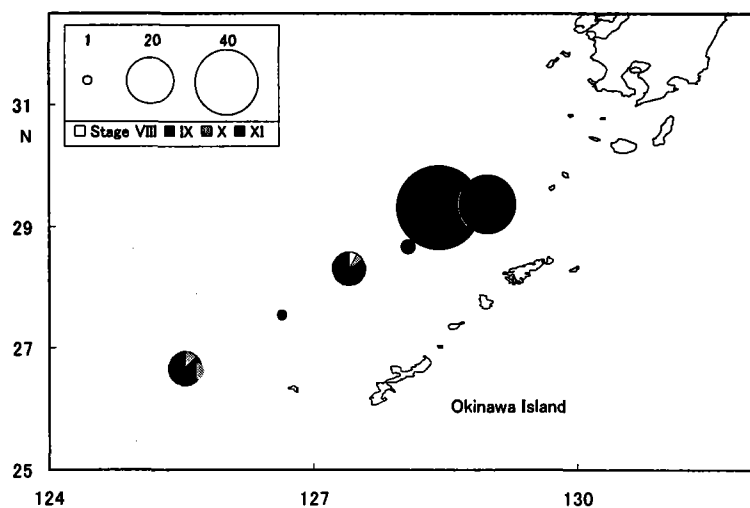


図 4. 南西諸島周辺の黒潮主流域におけるイセエビ幼生の分布。1997 年俊鷹丸調査による。なお、ステージ XI が最終期に相当する。

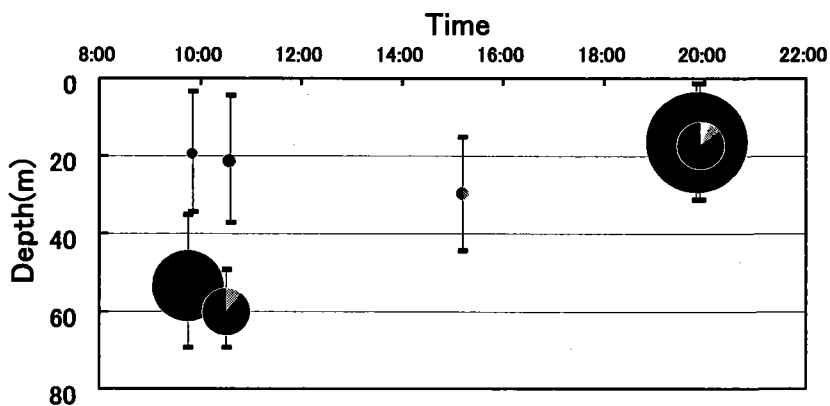


図 5. イセエビ幼生の時間・水深別分布. 各縦棒はトロールネット網口が開口していた水深帯を示す. 記号は図 4 と同じ. 1997 年俊鷹丸調査による.

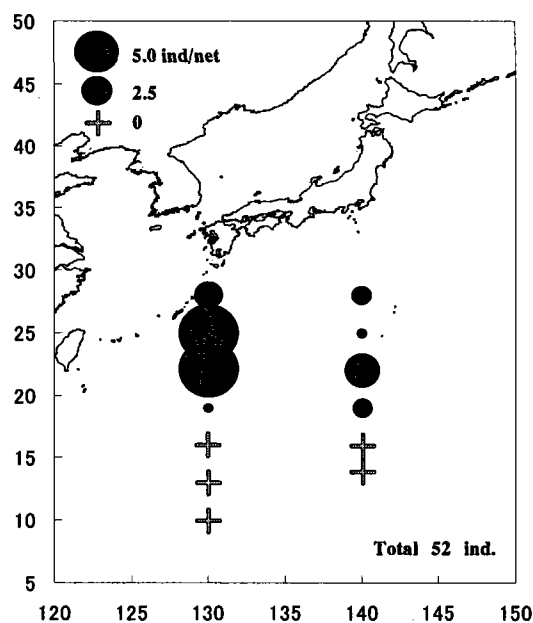


図 6. 西部太平洋における F 型幼生の分布. 1998 年開洋丸調査による.

(2) 沿岸調査

1) いずれの年も、プエルルスは5～10月において認められた。加入盛期は年によって若干異なり、1995年は7～8月にかけて、1996年と1998年は8月中旬に、1997年は9月であった。

2) 着底したプエルルスは、その後数日間は遊泳能力を保持する。しかしながら、室内観察や標識放流した個体の野外観察からは、孔という隠れ場を得た個体が再遊泳する可能性は低いと推測された。また、砂礫や砂地上に広がる転石地帯においては、転石間の移動も見られず、同一転石上での孔間での移動のみが認められた(表5)。さらに、夜間活動場所も孔近辺の海藻上であり(表5)、これらのことから、一日の行動範囲は孔周辺のほぼ直径1m以内に限られることが示唆された。そこで、着底して孔という適切な隠れ場所を得たプエルルスは再び遊泳することはないとして、標識放流に基づく着底初期の減耗率を推定した。放流後連日の追跡調査の結果、

着底後およそ20日間における減耗率が約67%に達することが推測された。このうち、プエルルスであるおよそ5日間での減耗率は46%、第一令稚エビへ変態後の約2週間での減耗率は36%であった(表6)。

野母崎において1997年の9月に、手網や刺し網で採取した底魚類38種計233個体の胃内

表5. プエルルス及び稚エビの放流後の移動.

ステージ	放流数	放流日の夜間			翌朝			
		活動場所	No	%	同じ孔	別の孔	不明	平均移動距離* (cm)
プエルルス	18	海藻上	15	83.3	15	1	2	11
		孔中	1	5.6				
		?	2	11.1				
第一令 稚エビ	6	海藻上	4	66.7	3	0	3	0
		孔中	1	16.7				
		?	1	16.7				
第二令以降 稚エビ	19	海藻上	9	47.4	15	4	0	308
		孔中	1	5.3				
		?	9	47.4				

*: 翌朝発見された個体のうち、前日と異なる孔に潜在していたものの孔間の平均距離

表6. プエルルスと第一令稚エビの減耗率.

ステージ	放流尾数	追跡結果*	尾数	放流後日数		移動距離(cm)		減耗率(%)
				max	av	max	av	
プエルルス	22	変態	12	7	5	165.0	34.6	
		不明	10	6	2.7			45.5
第一令稚エビ	14	変態	9	17	13.6	293.0	82.9	
		不明	5	13	9.4			35.7

*: 次ステージの変態まで連続追跡できたか、途中で不明となったか、を意味する.

容物を調べたが、イセエビが出現したのは、フサカサゴ(第一令稚エビ1個体が出現)1個体のみであった。この他、肉食性巻貝であるヒメウラクが孔に潜在するプエルルスを捕食している様子が潜水調査中に2例観察された。また、水槽内ではフトユビシヤコモドキが、やはり孔に潜在するプエルルスを日中に捕食することが確認された。しかしながら、いずれも少数の観察例に止まり、高い減耗の主要因を特定することはできなかった。

3) 海藻を刈り取らなかった3個の転石における総着底数は、実験前年である96年の43個体から、実験を行なった97年は58個体へと増加した。これに対して、刈り取り区とした5個の転石では、刈り取り前の96年の18個体か

表7. 海藻のプエルルス着底数に及ぼす影響を評価するための野外実験結果.

実験区	総表面積(m ²)	1996年				1997年			
		調査日数	海藻被度	着底数	密度*	調査日数	海藻被度	着底数	密度
自然放置	10.7	23	+++	43	0.17	15	+++	58	0.36
大型海藻除去	4.7	23	+++	13	0.12	15	+	2	0.03
全海藻除去	9.1	23	+++	5	0.02	15	-	0	0.00

*: =着底数/(日数×表面積)

ら、刈り取り後の97年はわずか2個体に減少した。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、96年の5個体に対して、97年にはイセエビは全く観察されなかった(表7)。また、本来クロメが繁茂していたものの、97年に自然消滅し、98年に再び回復した1個の転石では、クロメ被度とプエルルス着底総数に正の相関関係が認められた(表8)。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、海藻の有無が大きく影響することが示唆された。

表 8. ある転石における海藻被度の自然増減とそれに伴うイセエビ着底数の変化

	1995年	1996年	1997年
観察日数	22	24	20
着底数	16	1	11
密度 (No/m ²)*	0.32	0.02	0.24
海藻被度**	++++	-	+++

*: 総数/ (観察日数×表面積)

** : +++++濃生 +++密生 ++粗生 +点生 -なし

4) 4タイプの着底基質を装着したS礁におけるイセエビの着底結果を表9に示す。着底数が最も多かったのはノコギリモクを付けたもので、人工海藻の植毛タイプがこれに次いだ。分散分析によると有意水準1%で実験区間

表 9. 着底基質がイセエビ着底数に及ぼす影響を見るための野外実験結果

実験区	着底総数	密度* (No/m ²)
天然海藻(ノコギリモク)	10	0.723
天然海藻(クロメ)	7	0.506
人工海藻(植毛)	9	0.651
人工海藻(フィルム)	2	0.145
なし	0	0.000
合計	28	

*: 着底総数/(着底が見られた日数×表面積)

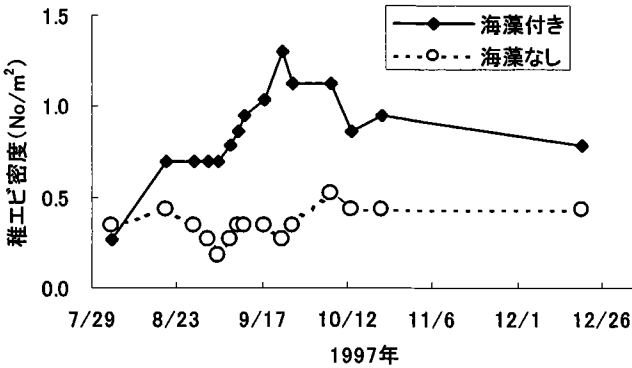


図 7. 人工海藻を巻き付けたL礁と、ブロック単体のL礁における稚エビ生息密度の経時変化。

の着底数に差のあることが認められた。

LSD検定による多重比較の結果では、ノコギリモク区とコントロール区、及び植毛区とコントロール区間に、有意水準5%で有意差が認められた。植毛タイプの人工海藻を壁面に巻き付けたL礁と何も付けないL礁において稚エビ生息数を比較した結果では、前者での生息数がほぼ常に勝っており、期間中の平均では2.6倍の稚イセエビが生息した(図7)。このことから、孔周辺の小型海藻が稚エビ生息数を増大させるか、減耗率を減少させる効果を持つことが示唆された。

5) 直径13～37mm、奥行き39～107mmまでの7段階のサイズを持った孔のうち、サイズ段階数が7、4、3と異なる3タイプ計6基のT礁(付図1)において、稚エビの体の損傷部位や成長に基づき個体識別を行なった上で、毎回の調査において詳細な観察を実施した。この結果、個体当たりの平均生息日数は、サイズ段回数の多い礁で最も長く、およそ80日と推定され(表10)、孔の段階数が4と

表 10. T 礁による野外実験結果(1997 年 A 区)。

孔サイズ 段階数	海藻被度	最大生息数 /日	のべ観察尾数	推定 個体数	推定最長 生息日数	推定平均 生息日数
7	++	5	60	10	80	31.4
4	+++	5	70	12	69	32.1
3	++++	6	102	24	54	22.3

3の礁では、それぞれ69日、54日と礁に住みつ়期間の短くなることが示唆された。また、平均生息日数も、孔の

段階数が減るとともに短くなる傾向が認められた。のべ観察尾数は逆に孔段階数の少ない礁で多かったが、これは各礁に着生した海藻の量的差が影響した可能性があると考えられた。

6) N礁10基には、2年間で計50個体のプエルルスが着底したが、内24個体(48%)がタイプⅡ、16個体(32%)がタイプⅣと多く、タイプⅠは2個体と少なかった(表11)。タイプⅠの2個体は、いずれも岩礁域であるA区におけるもので、平坦な砂礫地であるB区においては、全く着底が認められなかった。このことは、岩礁域の複雑な地形によって形成される波浪や流れの影響で、プエルルスの遊泳水深が一定傾向を示しにくいことを示唆している。タイプごとに比較すると、礁の高さが30cmのものには着底数が少ないこと、着底基質としての海藻(Ⅱ)とコンクリート(Ⅲ)の効果を比較すると前者の方が多くのプエルルスを着底させること、コンクリートだけの場合でも全面に孔があれば、比較的多数のプエルルスを着底させられることが示唆された。

7) 天然のノコギリモクとクロメが高密度で着生したL礁を、C区の磯焼け地帯へ移設した結果、いずれの海藻も9月下旬までは密度の変化は少なく成長も認められたが、11月下旬にはクロメは全てが消失し、根部も残っていなかった。また、ノコギリモクも約15cmの長さに切り揃えられた様な状態になった(図9)。ノコギリモクには不明瞭ながら魚類の採食痕らしきものが認められ、藻食性魚類であるブダイがL礁と海底の間の隙間を利用している例も観察された。このことは、当該水域では海藻の小規模な移植では藻場が造成されにくいことを示唆している。

表 11. N礁による野外実験結果

N礁 タイプ	着底数			Total
	1996年 B区	1997年 B区	1997年 A区	
I	0	0	2	2
Ⅱ	13	4	7	24
Ⅲ	3	2	3	8
Ⅳ	9	4	3	16
Total	25	10	15	50

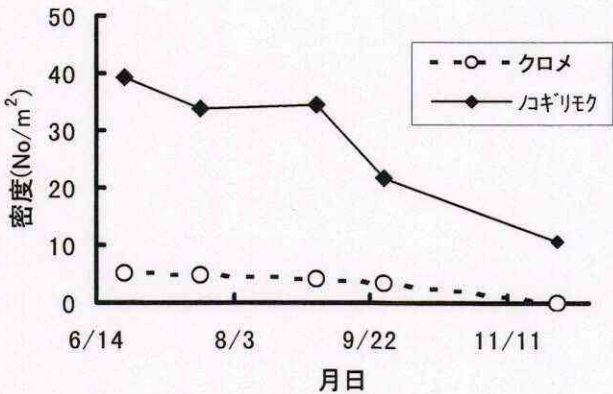


図 9. 海藻が自然に着生した L 礁を、磯焼け地帯 C 区に移設した後の、種別密度変化。



写真 1. ノコギリモクが着生し、理想的な状態になった L 礁(左)、及び孔に潜在する稚エビ(右)。

8) 対象としたものは1997年7月15日にA区とB区に設置したT礁2基で、いずれもノコギリモクが着生し、理想的な状況になっており、稚エビの生息も認められた(写真1)。調査は、1998年の7月6日に、それぞれの片面全70個の孔(7サイズそれぞれ10個)を対象として、その利用生物および生物による占拠の状況を調査した。占拠状況については、++:完全に占拠されておりイセエビが利用不可能、+:一部分が占拠されているがイセエビは利用可能、-:まったく利用されず設置時のままの状態、の3段階で評価した。最も大きな孔(7)では完全な占拠は見られなかったが、それより小さい6段階の孔では完全な占拠が最高で25%において見られた(図10)。しかし、甲殻類や巻貝類など移動性の動物による占拠が多く(図11)、これらを除外すると、ホヤなど固着性の動物による完全占拠は全体の12%であった。周辺岩礁部でも同じ孔が例年維持されていることがよく観察されることから、当該水域においては、ブロック設置後に孔が他

の生物によって完全に占拠される影響は小さいと考えられた。ただし、イセエビ同様に孔を日中の隠れ場とする他の動物との間で、孔を巡る種間競争の存在が示唆されるため、今回除外した移動性動物による孔の利用も、種によってはイセエビにとって利用不可能な状況になる場合があると見られ、今後検討する必要がある。

4. 考察

以上の結果から、現段階でイセエビ増殖場造成に関して指摘できる点は以下の通りである。

- 1) 後期幼生が黒潮の内側水域には分布せず、沖合に分布することから推測すると、沿岸各地で孵化した幼生は黒潮沖合で混合され、この混合された幼生群が各地先へ加入している可能性が示唆される。今後のさらなる研究が必要だが、現段階では特定の地先資源が全資源を支えているのではなく、それぞれの地先の個体群が再生産に寄与していると考えることが妥当であろう。
- 2) プエルルスおよび底生生活初期の稚エビを対象とする人工構造物として、多段階の孔を有する多孔式ブロックが有効である。プエルルスからCL約30mmまでの稚エビを生息させるには、各成長段階を考慮して採用した7段階の孔が有効であり、この段階数を減らした場合、礁の利用期間が短くなるなど、効果は小さくなると考えられる。
- 3) 多段多孔式実験礁の効果を高めるためには、何らかの海藻が着生し、維持されることが重要で、海藻がなけ

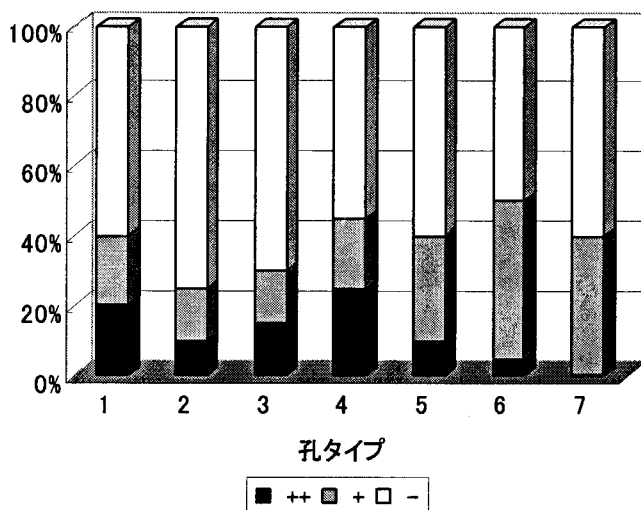


図10. T礁における設置1年後の孔のサイズ別利用度。孔サイズは1が最小(直径13mm)、7が最大(直径37mm)。

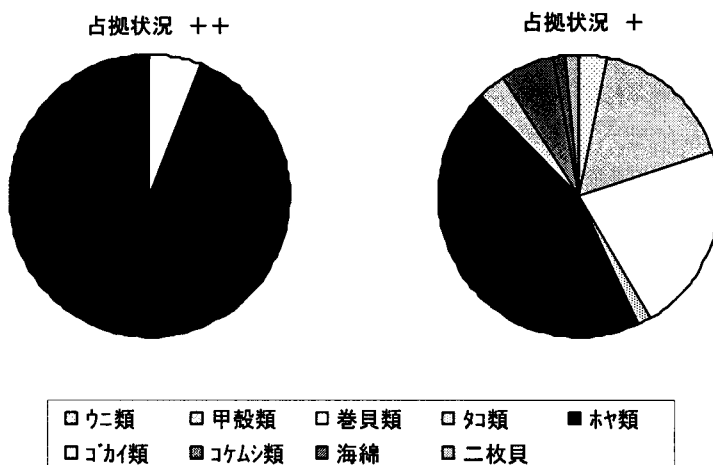


図11. T礁における設置1年後の孔の利用度別、生息生物の出現割合。

れば着底自体があまり起こらないか、着底直後の減耗が高くなるものと推測される。

- 4) プエルルスに着底を生じさせる効果においては、天然海藻と人工海藻(植毛タイプ)との間で差は見られない。プエルルスが餌を採らないステージであり、物にしがみつくことで着底するという行動上の特徴から推測すると、着底に影響するのはつかみやすいかどうかといった着底基質の性状が大きいものと推測される。
- 5) コンクリート単体よりも人工海藻を持った実験礁の方が、稚エビの生息密度は高くなる。しかし、餌を採る稚エビにとって海藻は策餌場として重要な環境であることから、維持や餌の質・量的な問題から、おそらく人工海藻による代用は難しいであろう。
- 6) 野母崎では、人工礁設置後1年間では固着性の生物による孔の完全占拠は12%と小さい。また、周辺の天然岩礁部では同じ孔が毎年埋没せずに維持されている例が多く見られる。より長期間の調査が必要ながら、少なくとも外海に直接面している野母崎町地先では、孔の埋没の問題は軽度である可能性が高い。
- 7) 前課題では、従来の投石礁がCL約15mm以上の稚エビにおいて有効であることが明らかとなっている。従って、多段多孔式ブロックと投石礁を組み合わせれば、着底から成体までを対象に含んだより効果の高い成育場が造成できる可能性がある。

なお、より高度な機能を持つイセエビ成育場の造成や管理に関する技術開発に向けて、今後以下の課題が必要であると考えられる。

- 1) 増殖場を含んだイセエビ漁場全体の管理方策を検討するためには、幼生期の移送過程や再生産関係をより明らかにする必要があり、広範な幼生の分布域全域において、さらなる調査の拡大が不可欠である。
- 2) 沿岸に加入するステージである遊泳期プエルルスについては、従来の調査でも採集数が少なく、未知な点が多い。事業適地の選定などに有効な情報が得られる様、加入経路などに関する調査を進める必要がある。
- 3) イセエビ増殖場の条件として、特にプエルルスの着底期である夏期に繁茂する海藻の存在が不可欠であるが、海藻を確実に生やし、維持する技術が未開発である。また、近年各地で見られる海藻の異変が将来イセエビ資源に与える影響が危惧される。
- 4) 着底直後の高い減耗要因が特定できず、保護対策が取りにくい。また、より長期における減耗率が不明であり、今後その方法論を含めて検討が必要である。
- 5) 効果の見られた多段多孔式実験礁について、実用化を目指した実証試験が必要である。

5. 摘要

調査船調査による浮遊幼生および遊泳期ポスラーバを対象とした調査の結果、次のことが明らかとなった。

- 1) イセエビの中期から後期の幼生は、およそ北緯 19° 以北を分布域としている可能性が高い。
- 2) 浮遊幼生は最終期になると黒潮主流域に移動すると考えられ、南西諸島周辺水域や薩南水域では、黒潮主流域における幼生のほとんどが最終期で優占される。
- 3) 幼生からポスラーバへの変態はこの黒潮主流域中で行われていることが示唆され、従ってポスラーバは黒潮主流域から各地沿岸域までの移動を担った発育段階であると考えられる。
- 4) 後期や最終期の幼生は、夜間は表層付近に、日中は少なくとも水深 40m 以深に分布することが示唆された。

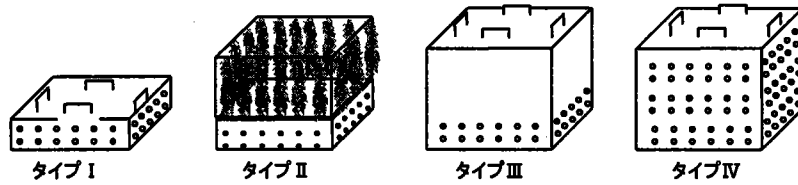
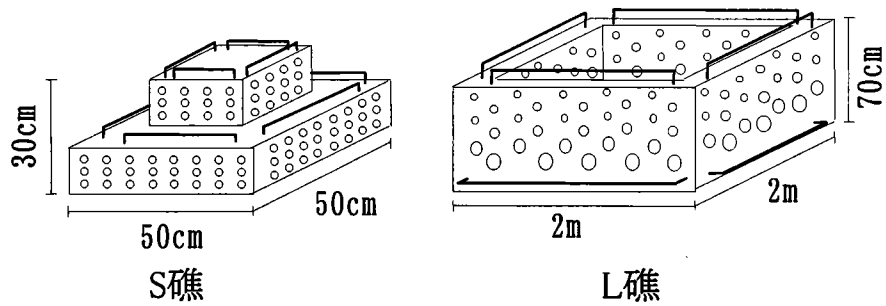
沿岸域における潜水調査および野外実験の結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 着底から約2週間の短期間における減耗率が、約 67% に達することが示唆された。
- 2) 着底後の捕食者として、フサカサゴとヒメヨウラクの2種が確認された。水槽実験によるとフトユビシャコモドキも該当する可能性が示唆された。
- 3) プエルルス着底数と海藻の被度との間には正の相関関係が認められた。
- 4) 設置1年以内において、人工海藻は稚エビの生息数を増大させることが確認された。

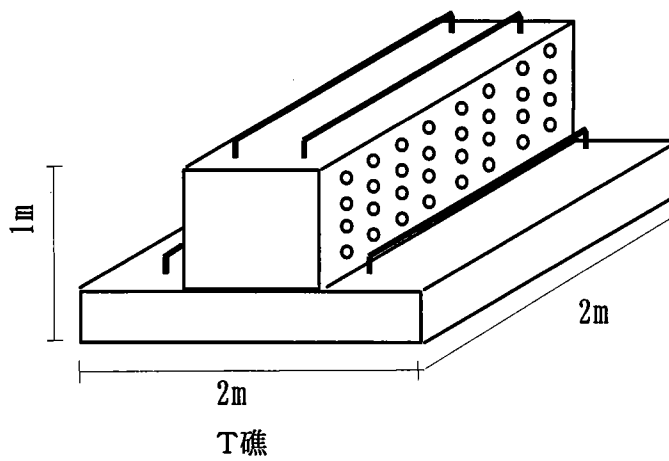
- 5) サイズが7段階の孔を実験礁に持たせれば、CL7〜30mmのポストラバと稚エビが生息することが確認され、少なくとも着底後3ヶ月間は利用し続けることが判明した。
- 6) 実験礁における孔の段階数を減らすと、礁に住みつ়期間の短くなることが明らかとなった。
- 7) 野母崎地先においては、設置後約1年間でイセエビ以外の生物によって孔が占拠される割合は12%と低いことが明らかとなった。

6. 引用文献

- 1) Yamakawa T, Nishimura M, Matsuda H, Tsujigado A, Kamiya N, 1989: Complete larval rearing of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(4), 745, (short paper).
- 2) Yoshimura T, & Yamakawa H, 1988: Microhabitat and behavior of settled pueruli and juveniles of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* at Kominato, Japan, Journal of Crustacean Biology, 8(4), 524-531.
- 3) Yoshimura T., Yamakawa H., & CP. Norman, 1994: Comparison of hole and seaweed habitats of post-settled pueruli and early benthic juvenile lobsters, *Panulirus japonicus* (Von Siebold, 1824), Crustaceana 66(3), 356-365
- 4) 吉村 拓, 中嶋 純子, 小笹 悦二, 松本 才絵, 1996: イセエビ類幼稚子の着底場及び養育場造成技術の検討. 平成6年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産庁研究所研究報告書, 77-87.
- 5) 遠洋水産研究所 浮魚資源部, 1999: 平成9年度俊鷹丸第1次調査航海報告書 クロマグロ仔稚魚採集調査, pp. 89.
- 6) Yoshimura T, Yamakawa H, & Kozasa E, 1999: Distribution of final stage phyllosoma larvae and free-swimming pueruli of *Panulirus japonicus* around the Kuroshio Current off southern Kyusyu, Japan, Marine Biology, 133, 293-306.
- 7) 白井 滋, 1998: DNAによるイセエビ幼生の種判別, 養殖, 1998(9), 88-90.
- 8) Murano M, 1971: Five forms of Palinurid phyllosoma larvae from Japan. Publ Seto Mar Biol Lab XIX(1), 17-25.



N礁（一辺の長さは90cm）



付図1. 野外実験に用いた実験礁