

イセエビ増殖場の造成と管理に関する技術開発

西海区水産研究所 沿岸資源研究室 吉村 拓
(社)長崎県水産開発協会 福島 純也
(平成11~14年度)

1. 緒言

近年の飼育実験によって、イセエビのフィロソーマ幼生は約一年間という長期浮遊期をもつことが示され^{1), 2), 3)}、天然海域においても幼生の採集手法の確立とそれに伴う採集数の増加によって、薩南海域では最終期幼生が黒潮主流域に分布し、それ以前の中期から後期の幼生が黒潮やその内側域にほとんど分布しないことなど^{4), 5)}が明らかにされた。これらのことから、中期や後期幼生の主要な分布域は黒潮沖合域であると考えられるが、幼生期全般における移送過程や天然幼生の期間などまだ検証すべきことが多く残されている。沿岸で孵化した幼生が、一年もの長期に渡って黒潮を越える広い水域を移送される可能性が示されたという研究の進展における憂えるべき側面として、では地先ごとに行われてきた産卵親エビ保護策はその地先への加入量増加という直接的な利益には繋がらないのではないか、という疑問を抱く漁業者が増えている。このため、増殖場はもとより、イセエビ漁場全体の管理を考える上で、幼生期の生態や再生産機構に関して更なる研究の進展が求められている。

沿岸域に加入(着底)した後のプエルルス(ポストラバ)から稚エビに至る期間の生態に関しては、着底環境や生息環境、行動様式、減耗過程などに関連した知見が得られてきた^{6), 7)}。例えば、従来プエルルスはテングサなどの小型海藻に着底し、稚エビに変態後もしばらくの期間は藻上生活すると考えられてきたが、近年の研究によってプエルルスは海藻に着底するものの、一般的にはその直後から海藻周辺の岩表面に開口する小孔を隠れ場に、海藻を索餌場として利することが明らかにされた。また、成長に伴ってより大きな孔を選択し、好適なサイズの孔がなくなると、石どうしの隙間や亀裂など、やや空間的広がりをもった部位を選択することも明らかにされている。これらの知見は、従来は困難であった着底期プエルルスから底生生活初期の稚エビを対象とする新しい人工礁の開発に結びつく重要な知見と考えられ、多段階の孔を多数施したコンクリートブロックと天然海藻の組み合わせによる実験礁の有効性は前課題において確認された⁸⁾。ただし、実験期間が短く、孔の埋没などブロック自体の変化と、それに伴う礁の機能の変化などについて、より長期間の観察に基づく評価が必要とされた。

そこで本課題では、幼生期から稚エビ期に至る成長過程を対象としたフィールド調査や、前課題において野外に設置した実験礁の継続観察と、これに改良を施した実証礁を用いた野外実験に基づき、移送過程や底生生活初期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。

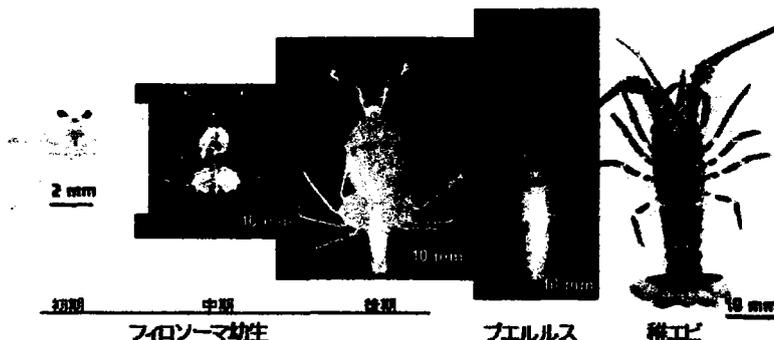


図1. 本課題で対象としたイセエビのステージ。

なお、幼生採集に関しては、西海区水産研究所東シナ海漁業資源部資源評価研究室・浮魚生態研究室、及び漁業調査船開洋丸と陽光丸の関係各位に、実験礁の製作・設置や潜水調査では長崎県水産部生産流通課、及び水産工学研究所水産土木工学部漁場施設研究室のご協力を頂いた。以上の関係各位に対して深謝申し上げます。

2. 調査方法

本研究では、図1の各ステージを対象とし、このうち幼生と着底前のプエルルスについては沖合での調査船調査、着底後のプエルルスと稚エビについては沿岸での潜水調査と野外実験によって調査研究を実施した。以下、調査別に方法について述べる。

(1) 沖合調査

九州西岸沖におけるフィロソーマ幼生の季節ごとの分布生態に関する知見を得る目的で、九州西岸域において得られたプランクトン標本を検討した。プランクトン採集に用いられたネットは、開口部 3 m²、網目合い 1mm のアイザックスキット中層トロール (IKMT) と、口径 80cm、網目合い 1mm のリングネット (80RN) であった。1994、1995 年、及び 1997 年の 3、4 月

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	採集ネット・曳網法	調査実施機関
1994	4/11-4/25	陽光丸	九州西岸域	IKMT 150m深からの傾斜曳き	西水研浮魚生態研
1995	4/10-4/17	陽光丸	九州西岸域	IKMT 150mからの傾斜曳き	"
1997	2/12-2/18	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	西水研資源評価研
	3/4-3/17	陽光丸	九州西岸域	80RN 150mからの傾斜曳き	西水研浮魚生態研
	4/12-4/23	陽光丸	九州西岸域	80RN 150mからの傾斜曳き	"
1998	8/21-9-1	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	西水研資源評価研
	1/31-2/11	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	"
	7/27-8/9	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	"
1999	1/15-1/23	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	"
	7/20-8/1	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	"
	9/25-10/5	陽光丸	九州西岸域	IKMT 散乱層水平曳き	"
2000	8/21-10/1	開洋丸	本州沖合域	RMT 50mからの傾斜曳き ニューストネット 表層曳き	西水研沿岸資源研
2003	1/14-1/30	陽光丸	四国沖合域	IKMT 50mからの傾斜曳き RSN 表層曳き	"

の 4 航海では、水深 150m から海面まで、水深が 150m 以浅の水域では海底直上 10m 深から海面までの傾斜曳きが行われ、曳網時間は平均 14 分であった。1997 年の 8 月以降は、魚探で確認された音波散乱層の中心水深において 10 分間の水平曳きが行われた (表 1)。

平成 2000 年 8-10 月と平成 2003 年 1 月には、幼生の本州太平洋沖合域における夏期と冬期の分布生態に関する知見を得る目的で、開洋丸と陽光丸による調査航海を行った。採集に用いられたネットは RMT (矩形中層トロール) とニューストネット、及び IKMT と RSN (矩形表層ネット) であった。採集方法は、RMT と IKMT が水深 50m からの夜間傾斜曳網、ニューストネットと RSN は夜間表層曳網であった。各調査の詳細を表 1 に示す。

(2) 沿岸調査

長崎県西彼杵郡野母崎町 (図 2) の地先において、着底期プエルルスから着底後およそ 1 年以内の稚エビを対象とした SCUBA 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と改良礁 (図 3) による各種野外実験を 1999~2002 年の期間を通じて実施した。調査頻度は原則月 1 回で、ポストラバ加入期である 6~9 月は 2 回以上の調査を行った。調査水域は、転石が主体の岩礁域で、ノコギリモク、ウスバノコギリモク、クロメなどの大型褐藻類が優占する水深 15m 以浅域で、礁の設置水深は稚エビ生息密度の高い 5~10m の範囲であった。

主な調査・実験について、その詳細を以下に述べる。

1) 自然の転石上におけるプエルルス着底数と稚エビ生息密度の経時変化の観察調査：大型褐藻類のクロメやノコギリモク、ウスバノコギリモクが繁茂し、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個を対象として、期間中の各調査日にその全てか一部におけるプエルルスと稚エビの生息数を計数した。稚エビについては第一令、2令以降、及び着底後1才以上の3つに分けて記録した。観察結果については平均生息密度、すなわち観察対象とした全表面積における総生息数を求めて検討を行った。

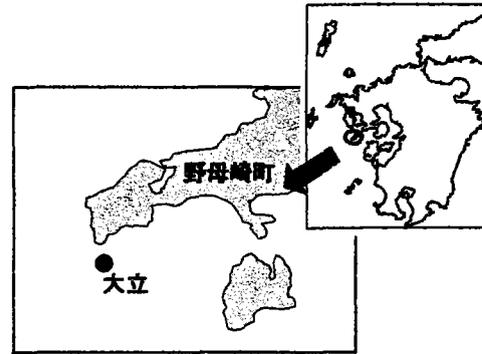


図 2. 長崎県野母崎町地先における潜水調査水域。

2) 実験礁における稚エビ生息密度の経時変化観察：着底礁の設置後の時間経過が、プエルルスや稚エビの生息密度に及ぼす影響を評価する目的で、1997年に設置した実験礁(図3)のうちの2基を対象として、プエルルスと稚エビの生息数の変化を調査した。この2基では、調査期間中を通じてノコギリモクの被度が70%以上で維持されていた。調査方法と結果の検討については、1)と同様の手法によった。

3) 改良礁の機能評価：改良礁(図3)は、稚エビの生息密度を高めることを目的に、孔の密度を実験礁の14個/m²から42個/m²に増大させ、かつ2段階の大きな孔を加えたものである。この改良礁の機能を評価する目的で、2000年と2001年に設置した8基において、やはり上と同様の方法によってプエルルスと稚エビの生息密度を観察した。ただし、2001年にはブロック上の海藻が十分生育していない段階であったため、ポリエチレン製フィルム(3mm×500mm)40本の束を、上側面に2束ずつと上面に2束の計10束取り付けした2基と、何もつけない2基において比較調査を行った。調査方法と結果の検討については、1)と同様の手法によった。

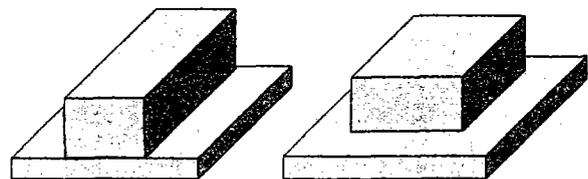


図 3. 実験礁(2.0×2.0×1.0m)と改良礁(2.2×2.2×1.0m)の概略図。

4) ブロック設置後の時間経過に伴う孔の状況変化の観察：多段多孔式礁は、孔が付着生物等によって占有されたり、入り口付近が被覆されると、イセエビ着底礁としての機能が著しく低下する。そこで、1997年7月に設置して以来、表面の掃除などが一切行

われず自然のままの状態にあった実験礁1基を対象として、片面全70個の孔の状況と、生息している生物種の記録を、2002年12月までの間に毎年度1回ずつ、計5回実施した。孔の状況については、++: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利用を想定したものよりやや小型の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イセエビに影響なし、の3段階とし、孔に影響を及ぼしている生物を固着性と非固着性に分けて検討した。単独の孔中に複数種の生物が生息する場合は、最も大型で孔の空間占有率が最も高い種を記録した。

3. 調査結果

(1) 沖合調査

日本周辺に分布するイセエビ属のうち、イセエビとカノコイセエビ類の幼生は形態的差が見出されていない。かつ、カノコイセエビ類は種の扱いが流動的であり、複数種に分かれる可能性も示唆されている^{9), 10), 11)}。このため、現時点では形態に基づく幼生の種査定には限界があり、イセエビとカノコイセエビ類のいずれかであることを意味して、以下の検討ではイセエビ型幼生という表現を用いる。ただし、本邦におけるイセエビ類漁獲量約 1,100tのほとんどがイセエビ *Panulirus japonicus* と考えられている¹²⁾ことから、本邦周辺水域で採集されるイセエビ型幼生の大部分はイセエビである可能性が高い。

九州西岸沖で得られたプランクトン標本からは、イセエビ型の初期幼生が合計 189 尾出現した。体長範囲は 1.4~4.9mm、ステージ別では第 I 期が最も多く全体の 37%を占め、第 II 期が 29%でこれに次いだ。出現時期は、7~8 月に行われた 3 航海のみで、9~10 月、1~2 月、及び 4 月に行われた 6 航海では全く出現しなかった(図 4)。第 VI 期以降の幼生は全く出現しなかった。

紀伊半島沖での 9 月における採集調査では、全 14 点においてイセエビ型幼生が合計 156 個体出現した(図 5)。体長範囲は 6.1~37.5mm、ステージ別では第 VI 期が最も多く、全体の 76.3%を占め、第 X 期が 9.6%でこれに次いだ。定点ごとの分布密度によると、比較的高い密度は、北部に観

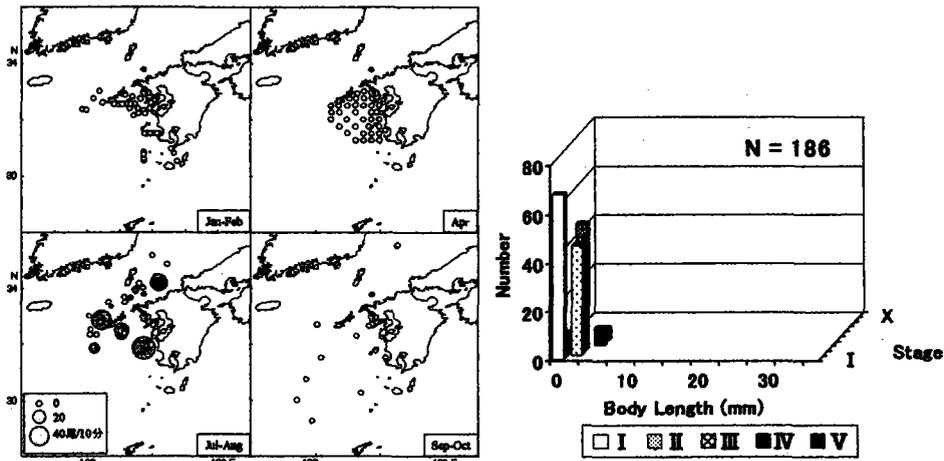


図 4. 九州西岸沖合域におけるイセエビ型幼生の季節別出現状況(左)、およびステージ別体長組成(右)。左図のうち、白丸は幼生が出現しなかった定点を、黒丸は出現した定点を意味し、丸の大きさは尾数を模式的に表している。

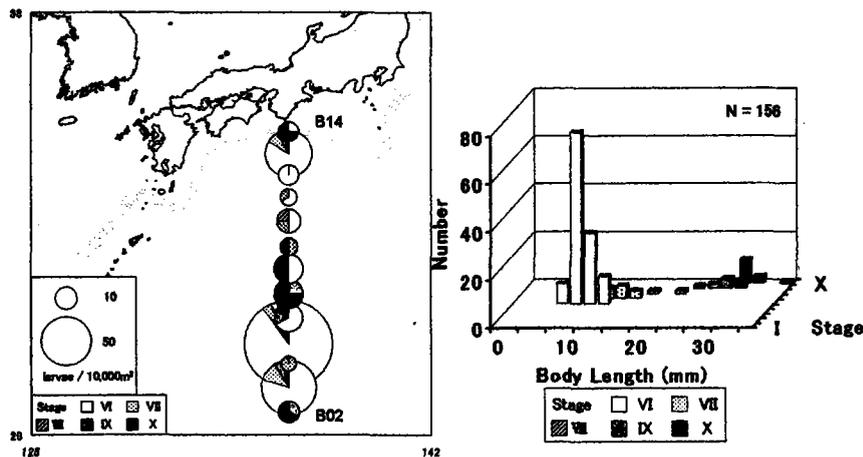


図 5. 夏期(9 月)の本州沖合域におけるイセエビ型幼生のステージ別出現状況(左)、およびステージ別体長組成(右)。

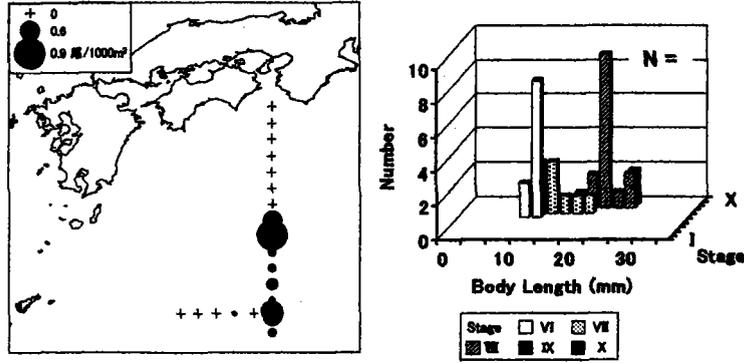


図6. 冬期(1月)の本州沖合域におけるイセエビ型幼生の出現状況(左)、およびステージ別体長組成(右). 左図の+は出現しなかった定点を意味する.

測された高気圧性渦と南部の低気圧性渦の内部に見られた。

四国沖での1月における調査では、21点中の10点においてイセエビ型幼生が合計36個体出現した(図6)。体長範囲は11.3~27.7mmで、いずれも第VI~IX期に相当し、もっとも多いのは第VIII期で全体の45%、次いで第VI期と第VII期がそれぞれ27.0%であった。出現域は黒潮沖合域であり、黒潮周辺域やその内側域では全く出現しなかった。分布密度は中規模渦の縁辺部で高く、中心部で低い傾向が見られた。

(2) 沿岸調査

1) 転石上における4年間のプエルルスと稚エビの密度変化を図7に示す。期間中で最も高い密度は、2001年9月の1.1尾/m²で、2000年8月の1.0尾/m²がこれに次いだ。転石上では、プエルルスの加入時期である夏期には密度が高いが、加入が終わる秋以降は急激に密度の低下する傾向がいずれの年にも認められた。プエルルスの加入量年変動を検討するために、加入期である5~10月のプエルル

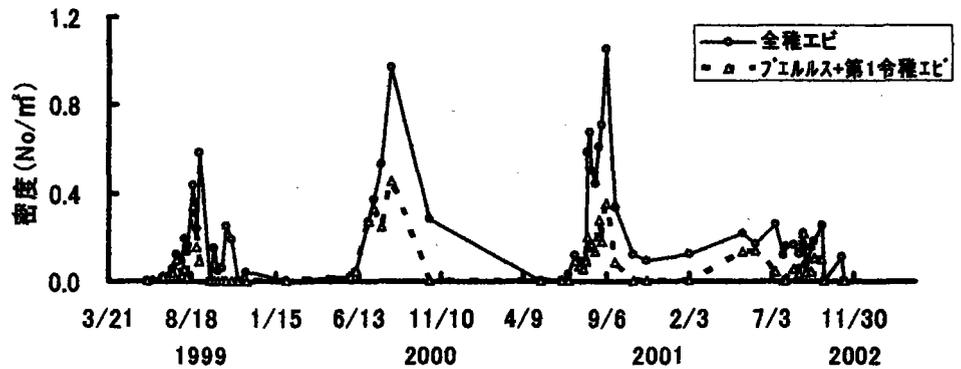


図7. 長崎県野母崎町地先の自然石におけるイセエビ稚エビの生息密度経時変化.

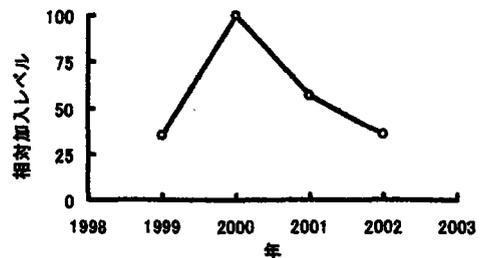


図8. 長崎県野母崎町地先の自然石(左、一例)におけるイセエビポストラーバの加入量年変動(右)

スと第1令稚エビの合計数と延べ観察表面積から求めた平均加入密度を、2000年に対する相対値で比較すると(図8)、期間中最も加入レベルが高かったのは2000年であり、1999年と2002年の加入はそれぞれその35%、36%と低かった。

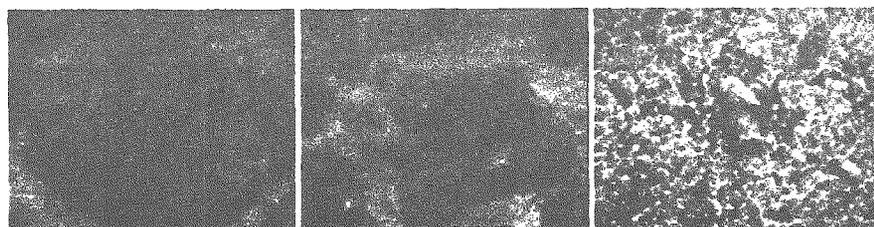


図 9. 海藻の繁茂した状態にある実験礁(左)と改良礁(中)、およびホヤの間によって孔が完全に占拠された一例(右).

2) 実験礁(図9)における稚エビの生息密度変化を年級群別に図10に示す。生息した稚エビの甲長は7~22mmであった。設置以降、程度の差はあるもののポストラバの着底や稚エビの生息密度は天然の転石とほぼ同じレベルで続いていることから、設置から5年半において本礁は着底礁としての機能を維持することが確認された。本礁では、住み着き可能な稚エビの最大体長はBL約22mmであり、それ以上に成長した個体は好適なサイズの孔がないために例年初夏ころまでに移動し、代わってほぼ同じ時期から新しい年級群が加入してくる結果、ほぼ1年を通して稚エビが生息している。一方、天然石は、稚エビの住み着く期間が本礁より短期間であり、ポストラバが隠れ得る小さな孔は多数存在するものの、より大型個体が隠れ得る大きい間隙は少ないためであると考えられる。このことから稚エビを生息させる目的において、本礁は天然石を上回る密度を達成していると言える。

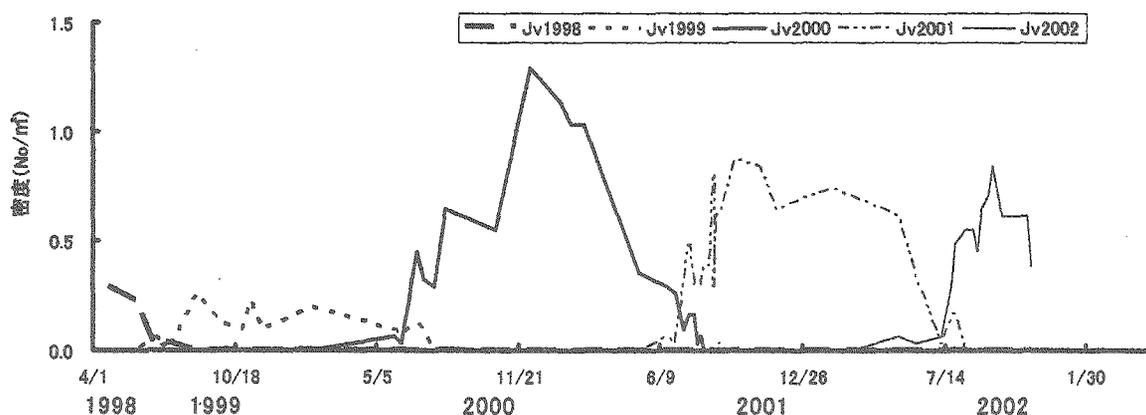


図 10. 野母崎町地先に設置した実験礁におけるイセエビ稚エビの生息密度の経時変化. 各線種は年級群を意味する.

3) 改良礁(図9)における稚エビの生息密度変化を図11に示す。生息した稚エビの甲長は7~31mmであった。海藻の生育が不十分であった2001年に比べると、海藻が十分生育した2002年における稚エビ生息密度は高くなったものの、最高密度でも9月初旬の0.7尾/m²と、実験礁や天然石と比較して低い値であった。しかし、これは当水域における2002年のポストラバ加入量自体が少なかった(図8)ことが原因と考えられる。加入の多かった2001年において、天然海藻の代用として人工

海藻を取り付けた1基における生息密度を点線で示した(図11)が、最高で2.0尾/㎡という高い密度を示している。このことから、本礁は自然石や試験礁を上回る機能を潜在的に有しているものと推測される。

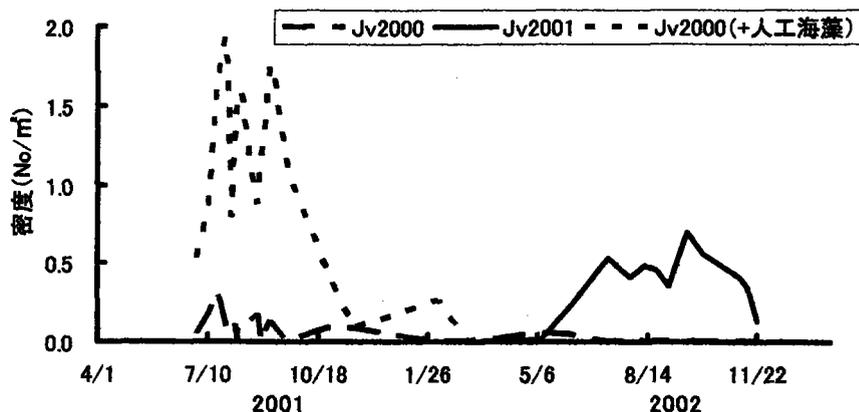


図 11. 長崎県野母崎町地先に設置した実証礁(最大 6 基 68 ㎡)におけるイセエビ稚エビの生息密度経時変化。点線は海藻の代用として人工海藻を取り付けた期間。

表 2. 基盤3種における稚エビ生息密度。

	表面積 (㎡)	孔密度 (個/㎡)	稚エビ生息密度		
			最大値	7-9月平均	1-3月平均
自然石	4.9		1.88	0.31	0.05
実験礁	10.3	6.8	1.55	0.74	0.66
改良礁	11.4	10.5	1.93*	1.3*	

*:2001年のみの結果

1)から3)の結果を、季節別の平均で比較すると(表2)、夏の生息密度は自然石で0.31尾/㎡、実験礁では0.74、改良礁では1.30であった。冬期では、実験礁が自然石の0.05に比べて0.66と高かった。

4) 実験礁設置から5年半の期間中に実施した5回の調査ごとに、孔の状態別の割合を表3に示した。イセエビの生息が不可能なまでに他の生物に占有された例は、小さい孔ほど割合が高く、タイプ1では最高で3

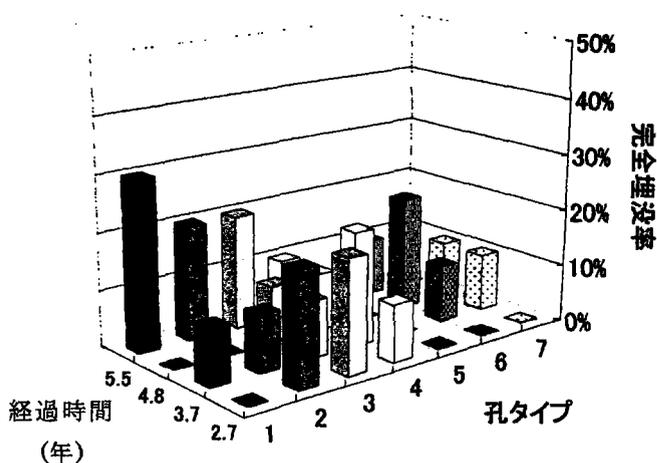


図 12. 試験礁の設置後の時間変化に伴う、孔タイプ別の完全埋没孔の割合の変化。孔タイプは1から7の順で、直径 13mm から 37mm まで段階別に大きくなる。

表3. 調査ごとの孔タイプ別の孔占有程度の割合. 数字は、各タイプの総数に対する割合.

孔タイプ	程度	調査年月日				
		1998/7/6	2000/2/4	2001/1/19	2002/3/28	2002/12/6
1	-	30	0	10	0	30
	+	40	10	10	40	20
	++	30	90	80	60	50
2	-	0	20	10	0	30
	+	40	20	60	100	30
	++	60	60	30	0	40
3	-	10	20	10	10	20
	+	50	20	30	90	40
	++	40	60	60	0	40
4	-	20	10	20	10	10
	+	40	40	20	50	40
	++	40	50	60	40	50
5	-	0	0	0	0	0
	+	40	30	20	60	10
	++	60	70	80	40	90
6	-	10	0	10	40	10
	+	60	10	10	40	30
	++	30	90	80	20	60
7	-	0	0	10	20	0
	+	60	10	0	50	20
	++	40	90	90	30	80

- かなり孔が埋まりアエルスでも利用不可
+ やや埋まるが、小さいイセエビの利用可
++ 変化なし

表4. 実験礁における孔タイプ別利用生物別の出現頻度. 数字は4回の調査における合計値で、上表は非固着性動物、下表は固着性動物.

孔タイプ	イセエビ	ウニ類	ウミシダ類	貝殻	巻貝類	魚類	甲殻類	頭足類	総計
1					11	3	2		16
2				1	11	1			13
3	2			1	12	2	1	2	20
4	3	1			7		3	1	15
5	6				12		3		21
6	7		5		8	1	4	1	26
7	5		4		15		6		31
Total	23	1	9	2	76	7	19	4	142

孔タイプ	ホヤ類	海綿類	多毛類	苔虫類	二枚貝類	総計
1	11	1			2	14
2	14		1		6	21
3	16	1	5			22
4	22		2		1	25
5	10		3		2	15
6	14					14
7	7			1		8
Total	94	2	11	1	11	119

0%に及んだ。ただし、途中3回の調査では10%以下であり、期間中では一時的な値であった。全タイプの期間中の平均で見ると、完全な占有が11%、一部占有されているが、想定サイズよりやや小

型のイセエビであれば十分利用可能な場合が35%、全く影響のない場合が54%であった。

孔を利用して生物の種別出現数を表4に示す。これによると、移動性の動物のうち最も出現数の多かったのはヒメヨウラクなどの小型巻貝類で、期間中の全利用生物数の29%を占め、次いでイセエビが9%であった。固着性動物のうちでは、ホヤ類の出現頻度が最も高く、全体の36%に及び、多毛類と二枚貝類が4%でこれに次いだ。

イセエビへの影響が大きいと考えられる固着性動物によって孔が完全に占拠された事例の孔タイプ別割合の経時変化を図12に示す。これによると、孔の埋没は単純な増加傾向は示さずに増減を繰り返しており、期間中の全体平均では固着性動物による完全埋没率は9%であった。

4. 考察

沿岸域に出現する初期幼生がV期以前に限られ、VI期以降は黒潮やその外側域に限って採集されること¹³⁾、及び冬期でも黒潮沖合域に第VIII期を主体とする中期から後期の幼生が出現すること¹⁴⁾から、沿岸各地で孵化した幼生は比較的早い時期に黒潮沖合域に移送され、ここで1年間の浮遊期間の多くを過ごすことが示唆される。この沖合域には中規模渦が多数形成されるが、これら渦は秒速約7cmで西方へ移動する¹⁵⁾ことから、仮に10ヶ月この水域に滞在するとすれば約1800km移送されることになるが、この距離は北緯25度線上の関東南方から台湾までの距離にほぼ相当する。この孵化後数ヶ月で沖合に運ばれ、10ヶ月近くかけて西方へ移送された後、黒潮に遭遇することで短期間のうちに本邦近海まで戻ってくるというおおよそのシナリオ(図13)によると、各地で孵化した幼生が黒潮沖合域で混合された上で、沿岸各地に加入する可能性が高い。

比較的長期間にわたる調査によって、多段多孔式のコンクリートブロックがプエルルスに着底場、および稚エビの生息場として機能し続けることが確認された。また、甲長約7mmのプエルルスから着底後1年経過した甲長約30mmの稚エビまでが利用できる様々なサイズの孔を高密度で持たせるという、天然の転石には見られない特徴を備えさせることで、天然石を上回る生息密度が実現されることも確認された。ただし、天然の大型海藻の着生が前提条件となっており、磯やけ地帯や貧海藻地帯において大型海藻を確実に着生させる技術が未開発の現状を考慮すると、使用する水域の選定には注意が必要である。

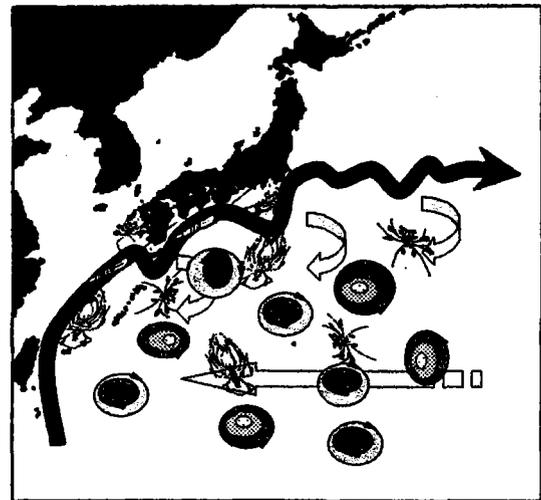


図13. イセエビ幼生の移送過程推定図。濃い円は高気圧性、点描の円は低気圧性の中規模渦。

以上の結果をまとめると、イセエビ増殖場の造成と管理に関して以下の事項が整理される。

- 1) 適地選定: プエルルスが来遊し、かつ夏期に大型海藻の繁茂する場所が適地と言える。プエルルスの来遊や着底の有無を確認するためには、5~10月におけるコレクターによるモニタリング、または潜水調査による直接観察が有効である。潜水観察は、大型藻類と孔のある岩盤や転石の急角度な面を中心に行うと効率的である。
- 2) 人工礁デザイン: プエルルスから稚エビまでを対象とし得る構造物として、7段階程度のサイズの孔を高密度に持たせた多段多孔式ブロックが有効である。実験海域では孔密度が42個/㎡と16個/㎡の2タイプを用いたが、両者における稚エビの生息密度には大差がなかった。ただし、

水域によって孔を利用するイセエビ以外の生物数などが異なることで、有効な密度は一定でないと考えられ、水域ごとに事前調査を行う必要があるだろう。

- 3) 造成方法：多段多孔式実験礁を有効に機能させるためには、天然の海藻を着生させることが重要である。特にプエルルスに着底期である夏期に繁茂する種であることが不可欠であり、野母崎地先においてこの条件に合致する種は、ノコギリモク、ウスバノコギリモク、クロメなどである。現実には、磯やけ地帯や貧海藻地帯において、これらの大型海藻を増やすことは技術的に困難な場合が多い。そこで、多段多孔式礁を設置する場所としては、藻場の中やその周辺が妥当だと考えられる。その際、礁に海藻ができるだけ着生するよう、周辺の底質や光、食害動物、付着動物などの条件を考慮することが重要となる。既設のイセエビ用投石礁やブロック礁が上記条件を満たすならば、この隣接域に多段多孔式礁を加えることで、ポストラバから成エビまでを対象とした総合的な増殖場が造成できるものと考えられる。
- 4) 管理方法：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程度の差こそあれ、大なり小なり再生産に寄与していると考えることが妥当であろう。従って、イセエビ増殖場や漁場において行われている産卵親エビの保護策は、全国共通の取り組みとして今後も継続されるべきである。
- 5) その他：人工海藻は、プエルルスの着底を生じさせる機能を有するため、礁設置後の海藻着生以前において、一時的な効果を期待した使用は可能である。ただし、付着物やコンクリートとの擦れなどによって機能は比較的短期間に低下する。野母崎では、礁設置から5年半の期間で固着性の生物による孔の完全占拠率は9%と低い。このことは、外海に直接面している水域では、礁における孔の埋没の問題は軽度であることを示唆しているものの、水域による差があると考えられる。実際には設置予定水域において事前評価が行われるべきである。

5. 摘要

浮遊幼生期を対象とした調査によって、次のことが明らかとなった。

- 1) 九州西岸域では幼生は夏期にのみ出現し、それらは第Ⅰ～Ⅴ期に限られており、第Ⅵ期以降のものは出現しない。
- 2) 本州沖の黒潮やその外側域には夏期、冬期ともにⅥ期以降の幼生が広く分布し、中規模渦の縁辺部で比較的密度の高い傾向が見られることから、この渦が移送過程に大きく関与しているものと推測される。
- 3) これらのことから、幼生が黒潮沖合域を長期滞在する水域としており、かつその期間が一年に及ぶことが示唆される。

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) 多段多孔式ブロックと天然海藻の組み合わせによって、プエルルスの着底とその後およそ1年間の稚エビの住み着きを天然環境と同等かそれ以上の規模で起こすことができる。
- 2) 多段多孔式ブロックを野母崎の藻場内に配置すると、翌年には海藻が繁茂し、稚エビ礁として機能し始める。また、設置から5年半という比較的長期間において、その機能が維持されることが確認された。
- 3) 同期間において、孔の埋没やそれに伴う機能の低下は、野母崎では軽微であることが確認された。

今後の課題

残された課題として、以下の事項が指摘できる。

- 1) イセエビ資源に対する水域ごとの再生産寄与率が不明であり、管理基準を水域によって調整すべきかどうかなど詳細は不明である。今後も幼生からポストラーバ期における移送過程や再生産機構に関する調査研究が不可欠である。
- 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) 海藻を確実に生やし、維持する技術が未開発である。
- 4) 天然礁を模倣し、イセエビに必要な条件を誇張した結果、天然岩礁をある程度上回る密度を達成できたが、着底直後の高い減耗要因や、長期における減耗率が不明であり、減耗をいかに回避するかという具体的な方法を検討する必要がある。
- 5) 隣接する礁間で、プエルルスの着底数に大きな差が見られる。礁周辺の微細な流動環境が影響した結果と考えられることから、流動と着底との関連性を検討することで、礁の配置に関する知見を得る必要がある。
- 6) 近年問題になりつつある藻食性魚類による海藻の食害は、当該水域でも毎年確認された。現時点で有効な対策がないことから、何らかの食害軽減策を検討する必要がある。

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) Kittaka J, Kimura K, 1989: Culture of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* from egg to juvenile stage, Nippon Suisan Gakkaishi 55(6), 963-970.
- 3) Sekine S, Shima Y, Fushimi H, & Nonaka M, 2000: Larval period and molting in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* under laboratory conditions. Fisheries Science 66, 19-24.
- 4) 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.
- 5) 吉村 拓, 2001: イセエビ *Panulirus japonicus* の水産生物学的研究, 月刊海洋 26, 230-236.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 吉村 拓, 小笹悦二, 清本節夫, 2001, 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, 平成 11 年度沿岸漁場整備開発調査報告書, 274-286.
- 9) George RW, 1997: Tectonic plate movements and the evolution of Jasus and *Panulirus* spiny lobsters (Palinuridae), Marine and Freshwater Research 48, 1121-1130.
- 10) Chan TY, & Ng P, 2001: On the nomenclature of the commercially important spiny lobsters *Panulirus longipes femoristriga*, *P. bispinosus*, and *P. albiflagellum*, Crustaceana 74(1), 123-127.

- 11) 関口秀夫, 1996: カノコイセエビ. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料(Ⅲ), 日本水産資源保護協会, 432-438.
- 12) 関口秀夫, 1996: イセエビ類の生活史 62 生物地理, 海洋と生物 107, 482-487.
- 13) Yoshimura T, Morinaga K, Shigeru S, & Yamakawa H, 2002: Palinurid phyllosoma larvae and their distribution in winter off the Pacific coast of Japan, Fisheries Science, 68, 194-197.
- 14) 森永健司, 吉村 拓, 2002: イセエビ属フィロソーマ幼生出現域の海洋環境, 月刊海洋 31, 135-142.
- 15) 花輪公雄, 江淵直人, 2002: 黒潮再循環流域の中規模渦の動態と黒潮流軸変動, 月刊海洋 31, 41-47.