

イセエビ保育礁の実証実験

金盛浩吉*1・金丸誠司*1・岩佐浩興*2

(1989年2月14日受理)

イセエビ (*Panulirus japonicus*) は主には黒潮の影響下にある太平洋沿岸域の岩礁地帯に分布し、磯根漁業における重要な対象生物の一つである。

全国におけるイセエビの漁獲量は図1にみられるように、1968年の約1700トンをピークとして、近年、減少傾向を示し、1985年には約1100トンとなっている。イセエビの種苗生産技術の確立がなされていない現在、本種の資源水準を増大させる方策としては、天然における幼生の生残率を高めるほかなく、このため1976年よりイセエビを対象とした大規模増殖場開発事業が全国各地で実施されている。

イセエビは産卵後約30~50日間で、ふ化しフィロゾマに変態する¹⁾。その後、1年前後を経過して、フィロゾマから変態したプエルルスが8月頃をピークとして沿岸域の浅場に着底する^{2,3)}。しかし、今日まで天然における最終期フィロゾマの採集記録も殆んどなく、フィロゾマの生態が明確にされていない。このような現状においては増殖場開発事業の対象となる幼生はプエルルスとならざるをえず、プエルルスを効率よく着底させ、生残率を高めることが効果的な増殖場を造成する上で非常に重要な課題となっている。

近年、イセエビを対象とした大規模増殖場開発事業の進展とともにイセエビの生活史の色々な成長段階のものを対象としたイセエビ礁が多々、研究されている⁴⁾。しかし、特に、プエルルスの着底に主眼をおいたイセエビ礁の開発研究は少ないようにみられる。今回、プエルルスの着底に人工藻を利用したイセエビ礁の実証実験を行い、棲息状況に関する若干の知見を得たので報告する。

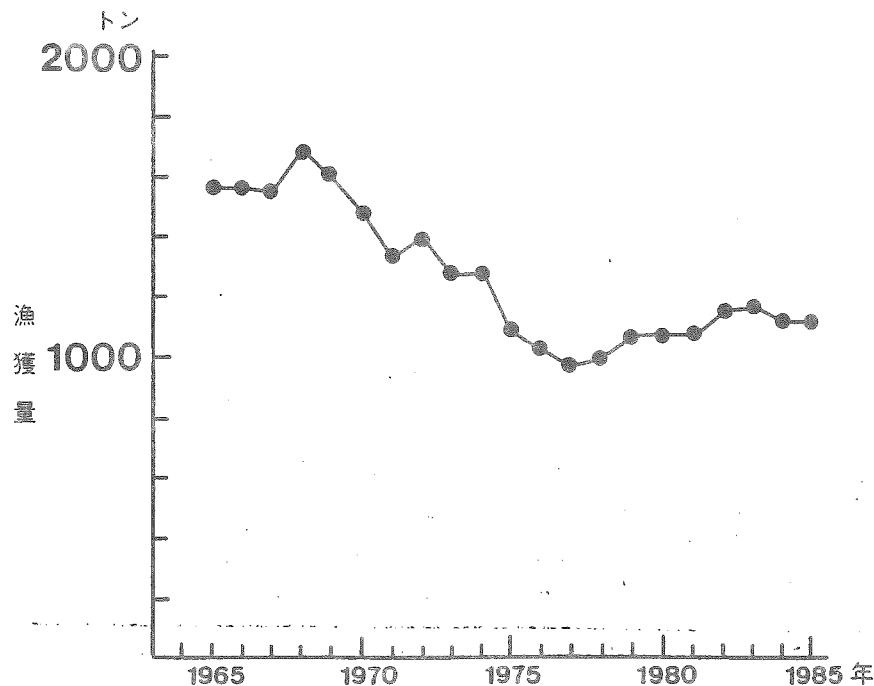


図1 全国におけるイセエビの漁獲量の変動

*1 和歌山県水産試験場 (649-35 和歌山県西牟婁郡串本町串本 1551)

*2 水産増殖施設株式会社 (910 福井県福井市花堂北 2-24-20)

調 査 方 法

試験用保育礁の構造 従来より、プエルスの採集についてはさまざまな採捕装置を用いて行われているが、金盛・金丸²⁾は金魚の採卵用人工藻（キンラン、長さ 10 cm）がプエルスの着底に効果的であることを確認した。そこで、今回の実証実験に用いたイセエビ保育礁では各種の人工藻を利用している。

イセエビ保育礁の全体概要を図 2、各種人工藻の素材および形状を表 1 に、人工藻を取付けたフレームの側面図を図 3 に示す。図 2 にみられるように A, B, C, D の各 1.5 m 角のコンクリート枠に各種人工藻のフレームを取付けてある。コンクリート枠 A には人工藻 No. 1 のフレームを 5 枚、コンクリート枠 B には人工藻 No. 2-1, No. 2-2 の各フレームを交互に 7 枚、コンクリート枠 C には人工藻 No. 3 のフレーム 15 枚を縦に挿入してある。また、コンクリート枠 D には人工藻 No. 4 を植えた藻板を 6 枚のコンクリート板の上面、下面に張りつけ、これを横に挿入してある。それから、A, B, C, D の各コンクリート枠の底部とコンクリート枠に囲まれた保育礁の中央部の底部にプエルスから変態した稚エビの棲息場として、長径 30~50 cm の割石を敷きつめてある。保育礁全体の空中重量は 26 トン、空容積 21.1 空 m³ である。この保育礁を 1983 年 12 月 28 日に和歌山県すさみ町朝来地先の水深 7 m の平坦な岩盤上に 1 基設置した（図 4）。周辺には転石、大きな岩礁がみられ、部分的にはイセ

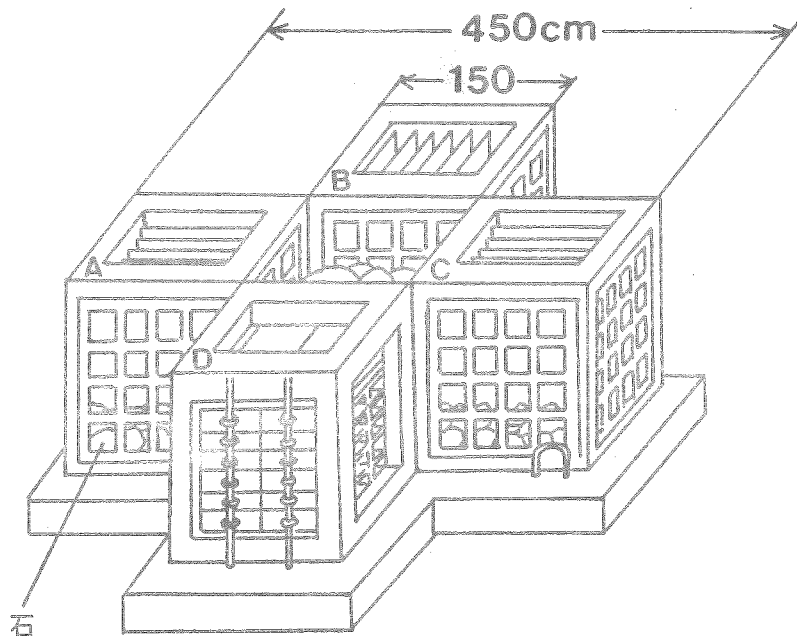


図 2 イセエビ保育礁の概要図

表 1 人工藻の素材および形状

枠記号	人工藻の種類	人工藻の素材			形 状	基 材	備 考
		糸 種	色	長さ mm			
A	人工藻 No. 1	ナイロン 1000 D モノフィラメント	褐色	100	束 状	FRP	
B	人工藻 No. 2	1 ナイロン 1000 D モノフィラメント	〃	100	ブラン状	鋼線(ステンレス)	No. 1-1, No. 2-2, 交互に取りつけ
		2 ナイロン 650 D 偏平糸	緑 色	100	ブラン状	鋼線(ステンレス)	
C	人工藻 No. 3	ナイロン 500 D モノフィラメント	褐色	20	網目状 植毛	ポリエチレン	
D	人工藻 No. 4	ナイロン 500 D モノフィラメント	〃	20	人工芝状 植毛	コンクリート	上面しま状植毛 下面全面植毛

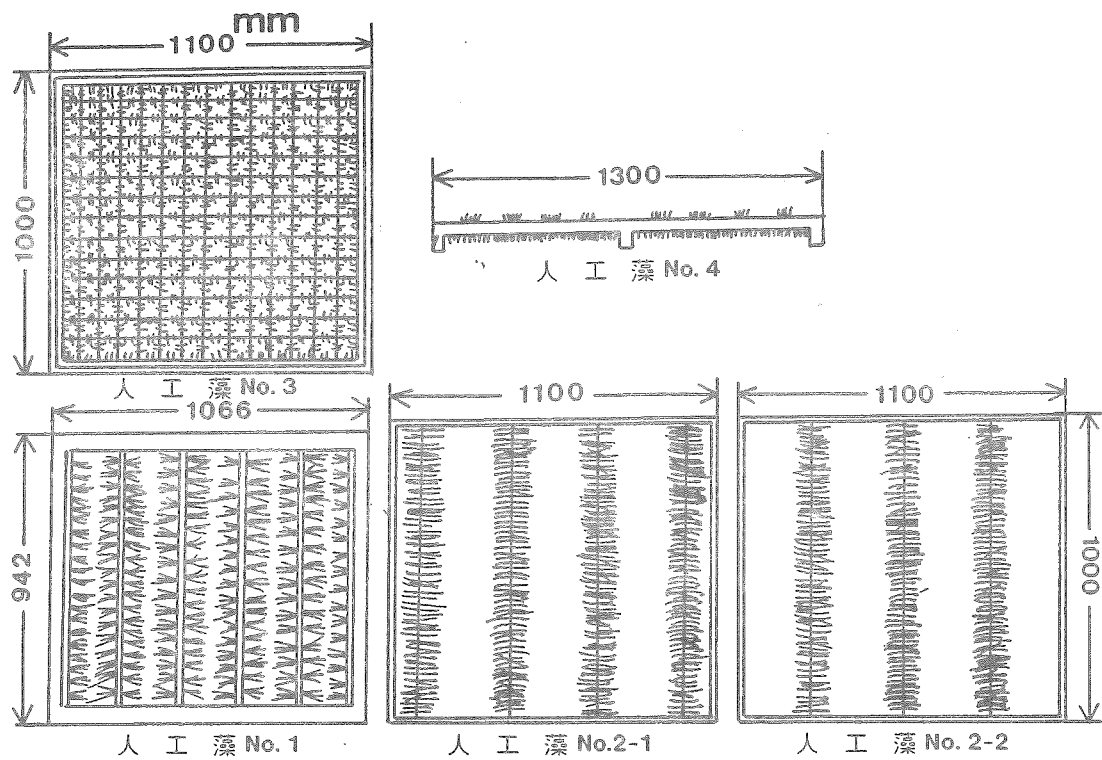


図 3 各人工藻のフレームの側面図

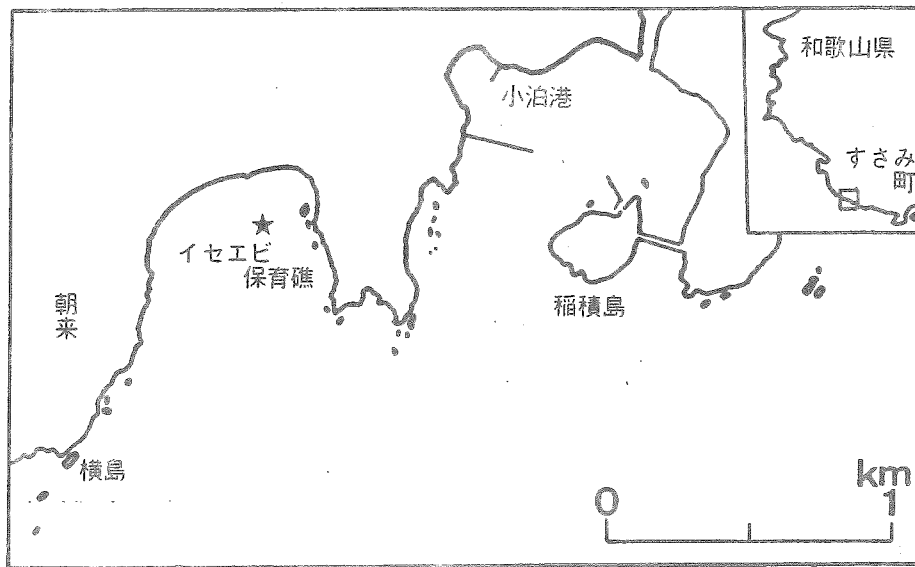


図 4 イセエビ保育礁の設置場所

エビの棲場ともなっている (図 5)。

着底エビの計数、計測方法 着底エビの棲息状況を調査するに当たって、潜水調査ではプエルスの目視観察が困難なため、保育礁全体をクレーン船で引揚げ、船上で各人工藻のフレームを取り外し、プエルス、稚エビの採集を行った。採集したプエルス、稚エビについては、体長、頭胸甲長および体重を測定した。なお、引揚げ時イセエビの落下を防ぐため、保育礁全体と各コンクリート枠に網袋 (目合 5 mm) をかぶせ引揚げ作業を行った。

金盛²⁾によれば、すさみ海域でのプエルスの出現時期は 5~12 月までで、8~10 月の新月期に出現のピークを示すパターンとなっている。このようなプエルスの出現パターンを考慮して、保育礁の引揚げは 1984 年 8 月 29

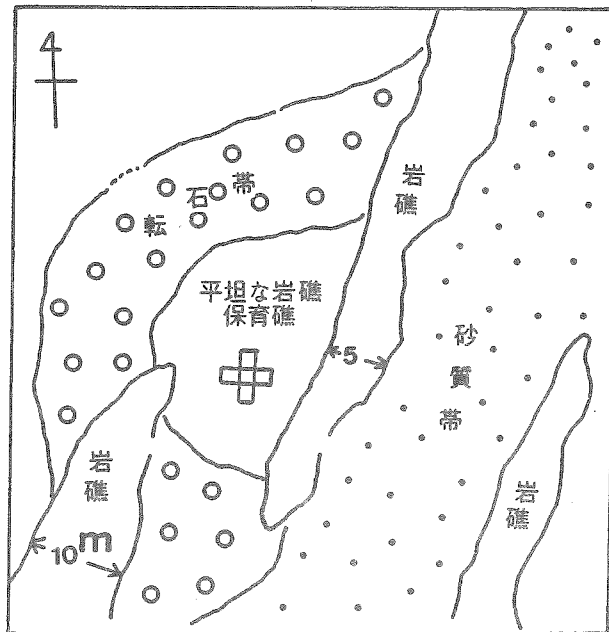


図 5 イセエビ保育礁設置場所の海底状況

表 2 保育礁でのイセエビの採集尾数

採 集 日 調 査 方 法	1984年 7 月 25 日		1984年 8 月 29 日		1984年 9 月 27 日		1984年 11 月 1 日		合 計	
	一部引揚げ		全部引揚げ		一部引揚げ		全部引揚げ			
採集物の区分	プエル ルス	初期稚 エビ	プエル ルス	初期稚 エビ	プエル ルス	初期稚 エビ	プエル ルス	初期稚 エビ	プエル ルス	初期稚 エビ
コンクリート砕A 人工藻 No. 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
コンクリート砕B 人工藻 No. 2	2	10	8	6	0	4	6	9	16	29
コンクリート砕C 人工藻 No. 3			8	9			8	4	16	13
コンクリート砕D 人工藻 No. 4			1	1			0	0	1	1
中央部割石			3	1			1	0	4	1
網の落下			1	2			1	0	2	2
合 計	2	10	21	20	0	4	16	13	39	47

日と11月1日の2回とした。また、この2回の調査のほかに潜水により海中で人工藻 No. 1, No. 2 の各フレームを取り外し、船上でプエルルス、稚エビを採集する調査も行った。この方法による調査回数は7月25日、9月27日の2回である。

結 果

保育礁での着底エビの採集尾数

保育礁でのプエルルスおよび初期稚エビ(第1期~第4期稚エビ)の採集尾数をコンクリート砕別に表2に示す。8月29日の引揚げ調査では、やはり、採集尾数が多くプエルルス21尾、初期稚エビ20尾の採集結果となっ

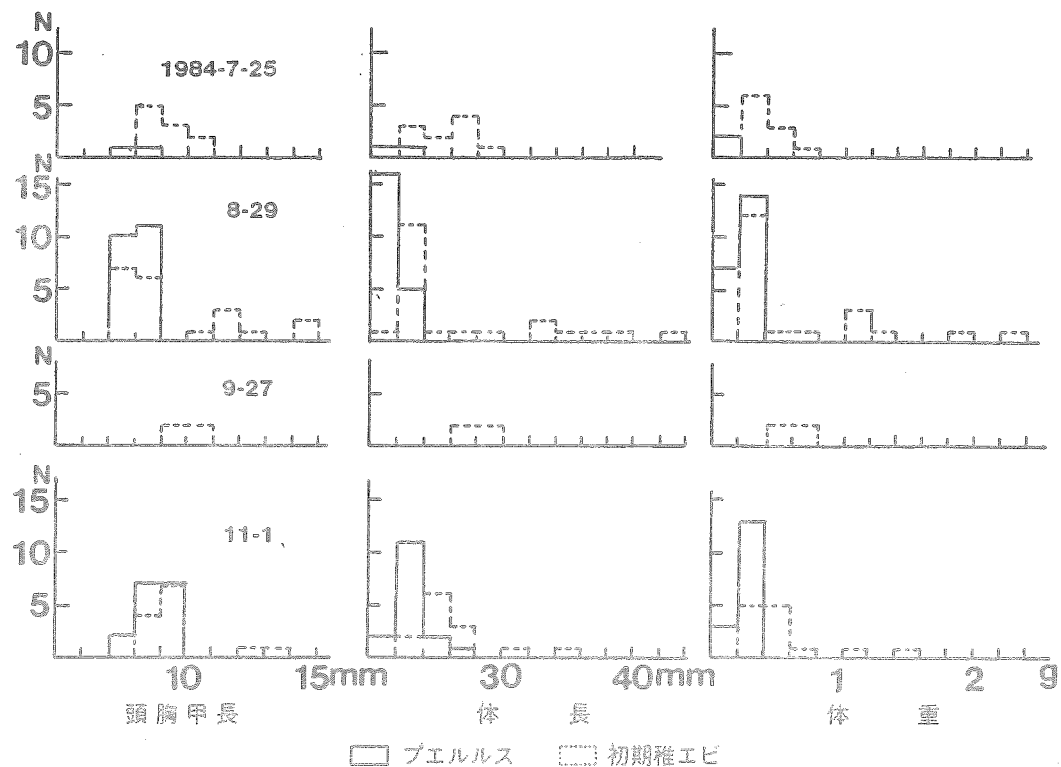


図 6 採集したプエルルスおよび初期稚エビの頭胸甲長、体長および体重組成

た。11月1日の調査での採集尾数はプエルルス 16尾、初期稚エビ 13尾である。また、7月25日と9月27日に実施した人工藻 No. 1, No. 2 の各フレームのみの引揚げ調査では、人工藻 No. 1 での採集がなく、採集されたのは人工藻 No. 2 のみである。前者で採集尾数はプエルルス 2尾、初期稚エビ 10尾、後者では初期稚エビ 4尾であった。

保育礁での全採集尾数はプエルルス 39尾、初期稚エビ 47尾である。

保育礁内各部での着底エビの採集尾数の差違

保育礁の特色は人工藻にプエルルスを着底させることにあるが、表 2 にみられるように保育礁内の A, B, C, D の各コンクリート枠内でのイセエビの採集尾数が多かったのは B と C のコンクリート枠内である。保育礁全体を引揚げた時の採集尾数をみると B ではプエルルス 14尾、初期稚エビ 15尾、C ではプエルルス 16尾、初期稚エビ 13尾となりほとんど変わらない。これに比べて、A と D のコンクリート枠内での採集尾数はプエルルス 0~1尾、初期稚エビ 1尾と極端に少ない結果となった。

各コンクリート枠には各種人工藻をとりつけたフレームが挿入されているが、これらの人工藻は素材が異なるだけでなく、植毛密度あるいはフレームの構造、数も異なっている。従って、各コンクリート枠内での採集尾数の違いを単に人工藻の素材の違いによるものと判断することは妥当でない。しかし、最初の考え方として単純に人工藻の素材の違いによるものとして採集尾数を比較してみると、人工藻 No. 2 と No. 3 では人工藻の長さ、太さが異なっているが採集数には差はみられない。また、人工藻 No. 3 と人工藻 No. 4 では素材に共通性が多いにもかかわらず採集尾数に差がみられた。このようなことからみると人工藻の素材の違いにより採集尾数が異なるのではなく、むしろ、人工藻のフレームへの植毛密度、フレームのコンクリート枠への挿入方法あるいはフレームの構造、数、さらに、保育礁への潮流の影響等が関係しているように考える。

保育礁で採集された着底エビの頭胸甲長、体長および体重組成

採集したプエルルスおよび初期稚エビの頭胸甲長 (CL)、体長 (BL) および体重 (BW) 組成を図 6 に示す。

沿岸域で採集されるプエルルスは透明な状態のもので、はやくて 6 日、一般に 7~9 日で、そして、頭胸部が若干着色している状態のものでは 4~5 日で第 1 期稚エビに変態する。さらに、第 1 期稚エビ (CL 7~8 mm) は 20 日程度で第 2 期稚エビ (CL 8~9.8 mm) に、第 2 期稚エビは 20 日程度で第 3 期稚エビ (CL 12 mm 前後) に変

態していく⁵⁾。また、第3期稚エビの期間はおよそ40日程度と推察される⁶⁾。このような結果からみると図6にみられるように、保育礁で採集されたイセエビの約90%がプエルルス期から第2期稚エビ期のものにあたる。最も成長の進んだ稚エビとしては8月29日にCL 14.0~14.8 mmの第4期程度のもので2尾採集されている。これらの稚エビはプエルルスとして着底してから最大90日間程度保育礁で棲息していることになる。

従来の人工藻(キンラン)を利用したコレクターで採集されるイセエビはほとんどがプエルルスから第1期稚エビまでであり、第2期稚エビに変態するに従い礁外に移動する傾向がみられた^{2,3)}。保育礁の底部に割石を利用したのは成長に伴う移動を防止し、保育礁内で棲息させるためであった。図6にみられるように保育礁内での棲息がみられたのは第1期稚エビから第4期稚エビまでで、それ以上の若齢エビ、成エビの棲息はみられなかった。

従って、保育礁内での割石は初期稚エビまでの棲息場としての機能を果たしているが、それ以上成長したものは逐次礁外に拡散すると考えられる。

考 察

保育礁でのプエルルスおよび初期稚エビの採集尾数が4回の調査で86尾あり、基本的には人工藻はプエルルスの着底を図る上で効果的であることが窺えた。

保育礁全部引揚げて点検した場合、1回点検当りのプエルルスおよび初期稚エビの採集尾数を m^3 当りでみると1.6尾、プエルルスのみでみると0.87尾となる。すさみ海域での人工藻を利用したコレクター(規模長さ0.5 m×0.5 m×高さ0.8 m)によるプエルルスおよび第1期稚エビの年間の平均採集尾数は1基当り0.4尾、 m^3 当り2尾となっている⁵⁾。また、熊野灘海域で実証実験を行った鋼製枠に石をつめたイセエビ礁(規模長さ1.5 m×幅2 m×高さ1.5 m、空容積3.87 m^3 、1979年9月27日、11月8日の2回引揚点検)での採集尾数をみると一番多く採集されたもので1基当り初期稚エビ8尾、若齢エビ、成エビ8尾計16尾である⁷⁾。1回点検当りの採集尾数を m^3 当りでみると2.0尾、初期稚エビのみでは1.0尾となる。このように、今回の試験用保育礁はコレクターと比較するとやや効率が悪い。しかし、鋼製枠のイセエビ礁と比較するとプエルルスおよび初期稚エビの着底を図るということでは、今回の保育礁は効果的と考えられる。保育礁は表2にみられるようにコンクリート砕A、Dではイセエビの採集が極端に少なく、この部分に人工藻No. 2, No. 3を用いる方式とすると、棲息尾数は今回の値より、さらに、多くなることが期待できる。

保育礁での採集尾数86尾は点検を行った場合のみの尾数であり、年間の総着底尾数の把握が重要な課題となる。そこで、1日当りの平均着底尾数の推定を次のように考えてみる。

指数型の残存過程を想定し1日当りの平均着底尾数 $=R$ 、減少係数 $=Z$ 、1回点検当りの採集尾数(保育礁内に滞在するプエルルスおよび初期稚エビの合計数)の平均値 $=N$ とすると

$$N = \int_0^{t_{\max}} R \cdot e^{-Zt} dt = \frac{R}{Z} [1 - e^{-Zt_{\max}}]$$

但し、 $e^{-Zt_{\max}} = 0$ 、従って

$$R = ZN$$

ここで、平均滞在日数を θ とすると、 $Z = 1/\theta$ 、従って

$$R = N/\theta \quad (1)$$

となる。ここで θ と N が与えられれば1日当り着底尾数 R は推定出来ることになる。

プエルルスおよび初期稚エビの各ステージ毎の変態期間^{5,6)}および今回の試験で得た各ステージ別の採集尾数を表3に示す。この表はとりもなおさず保育礁内に生息する初期稚エビの齢期別の現存数を示すものである。この表のデータを用い、北田⁸⁾のプログラムによって、 θ を計算した。 θ の計算に当たって2つの仮定を置いた。

表3 プエルルスおよび初期稚エビの各ステージ毎の変態所用日数および採集尾数

ステージ	変態 所要 日数	採 集 尾 数		
		8月29日	11月1日	合 計 A
プエルルス	9	21	16	37
第1期~ 第2期稚エビ	40	14	11	25
第3期稚エビ	40	4	1	5
合 計		39	28	67

* 日裁協、北田修一氏に計算をお願いした。

- 仮定—1. プエルスの着底は、このステージの始めに完了する。この場合、プエルスの期間を9日と考える。
 仮定—2. プエルスの着底は、このステージを通じて一様に行われ、加入完了はこのステージの終わりになる。この仮定のもとでは、プエルスの期間は5日と評価する。

計算の結果は、仮定—1では $\theta=14.81$ 、仮定—2では10.97となる。表3によれば、 $N=\sum A/2=33.5$ であるから、(1)式より、仮定—1では $R=N/\theta=2.26$ 、仮定—2では $R=3.05$ となる。このようにして R が求められると、これに年間の着底期待日数をかけ、年間の総着底尾数が推定できる。年間の着底期待日数はすさみ海域におけるプエルスの出現期間が5~12月であることを考慮すると、概略的には240日となる。そこで、年間の総着底尾数は $R \times 240$ 日 $=542 \sim 732$ 尾と推定される。しかし、この推定値もあくまでもすさみ海域におけるプエルスの豊度を基準としたものであり、保育礁の設置海域によりこの値も異なってくるものと考えなければならない。

つぎに、この年間の総着底尾数を基に保育礁の経済効果の判定法を検討してみる。

すさみ地先ではイセエビの漁獲制限重量を200gとしているが、これは雄では2齢前半群、雌では2齢後半群にあたる。そこで、まず、プエルスとして着底したイセエビは3年目から漁獲することを前提条件とする。

3年目の末までの生産金額 A 、4年目末までの生産金額 B 、年間の総着底尾数 N 、年齢別の平均体重をそれぞれ $BW(3)$ 、 $BW(4)$ 、3年目までの年間生残率 S 、漁獲率 E 、イセエビの単価 $=10,000$ 円/kgとすると

$$A=N \cdot S^3 \cdot E \cdot BW(3) \cdot 10,000 \quad (2)$$

$$B=A+N \cdot S^4 \cdot (1-E) \cdot E \cdot BW(4) \cdot 10,000 \quad (3)^*$$

で表わされる。

ここで、 $N=542 \sim 732$ 尾である。年齢別の平均体重は、成長式⁵⁾(雄 $l_t=118.0(1-e^{-0.2309(t+0.801)})$ 、雌 $l_t=94.9(1-e^{-0.2363(t+1.295)})$ 但し、 t は年齢、 l_t は t 年齢時の頭胸甲長である)および体重(BW)と頭胸甲長(CL)との関係式⁶⁾(雄 $BW=0.00140CL^{2.893}$ 、雌 $BW=0.00156CL^{2.679}$)を用い、性比を1:1として、雌雄の平均値として計算すると3年目で250g、4年目で361gとなる。

S は一般に極くまれに漁獲されるイセエビの CL (雄117mm、雌93mm)⁹⁾を考慮し、土井の方法¹⁰⁾に従ってBiomass解析を行うと0.80~0.85程度と推定される。ここでは $S=0.85$ 、自然死亡係数(M) $=-\ln S=0.162$ とする。

E はすさみ地先の年齢組成より求めた¹⁾全減少係数($Z=0.812$ (雄)、 $Z=0.968$ (雌))と前述の $M=0.162$ を用いて雄で $E=0.445$ 、雌で $E=0.516$ と計算される。これより、 $E=0.5$ 程度とする。

このような条件を基に A 、 B の値を求めると $A=416,591 \sim 562,961$ 円、 $B=672,301 \sim 908,516$ 円、 $A+B=1,088,892 \sim 1,471,476$ 円となり漁獲開始後2年で保育礁着底群からの漁獲金額は保育礁金額(1基約100万円)をカバーできる額となる。当然、これより安価な保育礁が開発されれば、さらに、短い期間で保育礁の回収が可能となり実用性の高いものとなる。しかし、上記の試算値にはまだまだ不確定な部分が多い。むしろ、効果の評価方法を示すのが今回の目的であり、今後、この方向で資料の蓄積を図りたいと考えている。

また、今回の保育礁の実証実験は1年間のみであり、保育礁本体、人工藻をとりつけたフレーム、あるいは人工藻に破損がみられなかったが、今後プエルスを着底させる人工藻の耐用年数の把握が重要になるとと思われる。

謝 辞

本報告をとりまとめるにあたり、御指導と御校閲を賜った日本栽培漁業協会須田 明博士に謹んで感謝の意を表す。

文 献

- 1) 大島泰雄(1950) イセエビの変態期間と年齢に関する一考察。日本水産学会誌, 13(1): 210-212.
- 2) 金盛浩吉・金丸誠司(1980) 熊野周辺海域におけるイセエビの資源生態の研究。昭和54年度和歌山水試事業報告: 107-185.
- 3) 金盛浩吉(1982) すさみ海域におけるイセエビの資源生態の研究—1 プエルスについて。昭和56年度和歌山水試事業報告: 138-154.
- 4) 金盛浩吉(1984) イセエビの生活史と増殖場造成について。水産における技術開発の現状と展望, 技術情報

* 自然死亡係数が低い程(3)式の近似の度合は高くなる。

センター：228-244.

- 5) 金盛浩吉 (1988) 和歌山県紀南海域におけるイセエビの資源生態と漁業管理の研究. 昭和 61 年度和歌山水試事業報告: 109-209.
- 6) 木下虎一郎 (1931) 伊勢蝦の Puerlus と其後の変態に就きて. 動物学雑誌, 46(551): 391-398.
- 7) 和歌山県 (1980) 熊野周辺海域総合開発事業調査報告書 (昭和 53・54 年度): 607-637 pp.
- 8) 北田修一 (1987) 打ち切り型の標識再捕データから死亡係数を推定する BASIC プログラム. 栽培技研, 16(2): 133-140.
- 9) 和歌山県 (1978) 昭和 51・52 年度大規模増殖場開発事業報告書 (南部町地区): 59-66 pp.
- 10) 土井長之 (1977) メキシコ産あわびの資源診断——迅速解析手法の一例として——. 日本水産資源保護協会月報, (154): 5-13.