

投石漁場におけるイセエビ幼稚仔礁の実証試験

石黒雄一・木下淳司・山本貴一

Demonstration of artificial reef for juvenile of the Japanese spiny lobster
Panulirus japonicus at stone reef artificially constructed

Yuichi ISHIGURO* , Junji KINOSHITA* , and Takakazu YAMAMOTO* , **

緒言

神奈川県沿岸では、磯根資源の増大を目的とした投石による漁場造成が広く行われてきた。主として貝類増殖を目的とした漁場造成は、餌となる海藻が繁茂するよう比較的浅い水深で実施され、サザエ、アワビ等の種苗も積極的に放流されているが、イセエビを主対象とする漁場造成は、必ずしも海藻の繁茂が必要とされていなかったことから、深い水深で実施されている。

その結果、親エビの生息場および漁場は拡大したものの、プエルルス幼生の着底には海藻の繁茂が不可欠であることから¹⁾、イセエビ資源そのものを増やす効果は乏しかったと考えられる。一方、近年魚礁等の人工構造物が持つ水産動物保護育成効果が注目されており²⁾、イセエビを対象とした漁場造成においても、従来の漁獲機能だけでなく、稚エビの保護育成機能を付加することが期待される。

稚エビの沿岸域への定着機構は、沿岸域でふ化したフィロゾーマ幼生が外洋域で過ごした後、黒潮域を経てプエルルス幼生に変態して沿岸域に來遊し、その後海藻などに着底して周辺の岩盤に開口する小穴を隠れ場として底生生活に入ると考えられている³⁾。田中ら⁴⁾の千葉県や山田ら⁵⁾の静岡県におけるコレクターを用いたプエルルスの來遊量調査によれば、プエルルス幼生は7月から8月にかけて特に多く來遊しており、両県の間位置する本県沿岸域でも同様と考えられる。着底後は成長に伴ってより大きな穴へ移動し、最終的に岩盤の亀裂や石の隙間といった空間に移動すると考えられている⁶⁾。従って稚エビの定着場所を人為的に設けるためには、プエルルス幼生の着底場となる海藻を増やすことと、稚エビの隠れ場となる小穴の設置が有効と考えられる。従来の稚エビ礁は、試験的に人工海藻が装着されているものがあるものの、稚エビ礁自体に海藻が繁茂することを期待し、海藻が繁茂する浅海域の岩礁域に隣接して設置されてきた⁷⁾。本研究では、海藻が繁茂していない投石漁場にイセエビ幼稚仔の保護育成機能を付加するため、投石漁場やその周囲に人工海藻を装着した各種の稚エビ礁を設置して、その効果を検証したので報告する。

方法

稚エビ礁の作製

稚エビ礁は大きく分けて2つのタイプを作製した。1つは、鉄枠で作製した台に稚エビが生息できる穴を開けたレンガ又はコンクリートブロックを配置したタイプで、人工海藻を装着し海底に設置した(以下、「鉄枠礁」と記す)。この鉄枠礁は人工海藻を装着することにより、海藻の繁茂していない水深でも稚エビを定着させるとともに、大きさの異なる穴を配置することで、より長期間保護することを目的としたものである。もう1つは、ロープで格子状に編んだネットに稚エビが生息できる穴を開けたレンガ又はコンクリートブロックを縛り付け、鉄枠礁と同様に人工海藻を装着して投石上に設置するタイプ(以下、「ロープ礁」と記す)で、これは投石漁場のような凹凸のある海底においても容易に稚エビを定着させる機能を付加することを目的としたものである。レンガ又はコンクリートブロックに開けた穴の大きさ、奥行きは、自然環境での稚エビの生息状況を明らかにしたYoshimura et al.²⁾の報告に従い決定した。なお、人工海藻装着の効果を検証するため、ロープ礁については人工海藻を装着していないものを対照として設置した。鉄枠礁及びロープ礁の概要は以下のとおりである。

(1) 鉄枠礁

2004年度は、レンガの1面にドリルで穴を開け、これを鉄枠とテラコッタタイルで作った棚の上に設置したもので(図1左)8基作製した。しかし、レンガにドリルで穴を開けることは時間や労力がかかる上、穴を開ける際に破損等もあった。そこで2005及び2006年度は、コンクリートを材料とし、コンクリートを型枠に流し込む際、各穴の径に合わせた塩ビパイプや丸棒をあらかじめ仕込み、コンクリートが硬化する前に抜き取る方法でブロックを作製した。そしてこのコンクリートブロックを鉄枠とテラコッタタイルで作製した台座に設置したもので(図1中、右)、2005年度はコンクリートブロックの両面に、2006年度は片面に穴を開け、各年度とも8基作製した。また、穴の形状は、入口形状が円形で貫通していない円柱状のものとしたが、2006

2008. 1. 受理 神水セ業績No.07-07

脚注* 相模湾試験場

** 現所属：環境農政部水産課

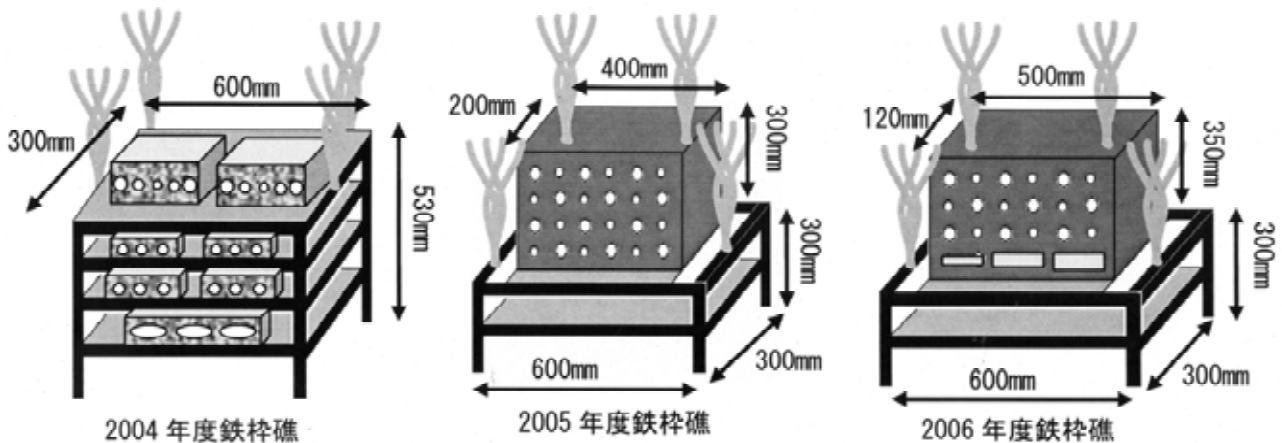


図1 鉄棒礁の概要

表1 鉄棒礁に設置したレンガまたはコンクリートブロックの穴の大きさと個数(8基分)

円柱型の穴

穴の直径(mm)	10	15	18	20	22	25	30	38	計
2004年度鉄棒礁	128	128	104	40	—	24	—	32	480
2005年度鉄棒礁	216	223	215	—	95	63	63	—	875
2006年度鉄棒礁	160	160	160	—	64	64	32	—	640

四角柱型の穴

穴の高さと幅(mm)	15×75	18×72	22×80	26×75	30×80	計
2006年度鉄棒礁	24	24	16	16	16	96

年度はさらに、入口が横長の長方形である直方体型としたものを加えた。これは、成長段階に合わせた穴の大きさの段階数が多い方が稚エビの滞在期間を長くするとの報告があり^{7, 8)}、段階数を多くするだけでなく、穴の縦横比の違ったものが長期滞在に効果があるのではないかとの考えによるものである。表1に鉄棒礁の穴の大きさと個数を示した。

また、人工海藻として赤色のポリエチレン製フィルム(幅3mm、長さ1~1.5m)約100本を束ね、2004及び2005年度は1基当たり6束、2006年度は1基当たり8束を装着した。

(2) ロープ礁

2004年度は、片面に穴を開けたレンガ15個を3m×3mの格子状(格子の大きさ0.5m×0.75m)のロープ

に縛り付け、人工海藻を1基当たり56束装着したロープ礁(図2)を3基作製し設置した。2005年度は、両面に穴を開けたレンガ20個を3m×3mの格子状(格子の大きさ0.2m×0.2m)のロープに縛り付け、人工海藻の効果を試験するため、人工海藻を60束装着したロープ礁と装着しなかったロープ礁を各々1基作製し、隣接して設置した。2006年度は、両面に穴を開けたコンクリートブロック20個を3m×3mの格子状(格子の大きさ0.2m×0.2m)のロープに縛り付け、人工海藻を70束装着したロープ礁と装着しなかったロープ礁を各々1基作製し設置した。表2にロープ礁の穴の大きさと個数を示した。これらに加え、人工海藻を装着しなかった2005年度設置のロープ礁に新たに人工海藻を60束装着し、人工海藻の効果を検証した。また、2005

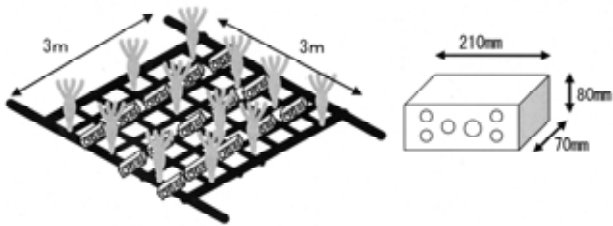


図2 ロープ礁の概要（図左はロープ礁の概要で図右のレンガ又はコンクリートブロックを装着）

表2 ロープ礁に設置したレンガ又はコンクリートブロックの穴の大きさと個数

穴の直径(mm)	10	15	18	22	30~40	計
2004年度ロープ礁	270	180	90	—	45	585
2005年度ロープ礁	520	280	80	—	40	920
2006年度ロープ礁	560	320	120	80	—	1080

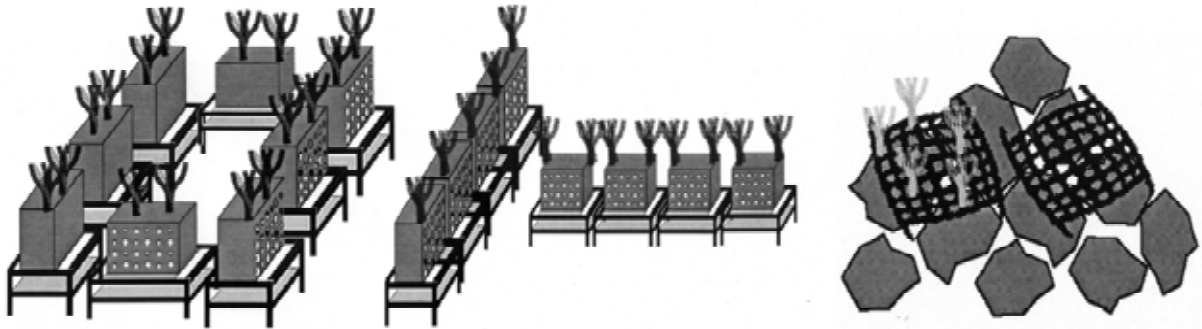


図3 鉄枠礁及びロープ礁の設置概要

年度の人工海藻を装着したロープ礁については、2006年度も引き続き観察し、人工海藻の劣化や穴の付着物等が稚エビの生息状況に及ぼす影響を調査した。

設置場所及び設置方法

稚エビ礁の設置海域は、神奈川県藤沢市江の島地先の水深約19mの海底に造成された投石漁場とした。この投石漁場はイセエビを対象とした刺網漁業が営まれていること、水深が深いため光量不足により海藻が繁茂していない漁場であることから試験場所とした。鉄枠礁は、2004及び2005年度は8基を口の字状に連結し（図3左）、2005年度は直線状に4基連結したものを2組とし（図3、中）、投石漁場に隣接して設置した。ロープ礁は投石の頂上部（水深約15m）にかぶせるように設置し、四隅を10kgの鉛錘で固定した（図3、右）。

稚エビ生息状況調査

稚エビの生息状況は、潜水目視により穴ごとに生息尾数を数え記録した。調査は、2004年8月から12月、2005年7月から12月、2006年8月から2007年2月にそれぞれ概ね月1回行った。

結果

設置状況

各タイプの稚エビ礁の設置日及びその後の経過を表3に示した。2004年7月に設置した2004年度鉄枠礁は同年12月に波浪により転倒し2005年3月まで調査できなかった。その後復旧させたが、2005年8月下旬に波浪により再度転倒・埋没し復旧が困難であったため、

その後の調査は行わなかった。2005年6月に設置した2005年度鉄枠礁は同年8月下旬に波浪により転倒・埋没したが、同年10月に4基、2006年5月に2基を復旧し、口の字状に連結した。人工海藻は復旧時に切断・脱落し、一部のみが残った状態であったが、そのまま調査を継続した。また、ロープ礁については、2005年6月に設置した2005年度人工海藻装着ロープ礁が同年8月に1箇所に集積するように乱れたがすぐに復旧させ、その他のロープ礁は調査期間を通じて異常はなかった。2004年度ロープ礁の格子は、1辺が0.75m×0.5mと大きく、レンガの片面にしか穴を開けなかったため、投石上に設置した場合、ロープに偏りが生じ、また、穴の開いた面が石に面してしまい稚エビが生息する機能を失っているのが見られた（図4左）。一方、2005及び2006年度ロープ礁は格子が小さいため、投石上に設置しても比較的均等に広がり、また、レンガやコンクリートブロックの両面に穴が開いていたため石との対面による穴の閉塞がなく、稚エビが穴に容易に侵入できる構造で設置されていた（図4右）。

なお、設置直後から一部の穴に浮泥の堆積が見られ（図5左）、また、時間経過とともに、付着生物で穴の一部が占有される例もみられた（図5右）。

稚エビ礁への稚エビ生息状況

図6に小穴における稚エビの生息状況を示した。第2触覚を穴から出している個体や四角柱型の穴に体を穴の長辺に平行な方向で生息している個体などが見られた。図7に各年度の稚エビの生息尾数を示した。鉄

表3 稚工ビ礁の設置年月日

年	2004年	2005年	2006年	2007年
月	M・J・J・A・S・O・N・D	J・F・M・A・M・J・J・A・S・O・N・D	J・F・M・A・M・J・J・A・S・O・N・D	J・F・M・A
2004年度 鉄棒礁	○ 7/23 設置	○ 転倒 ○ 復旧 ○ 人工海藻撤去	○ ○ ○ ○	
2005年度 鉄棒礁			○ 6/30 設置	○ ○ ○ ○ 2基 復旧
2006年度 鉄棒礁				○ 8/1 設置
2004年度 ロープ礁	○ 6/16 設置	○ 撤去		
2005年度 ロープ礁		○ 6/16 設置	○ 6/8 人工海藻装着	
2006年度 ロープ礁				○ 8/2 設置

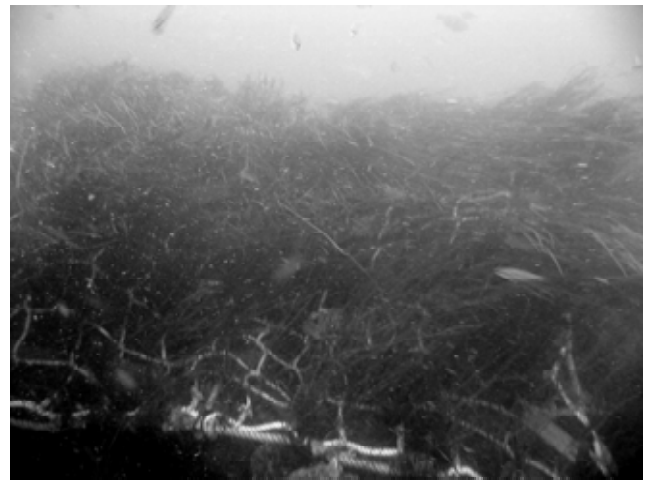


図4 2004年度人工海藻装着ロープ礁(左)と2005年度人工海藻装着ロープ礁

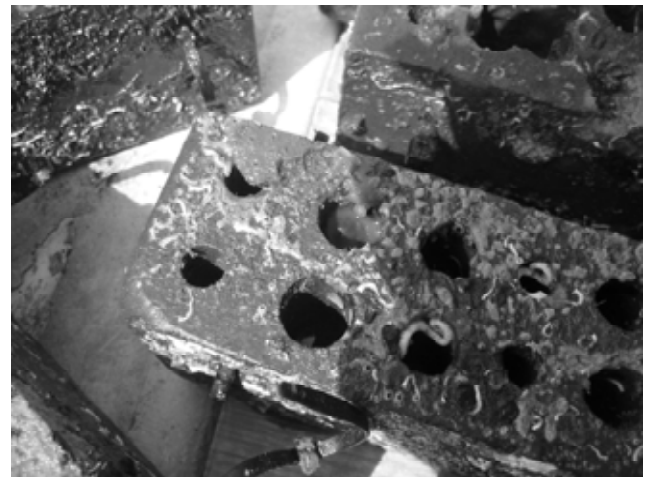
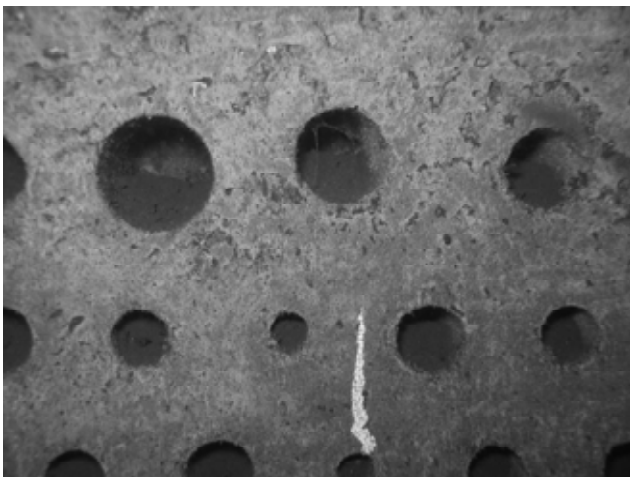


図5 浮泥が堆積した穴(左)と付着生物によって覆われた穴(右)

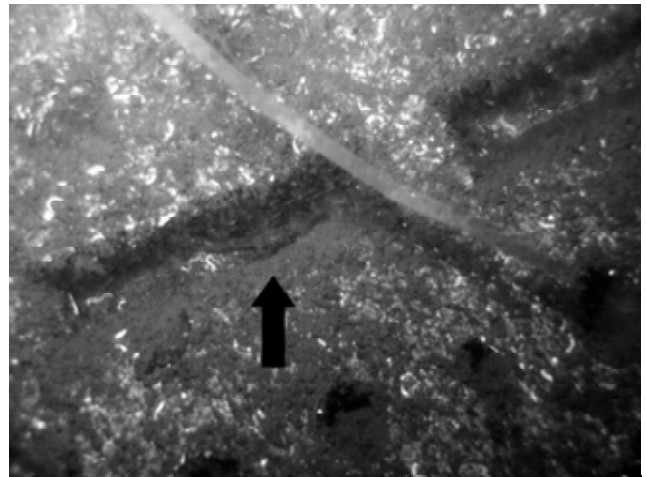
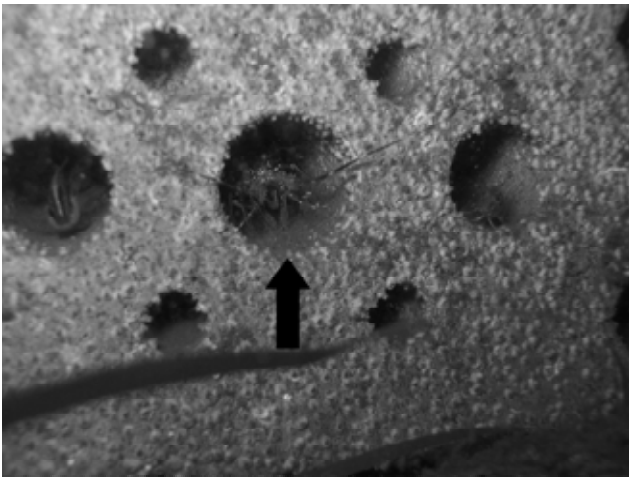


図6 穴への稚エビの生息状況

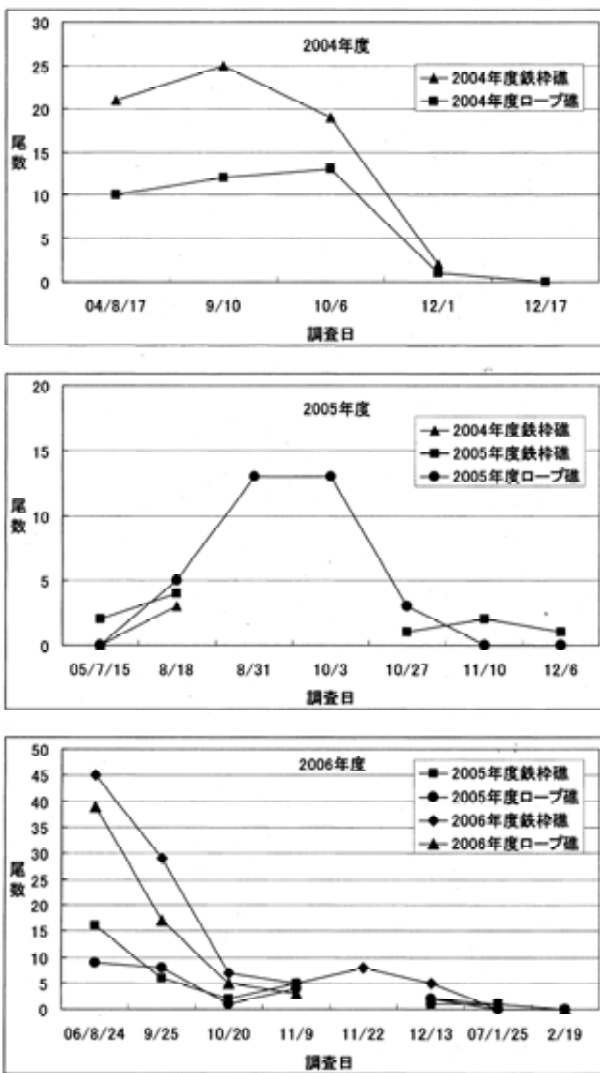


図7 各稚エビ礁の調査日別生息尾数の推移

棒礁及びロープ礁ともに同様の傾向を示し、調査年度によって多少の違いはあるが、8月から10月に多く稚エビが生息しその後減少した。最も遅くまで稚エビが確認できたのは2007年1月における2005年度鉄棒礁及び2006年度人工海藻装着ロープ礁の各1尾であった。生息尾数の多かった2004年度及び2006年度の鉄棒礁における稚エビの生息した穴の大きさと、調査期間中の生息尾数の推移を表4及び5に示した。また、穴の大きさ別生息尾数割合を図8に示した。両年度とも、調査期間の前半は小さな穴での生息数が多いが、その後大きな円柱型の穴や四角柱型の穴に生息する稚エビの割合が高くなる傾向があった。

人工海藻の装着効果

表6にロープ礁における人工海藻の有無別の稚エビ生息状況を示した。2005年度における2005年度人工海藻装着ロープ礁の稚エビ生息尾数は30尾、未装着ロープ礁は4尾であった。また、2006年度における2006年度人工海藻装着ロープ礁の稚エビ生息尾数は67尾、未装着ロープ礁は0尾であり、両年度とも人工海藻を装着したロープ礁の稚エビの生息尾数が明らかに多かった。なお、2005年度人工海藻未装着ロープ礁の生息尾数が少なかったのは、設置場所が稚エビの着底・生息に不適であった可能性もあるため、2005年度人工海藻未装着ロープ礁に2006年度に新たに人工海藻を装着したところ、13尾の生息が確認でき、人工海藻未装着であった2005年度時より生息尾数が多かった。

稚エビ礁の劣化と稚エビ生息状況

2006年8月24日における2005年度人工海藻装着ロープ礁と2006年度人工海藻装着ロープ礁の状況を図9に示した。2006年度のロープ礁は設置22日後の調査では、人工海藻が浮力を持ち良好な状況であったが、2005年度ロープ礁は設置後1年以上経過しており、人工海藻に付着物が多く、浮力が減少していた。また、レン

表4 2004年度鉄粹礁の各調査日における穴の大きさ別生息尾数

調査年月日	穴径(mm)						合計
	10mm	15mm	18mm	20mm	25mm	38mm	
2004/8/17	8	7	4	0	2	0	21
2004/9/10	3	11	0	6	5	0	25
2004/10/6	3	9	1	5	1	0	19
2004/12/1	0	1	0	1	0	0	2
2004/12/17	0	0	0	0	0	0	0
合計	14	28	5	12	8	0	67

表5 2006年度鉄粹礁の各調査日における穴の大きさ別生息尾数

調査年月日	穴径(mm)						合計
	10mm	15mm	18mm	22mm	25mm	30mm	
2006/8/24	9	24	11	1	0	0	45
2006/9/25	3	10	14	1	1	0	29
2006/10/20	0	1	3	0	2	1	7
2006/11/9	0	1	2	2	0	0	5
2006/11/22	0	1	3	2	2	0	8
2006/12/13	0	0	0	1	3	1	5
2007/1/25	0	0	0	0	0	0	0
2007/2/19	0	0	0	0	0	0	0
合計	12	37	33	7	8	2	99

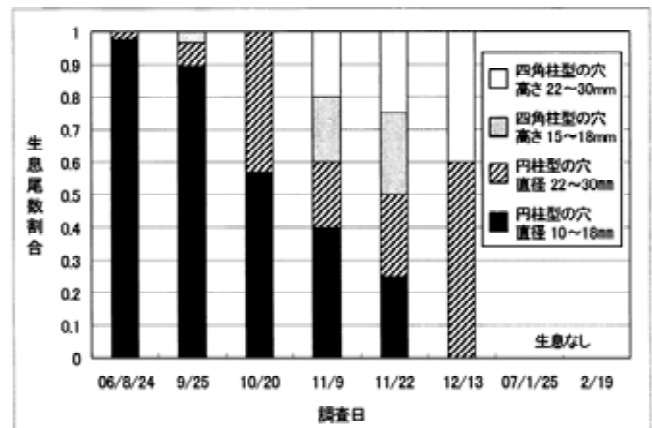
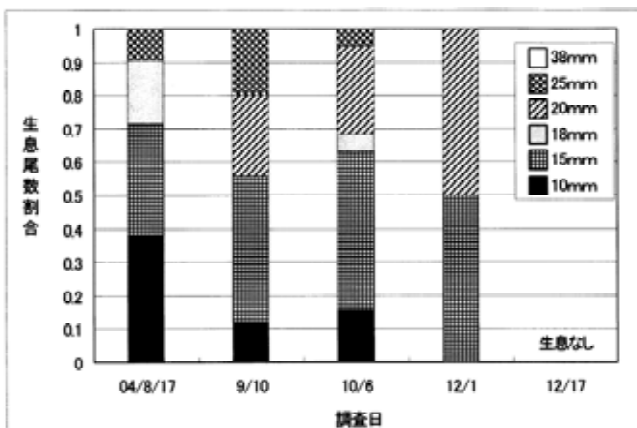


図8 2004年度鉄粹礁(左)及び2006年度鉄粹礁(右)の各調査日における穴の大きさ別生息尾数割合の推移

表6 ロープ礁における人工海藻の有無別稚エビ生息尾数

ロープ礁作製年度	人工海藻装着状況	稚エビ生息尾数	
		2005年度	2006年度
2005年度	装着	30	11
	未装着 (2006年度装着)	4	13
2006年度	装着	—	67
	未装着	—	0

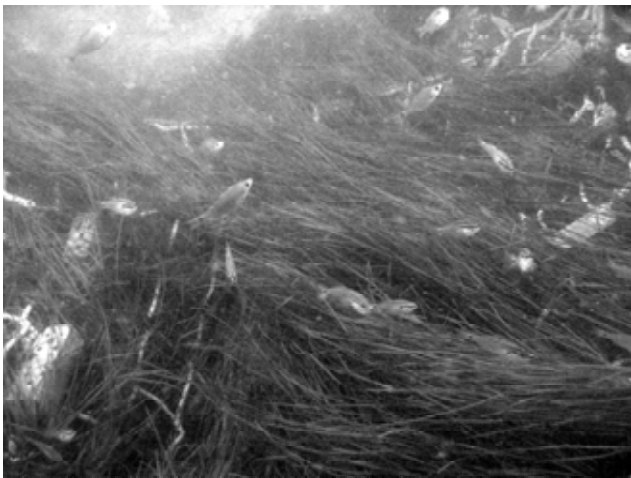


図9 設置22日後の2006年度ロープ礁(左)と設置1年後の2005年度ロープ礁(右)

ガに開けた穴にも海綿類などが付着していた。

稚エビの生息状況は、設置後1年以上経過した2005年度人工海藻装着ロープ礁は11尾、2006年度人工海藻装着ロープ礁は67尾であり、2005年度人工海藻装着ロープ礁の方が生息尾数は少なかった。また、2006年度に新たに人工海藻を装着した2005年度ロープ礁は、人工海藻が2006年度人工海藻装着ロープ礁と同様に新しいものである一方、穴の付着物は1年以上経過した状態のものであるが、このロープ礁の生息尾数は13尾であり、2006年度人工海藻装着ロープ礁より少なかった。これらのことから、稚エビ礁の劣化による生息尾数の減少は、人工海藻の浮力低下よりは、穴が付着物によって狭くなることが原因であることが示唆された。

考 察

これまで報告されている稚エビ礁は、海藻が繁茂する水深の浅い場所に設置され、その効果が確認されている^{7,9)}。海藻は、プエルルス幼生が着底する際の基質として作用し、摂餌する場でもあり、さらに隠れ場である穴を覆い捕食生物から守る役目も果たしていると

考えられている³⁾。本研究で人工海藻がこの役割を担うことにより、海藻が繁茂しない海底でも稚エビの定着が可能であることがわかった。稚エビは甲長約15から30mmまでは、岩礁の小穴に生息し、その後成長に伴って、岩の隙間などに移動していくことが報告されている⁶⁾。また、多段階の穴の大きさを持った稚エビ礁は、長期間稚エビの生息が可能であるとしており^{7,8)}、本試験で用いたようなイセエビ幼稚仔礁を投石漁場に設置することにより、稚エビを甲長30mmまで保護し、その後、投石の隙間に稚エビが移動し親エビまで成長することによって、イセエビ資源の増大に寄与できる可能性が示唆された。ただし、今回の試験では10月以降稚エビ生息尾数が減少し、翌1月以降生息が確認できなかった。投石へ移動しているのならば問題はないが、稚エビの成長速度を考慮すると甲長約30mmに達する翌年まで小穴に生息している稚エビが存在しても良いはずである。今回の調査では、最も遅く生息していたのが1月の2尾であったが、稚エビの生息していた穴は、時間の経過とともに大きな穴や四角柱型の穴へと移行しており、成長とともに移動し穴から投石の

隙間等へ移動した可能性が考えられる。この他に餌環境や捕食などによって死亡した可能性もあり、さらに検討する必要がある。

また、穴が付着生物や巻貝などで覆われ、付着物により人工海藻の浮力が減少するなど、稚エビ礁の機能低下も懸念されるが、穴の付着物は5年半の間は単純増加せず増減を繰り返し、完全占拠されないとの報告があり⁷⁾、海域は違うものの本稚エビ礁の穴も完全埋没せず機能を有し続けることが期待できる。人工海藻についても、この調査とは別に同海域に設置した人工海藻が4年間にわたり脱落等がなく存在していたことから(石黒、未発表)完全に機能を失うことはないかと推測された。

以上のことから、海藻が繁茂していない投石漁場において、多段階の大きさの穴を開けたレンガやコンクリートブロックに人工海藻を付加することで稚エビの定着を可能にすることがわかった。また、ロープ礁は投石漁場といった凹凸のある場所にも設置可能であり、イセエビ資源の増大に有効であることが示唆された。

謝 辞

今回の調査を実施するにあたり、稚エビ礁の作製には相模湾試験場職員露木久士氏に、稚エビ礁の設置、調査には調査船うしお前船長榎沢春雄氏、同乗組員鈴木征仁氏、渡辺泰行氏の方々に協力していただき感謝いたします。なお、本調査は藤沢市の委託事業により行いました。ロープ礁を発案した藤沢市なぎさ事務所の職員の方々に感謝いたします。

引用文献

- 1) Taku Yoshimura, Hiroshi Yamakawa and Christopher Paul 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.
- 2) 平成16年度水産工学会春季シンポジウム(2005): 人工構造物による漁場・増殖場造成における新しい展開と方向性, *水産工学*, 42(1), 87-100
- 3) 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
- 4) 山田博一・長谷川雅俊・成生正彦(2006): 南伊豆海域に来遊したイセエビ幼生の漁獲への加入状況, *栽培漁業技術開発研究*, 34(1), 33-41
- 5) 田中種雄・内野加奈子・岡本隆(2005): 外房千倉町地先でのイセエビプエルルス幼生着底量と親エビ資源量および房総沖黒潮離岸距離の関係, *千葉水研研報*, 4, 41-48

- 6) 吉村拓・中嶋純子・小笹悦二・松本才絵(1996): イセエビ類幼稚仔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.
- 7) 高木儀昌・森口朗彦・吉村拓(1999): イセエビ幼稚仔の増殖礁の開発研究, 平成9年度沿岸漁場整備開発調査報告書, 88-99.
- 8) 吉村拓・小笹悦二・清元節夫(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) 金森浩吉・金丸誠司・岩佐浩興(1989): イセエビ保育礁の実証実験, *栽培漁業技術開発研究*, 17(2), 93-100.
- 10) 吉村拓・福島純也(2004): イセエビ増殖場の造成と管理に関する技術開発, 平成14年度水産基盤整備調査事業報告書, 145-156