

## イセエビ礁の生物学的有効空間\*

陳 賽斌\*\*・渡邊精一\*\*・小池康之\*\*\*・高木和徳\*\*

### Biologically effective space in the artificial reef for the spiny lobster\*

CHEN Sai-bin\*\*, Seiichi WATANABE\*\*, Yasuyuki KOIKE\*\*\*  
and Kazunori TAKAGI\*\*

**Abstract:** For the purpose of improving an effective plan of the artificial reef made importantly for the spiny lobster's habitat, biological factors of the space of such a reef is preliminarily analysed by means of selection experiments for live animals of 45.0-59.5 mm in carapace length in an indoor tank of one-ton capacity. An apparent tendency is recognized in both frontage and height among space factors, but not necessarily in depth. The meaning of the experiments is discussed from the biological viewpoint.

#### 1. 序 論

イセエビ *Panulirus japonicus* は、日本の重用十脚甲殻類資源の一つ (TAKAGI, 1978) である。その漁業生産量が全国的な衰微傾向 (TAKAGI, 1978, Fig. 2) を示すに至って、この資源の増殖方策の樹立に大きな関心が寄せられている。水産資源の増殖方策の一つとして、とくに副漁具としての機能が期待されている人工魚礁 (築磯) の適用が課題となったのは、近年のこと (柿元, 大久保, 1985: 2) といつてよいが、人工魚礁を利用する漁業での主な対象魚種は従来浮魚に限られる傾向があった。しかし、イセエビがその接触走性によって、岩礁域 (磯根) で特定の凹所、いわゆる「たな」を棲所としていることから、類似の構造体としての人工魚礁が集魚効果を挙げやすいこと (野中, 1983: 310) は容易に推察できる。しかも、このような棲所が少なくとも漁獲対象群としての資源の漁場内での大きさを規定するものであれ

ば、棲所の増大は集魚というよりも分布密度の向上という意味で、資源の増殖を促すものとみなされる。

このような観点に立つと、人工魚礁策定の具体化はイセエビ資源増殖上の急務といえる。この場合、魚礁単体の基本構造の解明が先決問題となることはいうまでもない。一般に人工魚礁単体の形態構造を生物学的に論ずることは、「生物学的有効空間の問題」 (小川, 1976: 21) であり、「対象とする魚体の大きさ」 (黒木, 1976: 5) との関連性を明らかにして初めて満足すべき解答がえられると指摘されてきた。しかし、人工魚礁が構造上基本的に具えるべき有効空間についての研究は事実上必ずしも重視されているとはいえない嫌 (小川ら, 1980: 142) がある。このことはイセエビ礁についても例外ではない。

本研究では、水槽実験によって、イセエビ礁で適用されるべき基本構造に対するイセエビの行動を魚礁単体モデルによって観察し、この魚礁の有効空間について二三の新知見をえたので、その概要を報告する。

本論に入るに先立ち、この研究に終始協力された石井信之、富川なす美、中野 浩の三氏に、またこの研究の実施を援助して下さった東京水産大学坂田実験実習場技官故高野敏男、益子政和、石川尚仙の三氏に深謝する。

#### 2. 材料及び研究方法

観察実験の素材は、千葉県館山市相浜漁業協同組合 (組合長 長谷川清太郎氏) に委託集荷したイセエビ 143

\* 1986年11月20日受理 Received November 20, 1986  
本報の一部は昭和61年6月19日第5回水産工学研究推進全国会議水産土木分科会において発表した。研究費の一部は文部省の昭和60年度特定研究費 (課題「館山湾における資源増殖に関する研究」) による。

\*\* 東京水産大学資源育成学科, 〒108 東京都港区港南4-5-7 Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

\*\*\* 東京水産大学坂田実験実習場, 〒294-03 千葉県館山市坂田宮城 Banda Marine Station, Tokyo University of Fisheries, Banda, Tateyama, Chiba Pref., 294-03 Japan

個体である。実験は館山市東京水産大学坂田実験実習場構内の屋内水槽で、1985年7月13-16日の間に行った。素材はすべて実験場への受入れ日(1985年6月30日)か

ら実験供用日まで場内の開放水系屋外水槽で蓄養された。実験中は無給餌である。

実験に用いられたイセエビは、素材の中から常態と認められ、選ばれた雌雄総計27個体で、その体形(Table 1)は、頭胸甲長で45.0-59.5 mm(平均52.5 mm)、体重で53.7-110.0 g(平均84.8 g)である。これらを3

Table 1. Body size of 27 specimens for experiments in 7 categories. BW, body weight in g; CL, carapace length in mm, Exp, category of experiments, represented by double code: A-1 to B-2 (b), except of Control. Double code corresponds to subtitle code in the text.

No	CL	BW	Exp	No	CL	BW	Exp
1	49.4	88.0	A-1	16	50.0	71.0	B-2 (b)
2	46.7	76.0	A-2	17	50.0	69.0	B-2 (b)
3	55.0	94.9	A-3	18	52.5	83.0	B-2 (b)
4	50.6	76.0	B-1	19	50.0	74.0	B-2 (b)
5	55.0	87.0	B-1	20	58.0	104.0	B-2 (b)
6	53.5	82.4	B-1	21	52.5	85.0	B-2 (b)
7	52.0	92.5	B-1	22	53.0	90.0	Control
8	54.5	98.0	B-1	23	59.0	106.0	Control
9	53.7	85.0	B-1	24	49.0	76.0	Control
10	53.5	81.8	B-2 (a)	25	50.0	72.0	Control
11	55.1	96.0	B-2 (a)	26	59.5	110.0	Control
12	56.8	97.2	B-2 (a)	27	48.0	72.0	Control
13	45.0	53.7	B-2 (a)				
14	57.0	99.3	B-2 (a)	$\bar{x}$	52.5	84.8	
15	49.0	70.0	B-2 (a)	$\sigma$	3.71	13.36	

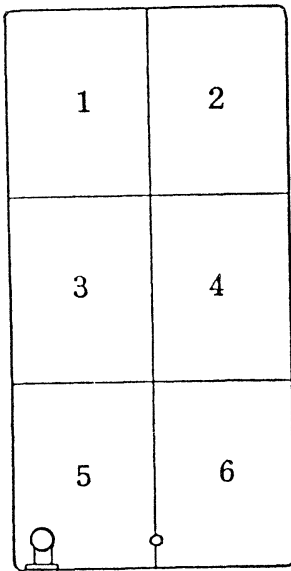


Fig. 1. Areal divisions (Areas 1-6) settled on the bottom (176.8×87.2 cm) of an experimental tank. Main drainage tube penetrates a corner side in Area 5, and the sub-tube does the bottom at an end part of the medial line running through between Areas 5 and 6.

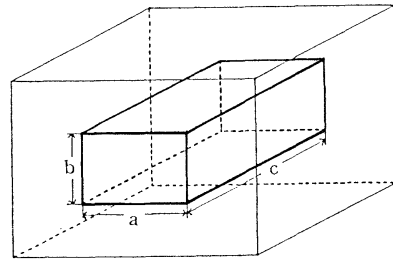


Fig. 2. Diagrammatical open space (bold line) in the model reef (thin line). a, frontage; b, height; c, depth. Open space is a representative of the habitat of the animal in the natural reef.

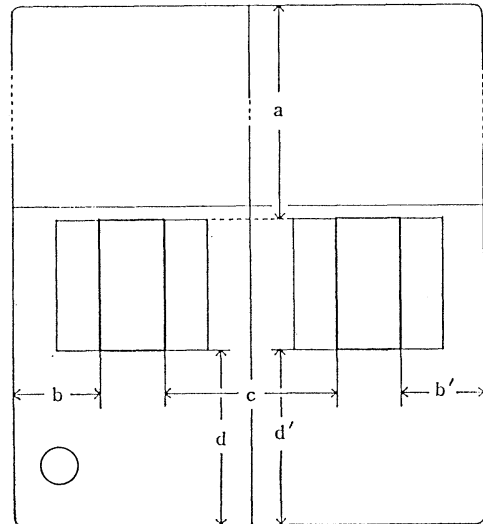


Fig. 3. Diagrammatical disposition (bird's-eye view) of the model reefs in Areas 5 (left square) and 6 (right square). Bold line, contour of the open space. a, d, d', distance along the medial line of the experimental tank (cf. Fig. 1), from each mouth of the open space to their facing side of the tank; b, b', distance from outer side of the open space to the nearest side of the tank; c, distance between inner sides of open space in double-settled model reefs. Circle (in Area 5), horizontal section of the main drainage tube at the level of drainage.

回の単体実験と4回の群実験とに適用した。後者の内1回は対照実験である。

使用した水槽は、FRP製薄青色角形1トン槽(仕様、180×91×70 cm; 実験時水深、53.5 cm)である。この水槽の底面(176.8×87.2 cm)に等分割した6分布区(Fig. 1)を設定し、供試エビの分布観察に適用した。

この水槽には開放水系が適用されている。注水系は1管で、1, 2両区の境界域で水中に注ぐ。排水系は大小2管で、6区隅角部底面近くの側面に開く主管と、5-6区境界域の側面近くの底面に開く副管とである。主管は長さ59 cm, 外径8.3 cmの水量調節器を兼ねた構造で、可動式であり、副管は長さ54.5 cm, 外径3.0 cmの構造で、底面から直立するように固定されている。流量はおよそ200 ml/sである。

本研究で適用した魚礁モデル構造体は、既製の煉瓦(10×21.5×6 cm大)を積み上げて、前後に通じる立方体形の開放孔一つを構成するものとし、この開放孔の大きさ(Fig. 2)を変化させた。煉瓦だけで構成できない大きさの開放孔の場合は、天井部分に黒色塩化ビニール網板(「タキロンネット」)を補強材として使った。モデル構造体の構成の詳細は各実験(結果の項を参照)ごとに述べる。

各実験を通じて礁モデル構造体は5-6区内に3-4区との境界に接するように設置した。ここではすべての実験を2構造体についての比較試験とした。その配置(Fig. 3)は水槽底面における内壁から開放孔まで、および開放孔間の定距離で表わす。この距離は開口部についての最短距離である。なお開放孔と底面との最短距離は常に6 cmである。

主な試験環境は次のとおりである。水温は実験期間中22.0-22.6°Cである。上述のように、この実験は開放水系下で行なわれているが、現場観測地点での外海水温は22.2-23.7°Cである。同地点での塩分Sは34.9‰程度である。この実験では照度条件を一定にするために、イセエビの夜行性(久保, 1953, 1962)を考慮して、常時黒色ビニール被膜で水槽内を遮光した。

最後に供試エビの分布観察方法について述べる。供試エビの水槽内への投入は、エビの水槽への馴致を目的として、7月13日では実験開始の約2時間前に、7月14日以降では当日の11時頃(約7時間前)に終えた。投入に当たっては、当初エビが1-2区側に分布するように心掛けた。分布観察の時間と頻度とは、エビの活動期の双峰性を考慮して、実験開始日の日入時刻前(18:00-18:30の間)から翌日の日出時刻後(05:30-06:00の間)まで

の約11時間30分の間で、15-20分間隔の14回とした。エビの分布状態を確認するには、1-2区側と5-6区側の2箇所から、一つずつの懐中電灯(約4w)によって槽内を照らし、観察終了をもって原状に復した。観察1回当たりの所要時間は普通30秒前後であり、例外的な2, 3回の観察でも長くとも60秒を超したことはない。

### 3. 結果

#### A 単体実験

##### (1) 開放孔の幅についての比較試験

適用した構造体(Table 2)の開放孔の幅は広いもの(モデルa)が15 cm, 狭いもの(モデルb)が6 cmである。前者の幅は後者のその2.5倍である。配置はモデルaを5区内に、モデルbを6区内とし、配置距離はTable 3のとおりである。供試エビの大きさ(Table 1)は、頭胸甲長が49.4 mm, 体重が88.0 gである。

実験期間(Table 4)は7月13日16:30頃から7月14日06:05までである。エビの分布は観察開始直後から5区に集中している。しかも14回の観察中11回(78.6%)で広幅開放孔(5区)内の分布が認められ、狭幅開放孔への関心がそれほどないように見受けられることが、ここで特記される。

Table 2. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment A-1 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	33	30
Height	22	22
Depth	21.5	21.5
Open space		
Frontage	15	6
Height	10	10
Depth	21.5	21.5
Volume	3225	1290

Table 3. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment A-1 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	130
b	8
b'	14
c	44
d	25
d'	25

Table 4. Progress note on the animal distribution by area in the tank during the execution of Experiment A-1. cf. Tables 2 and 3.

Date	Area No	Remarks
7/13(16:30)	1-2	release of the animal in the areas
18:35	5	observation started in; in the open space of model a
18:50	5	in the open space of model a; sunset at 18:58
19:05	5	in the open space of model a
19:20	5	in the open space of model a
19:35	5	in the open space of model a
19:50	5	in the open space of model a
20:05	5	in the open space of model a; observation interrupted
7/14 04:05	5	at the corner area, behind the main drainage tube
04:25	5	in the open space of model a; sunrise at 04:36
04:45	5	at the corner area
05:05	5	in the open space of model a
05:25	5	in the open space of model a
05:45	5	in the open space of model a
06:05	5	at the corner area; observation closed

### (2) 開放孔の高さについての比較試験

適用した構造体 (Table 5) で開放孔の高さは、高いもの (モデル a) が 18 cm, , 低いもの (モデル b) が 6 cm である。モデル a での高さはモデル b でのその 3 倍である。配置はモデル a を 5 区内に, モデル b を 6 区内とし, 配置距離は Table 6 のとおりである。供試エビの大きさ (Table 1) は, 頭胸甲長が 46.7 mm, 体重が 76.0 g である。

実験期間 (Table 7) は 7 月 13 日 16:30 頃から 7 月 14 日 06:00 までである。エビの分布は観察開始後まもなく 5 区に集中する傾向が強い。中間期 (20:00-04:20) での移動が認められるものの, とくに後半期 (04:00 以後) に入ると, 高いモデル a への強い関心が明らかで, 末期 2 回の観察でエビが開放孔内に安定しているように見えることは興味深い。

### (3) 開放孔の奥行についての比較試験

適用した構造体 (Table 8) で開放孔の奥行は, 浅いもの (モデル a) で 21.5 cm, 深いもの (モデル b) で 43 cm である。後者の奥行は前者のその 2 倍である。配置はモデル a を 5 区側, モデル b を 6 区側とし, 配置距離は Table 9 に示すとおりである。両モデルはその一部がわずかに 3-4 区に属するが, それは分布の観察上

Table 5. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment A-2 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	30	30
Height	30	18
Depth	21.5	21.5
Open space		
Frontage	10	10
Height	18	6
Depth	21.5	21.5
Volume	3870	1290

Table 6. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment A-2 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	137
b	12
b'	12
c	43
d	17
d'	17

Table 7. Progress note on the animal distribution by area in the tank during the execution of Experiment A-2. cf. Tables 5 and 6.

Date	Area No	Remarks
7/13(16:30)	1-2	release of the animal in the areas
18:30	1	observation started in
18:45	5	close to the main drainage tube; sunset at 18:58
19:00	5	close to the main drainage tube
19:15	5	at the corner area, behind the main drainage tube
19:30	5	at the corner area, behind the main drainage tube
19:45	5	at the corner area, behind the main drainage tube
20:00	3	observation interrupted
7/14 04:00	5	on the outer part of model a
04:20	2	sunrise at 04:36
04:40	5	on the outer part of model a
05:00	5	on the outer part of model a
05:20	5	on the outer part of model a
05:40	5	in the open space of model a
06:00	5	in the open space of model a; observation closed

Table 8. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment A-3 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	20	20
Height	22	22
Depth	21.5	43
Open space		
Frontage	8	8
Height	10	10
Depth	21.5	43
Volume	1720	3440

Table 9. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment A-3 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	130
b	8
b'	14
c	44
d	25
d'	25

Table 10. Progress note on the animal distribution by area in the tank during the execution of Experiment A-3. cf. Tables 6 and 7.

Date	Area No	Remarks
7/13(11:00)	1-2	release of the animal in the areas
18:00	5	observation started in; on the outer part of model a
18:20	5	in the open space of model a
18:40	6	on the outer part of model b; sunset at 18:58
19:00	5	
19:20	6	
19:40	5	
20:00	6	observation interrupted
7/15 03:30	5	at the corner area
03:50	5	at the corner area
04:10	6	in the open space of model b
04:30	5	on the outer part of model a; sunrise at 04:36
04:50	5	in the open space of model a
05:10	5	in the open space of model a
05:30	6	observation closed

無視できるものとした。供試エビの大きさ (Table 1) は頭胸甲長 55.0 mm, 体重 94.9 g である。

実験期間 (Table 10) は7月14日 11:00 頃から7月15日 05:30 までである。エビの分布は観察直後 (18:00) から排水系のある5-6区に限られているものの、そこでの分布は必ずしも一方に限定されず、5区内で優勢 (14回のうち9回, 64.3%) な中で6区内でも5回 (35.7%) 分布している。両モデルへのエビの関心についてみると、前記二つの実験の場合と同じように5区のモデル a (奥行の浅いもの) への強さ (5回, 開放孔内分布3回を含む) が示されている一方で、6区のモデル b (奥行の深いもの) への関心 (2回) も、開放孔内部での分布1回を含むことを考慮に入れば、必ずしも著しく弱いとはいえない。

#### B 群実験

単体実験で得られた結果にもとづき、次のような計画に従って、供試エビ6個体による群実験を行った。(i) 幅の比較試験では適用する幅をいくらか広げた。(ii) 高さの場合は、とくに水槽条件による分布の偏り (とくに対照実験の項を参照) を考慮して、モデルの位置を左右交換した二通りの比較を実施した。(iii) 群実験ではモデル構造体を左右隣接させた。配置の実測値は各実験ごとに述べる。(iv) この実験では事情により奥行比較試験は省略された。(v) 別に水槽特性による分布の偏りをするための対照実験を加えた。

#### (1) 開放孔の幅についての比較試験

適用した構造体 (Table 11) の開放孔の幅は、狭いもの (モデル a) で 17 cm, 広いもの (モデル b) で 34 cm である。後者の幅は前者のその2倍である。配置は、モデル a を5区側, モデル b を6区側とし、配置距離は Table 12 に示すとおりである。供試エビの大きさ (Table 1) は、頭胸甲長で 50.6-55.0 mm (平均 53.2 mm), 体重で 76.0-98.0 g (平均 86.8 g) である。

実験期間 (Table 13) は7月15日 11:00 頃から7月16日 05:30 までである。供試エビ群の分布は、時間の経過とともに5-6区内に集まる傾向を強めるものの、両区への集中度は観察開始当初 (18:20) から常に高い。ここでモデル b を配置上6区に属するものとするれば、延べ個体数で5区に48個体, 6区に27個体となる。何れにせよ、5区隅角部への集中 (延べ27個体) が著しい。

モデルへのエビの関心度 (延べ16個体) も低いとはいえない。狭い開放孔 (モデル a) 内に延べ7個体, 広い開放孔 (モデル b) 内に延べ6個体が観察され、さらにモデル b では他に構造体上に延べ3個体に加えらる。モ

Table 11. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment B-1 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	70	70
Height	16	16
Depth <sup>1</sup>	21.5	21.5
Open space		
Frontage	17	34
Height	10	10
Depth	21.5	21.5
Volume	3655	7310

Table 12. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment B-1 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	110
b	8
b'	9
c	6
d	45
d'	45

Table 13. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of Experiment B-1. In Columns 5a and 6b, distribution inside the open space of the respective model reefs, unless otherwise stated. \*, animal(s) at the corner area, behind the main drainage tube, in parentheses; \*\*, animal(s) on the outer part of the model reef, in parentheses. cf. Tables 11 and 12.

Date	Area No									Remarks
	1	2	3	4	5	5a	6	6b		
7/15 (11:00)	(6)									release of animals in the areas
18:00		1	2		1	1		1	observation started in	
18:20					2	2	2			
18:40			1	1	2(1)*	1	1		sunset at 18:57	
19:00					3(3)		2	1(1)**		
19:20					1(1)	1	2	2		
19:40				2	1(1)	1	1	1		
20:00					3(1)		3		observation interrupted	
7/16 03:30					3(3)		2	1(1)		
03:50					5(5)		1			
04:10					3	1	2			
04:30					3(3)		2	1	sunrise at 04:37	
04:50			1		5					
05:10					4(4)			2(1)		
05:30				1	5(5)				observation closed	
Total	0	1	4	4	41(27)	7	18	9(3)		

デル内に認められたエビの個体数はどちらの場合も 1-2 で、広さによる違いは認められない。ただし、開放孔内で観察された時間帯についてみると、どの場合も観察初期からの分布が認められてはいるが、狭い開放孔 (5区) では 04:00まで、広い孔(6区) では 05:10までである。

#### (2) 開放孔の高さについての比較試験 (a)

適用した構造体 (Table 14) の開放孔の高さは、低いもの (モデル a) で 10 cm, 高いもの (モデル b) で 30 cm で、両者の高さの比は 1:3 である。配置はモデル a を 5 区側, モデル b を 6 区側とし、配置距離は Table 15

に示すとおりである。供試エビ群の大きさ (Table 1) は、頭胸甲長で 45.0-57.0 mm (平均 52.7 mm), 体重で 53.7-99.3 g (平均 83.0 g) である。

実験期間 (Table 16) は 7月14日11:00頃から7月16日 05:35までである。供試エビ群の分布は時間の経過とともに 5-6 区に集まる傾向を強めているが、両区への集中度は観察開始直後 (18:05) からかなり高い。これら 2 区分の間では、使用した水槽に特徴的な隅角部分布で表わされる 5 区への集中分布が著しい。

モデルへのエビの関心 (延べ27個体) もかなり高い。低

い開放孔 (モデル a) 内に延べ12個体, 高い開放孔 (モデル b) 内に延べ15個体が認められるが, この違いは高さないし容積の違いによるものとは必ずしもいえない。開放孔内に認められたエビの個体数についてみると, どちらの場合も 1-2 であるが, 事実上高いモデルに多く入るようである。すなわち, モデル a の孔内分布が10回見られたうち, 2個体分布は2回であるのに対して, モデル b の孔内分布の場合は10回に対して5回である。一方, 高い開放孔 (6区) から低いもの (5区) への移行傾向も僅かながら認めてよいように見える。とくに孔内2個体分布についてみると, 観察期間の前半にはモデル b 孔内分布が著しいのに対して, 後半ではモデル a 孔内

分布が目立つ。

### (3) 開放孔の高さについての比較試験 (b)

前項の実験計画との主な違いはモデル構造体の位置を左右逆転させたことである。配置距離は Table 15 に示すとおりである。供試エビ群の大きさ (Table 1) は, 頭胸甲長で 50.0-58.0 mm (平均 52.2 mm), 体重で 69.0-104.0 g (平均 81.0 g) である。

実験期間 (Table 17) は, 7月15日 11:00 頃から7月16日 05:35 までである。供試エビ群の分布は全体として 5-6 両区への集中度の低い点が, 今回の他の実験と比べて特徴的である。14回の観察を通じて1-2区に延べ9個体, 3-4区に延べ12個体が認められた。1-4区内に半数

Table 14. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment B-2 (a, b) (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	23	20
Height	22	42
Depth	21.5	21.5
Open space		
Frontage	11	8
Height	10	30
Depth	21.5	21.5
Volume	2365	5160

Table 15. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment B-2 (a, b) (cf. Table 1).

Exp B-2		Distance
a	b	
a	a	123
b	b'	27
b'	b	29
c	c	12
d	d'	32
d'	d	32

Table 16. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of Experiment B-2 (a). In Columns 5a and 6b, distribution inside the open space of the respective model reefs. cf. Tables 13, 14 and 15.

Date	Area No								Remarks
	1	2	3	4	5	5a	6	6b	
7/14 (11:00)	(6)								release of animals in the areas
18:05	1		1		2		1	1	observation started in
18:25					2(2)		2	2	
18:45	1				3(3)			2	sunset at 18:58
19:05		2			4(4)				
19:25					2(1)	1	3		
19:45		1	1	1	1	1		1	
20:05	1			1		1	1	2	observation interrupted
7/15 03:35					3(3)	1		2	
03:55	1				1	2	2		
04:15					1	1	2	2	
04:35					3	1	1	1	sunrise at 04:36
04:55					2	1	2	1	
05:15					3	1	1	1	
05:35					4(3)	2			observation closed
Total	4	3	2	2	31(16)	12	15	15	

Table 17. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of Experiment B-2 (b). In Columns 5a and 6b, distribution inside the open space of the respective model reefs. cf. Tables 13, 14 and 15.

Date	Area No								Remarks
	1	2	3	4	5	5b	6	6a	
7/15 (11:00)	(6)								release of animals in the areas
18:05	1	1			1	1	1	1	observation started in
18:25					3(1)	1	2		
18:45					4(3)	1	1		sunset at 18:57
19:05	1		3		2(1)				
19:25	1				4(4)		1		
19:45	1	1			1(1)		3		
20:05		2	1				3		observation interrupted
7/16 03:35				3			3		
03:55				1	2(2)		3		
04:15				2	1	1	2		
04:35					2	1	3		sunrise at 04:37
04:55					3		3		
05:15			1		3	1		1	
05:35		1		1	1		3		observation closed
Total	4	5	5	7	27(12)	6	28	2	

Table 18. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of control experiment. cf. Tables 1 and 13.

Date	Area No						Remarks
	1	2	3	4	5	6	
7/15 (11:00)	(6)						release of animals in the areas
18:10					6(6)		observation started in
18:30				1	4(4)	1	
18:50			2		4(4)		sunset at 18:57
19:10		1			5(5)		
19:30					6(6)		
19:50	1				5		
20:10		1			3	2	observation interrupted
7/16 03:40					6(6)		
04:00					5(5)	1	
05:20					6(6)		
04:40					5	1	sunrise at 04:37
05:00					6(6)		
05:20					5	1	
05:40					3	2	observation closed
Total	1	3	2	1	69(48)	8	

以上の分布が認められたのは、観察14回中3回(21.4%)である。いずれにしても、全体として5-6区への高い集中傾向が認められる点では、他の実験の場合と同じである。これら2分布区の間では著しい偏りの傾向は認められない。5区に延べ33個体に対して、6区に延べ30個体である。

開放孔へのエビの関心度が他の場合と比べて低い(2孔を通じて延べ8個体)のも、この試験のもう一つの特徴といえる。また、他の場合5-6の両区間に分布上の著しい偏りが認められないのに対して、この場合明らかな偏りの認められることも特記される。すなわち、高い開放孔(モデルb)内に延べ6個体に対して、低い孔(モ



Table 19. Attractivity (total number of the animal(s) occupied the inside of open space) of open spaces of the model reefs on selection experiments (Exp), except of figures following the symbol +, which are the total number of the animal(s) observed on the outer part of model reefs. Difference, between Areas 5 and 6, respectively.

Exp	Area No 5	No 6	Difference of selected open space
A-1	11	0	Frontage: 15 cm: 6 cm
A-2	2+4	0	Height: 18 cm: 6 cm
A-3	3+2	1+1	Depth: 21.5 cm: 43 cm
B-1	7	9+3	Frontage: 17 cm: 34 cm
B-2(a)	12	15	Height: 10 cm: 30 cm
B-2(b)	6	2	Height: 30 cm: 10 cm

デル a) 内に延べ 2 個体である。高い方により多くの分布が認められる点では前記の試験 B-2(a) の場合と同じである。

#### C 対照実験

実験水槽の特性による供試エビの分布の偏りを明らかにするための対照実験である。エビの大きさ (Table 1) は、頭胸甲長で 48.0-59.5 mm (平均 53.1 mm)、体重で 72-110 g (平均 87.7 g) である。

実験期間 (Table 18) は 7 月 15 日 11:00 頃から 7 月 16 日 05:40 までである。供試エビ群の分布は、観察開始直後から 5 区 (観察 14 回延べ 69 個体) に集中し、6 区 (6 回延べ 8 個体) をはじめ、3-4 区 (2 回延べ 3 個体) および 1-2 区 (3 回延べ 3 個体) と比べて著しく卓越している。しかも、5 区では隅角部への集中傾向 (19 回中 9 回延べ 48 個体) が明らかである。

#### 4. 論 議

本研究で試みられたいくつかの実験は予備的な性格の強いものではあるが、それでもイセエビの礁モデル構造体に対する特徴的な反応を認めることができるように思われる。

本研究で適用された実験水槽は、対照実験 (Table 18) で明らかなように、主排水管のある 5 区隅角部にエビに対する強い誘引性を具えている。しかし、一方で単体実験と群実験とを通じて、モデル構造体へのエビの積極的ともいえる反応が認められている。とくに、モデル配置の逆転試験 B-2 (a, b) は (Tables 16, 17), この隅角部要因のほか開放孔の空間要因にも強い誘引性のあることを示唆しているはずである。このことは、もしそれがエビの好適条件に副うものであれば、モデル構造体は

Table 20. Total number (Total) per time zone of the animals occupied inside the open space in the 3 group experiments of B series (cf. Table 1). \*, time zone including the time of sunset or sunrise; No Exp, frequency of related experiments.

Time zone (Hour)	No Exp (a)	Total (b)	Ind/Exp (b/a)
18-19*	3	14	4.7
19-20	3	9	3.0
20-21	1	3	3.0
03-04	2	6	3.0
04-05*	3	11	3.7
05-06	2	8	4.0

隅角部の強い誘引性に少なくとも匹敵するものを具えていることを意味している。いずれにせよ、5 区隅角部へのエビの強い反応は、事实上、礁モデル構造体へのエビの反応の正当な評価を難しくしている。この点は今後の研究に残された大きな問題の一つである。

本研究の主眼である開放孔の大きさの問題についてみると、今回の比較試験に関するかぎり、奥行の場合を除き、幅でも高さでも大きい方に、すなわち、容積の大きい方に多くエビが誘引される明らかな傾向 (Table 19) が認められる。すでに述べたように、群実験でも 1 回の観察当りの開放孔内の分布は 1-2 個体に止まっているので、このことは上記の傾向を認めることと矛盾しない。ここで奥行の場合の例外的な結果が注目される。

本研究での観察では、すでに述べたように、開放孔の奥行については単体実験 1 回に止まり、群実験は行なわれていない。しかも、この 1 回の実験でみるかぎり、それは他の 5 回の比較試験結果とは傾向を異にしている。すなわち、二つのモデル構造体の間に特記すべき差異は認められないし (Table 10), 開放孔内分布ではむしろ他の場合とは逆の傾向さえ認められる。このことに関連して、「たな」の選択に当たってのエビの第 2 触角の役割に、従来関心の寄せられているのが想起される。仮にこの 1 回の実験結果が偶発的なものでないとするれば、第 2 触角の機能との係わりが乏しいという理由で、有効空間要素としての奥行の評価は、幅や高さよりも低い可能性がある。この点も今後の興味ある問題点の一つである。

開放孔内分布に関連して、次に特記されるのは、孔内分布数の経時変動である。3 回の群実験を通じて、18 時から翌日 6 時まで 1 時間刻みの時間帯ごとに、平均延べ個体数によってこの分布数変動 (Table 20) をみると、3.0 から 4.7 までの範囲で変化している。このことは、

供試エビ6個体で実施された群実験で、半数以上のエビが常に孔内にあることを示して興味深い。このような幅で変動する間に、3.0で代表される少ない分布は、観察中断期を挟む実験中期に、それに対してそれよりも多い分布はその前後、とくに初期に見られる。

この結果は、何よりもまず開放孔の設置効果のかなり高いことを意味しているはずで、従ってイセエビ礁の有効性を示す論拠の一つとみなせよう。次にここで指摘されるのは、イセエビの活動性との関係である。もしも開放孔内分布がエビの活動の停滞期(エビの安定期)を、また孔外分布がエビの活動の活発期(エビの索餌期)を意味するものとすれば、今回の群実験に関するかぎり、18-19時間帯が安定期、19-04時間帯が索餌期、そして04-06時間帯が再び安定期となる。

既往の知見(久保, 1962)によれば、千葉県小湊産イセエビ資源の単位罹網数から、この夜行性生物資源の活動には、明瞭な双峯性が認められる。夏期(5-9月)の実験によって、その第1活動期は日入直前の18-20時に顕著で、第2活動期は日出直前の02-04時に現われ、両活動期を比べると、前者よりも後者の峯の現われ方が弱いとみられる。今回の結果(Table 20)は、上述のように、久保(1962)のいう第1活動期の始まりとの間に1時間帯の遅れが認められる点を除けば、この従来の知見とよく整合している。このことは、今回の観察結果の妥当性の高さの反映ともみられる点で、興味ある事実である。

## 5. 結 論

a. イセエビ礁の有効空間について、予備的なものとはいえ、ある程度信頼できる新知見が得られた。

b. この比較実験に関するかぎり、供試エビのモデル礁構造体への分布からみると、容積の大きい開放孔、と

くに幅がより広いが、高さがより高い方へのエビの依存反応が強い。

c. 礁モデル構造体内の開放孔への依存度は、3回の群実験を通じて、単位時間帯ごとの平均で常に半数(3個体)以上のエビが孔内を占有していることからみて、かなり高いといえる。

d. イセエビの日周活動にみられる双峯性に関連して、この観察実験そのものの妥当性の高さを反映しているとみられる結果がえられた。

## 文 献

- 柿元 皓・大久保久直(1985): 新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究. p. 1-224. 新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業. 新潟, 新潟県水産試験場.
- 久保伊津男(1953): イセエビの罹網時刻. 東京, 水産増殖, **1**, 30-32.
- 久保伊津男(1962): イセエビの漁獲の時間的变化にみられる双峯性について, 日本水産学会誌, **28**, 322-325.
- 黒木敏郎(1976): 魚礁の形と棲所. p. 5. 魚礁総合研究会(編), 人工魚礁の理論と実際(Ⅱ)実際篇, 水産増養殖叢書27. 東京, 日本水産資源保護協会.
- 野中 忠(1983): イセエビ資源の性状とその増殖手段. p. 304-311. 大島泰雄外(編), 最新版つくる漁業. 東京, 資源協会.
- 小川良徳(1976): 魚礁の形態とい集行動. p. 21-23. 魚礁総合研究会(編), 人工魚礁の理論と実際(Ⅰ)基礎篇, 水産増養殖叢書26. 東京, 日本水産資源保護協会.
- 小川良徳・佐藤 修・中村 充(1980): 人工魚礁. p. 137-151. 中村 充外(編), 水産土木ハンドブック. 東京, 緑書房.
- TAKAGI, K. (1978): Distribution of the Japanese spiny lobster population with special reference to catch statistics in section. La mer, Tokyo, **16**, 36-43.

## Espace effectif, au point de vue biologique, d'un récif artificiel particulièrement adapté aux langoustes

CHEN Sai-bin, Seiichi WATANABE, Yasuyuki KOIKE et Kazunori TAKAGI

**Résumé:** Dans le but d'améliorer l'efficacité d'un modèle de récif artificiel plus particulièrement adapté aux langoustes, les facteurs biologiques concernant l'espace utilisable par les animaux vivants dans le récif sont préalablement analysés au laboratoire au moyen d'expériences de sélection sur des animaux vivants de 45,0-59,5 mm de longueur céphalothoracique dans un bac d'une tonne. Deux facteurs, la largeur et la hauteur des abris ont apparemment une influence, ce qui n'est pas le cas de la profondeur. La signification des expériences est aussi commenté au point de vue biologique.