

霞ヶ浦におけるテナガエビ (*Macrobrachium nipponense*)

のシェルターへの蝟集行動に関する研究

根本 孝

緒言

霞ヶ浦では有用水産生物を対象とした増殖場の造成が進められているが、テナガエビについても筒型シェルター礁の設置によって増殖場が造成されている。シェルターを用いたこれまでの生態調査によれば^{1) 2) 3)}、テナガエビは生活史全体をとおしてシェルターへの蝟集指向性が強い。このようにシェルターとテナガエビの蝟集に関する考察はいくつかなされてきているが、蝟集行動についてはいまだ断片的な知見にとどまっております、シェルター周辺部の分布と蝟集との関係等について不明な点が残されている。このため増殖場の造成をより効果的に進めるためには蝟集行動に関する基本的生態のより一層の把握が必要であると考え、本研究ではフィールドでのシェルター蝟集量調査と模型による水槽実験を行い、蝟集量と周辺での分布量との関係及びシェルターへの最大蝟集密度について検討した。また、蝟集したテナガエビには時期によって大小複数の群が認められるので、その頭胸甲長(Carapace Length:CL)組成から霞ヶ浦におけるテナガエビの世代構成についても考察を行った。

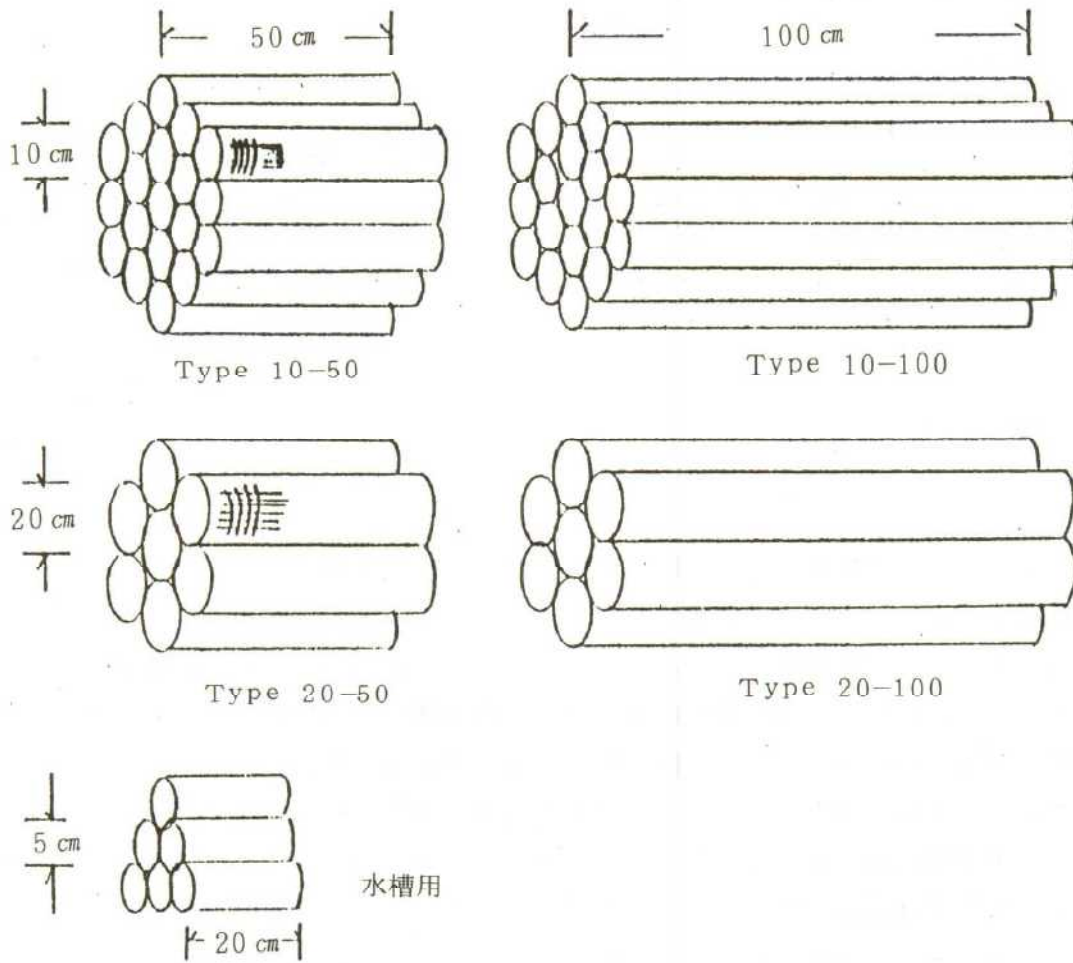
材料と方法

本研究で用いたシェルターの構造は合成樹脂(ポリエチレン)のネット(タキロン社製トリカルネット)を筒状に丸め、それを数本束ねたものである。フィールド用として4種類、水槽実験用として1種類のシェルターを用意した(図1)。フィールド用シェルターの設置位置は内水面水産試験場地先霞ヶ浦の湖岸から約50m、水深約2mの湖底とした。その際シェルターは湖底に敷いたもじ網の上に設置した(図2)。

湖内に設置したシェルターに蝟集するテナガエビの採集は、1989年9月から92年2月の期間に毎月1回、合計30回もじ網でシェルターをくるむように引き上げて行った。採集した試料は10%ホルマリンに固定後計測に用いた。またシェルター付近におけるテナガエビ分布量の推定は、毎月1回内水面水産試験場地先の入り江(通称高浜入り)においてトロール試験操業を行い、1曳網当りの漁獲尾数から推定した。なお、トロール網の規模は網口5m、魚取り部目合3mmである。

テナガエビがシェルターへ蝟集する最大密度の推定は水槽実験により行った。実験ではシェルターを入れた水槽(600×295×360mm)に小エビ群(CL=6~9mm)と抱卵エビ群(CL=10~12mm)の2群を別々の水槽にいれて、それぞれ尾数を変化させて収容し、蝟集する尾数とシェルターの周辺にいる尾数を計数した。小エビ群の収容尾数は20,50,70,120

,160尾の5試験区とし、抱卵エビ群の収容尾数は16,50,100,150尾の4試験区とした。測定は日中1時間おきにその時点で蟄集している尾数を計数し、それぞれの試験区で小エビ群については延べ28回、抱卵エビ群については延べ20回行った。



TYPE		10-50	10-100	20-50	20-100	合計	水槽用
表面積	m ²	5.966	11.992	4.396	8.792	31.146	0.3768
容積	空 m ³	0.075	0.149	0.11	0.22	0.554	0.0024

図1 シェルター姿図及諸元

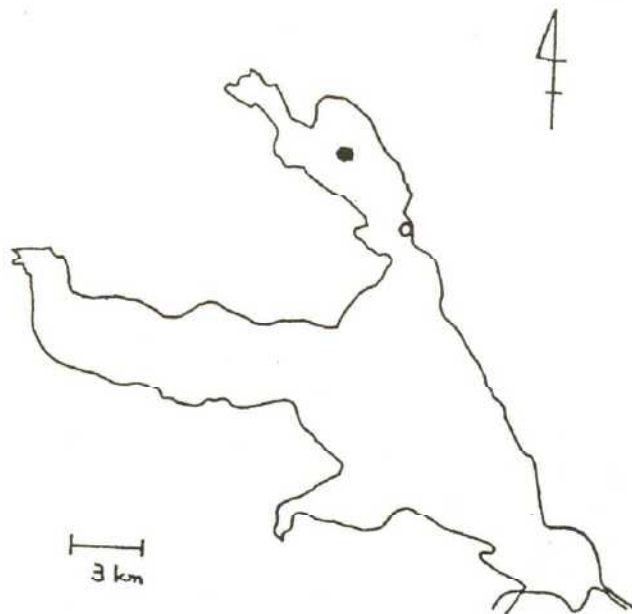


図2 調査地点

○:シェルター設置点

●:トロール地点

結 果

1 シェルターへの蛸集量とその周辺でのテナガエビの分布量について

調査期間中の全シェルターに蛸集していたテナガエビの尾数の変化及び、トロール試験操業でのテナガエビ漁獲尾数の変化を表1に示した。調査期間中の月平均蛸集量は約1105尾、555gであり、トロール試験操業による月平均漁獲量は約12800尾、1584gとなっている。蛸集尾数、漁獲尾数について三項移動平均による変動の傾向を図3、4に示した。これによると両者とも周期性がみられ、シェルターでは毎年9月10月に蛸集のピークがあり、以後次第に蛸集尾数は減少傾向をたどり、翌年8月に最低となっている。またトロール試験操業で得られた漁獲尾数の変化は、シェルターでの尾数変化とは若干のずれはあるものの、毎年9月10月にかけて漁獲尾数のピークがありその後減少して翌年7月に最低となっている。蛸集尾数とトロールでの漁獲尾数の同年同月の値について相関をとると図5のとおり有意な正の相関関係がみられる ($r=0.818$, $p<0.01$, $n=26$)。このことは、シェルターの蛸集尾数の変化の傾向がシェルター周辺での分布尾数の変化の傾向とパラレルに反応していることを示している。表2にシェルター表面積及びトロールの曳網距離から求めた蛸集密度とシェルター周辺密度を示した。この結果月平均の密度は、シェルターでは35.5尾/㎡、17.8g/㎡であり、周辺密度は12.8尾/㎡、1.6g/㎡であった。したがって月平均密度の比較では、シェルターへの分布は周辺での分布より尾数換算で約2.8倍、重量比で約11倍高密度であったことになる。

表1 シェルターへのテナガエビ蟹集量及びトロール試験操業による
テナガエビ漁獲量

年月	い集尾数	い集量	漁獲尾数	漁獲量
89.9	2496	610.9	25613	4518.24
10	3416	1343.69	21326	4180
11	1351	503.08	9401	1438.47
12	619	253.31	5800	471.471
90.01	640	305.22	3850	204.36
2	363	158.29	1194	42.441
3	560	255.42	515	17.768
4	461	244.6	273	20.8
5	395	304.33	727	144
6	179	233.89	355	341
7	312	562.08	124	132
8	168	126.59	15694	2335.6
9	1861	741.72	38274	4009
10	1627	880.2	35265	4011.9
11	1205	931.96	12537	1808
12	741	484.86	10413	1380.2
91.01	1975	1021.57	6111	637.2
2	597	243.76		
3	696	271.88	5971	627.9
4	598	333.08	1235	113.72
5	598	703.05	1523	371.5
6	297	376.32		
7	511	756.21	407	533.7
8	655	438.85	16545	2071.5
9	4293	1640.53	65731	6862.19
10	1367	586.15		
11	1217	741.15	15975	1535.21
12	1760	785.17	21016	1744.69
92.01	1676	632.87	16949	1643.96
2	451	183.96		

(g) (g)

表2 テナガエビの蟹集密度と周辺密度

年月	い集密度 (1)		周辺密度 (2)	
89.9	80.14	19.90	25.61	4.52
10	109.68	43.14	21.33	4.18
11	43.38	16.15	9.40	1.44
12	19.87	8.13	5.80	0.47
90.01	20.55	9.80	3.85	0.20
2	11.65	5.08	1.19	0.04
3	17.98	8.20	0.52	0.02
4	14.80	7.85	0.27	0.02
5	12.68	9.77	0.73	0.14
6	5.75	7.51	0.36	0.34
7	10.02	18.05	0.12	0.13
8	5.39	4.06	15.69	2.34
9	59.75	23.81	38.27	4.01
10	52.24	28.26	35.27	4.01
11	41.58	29.92	12.54	1.81
12	23.79	15.57	10.41	1.38
91.01	63.41	32.80	6.11	0.64
2	19.17	7.83		
3	22.35	8.73	5.97	0.63
4	19.20	10.69	1.24	0.11
5	19.20	22.57	1.52	0.37
6	9.54	12.08		
7	16.41	24.28	0.41	0.53
8	21.03	14.09	16.55	2.07
9	137.83	52.67	65.73	6.86
10	43.89	18.82		
11	39.07	23.80	15.98	1.54
12	56.51	25.21	21.02	1.74
92.01	53.81	20.32	16.95	1.64
2	14.48	5.91		

* (1) シェルター表面積 31.146 m²
* (2) トロール曳網面積 1000 m²

(尾)

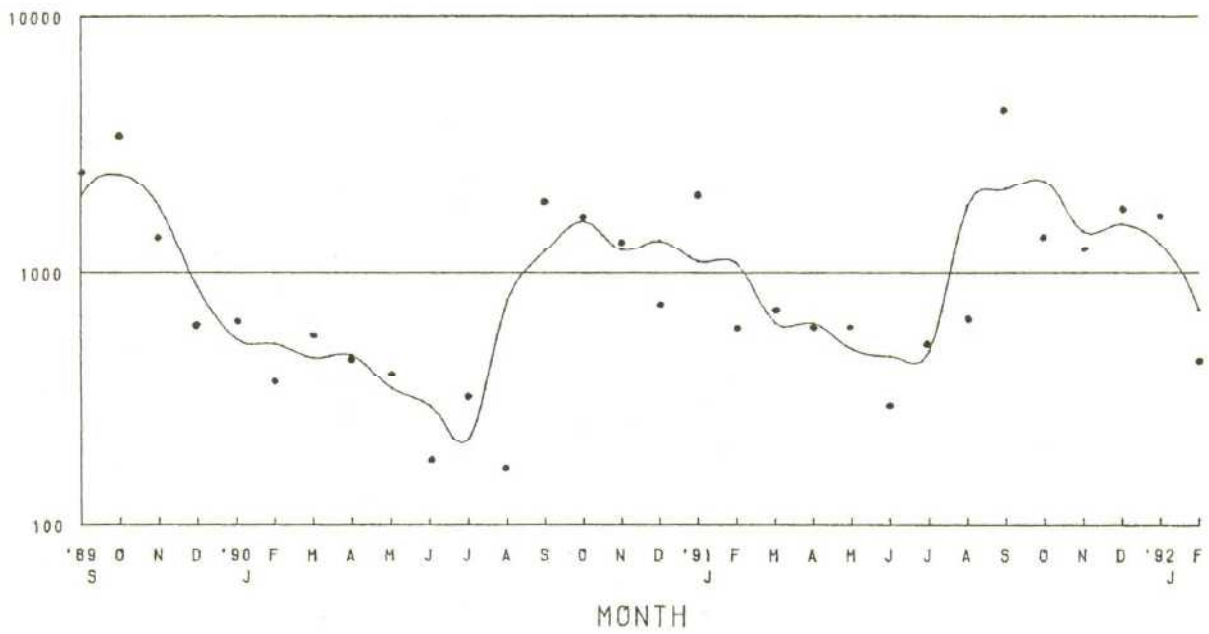


図3 シェルターへのテナガエビの蛸集尾数の季節変化

(尾)

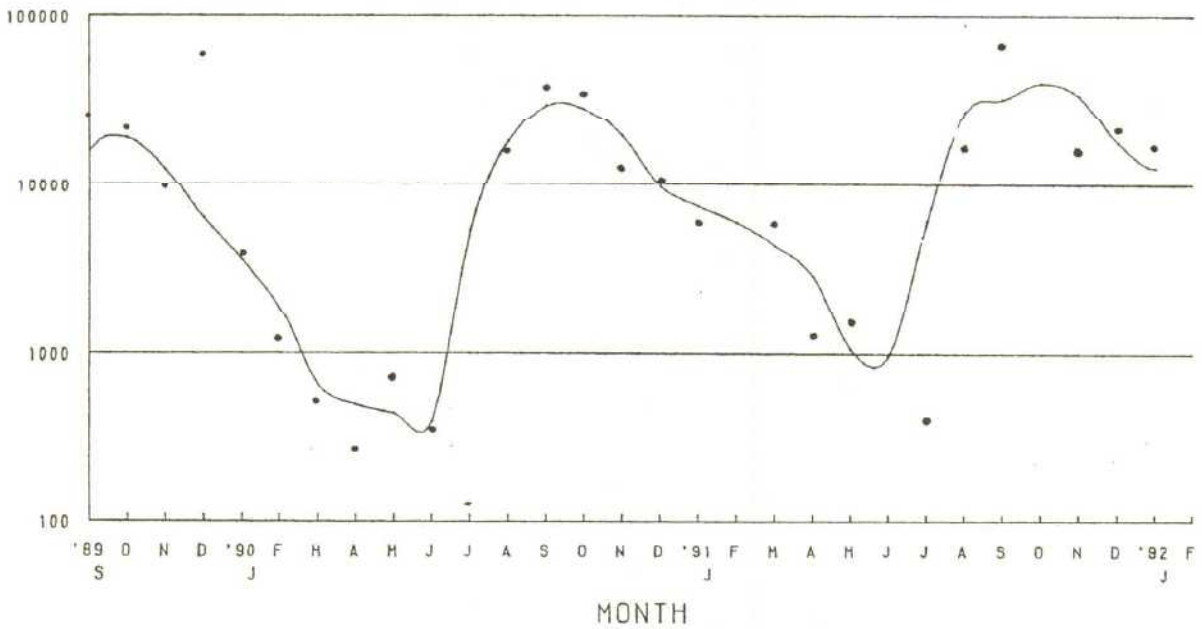


図4 トロール試験操業でのテナガエビの漁獲尾数の季節変化

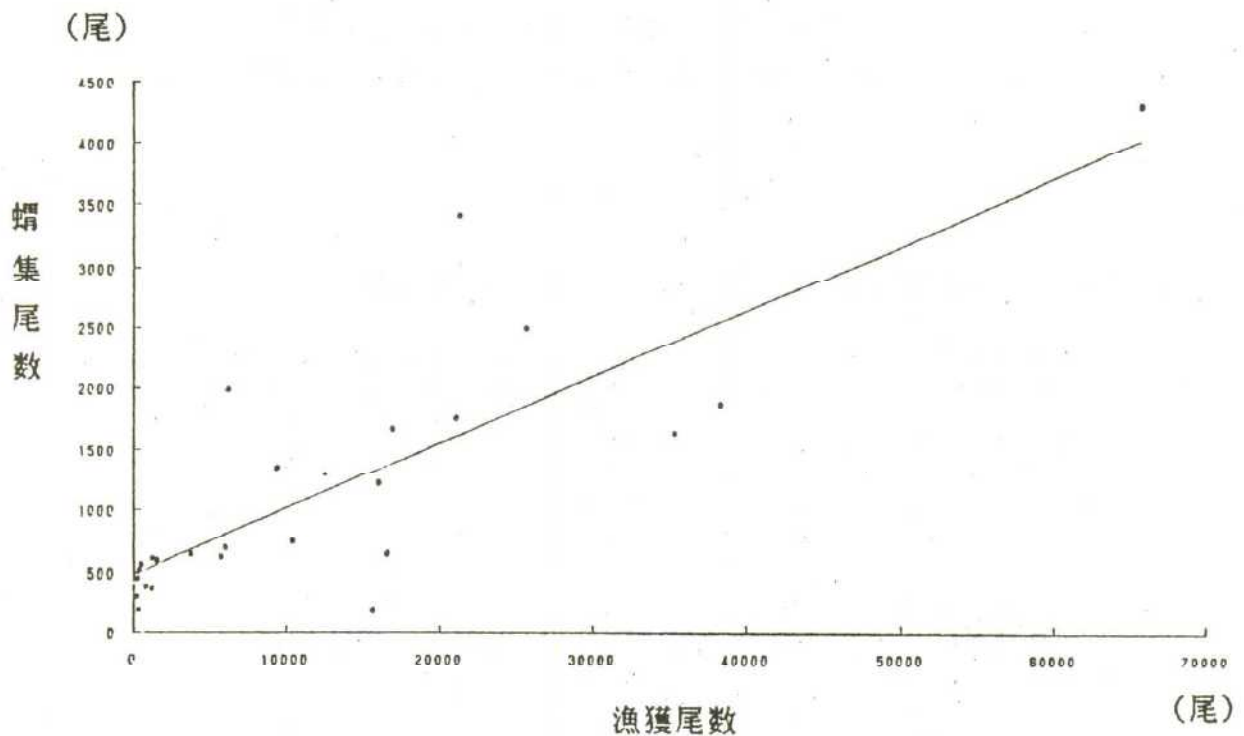


図5 漁獲尾数とシェルターへの蛸集尾数との関係

2 シェルターへの最大蛸集密度の推定

水槽実験として小エビ群と抱卵エビ群をそれぞれ尾数を変化させて収容し、シェルターへの蛸集尾数を計測した。実験で設定した各々の試験区において、計測時におけるシェルターへの平均蛸集尾数を表3に示した。水槽内におけるテナガエビの状況は、底面だけでなく壁面にも一様に分布していることが観察されたので、周辺密度の算出では水槽の内側全体を周辺面積とした。図6に蛸集密度と周辺密度との関係を示した。これによると小エビ群、抱卵エビ群ともに蛸集密度はある程度まで周辺密度に比例して増加している。周辺密度が小さいとき、ここでは周辺密度が約50尾/m²以下の場合、両群をあわせた蛸集密度(Y)と周辺密度(X)の間には有意な1次相関がみられた。

$$Y = 24.21 + 1.48X \quad (r=0.976 \quad n=5 \quad p<0.01) \quad \text{ただし } X < 50$$

一方、周辺密度が約70尾/m²以上になった場合、蛸集密度は小エビ群で約180尾/m²、抱卵エビ群では約120尾/m²で一定となった。この状態の時は、シェルターに近づく個体は先に蛸集した個体に追い払われシェルターに近づけず、シェルターへの蛸集が飽和状態にある様子が観察された。このことから蛸集密度の上限値はそれぞれの個体が持つ最小個体間距離の大小が規定するといえる。ここで現場データとして表2にある蛸集密度(Y')と周辺密度(X')の関係をみると、図7に示すように水槽実験の結果同様両者に比例関係がみられ、蛸集密度(Y')は周辺密度(X')との間に有意な正の相関がみられた。

$$Y' = 15.34 + 1.74X' \quad (r=0.818 \quad n=26 \quad p<0.01)$$

(尾/m²)

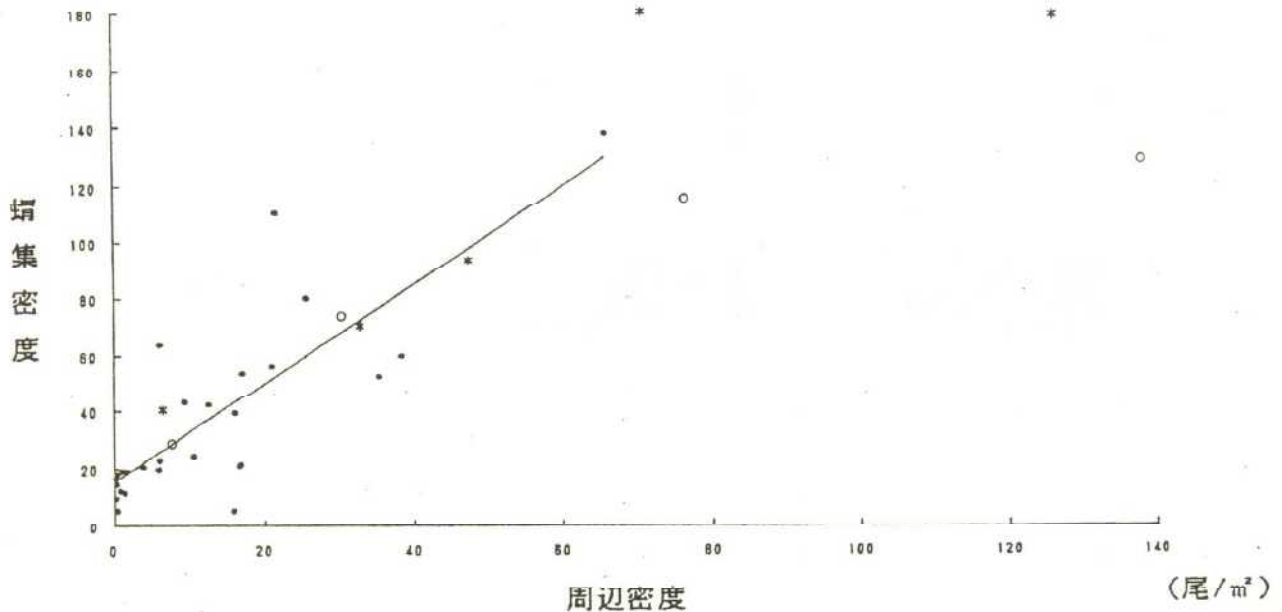


図7 湖内における周辺密度と増集密度との関係

●:現場データ, *:小エビ群, ○:抱卵エビ群,
-:現場データの1次回帰

3 増集したテナガエビのCL(頭胸甲長)組成について

湖内のシェルターで採集されたテナガエビについて、'91年2月から'92年1月までの月別、雌雄別のCL組成の頻度分布を図8に示した。

(1) 雌エビのCL組成について

91年2月に増集した主群のモードは7ミリであり、4月まで同じ位置であった。この他2月にはCL15ミリのクラス、4月には16ミリのクラスの増集がみられた。また2月から4月の主群のモードは、91年10月から92年2月までの主群のモードともほぼ同じであった。5月になるとモードの位置の大きな移動があり、モードは10ミリとなった。ここでもCL18ミリ、20ミリ以上といった大型のクラスの増集がみられた。5月からはCL9ミリ以上の個体に抱卵しているものがみられるようになり産卵期の始まりを示している。このとき抱卵個体のCLは9ミリ以上であった。6月になるとさらに成長がみられ、モードは11ミリになっている。6月のCL組成では、前月までの一峰型ではなくCLの範囲を小さい方(4から9ミリ)に長く引きずった型になっていることがわかる。7月ではモードが12ミリになりさらに成長していることがうかがえる。またこのとき6月にみられたようなCLの範囲の広がりはみられなくなり、小さい方はモードの峰に吸収されていることがわかる。8月には明瞭に2群がみられ、CL3ミリと11ミリにモードがみられる。モードの小さい

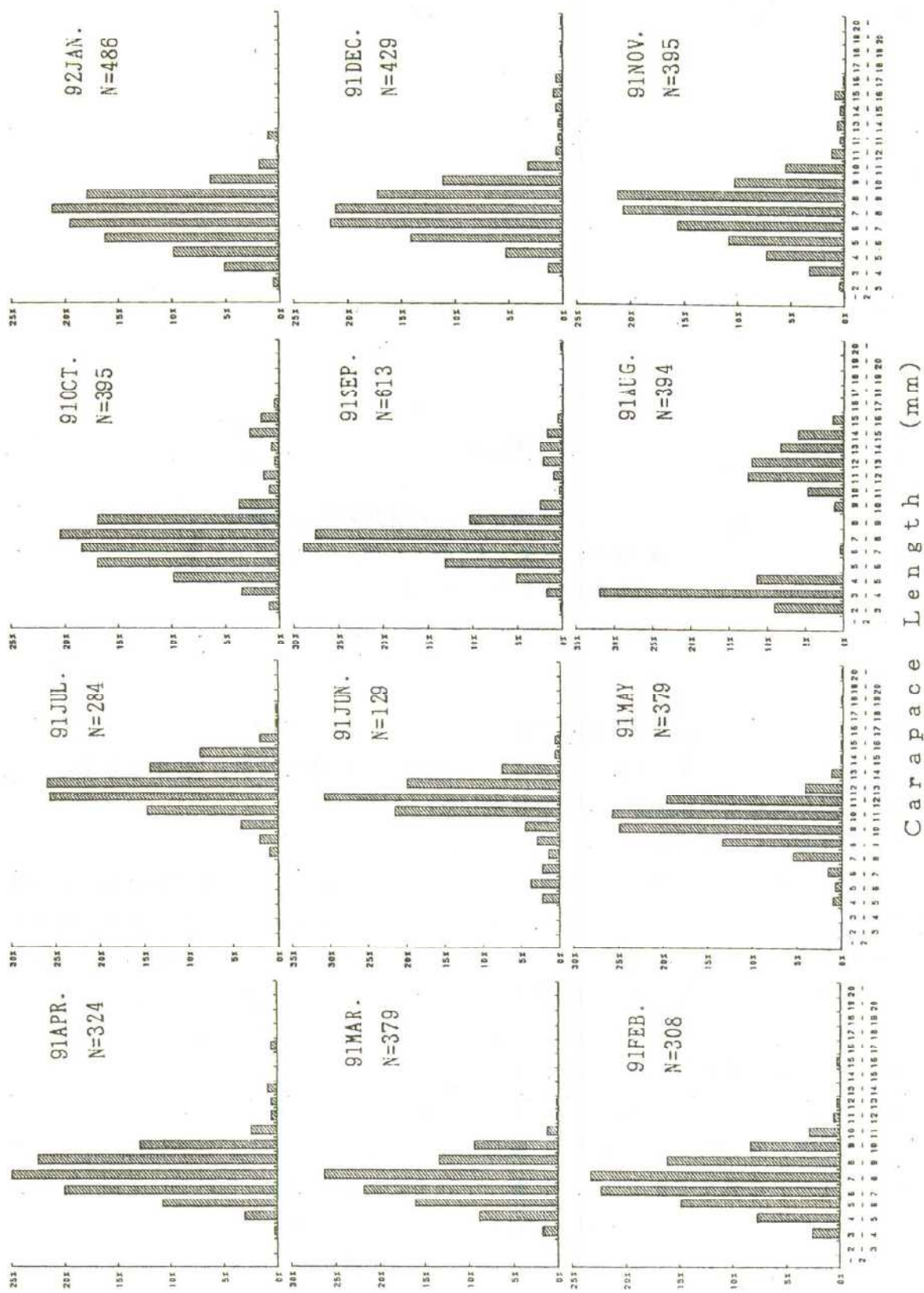


図8 シェルターに採集したテナガエビの頭胸甲長頻度分布の季節推移 (mm)

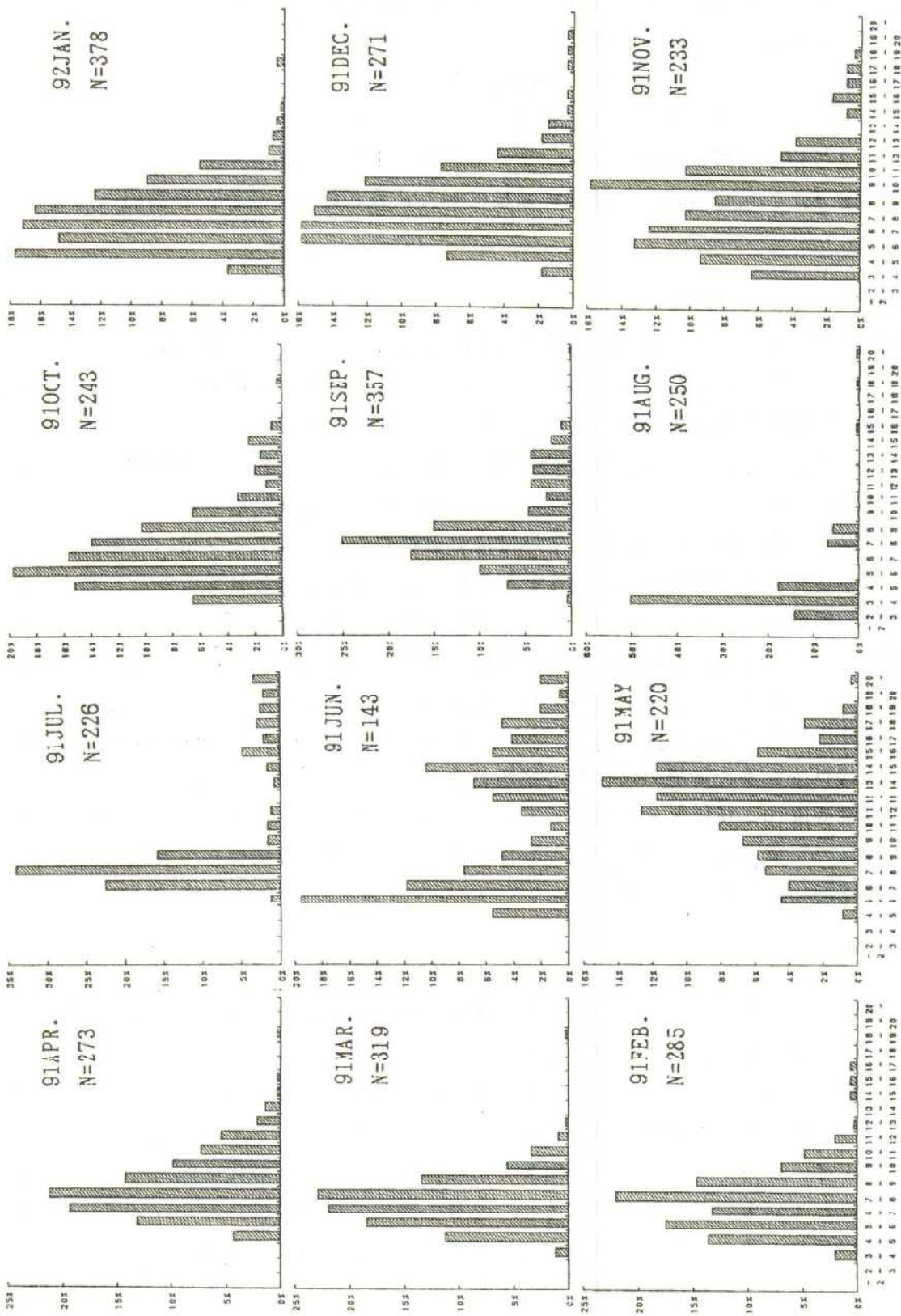


図8 シエルトターに蛸集したテナガエビの頭胸甲長頻度分布の季節推移 (雄)

方は当歳群であり。大きい方は産卵群である。9月には産卵群の蛸集は減少するがそのモードは13ミリになっている。また当歳群のモードは6ミリに達している。このときCL7から8ミリの抱卵個体が数個体現れた。10月には産卵期も終わり、抱卵した個体はみられなくなった。産卵後とみられる大型の群のモードは14ミリになっているが、この大型群の蛸集尾数は減少している。トロール試験操業においてもCL14ミリクラスのテナガエビは採捕されなかった。一方当歳群のモードは7ミリに達するとともに、後続のふ化群とみられるCL4ミリ以下の蛸集が目立った。また当歳群のうち成長の早いものはCL10ミリ程度に達している。11月以降はCL組成に差はほとんど見られず、成長の停滞期に入ったことがわかる。

(2) 雄エビのCL組成について

雌エビと同様91年2月から4月にかけて、主群のモードは7ミリであり成長の停滞がみられるとともに、主群とは異なるCL15から18ミリの大型の個体が蛸集している。5月になると主群には急激な成長がみられ、4月にモードが7ミリであったものが13ミリになった。またここでもCL20ミリ以上の大型の個体が蛸集している。6月には主群が完全に大小2群に分かれ、モード5ミリの小型群とモード14ミリの大型群になった。このほかにもCL20ミリ以上の特大群がみられた。7月では小型群のモードは7ミリに、大型群のモードは15ミリに成長しているのがみられるとともに、ここでも主群とは異なるCL20ミリ以上の特大群の蛸集がみられた。8月になると蛸集尾数の大部分を占めたモード3ミリの当歳群が現れてくる。このほか6月、7月と推移してきているモード7ミリの小エビ群と15ミリ以上の大エビ群そして20ミリ以上の特大群がみられ、あわせて4つの群の蛸集がおきている。9月になると大エビ群はほとんどみられなくなり、小エビ群と新当歳群の2群に分かれる。10月になると後続のふ化群の蛸集が盛んになりモードが5ミリになる一方で、早生れの当歳群は10ミリ程度まで成長している。小エビ群のモードは13ミリに成長しているがその数は月を経るにしたがって減少している。11月以降は雌同様CL組成に変化はなく成長は停滞期に入ったといえる。

考 察

湖内におけるシェルターへのテナガエビの蛸集状況の結果は、9月10月が最も尾数が多く、その後減少傾向をたどり、翌年7月8月に最少となっている。この現象はシェルターだけでなく周辺水域の分布をみたトロール試験操業の結果でもみられており、しかも両者の変化にはきわめて強い相関関係がみとめられている。霞ヶ浦のテナガエビの生活史では、寿命がほぼ1年、5月下旬から9月上旬までが産卵期であり、産卵後は親エビの大部分が死滅するとされている⁴⁾ことを考慮すると、両者の変化の周期性は9月から10月に再生産による添加が現れ、その後次の産卵期まで漁獲や死亡などにより資源量が減少していくというサイクルを示していることになる。つまりシェルターにおける蛸集尾数の変化の傾向には、地域的なテナガエビ資源量の変動が大きく影響を及ぼしていると思われる。逆の観

点からいえば、蟻集の動向がテナガエビ資源動向の指標となりうるのではないかと考えられよう。しかしシェルターにおける蟻集分布密度をみるとそこには際だった特徴が現れてくる。月平均の密度においてシェルターは周辺域に比べて尾数比で約2.8倍、重量比で約1.1倍もの高い値を示していることは、シェルターには常に周辺より高い密度で蟻集しているばかりか、大型の個体が蟻集していることが明かである。ここで同年同月のシェルターと周辺分布の密度比をとってみると、図9、10のとおり尾数、重量ともに年変動はあるものの、傾向として冬と夏にシェルターの密度比が高くなっていることがわかる。このことは単に漁獲圧力の有無という理由だけではないと考えられる。なぜなら冬は霞ヶ浦において漁獲圧力は極めて小さくなるにもかかわらずシェルターで密度比率が高くなっていることは、これがテナガエビの越冬期における蟻集特性の一つであるとみられるからである。また春から秋にかけて漁獲が行われる時期において、夏は春や秋よりも密度比が高くなることについても、産卵期に湖岸付近への移動がみられる⁵⁾ことや前回の研究³⁾でシェルターにおいて抱卵エビがきわめて多く蟻集していたことからみて、テナガエビの産卵期における生態特性の現れであると考えられるからでもある。つまり越冬期と産卵期には湖岸域の身を潜めるような場所へ蟻集する傾向があるといえるのである。

シェルターにおける最大蟻集密度の検討としては今回水槽実験により、小エビ群、抱卵エビ群を収容したときの蟻集密度の上限を推定した。しかし同一サイズの個体群を対象とし、日中の数時間を測定時間とするなど単純な設定となっており、現場の状況に類似した複数のサイズの個体群間での行動、昼夜または季節（水温）別での行動については未解明である。マダイ及びクロダイ幼魚を用いた空間潜行動の実験⁶⁾によれば、潜行動の回数及び、潜入時間は空間と魚の相対的サイズによって異なるとされていることから、今後はサイズ別の最小個体間距離の推定と蟻集時間及び蟻集行動の発現条件の検討を相対的サイズを考慮した上で行うことが蟻集のメカニズムの解明には必要となろう。

湖内に設置したシェルターに蟻集したテナガエビのCL頻度分布の追跡から、雌雄の成長の過程に若干の違いがみられた。それらをまとめると次のようにいえるであろう。雌エビの成長過程については、秋から冬の間は成長が停滞するが、産卵期にはいる5月に急激な成長を遂げて産卵に関与していき、その後産卵群は主に死亡と考えられる原因により個体数が減少するものの、一部は再び越冬する。そして翌年の産卵期に大型の雌として産卵に関与してから死亡すると考えられる。また9月にCL7から8ミリの抱卵個体がみられたことから、産卵期の初期にふ化した当歳群も産卵期の後期に産卵に関与する可能性があると考えられる。したがって産卵期には二度越冬した大型群、産卵主群、そして当歳群の3世代3群が存在することになる。また雄エビについては次のようにまとめられるであろう。冬は成長が停滞するが、5月にはいると主群は急激な成長を遂げ、それらは大エビと小エビの大小2群に分かれる。産卵期には主群としての小エビと大エビ群の2群、そして2度越冬した特大群が存在し、これに当歳群を加えると3世代4群が存在することになる。産卵期を終えると当歳群を除く大部分が死亡すると考えられるが、小エビ群の一部は生き残って越冬し、翌年夏に特大群となる。これらから共通していえることは雌雄ともに5月に

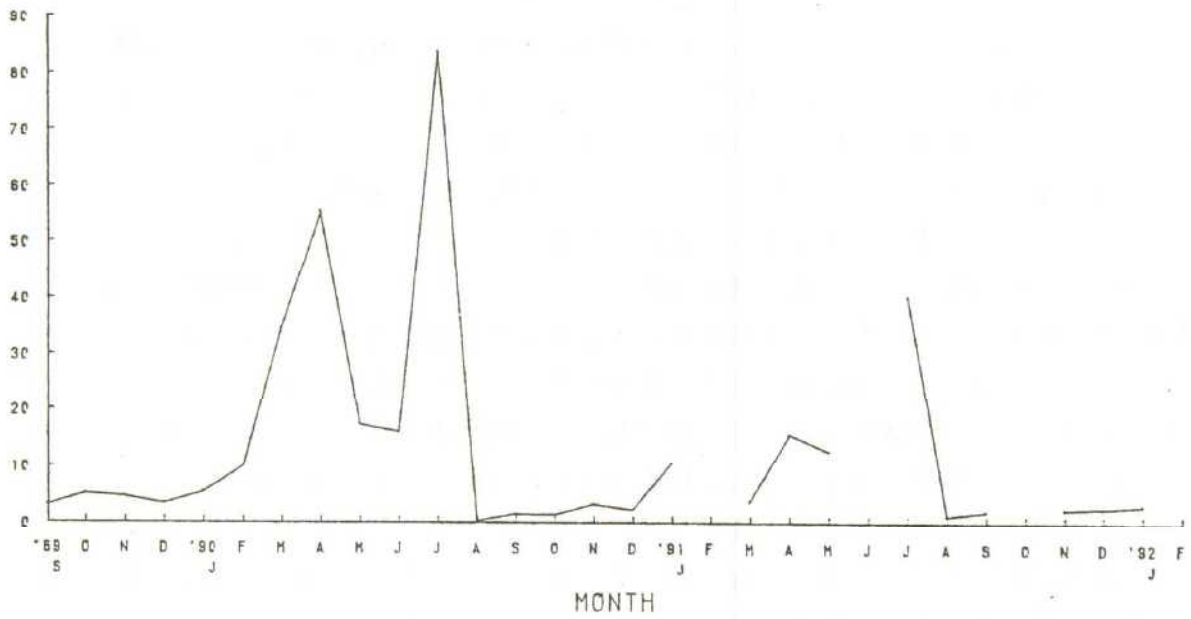


図9 周辺密度に対する蠅集密度比率の季節変化（尾数比）

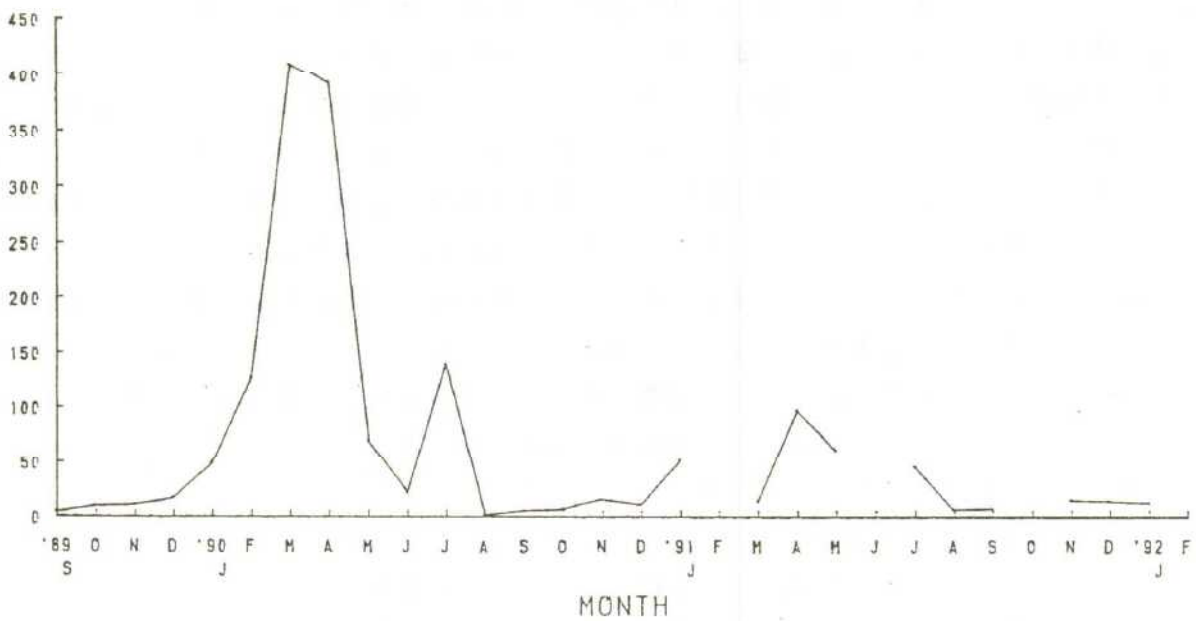


図10 周辺密度に対する蠅集密度比率の季節変化（重量比）

急激な成長を遂げる点である。これについては笹浸で採集したテナガエビの測定結果⁴⁾でも同様の傾向が示されており、5月の急成長は霞ヶ浦におけるテナガエビの成長特性であると考えてよかろう。そしてこの急成長を誘発する要因としては、この時期の急激な水温上昇があることを第一にあげることができる。しかし、雄においてみられた6月から7月にかけての主群が大小2群に明瞭に分かれることについては、水温上昇以外の要因も考えておかなければならない。その理由としては、水槽飼育実験において雄では成長の良い大型個体と成長の劣る小型個体の群が出現し、大型個体を取り除くことで小型個体が急成長を遂げたと指摘する報告⁷⁾があり、そこでは大型雄個体の存在が小型雄群に対しその成長を抑制すると示唆しているからである。今回の調査結果から示されたように、主群の大エビ群がほとんどみられなくなった9月のCL頻度組成において、小エビ主群のモードがそれまでの位置より大きく移動していることは水槽飼育実験での指摘と関連があると思われる。したがって雄についてはその発育過程における個体間距離のあり方にも注目していく必要があると考えられる。

要 約

霞ヶ浦産テナガエビについて、湖内におけるシェルターへの蟻集の動向及び水槽実験によるシェルターへの最大蟻集密度を検討し次の結果を得た。

- 1) 湖内に設置したシェルターへの蟻集尾数は、周辺でのテナガエビの漁獲尾数と正の相関を示し、その変化の傾向はテナガエビの地域的な分布密度の変動を反映していた。
- 2) シェルターにおける分布密度(蟻集密度)は、シェルター周辺の分布密度に比べ、月平均値で尾数では約2.8倍、重量で約11倍の高い値を示した。
- 3) シェルターと周辺での分布密度の同年同月比では、シェルターにおいて冬と夏に高い値を示す傾向がみられたことから、テナガエビでは越冬期と産卵期が特に蟻集傾向が強まる時期であることが分かった。
- 4) 小エビ、抱卵エビの2群を用いた水槽実験の結果、両群とも蟻集密度は周辺分布密度に比例し、周辺分布密度が約70尾/m²以上になると蟻集密度はある値に収束した。そしてその蟻集密度は、それぞれの個体の持つ最小個体間距離に規定されるとした。
- 5) 蟻集したテナガエビのCL組成の検討から、雌雄ともに5月に急激な成長を遂げ、特に雄は主群が大小2群に分かれることと、産卵期には雌雄ともに極めて少数であるが2回越冬した大型群も産卵に関与することが示された。したがって産卵期にはそのときに生まれた当歳群を含めて、雌は3世代3群が、雄では3世代4群が混在することが分かった。

参考文献

- 1) 加瀬林成夫, 芹田茂(1956): Shelterの効果に関する基礎的研究, 茨城県水産振興場調査研究報告, 11-18.

- 2) 中村誠, 市毛清記 (1989) : シェルターによるテナガエビ、ハゼ類の集魚効果調査, 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 25, 70-73.
- 3) 根本孝, 中村誠, 川前政幸, 庄司邦男 (1991) : 筒型シェルターにおけるテナガエビの集魚特性に関する研究, 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 27, 13-27.
- 4) 久保伊津男 (1949) : 淡水産エビ類の増産に関する研究, 水産研究会報, 2, 47-63.
- 5) I.Kubo (1948) : Oecological Studies on the Japanese Fresh-water Shrimp *Palaeomon nipponensis* 1. Seasonal Migration and Monthly Size composition with Special Reference to the Growth and Age, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 15 (3), 125-130.
- 6) 安永義暢, 日向野純也 (1990) : マダイ・クロダイ幼魚の空間潜入行動に関する基礎的実験, 水工研技報, 水産土木, 12, 1-9.
- 7) 酒井光夫 (1986) : 霞ヶ浦におけるテナガエビ資源に関する研究, 東京大学農学系研究科博士論文 (未印刷), 38-41.