

2 灯火採集による小型海産無脊椎動物の研究

——小型甲殻類を中心とした海産無脊椎動物の個体数変動とその要因——

1 はじめに

野外調査などで動物の採集を行うとき、目的に応じて様々なトラップが使用されている。中でも夜間の採集で有効なものとしてライト・トラップを利用した灯火採集が挙げられる。この灯火採集は特に昆虫の採集で多く用いられているが、陸上に限らず海で稚魚を捕集するときなどにも使われている。ところが海で灯火採集を行うと稚魚に限らず様々な生物を採集することができる。フクロエビ目上に属する甲殻類であるクーマは通常底生性であるが、夜間に灯火をしながら採集すると多数採集することができる（蒲生、1963）。この採集法はクーマに限らず、ヨコエビ類をはじめとする様々な小型底生生物を、潜水などを行うことなく簡単に採集することができる非常に優れた方法である。また、採集のために行う灯火によって採集地点に生息する生物の出現パターンに影響を与えることもなく（Saigusa & Oishi, 1998）、それらの個体数変動を調べる際にも効率的にサンプリングを行うことができる。

私はこれまで東伊豆町稲取で海産無脊椎動物を観察してきた。しかし、それらがどの季節にどれだけ出現するのかについては詳細な研究を行っていなかった。そこで本研究では、この灯火採集を利用して内湾に生息するプランクトンやベントスの個体数が季節によってどのように変動しているのかを明らかにするため調査を行った。

2 研究の方法

・ 採集

この調査は、東伊豆町稲取で行った。採集地点は漁港となっている内湾の中央付近である。湾内の海底は砂地に礫が点在している。採集地点の水深は3～5 mで、堤防に囲まれているために外洋からの波や潮流はほとんどやって来ることはない。

採集は2003年9月14日から毎月中旬に一度ずつ、2004年8月17日まで行った。まず

21時00分に懐中電灯（National BF-768）を地上40cmに設置し、灯火を開始した（図1）。電灯から海面までの距離は1.6～3.1mで、水面での光の強さは700～1800luxである。灯火開始から10分後にプランクトンネット（直径15cm、網目の直径約0.3mm）で灯火している付近より海底からの垂直曳きでサンプルを採集した。採集は21:10～21:30の間行った。

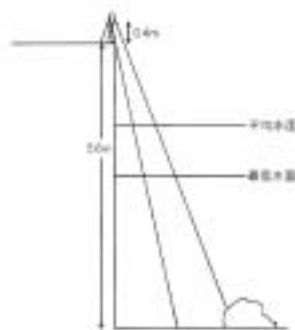


図1 灯火の方法

その後、採集した生物の動きが止まるまでサンプルにエタノールを加え、シャーレに移した。同定は基本的に目レベルまで行った。目の同定が困難である場合、網や門まで同定した。その後それぞれの目（網・門）ごとに個体数を計測した。その際に個体数がきわめて多数のときはサンプル分割を行い、サブサンプルから全体数を推定した。サンプル分割は次の方法で行った。サンプルを10または20のサブサンプルに分け、それぞれに1～20（10）の番号を付ける。そして乱数表によって任意に選んだ番号を付ける。そして乱数表によって任意に選んだ番号のサンプルについて個体数を計測し、その2～5サンプルの計測結果から個体数を推定した。

2004年8月17日は日中と夜間、及び灯火の有無によって採集される個体数がどのように変わるか調べるために、日中16:00～16:20と夜間20:50～21:10（灯火なし）の採集も行い比較した。

・ 海水温と潮位・月齢

海中で生活しているプランクトンやベントス

の行動は海水温の影響を強く受けるだろう。またそれらは潮位などからも影響を受ける (Saigusa, 1997, 2001)。そのため、採集と同時にデジタル式温度計によって海水面付近の水温を測定する。静岡県水産試験場伊豆分場（下田市白浜）の観測データも利用した。潮汐は海上保安庁海洋情報部の潮汐推算から稲取港の潮位を計算した。月齢も同ホームページの情報から計算した。

・ 種多様度の解析

それぞれの分類群ごとの個体数のほかに、出現した生物がどれだけ多様であるかを示す種多様度を求めた。本来種多様度は種ごとの個体数から計算する物だが、今回は目レベルでどれくらい多様であるかを示す値として使用する。種多様度はシャノン・ウィーバー関数 H' を用いた。(宮下・野田, 2003)

3 結果

・ 海水温・潮位・月齢が採集に与える影響

採集時の海水温と個体数の関係は、図 2-1 のようになった。海水温が低下すると個体数は減少し、20℃前後が最も多くの個体を採集することができた。なお水産試験場（白浜）の平均海水温と採集時海水温を比較すると、採集地点は白浜よりも夏は高く冬は低くなる傾向があった。

潮汐が個体数に与える影響は図 2-2 に示すとおり、指数関数として回帰計算を行ったところ弱い相関関係があった。潮位が高くなると個体数が増加する傾向が見られた。

一方、月齢と個体数との関係（図 2-3）ははっきりとした相関はみられなかった。

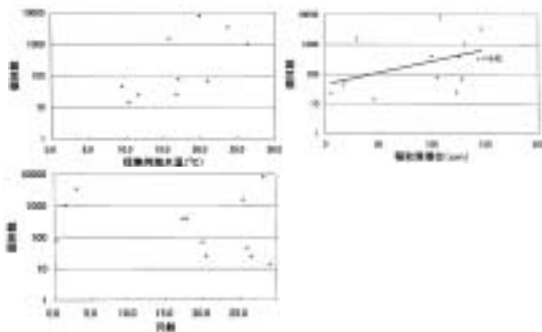


図 2-1（左上）海水温と個体数の関係

図 2-2（右上）潮汐と個体数の関係

図 2-3（下）月齢と個体数の関係

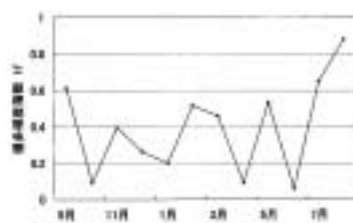


図 3 種多様度の変化

・ 種多様度の変化

H' による種多様度は月によって値が大きく変化し、2003 年 10 月から 2004 年 6 月までは約 0.1 ～ 0.5 の間で増減を繰り返している (図 3)。しかし夏期の 2003 年 9 月と 2004 年 7・8 月には 0.6 を超え、高い多様性がみられた。

・ 通常のプランクトン採集と灯火採集の比較

2004 年 8 月 17 日に行った比較実験の結果、灯火採集を行った場合、同時に同じ場所で灯火をせずに採集したときと比べ 3 倍以上の生物を捕集することができた。また、光を与えない場合でも日中に比べやや多くの生物が出現する。さらに各動物門の出現パターンを比較すると (図 4-1)、正の走光性が最も強い生物は節足動物門と軟体動物門であった。脊索動物門はどの条件においても 45 ～ 50 個体採集されたが、昼夜・灯火に関わらず個体数はほぼ一定である。その他の動物門は採集されないか、或いは個体数が少ないため比較できなかった。

さらに最も多く採集された節足動物門について比較した (図 4-2)。同時に採集したサンプルでも灯火の有無により個体数の組成が全く異なる。最も強い走行性を示したのは十脚目である (これは全てゾエア幼生である)。昼には全く出現していないが夜になると出現し、灯火採集では灯火なしに比べ個体数は 20 倍以上となった。そのほかの灯火によって採集個体数が増加した目として、フクロエビ上目では、等脚目・タナイス目・アミ目が、カイアシ亜綱ではカラヌス目・ポエキロストム目・モンストリラ目、介形亜綱のミオドコーパ目やフジツボ類のノープリウス幼生が挙げられる。エボシガイのノープリウス幼生や枝角目は灯火によって個体数の変動は起こらなかった。

・ 各動物門の個体数変動

図 5-1 のように、どの月も節足動物門が個体数のほとんどを占めている。特に冬の間は他の

動物は全くみられなかった。しかし、6月から11月にかけては、軟体動物や脊索動物を中心に様々な生物を採集した。全体の個体数（図5-2）は11月から3月にかけて減少し、4月になると急激に繁殖している。5月には海水温の低下などの環境の変化は観測されなかったが、個体数は著しく減少した。

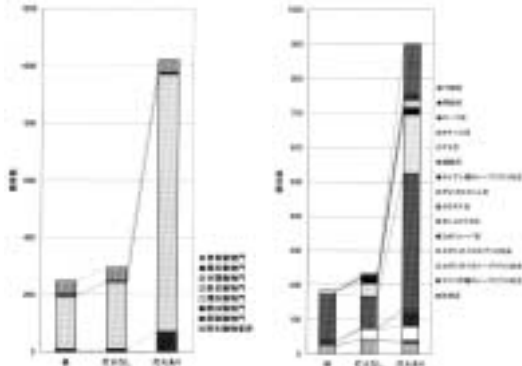


図4-1（左）各動物門の採集時間・採集法による個体数の違い

図4-2（右）甲殻類の採集時間・採集法による個体数の違い

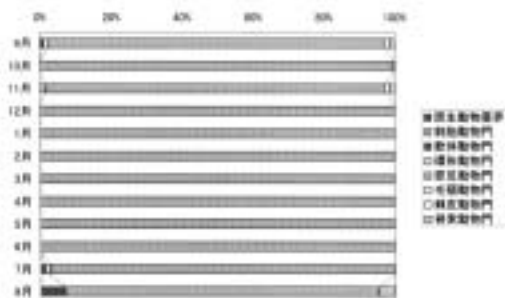


図5-1 各動物門の個体数に占める割合

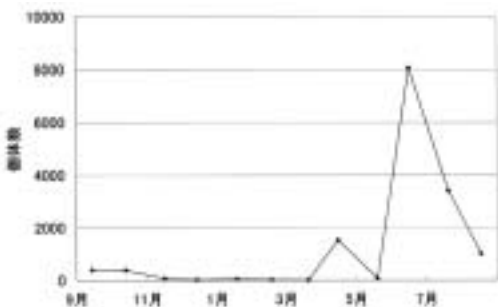


図5-2 合計個体数の変動

- ・ 節足動物門の個体数変動

今回の調査で多数採集された小型甲殻類は、その生活形態により浮遊性の生物と底生性の生物に分けると次のような結果が得られた。

ア 終生浮遊生活をおこなうもの

図6-1は、甲殻類プランクトンの中でも最も採集個体数が多かった。カイアシ亜綱カラヌス目とポエキロストム目の個体数変動を示している。カラヌス目は個体数の増減が最も激しい。特に6月に非常に多く採集され、春から夏にかけて最も繁殖することが分かった。一方、ポエキロストム目はカラヌス目に比べ大量に出現することはない。出現のピークも秋から初冬である。2月と3月は個体数が最も少ないが、このように秋から初春にかけてはポエキロストム目が優占種となっている。

図6-2は枝角目の個体数変動である。この目では、ウスカワミジンコ *Penilia avirostris* だけが採集された。夏から秋にかけて出現している。

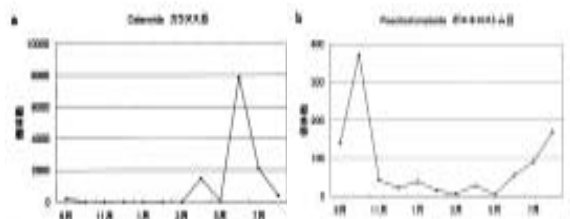


図6-1a,b カイアシ亜綱の個体数変動

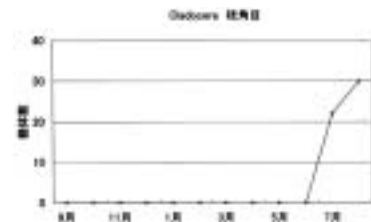


図6-2 枝角目の個体数変動

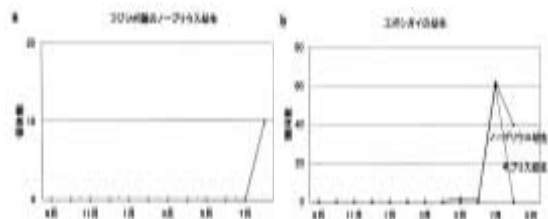


図6-3a,b 蔓脚類幼生の個体数変動

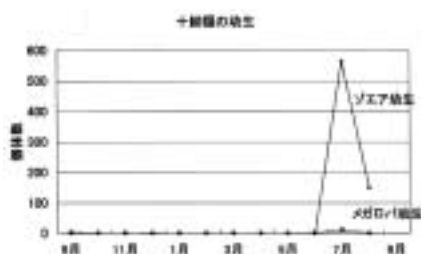


図 6-4 十脚類幼生の個体数変動

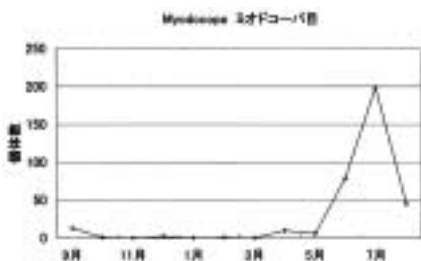


図 6-5 ミオドコーパ目の個体数変動

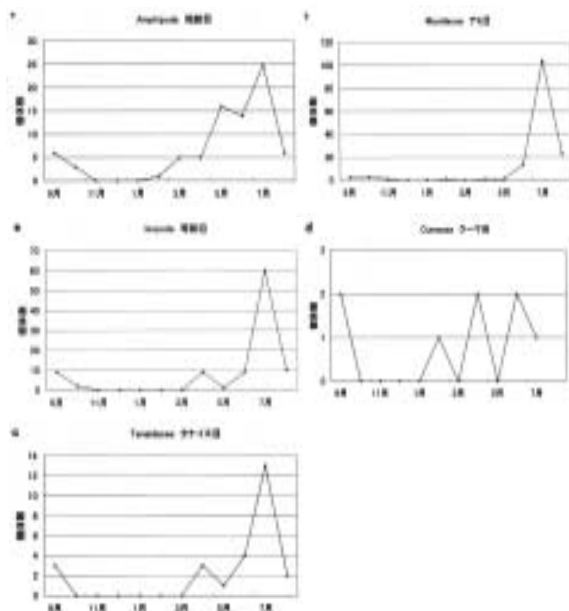


図 6-6a-e フクロエビ上目の個体数変動

イ 幼生期に浮遊生活をおこなうもの

このグループには、十脚目をはじめとする多くの海産甲殻類の幼生が含まれる。今回は特に十脚目と蔓脚類（フジツボ類）の幼生の出現を確認した。

図 6-3 は蔓脚類に属するフジツボ類 (a) とエボシガイ (b) の幼生の個体数変動を表している。フジツボ類のノープリウス幼生を確

認したのは 8 月のみで、夏に幼生として浮遊生活をしていることが分かった。エボシガイの幼生はやや多く出現し、これらも初夏から夏の間に出現した。

十脚類の幼生も初夏から秋にかけて現れた。特に 7 月が最も多く採集され、メガロパ幼生も 11 個体採集することができた (図 6-4)。ウ 底生生活をおこなうもの

底生性の生物で今回採集された甲殻類は、介形亜綱ミオドコーパ目と軟甲亜綱フクロエビ上目である。

図 6-5 はミオドコーパ目の個体数変動を示している。主に春から秋にかけて出現するが、冬季にも採集されている。採集時に数多くの個体が発光したことからウミホタル *Vargula hilgendorfii* が優占種であると推定される。

図 6-6a-e はフクロエビ上目の個体数変動である。このうちクーマ目は採集された個体数が少なく変動が詳細に分らなかったが、2 月から 9 月にかけて出現している。そのほかはどの目も 7 月が最も多く出現している。中でもアミ目は 7 月に 104 個体と非常に多く、6 月から 11 月にかけて出現した。端脚目などもほぼ 4 月から 10 月の間に出現している。

4 考察

・ 海水温・潮位が出現パターンに与えた影響

図 2-1 で同じ海水温でも個体数にばらつきがあることが示しているように、プランクトンやベントスの行動は海水温だけでは決まらないようである。これは当日の気象条件などが関わっているからではないかと考えている。たとえば、採集を行った当日の日照時間は植物プランクトンの光合成速度に影響を与え、その結果それが海水の溶存酸素量に反映される。さらにそれがプランクトンやベントスの行動に表れているのではないかと考えることもできる。

潮位には個体数と正の弱い相関関係がみられた (図 2-2)。しかし冬季に行った採集は潮位が低い場合が多かったため、個体数が減少した原因は冬季の海水温低下によるものと考えられる。従って出現パターンと潮位との関係を明らかにするためには、同日に連続して採

集を行い、潮位の変化と個体数の変動を調べる必要がある。

・ 走光性と灯火採集

灯火採集はそれぞれの生物の出現パターンを変えない優れた採集法ではあるが (Saigusa & Oishi, 1998), 図 4-1, 2 のようにそれぞれの出現率を比較すると灯火の有無によって全く異なっている。動物門ごとの比較でも、節足動物と軟体動物は灯火により個体数が増加した一方、脊索動物はほとんど変化がない。さらに灯火により個体数が増加した甲殻類の中でも、このような違いがみられる。そこで、甲殻類も次のように分類することができる。

① 灯火による採集が困難であるもの

十脚類の幼生 (ゾエア、メガロパ)、等脚目・タナイス目・アミ目などベントスや垂直移動を行う生物、ミオドコーバ目

② 灯火により多くの個体が採集できるもの
カイアシ類

③ 灯火に関係なく採集されるもの

枝角目、カイアシ類のノープリウス幼生、エボシガイのノープリウス幼生

これは、それぞれの生活形態 (浮遊性か底生性か) と走光性によって決まっているものと思われる。結論として、これらの多くの生物は正の走光性を示し灯火は採集に非常に適しているが、③に属する生物群を採集するときには灯火採集は適さないことが明らかになった。

・ 種多様度の季節変動

図 4 に示した種多様度の変動で目立つのは、10 月・1 月・4 月・6 月が他の月と比べ多様度が著しく低下していることである。これらの月で各分類群の個体数変動を比較すると、多様度が低下している月はどれもカイアシ類の出現が顕著だったことが分かる。つまり、これらの月ではカイアシ類だけが大量に出現したことが多様度の減少をもたらしたのだろう。

従ってこの調査で得られた多様度指数は、カイアシ類の出現に大きく左右されてしまい、実際の多様度を反映していないおそれがある。そのためカイアシ類を除いて多様度を求めたならば、冬季もフクロエビ類やミオドコーバが採集されていることから、これらの月における多様性は著しく低下しているわけではないと思われる。

・ 甲殻類の個体数変動

ア 終生浮遊性の甲殻類

この調査で同定したカイアシ類はほとんどがカラヌス目とポエキロストム目である。前者は春から夏に、後者は秋から冬にかけて出現する。最も多く出現した月の個体数は、カラヌス目が 7883 個体に対しポエキロストム目が 372 個体である。従ってカラヌス目の方が圧倒的に強い繁殖力を持っていると思われる。しかし冬季にはポエキロストム目の方が優勢となる。これは、ポエキロストム目が海水温の低下の影響を受けにくい、同じ生態的地位を占めているカラヌス目が減少したことで餌を得やすくなったからではないかと推定できる。

枝角目は 7、8 月のみ採集された。主に海水温が高い夏から秋にかけてだけ出現しているのではないと思われる。

イ 幼生期が浮遊性の甲殻類

このグループは、ほとんどが 7、8 月に採集された。これは十脚類やフジツボ類・エボシガイ類の生活史のうち、産卵を春から夏にかけて行われていることを示唆している。そして 9 月には出現していないことから、7、8 月の間に幼生期を終え固着生物やベントスとして生活を行うようになるのだろう。

ウ 終生底生性の甲殻類

これらの中には、アミ類などのようにベントスとして生活するほかに一定のリズムに従って垂直移動を行っている (東ほか, 1985) ものもみられる。

ミオドコーバ目は冬季にも少数であるが採集されたことから、1 年を通して出現していると思われる。7 月に多く出現するのは、カイアシ類を中心としたプランクトンが大量に繁殖したことで、餌となる海底の有機物が増加したためであろう。

フクロエビ上目は、個体数がきわめて少数であったクーマ目を除いて全て 7 月が出現のピークとなっている。フクロエビ類は通常、動植物プランクトンを捕食して生活している。この採集地点に生息するフクロエビ類は、底生性の藻類やカイアシ類を捕食して生活していると思われる。従って、フクロエビ類の被

食者であるカイアシ類が、6月に大量に出現したことによって、それらを捕食して繁殖し個体数が増加したのではないかと推定できる。しかし、本研究ではまだフクロエビ類の行動パターンについての解析は不十分である。アミ類（東ほか、1985）やクーマ類（朝倉ほか、2003）は日周期的な垂直移動を行っていることが知られており、このような移動の影響を受けていると考えることもできる。従ってこれらの個体数変動の原因を知るためには、フクロエビ類の各目に関する行動パターンの研究が今後必要であろう。

5 謝辞

本研究を行うに当たって、筑波大学下田臨海実験センター青木優和先生にフクロエビ類を中心とした甲殻類の分類に関する指導などをいただいた。深く感謝の意を表したい。

6 参考文献

- 朝倉彰ほか（2003）。甲殻類学 エビ・カニとその仲間の世界、東海大学出版会
- 東幹夫・橋村浩一・六倉静香（1985）。志々伎湾におけるアミ類の日周期的垂直移動。西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報、3:53-59。
- 蒲生重男（1963）。クーマ類について（総説）。甲殻類の研究、1:1-18。
- 海上保安庁海洋情報部 <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/>
- 宮下直・野田隆史（2003）。群集生態学、東京大学出版会
- Oishi,K. and M.Saigusa(1997). Nighttime Emergence Patterns of Planktonic and Benthic Crustaceans in a Shallow Subtidal Environment. *Journal of Oceanography*, 53:611-621
- Saigusa,M. & K.Oishi (1998). Patterns of Emergence in Marine Invertebrates: On the Influence of a Field Light. *Benthos Research*, 53:95-104
- Saigusa, M. (2001). Daily rhythms of emergence of small invertebrates in-

habiting shallow subtidal zones: A comparative investigation at four locations in Japan. *Ecological Research*, 16:1-28

静岡県水産試験場伊豆分場 <http://www11.ocn.ne.jp/~suisiizu/>