Capitella capitataの個体群生態について (予報)^{1, 2)}

堤 裕 昭

(九州大学理学部附属天草臨海実験所)

Preliminary report on population study Capitella capitata
(Polychaeta: Capitellidae) in Japan

Hiroaki TSUTSUMI

Abstract

Population dynamics on Capitella capitata has been studied in Amakusa since November 1979. Though the population reproduced almost throughout the year, the seasonal fluctuations of population size were very large. Size cohorts were detected in the size distribution, because spawning occurred synchronously. Their life cycles were traced by the close quantitative investigations. The prereproductive period was for 4 to 8 weeks and 6 cohorts occurred only for 4 months. The survivorship curve was estimated by the new technique, using computer simulation.

はじめに

イトゴカイ科の小型多毛類 Capitella capitata は世界各地の有機物汚染域に頻出し、特にベントス群集が極めて貧弱な重汚染域に局地的に高密度に生息することから、その生態的特性が注目されている種である。(cf. Pearson and Rosenberg, 1978; Reish, 1979)。C. capitata の有機物汚染に関する指標性に最初に着目した Reish は Capitella を含む数種の多毛類について低酸素条件抵抗性等の生理的諸特性に関する研究を行なっている (Reish, 1957, 1960, 1966)。その後も Bellan et al. (1972)、Forêt (1974) 及び Ueno and Yamamoto (1982) などの例をみる。これらの研究例は究極的には C. capitata が有機物汚染域に特異的に適応して生息しう

1) 九州大学天草臨海実験所邦文業績第62号

2) 本稿は昭和56年11月東大海洋研究所で開催された「多毛類の分類・生活史・生態に関するシンポジウム」における講演の概要をとりまとめたものである。

る要因を汚染域に特徴的でベントスに致死的影響を与える底層の貧酸素化現象に対する C. capitata の傑出した抵抗性の存在によって説明しようとするものであろう。しかしながら、結果としてある程度の低酸素条件抵抗性は示されているが、C. capitata が汚染域において卓越する事実を説明する唯一の特性としては考え難い。

これに対して *Grassle and Grassle* (1974) は C. capitata が生物の空白な又は未利用な場所への移民能力に秀でていることを指摘するとともに、C. capitata の生活史上の諸特性による不安定な環境への適応に注目し、C. capitata の生態的特性に関する研究に新たな展開を与えた。

筆者は天草下島北西端に位置する富岡湾の一小内湾である巴湾において1978より1980年にかけてベントス群集の季節動態に関する定量調査を行なった。巴湾は湾内の魚類養殖場より流出する餌料残渣及び魚の排泄物による大量の有機物負荷に加え閉鎖的な地形が相まって富栄養化状態にある。夏季成層期には底層に貧酸素水塊が発生してベントスが一旦死滅し、秋季以降の循環期に移行後再移民を行なった。この再移民過程において最も特徴的な個体群変動を遂げたのが C. capitata であった。C. capitata は夏季に完全に個体群が消滅した後、環境条件の回復に伴なって重汚染域に他種に先駆けて逸早く再移民し急速な増殖を遂げ、独占的に卓越するに至った。この調査結果は C. capitata が巴湾において卓越種となる条件には貧酸素条件下において個体群を維持できる生理的耐性ではなく、環境条件が回復した無生物域への迅速な移民能力及び個体群の大きい増殖能力を必要としたことを示している。これは上述の *Grassle and Grassle* (1974) の指摘を支持するものであり、筆者も *Grassle and Grassle* 同様に C. capitata の生活史上の諸特性による不安定な環境への適応性に注目するに至った。しかしながら C. capitata の個体群動態に関する定量的な知見が乏しいためにこの問題に関しては不明確な部分が多い。

筆者は1979年11月より巴湾及び隣接した泥質潮間帯の汐入浜において C. capitata の個体群動態に関する精密な定量調査を行い、非調和的環境に適応した本種の個体群諸特性について研究している。なお、汐入浜の場合はアオサ (Ulva pertusa) が堆積し腐食して生じた有機物含量の高い底質に C. capitata が生息している。

材 料 と 方 法

C. capitata の個体群に関する定量調査は1979年11月より巴湾及び汐入浜に設けた調査定点において随時行なっている。採集は巴湾においてはエックマン・バージ型採泥器を用いて底泥を採取後、小型方形枠 (6.25×6.25×5 cm, 12.5×12.5×5 cm) を挿入してサンプルとした。汐入浜においては干潮時に小型方形枠を直接底質に挿入してサンプルを採集し、10%ホルマリンで固定後研究室へ持ち帰った。サンプルは個体群密度測定用には0.5 mm、体長組成作成用には0.125 mmの篩を用いてふるい、C. capitata を選別し、10%ホルマリン液中に保存した。各標本の計数及び体長の指標として胸部節の最大幅の計測を双眼実体顕微鏡下において行なった。

生 活 史

C. capitata は雌雄異体で雄は第8及び第9節に生殖剛毛を有し、成熟した雌は胸部の体壁を通

して卵巣を見ることができ判別は容易である。雌は産卵管を作り、交尾後管内壁に直径約 250～300 μm の卵を 40～200 個程度産みつけ、卵の孵化後 *metatrochophore* に发育するまで管内に止まり保育を続ける。大部分の雌は一生一回産卵であり保育終了後に死亡する。管を離れた *metatrochophore* は短期間の浮遊の後、定着、変態して *juvenile* となる。前繁殖期間は極めて短く実験室内の 16.4～22.1°C の温度条件において 31～34 日であった。

個体群密度の周年変化

C. capitata の個体群としての繁殖は周年に及んでいる。しかしながら安定した個体群密度は維持されていなかった。図 1 には

1979 年 11 月より 1981 年 2 月に至る個体群密度の周年変化を示した。巴湾及び汐入浜の両地点に於いて激しい個体群変動が見られた。巴湾に於いては夏季の貧酸素水塊の発生に伴って個体群が一旦消滅し、10 月に再移民した。これに対して汐入浜においては同様に嫌気的環境が夏季に形成されるのであるが、潮間帯であるために底質の最表層には酸化層が存在するので低密度 (880 個体/ m^2) ながら個体群が維持されている。秋季及び冬季は個体群の急速な増殖期であり両地点においてわずか数ヶ月間に 40,000 個体/ m^2 以上の高密度な個体群が形成された。

図 1 *Capitella capitata* の個体群密度の周年変化
Seasonal changes of population density of *Capitella capitata*.

世代解析

C. capitata の個体群としての繁殖は周年に及んでいるが、大潮前後に同調して行なわれ、一生一回産卵であること及び前繁殖期間が短いために個体群の体長組成中にコホート (cohort 同時出生集団) を検出することが可能であることが判明した。図 2 にはその一例として汐入浜における 1981 年 6 月の 1 ケ月間の体長組成の変化を示した。体長組成中には個体群としての同調した繁殖によってコホートが形成されていく過程が認められる。

筆者は 1981 年 5 月より 8 月まで汐入浜において高頻度の定量調査を行い、調査期間中の *C. capitata* の個体群の体長組成に認められるコホートの体長のモードを図 3 に示した。図 3 には幾分

図2 1981年6月の汐入浜における *Capitella capitata* の体長組成
Size distribution of *Capitella capitata* in June 1981 at Shioiri Flat.

煩雑になるが合わせて各コホートの新規加入に要した期間を胸幅0.2 mmの位置に破線で示し、コホートが繁殖を行なっている場合にはそのモードを黒丸で印すとともに繁殖時のコホートの体長の広がり縦線で示し、さらに次のコホート形成につながる子孫の流れを影を付けた部分によって示した。

一例を挙げると、コホート

(cohort) Iは5月20日頃に新規加入を終了し、成長して5月30日及び6月24日～29日の2回、同調して繁殖を行なっている。1回目の繁殖はモードより大型の個体(胸幅0.5～0.85 mm)に限られ、生産された幼生は6月8日～29日に新規加入しコホートIIを形成した。2回目では繁殖を行なった個

体がコホートの体長組成全体に広がり、繁殖後コホートIは消滅するとともに生産された幼生が7月2～13日に新規加入してコホートIIIを形成している。汐入浜における *C. capitata* 個体群は各コホートの急速な成長及び4～8週間程度の短い前繁殖期間に支えられ頻繁に繁殖を行い、わずか

図3 1981年5月より8月までの汐入浜における *Capitella capitata* の各コホート(同時出生集団)の生活環
Life cycle of each cohort of *Capitella capitata* from May to August in 1981 at Shioiri Flat.

4ヶ月間に6コホートを形成しては消滅している。

これらのコホートの動態を定量的に解析するためにはさらに複雑な過程を必要とした。*C. capitata* は一生一回産卵であるにもかかわらず、図3に示したコホートI及びIIは2度同調した繁殖を行っている。これは春季の比較的低温な条件下においてはコホート内部の成長及び成熟過程の斉一性が崩れるためである。筆者は天草臨海実験所の田中雅生博士の御協力を得てこの点を解消するために次のような数理解析を加えた。まず図2に示した個体群の体長組成を Cassie (1954) に従ってコホート別の体長組成に分離し、コホートの新規加入過程より繁殖及び消滅に至るまでの体長組成を得る。コホートの体長組成の時間的変化は新規加入数曲線、成長曲線及び生残曲線によって規定されているとみなすことができる。そこでこれら3曲線を任意に想定し、計算機を用いてコホートの体長組成を合成し実際のデータとの適合度を検定するというシュミレーションを反復することによって3曲線を推定した。この手法と結果の詳細については現在準備中の別著により公表を予定している。

図4には以上の手法によって求められたコホートIIの生残曲線を森下の表現法(森下, 1975)を用いて示した。この生残曲線は新規加入初期における死亡が少なく、加入後42日以降の繁殖終了後に急速な死亡がみられる。

考 察

Capitella capitata に関する定量的な個体群解析は唯一 Warren (1976) によって試みられたのみであり、前繁殖期間を約1年と推定している。この結果は Reish (1974)、Forel (1974) 及び筆者が室内飼育実験によって確認された前繁殖期間約1～2ヶ月とは大きな隔りを示すものである。筆者はさらに野外個体群においても上述のように精密な定量調査及び解析処理を経て早期の成熟及び繁殖が実現されていることを確認した。Warren (1976) の研究例は毎月1回の野外調査によるものであるが、この調査間隔は生活環が短かく早期に成熟に達する可能性を持つ *C. capitata* の世代解析には不適切

図4 森下の表現法(森下, 1975)に従ったコホートIIの生残曲線
Survivorship curve of cohort II represented by Morisita's expression (Morisita, 1975).

であり、世代解析において最も重要な体長組成をコホート別に分離する過程及びその体長組成の変化よりコホートの成長を追う過程においても誤った判断を下した疑いがある。したがって前繁殖期間1年という結論は事実誤認の疑いがある。

筆者が確認した *C. capitata* の繁殖様式は大卵少産で幼生は卵栄養型であり、卵及び幼生は親によって保育された幼生の浮遊期間は非常に短い。これらの特徴は総じて幼生の浮遊期における分散を抑制する傾向にある。事実、図4に示した生残曲線を元にした概算では幼生の約50%が短期間の浮遊を経て母個体群周辺に定着したという結果を得ている。

C. capitata は上述の繁殖様式に加え、1～2ヶ月程の短い前繁殖期間及びその間の高い生残率、個体群としての繁殖が周年に及ぶことなどの生活史上の諸特性は図1に示したように環境条件の回復に即座に対応して急速な増殖を遂げ、短期間に局地的に高密度な個体群を形成することに大きく貢献していると考えられる。しかしながら広域的な分散能力に欠けることは *C. capitata* の分布が有機物の最も豊富な底質に偏在していることから、夏季の嫌気的環境条件下においては個体群全体がその影響を受けるといった個体群の維持に関しては不利に作用すると考えられる面を持ち合わせている。実際に巴湾に生息する個体群は夏季に一度消滅しているし、汐入浜の個体群もかなりの低密度まで減少している(図1)。

巴湾に生棲する *Capitella* は人為的に形成された富栄養な底質を利用して好気的な環境条件が形成される循環期に限って生息しているにすぎず独立して維持されている個体群ではないと判断される。非調和的な環境に適応して生息する *Capitella* に関する個体群の諸特性及び個体群維持機構を理解するためには周年個体群が維持されている汐入浜における動態を解明することが重要であると考えられる。筆者は現在汐入浜において *C. capitata* の個体群動態に関する精密な定量調査を行っている。

この研究を行うにあたり終始適切な御助言と御教示をいただいた九州大学天草臨海実験所菊池泰二教授、田中雅生、野島哲両氏をはじめ研究室の諸氏に御礼を申し上げる。なお研究の遂行に当り文部省科学研究費(課題番号448009)の一部を使用した。

文 献

- Bellan, C. et al. 1972. The sublethal effects of a detergent on the reproduction, development, and settlement in the polychaetous annelid *Capitella capitata*. Mar. Biol., 14, 183-188.
- Cassie, R. M., 1954, Some use of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 5, 513-522.
- Foret, J. P. 1974. Étude des effets a long terme de quelques détergents sur la séquence du développement de la polychaète sédentaire *Capitella capitata* (Fabricius). TETHYS 6 (4), 751-778. (In French with English summary)
- Grassle, J. E. and J. P. Grassle, 1974. Opportunistic life histories and genetic systems

- in marine benthic polychaetes. *J. mar. Res.*, 32, 253-284.
- 森下正明 1975. 生残曲線の発展段階 個体群生態学会々報 26/27: 12-18.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16, 229-311.
- Reish, D. J. 1957. The relationship of the polychaetous annelid Capitella capitata (Fabricius) to waste discharges of biological origin. In C. M. Tarzwell (ed.), *Ecological problems in water pollution*. U. S. Public Health Service, 195-200.
- _____. 1960. The use of marine invertebrates as indicators of water quality. In E. A. Pearson (ed.), *Waste Disposal in the Marine Environment*. Proc. 1st. intern. Conf. New York, 92-103.
- _____. 1966. Relationship of polychaetes to varying dissolved oxygen concentrations. Draft for 3rd intern. Conf. Water Pollution Research, Sect. 3, Paper No. 10, 10pp.
- _____. 1979. Bristle Worms (Annelida: Polychaeta). In C. W. Hart, Jr. and S. L. H. Fuller (eds.), *Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates*. Academic Press, N. Y., 78-125.
- Ueno, S and G. Yamamoto, 1982. Physiological tolerance in the polychaetous annelids Capitella capitata and Paraprionospio pinnata. *Benthos Res.*, 23, 60-68.
- Warren, L. M. 1976. A population study of the polychaete Capitella capitata at Plymouth. *Mar. Biol.*, 38, 209-216.