

「原著」

餌環境変動に対する動物プランクトンの繁殖応答

戸田任重

(現在：農業環境技術研究所)

1. はじめに

動物プランクトンの主要な餌は、多くの場合、植物プランクトンである。ある水塊内の植物プランクトン量は、増殖・捕食・沈降等の結果変化し、しかもその分布は一様ではない。一方、動物プランクトンは日周鉛直移動を含む能動的移動により、餌である植物プランクトンに対して相対的な位置を変える。したがって、自然水界中では動物プランクトンは時々刻々変化する餌環境に遭遇していることになる。

筆者は日単位の比較的短い時間スケールでの餌環境変動に対する動物プランクトンの繁殖応答を2つの水域で調査する機会を得た。制御隔離水界を用いた実験的研究では、海産コペポータ2種の機能的応答 (functional response, ここでは産卵応答) を追跡することができた。また、伊豆諸島近海に発生した局地性湧昇では、コペポータ群集の数的応答 (numerical response) を見い出した。

2. 制御隔離水界での実験的研究

実験は1987年7月13日-8月6日、カナダ・ブリティッシュ・コロンビア州サー

ニッチ入江北東部のパトリシア湾で実施した。湾内に直径2.5 m、深さ16mの底付きビニール製バッグを設置し、栄養塩 (硝酸 $30\mu\text{gN}/\ell$ 、リン酸 $3\mu\text{gP}/\ell$ 、ケイ酸 $45\mu\text{gSi}/\ell$) を添加・攪拌した。その後1~数日間隔で、0-4 m、4-8 m、8-12m層よりポンプ採水した。試水中のクロロフィルは蛍光法で (Frank Whitney 測定)、懸濁物量はコールターカウンターにより測定した。

産卵実験では、動物プランクトンをバッグ内よりネット鉛直曳により採集し、その中からコペポータ2種 (*Acartia longiremis*と*Paracalanus parvus*) の成体雌を選別して用いた。種別に5-20個体ずつ底付 (200 μm メッシュ) アクリル円筒容器 (300ml) に入れ、恒温室内で24時間放置後、産卵数を計数した。飼育水には、バッグ内0-12m層から採水し、200 μm メッシュで濾過した海水を用い、これをペリスタポンプにより7 ℓ /日の流量で連続的に供給した。

クロロフィル量および懸濁物量 (2-40 μm サイズ) の増加は、栄養塩添加 (0日目) 後直ちに始まり、5日目には最大値 (水柱平均で $11.2\mu\text{g Chl. a}/\ell$ 、

2.72mm³/ℓ) に達した (図1)。この間の水柱全体 (0-12m) での増加量は、クロロフィル量で6倍、懸濁物量で4倍であった。7日目から15日目にかけてクロロフィル・懸濁物量ともに急速に低下し、18日目以降には両者とも2~3倍の再増加を示した。植物プランクトンは、栄養塩の供給に対して、ほとんど時間的遅延なしに増殖し、5日目までには添加した栄養塩の大部分を消費した。

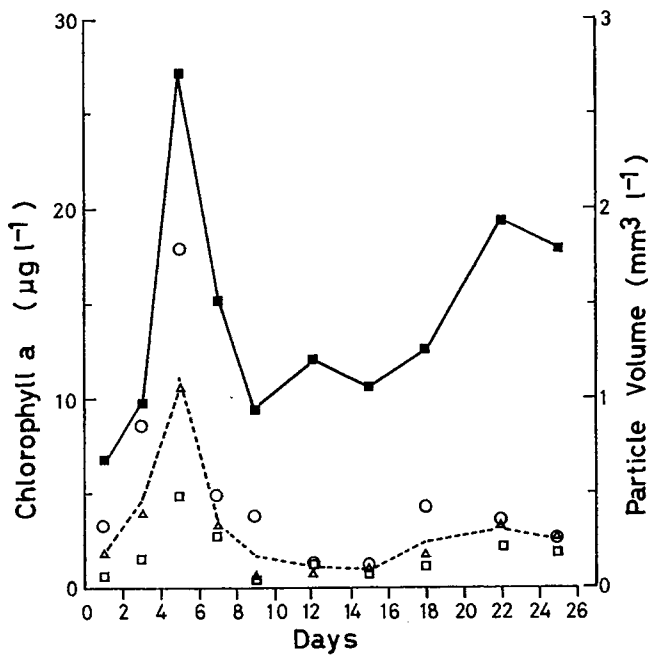


図1. 制御隔離水界におけるクロロフィル (○, 0-4m ; △, 4-8m ; □, 8-12m ; 点線, 0-12mの平均値) と懸濁物量 (■, 0-12m) の経時変化 (クロロフィル値は F. Whitney による、戸田・高橋 1988 より)

*Acartia longiremis*の産卵速度は、3日目より急速に増加し、7日目に最大値79卵/雌/日を示し、その後急減した (図2)。*A. longiremis*の産卵速度と植物プランクトン量の変動との間には1~2日間の時間的遅延が認められる。一方、*Paracalanus parvus*は、最初の植物プランクトン増大期にはわずかしか産卵速度の増加を示さず、むしろ実験後期の植物プランクトン量増加に対応してその速度を増加させた。

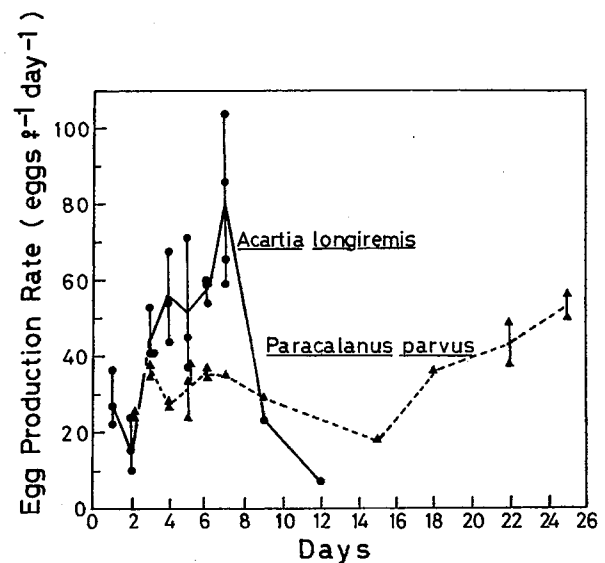


図2. 制御隔離水界におけるコペポータ2種、*Acartia longiremis* (●)と*Paracalanus parvus* (▲)の産卵速度の経時変化 (戸田・高橋 1988 より)

3. 伊豆諸島近海の局地性湧昇での観測
 観測調査は伊豆諸島周辺の海域で、
 1988年7月12-13日に東京大学海洋研究
 所調査船淡青丸を用いて実施した(図3)。

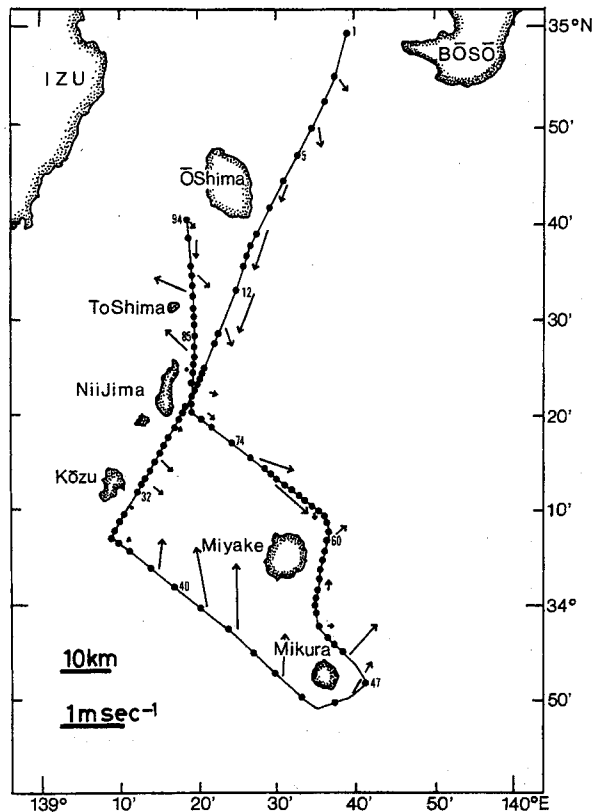


図3. 伊豆諸島周辺の調査水域と航跡。
 矢印は流向・流速、黒丸は動物
 プランクトン採集地点。(Toda
 1989より)

調査船の研究用海水を各測器に導いて、
 温度・塩分・栄養塩(硝酸+亜硝酸)・
 クロロフィル蛍光を連続的にモニタリン
 グした。これらの計測・データ処理では、
 石丸隆・神田穰太・高橋正征・桑田晃各
 氏の協力をいただいた。

動物プランクトンは研究用海水を一度
 20ℓバケツに貯め、それを20μmメッ
 シュで濾過・捕集した。動物プランク
 トンの採集地点は図3に黒丸(計94点)で
 示してある。

図4Aは、航跡に沿った表層の水質・
 クロロフィル量の連続観測結果である。
 水温とクロロフィルとは、観測開始当初
 の20kmを除いて、ちょうど逆の変動パ
 ターンを示している。すなわち、水温の
 低い水域ではクロロフィルが高くなり、
 逆に水温の高い水域ではクロロフィルが
 低下している。水温・クロロフィルの変
 化ほど明瞭ではないが、塩分は低水温・
 高クロロフィル域で高く、高水温・低ク
 ロロフィル域で低い傾向を示した。栄養
 塩は低水温域で一部高い値が観測され
 たほかは、全体にほとんど検出されな
 かった。ここではクロロフィルの多少に
 もとずいて水塊を区分し、クロロフィル
 の多い水塊(植物プランクトンパッチ)を
 観測順にP0、P1、・・・、P6とし、
 その間の水塊をO1、O2、・・・、O
 5とした。図4では分かり易くするため
 に、低水温・高クロロフィルの水塊(P
 1~P6)に陰影をつけてある。

伊豆諸島周辺でみられる局地性湧昇は、
 中層水の上昇に由来するため、低水温・
 高塩分および若い(young)湧昇では高栄
 養塩、古い(old)湧昇では高クロロフィ
 ルがその特徴である(Takahashi et al.
 1980; Atkinson et al. 1987)。本調査
 で観測した植物プランクトンのパッチは、
 P0を除くとすべて湧昇水塊の特徴を有
 しており、湧昇水塊内に発達した植物プ

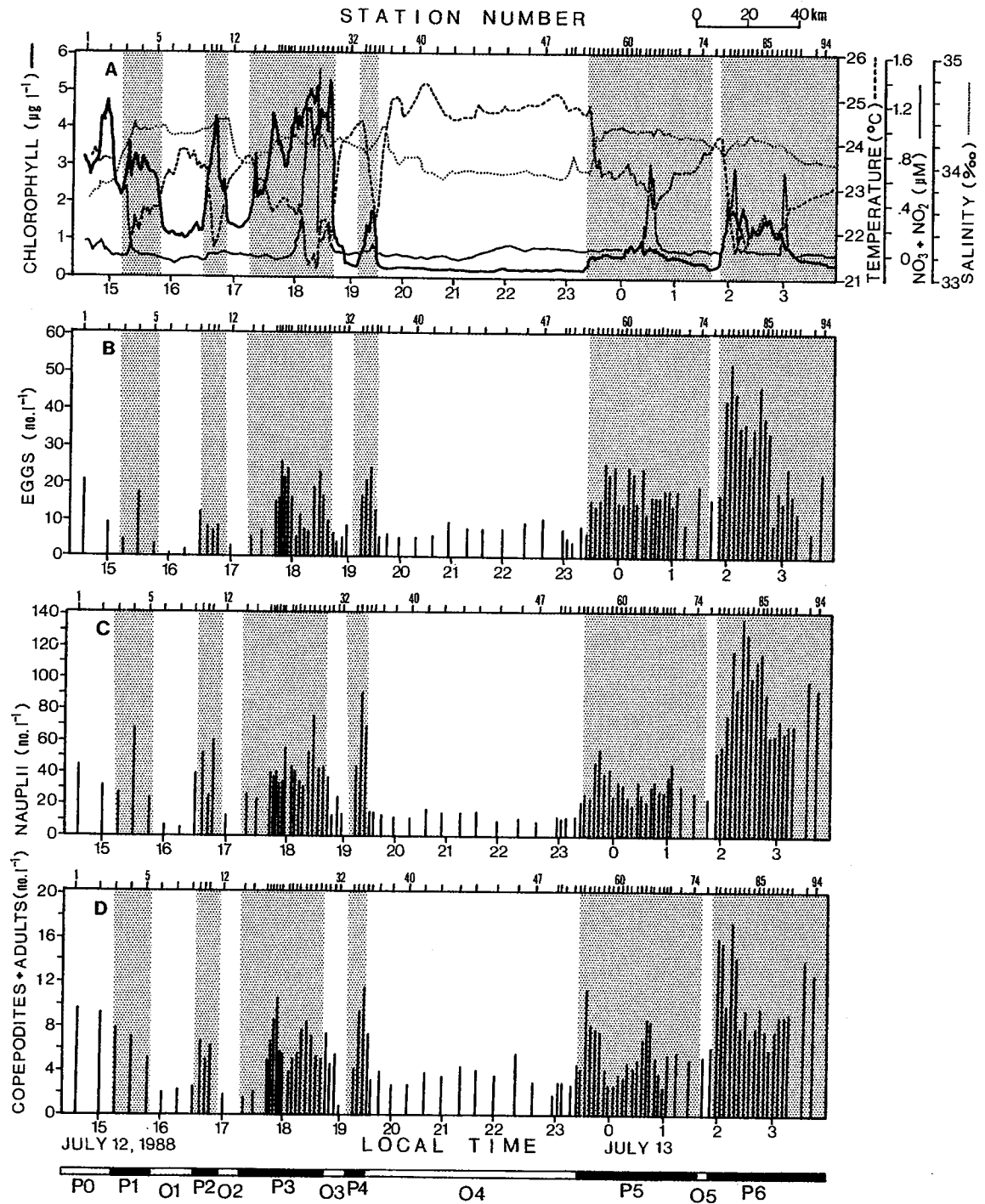


図4. 伊豆諸島周辺調査水域における水温・塩分・栄養塩・クロロフィル・動物プランクトンの表層分布. A: 水温・塩分・栄養塩・クロロフィル, B: コペポダ卵, C: ノープリウス幼生, D: コペポディッド+成体. (Toda 1989 より)

ランクトンのパッチであると考えられた。パッチ P 0 は高水温・低塩分であり、湧昇水塊ではなく、内湾水に由来したものである。

湧昇初期の水塊では、水温は低く、栄養塩は高く、クロロフィルは少ない (young)。時間が経過すると、供給された栄養塩は植物プランクトンに取り込まれて減少し、クロロフィルが増加してくる (old)。さらに時間が経過すれば、湧昇水塊の水温も次第に上昇し周囲の水塊との境界が不明瞭になり、栄養塩は消失し、クロロフィルも捕食・沈降等の結果低下してくる (senescent)。この湧昇のエイジカテゴリーにしたがえば、本調査で観測した湧昇水塊は、低水温・高クロロフィル・低栄養塩の“old” 湧昇に属する P 1、P 2、P 3 と低水温・低栄養塩でクロロフィルが中程度の“senescent” 湧昇に属する P 4、P 5、P 6 にグループ分けできる。

20 μ m のメッシュで集めた動物プランクトンは、ノープリウス幼生を含むコペポータが主であった。コペポータの中では小型で植食性の *Paracalanus parvus* が多く、湧昇水塊内ではコペポータ雌の 80%、湧昇水塊周辺の水域では 60% を占めていた。表層水中のコペポータ卵・ノープリウス・コペポディッド+成体の個体数は 1 ケタ以上の変動を示し、いずれも植物プランクトンパッチ内で多く、高温でクロロフィルの乏しい水域では少ない傾向を示した (図 4 B、C、D)。

各水塊のコペポータ卵・ノープリウス・コペポディッド+成体の個体数をクロ

ロフィル濃度に対しプロットした (図 5)。いずれの個体数もクロロフィル濃度の高い植物プランクトンパッチ内で多いが、クロロフィル量と動物プランクトン量との関係は単純な比例関係ではない。コペポータの最大密度は、クロロフィル濃度が最高の“old” 湧昇水塊ではなく、中間濃度の (さらに時間が経過した) “senescent” 湧昇水塊でみられる。すなわち、植物プランクトン量と動物プランクトン量とは位相のズレが認められる。コペポータ個体群の令組成を反映するノープリウス / (コペポディッド+成体) 比は、湧昇水塊中の植物プランクトンパッチ内で高い傾向を示した (図 5 D)。このことは植物プランクトンパッチ内の方が若い個体 (ノープリウス) が相対的に多いことを物語っている。

コペポータ量がクロロフィル量最高の“old” 湧昇よりも、さらに時間が経過してクロロフィル量が中程度の“senescent” 湧昇で多いのは、動物プランクトンの繁殖応答の時間的遅延によるものであり、その結果、植物プランクトン量と動物プランクトン量の位相のズレが生じたものと考えられる。また、植物プランクトンパッチ内での若い個体の高比率は、湧昇水塊内で動物プランクトンの産卵が活発に行われていることを間接的に示唆している。

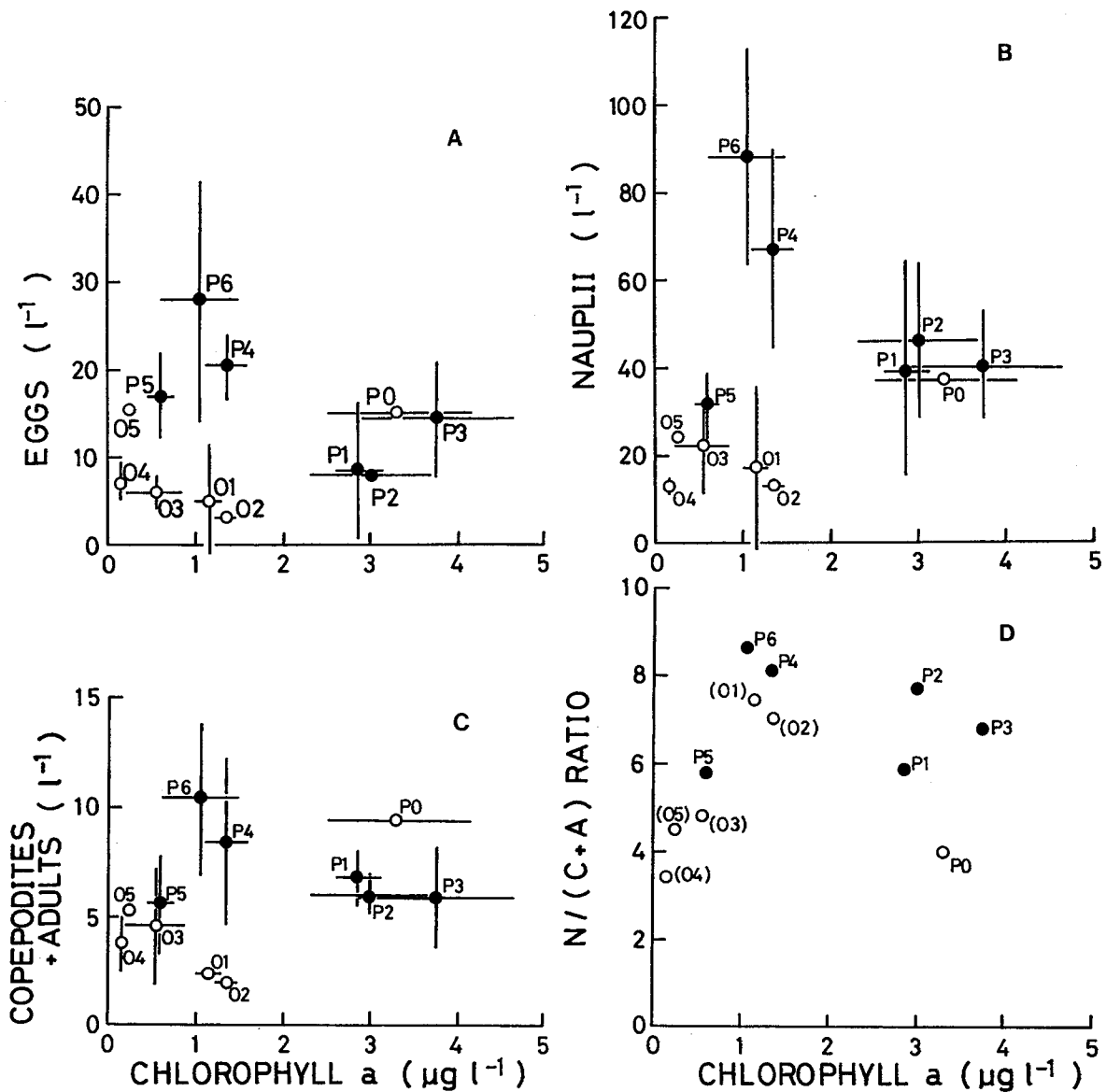


図5. 各水塊におけるクロロフィル量と (A) コペポータ卵数、(B) ノープリウス幼生数、(C) コペポディッド+成体数、(D) ノープリウス/(コペポディッド+成体)比との関係。(Toda 1989 より)

4. おわりに

局地性湧昇での観測、あるいはその施肥効果を模擬的に再現した制御隔離水界での実験結果から、動物プランクトン・(コペポータ)は、餌である植物プランクトンの日単位の短期的変動に対して、すみやかな機能的応答(個体当りの産卵

数増加)および数的応答(個体数増加)を示すことが明らかになった。制御隔離水界での実験では種による餌の量あるいは質に対する繁殖応答の差異が観察された。さらに、動物プランクトンの繁殖応答には1~数日の時間的遅延のあることが両方の調査で認められた。

参考文献

Atkinson, L. P. et al. 1987.

Observations of upwelling around
the Izu Peninsula, Japan: May 1982.
J. Oceanogr. Soc. Japan 43: 89-103.

Takahashi, M. et al. 1980. Upwelling
plumes in Sagami Bay and adjacent
water around the Izu Islands,
Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan 36:
209-216.

Toda, H. 1989. Surface distributions
of copepods in relation to
regional upwellings around the Izu
Islands in summer of 1988. J.
Oceanogr. Soc. Japan 45: 251-257.

戸田任重・高橋正征 1988. 制御隔離水
界での栄養塩添加に対する動物プラン
クトンの応答 (1987年夏). 日本学術
振興会国際共同研究「中規模閉鎖系に
よる海洋の物質循環に関する実験的研
究」研究報告書. pp. 54-61.