プランクトン

奥谷 喬 司*

Takashi Okutani

1. はじめに

編集部から、拙訳書“プランクトンの世界——海の生産を支えるもの”(原題 A. P. Orr, S. M. Marshall 著: The Fertile Sea)を見たから、自然の中の粉体としてプランクトンについて記事を書くように御依頼をうけた。筆者はプランクトンプロパーの専門家ではないにしろ海洋生物学を専攻しているものであるから、専門外の方から見ればいくらでも知識を持ち合わせていると自負して気軽に引き受けしてしまったわけであるが、あらためて粉体工学の研究対象を調べて見るとどうやらおかしな人間がおかしな記事を書いたことに気付いた。わが身の軽率さは今に始まったことではないが、この自ら招いた苦境を、筆者の周囲の純プランクトン研究者やその他の専攻学者に訴えて見たところ、一般の人の“プランクトン”という言葉のイメージがあまりにもまちまちだから、そういう専門外の読者に“プランクトンとはこういうもの”という読物を書くことだって意味があるかと慰められたり励まされたりで、ようやくこの駄文をしたためたものである。

そういうわけであるから、現在プランクトンないし、海洋微生物の領域ではどちらかといえばそれらが海洋の生産にあずかる役割やその生理、機構、エネルギー関係など、いわゆる生産生態学 production ecology の方向へ大きく発展し、その方面の業績が急テンポで蓄積されつつあるにもかかわらず、本編ではむしろ“古典的”なプランクトンの大きさ、形態、なかまわけなどを主眼とした方が、専門外の方々向きであろうかと考えた。

2. プランクトンの定義

プランクトン Plankton という語は1887年ドイツのビクトル・ヘンゼン Victor Hensen が始めてギリシア語の“漂えるもの”の意を持つ“プランクトス”という語

から創造したといわれるが、これが一般的に用いられるに至ったのはエルンスト・ヘッケル Ernst Haeckel の1890年の著作“プランクトンの研究”(Plankton Studien)以来であるとされている(赤塚1930)。プランクトンとは体の大小にかかわらず、また、分類学上の単位(門 phylum, 綱 class, 目 order, 科 family, 属 genus, 種 species)にも関係なく、水中における移動力は全くないか、あってもきわめて弱く、浮遊状態で生活するのを常とし、移動は主として媒質(=水)の営力によってなされる生物の総称である。このような生態の意味からの海中にすむ動植物の範ちゅうはほかにベントス benthos (ナマコやヒトデのように海底に固着またはほふく生活をしている底生生物)とネクトン nekton (魚類やイカのように水流に逆らって自由に遊泳できる遊泳生物)の二つがある。しかしながら、このわけ方は相互間の区別は明りょうでなく、その生物がとらえられた時点の生態的形態によるのである。たとえばある魚類にしても、海中にうみ出されて波のまにまに漂っている卵や幼稚魚の間は明らかにプランクトンと称される生態群に入る。しかし遊泳力を得た若魚、成魚では明らかにネクトンである。またカレイ類のようにほとんど海底に横臥して生活をする時はベントスであろう。(たまたまこの例のようにネクトン的な生活とベントス的な生活を持つものをネクトベントス nektobenthos のような複合語で呼ぶ場合もある。) また、小型のエビや魚類、イカ類のようにネクトンにはちがいないが、大型のプランクトンネットなどで充分捕捉できるもの(反対からいえば遊泳力の強いプランクトン)を近ごろマイクロネクトン micronekton といい、プランクトンとはより移動力の小さいものという概念にしばられている。

3. プランクトンのサイズによる分類

粉体工学の上では0.1~1 μ を微粉, 100 μ ~1mmを粗粉, その中間がふつうの粉体というふうに関別されているそうであるが、プランクトンもまた、大きさによる分類というのがある。水中にただようプランクトンを採集

昭和50年7月9日受理

* 水産庁東海区水産研究所(〒104 東京都中央区かちどき5-5-1)
TEL. 03-531-1221

するのは通常円すい形またはそれに類した型のプランクトンネットを水中で曳引することによって濾しとるのがふつうの方法である。水の単位体積あたりのプランクトンを定量するため網目の大きさはきわめて厳密に選択される。今では合成繊維製のものが大部分であるが、本来は絹製のためわが国ではこれを篩絹といい、欧米では“粉屋のガーゼ”と呼ぶ。正確な定量には縦糸と横糸で作る目が正方形でなければならず、国際規格で233目/cm²から6,400目/cm²まで29種あり、目くずれしない品質の網目が種々考案されている。

プランクトンのサイズによる分類は実はこの濾しとる目の大きさによって採集される生物群組成に相違ができるため、便宜上なされるものである。しかし本体は小さくとも後述するように浮遊機構のため種々の突起や張り出しがあるため大きな目にもかかる事態が生じるため、この分類によるカテゴリーもそのようなバイアスを考えなければならないのはいうまでもない。大から小へ向かって Schütt および Lohman による分類を示す：

巨大プランクトン megaplankton…船の上から肉眼で見えるもの。(例：クラゲやサルバ類)
 大形プランクトン macroplankton…300 μ の網目にかかるもの。(例：稚魚、かいあし類)
 小形プランクトン microplankton…48 μ (～100 μ)の網目にかかるもの。(例：珪藻類)
 微小プランクトン nanoplankton…20 μ の網目にかか

らないで2 μ 以上のもの。これらは網を使用して採集することができないので、海水をくみ、これを濾過する方法によって採集される。かいあし類の卵や、単細胞生物中、小型のものを含み、 μ 単位で計測されるところから μ -plankton などとも呼ばれるようである。

ウルトラプランクトン ultraplankton…5 μ 以下のもの。上述の微小プランクトンの中でも一そう小型のもので、単細胞藻類や細菌などもこれに入ってくるであろう。

このような古典的な分類法とは別に近代的な電子工学的手法を用いて大きさを分析するなどの便宜のためすべて粒子として見たて、Dussart(1965)はもっと機械的に、

巨大プランクトン	2,000 μ 以上
大形プランクトン	200～2,000 μ
小形プランクトン	20～200 μ
微小プランクトン	2～20 μ
ウルトラプランクトン	2 μ 以下

とした(図1)。

プランクトンの分類法はこのようなサイズによるばかりでなく、適水温範囲(広温、狭温など)、適塩分範囲(広塩、狭塩など)、生息深度(表層、中層、深層など)、出現時期(夜来性、季来性など)など種々の観点からの分類法があるが、本誌の目的上必要度が低いと思われるのでここでは割愛したい。

4. プランクトンに含まれる生物群

動物性のプランクトンを一括して動物プランクトン zooplankton、植物性のものを植物プランクトン phytoplankton という。巨大プランクトンと大型プランクトンはほとんど動物プランクトンであるが、小型～ウルトラプランクトンには植物の比重が大きい。しかし単細胞生物の中でも渦鞭毛藻類 Dinophyceae は一方では渦鞭毛虫類 Dinoflagellata とはいわれ植物側からも動物側からも扱われるものもある。

植物プランクトン：

沿岸に生えているホンダワラ類は時々切れて流れ出し海洋表面に浮漂している(いわゆる“流れ藻”)が、このようなものはプランクトンに入らない。植物プランクトンというのは細胞の大きさ1 μ 以上、その群体の大きさでは約5mm以下の単細胞性浮遊植物を指す(高野1970)。これに入る植物は次の9綱である。

- (1) 藍藻類 Cyanophyceae または Myxophyceae
- (2) 珪藻類 Bacillariophyceae、通称的には diatom と呼ばれる。

図1 プランクトンをコールカウンターで測定した粒子分布のモデル図。粒子量は粒子と等しい体積 v をもつ球体の直径 d ごとに粒子数 n を乗じ、生物量 $n \times v$ として表わしてある(Parsons & Takahashi 市村訳より)

図 2 植物プランクトンと動物プランクトンの例

1 <i>Asterionella</i> , 細胞の長さ50~100 μ (珪藻類)	10 <i>Lepas</i> の Cypris 幼生, 体長200 μ (甲殻類: 蔓脚類)
2 <i>Chaetoceros</i> , 細胞の幅12~40 μ (珪藻類)	11 <i>Centropages</i> , 体長1200 μ (甲殻類: 撓脚類)
3 <i>Thalassiosira</i> , 細胞の直径17~30 μ (珪藻類)	12 <i>Calanus</i> , 体長2500 μ (甲殻類: 撓脚類)
4 <i>Dictyocysta</i> , 殻長20~60 μ (原生動物: 纖毛虫類)	13 <i>Podon</i> , 体長900 μ (甲殻類: 枝角類)
5 <i>Peridinium</i> , 殻長40~50 μ (渦鞭毛藻類)	14 <i>Strongylocentrotus</i> の echinopluteus 幼生, 体長300 μ (棘皮類)
6 <i>Tretomphalus</i> , 殻径800 μ (原生動物: 有孔虫類)	15 <i>Oikopleura</i> 体長900 μ (尾虫類)
7 <i>Acanthometron</i> , 直径200~250 μ (原生動物: 放散虫類)	16 カタクチワシの卵 1100~1600 $\times$ 500~600 μ (魚類)
8 <i>Ceratium</i> , 殻長200 μ (渦鞭毛藻類)	17 キュウリエソの卵 1300 μ (魚類)
9 <i>Tetracita</i> の nauplius 幼生, 体長 400 μ (甲殻類: 蔓脚類)	

写真A 動物プランクトン (主組成はかいあし類, 毛顎類, 翼足類, 稚魚など)
B 植物プランクトン (主組成は珧藻 *Skeletonema*)

- (3) 褐色鞭毛藻類 Cryptophyceae
- (4) 渦鞭毛藻類 Dinophyceae
- (5) ハプト藻類 Haptophyceae
- (6) 黄色鞭毛藻類 Chrysophyceae
- (7) 黄緑色藻類 Xanthophyceae
- (8) プラシノ藻類 Prasinophyceae
- (9) 緑藻類 Chlorophyceae

これらはいずれも葉緑素ないしそれに近い色素で光合成を行なっているため、分布範囲は日光の透過する範囲で、水の透明な外洋では100~200m深にまでおよぶが通常50m付近までがもっとも多い。後述するようにこれらの藻類の体内には代謝によって生じた物質やガス体を含むことによって浮遊力をもつものがあり、生活力を失うと浮遊力を失い直ちに海底に向かって沈降するので、実際には光の到達しない数千メートルの海底にもまだ色素の残った藻類細胞が見つかる。

動物プランクトン：

現在動物界には23の門 phylum が認められている(内田 1972) がこのうちプランクトン生活するものはほとんどの門にわたり、例外は中生動物 Mesozoa, 有爪動物 Onychophora, 緩歩動物 Tardigrada, 舌形動物 Linguatulida, 星口動物 Sipunculoidea, 有鬚動物 Pogonophora などの少数種しか含まない数門に限られる。底棲性種の多い海綿動物 Porifera や棘皮動物 Echinodermata などの門でもその生活史の初期にプランクトン生活をし、一生プランクトン生活を送る(終生プランクトン holoplankton) とは臨時性プランクトン(meroplankton または hemiplankton) として区別はされるもののそのような例は多い。全門ほとんどプランクトン生活者のみで占められているのは有櫛動物 Ctenophora と

図3 北太平洋の表層における珧藻細胞分布 (Motoda & Marumo 1963より)

毛顎動物 Chaetognatha であろう。

海洋プランクトンではウルトラ~微細プランクトンは原生生物、小形プランクトンでは珧藻、マクロプランクトンではかいあし類 Copepoda(節足動物 Arthropoda, 甲殻綱 Crustacea のうち1目)をはじめ動物プランクトンが圧倒的である。これらが海中にどのくらいいるかというと、夏期黒潮系水中の珧藻密度(細胞数)は100~1,000/m³程度であるが、栄養塩の多い親潮系水中では1,000~10,000/m³のオーダーとなる(図3)。かいあし類は外洋のマクロプランクトン量の75%くらいを占めるのがふつうである。

5. 浮遊生活へのプランクトンの形態的適応

一般的にいて、海水の比重は1.02~1.03に対して、生物の比重は1.02~1.06(平均1.04)であるので、(Allee

& Schmidt 1951) プランクトン生活を営むものは石灰質などの比重の大きいものをできるだけ減らして、過量の水分を体内にとり入れるなどして浮遊生活に適応している。水中における植物プランクトンの沈降速度 v は次式で与えられる (Smayda 1970)。

$$v = \frac{2gr^2}{9} \cdot \frac{(\rho' - \rho)}{\eta \cdot \phi_r}$$

ここで r は粒子 (プランクトン) の直径, g は重力加速度, ρ' と ρ は生物体と海水の密度, η は海水の粘性, ϕ_r は外抵抗の係数で $\phi_r = V_s/V_a$ 。ただし V_a は粒子の終端速度, V_s はそのプランクトンと同密度、同体積をもつ球体の終端速度である。それゆえ球状に近い程沈降速度が大となるが、魚卵や単細胞生物などは球状に近い体形をしているのに別の手段でその浮遊力を保っている。

すでに生態学の各書に引用されているが Smayda (1969) が発表した各種の生物の沈降速度の数例を摘記してみると次のとおりである。

表 1 各種プランクトンの沈降速度

種 類	沈降速度 (m/日)
植物プランクトン (生細胞)	0~30
同 (死細胞)	1~510
有孔虫・放散虫 (原生動物)	30~4,800
かいあし類 (甲殻類)	36~720
翼 足 類 (軟体動物)	760~2,270
魚 卵	215~400

植物プランクトンなどは生活力を失うと明らかに沈降が早い。これは動物でもおそらく同じことで、特に石灰質の外殻を持つものなどは非常に速いことは想像にかたくない。

動植物プランクトンがそれでも浮遊性を保っている機構は次の 6 通りに大別される。

(1) 粘液・膠質の分泌

藍藻類や珪藻中には体の周囲に粘液を分泌し、これによって浮力を保つものがある。動物の場合、体の皮膚が、寒天質になっているものが多く、魚卵、サルパ類、異足類 (軟体動物) などにその例は多い。

(2) 気胞の形成

管クラゲ類や *Janthina* などのメガロプランクトンに多く見られ、これらは浮力を得ると同時に水の流動のみでなく風の営力によっても移動を行なうブリュストン *Pleuston* (浮表生物) である。

(3) 比重の小さい物質の形成

円板状や舟型をした単体の珪藻類などはむしろ沈みやすい型でありながら、海の表面近くに浮遊し、しかも昼夜

による垂直移動も観察される。これら植物プランクトンの浮力の変化は細胞成分の変化すなわち脂質の増減、イオン含量の変動によって密度が変わる。浮力的手段としては重イオンが細胞液から選択的に排除されるのもひとつであるが、生細胞の全イオン含量は 23.9mg/l で、死ぬとこれが 33.3mg/l となり海水の 33.8mg/l に接近し浮力がいちじるしく減ることによってもうなずける (Parsons & Takahashi 1973)。ちなみに、単体珪藻の一種は各個体は陰荷電をもっていてたがいに反発し合っているため凝集しないといわれている。これらの培養液に電解液を加えると陽イオンの吸着によって中和され、集まって浮力が変わる (松平1939)。

(4) 体表面積の拡大

プランクトンが微小生物であるという一般のイメージ通り、実際小形のものが多く。そのこと自体、物体の表面積の実質に対する比が大きいのである。それゆえ体がだ円体のかいあし類の触角は長いばかりか、付属棘が多く表面積を増している。羽状珪藻のキートセロス *Chaetoceros* やバクテリアスツルム *Bacteriastrum* の長い刺毛やその上に生えている多くの棘も同様である。それら生物のすむ海水は地方によって塩分のみならず水温もいちじるしく異なるため同種の生物でも異った形態をしている。好例としてはいちじるしく突起の伸びた外殻をもつセラチウム *Ceratium* (渦鞭毛藻類) は高温低塩分の海域(低比重)には棘がいちじるしく長い *C. longissima* が分布し、高温高塩分 (高比重) の処には棘の短い *C. lunula* がすむことが知られている (相川1942)。

(5) 細胞や群体が鎖状に長くなって水の支持力をます

珪藻の中に多く見られる。また藍藻類中の連鎖体目 *Oscillatoriales* では細胞は連鎖状に並んだ 1 列細胞の群体 (トリコーム *trichome*) からなっている。そのうえ、(1)に示したような粘液鞘を被っているものも少なくない。

(6) 遊泳力

プランクトンは波のまにまに他動的生活をおくっている面もあるが、実は生物集団である上に特に動物はささやかな距離ではあるが自らの力で移動ができる。この点が非生物的な粉体とは大いに異なる所であろう。体長数 μ の鞭毛藻でも 100~1,000 μ /秒程度の遊泳速度をもち 1 日に 1~10m あるいは 20m くらいに見積られる。まして mm 単位の動物プランクトンの遊泳力はいちじるしく大きい。

6. プランクトンの分布

Parson & Takahashi (1973) は Stain (1971) の

説として、プランクトン生物が非ランダム分布になっている原因として

- (1) 光、温度、塩分傾度などの物理化学的境界状態、
- (2) 風や水の対流効果（乱流による小規模な変化）、
- (3) 生物集団内の繁殖率の相違、
- (4) 同種個体間の社会行動、
- (5) 種間競争によっておこる相互作用

をあげ、中でも(1)(2)を主要な要因と考えた。(1)はより生理学的な反応に重きを置き、(2)はむしろ他動的要因をとらえている。しかし、これの中にも前節に述べたような生物自体の自律運動（遊泳力など）も考慮されなければならないことはいままでもない。

プランクトンを採集するには定性的にせよ定量的にせよ水を濾しとることは前に述べた。網目による選択性によって対象プランクトンの分布量や分布形を考える上に大きなちがいが出てくる。海洋中のプランクトンの現在量 *standing crop* の測定には採集の方法自体について非常に多くの論議と実験がある。特に逃避性のある動物プランクトンの定量には濾過水量の過多によって非常に異なった種および量組成を観ることになる (McGowan & Fraundorf 1971)。海中から採集されたプランクトン試料については含まれる種の多様性について、多様性指数 d を次のように現わす。

$$d = \frac{S}{\log_{10} N}$$

ここで S は出現種類数、 N は総個体数。しかし、現在はさらに多くの数学モデルが考えられている (Parson & Takahashi 1973 参照)。

いずれにせよ、プランクトンの不均一分布は最初は卵が海中に固って放出されるため（動物プランクトン）や光が深度を増すごとに吸収されるため、量的な成層化を起こす（植物プランクトン）ことに基づくのであろうが、海水中の乱れや生物自体のランダムな運動はそのような群を拡散させる方向に働いている。しかしなおかつ集団（パッチ *patch*）をなすことが観察される以上、何か方向性を持った相互作用が同時に働いているという考えから引力中心の周りの小生物の拡散方程式から集団の空間的な大きさを拡散係数と引力のパラメーターに関係づける数学的モデルも考えられている（大久保 1972）。一方、またこの集団は海水中に生じる微小なうず運動による上昇流と下降流（ラングミュアうず）の作用によるものと考えられ、沈降する傾向にあるプランクトンは上昇流のところに、また浮く傾向にあるものは下降流の所に集積するという仮説も提示されている。しかし前述のよう

図 4 ラングミュア渦とプランクトンの分布 (Stavn 1971-Parson & Takahashi 1973 より) A: 比重が海水とほぼ同じでランダム分布する粒子; B: 沈降する傾向にある粒子で上昇流の所に集る, C: 浮く傾向にある粒子で下降流のところに集る, D: 速い上昇流に集り、深い方へ泳ぐ, E: 遅い下降流に集り、浅い方へ泳ぐ, F: 上昇流と下降流の間の流れのゆるやかなところに集まる。

に生物自体の自律的運動によって流れの強さにより深淺方向への選択を行なったりあるいはうずの中に集まったりするので問題はより複雑となる。

さらに規模の大きなパッチは海洋の大環流や渦動や風による吹送流によって生じることには言をまたない。

ここでプランクトンの分布上もっとも生物的な面ともいえる鉛直移動について触れる。プランクトン中ある意味では非動的な植物プランクトンでも日光による光合成を営むので、それぞれの同化作用にとって好適な水深を選んで分布するので内湾の水深20~30mぐらいしかない所でも明らかな垂直分布をする。光合成が盛んな日照時に体内に生じる代謝物質のみならず酸素のため比重は小さく表層に多いが、夜間はやや分布深度を増す。動物プランクトンは表層性の一部のものを除き一般に負の趨光性をもっているから、昼間は中層に居るものが、夜間上昇するのがふつうで、かいあし類、オキアミ類、エビ類、魚類などのプランクトンないしマイクロネクトンの移動は超音波測深器ではいわゆるSL(音波拡散層)としてその運動を像として捉えられることができる。昼夜間でおこるこの移動は捕食関係として解されていて、大きなものは日没時、日出時の前後の数十分の間に数百メートルの移動を行なう。移動幅は生物群によって異なるが深海層のものはどの程度移動するかは不明であるが中深層以浅では同一深度の種・量組成は昼夜によって一変するわけである(図5)。このような昼夜移動 *diurnal migration* のほか、発育期によって棲息深度のちがう個体発生的移動 *ontogenetic migration* も認められる。(Vinogradov 1968)。

図5 かいあし類 *Calanus finmarchicus* の昼夜による垂直移動の1例。冬期の方が日光照度が低いため棲息深度が浅いことが分る。(Nicholls 1933-Hardy 1956)

7. 粉体としてのプランクトン——結び

粉体工学の中身をよく知らない筆者の誤解なのかもしれないが、プランクトンは総じて粉体ではないのではないかという印象はぬぐえない。それはそれらが我々の目に触れるまでの間重ねて来た進化の歴史があり、自律的な生体であるからで、どうしても粉体という無機的な非生物的な語感には結びつかないのである。突起が無数にはえ、表面積も測ることのできない複雑な形態をもつものばかりでなくかなり幾何学的な型をもつものもあるがこれらの媒質の中での行動の非生物的な側面(つまり流体力学的な面や、粉体工学的な面)はあまり知られてないのではなかろうか。

幾何学的形態の代表的なものは円心目 *Centrales* であ

ろう。たとえば沿岸に多いメロシラ *Melosira nummuloides* ではととのった円筒形で直径 $10\sim40\mu$ 、高さ $10\sim14\mu$ 、コンノディスク *Cosinodiscus wailesii* は直径 $160\sim350\mu$ 、高さ $30\sim70\mu$ ぐらいである。また、動物プランクトン中では何といても真球形の魚卵であろう。しかし小なるものでもネズボ類などは直径 550μ 、大きなマイワシ卵では 1600μ 、アナゴ類では実に $2000\sim3000\mu$ であるからもはや粉体とはいえない。魚卵の中でもカタクチイワシ卵は楕円体で長径 $1400\sim1600\mu$ 、短径 $600\sim700\mu$ である。魚類は産卵の場所を水流や塩分ばかりの要因でなく恐らくはふ化した稚魚のえさ条件なども考慮に入れてえらぶと思われるが、その分布の決定要因がそんなことより海流の営力によってコリオリ

の関係からうまくえさの豊富な沿岸水域に運ばれるような力学的形態ではないかと或るシンポジウムの席上発言した非生物学者がいた。これなどはプランクトン生物の形態や生態に対する生物学者では気のつかない発想で、よしんばそれが真理でないにしても“生きている粉体”としての新しいとらえ方ではないかと思われる。

どだい生物を専攻してきたものは数学に弱く、なかなか新しい着想が浮かばないものであるが、近年生物群集や生産生態的とらえ方から非常に進んだ数学的なアプローチも多く見られるようになったこの頃であるからこれからは流体の中のプランクトンの形態的意義や生態との関連もより理数的に語られなければならないのであろう。

引用文献

- 相川広秋, 海洋浮游生物学, 272pp. 水産社, (1942) 東京
 赤塚孝三, 浮游生物学概論, 岩波講座生物学, 71pp. (1930) 東京
 W. C. Allee, & K. P. Schmidt, Ecological Animal Geography (2nd ed.) 715pp. (1951) New York, & London
 B. M. Dussart, Hydrobiologia 26, 72-74 (1965) (Parsons & Takahashi より引用)
 A. Hardy, The Open Sea its natural history. xv+335 pp. (1956) London

- 松平近義, 日本水産学会誌 7, (4), 342-344, (1939)
 J. A. McGowan, & V. J. Fraundorf, Limnol. Oceanogr. 11, 456-469. (1966)
 S. Motoda & R. Marumo, Proc. Symp. Kuroshio, 40-61 (1963)
 A. Okubo, Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 28 (1), 1-7 (1972)
 T. R. Parsons, & M. Takahashi, Biological Oceanographic Processes, 市村俊英 (訳) 生物海洋学 246pp,

(1973), 三省堂, 東京
 T. J. Smayda, *Limnol. Oceanogr.* 14, 621-625 (1969)
 —, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 8, 353-414
 (1970) (Parsons and Takahashi より引用)
 R. H. Stavn, *Limnol. Oceanogr.* 16, 453-466 (1971)
 高野秀昭, 海洋科学, 2 (5), 13-17. (1970)

時岡隆, 原田英司, 西村三郎, 海の生態学 vii+317pp. 築
 地書館, (1972) 東京
 内田亨, 動物分類名辞典 xv+1411 中山書店 (1972) 東京
 M. E. Vinogradov. (1968) *Vertical Distribution of
 the Oceanic Zooplankton*, Israel Program for Sci-
 entific Translation (1970), 339 pp.

筆者紹介

1931年 門司市(現北九州市)生れ

1954年 東京水産大学卒業

東海区水産研究所勤務 現在に至る

その間 1961—1962年, 1970—1971年 カリホルニア大学付属 スクリップ
 ス海洋研究所に招へいされる。

1966年 東京大学から理学博士号を受ける

専門は海洋生物学とくに軟体動物の生態, 分類, 資源。

現在までに掲載した自然の中の粉粒体シリーズは以下の通りです。

- ・ 鳴り砂の特性.....宮城第二女子高 渋谷 修, 11, No. 2, 101 (1974)
 - ・ 血球.....科研薬研 舟木 広, 11, No. 4, 231 (1974)
 - ・ 土.....名大工 植木 協, 11, No. 9, 555 (1974)
 - ・ 花粉.....東京医科歯科大 斎藤洋三, 12, No. 6, 340 (1975)
-