

小・中・高校の理科の教材としての「海の生物」の利用についての一考察—特にプランクトンの教材化を中心として*

木谷 要治 **

Practical Uses of Plankton Organisms as Materials for Science Teaching in Elementary and Secondary Schools

Yooji KITANI **

Summary: Marine plankton organisms are very useful and attractive materials for science teaching in elementary and secondary schools. We may, however, have some difficulties in dealing with them because they have variable compositions and occurrences.

The author gives some tentative proposals for practical methods and procedures to make use of them.

日本は四面を海に囲まれた国であるが、理科の教科書の中には、海の生物についての記述は極めて少ない。これには、いろいろな理由が考えられるが、主なものは、次のようなことであろう。

一つには、南北東西に細長くなっている日本の各地の海の生物の多様性と、それらの多様な種の分布の地域性への対応のむつかしさ、そして、もう一つの大きな理由は、教科書の採択制度と関連する教科書会社の営業政策である。海の生物が豊富にとりあげられている教科書は、海岸地方以外ではほとんど採択されないであろう。そこで教科書には、全国的にどこでも見られるような陸上や淡水の生物が教材の主役として登場することになるわけである。

そして、教科書にない教材の開発研究は必然的におくれることになる。近年、海の生物についての教材化の研究が沈滞気味であるのもこのような事情によると思われる。

しかし、いうまでもなく、海は生命のふるさとであり、また生物の宝庫である。海岸

* 横浜国立大学教育学部理科教育実習施設研究業績5号

** 横浜国立大学教育学部(Faculty of Education, Yokohama National University)

近くの学校が、海の生物を教材として活用せず、ほとんど全国一律の教材のみを利用しているのは、貴重な学習の機会をみすみす逸しているわけで、実に遺憾なことである。

近年、環境教育の重要性が各方面から強く主張されるようになってきているが、環境教育は、当然のことながら環境についての理解を深めることから始めるべきものである。そして海は、今日の環境問題を、ミクロスコピックな面からもマクロスコピックな面からも両面から理解するのにモデル的な教材となるものを多く含んでいる。

筆者は、今回、特にプランクトンを取り上げ、小、中、高の教材として、どのように利用できるか、その教材化の方法と問題点について考察してみることにした。

なお、横浜国立大学には、神奈川県真鶴町に理科教育実習施設があり、ここでは、教官や学生の研究の他に、学生の臨海生物実習も毎年行われ、この他昭和29年の開設以来30年にわたり、毎年、現職教員の海岸生物を中心とする各種の現地研修が行われてきた。

プランクトンの調査研究についても、斎藤実教授、鈴木博教授、種田保穂講師等の指導のもとに毎年実地研修が行われ、報告書も蓄積されてきている。本稿を草するに当たってもこれらを参考資料とした。

1. 海産プランクトンの教材としての利点と問題点

〔利点〕

- (1) 採集が比較的容易である。季節を問わず採集できる。
- (2) プランクトン・ネットで採集すると、少量の海水の中に多種多様のプランクトンが採集でき、生物界の多様性、海の中の生命の豊かさを実感させられる。
少量の海水がそのままミクロコスモスのすがたを呈していることを実感させられる。
- (3) 採集法、採集場所、採集時刻、潮の干満、季節等による変異が大きく、その面での教材の面白さもある。
採集法、観察法を変えてみた時の結果の比較、観察事例の継続研究と結果の解釈等、具体的事例に即して考察させることによって、児童、生徒の訓練にも好適の教材である。
- (4) 顕微鏡とプランクトン・ネット、少量の薬品、簡単なガラス器具があれば、あとはほとんど大きな器具、材料等を必要とせず、簡単に実験できる。

〔問題点〕

- (1) 海のプランクトンはあまりにも多種多様であり、また発生的にも変化に富む種が多いため、種の同定は一般に非常に困難なことが多く、専門的な知識を要するため、児童、生徒の中には、多岐亡羊の感にうたれ士気阻喪し、学習の意欲を失うものも出てくる。
- (2) 教師にある程度以上の分類学的知識がないと、図鑑等で種類を検索するにも十分な指導ができない。
- (3) 採集法、採集の場所、時刻、潮時、季節等による変異が大きいかかわらず、観察、調査のための時間が限られているので、少数の観察結果から早急に一般的結

論をひき出す危険性がある。

- (4) 児童，生徒に採集させることにも重要な教育的な意味があるが，採集場所，時刻，ネットの引き方等，具体的な指示や安全上の配慮も必要である。

特に安全についての問題は，教師のみならず，学校全体にとっても負担となる問題点である。

2. 教材の位置づけと教育的意義

〔小学校〕

第5学年(3) 魚などの活動及び卵の孵化する様子を調べ，魚は水中の小さな生物を食べていること及び魚などの卵の変化は水温の影響を受けることを理解させる。

川，水中には，小さな生物がいて，魚の食べ物になっていること。

ここでは通常メダカを扱うことが多いが，ここで，メダカのえさになっている小さい生物が水中にいることを扱う。これに関連して海の中にもたくさんの小さい生物がいて，小さい魚たちのえさになっていることを学習させることができる。海岸地方の学校なら，何も川の魚でなくてもよいわけである。多くの魚の子どもは，はじめはみなメダカよりも小さい稚魚であり，川に生育するソウ類やミジンコ，ケンミジンコの同類のような海のなかまを食べて生育するものであることを説明し，プランクトン・ネットを引いて，ネットに入ったものの一部をそのまま50ml くらいの小型の結晶皿に入れ，双眼実体顕微鏡で見せると，多数のプランクトンが見いだされ，その中でたいていきわだつて多いのが橈脚類とケイソウのなかまである。両者とも淡水産のものにとくらべるとやや趣はちがうが，淡水産のケンミジンコやケイソウと類縁の近いものが多数存在することは小学生にも一目瞭然である。そして，生物どうしのつながり，海の水の中の生命の豊かさということも，直観的に実感されるわけである。

〔中学校〕

第1学年第2分野 (1) 生物の種類と生活 ア，自然と生物 (ア) 学校の近辺や郷土の自然の中にも，環境に応じていろいろな生物がいること，またそれらが，日光，気温，水温，水質，水流，他の生物等，いくつかの環境条件の影響を受けていることを学ぶことになっている。このとき，多くの場合取り扱いが簡便であるし，顕微鏡の使用法の指導にも恰好の題材であるので，プランクトンがとりあげられる。

中学に入学してまだ気分もフレッシュな時期に，顕微鏡の使用法を確実に指導し，水の中にも，もう一つの生物の世界があることを知らせ，生物の世界の面白さを実感させるのが主なねらいである。

同じく第1学年の(1) 生物の種類と生活で，イ，植物の種類とつくり ウ，動物の種類とつくりで，プランクトンも教材に含まれているが，海岸地方の学校では，入学当初の指導と共に，ここでも海産プランクトンを扱うことが考えられる。生活と深い関係がある対象であるから，興味，関心も一層深まるであろう。

第3学年では，(5) 生物どうしのつながり ウ，生物界のつながりで，食物連鎖を学習することになっている。ここで，海のプランクトンの観察をさせると，プランクトン

の集団そのものが一つのマイクロコスモスであり、それ自体バランスを保ちつつ、より大きな生物の世界へとつながっていくことが、具体的なプランクトンのイメージと共に深く理解されると思われる。視野いっぱいにはろがる豊富なケイソウ類の実態に接してみると、生物量ピラミッドというものも直観的に理解できるであろう。

また、(7) 人間と自然 イ、自然界のつりあいと環境保全で、人間の生活が自然のバランスをこわしているということについても、海のプランクトンの豊かさを実際に観察した後でなら、海面が油の膜でおおわれると、プランクトン類は二酸化炭素の不足で光合成もできず、また海のプランクトン類による酸素の発生も阻害され、地球上の大気成分に大きな変化が生じるということも、また、プランクトンの死滅は、海の生態系の根本的な破滅につながり、そのことは、地球の生態系そのものの破滅を意味するということなども素直に深く理解できるであろう。

〔高等学校〕

理科Ⅰの「自然と人間」でも、中学校での第3学年で学習する(7) 人間と自然 の内容と同じようなことを、より深く、より発展的に学習できるであろう。

〔クラブ活動での活用〕

海産プランクトンは、非常に多種多様であるだけに、プランクトンの種や量の季節的な変化、潮の干満、時刻等との関係ととり組むと、種の同定の問題ともからんで、専門的知識はもちろん、相当の時間とエネルギーを要するが、それだけに本格的にとり組むと興味津々たる課題が次々と出てくる対象である。よい指導者がある場合は、クラブ活動のテーマとしてとりあげ、長期間、本格的にとり組んでみるのも意義あることである。

小学校では、種類の多様性、量の多さをまず確認させること、採集場所によって最も多いものは何か、季節的な変化があるか、等が主なテーマとして考えられる。

中学校では、さらに、採集場所による変化、季節的な変化に加えて、幼生の多く見られる時期、プランクトンの活動と時刻との関係、プランクトンどうしのつながり等が主なテーマとして考えられる。

高校は、中学校のテーマをさらに科学的な厳密さを追求しつつ深めていく方向であろう。

高校の場合は、人間による自然界への影響の例として、産業廃棄物の流入、農地からの肥料の溶脱、畜産排水の流入等による河川の富栄養化と、そのような河川水の流入によるプランクトンの異常発生、最近の釣ブームに伴う「まきえ」による海の汚染とプランクトンへの影響等もテーマになり得るものであろう。

3. 指導展開の要点

(1) 採集場所の選定

採集場所としては、プランクトンの多いところ、安定した種類によって自然のすがたが恒常的に見られるところ、陸水の影響、人間の生活の影響があまりないところ等の条件を備えていることが望ましい。

筆者の調査しつつある江の島周辺の例でいうと、江の島の相模湾に面した荒磯での採集は、波による攪乱により、プランクトンの種類と量に変動が大きく、ゴミも多く、さらに波浪も変動が大きく、安全面からも好ましくない。(1図A地点)

次に、境川の河口付近であるが、突堤の内側は、境川の流れに乗って流下した淡水性の微生物、それも汚水性のものが多く、海産プランクトンの採集地としては不適當である。(1図B地点)

もっとも、河川の汚染を示す示標生物にどのようなものがあるかを確認させるにはよいであろう。江の島のそばに流入する境川は、流域に広大な住宅地があり、その生活雑排水による川の汚染を、下流に流れてくるプランクトンはよく示している。ネマトーダ、ツリガネムシ、ゾウリムシ等、汚水性の微生物が非常に多量に見出される。

最もよいのは、江の島の北側の漁港の突堤である。(1図3地点) 足場の確保とバランスに注意しつつネットを使用すれば、かなり豊富な種類のプランクトンを採集できる。島の北側でありながら、海流の回流によるものか外洋性のものも採集できる。

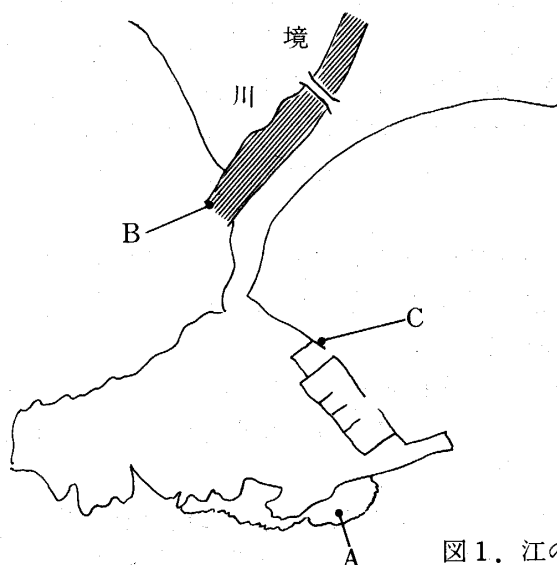


図1. 江の島近辺の海域

当実習施設(横浜国立大学教育学部附属理科教育実習施設)での小、中学校教職員の臨海実習においても、昭和41年以来毎年、斎藤実教授、鈴木博教授、種田保穂講師の各教官の指導の下に、プランクトンに関する調査が行われている。それらの中に、岩港(漁港)の突堤の内と外とでのプランクトンの日周変化を調べたものがある。このときの真鶴海域はおだやかで、波浪の影響はそれほどなかったのか、突堤の内と外の差はそれほどなかったが、実際はかなり差が出るが多いし外側は不安定なので逐年的な継続研究の資料にするには、突堤の内側の方(漁港内)がよいと思われる。

(2) 採集時刻

表層プランクトンは、時刻によって非常に変動の大きいものである。同じ場所でも、朝と夕刻とでは非常に異なる。その変動の様子は後述する双眼実体顕微鏡による概況調

査でも一目瞭然である。

当施設の各年次の研究報告をみても、時刻による変動の大きいことが示されている。

季節的变化については、たとえば和歌山県田辺湾でのプランクトンの周年変化の研究でも、変化の大きいことが示されている(山路勇, 1955)。

外国においても、早くからこのことについての研究は行われ、たとえば、英国においても、ケイソウ類は、早春と晩夏に多いことが報告されている(LEBOUR, M.V., 1933)。

江の島付近の海産プランクトンについての筆者の調査でも、幼生は、種類によって出現の時期にきまった傾向がみられる。幼生とはいえないが、アサリのなかまと思われる二枚貝の非常に小さいもの(0.1mm以下)の大群集を晩春観察したことがある。

(3) 採集法

本格的な採集法としては、水平方向のものとして、船を使用しての1 kmの水平引き、垂直方向のものとして6 mの垂直引き、その他、特殊な開閉式のネットを用いての、一定の深度のところでの採集法等、用具も工夫されている。

当施設での、前出の教職員の臨海実習での方法としては、一定量の表層海水(100l)をとり、プランクトン・ネットでこし、プランクトンを採取するという方法を用いている。表層海水を採取するとき、あまり海水をかきまぜないこと、1~2 mの範囲で場所を少しずつ変えて採取する等の配慮が必要である。一箇所でも何回もバケツで採水すると、その地点での海水を大きく上下にかきまぜた状態になっているものと考えられるので、一箇所でのみの採水は好ましくない。

筆者は、プランクトンの種類の相を調べる時には、ネットについているロープを一定の長さにして、同じ場所で3回くり返して横引きをすることにしている。こうすると、多量のプランクトンを採集できる。

垂直引きは、同じ場所で少し位置を変えてネットを2~3 mの深さに沈めて引き上げる。これを3回くり返している。水平引きの場合と同じくこうすると多量のプランクトンを採集できる。

同じ場所でも、横引きと垂直引きでは、明らかに種組成が異なっている。一般に、垂直引きの方が大型のプランクトン(毛顎類, 多毛類, 橈脚類)が多いように思われる。

(4) 採集物の処理

当施設での昭和41年以来、継続的に用いられてきた方法「(採水法)としては、100lの海水を採取し(8 lのバケツで12.5はい)この海水からのプランクトンをネットでこしとる方法である。

採集ビンに採集したプランクトンは、水の量に対して2%になるようにホルマリンを加えて固定し、6時間くらい放置し、プランクトンを沈でんさせる。

この上澄みをピペットで静かに吸い取り、20ml残す。この液を静かにかきまぜて、その1 mlをとる。

この1 mlは、最初に採水した海水100l中のプランクトンを20mlにした中の1 mlであるから、もとの海水5 l中のプランクトンということになる。もとの海水1 l中のプランクトンはこの $\frac{1}{5}$ ということになる。

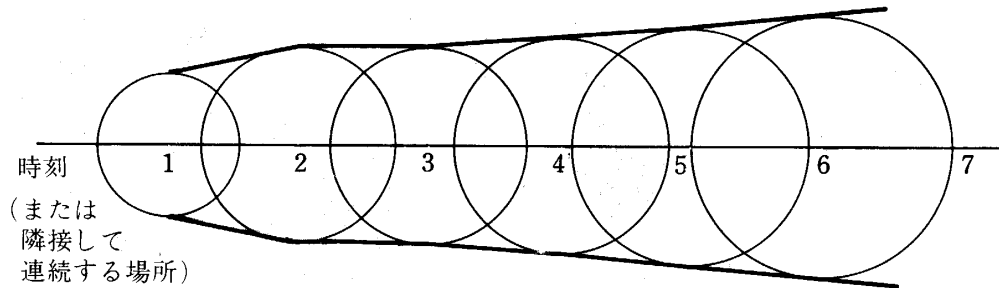


図2 ローマン曲線図法

計測用スライドガラスに 1 ml のサンプルを入れ、計測用スライドガラスの目盛りを利用して種類ごとの数を計測すると、 6 l 中のプランクトンの個体数 M が求められる。この M をローマン球曲線法で表わした数値が $\sqrt[3]{M}$ である。

ローマン球曲線法というのは、ある海水の中に微生物（個体数 M ）が、均一の距離をもって球状に集まったとした時の球の半径に比例する数値 $\sqrt[3]{M}$ で微生物の数をあらわし、時間的に、あるいは場所的に連続するかを示したものである。

図2に示すように、微生物量とその変化が曲線で一目瞭然に示されるわけである。

簡単に、全体の微生物量を測定し、記録するだけの場合は、採集したプランクトンを含む海水に、2%の濃度になるようにホルマリンを加えた液を一定量、たとえば 100 ml つくり、これを 100 ml のメスシリンダーの中に入れてそのまま静止し、5時間後の沈殿量を測定するという方法もある。

(5) 観察の方法と観察指導の要点

(4)の採集物の処理では、やや高度な観察測定と記録のための処理について述べたが、小・中学生の観察の指導に際しては、そのような処理の前に、「生きているプランク

トン」の観察が必要であり、その方により大きな教育的意義があると思われる。

小・中学生には、プランクトンについて、細かく種類の同定をする能力はもちろん、種類の大体の見当をつけることさえも容易ではないことが多い。

そこで、海産プランクトンの代表的なものを示したプリントなどを用意して指導するとか、観察に先だってスライドによって指導しておく必要がある。プランクトンの中には、見る方向によって全く異なったすがたを示すものが多い。

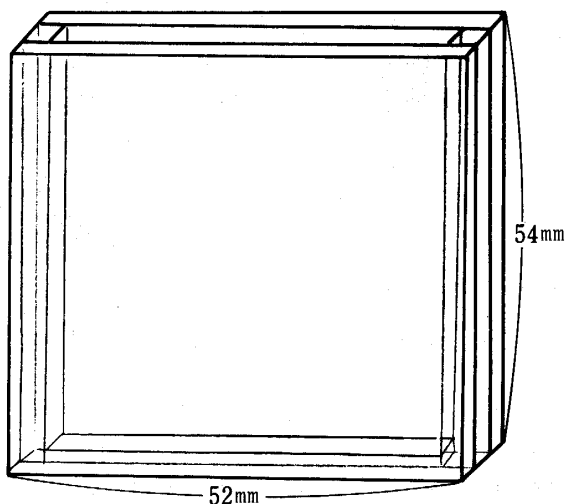
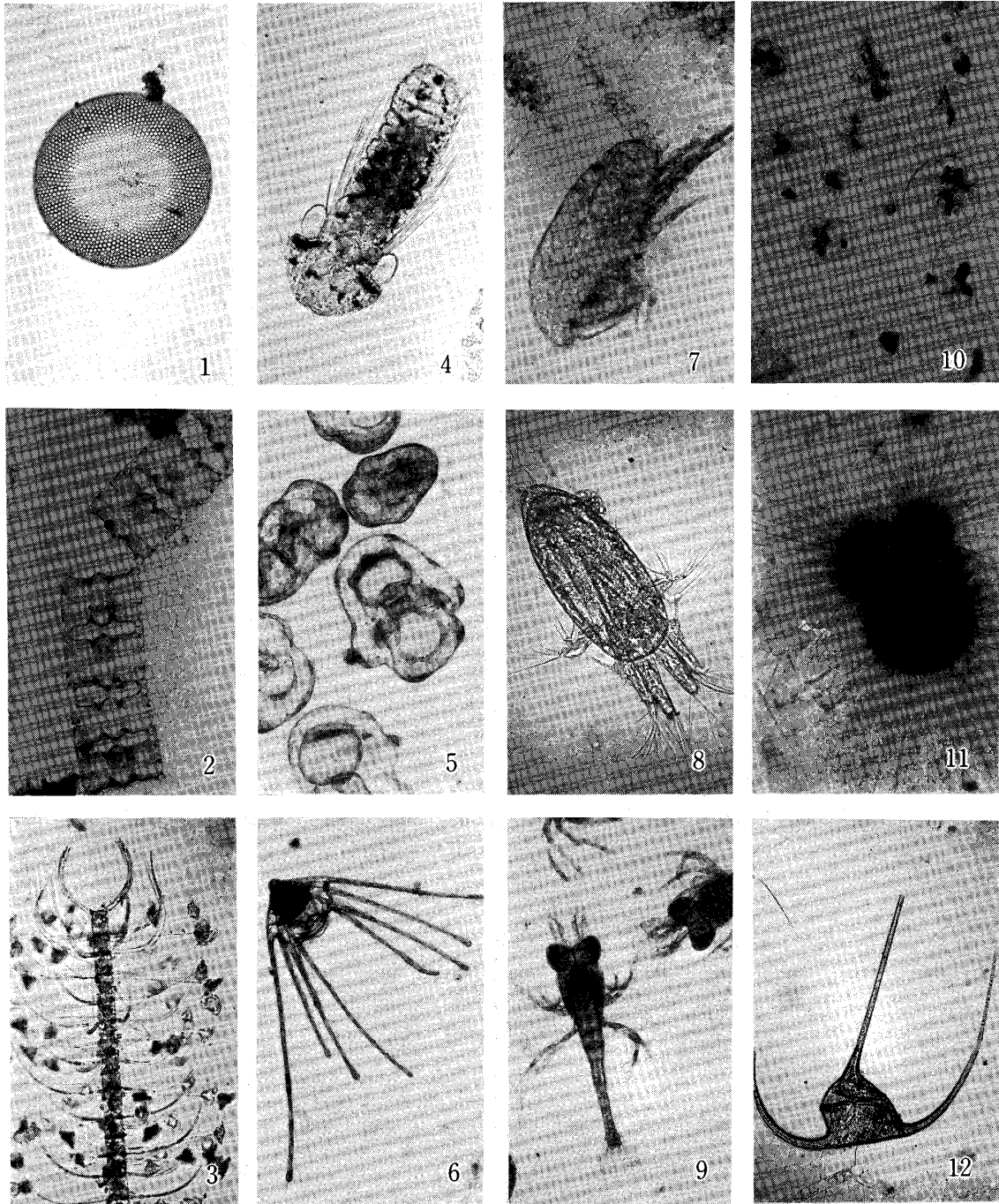


図3 投影用容器



- | | | |
|---|-----------------------------------|--|
| 1. <i>Coscinodiscus</i> sp. (殻面観) | 5. イトマキヒトデのビピンナリア幼生 | 9. エビ類のゾエア幼生 |
| 2. <i>Biddlphia pulchella</i> GRAY (帯面観) | 6. クモヒトデ類のオフィオプルテウス幼生 | 10. ヤコウチュウ <i>Noctiluca miliaris</i> SURIRAY |
| 3. <i>Cheateoceros coarculatus</i> LAUDER (帯面観) ツリガネムシ (<i>Vorticella</i> sp.) が付着 | 7. <i>Calanus</i> sp. (ケンミジンコの1種) | 11. 有孔虫類 <i>Globigerina bulloides</i> d'ORBIGNY |
| 4. 多毛類の幼生 | 8. 橈脚類のノープリウス幼生 | 12. ツノモ <i>Ceratium tripos</i> (O. F.MÜLL.) NITCH の一変種 |

また *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Biddulphia* などのケイ藻類, 有孔虫, ツノモ, ヤコウチュウ, ツリガネムシなどの原生動物, ケンミジンコの類, 多毛類・甲殻類・棘皮動物などの様々な動物の幼生をみることが出来る (図1~12)。

プリントやスライド等で指導すると共に, 児童, 生徒の興味を喚起するという点で最も効果的なのは, 生きたプランクトンを, 図3のようなプラスチックの容器に入れて, スライド映写器で投影するという方法である。

この方法によると, プランクトンの各種の大きさ, 形の特徴はもちろん, 運動の様子もわかり, 分類の要点の指導にも非常に有用である。プラスチックの容器は, アクリル樹脂と接着剤で容易に自作できる。(アクリル板の厚さ 1 mm, すき間も 1 mm) スライド映写機で投影する方法と共に効果的なのは, 双眼実体顕微鏡による観察である。

採集したプランクトンを 2~3 ml とり 25ml の結晶皿に入れ, 双眼実体顕微鏡で観察する。プランクトンの相が一目瞭然に把握でき, プランクトンそれぞれの特徴が, 立体的に大きさ, 形, 色, 光沢, 動き, 体内の細かいつくりにいたるまでよくつかめる。特にコスキノディスクスなど, ふつうの顕微鏡による観察や, ホルマリンで固定したものでは到底見ることのできない美しい光沢のある様子が見られる。

動物プランクトンと植物性プランクトンの比率もよくわかり, 海の豊かさの実感と生態学的ピラミッドも具体的イメージと共に確実に印象づけられる。

この方法で観察すると, ある採集水について, その中のプランクトン組成の特徴というものを短時間に把握できる。しかも, よくかきまぜてサンプルをとって観察しても, プランクトンの相が非常に異っていることも少くないので, 1回か2回の観察のみで, ある海水についてのプランクトンの相を判断するのは軽卒であるということも自ら理解される。この方法による観察は, 自然の事象の観察にもとづく判断に必要な科学的慎重さの体得にも役立つものと考えられる。

計測について

小・中学生が, 限られた時間に, プランクトン組成の特徴の大体の傾向をつかみ, 数量的に記録するには, 先に示したプランクトン計測用スライドを用いるのではあまりに時間がかかるので, サンプルの 0.1ml を, 0.1mm の目盛のついた「目盛付スライドガラス」(例, ケントCG-100-5) の上に滴下し, カバーガラスをかけ, 双眼実体顕微鏡または, 普通の顕微鏡の低倍率で検鏡する。

双眼実体顕微鏡は, 機種によって視野の大きさに差があるが, 一例をあげると,

倍率10倍のとき	視野の直径	24mm
16倍		16mm
25倍		10mm
40倍		6mm

となっている。倍率16倍くらいにして検鏡すると, 視野の中に 1 cm 四方を 0.1mm の目盛できざんだ枠がちょうど入ってくる。

この枠の目盛の上端と右端, あるいは, 中心を十字に交わる線の上にかかるプランクトンの種類とそれぞれの数を記録するという簡便法も考えられる。

数名の者が一つの採集水についてこの方法を行い、それらを集計すると、かなりサンプルの実相に近い計測が出来ると思われる。

安全性の留意点

安全というよりもむしろ保健上の留意点であるが、ホールスライドガラス、目盛付スライドガラス、計測用スライドガラスいずれの場合も、カバーガラスはかけるが、ホルマリン入りのサンプルを観察するときは、微量ではあるが常にホルマリンの蒸気を吸入することになる。呼吸器系統の粘膜のデリケートな子どもは、これにより咽喉を痛めたり鼻炎を起こし、あるいは悪化させたりすることがあるので注意が必要である。

4. 具体的研究事例についての若干の考察

先に述べたごとく、当施設では、例年、他の都県からのものも含めて多くの現地福修が行われている。中でも東京都立教育研究所を中心とする教員研修の場合は、過去20年にわたる研究報告が累積されており、その中の表層プランクトンの日周変化の研究も、毎年の同一テーマの研究が累積されている。

ここでは、近年のその研究事例の一つをとりあげ問題点について考察を加え、今後の参考に資したいと考える。

研究事例 「表層プランクトンの日周変化について」

実習施設現地研修（海洋生物の生態観察）

I. 研究のねらい

真鶴岩港の防波堤の内側で表層プランクトンを3日間にわたって採集し、動物、植物プランクトンを群ごとにまとめ、時刻の変化に伴って量的にどう変化するか調べる。

51～57年までの研究を引きついで形で調べてみる。今までの研究では3時間ごとの量的変化については56年度、日の出前後の変化については57年度に調べてあり、特に57年度の研究から日の出前後に数の増減が著しいこと、つまり、プランクトン数の増減には海水面の明るさ（照度）の変化が関係していることがわかる。⁽¹⁾

今年度は、昨年度の研究をさらに継続し発展させる意味で、日の入り時に注目し、6月15日、16日の夕暮前後に、1時間ごとにプランクトンを採集した。

日の入り前後には、日の出前後と同じように、プランクトン数の著しい増減がみられるだろうか。⁽²⁾みられるとしたらどんな種類かというのが今年度の研究のねらいである。

II. 研究方法

(1) 採集時刻

6月15日、16日の日の入り前後に1時間毎に採集し、それらと他比較するため16日の朝と昼時をつけ加えた。

採集回数とその時刻は次のようになっている。

第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	第10回	第11回
6月15日 17時	18時	19時	20時	6月16日 8時30分	13時	14時	15時	16時	17時	18時

(2) 採集場所

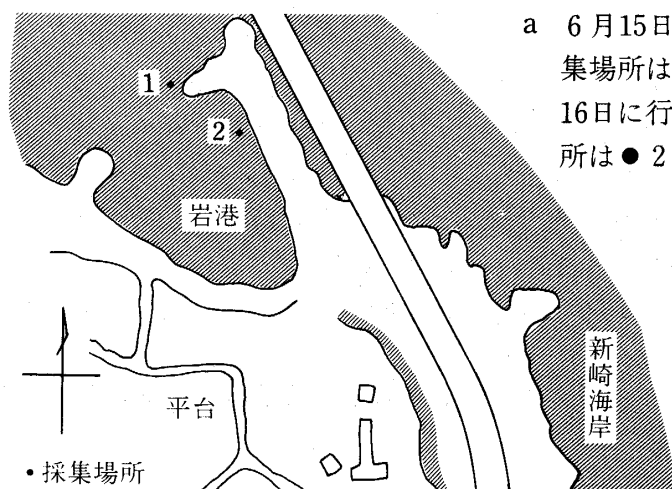


図4 採集地点

a 6月15日に行った第1回～第4回までの採集場所は●1の地点

16日に行った第5回～第11回までの採集場所は●2の地点である。

b 場所を変更した理由

15日に採集したものは海面下に繁殖している海藻がちぎれたと思われるゴミが多くまぎっていたので、翌日は海藻が付近にない地点に移動した。

(3) 採集方法

8 l入りバケツで海水を吸み上げ、プランクトン・ネットにあけ、12.5杯分取り、計100 lの海水からプランクトンを漉し取る。漉し取った海水は、採集びんにあける。

ネットに付着しているプランクトンも、海水中でネットを洗いだすことによって取り、採集ビンの中におさめた。

(4) プランクトンの固定

採集したプランクトンは、グルタルアルデヒドを数滴たらしめて固定し、6時間以上放置し、プランクトンをビンの下方に沈ませた。

(5) プランクトンの種類と計数

<種類>

採集ビンから1滴スライドガラスに落とし、顕微鏡で観察し、種類を調べた。⁽³⁾ 代表的なものは写真撮影した。はじめはどの種類に属するのかなかかわからず、図鑑で調べたり、先生方に教えていただいたりして、少しずつ知ることができた。

<計数>

種類が分かったところで、プランクトンの計数を次のように行った。

- ① (4)で固定した液の上澄みを静かにピペットで吸い取り、全体を20 mlにした。
- ② これをよく攪拌して、0.5 mmをメスピペットで取り1 mm間かくの線入りスライドガラスに金わくをのせたものの中に、こぼれないように入れる(図5)。

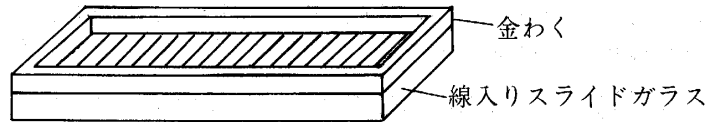


図5 計数用のスライド

- ③ 1 mm 間かくの縦線の中や線上にあるプランクトンの数を顕微鏡の微動装置を使って少しずつ動かしながら数える。その列を数え終わると次の列に移り、順次数えていく(図6)。

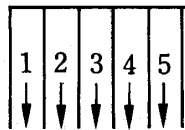


図6 スライド上での計数のしかた

- ④ 1回の採集につき、固定液を0.5mlずつ3回とり、それぞれ検境した。そのうち値が近いもの2回だけを選び、それを平均した。0.5mlの平均値を2倍して、1mlあたりのプランクトン数とした(m)。

スライドガラスで検境する量を0.5mlとしたのは、1mlだと大きすぎて金わくからあふれ出ること。また少なすぎても誤差が大きくなると考えたからである。

この場合100lの海水を20mlに濃縮したので、検水1mlあたりのプランクトン数(m)は、海水5l中のものに相当する。

次に、海水1lあたりのプランクトン数 M を計算によって求めた。 M をローマン球曲線法で表したのが \sqrt{M} である。

III. 研究の内容と考察

プランクトン採集の項でもふれたように、とちゅうで採集場所を変え、計11回の採集となった。それ故採集の連続性には少々問題があると言える。ただ、大幅に種類が異なっていないこと、中心となる薄暮の傾向が一ヶ所でもとらえられているので、一本の資料として考えた。

例年、異なった結果を出している本テーマであるが、今年も、異なる結果を出したようである(表2)。まず、個体数が多くなっている。特に珪藻、鞭毛虫類に著しく、また、どの時刻に於てもその傾向が見られる。採集方法が、例年と大幅に変わっていないと思うので、これは、環境の変化、特に水質の変化が考えられる。赤潮などでは、植物性プランクトンの異常な増加があるので、湾内の栄養化にともなう増加ではないだろうか。⁽⁴⁾

プランクトンの各種類の数は、それぞれ対応していることがわかる。⁽⁵⁾特に15日19時と16日17時が突出している。珪藻、橈脚類は昼に多くなる傾向が見られる反面、夜光虫は少なく、昼のサンプルにも、少数が観察された。

一般的に、動物性プランクトンは、昼間には表層に少ないというが、今回のこの傾向は最大で、雨天で日光の影響が比較的少なかったからではないだろうか。動物性プランクトンは、植物性プランクトンを食料とする場合が多いので、動物性プランクト

ンと植物性プランクトンの数の対応は、食性が光のファクターを上まわったと考えられる。

15日19時の突出は主に鞭毛虫、16日27時の突出は主に珪藻類である。15日は全体的にも数が多い。例年薄暮には、数の変化がとらえられているが、これだけの突出というのも例がない。カウントの誤りは考えられないので、プランクトンを群生させる何らかの条件がそろったか、あるいは採集のやり方に問題があったのかも知れない。特にこのサンプルに、ゴミが多いということは、ふきんにある海草をかきまわってしまったせいがある。この突出が、この点と何らかの関係があるのかも知れない。16日の夕ぐれにもピークが見られるので、光量が落ちることが、プランクトンの数に関係があることは明らかである。しかし、15、16日の時間のずれがあるのはなぜだろう。15日19時は急激に光量の落ちた時刻であるが、16日17時は雨天でかなり暗かったが、急に光量が落ちる時ではなかった。15日19時とよく条件の似た16日18時にいったん減少している点など、この資料だけからでは判断がつかかねる点が多い。16日は、かなり強い雨であったから、雨水による塩分濃度の変化も関係しているかも知れない。

結果的に、プランクトンの増減は天候、潮汐には、あまり関係なく、光量や今回はからなかったが、塩分濃度などにかかなり関係があるように思われる。⁽⁶⁾また、群れをなして存在することも考えられる。

表1 プランクトン採集時の気象状況

	月 日	時刻	気温	水温	光量	天気
1	〔6月15日〕 日の出：4：26 日の入り：18：56 満潮：6：51, 21：13 干潮：1：34, 13：57	17時				くもり
2		18時	25.5℃	21℃	3000ルクス以上 (600)	くもり
3		19時	24.5℃	20.8℃	45ルクス (8)	くもり
4		20時	24℃	20.8℃	0	くもり
5	〔6月16日〕 日の出：4：26 日の入り：18：56 満潮：7：43, 22：04 干潮：2：26, 14：47	8時30分	18.8℃	20.8℃	3000ルクス以上 (600)	雨
6		13時	18℃	20.2℃	3000ルクス以上 (1300)	雨
7		16時	18℃	19℃		雨
8		17時	17.5℃	19℃		雨
9		18時	18℃	19℃		雨
10		19時	18℃	19.3℃		雨
11		20時	18℃	19.3℃		雨

※()内は水面反射光

表2 計測結果

採集日時 アランク トンの 個体数	No.1 6月15日 17:00		No.2 6月15日 18:00		No.3 6月15日 19:00		No.4 6月15日 20:00		No.5 6月16日 8:30		No.6 6月16日 13:00		No.7 6月16日 16:00		No.8 6月16日 17:00		No.9 6月16日 18:00		No.10 6月16日 19:00		No.11 6月16日 20:00												
	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}	m	\sqrt{M}											
珪藻類	80	16	2.52	76	15.2	2.48	224	44.8	3.55	66	13.2	2.36	180	36	3.30	234	46.8	3.60	141	28.2	3.04	494	98.8	4.62	77	15.4	2.49	207	41.4	3.46	185	37	3.33
織毛虫類	8	1.6	1.17	4	0.8	0.93	96	9.2	2.07	6	1.2	1.06	12	2.4	1.34	14	2.8	1.41	11	2.2	1.03	20	4	1.57	5	1	18	3.6	1.53	12	2.4	1.34	
有色毛虫	92	19	2.67	153	30.6	3.12	900 以上	180	5.64	202	40.4	3.43	159	31.8	3.17	14	12.8	2.34	56	11.2	2.24	232	46.4	3.59	134	26.8	2.99	247	49.4	3.67	302	60.4	3.92
夜光虫	3	0.6	0.84	0	0	0.4	0.73	4	0.8	0.93	7	1.4	1.12	4	0.8	0.92	3	0.6	0.84	12	2.1	1.34	2	0.4	0.74	5	1	2	0.4	0.74			
橈脚類	70	14	2.41	51	10.2	2.17	126	25.2	2.93	28	5.6	1.78	197	39.4	3.40	140	28	3.04	26	5.2	1.73	156	31.2	3.14	52	10.4	2.18	95	19	2.67	94	18.8	2.66
幼生	24	4.8	1.69	19	3.8	1.56	66	13.2	2.36	20	4	1.59	13	2.6	1.38	18	3.6	1.53	4	0.8	0.93	28	5.6	1.78	5	1	28	5.6	1.78	23	4.6	1.66	
その他	3	0.6	0.84	2	0.4	0.74	10	2	1.26	4	0.8	0.93	26	5.2	1.73	34	6.8	1.87	36	7.2	1.93	7	1.4	1.12	33	6.6	1.88	25	5	1.71	30	6	1.82

mは検水1ml中のプランクトンの個体数(0.5ml中の検水個体数を2回計測し、それぞれ2倍(1ml中と)して平均した数、採集海水5ℓに相当する。) Mは海水1ℓ中のプランクトンの個体数、 \sqrt{M} はMをローマンの球曲線法で表わした数。

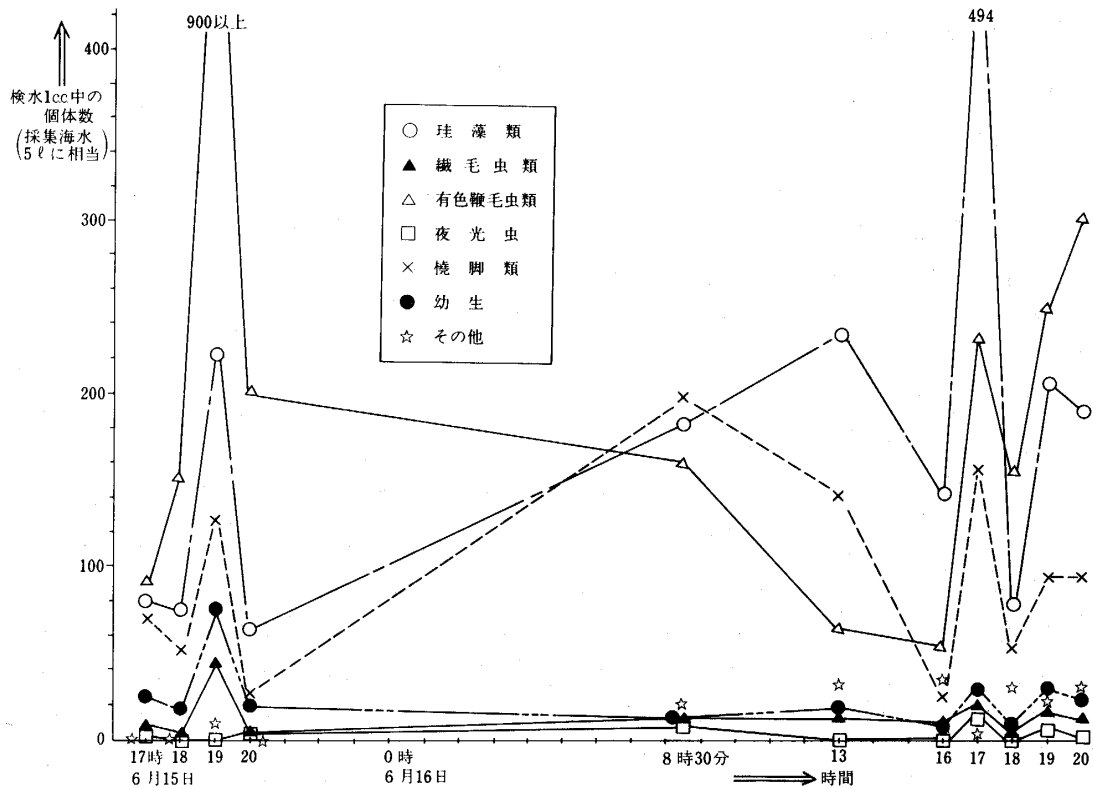


図7 プランクトン個体数の時間的变化

V. 反省

- 1 考察の中でも書いたように、とちゅうで採集場所を変えたことは、連続した数の変化を知るうえで少々まずかったように思う。
- 2 採集の仕方でも何回かやるうちに、熟練して能率的になってきたが、一定した条件で採集ができなかったようだ。バケツのなげこみ方でも、中に入るプランクトンはずいぶんちがってくるようだ。⁽⁷⁾この採集のしかたというのは、たいへん大切な事がらで、場所、技術が安定してから、一定間隔で採集する方が良いように思った。
- 3 採集時間も一定間隔を保つ方が、資料として正確だったようだ。⁽⁸⁾同時に塩分濃度を測定しておくべきであった。
- 4 計数用のスライドグラス(1.0mm縦線)と、スライドグラス微動装置を併用できたことで、計数の能率と正確さが上がった。
- 5 15日19時は個体数が極めて多く、特に鞭毛虫類は数え切れなかった。特に小プランクトンを中心にカウントもれがかなりあると考えられる。
- 6 計数は全て100倍で行った。(視野にちょうど1目盛入る)
- 7 採集間隔の短い時は、採集がたいへんだった。車を使用したため、1時間間隔を何とかこなせた。計画的に時間を割りふり、採集の練習をつんでから、サンプル採集をすると良いと思う。

本研究のおもな問題点

問題点〔1〕 先行の研究事例を検討してプランクトンの変動の事実を調べ、変動の原因を推測してその確かめの研究をしようというわけであるが、日の出前後に数の増減が著しいからといって光の条件によるとはいえない。日の出よりずっと前の暗い時点で大きな変動の確認されている年もある。いわゆる体内時計によるバイオリズムによるとも考えられるので、このような断定は科学的とはいえない。

問題点〔2〕 光の条件に着目して日没前後を中心として1時間ごとの採水調査を試みているが、問題点〔1〕でも述べたごとく、光の条件のみとはまだ断定できないので、調査の時間帯はもつと幅広く継続した方がよい。1時間という間隔は大変とは思われるが、人数をふやして交代してでも、そうした方がよかったと思われる。

問題点〔3〕 このようなやり方は、一度に一人しか観察できず、研究グループの全員が種類についての共通理解を持つためにも、先にも述べたようなアクリル樹脂のスライド投影用の小型水槽を利用するのが良い。

問題点〔4〕 逐年的なデータが蓄積されていればこそこのような推測も可能なわけであり、今後も研究の一つの焦点として興味あるところである。赤潮の多くは、鞭毛虫類によるものであり、その増殖は、富栄養化と深く関係していることは広く認められているところである。

問題点〔5〕 プランクトンの種類それぞれの計測数が対応したグラフになっているということは、この研究グループの計測の信頼度の高いことを示すものと考えられる。しかし、種類によっては、時刻により他のものと増減のし方が正反対になることもある。特にこの研究グループが全く調査していない夜の8時から翌朝の8時半までの間には、興味ある変動が見られることが多い。しかしその間のデータが、過去においてすでに観測が十分なされているからという理由からであろうが、ここでは全く欠落している。これは、この研究事例の最大の問題点である。

問題点〔6〕 雨水により海面近くの塩分濃度は一時的にはあるが大きく変化する。プランクトンの増減が塩分濃度と深い関係があるかどうかは実際に計測してみなくては何ともいえない。「かなり関係があるように思われる」という表現には問題がある。海水濃度比色計も簡便なものが開発されていることでもあり、今後の研究課題の一つである。

問題点〔7〕 確かにこのことは重要な問題点である。プランクトンといっても、橈脚類などはかなり運動能力があり、バケツの投げ込みの衝撃で大きく移動することもあるので、静かに水をくみとることも必要である。少くとも、毎回のくみとり方式は一定にしておく必要がある。

問題点〔8〕 先にも述べたごとく、労力的には大変であるが、グループの人数を多くして輪番の間隔を長くしてでも、一定時間ごとの調査は行った方がよい。そうしないと、せっかくグラフを作っても、調査を行っていない時間帯の上には、グラフの線は引けないことになる。

細かい計測のみを行うのではなく、スライド式にサンプル投影して大体の傾向をつか

んでから、標本の処理を行い、計測、記録するという方式をとると、楽しく、確実に調査を進めることができるのではないかと思われる。

おわりに

水質汚染を中心とする環境問題とも関連してプランクトンの研究は今後ますます重要性を増していくものと考えられるとき、当施設において、これまで蓄積されてきたような逐年的研究の記録は非常に貴重であり、今後も発展的に継続してほしいものである。

日本各地でこのようなプランクトンの研究が、教師と児童・生徒が一体になって行なわれ、その調査結果が蓄積されていけば、環境問題の研究にも非常に貴重な資料になるばかりでなく、その体験を通じて、子どもたちの中に身のまわりの自然を深くみつめ、自然をたいせつにする態度が自然に育っていくことも期待できると思われる。

この小論を草するに当って、当施設での東京都の教職員の方々による実地研修の昭和41年以来の研究報告が非常に参考になった。

指導に当られた斎藤実教授をはじめ、生物学教室の教官各位と、研修に参加され貴重な記録を残された先生方に深く感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 山路勇 1955 日本プランクトン図鑑 保育社。
LEBOUR, M.V. 1933 Plankton or the floating life in the sea. School Science Review. Vol.15 No.58.
小久保清治 1971 日本海洋プランクトン実験法 恒星社厚生閣。
小久保清治 1972 プランクトン分類学 恒星社厚生閣。
小久保清治 1973 浮遊硅藻類 恒星社厚生閣。
広瀬弘幸 1972 藻類学総説 内田老鶴園新社。
津田松苗 1964 汚水生物学 北隆館。