

浮游生物學實驗法

小久保清治著
華汝成譯



Handwritten blue ink notes and signatures, including the name '陳品健' (Chen Pin Jian).

人民教育出版社

浮游生物學實驗法

小久保清治著

華汝成譯

學

人民教育出版社

本書是根据日本厚生閣出版的小久保清治著“浮游生物学实验法”
1956年版譯出的。

書中包括总論、实验用具、定量、臨海实验、浮游动植物体的实验观察
等部分。适合于水产院校、綜合大学和师范学院生物系师生参考。

浮游生物学实验法

小久保清治著

华汝成譯

人民教育出版社出版 高等學校教學用書編輯部
北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第2号)

京華印書局印裝 新华書店發行

統一書号 13010·650 开本 350×1168 1/32 印張 3 11/16

字數 89,000 印數 0001—3,500 定价 (8) 50.48

1960年11月第1版 1960年11月北京第1次印刷

目 录

第一章 浮游生物学总論	1
第一节 浮游生物学	1
第二节 浮游生物的生态分类	3
第三节 浮游生物的生态	8
(一)浮游生物的浮游适应	8
(二)浮游的原理	13
第四节 浮游生物季节的变化	14
(一)浮游生物的季节的变化	14
(二)浮游生物的季节变异	18
第五节 浮游生物的垂直分布	21
(一)垂直分布和垂直运动	21
(二)各种浮游生物的垂直分布	24
第二章 浮游生物学实验用具	27
第一节 显微镜	27
第二节 显微镜照相	30
第三节 采集用具	35
(一)采集网	35
(二)抽机及采水器	45
第四节 标本的固定及保存	49
第三章 浮游生物的定量研究	52
第一节 定量采集法	52
第二节 浮游生物定量法	55
第四章 浮游生物的临海实验	62
(一)临海实验的时期和期间	63
(二)临海实验的方法	64
第五章 浮游动植物的实验观察	69
第一节 动物性浮游生物	69
(一)原生动物	70
(二)腔肠动物	80
(三)轮虫类	83
(四)毛颚类	87
(五)甲壳类	91
第二节 植物性浮游生物	104

第一章 浮游生物学总論

第一节 浮游生物学

浮游生物学所研究的浮游生物，是浮游在水中的动植物。这些生物大多是微生物。它们的运动力极弱，或完全缺乏运动力。它们受风或海流的影响而浮游于水面，或悬在水中游动，因此称为浮游生物(Plankton)。研究浮游生物的学科，称为浮游生物学(Planktology)。

把海中所有的生物作生态学的分类，大体可以分为三类，即浮游于水的上層和中層，以及匍匐爬行于水底的三类。通常我們所說的水中动物，多指游泳生物和底栖生物而言；可是水中除这些动植物以外，还存在着我們不能用肉眼一看就能見到的生物，这就是上述的浮游生物；在水界中，不論海洋、池沼、湖泊或河川，到处都有浮游生物分布。

1887年，德人亨孙(Victor Hensen)研究了北海及大西洋的浮游生物后，发表了一篇論文，題为“浮游在海中的动植物的研究”(Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere triebenden Materials an Pflanzen und Thieren, 5 Ber. Komm. Wissens. Unt. d. deutschen Meere, pp. I—108, 1887)。从那时起，开始使用浮游生物这个名称。在1887年以前，浮游生物的德文名称为“Auftrieb”，这是从穆勒(Johanes Müller)开始，只从分类学方面研究而命名的。亨孙从新的生物学观点，認識到浮游生物的重要性，对它进行了定量研究，阐明了浮游生物从海洋的物質代謝方面看，在海洋生物学上是非常重要的。亨孙以前也有許多人把浮游生物作为單純的动物区系(fauna)研究；首先認識到浮游生物在生物海洋学上的重要性，把它作为群落生态学(marine synecology)的一部分来研究的，实际上是从亨孙开始的。

上述亨孙的研究，是在海洋生态学萌芽时期最优秀而足以引起学

术界注意的。还在 1889 年，他就和許多学者作浮游生物研究的航行。他乘“国家”号輪船，在大西洋作海程一万六千英里的 X 字形的航行。从 1892 年以后，逐年发表研究报告，海洋浮游生物的知识从此划一新纪元。

上述亨孙的研究，都是用穆勒用絹布制成的定量采集网进行的。最重要的結論是：浮游生物在暖海少而在寒海多；同时闡明了各种浮游生物的地理分布。当时他的業績曾被認為海洋生物学上的一个偉大成就。然而后来谷福特(Charles Kofoid)指出亨孙的采集网不正确；罗曼(H. Lohmann)更根据实验証明采集网的不正确。实验的方法，是把唧筒或采水器采取的水用滤紙过滤，又用离心机把浮游生物和水分离而計数。根据这种方法，凡是通过普通的采集网眼而漏失的微小浮游生物(Nanoplankton)，都可以确实采到，而加以定量。这种研究的要点虽很简单，可是他指出通过采集网而漏失的浮游生物如何多，这一点为多数学者所注意。

罗曼強調通过采集网的微小浮游生物的重要性，后来埃侖(E. J. Allen)又进行了培养研究，更把浮游生物(以硅藻为主)正确定量。依据这种方法，至少在可以培养的种类方面，远比罗曼的方法能精密定量。只是这种方法在实验方面还有不便的地方。至于实验既便利，又比以上任何一种方法都正确的方法，是烏台尔莫尔(V. H. Utermöhl)所創立的，用于淡水浮游生物方面。这个方法就是所謂沉淀法。即在少量水中加入固定剂，使浮游生物沉淀在容器的底部，用倒轉显微鏡計算容器底部的浮游生物。尼尔生(E. S. Nielsen)把这种方法应用在海中的浮游生物，証明把它作为实际的研究法是适当的。还有上述的用唧筒或采集器采水的方法，从来認為只可用于以小型浮游生物(Microplankton)为主的研究，但是近来祁彭(S.G. Gibbons)发見，用唧筒采集也极适宜于大型浮游生物(Macrop plankton)的研究。从来多数学者認為唧筒采集比采集网采集正确得多，最近唧筒已应用到大型浮游生物方面。

以上所述主要是浮游生物的定量研究,即群落生态学的研究,进步,再在其他方面,近来已从个体生态学(Autecology)研究各种浮游生物。例如尼古尔斯(A. G. Nicholls)、鲍古洛夫(B. G. Bogorov) 瓊蓀 (N. W. Johnson)、希尔(L. L. Hill)、克拉凯(G. L. Clarke)、菲許(C. J. Fish)、爱拉史士(H. J. Elaster)、孚魯(J. L. Fuller)、祁彭(S. G. Gibbons)、哈凡(H. W. Harvey)等对各种桡足类的研究;韋本尼(R. S. Wimpenny)、伽斯丹(W. Garstang)等对硅藻类个体生态的研究。这些研究的結果,不久将会使群落生态学的浮游生物研究方面大大前进一步。

第二节 浮游生物的生态分类

地球上的生物从环境生态学(environmental ecology)上区分,可分为陆生生物(geobios)和水生生物(hydrobios)两大群。再将水中生物依据环境的性質而分为海洋生物(halobios)和淡水生物(limnobiots)两类。在这两类中,根据它們的习性,又可区别为在水中度着浮游生活的浮游生物(plankton)和度着游泳生活的自游生物(nekton),以及匍匐爬行在海底的海底生物(benthos)三类。

因此,浮游生物是水中生物中的特殊的生物群落。关于浮游生物的研究,不外乎对这种生物群落的生态的观察。这样,根据生态学上种种不同的角度,例如从环境生态学、习性生态学、生理生态学、分布生态学、发生生态学等方面,再从分类学或形态方面而可以将浮游生物区分为下列許多种类。

(1)根据环境的性質:

- A. 鹹水浮游生物(haliplankton),即海中的浮游生物,〔与海洋浮游生物(thassopankton)〕相同。
- B. 淡水浮游生物(limnoplankton),为生活于淡水中的浮游生物的总称,可区别为下列三种:

- a. 湖心浮游生物 (eulimnoplankton), 可称为真性淡水浮游生物。
- b. 池沼浮游生物 (heleoplankton) (heloplankton), 产在池沼中, 在生态条件上与湖心浮游生物不同。
- c. 河流浮游生物 (potamoplankton), 是特别适应于河川的浮游生物, 产于缓流的大河中。
- C. 盐水浮游生物 (hyphalmyroplankton), 产在半鹹水界, 即半鹹水湖、河口等处, 适应于这些区域的生活条件。

(2)从习性方面看, 浮游生物一向被区分为下列各类, 即:

A. a. 恒性浮游生物 (permanent plankton), 整个一生度着浮游生活。

b. 周期性浮游生物 (periodic plankton), 仅在一定期间内为浮游生物。

B. a. 上表層浮游生物 (autopelagic plankton), 常浮游于海洋的表面或上層, 也可称为表層浮游生物 (superticial plankton)。

b. 深海浮游生物 (bathypelagic plankton), 主要分布在海洋的深部。可再分为下列三类:

aa. 夜浮游生物 (nyktipelagic plankton), 常在深海, 仅在夜里到水的表面来。

bb. 冬季表層浮游生物 (chimopelagic plankton), 常在深海, 仅冬季出现在水表面。

cc. 不时表層性浮游生物 (allopelagic plankton), 常在深海, 时常不规则地出现在水表面。

c. 稀表面性浮游生物 (spanipelagic plankton), 常在深海, 不大出现在水面。

C. a. 真浮游生物 (tuplankton), 是很能适应于浮游生活的

真正浮游生物。

- b. 偶然性浮游生物 (tychoplankton), 原来不是浮游生物,可是由于波浪等把它从其他东西上分开,而变为浮游生物。
- c. 季节浮游生物(meroplankton),只在一生的一定期间是浮游生物,相当于前述的周期性浮游生物。
- D. a. 半浮游性浮游生物(meropelagic plankton),和上述的季节浮游生物相同。半浮游生物(hemiplankton)也属于这一类。
- b. 終生浮游生物(holopelagic plankton) Holoplankton), 一生营浮游生活,也可称为全浮游生物,相当于上述的真正浮游生物。
- E. a. 专性浮游生物(obligat-plankton), 和上述的“真正浮游生物”或“終生浮游生物”相同。
- b. 兼性浮游生物(fakultative plankton), 无论浮游或在水底都能生活。有时是浮游性的,有时是底栖性的。

(3)浮游生物又可从分布学(chorology)上作如下的分类

A. 根据垂直分布(vertical distribution)区分:

AA. 海中的浮游生物

- a. 上層浮游生物(pelagic plankton),仅分布在海的上層。
- b. 中層浮游生物(zonal plankton),分布在海的中層。
- c. 深海浮游生物(bathypelagic plankton),仅分布在深海。

BB. 湖水的浮游生物

- a. 表水層浮游生物(epilimnetic plankton),分布在

湖水的表水層,即分布于表面和变水層中間的一層。

b. 变水性浮游生物(metalimnetic plankton),分布在

湖水的水温变动層,即变水層(metalimnion)中。

c. 深水浮游生物(hypolimnetic plankton),分布在湖

水的深水層(hypolimnion),即分布在变水層下面深

部。

B. 根据水平分布(horizontal distribution)区分:

a. 浅水浮游生物(neritic plankton),分布在海洋沿岸。

b. 远洋浮游生物(oceanic plankton),分布在离开陆地的远
洋。

C. 根据地理分布(geographical distribution)区分:

a. 北极浮游生物(arctic plankton),分布在北极寒海;

b. 北方性浮游生物(boreal plankton),分布在北方寒海。

c. 温带浮游生物(temperate plankton),分布在南北两半球
温带部。

d. 热带浮游生物(tropical plankton)分布在赤道南北的热
带海中。

e. 南极浮游生物(antarctic plankton),分布在南极寒海。

D. 根据季节的分布(seasonal distribution)区分:

a. 夏季浮游生物(summer plankton),在夏季出现。

b. 冬季浮游生物(winter plankton),在冬季出现。

(4)根据发生生态学(developmental ecology)或它的来源作如下
的分类:

A. a. 幼生浮游生物(larval plankton),动物的幼体为浮游
生物。

b. 成体浮游生物(adult plankton),成体为浮游生物。

B. a. 本地浮游生物(autogenetic plankton),在原来发生

的地方为浮游生物。

b. 他生浮游生物(allogenic plankton), 发生在其他地方, 作为浮游生物而游来。

C. a. 假浮游生物(pseudoplankton), 非生物浮游物, 相当于下面讲的非生物浮游物(abioseston, tripton)。

(5) 根据形态的大小, 可作如下的分类:

a. 巨大浮游生物(megaloplankton), 可以从船的甲板上看清。

b. 大型浮游生物 (macroplankton), 可以用穆勒纱布第三号采集网采集。

c. 小型浮游生物 (microplankton) 可以用穆勒纱布第 20 号采集网采集。

3.10.10.4.10.5 d. 微小浮游生物 (nannoplankton), 能通过穆勒纱布第 20 号采集网。它的大小在 20 微米以下, 可用滤纸或离心机取得。

e. 超微浮游生物(ultraplankton), 比微小浮游生物更小, 有些种类的细胞构造不可能清楚地观察到, 这是现在用显微镜所能见到的最微小的浮游生物。包括细菌和其他种类。

除上述以外, 在巨大和小型浮游生物中间, 还有中型浮游生物(mesoplankton)。

(6) 从分类学的观点可作如下的分类:

A. a. 动物性浮游生物(zooplankton), 是浮游生物中动物性种类的总称。

b. 植物性浮游生物(phytoplankton), 是浮游生物中植物性种类的总称。

B. a. 角刺藻浮游生物 (chaetoplankton), 以硅藻类的角刺藻 (*Chaetoceras*) 为主。根据其成分, 有三角角藻浮游生物 (tripo-s-plankton) [以三角角藻 (*Ceratium tripos*) 为主要成分] 和柱根管藻浮游生物 (styli-plankton) [以柱根管

藻(*rhizostyliiformis*)为主要成分]等名称。

除以上所述外,在生态学方面,关于浮游生物或浮游物,有下面所列的术语:

(1)浮游物(*seston*)是浮游在水界的有形物体的总称。浮游物中包括一切固形物,和生物有关的称为生物浮游物(*bioseston*)与生物无关的称为非生物浮游物(*abioseston*)。

(2)非生物浮游物(*tripton, abioseston*),水中生物以外的浮游物称为非生物浮游物。在这种浮游物中,又可区别为鹹水浮游物(*halitripton*)和淡水浮游物(*limnotripton*)。

(3)漂浮生物(*neuston*),是浮在水表面的生物群落,例如漂在水面的浮草。

(4)水漂植物(*pleuston*),指悬游生活在水面或水面与底部之间的植物而言。

第三节 浮游生物的生态

(一) 浮游生物的浮游适应

浮游生物的第一个生态特征,是它的浮游生活。一般的生物,无论是陆生生物或水生生物,多数有它的地盘,即和地壳有关系。虽然或多或少离开地盘也能生活,可是大部分的生活还要在地上过。浮游生物却不然,它能完全离开地盘,即水底,而适应浮游生活,特别是前述的恒性浮游生物(即全浮游生物),它的营养、成长、生殖等全部生活史,都是在浮游中进行着的。这样离开地盘的浮游,即悬游的生活,只能在水中的浮游生物方面见到;在陆上,即空中,是不能看见的。象鸟类和昆虫的飞翔,是单为了移动而发生的运动,而只是在空中进行着,并非真的对于空中生活的适应。

因为象上面所说的那样,浮游生物把浮游(悬游)作为必要的条件。

所以它們具有以种种方法增加自身浮游能力的适应性。因为所有浮游生物都有某种程度的重量,为了抵抗重力而使自己身体浮游,必要有适当的方法,因此在浮游能力的調节方面,有种种方法,即:

1. 分泌粘液或胶状物質,或組織膨脹而減少自身的比重,或增加和水的摩擦抵抗。

这种实例,在植物性浮游生物較多,如藍色藻类的項圈藻屬(*Anabaena*)(图 1)和 *Pelagocystis*, 又如硅藻中的角刺藻的一种 [(*Chaetoceras socialis* Lander)(图 2)]

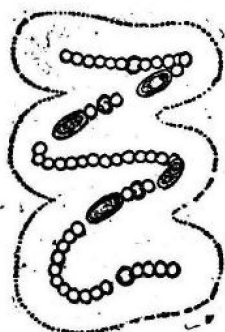


图 1 項圈藻的一种(*Anabaena* sp.)
(根据小久保)。



图 2 角刺藻的一种(*Chaetoceras socialis*) (根据 Lebour)。

2. 形成气胞而作为浮游器官。如动物性浮游生物湖水产的 *Corethra* 有十分发达的气胞浮游器。又如原生动物的砂壳虫屬 (*Diffugia*)(图 4)或表壳虫屬(*Arcella*),能在体内造成气胞而浮游。



图 3 *Corethra* (根据小久保)。

3. 形成比重小的代謝物質。

a 由于代謝作用而发生气体的，在植物性浮游生物能見到。如星杆藻屬 (*Asterionella*)、角刺藻屬 (*Chaetoceras*)、綠藻类的鞘藻屬 (*Oedogonium*)，都由于同化作用而发生的氧增加浮力。

b. 在体内形成脂肪或油粒。一般在硅藻类、藍藻类等，同化作用的結果，而在体内形成比重較輕的脂油粒。脂油粒的增减影响它的浮力。

4. 增加身体的表面积，借此使和水的摩擦抵抗变大。

a. 单增加身体表面积。一般球形的細胞体积对半徑作立方的增减，它的表面积作平方的增减。所以在构造简单的浮游生物，单是把身体縮小，就比較能增加表面积。

b. 在身体的表面，形成許多圓盘状或划綫状的刻紋，借此可增加表面积，使和水的摩擦增大。

例如硅藻类，如圓篩藻屬 (*Coscinodiscus*)，放射虫类，如圓盘放射虫屬 (*Discoidea*) 在管水母类如銀币水母屬 (*Porpita*) 等。

c. 身体延长为棒状，在橫的位置增加水的支持力。

例如硅藻类的針杆藻屬 (*Synedra*) (图6)，毛顎类中的箭虫屬 (*Sagitta*) (图7)，又如甲壳类中的螢虾屬 (*Lucifer*)。

d. 体部构成特别的浮游器官。



图4 砂壳虫屬 (*Diffugia*)。

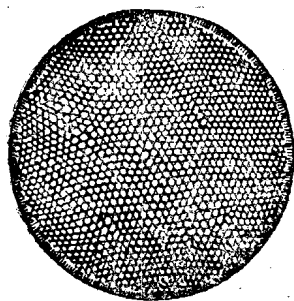


图5 圓篩藻屬 (*Coscinodiscus*)
(根据 Hustedt)。

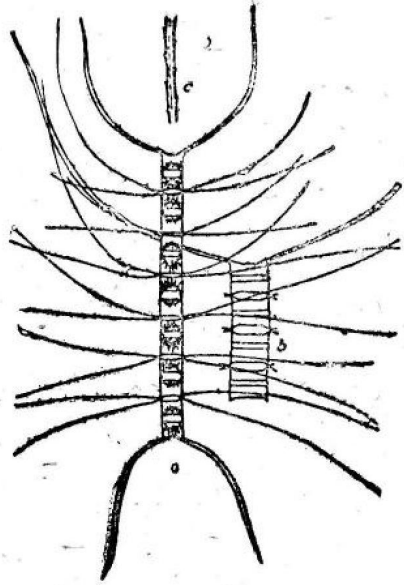


图6 针杆藻属(*Synedra*)
(根据 Hustedt)。

图7 箭虫属(*Sagitta*)
(根据 O. Hertwig)。

图8 角刺藻(*Chaetoceras*)
(根据 Hustedt)。

这种例子很多，例如硅藻类中的角刺藻属(*Chaetoceras*)有长的刺毛，在刺毛上还有许多的棘，增加水的抵抗。又如鞭毛有机体类(带鞭类)中的鸟尾藻(*Ornithocercus*)(图9)，具有伞状的发达的浮游器。再如管水母类，有特别发达的浮囊；橈足类中的美哲鏢水蚤属(*Calocalanus*)(图10)，有许多发达的刺毛。

e. 形成带状、鏈状、网状和其他种种形状的群体，增加对水的抵抗力。

形成群体而增加水的支持力，在植物性的种类或动物性的种类都很多。例如：就硅藻类来看，星杆藻属(*Asterionella*)(图11)形成星状群体；直鏈藻属(*Melosira*)(图12)形成鏈状群体；据管藻属(*Rhizoso-*

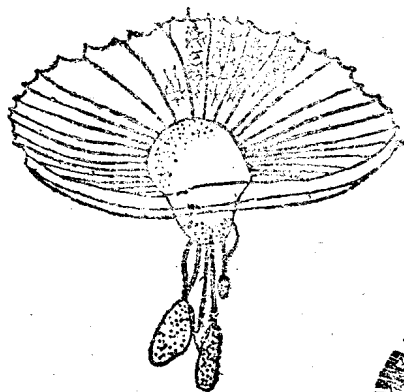


图9 鳥尾藻(*Ornithocercus*)
(根据丸川)。

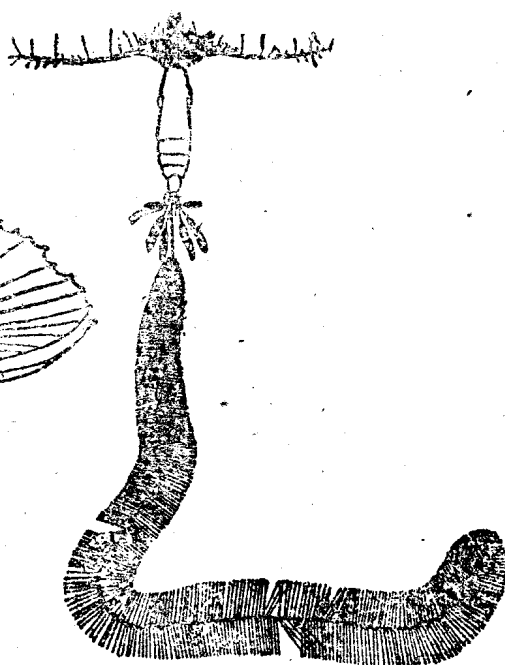


图10 *Calocalanus*
(根据 Giesbrecht)。

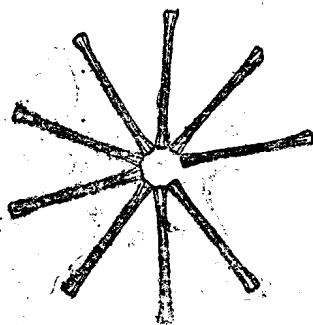


图11 星刺藻(*Asterionella*)
(根据 West)。

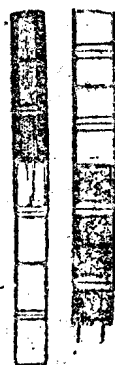


图12 直縫藻屬(*Melosira*)
(根据 Hustedt)。

lenia)形成杆状或螺旋状的群体。在动物性浮游生物方面,原生动物的放射虫类中有由许多的个体细胞集合而成球状群体的。浮游昆索动物类(被囊动物类)的海樽目(Thaliacea)有形成鏈状体的。

(二) 浮游的原理

一般浮游生物的比重和水相同,或比水稍重。例如硅藻类不作任何运动而悬浮在水中,是比重与水相同的例子;又如挠足类,当停止运动时身体就要逐渐沉降,就是比水稍重的。水中的物体向下沉降,都是由于物体的重量大于物体所排斥的水的重量,即发生过重的情形而引起的。但是此外还和水的粘性及物体与水的摩擦抵抗等有关。据奥斯脱瓦尔特(W. D. Ostwald)的研究,水中物体的沉降速度和上述许多条件的关系可用下式表示:

$$\text{沉降速度} = \frac{\text{过重}}{\text{外形抵抗} \times \text{水的粘性}}$$

根据上式,沉降速度和物体的外形抵抗与水的粘性成反比例。这两个条件的数值增加,沉降速度就减小而容易浮游。浮游生物把自己的形状作种种变化而增加与水的抵抗,就是对于这种条件的适应而已。

其次,第二个条件——水的粘性(viscosity)——是所谓内部摩擦。水的这个条件与其所含的盐分及温度有关。在同温度下,水的粘性和盐分一同增加。据勤德(A. Genthe)和奥斯脱瓦尔特(W. Ostwald)的研究,物体的沉降速度在食盐的饱和溶液中,只有在纯水中的一半。

关于温度方面,粘性和水温成反比例,而沉降速度和水温成正比例。根据实验,在水温 25°C 的沉降速度比水温 0°C 时的沉降速度大一倍。

因此在海洋方面,它的盐分及水温两个条件的变化,和浮游生物的生态直接有关系。就实际情况看,在两极地方及海洋的下层,水温低而安定,所以浮游生物能在安定而粘性大的条件下生活。这就是浮游