

微体化石研究指南

〔日〕 高柳洋吉 编

2

地 质 出 版 社

微体化石研究指南

〔日〕高柳洋吉 编

尹 付 译

周济群 田本裕 校

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：张毓崧

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₃₂印张：4⁷/₈ 字数：125,000

1984年10月北京第一版·1984年10月北京第一次印刷

印数：1—2,700册 定价：1.00 元

统一书号：15038·新1015

序

20世纪的微体古生物学的发展,无论数量与质量都卓有成就,尤其是科学家已大力开展了世界洋底调查的50年代以来,其发展速度更是日新月异。在那以前,作为微体古生物学家研究对象的微体化石种类很少,而且如果研究人员把有限的时空领域作为自己的研究范畴来研究各个化石,那也只能满足于解决一般性问题。然而,今天大量资料接踵而来的形势下,作为研究对象的微体化石种类也相继增多,有关这些化石系统的分类与时间、空间分布的调查研究工作,正在世界各国争先恐后地向前推进。与此同时,以全球为舞台的地球科学各个领域间的交流也与日俱增,而在微体古生物学领域,通过与其他领域成果的综合研究,探索生物进化与古生态,进而力求阐明古海洋,古气候等古环境就成为当前面临的一个课题。

值此时代,为使微体古生物这门科学能更加兴旺发达,笔者将本书献给目前正在立志于微体古生物学研究的人们,作为野外及室内基本的而且最新的研究方法的指南。也希望本书能成为对微体化石深感兴趣人们的入门响导。

高柳洋吉

1978年10月

目 录

前言	〔高柳洋吉〕 1
§ 1. 采样	6
I. 陆地试样	〔酒井丰三郎〕 6
A. 采样计划	7
B. 采样	8
C. 其他	10
1. 采样点名称 (试样编号)	10
2. 钻孔试样	11
3. 含微体化石的沉积物	11
II. 海底试样	〔的场保望〕 12
A. 采泥器的种类	13
1. 拖纲	14
2. 挖泥斗采样器	14
3. 柱状采泥器	17
B. 活塞取芯器	19
1. 原理与操作方法	19
2. 活塞取芯器存在的问题	21
C. 菲莱格取芯器	22
1. 构造	22
2. 采样操作	24
3. 试样的回收	24
D. 其他采泥器	26
1. 史密斯—麦金太尔采泥器	26
2. 简易采泥器	28
E. 海底采样一般注意事项	29
§ 2. 试样处理与标本制作	31
I. 有孔虫和介形虫	〔尾田太良〕 31

A. 试样处理方法	32
1. 固结沉积岩的处理	32
2. 未固结沉积物的处理与生物染色	36
B. 个体挑出与标本管理	38
II. 纺锤虫类	[村田正文] 43
A. 薄片制作方法	44
B. 非薄片观察的试样处理方法	46
III. 钙质超微体浮游生物	[高山俊昭] 47
A. 用光学显微镜观察的试样处理方法	47
B. 用电子显微镜观察的试样处理方法	52
IV. 牙形刺	[村田正文] 56
A. 个体分离法	58
B. 其他处理法	59
V. 放射虫	[酒井丰三郎] 59
A. 试样处理方法	60
1. 个体分离法	60
2. 净化处理	64
B. 载片制作方法	65
VI. 硅藻和硅质鞭毛藻	[小泉格、谷村好洋] 67
A. 试样处理方法	67
1. 定量处理方法	67
2. 简易处理方法	69
B. 载片制作方法	70
1. 悬浊法载片制作要领 (图2.22)	70
2. 筛选法载片制作要领	72
VII. 孢子和花粉	[相马宽吉] 72
A. 试样处理方法	72
B. 单个花粉标本载片制作法	79
§ 3. 观察	81
I. 光学显微镜观察方法	[尾田太良] 82
A. 光学显微镜的结构及观察时的调整、操作、程序	82
1. 双目实体显微镜	83

2. 透射式生物显微镜	84
B. 微体化石观察方法	90
1. 各种微体化石的观察要领	90
2. 标本的测量、统计及位置确定	92
II. 电子显微镜的观察方法	[酒井丰三郎]96
A. 透射式电子显微镜	96
1. 试样制备方法	96
2. 观察	101
B. 扫描电子显微镜	104
1. 试样制备方法	104
2. 观察	107
§ 4. 素描与摄影	112
I. 素描法	[高柳洋吉] 113
II. 摄影方法	116
A. 光学显微镜摄影、低倍摄影	[石崎国熙]116
1. 透射光摄影	116
2. 反射光摄影	121
B. 电子显微镜摄影	[酒井丰三郎]122
§ 5. 资料处理	124
I. 解析法	[石崎国熙]124
A. 生物相及生活圈	124
B. 群落组成	129
C. 个体群动态	131
II. 表示法	[高柳洋吉、高山俊昭]145
参考文献	146

前 言

从昨天的经验建立了我们今天的信念，从而为更好地发展明天的微体古生物学奠定了基础。

Robert V. Kesling

随着地学这门科学的蓬勃发展，微体古生物学的领域正在扩大，专业范围也向多分支化的方向发展。面对这一世界性的趋势，为了以现代的视域掌握这门科学的全貌，曾计划编写《微体古生物学》（浅野清编），该书上册已于昭和45年（1970年）出版。接着继续完成中、下卷，虽然不得不一直等待到昭和51年（1976年）才出版，但是这三卷书的出版，富有微体化石最新研究成果的微体古生物学教科书在日本还是首次问世。

微体古生物学、简单地讲，就是一门关于研究微体化石的科学。然而，所谓微体化石，就是指大小从 μm 单位 $\sim\text{cm}$ 单位的化石。而在生物分类上，包括动植物界各个不同种类的化石，其中也有孢子、花粉类的部分化石。这些化石具有各自固有的分类体系，形态分类上的用语——术语也不相同。

密执安（Michigan）大学 R. V. Kesling 教授（1970）曾就微体古生物学教学作过论述。本书首页已经引用了其中一段话，Kesling 教授将研究手段、术语、分类、解释称为基本教学内容四大支柱。列在最前头的研究手段是他所强调的重点，按着我们的经验也是可以充分理解的。仔细推敲 R. V. Kesling 的主张，也的确如此。微体古生物学领域究竟是从何处入手，是从读书开始入手好，抑或从实际观察化石开始着手好呢？而他却大胆奉劝人们采取后一途径。原因是唯有个个化石才是实物。例如，当分类与描述化石时，即使人们无论怎么作得再周密，也不能完全客观地作到完善的描述，尽管经过许多前人的努力，然而我们所掌

握的也只不过是有关古生物真理的一部分。今天的科学正在不断地向前发展，化石处理方法将来会得到进一步改进。然而，处理方法的革新大概不会在图书馆里实现，而应该在实验室，使用新的手段，通过标本的重新研究与再解释来实现。

我们自身所体验的微体古生物学领域，在五十年代光学显微镜几乎还是唯一的观察手段，在七十年代的今天，电子显微镜正在成为日常研究手段的一个组成部分。观察手段的进步，开拓了微体化石分类学的新视域，而生物学、地球化学、地球物理学等有关领域研究手段的发展，也可以说不能不改变化石的评价标准。总之，技术的进步正在扩大微体古生物学的领域，预计现在不能的将来会变为可能。根据这种预见，我想至少应该使研究者目前所使用的基本手段予以广泛公开，以使后者能借助于他人的手段开拓空白领域。幸而《微体古生物学》一书大体可以解决 Kesling 所揭示的四大支柱的后三项。遗憾的是，关于研究手段方面，除极有限的以外，只靠《微体古生物学》一书尚嫌不足。这种想法是我写本书的动机之一。坦率地讲，本书可以说是包括部分老先辈积累的野外、室内错误尝试而写成的。另外，在教室通过对学生的研究指导曾有所感触，想不到学生们缺乏有关基本问题的常识，关于处理材料、器具和机械不够了解。不可否认，其中所提到的哪一方面都有需要进行口授的内容，也有的关键部分学生们还必须切身经历错误的尝试来体会的。但是如具备预备知识，就不致于重复本来可以避免的失败。这是写这本书的另一个动机。

有关整个古生物学的研究手段，国内外已经出版了许多卓越著作。但是，本手册作为《微体古生物学》的姊妹编，研究对象仅限于微体化石这一点是同类书籍所不具备的特征。也就是从微体化石的野外采样开始直至室内处理、观察、描述、结果分析及结果表示的一系列过程，本书均可供随身携带以备参考。以下简单阐明本书各章节的重点。

§ 1. 的取样方法中，叙述了野外采样计划的制定、实际采样方法、使用的采样工具等。当然微体化石与大型化石不同，在野

外能识别出各个化石进行采样的机会极少。因此必须直接把产状不十分清楚而又含有微体化石的沉积物(岩)作为试样进行采集,是在一定的不利条件下采样。虽然受到这种限制,可是在制定适合研究目的的取样计划,进行有效地采样过程中,不同的研究者应有不同的方法。野外作业,当今已不仅限于陆上。有关海底沉积物的研究,近年来世界各国开展得十分活跃,与此相应,乘调查船取样的机会也越来越多。海上取样与陆上取样有不同的优点和不便之处。不过以微体化石研究为目的的海上取样方法至今尚无总结论述的著作。为此,在本章第Ⅱ节中就各种取样工具的特征、有效使用方法与操作法为中心内容进行说明。

§ 2. 中叙述了样品处理与标本制作方法。如何从沉积物与沉积岩中分离出各种微体化石呢?微体化石在生物学分类上有许多分支,且不说包括大小形态上的特征,就是化石残存下来的各种组织的化学性质也是各不相同的。因此为了进行分离,当然对不同的生物群必须使用不同的处理方法。如果列举各研究机构实验室中迄今所尝试的多种方法,也许足够写成一部书了。然而,这里只是集中详细叙述认为现阶段最有效而且最合理的处理方法。同时,多半用流程图将各种方法的处理阶段置于系列流程中,其目的不仅使处理方法统一化,而且使处理产物的标本群质量一致,以便资料相互间容易对比。关于标本制作方法也是一样,重点在于通过适当处理而使适于各种定性分析、定量分析的标本一致。为了方便起见,这里分为有孔虫、介形虫、纺锤虫类、钙质超微体浮游生物、牙形石(锥齿类)、放射虫、硅藻、硅质鞭毛藻、孢子、花粉七项加以说明。不过先要说明一下,由于某些处理方法对于许多微体生物种类也是适用的,标本制作方法彼此之间也有共同之处,所以尽可能不重复。

§ 3. 是介绍观察方法。随着时代的发展,微体化石研究中所应用的观察方法也越来越多样化,而本章所涉及的只限于最基本的而且又是被广泛使用的光学显微镜与电子显微镜方法。然而这二种显微镜又分为原理不同的几种类型。在进行微体化石观察

时,虽然知道根据对象与目的分别使用不同的工具这一原则,但还必须避免因有关工具本身的性能与操作方法知识的不足而未能充分得到预期的成果。在日本国产质量优良的显微镜种类也很多,而且都著有说明书。在本节前半部分归纳了微体化石实际观察中有关光学显微镜方面最起码的知识与观察方法的要领,后半部分归纳了电子显微镜所使用的各种试样制作法与观察法。

§ 4. 是关于微体化石观察结果的描述方法,即关于素描与摄影法的叙述。作为观察记录的集中表现形式的素描虽然是一个古典方法,但它却是对观察体的真实写照,同时也是通过素描过程认识形态上的微妙特征与归纳出分类形态特征的良好手段。今天,许多记录已经转向高效率的光学显微镜摄影,进一步又将电子显微镜摄影应用于表面微细构造的记录上。可以说素描与摄影还各有自己的长处和短处,可见显微镜摄影还不能完全包办代替。对于年轻的研究人员宁可从素描开始,通过描述阶段以求锻炼能够掌握微体化石全貌的敏锐观察力与思考能力。在这个意义上,这一章仅仅简单涉及与前章所叙述的观察和摄影方法有直接联系的电子显微镜,于是着重谈谈素描与光学显微镜摄影。

§ 5. 是资料处理,即论述了通过对微体化石的各项观察所收集的各种资料,从中归纳出准确的古生物学信息的解析法与结果表示法。近年来数理解析法有显著发展,而用微体化石研究生物环境、古气候方面令人瞠目而视,本章仅以生物相与群落生活环境、群体组成及个体群动态解析为例介绍一下基本数理解析方法,并论及问题症结。在后半部分的表示法中,指出了发表研究成果中绘制必要图件时应注意的事项,并引用了许多实例。这些内容尽管不一定只限于微体化石的场合,但还是把它们作为从野外采样开始直到研究成果发表的一系列完整过程的结尾,以供读者参考。

以上是主要内容,为了慎重起见本书不涉及有关矿物学或地球化学的研究手段。本书作为指南性书类,从哪方面来看都是较为很理想的。书末又整理出相当周密的索引,因此,望使用本书

时，要灵活掌握。

〔高柳洋吉〕

§ 1 采 样

微体化石研究工作的第一步是从野外采集试样开始的。然而，像大型化石那种采样，即从含有砂与泥等颗粒的沉积物（岩）中识别并取出化石的采集方法，对本书所涉及的微体化石而言，几乎是不适用的。微体化石采样，通常是将微体化石与其他沉积物一起采集，而在室内进行种种处理，才能获得单个研究的化石试样。含微体化石的沉积物采样工作，有陆上采样与海上或湖沼采样两种情况，本章仅就上述两种情况谈谈一般性的基本采样方法。

所谓钻探方法，是从地下或水下的深部进行连续的采样，是微体化石研究的一个主要采样手段。但钻探设备操作等应该由经验丰富的专门技术人员来承担，这里就不再讨论了。

另外，根据研究目的，对现代生物也要进行研究，研究现代生物采用的方法，也不外乎生物学的各种方法，而在这里仅就生物学领域内很少使用的海底采泥的微生物采样方法进行论述。

I 陆 地 试 样

在化石研究过程中，一方面为了阐明生物系统进化与生理、生态而将化石作为研究对象，也就是把化石作为古生物来处理，另一方面是为了确定地层沉积的时代，进行地层对比，恢复地质时代的自然环境或开发地下资源，而是将化石作为一种手段使用的。

采样方法由于研究目的不同而异，大体上说有两种方法：一种方法是并不特别注重各试样间的关系，而从任意层位上采集；另一种方法是按一定规则，有计划地采集。任意方法取得的试

样，尽管能够用于确定各地层的地质时代和推断其沉积环境，但是，并不适于系统研究工作。微体化石与大型化石相比时，微体化石并不过分集中产于特定的层位中，普遍产出现象较多，所以能够进行系统研究。另外，为了将各个研究结果相互对比，除了特定的目的或受到条件限制的场合外，希望尽可能采用规则采样法。

规则采样法，视其不同目的，可区分为二种方法，一种是为了研究化石的时间（年代）变化，顺着地层层序的方向采样，另一种是为了研究化石地理上的乃至环境上的变化，则沿地层展布方向采集同时期的沉积物。前者称为层位采样法，往往是使采样点间的地层厚度大体相等。后者未赋予以特定的名称，根据研究目的，可用各种不同方式进行采样。无论属于哪种情况，采样之前，都必须结合不同目的，制定出采样计划。

A. 采 样 计 划

当有计划的采样时，在以特定的微体化石为研究对象的场合下，必须对哪种地层（岩相）含有这种特定化石，哪种采样方法符合其研究目的，当然适于前述采样方法的地层出露在哪些地方等，也必须进行讨论。另外，对特定地区、地层进行研究时，这一特定地区和特定地层产哪种化石，这种化石产出状况与地层出露情况是否符合从事研究的目的，哪种采样方法最合适等都要进行研究。进行这些研究时，要参考已有的地质图与地层柱状图或有关的化石研究成果等资料，但仅参考这些资料还不够，往往还要进行必要的踏勘性的野外调查，以查明地层的连续性与出露情况，采集一部分微体化石试样，弄清化石产出的程度。

层位采样法，在地质构造简单的地区，尽量沿一条路线采样，以便查明试样相互间的层位关系（上下关系）。在两条以上路线上采样时，要追索凝灰岩层等标志层，并查明各条路线的层位关系及试样相互间的层位关系。因层位法的研究目的，在于原本地查明化石的时间变化，所以确定试样之间的时间（年代）间隔的大

小至关重要。通常采样层位间距为数十米，但在结果精度要求不高的情况下，也有时间距为100米以上，对沉积速度缓慢的地层，在一般情况下精度要求相同时，反而必须大幅度地缩小采样间距。在从事更详细地研究时，也有时无间隔地连续采样。用这种连续采样方法采集的试样，为使包含在试样中的化石群来代表周围沉积物中的化石群，将从30立方厘米体积内挖出的沉积物混合均匀，作为试样，或者沿层理面、地层展布方向以10厘米—几米的间距取几个10立方厘米体积的沉积物，并将这些沉积物合并作为一个试样，就可不必担心发生偏差了。

沿地层展布方向采样，虽有种种采样方法，但是用任何一种方法所采集的那些试样都必须是同时期的沉积物（同一层位的沉积物）。因此，一般在一个露头采样时都是平行于地层层理面采集，范围很广时，沿着标志层采集。另外，利用根据地磁倒转现象建立的古地磁层序来查明各试样的同期性，即使在标志层不发育的地层与很难追索标志层等的广大地区内也能作到采集同一层位的试样。

采样时，要准备采样地区的地形图、地质图、地层柱状图。另外，还要准备一些采样工具（铁锤、鹤嘴镐、铲子、凿子或取芯器等工具）装样用品（乙烯袋、布袋或旧报纸）、记录用品（铅笔、万用墨水）及其他地质调查设备。在可能取得的地形图上没有记载采样点附近的情况时，就要预先准备好路线图与露头草图。

B. 采 样

采样时要去掉露头表层风化部分，注意采集内部新鲜的沉积岩。特别是因有孔虫、介形虫或钙质超微体浮游生物等钙质微体化石，经过风化易被带走，所以必须采集新鲜部分。例如在采软质泥岩样时，在经风化变黄部分的里面，可见到几厘米至几十厘米厚的带黑色的部分，在该处钙质微体化石往往就被溶解掉了。另外，从事花粉、孢子研究的试样，要采集没有地表水渗入的部分，否则尽管再注意不带入表土，有时也难免不混入现代生

物和其他层位的花粉等。

在采集软质岩石或砂、泥时，用锹与铲子铲掉风化部分后，挖出新鲜部分作为试样。在采集硬质岩石时，或用鹤嘴镐除掉风化部分，挖出新鲜部分作为试样，或从露头取下因节理等而断下来的大岩块，用铁锤打掉风化部分，采集中心附近的新鲜部分作为试样。不过在采集纺锤虫与牙形石等化石时，用肉眼与放大镜进行观察时，在灰岩与燧石等风化面上，往往就能识别出这些化石，如果采集了含有可见化石的岩石样品，在试样处理时就方便多了（详细情况请参考 § 2 II, IV）。

为了提高新鲜岩石试样的采样效率，往往是在沼泽、河川水流不断切割的地方采样，但有时也必须从水下露头采样。在水中采取试样操作比较困难，还有在采集钙质化石试样时，要除掉20~30厘米厚的风化物，依地点不同甚而必须挖掘将近1米左右，为了解决这些困难，笔者曾使用由自动伐木器改装的携带式取芯器采集试样。现在使用的取芯器（图1.1），包括附件共重20公斤，虽然单人较难操作，但能在短时间内轻而易举地采集出水下与地表以下1米左右的试样，其效率是高的。而且因试样完整，搬运与

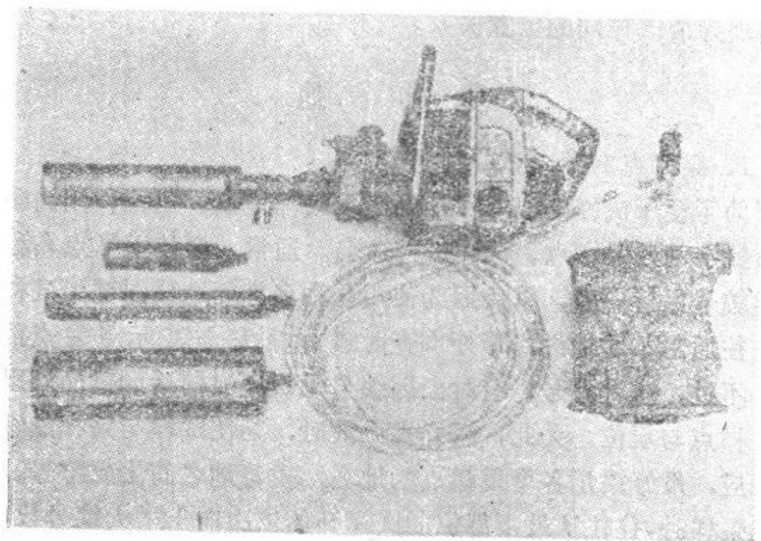


图 1.1 携带式取芯器

保存都非常方便。

考虑到搬运与保存空间等问题，采样数量不要过多，有处理化石时所需数量的5~10倍就足够了。对硅藻与钙质超微体浮游生物采取试样时通常取拳头般大小即可。

将采集的试样，装在记有采样地点（试样编号）等的试样袋中，封好后带回室内，为防止字迹在搬运中消失，希望把所记事项写在厚纸卡上，与试样一同封好。硬质岩石，也可以直接写在岩石上面，如果是既不怕压碎又不怕松散的试样，也可以用报纸包装起来，就不必装入布袋了。

在采集这些试样的同时，为了搞清试样位置的相互关系，便于今后再采样，要将采样地点、采样层位、采样点的露头情况记录下来。将采样点以X或·表示在1:50000或1:25000的地形图上，并记上取样点名称（样品编号）。在详细采样的时候，要将采样点都表示在能分辨出各采样点位的适当比例尺的路线图上。用箭头等符号将采样层位表示在适当比例尺的地层柱状图上，露头情况用摄影、素描等方法记录，再在素描图等上面标明采样地点。特别是从同一露头采几个试样时，在表示出明显标记距离的同时，还必须弄清试样间的位置关系。

C. 其 他

1. 采样点名称（试样编号）

为了便于试样处理与保存要记录采样地点、层位，用简略符号与数字对各采样点、试样进行命名。通常，要使采样点名称与试样编号保持一致，以免因为使用几种名称而造成混乱。试样编号往往原封不动地沿用野外调查时表示露头与表示观察点的编号。不过，这种编号，有时会因编号无次序或前后颠倒而难以辨别采样点与层位。为此，采样点分散时，为使试样与采样点容易相呼应，最好采用各个采样点的地名，或将地名简化成符号。按层位采样时，往往从最下部位的试样开始依次向上增大编号数字，以便于判断出层位关系。另外，如果能把地区、路线或地层等名

称简化成符号附在编号前，以便于查找采样地区与层位（例如岩之泽的23号试样，可简化为IWS 23）。在同一层位采样时，还应记上向北或向东在一定方向上所增加的样号，以明确采样位置关系。对几个层位取样时，最好要在编号前附上易于辨别的各个层位的简化符号。

2. 钻孔试样

通过钻探取得的试样，有的是取出柱状岩芯作为研究地下地层的岩石试样，还有每隔一定进尺采集钻进中冲到地表的岩屑（Slime）。前者是从预定深度，自岩芯上切取所需要的数量作为试样。后者则是以所收集的岩屑作为试样，不过所收集的岩屑不仅仅是正在钻进的地层中岩屑，而且混有已经钻穿的上部地层中的岩屑，因此解释化石试样时必须十分慎重。由上述钻孔所得到的这二种试样，可结合采样深度，从上部开始编号；但多数都是利用深度编号。

3. 含微体化石的沉积物

本书所涉及的微体化石，产于各种不同沉积物中，但在泥质

表 1.1 沉积物（岩）与微体化石的产出频率

	非钙质、非硅质、非炭质	钙 质	硅 质	炭 质
	砾 粗 细 泥 粘 沙 沙 土 (岩) (岩) (岩) (岩) (岩)	钙 石 钙 质 质 质 沙 灰 (白泥 (岩) 岩 岩)	硅 硅 硅 质 质 质 泥 藻 岩 土 石	炭 炭 泥 煤 质 质 泥 岩 岩 炭
有 孔 虫	— ● ○ ○ ●	⊙ ○ ○	● ● —	— — — —
介 形 虫	● ● ○ ○ ●	● ○ ○	● — —	— — — —
纺锤虫钙质超微体浮游生物	— ● ● ○ ○	● ○ ⊙	● ● —	— — — —
牙 形 刺	— — ● ⊙ ⊙	● ○ ○	○ — ⊙	— — — —
放 射 虫	— — ○ ○ ●	● ● ●	⊙ ⊙ ⊙	— — — —
硅藻硅质鞭毛藻	— ● ● ○ ○	● — ●	⊙ ⊙ ●	— — — —
花粉、孢子	● ● ● ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ⊙ ⊙ ○

●少 ○多 ⊙特多 一无