



# 生物体的结构

〔日〕太田 次郎著 张诗忠译



希望本书对于参加生物教育讲座的各位老师，对于从中学习生物学的诸位学生，在理解生物的形象方面，多少有所帮助。

撰写本书所参考的文献、著作，一并汇集在书末。对于这些书刊的著作者，深表谢意。还有，国立女子大学副教授远山益博士，提供了许多电镜照片，在此深表谢意。值此出版机会，对给予帮助的东海大学出版会的本间阳子先生也表示谢意。

昭和 55 年春

太田 次郎

## 内 容 提 要

本书是一本较新的生物形态学书籍。适应当前生物学的发展趋势，本书不停留在生物形态结构的描述，而着重在生物(从最简单的病毒到高等的动、植物)的结构和功能的关系。

本书采取不少生物研究的新资料，注意介绍生物学的新成果。在叙述中，不仅从组织、器官的水平，而且从细胞和细胞到组织的水平上，介绍细胞和组织的分化。从分子遗传学的新成果，介绍细胞的结构及其功能。从进化和结构跟功能的关系，分析、比较各种动、植物器官，来介绍动、植物的各器官系统。

这样，本书从最简单的病毒到高等的动、植物，从生物的外形到内部结构，通俗地介绍形态学知识，向读者展示新的形态学的概貌。

本书供中学生物教师、攻读生物专业的大学生参考，也可以供生物学爱好者阅读。

# 序

地球上生活着各种各样的生物。这些生物，无论是结构还是功能都迥然不同，看上去好象没有一致的地方。其实，所有生物的共同点也不少，比如它们都由细胞这一基本单位组成；在多细胞生物中，细胞集合而构成组织，组织联结而形成器官，器官最后组成生物个体。而且，这种生物体的结构，跟生物的功能是密切相关的。

近年来，生物学中研究生命本质的生物化学、生理学和遗传学等分支学科发展很快，正在逐渐解开生命之谜。而专攻形态结构的分支学科，也从传统的以描述为主的研究倾向中摆脱出来，在探索结构和功能的相互关系中不断发展。特别是通过培养细胞和组织，研究它们的分化机理，用电子显微镜等观察细胞的微细结构，并结合运用生物化学方法所取得成果，一个形态学的崭新领域已展现在我们面前。

希望本书能循着形态学的这种新的发展趋势，从生物的外形到内部结构，始终通俗地介绍生物的机体。当然，学识浅薄的著者，要完全达到以上目标确有困难，但借鉴诸位先生已有的成就，决心尽可能简明地编撰好。本书出版后如能得到各位尊贤读者的指教，纠正谬误，弥补不足之处，那将不胜荣幸。

撰写本书时，注意到形态学书籍中常用术语的一致，并防止过细的描述。如果可能的话，也想统一使用植物和动物的一些专业词汇，但限于现状和著者的力量，实难以达到这一步。

# 目 录

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| 1. 引言 .....              | 1                |
| 1.1 生物的形象 .....          | 1                |
| 1.2 生命和细胞 .....          | 2                |
| 1.3 无性系培养 .....          | 3                |
| 1.4 形态的研究 .....          | 6                |
| 2. 生物的外形 .....           | 8                |
| 2.1 植物和动物 .....          | 8                |
| 2.2 植物的外形 .....          | 9                |
| 2.3 动物的基本体型 .....        | 12               |
| 2.4 生活型 .....            | 14               |
| 2.4.1 植物的生活型(14)         | 2.4.2 动物的生活型(16) |
| 3. 生物体的机体组成 .....        | 22               |
| 3.1 生物的体制 .....          | 22               |
| 3.2 原核生物和真核生物 .....      | 22               |
| 3.3 真核细胞的进化 .....        | 25               |
| 3.4 从单细胞生物到多细胞生物 .....   | 27               |
| 3.5 多细胞生物的组织、器官的分化 ..... | 30               |
| 3.6 病毒的形态 .....          | 31               |
| 3.6.1 噬菌体(32)            | 3.6.2 动物病毒(34)   |
| 3.6.3 植物病毒(35)           |                  |
| 4. 细胞和它的结构 .....         | 28               |
| 4.1 细胞的发现和细胞研究的进展 .....  | 38               |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 4.2 细胞的形态 .....                                | 40  |
| 4.2.1 细胞的形状(41)      4.2.2 细胞的大小(43)           |     |
| 4.3 细胞的表面结构 .....                              | 45  |
| 4.3.1 细胞壁(45)      4.3.2 细胞膜(46)               |     |
| 4.4 细胞的内部构造 .....                              | 48  |
| 4.4.1 细胞核(50)      4.4.2 线粒体(52)      4.4.3 内  |     |
| 质网(54)      4.4.4 高尔基体(57)      4.4.5 核糖体(59)  |     |
| 4.4.6 溶酶体(61)      4.4.7 质体(61)      4.4.8 中心  |     |
| 体(64)      4.4.9 鞭毛和纤毛(66)      4.4.10 微管(66)  |     |
| 4.4.11 微丝(67)      4.4.12 细胞质的基质(68)           |     |
| 5. 从细胞到组织 .....                                | 70  |
| 5.1 细胞和组织 .....                                | 70  |
| 5.2 细胞的繁殖 .....                                | 71  |
| 5.2.1 细胞周期(71)      5.2.2 细胞分裂(74)             |     |
| 5.3 细胞的分化 .....                                | 82  |
| 5.3.1 大肠杆菌的分化(82)      5.3.2 伴随发育的分化           |     |
| (84)      5.3.3 培养细胞的分化(89)                    |     |
| 5.4 细胞集合和识别 .....                              | 91  |
| 5.4.1 集胞(粘)菌中的细胞识别(91)      5.4.2 海绵的集         |     |
| 合(93)      5.4.3 脊椎动物分化细胞的集合和识别(94)            |     |
| 5.5 细胞粘着和相互联结 .....                            | 96  |
| 5.5.1 细胞的粘着(96)      5.5.2 动物细胞间的联结            |     |
| (98)      5.5.3 植物细胞间的联结(101)                  |     |
| 6. 植物体的组成 .....                                | 102 |
| 6.1 植物组织的形成 .....                              | 102 |
| 6.1.1 胚的发育(102)      6.1.2 生长点(105)      6.1.3 |     |
| 其他分生组织(107)                                    |     |
| 6.2 植物的组织和组织系统 .....                           | 109 |
| 6.2.1 表皮系统(110)      6.2.2 基本组织系统(113)         |     |

|                        |                  |                  |
|------------------------|------------------|------------------|
| 6·2·3 维管系统(116)        | 6·2·4 中柱(119)    |                  |
| 6·3 植物的器官 .....        |                  | 122              |
| 6·3·1 根(123)           | 6·3·2 枝条(126)    | 6·3·3 茎(127)     |
| 6·3·4 叶(129)           | 6·3·5 花(131)     | 6·3·6 果实和种子(135) |
| 7. 动物体的组成 .....        |                  | 138              |
| 7·1 动物的组织 .....        |                  | 138              |
| 7·1·1 上皮组织(138)        | 7·1·2 结缔组织(140)  |                  |
| 7·1·3 肌肉组织(146)        | 7·1·4 神经组织(148)  |                  |
| 7·2 动物的器官和系统 .....     |                  | 150              |
| 7·3 动物的器官 .....        |                  | 151              |
| 7·3·1 皮肤系统(151)        | 7·3·2 消化系统(153)  |                  |
| 7·3·3 循环系统(158)        | 7·3·4 呼吸系统(161)  |                  |
| 7·3·5 泌尿排泄系统(164)      | 7·3·6 生殖系统(167)  |                  |
| 7·3·7 肌肉系统(169)        | 7·3·8 骨骼系统(169)  |                  |
| 7·3·9 感觉系统(171)        | 7·3·10 神经系统(177) |                  |
| 7·3·11 内分泌系统(183)      |                  |                  |
| 8. 结束语 .....           |                  | 187              |
| 8·1 两脚行走创造了人 .....     |                  | 188              |
| 8·2 脑的优越性表现在哪些方面 ..... |                  | 190              |

# 1. 引言

## 1.1 生物的形象

生活在地球上的动物约 105 万种, 植物约 30 万种。各种生物的形状和大小千差万别, 蓝鲸身体长达 30 米, 大乔木高度超过 10 米, 还有原生动物和细菌, 体形微小, 只有用显微镜才能看到。就是凭肉眼看到形状的, 也是形形色色: 有的种类美丽, 有的种类实在奇异古怪。

这里值得注意的是, 我们是依靠自身的一种感觉器官——眼睛的构造和功能来看物体的。比如, 认为象是巨大肥胖的动物。但是我们看到的象, 跟象和象之间相互看到的形象, 很不相同。如果我们想象在象眼的角度上看世界, 大概可以明白这一点吧。实际上, 某些人类学者对上面讲的象的形象, 已经讲得很透彻了。因此, 当我们谈论生物的形象时, 不要忘记一般是以人类的观察作为标准的。

其次, 现存生物都有经过三十亿年以上长期进化的历史背景。在这期间发生了自然选择, 具有不利于生存特性的生物现在应该不复存在。因此, 就我们看来即使是不合适的形态结构, 但是对那种生物却通常是合理的。例如在鲸类中, 唯有抹香鲸的头很大。近年来英国的克拉克(Clarke)解剖了这种鲸, 试图解开头大的秘密。结果发现充满巨大的鲸头里的不仅是脑, 而且大部分是脂肪块。据了解, 抹香鲸能潜入 1,000 米以上的深海, 并且一动也不动地停留在一定的深度。这时最成问题的是浮力的调节, 而对它起作用的

就是位于头部的脂肪块。也就是脂肪随着温度的变化，忽而变成液态，忽而变成固态。脂肪块的四周分布细小的血管，被血液暖着。脂肪块附近还有连通鼻子的管道。海水进入管道，能冷却脂肪。就这样脂肪块或者受热而变成液态，或者冷却而变成固态，随着它的体积改变，浮力也相应变化。因此，当抹香鲸深潜海底时，海水的温度下降，脂肪变成固态，浮力减小，使它能恰好静止在某一深度。相反，要增大浮力时，使脂肪块受热就可以了。总之，抹香鲸巨大头部的大部分，可以看作是调节浮力的器官。

其他头部不怎么大的鲸类跟抹香鲸不同，它们不能静止在水里，在水里游栖一定时间后要浮上来，但抹香鲸对浮力调节可以不必担忧。

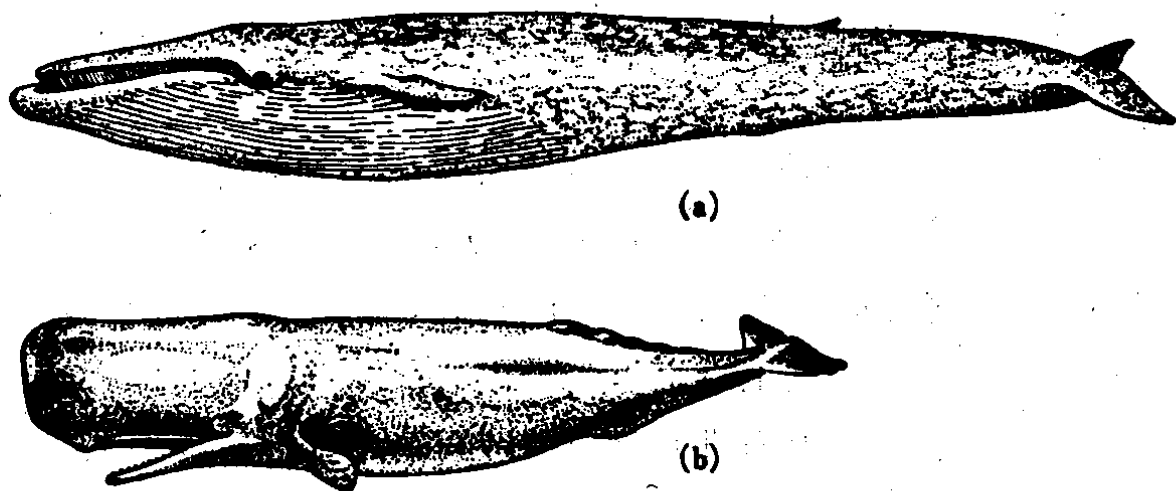


图 1-1 (a)蓝鲸(体长约 33 米)，(b)抹香鲸(体长 15~19 米)

除了这个例子，类似的还有许多。如果作些调查就能明白，恐怕一切生物的形态都能找到一些合理的解释。综上所述，在研究生物的形象时，重要的是不能只注意外部和内部的形态，还要重视形态和功能之间的联系。

## 1.2 生命和细胞

接着，让我们从生物的外形进入内部考察。

可以认为，一切生物都是以细胞为单位构成的。从 1665 年英

国人胡克(Hooke)命名细胞、施莱登(Schleiden 1838 年)和施旺(Schwann, 1838 年)提出细胞学说以来, 它已作为生物学的基本法则而举世公认。

但是, 所有生物的生命不能简单地说可以还原成细胞。变形虫和细菌等单细胞生物, 细胞的生命就等于它个体的生命, 而多细胞生物就不是那样。比如, 一部分细胞因外伤等原因即使死去, 个体的生命大多不会丧失。还有这种情况, 虽然离体细胞经过培养生存下来, 而母体的生命却已经结束。

在多细胞生物中, 构成生物体的许多细胞排列得有条不紊, 这种状况对维持个体生命往往是不可缺少的。想一想癌的情况, 就可以懂得这种细胞的组织化(organization)对多细胞生物是很重要的。换句话说, 人和动物患了癌症, 癌细胞毫无秩序地增殖, 它的结果是夺去生物个体的生命。

对多细胞生物来说, 怎样认识生命, 怎样判断它活着还是死去, 还是个难题。这就是说, 用什么标准判断人活着还是死了, 还是一个大问题。

这样, 细胞是生命的单位, 而对于多细胞生物, 与其看作是一个个的细胞, 还不如认为是统一协调的细胞集团, 这是很重要的。所以阐述生物形态时, 不能忽视细胞的统一, 即组织乃至由它集合起来而成的器官的重要性。

### 1.3 无性系培养

关于细胞的组织化, 近年需要解决的问题是无性系培养。无性系(clone)就是从某生物的一个个体或者一个细胞, 不经过有性生殖, 由营养生殖而繁殖成的个体群和细胞群。具体地讲, 植物的扦插和嫁接是它的例子。因为不经过有性繁殖, 组成无性系的个体群之间, 遗传特性会完全相同。因此, 希望不改变作物性状而繁殖栽培上的优良品种时, 适宜用无性系。

在培养无性系方面取得划时代成就的，要数是生在英国的美国植物生理学者斯图尔特 (Steward)。他用消毒过的穿孔器把胡萝卜根的一部分凿下来，把它培养在装有营养液的烧瓶里。斯图尔特往培养液添加椰子汁(椰子果实中含有的液体状胚乳)。继续这样培养着，细胞分裂繁殖，形成叫做愈伤组织的细胞块。将一部分愈伤组织放入培养液中振荡，一个个细胞和少数细胞聚集在一起的细胞块，在培养液中被分离并悬浮在液体里。挑选其中已分离的一个细胞，移植到固体培养基上，细胞继续分裂繁殖，不久形成同白色的植物幼体相似的物体。把它栽入土里，逐渐生长成具有正常的红根、茎、叶的胡萝卜植株。

从胡萝卜根的一个细胞培养成一棵胡萝卜的植株，这个实验显然是成功的。而且，从一个胡萝卜根培养成的植株，不经过有性繁殖，所以是遗传性能相同的无性系。

根据斯图尔特的实验，研究用什么条件进行组织培养以及细胞是怎样逐渐分化出根、茎、叶的，就能够查明生物的一大特点，即细胞分化的机制。事实上，以后使组织培养烟草产生的愈伤组织，在适宜的条件下培养，也已经能够让它只长叶子了。

无性系培养如果能成功地运用到多细胞动物中去，那将是一个了不起的事件。通俗地讲，也就是重现了孙悟空的本领。但是，动物中细胞分化比植物明显得多，因此取出一个构成动物体的细胞来培养，使它发育成一个个体，就比较困难。

于是有人提出另一种做法，这就是除掉卵细胞的细胞核，然后移植进其他体细胞的细胞核。事实上也确有这样的报道。比如从非洲爪蛙的蝌蚪肠细胞中取出细胞核，把它移植到卵细胞里，由这个卵细胞培育成成体的爪蛙。在这里，控制生物遗传性状的是细胞核，把一个蝌蚪的肠细胞的细胞核移植到同一母体产生的卵细胞中，由这些卵细胞发育成的蛙，互相之间可看作是无性系(图1.2)。

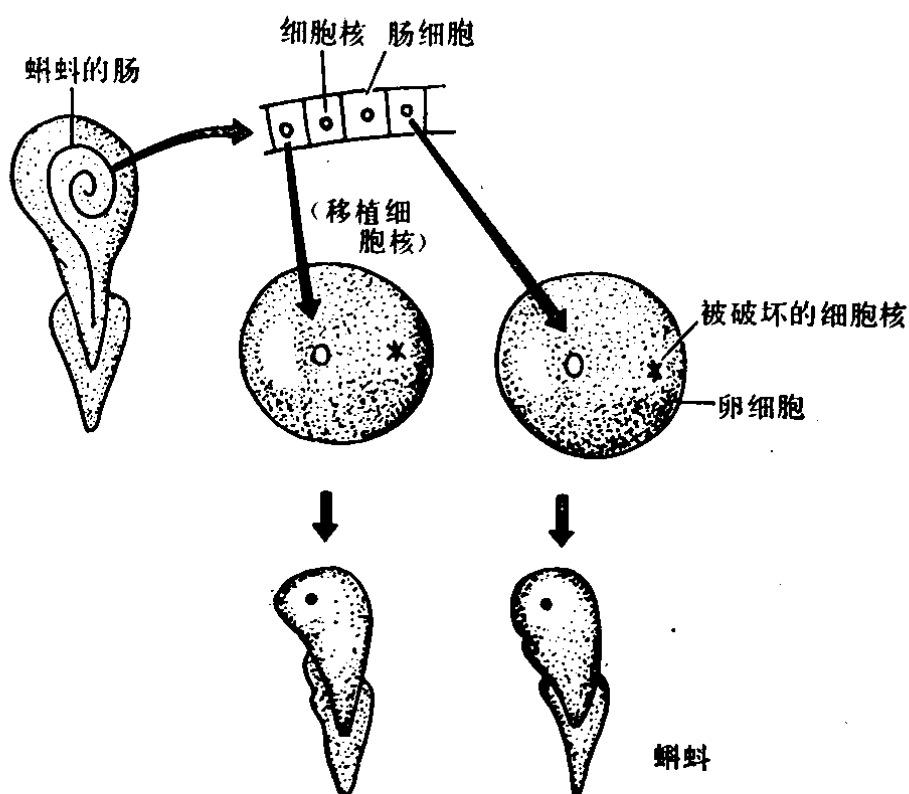


图 1.2 动物的无性系培养

最近，人的无性系培养正在成为议题。方法跟非洲爪蛙中采用的相同，去掉卵细胞的核，代替它的是移入其他人的体细胞核。把这样制成的卵细胞，仿照已获成功的试管婴儿方法，送回到提供卵的母体子宫内，按理应该能自然地妊娠直到分娩。事实上人的卵细胞比青蛙小，进行核移植时带来较重的损伤，因此即使照这种办法做，估计成功的几率很小。况且在伦理学上也无须说明，不应该做这种实验。另一方面，即使培养出跟自己遗传性能相同的无性系，由于生活环境不同，将发育成各种性格的人，绝不会出现相同性质的人类。

尽管如此，叫做 SF 世界事件的人的无性系培养，不是完全不可能的，所以担心它实现的议论还在继续着。

跟以上涉及的应用方面问题不同，组织培养在研究从细胞逐渐发育成个体的过程及其机制，进而研究细胞相互联系等方面，已

作为不可缺少的技术被广泛应用。

#### 1.4 形态的研究

表现种种形态的多细胞动物,如果追根究底,通常也来自一个受精卵。一般呈球形的受精卵,随着细胞的反复分裂和细胞数的增加,细胞的构造和功能产生差异,逐渐分化成各种组织。最后终于达到物种所特有的形状和大小。

控制这种发育过程的是受精卵核里所含的遗传信息。象上节无性系培养中介绍的那样,即使已经分化成蝌蚪的肠细胞,一旦把它的细胞核移入卵细胞,这个卵细胞会发育为成体。这个事实说明,尽管细胞已经分化,但细胞核内的遗传信息并没有丧失,但只有特定的信息得到表达,而另一些信息被抑制。可以推测,当那个肠细胞核一送回卵细胞里,被抑制的信息就恢复表达的状态。

因此,人们一旦查明发育阶段中遗传信息在什么时候以及怎样表达的细节,就可以毫不夸张地断言:生命的奥秘已被解开。当然这不意味着只要研究发育过程。搞清楚各个发育阶段形态和功能之间的关系,无疑也是十分必要的。而且它们的形态也不只限于细胞,随着细胞的组织化,无论是组织还是器官水平,也是应当研究的。

过去的形态学,用肉眼和显微镜观察细胞、组织、器官等,以描述静态为主。但是近年来正在向下列方向发展,就是不仅要知道已形成的结构,而且要了解是怎样形成这些结构的。

研究组织培养的细胞的分化一天天多起来,可以看作这种潮流的一种表现。这种变化使形态学和胚胎学的界限变得含糊不清。而要进一步研究成为统一整体的生物体,就少不了生理学和生物化学的知识。近年来新的研究技术的发明,已能在细胞水平解释生命现象。这样,生物学各个分支的界限正在逐步消失。

本书因为是《生物体的结构》这样的题目,内容便处理成以形

态构造为主。但是介绍时想不仅就静的构造，而且尽可能地注意跟功能的联系，同时也不拘泥于传统的形态学范围，想从各个方面描述生物体。

## 2. 生物的外形

### 2.1 植物和动物

植物动物的种类繁多，要找出适合于所有生物的规律是困难的。另外，象许多教科书介绍的眼虫这类构造简单的生物，没有明显的植物和动物的区别。

一般说来，生物学几乎是没有什么例外的。它不象物理学那样，假设虚构的理想气体，再在这基础上确立理论，而是以现实生存的生物作为研究对象，虽然可以设想抽象化的理想生物，但这到底有多少意义值得怀疑。相反，如果尽力寻找适用于一切生物的规律，而例外却不断发生，最后恐怕什么规律也得不到。

这一章涉及的问题是外形，可以说也是那样。在讲到植物和动物的时候，通常会浮想起某种影像，这在许多人中大多是相同的。即使有若干例外，但从大部分人来说，这是研究生物学的一种方法。

动物行为学者日高敏隆，曾对植物和动物的形态方面的差异作过简明的介绍。他在“动物为什么会变成动物？”这篇短文中作了如下的阐述。

“先大体讲一下结论，那是吃食物的缘故。那么，不吃食物的生物是什么样的呢？这就是我们现在看到的植物。植物类群的营养来源，正如大家都知道的是太阳的光能。来自太阳的光从空中直射到地面上。光以不同程度透过物体，并产生反射和折射，结果变得相当微弱。因此，为了得到足够的营养，植物体的表面积越大越好。但

是，植物并非原封不动地利用太阳能生存，重要的是还缺乏以能量转换能力自夸的动物的这种资格。总之，无论植物还是动物，它们的身体很复杂，因为是以物质做基础的物质体系，假如不能把光能变成化学能，那什么都没有了。

因此，从这个角度讲，水和二氧化碳是必需的。后者从空气中摄取最方便。摄取二氧化碳的效率，同样跟表面积成正比。这跟获得光能的必要条件是一致的。因此，为了“植物的生活”，首先植物体要薄而平，并且最好横向伸展。但根据前面的介绍，空气在变得干燥，从天空来的强烈阳光照射到那里，植物外表会很快枯萎。显然植物体表面总该有一些被覆物。那么要从哪里摄取二氧化碳呢？在表面的被覆物处稀稀落落地留有孔道……这不大可能，特地附加被覆物也没有什么意义。于是，二氧化碳就得从叶的背面吸收。因此，植物体必须离开地面，伸展在空中。

但是，植物在空气里不能得到水。如果布满小孔，不停地吸取空气中的潮气，那别说吸进潮气，恐怕连植物体内的水分也会失去，充其量不干死。在这种环境中，水生的藻类还可以，而陆生植物除了从土壤里吸收水分外再没有其他办法。

于是面临进退两难的境地，吸收能量和二氧化碳的部位要在尽可能高的空中，吸收水分的部位却要在深深的土壤里……因此结实的茎无论如何是必需的，同时为了便于支持，扁平的能量吸收部位被分割成许多细小的部分，这就是叶。这样终于产生有根、茎、叶并且营固着生活的植物的那种形态。”

引文比较长，但是象本文那样大胆说明典型的植物形态的文章，似乎除此以外还没有。有时这种说明可能被看作是一种目的论，但是如果把现有的生物看作是在长期进化中经过自然选择留下的合理生物，也许更适宜。日高敏隆先生虽然对植物的形态作了如此简单的说明，然而以后他继续对动物形态的记录却略欠清楚。这也许是由于动物的形态因种类不同而千差万别，器官的分化明显等缘故吧。

## 2.2 植物的外形

如前所述，植物是有根、茎、叶的。这种植物叫做茎叶植物，它的植物体叫做茎叶体。在分类学上，茎叶植物是种子植物、蕨类植

物和苔藓植物的藓类的总称。还有一类植物跟它不同，叫做叶状体植物，它的植物体叫做叶状体。

叶状体的外形，同茎叶体有明显差异。很早以前，斯特劳伯格 (Strasburger) 在《植物学教科书》中对叶状体的外形大致作如下划分。

第一类形态最简单，球形，例如某些细菌和单细胞藻类。一般认为，游离细胞原来的形状呈球形，但很少形成真正球形的细胞。

第二类呈长轴形，形成卵形、圆筒形、短棒状、丝状、带状等，例如许多细菌、蓝藻和部分绿藻。这些形状，每单位体积的表面积比球形大。表面积大，有利于吸收营养和光合作用中吸收阳光。此外球形、卵形等实际上会发生变形，变成一端生出鞭毛等形态(图 2·1)。

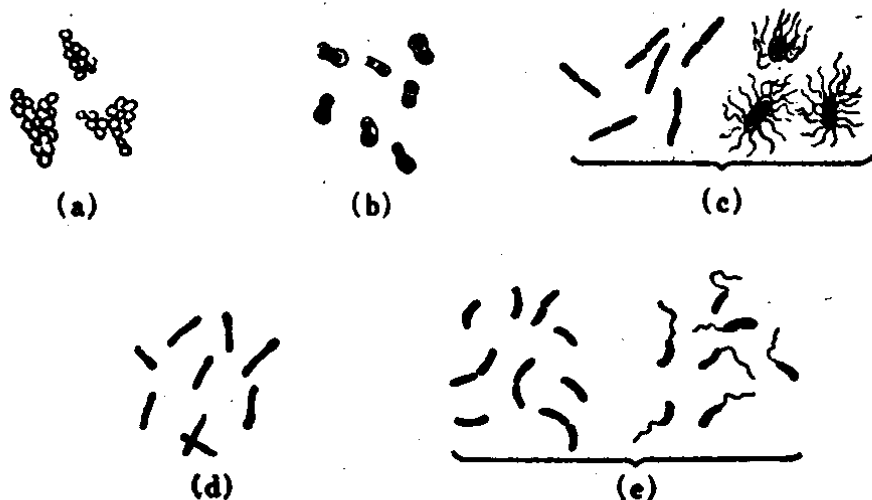


图 2·1 形形色色的细菌

(a)葡萄状球菌，(b)肺炎双球菌，(c)伤寒杆菌，  
(d)白喉杆菌，(e)霍乱弧菌。

第三类已经形成两极。例如，略有分化的所有高等叶状体，长轴的基部和顶部跟其他部位不同，产生了极性。这一类中生长的，只限于一部分长丝状或者网状的叶状体。绿藻类的石莼的植物体，能看到顶端生长。