

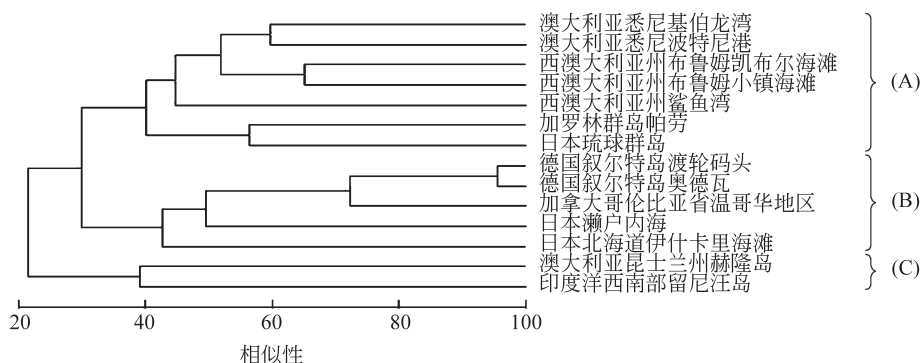
第 5 章 生物地理学

描述一个物种的(全球)分布需要对物种概念以及种内变异性有清楚的认知(如: Lundholm and Moestrup, 2006)。物种鉴定的可靠性是一个重要的问题,尤其是对于难以区分的非常相似的形态种。此外,世界上大多数国家未开展对底栖甲藻的采样以研究其分布及特征。海洋浮游甲藻的分布被称为“纬度适应性”(Taylor, 1987; Taylor et al, 2008),即相同的形态学物种会出现在南北半球相似的气候带内。Taylor (2004)提出了一个假设:“环境越严酷,原生动植物就越具有世界性。”我们认为底栖潮间带生境就属于严酷的环境。一些适应寒冷的浮游甲藻物种,如极地甲藻 *Polarella glacialis*, 具有两极分布的特点;其他海洋浮游生物,如有孔虫(foraminiferans)以及棕囊藻属(*Phaeocystis*),也具有两极分布的特点(Montresor et al, 2003)。

就海洋底栖甲藻而言,该物种不像浮游甲藻那样容易移动,并且可能存在一些扩散障碍(Penna et al, 2010),因此可以设想存在一些特有现象以及历史的生物地理模式。很遗憾,迄今为止人们对于海洋底栖甲藻在大多数生境中的存在以及丰度的有效数据掌握得很少,因此目前很难验证这一假设。一个难点在于沉积物以及附生植物中的物种分布可能非常零散,并且底栖生境的物种可能具有季节性(Hoppenrath, 2000b; Hoppenrath et al, 2007a)。沉积物类型(粒度)、化学环境、光照、波能是影响物种丰度及其组成的因素。Murray (2003)首次对沙居甲藻进行了有限的生物地理学聚类分析,发现了两个主要群落:(1)冷温带群落;(2)亚热带/热带群落。图 5-1 所示的更为全面的分析确认了第三个群落(Murray, 未发表):(A)砂质沉积物的亚热带/热带样点;(B)砂质沉积物的温带样点;(C)较大粒径沉积物的珊瑚礁样点。使用统计软件包 Primer 4.0 运行 Primer-Cluster,这是一种基于 Bray-Curtis 相似性系数的分层分类技术,该相似性系数利用组平均排序的存在/不存在转换数据进行计算(参见 Lee and Patterson, 1998)。目前,已对世界上更多(但仍然只是少部分)海洋底栖生境进行了密集的取样,这些结果足以构成一个数据集,预计对目前真实的物种多样性能够作出良好的估测:

- 德国叙尔特岛: 67 种(Hoppenrath, 2000b 以及未发表)。
- 加拿大温哥华地区: 52 种(Hoppenrath, 未发表)。
- 意大利厄尔巴岛: 90 种(Hoppenrath, 未发表)。

- 法国康卡诺地区: 78种(Hoppenrath et al,未发表)。
- 澳大利亚布鲁姆: 50种(Murray et al,未发表)。
- 澳大利亚植物学湾: 36种(Murray,2003)。
- 日本: 32种(Tamura,2005)。
- 马来西亚: 24种(Mohammad-Noor et al,2007b)。
- 科威特: 55种(Al-Yamani and Saburova,2010)。



该树状图显示了全球 14 处底栖海藻群落之间的 Bray—Curtis 相似性(%),主要为沙栖。分类信息是种类名录。可识别出 3 个主要的群落:(A)亚热带/热带地区砂质沉积物;(B)温带地区砂质沉积物;(C)珊瑚礁沉积物,粒径较大。用于分析的样本来自澳大利亚基伯龙湾与波特尼港(Murray,2003)、澳大利亚布鲁姆凯布尔海滩与布鲁姆小镇海滩(Murray et al,未发表)、澳大利亚昆士兰州赫隆岛(Murray,未发表)、西澳大利亚州鲨鱼湾(Al-Qassab et al,2002)、加罗林群岛帕劳(Horiguchi,未发表)、日本琉球群岛(日本热带)与伊什卡里海滩(北海道)(Horiguchi,未发表)、日本濑户内海(Ono et al,1999)、德国叙尔特岛(Hoppenrath,2000b)和印度洋西南部留尼汪岛(Turquet et al,1998)。

图 5-1 Primer 聚类分析(统计学软件包 Primer 4.0)

由于大多数样点的采样量仍然不足,对这些地点重新进行调查后物种数量将会增加。研究表明,为了使物种发现率达到饱和,全年需要在同一底栖沉积物生境中进行至少 30 次采样(Murray,2003)。随着研究的继续,将有可能确定物种分布的大范围生物地理模式,并调查本地种和与水团有关的特定物种等问题。

砂质沉积物中常见的一个物种是 *Ankistrodinium semilunatum*,它最有可能出现在世界各地的热带到温带之间的地区(Hoppenrath et al,2012a)。“*Katodinium*” *asymmetricum* 以及“*K.*” *glandulum* 也可能如此。关于物种记录的知识,在第 3 章中给出了所有物种的分布参考。有些物种仅从其原始描述中得知(如 *Amphidiniopsis galericulata*、*A. konovalovae*、*A. korewalensis*、*Amphidinium cupulatisquama*、*Bysmatrum arenicola*、*Cabra aremorica*、*Galeidinium rugatum*、*Prorocentrum bimaculatum*、*P. caribaeum*、*P. hoffmannianum*、*P. sipadanense*、*Pyramidodinium atrofusum*)。这可以解释为特有分布,但更可能反映了以下 5 个问题:(1)最近的描

述；(2)与近似种相似,导致鉴定困难；(3)全球各生境采样不足；(4)偶尔出现,细胞数量非常少；(5)只有少数专家研究了特殊的生活史。

Parsons 等(2012)总结了蛎甲藻属(*Ostreopsis*)以及冈比亚藻属(*Gambierdiscus*)的生物地理分布,现有数据或许能更好地帮助了解这两个属的生物地理分布,特别是这些属的物种鉴定仍然是一个主要问题。目前正在摸索自然样本中蛎甲藻属鉴定的方法,如使用属和种特异引物的基于 PCR 的分析(Battocchi et al,2010)。这两个属的种主要出现在热带和亚热带地区,但也见于温带水域,而且其地理范围仍在扩大,可能是由于研究的增加以及物种的扩散(Parsons et al,2012)。对蛎甲藻属的系统地理学研究发现 *Ostreopsis* cf. *ovata* 广泛分布于热带以及一些暖温带海域的沿海地区,并且可能代表一个随机交配群体,这与在其他海洋中发现的种群不同(Penna et al,2010)。对日本蛎甲藻属的系统地理学研究揭示了该属惊人的多样性以及广泛分布,但充分了解还需要更多的数据(Sato et al,2011)。

有害的底栖原甲藻(*Prorocentrum*)种类出现在环热带、亚热带以及温带地区,但利马原甲藻复合体(*P. lima* complex)被认为是全球分布的(Glibert et al,2012)。一些物种,如 *P. belizeanum*, *P. concavum* 以及 *P. emarginatum*,广泛存在于大西洋、加勒比、印度洋以及太平洋(Glibert et al,2012,及其参考文献),但物种鉴定问题必须考虑(物种界定的不确定性)(Hoppenrath et al,2013a)。

与通过显微镜观察或细胞分离、培养和分子技术或两者结合的方法描述底栖甲藻多样性的研究不同,Kohli 等(2013)通过传统条形码以及一种新的 cob 基因高通量测序方法对表层底栖甲藻进行了研究。所有在光学显微镜下观察到的属均被 cTEFP(cob 标签编码 FLX 454-焦磷酸测序)检测到。高的遗传多样性表明底栖生境中可能存在隐存种(Kohli et al,2013),类似结果在其他地方的研究中也发现了(Stern,2010)。在两个形态相似的前沟藻(*Amphidinium*)——*A. carterae* 与 *A. massartii*中也发现了高的隐存多样性(Murray et al,2012)。尽管对高度相似的微生境进行了取样,但不同地点之间存在很大的多样性差异(Kohli et al,2013),支持中度的本地种模型(Foissner,2008)。这种环境 DNA 方法的发展将有助于今后对底栖甲藻的生物地理学认识。

第6章 生态学

底栖甲藻栖息于海洋沉积物的间隙(沙居),附生于大型藻类以及海草表面(phycophilic)、潮池以及浮游碎屑与珊瑚上。大多数底栖物种为沙栖,而非附生(只有约40种),这与Fraga等(2012)的结果不同。底栖甲藻的栖息地可以很广泛,如*Bymatrum subsalsum*是一种适应底栖(沙)、附生(大型藻类)以及浮游(潟湖红树林水域)的物种(Faust,1996),但大多数只记录于间隙或附生。人们对底栖甲藻的生态学知识掌握得非常有限,部分原因是难以对其进行计数。对大堡礁南部珊瑚礁沉积物中包括甲藻在内的底栖微藻的调查表明,它们分布广泛、数量丰富、生产力高,是珊瑚礁生态系统的重要组成部分(Heil et al,2004)。其现有生态生理学信息(如:生长速率、营养吸收与毒素产生)较少。Glibert等(2012)对底栖原甲藻(*Prorocentrum*)进行了述评,Parsons等(2012)对冈比亚藻属(*Gambierdiscus*)以及蛎甲藻属(*Ostreopsis*)进行了记录。寄生虫对宿主死亡率的作用尚不明确。仅对一种原甲藻*P. fukuyoi*进行了寄生虫感染的描述(Leander and Hoppenrath,2008)。

目前已知的189个底栖甲藻物种中有120种会进行光合作用。光合作用物种有可能适应低光照条件,因为间隙空间的光照可能比浮游栖息地更弱。另外,浅层热带珊瑚礁地点的附生物种可能会适应高光照(Fraga et al,2012)。许多物种可能是兼性营养型,因为在一些含有叶绿体的物种中观察到了食物泡。底栖甲藻包括具有硅藻内共生体的分类群,见4.8节。一些底栖甲藻具有来源隐藻的临时叶绿体,如“*Amphidinium*”*poecilochroum*、“*A.*”*latum*以及“*Gymnodinium*”*myriopyrenoides*。目前对异养与兼养物种的摄食模式知之甚少。经观察,光合的*Bymatrum arenicola*(Horiguchi and Pienaar,1988a)以及*Amphidinium poecilochroum*(Larsen,1988)具有柄。对已被整体摄食的硅藻的观察表明,*Ankistrodinium semilunatum*、“*Katodinium*”*glandulum*以及环沟藻(*Gyrodinium spec*)有吞噬功能。

大多数底栖甲藻体积较小,而且有扁平的细胞(有时很明显)。它们可以背腹扁平(如一些前沟藻物种)、左右侧扁(如*Planodinium*)、左右侧倾斜(如*Sinophysis*)或前后扁平(如:一些冈比亚藻物种),有助于它们在间隙栖息地中的移动,也使它们更容易附着在表面上。另外,平坦的表面可以在寡营养的情况下增加营养物质的吸收,

因为其表面积-体积比高于球形细胞(Fraga et al, 2012)。这些细胞无边翅、刺或角等明显延伸组织。*Sinophysis* (属于 dinophysoid 甲藻, 其细胞延伸结构非常复杂, 如纵沟边翅与横沟边翅) 只有纵沟边翅紧贴在细胞上。这些“光滑的”、通常扁平的细胞轮廓可以反映出其在间隙生境中的生存状况。如上文所述(见 4.1 节), 几个底栖物种有覆盖(保护?)其顶孔的结构, 这一特征在浮游类群中并不明显, 这一形态特征的生态学意义尚不明确。

6.1 附着

一些底栖属/种具有附着在沉积物/底物表面的占优势的不动细胞生活史阶段(营养孢囊), 见 4.10 节关于“Phytodiniales”的综述。这些属/种大多数情况下为分裂孢囊。其他类群可以通过柄附着。例如, 当受到干扰时, 前沟藻属的一些种能够非常有效地在毫秒级时间内用其后鞭毛附着到表面上(未发表)。已知一些类群可产生大量黏液, 如一些原甲藻(如: 慢原甲藻)、蛎甲藻属或 *Coolia* 的物种。Fraga 等(2012)讨论了 *O. lenticularis* 产生黏液的问题。细胞团可以生活在连续的不同形状的黏液囊内。这很可能是对底栖生境的保护性适应, 如防止被波浪带走或在低潮时干涸。

6.2 生活史

关于大多数底栖甲藻物种生活史的信息很少, 除了上文提到的“植甲藻目”、*Amphidinium “klebsii”* (Barlow and Triemer, 1988; *A. steinii* 的其他名称)、消瘦伏尔甘藻(*Vulcanodinium rugosum*) (Zeng et al, 2012) 以及 *Ostreopsis cf. ovata* (Bravo et al, 2012)。消瘦伏尔甘藻有包括不动细胞在内的两种无性繁殖模式(Zeng et al, 2012), 其生态学意义尚不明确。只有 *Amphidinium “klebsii”* (Barlow and Triemer, 1988)、*Coolia monotis* (Faust, 1992) 以及 *Ostreopsis cf. ovata* (Bravo et al, 2012) 存在有性生殖。作为有性生殖一部分的孢囊(浮游类群称为休眠孢囊)在底栖甲藻中尚不明确。Zinssmeister(个人通信)对 *Bysmatrum subsalsum* 培养物中的休眠孢囊进行了初步观察。施克里普藻(*Scrippsiella*) 产生钙质休眠孢囊, 但 *S. hexapraecingula* 并不产生。利马原甲藻(*Procentrum lima*) 和 *P. foraminosum* 有休眠孢囊(Faust, 1990b; Faust et al, 1999), 但这些发现有待验证(Hoppenrath et al, 2013a)。*Ostreopsis cf. ovata* 的孢囊被认为是越冬阶段的形态(Bravo et al, 2012), 在功能上相当于休眠孢囊。

6.3 潮池

底栖甲藻还生活在一个特殊的生境——潮池中。已知,有几个物种仅生活在潮池中: *Alexandrium hiranoi*、*Biecheleria natalensis*、*Bysmatrum gregarium*、*Dinotrix paradoxa*、*Durinskia capensis*、*Gymnodinium pyrenoidosum* 以及 *Scrippsiella hexapraeicingula*。一些物种可以形成密集的水华,使水体变色。在潮池中,物种呈现出一个昼夜周期(垂直迁移),有底栖不动阶段(高潮时潮水入池前数小时下沉至底面)以及低潮时在水中游动的阶段。晚上它们附着在潮池底部时,细胞进行分裂;早晨游动细胞释放到水体(如 Horiguchi and Chihara, 1988)。只出现在沙底潮池中的 *Bysmatrum arenicola* 表现出略微不同的行为,见 6.4 节。

6.4 垂直迁移

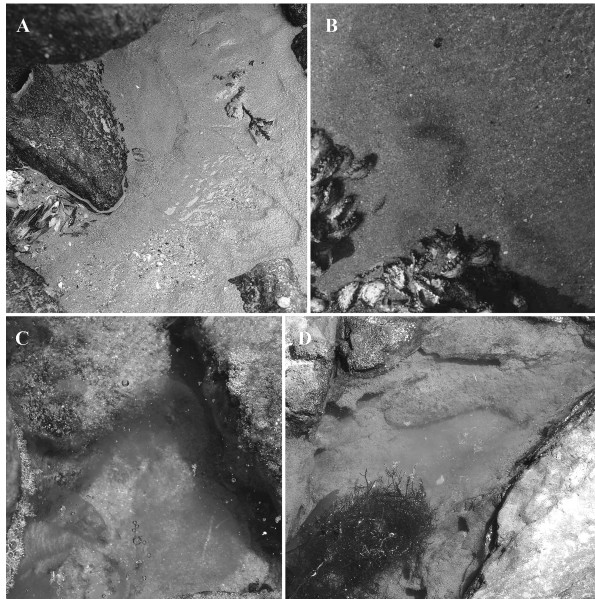
不仅潮池中的物种存在垂直迁移,“*Peridinium*” *quinquecorne* 和 *Bysmatrum subsalsum* 也存在该现象。浮游生物和沉积物样本中都发现了“*Peridinium*” *quinquecorne* (如 Horiguchi and Soto, 1994; Murray, 2003; Okolodkov and Gárate-Lizárraga, 2006; Saburova et al, 2009), 在富营养化浅水水域形成水华(Horstmann, 1980; Madariaga et al, 1989; Trigueros et al, 2000)。在强烈太阳辐射的潮汐到来时,它们会移到水体的上表层,并通过附着在底栖颗粒上而从水体中消失(Horstmann, 1980)。该物种对潮汐变化以及辐射有反应(具有光反应的潮汐“时钟”),并有极高的游动速度(Horstmann, 1980)。Faust (1996)记录了水体中密集的水华以及 *Bysmatrum subsalsum* 每天向海底垂直迁移的情况。

在沉积物中也发现了甲藻的垂直迁移。*Amphidinium herdmanii* 在潮滩中表现出强烈的潮汐迁移(Herdman, 1921, 1922)。此外, *Gymnodinium venator* (又称 *Amphidinium pellucidum*) 在潮间带沙中迁移(Ganapati et al, 1959)。在潮汐池的砂质沉积物发现了 *Bysmarum arenicola* 的垂直迁移,但从未出现在水体中(Horiguchi and Pienaar, 1988a)。细胞在低潮时迁移到沙的表面;涨潮时,它们从沙面消失,向更深的沙里移动。这些垂直迁移在潮间带的,底栖原生生物(如硅藻)中也存在,其节奏似乎具有潮汐和昼夜性(如 Palmer and Round, 1967)。Coelho 等(2011)评估了昼夜节律与环境控制可形成生物膜的底栖原生生物(未提及甲藻)行为的相对作用。

6.5 水华

潮池物种可以形成密集的水华,使水体变色(见图 6-1C, D)。根据 Faust(1996)的记录, *Bysmatrum subsalsum* 可以在浅海/潮水的浮游生物(水体)中形成密集的水

华。Herdman(1921, 1922, 1924a, b)与 Dragesco(1965)调查了发生变色的沙地上的甲藻,描述了这些细胞聚集的节律性出现和消失以及物种在潮滩的空间分布。Faust(1995)调查了伯利兹变色砂中的种类。



A—*Thecadinium kofoidii* 在潮湿的沙滩沉积物上的水华; B—*Bysmatrum arenicola*, 潮池中沙子表面的变色情况; C—*Bysmatrum* sp. 水华, 展示了典型的云状团; D—浓密的 *Bysmatrum gregarium* 水华, 云状团变得模糊不清; 典型潮池甲藻水华。

图 6-1 底栖甲藻水华, 可见于沉积物或水体变色的情况(见彩图 45)

Fraga 等(2012)综述了影响形成水华的附生甲藻种群动态的主要因素, 特别是蜃甲藻属以及冈比亚藻属。这些水华很特别, 因为它们会产生有害毒素。影响底栖有害藻类水华(BHABs)的因素与影响浮游藻类水华的因素很不相同(Fraga et al, 2012)。由于风和波浪强度、方向的每日变化, 在开阔的海岸上, *Ostreopsis siamensis* 水华变化极大, 持续时间很短(Shears and Ross, 2009)。这些水华在没有波浪的地方最密集, 海况平静导致水体分层以及表层水强烈的升温(Shears and Ross, 2009)。Granéli 等(2011)证明, *Ostreopsis ovata* 在较高温度下生长更快, 而在较低温度下记录的毒性最高。因此, 在较高纬度、较低温度下引发的水华可能会产生较高的毒素水平, 并对环境产生影响(Granéli et al, 2011)。毒性增强的环境条件因种类而异, 不能一概而论。Armi 等(2010)发现水温、盐度、特定营养浓度以及水动力状态与平静条件的交互作用可以解释 *Coolia monotis* 的水华。

风暴和气旋对珊瑚礁的干扰、沿海开发以及与水温升高有关的珊瑚白化(Hallegraeff, 2010; Hoegh-Guldberg, 1999)似乎增加了冈比亚藻的数量, 因为一些

研究发现白化的珊瑚与大型藻类比活珊瑚更适合冈比亚藻。由于冈比亚藻的生长与海水温度升高之间的正向关系 (Tester et al, 2010), 政府间气候变化专门委员会 (The Intergovernmental Panel on Climate Change) 等预测, CFP 中毒将变得更加普遍。如在基里巴斯, 气温上升预计将使 CFP 中毒的发生率从 1990 年的 35~70 人/千人增加到 2050 年的 160~430 人/千人 (Mimura et al, 2007)。厄尔尼诺事件期间, 太平洋岛屿表面温度升高, CFP 中毒病例似乎有所增加 (Hales et al, 2001)。在底栖生境中造成有害藻华的物种主要附生在大型藻类上 (Fraga et al, 2012)。有害毒素的产生可能与这些物种的嗜藻生境有某种联系, 但从未有过这类调查。底栖甲藻会产生大量不同的毒素以及生物活性化合物 (见第 7 章)。

6.6 空间分布

Grzebyk 等 (1994) 研究了冈比亚藻属、蛎甲藻属与原甲藻属在珊瑚礁中的空间分布。他们在死珊瑚上发现了所有物种的最高丰度。记录的某些红藻上有较高的细胞丰度, 这表明物种间存在相互刺激作用。藻类分泌物可能具有特定的强烈影响, 因此可能影响大型藻类的甲藻物种组成 (Grzebyk et al, 1994)。甲藻分类群和特定大型藻类物种的存在与丰度之间的相关性已被反复报道 (如: Carlson and Tindall, 1985; Heil et al, 1998; Parsons and Preskitt, 2007; Kim et al, 2011)。相比之下, Okolodkov 等 (2007) 未能展示底栖甲藻种类对大型植物基质的偏好, 而且在韦拉克鲁斯礁区的死珊瑚碎片上也少有甲藻。Parsons 和 Preskitt (2007) 报道了附生的形态偏好, 如多为丝状藻泥或片状大叶片。Vandersea 等 (2012) 首次证明同一生境中多种冈比亚藻共存, 并出现在同一大型植物上。*Gambierdiscus toxicus* 受到陆地径流的不利影响, 倾向于避风平静的区域 (Grzebyk et al, 1994)。Herdman (1921, 1922) 首次描述了伊林港潮汐与海滩上沙栖物种的空间分布情况。Hoppenrath (2000b) 调查了潮滩上温带沙栖物种的空间分布情况, 并调查了海滩剖面中 *Sabulodinium undulatum* 的空间分布情况 (Hoppenrath et al, 2007a)。

6.7 时间分布

目前尚不清楚底栖甲藻的时间分布。一些研究涉及了附生类群的季节动态 (如: Bagnis et al, 1985a; Carlson and Tindall, 1985; Turquet et al, 1998; Vila et al, 2001)。Okolodkov 等 (2007) 记录了清晰的季节性种群动态。关于附生和沙栖类群, Larsen (1985) 与 Hoppenrath (2000b) 记录了温带潮间带生境中发现的所有已查明的沙栖物种的季节性。Hoppenrath 等 (2007a) 记录了 *Sabulodinium undulatum* 在不同地点的季节性。在温暖季节, 德国潮间带微型底栖甲藻的细胞密度增加 (Scholz and Liebezeit, 2012)。

6.8 定量数据

目前已经获得了一些附生物种的定量数据(如: Carlson and Tindall, 1985; Vila et al, 2001; Aligizaki and Nikolaidis, 2006; Okolodkov et al, 2007; Parsons and Preskitt, 2007; Shears and Ross, 2009)。Mangialajo 等(2008)计算出 *Ostreopsis ovata* 在新鲜大型植物上的丰度为 2541×10^3 cells/g, Shears 和 Ross(2009)计算出 *Ostreopsis siamensis* 在新鲜大型植物上的丰度为 1400×10^3 cells/g, Carlson 和 Tindall(1985)计算出 *Coolia monotis* 在新鲜大型植物上的丰度为 1200×10^3 cells/g。大型植物上附生物种的细胞密度与周围水体中的细胞密度之间存在着良好的相关性(Vila et al, 2001; Aligizaki and Nikolaidis, 2006; Mangialajo et al, 2008)。对于底栖物种的定量非常困难,尤其是沙栖类群,因为不同的方法可能导致不同的结果,而且精确度和恢复率尚未得到充分调查。Faust(1995)发现沙中 *Bysmatrum subsalsum* 细胞数量为 $(1.8 \sim 2.6) \times 10^5$ cells/g。在德国北部瓦登海的砂质潮滩, Hoppenrath(2000b)记录到最多 1.5×10^7 cells/m² 的甲藻细胞(调查深度为 5cm), 平均细胞数量为 $(5 \sim 9) \times 10^6$ cells/m²。

大多数底栖物种缺乏定量的、季节性的和空间分布的数据,阻碍了人们对其大范围生态习性的了解。可以预期,潮间带的沙栖物种能耐受较大的温度和盐度范围(广温性和广盐性),因为实地调查发现它们存在于这样的区域,然而,在实验室条件下尚未对此进行验证。与海洋浮游种类所处的地点相比,浅水潮间带生境的盐度和温度变化很快。特别是潮汐池,由于其相对暴露,因此发生蒸发,使环境因素发生了很大的变化。在德国北部瓦登海取样期间,沉积物温度为 $-1.6 \sim 22.5^\circ\text{C}$ (Hoppenrath, 2000b),所有样品都有甲藻细胞。科威特的潮滩中暴露的沉积物表面温度可达 50°C [Saburova and Polikarpov(KISR), 个人通信]。已发现许多海洋沙栖物种对高盐度具有耐受性,在盐度高达 67 的样品中都能发现这些物种(Al-Qassab et al, 2002)。

到目前为止,还没有像浮游生物计数那样标准化的定量方法。用来估计附生物种以及沙栖物种细胞丰度的方法彼此差别很大,仍在发展中(见 2.6 节)。每种方法提取细胞的效率可能因物种和生境而异,目前尚不清楚。需要付出更多的努力以优化这些方法。不同研究中采用稍微不同或非常不同的方法获得的计数结果目前无法比较。

第7章 底栖甲藻毒素与底栖有害水华

7.1 简介

底栖甲藻产生大量不同的毒素以及生物活性化合物,其中一些种类导致底栖有害藻类水华(BHABs),包括很多属的至少30种,特别是膝沟藻类的冈比亚藻属、蛎甲藻属、*Coolia*与亚历山大藻属、无甲类(如前沟藻属)以及原甲藻属与伏尔甘藻属。

全球报告最多的海产品非细菌性疾病为雪卡毒素中毒(CFP),每年有50 000~500 000例(Fleming et al,1998)。这是由冈比亚藻属种类产生的毒素积累造成的,冈比亚藻属种类在全球的热带以及温暖的亚热带底栖生境中普遍存在(范围现已扩大到温带的新南威尔士州)。长期接触CFP的人群症状可能很严重。这一综合征对太平洋、印度洋以及加勒比海的一些小岛屿国家和发展中国家造成了极大的影响,这些国家的居民可能把珊瑚礁鱼作为其饮食的主要部分。例如,新喀里多尼亚的研究估测了35%~70%人口的CFP中毒终生发病率(Baumann et al,2010;Laurent et al,1992)。除了对这些国家的公共卫生造成影响外,CFP中毒还可能阻碍渔业出口,而该产业往往对小岛屿国家具有重要的经济意义(Skinner et al,2011)。

CFP中毒也可见于发达地区,如北美、澳大利亚和日本,最近也见于欧洲。1965—2010年,澳大利亚已知病例超过1400例,其中包括两例死亡病例(Gillespie et al,1986;Hamilton et al,2010;Stewart et al,2010)。在过去10年中,有报道称,在马德拉和加那利群岛捕获的鱼类中可能首次出现了CFP(Gouveia et al,2009;Perez-Arellano et al,2005;Kaufmann et al,2013),并在地中海发现了冈比亚藻属的物种(Aligizaki and Nikolaidis,2008;Holland et al,2013)。有人提出,冈比亚藻属可能正在亚热带水域扩大其活动范围(Aligizaki et al,2008a)。在美国,CFP中毒是佛罗里达、夏威夷、波多黎各、关岛以及美属维尔京群岛等州和地区的地方病,发病率差异很大(Dickey and Plakas,2010)。在日本,已知在九州南部以及冲绳发生了多次CFP中毒事件,包括2008年在鹿儿岛发生的事件(Oshiro et al,2009,2011)。冈比亚藻种类分布广泛(Kuno et al,2010;Nishimura et al,2013)。在过去10年中,全球