

胶州湾叶绿素的浓度、分布特征及其周年变化*

李超伦 张芳 申欣 杨波 沈志良 孙松

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071)

提要 2003年6月—2004年5月对胶州湾及邻近海域水体中叶绿素 *a* 浓度变化及其空间分布进行了周年调查。结果表明,调查海域叶绿素 *a* 全年平均浓度为 $2.81\text{mg}/\text{m}^3$,月平均浓度变化范围为 $0.73\text{—}8.44\text{mg}/\text{m}^3$ 。整个海域叶绿素 *a* 浓度周年变化呈现双峰型,分别在夏季8月和冬季2月出现两个高峰,但是不同区域的变化幅度不同,其水平分布格局为湾内高于湾外,湾内北部高于南部。营养盐浓度变化与叶绿素 *a* 浓度的变动未发现明显的相关性,但是在局部海域硅酸盐对冬季浮游植物水华的进一步发展具有一定的限制作用。综合分析营养盐、叶绿素 *a* 和浮游动物的周年变化及其之间的关系显示,下行控制(Top-down control)在胶州湾浮游植物的数量变动中起着重要的调控作用。

关键词 叶绿素 *a*, 浓度, 分布, 周年变化, 胶州湾

中图分类号 P593

浮游植物作为海洋初级生产的主要承担者,是海洋食物链的基础环节,同时其又受温度、光照、营养盐、动物摄食等多个环境和生物因素的影响,因此对其生物量、时空分布及其动态变化的研究是开展生态系统研究的基础(孙军等, 2003a、b; 杜虹等, 2003; 吴玉霖等, 2004a、b;)。由于浮游植物种类繁多,不同种类之间的个体差异较大,因此当前将水体中叶绿素 *a* 的含量作为研究浮游植物生物量和动态变化的主要指标。

胶州湾是我国集港口、旅游和水产养殖三功能于一体的典型海湾,既具半封闭系统的特点,又和南黄海保持一定强度的生物和水交换,是我国开展生态系统综合研究较多的区域之一。郭玉洁等(1992)首次对上世纪80年代胶州湾水体中叶绿素 *a* 的含量进行了报道,随后潘友联等(1995)对1983—1985年胶州湾海水中叶绿素 *a* 平均含量的空间分布及逐月变化进行了研究,吴玉霖等(2004)利用中国科学院海洋研究所胶州湾生态系统研究站的自1991年5月至2002年11月的逐季监测资料对胶州湾浮游植物现存量(叶绿素 *a* 含

量)长期变化进行了研究。

近年来大量的现场观测数据和资料分析表明(董金海, 1995),胶州湾海水中 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 和 TON 分别比30年前(1994年资料)增加了7.3、7.1、2.2和3.5倍;浮游植物生长的相对限制因子由氮转为磷;外源性有机物的来源所占比重在增高;生物多样性降低,生物资源严重衰退,如底栖生物已从1981年的330种降至1991年的200种。日本鲟、乌贼和中国明对虾等资源量从1986年以后也出现了明显的下降,胶州湾的特产菲律宾蛤仔的产量也快速下滑(刘瑞玉等, 2001)。与此同时,湾内的水产养殖业迅猛发展,例如,胶州湾浅海滩涂的菲律宾蛤仔的人工养殖规模日益扩大,自80年代中期开始,养殖面积和产量逐年上升,目前年产量已达35万t。如此剧烈的变化势必对胶州湾生态系统产生巨大影响。因此全面了解胶州湾目前浮游植物的分布特征及其变动情况是开展胶州湾生态系统动态变化的基础,同时可为政府部门的政策制定提供技术支持。

* 中国科学院野外台站网络基金项目(胶州湾),2005—2008;中国科学院知识创新项目,KZCX3-SW-214号。李超伦,研究员, E-mail: lcl@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2005-04-22, 收修改稿日期: 2005-06-30

1 调查、采样及样品处理

1.1 调查时间与站位布设

从2003年5月至2004年4月进行了周年调

查,在胶州湾及其临近海域共布设22个调查站,具体站位见图1。分别在4个站进行了逐旬调查,9个站进行了逐月调查,9个站进行了季度调查。

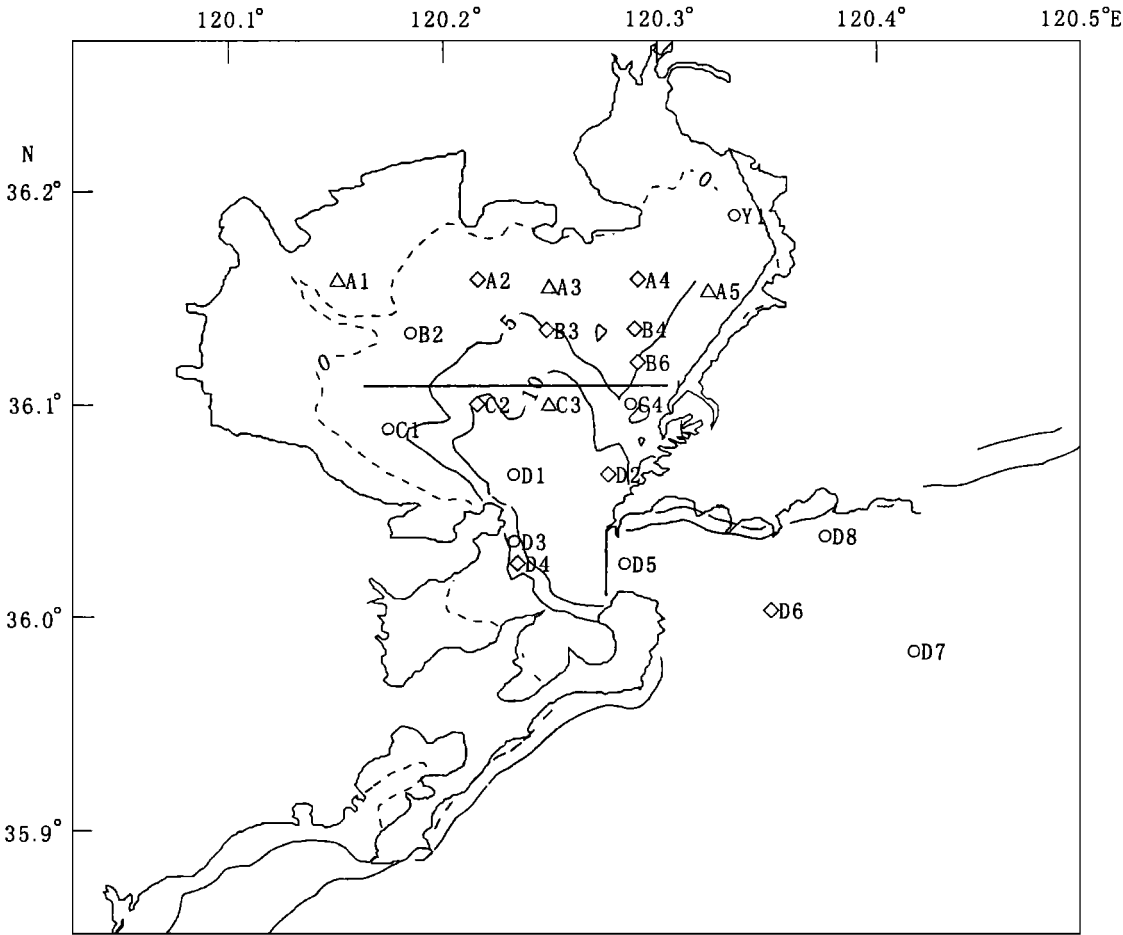


图1 胶州湾取样站位图

Fig. 1 Map of the sampling stations in the Jiaozhou Bay

A、B 断面以及 Y1 为北部区域; C 和 D1—4 为南部区域; D5—8 为湾口和湾外水域

△ 旬取样站; ○ 月取样站; ◇ 季取样站

1.2 采样及样品处理

于各采样站点用 Niskon 采水器采取水样,采样水层为 0、10、20m、...、底上 2m(浅于 5m 的站点只采表层水样),水样首先滤过 0.2mm 孔径的筛绢去除浮游动物,然后过滤 300ml 于 0.45μm 醋酸纤维素滤膜上,抽滤压力小于 0.3 大气压,所获膜样避光、冷冻保存,于 1 个月内利用 Turner Designs 荧光光度计测定叶绿素 a 含量。

在各取样站点同步获取 CTD、主要营养盐、浮游植物和浮游动物的样品及数据。

2 结果

2.1 叶绿素 a 浓度

调查区叶绿素 a 年平均浓度为 2.81mg/m³,月平均浓度变化范围为 0.73—8.44mg/m³。整个海域叶绿素 a 浓度周年变化呈现双峰型,分别在夏季 8 月和冬季 2 月出现两个高峰,但是不同区域的变化幅度不同。湾北部逐月变化最大,叶绿素 a 月平均浓度最大值(2 月, 15.52mg/m³)比最低值(12 月, 0.55mg/m³)高出近 30 倍。浮游植物在 2 月份形成全年最高峰后逐渐下降,5 月

份降到第一个低谷, 然后开始增加; 在夏季 8 月份形成全年第二个高峰, 但是其浓度只有 2 月份的一半, 然后开始下降, 12 月达到最低值。湾南部、湾口及湾外海域叶绿素 *a* 的周年变化趋势与北部相似, 也是分别在 2 月和 8 月形成两个高值期, 但是两个高峰期之间浓度相差不大, 湾南部最低值出现在 12 月, 湾口及湾外海域最低值出现在 11 月, 具体结果见图 2。

2.2 叶绿素 *a* 水平分布

调查海域叶绿素 *a* 逐月的水平分布情况见图 3, 图 3 中叶绿素 *a* 浓度为整个水柱的平均浓

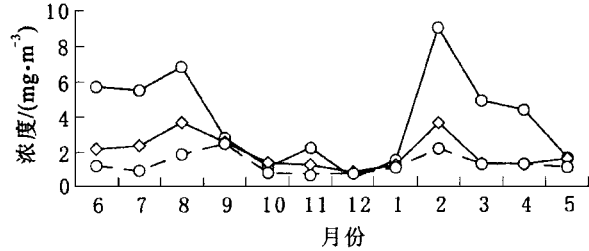


图 2 2003 年 6 月—2004 年 5 月胶州湾叶绿素 *a* 月平均浓度的周年变化

Fig. 2 Monthly average concentrations of chlorophyll-*a* in Jiaozhou Bay from June 2003 to May 2004
—○— 北部; —◇— 南部; --□-- 湾口及湾外

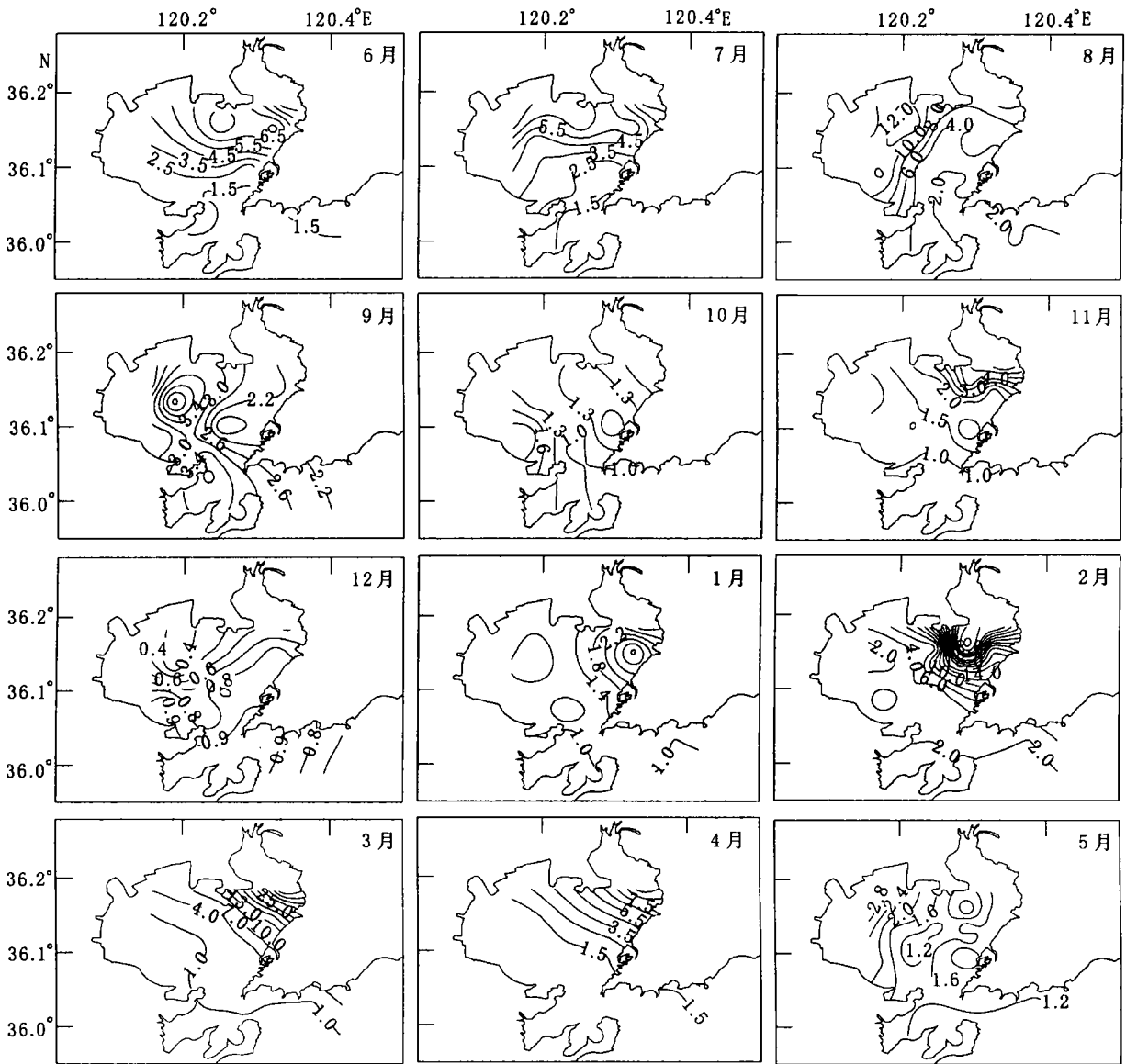


图 3 2003 年 6 月—2004 年 5 月胶州湾叶绿素 *a* 逐月水平分布(等值线单位: mg/m^3)

Fig. 3 Horizontal distribution of monthly averaged concentrations of chlorophyll-*a* in Jiaozhou Bay from June 2003 to May 2004

度。从图 3 可以看出,胶州湾内水体中叶绿素 *a* 的浓度高于湾外。1 月份,整个调查海域叶绿素 *a* 处于较低水平,但是胶州湾东部的叶绿素 *a* 高值的出现显示浮游植物数量已经开始增长,到 2 月份整个调查海域叶绿素 *a* 浓度普遍升高,尤其胶州湾东北部的浮游植物数量剧增,水体中叶绿素 *a* 浓度最高值达到 $37.85\text{mg}/\text{m}^3$ (Y1 站),形成冬季浮游植物水华(Bloom),从而整个胶州湾浮游植物的分布呈现由东北向西南逐渐递减的格局。3、4 月份这一分布格局依然未变,只是冬季水华已经逐渐衰退。到 5 月份整个调查海域叶绿素 *a* 进一步下降,东北部水域叶绿素 *a* 的下降速度高于西北部,高值区由东北部逐渐转移到西北部。6、7 月随着水温升高、光照加强,浮游植物再次开始增长,此时湾西部浮游植物数量的增长速度高于东部,叶绿素 *a* 浓度的分布格局为由北向南逐渐降低。8 月胶州湾叶绿素 *a* 浓度达到一年中第二个高峰期,但是此次高峰期叶绿素 *a* 的浓度远远低于冬季水华期,高值中心也由湾东北部转移到西北部。9 月整个海区的叶绿素 *a* 浓度开始下降,分布格局与 8 月份一样。10、11 月就整个调查

海区来说,叶绿素 *a* 浓度继续下降,但是在湾东北部略有升高。12 月胶州湾水体中叶绿素 *a* 水平下降到全年最低,湾内略高于湾外。

2.3 叶绿素 *a* 浓度变化与营养盐之间的关系

将叶绿素 *a* 数据与现场同步取样测定的硝酸盐、铵盐、磷酸盐和硅酸盐浓度数据进行了比较(图 4),结果显示,胶州湾叶绿素浓度的变化与营养盐浓度没有明显的相关关系。从时间序列上看,浮游植物数量的变化对胶州湾水体中营养盐的浓度变化具有一定的下行控制作用。作者分别对胶州湾北部近岸 A3 站、胶州湾中部 C3 站和湾外 D7 站叶绿素 *a* 浓度的逐月变化与水体中营养盐浓度的变化进行了比较(图 5),结果显示,虽然三个站位上营养盐和浮游植物的浓度及其变化趋势存在一定的差异,但是无论是北部近岸、湾中部,还是湾外海域,在浮游植物的高峰期水体中营养盐的浓度通常表现为下降趋势,尤其是冬季水华发生的 2 月份,水体中硅酸盐的浓度几乎为 0。随后叶绿素 *a* 浓度的迅速下降,显示硅酸盐在此时对浮游中物种群的进一步发展具有一定的限制作用。

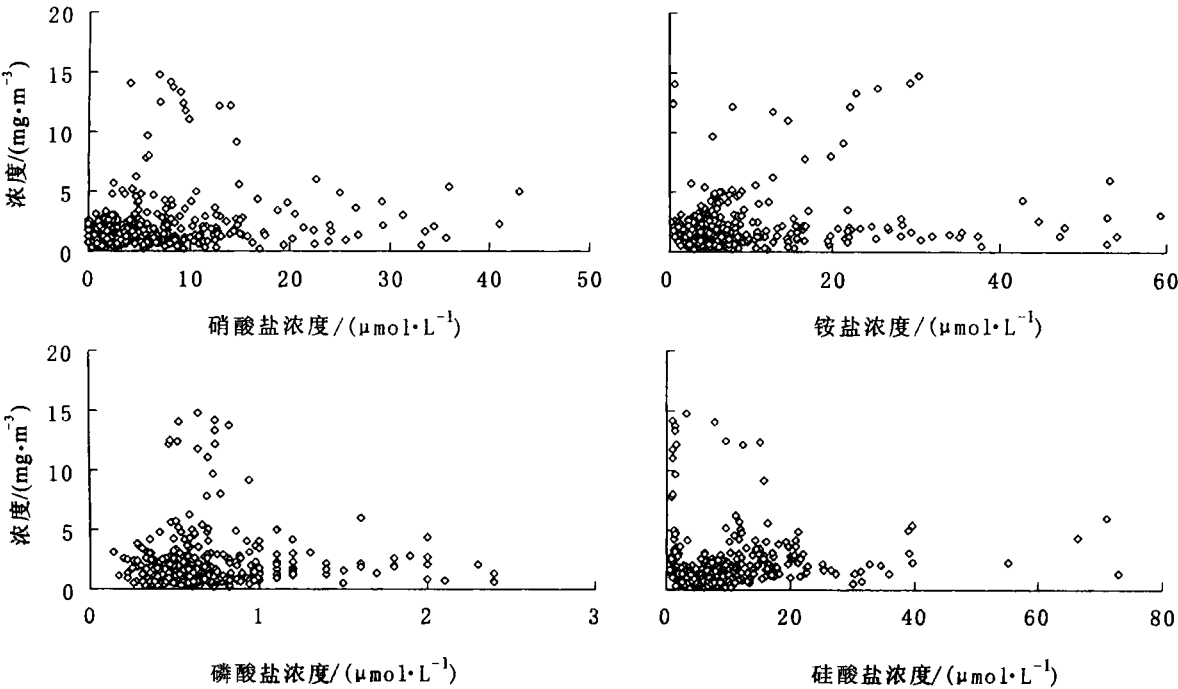


图 4 胶州湾叶绿素 *a* 浓度与营养盐之间的关系

Fig. 4 The relationship between chlorophyll *a* concentrations and nutrients

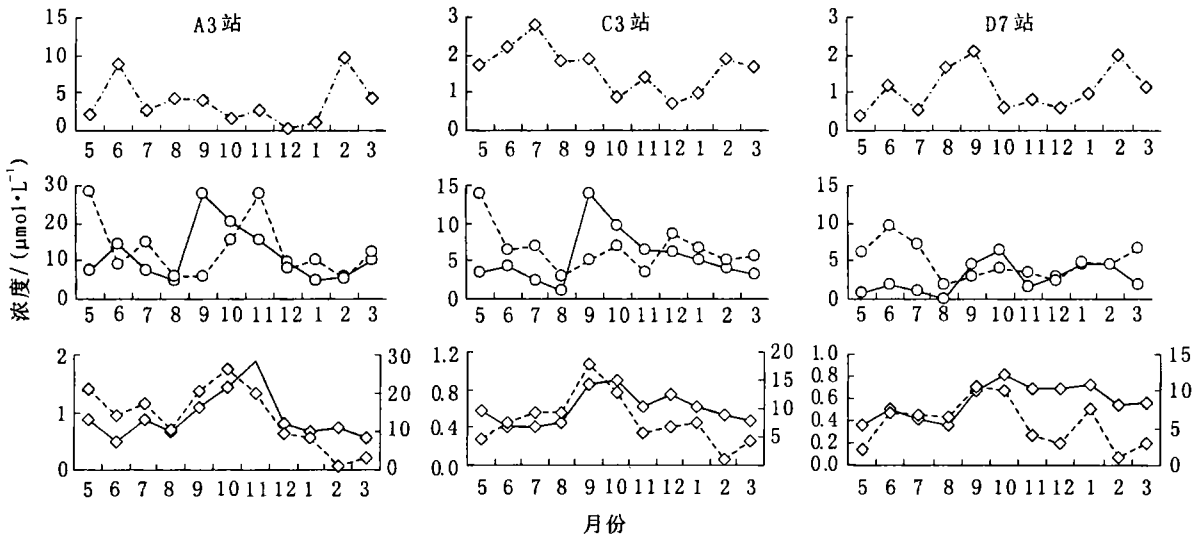


图5 A3、C3 和 D7 站叶绿素 *a* 和营养盐浓度逐月变化

Fig.5 Monthly variations of the chlorophyll-*a* concentrations and nutrients at Stations A3, C3 and D7

第 1 排图中--◇--表示叶绿素 *a*; 第 2 排图中—○—表示硝酸氮,--○--表示铵氮;

第 3 排图中—◇—表示磷酸盐,--◇--表示硅酸盐,左纵坐标为磷酸盐浓度,右纵坐标为硅酸盐浓度

2.4 叶绿素 *a* 浓度变化与浮游动物种群变动之间的关系

对作为海洋浮游植物的主要摄食者之一浮游动物的数量变动与浮游植物之间的关系进行了比较(图 6), 结果表明, 在胶州湾南部及其邻近海域浮游动物种群变动与浮游植物呈现一定的同步

性, 说明浮游动物的摄食并不能对浮游植物种群变动形成明显的压力, 但是从图 6 可以看出, 在胶州湾北部水域, 当浮游动物的数量降到一定的程度时(8 月份), 浮游植物的生物量可以上升到一定的水平, 这说明浮游动物对浮游植物种群变动具有一定的控制作用。

3 讨论

从上世纪 80 年代开始, 在胶州湾关于叶绿素 *a* 浓度及其分布特点开展了多次研究, 潘友联等 (1995) 报道, 1983—1985 年胶州湾口表层海水叶绿素 *a* 平均含量为 3.05mg/m³; 郭玉洁等 (1992) 研究得出, 1984 年胶州湾叶绿素 *a* 平均含量为 4.185mg/m³; 吴玉霖等 (2004b) 对 1991 年 5 月—2002 年 11 月胶州湾叶绿素 *a* 含量的长期变化进行了分析得出, 胶州湾叶绿素 *a* 年平均为 2.089—5.701mg/m³, 平均为 (3.467±1.191) mg/m³, 不同年份间存在一定的波动范围。本文研究结果表明, 2003 年 6 月—2004 年 5 月调查海域叶绿素 *a* 平均浓度为 2.81mg/m³, 月平均浓度变化范围为 0.73—8.44 mg/m³, 在已有的研究结果波动范围之内。

从本文研究结果可以看出, 胶州湾水体中叶绿素 *a* 浓度的水平分布格局, 无论在什么季节, 均呈现出北部高于南部、湾内高于湾外的特点, 这与已有的调查结果一致(吴玉霖等, 2004b)。由于

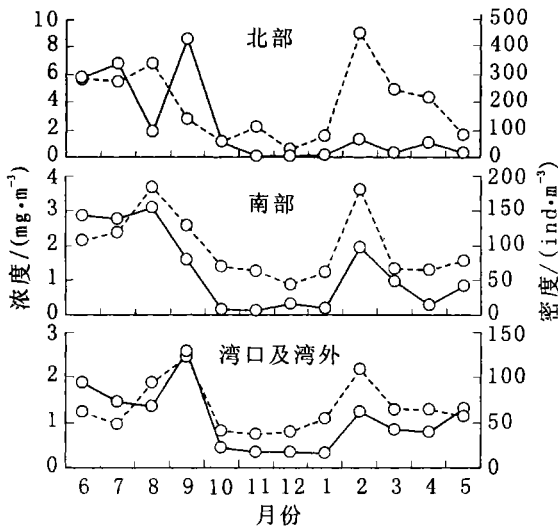


图 6 胶州湾叶绿素 *a* 平均浓度和浮游动物平均密度的逐月变化比较

Fig.6 Monthly variations of chlorophyll-*a* concentrations and the zooplankton abundances in Jiaozhou Bay

—○—浮游动物;--○--叶绿素 *a*

胶州湾海水中营养盐的水平分布同样呈现自北向南降低、湾外低于湾内的相似格局(沈志良, 2002), 表明营养盐对浮游植物数量分布有相当的影响。但是将营养盐与叶绿素 *a* 浓度进行比较, 并未发现两者存在明显的相关性(图 4)。其原因可能是: 由于胶州湾为青岛市所包围, 受人类活动影响显著(例如工业及生活污水排放等), 水体中 N、P 等营养盐浓度较高, 本次调查期间, 整个调查海域硝酸氮、氨氮、磷酸盐和硅酸盐的平均浓度分别高达 5.0、10.5、0.69 和 7.5 $\mu\text{mol/L}$, 不但远远超过营养盐的限制浓度, 并且在某些季节接近或达到富营养化标准。一些学者依据胶州湾氮、磷、硅营养盐浓度变化的不平衡以及化学计量营养盐限制标准, 提出目前硅酸盐为胶州湾浮游植物的主要限制因子(沈志良, 2002), 本次调查结果显示, 虽然在硅酸盐浓度最低的冬季水体叶绿素 *a* 浓度正处于一年中的高峰, 但是随后叶绿素 *a* 浓度迅速下降, 此时浮游动物等上层捕食者的数量较低, 很难产生明显的摄食压力, 因而此时硅酸盐可能对浮游植物的数量产生明显的影响。

近来研究表明, 随着近海富营养化的不断加剧, 浮游植物的群落结构发生变化, 从而导致食物网结构和功能的改变。这些富营养化海区能流过程已经由上行控制为主逐渐变为下行控制占主导地位(Riegman, 1995)。本次调查结果同样显示, 虽然胶州湾营养盐对浮游植物的生物量变动没有明显的控制作用, 但是浮游植物的大量繁殖对营养盐具有明显的消耗, 尤其是湾内水域(图 5)。同样, 富营养化海域浮游植物的数量变动也主要表现为下行控制(浮游及底栖动物的摄食等)。但是作为浮游植物的主要摄食者之一浮游动物的摄食并未像预料的那样对胶州湾浮游植物种群变动形成明显的下行控制作用, 这可能是由于浮游动物数据来自浅水 I 型浮游生物网样品, 该网筛绢孔径为 0.5mm, 一些小型及微型浮游动物无法捕到, 而这一部分浮游动物通常在近海浮游动物构成中占有较为重要的地位(王荣等, 2002), 从而低估了浮游动物对浮游植物的摄食压力。另外, 由于浮游植物的种间竞争以及浮游动物的选择摄食, 富营养化海区浮游植物种群变动通常表现为在生物量增加的同时, 种类组成也逐渐演变为以浮游动物摄食效率很低的微型浮游植物(nanophytoplankton)为主, 胶州湾浮游植物的粒级组成中 nano 级浮游植物平均占总生物量的 50% 以上, 大

大降低了浮游动物的摄食效率。

由图 6 可以看出, 胶州湾南部区域浮游动物与浮游植物种群变动具有一定的同步性, 而北部水域 6—12 月份二者的变动趋势正好相反。造成这种现象可能是由于受到物理环境以及生物活动多个因素的影响。浮游动物样品分析显示, 胶州湾 6 月份浮游动物的高峰主要是由中华哲水蚤构成, 进入 7 月份胶州湾水温进一步升高, 特别是北部浅水区水温上升到 23°C 以上, 达到中华哲水蚤生长生殖的温度阈值(Uye, 1988), 其种群数量锐减, 导致整个浮游动物生物量的衰退。随着水温的不断升高, 浮游幼虫、水母等浮游动物数量增加, 形成夏、秋季的浮游动物第二个高峰。浮游动物样品分析显示, 9 月份浮游幼虫、水母类以及背针胸刺水蚤、唇角水蚤等成为浮游动物的优势类群, 平均占总数量的 80% 以上。

滤食性贝类由于其饵料颗粒的粒径分布范围广, 滤水率高, 被认为是海湾浮游植物数量变动的主要控制者之一。以美国 Chesapeake Bay 为例, 在其牡蛎种群尚未衰退的时期, 它们滤水的体积相当于每隔三天就将整个湾内的水过滤了一遍, 但是在过度开采导致牡蛎资源锐减之后, 水体中浮游植物的数量迅速增加(Cooper *et al.*, 1993)。同样, 我国桑沟湾海域的调查显示, 春季人工养殖的栉孔扇贝对初级生产力的摄食压力高达 39.8%—186.2%(张继红等, 2005)。虽然胶州湾水域扇贝及牡蛎的数量相对较少, 但是菲律宾蛤仔却是胶州湾底栖生物的重要优势种, 并且近几年来人工养殖规模不断扩大, 已经成为胶州湾海水养殖的支柱产业。根据实验结果显示, 在春季菲律宾蛤仔生长高峰期, 其个体滤水率平均为 0.31 L/h(变化范围: 0.18—0.40 L/h), 结合胶州湾菲律宾蛤仔的年产量推算, 大约 12 天时间菲律宾蛤仔这一单种底栖贝类就可将胶州湾内的水过滤一遍(张继红等, 2005)。虽然本次调查海域在近岸菲律宾蛤仔养殖区以外, 但是从图 3 可以看出, 在人工养殖菲律宾蛤仔的生长旺季(4—9 月), 叶绿素 *a* 浓度的高值区分布中心由菲律宾蛤仔养殖区密集的东北部海域向养殖区相对较少的西北部转移, 说明该种底栖动物对胶州湾浮游植物的数量变动可能具有十分重要的调控作用。

致谢 文中涉及的营养盐、浮游动物等资料均由中国科学院野外台站监测网络胶州湾站提供,

谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王 荣, 张鸿雁, 2002. 小型桡足类在海洋生态系统中的功能作用. 海洋与湖沼, 33(5): 453—460 [WANG R, ZANG H Y, 2002. Function performed by small copepods in marine ecosystem. Oceanologia et Limnologia Sinica, 33(5): 453—460]
- 孙 军, 刘东艳, 宁修仁等, 2003a. 2001—2002 年夏季南极普里兹湾及其邻近海域的浮游植物. 海洋与湖沼, 34(5): 519—532 [Sun J, Liu D Y, Ning X R *et al*, 2003. Phytoplankton in the Prydz Bay and the adjacent indian sector of the southern ocean during the Austral Summer 2001—2002. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(5): 519—532]
- 孙 军, 刘东艳, 魏 皓等, 2003b. 近海生态系统动力学研究中浮游植物采样及分析策略. 海洋与湖沼, 34(3): 224—232 [Sun J, Liu D Y, Ning X R *et al*, 2003. Preliminary study on marine phytoplankton sampling and analysis strategy for ecosystem dynamic research in coastal water. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(3): 224—232]
- 刘瑞玉主编, 1992. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 344
- 吴玉霖, 傅月娜, 张永山等, 2004a. 长江口海域浮游植物分布及其与径流的关系. 海洋与湖沼, 35(3): 246—252 [Wu Y L, Fu Y N, Zhang Y S *et al*, 2003. Phytoplankton distribution and relation to the runoff in the Changjiang (Yangtze) Estuary. Oceanologia et Limnologia Sinica, 35(3): 246—252]
- 吴玉霖, 孙 松, 张永山等, 2004b. 胶州湾浮游植物数量动态变化的长期研究. 海洋与湖沼, 35(6): 518—532 [Wu Y L, Sun S, Zhang Y S, 2004b. Quantitative study on long-term variation of phytoplankton in Jiaozhou Bay. Oceanologia et Limnologia Sinica, 35(6): 518—532]
- 杜 虹, 黄长江, 陈善文等, 2003. 2001—2002 年粤东柘林湾浮游植物的生态学研究. 海洋与湖沼, 34(6): 604—617 [Du H, Huang C J, Chen S W *et al*, 2003. Ecological study on the phytoplankton in Zhelin Bay, Eastern Guangdong: 2001—2002. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(6): 604—617]
- 沈志良, 2002. 胶州湾营养盐结构的长期变化及其对生态环境的影响. 海洋与湖沼, 33(3): 322—331 [Shen Z L, 2002. Long-term changes in nutrient structure and its influences on ecology and environment in Jiaozhou Bay. Oceanologia et Limnologia Sinica, 33(3): 322—331]
- 张继红, 方建光, 孙 松等, 2005. 胶州湾养殖菲律宾蛤仔的清滤率、摄食率、吸收效率的研究. 海洋与湖沼, 36(6): 548—555 [Zhang J H, Fang J G, Sun S *et al*, 2005. Clearance rate, ingestion rate and absorption efficiency of cultivated clam *Ruditapes philippinarum* in Jiaozhou Bay, China. Oceanologia et Limnologia Sinica, 36(6): 548—555]
- 郭玉洁, 杨则禹, 1992. 初级生产力. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 110—125
- 董金海, 焦念志主编, 1995. 胶州湾生态学研究. 北京: 科学出版社, 205
- 潘友联, 郭玉洁, 曾呈奎, 1995. 胶州湾口内海水中叶绿素 *a* 浓度的周年变化和垂直分布. 海洋与湖沼, 26(1): 21—27 [Pan Y L, Guo Y J, Zeng Ch K (C. K. Tseng), 1995. Vertical and seasonal variations of chlorophyll-*a* concentrations in the inlet of Jiaozhou Bay, Qingdao. Oceanologia et Limnologia Sinica, 26(1): 21—27]
- Cooper S R, Brush G S, 1993. A 2500-year history of anoxia and eutrophication in Chesapeake Bay. Estuaries, 16: 617—626
- Riegman R, 1995. Nutrient-related selection mechanisms in marine phytoplankton communities and the impact of eutrophication on the planktonic food web. Water Science and Technology, 32: 63—75
- Uye S, 1988. Temperature-dependent development and growth of *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoida) in the laboratory. Hydrobiol, 167/168: 285—293

CONCENTRATION, DISTRIBUTION AND ANNUAL FLUCTUATION OF CHLOROPHYLL-*a* IN THE JIAOZHOU BAY

LI Chao-Lun, ZHANG Fang, SHEN Xin, YANG Bo, SHEN Zhi-Liang, SUN Song

(Key laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences,

Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract The Jiaozhou Bay is a typical temperate bay that provided with harbor, traveling, mariculture, etc. During the past decades, aquaculture, sea farming and changes in inputs of freshwater, nutrients and sediments have resulted in changes in structure and function of the marine ecosystem. In order to improve our understanding of the marine ecosystem of this area, the concentrations and distributions of chlorophyll-*a* were investigated monthly during June 2003 to May 2004 in the Jiaozhou Bay and its adjacent area. The results showed that the annual average concentration of chlorophyll-*a* was $2.81\text{mg}/\text{m}^3$ and the monthly mean concentrations ranged between 0.73 to $8.44\text{mg}/\text{m}^3$ in the study area. The concentrations of chlorophyll-*a* exhibited two peaks during the study period. Phytoplankton reached annual highest concentrations in February, and then decreasing gradually. From May, the concentrations of chlorophyll-*a* increasing again with the water temperature increasing, and reached their second peak is in August, but the values were only half of those in February. The seasonal changes of chlorophyll-*a* are larger in the northern shallow area than those in the southern and out of the bay. The highest value occurred in February (monthly average concentration was $15.52\text{mg}/\text{m}^3$) was nearly 30 times higher than that in December ($0.55\text{mg}/\text{m}^3$) in the north of bay. The horizontal distribution patterns showed that the concentrations decreased from northern to southern in the Jiaozhou Bay, and higher inside than out of the bay. Comparing the chlorophyll-*a* concentration with nitrate, ammonium, phosphate and silicate, there was no obvious correlation between them, although nutrient salts present a similar distribution pattern as that of chlorophyll-*a*. Only the generally decline of the nutrients with phytoplankton increasing indicates that the phytoplankton growth has an important impact on the change of nutrients. The concentrations of silicates declined to nearly 0 when the phytoplankton blooming occurred in winter. On the other side, the following decline of phytoplankton biomass also suggested that the low silicate limited the further developing of the winter phytoplankton bloom. The fluctuation of zooplankton biomass is generally synchronous to that of phytoplankton in the study area, and the only exception is that zooplankton biomass still keep at a low level while phytoplankton increase in the northern area in summer. The culture of *Ruditapes philippinarum* increased dramatically in the Jiaozhou Bay during last decade. Although our survey area outside the shallow, dense culture area, the distribution of high concentrations of chlorophyll-*a* shifted from northeast of the bay (mainly culture area of *Ruditapes philippinarum*) to the west area during this shellfish fast growth season, which indicated the influence of human activity on the nature ecosystems. Analysis on the variations of the nutrient salt, chlorophyll-*a*, and zooplankton, top-down control mechanism play an important role on regulating the fluctuation.

Key words Chlorophyll-*a*, Concentration, Distribution, Annual fluctuation, The Jiaozhou Bay