

中國海洋學文集

OCEANOGRAPHY IN CHINA

7

台灣海峽初級生產力及其調控機制研究

洪 華 生 等 著



海洋出版社

中国海洋学文集

7

台湾海峡初级生产力及其调控机制研究

洪 华 生 等 著

**Primary Productivity and its Controlling Mechanism
in Taiwan Strait Regions**

By Huasheng Hong *et al.*

**海洋出版社
China Ocean Press**

1997 年 · 北京

内 容 简 介

本文集反映了1994~1996年国家教委海洋生态环境开放研究实验室,厦门大学环境科学研究中心、海洋学系和福建海洋研究所在台湾海峡进行初级生产力及其调控机制研究的成果。主要包括浮游植物生物量、生产力的时空分布和粒级结构、细菌生产力和异养活性、菌藻关系及微食物环、微型硅藻、中小型浮游动物、浮游动物摄食以及水动力、营养盐的形态转化及生物过程对初级生产力的调控作用等。

本文集可供从事海洋科学研究、海洋渔业、海洋生态学及环境保护等部门的科研、开发、管理人员和高等学校师生参考,亦可为海峡彼岸同行提供借鉴与参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国海洋学文集(7)/洪华生等著. —北京:海洋出版社,1997. 11
ISBN 7-5027-4387-1

I. 中… I. 洪… III. 海洋学-文集 IV. P7-53

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第18552号

海洋出版社出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

海洋出版社印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1997年11月第1版 1997年11月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.375

字数:321千字 印数:0~1400册

定价:16.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

由国家教育委员会和福建省科学技术委员会资助的重点科研课题“台湾海峡及其邻近海域生物生产力及其调控机制研究”(国家教委教技司[1993]178号、福建省科委94-Z-4),经过国家教委海洋生态环境开放研究实验室,厦门大学环境科学研究中心、海洋学系和福建海洋研究所20多位海洋科学工作者3年(1994~1996年)的共同努力,终于圆满地完成了课题的计划任务,取得可喜成果。这是继“闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究”之后,又一个多单位合作、多学科交叉的课题。在上升流生态系研究的基础上,综合海洋水文、化学、生物等多学科交叉研究该海域初级生产过程及其调控机制。分别于1994年8~9月和1995年2~3月在 $22^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$ 、 $117^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$ 海域进行两个航次的调查研究,海上调查研究由福建海洋研究所海洋综合调查船“延平2”号执行,在台湾海峡南北海域共布设7条断面。值得一提的是,1994年8~9月,我们参加了由苏纪兰院士主持的海峡两岸4条海洋调查船(福建海洋研究所“延平2”号、国家海洋局“向阳红14”号、台湾大学“海研一”号和台湾中山大学“海研三”号)在台湾海峡、南海东北部和巴士海峡进行准同步观测。

本课题除进行水文、化学、浮游生物等常规项目的观测外,还进行了浮游植物生物量和生产力的粒级结构、光产品结构、细菌生产力及异养活性、光合色素组成、浮游动物对浮游植物的摄食速率的测定,中、小型浮游动物和微型硅藻分析鉴定以及脂肪酸、甾醇对POC来源的指示作用等研究。研究结果表明,在较大的时空尺度上,初级生产力主要受物理过程(水动力)及其所输送的营养物质(河流、上升流输送)的调控;在较小的时空尺度内,生物过程(如微生物、初级生产者的粒级结构和浮游动物的摄食等)对初级生产力起着重要的调控作用,并发现微型和微微型浮游植物(nano-, pico-phytoplankton)对海域浮游植物生物量、生产力的贡献高达60%以上,说明微食物环在亚热带海域生源有机碳转换过程中的重要作用,值得进一步深入探讨。

本研究不仅取得该海域多项填补空白的新成果,还可为该海域的生物资源评估、开发与管理提供科学依据,同时也培养了一批青年海洋科技骨干。该成果已于1996年9月在台北召开的“海峡两岸海洋科学讨论会”上进行交流,为进一步开展海峡两岸海洋科学研究领域的合作奠定了基础。

本文集共收入研究论文24篇,由洪华生教授和黄邦钦副教授主编,海洋出版社《海洋学报》室编辑、绘图等。本文集可供同行借鉴与参考,错误之处恳请指正。

本研究及文集的出版得到各有关部门和兄弟单位以及海洋界许多专家的热情帮助和支持,在此谨向他们表示衷心的感谢,并感谢国家教育委员会和福建省科学技术委员会的基金资助。

课题负责人: 洪 华 生

(国家教委海洋生态环境开放研究实验室、
厦门大学环境科学研究中心, 361005)

1996年12月

PREFACE

Primary Productivity and its Controlling Mechanisms in the Taiwan Strait Regions was a key project jointly supported by State Education Commission of China (SEDC) and Science-Technology Committee of Fujian Province. Now it was successfully accomplished with gratifying achievements through three years of great effort (1994~1996) of over twenty researchers from the Research Laboratory of SEDC of Marine Ecological Environment, Environmental Science Research Center and Department of Oceanography of Xiamen University, and Fujian Institute of Oceanology. As a follow-up of Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study and hence based on it, this project was of interdisciplinary and multi-institutional, integrating hydrological, chemical and biological studies to investigate the Primary Productivity and its Controlling Mechanisms in the Taiwan Strait regions. Two cruises were performed with R/V *Yanping* No. 2 of Fujian Institute of Oceanology from August to September 1994 and February to March 1995, respectively. Seven sections were investigated in the studied area ($22^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$, $117^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$). It should be particularly mentioned that we took part in a quasi-simultaneous observation in the Taiwan Strait, northeastern South China Sea and Bashi Channel in the first cruise which was led by Professor Su Jilan by using four research vessels from mainland China and Taiwan, respectively.

Besides measurements of hydrological, chemical and planktonic items by the conventional methods, size-fractionated phytoplankton biomass and productivity, photosynthetic products structure, bacterial productivity and heterotrophic activity, photosynthetic pigments composition, grazing rate of zooplankton were determined, dominant species of meso- and micro-zooplankton and nanodiatoms were identified, and the role of fatty acids and sterols as biomarkers for tracing the sources of particulate organic matter were investigated. Results demonstrated that physical processes (hydrodynamic forcing) and the nutrients inputted via riverine and upwelling transport may be more important at larger scales in structuring phytoplankton patchiness, whereas biological processes (e. g. microbial activities, size-structure of phytoplankton and grazing of zooplankton) may be more important at smaller scales in controlling the phytoplankton production, results of size-fractionation showed that nano- and pico-phytoplankton contributed up to 60% of total phytoplankton biomass and productivity, revealing the fundamental significance of microbial loop in the transfer of biogenic organic carbon in subtropical coastal regions.

This project not only filled many gaps of studies in the Taiwan Strait, but also provided scientific basis for the assessment, exploration and management of biological resources. Meanwhile, many young marine researchers gained beneficial training. Through the exchange and the discussion of the results at the Symposium on Marine Sciences, which was held in

Taipei in September 1996, an encouraging basis was set up for the future cooperation between colleagues both from mainland China and Taiwan.

This collection contains 24 papers. The Guest Editor-in-chief was Prof. Huasheng Hong, principal investigator of this project. Associate Prof. Bangqin Huang served as the assistant editor. The editors for *Acta Oceanologica Sinica* of China Ocean Press offered to edit the manuscripts, charts and figures.

We are very grateful for genuine help and support from many institutions and experts of marine science, we also wish to acknowledge the State Education Commission of China and Science-Technology Committee of Fujian Province for their financial support.

This collection could be provided as a reference for colleagues. Any comments and suggestions are highly appreciated.

Principal Investigator: **Huasheng Hong**

*(The Research Laboratory of SEDC of Marine
Ecological Environment, Environmental Science
Research Center, Xiamen University, Xiamen
361005, China)*

December, 1996

中国海洋学文集

7

目 次

台湾海峡初级生产力及其调控机制研究	
..... 洪华生 阮五崎 黄邦钦 王海黎 张 钊	1
台湾海峡初级生产过程研究 I	洪华生 王海黎 李文权 黄邦钦 16
台湾海峡初级生产过程研究 II	王海黎 洪华生 黄邦钦 25
台湾海峡初级生产过程研究 III	黄邦钦 洪华生 王海黎 张 钊 31
台湾海峡初级生产过程研究 IV	洪华生 王海黎 黄邦钦 默罕默德 38
1994 年夏季台湾海峡水文状况的分析	梁红星 49
盐度的断面分布对 1994 年夏末黑潮水入侵台湾海峡南部及南海东北部的指示	
..... 胡建宇 梁红星 张学斌	62
台湾海峡南部及其邻近海区 1994 年夏末温度、盐度的平面分布特征	
..... 胡建宇 梁红星 张学斌	72
营养盐物理输入对台湾海峡叶绿素 a 含量的调控作用	张 钊 杨 尧 黄邦钦 81
台湾海峡溶解氧的分布特征 I	张 钊 吴丽云 郑瑞芝 陈 岚 89
台湾海峡磷的地球化学行为 I	吴丽云 阮五崎 陈 岚 97
台湾海峡磷的地球化学行为 II	吴丽云 阮五崎 陈 然 107
台湾海峡颗粒有机碳 (POC) 的现场动态变化规律	
..... 鼓兴跃 洪华生 徐 立 王新红 吴丽云	115
台湾海峡真光层有机碳动力学研究——DOC 大幅度的日变化	
..... 彭兴跃 洪华生 商少凌	124
台湾海峡悬浮颗粒中甾醇的生物标志作用初步研究	洪华生 彭兴跃 徐 立 133
台湾海峡浮游桡足类的化学元素组成	陈 钢 李少菁 彭兴跃 142
台湾海峡海域细菌生物量及其环境因子研究	
..... 郑天凌 默罕默德 陈进才 洪华生 鄢庆彬	146
台湾海峡海域细菌生产力及其异养活性研究	
..... 郑天凌 默罕默德 李文权 洪华生 陈进才 王 斐	153
台湾海峡冬季微型硅藻初步研究	黄邦钦 郭 健 程兆第 洪华生 162
台湾海峡南部海域甲藻的分布及其意义	杜庆红 169
台湾海峡北部海域中、小型浮游动物的分布及其对生物生产力的调控	
..... 黄加祺 许建东 李少菁	177
台湾海峡南部浮游动物夏冬季两季分布的比较	黄加祺 许建东 李少菁 182

台湾海峡北部水域浮游桡足类的分布 朱长寿 189

台湾海峡两种优势浮游桡足类——亚强真哲水蚤和中华哲水蚤的摄食研究
..... 陈 钢 黄加祺 李少菁 196

OCEANOGRAPHY IN CHINA

7

CONTENTS

- 14.....Studies on the primary productivity and its controlling mechanism in the Taiwan Strait
Hong Huasheng, Ruan Wuqi, Huang Bangqin, Wang Haili and Zhang Fan
- 24.....The primary production processes in the Taiwan Strait I
Hong Huasheng, Wang Haili, Li Wenquan and Huang Bangqin
- 30.....The primary production processes in the Taiwan Strait I
Wang Haili, Hong Huasheng and Huang Bangqin
- 37.....The primary production processes in the Taiwan Strait II
Huang Bangqin, Hong Huasheng, Wang Haili and Zhang Fan
- 47.....The primary production processes in the Taiwan Strait IV
Hong Huasheng, Wang Haili, Huang Bangqin and El Bakkari Mohammed
- 60.....Anglysis of oceanographic condition in the Taiwan Strait during Summer 1994
Liang Hongxing
- 71.....Sectional distribution of salinity and its indication of Kuroshio's intrusion in southern Taiwan Strait and northeastern South China Sea late Summer, 1994
Hu Jianyu, Liang Hongxing and Zhang Xuebin
- 80.....Distributional features of temperature and salinity in the southern Taiwan Strait and its adjacent sea areas in the late summer, 1994
Hu Jianyu, Liang Hongxing and Zhang Xuebin
- 88.....Effect of physical input of nutrients on Chlorophyll a content in Taiwan Strait
Zhang Fan, Yang Yao and Huang Bangqin
- 96.....Distribution and characteristics of dissolved oxygen in the Taiwan Strait I
Zhang Fan, Wu Liyun, Zheng Ruizhi and Chen Lan
- 106.....The geochemical behaviour of phosphorus in the Taiwan Strait I
Wu Liyun, Ruan Wuqi and Chen Lan
- 114.....The geochemical behaviour of phosphorus in the Taiwan Strait I
Wu Liyun, Ruan Wuqi and Chen Ran
- 123.....An *in situ* dynamical phenomenon of particulate organic carbon (POC) in Taiwan Strait
Peng Xingque, Hong Huasheng, Xu Li, Wang Xinhong and Wu Ligun
- 132.....Dynamics of DOC of euphotic layer in Taiwan Strait; Diurnal variation of large range
Peng Xingyue, Hong Huasheng and Shang Shaoling

- 141.....A preliminary study of sterol biomarker in suspended particles in Taiwan Strait
Hong Huasheng, Peng Xingyue and Xu Li
- 145.....Chemical composition of some planktonic copepods in Taiwan Strait
Chen Gang, Li Shaojing and Peng Xingyue
- 152.....Study on bacterial biomass in Taiwan Strait and its environmental factors
Zheng Tianling, E. B. Mohammed, Chen Jincai, Hong Huasheng and Yan Qingpi
- 161.....Study on bacterial production and bacterial heterotrophic activity in Taiwan Strait
Zheng Tianling, E. B. Mohammde, Li Wenquan, Hong Huasheng, Chen Jincai and Wang Fei
- 168.....Preliminary study on Nanodiatoms in Taiwan Strait in Winter
Huang Bangqin, Guo Jian, Cheng Zhaodi and Hong Huasheng
- 175.....Distribution of dinoflagellates and its indicative significase in the south and north Taiwan Strait
Du Qinghong
- 181.....Distribution and controlled role on bioproductivity of zooplankton in medius plankton net in northern part of Taiwan Strait
Huang Jiaqi, Xu Jiandong and Li Shaojing
- 188.....The comparasion of distributions of zooplankton in Summer and Winter in the southern part of Taiwan Strait
Huang Jiaqi, Xu Jiandong and Li Shaojing
- 195.....Distribution of planktonic copepods in the northern Taiwan Strait
Zhu Changshou
- 204.....Feeding ecology of two dominant copepods, *Eucalanus subcrassus* and *Calanus sinicus*, in Taiwan Strait
Chen Gang, Li Shaojing and Huang Jiaqi

台湾海峡初级生产力及其调控机制研究

洪 华 生

阮 五 崎

(厦门大学环境科学研究中心, 361005)

(福建海洋研究所, 厦门 361012)

黄 邦 钦 王 海 黎

张 钊

(厦门大学环境科学研究中心, 361005)

(福建海洋研究所, 厦门 361012)

摘 要 1994年8月和1995年2月分别探讨了台湾海峡浮游植物生物量和生产力的时空分布、粒级结构以及物理、化学和生物过程对初级生产力的调控作用。结果表明, 台湾海峡浮游植物生物量、生产力的分布呈明显的时空变动。夏季, 海峡北部生物量、生产力高值区位于大陆沿岸及台湾岛以北海域, 南部近岸海域生产力较高; 冬季, 台湾西北淡水河口外有一明显的高生物量、生产力区, 并向大陆方向递减, 南部高值区则位于台湾浅滩西南部。

海峡南北海域浮游植物生物量、生产力的粒级组成有较大差异, 北部海域以微型浮游植物($3\sim 20\mu\text{m}$)占优势, 冬、夏季对生物量、生产力的贡献平均分别达58%、59%, 南部则以微微型浮游植物($0.2\sim 3\mu\text{m}$)占优势, 对生物量、生产力的贡献分别达67%、66%。

在较大的时空尺度上, 初级生产力主要受物理过程及其所输送的营养物质的调控。生物量、生产力的分布受水团(流)和上升流的影响, 其高值区主要分布于上升流区和各水团的交汇区即锋面内。在研究海域, 相对于其他营养盐, 磷的补充和循环对初级生产力起着更为重要的调控作用, 估算的外界DIP输送通量(包括上升流、河流等)仅占浮游植物光合作用所需的11%, 该海域存在以生物体为媒介的各形态磷的快速循环。

在较小的时空尺度内, 生物过程对初级生产力起着重要的调控作用。结果表明, 浮游动物的摄食可能是浮游植物生物量在垂直方向上发生变化的主要原因。台湾海峡初级生产者以微型和微微型浮游植物为主, 浮游植物光合作用过程产生的溶解有机碳所占的比例较高(25%), 细菌生长速率快, 揭示该海域以微食物环为主体的生源有机碳转换体系的重要作用, 值得进一步深入探讨。

关键词 浮游植物 生物量 初级生产力 台湾海峡 调控机制

前 言

海洋初级生产过程是碳的生物地球化学循环和海洋生态系统的能量流、物质流的基础, 影

响着海洋生物资源量的变动. 不仅如此, 通过复杂的反馈机制, 这一过程还对全球气候变化系统产生深远影响. 沿岸海域只占全球海洋面积的 8%, 但却提供了 26% 的全球生物生产量和 2/3~3/4 的世界渔业产量. 因此, 许多重大的国际研究计划, 如海岸带陆海相互作用 (LOICZ)、全球海洋生态系统动力学研究 (GLOBEC) 和大海洋生态系 (LME) 等, 都将沿岸区初级生产过程的动力学的研究作为其中的重要内容.

台湾海峡是处于东海与南海之间大陆架上的重要水道, 水动力条件复杂, 有多处上升流及中上层渔场分布^[1]. 在 1983 年 5 月至 1984 年 8 月由福建海洋研究所组织开展的“台湾海峡中北部综合调查研究”中, 研究了中北部叶绿素 a (Chl a) 的分布, 并对初级生产力进行了估算^[2]; 在“闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究”(1987 年 12 月至 1988 年 11 月) 的现场观测中, 研究了南部 Chl a 的分布, 并以 ¹⁴C 法现场实测光合作用速率^[3,4]. 为了更好地了解此海域初级生产力的调控机制, 我们开展了“台湾海峡的初级生产力及其调控机制研究”, 针对与初级生产相关的物理、化学和生物过程开展综合研究. 本文将就初级生产力调控机制问题尤其是微型生物的作用进行初步探讨.

1 材料与方法

1.1 站位布设与采样

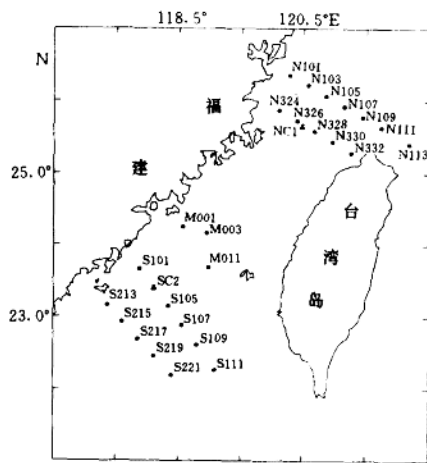


图 1 采样断面和站位的分布

1994 年 8 月和 1995 年 2 月在台湾海峡 (21°~27°N, 116.5°~122.5°E) 进行现场研究. 海峡北部 (NTS) 和南部 (STS) 各有两个断面进行物理、化学和生物参数的综合观测 (图 1). 冬季航次, 周日变化观测站为 NC1 (25°39.00'N, 120°29.10'E), 采样时间间隔 3h.

1.2 Chl a 总量和分粒级测定

Chl a 的测定是参照 Parsons 等^[5]所描述的方法略作改进进行的. 水样过滤体积为 150cm³; 萃取的样品加酸前后的荧光值用 Hitachi 850 型荧光计测定, 激发光和发射光波长分别为 430 和 670nm. Chl a 的分粒级测定即应用孔径为 20μm 的筛绢、3、0.2μm 的核孔滤膜进行现场分级过滤、用差减法可得小型 (20~200μm)、微型 (3~20μm) 和微微型浮游植物 (0.2~3μm) 的 Chl a 的含量.

1.3 光合作用速率和光合溶解有机碳 (PDOC) 的测定

浮游植物光合作用速率采用 ¹⁴C 吸收法. 颗粒态有机碳产物 (即传统意义上的光合作用速率, PR) 的测定以 Parsons 等人^[5]描述的方法进行; 分粒级测定是取培养后的样品按 Chl a 分粒级的分级过滤方法, 分别求得小型、微型和微微型浮游植物的光合作用速率. PDOC 的测定是取孔径为 0.2μm 的核孔膜过滤下的滤液, 按酸化气泡法^[6]除去滤液中残存的无机

^{14}C - NaHCO_3 ,而后用于放射性测定.

1.4 细菌生物量、生产力、异养活性的测定

以吖啶橙荧光计数法(AODC法)测定细菌总数,扫描电镜法(SEM法)测定细菌体积,采用Watson等^[7]推荐的经验常数 $0.121\text{pg}/\mu\text{m}^3$ 按下式计算细菌生物量(C):细菌生物量(g/cm^3)= $1.21\times 10^{-13}\times$ 细菌总数(个/ cm^3) $\times$ 细菌体积($\mu\text{m}^3/\text{个}$).

细菌生长速率和异养活性分别用氘化胸苷组入法(TTI法)^[8]和放射性D-[U- ^{14}C]-葡萄糖吸收法^[9,10]测定.

1.5 POC的测定

将 $3\sim 5\text{dm}^3$ 的海水中的POC过滤收集到玻璃纤维滤膜(Whatman GF/C 47mm, 450°C 预灼烧4h)上,立即冷冻到 -20°C 以下保存.冷冻干燥以后用HCl气熏24h以除去无机碳,最后用PE240C型元素分析仪分析样品中有机碳的含量.

1.6 甾醇的测定

采海水 40dm^3 左右,立即过滤,将海水中的悬浮颗粒收集在玻璃纤维滤膜上(Whatman GF/F 150mm), -20°C 保存.样品经冷冻干燥后用有机溶剂抽提,抽提液经皂化、薄层分离、萃取、TMS衍生化等步骤处理后进行气相色谱分析.甾醇的定性采用GC-MS、定量采用GC-FID^[11].

1.7 浮游动物摄食压力

现场采集的浮游动物,一部分冷冻保存,经N、N-二甲基甲酰胺萃取后,用日立850荧光分光光度计测定样品中的植物色素含量;另一部分置于过滤海水中($0.8\mu\text{m}$),作肠排空实验后,冷冻保存,并测定色素含量,换算出肠排空时间 t (min).用肠排空时间结合浮游动物现场的色素含量估计浮游动物的摄食速率和日食量,最终根据固定样品中浮游动物种类组成与数量分布推算群落的摄食压力.

2 结果

2.1 浮游植物生产力、生物量的时空分布

2.1.1 平面分布

台湾海峡浮游植物生物量〔以水柱平均叶绿素a(C_d)表示〕和生产力的平面分布呈现明显的季节变化(图2,图3).夏季,海峡北部生物量呈现台湾岛以北和闽江口外海域较高,中部海域较低的分布格局,尤其是台湾北部的N109和N111测站, C_d 值分别高达 0.60 和 $0.74\text{mg}/\text{m}^3$,南部则呈现由大陆近岸向离岸方向递减的趋势,但在台湾浅滩以南 C_d 值较高.冬季,北部生物量分布呈现由台湾淡水港以外海域向大陆方向递减的趋势,南部生物量的高值区则出现在台湾浅滩的西南部.初级生产力的平面分布与生物量的平面分布非常相似.

2.1.2 夏冬季差异

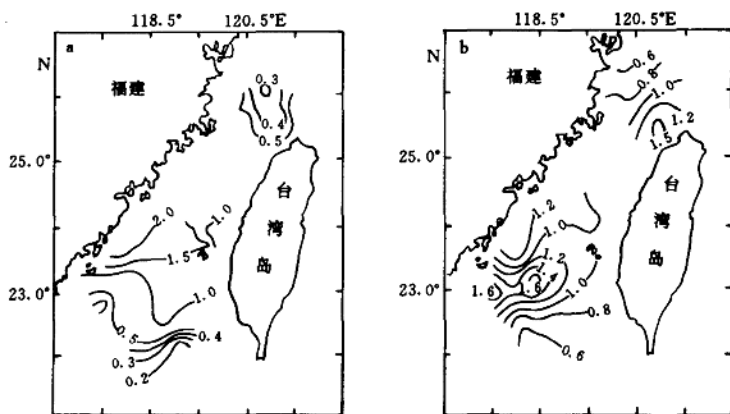


图2 台湾海峡浮游植物生物量 [水柱平均 Chl a (mg/m^3)] 的平面分布

a. 夏季 b. 冬季

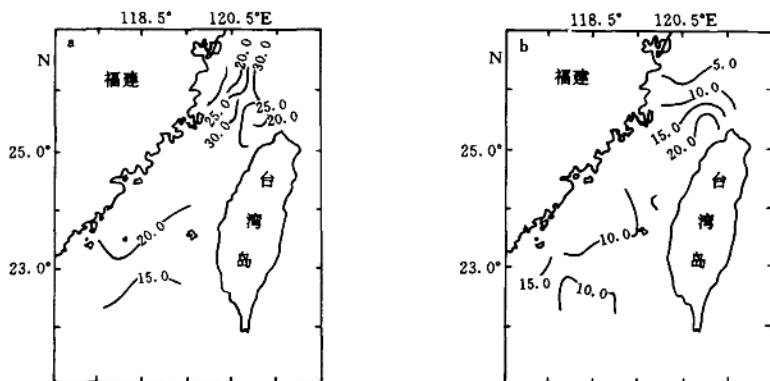


图3 台湾海峡初级生产力 (C) [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$] 的平面分布

a. 夏季 b. 冬季

台湾海峡南北海域夏、冬季浮游植物生物量、生产力存在差异 (表1)。夏季, 生物量南部略高于北部, 但生产力却北部大于南部; 冬季, 南北海域生物量、生产力几乎相同。

表1 台湾海峡浮游植物生物量、生产力

季节	位置	生物量 (mg/m^3)		生产力 [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	
		范围	平均	范围	平均
夏季 (1984-08)	北部	0.190~1.52	0.498	0.17~0.82	0.36
	南部	0.080~4.12	0.670	0.18~0.34	0.24
冬季 (1995-02)	北部	0.317~2.04	0.963	0.022~0.27	0.12
	南部	0.322~5.16	0.982	0.054~0.19	0.12

2.1.3 浮游植物生物量的昼夜变化

测定冬季海峡北部 NC1 测站水柱叶绿素 a 的昼夜变化表明 (图4), Chl a 的含量在白天 13:00 和夜间 01:00 达最大值, 是一种双峰分布, 与正规半日潮的影响相一致。表明水柱 Chl a

含量受潮汐影响.

2.2 浮游植物生物量、生产力的粒级特征

2.2.1 生物量的粒级结构

研究表明 (图 5), 台湾海峡南北海域浮游植物生物量的粒级结构有明显差异, 北部海域由微型浮游植物 ($3\sim 20\mu\text{m}$) 占优势, 夏、冬季分别占 59% 和 57%. 南部海域则由微微型浮游植物占优势, 夏、冬分别占 71% 和 63%, 微型次之, 小型最小.

2.2.2 初级生产力的粒级结构

初级生产力的粒级结构与生物量的粒级结构相类似 (图 6), 海峡南北海域分别以微微型和微型浮游植物占优势, 但在冬季其优势度大大降低, 如在北部海域, 3 种粒径浮游植物对初级生产力的贡献几乎成“三足鼎立”之势, 微型的仅略占优势, 为 36%, 而夏季达 77%. 南部海域, 微微型浮游植物对初级生产力的贡献仅 48%, 而夏季可高达 85%.

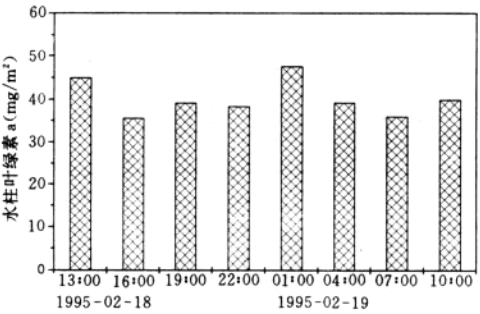


图 4 冬季台湾海峡 NC1 测站
水柱叶绿素 a 的昼夜变化

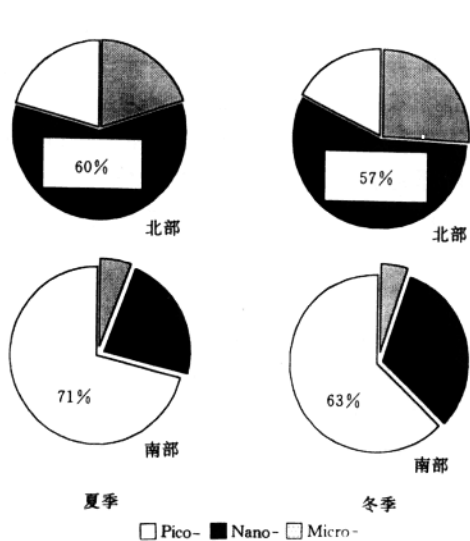


图 5 台湾海峡浮游植物生物量的粒级结构

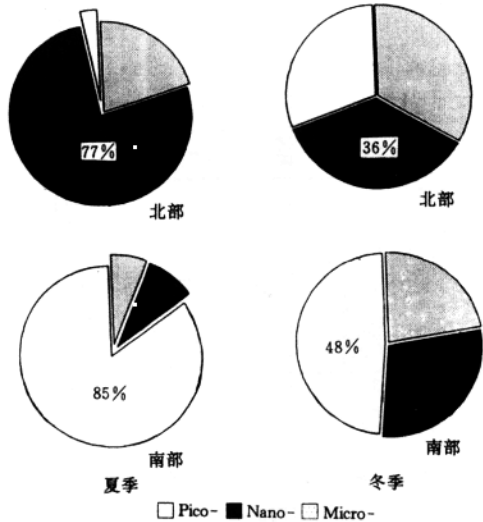


图 6 台湾海峡初级生产力的粒级结构

2.2.3 浮游植物生物量粒级结构的昼夜变化

冬季 (2 月), 在海峡北部连续观测站 NC1 进行浮游植物生物量 (Chl a) 粒级结构的昼夜变化观测. 结果表明 (图 7), 在表层, 3 种粒级结构均存在较大幅度的昼夜变化, 10m 层以下, 微型、微微型浮游植物变化趋缓, 但除底层 (50m) 外, 各层次小型浮游植物 ($20\sim 200\mu\text{m}$) Chl a 含量有较大的波动, 且表现为白天含量较高, 夜间较低的趋势. 在该站位, 中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 对浮游植物的摄食压力为 26.8%~53.7% 初级产量, 且摄食作用的昼夜变化与潮汐周期有较好的吻合.

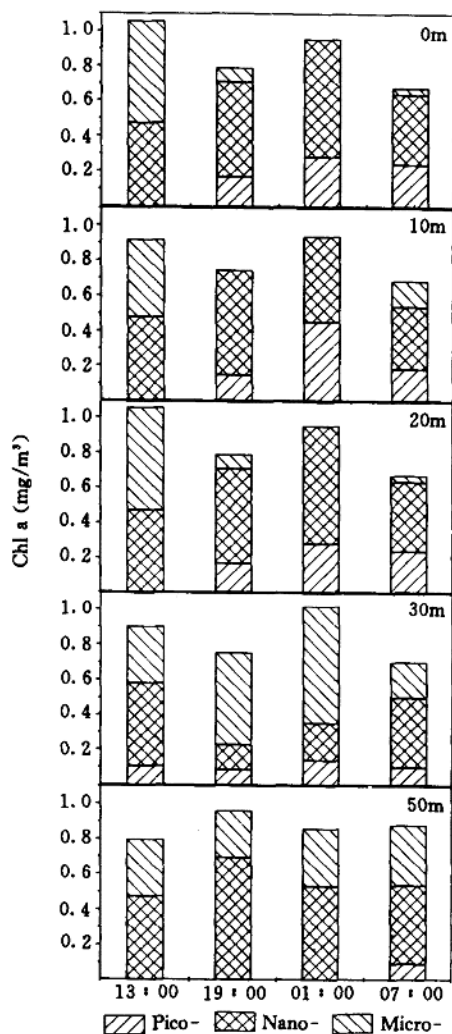


图7 海峡北部 NC1 测站的叶绿素 a 粒级结构的昼夜变化

2.2.4 微型浮游硅藻

对 1995 年 2 月的 45 个海水样品进行透射电镜观测计数, 初步鉴定微型硅藻 (小于 $20\mu\text{m}$) 34 种, 其中我国新记录 6 种. 北部优势种为奇特小盘藻 (*Minidiscus comicus* Takano) 和柔弱海链藻 (*Thalassiosira tenera* Proschkina-Larren), 南部为三眼小盘藻 (*Minidiscus trioculatus* (F. J. R.) Hasle) 和梯楔舟形藻 (*Navicula climacospheniae* Booth). 电镜计数结果表明, 在台湾海峡, 微型硅藻的丰度大于小型 (大于 $20\mu\text{m}$) 硅藻, 在北部 N330 测站的 10m 层, N109 测站的 20m 层, 微型硅藻丰度高达 7×10^4 个/ dm^3 , 南部 S105 测站的 20m 层, 其丰度可达 6×10^4 个/ dm^3 .

2.3 菌-藻关系及光产品结构

2.3.1 细菌生产力 (BP) 和异养活性 (BHA)

细菌生产力和异养活性的季节变化较明显, 且南北海域存在较为显著的差异. 细菌的异养活性均为南部海域高于北部海域. 在生产力方面, 夏季南部大于北部, 冬季则相反. 平面分布显示, 夏季生产力的高值区主要分布于福建和台湾近岸海域.

2.3.2 光产品结构

在 1995 年 2 月冬季航次, 分别于北、南部各选一站位 (NC01 和 S213) 测定光合作用产生的 DOC 的量 (PDOC), 以此校正光合作用速率. 两站位的 PDOC 产率平均为 24.78%. 校正后的光合作用速率 (PR')、光合作用速率 (PR)、PDOC 及其在初级生产产品中所占比例列于表 3.

表 2 台湾海峡细菌生产力、异养活性

季节	位置	生产力 [$\mu\text{g}/\text{dm}^3 \cdot \text{d}$]		异养活性 [$\mu\text{g}/(\text{dm}^3 \cdot \text{d})$]	
		范围	平均	范围	平均
夏季 (1984-08)	北部	0.968~2.560	1.517	2.350~3.600	2.990
	南部	1.820~2.650	2.200	4.640~4.820	4.270
冬季 (1995-02)	北部	1.080~5.184	2.970	2.160~4.530	3.400
	南部	0.210~1.050	0.657	4.050~6.360	4.982

2.3.3 近岸海区藻-菌关系

该海域研究表明,海水细菌总数(TB,个/cm³)和相应的 Chl a 含量 (mg/m³) 具有良好的相关性,其关系式可用下式表示:

$$\log TB = 6.236 + 0.355 \log \text{Chl a} \\ (r = 0.55, n = 68)$$

细菌生产力 (BP) (C) [mg/ (m³ · d)] 与光合作用速率 (PR) [mg/ (m³ · d)] 也成正相关。

$$BP = 0.74 + 0.098PR (r = 0.66, n = 21)$$

从上述两定量关系式可以看出,细菌生物量和生产力与初级生产力过程密切相关,表明浮游植物是细菌生长的重要碳源。

表3 站 NC1、S213 的 PR、PDOC、PR'、PDOC

站位	层次 (%光照)	PR	PDOC	PR'	%PDOC
NC1	100	1.012	0.283	1.295	21.85
	10	0.509	0.180	0.689	26.12
	1	0.169	0.083	0.252	32.94
S213	100	1.459	0.533	1.992	26.76
	10	0.934	0.181	1.115	16.23

细菌异养活性 (BHA) 与 PDOC 的相关分析表明,两者亦存在正相关关系。

$$BHA = 3.312 + 0.187PDOC (r = 0.596, n = 8)$$

说明了光合作用产物 (尤其是 PDOC) 可以被细菌利用。

2.4 浮游植物和细菌对颗粒有机碳的贡献

将 1994 年 8 月和 1995 年 2 月两航次所测得的 POC 与 Chl a 浓度进行线性回归,所得结果如下:

$$POC = 89.43 + 42.12 \text{ Chl a} (r = 0.55, n = 82)$$

表明 Chl a 与 POC 之间有较显著的正相关关系。相比较而言,细菌生物量 (BB, mg/m³) 与 POC 之间的相关性稍差,其回归结果可表示为:

$$POC = 98.73 + 12.71BB (r = 0.37, n = 36)$$

根据上述关系式,台湾海峡 Chl a 与 POC 的换算比为 42.12,以此将 Chl a 转换为碳生物量,比较浮游植物与细菌对该海域 POC 储库的贡献,发现浮游植物的贡献比例平均为 27.61%,而细菌只有 2.53% (表 4)。

表4 细菌、浮游植物对台湾海峡 POC 储库的贡献

	细菌生物量				浮游植物生物量				POC	
	测值 (mg/m ³)		占 POC 比例 (%)		测值 (mg/m ³)		占 POC 比例 (%)		(mg/m ³)	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
夏季	1.20~4.68	2.85	1.08~4.94	2.45	4.21~70.34	23.69	3.78~51.45	21.73	60.0~221.2	111.7
冬季	1.58~6.12	3.88	0.83~4.90	2.59	23.08~85.88	41.56	17.85~50.84	31.38	88.2~653.7	147.4
总计	1.20~6.12	3.43	0.85~4.94	2.53	4.21~85.88	34.59	3.78~51.45	27.61	60.4~653.7	134.3