

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 20120051302012

UDC _____

厦 门 大 学
硕 士 学 位 论 文

台湾海峡及其邻近海域小型底栖动物生态学研究

Studies on Ecology of Meiofauna in the Taiwan Strait
and its Adjacent Waters

王彦国

指导教师姓名: 林荣澄 研究员

专业名称: 水生生物学

论文提交日期: 2008 年 04 月

论文答辩时间: 2008 年 06 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: 苏永全 教授

评 阅 人: _____

2008 年 06 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已注明引用的内容外，本论文不含其他个人或集体已经发表或者撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确的方式表明。本人完全意识到本声明的法律结果将由本人独立承担。

声明人（签名）

日期： 年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 _____ 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： _____ 日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日

导师签名： _____ 日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日

目 录

中文摘要..... i

英文摘要..... iii

绪 论..... 1

第一章 小型底栖动物生态学研究概况..... 4

1 小型底栖动物的研究概述..... 5

1.1 前言..... 5

1.2 研究意义..... 6

1.3 小型底栖动物的研究历史和现状..... 7

1.3.1 国际小型底栖动物研究概况..... 7

1.3.2 国内小型底栖动物研究概况..... 10

1.4 底栖桡足类的研究..... 12

1.4.1 研究意义..... 12

1.4.2 国际底栖桡足类研究概况..... 13

1.4.3 国内及其邻近海域底栖桡足类研究概况..... 16

2 台湾海峡及其邻近海域生态与环境状况..... 17

2.1 台湾海峡及其邻近海域环境条件..... 18

2.1.1 水文特征..... 18

2.1.2 沉积物环境特征..... 18

2.2 台湾海峡及其邻近海域的生物资源..... 20

3 台湾海峡及其邻近海域小型底栖动物生态学研究的目的和意义..... 20

第二章 台湾海峡及其邻近海域小型底栖动物丰度和生物量分布的研究..... 23

1 研究海域、材料和方法..... 23

1.1 研究海域..... 23

1.2 采样方法..... 24

1.3 生物样品的处理..... 25

1.3.1 小型底栖动物样品的分选和计数.....	25
1.3.2 底栖桡足类的鉴定.....	25
1.4 生物量和生产量的计算.....	25
1.5 数据处理与统计分析.....	27
2 研究结果	27
2.1 小型底栖动物的类群组成及丰度.....	27
2.2 小型底栖动物的空间分布.....	33
2.2.1 小型底栖动物及主要类群数量的水平分布.....	33
2.2.2 小型底栖动物及主要类群数量的垂直分布.....	38
2.3 小型底栖动物的生物量和生产量.....	40
2.4 小型底栖动物群落的多样性分析及群落组成.....	43
2.4.1 小型底栖动物多样性分析.....	43
2.4.2 小型底栖动物群落组成分析.....	48
3 讨论	50
3.1 两个航次小型底栖动物丰度和生物量的变动.....	50
3.2 不同海域小型底栖动物数量的比较.....	51
3.3 环境因子同小型底栖动物数量变化的关系.....	53
3.4 线虫和桡足类的数量比值在海洋环境污染监测中的应用.....	54
4 小结	57
第三章 台湾海峡及其邻近海域底栖桡足类群落结构和多样性研究	58
1 研究方法	58
1.1 种类鉴定.....	58
1.2 数据处理与统计分析.....	59
2 研究结果	61
2.1 沉积环境特征.....	61
2.2 底栖桡足类群落种类组成与多样性分析.....	62
2.2.1 底栖桡足类群落种类组成.....	63
2.2.2 底栖桡足类群落多样性分析.....	63
2.3 底栖桡足类群落结构和优势种分析.....	65

2.4 底栖桡足类群落结构和环境变量关系的分析.....	67
3 讨论	68
4 小结	68
第四章 研究趋势和展望	69
1 小型底栖动物研究趋势和展望	69
2 本论文的不足	71
附图.....	72
参考文献.....	76
致 谢.....	87

Content

Abstract in Chinese	i
Abstract in English	iii
Introduction	1
Chapter 1 Study of the meiofauna ecology	4
1 Summary of the meiofauna	6
1.1 Preface	6
1.2 Significance	7
1.3 History and development of the meiofauna	8
1.3.1 International research overview of the meiofauna	8
1.3.2 Domestic research overview of the meiofauna	11
1.4 Research of the benthic copepod	13
1.4.1 Significance	13
1.4.2 International research overview of the benthic copepod	14
1.4.3 Domestic research overview of the benthic copepod	17
2 Ecology and environment condition of the Taiwan Strait and its adjacent waters ...	18
2.1 Environment condition of the Taiwan Strait and its adjacent waters	18
2.1.1 Hydrographic characteristics	18
2.1.2 Characteristics of the sediments	19
2.2 Biology Resource in the Taiwan Strait and its adjacent waters	19
3 Purpose and significance of this study	21
Chapter 2 Abundance and biomass of the meiofauna in the Taiwan Strait and its adjacent waters	23
1 Areas, materials and method	23
1.1 Research areas	23
1.2 Sampling method	24

1.3 Dispose of the sample	25
1.3.1 Sorting and counting of the meiofauna	25
1.3.2 Identification of the benthic copepod	25
1.4 Calculate of the biomass and production	25
1.5 Data processing and statistic	27
2 Results.....	27
2.1 Composing and abundance of the meiofauna	27
2.2 Distribution of the meiofauna	33
2.2.1 Horizontal distribution of the meiofauna and the main group	33
2.2.2 Vertical distribution of the meiofauna and the main group	38
2.3 Biomass and production of the meiofauna	40
2.4 Community diversity and composing of the meiofauna	43
2.4.1 Analysis of the meiofauna diversity	43
2.4.2 Analysis of the meiofauna community composing	48
3 Discussion	50
3.1 Compare between the two cruise of the abundance and biomass	50
3.2 Compare with other areas of the meiofauna	51
3.3 Relations between environment factors and the meiofauna	52
3.4 Use of the nematode/copepod ratios for monitoring pollution	54
4 Conclusions.....	56

Chapter 3 Community structure and diversity of the benthic copepods in the Taiwan Strait and its adjacent waters 57

1 Method	57
1.1 Species identifications	57
1.2 Data processing and statistic	59
2 Results.....	60
2.1 Characteristics of the sediment	60
2.2 Species compose and community diversity of the benthic copepod	61
2.2.1 Species compose of the benthic copepod	62

2.2.2 Community diversity of the benthic copepod.....	62
2.3 Analysis of the benthic copepod community and dominance species.....	64
2.4 Analysis of the benthic copepod community and the environments variable.....	66
3 Discussions	67
4 Conclusions.....	68
Chapter 4 Tendency and prospect	69
1 Tendency and prospect of the meiofauna.....	70
2 Insufficiency of this paper	71
Attached figure	71
Reference.....	75
Acknowledge.....	83

摘要

小型底栖动物分布广、种类多，它们是海洋碎屑食物链重要的中间环节，不仅是幼年鱼、虾和蟹等的饵料，而且在底栖食物网的能量运转和物质循环中占有特殊的地位。此外，小型底栖动物具有活动范围小、对环境的变化反应灵敏等特点，是环境改变很好的指示生物。小型底栖动物调查研究作为海洋生物调查重要组成部分，深入进行小型底栖动物的研究，对于了解海洋底栖生态系统的结构和功能，建立生态动力学模型和探讨水层-底栖耦合机制，为综合研究海洋渔业资源，开展海洋生物监测，进而实现对海洋生物资源的持续利用和海洋农牧化生产以及对台湾海峡底质环境状况进行健康评价具有十分重要的科学意义。

本文利用在台湾海峡及其邻近海域 2006 年 7-8 月的 22 个站位与 2006 年 12 月至 2007 年 1 月的 24 个站位所采集的未受扰动的沉积物样品，对福建沿岸小型底栖动物的丰度和生物量及海洋底栖桡足类群落结构、多样性和分类学进行了研究。研究结果如下：

在调查海域两个航次共鉴定出自由生活海洋线虫、底栖桡足类、多毛类、介形类、双壳类、腹足类、动物类、无节幼体、端足类、原足类、海蜘蛛、涟虫类、十足类和其它类等 14 个类群小型底栖动物。自由生活海洋线虫的丰度占绝对优势，占两个航次平均丰度的 84.87%（其中夏季航次占总丰度的 82.20%，冬季航次占总丰度的 89.13%），其次为底栖桡足类，占平均丰度的 8.02%（其中夏季航次占 11.01%，冬季航次占 5.59%）。

夏季航次小型底栖动物的平均丰度、生物量及生产量分别为 $377.43 \pm 2.22 \text{ ind}/10\text{cm}^2$ ， $412.82 \pm 9.38 \mu\text{g} \cdot \text{dwt}/10\text{cm}^2$ 和 $3715.38 \pm 84.42 \mu\text{g} \cdot \text{dwt}/10\text{cm}^2 \cdot \text{a}$ ；冬季航次分别为 $268.71 \pm 32.36 \text{ ind}/10\text{cm}^2$ ， $310.59 \pm 0.65 \mu\text{g} \cdot \text{dwt}/10\text{cm}^2$ 和 $2795.31 \pm 5.86 \mu\text{g} \cdot \text{dwt}/10\text{cm}^2 \cdot \text{a}$ 。

研究海域小型底栖动物各个类群的水平分布呈现明显的镶嵌式分布，夏季航次调查海域小型底栖动物丰度的高值出现在海峡的中部海域，南北部丰度较低；冬季航次海峡中南部海域小型底栖动物丰度高于北部海域；垂直分布上，小型底

栖动物主要分布在沉积物的表层,夏季航次分布在 0-2cm 以浅的沉积物中的小型底栖动物占 56.28%,冬季航次占 63.37%。夏、冬两个航次分布在 0-5cm 层沉积物中的小型底栖动物分别为 86.70%和 88.29%。相关分析显示,叶绿素 a 的含量和分布是影响小型底栖动物丰度和生物量的分布关键因素,沉积物中砾石、砂砾、粉砂和粘土的含量是影响底栖桡足类丰度和生物量分布的关键因子。

同国内外其它研究相比,本研究中小型底栖动物的丰度相对较低。从自由生活海洋线虫的数量(N)与底栖桡足类的数量(C)之比来看,研究海域基本上没有受到有机质的污染。

本研究中底栖桡足类共鉴定出 63 种或分类实体以及其它待定种类和桡足幼体,分别隶属于猛水蚤目、哲水蚤目、剑水蚤目和歧口水蚤目四个目的桡足类,17 个科,43 个属,其中优势种是 *Halectinosoma* sp.、*Typhlamphiascus* sp.、*Amphiascus* sp.、*Heteropsyllus* sp.、*Ectinosoma* sp.和 *Amphiascooides* sp.等。

各站位的水深相差较小,因此本研究中水深与底栖桡足类的相关性不显著;桡足类多样性指数和沉积物结构相关显著。

关键词: 小型底栖动物; 底栖桡足类; 生态学; 群落结构; 台湾海峡

Abstract

Meiofauna are species-richness and widely distributed in the ocean. They play an important part in the marine debris food chain. They are not only the food of fish, shrimp and crab, but also important in the benthic energy flow and materials cycle. Besides, meiofauna are good environmental indicator organism because they move slowly and are sensitive to the change of environment. Meiofauna research is an important component of marine biological survey. In-depth research of meiofauna is significance to understanding the marine benthic ecosystem structure and function, establishment of ecological dynamics model of water-benthic coupling mechanism, comprehensive study of marine fisheries resources and so on. Meiofauna also is environmental monitoring biological. It is significance to evaluation the state of the Taiwan Strait environment.

Quantitative studies of the meiofauna in the Taiwan Strait and its adjacent waters were carried out in Jul. and Dec. 2006. In this paper, we discussed abundance, biomass, community structure and biodiversity of the meiofauna and benthic copepods. The main results are as follows:

A total of 14 groups of meiofauna were identified in the Taiwan Strait and its adjacent waters, such as Nematoda, Copepoda, Polychaeta, Ostracoda, Bivalvia, Gastropoda, Kinorhyncha, Nauplius, Amphipoda, Tanaidacea, Pycnogonida, Cumacea, Decapoda and Others. Freeing living Nematodes are the most dominant group, accounting for 84.87% (82.20% in summer cruise, 89.13% in winter cruise) of the abundance of meiofauna. The benthic copepoda's abundance is in the second, accounting for 8.02% (11.01% in summer cruise, 5.59% in winter cruise).

The average abundance, biomass and production of meiofauna are $377.43 \pm 2.22 \text{ ind}/10\text{cm}^2$, $412.82 \pm 9.38 \mu\text{g}\cdot\text{dwt}/10\text{cm}^2$ and $3715.38 \pm 84.42 \mu\text{g}\cdot\text{dwt}/10\text{cm}^2\cdot\text{a}$ in summer cruise. In winter cruise the average abundance, biomass and production of meiofauna are $268.71 \pm 32.36 \text{ ind}/10\text{cm}^2$, $310.59 \pm 0.65 \mu\text{g}\cdot\text{dwt}/10\text{cm}^2$ and $2795.31 \pm 5.86 \mu\text{g}\cdot\text{dwt}/10\text{cm}^2\cdot\text{a}$.

In terms of the meiofauna's horizontal distribution, stations near the middle of the Strait have higher abundance and biomass in summer cruise. In winter cruise the meiofauna abundance and biomass are higher in the southern and middle areas of the Strait than the northern area. In terms of vertical distribution, 56.28% of total meiofauna is found in the surface sediment of 0-2cm in summer cruise. In winter cruise the meiofauna in 0-2cm accounting for 63.37% of the total abundance of meiofauna. There are 86.70% of meiofauna in 0-5cm sediment in summer cruise. 88.29% of meiofauna are found in 0-5cm in winter cruise. Correlation analyses between abundance and biomass of meiofauna and environmental factors show that Chl-a is the key factor that affects the distribution of meiofauna. The content of gravel, grit, powder and clay in sediment is the main factors which affect the abundance and biomass distribution of copepoda.

Compared with other studies, the results in this study is lower. In terms of the ratio of nematoda and copepoda, there is no pollution in the Taiwan Strait and its adjacent waters.

In this study, total of 63 species or taxa of benthic copepoda are identified. These copepods belong to 43 genuses, 17 families and 4 orders Harpacticoida, Calanoida, Cyclopoida and Poecilostomatoida. The dominant species are: *Halectinosoma* sp, *Typhlamphiascus* sp, *Amphiascus* sp, *Heteropsyllus* sp, *Ectinosoma* sp and *Amphiascoides* sp.

Water depth is similar in all stations, so the water depth is not the significant factor to the copepoda. Correlation Analysis between the sediment environment and the copepoda diversity shows that the sediment composes is the significant factor to the copepoda diversity.

Key Words: meiobenthos; benthic copepods; ecology; community structure; the Taiwan Strait

绪 论

海洋生态系统是人类现在和未来赖以生存和发展的重要基础之一,海洋是人类尚未充分开发利用的最大疆域。海洋生态系统除了能够提供基于食物网生产过程的直接物质产出外,还提供了全球物质循环、对污染物和废弃物的转化分解和吸收等服务^[1]。

但是,近年来近海生态系统的服务和生产发生了一些令人担忧的变化,基础生产力显著下降,赤潮频繁发生,生物多样性减少,传统的优质资源大幅度减少,可获资源质量明显降低。海洋生态系统的退化和生态环境的恶化有自然的因素,也有捕捞及其它人类活动的影响,还有生态系统自身的内在波动等。但是,其根本的原因是缺少对近海生态系统深入和全面的认识,对其功能和受控机制不了解。为了深入了解和认识近海生态系统的结构、功能及其受控机制,以保证持续健康地开发利用其资源和环境,对海洋生态系统的研究在 20 世纪末进入了一个崭新的阶段,在全球范围内空前活跃起来。在众多国际组织,如国际海洋研究科学委员会 (SCOR)、联合国政府间海洋学委员会 (IOC)、国际海洋考察理事会 (ICES)、国际北太平洋海洋科学组织 (PICES)、联合国环境规划署 (UNEP) 等的推动下,一系列大型国际研究计划相继实施,如“全球海洋生态系统动力学研究 (GLOBEC)”、“全球海洋观测系统 (GOOS)”、“大海洋生态系 (LMEs)”、“全球海洋通量联合研究 (JGOFS)”、“世界海洋环流实验 (WOCE)”、“海岸带陆海相互作用研究 (LOICZ)”、“热带海洋与全球大气计划 (TOGA)”、“全球海洋真光层研究 (GOEZO)”等。与以往研究不同,这些研究计划的出发点不仅仅是向海洋要能源、向海洋要食物,而是将海洋作为一个切入点,试图通过对海洋生态系统的研究,深入了解和认识“全球变化”和地区性环境、气候变化的有关过程和机制,研究重点在于海洋生态系统的“动态过程”和“建模与预测”,在关注人类活动和气候变化对海洋生态系统影响的同时,更关注对生物资源的影响。

在这一时期,我国通过较长时间的学科战略研究,逐渐明确了我国海洋生态系统研究的战略目标,我国海洋生态动力学研究也与世界同步发展起来,积极参

与了国际 GLOBEC 科学指导委员会的工作，在国家自然科学基金委员会和科技部等机构的组织下，我国的海洋生态系统动力学研究进入了一个崭新的阶段，开展了我国海洋生态系统动力学发展战略研究，如“东、黄海生态系统动力学与生物资源的可持续利用”，“东海海洋通量关键过程研究”，“台湾海峡生源要素地球化学过程研究”，“典型海湾生态系统动态过程与持续发展研究”，“黄海环流及营养盐长期输运研究”，“典型河口陆海相互作用的研究”等。这些研究计划不仅对有关海域的理化、生态环境和生物资源的基本状况及其动态变化进行了了解，同时这些研究还注重过程研究和多学科间的交叉联合，构建了生态动力学模型，为近海生态系统进行定量分析奠定了基础^[2,3]。

在海洋生态系统中，根据海洋生物的生活习性、运动能力以及所处海洋水层环境和底层环境的不同，可将其分为浮游生物、游泳生物和底栖生物三大类群，其中底栖生物是海洋生物中种类最多的一个生态类群，包括了大多数的海洋动物门类、大型海藻和海洋种子植物。这些生活在海底的生物由德国生物学家 Haeckel 于 1891 年首先提出称为“底栖生物”（benthos）。目前海洋底栖生物（marine benthos）定义为：指那些生活于海洋沉积物底内、底表以及水中物体（包括生物体和非生物体）为依托而栖息的生物生态类群。底栖生物同人类生活十分密切，许多底栖生物是渔业捕捞或养殖的对象，具有重要的经济价值。此外，有更多的底栖生物是经济鱼类、虾类的天然饵料，它们数量的多少直接影响着这些经济鱼虾资源的数量，因此受到人类越来越多的重视。同时底栖生物还是海洋生态系统中最重要的生态类群，由于其构造和生态复杂多样，且同人类有密切的经济关系，因此，受到较多的重视。海洋底栖生态学则是研究底栖生物和其栖息环境之间相互关系的学科，随着研究手段的革新，海洋生态学的迅速进展，生物资源的捕捞与增殖产业的快速发展，必然会促进底栖生物生态学的全面发展^[4]。

60年代以前，底栖动物的研究对象主要是大型底栖生物或巨型底栖生物。其后，对生存于沿岸或水下沉积物颗粒间的小型底栖动物（Meiofauna，也称间隙动物）的调查研究受到较多的重视。小型底栖动物是底栖生态系统中的重要组成部分，是海洋碎屑食物链的中间环节，不仅是鱼、虾、蟹幼体的饵料，而且在底栖食物网的能量转运和物质循环中占有特殊的地位，由于它们具有生命周期较短，周转率较高的特点，在一定海域往往是大型底栖动物的主要食物来源，在海

洋食物链中占相当重要的地位。小型底栖动物主要以摄食微型藻类和细菌为生，因此它们在一定程度上影响着海域的初级生产力、营养物质的循环以及一些其它的底栖生物代谢过程。

进入21世纪以后，对小型底栖动物研究的时空尺度已扩大到全球，特别是以气候异常和人类活动的影响为切入点，研究小型底栖生物的功能效应。自1978年东太平洋发现热泉生物群落以来，深海生态和极端条件下小型底栖生物的研究成为另一个热点。利用包括3S技术、深潜和分子生物学的手段，来探讨底栖生态过程在全球生物地化循环过程中的作用，揭示化能合成的能量通道以及小型生物和微生物相互作用的分子机制。

在海洋沉积物中底栖桡足类（主要是猛水蚤）是继线虫之后的第二丰富的小型底栖生物类群，但在粗沙的沉积物或海藻上往往成为最丰富的类群^[5]，其分布广泛，遍布全球，从滨海的潮间带直到大洋的最深海沟处，从寒冷的两极直到深海脊上的高温热泉生物群落都有它们的分布。底栖桡足类在海洋小食物网和水层—底栖系统耦合中起重要的作用，同时由于其对环境中有毒化学物质非常敏感，因此将其作为监测环境污染和扰动的类群越来越受到重视^[6]。

本文根据2006年7月和2006年12月~2007年1月在台湾海峡及其邻近海域进行的调查，对小型底栖生物的丰度和分布进行了比较和分析，对它们的生物量 and 生产量进行了估算，分析了台湾海峡及其邻近海域小型底栖动物的生态学特点和底栖桡足类的群落结构和多样性，以为台湾海峡生物资源的可持续利用提供科学依据，同时为台湾海峡底栖生态系统结构和功能的深入研究，为海洋环境的动态监测提供必要的参量。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库