

鹿回头造礁石珊瑚群落多样性的现状及动态

于登攀

邹仁林

(中国科学院南海海洋研究所, 广州, 510301)

6959.133

A

摘要 通过对鹿回头岸礁(109°28'E, 18°13'N)造礁石珊瑚群落进行系统取样调查, 分析了现有群落整体的成分组成、 α -多样性和 β -多样性及其在环境梯度上的变化; 根据现有群落实际是处于不同演替时期地段的复合体的特点, 把处于相同演替时期地段的综合特征作为分析群落整体在相应时期多样性特征的依据, 探讨了群落演替过程中的多样性动态。研究发现: (1) 中等水深(2.5~5.0 m)地段的物种多样性平均值高于其他地段, 环境条件适于大多数种类的生长, 是该岸礁造礁石珊瑚分布的主要地段; (2) 群落目前的类群组成中澄黄滨珊瑚 *Porites lutea* 为优势种; 滨珊瑚属 *Porites*、菊花珊瑚属 *Goniastrea* 和鹿角珊瑚属 *Acropora* 为优势属; 蜂巢珊瑚科 *Favidae*、滨珊瑚科 *Poritidae* 和鹿角珊瑚科 *Acroporidae* 为优势科; (3) 鹿回头造礁石珊瑚群落的发展过程中, 物种多样性表现出如下的变化格局: 群落总种数在 0~10 a 之间缓慢增长, 10~40 a 之间迅速增长, 40~60 a 增速下降, 60 a 以后逐渐稳定; 多样性指数(如 Shannon-Wiener 指数)和相应的均匀度指数在 0~20 a 均呈迅速增高趋势, 在 40 a 以后呈逐渐减缓的下降趋势, 在 60 a 左右时趋于稳定, 但二者在中间演替系列时期的表现有较大差异, 多样性指数在 20~40 a 之间仍略有增高, 直至 40 a 左右时达到最高值后开始下降; 而均匀度指数不到 15a 即已达到峰值, 10~30 a 之间保持相对稳定, 然后开始下降。④ 物种多样性的高低及其动态格局主要取决于群落演替过程中栖息环境条件的变化、组成种的生物学特点以及种间的空间竞争程度, 是群落发展内在规律性的表现。

关键词: 鹿回头岸礁, 造礁石珊瑚, 物种多样性, 现状, 动态。

CURRENT SITUATION AND DYNAMICS OF SPECIES DIVERSITY IN HERMATYPIC CORAL COMMUNITY ON LUHUITOU FRINGING REEF

Yu Dengpan Zou Renlin

(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica, Guangzhou, 510301, China)

Abstract The present hermatypic coral community is in fact composite of sites at different successional age. Based on the data collected from systematic sampling on the community, the composition of species, α -, β -diversity, their variations along environmental gradients and the dynamics of species diversity were analyzed. Major conclusions from this research are:

1. Sites in middle depth (2.5~5.0 m) have significantly higher species diversity than oth-

■ 本文为国家八·五重大基础研究项目“中国生物多样性保护生态学基础研究(PD 83-31)”的一部分。

收稿日期: 1995-02-23, 修改稿收到日期: 1996-03-21。

er areas, which indicates that area in this depth is the optimum habitat for most hermatypic corals;

2. *Porites lutea* is the dominant species; *Porites*, *Goniastrea* and *Acropora* are the dominant genus; Faviidae, Poritidae and Acroporidae are the dominant families in the existing community;

3. During the community succession, the species diversity of hermatypic corals exhibits the following temporal pattern: The increase rate of total number of species (TNS) is low in initial succession stage (0~10 a) but high in following phases (10~40 a), then it declines in subclimax stage (40~60 a) until TNS approaches saturation in climax stage (>60 a). Both of the increase of species diversity index (DI) and evenness index (EI) are very sharp in earlier phases (0~20 a), then decline gradually (40~60 a), and become basically stable at last (>60 a). However, these two kind indices of diversity show a distinct divergency in the middle serial stages (20~40 a). After the sharp increase in initial phases, DI keep increasing (20~40 a) but at a much lower rate until it approaches its maximum in about 40 years, while EI comes to its maximum in less than 15 years, shows little fluctuations in 15~30 years and then begins to decrease in 30 years;

4. The species diversity in hermatypic corals community and its dynamics is proposed to be determined by the biological characteristics of each species, habitat heterogeneity, their spatial and temporal variations in succession process.

Key words: Luhuitou Fringing Reef, hermatypic corals, species diversity, current situation, dynamics.

造礁石珊瑚是以极高的物种多样性和生产力引人注目的珊瑚礁生态系统中的关键类群, 珊瑚的白化和死亡往往意味着珊瑚礁生态系统的结构的瓦解^[1~3]。近半个世纪以来, 珊瑚生物受人为直接和间接破坏的情况日益严重, 世界野生动物组织和我国濒危物种委员会已把珊瑚列为二级濒危保护动物, 造礁石珊瑚多样性的现状及在受破坏后的恢复已在国际上引起广泛重视, 但目前还鲜有深入的研究进行。

鹿回头岸礁(109°28'E, 18°13'N)自1990年被划入国家级三亚珊瑚礁自然保护区。该海区是我国岸礁最为发育的地点之一, 也曾是我国造礁石珊瑚的一个集中分布区, 总面积约3 km²。据本文作者之一在60年代的调查^[4~5], 该岸礁上曾生长有90多种造礁石珊瑚, 约占海南岛造礁石珊瑚总数的82%, 但在60年代以来遭到持续的人为破坏。本研究根据不同地段上造礁石珊瑚的恢复程度不同的特点, 在对该岸礁进行全面系统取样调查的基础上, 探讨了群落物种多样性的现状及其在群落发展过程中的变化, 以期对造礁石珊瑚的多样性有更多一些的了解, 并为提出珊瑚礁保护和管理的合理措施提供一定的科学依据。

1 研究方法与结果

1.1 取样方法

本研究采用了系统取样中的样条取样法^[6], 以反映群落梯度的变化。自西南岬角东北1 km处开始, 以0.7 km间隔取与岸线切线方向垂直的4个样条(图1)。在各个样条上, 每

隔 1 m 取 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 的样方, 测量记录样方中各个造礁石珊瑚群体的大小、种类及环境特征等, 详细描述见于登攀等^[2]。

1.2 现阶段群落组成的数量特征

根据调查数据, 分别计算各个种的相对多度(某个种的群落总数与群落所有种的群体数之比)、相对覆盖度(某个种全部群体的覆盖面积与群落所有群体的覆盖面积之比)、相对频度(某个种的频度与所有种的频度总和之比, 其中频度为一个种出现的样方总数与调查样方的总数比)和重要值(以上 3 个指标之和)^[8~10]。

分析结果表明: 鹿回头岸礁现共有造礁石珊瑚 56 种, 与 60 年代尚未受严重破坏时的 90 余种减少了约 1/3。现存群落在种级组成上的均匀度较高, 仅澄黄滨珊瑚 *P. lutea* 占明显优势, 重要值百分数达 23, 另有 35 个种为 7~1 之间; 其余 22 个种的重要值百分数则不到 1; 属级组成中优势较高的是滨珊瑚属 *Porites*、菊花珊瑚属 *Goniastrea* 和鹿角珊瑚属 *Acropora*; 重要值百分数为 27、16 和 14; 蜂巢珊瑚科 *Faviidae*、滨珊瑚科 *Poritidae* 和鹿角珊瑚科 *Acroporidae* 为科级优势类群, 重要值百分数分别 31、23 和 21。

1.3 群落物种多样性的现状

本研究根据造礁石珊瑚群落的特点及取样数据, 选择使用了以下多样性指数的测度方法, 分别计算了群落整体和各环境梯度地段的多样性。

(1) α -多样性及均匀度^[8,9,11]。

a. Shannon-Wiener 指数(D_{sw})和均匀度(R_{sw})

$$D_{sw} = - \sum P_i \log P_i \quad (1)$$

$$R_{sw} = D_{sw} / \log S \quad (2)$$

b. McIntosh 指数(D_{mc})和均匀度(R_{mc})

$$D_{mc} = (N - \sum N_i^2) / (N - N_i) \quad (3)$$

$$R_{mc} = (N - \sum N_i^2) / N(1 - 1/S) \quad (4)$$

以上(1)~(4)式中 P_i 是一个群体属于第 i 种的概率, 可用 $P_i = N_i / N$ 求出; N_i 是第 i 个种的群体数; $N = \sum N_i$ 为全部种的群体数之和; S 为群落包含的种数。

(2) β -多样性^[8,9,11]

a. Whittaker 指数(β_w)

$$(\beta_w) = (S/A) - 1 \quad (5)$$

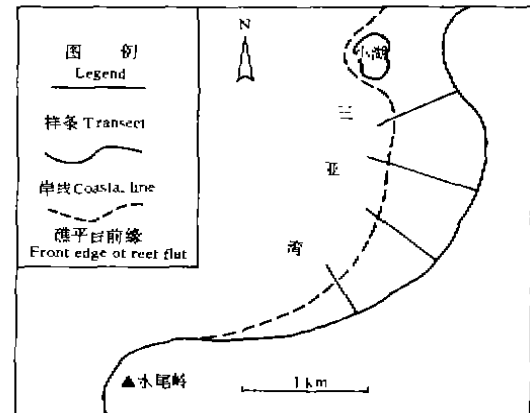


图 1 取样及样条位置示意图

Fig 1 Study site and position of transects

b. Wilson 指数(β_i)

$$\beta_i = (G - L) / 2A \quad (6)$$

(5)和(6)式中, S 为所研究系统中记录到的总种数; A 为群落环境梯度上所发现物种的平均数; G 是沿环境梯度增加的物种数; L 为沿环境梯度减少的物种数。

所得结果总结于表 1 和图 2。

1.4 物种多样性的动态分析

表 1 鹿回头岸礁造礁石珊瑚群落的多样性指数

Table 1 Diversity indices of the existing hermatypic coral community on Luhuitou Fringing Reef

	α -多样性 α -diversity			β -多样性 β -diversity		
	H_{su}	R_{cw}	D_{MC}	R_{H_1}	β_w	β_i
种级	3.15	0.77	0.72	0.80	18.46	19.14
属级	2.19	0.73	0.62	0.78	5.20	6.84
科级	1.55	0.67	0.50	0.71	3.248	3.82

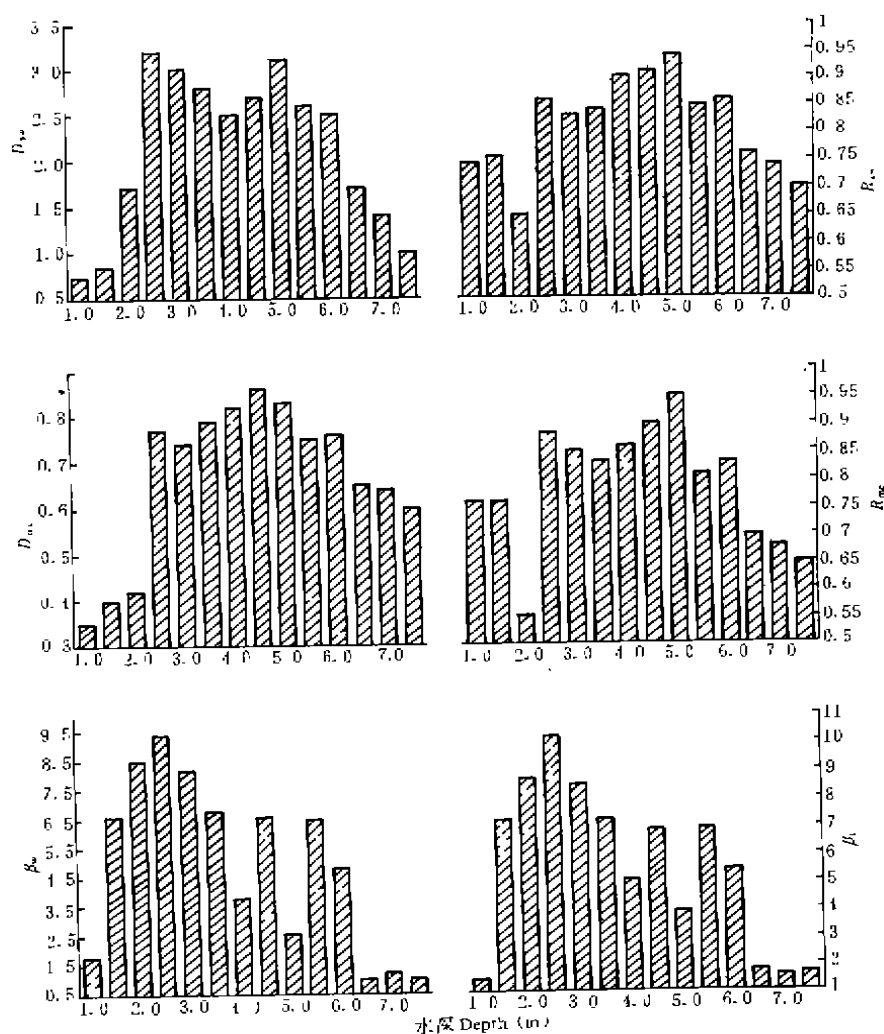


图 2 多样性指数的环境梯度变化

Fig. 2 Variations of species diversity indices along environmental gradients

在对群落演替的阶段和过程进行分析的基础上*,利用各个种的生长率^[12, 13],以各样方中年龄最大群体的年龄作为该梯度范围群落片段的演替时间(successional age),并按照各地段的演替年龄和对应的环境梯度对原始取样调查数据进行统计,从而获得分析群落物种多样性动态所需的有关数据。通过综合对比不同年龄地段的总种数、多样性指数、均匀率和组成成分的相对数量,可以看出物种多样性在群落演替过程中的变化动态(图 3)。

2 讨论

2.1 现阶段群落的物种多样性特征

现阶段群落成分组成的数量特征和物种多样性的分析结果均说明,鹿回头造礁石珊瑚群落总体的多样性和均匀度指数都较高,但在不同环境梯度上的表现又有明显差异。总的来说,中等水深(2.5~5.0 m)地段的环境条件适于大多数种类的生长,是造礁石珊瑚在该岸礁的主要分布地段。潮间带和潮下带之间(水深 2.5 m 左右)以及礁平台与向海斜坡(水深 5.0 m 左右)之间的过渡地段的多样性指数高于相邻地段,说明它们的环境条件复杂,种类分布的镶嵌程度高,这与群落交错带(ecotone)的效应在本质上应是相同的。

2.2 造礁石珊瑚物种多样性动态格局形成的机制

群落的物种多样性是时间、空间、气候、竞争、捕食和生产等多种因素综合影响的结果^[14]。从本文的研究结果来看,造礁石珊瑚群落物种多样性的变化则主要表现在时间、空间和种间竞争 3 方面。在生态时间上,群落在演替的早期是非饱和的,较高演替阶段中的优势种类的侵入尚需一定的时间和条件,多样性因而较低;随着群落的发展和环境条件的改善,群落种类的丰富度和覆盖度逐渐增高,种间竞争亦随之加剧;这些方面的综合作用使得物种多样性在群落的发展过程中表现出由低到高、平衡、进而下降直到稳定的势态。在空间上,不同地段群落片段的物种多样性与其环境的异质性(heterogeneity)密切相关^[15, 16],如过渡地段的生境复杂,种类分布的镶嵌程度高于其他地段;同时,群落的发展在一定程度上改变了原来的生境条件,特定地段的空间异质性亦随之变化。因此,群落整体和群落在不同环境梯度的物种多样性有着特定的时空格局,而决定这种格局的根本原因

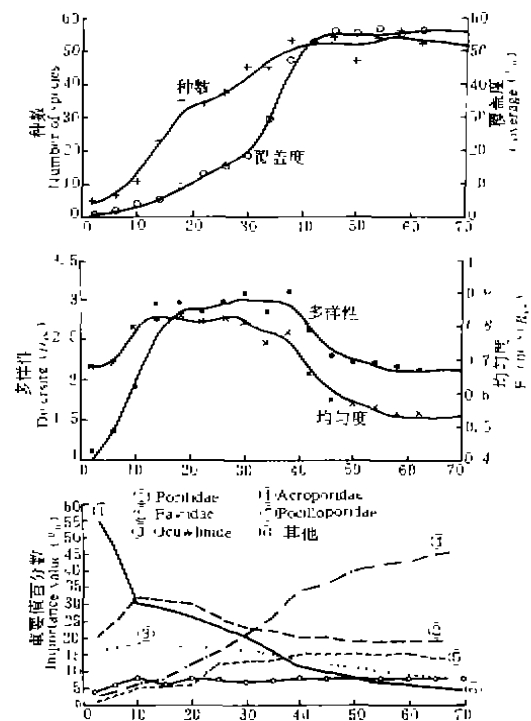


图 3 群落演替过程中的物种多样性动态

Fig. 3 Dynamics of species diversity in community succession

* 于登攀,邹仁林,鹿回头造礁石珊瑚群落演替系统的分析与预测,待发表。

是群落自身及与其相互影响的生境条件的共同作用。

2.3 珊瑚礁保护和管理方面的有关启示

从鹿回头造礁石珊瑚群落多样性的现状看,中等水深地段是造礁石珊瑚的集中分布区,应当成为珊瑚礁自然保护和管理的重点区域;从群落多样性的动态看,物种多样性的恢复以生境条件的改善为先决条件,珊瑚自然保护区保护和管理的对象不仅仅是珊瑚礁生物本身,还必须同时把其栖息生境的多样性包括在内。

参 考 文 献

- 1 Endean R and Cameron A M. Trends and new perspectives in coral reef ecology. In: Z. Dubinsky (Editor), *Coral Reefs, Ecosystems of the World*. Vol. 25. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo: Elsevier. 1990, 440~462
- 2 Glynn P W. The impact of *Acanthaster* on coral and coral reefs in the eastern Pacific. *Environ. Conserv.* 1974, 1: 285~304
- 3 Glynn P W. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*. 12(1): 1~18
- 4 邹仁林等. 海南岛珊瑚礁垂直分带的初步研究. 海洋与海岸, 1966, 8(2): 153~160
- 5 邹仁林等. 海南岛浅水造礁石珊瑚. 北京: 科学出版社, 1975
- 6 Loya Y. Plotless and transect method. In: D. R. Stoddart and R. E. Johannes (eds). 1978. *Coral Reefs: research methods*. U. K. (Norwich); Page. Brothers Ltd. UNESCO. 1978, 197~230
- 7 于登攀, 邹仁林. 鹿回头岸礁造礁石珊瑚物种多样性的研究. 生态学报, 1996, 16(5): 469~475
- 8 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990
- 9 Magurran A E. *Ecological Diversity and Its Measuremen*. Princeton, New Jersey: Princeton Univ Pres. 1988
- 10 Pielou E C. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley & Sons Inc. 1975, 1~30
- 11 马克平. 生物群落多样性的测度方法. 见: 钱迎倩, 马克平(主编), 生物多样性的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 141~165
- 12 Ma T Y H. *On the Growth Rate of Reef Corals and Its Relation to Sea Water Temperature*. Nanking, China: National Institute of Zoology and Botany Academia Sinica. 1937
- 13 Ma T Y H. *Effect of Water Temperature on Growth Rate of Reef Corals*. the second series of private research publication. 1959. 1~90
- 14 Putman R J and Wratten S D. *Principles of Ecology*. London and Canberra: Croom Helm Australia Pty Ltd. 1984. 320~337
- 15 Dutilleul P. Spatial heterogeneity and the design of ecological field experiments. *Ecology*, 1993, 74(6): 1646~1658
- 16 Tilman D. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology*, 1994, 75(1): 2~16