

大亚湾核电站邻近水域浮游纤毛虫群落结构^{*}

徐润林 白庆笙

(中山大学生命科学学院, 广州 510275)

摘要 应用蛋白银染色法及沉淀法分别对采自大亚湾水域的浮游纤毛虫进行了定性和定量分析. 根据各样点浮游纤毛虫群落的结构参数确定了该水域浮游纤毛虫群落有以下特点: 群落的种类数从 9~29 种不等, 密度从 2 000~13 400 ind/L; 群落的优势种为腹羽急游虫 (*Strombidium ventropinnum*) 和球形急游虫 (*Strombidium strabila*); 群落的生物多样性指数为 2.713 2~4.233 9. 并结合采样点的位置分析了大亚湾核电站冷却水对浮游纤毛虫群落的影响.

关键词 浮游纤毛虫, 群落结构, 大亚湾

分类号 Q 958.159

浮游纤毛虫对环境的各种压迫有着显著不同的反应, 并可通过群落的结构参数和功能参数的差异表现出来. 所以任何一个浮游纤毛虫群落的结构特点都可以反映出该群落所处的环境状况. 因而它们在生态系统中的作用也越来越受到人们的重视. 国外许多学者在这一领域作了大量的工作; 而在我国同类的研究则多集中在淡水环境中, 对沿岸海域浮游纤毛虫的研究工作进展比较缓慢. 早期的工作主要集中在纤毛虫的分类学研究^[1]. 本文研究了大亚湾核电站冷却水对周围水环境的影响. 研究目的方面是为了阐明核电站冷却水对水域浮游纤毛虫群落的影响; 一方面也是填补我国在海洋浮游纤毛虫生态学研究上的空白.

大亚湾位于南海北部, 地理位置约 22°30'~22°50' N, 114°30'~114°50' E. 西临广东省深圳市, 北近惠州市. 大鹏澳是大亚湾水域的一部分, 它位于大亚湾的西南侧, 平均水深约 10 m. 该水域的北岸有大亚湾核电站; 南岸是大鹏半岛; 西岸是新兴的工业区和旅游点.

1 材料和方法

1.1 样品采集

在大亚湾核电站邻近水域 (即大鹏澳) 设置 20 个采样点 (图 1). 采样时间为 1998 年 4 月. 每个采样点上采集 2.5 L 表层水样; 水样用新配制的 Bouin 氏液固定; 固定液与水样最终的体积比为 1:20. 同时记录相关的水温. 采集后的样品经沉淀浓缩为 50 mL.

^{*} 中国科学院南海海洋研究所大亚湾海洋生物综合实验站开放基金 (P9408) 和广东省科委青年基金资助项目

收稿日期: 1997-07-10 徐润林, 男, 37 岁, 副教授

1.2 样品的处理

(1) 定性分析: 取 10 mL 缩后的样品按照 Foissner^[2] 的蛋白银 Protargol 染色法进行染色和制片。

(2) 种类的鉴定和分类: 光镜下观察各样品中的种类组成。分类按照 de Puytorac^[3] 的分类系统。

(3) 定量分析: 取 0.1 mL 的浓缩样品置于浮游生物计数框中; 光镜 ($\times 250$) 下计数; 所得结果换算成浮游纤毛虫的密度。

(4) 浮游纤毛虫群落的生物多样性指数计算: 选用 Shannon-Weaver 多样性指数并按

下式进行计算: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \lg_2 P_i$ ($P_i = N_i / N$, $S =$ 总种数)

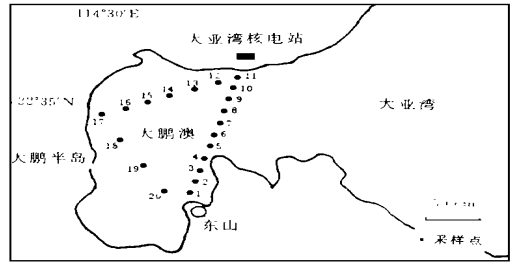


图 1 采样点分布图

Fig. 1 A map of sampling sites

2 结 果

表 1 所列为大亚湾核电站邻近水域浮游纤毛虫群落的一些结构参数, 如种类数、密度、群落生物多样性指数和优势种等。

表 1 浮游纤毛虫群落的种类数、密度、群落生物多样性指数和优势种

Tab. 1 The species numbers, abundance, biodiversity indices and dominant species of planktonic ciliate communities at different sites

采样站点	种类数	密度 (ind/L)	多样性指数	优 势 种
1	23	4 800	3.826 6	<i>Strom. ventropinnum</i> , <i>Strom. strobila</i>
2	24	9 200	3.279 4	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. ventropinnum</i>
3	28	7 800	4.233 9	<i>Strom. strobila</i> , <i>Urotricha cytronucleata</i>
4	21	6 200	3.839 3	<i>Strom. strobila</i>
5	21	4 200	3.631 4	<i>Strom. strobila</i> , <i>Mesodinium rubrum</i>
6	26	5 800	4.047 6	<i>Strom. strobila</i> , <i>Mesodinium rubrum</i>
7	28	5 600	3.524 9	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strob. spiralis</i>
8	23	5 200	3.692 2	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. lynni</i>
9	21	3 600	2.954 7	<i>Strom. ventropinnum</i> , <i>Strom. strobila</i>
10	12	2 200	2.899 1	<i>Strom. ventropinnum</i> , <i>Strom. strobila</i>
11	12	2 000	2.859 9	<i>Strom. ventropinnum</i> , <i>Strom. strobila</i>
12	13	4 000	3.140 2	<i>Strom. ventropinnum</i> , <i>Strom. strobila</i>
13	10	4 600	2.747 0	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. ventropinnum</i>
14	9	4 200	2.713 2	<i>Strom. strobila</i>
15	20	9 600	3.481 4	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. ventropinnum</i>
16	29	12 600	3.807 0	<i>Strom. strobila</i> , <i>L. ovifermis</i>
17	25	11 200	3.855 1	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. ventropinnum</i>
18	27	13 400	3.404 0	<i>Strom. strobila</i> , <i>L. ovifermis</i>
19	20	9 200	3.773 5	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. ventropinnum</i>
20	17	7 800	3.448 9	<i>Strom. strobila</i> , <i>Strom. ventropinnum</i>

从表中可见: 在各样点中浮游纤毛虫群落的种类组成、虫体密度及群落生物多样性指数都有差异, 其中种类数从 9~ 29 种不等; 种类最多的出现在 1 号样点 (29 种); 种类最少的是在 14 号样点 (9 种); 密度最低的是在 1 号样点 (2 000 ind/L); 密度最大的是 18 号样点 (13 400 ind/L); 群落生物多样性指数最高的是 3 号样点 (4. 2339); 最低的是 14 号样点 (2. 7132). 各样点的优势种主要是腹羽急游虫和球形急游虫.

根据采样点与核电站的直线距离, 将 9~ 14 号样点分为 I 组, 1~ 8 号样点和 15~ 20 号样点分为另组. 比较后发现前组中平均群落的种类数仅为后组的 1/3; 而丰度还不及 1/2. 统计学处理得: 这 2 组在种类数及丰度值上均有极显著地差异 ($P < 0. 01$).

3 讨 论

3. 1 大亚湾核电站邻近水域浮游纤毛虫的群落结构

从种类组成上看, 这一水域浮游纤毛虫的组成与国外的同类研究结果相似, 即大多种类为寡毛类 (Oligotrich). 从丰度上讲与美国太平洋东海岸的纤毛虫密度接近^[4, 5]. 由于大亚湾水域地处南中国海的沿岸, 而沿岸水域可从流自大陆的河流及其它地表径流得到丰富的营养物质, 因而在这种水域中包括浮游纤毛虫在内的各种原生动物的数量都较外海的多. 与地处南中国海南部的南沙群岛水域浮游纤毛虫群落的丰度相比也可证明这一点^[6]. 比较本研究中各采样点浮游纤毛虫群落的生物多样性指数可以发现: 数值较低的样点都是位于核电站附近, 其数值变化范围为 2. 713 2~ 3. 140 2; 相反, 多样性指数较高的样点都远离核电站, 其数值变化范围为 3. 279 4~ 4. 233 9.

3. 2 大亚湾核电站邻近水域浮游纤毛虫群落的分布特征

由于各样点浮游纤毛虫群落的优势种相对一致, 因而可以基本确定这一水域的浮游纤毛虫群落是以腹羽急游虫和球形急游虫为主要优势种的. 从浮游纤毛虫在各样点的密度变化看, 差异较大. 具体表现在距核电站冷却水排放口较近样点的密度较低 (9~ 14 号样点); 远离冷却水排放口的密度较高 (2~ 8 号以及 15~ 19 号样点), 但最靠近岸边的又有所下降 (1 号和 20 号样点). 由于浮游纤毛虫在水中的分布会受到众多的环境因子的影响, 故这种现象的出现与水环境状况有着密切的关系. 同我国其它沿海水域有所不同, 由于核电站的建成, 大亚湾水域已引起国内外的广泛关注, 特别是核电站建成后产生的温排水会给周围水域带来哪些影响, 也成了大亚湾水域生态学研究的重点. 对于核电站温排水 (冷却水) 对附近水生生物的影响, 国内外都有报道^[7]. 例如: 温排水使得周围水域浮游植物的生物量降低以及引起初级生产下降; 在法国地中海沿岸, 春季里电厂温排水使得浮游植物的数量明显减少. 温排水使周围环境水温的升高对于动物来讲同样产生一定的影响, 对于低等无脊椎动物影响更甚. 比如, 在美国 Narrangansett 湾水温的升高使得纺锤水蚤 (*Acartia clausi*) 的生长被抑制. 另外, 由于电厂温排水中还含有较周围水环境中浓度高的氯, 因此温排水对环境的影响不仅是温度的提高, 而且产生了化学方面的毒性作用, 不仅对周围水域中的浮游生物有影响, 而且对底栖生物和微生物也同样有影响. 对微生物的影响主要是使得它们的生长受到抑制, 进而使微生物的生物量下降.

有关大亚湾水域及核电站邻近水域 (大鹏澳) 海洋生物生态学及水环境的研究国内已有不少报道, 但一直未见有关纤毛虫方面的研究. 本研究的结果表明: 核电站的建立对周围浮游纤毛虫群落的分布产生一定的影响. 这种影响不仅作用于浮游纤毛虫群落的种类组成而且也作用于浮游纤毛虫的丰度. 大量的纤毛虫生态学研究结果表明: 浮游纤毛虫的分布主要受水温、食物的分布以及以浮游纤毛虫为食的大型浮游动物的数量影响. 在研究中我们发现: 虽然大亚湾核电站附近样点的水温 (9~ 12 号样点) 明显较其它样点的高, 但仍

没有高到浮游纤毛虫无法耐受的程度。因而,该水域浮游纤毛虫群落的结构特点应更多地从其它生态因子角度去考虑。由于纤毛虫主要是以水细菌为食的,故水细菌的减少必然引起纤毛虫食物的匮乏,进一步使得纤毛虫的分布和丰度受到影响。同一水域浮游动物水平分布调查显示:在春、秋季节,靠近核电站一侧的丰度较低;较大型的浮游动物数量在这里则丰度较大^[8]。因此,在大亚湾核电站附近水域浮游纤毛虫的分布才会出现离核电站越远,浮游纤毛虫的种类数越多、丰度越大。至于离岸最近的 1 和 20 号样点浮游纤毛虫丰度又有所下降,应从岸边人类的活动影响角度去考虑,加上沿岸水域的水环境的变化远较开阔水域来得剧烈,这同样可使浮游纤毛虫群落在结构上有所不同。

从以上的分析可以得出:大亚湾核电站冷却水(温排水)对周围水体中的浮游纤毛虫群落产生了一定的直接影响,但影响程度和范围并不大;而更多地是通过影响了水体中的细菌、藻类和大型浮游动物数量和分布而对浮游纤毛虫群落产生的间接影响,其影响范围约为 400~750 m。

参 考 文 献

- 1 林金美.纤毛门.见:黄宗国.中国海洋生物物种与分布.北京:海洋出版社,1994.69~78
- 2 Foissner W. Basic light and scanning electron microscopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa. *Europ J Protistol*, 1991, 27: 313~330
- 3 de Puytorac P. Infusoirs cilies. *Traite de Zoologie*, 1994 (2): 1~880
- 4 Hargraves P E. Seasonal variation of tintinnids (Ciliophora, Oligotrichida) in Narrangansett Bay, Rhode Island USA. *J Plank Res*, 1981, 3: 81~91
- 5 Verity P. Abundance, community composition, size distribution and production rates of tintinnids in Narrangansett Bay, Rhode Island. *Est Coast Shelf Sci*, 1987, 24: 671~690
- 6 徐润林.南沙群岛海区浮游原生动物的生态学研究(II):群落生物多样性的再分析.见:中国科学院南沙综合科学考察队编.南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究(II).北京:海洋出版社,1996.28~37
- 7 须藤隆一.水环境净化及废水处理微生物学.北京:中国建筑工业出版社,1988.1~415
- 8 徐恭昭.大亚湾环境与资源.合肥:安徽科学技术出版社,1989.322

Community Structures of Planktonic Ciliates in the Water Near to Dayawan Bay Nuclear Power Plant

Xu Runlin* Bai Qingsheng

Abstract The methods of Protargol staining and sedimental counting were adopted in quantitative and qualitative analyses of planktonic ciliates from Dayawan Bay. Based upon the structural parameters of the planktonic ciliates, some characteristics of planktonic ciliate communities are shown as follows: the planktonic ciliate communities were composed of 9 to 29 species of ciliates; the abundances were from 2 000 to 13 400 ind/L; the dominant species of the communities were *Strombidium ventropinnum* and *Strombidium strobila*; and the community biodiversity indices were from 2.713 2 to 4.233 9. The influences of cooling water from Dayawan Nuclear Power Plant on the planktonic ciliate communities were analyzed as well.

Keywords planktonic ciliates, community structure, Dayawan Bay

* School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China