

南极夏季普里兹湾桡足类优势种的 产卵量和种群结构*

张光涛 孙 松

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 1998 年 12 月—1999 年 1 月在南极普里兹湾采用现场培养的方法对大、中型桡足类优势种尖角似哲水蚤 (*Calanoides acutus*)、戈氏长腹水蚤 (*Metridia gerlachei*) 和巨锚哲水蚤 (*Rhincalanus gigas*) 进行了实验研究,同时根据浮游动物垂直拖网的样品分析了它们的种群结构。结果表明,在实验中,*C. acutus* 和 *M. gerlachei* 的平均产卵量分别为 13.3(5—49) 和 5(4—12) 个/雌/天;*R. gigas* 没有产卵。随后对获得的卵进行连续观察,所有的卵均没有孵化。通过标本分析发现,*C. acutus* 夏季的种群结构为双峰态,尤其是陆冰缘站,新生个体主要是 CI 期桡足幼体,而越冬个体包括 CIV、CV 和雌性成体。*R. gigas* 的种群结构特征不明显,新生个体为 12 月末发现的大量集中分布的无节幼体。*M. gerlachei* 表现出和 *C. acutus* 相似的丰度分布特性,但其种群结构主要是成体和晚期幼体。

关键词 普里兹湾,桡足类,种群结构,产卵量,生活史

中图分类号 Q958.885.3

南大洋独特的物理环境使得长期在其中生活的桡足类具有了与温带海洋不同的生活史策略。虽然其中的一些细节仍不清楚,但大体上包括三种类型(Atkinson, 1998): (1) 植食性种类:春季浮游植物开始快速增殖时,它们的晚期幼体升至表层摄食、生长、产卵,幼体孵化后在饵料丰富的夏季发育长大,到夏季结束时已发育到第 IV 或 V 期的桡足幼体并且积累了大量的脂类物质,随后迁入 500m 以下的水层越冬; (2) 杂食和残食生活的种类:它们具有更长的生长季节和更广泛的食性,除浮游植物外还摄食原生动物和小型的浮游动物以及动植物的尸体和粪便,冬季也并非完全的休眠,而是少数迁移到深层越冬,多数仍停留在浅水层并保持一定的摄食强度(Marin *et al.*, 1993); (3) 与季节性冰情紧密联系在一起的生活史类型,主要是指生活史的某一阶段需要在冰内完成的剑水蚤和猛水蚤种类(Kurbjeweit *et al.*, 1993; Schnack-Schiel *et al.*, 1995)。

我国的南大洋生态调查曾经有过关于底栖生物的相关报道(黄凤鹏等, 1999; 蒋南青等, 2000),而有关浮游生物的调查还很缺乏。夏季是南大洋生态系统最活跃的时候,浮游动物的生长和生殖往往都在此期间进行。所以,作者选择种群结构分析和现场培养试验的结果相结合的方法来研究桡足类的早期补充。产卵量的方法是最近十年发展起来的一

* 中国科学院九五重大项目 A, K2851-A1-205 号; 国家科技攻关资助项目, 98-927-01-02 号。张光涛, 男, 出生于 1976 年 1 月, 博士生, E-mail: gtzhang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2000-06-12, 收修改稿日期: 2001-05-15

种研究种群动力学和次级生产力的有效手段, 已经有了大量的实践, 但在极地海域开展的还很少。另外, 本研究调查的网具网目较小, 能充分反映出幼体的分布状况。

1 材料与方法

CHINARE(中国南极考察)-XIII 和 XV (XIV 由于冰情原因资料不全) 在普里兹湾(70—78°E, 62—69°S) 进行了中小型浮游动物调查。采用 330 μ m 北太平洋网作 0—200m 垂直拖网, 样品用中性福尔马林保存, 回到实验室分类计数。对于桡足类优势种, 尽可能按发育期逐一进行鉴定, 其余则分成体、桡足幼体和无节幼体分别计数 (Andrews, 1966; Brady, 1883; Otohiko, 1960)。0—200m 水层所有个体数量之和作为丰度指标 (图 1), 以各年龄段所占比例表示种群结构。

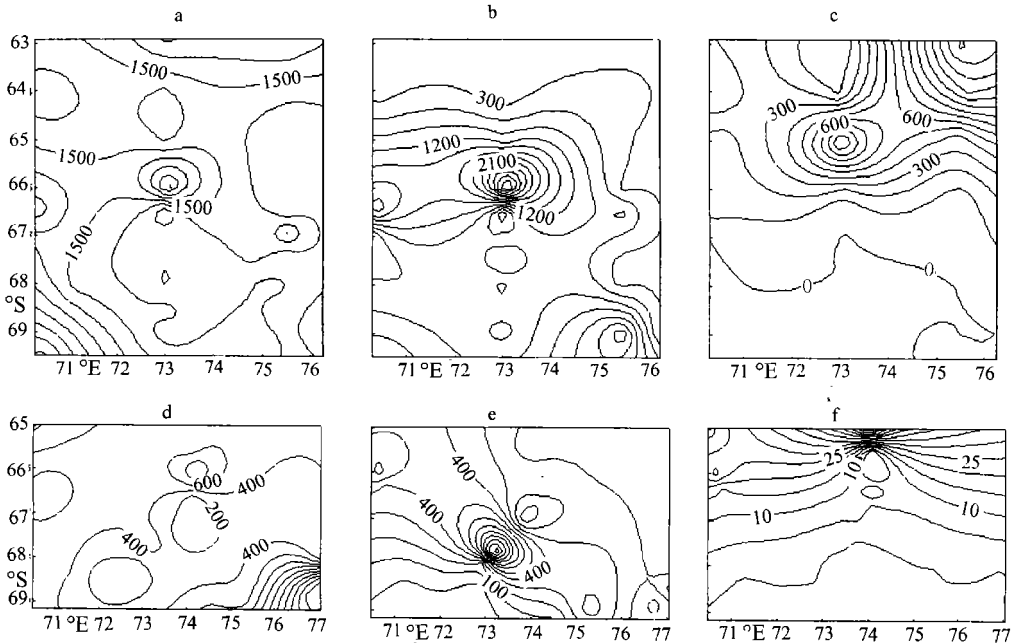


图 1 优势种丰度分布示意图

Fig. 1 Abundance distribution of dominant copepod species

图中等值线数据单位为: ind/m²。a, b, c 表示 CHINARE-XV 航次, d, e, f 表示 CHINARE-XIII 航次。a, d: 尖角似哲水蚤 (*Calanoides acutus*); b, e: 戈氏长腹水蚤 (*Metridia gerlachei*); c, f: 巨锚哲水蚤 (*Rhinalanus gigas*)

CHINARE-XIII 的浮游动物调查于 1997 年 1 月 9—23 日展开, 而 CHINARE-XV 则分两个阶段完成 (1998 年 12 月 17—25 日和 1999 年 1 月 12—20 日)。另外, 还在 1998 年 12 月 5 日在“雪龙”船破冰的航道上加了一个陆缘冰站 (68°56′S, 76°15′E), 用来研究早期种群的发育状况。

活体培养实验时将网采的样品迅速倒入盛满表层水的水桶转移至低温实验室, 取雌性成体置于下部有 300 μ m 的筛绢隔开的培养瓶中 (防止卵被成体取食), 用 70 μ m 筛绢过滤的表层海水培养, 隔 24h 取下部水样镜检计数卵的数量, 并将卵置于培养皿中用 20 μ m 筛绢过滤的海水作孵化实验, 定期观察孵化结果, 培养实验一般持续 7 天以上。

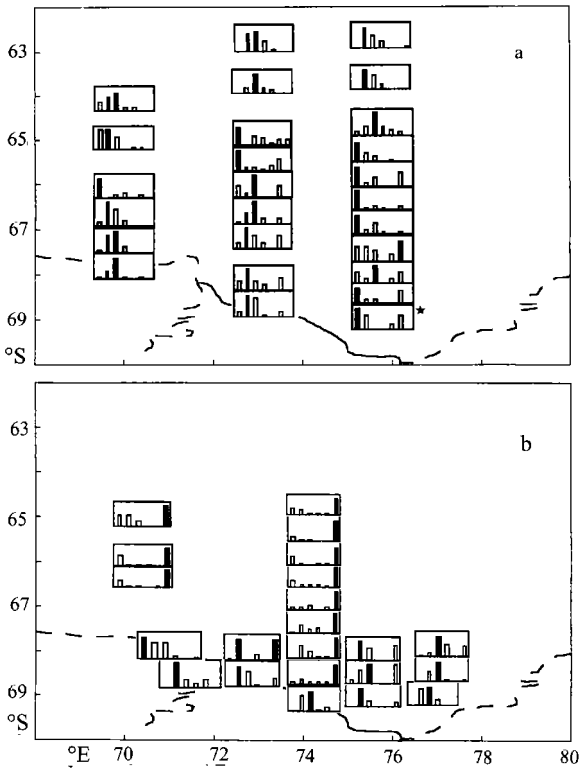


图2 尖角似哲水蚤(*C. acutus*)种群结构比例示意图

Fig. 2 Population structure of *C. acutus*

a. CHINARE-XV 航次; b. CHINARE-XIII 航次。柱状图中自左至右依次表示: 成体、CI、CII、CIII、CIV、CV、CVI 期桡足幼体; 黑色柱表示比例最大者。★所示为陆冰缘站

在陆冰缘站只包含生活史的4个阶段: 成体、CI、CIV 和 CV, 分别占 38%、26%、10% 和 26%, 代表了一个成长初期的种群, 此时当年种群只发育到 CI。

2.2.2 巨锚哲水蚤(*R. gigas*) 由于调查区域的关系, CHINARE-XIII 的样品中只有少数的巨锚哲水蚤, 没有对其进行年龄结构分析, 只对 CHINARE-XV 样品分析了其种群结构(图4)。在12月初发现了其无节幼体的大量发生, 并且只集中分布在局部区域(图3)。

2.2.3 戈氏长腹水蚤(*M. gerlachei*) 是目前为止生活史所知最少的种

2 结果与分析

2.1 丰度的地理分布

与 CHINARE-XV 相比, CHINARE-XIII 的调查范围纬度跨度较小(图1), 在优势种丰度上最明显的反映就是巨锚哲水蚤(*R. gigas*) 的平均数量水平减少了一个数量级, 这和其国际上普遍接受的极锋带分布特性(Ommanney, 1936) 恰好吻合。尖角似哲水蚤(*C. acutus*) 和戈氏长腹水蚤(*M. gerlachei*) 的数量接近, 虽然存在年度分布差异, 但其分布中心基本重叠(这里未考虑垂直分布特性), 而 *R. gigas* 保持了其低纬度分布特性。

2.2 种群的年龄结构

2.2.1 尖角似哲水蚤(*C. acutus*)

是计数最为详细的种类, 其不同站位的种群结构如图2所示。在图2a中, 早期桡足幼体和成体是种群中比例最大的成分, 而大部分以晚期桡足幼体为主, 其次为 CII 幼体, 只有一站成体所占比例最大。

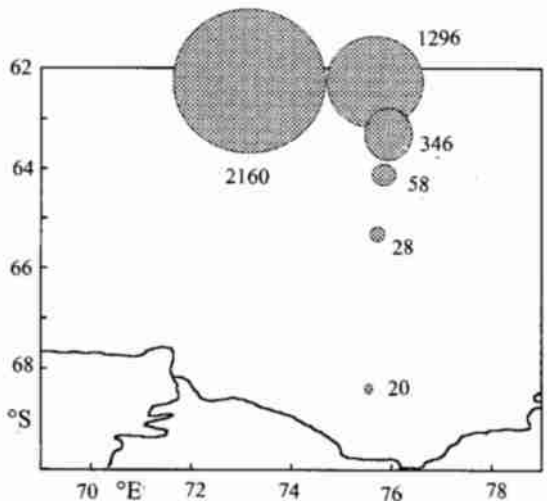


图3 *R. gigas* 的无节幼体分布示意图(ind/m²)

Fig. 3 Distribution of *R. gigas* nauplii (ind/m²)

类, 虽然具有与 *C. acutus* 相接近的密度, 但成体和 CV 期幼体占绝大部分, 极少发现早期幼体。

2.3 产卵量

对 *C. acutus*、*R. gigas* 和 *M. gerlachei* 进行了现场培养, 在所有实验中, 除 *R. gigas* 外, 另外两种都观察到了产卵现象(图 5), 平均产卵量分别为每只雌体每天 13.3(5—49) 只和 5(4—12) 只, 种间差异较大。在室内和室外 0℃、-1℃、1℃ 三个温度条件下进行了孵化实验, 所有卵均未孵化。

3 讨论

C. acutus 的年龄组成表现为双峰结构, 越冬群体已成长为晚期幼体或是成体, 新生群体也成长为 CI 或 CII 期的绕足幼体。作为发育早期群体的代表, 陆冰缘站简单的种群结构最具有说服力, CI 期绕足幼体占 1/4 以上, 为春季补充而来, 雌性成体此时所占比例超过 1/3, 越冬个体此时也大都发育到了 CV、CVI 期。

按照 *C. acutus* 从卵到无节幼体结束需要 25 天(Ward *et al*, 1998), 根据陆冰缘站的种群结构推测产卵孵化可能发生在 11 月初, 这与半岛地区的结论基本一致(Andrews, 1966; Huntley *et al*, 1991), 不同的是 Andrews(1966) 认为生殖过程是连续的, 如果这样的话种群的年龄结构也应该是连续的, 但实际上在调查的过程中种群结构表现为两个独立的峰值, 分别代表两个不同年度的个体, 尤其是在陆冰缘站 CI 占绝对优势。因此, 生殖过程更象是分散爆发式进行, 12 月和 1 月虽然也产卵, 但象作者在实验中得到的那样基本都不能孵化成功(Burkart 等 1998 年在 Weddell 海也得到过类似结果), 当然并不排除实验受其他未知因素影响的可能。*R. gigas* 的新生群体只发育到无节幼体, 说明其生殖时间较晚, 可能在 11 月底。从密度上看, 接近成体和绕足幼体的密度之和, 其生殖时间可能一年中只有一次。

发现 *C. acutus* 的 CI 期的绕足幼体时, 陆冰缘站尚有 1m 厚的冰, 即便成体可以利用储存的脂类, 早期幼体生长肯定借助于冰下摄食, 只是尚无法确定利用的海冰内部的冰藻、冰下水柱中的浮游植物, 还是二者兼有。由于冰藻生活在海冰中, 当海冰融化时它便成为絮状逐渐向下层沉降, 冰藻虽然数量巨大, 但在食物网中的作用却小得多。Atkinson

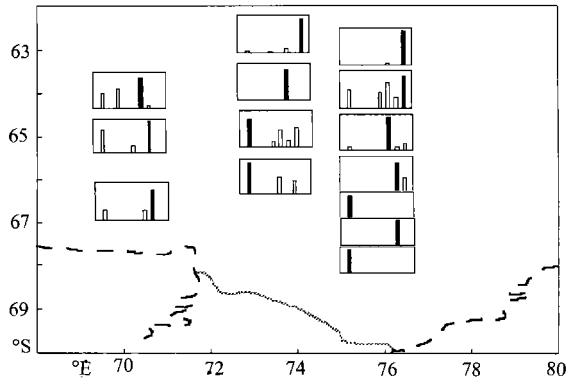


图 4 *R. gigas* 的种群结构比例示意图

Fig. 4 Population structure of *R. gigas*

柱状图中自左至右依次表示: 成体、CI、CII、CIII、CIV、CV、CVI 期绕足幼体; 黑色柱表示比例最大者

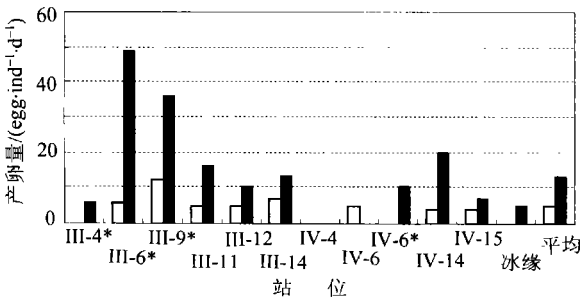


图 5 产卵量实验结果

Fig. 5 Results of egg-laying experiments

* 表示单只培养。黑色柱表示 *C. acutus*, 白色柱表示 *M. gerlachei*

(1998)认为没有足够的证据说明 *C. acutus* 利用冰藻; Schnack-Schiel 等(1991)在10月份用 水体中的浮游植物培养 *C. acutus* 时也没记录到摄食现象,然而当提高食物浓度时出现摄食, 并且指出从10月至11月底雌性成体和 CV 期幼体的游泳和呼吸作用明显增强。在调查区域附近对冰藻和水体中叶绿素浓度的研究包括: 吕培顶(1986)在戴维斯站近岸发现 冰雪层以下海水的叶绿素浓度在11月份达到最大值 $13.94\text{mg}/\text{m}^3$, 此时冰层中冰藻的生物量也达到 $81.69\text{mg}/\text{m}^3$ 的最大值(张坤诚等, 1986), 何剑锋等1992年12月也在中山站内拉 峡湾纪录到了 $21.4\text{mg}/\text{m}^3$ 的叶绿素最高值, 与 *C. acutus* 的生殖开始期恰好吻合(何剑锋 等, 1996)。然而, 李超伦等(2000)在同步的摄食实验中发现, 浮冰区浮游植物现存量的 10%—60% 被微型浮游动物利用。因此很难确定冰藻和水体中的浮游植物哪一个更重要。

然而, 陆冰缘站虽然出现大量的 *C. acutus* 的 CI 期幼体, 但其数量还是比成体低得 多, 而且该站为总的数量也比后来的调查结果低的多, 所以还有一种可能就是以后还存在 一个明显与水体中的浮游植物相关的生殖高峰。

普里兹湾的群落类型由北向南 依次为北部被囊群落、中部磷虾群落 和近岸群落(Hosie *et al.*, 1994; 张光涛 等, 2000), 按以上方法将站位结合后, 观察其年龄组成随地理位置的变化 (图6)。虽然都表现出双峰态, 但北 部被囊群落和近岸群落都以 CII 为 主, 中部群落却以成体所占比例最 大。造成这些情况的原因, 除地理差 异外, 还可能由于磷虾对早期幼体的

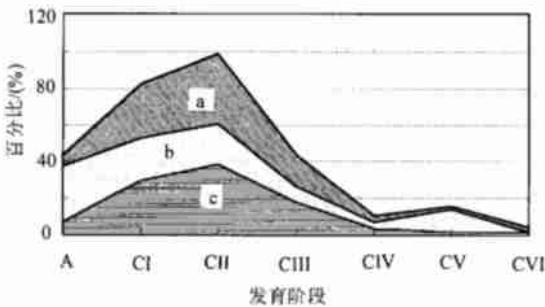


图6 尖角似哲水蚤(*C. acutus*)在不同群落的 年龄结构组成

Fig.6 Age structure of *C. acutus* in different communities
a. 近岸群落; b. 中部群落; c. 被囊群落

摄食倾向(Atkinson, 1999), 遗憾的是在两次调查中都没有足够的磷虾资料可以借鉴。

Voronina(1970)认为 *R. gigas* 的垂直迁移和生殖周期开始的时间都落后于 *C. acutus* 和 *C. propinquus*, 指出可能是为了降低种间食物竞争。另外, *R. gigas* 大量出现的区域往往 纽鳃樽的数量较少, 而且二者同时是被囊群落的优势种(张光涛等, 2000), 所以 *R. gigas* 夏季生殖和分布可能会受到与其他桡足类和纽鳃樽食物竞争的影响。

M. garlachei 是调查期间丰度最大的种, 研究历史认为其生殖可以从冬末一直持续到 夏末(Huntley *et al.*, 1992; Zmijewska, 1987), 但本研究调查期间观察到的产卵量较小, 也未 发现其早期幼体。

参 考 文 献

- 吕培顶, 1986. 戴维斯沿岸海水叶绿素 *a* 含量的季节变化及其与环境因子的关系. 南极科学考察论文集(第三卷). 北京: 海洋出版社, 20—35
- 张光涛, 孙 松, 2000. 普里兹湾浮游生物的群落生态研究(I): 分布和结构. 极地研究, 2: 90—96
- 张坤诚, 吕培顶, 1986. 南极冰藻的生态学研究. 见: 南极科学考察论文集(第三卷). 北京: 海洋出版社, 49—60
- 李超伦, 孙 松, 吉 鹏等, 2000. 南极普里兹湾边缘浮冰区微型浮游动物的摄食及其氮的排泄. 海洋与湖沼, 31(6):

657—663

- 何剑锋, 陈波, 1996. 南极中山站近岸海冰生态学研究 II. 1992 年冰下水柱浮游植物生物量的季节变化及其与环境因子的关系. 南极研究, 2: 23—34
- 黄凤鹏, 吴宝铃, 徐汝梅等, 1999. 南极菲尔德斯半岛潮间带南极帽贝的种群生态学研究——夏季种群数量变化和垂直分布. 海洋与湖沼, 30(6): 616—623
- 蒋南青, 沈静, 徐汝梅等, 2000. 南极菲尔德斯半岛潮间带南极帽贝的种群生态学研究——空间分布图式. 海洋与湖沼, 31(5): 511—517
- Andrews K J H, 1966. The distribution and life history of *Calanoides acutus* (Giesbrecht). Discovery Reports, 34: 117—162
- Atkinson A, 1998. Life cycle strategies of epipelagic copepods in the Southern Ocean. J Marine Systems, 15: 289—311
- Atkinson A, 1999. Krill-copepod interactions at South Georgia, Antarctica, II. *Euphausia superba* as a major control on copepod abundance. Mar Ecol Prog Ser, 176: 63—79
- Brady G S, 1883. Report on the Copepoda. Report on the Voyage of H. M. S. "Challenger", Zoology, Vol. VIII, Part XXIII, 1—142
- Burkart C A, Kleppel G S, 1998. A new incubation system for the measurement of copepod egg production and egg hatching success in the field. J Exp Mar Biol Ecol, 221: 89—97
- Hosie G W, Cochran T G, 1994. Mesoscale distribution pattern of macro-zooplankton community in Prydz Bay, Antarctica-January to February 1991. Mar Ecol Prog Ser, 106: 21—39
- Huntley M, Escritor F, 1991. Dynamics of *Calanoides acutus* (Copepoda: Calanoida) in Antarctic coastal water. Deep-Sea Res, 38: 1145—1167
- Huntley M E, Lopez M D G, 1992. Temperature-dependent production of marine copepods: a global synthesis. Am Nat, 140: 201—242
- Kurbjeweit F, Gradinger R, Weissenberger J, 1993. The life cycle of *Stephos longipes*—an example for cryopelagic coupling in the Weddell Sea (Antarctica). Mar Ecol Prog Ser, 98: 255—262
- Marin V, 1988. Qualitative models of the life cycle of *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus* and *Rhincalanus gigas*. Polar Biology, 8: 439—446
- Marin V, Schnack-Schiel S B, 1993. The occurrence of *Rhincalanus gigas*, *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus* in late May in the area of Antarctic Peninsula. Polar Biology, 13: 35—40
- Ommanney F D, 1936. *Rhincalanus gigas* (Brady) a copepod of the southern macroplankton. Discovery Reports, 13: 277—384
- Otohiko Tanaka, 1960. Systematic account. In Biological results of the Japanese Antarctic Research Expedition 10. Pelagic copepoda. Nippon Printing and Publishing Co., Ltd., HUKUSIMA, OSAKA, 10—167
- Schnack-Schiel S B, Hagen W, 1991. Seasonal comparison of *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus* (Copepoda: Calanoida) in the southeastern Weddell Sea, Antarctica. Mar Ecol Prog Ser, 70: 17—27
- Schnack-Schiel S B, Thomas D, Dieckmann G S *et al.*, 1995. Life cycle of the Antarctic calanoid copepod *Stephos longipes*. Prog Oceanogr, 36: 45—75
- Voronina N M, 1970. Seasonal cycles of some common Antarctic copepod species. In: Holdgate M V ed. Antarctic Ecology. London: Academic Press, Vol. 1, 162—172
- Ward P, Shreeve R, 1998. Egg hatching times of Antarctic copepods. Polar Biology, 19: 142—144
- Zmijewska M I, 1987. Horizontal and vertical distribution of Copepoda in the southern part of the Drake Passage and in the Bransfield Strait (BIOMASS-SIBEX 1983/1984). Pol Polar Res, 8: 381—390

FECUNDITY AND POPULATION STRUCTURE OF DOMINANT COPEPOD SPECIES IN PRYDZ BAY (ANTARCTICA) IN SUMMER

ZHANG Guang-Tao, SUN Song

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

Abstract On the voyage of CHINARE XV, three dominant copepod species *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas* and *Metridia gerlachei* were incubated on board for egg production and hatching success estimation during the austral summer of Antarctica. 13.3 (5—49) and 5 (4—12) eggs•female⁻¹•day⁻¹ on average were obtained, respectively, for *C. acutus* and *M. gerlachei*, and none for *R. gigas*. No egg was hatched successfully. The age structure of *C. acutus* was found bimodal. Special attention was paid to the population found beneath the ice, which includes two separate cohort, newly-generated cohort totally CI (26% of total number) and over-winter cohort comprising CIV (10%), CV (26%) and females (38%). *Rhincalanus gigas* had a more disperse age structure; nauplii was the only composition that can be recognized as the newly-born generation, and no spawn was observed. *Metridia gerlachei* comprised only late copepod stages, although it had a similar distribution pattern to *Calanoides acutus*.

Key words Prydz Bay, Copepod, Population structure, Egg laying, Life cycle