

黄海的毯形帚虫及其幼虫发育*

吴宝铃 陈木** 孙瑞平

(中国科学院海洋研究所)

帚形动物门 Phoronida 全部在海洋中生活,全世界已报告近 20 种,近十年来法人 Emig 作了系统的研究,经他整理后可承认的种大约有 10 个,我国仅 1965 年李复雪报告过在厦门发现过澳大利亚帚虫 *Phoronis australis* Haswell。帚虫在外形上很难区分,必须作切片观察内部形态进行鉴定。1977 年 Emig^[6] 检查了采自厦门保存在美国国立自然博物馆的两个帚虫,经鉴定系毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka。李的标本只描述了外形,种的问题还有待进一步确定。

1962 年,我们在黄海青岛的阴岛潮间带发现了大量群生帚虫。群生生活的帚虫在种的鉴定上非常混乱, Silen^[13] 怀疑日本和太平洋东岸加拿大及北美加利福尼亚的标本是蹄冠帚虫 *Phoronis hippocrepia* Str. Wright, 并认为毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 和温哥华帚虫 *Phoronis vancouverensis* Pixell 可能是蹄冠帚虫的同物异名。1963—1964 年,我们对采自黄海的群生帚虫进行了形态、生态和幼虫发育的研究后,不是蹄冠帚虫,经鉴定为毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka, 现将研究结果报告如下。

毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka

(图 1—12)

Phoronis iijimai Oka, 1897: 147; Emig, 1971: 154.

Phoronis vancouverensis Pixell, 1912: 257.

Phoronis hippocrepia Marsden, 1959: 91.

Phoronis iijimai Emig, 1977: 358.

一、材料和方法

1. 成体的采集地点和时间

1962 年至 1964 年 1—12 月,在青岛阴岛西大洋和毛岛潮间带采集了大量标本。

2. 辐轮幼虫 (Actinotrocha) 的采集地点和时间

1963 年 1 月至 1964 年 12 月,每周两次上午 8—10 时在青岛栈桥附近用浮游生物网采集毯形帚虫的辐轮幼虫。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 445 号。

** 现在福建省水产研究所。

山东海洋学院生物系杨德渐同志对本文提出宝贵意见、协助制片。本所王兴虞同志绘部分图,宋华中同志拍照片,孙道元同志协助采标本;北京师范大学借欧洲产克帚虫标本;瑞典 L. Silén 教授,巴西 L. Forneris 博士和法国 C. C. Emig 博士赠帚虫资料,作者在此一并致谢。

3. 成体切片

置帚虫于淡水中麻醉后,放入 Bouin 氏液中或 10% 福尔马林中固定,用铁明矾苏木精或 Harris 氏苏木精和伊红复染。观察神经系统用 Bodian 氏 Protargol 法银染,然后经石蜡包埋,切成 5—7 微米厚的连续横切片。

4. 幼虫培养

采集生殖期的毯形帚虫在实验室内培养,培养成体用的圆玻缸直径为 300 毫米,高 180 毫米,每天换水一次。受精卵至开始具 1 对触手的幼虫,均在成体触手冠的卵袋内发育,幼虫具 1 对触手后离开触手冠营浮游生活,这时将其移至小培养缸(直径 100 毫米,高 40 毫米)中培养,继续观察其发育。在采集浮游生物样品时,我们把拖到的具 4 对触手的辐轮幼虫放在另外的小培养缸中,经变态发育成幼体。饵料为扁藻 *Platymonas* sp. 和菱形藻 *Nitzschia* sp. 所有幼虫和幼体图均用显微描图器描绘。

二、群 落 生 境

青岛阴岛西大洋前海湾的东西两面岩岸,以及阴岛东南毛岛的岩岸都有大量群生的毯形帚虫分布(图 1)。



图 1 群生的毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 采自青岛的阴岛西大洋沿岸

这种群生的帚虫象地毯或草皮一样覆盖在潮间带(从中潮带下区至低潮带下区)有粘滑软泥沉积的岩石平台上,大约有 10 厘米厚,岩石平台上还有不同大小的石沼。这类海滩地势平坦,岩石上覆盖一层薄的软泥,群生毯形帚虫的管子下部盘根错节相互缠绕固着在岩石上。管子的下部粘附有软泥,软泥表层附有刚毛藻,群生帚虫间有时可看到沙海葵。

三、形 态

1. 体长和体色

黄海采到的毯形帚虫最大标本体长为 40 毫米,宽 0.5 毫米。一般体长为 25 毫米,小标本的长度不及 20 毫米。生活时体白色,透明,有一根纵走的红色血管,触手浅黄色,触

手上也有细的红色小血管,触手基部可见较粗的红色环血管。

2. 触手冠和触手

触手位于马蹄形的触手冠(图2)上,触手的排列是从两侧向中部转卷,但不呈螺旋形。黄海毯形帚虫的触手数目为120—170个。

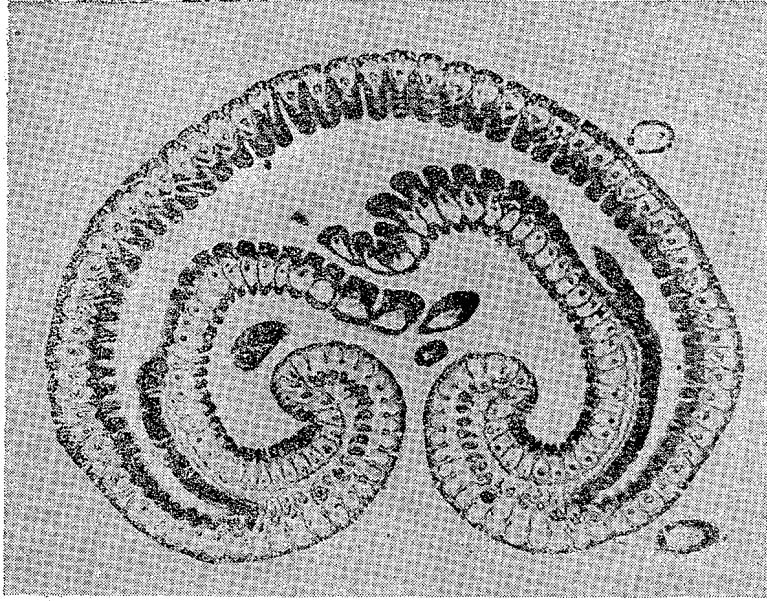


图2 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 触手冠的横切面($\times 80$)

3. 纵肌

体前部食道的横切面上,纵肌不发达,但体腔明显地被肠系膜分成4个部分(图3)。

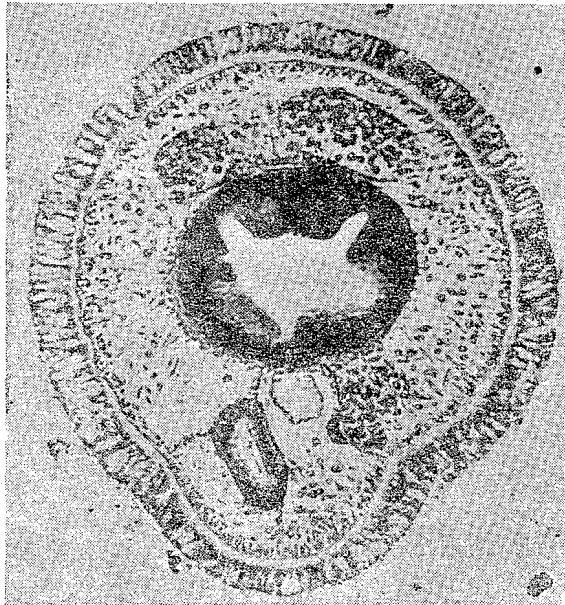


图3 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 的食道部的横切面($\times 120$)

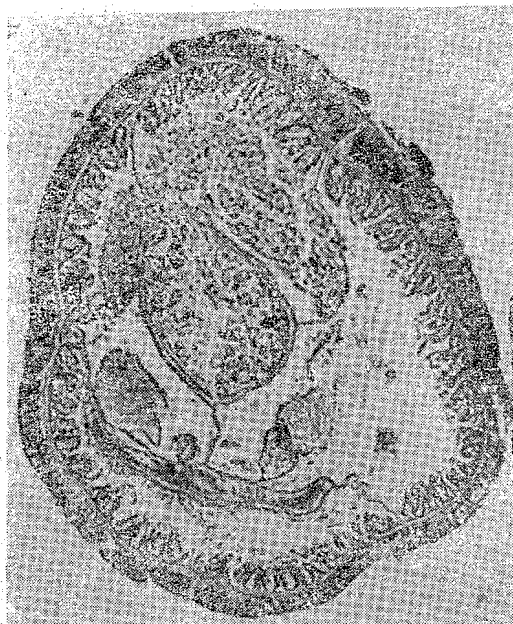


图 4 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 的体中部的横切面 ($\times 120$) 示纵肌排列

体中部纵肌发达,排列也较规则(图 4),纵肌的排列式是帚虫分类鉴定的一个比较重要的形态性状。根据 Selys Longchamps 的纵肌束公式

口肠系膜		
左口体腔	右口体腔	
左肛体腔	右肛体腔	
肛肠系膜		
14—17	14—17	
5—8	5—6	[39—46]

毯形帚虫的纵肌束排列公式如下:

按照上列公式,黄海毯形帚虫纵肌束在左口体腔为 14—17 束,右口体腔为 14—17 束;左肛体腔 5—8 束,右肛体腔 5—6 束。

为了与 Emig (1971) 所列毯形帚虫各地标本的纵肌束数字对比,现将 12 个黄海标本的纵肌束数字列举如下:

$\frac{14 15}{5 5} = 39$	$\frac{14 15}{6 6} = 41$	$\frac{15 16}{6 6} = 43$
$\frac{14 15}{5 6} = 40$	$\frac{15 16}{6 5} = 42$	$\frac{15 17}{6 5} = 43$
$\frac{14 16}{5 6} = 41$	$\frac{14 17}{6 5} = 42$	$\frac{16 17}{6 5} = 44$
$\frac{14 14}{8 5} = 41$	$\frac{15 17}{6 5} = 43$	$\frac{17 17}{6 6} = 46$

1977 年 Emig^[6] 报告两个厦门标本的纵肌排列式为

$$\frac{14 | 18}{8 | 6} = 46 \text{ 和 } \frac{16 | 20}{8 | 6} = 50,$$

厦门的数字偏高,日本南部的数字也较高,看来纵肌束的数目与水温成正相关。

黄海标本与北太平洋东岸美国加利福尼亚州伯克利港 (Berkeley Harbor) 种群^[10] 的纵肌排列数目相同;日本标本^[2] 纵肌排列式为

$$\frac{10-31 \mid 13-31}{2-14 \mid 3-13} [37-69];$$

日本南部较高为 45—63^[6]。

4. 肾管

毯形帚虫有 1 对属于后肾 (metanephridium) 的肾管(图5),肾管有两个大小漏斗开口至体腔,大的漏斗口在肛体腔,并带有一个长的延伸部;小的漏斗口无延伸部,位于口体腔内。蹄冠帚虫则有延伸部,肾管穿过横隔膜,由粗变细,在触手冠基部肛门两边,由两个肾孔与外相通。毯形帚虫的两个肾管窄(图5, nd), 蹄冠帚虫的肾管较宽 (Emig, 1971; fig. 3: 8—10.)。



图5 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 的食道部横切 (×120) 示两个小肾管及环神经
nd——肾管, cn——环神经

5. 神经系统

毯形帚虫的神经系统具两根巨纤维 (giant fibre), 比蹄冠帚虫显著;此外,毯形帚虫的环神经大而宽(图5, cn) 蹄冠帚虫的环神经窄而细 (Emig, 1971; fig. 3: 8—10.), 两者有很明显的区别。

四、生殖和发育

毯形帚虫在青岛的生殖季节为 11月至次年 5 月(表层水温 4—16℃),在日本生殖季节为 11月—6月。

毯形帚虫是雌雄同体,精巢、卵巢均为白色,卵子在体腔中受精后,通过肾管,出肾孔至触手冠的卵袋内发育。触手冠从两侧向中央的卷转部在生殖期有粘附受精卵的触手器 (lophophore organ) (图6)。触手冠内大约有 100 个受精卵(图7)。

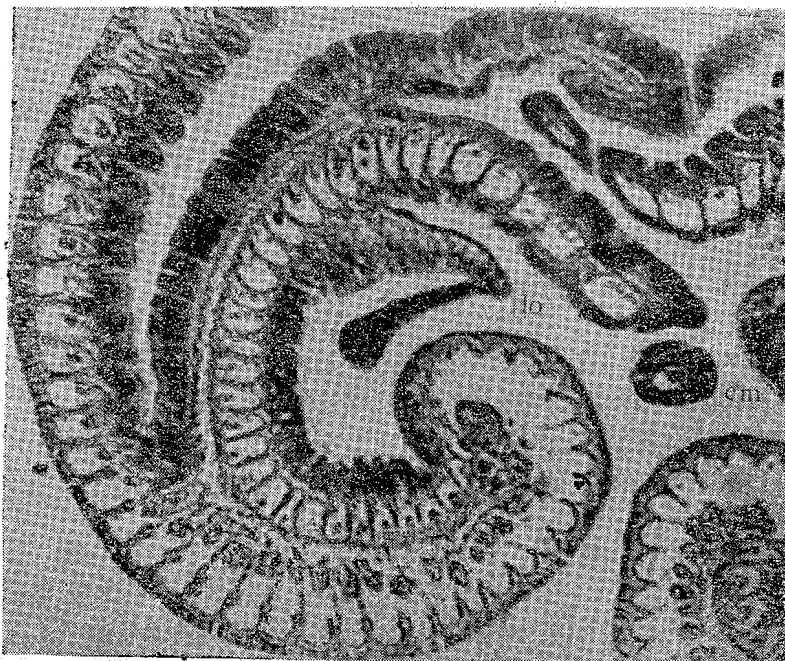


图6 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 生殖期的触手冠横切面($\times 120$)

lo——触手器; em——胚体

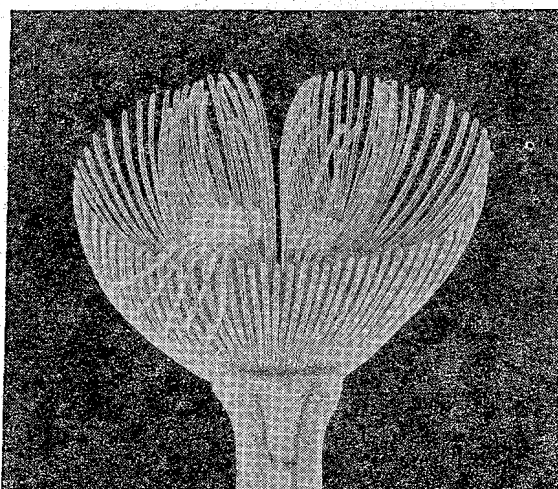


图7 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 生殖期体前部图,示两个卵袋

从触手冠的卵袋取出的卵子略呈椭圆形(图8:1),有的卵子出现极体,随之开始第一次分割(图8:2),有的已进行第3次分割,所得8个分割球排成两层,每层4个(图8:3)。卵割情形的不一致,说明卵子产出和受精有先后之分。

卵割开始至原肠期大约经48小时,此后整个胚体为梨形(图9:1),体长0.14毫米,体覆满纤毛,并开始转动,除肛门周围纤毛稍长外,体上的纤毛较短,但均等长。消化管细而窄,靠胚体的卵黄营养。

继续培养两日后,在成体触手冠的卵袋中开始看到体长0.16毫米具1对触手的幼虫

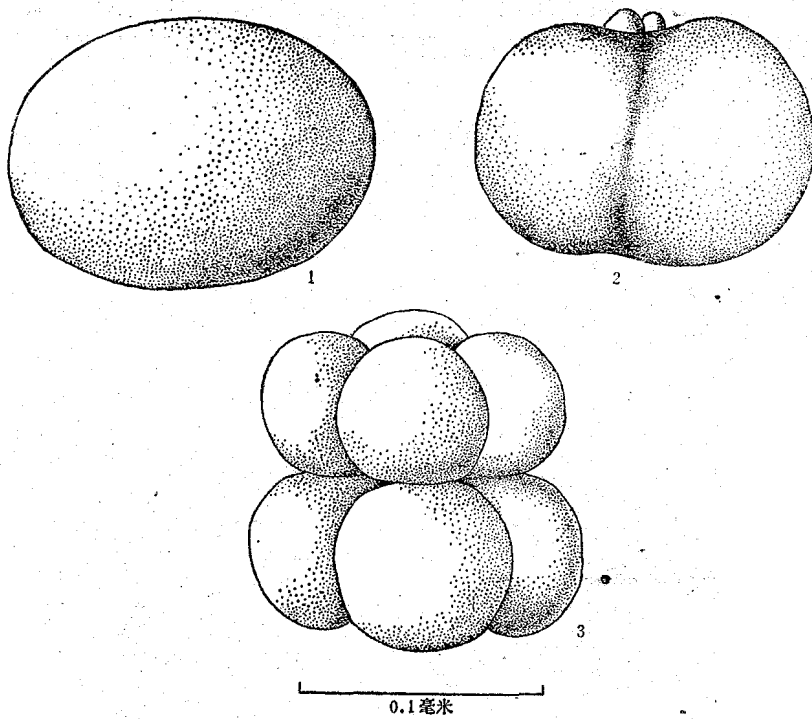


图8 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka

1. 受精卵; 2. 两细胞期开始分割; 3. 8细胞期

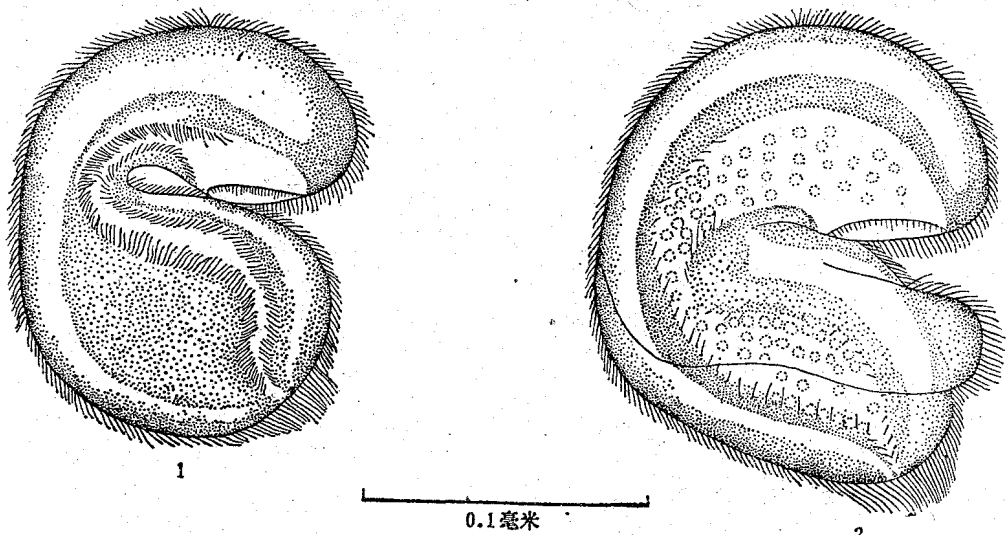


图9 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka

1. 尚未具触手的幼虫; 2. 具1对触手的幼虫

(图9:2), 转动较前加快、加强, 肛门周围的纤毛增长, 触手上也具纤毛。此后开始陆续离开触手冠, 在培养缸中浮游。此时幼虫的口前叶 (preoral lobe) 明显, 口前叶背面的外胚层形成顶神经加厚部, 口前叶下面为前庭 (vestibule), 消化管开始分化。

具1对触手的幼虫出现两日后,幼虫长出第2对触手(图10:1),体长0.20毫米,此时已具辐轮幼虫雏形。两对触手上均覆有细纤毛,体后部有色斑及端纤毛轮,消化管明显地分化为口、食道、胃和肠。

再继续培养3日后,幼虫出现第3对触手(图10:2),体长0.21毫米,触手末端和端纤毛轮附近均具色斑,但不象蹄冠帚虫那样显著。幼虫发育至此全部死去,可能由于饵料的关系,也可能是其他原因,有待今后做进一步的研究。

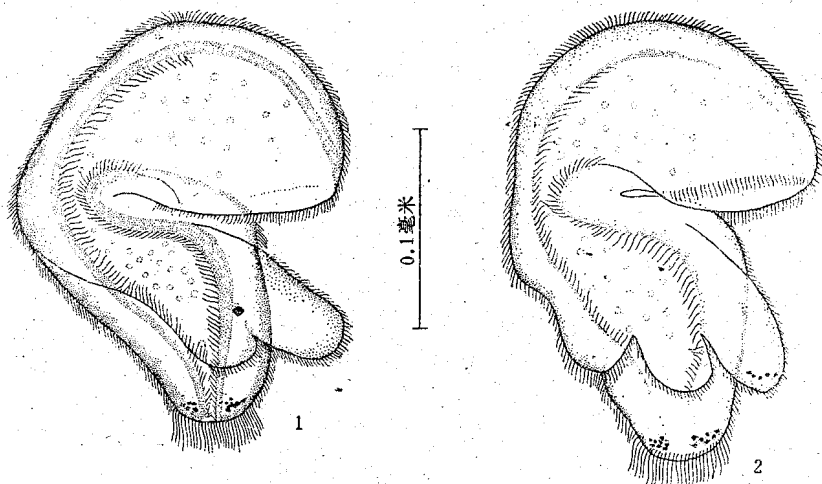


图10 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka

1.具两对触手的幼虫; 2.具3对触手的幼虫。

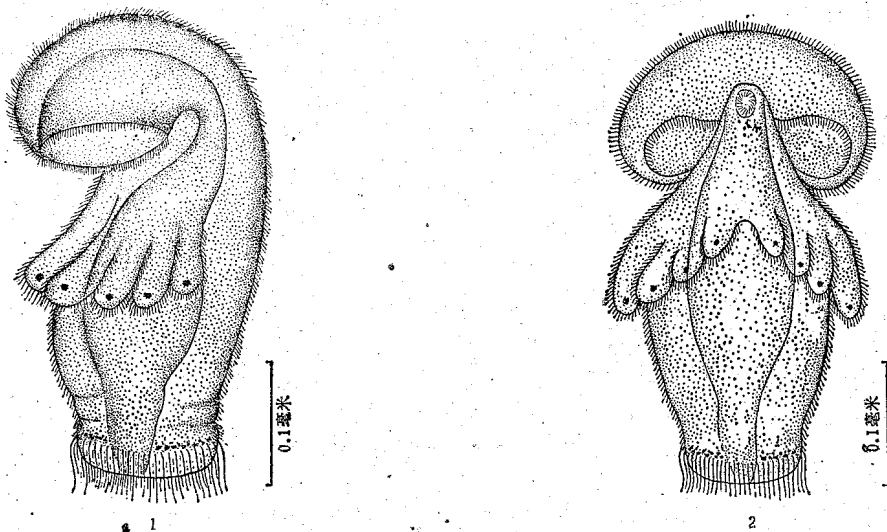


图11 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka

1.具4对触手的幼虫; 2.同上,腹面观。

所幸当时在青岛栈桥附近拖到的浮游生物样品中,发现了具4对触手,其末端带有色斑的毯形帚虫的辐轮幼虫(图11:1—2),体长0.38毫米,发育时期正好与前面描述的时

期相衔接。口前叶顶部、口缘和触手上覆满纤毛，端纤毛轮上的纤毛很长，是很典型的帚形动物辐轮幼虫，体后端具一排色斑。

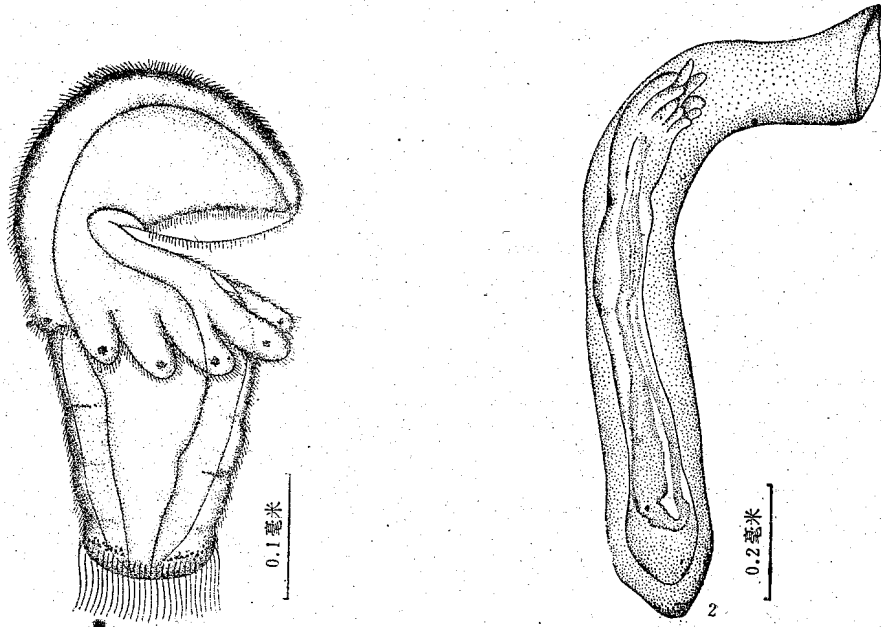


图 12. 毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka

1. 具 5 对触手的幼虫； 2. 变态后在栖管内的幼体

过两日又拖到一个开始具有第 5 对触手的辐轮幼虫(图 12:1), 体长 0.41 毫米。幼虫的体型, 触手的长短, 触手末端具色斑, 端纤毛轮特别发达和体后端具一排色斑等特征均与上述毯形帚虫的幼虫形态相符合。

本种辐轮幼虫的变态进行很快, 大约两小时, 多在夜间完成。具 5 对触手的辐轮幼虫沉落底上后, 翻出后体部 (metasome), 幼虫触手脱落, 口前叶翻转, 发育为栖于其分泌的栖管内具触手的幼体(图 12:2); 体长 1 毫米, 培养至此时的幼体, 无论在生态上和形态上都与成体相似。

毯形帚虫的生殖大约需 15—16 日, 从卵受精至具 1 对触手离开成体的触手冠约 4 日, 具两对触手至具 5 对触手的辐轮幼虫的浮游期约 10—12 日, 沉落变态至底栖幼体则只需约两小时。

五、地 理 分 布

毯形帚虫是暖温带种, 分布的特点是太平洋两岸分布 (Amphipacific distribution), 东岸从加拿大的温哥华至北美的加利福尼亚沿岸, Marsden 分了 6 个种群^[8]。两岸分布在日本的北海道厚岸, 本州川崎; 我国目前仅在黄海青岛的潮间带发现。

六、种的讨论

毯形帚虫 *Phoronis iijimai* Oka 和温哥华帚虫 *Phoronis vancouverensis* Pixell 及蹄冠帚虫 *Phoronis hippocrepia* Str. Wright 非常相似,一些研究者如 Silén (1952) 和 Forneris (1959) 都曾怀疑毯形帚虫是蹄冠帚虫的同物异名。1971 年 Emig 关于“帚虫系统研究 X”一文中指出,毯形帚虫与蹄冠帚虫在形态上如触手冠、肾管、神经和纵肌等均有明显区别,温哥华帚虫是毯形帚虫的同物异名。我们在青岛采集的大量帚虫标本均与 Emig 描述的毯形帚虫的形态特征相符合。在研究工作中,我们检查了保存在北京师范大学生物系的欧洲产克帚虫 *Phoronis Kowalevskyi* Benham, 克帚虫早已被认为是蹄冠帚虫的同物异名。师大的标本在形态上与黄海的毯形帚虫有显著的区别,经过我们研究师大的标本是蹄冠帚虫。

毯形帚虫与蹄冠帚虫在生态上的不同是,后者在贝类的壳内穿穴而居或栖于粗砂砾及碎壳栖管中。前者仅见于潮间带,后者分布至潮下带。

两种在幼虫形态上也有区别,蹄冠帚虫的辐轮幼虫虽然也具 5 对触手,但触手较短,为圆棒状,触手末端的黑斑大而圆,特别明显。此外,口前叶上有黑色横斑,端纤毛轮不发达。毯形帚虫辐轮幼虫的触手较长,触手末端的黑斑较小,口前叶上无黑色横斑,端纤毛轮特别发达,纤毛很长。

蹄冠帚虫分布在地中海、法国、西德、比利时和英国沿岸,瑞典西海岸也有分布。毯形帚虫分布于太平洋两岸 (Amphipacific distribution)——加拿大温哥华至北美加利福尼亚,日本和我国青岛及厦门。

综上所述,根据形态、生态、幼虫发育和地理分布等特征,毯形帚虫和蹄冠帚虫是两个种,我们在黄海青岛采到的大量群生帚虫是毯形帚虫。

参 考 文 献

- [1] 李复雪, 1965. 一种帚虫在中国海的发现. 动物学报 17 (1): 105—106.
- [2] Emig, C. C., 1971. Remarques sur la systématique des Phoronidiens X. Notes sur l'écologie, la morphologie et la taxonomie de *Phoronis iijimai* et de *P. vancouverensis*. Mar. Biol. 8: 154—159.
- [3] Emig, C. C., 1971. Taxonomie et systématique des Phoronidiens. Bull. Mus. Hist. nat. Paris. Zool. 8: 469—568.
- [4] Emig, C. C., 1974. The systematics and evolution of the Phylum Phoronida. A. Zool. Syst. Evolut. -Forsch. 12: 128—151.
- [5] Emig, C. C., 1975. Terminology in Phoronida. Zool. Ser. 4(1): 37—40.
- [6] Emig, C. C., 1977. Notes sur la Localisation, L' Ecologie et la Taxonomie des Phoronidiens. Tethys 7(4): 357—364.
- [7] Emig, C. C., Boesh, D. F. and Rainer, S., 1977. Phoronida from Australia. Rec. Aust. Mus. 30(16): 455—474.
- [8] Forneris, L., 1959. Phoronidea from Brazil. Bolm. Inst. Oceanogr. Sao Paulo 10: 1—105.
- [9] Ikeda, I., 1901. Observations on the development, structure and metamorphosis of *Actinotrocha*. J. Coll. Sci. imp. Univ. Tokyo 13: 507—592.
- [10] Marsden, J. R., 1959. Phoronidea from the Pacific coast of North America. Can. J. Zool. 37 (2): 87—111.

-
- [11] Oka, A., 1897. Sur une nouvelle espèce japonaise du genre *Phoronis*. *Ann. Zool. Japon.* 1: 147—148.
 - [12] Pixell, H. L., 1912. Two new species of Phoronidea from Vancouver Island. *Q. J. microsc. Soc.* 58: 257—284.
 - [13] Silén, L., 1952. Researches on Phoronidea of the Gullmar Fiord area (West coast of Sweden). *Arkiv. Zool.* 4: 95—140.
 - [14] Silén, L., 1954. Developmental biology of Phoronidea of the Gullmar Fiord area (West coast of Sweden). *Acta Zool. Stockh.* 35: 215—257.
 - [15] Stancyk, S. E., Maturo, F. J. S. and R. W. Heard, 1976. Phoronids from the east coast of the United States. *Bull. Mar. Sci.* 26 (4): 576—584.
 - [16] Zimmer, R. L., 1964. Reproductive biology and development of Phoronida. *Univ. microfilm, Ann Arbor*: 416.
 - [17] Zimmer, R. L., 1967. The morphology and function of accessory reproductive glands in the lophophores of *Phoronis vancouverensis* and *Phoronopsis harmeri*. *J. Morph.* 121: 159—178.

ON THE OCCURRENCE OF *Phoronis ijimai* Oka IN THE HUANG HAI, WITH NOTES ON ITS LARVAL DEVELOPMENT*

Wu Baoling Chen Mu** and Sun Ruiping

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

This paper presents the results of a study of the morphology, ecology and larval development of *Phoronis ijimai* Oka collected from the littoral zone of the Huang Hai (Yellow Sea).

Phoronis ijimai Oka is most abundantly distributed in the Huang Hai (Qingdao). Judging from its geographical distribution, it can be considered as a Warm temperate species.

Adult worms live on muddy stone near low tide level in relatively quiet water; usually in dense clumps, occasionally in a thin encrusting layer.

The spawning season of *Phoronis ijimai* Oka in Qingdao is in November to May when the temperature of the sea water is between 4—16°C.

The fertilized eggs, the two-cell stage and eight-cell stage of cleavage, the larva with two tentacles and the larva with four tentacles are obtained from the tentacle crown. We observed larvae of specimen in the dish freeing themselves with four and six tentacles. These larvae (*Actinotrocha*) swim quickly, rise to the surface, then dive to the bottom of the dish; this movement is frequently repeated. But all larvae died later under laboratory conditions.

The larvae with eight tentacles were collected by means of plankton net from Jiaozhou Bay (Qingdao) were reared in the laboratory to complete their metamorphosis. As a result of which, we are able to identify the species as *Phoronis ijimai* Oka.

Egg to larva with two tentacles: about four days.

Free-swimming period: 10—12 days.

Metamorphosis: about two hours.

* Contribution No. 445 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

** Fujian Institute of Fishery Science, Amoy.