

中国科学院海洋研究所丛刊

Archiv Instituta Oceanologia Sinica

第一卷

第三期

科学出版社

目 录

1. 船蛆的发育和生活习性 吳尙勲、姜康后、刘 健 (1)
2. 烟台外海鲈鱼的生殖习性 张孝威、孙繼仁、沙学紳、袁永基 (15)
3. 青島馬糞海胆腸內絨毛虫的研究 张作人 (38)

1. Studies on the development and ecology of teredos
..... Wu Shang-qin, Lou Kang-hou and Liu Jian (12)
2. Spawning of the Japanese mackerel, *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn),
off Yantai.....H. W. Chang, Sun Ji-ren, Sha Xue-shen and Yuan Yong-ji (35)
3. Studies on ciliates from the intestine of sea urchin *Himicentrolus pilcherrimus*,
(Agassiz) from Tsingtao..... Tchang Tso-run (48)

船蛆的发育和生活习性¹⁾

吴尚勳 娄康后 刘 健

船蛆属于软体动物的瓣鳃纲,种类很多,分布亦广,主要穴居在海水中的木料中,对木质舰船,海港建筑和定置网具等进行破坏,危害甚大。因此,防除船蛆,很久以来就成为世界各国急待解决的问题。

为了开展防除试验,对于船蛆的生活习性和生活史必须有所了解。在这方面各国都积累了许多资料。Hatschek^[14]对 *Teredo navalis*, Sigerfoos^[26]对 *Xylotrya gouldi* 和 *Teredo dilatata* 等的胚胎发育和器官形成方面作过详细的研究;Coe^[5-8]和 Grave^[10,11]对 *T. navalis* 的性周期方面亦曾经有过报导;Boynton 和 Miller^[4], Lane 和 Greenfield^[13], Lasker 和 Lane^[19]都对它的食料进行过研究;Isham^[15]和 Needler^[23]研究过它的生长速度。但由于材料比较零乱,有些意见还不一致,同时又因种类不同,地区有异,在直接运用这些资料时就感到有些困难。因此,我们有必要对青岛地区船蛆的发育情况,繁殖季节,生长速度,水层分布等情况再进行比较系统的了解,希望通过这些了解,来寻求既有效、又经济的防除方法。

一、材料与方 法

青岛附近的船蛆,根据张翼等^[1]的报导,计有二种:(i)船蛆(*Teredo navalis*, Linné),这是世界上分布最广为害最严重的一种,青岛附近海区都有发现;(ii)萨摩亚船蛆(*Teredo samoensis* Miller)祇在大港和中港发现,但数量较少。我们就是利用上述二种材料来进行研究的。

工作进行时是以外海为主,在大港中港和小青岛设置了试验漂,定期放置试验木板进行观察。大港的试验,包括二种船蛆,小青岛则祇有 *T. navalis*。同时也在室内进行幼虫培养,以及观察某些因子对它的影响的试验,这方面的工作主要是利用 *T. samoensis*,因为它的幼虫排出后,不久就能进行变态,而且个体较大便于操作,我们可以终年使它在室内繁殖,代代相接。

需要作显微观察的标本,均用 Bouin 氏液固定,游泳的幼虫,在固定前用古柯硷麻醉,比较小的标本如胚胎,幼虫,均先用冻粉包埋,Conklin 氏苏木精染色,整体观察后,再用石蜡埋藏切成4—6微米的切片,用铁矾苏木精依红再染;比较大的个体则用石蜡切片,厚8微米,苏木精依红染色。

二、试验结果

1. 繁殖季节 从1952年7月至1956年12月,我们按月在小青岛放置试验木板,进

1) 中国科学院海洋研究所调查研究报告第69号。

行检查,自1953年冬开始,又在大港中港放置試驗漂。1953年发现 *T. navalis* 开始附着穿入木板,季节是6月底,1954年是7月初旬,1955和1956年都是6月底。根据 Grave^[10] 和 Sigerfoos^[20] 等的意見,这种船蛆从产卵至附着变态,大概要经过5个星期的時間,推测起来,青島地区 *T. navalis* 开始繁殖的季节为5月下旬。在1953年我們曾定期进行解剖,也証实了这一点,当时的平均水温是15°C左右。

附着最盛的季节是8、9月,水温約为24°C左右,这时期中,一块100平方厘米面积的木板,在海中放置10天左右,最多能够有1000个船蛆进入。

繁殖情况,从9月以后,数量逐渐减少,到11月底就看不到再有附着的了。但是在11月中,我們还发现过鳃腔里带有早期胚胎的成体。因此,在此时期以后,估計仍有幼虫排出,但因温度低,而不能再进入木板。

T. samoensis 的附着季节比 *T. navalis* 来得长,它一直要繼續到12月下旬,但是在1月初在鳃腔里也还找到过幼虫,可是沒有附着和穿入木板。

为了要克服冬季沒有試驗材料的困难,我們曾在它停止繁殖以后,于1953年1月,将有船蛆穴居的木块,移放室内加温至24°C,每天換水,并倒入一些培养的矽藻,经过不到2个星期就能在鳃腔中找到許多成熟的卵子,或正在发育的胚胎,再过十几天便有活动正常的面盘幼虫排出体外。*T. samoensis* 也一样,祇是排出幼虫較晚,但它的幼虫排出时較大,已經接近变态了。

由此可見水温是船蛆繁殖最關鍵性的限制因子之一。

2. 胚胎发育 船蛆进入木材后,如果环境适宜,在24°C左右只要一个半月,便能达到性成熟,进行繁殖,因此,在繁殖季节里,就可以有好几代。

在某一时間來說,它是雌雄异体,但是它的生殖腺,都是有向两性发育的潛力的,也就是說,它的生殖腺,可以受外界的影响而时常变化。在一个时期是雄性,产生精虫,在另一

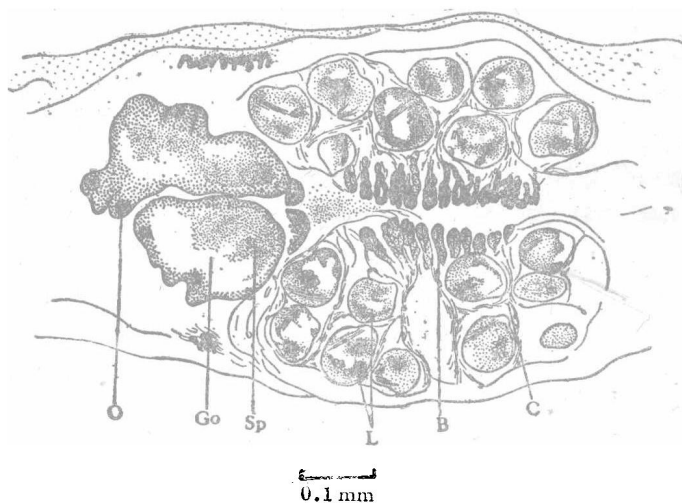


图1 薩摩亞船蛆成体的額切面的一部分,表明性的轉变。性腺Go內,髓部有大量成熟的精虫Sp,皮部有正在发育成长的卵子O,鳃腔C中,有正在发育的幼虫L, B为鳃

Fig. 1. A part of the frontal section of the adult of *Teredo samoensis* Miller, showing sex inversion. In gonad "Go", there are numerous mature spermatozoa "Sp" in medullary portion and developing eggs "O" in the cortical layer. In gill cavity "C" larvae "L" are to be found in the course of development. "B" signifies gill.

时期,它又变成了雌性,产生卵子。在观察切片时,时常見到生殖腺的髓部,有許多精虫,而在皮質部中,却有許多正在成长的卵細胞,可見这个个体,在前一阶段是雄性,而后来則又向雌性轉換了。也有这种情况,在鰓腔中塞滿了幼体,而在生殖腺的髓部积聚了很多成熟的精子,同时在其皮質部又有不少卵子在发育,这表明这个个体不仅已經从雌性变成了雄性,而且,又在向雌性轉換(參閱图 1)。二种船蛆都是这种情况,但在 *T. samoensis* 中,这种情况特別常見。我們检查的在 9 月固定的 8 个标本的連續切片中,都有这种情况。

产卵的习性,二种船蛆略有不同。*T. navalis* 卵子同时成熟,一次排入鰓腔,因此,在鰓腔中的胚胎或幼虫,都属同一时期,同一大小,偶然,我們也发现鰓腔的下端呈紫色,塞滿了比較大的面盘幼虫,而鰓腔的上端則呈白色,又有許多早期胚胎或受精卵存在,这表明它的卵巢已連續排了两次卵。

T. samoensis 的卵,則是陸續成熟,零星排入鰓腔,因而,在鰓腔中可以找到一系列发育阶段的幼虫,从受精卵一直到快要变态的面盘幼虫。

鰓腔中的幼虫数量,二者也不一样。*T. navalis* 一次可产卵几十万至百万,而 *T. samoensis* 則仅有几百个至几千个。

一般來說,精虫成熟后,都經過鰓腔,从出水管排出体外,卵子排入鰓腔后是同由外界吸进来的精虫,进行异体受精。然后在鰓腔里发育到面盘幼虫,再排出体外。*T. samoensis* 排出的幼虫,游泳 1 或 2 天,就能附着木板进行变态。*T. navalis* 的幼虫排出时为中期面盘幼虫,根据 Grave^[10] 的推测,它在鰓内发育約 2 个星期,排出后,需要游泳 3 个星期,再进入木材。

我們曾將 *T. samoensis* 在室内进行单独个体培养,从进入木板开始,就換到煮过的海水里,以免将外海的船蛆精虫帶入,用室内人工培养的矽藻为食料,2 个月后,都能排出幼虫,可見,自体受精,在这种船蛆中也是可以的,产生的幼虫,並沒有异常現象。

胚胎发育的观察,主要是用 *T. navalis*。把成熟卵取出,进行人工授精。

精虫的形状如图 2,全长 11.5 微米,头部占 1/3,尾部 2/3,寬 1.7 微米。

刚从卵巢或輸卵管中取出的卵子,呈橢圓形,一端略尖,长 53 微米,寬 36 微米,生殖泡很大(參閱图 3a)。进入海水以后,在室温 23°C 时,經過十余分鐘,逐漸变成球形,直径約 45 微米(參閱图 3b)。45 分鐘后,生殖泡破裂,細胞質逐漸向动物极汇集,以致从表面看来,动物极附近比較透亮;植物极、卵黃較多,也較暗。此时可以进行授精。受精后 1 小时,在动物极放出第一极体,2 小时后,放第二极体(參閱图 3d),受精后 3 小时,才进行第一次分割。

受精膜很薄,而且脆弱,只在极体凸出的地方能够見到,以后就消失。卵裂的情况,正如 Hatschek^[11] 所述,与一般瓣鰓綱动物相似。第一次分成大小不等的 2 个分裂球(參閱图 3e); 4 細胞时期的 4 个分裂球中、一个較大(參閱图 3f),第三次分裂时,在靠近动物极分出第一組小分裂球(micromere)(參閱图 3g)以后細胞漸多,进入囊胚期,因細胞靠得比較紧密,外表看来,似乎是个实心囊胚(stereoblastula)(參閱图 3i,k),但在切片上,仍能見到有清楚的囊胚腔(參閱图 3j,l),它不仅在囊胚时期出現,就是早在 8 細胞时期,也就已



0.01 m.m.

图 2 船蛆的精虫

Fig. 2. Spermatozoon of *Teredo navalis* L.

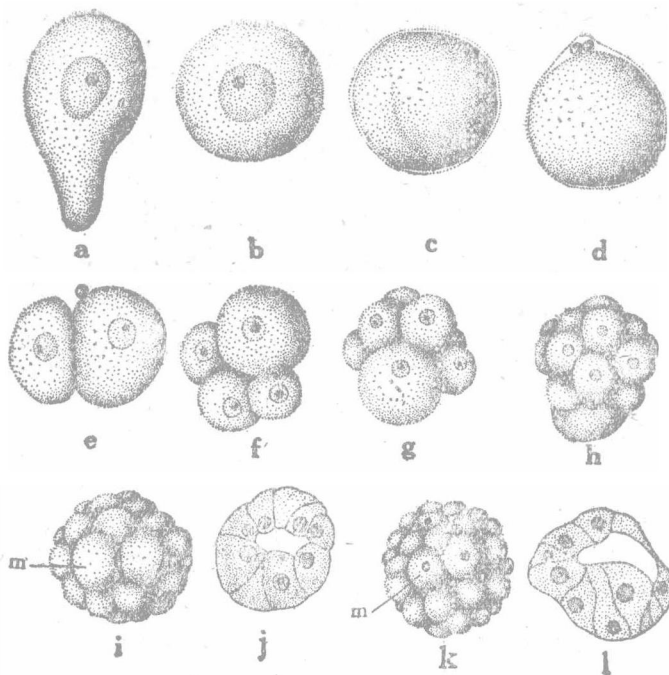


图3 船蛆的胚胎发育

a. 刚排出的卵子, 呈椭圆形。b. 排出后 10 分钟的卵子, 呈球形。c. 受精卵。d. 受精卵, 受精后 2 小时。在动物极, 放出 2 个极体。e. 2 细胞时期, 2 分裂球不等。f. 4 细胞时期, 其中一个分裂球特大。g. 8 细胞时期。h. 16 细胞时期。i. 早期囊胚, m 为原始中胚层细胞。j. i 的切面。示囊胚腔。k. 晚期囊胚。l. k 的切面图

Fig. 3. Embryonic development of *Teredo navalis* L.

a. Ellipsoidal egg, just discharged. b. Globular egg, 10 min. after discharge. c. Fertilized egg. d. Fertilized egg, 2 hr. after fertilization. 2 polar bodies are given out at the animal pole. e. 2-cell stage, with 2 unequal blastomeres. f. 4-cell stage. One of the blastomeres is very much larger than the rest. g. 8-cell stage. h. 16-cell stage. i. Early blastula. "m" signifies cell of precursor of mesoderm. j. Section of "i", showing blastocoel. k. Late blastula. l. Section of "k".

經存在了。在囊胚时期, 在植物极附近, 可以见到 2 个比较大的细胞, 这是中胚层的原基 (参阅图 3 i, k 中的 m)。

受精后 24 小时, 原肠作用开始, 这是靠着植物极内胚层细胞的内陷, 加上动物极附近外胚层细胞的外包动作来完成的。在内陷的地方, 称为胚孔 (参阅图 4 a, b 中的 B), 它逐渐闭合。由于内胚层卵黄较多, 不透明, 所以在原肠作用完成时, 可以看到一团不透明的细胞被包在一层透明的细胞中 (参阅图 4 a)。

当原肠作用进行时, 外胚层的细胞有了进一步的分化, 在赤道附近靠近动物极的地方, 细胞增厚, 内陷而形成壳腺 (参阅图 4 b 中的 S)。

受精后 48—60 小时, 变成担轮幼虫。胚胎变成梨形, 上大下小, 表面有纤毛, 但没有口前纤毛轮, 纤毛运动慢而弱, 因此, 游泳能力不强。胚孔闭合后, 在该处又形成口凹 (参阅图 4 c, d)。

受精后第 4 天, 幼体已具有 2 片薄壳, 并且在前端伸出面盘, 上有强大的纤毛, 这是面盘幼虫时期的开始。起初胚胎还是圆形, 只是在 2 壳相接的铰链部分稍凸出, 后来胚胎的

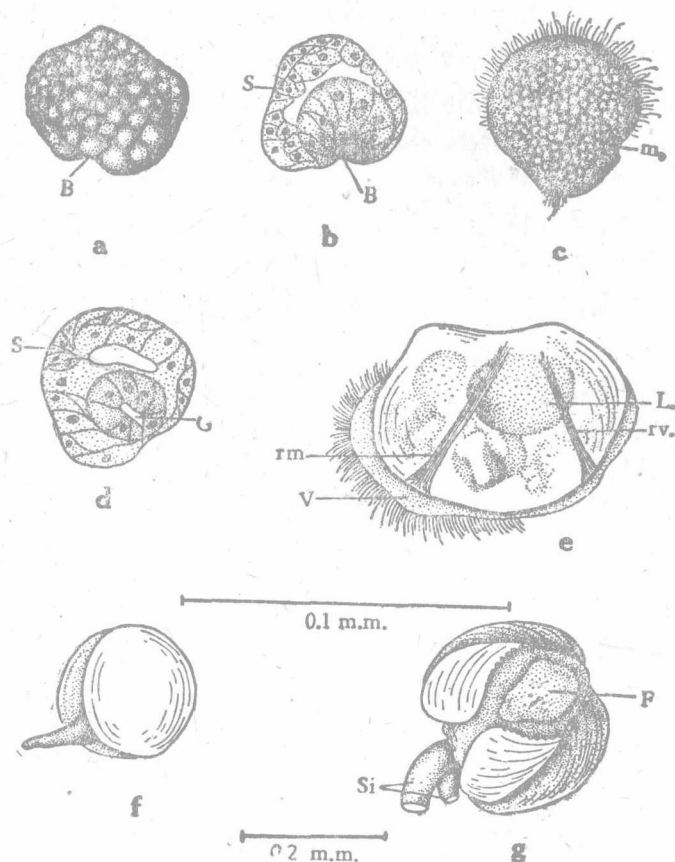


图4 船蛆 (*T. navalis* L.) 的胚胎发育

a. 原肠胚, B 为胚孔。b. a 的纵切面。B 为胚孔, S 为壳腺。c. 担轮幼虫, mo 为口。d. c 的纵切面。G 为肠, S 为壳腺。e. 刚排出的面盘幼虫。V 为面盘, 上有强大的纤毛。rm 为中闭壳肌。rv 为腹闭壳肌。L 为肝脏。f. 刚附着木块, 将要变态的幼虫。F 为足。g. 刚进入木材的幼体。F 为足。Si 为水管。

Fig. 4. Embryonic development of *Teredo navalis*, L.

a. Gastrula. "B" signifies blastopore. b. Longitudinal section of "a". "B" signifies blastopore, "S" signifies shell gland. c. Trochophore larva. "mo" signifies mouth. d. Longitudinal section of "c". "G" signifies gut. "S" signifies shell gland. e. Veliger larva, just after discharge. "V" signifies velum with strong cilia. "rm" signifies middle retractor muscle. "rv" signifies ventral retractor muscle. "L" signifies liver. f. Newly attached larva, approaching metaphosis. "F" signifies foot. g. Young shipworm, just burrowing into the wood. "F" signifies foot. "Si" signifies siphon.

左右径逐渐缩小, 变扁, 壳的形状也由于铰链变直, 壳的下端弯曲, 而变成了半圆形。

正常状况下, *T. navalis* 的幼虫在鳃腔中排列的很紧, 并不游动。到受精后第3星期, 才从出水管中排出, 在水中游泳。排出时, 幼虫的长径平均为 95 微米 (图 4 e)。游泳 3 个星期, 开始附着在木板上, 然后进行变态。这时, 幼虫呈圆球形, 直径约为 200 微米, 足呈舌状, 能爬行 (图 4 f)。

T. samoensis 的发育情况和 *T. navalis* 大致相同。成熟卵的直径也仅 40 微米, 在鳃腔里受精发育, 早期面盘幼虫也是扁形, 特殊的是它的面盘在壳边向外凸。晚期面盘

幼虫則变成圓球形,至快要变态时,才从鰓腔排出。排出的幼虫,直径約为 450 微米,游泳 1,2 天,就能附着木块,进行变态,穿入木中。在室内培养的成体,遇到环境不合适时,时常能将早期面盘幼虫,也排出体外。

二种船蛆幼虫的变态情况相似。晚期面盘幼虫停留在木板表面后,伸出足,在板上爬行。起先,面盘尚存在,偶然还游泳,接着面盘就消失,这时幼虫就不能再游动了,仅能依靠足,匍匐行动,寻找合适的地方。一旦固定地点后,它便用足吸住在木板上,吸力很大,很难将它拉开。Sigerfoos^[26] 和 Grave^[10] 等,都提及在附着时,有一根粗的足絲放出,帮助足把幼体黏着在木板上,不为波浪所冲走。但是在我們观察的 2 种船蛆幼虫上,都沒見到有足絲。

在幼虫固着的同时,它的两片壳也发生变化。原来杯形的壳,在前背面边缘生出耳状的突,以致 2 片壳就不能再合攏。并且在前端边缘上,生出锯齿,这在进入木材时,有磨損木材的功能。在前端,足逐渐向内縮,由长舌形变成圓形(图 4 g 中的 F)。在身体后端,从外套膜上又向外伸出两个水管,长者為吸水管,短者則为出水管。幼虫此时,借足的吸力将它固定在木材的表面,作为据点,左右旋轉其双壳,使前端的锯齿在木材上磨,向木材内部鉆凿。与此同时又分泌一层黏液,盖在身体表面使整个幼虫包在里面,祇在 2 个水管出入处留下 2 个孔。附着后第 4 天,幼体完全沉入木材中,其与外界相通的地方有鈣质沉积,上有 2 孔,容 2 个水管出入。

3. 生长速度 Needler^[23]、Isham^[15] 等曾經測定过船蛆的生长速度。他們是用解剖的方法进行的,因此,不能了解某一船蛆各个时期的連續变化,同时因繁殖季节中,刚进入的幼体与較大的相混,也可能影响它的結果。

这项試驗开始于 1953 年 9 月,方法是将 $32 \times 4 \times 1.7$ 厘米的楊木板,用布包裹,一端留下 2 厘米不包,放置于海中靠近底层。这样可以保証船蛆仅从一端进入。由于船蛆有順着木材的纖維方向前进的习性,它进去后,就沿着木块的长軸排列。数天后,再取出检查,如发现有足够数量的船蛆进入以后,就把木块从海底层移到表层,因为表层船蛆为害比較底层輕,这样就可避免太多的船蛆进入而影响正常的生长。因为船蛆个体的大小,在一定范围内是与其密度有关系的,愈密則愈小。

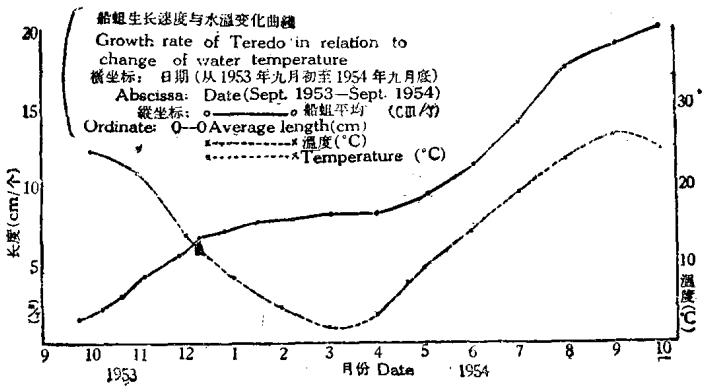


图 5 船蛆生长速度与水温变化曲线
(說明見原文)

Fig. 5. Growth rate of Teredo in relation to change of water temperature.
(Explanation in text)

这样处理过的木板,定期用X光照象。因船蛆的穴道内面衬着一层石灰质管,在X光片上,看得很清楚,同时它前面的2个壳,也含钙质,可以照出。用X光检查船蛆的方法,Atwood^[3]、森脇宗达^[2]以及Crisp^[9]等先后都曾用过。根据量片上穴道影子的长短,我们就可以计算出增长速度。观察影子的清楚程度,同时比较前后测量穴道长短的变化,即可断定某一船蛆是死或是活着。

用这方法的优点是:可以不损伤而连续观察某一条船蛆的生长情况,同时可以不受不同时期新进入的船蛆的干扰而影响测定的数据。但是由于相隔一定日期,这些个体就需要受一次X光的照射,是否会对它的生长发生影响目前还不能肯定。

从图5我们可以看出:

(1) 增长速度基本上是随温度的升高而增速,温度的降低而延缓。

(2) 从1953年9月9日—1954年12月30日的时间内,有2个增长较快的时期,即1953年11月和1954年7月。

(3) 一年多后,进入的船蛆陆续死亡,到最后仅剩下一条。这与Grave^[10]的观察相符合,即船蛆的寿命,一般来说,不超过一年。

4. 垂直分布 为了寻找船蛆为害比较严重的地方,以便进行防除试验,我们进行了不同水层中船蛆为害情况的了解。将大小相同的同种木材,放置在不同水层。每月放入新木板,经过一个月后取回,计算进入的船蛆数量。在大港,由于2种船蛆都存在,所以它是二者的总数,因*T. samoensis*数目很少,所以没有将它们分开计算。

现将部分有关数据列为下表以示一般。

表1 船蛆为害的水层分布
Vertical distribution of teredo infestation

平均船蛆数 (50平方 厘米) 日期	地 点		小 青 島			大 港 一 号 码 头		
	水 层		OM (表层)	3 米	7 米(底层)	OM (表层)	4.5 米	10米(底层)
1952 XI			1	0	4			
1953 VI			0	0	1			
VIII			6.5	7.25	104.7			
X			3	4.75	37			
1954 VII			4.75	29	212.25	5	2.5	3.5
VIII						22.1	29	120
IX			29	192	469.25	57	57.25	112.5
X			9.5	14.75	44.25			
XI			0	0	6.25			
XII			0	0	0			
1955 V			0	0	0	0	0	0
VI			0	0	1.25	0.75	1	1
VII			0	1	546	8.5	27.75	30
VIII			0	1.5	44.25	9	5.5	30.25
XI			1	3.5	8	12.25	3.75	14.5
XII			0	0	0	0	0	1
1956 I			0	0	0	0	0	0

由表中的数据,可以得出以下結論:(i) 船蛆为害最严重的地方是靠近海底处,这与 Grave^[10] 的观察相符合;(ii) 不論是在繁殖初期,盛季或末期,情况都是一样,如大港和小青島二海区,虽然深度不同,前者深 10 米左右,后者約 7 米,但是船蛆害最多的地方,都是底层;二地虽然相距不远,但从木板上船蛆的数量来看,小青島比大港严重。这种情况,不

表 2 幼虫对光的反应
Photo-sensitivity of *Teredo*
larvae

玻 璃 管	暗	亮
每毫升中船蛆幼虫数	371	244
	753	373
	501	437

仅发现在这二地区,就是在大港里面,相隔很近的地方,也能出现一处船蛆很多,一处则很少的现象。这是选择試驗地点时所必須注意的。

5. 一般的物理性反应 很多无脊椎动物的幼虫,对光都有強烈的反应,如藤壶,对虾等的幼虫都有趋光性。这种特性,有时就能利用于防除或养殖上。我們曾把刚从鳃腔排出的 *T. navalis* 的面盘幼虫,放置在 2 根中間相通的大玻璃管里,一管用黑紙包裹,另一管上,用光照

射,放置 1 天后,分开 2 管,用 Bouin 氏液固定,立即計算二者中幼虫的数量。結果如表 2。

由表 2 的数据看来,船蛆幼虫,具有一定的背光性,但是不很显著。

根据 Grave 和 Sigerfoos 的报告, *T. navalis* 从来不从它钻入的木块穿到另外一木块中去,不論二木块靠得多紧,也不論二者纖維的方向。我們曾将二块木板,面对面的釘牢,纖維方向有平行的,也有互相垂直的。另一种組合則系将二木板頂端靠攏接牢。以上木板放置海中,不管怎样排列,只要靠得紧,船蛆能穿过去,但如留有空隙船蛆即不能穿过。我們也曾試驗过在玻璃管内塞滿了木屑或棉花,两头用木塞塞紧,放置海中,船蛆即进入木塞。木塞的体积虽然很小,但是进入的船蛆却都迂迴于这小木塞中,絕不进入木屑或棉花中去。

木板表面的光滑程度,也对船蛆的进入有影响。將試驗木板一面刨光,一面毛,放入海中。放置时注意,一半是光面朝上,一半是毛面朝上,以避免在海水中朝向上下以及光綫的明暗而引起的参差。8 块 50 平方厘米的木板,半个月后,統計进入船蛆的总数,光面 979 个,而毛面却有 2548 个,比例約成为 1:25。毛面上船蛆比較容易进入。

6. 食料 我們把恆温箱內(24°C)繁殖的、1953 年 1 月 15 日进入木材的 *T. samoensis*,自 1 月 23 日起,移置在用濾紙过滤过的海水中。不供給浮游生物,每天换水一次,至 3 月 10 日即开始排幼虫。成熟的时间比自然界里还短,这可能是因为温度高的緣故。經检查这种水里沒有硅藻,但是有細菌和很小的原生动物。是否这些物質供給了它必要的养料? 因此又把刚排出的船蛆幼体移放在滤孔不超过 1.15 微米的漏斗过滤的海水中培养,木块和容器都經過消毒,对照部分則另行加入在室内培养的硅藻。在这水中培养的幼体,仍然同对照組一样,同时进入木材,但是进去以后,生长却非常慢。从 4 月 4 日至 7 月 18 日,經過了 3 个多月,对照組已經排幼体繁殖,而实验組的个体仍旧非常小,仅不到 1 厘米长,沒有达到性成熟,更沒有产卵。由此可見,如果将浮游生物和原生动物都去除, *T. samoensis* 的幼虫,可以进行变态,穿入木材,但是不能进行正常的生长和繁殖。

至于沒有木材作食料时,船蛆是否也能生存。这个問題比較复杂,因为木材不仅可以作它的食料,同时还能保护它不受外界侵害。 *T. samoensis* 的晚期面盘幼虫排入水中后,如果遇不到木材,在 24°C 时,4, 5 天后,它的面盘也要消失,壳的前背部也有耳形突起产生,但不久便死去。成体从木中取出后,如果放置在培养皿里,它的外面会重新长一个鈣

質管,把它包起,并粘在皿底,可是身体却逐渐萎縮。在冬季我們曾养活到二十几天,这方面数据較少,死亡的原因究竟是由于缺乏食料抑或由于其他原因,也很难肯定。

三、討 論

船蛆穴居在木材內,終生不能再移位,主要靠着产生游泳的幼虫来扩大其为害范围。成体本身的寿命有限,1年即死亡,可是产生的幼虫,数量却极大。幼虫进入木材后,很快就能成熟繁殖,因此在它进入木材时加以阻止,就成为防除它为害的关键。

船蛆穴居在木材中,經常吞进大量木屑,这种凿木的特性,究竟是为着藏身呢?还是要依靠木材来維持生活?水中的浮游生物也經常流入鳃腔而为其所食,这些东西究竟是否必需? Potts^[24] 认为船蛆腸的上皮,有吞噬木材的作用,并且光靠木材它便能生活; Lasker 和 Lane^[19] 分析了木材和船蛆本身氨基酸的含量后,认为船蛆体内有几种氨基酸不可能来自木材,而必須从浮游生物中获得; Miller 和 Boynton^[22] 比較了木屑与船蛆盲腸中的木屑中的还原糖的含量后得出結論,认为它是依靠木中的碳水化合物为营养的,并且是通过它身体内所存在的纖維素酶的作用来完成的。Roch^[25] 曾用沒有浮游生物的海水来培养,发现它能維持生活。他将船蛆从木材中取出,放入玻管中,仅用浮游生物来喂养,不久它即死亡,因此他說船蛆可以离浮游生物而生存,但不能缺少木材。

从我們实验的結果中可以看到,幼虫的变态和进入木材阶段,必須利用木材,其他的食物則可有可无。但是要維持正常的生长和繁殖,除了木材以外,必須有其他的营养来源。至于它利用木材的办法,很可能是通过纖維素酶的作用,因为不仅在成体身上,并且在面盘幼虫体内,都有纖維素酶的存在(本室未发表資料)。

温度对生物的生长发育是个极重要的因子,对船蛆來說也不例外。它不仅影响生长,同时也影响繁殖。从前面生长曲綫来看,它是与温度曲綫有密切关系的。但是船蛆的生长,代表着它对周围环境的总的反应,而温度,只是环境因子中的一个,因此它們二者之間就不可能完全平行。图5中第一个生长較快的时期出现在11月初至下旬,这时,它刚好进入木材后2个月,也就是說它是在正常情况下达到性成熟的时期。一般幼虫在性成熟阶段,表現較高的代謝作用。在11月中旬,由于水温已經下降,它不能进行繁殖,但是这种代謝作用升高,就表现在較高的生长速度上了。1954年6月底至7月底的生长較速阶段,是与水温上升相一致的。在平均水温低于5°C时,生长就很緩慢。这种生长情况是否与纖維素酶的活动有关,即由于温度的降低,抑制了纖維素酶的活动,減少了获取营养的机会,因此使生长速度降低。这方面,还必须作进一步地了解。

船蛆开始繁殖的水温是15°C。Grave^[10] 报告在 Woods Hole 附近海区, *T. navalis* 开始排卵的水温是11°C。这个差别是否由于青島附近海区,冬季水温比較 Woods Hole 高,因而使船蛆对它有了适应;还是由于在5月中旬,即水温在15°C左右时,水温的变化比較快,刺激了它的生殖系統。我們还不敢肯定。

如果用船蛆幼虫、停止进入木板的季节来推算二种船蛆停止产卵的日期,与解剖上得到的結果不符合,即后者要晚得多。也就是說最后一段时期內,它們虽然也产卵,但是所形成的幼虫不能穿入木材。Grave^[10,12] 也发现过这种現象。这有以下两种可能:(i)这种卵排入鳃腔后,由于温度降低,不能正常发育,漸漸退化,最后被身体吸收;(ii)幼虫排出

后,因温度低,不能进入木材。从我們的观察来看,前一个可能性是不太符合的,因为我們在1月中旬,所发现的 *T. samoensis* 的幼虫,发育得很好,而且接近变态。为什么这种幼虫不能进入木材呢?可能是由于当时的海水温度使纖維素酶的活力降低,因而使它不能从木材获取能量来进行变态?这方面还需要作进一步的研究。

这些幼虫如果产了出来而不能进入木材,它究竟到那里去?室内培养在24°C中的幼虫,排出后得不到木材便要死亡。但是海水温度在10°C以下时,它会不会死亡?如果不死,那么来年水温升高的时候,它能不能再进入木材,因而这批幼虫成了越冬者。这些方面我們沒有进行过了解,仅在此当作一个有兴趣的問題提出。

船蛆性别变化的問題,也是个极有兴趣的問題。Coe^[5,6,7,8] 认为它們是雄性先熟(Protandric),即它們在性成熟的时候,都是雄性,后来除了极少数保持雄性外,都轉成为雌性,以后就不再变化了。因此在繁殖季节一开始,前1年沒有达到性成熟的,都成为雄性,另外只有少数前年已經成熟的,还没有死的雌体,因此在这时期,雄性占多数。到繁殖后期,大部分都变成了雌的,只有新成熟的个体才是雄的,因此,雌性的比例数又大大的增加。他认为:生殖腺中,皮部和髓部之間,沒有彼此对抗制約的作用。性成熟时,都是髓部比較发达,因而形成雄性,产生精虫。但是这些精虫,却可刺激皮質部的发育,因而又使它向雌性变化,产生卵子。产生精虫的外界刺激是温度变化。

Grave^[10,11,12] 則认为船蛆的性不是雄性先熟。它可以由雄变向雌,也可以从雌变向雄,随着环境变化的刺激而变。但是环境变化的性質,目前尚不明了。在我們的材料里,这种由雌性变向雄性的現象,非常普遍,尤其是在 *T. samoensis* 中。在它的鳃腔中有很多各种发育阶段的幼虫,生殖腺的髓部,却有大量的精虫,而在皮質部中,又能見到不少卵子在成长发育。可見这些个体曾經是雌性,排出了卵子,后来又变成了雄性,产生了精虫,現在又在向雌性轉变,要产生卵子。因此我們认为 *T. samoensis* 不但是变性,而且是雌雄性互相交替。这就說明了为什么我們室内单个培养的船蛆,都能够繼續排幼虫好几个月。在自然界中,它也保証着在个体很少的情况下,能順利地进行繁殖。至于什么因子使它的生殖腺的皮質部和髓質部的活动,发生一起一伏的变化,現在还不清楚。很可能,成熟的精虫或卵子的存在,能抑制髓部或皮質部的发育。

船蛆的外形,由于对生活条件的适应,发生了很大的变化,与一般的瓣鳃綱动物相距很远。但是在胚胎发育上,还是很近似的。它与 Meisenheimer^[21] 所描述的 *Dreissensia polymorpha* 的发育情况很相象,只是后者的卵是在水中受精,胚胎在体外发育,以及囊胚腔在2細胞时期即出現,但时现时灭,而前者的卵在鳃腔中受精发育,到面盘幼虫阶段才排出体外。囊胚腔在8細胞时期出現,一直到原腸期都存在。胚胎发育与 Hatschek^[14] 的論文中所描述者大致相同,只是他认为囊胚是个实心体,而我們則見到有非常清楚的囊胚腔。遺憾的是我們沒有找到原文,只在 MacBride^[20] 和 Korschelt^[16] 等的著作中見到比較詳細的引述。Grave^[10] 曾經报导,人工受精的卵,不能很好的发育,很少超过16細胞时期的;在分裂期,囊胚期和原腸期,从鳃腔移出来的胚胎,都不能发育成游泳的幼虫。它們在发育的过程中,都会黏在皿底而死亡。只有在担輪幼虫晚期或者早期面盘幼虫,从鳃腔中取出后,才可能长成活泼的幼虫。我們开始作人工授精时,也遇到过同样的困难。后来改用了消毒的器皿和煮过的海水,并且每一皿中,不放置太多,每天換水,結果很好,可以从受精卵一直培养到中期面盘幼虫。因此 Grave 的失败,可能是由于污染所致。

由于船蛆的繁殖季节在青島只有5、6个月,当它不繁殖的时候,在外海就不能进行防除試驗工作,为了加速試驗的进展,就有必要在室内控制条件下,完成它的生活周期,并使其終年繁殖,这不仅使防除工作免受自然条件的限制,同时还为进一步了解防除药品的机制創造了有利的条件。目前对 *T. samoensis* 已經有了一定的办法,但是由于它分布不广,数量少,应用上还有一定限制,在 *T. navalis*, 虽然我們可以証它在室内終年繁殖,可是我們还没有一套方法来培养幼虫,使它进行变态和穿入木材。Isham 等^[5] 已經能够在室内开展防除工作,这方面我們还是需要繼續努力的。

四、摘 要

1. 本文叙述了青島附近2种船蛆 *T. navalis* 和 *T. samoensis* 的繁殖季节,胚胎发育,水层分布等习性。

2. *T. navalis* 的附着季节是5月中旬至10月下旬,开始产卵的水温是15°C左右;*T. samoensis* 是5月中至11月中附着,产卵的季节結束得比附着季节晚,最后产出的卵,发育后不能穿入木材。但如将温度提高到24°C时,則2种船蛆都能終年繁殖。

3. 两种船蛆的“性”时常变化,可由雄变成雌,也能由雌变成雄,尤其是 *T. samoensis* 它的性是雌雄交替的。

4. 胚胎的发育一般与瓣鳃綱动物如 *Dreissensia* 相似,但胚胎是在鳃腔里发育,囊胚腔并非时现时灭,担輪幼虫没有強大的口前纤毛带,因而运动得很弱。

5. 单个培养的 *T. samoensis* 能进行自体受精。

6. 没有浮游生物和原生动物时, *T. samoensis* 幼虫也能完成变态,进入木材;但进入木材后不能正常的生长和繁殖。快要变态的幼虫在找不到木材时,很快即死去。

7. 在靠近海底的地方,进入木材的船蛆最多,幼虫略有背光性,易于在比較粗的面上附着。

8. 面对面或頂端相接的木板,只要靠得紧,船蛆就能穿过去。

9. 船蛆的生长速度,大致随温度的升降而有快慢的变化,一般來說,它的寿命不超过1年。

参 考 文 献

- [1] 张璽、齐鍾彦、李浩民, 1955. 中国北部沿海的船蛆及其形态的变异. 动物学报 7 (1): 1—16.
- [2] 森脇宗达、多田輝男, 1931. 大連港ニ于ケル海中ニ浸漬セル木材、海虫侵害試驗報告。第2回試驗報告。南滿洲鐵道株式会社社理學試驗所試驗報告第四百四号。
- [3] Atwood, W. C. and A. A. Johnson, 1924. Marine structure: their deterioration and preservation. p. 534. National Research Council, Washington, D. C.
- [4] Boynton, L. C. and R. C. Miller, 1927. The occurrence of a cellulase in the shipworm. *Jour. Biol. Chem.*, 75: 613—618.
- [5] Coe, W. R., 1933. Sexual phase in *Teredo navalis*. *Biol. Bull.*, 65(2): 283—303.
- [6] Coe, W. R., 1934. Sexual rhythm in the pelecypod mollusk *Teredo*. *Science*, 80(2069): 192.
- [7] Coe, W. R., 1936. Sequence of functional sexual phases in *Teredo*. *Biol. Bull.*, 71(1): 122—132.
- [8] Coe, W. R., 1943. Development of the primary gonads and differentiation of sexuality in *Teredo navalis* and other pelecypod mollusks. *Biol. Bull.*, 84(2): 178—186.
- [9] Crisp, D. J., 1953. Use of X-ray stereoscopy for examining shipworm infestation in vivo. *Nature*, 172(4374): 408—409.

- [10] Grave, B. H., 1928. Natural history of the shipworm, *Teredo navalis*, at Woods Hole, Massachusetts. *Biol. Bull.*, **55**(4): 260—282.
- [11] Grave, B. H. and J. Smith, 1936. Sex inversion in *Teredo navalis* and its relation to sex ratio. *Biol. Bull.*, **70**(2): 332—343.
- [12] Grave B. H., 1942. The sexual cycle of the shipworm, *Teredo navalis*. *Biol. Bull.*, **82**(3): 438—445.
- [13] Harrington C. R., 1921. A note on the physiology of the shipworm, *Teredo norvegica*. *Biochem. J.*, **15**: 736—741.
- [14] Hatschek, B., 1880. Ueber Entwicklungsgeschichte von *Teredo*. *Arbeit Zool. Inst. Wien*, **3**: 1—44.
- [15] Isham, L. B., H. B. Moore, and F. G. W. Smith, 1951. Growth rate measurement of shipworms. *Bull. Marine Sci. Gulf and Caribbean*, **1**(2): 136—147. (*Biol. Abst.*, **26**: 1275.)
- [16] Korschelt, F. und K. Heider, 1936. Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Tiere. Verlag von Gustav Fischer in Jena. (庄孝德译, 上卷, 科学出版社 XIII, 627 页)
- [17] Lane, C. E., G. S. Posner, and L. J. Greenfield, 1952. The distribution of glycogen in the shipworm, *Teredo* (*Lyrodus*) *pedicellata* Quatrefages. *Bull. Marine Sci. Gulf and Caribbean* **2**(2): 385—392.
- [18] Lane, C. E. and L. J. Greenfield, 1952. Physiology of the shipworm. *Amer. J. Physiol.*, **171**: 741—742.
- [19] Lasker, R. and C. E. Lane, 1953. The origin and distribution of nitrogen in *Teredo bartschi* Clapp. *Biol. Bull.* **105**(2): 316—319.
- [20] MacBride E. W., 1914. Textbook of embryology. Vol. 1. (invertebrata) Macmillan and Co.
- [21] Meisenheimer, J., 1901. Entwicklungsgeschichte von *Dreissensia polymorpha*. *Zeit. F. Wiss. Zool.*, **69**.
- [22] Miller, R. C. and L. C. Boynton, 1926. Digestion of wood by the shipworm. *Science*, **63**: 524.
- [23] Needler, A. W. H. and A. B. Needler, 1940. Growth of young shipworms (*Teredo navalis*) in Malpeque Bay. *J. Fish. Res. Bd. Can.* **5**(1): 8—10.
- [24] Potts, F. A., 1923. The structure and function of the liver of *Teredo*. *Proc. Camb. Phil. Soc. (Biol. Sci.)* **1**(1): 1—17.
- [25] Roch, F., 1932. Einige Beobachtungen zur oekologie und Physiologie von *Teredo navalis* L. *Arkiv Zool. (Stockolm)* **24A** (5): 1—18.
- [26] Sigerfoos, C. P., 1908. Natural history, organization and late development of the Teredinidae of shipworms. *Bull. U. S. Bur. Fish.* **27**: 191—231.

STUDIES ON THE DEVELOPMENT AND ECOLOGY OF TEREDOS

WU SHANG-QIN, LOU KANG-HOU AND LIU JIAN

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

Teredos, the bivalve shipworms, are one of the most serious marine wood destroyers found on the coast of China. They attack all kinds of wooden structures—ships, wharves, fishing net masts, etc. Therefore, prevention of *teredos* is a very urgent task.

This is the first part of a series papers reporting on our researches on *teredos*. The final purpose of these researches is to devise an effective method for the control of these destructive marine borers. The present report deals with the developmental processes and some ecological aspects such as breeding season, vertical distribution, growth rate, etc. of *Teredo navalis* Linné and *T. samoaensis* Miller.

In the vicinity of Tsingtao, larvae of both species begin to appear on the test board at the end of June. The average water temperature at that time is about 15°C. The season of infestation for *T. navalis* continues up to the end of October, whereas that for *T. samoensis* ends at the middle of

December. The interesting phenomenon is that as the season of infestation passes over and no attached larva can be found on the test board, we still find normal embryos or larvae in the peribranchial chamber of the shipworms. This may be due to the low temperature which inactivates the larvae and causes them to lose the ability of boring. Whether these larvae die after being discharged into the water or they become inactive in such low temperature and at the return of the spring they become active again is still uncertain.

Both species can breed all the year round if they are cultivated at 24°C.

The sexes are separate but interchangeable, from female to male as well as from male to female, particularly in *T. samoensis* in which the sex is alternative, i.e. a male phase followed by a female phase which is in turn followed by a male phase and so on. Individuals cultivated separately can produce normal larvae by self fertilization.

The developmental processes of *T. navalis* and *T. samoensis* is quite similar to that of *Dreissena* except the eggs are fertilized and develop in the peribranchial chamber rather than being shed into water. Matured eggs are about 40 μ . in diameter. Two polar bodies are given out successively after fertilization. The egg divides into the usual 4 micromeres A. B. C. D., but among these D is very much larger than the rest. First quartate of micromeres is formed after the 3rd cleavage. Blastocoel appears at 8-cell stage and persists up to the gastrula stage. There are 2 large cells at the vegetal pole of the blastula and these are the precursor of mesoderm.

Gastrulation takes place 24 hrs. after fertilization. This is accomplished by means of invagination and epiboly. Shell gland is differentiated soon after the beginning of gastrulation by thickening of ectoderm.

Pear-shaped trochophore is formed 48—60 hrs. after fertilization at 24°C. No prototroch is present, so the movement of the larva is feeble. Mouth opens at the place where the blastopore is closed.

4 days after fertilization the embryo becomes a veliger larva with a strongly ciliated velum.

The larvae of *T. navalis* are discharged into water as middle veliger with a diameter about 95 μ through the excurrent siphon. They swim around for about 3—4 weeks, reach a diameter about 200 μ and then attach themselves to the wood surface, ready for metamorphosis. The velum disappears gradually and the animal crawls on the surface by protruding the tongue-like muscular foot.

The larvae of *T. samoensis* are released as late veliger with a diameter about 450 μ . They are able to metamorphose right after or 1—2 days after the release.

During metamorphosis, an auricle forms at the dorsal anterior margin of each shell and teeth grow out at its antero-ventral margin. Two siphons form at the posterior portion of the mantle. The tongue-like foot becomes round and anchors to the wood surface. By rotating the shell right and left in alternative directions the teeth rasps against the wood surface and the animal begins to burrow into the wood. Then the whole body is covered by a layer of slimy substance, secreted by the larva itself and calcified 4 days later. Two holes are formed at the spot of entrance to let the siphons through.

The growth rate of *T. navalis* was studied by letting proper number of shipworms bore into the test boards which were then protected from further infection. Series of X-ray photograph were taken at intervals of one month for 1 year. Our result shows that the average growth rate of this teredo is proportional with the change of water temperature, the higher the temperature, the quicker they grow. The life span of this teredo is generally not more than one year.

Test board placed at different water level showed different degree of infestation. The heaviest takes place near the mudline, which in our experiments, is 7—10 meters below sea surface.

Larvae of *T. navalis* are slightly negatively phototropic. Boards with rough surfaces are more

seriously invaded than the smooth ones.

In our experiment, we have found that *T. navalis* can bore through intimately packed boards no matter whether the direction of the wood fibers are parallel or perpendicular.

In the absence of planktonic food, the larvae of *T. samoensis* can complete metamorphosis and enter the wood; however, they grow slowly, none of them reaches maturity.

烟台外海鮫魚的生殖习性¹⁾

張孝威 孫繼仁 沙學紳 袁永基

鮫魚的學名為 *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn), 屬於棘鰭目的鯖科 (Scombridae)。我國沿海各地鮫魚的俗名和書本上所應用的名稱很多, 如青花魚, 鮫魷魚, 油桐魚和鯖等等。鮫魚是太平洋西部海區中最重要的經濟魚類之一, 最高年產量可以超過 40 萬噸。在蘇聯、朝鮮、我國和日本都有大規模的鮫魚漁業; 產量則以日本為最高, 將近 30 萬噸之多, 其中包括胡麻鮫 *P. tapeinocephalus* (Bleeker)^[9]。

我國領海中鮫魚的分布很廣; 但到目前為止, 這項海洋漁業資源尚未能充分加以利用。烟台外海是我國重要的鮫魚漁場。當地漁民利用大拉網、流網、風網和圈網等捕撈鮫魚的歷史已經非常悠久, 而且累積了許多寶貴的經驗。自從 1951 年圍網輪在黃海北部正式從事捕撈以後, 烟台外海鮫魚的漁獲量逐年迅速增加, 於是生產上對於鮫魚生活習性方面各種資料的需要也格外來得急切。因此, 中國科學院海洋生物研究所、動物研究所、水產部黃海水產研究所, 山東大學以及青島、烟台和旅大等水產公司於 1953 年開始合作進行了烟台外海鮫魚的調查研究, 希望能逐步提供生產方面所需要的有關鮫魚參考資料。1954 年以後, 烟台外海鮫魚的產量發生了很大的波動^[4], 所以調查工作的重點轉入資源變動和繁殖保護的研究。由於條件的限制, 1953—1956 年間只進行了春汛漁期的季節性調查; 1957 年則展開了週年性的工作。

關於黃海北部鮫魚的產卵場和生殖習性問題, “朝鮮近海鮫魚漁場的情況”^[11]一文曾經提出了綜合性的意見, 但其中有關烟台外海鮫魚的資料極少。過去 5 年中, 上述單位在烟台外海調查所得的結果, 說明了這個海區中的鮫魚漁場是一個相當集中而比較穩定的產卵場^[3]。

烟台外海鮫魚漁場既然是一個產卵場, 因此漁場和漁汛期間的基本問題也就是鮫魚產卵場和生殖季節中的規律問題。因此本文就根據 1953—1957 年間在烟台外海所採鮫魚卵子分布的資料而對這個海區中鮫魚產卵場位置和生殖季節等問題作了進一步的分析。此外, 對鮫魚在一晝夜間放卵的時間和鮫魚放卵的水層兩個問題至今尚未獲得解決; 而過去所积累的鮫魚卵子分布的資料已能對上述兩個問題加以說明。因此把以上 3 個問題一并在本文內加以討論, 以供有關部門參考之用。

鮫魚卵子分布的研究是烟台外海鮫魚調查研究工作的一部分。歷年來先後參加過這部分工作的還有薛繼曾、薛攀皋、何桂芬、丁正鳳和周連茂同志等。此外, 邱道立、張煜、林福申、林景祺及王榮同志²⁾等在海上工作時曾幫助搜集資料; “京漁輪”、“漁政一號”、“漁

1) 中國科學院海洋研究所調查研究報告第 70 號; 黃渤海經濟魚類資源調查委員會烟台鮫魚生物學研究報告第 1 號。

2) 邱道立、張煜、林福申及林景祺系水產部黃海水產研究所工作同志; 薛攀皋系中國科學院生物地學部工作同志; 其他均系中國科學院海洋生物研究所工作同志。