

# 中国近海的浮游软体动物

## II. 黄海和东海浮游软体动物生态的研究<sup>\*†</sup>

张福绥

(中国科学院海洋研究所)

在浮游动物生态的研究中,软体动物的研究较其他类群为少。以往的报告,多侧重于地理分布的论述<sup>[14,15,18-20,22,26-29]</sup>,也有少数涉及垂直分布<sup>[25,26,32]</sup>、相对数量<sup>[23,31]</sup>和生物学的研究<sup>[17,21,23]</sup>,此外也有人以浮游软体动物作为水团或海流的指示生物<sup>[16,24,26]</sup>。总的说来,浮游软体动物的生态学研究还不多,而且专论浮游软体动物生态的论文,几乎都取材于北大西洋两岸海域,而有关西太平洋方面的研究成果,迄今尚未见到过。

黄海与东海是受大陆气候与陆地水文影响较大的浅海,因此环境条件的变化极为复杂。特别是黄海中央冷水团的存在<sup>[9]</sup>和不同水系与海流的消长<sup>[2]</sup>,对孳生于这一海区的生物,尤其是浮游生物的生态状况自然会有显著的影响;反之,浮游生物的生态状况,也会充分地反映出这一海区的水文特点。本文以生活的浮游软体动物为材料,对黄、东海浮游动物生态学的某些问题进行了一些探讨。

### 一、材料与方法

本文利用的材料为1957年7月—1958年8月在渤海与黄海北部及1958年9月—1959年12月在黄海南部及东海北部采集的定量样品,共5221号。采集网系1958年太平洋西部渔业研究委员会第三次全体会议确定用于浅海的大型网,口径80厘米,GG36号筛绢,每厘米15个孔目<sup>[1]</sup>。每站每月自海底至表面进行拖网一次。采得的样品以5%的福尔马林固定。以肉眼或在解剖镜下计数全部样品的个体数量。除明螺属(*Atlanta*)的一部分标本因贝壳破损不便鉴别种类只得予以属进行统计外,其他均分种计数。

黄海与东海的浮游软体动物,迄今已知者有翼足类(Pteropoda)、异足类(Heteropoda)、海蜗牛类(Janthinidae)及腹翼螺类(Gastropterionidae)。其中,后者种类及数量都非常少,分类工作尚未完成,因此本文讨论的浮游软体动物只包括前三类。

为了论述方便起见,将本文论及的海域划分为南、北两部分:北部为34°N以南(不包括34°N),31°N以北的范围;南部为31°N以南(包括31°N),28°N以北(包括此纬度)的范围。34°N以北,几乎不存在这三个类群的浮游软体动物。

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第310号。本题目的研究是在导师张玺教授指导下进行的;在研究过程中承郑执中、郭玉浩两先生多方面予以热忱指教;文稿撰成后,又蒙郑重教授、张孝威教授及刘瑞玉、齐鍾彦、吴宝铃诸先生审阅并提出宝贵意见,特此致谢;于明在、于富财及赵秀蓉诸同志帮助部分计数工作,顺致谢意。

† 本报告的第一篇——中国近海的浮游软体动物I. 翼足类、异足类及海蜗牛类的分类研究——已于1964年6月在“海洋科学集刊”第5集上刊出。

## 二、黄、东海浮游软体动物的组成及分布

### (一) 组成

本文材料中,共有浮游软体动物 36 种(图 1):翼足类 26 种,异足类 8 种,海蜗牛类 1 种及分类地位尚未确定的一种(强卷螺)。就个体数量而论,翼足类约占 87%,异足类约占 7%,强卷螺约占 6% 弱,海蜗牛类仅有出现。

在这些种类中,数量上占优势的仅有尖笔帽螺、马蹄螺、玻杯螺及强卷螺 4 种。从数量组成的百分比看来(表 1),南部与北部的优势种基本上一致,优势程度的相对顺序也一致。只不过在北部种类及数量大为减少,因而各优势种所占百分比的情况便与南部不同。如尖笔帽螺,在南北两部均为最优势种,其数量在南部占 41.3%,但在北部便占 77.5%。其他优势种在本海区南北两部所占的百分比亦均有变化。

表 1 黄、东海浮游软体动物组成的百分比

Table 1. Percentage composition of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea.

百分比 Percentage 类别 Species or groups	海区 Region	
	南部 Southern part	北部 Northern part
马蹄螺 <i>Limacina trochiformis</i> (d'Orbigny)	26.3%	12.7%
尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i> Rang	41.3%	77.5%
玻杯螺 <i>Hyalocylix striata</i> (Rang)	9.8%	0
其他翼足类 Other pteropods	9.4%	0.6%
强卷螺 <i>Agadina stimpsoni</i> A. Adams	5.8%	6.8%
异足类 Heteropods	7.4%	2.4%

本文论述的 36 种浮游软体动物,在南部均有出现,其中有 4 个优势种,占总个体数量的 83.2%。北部共出现 13 种,其中有 3 个优势种,占总个体数量的 97.0%。

在上述优势种中,应当特别提及尖笔帽螺及玻杯螺,它们的个体比其他两个优势种大数十倍,如果就生物量论,它们的优势程度就会更为明显。

### (二) 分布

浮游软体动物在黄、东海的分布北限,一般不超越  $34^{\circ}\text{N}$ (图 1)。出现的种数随纬度的减小而增加,各纬度增加种数大致相等。 $34^{\circ}\text{N}$  以北仅发现一种, $33^{\circ}\text{N}$  以北(包括  $33^{\circ}\text{N}$ ,下同) 6 种, $32^{\circ}\text{N}$  以北 11 种, $31^{\circ}\text{N}$  以北 18 种, $30^{\circ}\text{N}$  以北 25 种, $29^{\circ}\text{N}$  以北 31 种, $28^{\circ}\text{N}$  以北连同  $28^{\circ}\text{N}$  附近共 36 种。平均每纬度相差 6 种左右。

有些种类,如马蹄螺、尖笔帽螺、锥笔帽螺、无鳃螺、玫瑰明螺及强卷螺等,有时在  $33-34^{\circ}\text{N}$ ( $123-124^{\circ}\text{E}$ ) 处出现。从表 2 可看出,这种情况似乎全年都有,但以 10—12 月较明显。引人注目的是这几个月正是水温逐渐下降、浮游软体动物的分布范围逐渐向南回缩的时期,但在这里出现的种数反而较其他季节多。

黄、东海浮游软体动物水平分布的范围,因季节而有变化。一般夏秋趋向近岸,冬春趋向外海。水温上升季节,分布范围逐步向北扩展;水温下降季节,又逐步向南退缩。如尖笔帽螺(图 2, A),1958 年 9 月向北分布到  $33^{\circ}15'\text{N}$ ,以后逐渐向南回缩,翌年 4 月,在



表 2 浮游软体动物在 33°—34°N, 123°—124°E 一带出现的月份

Table 2. Months of occurrence of pelagic molluscs in 33°—34°N, 123°—124°E.

种类 Species	1958				1959												
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
马蹄螺 <i>Limacina trochiformis</i> (d'Orbigny)				+		+				+		+					+
尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i> Rang	+													+		+	+
锥笔帽螺 <i>Creseis virgula conica</i> Eschscholtz															+		
无鳃螺 <i>Abranchaea chinensis</i> Zhang															+		
玫瑰明螺 <i>Atlanta rosea</i> Souleyet	+															+	+
蛏卷螺 <i>Agadina simpsoni</i> A. Adams				+												+	+

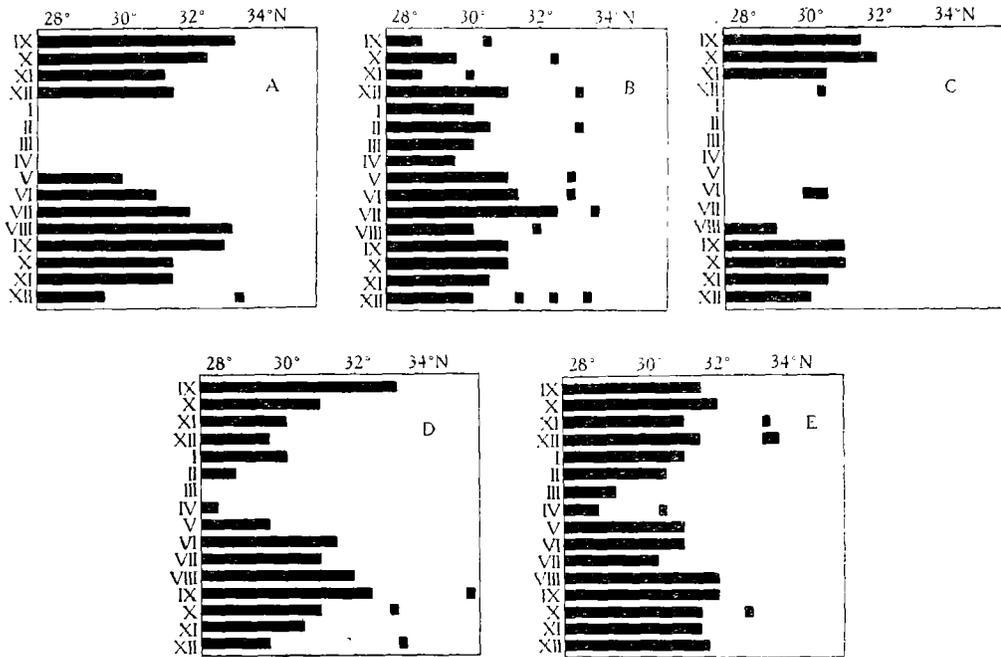


图 2 黄、东海浮游软体动物水平分布的季节变化(1958, 9—1959, 12)

A. 尖笔帽螺; B. 马蹄螺; C. 玻杯螺; D. 明螺(属); E. 蛏卷螺。

Fig. 2. Seasonal variation in horizontal distribution of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea (1958, 9—1959, 12).

A. *Creseis acicula* Rang; B. *Limacina trochiformis* (d'Orbigny); C. *Hyalocylis striata* (Rang); D. *Atlanta* spp., E. *Agadina simpsoni* A. Adams.

调查海区完全消失, 5月复出现, 8—9月又达 33°N 附近, 以后又向南回缩。马蹄螺(图 2, B) 在这一海区终年出现, 但其向北的分布范围也表现有明显的季节变化。它耐低温的能力较前种略强, 因此向南回缩的幅度便不象前种那么大。玻杯螺(图 2, C)于 1958 年 9—10 月向北分布到 31°30'—32°N, 以后向南逐渐回缩, 以致消失, 翌年夏季又出现, 9—10 月达 31°N, 以后又向南回缩。这种螺暖水性较强, 因而在这里消失的时间较长。明螺(图 2, D)于 1958 年 9 月达 33°15'N, 以后逐渐向南回缩, 翌年 3 月完全消失,

4 月复出现, 9 月达 32°N, 个别个体出现于 35°30'N, 以后向南逐渐回缩。强卷螺(图 2, E)终年都出现, 但水平分布的季节变化也很明显。

总的说来, 上述 5 种浮游软体动物, 其分布范围向北扩展的程度大致都以 7—10 月最为显著, 向南退缩的程度以 1—4 月最为显著。尖笔帽螺及玻杯螺在本海区消失的时间最长, 消失时期分别为 1—4 月及 1—5 月; 明螺(属)消失的时间较短, 消失时期仅在 3 月份。马蹄蛎螺在 29°30'N 以南终年出现, 在 29°30'N 以北则为季节性出现。强卷螺在 29°N 以南终年出现, 该纬度以北为季节性出现。除马蹄蛎螺及强卷螺外, 其他 34 种浮游软体动物在本海区均为季节性出现。

就分布区向北扩展与向南退缩的范围而论, 马蹄蛎螺最小, 大致为 4 个纬度; 强卷螺约 4.5 个纬度; 明螺(属)较大, 至少为 6—7 个纬度; 尖笔帽螺可能还要大。

绝大多数种类在这一海区的最北出现点记录于 8—10 月。其中记录于 8 月者 8 种, 9 月者 13 种, 10 月者 9 种。

如前所述, 除马蹄蛎螺及强卷螺外, 其他种类在这一海区都是季节性出现(图 1)。从每月记录的种数看来(图 3), 8—10 月出现最多(各为 25 种), 1—4 月出现最少(为 5—7 种)。这与前面论述的各种类最北出现点的记录盛期以及向北扩展和向南退缩的最显著时期均甚相符。

各种浮游软体动物在黄、东海出现的时间长短不等(图 1)。大体说来, 出现时间较长的种类, 向北扩展的范围较远, 数量也较大, 如尖笔帽螺、马蹄蛎螺、强卷螺、玫瑰明螺及玻杯螺等都是; 相反地, 出现时间较短的种类, 向北扩展的范围较近, 数量也较小, 如球龟螺、厚唇螺、褐明螺、蜗牛明螺及长海蜗牛等表现的都较明显。据此可大致判断出各个种类对这一海区环境条件的适应情况。

浮游软体动物在这个海区南部出现的时间远比北部长。数量较少或比较稀见的种类

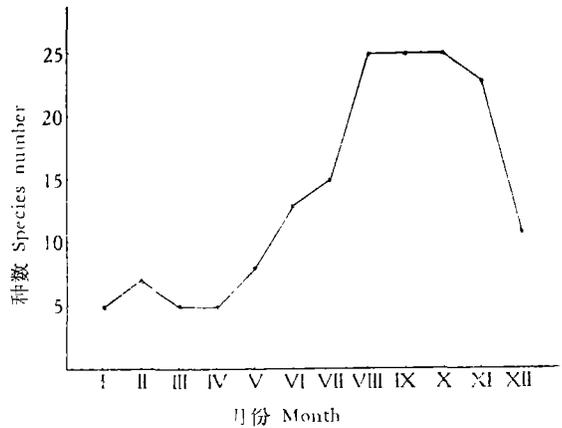


图 3 黄、东海浮游软体动物出现种数的季节变化(1959)  
Fig. 3. Seasonal variation in species number of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea(1959).

表 3 浮游软体动物在黄、东海出现月数比较

Table 3. Number of months of occurrence of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea.

出现月数 Number of months of occurrence 种类 Species	海区 Region	
	南部 Southern part	北部 Northern part
马蹄蛎螺 <i>Limacina trochiformis</i> (d'Orbigny)	12	6
尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i> Rang	8	6
明螺 <i>Atlanta</i> spp.	11	5
强卷螺 <i>Agadina stimpsoni</i> A. Adams	12	5

固然如此,数量较大向北扩展较远的种类在南、北部出现的时间依然表现出明显的差异。如表3所示:在北部,一年中只有5—6个月出现,在南部则有8—12个月出现。前者的出现时间平均仅约为后者之半。

### 三、黄、东海浮游软体动物的数量

#### (一) 数量分布

黄、东海的浮游软体动物,不仅在种数上北部与南部不同,在数量上二者也不相同。从1959年12个月的资料(表4)看来,北部为13个/100米<sup>3</sup>强,南部为125个/100米<sup>3</sup>,前者仅约为后者的十分之一。其所以如此,一方面由于有不少种类向北分布仅限于东海,另一方面是那些也能分布到黄海去的种类,在那里出现的时间较短,并且数量也大为减削,就以减削程度较小的尖笔帽螺而论,在北部的数量也仅不过为南部的1/5左右。

表4 黄、东海浮游软体动物的数量

Table 4. Numbers of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea.

类别 Species or groups	海区 Region	南部 Southern part	北部 Northern part
		个数/100米 <sup>3</sup> Indiv./100M <sup>3</sup>	个数/100米 <sup>3</sup> Indiv./100M <sup>3</sup>
马蹄螺 <i>Limacina trochiformis</i> (d'Orbigny)		33	2
尖笔帽螺 <i>Creseis acicula</i> Rang		52	10
玻杯螺 <i>Hyalocylix striata</i> (Rang)		12	0
其他翼足类 Other pteropods		12	<1
异足类 Heteropods		9	<1
强卷螺 <i>Agadina stimpsoni</i> A. Adams		7	1
总计 Sum		125	>13

这一海区各部位的数量分布情况并不均衡,这可以从图4—6得出较明确的了解。此处仅概括地指出一点,即各种浮游软体动物,100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区,基本上皆出现于31°N以南,仅有个别情况达31°30'N附近;500个/100米<sup>3</sup>以上的密集区大致均出现于舟山外海29°—30°N,123°E一带。

现在将几个优势种的数量概况分别简述如下:

**1. 马蹄螺**(图4a、4b) 从1959年的资料看来,2—4月虽然也在相当范围的海域出现,但数量较小,均为50个/100米<sup>3</sup>以下。5月以后,数量明显增加,一般不同程度地出现了100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区,有的月份甚至出现500个/100米<sup>3</sup>以上的密集区。当然这样的密集区各月份面积有大有小,位置也不尽相同,但基本上扩展不到31°N以北。

**2. 尖笔帽螺**(图5) 1—4月未发现,5月开始出现后数量就比较大。100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区,除12月外各月均有出现,并且出现范围一般均较大。温度较高的8—9月,这种密集区扩展到31°N以北;10月份,33°N以北也曾有小面积出现。500个/100米<sup>3</sup>以上的密集区出现于5—8月。11月份,分布范围仍然相当大,但数量大为减少。至12月,分布范围及数量均相当削减。

**3. 玻杯螺**(图6) 6月开始少量出现;9—10月分布范围及数量急剧增加;11月,

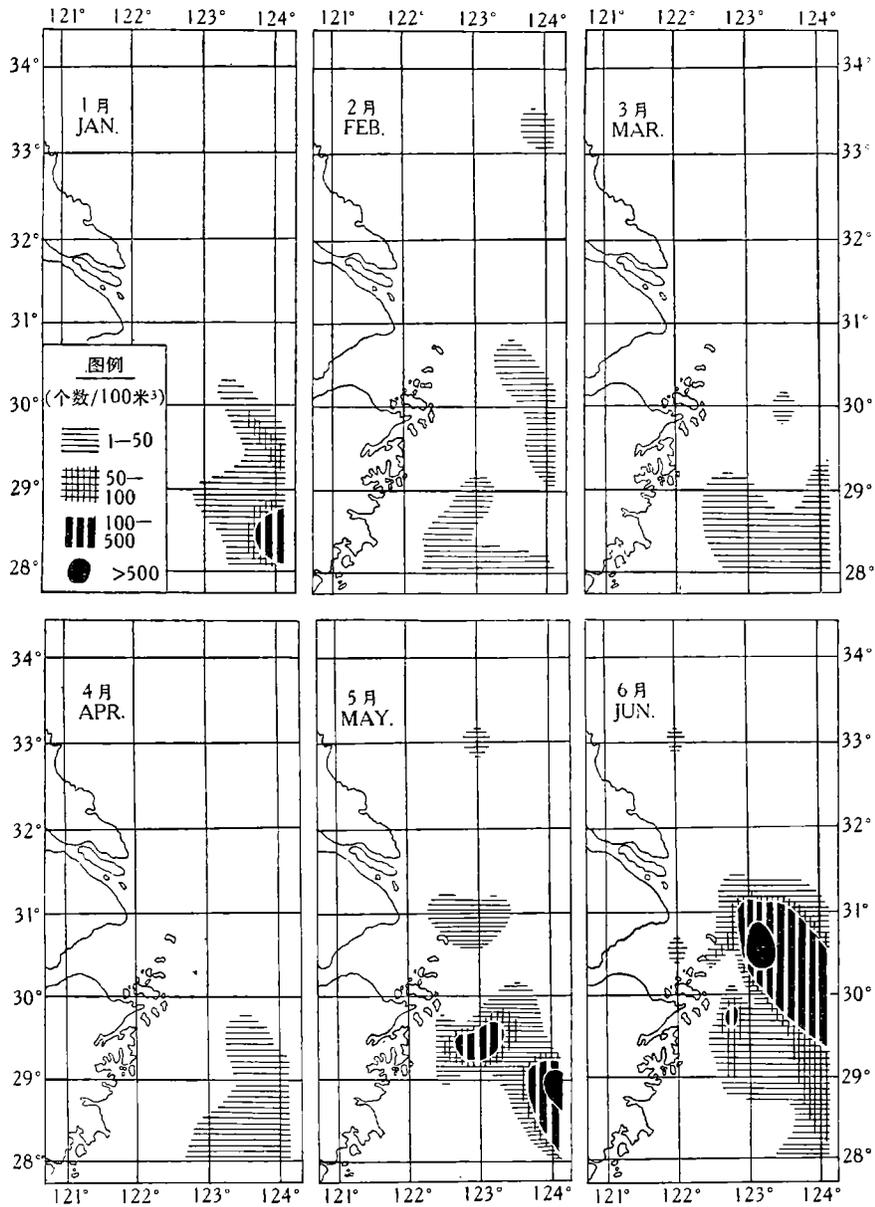


图 4a 黄、东海马蹄螺数量分布的季节变化

Fig. 4a. Seasonal variation in quantitative distribution of *Limacina trochiformis* (d'Orbigny) in the East China Sea and the Yellow Sea.

分布范围仍然相当大,但数量相当减缩;至12月,则仅在东南部小范围的海域少量出现;12月以后完全消失。较大范围的100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区,出现于9—10月;500个/100米<sup>3</sup>以上的密集区仅见于10月。

**4. 明螺(属)** 明螺的数量比前三种少。全年除3月份外均有出现。1—2月及4月的出现范围及数量均非常小;5月以后,随着分布范围的逐渐扩大,数量亦有增加。100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区,仅在5—9月小范围地出现;未发现过500个/100米<sup>3</sup>以上的密集

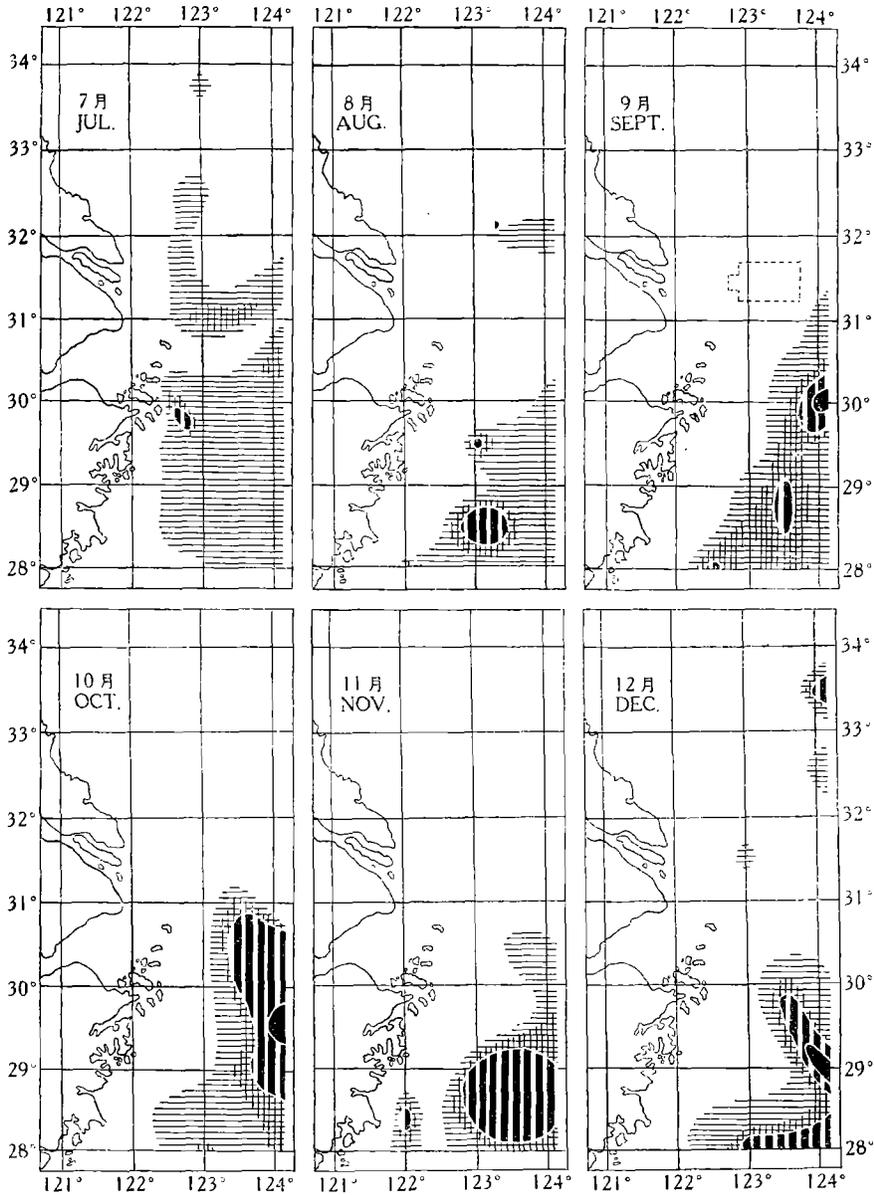


图 4b 黄、东海马蹄螺数量分布的季节变化

Fig. 4b. Seasonal variation in quantitative distribution of *Limacina trochiformis* (d'Orbigny) in the East China Sea and the Yellow Sea.

区。10月以后,分布范围及数量都逐渐减小。

**5. 强卷螺** 全年都有出现,但数量较少,分布状况较为分散。100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区出现于7—9月,范围较小,位于123°E附近或其以西海域。

## (二) 数量的季节变化

黄、东海浮游软体动物数量的季节变化甚为明显。以连续16个月的调查结果看来(图7, A),6—10月数量较大,9月时达203个/100米<sup>3</sup>;1—4月数量较小,3月份仅为

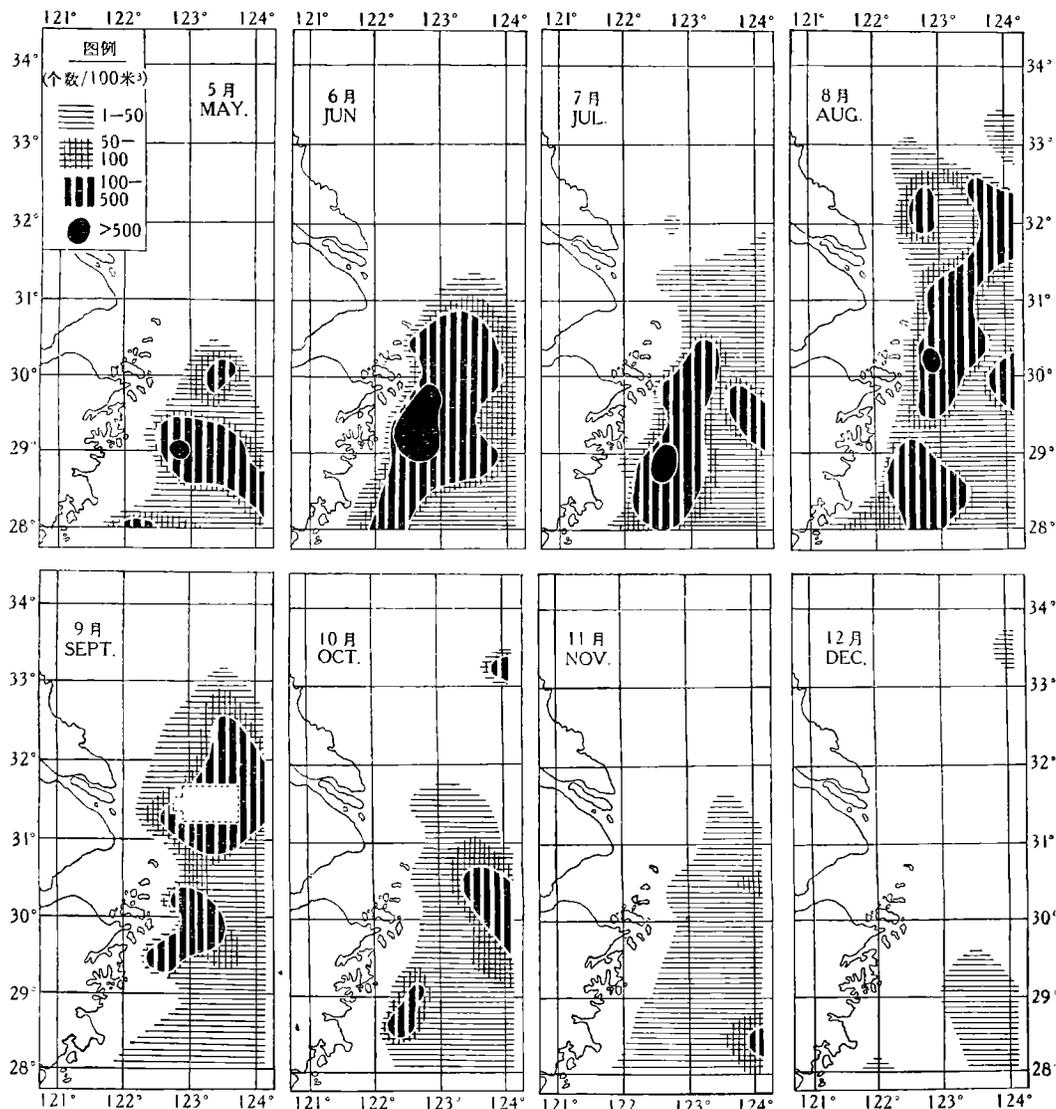


图5 黄、东海尖笔帽螺数量分布的季节变化

Fig. 5. Seasonal variation in quantitative distribution of *Creseis acicula* Rang in the East China Sea and the Yellow Sea.

2 个/100 米<sup>3</sup>弱,两者相差百倍以上。

本海区北部数量季节变化的规律(图 7, C)与南部基本上相同,只是在北部,各个种均非全年出现,数量的季节变化情况比南部更为显著。

各个优势种的数量的季节变化情况大致相同,均系夏秋较大,冬春较小,甚至完全消失。如尖笔帽螺,开始出现时(5月)数量就较大,数量高峯为6—8月,以后逐渐减少而至全然消失(图 8, A)。马蹄蛭螺的数量,以2—3月最少,以后逐渐增加,6月数量较多(图 8, B)。玻杯螺出现的时间较集中,数量高峯亦较明显突出,以9—10月为最多(图 8, C); 1959年未出现于北部,它在南部的数量季节变化趋势,与尖笔帽螺在北部的情况大同小

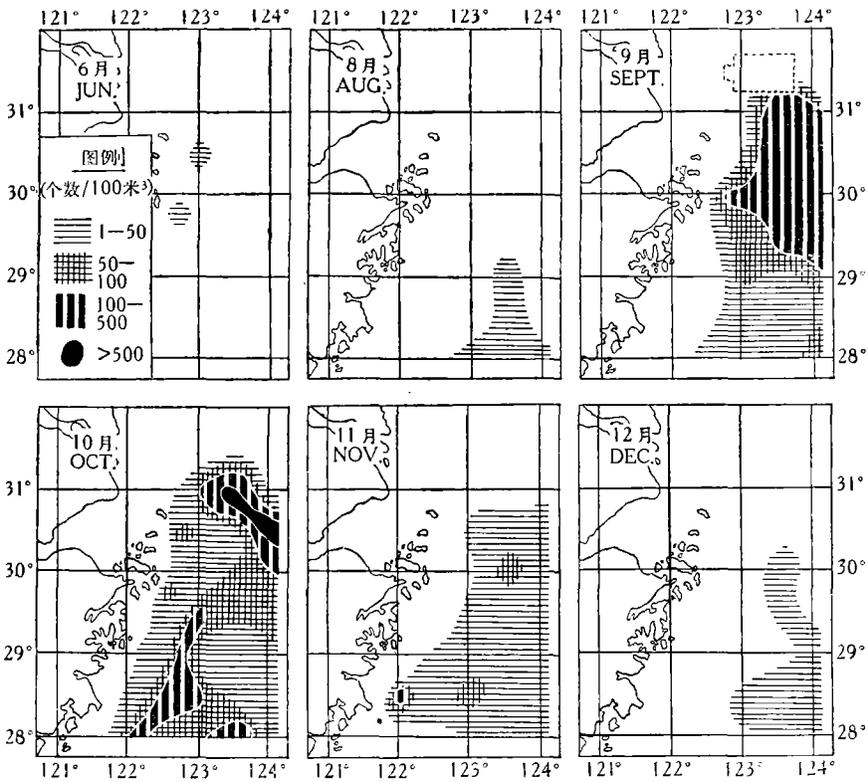


图 6 黄、东海玻杯螺数量分布的季节变化

Fig. 6. Seasonal variation in quantitative distribution of *Hyalocylis striata* (Rang) in the East China Sea and the Yellow Sea.

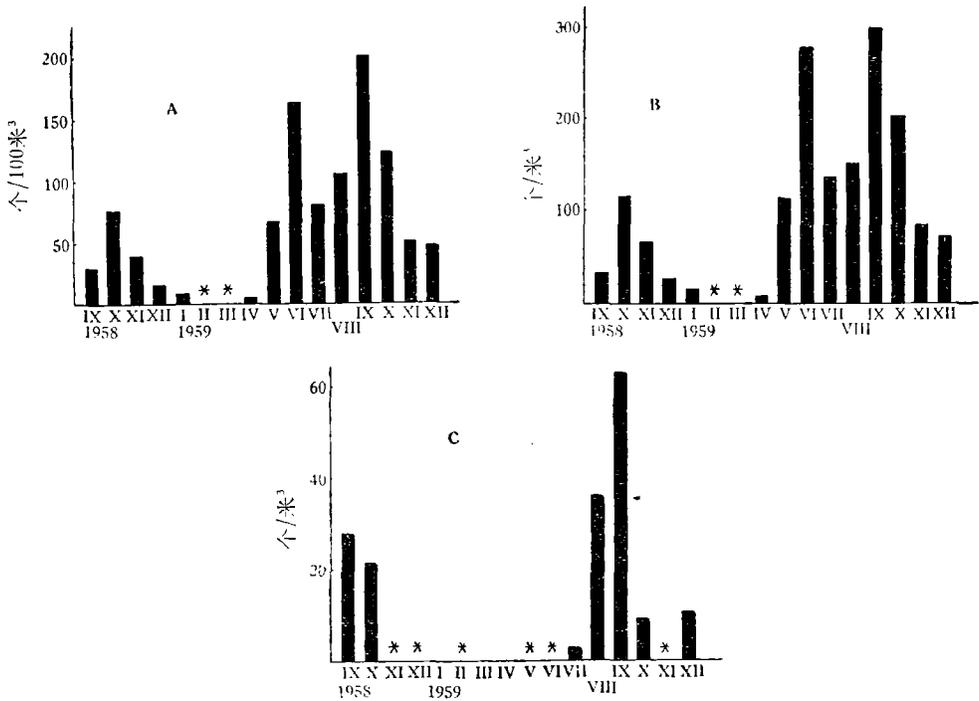


图 7 黄、东海浮游软体动物数量的季节变化

A. 东北北部与黄海南部; B. 南部; C. 北部; \*出现。

Fig. 7. Seasonal variation in individual number of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea.

A. Northern East China Sea and southern Yellow Sea; B. Southern part; C. Northern part.  
\* Occurrence.

异,都是出现的时间较短,数量高峰较突出明显。明螺(属)在2—4月数量很少或无,以后逐渐增加,数量高峰为8—9月,后渐减少(图8,D)。强卷螺数量的季节变化也很明显,但不如尖笔帽螺、玻璃杯螺及明螺显著,数量高峰亦大致为8—9月(图8,E)。

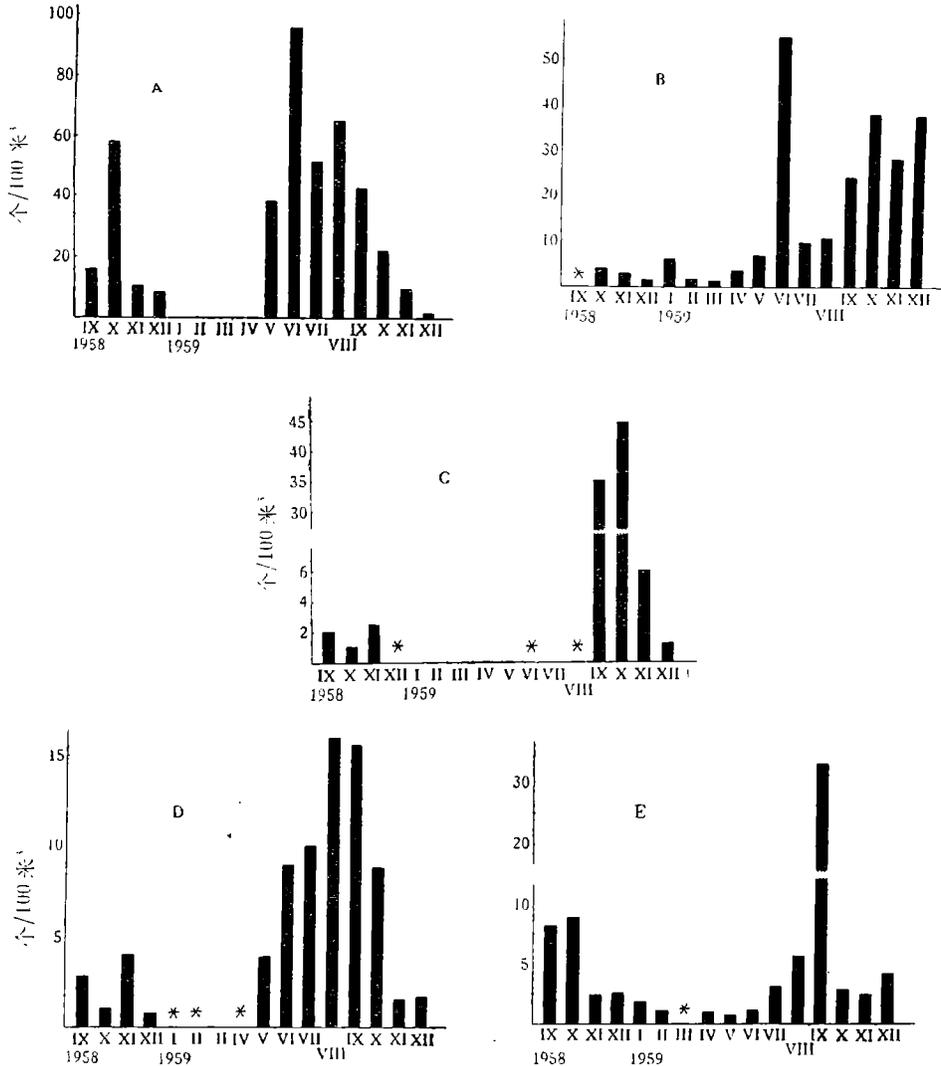


图8 黄、东海浮游软体动物优势种数量的季节变化

A. 尖笔帽螺; B. 马踏蛎螺; C. 玻璃杯螺; D. 明螺(属); E. 强卷螺; \*出现。

Fig. 8. Seasonal variation in number of individuals of dominant species of pelagic molluscs in the East China Sea and the Yellow Sea.

A. *Creseis acicula* Rang; B. *Limacina trochiformis* (d'Orbigny); C. *Hyalocylix striata* (Rang); D. *Atlanta* spp.; E. *Agadina simpsoni* A. Adams; \*Occurrence.

#### 四、討 論

1. 黄、东海是半封闭形的边缘浅海,水温变化较大,盐度较低。出现在这里的浮游软体动物,基本上都是营大洋上层生活的高温、高盐种类。水温与盐度是它们在这里分布的

主要限制因素,海流则是它们分布到这里的动力。

黄、东海西部的盐度,一般较大洋低,调查区内很少存在盐度 35‰ 以上的水域。盐度的分布趋势大致是愈近岸愈低,愈向北愈低。总的说来,盐度变化较剧烈,一般表层较底层尤甚,夏季较冬季尤甚,西北部较东南部尤甚。底层盐度一般较表层高,仅在寒冷季节(1—2月)与表层略相等。就这一海区浮游软体动物的分布状况看来,它与底层盐度的关系似乎比与表层盐度的关系更为密切,这可能与底层盐度较高、较稳定有关。在水温上升季节浮游软体动物的分布范围逐步向北扩大时,可以看到它们分布范围的西限,基本上是沿着 33—34‰ 的等盐线分布的;夏秋分布范围最广时,有的种类(如尖笔帽螺)虽然有时会扩展到 32‰ 的范围,但不会到盐度更低的水域中。这时盐度便成为限制它们分布的主要因素。

黄、东海浮游软体动物的分布与水温的关系也很密切,这种情况,在水温较低的季节看得比较明显;而且与底层水温的关系看来比与表层水温的关系密切,这可能由于两方面原因:(1)该海区底层的水温较表层的稳定;(2)在低温季节,底层水温较表层水温略高。

如前所述,各种浮游软体动物对低温、低盐的适应能力不同,据此可以将它们大致划分为三个温、盐生态类群:

**第一个类群** 主要是一些高温高盐的种类,适温下限约为 20℃ 或略低些,适盐下限为 34‰ 左右(盐度条件尤为重要)。如玻杯螺、环箍笔帽螺、四齿厚唇螺、肋厚唇螺、钩龟螺、球龟螺、长吻龟螺、角长吻龟螺、舢舨螺、寡齿拟皮鳃、背鳃、透明扁齿螺、蜗牛明蜗及拟翼管螺等。这个类群主要分布于东海,特别是东南部。

**第二个类群** 适温下限大致为 15—20℃,适盐下限大致为 34—33‰ 甚至为 32‰。如胖蛸螺、泡蛸螺、尖笔帽螺、芽笔帽螺、锥笔帽螺、厚唇螺、宽弯龟螺、冕螺、蝴蝶螺、多盘拟皮鳃、无鳃螺、拟海若螺、明螺、玫瑰明螺、大口明螺及胖明螺等。它们多数种类向北能分布到黄海南部,少数种类仅能出现于东海。

**第三个类群** 适温下限为 13℃ 左右,适盐下限为 34—33‰。这样的种类较少,仅包括马蹄蛸螺及强卷螺。

2. 如上所述,黄、东海所以出现浮游软体动物,主要是依靠海流——台湾暖流<sup>1)</sup>及黄海暖流——的带动。从温盐条件判断,黄、东海浮游软体动物的种数所以会随纬度的增加而减少,可能主要是受盐度所限,温度的影响只能居次要地位。因为后者只在冬春寒冷季节时才会成为限制因素;夏秋季节,整个海区的水温均高达 20℃ 以上(甚至达 28℃),对这些动物都适宜。在温暖季节,耐低盐能力较强的种类,便有可能随暖流北上,进入黄海南部;耐低盐能力较弱的种类,便仅能停留于东海。因为黄海盐度一般较东海低,不存在或很少存在 34‰ 左右的盐度条件。

浮游有孔虫在南黄海的分布北限达 35°N, 123—124°E<sup>[6]</sup>,浮游软体动物的分布北限略偏南,为 33°45′N(123—124°E 附近)。此处为黄海暖流的流经范围,又处于黄海中央底层冷水团的峯面附近,因此我们认为:浮游软体动物向北分布一般所以不超过 34°N,可能主要是受黄海冷水团的影响。从浮游软体动物的材料判断,此处可认为是黄海暖流与

1) 台湾暖流的含意,郑执中等(1962)<sup>[6]</sup>已有过澄清,为避免名称上的混淆起见,本文采纳他们的意见。

黄海中央底层冷水团的交汇区。这一点与从浮游有孔虫的材料得出的判断<sup>[6]</sup>基本上一致,仅偏南约一个纬度。

如前所述,1959年9月曾在青岛外海 $35^{\circ}30'N$ , $121^{\circ}30'E$ 处发现玫瑰明螺。这种营表层生活的明螺所以能在青岛外海出现,可能是由于中国沿岸的表面海流<sup>[8]</sup>的影响,9月份发现的个体,可能是在前一时期随表面风海流来的。

3. “动物的数量和分布是依它们的繁殖力和存活率为转移的,二者决定于动物满足于周围环境条件的程度”<sup>[13]</sup>。东海北部软体动物的数量,远比黄海南部丰富,几乎为其10倍。浮游软体动物在黄、东海能否繁殖,目前尚未判明(我们曾发现一些幼小个体),仅以数量上的显著差别就可显示出黄海南部的盐度较低,高温期较短,不如东海更适于它们生存。

各种浮游软体动物的密集区,大致均位于舟山外海 $29-30^{\circ}N$ , $123^{\circ}E$ 附近,基本上都在盐度34‰(甚至33‰)的范围内。值得注意的是除肉食性的明螺外,其他几个优势种(特别是数量最大的尖笔帽螺)的100个/100米<sup>3</sup>以上的密集区与浮游植物的 $5 \times 10^5$ /米<sup>3</sup>以上的密集区在地理位置上有很大的-一致性(只是后者的范围向北伸展较大),这种情况在水温较高的几个月尤为明显。

4. 十九世纪末叶已有人开始利用浮游动物作为海流或水团的指示生物。以后关于这方面的研究大多取材于毛颚类,桡足类及水母类等类群。利用浮游软体动物作指示生物的研究还较少,并且只限于定性方面。Russel(1935)<sup>[24]</sup>认为 *Limacina helicina* (Phipps)在北海为北极水的指示种;Tesch(1946)<sup>[26]</sup>提到 *L. retroversa* (Fleming)在北海及其邻近海域是大西洋水的良好指示种;Fraser(1952)<sup>[16]</sup>将 *Clio pyramidata* (Linnaeus)列为大西洋水进入苏格兰海域的良好指示种。中国海浮游动物指示种的研究刚在开始。郑重、郑执中(1959)<sup>[4]</sup>已指出一些箭虫及桡足类为黄海暖流的指示种;郑执中、郑守仪(1962)<sup>[6]</sup>利用浮游有孔虫的材料分析了黄、东海的水团与海流。不言而喻,黄、东海海况的阐明,尚待多方面的论证,并且最好利用各类群的指示种。浮游软体动物也是适于做指示种的。

如前所述, $33-34^{\circ}N$ , $123-124^{\circ}E$ 一带各季节经常有浮游软体动物出现,这应当是由于黄海暖流的影响。黄海暖流区共发现6种浮游软体动物,其中经常出现的是马蹄螺(表2);通常仅发现1—2种,惟10—12月各发现3—4种;一般出现数量都很少,惟12月份曾发现229个/100米<sup>3</sup>(图4)。值得指出的是气候最冷的2月份,仍有浮游软体动物出现(马蹄螺)。从以上情况判断,黄海暖流冬季远比夏季强盛。这与从其他浮游动物得出的结论<sup>[6]</sup>是一致的。

出现于黄海暖流的6种浮游软体动物中,马蹄螺的数量较其他种类多,耐较低温的能力亦较强,因而在这里出现的可能性较大,终年都可利用它作为这一暖流的指示种。

黄、东海的浮游软体动物,主要是由台湾暖流带动而来,其分布北限所以会季节性地南北移动,应当是由于该海区水温的季节变化幅度较大所致。降温季节,温度由北而南逐渐成为它们生存的限制因素,分布范围逐渐向南回缩;升温季节,温度由南而北逐渐适宜于它们生活,分布范围便逐渐向北扩展。各个种类耐低温的能力不同,因而在该海区出现的时间长短不等。分布范围开始向北扩展的季节,如以1959年4月为例,马蹄螺的分布北限为 $29.5^{\circ}N$ ,强卷螺为 $28.5^{\circ}N$ ,明螺为 $28^{\circ}N$ ,而尖笔帽螺及玻杯螺这时在 $28^{\circ}N$ 尚未出现。由此看来,各个暖水种的出现范围,仅能依其耐低温的能力,不同程度地随着

暖流向北扩展。在季候影响下暖流水域降温至 12—13°C 以下时,各种浮游软体动物均消失。从这些情况看来,在该海区仅温度较高的季节才有可能利用浮游软体动物作为台湾暖流的指示生物;它们在该海区季节性南北移动的程度及数量变动的情况似乎不能指示台湾暖流强弱的季节变化情况。

出现于台湾暖流的浮游软体动物中,尖笔帽螺个体较大,形态特异,数量较多,为这一暖流的良好指示种。根据它的数量分布的情况判断,台湾暖流的北限可能达 32°N 附近。

在黄、东海,无论是在寒冷季节或是在黄海中央底层冷水团处,均未发现冷水性浮游软体动物出现。象邻近海域里门寒流中大量出现的冷水种 *Limacina helicina*(Phipps)<sup>[11]</sup>,在这里从未见到过。因此,所谓里门寒流与黄海冷水团终年维持联系的说法,从这一类群动物的资料中找不到证据。这种情况与浮游有孔虫<sup>[6]</sup>也完全一致。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院海洋研究所浮游生物组, 1959. 统一浅海区浮游生物调查方法的建议. 海洋与湖沼, 2(2): 68—71.
- [2] 毛汉礼、赫崇本, 1959. 十年来海洋水文调查与研究的进展(未刊稿).
- [3] 朱树屏、郭玉洁, 1959. 十年来我国海洋浮游植物的研究. 海洋与湖沼, 2(4): 223—230.
- [4] 郑重、郑执中, 1959. 十年来我国海洋浮游动物的研究. 海洋与湖沼, 2(4): 214—222.
- [5] ——, 1959. 利用浮游动物指标种探索海流与水团的分布(未刊稿).
- [6] 郑执中、郑守仪, 1962. 黄海和东海浮游有孔虫生态的研究. 海洋与湖沼, 4(1—2): 60—85.
- [7] 张福绥, 1964. 中国近海的浮游软体动物, I. 翼足类、异足类及海蜗牛类分类的研究. 海洋科学集刊, 5: 125—226.
- [8] 管秉贤, 1957. 中国沿海的表面海流与风的关系的初步研究. 海洋与湖沼, 1(1): 95—122.
- [9] 赫崇本等, 1959. 黄海冷水团的形成及其性质的初步探讨. 海洋与湖沼, 2(1): 11—15.
- [10] 辻田时美, 1957. 中国东海及对马海峡的渔业海洋学. 西海区水产研究所研究报告, 第 13 号 (中国科学院上海水产研究所译, 1961), 1—43 页.
- [11] 时岗隆, 1957. 日本动物图鉴, 有关浮游软体动物部分. 北隆馆, 1012—1270 页.
- [12] 须田皖次, 1940. 海洋科学. 东京古今书院(郑焕宇译, 1958), 1—594 页.
- [13] H. II. 纳乌莫夫, 1955. 动物生态学(林昌善等译, 1958), 1—468 页.
- [14] Boas, J. E. V., 1886. Bidrag til Pteropodernes Morfologi og Systematik samt til Kundskaben om deres geografiske udbredelse. Vidensk. Selsk. Skr. 6 Rk. naturvid.-math., 4(1):1—231.
- [15] Bonnevie, K., 1913. Pteropoda. Rep. Sci. Res. Michael Sars North Atlantic Deep-sea Expedition, 1910, 3(1):1—69.
- [16] Freaser, J. H., 1952. The chaetognatha and other zooplankton of the Scottish area and their value as biological indicators of hydrographical conditions. Scot. Home Dep., Mar. Res., 2:5—22.
- [17] Lebour, M. V., 1931. *Clione limacina* in Plymouth waters. Journ. Mar. Biol. Ass. N. S., 17(3):785—792.
- [18] Meisenheimer, J., 1905a. Die thiergeographischen Regionen des Pelagials, auf Grund der Verbreitung der Pteropoden. Zool. Anz., 29:155—163.
- [19] ——, 1905b. Pteropoda. Wissensch. Ergebn. Deutsch. Tiefsee-Exp., 9(1):1—314.
- [20] ——, 1906. Die arktischen Pteropoden. Roemer Schaudinn Fauna Arctica, 4(2):409—430.
- [21] Morton, J. E., 1954. The biology of *Limacina retroversa*. Journ. Mar. Biol. Ass. U. K., 33:297—312.
- [22] Pelseneer, P., 1888. The Thecosomata. Challenger Reports, 23(65):1—106.
- [23] Redfield, A. C., 1939. The history of a population of *Limacina retroversa* during its drift across the Gulf of Maine. Biol. Bull., Woods Hole, 76:26—47.
- [24] Russell, F. S., 1935. On the value of certain plankton organisms as indicators of water movements in English Channel and North Sea. Journ. Mar. Biol. Ass. N. S., 20(2):147—179.
- [25] Stubbings, M. A., 1938. Pteropoda. Sci. Rep. John Murray Exped. (1933—1938), 5(2):16—33.
- [26] Tesch, J. J., 1946. The Thecosomatous Pteropods, I. The Atlantic. Dana Reports. 28:1—82.
- [27] ——, 1948. The Thecosomatous Pteropods, II. Indo-Pacific. Ibid., 30:1—45.

- [28] ———, 1949. Heteropoda. *Ibid.*, 34:1—53.  
 [29] ———, 1950. The Gymnosomata. *Ibid.*, 36:1—55.  
 [30] Vane, F. R., 1961. Contribution toward a plankton atlas of the north-eastern Atlantic and the North Sea. part III. Gastropoda. *Bull. Mar. Ecol.*, 5:98—101.  
 [31] Vane, F. R. and J. M. Colbrook, 1962. Continuous plankton records: Contribution towards a plankton atlas of the north-eastern Atlantic and the North Sea, part VI, The seasonal and annual distributions of the Gastropoda. *Ibid.*, 5(50):247—253.  
 [32] Wormelle, R. L., 1962. A survey of the standing crop of plankton of the Florida Current, VI. A study of the distribution of the pteropods of the Florida Current. *Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean*, 12(1):95—136.

## THE PELAGIC MOLLUSCS OF THE CHINA COAST

### II. ON THE ECOLOGY OF THE PELAGIC MOLLUSCS OF THE YELLOW SEA AND THE EAST CHINA SEA

ZHANG FU-SUI

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

The area covered by the present investigation is mainly restricted to 28°—34°N in the southern Yellow Sea and the northern East China Sea, of which the area north of 31°N is designated as the northern part and south of that as the southern part in this paper. There are found twenty-six species of Pteropoda, eight species of Heteropoda, one species of Janthinidae and one species of uncertain systematic position up to now. Among them *Creseis acicula* Rang, *Limacina trochiformis* (d'Orbigny), *Hyalocylix striata* (Rang) and *Agadina stimpsoni* A. Adams are relatively dominant.

The pelagic Mollusca of the Yellow Sea and of the northern East China Sea in general are not distributed farther than 34°N. The number of species decreases with increasing latitude. The boundary of its area of distribution shifts with the seasons. As a whole, in the west, its boundary shifts shoreward in summer and autumn and retreats to the open sea in winter and spring. In the north, it gradually stretches northward with the increasing of temperature (more strikingly in the months from August to October) and retracts southward with the decreasing of temperature (more strikingly from January to April). More species occur in the months from August to October than in January to April. The length of its occurrence period in the northern part is only about half that in the southern part.

The total number of pelagic Mollusca of the northern part is far less than that of the southern part, that of the former being only about 1/10 of the latter. Areas of dense concentration, with more than 100 indiv./100 M<sup>3</sup>, are mainly restricted to south of 31°N and those with more than 500 indiv./100 M<sup>3</sup> occur generally only in the region about 29°—30°N, 123°E, that is, southeast of Chou-Shan. The total number is greater in June to October and lesser in January to April.

It may be taken that the occurrence of pelagic Mollusca in this area is chiefly caused by their being carried by the branches of the Kuroshio, the so called Taiwan warm current and Yellow Sea warm current. Water temperature and salinity are the main environmental factors limiting their distribution in this area. The distribution pattern is

relatively correlated with temperature and salinity conditions of the lower water layer. It may be due to the fact that in the lower water layer, temperature and salinity are more stable than that in the upper layer. The decrease in number of species with increasing latitude in this area as stated above may be mainly caused by the influence of salinity. The fact that its distribution northward does not in general extend beyond  $34^{\circ}\text{N}$  is probably due to the influence of the cold water mass of the Yellow Sea. The region near  $34^{\circ}\text{N}$  may, therefore, be regarded as a region of mixing of the Yellow Sea warm current and the cold water mass of the Yellow Sea. The surface current is possibly the carrier of *Atlanta rosea* Souleyet found occasionally at  $35^{\circ}30'\text{N}$   $121^{\circ}30'\text{E}$ , off Tsingtao. Cold water species such as *Limacina helicina* (Phipps) occurring abundantly in the Liman current has never been discovered in this area, so that it may not be taken that the so-called cold water mass of the Yellow Sea communicates with the Liman current all the year round. The data on the quantitative distribution of pelagic Mollusca, in particular of *Limacina trochiformis* (d'Orbigny), show that the Yellow Sea warm current is stronger in winter than in summer. Several species may serve as good indicators for the Taiwan warm current, among them *Creseis acicula* Rang is the best one. It is notably impossible to judge the seasonal variation of the strength of this current by the indication of the seasonal variation of this animal in the area under investigation. From its quantitative distribution it may be inferred that the northern limit of the Taiwan warm current roughly near  $32^{\circ}\text{N}$ .