

烟、威鲑鱼渔场及邻近水域浮游 动物生态的初步研究*

鄭重 鄭执中 王荣 林雅蓉 高尚武

(中国科学院海洋研究所)

烟台-威海海区为黄海重要渔场之一。每年4—5月间,鲑鱼 *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) 开始前来产卵^[2,11]。为了开发这个海区的水产资源,并深入了解鲑鱼的生态习性和数量变动,自1953年起,开展了烟、威鲑鱼渔场的生态调查,浮游生物生态即列为调查项目之一。每年调查仅在鲑鱼渔汛期间(4—7月)进行。自1957年3月至1958年2月才进行周年性调查,并将调查范围扩展到整个北黄海西部(图1)。由于头两年调查所用的采集网具和方法很不一致,所得资料不便比较,故本文仅对1955—1958年的资料进行分析研究。这次调查的时间虽长,但除1957年外,仅在渔汛期的3、4个月内进行,同时,调查区域也仅限于产卵场及其邻近水域,因此,调查的时间和范围都有其局限性。通过这次调查,我们对这个海区的浮游动物的种类组成和数量分布获得了概括性的了解,并对三种主要浮游动物——中华哲水蚤 *Calanus sinicus*、细长脚蛾 *Themisto gracilipes* 和强壮箭虫 *Sagitta crassa*——的种群生态进行了一些初步观察。这些初步生态研究结果可做为进一步研究这个海区浮游生物生态的参考。

一、调查及采集方法

这次调查范围,在1955—1956年限于 $121^{\circ}10'$ — $122^{\circ}25'E$, $38^{\circ}10'N$ 以南,山东半岛北岸的海区;在1957—1958年向北扩大至辽东半岛南岸(图1)。调查方式分为大面调查和连续观测。前者系沿着各站进行定点采集;后者系在一个特定站上进行昼夜连续观测,每隔3小时分层采集一次。

这次调查主要采用标准网(上部口径50厘米,过滤部长168厘米,以国产52GG筛绢制成)和Hansen网(上部口径73厘米,中部口径100厘米,过滤部长130厘米,以国产52GG筛绢制成)。标准网具有水平闭锁器,用于分层采集,水层分为0, 5, 10, 20, 30米及底层。拖曳20—30分钟后(船速约2哩/时),将各层的网连续关闭。Hansen网则用于垂直采集——自底层至表面垂直拖。

样品的分析系采用个体计数法,以个数/米³为计算单位。我们总共分析了740号样品,其中用亨生网采的计有474号,用标准网采的计有266号。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第306号;本所肖贻昌、胡晴波、崔玉琦、时桂英、张金贞等同志参加部分资料整理工作;傅钊先同志描绘文中插图,均此谨表谢忱。本文曾于1962年在广州召开的中国动物学会生态及分类区系专业学术讨论会上宣读,会后略有补充修改。

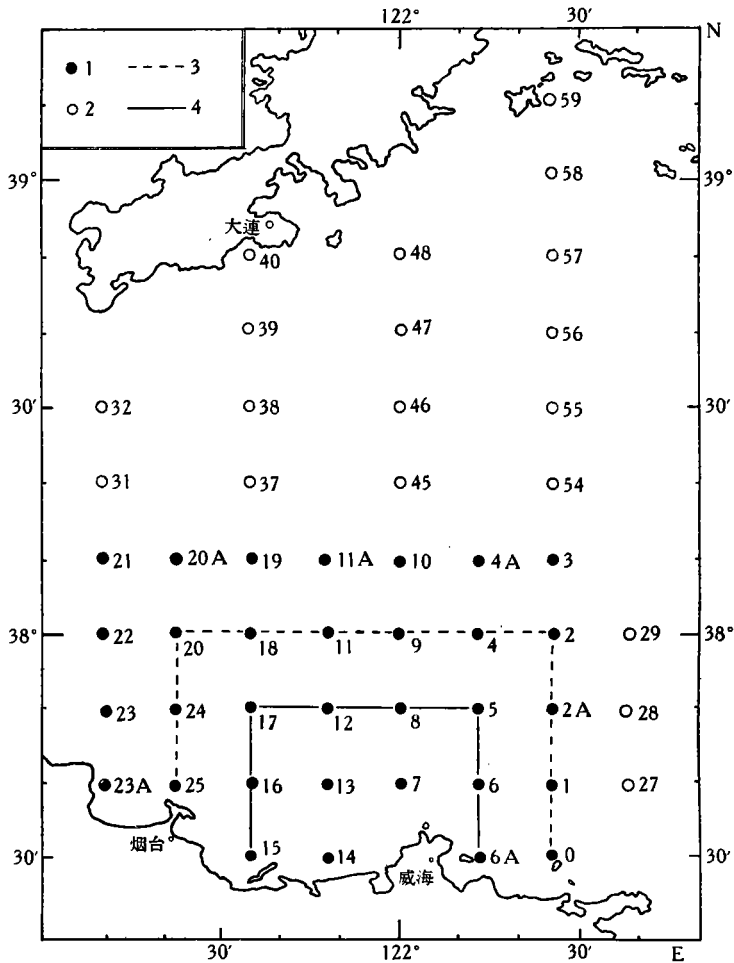


图1 调查站位

1. 1955—1956年原设站; 2. 1956年以后增设站; 3. 鲈鱼产卵场基本范围;
4. 鲈鱼中心产卵场范围。

Fig. 1. Location of stations in the area of investigation.

1. Stations established in 1955—1956; 2. Stations added after 1956;
3. Spawning ground of *Pneumatophorus japonicus*; 4. Main area of spawning ground of *Pneumatophorus japonicus*.

二、主要浮游动物的平面分布和季节变化

关于调查区的浮游动物,过去了解很少,仅在水螅水母类^[6,12]及桡足类^[3]方面做过一些分类研究。近年来,对这个海区的浮游动物虽做过不少生态调查,可是,尚未见有专题论文发表。我们对各类较习见的浮游动物做了初步鉴定,并对几类主要浮游动物的数量分布进行了分析研究。兹将它们的平面分布和季节变化简述如下。

1. 中华哲水蚤及其他桡足类 这类小型低等甲壳类动物,不但在浮游动物的种类组成和数量上占着很重要地位,并且很多是以浮游动物为食的经济鱼类和须鲸类的重要饵料。所以,它的数量变动研究不论在理论上或实践上,都具有重大意义。调查区的桡

足类在数量上以中华哲水蚤 *Calanus sinicus* Brodsky、小型拟哲水蚤 *Paracalanus parvus* (Claus)、墨氏刺水蚤 *Centropages mcmurrichi* Willey、克氏纺锤水蚤 *Acartia clausi* Giesbr.、大同长腹剑水蚤 *Oithona similis* Claus 和日本大眼剑水蚤 *Corycaeus japonicus* Mori 为最重要。这 6 种大多是整年出现的种类,而且常占桡足类总数的 95% 以上。其他桡足类的数量较少,出现的时间也较短,故在浮游动物数量变动上所起的作用不大。

从 1957 年桡足类总量的季节变化来看,冬季的数量很少。到渔汛之前(4 月中旬),数量才略见增加。随后,逐月上升,到 7 月初达一年中出现的最高峰。8 月突见下降,嗣后又逐渐增加,至 10 月再出现一个次高峰。11—12 月的数量虽逐渐降低,但仍保持相当数量。直到 1—3 月的严冬季节,才大大减少,达到一年中的最低量(图 2)。

根据 1955—1957 年渔汛期的资料,这三年桡足类总量的季节变化是基本一致的。但比较这三年的平均总量,则以 1957 年最高,1955 年最低(图 2)。

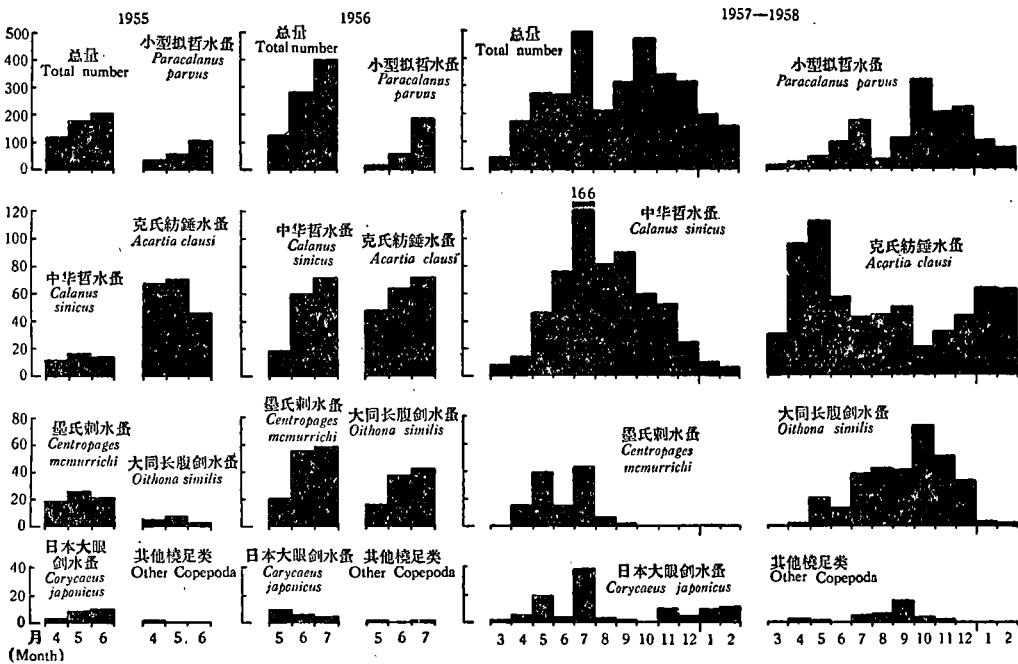


图 2 桡足类平均数量(个/米³/站)的季节变化

Fig. 2. Seasonal variation in average number of Copepoda per cubic meter of water per station.

兹将 6 种主要桡足类的数量分布分别简述如下:

(1) 中华哲水蚤 *Calanus sinicus* 这是我国沿海的主要桡足类,数量很大,分布也广。在繁殖盛期,它在浮游动物中占着显著优势地位。

根据 1957—1958 年的周年资料分析结果,这种桡足类在 3 月初旬很少,4 月虽略见增加,但数量仍少。直到 5 月以后才急剧增加,至 7 月达到一年中最高峰,该月平均数量高达 166 个/米³。8 月数量骤减,平均数量几减少一半。9—11 月数量虽稍有增减,但变动幅度不大。到了 12 月,显著减少。这个低潮一直延续到翌年早春。上述中华哲水蚤的数量

变动趋势和桡足类总量几乎一致。它在这三年渔汛期的平均数量也是1957年最高,1955年最低(图2)。

为了解这种桡足类的种群结构,进一步研究它的繁殖期和各个发育期的数量变动是很必要的。根据1957—1958年的大量标本的检查结果,在3月初旬出现的少量越冬个体大部分是第V期桡足幼体和成体,两者占总数的60%以上,仅少数是第I—III期桡足幼体。4月中旬,成体占绝对优势,占总数的75%以上,这显然是由前一个月的第IV、V期桡足幼体成长而来的;同时第I期桡足幼体的数量亦见增加。到了4月下旬,第V期桡足幼体和成体约占半数,而第I、II两期桡足幼体约占40%。5月初旬,第II、III两期桡足幼体增加到60%以上,这是由4月底的第I期桡足幼体长大而来的。这时,第V期桡足幼体和成体的数量更见低落,达不到20%。到了6月初旬,由第II、III期桡足幼体成长起来的第IV、V两期桡足幼体又增加到40%左右,而第I、II两期桡足幼体则下降到20%。6月下旬,第V期桡足幼体和成体的数量继续增加,达到50%以上。至此,第一代的发育可说已经完成。自7月底至8月初,第I期桡足幼体又出现了一个高峰,这些桡足幼体应属于这一年新生的第二代。第II、III两期桡足幼体约占45%,而第V期桡足幼体和成体合并起来还达不到40%。9月,第III、IV两期桡足幼体增加到60%以上,10月,第V期桡足幼体和成体激增到80%左右,而其他各期的数量都已减少。到了这时,第二代的发育也可说已经完成,这是准备越冬的一代。不过,11月时,第I、II两期桡足幼体的数量又略见增加。到了12月再度出现第I期桡足幼体的高峰,这些幼体应属于这一年新生的第三代(图3)。

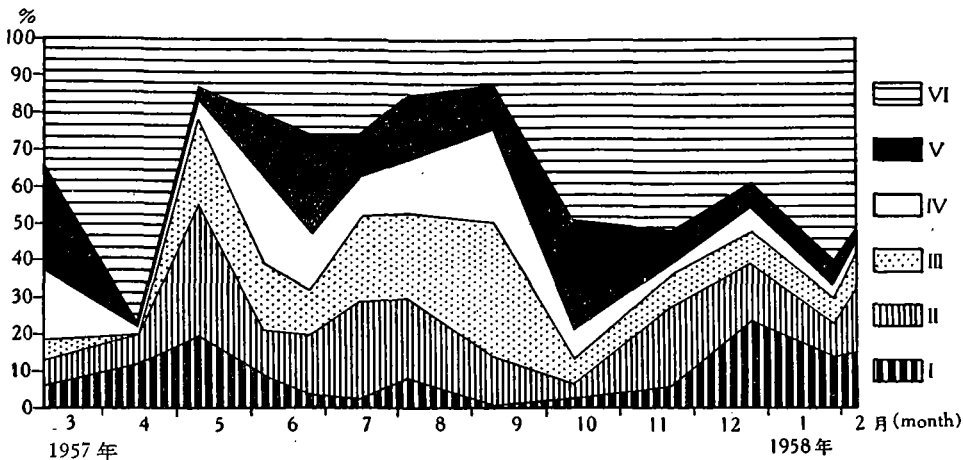


图3 中华哲水蚤桡足幼体(I—V期)及成体(VI期)的百分组成的季节变化
Fig. 3. Seasonal variation in percentage composition of copepodite and adult stages of *Calanus sinicus*.

从上述各期幼体的数量变动中,可以看出调查区的中华哲水蚤每年有三个繁殖期^[8]——3—4月、6—7月、10—11月¹⁾。估计完成一个世代的发育,历时不到3个月。

1) 最近陈清潮^[9]也曾提到这种桡足类在北黄海有3个繁殖期(5—6月、7—8月、9—11月)。不过,头两个繁殖期比我们所提的约迟1个月。

12 月以后已入严冬季节, 这种桡足类的数量显著减少, 各个早期幼体(包括第 I 期在内)所占的百分比普遍下降, 这或可说明第三代幼体有发育停滞现象, 而且在数量上也大大减少, 这是否由于在严冬季节大量死亡的结果, 尚有待于进一步通过自然生态和实验生态研究加以证实。

从 1957 年的周年调查资料中, 可以看出中华哲镖水蚤在调查区的平面分布有较明显的季节变化(图 4)。在开始繁殖的春季, 以 38°N 附近盐度较高的中央水域的数量较多, 山东沿岸仍然稀少。6 月以后数量激增, 密集区已扩展到 38°N 以南的近岸水域。这显然

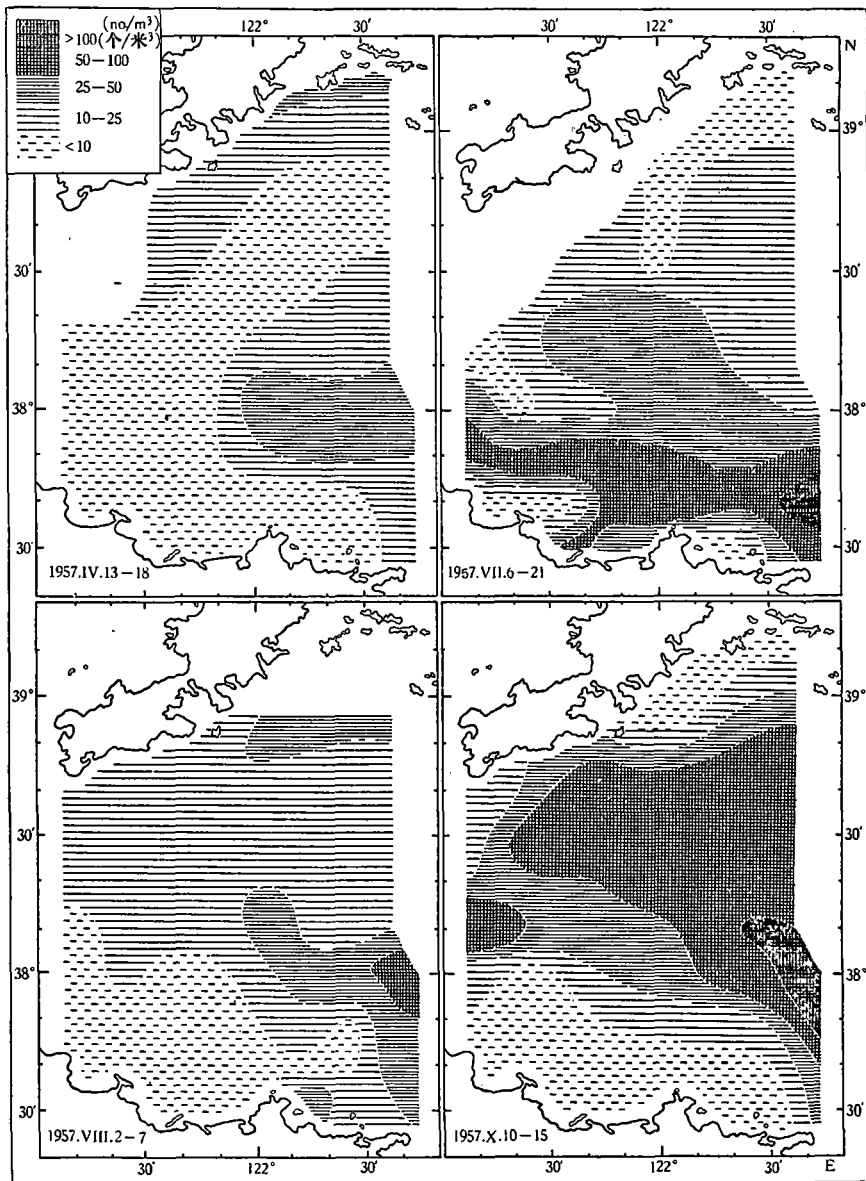


图 4 中华哲水蚤的分布

Fig. 4. Distribution of *Calanus sinicus* Brodsky.

和中央水域高盐水体的向岸逼近密切相关。8月的分布面貌显然改变,近岸的密集区向北(海峡中央)并向东退缩,山东沿岸一带又成为稀少区。这和大量低盐水从渤海流出有关。10月以后,近岸水温下降,中华哲水蚤移栖远岸,中央水域的数量远较近岸为多。到了冬季,水温更低,整个调查区的数量很少;但在辽东半岛近岸水域却出现小块密集区。看来,盐度对这种桡足类平面分布的影响较为显著,它的主要密集区一般与 $>31\text{‰}$ 高盐水体的分布趋于一致。

(2) 小型拟哲水蚤 *Paracalanus parvus* 这是一种广温、广盐性桡足类,分布很广,自热带至北温带和南温带都有它的分布,而且在数量上常占优势。这种桡足类在调查区的分布很广,数量也大;可是,由于个体较小,就生物量而论,远不如中华哲水蚤那么重

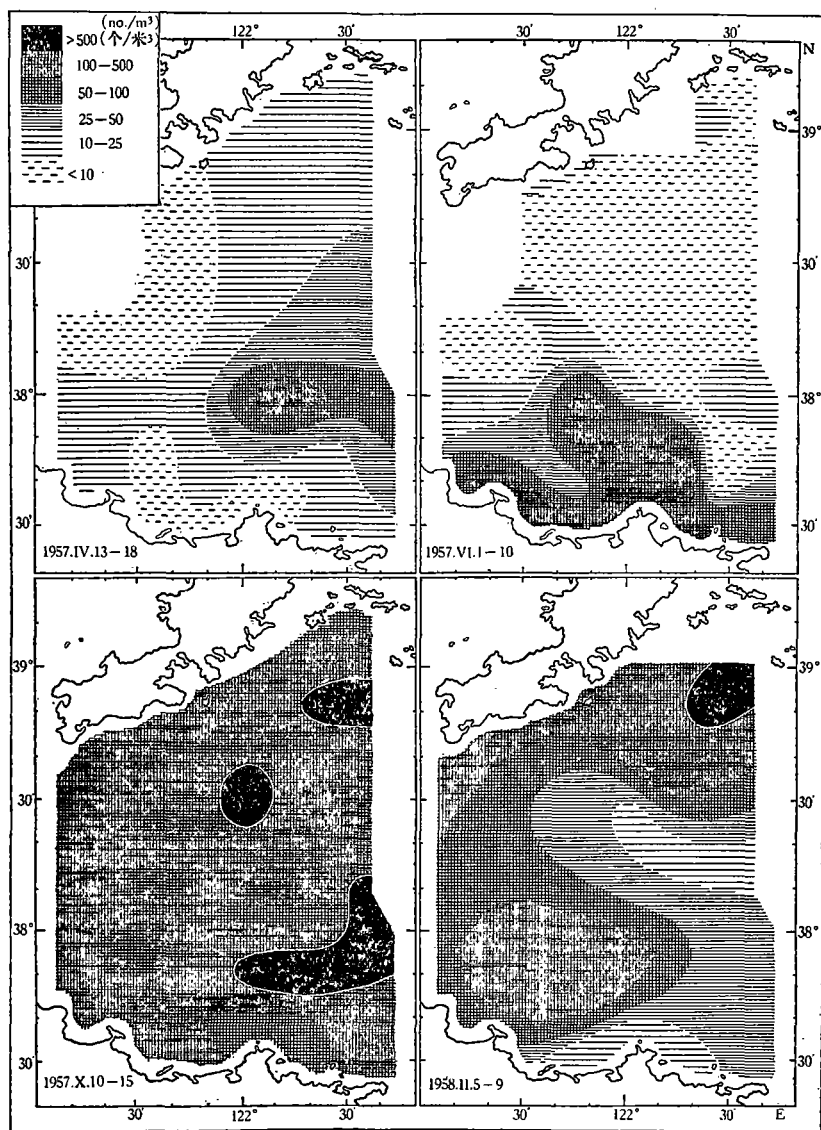


图5 小型拟哲水蚤的分布

Fig. 5. Distribution of *Paracalanus parvus* (Claus).

要。

根据 1957—1958 年的周年资料分析结果, 小型拟哲水蚤在 5 月以前的数量不大。6 月初才开始上升, 约比 5 月增加一倍。7 月出现第一个高峯(171 个/米³)。8 月骤然下降, 9 月又略见上升, 10 月出现第二个高峯, 也就是全年的最高峯(321 个/米³)。11—12 月的数量仍相当稳定, 尚保持在 200 个/米³以上。但到了 1 月即开始急剧下降。这种桡足类在 1955—1957 年渔汛期间的数量变动情况基本一致, 平均数量以 1955 年最低, 其他两年很相接近(图 2)。

在春季这种桡足类一般在近岸很少, 而在海峡中央水域特别是在 38°N 附近较多。可是 6 月份的分布面貌显然改观——近岸增多, 而中央水域减少, 密集区出现在烟、威海近岸水域。夏季以后, 数量逐渐增加, 密集区出现于 122°E 以西, 38°N 附近水域。在繁殖最盛的 10 月, 整个调查区的数量普遍增加。到了冬季, 数量仍多, 密集区又有向岸移动的趋势(图 5)。

(3) 墨氏刺水蚤 *Centropages mcmurrici* 这是近岸种, 常大量分布于盐度较低的水域中。它的出现季节较中华哲水蚤、小型拟哲水蚤等为短, 数量变动的幅度也不大。在 4 月以前, 数量极少, 4 月才开始增加; 但从 5 月初旬至 7 月下旬的数量变动并不显著。7 月下旬是它的繁殖盛期, 可是, 数量仍不大(43 个/米³)。8 月即急剧下降, 到 9 月以后极少采到, 几乎绝迹(图 2)。

这种桡足类在开始繁殖的 4 月份, 以近岸水域的数量较多。5 月在山东北岸出现了密集区, 尤以烟台沿岸最为密集。自 7 月起, 密集区移向东部外海, 密集中心出现在 122°E 以东外海; 这时, 近岸水域已很稀少。9 月以后, 整个调查区的数量普遍下降, 渐趋消失(图 6)。

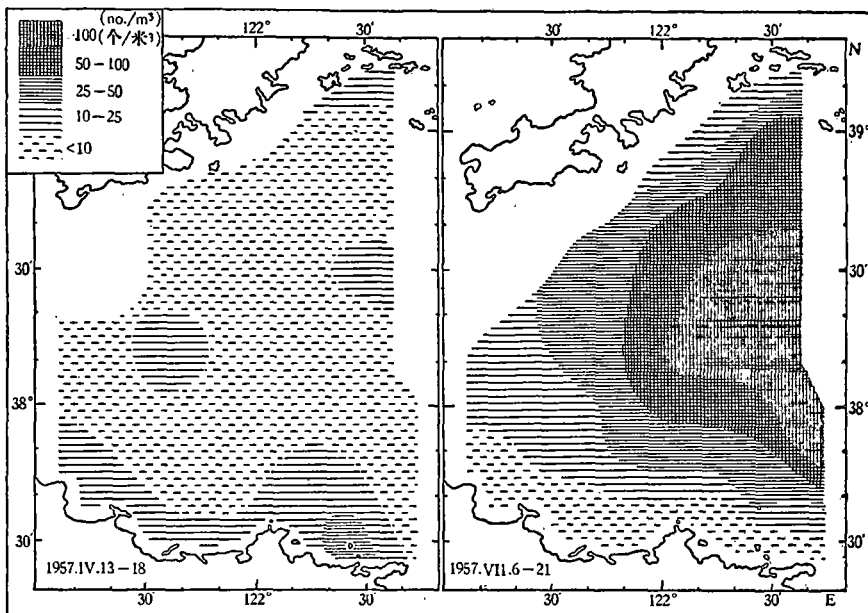


图 6 墨氏刺水蚤的分布

Fig. 6. Distribution of *Centropages mcmurrici* Willey.

(4) 克氏纺锤水蚤 *Acartia clausi* 这也是一种分布很广的桡足类,在大西洋和太平洋的北部都有分布。它虽常在近岸港湾中出现,但在近岸低盐水域中,数量显著减少。

从这几年的调查资料中可以看出,这种桡足类的季节分布和调查区中几种主要桡足类有明显差异。在其他桡足类尚很稀少的渔汛初期,它在数量上已占优势。在水温还不很高的5月,这种桡足类已经达到了一年的最高峰,较中华哲水蚤和小型拟哲水蚤约早二个月。6—7月正是其他桡足类的繁殖盛期,克氏纺锤水蚤在数量上不但未见增高,反而急剧下降。这和 Conover^[22]、Anraku^[17] 等在美国东岸的观察结果正相符合。他们发现这种桡足类在水温 $>18^{\circ}\text{C}$ 的夏季几全消失。9、10两月又常是其他桡足类的秋季高峰,可是,它却处在全年最低潮。1—2月正是其他桡足类数量最少的时期,而克氏纺锤水蚤的繁殖却很盛(图2)。从季节分布来看,它显然是比较适宜生活于寒冷季节。Esterly^[24] 曾记载这种桡足类在 La Jolla 地区的最高峰出现在寒冷的3月。Fish^[27] 也把它列为伍兹侯耳(Woods Hole)地区的冬季型桡足类之一。这和我们的观察结果基本一致。

克氏纺锤水蚤的平面分布有较明显的季节变化。春季在近岸,尤其是在山东北岸很多,密集区出现在烟、威沿岸,而在中央水域很少。6月近岸水温显著升高,数量大减,密集中心开始向海峡中央及东面外海移动。7—9月的密集中心都出现在 38°N 以北的中央水域。10月以后,数量逐渐下降,密集区也随着消失。到了1—2月,数量又普遍增加,尤以辽东近岸最为密集(图7)。总的看来,这种桡足类在冬、春两季主要分布在近岸水域,到了夏季向中央外海深处移动。所以,从平面分布资料中,也同样可以看出它是较适于低温生活的一种桡足类。

(5) 大同长腹剑水蚤 *Oithona similis* 这是世界广布种,在近岸低盐水域也有大量分布。在调查区,这种桡足类在7月才开始增多,至10月出现了全年最高峰。1、2月急剧下降(图2)。这和 Farran^[26]、Johnstone^[30] 等在北欧海区的观察结果大致符合。他们也发现这种桡足类在冬季的数量最少。

在4—5月间,大同长腹剑水蚤主要分布于 122°E 以东, 38°N 线南面附近水域。6—7月,它的密集区逐渐向渔场中心及近岸移动。7月以后,密集区出现在渔场中心。

(6) 日本大眼剑水蚤 *Corycaeus japonicus* 这种桡足类在3—4月间的数量极少,5月开始增加,7月急剧上升,达到一年中最高峰。秋季急剧下降,但冬季的数量还高于秋季(图2)。

它的分布区一般偏于渔场东部。6—7月间当外海高盐水向岸迫近时,则以近岸及渔场西部最为密集。往后,密集区又向外海移动。9月在山东沿岸的数量显著减少,而在海洋岛及辽东沿岸却相当密集。

2. 细长脚蚳 *Themisto gracilipes* 这种浮游端足类是黄海主要浮游动物之一。由于它的个体大,数量多,致成为经济鱼类,特别是鲑鱼的重要摄食对象。调查区的细长脚蚳可能包括长脚和短脚两个类型。由于它的形态变异很大,在分类上还存在一些尚未解决的问题,有待于今后进一步研究。

4—5月间,它的数量还不大。到初夏才显著增加,7月出现一年中的最高峰。8月以后即急剧下降。至1—2月已不易采到。这个低潮一直延续到翌年春末,数量才开始逐渐增加。就1955—1957年渔汛期调查资料的比较来看,1956年5、6月的数量比其前后两

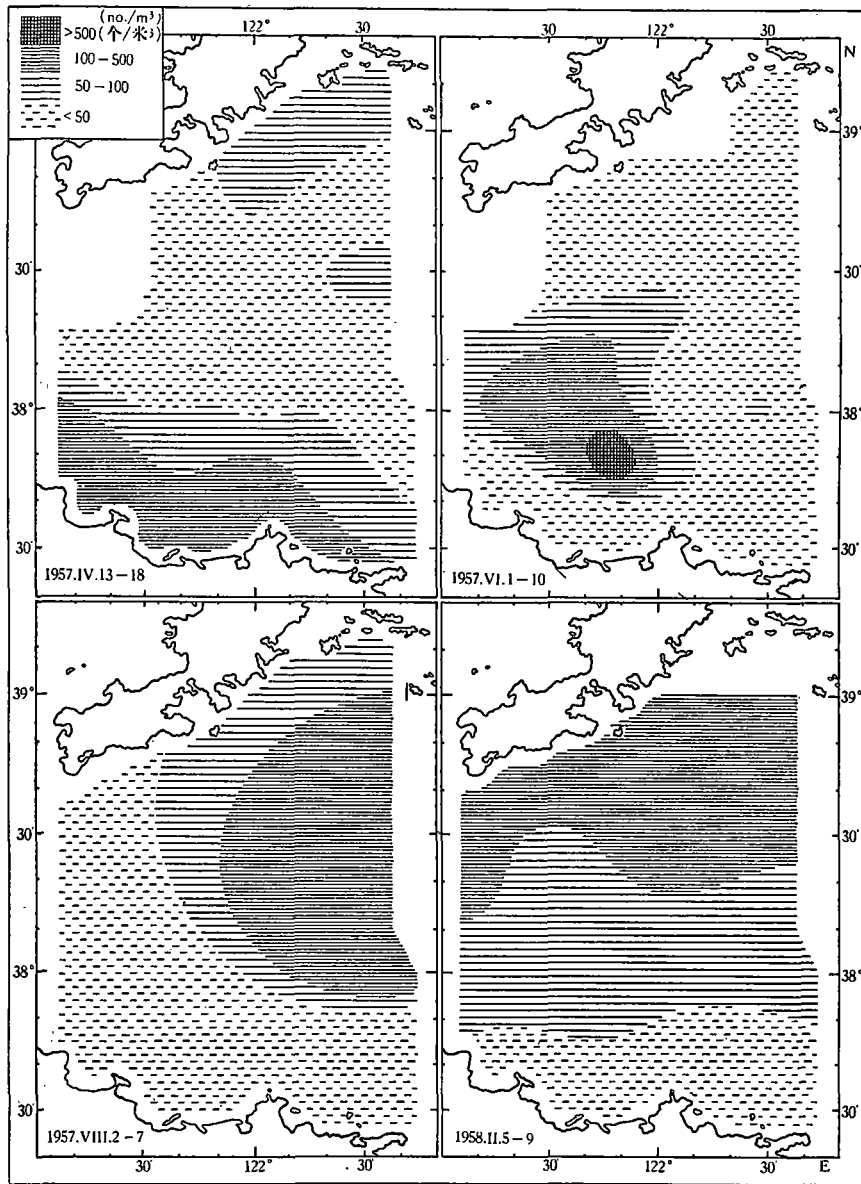
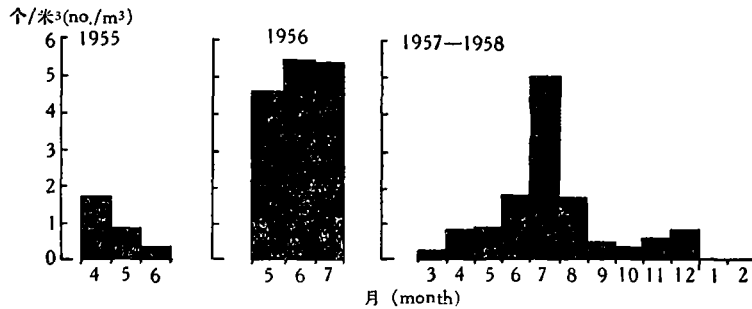


图7 克氏纺锤水蚤的分布

Fig. 7. Distribution of *Acartia clausi* Giesbrecht.

年同一时期大得多(图8)。此外从这三年资料的分析中,可以看出夏季是这种浮游甲壳类动物的繁殖盛期。

为了进一步分析各个发育期的数量变动,我们曾将1957—1958年各个航次所采得的标本(体长在3毫米以上的)加以测量。按下列6个体长组:3—4、4—5、5—6、6—7、7—8、8—9毫米,计算百分组成。这样,可以观察它的种群生长情况。从图9可以看出,在3月份,5毫米以上的个体占相当大的比例,这些大的细长脚蚧应是越冬个体。4月中旬,以3—4毫米的个体占绝对优势,这些显然是越冬个体在3—4月间所产生的第一代成

图8 细长脚蚳平均数量(个/米³/站)的季节变化Fig. 8. Seasonal variation in average number of *Themisto gracilipes* per cubic meter of water per station.

长而来的。从4月下旬至6月下旬,可以清楚地看出这些幼体的逐渐长大。在6月下旬是以4—5、5—6毫米两组所占的比例最大,这些个体大部分已达到成熟阶段,并开始产生第二代。所以,到7月间,又出现了3—4毫米幼体的第二高峰,这正是它全年繁殖的最盛期。7月以后,总量急剧下降,但第二代幼体仍继续成长。所以,到9月,5—6毫米成熟个体所占的百分比最大,同时也开始产生第三代。因此,在10—11月间,3—4毫米的幼体又占优势。这些幼体继续长大,而成为越冬个体。所以,冬季是以6—7毫米成体所占的百分比最大。总的看来,3—4毫米幼体在4月,7月,10—11月都占优势。这表明细长脚蚳在一年中至少有3个比较显著的繁殖期。值得注意的是,这种幼体每月都有出现,仅数量不同。可见这种端足类有整年繁殖的可能。过去,Stephensen^[37]在北大西洋也曾看到过这个现象。

从体长测量的结果中,可以看出个体大小有显著的季节变化。在繁殖最盛的夏季,一般较小,而在冬季所采到的越冬个体,则一般较大(图9)。这可能与水温的季节变化有关。一般来讲,浮游甲壳类的个体大小和水温成反比——水温愈高,个体愈小。这个现象在中华哲水蚤^[4,5]和其他桡足类也曾看到^[23],并且已在淡水浮游甲壳类获得实验结果的

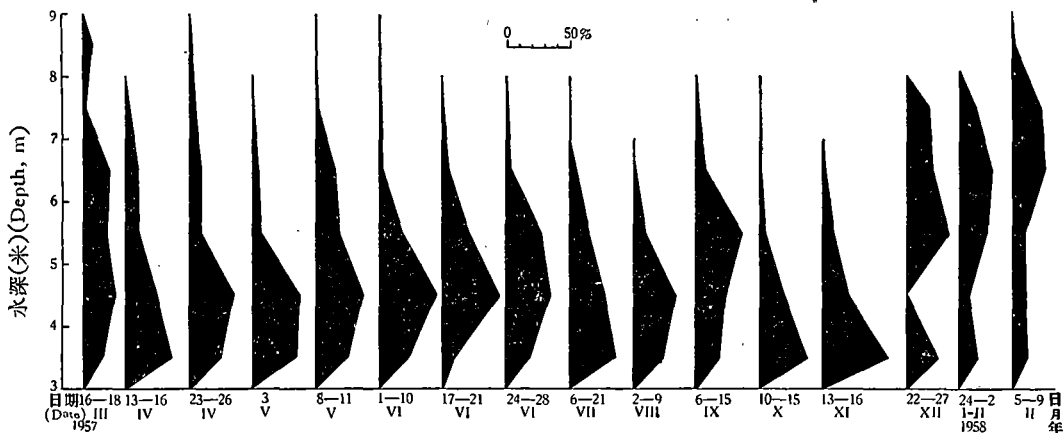


图9 细长脚蚳不同体长组百分组成的季节变化

Fig. 9. Seasonal variation in the percentage composition of various size-groups of *Themisto gracilipes*.

证实。Coker^[21] 和郑重^[7] 分别发现培养在低温的剑水蚤 *Cyclops vernalis* 和蚤状溞 *Daphnia pulex* 的个体较大, 而培养在高温的较小。

这种浮游端足类的平面分布和盐度的关系也很密切。4 月数量很少, 仅在威海附近出现一个小密集区。5 月以后开始增多, 主要分布在中央水域。7 月为细长脚蛾的繁殖盛期, 它的密集区随着外海高盐水的向岸进逼, 扩布到渔场中心, 在威海附近出现一个较大的密集区。到了 8 月, 渤海低盐水自海峡沿着山东北岸向东并向外海扩展, 使近岸水域的盐度全面下降。这时细长脚蛾在 38°N 以南的数量显著减少, 它的密集中心移到 $122^{\circ}25'\text{E}$ 以东, $38^{\circ}30'\text{N}$ 附近的外海高盐水域。往后几个月的数量不大, 主要仍分布于中央水域。

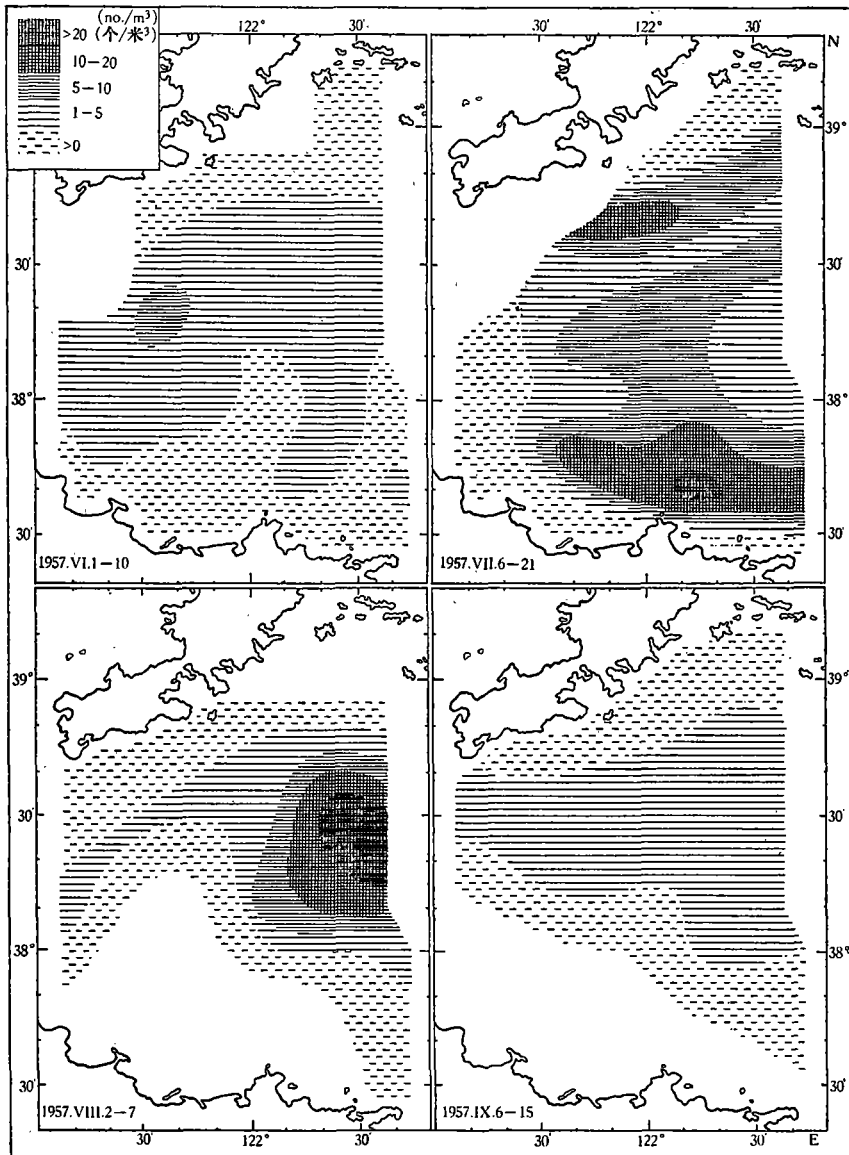


图 10 细长脚蛾的分布

Fig. 10. Distribution of *Themisto gracilipes* Norman.

11月以后,数量继续下降(图10)。从上述平面分布情况来看,这种浮游端足类的分布,显然与外海高盐水体的移动密切相关。

3. 太平洋磷虾 *Euphausia pacifica* 这种磷虾主要分布在北太平洋的温带海区,在我国黄、东海的分布也很普遍,为这两个海区的重要浮游动物之一。由于经常密集成群,它成为经济鱼类(包括鲑鱼)的重要摄食对象。根据这三年的调查结果,这种浮游甲壳类动物主要栖息于盐度 $>31\%$ 的外海;在调查区,通常仅分布于海峡中央及渔场东面的较深水域,而在中心渔场及近岸水域数量极少。

由于所用的采集网具较小,筛绢较细,这种磷虾的成体采得不多,不能如实反映它的数量季节变化。但根据它的卵子和无节幼虫,以及各个发育期的数量变动资料,可以大致推测它的繁殖情况。冬季(12—3月)在调查区很难采到成体,卵子和幼虫也很少看见。到了4月中旬,在渔场东北端及海峡中央的高盐水域中,出现大量卵子和无节幼虫。这应是太平洋磷虾在一年中开始繁殖新生一代的标志。这比 Пономарева^[6] 所报导本种在日本海的开始繁殖期(6月)约提早二个月。值得注意的是,从4月至11月,在调查区中,卵子和幼虫都可采到。除4月份数量最多外,在7—9月也有大量出现。由此可以推测,这种磷虾在一年中可能有2个繁殖盛期,而以早春为最盛期。Пономарева^[6] 认为,黄海的太平洋磷虾每年生殖二次(3月底和7月底)。最近,据白雪娥^[1]的观察结果,黄海的太平洋磷虾也有春、秋二个高峰(4—5月、10—11月),而以春季为最盛期。总的看来,对黄海太平洋磷虾有二个繁殖期,其中有一个是在春季(3—4月);大家的观察结果是一致的。可是,另一个盛期的出现月份,则稍有出入。关于这一点,我们的观察结果与 Пономарева^[6] 的比较接近,而比白雪娥^[1]所提出的10—11月较早。这可能和生殖期的年变化有关。

4. 强壮箭虫 *Sagitta crassa* 这种箭虫是黄、渤海及日本沿海的特有种,在调查区的数量很大,为浮游动物的主要优势种之一。它包括时岡隆^[5]提出来的内海型(*Sagitta crassa* f. *naikaiensis*)和中间型(*S. crassa* f. *intermedius*)。关于这两个型的生态特点及其和典型强壮箭虫的关系,特别是分类上的问题,尚待进一步研究。这里暂时作为一个多型种。

在不同季节,不同型强壮箭虫的数量变动及其彼此之间的比例是有很大的差异的。但在进行定量分析时,为了节省时间和工作上的方便,我们将各型合并计数。从1955—1957年的资料比较中,可以看出在这三年渔汛期的总量,除1956年略为低落外,基本上变

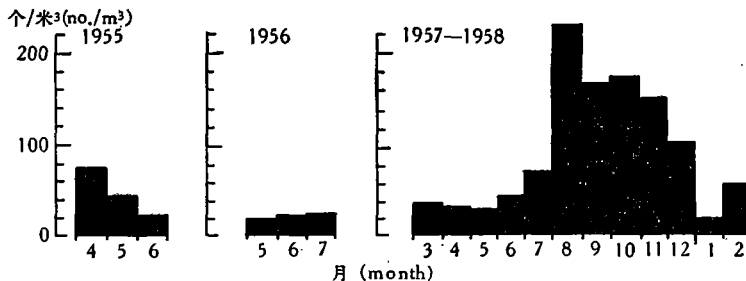


图11 强壮箭虫平均数量(个/米³/站)的季节变化

Fig. 11. Seasonal variation in average number of *Sagitta crassa* per cubic meter of water per station.

动不大。根据 1957 年的周年资料分析结果, 这种箭虫在春季数量不大, 以典型的为主。至 6 月以后内海型与中间型开始显著增加, 8 月平均数量高达 230 个/米³, 为全年繁殖的最盛期。9—12 月内海型与中间型逐渐减少, 而典型的仍保持很高数量, 到了 1 月内海型与中间型数量急剧下降, 达到全年最低潮。2 月由于典型强壮箭虫的增加, 总数量又开始增加(图 11)。

在数量开始增多的 6、7 月, 这种箭虫以山东沿岸较多。在繁殖最盛的 8 月 (主要是内海型), 调查区普遍出现了密集区。到了 10—11 月, 密集区仅局限于中央水域。12 月

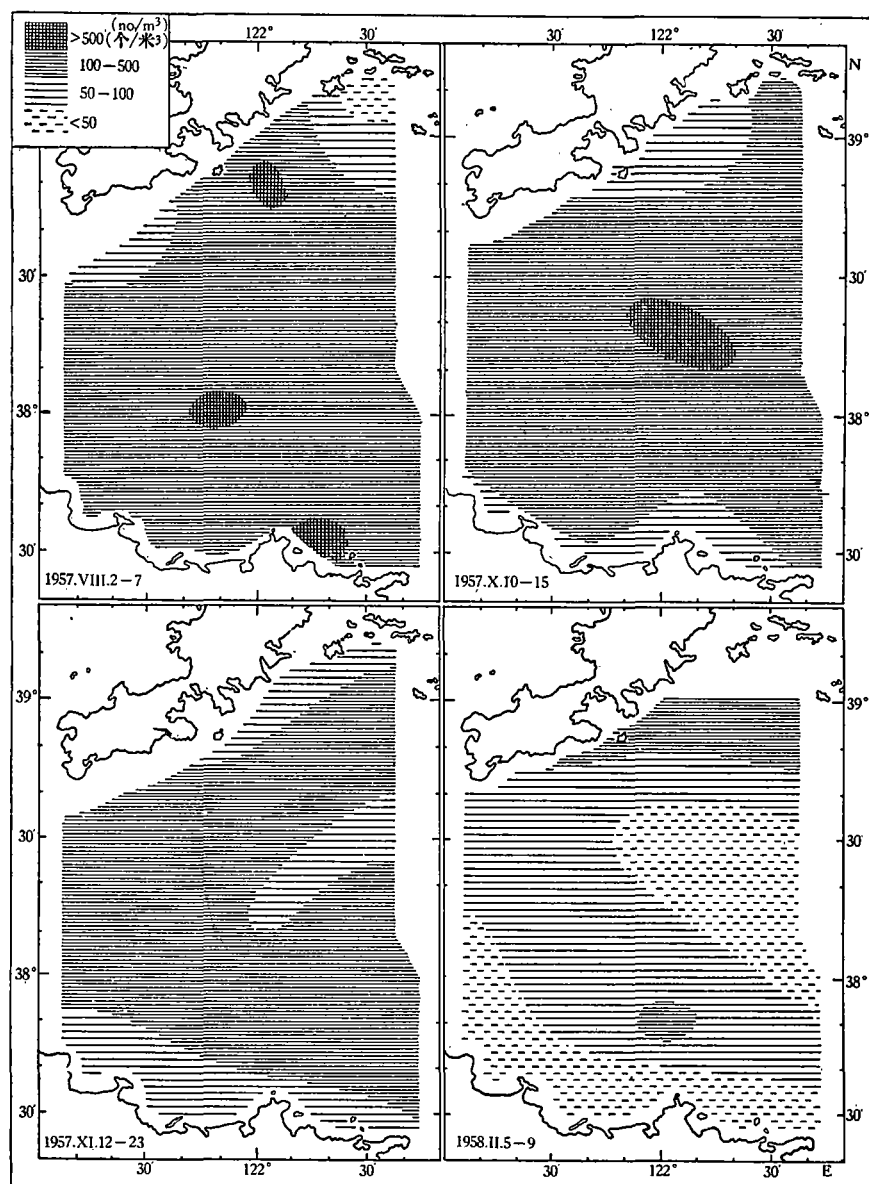


图 12 强壮箭虫的分布

Fig. 12. Distribution of *Sagitta crassa* Tokioka.

以后,密集区随着数量减少而逐渐消失(图 12)。

5. 夜光虫 *Noctiluca miliaris* 这是分布很广的近岸种,差不多世界各海都产,而以温、热带海区的数量较大。在它繁殖盛季,常易发生赤潮,对经济鱼类、虾类和贝类的危害很大,严重地影响渔业生产,是一种值得重视的有害浮游动物。

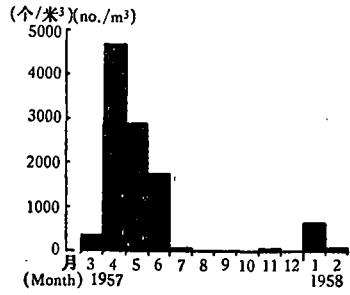


图 13 夜光虫平均数量(个/米³/站)的季节变化

Fig. 13. Seasonal variation in average number of *Noctiluca miliaris* per cubic meter of water per station.

三年的调查资料一致表明在渔汛前及渔汛初期,渔场中心范围内都有夜光虫大量繁殖。随着渔汛的发展而急剧下降。从 1957 年的周年资料中可以看出,3 月,这种原生动物的数量还不多,4 月骤增,达到全年最高峰。6 月急剧下降,7 月以后已极稀少。至翌年 1 月再度开始繁殖(图 13)。

这种原生动物在调查区主要分布在 38°N 以南的近岸低盐水域,在 38°N 以北的中央水域一般都很稀少。在繁殖最盛的 4 月,密集区出现在渔场中心,尤以养马岛附近水域的数量最大。5—6 月的密集区仍出现在烟、威近岸水域。6 月以后数量大减,密集区也随之消失(图 14)。值得注意的是,在夜光虫的密集区,其他浮游动物,尤其是浮游甲壳类,都很稀少。如细长脚蛾和夜光虫的数量分布关系,就是一个明显例证——一般夜光虫愈多,细长脚蛾愈少;两者在数量分布上适得其反(图 15)。

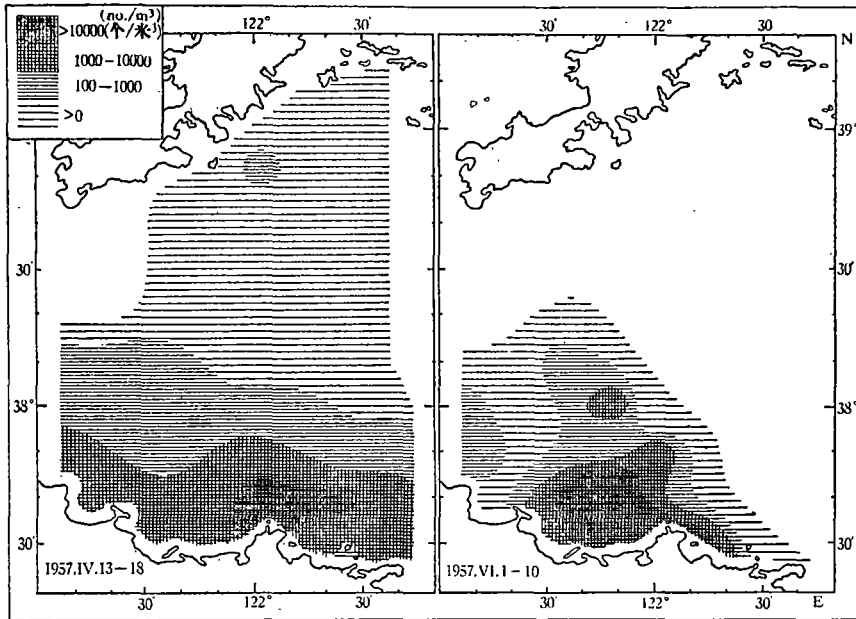


图 14 夜光虫的分布

Fig. 14. Distribution of *Noctiluca miliaris* Suriray.

6. 其他浮游动物

1) 水母类 烟台及山东沿海的水螅水母类已由周太玄等^[6]和高哲生^[12]分别报导

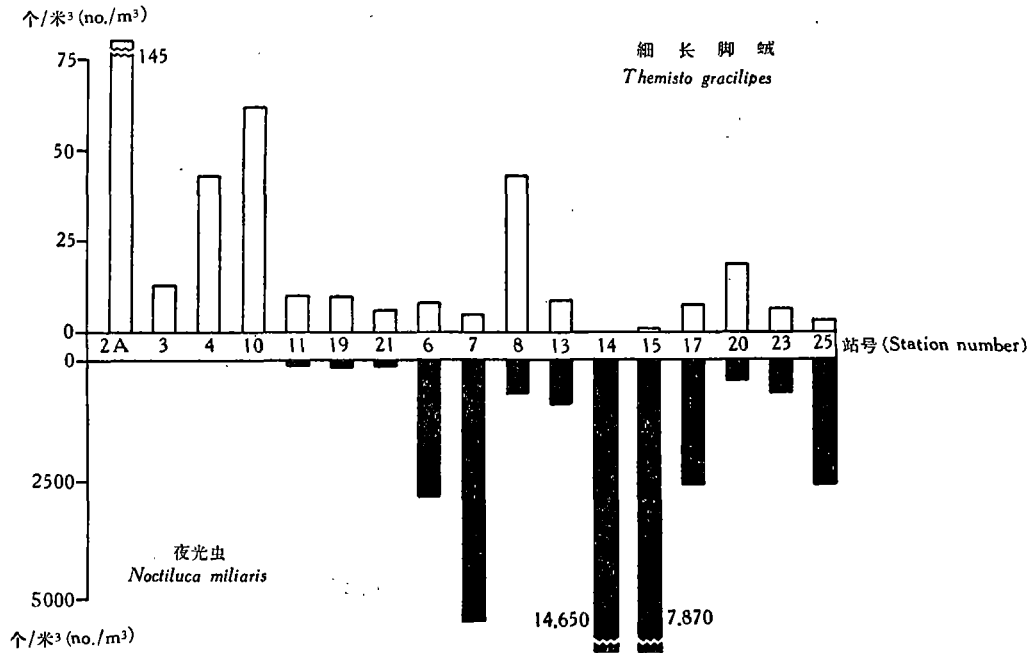


图 15 鲑鱼产卵场各调查站夜光虫与细长脚蛾数量的比较(1956年5月)

Fig. 15. Comparison of the abundance of *Noctiluca miliaris* and *Themisto gracilipes* at each station in the spawning ground of *Pneumatophorus japonicus*.

过。据我们初步调查结果,在渔汛盛期及末期,最常见的种类是嵯山酒杯水母 *Phialidium chengshanensis* (Ling) = *Gastroblasta raffaeli* var. *chengshanensis* Ling, 而在渔汛末期, 蕺枝螅水母 *Obelia* sp. 也很普通。此外,在调查期间,还常采到八斑芮氏水母 *Rathkea octopunctata* (M. Sars) 和耳状囊水母 *Euphysa aurata* Forbes 等。

2) 枝角类 调查区的枝角类计有 4 种: 鸟喙尖头蚤 *Penilia avirostris* Dana、圆背僧帽蚤 *Evadne tergestina* Claus、诺氏僧帽蚤 *E. nordmanni* Loven 和多型短尾蚤 *Podon polyphemoides* Leuckart, 其中以前两种数量最多。这些海洋枝角类大多是近海表层种,在我国沿海分布很广,出现季节较短,一般以夏、秋繁殖最盛。

(1) 鸟喙尖头蚤 这是世界广布种,常大量分布于河口附近。它在调查区出现较迟,至 7 月中旬才开始采到。8、9 月是它的繁殖盛期,数量很大,8 月密集中心出现在烟、威沿岸。在芝罘岛近岸的一个站平均数高达 605 个/米³。数量自沿岸向外海迅速减少,在 38°10'N 以北,全无出现。9 月的分布趋势,适与 8 月相反,烟、威沿岸数量稀少,主要分布于海峡中央与辽宁南岸(图 16)。10 月即已近绝迹。

(2) 圆背僧帽蚤 这也是一种数量多、分布广的枝角类。它在 5 月初开始出现,7 月数量还不大,到了 8—9 月急剧增加,达到全年最高峰,这时分布面扩大,遍及整个调查海区,有几个站的平均数高达 400 个/米³以上,尤以海峡中央的数量最大(图 16)。到了 10 月初即已消失。

(3) 诺氏僧帽蚤 这种海洋枝角类在地理分布上较前一种偏向北方。它在调查区的出现月份较圆背僧帽蚤早,繁殖最盛期也约提早一个月。它在 3 月初已开始出现,6 月

初旬数量稍增,到7月中旬,急剧上升,达到全年最高峰。这时在海峡中央有些个别站的密度达到120个/米³以上。到了8月已近绝迹。从总的数量来看,这种枝角类远比前一种为少。

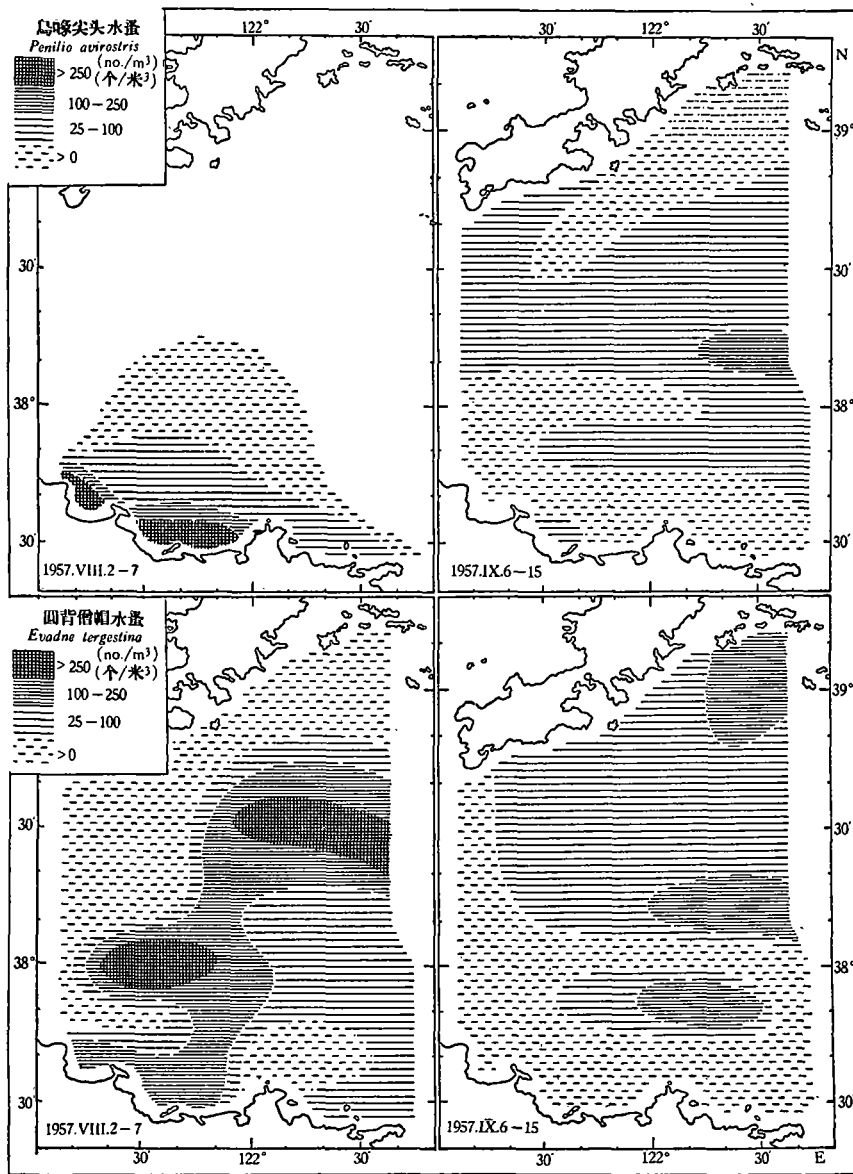


图 16 鸟喙尖头蚤和圆背僧帽蚤的分布(图中水蚤二字改为蚤字)

Fig. 16. Distribution of *Penilia avirostris* Dana and *Evadne tergestina* Claus.

(4) 多型短尾蚤 这种海洋枝角类的分布也很广,但在调查区很少出现,仅夏季在烟台附近水域采到少量标本。

3) 住囊虫 *Oikopleura* spp. 这类分布很广的小型浮游动物也是调查区的习见浮游动物之一。它在春季的数量很少,到夏季才开始大量繁殖。数量最多的月份是7月

与 11 月。

4) 浮游幼虫 这类浮游动物的种类很多,数量又大,一般分布于近岸水域,到了外海,不论在种类上和数量上都大大减少。因此,常被认为是近岸水的标志。

据我们初步分析结果,调查区的浮游幼虫以多毛类幼虫、桡足类和蔓足类的无节幼虫、长尾类幼虫、短尾类蚤状幼虫、腹足类和瓣鳃类的后期幼虫以及蛇尾类幼虫等数量最多,并较常见。口足类的阿利马幼虫(*Alima larva*)和外肛类(苔藓动物)的双壳幼虫(*Cyphonautes larva*)有时可以大量采到。此外,我们曾在烟台采获的浮游动物的样品中发现纽虫类的帽状幼虫(*Pilidium larva*)。

浮游幼虫在夏、秋两季的数量很大。不过各种幼虫的季节分布并不相同。多毛类幼虫每月都有出现,但在 7、8 两月较多。外肛类的双壳幼虫在 4 月开始增多,至 7 月中旬达最高峰,7 月下旬以后几近绝迹。蔓足类的无节幼虫在 6 月上旬激增,6 月下旬大减,8—9 月又略见增加,至 10 月中旬以后就没有采到。蛇尾类幼虫自 7 月至 8 月初大量出现于近岸水域,尤其是在芝罘岛北面最为密集,数量高达 7,767 个/米³。

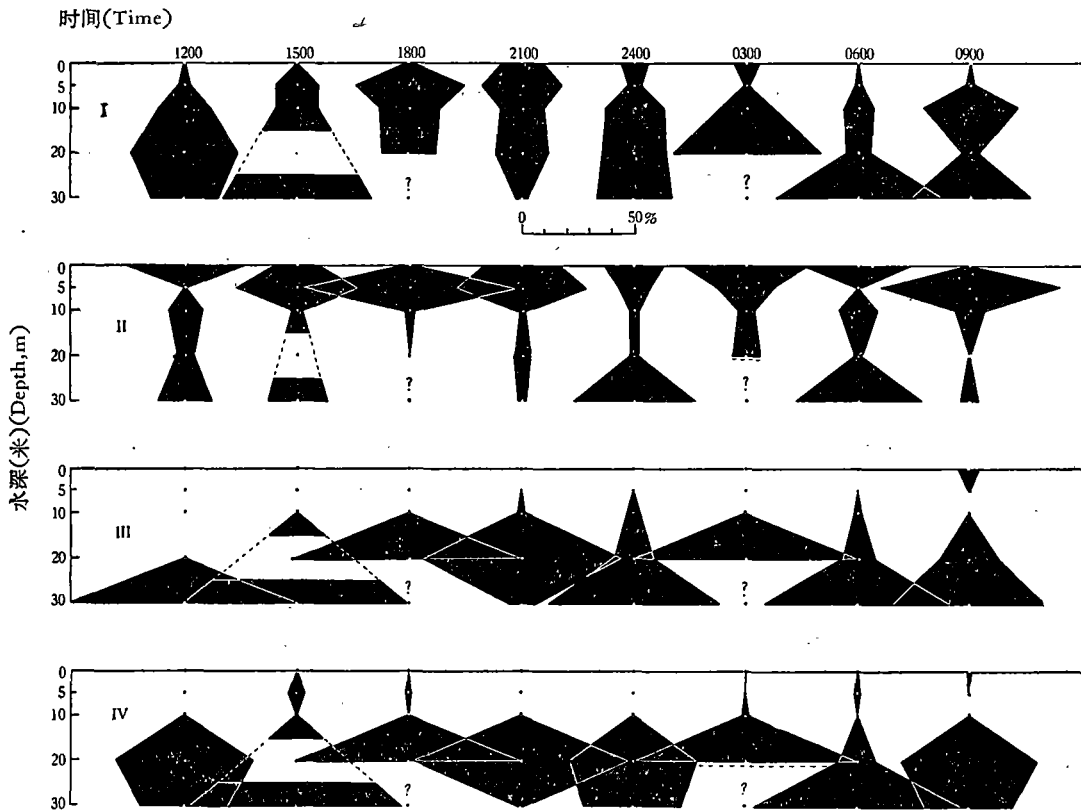
三、主要浮游动物的垂直分布与昼夜垂直移动

为了探索浮游动物垂直分布与鲑鱼索饵水层的关系,同时为了了解浮游动物在浅海区的垂直分布和昼夜垂直移动的一般规律,在进行大面调查时,我们采用标准网进行分层取样,并于 1956 年 6 月 13—14 日在一个特定站进行昼夜连续观测。以下仅对几种主要浮游动物的垂直分布和昼夜垂直移动,作初步探讨。

1. 中华哲水蚤 根据大面调查结果,这种桡足类在白天是以 20 米以下水层最为密集(图 18)。傍晚以后,这个密集中心向上移动。在午夜以前,一般以 0—5 米水层的数量最多,到了午夜则有下降趋势。黎明时又见上升,日出以后,即行下降(图 18)。这种“午夜下降,黎明上升”现象在厦门港的中华哲水蚤^[14]及在英国和美国沿海的飞马哲水蚤 *Calanus finmarchicus*^[10,31,32] 都曾看到。上述昼夜垂直移动现象在连续观测资料中看得更为清楚:中午 12:00 以 20 米以下水层最为密集。15:00 密集层更下降到 30 米。傍晚 18:00 密集层即向上移动到 5 米。21:00 更见上升,有一部分分布到表层。到了午夜 24:00 显著下降;这时在各个水层的分布比较均匀。03:00 除一部分停留于表层外,大部分业已下降,看不出有“黎明上升”的现象(图 17)。这与大面调查分层资料所得结果略有出入。

值得提出的是,大面调查资料表明:中华哲水蚤在 7 月初旬午前及中午的下降不如其他月份那么显著。在有些站,它在中午前后竟仍大量停留在表层而不下降。这和 Russell^[32,34,35] 与 Nicholl^[31] 在英国普利茅斯(Plymouth)及克莱德湾(Clyde), Ruud^[36] 在挪威莫斯(Moss),以及 Bigelow^[18] 在美国缅因湾(Gulf of Maine)等地区所观察的结果相符。他们也都看到飞马哲水蚤于 7 月间在白天有密集于表面的异常现象。关于发生这个现象的原因,尚欠明了。据 Russell^[32,34,35] 的意见,这是由于雌性个体在 7 月间的生态习性发生了变化——从平常的避光性改变为趋光性。不过,这也可能与生殖习性有关,因为不少浮游甲壳类动物(如磷虾等)到了生殖季节常上升至表层进行产卵^[16]。

2. 小型拟哲水蚤 这是表层种,主要分布在 0—5 米。虽在白天,它仍停留在表



I. 中华哲水蚤 *Calanus sinicus*; II. 小型拟哲水蚤 *Paracalanus parvus*;
III. 墨氏刺水蚤 *Centropages mcmurrichi*; IV. 克氏纺锤水蚤 *Acartia clausi*.

图 17 四种主要桡足类的昼夜垂直移动(1956, VI. 13—14)

Fig. 17. Diurnal vertical distribution of four dominant species of Copepoda.
(上缘 1200 代表 12 时, 其余同)

层而不上升。不过,到了午夜与黎明,稍有“下降和上升”的趋势(图 17)。这和 Yamazi^[38]在日本和歌山港的观察结果大致相符。可见这种桡足类的昼夜垂直移动并不显著。

3. 墨氏刺水蚤 这种桡足类主要分布在 15 米以下水层,通常以 20 米左右水层最为密集。它的昼夜垂直移动并不显著,虽在夜晚,仍停留在 20 米左右水层。这与小型拟哲水蚤停留在 0—5 米水层的现象成了明显对照(图 17)。

4. 克氏纺锤水蚤 这种桡足类的垂直分布与墨氏刺水蚤很相类似。一般分布较深,以 20 米左右水层最为密集。它的昼夜垂直移动也基本上与墨氏刺水蚤一致:白天分布在 20 米以下水层,到了夜间,密集层略见上升到 20 米,垂直移动的幅度很小(图 17)。可见这种桡足类的昼夜垂直移动也并不显著。但 Esterly^[24]和 Yamazi^[38]都曾看到克氏纺锤水蚤有显著“午夜下降,黎明上升”现象。这和我们的观察结果并不一致。

5. 日本大眼剑水蚤 不论在白天或晚上,这种桡足类在上、下层均有分布。不过,总的看来,以 10—20 米水层较多。除了中午分布较深外,看不出有明显的昼夜垂直移动现象。

6. 大同长腹剑水蚤 这种桡足类在白天主要分布在较深水层(20 米左右)。到了

夜晚略有上升趋势,但并不显著。这和 Esterly^[25] 及 Bogorov^[19] 的观察结果基本一致。他们也未看到大同长腹剑水蚤有显著昼夜垂直移动现象。

7. 细长脚蛾 根据大面调查资料分析结果,这种浮游端足类在白天主要分布在 20 米以下水层。到了傍晚,迅速上升,黎明以后,又迅速下降。这个昼夜垂直移动现象在连续观测资料中看得很明显(图 19): 12:00 分布在 20—30 米以下水层,15:00 就有一小部分上移到 10 米,而大部分仍停留于 30 米以下水层。18:00 继续上升,原来分布在 20 米以下的个体绝大部分已上升至 20 米,并且有些个体还继续上升到 5 米。21:00 密集层已上移到 10 米,自 15:00 至 21:00,这种步步上升的现象表现得十分清楚。到了午夜,除有一小部分仍停留在表层外,大部分已向下移动,这时又以 20 米水层最为密集,显示了“午夜下降”的现象。03:00 它在 10 米的密集程度又大于 20 米的,但午夜停留在表层的那一小部分个体已开始下降。日出之后,它就迅速下降。到了 09:00,停留在 20 米以上的个体已为数不多。总的看来,细长脚蛾有显著的昼夜垂直移动。这和 Russell^[32] 在英国普利茅斯的观察结果基本一致;不过,他还发现这种端足类在午夜有显著上升的现象。

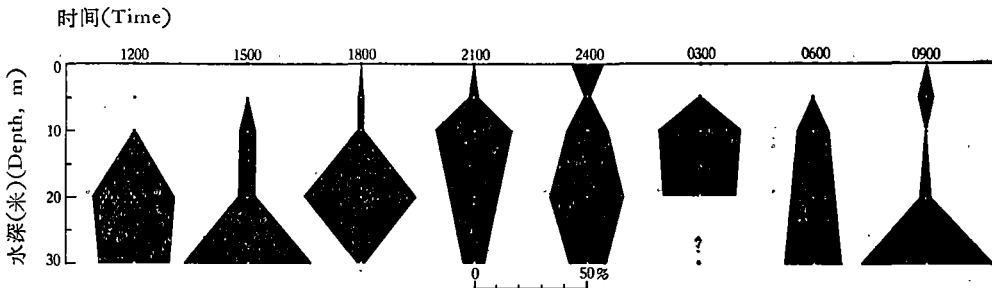


图 19 细长脚蛾的昼夜垂直移动(1956, VI. 13—14)

Fig. 19. Diurnal vertical distribution of *Themisto gracilipes* Norman.
(上缘 1200 代表 12 时,其余同)

8. 太平洋磷虾 由于所得的标本很少,不足以阐明这种磷虾的垂直分布及昼夜垂直移动规律。但从大面调查资料中,可以看出它在白天一般栖息在底层,到了晚间有上升至表层的现象。最近白雪娥^[1]的观察结果也证明了这种磷虾有显著的昼夜垂直移动。

9. 强壮箭虫 这种箭虫在白天一般以 20 米以下水层的数量最多,而在夜晚则以 10 米以上水层最为密集。这是整个种群的垂直分布趋势。为了进一步了解各个发育期

强壮箭虫在不同发育期的性腺与贮精囊的比较

Comparison of the gonad and seminal vesicle of the
different developmental stages of *Sagitta crassa*.

发育期 Developmental stages	精 巢 Testis	卵 巢 Ovary	贮 精 囊 Seminal vesicle
I	尾腔内没有成堆的游离精母细胞	很小,不显著	没 有
II	尾腔内开始出现成堆的游离精母细胞。后来,充满着精母细胞和精子	开始伸长。有些卵子开始增大	开始出现
III	尾腔内充满着精母细胞和精子	大而长,完全成熟。有大型卵子出现	很发达

的昼夜垂直移动,我们根据性腺和贮精囊的成熟程度,将强壮箭虫大致分为三个发育期:

这三个发育期的昼夜垂直移动有着明显差异(图 20): 第 I 期在中午及午后还有一大部分栖息在 5 米以上水层,晚上绝大部分密集于表层,到了午夜还不见下降。早晨虽有下降,但仍以 10 米水层最为密集。第 II 期在中午及午后仍有一小部分停留在表层,夜晚即密集在 0—5 米水层。“午夜下降及黎明上升”的现象较第 I 期明显。早晨 6 点以后,大部分已下降到 5—10 米以下水层。第 III 期的昼夜垂直移动更为显著。中午及午后集中在 10 米以下水层,傍晚开始逐步上升,到了 21:00,大部分上升到表层。“午夜下降及黎明上升”现象十分明显。早晨 6 点离开 0—5 米水层而向下移动。到了 09:00,则已完全移栖在 10 米以下水层,以 30 米水层最为密集。总的看来,我们根据不同发育期所观察的结果和 Fowler^[28] 根据 *Eukrohnia hamata* 的不同体长及 Russell^[33] 根据秀箭虫 *Sagitta elegans* 的不同体长和性腺的成熟程度所观察的结果基本一致——即成体比幼体栖息的水层较深,昼夜垂直移动也较显著。这可能与各个发育期对光度变化的反应不同有关——一般幼体呈趋光性,而到了成体则改变为避光性^[33]。

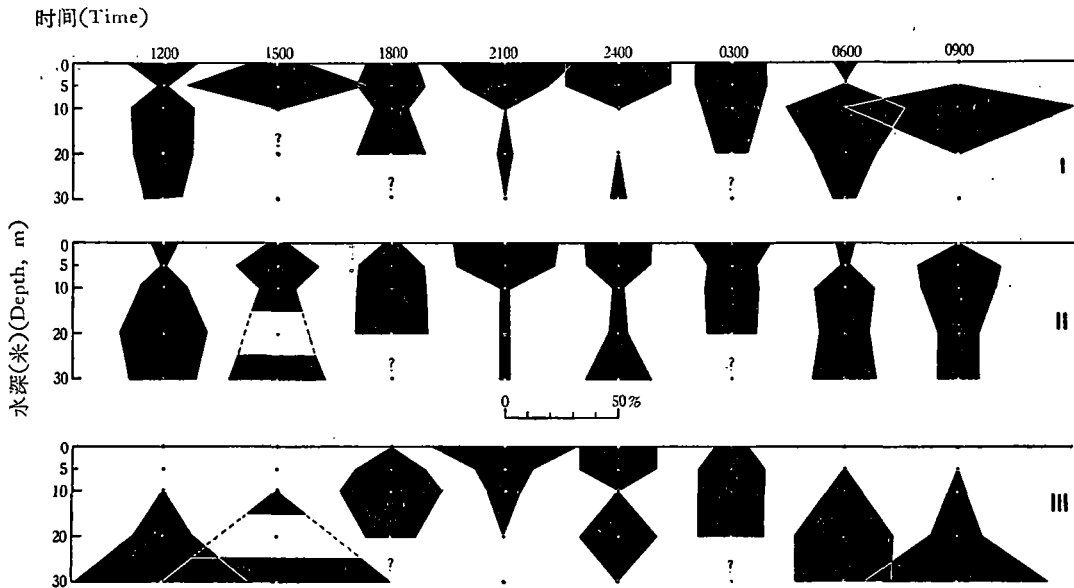


图 20 强壮箭虫三个发育期的昼夜垂直移动(1956, VI. 13—14)

Fig. 20. Diurnal vertical distribution of three developmental stages of *Sagitta crassa*. Tokioka.
(上缘 1200 代表 12 时, 其余同)

由上所述,可见各种浮游动物的垂直分布和昼夜垂直移动不尽相同。就是同一种浮游动物,在各个不同发育期的垂直移动也不一致。根据我们的观察结果,调查区主要浮游动物的昼夜垂直移动可以大致分为下列几个不同类型:

1. 昼夜垂直移动显著 具有“白天下降,夜晚上升,午夜下降,黎明上升”规律的浮游动物有中华哲水蚤、细长脚蛾、太平洋磷虾、强壮箭虫(第 II、III 期)等。
2. 昼夜垂直移动不显著 根据垂直移动的幅度,这个类型的浮游动物又可分为下列三类:

(1) 不论白天或夜晚,一般停留于表层而不下降,如小型拟哲水蚤和强壮箭虫(第 I

期)。

(2) 白天栖息下层, 夜晚上升的幅度很小, 如克氏纺锤水蚤和墨氏刺水蚤。

(3) 白天在上、下水层均有分布, 夜晚垂直移动也不明显, 如日本大眼剑水蚤和大同长腹剑水蚤。

值得提出的是, 我们划分的上述几个类型和 Russell^[34] 在英国普利茅斯所划分的浮游动物昼夜垂直移动四个类型, 虽有差异, 但基本上是一致的。

浮游动物的昼夜垂直移动形式不是固定不变的, 而是可以随着外界环境变化, 以及它们本身的生态习性和生理变化, 而有所改变。因此, 上述几种类型并不是截然分开的, 在各个类型之间还可能存在着中间类型; 甚至某一种类型可以转变为另一种类型。例如, 中华哲镖水蚤有显著昼夜垂直移动, 应属于第一类型。可是, 到了7月间, 在白天仍密集于表层而不下降, 这样已转变为第二类型。此外, 同一个种在不同发育期, 也可属于不同类型。强壮箭虫就是一个很好的例子。这个现象在浮游动物可说是相当普遍的。

关于昼夜垂直移动的原因, 还欠充分了解, 并还存在着不同意见。不过, 大多数学者认为, 光度是影响浮游动物昼夜垂直移动的主导因素, 因为昼夜垂直移动适与光度昼夜变化不谋而合; 但昼夜垂直移动是一个复杂的生态生理现象, 不能单用光度刺激来解释。根据我们的观察结果, 温度对某些浮游动物的昼夜垂直移动也可能起着一定作用。例如, 从大面调查资料中, 可以看出克氏纺锤水蚤不论昼夜都以20米左右水层最为密集。据我们推断, 这可能与黄海北部在渔汛期间有温跃层的存在有关。在这个季节, 黄海北部水深40—50米以上海区常有温跃层出现^[2]。这种桡足类也许是比较适合栖息在温度较低的水层。所以, 它密集在温跃层的下限而不上升。根据它的季节分布和平面分布来看, 它也主要分布在较冷季节和较冷水域。这和它栖息在温跃层下面较冷水层的现象是一致的。此外, 小型拟哲水蚤、强壮箭虫(第I期)等则集中在表层(温跃层上面)而不下降, 这可能也是受着温跃层阻碍的影响。可是, 中华哲水蚤、细长脚蚰、太平洋磷虾和强壮箭虫(第II、III期)等大型种类则不受温跃层的影响, 它们可以穿越温跃层而上下移动。Hansen^[29]也发现温跃层对各种浮游动物的影响不同。他把浮游动物分为下列四种类型: (1)仅分布在温跃层内; (2)从底层穿过温跃层而上升至表层; (3)从底层移动到温跃层的下限而不再上升; (4)从表层移动到温跃层的上限而不再下降。最末二种类型的浮游动物垂直移动, 显然, 都受温跃层阻碍的影响。上述四种类型, 除第一种类型外, 都可在我们的调查区浮游动物中看到。由此可见, 温跃层也是影响昼夜垂直移动的另一个重要因素。

四、浮游动物分布与海况及鲈鱼的关系

调查区位于北黄海西部, 毗邻渤海海峡, 经常存在着二个不同性质的水体——高盐外海水和低盐近岸水。前者常稳定于黄海中部, 形成高盐水舌伸向渤海和烟、威沿岸; 后者主要来自渤海, 从渔场西部向海峡中央及东面外海扩展。在渔汛期间, 这两个水体交汇锋面的位置常较稳定于烟、威渔场区, 适与鲈鱼中心渔场(产卵场)的位置大致相符。这两个不同来源的水体, 各有其固有的生物群落, 一个是高盐外海群落, 以太平洋磷虾、细长脚蚰等为主要代表; 另一个是低盐近岸群落, 以夜光虫、真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta*、双刺纺锤水蚤 *Acartia bifilosa* 等为主要代表。这两个群落在种类组成和数量分布上的变

化,在一定程度上可以反映出这两个水体的相互推移与消长情况。群落中的主要代表可以作为水体移动的指示种。例如,在7月份,细长脚蚧和其他高盐外海种向烟、威沿岸扩布,指示了黄海外海水向近岸进迫,而在8月份,细长脚蚧的主要分布区向外海退缩,则与自海峡南部外流的渤海低盐水势力的增强密切相关。又如夜光虫的密集区总是在盐度 $<31\text{‰}$ 的水域中出现。它的密集区范围的变化,在一定程度上,反映了沿岸水的动态。此外,在夏初,常有一些外海种类自黄海中部向渤海海峡扩布,并有一部分向南迴转分布至渔场西北隅。这可能是由于黄海外海水向渤海推进时,尚有一部分外海水在海峡口外即向南折回黄海,因而将一些外海种类带到渔场西北隅。

值得注意的是,多年来,在这个海区的浮游动物调查中,未曾发现过任何典型的暖流或寒流指示种。这说明了这个海区远离黄海暖流及里曼(涅耳马)寒流的影响。这和我们研究这个海区浮游动物分布与水团及海流的关系所得的结果是相符合的^[8,9]。水文方面的研究结果也同样证明了自日本海西北部南下的里曼寒流与黄海冷水团不相联系^[13]。

关于鲈鱼的洄游与海况的关系,朱树屏^[2]曾提出鲈鱼的北上及南下与黄海暖流的季节变化密切相关,并指出:“鲈鱼春季北上最先锋的进程大体上似略与上、中层水 8°C 等温线北移的情况相符。……估计最后一批鲈鱼绕成山角南下约在10月以后,但至迟亦必在 8°C 等温线冬季逐步南退以前”。显然,这条 8°C 等温线的进退与鲈鱼洄游的关系是很密切的。不过,这条等温线的北进与南退是否反映着黄海暖流的动态?也就是说,鲈鱼的北上及南下是否直接与黄海暖流的季节变化有关?这是一个值得进一步商榷的问题。因为:(1)多年来,在这个海区的浮游动物调查中,未曾发现过暖流指示种进入烟、威鲈鱼渔场;(2)近年来,浮游生物及水文等调查资料都说明了自济州岛南面进入南黄海的黄海暖流的北侵势力是冬强夏弱^[8,9]。这与鲈鱼的洄游进程和 8°C 等温线进退的季节变化,适得其反。因此,我们对每年春末夏初结群到烟、威渔场产卵的鲈鱼的南北洄游与黄海暖流季节变化密切相关的论断,还是有所怀疑的。

鲈鱼是一种以浮游动物为食兼捕食性的上层鱼类。根据杨纪明、林景祺^[10]分析鲈鱼胃含物的结果,在调查区鲈鱼主要摄食鲱鱼 *Engraulis japonicus* 和细长脚蚧、太平洋磷虾等大型浮游甲壳动物,尤以细长脚蚧在渔汛期所占分饱满指数常是相当高的。鲈鱼在初到渔场尚未大量排卵时,还摄食很多浮游动物;但在大规模起群产卵期间,白天用围网所捕获的鲈鱼,其胃含物很少,几乎都是空胃。这说明了鲈鱼和其他鱼类一样,在起群产卵期间很少摄食或基本停止摄食。因此,看不出饵料浮游动物的数量分布与起群鲈鱼之间有明显的直接关系。不过,产卵后的鲈鱼有强烈的索饵行为。历年标志放流资料表明了鲈鱼在产卵后,一部分先向东北洄游,再沿着辽东半岛南岸转向海洋岛附近海区索饵;另一部分则直接沿着山东北岸东游,绕过成山角南下^[2]。上述鲈鱼的索饵洄游路线,正是太平洋磷虾和细长脚蚧等饵料浮游动物较为密集的水域。这个两相吻合的现象,也正说明了这些大型浮游甲壳类的数量分布与产卵后的鲈鱼群的洄游路线有着密切关系。因此,太平洋磷虾和细长脚蚧密集区的分布,是有可能作为探索索饵洄游的鲈鱼群的指标。

饵料浮游动物的数量变动与鲈鱼的摄食有着明显的关系。例如,在1956年渔汛期间,调查区中细长脚蚧的数量较1955年为高(图8),而1956年鲈鱼胃含物中细长脚蚧的分饱满指数(22.5‰)约为1955年(4.7‰)的5倍^[10]。

鲑鱼的食物组成和摄食强度有显著昼夜变化——夜间摄食强度较高,以细长脚蛾等浮游甲壳类和小鱼为主要食料;白天摄食强度很低,只在海中出现大量鲑鱼卵时,才偶而吞食鱼卵^[2,10]。这很可能与浮游动物的昼夜垂直移动有关。夜晚,太平洋磷虾、细长脚蛾、中华哲水蚤等浮游甲壳动物上升密集于0—10米水层,为这种上层鱼类提供丰富的饵料,并增加鲑鱼获得食物的机会。白天,这些饵料浮游动物大部分下降至中、下水层。这样,就减少了上层饵料浮游动物的数量,从而降低鲑鱼白天的摄食强度。因此,进一步研究浮游动物的昼夜垂直移动与鲑鱼索饵行为的关系,对指导渔业生产,是可能起着一定的作用。

结 语

1. 调查区的浮游动物以桡足类最占优势,强壮箭虫、细长脚蛾、太平洋磷虾和夜光虫也占着重要位置。在桡足类中,以中华哲水蚤、小型拟哲水蚤、墨氏刺水蚤、克氏纺锤水蚤、日本大眼剑水蚤及大同长腹剑水蚤最为重要。

(1) 桡足类总量在7月最高,正与中华哲水蚤、墨氏哲水蚤和日本大眼剑水蚤的最高峰的出现期一致;但小型拟哲水蚤和大同长腹剑水蚤的最高峰出现在10月,克氏纺锤水蚤在5月。中华哲水蚤在一年中的繁殖期共有三个:3—4月、6—7月、10—11月。这些桡足类的平面分布随种类及季节而异。

(2) 细长脚蛾的最盛期是在7月,主要分布于外海高盐水域中。它在一年中的主要繁殖期至少有三个:4月、7月、10—11月,甚至有整年繁殖的可能。

(3) 太平洋磷虾也主要分布在外海高盐水域中。它在一年中有二个繁殖期:4月、7—9月,而以4月为最盛期。

(4) 强壮箭虫的最盛期是在8月。它在这个海区的数量很大,分布很广。

(5) 夜光虫在4—5月繁殖最盛,主要分布在沿岸低盐水域中。在它的密集区内,浮游甲壳类,尤其是细长脚蛾,数量显著减少。

(6) 本文对其他较重要浮游动物如水母类、枝角类、住囊虫以及浮游幼虫等的数量分布,也作了扼要叙述。

2. 调查区主要浮游动物的昼夜垂直移动可大致分为“垂直移动显著”和“垂直移动不显著”二种类型;后者,根据垂直移动幅度,再可分为三个不同类型。调查区浮游动物昼夜垂直移动的幅度与温跃层的出现有密切关系。

3. 在调查区内存在着二个不同生物群落:一个栖息在盐度较高的外海水域,另一个栖息在盐度较低的近岸水域。这两个群落的分布可在一定程度上反映出高盐外海水和低盐近岸水在调查区内的相互推移及消长情况。

4. 浮游甲壳类动物,尤其是细长脚蛾和太平洋磷虾,是鲑鱼的重要饵料。它们的昼夜垂直移动和鲑鱼摄食强度的昼夜变化有密切关系。根据这些饵料浮游动物的平面和垂直分布,可以探索鲑鱼在产卵后的索饵洄游路线。

参 考 文 献

[1] 白雪娥, 1964. 黄海太平洋磷虾 (*Euphausia pacifica* Hansen) 生态的初步研究. 中国动物学会 30 周年学

术年会论文摘要。

- [2] 朱树屏, 1959. 烟、威鲈鱼渔场调查。太平洋西部渔业研究委员会第二次全体会议论文集。科学出版社, 1—30页。
- [3] 沈嘉瑞、白雪娥, 1956. 烟台鲈鱼产卵场桡足类的研究。动物学报 8 (2): 177—234。
- [4] 李少菁, 1963. 福建沿海太平洋哲镖蚤(*Calanus pacificus* Brodsky)的比较形态研究。厦门大学学报(自然科学版) 10 (1): 57—80。
- [5] 陈清潮, 1964. 中华哲水蚤的繁殖、性比率和个体大小的研究。海洋与湖沼 6 (3): 272—288。
- [6] 周太玄等, 1958. 烟台水螅水母类的研究。动物学报 10 (2): 173—191。
- [7] 郑 重, 1954. 温度对于淡水枝角水蚤(*Daphnia pulex*)生长的影响。厦门大学学报(自然科学版)4: 83—91。
- [8] 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。
- [9] 郑执中、郑守仪, 1962. 黄海和东海浮游有孔虫的生态研究。海洋与湖沼 4 (1—2): 77—102。
- [10] 杨纪明、林景祺, 1962. 烟台及其附近海鲈鱼的摄食习性。太平洋西部渔业研究委员会第七次全体会议论文集(印刷中)。
- [11] 张孝威等, 1959. 烟台外海鲈鱼的生殖习性。中国科学院海洋研究所丛刊 1 (3): 15—37。
- [12] 高哲生等, 1958. 山东沿海水螅水母的研究(一)。山东大学学报, 1958年(1): 75—118。
- [13] 赫崇本等, 1959. 黄海冷水团及其性质的初步探讨。海洋与湖沼 2 (1): 11—15。
- [14] 厦门大学生物学系等, 1960. 厦门及其附近沿海桡足类生态的初步研究。厦门大学学报(自然科学版)1960年(3): 64—73。
- [15] 时冈隆(Tokioka, T.) 1940. 毛颚动物门。日本动物分类 5 (2)。
- [16] Пономарева, Л. А., 1963. Эвфаузииды Северной Половины Тихого Океана, их Распространение и Экология Массовых Видов. Издательство АН-СССР, Москва。
- [17] Anraku, M., 1962. The separation of copepod populations in a natural environment: A summary. Rapp. Procès-Verb. Réunions, 153:165—170。
- [18] Bigelow, H. B., 1926. Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine. Bull. U. S. Bur. Fish., 40(2):1—509。
- [19] Bogorov, V. G., 1943. Diurnal vertical migration of zooplankton in Arctic Seas. Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS, 40(4):164—166。
- [20] Clarke, G. L., 1934. Further observations on the diurnal migration of copepods in the Gulf of Maine. Biol. Bull., 64(3):432—455。
- [21] Coker, K. E., 1933. Influence of temperature on size of freshwater Copepods (*Cyclops*). Internat. Rev. Ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 29:406—436。
- [22] Conover, R. J., 1956. Oceanography of Long Island Sound, 1952—1954. VI. Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 15:156—233。
- [23] Deevcey, G. B., 1960. Relative effects of temperature and food on seasonal variations in length of marine copepods in some eastern American and western European waters. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 17(2):54—86。
- [24] Esterly, C. O., 1911. Diurnal migrations of *Calanus finmarchicus* in the San Diego region during 1909. Internat. Rev. Hydrobiol. u. Hydrogr., 4:140。
- [25] ———, 1928. The periodic occurrence of copepoda in the marine plankton of two successive years at La Jolla, California. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., Tech. Ser., 1(14):247—345。
- [26] Farran, G. P., 1920. On the local and seasonal distribution of the pelagic Copepoda of the south-west of Ireland. Publ. de Circonstance, 73:1—30。
- [27] Fish, C. J., 1925. Seasonal distribution of the plankton of the Woods Hole Region. Bull. Bur. Fish., 41:91—179。
- [28] Fowler, G. H., 1906. The chaetognatha of the Siboga Expedition. Siboga-Expeditie, Monogr. 21:1—86。
- [29] Hansen, K. V., 1951. On the diurnal migration of zooplankton in relation to the discontinuity layer. Jour. du Conseil, 17(3):231—241。
- [30] Johnstone, J., Scott, A., and Chadwick, H. C., 1924. The Marine Plankton. Liverpool Univ. Press。
- [31] Nicholls, A. G., 1934. On the biology of *Calanus finmarchicus*. III. Vertical distribution and diurnal migration in the Clyde Sea Area. Jour. Mar. Biol. Ass., U. K., 19:139。
- [32] Russell, F. S., 1928. The vertical distribution of marine macroplankton. VII. Observations on the behavior of *Calanus finmarchicus*. Jour. Mar. Biol. Ass., U. K., 15:429。
- [33] ———, 1931. The vertical distribution of marine macroplankton. X. Notes on the behaviour of *Saggiitta* in the Plymouth Area. Jour. Mar. Biol. Ass., U. K., 17(2):391。

- [34] Russell, F. S., 1931. The vertical distribution of marine macroplankton. Further observations on diurnal changes. *Jour. Mar. Biol. Ass., U. K.*, 17(3):767—775.
- [35] ———, 1934. The vertical distribution of marine macroplankton. XII. Some observations on the vertical distribution of *Calanus finmarchicus* in relation to light intensity. *Jour. Mar. Biol. Ass.*, 19:569—584.
- [36] Ruud, T., 1929. On the biology of copepods off More, 1925—1927. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer, Rapp. Procès-Verb. Réunions*, 56:1—84.
- [37] Stephensen, K., 1924. Hyperiidea-Amphipoda. *Dana Rep.* 8:73—147.
- [38] Yamazi, I., 1957. Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan. XX. Diurnal change of plankton animals at an innermost station in Wakayama Harbor. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 6(2):209—225.

ECOLOGICAL INVESTIGATIONS ON THE ZOOPLANKTON OF THE MACKEREL FISHING GROUND OFF YENTAI-WEIHAI AND ADJACENT WATERS

CHENG CHUNG, CHENG TSI-CHUNG, WANG RONG,
LING YA-RONG AND GAO SHANG-WU
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

During the years 1955—1958, a rather comprehensive survey of the plankton of the mackerel fishing ground was carried out with the object of studying and ecological relationships between the plankton and hydrological conditions on the one hand and between the plankton and the mackerel, *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) on the other. The following is a brief account of the results obtained.

The zooplankton of the fishing ground and adjacent waters is dominated by Copepoda, the most important species of which are *Calanus sinicus*, *Centropages mcmurricchi*, *Corycaeus japonicus*, *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* and *Oithona similis*. The other important constituents of the zooplankton are *Themisto gracilipes*, *Euphausia pacifica*, *Sagitta crassa* and *Noctiluca miliaris*.

The greatest abundance of Copepoda is registered in July, but the maxima of the different species do not all occur in the same month. For *Calanus sinicus*, *Centropages mcmurricchi* and *Corycaeus japonicus* it is in July, for *Paracalanus parvus* and *Oithona similis*, in October, and for *Acartia clausi* in May. The quantitative distribution of these copepods varies with different seasons.

Themisto gracilipes, distributed mainly in offshore waters, reaches its maximum in July. Data on the variation of percentage composition of individuals of different size-groups suggest that there are 3 main breeding periods, i.e., in April, July, and October-November, but there are also indications of breeding throughout the year.

The distribution of *Euphausia pacifica* is also restricted to offshore waters. There are two breeding periods, a major one in April and another less intensive one in July—September.

Sagitta crassa occurs in great abundance and is widely distributed throughout the

investigated area. It attains its maximum in August.

Noctiluca miliaris, distributed mainly in inshore waters, has its peak in spring (April—May). Within the area of its dense concentration, there is an apparent scarcity of planktonic crustaceans, especially *Themisto gracilipes*.

A brief account is given of the seasonal and horizontal distribution of other zooplankton such as medusae, cladocerans, oikopleurids and planktonic larvae.

The existence of a thermocline in the investigated area appears to influence the rhythm and amplitude of diurnal vertical migration of zooplankton on the basis of which they may be grouped into those without marked and those with marked diurnal vertical migration. To the first group belong species which are incapable of migrating through the thermocline and which inhabit either the upper layer (*Paracalanus parvus*) or the lower layer (*Acartia clausi*, *Centropages mcmurrichi*). To the second group belong such species as *Calanus sinicus*, *Themisto gracilipes* etc., which are capable of passing through the thermocline.

There are two different communities in the investigated area, one inhabiting off-shore waters of higher salinity and the other inhabiting inshore waters of lower salinity. These two communities may be used as indicators in tracing the movement of these two different water bodies in this area.

The planktonic crustaceans, especially *Themisto gracilipes*, constitute one of the chief food organisms of the mackerel. The mackerel which resumes active feeding after the spawning period migrates to areas where *Themisto gracilipes* and *Euphausia pacifica* occur in great abundance. It has been found out that intense feeding of the mackerel takes place in the upper water layers during the nighttime when these food organisms have migrated upwards in great numbers. From the pattern of distribution of planktonic crustaceans may be traced the path of feeding migration of fish.