

长江口区底栖生物及三峡工程 对其影响的预测*

刘瑞玉 徐凤山 孙道元 崔玉珩 王洪法

(中国科学院海洋研究所)

在“三峡工程对长江河口区生态与环境的影响和对策”的研究课题中,底栖生物的研究包括两部分内容。对活动性较大的经济无脊椎动物,是与游泳生物结合进行底拖网试捕调查,将另文论述。本文主要研究底栖生物中的底内动物(infauna)的生态特点。

本文研究根据的是1985年6月—1986年1月和1986年3—6月逐月调查所得的318个定量样品。海上取样以取样面积为 0.1m^2 的采泥器每站取样两次作为一个样品,通过 0.5mm 的筛网冲洗,挑出标本并称重计数。

一、底栖生物的基本特点

长江口区位于亚热带与暖温带间的交替过渡海域,除受强大的长江径流的影响外,其东南部主要受台湾暖流的影响,东北部又受黄海冷水影响,外侧东南部也受黑潮水的影响。底栖生物的组成比北方的黄河口区复杂得多,特别是东南部水域,生物组成尤为多样。采泥调查样品经初步鉴定,大型底栖生物共约400种,其中多毛类39科151种,甲壳类40科76种,软体动物31科96种,棘皮动物7科12种。优势种有多毛类的寡鳃齿吻沙蚕(*Nephtys oligobranchia*)、拟特须虫(*Paralacydonia paradon*)、中蚓虫(*Mediomastus californiensis*)、不倒翁虫(*Sternaspis scutata*)、丝异须虫(*Heteromastus filiformis*)、甲壳类的豆形短眼蟹(*Xenophthalmus pinnotheroides*)、软体动物的江户明樱蛤(*Moerella jedoensis*)、光滴形蛤(*Theora lubrica*)、秀丽勒特蛤(*Reata pulchella*)和棘皮动物的滩栖阳遂足(*Amphiura vadicola*)等。以上各种虽然均以吞食底质,或有选择地摄取底质中的有机物为生,但由于不同区域沉积物组成和温、盐条件差别甚大,它们大多数仅在局部区域大量发展,而不是普遍地分布于调查区内。这些种的生命周期较短,繁殖力强,生长迅速,体型较小,是经济鱼、虾类的优良饵料。

在调查海区内,强大的长江径流与外海水交汇混合,海水盐度自西向东空间差别巨大,对底栖生物组合有显著影响。表1所列为由长江河口向外海延伸、垂直于海岸线的G断面上各测站的有关生物学参数,从中可以清楚地看到各站生物组合的不同情况,种数、密度和生物量均从河口向外海急剧增大。在最接近长江口的 G_1 站,不但动物种类甚少

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第2067号。

收稿日期:1989年11月4日。

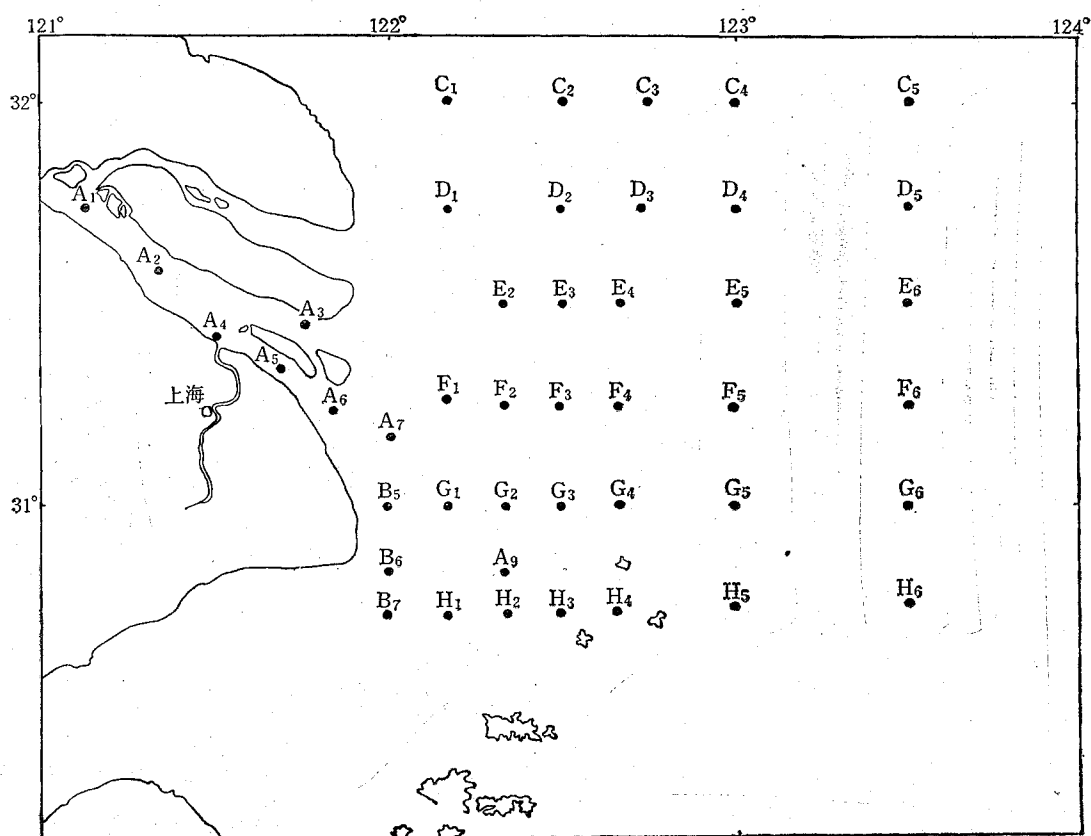


图1 调查站位分布图

表1 G断面上各站底栖生物生物学参数的比较

站 号	G ₁ *	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆
种数	2	8	13	19	20	36
密度(个/m ²)	20	180	360	620	720	700
生物量(g/m ²)	0.02	1.20	2.70	37.70	30.90	48.90
多样性指数	0.9999	2.6577	2.9057	3.9760	3.6056	4.5517
均匀度	1.0000	0.8859	0.7852	0.9360	0.8342	0.9086

* 系1985年7月的资料,仅一次取样;其余各站为1986年8月的资料。

(只采到两个种),且数量也很少(每种仅采得一个标本),形成了多样性指数低而均匀度极佳的突出特征。其原因是河口区不利于生物生存发展的温、盐度和沉积环境诸因素的综合作用;特别是盐度较低,在洪水期的7—8月均在10以下;海水中悬浮物夏季可高达10—15ml/L,沉积速率高,海底表面浮泥很厚,形成了不稳定的沉积环境。G₂和G₃站的动物种数和数量都有较大程度的增加,但同外侧的G₄站相比仍有明显差别,在此二站河口不利因素的作用依然可见,洪水期底层盐度分别为20和30。再向东(外),G₄,G₅和G₆站的底栖生物不但种数多,生物量和密度也急剧增加,并且三站之间差别不大;说明在

这里河口环境的不利影响已基本消失,而处于比较稳定的常态海洋环境,这反映在盐度上是都大于 33。 G_6 站动物的多样性指数明显高于 G_4 和 G_5 站,其均匀度也较高,这是由于它与 G_5 站以前各站所不同的细砂沉积环境和台湾暖流的影响而形成的。在调查区东南部较粗颗粒沉积区栖息的动物种类较多,受台湾暖流的影响较大,其种类的多样性指数显著较高。同时,各种间个体数的分配也比较均匀,没有出现数量明显较大的优势种,所以 G_6 站的均匀度也较高。 G_1 、 G_4 和 G_6 站的均匀度接近,但它们是由不同原因造成的: G_1 站出现的种类少,仅两种,其个体数又都很少; G_4 和 G_6 站种类多,但数量上无突出的优势种。由此可见,不能简单片面地用上述各参数来说明环境的特点,特别是依据多样性指数和均匀度分析生物组合特点时,不宜简单从事。

总之, G 断面上底栖生物的分布状态,明显地表现为近岸主要由长江冲淡水区的物理、化学和沉积环境所决定;向外海,理化和沉积环境趋于稳定,且受台湾暖流的影响较大,形成了种类和数量都较多的分布格局。

二、底栖生物的数量分布

调查范围内底栖生物生物量年平均为 $21.75\text{g}/\text{m}^2$,其中软体动物占主要地位,平均生物量为 $10.26\text{g}/\text{m}^2$,其次棘皮动物,为 $4.19\text{g}/\text{m}^2$,多毛类和甲壳类分别为 $3.45\text{g}/\text{m}^2$ 和 $1.73\text{g}/\text{m}^2$ 。生物量的分布很不均匀,低生物量区出现在河口及其附近高速沉积区。 $5\text{g}/\text{m}^2$ 和 $10\text{g}/\text{m}^2$ 生物量等值线的走向垂直于河道,与海岸线平行(图 2),这清楚地表明离河口愈近生物量愈低的特点。在近河口处生活的动物种数少,个体数也少,常见的有螺赢蜚(*Corophium* sp.)、细长涟虫(*Iphinoe tenera*)、*Eriapilla* sp.、寡节甘吻沙蚕(*Glycinde gurjanovae*)、不倒翁虫等。另一个低生物量区位于调查海域的东北部,由于沉积物的改变,该区是以细砂为主的粗颗粒沉积区,所以生物量较低,都在 $10\text{g}/\text{m}^2$ 以下。经常出现的种有河口卡德蛤(*Cadella delta*)、细巧色雷西蛤(*Thracia concinna*)等砂栖种。

高生物量区出现于上述近岸河口和外侧两低生物量区之间的广阔水域,各站年平均生物量都在 $10\text{g}/\text{m}^2$ 以上,最高达 $159.16\text{g}/\text{m}^2$ (H_4 站),较高的达 $85.64\text{g}/\text{m}^2$ (D_2 站), $48.10\text{g}/\text{m}^2$ (F_4 站)和 $32.16\text{g}/\text{m}^2$ (E_3 站)。个别月份某些站的生物量很高。例如 1985 年 9 月和 10 月 H_4 站的生物量分别高达 $406.70\text{g}/\text{m}^2$ 和 $372.50\text{g}/\text{m}^2$,两次样品中都大量出现软体动物光滴形蛤和江户明樱蛤。另外,在 D_2 站有棘皮动物滩栖阳遂足大量出现,1985 年 9 月生物量也曾高达 $315.45\text{g}/\text{m}^2$ 。在生物量组成中起主要作用的除上述优势种外,还有秀丽勒特蛤和豆形短眼蟹。多毛类中不倒翁虫、寡节甘沙蚕和丝异须虫的出现率都较高。本区沉积物以细颗粒为主,但由于距河口较远,环境条件较为稳定,栖息的动物种类多样,数量也大,而且大多数种是沉积食性。

底栖生物栖息密度(图 3)的分布同生物量的分布趋势基本一致。 500 个/ m^2 等值线同 $10\text{g}/\text{m}^2$ 等值线基本吻合。低密度区也出现在河口附近高速沉积区和调查区外侧、深度较大的细砂沉积环境,特别在河口区,密度低于 250 个/ m^2 ,甚至不足 50 个/ m^2 。高密度区同高生物量区一样,分布于调查区的中部,呈南北向带状分布,各站密度都在 500 个/ m^2 以上。高密度区的主要种除上述高生物量种外,还有一些个体小、数量大的种,尽

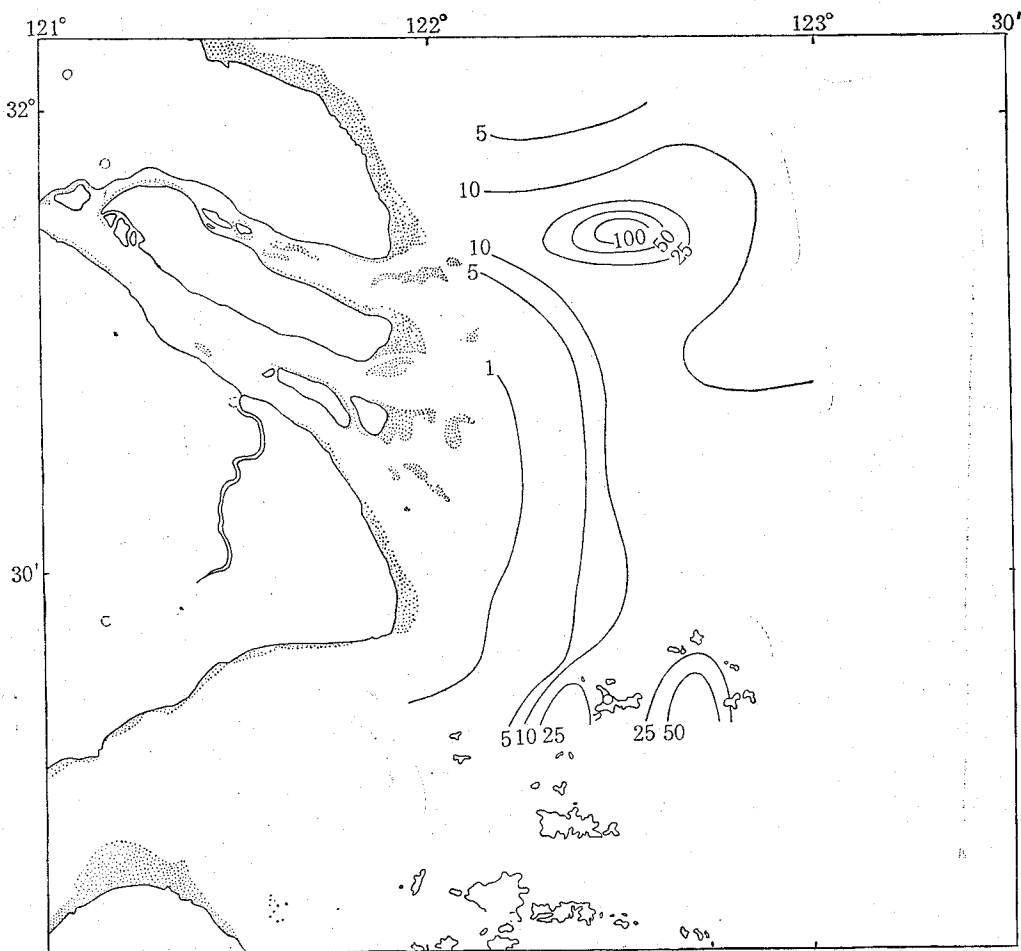
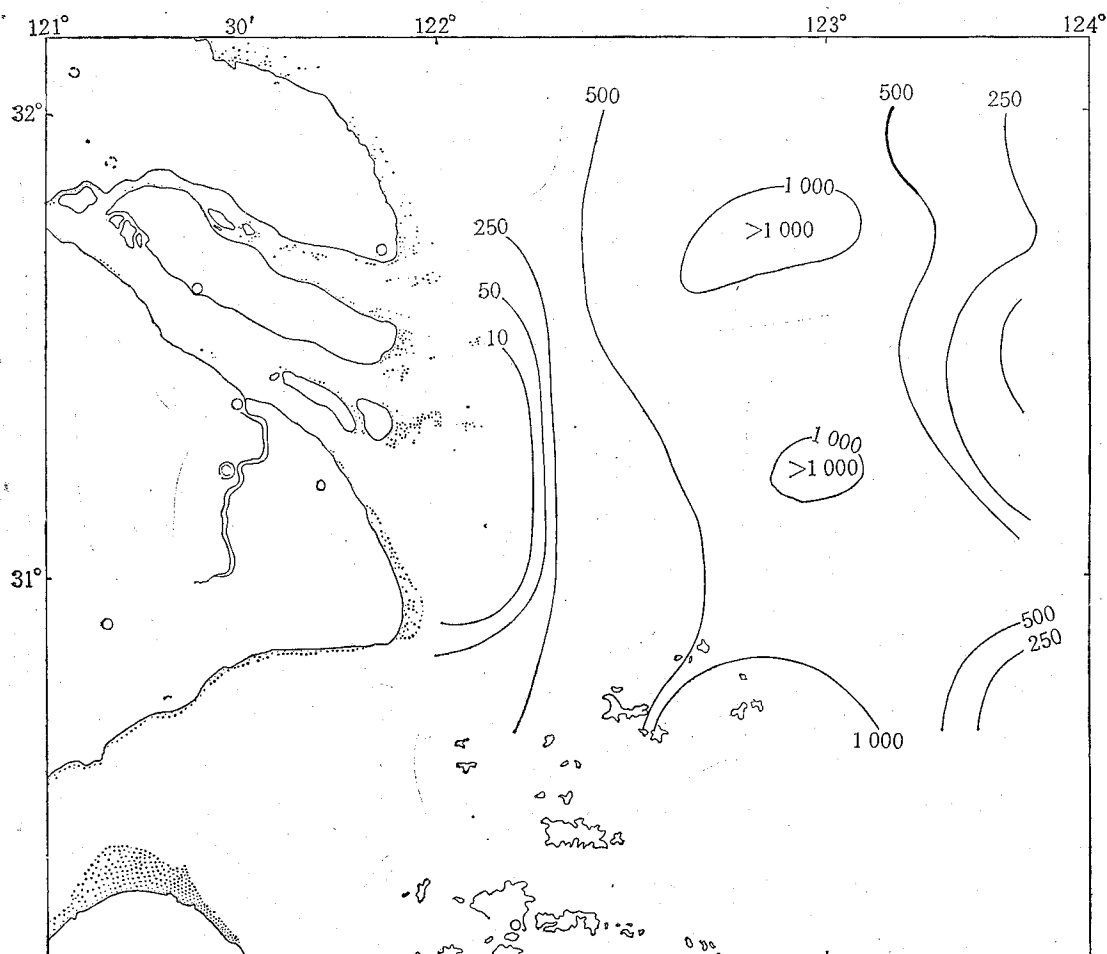


图2 底栖生物生物量的分布 (年平均值, g/m^2)

管它们在生物量组成中并不重要,但却导致高密度区的形成。如中蚓虫,1986年7月 D_4 站的密度高达 $8500\text{个}/\text{m}^2$,这是本次调查在一个站上出现的个体数量的最高记录。

下面分别讨论各主要类群的数量分布。

1. 软体动物 在底栖生物生物量组成中居首位,年平均为 $10.25\text{g}/\text{m}^2$,在总生物量中占 47.2% ;所以软体动物的分布轮廓决定了总生物量的分布格局,两者的分布趋势基本一致。高生物量区集中出现在以 H_4 站为中心的南部水域,例如1985年10月 H_4 站软体动物生物量高达 $376.70\text{g}/\text{m}^2$,占该站总生物量的 92.60% ,其中光滴形蛤为 $227.50\text{g}/\text{m}^2$ 和 $2800\text{个}/\text{m}^2$,江户明樱蛤为 $92.30\text{g}/\text{m}^2$ 和 $550\text{个}/\text{m}^2$,秀丽勒特蛤为 $41.70\text{g}/\text{m}^2$ 和 $220\text{个}/\text{m}^2$ 。1985年9月在同一站上的样品中软体动物生物量为 $361.70\text{g}/\text{m}^2$,占该站总生物量的 97.10% ,也是上述几种动物大量出现的结果。构成高生物量区的种个体较小,故软体动物的高生物量区也就是它的高密度区。调查区北部 C_2 站和 D_2 站的高生物量区都是由个体较大的毛蚶 (*Scapharca subcrenata*) 所形成,虽然生物量平均值较高,但密度并不大。

图3 底栖生物密度的分布(年平均,个/m²)

2. 棘皮动物 棘皮动物生物量年平均为 4.19g/m^2 , 占底栖生物总生物量的 19.26%, 是位居第二的优势类群。棘皮动物在调查区的分布极不均匀, 广阔水域的生物量都很低, 在 30 个测站中有 17 个站年平均不足 1.0g/m^2 。高生物量区集中在 D_1 , D_2 和 E_3 相邻三个站的狭小范围内, 它们的年平均生物量分别为 57.24g/m^2 , 23.14g/m^2 和 23.50g/m^2 。调查期间棘皮动物数量较高的记录有 1985 年 9 月的 D_2 站, 为 309.50g/m^2 和 190个/m^2 , 1986 年 3 月的 E_3 站为 143.30g/m^2 和 368个/m^2 。1985 年 9 月 D_1 站曾达到 126.80g/m^2 和 230个/m^2 的较高记录。以上各站的高生物量是优势种滩栖阳遂足大量出现的结果; E_3 站样品内还有密度 90个/m^2 的日本倍棘蛇尾 (*Amphioplus japonicus*), 但它的个体小, 在生物量组成中不占优势地位。

3. 多毛类 多毛类生物量年平均为 3.54g/m^2 , 占总生物量的 15.86%, 居第三位。其生物量的分布较均匀, 年平均不足 1g/m^2 的低生物量区仅见于河口附近。年平均超过 5g/m^2 的高生物量区出现于调查区东南部。生物量的最高记录出现在 1986 年 6 月的 H_2 站, 达 65.80g/m^2 。最高密度为 8500个/m^2 , 出现在 1986 年 7 月的 D_4 站, 由于是由体型

很小的中蚓虫形成,虽然数量很大,但生物量并不高,只有 $13.10\text{g}/\text{m}^2$ 。经常出现的多毛类有不倒翁虫、丝异须虫、拟特须虫等。

4. 甲壳类 甲壳类年平均生物量为 $1.73\text{g}/\text{m}^2$,仅占总生物量的 7.95%,是四个主要类群中数量最小者。在 30 个测站中,年平均不足 $1.00\text{g}/\text{m}^2$ 的站就有 20 个,占总站数的 66%。低生物量区主要分布在近岸和河口水域,在 北纬 $31^\circ 21'$ 以南则大范围向外扩展,致使低生物量区扩大,几乎占据调查区的 1/2。另一个低生物量区出现在调查区东北部的一个小范围内。其他水域生物量均在 $1.00\text{g}/\text{m}^2$ 以上。1985 年 9 月在 F_4 站采到一个个体较大的日本蜉 (*Charybdis japonica*),致使该站的生物量高达 $27.50\text{g}/\text{m}^2$,年平均达 $23.89\text{g}/\text{m}^2$ 。总之,甲壳类的生物量分布也比较均匀,高低之间的差距不大。构成生物量的主要种是豆形短眼蟹,它经常出现于 C_4 , D_3 , D_4 , E_3 , F_4 和 F_5 等站;主要由年幼个体组成,故生物量并不特别高,例如 1985 年 10 月 E_3 站曾达到 670 个/ m^2 的密度最高记录,但生物量却只有 $22.00\text{g}/\text{m}^2$ 。

三、底栖生物与环境的关系

1. 底栖生物与温、盐度的关系 河口区受径流影响很大,盐度很低,其内侧水域盐度明显地低于外侧,空间差异悬殊。河口区盐度具有显著的季节性变化,在潮汐的作用下,还有着短周期性的剧烈变化。在这种特定的环境条件下,盐度是底栖生物分布的首要制约因素。河口区的温度虽有变化(包括季节性和短周期的日变化),这种变化同沿岸浅水水域的温度变化节律和幅度基本一致,但并不像盐度那样具有河口区本身的特殊性,因此,在河口水域温度对底栖生物分布的限制作用居次要地位。河口区的底栖生物除少数半咸水种外,绝大多数是来自外海、但对河口低盐有较强适应能力的广盐性种;然而由于它们对盐度的适应能力各有不同,因此向河口区深入的程度也不一样,形成了距离河口越近,适应的种越少的分布规律。这次调查发现仅生活在河口半咸水区的底栖生物种数很少,黑龙江蓝蛤 (*Potamocorbula amurensis*)、安氏白虾 (*Exopalaemon annandalei*)、脊尾白虾 (*E. carinicauda*)、细指长臂虾 (*Palaemon tenuidactylus*) 和狭颚绒螯蟹 (*Eriocheir leptognathus*) 等是典型的代表。生活在河道中的淡水种更少,只在试捕拖网中采到一种蚬 (*Corbicula* sp.) 和少数秀丽白虾 (*Exopalaemon modestus*)。长江河道和河口区底栖生物的这种分布状态不同于浮游生物和游泳生物,这是因为后两类生物或随波逐流,或在盐度适宜时进入,不适宜时离开,因而有时可以采到相当数量的半咸水种,甚至可有淡水种出现。

2. 底栖生物分布与沉积环境的关系 沉积物颗粒的大小、沉积速率以及底质中有有机质的含量都同底栖生物的组成特点和数量发展密切相关。长江径流携带大量泥沙入海,海水中悬浮物质数量很大,尤以夏季为甚,高达 $10-15\text{mL}/\text{L}$ 。近河口处沉积速率高,底质表面浮泥厚,形成了极不稳定的沉积环境,对一些行动迟缓、底内穴居的动物及滤食性动物的生存构成了极大威胁。大多数底栖生物不能适应这种环境,少数活动能力较大,对底质依赖性较小的底上动物尚可适应,如甲壳类的一些虾类,它们几乎成为近河口水域仅有的几种典型底栖动物的代表。因此,这里的底栖生物组合极其简单,数量贫乏,成为

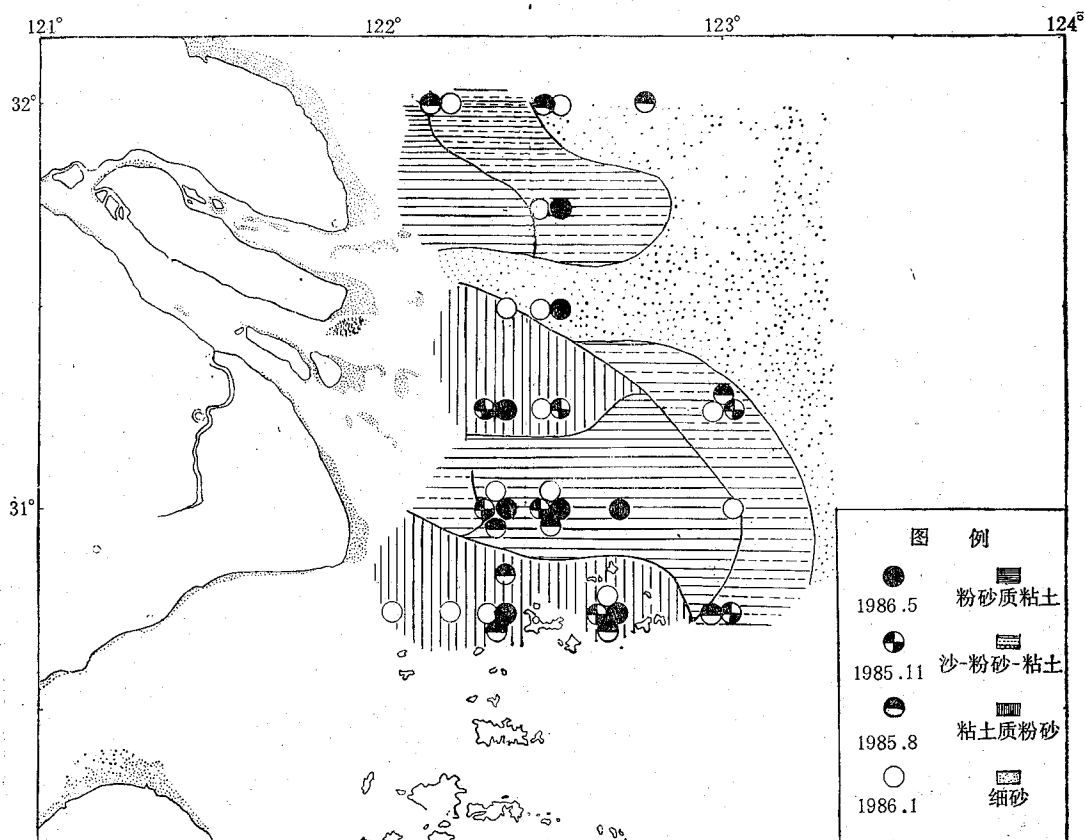


图4 不倒翁虫的分布

十分突出的低生物量区。

25m 等深线以外的细颗粒沉积区的沉积环境比近河口区相对稳定, 但仍有大量陆源性有机碎屑被河水携带到这里后下沉, 沉积物中有机质含量较高, 这为吞食性(包括碎食性)底栖生物的生存和发展提供了有利条件, 因此这里动物的种数和数量都比较多。几种数量大的底栖生物, 如豆形短眼蟹、水滴形蛤、江户明樱蛤和不倒翁虫(图4)等, 几乎都是以沉积物为食, 它们的存在与细颗粒沉积环境密切相关。

位于调查区东部和东北部的细砂沉积区为多数生活在软泥沉积环境中的种所回避。经常出现于这一水域的有河口卡德蛤(图5)、色雷西蛤、丽篮蛤(*Corbula venusta*)、哈平钩虾(*Harpinia* sp.) 和长毛齿吻沙蚕(*Nephtys longosetosa*), 它们大都是生活于砂质区的特有种, 多为滤食性者, 数量都不大。

在上述细颗粒沉积区和细砂沉积区之间, 还有粘土-粉砂-细砂混合底质区, 这里的种类组成比较复杂, 有碎屑食性的拟特须虫(图6)、扇栉虫(*Ampharete* sp.)、日本倍棘蛇尾、微形小海螂(*Leptomya minuta*)、胡桃蛤(*Leionucula* sp.)、彩虹亮樱蛤(*Nitidollina iridella*)等, 灰双齿蛤(*Felaniella usta*)和滩栖阳遂足的数量特别大。

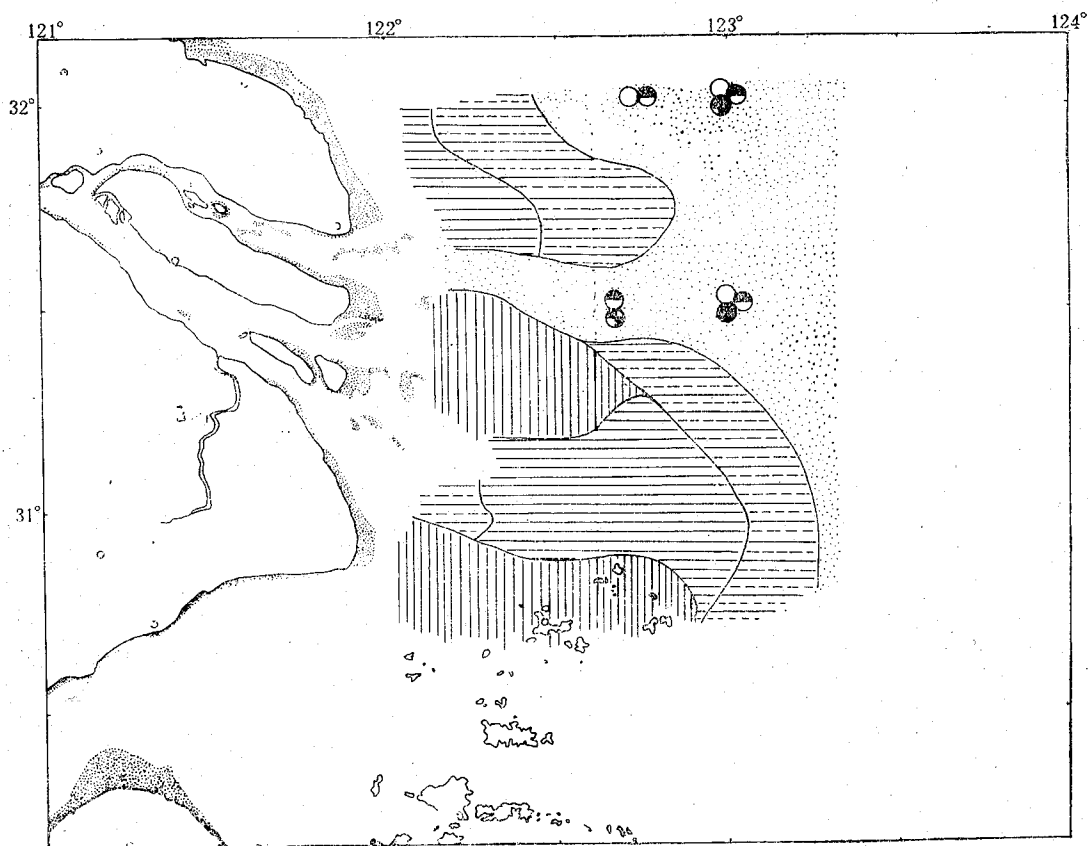


图5 河口卡德蛤的分布
(图例同图4)

四、三峡建坝后对河口底栖生物影响的预测

径流量是影响河口环境的重要因素,入海径流量的明显改变,将导致河口环境,特别是海水盐度的分布格局、沉积速率和各种沉积物的分布范围发生相应的变化,进而影响到同这些环境条件关系密切的生物在该水域中的分布范围及数量的发展程度。而影响显著与否,则由入海径流量改变的程度所决定。

如前所述,水库蓄水的时间是洪水期过后的10月,而在洪水期,因为三峡工程不拦水,径流量将不会发生较大变化。因此可以判断,河口水域盐度的分布格局在8月前后不会有明显的改变,但在10月份,将受蓄水的直接影响。特别在枯水年份,径流量本来就很低,若再继续减小16%(150m蓄水水位方案)或41.7%(180m方案),河口区盐度将会显著升高,或者说高盐线将会向海岸方向明显推进;180m方案时所引起的变化将更为显著。在这段时间内,一些在近底层活动的底栖生物的分布范围将向海岸延伸,其趋势同游泳生物相一致,但程度上可能弱得多;因为径流量的减少对底层海水的影响明显低于表层。在丰水年份,径流量的变化幅度相对较小,即使在180m方案时也只不过减少14%,

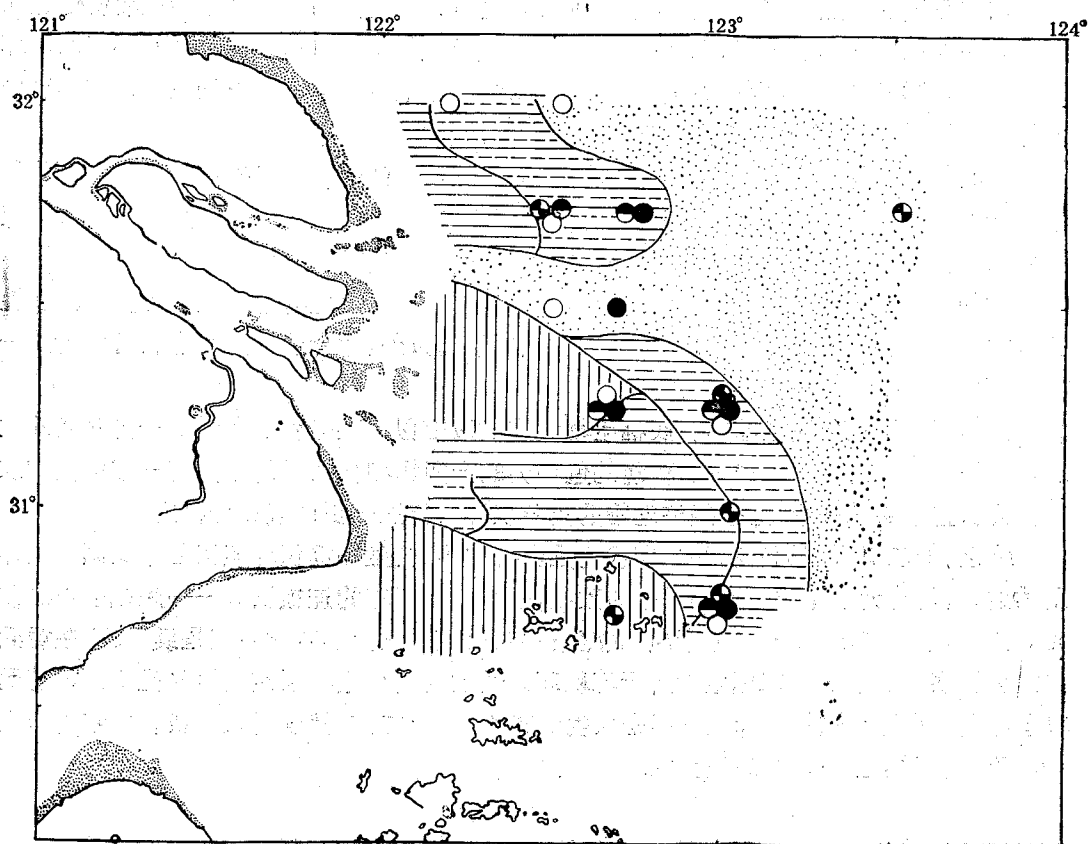


图6 拟特须虫的分布
(图例同图)

所以对盐度分布的影响也不显著。总之, 10 月份后河口范围的低盐等值线将向河口退缩, 半咸水分布范围缩小, 那些仅在半咸水水域栖息的种(如几种白虾)的密度会有一定程度的加大。因而就需要研究其数量的增加和因其半咸水区分布范围的缩小而虾群相对集中这两种情况的区别。

大坝建成后, 由于发电的要求, 在枯水期的 1—4 月, 下泄流量将增加 $2\,000—2\,500\text{m}^3/\text{s}$, 此时入海径流的温度略低于河口区的水温。流量的增加可能使河口区的水温略有下降, 从而使某些种的繁殖期后延, 当然, 影响的范围较小, 涉及的种也较有限。

长江径流所携带的泥沙入海之后沉积于海底, 沉积范围由入海径流及外海水逼岸强度等因素的相互作用所决定。长江三峡大坝建成后, 主要在 10 月以后到次年洪汛到来之前这段时间内调节径流量。在洪汛期间, 径流量与建坝前相比将不会有很大变化, 作为入海泥沙堆集区域的长江水下三角洲, 在这种情况下也不会有明显的改变; 但是, 由于大坝建成后大大提高了三峡库区的水位, 长江上游来的泥沙将有相当部分在库区沉积, 因而长江入海泥沙通量肯定会有一定程度的减少。这必然导致长江水下三角洲区域的沉积过程的变化, 也就是沉积物的成分、粒度大小和沉积速率(沉积量)都会因之而改变, 并进而改

变三角洲底质的特点。沉积物组成有明显改变之后,栖居其中的底栖生物组成将随之而改变。随着沉积速率的降低,本来在高沉积速率条件下难以栖息的某些生物,由于沉积环境的改变,就能够在这里生存下来,从而使生物组成和数量本来很贫乏的海域,底栖生物多样性指数升高,数量趋于丰富。

径流输沙量的下降同时导致沿岸海域海水浑浊度的降低,从而提高了沿岸海域的初级生产力,或者说河口区以外的高生产力海域将向沿岸和河口推移。因之,这一区域中底栖生物的食物来源,除了单纯依靠径流携带入海的有机碎屑以外,海水中初级生产过程中所制造的有机物有一部分将转变为底栖生物的食物。这种变化的出现使底栖生物的食性和食物组成也将变得多样化,除了吞食性的底栖生物以外,滤食性的底栖生物可能得到一定程度的发展。

在长江水下三角洲范围内,底栖生物组成的改变以及某些种的数量的一定程度的发展,都将引起在沿岸海域产卵、育幼的鱼虾类的产卵场和育幼场的范围有一定程度的改变。但从整个海域来看,这些经济动物的资源状况有待进一步调查和分析研究。

总之,长江口区底栖生物的本底状况是当地水温、盐度和沉积环境诸因子长期共同作用的结果,随着大坝建成后这些因子的改变,必然发生相应的连锁反应——底栖生物的改变。当然,这些广温、广盐种由于温、盐度条件的改变所发生的变化可能是缓慢的,在短期内不易觉察到。但是,底栖生物对于沉积环境的改变所作出的反应则可能是相对迅速而较容易觉察到的;这是因为沉积物是从生活基质、摄食方式、摄食对象和摄食机制等方面更广泛、更深刻地影响着底栖生物。

参 考 文 献

- 刘瑞玉等,1964,浙江近海底栖生物生态的研究,浙江近海渔业资源调查报告,浙江省水产资源调查委员会,267—302。
- 刘瑞玉等,1986,黄海、东海底栖生物的生态特点,海洋科学集刊,27: 153—173。
- 孙道元、董永庭,1986,长江口及其邻近水域多毛类生态特点,海洋科学集刊,27: 175—183。
- Boesch, D. F. *et al.*, 1983, Macrobenthos and biogenic structures in sediments of the East China Sea Continental Shelf, Proc. of SSCS, China Ocean Press, 819—829.
- Rhoads, D. C. and Huang Liqiang, 1983, Sedimentary fabrics and facies on the Changjiang Delta platform and adjacent continental shelf, East China Sea, Proc. of SSCS, China Ocean Press, 838—848.

BENTHIC FAUNA IN THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY AND PREDICTION OF THE INFLUENCE OF THE THREE GORGES PROJECT ON IT*

Liu Ruiyu (J. Y. Liu), Xu Fengshan, Sun Daoyuan, Cui Yuheng and Wang Hongfa
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

Based on the data of physical, chemical, geological and biological oceanographic factors and living resources obtained by Changjiang River Estuary Multidisciplinary Survey carried out in 1985—86, the changes in species diversity, abundance and distribution pattern were analysed and predicted. The change of water discharge in middle and lower reaches of the river after the Three Gorges Reservoir went into operation and the decrease of runoff in estuarine area (16% or 42% decreased in October for 150m or 180m dam height respectively) and the resulted change (increase) of estuarine water salinity will change the distribution area of most epifauna—nekto-benthos which will expand their distribution area toward the coastline and river mouth. But the extent of influence will be less in rich water year than in poor water year. The increase of discharge in dry season, January—April, of 2,000—2,500m³/s will decrease the water temperature in the estuarine area and hence postpone the spawning time of certain species; but it will benefit the reproduction and recruitment of benthic population.

The decrease of silt discharge to the estuarine area will increase the transparency of estuarine water, its primary productivity and the flux of organic detritus, which will benefit the herbivores and deposit feeders in benthic community. In general, the decrease of silt discharge into the estuarine area will change the distribution pattern of sediments and the environment, and finally the species composition and distribution pattern of benthic fauna, particularly the infauna, as well as the spawning and nursing ground of certain dominant species, especially economically important shrimps and crabs migrated into estuarine waters for feeding or reproduction. But the process of its change will be comparatively slow, not easily observable.

* Contribution No. 2067 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.