

陆源排污对渤海湾浮游动物生态的影响*

肖贻昌

(中国科学院海洋研究所)

河口海区是浮游生物大量繁殖孳生的水域,也是许多水产动物的产卵、索饵场。渤海湾历来盛产食用贝类,又是某些经济鱼、虾类的天然渔场。但近十多年来,渤海湾西部主要鱼、贝类的产量逐年下降;探讨其原因时必然会考虑渤海湾的陆源污染是否已经危及饵料基础,从而导致渔业资源的衰退。本文试图通过查明渤海湾浮游动物生态现状,揭示陆源污染对其产生的影响,为评估渤海湾环境质量和采取渔业环境保护措施提供一个方面的科学依据。

一、渤海湾陆上污染来源和调查方法

渤海湾的污染来源是多方面的,但陆源污染是主要来源,它主要通过河川入海。注入渤海湾的大小河流有 20 多条,其中海河、永定新河通常年径流量分别达到各河川入海总流量的 50% 和 30% 以上,汛期入海流量显著加大。此外,渤海湾还接纳着天津南、北排污河和北京排污河所排出的工、农业废水和生活污水。这些河流不仅将大量营养盐类输入海湾,肥沃了水质,同时也带来有害的污染物质,不断恶化着环境质量。

根据陆上污染来源特点,从 1979 年 5 月至 1980 年 8 月,在渤海湾对浮游动物共进行了 15 个航次大面调查,重点调查区域是海湾西部近岸水域(图 1)。每月调查一次(1980 年 7 月未调查),用北太平洋网从底到表垂直采集样品,供作生物量测定、个体计数、形态观察和个体生态学研究,并联系水文、化学环境因子和陆源污染物的分布加以分析。为了解河流入海段的污染影响,于 1979 和 1980 年汛期又在北塘和大沽的河口区分段设站(图 1),调查了 5 次,用相同的方法采集样品和处理、分析资料。

二、调查结果

1. 整个渤海湾浮游动物总的生态状况目前尚属正常,还看不出明显的污染影响,但潜在着发生夜光虫赤潮的威胁。

(1) 浮游动物生物量相当高,除 1980 年 2 月外,月平均生物量都在 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以上,

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1403 号。

姜奕同志曾参加海上采集和部分室内工作,部分样品系与本所鱼卵仔鱼组协作采集,天津市环保监测站在 1979 年 5, 6, 9, 10 月代采部分样品,均此志谢。

收稿日期: 1986 年 12 月 4 日。

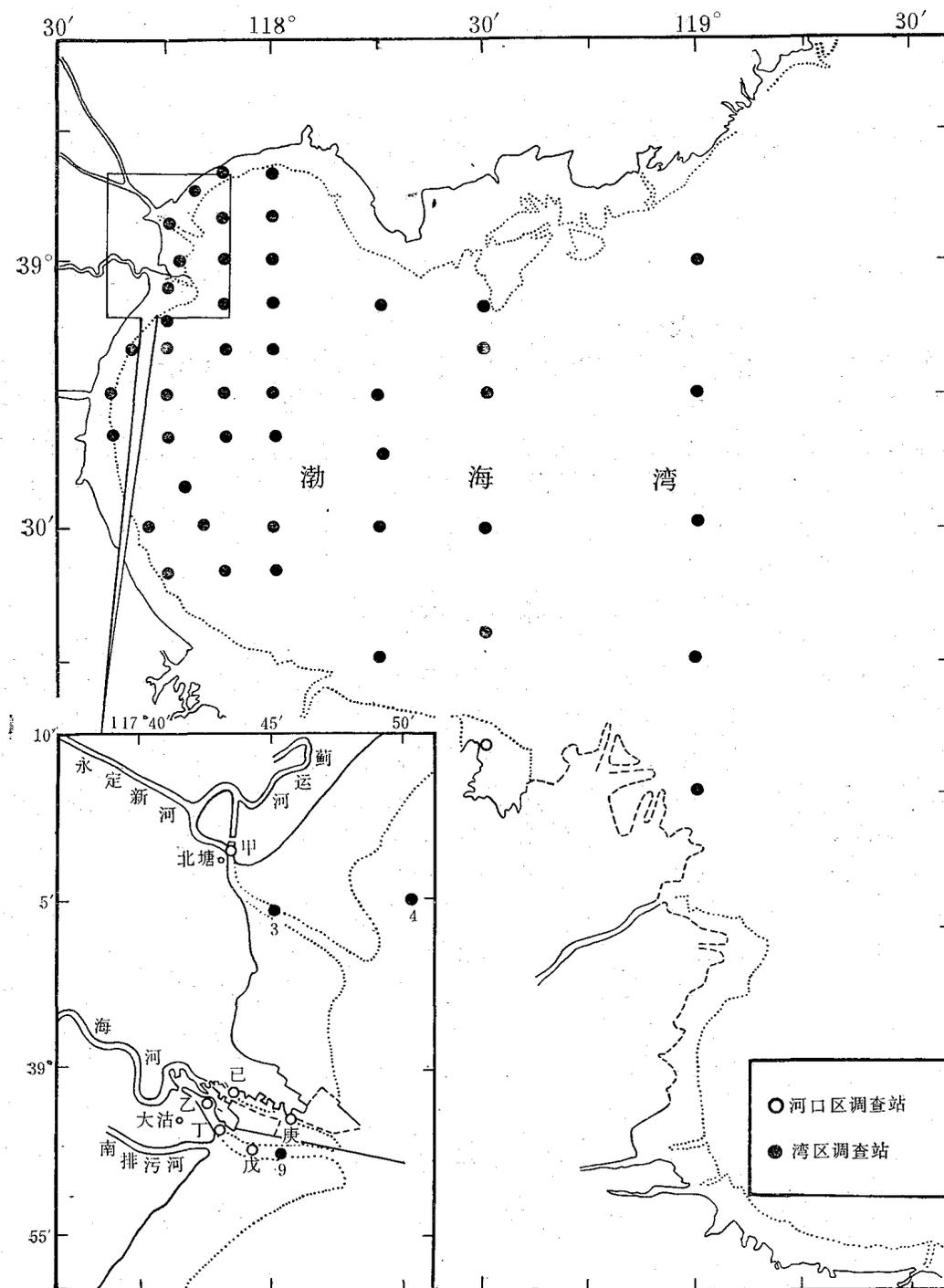


图1 调查站位

1979年6—9月和1980年6月皆达到 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 以上,其中1979年7,8月(高达 $500\text{mg}/\text{m}^3$)和1980年6月为全年高峰。水平分布一般都在 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以上,夏季在沿岸水和外海水交汇带出现 $>250\text{mg}/\text{m}^3$ 的高生物量区,1979年和1980年夏季密集区的生物

量皆达到 1000 mg/m^3 以上 (图 2A, 2B)。此值高于全国海洋综合调查时渤海湾的生物量 (1959 年 6 月为渤海湾全年高峰, 出现 $> 500 \text{ mg/m}^3$ 的密集区)¹⁾。

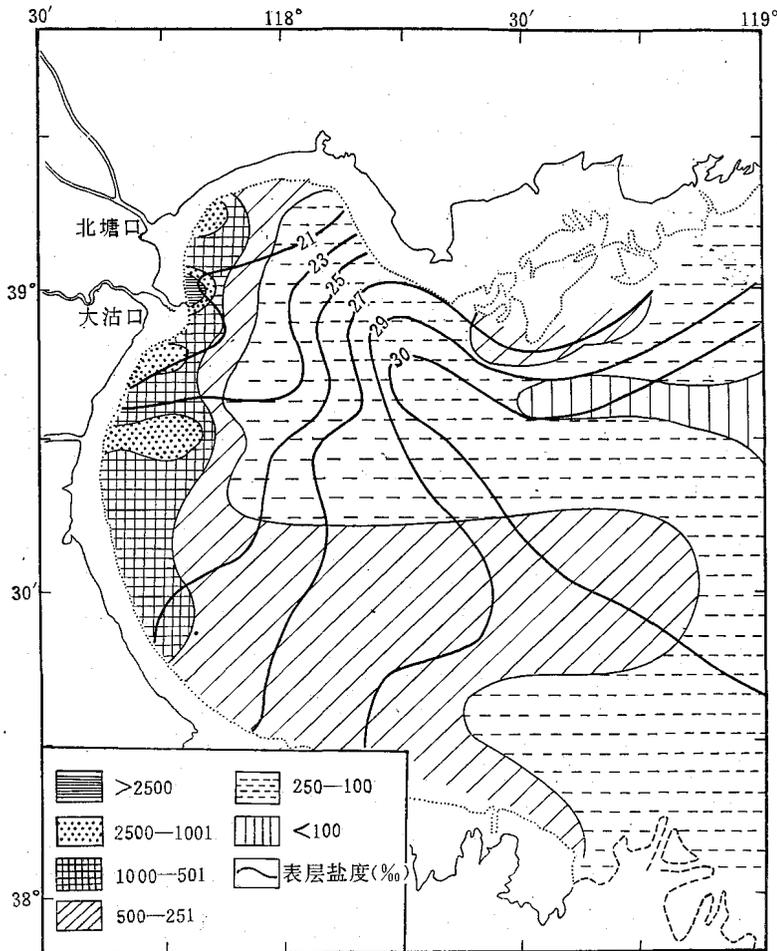


图 2A 浮游动物生物量 (mg/m^3) 的水平分布 (1979 年 8 月)

(2) 已鉴定种类包括原生动物、水母类、桡足类、其他甲壳类、毛颚类和浮游被囊类等共 50 多种。种类组成以暖温带近岸低盐种类占主导地位, 在数量上和种类上都占优势, 其中以强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)、真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*)、墨氏胸刺水蚤 (*Centropages mcmurrichi*)、太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*)、双刺纺锤水蚤 (*A. bifilosa*)、鸟喙尖头蚤 (*Penilia avirostris*)、中国毛虾 (*Acetes chinensis*)、塔形和平水母 (*Ei-rene pyramidalis*) 等最常见。在河口近岸还出现河口半咸水种类, 如火腿许水蚤 (*Schmackeria poplesia*) 和华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*) 等, 湾口分布有一定数量的偏外海高盐种, 如中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 等。这与历史状况相似, 符合暖温带内湾区系特点。

(3) 浮游动物生物量和种类的水平分布和季节变化主要受水文环境因子的影响。生

1) 根据作者对网具性能比较试验结果, 北太平洋网和全国海洋综合调查所用大型浮游生物网的滤水系数约为 10:8 之比, 前者捕获的生物量也略高, 可以换算比较。

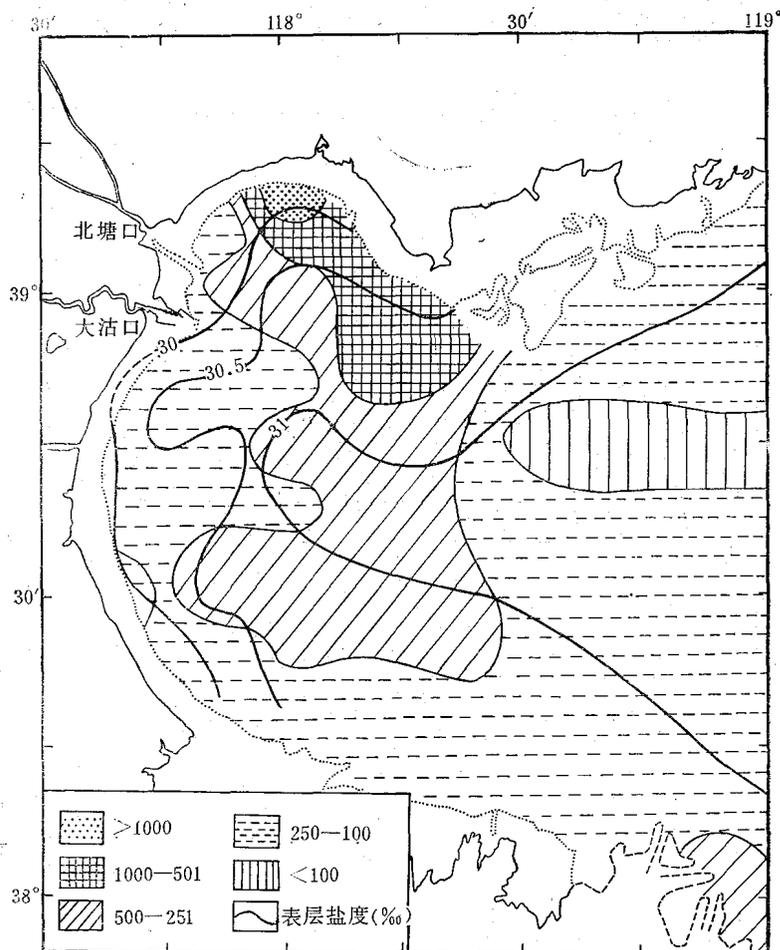


图 2B 浮游动物生物量 (mg/m^3) 的水平分布 (1980 年 8 月)

物量的季节变化不但受水温变化的支配,而且为入海径流量所制约。如 1979 年 7—9 月天津市境内主要河流的径流量为 $49 \times 10^8 \text{m}^3$, 占当年径流量的 80% 以上,浮游动物生物量高峰在 7、8 月;而 1980 年同期三个月的径流量只有 $0.36 \times 10^8 \text{m}^3$, 生物量高峰则出现于径流量略高的 6 月。水平分布的情况是, 1979 年 8 月海湾西岸入海径流量大, 高生物量区分布于湾西近岸;次年干旱, 8 月的高生物量区便移向陡河沿岸。(图 2A, 2B) 毛颚类和桡足类总量的季节变化和水平分布也有类似趋势。又如强壮箭虫, 它的典型个体主要出现于水温低的冬、春季, 内海型在水温高的夏半年数量很大, 而中间型大多出现于这两季度的更迭之间。不同型个体的交替出现主要与水温变化有关。

(4) 观察主要种类的早期发育和繁殖, 如真刺唇角水蚤、太平洋纺锤水蚤和中国毛虾等的生殖、生长, 均未见异常。样品中常可见到主要桡足类、中国毛虾等的各期幼体, 底栖生活的蟹、蛤、螺和多毛类的幼虫也不少。从渤海西部 70 年代的毛虾产量看(表 1), 其资源的补充还是正常的。

(5) 浮游动物不论成体、幼体, 其外部形态均未见畸变。

表 1 渤海西部 70 年代毛虾产量(吨)(冯稚青等, 1982)

年 份	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
产 量	33 015	39 945	53 216	52 048	66 391	54 419	81 982	69 425	40 733	37 864

(6) 夜光虫 (*Noctiluca miliaris*) 在调查期间除 1980 年 1 月未采到外, 各月均有出现。1979 年 6—8 月都达到 2×10^4 个/ m^2 以上, 8 月几乎达到 6×10^4 个/ m^2 , 为全年高峰。1980 年 1—5 月以及 8 月, 其数量都很少, 只有 6 月激增, 竟高达 2.6×10^5 个/ m^2 。1979 年夜光虫数量波动的趋势与水温 and 河川流量的变化趋势互相吻合; 但次年 6 月入湾流量并不大, 却出现增殖高峰, 看来与适宜的盐度和较高的温度、营养盐有关(图 3)。1979 年 7, 8 月夜光虫 > 1000 个/ m^2 的密集区大都分布在盐度 $> 28\text{‰}$ 的水域范围 (图 4A, 4B), 似乎也可说明这一点。Steidinger (1975) 认为, 赤潮生物的大量繁殖不仅与水温升高和水域富营养化有关, 而且也要求一定的盐度范围和其他水文、气象条件, 它是综合作用的结果。

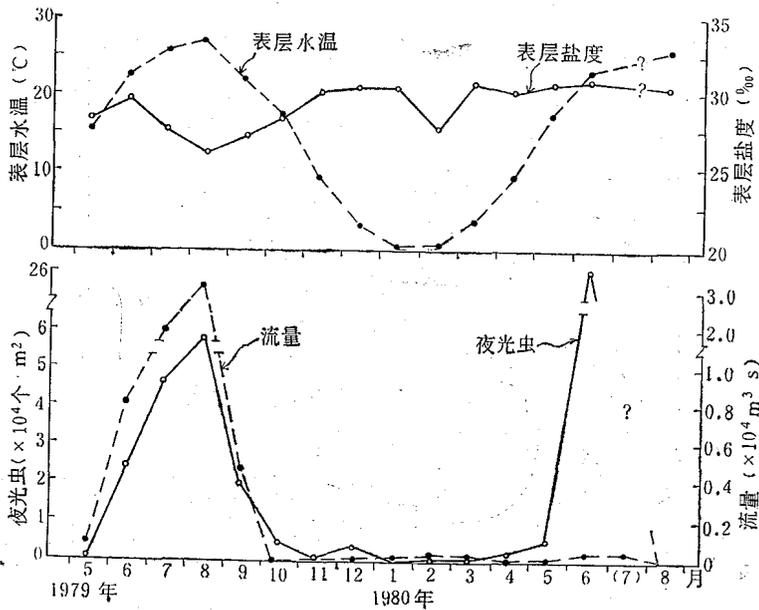


图 3 渤海湾夜光虫数量波动与河川入湾流量、水温和盐度变化的关系
(各月流量为蓟运河、海河、潮白新河、永定新河和独流减河五河流各月流量之和)

2. 北塘口、大沽口外以 3 号、9 号站为中心的近岸局部水域(以下简称“口外区”)与渤海湾其他水域比较起来, 其浮游动物生态已受到入湾污水的一定影响。

(1) 枯水季节口外区的浮游动物生物量比渤海湾其他水域低; 1980 年 6—8 月干旱, 口外区生物量更低, 浮游动物总个数也较少, 大沽口外区尤其明显。而污水大量入湾的 1979 年 8 月, 西部近岸(包括口外区)普遍出现 $500\text{mg}/m^3$ 以上的高生物量区, 个别测站的生物量高达 $1000\text{mg}/m^3$ 以上, 甚至 $> 2500\text{mg}/m^3$ (图 2A)。1980 年春季, 唯蓟运河、

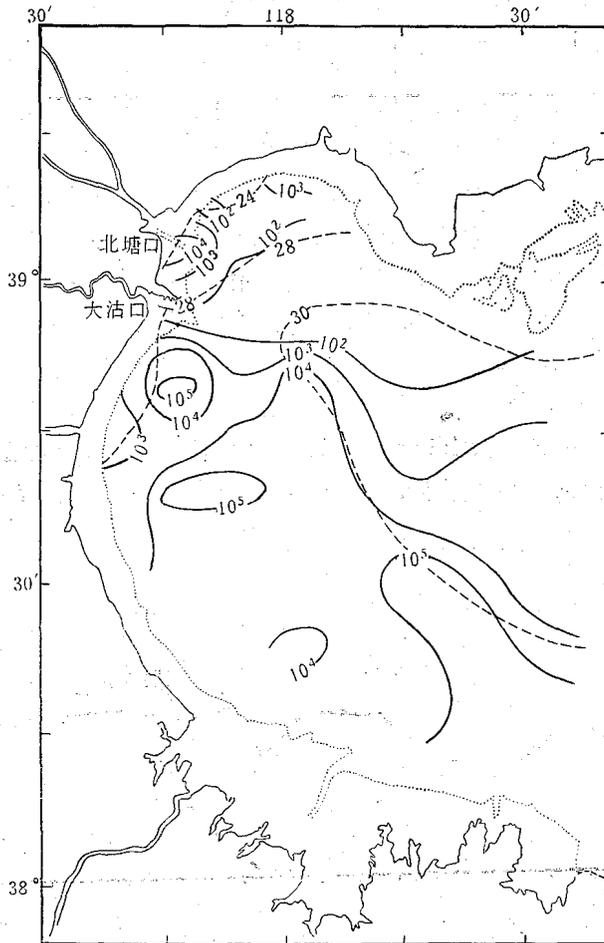


图 4A 夜光虫的水平分布(1979年7月)
 实线: 夜光虫数量(个/m²); 虚线: 表层盐度(%)

北京排污河流量较大,北塘口外围的生物量也较高。

(2) 从图 5 可以看出,口外区生物量的高峰期与渤海湾其他水域不同,不在 6—7 月,而在 1979 年流量最大的 8 月和 1980 年流量较大的 4 月(指北塘口外区)。浮游动物总个数也有类似的趋势。

(3) 根据国内学者对黄海、渤海浮游动物一些主要种类的个体生态研究(郑重、郑执中等, 1965),一般 4—6 月正是它们繁殖的一个盛期,且多在河口附近产卵、发育。但如图 6 所示,口外区 5, 6 月间浮游幼虫、幼体的数量和种类都不如 8 月多。

以上现象不仅显示了陆源污染对口外区浮游动物的影响,而且还表明枯水季节比丰水季节影响更为显著。其原因看来是:旱季污水虽然数量不多,但浓度大,扩布范围小,加重了对局部水域的危害,因而导致口外区浮游动物生态产生异常现象;汛期期间径流量大,污水扩散范围广,但浓度降低,在生物可忍受的阈值之内,危害性减小,且径流并带来丰富的营养盐类,促进了生物的繁殖、生长。黄华瑞等对重金属进行分析的结果是,口外区 1979 年 5, 6 月的含量比 8 月高(本集黄华瑞文。(天津市环保监测站 1979 年所测 3 号、9

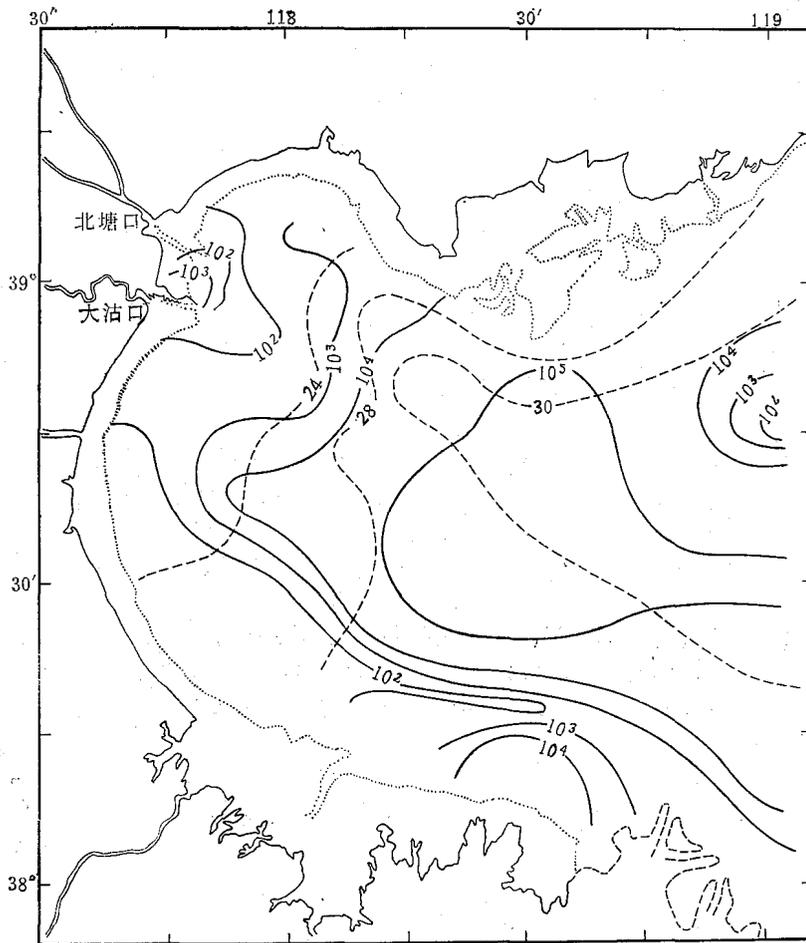


图 4B 夜光虫的水平分布(1979年8月)

实线：夜光虫数量(个/m²)；虚线：表层盐度(‰)

号站水样中 Pb, Cd 和 666 的含量, 也是 5 月高于 8 月(表 2)¹⁾。

表 2 1979 年口外区水样中 Pb, Cd, 666 含量 (μg/L)

站 号	3		9	
	5 月	8 月	5 月	8 月
Pb	15.00	5.27	69.00	2.9
Cd	0.036	0.09	0.066	0.04
666	0.273	0.253	1.244	0.231

3. 北塘、大沽河口区浮游动物已遭受不同程度的污染压力。

(1) 大沽河口区

1) 资料由徐伯麟同志提供。

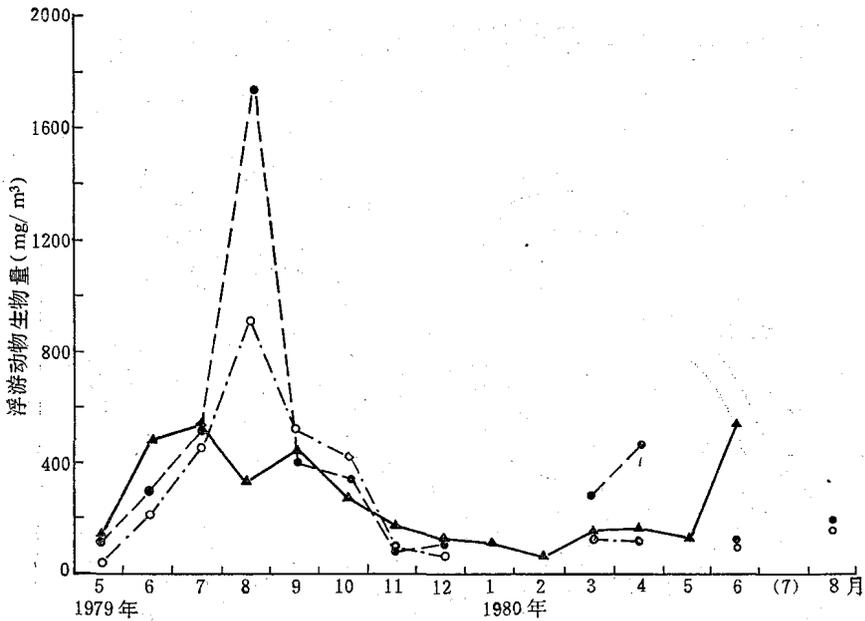


图5 北塘、大沽口外区与渤海湾其它水域浮游动物生物量季节变化的比较
(口外区1980年1, 2, 5月未调查, 1980年7月全区未调查)
(●—●为北塘口外区; ○—○为大沽口外区; ▲—▲为渤海湾其它水域)

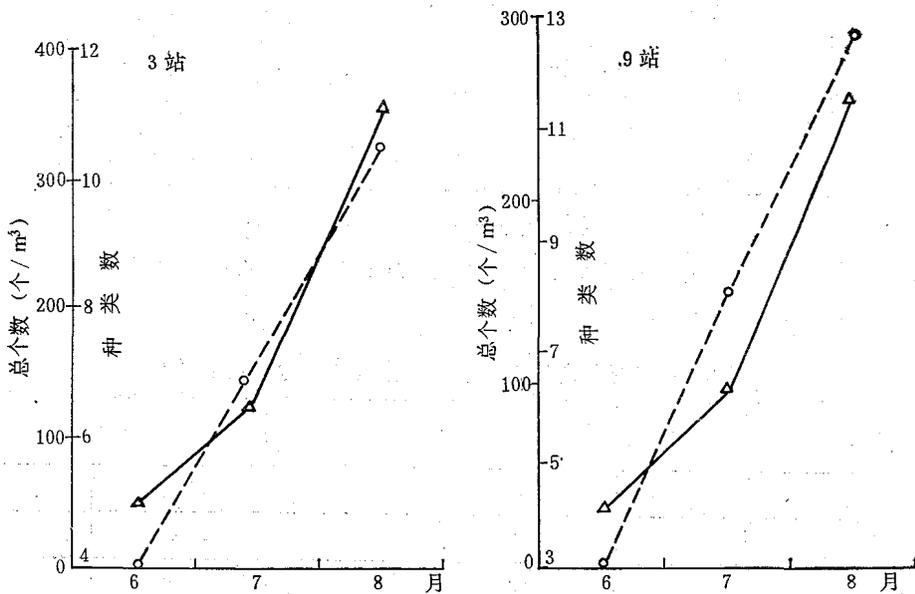


图6 口外区6至8月浮游幼虫、幼体种类数(虚线)和总个数(实线)的变化(1979年)

A. 1979, 1980年夏季在乙站(海河大闸下)相继三次采集的样品中,有的全无生物,有生物者则杂有虾类、蟹类或桡足类、端足类的残体,有机碎屑很多,枝角类中耐污的模糊裸腹蚤 (*Moina dubia*) 和桡足类的太平洋纺锤水蚤的数量都很少。水色和底泥呈灰黑色,发出 H_2S 的恶臭。有摇蚊幼虫等水生昆虫 5, 6种。无底栖动物(崔玉珩等, 1983)。

B. 从丁站(绿灯标附近)至戊站,仍有生物残体和一定数量的水生昆虫,多毛类、毛虾和其他虾类增多,水母多(塔形和平水母占70%)。水色灰黑,仍发恶臭。无底栖生物(崔玉珩等,1983)。

C. 戊站(大沽沙航道4号航标)仍有有机碎屑和水生昆虫,甲壳类和多毛类的浮游幼虫和甲壳动物(如太平洋纺锤水蚤和许水蚤)增多。水色灰褐,臭味减轻。底质为泥沙,可以采到底栖动物(崔玉珩等,1983)。

D. 己站(塘沽新港船厂码头)和庚站(十三米码头)有若干浮游甲壳类、强壮箭虫、水母、甲壳类的浮游幼虫和水生昆虫等。以桡足类较多,其中,太平洋纺锤水蚤和小拟哲水蚤占优势。水色浑浊,臭味轻。

E. 再往外到9号站,浮游动物的种类组成和数量渐近于渤海湾其他水域。可以看到此站以西海面为带灰色的污水,以东为含黄沙的近岸海水,界限分明。到10号站便趋于正常。

(2) 北塘河口区

在甲站(蓟运河水注入永定新河处)调查两次,采到若干种甲壳动物和水生昆虫以及甲壳类浮游幼虫等。1979年8月的样品中模糊裸腹蚤占绝对优势。从甲站到河口外的3号、4号站,浮游动物的种类组成有明显的变化,耐污种模糊裸腹蚤在甲站高达13611个/ m^3 ,一到3号、4号站便告绝迹。对浮游动物体内重金属残留量和水体中重金属含量的分析结果(本集黄华瑞文),以及对表层沉积物中重金属含量的分析结果(吴景阳等,1985)均表明,从甲站到3号、4号站污染物质有逐站减少的趋势(表3)。

表3 1979年8月北塘河口区三站浮游动物种类组成和某些重金属含量的分布

站号	甲站	3号站	4号站
浮游动物种类组成	已鉴定16种,其中:淡水种7种,占44%;半咸水种3种,占19%;沿岸种6种,占37%。模糊裸腹蚤13611个/ m^3 ,占浮游动物总量的67%。	已鉴定24种,其中:半咸水种1种,占4.2%;沿岸种23种,占95.8%。	已鉴定24种,其中:沿岸种23种,占95.8%;偏外海高盐种1种,占4.2%。
浮游动物体内 重金属残留量 ($\mu g/g$, 湿重)	Zn	10.1	1.51
	Cd	0.057	0.04
	Pb	0.018	0.014
	Cu	0.36	0.12
水体中重金属含量 ($\mu g/L$)	Cd	0.38	0.38
	Pb	0.021	0.034
	Cr	0.89	0.51
	Hg	0.148	0.008
表层底质中 重金属含量 ($\mu g/g$)	Zn	83.7	81.0
	Cd	0.211	0.13
	Pb	21.9	23.3
	Cu	28.2	28.8

河口区各站浮游动物的种类组成、数量分布及其体内重金属含量的变化情况,反映了

污染物在河口区的净化过程十分明显、迅速。北塘口的重金属污染主要是通过沉降净化；大沽口由于天津南排污河倒灌，除重金属污染外，有机污染明显，污水在入海过程中依靠稀释、扩散而逐渐净化。从生物受害状况判断，大沽口污染略比北塘口严重。

4. 根据以上的调查结果，作者认为，调查区按生物受污染影响的程度可划分为以下四个区（图 7）：

- (1) 海河大闸下至天津南排污河口为重污染区；
- (2) 大沽沙航道 4 号航标至 9 号站，蓟运河与永定新河汇合处，以及新港航道（己站至庚站），为轻污染区；
- (3) 北塘口和大沽口外近岸局部水域为污水影响区；
- (4) 渤海湾其他水域为净化区。

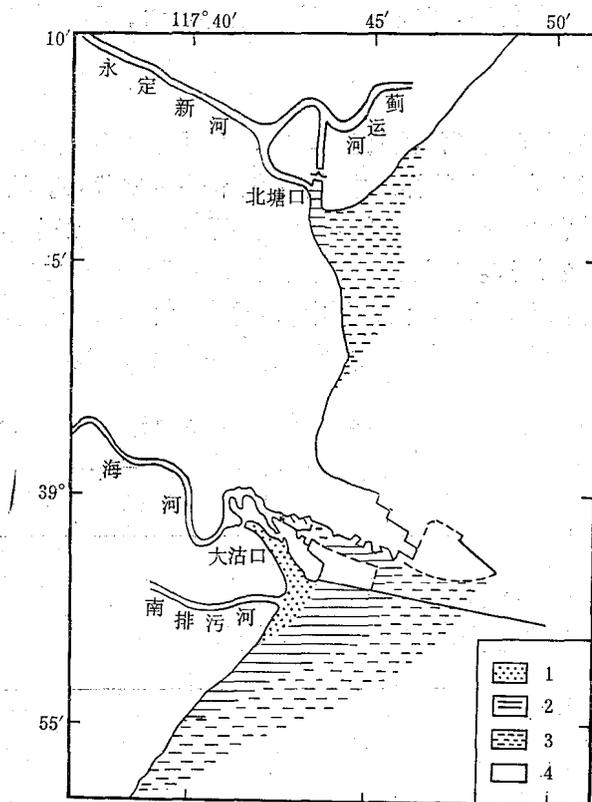


图 7 环境质量划区示意图

1. 重污染区；2. 轻污染区；3. 污水影响区；4. 净化区

三、讨 论

1. 根据北塘、大沽河口区的调查结果分析，陆源污染对河口生物显然已有不同程度的危害，污染的生态效应在河口区的演变是急剧而明显的，污水在从河口向海湾流动的过程中不断得到净化，污染物质对水质和浮游动物的影响逐步减轻。钟贻诚等（1984）于 1981 年对北塘河口区浮游动物生态的调查研究工作，再一次揭示了这一过程。他们从永定新

河河口外溯河而上依次布设的 I, II, III 站的位置,分别相当于我们的 4 号、3 号站和甲站,由此上溯的 IV 站位于天津北排污河口的下游。8, 9 月汛期,排污河开闸排污,此时水体中的化学耗氧量、氨氮和底泥中的有机氯农药的含量,皆呈现从 IV 站而下沿程衰减的趋势(表 4),IV 站的数值十分明显地高于其他三站。浮游动物的数量在 IV 站很少,并出现很多太平洋纺锤水蚤的残损个体,到下游各站便渐趋正常。这情况和我们的调查结果基本一致。国外有人把河口喻为“过滤器”(见联合国政府间海洋学委员会,1984,《2000 年的海洋科学》),称“河口和海洋的边缘是污染物的沉降池”(英国国家海洋考察委员会海洋污染分会,1979),很形象地说明了河口过程的净化作用。此次调查也使我们深刻认识到了揭示河口过程在研究河口海区陆源污染问题中的重要意义。

表 4 1981 年 9 月北塘河口各站 COD, NH₄-N 含量 (mg/L) 和同年 5 月各站底泥中有机氯农药含量 (μg/kg, 干重) (钟贻诚等, 1984)

站号	COD	NH ₄ -N	666	DDT
I	1.60	0.14	180.2	—
II	2.60	0.185	298.6	40.0
III	6.80	0.18	154.6	22.1
IV	11.28	0.695	1166.7	69.7

2. 正由于在河口过程中有害重金属污染物迅速沉降,有机污染物扩散、稀释良好,河口区外的污染压力便大大减弱,从而保证了渤海湾生态系统的相对稳定,为浮游动物提供了赖以维持其生存和繁殖的适宜的生态环境。根据浮游动物的生态现状,以及对浮游植物、鱼卵仔鱼和底栖动物的调查结果¹⁾,我们认为当前渤海湾的饵料基础并不贫乏。影响渤海湾传统经济鱼类资源波动的原因是复杂的,捕捞过度可能是其重要原因之一,但迄今还没有充分的证据足以说明陆源污染已造成饵料生物的消减。

3. 夜光虫赤潮仍是潜在的隐患。调查期间,如 1980 年 6 月,夜光虫数量高达 2.6×10^5 个/m²,海面可见到浅红色的夜光虫密集带,进一步增殖就可能酿成赤潮。根据调查,渤海湾已达到富营养水平²⁾,过去曾有发生夜光虫赤潮的报道。今后随着沿岸工、农业的发展和人民生活的改善,有机污水量势必逐年增加,如不及时加以控制,将随时都有发生夜光虫赤潮的可能。

4. 从渤海湾浮游动物生物量的分布和年际变化可以看出,1979 年洪汛季节浮游动物大量出现于沿岸水与外海水的交汇区,1980 年的干旱则使生物量大幅度下降。这说明得到适度稀释的大量河川污水是有利于生物的繁殖和生长的,因为它向海湾输送了丰富的营养物质。除了适宜的温度、盐度等条件外,这可能是渤海湾浮游动物得以保持较高现存量的另一环境条件。因此,从海洋生物的增殖和海湾资源的充分开发考虑,一方面既要严格控制污水的排放,保护海湾环境,另一方面还应研究污水的合理利用,化害为利,借以提高水域生产力。

1) 中国科学院海洋研究所等,1982。渤海湾环境质量评价及其自净能力的研究。

参 考 文 献

- 中国科学院海洋研究所浮游生物组, 1964。中国近海浮游生物的研究。全国海洋综合调查报告, 第八册。
- 冯稚青、孙介华等, 1982。渤海西部海区毛虾资源现状及合理利用的探讨。河北水产科技 1, 2: 1—8。
- 吴景阳、李云飞, 1985。渤海湾沉积物中若干重金属的环境地球化学 I. 沉积物中重金属的分布模式及其背景值。海洋与湖沼 16(2): 92—101。
- 郑重、郑执中等, 1965。烟、威鲐鱼渔场及邻近水域浮游动物生态的初步研究。海洋与湖沼 7(4): 329—354。
- 钟贻诚、李玉和等, 1984。北塘河口浮游动物生态的初步研究。生态学报 4(4): 393—400。
- 崔玉珩、孙道元, 1983。渤海湾排污区底栖动物调查初步报告。海洋科学 3: 29—35。
- Steidinger, K. A., 1975. Basic factors influencing red tides. In Proceedings of the First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms (Ed. by V. R. LoCicero), The Massachusetts Science and Technology Foundation, Massachusetts, pp. 153—162.

ECOLOGICAL EFFECTS OF TERRIGENOUS POLLUTION ON ZOOPLANKTON IN THE BOHAI BAY*

Xiao Yichang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

The effects of terrestrial pollution on zooplankton are analyzed for the Bohai Bay and the estuary areas of rivers along Tanggu coast (1979—1980). The main results are as follows:

1. There are no distinct effects observed on marine zooplankton in the offshore waters of the Bohai Bay. And the marine zooplankton maintains a normal ecological balance.
2. The animal plankton distribution in the nearshore areas close to the mouths of rivers shows some abnormal phenomena in its species composition and quantitative distribution.
3. The pollution has harmed the organisms and reduced them in both species and number of individuals within the debouchments of the rivers.

It is clear that the contents of heavy metals and organic materials in the samples of water, surface sediments and planktonic organisms are decreased with the seaward flowing of polluted water. So the estuary process has played an important role in purification of the waters.

According to the ecological features of the zooplankton, the area investigated covering the estuaries to the sea may be classified into four different zones: (1) heavily polluted zone; (2) slightly polluted zone; (3) trace pollution zone and (4) purified zone.

* Contribution No. 1403 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.