

水生生物资源在长江河口水环境监测中的应用

郭沛涌, 沈焕庭

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 探讨了若干人为因子对长江河口水环境的影响及水生生物资源对水质的指示作用。研究表明, 尽管从有关化学指标来看, 人为因子对长江河口水质的影响尚限于局部, 但许多化合物和潜在的污染物质所产生的有害生物效应浓度往往低于现有的分析能力, 因此, 必须将污染物、水质、生物诸因素综合考虑, 特别注意水生生物本身对水环境变化的响应, 才能为水环境保护提供更有效、科学的管理信息。

关键词: 水生生物资源; 水环境; 长江河口

中图分类号: P342 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2002)01-0081-03

Application of Aquatic Life Resources in Monitoring Water Quality in Yangtze River Estuary

GUO Pei-yong, SHEN Huan-ting

(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, P. R. China)

Abstract: Possibility of some anthropogenic factors on aquatic environment and bio-monitoring of water quality in Yangtze River Estuary were presented in this study. Based of chemical index, anthropogenic factors influencing water quality was limited. However, the concentrations of many chemical compounds and pollutants are below detection limits of present method. In order to provide appropriate manage information for water conservation, attention must be paid on the effects of aquatic life themselves on the change of environment.

Keywords: resources of aquatic life; aquatic environment; Yangtze River

河口是河流与海洋相互作用的复杂区域, 该区环境因子变化与河流和海洋均有差异, 具有自己的特殊性。另一方面, 河口在人类生存与发展过程中起着非常重要的作用, 河口区往往是人口密集、经济发达地区。长江河口是世界大河口之一, 我国最大的工业城市上海处于该区, 长江河口区也是重要农业区, 长江河口区丰富的水生生物资源为该区域的经济发展提供了有利条件。但同时, 频繁的人为活动对长江河口水环境也带来深刻的影响。并对水生生物本身产生一定作用。而河口生态系统中生物资源与环境的依存关系决定了可利用水生生物来监测水环境质量的动态变化。因此, 将污染物、水质和生物诸因素综合考虑, 特别注意水生生物本身对水环境变化的响应, 是长江河口水环境保护的重要方面。

1 长江河口的自然概况

长江河口是一个丰水、多沙、中潮、有规律分叉的三角洲河口。上自安徽大通下至水下三角洲前缘为长达 700 km 的河口区。根据动力条件和河槽演变特性的差异, 长江河口区可分成三个区段: 大通至江阴, 长约 400 km, 为近口段; 江阴至口

门, 长约 220 km, 为河口段; 口门向外至 30—50 m 等深线附近, 为口外海滨。长江河口三级分叉, 四口入海, 江面宽阔。长江河口水量丰沛, 最大流量为 $92\,600\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 最小流量 $4\,620\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 年平均流量 $29\,300\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 年径流总量 $9.21 \times 10^{11}\text{ m}^3$ 。径流量有明显的季节变化, 5—10 月为洪季, 占全年的 71.7%; 11—4 月为枯季, 占全年的 28.3%。长江河口是中等强度的潮汐河口, 河口段受非正规半日浅海潮的影响, 进潮量巨大, 在径流和潮流的作用下, 致使沙岛涨坍分合剧烈, 河势演变复杂。长江河口北支盐水入侵距离比南支远, 盐水入侵枯季一般可达北支上段和南支中段, 洪季一般可达北支中段, 南支在拦门沙附近^[1]。在长江河口河水与海水经常交汇、径流与潮流相互抗衡的地带发育最大浑浊带。最大浑浊带对河口泥沙特别是细颗粒泥沙的聚集和沉降起着十分重要的作用, 它在河口“过滤器”效应中扮演重要角色^[2]。

2 人类活动对长江河口水质的影响

长江河口区是我国工业最发达的地区之一, 工业、农业发展迅速, 此外, 排污、疏浚等诸多人类活动对长江口水环境产生一定的影响。如随着化工原料多氯联苯 (PCBs) 和有机氯农药 (BHC、DDT) 得到广泛应用, 其优良的热稳定性和难分解性使之成为重要的环境污染物, 它们通过雨水随江河流入海洋。冬季长江河口水体的 PCBs 含量为 $1.08\text{—}8.22\text{ ng} \cdot \text{dm}^{-3}$, 在一个潮周期里, 低潮期 and 中间潮 PCBs、BHC 和 DDT 含量大于高潮

收稿日期: 2001-03-22

基金项目: 国家自然科学基金重点基金项目“长江河口通量研究” (49736220); 国家计委“三峡工程对长江河口及邻近水域生态与环境的影响”项目资助

作者简介: 郭沛涌 (1969—), 男, 博士生, 研究方向为动物学、生态学。

期。从长江河口向南水体中 PCBs 含量逐渐降低, 这表明有机污染受到长江冲淡水的影响。在夏季长江河口水体中 PCBs、BHC 和 DDT 表层含量稍高于次表层^[3]。通过对长江口南槽重金属分布特征的研究发现^[4], Cu 的浓度略超过海水水质一类标准, Zn 的浓度明显超过海水一类标准。水相中主要重金属的浓度在枯水期明显大于洪水期。而对长江口疏浚区调查发现^[5], 各区沉积物的有机质和重金属浓度大多数有超标现象。这反映有害物质在沉积中的累积, 并有可能通过底栖动物进入食物链, 并最终对顶级消费者——人类造成危害。

近年来, 由于长江流域农田施肥、城市生活污水和工业废水的增加, 使长江河口营养盐含量大量增加。营养盐含量过高, 往往会改变水体的运行机制, 使溶解氧在水体上层处于饱和状态, 下层处于缺氧状态, 藻类大量繁殖, 鱼类大批死亡。在对长江口疏浚区的调查中也发现营养盐是调查水域的主要污染物, 各区水质均达到富营养或超营养状态。在营养盐中, 含氮盐是非常重要的一类。上海市混合排海污水中溶解态氮合计每年约达 47 700 t, 约占长江年平均输入海的溶解态氮总量的 16%。上海南区排污扩建工程后使氮的排海量每年达 57 900 t, 约为每年长江溶解态氮入海量的 19%^[6]。排污、疏浚等均可使水体无机盐含量大量增加, 而无机盐的大量增加是长江河口赤潮发生的重要原因。如何有效控制河口区营养盐总量, 并应用自然科学以及环境经济方法评价其价值是河口水资源可持续利用需解决的问题。

总之, 必须加强排污口附近水域的水质监测, 尽量减少河口区排污量, 排污前必须经过适当的水质处理。由于河口最大浑浊带的絮凝体对污染物具有较强的吸附作用, 其生化过程活跃, 水体自净能力强, 对污染物的环境容纳量相对较大, 因此, 污水应尽量排放于长江河口的最大浑浊带。

3 水生生物资源在长江河口环境监测中的应用

长期以来, 人们对那些人类可间接利用的水生生物资源物种, 如具有潜在环境价值如环境监测的物种或对应物种的环境价值重视不够, 但这些具有环境价值的物种首先作为整个河口生态系统的重要组成成分, 其作用不可替代, 而水生生物资源对水环境的指示作用, 无疑其价值又具有现实意义。

3.1 微型生物与长江河口水环境

水生细菌是河口生态系统重要的分解者, 有些自养细菌具有光合作用, 同时, 它们也是浮游动物等的饵料。但有些细菌可造成大范围疾病流行。因此, 对长江河口区水体菌群进行调查研究具有重要的现实意义。在细菌监测中, 国内外对河口、港湾、沿岸水域和某些经济性养殖场等水域大肠菌群的调查研究, 一直受到普遍重视。胡锡钢等通过对长江河口区(北纬 31°—31°28', 东经 124°以西)大肠菌群的调查研究^[7]发现, 不同站位, 表层海水中粪大肠菌群数变动较大, 每升海水中其密度波动在几个至几百个之间。而在沿岸水系和外海水的交汇处, 通过海流和海浪的混合作用, 易把底层营养物质和细菌带到上层水体中, 造成粪大肠菌群和异养细菌数量增多。近年来, 水体细菌检测技术也在不断更新, 特别是流式细胞术的应用^[8、9], 不仅

为深入研究水环境微食物网提供了条件, 也为深入研究河口区细菌与环境的关系提供了必要的手段。流式细胞术集中了现代流体力学、激光光学、精密机械电子及计算机等各种先进技术, 可以对各种细胞群体进行快速、实时及多参数测定^[10]。目前, 我们对流式细胞术进行了初步探索。

3.2 浮游生物与长江河口水环境

《中国自然资源丛书·上海卷》记录上海近海海域浮游动物 81 种, 藻类 106 种^[11]。其中浮游动物中的许多类群例如轮虫, 虽然大多数是世界广分布种, 但对水质很敏感, 特别是对有机物的含量和 pH 值的大小, 因而它可作水质的指示生物。在对轮虫的调查发现^[12], 长江河口区记录轮虫 13 种, 这 13 种在淡水区都有, 仅有 3 种分布到咸淡水区, 盐度高于 18 的水域未发现轮虫。除微凸镜轮虫在内陆水域是营底栖生活外, 其他 12 种几乎都是营浮游生活。在这 13 种轮虫中, 对盐度适应性强的种类, 即可分布到咸淡水区。但没有发现真正的海洋轮虫。在对长江口河口锋浮游动物的生态研究也发现有些种类可作为不同水系的指示种^[13]。应该指出, 关于浮游动物对长江河口水质污染的监测研究, 尚处于基础资料积累阶段, 长江河口这些生物与水质相关性研究至今尚属空白。许多浮游植物也对水质变化敏感, 我国学者在淡水、海水有关方面已进行了一些理论与方法上的探索, 取得了一些成果^[14-16], 因此, 以后工作的一个重要方面是将浮游生物与河口水质直接相联系进行调查分析, 利用多样性指数和生物指数, 以及在污染压力下不同种类消失或增加, 从而对水质作出客观评价。

3.3 积累生物与长江河口水环境

生物体内污染物的残留含量, 说明本水域受污染的时间尺度上的变化过程。因为生物积累需要一段时间, 生物残毒分析结果能反映较大面积水质和底质的污染状况。长江河口生物体内的污染物残留量各有高低, 在对鱼体内积累水平 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 鲜鱼) 比较表明^[17], $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{DDT} > \text{Cr} > \text{六六六} > \text{Hg}$ 。3 种毒害较大的元素积累水平: $\text{Pb} > \text{Cr} > \text{Hg}$, 其中 Pb 的污染最严重, 它的积累最高平均值大大超过食品卫生法所规定的限制值。Cr、Hg 污染的水平虽没有超标, 但已处于临界数量级。DDT 的污染比六六六严重, 污染水平较高。生物残毒监测结果反映了本调查水域的生态环境污染状况, 包括水质、生物体、底质已长期受 7 项污染物包括有机氯农药 DDT、六六六和重金属 Cu、Pb、Zn、Cr、Hg 的普遍污染。实用贻贝和牡蛎在长江河口区分布广泛, 对重金属等污染物的积累能力强, 适宜作为指示生物监测水质。经对这两种经济贝类的重金属等污染物含量进行调查研究^[18], 结果发现, 长江河口及以南沿岸海域贝类中主要重金属的积累量相差悬殊, Zn 含量最高, 其次为 Cu, 最低为 Hg。这与上述调查结论是一致的, 从而进一步证实了生物残毒法在长江河口重金属监测中的有效性。应该注意的是生物富集因种不同而有相当大的选择性, 同种生物不同部位积累能力也不相同。因此, 生物富集研究应多考虑几个品种, 应特别考虑对特定污染物的感受性强、积累速度特别大的生物。而对食物链各级生物的监测, 则可以了解污染物向高级营养水平的传递过程。

3.4 赤潮生物与长江河口水环境

赤潮生物主要是单细胞藻类和一些原生动物。据统计,长江河口及其附近海域引发赤潮的生物主要有^[19, 20]:束毛藻、角藻、菱形裸甲藻、筒裸甲藻、夜光藻、海洋原甲藻、菱形藻、中肋骨条藻,其中以夜光藻和中肋骨条藻引发的赤潮最为常见。研究发现^[20-24],赤潮发生时表层水体的平均水温、DO 和 pH 值均增加,而盐度下降;营养盐都呈下降趋势,降幅最大的是磷酸盐, N/P 值急剧上升;随着赤潮消亡,营养盐浓度大都很快恢复正常。一般认为,高温低盐水体有利于赤潮的发生。DO 和 pH 的异常波动同浮游植物活动特点有关,浮游植物快速繁殖时,吸收大量的 CO₂ 并相应放出 O₂,致使海水的 DO 和 pH 同时增大。因此,观察正常水域 DO 和 pH 值变化有助于判断浮游植物赤潮的发生、消亡。赤潮的发生是多种因子综合作用的结果,既包括水温、光照、营养盐等物化因素,又包括生物捕食与被捕食生物活性物质的产出与数量等生物因素^[25]。赤潮的发生有其内在复杂的机理,有特定的时间性和区域性。长江河口气象、海况复杂,人为因子影响大,这更增加了赤潮发生的不确定性。近年来,东海海域的赤潮频繁发生,给该海域的渔业生产等造成巨大损失。对赤潮发生现象及机理的研究,已成为该海域水生态及环境研究的重要内容。

4 应用生物资源监测长江河口水环境应注意的问题

(1) 在重视河口生物资源的实用价值时,也要注意它们的潜在环境价值。还有一些生物资源,它们的直接利用价值不突出,但它们是河口生态系统重要组成成分,其环境功能突出,这部分资源理应受到重视。

(2) 在利用生物资源监测河口水质时,应强调较高分类单元即种群、群落水平。而监测生物没必要都鉴定到种,一方面鉴定产生误差,另一方面,费时、费力、费资金。在种的水平上,应更强调优势种,优势种决定群落结构主要特征,浮游生物群落结构和功能的时空变化客观反映了水体水质的时空变化。因此,优势种作为稳定指示生物在水质监测中具有合理性。

(3) 在利用生物资源监测长江河口水环境时,还要特别注意长期的监测结果分析。据短期内生物调查资料监测评价水质仅能反映当时水环境状况,而水质的长期变化趋势还需要动态研究才能得出正确结论。通过对长江河口数十年生物群落结构、种类组成等的动态比较研究,可发现水环境演化规律,揭示生物与水环境的密切关系,从而对水质状况有更清晰、正确的认识。此外,选择生物群落结构与功能的适宜参数建立数学模型,是进一步提高生物监测水平的一个方面。

5 结语

在长江河口水域,污染物常以混合状态存在于水体中,且相互作用产生综合污染。因此,必须将污染物、水质、生物诸因素综合在一起,才能提供有效的水环境管理信息。从生态学观点出发,生物与环境的统一是生物与环境相互作用的结果。据上述原理,生物应用于长江河口水质监测有效、科学,且具有化学监测不可替代的作用。长江河口区是我国重要的工业、渔业基地,在我国国民经济中占有举足轻重的地位,利用自然资源

整体性属性来应用生物资源监测河口水环境,不仅加强了长江河口水环境监测力度,而且进一步开发了水生生物资源的环境服务价值。

参考文献:

[1] 罗秉征,沈焕庭. 三峡工程与河口生态环境[M]. 北京:科学出版社. 1994. 1-7.

[2] 沈焕庭,贺松林,潘定安,等. 长江口最大浑浊带研究[J]. 地理学报,1992, 47(5):472-479.

[3] 叶新荣,杨和福,竺建奋. 长江口及比邻海域水体中 PCBs、BHC 和 DDT[J]. 海洋环境科学,1991, 10(4): 52-56.

[4] 傅瑞标,何 青,孙振斌. 长江口南槽重金属的分布特征[J]. 中国环境科学,2000, 20(4):357-360.

[5] 黄秀清,潘海洪. 长江口疏浚对倾倒区环境质量的影响[J]. 海洋通报,1993, 12(5):62-68.

[6] 樊安德. 长江河口及其邻近海区的总化学耗氧有机质与营养盐[J]. 东海海洋,1995, 13(3-4):15-36.

[7] 胡锡钢,曹蕴慧. 长江口区粪大肠菌群分布的初步研究[J]. 东海海洋,1990, 8(2):50-53.

[8] Robertson B R and Button D K. Characterizing aquatic bacteria according to population, cell size, and apparent DNA content by flow cytometry[J]. Cytometry, 1989, 10: 70-76.

[9] Lopez-Amoros R, Comas J, Garcia M T, et al. Use of the 5-ctano-2,3-ditolyl tetrazolium chloride reduction test to assess respiring marine bacteria and grazing effects by flow cytometry during linear alkylbenzene sulfonate degradation[J]. FEMS Microbiology Ecology, 1998, 27(1): 33-42.

[10] 宋平根,李修文. 流式细胞术的原理和应用[M]. 北京:北京师范大学出版社,1992.

[11] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书·上海卷[M]. 北京:环境科学出版社,1995. 14-190.

[12] 潘海洪,杨和荃. 长江口的轮虫分布及其在环境监测中的意义[J]. 海洋环境科学,1993, 12(2):40-43.

[13] 陈亚瞿,徐兆礼,王云龙,等. 长江口河口锋区浮游动物生态学研究 II:种类组成、群落结构、水系指示种[J]. 中国水产科学,1995, 2(1):59-63.

[14] 沈韫芬,章宗涉,龚循矩,等. 微型生物监测新技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1990. 1-424.

[15] 许木启. 从浮游动物群落结构与功能的变化看府河一白洋淀水体的自净效果[J]. 水生生物学报,1996, 20(3):212-220.

[16] 李清雪,陶建华. 应用浮游植物群落结构指数评价海域富营养化[J]. 中国环境科学,1999, 19(6):548-551.

[17] 姚野梅,金有坤. 长江口水质污染及生物残毒状况调查[J]. 水产学报,1995, 19(3):280-287.

[18] 郑长春,詹秀美,唐文兴,等. 长江口以南我国沿岸海域经济贝类中的重金属[J]. 台湾海峡,1995, 14(3):262-268.

[19] 徐 韧. 长江口及其邻近海域的赤潮发生的特点及管理对策初探[J]. 海洋开发与管理,1994, 11(4):36-38.

[20] 徐 韧,洪君超,王桂兰,等. 长江口及其邻近海域的赤潮现象[J]. 海洋通报,1994, 13(5):26-29.

[21] 洪君超,黄秀清,蒋晓山,等. 长江口中肋骨条藻赤潮发生过程环境要素分析——营养盐状况[J]. 海洋与湖泊,1994, 25(2): 179-184.

[22] 洪君超,黄秀清,蒋晓山. 长江口赤潮多发区的一次中肋骨条藻赤潮现象观察[J]. 海洋环境科学,1992, 11(3):75-79.

[23] 王桂兰,黄秀清,蒋晓山,等. 长江口中肋骨条藻赤潮的分布特点[J]. 海洋科学,1993, (3):51-54.

[24] 黄秀清,蒋晓山,王桂兰,等. 长江口中肋骨条藻赤潮发生过程环境要素分析:水温、盐度、DO 和 pH 特征[J]. 海洋通报,1994, 13(4):38-40.

[25] 李永祺,丁美丽. 海洋污染生物学[M]. 北京:海洋出版社,1991. 404-416.