

工业区排污口沉积物对海洋浮游 生物生态系的影响*

海洋生态系围隔实验组**

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门)

摘 要

本文论述海洋围隔实验生态系中, 厦门工业区排污口沉积物对浮游生物群体的影响. 沉积物以两种污染浓度加入围隔生态系: 11.2ppm和112ppm(干重). 与对照组相比较, 浮游植物的种类结构没有改变, 但在受污染的水体中, 硅藻的数量明显减少. 由于沉积物在水体中起了消光作用, 使浮游植物的光合作用减弱. 水体中的海洋细菌、微型鞭毛藻、浮游动物等能适应水体中沉积物的增加, 变化不大.

颗粒物排入海洋能对海洋浮游生物群体产生各种的影响. 中国每年由四大河流带入海洋的泥沙上百亿吨^[1], 但我国至今还没有这方面的研究资料^[2]. 本文将报道厦门工业区排污口沉积物在海洋生态系围隔实验中对浮游生物群体的影响. 这是我国第一次完整的海洋生态系围隔实验. 实验装置是模仿加拿大海洋科学研究所里的CEPEX(现为Seaflux)装置^[3], 座落于国家海洋局第三海洋研究所^[1]. 这个装置是国家海洋局与加拿大国际发展研究中心合作研究项目的一部分. 在这次实验中, 还有另外文章将发表²⁾.

一、材料与方 法

9个容量10吨(直径2m, 长4m)的中型围隔塑料编织袋被放于一个海边的大水池中.

本文于1986年9月20日收到, 修改稿于1988年2月25日收到.

• 林金美、林 昱、唐森铭、林荣澄、刘泉顺、陈兴群、赵榕平、庄亮钟、张 明、陶丽娜、(国家海洋局第三海洋研究所); 胡明辉、杨亦萍(厦门大学); 徐怀恕、钱树本(山东海洋学院); H.杜薇(加拿大不列颠哥伦比亚大学)等人参加部分实验工作.

• 吴晋平、侯舒民、陈孝麟、庄栋法、傅天宝、吴省三、陈其焕、林燕顺(国家海洋局第三海洋研究所); P.J. 哈里森, T.R.帕森斯, C.M.拉里(加拿大不列颠哥伦比亚大学); F.A.惠特尼(加拿大柏湾海洋科学研究所).

1) MEEE Group, An introduction to Xiamen Marine Ecosystem Enclosure Experiment and its results, *IMEEES Proceedings*, Ed. by C.S.Wong, Zhang Jinbiao, Huang Ziqiang and P.J. Harrison (in press).

2) Xu Qinghui, The chemical fate of heavy metals in 1985's MEEE, *IMEEES Proceedings*, Ed. by C.S.Wong, Zhang Jinbiao, Huang Ziqiang and P.J. Harrison (in press),

水池长20m, 宽10m, 深5m。水池座落于国家海洋局第三海洋研究所内(24°26' N, 118°5'E)。

1985年4月18日, 用隔泵在该研究所海边前150m, 水深3m的地方打上海水, 在5小时内灌满上述9个塑料袋。灌水的管道系统采取均匀分布, 并每隔15分钟改变管子方向, 力求使各个袋子内海水的化学参数和所获生物结构比较平衡。大水池上加有玻璃纤维屋顶以减少53%的入射阳光, 并使雨水不能进入围隔水体中。在实验期间, 水池中的水以每小时大约60m³的海水与海湾水进行交换, 使袋中水体的温度比实际海区海水温度不高于1℃。

污染物添加袋是随机安排, 不按袋子顺序排列¹⁾。袋子安排如下: 两个低浓度沉积物添加袋(干重为11.2ppm), 为S-1和S-2, 一个高浓度沉积物添加袋(干重为112ppm), 为S-3。另外有两个空白对照袋, 即无污染物添加, 为C-1和C-2。C-1和C-2同时也为另一个实验的对照袋。污染物取自厦门工业区排出污水入湾口的地方。沉积物取自表层, 在加入袋内前, 先用125μm的筛绢去掉较大的颗粒。沉积物成分组成请见另篇文章²⁾。

袋子灌满水后, 加入营养盐。营养盐在水体中浓度分别为NO₃=5, SiO₄=5, PO₄=0.5μmol/l。待均匀混合后, 取背景值。背景值取完后, 污染物随即加入各污染袋中, 并用塑料棒搅合均匀。加入污染物后的第二天开始取样, 以后每隔2—3天取一次样, 一共进行三个星期。

其他的4个袋子, 我们在其中另做一个重金属混合液对生态系的影响实验⁴⁾。

水样(大约15l)是用蠕动泵打上来的。取样的塑料管从表面慢慢均匀地放入到3m深处, 进行积分取样。大多数所需测定的生物及化学参数就是从这15l水样中分样后进行测量的。用LI-192 SB型水下测光仪, 在0.5, 1, 2和3m处测定光在不同深度的相对光强度。

各类样品分析方法如下: 用营养盐自动分析仪测定新鲜过滤海水样品。硝酸盐和亚硝酸盐根据Armstrong等人⁴⁾的方法; 铵根据Koroleff⁵⁾的分析方法; 磷酸盐和硅酸盐根据中国分光光度计标准方法进行测定³⁾。叶绿素a的测定是用90%丙酮萃取, 在唐纳荧光计上测量。

浮游植物的样品, 先用Lugol's溶液进行固定, 然后取10—25ml固定的样品在沉淀管中沉降12小时左右, 用倒置显微镜进行计数。优势种计数至少要有100个计数以上。浮游动物用一个直径21.5cm, 孔径202μm的尼龙筛绢制成的锥形浮游生物采集网, 从3m处垂直提到表面而收集的。取出的样品用福尔马林固定, 然后在解剖显微镜下观察计数。

初级生产力的测定是利用碳-14标记的碳酸氢钠进行示踪的, 在现场于不同光照度的深度进行4小时的培养, 后用液体闪烁计数器计数。细菌生物量的测定是采用吖啶橙染色, 荧光显微镜计数⁶⁾。细菌生产力的测定是用氧化胸腺嘧啶核苷示踪细菌中DNA合成率来进行的, 异养生物对葡萄糖的吸收用碳-14示踪法, 两者样品都在现场培养半个小时。

3) 国家海洋局, 海洋调查规范, 1975。

二、结果与讨论

实验中所测的有些生态参数没有在本文中报道的，可以在实验数据报告中查阅到⁽⁴⁾。

在所有加污染物围隔水体中，磷酸盐的耗尽与对照围隔水体比较，至少延迟5天（图1）。在实验的最初3天，加高浓度污染物袋内（S-3），磷酸盐浓度有所增加。可以认为，它的增加是由于我们所加的污染物取自于生产磷酸盐化肥厂的附近。虽然我们测的磷酸盐的浓度比高，但磷酸盐比硝酸盐更早被耗尽。结果表明，厦门海区的营养盐限制因子是磷酸盐。

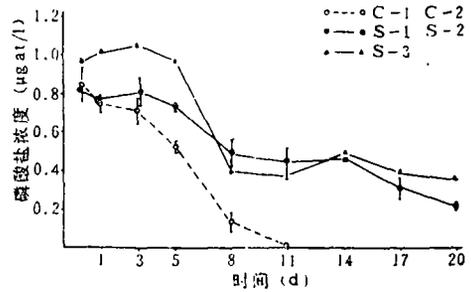


图1 营养盐在围隔水体中的变化

实验又观察到，当沉积物加入水体后，水的浊度增加，细微的沉积物颗粒引起了光

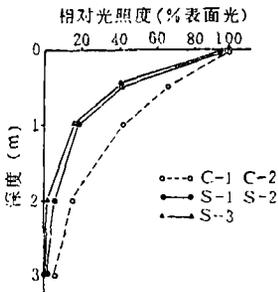


图2A 围隔水体中加污染物后第一天的光剖面

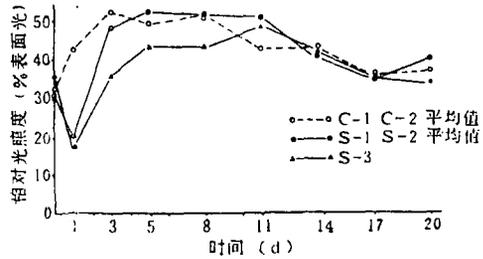


图2B 围隔水体中1m处光照度的变化

照明明显减少（图 2A）。与对照袋相比，低沉积物浓度污染袋（S-1 和 S-2）在 1m 处

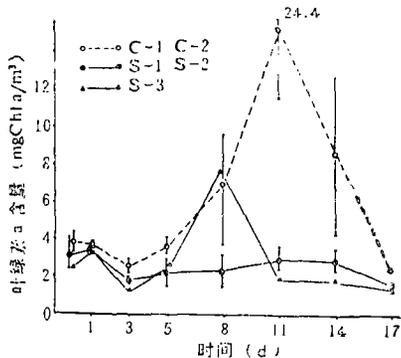


图3 围隔水体中叶绿素a的变化

的透射率减少100%，而高浓度沉积物污染袋则更明显。与对照袋相比，污染袋中透光率的差别主要发生在实验的前3天（图 2B）。10天以后，在所有围隔水体中的透光率是相同的。这主要是沉积物颗粒已沉降到袋底的缘故。

在实验的第8到第11天，对照袋内产生了叶绿素a和初级生产力的繁殖高峰期（图3，4图）。在繁殖高峰期中的生物组成主要是圆心目硅藻的骨条藻（*Skeletonema costatum*）和角毛藻（*Chaetoceros* spp.）（图5）。

微型鞭毛藻在繁殖高峰期中约占藻类总数的10—40%，羽纹目硅藻占硅藻个体数的10%，洋

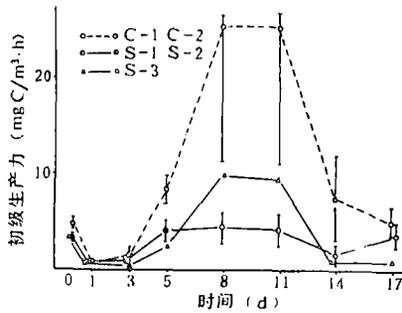


图4 围隔水体中初级生产力的变化

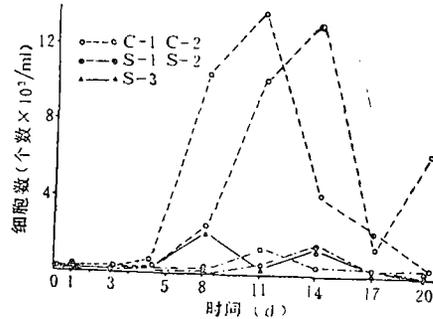


图5 围隔水体中硅藻的生物量变化

细的浮游植物组成可参阅数据报告⁴⁾。在两个低浓度污染袋内，叶绿素a和初级生产力有所增加。我们感到奇怪的是在高浓度污染袋内，在实验第8天产生了一个小的繁殖高峰，主要是由两种硅藻组成的，即骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 和角毛藻 (*Chaetoceros* spp.) 然而其初级生产力仍然比对照袋少得多。

在实验的第11天，对照袋C-1中磷酸盐被耗尽时，沉积物污染袋内的磷酸盐在实验最后的几天还未到达零点(图1)。这证明了污染袋内初级生产力的减弱是由于光透射减少所引起的。由于放袋子的大水池加有屋盖，它减少了入射光强的75% (设计为50%)，使加污染物袋内水体的光强度减弱得更多。光照严重地影响了浮游植物的初级生产力。在两个低浓度污染袋内的初级生产力比高浓度污染袋内高两倍的事实更能进一步证实了这个结论(图4)。帕森斯等人^[7]在相似的实验里，即矿渣污染实验中，发现沉积物污染袋的初级生产量与对照袋在同一水平上，但繁殖高峰期却比对照袋滞后几天。由于他们的实验是在高纬度海上进行(49°N)，他们的浮游植物生长不象我们这次实验那样“光敏感”。

虽然高浓度污染袋里的浮游动物是最少的，但总体来看，添加污染物后对草食性浮游动物数量影响不大。虽然在对照袋内具有较高的初级生产力，但这些初级产额没有完全被草食性浮游动物所摄取。这可以从所有袋内的浮游动物数量相差不大的事实中看出来。植食性浮游动物有两个优势种，即：太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*)，这是实验开始时的优势种，但小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*) 却在实验后期成为优势种。肉食性桡足类主要由捷氏歪水蚤 (*Tortanus derjuginii*) 和近缘大眼剑水蚤 (*Corycoeus affinis*) 组成，它们的丰度也没有因沉积物的污染而改变。被囊类的优势种是幼形类 (*Oikopleura*)，污染袋内的丰度也与对照袋一样。有意思的是我们找到一种广温性优势种，小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*) 这个种在温带地区(49°N)所做的围隔实验里，也是草食性浮游动物的优势种，并且其丰度也是相同的^[7]。对照袋C-2里的草食性桡足类的数量比C-1少一半多。这个结果说明了生态系中捕食与被捕食之间的重要意义，结果使C-2袋内的叶绿素a和初级生产力比C-1袋多一倍。

除实验结束前几天外，细菌数目没有由于沉积物的添加而产生多大的变化。实验最后几天，对照袋内的细菌密度随浮游植物的增加而增加很快，达 1×10^7 细胞数/ml(图6A)。

4) 吴晋平等，厦门海洋围隔中微量金属和沉积物添加实验，1986。

细菌生产力在后期伴随着增加 (图 6B)。碳-14 标记的葡萄糖的吸收率在实验后期有所增加 (图 6C)。异养微型鞭毛虫的数目不大, 也没有显著增加, 说明这些鞭毛虫对细菌的摄食在此实验中并不重要。

在沉积物污染围隔水体后, 从生态学的角度看, 有两个主要参数发生改变: 减少

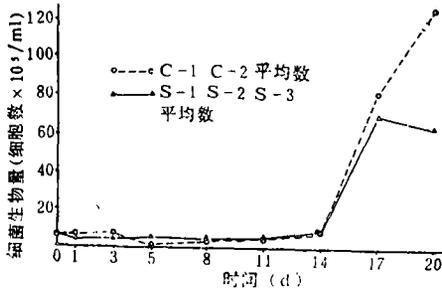


图6A 围隔水体中细菌生物量的变化

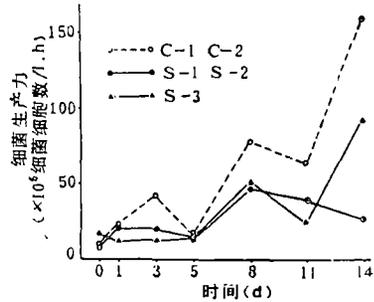


图6B 围隔水体中细菌生产力的变化 (用氘化胸腺嘧啶核苷合成DNA法)

水体中的光照强度和从沉积物中释放出重金属。有关铜、镉、汞等从沉积物释放出来的研究结果将由另一篇文章来论述²⁾。这篇文章所示结果表明, 只有极微的铜、镉和汞在实验期间释放到水体。因而, 我们所观察到的生物学污染效应主要是由于水体中光照的减弱引起的。

综上所述, 我们实验结果表明, 当水体中沉积物含量达到112 ppm (干重) 时, 由于使进入水体的透射光照减弱, 引起了浮游植物、叶绿素a和初级生产力等的减少或减弱, 延缓了生态系变化过程。但浮游动物和海洋细菌的生物量没有产生特异的变化。如果我们的海港进行清港, 水体中所受同样浓度沉积物污染时, 那么围隔水体中所表现的生态学效应, 应该会同样发生, 即浮游植物受到抑制而结果产生了较低的初级生产力。

此项研究受国家海洋局和加拿大国际发展研究中心的共同资助。陈国珍教授和国家海洋局第三海洋研究所前任所长陈炳鑫和徐沧溶, 副所长黄自强对建立实验设施大力支持。李冠国教授对实验进行指导。在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 程天文、赵楚年, 我国主要河流入海径流量、输沙量及对沿岸的影响, 海洋学报, 7 (1985), 4, 460—471.
- [2] 曾呈奎、邹景忠, 海洋污染及其防治研究现状和展望, 环境科学, 5 (1979), 1—10.
- [3] Menzel, D.W. and J. Case, Concept and Design, Controlled ecosystem pollution experiment, *Bull. Mar. Sci.*, 27 (1977), 1—7.

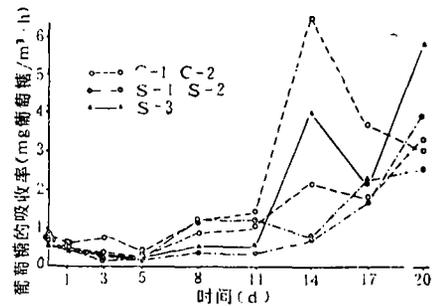


图6C 围隔水体中异养生物对葡萄糖的吸收

-
- [4] Armstrong, F.A.J., C.R.Stearns and J.D.H.Strickland, The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Technicon Autoanalyzer and associated equipment, *Deep-Sea Research*, 14 (1967) , 381—389.
- [5] Koroleff, F., Information, techniques and methods for seawater analysis, *Methods of Seawater Analysis, Interlaboratory Report*, Ed.by Grasshoff, 1976.
- [6] Hobbie, J.E., R.J.Daley and R.Jasper, Use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscope, *Appl.Environ.Microbiol*, 33 (1977) , 1225-1228.
- [7] Parsons, T.R.*et al.*, The effect of mine tailing on the production of plankton, *Acta Oceanologica Sinica*, 5 (1986) , 3, 417—423.