



综述

海洋污染对海洋生物及水产资源的影响

吴宝铃

李永祺

(国家海洋局第一海洋研究所)

(山东海洋学院)

目前我国沿海水域,尤其是河口和海湾已受到不同程度的污染。随着海洋开发,沿海地区工农业的飞速发展,若不进一步采取有效措施加强海洋环境的管理和保护,污染还有可能日趋严重。如何在开发海洋的同时,切实保护好海洋环境,是一项亟待研究解决的课题。

海洋环境保护的重点应当是保护海洋生物和水产资源免受污染,维护海洋生态平衡,使海洋生态系统得以良性循环。本文拟就有关污染对海洋生物和水产资源影响研究的一些基本状况作简要介绍。

一、污染对海洋生物的影响

污染海洋的物质有成千上万种,它们对海洋生物的影响,在作用方式、影响程度和范围,因污染物、生物和环境条件的不同差别很大。归纳起来,主要有以下几方面:

1. 严重的污染事故在短期内使大批生物死亡。

各种生物对不同种类污染物质都有一定的忍受限度,如超过限度则威胁生物的生存。比如1967年“Torrey Canyon”和1978年“Amoco Cadiz”超级油轮溢油事故,致使出事附近海域潮间带大量无脊椎动物,海藻和海鸟丧生。1962年7月,日本有明海沿海地区对七万公顷农田喷洒五氯酚(PCP)除草剂,因下暴雨将农药冲刷入海,杀死了几万吨养殖的贝类,造成损失约26亿日元。

在我国沿海也发生过类似污染事件。例

如1964年5月,青岛娄山后一个化工厂将大量含磷废水排入胶州湾,毒死三万多斤鱼,其中大部分是梭鱼,有一条40斤重的鲨鱼也未幸免。

2. 污染干扰、破坏海洋生物的趋化性,从而有可能改变鱼、虾的洄游方向和路线。

趋化性是海洋生物的一个重要特性,海洋生物可以用化学信号(Chemich Clus)互相传递信息,根据化学信号寻找食物或避开敌害。比如在大洋中长大的鲑鱼,所以能溯河繁育后代,主要是它们对某种化学物质有高度的趋化性。美国著名鲑鱼专家 Hasler A. D., 已经在十年前成功地进行了利用在水体中添加化学物质的方法诱导鲑鱼的洄游方向。

已有报道,污染能损害许多种鱼类的嗅觉器官,使鱼类的嗅觉紊乱。石油、汽油等污染物也能够伤害细菌,贝和虾的化学感受器。有些鱼类能够辨别某些污染物,回避和改变洄游路线。

3. 长期受到污染能引起海洋生物病害

据报道,污染能使鱼鳍发生糜烂,表皮溃疡,患淋巴结病,骨骼异常,以至出现肿瘤。1971年美国空军在缅因州的一个油库,发生慢性漏油,不仅毒死了许多贝类,而且引起一部分沙海螂 *Mya arenaria* 的生殖腺等组织产生瘤细胞。据对“Amoco Cadiz”超级油轮出事地点附近二个小海湾的比目鱼 *Pleuronectes platessa* L. 进行组织学检查,发现油污区的鱼鳍、尾部坏死数量显著增多,鳃的粘液细胞增生和徒长,肾腺变性,肝脏巨噬细胞的

数量增多,肌肉纤维退化,以及肾小球肿大等(Haensly 等人,1982)。

辽宁水产研究所报告,石油污水有助长海带和裙带菜绿烂的趋势,污水浓度愈高,腐烂愈严重。

4. 卵和幼体易受污染伤害,可能导致种群数量的减少

许多海洋动物的卵和幼体对污染物的敏感性要比成体高,且因卵和幼体大多漂浮在水的表层,而表层往往富集较高浓度的污染物(如石油,氯化烃和某些重金属)。因此,卵和幼体要比成体更易受害。

早在六十年代初,苏联有的学者报告低浓度的 ^{90}Sr 污染海水(10^{-10}Ci/L),即能降低几种海洋鱼类的孵化率,增加幼体的畸形率。但这些试验结果没有得到美、日、英和我国学者的证实。

在“Torrey Canyon”油溢后,50—90%的沙鲱鱼 *Sardina pilchardus* 卵被杀死,幼鱼数量也大为减少。有的学者认为,卵和幼体数量的减少势将降低种群的数量。

5. 影响海洋生物的正常代谢机能,降低生长速度

大量试验表明,当污染较轻时,海洋生物并没有立即被伤害。但它们的正常生理和代谢机能却受到影响。比如 1—5ppb 的 Hg^{++} 即能抑制某些海洋单细胞藻和几种定生藻的光合作用。将海胆 *Lytechinus pictus* 的受精卵置于 0.06 ppm Zn 海水溶液中,与对照组比较,胚胎发育速度明显地减慢。将紫贻贝放置在低浓度的北海原油水溶液中(7—68ppb),结果贻贝在生理反应(如氧耗率、摄食率、分泌率)细胞反应(消化细胞大小、溶酶体潜伏期)和生化反应(几种酶的比活性)等方面均发生了异常变化,而且生长速度明显降低(Widdows,1982)。鲱鱼 *Platichthys flesus* 喂以 DDT 污染的食物后,出现了过量的活动现象,在 4 天时间内,其游泳活动总计比对照组高 20 多倍,大大增加了能耗(Bengtsson,

1981)。Cook 原油的水溶性烃能伤害银大麻哈鱼 *Oncorhynchus kisutch* 的捕食能力,降低生长速度(Folmar,1982)。

个体长得慢、且小,或者活动能力减弱的动物,竞争能力差,不易逃避敌害。据观察,受过有机氯农药处理过的招潮蟹,对刺激反应迟钝,严冬到来之际难以钻入泥滩洞穴过冬,往往被冻死。受氯化烃影响的海鸟下的蛋,蛋壳薄,孵化率和成活率都很低。

6. 改变或破坏生境条件,导致生物死亡或迁移

由污染引起生境条件的变化,主要是在河口和近岸水域。比如火力发电厂把大量煤灰、煤渣倾入海,油溢事故后大量重馏份烃从海表层沉入底部,化工厂和造纸厂将未经处理的酸、碱和短纤维废水注入海,大型电厂排出大量、高温的冷却水,以及食品加工厂向海域排入大量有机废水等等,均能改变海水的 pH 值、氧化还原电位、含氧量、透明度和水温,改变潮间带和海底的沉积条件。因而影响海藻光合作用、动物的呼吸或底栖动物卵的沉着和发育。

7. 种群结构发生变化,生态平衡失调

由于不同种类生物对污染的敏感性有很大的差别,海洋受污染后,那些对污染抗性弱的种类死亡或消失,而那些抗性强的种类有的则爆发式的繁殖,从而改变了原来的种群结构,引起了生态平衡的失调。

如 Parsons 和 Grice 等人,用有控实验生态系装置进行的试验表明:低浓度的 Hg、Cu 即能改变有控生态系统的生物种群结构,使以硅藻为基础的食物链转变为以鞭毛藻为基础的食物链,前者最上层捕食者是鱼类;而后者最上层的捕食者是水母。这也就是说,污染能使以鱼类为捕食者的食物链转变成以水母类为捕食者的食物链。

8. 污染对海洋生物的遗传效应

迄今,这方面的知识还很少。但普遍认为,污染是诱发海洋生物基因突变的一个重

要原因。已有一些试验表明,污染将使染色体的结构发生畸变,如断裂等等。许多金属元素或石油烃,会使 DNA 的氢键裂开,会破坏 DNA 复制或合成。

二、对水产业的影响

污染对水产业的影响主要局限于沿海区域,表现在:直接对近海养殖业的损害;降低水产品的质量,影响销售;以及破坏产卵场,影响水产资源等。

比如,美国路易斯安娜州的牡蛎养殖场,由于墨西哥湾油田开发,以及沿岸工程的建设,使高盐度的海水入侵,破坏了半咸水产卵场。加上贝类幼虫受掠食和病害,因此牡蛎亩产量从 1945 年以后逐年下降,1972 年的平均亩产量仅大约为 1945 年的 10% (NAS, 1975)。

又据 1982 年美国波斯顿麻萨诸塞 Massachusetts 海岸带管理办公室报告,在该区域的 Acushnet 河口,PCB 污染严重,在 New Bedford 城市排污口附近沉积物的 PCB 含量高达 190000 ppm,大约有 18000 英亩的龙虾生产场不得不关闭,在该水域所捕的鱼、虾都含有很高的 PCB。

由于污染损害养殖业的事例,在第三世界国家也常有报道。例如,马来西亚 Sungai Muar 牡蛎养殖场,因木材加工厂、钢铁加工厂将大量未经处理的废水注入河口,牡蛎无法生存,被迫关场。泰国近海地区上千家工厂将大量未经处理废水排入河口、港湾,也使养殖业蒙受损失。

1973 年,香港一个油库漏油近 4 千吨,杀死和污染了一百多家网箱养鱼,赔偿损失 120 万美元。

此外,对养殖业的损害还包括对养殖器材、网具的沾污。

污染降低水产品的质量,主要是指鱼、贝和虾等水产品表面粘着或附着污染物,着色或气味,体内吸收和累积高浓度的污染物质,

以及携带致病菌和寄生虫等。

在我国南黄海北部水域也曾发生过所捕对虾,由于体表沾了黑油无法供食用或出口的事例。“绿色牡蛎”,就是牡蛎体内累积了 Zn 的缘故。具有气味的污染物质,如汽油、酚、氯酚等等,当浓度较低,虽未达到足以使鱼致死或回避的程度,但却可因被积累在动物体内,产生不良的气味。具有汽油味的贻贝、鱼和虾,在文革期间青岛一些菜店也曾出售过。美国路易斯安娜州的牡蛎养殖场,也常出现有油味的牡蛎,通常将这些牡蛎转移到干净的海域中挂养几个月,即可去除油味、上市出售,但成本却增加了。

值得提出的是许多鱼、贝、虾和食用海藻都能吸收和累积大量污染物质。例如美国哥伦比亚河口的牡蛎,对 ^{65}Zn 的累积系数高达几十万。因此味鲜可口的海产食品变成了毒品,对人民健康无疑是个威胁。据对希腊 Thermaikos 海湾贻贝 *Mytilus galloprovincialis* 多环芳烃含量的测定,共测出贻贝体内含有多环芳烃 19 种,其中有 6 种是致癌的物质 (Losifidou 等人,1982)。虽然日本水俣病惨痛事件的发生已三十多年了,但目前尚有些海域汞的污染仍较严重。据 Tarantini (1982) 报道,意大利萨丁尼亚的 Asimara 海湾,由于工厂排污,该湾鱼类普遍含有较高浓度的汞,其中有两种鱼 *Crenilabrus mediterraneus* 和 *Diplodus sargus* 汞含量分别为 1.44 ppm 和 1.37 ppm。

不少沿海城镇将粪便、垃圾和医院用的废水未经处理排入海中,致使许多贝类受到致病细菌和病毒(如伤寒、痢疾、甚至霍乱等等)的污染。据分析,食用受污染的生牡蛎肉或鱼肉,是导致某些沿海地区流行性疾病的一个重要原因。

由于污染,有些老百姓对水产品持有疑虑,影响水产品的销售。如日本敦贺原子能发电厂,1981 年曾发生剂量有限放射性泄漏事故。经当地报纸、电台和电视台广为宣传

后,老百姓心里恐惧,不仅附近鱼市场,甚至离福井县较远的大阪鱼市场的鱼也卖不出去,水产商要求电厂赔偿经济损失。

关于污染对水产资源的影响,这是一个很重要但又十分复杂的问题,目前已有的知识还很贫乏。已知对渔业资源的影响主要是环境(包括污染)、生物和捕捞等因素。

有些学者认为,污染对近海有些鱼类资源有较大的影响。比如污染改变了芬兰湾鱼类的种群组成和分布,改变了产卵场(Lehtonen, 1980)。污染降低了 Izmir 海湾鱼卵的多样性(Mater, 1979)。据 Czarnecki 调查,密苏苏里河口附近水域,1980 年所发生的鱼类死亡,其中 53% 是污染所致,47% 是自然因素造成的。但较多学者认为,由于鱼类往往有较大的补充量,尽管污染杀死了一部分鱼,但从长远来看未必能改变其种群数量(McIntyre, 1982)。

总之,影响水产资源变化的原因很多,而污染问题是值得注意的一个因素。

三、几个问题

近几年,有关海洋生物对污染物的累积和解毒机制,低水平石油污染对海洋生态系统的影响,以及基因工程技术的应用等问题颇引人注目。

1. 许多海洋生物对污染物质有较高的累积能力,而对自身没有明显的伤害。推测生物体细胞应当有贮存某些污染物的场所,有中和和解毒的机能,有排除过量污染物的机制。

用电子显微镜和对细胞微结构的分析发现,在紫贻贝的鳃、内脏和肾脏细胞中,有一些用膜包裹着的泡囊和颗粒。经分析这些颗粒是 Fe、Ca 和 Pb。在沙蚕、藤壶、牡蛎等海洋无脊椎动物体也发现有贮存 Cu 等元素的颗粒。据对马脾脏铁蛋白结构的分析,发现它是个很小的球状结构,内有小腔,小腔实际上是贮存铁的场所。

许多生物(主要是微生物)具有分解有机物、转化重金属的酶系。它们可将石油烃氧化成 CO_2 和水,也可将甲基汞转化成毒性较小的无机汞。

目前已从海洋藻类、无脊椎动物和鱼类分离出了金属硫蛋白(Metallothionein)。这是一种低分子量(6000—12000 道尔顿)的蛋白质,含有大量半胱氨酸,能与 Cd、Hg、Cu、Zn 和 Ag 结合。这些元素可诱导生物体产生金属硫蛋白。有些学者认为,金属硫蛋白不仅起着贮存金属元素的作用,而且也起保护作用。因为它将进入体内的重金属结合起来,使大分子量的蛋白质、酶免于受害。这可比喻为“舍车马保将帅”的办法。只有当重金属进入细胞的量超过了金属硫蛋白的结合力,发生“溢出”时,金属元素才对酶等产生伤害,这时生物体就出现了中毒现象。

2. 大家对灾难性油溢事故所造成的严重影响,看法比较一致。但对慢性、低水平油污染是否对生态系统有影响,迄今看法不一。

例如美国石油公司曾组织一些专家对墨西哥湾油田开发区进行生态学调查,他们得出了油田开发。生产对海洋环境没有造成生态不良的后果,海洋环境是健康的结论。但著名的海洋生物学家 Sander 等据理批驳了上述的结论。

评价慢性石油污染对生态系统的影响也是个复杂的问题。尽管在实验室研究已积累了大量的资料,但室内试验因种种条件所限,且又常常是用单一种类进行试验,所得结果不能简单外推于自然界。比如,有两种海洋单细胞藻,当分别进行毒性试验时,PCB 的浓度为 $25\mu\text{g/L}$ 即抑制海链硅藻(*Thalassiosira pseudonana*)的生长, $10\mu\text{g/L}$ 或更低浓度不抑制生长; $25\mu\text{g/L}$ 对杜氏藻(*Dunaliella tertiolecta*)的生长没有影响。但把这两种藻混合在一起进行试验,不加入 PCB,硅藻细胞的密度约比绿藻高 8—9 倍;但当加入 $1\mu\text{g/L}$ PCB 时,硅藻细胞数量下降,绿藻数量上升。前者

细胞数量仅比后者高一倍。

十多年来,用有控生态系统装置进行了一些污染实验,取得了可喜的成果。但有控生态系统也是在隔绝水体的条件下,所得结果的应用也应持慎重的态度。海洋环境是复杂的,生态系统在时间、空间、结构和组成也是处于不断变化中,同一污染物入海后的命运也往往有差异。有不少学者进行生态模拟、数学模拟,期望能定量地评价污染对生态系统的影响。

关于低水平石油或其他污染物对海洋生态系统的影响问题,仍是今后开展研究的一个重点。1981年10月底,在伦敦召开了一次“石油污染对海洋生物种群、群落和生态系统长期效应国际讨论会”,不少学者发表了有益的见解。

3. 七十年代初,Chakrabarty 等人首先发现操纵细菌降解石油烃类的遗传基因,是集中在染色体外的质粒上。在慢性油污染水域,也从假单胞杆菌中分离出这些质粒(Devereux, 1982)。这些质粒是染色体外的遗传物质,可以在细菌之间进行转移和拼接。不久,他们通过质粒拼接,培育了能够降解原油中 2/3 烃类的超级细菌 Super-bacteria。这是利用基因工程技术在环境保护应用的一个突破,引起了人们极大兴趣。现在有的学者拟用基因工程的方法,培育高效的降解各种污染物的超级细菌,培育抗性强、能够降解污染物,自身污染轻的经济动物新品种。

参 考 文 献

- [1] 吴宝铃,海洋科学,4,1—4(1978).
- [2] 李永祺,海洋的放射性, P. 79—141, 科学出版社, (1978).
- [3] 廖承义等,山东海洋学院学报,10(4),52—59(1980).
- [4] 吴宝铃等,环境科学学报,3(4),346—351(1983).
- [5] 崔可铎等,海洋科学,2, 41—42(1983).
- [6] 邹贵忠等,海洋环境科学,2(2),41—54(1983).
- [7] 赖德荣等,海洋学报,5(2),230—235(1983).
- [8] 王子石等,中国环境科学,3(2),69—74(1983).
- [9] 吴宝铃等,海洋环境科学,2(2),106—111(1983).
- [10] 徐汉光等,海洋环境科学,2(2),55—59(1983).
- [11] 黄玉瑶等,环境科学学报,4(1),57—64(1984).
- [12] 丁美丽,海洋与湖沼,15(4),334—340(1984).
- [13] 李世效等,海洋学报,6(4),512—519(1984).
- [14] 李永祺等,海洋学报,7(2),256—262(1985).
- [15] Atlas R. M., *Microbiological Reviews* 45(1), 180—209 (1982).
- [16] Corner, E. D. S., *Adv. Mar. Biol.* 15, 289—380 (1978).
- [17] Davies, A. G., *Adv. Mar. Biol.* 15, 381—508 (1978).
- [18] Derby, C. D. et al. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 264—274 (1981).
- [19] Fowler, S. W. In: *Pollutant Transfer and Transport in the Sea*, Vol. II. pp. 1—65, Kullenberg G. ed. CRC Press, 1982.
- [20] GESAMP, *Impact of Oil on the Marine Environment Reports and Studies* No. 6. FAO, pp. 53—128, (1977).
- [21] Grice, G. D. et al., *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 60, 401—414 (1980).
- [22] Haensly, W. E. et al. *J. Fish. Diseases*, 5, 365—391, (1982).
- [23] Malins, D. C. ed. *Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Environments and Organisms*, Vol. II. Biological Effects, pp. 1—476, Academic Press, INC, 1977.
- [24] Massachusetts Office of Coastal Zone Management, *Massachusetts Coastal Zone Management* Boston, MA(USA), 60pp. (1982).
- [25] Parsons, T. R. et al., *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 32, 285—294 (1978).
- [26] Ruddle, K. In: *Southeast Asian Seas: Frontiers for Development* pp. 136—176, Chia, L. S. and C. Macandrews eds. Sinhapore, McGraw-Hill, (1981).
- [27] Ruddle, K. In: *Man, Land and Sea: Coastal Zone Resource Use and Manahment in Asia and the Pacific*, pp. 15—35, Soysa, C. et al. ed. Bangkok: The Agricultural Development Council. 1982.
- [28] UNESCO, *Marine Ecosystem Modelling in the Mediterranean* 2. pp. 1—100, UNESCO, (1977).
- [29] Vandermeulen, J. H., *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* B297, p. 335—351, (1982).
- [30] Window, H. L. et al., In: *The Biogeochemistry of Mercury in the Environment*, pp. 303—324, Nriagu, J. O. ed., Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1979.