

海洋污染及其防治研究现状和展望*

曾呈奎 邹景忠

(中国科学院海洋研究所)

近年来,海洋污染及其防治问题,已经逐渐发展成为一门综合性很强的基础学科——海洋环境科学。它是以现代海洋生态学为基础,广泛应用海洋科学各分支学科的新成就和新技术,以研究污染物质在海洋环境中的热力学、地球化学、生物化学过程以及生物学效应为重点,以研究受污海洋环境质量的内部结构及其变化规律为核心的一门新兴学科。

在向四化伟大目标进军中,怎样解决海洋资源开发、发展工农业与海洋污染的矛盾?怎样才能有效地控制和防治海洋污染,做到既高速度发展经济、实现四化,又能保护并不断改善海洋环境,使海洋不断地朝着有利于人类的方向发展?这是海洋科学所要解释和阐明的一个核心问题,也是当前海洋科学研究中亟待解决的另一新课题。

鉴于国内外许多经验教训,海洋一旦遭到污染破坏,治理和恢复比较困难,而海洋污染又没有国界,因此,在不断扩大向海洋进军的过程中,我们必须深入持久地开展海洋污染及其防治问题的科研工作,使海洋为实现四个现代化发挥更大的作用。

一、国际间研究现状和今后发展趋向

近二十年来,国外海洋污染及其防治研究进展相当迅速,规模越来越大。目前联合国下属组织如教科文组织及所属政府间海洋学委员会、粮农组织、世界卫生组织、世界气象组织和原子能委员会等都设有专门研究海洋污染问题的机构,其中起主导作用的是政府间海洋学委员会、粮农组织及其海洋资源研究咨询委员会(ACMRR),特别是1969年由上述六大组织共同组成的海洋污染科学问题联合专家组(GESAMP)。1971年又由该专家组与海洋资源研究咨询委员会、海洋研究科学委员会(SCOR)、海洋气象研究咨询委员会(ACOMR)共同组成全球海洋环境污染调查联合工作组(GIPME),由政府间海洋学委员会与世界气象组织组成的全球海洋监测台站系统(IGOSS)委员会,以及1970年由教科文组织全体会议上产生的人与生物圈(MAB)国际协调理事会和环境问题科学委员会(SCOPE)等国际协调机构,先后都制定了规划并出版了许多重要专题报告。各地区也有地区工作组。临海各国政府部门、研究机构和大学大都有相应组织,如美国的环保局及其下属研究所,英国的普利茅斯海洋环境研究所,日本的环境厅及其下属研究所。1975年日本的海洋学会还专门成立了海洋环境问题委员会,并系统总结了日本近年来海洋污染研究的进展情况,出版了论文专辑,也大都制定了海洋污染及其防治的研究计划。其中,特别值得提到的两项计划是《国际海洋考察十年》(IDOE)规划和《黑潮

* 本文曾于1979年3月在中国环境科学学会成立大会暨学术讨论会上宣读,今略有修改。

联合调查》(CSK) 规划。IDOE 规划有四个分计划, 共 41 个项目。其主要内容包括海洋环境预报、环境质量评价和矿产资源与生物资源估价。环境质量评价分计划中有关海洋污染的内容主要是海洋环境化学、地球化学、生物学效应和环境本底值的研究。“受控海洋生态系统污染实验”(CEPEX) 就是该计划中一项国际性合作研究项目。其目的是评价低浓度污染物对海洋生态系统的长期影响及研究引进污染物在生态系统内的运动规律。参加这项研究的国家有美、加、英、日等, 所获得的基本资料和研究成果近 30 篇文章, 许多已发表在《海洋科学通报》、《海洋科学通讯》和有关学报上。CSK 规划是 1970 年黑潮联合调查理事会在东京召开的第二次会议上选定的最重要的一个计划。嗣后, 为推进这项计划的实现, 又由政府间海洋学委员会、印度洋-太平洋渔业理事会 (IPFC) 和联合国环境规划署 (UNEP) 联合成立了亚洲东部海域海洋污染工作组。1976 年该工作组成员国及地区组织共 24 名专家在马来西亚槟榔屿联合召开会议, 会上提出关于排污口及沉积缓冲带红树林生态系统的研究、应用牡蛎作为金属污染指标的比较研究、东亚海域赤潮的研究和近海污染物物理扩散过程研究等四个项目作为区域性研究课题, 并确定孟加拉湾、马六甲海峡、暹罗湾、中国南海、中国东海—黄海—日本海、东部群岛六个亚区作为东亚海域中尺度研究计划。各亚区分别制定了其重点研究内容并于 1979 年 3 月在东京召开的第四次黑潮联合调查会议上, 全面总结了近年来研究的进展情况。另外, 近年国际间召开海洋污染研究学术会议之频繁, 论文、报告、会议论文集和各种专著之多, 研究内容之日益扩大和日臻深入, 是空前未有的。目前专门出版海洋污染的定期刊物有 1970 年创刊的《海洋污染通报》和 1978 年创刊的《海洋环境研究》等。

在科研方面, 临海许多国家做了大量工作, 有些领域已取得了较大的进展。主要方面是:

1. 海洋环境污染状况评价的调查研究 自七十年代起, 主要由于遥感、遥测、遥控、载人深潜器、海底居住实验室和电子计算机等新技术的开始应用, 使调查研究的领域不断扩大, 现已从单学科转向多学科综合调查, 由浅海逐步向深海发展, 由区域性发展到全球, 实行国际合作, 在调查质量和时间的连续性方面也都有了显著提高。迄今已对大西洋、太平洋和印度洋及其边缘海如波罗的海、北海、地中海、红海、加勒比海、墨西哥湾和波斯湾进行了协作调查, 并在北大西洋(南纬 5°C 以北)从阿拉伯海到欧州和到日本的油船航道等监测点进行石油污染的国际性定期监测。但调查区域, 仍以经济专属区近海包括河口、港湾为重点。调查船仍是最基本的调查工具。

近年来, 通过《国际海洋考察十年》、《地球化学海洋剖面研究》(GEOSECS) 和区域性海洋污染专题调查, 基本摸清了海洋污染的范围和程度、污染物的来源、种类及其入海途径, 积累了大量有关海洋本底值和某些有毒污染物在海水、底质与生物体内的含量、分布和归宿等资料, 发现和提出了一些理论上和实践上有意义的新现象、新问题, 如太平洋表层水中铅含量已超过本底值的十倍。从北极冰盖中测到微量的铅和汞, 在水深 3000 米的深海和南极大陆冰块中发现滴滴涕、聚氯联苯 (PCB) 的存在, 认为汞和滴滴涕主要是通过大气进入海洋的。从河流进入海洋的滴滴涕大都以悬浮质的形式, 海洋沉积物是重金属、滴滴涕的主要归宿处。凡此等等, 对人们认识当前海洋污染的广度和深度以及为控制污染提供一些极宝贵的资料。

从七十年代初期, 欧、美、日各国在基本摸清了全国沿海污染状况之后, 已从侧重于宏观地认识海洋污染的来源、分布和影响调查, 转向侧重于研究一些危害生物较大、入海后化学性质稳定、能长期存在于海洋中的污染物的存在形式、迁移转化和归宿规律及其收支平衡, 开始对海洋环境质量变化和自净能力的微观机制研究。图 1 表示海洋环境质量内部结构及其各组分

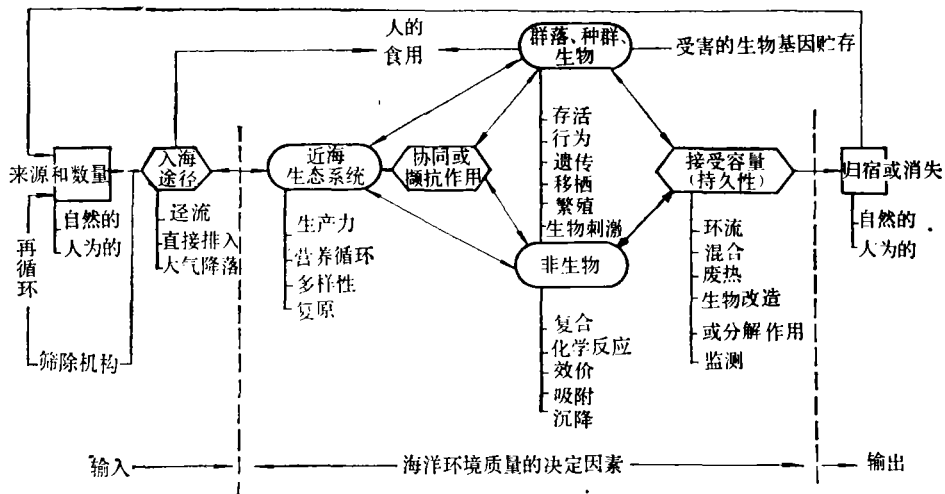


图1 海洋环境质量评价示意图(引自 Ketchum, 1975)

间相互关系和影响因素。

欧、美、日等国为了解污染物的迁移规律和自净机理,已建立了海洋污染水文物理模拟、生态模拟实验室和现场实验装置系统,开展包括污染物的混合扩散等环境模拟实验,并根据有关调查与实验参数,运用系统分析(System Analysis)进行理论计算和分析,提出一些数学模式,探索预测区域海洋环境质量的演变趋势。值得一提的是,1976年1月美国在佐治亚州萨凡那 Skidaway 海洋研究所召开了海洋污染物迁移工作组会议,评价历年来这方面研究进展情况,推荐今后的研究项目。强调目前应根据现有的调查资料 and 知识,估算通过各种途径进入海洋各种污染物的通量,强调应加强污染物在不同界面如海洋—大气、海洋—河流、海洋—生物圈、海洋—悬浮颗粒物、海水—沉积物之间交换等相互反应的机理及其动力学过程的研究。但目前工作多是根据现场调查数据并结合部分实验参数,围绕汞、镉、铅、铜、铬、滴滴涕、聚氯联苯和石油进入海洋途径、通量及其在环境中的迁移转化,提出流程方框图或概念模式图,以示不同成分之间相互关系及污染物的可能迁移途径。而模拟实验尚处于实验研究阶段。图2表示石油在海洋中的迁移转化与循环。石油入海后先经过展开、分散、蒸发、溶解、沉降、乳化等较快的物理变化,以后转慢,其中有生物降解和光氧化作用,其迁移转化速率主要取决于油层的厚度、油水混合情况、水温 and 光辐射强度。其在海洋残留时间可从几周到几十年。

关于有毒重金属和滴滴涕在海洋中、特别在河口区的迁移转化,因污染物的种类而异。一般认为,可溶性污染物有较大的随介质迁移的能力,胶体物质和大分子常在淡咸水混合交汇区絮凝沉淀,而颗粒性悬浮物迁移能力最小,多在排污口或河口区即已沉降。汞、铜、铬、镉在海水易被无机、有机胶体物质或颗粒性悬浮物吸附、沉降,其分布常显示出随排污口或河口区向外海伸展的方向而逐渐减少的趋势,只有少量是与固相表面有机质组成稳定螯合物而迁移,其在半咸水中螯合程度的大小为汞>铬>铜。而滴滴涕的分布与迁移主要受无机、有机颗粒悬浮物的吸附和沉淀作用的影响,它进入海洋后很快转移到沉积物中,进入食物链的只占少量,但也有与此持相反看法。1977年 Topping 等通过受控生态系统污染现场实验结果表明,铜进入海洋后大部分在水体中消失,其消失率与初级生产力的高低成正比例关系,大约30%是通过颗粒性悬浮物的吸附而一并沉降于沉积物中,说明铜的迁移途径主要是通过浮游植物的吸

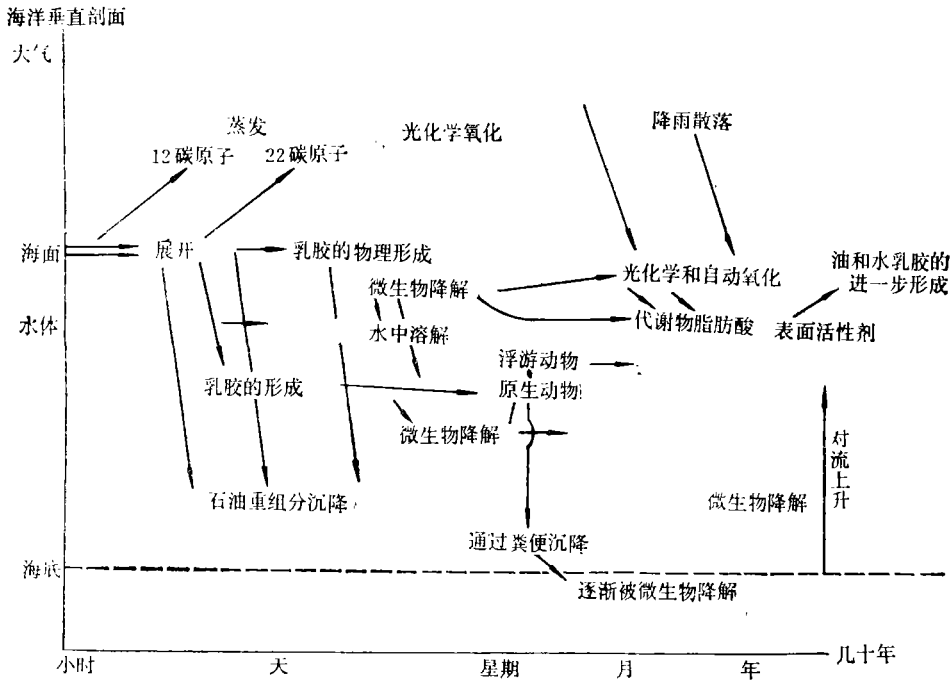


图2 石油在海洋中的迁移转化与循环(引自 GESAMP, 1977)

收,只有当浮游植物死亡沉降海底的量大于被浮游动物摄食量时,铜才大部分以碎屑形式积累

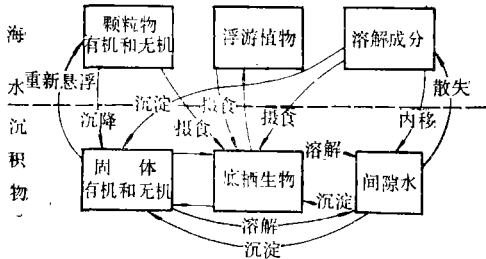


图3 污染物在海水—海底沉积物界面间的交换
(引自 Windom 等, 1976)

于沉积物中。与铜相反,汞和萘类主要是通过颗粒性悬浮物吸附和沉淀作用而沉降于底质。溶态的和悬浮态的总汞在海水中每天约减少3%,而萘类在实验装置一天后,在水中的含量即减少50%,被认为是浮游植物吸收和微生物降解的结果(Lee等,1977)。图3表示污染物在海水—底质沉积物界面之间的迁移途径和交换作用。

污染物的稀释扩散研究,当前主要是通过测定污染物的分布变化情况或用示踪技术以及运用流体力学进行数学模式的分析和计算方法来探索其规律。文献上已出现主要河口区和三维空间的污染物的稀释扩散和数学模式。

2. 海洋污染的生物学效应研究 近年来这是国外工作最多、发展较快的一个领域。目前进展的概况,在微观上已深入到细胞和分子水平探索有毒物质对生物的毒性、毒理作用机制;在宏观上已开始综合分析污染物对生物种群、群落和生态系统慢性影响的基本规律研究,其中工作较多的是:污染生态调查、生物测试、生物学指标和生物的净化作用。

通过长期受到污染或污染严重的河口、港湾等沿岸水域进行的广泛持久的现场生态调查和室内某些经济生物、饵料生物的生物测试(主要是急性毒性实验)工作,业已阐明几种主要污染物对生物、渔业影响程度及其影响因素,建立极少数近海水域生产力、种群和生态平衡失调的数学模式,初步弄清了生物反应与毒物性质、浓度之间的关系,认为毒物的作用强度主要取

决于污染物的种类、浓度、组成成分、存在形态、化学性质以及不同生物种类及其发育阶段对污染物反应敏感性的差别。如有机汞对生物的毒性远比无机汞为大。反之,有机络化铜的毒性却比无机铜小得多,而三价砷比五价砷毒性为大,三价铬反比六价铬为小。有些毒物入海后,其毒性常因理化条件的改变而有不同,如有机氯农药的毒性可随盐度、光照条件,地理位置而变化,铜的毒性因 pH、温度、盐度不同而有变化。目前,用大量的现场生态调查结果以反映种群、群落结构变化的大部分工作,主要是围绕比较固定生活的底栖无脊椎动物进行的,而这种群落结构的明显变化,也只有在连续接纳污染物的河口港湾才能见到,但要区别污染的影响和自然因素的影响是当前的主要工作,据此有人强调应加强对污染反应比较敏感的小型底栖生物的研究。污染对海洋渔业资源和养殖业影响的评价,目前多是从经济观点出发,考虑污染物的入海量、生境恶化程度、种类组成变化和渔获量下降、经济损失率等而用统计方法来判断的,这其中也有如何区分污染与过度捕捞以及自然因素影响的差别,但迄今尚无统一的解决方案。在生物测试方面,大量的文献报道主要是单因子有毒重金属、放射性物质、有机氯农药和石油等对某些生物各生命周期的急性致死反应实验结果,而单因子或混合污染物对动物的行为、生长繁殖等生理功能和生化过程影响的亚致死效应对生态系统的影响所知甚少,这是当前研制污染生态模式最缺乏而又是最急需的基本资料。Rosenthal 和 Alderdice (1976)综述了环境压力对鱼卵、仔鱼亚致死效应,认为早期发育阶段(胚胎—鱼苗或早期仔鱼)对大多数毒物的反应是整个生命周期最敏感的阶段。目前,实验生物的选择对象和研究方法日臻完善,实验生物品种也日益增多,而且更重视低浓度污染物的亚致死反应的研究,注意主要理化因子对毒物的协同和颉颃作用,并已由室内实验过渡到现场实验的规模。

关于生物对汞、镉、铅、滴滴涕和石油的吸收、积累和代谢过程,人们进行了研究。大量资料表明:生物吸收、积累痕量金属可因生物种类、年龄大小、性别和季节、地理位置、温盐度以及某些元素的共存而有差异。硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)体内锌、铜、铁含量有随动物年龄增大而增加的趋势(Romeril 等, 1971)。紫贻贝(*Mytilus edulis*)个体大的比小的含汞量更高(De Wolf, 1975),反之,小的比大的吸收铅更快(Baldes, 1974),小个体美国牡蛎(*Crassostrea virginica*)比大的吸收汞更快(Cunnighan 和 Tripp, 1975);在同一种的绿贻贝(*Choromytilus meridionalis*)雄性个体比雌性的含锌、镉、锰量更高(Watting 等, 1976)。Phillips 进一步探讨了在室内饲养和生活在自然环境中的紫贻贝吸收重金属量与个体重量的关系以及金属间的协同与颉颃作用,指出室内较轻个体比重个体吸收铅、镉、锌和铜更快,而在自然环境里小而轻的个体也比大而重的个体含量更高,而且紫贻贝吸收铜受锌、镉和铅的共存与变化的影响,但对锌、镉和铅的吸收不受其它金属元素存在的影响。在调查与实验所获数据的基础上,提出某些有毒污染物在食物链(网)上的可能迁移途径、富集量和转换效率。图 4、图 5 分别表示石油和汞、镉在食物链上的吸收、积累和代谢过程。以上这些结果,对污染物排放与渔业水质标准的制定以及海洋环境质量评价提供了有益资料。

在富营养化形成机制及其危害方面,也进行了大量工作。据日本各海湾和波罗的海调查资料表明,富营养化发生率的高低,除与氮、磷含量高低有直接关系外,也与底质和近底层水中有机质的强烈积累有关。另外,热污染有导致水中有机质积累,加速富营养化的趋势。

污染的生物学指标研究进展较快,发表的论文报告也较多。近年联合国粮农组织(1976)、国际海洋考察委员会(ICES, 1977)和 Phillipe (1977, 1978)相继编辑出版的专著和综述文章,都从不同角度详述其所论领域取得的进展。目前,正在探索研究的方法主要有: 1. 生态学

方法,主要侧重于指标生物和生物指数研究,以群落种类多样性指数尤为盛行;2. 生物体内残

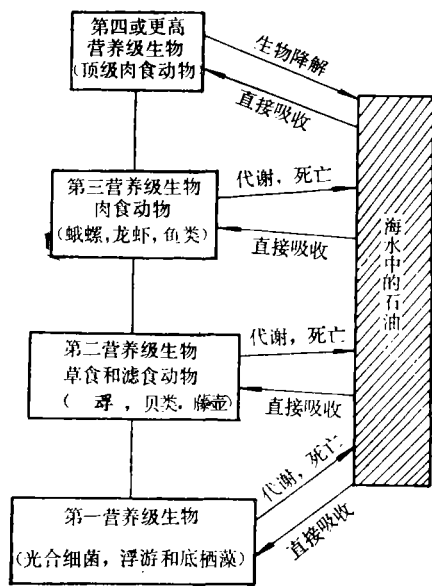


图4 石油在近海生态系统中食物链上的迁移 (引自 GESAMP, 1977)

毒分析法;3. 监测性生物测试法;4. 生理生化反应鉴别法. 其中以生物体内残毒分析法的应用较为普遍,并提出了大型海藻中的泡状墨角藻 (*Fucus vesiculosus*)、齿缘墨角藻 (*F. serratus*) 掌状海带 (*Laminaria digitata*)、泡叶藻 (*Ascophyllum nodosum*) 和脐紫菜 (*Porphyra umbilicalis*), 软体动物中的美国牡蛎、紫贻贝、硬壳蛤和帽贝 (*Patella vulgata*) 真骨鱼类中的鲑鱼 *Gadus morhua*、甲鲈鱼 (*Platycephalus bassensis*) 和某些溯河性鱼类, 以及壳动物中的美洲螯龙虾 (*Homarus americanus*)、黄道蟹 (*Cancer pagurus*) 和藤壶 (*Balanus balanoides*), 多毛动物中的沙蚕 (*Nereis diversicolor*) 等可作为痕量金属污染指标的生物, 对阐明污染的性质和程度提供了极有益的资料. 最近几年, 国外开始重视生物形态变化作为污染指标的研究, 如利用鱼体皮肤癌病理组织学的检查以确定水质污染, 这是生物学指标研究新动向. Djungberg (1976) 研究指出, 沿岸水域狗母鱼皮肤肿瘤发生率高与水域严重污染有密切关系, 因此有人建议利用

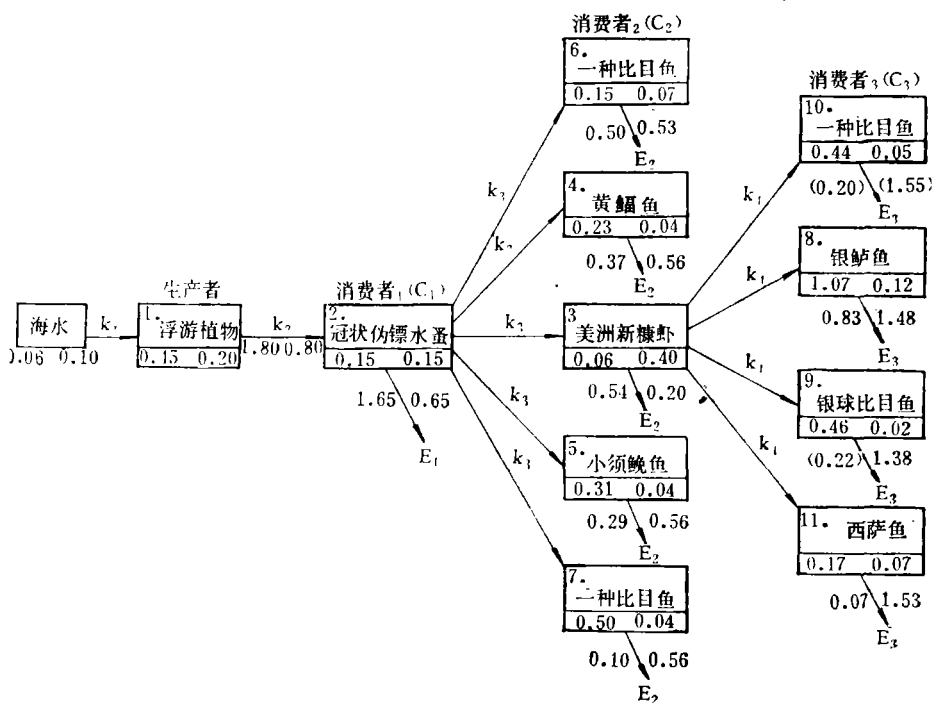


图5 汞、镉在美国佐治亚州湾食物链上的迁移 (引自 Windom 等, 1976)

K_{i+n} , 表示转移效率 (K_2, K_3, K_4 为各营养级生物实际积累量除以生长系数) E_{i+n} , 表示释放量 (通过代谢、死亡), C_{i+n} 表示各营养级生物实际积累量 (转移效率减去释放量), 左边数值一律为汞 (微克/克, 干重), 右边为镉 (微克/克, 干重)

1. *Skeletonema costatum* 2. *Pseudodiaptomus coronatus* 3. *Neomysis americana* 4. *Leiostomus xanthurus*
 5. *Micropogon undulatus* 6. *Etropus crossotus* 7. *Stellifer lanceolatus* 8. *Bairdiella chrysura* 9. *Ancylolopsetta quadrellata* 10. *Cynoscion regalis* 11. *Citharichthys spilopterus*

鱼体肿瘤来指示河口区致癌物的含量 (Stick 和 Action, 1976)。海洋生物的净化作用特别是微生物、藻类降解石油烃和滴滴涕的研究,也在加速发展。

从发展趋向看,当前国际上比较重视基础理论研究,其中包括污染物在海洋生态系统中食物链(网)上的积累、转移和代谢规律,低剂量污染物对生态系统结构、功能的长期影响及其数学模式的研究,试图通过这些研究,搞清海洋生态系统中各个营养级生物与正常的和被污染环境之间的关系,以寻找不同营养级生物之间的能量转换和物质循环规律,最终提出污染的预报模型。美、英、日和加拿大等国的海洋生态学家和地球化学家们,从1973年开始进行的“受控海洋生态系统污染实验”,则是反映了七十年代这方面工作的国际水平,并将成为八十年代污染生态研究主攻方向之一。估计,生物测试和生物学指标工作,仍将成为今后若干年内污染生态研究的重点。

3. 海洋污染的控制与治理技术 这方面也取得了显著成果。目前,已开始研究综合防治和资源综合利用的技术,试图采用内环境与外环境相结合的治理途径,把管理和治理、把消除污染和提高水域生物生产力有机地结合起来,在消除有限量的污染物的过程中,充分发挥海洋特有的巨大净化能力。近年由于采取管理措施和治理工程技术,在控制海洋污染方面收到了一定效果。如日本的濑户内海、东京湾、美国的折撒比克湾、纽约湾、英国的泰晤士河口和西德的莱茵河口的污染基本得到了控制,局部环境质量有了改善。但也有污染加重的海域如波罗的海。另外,美国利用生活污水进行综合养殖、采用深海倾废和探索生物防治赤潮等都取得了效果。迄今,直接在海上治理的主要是石油污染,通常采用设置油栅、油的回收、化学处理和烧却处理等。对受污底质处理的方法,除采用疏浚法外,最近日本还提出复土法和复盖化学稳定剂法。美、英等国用生物学的理论和酶学工程技术,探索人工制造的、新的有机体和生物催化剂,用于处理海洋石油污染已初见苗头。

4. 海洋污染的调查研究与测试技术的发展和改进 目前测试技术正向分析方法标准化、规范化、分析技术连续自动化、数据处理计算机化发展,并大量采用仪器联用。海洋污染调查正向走航、自记、遥测、遥控和自动化方向发展,并已初步形成立体观测体系,包括海面调查船、观测浮标、水下调查潜艇、载人深潜器、空中观测飞机、人造卫星,从而开始了联合使用各种调查装备进行调查活动。美国在已发射的科学卫星中,大多数都负有海洋观测的任务。如1972年发射的地球资源卫星“ERTS-A”就装备有监测海洋污染的仪器,其中包括多谱摄影机、电视摄影机、多谱扫描器、微波扫描器和多谱辐射计等。欧、美、日等国应用机载紫外荧光遥测仪观测海洋油污、有机物污染和赤潮,已收集了大量资料。另外,美、日、法等国应用载人深潜器调查潜艇和海底居住实验室观察海底污染与倾废的情况也在进行着。应当指出,尽管这些近代先进技术的应用还处于发展初期,但其发展前景将是不可低估的。

综上所述,尽管近年国际上在海洋污染及其防治研究方面做了大量工作,但也存在一些问题,如:(1)区域海洋污染所引起的全球环境变化如何?(2)海洋环境质量标准是什么?如何判别自然因素与人为因素对海洋环境质量变化的作用?(3)如何处理海洋资源开发利用与海洋污染的发生、治理间的关系?怎样才能有效地控制海洋污染?(4)海洋环境质量变化与海洋生物适应环境变化之间的关系如何?……等等。当前国际上海洋污染及其防治研究发展的总趋势则是在广泛应用现代化手段和重视基础理论研究的基础上,采用现场调查与室内实验相结合、微观与宏观相结合的研究途径和方法,广泛进行学科间的相互渗透与融合,从而产生了联系密切的分支学科诸如海洋环境化学、污染地球化学、污染生态学、生态毒理学、数学生态学

和海洋环境工程学等。

二、我国海洋环境科学研究途径和展望

我们认为,我国海洋环境科学研究,应当从我国的实际情况出发,立足于当前,规划长远,围绕四化特别是发展工农业和海洋资源开发利用中可能出现的新的环境问题,抓住关键,集中力量,加以解决。同时必须重视基础和提高,注意长远性、方向性和全局性的海洋环境科学基础理论研究和基本资料的积累,采取调查与室内实验、微观与宏观、借鉴与创新相结合的研究途径。先从现场调查入手,取得原始资料,然后进行模拟实验,找出规律,加以提高,为保护和改善我国海洋环境,建立我国海洋环境科学理论体系作出贡献。

在当前国内外研究发展现状的基础上,展望未来,我们提出以下几个项目作为今后研究的重点:

1. 深入进行我国特定海区污染状况的综合调查 这为制定我国海洋环境质量和政策、控制海洋污染提供基础资料和依据。

2. 大力加强海洋环境污染规律和净化机理的研究 当前应着重研究以下几个课题: 主要污染物在海洋环境中存在状态、迁移转化、循环和收支平衡及其影响因素等地球化学问题; 主要污染物在海洋一大气、海水一淡水、海水一底质界面的交换及其动力学过程; 不同物理条件下污染物的混合扩散及稀释速率; 海底沉积物吸附、累积污染物的沉降过程; 赤潮发生的机制; 重要经济生物对主要污染物的吸收、积累、转移和归宿及其影响因素; 主要污染物的生物降解机制; 开展受控海洋生态系统污染现场实验, 为海洋环境质量评价、环境容量及预测预报提供基本资料和依据。

3. 大力加强污染物的效应及对生态系统影响的研究 当前, 应着重加强以下几个课题的研究。某些污染物(如热污染、酸碱废水、有机质)对水体理化条件的影响; 主要污染物的生态毒理实验及其对重要经济生物长期慢性的影响, 特别从生理生化、毒理、形态、生态和遗传角度研究生物对污染物的反应, 污染物的生物学指标及其比较研究; 主要污染物对生态系统及其组分的影响, 包括对各生态类群生物种群、群落结构、食物链及生态系统能量转换与物质循环的影响; 主要污染物对海洋渔业和养殖业的影响及其评价方法的研究; 开展污染生态数学模式的研究, 为海洋环境质量评价和渔业水质标准的制定提供基本资料和依据。

4. 开展区域海洋环境质量综合评价方法及其控制原理和综合防治途径的研究 这为制定各海区综合防治海洋污染, 改善环境质量的战略方案和战术措施提供科学依据。

5. 加强海洋环境科学新方法、新技术研究 必须着重加强以下工作: 遥感、遥测、卫星技术在海洋污染调查中的应用, 电子计算机和同位素示踪技术的应用, 建立污染水文物理模拟、生态模拟实验室和受控海洋生态系统污染现场实验装置系统, 装备环境分析的先进仪器。

海洋污染及其防治研究, 牵涉面广, 综合性强, 一方面需要多学科共同作战, 广泛吸收有关学科所取得的有用知识和成就, 另一方面也要组织一些专业队伍, 从研究污染的发生和发展, 有意识地抓住几个关键性问题, 进行攻关突破, 为保护和改善海洋环境, 赶超世界先进水平作出新贡献。

主 要 参 考 文 献

[1] 吴瑜端, 环境科学, 6, 7 (1978).

- [2] 日本水産学会, 石油汚染と水産生物, 恒星社厚生閣刊, 1976年.
- [3] 日本生态学会环境问题专门委员会, 环境与生物指标, 共立出版社, 1977年.
- [4] 日本海洋学会海洋环境问题委员会, 海洋环境污染に關連する調査研究の現状と問題点, 日本海洋学会志, 特集号, 1975年.
- [5] 村山彰男, 沿岸の汚染, 筑地书馆, 1977年.
- [6] Миронов, О. Г., 1973, *Нефтяное Загрязнение и Жизнь Моря*, Изд. «Наукова Думка», Киев.
- [7] Berthouex, P. M. & Rund, D. F., 1977. *Strategy of Pollution Control*, John Wiley & Sons. New York.
- [8] Cowell, E. B., 1971. *The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral Communities*, Barking, Essex, Appl. Science.
- [9] Cox, G. V. (Ed.), 1974. *Marine Bioassays, Workshop Proceedings*. Mar. Tech. Soc., Washington, D. C.
- [10] FAO, 1976, *Indices for Measuring Responses of Aquatic Ecological Systems to Various Human Influences*. FAO Fish. Tech. Pap., No. 151.
- [11] FAO, 1977. *Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 4. Bases for Selecting Biological tests to Evaluate Marine Pollution*. FAO Fish. Tech. Pap., No. 164.
- [12] Wood, E. J. F. & Johannes, R. E., 1975, *Tropical Marine Pollution*. Elsevier Sci. Publ. Co., New York.
- [13] GESAMP, 1976. *Review of Harmful Substance. Reports & Studies, No. 2*.
- [14] Goldberg, E. D. (Ed.), 1975. *Assessing Potential Ocean Pollutants*. Nat. Acad. Sci., Washington. D. C.
- [15] Gelder-Ottway, S. Van, 1976. *A Review of World Oil Spillages 1960—1975*. In: Ed. Baker, J. M., *Marine Ecology and Oil Pollution*. Barking, Essex. Appl. Sci., pp. 483—520.
- [16] Grice, G. D. et al., 1977. *The Use of Large Volume, Transparent, Enclosed Sea-Surface Water Columns in the Study of Stress on Plankton Ecosystem*. Helgoland Wiss. Meeresunters, 30: 118—133.
- [17] ICES, 1974. *Report of Working Group for the International Study of the Pollution of the North Sea and its Effects on Living Resources and their Exploitation*. Coop. Res. Rep., No. 39.
- [18] Ketchum, B. H., 1975. *Biological Implications of Global Marine Pollution*. In: Ed. Singer, S. F., *The Changing Global Environment*. D. Reidel Publ. Co., USA. pp. 311—28.
- [19] Kidder, G. M., 1977. *Pollutant Levels in Bivalves: A Data Bibliography*. Scripps Inst. Oceanogr.
- [20] Koeman, J. H. & Strik, J. J. J. W. A., 1975. *Sub-lethal Effects of Toxic Chemicals on Aquatic Animals*. Amsterdam, Elsevier.
- [21] Kremer, J. N. & Nixon, S. W., 1978. *A coastal Marine Ecosystem-Simulation and Analysis*. Spöinger-Verlag, New York.
- [22] Kumpf, H. E., 1977. *Economic Impact of the Effects of Pollution on the Coastal Fisheries of the Atlantic and Gulf of Mexico Regions of the United States of America*. FAO Fish. Tech. Pap., No. 172.
- [23] McIntyre A. D. & Mills, C. F. (Eds.), 1975. *Ecological Toxicology Research*. Plenum Press. New York and London.
- [24] Nelson-Smith, A., 1973. *Oil Pollution and Marine Ecology*. Elek Science. London.
- [25] Odum, H. T., 1975. *Marine Ecosystems with Energy Circuit Diagrams*. In: Ed. Nihoul, J. C. J., *Modelling of Marine System*. Elsevier Oceanogr. Series 10, pp. 127—50.
- [26] Olson, T. A. & Burgess, F. J. (Ed.), 1967. *Pollution and Marine Ecology*. Interscience Publishers.
- [27] Parsonos, T. R., *Controlled Aquatic Ecosystem Experiments in Oceano. Ecology Research. Mar. Pollut. Bull.*, 9(3): 203(1978).
- [28] Paten, B. C. (Ed.), 1976. *Systems Analysis and Simulation in Ecology*. Academic Press, Inc.
- [29] Phillips, D. J. H., *The Use of Biological Indicator Organisms to Monitor Trace Metal Pollution in Marine and Estuarine Environments: A Review. Environ. Pollut.*, 13(4): 281(1977).
- [30] Phillips, D. J. H., *Use of Biological Indicator Organisms to Quantitate Organochlorine Pollutants in Aquatic Environments—A Review. Environ. Pollut.*, 16(3): 167—229 (1978).
- [31] Portmann, J. E., 1976. *Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 2. Guidelines for the Use of Biological Accumulators in Marine Pollution Monitoring*. FAO Fish. Tech. Pap., No. 150.
- [32] Reeve, M. R., 1976. *A Controlled Environmental Pollution Experiment (CEPEX) and its Usefulness in the Study of Stressed Marine Communities*. In: Lockwood, A. P. M. (Ed.), *Effects of Pollution on Aquatic Organisms*. Cambridge Univ. Press. London.
- [33] Ruivo, M. (Ed.), 1972. *Marine Pollution and Sea Life*. Publ. FAO, Fishing News (Books), Ltd.
- [34] Sugawara, K., 1979, *Marine Pollution and CSK*. Steering Committee for the 4th CSK Symp.

- [35] Thorhaug, A. & Fernandez, M., Biological Membranes as Pollution Indicators. *Mar. Pollut. Bull.*, 4: 70—73 (1973).
- [36] Tokyo University on Fisheries 1976. Assessment of the Effects of Pollution on Fisheries and Aquaculture in Japan. FAO Fish. Tech. Pap., No. 163.
- [37] Vernberg, F. J. & Vernberg, W. B. (Eds.), 1974. Pollution and Physiology of Marine Organisms. London, Academic Press.
- [38] Vetter, R. C., 1971. Marine Environmental Quality. National Academy of Sciences, Washington, D. C.
- [39] Waldichuk, M., Coastal Marine Pollution and Fish, *Management Ocean*, 4: 1—50 (1974).
- [40] Windom, H. L. & Duce, R. A. (Eds.), 1976. Marine Pollutant Transfer. Lexington Books.

我国环境地学展望

陈静生 陈传康

(北京大学地理系)

一、环境问题与环境地学

地球表面是人类居住的环境,这个环境通常被称为地理环境,是一系列地学分支学科研究的对象。人类在其生产和生活活动中,必然作用于环境,导致环境发生变化,而发生变化的环境反过来又对人类有所影响。当这些影响危及人类的正常生产和生活时,便发生了环境问题,应运产生了环境科学。环境科学并不研究地理环境的全面性质,而只研究由于人类作用于环境引起环境对人类的反作用危及人们生产和生活的那部分性质。

在人类发展的不同阶段有不同的环境问题。古老的石器时代,由于人类大规模狩猎和烧荒,曾使不少物种濒于绝迹,毁坏了不少具有驯化和引种条件的物种资源,影响了物种驯化和引种工作的继续进行。在后来人类的更高发展阶段所驯化和引种的物种是很有限的,这显然与人类不自觉地毁灭物种资源有关。

奴隶社会创造了古代文明,但是这种文明是很脆弱的。人类在荒漠中灌溉创造了两河流域文明,但是一场战争可以使水利失修,使沙漠重新入侵,或许一场瘟疫可以使文明濒于绝境。因此,这一时期的环境问题则在于怎样维持人类对自然的暂时胜利。

封建社会能维持比较稳定的农业社会和一定的工商业城市。这时的环境问题主要是由于不合理开垦农田、采伐森林等等所导致的水土流失、河流泛滥、风沙为害和土壤盐渍化等。大聚落已经可以发生生活污染,导致“肥水”的形成(肥水指因生活废弃物污染所形成的含氮、磷等物质的浅层地下水),甚至成为城市另选新址进行迁建的一个原因。

随着资本主义的兴起,特别是现代工业的发展,除了上述那些对自然的破坏继续存在外,也开始出现大量的高密度人口区(城市、工矿区)和机械化、化学化的集约农业,伴随着“三废”排放,引起大规模的环境污染。此时,环境的影响已不限于一般地影响人类的生产和生活,而是超出了人体生理所能适应的范围,危害人体健康,导致“公害病”出现。正是在这种情况下,现代环境问题引起人们的高度关注,也正是在这种情况下,在许多学科的边缘形成了一门新兴的综合性科学——环境科学。