

(GARP)中,把海洋气象相互作用的大型野外实验,作为其主要内容之一。

目前,国外对海洋大气相互作用的研究,通过现场实验、资料分析、理论研究、数值实验等多种途径同时进行。当前多数人着重研究它们之间的大尺度相互作用问题,尤其着重研究它们之间的热量交换问题。在大尺度相互作用研究中,多数人仅研究一种介质对另一种介质的作用,也就是说,或者研究海洋对大气的作用,或者研究大气对海洋的作用。但是,进入七十年代以来,已有人对海洋气象偶合系统

内的反馈问题进行研究。

看来,今后几年内,海洋大气相互作用研究的重点在于弄清海洋大气相互作用的基本现象,特别是各种尺度运动及其相互作用,在此基础上,研究海洋和大气之间相互响应的时间滞后,以应用于实际的天气预报和海况预报。同时,要搞清海洋和大气长期反馈的物理过程,建立切合实际的海洋大气长期适应过程的模式,以弄清海洋在全球大气环流、气候形成中的作用,和大气对大洋环流机制和海浪生成机制等的作用。

## 一门新兴的学科——海洋环境科学

廖先贵 邹景忠

(中国科学院海洋研究所)

环境科学是继原子能科学、宇宙空间科学之后蓬勃发展起来的一门新兴科学。

自古以来,辽阔富饶的海洋,就是人类活动的重要场所。但随着工农业生产和科学技术的发展,海洋环境污染和保护问题日益为愈来愈多的人们所关注。海洋环境科学的产生正是生产发展的必然结果。它是在人类对海洋有巨大但不是无限的净化能力等规律性的认识逐步深化,并通过多年的酝酿和准备,从零星的和不系统的工作基础上,汇集成的一门新兴学科。它既属环境科学又是海洋科学的重要分支。它主要是研究污染物进入海洋的途径,在海洋中的分布、变化、迁移、转化的规律和对海洋生物、渔业的影响,以及由于食物链富集转移而构成对人类的威胁,并在这些认识的基础上提出保护和改造海洋的科学。

### 一、国外海洋污染的现状

世界上有100多个临海国家。海洋沿岸是建设城市,发展工业和休养的胜地。一些沿岸工业国,任意将各种工农业污水和废物排入海





里或归海的河川里,同时陆地上的污染物也可以通过大气散落到海里,因此,海洋实际上成了工业发达国家的“垃圾桶”,受到了严重的污染。目前的状况是:一些海域油类在蓄积,重金属在扩散,放射性物质在增加,农药和有毒物质正在侵害海洋生物,威胁着人类健康。

污染海洋的物质从固体废物到多种化学物品,种类繁多。危害较大的是那些入海后化学性质稳定、能长期存在于海洋中的有毒物质,如有机氯农药(DDT、PCB等)、重金属(如汞、铅等)和半衰期长的放射性物质。

石油是海洋中最普遍和最容易观察到的污染物。目前全世界石油总产量的60%是经由海上运输的。据估计,因人类活动而进入海洋的石油多达1,000万吨,约占世界石油总产量的千分之五,而且油船的吨位不断增大,潜在着更大的石油污染的危险。据报道,自1960年4月至1975年10月,世界发生较大的油船事故多达216次(Gelder-ottway等,1976)。倾注入海的这些石油在当时都不同程度地对其沿海居民的生活环境,港湾设施和水产资源,造成危害。



海洋污染示意图

- |  |   |
|--|---|
|  严重污染海域 |  沿航线由石油或船舶废弃物造成的潜在污染海域 |
|  污染海域   |  某些重要的海洋表面流            |

譬如1967年3月，在英吉利海峡触礁沉没的“托雷·卡尼翁号”所载的十一万八千吨原油，就有八万多吨流入海中，使英、法两国沿岸的三百公里的海岸受到污染，大量鱼类和海鸟死亡。英国政府损失达八百万美元。近年因海底石油的开采及油井喷事故泄入海洋的石油数量也极可观，造成的危害也很严重。

随着工农业生产的发展，汞、铅、镉、铜、砷、铬等重金属对海洋造成的污染也极严重。据统计，近年汞的世界年产量稳定在九千吨，而每年进入海洋的约五千吨以上；镉的世界年产量约一万五千吨，每年仅由日本神通河注入富山湾的镉就达三千多吨；1966年世界铅的年产量是三百五十万吨，每年自河流排入海洋的就达二万吨，太平洋表层水中的铅已增大到原来的十倍；从北极冰盖中测得微量的铅和汞，说明它们已污染了世界各地；进入海洋的铜每年超过二十五万吨，约为年产量的5%，锌

通过河流每年进入海洋的量达三百九十三万吨；砷、铬由于人类活动和风化而进入海洋的量也很大。

海洋中放射性物质逐年增加，估计目前海洋已被放射能约为2,000万居里的同位素污染了，在人体和一切动物体内存在的铯-90和铯-137的量已达到可检出的程度。

海洋中本来不存在的有机化合物——DDT和PCB(多氯联苯)，现在不仅在近海发现，而且在水深3,000米的深海和南极大陆冰块中也发现。据报道，目前以各种形式进入海洋的有机氯农药约占年产量的40—60%左右，并通过食物链富集转移，造成对人类健康的威胁。

由于海洋特别是沿海工业地区造成近海的严重污染，使海洋生物资源遭到极大破坏。美国沿岸有8%的海域所产贝类不能食用，鱼类受害也在增加；旧金山湾原来每年可产681万公斤贻肉，13万公斤蛤蜊肉，现因海水污染，这

些贝类已近绝迹。苏联每年有100多万吨石油及其产品排入里海，使里海渔业大大减产，仅鲱鱼每年就减产了500万公斤，梭鱼几乎绝迹，连苏修也不得不哀叹，到二十一世纪，里海将变成“死海”。日本以东京湾、伊势湾、濑户内海、洞海湾等近海污染最为严重，1972年因33起赤潮造成渔业损失达二千四百六十万美元，1973年在58起石油污染事件中，41起损失就达五百八十九万美元。洞海湾以前是风景区，现在已成为鱼类绝迹的死海。濑户内海过去是日本最大的渔场，其渔产量曾占日本沿海渔业总产量的1/4，水产养殖品产量曾占日本渔业总产量的一半，但近年来，因石油污染严重和富营养化而赤潮频生，使渔场受到破坏，鱼类组成发生变化，出现大量死鱼现象，内海浅水养殖场逐渐缩小，一些重要经济鱼虾蟹类如真鲷、海鳗、对虾和蜆等近于绝迹。波罗的海是一个著名的国际海域，由于苏联、波兰、瑞典、芬兰等沿岸国家任意排废，使这个海域出现了一些无生物区，很多鱼种已死绝，捕到的鱼也由于 DDT 含量超过标准而不能食用。1973年3月国际海洋考察委员会 (ICES) 和海洋研究科学委员会 (SCOR) 共同组成的波罗的海污染工作组发表的报告称，波罗的海有变成无生命的“海洋沙漠”的危险。现在世界上很多近海水域如污染继续加剧也有可能遭受到波罗的海同样的厄运。

特别值得注意的是，污染物入海后，经过食物链(网)的富集作用，使散布在海洋中微不足道的污染量，变成对人类的巨大威胁。一只正常的牡蛎放到被 DDT 污染的海水中，一个月后其体内 DDT 含量可比周围海水的浓度高七万倍。还有人测出，当在大气中浓度为  $3 \times 10^{-6}$  ppm 的 DDT 降落到海水中为浮游生物吸收后，在浮游生物体内浓度就达 0.04 ppm，富集了一万三千倍，这些浮游生物为小鱼吞食后，小鱼体内 DDT 浓度达 0.5 ppm，富集了十四万三千倍，小鱼再为大鱼吞食后，大鱼体内 DDT 浓度可增到 2.00 ppm，富集了五十七万二千倍。另外，海洋生物还能把一

些毒性本来不大的无机物转化为毒性很强的有机物，然后再在食物链(网)中浓缩，有名的“水俣病”就是由于入海的无机汞大部分被海洋生物转化成毒性很强的甲基汞而造成的中毒事件。

另外，热污染的有益和有害影响也引起了人们的重视。

本来为人类提供丰富的食用性蛋白的鱼、虾、贝、藻类，现在正在变成浓缩毒物的载体。

很显然，造成上述严重后果的元凶，是肆意掠夺海洋资源的苏、美两个超级大国，腐朽的资本主义制度和吮吸劳动人民血汗的垄断资本集团。

## 二、海洋环境科学的进展

由于海洋已遭受到不同程度的污染，对海洋生物资源、沿海居民的生活环境，海水的质量，甚至对人类自身的健康都已经造成危害，而它的潜在威胁可能还要大得多。因此，引起了世界各国，特别是沿海国家越来越强烈的关注。联合国下属组织如政府间海事协商组织、粮农组织、教科文组织、世界卫生组织、世界气象组织和国际原子能委员会等设有专职机构研究海洋污染问题。防止和控制海洋污染，保护海洋环境，已经成为人类面临的一项十分重要而迫切的任务。

虽然海洋污染的研究历史只有15—20年，但发展速度较快，特别是近十年间，许多国家做了不少工作，并取得了一些成效。

### 1. 海洋环境污染状况的调查

这是各国首先进行的基础工作。其中包括污染物质的种类及其来源的调查研究，污染水域中水体、底质和生物体内污染物质的测定。近年来，已由区域调查向国际联合调查迈进。1971年10月国际海洋学委员会第七次会议上，将世界海洋环境污染的调查计划列为“国际海洋调查十年计划”的重要内容之一，并成立了“世界海洋观测机构”。目前已对北美沿岸海区、北海、巴伦支海以及地中海的部分海域进

行了协作调查,对印度洋、大西洋和太平洋的油污染问题也进行了监测工作。

石油污染在海洋污染中是数量最多,范围最广的一种污染。石油进入海洋后,不仅影响海洋生物的生长和海滨环境的使用价值,破坏海岸设施,还可能影响整个气候的变化,降低海洋自净能力,因此,尤为各国所注意。经过几年来的调查与监测,现已基本搞清了海洋石油污染的来源、入海途径,以及全球石油污染分布状况。目前侧重于大型油船发生事故后进行综合性调查及经常性的监测工作。

对某些危害性较大的重金属、农药和放射性污染物等的入海途径和在沿岸水体、底质和生物体中的含量、分布,临海各国也积累了许多资料,出版了一些专著。某些污染物(如汞、DDT等)在三大洋的分布也正在调查研究之中,如已知汞在大洋中的含量为0.01—0.1微克/升,比沿岸水域低5—8倍。但调查区域仍以经济专属区近海,包括港湾、河口为其重点。

## 2. 污染物入海后的变化转移规律的研究

这方面研究得比较多的是铅、汞、有机氯农药和石油等。

美国斯克里普斯海洋研究所,利用同位素稀释法,提供了铅在不同环境中的各种分布数据,指出海水中的铅可被浮游植物的粘质物吸附。通过用比海水铅含量高六万倍的海水培养大头鱼幼体,得知三个月中表皮粘液上铅的停留时间可长至数周,在鱼肌肉中的浓度三个月内未见增加,但鱼的肾能排泄多量的铅,有的铅又能积累在骨骼中,因此表皮粘液和肾组织可以做为对铅浓缩的指标。

已知汞从陆地向海洋转移的主要途径是通过大气,经河流排到海洋中的量比从地球向大气挥发量少一个数量级。汞进入水体后多分布于富含有机质的淤泥沉积物中,在厌氧微生物的作用下无机汞就转化为甲基汞。甲基汞被鱼贝富集后,最终使人中毒。近来,美国注意对

甲基化反应的机理及其环境条件引起的影响和汞的来源等问题的研究。有认为甲基汞的形成主要是由微生物引起的,也有认为海洋中含氟有机物等可能抑制或延迟甲基化反应。研究还表明,大约汞总含量的70%在脊椎动物肌肉中是以甲基形式存在,而在无脊椎动物中甲基汞较少。

如前所述,DDT、PCB等在海洋中的转移规律研究,主要侧重于在食物链(网)各营养级水平生物的吸收、积累和迁移方面的研究。

据报道,迄今为止,三种类型污染物(即水溶的、部分水溶的和石油碳氢化合物)在海洋、大气的循环情况,大体有了轮廓。但绝大部分污染物在海洋中的迁移、变化机理还是不清楚的。

## 3. 环境生物学的研究在海洋污染的研究中占有比较重要的地位

近十多年来,国外在围绕着海洋污染与海洋生物、渔业的关系,探索其中规律,阐明作用机制,寻找生物防治污染途径等方面进行了大量的生态调查和实验研究工作。目前进展的情况是:在微观上已深入到细胞水平探索有毒污染物对海洋生物的毒性、毒理作用,在宏观上已开始综合分析污染物对生态系影响的基本规律研究,但从研究趋向看,当前国际上关注的环 境生态学重点问题是污染生态系的结构与功能及数学模式的研究,包括如何使海洋生物生活的环境保持平衡、稳定的问题。新近,在西德 Helgoland 岛召开了国际“海洋生态系研究”讨论会。尽管海洋污染生态系的研究工作,在国际上也刚开始不久,但许多研究者认为,如果不从整体、动态方面去研究整个生态系,就不能揭示一些生物种群、群落彼此之间以及它们与环境污染之间这样一种复杂关系的基本规律,就不可能从根本上达到防治海洋污染的最终目的。综合最近几年海洋环境生物学研究的概况,可归纳为如下几个方面:

(1) 生态调查研究 其目的在于了解海洋污染对生物种群、群落以及生态系结构、

功能和生产力的影响及其相互作用规律,以判明海洋生物、渔业受害程度和对水产品质量的影响,并试求利用生物学指标进行海洋环境质量的评价,以便采取防治措施。迄今,临海各国对所属沿岸海域,包括河口、港湾等各种污染物对生物、渔业的近期影响有了认识,并作了评价,如1974年北海的调查报告,1976年日本东京水产大学,关于濑户内海、东京湾污染对渔业和农业影响的评价,就是例子。

(2) 生物学指标的研究 这是一种较之理、化方法更能反映低剂量常暴露污染物对环境长期效应的方法。它包括:生态学指标,生理生化指标和生物体内残毒的分析。国外研究较多的生态学指标则是群落中的“多样性指数”,它能反映群落中种数和个体数之间的关系,因而被认为是侦察和评价污染程度最好方法之一。近年,在群落分析中广泛应用数理统计方法进行数学模拟研究,这本来是研究方法上的一个进步,但国外出现一种倾向,以为只要通过统计分析就能准确地判断群落结构,反映污染状况,因而推导出各种形式的多样性指数公式。尽管其实用价值不一,这是研究的动向,值得引起重视。另外,指示生物的研究,至今还有人在探索,但进展不大,目前尚未见到一个有实际意义的指示生物种的名录。用以评价污染程度、污染来源和污染发展过程的测定生物体内毒物含量的工作,近年也有较大的进展,1975年和1976年联合国粮农组织有了系统总结报告。

(3) 毒理学研究 它是研究污染与生物之间关系的一个桥梁。其内容包括:研究污染物对海洋生物的急性中毒和慢性中毒试验,阐明作用机制;研究污染物对海洋生物的生长、繁殖、发育、遗传等各个生物学过程的影响;研究污染物在生物体内吸收、积累、转移和代谢的作用。这项工作主要在实验条件下进行。它是近年国外研究最活跃的领域,发表的研究论文也多。用以进行实验的污染物有汞、铜、铅、镉、砷、DDT、PCB、石油及其化工产品 and 放射性核素如铯-137、钴-90等等。实验生

物的选择条件和研究方法日臻完善,实验生物品种也日益增多。目前更重视低浓度的亚致死反应研究,注意主要理化因素对毒物毒性的协同和拮抗作用的实验研究,并逐步走与生态学相结合的道路。

新近,环境生物学的研究,又有了新的进展,更加重视了基础理论的研究,特别是毒物在食物链(网)上的积累和转移的规律,试图通过这些研究,搞清海洋生态系统中各个营养水平生物与理、化环境条件包括正常的和被污染了的海洋环境之间的关系,以寻找不同营养水平生物的能量和物质转化规律,最终提出食物链(网)的预报模型。近二、三年来已由室内实验过渡到现场实验的规模。例如美、英和法国为了更合理地了解预报污染物对海洋生物的长期影响,开展了现场“控制生态系统污染实验”。目前只是停留在低营养水平生物,即浮游植物与浮游动物之间及其与污染物(主要是汞、铜、石油、DDT等)之间关系的实验阶段。

#### 4. 新技术的应用

近年来国外大力开展海洋污染测试仪器设备自动化技术的研究工作。美、英、德、日等国已制成能测水温、溶解氧、电导率、酸碱度、氧化-还原电位,氯度和浊度等项参数的自动探测仪。红外照相和雷达已应用于石油污染的监测。美国正在研究一种装在飞机上的油类监视设备,这种设备由四种探测器组成(侧视雷达,显象微波辐射计,多波道紫外线或红外线扫描器,低光度电视机)。要求有效地监视沿海50海里宽的海域;远距离发现(25海里)船舶和油层,识别和测绘溢油情况,评价清除油污的作业,收集有关重大溢油事故的次数和规模等资料,并全天候作业。

开始运用水文计算和数学模拟研究污染物在海中的稀释和扩散。地球资源卫星的应用更大大加速了海洋污染调查工作的发展。

各种分析仪器日益走向自动化,精度在不断提高。

然而,由于海洋环境的复杂性,多数研究

工作开始不久。目前总的情况是处于调查和资料积累阶段。

资本主义和帝国主义的存在，是造成人类环境污染的根源。在资本主义制度下，“公害”难于根本解决。

我国是一个发展中的社会主义国家，一切从人民的利益出发，工农业生产的发展是在国家统一计划下进行的，这就为预防和消除污染，保护和改善海洋环境提供了巨大的可能性。

党中央对环境科学的研究极为重视。1973年8月召开第一次全国环境保护会议，制订了“全面规划、合理布局、综合利用、化害为

利、依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的方针。目前在国务院环境保护领导小组领导下，二十九个省、市、自治区相继成立了环保机构，作了大量工作。几年来，许多部门和地区大力协作，互相配合，对渤海、南黄海、胶州湾、金山湾和珠江口等开展了大规模调查和科学研究工作，取得了丰富资料，为治理污染提供了科学依据。

我们要遵照伟大领袖和导师毛主席和敬爱的周总理关于环境保护的指示，响应英明领袖华主席提出的“工业要发展，污染问题要认真解决”的伟大号召，为保护海洋环境，造福子孙万代而努力奋斗。

## 海洋化学的国外发展近况\*

纪明侯

李法西

(中国科学院海洋研究所)

(厦门大学海洋系)

海洋化学是海洋学的重要分支学科之一。它的任务是研究在海洋环境中所发生的化学过程，即研究海水、海洋大气、生物、底质中化学物质的组分、结构、存在形态、分布变化及相互作用等规律，为国防、渔业生产、资源利用提供可靠的科学依据。

海洋化学，自19世纪末确定了世界大洋海水化学的基本组成，其后提出氯度、盐度的概念与精确测定的方法，溶解氧、碱度以及氮、磷、硅等营养盐类的分析方法以来，除为海洋水文、海洋地质提供了大量化学数据外，主要地研究了营养盐类的世界大洋的分布变化与生物生产力的关系。四十年代以后，随着生产的发展和新的微量化学分析技术的引进和仪器

的自动化，海洋化学研究，特别在无机元素、放射性元素和有机物质在海洋中的地球化学变化的研究，不论在质或量上，都有了突飞猛进的发展。近年来，越来越多的研究工作采用了物理化学理论与计算法，定量地阐述化学过程的机理。同时随着生产的需要，海洋资源化学的研究也蓬勃地开展起来。

### 一、海洋无机元素地球化学

这方面工作是研究各种无机元素（金属的和非金属的）在海洋中的存在形态、分布、转移、归宿等地球化学变化规律。近来，较多的研究工作是关于海水中铝、铜、铁、锰、氮、磷、硅、碳酸盐等元素的地球化学，以及其与生物生产力的关系，也研究了某些微量元素如硼、碘、砷、铀、镭等的分布与存在形态、硼等元素与氯度的比值等等。1973—1974年美国“地球化学断面调查”（GEOSECS），大规

\* 本文参考了李培泉、刘光、胡明辉等同志提供的部分材料，和顾宏堪、周仲怀、黄华瑞、马锡年、吴瑜瑞、李明堂等同志提出的宝贵意见，特此致谢。