

文章编号:1001-8166(2004)06-0918-03

# 地球系统科学中海洋研究:未来 10 年海洋 全球变化研究前景\*

## ——IGBP 与 SCOR 提出建立新的“海洋计划”

李 明,侯春梅,张志强,迟秀丽

(中国科学院资源环境科学信息中心,甘肃 兰州 730000)

**摘 要:**覆盖地球表面积 72 % 的海洋是我们赖以生存的全球生态系统的重要组成部分,也是地球系统的关键功能环节。叙述了以“地球系统科学”思想为指导,针对“全球可持续性”需求的目标,研究与地球系统和全球变化紧密联系的海洋生物地球化学循环和海洋食物网的相互作用,探索气候和人文驱动的海洋生物地球化学过程,是新世纪海洋生态系统深入研究的重要方向,是认识可持续生态系统服务与产出的重要途径。

**关 键 词:**海洋;地球系统科学;全球变化

**中图分类号:**P7 **文献标识码:**A

海洋是地球系统的重要组成部分,在调节全球气候方面发挥着积极的作用。现在已经能够观测到海洋的大规模物理、化学和生物特征的变化。最明显的变化主要是海洋食物链结构、海岸带富营养化和珊瑚礁退化。IGBP 和联合国海洋研究科学委员会(SCOR)已经联合起来制定有关海洋生物地球化学与生物学的综合研究计划。为了理解海洋在“地球系统”生物地球化学中的作用、预测全球变化对海洋生物地球化学和生物的影响后果,以探讨可持续发展之路,2004 年 1 月 IGBP-SCOR 对未来 10 年全球变化研究中海洋生物地球化学与生物学研究前景进行了预测。

### 1 海洋在地球系统中的作用

海洋有巨大的贮存和交换热量和气体的能力,因此它对全球气候起着重要的控制作用。海洋是地球系统的最大组成部分,同时也是人类了解最少的组成部分。在地球系统中,海洋与大气、陆地紧密联

系在一起,因此,在讨论全球变化问题时不能对其孤立考虑。海洋可以缓冲来自大气和陆地的物理、化学信号。当然海洋也可以增强这些信号(图 1)。如过去相对较小的淡水变化阻碍了北冰洋的温盐环流,引起 10 年尺度的气候状况突变(Dansgaard-Oeschger Cycles)。古气候记录显示海洋过程制约着海洋中大气 CO<sub>2</sub> 与进入海洋的产生铁尘埃通量的动力机制。这些变化表明地球系统的各组分之间紧密相关,尽管我们对它的机制还没有完全了解。

过去 10 年,我们对海洋的认识已经取得了长足的进展。已经在全球尺度上对主要海洋过程进行了调查研究。对过去和现在的生物过程及气候对这些过程影响的了解已经越来越清楚。如实验和古记录均证实,微量元素(主要是铁)对海洋的生产力非常重要。最近确定的微生物(如广泛分布的 Archaea 和异养光合细菌)从根本上改变了我们对海洋生物地球化学的认识。未来 10 年,在海洋研究中还将获得更令人意想不到的发现。

\* 收稿日期:2004-10-05;修回日期:2004-11-03.

作者简介:李明(1949-),男,甘肃静宁人,副研究员,主要从事地学情报研究及科技期刊编辑工作.

尽管对海洋的认识已经取得了这些进展,海洋在全球变化中的作用的许多问题我们仍不了解。现在正在在对与气候涛动(如厄尔尼诺、南方涛动、北大西洋涛动)有关的海洋生态系统动态进行监测,但是在多数情况下,它们产生的原因、结果及时间尺度都无法确定。全面理解该系统需要拥有不同时间尺度的各种过程的大量数据。如现在从海洋中释放的  $\text{CO}_2$  是数百年前或数千年前被海洋吸收的  $\text{CO}_2$ 。

海洋分界面(海岸带、洋面、洋底)是敏感边界,大量的能源和矿物需要通过这些界面来获取。如陆地氮化合物通量的不断增加使海洋元素循环发生了改变。我们对海洋内部和洋底的物质交换的了解很少,对这些遥远地区进行监测的技术障碍只是导致这种状况的部分因素。随着温度的升高,贮藏在沉积物中的大量甲烷对大气的影晌尚未确定。海洋—大气界面有大量的气体通过。他们与大气化学、气候相互影响。因此我们需要了解海洋界面对全球变化影响的主要过程。

随着人类文明的进步,地球系统的一些重要组分,特别是大气甲烷和  $\text{CO}_2$  浓度、全球平均气温的变化已经超出了它的自然变化范围。海洋生态系统的组分和结构正在发生根本性的变化,人类已经意识到这些非线性变化,但是不能很好地理解,并且目前也不能进行预测。还不清楚将来这些变化与海洋系统如何响应。采用耦合模型研究海洋已经取得了显著的进展,但是仍然无法回答关键的生态问题。在理解地球系统的组成部分之间的阻尼和放大反馈、以及系统行为的突变方面仍然很局限。这些现象在古记录和模拟实验中均已发现,但是我们还未曾直接观测到。在未来,研究海洋的全球变化时必需重点研究地球系统动力学的触发和缓冲机制,及海洋的全球变化敏感区域。现选出 4 个关键地球系统问题,以指导确定与海洋生物地球化学与生物学研究相关的专题性研究问题: 海洋最关键的组成部分是什么? 海洋与地球系统其它组成部分之间的最主要反馈是什么? 海洋的哪些地区对全球变化最敏感? 海洋的哪些关键组成部分对人类活动最敏感,并对人类影响最大?

决定海洋生物地球化学的海洋的许多组成部分并非都对全球变化十分关键。某些组成部分的长时间尺度变化的重要性也许并不明显,某些组成部分对扰动非常脆弱并且可能导致突变。对海洋的关键组成部分及其与全球变化的相关性的分析,可以形成以下 3 个专题性问题: 21 世纪海洋是否会以现

在的速率继续吸收人为成因的碳; 关键物种在海洋功能中的作用是什么,物种组成变化的含义是什么? 人为活动能否或将改变进入海洋的风尘通量以至达到影响海洋生产力的程度?

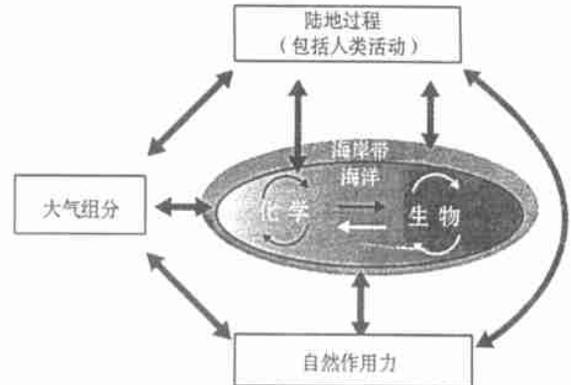


图 1 海洋及其边缘环境形成的耦合系统  
Fig. 1 The physical, chemical, and biological environment of the ocean and its margins form a complex and tightly coupled system

## 2 可持续性海洋

人类在陆地和海洋上的活动正在以日益增加的速度影响着海洋。全球 66% 的人口生活在海岸带 400 km 的范围内。海岸带内人口的增长和大城市的膨胀给生态系统造成的压力不断增加,使得人类社会对海洋的变化反映更加脆弱。人类社会依赖于来自海洋的生态系统物品和服务,因此也依赖于对海洋未来行为的调节能力。生态系统物品(如食物和能量)和服务(如废弃物净化和交通)使我们直接或间接从海洋生态系统获得益处。

大约 10 亿人依赖鱼类获取蛋白质。2000 年捕鱼业产量达到历史最高值,达 86.0 Mt。捕鱼业导致的直接后果是海洋食物链重组,使得一些有经济价值的鱼类灭绝,这是人类活动对海洋的最大直接影响之一。人类已经尝试加强渔业管理来规范化水产资源开发,或多或少取得了一些成绩。然而,十年气候涛动的影响超过了人为影响,在目前还不能预测。长期的定向变化还不能完全预测到,还未制定出相应的缓和措施和战略。自然与渔业共同变化的结果非常明显。人类的其它影响还包括增加来自河流的沉积物和养分(尤其是氮)输出、海岸带污染、改变河流流量、海洋生境破坏以及异种生物的引入。人类还通过大气变化影响海洋,如大气中  $\text{CO}_2$  的增加使海洋表层的 pH 值降低、温度升高、海冰减少,这些都被观测到。这些变化的生态表现已经在墨

西哥湾和其它地方的珊瑚礁退化、死亡带扩展上看到。

要了解海洋与人类社会的内在依赖关系就必须了解海洋与地球系统其它组成部分包括人类之间的相互作用。从 20 世纪开始,人类已成为全球变化的一种驱动力。由于日益增加的科技潜力和经济需求,人类对地球系统的影响已经与人口数量和生物量不成比例。要最大限度的可持续利用海洋资源,人类现有的知识是不充分的。因此,需要将自然科学和社会科学相结合开展研究,以提供维持人类需求与生态系统功能之间的可接受的平衡的必要知识。在指导人类利用海洋的研究方面,有以下 3 个关键问题: 未来发生的哪些海洋状况与人类健康和生存是不可调和的; 海洋地质工程的发展空间和限制条件; 经济有效管理海洋资源、保护海洋环境和以海洋为基础的人类社会需要怎样的社会机制。

在现有的技术条件下,我们有能力操作大规模海洋过程来造福一部分人,但是这需要另外一些人或者生态系统付出代价。如这样的海洋地质工程包括有目的的海洋 CO<sub>2</sub>封存、新的渔业方法、可更新的海洋能量资源的开发。毫无疑问,未来 10 年由于全球变化变得更加明显,我们实现这些发展选择的压力将不断增加。这就要用科学知识帮助我们确定哪些海洋资源对人类健康和生存最为重要,以及保持海洋生态系统得弹性和功能的选择。自然和社会科学家应该共同来提出更多有效的海洋环境管理结构模式。

### 3 目标与方法

未来 10 年全球变化海洋生物地球化学与生物学研究的基本目标是: 确定、观测和描述那些引起或响应全球变化的海洋生物地球化学与生物学的组成部分; 理解海洋对地球系统功能的反馈; 预测海洋生物地球化学与生物的未来变化,寻求可持续发展之路。

要想获得成功,必须加强交叉学科和全球协作。由于距离遥远或缺乏研究能力,许多敏感海洋区域还未曾进行过研究。这就需要加强全球范围的合

作,包括研究方面的合作,尤其是加强发展中国家与发达国家之间研究的合作。

海洋观测系统要观测与陆地和大气观测系统相联系的关键海洋变量。重点应关注地球系统的反馈,人类应既作为全球变化的驱动力又作为响应者来考虑。未来 10 年,海洋全球变化研究面临的挑战是为海洋可持续利用的政策(包括减轻影响和适应性管理的政策)提供知识基础。

由于已经认识到集成研究的重要性,IGBP 已经进行了重组,并且确定了 IGBP 第 2 阶段的研究计划,重点是未来 10 年与海洋相关的全球变化研究。海洋全球变化研究的中心努力是要发展一个独立的海洋研究计划。IGBP 与 SCOR 已经就发展 IGBP“海洋计划”(Ocean Project)达成了原则协议。

“海洋计划”将在地球系统科学的框架内开展,将通过“全球海洋生态系统动力学”(GLOBEC)和“集成海洋生物地球化学和生态系统研究”(IMBER)的合作来开展联合研究活动,如: 从研究复杂食物链入手,解决在《海洋生物地球化学与生物学:未来 10 年全球变化研究前景》报告中提出的问题; 阶段性科学综述或评估报告; 召开科学会议; 与包含海洋部分的 IGBP 其它计划即“上层海洋和低层大气研究”(SOLAS)和“海岸带陆海相互作用”(LOICZ)进行合作研究及集成数据管理。

GLOBEC 和 IMBER 联合研究活动将由协调委员会统一管理,协调委员会的成员由 GLOBEC 和 IMBER 的科学指导委员会(SSCs)及国际计划办公室(IPOs)、SOLAS 和 LOICZ 的代表组成。2 个 IPOs 和 2 个 SSCs 的合作和协调将会使整个合作研究变得容易。随着合作的发展及更多联合行动的开展,自 2009 年起,2 个 SSCs 将创建一个独立的、综合性的、包括 GLOBEC 和 IMBER 的研究科学活动的新的 IGBP“海洋计划”,届时 GLOBEC 也将完成其工作。

#### 参考文献(References):

- [1] <http://www.igbp.kva.se>
- [2] Ocean biogeochemistry and biology: A vision for the next decade of global change research[J]. *Global Change Newsletter*, 2003, 56: 19-22.