

浮游生物对海洋中碳及其微量金属转移的控制作用

詹滨秋 苗辉 任建伟

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

在海洋环境污染为人类所关注的今天, 海洋环境学家不仅想知道有害金属元素在海水中的浓度, 而且更迫切地要知道这些微量金属如何从溶解态转化为颗粒态? 如何从水体转移到底质?

过去几十年中, 海洋化学家对这些问题作了许多探讨, 形成了三种主要的理论: 沉降模式 (Settling model) (Tsunogai, Minagawa, 1978), 清扫模式 (Scavenging model) (Craig, 1974) 和可逆清扫模式 (Reversible scavenging model) (Bacan, Anderson, 1982)。在这些模式中, 都注意到微量金属在海洋中的沉淀和在铁、锰、硅氧化物上的吸附和络合作用, 仅偏重于海洋化学研究, 因而不能全面反映海洋的规律。本世纪七十年代中期, D. W. Spener et al. (1978), S. Honjo (1978) 开始使用沉积捕捉器 (Sediment trap) 研究海洋中沉降悬浮体的化学成份和沉积通量, 为了解悬浮体的来源和在垂直迁移中的变化而研究了悬浮体化学成份比率 (例如 Si/Al, Fe/Al, Mg/Al 和 Mn/Al)。Sclader 等人 (1976) 和 Bruland (1980) 发现过渡元素的垂直分布与营养盐的垂直分布十分相似。因而科学家假设了生物颗粒的沉降和再生控制海洋中微量金属元素分布和迁移的过程, 提出有多少在真光层生成的有机物质转移到深海中去、如何转移以及悬浮体在沉降过程中的变化。近几年来, 大量的事实说明, 由于快速沉降的有机物的絮凝作用, 悬浮的粘土有效地从海洋中转移出去 (Martin, Knauer, 1973; Greng et al., 1977; Li, 1981)。颗粒的成份主要是浮游生物和自游生物的粪粒 (fecal pellet)。这些粪粒的数量和组成反映了草食浮游动物对初

级生产者的利用规模和效率, 其对化学物质的同化能力, 反映了真光层的初级生产力。这些成果和问题的提出远远超出海洋化学的研究范畴, 涉及到物质在海洋生物地球化学过程中的变化, 引起人们对动态的、物理的、化学的生态环境系统研究的认识。这种研究对各个传统学科领域的横向联系提出了更多的要求, 使人们逐渐加深对各成分间相互作用的认识。

海洋可被分为三部分: 真光层、中层带和深海区。生物的初级生产局限于真光层, 中层带由浮游动物的活动所控制, 其它水体部分是生物活动明显减少能量的消耗层 (Hedgrath, 1957)。深海底质的研究表明, 沉积颗粒主要是矿化的浮游生物组织, 例如颗石 (Co. Coliths)、硅藻壳 (Diatoms frustules) 和有机色素 (Organic pigments)。与颗粒有关的浮游生物只在上两个层次生产。在短暂的时间内如何转移到深海? 海洋颗粒的研究结果 (如 Mc Cave, 1975) 已经表明颗粒大小的分布服从于指数函数关系。颗粒的质量和沉降速度随颗粒的大小增加而呈指数增加。因而科学家设想海洋上层中的颗粒、营养要素 (包括微量金属) 和人造物质转移到大洋底部是由一种更有效的大颗粒来完成的。象人们所知道的那样, 绝大部分浮游植物被浮游动物所吞食 (Steel, 1974)。一些滤食性生物可以消化象粘土 (Clay) 和石英 (Quartz) 之类的矿物颗粒, 未被消化的颗粒和剩余的有机物以粪粒形式回到海水中。这些颗粒比原来的大许多数量级。因而浮游动物的粪粒汇集了小颗粒, 加速了有机物的垂直转移过程。

Honjo, S. (1980) 发现, 在中层带搜集的沉降悬浮体中的 C/N 在 8—9 之间, 深层带的

大约为 10。中层带中有机碳的沉积通量大大地超过碳酸盐碳的沉积通量。我们在东太平洋 P 站(50°N, 145°W) 1000m 和 3800m 水深处搜集的沉降悬浮物质的显微照像表明, 浮游生物的碎屑和粪粒是沉降颗粒的主要成份。1984 年我们在加拿大哥伦比亚省萨尼奇湾进行微量金属海洋沉积通量研究时, 同样发现沉积的悬浮物质中 C/N 在 7 左右, 这一比值大体与浮游生物相当。同时又发现微量金属的年沉积通量与有机碳的年沉积通量呈线性关系。

Lobban et al. (1985) 已经确信, 至少有六种微量金属元素 (Fe, Cu, Zn, Mn, Co 和 Mo) 在生命过程中起着必不可少的作用。浮游生物在其生产过程中从海水中吸收微量金属, 对微量金属起浓缩作用, 同时, 溶解的和颗粒的微量金属影响生物的生产 and 成份。生物所生产的有机物能与海水中的微量金属络合, 并有利于微量金属在悬浮体上的吸附和沉积等化学过程 (Knauer, G. A 和 J. H. Martin, 1982)。海水中微量金属的浓度应受两个因素控制: (1) 能被生物所利用的形态的浓度; (2) 其它形态转化为生物可利用的形态的速度 (A. G. Lewis, James, P. M. Syvitski, 1983)。P. Szefer 等人 (1985) 研究了波罗的海水中不同的海洋中型浮游动物中的微量金属的含量和沉积通量。S. Norik 等人 (1985) 研究了浮游生物对海洋中微量金属迁移的影响。他们的研究成果都表明, 生物活动使海洋中的小颗粒集结成大颗粒, 这种大颗粒对微量金属垂直转移有重要作用。微量金属的沉积通量取决于颗粒的密度以及它与颗粒的结合力。

总而言之, 浮游生物对微量金属垂直迁移的控制作用包括两方面: (1) 浮游生物与沉降的悬浮体之间的相互作用, 使悬浮物变成更有利于沉降的形式; (2) 浮游生物对海水中微量金属的浓缩作用。可是, 至今对浮游生物、悬浮物质和微量金属之间的关系认识十分不足, 而这种关系又是微量金属和其它化学元素在海洋中垂直迁移的重要因素, 它正引起海洋生物学

家和化学海洋学家的重视。

由于海洋中大的沉降颗粒含量少及其具有较高的沉降速度, 所以用常规的采水方法收集沉降的悬浮物质是无效的。沉积捕捉器则是一种有效的工具, 这已经由长期的科学实践所证明 (Wiebe et al., 1976; Izeki, 1976; Gardner, 1977; Honjo, 1978; Spencer et al., 1978; Souter et al., 1977; Staresenic, 1978; Knauer et al., 1979; Rowe, Gardner, 1979)。捕捉器的设计应该注意下面几个问题, (1) 捕捉器的类型要根据海区悬浮物质的沉积通量而定。在近海, 沉积通量较大, 可采用圆柱形。在沉积通量较小的大洋中, 应该采用漏斗形, 提高捕捉量。这两种类型的实物照片见文献 [1]; (2) 必须防止由于捕捉器周围的湍流而引起的捕捉器内所捕捉样品的再悬浮; (3) 防止大型生物进入捕捉器; (4) 防止可能产生的阴影效应 (Shadow); (5) 如果捕捉器的投放时间较长, 应使用固定剂, 防止有机物的分解; (6) 投放时注意捕捉器因受水流影响, 而产生的倾斜, 必要时进行倾斜校正。

用沉积捕捉器研究海洋中化学元素沉积通量, 不仅可以研究悬浮物质的组成、化学元素垂直转移通量, 还可以与其它环境参数 (例如营养盐、盐度、温度、pH、碳酸盐、碱度、初级生产力、叶绿素、浮游生物种群和数量等) 进行同步研究, 构成整个生态环境中物理的、化学的和生物的各因素之间的相互作用关系, 加深对客观规律的认识。人们已经认识到要弄清微量金属在海洋中的迁移规律, 关键在于了解浮游生物对海洋中有机碳生产的控制作用。微量金属的迁移与有机碳的转移息息相关, 其过程包含着化学和生物过程。

海洋沉积通量的研究使我们能够直接计算微量金属在海洋的停留时间, 估价微量金属与生物的亲合力, 微量金属在海洋生物地球化学过程中活性和海洋对污染物的净化能力。这是一种多学科的综合研究, 如果对样品进行不同阶段的分离处理, 可能得到各种资料, 构成定量

模式, 有利于更全面地说明微量金属在海洋中迁移规律与环境因素的关系。

参考文献

- [1] 詹滨秋, 1986. 加拿大海洋学研究所概况。海洋科学 10(3): 69—70, 封3。
- [2] Bacon, M. P. and R. F. Anderson, 1982. Distribution of thorium isotopes between dissolved and particulate in the deep sea. *J. Geophys. Res.* 83: 2045—2056.
- [3] Bruland K. W., 1980. Oceanographic distribution of cadmium, zinc, nickel and copper in the north pacific. *Earth Planet. Sci. Lett.* 47: 176—198.
- [4] Craig, H., 1974. A scavenging model for trace elements in the deep sea. *Earth Planet. Sci. Lett.* 23: 149—159.
- [5] Hedgreth, J. W., 1957. Classification of marine environments. Treatise on marine ecology and paleoecology. Vol. I, *Ecology*, J. W. Hedgreth, ed, *Geological Society of America Memo.* 67: 17—27.
- [6] Honjo, S., 1978. Sedimentation of materials in the Sargasso sea at a 5, 367 m deep station. *J. Mar. Res.* 36: 469—492.
- [7] Honjo, S., 1980. Material fluxes and modes of sedimentation in the mesopelagic and bathypelagic zones. *J. Mar. Res.* 38: 53—97.
- [8] Izeki, K., 1976. Vertical transport mechanism of particulate organic matter in the open sea. Ph. D. Dissertation, Hokkaido University, 138 pp., Abstract in Izeki, K., Vertical flux of particulates by a floating collector. *Kaiyo Nagaku Noso*, 3: 18—25.
- [9] Knauer, G. A., J. H. Martin and K. W. Bruland, 1979. Flux of particulate carbon, nitrogen and phosphorous in upper water column of the Northeast Pacific. *Deep Sea Res.* 26: 97—108.
- [10] Knauer, G. A. and J. H. Martin, 1982. The cycle of living and dead particulate organic matter in the pelagic environment in relation to trace metals. *Trace Metals in Sea Water*. Plenum Press, New York, pp. 447—465.
- [11] Lewis, A. G. and J. P. M. Syvitski, 1983. The interaction of plankton and suspended sediment in fjord. *Sedimentary Geology.* 36: 81—82.
- [12] McCave, I. N., 1975. Vertical flux of particles in the ocean. *Deep Sea Res.* 22: 491—502.
- [13] Norki, S., N. Ishimori, K. Harada and S. Tsunogai, 1985. Removal of trace metals from sea water during a phytoplankton bloom as studied with sediment trap in Funka bay, Japan. *Marine Research* 17: 91—97.
- [14] Rowe, G. T. and W. D. Gardner, 1979. Sedimentation rates in the slope water of the northeast atlantic ocean measured directly with sediment traps. *J. Mar. Res.* 37: 581—600.
- [15] Sclater, F. R., E. Boyle, and J. M. Edmond, 1976. On the marine geochemistry of nickel. *Earth Planet. Sci. Lett.* 31: 119—138.
- [16] Soutar, A., S. A. Kling, A. Crill, E. Duffrin and K. W. Bruland, 1977. Monitoring in the marine environment through sedimentation. *Nature* 266: 136—139.
- [17] Spencer, D. W., P. G. Brewer, A. Fleer, S. Honjo, S. Krishnaswami and Y. Nozaki, 1978. Chemical fluxes from a sediment trap experiment in the deep Sargasso sea. *J. Mar. Res.* 36: 493—523.
- [18] Steele, J. H., 1974. The structure of marine ecosystems. Harvard University Press, Cambridge, p. 128. occurrence of some metals in mesozooplankton taken
- [19] Szefer, P., B. Skwarze and J. Koszteyn, 1985. The from south Baltic. *Mar. Chem.* 17: 237—254.
- [20] Tsunogai, S. and M. Minagawa, 1978. Settling model for the removal of insoluble chemical elements in sea water. *Geochem. J.* 12: 47—56.
- [21] Wiebe, P., S. H. Boyd and C. Wingget, 1976. Particulate matter sinking to the deep sea floor at 2000 m in the Tongue of the new sedimentation trap. *J. Mar. Res.* 34: 341—354.