

颗石藻与环境

侯奎¹, 陈镇东², 陈延成³, 田兴有¹

(1. 中国科学院地质研究所, 北京 100029; 2. 中山大学海洋地质及化学研究所, 台湾 高雄; 3. 化学矿产地质研究院, 河北 涿州 072754)

摘要: 全球海洋中颗石藻 (coccolith) 的年产量估计为 $536\ 800 \times 10^8 \sim 5\ 368\ 000 \times 10^8$ t, 为食植性动物提供食物 $531\ 432 \times 10^8 \sim 5\ 314\ 320 \times 10^8$ t, 产生碳酸盐约 12.8×10^8 t, 固定碳 $2\ 000 \times 10^8$ t, 从大气圈和水圈中吸收 CO_2 $7\ 333 \times 10^8$ t (为世界 CO_2 年排放量的 32 倍)。光合作用放出氧 $6\ 943 \times 10^8$ t。在海洋生物中居重要地位, 对维护地球表面生态平衡起重要作用。

关键词: 颗石藻; 年产量; 环境; 大气圈; 水圈

中图分类号: Q949.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)01-0051-03

Coccolith and environment HOU Kui¹, CHEN Zhen-dong², CHEN Yan-cheng³, TIAN Xin-you¹ (1. Institute of Geology, Chinese Academia Sinica, Beijing 100029, China; 2. Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, China; 3. Geological Institute for Chemical Minerals, Zhuozhou 072754, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(1): 51-53

Abstract: The annual output of coccolith in the oceans is $536\ 800 \times 10^8 \sim 5\ 368\ 000 \times 10^8$ tons, which can provide $531\ 432 \times 10^8 \sim 5\ 314\ 320 \times 10^8$ tons of food for planktons, produce 12.8×10^8 tons of carbonate, fix $2\ 000 \times 10^8$ tons of carbon, absorb $7\ 333 \times 10^8$ tons of CO_2 from the atmosphere and hydrosphere (equals 32 times the total CO_2 emitted in the world in a year), emit $6\ 943 \times 10^8$ tons of O_2 by photosynthesis. It showed great significance in maintaining ecological balance of the earth surface.

Key words: coccolith; annual output; environments; atmosphere; hydrosphere

海洋占地球表面积的 71%, 大于 2 000 m 的深海面积为 2.3×10^6 km², 占海洋总面积 326.9×10^6 km² 的 81.1%。钙质软泥的覆盖面积 128×10^6 km², 占深海总面积的 47.76%。颗石藻 (coccolith) 是深海的主要生物, 而且是海底钙质软泥的主要成分碳酸盐的主要来源, 其通过光合作用形成的巨大生物生产力, 是海洋生产有机物或经济产品的基础, 也是估计海域生产力和渔业资源潜力的重要参数, 而且在其光合作用过程中固定碳素的同时, 放出大量的氧气, 对维护地球表面的生态平衡有重要作用。因此, 对海洋颗石藻的研究有着重大的理论和现实意义。

1 颗石藻的生物量

根据吕炳全资料^[1], 在热带、亚热带海水中, 颗石藻的最大密度可达 $5 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4$ 个/L。根据同济大学海洋微体古生物室的资料^[2], 高纬度带的奥斯陆溺谷每升海水中有 $3\ 500 \times 10^4$ 个赫胥黎球石藻 (*Emiliana huxleyi* Lohmana); 太平洋每升水中含

颗石藻细胞和单个颗石的数量为 $800 \sim 5 \times 10^4$ 个, 大西洋热带区达 300×10^4 个, 有些地方在一定季节可达千万个。这些活的颗石藻, 在适宜条件下, 每 24 h 一个细胞上就有两个女儿细胞生长出来^[3]。Paasche 曾以赫胥黎球石藻进行实验^[4], 结果表明, 15 h 就可以观察到一个颗石藻发生的完整过程。假设颗石藻每 16.5 d 繁殖 1 次, 每年可繁殖 22 次, 每个颗石藻 1 年之内就会变成 8 388 607 个。这样一来, 热带、亚热带海水中颗石藻的密度为 $4\ 194.3 \times 10^8 \sim 41\ 943 \times 10^8$ 亿个/L。1 m³ 海水中就含 $4\ 194.3 \times 10^{11} \sim 41\ 943 \times 10^{11}$ 亿个。按 10×10^4 个颗石晶元的重量为 1 μg 计算, 1 m³ 海水中含颗石藻 $4\ 194.4 \times 10^8 \sim 41\ 943 \times 10^8$ g。1 km³ 的海水中含颗石藻 $4\ 194.3 \times 10^9 \sim 41\ 943 \times 10^9$ 亿克。深海范围 100 m 深度之内就有颗石藻 $(536\ 800 \sim 5\ 368\ 000) \times 10^8$ t。

收稿日期: 2000-06-14

作者简介: 侯奎 (1936-), 男, 安徽蒙城人, 大学, 副研究员, 主要从事沉积学研究。

据同济大学海洋微体古生物室的资料^[2],赤道太平洋区每年每 m^2 海底能接受 10 g 的颗石藻类碳酸盐沉积。深海范围内所接受的颗石藻碳酸盐为 $1.28 \times 10^6 \times 10$ (亿克), 即 12.8×10^8 t。与每年的深海碳酸盐沉积总量 11.08×10^8 t 接近^[5]。

将上述两项计算结果进行比较, 颗石藻年产量为深海碳酸盐沉积总量的 41 943 ~ 419 430 倍。考虑到浅海淤泥中也有颗石藻, 每 cm^3 也达 10×10^8 个^[1], 整个海洋颗石藻的年产量不会小于上述数字。

沉积到海底的颗石藻只占颗石藻年产量的极少部分, 这可能与颗石藻是海洋生物的第一食物链并在沉积过程中被溶解有关。

挠足虫(Copepods)类(节肢动物门, 甲壳纲)是主要摄食颗石藻的动物之一^[6], 每天每个挠足虫要消耗 1 200 个个体, 在排出的粪便 200 个粪球粒中, 一个单独的粪球粒含有 10×10^4 个颗石晶元, 相当于 $1 \mu\text{g}$ 碳酸钙。也就是说一个挠足虫每天要消耗 200 μg 颗石藻。有孔虫(Foraminifera)是另一类摄食颗石藻的动物。1 m^3 海水中的 100 ~ 1 000 个有孔虫个体(每个有孔虫每天要吃掉大约 $2 040 \times 10^4$ 个颗石)每天要吃掉 $2 \times 10^9 \sim 2 \times 10^{10}$ 个颗石。在有孔虫多的情况下, 海水中的颗石藻尚不够有孔虫 1 天的食用量。这主要靠颗石藻的繁殖速度快来维持它自身的生存和发展。把这些食植性动物分开在不同的海域与颗石藻共生, 才能维护这种生态平衡。正因为如此, 才有翼足类(Pteropoda)颗石藻软泥、有孔虫颗石藻软泥以及颗石藻软泥的形成。这和有孔虫的“绝对产量极大地取决于该地的浮游植物产量”^[5]的观点是一致的。钙质颗石鞭毛类和浮游有孔虫, 这两类浮游原生生物壳估计占现代海洋沉积碳酸盐的 80%^[5]。既说明有孔虫和颗石藻的生存依赖关系, 又说明颗石藻在海洋生物中占绝对重要地位。

由于颗石藻类非常细小($2 \sim 10 \mu\text{m}$), 沉降到海底需要几年时间, 在此漫长的过程中, 溶解能剧烈地改变或消灭颗石。最能抗溶解的颗石可幸存下来。加上被粪球粒包裹保存沉积下来的颗石藻, 同有孔虫壳一起, 构成了现代海洋沉积碳酸岩的主体。由于有孔虫等食植性动物是海洋食物链的一环, 它们又被其他食肉性动物吞食, 因此沉积保存下来的颗石藻只是极少数, 绝大多数被食植性动物所食。沉积到海底的颗石藻大约只有颗石藻年产量的 $1/400\ 000 \sim 1/40\ 000$ 。

2 颗石藻与海洋

2.1 海洋沉积物内碳酸钙的世界分布

根据 J.D. 米利曼的资料^[5], 钙质深海沉积物主要由浮游有孔虫和颗石组成, 总面积 $128 \times 10^6 \text{ km}^2$, 碳酸盐平均含量 65%。硅质软泥和红粘土的面积稍小, 含少量的碳酸钙。礁沉积物是主要的浅水沉积, 面积最小, 据估计其碳酸盐含量最高(80%)。大陆架和大陆坡覆盖面积较大, 但碳酸盐含量低。在世界海洋的表层沉积物里, 深海软泥占全部碳酸盐的 89% 以上。浅水碳酸盐(礁和大陆架)只占 4.8%, 而大陆坡碳酸盐总计占世界碳酸盐的 5.8%。这意味着深海碳酸盐沉积占优势。

2.2 颗石藻在优势深海碳酸盐中的含量

布拉母莱特估计^[3], 在现代太平洋沉积物里, 颗石约占碳酸盐的 10% ~ 15%。麦金太尔对大西洋有类似的估计(14% ~ 30%)^[3], 可印度洋里却发现较高值(10% ~ 50%)。Houghton 认为^[3], 钙质超微化石(主要是颗石藻)是侏罗纪以后深海碳酸盐的主要成分, 第三纪沉积物中含量超过 50%, 第四纪淤泥中, 大约占 30%。米利曼认为, 有孔虫和颗石藻的“骨骼”, 占现代海洋沉积碳酸盐的 80%^[5]。黑海面积为 $0.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 沉积速率每 1 000 a 约 5 cm; 在过去 3 000 a 间碳酸盐平均含量 50%, 在此之前为 25%。过去一直认为是化学沉淀, 后来的研究表明, 黑海里细粒碳酸盐几乎全是颗石软泥。颗石藻的含量达 50%。广东凡口泥盆系上统天子岭组 A 段的碳酸盐岩是由颗石藻、有孔虫、竹节石和硅质海绵骨针构成的, 平均计算, 颗石藻的含量在 25% 左右, 考虑到现代深海软泥中有孔虫、颗石藻之间的关系, 颗石藻的含量也可能达 50%^[7]。

2.3 颗石藻在大陆架、礁、半封闭海盆和大陆斜坡碳酸盐中的含量

能影响全世界碳酸盐数量的三个半封闭盆地是红海、黑海和地中海^[5]。红海面积 $0.453 \times 10^6 \text{ km}^2$, 沉积速率每 1 000 a 约 8 cm, 碳酸盐平均含量约 80%。黑海面积 $0.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 沉积速率每 1 000 a 约 5 cm, 碳酸盐含量在过去 3 000 a 间平均为 50%, 在此之前为 25%。在黑海和地中海中, 第四纪晚期沉积速率(从 ^{14}C 数据推出)假设近似于中新世后的速率。地中海面积 $4.357 \times 10^6 \text{ km}^2$, 中新世后的平均

沉积速率为 1 000 a 约 6 cm, 碳酸盐含量约 65%。第四纪晚期碳酸盐含量较低, 平均约 40%, 沉积速率每 1 000 a 约 4 cm。计算结果为: 中新世后半封闭盆地上碳酸盐的沉积占大陆架、礁、半封闭海盆地和大陆坡上的碳酸钙总沉积的 19.8%, 而黑海一个盆地的沉积则占总沉积的 16.38%。全新世, 三封闭海盆地碳酸盐沉积占大陆架、礁、封闭盆地和大陆坡上的碳酸盐总沉积的 7.1%, 而黑海一个半封闭盆地则占 4.55%。后来的研究证明, 黑海里细粒碳酸盐几乎全是颗石软泥。可以认为, 在封闭盆地里的碳酸盐中, 颗石藻含量为 50% 是可能的, 特别是黑海里的碳酸盐沉积, 更是如此。

2.4 古生代海洋沉积物(泥岩)中的颗石藻

深海碳酸盐(岩)既包括新生代的、中生代的、古生代的, 也包括元古代的。对于中、新生代的碳酸盐来说, 在理论及实际上均可以进行解释。由于侯奎、陈镇东等已经展示了古生代颗石藻化石的新材料, 在中元古代发现了颗石藻化石^[7], 使颗石藻成为深海碳酸盐(岩)的来源成为可能。奥陶纪、志留纪、泥盆纪遍布全球的黑色的、纹理的、缺乏底栖动物的海洋沉积物(泥岩), 也与颗石藻有关。颗石藻化石在塔里木盆地英买 1 井的奥陶纪泥岩、贵州桐梓地区志留纪黑色钙质泥岩以及广西南宁泥盆纪硅质岩中均有发现。而且发现的颗石藻绝大部分是钙质的, 少数是硅质的(可能是被硅化的结果)。只是泥岩中 CaCO_3 的含量尚不清楚。

3 颗石藻与环境

在过去的 16 万年间, 大气中二氧化碳含量的变化与地表温度变化成正比。工业 CO_2 排放量的增加, 导致了全球气温的升高, 从而形成“温室效应”^[8]。相反, 颗石藻则利用 CO_2 和水通过光合作用制造有机物质和放出氧气。据估计^[1], 世界海洋浮游植物的初级生产力(以碳计算)为 2.32×10^{10} t/a。刘志礼推算^[4], 藻类每年可固定碳 2×10^{11} t, 是全部高等植物的 5 倍。比每年全世界用于各种形式消耗的能量大 100 倍。由于底栖植物的生产力海域差异性很大, 与浮游生物相比, 生产力要小得多, 只有浮游生物生产力的 2% ~ 5%。世界海洋浮游植物的初级生产力只有藻类每年可固定碳的 1/2。因而导致富含有机质的沉积物广泛分布以及碳从大气圈-

水圈进入岩石圈^[6]。假设固定碳为纯净碳, 换算成 CO_2 就是 $7\,333 \times 10^8$ t。即颗石藻每年从大气圈和水圈中吸收 CO_2 $7\,333 \times 10^8$ t。颗石藻的年产量为 $50 \times 10^{12} \sim 500 \times 10^{12}$ t。若按 99% 被作为食物链消耗掉, 则尚余下 $0.5 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{12}$ t; 按颗石藻中有机质含量 4% 计算, 颗石藻每年可固定碳 $2 \times 10^{10} \sim 2 \times 10^{11}$ t。和藻类每年可固定碳 2×10^{11} t 基本相吻合。换算成 CO_2 为 $7\,333 \times 10^8$ t, 为全球 CO_2 年排放量的 32 倍。

海水中的溶解氧是海洋生命活动不可缺少的物质, 来源于大气和海洋中植物的光合作用, 含量和在海洋中的分布受化学过程和生物过程的控制。根据光合作用的化学反应式推算^[1], 藻类每年固定 CO_2 $7\,333 \times 10^8$ t 的同时, 可排放出氧气 $6\,943 \times 10^8$ t。现在世界上 CO_2 的年排放量约为 229×10^8 t, 全部被植物吸收, 通过光合作用, 可产生氧 216.82×10^8 t。前者远远大于后者。

从上述分析可以看出, 颗石藻对环境——大气圈和水圈的贡献十分巨大, 对维持地球表面生态平衡起重要作用。由于元古代、古生代有了颗石藻化石, 这种贡献可以上推到元古代、古生代。认识颗石藻的这种作用, 是十分重要的。

参考文献

- [1] 吕炳全, 孙志国. 海洋环境与地质[M]. 上海: 同济大学出版社, 1977. 36-45, 72-73.
- [2] 同济大学海洋微体古生物室编. 钙质超微化石[M]. 北京: 海洋出版社, 1982.
- [3] Houghton S D. Calcareous nannofossils. In: Robert R ed. Calcareous algae and stromatolites[M]. Berlin Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona: Springer-Verlag, 1991, 217-266.
- [4] 刘志礼. 化石藻类学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 159-171, 415-417, 421-431.
- [5] 米利曼 J D, 米勒 G, 弗斯特纳 U 著. 中国科学院地质研究所碳酸盐研究组译. 现代沉积碳酸盐, 第 1 卷, 海洋碳酸盐[M]. 北京: 地质出版社, 1978. 4-11, 49, 138-157.
- [6] Cook H E, Enos P 著. 深水碳酸盐环境[M]. 冯增昭, 等译. 北京: 地质出版社, 1977. 1-17.
- [7] 侯奎, 陈镇东, 陈延成, 等. 中国元古代古生代的颗石藻[M]. 海洋出版社, 1999. 199-211.
- [8] 蔡爱富. 环境保护与能源利用[M]. 中国科学报, 1992-02-19 (第 4 版).

(责任编辑: 宗世贤)