

西太平洋陆缘海沉积物中碳酸钙旋回*

阎 军

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

关键词 陆缘海, 碳酸钙旋回

提要 东中国海、南海沉积物中碳酸钙含量变化的分析与对比, 表明其碳酸钙含量变化与典型的太平洋 CaCO_3 旋回并不一致, 而是与大西洋型 CaCO_3 曲线相同。本文称之为西太平洋陆缘海型 CaCO_3 旋回。这种太平洋陆缘海型 CaCO_3 分布模式对该区域古气候研究及晚更新世以来地层划分具有重要应用价值。

30年代初, 海洋中更新世地层的岩性变化及一些其它指标有规律的变化就引起人们的广泛重视, 并由此提出了更新世气候波动这一全新概念。Arrhenius 根据他对东赤道太平洋沉积物中 CaCO_3 含量变化的研究, 首次提出更新世碳酸盐旋回这一概念, 即 CaCO_3 溶解旋回^[4], 具体表现为, 冰期时沉积物 CaCO_3 含量高, 间冰期时沉积物 CaCO_3 含量低。因而, 冰期、间冰期与高 CaCO_3 、低 CaCO_3 有同等意义, 这种现象在太平洋具有普遍性, 称为太平洋型 CaCO_3 溶解旋回。

大西洋中沉积物 CaCO_3 的研究却得出了与太平洋相反的结果, 即冰期时沉积物 CaCO_3 含量低, 间冰期时含量高。这样, 太平洋沉积物中 CaCO_3 含量变化与气候变化的对应关系在大西洋并不成立, 而是相反的, 称为大西洋型 CaCO_3 溶解旋回。

冲绳海槽为北太平洋西岸的狭长半深海沉积盆地, 地形变化较复杂, 总格局为南深北浅, 中部地形平坦, 是进行古环境研究的理想区域。Z₁₄₋₆ 孔 (图1, 27°07'N, 127°27'E), 位于海槽中段的东坡, 水深 739m, 柱样长 896cm。作者对其沉积物中 CaCO_3 含量按间隔 10cm 进行了测量, 同时对沉积物中粗碎屑组份 (>63 μ)

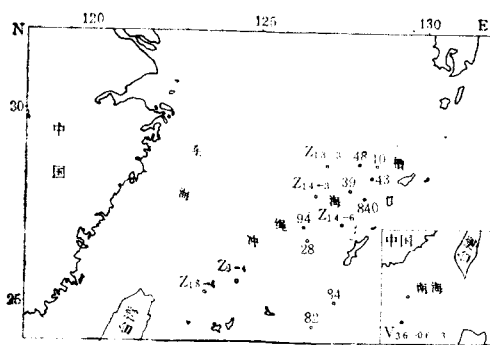


图1 研究区站位

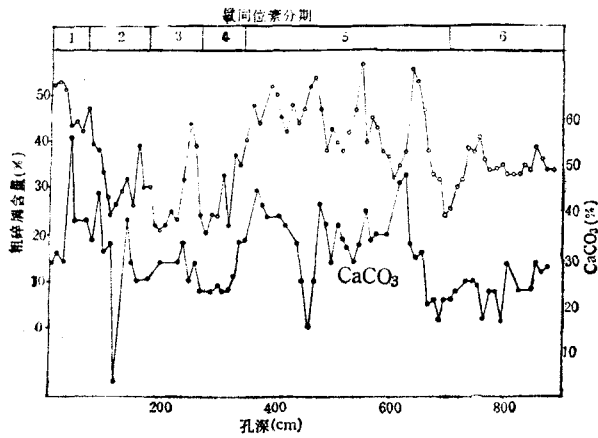
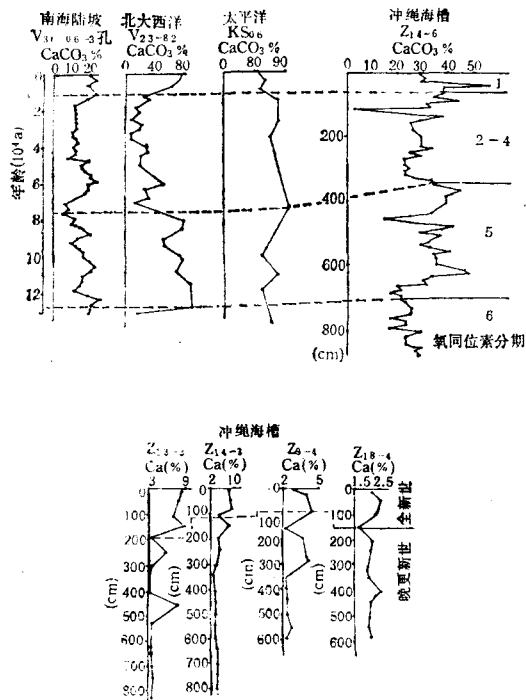
Fig. 1 Locations of the cores used in the study

进行了统计。

一、结果与讨论

Z₁₄₋₆ 孔氧同位素测年表明, 该孔为晚更新世以来的地层, 延时约 130000a。该孔沉积物中 CaCO_3 含量变化与粗碎屑含量变化较为一致 (图2)。 CaCO_3 含量在 3—48% 范围内。具体表现为, 在间冰期或冰后期 (氧同位素第 1, 5 期) CaCO_3 含量高, 而在冰期 (氧同位素

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1620 号; 本文是在秦蕴珊、苍树溪老师的指导下完成的, 同时得到权吉如、杨惠敏老师的热情帮助, 在此一并致谢。

图 2 Z₁₄₋₆ 孔 CaCO₃ 含量与粗碎屑含量变化曲线Fig. 2 CaCO₃ and coarse fraction (> 63 μ) content in core Z₁₄₋₆图 3 冲绳海槽柱样 CaCO₃ 含量曲线与南海 V₃₆₋₀₆₋₃ 孔、太平洋及大西洋相应曲线对比Fig. 3 CaCO₃ curves and their correlations in cores from the Okinawa Trough, South China Sea, Pacific and Atlantic ocean

2—4 期) CaCO₃ 含量低, 氧同位素第 1 期(全新世) CaCO₃ 平均含量为 37%, 第 2—4 期含

表 冲绳海槽北部和宫古岛以东海区柱样中 CaCO₃ 平均含量^[2]Tab. Average CaCO₃ contents in cores from the North Okinawa Trough and the east Miyako island

站 位	CaCO ₃ 含量		
	上段	界线深度 (cm)	下段
910	23.77	52	10.66
848	18.41	121	10.53
839	28.04	123	13.38
840	38.14	82	23.02
843	7.64	80	4.84
828	22.17	52	11.08
894	15.36	60	9.80
884	41.71	67	32.27
882	60.66	59	48.45

量为 27%, 第 5 期含量为 33%。因而, 这种含量变化与太平洋本身典型 CaCO₃ 旋回相反。

问题在于该事件是否具偶然性, 太平洋是否存在 CaCO₃ 旋回的另一模式。笔者从冲绳海槽大量有关 CaCO₃ 含量变化的资料以及南海 V₃₆₋₀₆₋₃ 孔对比发现, 这种西太平洋陆缘海型 CaCO₃ 旋回在这些区域具普遍性。

从图 3 和表中不难看出 CaCO₃ 含量变化的一些规律, 柱样的上部(全新世或冰后期地层) CaCO₃ 含量较高, 下部(晚更新世或末次冰期地层) CaCO₃ 含量普遍偏低, 这种变化趋势完全与太平洋 CaCO₃ 旋回相反, 而与大西洋 CaCO₃ 旋回一致, 在 Z₁₄₋₆ 孔和南海陆坡的 V₃₆₋₀₆₋₃ 孔中更为明显。在这两个岩芯中, CaCO₃ 含量在氧同位素第 5 期迅速增加。西太平洋大陆边缘为什么会存在这种与太平洋 CaCO₃ 旋回相悖的曲线? 控制世界大洋 CaCO₃ 含量变化的原因极为复杂, 可归结为:

1. CaCO₃ 供给速率

即钙质生物生产率(主要为有孔虫、钙质超微化石和翼足类等), 在其它条件相同时, 钙质生物生产率越高, 海底输送的钙质物质就越多, 沉积物中 CaCO₃ 含量也就越高。

2. 陆源物质供给速率

即陆源物质搬运总体积和搬运的有效率。例如,冰期时河流的下切作用以及直接搬运到更深海区使得陆源物质的搬运总体积和有效率同时增加,在钙质物质供给稳定的情况下,陆源物质的加入会“冲淡”原有 CaCO_3 含量,相对减少沉积物中 CaCO_3 含量。陆源供给速率越高,沉积物中 CaCO_3 含量越低。

3. CaCO_3 溶解作用

钙质生物骨骼在缓慢沉入海底过程中必将受到不同程度的溶解,尤其是在海底表面,滞留时间长,溶解更为强烈,特别是在 CaCO_3 补偿深度以下,很少,甚至无 CaCO_3 沉积。

4. 老化的底层水的发育程度

由于底层水不断对海底有机物的氧化,使之富含 CO_2 ,对海底沉积物中 CaCO_3 的溶蚀极强,而减少了沉积物中 CaCO_3 拥有量。

5. 海水表层有机物质生产率

生产率增高,使大量有机物质沉入海底并不断被氧化,分解出 CO_2 ,增加了海水的腐蚀力,如果海水循环状况差,必然造成底层水的腐蚀力增强,减少 CaCO_3 含量。

6. 沉积区内其它非 CaCO_3 物质的供给速率

这些物质均来自沉积盆地内,如硅质生物骨骼、火山喷发物等。数量多时也能对 CaCO_3 含量产生一定的稀释作用,甚至在一定时期内成为主要因素。

有足够的证据说明,冰期时大洋表层温度增加,大洋环流加强^[9]。由于大洋水的强烈混合,海水表层养料富集,钙质生物生产率增加。然而,冰期时的太平洋、大西洋、南海陆坡和冲绳海槽情况截然不同。

大西洋两岸的流域面积为太平洋和印度洋之和的两倍^[6],无疑陆源物质的输入对大西洋沉积物中 CaCO_3 含量产生深刻的影响。冰期时世界性的海平面下降,使得河流侵蚀基准面下降,河流下切作用增强,再加上河道直接向海底深处的延伸,造成陆源物向海搬运总体积和总有效率的同时增加。大量陆源物质冲淡了沉积物中 CaCO_3 含量,掩盖了大西洋生物生产率的

增加。同时,冰期时挪威海不再生产北大西洋底层水^[7],势必造成南极底层水向北流动加强,从而对沉积物中 CaCO_3 的溶蚀加强。在这种影响下,冰期时大西洋沉积物 CaCO_3 含量较低。

冰期时的太平洋,虽然其陆源供给量增加,但其周边有宽广的大陆架的阻挡,与大西洋相比,输入到太平洋海盆中的陆源物十分少,而且,北太平洋无底层水发源地,在冰期时太平洋中层水占据大部水体,这种中层水含氧量较高,循环较好,因而使得沉积物中 CaCO_3 保存较好^[8]。这些综合效应形成了冰期时太平洋高 CaCO_3 现象。

南海陆坡受珠江等河流的影响,在冰期时,陆源供给速率剧增。 $V_{36-03-6}$ 孔非 CaCO_3 沉积物沉积速率由末次间冰期(氧同位素第5期)的 $6.38\text{cm}/1000\text{a}$ 增加到末次冰期(氧同位素2—4期)的 $9.20\text{cm}/1000\text{a}$,陆源供给速率增加44%,比冰后期(氧同位素第1期)的非 CaCO_3 物质供给速率($5.86\text{cm}/1000\text{a}$)增加57%。因而,陆源物质对该孔 CaCO_3 含量的影响显而易见。因此,表现出与太平洋相反的 CaCO_3 旋回。^[11]

冲绳海槽区的沉积环境与南海陆坡、大西洋及太平洋其它区域比较有其独特之处:(1)海槽的东坡受陆源物质影响小;(2)水深较浅,尤其是 Z_{14-6} 孔(739m),受溶解作用小;(3)受黑潮暖流扩散作用的影响。

Z_{14-6} 孔位于海槽的东坡。宽广的东海大陆架和低洼的冲绳海槽对陆源物质向东部运移起到了阻碍和缓冲作用。即陆源物质供给速率的波动,经过这些海域的缓冲,减少了其波动幅度。

Z_{14-6} 孔位于水深739m处,远在太平洋 CCD 之上,即使 CCD 在大陆边缘抬升也不会波及到水深700m以上处。据研究,日本海在10000a至8000a间位于现代水深2000m处的 CCD 可抬升到935m之浅^[9],这是由其特定的地理环境所决定的。日本海海底在末次冰期经过长时间的还原环境后,在10000—8000a间由

于对马暖流的流入,给海底带进了大量氧气,沉积物中大量有机物被氧化,形成富含 CO_2 水层,沉积物中 CaCO_3 被溶解,CCD 快速抬升。 Z_{14-6} 孔都不具备这些特定条件,从有孔虫壳体的光泽、易溶种含量的变化、壳体的保存状态等都没有遭受溶蚀的直接证据。该孔翼足类碎片的连续分布也证实了这一点,因为翼足类(文石质壳) CCD 在 CaCO_3 CCD 之上,丰富的翼足类碎片,表明有孔虫方解石质壳体保存完好。

黑潮为一高温、高盐、富养料水体,其流势的变化基本上控制了冲绳海槽区表层海水钙质生物生产率的变化。据研究,末次冰期时由于极峰向赤道压缩,造成气候带向赤道方向偏移,受这种影响,古亲潮与古黑潮的混合带比现今位置偏南 $3-5^\circ\text{[10]}$ 。冷水团(亲潮)向南的挤压,必然使古黑潮的流势减缓,使得流经区域钙质生物生产率降低,因而,沉积物中 CaCO_3 含量变低。末次间冰期和冰后期,气候适宜,黑潮流势大大强于末次冰期时期,大量钙质生物繁殖,沉积物中 CaCO_3 含量增高。据 Z_{14-6} 孔分段沉积速率统计,其冰后期(氧同位素第 1 期)、末次冰期(氧同位素 2—4 期)和末次间冰期(氧同位素第 5 期)的沉积速率分别为 $6.4\text{cm}/1000\text{a}$, $4.2\text{cm}/1000\text{a}$ 和 $6.9\text{cm}/1000\text{a}$,呈现沉积速率随气候变暖而增加之势。该孔粗碎屑含量及有孔虫个体数在冰后期和间冰期均有明显增加,镜下鉴定发现,粗碎屑几乎完全由有孔虫及翼足类碎片组成。说明间冰期沉积速率的增加是由钙质生物生产率增加引起的。

总之,西太平洋陆缘海型 CaCO_3 旋回是由其特定环境造成的。在南海陆坡,由于珠江等河流的影响,表现为“冲淡型”碳酸钙旋回,在冲绳海槽,由于黑潮流势强弱变化,表现为“生物生产率型”碳酸钙旋回。

二、结论

过去一直认为太平洋沉积物中 CaCO_3 含量变化呈统一的太平洋型 CaCO_3 旋回,本文的研究表明,西太平洋大陆陆缘海区 CaCO_3 旋回

与之完全相反,而与大西洋 CaCO_3 旋回进程一致,但是,其特点又与大西洋型 CaCO_3 变化模式有所不同,因而本文称之为西太平洋陆缘海型 CaCO_3 旋回。尽管南海陆坡与冲绳海槽这种边缘海型 CaCO_3 旋回成因不同,但这种与太平洋相反的 CaCO_3 旋回在西太平洋边缘海区普遍存在。

西太平洋陆缘海型 CaCO_3 旋回按成因可分为冲淡型(南海陆坡)和生物生产率型(冲绳海槽)两类。两者主要受陆源供给速率和钙质生物生产率的控制,在深水区域,也许还要受 CaCO_3 溶解作用的影响。

岩芯的 CaCO_3 曲线表明,其变化与气候的冷暖变化近于一致,因而可作为古气候研究的一个指标。同时, CaCO_3 曲线对于半深海区晚更新世地层的划分具有重要意义。

主要参考文献

- [1] 汪品先等, 1986. 13 万年来南海北部陆坡的浮游有孔虫及其古海洋学意义. 地质学报 60(3): 215—225.
- [2] 地质矿产部海洋地质调查局, 1985. 冲绳海槽地貌及沉积物研究. 海洋地质专刊 2(1): 100.
- [3] 秦蕴珊等, 1987. 东海地质. 科学出版社, 250—254.
- [4] Arrhenius, G., 1952. Sediment cores from the East Pacific. Swed. Deep-Sea Exped. 1947—1948 Rep., 5: 1—228.
- [5] CLIMAP Project Members, 1976. The surface of the Ice Age Earth. Science 191: 1131—1137.
- [6] Olausson, E., 1965. Evidence of climatic changes in North Atlantic Deep-Sea core, with remarks on isotopic palaeotemperature analysis. Progress in Oceanography 3: 221—252. “The Phanerozoic Time-scale—a Supplement”. Special Publication No.5, Geological Society (London), 1971.
- [7] Kellogg, T. B., 1976. Late Quaternary climatic Changes: Evidence from deep-sea cores of the Norwegian and Greenland Seas. In: Cline and Hays(Editors), Investigations of the Late Quaternary Palaeoceanography and Palaeoclimatology. Geol. Soc. Am. Mem., 145: 77—110.
- [8] Sachs, W. H., 1976. Evidence for the role of the ocean in climatic changes: tests of Weyl's theory of ice ages. J. Geophys. Res. 81: 3141—3150.
- [9] Kato, T., Endo, M. and Koto, M., 1983. Vertical distribution of various elements in sediment cores from the Japan Sea. Mar. Geol., 53: 277—290.
- [10] Thompson, P. R., 1981. Planktonic foraminifera in the Western North Pacific during the past 150,000

years: comparison of modern and fossil assemblages.
Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 35: 241—

279.

ON THE CaCO_3 CYCLE IN THE SEDIMENTS CORES FROM THE WESTERN PACIFIC CONTINENTAL MARGIN

Yan Jun

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

Key Words: Continental margin, CaCO_3 cycle

Abstract

CaCO_3 contents in sediments cores from the East China Sea and the South China Sea were analysed. Results show that the CaCO_3 contents in these area do not coincide with the typical Pacific CaCO_3 cycle, but are almost the same as the Atlantic CaCO_3 cycle, we call it the Western Pacific continental margin CaCO_3 cycle, which is of great significance to the Pleistocene palaeoclimatology and stratum division of the area.