

# 东海底质中钙质超微化石的分布

汪品先 成鑫荣

(同济大学海洋地质系, 上海)

## 摘 要

东海30个表层沉积样和6个站位18个浮游样分析的结果表明, 沉积物中颗石类丰度随着离岸水深加大而增高, 冲绳海槽的丰度比内陆架高数千倍, 但在残留砂分布区则明显降低。东海共见颗石类28种, 以 *Emiliana huxleyi* 和 *Gephyrocapsa oceanica* 两种占压倒优势。冲绳海槽的颗石类组合与太平洋的相近, 而不同于低分异度的陆架组合。陆架水柱中仅在中层浮游样中发现较高含量的颗石类, 而且保存不佳, 颗石球罕见, 推测系从海底再悬浮而来。

东海底质中钙质超微化石的研究始于70年代晚期, 当时美国Geitzenauer等<sup>[1]</sup>和日本西田史朗<sup>[2]</sup>各自分析了东海陆架一个沉积样中颗石类; 接着, 陈民本<sup>[3]</sup>从台湾报道了冲绳海槽南部台湾附近颗石类的丰度和属种。80年代初, 我们开始对东海表层沉积中的钙质超微化石进行比较系统的定性和定量研究<sup>[4, 5]</sup>。本文是在分析浮游和更多表层沉积样的基础上, 对颗石类在东海的丰度分布、属种成分、生物地理以及沉积物和水层中属种组成的区别, 作进一步的探讨。

## 一、材料与方法

本文共分析表层沉积样30个, 均系抓样, 先后由国家海洋局第二海洋研究所于1977年和山东海洋学院“东方红”号考察船于1983年秋季采集(图1)。全部样品均先用偏光显微镜进行定性观察, 其中15个样品作全群的丰度统计, 又对9个样品在扫描电镜下作各属种百分含量的计数。进行丰度统计者, 取干样0.5g加饱和CaCO<sub>3</sub>的水20ml并混和, 取液2滴加扩散剂制片后, 计算每mm<sup>2</sup>中的超微化石含量; 一部分样品用改进的Atterberg法分为4个粒级(<2μm, 2—6μm, 6—20μm, >20μm), 取其中前3级用扫描电镜鉴定所含颗石类的属种。作百分含量统计者, 采用不经处理的样品在电镜下数200—300枚并作属种鉴定。

6个站位水柱中的浮游样品, 系1981年8月中美海洋沉积作用联合研究计划进行过程中所采集(图1)。每个站位均从表层(距水面约3m)、中层(海底深度的一半)和底层

本文于1986年1月31日收到, 修改稿于1988年8月21日收到。

(距海底约1m)处共取3个水样,然后直接在船上用Millipore滤膜过滤,滤膜上的超微化石用偏光显微镜和扫描电镜进行鉴定。由于不同浮游样过滤的水量不一,没有试图去定量测定颗石类的浓度。

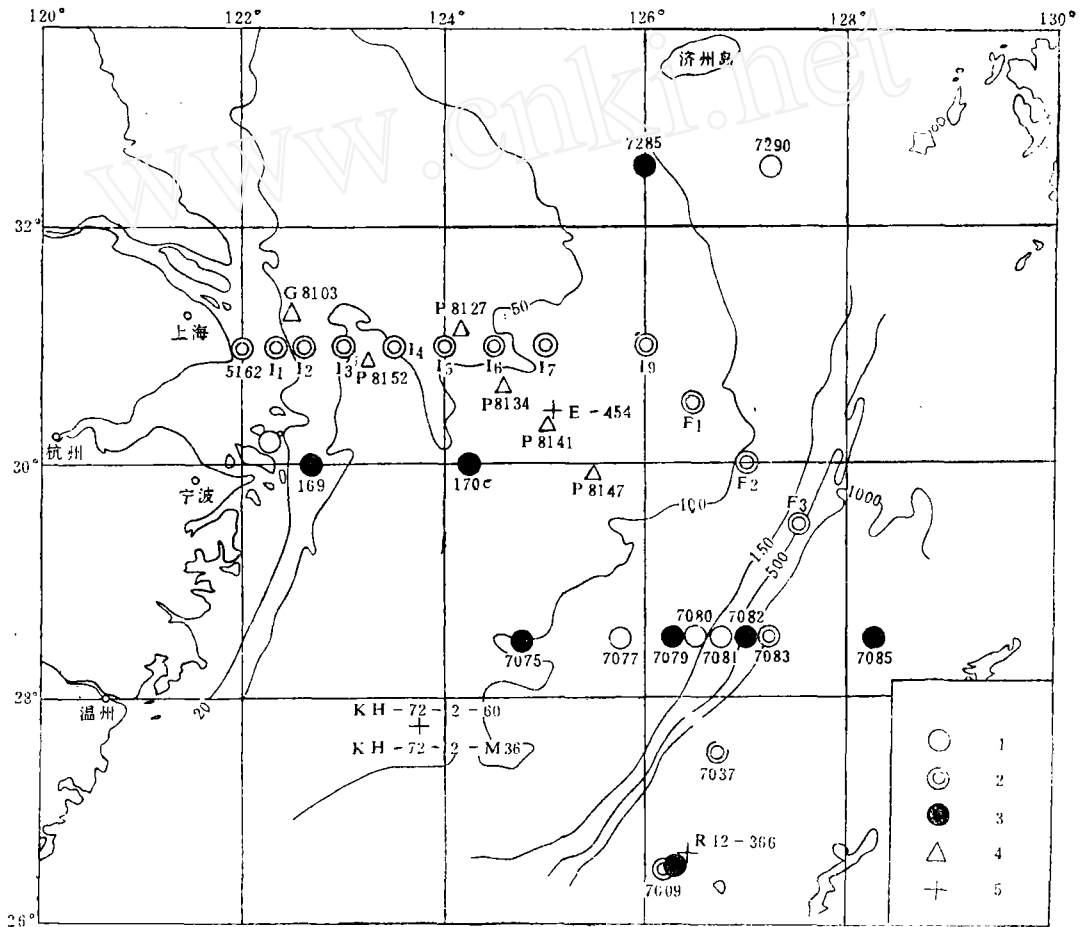


图1 样品站位图

1——对底质中颗石类作定性观察的站点 2——统计底质中颗石类丰度的站点 3——统计底质中颗石类属种相对含量的站点 4——分析浮游样品的站点 5——前人研究的站点

## 二、表层沉积中颗石类的丰度

颗石类含量在东海表层沉积中相差悬殊。根据15个不同水深的样品所作定量统计,薄片每 $\text{mm}^2$ 面积中发现的颗石类从2枚到4 347枚不等,平均864枚,比大洋中的数值低得多。同时,沉积物中颗石类的丰度明显地具有由近岸浅水向冲绳海槽深水增加的趋势(表1,图2),这种趋势在世界其他海区也有报道<sup>[6]</sup>,因此很值得对造成这种趋势的原因作一讨

论。

由于东海近岸浅水区由低盐度的沿岸水和低温度的黄海水所覆盖，而远岸深水区的上层由高温高盐的黑潮所控制，很容易把上述趋势归因为后者对各种颗石藻的发育比较有利。然而文献资料表明，远岸区的颗石藻生产率并不比近岸区高；相反，颗石藻最高丰度的记录正是在奥斯陆溺谷之类的近岸浅水中，而且在岸边其数量最大<sup>[7]</sup>。可见，颗石类在沉积物中的丰度随深度而增加，其原因应在于近岸区陆源碎屑物迅速堆积所起的冲淡作用。例如，在墨西哥湾北部陆架颗石类虽然在水层中大量产出，而在碎屑物为主的沉积物中却比较罕见<sup>[8]</sup>。相信东海所见的也正是这种情况。

上述总趋势在表1和图2中十分明显，但是也有例外。如I5和F3两站颗石类的丰度突然降低，原因是该两站属残留砂区，那里颗石或其他细粒沉积物均不能堆积。又如在冲绳海槽的中部，颗石类丰度也略有下降（如7009站），这种下降可能与碳酸盐溶解作用引起的钙质化石的破坏有关，因为相应站位沉积物中的浮游有孔虫也出现大量破壳。此种现象在冲绳海槽南部尤为显著，沉积物中颗石类丰度和CaCO<sub>3</sub>含量同时呈现大幅度的波动，以致在相似深度下，颗石类个数竟可相差数十倍<sup>[3]</sup>。

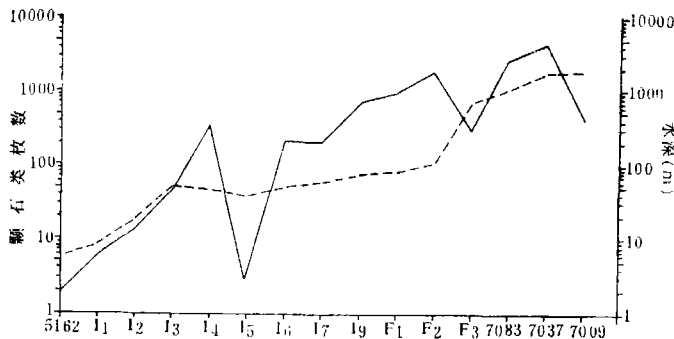


图2 东海表层沉积中颗石类丰度与水深关系

实线表示颗石类丰度（每 mm<sup>2</sup> 面积薄片中的个数），虚线表示水深（m），均用对数示出。丰度特别低的 I5、F3 站系残留沉积区

### 三、属种组合与生物地理

在东海表层沉积中，总共发现28种颗石类和3种钙质沟鞭藻（图版 I—II），它们在样品中的相对丰度如表2所示。每个沉积样品中所见的种数，从陆架的5—8种增加到冲绳海槽的12—22种（包括钙质沟鞭藻胸球石 *Thoracosphaera* 在内）。

在全部样品中，赫胥黎艾氏石 *Emiliania huxleyi* 与大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 两优势种均占全群90%以上，其余各个种的含量均不超过5%。此外，薄伞石 *Umbell-sphaera tenuis* 和奇异脐球石 *Umbilicosphaera sibogae* 在所有样品中均有出现；弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus*（包括 B、C2 变种）、卡特螺海石 *Helicosphaera carteri*—刻痕石诸种 *Crenalithus* spp. 以及稀少的典型蓝石 *Scyphosphaera apsteinii* 与具管盘球石 *Discosphaera tubifer* 在海槽和陆架均有分布。而脆弱瓣形石 *Oolithotus fragilis*、

缠结亥星石 *Hayaster perplexus* 和冠毛角状石 *Ceratolithus cristatus* 以及 3 种钙质沟鞭藻胸球石 *Thoracosphaera* 等, 却只见于陆架以外的较深水域。

表1 东海表层沉积中颗石类的丰度 (每 mm<sup>2</sup> 面积薄片中的个数)

样品号	5162	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I9	F1	F2	F3	7083	7037	7009
经度 E	122°	122°20'	122°35'	123°	123°30'	124°	124°30'	125°	126°	126°30'	127°	127°30'	126°15'	126°45'	126°15'
纬度 N	31°	31°	31°	31°	31°	31°	31°	31°	31°	30°30'	30°	29°30'	28°30'	27°30'	26°30'
水深(m)	~5	8	18	52	47	40	50	50	75	80	110	242	1100	1725	1900
沉积物	泥	泥	泥	泥	粉砂质泥	砂	泥	泥	泥	粉砂质泥	粉砂质泥	砂	泥	泥	泥
颗石丰度	2	6	13	46	333	3	219	215	695	970	1859	300	2631	4347	1320

北太平洋钙质超微化石的生物地理分区, 曾由苏联的 Ушакова<sup>[9]</sup> 日本的 Okada and Honjo<sup>[10]</sup>、Honjo<sup>[11]</sup>、美国的 Geitzenauer 等<sup>[1, 12]</sup>、Roth and Coulbourn<sup>[13]</sup> 研究过。他们发现颗石类组合的分布与表层水团相联系, 并分出至少 4 个代表不同温度水体的颗石类组合(赤道水团、中央水团、过渡水团和亚北极水团组合), 其中相当于北太平洋中央水团的组合以 *E. huxleyi* 与 *G. oceanica* 占优势, 并以 *U. tenuis* 为特征。将东海已研究样品中主要各种的百分含量与北太平洋 4 个组合相比, 发现它们与中央水团的组合最为相近(表 3)。因此, 东海在超微浮游生物的生物地理分区上属于北太平洋中央区。

东海各种超微化石中, *E. huxleyi* 是一个广温种, 从亚北极水域到赤道水域中均有产出。然而 *E. huxleyi* 有冷水型和暖水型之分; 冷水型中央无孔, 远极盾具 23—33 晶元<sup>[14]</sup>; 暖水型中央开孔, 远极盾具 30—40 晶元<sup>[14]</sup>。东海标本的统计结果表明, *E. huxleyi* 的晶元数从 22 到 36 不等, 平均值为 29.5, 这也反映了中央水团热带的性质。*G. oceanica* 是一个暖水种, 在 10°N—10°S 间含量最高, 但其高值带沿黑潮可向北延伸<sup>[13]</sup>, 在东海和 *E. huxleyi* 同样是优势种。*U. tenuis* 属亚热带类型<sup>[15]</sup>, 是北太平洋中央水团的标志种<sup>[13]</sup>, 它在东海沉积中虽然含量不高但出现广泛, 也反映出亚热带海区的特点。东海沉积中的 *C. leptoporus* 既有远极盾具 30 余晶元的 B 变种(图版 I, 图 11), 又有具 20 左右晶元的 C 变种(图版 I, 图 12), 同样是亚热带的特色。热带种(如不规则伞石 *Umbellosphaera irregularis* 等)在东海的少量出现, 相信与黑潮源于赤道暖流有关。至于在冲绳海槽偶见的冷水种远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* (图版 III, 图 1) 究竟是现代种还是更新世低温期的残留物, 尚待核实。

如果将世界中、低纬度区陆架浅海或海湾、潟湖表层沉积中的超微化石属种组合作一比较, 可以得出一些有趣的结论。根据泰国湾、澳洲卡奔塔利亚湾、日本南部浅海和内海、台湾海峡<sup>[16]</sup>、西塔斯曼海陆架<sup>[6]</sup>、大堡礁和托雷斯海峡<sup>[17]</sup> 以及英属洪都拉斯陆架潟湖<sup>[18]</sup> 的资料看来, 其优势种均为 *E. huxleyi* 与 *G. oceanica* 2 种, *H. carteri*、*U. sibogae* 与美丽条球石 *Syracosphaera pulchra* 亦在各海区普遍出现, 在较多浅海区见到的有埃氏桥石 *Gephrocapsa ericsoni* 和 *C. leptoporus*、*Syracosphaera* spp. 等种。这些种在东海陆架几乎都有出现, 表现出中、低纬度浅海区颗石类组合的相似性。东海陆架沉积

表2 沉积样品中颗石类(和钙质沟鞭藻)的相对丰度

	样 品 号:	7037	7009	7085	7082	7079	7075	7285	170c
	水 深 (m):	1 725	1 900	1 400	547	115	95	90	65
1. <i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler		A*	A	A	A	A	A	A	A
2. <i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner		C	C	F	F	A	A	F	A
3. <i>G. muelleriae</i> Breheret			S	S		R	R	S	
4. <i>G. eriesonii</i> McIntyre & Bé			S	S	R				
5. <i>Crenolithus parvulus</i> Okada & McIntyre	}								
6. <i>C. productellus</i> Bukry			R	R	R	S			S
7. <i>C. sessilis</i> (Lohmann) Okada & McIntyre									
8. <i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan		S	S	R	R	R		S	
9. <i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder		R	S	R	R	R	R	R	R
10. <i>U. hulburtiana</i> Gaarder				S	S				
11. <i>Neosphaera coccolithomorpha</i> Lecal-Schlauder				S					
12. <i>Cycloplacolithella aequiscutum</i> (Gartner) Haq			S						
13. <i>Oolithotus fragilis</i> (Lohmann) Okada & McIntyre	S	S	S	S					
14. <i>Hayaster perplexus</i> (Bramlette & Riedel) Bukry	S	R	S	S					
15. <i>Umbellosphaera irregularis</i> Paasche	R	S	S	S					
16. <i>U. tenuis</i> (Kamptner) Paasche	C	C	R	R	R	R	S	S	
17. <i>Rhabdosphaera claviger</i> Murray & Blackman		S	S	S			S		
18. <i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Osterfeld				S					
19. <i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller				S					
20. <i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner incl. type <i>wallichii</i> (Lohmann) Okada & McIntyre	S	S	S	S	S		R	R	
21. <i>H. hyalina</i> Gaarder	S								
22. <i>Pontosphaera japonica</i> (Takajama) Nishida				S					
23. <i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann			S	S		S			
24. <i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann		S	S	S					
25. <i>Syracosphaera</i> spp.		S	S	S					
26. <i>Anoptosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Deflandre			S	S					
27. <i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner	S		S						
28. <i>Braarudosphaera bigelowi</i> (Gran & Braarud) Deflandre 钙质沟鞭藻									
29. <i>Thoracosphaera heimi</i> (Lohmann) Kamptner	}			S	S				
30. <i>T. albatrosiana</i> Kamptner		S		S	S				
31. <i>T. tuberosa</i> Kamptner									

\*A——丰富(>40%); F——大量(20—40%); C——常见(5—20%); R——少见(1—5%); S——罕见(<1%),

表3 东海底质中颗石类组合与北太平洋颗石类诸组合的比较(用百分比表示)

种	赤道区	中央区	过渡区	亚北极区	东 海
<i>Coccolithus pelagicus</i>		0.1	4.9	57.8	
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i>	3.3	2.7	42.8	21.3	
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	6.8	2.9	12.9	6.0	0.2
<i>Emiliana huxleyi</i>	24.9	42.6	30.0	19.8	57.1
<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	12.9	2.3	1.9		1.3
<i>Helicosphaera carteri</i>	3.6	3.0	1.0		0.2
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	38.9	28.7	3.2	3.0	36.5
<i>Oolithotus fragilis</i>	1.4	0.6			0.1
<i>Umbellosphaera tenuis</i>		1.9			2.6

(太平洋资料据Roth和Coulbourn, 1982)

中*U. tenuis*广泛出现, 是本区的特点之一。而只在冲绳海槽见到的*U. irregularis*颗石型新球石*Neosphaera coccolithomorpha*、*S. apsteinii*、*C. cristatus*以及*Thoracosphaera* spp. 等种, 在其他陆架亦无发现, 可能说明它们是只能在较深水层中或者比较开放海区生活的大洋性种。

*Emiliana huxleyi*和*Gephyrocapsa oceanica* 2种在浅海占绝对优势, 但两者的含量比值却有显著变化。从西太平洋经冲绳海槽到东海陆架, 此2种的优势度逐渐上升, 而其中*E. huxleyi*所占比例相对下降、*G. oceanica*的比例相对上升(图3), 在大洋和海槽中, *E. huxleyi*的百分含量远远超过*G. oceanica*, 但到中陆架时(如170c站)*G. oceanica*已略为多于*E. huxleyi*。*G. oceanica*向岸增多是西太平洋中、低纬度浅海区的共

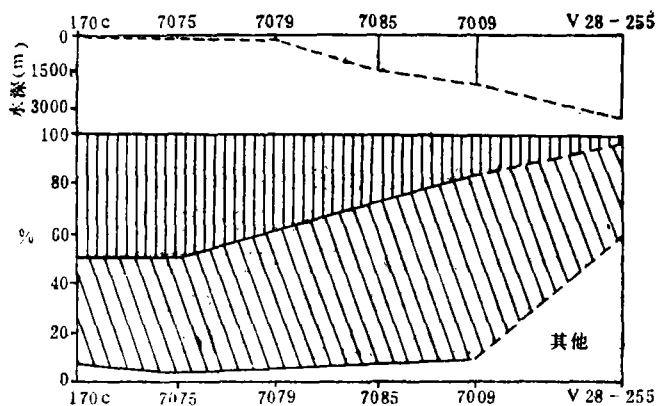


图3 优势种分布与水深的关系

西太平洋V28-255站(20°06'N, 142°27'E, 水深3261m)的资料据Geitzenauer et al. (1977)

同特征,但在西塔斯曼海外陆架、大堡礁海区南部等区, *E. huxleyi*均多于*G. oceanica*; 而在泰国湾、卡奔塔利亚湾、托雷斯海峡等海区, *G. oceanica*却远多于*E. huxleyi*; 到

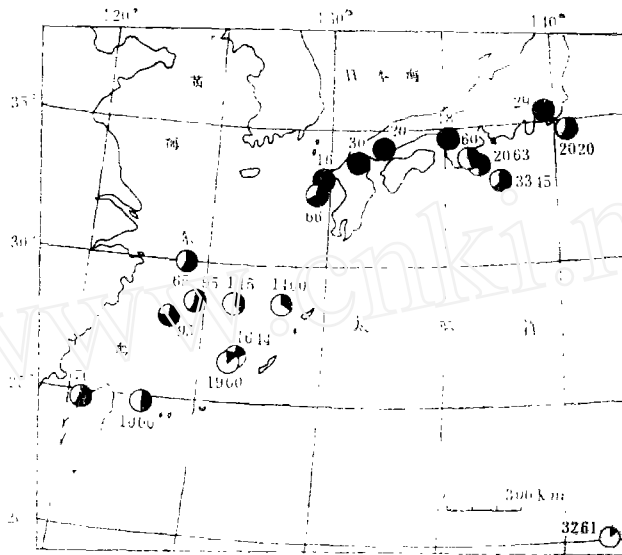


图4 东海及邻近海区表层沉积中 *E. huxleyi* (白色) 与 *G. oceanica* (黑色) 两种的含量比值  
数字示水深 (m) (资料取自 Okada, 1983; Geitzenauer *et al.*, 1977; 西田史朗, 1977 及本文)

日本濑户内海等地颗石类组合几乎全由 *G. oceanica* 一种组成 (图4)。总的来说, 海区的开放程度越大, *E. huxleyi* 所占比例也越高, *G. oceanica* 却较少; 反之亦然。台湾的东侧海域中 *E. huxleyi* 多于 *G. oceanica*, 而西侧的台湾海峡便是 *G. oceanica* 略多于 *E. huxleyi*; 日本以南在太平洋一侧的水深60m处仍是 *E. huxleyi* 多于 *G. oceanica*, 而东海一侧的水深66米处已是 *G. oceanica* 多于 *E. huxleyi*, 到日本各内海、海湾中 *E. huxleyi* 占95%以上<sup>[16]</sup> (图4)。澳大利亚大堡礁海区由南至北逐渐变浅、变窄, *G. oceanica* 也相应地由15—39%增加到60%以上<sup>[17]</sup>。

#### 四、水层中和沉积中颗石类组合的比较

Okada 和 Honjo 对1968年10—11月在东海与黄海所采112个表层水样进行分析, 结果只在3个样品中发现含有较多数量的颗石藻, 其中东海仅有1个样, 该样品中只含 *G. oceanica* (95.7%) 和 *E. huxleyi* (4.3%) 2种, 而且全部都呈畸形个体出现<sup>[7]</sup>。

西田史朗分析东海水深95m的KH-7-36站水样 (1972年12月取), 见有 *E. huxleyi* (64.0%)、*G. oceanica* (21.1%) 与 *U. sibogae* (10.0%) 等种<sup>[2]</sup>。

我们分析了1981年8月取自东海陆架6个站位的水样, 结果极少有颗石圈发现, 而且在全部表层浮游样和近底层浮游样中连单个颗石亦极其罕见, 仅4个中层样品中颗石较多。其中, 在离岸稍远的P8127和P8141站以 *G. oceanica* 占优势, *E. huxleyi* 次之, 约为前者之1/3至1/5; 近岸的P8152站 *E. huxleyi* 数量显著减少, 到G8103站几乎完全消失 (见图1)。

可见,不同作者分析的浮游样,所得结果颇不一致.诚如我们以前曾指出的那样<sup>[6]</sup>, Okada 和 Honjo<sup>[7]</sup> 观察到的畸形颗石类可能只是地方性和季节性的现象,这些畸形个体可能是藻类勃发的产物,但很难在沉积中保存.至于我们在陆架中层水中观察到的颗石类,由于保存不佳、颗石球极少、又不出现于表层水中,推测是沉积物中的颗石再悬浮的结果.然而,本文对沉积物作定量分析的样品取自中、外陆架,而分析的浮游样却采自内、中陆架,两者并不相当.因此,迄今为止对东海浮游样所作的研究尚不足以解释沉积中颗石类积聚的机理;看来只有对一定站位按各个季节进行多次采样,才能查明.

沉积物与水柱中的颗石组合不一致的现象,并非东海所独有.英属洪都拉斯陆架潟湖(水深3—43m)的水柱中产颗石藻27种,其中 *E. huxleyi* 占绝对优势,比 *G. oceanica* 多十余倍<sup>[19]</sup>;而沉积中 *E. huxleyi* 仅稍多于 *G. oceanica*<sup>[18]</sup>. 西田史朗在东海的前述站位中所见 *E. huxleyi* 是 *G. oceanica* 的3倍左右,但同一站位的沉积样品中却以 *G. oceanica* 为主(81.5%), *E. huxleyi* 仅占12.8%<sup>[2]</sup>. 上述两例均说明 *E. huxleyi* 在沉积中的含量比水层中显著减少,可能是因纤细结构在陆源碎屑物高速堆积情况下较其他种更易破坏的缘故.

在不同水层中颗石类的组成不同,这种现象也不限于东海.据 Milliman 报道,北大西洋 Rockall Bank (水深仅100m左右)的水中,表层富含 *Coccolithus pelagicus* 颗石球,近底层水中却见大量 *E. huxleyi* 的颗石<sup>[20]</sup>,后者很可能也是再悬浮的产物.

总之,由于颗石藻生物群各种丰度的季节性变化,由于陆架复杂的水动力条件和复杂的沉积过程,为正确了解颗石类在陆架沉积中的分布及其与生物群之间的关系,还需要进行大量细致的研究工作.

## 五、结 论

在以前的工作<sup>[4, 5]</sup>和本次研究的基础上,可以得出如下结论:

1. 东海表层沉积中所产28种颗石类和3种钙质沟鞭藻,与北太平洋中央水团的组合相似,但其中的分异度由冲绳海槽向陆架内部下降,颗石类的丰度亦朝同一方向减低,但在残留砂分布区出现低值异常.

2. 东海陆架与冲绳海槽表层沉积中的钙质超微化石组合有显著区别,而冲绳海槽与西太平洋的超微化石组合相似.可见并不存在统一的所谓“边缘海”超微化石组合,而是由不同的海流、水团(陆架的沿岸水和黄海水、海槽的外海)决定着沉积中的不同组合.因此,钙质超微化石群对于边缘海的古海洋学研究也可以适用.

3. 东海表层水中季节性局部出现的畸形颗石藻群在沉积物中几乎没有反映,说明它们难以保存,并不是沉积中颗石类组合的来源;东海陆架中层水中所见保存不佳的单个颗石类,应是沉积物再悬浮的产物.需要进行更多的系统研究才能了解陆架颗石类生物群与埋葬群之间的关系.

4. 东海颗石类丰度和分异度的分布趋势以及各优势种含量的变化趋势,均和其他各浅海区具有相似性,反映了边缘海颗石类分布的共同规律.



国家海洋局第二海洋研究所和同济大学王国忠、周福根同志提供样品, 联邦德国基尔大学地质古生物所电镜室拍摄扫描电镜照片, 谨致谢意。

### 参 考 文 献

- [1] Geitzenauer, K. R., M. B. Roche, and A. McIntyre, Modern Pacific coccolith assemblages: derivation and application to Late Pleistocene paleotemperature analysis, *Investigation of Late Quaternary Paleoceanography and Paleoclimatology*, R. M. Cline and J. D. Hays (eds.), Geol. Soc. Am. Mem., 1976, 145: 323—448.
- [2] 西田史朗, Coccolithophorids における现生群集と现世底质群集(予报), *News of Osaka Micropaleontologists*, 1977, 6: 5—17.
- [3] Chen Mingren, Late Pleistocene calcareous nannoplankton in southern Okinawa Trough, *Acta Oceanographica Taiwanica*, 1979, 10: 95—118.
- [4] 汪品先、闵秋宝, 东海底质中钙质超微化石的初步研究, 海洋学报, 3 (1981), 1: 188—192.
- [5] Wang, P. and C. Samtleben, Calcareous nannoplankton in surface sediments of the East China Sea, *Marine Micropaleontology*, 1983, 8: 249—259.
- [6] Burns, D. A., The abundance and species composition of nanofossil assemblages in sediments from continental shelf to offshore basin, western Tasman Sea, *Deep-Sea Research*, 1975, 22: 425—431.
- [7] Okada, H. and S. Honjo, Distribution of coccolithophores in marginal seas along the western Pacific Ocean and in the Red Sea, *Marine Biology*, 1975, 31: 271—285.
- [8] Gartner, S., Calcareous nanofossils in marine sediments, *The Ocean Lithosphere*, C. Emiliani (ed.), John Wiley and Sons, 1981, 7: 1145—1177.
- [9] Ушакова, М.Г. и др., Кокколитофориды (известковый нанопланктон), Атлас Микроорганизмов в Донных Осадках Океанов, Наука, Москва, 1977, 17—21.
- [10] Okada, H. and S. Honjo, The distribution of oceanic coccoliths in the Pacific, *Deep-Sea Research*, 1973, 20: 355—374.
- [11] Honjo, S., Biogeography and provincialism of living coccolithophorids in the Pacific Ocean, *Oceanic Micropaleontology*, A. T. S. Ramsay (ed.), Academic Press, N. Y., 1977, 951—972.
- [12] Geitzenauer, K. R., M. B. Roche and A. McIntyre, Coccolith biogeography from North Atlantic and Pacific surface sediments, *Ibid.*, 1977, 973—1008.
- [13] Roth, P. and W. T. Coulbourn, Floral and solution patterns of coccoliths in surface sediments of the North Pacific, *Marine Micropaleontology*, 1982, 7: 1—52.
- [14] McIntyre, A. and A. W. H. B $\acute{u}$ , Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean, I. Placoliths and Cyrtoliths, *Deep-Sea Research*, 1967, 14: 561—597.
- [15] McIntyre, A., Coccoliths as paleoclimatic indicators of Pleistocene glaciation, *Science*, 1967, 158: 1314—1317.
- [16] Okada, H., Modern nanofossil assemblages in sediments of coastal and marginal seas along the western Pacific Ocean, *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 1983, 30: 171—187.
- [17] Conley, S. M., Recent Coccolithophores from the Great Barrier Reef-Coral Sea region, *Micropaleontology*, 1979, 25: 20—43.
- [18] Scholle, P. A. and S. A. Kling, Southern British Honduras: lagoonal coccolith ooze, *Jour. Sed. Petrology*, 1972, 42: 195—204.
- [19] Kling, S. A., A lagoonal coccolithophore flora from Belize (British Honduras), *Micropaleontology*, 21 (1975), 1: 1—13.
- [20] Milliman, J. D., Coccolithophorid production and sedimentation, Rockall Bank, *Deep-Sea Research*, 1980, 27A: 959—963.

## 图版说明

## 图版 I

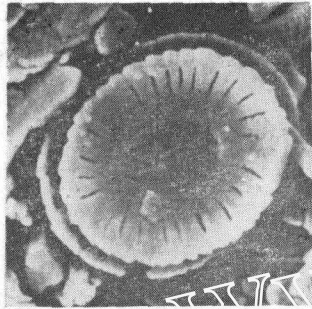
1—3. *Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler 赫胥黎艾氏石, 1.  $\times 9700$ , 2.  $\times 10500$ , 3.  $\times 11800$ , 4, 5. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner 大洋桥石, 4.  $\times 3100$ , 5.  $\times 6300$ , 6. *Gephyrocapsa muelleriae* Breheret 缪勒桥石,  $\times 10000$ , 7. *Gephyrocapsa ericsonii* McIntyre & Eé 埃氏桥石,  $\times 14650$ , 8. *Crenalithus parvulus* Clade & McIntyre 小刻痕石,  $\times 12350$ , 9. *Crenalithus productellus* Bukry 长刻痕石,  $\times 12100$ , 10. *Crenalithus sessilis* (Lohmann) Okada & McIntyre 低矮刻痕石,  $\times 6500$ , 11. *Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan var. B 弱孔钙盘石B变种,  $\times 3400$ , 12. *Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan var. C 弱孔钙盘石C变种,  $\times 6300$ .

## 图版 II

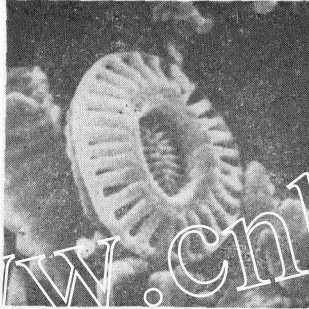
1. *Umbilicosphaera sibogae* (Weber-van Bosse) Gaarder 奇异脐球石,  $\times 3320$ , 2. *Umbilicosphaera hulburtiana* Gaarder 椭圆脐球石,  $\times 6400$ , 3. *Neosphaera coccolithomorpha* Lecal-Schlauder 颗石型新球石,  $\times 350$ , 4. *Cycloplacolithella aequiscutum* (Gartner) Haq 等盘圆盘石,  $\times 5550$ , 5, 6. *Oolithotus fragilis* (Lohmann) Okada & McIntyre 胎弱瓣形石, 5.  $\times 7910$ , 6.  $\times 4300$ , 7. *Hayastier perplexus* (Bramlette & Riedel) Bukry 缠结亥星石,  $\times 4200$ , 8. *Umbellosphaera irregularis* Paasche 不规则伞石,  $\times 5650$ , 9. *Rhabdosphara claviger* Murray & Blackman 棒形棒球石,  $\times 8700$ , 10, 11. *Umbellosphaera tenuis* (Kamptner) Paasche 薄伞石, 10.  $\times 9350$ , 11.  $\times 5650$ , 12. *Discosphaera tubifer* (Murray & Blackman) Osterfeld 具管盘球石,  $\times 8300$ .

## 图版 III

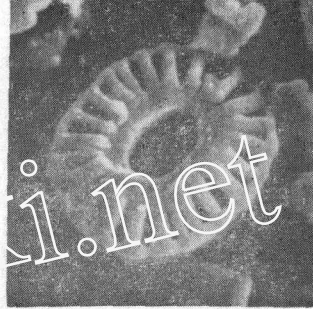
1. *Coccolithus pelagicus* (Wallich) echiller 远洋颗石,  $\times 2400$ , 2. *Helicosphaera carteri* (Wallich) Kamptner 卡特螺球石,  $\times 4700$ , 3. *Helicosphaera hyalina* Gaarder 透明螺球石,  $\times 4800$ , 4. *Pontosphaera japonica* (Takajama) Nishida 日本海石,  $\times 3500$ , 5, 6. *Scyphosphaera apsteinii* Lohmann 典型篮石, 5.  $\times 3550$ , 6.  $\times 1800$ , 7. *Syracosphaera pulchra* Lohmann 美丽条球石,  $\times 4200$ , 8. *Anoplosolenia brasiliensis* (Lohmann) Deflandre 巴西无刺石,  $\times 9300$ , 9. *Ceratolithus cristatus* Kamptner 冠毛角状石,  $\times 2500$ , 10. *Braarudosphaera bigelowi* (Gran & Braarud) Deflandre 皮氏五边石,  $\times 1000$ , 11. *Thoracosphaera heimi* (Lohmann) Kamptner 海姆脑球石,  $\times 2250$ , 12. *Thoracosphaera albatrosiana* Kamptner 信天翁胸球石,  $\times 1350$ .



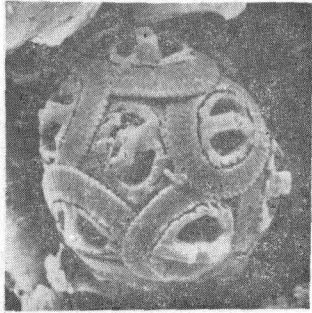
1



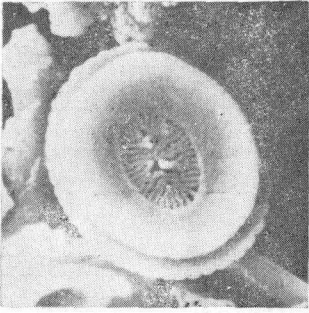
2



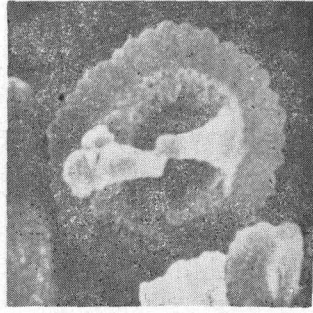
3



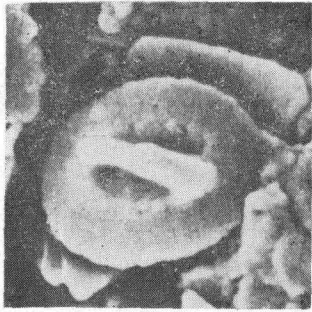
4



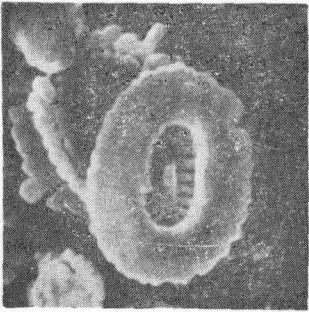
5



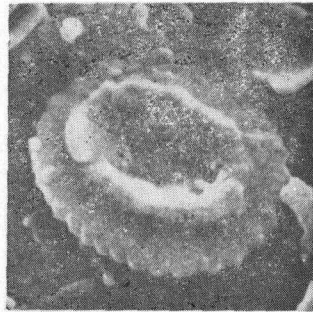
6



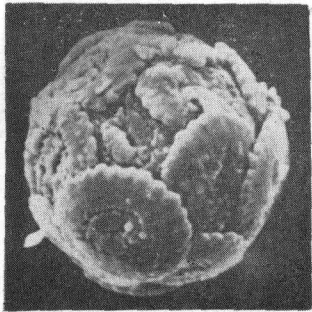
7



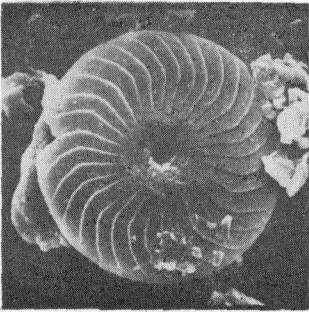
8



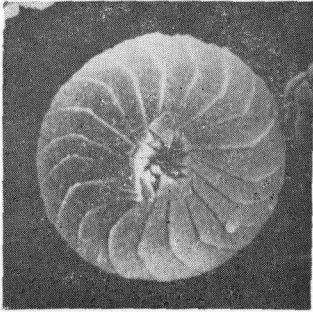
9



10



11



12

