

# 南海中、北部表层沉积中钙质超微化石的分布\*

成鑫荣

(同济大学,上海,200092)

**提要** 对南海中、北部从河口、陆架到陆坡、海盆146个表层沉积样中钙质超微化石的属种组合和数量分布进行研究,得出该区化石丰度、分异度、个体大小、溶解指数和属种及其组合分布的规律。化石丰度由陆架向陆坡增高,至陆坡下部又转下降。复合分异度  $H(S)$  值呈同样趋势。超微化石以 *Emiliana huxleyi* 和 *Gephyrocapsa oceanica* 为优势种,属北太平洋中央水团区。用计算机作对应分析,可分出三个组合区。南海的超微化石在生态上主要受水温控制,在沉积学上主要受陆源物稀释作用和深水碳酸盐溶解作用的控制。

当前,南海北部是海上石油勘探的前沿,南海深海区亦将是大洋钻探计划(ODP)的探测区。本文的研究可为该区巨厚的新生代沉积提供古环境解释的依据。

## 一、概况与方法

研究的海域在12—23°N, 108—118°E(图1),包括南海北部陆架、陆坡、中央海盆和北部湾东部。北部陆架水深近百米处至深海盆,沉积物逐渐变细,30%砂含量界线大致位于200m等深线处;CaCO<sub>3</sub>含量则逐渐减少,3500m以深降至10%以下。

146个样品(图1)均在偏光镜下进行分析、统计和照相,还对化石含量丰富的48个样进行数据处理,计算各属种百分含量、信息函数、均衡度、超微化石溶解指数,并对原始数据作对应分析。

## 二、表层沉积物中钙质超微化石的分布

### 1. 丰度

在偏光镜下放大630倍时每10视域所见超微化石枚数即本文所称之丰度。统计结果表明,南海表层沉积物中超微化石分布广泛,自水深数米的近岸至深逾4000m的海盆均有发现,变化幅度从0—1664枚不等(图2,表1)。丰度分布规律十分清晰,明显与水深密切相关。丰度平均值大于300的站位主要限于200—3500m水深,浅于200m的陆坡上部和陆架区含量偏低,3500m以深含量更低,大多站超微化石几乎缺失。在丰度大

\* 样品主要由国家海洋局第二海洋研究所提供,沿岸部分样品由地矿部第二海洋地质调查大队提供;分析和成文均在汪品先老师热心指导下完成;分析过程中,还得到刘志伟、夏佩芬和侍作毅同志的热情帮助;化石鉴定,日本的Okada博士曾给予热心指导,谨此志谢。

收稿日期:1989年10月27日。

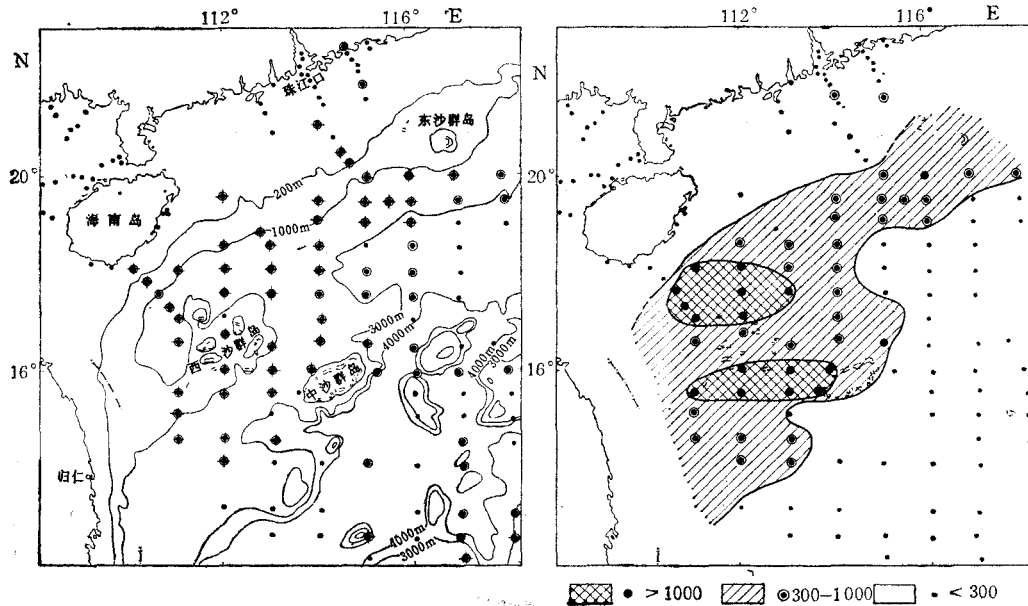


图 1 站位图

Fig. 1 Localities of sample stations

● 偏光镜下统计丰度站; ○ 电镜下属种定量统计站  
 与偏光镜下统计丰度站的重合; ◆ 为数理统计  
 (+) 与 ● 的重合。

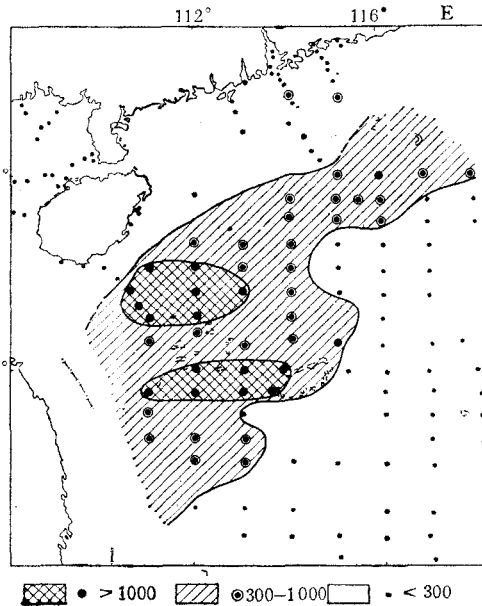


图 2 超微化石丰度分布

Fig. 2 Distribution of nannoplankton concentration in the surface sediments

于 300 的高含量区内, 又以西沙群岛—中沙群岛南北两侧最富集, 大致相当于 1000—2000m 水深, 丰度在 1000 以上。

沉积物粒径及  $\text{CaCO}_3$  含量也与钙质超微化石丰度有一定关系。较粗粒沉积物中含量较低, 如陆架区诸站, 丰度多在 300 以下, 而其中某些泥质样站则高达 510。超微化石

表 1 各水深间表层沉积物中超微化石丰度

Tab. 1 Nannoplankton concentration in the surface sediments from different water depth

水深 (m)	统计样品数 (个)	超微化石丰度 (个数/10 视域)			
		最低值	最高值	平均值	
<200	53	0	510	北部湾	58
				珠江口	90
				北部陆架	112
200—500	1	412	412	412	
500—1000	7	110	1250	713	
1000—2000	20	382	1488	948	
2000—3000	14	312	1664	843	
3000—3500	10	0	1172	349	
3500—4000	16	1	285	30	
>4000	25	0	212	25	

丰度与沉积物粒径的这种关系,在东海也曾见到<sup>[9]</sup>。CaCO<sub>3</sub> 含量较高的样品中,一般超微化石丰度较高,如 CaCO<sub>3</sub> 含量高于 10% 的陆架、陆坡区,丰度显然高于海盆。而海盆中某些丰度较高的站,也正是 CaCO<sub>3</sub> 含量的高值所在。

200m 以浅海域的平均丰度也不尽相同。其中北部湾最小,珠江口次之。这种现象,一方面与河口区陆源物质的稀释作用有关(如珠江口);另一方面也与沉积物粗细有关(如北部湾)。

## 2. 属种分布

经初步分析,表层沉积中共发现钙质超微化石 23 属 35 种,钙质沟鞭藻 1 属 2 种。除再沉积种和沟鞭藻外,其余各种如表 2 所示。

由表 2 可见,本区最常见的超微化石为下列三种: ① 赫胥黎艾氏石 *Emiliana*

表 2 表层沉积中的超微化石

Tab. 2 Nannoplankton taxa in surface sediments

属	种	平均百分含量 (%)	出现频度百分数 (%)
巴西无刺石	<i>Anoplosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Deflandre	0.56	64.58
弱孔钙盘石	<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan (图版 II:5)	0.79	89.58
具尾钙毛石	<i>Calciopappus caudatus</i> Gaarder & Ramsfjell	0.03	8.33
冠毛角状石	<i>Ceratalithus cristatus</i> Kamptner	0.04	10.42
角状石诸种	<i>Ceratalithus</i> spp.	0.04	10.42
远洋颗石	<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller	0.04	8.33
低矮刻痕石	<i>Crenalithus sessilis</i> (Lohmann) Okada & McIntyre	0.05	6.25
刻痕石诸种	<i>Crenalithus</i> spp.	0.10	16.67
光滑环球石	<i>Cricosphaera calvata</i> Steinmetz	0.12	25.00
具管盘球石	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld	0.12	29.17
赫胥黎艾氏石	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler (图版 I:1—5)	54.82	100.00
深水花球石	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo (图版 I:9)	11.13	100.00
埃氏桥石	<i>Gephyrocapsa ericsonii</i> McIntyre & Bé	0.67	64.58
大洋桥石	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner (图版 I:6—8)	23.98	100.00
桥石诸种	<i>Gephyrocapsa</i> spp.	0.02	6.25
缠结亥星石	<i>Hayaster perplexus</i> (Bramlette & Riedel) Bukry	0.10	27.08
卡特螺球石	<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner (图版 II:6)	0.32	93.75
透明螺球石	<i>Helicosphaera hyalina</i> Gaarder	0.26	29.17
颗石型新球石	<i>Neosphaera coccolithomorpha</i> Lecal-Schlauder (图版 II:2)	0.21	47.92
脆弱鲕形石	<i>Oolithotus fragilis</i> (Lohmann) Okada & McIntyre (图版 II:3)	0.41	77.08
日本海石	<i>Pentosphaera japonica</i> (Takayama) Nishida	0.01	4.17
棒型棒球石	<i>Rhabdosphaera claviger</i> Murray & Blackman	0.38	64.58
薄片条球石	<i>Syracosphaera lamina</i> Lecal-Schlauder (图版 II:8)	0.14	27.08
美丽条球石	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann (图版 II:9)	0.84	91.67
条球石诸种	<i>Syracosphaera</i> spp.	0.76	81.25
不规则伞球石	<i>Umbellosphaera irregularis</i> Paasche (图版 II:7)	0.50	64.58
薄伞球石	<i>Umbellosphaera tenuis</i> (Kamptner) Paasche (图版 II:4)	0.43	87.50
赫伯特脐球石	<i>Umbilicosphaera hulburiana</i> Gaarder	0.09	20.83
西氏脐球石	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder (图版 II:1)	2.86	89.58

*huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler 为本区优势种,在陆架至海盆的每个样中均有发现,含量自 15.83—86.13% 不等,但水深约 150—2 000m 间最富集 ( $\geq 55\%$ )。McIntyre and Bé 曾报道该种有冷、暖两种类型,在本区亦均有出现,分别相当于实心型(图版 I:3)和栅型(图版 I:2)。② 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner 也广泛分布于每个样品中,含量自 0.62—70% 不等,但  $\geq 25\%$  的高值区主要位于 150m 以浅的陆架区和 2 000m 以深的陆坡下部。该种为一喜养的暖水种,广泛分布于热带、亚热带和温带海域,且与营养物质的分布,比如磷关系密切<sup>[8,10]</sup>,而 *E. huxleyi* 为一广温、广盐和广养性种,这很可能造成本区近岸的 *G. oceanica* 生产率高值带。至于深水区,结构纤细的 *E. huxleyi* 较 *G. oceanica* 更易溶失,陆坡下部 *E. huxleyi* 减少和 *G. oceanica* 的相应增多是碳酸盐溶解作用增强的反映。*E. huxleyi* 破损个体(图版 I:5)至 2 000m 以深明显增多。③ 深水花球石 *Florisphaera profunda* Okada & Honjo<sup>[7]</sup> 是本区表层沉积中又一优势种,陆架至海盆均可见到,但水深 1 000—2 000m 的海域更为富集 ( $\geq 10\%$ ),其形态特殊,为许多作者所忽视。Okada 认为该种为一深水标志种,随水深加大,远离海岸,含量不断提高,至水深约 2 000m 处,可高达 50% 左右<sup>[6]</sup>。但本区在 2 000m 以深海域其含量又有所下降,与 Okada 结论有所出入。

### 3. 属种组合及其分区

根据 Q 型和 R 型对应分析结果,本区可分出三个超微化石组合和三个相应的组合区(图 3):

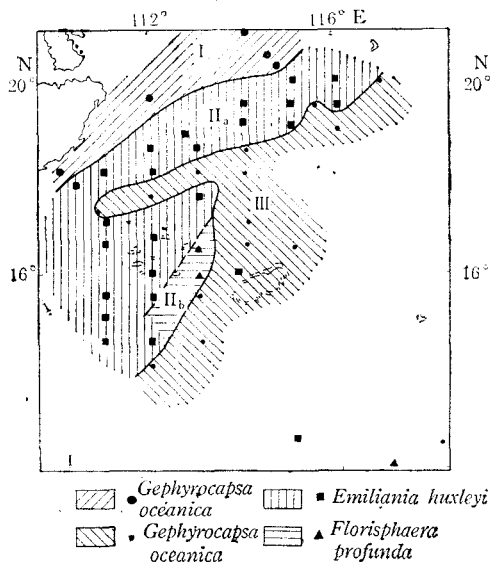


图 3 超微化石组合分区图

Fig. 3 Distribution of nannoplankton assemblages in the surface sediments

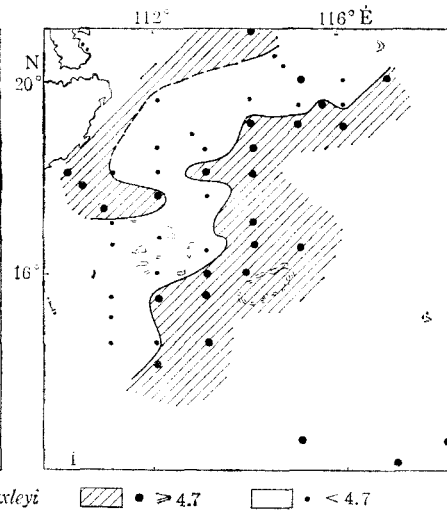


图 4 超微化石溶解指数分布

Fig. 4 Distribution of nannoplankton dissolution indices

组合 I 以 *G. oceanica* 相对高值为特征,其他种有 *E. huxleyi*, *F. profunda*, *Umbellosphaera irregularis*, *Umbilicosphaera sibogae* 和 *U. hulburtiana* 等。

组合 II 以 *E. huxleyi* 和 *F. profunda* 相对高值为特征, 其余有 *G. oceanica*, *U. irregularis*, *U. sibogae*, *U. tenuis*, *Cricosphaera calvata* 和 *Discosphaera tubifer* 等。根据 *F. profunda* 的比重, 本组合区又可分为 II<sub>a</sub> 和 II<sub>b</sub> 两个亚区。

组合 III 亦以 *G. oceanica* 相对高值为特征, 其他种还有 *Calcidiscus leptoporus*, *E. huxleyi*, *F. profunda*, *U. sibogae*, *U. irregularis*, *U. tenuis*, *Helicosphaera carteri* 和 *H. hyalina* 等。

其中 I 区大致相当于水深 150m 以浅的陆架区, II 区大致相当于水深 150—2 000m 的陆坡上部, III 区相当于约 2 000m 以深的陆坡下部。显然, 这种组合分区也说明超微化石的分布与水深关系密切。

#### 4. 其他统计结果

(1) 个体大小 Burns 在分析西塔斯曼海超微化石时, 曾将其分为三大类: 个体最小的 *E. huxleyi*, 略大的 *G. oceanica* 和其他大个体。第 3 类, 即大个体超微化石, 自陆架向外海的变化规律较明显, 陆架 5—18%, 陆坡 20—30%, 陆隆和洋盆 20—40<sup>[2]</sup>。汪品先等也曾指出, 东海底质沉积内超微化石群中最大个体有随水深增大的趋势<sup>[1]</sup>。本次分析所见与之相似, 近岸多小个体 (>85%), 向海小个体减少。本文所谓的“小个体超微化石”是指小于 6 $\mu$ m 的桥石 *Gephyrocapsa* 和赫胥黎艾氏石 *E. huxleyi*。说明超微化石个体对于远离海岸、水深加大的变化趋势还是有一定代表性的。

(2) 分异度和均衡度 这次分析所用信息函数为代表的复合分异度, 显示出从北部陆架至海盆的变化趋势: 近岸为低值区、中间为高值区、外侧又为低值区。本区均衡度 *E* 的变化规律与分异度分布大同小异, 只是分区界线有所不同, 与水深相关的变化趋势也很明显。

(3) 溶解指数 由图 4 可知, 溶解指数  $\geq 4.7$  的高值区主要有两个, 一是陆架区, 二是 2 000—3 000m 以深的陆坡下部; 后者无疑是溶解作用增加的反映, 而前者则是 *G. oceanica* 较 *E. huxleyi* 更适于近岸浅海生活的结果。

#### 5. 生物地理分区

本区与南海南部<sup>[3]</sup>的优势种均为 *G. oceanica* 和 *E. huxleyi*, 总的变化趋势也都是在陆架区由岸向海 *G. oceanica* 含量下降; 陆坡向海盆方向, *G. oceanica* 又相对增加。

比较南海中、北部与东海<sup>[9]</sup>的超微化石组合 (表 3), 可看出两者的相似性。但东海 *E. huxleyi* 和 *G. oceanica* 两种合计占全群 (*F. profunda* 未统计) 的 93.6%, 优势度比南海 (不考虑 *F. profunda*, 该两种合计占 88.7%) 高。而其他各种, 尤其是喜暖种, 如 *U. irregularis*, *U. sibogae* 和 *O. fragilis* 等, 则南海的比例明显高于东海。*U. tenuis* 虽然含量不高, 但在本区广泛出现。南海与东海超微化石群的这种区别, 主要原因在于南海地处热带, 直接受赤道暖流影响, 表层水温变化小于东海, 而盐度也高出东海。

对北太平洋钙质超微化石生物地理分区的研究<sup>[4,7,9]</sup>表明, 超微化石组合的分布与表层水团有关, 并分出至少 4 个代表不同温度水团的组合, 其中相当于北太平洋中央水团的组合以 *E. huxleyi* 和 *G. oceanica* 占优势, 同南海一样, *U. tenuis* 含量虽不高, 但却广泛出现。将南海样中主要属种的百分含量与北太平洋 4 个水团的相比较, 可以看出南海

表3 南海、东海和北太平洋现代钙质超微化石组合(%)比较

Tab. 3 Comparison of nannoplankton assemblage in the surface sediments of the South China Sea, the East China Sea (after Wang and Cheng, 1985) with those of the North Pacific (after Roth and Coulbourn, 1982) (figures given in percent)

属 种	北 太 平 洋				东 海	南 海	
	赤道	中央	过渡	亚北极		①	②
<i>C. pelagicus</i>		0.1	4.9	57.8			
<i>G. caribbeanica</i>	3.3	2.7	42.8	21.3			
<i>C. leptoporus</i>	6.8	2.9	12.9	6.0	0.2	0.8	0.9
<i>F. profunda</i>						11.1	
<i>E. huxleyi</i>	24.9	42.6	30.0	10.8	57.1	54.8	62.1
<i>U. sibogae</i>	12.9	3.6	1.9		1.3	2.9	3.2
<i>H. carteri</i>	3.6	3.0	1.0		0.2	0.3	0.4
<i>G. oceanica</i>	38.9	28.7	3.2	3.0	36.5	24.0	26.6
<i>O. fragilis</i>	1.2	0.6			0.1	0.4	0.5
<i>U. tenuis</i>		1.9			2.6	0.4	0.5
<i>U. irregularis</i>	2.2	1.5	0.1	0.1		0.5	0.6

东海资料根据 Wang & Cheng, 1985; 北太平洋资料根据 Roth & Coulbourn, 1982。

① 包括 *F. profunda*。② 不包括 *F. profunda*。

与北太平洋中央水团组合最接近(表3)。因此,南海在钙质超微浮游生物的生物地理分区上属于北太平洋中央水团区。这种近似性也应表明南海与北太平洋中央水团的关系。

### 三、结 语

南海中、北部表层沉积物中超微化石的丰度或属种组合大致都可分为近岸浅水、陆坡和海盆深水等三个区,其丰度在近岸含量偏低,3500m以深的海盆深处含量更低,而其间的陆坡区丰度最高。远离海岸,分异度值也呈低、高、低变化,*G. oceanica*的优势度也在近岸浅水与海盆深处为高,其间相对降低。丰度的降低,在浅水区与深水区有不同的原因。近岸的丰度和分异度低值,是陆源物稀释的结果;而深海区的低值大致与CaCO<sub>3</sub>含量的低值相当,则系深海碳酸盐溶解作用所致。3500m水深处可能为本区超微化石的碳酸盐补偿深度。此外,近岸*G. oceanica*增多和陆坡下*E. huxleyi*减少可能分别为近岸营养物丰富及深水碳酸盐溶解作用增强的结果。

总之,控制本区表层沉积中钙质超微化石分布特点的因素主要有两类:生态学因素和沉积学因素。超微化石作为沉积中的生物遗骸,具有两重性。一方面它是生物的遗骸,生前受水温、营养等生态因素控制;另一方面它又是沉积物中的一种碳酸盐颗粒,还受制于陆源物稀释和深水碳酸盐溶解作用等沉积学因素。

### 参 考 文 献

- [1] 汪品先、闵秋宝、卞云华, 1984。东海底质中浮游钙质微体化石的深度分布及其地质意义。微体古生物学报 1(2): 105—118。
- [2] Burns, D. A., 1975. The abundance and species composition of nanofossil assemblages in sediments from continental shelf to offshore basin, western Tasman Sea. Deep-Sea Res. 22: 425—431.

- [ 3 ] Chen, M. P. and K. S. Shieh, 1982. Recent nannofossil assemblages in sediments from Sunda Shelf to Abyssal Plain, South China Sea. *Proc. Nat. Sci. Council (Taiwan, China)*, Part A 6: 250—285.
- [ 4 ] Geitzenauer, K. R., M. B. Roche and A. McIntyre, 1977. Coccolith biogeography from North Atlantic and Pacific surface sediments, a comparison of species distribution and abundances. *Oceanic Micropaleontology* 2: 973—1008.
- [ 5 ] McIntyre, A. and A. W. H. Be. 1967. Modern coccolithophoridae of the Atlantic Ocean I. Placoliths and cyrtoliths. *Deep-Sea Res.* 14: 561—597.
- [ 6 ] Okada, H., 1983. Modern nannofossil assemblages in sediments of coastal and marginal seas along the western Pacific Ocean. *Utrecht. Micropaleontological Bulletins* 30: 171—187.
- [ 7 ] Okada, H. and S. Honjo, 1973. The distribution of oceanic coccolithophorids in the Pacific. *Deep-Sea. Res.* 20: 355—374.
- [ 8 ] Roth, P. H. and W. T. Coulbourn, 1982. Flocal and solution patterns of coccoliths in surface sediments of the North Pacific. *Mar. Micropaleontol.* 7: 1—52.
- [ 9 ] Wang Pinxian and Cheng Xinrong, 1985. Marine Micropaleontology. China Ocean Press and Springer-Verlag, pp. 218—228.
- [ 10 ] Winter, A., 1982. Paleoenvironmental interpretation of Quaternary coccolith assemblages from the Gulf of Aqaba (Elat), Red Sea. *Rev. Esp. Micropaleontol.* 14: 291—314.

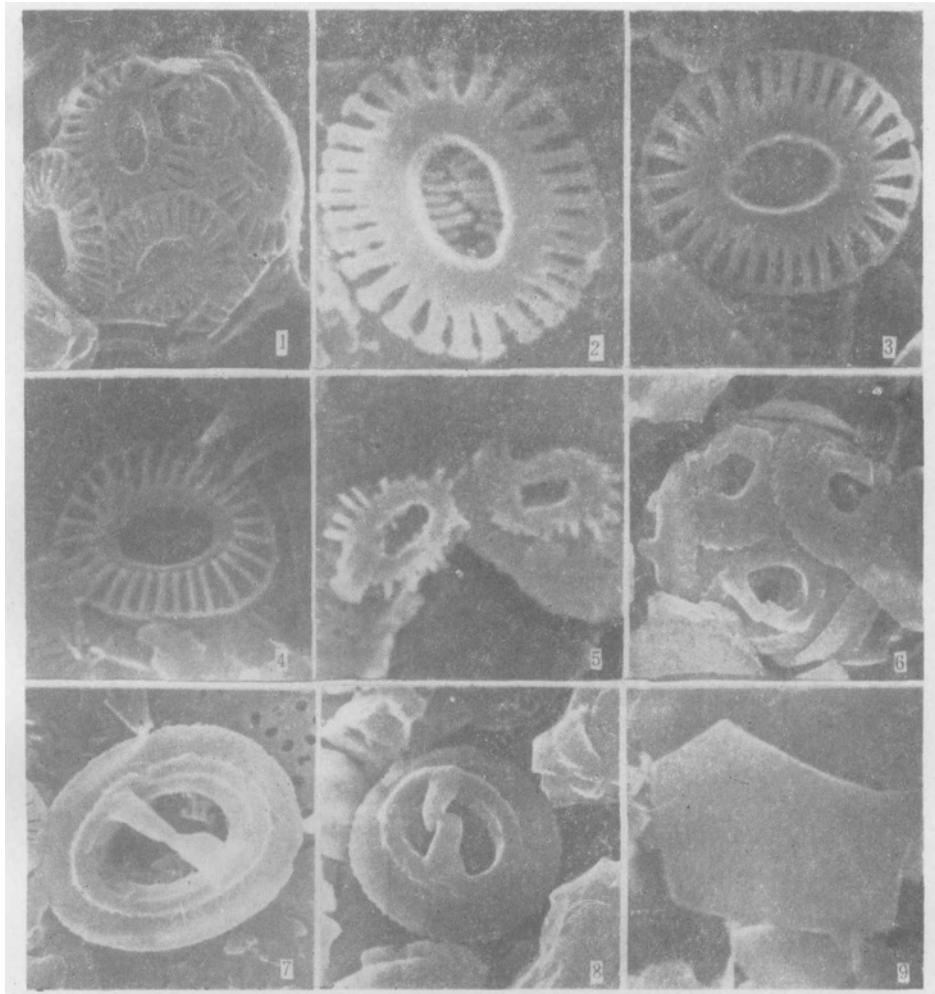
## DISTRIBUTION OF CALCAREOUS NANNOPLANKTON IN SURFACE SEDIMENTS OF THE CENTRAL AND NOR- THERN PARTS OF THE SOUTH CHINA SEA

Cheng Xinrong

(Tongji University, Shanghai, 200092)

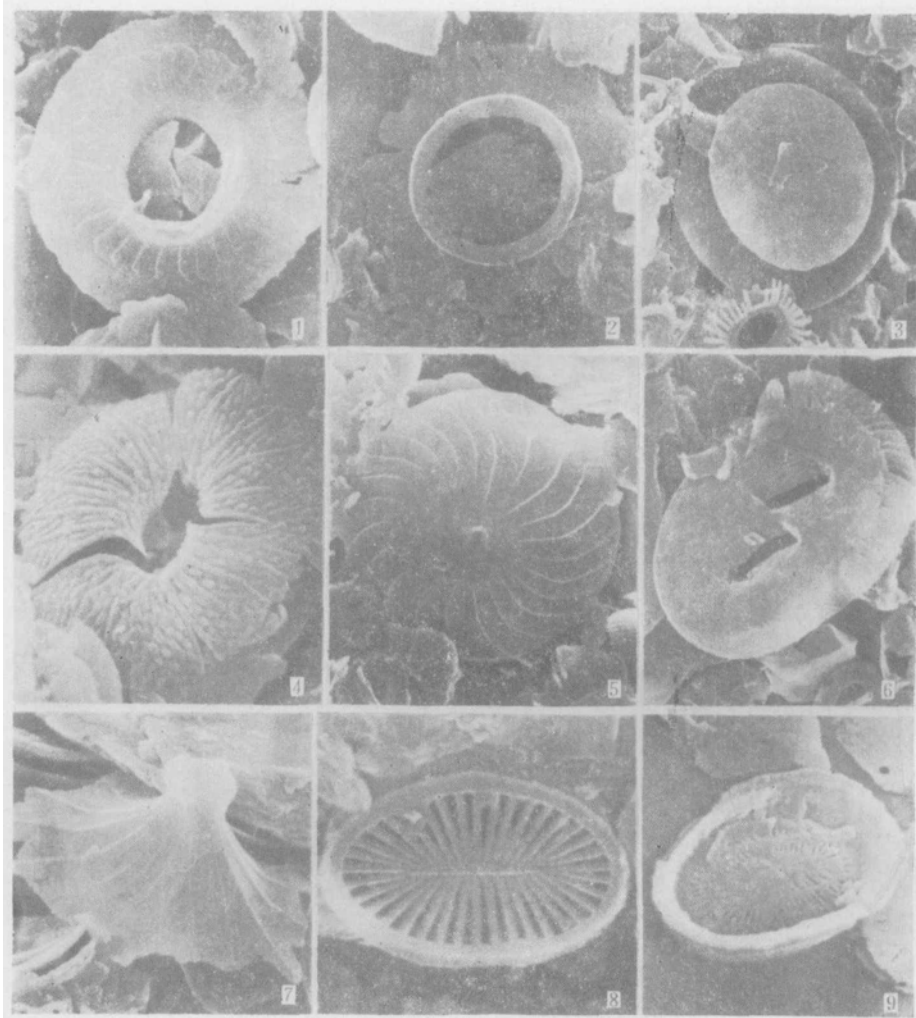
### ABSTRACT

Taxonomic composition and quantitative distribution of calcareous nanoplankton in the northern and central parts of the South China Sea were studied in 146 samples of surface sediments taken from various environments ranging from estuary, continental shelf to continental slope and deep-water basin. The distribution patterns of nanoplankton in the area have been revealed, including concentration, species diversity, specimen size, dissolution index, species and their assemblages. The concentration increases from shelf to slope, but decreases from the lower part of slope toward basin. Almost the result has been found for species diversity  $H(S)$ . In terms of species composition, the nanoplankton flora is dominated by *Emiliania huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica*. Three nanoplankton assemblages have been distinguished by correspondence analysis using microcomputer. Ecological distribution of nanoplankton is mainly controlled by water temperature while dilution by terrigenous materials and deep sea carbonate dissolution play a determining role in sedimentological aspect. The South China Sea belongs to central zone of the North Pacific in biogeographic zonations of nanoplankton.



1—5. *Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler: 1. 颗石球 G86, 2. 栅型 G71, 3. 实心型 8331, 4. 空心型 G89, 5. 破损型 8324; 6—8. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner: 6. 颗石球 G77, 7. G45, 8. G39; 9. *Florisphaera profunda* Okada & Honjo 8311。





1. *Umblicosphaera sibogae* (Weber-van Bosse) Gaarder 8331; 2. *Neosphaera coccolithomorpha* Lecal-Schlauder G31; 3. *Oolithotus fragilis* (Lohmann) Okada & McIntyre G23; 4. *Umbellosphaera tenuis* (Kamptner) Paasche G79; 5. *Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 8331; 6. *Helicosphaera carteri* (Wallich) Kamptner G57; 7. *Umbellosphaera irregularis* Paasche G77; 8. *Syracosphaera lamina* Lecal-Schlauder G57; 9. *Syracosphaera pulchra* Lohmann G39.