

东海陆架区更新世晚期沉积的化石藻类组合及其古生态环境分析

王开发 张玉兰 蒋 辉

(同济大学海洋地质系)

孙 煜 华

(国家海洋局第二海洋研究所)

摘 要

东海陆架区更新世晚期沉积为二层陆相层及一层海相层。下部陆相层含盘星藻-双星藻-鼓藻-环纹藻组合,共生的孢粉化石为*Abies-Picea-Pinus* Cyperaceae-*Artemisia*孢粉组合,反映当时气候冷湿、海面下降、东海陆架出露成为东海平原,平原上有众多的湖泊分布,其中生长着盘星藻、双星藻、鼓藻、环纹藻等淡水藻类。中部海相层含圆筛藻-硅鞭藻-刺球藻-旋沟藻组合,共生孢粉化石为*Pinus-Quercus* Cupressaceae-*Artemisia*-Cyperaceae组合,反映气候暖湿、海面回升、发生海侵,东海复被海水淹没,海区生活着各种硅藻和硅鞭藻、刺球藻、旋沟藻。上部陆相层含盘星藻-双星藻-环纹藻-鼓藻组合,共生孢粉化石为Cupressaceae-*Pinus-Abies-Gramineae-Artemisia*组合,反映冷干气候,海面大幅度下降,东海陆架再度出露成为东海平原,古黄河、长江汇集穿越大陆架而汇入海槽。当时陆架平原景观类类似于今日长江下游平原。

根据 C^{14} 年龄测定与藻类、孢粉化石组合推断,下部陆相层相当晚更新世的武木Ⅰ期,中部海相层相当于武木亚间冰期,上部陆相层相当于武木Ⅱ期。

近年来藻类分析研究在我国日益引起人们的重视,在东海更新世晚期沉积中发现了众多的藻类化石,有甲藻类、硅藻类、金藻类的硅鞭藻、绿藻类的盘星藻、鼓藻、双星藻以及刺球藻、环纹藻等。这些藻类反映生态环境灵敏、准确,如硅鞭藻为纯海生化化石,盘星藻、鼓藻、双星藻、环纹藻为淡水藻类,而硅藻和甲藻既有海生也有淡水生和半咸水生,它们在恢复古生态环境和划分地层上具有重要意义。

东海大陆架为我国目前石油勘探的重要海区,这些藻类化石的发现,对于研究更新世时期东海的演变(海陆变迁)和陆架划分提供有力依据,为海洋基础地质研究提供了丰富资料。

一、化石藻类成分

在东海陆架区广泛分布更新世晚期沉积,为二层陆相层及一层海相层;陆相层含不同厚度的泥炭夹层。在更新世晚期沉积物中发现了种类众多的藻类化石:为硅藻类的细弱明盘藻

(*Hyalodiscus subtilis*)、星形明盘藻(*H. stelliger*)、线形圆筛藻(*Coscinodiscus lineatus*)、偏心圆筛藻(*C. excentricus*)、多束圆筛藻(*C. divisus*)、细弱圆筛藻(*C. subtilis*)、虹彩圆筛藻(*C. oculus-iridis*)、辐射圆筛藻(*C. radiatus*)、蛇目圆筛藻(*C. argus*)、小眼圆筛藻(*C. oculatus*)、具边圆筛藻(*C. marginatus*)、结节圆筛藻(*C. nodulifer*)、柱状小环藻(*Cyclotella stylonum*)、条纹小环藻(*C. striata*)、环状辐衲藻(*Actinocyclus annulatus*)、波状辐衲藻(*A. undulatus*)、华美辐衲藻(*A. splendens*)、爱氏辐环藻(*Actinocyclus ehrenbergi*)、黄峰双壁藻(*Diploneis crabro*)、华美双壁藻(*Diploneis splendida*)、施氏双壁藻(*D. smithii*)、蜂窝三角藻(*Triceratium farus*)、美丽曲舟藻(*Pleurosigma formosum*)等。金藻类的棘网硅鞭藻(*Dictyocha fibula*)、琴形硅鞭藻(*Lyramula furcula*)。甲藻类的多甲藻(*Peridinium*)、旋沟藻(*Gonyaulax*)。绿藻类的短棘盘星藻(*Pediastrum boryanum*)、短棘盘星藻波边变种(*P. b. var. undulatum*)、短棘盘星藻长角变种(*P. b. var. longicorne*)、双棘盘星藻(*P. duplex*)、单棘盘星藻(*P. simplex*)、蛛网盘星藻(*P. araneosum*)、叠指盘星藻(*P. kawraiskyi*)、钝角盘星藻(*P. muticum*)、多孔盘星藻(*P. clathratum*)、全缘盘星藻(*P. integrum*)、和长孢双星藻(*Zygnema longisporum*)、美丽双星藻比较种(*Z. cf. venustum*)、粗壮双星藻比较种(*Z. cf. obesum*)、细皱转板藻比较种(*Mougeotia cf. gracillia*)、转板藻未定种(*Mougeotia sp.*)等以及肾形鼓藻(*Cosmarium reniforme*)、光滑鼓藻(*C. laeve*)、纤细角星藻(*Staurostrum kwangsiense*)、钝齿角星鼓藻(*S. crenulatum*)等。还有多种亲缘关系不明的刺球藻(*Hystriosphera*)和环纹藻(*Concentricystes*)等(见图版 I、II)。

二、下部陆相层藻类组合及其古生态环境

本层根据5207站C¹⁴年龄测定为大于35,000年,沉积物中见有丰富的盘星藻、双星藻、鼓藻和环纹藻。盘星藻种类甚多,以单足盘星藻、短棘盘星藻、叠指盘星藻为主,其他尚有双棘盘星藻、钝角盘星藻、全缘盘星藻、多孔盘星藻等。双星藻有长孢双星藻、美丽双星藻比较种、粗壮双星藻比较种和转板藻。鼓藻为肾形鼓藻、角星鼓藻、小刺凹顶鼓藻等。

盘星藻为广温型淡水藻类,生于浅水型的湖泊、池塘、洼地或小河流,一般水深不超过15米,现代盘星藻迄今未在海洋中发现过,仅个别种出现于半咸水的泻湖或河口附近(朱浩然等1978)。下部陆相层所见的盘星藻化石多数属于我国常见的现代种,因此当时有盘星藻生长之处,应为淡水湖沼。为了更好证实化石盘星藻组合反映湖沼环境,我们研究了目前东海陆缘地区的阳澄湖和西湖现代湖泥的孢粉组合,盘星藻在孢粉组合中占15—25%,在淀山湖的浮游生物调查中,盘星藻在浮游生物中也占有相当数量。东海7273站含泥炭层柱状剖面的盘星藻在孢粉组合中占8—39%,和上述湖泥盘星藻在孢粉组合中的比例相近或超过(图1),而阳澄湖、西湖、淀山湖皆为离海有一定距离的湖泊、故当时环境应和目前东海的沿海平原相似。

现代鼓藻全部是淡水种类,一般生长在湖泊沿岸和沼泽中,也有少数种生长于潮湿土壤及岩石表层。双星藻也是淡水藻类,亦生长于湖边、岸边、浅水池塘、小水沟,有的与湿生禾本科植物一起生于浅水洼中。

在本层尚见有一定数量的环纹藻,环纹藻虽然亲缘关系尚不明,但反映古生态环境甚为有

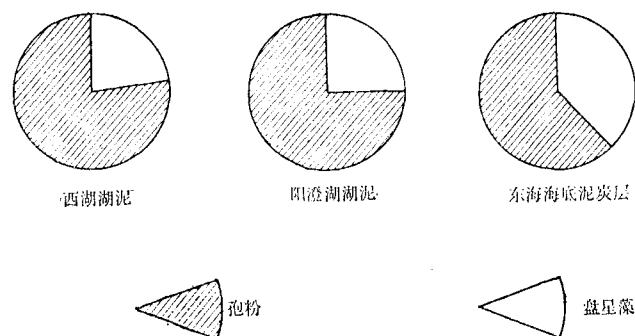


图 1 盘星藻在孢粉组合中所占比例对比图

效。Rossignol(1962)认为环纹藻是一种淡水藻体,据笔者对我国东南地区新生代环纹藻化石研究,在晚更新世、全新世的湖沼沉积和泥炭中均有大量环纹藻发现,因此它的生态环境应为河、湖或沼泽。

综上所述,本层所含藻类化石均为淡水藻体,证实当时应为陆相沉积。

三、中部海相层藻类组合及其古生态环境

本层沉积物中见有丰富的硅藻、硅鞭藻、刺球藻和少量的甲藻。硅藻以圆筛藻为主,有辐射圆筛藻、细弱圆筛藻、小眼圆筛藻、具边圆筛藻以及线形圆筛藻、偏心圆筛藻、多束圆筛藻、虹彩圆筛藻、蛇目圆筛藻等,其他为细弱明盘藻,星形明盘藻、柱状小环藻、条纹小环藻、波状辐裯藻、环状辐裯藻、华美辐裯藻、爱氏辐环藻、黄峰双壁藻、华美双壁藻、施氏双壁藻、蜂窝三角藻,美丽曲舟藻等。

所见硅藻化石皆为海生藻类,线形圆筛藻为广泛分布种,主要产于大洋,沿岸也有分布。偏心圆筛藻为小型大洋种,但常发现于近海。细弱圆筛藻为近岸种,也发现于大洋。具边圆筛藻分布于世界各海洋中,可能为底栖进入浮游。辐射圆筛藻为沿岸和大洋种,分布极广。结节圆筛藻为近海底栖种,有时营浮游生活。蛇目圆筛藻为世界沿岸和潮间带稀有的种类。波状辐裯藻为沿岸进入浮游;环状辐裯藻为底栖种;华美辐裯藻为近岸和潮间带常见种;爱氏辐环藻为沿岸种;亦发现于半咸水。蜂腰双壁藻为沿岸底栖种,柱状小环藻、蜂窝三角藻为沿岸、潮间带种,美丽曲舟藻为沿岸底栖种。从上述硅藻种的生态分析看出,硅藻组合的生态应为浅海-近海环境,而沿岸、近岸底栖种比目前东海陆架表层沉积的数量略多(王开发,1979),当时海面应略低于目前。

藻类组合中含有一定数量的硅鞭藻和刺球藻化石,硅鞭藻化石在我国属于首次发现,为棘网硅鞭藻和琴形硅鞭藻。现在硅鞭藻仅生长于海洋,至今尚未在淡水中发现,是良好的海相指相化石。

刺球藻虽然亲缘关系尚不明确,但 Traverse 在大西洋美洲沿岸的大巴哈马浅滩沉积(Matsuoka,1977)和笔者对东海、黄海、渤海表层沉积的孢粉、藻类研究中皆得出(王开发等1980),刺球藻也是一种指示海域环境灵敏的藻体。组合中尚含有少量的旋沟藻和多甲藻,旋沟藻皆为海生,而多甲藻大部分种亦是海生藻类。

从本层上述各类化石的生态看出, 当时沉积环境应是近海-浅海的海域。

四、上部陆相层藻类组合及其古生态环境

上部陆相层据 7240 站(1) C^{14} 年龄测定为 $27,050 \pm 1,400$ 年, 5137 站的泥炭 C^{14} 年龄为 $12,140 \pm 800$ 年, 沉积物中亦见有众多的盘星藻、双星藻、鼓藻和环纹藻化石。盘星藻中仍以单足盘星藻、叠指盘星藻、短棘盘星藻为主, 其他盘星藻种类和下部陆相层相似, 仅是数量略少。双星藻化石见有较多的转板藻和长孢双星藻, 鼓藻为肾形鼓藻和叉星藻、疣状鼓藻, 也含有相当数量的螺旋环纹藻和纤弱环纹藻等。这些化石藻体生态环境前面已述, 皆为淡水藻类, 指示本层沉积亦为陆相湖沼环境, 和下部环境大致相似, 但所含化石数量减少, 底栖种类增加, 反映湖沼变浅, 水域缩小(图 2)。

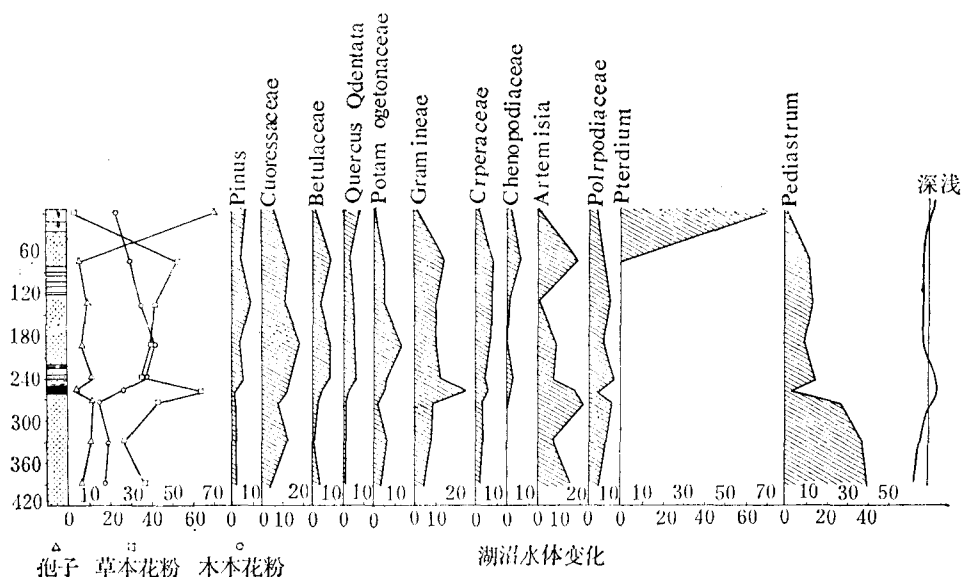


图 2 东海 7273 站柱状样孢粉图式

五、讨 论

在第四纪期间, 由于地球上发生大规模冰川, 引起全球性气候变冷, 冰川的前进与后退, 反映为冰期和间冰期气候, 冰川发育时, 海水由于蒸发, 进行水分循环, 大量的水分变成冰川, 引起海面下降。间冰期时气候变暖, 冰川融化, 引起海面上升。因此在陆架浅海区, 由于第四纪气候的冷暖变化, 相应也发生海侵海退的演替, 上述东海更新世晚期沉积的藻类化石组合, 清楚地证实了当时东海陆架区曾两度出露成陆, 接受陆相沉积。

下部陆相层的盘星藻、双星藻、鼓藻多为广温型藻体, 对温度适应性较大, 但与其共生的孢粉化石为 *Abies-Picea Pinus-Gramineae-Cyperaceae* 孢粉组合, 组合中冷杉、云杉占有很大的比例, 为孢粉总数的 8—23%, 喜凉环境的棘皮桦也有相当数量, 为 3—16%, 松很多,

达9—22%。草本花粉以禾本科、莎草科、蒿和滨藜、盐地碱蓬为主,反映当时东海陆缘山地是以冷杉、云杉、松为主混有少量桦和栎的针叶林植被,气候冷湿、年平均温度应比目前低6°—7.8℃(王开发,1981),此时海面大幅度下降,东海陆架大部分出露成为东海平原,平原上湖沼众多,其中生长大量的盘星藻、双星藻、鼓藻和环纹藻等藻类。

与中部海相层藻类组合共生的孢粉化石为 *Pinus-Quercus-Cupressaceae-Artemisia-Cyperaceae* 孢粉组合,组合中云杉、冷杉数量大为减少,而栎属花粉数量增加,为孢粉总数10%左右,松、柏、桦、榆有相当数量,草本花粉仍较多,此时陆缘山地植被演变为以松、栎占优势的针阔叶混交林,反映气候明显转暖,海面回升,发生海侵,东海陆架复被海水淹没,海区生活着各种各样的硅藻、硅鞭藻、刺球藻和甲藻。

和上部陆相层藻类组合共生的孢粉化石为 *Cupressaceae-Pinus-Abies-Artemisia-Chenopodiaceae* 孢粉组合,组合中以柏、油松为主,尚有栗、棘皮桦、椴、胡桃以及少量的冷杉、云杉、落叶松等。草本花粉以禾本科最多,蒿、藜科、十字花科、菊科有相当数量。反映此时东海陆缘山地的植被以松、柏为主杂有云杉、冷杉的针叶林-草原,气候寒冷干燥,海面又大幅度下降,东海陆架再度出露成为东海平原,古黄河、长江汇集穿越大陆架而汇入海槽,当时陆架景观类似于今日长江下游平原,平原杂草丛生,有许多湖沼点缀于平原之

表1 东海陆架区更新世晚期沉积化石藻类组合与古生态环境表

层次	藻类组合	主要藻类化石		孢粉组合	古气候	古环境和海面变化	时 代
上部陆相层	盘星藻-双星藻-环纹藻-鼓藻组合	单足盘星藻	螺旋环纹藻	<i>Cupressaceae-Pinus-Abies-Artemisia-Chenopodiaceae</i> 孢粉组合	冷干	海 退 东海陆架又出露为东海平原,古黄河、古长江汇集穿越陆架而汇入海槽,平原杂草丛生,平原上许多湖沼点缀于平原之中。	更 武木Ⅱ期
		短棘盘星藻	纤弱环纹藻				
中部海相层	圆筛藻-棘网硅鞭藻-刺球藻-旋沟藻组合	叠指盘星藻	肾形鼓藻	<i>Pinus-Quercus-Cyperaceae-Artemisia</i> 孢粉组合	温湿	海 侵 东海陆架又为海水所淹没,但海面低于目前高度。	新 世 武木亚 间冰期 晚
		双棘盘星藻	疣状鼓藻				
下部陆相层	盘星藻-双星藻-鼓藻-环纹藻组合	全绿盘星藻	叉星藻	<i>Abies-Picea-Pinus-Gramineae-Cyperaceae</i> 孢粉组合	冷湿	海 退 东海陆架出露成为东海平原,平原上湖沼众多,湖沼中生长各种藻类,	期 武木Ⅰ期
		长孢盘星藻					
		美丽双星藻					
		转板藻					
		辐射圆筛藻	黄蜂双壁藻				
		细弱圆筛藻	施氏双壁藻				
		具边圆筛藻	蜂窝三角藻				
		偏心圆筛藻	棘网硅鞭藻				
		小眼圆筛藻	琴形硅鞭藻				
		细弱明盘藻	刺球藻				
		星形明盘藻	多甲藻				
		柱状小环藻	旋沟藻				
		条纹小环藻					
		波形辐射藻					
		短棘盘星藻	粗状双星藻比较种				
		单足盘星藻	转板藻				
		叠指盘星藻	肾形鼓藻				
		双棘盘星藻	角星鼓藻				
		钝角盘星藻	小刺凹顶鼓藻				
		多孔盘星藻	环纹藻				
		长孢双星藻					

中, 湖沼中有各种各样的藻类生长。

上述 3 个藻类组合与共生孢粉化石, 清楚地反映海退—海侵—海退的海面变化与冷湿—温暖—冷干的气候演替历程。更新世最后一次冰期在北美称为威斯康辛冰期, 在欧洲阿尔卑斯地区称武木冰期, 德国为维拉斯冰期, 在我国称大理冰期, 距今约 70,000—12,000 年。在最后冰期期间, 曾出现过亚间冰期, 在欧洲称为哥特威格亚间冰期, 德国称为祖尔中间冰期, 苏联称为莫洛戈谢克斯宁亚间冰期, 其时间有人主张划在距今 44,000—29,000 年之间。气温曾一度转暖, 引起世界洋面回升, 在许多地区造成海侵, 如地中海形成第勒尼安 III 海侵 ($32,000 \pm 300$ — $29,800 \pm 1200$ 年), 我国华北称献县海侵 ($32,000$ — $25,000$ 年)。上述中部海相层藻类组合反映的海侵应和最后一次冰期的亚间冰期的海侵相当, 其上、下陆相层的藻类、孢粉组合反映的海退历程和寒冷气候应相当亚间冰期前后的亚冰期。

根据上述 C^{14} 年龄测定, 气候冷暖变化、海侵—海退历程, 上、下陆相层和中部海相层的地质时代应为更新世晚期, 相当于武木冰期, 下部陆相层为武木 I 期, 中部海相层属于武木亚间冰期, 上部陆相层为武木 II 期 (如表 1)。

参 考 文 献

- 小久保清治 1960 浮游砂藻类。上海科技出版社。第 33—52 页。
- 王开发等 1979 东海沉积物的孢粉、藻类的初步研究。海洋实践(2):46—55。
- 1980 黄海表层沉积的孢粉、藻类组合。植物学报 22(2):182—190。
- 1981 东海大陆架海底泥炭层孢粉、藻类组合与海面变化。海洋地质研究 1(1):57—68。
- 1981 东海海底泥炭层盘星藻组合的发现与晚更新世晚期的海面变化。科学通报 26(2):109—112。
- 1982 双星藻科化石在东、黄海沉积中的发现及其古地理意义。科学通报 27(22):1387—1389。
- 1982 东海沉积物中孢粉组合的因子分析。海洋学报 4(5):570—585。
- 1982 冲绳海槽沉积的花粉、藻类组合。海洋与湖沼 13(5):440—450。
- 1983 我国东部新生界环纹藻化石研究。古生物学报 22(4):468—472。
- 朱浩然等 1978 江苏北部下第三系戴南组的盘星藻化石及其沉积环境的初步分析。古生物学报 17(3):233—243。
- 胡鸿钧等 1980 中国淡水藻类, 上海科技出版社。第 314—478 页。
- 金德祥等 1982 中国海洋底栖硅藻类 (上卷)。海洋出版社。第 4—16 页。
- 金谷太郎、小泉格 1970 环太平洋地域の硅藻生層位学の現状と問題点。海洋地质 6(2):49—66。
- 1964 有明海底の的硅藻群集。地质学杂志 70(821):66—71。
- 1961, 不知火海水俣湾底の分布について。地质学杂志 67(184):199—204。
- Christopher, R. A., 1976 Morphology and Taxonomic Status of *Pseudoshitaea* Thiergart and Frantz ex R. Potonil emend. *Micropaleontology*, 22(2):143—150。
- Harald, S. P., 1976 Distribution of Holocene Silicoflagellates in North Pacific Sediments. *Micropaleontology*, 22(2):164—193。
- Matsuoka, K., 1977 Fossil *Pediastrum* from the Pleistocene hamamatsu formation around lake hamana, Central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan* (104):432—441。
- Traverse, A. and R. N. Ginsburg 1966 Palynology of the Surface Sediments of the Great Bahama Bank as related to water movement and sedimentation. *Marine Geology* 4(6):417—460。
- Wilsom, L. R. and W. S. Hoffmeister 1963 Four new species of fossil *Pediastrum*. *Amer. Journ. Sci.* 251:753—760。
- Rossignol, M., 1962 Analyse pollinique de sédiments marins quaternaires en Israël, 11-Sediments Pleistocenes, *Pollen et Spores* 4:121—148,

ANALYSIS OF FOSSIL ALGAL ASSEMBLAGES FROM THE LATE LATE PLEISTOCENE SEDIMENTS IN THE CONTINENTAL SHELF OF THE DONG HAI AND THEIR PALEOECOLOGICAL ENVIRONMENT

Wang Kaifa Zhang Yulan Jiang Hui

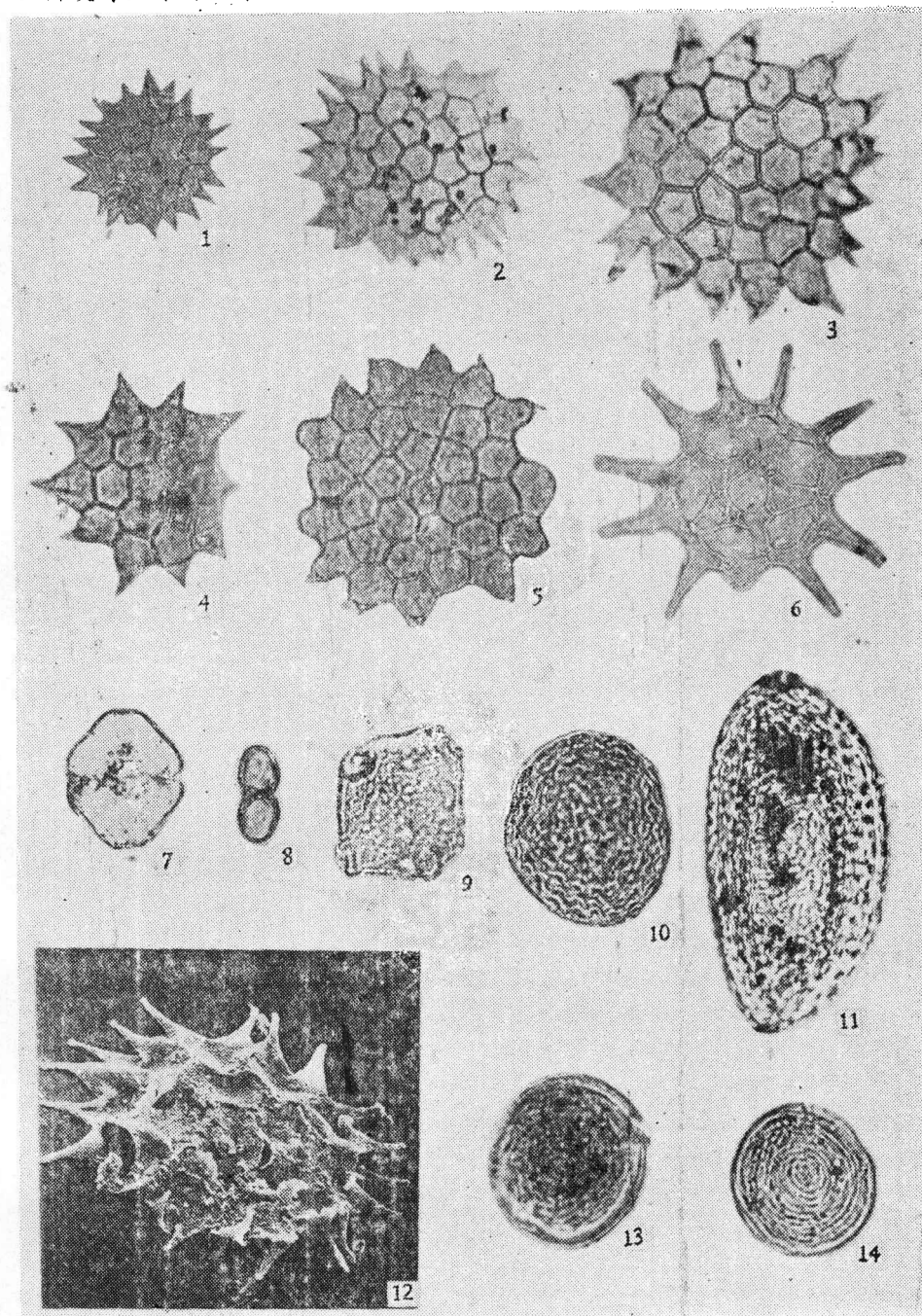
(Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai)

Sun Yuhua

(Second Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography, Hangzhou)

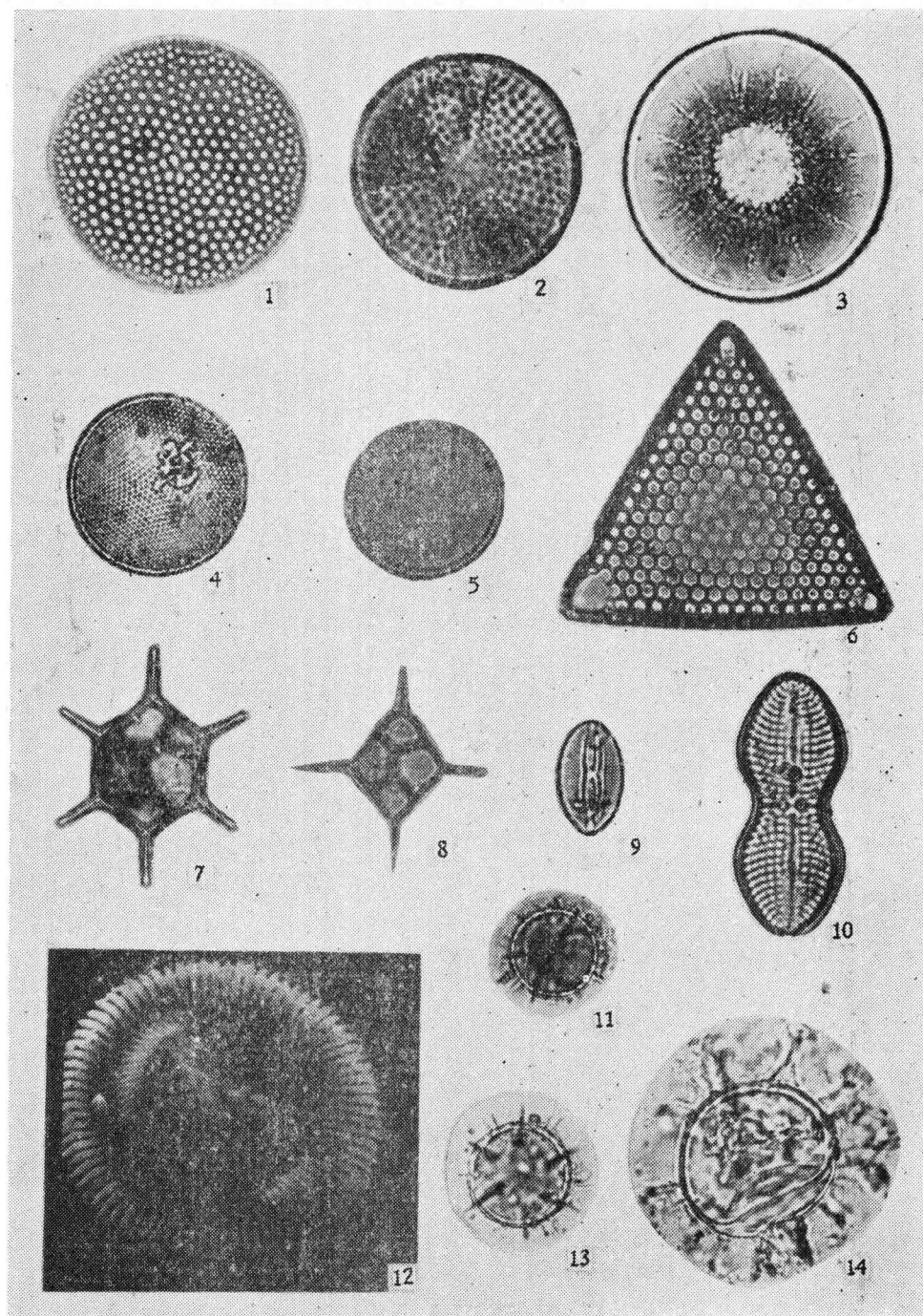
The late Late Pleistocene sediments in the continental shelf consist of two continental facies beds and a marine facies bed. The lower continental facies bed contains *Pediastrum*-*Zygnema*-*Desmidiaceae*-*Cocconeis* algal assemblage and *Abies*-*Picea*-*Pinus*-*Cyperaceae*-*Artemisia* palynological assemblage, showing that the climate was cold and wet, sea level lowering, and the continental shelf of the Dong Hai exposed as the plain dotted with many lakes and swamps in which lived many fresh water algae of *Pediastrum*, *Zygnema*, *Desmidiaceae* and *Cocconeis*. The middle marine facies bed contains *Concinodiscus*-*Dictyocha*-*Hystri-chosphaera*-*Gonyaulax* algal assemblage coexisted with *Pinus*-*Quercus*-*Cupressaceae* *Artemisia*-*Cyperaceae* palynological assemblage, indicating the climate warm and wet, sea level rising, and the Dong Hai submerged by sea water with various species of diatom, *Dictyocha*, *Gonyaulax* and *Hystri-chosphaera*. The upper continental facies bed contains *Pediastrum*-*Zygnema*-*Cocconeis*-*Desm-idiaceae* algal assemblage and *Cupressaceae*-*Pinus*-*Abies*-*Gramineae*-*Artemisia* palynological assemblage, reflecting the climate was cold and dry, sea level lowering greatly, the continental shelf of the Dong Hai exposed as the plain again, and the ancient Yellow River and Yangtze River converging and flowing down to the trench through the continental shelf. The landscape of the continental shelf at that time is similar to the lower reach plain of the Yangtze River of today and equal to that of the lower continental bed.

Based on the C^{14} test and the analysis of algal and palynological assemblages it could be inferred that the lower continental facies bed is equal to I phase of Würm of the Late Pleistocene, the middle marine facies bed equal to sub-interglacial of Würm and the upper continental facies bed equal to II phase of Würm.



- | | |
|----------------|--|
| 1, 2. 短棘盘星藻 | <i>Pediastrum boryanum</i> (Turp) Meyen |
| 3, 5. 叠指盘星藻 | <i>P. kawraskyi</i> Schhmidle |
| 4. 单棘盘星藻 | <i>P. simplex</i> (Meyen) Lem |
| 6. 多孔盘星藻 | <i>P. clathratum</i> (Schroeter) Lem |
| 7. 光滑鼓藻 | <i>Cosmarium laeve</i> Rab. |
| 8. 具角鼓藻 | <i>C. angulosum</i> Breb |
| 9. 细皱转板藻 (比较种) | <i>Mougeotia cf. gracillima</i> Geel |
| 10. 双星藻 (未定种) | <i>Zygnema</i> sp. |
| 11. 长孢双星藻 | <i>Z. longisporum</i> Jao et Hu |
| 12. 单棘盘星藻 | <i>Pediastrum simplex</i> (Meyen) Lem |
| 13. 螺旋环纹藻 | <i>Concentricystes spiralis</i> wang & Han |
| 14. 里比尼环纹藻 | <i>C. rubinus</i> Rossignol |

(除图 7、8 放大 500 倍, 图 12 为扫描电镜照片放大 1,000 倍外, 其余皆放大 800 倍)



- | | |
|-----------------|---|
| 1. 辐射圆筛藻 | <i>Coscinodiscus radiatis</i> Ehr. |
| 2. 波状辐刺藻 | <i>Actinoptychus undulatus</i> (bail) Ralfs |
| 3. 星形明盘藻 | <i>Hyalodiscus stelliger</i> Bailey |
| 4. 偏心圆筛藻 | <i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehr. |
| 5. 条纹小环藻 | <i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow |
| 6. 蜂窝三角藻 | <i>Triceratium favus</i> Ehr. |
| 7, 8. 网硅鞭藻 | <i>Dictyocha</i> sp. |
| 9. 施氏双壁藻 | <i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve |
| 10. 蜂腰双壁藻 | <i>D. bombus</i> Ehr. |
| 11, 13, 14. 刺球藻 | <i>Hystrichosphaera</i> |
| 12. 条纹小环藻 | <i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow |
- (除图12为扫描电镜照片放大1,000倍外, 其余皆放大500倍)