

南海水柱微体生物壳体中氨基酸、 氨基糖与糖类物质的检出及意义*

陈建芳 陈荣华 M. G. Wiesner[†] 郑连福 唐运千

(国家海洋局海底科学重点实验室 杭州 310012)

[†](德国汉堡大学生物地球化学与海洋化学研究所 汉堡 D- 20146)

提要 对 1994—1995 年南海中部时间系列沉积物捕获器收集的微体生物壳体进行了氨基酸与糖类分析。结果表明,微体生物壳体中含有的氨基酸与糖类物质大致与颗粒物全样相当,其氨基酸与糖类组成基本保持了活体浮游生物的特征,而与颗粒物全样有所不同,推测氨基酸与糖类物质一是作为壳体本身的组成部分存在于壳体中;二是被包裹在有孔虫房室及放射虫、硅藻壳体纹饰或筛孔中,因而可以很好保存。上述结果表明生物壳体本身也是有机质从海洋表层向下输送的良好载体,而且生物体内氨基酸与糖类组成的原生信息可以很好地保存于壳体内,这对于利用壳体中的生物标志物来追溯原生的有机物来源、演化及其它环境信息具有重要意义。

关键词 浮游生物壳体 氨基酸 糖类物质 沉积物捕获器 南海

学科分类号 P736.4

氨基酸是蛋白质的基本结构单位,通常占到生物有机碳的 40%—60%,有机氮的 42%—72% (Lee *et al.*, 1982); 糖类物质是浮游植物光合作用的直接产物。在海洋生物地球化学循环中,这两类有机物质占有十分重要的地位 (Henrichs *et al.*, 1987; Cowie *et al.*, 1992)。原先认为,生物体死亡后,其有机质绝大部分重新矿化回到水柱中,一部分有机碎屑与粘土等无机粒子结合形成有机-无机复合体转移至沉积物,而浮游生物的钙质与硅质壳体本身含有的有机质可能很少。目前,在海洋沉积物的生物壳体如有孔虫中检出了氨基酸 (Robbins *et al.*, 1990),但对海洋水柱中新鲜的微体生物壳体,由于样品不易收集到可供分析的量而涉及较少。而上述工作对于目前还知之甚少的海洋水柱中有机质的生物地球化学行为具有十分重要的意义 (Wakeham *et al.*, 1993)。本文通过南海沉降颗粒中微体生物壳体中氨基酸与糖类物质的检出与分析,结合作者利用时间系列沉积捕获器采集的沉降颗粒全样以及前人的有关分析数据讨论生物壳体在南海颗粒有机质垂向转移中的作用。

1 材料与方 法

沉降颗粒样品用 Mark IV 型大孔径时间系列沉积物捕获器采集,采样站位为南海中部 14.60°N, 115.10°E, 水深 4310m。自 1990 年 12 月 1 日—1995 年 4 月 29 日共在 1208—

* 中德合作及国家自然科学基金资助项目,49776297 号。陈建芳,男,出生于 1968 年 7 月,硕士, E-mail: jfchen@ mail. hz. zj. cn

收稿日期: 1998-10-28, 收修改稿日期: 2000-04-20

3 774m 水层中布放了 9 套捕获器,共获时间系列样品 87 个。捕获器的布放、回收、样品预处理及全样的有关分析作者已作过介绍(陈建芳等,1996;1999)。微体生物样品取自 1994 年 8 月 24 日—9 月 20 日期间用浅层捕获器收集的 3 号样品(SCS-C04-S3),这期间为 5 年半中通量最大的时段,达 $206.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,高出平均值一倍多。丰富的生物壳体为开展氨基酸、氨基糖与糖类分析提供了条件。

样品经 $63 \mu\text{m}$ 细筛冲洗数次, $> 63 \mu\text{m}$ 部分经超声振荡 3 次,每次 5min,以进一步除去其中的粘土矿物, 40°C 下烘干,在双目镜中剔除少量岩源颗粒。按 $500-1000 \mu\text{m}$ 、 $250-500 \mu\text{m}$ 、 $150-250 \mu\text{m}$ 、 $125-150 \mu\text{m}$ 、 $63-125 \mu\text{m}$ 五个粒级分别在镜下进行微体生物鉴定。由于进行氨基酸与糖类分析必须有 20mg 以上的样品量,故把上述各粒级合并成 $250-1000 \mu\text{m}$ 、 $63-250 \mu\text{m}$ 两组分别进行氨基酸、氨基糖与糖类分析。

氨基酸、氨基糖与糖类前处理及分析按(Michaelis *et al*, 1984)所述方法,略作改进。氨基酸、氨基糖经水解、浓缩、去酸后,在 LKB 4151 氨基酸自动分析仪(德国费赖堡制造)上,经 $150 \times 4.6 \text{ mm}$ 不锈钢柱(内含 DC4-75, $7 \mu\text{m}$ 树脂)分离,不同 pH 的柠檬酸-硼酸-氢氧化钠缓冲液梯度洗脱,OPA 柱后衍生,用岛津 FLD-6A 荧光检测器检测。糖类物质经水解、浓缩、去酸、电渗析脱盐后,在 Biotronick 糖类自动分析仪(德国法兰克福制造)上,经 $270 \times 4.6 \text{ mm}$ 不锈钢柱(内含 DA-X4, $20 \mu\text{m}$ 树脂)分离,不同 pH 的硼酸-氢氧化钠缓冲液梯度洗脱,在 10m 长的反应管中 127°C 下用二喹啉- Cu^{2+} -天冬氨酸溶液显色,用岛津 SPD-10A 紫外检测器检测。氨基酸、氨基糖分析的标样为 Hamilton H 标样(内含 15 种氨基酸)外加 β -丙氨酸、 γ -氨基丁酸、鸟氨酸、葡萄糖胺、半乳糖胺(Sigma 公司产品),组成 18 种氨基酸、2 种氨基糖(葡萄糖胺、半乳糖胺)的混合标样。糖类标样为鼠阿糖、核糖、甘露糖、果糖、阿拉伯糖、岩藻糖、半乳糖、木糖、葡萄糖(Sigma 公司产品)混合而成。色谱数据由色谱工作站计算。每一种氨基酸、氨基糖、单糖平衡双样相对偏差均在 5% 以内,蛋氨酸与 2 种氨基糖在水解中有所损失,故其结果分别乘以 1.4、1.2 加以校正(Miller *et al*, 1986; Haake *et al*, 1993)。

2 结果与讨论

2.1 微体生物鉴定结果

样品 $250-1000 \mu\text{m}$ 部分几乎全为浮游有孔虫壳体,共计达 1159 枚/g 干样,其中以袋拟抱球虫 *Globigerina sacculifer* 为最多,其次为杜氏新方球虫 *Neogloboquadrina dutertrei*、等边小抱球虫 *Globigerina aequilateralis*、共球拟抱球虫 *Globigerinoides conglobatus* 等(见表 1)。

表 1 试样微体生物(浮游有孔虫)鉴定统计结果(枚/g 干样)

Tab. 1 Species and relative abundance of planktonic foraminifera in different grain size fractions of the test sample

样品粒级(μm)	500—1000	250—500	150—250	125—150
泡泡球虫 <i>Globigerina bulloides</i>	0	2	61	159
疏室小抱球虫 <i>Globigerina calida</i>	0	10	36	16
绯红抱球虫 <i>Globigerina rubescens</i>	0	0	20	185
等边小抱球虫 <i>Globigerina aequilateralis</i>	48	116	8	0
共球拟抱球虫 <i>Globigerinoides conglobatus</i>	36	92	20	0
红拟抱球虫 <i>Globigerinoides ruber</i>	0	39	112	14
袋拟抱球虫 <i>Globigerinoides sacculifer</i>	167	395	55	1
镶边圆幅虫 <i>Globorotalia menardii</i>	19	9	18	1
杜氏新方球虫 <i>Neogloboquadrina dutertrei</i>	7	157	78	0
普通圆球虫 <i>Orbulina universa</i>	45	4	0	0
未鉴定种的有孔虫	0	13	841	1238
合计	322	837	1249	1614

63—250 μm 部分中, 有孔虫种类鉴定统计只到 125—250 μm , 该部分有孔虫总数达 2963 枚/g 干样, 其中较占优势的有泡抱球虫 *Globigerina bulloides*、绯红抱球虫 *Globigerina rubescens* 及红拟抱球虫 *Globigerina ruber*。125—250 μm 部分还有少量腹足类、翼足类以及放射虫等, 大约只占不到 20%。63—125 μm 粒级由于个体较小, 未作细致的分类统计, 经初步观察主要微体生物有浮游有孔虫、放射虫、硅藻等为主, 仍以浮游有孔虫占优势。

2.2 微体生物壳体中氨基酸、氨基糖与糖类物质的含量

样品氨基酸、氨基糖、糖类的色谱图如图 1。图 1a 横坐标 60—80min 中有 4 个小峰, 依次分别为 β -丙氨酸, γ -氨基丁酸, 半乳糖胺与葡萄糖胺。由于图幅太小, 故图中没有标出这 4 个峰。18 种氨基酸与 2 种氨基糖均得到了很好的分离; 糖类物质除(阿拉伯糖+岩藻糖)没有分离, 其余的单糖得到了较好的分离。分析结果列于表 2、表 3。微体生物壳体 250—1000 μm 部分为浮游有孔虫壳体, 氨基酸、氨基糖及糖类物质含量分别为 7.5、0.14 和 1.7 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (干样); 而 63—250 μm 部分除有孔虫外, 还有腹足类、翼足类、放射虫、硅藻等, 氨基酸、氨基糖及糖类物质含量分别为 32.0、0.40 和 5.3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (干样)。这表明较小的生物壳体更能保存氨基酸、氨基糖与糖类物质。这可能是由于颗粒小的有孔虫房室及放射虫、硅藻壳体纹饰或筛孔更易保存有机物。研究表明, 沉积物有孔虫壳体中氨基酸含量仅在 0.1 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (干样)左右(Robbins *et al*, 1990)。有机质主要存在于钙质与硅质壳体以外的软体之中, 随着生物的死亡, 大部分有机质往往在表层海水即重新矿化而回到水柱中(Lee *et al*, 1984), 而在沉积物中, 有孔虫壳体经过长时间的降解作用, 其中的氨基酸等有机组分大部分已损失。深海颗粒有机碳垂向沉降过程中动物来源的有机质相对含量增高(Haake *et al*, 1993; 陈建芳等, 1999), 因此, 一般认为, 在海洋颗粒有机碳垂向通

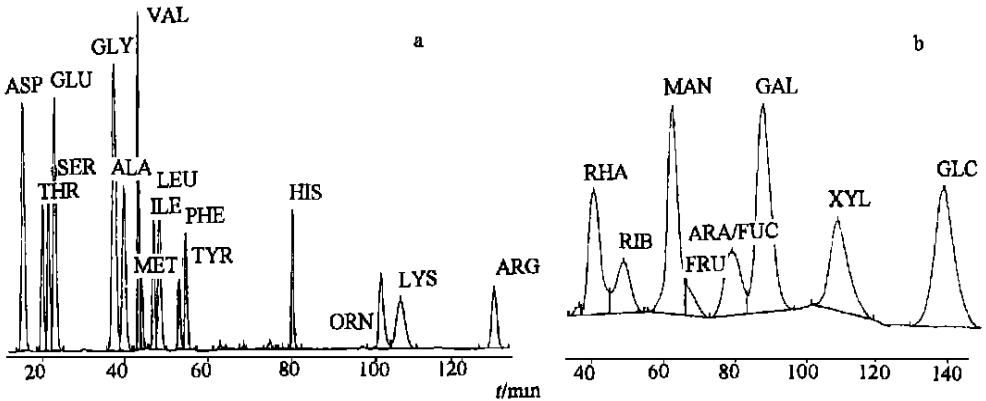


图 1 南海水柱有孔虫壳体(> 250 μm)中氨基酸、氨基糖(a)与糖类(b)色谱图

Fig. 1 The chromatograms of amino acids amino sugars (a) and carbohydrates (b) in the foraminiferal tests (> 250 μm)

ASP 天冬氨酸; THR 苏氨酸; SER 丝氨酸; GLU 谷氨酸; GLY 甘氨酸; ALA 丙氨酸; VAL 缬氨酸; MET 蛋氨酸; ILE 异亮氨酸; LEU 亮氨酸; TYR 酪氨酸; PHE 苯丙氨酸; B-ALA β -丙氨酸; G-ABA γ -氨基丁酸; HIS 组氨酸; ORN 鸟氨酸; LYS 赖氨酸; ARG 精氨酸; RHA 鼠阿糖; RIB 核糖; MAN 甘露糖; FRU 果糖; ARA/FUC 阿拉伯糖+岩藻糖; GAL 半乳糖; XYL 木糖; GLC 葡萄糖

ASP: aspartic acid; THR: threonine; SER: serine; GLU: glutamic acid; GLY: glycine; ALA: alanine; VAL: valine; MET: methionine; ILE: isoleucine; LEU: leucine; TYR: throsine; PHE: phenyl alanine; B-ALA: beta-alanine; G-ABA: gamma aminobutyric acid; HIS: histidine; ORN: ornithine; LYS: lysine; ARG: arginine; RHA: rhamnase; RIB: ribose; MAN: mannose; FRU: fructose; ARA/FUC: arabinose/fucose; GAL: galactose; XYL: xylose; GLC: glucose

量中, 浮游动物的粪粒、分泌物等粘性物质起了重要作用, 这些粘性的团粒可以吸附、结合细小的粘土矿物等无机粒子, 使得颗粒物越聚越大, 一方面加快颗粒物迁出的速率, 另一方面使有机物由于形成有机-无机复合体而更易保存 (Ittekkot *et al*, 1990)。且主要由无机的钙质与硅质组成的壳体本身的有机质含量及其在颗粒有机碳垂向通量中的作用较少而受到注意。总的说来, 南海微体生物壳体中所含有氨基酸与糖类物质大体与全样相当 (表 2、3), 表明在水柱中钙质及硅质壳体与粘土矿物等岩源物质一样, 都是有机物质向下搬运的重要载体。生物壳体如有孔虫的外壳多为虫体的细胞质所分泌, 或由细胞质分泌一些粘结质有选择地粘结外界物质所构成, 而蛋白质及多糖类物质是细胞质中主要的有机成分, 因而蛋白质及糖类物质实际上可能起了壳体构筑时的胶合剂的作用 (Robbins *et al*, 1990)。另一方面, 水柱中的生物壳体由于死后刚刚迁出真光层不久, 在其有孔虫房室及放射虫、硅藻壳体纹饰或筛孔内尚包裹有新鲜的有机物, 使得其中的氨基酸等有机物含量高出于沉积物壳体一个数量级以上。因此, 在生物来源的碳酸钙、蛋白石溶跃面之上, 钙质与硅质壳体在颗粒有机碳垂向通量中具有重要作用。

表 2 微体生物壳体、颗粒物及沉积物中有孔虫壳体氨基酸组成的比较

Tab. 2 Contents and spectra of amino acids in planktonic tests, particulate matter and sedimentary foraminifera

样品种类		氨酸	天冬	苏氨	丝氨	谷氨	甘氨	丙氨	缬氨	蛋氨	
		含量	氨酸	氨酸	氨酸	氨酸	氨酸	氨酸	氨酸	氨酸	
水柱样	250~ 1000	7.5	11.1	5.2	6.3	11.1	18.3	8.0	5.0	1.5	
(粒径 μm)	63~ 250	32.0	11.5	5.6	5.7	11.1	15.9	8.7	6.3	1.7	
	颗粒物 (平均)	22.8	12.2	6.2	6.7	10.5	16.9	9.4	5.2	1.1	
沉积物	南海柱状样 ¹⁾		14.5	1.4	3.8	6.8	7.3	6.8	13.3	12.0	
	袋拟抱球虫 ²⁾		9.1	5.4	9.9	12.6	14.0	10.5	3.2	3.9	
	红拟抱球虫 ²⁾		11.8	5.7	9.5	9.5	13.9	11.5	7.4	5.4	
	普通圆球虫 ²⁾		10.6	4.6	10.4	8.0	15.8	11.8	8.3	8.2	
	镶边圆幅虫 ²⁾		3.8	5.9	10.6	9.6	18.3	12.9	7.8	2.2	
样品种类		异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	β -丙氨酸	γ -氨基丁酸	鸟氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸
水柱样	250~ 1000	4.6	7.0	3.1	3.8	0.2	0.1	0.1	4.9	3.9	6.0
(粒径 μm)	63~ 250	4.7	6.8	3.2	4.0	0.2	0.1	0.1	5.6	4.0	4.7
	颗粒物 (平均)	3.9	5.5	3.5	3.5	0.7	0.6	0.3	6.8	2.5	4.6
沉积物	南海柱状样 ¹⁾	7.4	9.8	Tr	7.5	Tr	Tr	Tr	5.7	Tr	3.6
	袋拟抱球虫 ²⁾	3.7	4.3	1.1	4.1	Tr	Tr	Tr	2.4	6.9	3.5
	红拟抱球虫 ²⁾	3.0	5.4	1.6	3.2	Tr	Tr	Tr	3.1	Tr	3.1
	普通圆球虫 ²⁾	5.1	6.3	5.7	3.7	Tr	Tr	Tr	3.7	0.7	3.2
	镶边圆幅虫 ²⁾	4.5	6.8	4.9	3.7	Tr	Tr	Tr	3.3	2.6	3.2

Tr: 表示没检出, 氨基酸含量单位为 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其它单位为 $\text{mol}\%$; 1) 南海柱状样有孔虫数据引自唐运千等, 1995;

2) 加勒比海各类有孔虫数据引自 Robbins *et al*, 1990

表 3 微体生物壳体与颗粒物中氨基酸糖、糖类含量与海洋生物活体的比较

Tab. 3 Contents and spectra of amino sugars, carbohydrates in planktonic tests, particulate matter and living marine organisms

样品种类		氨基糖 ²⁾	葡萄糖	半乳糖	糖胺糖	糖类物 ²⁾	鼠李糖	核糖	甘露糖	果糖	阿拉伯糖+	半乳糖	乳糖	葡萄糖
		含量	糖胺糖	糖胺糖	糖胺糖	质含量	糖	糖	糖	糖	糖	岩藻糖	糖	糖
水柱样	250~ 1000	0.14	88.1	11.9		1.7	3.2	2.4	16.1	2.8	5.3	19.6	2.7	47.9
(粒径 μm)	63~ 250	0.40	82.2	17.8		5.3	2.6	1.7	14.8	2.3	5.0	20.7	8.9	45.0
	颗粒物 (平均值)	0.49	72.5	27.5		5.5	5.6	5.0	19.0	2.2	4.7	25.6	14.2	23.7
生物体 ¹⁾	浮游植物						3.7	6.0	14.9	未测	5.6	7.1	6.3	9.0
	浮游动物						2.2	8.1	16.1	未测	1.8	5.8	8.6	2.1
	细菌						0.0	61.3	3.87	未测	9.1	0.0	5.1	0.31

1) 生物体样据 Cowie *et al*, 1984; 2) 单位为 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其它单位为 $\text{mol}\%$.

2.3 微体生物壳体中氨基酸组成

微体生物壳体中氨基酸主要以甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酸占优势,均在 10% 以上,各类氨基酸的相对含量大小顺序为:中性(甘氨酸、丝氨酸、丙氨酸、缬氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸) > 酸性(谷氨酸、天冬氨酸) > 碱性(精氨酸、鸟氨酸、赖氨酸、组氨酸) > 芳香(酪氨酸、苯丙氨酸) > 含硫(蛋氨酸),这种顺序与各类活体浮游生物氨基酸组成完全一致,而且各氨基酸的相对组分也大致相同(Cowie *et al.*, 1992),表明微体生物壳体内的氨基酸与软体部分(占活体的绝大部分)基本一致。蛋白质氨基酸中的天冬氨酸、谷氨酸及精氨酸可以在微生物的活动下转化为非蛋白质氨基酸(Ittekkot *et al.*, 1984)。微体生物壳体样品中非蛋白质氨基酸 β -丙氨酸、 γ -氨基丁酸、鸟氨酸约占总氨基酸的 0.5%,表明其中氨基酸物质非常新鲜。相比之下,尽管颗粒物全样中的氨基酸组成与生物壳体中十分相似(表 2),但其中的非蛋白质氨基酸平均为 1.6%。在作者分析过的南海几十个捕获器样品中非蛋白质氨基酸绝大部分在 1%—3% 之间。南海沉降颗粒物质中微体生物壳体约占 60%,岩源物质占 30% 左右(Wiesner *et al.*, 1996),与生物壳体本身含有机质不同,水柱岩源物质中的有机质尽管也是来自于海洋自身(Ittekkot *et al.*, 1984; 陈建芳等, 1999),但其是通过吸附、粘着等方式结合在一起的,因而在这过程中可能更容易被微生物改组,而形成非蛋白质氨基酸。另外,微体生物壳体颗粒较大,沉降速度较快,也易于使有机质保持新鲜。

如表 2 所列,与南海沉积物中有孔虫壳体相比,南海水柱中两个粒级的微体生物壳体中氨基酸组成均更接近于加勒比海柱状样顶部各类新鲜、完整有孔虫壳体的氨基酸组成(Robbins *et al.*, 1990),而与南海柱状沉积物(10—800cm)中红拟抱球虫中氨基酸的组成却有较大的不同。不同之处主要表现在南海柱状沉积物有孔虫中苏氨酸、甘氨酸、谷氨酸、丝氨酸较低(总计只有 19.3%),而蛋氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸较高(表 2)。笔者认为,造成上述不同的主要原因可能是:前者为沉积物顶部新鲜、完整的微体生物壳体,样品处理中,除清洗外还经过超声振荡等处理程序,样品中基本不含粘土类物质,壳体中氨基酸是生物生长时同壳体的构筑联系在一起,已成为壳体本身的组成部分(Robbins *et al.*, 1990),因而不易受到微生物活动的影响。而南海柱状沉积物(10—800cm)中红拟抱球虫壳体中氨基酸组成却呈现经历过较大的成分改组的特征,如不稳定的谷氨酸、苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸含量下降,而稳定的丙氨酸含量上升,蛋氨酸以较高含量出现等,这可能是由于南海柱状样中有孔虫来自南海北部海盆水深 3 360m 处,接近南海 CCD 界面,有孔虫溶蚀作用非常强烈,不易收集到完整的壳体,加上没有经过超声清洗,可能会使具有多孔状结构的有孔虫房室等内部留有粘土类物质。另外,样品取自柱状样 10—800cm 处,由于经历时间较长,破碎的壳体中氨基酸如酸性的谷氨酸有可能发生选择性的降解(Robbins *et al.*, 1990)。含硫的蛋氨酸大量出现则可能是在柱样深部的还原环境下,由于硫酸盐还原细菌的作用,使间隙水中的硫酸盐还原为活性硫化物,并进而与其它氨基酸反应形成含硫的蛋氨酸的结果。

2.4 微体生物壳体中氨基糖与糖类物质的组成

微体生物壳体中葡萄糖胺/半乳糖胺的比值为 7.4(250—1 000 μ m)、4.6(63—250 μ m),而沉降颗粒物全样中葡萄糖胺/半乳糖胺的比值只有 2.6 左右(表 3)。在亚极地

太平洋基本无细菌活动的深海颗粒物中葡萄糖胺/半乳糖胺之比可达 20 以上,而细菌来源的氨基糖上述比值只有 1—3(Haake *et al*, 1993)。因此,细菌对有机物的改组,可能更加频繁地发生于壳体以外的其它部分,如岩源物质部分中。同时也进一步证实了前面提到的生物壳体中的有机质更容易保持新鲜的观点。

壳体中检出的糖类物质有葡萄糖、甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖+岩藻糖、鼠李糖、核糖、果糖与木糖。对浮游植物中的单糖分析也表明它们主要由上述 8 种单糖组成(Ittekkot *et al*, 1982; Cowie *et al*, 1984)。尽管各类浮游生物中各单糖组成存在一定的差别,但一个共同的特点是都具有很高的葡萄糖。南海水柱微体生物壳体中也有这种特点,葡萄糖分别占到 47.9% 和 45.0%,比颗粒物全样平均为 23.7% 几乎高出一倍。葡萄糖是非常容易分解的糖类,在各种单糖中最易降解(Ittekkot *et al*, 1982),其在水柱生物壳体中能很好地保存,进一步表明壳体的新鲜。另外值得注意的是木糖在各类颗粒物中的含量变化。海洋中木糖主要来自浮游植物,而浮游动物中则较少(Cowie *et al*, 1984)。如表 3 所列,250—1000 μm 基本不含藻类,故木糖只占 2.7%,63—250 μm 粒级中有部分的硅藻等硅类,木糖上升到 8.9%,而南海颗粒物中常见的藻类如硅鞭藻、沟鞭藻、硅藻、颗石藻等大多存在于 63 μm 以下粒级中,这应是颗粒物全样中木糖比较丰富(14.2%)的原因。

3 结论

南海微体生物壳体中氨基酸、氨基糖及糖类的含量为 $7.5, 0.14, 1.7\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (250—1000 μm 部分)和 $32.0, 0.40, 5.3\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (63—250 μm 部分),其含量大致与颗粒物全样相当,说明水柱中生物壳体也是有机质的重要载体,其在颗粒有机碳的垂向能量中的作用不可忽视。生物壳体中保存的氨基酸、氨基糖与糖类物质组成与生物活体基本相同,表明有机物质非常新鲜,这一方面是由于氨基酸与糖类物质作为细胞质的重要组成部分参与了壳体的构筑,并成为壳体本身的一部分,因而使有机质得以很好地保存,另一方面,有孔虫房室及放射虫、硅藻壳体纹饰或筛孔内可能也包裹了新鲜的有机物。除生物壳体以外,与岩源物质结合的有机质则在沉降作用过程中受到相对较强有机物质改组。因此从追索有机物质来源、演化及古海洋环境角度来说,沉积物中生物壳体比沉积物全样包含有更加准确的信息。

致谢 本文的分析工作在德国汉堡大学完成。V. Ittekkot 教授在本研究过程中给予指导, T. C. Jennerjahn 博士在样品分析中提出有益建议,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 王将克,陈水侠,钟月明等,1991. 氨基酸生物地球化学. 北京:科学出版社,68—115
- 陈建芳,郑连福,1996. 沉积物捕获器与全球变化研究. 海洋通报 15(1): 41—47
- 陈建芳, Wiesner M G, Wong H K 等,1999. 南海中部颗粒有机质的能量的垂向变化及早期降解作用的标志物. 中国科学(D 辑), 29(4): 372—378
- Cowie G L, Hedges J I, 1984. Carbohydrate sources in a coastal marine environment. *Geochim Cosmochim Acta*, 48: 2075—2087
- Cowie G L, Hedges J I, 1992. Sources and reactivity of amino acids in a coastal marine environment. *Limnol Oceanogr*, 37(4): 703—724

- Haake B, Ittekkot V, Honjo S, 1993. Amino acid, hexosamine, and carbohydrate fluxes to the deep Subarctic Pacific (station P). *Deep-sea Res*, 40: 547—560
- Hennichs S M, Farrington J W, 1987. Early diagenesis of amino acids and organic matter in two coastal marine sediments. *Geochim Cosmochim Acta*, 5: 1—15
- Ittekkot V, Degens E T, Brockman U, 1982. Monosaccharide spectra of acid-hydrolyzable carbohydrates in particulate matter during a plankton bloom. *Limnol Oceanogr*, 27: 711—716
- Ittekkot V, Degens E T, Honjo S, 1984. Seasonality in the fluxes of sugars and amino acids to the deep ocean: Sargasso Sea. *Deep-sea Res*, 31: 1 057—1 069
- Ittekkot V, Haake B, 1990. The terrestrial link in the removal of organic carbon in the sea. In: Ittekkot V, Kempe S (eds). *Facets of Modern Biogeochemistry*, Heidelberg: Springer-ver-lag, 318—325
- Lee C, Cronin C, 1982. The vertical flux of particulate organic nitrogen in the sea: decomposition of amino acids in the Peru upwelling area and the equatorial Atlantic. *J Mar Res*, 40: 227—251
- Lee C, Cronin C, 1984. Particulate amino acids in the sea: effects of primary productivity and biological decomposition. *J Mar Res*, 42: 1 075—1 097
- Michaelis W, Ittekkot V, 1984. Biogeochemistry of river: field and analytical techniques. *SCOPE/UNEP Sonderband*, 52: 68—89
- Müller P J, Suess E, Ungerer A C, 1986. Amino acids and amino sugars of surface particulate and sediment trap materials from water of the Scotia Sea. *DeepSea Res*, 33: 819—838
- Robbins L, Brew K, 1990. Proteins from the organic matrix of core top and fossil planktonic foraminifera. *Geochim Cosmochim Acta*, 54: 2 285—2 292
- Wakeham S G, Lee, C, 1993. Production, transport, and alteration of particulate organic matter in the marine water column. In: Engel M H, Macke S A ed. *Organic Geochemistry*, New York: Plenum Press, 145—169
- Wiesner M G, Zheng L, Wong H K, 1996. Fluxes of particulate matter in the South China Sea. In: Ittekkot V ed. *Particle Flux in the Ocean*. New York: John Wiley and Sons, 91—154

AMINO ACIDS, AMINO SUGARS AND CARBOHYDRATES IN SETTLING PLANKTONIC TESTS AND THEIR IMPLICATIONS FOR THE SOUTH CHINA SEA

CHEN Jian-fang, CHEN Rong-hua, M. G. WIESNER, ZHENG Lian-fu, TANG Yun-qian

(Key Lab of Submarine Geo-science, State Oceanic Administration, Hangzhou, 310012)

(Institute of Biogeochemistry and Marine Chemistry, University of Hamburg, D-20146, Hamburg)

Abstract It is commonly believed that microfossils in marine sediment have very low content of organic matter such as amino acids. Planktonic tests collected by time series sediment trap in the South China Sea were analyzed. Results show that their concentrations of amino acids, amino sugars and carbohydrates are 7.5, 0.14 and 1.7 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (dry weight) for 250—1000 μm part, and 32.0, 0.4 and 5.3 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (dry weight) for 63—250 μm part, respectively. Generally, the content of these organic mixtures in settling planktonic test is similar to that in bulk particulate matter. The spectra of amino acids, amino sugars and carbohydrates in settling planktonic shells are very similar to those in living plankton, suggesting that proteins and polysaccharides preserved in the shells are as fresh as those in living plankton. The proteins and polysaccharides may act as efficient templates for shell formation, and some organic matrix may actually be entrapped in chambers of foraminifera or micro-holes of diatom, radiolaria, so the organic mixtures are affected little by bacteria decomposition. These results show that settling planktonic shells might act as very important carriers for the vertical transportation of organic carbon, at least in water column shallower than CCD and opal lysocline. On the other hand, since planktonic shells can preserve more intact and fresh organic matrix than total particulate matter, to analyze organic composition of planktonic shells in sediments instead of bulk sediment may be more helpful to understand sources, environmental conditions and biogeochemical process in water column.

Key words Settling planktonic tests Amino acids Carbohydrates Sediment trap South China Sea

Subject classification number P736.4