

渤海湾、黄河口和长江口海域海水中 颗粒氨基酸含量的分布^{*}

张星君 纪明侯

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

海水中除含有大量无机物质外, 还含有种类繁多, 但含量很低的有机物质, 其含量约为 C 0.5~2.0mg/L。海水有机物质可分为溶解有机物质(DOM)和颗粒有机物质(POM)。前者为主要组分, 后者所含比例很小。在大洋中 POM 的主要来源有: ①浮游生物, 尤其是浮游植物活体、死骸及其分解碎屑; ②海水中进行的 $DOM \rightleftharpoons POM$ 的动力平衡产物。近岸海水还受河流流入的陆地 POM 和大气带入的陆源尘埃的影响。POM 主要由蛋白质、碳水化合物、脂类等组成。POM 是食碎屑动物的良好食物, 它构成海洋食物链的一环, 与水域生物生产力有直接的联系。POM 中蛋白质含量以颗粒氨基酸(PAA)表示。Daumas(1976)曾报道过沿岸海水中 PAA 含量的季节变异, 纪明侯等(1992 年)于 1980~1981 年首次对青岛胶州湾内 PAA 含量在不同站位和不同季节中的变化特征进行调查。作者等继而于 1982 年 7 月、1983 年 10 月和 1984 年 5、7、8 月乘“金星二号”考察船前后首次研究了渤海湾、黄河口和长江口附近水域中颗粒氨基酸的组成与含量在不同站位中的分布。所得结果^①如下。

一、材料与方法

1. 取样

在渤海湾、黄河口(包括莱州湾)和长江口内、外共设 44 个站位, 分别为 18 个、17 个和 9 个(如图 1、图 2、图 3)。

2. 颗粒氨基酸(PAA)的测定(纪明侯等, 1992)

取 5 L 海水样品用双层微孔膜抽滤。滤器最底层以钛滤板为支撑板, 其上铺以事先于 450℃ 灼烧 2h 的 Whatma GF/C 玻璃纤维滤膜(孔径约 1.2μm)。此滤膜上层为一砂芯滤板(孔径约 150~200μm)。这样, 滤膜上收集的物质为 1.2~200μm 的颗粒物。滤后, 滤

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4469 号

① 1991 年有人曾引用过本文的微机数值, 但未对其做进一步计算处理, 因此所表示的结果都是不能用的, 应以此次结果为准——作者注

收稿日期: 2002 年 1 月 20 日

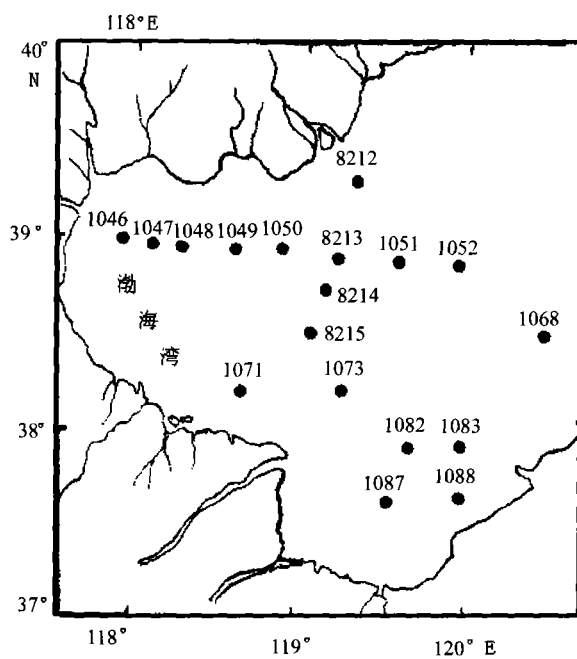


图1 渤海湾调查站位

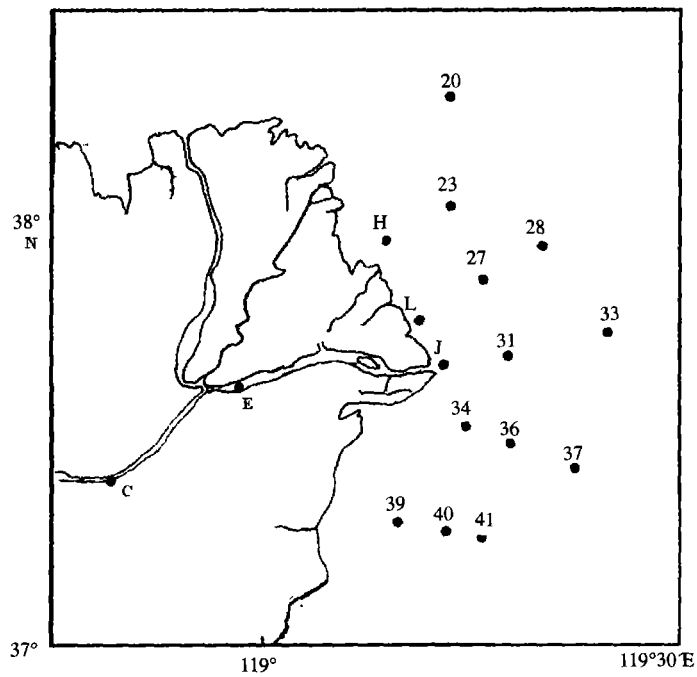


图2 黄河口调查站位

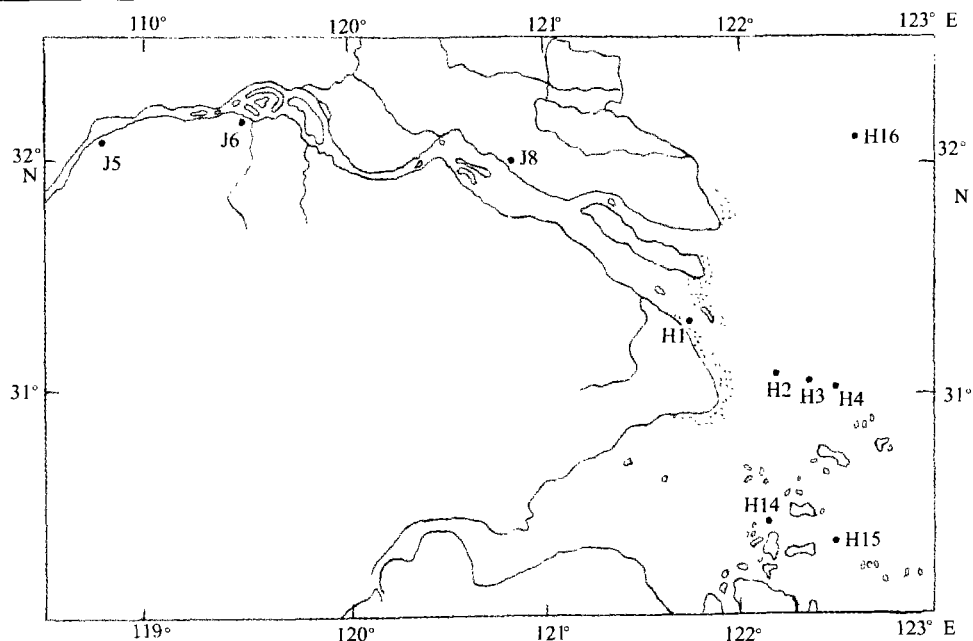


图3 长江口调查站位

器中加入约 250mL 蒸馏水抽滤,以洗涤滤膜上的盐分。然后将滤膜移入干净的培养皿中,于70℃烘干,保存于干燥器中。用镊子小心将 GF/C 滤膜叠放入水解管中,加入6mol/L HCl 溶液,用玻璃棒将滤纸捣碎,封管,于 105℃加热水解 24h。开管,过滤,将水解物转移到蒸发皿中,多次蒸发去酸,加入约 0.2g 活性炭脱色。滤液以 pH2.2 的 HCl 溶液稀至 10cm³,用日立 835-30 型氨基酸分析仪测定各氨基酸含量(Ngram)。最后,将分析仪打印数值进行换算后即得结果(μg/L)。

二、结果与讨论

1. 渤海湾

1982 年 7 月在渤海湾布设的采水站位(图 1)的水深在 6~33m 左右。

渤海湾海水中的颗粒有机物(POM)经酸水解后检出的 PAA 如表 1 所示,共有天门冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、丙氨酸(Ala)、甘氨酸(Gly)、苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、异亮氨酸(Ile)、脯氨酸(Pro)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)、酪氨酸(Tyr)、苯丙氨酸(Phe)、甲硫氨酸(Met)、胱氨酸(Cys)等 17 种(有时只有 14 种)。其中,前 7 种和赖氨酸的含量较多,一般在 10μg/L 左右,其他种类一般在 10μg/L 以下。从总氨基酸看,其中酸性氨基酸(Asp 和 Glu)所占比例为 26%~30%,碱性氨基酸(His, Arg, Lys)占 12%~14%,中性氨基酸(酸、碱性以外的)为最多,占 58%~62%。这种组成比例与 Cowey 等(1963a)对英国米利港(Millport)海水中 PAA 的分析结果,酸、碱、中性氨基酸的比例 27%、16%和 56%相近。与作者对几种浮游植物中的酸、碱、中性的

表 1 渤海湾各站位表层海水中颗粒氨基酸(PAA)含量 ($\mu\text{g/L}$)

站位	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Lys	His	Arg	Phe	Pro	Σ PAA
1046	1.94	—	10.99	27.08	—	23.98	2.61	15.47	—	1.67	1.90	0.89	17.64	0.45	0.58	0.57	8.30	114.07
1047	—	12.32	15.25	15.18	18.54	18.67	0.45	10.88	0.53	1.01	2.56	—	14.63	1.33	—	0.69	8.58	120.62
1048	9.43	3.43	8.03	6.23	11.44	8.91	0.44	3.03	0.92	0.54	1.42	1.23	3.94	0.92	0.53	1.05	2.94	64.43
1049	9.35	4.56	7.44	10.22	7.00	6.26	0.50	5.79	—	1.13	2.28	0.69	4.46	1.21	1.61	0.57	3.45	66.52
1050	11.73	6.60	10.44	13.01	10.74	9.00	3.00	5.54	—	0.84	1.13	0.92	6.53	1.14	0.71	1.87	4.29	87.49
1051	13.68	6.73	10.05	12.59	10.96	9.28	—	9.58	0.91	1.28	2.66	1.31	7.08	1.86	1.70	0.83	4.14	94.64
1052	—	9.54	15.61	15.86	16.88	12.89	0.59	9.60	—	2.20	3.93	0.61	10.18	1.66	2.14	0.52	5.51	107.72
1068	16.46	7.59	9.65	20.88	11.88	9.41	0.43	9.35	—	3.70	8.93	—	8.74	2.28	6.44	0.39	6.04	122.17
1071	—	11.80	15.13	11.19	18.52	18.27	0.65	8.96	—	1.11	1.42	0.61	12.34	0.94	0.78	0.64	6.18	108.54
1073	16.74	8.88	9.95	17.22	11.65	11.55	—	9.58	—	2.26	5.35	—	9.39	1.70	3.24	0.46	6.36	114.33
1082	23.97	12.65	13.10	29.37	15.50	16.92	—	13.19	—	4.30	10.90	—	12.63	2.80	6.79	0.40	9.39	171.91
1083	13.72	8.08	10.02	14.96	10.69	10.78	—	9.08	—	1.41	4.05	—	8.85	2.03	3.13	0.71	5.03	102.54
1087	15.40	9.22	11.56	13.37	12.06	12.98	—	7.98	—	1.54	3.23	1.09	8.79	1.55	2.20	0.62	5.03	106.61
1088	21.71	11.20	12.65	23.51	14.24	14.80	—	14.32	—	1.62	4.07	0.58	12.39	1.97	3.42	0.54	7.97	144.99
8212	—	12.14	10.52	18.80	10.32	9.38	—	14.46	—	2.85	6.34	—	7.28	2.55	4.79	1.27	5.13	105.83
8213	15.17	7.35	7.72	17.20	7.92	8.85	0.45	9.14	—	1.77	5.79	—	7.73	1.95	3.17	1.39	5.43	101.03
8214	18.27	9.98	14.95	19.45	14.77	13.61	—	10.63	—	2.00	4.64	1.02	10.32	2.57	2.46	0.80	7.04	132.51
8215	21.81	13.42	15.17	19.76	20.05	18.83	0.47	14.81	—	1.75	4.88	0.42	16.20	0.35	2.05	1.32	9.49	160.78

比例,如三角褐指藻的 22%、13%和 65%,以及对菱形藻的 25%、13%和 62%也基本近似(纪明侯等,1985)。Cowey 等(1963b)所测的浮游动物哲水蚤(*Calanus*)所含氨基酸的组成比例也与此相近。这表明海水中 PAA 主要来源于浮游生物特别是浮游植物中的碎屑。

如表 1 所示,渤海湾除 1048、1049、1050 站位的表层海水中 Σ PAA(总颗粒氨基酸,即各氨基酸含量之和)含量为 64~94 $\mu\text{g/L}$,均小于 100 $\mu\text{g/L}$ 外,其他大多数被测站位均大于 100 $\mu\text{g/L}$,为 102~132 $\mu\text{g/L}$,个别站位如 1088 站位为 145 $\mu\text{g/L}$,1082 和 8215 站位含量高达 171 $\mu\text{g/L}$ 和 161 $\mu\text{g/L}$ 。

表 2 所示结果,为几个站位的 Σ PAA 含量的垂直分布情况。如 1051 站位似乎是从表层 94 $\mu\text{g/L}$,经过中层(10m)至底层增高至 134 $\mu\text{g/L}$;但 8213 和 8214 站位则有表层比底层高的趋势,8212 和 8215 站位则表现不明显。这种垂直分布不均匀,可能与湾内流向变动和浮游生物的群落分布不均有关。

表 2 渤海湾几个站位的不同水深海水中 Σ PAA 含量

站 位	采水深度/m	Σ PAA/($\mu\text{g/L}$)
1051	表层	94.64
	中层(10)	118.13
	底层(26)	134.65
8212	表层	105.83
	中层(10)	68.54
	底层(20)	111.90
8213	表层	101.03
	中层(10)	89.29
	底层(25)	70.02
8214	表层	132.51
	中层(10)	75.29
	底层(20)	76.43
8215	表层	160.78
	中层(10)	189.34
	底层(18)	126.56

2. 黄河口

黄河是我国第二大河,含沙量很高,每年平均有 12 亿 t 泥沙被输送到黄河口,其中约 2/3 淤积至三角洲前沿。1984 年 5、7、8 月于黄河口设十余个站位(图 2),水深只在 5~18m 左右,比渤海湾区域要浅得多。黄河口及其附近水域中的 Σ PAA 含量如表 3 所示,C、E 两站位在内陆, Σ PAA 含量较少,仅为 30~40 $\mu\text{g/L}$,而靠近黄河口外的 H、I 两站位的含量高达 607 $\mu\text{g/L}$,其中,Asp、Glu、Cys、Lys、Pro 等都比其他站位的含量要高得多,表明此处浮游生物群落非常丰富,诸如 23、28、33、36、37、39 等各站位的含量都高于 100 $\mu\text{g/L}$,比渤海湾各站位海水中的含量要高。黄河口数站位的海水中的酸性、碱性和中性氨基酸一般分别在 9%~32%、7%~21%和 9%~77%之间,相互差异较大,可能反映浮游生物群落差异大。

表 3 黄河口各站表层海水中颗粒氨基酸 PAA 含量 ($\mu\text{g/L}$)

采水期	站位	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Lys	His	Arg	Phe	Pro	ΣPAA
5月	20	0.99	11.20	13.26	12.74	15.32	15.08	—	11.11	—	2.14	5.10	1.06	8.89	2.95	3.00	0.82	5.52	109.18
	28	24.10	14.10	14.90	19.91	18.53	20.01	—	12.14	—	1.33	3.50	0.93	15.78	1.99	1.64	1.50	—	150.27
	36	0.70	11.55	16.24	14.08	21.76	24.02	0.46	10.78	0.36	1.24	2.97	0.47	15.92	1.89	13.66	1.37	8.66	146.13
	39	1.94	18.39	18.12	—	21.92	25.97	3.64	19.26	—	0.78	7.96	—	16.83	2.79	4.38	2.21	13.70	159.89
	41	0.45	9.19	16.47	10.74	21.57	21.14	0.71	10.43	—	1.28	2.04	0.69	14.83	1.57	0.85	1.88	6.67	120.51
7月	C	6.39	3.14	4.98	4.51	4.86	4.99	0.53	3.76	—	0.57	0.88	0.82	2.48	0.53	0.40	1.15	1.75	41.74
	E	5.02	2.452	3.74	3.29	2.78	2.83	1.24	2.12	—	0.62	0.92	1.18	1.25	0.58	0.76	1.18	—	29.93
8月	H	102.06	54.93	55.80	92.42	65.34	81.15	1.77	36.08	1.00	4.92	18.09	0.75	39.78	6.33	10.90	0.58	35.19	607.09
	I	8.20	—	—	95.04	0.70	125.45	197.98	50.19	—	6.92	9.31	5.01	39.90	1.05	5.39	4.86	57.52	607.52
	J	0.47	—	11.01	38.15	—	49.52	—	—	—	4.29	6.11	1.52	20.04	2.06	2.87	1.68	8.89	146.61
	23	12.44	11.41	18.04	13.32	19.37	19.15	—	9.70	0.30	1.55	2.33	0.70	15.88	1.28	1.86	1.47	6.10	134.90
	27	2.47	3.38	7.39	3.30	8.03	6.69	1.56	4.60	0.43	0.50	0.29	0.69	5.22	1.00	—	1.21	7.48	54.24
	31	—	—	3.04	4.57	0.31	16.52	4.68	0.87	1.07	1.34	0.39	0.42	5.38	0.52	—	0.85	1.57	41.53
	33	15.07	14.51	23.52	13.74	22.96	29.09	18.45	2.00	—	1.98	2.31	1.08	15.29	1.88	—	1.26	8.06	171.20
	34	—	4.66	4.48	6.40	14.15	13.26	—	11.96	—	1.10	0.85	0.38	12.50	0.99	—	0.58	3.63	74.94
	37	16.37	27.60	24.16	17.50	23.13	30.78	—	18.23	0.76	2.09	2.99	—	22.28	1.97	2.08	1.26	9.31	268.64
	40	26.35	22.45	29.19	30.42	31.18	39.49	—	4.76	—	1.96	3.10	0.40	32.19	1.71	3.21	1.07	14.78	246.81

表 4 长江口各站位表层海水中 PAA 含量 (μg/L)

站位	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Gys	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Lys	His	Arg	Phe	Pro	ΣPAA
J8	—	1.25	—	23.87	—	33.63	3.87	32.86	—	1.56	2.92	1.61	15.63	0.77	—	—	5.06	123.03
J6	4.72	—	11.40	28.90	—	38.76	51.68	36.32	4.51	4.88	1.53	1.53	15.98	1.44	—	4.93	3.59	210.17
J5	—	—	—	—	—	52.82	72.08	39.17	—	5.76	3.58	1.53	19.82	1.67	1.57	1.15	27.42	226.57
H1	1.65	—	1.20	30.93	—	37.72	51.05	23.25	3.05	2.15	2.81	1.62	12.50	0.86	—	1.30	18.11	188.20
H2	—	—	—	32.11	—	37.34	45.77	2.47	—	2.72	1.91	1.51	11.66	1.17	—	1.27	20.60	158.53
H3	—	1.64	33.17	38.43	—	48.40	3.26	19.91	—	5.41	3.46	2.00	19.41	1.40	1.60	1.26	11.81	188.16
H14	—	—	—	—	12.62	—	117.9	38.06	—	5.67	2.20	3.66	15.95	1.93	—	2.58	—	200.64
H15	11.76	6.70	13.75	8.81	11.66	9.10	9.23	8.33	—	1.40	1.63	3.06	5.51	2.77	1.04	2.82	3.35	98.65
H16	—	8.82	14.06	7.19	—	11.28	1.30	10.67	—	1.88	1.56	4.00	7.38	1.43	—	2.21	3.62	89.61

3. 长江口

1983 年 10 月在长江口的内陆水域设 J5(南京)、J6(镇江)和 J8(南通)3 个站位, 在长江口外设 H1、H2、H3、H14、H15 和 H16 等站位, 除 H15 水深 22m 和 H16 深达 30m 外, 其余站位水深均在 10m 左右(图 3)。从表 4 所列分析结果看, J5 站 Σ PAA 含量为 $226\mu\text{g/L}$, J6 站位为 $210\mu\text{g/L}$ 和 J8 站位为 $123\mu\text{g/L}$ 。它们均位于长江下游, 靠近大的城镇, 水中含有丰富的蛋白质类有机物。至长江口外, H1、H3 站位的有机物逐渐被稀释至 $188\mu\text{g/L}$, 再向东至东海, 海水中 Σ PAA 含量则降至约 $30\sim 80\mu\text{g/L}$ (李烈英等, 待刊稿)。总的来看, 长江口附近海域为 PAA 含量较丰富的区域。至 H15 和 H16 则减至 $90\mu\text{g/L}$ 左右。但 H14 靠近舟山岛附近又增至 $200\mu\text{g/L}$, 表明此区域受城镇排出的有机物质影响较大, 有助于浮游生物大量繁殖。

三、结 语

根据以上调查研究, 得出下述结果

1) 渤海湾: 所调查的少数站位的表层海水中的 Σ PAA 含量较低, 在 $64\sim 87\mu\text{g/L}$ 左右; 大多数站位的含量较高, 大于 $100\mu\text{g/L}$, 是构成渤海鱼虾索饵产卵的良好场所的重要原因。从数个站位的 Σ PAA 含量的垂直分布结果看, 有的站底层比表层含量要高; 但有的站位呈相反趋势, 即表层高于底层含量, 这可能与湾内流向变动和浮游生物群落分布不均有关。

2) 黄河口: 在黄河口内陆的表层水中 Σ PAA 含量较低, 仅为 $30\sim 40\mu\text{g/L}$, 而靠近黄河口外的两站 H、I 的含量升高至 $607\mu\text{g/L}$, 多数站位的含量高于 $100\mu\text{g/L}$, 比渤海湾各站位海水中的含量要高, 表明此处的浮游生物群落非常丰富。

3) 长江口: 长江口下游的内陆数站位表层水中的 Σ PAA 含量较高, 达 $200\mu\text{g/L}$ 左右, 可能与它们靠近大的城镇, 水中蛋白类有机物质丰富的原因有关。长江口外 PAA 含量逐渐被稀释至 $188\mu\text{g/L}$, 乃至 $90\mu\text{g/L}$, 但到舟山岛附近海域又增至 $200\mu\text{g/L}$, 这又与从岛上排放的有机物有关。

参 考 文 献

- 纪明侯、蒲淑珠、泮永尧等, 1985. 几种海洋浮游植物的氨基酸含量. 海洋学报, 7(5): 598~601
- 纪明侯、李烈英、牛柠庆等, 1992. 胶州湾海水中的颗粒氨基酸. 见: 纪明侯等著. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社. 99~107
- Cowey C B, Corner E E S, 1963a. Amino acids and some other nitrogenous compounds in *Calanus fumarchicu*. J. Mar Biol. Ass. U. K., 43(2): 485~493
- Cowey C B, Corner E E S, 1963b. On the nutrition and metabolism of zooplankton II. The relationship between the marine copepod *Calanus helgolandicus* and particulate material in Plymouth sea water, in terms of amino acid composition. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 43(2): 495~511
- Daumss R A, 1976. Variations of particulate proteins and dissolved amino acids in coastal seawater. Mar. Chem., 4(3): 225~242
- Siezen R J, Mague T H, 1978. Amino acids in suspended particulate matter from oceanic and coastal waters of the Pacific. Mar. Chem., 6(3): 215~231

Studies on the Distribution of the Contents of Particulate Amino Acids in the Sea Water of Bohai Bay, Yellow River Estuary and Changjiang River Estuary*

ZHANG Xingjun JI Minghou

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Abstract

The distribution of the contents of total particulate amino acids (Σ PAA) in surface seawater of Bohai Bay, Yellow River Estuary and Changjiang (Yangtze) River Estuary were studied by R/V "Golden Star No.2" from 1982 to 1984. Near Bohai Bay, the contents of Σ PAA in surface seawater were lower (60~80 μ g/L) than those of most stations outside the Bay, where Σ PAA were >100 μ g/L. Near the Yellow River Estuary region exhibited higher contents of Σ PAA, reaching 600 μ g/L and even at other stations outside the estuary Σ PAA contents were 100 μ g/L or >100 μ g/L. At several stations of the inland of Changjiang (Yangtze) River the contents of Σ PAA were about 200 μ g/L and decreased to 186~90 μ g/L in the lower course of the river. But near the region of Zhoushan Island they again increased to 200 μ g/L. It is probable that the increase of Σ PAA contents was due to the high density of growing plankton and high contents of organic substances there.

* Contribution No. 4469 from the Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences