

黄海角毛藻属 (Genus *Chaetoceros* Ehrenberg) 区系的性质*

郭玉潔

(中国科学院海洋研究所)

海洋生物区系是各海区的地理环境、水文状况和这些环境条件的历史发展情况对生物自然分布综合影响的反映。为探讨海洋生物自然分布的演变过程及规律,近年来海洋生物区系的研究日益受到重视。角毛藻属包括从寒带到热带的各种生态性质的种类,在太平洋西部浅海区本属的出现种数居浮游硅藻之冠^[12,41],也是黄海浮游硅藻区系组成的最重要成分。角毛藻属在海洋上层水中营浮游生活,生命周期很短,其分布可随水文条件的变化而迅速改观。因此,研究角毛藻属区系时,除考虑种类和地理分布外,还要结合其生态反映一并分析。而这样综合性的报告至今还很少见。本文旨在从此三方面,对黄海角毛藻属区系的性质及与邻近区系间的亲疏关系进行初步探讨。

一、黄海及邻近海区角毛藻属的研究概况

综合我们近年来的调查资料和已发表的记录,在中国近海已鉴定角毛藻 60 种,约占世界记录之半,但已发表的报告却为数极少。在黄海,已经发表的有青岛及附近海区角毛藻 16 种及 2 变种^[3,35]和烟台、威海鲧鱼渔场 31 种及 1 变种的分类及生态报告^[1];在东海,舟山群岛 10 种^[45],厦门及附近海区 18 种及 1 变种^[3],台湾海峡 5 种^[3];在南海,香港 6 种及 1 变种^[3]。其中除厦门及烟台、威海鲧鱼渔场的记录较完全外,其余海区都仅发表了极零星的资料。不过,通过解放后 13 年来对浮游植物资料的累积及初步分析,对中国近海角毛藻属的分类、分布及生态情况已有了概括的了解。

在黄海的邻近海区中,以日本海及日本太平洋沿岸的角毛藻属研究报告最多,共发表 70 余种的分类记载^[14,17,22,38],有关角毛藻属生态的论文更不胜枚举。苏联在北太平洋、鄂霍次克海及日本海等进行了浮游植物调查,发表了一些关于分类、地理分布及生态的论文^[30,31,32,34]。1930 年前后,朝鲜对其国土两岸的浮游植物进行过调查^[9]。日本也调查了日本海的浮游植物^[10],近来又从九州以西的中国东海顺太平洋沿岸到鄂霍次克海南部进行调查^[11]。综合这些资料,已可大致地了解北半球太平洋西部及附属海区角毛藻属的分布轮廓。

二、黄海角毛藻属的种类及分布

在黄海周年都有不同种类的角毛藻交替出现,共鉴定 38 种及 3 变种[见表 1],约占本

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 205 号;本文曾于 1962 年 6 月及 9 月先后在青岛由中国海洋湖沼学会和中国科学院海洋研究所共同召开的海洋动植物区系学术讨论会以及在苏联列宁格勒由太平洋西部渔业研究委员会召开的太平洋西部动物区系和藻类区系学术讨论会上宣读,会后略有补充修改。

海区浮游硅藻总种数的 40%。其中 15 种及 2 变种隶于单色体亚属 (Subgenus *Monochromatophorus* Chu et Kuo), 它们的出现率一般较高, 数量也较大; 二色体亚属 (Subgenus *Dichromatophorus* Chu et Kuo) 的 9 种及 1 变种虽也习见, 但数量少, 出现期短; 多色体亚属 (Subgenus *Polychromatophorus* Chu et Kuo) 在黄海出现 14 种, 其中有 4 种数量较大。

黄海产角毛藻大都属耐温范围较宽、地理分布较广的近岸性种类, 不过其分布中心以及在不同分布区中其高数量期的出现与海水温度仍有一定的关联。参考以上所提到的国内、外角毛藻属资料, 根据各种角毛藻高数量期的适温状况, 可以把黄海的各角毛藻归纳为以下几类[表 1]:

I. 个体的高数量期出现在 15°C 以下者有 11 种及 1 变种, 其中有 4 种及 1 变种在黄海秋末至初春的浮游植物中居优势地位。它们的最北记录在苏联北部诸海或北太平洋西部, 黄海为其分布的南限。根据其高数量期的水温差别, 又可分成两类:

(1) 在黄海适温最低的种类有窄隙角毛藻威氏变种 [*Ch. affinis* var. *willei* (Gran) Hustedt]。聚生角毛藻 (*Ch. socialis* Lauder) 和冕孢角毛藻 [*Ch. subsecundus* (Grun.) Hustedt]。它们在北黄海¹⁾ 1—3 月 (0—6°C)²⁾ 数量最大, 约占当时浮游植物总量的 60%, 迨水温升至 10°C 以上的 4—5 月, 大都已形成休眠孢子。它们在南黄海的数量较少, 东海更少, 尤其是窄隙角毛藻威氏变种和冕孢角毛藻在浙、闽交界的沙埕已无记录。

冕孢角毛藻和聚生角毛藻在苏联北部各海的夏季都有记录^[28,43], 窄隙角毛藻威氏变种的最北记录在白令海西部。它们在鄂霍次克海南部、白令海西部、日本海里门海流区及北海道东方的亲潮影响水域数量都很大, 最适繁殖季节的水温为 4—9°C^[15,30,32,39]; 太平洋西部 40°N 以南的黑潮区及日本海对马暖流区都极少见, 但在日本本州以南的日向滩及远州滩附近有冷水团上升的海域又可见到^[11], 这已是它们在北半球太平洋西部分布的最南记录。

有些学者将上述种类定为寒带性或冷水性种类^[32,36], Г. И. Гайл 则定为寒带-北温带种^[30]。参考其高数量期出现在 4—9°C 的世界记录, 并与仅出现在 5°C 以下的狭温的寒带种相区别, 这些种可看作适温下限较低的冷温带种或寒带-冷温带种。

(2) 当水温为 5—15°C 的初春和秋末, 在黄海角毛藻属中占优势的还有密连角毛藻 (*Ch. densus* Cleve) 和绕孢角毛藻 (*Ch. cinctus* Gran)。密连角毛藻从 10 月至 5 月在黄海和东海北部普遍可见, 当其高数量期, 可占浮游植物总个体数的 80% 以上 (300 万个/米³)³⁾。厦门的数量不及青岛^[3]; 此外在南海北部冬季出现极少量。在日本海南部稍多; 日本太平洋沿岸除受对马暖流影响的津轻海峡东口及本州以南偶然有本种出现外, 都极少记录。夏季在苏联北部各海及白令海出现, 数量不多; 在鄂霍次克海其高数量期也出现在 4—8°C 的夏季。绕孢角毛藻在黄海以春季最多; 其在太平洋西部的最北记录在鄂霍次克海, 出现期在 8—13°C 的夏末。

扭角毛藻 (*Ch. convolutus* Castracane) 也是在黄海冬半年常见的种类, 初春稍多, 夏季

1) 由于温、盐度分布情况的差异, 以中国山东省成山角 (概位 37°25'N, 122°45'E) 至朝鲜长山串 (概位 38°10'N, 124°30'E) 为界, 将黄海分为南、北两部。南黄海的东南部常受对马暖流西分支的影响, 其温、盐度一般较北黄海为高。

2) 本文所引温、盐度皆指表层海水而言。

3) 本文所提到的中国定量资料, 皆用国际标准 20 号筛绢制周第 (Juday) 型网自水底至表面垂直采得。

的分布区与黄海中部水温低于 10°C 的底层冷水团的范围一致^[6],甚至在九州以西的东海东北部亦有记录^[11]。在太平洋西部,其分布与以上各种类相仿,在里门寒流区及白令海西部水温在 2—9°C 时数量最大^[25,30];在鄂霍次克海本种的高数量期出现在 5—8°C^[32];在北海道以东其繁殖期在 3—15°C 的春、秋季^[1]。

在黄海出现的这一适温类型的种类还有:深环沟角毛藻(*Ch. constrictus* Gran)、丹麦角毛藻(*Ch. danicus* Cleve)、鏈刺角毛藻(*Ch. seiracanthus* Gran)、相似角毛藻(*Ch. similis* Cleve)、圓柱角毛藻(*Ch. teres* Cleve)和扭鏈角毛藻(*Ch. tortissimus* Gran)但数量都较少。

据一般文献记载,这些种类都列为北温带种^[36,42]、温带冷水性种类^[32]或冷温带种。

II. 个体高数量期出现在 15—25°C 者,在黄海见到 10 种及 1 变种。其中少数种类仅分布在黄海附近,另一部分则广布在从鄂霍次克海南部直到印度洋北部的沿岸水域中。

卡氏角毛藻(*Ch. castracanei* Karsten)和艾氏角毛藻(*Ch. eibenii* Grunow)在黄海的高数量期出现在 15°C 左右的春、秋季。卡氏角毛藻在北半球太平洋及附属海中极少记录,唯在黄、渤海很多,最高密度为 40 万个/米³,约占当时浮游植物总个体数的 30%。艾氏角毛藻的分布区稍宽,在日本海东部水温为 20°C 时数量较多^[23],在中国近海以黄海最多。

表 1 黄海角毛藻属的生态类型

Table 1. Ecological groups of *Chaetoceros* of the Yellow Sea

	4. 温 带 性 种		7. 热 带 性 种	8. 生态性质不明种类
	5. 冷温带性种	6. 暖温带性种		
1. 优势种	<i>Ch. affinis</i> var. <i>willei</i> (Gran) Hustedt <i>Ch. cinctus</i> Gran <i>Ch. densus</i> Cleve <i>Ch. socialis</i> Lauder <i>Ch. subsecundus</i> (Grun.) Hustedt	<i>Ch. affinis</i> Lauder <i>Ch. affinis</i> var. <i>circinalis</i> (Meuiner) Hustedt <i>Ch. castracanei</i> Karsten <i>Ch. curvisetus</i> Cleve <i>Ch. eibenii</i> Grunow		<i>Ch. compressus</i> Lauder <i>Ch. debilis</i> Cleve
2. 习见种	<i>Ch. constrictus</i> Gran <i>Ch. convolutus</i> Castracane <i>Ch. seiracanthus</i> Gran <i>Ch. teres</i> Cleve <i>Ch. tortissimus</i> Gran	<i>Ch. brevis</i> Schütt <i>Ch. didymus</i> Ehrenberg <i>Ch. lacinosus</i> Schütt <i>Ch. peruvianus</i> Brightwell <i>Ch. vanheurckii</i> Gran	<i>Ch. distans</i> Cleve <i>Ch. lorenzianus</i> Grunow <i>Ch. paradoxum</i> Cleve <i>Ch. pseudocurvisetus</i> Mangin <i>Ch. siamense</i> Ostenfeld	
3. 罕见种	<i>Ch. danicus</i> Cleve <i>Ch. similis</i> Cleve	<i>Ch. crinitus</i> Schütt	<i>Ch. anastomosans</i> Grunow <i>Ch. coarctatus</i> Lauder <i>Ch. costatus</i> Pavillard <i>Ch. denticulatum</i> Lauder <i>Ch. didymus</i> var. <i>anglica</i> (Grun.) Gran <i>Ch. diversus</i> Cleve <i>Ch. lauderi</i> Ralfs <i>Ch. messanensis</i> Castracane	<i>Ch. decipiens</i> Cleve <i>Ch. dipyrenops</i> Meunier <i>Ch. nipponica</i> Ikari

1. Dominant species; 2. Frequent species; 3. Rare species; 4. Temperate species; 5. Cold temperate species; 6. Warm temperate species; 7. Tropical species; 8. Species with indefinite ecological nature.

窄隙角毛藻(*Ch. affinis* Lauder)是黄海角毛藻属的最主要成员,其耐温范围约为8—28°C,不过其繁殖最旺盛的春末和秋季的水温都在15—25°C左右,在8°C以下的冬、春期常形成休眠孢子。本种在中国近海从南到北都可见到,不过在水温较低的海数量最多(当其盛期可占浮游植物个体总数的50%左右),东海较少,水温最高的南海数量更少。本种最北记录在鄂霍次克海的夏季^[32],在日本海对马暖流区也常见到^[10,40],在太平洋西部沿岸主要分布在40°N以南的水域,其繁殖适温都在15—25°C左右^[11,23,27],与黄海情况相似。在黑潮主流区数量减少^[11],在40°N以北的亲潮区,本种仅出现于受对马暖流影响的津轻海峡东口^[11,18,19]。在周年水温都在28°C以上的爪哇海,本种也极罕见^[33]。

旋链角毛藻(*Ch. curvisetus* Cleve)在黄海的繁殖盛期出现在15—26°C的夏末秋初,与本种在日本青森湾的适温记录一致^[16,17],与苏联北部诸海不同,可能两者是不同的生态型,值得进一步研究。在中国近海以黄海南部和东海北部较多,南海极少。

此外,还有窄隙角毛藻绕链变种 [*Ch. affinis* var. *circinalis* (Meunier) Hustedt]、短胞角毛藻(*Ch. brevis* Schütt)、双孢角毛藻(*Ch. didymus* Ehrenberg)、范氏角毛藻(*Ch. vanheurckii* Gran)、垂缘角毛藻(*Ch. lacinosus* Schütt)和发状角毛藻(*Ch. crinitus* Schütt)的生态性质及地理分布与窄隙角毛藻相近,是温带性种中适温下限较高的种类——暖温带种。

秘鲁角毛藻(*Ch. peruvianus* Brightwell)在黄海的夏半年虽习见,但数量不多,一般学者多认为本种是热带外洋性种,而苏联学者Л. И. Смирнова和Г. И. Гайл根据鄂霍次克海和日本海的资料,将本种定为温带暖水性种^[32,30]。比较中国南海和黄海的资料,显然可见呈现热带外洋性的是本种的粗角毛变型 [*Ch. peruvianus* f. *robusta* (Cleve) Hustedt],角毛较细的本种仍属暖温带性质。

III. 出现在黄海水温最高期(25°C以上)的12种角毛藻及1变种中,以劳氏角毛藻(*Ch. lorenzianus* Grunow)、远距角毛藻(*Ch. distans* Cleve)、拟旋链角毛藻(*Ch. pseudocurvisetus* Mangin)、窄面角毛藻(*Ch. paradoxum* Cleve)和暹罗角毛藻(*Ch. siamense* Ostenfeld)较为习见,但数量不多。在中国近海,它们都是周年出现于南海的优势种。在黄、东海主要出现于夏季,其数量由南向北递减。其余的热带性种如:桥联角毛藻(*Ch. anastomosans* Grunow)、紧挤角毛藻(*Ch. coarctatus* Lauder)、双脊角毛藻(*Ch. costatus* Pavillard)、齿角毛藻(*Ch. denticulatum* Lauder)、双孢角毛藻宽隙变种 [*Ch. didymus* var. *anglica* (Grunow) Gran]、异角毛藻(*Ch. diversus* Cleve)、罗氏角毛藻(*Ch. lauderi* Ralfs)和短角毛藻(*Ch. messanensis* Castracane)常分布在受对马暖流西分支影响的黄海东南部,在黄海绝大部分水域中都极罕见。它们在日本海分布于对马暖流区,最北可达高岛(概位43°N 141°E)近岸,夏季也可随对马流到萨哈林岛南部海区^[30]。在太平洋西部近岸则普遍出现于38°N以南的黑潮区^[11]。

除以上所提到的各种角毛藻外,尚有扁面角毛藻(*Ch. compressus* Lauder)、柔弱角毛藻(*Ch. debilis* Cleve)、并基角毛藻(*Ch. decipiens* Cleve)、二核样体角毛藻(*Ch. dipyrenops* Meunier)和日本角毛藻(*Ch. nipponica* Ikari)的生态性质不能肯定。前两种在黄海出现的数量相当多,适温范围很宽、世界分布又广,可能存在着不同的生态型。后三种在黄海很罕见,找不出明确的适温规律。

三、黄海角毛藻属区系的特点及与邻近海区的比较

无论从种数或个体数量方面来看,温带性种类在黄海角毛藻属区系组成中占优势地位[表 1, 2],热带性种数量少且罕见。而狭温的热带外洋性种(如 *Ch. rostratus* Lauder, *Ch. tetrastichon* Cleve 等)在黄海绝大部分海域都未见到,狭温的寒带性种[如 *Ch. furcellatus* Bailey, *Ch. mitra* (Bailey) Cleve, *Ch. septentrionalis* Oestrup 等]在黄海也未出现。这些温带性种大都是温带环球性分布,在黄海呈季节性出现,其繁殖盛期的季节及水温也不一致,但高数量区一般都出现在 31.5% 以下的近岸水域。其中一部分为适温较低的冷温带性种,主要出现在黄海的冬半年,冬、春季为其繁殖盛期。在中国近海自黄、渤海向南分布到长江口或延伸到浙江温州近海。另一部分为适温较高的暖温带性种,主要出现在黄海的夏半年,自春末到秋初为其繁殖盛期,在中国近海从南海北部近岸的低水温区到黄海都有,以黄海的数目最高。热带性种常出现于黄海夏、秋季的水温最高期,数量很少,看不出明显的繁殖盛期。

综上所述可以看出,黄海角毛藻属的区系特点是以暖温带性近岸种和冷温带性近岸种为主,杂以热带性近岸种的、有明显季节变化的温带性区系。与黄海其他浮游硅藻类、经济海藻类^[4]、多毛类动物^[8]等的区系性质一致。

黄海角毛藻属区系特点的形成,是由于黄海的地理、水文条件和温带近岸性浮游硅藻类对这些环境条件的生理和生态性适应所决定的。黄海深入到中、朝大陆之间,东、西、北三面都为大陆所限,西北与内湾性的渤海相接,南连受长江径流影响的东海北部低盐水

表 2 黄海角毛藻属区系中不同生态性质的种类的百分组成⁴⁾

Table 2. The percentage composition of the different species of *Chaetoceros* flora of different ecological nature in the Yellow Sea

生态性质 Ecological nature		10. 优势种		11. 习见种		12. 罕见种		7. 共 计		
		13. 种数	%	13. 种数	%	13. 种数	%	13. 种数	%	
1. 寒带性种	8. 近岸性	0	0	0	0	0	0	0	0	
	9. 外洋性	0	0	0	0	0	0			
2. 温带性	3. 冷温带性种	8. 近岸性	4	40	4	26.6	2	15.4	21	55.2
		9. 外洋性	0	0	1	6.7	0	0		
	4. 暖温带性种	8. 近岸性	4	40	4	26.6	1	7.7		
		9. 外洋性	0	0	1	6.7	0	0		
5. 热带性种	8. 近岸性	0	0	5	33.3	5	38.5	12	31.6	
	9. 外洋性	0	0	0	0	2	15.4			
6. 生态性质不明的种类		2	20	0	0	3	23.0	5	13.2	
7. 共 计		10	100	15	100	13	100	38	100	

4) 仅计算种数,变种未计在内 (Number of species counted excluding varieties)。

1. Arctic species; 2. Temperate species; 3. Cold temperate species; 4. Warm temperate species; 5. Tropical species; 6. Species with indefinite ecological nature; 7. Total; 8. Neritic; 9. Oceanic; 10. Dominant species; 11. Frequent species; 12. Rare species; 13. Species number.

域,仅东南部(35°N 以南 124°E 以东)受对馬暖流西分支的影响,温、盐度都较高,邻近的日本海中,寒冷的里門海流又在日本海中自成一环流系統^[7,26],因此除东南角外,黄海的絕大部分水域都是与寒、暖洋流无緣相会的內海性水域。它的入海径流量不大,盐度常年在

表 3 黄海角毛藻属区系与其他海区种数比較

Table 3. The comparison of *Chaetoceros* species number of the Yellow Sea with other seas

海 区 Seas	16. 角毛藻 总种数	17. 与黄海共有的种数						25. 共有种 类占黄 海总种 数的 %	26. 共有种 类占对 比海区 总种数 的 %	
		18. 种 数	19. 生态性质							
			20. 热 带 性 种	21. 暖温带 性种	22. 冷温带 性种	23. 寒 带 性 种	24. 生态性质 不明种类			
1. 苏联北部諸海	18	8	0	0	5	0	3	21	44	
2. 白令海西部	21	15	0	4	8	0	3	39	71	
3. 鄂霍次克海	28	15	0	4	8	0	3	39	54	
4. 日本海	5. 苏联沿海边区 沿岸	24	16	2	3	9	0	2	42	66
	6. 高島沿岸	31	23	5	7	8	0	3	60	74
	7. 若狭湾	37	24	8	9	6	0	1	63	64
8. 日本 太平洋 沿岸	9. 津輕海峡以东	24	19	3	7	8	0	1	50	79
	10. 八丈島沿岸	35	20	8	7	2	0	3	52	57
11. 渤 海	26	25	7	9	7	0	2	65	96	
12. 黄 海	38	38	12	11	10	0	5	100	100	
13. 东海西部	40	30	10	12	5	0	3	78	75	
14. 南 海 ⁵⁾	(39)	(25)	(12)	(7)	(5)	(0)	(1)	(65)	(64)	
15. 爪 哇 海	21	17	11	4	1 ⁶⁾	0	1	44	80	

5) 南海标本尚未全部鉴定,已鉴定部分加括号表示。

Some of our materials of the South China Sea are not yet identified, the identified data are within parentheses.

6) 根据 Allen & Cupp 的記錄,本种为 *Ch. constrictus* Gran, 但未提及其休眠孢子的形态,可能將暖温带性的 *Ch. vanheurckii* Gran 誤認成冷温带性的 *Ch. constrictus* Gran, 而原記錄的 *Ch. vanheurckii* Gran 肯定为 *Ch. siamense* Ostenfeld 之說^[9,89]。

According to Allen and Cupps' report this species is *Ch. constrictus* Gran, but they did not give a description of its resting spore. I think it may be a warm-temperate species *Ch. vanheurckii* Gran, because of they have named *Ch. siamense* Ostenfeld as *Ch. vanheurckii* in this report.^[9,89]

1. Northern seas of USSR; 2. Western part of the Bering Sea; 3. Ochotsk Sea; 4. Japan Sea; 5. Soviet Maritime Province coast; 6. Takashima coast, near 43°N143°E; 7. Wakasa Bay, near 35°40'N 135°30'E; 8. Pacific side of the Japanese coast; 9. East of Tsugaru Strait; 10. Hachijo Island coast; 11. Pohai; 12. Yellow Sea; 13. Western part of the East China Sea; 14. South China Sea; 15. Java Sea; 16. Total species number; 17. Number of species common to Yellow Sea and other region seas; 18. Species number; 19. Ecological nature; 20. Tropical species; 21. Warm temperate species; 22. Cold temperate species; 23. Arctic species; 24. Species with indefinite nature;

25.
$$\frac{\text{No. of species common to Yellow Sea and sea compared}}{\text{Total number of species of Yellow Sea}}$$

26.
$$\frac{\text{No. of species common to Yellow Sea and sea compared}}{\text{Total number of species of sea compared}}$$

31‰左右,深度又浅,表层水温有明显的季节变化,是年温差变化很大(可从冬季的 $<0-6^{\circ}\text{C}$ 变化到夏季的 $24-28^{\circ}\text{C}$)的温带性内海。因此,在这里广泛地分布着耐温、盐度变化能力较大的温带近岸性角毛藻类,也只有这些种类最适于在这里生长。它们在环境条件适宜时,大量繁殖,条件不适时就形成休眠孢子,待机再发,年复一年地按着水文季节的转换,交替出现。

比较黄海与太平洋西部其他海区的角毛藻属区系[表3],从种数上看,共有种数在各对比海区所占的百分比都相当高(44%以上),而共有种数在黄海所占的百分比以靠近黄海的海区者较大,向南、北逐渐减低。从共有种的性质上看,日本海北部和西北部及其以北诸海与黄海的共有种中以冷温带性种最多,与日本海南部和东南部的共有种有暖温带性种和热带性种,与爪哇海的共有种则多是热带性近岸种,由此也可以说明黄海角毛藻属区系是相当丰富多采的。

黄海角毛藻属区系与渤海相近,但较之更丰富。东海西部与黄海相似的程度最大,但在东海适温较低的冷温带性种数较少,并出现了黄海所没有的热带外洋性种,说明其热带性比黄海更强。就南海已鉴定的种类来看,许多出现在黄海的热带性近岸种,在南海都以优势姿态出现,与黄海有明显不同。

除开中国近岸,黄海与日本海的共有种最多,本州以西的对马暖流区角毛藻属的总种数与黄海相仿,共有种在两海区所占的百分比都很大。但对马暖流区(以若狭湾,舞鹤湾和经ヶ岬以北的周年记录为例^[11])的热带近岸性种出现期较长,数量较大,还有一些黄海所没有的狭温性热带外洋种,在下层有为数极少的狭温性寒带种,温带性种的出现季节与黄海也不完全一致,说明其水流系统更复杂,热带性较黄海更强。在对马暖流末梢的北海道西岸(以高岛为例^[14,17])角毛藻属种数虽较少,其与黄海共有的温带性种的出现季节却很一致,唯其寒带性又较黄海为强。因此,估计在若狭湾与高岛之间的水域中角毛藻属区系的性质可能与黄海最相近。在日本海北部和日本太平洋侧的津轻海峡以东和八丈岛^[16]附近水域与黄海的共有种虽也不少,但由于各种生态性质的种类的出现季节和个体数量在浮游植物总个体数量中所占的百分比都与黄海不同,在区系性质上与黄海差别很大。

四、讨 论

(1) 相川曾认为北黄海浮游植物为黑潮羣系,并推测山东省成山角(概位 $37^{\circ}25'N$, $122^{\circ}45'E$)附近有底层黑潮水上升^[12,13]。不过,从黄、渤海浮游植物的主要成员角毛藻属来看,夏、秋虽在北黄海中部和山东高角附近的个别观测站上,偶然见到适温很高的热带性种:齿角毛藻(*Ch. denticulatum* Lauder)和异角毛藻(*Ch. diversus* Cleve),估计它们可能是因为当时东南季风特大,分布在济州岛附近的热带性种偶然随表层水,被吹送北来的客居种类。而且在辽东半岛也出现一些暖水性褐藻的不连续分布现象^[4],显然这是靠其浮游生活的孢子和受精卵传播而来,发生这两种现象的原因也很可能是一致的。虽然由于资料不足,还不能肯定这些客居角毛藻的北上途径,但是从黄海全部浮游植物的区系来看,既不能说明它们属于黑潮区系,而从水文资料上也无法证实成山角附近有上升黑潮水的论点。

(2) 在本文的研究过程中,系统地分析了角毛藻属各种类的分布和适温情况后,基本

上同意 K. A. Бродский 所提出的把北半球的海洋划分为寒带、温带和热带性三个浮游生物地理带的方案^[29]。不过,浅海温带性角毛藻的耐温范围很宽,可再区分为冷温带和暖温带。

寒带种繁殖盛期的适温为 $< 0-5^{\circ}\text{C}$,冷温带种为 $5-15^{\circ}\text{C}$,暖温带种为 $15-25^{\circ}\text{C}$,热带种则在 25°C 以上。应该指出上面所列举的适温都是以其繁殖盛期表层水的现场观测温度为准。如果采用年平均温度或月平均温度,就失去了它的代表意义,这是由于以上所提到的角毛藻属的生命周期短,浅海的水温变化幅度又大的特点所决定的,与固着生长的动、植物或常年生活在水文状况变化极小的大洋中的浮游生物不同。

(3) 各种角毛藻与温度的关系最好结合其他有关条件,用实验方法确定,上面的标准只能用于初步说明角毛藻属自然生态现象的观测结果。同时由于角毛藻属随波逐流的生活方式和海水的连续运动,把各种角毛藻从其分布中心不断地向四周输送,它们到新环境中客居的现象很多,尤其在有上升流和海岸线曲折,水流垂直循环较复杂的近岸水域,沿岸海流和外海海流的推移对角毛藻属分布的影响就比温度大得多。所以,影响角毛藻属区系性质的,决不只是温度一个因子,海流和各种角毛藻本身对环境的适应能力也是不容忽视的。而且如果单从定性资料(种类的出现)来决定区系的性质也是很困难的,还必须利用不同季节的定量资料,结合其分布中心与高数量期的适温对比分析,这一点对温带近岸性的角毛藻属来说,尤为重要。

在本工作进行过程中,蒙曾呈奎、朱树屏、刘瑞玉和郑执中诸先生给予许多指导与鼓励,并审阅了全文;周玉芬、王美功、傅剑先、潘永尧诸同志协助整理资料,均此致谢。

主要参考文献

- [1] 朱树屏、郭玉洁,1957.烟台、威海鲈鱼渔场及其附近海区角毛硅藻属的研究, I. 分类的研究, II. 生态的研究。海洋与湖沼 1(1): 27—94; 1(2): 167—184。
- [2] 李冠国、黄世政,1956.青岛近海浮游硅藻季节变化研究的初步报告。山东大学学报 2(4): 119—143。
- [3] 金德祥,1951.厦门的浮游硅藻,附我国他处的记录。厦门水产学报 1(6): 145—230。
- [4] 曾呈奎、张峻甫,1959.黄海和东海的经济海藻区系。海洋与湖沼 2(1): 43—52。
- [5] ——,1959.北太平洋西部海藻区系的区划问题。海洋与湖沼 2(4): 244—267。
- [6] 赫崇本、汪圆祥、雷宗友、徐斯,1959.黄海冷水团的形成及其性质的初步探讨。海洋与湖沼 2(1): 11—15。
- [7] 列昂诺夫(A. K. Леонов), 1961.区域海洋学和海流动力学的若干问题。科学出版社,354—377页。
- [8] 乌沙科夫、吴宝铃,1960.中国海多毛类动物区系研究的初步报告。海洋与湖沼 3(2): 86—93。
- [9] 朝鲜水产试验场,1930、1933、1936、1938.海洋调查要报。第4—8号,釜山。
- [10] 日本神户海洋气象台,1930—1942.神户海洋时报,第2—13卷。
- [11] 日本气象协会,1960.东京气象厅海洋气象观测资料,25、26号。
- [12] 相川广秋(H. Aikawa), 1934、1936.浮游生物定量调查报告,其二、日本海的浮游生物的特质に就て。其四。第二次北太平洋并に日本海一斉海洋調査に依る浮游生物调查报告。水产试验场报告 5: 237—272; 7: 153—182。
- [13] ——,1936.本邦近海主要海区的浮游生物学的特性。日本水产学会志 5(1): 33—41。
- [14] 赤塚孝三(K. Akateuka), 1914.高島に于ける浮游硅藻。北海道水产试验场,水产调查报 8: 1—106。
- [15] 菅野利助(R. Kanno), 1935.南部オコツク海及びカムチャツカ沿岸の夏季プランクトンの分布。水产学杂志 38: 22—32。
- [16] 小久保清治(S. Kokubo), 1932.青森湾に于ける微小浮游生物(Microplankton)の定量研究。水产学杂志 35: 19—40。
- [17] ——,1955.浮游硅藻类。日本学术振兴会。东京, pp. 154—198。
- [18] 今久则(H. Kon), 1953.东北海区植物性プランクトンの分布(昭和26年10—11月)。日本海洋学会志 9(2): 109—114。
- [19] 川原田裕(Y. Kawarada), 1953.昭和25年5月日本海及津軽海峡に于けるプランクトン分布。日本海洋

- 学会志 9(2): 104—108。
- [20] 川崎毅一、黄田武夫 (G. Kawasaki & T. Kida), 1935. 夏季室兰近海の鮭鱈漁場の概況。水产学杂志 38: 91—102。
- [21] —, 1935. 桺捉島ピラ浅堆の海洋観測結果。水产学杂志 38: 103—113。
- [22] 岡村金太郎 (K. Okamura), 1911. 本邦产沿岸硅藻类一斑。水产讲习所試験報告 7(4): 155—194。
- [23] 下村敏正 (T. Shimomura), 1953. ミクロプランクトンの生産、分布及び海況との関係に関する研究。水产庁日本海区水产研究所研究報告 3: 1—137。
- [24] 津幡文隆 (B. Tsubata), 1950. 北海道南東海区の硅藻類の分布と海況について。日本海洋学会志 6(2): 33—38。
- [25] 鶴田新生、千叶卓夫 (T. Tsuruta & T. Chiba), 1954. 北洋鮭鱈漁場に于けるプランクトンの分布について。农林省水产讲习所研究報告 3(3): 239—245。
- [26] 宇田道隆 (M. Uda), 1930, 1931. 日本近海各月平均海洋图 (自大正 7 年至昭和 4 年 1918—1929) 并に該图より推定されたる海流に就て。第一報, 第二報。水产試験場報告 1: 39—56, pl. I—XII; 2: 59—82, pl. II—XIII。
- [27] 上野福三 (F. Uyeno), 1958. 本州南岸附近の硅藻量と海況との関係, 主として, 重要種の水溫および塩素量に対する一般の特性について。海と空 34(4): 22—42。
- [28] Абикосов, Г. Г. и др., 1948. Определитель фауны и флоры северных морей СССР. Госуд. Изд. "С. Н.", Москва, 1948.
- [29] Бродский, К. А., 1953. Биологеографические зоны по планктону. (Морской Атлас. II.) Издание Главного Штаба Военноморских сил.
- [30] Гайл, Г. И., 1950. Определитель фитопланктона Японского моря. Изв. ТИНРО, 33:3—177.
- [31] Семина, Г. И., 1956. Состав и распределение фитопланктона в северо-западной части Тихого океана весной и осенью 1955 г. ДАН, 110(3):465—468.
- [32] Смирнова, Л. И., 1959. Фитопланктон Охотского моря и прикурильского района. Тр. Ин-та Океанол. 30:3—51.
- [33] Allen, W. E. & Cupp, E. E., 1953. Plankton diatoms of the Java Sea. *Ann. du Jardin Botanique de Buitenzorg*, 44(2):101—225.
- [34] Bogorov, B. G., 1958. Biogeographical regions of the plankton of the North-Western Pacific Ocean and their influence on the deep seas. *Deep-Sea Res.*, 5(2):149—161.
- [35] Chin, T. G., 1939. Occurrence and seasonal distribution of marine planktonic diatoms from Tsingtao and its vicinity. *Philippine Jour. Sci.*, 69(4):437—455.
- [36] Cupp, E. E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanog. Univ. Calif.*, 5(1):1—238.
- [37] Hustedt, F., 1930. Die Kieselalgen in Dr. L. Rabenhurst's Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz, B. VII, T. 1, Leipzig.
- [38] Ikari, J., 1926, 1928. On some Chaetoceros of Japan. *Bot. Mag. Tokyo*, 40(478):517—534; 42(497):247—262.
- [39] Karohji, K., 1958. Report from the "Oshoro Maru" on oceanographic and biological investigations in the Bering Sea and Northern North Pacific in the summer of 1955. IV. Diatom standing crops and the major constituents of the populations as observed by net sampling. *Bull. Fac. Fish. Hakkaido Univ.* 8(4):243—252.
- [40] —, 1957. Associations of plankton diatoms around Japan as investigated by underway samplings aboard the "Oshoro Maru" in October and December 1952. *Bull. Fac. Fish. Hakkaido Univ.*, 7(4):271—283.
- [41] Kawarada, Y., 1957. A contribution of microplankton observations to the hydrography of the Northern North Pacific and adjacent seas. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, 13(4):151—155.
- [42] Lebour, M. V., 1930. The planktonic diatoms of Northern seas. London, 1930.
- [43] Meunier, A., 1910. Microplankton des Mers de Barents et Kara. Duc d'Orleans Campagne arctique de 1907. Paris, 1910.
- [44] Patrick, R., 1948. Factors affecting the distribution of diatoms. *Bot. Rev.* 14(8):473—524.
- [45] Sproston, M. G., 1949. Preliminary survey of the plankton of the Chusan region, with a review of the relevant literature. *Sinensia*, 20(1—6):58—161.
- [46] Takano, H., 1954. Preliminary report on the marine diatoms from Hachijo Island, Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 19(12):1189—1196.
- [47] —, 1955. Plankton diatoms collected off Boso district in August, 1951. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fis.* 21(2):55—61.

THE NATURE OF *CHAETOCEROS* FLORA OF THE YELLOW SEA

Y. C. Kuo

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

(ABSTRACT)

(1) The *Chaetoceros* flora of the Yellow Sea is mainly temperate in nature, comprising of 38 species, of which 21 are temperate species and 12 are tropical species. The ecological nature of the remaining species is not known. The temperate species may be subdivided into warm-temperate species (15—25°C) and cold-temperate species (5—15°C). There is considerable variation in the hydrographic conditions of the Yellow Sea. The annual temperature varies from $0-6^{\circ}\text{C}$ in winter, 24—28°C in summer. With the exception of the southeastern part which is under the influence of the western branch of the Tsushima Current, a great part of the Yellow Sea is away from the influence of warm or cold currents. Due to the difference in the ability of different *Chaetoceros* species to tolerate changes in temperature and salinity conditions, there is an obvious seasonal succession of species. Warm-temperate species, such as *Ch. affinis* Lauder, *Ch. eibenii* Grunow and *Ch. castracanei* Karsten etc. (see Table 1), which are more abundant, have their flowering period in late spring and early fall, being rare in midsummer. They are more abundant in the Yellow Sea than in the East China Sea. In the South China Sea they are much less abundant. *Ch. socialis* Lauder, *Ch. subsecundus* (Grunow) Hustedt and *Ch. densus* Cleve etc., are cold-temperate species, being more abundant in colder waters. The first 2 species flourish in winter and the last one in late autumn to early spring. The Yellow Sea is the southern boundary of their distribution. During summer and early autumn, when temperature is highest (above 25°C), tropical species occurred, but with no apparent bloom. All the warm-water species, with the exception of *Ch. lorenzianus* Grunow, *Ch. paradoxum* Cleve, *Ch. pseudocurvisetus* Mangin and *Ch. siamense* Ostenfeld which occur throughout the Yellow Sea, occur in the south-eastern part (to the south of 35°N and east of 124°E) of the Yellow Sea, which is slightly affected by the Tsushima Current.

(2) According to Aikawa (1934, 1936), the plankton compositions around Santo-kaku (山东省成山角) and Syosei-to (朝鮮小青島) where there is an upwelling current, much resembles that of the Kuroshio-water. The results of our investigation do not bear out his findings. Although a few tropical species, such as *Ch. denticulatum* Lauder and *Ch. diversus* Cleve occasionally do occur in Santo-kaku, their number is negligible. We consider it possible that they were transported by prevailing wind-moved surface water to the northwest.

(3) The Yellow Sea *Chaetoceros* flora is similar to that of Pohai although it is richer in species. Compared with that of the western part of the East China Sea, it is even much closer, although many tropical species found in the latter are absent in the former. As is expected, it differs greatly from that of the South China Sea (see Table 3).

The number of *Chaetoceros* species of the Yellow Sea which is in common with that of Japan Sea is more than in other areas of the Western Pacific. As the *Chaetoceros* flora of Wakasa Bay (若狭湾 near 35°40'N 135°30'E) which is under the influence of the Tsushima Current is warmer and that of the Takashima (高島 near 43°N 143°E) is colder than that of the Yellow Sea, we may infer that the *Chaetoceros* flora of the region between these two localities is most related to that of the Yellow Sea.

(4) Based on the temperature range at which different species of *Chaetoceros* flourish, they may be divided into the following groups: arctic species— $<0-5^{\circ}\text{C}$, cold temperate species— $5-15^{\circ}\text{C}$, warm temperate species— $15-25^{\circ}\text{C}$, and tropical species—above 25°C . Due to the continuous movement of the water, the planktonic habit and stronger hardiness of neritic species, adventitious individuals of *Chaetoceros* often may be found in places far from their original habitat. Therefore when studying the *Chaetoceros* flora we must also take into account currents and seasonal variation in quantity of these algae other than water temperature alone.