

胶州湾底栖海藻生态学的初步研究*

杨宗岱

(中国科学院海洋研究所)

一、胶州湾的自然环境

胶州湾位于山东半岛东南方,东经 $120^{\circ}4'24''$, $120^{\circ}22'24''$ 与北纬 $35^{\circ}58'30''$, $36^{\circ}14'20''$ 之间。海湾北部广阔,南部尖狭,略呈葫芦状。其东西最宽处约 29 公里,南北最长处约 33 公里。湾口宽 3.15 公里,总面积(不包括岛屿)约 255 平方公里^[1]。

胶州湾四周有海泊河、李村河、白沙河、石桥河、红江河、杨河和大沽河等径流流入湾内。这些河流平时流量不大,但每至雨季则水位骤增,直接引起海水盐度等一系列因子的变化。此外,环境污染也在一定程度上影响了海水的理化性质和沿岸海洋生物的栖息分布。

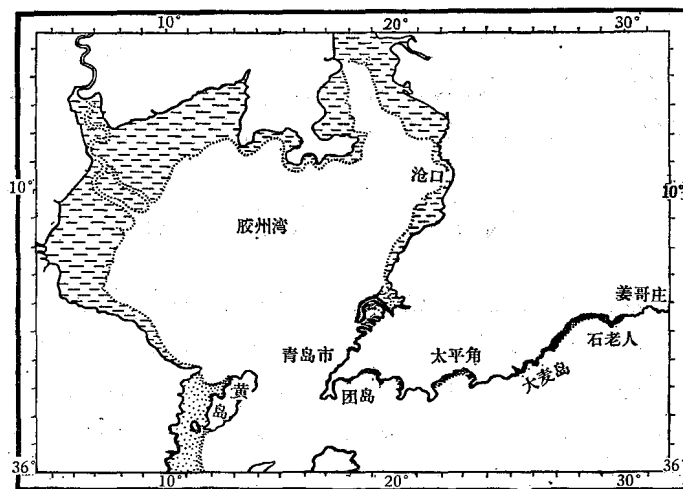


图1 胶州湾及其附近略图

表1 青岛气温与水温比较对照表^[2](单位: $^{\circ}\text{C}$)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
气 温	-1.2	-0.0	4.4	10.2	15.7	20.0	23.7	25.2	21.4	16.0	8.6	1.6
水 温	3.0	2.1	4.6	8.8	14.0	19.1	23.1	25.1	24.4	19.2	13.4	6.3

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 735 号。本文承刘瑞玉、齐钟彦、吴宝玲、张德瑞教授审阅;冯明华同志绘图,特此志谢。

本刊编辑部收稿日期: 1979 年 5 月 9 日。

胶州湾全年平均水温约为 14°C ，二月中旬水温最低，约在 2°C 左右，八月下旬最高，约在 25°C 左右。每年由三月中旬至八月下旬，水温低于气温；九月上旬至次年三月上旬，水温高于气温。春、夏二季，水温逐渐升高，表层水温高于底层水温；秋、冬二季，水温逐渐降低，表层水温低于底层水温。

青岛的年平均降雨总量为 646.6 毫米，七、八两个月降雨量最大，二月最小。雨量的多寡影响着海水盐度的高低。胶州湾岸边盐度的变化，一般约在 30‰ — 31‰ 之间，六月份最高，为 31.24‰ ，八月份最低，为 29.61‰ ，年平均为 30.64‰ 。

表 2 胶州湾表面海水盐度周年变化表^[2](单位: ‰)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均盐度	30.93	30.95	31.07	31.17	31.18	31.24	30.24	29.61	29.62	30.31	30.65	30.77

pH 变动范围一般在 7.0—8.3 之间，近年来因受石油和工业废水污染的影响，个别地点 pH 有时降至 6.9 以下。溶解氧一般为 5.2—7.4 毫升/升，污染严重的地点可降至 4.7 毫升/升。海水透明度一般在 2 米左右，但随着季节、地点而异，最低在 0.5 米左右，最高可达 4 米以上。硝酸盐的含量一般在 3—15 毫克/升之间。磷酸盐含量为 15—147 毫克/升，八月份最高，九月后开始下降。硅酸盐八月间为 2.64—3.23 毫克/升，十月份降至 0.56 毫克/升，至次年四月降至 0.23 毫克/升。

胶州湾的潮汐近于正规的平日潮，相邻高、低潮的潮高相差不大，潮时相差也不悬殊。全年以七、八月间的高潮为最高，二、三月间的低潮为最低。大潮高潮平均 4.07 米，大潮低潮平均 0.59 米；小潮高潮平均 3.28 米，小潮低潮平均 1.37 米。

二、潮带划分与研究方法

结合不同的潮汐类型划分潮带是潮间带生态学研究中的传统手段^[3]，但六十年代中期以来有所改变，潮汐划带最终为生物划带所取代，并且两带划分代替了长期沿用的三带划分。Lewis 在 Stephenson 划带的基础上，取消了标志种类不够普遍一致的边缘潮下带 (Sub-littoral fringe)，重新定义潮间带由边缘潮间带 (Littoral fringe) 和真潮间带 (eulittoral) 组成^[47]。

生物地带或群落是由一些生物种群组成，这些种群的大小可用密度表示，也可用生物量表示。但是，在一个群落中并不是所有数目相等的种都具有同等重要性，或会有相似的分布。例如，一个种在十个样方中共计有十个个体，不论这十个个体分布在一个样方或在十个样方中各有一个个体，其密度都是 1。因此，就有必要对密度数值进行解释，或者另确定其他特征以补充其不足。频度是某种生物出现的样方数与全部样方数之比，它对于说明生物分布的均匀性方面是起作用的。覆盖度指生物的覆盖面积与整个测定面积之比，具体可分为五级，即：(1) 覆盖面积不足 5%；(2) 覆盖 5%—25%；(3) 覆盖 25%—50%；(4) 覆盖 50%—75%；(5) 覆盖面积在 75% 以上。本文就是通过频度、覆盖度概念，利用聚类分析方法讨论各类海藻在潮间带的分布状况。具体作法是首先根据各藻类种群在取样样方内的频度或覆盖度进行排序，列出原始数值矩阵。然后对原始数据进行标准化

$\left(x_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_j}{s_j}\right)$, 得出标准化数值矩阵。最后求距离系数, 利用聚类分析法画出树状图^[20]。

1958 年 9 月在石老人海滨先后取了 10 个样本, 优势种类是 (1) 鼠尾藻; (2) 孔石莼; (3) 蜈蚣藻; (4) 三叉仙菜; (5) 海萝; (6) 异枝凹顶藻; (7) 江蓠; (8) 茎刺藻; (9) 小石花菜; (10) 叉枝藻; (11) 小珊瑚藻; (12) 鸡毛菜。利用覆盖度进行排序。对已经标准化的数据, 用

$D_{ij} = \sum_{k=1}^{12} |X_{ik} - X_{jk}|$ 求距离系数, 然后进行聚类。结果见图 2。

在当前的研究工作中, 大部分人采用 Lewis 的生物两带划分方案, 但仍有少数人继续使用潮汐分带方案^[24,25]。本文的目的之一是利用聚类分析方法对两带划分方案进行验证。由图 2 可见, 对以优势种群为代表的潮间带藻类进行分析的结果完全符合两带划分方案。

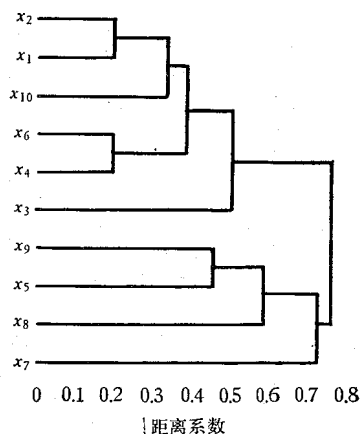


图 2 石老人潮间带海藻聚类树状图

三、潮间带藻类的垂直分布

垂直分布是指生物按带自上而下的排列, 现以胶州湾口的大黑滩、小黑滩为例说明之。大黑滩、小黑滩的潮间带系一波浪冲击地段, 因而藻类着生地带有一定程度的加宽。在边缘潮上带直到潮上带的石沼中有肠髓藻 *Myelophycus caespitosus* Kjellm. 生长。在真潮间带自上而下分布着海萝 *Gloiopeltis furcata* Post. et Rupr., 小石花菜 *Gelidium divaricatum* Mart., 细毛石花菜 *G. crinale* (Turn.) Lamx., 茎刺藻 *Caulacanthus okamurae* Yamada, 疣状褐壳藻 *Ralfsia verrucosa* (Aresch.) J. Ag., 囊藻 *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derbes et Solier, 长囊藻 *C. bullosa* (Saund.) Yamada, 萱藻 *Scytosiphon lomentarius* (Lyngb.) J. Ag., 鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* (Mert.) O'Kuntze 和海雹菜 *Brachytrichia quoyi* (C. Ag.) Born. et Flah. 等。在潮下带的广大水域内藻类繁盛, 有鸡毛菜 *Pterocladia tenuis* Okam., 蜈蚣藻 *Grateloupia filicina* (Wulf.) C. Ag., 盾果藻 *Carpopeltis affinis* (Harv.) Okam., 粘管藻 *Gloiosiphonia capillaris* Carm., 海头红 *Plocamium telfairiae* Harv., 环节藻 *Champia parvula* (C. Ag.) Harv., 波登仙菜 *Ceramium boydenii* Gepp., 钩凝菜 *Champylaphora hypnoides* J. Ag., 橡叶藻 *Phycodrys radicata* (Okam.) Yamada et Inagaki, 顶群藻 *Acrosorium yendoii* Yamada, 绒线藻 *Dasya villosa* Harv., 细枝软骨藻 *Chondria tenuissima* (Good et Wood) C. Ag., 异枝凹顶藻 *Laurencia intermedia* Yamada, 鸭毛藻 *Symphyocladia latiuscula* (Harv.) Yamada, 苔状鸭毛藻 *S. marchantioides* (Harv.) Fkbg. 等。

潮间带各生物带的形成, 受水位变动的影响很大。水位的变动是由不同的原因引起 (风、波浪、蒸发、潮汐……), 其中只有潮汐是周期性的, 所以单就环境因子而言, 潮汐对潮间带藻类的垂直分布起着主要的作用。位于基准面以上和大潮高潮线以下的区域, 经常为周期性的潮水所覆盖, 然后又暴露于空气中。由于潮带高度不同, 淹没和暴露时间的长

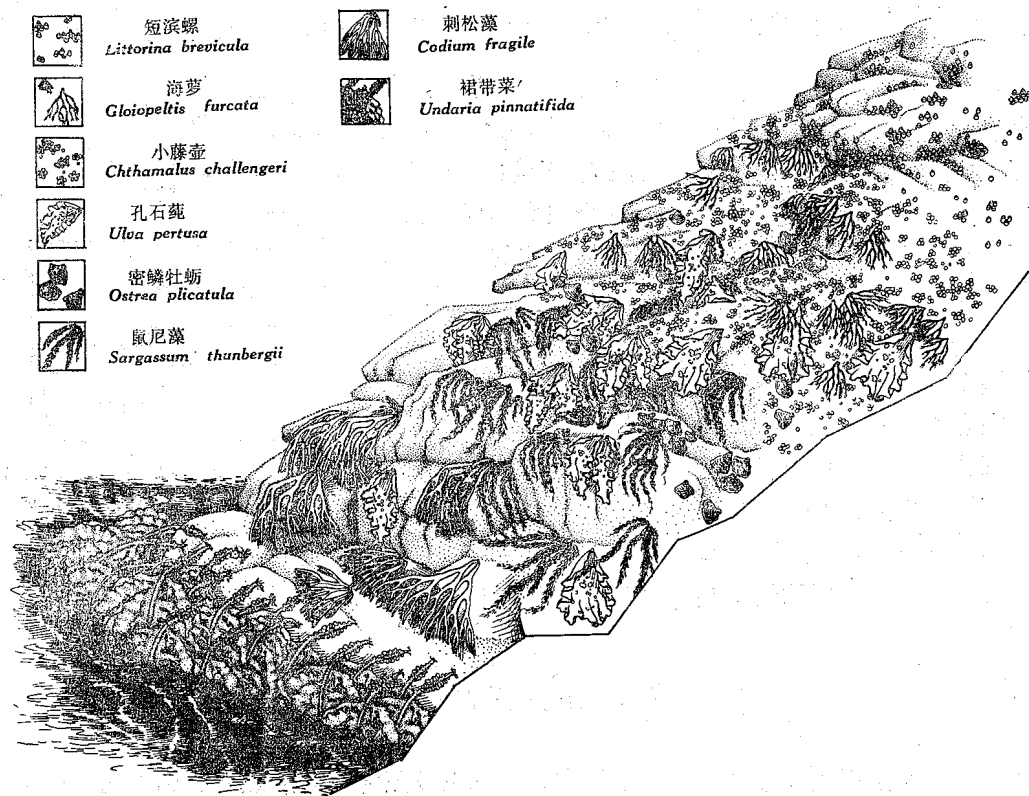


图3 胶州湾岩岸藻类的垂直分布

短就不同,分布在不同潮带的生物要忍受不同的干湿条件^[6]。例如,生长在大潮高潮线附近的短滨螺 *Littorina brevicula* (Philippi), 一月之中被潮水覆盖的机会很少,而分布在大潮低潮线附近的海蒿子 *Sargassum pallidum* (Turn.) C. Ag. 一月之中却很少有机会露出水面。Colman (1933) 认为生物地带的上下界限与一定的潮汐因子相关联,这些界限的高度称为“临界线”。Doty (1946)^[11] 指出,这些“临界”的潮汐因子制约着潮间带有机体的暴露和其他环境条件的变化。一些潮线具有界限作用,当超越这一界限时,暴露和淹没的时间会突然成倍增加,相应的理化因子也必然随之变化,因而潮间带藻类的分布必然与这些潮线密切关联。在胶州湾岩岸,小潮高高潮线和小潮低低潮线成为很多藻类分布的上限;而大潮低低潮线成为一些藻类分布的下限。大潮低低潮线基本上是潮间带与潮下带的分界线,生长在此潮线以下的藻类几乎整年淹没在海水中,是一个单一的水相环境,不适应这样环境的种类不会长期在这里存在下去。小潮高高潮线事实上是边缘潮上带和真潮间带的分界线,生长在此潮线以上的藻类一月之中只有在大潮汛高潮期间才有被潮水覆盖的机会;而在此潮线以下的藻类,却生活在典型的两相地带中,每日交替地为海水覆盖,然后又暴露于空气中,彼此的干湿条件及其相应的环境因子大不相同。小潮低低潮线是真潮间带上、下亚带的分界线,潮线上、下的干湿条件也差别很大。这就是在胶州湾岩岸潮间带,这三条潮线成为“临界线”的根本原因。Doty (1946) 认为潮汐因子是基本特征,由其制约的其他因子是附属特征,主要的附属特征是水温、溶解氧和浓缩的盐^[11,12,18]。

Doity 和 Archer 通过实验研究, 甚至认为对潮间带生物来说, 温度较干湿条件更具重要性^[13]。

一般说来, 北半球随着自北向南纬度的变化, 潮汐涨落的幅度愈来愈小, 而波浪却愈来愈大。波浪一般起着加宽潮带的作用, 但在潮水涨落很小的海滩也能直接影响潮带的划分^[10]。作者在《中国经济海藻志》中曾引用“冲击度”的概念来阐述藻类的分布高度与波浪的关系。“冲击度”共分五级, 但经常使用的是 2—4 级。通过观测可以看到藻类地带在分布范围上随着“冲击度”的变化而变动。例如在姜戈庄, 波浪“冲击度”是 1—2, 海萝的分布高度是 350 厘米, 鼠尾藻的分布高度是 300 厘米; 而在中港, 波浪“冲击度”是 4, 海萝的分布高度则是 290 厘米, 鼠尾藻的分布高度是 250 厘米。波浪并能直接影响到某些种类的存在, 例如, 喜浪类型的海索面 *Nemalion helminthoides* (Valley) Batt 只见于波涛汹涌的岩岸, 而缘管浒苔 *Enteromorpha linza* L., 袋礁膜 *Monostroma angicava* Kjellm. 等隐蔽型藻类则多见于风平浪静的内湾。

四、胶州湾藻类的季节变化

胶州湾-青岛地区藻类的季节变化表现为三种形式。其一是在不同季节藻类组成成分的变化, 例如夏、秋两季青岛地区的海水温度经常在 20℃ 以上, 相当于亚热带甚至热带海区的水温, 因而在藻类组成中, 明显地增加了暖水性种类的成分, 出现了象印度网地藻 *Dictyota indica* Sond., 大团扇藻 *Padina crassa* Yamada, 环节藻等。冬、春之交, 水温经常保持在 2—7℃ 之间, 接近亚寒带甚至寒带某些时期的水温, 在藻类组成中出现了冷水性种类, 如条斑紫菜 *Porphyra yezoensis* Ueda, 多管藻 *Polysiphonia urceolata* Grev., 酸藻 *Desmarestia virides* (Mull.) Lamx. 等。其二是藻类在潮带分布上的变化。作者在青岛鲁迅公园曾经观察到, 在冬、春季, 海萝可一直分布到边缘潮上带的下部, 而在夏季则只见于真潮间带。另外, 在石老人, 夏季边缘潮上带藻类生长的“空白区”相应扩大, 一直延伸到真潮间带的上部边缘区域。其三是在象沧口这样的泥沙滩海区, 冬、春季在广大潮间带有孔石莼 *Ulva pertusa* Kjellm., 袋礁膜等 20 种藻类出现, 而每到夏季则几近绝迹。总之, 胶州湾季度水温变化较大, 因而藻类组成的季节性较强, 充分反映了温带海区潮间带的特点。另外, 胶州湾空气湿度较高, 经常有雾, 特别是在气温最高的月份多云、有雨, 因而有利于潮间带生物的发展。

青岛习见的 81 种海藻中^[4], 全年基本上能见到的有鼠尾藻、孔石莼等 51 种, 约占 63.7%。基本上只见于夏、秋季的有大团扇藻、印度网地藻等 17 种, 约占 20.1%。基本上只见于冬、春季的有长囊藻、酸藻等 13 种, 约占 16%。与热带、亚热带海区潮间带对比, 季节性藻类所占比例大为增长, 充分反映出温带地区潮间带藻类组成的特点。

五、胶州湾藻类群落的景相

景相一词最初是以陆生植物为研究对象而提出来的, 它表示植物群落所特有的景观和外型^[6, 23]。海藻的色彩多样, 不同类别呈现各种色彩。同一种海藻由于产地、潮带等环

境条件的不同,大小、形状出现一些变化,但色彩则是稳定的。海藻的色彩大致可分为绿色、褐色、红色三种类型。应该着重说明的是,这种划分主要着眼于色彩,和以内、外部形态以及生殖系统为依据的分类体系所划分的绿藻、红藻、褐藻没有必然联系。依据上述三种类型,就能对胶州湾及青岛附近的海藻群落的景相模式作出探讨。

概括起来,胶州湾以优势种为代表的海藻群落基本上有三个景相型:绿色-褐色型,绿色-红色型和绿色-绿色型。绿色-褐色型出现在岩岸内湾,是青岛近海和胶州湾潮间带最常见的景相模式,其代表藻类多为绿藻中的孔石莼和褐藻中的马尾藻类 *Sargassum*。绿色-红色型是内湾性高盐水域的潮间带或潮下带常见的景相。例如在青岛贵州路沿岸的海带梯田内,出现了由绿藻中的孔石莼、刺松藻 *Codium fragile* (Sur.) Hariot 和红藻中的蜈蚣藻 *Grateloupia*、海膜 *Halymenia* 形成的景相。绿色-绿色型是典型的内湾性砂砾海滩的景相,其组成种类有囊礁膜、盘苔 *Blidingia minima* (Nag. et Kutz.) Kylin、缘管浒苔及孔石莼等。景相是群落的外观表现,通过海藻植被景相型的观察,就能较迅速地掌握住海藻群落与环境的关系。

六、生境与海藻群落的分析

生境对海藻群落的形成和分布起着重要作用^[15],例如在一个沙质海滩类型中不可能出现岩石岸常见的藻类群落。概括胶州湾的生境,有石砾、沙质、岩岸、沙泥滩、油港和盐沼等六类。每一类生境都有与之相适应的藻类群落。

上述六类生境又可分为静态和动态两种类型,如泥沙滩类型的沧口海滩,由于泥沙淤积而潮带升高,再加邻近工厂排污而带来的有害因子的影响,引起了藻类群落内组成种类的变化。又如黄岛油港潮间带,由于污染,大量有害因子不断涌现,在很大程度上改变了原来的环境条件,破坏了藻类群落与生境间的平衡,出现了系列演替现象。这是动态类型的典型代表。在大黑滩的岩礁地段和薛家岛的安子码头的石砾地段,海滩底质稳定,其他环境条件也变化不大,因而生长在这里的藻类除了正常的季节变化外,在相当长的时期内保持稳定,特别是优势种类在连续二十年间未出现演替现象。这是静态类型的典型代表。

1. 石砾

这是一种遍布碎石、石块、石子的海滩生境类型。在石块、碎石之间有泥沙,因而分带现象极不明显,并且出现不连续分布。大的风浪能够引起石子、石块的移动,这在一定程度上不利于藻类的生长。常见的藻类是壳状的胭脂藻 *Hildenbrandia*, 丝状的水云 *Ectocarpus*、刚毛藻 *Cladophora*, 管状的浒苔 *Enteromorpha* 和片状的石莼 *Ulva*; 另外,还有一些蓝藻如鞘丝藻 *Lyngbya*, 席藻 *Phormidium*, 颤藻 *Oscillataria*, 眉藻 *Calothrix* 等。优势种类是孔石莼、缘管浒苔和浒苔 *Enteromorpha prolifera* (Müll.) J. Ag., 其生物量分别达到 3.5 克/米², 6 克/米² 和 0.7 克/米²; 三个优势种合起来的覆盖度可以达到 3 (即覆盖面积达到 25—50%); 频度分别为 30%, 30% 和 20%。因此,胶州湾石砾类型的藻类代表性群落是缘管浒苔-孔石莼; 景相是绿色-绿色型。胶州湾-青岛附近的石砾海滩类型的地点有贵州路、薛家岛港、黄岛港、青岛新港及中港部分地段。这一类型的底质分布不连续、不稳固,因而藻类分带现象很不明显,群落代表种类的生物量低,但变化不大,基本上属于静

态类型。

2. 沙质海滩

青岛的沙质海滩为数不少。在多数沙质海滩区域,海滩全为细沙覆盖,缺少海藻固着所必需的基质,所以没有藻类出现。但也有少数沙滩由粗沙构成,并杂有碎贝壳和小石子,这些碎贝壳和小石子常为一层薄薄的细沙覆盖,形成了适合藻类固着的基质。沙层表面出现了硅藻、甲藻和少量蓝藻。江篱 *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. 通常破沙而出。在湛山湾和石老人东段沙滩有龙须菜 *Gracilaria sjoestedtii* Kylin 出现。但是,这些藻类的生物量都很低,一般每平方米不超过 1 克,覆盖度为 1 (即覆盖面积不足 5%),频度 10%。

3. 岩岸

岩岸海滩类型以其坚硬的底质为藻类的固着、生长提供了最适宜的基层。根据其地质和物理特点,可细分为三类:

(1) 软泥覆盖的岩石平台: 在这类海滩区域地势平坦,岩石上覆盖了一层薄薄的软泥。岩石平台上散布着许多大小不一的石沼。这里缺少大型多年生海藻,占优势的是一些矮小类型。今以栈桥西侧为例,列表 3 详述。

表 3 栈桥西侧各种藻类生物量及其所占比例

种 类	生物量(克/米 ²)	所占比例(%)
藓羽藻 <i>Bryopsis hypnoides</i>	72.52	45.1
羽藻 <i>B. plumosa</i>	0.20	0.1
孔石莼 <i>Ulva pertusa</i>	37.00	22.3
珊瑚藻 <i>Corallina officinalis</i>	35.00	22
鸭毛藻 <i>Symphyocladia latiuscula</i>	13.00	8.2
日本多管藻 <i>Polysiphonia japonica</i>	0.50	0.3
日本仙菜 <i>Ceramium japonicum</i>	0.25	0.2
肠浒苔 <i>Enteromorpha intestinalis</i>	0.16	0.1

群落的优势种是藓羽藻 *Bryopsis hypnoides* Lamx., 孔石莼和珊瑚藻 *Corallina officinalis* L. 这三种藻类在群落总生物量中所占比例几乎达到 90%,覆盖度为 4 (即覆盖面积 50—75%),频度为 60%,景相为绿色-红色型。(图 5a)

(2) 沙覆盖的岩石平台: 在胶州湾及青岛近海,部分岩岸在边缘潮间带覆盖了一层沙;真潮间带岩面裸露、平坦或稍微倾斜。整个潮间带地区有许多大小不一的浅水石沼,石沼底部亦为沙质沉积。在积沙覆盖的边缘潮间带,藻类较为贫乏,只有少量的浒苔、江篱生长。在其余部分,藻类生长情况与一般岩岸类似。大量海草如红须根虾形藻 *Phyllospadix iwatensis* Makino 出现在积沙的石沼底部,其生物量高达 1750 克/米²,覆盖度为 5 (即覆盖面积在 75% 以上)。总起来看,这一类型的潮间带藻类群落主要由绿藻、红藻组成;除潮下带和潮间带石沼外,褐藻罕见。

(3) 岩礁: 岩礁指无泥沙覆盖的陡峭或倾斜度较大的大块岩石。在十分陡峭的岩礁地带,有时整个岩石上部向外突出,而潮间带地区凹陷(例如在石老人的部分地段),形成了一个小的气候区(低温、高湿度、低光照和对风、雨等因子的遮蔽)。这类小生境也影响

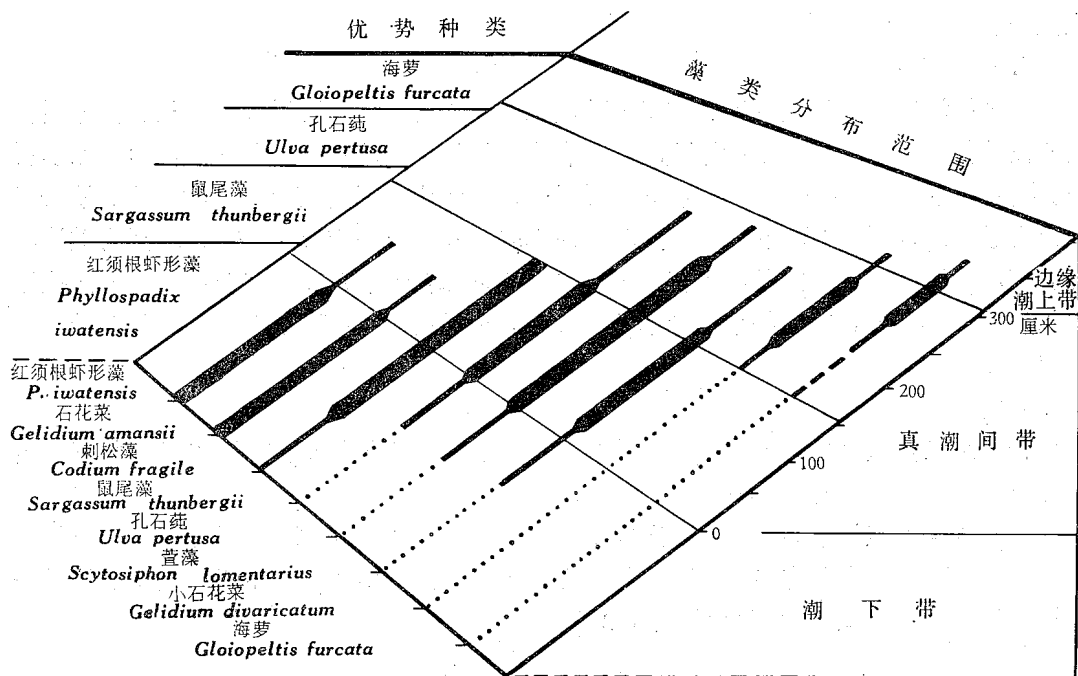


图4 石老人岩礁海岸潮间带海藻分布范围

到藻类的垂直分布,一些喜欢较长日照的种类如海萝、紫菜等在这里没有发现。(图4)

岩礁地带的潮间带优势种类是鼠尾藻,以大黑澜为例,生物量高达 3710 克/米²,覆盖度为 4 (即覆盖面积在 50—75% 之间),珊瑚藻及孔石莼的生物量分别达到 750 克/米²和 498 克/米²。(图 5b, 表 4) 群落景观基本上是绿色-褐色型为主,在个别的向浪地段,如姜

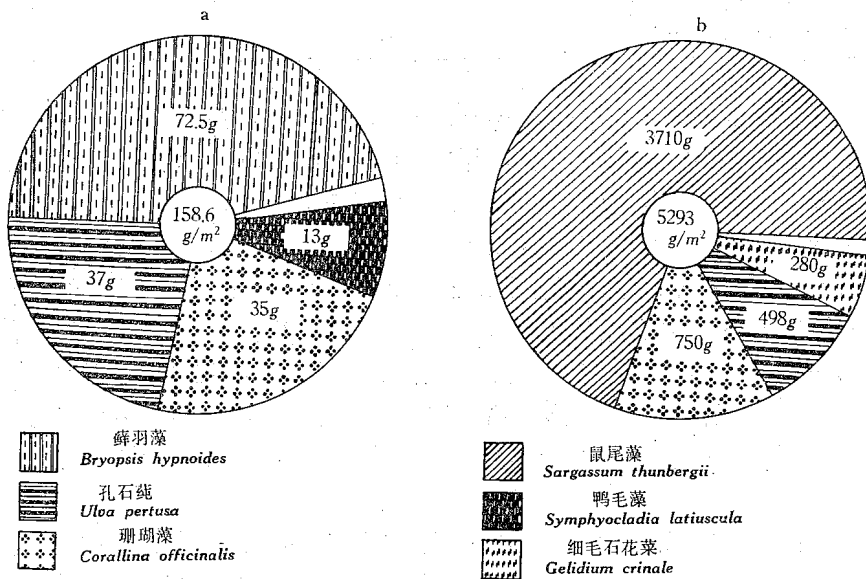


图5 栈桥(a)及大黑澜(b)潮间带优势种类的生物量示意图

戈庄,有渐向褐色-褐色型过渡的趋势,但由于其季节性强,代表地点局限,故在前面讨论藻类景相时没有提及。但毫无疑问,这种景相的改变,反映了群落组成中外海性倾向的增加。(图 6)

岩礁类型海岸藻类分布的特点及一般种类描述,在前已有详述。

4. 沙泥滩

胶州湾四周有多条径流流入湾内,湾内冲积物日益增多,故不乏沙泥滩涂,沧口湾就是其中的一个典型代表。沧口湾位于胶州湾东北部,系一内湾性沙泥滩,湾内波涛平稳,滩涂广阔;退大潮时,沙泥滩露出水面,一望无垠。在潮上带滩涂上覆盖了一层薄薄的软泥,无任何藻类生长,只有甲壳类动物神妙相手蟹 *Sesarma* (*Parasesarma*) *Picta* (de Haan),

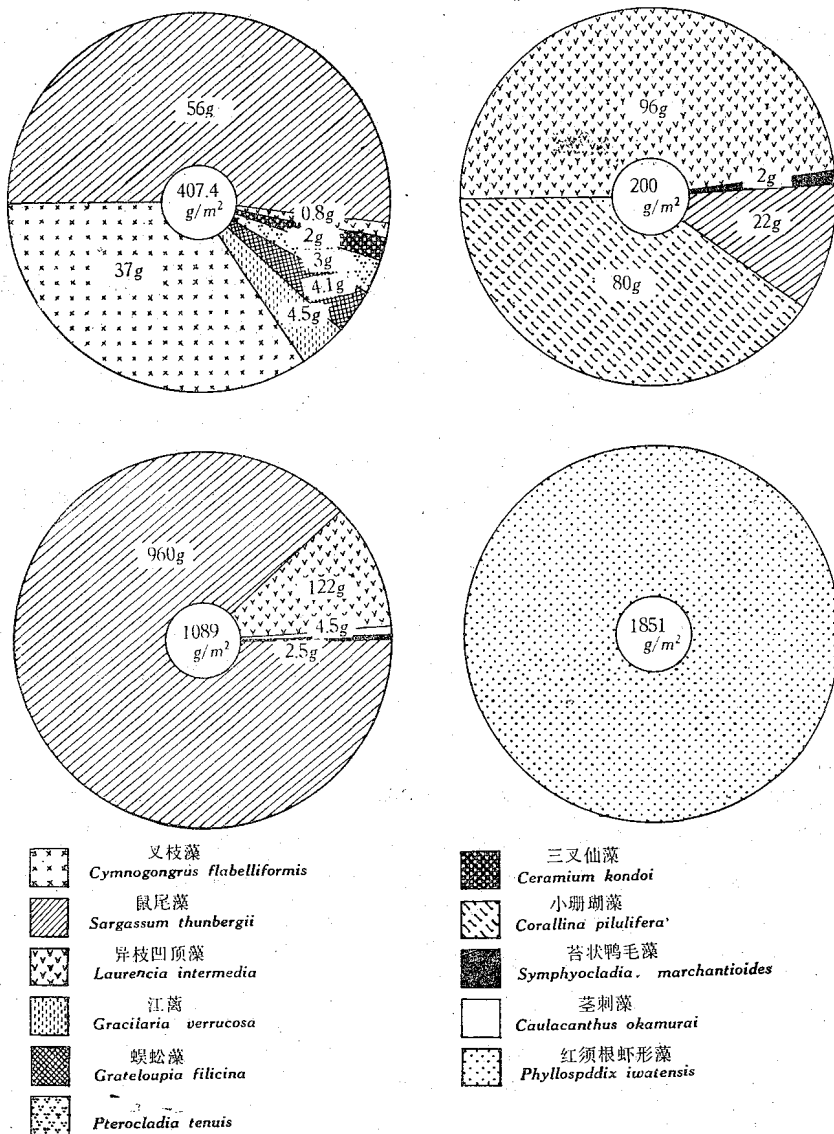


图 6 石老人潮间带优势种类的生物量示意图

表 4 大黑潮各种藻类的生物量及其比例

种 类	生物量(克/米 ²)	所占比例(%)
鼠尾藻 <i>Sargassum thunbergii</i>	3710	70
珊瑚藻 <i>Corallina officinalis</i>	750	14.1
孔石莼 <i>Ulva pertusa</i>	498	9.4
细毛石花菜 <i>Gelidium crinale</i>	280	5.3
海萝 <i>Gloiopeltis furcata</i>	22	0.4
印度网地藻 <i>Dictyota indica</i>	20	0.3
绒线藻 <i>Dasya villosa</i>	13	0.2

褶皱相手蟹 *S. (p.) Plicata* Latreille 及天津三齿厚蟹 *Helice tridens tientsinensis* Rathbum。稍下,在高潮线以下的部位,开始出现大量双齿围沙蚕 *Perineries aibuhitensis*。再向下,开始出现季节性藻类,一些种类如缘管浒苔,孔石莼,袋礁膜,气生硬毛藻,黑顶藻 *Sphacelaria subfusca* S. et G., 萱藻,海黍子 *Sargassum kiellmanianum* Yendo, 海头红,红翎菜 *Solieria mollis* (Harv.) Kylin, 扁江篱 *Gracilaria textorii* (Sur.) De-Toni, 金膜藻 *Chrysomenia wrightii* (Harv.) Yamada, 三叉仙菜 *Ceramium kondoi* Yendo, 异管藻 *Heterosiphonia*, 多管藻 *Polysiphonia urceolata* Grev., 日本多管藻 *Polysiphonia japonica* Harv., 鸭毛藻等在冬、春季均能见到。自冬至夏,沧口潮间带底质温度由 -1.5°C 升高到 28°C , 从夏到冬盐度由 28.80‰ 升到 33.01‰ 。环境因子的剧烈变化是导致藻类出现相应变化的基本原因;另外,夏季潮水涨落较小,可采集的潮带减少垂直高度一米以上,一些着生藻类的潮间带区域长期为水覆盖,干湿条件变化很大,也是值得考虑的因素之一。藻类生物量一般也较低,连较常见的缘管浒苔和孔石莼也达不到 1克/米^2 。沧口是个工业区,近年来工厂增加较多,大量工业污水排入海内,严重影响了海藻的生长、发育;因而,目前即使在冬、春季,滩涂上也很难找到任何藻类。

5. 油港

黄岛附近原来滩涂广阔、水质洁净、历来是个渔场。1973年起在此铺设输油管线和建造油码头,1974年建成投产。对比油码头建成前后的情况,并结合邻近地点的对照,发现黄岛潮间带藻类的种、数都有较大变化。(表5)

由表中结果不难看出:

(1) 在输油前,黄岛和对照点薛家岛安子码头潮间带的优势种类,一年四季都是鼠尾藻。但自1974年9月开始输油后,黄岛潮间带的藻类群落较以往有较大的变化,以季节性的小型绿藻(浒苔、刚毛藻)和小型褐藻(水云)为主的群落代替了多年生大型褐藻为主的群落。薛家岛安子码头的对照点没有出现类似变化。

(2) 对比输油前后,黄岛潮间带的藻类总生物量明显下降(由 620克/米^2 降至 123克/米^2),薛家岛安子码头的对照点基本没有变化(仅由 280克/米^2 降至 270克/米^2)。

(3) 黄岛潮间带藻类群落的景相在输油前是明显的绿色-褐色型,而在输油后则是绿色-绿色型。对照点薛家岛安子码头则一直是绿色-褐色型。

海水含油量的骤增引起一系列环境因子的剧烈变化(见表6),是导致海藻群落出现相应变化的重要原因。例如,1974年10月底以后,黄岛沿岸海水的溶解氧含量是 4.9毫

表5 黄岛潮间带海藻群落的季节变化和数量变动 (1973—1974年)

时间 地点	黄 岛				薛 家 岛			
	优 势 种		常 见 种		群 落		优 势 种	
	种 名	生物量	种 名	生物量	总生物量	种 名	种 名	生物量
秋 10.30—11.10	鼠尾藻	250克/米 ²	利心菜	100克/米 ²	620克/米 ²	鼠尾藻	浒 苔	150克/米 ²
	珊瑚藻	130克/米 ²	刺松藻	30克/米 ²		孔石莼		30克/米 ²
			浒 苔	50克/米 ²				
冬 1.9—1.11	鼠尾藻	150克/米 ²	叉枝藻	50克/米 ²	440克/米 ²	孔石莼	浒 苔	180克/米 ²
	细毛石花菜	180克/米 ²	细毛石花菜	10克/米 ²		鼠尾藻		160克/米 ²
春 4.2—4.8	海 萝	40克/米 ²	珊瑚藻	80克/米 ²	560克/米 ²	鼠尾藻	浒 苔	130克/米 ²
	鼠尾藻	190克/米 ²	刺松藻	30克/米 ²		孔石莼		190克/米 ²
夏 7.19—7.21	管 藻	260克/米 ²	珊瑚藻	20克/米 ²	193克/米 ²	鼠尾藻	鼠尾藻	150克/米 ²
	鼠尾藻	78克/米 ²	水 云	30克/米 ²		浒 苔	浒 苔	20克/米 ²
秋 10.16—10.17	浒 苔	75克/米 ²	水 云	10克/米 ²	123克/米 ²	浒 苔	浒 苔	40克/米 ²
	刚毛藻	83克/米 ²	水 云	10克/米 ²		浒 苔	浒 苔	270克/米 ²
		30克/米 ²						

升/升, pH 为 6.8—7; 而同时取自崂山县王戈庄的水样, 溶解氧含量达到 5.4 毫升/升, pH 为 8。之后几次观测, 水质继续变坏。一个以季节性绿藻为主的海藻群落就在这种环境条件下形成。

表 6 部分理化因子分析结果 (1973—1974 年)

时 间	地 点 项 目	黄 岛				薛 家 岛			
		pH	溶 解 氧 (毫升/升)	比 重	H ₂ S	pH	溶 解 氧 (毫升/升)	比 重	H ₂ S
10.30—11.10		7.8	5.9	1.023	醋酸铅 试纸不变色	7.6	5.5	1.023	醋酸铅 试纸不变色
1.9—1.11		7.8	7.4	1.023	醋酸铅 试纸不变色	7.6	6.9	1.023	醋酸铅 试纸不变色
5.21—5.23		7.6	5.2	1.021	醋酸铅 试纸不变色	7.5	5.2	1.021	醋酸铅 试纸不变色
10.15		6.83	4.9	1.021	醋酸铅 试纸微黑	7.05	4.9	1.021	醋酸铅 试纸微黑
10.26		7.06	3.8	1.020	—	—	—	—	—
11.28		6.35	2.2	1.020	醋酸铅 试纸变黑	7.0	4.1	1.020	醋酸铅 试纸微黑

6. 盐沼

盐沼是一种特殊生境, 通常是指受潮水影响, 不同程度上为植被覆盖的海滨沼地^[9]。从系列演替的角度来看, 这里最初是一片光秃的泥、沙质地区, 继之有藻类出现, 然后才有种子植物丛生。

胶州湾盐沼植物的调查是在马戈庄盐场附近进行的, 主要对象是废弃的盐田和贮水库, 这里海水盐度变化较大, 因而只有一些广盐种类生长。群落优势种是被子植物中的盐沼菜 *Ruppia rostellata* Kock., 数量极大, 当地群众称之为沼菜, 作猪饲料用。其他种类有盐田浒苔 *Enteromorpha salina* Kütz., 浒苔 *Enteromorpha* sp., 巨大鞘丝藻 *Lyngbya majuscula* Harv., 刚毛藻 *Cladophora* sp. 等。群落景观是绿色-绿色型, 反映了内湾性的特点。

为了弄清上述盐沼植物的地带分布及其相互关系, 通过覆盖度的统计, 进行信息分析运算。具体步骤是首先列出原始数值矩阵(表 7), 再计算样本的离散量 $H_i = M_i \log M_i - \sum_{k=1}^s x_{ik} \log x_{ik}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, T$), 然后计算样本合并后的离散量 $H_{i+j} = (M_i + M_j) \log (M_i + M_j) - \sum_{k=1}^s (x_{ik} + x_{jk}) \log (x_{ik} + x_{jk})$, 类群合并后的离散增量为 $\Delta_{ij} = H_{i+j} - H_i - H_j$ 。最后列出数值矩阵, 求出信息系数, 画出树状图(图 7)。结果也完全符合两带划分方案。由此可见, 使用不同方法, 在不同生境进行两带划分都是正确的。

表 7 盐沼植物信息分析原始数值矩阵

种类 样本	1	2	3	4	5	ΣM
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	1
3	2	0	0	1	1	4
4	3	0	2	2	1	8
5	4	2	2	1	1	10
6	4	3	2	0	1	10

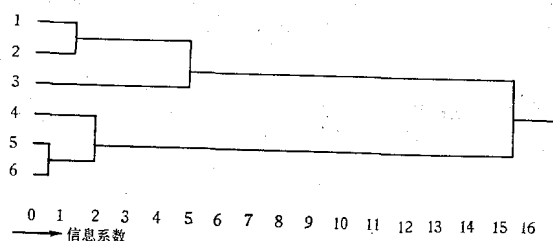


图 7 盐沼植物信息聚类树状图

七、讨 论

潮间带生物群落(带)的形成和演变,除受环境因子(潮汐、波浪……)的影响外,生物种群间的竞争(食物、空间……)也是一个重要原因^[7]。1974年加拿大数学生态学家 Pielou 提出一个数学模式,很适合于解释潮间带生物种群的竞争:

$$\left(\frac{1}{M}\right)\left(\frac{dM}{dt}\right) = r_M - s_M M - u_M N, \quad \left(\frac{1}{N}\right)\left(\frac{dN}{dt}\right) = r_N - s_N N - u_N M$$

式中, M , N = 两个生物种群; r = 自然增加率;

s = 种群内竞争强度; u = 种群间竞争强度。

若 $r_M s_N > r_N u_M$, $r_M u_N > r_N s_M$, 则 N 种群增长而 M 种群减少以至消亡^[19]。若不等式全部逆转,则出现相反结果;若只有一个不等式逆转,则有可能出现稳定或不稳定的平衡局面。可见,生物竞争也直接影响着生物地带的形成。

胶州湾-青岛附近的藻类群落与山东南部沿海最为相似,不仅群落优势种和景相一致,而且在整个种类组成上同样反映出两者密切的相关关系,按 Sorensen 定义的群落相似性系数 $\left(H = \frac{2N_c}{N_a + N_b} \times 100\right)$, 其中 N_a = 组成群落 A 的种群数目, N_b = 组成群落 B 的种群数目, N_c = 两群落中公有的种群数目, 为 $2 \times 107 / 242 \times 100 = 88.4$ 。若与山东北部沿海相比较,相关关系就要略逊一筹,群落相似性系数为 $85(2 \times 108 / 135 + 119 \times 100)$ 首先表现在群落优势种群方面,山东北部沿海潮间带的边缘潮上带出现了鹿角菜 *Pelvetia*

siliquosa Tseng et Chang, 在真潮间带出现了羊栖菜马尾藻 *Sargassum fusiforme* (Harv.) Setch.。由于鹿角菜的出现, 在景相方面从绿色-褐色型向褐色-褐色型过渡, 这是冷水性潮间带藻类群落景相的特征。若再进一步与辽宁沿海相比, 差别就更为显著, 群落相似性系数只有 $80.1(2 \times 99/135 + 108 \times 100)$, 另外还在真潮间带增加了簇生囊叶藻 *Cystophyllum caespitosum* Yendo 等大型褐藻类。可见, 胶州湾海藻除具备一定的普遍性外, 尚有某些区域性特点。

参 考 文 献

- [1] 高哲生, 1950. 胶州湾无脊椎动物分布概况。山东大学学术汇刊第三号: 1—22。
- [2] 青岛市观象台, 1948. 青岛市观象台五十周年纪念特刊(1898—1948)。第 1—438 页。
- [3] 杨宗岱, 1978. 海南岛潮间带底栖海藻群落生态的初步研究。海洋科学集刊 14: 129—140。
- [4] 曾呈奎、郑柏林, 1954. 青岛海藻的研究 I。植物学报 3(1): 105—120。
- [5] 古丽亚诺娃, E. Ф., 刘瑞玉等, 1958. 黄海潮间带生态学研究。中国科学院海洋生物研究所丛刊 I (2): 1—43。
- [6] 谷口森俊, 1961. 日本の海藻群落学的研究。井上书店(东京), 1—112。
- [7] Chapman, A. R. O., 1974. The ecology of macroscopic marine algae. *Ann. Ecol. and Syst.* 5: 65—80。
- [8] Champan, V. J., 1950. The marine algae communities of Stannore Bay, New Zealand. *Pac. Sci.* 4: 63—68。
- [9] ———, 1960. Salt Marshes and Salt Deserts of the World. Leonard Hill (books) limited (London), pp. 1—392。
- [10] ———, 1962. The Algae. Macmillan Company (Great Britain), pp. 1—472。
- [11] Doty, M. S., 1946. Critical tide factors that are correlated with the vertical distribution of marine algae and other organisms along the Pacific coast. *Ecol.* 27(4): 315—328。
- [12] ——— and J. Newhouse, 1954. The distribution of marine algae into estuarine waters. *Amer. Jour. Bot.* 41(6): 508—515。
- [13] ———, 1957. Rocky intertidal surfaces. *Mem. Geol. Soc. Am.* 67(1): 535—585。
- [14] Evans, R. G., 1957. The intertidal ecology of some localities on the Atlantic coast of France. *J. Ecol.* 45(1): 245—271。
- [15] Hedgpeth, J. W., 1957. Concepts of marine ecology. *Mem. Geol. Soc. Am.* 67(1): 29—52。
- [16] Lawson, G. W., 1966. The littoral ecology of West Africa. *A. Rev. Ocean. Mar. Biol.* 4: 405—448。
- [17] Lewis, J. R., 1964. The Ecology of Rocky Shores. English Univ. (London), pp. 1—25。
- [18] Patriek, R., 1974. Effect of Abnormal temperatures on algal communities. *Proc. Sym. Ther. Ecol.* 335—349。
- [19] Pielou, E. C., 1974. Competition on an environmental gradient. *Proc. Conf. Math. Probl. Biol.* 1—86。
- [20] Sokal, R. R., and H. A. Sneath, 1963. Principles of Numerical Taxonomy. San Francisco, Freeman, pp. 6—72。
- [21] Southward, A. J., 1958. The zonation of plants and animals on rocky sea shores. *Biol. Rev.* 33: 137—177。
- [22] Stephenson, T. A. and A. Stephenson, 1949. The universal features of zonation between tide-marks on rocky coast. *J. Ecol.* 37: 289—305。
- [23] Tansley, S. A., 1946. Introduction to Plant Ecology. George Allen and Unwin, Ltd., (London), pp. 1—260。
- [24] Umamaheswara, R. M. and T. Sreeramulu, 1964. An ecological study of some intertidal algae of the visakhapatnam coast. *J. Ecol.* 52: 595—616。
- [25] ———, 1974. Ecological observations on some intertidal algae on Mandapan coast. *Proc. Sym. Mar. Inter. Ecol.* 298—307。
- [26] Womersley, H. B. S., 1959. The marine algae of Australia. *Bot. Rev.* 25(4): 546—614。

A PRELIMINARY STUDY ON THE ECOLOGY OF MARINE ALGAE IN JIAOZHOU BAY*

Yang Zongdai

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Jiaozhou Bay is situated at the south side of the Shandong peninsula, between long. 120°5'30"—120°24'30"E and lat. 35°58'30"—36°14'20"N. It is about 29 kilometers wide and about 33 kilometers long, with a total area of about 255 square kilometers. Its water temperature at surface is rather varied, the February monthly mean is about 2°C, while that for August is about 25°C. The salinity of sea water varies monthly, the highest average monthly salinity being 31.24‰ in June and the lowest being 29.61‰ in August. The types of tides are regular semi-diurnal, with a tidal range of not over 4.7 m usually.

The universal intertidal zonation by Lewis was used for Jiaozhou Bay, in which the belt from upper limit of *Littorina* to upper limit of barnacles is called littoral fringe, whereas that from upper limit of barnacles to upper limit of *Laminaria* is called eulittoral.

In order to see how far the subjectively recognized zones represent an overall organism structure, we carried out a hierarchic distance analysis. The analysis was an example of a divisive shortest distance classification and information theory, in which frequency and cover data for individual species were used as the basis for both classification and amount of information. From the species pair association matrices, we constructed a hierarchical dendrogram to indicate the occurrence of some major subgroups.

Explanations of zonation have revolved around the effects of abiotic factors and their relationship to the physiological tolerance limits of algae. The direction of competition between two species may change at a definite gradient, below which one species and above which another species will be successful. In the last few years Pielou has formulated a theoretical model, as yet untested, to explain marine seaweed zonation.

This paper also deals with the distribution of some species of marine algae on littoral along the coast of Jiaozhou Bay. It is not intended to describe all the species in detail, but the predominant and common species are listed. On rocky coast, the littoral fringe is often exposed to air for a rather long time, thus only the red algae *Gloiopeltis frucata* (Post. et Rupt.) J. Ag. exist in the lower belt scantily. At upper-eulittoral, the dominant species are *Sargassum thunbergii* (Mert.) O' Kuntze and *Ulva pertusa* Kjellm. At the lower-eulittoral belt, a great number of algae such as *Sargassum* spp., *Ulva pertusa* Kjellm. *Codium fragile* (Sur.) Hariot, *Scytosiphon lomentarius* (Lyngb.) J. Ag. and some other small green and red algae can be found, among which *Sargassum* are dominant.

The dominant species in communities are generally large, long-lived, and relatively slow growing. The establishment and maintenance of such communities are complex, cyclical, and

* Contribution No. 735 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

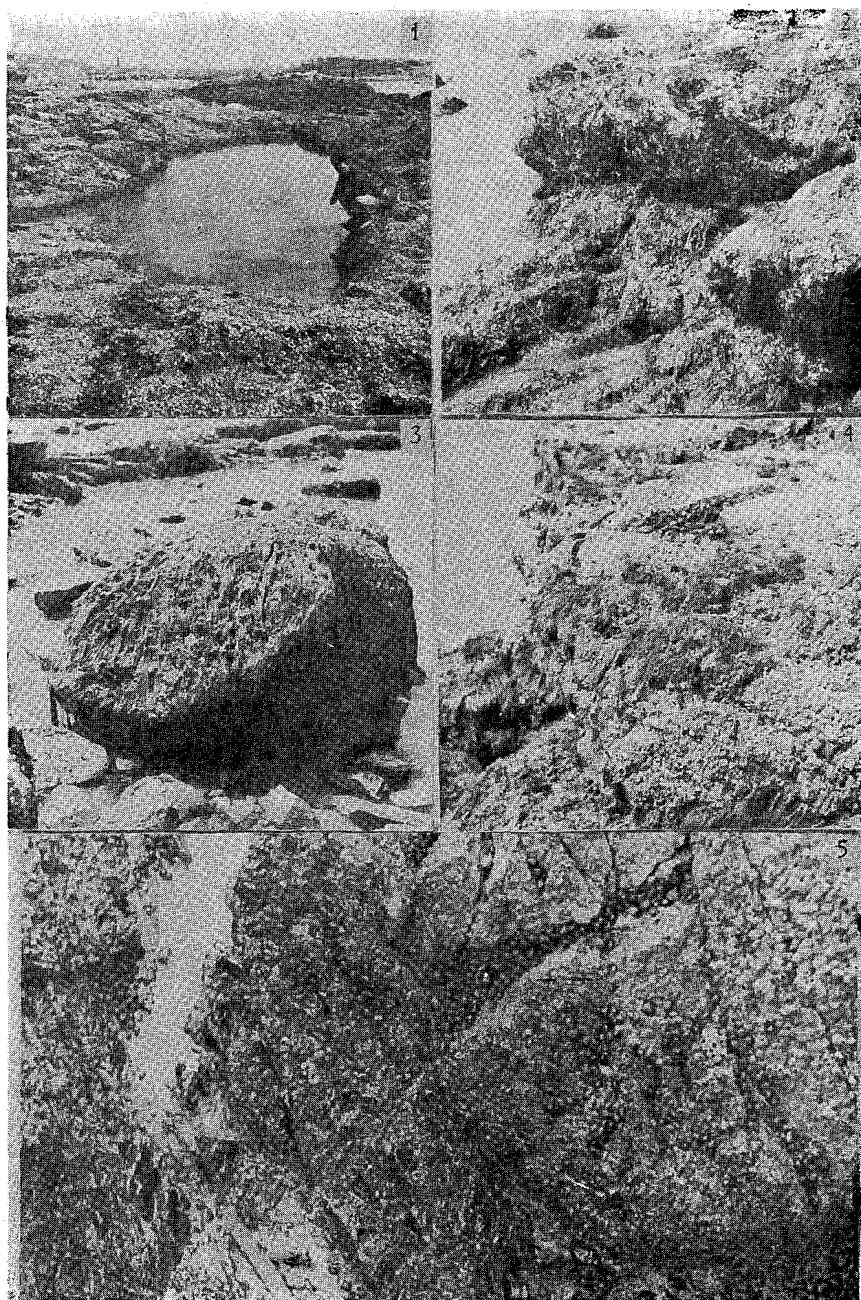
successional. The patterns of littoral communities of Jiaozhou Bay are similar to that of the south part of Shandong province.

The survey method involves the use of both biomass and dominance, the latter method is of a belt-like quadrat. The length and width of the belt transect is to be 1 m. The transect was divided into pieces of 10×10 cm. The degree of dominance was measured in each small quadrat and then an average was taken.

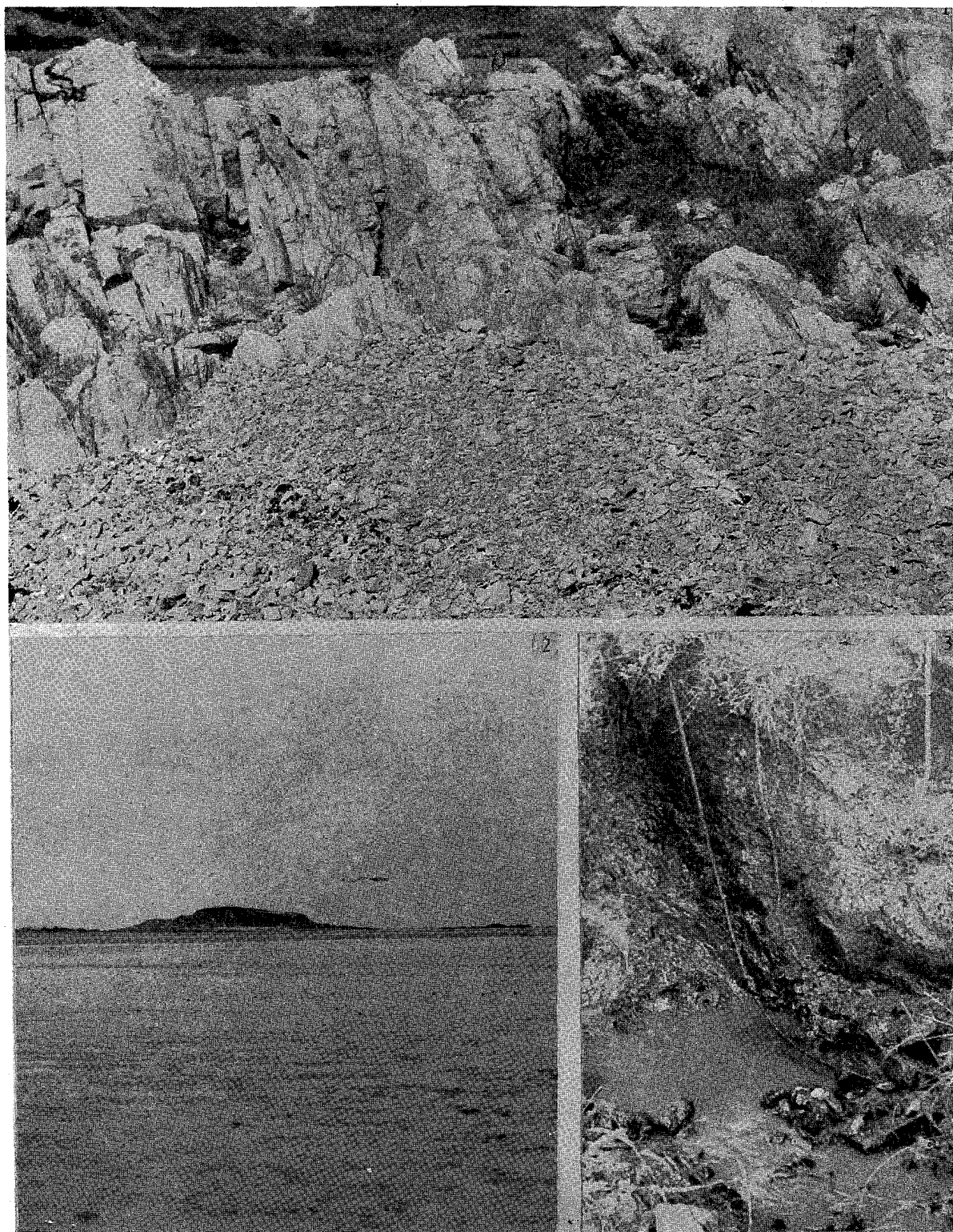
Seasonal differences of the algae have been observed on the shores of Jiaozhou Bay. There are three phenomena: 1) the changes of species composition; 2) changes in the vertical levels of certain algae on the shores; 3) the disappearance of some algae at some places like Cangkou in summer.

In the studies of Physiognomy of marine algae communities, based on the colors of dominant species, we can classify the physiognomic types of marine algae of Jiaozhou Bay as 1) green-brown type; 2) green-red type; and 3) green-green type.

The forms of the coastal regions of Jiaozhou Bay lead us to consider that the shore-type determines the importance of relative environmental factors for the organisms. It shows that an environmental factor which plays a dominant role in the vertical distribution of marine algae in any one case is governed by the shore-type. It can be seen that an environmental factor which plays an important role on one shore-type may be less important on the others. The shore-type is also quite important for the algae communities, which are usually composed of a series of algal belt. Because of this, the shore-types can be classified as following: 1) sandy shores; 2) gravel; 3) rocky shores; 4) sand-mud beaches; 5) oil-port; 6) salt marshes.



1. 青岛太平湾遍布海藻的石沼； 2. 青岛小黑澜紫菜占优势的中潮带； 3. 青岛太平湾中潮带遍布紫菜的大石块； 4. 青岛大麦岛鼠尾藻占优势的中潮带； 5. 黄岛岩岸高潮带的滨螺和小藤壶



1. 石砾海滩; 2. 青岛沧口泥沙滩; 3. 黄岛为原油污染的石沼