

近年来珊瑚礁研究述评兼介绍 第五届国际珊瑚礁大会概况

吴宝铃

李永祺

(国家海洋局第一海洋研究所)

(山东海洋学院生物系)

1985年5月27日—6月1日在南太平洋法属波里尼西亚塔希提岛的帕皮提Papeete市召开了第五届国际珊瑚礁大会。这次大会是由国际生物海洋学协会IABO的国际珊瑚礁委员会经过三年筹备举行的；近50个国家和地区的500多位学者出席了会议。会议共收到论文424篇。以吴宝铃为团长的4人中国代表团参加了大会。吴宝铃作为国际生物海洋学协会中国联络员、国际珊瑚礁委员会的委员参加了大会主席团，并主持了“珊瑚礁无脊椎动物”专题讨论会。下届会议于1988年在澳大利亚的汤斯维尔召开。

现就近年来珊瑚礁研究及第五届国际珊瑚礁大会概况报道如下。

这次向会议提交的学术论文约424篇，从不同的角度反映了对珊瑚礁研究的最新成果和动向。从对424篇论文摘要来看，其内容大致可归为：海洋生物学（包括珊瑚礁在内的海洋动植物形态、分类、区系、生理、生化、胚胎发育、微生物等）103篇；珊瑚礁生态学和珊瑚生物学75篇；珊瑚礁地质学（包括地形、地貌、构造、地质年代、古生物学、古生态学、火山学、沉积学、地质演化和动力等）56篇；珊瑚礁资源、管理和环境保护44篇；水化学（着重泻湖）29篇；研究方法和仪器设备20篇；生物代谢产物（着重雪卡毒素）及医学14篇；渔业和水产养殖14篇；社会经济学13篇；水文、气象10篇；植被3篇；以及研究计划和其他内容等。

从这次会议的研究报告来看，对珊瑚礁的研究有以下几个特点。

1. 对法属波利尼西亚珊瑚礁进行了较全面的调查研究

法属波利尼西亚群岛位于印度—太平洋区的东部（134°28'W—154°40'W，7°50'S—27°36'S），由118个岛屿组成，其中地势高的火山岛35个，低的珊

瑚岛或环礁83个。露出水面的陆地面积4000平方公里，珊瑚礁泻湖的面积7000平方公里。按岛屿地理位置，波利尼西亚群岛又可分成五个群岛。即，社会群岛。它由9个火山岛和5个环礁组成，塔希提岛是社会群岛和整个波利尼西亚群岛的最高和最大的岛，面积1042平方公里，海拔高度2241米；土阿莫土群岛，由76个环礁组成；还有澳斯特拉群岛、马克萨斯群岛和冈比尔群岛等。这些岛屿分别是于17或18世纪发现的。目前居民总人数约17万人。椰子和咖啡在农业上占重要地位。渔业主要是供本地居民食用，出口珍珠。近几年旅游业发展较快，但工业规模仍然很小。

对上述珊瑚岛的零星研究虽然已有几十年的历史，但较全面开展研究还是近几年的时间。1981年在社会群岛的莫雷阿岛西北6公里的Opunohu（又称Papotoai）海湾陆岸，建立了环境研究中心，占地面积6000平方米，其中房屋建筑面积450平方米。有四个实验室（水文、浮游生物、底栖和流动海水培养室），一个配备有显微镜、解剖镜、荧光和分光光度测定仪的分析测定室，以及标本室（收集了当地的藻类、珊瑚、甲壳、软体和鱼类等标本）。在研究中心的门前还围了一个养虾大水池。

近几年这个研究中心的研究项目包括三个内容。一是群岛和群礁的地质进化：火山学、地质学（包括形态发生、古生态学、沉积形成、岩石发生和海岛生态系统的地质动力等）、古海平面和遥感。二是珊瑚礁和泻湖环境及生物的产物：水文学、海流和浮游生物；底栖生物；鱼类；珊瑚礁的代谢作用；环境研究。三是群岛和居民：湖沼和水文学，居民的来源，海岛陆地生态系等。对上述研究内容，环境中心每年发表两次公报。

在这次会上提交了法属波利尼西亚珊瑚礁的研究成果汇编，主要内容如下。

法属波利尼西亚群岛的地质年龄表

	群岛的年龄 (百万年)	水下大洋地壳的年龄 (百万年)
社会群岛	4.3—0.3	70±8
土阿莫土群岛		
Mururoa	9.1—7.1	
Fangatuafa	8.4—7.2	~37
澳斯特拉群岛	12.2—5.7	68~63
马克萨斯群岛	6.3—1.35	45±5
冈比尔群岛	7.2—5.3	~35

(1) 地质年龄：见地质年龄表。

(2) 珊瑚礁的地形学：通过调查，发现各种类型的裙礁、堡礁和环礁均有代表，并按自然地理、形态和生物等资料对各珊瑚礁进行了细分和描述。

(3) 泻湖：面积大小、深浅不一。盐度大多高于36g/L。N、P和Si营养盐均偏低。溶解氧日变化较大，下午比上午约高一倍。泻湖通过大小、数量不等的水道、洞与大洋水交换。潮汐是半日潮，每天上午5—8时，下午4—6时为低潮，潮幅大多很小，仅几十厘米。水的更新期不等，莫雷阿岛的Tiahura湖为8天，而塔卡波塔岛的泻湖却长达4年。

(4) 生物种类：海洋生物种类丰富，截止1984年已鉴定的种类有：浮游植物600种（硅藻118种、甲藻72种、蓝藻4种、金藻4种、隐藻1种）、定生藻

388种¹⁾、蓝藻115种、褐藻6种、绿藻128种、红藻139种），浮游动物86种，有孔虫182种；石珊瑚168种，多毛类41种，苔藓虫61种，软体动物1159种（双神经类11种、腹足类1019种、掘足类1种、瓣鳃类118种、头足类10种），甲壳动物271种，棘皮动物30种，海鞘类24种和鱼类800种。

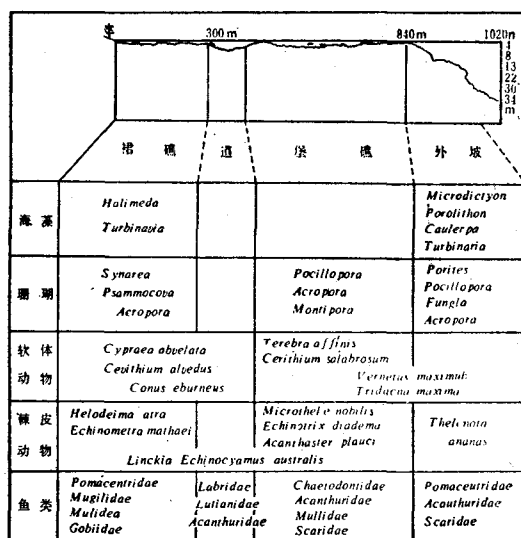
(5) 珊瑚礁生物群落：在不同的地理形态区域，群落组成有较明显的差异，如图所示。

在塔卡波塔岛，礁坪和礁向海斜，石珊瑚群落也明显不同。前者珊瑚覆盖率为22%，主要种类是Synarea、Pocillopora、Favia、Montipora和Acropora等属组成。而在后者，从-5米到-70米，石珊瑚覆盖率在60%以上，尤其是在-10米到-20米处，覆盖面达84%和75%，珊瑚种类也比礁坪高1倍以上，在-5米以深没有发现Synarea。

(6) 生产力和生物量：在波利尼西亚泻湖，浮游植物的共同特点是高的种类多样性，但浮游植物的初级生产力很低。通常每升湖水浮游植物细胞的数量小于10⁴，每立方米水体的叶绿素a含量波动在0.10—0.50mg之间。但与造礁珊瑚共生的虫黄藻Zooxanthellae，大型或小型底棲藻的初级生产力却很高，大致是浮游植物11mgC/m²·d；大型底棲藻4200mgC/m²·d；小型底棲藻1000mgC/m²·d；共生藻（虫黄藻）5500mgC/m²·d。

浮游动物生物量比大洋水高几倍。比如，Rangiroa环礁湖水中浮游动物的生物量为71—78mg/m³，而大洋水仅9—21mg/m³。在该湖，当局部水域东方海樽Thalia democratica大量繁殖时，生物量可增至2500mg/m³。据测定，Tiahura湖软体动物的生物量约为27g/m²·年；鱼类约为100g/m²·年。

(7) 渔业：主要是鱼类，其次是软体动物和海参等。鱼类以草食性鱼类居多，尤其是鹦嘴科和刺尾科的鱼，前者主要分布在泻湖，后者分布在礁的外坡。据统计，Rangiroa岛年产量为195—220吨。软体动物，尤其是宝贝Cypraea obvelata，砗磲Tridacna maxima，笔螺Mitra mitra和紫口猿头螺Chama iostoma的数量也相当丰富，但因生长率太慢，经不起大量采捕。珍珠贝是这个地区的主要贝类，供出口，在1928年产量曾超千吨，因采捕过量现仅几十吨。为此，从1972年开始着手进行养殖。在Tiahura泻湖，海参很丰富，在262.5米长、2米宽的断面，曾采到个体1593个，鲜重达83公斤，平均1608g/m²，这可能是底棲藻类、有机物丰富的缘故。这么高的海参生物量，被认为是泻湖底沉积物的重要



Tiahura断面生物群落图

1) 包括少数淡水藻。

改造者。

2. 珊瑚礁生物学的研究仍占首位

这次会议的研究报告, 有关珊瑚礁生物学的研究在数量上超过半数。研究内容除了生物的分类、形态、区系、胚胎发育等外, 有关虫黄藻与珊瑚之间的营养关系、珊瑚的钙化机理, 以及珊瑚礁生态系等问题颇引起重视。

虫黄藻是一种单细胞裸角藻 *Symbiodinium* 与造礁珊瑚共生, 它长在珊瑚的外胚层, 细胞数量因珊瑚种类而有所差异, 通常可达 10^8 细胞/cm², 虫黄藻的光合作用产物是珊瑚的重要营养来源。显然, 有关虫黄藻与珊瑚之间的营养关系一直受到关注。

1981年, Muscatine, L. 等人提出了CZAR (虫黄藻对珊瑚呼吸作用的贡献) 概念, 借以评价共生藻每天要提供多少产物才能满足共生动物的代谢能量消耗。根据用¹⁴C和O₂交换法的测定结果估算, 鹿角杯形珊瑚 *Pocillopora damicornis* 的CZAR为63%, 楯形石芝 *Fungia scutaria* 为69%。生长在不同水深的柱状珊瑚 *Stylophora pistillata*, 其CZAR值也不等, 在3米水深为63%, 35米水深为9% (引自 Gladfelter, E.H. 等人, 1985)。虫黄藻直接从海水中吸收无机盐。据 Muscatine, L. (1985) 报告, 红海柱状珊瑚的共生藻, 大约将其净光合作用产物的95%转移到寄主。

虫黄藻的产物是怎样转移到寄主的呢? 用¹⁴C示踪试验结果, 最早的解释是: 主要是由一种水溶性化合物——甘油, 转移到寄主并掺入寄主的脂类部分。但据 Patton, J. S. 等人 (1983, 1984) 用¹⁴C标记的碳酸氢盐、醋酸盐和甘油进行试验, 他们认为甘油是由虫黄藻向寄主转移的主要物质, 但甘油是在非常短时间内存在的产物, 它立即被氧化成CO₂。他们认为虫黄藻合成大量脂类的产物, 并以小滴的形式转移到寄主。因为从显微照像观察到脂滴存在于胃循环腔或触手内。脂滴不仅是转移物, 而且还是较理想的贮藏物质。但 Streamer, M. 等人 (1985) 报告了他们的示踪试验结果, 认为虫黄藻的合成产物转移到珊瑚的速度很快, 转移物可能是一种或二种水溶性的物质, 既不是甘油也不是氨基酸。甘油可能仅仅是转移物的一种转化产物。此外, 还有一些研究结果表明, 珊瑚能分泌一些它所固定的碳, 分泌量从6%到50%不等, 分泌物主要是以粘液的形式。粘液的产生, 无论是对于珊瑚的生长, 还是碳在生态系统中的循环均有意义。

关于造礁珊瑚的钙化作用机制和骨架增长的研究, 大多是用鹿角珊瑚 *Acropora* 进行的。骨架的增长可分为线性延伸、辐射状生长和分枝内部的钙化作

用。据测定, 虽然在白天¹⁴C掺入到骨骼碳酸盐的量要比晚上高2—3倍, 但骨架延伸在晚上却比白天长些 (Gladfelter, E.H. 等人, 1985)。关于钙化作用机制, 一般认为虫黄藻提供的合成产物先转化成二羟醋酸, 然后与尿素结合形成尿囊酸, 再与Ca²⁺结合并进一步转移到钙化的沉积部位。据 Barnes, D. J. (1985) 报告, 光合作用和呼吸作用抑制剂, 如二氯苯二甲脲 (DCMU) 对美丽鹿角珊瑚的钙化作用有明显的影 响。

全世界珊瑚礁的面积 (水深小于30米) 估计有60000平方公里, 广泛散布在印度洋至太平洋, 尤其是南太平洋, 以及红海、加勒比海等。珊瑚礁生态系是个独特的生态系, 而珊瑚是特有的种群。影响这个生态系碳循环的主要代谢过程是光合作用、钙化作用和呼吸作用, 而前两个作用又受营养盐和光所制约。

珊瑚礁的初级生产力是很高的。但正如上述, 初级生产者主要是虫黄藻, 不是浮游植物。因为能量很少直接输送到珊瑚礁的食物网, 因而导致珊瑚礁生态系是“密封的”、“渔业产量低”的看法。目前对此看法有争议。有的学者认为, 珊瑚礁本身好像是张大的浮游生物网, 它将水流中许多悬浮物质档着, 即收集和浓集了外部的能源在珊瑚礁生态系中, 这显然是对珊瑚礁能源的重要补充 (Russ, R. 1984, 1985)。另外, 虽然泻湖水中N和P的含量低, 但沉积物营养盐却比较丰富, 微生物的矿化作用也进行的比较迅速, 这既对底栖生物的繁殖提供了优越条件, 也将不断将营养物释入水体中 (Drew, A. 1985; Hammond, L. S. 1985; Hines, M. E. 1985; Skyring, G. W., 1985; Russ, G., 1984)。

珊瑚礁群落有高的多样性 (Mergner, H. 1985; Yang, R. T. 1985)。有些学者认为, 多样性因具有较大的系统内部自我调节能力, 所以有高的稳定性。但有些珊瑚礁生态系统虽有高的多样性, 却不稳定, 容易遭到破坏。比如长棘海星 *Acanthaster planci* 的大量繁殖, 已使有些珊瑚礁生态系统遇到毁灭之危 (Endeem, R., 1977, 1985; Done, T. J. 1985; Fagoonee, I., 1985)。

值得提出的是, Gerhart, D. J. 在这次会上提出了化学生态学的有趣事例。生长在加勒比海的一种柳珊瑚 *Plexaura homalla* 含有前列腺A₂ (一种脂肪酸衍生物), 这种动物激素的含量要比其他动物高1千万倍。前列腺A₂能引起许多种鱼剧烈呕吐。珊瑚礁有不少种鱼都能鉴别并避开含有这种激素的食物, 这对柳珊瑚来说, 不能不说是一种化学防御武器。

3. 珊瑚礁资源开发、保护和管理受到重视

珊瑚礁资源的开发,包括陆地资源、渔业资源、旅游和珊瑚礁的其他用途等。珊瑚礁渔业的定义,有的学者提出“为了养殖、生活或商业用的目的对水生生物以及造礁珊瑚的任何活动”。按此定义,因为珊瑚礁生物群落的所有成员都适于在市场销售,有食用或其他用途(如作为实验材料或标本,观赏、医药用等),故珊瑚礁的所有生物都应包括在渔业的范畴内,如各种珊瑚、环节动物、软体动物、甲壳动物、棘皮动物、鱼类、爬行动物和海洋植物等(Munro, J. L. 等人, 1985)。

珊瑚礁的渔业捕捞业,大多是用简单的渔具,如钩、手提式鱼网和刺网作业。但有些地区,如菲律宾等地,也出现捕捞过度损害资源问题。

为了满足对海产食品的需要,以及其他商业性活动之需,近十多年来养殖业也有较快的发展。目前养殖品种主要有麒麟菜*Eucheuma* spp., 马蹄螺*Trochus niloticus*, 珍珠贝*Pinctada*。泰国用网箱养鱼。在巴哈马群岛蜘蛛蟹*Mithrax spinosissimus*的养殖得到了迅速的发展,这种蟹是草食性的,容易培养,当年即可长大到1公斤重。另外,一种巨蛤(砗磲)的养殖计划也正在积极的进行中(Coerol, M. et al. 1985; Heslinga, G. A. 1985; J. Y. Le Gall, et al. 1985; Lucas, J. S. 1985)。

在这次会上,有10余篇关于雪卡毒素(Cigatoxin)的研究报告。这种毒素是由一种单细胞藻——腰鞭毛藻*Gambierdiscus toxicus*产生的。当微草食性鱼类摄食这种藻类后,毒素即进入鱼体。从澳大利亚西北部珊瑚礁,发现有30种鱼含有这种毒素(Berry, P. et al. 1985)。误食一定量含有雪卡毒素的鱼,能使人患病,严重者能丧命(Capra, M. 1985)。据调查,在加勒比海珊瑚礁,这种单细胞往往与许多底栖藻,尤其是具有分枝或成丛的藻类(如,*Spyridia filamentosa*)生活在一起,每克底栖藻的表面可以找到 10^3 细胞(Taylor, F. J. R. 1985)。室内培养的腰鞭毛藻与野生种相比,能产生较多水溶性毒素,较少脂溶性毒素。但若培养基含有较高的金属盐类,则脂溶性毒素的产额也随之提高(Lechat, I, 1985)。据Bagnis, R. 等人用一种自行设计的藻类培养装置在现场连续培养、观察,发现这种藻的大量增殖与溶解Si、低盐、低温和弱光有关。雪卡毒素的毒性高,它能抑制许多种硅藻生长;大约30—50细胞所含的毒素即可使1克重的老鼠致死(Dura-

nd, M. 1985)。由于此毒素有高的毒性,因此,除了防止人体中毒外,有的学者正在探索它在医药上的应用。

对珊瑚礁的冲击,除了台风、暴雨外,人为的侵犯是:对珊瑚、石、砂的过度采掘;对渔业资源过度采、捕和非法捕捞(如用爆炸、毒物抓鱼);以及珊瑚礁工矿企业、旅游设施的大量兴建,工业和城市生活污水污染等(Rabe-Sandratana, H. V. 1985; Kudoja, W. M. 1985; Soegiarto, A. 1985; Kelleher, G. 1985)。由于不少地区珊瑚礁受人为破坏甚重,因此,不少学者提出了珊瑚礁处于危险中的呼吁(Kudoja, W. M. 1985)。

应当说,近几年已有不少国家对珊瑚礁的保护较为重视,如澳大利亚、中国、菲律宾、苏丹等。澳大利亚严格限定采掘珊瑚的地点、数量(每年不超过50吨)。我国对海南岛珊瑚礁也实行了保护性管理(Oliver, J. 1985; Wu B. L. 1985)。通过管理,也开始收到了积极的效果(Russ. G. 1985)。有的还把稀有珊瑚种类从污染水域移植到非污染水域进行抢救性的保护(Plucer-Rosario, G. 1985)。一些国际性组织也对南太平洋珊瑚礁制定了区域性的保护和管理计划(Zucker, W. H. 1985)。但在保护和管理上还存在不少问题,如虽然制定了有关保护法规,但执法不力(Kudoja, W. M. 1985)。

4. 新技术在珊瑚礁研究各个领域中的应用甚为普遍

(1) 用卫星和遥感技术研究珊瑚礁的地形、构造和资源。比如Quinn, N. J. (1985)用地球资源卫星系(Landsat)测定了巴布亚新几内亚热带浅水珊瑚礁的珊瑚群落时、空分布。用Landsat-3卫星资料,绘制了法属波利尼西亚土阿莫土群岛的塔卡波塔、Rangiroa和Temoe等环礁的地形和水深图(Pirazzoli, P. A. 1985)。以及用高分辨率的卫星录像(Spot-Landsat)绘制新喀里多尼亚珊瑚礁,并根据绘制结果对珊瑚礁和泻湖的地形、群落进行了研讨(Bour, W. 1985)。

(2) 普遍应用同位素测定珊瑚礁的地质年代、古气候和地貌学研究。涉及的同位素是 ^{18}O 、 ^{13}C 、 ^{14}C 和 ^{230}Th - ^{234}U 等。如用 ^{14}C 测定巴西沿岸暗礁尖顶的形成历史(Z. M. De Andrade Nery Leao, 1985)。根据澳大利亚Heron珊瑚礁砗磲*Tridacna maxima*(Roding)贝壳 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 的比例,指示当地珊瑚礁气候变化(Flood, P. G. 1985)。

(3) 用电子计算机建立各种数学模型。比如根

据已有的资料建立了巴拿马Galeta珊瑚礁演化的计算模型,以及加勒比珊瑚礁系和牙买加珊瑚礁的演化模型(Graus, R. R. 1985)。一个典型的加勒比珊瑚礁的计算机模拟(Dilen, D. R. 1985)。McCloskey, L. R. (1985)设计和使用了一种微电子计算机控制的,用来测定水下海洋光合自养生物的光合作用呼吸计。华盛顿大学Paulay, G.等人发展了一个计算机模拟公式,用来检查珊瑚礁发展的过程。

(4)用潜水器观察水下珊瑚礁的结构。如用水下潜水器观察太平洋中部Johnston岛水下的地质结构,深度达500米(Keating, B. 1985)。用水下潜水器“Cyana”和其他九个潜水器,观察了法属波利尼西亚塔希提水深70—1100米的大型底栖动物区系。根据实地观察结果,对0—100米、100—200米、200—250米、250—500米,以及500—1100米珊瑚和其他底栖

动物进行了描述和分析(Salvat, B. 1985)。

此外,用各种谱仪测定水化学中的微量元素含量,用X光衍射和扫描电镜研究珊瑚和沉积物的结构,用 ^{14}C 法和测叶绿素法测定初级生产力,用各种地质钻探技术取岩芯研究地层,以及运用数理统计公式计算生物资源的数量变动等也相当普遍。

珊瑚礁科学是门综合性很强的科学,除了生物学、地质学外,还涉及到水文(海平面、波浪、潮汐、海流等)、气象(温度、降雨、台风等)、化学(如泻湖的营养盐、微量元素的组成、浓度及变化)、水产、环境科学、火山学、农学、医学、旅游和林学,以及经济、考古、法律和管理科学等领域。因此说,要全面地、系统地深入研究珊瑚礁的演化历史和过程,要全面地开发,利用和保护珊瑚礁的资源,必须多学科科技工作者通力协作。