

同安湾贝类的养殖容量

杜琦 卢振彬 戴泉水 蔡清海

阮五崎 方少华 张耀平 吕小梅

(福建省水产研究所, 厦门 361012)

(福建海洋研究所, 厦门 361012)

摘要 以初级生产力为基础,采用营养动态模式和沿岸海域生态系能流分析模式,估算同安湾贝类生态容量,并通过对潮间带非养殖区和浅海底栖动物及吊养区滤食性附着动物的现存量调查,估算养殖容量,同时采用统计分析法估算贝类及其主要品种的适养面积。估算结果:贝类养殖容量为45546t(带壳鲜重),适养面积3027hm²,其中石蛎2280hm²,吊蛎500hm²,缢蛏95hm²,菲律宾蛤仔120hm²,翡翠贻贝25hm²。分析1994年以来实际养殖贝类病害不断,单产连续下降的主要原因是超容量养殖所致。建议参照估算的适养面积进行养殖规划,并合理安排布局,适当间养藻类,防止因海域富营养化而发生赤潮。

关键词 贝类,养殖容量,适养面积,同安湾

中图分类号 S968.3

The carrying capacity of Tong'an Bay for the culture of shellfish

Du Qi, Lu Zhenbin, Dai Quanshui, Cai Qin Hai
(Fujian Fisher Research Institute, Xiamen 361012)

Ruan Wuqi, Fang Shaohua, Zhang Yiaoping, Lu Xiaomei
(Fujian Institute of Oceanology, Xiamen 361012)

ABSTRACT In this paper, the assessment results of phytoplankton, chlorophyll, primary production, zoobenthos of the without aquaculture range in tidal zone and the shallow sea, fouling zoo of filtration and without aquaculture of the hanging culture range were investigated in Tong'an Bay during 1998. The carrying capacity of Tong'an Bay for the culture of shellfish are estimated by the nutrition dynamic model and the coast energy flowing analysis method. The optimal areas of shellfish culture and its major kinds are calculated through statistics analysis. The results are that the carrying capacity of culture of shellfish is 45546 t (with weight of shell) and that the optimal farming areas is 3027 hm². Among which the oyster of adhesion stone for culture is 2280hm², the oyster of hanging for culture is 500hm², *Sinonucacula constricta* is 95hm², *Ruditapes philippinarum* is 120hm², *Perna viridis* is 25hm². Since 1994, the actual farming area exceeded the optimal farming area, and the yield of unit has been decreased year after year. The diseases have been taken place constantly. The Bay culture and its distribution are arranged on the basis of above mentioned optimal farming area. The alage culture are proper arranged to prevented taking place red plankton bloom for the water having over full nutrition.

KEYWORDS shellfish, carrying capacity, optimal farming area, Tong'an Bay

同安湾现有面积约91.5km²,是厦门市水产养殖重要基地。随着特区经济建设发展的需要,厦门岛周围海域逐步以各自特有功能发挥应有的效益。1996年厦门市政府已对同安湾近期的功能定位为“以发展水产养殖为主,兼顾沿岸工业和旅游业。”工业和旅游业的发展,对有限的同安湾水域增加污染源,势必影响水产养殖业的发展。就目前而言,同安湾的水产养殖业自身已面对养殖过量,污染严重,病害

厦门市计划委员会资助项目,项目名称为“同安湾水产养殖与沿岸兼容行业协调发展的研究”。

第一作者简介:杜琦,男,1945年3月生,硕士学位,副研究员,副所长,从事渔业生态环境研究。

收稿日期:1999-11-26

常发的局面。因此,无论从眼前,还是长远可持续发展来说,对同安湾的养殖容量进行评估和养殖结构优化的研究是十分必要的。本文专题报道同安湾贝类的养殖容量和适宜养殖面积。

1 材料和方法

1.1 历史资料的收集

收集了1984-1997年,同安湾滩涂、浅海贝类及其各养殖品种[牡蛎(*Oyster*)、缢蛏(*Sinonacula constricta*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、泥蚶(*Tegillarca granosa*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)]等逐年的养殖面积,收成面积和收成产量。

1.2 贝类生产力估算模式

营养动态模式^[1],沿岸生态系能流分析模型^[2]。

1.3 现场调查

(1)以集美、西柯、刘五店沿岸水域的3个断面,进行春季和夏季潮间带非养殖区的底栖动物种类、生物量和密度调查,以计算非养殖区软体动物的自然现存量。

(2)在浅海区设6个站位作4季浮游植物种类和数量、叶绿素含量和初级生产力、底栖动物种类和生物量、密度调查。

(3)在湾口、湾中和湾顶设3个站点,进行筏式吊养区浮筏、延绳和附着基上非养殖滤食性附着动物的种类、密度和生物量调查。

文中贝类的养殖产量和自然生产量,除有特别标注外,均为带壳鲜重。

2 同安湾贝类养殖的发展变化

同安湾贝类养殖发展很快,面积和产量分别由1984年的1913hm²和6005t,发展到1997年的4279.67hm²和71490t。其中发展最快的是牡蛎,由1984年的1742hm²,扩大到1997年的3899hm²,净增2157hm²,增幅1.24倍。其次菲律宾蛤仔,由1986年的50hm²,发展到1997年的196.33hm²。牡蛎面积的扩大主要是1991年引进推广牡蛎浮筏吊养(下称吊蛎)而致,由106.67hm²,扩大到1997年的1137.33hm²。其它品种的养殖面积变化幅度不大。养殖贝类的单位面积产量(下称单产),1991年以前呈现随养殖面积的扩大而提高,1992年和1993年达最高。1994年以后养殖面积再继续扩大,单产却呈现下降趋势。详见表1。

3 贝类适养面积的统计分析

海域的养殖容量和环境容量有一定的限度,在养殖容量极限值之下,随着技术进步,单产会有一定的提高。当养殖面积超过养殖容量时,单产开始下降。这时单产变化曲线与养殖面积变化曲线有一交点,若交点所对应的面积,低于最高单产相应年份的养殖面积时,该交点所对应的面积即是适养面积;若交点所对应的面积高于最高单产相应年份的养殖面积,该交点不能成为适养面积,适养面积应是在最高单产相应年份的养殖面积或交点前两年的养殖面积之间,根据以上统计分析法确定的同安湾贝类及其主要种类的适养面积如表2。

表 1 1984~1997 年同安湾贝类养殖面积和产量 (单位: hm^2, t)Tab.1 The areas and yield for the culture of shellfish in Tong'an Bay (1984~1997, unit: hm^2, t)

年份	合 计			其 中											
				石 蛎			吊 蛎			缢 蛭			菲律宾蛤仔		
	面积	产量	单产	面积	产量	单产	面积	产量	单产	面积	产量	单产	面积	产量	单产
1984	1913.00	6005	3.1390	1742.00	4475	2.5689				171.00	1530	8.9451			
1985	2218.57	7030.5	3.1688	2110.67	5530	2.6200				106.67	1495	14.0156			
1986	2242.67	7551	3.4116	2094.00	5865	2.8009				96.67	1405	14.5388	50.00	375	7.5000
1987	2328.0	8732	3.7509	2178.33	6337	2.9091				94.33	1011	10.7143	47.33	634	13.3929
1988	2300.33	8233	3.4587	2210.67	6250	2.8287				70.00	740	10.5686	81.67	1058	12.9845
1989	2462.67	8051	3.2692	2276.33	5363	2.3560				90.67	1337	14.7439	69.00	951	13.7755
1990	2491.00	8670	3.4805	2291.67	5540	2.4175				101.33	1612	15.9130	68.33	1091	15.9722
1991	2690.00	9852	3.6625	2282.33	4976	2.1802	106.67	800	7.5000	101.33	1612	15.9130	94.33	1633	17.3277
1992	2828.33	11778	4.1643	2283.67	4935	2.1610	136.67	1045	7.6462	159.67	2163	13.5454	204.00	2190	10.7371
1993	3024.20	13013	4.0650	2205.00	3599	1.6322	569.67	3560	6.2492	159.67	1764	11.0500	210.33	2224	10.5738
1994	3558.09	10171	2.8586	2546.67	2251	0.8839	703.33	4373	6.2176	156.00	1672	10.7173	132.67	1327	10.0000
1995	3590.00	10155	2.8287	2500.00	2280	0.9120	740.33	4459	6.0230	152.33	1584	10.3961	163.67	1011	6.1776
1996	3628.67	10845	2.9887	2497.67	2260	0.9047	787.67	4150	5.7257	147.33	1558	10.5741	162.67	1743	10.7154
1997	4279.67	12704	2.9685	2761.67	2388	0.8647	1137.33	6101	5.2843	144.33	1489	10.3166	196.33	1857	9.4586

注:1.表中石蛎和吊蛎产量以鲜组织重计,其他种类为带壳鲜重计;2.单产系当年收成产量除以收成面积;3.单产指 t/hm^2 ;4.合计栏的数据还包含表中列出主要种以外的泥蚶、扇贝、翡翠贻贝、文蛤、寻氏肌蛤等在内。

表 2 同安湾贝类及主要品种的适养面积 (单位: hm^2)Tab.2 The optimal areas of shellfish culture and its major kinds in Tong'an Bay (unit: hm^2)

项 目	总面积	其 中					
		牡 蛎	其 中		缢 蛭	菲 律 宾 蛤 仔	翡 翠 贻 贝
			吊 蛎	石 蛎			
适养面积	3020	2780	500	2280	95	120	25
1997年实养面积	4279	3899	1137	2762	144	196	40

4 石蛎与吊蛎适养面积的结构优化

牡蛎养殖占贝类养殖面积和产量的 91.1% 和 91.7% (带壳重计), 因此很有必要对吊蛎和石蛎养殖量的比例进行探讨。统计分析表明, 吊蛎养殖面积与石蛎单产, 呈极显著的负相关, 相关系数 $r = -0.9652$ ($F = 163.47 > F_{0.01} = 9.33$)。关系式为

$$y_{\text{石}} = 2.4473 - 0.001974X_{\text{吊}} \quad (1)$$

式中 $y_{\text{石}}$ 为石蛎单产, $X_{\text{吊}}$ 为吊蛎养殖面积。而石蛎的养殖面积与吊蛎单产也呈负相关, $r = -0.7527$ ($F = 15.69 > F_{0.01} = 9.33$), 关系式为

$$y_{\text{吊}} = 14.7083 - 0.003415X_{\text{石}} \quad (2)$$

式中 $y_{\text{吊}}$ 为吊蛎单产, $X_{\text{石}}$ 为石蛎养殖面积。式(2)负相关性明显差于式(1), 表明吊蛎养殖面积对石蛎单产的影响, 要比石蛎的养殖面积对吊蛎单产的影响明显得多, 与实际情况完全一致。当 1991 年大量扩养吊蛎以后, 石蛎的单产开始连续下降。吊蛎本身的单产也在 1992 年以后出现连续性的下降。吊养的初始, 长势良好, 1995 年以后, 随着面积的增加, 出现吊养区外围生长较好, 中间生长较差, 个体消瘦, 甚至出现病害和寄生虫, 单产下降, 生长期延长, 推迟收成, 原来当年可收成, 延续到 2 年才能收成, 且质量比正常的差。由此可见, 目前同安湾的牡蛎, 特别是吊蛎的养殖量过大, 已经超过了养殖容量。

统计分析还表明, 石蛎养殖面积与其自身的单产之间呈显著的负相关, $r = -0.8533$, 关系式为

$$y_{\text{石}} = 10.7452 - 0.00377X_{\text{石}} \quad (3)$$

式中 y_n 为石蛎单产, X_n 为石蛎养殖面积。将以上估算石蛎的适养面积 2280hm^2 , 代入式(3), 可得石蛎的单产为 $17.23\text{t}/\text{hm}^2$ 。

又吊蛎养殖面积与其单产之间也呈负相关性, $r = -0.9787$, 关系式为

$$y_m = 7.6621 - 0.002202X_m \quad (4)$$

式中 y_m 为吊蛎单产, X_m 为吊蛎养殖面积。将估算吊蛎的适养面积 500hm^2 代入式(4), 可得吊蛎的单产为 $52.48\text{t}/\text{hm}^2$ 。

以上石蛎适养 2280hm^2 和吊蛎适养 500hm^2 的总产量为 65456t , 平均单产 $23.55\text{t}/\text{hm}^2$ 比 1997 年石蛎实际养殖面积 2761.67hm^2 和吊蛎实际养殖面积 1137.33hm^2 , 合计产量 67184t , 平均单产 $17.23/\text{hm}^2$, 提高 36.68% 。亦即适养面积比 1997 年实际养殖面积减少 1119hm^2 , 平均单产却可增加 $6.32\text{t}/\text{hm}^2$ 。且收成的质量大为提高, 经济效益极为显著。可见, 以上统计分析法估算的石蛎与吊蛎适养面积的比例是可取的。

5 贝类养殖容量的估算

海洋生态的能量和物质, 通过食物链的传递, 按一定的效率, 由低营养层次的生物向高营养层次的生物流动。各营养层次的生物量以某一渐进值处于相对平衡状态(生态平衡)。同一营养层次的生物量也处于相对稳定状态。基于这个原理则可应用营养动态模型和沿岸海域能流分析模式, 进行贝类养殖容量的估算。估算时初级生产力采用厦门海岛调查的测值^[3], 当时尚未引进吊蛎养殖技术, 不对浮游植物数量和叶绿素含量产生影响, 所测算的初级生产力数值较为客观实际, 比较具有代表性。

5.1 营养动态法估算海区贝类的年生产力

营养动态模式系估算生态系统中不同营养阶层生物的生产量。模型表达式^[1]为: $p = BE^n$ 。用于估算贝类带壳重生产量时模式为 $P = (BE^n) \times K$, 式中 P 为估算贝类带壳鲜重的生产量, B 为浮游植物的生产量, E 为生态效率, n 为估算对象的营养阶层, K 为贝类带壳重与软组织鲜重之比。

同安湾年平均初级生产力(C)为 $281.25\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ^[3], 水域面积以中潮线计算约 80km^2 , 年初级产碳量为 8212.5t 。浮游植物干重 = $0.35 \times$ 鲜重^[4], 又 100g 干重浮游植物相当于 35g 有机碳^[5], 因此 1g 碳 = 8.164898g 鲜浮游植物, 则同安湾年产鲜浮游植物 67054.9t 。海域生态效率为 0.161 ^[6]。贝类属于植食性动物, 营养阶层(营养级)较低, 仅为 $1 \sim 1.3$ ^[2], 这里取 1.05 级。估算结果 $p = 9853.66\text{t}$ (软组织鲜重)。笔者测定了牡蛎、菲律宾蛤仔、缢蛏等贝类带壳鲜重与软组织鲜重之比, 并按单产最高的 1992 年各品种产量的比例, 进行加权计算, 它们的综合带壳鲜重与软组织鲜重比为 5.85 , 计算贝类的带壳鲜重年产量为 57644t 。

5.2 沿岸海域能流分析法估算海区贝类的年生产力

Tait 对沿岸海域生态系能流分析结果, 认为有 10% 的能量转化为软体动物^[2]。以此计算同安湾软体动物年产碳量为 $8212.5\text{t} \times 0.1 = 821.25\text{t}$ 。据厦大测试中心对牡蛎、菲律宾蛤仔、缢蛏体内含碳率的检测结果, 并按单产最高的 1992 年各养殖品种产量的比例进行加权计算, 它们软组织鲜重平均含碳率为 7.69% , 即 1g 碳折算为贝类软组织鲜重为 13.00g 。同安湾年可产贝类软组织鲜重 $13.00 \times 821.25 = 10676\text{t}$, 折算带壳鲜重为 $10676 \times 5.85 = 62455\text{t}$ 。与营养动态模式估算的结果基本接近。

5.3 海区贝类自然现存量

5.3.1 潮间带非养殖区贝类现存量

潮间带非养殖区底栖动物的调查结果, 软体动物的生物量为 $1.06\text{t}/\text{hm}^2$ 。同安湾滩涂非养殖区面积约 2000hm^2 , 其软体动物带壳重自然现存量为 2120t 。

5.3.2 浅海区贝类自然现存量

调查结果浅海区底栖软体动物的生物量为 $0.071\text{t}/\text{hm}^2$, 浅海面积约 6000hm^2 , 软体动物带壳重自然现存量为 426t 。

5.3.3 吊养区非养殖滤食性附着动物自然现存量

吊养区的浮筏、延绳及附着基上的非养殖滤食性附着动物的生物量平均为 $10.16\text{t}/\text{hm}^2$ 。以 1997 年吊养面积 1177hm^2 计算,非养殖滤食性附着动物的现存量为 11958t 。

以上三项非养殖滤食性动物的自然现存量合计为 14504t 。

5.4 海区贝类养殖容量

以上两种模式估算的海区贝类年生产量分别为 57644t 和 62455t ,扣除海区自然现存量 14504t ,则贝类养殖容量为 43140t 和 47951t ,平均 45546t 。如果以单产最高的 1993 年 $15.01\text{t}/\text{hm}^2$ 去除养殖容量,则可养面积为 3034hm^2 。与统计分析法估算贝类适养面积 3020hm^2 极为接近。

6 讨论

6.1 估算方法的适用性

关于贝类养殖容量的研究,最早有美国 1976 年对 North Inlet 河口美洲牡蛎 (*Crassostrea virginica*) 的研究,70 年代末日本为解决喷火湾、陆奥湾和佐吕间湖的虾夷扇贝 (*Placopecten yessoensis*) 大量死亡,进行了虾夷扇贝的养殖容量研究。80 年代中期至 90 年代初,加拿大、法国、荷兰、西班牙、爱尔兰等分别评价了贻贝 (*Mytilus edulis*) 和太平洋牡蛎 (*C. gigas*) 的养殖容量^[7]。我国在贝类养殖容量的研究,起步较晚,目前为止仅有对山东桑沟湾筏式栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 养殖容量的报道^[8]。以上国内外贝类养殖容量的研究方法,可以归纳为 4 种:①借助于养殖历史资料,从养殖面积、密度、产量等指标,评价养殖容量,即估计养殖量的最大值。②利用环境理化和生物条件,建立环境单因子或多因子与贝类生长的关系,建立贝类养殖容量模型。③以初级生产力或水域供饵力及贝类能量学(生长需求能量)计算贝类养殖容量。④生态动力学模型^[7]。

以上国内外对贝类养殖容量的研究,仅为单一品种养殖海区单品种养殖容量,至今尚未见对同一海区内多养殖品种养殖容量的研究报道。本文采用的估算方法与上述 4 种评价方法之①和③相似。几种方法对同安湾多种贝类的综合养殖容量和适宜养殖面积的估算结果基本接近,可说具有一定可靠性,而且估算结果与实际养殖情况相似。足见本文的估算方法有一定实用价值。

6.2 严格控制养殖面积和养殖量

贝类完全依赖于天然饵料,其养殖量受到海域浮游植物生产力的制约,无法依人的主观意志,任意扩大养殖面积和增加养殖量。同安湾贝类养殖经历了养殖不足—充分养殖—超容量养殖过程。1991 年以前属于养殖不足阶段,单产随着养殖面积的增加而提高,1992 年和 1993 年单产达最高,处于充分养殖。1994 年以来,单产出现连续下降,呈超容量养殖。此时养殖生物的滤食量超过了浮游植物的繁殖量,使浮游植物数量偏低(比 1987,1988 和 1990 年偏低 2 个数量级),供应不了所增加的养殖生物的食物需求,致使单产下降,至 1997 年下降到最低点。当养殖面积达到 3558.09hm^2 时,养殖牡蛎出现如上所述的反常现象,类似于 70 年代末日本的虾夷扇贝 (*Placopecten yessoensis*)^[8],90 年代中期山东的栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 和太平洋牡蛎^[9,10]。由于超负荷养殖造成严重经济损失的教训永远吸取。为使同安湾水产养殖实现稳定高质,持久健康发展,近期必须削减现有的养殖面积,按估算的养殖容量和适养面积进行规划。此时,养殖面积比原实际养殖面积减少,空间有所宽裕,应及时调整、合理布局。一方面养殖区力求均匀分布,另一方面,养殖密度应稀疏,以达到充分利用空间和饵料,促进生长,提高单产。吊养养殖区不宜采用连片布局,实行分隔并间养海带、紫菜、裙带菜、江篱等藻类^[8]。但同安湾水浅,仅湾口水深较大,适宜养海带,以前有一些养殖,近年来也没有了。据初步测算同安湾氮的输入量约 $248\text{t}/\text{a}$,而自然藻类需求量为 $1768\text{t}/\text{a}$,尚余 $713\text{t}/\text{a}$,这是引发赤潮的隐患,尤其春夏之交,养殖贝类刚附苗不久,摄食量还不小,更容易发生赤潮。1998 年 5 月就是因此而发生硅藻赤潮。这些多余的氮,除了浮游植物吸收外,还靠多养大型藻类来消耗。据调查厦门岛东部海域有一定开发价值的海洋植物,如羊栖菜 [*Sargassum fusiforme* (Have.) Setch] 和鼠尾藻 [*S. thunbergii* Mert.] 等^[3],可先试养,成功后推

另外,实现垦区生态养殖,减少对海域的污染,对改善海域的生态环境,减少养殖贝类病虫害,有助于提高单产。国内外已有不少成功经验,可以借鉴和应用。

参 考 文 献

- 1 詹秉义. 渔业资源评估. 北京:农业出版社, 1995. 265~269
- 2 沈国英, 施秉章. 海洋生态学. 厦门:厦门大学出版社, 1990. 186~195
- 3 厦门市海岸带资源综合调查开发实验领导小组办公室. 厦门市海岛资源综合调查专业报告集(第二卷) 北京:海洋出版社, 1996 16~30
- 4 Beers J R, G L Stewart. Microzooplankton and its abundance relative to the zooplankton and other seston components. *Mar Biol*, 1969, (4):182~189
- 5 Margalef R, Vives F. La vida suspendida en las aguas, *Ecologia Monografía* 14, Fund. La Salle de Ciencias Naturales. Caracas, 1967. 493~562
- 6 洪华生, 丘书院, 阮五崎等. 闽南台湾浅滩渔场上升流区生态系研究. 北京:科学出版社, 1990. 12~14
- 7 杨红生, 张福媛. 浅海筏式养殖系统贝类养殖容量研究进展. *水产学报*, 1999, 23(1):84~89
- 8 李庆彪. 养殖扇贝的大量死亡与环境容纳量. *国外水产*, 1993, (2):9~11
- 9 方建光, 琼克兰特, 张爱君等. 桑沟湾栉孔扇贝养殖容量的研究. *海洋水产研究*, 1996, 17(2):18~31
- 10 孙景伟, 王志松, 王富贵等. 太平洋牡蛎大量死亡原因和防治对策. *水产科学*, 1997, 16(3):3~7

2000年中国水产学会学术年会在武汉召开

为活跃我国水产学术气氛,贯彻科教兴国和可持续发展战略,促进我国水产科技的繁荣和发展,促进水产科技人才的成长,展示我国水产业的成果。3月2日~4日,2000年中国水产学会学术年会在湖北武汉科技会展中心隆重召开。本次年会的主题是21世纪渔业科技创新。年会共收到论文300多篇,经专家评审,有278篇入选年会交流,共有160多位论文作者代表和100位非论文作者代表参加了会议。参会的代表中大部分是45岁以下中级职称以上的中青年科技工作者,半数以上拥有高级技术职称。

会间,还进行了2000年中国水产学会学术年会优秀论文的评审及中国水产学会学术交流基金优秀论文的推荐工作。经过17人组成的评审组评审,有27篇论文获得年会优秀论文称号,并将由中国水产学会颁发学术年会优秀论文证书。其中10篇论文作为中国水产学会学术交流基金奖的推荐论文,在2000年年底统一上报中国水产学会学术交流基金管理委员会评奖。

今年,我校共有27篇论文参加了这次学术年会的交流,占总投稿数的10%。其中5篇论文被选为年会优秀论文,约占其中的20%;有3篇论文被选为年会十佳论文,占其中的30%。

我校的27篇论文共涉及作者55人次。其中工程技术学院的宋利明一人投了3篇论文。按论文的专业分布统计,这27篇论文的分布情况:渔业学院10篇,食品学院6篇,工程技术学院6篇,图书情报和编辑5篇。

中国水产学会六届五次常务理事会决定,从2000年起每年召开一次学术年会。希望本校师生积极参与。

怡