

牙鲆种群动态及其资源管理*

朱 鑫 华

(中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071)

提要 本文根据 1980—1986 年间鱼类生物学参数测定, 结合体长分布资料的模拟分析, 研究黄、渤海区牙鲆种群年龄结构、死亡动态以及在不同年龄和死亡率条件下世代资源生物量变化的规律。模型分析结果表明, 当 $F = 1.0$ 和 $t_c = 6.0$ a 时, 单位补充量最大群体产量为 1492g。由此认为, 现阶段牙鲆资源利用的最佳策略是通过增殖放流, 增加资源补充; 同时应适当控制捕捞压力, 减少渔具对幼鱼资源的破坏并增设繁殖保护区, 以追求最大持续产量。

关键词 牙鲆 年龄结构 死亡系数 最优化渔业管理

海洋渔业资源的有效开发和科学管理, 关系到可更新资源的持续利用和生物多样性的保护, 此已引起了全球生物学家和生态学家的普遍关注。由于人为无节制地强度猎捕和生态环境退化, 许多传统性捕捞资源量急剧下降, 不同程度地出现了资源结构“小型化”现象。我国四大海鱼(小黄鱼、大黄鱼、带鱼和墨鱼)资源衰退就是例证。水域中经济鱼类资源锐减, 迅速被那些具有相似营养生态位的其它体小质次的种类所代替, 日趋在生命周期短和营养序列较低层次的种类间转换^[1]。基于全球性渔业生态演替规律和日益增长的对水产品的需求, 海洋渔业资源增殖, 作为新兴的区域发展型渔业, 其战略意义愈益重要和迫切。本文根据文献[2]生物学测定参数和 1980—1986 年间随机取得的黄、渤海区牙鲆体长分布资料, 运用数理统计和动态库模型模拟方法, 解析该种群结构特征和世代资源生物量变动规律; 根据假设的不同开发水平下单位补充量渔获群体产量的动态过程, 以追求最大持续产量为目标, 探讨增殖型渔业最优化管理策略, 提高其生态和社会效益。

一、种群结构

1. 年龄-体长分布

鱼类生长的统计学研究表明^[1,9], 体长随年龄的分布, 决定于第 i 龄平均体长 L_i 和标准差 S_i 为参数的正态概率函数 f , 即

$$f_{i,j} = \frac{1}{S_i \sqrt{2\pi}} \int_{L_j-d/2}^{L_j+d/2} e^{-\frac{(l-L_i)^2}{2S_i^2}} dl \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, t_k \\ j = 1, \dots, N \end{matrix} \quad (1.1)$$

式中, d 为体长分组组距; t_k 为最高年龄级; N 为体长分组数。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1659 号。本研究系国家“七五”攻关项目, 课题号为 75-06-04-18-02。承蒙导师吴鹤洲副研究员、杨纪明研究员的悉心指导; 陈大刚副教授、林福申副研究员审阅手稿, 并提出宝贵意见, 均此一并致谢。

接受日期: 1991 年 11 月 29 日。

表 1 实测体长和标准差

Tab. 1 Observed body length and standard derivation of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*

年龄 (a)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_i (mm)	166.18	286.76	384.27	463.13	526.91	578.49	620.20	653.93	681.22	703.28
S_i	25.66	29.21	44.44	51.32	50.01	37.54	40.03	40.92	23.42	39.60

表 2 年龄-体长分布

Tab. 2 Distribution of age-body length of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*

体 长 (mm)	年 龄 (a)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	0.0004											
80	0.0049											
100	0.0321											
120	0.1190											
140	0.2498	0.0001										
160	0.2973	0.0008										
180	0.2008	0.0048										
200	0.0769	0.0202										
220	0.0167	0.0607	0.0001									
240	0.0020	0.1314	0.0008									
260	0.0001	0.2042	0.0037									
280		0.2282	0.0131	0.0001								
300		0.1833	0.0367	0.0004								
320		0.1059	0.0803	0.0018								
340		0.0439	0.1378	0.0065	0.0001							
360		0.0131	0.1852	0.0191	0.0004							
380		0.0028	0.1950	0.0453	0.0018							
400		0.0004	0.1609	0.0874	0.0062	0.0001						
420			0.1041	0.1368	0.0177	0.0007						
440			0.0527	0.1740	0.0415	0.0029	0.0001					
460			0.0209	0.1797	0.0799	0.0094	0.0004					
480			0.0065	0.1507	0.1266	0.0251	0.0018					
500			0.0016	0.1027	0.1647	0.0552	0.0067	0.0003				
520			0.0003	0.0569	0.1763	0.0991	0.0200	0.0014				
540				0.0256	0.1550	0.1458	0.0483	0.0063	0.0002			
560				0.0093	0.1120	0.1755	0.0936	0.0210	0.0016			
580				0.0028	0.0665	0.1728	0.1456	0.0544	0.0080	0.0003		
600				0.0007	0.0325	0.1392	0.1818	0.1088	0.0294	0.0024		
620				0.0001	0.0130	0.0918	0.1822	0.1684	0.0788	0.0145	0.0005	
640					0.0043	0.0496	0.1465	0.2014	0.1530	0.0567	0.0060	
660					0.0012	0.0219	0.0946	0.1862	0.2152	0.1443	0.0408	0.0018
680					0.0003	0.0079	0.0490	0.1331	0.2194	0.2384	0.1480	0.0300
700						0.0023	0.0204	0.0736	0.1621	0.2558	0.2867	0.1770
720						0.0006	0.0068	0.0314	0.0868	0.1783	0.2969	0.3831
740						0.0001	0.0018	0.0104	0.0337	0.0807	0.1643	0.3070
760							0.0004	0.0027	0.0095	0.0237	0.0485	0.0908
780							0.0001	0.0005	0.0019	0.0045	0.0076	0.0098
800								0.0001	0.0003	0.0006	0.0006	0.0004

根据年龄观测,牙鲆年轮形成期与该种群生殖期几近一致,各龄鱼实测体长值相当于鱼体周年性生长值。这样,由表 1 和式(1.1)制成标准年龄-体长分布表(表 2)。在非生殖季节,由于鱼体生长的连续性和季节生长的非均一性,需对表 1 中 L_i 和 S_i 作函数拟合,代入式(1.1),就可得到各实际取样时序牙鲆年龄-体长分布表。

$$S_i = (i + 1)[4.0329 - 0.2168(i + 1)]^2 \quad r = -0.9514, s = 0.2253 \quad (1.2)$$

$$L_i = 796.56[1 - e^{-0.2123(i+0.1021)}] \quad (1.3)$$

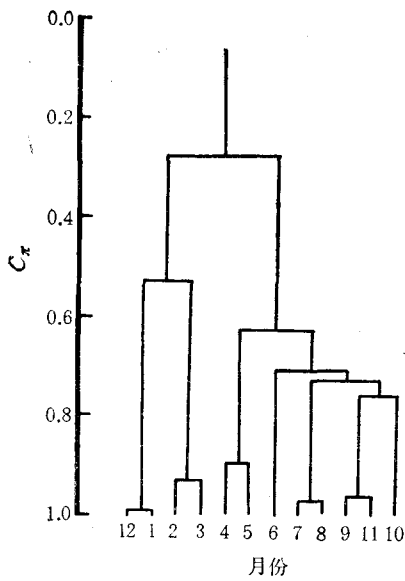


图 1 周年逐月年龄组成的相似性聚类分析

Fig. 1 Similarity cluster analysis for monthly changes of age-class of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*

2. 年龄结构

根据年龄与体长换算关系,将随机抽取鱼体长度组成资料适当归组,就可按式(1.2), (1.3)迭代计算样本总体的年龄组成(表 3)。当相似性水平 C_x 取 0.50 时,可见我国黄、渤海牙鲆种群年龄结构的季节特征(图 1)。冬季 12 月—翌年 3 月间,牙鲆群体由 0—VI 龄 7 个年龄级组成, I 龄鱼占优势(80.89%), 月平均年龄为 1.03—1.34a, 其主要鱼群于黄海中部 90m 或更深水域越冬。取 $C_x = 0.70$, 春季生殖群体结构明显与夏、秋季不同, 优势年龄组以 III 龄为主(占 33.21%), 年龄系列由 I—XII 龄构成; 而夏、秋季高龄逐渐离开近岸区, 低龄鱼(0—I)成为该区索饵鱼群的主体(占 75.53%)。

在空间差异上, 胶州湾作为目前牙鲆主要产卵场之一, 年龄结构较为复杂, 由 0—XII 年龄级组成, 以 0—IV 龄为主, V 龄鱼及其它高龄鱼仅占 9.09%。黄海南岸带牙鲆由 I—VIII 龄组成^[3], 以 I, II 龄为主(占 63.78%)。渤海

表 3 不同栖息群体的年龄组成

Tab. 3 Age compositions for the different inhabiting groups of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*

月 份	年 龄 (a)												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	用年龄-体长分布表迭代计算年龄组成(%)												迭代次数
4—5		14.61	19.87	33.21	10.10	17.06	2.04	2.90				0.21	451
6—11	38.16	37.37	12.80	9.01	1.88	0.38	0.26	0.05	0.01			0.07	93
12—3	4.09	80.89	8.74	5.02	0.56	0.39	0.31						21
	由耳石观测结果统计样本年龄组成(%)												样本数
4—5		17.68	19.43	27.49	18.87	6.52	6.71	2.03	0.87	0.24	0.12	0.04	2517
6—11	55.82	23.20	13.11	4.28	2.28	0.80	0.34	0.06			0.11		1754
12—3	4.99	83.10	7.48	2.77	0.55	0.55	0.28	0.28					361

黄河口作为牙鲆的一个产卵场和育幼场,随着黄海北部和渤海区捕虾业的迅速发展,致牙鲆产卵群体密度渐低,年龄结构比较简单。

二、死亡动态

1. 自然死亡系数

许多研究已经表明,鱼类生活史型参数如生长速率(k)、渐近体长(L_∞)、初始性成熟年龄(T_m)、雌鱼性腺发育指数($WGS I$)和自然死亡系数(M)间存在显著的相关关系^[5,8,14,21]。根据这种理论考察和经验性比较,可预测具有相似生活史型鱼类的生态学参数。运用多元分析中的逐步回归法,在双侧临界值 F_1, F_2 取 1.50 时,优化筛选 20 种海产鱼类的多项生活史型参数^[14],得 M 的数学表达式:

$$M = -0.2302 + 1.7439WGS I + 1.8 \times 10^{-3}L_\infty + 0.5352k \quad (2.1)$$

r (复相关系数) = 0.9215, F (统计量) = 30.12, s_y (剩余标准差) = 0.1172。

式中, $WGS I$ 的确定可根据鱼体自初始性成熟起体长 L_b (mm)、纯体重 W_n (g)和性腺重量 W_g (g)间的数量关系:

$$W_g = 6.3308 \times 10^{-6}L_b^{4.3254} \quad r = 0.9873, s = 0.1844, P < 0.05 \quad (2.2)$$

$$W_g = 3.5355 \times 10^{-3}W_n^{1.3966} \quad r = 0.9849, s = 0.5727, P < 0.05 \quad (2.3)$$

$$WGS I = [-121.3348 + 16.1752L_b] \times 10^{-4} \quad r = 0.8687, s = 0.1723, P < 0.05 \quad (2.4)$$

$$WGS I = 3.5483 \times 10^{-3}W_n^{0.3858} \quad r = 0.8492, s = 0.1592, P < 0.05 \quad (2.5)$$

牙鲆 50% 初届性成熟时鱼体体长为 30.1cm,按式(2.4)和(2.1),得 $M = 0.1019$ 。

为预测 M 值阈,引用文献[5,6,8,14]中的相关模式,估计牙鲆年自然死亡系数变化范围为 0.0914—0.2123,平均值为 0.1553,平均数变异系数(CV)为 30.96%。

2. 总死亡系数

在缺乏系统的捕捞努力量资料的情况下,通常从两方面入手,即运用 von Bertalanffy 生长方程(简称 VBGE)和捕捞方程分别联合解析取样体长组成资料,估计捕捞种群年总死亡系数。当鱼种资源量年间保持基本恒定时,由于自然界不确定因素和人为捕捞作用,补充种群数量变动的负效应可通过取样长度组内个体数分配而得到描述^[15,17,18]:

$$\ln \Sigma n_c = -\frac{Z}{k} \ln \left[\frac{R}{Z} (L_\infty - L_r) \right] + \frac{Z}{k} \ln (L_\infty - L_c) \quad (2.6)$$

$$\frac{C_i}{C_{i+1}} = e^{-Z_i T_i} \cdot \frac{1 - e^{-Z_i(t'_{i+1} - t'_i)}}{1 - e^{-Z_i(t_{i+1} - t_i)}} \quad (2.7)$$

和 $\ln \left(\frac{N_i}{\Delta t} \right) = a + b t'_i \quad (2.8)$

式中, n_c 为最初遭捕体长组下限 L_c (mm)的个体数; Z 为总死亡系数; k, L_∞ 为 VBGE 参数; R 为补充资源量; L_r 为鱼类补充时体长; C_i, C_{i+1} 为第 i 体长组和第 $i+1$ 体长组内取样个体数,与该体长组上、下限所对应的时间区间从 $(t_{i+1} - t_i)$ 至 $(t'_{i+1} - t'_i)$; $T_i = t'_i - t_i$; N_i 为第 i 体长组内个体数; $\Delta t = t_{i+1} - t_i$; a, b 为线性回归系数。

经对牙鲆体长分布资料计算分析,结合死亡参数估计的相关模式^[11-13,20],得到 Z 的拟合值(表 4),其变化范围在 0.5941—0.7385 之间,平均值为 0.6839, CV 为 8.05%。这样,

就可估计当前牙鲆种群的捕捞死亡系数(F)为 0.5286;年开发率(E)为 0.7729;年总死亡率(ϕ)为 0.5046,其中捕捞死亡率(ϕ_F)为 0.3900,自然死亡率(ϕ_M)为 0.1146。

表 4 死亡参数的估计

Tab. 4 Parameter estimates of mortality of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*, using different methods

方 法	M	方 法	Z
Gunderson 等(1988)	0.0914	Beverton 和 Holt (1956)	0.5941
本 文	0.1019	Ssentongo 和 Larkin (1973)	0.6947
田中等(1960)	0.1652	Pauly (1984)	0.6782
田中等(1985)	0.1782	Jones (1984)	0.7142
詹秉义等(1986)	0.1826	Morgan (1980)	0.7385
Taylor (1960)	0.2123		
平均值	0.1553		0.6839
98%置信区间 (0.0893,0.2213)			(0.5917,0.7761)

三、资源解析

1. 单一世代资源生物量随年龄变化的特征

在原始状态下 ($F = 0$),单一世代生物量 (P_t) 随年龄(t)变动的规律,依该种群个体数(N_t)负指数递减和个体平均体重(W_t)拉长“S”型增长因素的综合作用:

$$P_t = N_t \cdot W_t = R e^{-Zt} \cdot W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (3.1)$$

式中, R 为补充资源量; W_{∞}, k, t_0, b 为 VBGE 参数。

设 $R = 1000$,代入式(3.1)作成图 2,可见牙鲆最大资源生物量为 1311.69kg,相应的临界年龄(T_{mb})为 7.52a。在这临界年龄之前,低龄鱼个体数多,但体重增速缓慢,使 P_t 逐渐增加;高龄鱼由于自然因素和自身机体衰老,资源数量明显减少,加上体重增速转入负加速度,生物量随之下降。在不同性别内,最大 P_t 值位于 V—VII 龄间,雌鱼较雄鱼高 41.12%。

表 5 单一世代最大生物量及其临界年龄

Tab. 5 Maximum biomass of a cohort and its critical age of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*

性 别	T_{mb} (a)	P_t (kg)	T_{mb} (a)	P_t (kg)
♀	6.8199	1231.63	2.9599	125.75
♂	5.9970	725.23	2.6703	93.81
♀+♂	7.5207	1311.69	2.9668	120.59
条 件	$F = 0, Z = M$		$F \neq 0, Z = F + M$	

考虑捕捞对 P_t 的影响,最大 P_t 值和 T_{mb} 随之发生变化(表 5)。如果以当前的捕捞强度作用于某一世代,则 P_t 和 T_{mb} 分别为 120.59kg 和 2.97 龄。河井智康^[8]根据 T_{mb} 与 Z 间的生活史选择效应——优适度 (the degree of fish stock health),评价可更

新资源的可利用率。若 $T_{mb} > T_m$, 表征该鱼种资源正处于较佳利用状况, 尚有一定捕捞潜力; 反之, 则为利用过度, 宜需调节捕捞强度, 直至理论平衡状态, 即 $T_{mb} = T_m$ 。据此判断当前牙鲆资源已近过度开发, 且应当适当控制捕捞努力量的增长趋势, 以期长期利用该鱼种资源。

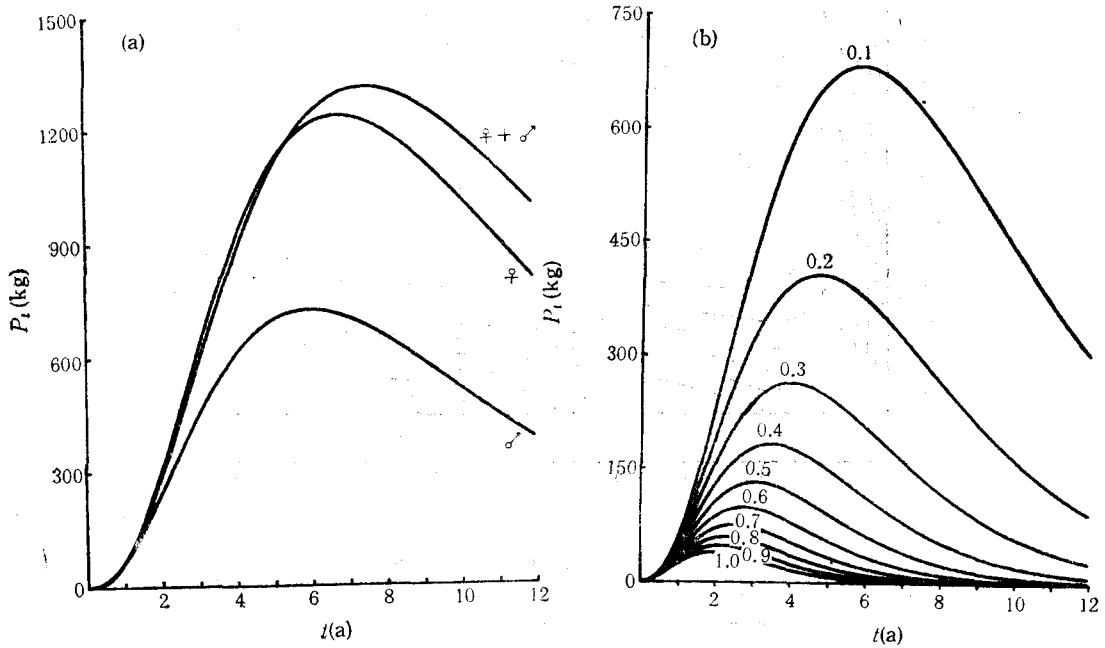


图 2 单一世代资源生物量随年龄和捕捞死亡系数变化的特征

Fig. 2 Change patterns of a cohort biomass with age and fishing mortality coefficient of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*

a. $F = 0, Z = M$; b. $F \neq 0, Z = F + M$, 图内数字代表 F 值。

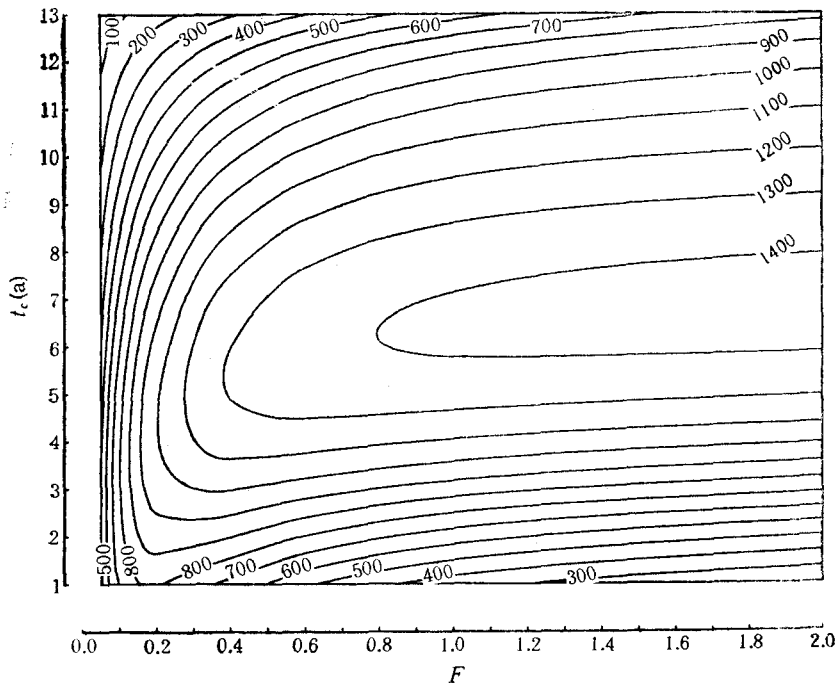
2. 单位补充量渔获群体产量的变动规律

Beverton-Holt 单位补充量渔获群体产量模式, 作为渔业资源评估和管理决策研究的标准方法, 有多种表达形式, 不完全 β 函数就是其中的一种^[4]:

$$Y_w/R = W_\infty \cdot e^{M(t_r - t_0)} \cdot g(1-c)^{-g} \int_{y_0}^{1-c} y^{(m+g-1)} \cdot (1-y)^b dy \quad (3.2)$$

式中, $g = \frac{F}{k}$, $1-c = e^{-K(t_c - t_0)} = 1 - \frac{L_c}{L_\infty}$, t_c 为遭捕年龄; $y = e^{-k(t-t_0)}$, $m = \frac{M}{k}$, $y_0 = e^{-k(t_\lambda - t_0)}$ 。

将牙鲆资源特征参数代入式(3.2), 作成单位补充量等渔获量曲线(图 3)。变化不同的 t_c 和 F , 可获得最大持续产量(MSY, Maximum Sustainable Yield)和现阶段渔业资源利用的解析位点, 借此优化科学管理该种群之策略。当 $F = 1.0$ 和 $t_c = 6.0a$ 时, MSY 为 1492g。目前捕捞水平 ($F = 0.5286$, $t_c = 1.0289a$) 上, Y_w/R 为 583g, 仅为 MSY 的 39.08%。若同时调节 $F = 0.4$ 和 $t_c = 3.0a$, 捕捞规格比最佳状态减小 100%, 捕捞强度降低 60%, 则 Y_w/R (1114.3g) 只减少 25.32%, 而与现阶段相比增长 91.13%。

图3 不完全 β 函数模拟种群动态Fig. 3 Stimulating population dynamics of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*, with incomplete β -function

四、增殖型渔业管理策略的探讨

自1980年起,胶州湾牙鲆资源增殖试验先后被列为中国科学院“六五”、国家“七五”攻关项目,积累了较长时间系列牙鲆资源生态学资料。随着大规模人工育苗试验获得成功^[1],以及种苗放流技术和增殖生态学基础的研究,可望由试验性种苗放流向大规模生产性增殖阶段发展。它的目的在于借助人造干预帮助其度过脆弱的仔、幼期高自然死亡阶段,增加自然资源补充量,维持高额群体产量和丰厚的种群生物量。毋庸置疑,兴资耗力的资源增殖并不能满足日益加剧的滥渔酷捕,必须辅以强有力的科学管理措施。

牙鲆属近海渔业资源营养系列较高的肉食性鱼类,它生长速率大($k = 0.2123$);自然死亡率低;年龄结构比较复杂;繁殖力高,个体绝对生殖力高达百万粒以上;种群生物量高,单一世代资源生物量高达1000g以上,且位于较高年龄级上,切合K类生活史选择型^[10]。该种渔业对捕捞过度十分敏感,一旦种群濒临危竭状态,需经相当长时间的休渔保护才得以恢复。为此,笔者试就鱼种资源补充量的有效投入、限额捕捞和网具调节三方面探讨其资源管理策略。

1. 扩大生产性种苗放流量,有效地增加补充资源

式(2.7)和式(3.2)表明,渔获量与资源补充量增长呈线性关系。在环境容纳量允许的前提下,扩大一定规格种苗的放流量,可望大大提高群体生物量。Heinck (1913)提出,假如北海比目鱼在遭捕之前只产一次卵,就足以维持该地区的资源基础,足见资源补充对

稳定种群资源的重要性。

2. 通过渔具渔业法调节捕捞强度和捕捞限额

牙鲆单位补充量渔获群体产量模型分析结果表明, MSY 可达 1492g, 相应的开捕年龄为 VI 龄, 此时适逢单一世代最大资源生物量临界年龄处。当前底拖网渔业中牙鲆的最小遭捕体长 170mm, 沿岸带及近海定置网具对其幼鱼的破坏性就更大。因此, 沿岸带定置网及其它密网目渔具应列为资源管理的重要内容之一, 结合近海渔业资源监测计划, 制订牙鲆种群年可捕量限额。考虑到渔业生产实践和渔政管理部门现实情形, 牙鲆最小利用规格不应小于 50% 的雌鱼达到性成熟时体长, 即 301mm, 相应的网目规格应大于 77 mm^[7]。

3. 在黄、渤海重要鱼类产卵场和河口湾区增设区域性经济鱼类资源禁渔期和繁殖保护区

牙鲆年龄结构的时、空间变化特征, 显示该种群数量分布与生态环境的选择性依存关系。在 4—5 月份的繁殖季节, 生殖鱼群生物量密度大, 年龄结构比较复杂, 且其渔获率也高; 夏、秋季节, 当年生及 I—II 龄鱼群多分布于河口湾及其沿岸水域分散索饵, 为近海渔业的兼捕对象。据牙鲆幼鱼生态学研究结果¹⁾, 潮间带岩礁区和潮下带沙泥质浅水区是牙鲆幼鱼群体的集中分布区。所以, 牙鲆资源繁殖保护措施以浅海水域为重点, 包括渤海莱州湾、黄海鸭绿江口和胶州湾, 作为牙鲆产卵场及其孵育场和 4—5 月份生殖季节、8—10 月份补充群体快速生长期, 建立禁渔期和繁殖保护区, 避免过度利用产卵群体和过早利用未成熟幼鱼, 确保牙鲆资源处于良好更新节律, 提高增殖水域生物生产力。

参 考 文 献

- [1] 阮洪超等, 1985, 牙鲆大规模育苗, 海洋科学, 9(6): 7—11。
- [2] 朱鑫华等, 1991, 牙鲆年龄和生长的研究, 海洋与湖沼, 22(5): 402—411。
- [3] 陈大刚、刘长安, 1984, 黄渤海牙鲆的年龄与生长的初步研究以及关于 von Bertalanffy 生长函数的修改和讨论, 山东海洋学院学报, 14(4): 101—110。
- [4] 唐启升, 1986, 现代渔业管理与我国的对策, 现代渔业信息, 1(6): 1—4。
- [5] 詹秉义等, 1986, 绿鳍马面鲷资源评析与合理利用, 水产学报, 10(4): 409—418。
- [6] 田中昌一, 1985, 水产资源学総論, 恒星社厚生阁, 381pp。
- [7] 加藤史彦, 1989, ヒラメを中心とした底魚類の増養殖技術, 近海漁業資源増大への新しいアプローチ・マリーナニテニグ計画研究成果概要, 農林水産技術会議事務局研究開発課, P57—71。
- [8] 河井智康, 1987, 比较生態学的視点からみた海産硬骨魚類資源の変動に関する研究, 東海區水産研究所研究報告, 122: 49—128。
- [9] Карпевич, А. Ф., (沈毓秀编译) 1987, 水域生态系统的结构与生物生产力的变化, 国外水产, 1: 32—34。
- [10] Adams, P. B., 1980, Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management, Fish. Bull., 78: 1—12。
- [11] Beverton, R. J. H. and Holt, S. J., 1956, A review of methods for estimating mortality rates in fish populations with special reference to sources of bias in catch sampling, Rapp. P-v Réunion. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 140: 67—83。
- [12] Beverton, R. J. H. and Holt, S. J., 1957, On the dynamics of exploited fish populations, Fishery Invest. Lond. Ser., 2, 19: 336pp。
- [13] Cushing, D. H., 1981, Fisheries Biology, A Study in Population Dynamics, Uni. Wisconsin Press, 295pp。
- [14] Gunderson, D. R. and Dygert, P. H., 1988, Reproductive effort as a predictor of natural mortality rate, J. Cons. Int. Explor. Mer., 44: 200—209。

1) 成贵书、吴鹤洲, 1986, 胶州湾牙鲆的生态分布特征, 中国鱼类学会 1986 年学术年会论文摘要汇编, 53。

- [15] Jones, R., 1984, Assessing the effect of changes in exploitation pattern using composition data (with notes on VPA and cohort analysis), *FAO Fish. Tech. Paper*, 256: 118.
- [16] Kimoto, S., 1969, Some quantitative analysis on the chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago, *Esakia*, 6: 27—54.
- [17] Morgan, G. R., 1980, Population dynamics of spiny lobsters, *In The Biology and Management of Lobsters*, Academic Press, New York, 390pp.
- [18] Pauly, D., 1984, Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II), *Fishbyte* 2(1): 17—19.
- [19] Schnute, J. and Fournier, D., 1980, A new approach to lengthfrequency analysis: growth structure, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 1337—1351.
- [20] Ssentongo, G. W. and Larkin, P., 1973, Some simple methods of estimating mortality rates of exploited population, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30: 695—698.
- [21] Vetter, E. F., 1988, Estimation of natural mortality in fish stocks: a review, *Fish. Bull.*, 86(1): 25—44.

POPULATION DYNAMICS OF THE BASTARD HALIBUT, *PARALICHTHYS OLIVACEUS* (T. & S.) AND MANAGEMENT OF ITS RESOURCE*

Zhu Xinhua

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071)

ABSTRACT

Although information on fishing effort and yearly catch of the bastard halibut, *Paralichthys olivaceus* (T. & S.) is not available yet, length-based analysis and age determination of samples collected in 1980—1986 in the Yellow Sea and Bohai Sea were carried out to obtain the age-specific strength and mortality traits of the population off the northern China Sea. The main results are summarized as follows:

1. On the level of $C_x=0.50$, the similarity cluster diagram shows that there are two major inhabiting groups based on changes of the monthly age peaks: (1) on overwinter group (December to March), dominated by age I (80.89%), and (2) a breeding group (April to May), dominated by age III (33.21%). These two groups outnumbered those in the other seasons. Few fishes older than 4 years old were found in the coastal waters where age 0—I comprised 75.53% from June to November. Spatially, the age structure in Jiaozhou Bay waters is of more complicated pattern than that in the Huanghe River estuary with respect to function as a nursery ground.

2. The correlation among the life history parameters and natural mortality coefficient (M) was estimated with multiple regression to modify the formula presented by Gunderson et al. (1988) as

$$M = -0.2302 + 1.7439WGS1 + 1.8 \times 10^{-3}L_{\infty} + 0.5352k$$

$$F_{1,2} = 1.50; F = 30.12; s_y = 0.1172; r = 0.9215$$

where, $WGS1$ is the index of gonad maturity (gonad/body weight), and L_{∞} , k are von Bertalanffy growth parameters. Several methods were employed to test the correlation among the di-

* Contribution No. 1659 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

fferent factors selected. As a result, the mean natural mortality coefficient (M) was found to be 0.1553 with variation coefficient of 30.96%, and the total mortality coefficient (Z) was found to be equal to 0.6839 (8.05% variation).

3. To demonstrate the substantial effects of different values of M , k , W_{∞} the biomass curves of a single cohort for both sexes were plotted (Figure 2), with given initial recruit of 1000 fish. It has been shown that female biomass was greater (1231.63 kg at critical age of 6.8199 a) than male's (725.23 kg at the age of 5.9970 a). Maximum cohort production and the critical age decreased significantly with increase of Z . At the present level ($F=0.5286$), the fisheries resource would be inadequately exploited for 2.9668 a and 120.59 kg. The yield isopleth diagram (Figure 3) also displayed that the value of 1492 g for maximum sustainable yield per recruit (MSY), can be obtained at fishing mortality coefficient $F=1.0$ and age of first capture of 6.0 a. Under present conditions, ($F=0.5286$, $t_c=1.0289$ a), MSY of 583 g indicates overfishing.

4. For optimum MSY , regulatory measures should be implemented to: (a) produce more proper size juveniles as soon as possible so that a large number of them can be released for resource enhancement; (b) limit the harvesting length (larger than 301 mm) for 50% of the sexual mature and mesh size to more than 77mm; (c) totally ban fishing in breeding (April—May) and nursery (August—October) grounds during these months in the coast waters of northern China Seas.

Key words *Poralichthys olivaceus* (T. & S.), Age structure, Mortality coefficients, Optimum management of fishes resource.