

东、黄海绿鳍马面鲀的资源评估*

许学龙 郑元甲 刘松

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

提要 运用Pope-Shepherd多世代解析法推算了1977—1987年东、黄海绿鳍马面鲀的各龄组资源量及捕捞死亡系数变动。结果表明,一龄以上资源量从70年代末的70余万吨逐步减少,80年代中期降到约50万吨的最低点。此后渔获物中一龄鱼比例大幅度增加。1984—1986三年中一龄鱼分别占渔获物的14.8%,53.3%和16.2%(重量比例)。但因东、黄海主要底鱼衰退,生态系结构发生变化,马面鲀幼鱼补充多于70年代,特别是1985年和1986年幼鱼补充量显著增加,出现二个较强的补充群体,使1986和1987年的2龄鱼数量有所增加。但该期间3龄以上成鱼资源量仍低于70年代水准,反映出捕捞强度过大。根据生物量曲线解析,将开捕年龄提高到3龄才能获得最佳管理效果。

关键词 绿鳍马面鲀 资源 东海和黄海

绿鳍马面鲀广泛分布于我国东、黄海及朝鲜、日本沿岸,近年已成为我国和南朝鲜拖网渔业的重要捕捞对象。因此,不少学者对这一鱼种的数量变动作过研究^[1,2,4]。本所于1985—1987年对东海北部及日本海西南部的绿鳍马面鲀等底鱼资源进行了调查和探捕。根据调查结果,并加上历年调查资料,对1977—1987年的绿鳍马面鲀资源进行了估算。

一、材料与方 法

所用绿鳍马面鲀(*Thamacoanus modestus*)的渔获量数据,系中国和南朝鲜在东、黄海的合计产量(参见表1中的“总渔获量”)。1977—1987年我国的产量分别来自原国家水产总局、农牧渔业部水产局和东海区渔业指挥部的统计资料。南朝鲜的产量数字来源于联合国粮农组织(FAO)的历年《渔业统计年鉴》,并参考了日本《水产经济新闻》的报道。

各年渔获物的年龄组成,系从历年采样调查中的体长组成结果据Age-Length Key换算得到^[3],各年渔获尾数按年龄组成及各龄平均体重算出。

由于马面鲀渔业的渔捞努力量(fishing effort)统计资料不易获得,且努力量的标准化也比较困难,世代解析法显然是较为有效的资源评估方法。本文以Pope-Shepherd多世代解析法^[5,6]推算了各个世代的资源量,并用假设数据检验了这一方法的效果。

世代解析的基本模型表示为:

$$C(i, j) = \frac{F(i, j)}{Z(i, j)} P(i, j) \{1 - \exp[-Z(i, j)]\} \quad (1)$$

* 中国水产科学研究院课题。
接受日期: 1991年9月6日。

$$P(i+1, j+1) = P(i, j) \exp[-Z(i, j)] \quad (2)$$

式中, i 为年度; j 为年龄; $C(i, j)$ 为 i 年 j 龄的渔获尾数; $F(i, j)$ 为 i 年 j 龄的捕捞死亡系数; Z 为总死亡系数; P 为资源尾数。 $F(i, j)$ 可看成是各龄组的渔获选择率 $s(j)$ 与各年度渔获强度 $f(i)$ 的乘积。

$D(i, j)$ 和 $\hat{D}(i, j)$ 矩阵分别为:

$$D(i, j) = \ln[C(i+1, j+1)/C(i, j)] \quad (3)$$

$$\hat{D}(i, j) =$$

$$\ln \left\{ F(i+1, j+1) \frac{Z(i, j) \{1 - \exp[-Z(i+1, j+1)]\} \exp[-Z(i, j)]}{F(i, j) Z(j+1, j+1) \{1 - \exp[-Z(i, j)]\}} \right\} \quad (4)$$

这里, 矩阵 $D(i, j)$ 是观察值, 据历年的渔获量统计和年龄组成样本得到; 矩阵 $\hat{D}(i, j)$ 则是理论值, 二者对比产生差 $R(i, \cdot)$ 和 $R(\cdot, j)$:

$$R(i, \cdot) = \sum_j \hat{D}(i, j) - D(i, j) \quad (i = 1 \sim y-1) \quad (5)$$

$$R(\cdot, j) = \sum_i \hat{D}(i, j) - D(i, j) \quad (j = 1 \sim a-1) \quad (6)$$

式中, y 和 a 分别为推算的年度范围和渔获群体的年龄范围。(5), (6)式右边置零后得到的联立方程式缺少 4 个未知数, 为此对这 4 个参数分别作如下设定:

1. 自然死亡系数 $M = 0.26$ 。

2. 在渔捞统计资料中, 1974—1976 年的主要捕捞对象从 3 龄开始, 但 1977 年后降为 2 龄, 故设渔获选择率 $s(2) = 1$, 并舍去 1977 年前的资料以避免由此造成推算偏差。

3. 根据马面鲀的近年生产情况及 1988 年渔获量明显少于 1987 年这一情况来判断, $f(y)$ 约为 1.5 以上, 因为它小于 1.3 时 1988 年的推算资源量开始大于 1987 年, 故设 $f(y) = 1.5$ 。

4. 设最高年龄的渔获选择率 $s(a)$ 为 1。

首先将 4 个设定值代入(4)式计算 $\hat{D}(i, j)$ 。作为计算的初始值, 设

$$f(i) = f(y) \quad (i = 1 \sim y-1) \quad (7)$$

$$s(j) = 1 \quad (j = 1 \sim a-1) \quad (8)$$

再以(5), (6)式求得 $R(i, \cdot)$ 和 $R(\cdot, j)$ 。然后以下式反复叠代, 至 $R(i, \cdot)$ 和 $R(\cdot, j)$ 收敛到绝对值最小。

$$f(i)^{(k+1)} = f(i)^{(k)} \exp[R(i, \cdot)^{(k)}/a] \quad i = 1 \sim y-1 \quad (9)$$

$$s(j)^{(k+1)} = s(j)^{(k)} \exp[R(\cdot, j)^{(k)}/y] / \exp[R(\cdot, A)^{(k)}/y] \quad j = 1 \sim a-1 \quad (10)$$

(10)式中的 $A = 2$ 。求得 $f(i)$ 和 $s(j)$ 后, 用平均法求 $P(i, 1)$ 。设残差平方和为

$$SS = \sum_{k=1}^{K_{\max}} [\ln C(i+k-1, k) - \ln P(i, 1) E(i+k-1, k)]^2 \quad (11)$$

式中, k 为该世代的第 k 龄组; K_{\max} 为该世代的最高年龄(渔获物年龄组成的终端年龄), $K_{\max} = a$ 或 $K_{\max} = y + 1 - i$ 。而

$$E(i+k-1, k) = \frac{F(i+k-1, k)}{Z(i+k-1, k)} \{1 - \exp[-Z(i+k-1, k)]\}$$

表1 用多世代解析法推算得到的绿鳍马面鲀捕捞死亡率系数 F 及资源尾数 P (C 为渔获尾数; C, P 单位为百万尾)
 Tab.1 The fishing mortality coefficient F and stock number P of *Thamacoanus modestus* estimated by the Multi-Cohort Method
 (C is the number of catch and the units of C and P are 10^6)

年 度	年						以各龄平均体重换算的资源量(t)		总渔获量 (t)
	1	2	3	4	5	6	1-6 龄	2-6 龄	
1977	C	146.20	1638.00	1044.30	331.40	48.00	9.00		
	F	0.050167	0.370459	0.621224	0.516809	0.449614	0.370459	1.00009E+06	774025
	P	5080.08	4325.52	2044.03	728.85	169.34	32.75		344165
1978	C	365.10	1492.10	1528.20	476.30	130.60	36.90		
	F	0.077916	0.575366	0.964832	0.802664	0.698302	0.575366	1.10194E+06	842069
	P	5839.87	3725.34	2302.68	846.79	355.18	83.29		474198
1979	C	218.40	1508.50	856.20	245.40	86.70	31.50		
	F	0.048891	0.361032	0.605415	0.503657	0.438171	0.361032	1.01709E+06	749723
	P	6008.25	4165.32	1615.74	676.54	292.60	128.56		318115
1980	C	73.50	1881.00	907.70	337.50	126.80	34.10		
	F	0.058061	0.428749	0.718970	0.598126	0.520358	0.428749	1.05249E+06	863153
	P	4254.77	4411.62	2238.40	680.03	315.24	145.56		368935
1981	C	142.70	1475.00	1206.80	349.00	91.00	25.20		
	F	0.062520	0.461677	0.774187	0.644062	0.560321	0.461677	950473	790878
	P	3586.41	3095.60	2215.53	840.96	288.30	144.46		379739
1982	C	86.50	445.00	1301.00	613.80	188.40	56.70		
	F	0.082916	0.612294	1.026760	0.854180	0.743120	0.612294	838258	408906
	P	4114.88	2597.72	1504.26	787.66	340.52	126.94		
1983	C	98.20	409.00	580.40	375.00	124.00	41.20		
	F	0.088644	0.654590	1.097680	0.913185	0.794453	0.654590	743465	530157
	P	4793.43	2920.32	1085.82	415.43	258.50	124.88		248098
1984	C	1308.00	2547.90	680.60	151.00	44.10	25.40		
	F	0.132005	0.974783	1.634620	1.359870	1.183060	0.974783	752714	508561
	P	5486.59	3382.45	1170.12	279.34	128.52	90.06		392646
1985	C	5694.00	1459.00	492.70	133.00	49.60	22.80		
	F	0.117672	0.868948	1.457140	1.212220	1.054610	0.868948	1.23809E+06	452517
	P	17653.40	3707.30	983.95	175.96	55.29	30.36		475196
1986	C	2155.50	5228.00	500.00	139.80	56.10	22.80		
	F	0.118719	0.876676	1.470100	1.223010	1.063990	0.876676	1.71353E+06	592000
	P	14476.80	12100.60	1198.84	176.69	40.37	14.85		
1987	C	1543.70	4642.80	1215.50	173.80	93.40	34.80		
	F	0.203129	1.500000	2.515350	2.092370	1.820500	1.500000	1.70977E+06	1.28725E+06
	P	9494.75	9912.80	3882.88	212.51	40.10	10.74		636619 ^{a)}

^{a)} 1987年朝鲜产量不明,按 30×10^4 t 暂算。

$$\times \exp \left[- \sum_{i=1}^{k-1} Z(i+1-1, 1) \right] \quad (12)$$

求 s_s 对 $P(i, 1)$ 的偏微分并置零, 可得

$$\ln P(i, 1) = \frac{1}{K_{\max}} \sum_1^{K_{\max}} [\ln C(i+k-1, k) - \ln E(i+k-1, k)] \quad (13)$$

$P(1, j)$ 也可用同样方法得到。然后以(2)式算出所有的 $P(i, j)$ 。

为开展资源管理, 用生物量解析法^[7] 估测了马面鲈的最佳开捕年龄。生物量可用下式表达:

$$P_x = NS^{x-n} W_x$$

式中, P_x 为 x 龄时的种群生物量(资源重量); W_x 为 x 龄的个体重量; S 为种群的年残存率; N 为 n 龄时该种群的初始资源尾数(此处 $n=1$)。

现以 $n(n=1)$ 龄时的初始资源尾数为 10 000, 画出了不同残存率(S)时的资源重量变化曲线(图 1), 表明当自然死亡系数为 0.26 (残存率 $S \approx 0.7$) 时, 种群生物量的顶峰位于 3 龄处。

二、结 果

用上述方法推算得到的各世代尾数、各年龄渔捞死亡系数见表 1。该表中并根据各龄平均体重将各龄资源尾数换算成 1—6 龄总资源重量及 2—6 龄成鱼资源重量。70 年代后期, 绿鳍马面鲈的成鱼资源量约为 $70-80 \times 10^4 t$ 。从 80 年代初期起逐步减少, 至 80 年代中期降至最低点, 仅存约 $50 \times 10^4 t$ 。此后的渔获量在很大程度上依靠捕捞幼鱼(一龄鱼), 1984—1986 的三年中, 幼鱼在渔获物中所占的比例分别达到 14.8%, 53.3% 和 16.2%。1985—1986 年由于幼鱼补充量增加, 出现了两个较强的补充群体, 使 1986 和

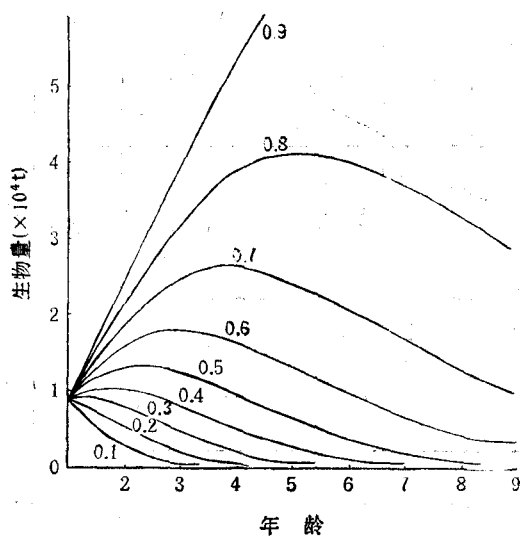


图 1 绿鳍马面鲈种群生物量曲线

Fig.1 Biomass analysis for filefish *Thamaconus modestus*

1987 年的 2 龄鱼资源量增大, 成鱼资源有所恢复。

由于东、黄海主要底层鱼类资源的衰退, 生态系统结构发生变化, 以致近年来马面鲈的幼鱼补充量显然多于 70 年代, 但 3 龄以上的成鱼资源量仍低于当时水准, 反映了捕捞强度的不断加强。

从生物量曲线(图 1)来判断, 如马面鲈的自然死亡系数 $M=0.26$, 则 $S=e^{-M}=0.77$, 该曲线的顶峰位于 3—4 龄处, 说明种群长到 3—4 龄时生物量达最大, 因而渔业对种群的利用效率最高。但从 70 年代后期起, 底拖网渔业的主要开捕年龄已降低到 2

龄,个别年份甚至以一龄为主。随着对资源开发程度的提高,高龄鱼减少,低龄鱼比例增大,种群自然死亡会有所降低。为此,为合理利用该鱼的资源,要求开捕年龄定在 3—4 龄之间。

三、讨论与结语

1. 多世代解析法的误差试验

对多世代解析法的效果,用假设的各年资源尾数、捕捞强度及各龄渔获选择率作了检验。方法是,先根据这三部分假设数据算出各年的渔获量(尾数),再将渔获量输入到 Pope-Shepherd 模式中去,自然死亡系数等 4 个未知数均输入假设值。结果相当准确地再现了假设的资源量和捕捞死亡系数。经试验,即使让 $f(y)$ 的输入值以 $\pm 50\%$ 的幅度变动,也仅对最近 2—3 年的推定值有影响,而较早年度的资源量及捕捞死亡系数推定值之偏差仍很小。经 2—3 年后即收敛到接近假设值。因此可以认为,只要 $f(y)$ 不是极端地偏离实际,较早年度的资源量推定值仍有相当可信性。经试验, $s(a) = 1$ (s 基准化的年龄)的选择对推算有更大影响,但历年的渔获物统计为这一选择提供了充分信息。一般来说,可以设定渔获曲线顶峰所对应的年龄组为基准年龄组。

国内一般用单世代解析 (Single Cohort Analysis) 推算马面鲈资源量^[4]。但该法对每个世代的终端 F 都须假设,这种假设往往缺少敏感性试验,无法讨论其可靠性。并且,对于世代表中二个角上龄组不全的世代,终端 F 的误差对推算结果影响极大,而终端 F 的假设又缺乏足够的根据。多世代解析法则只需设定一个 $f(y)$,对所有世代同时处理,提高了计算的可靠性。

然而正如假设数据的试验结果所示,当最近一年的捕捞强度 $f(y)$ 的设定值有误差时,将会对最近 2—3 年的推算值造成影响。表 1 中 1986, 1987 两年的 5—6 龄资源量推定值小于渔获量,无疑也与这种误差有关。而且,造成误差的原因决不是单一的,自然死亡系数、渔获物的年龄组成等参数的测定均对计算准确度有影响,因此,最近 2—3 年资源量之相对可信值,只有在加入新的年度统计资料后才能得到。

2. 关于资源管理

用单一种群的动态理论很难得到合理的资源管理结论,因为绿鳍马面鲈资源具有下述特点。

(1) 对绿鳍马面鲈资源的旺发必须从东、黄海的生态系角度进行考察。马面鲈渔获量的大幅度增加,是从 70 年代开始的,在 50 年代和 60 年代并未有这样大量捕获的记录。

(2) 资源的旺发是在东、黄海主要底鱼类——大黄鱼、小黄鱼的极度衰退以及带鱼遭到过度捕捞后发生的,不能否定这是种间消长关系变化的结果。

由于传统的动态理论都把种群的初始期看作是最大的,然后随着渔业的发展而逐步减少,所以很难描述和解释马面鲈种群由小变大的动态过程。为此,我们认为有必要用描述种间竞争关系的生态理论来进一步研究其变动机制。如果孤立地研究马面鲈资源,只宜采用不涉及密度效果的方法。

参 考 文 献

- [1] 朴炳夏, 1985, 南朝鲜绿鳍马面鲈资源生物学的研究, 水产振兴研究报告 34 号, 1—64。
- [2] 许永明、蒲仲生, 1986, 应用 Beverton-Holt 数量模式分析马面鲈资源特征和最大可捕量, 东海绿鳍马面鲈论文集, 学林出版社, 123—135。
- [3] 钱世勤、胡雅竹, 1980, 绿鳍马面鲈年龄和生长的初步研究, 水产学报, 4(2): 197—206。
- [4] 詹秉义、楼冬青、钟俊生, 1986, 绿鳍马面鲈资源评析与合理利用, 水产学报, 10(4): 409—418。
- [5] 田中昌一, 1985, 水产资源学总论, 恒星社厚生阁, 265—266。
- [6] Pope, J. G. and Shepherd, J.G., 1982, A simple method for the consistent interpretation of catch-at-age data, *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 40:176—184.
- [7] Takeyoki, D., 1982, Practical and rapid diagnosis method exemplified by Red Sea Breems, *Pagrus major*, in the Seto Inland Sea. *Bull. Fisher. Res. Developm. Agency, Busan, Korea*, 28: 127—145.

ESTIMATION OF STOCK SIZE OF FILEFISH *THAMACONUS MODESTUS* IN THE EAST CHINA SEA AND YELLOW SEA

Xu Xuelong, Zheng Yuanjia and Liu Song

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090)

ABSTRACT

Estimation of stock size and fishing mortality for filefish (*Thamaconus modestus*) in the East China Sea and Yellow Sea from 1977 to 1987 were made by the Pope-Shepherd Multi-Cohort Method. The findings indicated that the stock biomass of adults (2—6 years old) amounted to 700 000—800 000 tons in the late 70s, had reduced since the early 80s, and declined to lowest level in the middle 80s, when the stock biomass left was only about 500 000 tons. Since then the catches increased mainly on 1-year-olds. From 1984 to 1986 proportions of 1-year-olds made up 14.8, 53.3 to 16.2 per cent of the total catches of filefish, respectively. The continuously high recruitment level in 1985 and 1986 enabled the stock size of 2-year-olds to recover to some extent in the next years, though the size of spawning stock (3—6 years old) was still smaller than that of the 70s., thus reflecting a trend of overfishing.

Effect of the Pope-shepherd Method was verified by assumed data, which shows that the stock number can be estimated precisely by the data of catch number.

Based on the biomass analysis, optimal management effect could be obtained by raising the first capture age to age 3.

Key words *Thamaconus modestus*, Stock size, China Sea Yellow Sea.