

长江口中华绒螯蟹蟹苗资源的数量波动及其合理利用

詹秉义 陈亚明* 戴小杰

(上海水产大学工程技术学院, 200090)

(上海联通国际货运有限公司, 200083)*

柳卫海

(湛江海洋大学水产学院, 524025)

摘要 本文根据1972年至1997年长江口中华绒螯蟹的成蟹和蟹苗生产统计资料和径流量、温度等环境因子资料,用简单的里克繁殖模型拟合得出其亲体量与补充量的关系为: $R = 9.583P \exp(-0.001406P)$, 其最大补充量所对应的亲体量指数为711.2,用考虑环境条件变化的里克繁殖模型拟合得出补充量与环境条件指数、亲体量的关系如下式: $R_t = (55.847 - 16.122X_1 - 32.1X_2 - 56.46X_3 + 29.471X_4)Pt \exp(-0.001406Pt)$, R_t 、 P_t 分别代表 t 年的蟹苗产量指数、亲体量指数, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 依次代表当年5月份平均水温指数、当年3月至5月份平均水温指数、前一年12月至当年3月份平均径流量指数、当年5月份平均径流量指数。文中着重指出目前由于过度捕捞所造成的长江口中华绒螯蟹的成蟹和蟹苗资源衰退的严重程度,并为恢复和保护成蟹资源、合理利用长江口天然河蟹蟹苗资源、振兴长江口河蟹渔业,提出看法和建议。

关键词 中华绒螯蟹, 长江口, 蟹苗资源

中图分类号 S932.5

通常天然渔业资源的补充量机制均比较复杂,要用简单的数学模型概括出亲体量与补充量关系较为困难。特别是短生命周期的中上层鱼类和虾、蟹类资源的补充量,由于受环境因子影响较大,其补充量的波动很大。本文所要探讨的中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*, 下称河蟹)蟹苗数量的剧烈波动高达数百倍就是很突出的实例。有关长江口河蟹蟹苗的数量波动规律的研究探讨,张列士等[1989,1998]做过大量的工作,也取得了可喜的成果,然而对其数量波动的定量研究由于主客观因素的限制还未获得较为满意的结果。笔者收集到历年渔业生产统计资料 and 大量环境因子资料,在此基础上运用简单里克繁殖模型和考虑环境因子的修改里克繁殖模型,探讨长江口中华绒螯蟹蟹苗的数量变动规律,由于受资料数据的限制。其结果还不够理想,但如何合理利用该天然河蟹蟹苗资源,长江口河蟹蟹苗渔业的可持续发展,亲蟹和蟹苗的保护和管理,仍不失其参考价值,对研究蟹苗数量波动在方法上的探讨还是颇有意义的。

1 材料与方 法

1.1 材 料

(1)有关长江口历年(1972年~1997年)中华绒螯蟹蟹苗产量主要根据崇明县渔政站、崇明县水产局、崇明县水产供销公司、上海市渔政处等单位所提供的资料;其历年成蟹的产量、投产船数和单船产量资料主要来自上海市宝山区长兴岛海星渔业队及宝山区水产局所提供的资料,少数年份还参照张列士等[1998]的调查研究资料,以及笔者实际调查修正的资料。

(2)有关长江口径流量(大通水文观测站)资料由长江水利委员会水文局提供,长江口引水船(122°07'E,31°03'N)所测的水温、盐度等资料由国家海洋局东海海洋信息中心提供。

1.2 方 法

1.2.1 数据 处理

各年份环境因子均用极差相对值作统一规格化处理,即各年份的环境因子数值为 $X'_{it} = (X_{it} - X_{i_{min}}) / (X_{i_{max}} - X_{i_{min}})$ 。为提高复相关显著水平,5月份温度指数采用5月份平均温度值与较适水温19℃差的绝对值,3至5月份温度指数采用3至5月份平均温度值与较适水温14℃差的绝对值,然后再作规格化处理。

因长江口河蟹蟹苗捕捞生产历来以崇明县为主体,而成蟹捕捞生产历来以宝山区长兴岛(前称海星渔业大队)为主体,其统计资料均颇具代表性,因此崇明县河蟹蟹苗产量(千克)作为长江口河蟹补充量指数(以符号 R 表示),而海星村的成蟹单位船产(千克/船)作为亲蟹资源密度指数,这里作为长江口河蟹亲体量指数,以符号 P 表示。

1.2.2 资源 评估模型

用简单的里克繁殖模型[Ricker 1975, 詹秉义 1995]拟合长江口河蟹亲体量与补充量的关系,其模型为

$$R = \alpha P e^{-\beta P} \quad (1)$$

式(1)中的 α, β 为待定参数,变换(1)式成线性方程式

$$\ln(R/P) = \ln(\alpha) - \beta P \quad (2)$$

α, β 值可通过(2)式用一元线性回归分析法求出。

由式(1)的 R 对 P 求导,并令其为 0,即可估算出补充量最大量所对应的亲体量水平(P_{max}),

$$P_{max} = 1/\beta \quad (3)$$

将(3)式代入式(1),即可估算得其最大补充量水平(R_{max}),

$$R_{max} = \alpha / (\beta \times e) = 0.3679\alpha / \beta \quad (4)$$

用考虑环境变化的改进里克繁殖模型[Tang 1985, 詹秉义 1995]拟合在不同环境条件下亲体量与补充量关系,其模型为

$$R_t = f[X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)] P_t e^{-\beta P_t} \quad (5)$$

对照式(1)可看出,式(1)中的 α 值为平均环境条件下的环境指数平均值,而式(5)中将参数 α 设定为变量,且是环境因子的函数,即下式

$$\alpha_t = f[X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)] \quad (6)$$

式(6)中的 α_t 为 t 年份的 α 值, X_{it} 为 t 年时第 i 个环境因子值, R_t 和 P_t 分别为 t 年时的补充

量和亲体量,式(5)可以简化成式(7),即下式

$$R_t = atPte^{-\beta P_t} \quad (7)$$

式(7)中的 at 可用来表示不同环境条件下的变异,该式则可用来描述在不同环境条件下的一簇亲体量与补充量关系曲线。由式(7)可估算得各年份的 at ,如下式:

$$at = Rte^{\beta P_t} / P_t \quad (8)$$

式(6)只表示一个函数符号,现假设 at 与环境因子的关系为线性关系,即如下式:

$$at = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i \quad (9)$$

式(9)中的 α_0, α_i 可应用多元线性回归法进行估算,用逐步回归法来挑选、测定影响 at 的环境因子及其显著水平。

表1 长江口河蟹苗各项指数

Tab. 1 The indexes of the natural megalopa in the mouth of Changjiang River

| 年份 (t) | 亲体量指数 (P) | 补充量指数 (R) | 5月水温指数 (X ₁) | 3月至5月水温指数 (X ₂) | 12月至翌年3月径流量指数 (X ₃) | 5月径流量指数 (X ₄) |
|-----------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1972 | 490 | 1050 | 0.800 | 0.937 | 0.047 | 0.258 |
| 1973 | 246 | 6500 | 0.133 | 0.188 | 0.737 | 0.885 |
| 1974 | 517 | 11147 | 0.400 | 0.688 | 0.195 | 0.208 |
| 1975 | 366 | 18071 | 0.200 | 0.125 | 0.430 | 1.000 |
| 1976 | 320 | 4354 | 0.467 | 0.563 | 0.539 | 0.337 |
| 1977 | 458 | 886 | 0.667 | 0.500 | 0.128 | 0.771 |
| 1978 | 346 | 13927 | 0.067 | 0.250 | 0.162 | 0.104 |
| 1979 | 845 | 7700 | 0.867 | 0.500 | 0 | 0.014 |
| 1980 | 956 | 11973 | 1.000 | 0.812 | 0.225 | 0.527 |
| 1981 | 1045 | 20525 | 0.333 | 0 | 0.326 | 0.161 |
| 1982 | 2409 | 250 | 0 | 0 | 0.584 | 0.022 |
| 1983 | 2888 | 500 | 0.067 | 0 | 1.000 | 0.548 |
| 1984 | 711 | 300 | 0.800 | 0.812 | 0.160 | 0.226 |
| 1985 | 550 | 650 | 0.670 | 0.563 | 0.729 | 0.097 |
| 1986 | 469 | 1040 | 0.600 | 0.625 | 0.189 | 0 |
| 1987 | 211 | 250 | 1.000 | 0.937 | 0.060 | 0.047 |
| 1988 | 350 | 1000 | 0.300 | 0.063 | 0.489 | 0.111 |
| 1989 | 350 | 1263 | 0.387 | 0.250 | 0.463 | 0.509 |
| 1990 | 208 | 3146 | 0.200 | 0.063 | 0.795 | 0.272 |
| 1991 | 446 | 800 | 0.867 | 0.500 | 0.852 | 0.341 |
| 1992 | 260 | 800 | 0.133 | 0.250 | 0.559 | 0.545 |
| 1993 | 157 | 2000 | 0.800 | 0.563 | 0.249 | 0.208 |
| 1994 | 260 | 500 | 0.400 | 0 | 0.630 | 0.301 |
| 1995 | 147 | 1000 | 0.533 | 0 | 0.945 | 0.376 |
| 1996 | 67 | 400 | 0.667 | 1.000 | 0.228 | 0.057 |
| 1997 | 40 | 250 | 0.400 | 0.437 | 0.441 | 0.211 |

2 结果

2.1 用简单的里克繁殖模型进行评析的结果

根据表1中的1972年~1997年长江口河蟹亲体量与补充量指数资料用上述方法中的式

(1)、(2)、(3)、(4)可估算得参数 α 、 β 值,以及最大补充量 R_{max} 和对应的亲体量 P_{max} 。

$$\ln(\alpha) = 2.260, \alpha = 9.583, \beta = 0.001406,$$

其相关系数 $r = -0.594, r_{0.01}(1, 26) = 0.497, F = 13.066, F_{0.01}(1, 26) = 7.82$, 回归显著。

最大补充量指数 $R_{max} = 2507.4$, 最大补充量对应的最适亲体量指数 $P_{max} = 711.2$ 。

2.2 用考虑环境因子变化的里克繁殖模型进行评析的结果

根据表1的1972至1997年各环境因子规格化数据资料,用上述方法中的式(8)先估算出各年份的不同环境条件的变量值 αt ,然后用逐步回归法挑选相关因子并选出最优方程,其多元回归方程表达式如下

$$\alpha t = 55.847 - 16.122X_1 - 32.100X_2 - 56.460X_3 + 29.471X_4 \quad (10)$$

复相关系数 $R = 0.581, R_{0.1}(4, 26) = 0.546, F = 2.673, F_{0.1}(4, 26) = 2.23$,符合检验要求。

由该模型可绘制出历年补充量指数与 αt 值变化趋势(图1),各年份 R 实际值与估算值之间变动差异(图2),不同亲体量指数和 αt 值搭配所绘制补充量指数的等值曲线图(图3),不同亲体量在不同环境条件指数 αt 条件下的一簇亲体量与补充量关系曲线(图4)。

3 讨论

3.1 关于渔业生产统计资料问题

通常要用简单的繁殖模型来拟合渔业资源亲体量与补充量关系,难度均较大,这是因为补充量的波动不仅与亲体量有关,而且和环境条件等多种因素有关,特别是亲体量与补充量指数往来源于渔业生产统计资料,若渔业生产统计上出现误差,就会对补充量波动规律的分析研究产生影响。有关长江口河蟹的苗蟹和成蟹的各年份产量数值,学者们有所论述[张列士等 1989,1998;俞连福等 1998]。但有些年份的数值相互差异较大,如1990年以前按崇明县水产公司收购调拨全国各省市数量作为产量,其中个别年份的数量之低,令人难以置信。为此,笔者走访了许多生产、行政和研究部门,并向有经验的领导人员、科技工作者和渔政管理人员请教,力求这26个年份的生产统计数字较符合实际。本文按表1中历年河蟹的亲体量和补充量指数,用简单的里克繁殖模型[Ricker 1975]拟合长江口河蟹亲体量与补充量的关系,由结果2.1可以看出其相关很显著,所估算的最佳亲体量水平还是有一定要可信度的。

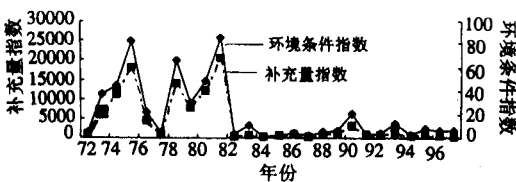


图1 1972~1997年环境条件指数与河蟹补充量指数的变化曲线

Fig. 1 Index of environment conditions and river crab index of recruitent 1972-1997

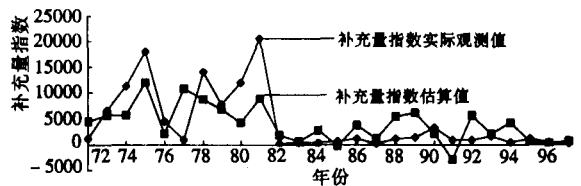


图2 1972~1997年河蟹补充量指数实际观测值与估算值的变化曲线

Fig. 2 Observed and estimated river crab index of recruitment using eqn. (10). 1972-1997

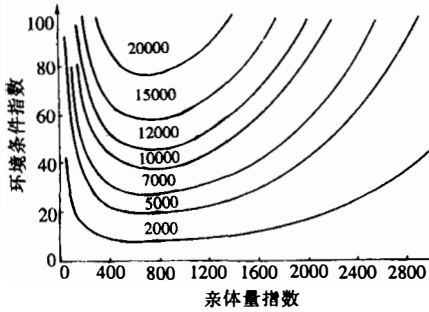


图3 长江口河蟹补充量指数等值线图

Fig. 3 The isopleth diagram curve of river crab recruitment in the Changjiang river estuary

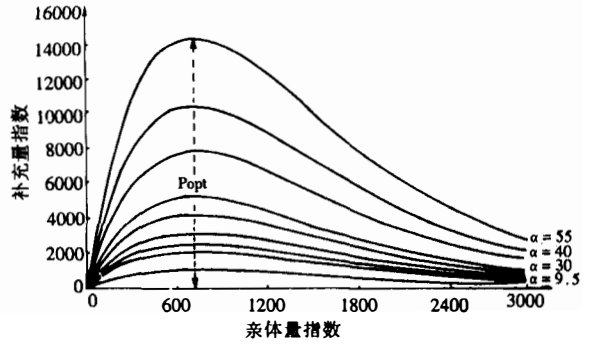


图4 不同环境条件指数下亲体量指数与补充量指数的关系曲线

Fig. 4 The relationships between index of Spawning stock and index of recruitment

注: Popt 为最佳亲体量指数

3.2 关于环境因子的选取问题

在亲体量一定的情况下,环境因子是影响蟹苗产量的重要因素,环境条件的好坏,蟹苗产量的高低可达数倍乃至数十倍之差。从公式(7)可知,影响蟹苗产量变动的幅度还取决于环境条件指数 α_t 的变化,由公式(10)该多元回归方程的回归系数可大体上看出对蟹苗产量变动影响最大的环境因子是12至3月份的径流量,其次是3至5月份的平均水温,再就是5月份的径流量和5月份平均水温。这里要指出的是决定蟹苗产量波动的环境条件指数 α_t 不一定就只是如公式(10)中所确定的四个因子,如盐度值也应该是一个重要因子,可我们只掌握了历年5月份的盐度资料,在逐步回归选择因子过程中没能挑选入此多元回归方程,事实上盐度和径流量呈显著的负相关关系,按26个年份5月份的资料进行回归分析,其相关系数为 $r = -0.8325$,说明径流量因子已经反映了盐度因子的影响。由于我们收集资料受经费等条件限制,如提供资料单位要求有偿提供,不可能广泛收集大量环境因子的序列资料,只能在所收集到的有限因子中进行筛选,本文所建立的多元回归方程还有待完善。用式(7)和式(10)所估算的补充量理论值与实际值作比较,在26年中只有1977年和1991年等个别年份误差较大,其他年份的趋势基本一致(见图2),可见以亲体量指数和环境条件指数预测长江口河蟹蟹苗产量还是有一定参考价值的,其方法是可行的。

3.3 关于目前长江口河蟹蟹苗和成蟹捕捞利用状况

从结论2.1中可知在环境条件处在平均状态时,当亲体量处在最佳水平711.2指数时,长江口河蟹蟹苗产量可达2507.4公斤(环境条件指数 α_t 为9.583),若环境条件好,蟹苗产量将随环境条件指数的增加而成正比例增加,1997年长江口亲体量指数仅为40,为最佳亲体量指数的1/18,说明近年来由于亲体量严重捕捞过度,长江口产卵亲蟹资源密度及其数量下降到极其严重的境地,亲蟹资源有濒临枯竭的危险,在亲体量如此低的情况下,即使环境条件好,其蟹苗产量也不可能高的。再就是由于近几年来对长江口天然蟹苗竞相滥捕,能逃脱蟹苗大战厄运的幸

存者已寥寥无几,能上溯到江湖发育生长、直至第二年冬能重返长江口产卵场进行繁殖活动的更是微乎其微,可见对天然蟹苗的过度捕捞也是造成亲体量下降的间接原因。1999年长江口天然蟹苗产量达5吨之多,这是近十多年来所没有的,这可能主要是由于1998年长江出现百年未遇的特大洪水,使大量圈养在江湖和池塘中的成蟹乘机逃逸到长江,使长江口产卵场的亲体量急剧增加,在亲体量已处在极低的情况下,亲体量水平提高,其补充量必然随之增加,当然1999年的环境条件较好也可能是一个原因,这虽然是个特例,但也可说明亲体量对蟹苗产量的直接影响。

3.4 合理利用长江口天然河蟹蟹苗资源建议

(1) 禁捕成蟹。鉴于亲体资源量严重衰退,为尽快恢复和保护资源,必须采取禁捕的措施,待亲蟹资源恢复到接近最佳水平(即成蟹单船产量提高到接近700公斤),再逐步开放。建议可先暂定禁捕三年或五年。

(2) 加强对长江口河蟹蟹苗的控制和管理。根据河蟹生活史和洄游路线,应该规定蟹苗的禁渔区和禁渔期,并限制捕捞天数和捕捞产量,使每年均有足够数量的蟹苗留存下来并沿江上溯发育生长。若干年来,捕捞汛期人为的越来越超前,捕捞蟹苗的场所愈来愈向外,致使幼嫩的蟹苗未经淡化或淡化不当而大量死亡,造成这一名贵品种天然资源的极大浪费,另外对蟹苗伤害严重的捕捞方式,如定置网、船挑网作业等易对蟹苗伤害致死的作业方式,应予限制或禁止。由于水闸等水利设施影响蟹苗和幼蟹上溯、成蟹降海洄游、是否可以采取适时放闸纳苗及释放亲蟹或在闸内人工放流的措施,以增殖资源。

(3) 对幼蟹的捕捞也应加强管理与限制。与保护亲体一样也应采取相应的禁捕措施,因为蟹苗要沿长江上溯至各江段及各天然水面发育成长,如果沿江各省市县对已经成长到一定大小的幼蟹酷渔滥捕,不加保护和限制,只在长江口区对亲蟹和蟹苗采取保护与限制措施也是徒劳的。

(4) 此外,还应加强渔政管理力度,严格对河蟹的亲蟹、蟹苗及幼蟹的保护与管理,真正做到依法治渔;加强对长江口区排污的控制,以保护河蟹的繁育场所;继续深入对长江口河蟹的科研调查,彻底摸清蟹苗的数量波动规律,为制定科学的渔业法规,为长江口河蟹蟹苗的合理利用和河蟹渔业的可持续发展提供科学依据;渔业行政主管部门应严格渔业生产统计制度,这是开展科研和渔业管理的极为重要的基础工作。

注:陈亚明系上海水产大学渔业资源1998届学士学位毕业生。柳卫海系上海水产大学渔业资源1998届硕士生。

参 考 文 献

- 张列士,朱传龙,杨杰等. 1989. 长江口中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)及蟹苗资源变动的研究. 上海水产研究所研究报告,(3):1~14
- 张列士,李根宝,张国祥等. 1998. 长江口中华绒螯蟹蟹苗资源预报方法的研究. 上海水产研究所研究报告,(6):170~181
- 俞连福,李长松,陈卫忠等. 1998. 1997年长江口中华绒螯蟹蟹苗调查报告. 现代渔业信息,13(3):17~20
- 詹秉义. 1995. 渔业资源评估. 北京:农业出版社,195~223
- Ricker W E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations, Bull Fish Res B Can, 191:1~

382

Tang Q. 1985. Modification of the ricker stock recruitment model to account for environmentally induced variation in recruitment with particular reference to the blue crab in Chesapeake Bay, *Fish Res.* (3):13~21

THE ALTERATION AND RATIONAL UTILIZATION OF MEGALOPA RESOURCES OF *ERIOCHEIR SINENSES* POPULATION IN CHANGJIANG RIVER ESTUARY

ZHAN Bing-Yi, CHEN Ya-Ming*, Dai Xiao-Jie

(College of Engineering & Technology, SFU, 200090)

(Shanghai United International Freight Forward Co., Ltd. 200083)*

LIU Wei-Hai

(College of Fishery, ZOU, 524025)

ABSTRACT On the basis of investigated data of crab and megalopa yield and of environmental factors, the simple Ricker stock-recruitment model, $R = 9.583P \exp(-0.001406P)$ was obtained. The optimum index of spawning stocks is 711.2. In the meantime, the Ricker model including variation of environmental factors was given below. $R_t = (55.847 - 16.122X_1(t) - 32.100X_2(t) - 56.460X_3(t) + 29.471X_4(t))P_t \exp(-0.001406P_t)$, Where R_t as index of recruitment, P_t as index of spawning stock, X_1 as index of average water temperature in May, X_2 as index of average water temperature from March to May, X_3 as index of average runoff from last December to March in this year, and X_4 as index of average runoff in May. The seriousness of present resources of Chinese mitten-handed crab and its megalopa was discussed. Some regulatory methods of resuming and protecting the crab resources, making rational utilization of resources of nature megalopa and prospering this fishery in Changjiang river estuary were suggested.

KEYWORDS *Eriocheir sinenses*, Changjiang river estuary, megalopa resources