

渤海对虾 (*Penaeus orientalis*) 死亡的估算

叶昌臣

(辽宁省海洋水产研究所)

本文提供一个估算虾类因交尾雄性个体自然死亡的方法。供参考。

一、对虾总死亡的估算

通常用式(1)表示种群数量的下降特征。

$$\frac{dN}{dt} = -zN \quad (1)$$

$$N_t = N_0 e^{-zt}$$

式中 z 称总死亡系数, 或称瞬时总死亡, N_0 和 N_t 分别是开始时和经过 t 时的种群数量(单位, 尾。下同), t 表示时间, 单位年月等均可。令 $t = 1$ 个单位, 并将式(1)写成对数形式, 有

$$L_n \frac{N_0}{N_t} = z \quad (2)$$

式(2)表明, N_0 与 N_t 比值的对数等于总死亡系数。因式(2)仅要求比值, 合适的相对资源量指标也能满足式(2)。

我们用式(2)以单位渔捞力量渔获量为相对资源量指标, 估算对虾渔业的总死亡。

渔捞力量指的是每年总的标准渔捞小时, 可取合适的单位表示。例如取 100 个标准渔捞小时为单位。渔业统计资料记载的是实际渔捞小时。由于各船的捕鱼能力不同, 先要把各船的实际渔捞小时根据实测的捕鱼效率因素换算成标准渔捞小时, 才能计算该渔业的渔捞力量和单位渔捞力量渔获量。对虾渔业是个大型复合渔业, 有各种类型的机轮拖网和机帆船拖网等组成。测定各种船只的捕鱼效率因素, 标准化渔捞力量有很大困难。我们考虑到对虾在 10 月初到 12 月的机轮拖网生产中, 船数和类型基本没有什么变化。以各类机轮拖网每 100 网为一个渔捞力量单位, 平均 100 网的产量为单位

渔捞力量渔获量。这样处理的资料可以满足式(2)。资料列成表 1。把表 1 中的单位渔捞力量渔获量数值代入式(2), 就能估算出总死亡系数。

$$z_{1973} = L_n \frac{5.037 \times 10^5}{0.955 \times 10^5} = 1.663.$$

$$z_{1974} = L_n \frac{5.402 \times 10^5}{1.046 \times 10^5} = 1.642.$$

这个估算值是 10 月和 11 月两个月的总死亡系数。

表 1 对虾单位渔捞力量渔获量资料

| 时 间 | 平均 100 网产量** (箱) | 体 重* (克) | 单位渔捞力量 渔获量(尾) |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| 1973 年 10 月 | 2740 | 54.4 | 5.037×10^5 |
| 1973 年 12 月 | 610 | 63.9 | 0.955×10^5 |
| 1974 年 10 月 | 2350 | 43.5 | 5.402×10^5 |
| 1974 年 12 月 | 570 | 54.5 | 1.046×10^5 |

* 按性比计成的雄雌平均体重。

** 每箱按 20 斤计。

总死亡系数和总死亡率之间的关系由式(3)给出。

$$\bar{z} = 1 - e^{-z} \quad (3)$$

式中 \bar{z} 为总死亡率。据式(3)可把上述总死亡系数换算成总死亡率, 其值为 $\bar{z}_{1973} = 0.810$, $\bar{z}_{1974} = 0.806$ 。说明对虾经过 10 月、11 月两个月的捕捞和自然死亡, 到 12 月初残存的数量约为 10 月初的 20% 左右。

二、雄虾因交尾而自然死亡的估算

在渔业调查中, 常用式(a)把总死亡系数分成自然死亡系数和渔捞死亡系数。

$$z = cf + M \quad (a)$$

式中 M 为自然死亡系数, f 为渔捞力量, c 为渔

捞系数。据式(a)外推到渔捞力量等于零时估算 M 。式(a)要求在整个取样时期内, M 为常量。现已确定, 渤海对虾 10 月前后交尾, 交尾后雄性个体大量死亡, 即对虾交尾后自然死亡突然变大。对虾的这个生物学特征否定了用式(a)估算它的自然死亡。

我们找到了一个用性比资料估算对虾雄性个体因交尾而自然死亡的方法。叙述如下。

按性比定义, 我们有

$$\begin{aligned} N_0 : N_{\sigma} &= 100\% : \sigma\% \\ N_0 : N_{\delta} &= 100\% : \delta\% \end{aligned} \quad (4)$$

式中 $N_0 = N_{\sigma} + N_{\delta}$, N_0 为交尾前某时间开始时的数量, N_{δ} 和 N_{σ} 分别为雌雄个体数量。式(4)仅表示海域中种群的性比情况。在渔业调查中通常把样品的特征近似地看成是种群的特征, 也可以把样品的性比近似地看成是种群的性比。设交尾后的渔捞死亡系数为 F , 因交尾雄性个体的自然死亡系数为 M_m 。现在假定, 捕捞雌雄个体的概率相等, 以捕捞时间短, 渔捞力量大, 因其他原因的自然死亡与渔捞死亡相比可以忽略的条件下, 据式(4)可得

$$\begin{aligned} [N_{\delta}e^{-F} + N_{\sigma}e^{-(F+M_m)}] : N_{\delta}e^{-F} \\ = 100\% : \delta\% \\ [N_{\delta}e^{-F} + N_{\sigma}e^{-(F+M_m)}] : N_{\sigma}e^{-(F+M_m)} \\ = 100\% : \sigma\% \end{aligned}$$

于是, 我们有

$$\begin{aligned} \frac{\sigma\%}{\delta\%} &= \frac{N_{\sigma}e^{-(F+M_m)}}{N_{\delta}e^{-F} + N_{\sigma}e^{-(F+M_m)}} \\ &\times \frac{N_{\delta}e^{-F} + N_{\sigma}e^{-(F+M_m)}}{N_{\delta}e^{-F}} \end{aligned}$$

现在再假定, 在对虾交尾前, 性比相等, 即雌雄个体数量相等 $N_{\sigma} = N_{\delta}$ 。根据表 2 资料及种群生物学特征, 这个假定与实际情况相近。当 $N_{\sigma} = N_{\delta}$ 时, 可得式(5)

$$\frac{\sigma\%}{\delta\%} = \frac{e^{-(F+M_m)}}{e^{-F}} = e^{-M_m} \quad (5)$$

式(5)表明, 交尾后雌雄个体 % 的比值等于 e^{-M_m} , e^{-M_m} 的意义是雄虾因交尾后的残存率。从 e^{-M_m} 很容易计算雄虾因交尾的自然死亡系数 M_m , 这个方法实际上是当补充部分数量相等时用年龄组成资料为相对资源量指标估算总死亡系数的一个特例。

式(5)左端的数值是很容易通过取样经生物学检查而得到。今把 1973 和 1974 两年的对虾性比资料列表 2。可以看出, 两年的交尾期不同。1973 年的主要交尾期是在 10 月中旬, 1974 年是 10 月上旬。分别用 10 月中旬和 10 月上旬的资料估算 1973 和 1974 两年的雄性个体因交尾的自然死亡系数。估算结果为 1973 年 10 月中旬的自然死亡系数为 0.66 ($\sigma\% / \delta\% = 34/66 = 0.52$, $M_m = 0.66$), 约等于自然死亡率为 0.48 ($\bar{M}_m = 1 - e^{-M_m} = 0.48$)。1974 年 10 月上旬的自然死亡系数为 0.53, 相应的自然死亡率为 0.41。两年的自然死亡率平均值约为 0.45 左右。估算结果说明, 雄性对虾在交尾后立即死亡约 45% 左右。根据表 2 资料, 在上述假设条件下, 雄性对虾交尾后似有陆续死亡现象。用同样方法估算到 12 月初的自然死亡率 1973 年为 0.63, 1974 年为 0.68, 平均值为 0.65 左右。说明, 雄虾从交尾到 12 月因交尾而自然死亡的数量约 65% 左右。

表 2 渤海对虾性比资料 (%)

| 年份 | 性别 | 9月上旬 | 中旬 | 下旬 | 10月上旬 | 中旬 | 下旬 | 11月上旬 | 中旬 | 下旬 | 12月 |
|------|----|------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-----|
| 1973 | ♀ | 51 | 52 | 53 | 55 | 66 | 67 | 70 | 71 | 72 | 73 |
| | ♂ | 49 | 48 | 47 | 45 | 34 | 33 | 30 | 29 | 28 | 27 |
| 1974 | ♀ | | 51 | 52 | 63 | 64 | 67 | 72 | 73 | 74 | 76 |
| | ♂ | | 49 | 48 | 37 | 36 | 33 | 28 | 27 | 26 | 24 |