

鲈鱼幼鱼耳石日轮的初步观察与研究

陈卫忠 李长松

(东海水产研究所, 上海 200090)

摘要 对长江口海区鲈鱼幼鱼耳石标本的扫描电镜观察发现, 鲈鱼耳石上存在着宽度为数微米到十几微米的细微轮纹, 通过对其中3尾鲈鱼的耳石不同放大倍数图像的拍摄, 再根据照片对耳石上轮纹和耳石轮纹辐射半径的测量、计数和计算, 得出3尾鲈鱼耳石轮纹的平均宽度分别为9.52、8.52和8.57微米, 耳石轮纹辐射半径分别为1262.2、1164.8和1187.5微米, 由此计算得出的耳石轮纹数分别为133、137和139轮。根据鲈鱼生长方程由鲈鱼体长换算的日龄和根据鲈鱼产卵期推算的鲈鱼幼鱼的生长期都与上述轮纹数相近, 表明鲈鱼耳石上的细微轮纹是日轮。

关键词 鲈鱼, 幼鱼, 耳石, 日轮

自 Pannella[1971]首次引入鱼类日龄的概念以及 Brothers 等[1976]首次应用鱼类耳石鉴定鱼类幼体的日龄以来, 鱼类耳石日轮的观察、日龄的鉴定已成为鱼类生物、生态研究中越来越重要的方法和手段。国外已有许多学者对多种鱼类进行了耳石日轮的研究。许多学者使用光学显微镜在实验室中饲养的鱼类仔鱼耳石上观察到并证实了日轮的形成[Jones, 1986; 董双林和王志余, 1988], 而对野外采集的鱼类标本, 特别是仔、稚鱼阶段以后的日龄研究以及应用电子显微镜进行观察研究的则较少。在我国, 有关鱼类日龄研究的报道较少, 董双林等[1989]在饲养的鲤鱼仔、稚、幼鱼耳石上观察到了日轮, 陈卫忠[1990]和 Chen[1992]对野外采集的红眼脂眼鲱和大鳞油鲱仔鱼的日龄与生长作了研究; 李 勃等[1991]对鳗鲡仔、幼鱼的日轮作了鉴定。李城华等[1993]分别在实验室内饲养和野外采集的梭鱼仔鱼的耳石上观察到了相似的日生长轮。而有关其它鱼类日龄的研究还几乎未见报道。鲈鱼 (*Pneumatophorus japonicus*) 是我国重要的经济鱼类, 通过对鲈鱼幼鱼耳石日轮的研究, 就能了解鲈鱼幼鱼的生长期, 掌握鲈鱼幼鱼阶段的生长、死亡及数量变动等情况, 为渔业资源评估和管理提供科学依据。

1 材料与方 法

观察用的耳石为1995年8月作者随上海海洋渔业发展公司沪渔719船出海调查时所取的鲈鱼样品。捕捞网具为对拖网, 捕捞时间为8月7日。捕捞地点为长江口海区, 该批样品共取100尾, 随船带回后于8月11日在实验室内进行体长体重的测定, 并对其中第1~25号样品取耳石用于本实验观察。

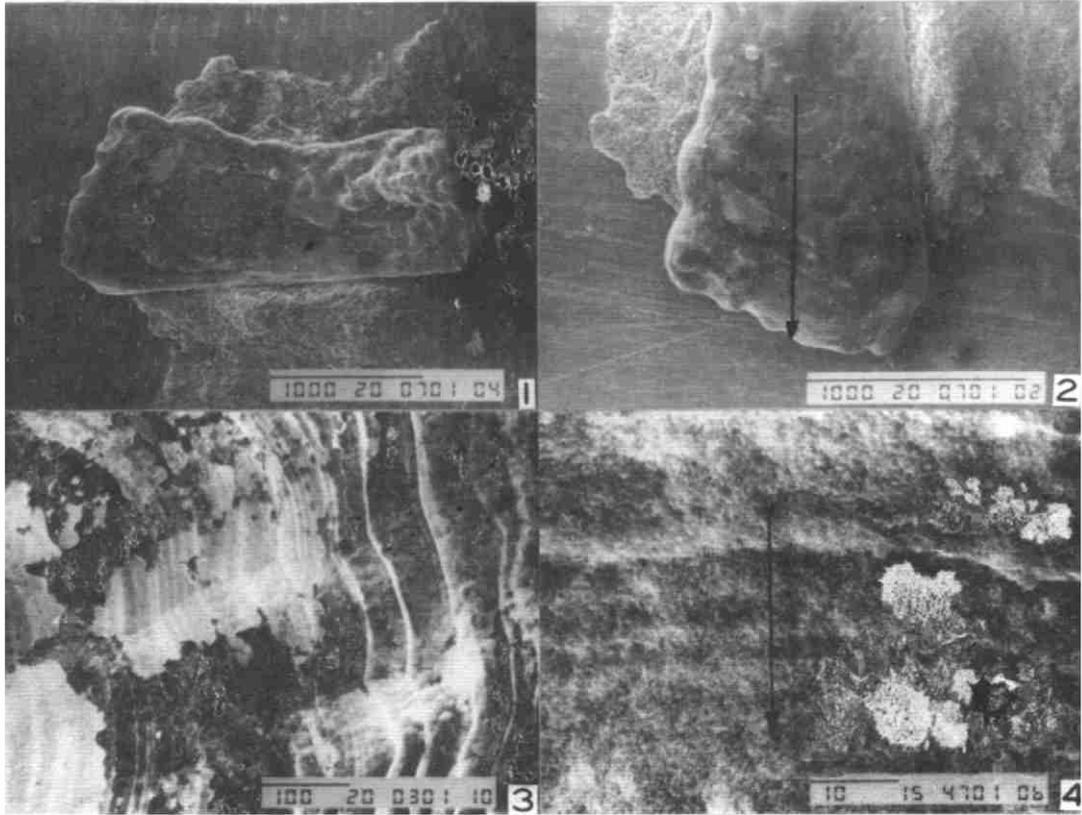
取耳石时用剪刀沿鱼体眼睛后缘以45度角剪开脑颅, 然后用镊子从鲈鱼听囊中小心取出一对矢耳石。清洗后凉干备用。

在作电镜观察前, 先用光学解剖镜对部分鲈鱼耳石进行粗略观察。然后尽量挑选成对且破损小的耳石按 Jones[1987]方法进行清洗制样, 用于电镜观察。

为使观察能得到良好的结果,我们先用2对耳石进行试验观察,制样时把一对耳石中的一颗耳石凸面朝上,另一颗则凹面朝上放置。根据观察效果,我们又取12尾鲈鱼的耳石标本进行观察,制样时,耳石全部凹面朝上放置。

根据观察结果,我们对其中3尾鱼的3颗耳石不同放大倍数的图像进行了拍摄,然后根据照片,测量计算耳石从轮纹辐射中心到边缘的距离(耳石轮纹辐射半径) R 和耳石上轮纹的平均宽度 d 。最后根据公式 $N=R/d$ 计算耳石的总轮纹数。

此外,我们还利用鲈鱼的生长方程,根据体长逆算其年龄,然后乘上365天,得到日龄,并根据鲈鱼的捕捞日期和产卵期推算其大致的生长期,用于与耳石轮纹数进行对比分析。



图版 扫描电子显微镜下鲈鱼幼鱼耳石的形态特征

Plate Photomicrographs of otoliths of Japanese mackerel from scanning electron microscope (SEM)

1. 耳石全貌($\times 35$); 2. 耳石轮纹辐射中心及半径测量($\times 50$);
3. 耳石上的宽轮和日轮($\times 100$); 4. 耳石上的日轮及宽度测量($\times 2000$)

2 结果

在光学解剖镜(6.3×4 倍)下观察到鲈鱼耳石呈一头稍宽,另一头稍窄的近似矩形状,其长宽比稍大于2:1,耳石较薄且有一定的弯曲度,一面稍凸出,另一面稍凹下。当在耳石上滴一滴水,并利用解剖镜底部的反射镜给予一定的反射光(即利用透射光进行观察)时,大部分的耳石上可以看到十多个(15~20)比较清晰的轮纹状亮带(我们称其为宽轮),宽轮从耳石中心向外扩散分布,但稍宽一头半个耳石上的宽轮比较清晰,稍窄一头半个耳石上的宽轮则基本无

法分辨。

在扫描电镜下,当放大倍数选择为 35 或 50 时,观察到的结果与上述解剖镜观察结果基本相似(图版-1、2)。当放大倍数为 100 或 350 倍时,可以明显看出除了上述宽轮外,在宽轮间还分布有一些更加细微的轮纹(图版-3),当放大倍数分别为 500~3500 时,耳石上的细微轮纹更加清晰可辨(图版-4),根据前人和作者的经验,推测其为日轮。我们观察到每个宽轮间日轮的个数是不同的,一般在数个到十多个之间变化,平均为 7~8 个。此外,除了上述宽轮间日轮数的变化外,日轮的宽度也各不相同。在密集区域,日轮的宽度较小,一般为 3~4 微米,而稀疏区域日轮宽度较大,可达 17~18 微米。

由于当放大倍数为 100 以上时,在扫描电子显微镜下已不能观察到整个鲈鱼耳石的全貌,再加上耳石部分区域的日轮不清楚或观察不到,因此,无法在扫描电镜下直接对整个耳石上的日轮计数,因此,采用对其中 3 尾鲈鱼的 3 颗耳石不同放大倍数的图像进行拍摄,再根据照片进行测量、计数和计算。一般从放大 50 倍的照片上可清楚地看到轮纹的辐射中心和弧形轮纹。耳石的轮纹辐射中心并非处于耳石长宽的中点处,而是稍偏向于耳石稍宽的一头。从轮纹辐射中心沿其与耳石最宽处中点构成的直线测量到耳石稍宽一头边缘所得数据,经换算得到的距离即为计算所用的耳石轮纹辐射半径,当放大倍数为 1000 或 2000 时,从照片可观察到的日轮数在十多个到二十多个之间,此时根据耳石不同部位的照片,测量一定个数的日轮间的距离,经过换算及加权平均即可得到日轮平均宽度。最后将轮纹辐射半径除以日轮平均宽度得到计算日轮数。同时,利用鲈鱼的 von-Batalanffy 生长方程 $L_t = 425(1 - e^{-0.53(t+0.8)})$ (陈倬和李培军,1978),根据鲈鱼样品的体长逆算其年龄,将逆算年龄乘上 365 得出换算日龄,与上述计算日轮数进行比较分析(表 1)。从表 1 看出,计算的日轮数与根据鲈鱼生长方程换算的日龄比较接近,说明鲈鱼耳石上的细微轮纹是日轮。其日轮数的多少大致反映了鲈鱼幼鱼生长期的长短。

表 1 鲈鱼幼鱼耳石的辐射半径、平均轮宽、计算日轮数和鲈鱼的换算日龄

Table 1 The radius, average growth increment width, estimated numbers of increment of otolith and calculated days of Japanese mackerel

| 耳石编号 | 鱼体体长(mm) | 耳石辐射半径(μm) | 平均轮宽(μm) | 计算日轮数 | 根据体长换算的日龄(天) |
|------|----------|-------------------------|-----------------------|-------|--------------|
| 3 | 185 | 1264.2 | 9.52 | 133 | 102 |
| 7 | 199 | 1164.8 | 8.52 | 137 | 143 |
| 11 | 185 | 1187.5 | 8.57 | 139 | 102 |

3 讨论

对于鱼类耳石上日轮的证实,大部分学者采用在实验室内对饲养的仔鱼从孵化开始定期取样观察,比较其日轮数是否与日龄一致,或对仔鱼耳石用一定方法进行标记,然后根据实验室中饲养的天数和耳石标记处之外的日轮数来判断其是否为日轮 [Jones, 1986; 董双林和王志余, 1988]。而对于直接取自于野外标本的耳石,特别是取自个体较大的非仔、稚鱼类标本,目前暂无很好的证明方法,因此,我们采用了与逆算日龄进行对比分析的方法。我们认为,所观察到的是日轮,推算的日轮数能大致反映鲈鱼幼鱼标本生长期的长短,其理由如下:

(1)陈倬和李培军,1978。黄渤海区日本鲈(*Pneumatophorus japonicus*)的生长。41,辽宁省海洋水产研究所调查报告。

(1)许多学者已在多种鱼类耳石上观察到并证实了日轮的形成,包括从仔鱼、稚鱼、幼鱼到成鱼[Jones, 1986;董双林和王志余, 1988]。耳石上日轮的形成通常被认为与许多环境因子有关,例如光照[Radtke, 1978]、饵料[Geffen, 1982]和温度[Brothers, 1978]等。而这些环境因子通常存在着昼夜周期性的变化,因此,鲈鱼耳石上日轮的形成有一定的客观条件。

(2)我们推算的鲈鱼幼鱼耳石的日轮数与利用拟合的 von-Bertalanffy 生长方程逆算的日龄比较接近,而且推算的 3 尾鲈鱼幼鱼耳石的日轮数比较接近。比用生长方程逆算的年龄可能更接近鲈鱼幼鱼的实际生长期。

(3)据农牧渔业部水产局、农牧渔业部东海区渔业指挥部报道[1987],东海鲈鱼的主要产卵期为 3~5 月,如果以 3 月 1 日~5 月 31 日为其界线,则 8 月 7 日捕获的当年生鲈鱼的日龄在 69~160 天之间,而我们推算的日轮数也在此范围内。

(4)Jones[1987]证实,在实验室最佳条件下饲养的海鲈仔鱼,用光学显微镜观察到的日轮能够反映其真实的日龄,而限制条件(如饥饿、低温等)下饲养的仔鱼,用光学显微镜观察到的日轮已不能反映其真实的日龄。但用扫描电子显微镜观察可以得到较为真实的日龄。对于环境条件并非一直处于最佳条件下的野生鱼类,用扫描电子显微镜观察日轮,可能会得到比较真实的结果。

对于在解剖镜及扫描电子显微镜下都能观察到的宽轮,其轮数和轮距都有一定的规律,而其间的日轮数多少不一,从数轮到十多轮似乎并无规律性,这与 Pannella[1971]通过观察热带鱼类耳石上的日轮得出鱼类生长有 14 或 28 天为一个周期的情况有所不同。是否与鲈鱼因饵料分布、海洋环境因子等影响而造成的生长的非周期性随机变化有关,目前还无法确切证实其性质及形成原理,有待今后进一步研究探索。

对于野外采集且个体较大的非仔、稚鱼类标本(如本例鲈鱼幼鱼),当由于各种原因在扫描电镜下对整个耳石的日轮计数较为困难时,如采用拍照,对照片进行测量计数和计算得到日轮数的方法可能是此类情况下进行鱼类日龄研究的一个途径。

本研究为中国水产科学研究院合同项目的部分内容。

参 考 文 献

- [1] 李 勃等, 1991. 鳊鲃仔、幼鱼年龄生长的研究. 水产科学, 10(4): 1~3.
- [2] 李城华等, 1993. 梭鱼仔鱼耳石日轮形成及自然种群日龄的鉴定. 海洋与湖沼, 24(4): 345~349.
- [3] 农牧渔业部水产局、农牧渔业部东海区渔业指挥部, 1987. 东海区渔业资源调查和区划. 392~401, 华东师范大学出版社(上海).
- [4] 陈卫忠, 1990. 红眼脂眼鲱仔鱼日龄与生长的研究. 中国水产科学研究院学报, 3(1): 49~56.
- [5] 董双林、王志余, 1988. 国外对鱼类耳石日轮生长的研究. 大连水产学院学报, (11): 54~61.
- [6] 董双林等, 1989. 鲤鱼仔、稚鱼和幼鱼早期耳石上日轮的初步观察. 大连水产学院学报, 4(1): 58~61.
- [7] Brothers, E. B., 1978. Exogenous factors and the formation of daily and sub-daily growth increments in fish otoliths. [Abstr.]. *Am. Zoo.* 18: 631.
- [8] Brothers, E. B. *et al.*, 1976. Daily growth increments in otoliths for larval and adult fishes. *Fish. Bull.*, 74: 1~8.
- [9] Chen W. Z *et al.*, 1992. Comparison of feeding and growth of larval round herring *Etrumeus teres* and gulf menhaden *Brevoortia patronus*. *Fish. Bull.*, 90: 183~189.
- [10] Geffen, A. J., 1982. Effects of food and feeding factors on laboratory-reared striped bass larvae. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 111~

120.

- [11] Jones, C., 1986. Determining age of larval fish with the otolith increment technique. *Fish. Bull.*, **84**(1):91 ~ 103.
- [12] Jones, C., 1987. Validation of the otolith increment aging technique for striped bass, *Morone saxatilis*, larvae reared under suboptimal feeding conditions. *Fish. Bull.*, **85**(2):171 ~ 178.
- [13] Pannella, G., 1971. Fish otolith; daily growth layers and periodic patterns. *Science*, **173**:1124 ~ 1127.
- [14] Radtke, R. L., 1978. The formation and growth of otoliths in the estuarine fish, *Fundulus heteroclitus*. Ph. D. Thesis, Univ. Rhode Island, Kingston, 193 p.

A PRIMARY OBSERVATION AND STUDY ON THE DAILY INCREMENT IN OTOLITH FOR JUVENILE JAPANESE MACKEREL *PNEUMATOPHORUS JAPONICUS*

Chen Weizhong and Li Changsong

(East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090)

ABSTRACT The microstructure of otolith from Japanese mackerel was observed under a scanning electron microscope. Growth increments with width from a few microns to more than 10 microns were observed. Photomicrographs were taken for otoliths of 3 fishes. The average growth increment width and otolith radius were calculated to be $9.52/1262.2 \mu\text{m}$, $8.52/1164.8 \mu\text{m}$ and $8.57/1187.5 \mu\text{m}$ respectively by measuring the photomicrographs. based on these results, the numbers of growth increment were estimated to be 133, 137 and 139 respectively. Meantime, the ages of fishes were also estimated according to the length-growth function and the capture date and the spawning season. these ages were close to the estimated numbers of growth increment, which suggested that the growth increments were basically formed daily.

KEYWORDS Japanese mackerel, Juvenile, Otolith, Daily increment