

# 大银鱼耳石日轮与生长的研究\*

富丽静 解玉浩 李 勃 赵怀春

(辽宁省淡水水产研究所, 辽阳 111000)

**摘 要** 1995 年对内蒙莫力庙水库的大银鱼耳石日轮与生长进行了研究。大银鱼人工受精卵孵出仔鱼, 剖出其听囊内一对圆形矢耳石, 其制片在光镜下观察, 耳石形态经历了由圆形、椭圆形到梨形的变化过程。耳石长半径与鱼体长呈线性相关, 其关系式为  $Y = 4.798x - 20.887$  ( $r = 0.9650$ ,  $P < 0.01$ )。孵出后第二天耳石上出现第一个日轮, 正常条件下, 每天形成一轮。孵化后天数可用耳石日轮数加 1 表示, 其表达式为  $D = N + 1$ , 耳石上的日轮数变幅为 267~345。日轮间距有规律性变化, 依据日龄和相关体长、体重资料进行了大银鱼生长特性研究。

**关键词** 大银鱼, 耳石, 日轮, 生长

大银鱼 (*Protosalanx hyalocranius*) 属鲑形目银鱼科中的一种体型较大的鱼类。适合我国北方寒冷地区移植, 现已获得可观的经济效益和社会效益。大银鱼骨骼骨化不全, 有幼态持续现象, 但耳石正常硬化, 具有微细轮纹(日轮)。研究大银鱼耳石日轮与生长, 不仅有较广泛的应用价值, 而且也具有重要的理论意义。对于一些鱼类耳石日轮的研究, 国内外学者诸有报道<sup>[4, 10, 11]</sup>, 但关于大银鱼耳石日轮的研究, 尚未见资料。

## 1 材料和方法

1995 年 1 月 9 日于内蒙莫力庙水库捕获成熟亲鱼, 人工采集受精卵, 跟踪观察了仔鱼耳石的出现和最初日轮的形成。同时随机采捕 38 尾成鱼, 进行生物学测定, 并剖出矢耳石, 在细磨石上两面磨制成耳石中心所在的平面薄片, 抛光、清洗后封片, 光镜观测拍照。

依据实测资料和日龄间距推算体长, 研究了大银鱼的生长规律, 根据日轮追溯了其生命史, 推算了其产卵期、孵化期。

## 2 结果

### 2.1 耳石形态变化及直径增长

大银鱼受精卵在水温 4.0~5.0℃ 时, 约经 45 天孵出仔鱼, 刚孵出仔鱼透射光镜观察,

收稿日期: 1995-12-13。

\* 国家自然科学基金资助项目(39170607 号)。

矢耳石为圆形,中心呈星花状,此时尚未出现轮纹。孵出第四天的仔鱼,体长8.1~9.1mm,耳石直径18~20um,已形成三个日轮纹(图版I-1)。

从捕获的亲鱼中随机取样30尾,体长\* 97~173mm,平均值为112.6±3.05mm(SE,后同)。其耳石形态为一端稍尖另一端圆钝的梨形(图版I-2)。耳石长半径为480~672um,平均值为533.6±7.93um。依据幼成鱼耳石磨片的观察,在120~130日龄时,耳石由椭圆形向梨形转化。耳石长半径与体长增长呈线性相关,对40尾幼成鱼的测量,耳石长半径Y与体长X的关系式为:Y=4.798X-20.887, r=0.9650, (P<0.01) (图1)。

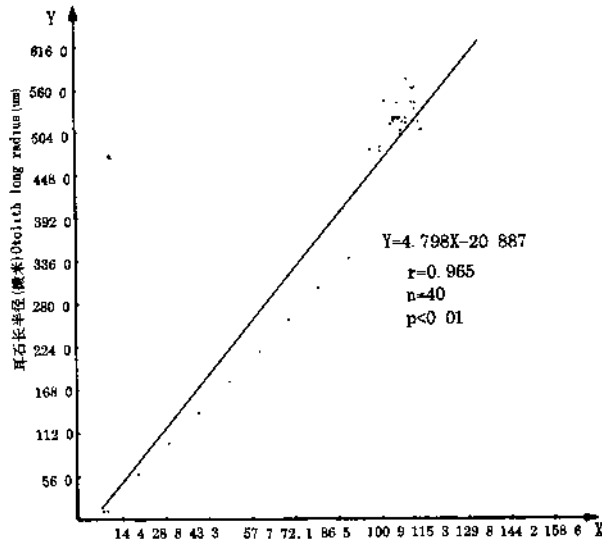


图1 大银鱼耳石长半径与体长关系

Fig.1 Relationship between otolith long radius and body length of large icefish

### 2.2 耳石日轮生长及间距变化

2.2.1 日轮形成 刚孵出的仔鱼,耳石上没有轮纹。孵出后第二天耳石上出现第一个轮纹,孵出后第四天,耳石上已有三个轮纹。这表明耳石上的轮纹是在仔鱼孵出之后开始形成的。正常条件下,第一个日轮形成之后,每天形成一轮,这

与对香鱼、遮目鱼的观察结果是一致的<sup>[14,16]</sup>。

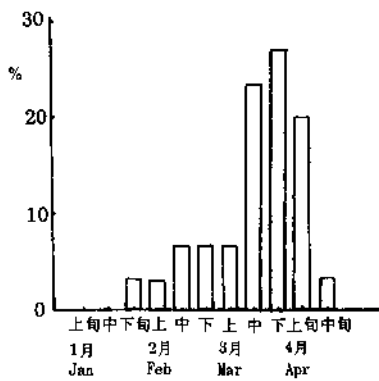


图2 1994年大银鱼种群出生日期的百分比组成 (依耳石日轮推算)

Fig.2 Percentage of birthdate composed of large icefish population in 1994 (calcaued on the base of daily rings on otolith)

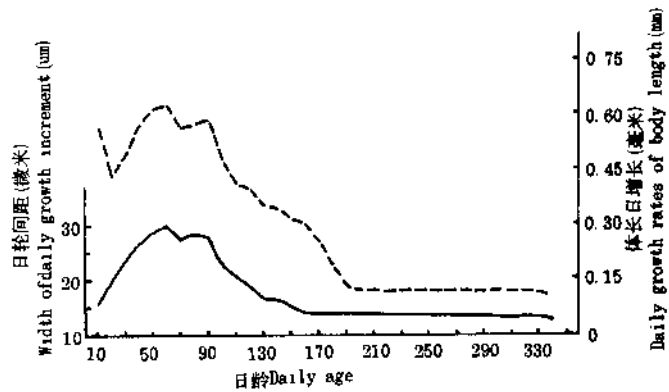


图3 大银鱼耳石日轮间距及体长日增长变化

Fig.3 Changes of daily growth increment width in the otolith and daily growth rates of body length of large icefish

\* 指脊椎骨末端体长

耳石中央为一个中心核,(图版 I-3 中间较规则的圆圈),直径为 19~26 $\mu\text{m}$ ,核的中心是耳石原基(图版 I-3 中心的黑点),直径为 4~10 $\mu\text{m}$ ,核外系由中心向边缘同心排列的轮纹。观察表明,长径上的轮纹排列清晰,所以日轮计数、间距测量均以长径为准(图版 I-4)。

30 尾成鱼耳石轮纹数为 267~345 个,其中 21 尾(70%)轮纹数在 270~300 个之间。依据耳石日轮和采样日期及实际日历计算,这 30 尾鱼大批是在 3 月中、下旬到 4 月上旬孵出的(图 2)。按水温和发育历程推算,孵化期在水温 1.7~5 $^{\circ}\text{C}$  冰下孵化时间约需 63~65 天,产卵期为 1 月份,这与内蒙莫力庙水库大银鱼产卵期的实际结果一致。这也是耳石上的轮纹就是日轮的一个佐证。

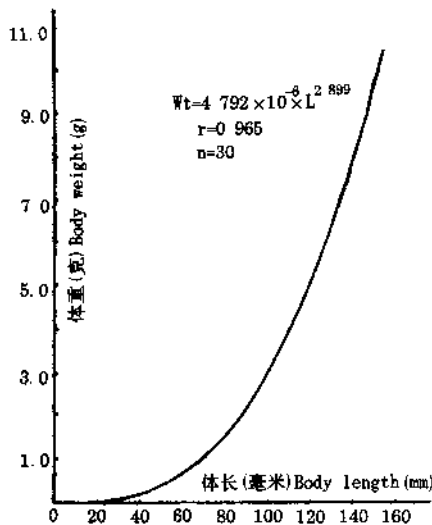


图 4 大银鱼体长与体重相关曲线

Fig. 4 Relative curve of length and weight in large icefish

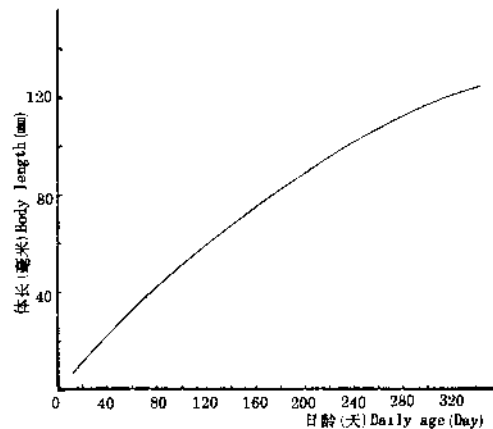


图 5 大银鱼体长生长曲线

Fig. 5 Growth curve of body length of large icefish

因此,孵化后天数(D)可用耳石日轮数(N)加 1 表示: $D = N + 1$ <sup>[14]</sup>。

**2.2.2 日轮间距变化及体长日增长** 通常最初 10 个轮纹(以 10 个轮纹为一单位进行测量)平均间距为 15.33 $\mu\text{m}$ ,之后间距逐渐增大,60 日龄平均值最高,为 29.8 $\mu\text{m}$ ,而后渐次缩小,至 180 日龄平均值为 13.67 $\mu\text{m}$ ,到边缘 330 日龄基本稳定在 13.00 $\mu\text{m}$  左右(图 3)。

从耳石中心到大约 60~80 日龄处,与其外缘相比,轮纹排列规则、清晰,透射光镜下反差大,色泽深暗(图版 I-2,4)。

依据日轮间距推算体长日增长情况,与日轮间距变化相似。从 10~40 日龄的平均日增长变化为 0.429~0.571mm,之后日增长加快,至 50~60 日龄达到高峰,平均日增长为 0.611~0.627mm,后日趋下降,至 180~330 日龄平均日增长基本稳定在 0.124mm。

**2.2.3 生长特性** 依据日龄间距和推算体长、计算体重资料( $n = 28$ ),求得与日龄对应的体长、体重,对其进行有关生长特性研究。

(1)体长、体重关系 采用  $W_t = aL_t^b$  公式,求得  $b = 2.899$ ,  $a = 4.792 \times 10^{-6}$ ,  $r = 0.965$ ,  $P < 0.01$ 。体长、体重相关曲线见图 4。

(2) 生长方程 采用高次方程式在计算机上拟合, 得出体长生长方程式

$$L_{t-3} = 1.3743 + 0.5574t - 5.6510 \times 10^{-4}t^2 - 8.3742 \times 10^{-9}t^3, r=0.9980 \quad P<0.01 \text{ (图 5)}。$$

同上述方法计算得体重生长方程式,  $W_{t-3} = -4.3948 \times 10^{-3} - 5.7519 \times 10^{-4}t + 5.5610 \times 10^{-5}t^2 - 1.3652 \times 10^{-10}t^3, r=0.9996, P<0.01$ 。依此方程作体重生长曲线如图 6。

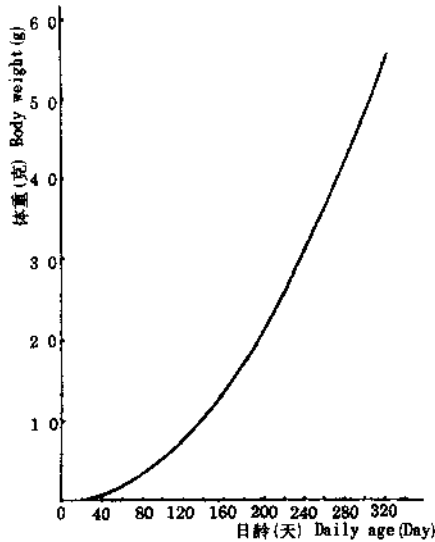


图 6 大银鱼体重生长曲线

Fig. 6 Growth curve of weight in large icefish

### 3 讨论

#### 3.1 关于大银鱼耳石日轮研究的意义和前景

诸多学者指出银鱼科鱼类存在幼态持续特征和骨骼骨化不全或为软骨<sup>[1,2]</sup>, 大银鱼的骨骼系统亦为透明的软骨和膜质结构组成。但大银鱼的耳石却与硬骨鱼类的耳石一样, 主要为碳酸钙形成的硬组织<sup>[6,7]</sup>。观察表明, 大银鱼的矢耳石从形态发育到细微结构与已研究报道的硬骨鱼类类同<sup>[4,10,11]</sup>。耳石除平衡和听觉功能外, 还记载着鱼类生活历程的信息。耳石的这种功能特征是由它的形成方式及其物质代谢特点所决定的。在身体生长停止的条件下, 耳石仍能持续生长。耳石这种相对稳定的性质, 是其获得最佳信息载体机能的基础<sup>[6]</sup>。

因此, 大银鱼耳石显微结构的研究, 不仅具有重要的理论意义, 而且在精细研究鱼类的生长特性和其生命史, 尤其在骨化不全或软骨鱼类上有广泛应用的前景。

#### 3.2 关于第一个日轮形成时间

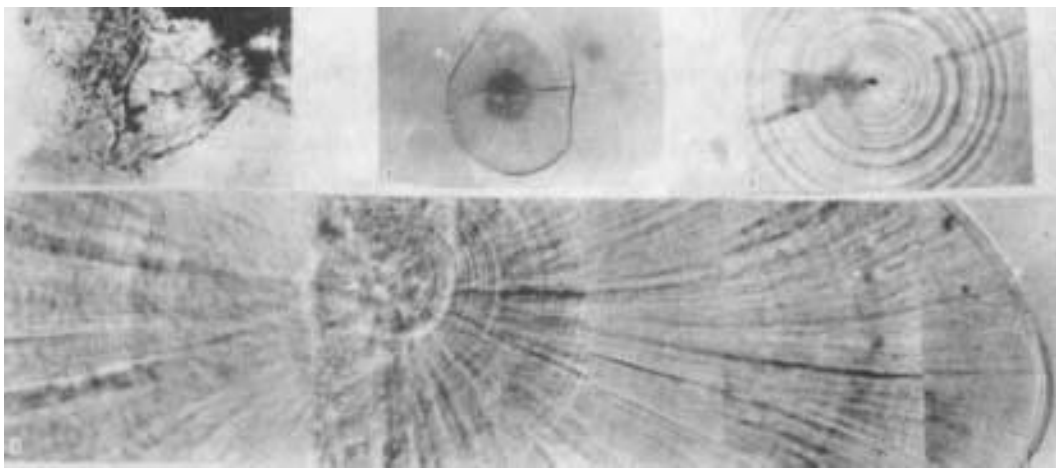
耳石上第一个日轮形成时间, 在一些鱼类中是不相同的, 日本鳀鱼、大菱鲆在转为外源营养时形成第一条增长带<sup>[8,15]</sup>; 黑鲈在仔鱼平游时形成<sup>[3]</sup>; 香鱼、鳕、鲱等都是在孵出后第二天形成第一个日轮<sup>[4,10,11,16]</sup>。本文观察到大银鱼也是孵出后第二天形成第一个日轮, 与香鱼、鳕、鲱耳石日轮的报道是一致的。

#### 3.3 关于日轮间距及体长日增长

大银鱼耳石上的日轮, 随着日轮数的增加, 日轮的平均间距也逐步加宽, 从 10~40 日龄平均日轮间距变化为 15.33~26.57 $\mu\text{m}$ , 从时间上推算, 这个日龄区段应为 4 月上旬至 5 月上旬, 正是水温逐渐回升时期, 至 50~60 日龄, 即大致在 5 月下旬左右, 水温较高, 饵料生物较丰, 主要食物为浮游动物, 大银鱼摄食旺盛, 此时生长较快, 耳石轮纹沉积速度亦快, 平均日轮间距达到高峰, 为 29.8 $\mu\text{m}$ (图 3)。120 日龄之后, 正值 7 月下旬以后, 大银鱼的食物开始向肉食性转化(体长 63.08mm), 捕食小鱼、小虾, 可能由于食物可得性差, 体长生长逐渐减慢, 日轮间距逐步变窄。

依据日轮间距推算体长日增长亦呈类似变化趋势: 大银鱼耳石上最初 10 日轮是以卵黄为营养阶段, 体长日增长稍快。由于营养来源转变和仔鱼消化生理变化, 20、30 日龄的体长日增长(0.429mm、0.491mm)稍小于 10 日龄的平均值(0.573mm)。则 10~120 日龄为快

速增长期,平均体长日增长变幅为 0.400~0.627mm;120~180 日龄为缓慢增长期,平均日增长变化为 0.400~0.185mm;180~330 日龄为增长减慢期,平均日增长逐步下降到 0.124mm。依据日轮间距推算体长日增长,在 180 日龄处迅速下降(图 3)。随机测定的 30 尾产卵群体样品的平均日龄为  $291.2 \pm 3.5$ ,与 180 日龄相差约 110 天,大致在 9 月份,大银鱼体长约 82.0mm,完全以小鱼、小虾为食,饵料营养价值高,致使体重加速生长,发生体长生长速度下降的转变。



图版 I 大银鱼耳石的形态及日轮的光镜观察

Plate I Morphology and daily growth increment in otolith of large icefish by LM

1. 4 日龄仔鱼(体长 8.1mm)的圆形矢耳石,直径 18~20 $\mu\text{m}$ ,1,2,3 号箭头分别指向第一、第二、第三日轮,  $\times 1\ 000$ 。  
The round-shaped sagittal otolith(diameter 18-20 $\mu\text{m}$ ) of a 4-day old larva (Body length 8.1mm), one, two, three number arrowhead, showing the first, the second the third increment separately.  $\times 1\ 000$
2. 270 日龄成鱼(体长 122.8mm)的梨形矢耳石,长直径 960 $\mu\text{m}$ ,  $\times 42$ 。  
The pear-shaped sagittal otolith (long-diameter 960 $\mu\text{m}$ ) of a adult fish at age 270 days (Body length 122.8mm)  $\times 42$
3. 与图 2 同一耳石,示耳石中央的核(较规则的圆圈—白色箭头所指为核的边缘)和核中心的耳石原基(中心的黑点),  $\times 1\ 000$ 。  
Same otolith with fig.2, showing a core (regular circles—the white arrowhead, displaying the edge of the core) and primordium (central solid dot).  $\times 1\ 000$
4. 与图 2 同一耳石,示耳石长半径从中心到边缘的日轮排列,白色箭头所指为核的边缘,  $\times 1\ 000$ 。  
Same otolith with fig.2, showing range of increments from the core to the edge radiating outward in a long-radius of otolith, the white arrowhead, displaying the edge of the core  $\times 1\ 000$

3.4 关于依据日龄进行生长研究 近年来报道的依耳石日轮推算体长研究鱼类生长特性,

为精细地研究鱼类生长开辟了途径。Campana 等<sup>[13]</sup>提出用日轮退算的潜在价值;陈卫忠\*报道了美国墨西哥湾的红眼脂眼鲱的日龄和退算体长的生长方程;解玉浩<sup>[5]</sup>对鱠仔—幼鱼的日龄与体长进行了比较生长方程研究;Linkowski<sup>[9]</sup>记载了两种角灯鱼属鱼类的日龄与退算体长的生长方程。Radtke 等<sup>[12]</sup>依据日龄和退算体长,描述了 1.3~33 日龄的南极银鳕的生长方程,均揭示了其生长特性。我们依耳石日轮与退算体长及计算体重,研究了大银鱼以日龄为时间单位的体长、体重生长方程。体长生长曲线(图 5)、体重生长曲线(图 6)均客观地反映了大银鱼的生长与生态条件的密切关系及种群固有生长特性。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 伍献文等,1965. 银鱼的幼态持续及其在天演上的意义. 水生生物学集刊, 5(2):239-245.
- [ 2 ] 林信伟等,1994. 寡齿新银鱼骨骼系统的形态和组织学特征. 动物学报, 40(2):198-199.
- [ 3 ] 董双林等,1989. 国外对鱼类耳石日轮生长的研究. 大连水产学院学报, (3-4):53-61.
- [ 4 ] 解玉浩等,1995. 香鱼耳石日轮与生长的研究. 动物学报, 41(2):125-133.
- [ 5 ] 解玉浩等,1995. 鱠仔—幼鱼耳石日轮与生长的研究. 中国水产科学, 2(2):34-41.
- [ 6 ] 麦谷泰雄著,1994;高志慧译,1995. 关于鱼类耳石信息分析的研究. 国外水产, 2(2):34-37.
- [ 7 ] Carlstrom, D., 1963. A crystallographic study of vertebrate otoliths, Biological Bulletin, 125:441-463.
- [ 8 ] Geffen, A. J. 1982. Otolith ring deposition in relation to growth rate in the herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. Mar. Biol. 71: 317-326.
- [ 9 ] Linkowski et al, 1993. Otolith microstructure, age and growth of two species of *Ceratoscopelus* (Osteichthyes: Myctophidae) from the eastern North Atlantic. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 167:237-260.
- [10] McGurk, M. D. 1981. Ring deposition in the otolith of larval pacific herring. *Clupea harengus pallasii*. Fishery bull. U. S. 82:113-120.
- [11] Radtke, R. L. and K. G. Waiwood 1980. Otolith formation and body shrinkage due to fixation in larval cod (*Gadus morhua*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., (929); III. +10pp.
- [12] Radtke et al. 1993. Otolith structural and chemical analyses; the key to resolving age and growth of the Antarctic silverfish, *Pleurragramma antarcticum*. Antarctic Science. 5(1); 51-62.
- [13] S. E. Campana and J. D. Neilson, 1985, Microstructure of fish otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1014-1032.
- [14] Tzeng, W. N. and S. Y. Yu 1988. Daily growth increments in otolith of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal), larvae. J. Fish. Biol. 32: 495-504.
- [15] Tsuji, S and Aoyama, T, 1984. Daily growth increments in otoliths of Japanese anchovy larvae Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 50(7) 1105-1108.
- [16] Tsukamoto, K. 1987. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi. 53(11):1985-1997.

\* 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.

## STUDIES ON DAILY - GROWTH INCREMENT OF OTOLITH AND GROWTH OF LARGE ICEFISH

Fu Lijing Xie Yuhao Li Bo Zhao Huaichun

(Research Institute for Freshwater Fisheries of Liaoning Province, Liaoyang 111000)

**ABSTRACT** We studied daily - growth increment of otolith and growth of large icefish from Melimiao reservoir in Inner Mongolia in January 1995. Artificially fertilized eggs of large icefish hatched larvae. The sagittal otoliths were removed from the fish, and its sections were examined by light microscopes. Morphology of otolith was under - going changes from round, oval, to pear - shape. The longest radius  $Y$  ( $\mu\text{m}$ ) of the otolith was linearly related to the fish length  $X$ (mm), the equation was  $Y = 4.798X - 20.887$  ( $r = 0.9650$ ,  $P < 0.01$ ). The initial daily growth increment in otolith was formed on the second day after hatching, and continued on a daily schedule under normal conditions. Daily age was showed by daily growth increments of otolith adding 1, and the equation was  $D = N + 1$ . The mode number of daily growth increments of otolith ranged from 267 - 345. The growth character of large icefish was studies on the basis of daily growth increment lawfully and reckoned data of body length and body weight.

**KEYWORDS** Large icefish, Otolith, Daily growth increment, Growth