# 日本鳗鲡早期阶段耳石日生长轮 形成的周期<sup>\*</sup>

李城华 沙学绅

(中国科学院海洋研究所,青岛 266071)

**提 要** 于 1990 年 4 月从江苏太湖搜集日本鳗鲡亲鱼暂养在天津滨海虾场8 t 玻璃钢 水槽中,经人工催熟催产后孵出仔鳗,对孵出仔鳗连续取样;于 1989 年 4 月在长江口采集白 仔鳗,观察和比较二者的耳石生长轮形成。结果表明,(1)人工繁殖仔鳗耳石第一个生长轮是在 孵出后第一天形成的,轮纹形成具有 24h 周期性;仔鳗孵出后生长天数与生长轮数关系的回归 方程以 y = 0.23 + 0.91x 表示,其中, x 为孵出后的天数, y 为生长轮数;在人工繁殖仔鳗耳 石上没有观察到"孵化标记"轮。(2) 白仔鳗耳石中心核与"孵化标记"轮之间存在日生长轮。 (3)人工繁殖仔鳗与白仔鳗耳石中心核同第一个生长轮比较表明,前者小于后者。

## 关键词 日本鳗鲡 耳石中心核 生长轮

日本鳗鲡早期阶段耳石生长轮形成的研究,用于论证日生长轮的人工繁殖仔鳗(以下 简称仔鳗)仅到 6d 龄,样品只有两尾 (Tabeta et al., 1987; Umezawa et al., 1989)。在 仔鳗阶段,少于一星期的耳石轮纹观察很难令人信服地论证耳石日生长轮形成的周期性 节律。因此, 持这种观点的学者通过四环素标记方法论证白仔鳗耳石生长轮形成的 24h 周期节律 (Tsukamoto, 1989)。本研究的目的在于,查明日本鳗鲡仔鳗耳石第一个生长 轮形成的时间和生长轮沉积的周期性节律。

## 1 材料和方法

1.1 材料 于 1990 年 4 月在太湖捕获日本鳗鲡(Anguilla japonica) 暂养在天津滨 海虾场 8 t 玻璃钢海水槽内。通过反复注射鲤鱼脑下垂体和 绒毛膜促性腺激素(HCG) 催熟、催产后,亲鳗在水槽中产卵、受精并孵出仔鳗。产卵水温在 18—21℃,受精卵水温 为 21℃±0.5℃。在微弱光线条件下孵化,约 30h 后孵出仔鳗。在 12 尾催产雌鳗中,3 尾亲鳗,分别在 3 个水槽中产卵,催产率达 25%,共获得初孵仔鳗 40 余万尾。孵出后第 二日开始投喂轮虫、小球藻及甲壳类幼体等。选其中一尾产卵亲鳗的后代,连续取样观 察,直到孵出后第 16d 的仔鳗(图版 1:1)。仔鳗样品保存在 70%的乙醇溶液中备用。

白仔鳗于 1989 年 4 月取自长江口沿岸,样品保存在 70% 的乙醇溶液中。白仔鳗测 定了体重、体长后取出其耳石备用。

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目,39170603 号。中国科学院优选课题。李城华,男,出生于 1939 年 1 月 11 日,研 究员。

收稿日期: 1993年11月17日,接受日期: 1994年5月4日。

1.2 耳石加工 在双筒解剖镜 (Opton, West Gemany) 下测定仔鳗体长(精度为 0.1 mm),之后将仔鳗置于载玻片上,用两根金属针摘出矢耳石 (sagittae),清除其周围的组 织,用无水乙醇脱水、二甲苯透明,然后再用加拿大树胶封片备用。白仔鳗的耳石用金相 砂纸 (TLW1 000\*) 磨制,一边用手按磨,一边在双筒显微镜 (Olympus EMM-7) 下检查。耳石的两个面均须磨制,其中的一个面必须与耳石中心核在同一个平面上 (李城华等,1993)。

1.3 耳石观测 在光学显微镜下观察时,耳石生长带呈现透明状,也称透明带或宽带; 间隙带不透明,称之为不透明带或者窄带。耳石生长轮数是指矢耳石的生长轮数,其第一 个生长轮直径是指同心圆环的长径;中心核直径亦是指核心部分的长径:以这些原则判 断和测定耳石。在双筒显微镜下以油镜(×1 500)测定仔鳗、白仔鳗耳石的第一人生长轮 及中心核直径。

#### 2 结果

**2.1** 仔鳗的生长 在仔鳗自孵化后到第 6d,体长增长最快,约至 6mm (图 1a); 孵出 后的第 6—16 天期间生长缓慢,10d 内仅增长 1.37mm。仔鳗孵化后的生长天数与体长之 间关系的回归方程为: y = 4.17 + 0.23x(r = 0.91)。式中,y 为体长(mm);x 为生长天 数(下同)。16d 仔鳗见图版I:1。

**2.2** 耳石生长 耳石直径随孵出后的天数增加而增长,第1一第7天增长很快,而后缓慢(图1b)。两者之间的关系以回归方程 y = 7.16 + 1.53x(r = 0.98)表示。式中,y示耳石直径(长轴径, mm)。孵化后第6天耳石直径为16.17μm±1.76μm (N = 3),第16d 为 28.83±0(N = 1)。

仔鳗在孵化后的前 6d,耳石上的生长轮比较清晰,以后就不甚清楚了(图版 I:2-5)。 孵化后的生长天数与耳石轮数之间以回归方程 y = 0.23 + 0.91x(r = 0.99)(N = 37)表 示。式中, y 为轮数。生长天数与耳石轮数基本一致(图 1c)。在孵化后的 1d 形成耳石中 心核外的第一个生长轮。在光学显微镜下观察,第一个生长轮清晰可见,与以后形成的其 他生长轮相比,在形质上没有观察到明显的区别。在第一个生长轮上未观察到深暗色环 状轮记"孵化标记"(Umezawa et al., 1989)即此轮不是孵化标记轮。

表1 仔鳗耳石中心核与第一个生长轮直径测定结果 (µm)

Tab. 1	Diameter	of	the	nucleu	and	the	first	incre	ment	in	otoliths	$\mathbf{of}$	laboratory-reared
		A.	jat	onica 1	arvae	of	differ	ent da	ays a	fter	hatchin	g	

<b>孵</b> 出天数	1	2	3	4	5	6
	3	4	4	5	5	3
中心核直径	4.3±0.8	4.5±0.4	4.4±0.4	4.4±0.4	4.1±0.4	3.3±1.2
第一轮直径	6.0±0.9	6.4±0.3	6.6±0.9	6.2±0.3	6.6±0.4	5.3±2.1
	7	8	12	13	14	16
样品数	4	6	1	2	3	1
中心核直径	5.0±1.5	5.3±1.0	5.0±0	4.5±0.7	4.7±0.6	5.0±0
第一轮直径	7.0±1.6	7.2±0.8	7.0±0	6.0±0	6.0±0	6.0±0





Fig. 1 Relationship between days after hatching with standard body length (a), diameter of growth increment (b), increment number (c) in otoliths of laboratory-reared Anguilla japonica larvae

仔鳗耳石中心核与第一个 生长轮直径测定结果见表 1。其中 心核 及第一个生长轮直径的波动范围分别为 3.3-5.3µm,5.3-7.2µm。耳石中心核和 第一个生长轮直径与孵化后生长天数之 间不呈相关关系(图 2a,b),其波动范围 较稳定。

光学显微镜观察表明,白仔鳗耳石 在中心核与"孵化标记"轮之间存在着清 晰的环状轮纹,不呈暗褐色(图版I:6,箭 头),通过仔鳗和白仔鳗耳石中心核与第 一个生长轮直径的比较(表 2) 及其频率 分布(图 3)的观察可以认为,该环状轮 纹即是白仔鳗的第一个日生长轮。从表 2清楚看出,白仔鳗的耳石中心核直径 和第一个生长轮直径均大于仔鳗的。从 图 3 可以看出, 白仔鳗耳石中心核直径 和第一个生长轮直径的频率分布的众数 分别为 4.5-5.0µm 和 7.0µm;仔鳗分别 为 4.0—4.5µm 和 6.0µm。

## 3 讨论与结论

3.1 日本鳗鲡早期阶 段 耳石第一个生 长轮的形成周期及日龄鉴定 结果表 明,无论是人工繁育的还是采捕于长江 口的白仔鳗,仔鳗在孵化后的第一天即 在耳石中心核外均形成 第一个生长轮, 并且此后耳石上的生长轮都以 24h 为周 期沉积。后者与 Umezawa 等(1989)的 报道是一致的。

Umezawa 等(1989)对日本鳗鲡的 研究认为,耳石中心核外的第一轮纹为 "孵化标记轮"。本研究在仔鳗耳石上没 有观察到,其耳石上是否存在着标记轮 还应深入地观察和研究; 白仔鳗第一生

长轮外有"孵化标记"轮。如果说"孵化标记"轮是在孵化期间形成的,那么它在耳石一开 始形成生长轮就应出现。然而,白仔鳗耳石中心核与"孵化标记"轮之间尚存在着生长轮, "孵化标记"轮便不是第一个生长轮。显然,"孵化标记"轮的命名与观察结果是相违背的。 作者认为,改称它为"标记"轮为妥,至于该标记轮形成的原因尚待更深入的研究。





Fig. 2 Relationship between days after hatching with diameter of the nucleus(a) and the first increment (b) in otolith of laboratory-reared A. japonica larvae



## 图3 仔鳗(a)、白仔鳗(b)耳石中心核和第 一个生长轮直径的频率分布

Fig. 3 Frequency of diameter of the nucleus and the first increment in otoliths of laboratory-reared *A. japonica* larvae (a) and field-collected *A. japonica* larvae elvers(b)

表 2 仔鳗和白仔鳗耳石中心核和第一个生长轮的年平均直径 (µm)

Tab. 2 Mean diameters of the nucleus and the first increment in otoliths of laboratoryreared A. japonica larvae and field-collected A. japonica elvers (μm)

平均直径	中心核	第一生长轮	标本数
仔 鳗	4.5±0.90	6.4±0.90	41
白仔鳗	4.82±0.84	7.68±1.14	37

3.2 耳石中心核直径和第一个生长轮直径的影响因素 仔鳗耳石 中心 核和第一个生 长轮直径不依日龄变化而变化,具有相对的稳定性,但是比白仔鳗的小。近 10 年来,日本 学者(Tabeta et al., 1986; Ann, 1991)加强了对日本鳗鲡产卵场的调查,鳗鲡天然产 卵场附近海区表层水温在 25-28℃。而仔鳗在孵化时的水温为 21℃±0.5℃。可见,天 然仔鳗孵化时的水温比人工繁殖仔鳗的要高一些。水温是影响鱼体代谢水平的重要因素 之一,代谢水平对耳石的生长和生长轮沉积将产生直接影响。在一定的范围之内,水温越 高,耳石的生长越快,生长轮的直径也越大。本研究中,仔鳗中心核直径与第一生长轮直 径均小于白仔鳗的,可能是白仔鳗生长水域温度高于仔鳗的缘故。这有待于通过人工控 制水温的实验验证。

另外自然海区中的亲鳗生殖腺是在适宜的长期适应的环境条件影响下 逐 渐 自 然成

26 卷

熟的(迄今人类对这方面的规律还没有掌握),而人工繁殖亲鳗在经过反复注射外源激素 之后卵子才达到成熟并产出、受精。因此,自然和实验亲鱼生殖腺是在差别较大的环境条 件下发育达到成熟的,无疑这两类成熟卵子在某些方面(如卵子直径、卵子质量)有一定的 差别,这可能是导致仔鳗和白仔鳗耳石中心核和第一个生长轮直径差别的内在因子。

### 参考文献

李城华等,1993,梭鱼仔鱼耳石轮纹形成的周期及自然种群日龄的鉴定,海洋与湖沼,24(5):511-515。 Ann, 1991, 鳗鱼产卵场,养鱼世界(台),12:142-145。

- Tabeta, O., Konishi, Y., 1986, Anguillid leptocephallus Anguilla japonica from waters south of Miyako Island, Okinawa, Japan, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 52(11):1935-1937.
- Tabeta, O. et al., 1987, Aspects of the early history of the japonese eel Anguilla japonica determined from otolith microstructure, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(10):1727-1734.
- Tsukamoto, K., 1989, Otolith daily increments in the japanese ell, Nippon Suisan Gakkaishi, 55(6): 1017-1021.
- Umezawa, A. et al., 1989, Daily growth increments in the larval otolith of the japanese eel, Anguilla japonica, Japan. J. Ichthyol., 35(4):440-444.

## PERIODICITY OF INCREMENT FORMATION IN THE OTOLITHS OF LABORATORY-REARED ANGUILLA JAPONICA LARVAE

Li Chenghua, Sha Xueshen (Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071) ABSTRACT.

The present paper deals with the periodicity of daily increment formation in the otoliths of laboratory-reared larvae obtained by artificial inducement of reproduction in parent eel collected from Tai Hu Lake in 1990 and the first ring determination in the otoliths of *A. japonica* elvers from the Changjiang River Estuary in 1989. Results were as ffollow.

Laboratory-reared larvae survived 16 days.

The regression equation of chronological age based on the number of daily increments is y = 0.23 + 0.91x (r = 0.99, N = 37), where y is the daily number of increments and x is the days after hatching. The daily deposition of increments in the otoliths was verified. No hatch check (heavy dark check) was observed around the nucleus of the otoliths in laboratory-reared A. japonica.

Diameters of the nucleus and the first increment in the otoliths of laboratoryreared A. japonica larvae and field-collected A. japonica elvers were  $4.5 \pm 0.90 \mu m$ ,  $6.4 \pm 0.90 \mu m$  (N = 41) and  $4.82 \pm 0.84 \mu m$ ,  $7.68 \pm 1.14 \mu m$  (N = 37) respectively. The diameter of the nucleus and the first increment in the otoliths of field-collected A. japonica were larger than those of laboratory-reared ones. There is the increment between the nucleus and hatch check ring in the otoliths, and the hatch check ring was not the first increment in the otoliths of field-collected A. japonica elvers.

Key words Anguilla japonica Nucleus in otolith Increment