

文章编号: 1000-0615(2005)05-0688-07

## 人工诱导池塘养殖鳗鲡成熟产卵以及胚胎和仔鱼发育

谢 骏<sup>1,2</sup>, 余德光<sup>2</sup>, 王广军<sup>2</sup>, 刘晓春<sup>1</sup>, 朱宏友<sup>2</sup>, 林浩然<sup>1</sup>

(1. 中山大学水生经济动物研究所暨广东省水生经济动物重点实验室, 广东 广州 510275

2. 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东 广州 510380)

**摘要:** 降海鳗鲡一直是作为研究鳗鲡人工繁殖的材料, 由于降海鳗鲡的资源衰退, 选用池塘养殖鳗鲡作为亲本的研究成为热点。尽管人工诱导野生降海鳗鲡获得的胚胎发育过程的研究已报道, 但人工诱导池塘养殖鳗鲡的胚胎及仔鱼早期发育未见报道。本文应用池塘养殖日本鳗鲡取代野生降海日本鳗鲡进行人工繁殖, 2002 年的孵化批次共 80 次, 其中大部分为人工授精卵(60 次), 一部分(20 次)为自然产卵。受精率为(44.03±21.99)%, 孵化率为(65.76±19.48)%, 共计获得苗种 349.9 万尾。连续记录了鳗鲡的胚胎和早期仔鱼的发育过程。在水温为 20.5℃ 时, 胚胎发育需要时间为 49 h, 所需积温 1005℃·h; 在水温为 22.5℃ 时, 胚胎发育需要时间为 39 h, 所需积温 878℃·h; 在水温为 24.5℃ 时, 胚胎发育需要时间为 34 h, 所需积温 833℃·h。

**关键词:** 养殖鳗鲡; 人工诱导; 产卵; 胚胎; 仔鱼

中图分类号: S917 文献标识码: A

## Spawning and development of embryo and larva in cultivated *Anguilla japonica* by artificial induction

XIE Jun<sup>1,2</sup>, YU De-guang<sup>2</sup>, WANG Guang-jun<sup>2</sup>, LIU Xiao-chun<sup>1</sup>, ZHU Hong-you<sup>2</sup>, LIN Hao-ran<sup>1</sup>

(1. Institute of Aquatic Economical Animal & Guangdong Provincial,

Key Laboratory for Aquatic Economical Animal, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;

2. Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380, China)

**Abstract:** In China, studies on the artificial inducement of reproduction in eel (*Anguilla japonica*) have been carried out since 1973. The silver migrated eel has been previously used as material fish for experiments on artificial inducement. Since the acquisition of wild silver eel has become difficult in recent years, the cultivated eels have been used as our experiment animals. Although the study on the process of the development of the embryo from the wild eel by artificial induction has been reported, the development of the embryo and larva from cultivated eel has not been published. In this paper, the characters of embryos and early larvae of cultivated eel by artificial induction in every stage were observed and photographs were taken, the whole process of embryonic development lasted for about 49 h at 20.5℃, 39 h at 22.5℃ and 34 h at 24.5℃. The fertilized eggs of the fish are spherical and orange-yellowish, the diameter of swollen egg is 1.0–1.2 mm in water. Fertilized eggs were kept in seawater at 22.5℃. The first cleavage occurred at 1 h, epiboly began at 11 h, the embryonic body was formed at 28 h and hatching occurred at 39 h after insemination. Newly hatched larva were approximately 3.1–3.7 mm (total length) and similar to those of wild eel in terms of external features.

**Key words:** cultivated *Anguilla japonica*; artificial induction; spawning; embryo; larva

自从 Yamamoto 和 Yamauchi 通过激素处理获得日本鳗鲡(*Anguilla japonica*) 受精卵和初孵仔鱼

以来, 许多研究者也都成功获得初孵仔鱼<sup>[1-4]</sup>。早期的研究者均采用野生降海洄游鳗鲡作为亲本

收稿日期: 2004-09-21

资助项目: 国家“十五”攻关项目(2001BA505B0516)

作者简介: 谢 骏(1965-), 男, 湖南湘潭人, 博士, 研究员, 主要从事水产动物繁育研究。Tel: 020-81616178, E-mail: xj007@tom.com

通讯作者: 林浩然, E-mail: ls32@zsu.edu.cn

进行人工繁殖研究<sup>[1,4,5]</sup>。由于考虑到野生资源保护问题,日本学者在上世纪 90 年代初已开始采用人工养殖的鳊鲌用于繁殖试验<sup>[6]</sup>。

我国自上世纪 70 年代以来,一直采用野生降海鳊鲌作为亲本进行人工繁殖的研究<sup>[4,7]</sup>。但由于水域生态环境的恶化等因素影响,捕获的降海鳊数量逐年减少,材料来源困难,难以继续开展研究。2000 年利用池塘养殖鳊鲌作为亲本,开展人工繁殖实验,获得初孵仔鱼 150 万尾,此后 4 年内诱导池塘养殖鳊鲌共获得初孵仔鱼 810 万尾。

人工诱导野生降海鳊鲌获得的胚胎发育过程的研究已报道<sup>[8,9]</sup>,但人工诱导池塘养殖鳊鲌的胚胎及仔鱼早期发育未见报道。本研究初次对人工诱导池塘养殖鳊鲌的胚胎及仔鱼早期发育进行观察分析,旨在为进一步开展鳊鲌人工繁殖研究提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

在广东佛山市顺德区陈村水产养殖场挑选无病、无伤经强化培育的池塘养殖鳊鲌进行,雌性体重为 570~720 g,体长 54~69 cm;雄性鳊鲌体重 200~250 g,体长 29~32 cm。

### 1.2 方法

**人工诱导产卵** 每周注射人绒毛膜促性腺激素(HCG)和鲤脑垂体匀浆(CPE)一次进行催熟实验。注射剂量为:雌鳊(2.0 mg CPE + 100 IU HCG·kg<sup>-1</sup>),雄鳊用 HCG,剂量 50 IU HCG·kg<sup>-1</sup>。其中,HCG 为宁波激素厂生产,鲤脑垂体购自湖南省洞庭湖区,保存在纯丙酮中,注射前用研钵磨碎,经 200 目纱绢过滤后,置于 Ringer 氏液中使用。注射雌鳊 4 次后,开始注射雄鳊。雌鳊注射 13 次后,对性腺发育较好的亲鱼进行了诱导排卵的实验。催熟针注射 2 d 后,检测鳊鲌性腺成熟情况,对适宜催产的再注射 1 次 HCG + CPE(同催熟剂量),24 h 后开始注射催产激素。雄鳊选择轻压腹部有白色精液的注射 HCG,用量同催熟剂量。亲鱼催产后放入产卵池使其自然产卵和受精。获得的受精卵用玻璃纤维桶进行孵化,桶的容积为 500 L,每次孵化容器内卵量不超过 50 万粒。孵化用水经过砂滤、沉淀,在经 100 目纱绢过滤后使用。孵化期间充气,用电热棒加热保持水温 22~24℃。

**胚胎发育观察** 2002 年 4 月 5 日晚产的同一批次的鳊鲌的胚胎发育样品,在显微镜下进行观察,描绘,测定和记录。发育时间的确定按鱼卵 50% 以上达该期时间计算。

**受精率的计算** 原肠中期后采集受精卵,在解剖镜下计算受精卵数,以受精卵数占采集卵的百分数计。

**孵化率的计算** 孵化后第 2 日,计算得苗数(包括死苗)。

**得苗数的计算** 针对不同产卵情况(自然产卵和人工授精卵)采用两种方式进行估算。

**人工授精卵的得苗数的计算(A 法):** 受精卵总数 × 受精率 × 孵化率 × 100%;

**自然产卵的得苗数的计算(B 法):** 孵化后第 2 日在水泵由底部均匀充气的情况下,在孵化桶中采集 5 个水样,每个样品 1 L,计算每升水体的苗数,求平均值,换算成得苗数。

**仔鳊游泳行为的观察** 每天将正常饲养的仔鱼和饥饿仔鱼分别放入两只 500 mL 的玻璃缸中,1 h 内观察其游泳行为。

**仔鳊摄食行为的观察** 每天将正常的仔鱼分别放入两只 500 mL 的鱼缸中,投喂饵料,观察其摄食行为,并记录其摄食反应次数。

## 2 结果

### 2.1 亲鱼产卵行为的观察

2004 年 4 月 5 日,选择 3 尾成熟较好的雌鳊,中午 11:00 时催产,放入产卵池(4 m × 4 m × 1 m),同时放入经检查有精液的 3 尾雄鳊于同一池中。22:30 发现鳊鲌开始追逐,雌鳊在前,雄鳊在后,时而追逐于水面,时而潜入池底。潜入池底后,偶见鳊鲌用腹部摩擦池底,雌雄并行。一般是 1 尾雄鳊追 1 尾雌鳊,偶见 2 尾雄的追 1 尾雌的现象。24:00 前追逐于水面的次数为每小时 3 次,次日零时后,在水面追逐的次数增到每小时 7~8 次。

次日凌晨 1:30,亲鱼产卵,交配时,池中大规模的雄鳊追逐大规模的雌鳊,小规模的雄鳊追逐小规模的雌鳊。开始是雌、雄双双紧挨在一起,静静地卧于池底隐蔽处,偶尔作短距离游动,几十分钟后,便开始了剧烈追逐,雌鳊在前,雄鱼在后,沿池边快速游动,当雄鳊赶上雌鳊时,雌鳊则猛烈地游到水面,发出拍打水的响声,边游边产卵。雄

鳗紧随其后,作同样幅度的运动,边游边排精。随后,就发现水中有排出的受精卵,刚排出时为白色团块状,入水后很快散开,凌晨2:30~3:00发现池面浮有成片的卵粒。这样持续一段时间后,追逐速度放慢,凌晨3:00鳗钻入设置在池中的PVC管中,产卵结束。

## 2.2 亲鱼产卵孵化情况

2002年孵化80次,其中大部分为人工授精卵(60次),一部分(20次)自然产卵的情况。受精率为(44.03±21.99)%,孵化率为(65.76±19.48)%,共计获得苗种349.9万尾。分别对两种产卵方式的受精率、孵化率和得苗情况进行了统计,发现两种产卵方式的各项指标没有显著差异。

## 2.3 胚胎发育

在水温为20.5℃时,胚胎发育需要时间为49h,所需积温1005℃·h;在水温为22.5℃时,胚胎发育需要时间为39h,所需积温878℃·h;在水温为24.5℃时,胚胎发育需要时间为34h,所需积温833℃·h(表1)。

**受精卵** 鳗卵受精卵卵膜清晰,卵质透明,在盐度28的海水中悬浮于中上层,解剖镜下,可见胚盘和大量分裂球,证明此时卵子已受精,未受精卵卵膜皱折,卵质模糊、浑浊逐渐变成乳白色,不透明,在盐度28的海水中,全部沉底。受精卵为非粘性,圆形,卵径1.0~1.2mm,浮性卵;过熟卵及死卵则沉入水底。卵膜薄且表面光滑,无色透明,卵受精后受精膜举起出现卵周隙。卵黄均匀,具油球,油球6、7个至10多个(图版I-1)。

**卵裂与胚胎发育** 从表1可以看出,胚胎发育时间随温度的变化而不同,以下叙述均采用22.5℃左右的时间序列。

①**卵裂期:**鳗的卵裂方式与其他硬骨鱼类相同属于盘状分裂型。受精后42min胚盘形成,1h2min开始第1次卵裂,先是在胚盘中央出现裂痕,不断加深,裂痕两边逐渐分开,最后卵裂纵沟把胚盘均等地分裂成圆滑的2个分裂球(图版I-2)。受精后2h7min,在与第1次卵裂面的垂直线上出现纵沟,使每个卵裂球均等地一分为二,完成第2次卵裂,进入4细胞期(图版I-3);受精后3h3min开始第3次卵裂,在平行于第1次卵裂面、垂直于第2次卵裂面的两侧各出现1条分裂沟,最后分别将两侧各分为4个细胞。完成第3次卵裂后的卵裂球外观呈圆角状的长方形,规

则且对称地排列成2行,共8个细胞(图版I-4);受精后4h50min,发生第4次卵裂,在平行于第2次卵裂面、垂直于第1、3次卵裂面的两侧产生分裂沟,把8个细胞分割成16个细胞。其中央4个稍大,其余大致均等,规则地排成4列(图版I-5);受精后5h12min,发生第5次卵裂。这次卵裂完成后,细胞排列不甚规则,中央细胞稍大,最外层细胞大小均等,并围成一圈,显微镜下32个细胞可数;受精后5h28min,发生第6次卵裂,共产生64个细胞,细胞排列不规则,且大小不均等,显微镜下观察到明显重叠现象;受精后5h48min,发生第7次卵裂,细胞数目难以数清,胚盘外围细胞较中央细胞稍大,细胞排列极不规则。开始时外围细胞界限清楚,慢慢变得模糊不清(图版I-6)。

②**囊胚期:**卵裂继续进行,细胞数目不断增加,细胞也愈分愈小,层次也逐渐增多,形成胚层。受精后6h23min,胚盘慢慢升高,进入高囊胚期。此时,整个胚盘突起呈高帽状,表面粗糙(图版I-7)。此后,胚盘逐渐下降,受精后9h56min,胚盘覆盖在卵黄上,并形成囊胚腔,为低囊胚期(图版I-8)。这时胚盘边缘一带形的颗粒状卵黄多核体可见,胚盘的表面光滑。

③**原肠期:**胚层逐渐向植物极下包、扩展,在此过程中,使一部分囊胚细胞向胚盘内部卷入,受精后11h50min,卵黄被胚层下包了1/2,囊胚细胞内卷而形成不太明显的胚环,为原肠早期(图版I-9)。囊胚继续下包。受精后12h13min,囊胚层下包卵黄2/3,胚环已相当明显,胚环加宽、增厚,并在胚环上形成一个新月形的胚盾,进入原肠中期。受精后13h30min,囊胚层下包卵黄3/4,露出卵黄极少,形成卵黄栓。胚盾逐渐延伸,扩大成舌状,发育至原肠晚期(图版I-10)。

④**器官形成:**受精后20h51min,胚盘背面增厚,形成神经板。在显微镜下,神经板折光性较强,中央线内有一条圆柱状脊索(图版I-11);受精后23h,神经板较宽厚的前部膨大形成脑泡,而神经板尾部既窄又薄,可见胚体已有头、尾之分(图版I-12)。受精后28h,脑泡分化出前脑泡、中脑泡和后脑泡,尾芽也出现(图版I-13,14,15)。受精后32h,心脏已形成,脊索内神经管清晰可见。受精后33h19min,胚体开始间歇抽动,听囊内已形成折光性强的透明状晶体耳石(图版

I-16)。

⑤心脏跳动至仔鱼孵化:心脏位于胚体头下后方,受精后 37 h 12 min 开始搏动(图版 I-17)。起初搏动很微弱,逐渐变得快而有力。胚体抽动

较前一阶段频繁、剧烈。随着时间的推移,这样的抽动可导致卵膜破裂(图版 I-18, 19)。出膜时,胚体头部先破膜伸出(图版 I-20),然后尾部不断摆动,脱去卵膜。

表 1 不同水温下的鳗鲡胚胎发育所需时间

Tab. 1 The time of embryonic development of *A. japonica* in different temperatures

发育时期 developmental stage	受精后时间 time after fertilization		
	水温 20.5±0.5℃	水温 22.5±0.5℃	水温 24.5±0.5℃
受精 fertilization	0 h	0 h	0 h
胚盘形成 blastodisc formation	0 h 32 min	42 min	32 min
2 细胞 2- cell stage	2 h 22 min	1 h 2 min	1 h 2 min
4 细胞 4- cell stage	2 h 47 min	2 h 7 min	1 h 47 min
8 细胞 8- cell stage	3 h 50 min	3 h 3 min	2 h 30 min
16 细胞 16- cell stage	4 h 40 min	4 h 3 min	3 h 20 min
32 细胞 32- cell stage	5 h 3 min	4 h 50	3 h 50 min
64 细胞 64- cell stage	5 h 52 min	5 h 12 min	4 h 12 min
多细胞 stage of various cells	6 h 08 min	5 h 28	5 h 1 min
高囊胚期 high blastula stage	8 h	6 h 23 min	5 h 60 min
低囊胚期 low blastula stage	13 h 4 min	9 h 56 min	8 h 23 min
原肠初期 early gastrula stage	15 h 40 min	11 h 50 min	12 h 8 min
原肠中期 middle gastrula stage	17 h 10 min	12 h 13 min	14 h 3 min
原肠晚期 late gastrula stage	19 h 30 min	13 h 30 min	15 h 9 min
神经胚期 neurula stage	26 h 50 min	20 h 51 min	16 h 12 min
尾芽期 caudal bud stage	36 h 43 min	28 h 30 min	21 h 7 min
肌肉效应期 muscle differentiation stage	40 h 21 min	33 h 19 min	28 h 7 min
心脏搏动 heart beat stage	44 h 30 min	37 h 12 min	32 h 15 min
孵化出膜 hatching complete stage	49 h 5 min	39 h 10 min	34 h 5 min

## 2.4 仔鱼发育

刚孵化出的仔鱼全长为 3.1~ 3.7 mm。卵黄囊较大,体节 50 对左右(图版 II-1)。

第 1 天的仔鱼,体长达 4.1~ 4.6 mm。卵黄显著吸收,卵黄囊较其他海水鱼,显得很小。体节数,74~ 79 对。

第 2 天的仔鱼,体长达 4.6~ 5.2 mm。体节数,肛门前 50~ 52 对,肛门后 54 对。肠道与口接通,但与肛门尚未接通,口裂未形成,口吻部仍被口前膜包围。卵黄已被吸收很多。

第 3 天的仔鱼,体长达到 5.2~ 5.8 mm。体节数为 107~ 113 对,其中肛门前 50~ 52 对,肛门后 57~ 61 对。卵黄大部分吸收。口、肠道、肛门均已相通。眼色素尚未形成,眼球仍然为透明。口裂开始形成,牙齿原基开始形成,位置在头部下方,上下腭分化,可以微微起闭(图版 II-2)。

第 4 天的仔鱼,体长达 5.8~ 6.4 mm。卵黄极少。眼色素开始出现,晶体透明。上下颌可启闭,各有 4 对牙齿,第一对较长。胸鳍出现。

第 5 天的仔鱼,体长达到 6.5 mm。体节数为 112~ 114 对,其中肛门前 51~ 53 对,肛门后 61~ 63 对。眼全黑,牙齿发育迅速,位置仍在头部下方,

但已开始往前移,上下颌均可作起闭动作,咽部有吞咽动作。出现肝脏原基。

第 6 天的仔鱼,体长 6.6~ 6.7 mm。眼径很小,牙齿锋利,位置移向头部前方,油球很小,直径为 0.11 mm 左右。

第 7~ 9 天的仔鱼全长 6.8~ 7.0 mm,眼变大,充满黑色素。牙齿发育基本完成。位置已移到头部前方。

第 10~ 13 天的仔鱼,体长 6.8~ 7.5 mm,油球直径 0.015~ 0.035 mm 左右(图版 II-3)。

第 14~ 21 天的仔鱼,体长达 7.6~ 7.9 mm。体高明显增加。口次端位,上下颌各具 4 对齿,长而锋利,伸向斜前方(图版 II-4)。

## 2.5 仔鱼的游泳行为

刚孵化出的仔鱼头部向上悬挂于水上层,基本保持不动。1 日龄仔鱼绝大多数时间呈头朝上姿势,垂直悬挂于上层水面,几乎不游动,偶尔作短暂的直线运动。2~ 3 日龄仔鱼大多数时间呈头朝上的悬浮姿势,并慢慢下沉,至一定深度后再往上游,上升过程可进行一次或多次,随后又恢复头朝上的姿势,如此反复进行很少活动,但感觉灵敏,倘有物接近,即作急速窜泳。第 4~ 5 日

龄的仔鱼,能作鳗形游泳,静止时侧卧水底。对强光突然照射,能迅速逃避。第6天仔鱼活动能力较强,可见阶梯形的垂直方向游动,对抗水流能力也强。表现为突然的前冲运动,偶尔伴以间歇式水平运动,游泳时身体的后半部乃至整个身体都快速摆动,摆动幅度大。以后,随着个体的进一步发育,出现典型的鳗形游动,即所谓巡游;在摄食和受惊时出现巡游较多。14~21日龄仔鱼在微流水中,能不断游动,在静水中则经常沉于水底,完全是鳗形游泳。有时似有咬食动作。

## 2.6 仔鱼的摄食行为

7~8日龄仔鱼对饵料有明显的张口和闭口动作。9~11日龄仔鱼出现S型攻击,在攻击食物前身体弯成“S”型,然后迅速挺直身体前冲捕食。日本鳗鲡早期仔鱼虽然有时能见到这种典型的摄食行为,但对投喂的轮虫摄食成功率极低。12~21日龄仔鱼随着仔鱼发育,见极个别“咬食攻击型”。

## 3 讨论

### 3.1 关于鳗鲡的胚胎发育

研究鱼类胚胎和仔鱼的发育是鱼类早期生活史研究的重要内容之一,也是鱼类自然资源的繁殖保护和养殖业种苗培育的基础。本研究表明,池塘养殖鳗鲡的水温与胚胎发育总时间呈关系密切,呈负相关,在一定水温范围,水温与胚胎发育总时间呈负相关关系;池塘养殖鳗鲡胚胎发育与一般硬骨鱼类相似,与降海鳗鲡的胚胎发育相一致<sup>[10]</sup>。通过对胚胎发育各个时期的观察,随着温度的升高,孵化各阶段发育速度加快,但不同的阶段加快的速度并不是同等比例。具体考察囊胚期、原肠期、神经胚期、肌肉效应期、心脏搏动期与仔鱼孵出期6个胚胎发育阶段,随着温度的升高,心脏搏动至仔鱼出现搏动此阶段发育速度加快显著,其次为肌肉效应至心脏,而以囊胚期、原肠期与神经胚期出现至肌肉效应一段影响最小。这是因为孵化酶的分泌和作用主要受温度的影响。鱼类胚胎的孵化出膜主要靠两方面的作用:胚体的机械性收缩运动和孵化酶的作用。大多数鱼类的胚胎具有起源于外胚层的单细胞孵化腺,由其分泌孵化酶,使卵膜变薄。孵化酶的分泌和作用受温度的影响,随温度升高,酶的作用加强。

### 3.2 关于初孵鳗鲡仔鱼

日本学者于1970年冬首次对5尾雌鳗催熟和催产,并使1尾雌鳗排卵成功。1973年冬对2尾雌鳗催熟和催产成功,并孵出少数仔鳗<sup>[1]</sup>。中国学者对日本鳗鲡人工繁殖的研究始于上世纪70年代初,1974年上海水产学院等单位首次人工催产成功,并获得一批仔鱼。日本1979年仔鳗存活增至19d。截至1998年,仔鳗存活时间最高为24d,但仍未有向柳叶鳗过渡的迹象。王义强等<sup>[4]</sup>于1974年获得首批人工繁殖仔鳗,并存活140h。广东省水产研究所也于1975年获得少量人工繁殖仔鱼<sup>[10]</sup>。王义强等<sup>[4]</sup>于1975-1979年对鳗鲡进行人工繁殖研究,获得了大量仔鳗。2002年的孵化批次共80次,其中大部分为人工授精(60次),也有一部分(20次)自然产卵的情况。本试验鳗鲡的受精率为(44.03±21.99)%,高于日本(20%)的受精率<sup>[11]</sup>,与谢刚<sup>[10]</sup>的水平(50%)接近;本试验的得苗数量349.9万尾远远大于已有的报道<sup>[10-12]</sup>。本实验苗种平均存活天数仍未突破。据报道,日本学者在第一批人工繁殖仔鳗的培育中首次将仔鳗培育进入柳叶鳗阶段,存活时间长达253d,全长30mm<sup>[12]</sup>,主要通过采用以鲨鱼卵冷冻干燥粉末为主要成份的糊状饲料作为日本鳗鲡的育苗饲料,获得重大突破。

本文对池塘养殖鳗鲡的人工诱导产卵的研究,为今后的鳗鲡苗种产业化发展提供了可能。进一步的研究将集中在鳗鲡开口饵料研制及生态条件优化方面。

## 参考文献

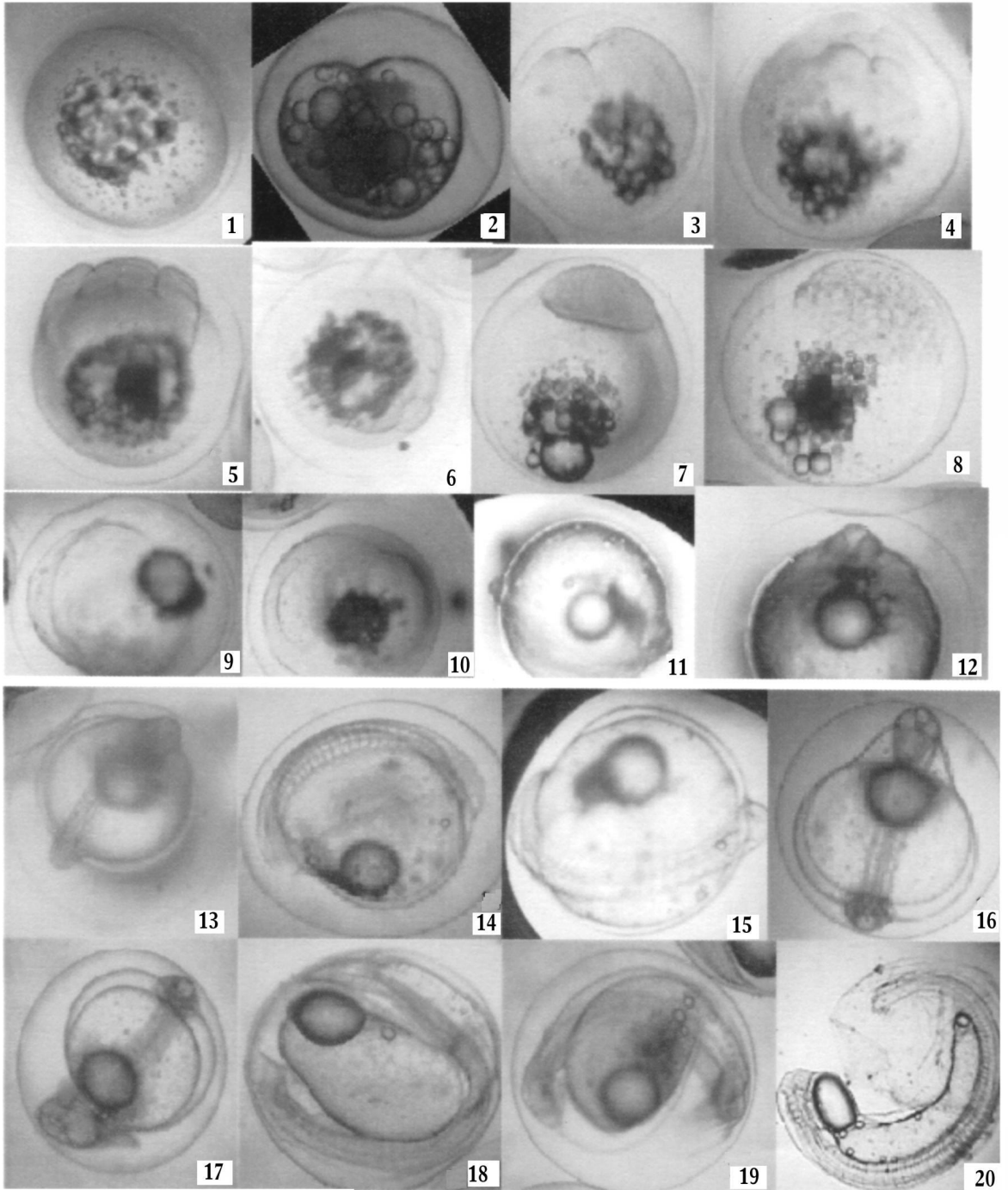
- [1] Yamamoto K, Yamauchi K. Sexual maturation of Japanese eel and production of eel larvae in the aquarium[J]. Nature, 1974, 251: 220-222.
- [2] Yamauchi K, Nakamura M, Takahashi H, et al. Cultivation of larvae of Japanese eel[J]. Nature, Lond. 1976, 263: 412.
- [3] Motonobu T, Yamashita K, Oka H P. A memoir on the hatched larva of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, from the adults matured artificially[J]. Bull Shizuoka Pref Fish Exp Stn, 1976, 10: 87-90.
- [4] 王义强, 赵长春, 施正峰, 等. 河鳗人工繁殖的初步研究[J]. 水产学报, 1980, 4(2): 147-156.
- [5] Ohta H, Kagawa H, Tanaka H, et al. Artificial induction of maturation and fertilization in the Japanese eel, *Anguilla japonica* [J]. Fish Physiology and Biochemistry, 1997, 17: 163-169.
- [6] Tachiki H, Nakagawa T. Induction of spawning in female cultured eel *Anguilla japonica* [J]. Bull Aichi Fish Res Inst, 1993, 1: 79-83.
- [7] 张合成. “九五”科技攻关计划渔业重点项目研究成果报告集, 农业部渔业局编[C]. 2002, 74-110.
- [8] 厦门水产学院. 河鳗的早期发育[C]. 水产科技文集, 1980(1): 122-125.
- [9] Hideki T. Early life history and prospects of seed production of the Japanese eel *Anguilla japonica* [M]. Kouzeisha-Kouseikaku,

Tokyo. 1996. 119- 121.

- [10] 谢 刚. 鳗鲡苗种人工繁育的研究概况及其展望[J]. 大连水产学院学报, 2001, 16(1): 42- 48.
- [11] Hirohiko K. Early life history and prospects of seed production of the Japanese eel *Anguilla japonica* [ M ]. Kouseisha-

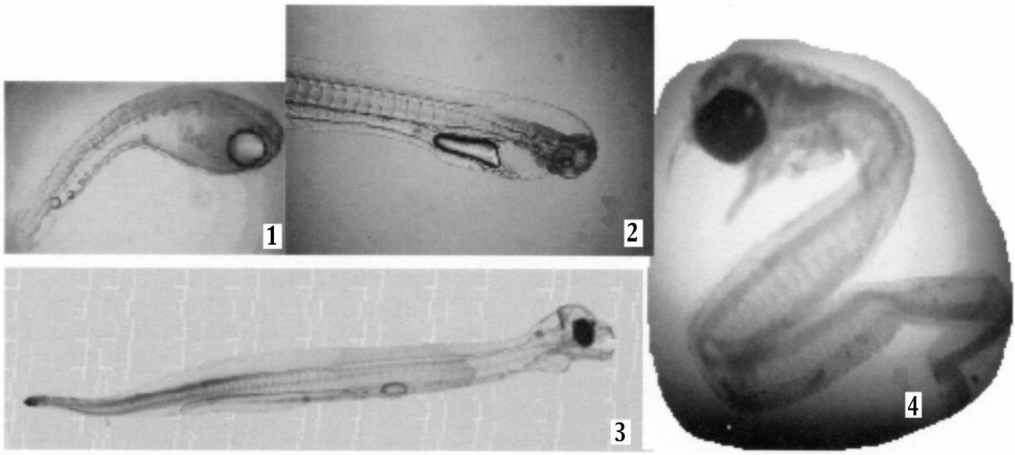
Kouseikaku, Tokyo. 1996. 93- 94.

- [12] Tanaka H, Ohta H, Kagawa H. Development of techniques for artificial induction of maturation and rearing larvae of Japanese eel[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 2000, 66: 623- 626.



图版 I Plate I

- 1. 受精卵, 胚盘形成; 2. 2细胞期; 3. 4细胞期; 4. 8细胞期; 5. 16细胞期; 6. 多细胞期; 7. 高囊胚期; 8. 低囊胚期; 9. 原肠早期; 10. 原肠晚期; 11. 神经胚期; 12. 胚体形成期; 13, 14, 15. 尾芽期; 16. 肌肉效应期; 17. 心脏搏动期; 18, 19. 出膜前期; 20. 孵化出膜
- 1. fertilized egg; 2. 2-cell stage; 3. 4-cell stage; 4. 8-cell stage; 5. 16-cell stage; 6. various cell stage; 7. high blastula stage; 8. low blastula stage; 9. early gastrula stage; 10. late gastrula stage; 11. neurula stage; 12. embryo developed stage; 13- 15. caudal bud stage; 16. muscle differentiation stage; 17. heart beat stage; 18- 19. pro-hatching stage; 20. hatching complete stage



图版 II Plate II

1. 初孵仔鱼; 2. 3天仔鱼; 3. 12天仔鱼; 4. 20天仔鱼

1. Newly born larva; 2. 3 day-old larva; 12 day-old larva; 4. 20 day-old larvae