

# Study on the Electricity Light of *Plecoglossus altivelis* According to Circulating Water Cultivation and Artificial Gather Eggs Technology

Jun Fang<sup>1</sup>, Shikeru Nemuto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou Zhejiang

<sup>2</sup>Fukui Prefectural Inland Waters General Center, Fukui-ken, Japan

Email: [hyj1206@126.com](mailto:hyj1206@126.com)

Received: Dec. 3<sup>rd</sup>, 2015; accepted: Dec. 17<sup>th</sup>, 2015; published: Dec. 24<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

To artificially control gonad development of *Plecoglossus altivelis*, water recirculating and electric lighting were used to cultivate sweetfish broodstock in surface comprehensive center of Fukui prefecture in 2011-2012. The result showed: 487 and 580 mature females, 108 and 131 males were obtained respectively. In 2011 and 2012, 3.17 and 3.51 million hatching larvae were gained using a wet artificial method in 2011 and 2012, with fertilization success of 95.30% and 80.67%, eyed eggs of 47.18% and 48.15%, and common hatching rate of 80.00%. This study shows the establishment and mature application of key technologies in artificially cultivating sweetfish broodstock. Fertilization rate, eyed larvae rate and hatching rate by artificial electric lighting are inferior to natural capture; however, it can solve the problem which brings many difficulties to natural capture, such as the instability of broodstock number and eggs collecting caused by climate and other natural conditions, and has advantages in artificially controlling breeding scale and time to carry out breeding plan in advance.

## Keywords

*Plecoglossus altivelis*, Electric Lighting, Natural Seafood, Artificial Seafood, Gonadal Index

---

# 香鱼电照循环流水养成及人工采卵技术研究

方 军<sup>1</sup>, 根本茂<sup>2</sup>

<sup>1</sup>浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州

<sup>2</sup>福井县内水面综合中心, 福井县, 日本

Email: hjy1206@126.com

收稿日期: 2015年12月3日; 录用日期: 2015年12月17日; 发布日期: 2015年12月24日

## 摘要

为研究通过人为控制香鱼性腺发育, 2011~2012年在福井县内水面综合中心开展了循环流水电照培养香鱼亲鱼试验。试验结果表明: 2011年和2012年通过循环流水电照培养获得成熟的雌性亲鱼487和580尾; 雄性亲鱼108和131尾。用干导法人工授精, 受精率95.30%和80.67%; 发眼率47.18%和48.15%, 孵化率均为80.00%, 获得孵化仔鱼317万和351万尾。本研究表明香鱼亲鱼在人工培养关键技术确立及成熟应用。人工电照培养亲鱼采卵的授精率、发眼率及仔鱼孵化率不如天然捕获亲鱼, 但是能解决天然亲鱼由于气候等自然条件原因造成亲鱼数量及采卵不稳定因素, 且具有人为控制育苗规模及提前开展人工育苗的优势。

## 关键词

香鱼, 电照, 天然海产, 人工海产, 性腺指数

## 1. 引言

香鱼(*Plecoglossus altivelis* Temminck et Sohlegel)为一种名贵的小型经济鱼类。是日本重要淡水鱼类种类, 它作为研究对象已经有100年以上的历史[1]。研究涉及香鱼生活史[2]; 朔河仔鱼分布[3]; 洄游习性[4]; 繁殖生物学[5][6]; 人工种苗发育及营养需求[7]; 分子遗传学[8]; 相关病害的研究[9]等等一系列基础性研究。香鱼其在日本早已成为一种重要的人工养殖和增殖鱼类, 至今其每年增殖、养殖产量保持在2万吨左右, 为日本淡水鱼产量之首[10]。香鱼在中国有文献记载已数百年, 目前中国国内为香鱼资源恢复, 开展了许多人工育苗和增殖放流等相关研究, 但是国内有关香鱼人工育苗所用亲鱼一般都采捕自河流, 数量较少且香鱼性腺发育成熟度同步性不强。笔者于2012年至2013年在日本福井县内水面综合中心开展了香鱼亲鱼培养、人工采卵及孵化技术、仔稚鱼培育、仔稚鱼基础性饵料培养、香鱼冷水病病害检测等工作。现将香鱼亲鱼电照养成及人工采卵技术研究报告如下。

## 2. 材料及方法

### 2.1. 循环流水及育苗基础设施

循环流水设施如图1。亲鱼养成池面积100 m<sup>2</sup>, 水深1.2 m。实际水量为90 t。养成池四周及池底用黑色油漆漆黑, 池底剩一条宽40 cm\*50 cm的白漆漆成的带, 用于观察鱼类生长及活动的情况。池底部四周像中央倾斜5%, 排水口设置于池底的中央, 排水口设置阀门及控制循环流水水位的装置、及设置防逃网的插槽。池内配有注水及充气(气石四个)的管道、即时水温测定探头。亲鱼养成池覆盖遮阴网调节光照。同时配备人工海水配水池, 过滤池、高位水池、加热、棕毛采苗器等设施。

### 2.2. 亲鱼来源

2011年的亲鱼来源于2010年福井县国家一级河川九头龙川天然野生香鱼产卵孵化培育而成的F1代

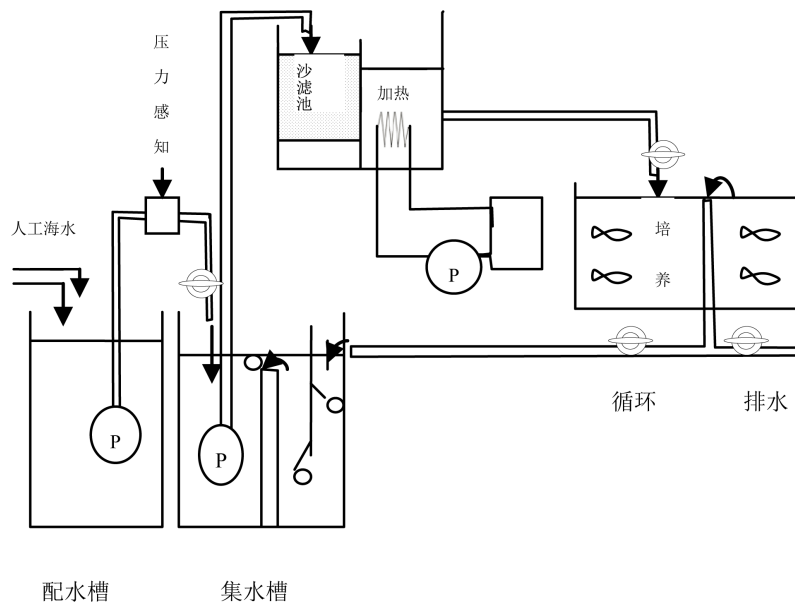


Figure 1. *Plecoglossus altivelis* youth training cycle diagram  
图 1. 香鱼稚鱼培养循环示意图

和 2011 年流刺网抓捕的天然亲鱼。2012 年的亲鱼来源于 2011 年天然野生香鱼产卵孵化培育而成的 F1 代和 2012 年抓捕的天然香鱼。

### 2.3. 天然海产、人工海产及湖产香鱼区别方法

福井九头龙川每年都有约 40,000~60,000 kg 的香鱼苗放流, 根据广岛大学大学院生物圈科学研究科的海野徹也(未发表)采用侧线上方横列鳞片数如图 2。下颚侧线孔数如图 3 所示, 根据鳞片数和下颚侧线孔数生物形态学和遗传分子相关性的研究相结合的区别方法对香鱼流刺网、垂钓的香鱼进行天然海产、湖产、人工海产来源加以区别。选择天然野生亲鱼也根据这一方法。

### 2.4. 亲鱼养成的方法

2011 年亲鱼选择上年产卵孵化培育 216 日龄平均体重 12.21 g, 2012 年亲鱼选择上年产卵孵化培育 201 日龄平均体重 14.37 g; 经过挑选健壮、检测无携带病菌的鱼苗各 9000 尾作为亲鱼来源。其中 6000 尾经过 30 天, 用 480 瓦每天 17:00~24:00 电光照促熟养成; 3000 尾自然养成。培育用水为地下淡水 DO 为 7.05~10.06、控制水温 17℃~20℃、水位 100 m、昼夜循环流水、循环流速控制在 0.6~1.0 L/s, 饲料投喂日配, 投喂率控制在 3.5%~4.0%。每 15~20 日龄取 45 尾测量体长、体重等生长指标。经过 90 日培养, 肉眼观察香鱼出现婚姻色。雌亲鱼腹部较膨大、松软, 生殖孔微红, 雄性轻微挤压腹部有部分精液流出。测量其性腺发育指数; 当雌性性腺指数值达到 30% 以上, 准备开始采卵及授精。

### 2.5. 采卵及人工授精方法

采卵的时间选择分别参考电光照养成亲鱼的性腺指数和天然野生香鱼的采卵时间; 同时对养成亲鱼的卵子进行镜检。

电光照亲鱼雌雄挑选, 雄性亲鱼选择个体大、活力良好, 轻微挤压腹部即有部分精液流出的个体。雌性亲鱼选择腹部柔和且大, 用干毛巾挤出卵子在解剖镜下镜检, 每种鱼类的卵质好坏评价方法不一, 香鱼的卵半透明、小型的油球均匀分布于卵子表明是优质卵[6]。

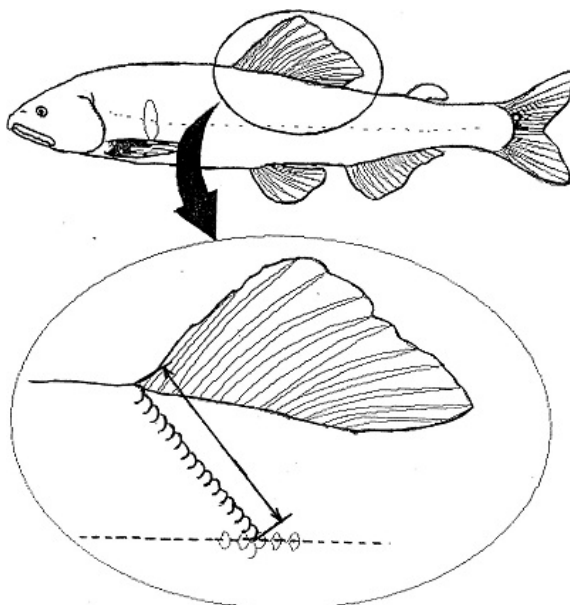


Figure 2. Above the lateral line of horizontal scales  
图 2. 侧线上方横列鳞片



Figure 3. Chin side holes  
图 3. 下颚侧线孔

人工授精采用干导法，用干毛巾将雄性鱼体表水份擦干挤压精液入烧杯中，每次取精液 10 ml，用 20 倍的森沢香鱼人工精浆[11]稀释，冷藏保存。选择镜检卵子发育优良的亲鱼，用干毛巾将鱼体表水份擦干，人工挤压卵子入白瓷钵内，水分及血液杜绝进入收集的卵子中，卵巢最后的卵子舍弃不用。每次挤压卵子 150 g，同时取 0.05 g 的卵子进行计数。在收集的卵子中加入人工精浆 10 ml，用羽毛轻轻搅拌 1~2 分钟，使精卵充分混合。每次人工授精完成取少许授精卵在水中受精并附着于载玻片悬挂于孵化池中进行受精率、附着率、发眼率、孵化率的计数。人工授精过程中避免太阳直射。

森沢香鱼人工精浆成份组成为：1000 ml 蒸馏水、7.60 g NaCl、0.84 g KCl、0.8 g CaCl $\cdot$ 2H $_2$ O、0.12 g MgCl $\cdot$ 6H $_2$ O、1.68 g NaHCO $_3$ 。注意应先溶解 NaHCO $_3$ ，以调节人工精浆的 pH 值。

## 2.6. 受精卵附卵及孵化

在人工授精卵中舀一勺(4~5 g)放入 10 L 的地下水中进行受精, 用棕毛附着器来回搅拌 7~8 次, 使受精卵均匀附着棕毛上, 完成附着。附着卵的棕毛悬挂于孵化池进行孵化, 每 150 g 受精卵, 悬挂 40~44 串棕毛附着器, 每串附苗器大约附着 8450~10,750 粒受精卵。孵化池水温 17℃~19℃、DO 7.05~10.06。

## 2.7. 试验鱼的数据测定及计算

全长测量用游标卡尺, 体重测量用药物天平精确到(0.01 g)。性腺指数(GSI) = (生殖腺重量/体重)\*100, 所测体重和全长数据用方差分析 F 检验。

## 3. 结果

### 3.1. 亲鱼培养

人工繁育的香鱼苗在室内经过周年养殖, 可用于育苗生产。图 4、图 5 表示 2011 年香鱼苗在 6 月开始, 238 日龄香鱼亲鱼经过电照处理 30 天的电照组和自然养殖组体重和全长生长情况。图 6、图 7 表示 2012 年香鱼苗在 6 月 201 日龄的香鱼亲鱼在经过电照处理 30 天的电照组和自然养成组体重和全长得生长情况。

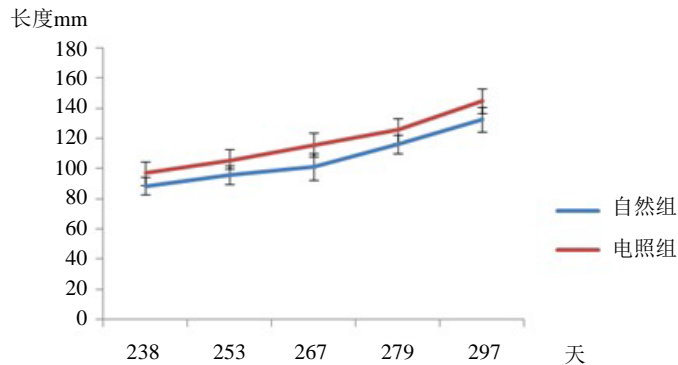


Figure 4. The full-length of *Plecoglossus altivelis* of electric lighting group and natural control group fish in 2011  
图 4. 2011 年电照组与自然组鱼体全长情况

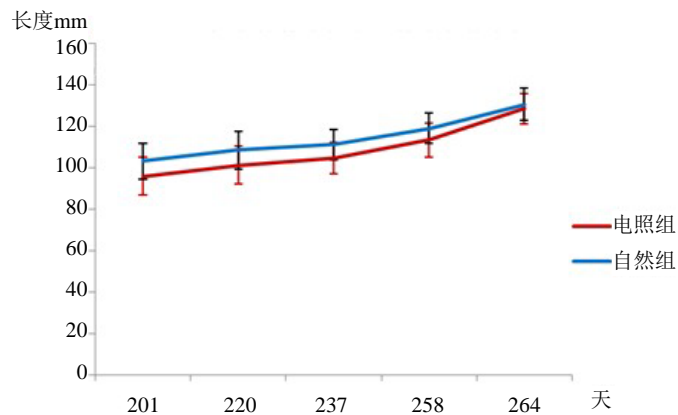


Figure 5. The full-length of *Plecoglossus altivelis* of electric lighting group and natural control group in 2012  
图 5. 2012 年电照组与自然组鱼体全长情况

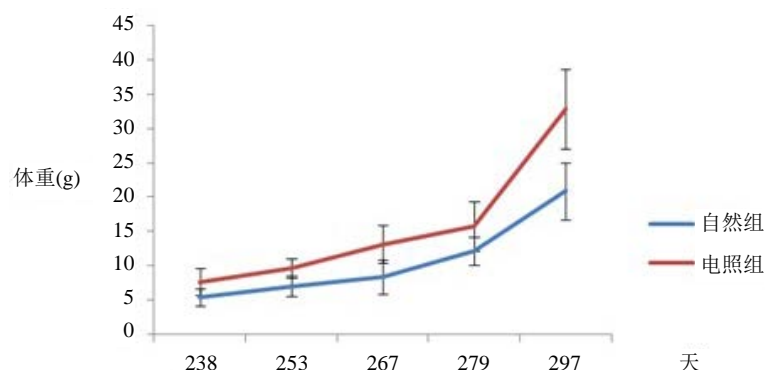


Figure 6. The body weight of *Plecoglossus altivelis* of electric lighting group and natural control group in 2011

图 6. 2011 年电照组与自然组鱼体体重情况

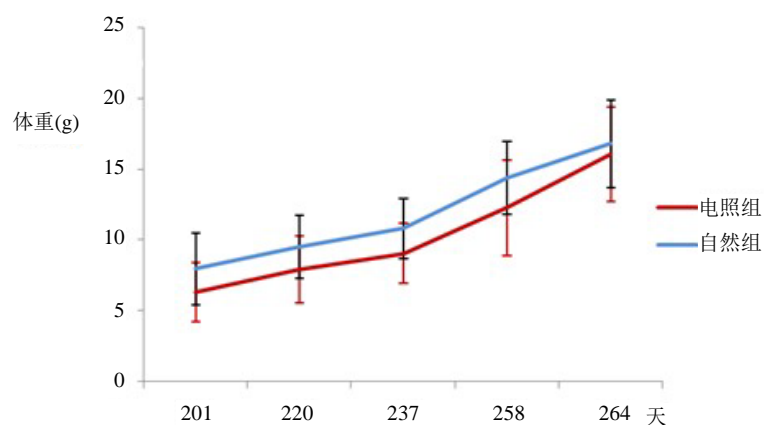


Figure 7. The body weight of *Plecoglossus altivelis* of electric lighting group and natural control group in 2012

图 7. 2012 年自然养成与电照养成鱼体体重

30 天的电照组和自然养成组全长的生长情况。结果表明：从图 4 和图 5 所示，电照处理和自然养成的亲鱼在全长得生长情况相差不大，经过两个月的养殖，全长都是从 85 mm 生长到 138 mm 左右。根据所测的数据运用方差分析， $F_a = 1.0479$ ， $F_{0.05} = 4.07$ 。因为  $F < F_{0.05}$ ，即 2011 年电照组和自然养成亲鱼体长差异不显著。2012 年电照组和自然组体长方差分析 F 检验， $F_a = 1.5868$ ， $F_{0.05} = 4.07$ 。因为  $F < F_{0.05}$ ，即差异不显著。

方差分析 F 检验， $F_a = 85.7591$ ， $F_{0.05} = 4.02$ 。因为  $F > F_{0.05}$ ，表明 2011 年电照组和自然养成体重差异显著。从图 6 所示：2011 年电照处理组在电照开始时的 30 日龄内电照组香鱼体重从 7.68 g 增加到 13.14 g，增长率为：71.1%；自然组体重从 5.44 g 增长到 8.36 g，增长率为 53.7%。而到香鱼 267 日龄电照结束后，在相同的培养条件下电照组增重率达到了 149.8%，自然组为 149.6%。

2012 年电照组和自然养成组方差分析 F 检验， $F_a = 95.9575$ ， $F_{0.05} = 4.02$ 。因为  $F > F_{0.05}$ ，表明 2011 年电照组和自然养成体重差异显著。如图 7 所示 2012 年电照开始时电照组体重增长率为：43.2%，自然组为 28.0%；电照结束后，在相同条件下 30 天培养电照组增重率为：77.8%，自然组增重率为：39.4%。结果表明：电照开始香鱼摄食增加，但是和自然养殖的相比体重增加不是很明显，随着电照处理结束，电照组亲鱼的体重比自然组要增加明显。分析认为随着电照时间增加，香鱼摄食时间增长，摄食量加大，摄食营养体现在香鱼自身体重的增加，而香鱼的体长增长不明显。

### 3.2. 香鱼性腺发育

如图 8 所示, 2011 年香鱼采卵前测定的雌性亲鱼性腺指数(GIS)表明: 电照组亲鱼和自然养成组雌性性腺发育有显著性差异。电照亲鱼性腺发育明显比自然养成组发育要好, 电照亲鱼的性腺指数都达到了 30% 以上, 而自然组确在 30% 以下。同时也显示了香鱼电照培养后体重的增加主要表达在性腺的发育上, 有利于卵子发育和同步性。

如图 9 所示, 2011 年雄性性腺指数表明, 电照亲鱼和自然养成的雄性性腺发育有显著性差异, 电照组的性腺发育明显比自然养成的发育迟。电照组的性腺指数在 10% 以下, 而自然养成组的性腺发育指数在 10% 以上。电照处理对显然对雄性的性腺发育产生了抑制作用。

### 3.3. 2011 年、2012 年采用电照亲鱼和自然养殖亲鱼利用数、采卵数、受精率、发眼率、孵化率、孵化仔鱼数

如表 1 所示: 2011 年和 2012 年所采用的亲鱼, 一部分为上年人工育苗的苗种经过电照处理, 一部分为福井九头龙川河流里采捕获得。从表中可以看到 2011 年和 2012 年电照亲鱼雌性采用数量相差不大, 分别为 487 尾和 580 尾, 这表明人工促熟方法都可以保证生产的需求。而天然获得的亲鱼数量 2011 年比 2012 年多一倍。这源于天然采捕香鱼亲鱼数量受水环境、天气条件等自然因素和人为因素影响较大, 每年获得的亲鱼数量变化较大。单纯靠天然采捕香鱼获得授精卵用于生产, 风险较大。虽然天然获得亲鱼在受精率、发眼率、孵化率等关键数据明显高于电照亲鱼, 如天然香鱼的受精率在 96.95% 至 100%; 孵化率在 85.67% 以上。而电照香鱼的受精率为 80.67% 至 95.30%, 孵化率在 80% 以上。但是在 2011、2012 年采用电照亲鱼分别获得 317 万和 353 万孵化仔鱼, 而采用天然香鱼只有获得 154 万和 50 万的孵化仔鱼。

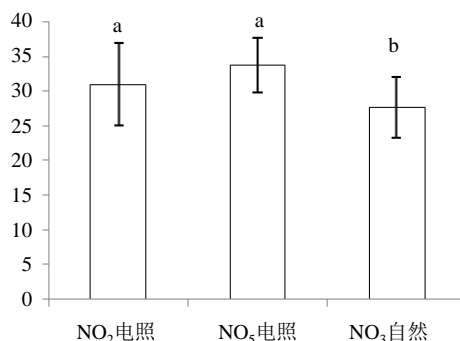


Figure 8. The gonadal index of *Plecoglossus altivelis* females in 2011  
图 8. 2011 年香鱼雌性亲鱼性腺指数

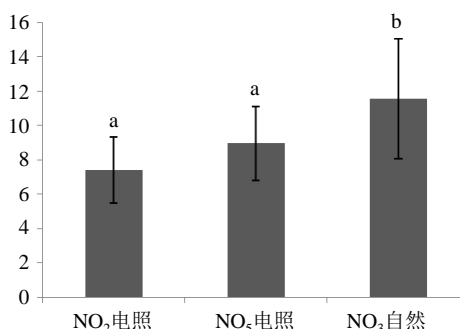


Figure 9. The gonadal index of *Plecoglossus altivelis* females in 2012  
图 9. 2012 年香鱼雌性亲鱼性腺指数

**Table 1. Eggs collecting and hatching in 2011-2012**  
**表 1. 2011~2012 年采卵及孵化情况表**

亲鱼由来	2011 年		2012 年	
	电照	天然	电照	天然
采用♂尾数	108	68	131	24
采精后♂平均体重(g)	39.47 ± 5.94	70.70 ± 0.00	38.73 ± 2.80	122.60 ± 0.00
采用♀尾数	487	62	580	25
采卵后♀平均体重(g)	35.38 ± 3.17	52.58 ± 3.84	35.85 ± 2.87	70.8 ± 2.73
采卵总重量(g)	3984.43	758.87	4790.31	360.73
使用卵总重量(g)	1589.85	755.26	4768.4	358.03
受精率(%)	95.30 ± 2.62	100 ± 0.00	80.67 ± 22.21	96.95 ± 0.49
瞪眼率(%)	47.18 ± 16.11	96.45 ± 2.15	48.15 ± 25.07	68.37 ± 7.79
瞪眼卵数(N)	3,971,435	1,731,302	4,622,776	583,765
孵化率(%)	80.00 ± 0.00	89.30 ± 5.39	80.00 ± 0.00	85.67 ± 6.43
孵化仔鱼数	3,177,148	1,546,692	3,530,976	500,111

## 4. 讨论

### 4.1. 亲鱼培养

日本福井县内水面综合中心开展香鱼亲鱼人工培养从 1982 年开始, 已经有 30 多年的历史, 山梨县香鱼的亲鱼培养已经繁育了近 100 代。人工海水苗种通过电照培养亲鱼能够获得计划内的受精卵, 而天然采捕香鱼亲鱼由于受条件的限制增加了不稳定的因素, 同时单单通过电照人工培养亲鱼, 又会造成香鱼遗传因子退化, 因此每年还需要补充天然海产亲鱼的采卵作业。国内柳学周[12]等陆续开展了半滑舌鳎的亲鱼培养及采卵技术研究。史会来[13]等开展了黄姑鱼亲鱼培育及产卵技术研究。郑春静等[14]开展了大黄鱼亲鱼培育及人工授精技术研究。李明云等[15]开展了鲢鱼亲鱼培育及人工繁殖研究。潘丽萍[16]开展了香鱼人工育苗饵料系列及投喂技术研究, 单乐州[17]等开展了香鱼海水养殖的初步研究。在国内还未开展过香鱼人工苗种培育亲体及采卵技术研究。目前国内香鱼资源量日趋减少, 开展亲鱼培养及采卵技术是香鱼资源恢复行之有效的手段。福井通过人工香鱼亲鱼培育及采卵技术每年对香鱼一定数量苗种放流, 对香鱼资源的恢复具有非常大的意义。

### 4.2. 天然海产香鱼及人工海产香鱼、湖产香鱼的区别

根据日本广岛大学院生物圈科学研究科海野徹也(未发表)对天然海产香鱼、人工海产、湖产香鱼 DNA 遗传分析; 耳石中 sr/ca 生化分析; 耳石形状、日龄轮数、下颞侧腺孔数、侧线上方鳞片数、脊椎骨数、胸鳍、腹鳍、背鳍等形态指标等相关性研究。从香鱼亲鱼的形态性状分析结果表明侧线上方鳞片数、上颞侧腺孔数与耳石 sr/ca 比和香鱼 DNA 有较高的相关性; 且香鱼上方鳞片数在稚鱼 110~133 日龄、全长 60 mm 时已确定; 下颞侧腺孔数在 60 日龄确定且不变。根据统计数据进行相关性研究结果得出: 关于侧线上方鳞片数, 天然海产范围在 15~21 片, 人工海产在 12~17 片, 琵琶湖产在 15~21 片。15 片以下为人工海产, 17 片以上为天然海产香鱼的判定方法有效性较高。下颞侧腺孔(左右)数人工海产在 0~5 个范围, 天然海产在 3~6 个范围, 天然湖产在 2~5 个范围内; 同时天然海产一般左右呈 4 对, 出现的概率在 90% 以上。而人工海产一般左右不呈对; 出现 4 对的概率在 10%~75% 之间。



### 4.3. 香鱼电照亲鱼性腺发育

1961年, 白石芳一等[18]研究了光周期对香鱼成熟的影响。根据2011年和2012年对香鱼亲鱼电照培养, 我们发现电照培养一般在6月份开展, 这是根据夏天日照时间长, 我们在17:00~24:00根据光照对香鱼的摄食生态影响, 通过延长电照时间改变香鱼的摄食行为。结果表明香鱼摄食时间增长, 但是香鱼体长增加不显著, 而体重确有明显的增加。通过对香鱼的性腺指数分析表明香鱼的摄食宜于雌性性腺的发育, 虽然由于养殖密度和饵料投喂等因素影响了个体间的性腺发育, 这种性腺促熟跟天然采捕的性腺发育不能相比是因为天然香鱼卵子在受精率及发眼率和孵化率明显高于人工促熟的亲鱼, 但是还是能通过这种方法提前获得足量采卵亲鱼, 因此可以提早10天时间进行香鱼采卵, 从而使孵化仔鱼在适宜的温度下生长, 减少了能源的浪费, 同时又能按照指定计划保证香鱼孵化仔鱼的数量。

### 致 谢

本研究得到了福井县内水面综合中心岩谷芳自所长和山田洋雄主任研究员悉心指导及大量日文文献资料提供等帮助, 在此笔者表示深深地感谢。

### 参考文献 (References)

- [1] 八木佑太, 美藤千惠, 舟越徹, 等. 土佐湾沿岸域におけるアユ仔魚の分布および食性[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 2006, 72(6): 1057-1067.
- [2] 高橋勇夫. 四万十川河口域におけるアユの初期生活史に関する研究[Z]. 高知: 高知大海洋研セ報, 2005.
- [3] 田子泰彦. 富山湾の河口域およびその隣接海表層におけるアユ仔魚の出現. 分布[Z]. *日水誌*, 2002.
- [4] 本贖己, 望月賢二, 大竹二雄, 等. 河口水域におけるアユ仔魚の分布. 洄游. 成長[Z]. *水産土木*, 1989.
- [5] 近藤啓, 伏見徹. アユ親魚養成と採卵試験[Z]. 広島: 広島県淡水魚指導所調査研究報告, 1971.
- [6] 酒井清. 魚類の成熟と産卵-その基礎と応用[Z]. 日本水産学会編, 1973.
- [7] 岩谷芳自, 安田政一, 松崎賢. 人工アユ種苗にみられた尾鰭下葉の変形[Z]. 高知: 高知内水面漁連, 1989.
- [8] 谷口順彦. アユの一生, その生活史[J]. 高知: 高知内水面漁連, 1989.
- [9] アユ疾病対策協議会. アユ疾病に関する防疫指針[Z], 2011-12.
- [10] 陈少波, 单乐州, 仲伟, 等. 香鱼工厂化养殖和窒息点试验[J]. *台湾海峡*, 2002, 21(3): 300-304.
- [11] 余語 滋. 人工精漿を使用したアユの採卵方法の検討[Z]. 新潟: 新潟県漁業振興協会, 2008.
- [12] 柳学周, 孙中之, 马爱军, 等. 半滑舌鲷亲鱼培育及采卵技术研究[J]. *海洋水产研究*, 2006, 27(2): 25-32.
- [13] 史会来, 楼宝, 毛国民, 等. 黄姑鱼亲鱼培育及产卵技术研究[J]. *水产养殖*, 2011, 11: 8-10.
- [14] 郑春静, 吴雄飞, 蒋宏雷, 等. 大黄鱼亲鱼培育及人工授精技术研究[J]. *中国水产*, 2006, 7: 86-87.
- [15] 李星云, 郑忠明, 竺俊全, 等. 鮠鱼亲鱼培育及人工繁殖研究[J]. *水产科学*, 2005, 24(9): 32-34.
- [16] 潘丽萍. 香鱼人工育苗饵料系列及其投喂技术[J]. *福建水产*, 2006(2): 74-75.
- [17] 单乐州, 陈少波, 邵鑫斌. 香鱼海水养殖的初步研究[J]. *现代渔业信息*, 2007, 22(12): 15-17.
- [18] 白石芳一, 武田達也. アユの成熟に及す光周期の影響[J]. *淡水研報*, 1961, 11: 69-91.