

农业部渔业局鳎鱼资源保护管理工作调研座谈会

材料汇编



上海海洋大学

二〇一二年六月十三日

目 录

第一部分 上海海洋大学河鳗人工繁殖与资源管理概况

第二部分 上海海洋大学鳗鱼人工繁殖研究工作汇报

第三部分 中国鳗鲡目鱼类多样性及资源生物学上的研究工作

第四部分 知识产权情况

汇报材料

第一部分 上海海洋大学河鳗人工繁殖与资源管理概况

吴嘉敏

鳗鲡常称为河鳗，鳗鱼，鳗鲡，学名为日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*)，是亚洲最重要的洄游性鱼类之一，也是我国重要的经济鱼类。由于鳗鲡生活史的特殊性，河鳗亲鳗在淡水中性腺不能自然成熟，即使养在海水中也同样如此。这与一般的鱼类相比，进行人工繁殖的难度倍增。可以这样认为，河鳗人工繁殖是世界经济鱼类中最难攻克的人工繁殖研究课题之一。这个问题解决了，其他经济鱼类的人工繁殖应该比较容易突破。所以河鳗人工繁殖不仅客观生产有需要，而且在学术上有很大的意义。近年来，掠夺式的捕捞方式以及近海水域环境的恶化导致了自然界鳗苗资源的严重衰退，因此，开展日本鳗鲡人工繁殖相关的研究显得越来越有必要；同时也应加强鳗鱼资源管理，严厉打击鱼苗走私，保护好鱼苗洄游通道生态环境，并展开鳗鱼亲鱼放流的可行性研究。

一、 我校历史上曾经获得河鳗人工繁殖的初步成功

在上个世纪 70 年代，我校执行了农业部河鳗人工繁殖项目，项目负责人李元善，实际执行人赵长春、施正峰、王义强、张克俭、杨叶金(福建省水产研究所)。研究工作从 1973 年 1 月至 1980 年 6 月，历经 8 年。当时，科研经费投入相对较少，实验条件和实验手段比较落后，即便如此，经过课题组几年的努力，“河鳗人工繁殖研究”还是取得了很大成绩，在有些方面处于国际先进水平。

课题组在试验初期曾多次采用人工受精法获取受精卵，但因存在时机把握难、受精率低等弱点而终止。后来实验设计全部采取池塘内自行产卵、受精，课题组人员曾数次观察到雌雄亲鳗追逐产卵的情景和动作。这应该是人类对鳗鱼产卵过程的首次实际观察。

课题组采用家鱼人工繁殖使用的孵化桶孵化河鳗受精卵。由于河鳗受精卵有数十个油球，后逐步集中成一个。它的比重很小，孵化效率更高。故采用孵化桶

孵化河鳗受精卵是行之有效的，但要控制水交换量。

课题组观察并记载了河鳗胚胎发育和孵出后 9 天内的仔鱼发育形态。第 19 天，仔鳗仅成活 4 尾，其中 1 尾已有损伤，因此决定牺牲 1 尾健康仔鳗，进行显微摄影，使形态保持良好的照片得以留存。另 2 尾仔鳗在成活第 21 天时死亡。这是当时世界最长记录，并保持了近 20 年之久，至今仍有深远影响。

二、 近三年我校在河鳗资源保护和人工繁殖方面取得了新的进展

2008 年开始，我校承担了上海市科委重点项目及国家自然科学基金等项目，开展河鳗人工繁殖和资源保护的研究。经过三年的艰苦努力，成功获得了大量初孵仔鱼，并在鳗鱼资源保护方面开展了基础研究，取得了一系列成果。

- 1) 2011 年 6 月 4 日，通过人工授精获得鳗鲡受精卵 55 万粒，受精率 33%，6 月 5 日孵出鱼苗 11 万尾；2011 年 6 月 12 日，鳗鲡自然产卵获得受精卵 90 万粒，受精率 96.4%，获得数十万日本鳗鲡初孵鱼苗。2011 年 6 月 13 日，上海海洋大学组织专家在上海市水产研究所苗种技术中心召开了“长江河口洄游性鱼类保育与利用研究”（鳗鲡人工繁殖部分）现场验收会，专家组实地观察了实验池现场，验证了课题组人工催熟 165 尾，获得性成熟亲鳗 146 尾。除此之外，项目组在 2009 年通过人工催熟获得 120 尾亲鳗，并分别获得了成熟的卵子和精子。
- 2) 利用国内相关单位 60 多年来采集收藏的大量鳗鲡目鱼类标本，采用全形态学的概念和技术手段，厘清中国鳗鲡目鱼类的种类及其分类变动。在基本摸清物种资源家底的基础上，选取日本鳗鲡这一代表种，采用质子激发荧光分析（PIXE）等先进方法，分析其耳石的微结构和微化学组成，揭示其行为生态和生活史规律。
- 3) 厘定出目前我国鳗鲡目鱼类有 12 科 55 属 135 种，约占世界已知鳗鲡目总种数的 15.9%。其中有 3 新种，1 新记录属，1 新记录种。中国鳗鲡目有 22 个特有种，约占其总种数的 16.3%。地理分布主要在东海以南的亚热带和热带海区，只见于南海的种类比较多，有 90 种，占中国已知鳗鲡目鱼类的 65.9%；仅见于东海的有 25 种，占 17.8%。项目研究获得的成果，有利于渔业资源的保护和利用，为物种优先保护和渔业管理提供了基础。

- 4) 申报专利 4 项,其中发明专利 1 项,已受理 1 项;申请实用新型专利 3 项,已授权 3 项。已经发表研究论文 18 篇,参加国际会议 2 次。
- 5) 在大洋山建立了面积为 1600 平米的海洋生态环境监测站,鳎亲鱼培育池 4 个,面积 200 平米,室内养殖系统 4 套,孵化桶 10 个。
- 6) 项目支持 4 名青年教师参加课题的研究,其中一人获得上海市青年科技启明星,进入了上海市科委人才培养梯队;培养博士生 1 名,硕士生 11 名,22 名本科生完成了本科毕业论文。

三、 我校具有支撑河鳎繁殖和资源保护研究的能力

我校是国内水产专业设置最齐全、建有农业部淡水水产种质资源重点实验室、水产种质资源发掘与利用省部共建教育部重点实验室、农业部渔业动植物病原库、国家级水产科学实验教学示范中心、上海市水产生命实验教学示范中心、水域生态环境上海市高校工程研究中心等学科平台。水产学科涵盖水产养殖,遗传育种,营养与饲料,鱼类学,水生生物学等学科门类,为开展河鳎人工繁殖和资源保护提供了支撑。学校计划投资加强大洋山基地建设,为鳎鱼人工繁殖提供硬件支撑。

我校已获得了大量日本鳎幼苗,成为世界上少数几个能人工繁殖获得仔鱼的单位。然而,鳎的人工繁殖是一个世界性难题,提高日本鳎亲鱼的催熟率、以及幼鱼的成活率,开发幼鱼的开口饵料,都是下一步的攻关内容。由于我国每年鳎苗总的需求量约 100 吨,其中往年从欧洲进口欧洲鳎苗约 40 吨,沿海收集日本鳎苗约需要 60 吨。然而,欧洲已经把欧洲鳎列为濒危物种,禁止捕捞和流通,这使得我国鳎苗需求形成了很大的缺口,直接导致日本鳎鱼苗的价格迅速攀高,到 2012 年初,每尾牙签大小的玻璃鳎价格已高达 42 元,成为名符其实的“软黄金”。由此可见,实现日本鳎人工繁殖的突破更加迫在眉睫。日本经过近半个世纪、坚持不懈的攻关,在对鳎产卵场生态环境进行调查的基础上,终于于本世纪初完成了日本鳎全人工繁殖。这对我国鳎产业形成了挑战,同时也是我国开展日本鳎研究的一种机遇,对我国日本鳎人工繁殖技术突破提供了一种后发优势。今后将继续争取资源,为真正实现日本鳎全人工繁殖继续努力。

第二部分 上海海洋大学鳗鱼人工繁殖工作汇报

刘利平

2008 年, 我校获得上海市科委项目资助, 对长江口洄游性鱼类鳗鲡和刀鱼进行繁殖和资源管理研究。经过 3 年时间的刻苦攻关, 取得了初步成果。

2011 年 6 月 4 日, 通过人工授精获得鳗鲡受精卵 55 万粒, 受精率 33%, 6 月 5 日孵出鱼苗 11 万尾; 2011 年 6 月 12 日, 鳗鲡自然产卵获得受精卵 90 万粒, 受精率 96.4%, 获得约 80 万初孵鱼苗。次日, 上海海洋大学组织专家在上海市水产研究所苗种技术中心召开了“长江河口洄游性鱼类保育与利用研究”(鳗鲡人工繁殖部分) 现场验收会, 专家组实地观察了实验池现场, 验证了课题组人工催熟 165 尾, 获得性成熟亲鳗 146 尾。除此之外, 项目组在 2009 年通过人工催熟获得 120 尾亲鳗, 并分别获得了成熟的卵子和精子。

一、河鳗人工繁育的最新研究进展

日本鳗鲡是亚洲最重要的洄游性鱼类之一, 也是我国重要的经济鱼类。由于日本鳗鲡生活史的特殊性, 其人工繁殖成为世界难题, 人工养殖的苗种一直靠天然捕捞供给。近年来, 日本鳗鲡的人工繁殖得到了更广泛关注, 其中日本结合远洋生态调查及鳗鲡繁殖生物学的基础研究, 在繁殖技术及育苗技术方面取得了一系列显著成果。2010 年, 日本水产综合中心(JFAR) 宣告日本鳗鲡全人工繁殖成功。本文综述了目前日本鳗鲡繁育方面的最新研究成果, 对雌雄日本鳗鲡亲本选择, 人工催熟催产技术, 仔鳗的饵料开发, 培育装置及方法等方面进行概述, 以期为国内日本鳗鲡的人工繁殖研究提供参考资料。这一综述发表在 2011 年 4 月《水产科技情报》上。

二、外源激素诱导河鳗性成熟过程中卵巢氨基酸的组成及变化

在人工催熟日本鳗鲡过程中, 测定了不同时期日本鳗鲡卵巢中氨基酸的组成, 比较分析了不同卵巢发育阶段的氨基酸含量及其变化。结果表明, 84 天的注射过程中, 实验组的性腺逐渐成熟, GSI 显著升高, 第 12 针催产前时达到 $(52.93 \pm 2.09)\%$, 卵巢为第 V 期; 而对照组性腺发育系数一直在 $(2.42 \pm 0.18)\%$, 一

直停留在第 I 和第 II 期。实验组卵巢中牛磺酸含量不断下降，由 I，II 期 $0.217 \pm 0.040 \text{ mg/100g}$ 到 IV、V 期的 $0.102 \pm 0.045 \text{ mg/100g}$ ；对照组含量基本维持均衡 $0.024 \pm 0.057 \text{ mg/100g}$ 。实验组总氨基酸的含量在 III 期开始上升，在 IV、V 期时维持同等水平；总必需氨基酸含量的变化情况与总氨基酸含量保持一致，其比例平均为 $(48.633 \pm 0.913) \%$ 。I、II 期卵巢中氨基酸含量高依次为 $\text{Glu} > \text{Asp} > \text{Lys} > \text{Leu} > \text{Arg} > \text{Gly} > \text{Pro}$ ；III 期为 $\text{Glu} > \text{Asp} > \text{Leu} > \text{Lys} > \text{Pro} > \text{Arg} > \text{Gly}$ ；IV、V 期卵巢中氨基酸中含量高依次为 $\text{Glu} > \text{Asp} > \text{Leu} > \text{Lys} > \text{Arg} > \text{Gly} > \text{Val}$ ，其组成随性腺发育阶段的不同而有显著差异。对照组停留在 I、II 期含量在变化后最后稳定依次为 $\text{Glu} > \text{Asp} > \text{Lys} > \text{Leu} > \text{Arg} > \text{Gly} > \text{Pro}$ 。这一研究结果拟投到《中国水产科学》。

三、鲤鱼脑垂体和 HCG 诱导雌性河鳗性腺成熟过程中钙磷变化的初步研究

将卵巢处于第 II 期的雌性河鳗 (*Anguilla japonica*) 随机分成四组，即恒量注射激素组、梯度注射激素组、对照组（注射生理盐水）和空白组；恒量组和梯度组注射鲤鱼脑垂体和 HCG，且激素总量一致。检测河鳗发育过程中性腺、骨骼、肝脏、肌肉和血液中钙和磷含量的变化。结果表明，注射激素的雌鳗卵巢中的钙、磷含量逐步升高，血清中钙、磷含量先降后升；骨骼中钙、磷含量明显低于对照组和空白组 ($p < 0.05$)，肝脏中钙明显升高，磷含量无显著变化。当卵巢发育到第 V 期时，恒量组和梯度组河鳗的性腺、骨骼、肝脏、肌肉和血液中钙磷含量无明显差异 ($p > 0.05$)。血清钙、磷含量先下降，然后骨骼中钙、磷也开始下降同时血清和性腺钙、磷升高。表明河鳗的卵巢发育先动用血液中的钙、磷，然后骨骼中的钙、磷通过血液转移到性腺，为雌性河鳗的卵巢发育提供了物质基础。这一结果已在《湖南师范大学自然科学学报》2011 年第 6 期发表。

四、鲤鱼脑垂体和 HCG 诱导雌性河鳗(*Anguilla japonica*)性腺成熟过程中血清生化成分的变化

使用鲤鱼脑垂体和 HCG 对雌性河鳗人工催熟，用临床医学检验方法，测定分析了雌性河鳗卵巢发育过程中，血清总蛋白 (TP)、血清甘油三脂 (TG)、血清胆固醇 (TC)、血糖 (Glu)、血钙 (Ca) 和血清无机磷 (P) 6 项生化指标的水平及变化趋势，并与对应的不同卵巢发育阶段的性腺成熟系数 (GSI) 进行比较分析。结果表明，84 天的注射过程中，实验组的性腺逐渐成熟，GSI 显著升

高，第 12 针时达到 $(46.32\pm 1.75)\%$ ；而对照组性腺发育系数一直在 $(2.42\pm 0.18)\%$ 。实验组和对照组血清 TP 水平相对平稳，各组变化无显著差异 ($P>0.05$)。实验组和对照组血脂在 56d 前差异显著 ($P<0.05$)：实验组血清 TG，TC 一直维持较高水平，平均分别为 12.67 ± 2.83 mmol/L 和 15.54 ± 3.01 mmol/L；对照组 TG 和 TC 一直下降且水平较低，平均分别为 6.33 ± 4.14 mmol/L 和 8.53 ± 3.30 mmol/L。实验组和对照组血清 Glu 均在实验初的较低水平基础上持续上升。相关分析表明，实验组血清 TG 与 GSI 水平极显著负相关 ($r=-0.732$, $n=6$, $P<0.01$)。实验组血清 Ca 与 GSI ($r=0.961$, $n=6$, $P<0.01$)，血清 P 与 GSI ($r=0.775$, $n=6$, $P<0.01$) 都呈现出极显著的相关性：血清 Ca 和 P，在 28 天后持续上升，GSI 逐渐增大。对照组中的血清 Ca 和 P 水平则一直维持在一个较低的水平。研究结果表明：雌性河鳗卵巢发育与其脂类代谢密切相关，无机离子 (Ca, P) 在此过程中起到重要作用。利用繁殖鱼体营养代谢特点，检测河鳗血脂或血清 Ca, P 水平，成为初步判断雌性河鳗发育情况的新方法。这一成果已于 2012 年 5 月在《水产学报》发表。

以上结果表明，日本鳗鲡在人工催熟和催产过程中有一定的特点：激素总剂量相同时，在同等时间下能达到同步成熟；调整针距可以控制最后成熟的时间；雌性日本鳗鲡卵巢发育与其脂类代谢密切相关，无机离子 (Ca, P) 在此过程中起到重要作用。利用繁殖鱼体营养代谢特点，检测日本鳗鲡血脂或血清 Ca 和 P 水平，可能成为为初步判断雌性日本鳗鲡发育情况的新方法；催熟过程中卵巢的氨基酸营养代谢表现出一定规律性，性腺发育可能与氨基酸的代谢有一定相关性，牛磺酸等因子可能为其中的关键。早期仔鳗的结构特点和生物学特性表明其可能存在特殊的摄食方法以及其特殊的环境要求。

五、对继续开展河鳗人工繁殖研究的若干建议

本次项目获得了大量日本鳗鲡幼苗，取得了阶段性成果。总结河鳗产卵、受精顺利的原因，当得益于催熟过程的成功。适时成熟、雌雄同步成熟、从容成熟等是成功的关键。大剂量、急促式的催熟可能产生负面影响。然而，鳗鲡的人工繁殖是一个世界性难题，提高日本鳗鲡亲鱼的催熟率、以及幼鱼的成活率，开发幼鱼的开口饵料，都是下一步的攻关内容。

日本国研究河鳗人工繁殖自 1960 年开始，至今 50 余年从未中断，虽已培养

出白仔鳗苗但数量甚少，说明此研究的复杂性、困难性。前已涉及，这是世界经济鱼类人工繁殖中最难的难题之一。个人或机构启动和参与这一项目，必须郑重考虑自己的条件，要有长期坚持的思想准备。对前人的研究成果要充分分析，特别是课题设计阶段。对国家而言，作为一个水产强国，又是河鳗养殖大国，应该长期列题，直至河鳗人工繁殖能达到生产规模为止。落实课题时，要选择有条件、有研究能力、课题设计正确，经专家严格、公正、透明、择优评审。

对下一步的研究的建议：一是要选择合适的地点：盐度高、环境稳定、气候温和为首选；长江口是鳗鱼鱼苗集中的区域，因此可以选择我校大洋山基地以及嵊泗附近岛屿作为开展河鳗人工繁殖的重点地区。二是解决仔幼鱼开口饲料和后续饲料，可以结合日本的方法，为河鳗仔鱼提供合适的开口饵料；三是仔幼鱼饲养容器要解决微弱水流交换不直接冲击和压迫仔幼鱼。四是解决环境条件的稳定性，包括水温，盐度，以及化学稳定性。

中国鳗鲡目鱼类多样性及资源生物学上的研究工作

1、项目背景

鳗鲡目是一类重要的经济鱼类，日本鳗、欧洲鳗、美洲鳗和海鳗等都是闻名世界的名贵经济鱼类。鳗鲡目也是现生鱼类中生活史最为特殊、体型最为特化的鱼类之一，除了早期生活史出现狭首幼体 (leptocephalous larvae) 这一特征阶段以外，并特化形成了一种特别的体型，即“鳗型”。鳗鲡目鱼类的分布非常广泛，除地球两极的寒冷海域尚未见有它们分布的报道以外，印度洋、太平洋和大西洋温带和热带海区都有它们的踪迹。大部分类群在大陆架、珊瑚礁和近岸沙石底质的水体中生活，有些种类栖息于河口，少数种类可进入淡水。大多数终身生活于海洋，少数种类具有复杂的海淡水洄游习性。

鳗鲡目种类繁多，《Fishes of the world》(Nelson, 2006) 中记载了 15 科 141 属 791 种，临近的日本也有 163 种 (Nakabo, 2002)。中国鳗鲡目研究较晚，陈兼善 (1929)、张春霖 (1955)、张有为 (1964)、朱元鼎 (1981) 以及一些地方志等有一些零散的报道，张有为 (1987) 在《中国鱼类系统检索》记录了 97 种。我国已有记录的种类不仅明显偏少，大部分类群的分类研究尚不够清楚，物种资源远没有弄清。主要原因是这一类群形态特化，可资鉴别的外部特征较少，物种鉴定困难。因此，检视收藏于国内相关单位的馆藏标本，采用较为先进的技术手段，厘清中国鳗鲡目的种类，已成为摸清我国渔业资源家底的基本任务。

日本鳗鲡 *Anguilla japonica* 主要分布于中国、日本和韩国等地，具有重要的渔业价值。我国的鳗苗捕捞和成鳗养殖是一个大产业。近年由于自然资源量的急剧下降，鳗苗价格高居不下，今年已达 31—42 元/尾，被喻为“软黄金”。日本鳗的生活史具有长距离洄游及复杂的变态行为，被教科书引用为典型的降海洄游产卵鱼类。但在我国的研究资料很少，其在中国水域的迁移行为、甚至于基础的种群生物学特征也并不了解。开展日本鳗行为生态学研究，弄清其生活史特征，不仅可以为自然资源的保护和渔业利用提供理论支撑，也可为人工繁殖提供背景知

识，同时也为鱼类学教学提供生动的材料。

2、技术内容

(1) 项目的总体思路

利用国内相关单位60多年来采集收藏的大量鳗鲡目鱼类标本，采用全形态学的概念和技术手段，厘清中国鳗鲡目鱼类的种类及其分类变动。在基本摸清物种资源家底的基础上，选取日本鳗鲡这一代表种，采用质子激发荧光分析（PIXE）等先进方法，分析其耳石的微结构和微化学组成，揭示其行为生态和生活史规律。鳗鲡目是嗅觉性鱼类，在基本揭示日本鳗洄游行为现象的基础上，对一些代表种的嗅觉器官作了显微观察，以便为嗅觉在洄游行为中的机理研究打下基础。

(2) 主要的技术方案

本项目是在摸清我国鳗鲡目鱼类物种资源家底的基础上，对一个代表种—日本鳗鲡的行为生态作深入研究，具体的技术路线和研究方案如下。

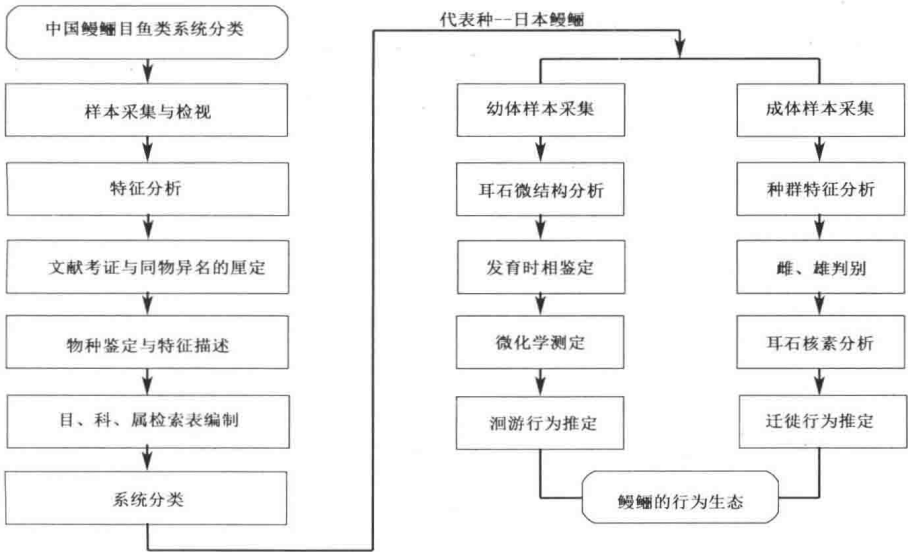


图 1 项目的技术路线和研究方案

3、主要成果和创新点

(1) 摸清了中国鳗鲡目鱼类的物种资源家底

依据文献记载和检视、测定馆藏标本，厘定出目前我国鳗鲡目鱼类有 12 科 55 属 135 种，约占世界已知鳗鲡目总种数的 15.9%。其中有 3 新种，1 新记录属，1 新记录种。中国鳗鲡目有 22 个特有种，约占其总种数的 16.3%。地理分布主要

在东海以南的亚热带和热带海区, 只见于南海的种类比较多, 有 90 种, 占中国已知鳎目鱼类的 65.9%; 仅见于东海的有 25 种, 占 17.8%。项目研究获得的成果, 有利于渔业资源的保护和利用, 为物种优先保护和渔业管理提供了基础。

本部分结果已发表于《动物分类学报》, 2002, 27 (4): 854-856; 2003, 28 (3): 551-553; 2005, 30 (1): 199-201 和《上海水产大学学报》, 2004, 13 (1): 16-22; 中国动物志(鳎目、背棘鱼目) .2010, 科学出版社。

(2) 基本弄清了鳎目鱼类的嗅觉器官结构

借助亚显微、图像采集等多种现代观察手段, 从宏观和微观层次, 对中国鳎目 8 科 25 属 27 种鱼类嗅觉器官的形态结构作了全面的研究和比较。首次明确了大多数鳎目鱼类在行为生态上属嗅觉性鱼类, 但不同种类在嗅觉器官结构与生态适应性上存在着差异。野蜥鳎 *Saurenchelys fierasfer* 单个嗅囊嗅板数达 240 个, 为目前已知的硬骨鱼类中嗅板数最多的鱼类。研究还发现, 鳎目鱼类的嗅板上密被着纤毛, 显示了其嗅觉器官应属于纤毛摆动型水动力机制。项目所获得的研究成果, 为深入研究这一类群的功能形态学、行为生态学提供了基础资料。

本部分结果已发表于《动物学杂志》, 2005, 40 (6): 122-128 和《动物分类学报》, 2005, 30 (3): 453-460。

(3) 首次揭示了长江降海洄游鳎的种群特征, 建立了活体性别鉴定的方法

鳎自长江口至上游金沙江近 3000 km 干流及许多支流都有分布, 但其种群特征和迁移行为却未见报道。研究显示, 长江口降海洄游的鳎雌雄性比为 1:0.8。雌性由 3~7 (平均 5.52) 龄组成, 平均体长 (669 ± 80) mm, 体重 (555 ± 229) g, 性腺指数 (GSI) 1.32 ± 0.31 , 生长拐点年龄 $t_i = 5.20$ 、拐点体长 $l_r = 683.05$ mm、拐点体重 $W_r = 546.37$ g、渐近体长 $L_\infty = 1011.03$ mm 和体重 $W_\infty = 1830.16$ g。雄性由 3~5 (平均 4.38) 龄组成, 平均体长 (518 ± 51) mm, 体重 (234 ± 76) g, $t_i = 4.91$ 、 $l_r = 517.15$ mm, $W_r = 216.15$ g、 $L_\infty = 750.30$ mm 和 $W_\infty = 715.90$ g。雌性的这些种群生物学参数均显著大于雄性 ($P < 0.05$)。研究还表明, 长江降海洄游鳎的许多种群参数均显著高于我国其他地区和日本等分布地, 预示着长江更适合于鳎的生长和性腺发育。

我们建立了雌雄个体的形态学判别模型。采用多变量形态指标的统计分析, 为长江降海鳎找到了一套从丰满度、垂直眼径/头长、体高/体长、水平眼径/头长和吻形等外形特征鉴别雌雄的简便方法, 群体识别的正确率为 89.3%。

本部分结果已发表于《水产学报》, 2010, 34 (2): 245-254; 2011, 35 (1): 1-9。

(4) 初步弄清了长江降海鳗鲡的迁移行为

依据所测定的矢耳石Sr/Ca 值和线鳗标志轮Sr/Ca 值 $(7.99 \pm 1.05) \times 10^{-3}$ 进行判断, 在27 尾降海洄游样本中有17 尾(即62.96%个体)为自线鳗时期进入长江之后, 一直定居在淡水环境的“淡水型”, 10 尾(即37.04%个体)为自线鳗进入长江后, 一直栖息在离河口不远的江段, 并多次到达河口外侧的高盐度区域的“河口型”。16 尾雌性中有13 尾(即81.25%)为“淡水型”, 3尾为“河口型”。11尾雄性中仅36.36%为“淡水型”, 63.64%为“河口型”。对每个生长层组的Sr/Ca 值分析表明, 雌雄间2 龄时无显著差异, 但3 龄、4 龄和洄游龄组都有显著或极显著的差异, 预示着2 龄时两者的栖息水域比较一致, 但后来出现了明显栖息地分化(图2)。

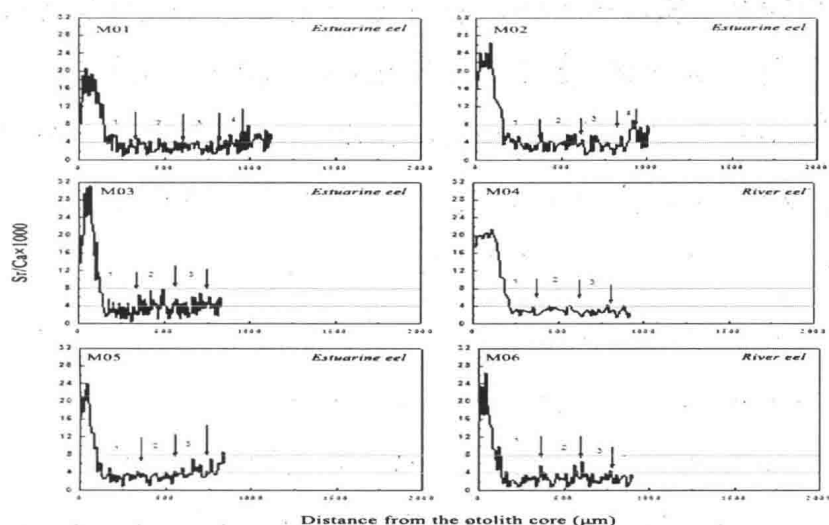


图2 雄性鳗鲡矢耳石自中心至边沿 Sr/Ca 值变化与行为类型

本部分结果已发表于《动物学研究》, 2011, 32(4): 442-450 和《Nucl Instr Meth. B》, 2011, 269: 2303-2306

(5) 弄清了中国沿海日本鳗幼鱼的发育时相、耳石微化学特征及其洄游路径

鉴定了采自广东至江苏沿海 9 个河口 538 尾日本鳗幼体的发育时相, 分析了其中 104 尾玻璃鳗的日龄、柳叶鳗龄、抵岸龄以及矢耳石微量化学。结果表明, 我国沿海线鳗的日龄自南至北呈逐渐增大, 平均为 135.78 ± 6.84 d (124-158)。根据日龄和采集时间推断, 孵化时间在 9 月 5 日-10 月 26 日, 主要集中在 10 月中旬, 其中 85.98%线鳗个体的孵化时间在“新月”。分析表明, 生长快的线鳗个体要比生长慢的个体到达河口的时间早。

运用自己建立的 PIXE 系统对 9 个河口的 41 尾耳石进行微化学分析。结果

表明，各采样点线鳎的耳石 Sr/Ca 比值具有相同的变化规律，即从孵化到柳叶鳎变态之前的低值，变态开始直至抵达河口期间出现了一个峰值，到达河口后 Sr/Ca 比值又逐渐降低（图 3）。

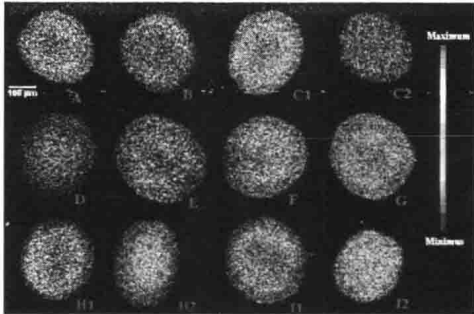


图 3 矢耳石元素分布图（128 × 128 pixels），显示 Sr 的分布

依据群体间Scheffe's多重比较和R-聚类，以及个体间Q-聚类等分析手段表明，柳叶鳎随北赤道洋流迁移至菲律宾东北部，并进入黑潮接近中国东南沿海，经过96—103d的发育变态为玻璃鳎，分成3个群体迁徙。再经过31—42d的迁移，发育成玻璃鳎到达河口。发育最快的个体进入了南方的广东沿海河口；发育较快的个体进入了中部的闽浙沿海河口；发育最慢的个体则被送到长江口及其以北的沿海河口（图4）。

本部分结果已发表于《Nucl Instr Meth.B》，2010，268(11-12)：2152-2155。水产学报,2012, 36(7): DOI: 10.3724/SP.J.1231.2012.27972

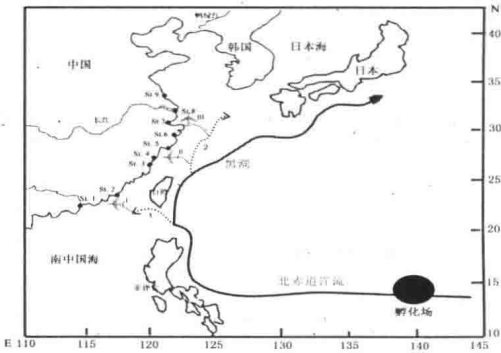


图4 中国东南沿海玻璃鳎随黑潮及其分支迁移的可能路径

图中1示黑潮南海分支；2示黑潮台湾东北海域分支；I，II，III示玻璃鳎的3条迁徙路径

第四部分 知识产权情况

一、论文

- 1) 高晓阳, 刘利平, 蒋天宝, 陈文银, 吴嘉敏. 鲤鱼脑垂体和 HCG 诱导雌性河鳊性腺成熟过程中钙磷变化的初步研究. 湖南师范大学自然科学学报, 2011, 34(6): 1-5
- 2) 蒋天宝, 刘利平, 高晓阳, 吴嘉敏, 陈文银. 日本鳊人工繁殖的研究进展. 水产科技情报, 2011, 38(3): 121-127
- 3) 蒋天宝, 刘利平, 高晓阳, 陈文银, 吴嘉敏. 鲤脑垂体和 HCG 诱导雌性日本鳊性腺成熟过程中血清生化成分的变化. 水产学报, 2012, 36(5), DOI: 10.3724/SP.J.1231.2012.27821
- 4) 高晓阳. 日本鳊人工繁殖及生化成分转移的初步研究. 上海海洋大学硕士论文, 2011. 指导教师: 刘利平
- 5) 蒋天宝. 日本鳊人工繁殖技术优化及雌鳊卵巢发育相关生理生化因子的变化. 上海海洋大学硕士论文, 2012. 指导教师: 刘利平
- 6) 魏凯. 中国沿海日本鳊幼体的日龄结构、微化学组成及洄游行为分析. 上海海洋大学硕士论文, 2009. 指导教师: 唐文乔
- 7) 2) 谢正丽. 长江降海洄游鳊的生长特性及其迁移行为分析. 上海海洋大学硕士论文, 2010. 指导教师: 唐文乔
- 8) GAO Xiaoyang, LIU Liping*, JIANG Tianbao, CHEN Wenyin, WU Jiamin. The Mobilization of Calcium and Phosphor during the Carp Pituitary Gland and HCG-Induced Maturation of Female Japanese Eel *Anguilla japonica*. 9th Asian Fisheries and Aquaculture Forum. Shanghai, 2011. 4.21-4.23
- 9) 张春光, 唐文乔, 张世义, 刘东, 张振玲. 中国动物志 (鳊目、背棘鱼目). 2010, 科学出版社.
- 10) 唐文乔, 张春光. 中国蛇鳊科鱼类一新种. 动物分类学报, 2002, 27 (4): 854-856
- 11) Tang W Q, Zhang C G. A new species of the Genus *Cirrhimuraena* from East China Sea. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 2003, 28 (3) : 551-553.
- 12) 唐文乔, 张春光. 2004. 蛇鳊科分类综述及中国蛇鳊科系统分类 (鱼纲, 鳊目). 上海水产大学学报, 2004, 13 (1): 16-22.
- 13) 刘东, 唐文乔, 张春光. 中国南海蛇鳊科一新纪录属及一新纪录种 (鱼纲, 鳊目). 动物分类学报, 2005, 30 (1) : 199-201.
- 14) 刘东, 唐文乔, 甘雅玲, 张春光. 2005. 中华须鳊鱼类嗅觉器官的扫描电镜观察. 动物分类学报, 30 (3): 453-460

- 15) 谢正丽,郭弘艺,唐文乔,魏凯,沈林宏,吴嘉敏,陈文银.2010.长江口降海洄游鳗鲡的年龄结构与生长特征.水产学报,34(2):245-254
- 16) Y. Zheng, H. Guo, K. Wei, W. Tang, T. Satoh, T. Ohkubo, A. Yamazaki, K. Takano, T. Kamiya, H. Shen, , M. Yang and Y. Mi.2010.Micro-PIXE study of whole otolith of *Anguilla japonica* at elver stage. *Nucl Instr Meth, B* ,268(11-12): 2152-2155 (SCI)
- 17) 郭弘艺,魏凯,谢正丽,唐文乔,沈林宏,顾树信,吴嘉敏,陈文银.2011.长江口银色鳗的形态指标体系及其雌雄鉴别.水产学报, 35(1):1-9
- 18) Y. Zheng, H. Guo, W. Tang, K. Wei, H. Shen, M. Yang, Y. Mi. 2011. Micro-PIXE line-scan measurements of the yellow eel's otolith. *Nucl Instr Meth, B* , 269: 2303-2306 (SCI)
- 19) 郭弘艺,魏凯,谢正丽,唐文乔,吴嘉敏,陈文银.2011.中国东南沿海日本鳗鲡幼体的日龄及其孵化时间.水产学报, 35(7):1050-1057
- 20) GUO Hong-Yi, ZHENG Yi, TANG Wen-Qiao, SHEN Hao, WEI Kai,XIE Zheng-Li, Tsukamoto Katsumi. 2011.Behavioral migration diversity of the Yangtze River Japanese Eel, *Anguilla japonica*, based on otolith Sr/Ca ratios. *Zoological Research*, 32(4): 442-450
- 21) 郭弘艺,魏凯,唐文乔,李辉华, 谢正丽,刘东,刘至治.2012.中国东南沿海日本鳗幼体的发育时相及其迁徙路径分析.水产学报 ,36(7):DOI : 10.3724/SP.J.1231.2012.27972

二、专利

- 1) 刘利平, 蒋天宝, 赵长春, 陈文银, 吴嘉敏。一种河鳗的人工繁殖方法。受理号: 201110437068.2;
- 2) 刘利平, 袁立强。一种鱼类人工繁殖亲本控制网。专利号: ZL20102 0182441.5; 授权公告日:2011年2月9日。
- 3) 刘利平, 乐亚玲, 陈桃英。一种测定血细胞(或血淋巴细胞)吞噬指数和吞噬能力的新方法。申请号或专利号: 201110130358.2.

三、现场照片