

文章编号: 1004-7271(2005)04-0451-06

·综述·

鱼类标志放流技术的研究现状

Current status of fish tagging technology

陈锦淘, 戴小杰

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

CHEN Jin-tao, DAI Xiao-jie

(Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

关键词: 标志放流; 线码标志; 荧光色素可见式标志

Key words: tagging; coded wire tag; visible implant elastomer tag

中图分类号: S 931.9 文献标识码: A

标志放流(tagging)技术是一种研究鱼类洄游和鱼类资源的方法,先在鱼体做上标志,然后通过重新捕获标志鱼,根据标志放流记录和重捕记录,绘制鱼类标志放流和重捕的分布图,以推测鱼类游动的方向、路线、范围和速度等;若进一步结合鱼体长度、重量和年龄资料,则可研究鱼类的生长和死亡规律,以及检验增殖放流的效果等^[1-3]。此外,根据鱼类标志放流的结果还可估算鱼类种群数量的变动。我国的鱼类标志技术研究起步较晚,有关报道较少^[2],因此,开展这方面的工作非常迫切。本文对鱼类标志方法的研究进展予以综述,以期促进我国鱼类标志技术的应用与发展。

1 标志放流的方法

1.1 挂牌标志法

挂牌标志法是最古老并且使用最广泛的标志方法,大部分鱼类都可以使用该方法,依据固着在鱼体上的不同方式,可将常用的挂牌标志分为三类^[3]:(1)穿体标志(transbody tag),包括盘状标志(disc tag)、管形标志(spaghetti tag)、带状标志(streamer tag);(2)箭形标志(dart-tag),包括箭头标志(arrowhead tag)、“T”型标(T-bar tag);(3)内锚标志(internal-anchor tag)。前两类标志常常固着在鱼体背部,后者则固着在鱼体腹部。挂牌标志由于实施的费用低廉,易被发现及回收简便而使用广泛,利用这种方法可以计算鱼类的生长状况和了解捕捞死亡参数。此外,还可以用来研究鱼类的行为。

1.2 体外标志法

1.2.1 切鳍标志法

切鳍标志法是指将鱼类的1个或多个鳍条全部或部分切除的方法。全部切除会阻碍鳍的生长,而产生永久的标志,而部分切除则因鳍条的再生只能产生短期的标志^[4]。切鳍时,即可剪单个鳍条,也可剪多个鳍条。切鳍法标志作业简单而迅速,适合于所有鱼类和大部分无脊椎动物,但是它不可用于个

收稿日期:2004-07-09

基金项目:农业部东海渔政局课题(技03-48);上海市重点学科建设项目(T1102)。

作者简介:陈锦淘(1979-),男,江苏盐城人,硕士研究生,专业方向为渔业资源评估。E-mail:jtchen@stmail.shfu.edu.cn

通讯作者:戴小杰(1966-),男,教授,博士,主要从事渔业资源评估研究。E-mail:xjdai@shfu.edu.cn

体的识别。20 世纪七十年代中期,前苏联为了说明人工养殖细鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus gorbusha*)的效果,曾采用切除脂鳍的方法来标志幼鱼^[2],对脂鳍的形态、大小以及在自然条件下变形脂鳍鱼的出现频率作了较为详细的观察研究,认为采用切除脂鳍标志鲑科鱼类的方法可以获得比较可靠的资料。

1.2.2 烙印法

烙印法就是在鱼体或其他动物身体上烙出可辨认的印记。烙印法有两种方式:热烙印(heat branding)和冷烙印(cold branding)。一般用的比较多的是冷烙印^[3],烙印的过程比较简单,将一冷金属模板接触动物身体几秒钟,这些轻微创伤的组织数天后就会形成模板形状的伤疤。烙印部位一般选择在鱼体上易于观察且比较明亮的区域,如体侧和头部。烙印技术为鱼类提供了优良的短期标志,而且这些标志能够在鱼体上保留几个月,这种技术适用于短期研究(短期标志回捕评估或者鱼类区域性活动的研究)^[3]。但是这种方法使用范围有限,只适用于无鳞或细鳞鱼类,且鱼体上烙印的清晰度和持续时间也与海水温度有关^[5]。

1.2.3 化学标志法

通常是在鱼体表面下注射一种特殊的化学物质,这些物质能够被人们识别。主要有两种方法:一种是普通元素标志,另一种是荧光色素可见标志(visible implant elastomer tag, VIE tag),现在使用较多的是后者。荧光色素可见标志的保持率可能与鱼种有关。Pierson 等^[6]的实验表明,罗非鱼(*Tilapia mossambica*)经过 110 d 的饲养,荧光物质保持率为 78%,草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)经过 238 d,保持率为 80%。与挂牌法相比较,VIE Tag 是一种更为有效的标志方法,它主要是通过渔民回收标志鱼,因此标志位置需要较为醒目,这样才能提高其保持率和可视性^[7]。

1.3 体内标志法

1.3.1 线码标志法(coded wire tag, CWT)

线码标志是一种短小的磁性不锈钢金属丝(长度为 1.1 mm,直径为 0.5 mm),通过激光在上面打上数字标志。这种标志可以直接注入生物的体表,然后通过仪器检测到它们。该标志方法适用于小型生物和生物的幼体;对生物的生长、发育影响较小,并且有很高的保持率,这对甲壳类动物十分重要,因为甲壳类动物生长过程中要经历多次蜕皮,一般的体外标志容易脱落;CWT 标注和检测可以通过自动仪器进行,便于进行大规模标志和检测^[3]。Okamoto^[8]在 1998 年曾做了用 CWT 标志了三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)的实验,在经过两次蜕皮后,标志的保持率超过了 70%,而且通过进一步研究表明,这种标志对蟹的生长并没有产生影响。

1.3.2 被动式整合雷达标志法(passive integrated transponder, PIT)

被动式整合雷达标志法^[3]是用电子线圈制成的独特的标志系统。PIT 实际上是小型的信号传播站。细小的 PIT(长度为 12 mm,直径为 2.1 mm)不带能量,但可受外部强烈信号的激发,类似于从一个信号塔传送到另一信号塔,或从地面向卫星传播信号并返回。PIT 标志的保持率相当高^[3]。PIT 标志主要用在西北太平洋鲑身上,标志被插入重仅 2 g 的鱼类体腔,保持率达 100%。在红拟石首鱼(*Sciaenops ocellata*)和线纹狼鲈(*Morone lineatus*)产卵种群中,标志安放在其背部肌肉中,保持率超过 97%。

1.3.3 档案式标志放流技术(archival tag)

档案式标志牌是一种电子储存数据的仪器,通过感光器测定光强度记录每天运动的位置,同时还能够记录鱼类游泳的深度,鱼体的体温,这些信息可以保存几年,这种标志牌一般使用在大型鱼类上,如金枪鱼,大型旗鱼类以及大型鲨鱼。目前,科学家已成功地利用这种方法跟踪大西洋蓝鳍金枪鱼(*Thunnus thynnus*)^[9],档案标志装在紧靠第一背鳍的背部肌肉上,一旦鱼类被释放后,标志每隔 128 s 激活一次,一天共有 675 次记录来自 4 个传感器的水压、光强及体内外温度数据。每天午夜,标志利用记录的数据计算当天的地理位置,并有相当的准确度。根据存储在标志中的信息,研究人员可详细地了解鱼类的洄游和鱼类的垂直运动,但是要成功地做到这一步就要在鱼被重捕时找到标志。档案式标志放流是一种重要的潜在数据来源,它能较为方便地获得鱼类长期行为方面的信息。但是,由于档案式标志的成本较高,所以不太可能大规模使用,然而对经济价值较高及标志回收率较高的鱼类进行档案式标志放流试验

还是可行的^[9]。

1.3.4 分离式卫星标志放流牌

分离式卫星定位标志法是一种通过卫星进行定位从而对鱼类进行跟踪、记录的方法^[10]。它是由一只带天线的流线型环氧羟基树脂耐压壳、一件耐腐蚀分离装置、一只只能在标志脱离鱼体时使天线竖直的浮圈构成。内装有一只微处理器,可以记录多达 61 d 的平均水温(每小时抽样记录)。Argos 卫星确定标志的位置,并把信号传送给地面接受站。在鱼类被释放到海里后可以马上连续记录 60 d 日平均水温,第 61 天记录的是标志与鱼体分离前一天内的日平均水温。

1.4 生物遥测法

生物遥测标志法是在鱼类体内安装生物遥测标的一种标志方法。生物遥测标是一种产生声波的微型装置,由一个电池为动力,发射并转换成选定的波长,频率或者其他特征,远处的接收机能够探测这些信号^[3]。

生物遥测标志牌包括:超声波标志牌和无线电标志牌^[3]。随着电子技术的不断进步,生物遥测标志牌的体积越来越小,功能越来越强,日本科学家使用的无线电标志牌长 17 mm,重量只有 0.2 g^[4],这些标志牌对于动物的影响越来越低。生物遥测标志方法能够监测水生动物的大范围洄游运动状况,研究动物的行为和生理状况,研究动物的生长和死亡参数,是评估渔业资源增殖放流效果的有效工具。如 Beeman^[11]用无线电标志研究细鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus gorbuscha*)和虹鳟(*Salmo gairdnerii*)幼鱼通过水坝鱼道时的索饵行为和停留时间;Zigler^[12]遥测密西西比河中匙吻鲟(*Polyodon spathula*)迁移和栖息地;湖鲟(*Acipenser fulvescens*)群体迁移规律^[13];Zamora 和 Moreno-Amich^[14]研究河鲈(*Perca fluviatilis*)的水平运动方式等。

2 国内外标志放流研究的进展

2.1 国内研究现状

我国标志放流研究主要集中于对虾和海产鱼类的增殖研究,主要使用的是体外挂牌、化学物质标志法和剪鳍法。

刘家富等^[15]1987 年用人工培育的大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* 幼鱼,经丁香酚溶液浸浴麻醉,采用体外挂牌法,在官井洋中放流,通过对回捕鱼及其捕捞实况调查,结合定置网渔获物中天然大黄鱼及海区温度、盐度调查,对放流标志鱼类早期的生态习性进行了初步研究。

陈琳等^[16]1997 年在大亚湾开展了真鲷(*Pagrus major*)的标志放流研究,以探讨人工放流增殖大亚湾真鲷资源的可行性。采用挂牌标志法,标志牌为薄椭圆型铝合金标志,放流的真鲷共 2 000 尾,体长为 57~71 mm(平均体长为 61 mm)。标志放流效果明显,共回捕被标志真鲷 324 尾,回捕率达 16.2%,初步了解了被标志真鲷在大亚湾内的分布移动趋势及生长等情况。

此外为了研究中国对虾在自然海区的生长、洄游、资源量变动及种群形成和放流增殖效果的检验,探索其新的海域环境条件下生长、成活情况及移动分布的规律,浙江省海洋水产研究所还于 1995 年进行了中国对虾的标志放流的实验,采用体外挂牌法,共放流各种标志虾 1.93×10^5 尾,其中 36 221 尾为挂牌标志虾,回捕 9 987 尾^[17]

薄治礼和周婉霞^[18]在舟山朱家尖水域对石斑鱼(*Epinephelus awoara*)采用入墨法标志,入墨标志法是化学物质标志法的一种,此法采用日本产 LATEX 着色液,对试验鱼类作皮下注射,注入着色液长度约 1~2 mm,颜色有红、绿二种,取得连续三个重捕纪录,重捕地点均在距放流处不远水域。重捕结果表明,石斑鱼幼鱼移动范围不大,放流增殖比较可行。为了了解黑鲷(*Acanthopagrus schlegeli*)生长、繁殖、洄游、分布等生态习性,江苏省海洋水产研究所进行了标志放流研究^[19],采用剪上部尾鳍、剪一侧腹鳍等方法,初步摸索了放流后标志鱼的生长、活动规律。通过试验表明,黑鲷苗种放流后其移动性不强,能快速适应放流水域环境,并与港内黑鲷自然群体很快融合,起到补充资源的作用。

2.2 国外研究现状及进展

国外对海洋生物标志放流的研究比较早,使用的方法也比较先进。早在 16 世纪就有将红绸带系于鲑体上进行放流的记载。目前对于个体比较小、数量比较多的鱼类,国外通常采用线码标志和荧光色素可见标志。这两种标志是国际上比较成熟的标志方法。

Drawbridge^[20]用 CWT 评估了南加利福尼亚的金眼狼鲈(*Morone chrysops*)种群的增长情况。1986 - 1993 年,他们放流标志的 153000 尾金眼狼鲈幼鱼,体长在 31 ~ 317 mm,其中 55% 在 80 ~ 120 mm。经过实验,标志保持率高达 90%。Miller^[21]在 1998 年 7 月 - 10 月通过 CWT 法研究了 1 龄波纹绒须石首鱼(*Micropogonias undulatus*)的栖息地、活动和生长情况,他将 8 173 尾体长在 41 ~ 121 mm 的石首鱼标志放流到附近特拉华海湾和小河中,经过拖网船 105 d 的回捕,海湾里回捕率在 1.5% ~ 6.1%,小河中为 3.6%,标志保持率为 95%,只有少数标志鱼类从小河游到海湾中。前 50 d 中,没有鱼在两地来回游动,这说明这种鱼的活动范围比较固定,栖息地比较固定。

过去,荧光色素可见标志在国外较多地是用于大麻哈鱼研究。科学家通过回捕分析它们的洄游路线、种群分布情况。现在越来越多的研究表明 VIE tag 非常适合用于小型水生动物身上。Catalan^[22]研究了荧光标志物在大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)和蓝鳃太阳鱼(*Lepomis macrochirus*)中大规格标志的应用效果。主要比较了注入式发光染料(Injectable Photonic Dyes, IPDs)在大口黑鲈鳍条中的保持时间,无色和明亮标志对大口黑鲈捕食者的影响。Crook^[23]将 VIE tag 用于点南乳鱼 *Galaxias truttaceus*。VIE tag 标志注入在前鳃盖骨,标志很容易植人体重 4 ~ 5 g、总长 90 mm 的鱼体上。VIE tag 标志后 4 d 和 131 d 的保持率分别为 100% 和 92%。Close 和 Jones^[24]采用 VIE tag 标志虹鳟(*Salmo gairdnerii*)一龄幼鱼,主要标志在眼后脂肪组织及下颌腹面,在暗处,采用紫外灯检测。Frederick^[25]曾经成功地用 VIE tag 标志了 8 mm 大小的拟雀鲷(*Sparus pagrus pagrus*)。Maloney^[26]通过对标志了 VIE tag 的鰕虎鱼观察,没有发现标志鱼会招来更高的捕捉率。Willis 和 Babcock^[27]用这种方法标志了金赤鲷(*Agrus auratus*)在经过两个星期的捕捞实验,他们发现标志的保持率达到了 92%。标志鱼与未标志鱼在生长和死亡上没有明显的不同。通过不同的荧光色研究水下的这些标志鱼类,橘黄色的标志在水中的可见范围为 8 ~ 10 m,红色、绿色和黄色的可见范围较短。由于这种方法不需要将鱼类捕捞上来,他们可以通过标志的颜色来区别这些鱼类,从而研究其生物学特性和行为。

对于个体较大,生命周期较长的鱼类,卫星标志放流方法比较适合,现在国际上对海龟、鲨鱼以及金枪鱼类等都采用了这种方法,并取得了成功。1997 年 9 月 - 10 月在北大西洋海域首次进行了金枪鱼类的卫星标志放流^[28]。20 尾蓝鳍金枪鱼被拴上 PTT(platform transmitter terminal)卫星标志牌后放流,并设定于 1998 年 3 月 - 7 月释放数据。其中 17 尾被回收并成功地释放了采集的数据。其回收率达到 85%。每个标志平均记录数据为 61 d。通过此次放流,获得一些宝贵的资料,如金枪鱼不同时间段的垂直分布与水平分布、洄游方向及其路线、栖息水温等。

为了研究地中海和大西洋蓝鳍金枪鱼的洄游移动、产卵场以及肥育场分布^[29],1998 - 2000 年,欧盟资助了一个为期 3 年的蓝鳍金枪鱼研究项目 TUNASA。1998 年 6 月 - 2000 年 9 月,该研究项目标志放流了 84 尾蓝鳍金枪鱼(52 尾为大型,17 尾为小型成体,15 尾为幼体),其中 61 尾采用了 PTT 卫星标志牌,23 尾采用了另一种 PAT(pop-off archival tagging)卫星标志牌。在放流的 61 个 PTT 卫星标志牌中,回收率只有 20.3%,其中 12 个成功释放了数据,2 个在未释放之前被捕捞。在 23 个 PAT 标志牌中,回收率为 61.9%。标志总体回收率为 31.3%。

3 我国标志放流所面临的问题及其展望

标志放流技术已成为当今海洋生物资源评估的一种重要手段,但是目前国内对于适合我国增殖放流的鱼类品种、规格及放流的效果评价等方面的研究较少,尤其是先进标志手段的缺乏使得增殖放流效果难以评价。由此,为了提高我国的标志放流水平,建议加强以下 3 个方面的工作。

3.1 加强标志方法的研究

目前,国内采用的标志方法主要以体外挂牌、剪鱼鳍等较为传统的方法为主。这些方法通常只适合于规格较大的鱼类个体,且对鱼类行为及其生理活动都会产生负面影响,甚至还会造成炎症反应,因此有必要引进国外一些比较先进或比较合理的标志技术。对于个体较小的鱼类或鱼类幼体,采用线码标志或荧光色素标志等先进标志手段;而对于个体较大且经济价值较高的鱼类,则采用生物遥测标志法或卫星标志法等效率较高的标志手段。

3.2 建立合理、科学、有效的标志放流回收体系

目前,我国还缺乏一套合理、科学、有效的标志放流回收体系,一些被标志的鱼类未能回收,这在一定程度上影响了标志放流工作的进展,因此我们要加强回收体系的建设。回收捕捞过程中,政府或渔业组织应加大对渔民的宣传力度,让他们能积极配合鱼类标志的回收工作,此外还要借助渔政、港监、工商部门的力量,加强在主要交易市场上的标志鱼类的回收。当然,回收工作不是一种短期行为,所以我们要做好长期回收的准备,做到主要回收地点专人长期负责。

3.3 加强回收后的研究

对于回收的鱼类,根据所获信息,及时进行研究、分析,同时针对出现的问题及需改进之处及时予以解决,做好总结,充分发挥标志放流技术在分析鱼类行为学、鱼类生理学、鱼类种群估算、渔业资源评估及鱼类洄游与分布等研究领域中的重要作用。

参考文献:

- [1] Ricker W E. Methods for assessment of fish production in fresh water[M]. IMP Handbook No.3, Blackwell Science Publication, 1971. 82 - 97.
- [2] 林元华. 海洋生物标志放流技术的研究状况[J]. 海洋科学, 1985, 9(5): 54 - 58.
- [3] Nielsen L A. Methods of marking fish and shellfish[M]. New York: American Fisheries Society Special Publication, 1992, 23: 37 - 38.
- [4] 张堂林, 李种杰, 舒少武. 鱼类标志技术的研究进展[J]. 中国水产科学, 2003, 3(6): 246 - 253.
- [5] Knight A E. Cold-branding techniques for estimating Atlantic salmon part densities[J]. American Fisheries Society Symposium, 1990, 7: 36 - 37.
- [6] Pierson J M, Bayne D. Long-term retention of fluorescent pigment by four fishes used in warmwater culture[J]. Pog Fish-cult, 1983, 45(3): 186 - 18.
- [7] Halls A S, Azim M E. The utility of visible implant (VI) tags for marking tropical river fish[J]. Fisheries Management and Ecology, 1998, 1: 71 - 80.
- [8] Okamoto K. Tag retention, growth, and survival of swimming crab, *Portunus triuberculatus* marked with coded wire tags[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1999, 65(4): 703 - 708.
- [9] De Metrio G, Arnold G P, De La Serna J M. Further results of tagging mediterranean bluefin tuna with pop-up satellite-detected tags[J]. Collection Volume Science Paper ICCAT, 2001, 52: 776 - 783.
- [10] 朱国平. 标志放流技术的发展及其在金枪鱼渔业上的应用[J]. 海洋渔业, 2002, 24(增刊): 58 - 61.
- [11] Beeman J W, Maule A G. Residence times and diel passage distributions of radio-tagged juvenile spring chinook salmon and steelhead in a gateway and fish collection channel of a Columbia River dam[J]. North American Journal of Fisheries Management, 2001, 21 (3): 455 - 463.
- [12] Zigler S J, Dewey M R, Knights B C, et al. Movement and habitat use by radio-tagged paddlefish in the upper Mississippi River and tributaries [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2003, 23 (1): 189 - 205.
- [13] Borkholder B D, Morse S D, Weaver H T, et al. Evidence of a year-round resident population of lake sturgeon in the Kettle River, Minnesota, based on radiotelemetry and tagging[J]. North American Journal of Fisheries Management, 2002, 22(3): 888 - 894.
- [14] Zamora L, Moreno-Amich R. Quantifying the activity and movement of perch in a temperate lake by integrating acoustic telemetry and a geographic information system[J]. Hydrobiologia, 2002, 83: 209 - 218.
- [15] 刘家富, 翁忠叙, 唐晓刚. 官井大黄鱼标志放流技术与放流标志鱼早期生态习性的初步研究[J]. 海洋科学, 1994, (5): 53 - 58.
- [16] 陈琳, 郭金富, 陈涛. 大亚湾黑鲷标志放流技术[J]. 水产学报, 2001, 20(2): 75 - 79.
- [17] 对虾增殖研究课题组. 中国对虾标志放流[J]. 海洋水产科技, 1995, (1): 4 - 9.
- [18] 薄治礼, 周婉霞. 浙江省沈家门沿岸水域石斑鱼幼鱼标志放流与重捕试验[J]. 水产学报, 1999, (3): 304 - 307.
- [19] 汤建华, 柏怀萍. 江浙沿海黑鲷增殖放流试验[J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(2): 167 - 171.

- [20] Drawbridge M A, Kent D B. The assessment of marine stock enhancement in Southern California: a case study involving the white seabass[J]. American Fisheries Society Symposium, 1995, 15: 568 – 569.
- [21] Miller M J, Able K W. Movements and growth of tagged young-of-the-year(*Micropogonias undulatus* L.) in restored and reference marsh creeks in Delaware Bay, USA[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2002, 267: 15 – 33.
- [22] Catalano Matthew J, Chipps S R, Bouchard M A, *et al.* Evaluation of injectable fluorescent tags for marking centrarchid fishes: Retention rate and effects on vulnerability to predation[J]. North American Journal of Fisheries Management, 2001, 21 (4): 911 – 917.
- [23] Crook D A, White R W. Evaluation of subcutaneously implanted visual implant tags and coded wire tags for marking and benign recovery in a small scaleless fish, *Galaxias truttaceus* (Pisces: Galaxiidae)[J]. Marine and Freshwater Research, 1995, 46 (6): 943 – 946.
- [24] Close T L, Jones T S. Detection of visible implant elastomer in fingerling and yearling rainbow trout[J]. North American Journal of Fisheries Management, 2002, 22 (3): 961 – 964.
- [25] Frederick J L. Post-settlement movement of coral reef fishes and bias in survival estimates[J]. Marine Ecology Progress Series, 1997, 150: 65 – 74.
- [26] Maloney N E, Heifetz J. Movements of tagged sablefish, *Anoplopoma fimbria*, released in the eastern Gulf of Alaska[J]. NOAA Technical Report NMFS, 1997, 130: 115 – 121.
- [27] Willis T J, Babcock R C. Retention and *in situ* detectability of visible implant fluorescent elastomer (VIFE) tags in *Pagrus auratus* (Sparidae) [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 1998, 32: 247 – 254.
- [28] Lutcavage M E, Brill R W, Skomal G B, *et al.* Results of pop-up satellite tagging of spawning size class fish in the Gulf of Maine: Do North Atlantic bluefin tuna spawn in the mid-Atlantic? [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1999, 56 (2): 173 – 177.
- [29] De Metrio G, Arnold G P, De La Serna J M. Further results of tagging Mediterranean bluefin tuna with pop-up satellite-detected tags[J]. Collection Volume Science Paper ICCAT, 2001, 52: 776 – 783.