

崂山湾中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*) 增殖放流的效果评价*

袁伟 林群 王俊^① 孙坚强 陈瑞盛

(农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘要 为了评价崂山湾中国对虾的增殖效果,2012年5月在崂山湾分两批次放流中国对虾15673万尾。2012年7-9月开展了中国对虾跟踪与回捕调查,进行了中国对虾放流苗种存活生长状况、洄游分布及回捕情况的研究,并应用“Bhattacharya”法区分了中国对虾的自然群体与放流群体。结果显示,8月中旬中国对虾放流苗种主要生活在崂山湾中部海域,第1、2批放流苗种的平均体长分别达到144.9、130.5 mm,随着水温的降低,作季节性短距离的由浅水向深水区移动,放流种群和自然种群分别占总群体的92%和8%;由于受到竞争生物及栖息地环境因素的影响,中国对虾放流群体的回捕率仅为0.58%。虽然相比其他海域中国对虾的回捕率较低,但是崂山湾中国对虾增殖放流仍然取得了一定的生态、经济和社会效益。

关键词 中国对虾;崂山湾;自然群体;放流群体;回捕率

中图分类号 S931.5 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)04-0027-08

崂山湾北起山东青岛市崂山区与即墨交界处(36°19'24"N, 120°38'23"E)外延3000 m;南至崂山头(36°08'07"N, 120°42'48"E)外延1000 m,包括鳌山湾和小岛湾。整个湾长约30.6 km,宽约9.5 km,域内面积115.5 km²,水深8-10 m,最深处19 m,崂山湾基础生产力较高,生物资源丰富。由于渔业资源的过度捕捞以及海洋生态环境的不断恶化,近几年来崂山湾渔业资源开始衰退。多年实践证明,渔业资源增殖已经成为修复水域生态环境和恢复渔业资源的重要手段(姜浪波,2005)。为了改善崂山湾渔业资源结构,促进当地渔业经济的增长,山东省及青岛市渔业部门在此进行了中国对虾等放流品种的增殖工作。

中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)隶属于十足目、对虾科、对虾属,为一年生暖温性、长距离洄游的大型虾类,经济价值高。本研究选取黄海近海典型

渔业水域崂山湾作为研究海域,研究放流中国对虾个体的生长和洄游分布,探讨中国对虾放流群体和自然群体的判别方法,科学地进行中国对虾增殖放流的效果评价,为保护崂山湾海洋生物多样性、提高增殖放流群体的资源利用效率、优化中国对虾增殖放流策略提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 增殖放流及调查方法

中国对虾放流苗种由青岛水产种苗产业化基地(鳌山)提供,平均个体体长为11 mm。该苗种2012年5月1日孵化,5月25日投放第1批次;5月10日孵化,6月6日投放第2批次,放流地点位于青岛鳌山镇柴岛头,放流尾数总计15673万尾。

* 国家科技支撑计划项目(2012BAD18B01)、国家重点基础研究发展计划项目(2011CB409805)、公益性行业(农业)科研专项项目(201003068)、农业部黄渤海渔业资源环境科学观测实验站和山东省泰山学者专项基金共同资助。袁伟, E-mail: yuanwei@ysfri.ac.cn

^① 通讯作者: 王俊, 研究员, E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2014-05-25, 收修改稿日期: 2014-07-23

2012年7-9月,进行了5次中国对虾的跟踪和回捕调查,调查船为14.7 kW单拖渔船,每站拖网1 h,拖速2.5 kn。共设置20个调查站位(图1),调查网具:底拖网,网口高为10 m,宽为10 m,囊网网目尺寸为13 mm。中国对虾回捕统计,采用社会走访和海上调查相结合的方法。依据海洋调查规范,记录数据并用直尺和天平测量中国对虾样品,进行体长、体重等生物学测定。

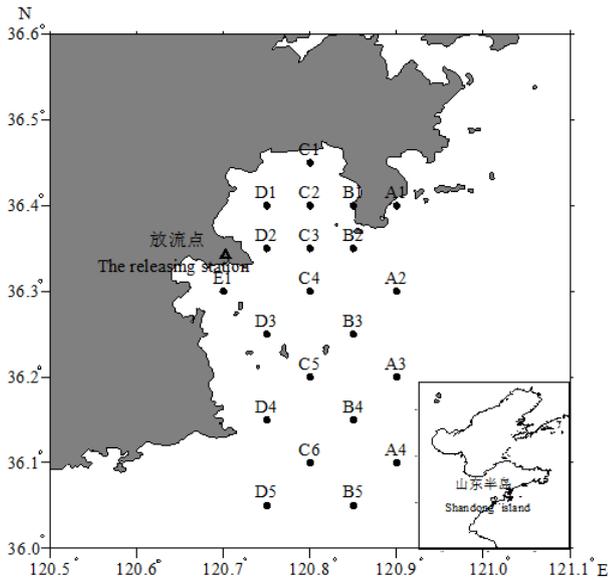


图1 崂山湾调查站位

Fig.1 Sampling stations in the Laoshan Bay

1.2 增殖群体和自然群体的属性判别

增殖群体和自然群体的判别区分目前还是增殖放流效果评价中的一个难点。在渔业资源本底调查中发现,崂山湾水域确有中国对虾自然群体分布,有效判别中国对虾的自然群体和增殖群体有利于更好的评估崂山湾中国对虾的增殖效果。中国对虾自然群体的产卵期为5月上、中旬,6月初发育成仔虾,仔虾快速生长,于6月下旬逐渐成为补充群体,并为渔业所利用(唐启升等,1990)。崂山湾中国对虾增殖苗种的孵化时间与自然群体存在一定时间间隔。鉴于对虾早期发育较为迅速,较短时间间隔即可形成明显体长差异,本研究利用“Bhattacharya”分析法对调查渔获物中对虾的自然群体和增殖苗种进行区分,其具体方法如下:

首先,假设不同群体的体长频率分布呈正态分布,利用体长分布确定可能的年龄,对连续频度去自然对数($\ln[N_{i+1}/N_i]$)并对对应的体长频率组(L_i)上界作图,所形成的直线斜率应为负值,然后利用线性回归

(式1)分析该直线:

$$\ln\left(\frac{N_{i+1}}{N_i}\right) = a_j + b_j \cdot L_i \quad (1)$$

式中, N_i 和 N_{i+1} 为第 j 个年龄组分的连续个体长频次, L_i 为 N_i 的上界。第 j 个正态分布的平均值为:

$$L_j = -\frac{a_j}{b_j} \quad (2)$$

其标准差(σ)为:

$$\sigma_j = \left(-\frac{\Delta L}{b_j}\right)^{1/2} \quad (3)$$

式中, ΔL 为体长组群。

体长频度组分离为一个迭代过程,其中,每个已经确定的组分将通过高斯函数(式4)从剩余组分中剔除:

$$N_{2i+1} = N_{i+1} - \left\{ \left(\frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \right) \cdot \exp \left[-\frac{(L_i - L_j)^2}{2\sigma_j^2} \right] \right\} \quad (4)$$

式中, N_{i+1} 为前一个频度组, N_{2i+1} 为新的频度组。

重复执行上述步骤,直到无正态分布可以确定为止(Hasselblad, 1966; Bhattacharya, 1967; Pauly *et al*, 1985; Sparre *et al*, 1998)。最后,利用最大似然法(NORMSEP)改善“Bhattacharya”法获得平均体长、种群规模和标准差数据。上述程序均利用 FiSAT II 软件计算(Gayanilo *et al*, 1994)。

“Bhattacharya”法可以将几个混合正态体长频度分布分离出来,同时可以得到各组分平均体长、种群数量及各组群标准差,并最终得出不同群体占总渔获的比例。依据种群分离指数(Separation index, SI)可判断“Bhattacharya”法结果的可信度, $SI > 2$ 可信度高;反之,则相对较低(Garcia *et al*, 1981)。

2 结果与分析

2.1 中国对虾放流群体和自然群体的判别

崂山湾增殖放流中国对虾5次跟踪调查的资源状况如表1所示。中国对虾的捕捞系数参照叶昌臣等(1987)预报渤海区秋汛对虾渔获量时所采用的0.75,8月1日调查中国对虾的相对丰度最高为374.37 ind./km²,8月17日调查中国对虾的相对资源量最高为10.94 kg/km²,7月13日调查捕获的中国对虾相对丰度和相对资源量均为最低,分别为14.4 ind./km²和0.29 kg/km²。

7月13日进行第1次跟踪调查,捕获中国对虾3尾,主要分布在鳌山湾湾口附近,不分雌雄群体,平均体长和体重分别为(116.7±12.3) mm和(13.5±3.5) g。根据中国对虾的 von Bertalanffy 生长方程(雌虾为:

表 1 崂山湾中国对虾 5 次跟踪调查的资源状况
Tab.1 The stock assessment of fleshy prawn in the Laoshan Bay through five surveys

调查日期 Survey date	相对尾数 Relative number (ind./km ²)	相对资源量 Relative biomass (kg/km ²)	体长范围 Range of body length (mm)	体重范围 Range of body weight (g)
07-13	14.40	0.29	103-127	9.60-16.30
08-01	374.37	9.22	114-157	12.20-40.50
08-17	331.17	10.94	131-172	23.40-54.30
09-05	57.60	2.30	128-183	31.10-58.70
09-26	19.29	1.15	150-207	29.20-86.10

$L_t=201.3[1-e^{-0.018(t-25)}]$, $W_t=91.8[1-e^{-0.018(t-25)}]^3$; 雄虾为: $L_t=163.5[1-e^{-0.0168(t-9)}]$, $W_t=49.1[1-e^{-0.0168(t-9)}]^3$, 式中, t 为日龄, L_t 、 W_t 分别为 t 龄的体长和体重进行估算(邓景耀等, 2000), 放流对虾苗种尚未达到调查网具的捕捞规格, 因此, 判断本航次捕获的 3 只中国对虾为自然群体。

8 月 1 日实施了第 2 次跟踪调查, 捕获中国对虾 78 尾, 雌性群体平均体长和体重分别为(138.9±8.6) mm 和(27.2±4.9) g; 雄性群体平均体长和体重分别为(129.6±6.7) mm 和(20.8±3.4) g; 不分雌雄群体平均体长和体重分别为(135.2±9.1) mm 和(24.7±5.3) g。运用“Bhatt-

acharya”分析法进行分析, 此次调查捕获的中国对虾分为两个群体, 两个群体的平均体长分别为 129.6、141.8 mm, 占渔获的比例分别为 48.5%和 32.2%, 体长频率分布如图 2 所示, 种群分离指数(SI)最大值为 1.98 小于 2, 参考中国对虾的生长方程进行的估算值(表 2), 仅能初步判断这两个群体分别为放流群体和自然群体, 尚不能具体区分放流群体的批次。

8 月 17 日实施了第 3 次跟踪调查, 捕获中国对虾 93 尾, 雌性群体平均体长和体重分别为(155.2±10.6) mm 和(36.7±6.8) g; 雄性群体平均体长和体重分别为(144.8±8.4) mm 和(29.6±5.7) g; 不分雌雄群体平均体长和体重分别为(149.6±10.8) mm 和(32.9±7.2) g。运用“Bhattacharya”分析法, 结果显示, 捕获的中国对虾呈现 3 个不同的体长群体, 体长分别为 144.9、130.5、166.6 mm, 3 个群体的种群分离指数(SI)均大于 2, 参考中国对虾的生长方程进行的估算值(表 2), 可以判断这 3 个群体分别为第 1、2 批放流群体和自然群体, 其中, 放流群体所占比例总和约为 92%(第 1 批放流群体占 75.4%, 第 2 批放流群体占 16.6%), 自然群体为 8%, 中国对虾放流群体所占的比重远高于自然群体。

中国对虾开捕后, 9 月 5 日实施了第 4 次跟踪调

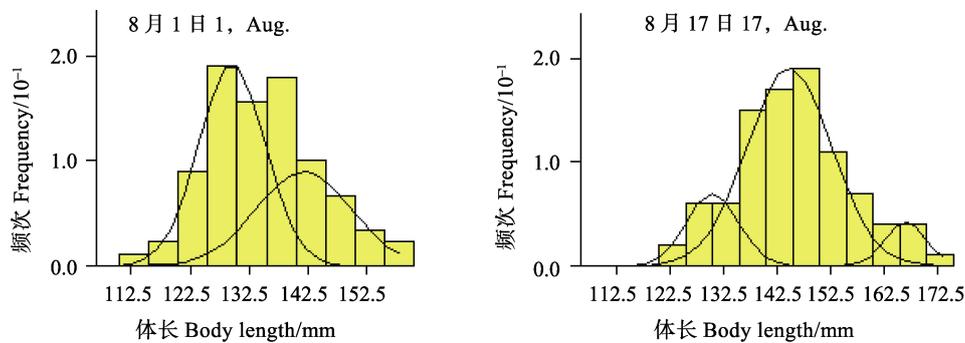


图 2 8 月崂山湾中国对虾渔获的体长频率分布
Fig.2 The length-frequency distribution of fleshy prawn in the Laoshan Bay in August

表 2 中国对虾实际体长和理论计算体长
Tab.2 The measured and theoretical body length of fleshy prawn

调查时间 Survey date	第 1 批对虾理论体长 Theoretical body length of the first group(mm)		第 2 批对虾理论体长 Theoretical body length of the second group(mm)		捕捞对虾实际体长 Measured body length(mm)	
	雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male
07-13	99.7	97.5	79.7	85.4	123±4.9	103
08-01	138.8	121.6	126.5	113.9	138.9±8.6	129.6±6.7
08-17	155.3	131.9	146.2	126.2	155.2±10.6	144.8±8.4
09-05	168.0	140.2	161.5	135.9	176.5±11.8	152.1±10.1
09-26	178.5	147.1	178.5	144.1	202.3±5.0	131.7±31.8

查, 捕获中国对虾 18 尾, 平均体长和体重分别为 (160.2±15.7) mm 和 (40.5±11.4) g; 9 月 26 日实施了第 5 次跟踪调查, 捕获中国对虾 6 尾, 平均体长和体重分别为 (183.6±26.4) mm 和 (60.5±23.7) g。由于两个航次捕获的中国对虾数量较少, 无法用 “Bhattacharya” 分析法进行区分放流群体和自然群体。

2.2 放流中国对虾的移动扩散规律

根据跟踪与回捕调查以及生产船捕捞记录, 崂山

湾放流中国对虾作季节性短距离的浅水区-深水区移动。图 3 为 7-9 月中国对虾在崂山湾的移动分布图。调查结果显示: 7 月中旬, 中国对虾放流苗种和野生群体共同栖息于放流点沿岸海域。8 月初, 中国对虾已经迁移到崂山湾中部的大管岛、马儿岛附近海域; 8 月下旬, 对虾继续向南向东迁移扩散, 南部已经移动到崂山头附近海域, 栖息密度也在不断增加, 最高值为 $1.21 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。9 月开始, 主要在水深大于 15 m 的海区捕获到中国对虾, 此时底层水温相对较高。8 月

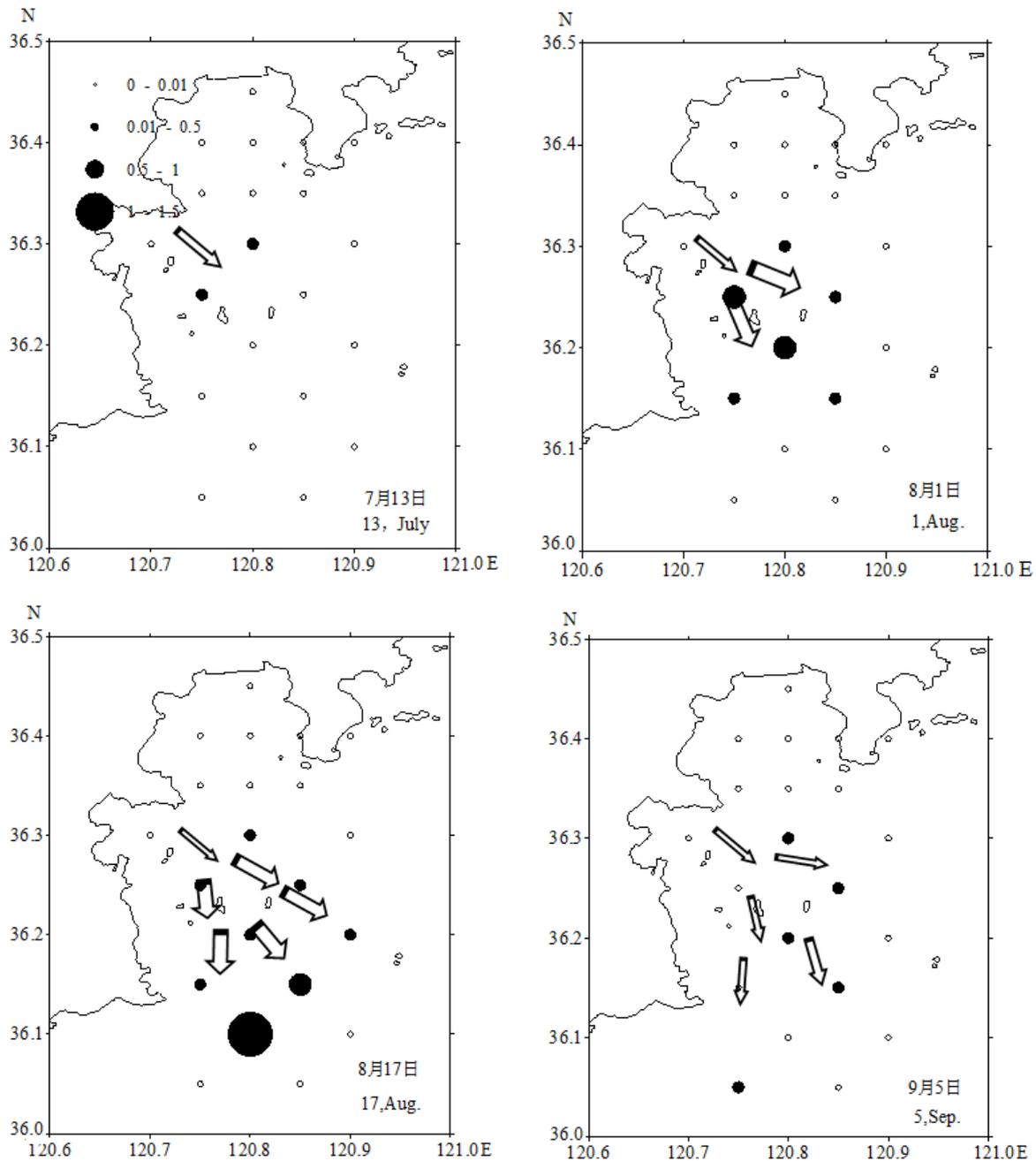


图 3 崂山湾中国对虾移动分布(图例: $\times 10^3 \text{ ind./km}^2$)

Fig.3 Spatial distribution of fleshy prawn in the Laoshan Bay(Legend: $\times 10^3 \text{ ind./km}^2$)

底禁渔期结束,大量中国对虾作业船只进入崂山湾海域,9月中国对虾的数量急剧减少。在放流点以东的鳌山湾内未能发现中国对虾,可能受到湾内筏式养殖的影响。

2.3 放流中国对虾的存活率与回捕率

研究对虾放流后在崂山湾海域的存活率是评估增殖放流效果的一个重要内容,影响放流对虾苗种存活的因素包括放流计数时的机械损伤、放流海域海洋环境的突然变化、敌害生物和竞争生物的存在、渔业生产活动的影响等。崂山湾是典型的渔业生物产卵场,5-8月的渔获物中均出现大量的叫姑鱼、短吻红舌鲷、虾虎鱼幼鱼,以及口虾蛄、日本鼓虾等,这些渔业生物基本上与对虾存在食物及生存空间上的竞争关系,同时在放流地点附近有筏式养殖,对放流对虾种苗的存活生长构成了不小的压力。

8月中国对虾的主要分布区位于崂山湾的中部海域,没有对虾进入鳌山湾,利用扫海面积法(Gulland, 1965)对湾区中国对虾放流群体的资源量进行估算,结果显示,8月中旬崂山湾中国对虾放流苗种的资源量为3.53万尾,放流对虾苗种的数量为15673万尾,存活率为0.02%。

增殖放流的回捕率是放流苗种的渔获尾数与放流数量的比值,据调查统计,自8月20日开捕至10月底,崂山湾放流海域捕捞中国对虾的作业渔船约450艘,累计捕获中国对虾约39674 kg,各月按回捕调查中8月17日、9月5日和9月26日样品的平均体重分布计算,回捕尾数合计99.66万尾(表3),以临近开捕前8月17日调查中国对虾放流群体占总渔获的比例计算,捕获中国对虾放流苗种91.69万尾,根据中国对虾回捕渔获量和放流群体在混合群体中所占比例计算回捕率,回捕率约为0.58%。

表3 中国对虾回捕数据
Tab.3 Recapture statistic data of fleshy prawn

项目 Items	时间 Time			合计 Total
	8月 August	9月 September	10月 October	
渔获量 Catches(kg)	10989	23825	4860	39674
渔获尾数 Number(ind.)	395288	523626	77698	996612

注: 渔获尾数按8月17日、9月5日和9月26日调查的平均体重换算

Note: the numbers of recapture were calculated by the average body weight of the survey on 17th August, 5th September and 26th September, respectively

3 讨论

3.1 放流群体和自然群体的判别

有效区分放流种类的放流群体和自然群体是评估增殖放流效果的基础,目前的方法主要包括:

(1) 传统方法 通过耳石、鳞片等生物体部分组织的特征进行年龄鉴定(朱国平, 2011a; 沈建忠等, 2000), 脂褐质(Lipofuscin)也能准确反映年龄的大小(Sohal *et al*, 1986; Kodama *et al*, 2005), 这种方法工作量比较大, 进行群体年龄鉴定十分困难。

(2) 数学模型法 通过计算体长频率来估算种群年龄组成。其中,最常用的方法是基于最小二乘法的 Solver 方法, Aizawa 等(1999)和 Gorie 等(2002)通过改进,后发展为 MS-Excel Solver 法,依据此种方法, Okuda 等(2005)等对日本水生海发光鲷的年龄组成和种群特征进行了分析,姜亚洲等(2012)对日本对虾的种群进行了区分。另外一个主要方法是基于极大似然法的 Hasselblad(1996)方法,通过学者的不断改进以及应用软件平台的不同,又衍生出混合分布分析(Fitting mixture distribution to length-density)(左涛等, 2012)、“Bhattacharya”分析法(朱国平等, 2011b)、基于 ELEFAN 技术的体长频率分析法(Bellido *et al*, 2000; Jaiswar *et al*, 2003)等,这些方法已经被广泛用于南极磷虾、鲑等渔业生物上。

“Bhattacharya”分析法采用了最大似然手段分离体长频度数据的正态分布组分,估算结果更准确,本研究采用了此方法进行分析。结果显示,8月17日航次对虾种群 SI 大于2,此时,中国对虾群体可以分为3个不同的种群,分别为第1、2批放流群体和自然群体,其中,放流群体占比例92%,自然群体比例为8%;8月1日航次所求得结果中分离指数小于2,可信度相对较低;由于9月的两个航次捕获的中国对虾数量较少,无法用“Bhattacharya”分析法进行区分放流群体和自然群体。叶昌臣等(2002)估算了黄海北部混合虾群中放流虾和野生虾的比例,二者所占比例分别为88.7%和11.3%;刘海映等(1994)也估算了黄海北部野生对虾的比例,平均约为7%。可见中国对虾的自然群体的数量不多,所占比例基本维持在10%这个水准。“Bhattacharya”分析法用于分析种群年龄结构可行。

基于理论体长和实际捕获体长的“Bhattacharya”法要受到崂山水域的个体生长差异、自然对虾群体的产卵时间、批次问题以及区分两类群体的理论体长和实际体长差异标准等诸多因素的影响,为了增加方法的可靠性和准确性,还需要做进一步的研究工作,比如除

了在自然群体产卵集中期放流外,尽量早或晚适当地增加放流批次,提高理论体长和实际体长的可对比性。

3.2 对虾迁移分布特征

中国对虾喜栖息在泥沙质海底,其幼苗有返滩习性,体长小于70 mm时,主要栖息于5 m水深以内的浅水区,生长至50–80 mm时,开始向较深水域移动,由于本研究是在7月中旬开始调查,调查水域水深均大于5 m,故没有捕获放流对虾,得到的对虾为自然个体,可见在放流开始至7月中旬,中国对虾一直栖息于放流点附近沿岸海域。

8月初,崂山湾中国对虾开始迁移到5–10 m水深区域,此时,对虾个体长度为120–160 mm,马儿岛、大管岛附近出现数量较多的对虾,至8月中下旬,对虾向东向南移动,数量众多的对虾群体最南端已经到达崂山头,这个海域水深20 m余,流速较大,少量的对虾群体最东端到达南岛附近。

8月底–9月初,禁渔期结束,大量船只开始捕捞对虾,在较短的时间内中国对虾资源量急剧下降,导致对虾的迁移速度减缓,迁移数量锐减。9月初,南向迁移的中国对虾已经脱离崂山湾海域,进入北黄海,东向迁移的对虾在强大的捕捞压力下已经所剩无几。

3.3 回捕效果

放流群体的回捕率大小是评价放流效果的主要指标,本研究根据青岛市海洋与渔业局的统计资料及现场回捕调查统计数据,去掉野生群体的数量,得出崂山湾中国对虾的回捕率为0.58%。以往调查研究,中国对虾的回捕率为2%–20%(刘瑞玉等,1993),本课题组还在胶州湾进行了对虾分子家系标志放流的工作,通过计算求得在胶州湾对虾的回捕率为2.70%。结果显示,崂山湾对虾的回捕率要远低于以往的调查结果,造成回捕率较低的原因可能有以下4个方面:(1)崂山湾海域叫姑鱼、短吻红舌鲷、口虾蛄、三疣梭子蟹、日本鲟、双斑鲟、鹰爪虾、日本鼓虾等底栖食性生物与中国对虾存在着不同程度的食物竞争,尤其是作为优势种的口虾蛄和双斑鲟,其数量最高占总渔获量的40.3%。(2)近几年,青岛沿海频繁发生浒苔灾害。崂山湾为半开放海域,大量浒苔进入湾内。作者在7–8月调查期间,拖网渔获物中出现大量浒苔。沉入海底的浒苔腐败变质,造成底层水体缺氧,影响渔业生物的生长,也可能导致中国对虾的死亡率增加。(3)崂山湾为半开放性的海湾,中国对虾的活动范围较大,在湾内停留时间较短,然后容易迁移到湾外。(4)休渔期期间非法偷捕现象时有发生,加之

回捕统计数量的误差,也是造成回捕率较低的原因之一。影响放流对虾回捕率的因素是多方面的,其他原因有待于进一步分析研究。

3.4 放流效果

崂山湾内基础生产力高,生物种类繁多,在此进行中国对虾的增殖放流,能产生较好的经济、生态效益和社会效益。中国对虾放流苗种8月集中在崂山湾中部进行索饵育肥,形成较大的渔业生物群体,8月中旬第1、2批放流对虾的平均体长分别达到130.5 mm和144.9 mm,均达到拖网作业的捕捞规格,至开捕时,对虾已经成为经济价值最高的渔业生物种类,给当地渔民带来了较大的经济利益。截止到10月底,在崂山湾及附近海域作业船只共捕获中国对虾约39674 kg,按平均售价180元/kg计算,经济收益为714.13万元左右。

在崂山湾放流对虾可以增加渔业生物的多样性,丰富青岛沿海捕捞品种的资源量,在形成一定规模的捕捞群体的同时,还能形成繁殖群体及补充群体,7月调查发现的3尾对虾及8月中旬对虾群体中的自然群体均为补充群体。对虾的增殖放流生态效益明显,对于保护崂山湾海洋生物多样性与海洋生态平衡,促进海洋渔业资源的可持续利用具有重要意义。

增殖放流是一项公益性事业,通过放流仪式、媒体的报道、张贴宣传画等多种宣传方式,使全民自觉保护资源的意识得到进一步加强;同时增殖放流使捕捞渔民的收入明显增加,从而促进渔区社会稳定。增殖渔业的发展将会带动捕捞业、水产品加工业、船舶维修业、商业及餐饮业的发展,增加就业人员,提高渔民收入,具有较高的社会效益。

致谢:感谢中国水产科学研究院黄海水产研究所王伟继老师在中国对虾分子标记家系培育方面所做的工作。

参 考 文 献

- 叶昌臣, 邓景耀, 韩光祖. 用世代分析方法估算秋汛渤海对虾世代数量. 海洋与湖沼. 1987, 18(6): 540–548
- 叶昌臣, 宋辛, 韩德武. 估算混合虾群中放流虾与野生虾比例的报告. 水产科学, 2002, 21(4): 31–33
- 左涛, 赵宪勇, 黄洪亮, 等. 南极半岛邻近水域南极大磷虾商业捕捞群体的年龄结构时空变化. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 1–10
- 邓景耀, 叶昌臣. 渔业资源学. 重庆: 重庆出版社, 2000, 304
- 朱国平. 金枪鱼类耳石微化学研究进展. 应用生态学报, 2011a, 22(8): 2211–2218
- 朱国平, 吴强, 冯春雷, 等. 基于渔业调查的南极半岛北部水

- 域南极磷虾种群年龄结构分析. 生态学报, 2011b, 31(6): 4620-4627
- 刘海映, 王文波. 黄海北部中国对虾放流增殖回捕率研究. 海洋水产科学, 1994(15): 1-7
- 刘瑞玉, 崔玉珩, 徐风山. 胶州湾对虾标志放流回捕率分析. 海洋科学, 1993, 6: 39-42
- 刘瑞玉, 崔玉珩, 徐风山. 胶州湾中国对虾增殖效果与回捕率的研究. 海洋与湖沼, 1993, 24(2): 137-142
- 沈建忠, 曹文宣, 崔奕波. 用鳞片 and 耳石鉴定鲫年龄的比较研究. 水生生物学报, 2001, 25(5): 462-466
- 姜亚洲, 凌建忠, 林楠, 等. 象山港日本对虾增殖放流的效果评价. 生态学报, 2012, 32(9): 2651-2658
- 姜浪波. 浅析渔业资源增殖放流. 中国水产, 2005, (12): 72-75
- 唐启升, 叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护. 北京: 农业出版社, 1990
- Aizawa Y, Takiguchi N. Consideration of the methods for estimating the age-composition from length frequency data with MS-Excel. Bull Jpn Soc Fish Oceanogr, 1999, 63: 205-214 (in Japanese)
- Bellido JM, Pierce GJ, Romero JL, et al. Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1785) in the Gulf of Cadiz (SW Spain). Fisher Res, 2000, 48(2): 107-115
- Bhattacharya CG. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 1967, 23(1): 115-135
- Garcia S, Reste LL. Life cycle, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. FAO Fish. Tech. Paper, 1981, 203: 215-216
- Gayanilo FCJr, Sparre P, Pauly D. FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) user's guide//FAO Computerized Information Series (Fisheries), No 8. Rome: FAO, 1994: 124-124
- Gorie S. Estimation of parameters in a mixture of normal distributions from length frequency composition and growth formula by MS-Excel. Suisanzoshoku, 2002, 50: 243-249 (in Japanese)
- Gulland JA. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. FAO Fish Tech Pap, 1965, 68
- Hasselblad V. Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. Technometrics, 1966, 8(3): 431-444
- Jaiswar AK, Chakraborty SK, Raja Prasad R, et al. Population dynamics of lizard fish *Saurida tumbil* (*Teleostomi/Synodontidae*) from Mumbai, west coast of India. Indian J Mar Sci, 2003, 32(2): 147-150
- Kodama K, Yamakawa T, Shimizu T, et al. Age estimation of the wild population of Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (Crustacea: Stomatopoda) in Tokyo Bay, Japan, using lipofuscin as an age marker. Fisheries Science, 2005, 71(1): 141-150
- Okuda N, Hamaoka H, Omori K. Life history and ecology of the glowbelly *Acropoma japonicum* in the Uwa Sea, Japan. Fisheries Science, 2005, 71(5): 1042-1048
- Pauly D, Caddy JF. A modification of Bhattacharya's method for the analysis of mixtures of normal distributions. FAO Fisheries, 1985
- Sohal RS, Wolfe LS. Lipofuscin: characteristics and significance. In: Swaab DF, Fliers E, Mirmiran M, Van Gool WA, Van Haaren F (eds). Progress in Brain Research, 1986, 170: 171-183
- Sparre P, Ursin E, Venema SC. Introduction to tropical fish stock assessment. FAO Fisheries Technical Paper. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1998, 306(1): 337-337

(编辑 陈严)

Assessment of Enhancement Effectiveness of Chinese Shrimp *Fenneropenaeus chinensis* Stock in the Laoshan Bay

YUAN Wei, LIN Qun, WANG Jun^①, SUN Jianqiang, CHEN Ruisheng

(Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial
Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute,
Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract Fleshy prawn *Fenneropenaeus chinensis* is one of the most important species for stock enhancement in the Laoshan Bay. To evaluate the potential effectiveness of releasing fleshy prawn stock enhancement, we analyzed the survival rate, growth rate, migratory pattern, and recapture rate of the released fleshy prawn using the Bhattacharya method based on the monitoring and recapture survey of fleshy prawn from July to September 2012 in the Laoshan Bay. We found that the released prawn mainly inhabited in inner or middle part of the Laoshan Bay, in which the sediments were sandy or sand-mud substratum. In mid-August, the mean body length of the first and second batch released fleshy prawn were 144.9 mm and 130.5 mm, respectively. The ratios of the released and wild fleshy prawns to the total population were 92% and 8%, respectively. The fleshy prawn moved from shallow water to deep water when the water temperature decreased. During the study period (from late August to early October), a total of 0.996 million released prawns were collected with the 0.58% mean recapture rate of fleshy prawn in the Laoshan Bay, which might be explained by the food competition, enemy creature and habitat destruction. Although the recapture rate of fleshy prawn was low, the ecological, economic and social benefits were still gained from the stock enhancement of fleshy prawn in the Laoshan Bay.

Key words *Fenneropenaeus chinensis*; Laoshan Bay; Natural population; Stock population; The recapture rate

① Corresponding author: WANG Jun, E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn