

浙江舟山人工生境水域日本黄姑鱼和黑鲷的增殖放流效果及评估

梁君, 王伟定, 林桂装, 徐开达, 郭爱

(浙江省海洋水产研究所, 浙江省海水增殖重点实验室, 浙江 舟山 316100)

摘要: 基于2004–2008年浙江舟山趋礁性鱼类的增殖放流数据, 以日本黄姑鱼(*Nibea japonica*) 和黑鲷(*Sparus macrocephalus*) 作为研究对象, 采用现场调查与理论推算相结合的方法, 分析放流后放流点附近海域放流种类的回捕率、移动分布情况、生长情况及死亡情况。结果表明, 黑鲷和日本黄姑鱼的回捕率逐年增长, 黑鲷在2008年仅游钓回捕率就达到3.68%, 手钓率逐年上升, 规格逐年变小, 补充群体数量有增加的趋势; 放流3个月后回捕的黑鲷平均叉长和平均体质量分别增加70.29%和390.25%, 而日本黄姑鱼平均体长可增加200%, 日均体质量增长速度为1 g/d; 预计至放流后第4年黑鲷总的投入产出比将达1:6.55, 日本黄姑鱼投入产出比当年就可达1:12以上。生长比实验表明, 黑鲷和日本黄姑鱼在自然海域生长比网箱养殖和池塘养殖更具优势, 岩礁性种类在连续放流3年以上时增殖的累积正效应才逐渐得以体现。结论认为, 人工生境水域的增殖放流增加了渔业产量, 使种群得以恢复, 也丰富了自然水域的生物多样性, 改善了水域生态群落结构, 有利于水域生态环境的修复。[中国水产科学, 2010, 17(5): 1075–1084]

关键词: 黑鲷; 日本黄姑鱼; 人工生境; 增殖放流; 效果; 评估

中图分类号: S93

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)05-1075-10

世界各国为了恢复业已衰退的海洋渔业资源, 优化渔业资源结构, 改善海域生态环境, 均采取积极的渔业资源养护与栖息地修复改造措施。渔业资源增殖放流是各国普遍采用的有效方法之一。渔业资源增殖放流的效果以及对其有效的定量评价是渔业行政主管部门、渔业生产者和渔业科研单位共同关注的课题, 对指导制定有效的渔业资源养护策略和提高渔民收入具有重要的现实意义。渔业资源增殖放流效果评价研究已经引起国际渔业界的关注。国外增殖放流效果评估主要从单个品种入手, 进行多个参数收集, 然后建模分析。对单一品种的增殖放流效果评价既有成功的经验^[1-2], 也有失败的案例^[3-6]。国内海洋渔业资源增殖效果评估主要停留在以回捕率和调查作为评价手段^[7-9], 增殖效果的定量评价仍处于起步阶段。鱼类增殖放流监测具有一定的困难, 且缺乏对放流鱼类长期的标记和跟

踪, 尚无设置多个回收站和渔业管理中心的做法。

对湖泊或港湾等封闭或半封闭水域资源增殖放流效果进行评价相对比较容易, 而开放海域生态系统复杂, 渔业生物品种繁多, 这无疑增加了对增殖放流品种的选择和增殖效果评价的难度。此外, 对多品种的评价尚处于探索阶段, 需要考虑到生态、产量、产值等诸多问题。人工鱼礁等人工生境的建设, 对于修复海洋生态环境、养护渔业资源、限制底拖网作业和降低近海捕捞强度等具有积极作用, 但要从根本上恢复渔业资源, 优化资源结构, 还须和渔业资源的增殖放流相结合^[10]。在国家重视建设海洋牧场的大背景下, 本研究利用2004–2008年浙江舟山趋礁性鱼类增殖放流的数据, 对日本黄姑鱼和黑鲷的增殖放流效果及评价进行了分析研究, 旨在为增殖放流的评价提供一些新的思路和方法。

收稿日期: 2009-11-17; 修订日期: 2010-02-08.

基金项目: 国家863计划项目(2006AA100303); 国家科技支撑计划项目(2007BAD43B02).

作者简介: 梁君(1982-), 男, 工程师, 研究方向为渔业生态. E-mail: junfengliang2008@hotmail.com

通讯作者: 王伟定, 高级工程师. Tel: 0580-3050985; E-mail: wdwang@sohu.com

1 材料与方法

1.1 目标种的选择

人工鱼礁海域是一个离散型的相对封闭海域。综合考虑应该选取在该海域自然生长、具有一定经济价值、洄游路线短、适宜栖息于人工生境、在海域生态中起重要作用,并且有一定人工增养殖技术基础的种类^[11]。对东海人工鱼礁区增殖放流种类进行筛选,认为无论从增加地方资源,还是增加沿海公共资源角度考虑,条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)、褐菖鲉(*Sebastes marmoratus*)、石斑鱼(*Epinephelus akaara*)、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)、黑 鲷(*Sparus macrocephalus*) 和 日本黄姑鱼(*Nibea japonica*)等6个物种都是比较合适的目标种。条石鲷、褐菖鲉和石斑鱼是较好的岩礁性种类,但因大规模人工育苗尚未过关,还未实施放流;牙鲆具有不易回捕的缺点。鉴于此,本研究对这4个种类不作分析。日本黄姑鱼属大陆架浅海底层鱼类,为东海区固有种类,成熟个体在低水温期移入深水越冬场,成熟前多在岛礁区底层活动。日本黄姑鱼在2000–2002年开展人工育苗及养殖试验,均获得了成

功,并显示了很好的养殖优势^[12]。从2005年至今,浙江省一直都在开展日本黄姑鱼全人工育苗工作,年育苗量达到百万尾,大部分苗种用于增殖放流。台湾在结合人工鱼礁的增殖放流项目过程中,曾借鉴日本的方法考虑对日本黄姑鱼实施增殖放流^[13]。黑鲷属岛礁性鱼类,其苗种培育技术已经成熟,为各地方首先考虑的放流对象之一。本研究为了评价的可行性,选取移动性不强,已具有一定放流规模,能较好地适应放流水域环境的黑鲷和日本黄姑鱼作为研究对象。

1.2 放流情况

2004–2008年在浙江舟山放流标志黑鲷和标志日本黄姑鱼12批次,标志黑鲷共计49 727尾,标志日本黄姑鱼共计10 633尾(表1)。鉴于当地垂钓的盛行度、标志鱼回收的易得性和社会调查的便利度,2个标志放流种类主要放流点如图1所示,大黄龙岛和朱家尖分别为人工鱼礁影响和投放海域,另外7个批次放流在东海大桥旁侧岛礁、大小洋山和火山列岛西北侧(图1未标识,位于岱山西北侧)等岛礁群及其周边海域,投放点均位于礁石周围,本研究将这些点作为岛礁影响海域处理。

表1 2004–2008年浙江舟山岩礁性鱼类增殖放流概况
Tab. 1 Enhancement release of coastal reef fishes in Zhoushan Archipelago during 2004–2008

批次 Batch	时间 Date	地点 Position	种类 Species	数量/尾 Number	平均体长/cm Average body length	平均体质量/g Average body weight	标志方法 Tagging method
1	2004–6–21	30° 44' N, 122° 01' E	TB	2654	12.42	38.20	ST
2	2004–6–21	30° 44' N, 122° 01' E	TB	1121	17.13	140.00	ST
3	2004–10–29	30° 24.735' N, 122° 06.823' E	TB	9108	7.68	8.97	ST
4	2005–5–28	30° 36.870' N, 122° 00.160' E	TB	6078	12.33	35.93	ST
5	2005–7–10	30° 35.695' N, 122° 06.072' E	TB	15883	10.95		ST
6	2005–7–17	30° 28.333' N, 121° 50.383' E	TB	5535	12.95		淡黄色 FT Light yellow FT
7	2005–7–17	30° 28.333' N, 121° 50.383' E	TJ	2000	6.00	3.80	ST
8	2005–10–31	29° 51.624' N, 122° 26.032' E	TJ	1229	17.84		红色 FT Red FT
9	2006–7–30	29° 51.217' N, 122° 27.350' E	TB	3316	13.56	45.10	ST
10	2007–9–13	29° 53.777' N, 122° 18.021' E	TJ	928	12.91		ST
11	2008–7–13	30° 42.027' N, 122° 41' E	TB	6032	11.88		ST
12	2008–8–13	29° 51.624' N, 122° 26.032' E	TJ	6476	11.45	24.14	ST

注: TB–标志黑鲷; TJ–标志日本黄姑鱼; ST–挂牌标记; FT–荧光标记。
Note: TB–Tagged black sea bream; TJ–Tagged Japanese croaker; ST–Scutcheon tag; FT–Fluorescent tag.

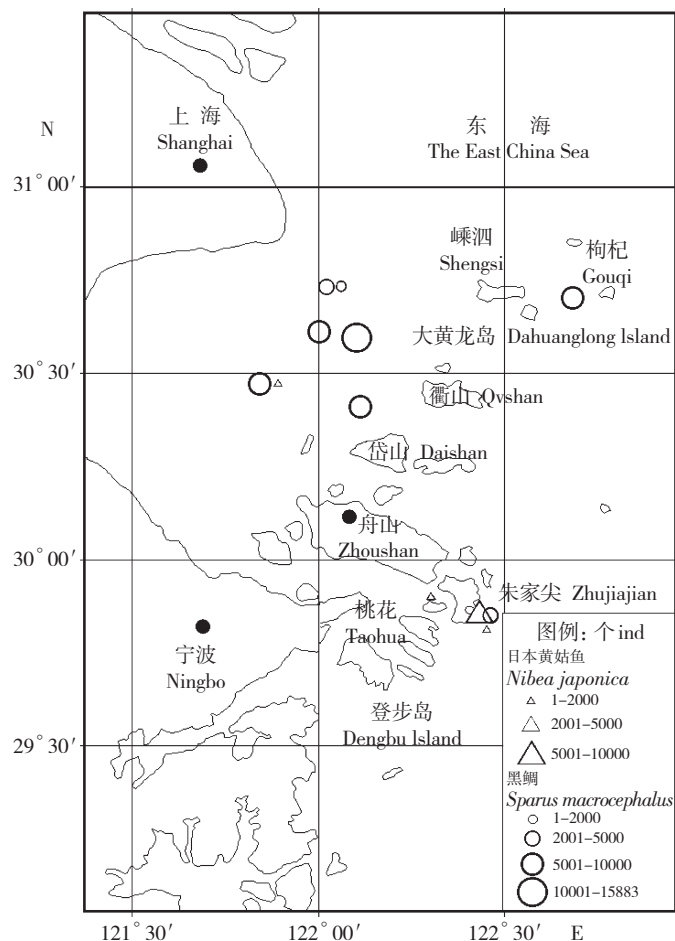


图1 人工生境水域增殖放流区域分布
Fig. 1 Regional distribution of enhancement release areas in artificial reef habitat waters

1.3 调查与评价方法

1.3.1 调查方法

(1)海上定点监测调查 主要参照全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程^[14]中的方法进行。

(2)标志鱼回捕 通过在渔区进行宣传并收购标志鱼,在浙江省海洋水产研究所及嵊泗、岱山、普陀、象山和上海南汇区(浦东新区)的渔政管理部门设标志鱼收集点,代为收购,并对收购的标志鱼进行详细的生物学测定和标志鱼捕获时间、地点、船舶、网具、标志牌号等记录。

(3)社会调查 主要采取走访方式,对以上回收点各地市场渔获物进行调查,了解放流后放流点附近海域放流种类的资源 and 渔获量变动情况。

1.3.2 自然死亡系数与总死亡系数的估算方法

(1)自然死亡系数的估算

根据经验公式自然死亡系数与最高年龄的线性回归方程^[15]计算:

$$M=-0.002\ 1+2.591\ 2/t_{\lambda}\tag{1}$$

式中 M 为自然死亡系数, t_{λ} 为最高年龄。

根据Pauly^[16]的经验公式估算:

$$\ln M=-0.006\ 6-0.279\ \ln L_{\infty}+0.654\ 3\ \ln K+0.463\ \ln T\tag{2}$$

式中 $T(^{\circ}\text{C})$ 表示年平均表层水温, $L_{\infty}(\text{mm})$ 为渐近体长, K 为生长参数。von Bertalanffy 生长参数(渐近体长 L_{∞} 和生长曲线平均曲率 K)的估计采用EL EFAN 技术分析^[17-18], T 值数据来源于浙江省海洋监测预报中心。

(2) 总死亡系数的估算

在考虑捕捞死亡且捕捞强度不变的情况下,总死亡系数可以用下式计算^[15]:

$$\ln x_r = \left\{ \ln \frac{F x_0}{F + M'} (1 - e^{-(F+M')}) + (F + M') \right\} - (F + M') r \quad (3)$$

式中 x_0 为标志放流尾数, x_r 为第 r 期重捕尾数, 总死亡系数、捕捞死亡系数和自然死亡系数分别用符号 Z 、 F 和 M 表示, M' 表示自然死亡系数 M 中加上因标志脱落系数等的值, 数据代入上式可求 F 值, F 和 M 的代数和即为 Z 值。

HOENIG'S MODELS 法计算总死亡系数^[19]:

$$Z = \frac{1}{C_1(t_{\max} - t_{\min})} \quad (4)$$

式中 $t_{\max}$ 表示最高年龄, $t_{\min}$ 取达到商品规格的年龄, C_1 为常数

1.3.3 资源量和渔获量的估算方法

(1) 资源量的估算 在考虑捕捞死亡的情况下, 资源量 N_t 计算公式为

$$N_t = N_0 e^{-(M+F)t} \quad (5)$$

式中 N_0 为放流尾数, t 为时间, 通常以年为单位。

(2) 渔获量的估算 渔获量 C 的计算式为:

$$C = N_t v \quad (6)$$

式中 v 为捕捞死亡率, 其求解公式为:

$$v = \frac{F}{M + F} \left[1 - e^{-(M+F)} \right]$$

1.3.4 评价方法 采用现场调查与理论推算相结合的方法, 分析放流后放流点附近海域放流种类的回捕率、移动分布情况、生长情况及死亡率情况。

2 结果与分析

2.1 放流群体的回捕率和移动分布

放流群体的回捕率高是评价放流效果的主要指标^[20]。在作业渔具上, 2004–2008 年回捕的黑鲷主要是以游钓为捕获手段, 日本黄姑鱼以流刺网为主, 仅少量被蟹笼和垂钓捕获, 张网和拖网目前尚未发现捕到标志鱼, 说明当年放流的这 2 个种类主要活动区域是在放流周边海域的浅海中下层、靠近岩礁一带。

各年标志鱼重捕情况见表 2。由表 2 可以看出, 黑鲷的回捕尾数逐年增加, 回捕率也呈现大幅度增长, 在 2008 年仅游钓回捕率就达到 3.68%, 说明黑鲷适宜在岩礁海域生长栖息。日本黄姑鱼虽然摄食能力较强, 但是不如鲈 (*Lateolabrax japonicus*)、黑鲷、鲈 (*Micthys miuy*) 等凶猛, 对低水温耐受力较差, 垂钓不易上钩, 这导致了该种鱼标志回捕困难。

社会调查发现, 人工鱼礁海域常有游钓船只聚集作业, 岛礁垂钓者数量也在不断增加, 主要钓获种类为黑鲷和褐菖鲉, 日本黄姑鱼和褐牙鲷偶有钓获。每年均对嵊泗和朱家尖等地放流点进行走访调查。据嵊泗钓鱼协会成员的介绍, 嵊泗人工鱼礁区黑鲷手钓上钩率较高, 游钓旺季平均每人可钓获 30 ~ 70 尾/d, 且个体相差不大, 体质量 300 ~ 450 g。在与嵊泗长期

表 2 2004–2008 年标志鱼重捕情况
Tab. 2 Recapture of tagged fishes in 2004–2008

放流种类 Releasing species	放流日期 Releasing date	放流尾数/尾 Releasing number	回捕日期 Recapture month	回捕尾数/尾 Recapture number	所属批次 Batch	回捕率/% Recapture rate
黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>	2004–6–21	12883	2004–7/2004–11	5	1, 2	0.13
	2005–7–17	27496	2005–8/2005–11	9	6	0.16
	2006–7–30	3316	2006–8/2006–10&2007–6	19	9	0.57
	2008–7–13	6032	2008–8/2008–12	222	11	3.68
日本黄姑鱼 <i>Nibea japonica</i>	2005–7–17	2000	2005–10	12	7	1.10
	2008–8–13	6476	2008–11	7	12	0.11

注: 标志鱼回捕率按照标记牌号计算, 其他年份捕获的鱼计入该放流年; 回收标志鱼所属批次见表 1; 回捕率 = 回捕尾数/放流尾数。

Note: Recapture rate of tagged fish is calculated in accordance with tag number; Fish caught in other years is reckoned in releasing year. Different batches of captured fish are listed in tab.1. Recapture rate = Recapture number/ Releasing number.

从事近岸张网作业的渔民座谈过程中了解到零星捕获大个体黑鲷,体质量都在1.5 kg以上,这在2008年以前是没有的现象。朱家尖人工鱼礁区7-9月份黑鲷手钓率从2004到2008年逐年上升。2004年在休闲游钓区手钓黑鲷数量较少,1个钓手平均每天钓获的黑鲷尾数1~4尾(空钓率较多),钓捕的黑鲷以300~500 g/尾偏多;2005年同期,每天的钓获尾数为5~6尾,平均体质量大多数为200~300 g/尾,2006年每天的黑鲷手钓数量为10~20尾,平均每天约13尾左右,规格在150~1 250 g之间,大多数为100~200 g/尾,2007-2008年平均每天达到15尾以上。手钓量的提高,规格逐年变小,说明补充群体数量有增加趋势,体现了礁区实施放流黑鲷的显著效果。近年来浙江省每年都会进行一定数量的黑鲷和日本黄姑鱼的增殖放流,岩礁性种类的数量增加明显,促进了舟山群岛岛礁区的休闲游钓业的发展。

黑鲷标志放流后迅速潜入底层,向岛礁移动,且放流鱼的密集群体随着时间推移而向周围岛礁或浅水区扩散^[21]。大黄龙岛海域放流后的黑鲷向大小黄龙岛、枸杞、嵎山等海区活动(图1),此放流点黑鲷的分布相对分散,用三层刺网捕获的标牌号为B07(2008年放流黑鲷的标牌号为B07、B08和B09)的标志鱼距离放流点最远达11.2 nmile。大洋山周边海域放流黑鲷后,在放流点未发现标志鱼,而3个月之后在岱山岛西侧、小衢山等岛礁和浅水域张网捕获了标志鱼。朱家尖放流点的黑鲷在朱家尖岛、桃花岛、西峰岛(朱家尖西南侧)等岛礁区出现(图1),2006年在放流点周

围2.5 nmile范围内2个月内钓获标志鱼12尾,其中有75%的黑鲷在朱家尖人工鱼礁区内回捕到。3个放流区移动分布情况说明,黑鲷移动范围小,喜欢在岛礁和浅水区活动,栖息地具有明显的地域性,这与徐开达等^[21]获得的标志鱼回捕和移动分布结果一致。

浙江省进行日本黄姑鱼的增殖放流属国内首次。2008年11月浙江省海洋水产研究所对日本黄姑鱼放流周边海域——朱家尖、螺门岛、登步岛、桃花岛、西轩岛等地(图1)进行放流跟踪调查,在朱家尖东沙情人岛附近海域捕获标志日本黄姑鱼4尾。桃花岛社会调查发现,岛外4~5 nmile,水深20~30 m海区自2005年开始发现日本黄姑鱼,从每年的6月份至次年的1月份都能用流刺网捕获大小不等的日本黄姑鱼,小规格体质量在150~200 g,大规格的体质量在500 g以上。舟山西轩岛北码头附近海域每年8-10月用蟹笼、垂钓作业方式也陆续捕获到日本黄姑鱼。

2.2 标志鱼的生长

以2008年回捕情况为例,自然海域回收的222尾黑鲷按照10~11 d为1个时间段,对平均叉长和平均体质量进行统计,得到标志鱼生长情况如图2所示。3个多月的时间,平均叉长从放流时的11.88 cm增加到20.23 cm,平均体质量从35.90 g增加到176.00 g,分别增长了8.35 cm(70.29%)和140.10 g(390.25%)。按照2005年放流的日本黄姑鱼生长测定,7月15日的平均体长6 cm,平均体质量3.8 g,至10月25日已达平均体长17.9 cm,平均体质量100 g,日均生长1 g。

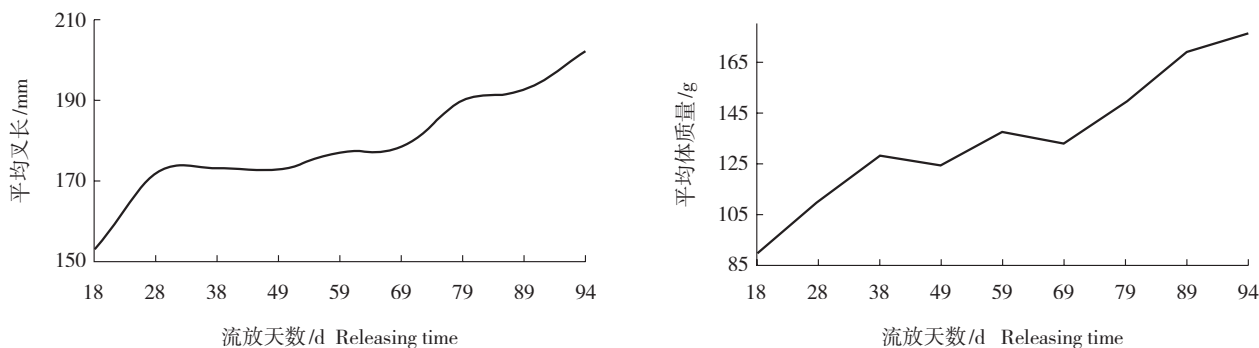


图2 2008年放流标志黑鲷的体长、体质量生长情况

Fig. 2 Growth of body length and body weight of *Sparus macrocephalus* in 2008

2.3 黑鲷和日本黄姑鱼的放流效果评估

2.3.1 黑鲷自然死亡系数 自然死亡系数(M)是一个难以准确估计和验证的渔业生物学参数,使用不同的方法和资料概算结果有差别,在一个较精确的估计值未获得之前,可采用多个 M 值,供资源评估和管理决策时选择使用。

(1)按公式(1)计算,鲷科鱼类的寿命较长,中国沿海自然海区黑鲷一般为9龄^[22],可得到自然死亡系数 M 为0.285 8/a。

(2)按公式(2)计算,根据调查数据,估算 K 值为0.351, T 值取21.94 °C,可得自然死亡系数 M 为0.377 3/a。Pauly^[16]建议,对于集群性的鱼种,按照公式(2)求得值再乘以0.8。唐启升等^[23]也报道黑鲷具有比真鲷(*Pagrus major*)更显著的集群洄游和游动觅食特征,故 M 值校正为0.301 8/a。

(3)自然死亡系数

以上2种方法估算的结果相近,同时与Pauly^[16]报道赤鲷(*Pagrus pagrus*)的0.32/a、林龙山等^[24]报道东海黄鲷(*Dentex tumifrons*)的0.30/a和侯刚等^[25]报道北部湾二长棘鲷(*Parargyrops edita*)的0.282 8/a相近。将上述2种方法计算的自然死亡系数综合平均值作为黑鲷的自然死亡系数,即 M 为0.293 8/a。

2.3.2 黑鲷总死亡系数

(1)标志放流法

标志放流试验是估算捕捞死亡率的最好方法之一^[15],可直观反映某一段时间间隔内标志鱼捕捞死亡尾数与开始放流时资源尾数之比。由于手钓是回捕黑鲷的重要手段,且标志鱼的群体在各方面都与总资源群体的状况相一致,可以剔除其他捕捞形式对黑鲷评价的影响。在考虑捕捞死亡且捕捞强度不变的情况下,本研究重捕期设为10~11 d,按照公式(3),通过线性回归估算,线性回归方程为 $y=4.631 7-0.626 5x$,方程斜率即 Z 的值为0.626 5/a。由于放流标志鱼占增殖放流总量接近于0,视 M 值与 M' 值相等。

(2)体长变换渔获曲线法

采用FAO推出的FISAT II软件中的体长变换渔

获曲线法估算,依据调查回捕测定的数据,计算得 Z 为0.67/a。

(3)HOENIG'S MODELS法

黑鲷1年后可达到商品规格^[26],本研究 $t_{\min}$ 取1龄, $C_1=0.2$ ^[19],按照公式(4)计算得到 $Z=0.629/a$ ($SE=0.14$)。

(4)总死亡系数的确定

上述3种方法估算的结果也相近, Z 的确定由以上3种方法求得值取平均数,即黑鲷的总死亡系数为0.641 8/a。

2.3.3 黑鲷的增殖放流效果评估 按照2.3.1和2.3.2估算的 M 值和 Z 值,结合资源量和渔获量的估算方法,以2008年放流的298.74万尾黑鲷(含标志鱼)为例进行放流效果评估。当年在自然海区形成资源量157.24万尾,以平均体质量150 g计,1年中可产生235.86 t的资源量,1年后形成捕捞产量60.58 t,在海中预留当年亲体116.86万尾。若以2008年市场平均价格20元/kg计算,1年后产生的产值为121.15万元。若考虑到放流后第2年的回捕情况,放流后第2年可产生184.52 t的资源量(体质量按300 g计算),形成捕捞产量47.39 t,在海中预留剩余亲体45.71万尾。若以2009年市场平均价格60元/kg计算,第2年产值为284.34万元,第3年和第4年可形成产值416.36万元。2008年黑鲷总的放流资金按照东海渔政局招标价0.42元/尾计算,至放流后第4年放流资金与捕捞产出比预计为1:6.55,另外预留剩余亲体7万尾。

2.3.4 日本黄姑鱼的增殖放流效果 日本黄姑鱼与大黄鱼同属石首鱼科,且生长速度更快,捕捞死亡系数和自然死亡系数参考孔祥雨等^[27]对东海大黄鱼的评估数据($M=0.11$, $F=0.94$)。对于增殖放流的日本黄姑鱼,在不考虑捕捞死亡的情况下,每放流1万尾日本黄姑鱼,1年后的资源残存数量为0.90万尾,按平均体质量1 kg计算^[26]的资源量为9.0 t,回捕率以5%计算^[28],形成产量0.45 t,按3万元/t计算(2007年市场价),当年产生的经济效益达1.35万元,捕捞环节投入产出比达1:2.7,至第2年可达1:9(体

质量按2 kg计算^[26],市场价4万元/t)。若考虑捕捞死亡的情况下,每放流1万尾日本黄姑鱼,1年后的资源残存数量为0.15万尾,资源质量达3.5 t,形成捕捞产量2.0 t以上,产生的经济效益达6.11万元,当年投入产出比可达1:12以上,至第2年投入产出比即可达1:16,其总的投入产出比将达1:18以上。

3 讨论

3.1 标志鱼回捕率低的原因分析及对策

回捕率是一种评价放流效果的主要参考指标。2005年分别对黑鲷和日本黄姑鱼实施了不同颜色的荧光标记,均没有回捕,说明荧光标记对黑鲷和日本黄姑鱼的标志回捕是不合适的。目前,浙江省增殖放流标志鱼的回捕率较低,标志牌回收较难。分析原因有2方面:一方面由于海域呈开放性,标志鱼数量相对较少,放流后跟踪调查的频次少,宣传力度不够等原因,使标志鱼不能及时回收,当年放流的标志鱼往往是在之后1~2年的调查中发现,影响了当年的回捕。另一方面,标志黑鲷的回收以游钓为主要捕获手段,标志日本黄姑鱼以流刺网为主要回收渔具,均缺乏其他作业渔具的回收信息。林金鍊等^[8]对大亚湾浅水区标志放流的黑鲷采用渔笼、小型拖网和张网等渔具进行回捕,且回捕效果均比手钓显著。汤建华等^[29]对标志黑鲷回捕作业进行统计,发现串网和钓钩作业是标志鱼回捕的主要作业方法,且前者所占比率更大。从分析结果来看,浙江舟山黑鲷和日本黄姑鱼的标志回捕率具有较大的提升空间。

2008年的黑鲷标志放流通过宣传和定点回收措施,取得了较好的回捕效果,回捕率已经达到了3.68%。日本黄姑鱼于2005年才开始放流,对渔民的社会调查中了解到,在捕捞过程中发现渔获中一种鱼在形态上接近鲩,但不能确定其品种,经过取样鉴定,确定就是近几年放流的日本黄姑鱼。所以今后应加大增殖放流在渔区的宣传力度,扩大社会影响,使全民自觉保护资源环境的意识得到进一步加强。

3.2 自然海域和池塘养殖、网箱养殖的生长情况比较

图2中标志黑鲷在自然海域放流早期的生长

情况与林金鍊等^[8]和徐开达等^[21]的研究结果有些差异,主要表现在前2个月,之后变化规律基本相似。第1个月黑鲷平均叉长和平均体质量增长量较大,第2个月平均叉长增长缓慢,并在38~48 d和59~69 d 2个时间段出现鱼体质量反而减小的现象,之后生长进入快速增长期。分析原因是由于放流后第1个月的18~28 d期间回收尾数较少,仅回收到4尾黑鲷,不能反映放流的整体情况。推测放流后的黑鲷在新的水域环境有一定的维持期、适应期和稳定期,其生长与饵料摄取的难易程度有关。

2005–2008年通过定点监测、标志回捕和社会调查得到的日本黄姑鱼生长数据与楼宝等^[12]的网箱和池塘养殖试验数据进行比较,如图3所示。本研究的自然海域数据来源于近3年调查的平均值,与2002年同期网箱和池塘养殖试验初始体长和体质量相近,具有一定的可比性。结果发现自然海域生长的日本黄姑鱼具有生长快速的特点,体长在7–10月生长速度较快,体质量则是在8–10月较快。从图3还可以发现,自然海域的大水体实现了日本黄姑鱼较好的生长优越性,自然海域“放养”可体现日本黄姑鱼的增殖放流效果,而网箱适宜于幼苗暂养,池塘可作为人工驯养。

3.3 基于增殖种类种群恢复的生态效应的分析

增殖放流的目的是增殖和恢复资源量,在不损害野生资源的前提下增加整个种群规模和种类增长率^[30],种群的恢复是增殖放流的关键点,在某种程度上也是评价是否取得经济效益、社会效益的物质基础。增殖放流种类的累积效应一般需要在相同水域对同一品种在多年、连续、大规模的人工放流的基础上(少数1年生品种为当年见效)才能体现(如黑鲷)^[31],短期效果主要体现在部分品种的经济效益上。黑鲷、日本黄姑鱼等种类在连续放流3年以上时增殖的累积正效应才能得以逐渐体现,本研究该2个种类的正效应反映在自然海域生长迅速、放流3年后的投入产出比较高。黑鲷和日本黄姑鱼的增殖放流对放流海域总资源补充量的增加有显著作用,在舟山近海岛礁附近海域已形成黑鲷密集群体,日

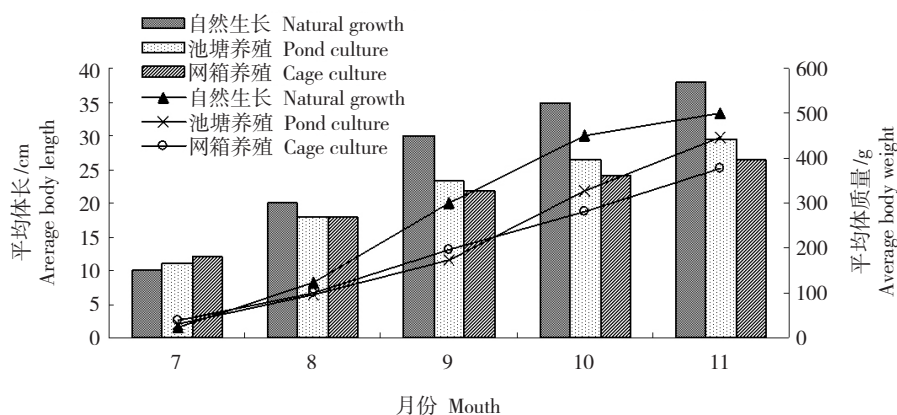


图3 自然生长和池塘、网箱养殖^[12]日本黄姑鱼的生长比较
柱形图表示平均体长;折线图表示平均体质量。

Fig. 3 Growth comparison of *Nibea japonica* in cage culture, pond culture^[12] and natural waters
Columns represent average body length. Line graphs represent average body weight.

本黄姑鱼经过放流开始形成可捕群体,丰富了自然水域的多样性,改善了水域生态群落结构,有利于水域生态环境的修复。

由于捕捞影响,使得海中残留剩余群体大大降低。黑鲷性成熟过程具有明显的性逆转现象,3~4龄时性分化结束,以现有的捕捞压力,黑鲷放流4年后,在放流海域剩余亲体量仅占放流总尾数的2%左右。按照日本黄姑鱼4龄才产卵的情况,放流的50.728万尾日本黄姑鱼在4年后仅残存7 609尾。因此,要在海域中使放流鱼种产卵形成自然繁殖群体,以达到放流的最终目标,必须在保证一定放流量的同时,减少对放流鱼的捕捞,加强对放流鱼的管理以保护剩余群体。

致谢:上海海洋大学章守宇教授,周永东高级工程师,柴学军高级工程师在数据提供和论文指导方面给予很大帮助,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] Kitada S, Taga Y, Kishino H. Effectiveness of a stock enhancement program evaluated by a two-stage sampling survey of commercial landings[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1992,49: 1573-1582.
- [2] Andel J E, Boyce I M. Mark-recapture studies of Taku

River adult sockeye salmon stocks in 2006: Pacific salmon commission technical report No. 26[R]. Vancouver, 2009: 1-57.

- [3] 李延森,邱秀兰. 韩国渔业资源增殖放流的发展与措施[J]. 中国水产, 2008(8): 28-29.
- [4] Welcomme R L, Bartley D M. Current approaches to the enhancement of fisheries[J]. Fish Manag Ecol, 1998,5: 351-382.
- [5] Arnason R. The economics of ocean ranching: Experiences, outlook and theory[R]. FAO Technical Paper, 2001,413: 45.
- [6] Blaxter J H S. The enhancement of marine fish stocks[J]. Adv Mar Biol, 2000,38: 2-54.
- [7] 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, 1999,23(3): 304-307.
- [8] 林金錶,陈涛,陈琳,等. 大亚湾黑鲷标志放流技术[J]. 水产学报, 2001,25(1): 79-83.
- [9] 沈新强,周永东. 长江口、杭州湾海域渔业资源增殖放流与效果评估[J]. 渔业现代化, 2007,34(4): 54-57.
- [10] 陈丕茂. 广东人工鱼礁区增殖放流种类初探[J]. 南方水产, 2005,1(1): 11-20.
- [11] 周军,李怡群,张海鹏,等. 2007年河北省海洋渔业增殖放流效果评估[J]. 河北渔业, 2008(6): 46-49.
- [12] 楼宝,徐君卓,吴祖杰,等. 日本黄姑鱼养殖试验初报[J]. 上海水产大学学报, 2002,11(4): 324-328.
- [13] Liao I C. Status, problems and prospects of stock enhancement

- in Taiwan [J]. *Hydrobiologia*, 1997, 352: 167–180.
- [14] 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程编写组. 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程 [M]. 北京: 海洋出版社, 1986 VIII: 56–67.
- [15] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 76–88, 110–115, 227–235.
- [16] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. *ICES J Mar Sci*, 1980, 39(2): 175–192.
- [17] 何保全, 李辉权. 珠江口棘头梅童鱼的资源评估 [J]. 水产学报, 1988, 12(2): 125–134.
- [18] Pauly D, Morgan G R. Length-based methods in fisheries research [M]. *ICLARM Conference Proceedings*, 1987, 13: 468.
- [19] Pauly D. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators [R]. *ICLARM Studies Rev*, 1984, 8: 1–325.
- [20] 邓景耀, 金显仕. 渤海越冬场渔业生物资源量和群落结构的动态特征 [J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 42–46.
- [21] 徐开达, 周永东, 王伟定, 等. 舟山海域黑鲷标志放流试验 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(1): 93–97.
- [22] 姜志强, 吴立新, 郝拉娣, 等. 海水养殖鱼类生物学及养殖 [M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 81–89.
- [23] 唐启升, 孙耀, 张波. 7种海洋鱼类的生物能量学模式 [J]. 水产学报, 2003, 27(5): 443–449.
- [24] 林龙山, 郑元甲, 程家骅, 等. 东海区底拖网渔业主要经济鱼类渔业生物学的初步研究 [J]. 海洋科学, 2006, 30(2): 21–25.
- [25] 侯刚, 朱立新, 卢伙胜. 北部湾二长棘鲷生长、死亡及其群体组成 [J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(3): 50–55.
- [26] 徐君卓. 深水网箱养殖技术 [M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 97–98.
- [27] 孔祥雨, 洪港船, 毛锡林, 等. 东海区大黄鱼资源调查报告 [M]//农牧渔业部水产局, 农牧渔业部东海区渔业指挥部. 东海区渔业资源调查和区划. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 333–336.
- [28] 徐汉祥, 周永东. 浙北沿岸大黄鱼放流增殖的初步研究 [J]. 海洋渔业, 2003, 25(2): 69–72.
- [29] 汤建华, 陈铭惠. 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.
- [30] Heppell S S, Crowder L B. Prognostic evaluation of enhancement programs using population models and life history analysis [J]. *Bull Mar Sci*, 1998, 62(2): 495–507.
- [31] 危起伟, 杨德国, 吴湘香. 世界鱼类资源增殖放流概况 [C]//2005水电水力建设项目环境与水生生态保护技术政策研讨会论文集, 2006: 457–467.

Effect and assessment of enhancement release of *Nibea japonica* and *Sparus macrocephalus* in artificial reef habitat waters of Zhoushan, Zhejiang

LIANG Jun, WANG Weiding, LIN Guizhuang, XU Kaida, GUO Ai

(Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Key Laboratory of Marine Culture & Enhancement of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

Abstract: Effect and assessment of enhancement release has important practical significance in guiding the development of effective strategy for fishery resource conservation and has attracted international attention. In this study, based on the data of enhancement release of coastal reef fish in Zhoushan Archipelago during 2004–2008, relevant data of black sea bream (*Sparus macrocephalus*) and Japanese croaker (*Nibea japonica*) were obtained through sentinel surveillance surveys, social investigations and fish tag recycling. The recapture rate, migration and distribution, growth and mortality conditions of the two released species near releasing sites were analyzed by using a combination approach of site investigation and theoretical calculation. In this study, the recapture rate of black sea bream and Japanese croaker has been increasing year by year. The recapture rate of black sea bream by sport fishing reached 3.68% in 2008, and the rate by hand-lining increased year by year, with the size becoming smaller, which indicated there was a growing recruit population. Average fork length and average body weight of recaptured black sea bream increased by 70.29% and 390.25% in 3 months. Average body length of Japanese croaker could increase by 200%, and the growth rate of average daily body weight was up to 1 g/d. The instantaneous rates of total mortality, natural mortality and fishing mortality were 0.641 8, 0.293 8 and 0.348 0, respectively. The total input/output ratio of black sea bream would reach 1 : 6.55 from releasing time to the fourth year, while that of the Japanese croaker was up to 1 : 12 or more in the current years. Growth of black sea bream and Japanese croaker in natural waters had more advantages than that in cage culture and pond culture. Due to the impact of fishing, the residual groups in the sea were reduced greatly, while the cumulative effects of enhancement release can be seen on the basis of continuous, large-scale manual releasing for many years. The results indicated that enhancement release in artificial reef habitat waters increased fisheries production, restored populations to a certain extent, maintained diversity of natural waters, thus improved the ecological community and benefited the ecological environment restoration. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17 (5): 1075–1084]

Key words: *Sparus macrocephalus*; *Nibea japonica*; artificial habitat; enhancement release; effect; assessment

Corresponding author: WANG Weiding. E-mail: wdwang@sohu.com