



长江口日本鳗鲡苗的时空分布与捕捞生产现状

王思凯, 宋超, 张婷婷, 高宇, 庄平, 赵峰*

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业农村部东海与长江口渔业资源环境科学观测实验站, 上海长江口渔业资源增殖和生态修复工程技术研究中心, 上海 200090)

摘要: 为掌握长江口日本鳗鲡的苗汛特征与捕捞生产现状, 于 2017—2020 年在长江口开展了定点监测和走访调查, 分析了长江口鳗苗的汛期规律、捕捞努力量及捕捞产量和产值。研究发现, 长江口鳗苗旺发期为 2—4 月, 主要捕捞区域分布在东旺沙、佘山岛和南汇嘴附近水域。长江口鳗苗捕捞努力量呈现下降趋势, 有效网口面积从 2017 年的 78.72 万 m², 下降到 2020 年的 50.40 万 m², 下降了 36%。长江口鳗苗汛期的单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 和总捕捞产量呈现波动变化趋势, 2017 和 2020 年较高, 分别为 (4 474±256) 尾/100 m² 和 (5 220±1 063) 尾/100 m², 2018 和 2019 年较低, 分别为 (1 917±335) 和 (1 365±257) 尾/100 m²。研究表明, 长江口鳗苗生产值受到捕捞总产量影响, 近 4 年来逐渐下降。建议进一步加强长江口鳗苗的资源监测和科学评估, 指导规范鳗苗捕捞生产。

关键词: 日本鳗鲡; 鳗苗; 时空分布; CPUE; 捕捞产量; 长江口

中图分类号: S 931

文献标志码: A

日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 俗称鳗鱼、河鳗, 隶属于鳗鲡目 (Anguilliformes) 鳗鲡科 (Anguillidae) 鳗鲡属 (*Anguilla*), 通常于江河湖泊等水域生长发育, 性成熟时洄游至深海繁殖, 为典型降海洄游性鱼类^[1-2]。日本鳗鲡在马里亚纳群岛西部 (142~143°E, 14~17°N) Suruga 海山附近产卵^[3], 刚孵出的前柳叶幼体呈透明状, 随海流漂移过程中逐渐变态为柳叶鳗, 在漂移至大陆沿岸接近河口时变态为玻璃鳗, 又称白仔或鳗线, 即本研究中所称的鳗苗。鳗苗通过河口洄游进入江河湖泊中育肥生长。

近年来, 由于洄游通道受阻 (如大坝建设)、污染、疾病、海洋气候变化和栖息地丧失^[4-5], 以及鳗鱼养殖产业对鳗苗的巨大需求等原因, 导致日本鳗鲡资源持续下降, 野生种群数量锐减, 于 2014 年 6 月被世界自然保护联盟 (International Union

for Conservation of Nature, IUCN) 列入濒危物种红色名录^[6], 其资源管理和保护受到国内外极大关注。

长江口是日本鳗鲡的主要洄游通道, 也是鳗苗捕捞的主产区, 每年 1—5 月大批鳗苗在长江河口区溯河进入上游淡水区生长发育。长江口鳗苗旺发期在不同年际间呈一定的波动现象, 但一般鳗苗的主汛期集中在 2—3 月, 汛期产量分布形态在不同年份间有单峰型和双峰型的差异, 苗汛高峰时间呈现由南向北、由口外向内逐渐推迟的趋势, 与其洄游路线一致^[7-9]。长江口附近水域的鳗苗捕捞生产主要来自口外的南汇、佘山岛、东旺沙水域, 其中南汇水域产量最高^[9]。鳗鱼养殖业对天然苗种的巨大需求为鳗苗捕捞带来较高利润, 造成长江口区域层层设网捕苗, 捕捞强度持续处于高位, 鳗苗产量在不同年际间波动较大, 例如 1991—1996 年平均为 3.68 t, 1997—1999 年平均

收稿日期: 2022-03-04 修回日期: 2023-01-02

资助项目: 农业农村部财政专项“长江渔业资源与环境调查 (2017—2021)”; 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (2021M04, 2022XT02); 上海市优秀学术带头人计划 (21XD1405000)

第一作者: 王思凯 (照片), 从事渔业资源保护和生态修复研究, E-mail: wangsk@ecsf.ac.cn

通信作者: 赵峰, 从事河口渔业生态与保护生物学研究, E-mail: zhaof@ecsf.ac.cn



为 0.914 t, 2000—2002 年平均为 3.034 t, 2003—2008 年平均为 5.593 t^[8, 10-11]。但近几年关于鳊苗资源现状报道较少。

本研究通过定点监测和走访调查的方式, 于 2017—2020 年开展了长江口鳊苗汛期特征和捕捞生产现状调查分析, 对长江口附近水域的鳊苗捕捞开展跟踪监测, 分析了长江口鳊苗的汛期特征、捕捞努力和捕捞产值, 以期准确掌握长江口鳊苗汛期的资源分布特征和捕捞产量等数据, 为长江禁捕提供本底数据, 为科学评估禁捕效果提供基础, 为该水域鳊苗资源保护和可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

定点调查监测主要通过各站位现场记录, 获取长江口不同站位每艘调查船的网具数量、每日鳊苗捕捞数量、销售单价等数据。渔民走访调查主要是在鳊苗捕捞季于长江口停放鳊苗捕捞渔船的港口码头向渔民进行问卷调查, 统计当年鳊苗

捕捞船数、网具类型、数量、在不同区域的分布情况以及产量和产值等。

本研究通过定点监测调查和渔民走访调查相结合的方式。2017—2020 年, 每年 1—5 月的鳊苗洄游季节, 在长江口东旺沙 (DWS)、佘山岛 (SSD)、九段沙 (JDS)、青草沙 (QCS)、横沙 (HS)、南汇嘴 (NHZ)、芦潮港 (LCG) 设置站位开展调查监测, 具体调查时间和站位如表 1 和图 1 所示。其中, 2017 年设置 7 个调查站位, 自 1 月 5 日开始, 4 月 30 日结束, 历时 115 d, 涉及鳊苗捕捞作业船只 7 艘, 采样统计调查 527 航次, 1 247 只鳊苗捕捞网具。2018 年设置 7 个调查站位, 自 1 月 16 日开始, 5 月 6 日结束, 历时 111 d, 涉及鳊苗捕捞作业船只 7 艘, 采样统计调查 487 航次, 1 163 只鳊苗捕捞网具。2019 年设置 6 个站位, 自 2019 年 1 月 1 日开始, 5 月 2 日结束, 历时 122 d, 涉及鳊苗捕捞作业船只 6 艘。采样统计调查 384 航次, 1 630 套鳊苗捕捞网具。2020 年设置 4 个站位, 自 2020 年 1 月 1 日开始, 5 月 6 日结束, 历时 127 d, 涉及鳊苗捕捞作业船只 3 艘。采样统计调查 331 航次, 1 300 套鳊苗捕捞网具。

表 1 2017—2020 年长江口鳊苗调查监测基本信息

Tab. 1 Monitoring information of *A. japonica* investigation in the Yangtze Estuary from 2017 to 2020

年份 year	站位数 number of sites	开始时间 start date	结束时间 end date	调查船数 number of boats	调查网具数 number of nets
2017	7	01-05	04-30	7	1 247
2018	7	01-16	05-06	7	1 163
2019	6	01-01	05-02	6	1 630
2020	4	01-01	05-06	3	1 300

调查周期内长江口的鳊苗捕捞工具主要为单桩框架张网 (图 2), 通过水下桩基定置在长江口水域中, 网口宽 4 m, 高 1.2 m, 网目尺寸 2 mm, 网梢 15 m。由于能够随着潮汐上下浮动, 并且随涨落潮的水流方向旋转调整网口朝向, 保持网口具有最大的过水面积, 具有较高的捕捞效率, 成为目前长江口水域最主要的鳊苗捕捞网具。

1.2 数据分析

单位捕捞努力量渔获量 (CPUE, catch per unit effort) 指每一个捕捞努力量所捕获的平均渔获量, 是表示资源密度或相对资源量的主要指标^[12], 是长期监测渔业资源的指数。CPUE 下降可能意味着鱼类种群不能支持捕捞水平, CPUE 增加意味着鱼类种群正在恢复, 可投入更多捕捞努力量。

长江口区鳊苗捕捞主要采用定置网, 通常以每户渔民作为一个作业单位, 拥有 1 艘动力规格不同的渔船 (包括标准化渔船、非标准渔船以及泡沫浮子渔船等), 每艘船的捕捞力差异悬殊且基本不受船只功率大小的影响, 而是主要取决于定置网规格和数量。因此, 本研究在计算鳊苗的 CPUE 时, 采用网口面积作为捕捞力指标, 定义为单位时间内单位网口面积捕获鳊苗数量, 计算公式:

$$CPUE = \frac{100C}{f \times (t_i - t_0)}$$

式中, CPUE 为单位捕捞努力量渔获量, 即每 100 m² 标准网口面积捕获鳊苗尾数 (尾/100 m²); C 为捕获量 (捕获鳊苗尾数); f 为采样网口面积 (m²); t_0

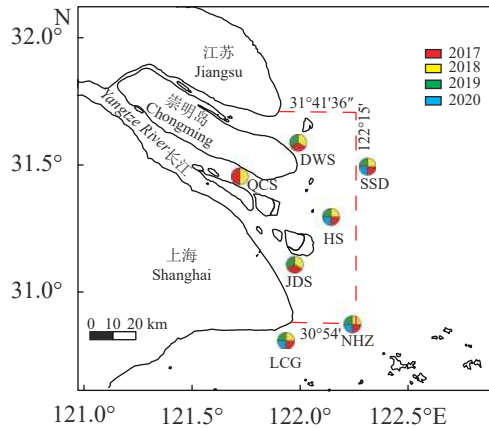


图 1 2017—2020 年长江口鳎苗调查监测站位分布

图中红色虚线内为长江口禁捕管理区。DWS. 东旺沙, SSD. 佘山岛, JDS. 九段沙, QCS. 青草沙, HS. 横沙, NHZ. 南汇嘴, LCG. 芦潮港, 下同

Fig. 1 Monitoring stations of *A. japonica* investigation in the Yangtze Estuary from 2017 to 2020

The red dotted line represents the no catch control line of the Yangtze Estuary. DWS. Dongwangsha, SSD. Sheshandao, JDS. Jiuduansha, QCS. Qingcaosha, HS. Hengsha, NHZ. Nanhuizui, LCG. Luchaogang, the same below

为捕捞作业开始时间; t_i 为捕捞作业终止时间, 本研究计算的是各站位捕捞季每月或一年单位捕

捞努力量的渔获情况。

各站位总捕捞量:

$$\text{总捕捞量} = \text{CPUE} \times \text{捕捞努力量}$$

由于长江口鳎苗捕捞全部采用定置张网, 本研究以主要捕捞作业区网口总面积作为鳎苗的捕捞努力量, 根据各港口码头实际走访调查的鳎苗捕捞网具套数分布情况估算, 作业区总网口面积为单个网口面积乘以总网具套数。

2 结果

2.1 捕捞努力量

随着对渔业资源保护力度的加强, 近年来长江口相关省市对鳎苗捕捞进行严格管控。长江口水域主要管理部门, 对鳎苗捕捞实行专项捕捞许可制度, 限额发放专项捕捞许可证, 并且实行限期捕捞。如上海仅允许定置网捕捞作业, 每证网具数量实行登记备案、限额管理, 长江口实际鳎苗捕捞网具面积已经保持逐年下降趋势(表 2)。然而本研究在实地走访调查中发现较多无证捕捞情况(主要是 2017—2018 年), 对于长江口鳎苗捕捞

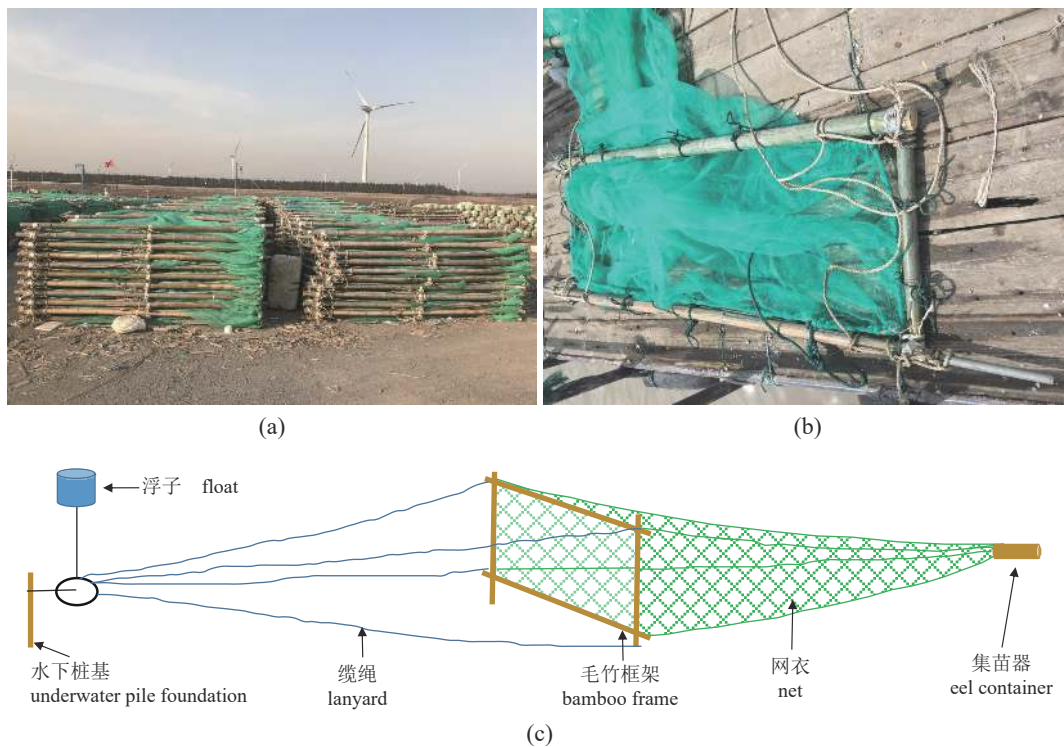


图 2 长江口鳎苗捕捞定置单桩框架张网

(a) 堆叠在一起的网具; (b) 单个网具; (c) 单桩框架张网安装示意图

Fig. 2 *A. japonica* fishing net in the Yangtze Estuary

(a) stacked eel nets; (b) single net; (c) schematic diagram for installation of eel net

表 2 2017—2020 年长江口鳊苗主要捕捞作业水域网口面积

Tab. 2 Total area ($\times 10^4 \text{ m}^2$) of *A. japonica* larvae fishing nets in different sites of the Yangtze Estuary from 2017 to 2020

年份 year	东旺沙 DWS	佘山岛 SSD	南汇嘴 NHZ	九段沙 JDS	青草沙 QCS	横沙 HS	芦潮港 LCG	合计 total
2017	16.32	15.84	25.92	8.64	0.48	8.16	3.36	78.72
2018	18.72	17.28	26.40	7.20	0.24	6.91	4.22	80.97
2019	12.00	11.52	29.76	3.36	0	6.72	6.24	69.60
2020	0	10.08	26.40	0	0	4.32	9.60	50.40

努力量(总网口面积)的评估也是基于走访调查的实际网具数量进行计算。

本研究通过对各港口码头鳊苗捕捞渔民的走访调查,统计了2017—2020年长江口区域鳊苗捕捞作业总网口面积(表2)。结果显示,长江口的鳊苗捕捞努力量主要集中在南汇嘴外至鸡骨礁附近水域,每年的网口面积占比都超过了33%,其次为东旺沙附近水域和佘山岛外水域,网口面积占比为17%~23%。总体来说,长江口近五年来的鳊苗捕捞努力量呈下降趋势,在2017—2019年分别为78.72万、80.97万和69.60万 m^2 ,经过对无证鳊苗捕捞渔船的连续清理整顿,至2020年,长江口区调查范围内鳊苗捕捞作业总网口面积约为50.40万 m^2 ,与2018年最高时相比下降了38.8%。2020年的主要捕捞水域集中在了长江口口门以外,如佘山岛、南汇嘴以及芦潮港附近水域,而在口门以内水域如青草沙、九段沙、东旺沙等水域已无鳊苗捕捞作业。

2.2 捕捞汛期特征

长江口鳊苗捕捞时间从1月初开始,集中出现时间在不同年际之间有所差异(图3),2017年2月、2018年4月、2019年3月、2020年4分别为当年平均捕获量最高的月份。其中2018年的捕捞生产持续到5月,其余各年均持续到4月(表3)。

鳊苗汛期捕捞量表现出明显的时空分布差异。各监测站位不同月份的鳊苗捕获量差异较大(图4)。2017年鳊苗7个监测站位中,除了最上游的青草沙站位是在3月捕捞量最大之外,其余各站位最大捕捞量均在2月,占该监测站位捕捞量的35%~71%。2017年长江口鳊苗集中出现在2月和3月,分别占总捕捞量的48%和30%,1月和4月鳊苗捕捞量较少。2018年鳊苗的汛期时间总体上比2017年延迟1个月,7个监测站位鳊苗主要出现在3月和4月,分别占总捕捞量的30%和

43%,其中青草沙、东旺沙、佘山岛和横沙在4月捕捞量最大,占该监测站位捕捞量的39%~67%,九段沙、芦潮港和南汇嘴在3月捕捞量最大,青草沙、佘山岛和横沙1月未开展捕捞生产,东旺沙、横沙和九段沙捕捞生产持续到5月。2019年6个监测站位中,除了横沙2月捕捞量最大,其余各站位鳊苗捕捞量最大值均出现在3月,占该监测站位捕捞量的36%~54%,总体上鳊苗主要出现在2月和3月,捕捞量分别占总捕捞量的32%和41%。2020年只有4个监测站位,在不同月份之间没有明显差异,2、3和4月的捕捞量分别占总捕捞量的28%、27%和32%。

本研究分析了各监测站位在当年捕捞季每月平均CPUE(表3)。结果显示,2017年7个监测站位鳊苗CPUE较平均,南汇嘴附近水域最低,为3458尾/100 m^2 ,占比11%;芦潮港最高,为5186尾/100 m^2 ,占比17%;青草沙作为河口内站位,所占比例为13%。2018年7个监测站位CPUE差异较大,九段沙最高,为3314尾/100 m^2 ,占比最高(25%),其次为青草沙(19%)、佘山岛(18%)、横沙(13%)和东旺沙(11%),芦潮港和南汇嘴附近水域平均捕捞量较低,分别为774和1127尾/100 m^2 ,仅占6%和8%。2019年的6个监测站位,鳊苗的捕捞量主要集中在佘山岛和东旺沙水域,其中CPUE在佘山岛水域最高,为2432尾/100 m^2 ,占30%;在东旺沙水域为1699尾/100 m^2 ,占21%;在横沙水域最少,只有10%。到2020年只有4个监测站位,鳊苗的捕捞量由高到低为横沙>芦潮港>佘山岛>南汇嘴,CPUE分别为7772、5849、4520和2739尾/100 m^2 。

2.3 平均捕捞量的时空分布

本研究根据长江口鳊苗主要捕捞作业水域网口面积以及各监测站点CPUE情况,估算长江口各捕捞水域捕捞量和所占比例(表4,图5)。长江

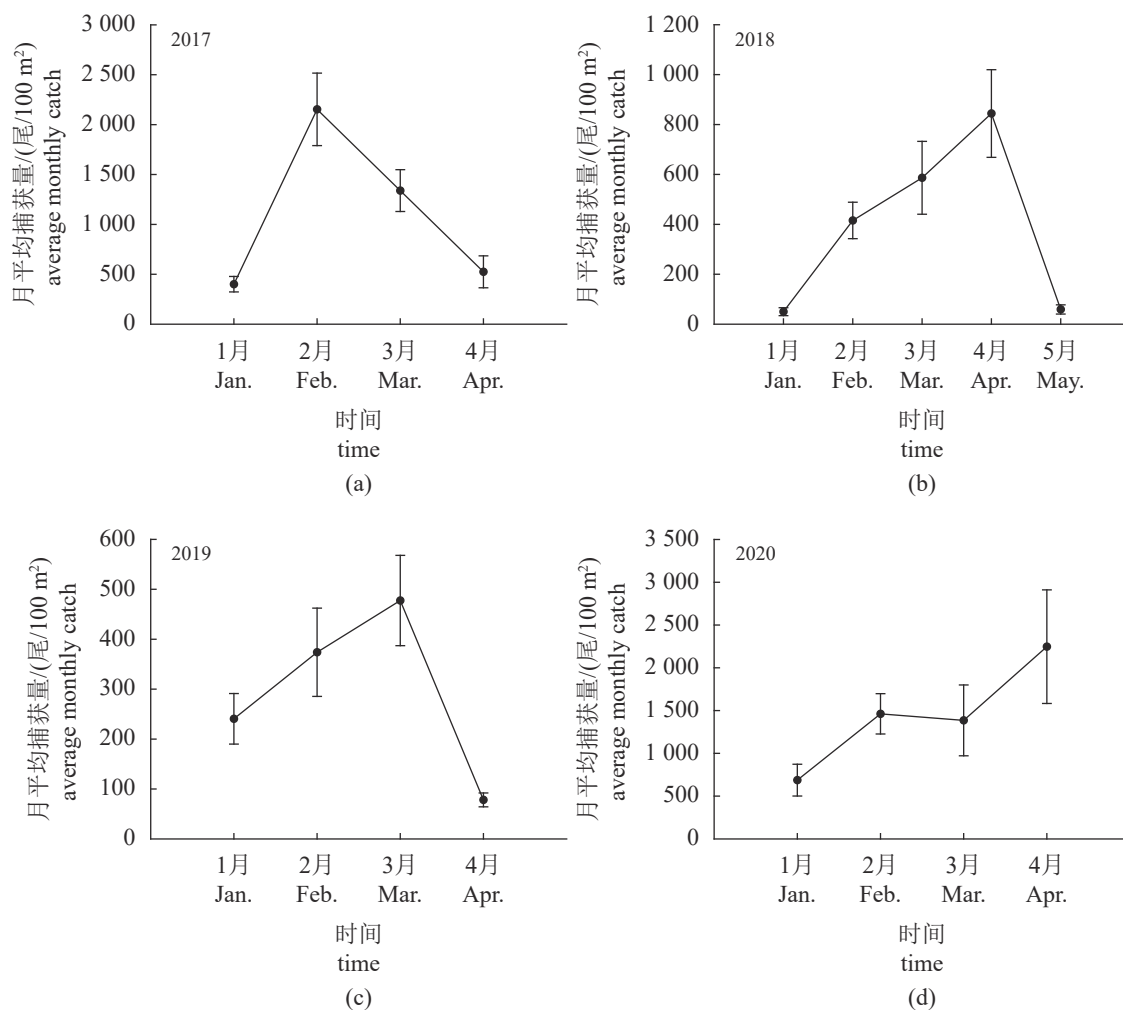


图3 长江口鳊苗2017—2020年不同月份平均捕获量

误差线表示每个月平均捕获量的标准误差

Fig. 3 Relationship between CPUE and month of the year for *A. japonica* larvae from 2017 to 2020

Error lines represents the standard errors for each month

口的鳊苗产量主要分布在南汇嘴、佘山岛和东旺沙附近水域, 2017—2020年这三个区域的捕捞量之和分别占总捕捞量的69%、71%、84%和57%。

各年度长江口不同捕捞水域鳊苗产量差异较大, 2017年南汇嘴水域捕捞量最大, 达到896万尾, 占26.9%; 东旺沙附近水域次之, 779万尾, 占23.4%; 佘山岛、九段沙、横沙水域分别有626万尾、446万尾、393万尾, 占比分别为18.8%、13.4%、11.8%, 芦潮港和青草沙附近水域捕捞产量较少, 分别为174万尾(5.2%)和19万尾(0.6%)。2018年鳊苗总产量分布与2017年类似, 佘山岛和南汇嘴附近水域捕捞量最大, 分别为420万尾(30.6%)和297万尾(21.7%); 其次为东旺沙和九段沙水域, 捕捞量为297万尾, 占比21.7%; 芦潮港和青草沙附近水域捕捞量最少, 分别为33万

尾和6万尾, 占比仅为2.4%和0.4%。2019年总产量986万尾, 青草沙水域已经没有鳊苗捕捞生产作业, 产量主要集中在南汇嘴(341万尾)、佘山岛(287万尾)和东旺沙水域(204万尾), 合计占比达到84%; 芦潮港、横沙和九段沙产量较少, 产量分别为66、55和33万尾。2020年长江口的鳊苗捕捞区域进一步缩小, 捕捞活动向河口外水域扩展, 河口内水域已经禁止捕捞作业活动。长江口其余的4个捕捞水域中产量差异不大, 最低为横沙(356万尾), 占比16.2%, 最高为南汇嘴(723万尾), 占比34.9%, 芦潮港和佘山岛水域分别为559万尾和456万尾。

2.4 捕捞量及产值的年际变化

本研究分析了长江口捕捞汛期鳊苗单位捕捞

表 3 长江口鳗苗各监测站点不同月份单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 变化情况

Tab. 3 Monthly yield of <i>A. japonica</i> larvae in different sites in the Yangtze Estuary									尾/100 m ²
区域 monitoring area	年份 year	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	月平均 average	年度总计 total	
青草沙 QCS	2017	187	979	2 374	427	—	992	3 967	
	2018	—	378	823	1 308	—	837	2 510	
	2019	—	—	—	—	—	—	—	
	2020	—	—	—	—	—	—	—	
东旺沙 DWS	2017	524	1 809	1 343	1 099	—	1 194	1 482	
	2018	141	267	387	583	104	296	1 377	
	2019	266	495	788	150	—	425	1 699	
	2020	—	—	—	—	—	—	—	
九段沙 JDS	2017	733	2 730	1 459	238	—	1 290	5 160	
	2018	49	740	1 447	1 037	41	663	3 314	
	2019	90	278	522	80	—	243	970	
	2020	—	—	—	—	—	—	—	
横沙 HS	2017	453	2 067	1 358	944	—	1 206	4 822	
	2018	—	616	419	711	32	445	1 778	
	2019	194	337	246	47	—	206	824	
	2020	300	1 391	2 752	3 328	—	1 943	7 772	
佘山岛 SSD	2017	454	1 392	1 087	1 017	—	987	3 949	
	2018	—	469	332	1 631	—	811	2 432	
	2019	525	911	944	113	—	623	2 494	
	2020	1 045	2 179	1 296	—	—	1 507	4 520	
芦潮港 LCG	2017	255	3 673	971	288	—	1 297	5 186	
	2018	36	138	322	278	—	194	774	
	2019	331	190	430	107	—	264	1 057	
	2020	1 073	1 422	594	2 759	—	1 462	5 849	
南汇嘴 NHZ	2017	250	2 332	797	79	—	865	3 458	
	2018	91	301	374	361	—	282	1 127	
	2019	278	406	412	50	—	286	1 146	
	2020	331	855	899	654	—	685	2 739	

注: —, 当月未生产

Notes: —, no production in the month

努力量 (100 m² 网口面积) 每年总渔获量, 即每年的 CPUE, 2017 年 CPUE 为 (4 474±256) 尾/100 m²; 2018 和 2019 年 CPUE 逐渐下降, 分别为 (1 917±335) 和 (1 365±257) 尾/100 m²; 2020 年 CPUE 最大为 (5 220±1 063) 尾/100 m², 但是因为捕捞努力量的降低, 总捕捞产量仍然低于 2017 年 (图 6)。

捕捞总产量结果表明, 2017 年鳗苗产量最高, 达到了 3 334 万尾, 2017 年平均单价 10.97 元/尾, 总产值约 3.66 亿元。2018 和 2019 年总产量逐渐下降, 分别只有 1 373 和 986 万尾, 平均单价分别为 27.27 元/尾和 23.50 元/尾, 相应的总产值分

别为 3.74 和 2.32 亿元。2020 年虽然 CUPE 最高, 但是由于捕捞努力量的下降, 总产量只有 2 074 万尾, 而且由于当年的鳗苗单价较低, 平均为 8.12 元/尾, 长江口鳗苗的总产值只有 1.68 亿元, 为历年最低的一年。

3 讨论

长江口是西北太平洋最大的河口, 每年 1—5 月, 大量鳗苗受黑潮暖流和台湾暖流的影响到达长江口, 使得这里成为日本鳗鲡苗的重要洄游通道, 其中一部分鳗苗溯河进入长江上游或通

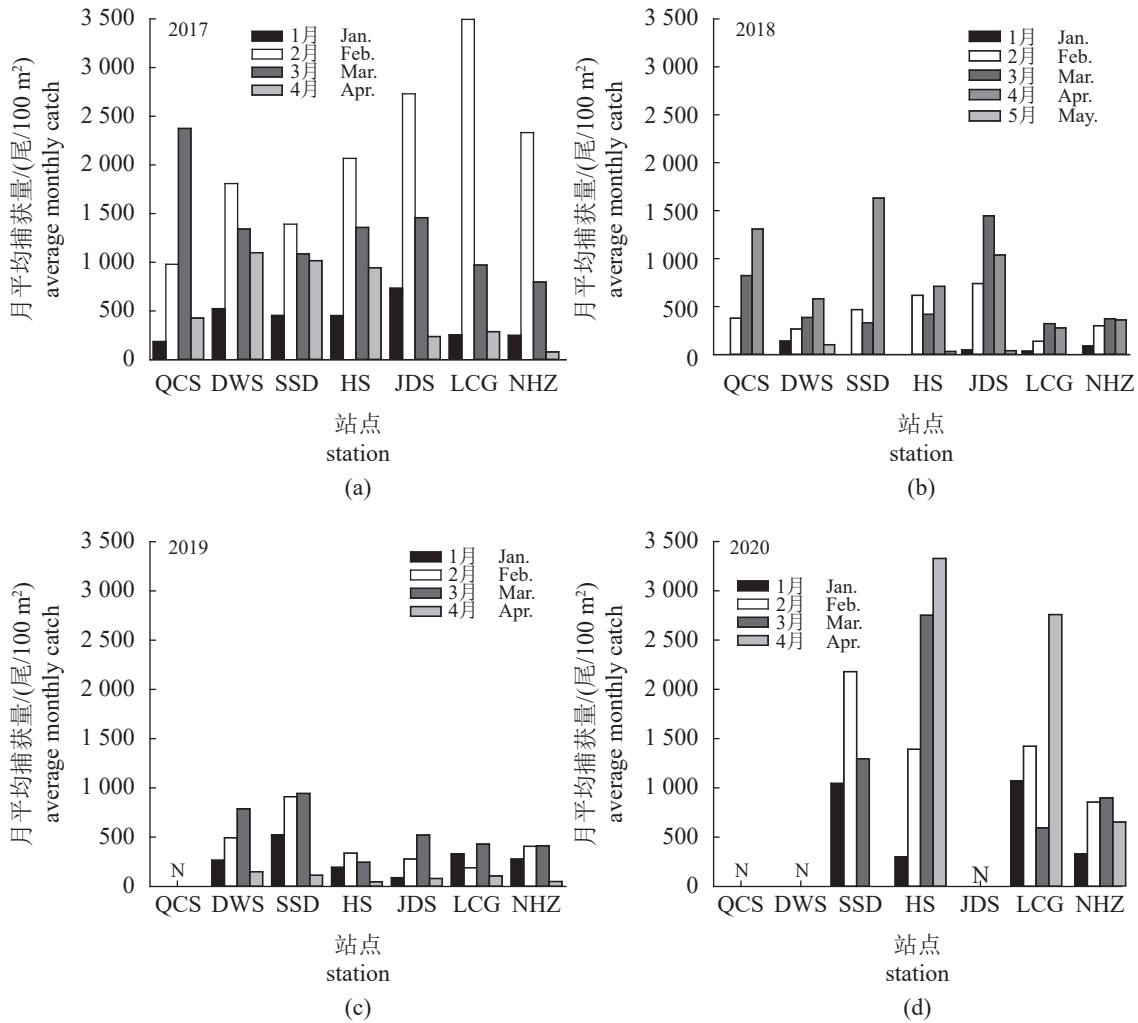


图 4 2017—2020 年各监测站点鳗苗平均捕捞量月份分布

N 表示无此站点监测数据

Fig. 4 Monthly yield of each monitoring site from 2017 to 2020

N indicates no data in the site

表 4 各监测站点鳗苗捕捞产量及其占比

Tab. 4 Proportion of catch in each monitoring site

万尾

年份 year	东旺沙(占比/%) DWS (percentage)	佘山岛(占比/%) SSD (percentage)	南汇嘴(占比/%) NHZ (percentage)	九段沙(占比/%) JDS (percentage)	青草沙(占比/%) QCS (percentage)	横沙周边(占比/%) HS (percentage)	芦潮港(占比/%) LCG (percentage)
2017	779 (23.4)	626 (18.8)	896 (26.9)	446 (13.4)	19 (0.6)	393 (11.8)	174 (5.2)
2018	258 (18.8)	420 (30.6)	297 (21.7)	236 (17.2)	6 (0.4)	123 (9.0)	33 (2.4)
2019	204 (20.7)	287 (29.1)	341 (34.6)	33 (3.3)	0	55 (5.6)	66 (6.7)
2020	0	456 (22.0)	723 (34.9)	0	0	336 (16.2)	559 (27.0)

江湖泊生长发育, 还有一部分继续北上进入黄渤海^[13]。长江口是我国鳗苗最重要的产区, 保护和利用好这里的鳗苗资源, 不仅有助于维系我国鳗鱼相关产业健康持续发展, 也有助于维护长江流域生物多样性及生态安全。本研究通过在长江口 2017—2020 年连续 4 年的调查监测, 7 个监测站

点分布范围包括了河口外围和口内水域, 基本覆盖了鳗苗在长江口的主要洄游分布区域, 可较好地反映鳗苗在长江口的分布差异及洄游趋势。通过详细分析鳗苗的捕捞努力量与资源状况, 发现鳗苗在长江口的旺发期为 2—4 月, 主要捕捞区域分布在东旺沙、佘山岛外和南汇嘴附近水域。随

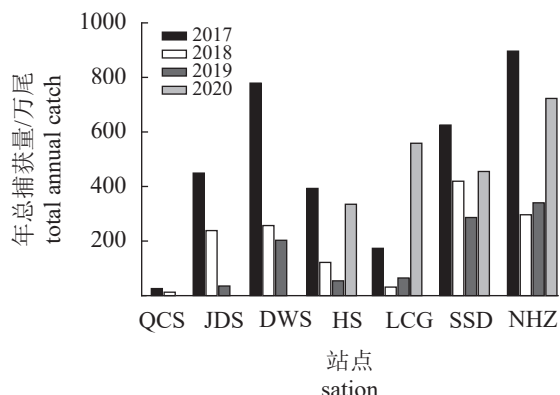


图 5 各站点不同年份预计总捕捞量

Fig. 5 Total annual catch of each site

着近年来加强对长江口鳊苗的捕捞管理, 捕捞努力量逐渐下降, 鳊苗的主要捕捞作业水域也从原先河口内的东旺沙和九段沙水域转向河口外的南汇嘴以及芦潮港附近水域。

3.1 长江口鳊苗捕捞努力量显著下降

目前在长江口的鳊苗捕捞作业方式主要为定置张网, 本研究调查时未发现其他捕捞网具。另外, 在长江口不同捕捞水域, 每艘渔船所携带使用的捕捞网具的数量不尽相同, 所以在进行捕捞努力量的分析时, 统一使用实际捕捞网口面积而不是捕捞渔船数进行分析会更加精确。本研究发现, 2017年长江口的有效网口面积为 78.72 万 m², 2020年只有 50.40 万 m², 下降了 36%。长江口鳊苗捕捞网口面积大幅降低, 主要是因为长江口区实行了禁捕措施, 加强了执法力度, 清理三无渔船, 崇明周边和上海市沿岸的鳊苗捕捞网具逐渐

减少, 说明管理部门对沿岸鳊苗捕捞综合整治效果显著。

长江河口区鳊苗生产实行许可证制度, 但在鳊苗捕捞高额利润的刺激下, 历史上其捕捞强度一直处于很高的水平。例如, 1991—1996年平均发放长江口鳊苗的捕捞许可证 7 926 张/年, 2003—2008年为平均为 2 260 张/年, 2000 年以后张网逐步发展为主要捕捞网具, 因此发证数虽然减少了, 但单船捕捞量整体水平却大幅上升^[8]。近年来长江口相关省市(江苏、上海、浙江)为落实“长江大保护”的国家战略, 对鳊苗捕捞进行了严格限制, 限额发放渔业捕捞许可证, 并且实行限期捕捞, 鳊苗捕捞网口面积已保持逐渐下降趋势。

除了控制鳊苗捕捞作业渔船数量, 还限制了捕捞区域。在 2019 年, 为贯彻落实长江流域重点水域常年禁捕的工作要求, 限定在 31°44'00"N、30°54'00"N、122°00'00"E 与陆地交界连线以西的水域, 2019 年起禁止所有鳊苗生产作业; 30°54'00"N 以北的上海市管辖水域, 自 2020 年起禁止所有鳊苗生产作业。相关规章制度的实施严格限制了鳊苗的捕捞作业区域, 捕捞努力量也随之向河口外水域转移, 本调查结果表明, 2020 年在河口外芦潮港附近水域的鳊苗捕捞网具数量接近往年 1 倍, 而河口内已经没有捕捞网具, 鳊苗的主要捕捞努力量转移到了南汇嘴-鸡骨礁水域、芦潮港附近水域, 其他的传统捕捞作业区域已无鳊苗捕捞生产作业。

3.2 鳊苗捕捞量的时空分布与年际变化

长江口鳊苗汛期一般在 1—5 月, 其中 2—3

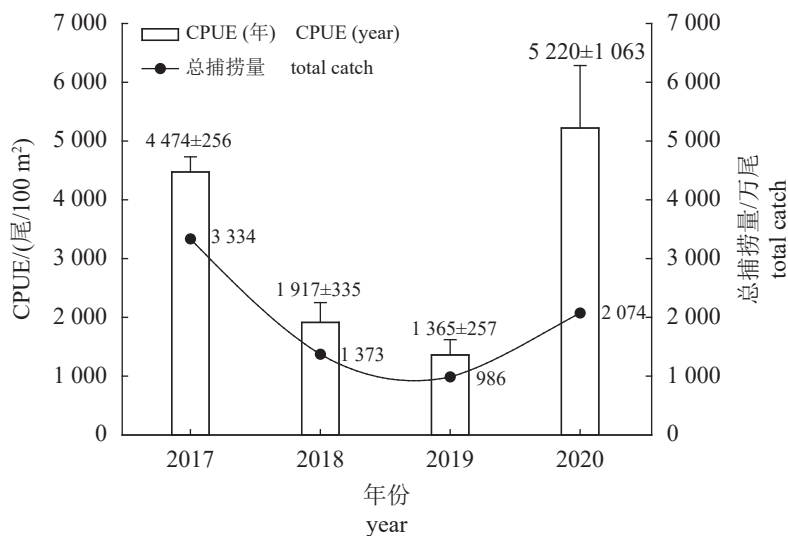


图 6 2017—2020 年长江口鳊苗汛期捕捞量变动情况

Fig. 6 Yield fluctuation of *A. japonica* larvae in fishing season in the Yangtze Estuary from 2017 to 2020

月为高峰期。前期相关研究表明, 长江口鳊苗每年的开始发生时间有一定的差异, 主要是因为鳊苗自产卵场至河口的迁徙洄游一般需要几个月、数千千米的漂流, 受到多种因素的影响, 如孵化时间、北赤道洋流、黑潮暖流、水文环境因子等^[14-18], 而这些因素在不同年份之间会有一定的时间差异。本研究与其他研究结果均表明, 在长江口附近水域一般每年1月开始有鳊苗, 高峰期在不同年份有差异。赵利华等^[10]研究认为, 长江口区鳊苗洄游期为2月初—5月, 高峰期为3月中旬—4月上旬, 占总捕捞量的一半左右。陈渊泉等^[19]发现, 1995年长江口的鳊苗高峰期出现在1月, 1997—1998年高峰期出现在2月。刘凯等^[8]的研究表明, 长江口的鳊苗高峰期在1999—2000年、2005—2007年出现在3月, 而2001—2004年、2008年的高峰期出现在2月。智玉龙等^[9]对2012年的调查结果发现, 鳊苗高峰期出现在3月, 占总捕捞量的39%。本研究发现, 2017年的高峰期出现在2月, 2018年的高峰期出现在4月, 2019年的高峰期出现在3月, 2020年的高峰期出现在4月, 与前期相关研究结果基本一致。

长江口鳊苗的捕捞产量在不同捕捞水域具有明显的空间差异, 在不同的年份也会有一些变化。例如, 陈渊泉等^[19]发现, 鳊苗主要产区在1995年分布在团结沙和东旺沙附近水域; 到1996—1997年则主要分布在芦潮港和中港附近水域; 1998年的鳊苗主要分布在九段沙水域。刘凯等^[8]分析了长江口在1997—2008年鳊苗的单船捕捞量, 结果表明在南汇水域最高, 其次为铜沙水域, 而在东旺沙水域的产量最低。智玉龙^[20]通过对长江口2012年鳊苗的分布调查, 发现鳊苗捕捞产量主要分布在南汇水域, 其次为佘山岛、东旺沙和九段沙附近水域, 河口内的青草沙和东风西沙水域产量仅占很小的比例。本研究发现, 2017年捕捞产量主要集中在南汇嘴(26.9%)和东旺沙(23.4%)附近水域; 2018年7个监测站点捕捞产量差异较大, 可能是因为2017年收成较好, 很多渔民增加了渔网数量, 这些增加的捕捞努力量主要集中在佘山岛、南汇嘴和东旺沙等水域, 捕捞产量主要集中在佘山岛(30.6%)和南汇嘴(21.7%); 2019年主要集中在南汇嘴(34.6%)和佘山岛(29.1%); 到了2020年, 河口内水域已经没有捕捞作业渔船, 鳊苗产量主要集中在南汇嘴(34.9%)和佘山岛(22%)。

前期相关研究结果显示, 长江口鳊苗的分布主要受我国近海流场和温盐度的分布状况影响, 台湾暖流和长江冲淡水与暖水舌是主要影响因素^[19], 而最近几年鳊苗捕捞产量的空间差异主要受到渔业管理政策的影响, 捕捞网具数量分布的差异成为限制鳊苗捕捞量的最大因素。

长江口鳊苗的捕捞产量在不同年际间呈现出波动变化的趋势, 刘凯等^[8]的研究表明, 长江口1997—2008年鳊苗总捕捞量呈现出约每2年出现1次峰值的波动趋势, 如1997—1999年均值为0.914 t(约640万尾), 2000—2002年均值为3.034 t(约2124万尾)。Han等^[21]发现, 台湾省1972—2008年鳊苗的捕捞量呈现出约5年的周期性波动。本研究也发现, 长江口2017年(3334万尾)和2020年(2074万尾)捕捞产量较大, 2018年(1373万尾)和2019年(986万尾)的产量较低, 呈现出约2~3年的周期性波动趋势。有研究认为, 海洋地理条件和厄尔尼诺现象是造成这种周期波动变化的主要原因。管卫兵等^[7]的研究认为, 长江口的鳊苗总捕捞产量与厄尔尼诺指标值呈负相关, 厄尔尼诺事件的发生使鳊苗捕捞量降低, 而拉尼娜事件的发生使其捕捞量增加, 这可能是因为厄尔尼诺导致的北赤道暖流盐度锋面北移, 使得日本鳊幼体进入黑潮暖流的概率降低, 影响了鳊苗洄游, 导致进入东亚地区的鳊苗捕捞量降低^[22-23]。根据美国国家海洋和大气管理局(NOAA)数据, 本研究期间的2017年为正常年, 2018年为弱拉尼娜年, 2019年为弱厄尔尼诺年, 2020年为正常年, 而长江口的鳊苗捕捞产量在2017年最高, 其次为2020年, 2018和2019年的捕捞量较少, 即正常年份的长江口鳊苗捕捞产量较高。可能是这4年中没有发生强厄尔尼诺现象, 而只有比较强烈的厄尔尼诺事件才会影响到鳊苗的捕获量^[21]。

3.3 长江口鳊苗的综合管理与利用

长江口历来是鳊苗的主要捕捞生产区域, 随着“长江大保护”国家战略的持续推进, 在新划定的长江口禁捕管理区内已经不再允许进行任何形式的鳊苗捕捞作业, 有可能会造成鳊苗的捕捞产量迅速下降, 影响到鳊苗养殖产业的生存和发展。开展适度限额捕捞是对鳊苗进行合理利用的有效手段, 尤其是在长江口以北的非管控区实施总可捕量控制、渔获量的配额管理, 坚持保护与利用并重, 确保鳊苗资源可持续发展。另外, 在国家

对长江实施十年禁捕的大背景下, 可抓住有利时机, 开展鳗鲡繁殖群体增殖放流和栖息地保护工作, 明确鳗鲡关键栖息地和洄游通道, 提出鳗鲡保护重点水域, 科学制订鳗鲡栖息地保护管理对策, 保障足够的鳗鲡繁殖亲体能够洄游到产卵场进行产卵, 实现资源的可持续利用。同时, 建立鳗苗资源监测机制, 全面开展鳗鲡种群及其栖息地专项调查, 掌握鳗鲡资源现状与变动趋势, 科学评估鳗苗资源, 查清我国鳗鲡分布的时空格局, 提出重要栖息地管控区域名录, 分析鳗苗捕捞的生态影响以及对相关产业的影响, 为研究制订科学的管理政策、措施提供技术保障。

本研究调查期间恰逢长江十年禁渔实施, 经历了禁捕前无序过度捕捞、渔船规范管理、长江口禁捕管理区全面禁渔, 虽然未能够实现所有固定调查站点的多年持续监测, 但是仍然有河口外站点的连续数据结果, 下一步可以在本次调查的基础上继续扩展调查范围进行监测, 对关键站点进行长期持续性监测, 评估长江禁捕后鳗苗的资源变化情况, 为长江禁渔效果的评估提供科学依据。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] Tsukamoto K. Discovery of the spawning area for Japanese eel[J]. *Nature*, 1992, 356(6372): 789-791.
- [2] Hamidoghli A, Bae J, Won S, *et al.* A review on Japanese Eel (*Anguilla japonica*) aquaculture, with special emphasis on nutrition[J]. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 2019, 27(2): 226-241.
- [3] Tsukamoto K. Spawning of eels near a seamount[J]. *Nature*, 2006, 439(7079): 929.
- [4] Itakura H, Kaino T, Miyake Y, *et al.* Feeding, condition, and abundance of Japanese eels from natural and re-vegetation habitats in the Tone River, Japan[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2015, 98(8): 1871-1888.
- [5] Arai T. Spawning ground of the Japanese eel *Anguilla japonica*[M]//Arai T. *Biology and ecology of anguillid eels*. Boca Raton: CRC Press, 2016: 69-88.
- [6] Pike C, Kaifu K, Crook V, *et al.* *Anguilla japonica* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e. T166184A176493270 [EB/OL]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3>.
- [7] 管卫兵, 丁华腾, 宣富君, 等. 长江口环境条件对日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)鳗苗溯河洄游的影响[J]. *海洋通报*, 2009, 28(2): 65-70.
- Guan W B, Ding H T, Xuan F J, *et al.* Environmental effects on upstream migration of glass eels (*Anguilla japonica*) in Yangtze Estuary[J]. *Marine Science Bulletin*, 2009, 28(2): 65-70 (in Chinese).
- [8] 刘凯, 段金荣, 徐东坡, 等. 长江口日本鳗鲡苗汛特征及捕捞量时空变动[J]. *上海海洋大学学报*, 2010, 19(6): 814-821.
- Liu K, Duan J R, Xu D P, *et al.* Studies on distribution characteristics and catching indexes fluctuation in fishing season of elvers of Japanese eel in the Yangtze River Estuary[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2010, 19(6): 814-821 (in Chinese).
- [9] 智玉龙, 侯俊利, 张涛, 等. 长江口日本鳗鲡苗时空分布特征[J]. *生态学杂志*, 2013, 32(10): 2750-2755.
- Zhi Y L, Hou J L, Zhang T, *et al.* Spatiotemporal distribution patterns of elver (*Anguilla japonica*) in the Yangtze River Estuary of China[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(10): 2750-2755 (in Chinese).
- [10] 赵利华, 张雪生, 曹正光. 长江口区鳗苗资源利用的调查[J]. *淡水渔业*, 1990(3): 34-35.
- Zhao L H, Zhang X S, Cao Z G. Investigation of glass eel resource and utilization in the Yangtze Estuary[J]. *Freshwater Fisheries*, 1990(3): 34-35 (in Chinese).
- [11] 李书民, 谭洪新, 孙生智. 中国鳗鱼产业发展困局及纾困对策[J]. *中国渔业经济*, 2013, 31(1): 24-28.
- Li S M, Tan H X, Sun S Z. The predicament and relief countermeasures of China's eel industry development[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2013, 31(1): 24-28 (in Chinese).
- [12] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- Zhan B Y. *Fish stock assessment*. Beijing: China Agriculture Press, 1995 (in Chinese).
- [13] 郭弘艺, 魏凯, 唐文乔, 等. 中国东南沿海日本鳗鲡幼体的发育时相及其迁徙路径分析[J]. *水产学报*, 2012, 36(12): 1793-1801.
- Guo H Y, Wei K, Tang W Q, *et al.* Developmental stages and migratory routes of larvae Japanese eel from southeast coastal estuaries of China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(12): 1793-1801 (in Chinese).

- [14] White E M, Knights B. Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England[J]. *Journal of Fish Biology*, 1997, 50(5): 1104-1116.
- [15] Martin M H. The effects of temperature, river flow, and tidal cycles on the onset of glass eel and elver migration into fresh water in the American eel[J]. *Journal of Fish Biology*, 1995, 46(5): 891-902.
- [16] Linton E D, Jónsson B, Noakes D L G. Effects of water temperature on the swimming and climbing behaviour of glass eels, *Anguilla* spp.[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2007, 78(3): 189-192.
- [17] 郭弘艺, 魏凯, 谢正丽, 等. 中国东南沿海日本鳗鲡幼体的日龄及其孵化时间[J]. 水产学报, 2011, 35(7): 1050-1057.
Guo H Y, Wei K, Xie Z L, *et al.* Daily age and hatching time of Japanese eel elvers from southeast coastal estuaries of China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(7): 1050-1057 (in Chinese).
- [18] Kasai A, Yamazaki A, Ahn H, *et al.* Distribution of Japanese Eel *Anguilla japonica* revealed by environmental DNA[J]. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2021, 9: 621461.
- [19] 陈渊泉, 蒋玫, 韩金娣. 长江口鳗苗时空分布特征及资源利用现状研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 37-40.
Chen Y Q, Jiang M, Han J D. A study on the temporal and spatial distributional features of juvenil *Anguilla japonica* and utilizing status of the resource in the Changjiang estuary[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(5): 37-40 (in Chinese).
- [20] 智玉龙. 长江口日本鳗鲡苗时空分布及重要环境因子的相关性 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2013.
Zhi Y L. The temporal and spatial distributional features of elvers of *Anguilla japonica* and correlation to major environmental factors in the Yangtze River estuary[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013 (in Chinese).
- [21] Han Y S, Tzeng W N, Chiu L I. Time series analysis of Taiwanese catch data of Japanese glass eels *Anguilla japonica*: possible effects of the reproductive cycle and El Niño events[J]. *Zoological Studies*, 2009, 48(5): 632-639.
- [22] Kimura S, Tsukamoto K. The salinity front in the North Equatorial Current: A landmark for the spawning migration of the Japanese eel (*Anguilla japonica*) related to the stock recruitment[J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2006, 53(3-4): 315-325.
- [23] Kim H, Kimura S, Shinoda A, *et al.* Effect of El Niño on migration and larval transport of the Japanese eel (*Anguilla japonica*)[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2007, 64(7): 1387-1395.

Spatiotemporal distribution and catching status of elver (*Anguilla japonica*) in the Yangtze River Estuary

WANG Sikai, SONG Chao, ZHANG Tingting, GAO Yu, ZHUANG Ping, ZHAO Feng*

(East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences,
Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment of the East China Sea and Yangtze Estuary,
Ministry of Agriculture and Rural Affairs,
Shanghai Engineering Research Center of Fisheries Resources Enhancement and Ecological Restoration of
the Yangtze Estuary, Shanghai 200090, China)

Abstract: The Yangtze Estuary is the largest estuary in the Northwest Pacific Ocean. From January to May every year, a large number of Japanese eel (*Anguilla japonica*) elvers arrive at the area under the influence of the Kuroshio and Taiwan Warm Current. The Yangtze Estuary is an important upstream migration channel for Japanese eel elvers, and the most important producing area of eel elvers in China. The protection and utilization of elvers resources here will not only help to maintain the healthy and sustainable development of elvers related industries in China, but also help to maintain biodiversity and ecological security in the Yangtze River Basin. This study carried out investigation of Japanese eel elvers for four years in the Yangtze Estuary from 2017 to 2020. Seven stations were set up to basically cover the main migration distribution area of elvers, which could better reflect the distribution and migration in the Yangtze Estuary. By analyzing the fishing capacity and resource status of Japanese eel elvers in the Yangtze Estuary in the past four years, it was found that the main bloom period of glass eel in the Yangtze Estuary was from February to April, and the main fishing areas were distributed in Dongwangsha, Sheshan and near Nanhuizui water area. In recent years, with the strengthening of the fishing management and the implementation of the ban on fishing in the Yangtze Estuary, the fishing capacity of elvers in the Yangtze Estuary has gradually decreased, and the effective net area has decreased by 36%, from $78.72 \times 10^4 \text{ m}^2$ in 2017 to $50.40 \times 10^4 \text{ m}^2$ in 2020. The main fishing waters of elvers have also shifted from the inside of estuarial mouth (Dongwangsha and Jiuduansha) to outside the mouth (Nanhuizui and near Luchaogang). The CPUE results of catching elvers in bloom season showed that the average catch in 2017 was $(4\,474 \pm 256) \text{ ind./100 m}^2$; in 2018 and 2019, it gradually decreased to $(1\,917 \pm 335)$ and $(1\,365 \pm 257) \text{ ind./100 m}^2$ respectively; the maximum CPUE value in 2020 was $(5\,220 \pm 1\,063) \text{ ind./100 m}^2$. The total yield of elvers is relatively high in 2017 (33.34 million ind.) and 2020 (20.74 million ind.), and low in 2018 (13.37 million ind.) and 2019 (9.86 million ind.), showing a cyclical fluctuation trend of about 2-3 years. It is suggested to strengthen the monitoring of Japanese eel elvers resources, scientifically evaluate and analyze the changes of elvers resources, and analyze the ecological impact of elvers fishing, so as to provide technical guarantee for the research and formulation of scientific management policies and measures, and provide scientific basis for the evaluation of the effect of the Yangtze River fishing ban.

Key words: *Anguilla japonica*; glass eel; temporal and spatial characters; CPUE; capture yield; Yangtze Estuary

Corresponding author: ZHAO Feng. E-mail: zhaof@ecsf.ac.cn

Funding projects: Specific Financial Fund of Ministry of Agriculture, "Investigation of Fishery Resources and Environment in the Yangtze River (2017–2021)"; the Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences (2021M04, 2022XT02); Shanghai Municipal Science and Technology Committee of Shanghai Outstanding Academic Leaders Plan (21XD1405000)