

汇流区投放鱼饵对江豚觅食行为的影响

游立新¹, 何 虎², 张晓可³, 于道平³

(1. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071;

2. 长江航道局, 湖北 武汉 430010; 3. 安庆师范学院水生生物保护与生态修复工程技术研究中心, 安徽 安庆 246011)

摘要: 长江航道整治工程产生的水下噪声干扰江豚(*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*)的觅食行为,在其经常出没的汇流水域投放鱼饵可以减缓施工对江豚捕食的负面影响。2013年9月15日至2014年2月22日,在自然状态下观察江豚在皖河口活动作为对照组。2014年3月2、11、17、20日购买2龄鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)等冬片鱼种692 kg,在投饵状态下观察江豚在皖河口活动作为试验组。每次在白天整点时刻,采用瞬间扫描法记录10 min内江豚的出水次数和出水位置,作为1个样本。皖河汇流区设置304个网格(50 m × 50 m),每头江豚出水1次,在相应网格位置以黑点标注。皖河入口端线中点为圆心,以半径500 m半圆面积为有效观察窗,根据江豚平均游动速度(4.3 km/h),窗内群体之间的时间间隔超过7 min,视为2个独立的群体。结果表明,自然状态下,江豚在皖河口觅食活动主要在支流区和滞留区,9:00、12:00和14:00出现3个活动高峰期;集群规模在1~8头,平均为3.67头。投放活体鱼饵后,江豚在分离区和急流区平均出水次数增多,而滞留区减少;出水次数骤然升高,以后逐渐降低;集群规模在2~10头,均值为5.80头,可见投放鱼饵后江豚集群规模明显增大($P < 0.05$)。在皖河18次调查的144个样本中,有效观察时间为1 400 min,共记录江豚活动87次,累计记录309头(含重复数),分为156个亚群类型,以夫妻型居多(37.10%),家庭型最少(14.67%)。自然状态下,每天观察到江豚约15头,投放鱼饵时观察到约24头,两者差异不明显($P > 0.05$),但出水平均次数明显增多($P < 0.05$)。

关键词: 长江江豚;增殖放流;觅食行为;汇流区

中图分类号: Q111.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2015)06-0066-06

长江江豚(*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*)为鼠豚科唯一的淡水鲸类(Jefferson & Wang, 2011),目前数量约1 000头(Mei et al, 2014),仅分布在长江中下游及其毗邻的鄱阳湖和洞庭湖,2014年被IUCN列为极危物种(CR)。江豚是近岸型动物,水深、底质、流态等均能影响其栖息地选择(魏卓等, 2003; Zhang et al, 2013)。但相比较而言,食物资源才是影响江豚野外栖息地选择最重要的因素(Wang et al, 2014a; Zhang et al, 2015)。许多文献资料报道过江豚经常在洲头浅滩、弯曲河道的边滩或支流汇合处觅食活动(张先锋等, 1993; 于道平等, 2005)。这些水域鱼类资源丰富,因此也是渔业活动的主要场所(张先锋等, 1993)。但在较高的捕食压力下,江豚仍然会选择在此觅食,甚至还常冒险去追逐尾随渔船的小鱼,因此江豚的种群动态很大

程度上受到鱼类群落时空分布格局的影响。

由于长江流域经济的发展和人类的过度捕捞,鱼类资源几乎处于崩溃的边缘,长江已出现无鱼可捕的尴尬局面。江豚作为长江水生态系统的顶级消费者,其食物来源已受到严重威胁;另一方面,在江豚经常活动的地带(汇流区和洲滩等)开展航道整治工程进一步压缩了其生存空间。已有研究表明,长江航道整治工程的水下噪声会干扰江豚在洲头分流区或边滩分离区的觅食行为(于道平等, 2012)。因此,研究江豚主要活动区域(如汇流区)自然状态下和人工投放饵料鱼状态下其集群的时空分布差异,探讨对江豚实施临时性食物救济的可行性,强化航道整治施工期间对江豚的保护措施显得非常必要。

1 材料与方法

1.1 江豚观察

根据Best & Reid(1984)汇流水域经典模型,皖河口(E117°00'11"; N30°29'39")可以划分为分离区、滞留区、急流区、支流区、剪刀层和干流区共计6个不同的流态(图1)。

收稿日期:2015-02-11

基金项目: 香港海洋公园(AW05-1314)项目;长江航道局专题评价项目。

作者简介: 游立新, 1968年生,男,高级工程师,主要从事交通运输建设项目环境影响评价工作。E-mail: 695995320@qq.com

通信作者: 于道平。E-mail: ahyudp@163.com

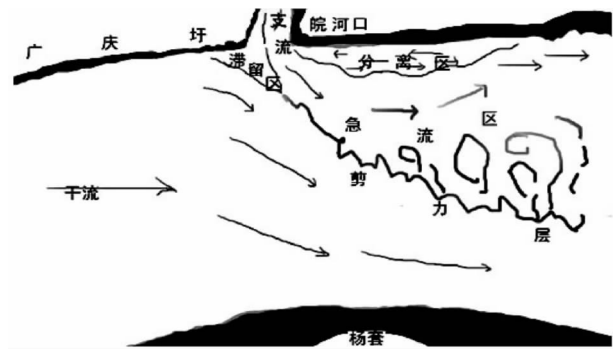


图 1 汇流区的不同流态

Fig. 1 Schematic diagram of flow patterns in the confluence area

江豚观察工作由安庆师范学院 2 名学生负责, 其中 1 人站在皖河口岸上, 采用整点瞬间扫描观察法, 记录内容有 10 min 内江豚的出水次数和出水位置; 另 1 人观察记录江豚头数、群结构。瞬间扫描设置在每天 8 : 00 – 16 : 00 整点时段上, 每次观察 10 min 为 1 个样本。2013 年 9 月 15 日至 2014 年 2 月 22 日在皖河口观察 14 d 作为对照组; 2014 年 3 月在皖河支流投放鱼饵作为试验组。

表 1 皖河口放流鱼饵的种类和重量

Tab. 1 Species list and quantity released in the Wanhe River estuary

种 类	尾均重/ g	体长/ cm	投饵量/kg				小计/ kg
			第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	52.30 ± 5.55	16.10 ± 0.78	102	168	155	86	511
鳙 <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	56.80 ± 8.15	13.81 ± 1.10	27	11	15	8	61
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	53.70 ± 5.54	12.20 ± 1.05	15	0	0	14	29
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	81.30 ± 14.17	17.90 ± 2.46	22	35	14	20	91
合 计			166	204	184	128	692

1.3 数据处理

自然状态下为对照组, 投放鱼饵为试验组。江豚平均出水次数为每个时段或每个流态的出水次数除以观察次数的均值, 以 Excel 图表显示。江豚每天在汇流区累计头数和累计次数以每天整点时段 10 min 瞬间扫描记录数据, 均值差异采用 SPSS20.0 独立样方 *t* 检验, 亚群类型差异采用 LSD-*t* 检验, 取 *P* < 0.05 作为显著差异判别标准。

2 结果

2.1 空间分布

枯水季节, 江豚在皖河口觅食活动主要在支流区和滞留区, 其次在分离区; 而急流区、干流区和剪刀层很少。投放活体幼鱼时, 江豚在分离区和急流区平均出水次数增多, 而滞留区减少 (图 2)。

1.1.1 空间分布确认 调查开始前, 根据 Google Earth Pro 6.2 软件下载调查区域卫星图片, 用 Photoshop 7.01 设置网格 (19 × 16 = 304 个), 网格 50 m × 50 m。每头豚出水 1 次, 在相应网格位置以黑点标注。

1.1.2 数量确认 根据江豚大致活动范围和出水呼吸间隔时间, 计算在一定的出水呼吸间隔时间内, 某水域范围内江豚的出水次数即为其头数。如迁移的长江江豚, 在其上下 400 m 范围, 大约 40 s 所发现的长江江豚出水次数即为该群江豚的头数 (于道平等, 2001)。

1.1.3 群体确认 以皖河入口端线中点为圆心, 以半径 500 m 半圆面积为有效观察窗。根据江豚游动速度 4.3 km/h, 初步估算江豚从半径 500 m 有效观察窗任何方向消失, 至少需要 7 min。在窗内 2 次观察到江豚的时间间隔超过 7 min, 可视为 2 个群体, 反之则视为 1 个群体。

1.2 饵料鱼投放

2014 年 3 月 2、11、17、20 日分 4 次从安庆石塘河水产良种场购置 2 龄幼稚苗 (俗称冬片), 累计放流 692 kg, 主要是鲢, 占放流鱼苗的 73.8% (表 1)。

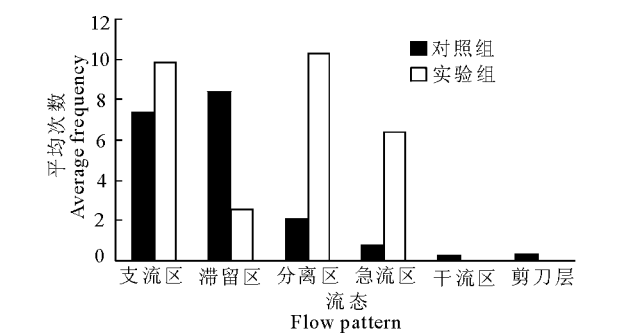


图 2 江豚在汇流区不同流态的分布频次

Fig. 2 Distribution frequency of the Yangtze finless porpoise in various flow patterns under natural conditions and after fish fry release

2.2 觅食时间

自然状态下, 江豚在皖河口白天 (8 : 00 ~ 16 : 00) 活动有 3 个高峰期, 即 9 : 00、12 : 00 和 14 : 00。投放活体鱼饵后, 江豚出水次数骤然升高,

以后渐渐地降低,与自然状态下有所不同(图3)。

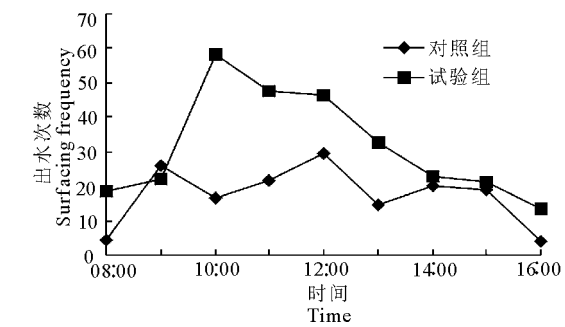


图3 皖河口不同时段江豚出水次数

Fig.3 Surfacing frequency of the Yangtze finless porpoise at different times in the Wanhe River estuary

2.3 集群规模

在皖河18次调查的144个样本中,有效观察时间1400 min,共记录江豚活动87次,累计记录309头(含重复头数),其中幼豚数占21.4%(表2)。

自然状态下,皖河口活动的江豚集群规模在1~8头,均值为(3.67±1.79)头,95%置信区间3~4头。投放活体鱼苗后,集群规模在2~10头,均值为(5.80±0.35)头,95%置信区间在5~6头。比较而言,投放活体鱼饵后江豚集群规模明显增大($P<0.05$)。累计记录头数309头,分成156个亚群类型,以夫妻型居多,为37.10%;其次是母子型;而家庭型最少,仅14.67%(表3)。4种亚群虽然存

表2 皖河口江豚的活动情况和亚群类型观察

时间	天气	总头数	出水 次数	活动 次数	集群 最大值	亚群类型			
						家庭型	母子型	夫妻型	孤豚
2013-09-15	阴天	0	0	0	0	0	0	0	0
2013-09-28	雨天	0	0	0	0	0	0	0	0
2013-10-13	晴天	17	129	5	5	1	2	4	2
2013-10-20	晴天	13	104	3	7	2	1	2	1
2013-10-27	晴天	17	180	3	8	2	1	4	1
2013-11-02	阴天	7	55	1	7	1	0	2	0
2013-11-16	晴天	26	229	7	5	2	4	5	2
2013-12-08	阴天	15	156	7	3	2	1	2	3
2013-12-15	晴天	32	369	7	7	2	7	5	2
2013-12-23	晴天	15	83	5	6	2	1	3	1
2013-12-30	晴天	22	205	5	6	0	4	5	4
2014-01-05	晴天	20	250	6	6	0	6	3	2
2014-01-16	晴天	10	126	4	4	1	1	2	1
2014-02-22	阴天	19	238	5	5	0	6	2	3
*2014-03-02	晴天	27	263	7	8	2	3	5	5
*2014-03-11	晴天	19	205	7	10	1	3	4	2
*2014-03-17	晴天	28	422	8	5	0	4	6	4
*2014-03-20	晴天	22	243	7	6	1	3	3	7
合 计		309	3157	87	-	19	47	50	40

注: * 表示试验组。

Note: The dates with * represent the test group.

在差异,但夫妻型显著多于家庭型和孤豚型($P<0.05$),其他类型差异不显著($P>0.05$)。

表3 汇流区江豚聚群类型结构比例

Tab.3 Percentage composition of subgroup assemblage pattern in the Wanhe River estuary

类型	夫妻型	母子型	孤豚型	家庭型
比例/ %	37.10 ± 2.95 ^a	25.78 ± 3.75 ^{ab}	22.45 ± 2.97 ^b	14.67 ± 2.95 ^b

注:相同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同则表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Values with the same superscript were not significantly different ($P>0.05$), while values with different superscripts were significantly different ($P<0.05$).

野外观察均在晴天进行。对自然状态与投饵状

态下每天观察江豚的平均头数(表4)和平均出水次数(表5)进行统计分析。结果显示,自然状态下(对照组),每天观察到江豚平均头数约15;投放鱼饵时(试验组),每天观察到江豚平均约24头,两者差异没有统计学意义($P>0.05$),但2种状态下,每天出水平均次数有显著性差异($P<0.05$)。

表4 皖河口江豚日均观察头数

Tab.4 Average daily number of Yangtze finless porpoise observed in the Wanhe River estuary

组别	样本数	均值±标准误	95%置信区间	最小值	最大值
对照组	14	15.21±2.40	10.02~20.40	0	32
试验组	4	24.00±2.12	17.25~30.75	19	28

表 5 皖河口江豚日均观察出水次数

Tab. 5 Daily surfacing frequency of the Yangtze finless porpoise observed in the Wanhe River estuary

组别	样本数	均值 ± 标准误	95% 置信区间	最小值	最大值
对照组	14	151.71 ± 27.49 ^a	92.33 ~ 211.10	0	369
试验组	4	283.25 ± 47.79 ^b	131.17 ~ 435.33	205	422

注: 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Values with different superscripts within the same column were significantly different ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 汇流水域江豚栖息活动的季节性变化

皖河源于大别山支流, 全长 227 km, 年流量约 537.9 亿 m³, 皖河口汇流区具有独特的水文条件, 水生生物资源较为丰富(张晓可等, 2015)。研究表明, 鲸类的分布和集群规模与其索食场所的地貌特征有联系(Karczmarski et al, 2000; Hastie et al, 2004); 鲸类学者注意到淡水豚类在河流入口捕获迁徙的鱼类(Biswas & Boruah, 2000)。由于每年春季鄱阳湖汛期较长江提前到来, 夏季长江高水位倒灌湖区(闵骞, 1995), 因此鄱阳湖湖口长江江豚活动次数在 5-8 月明显偏多(Kimura et al, 2012); 但长江江豚在皖河口集群活动正好相反, 每年 11 月至次年 3 月(枯水期)可见其觅食, 夏季几乎消失(Zhang et al, 2015)。由此可见, 江豚在支流与长江干流交汇水域觅食活动是季节性的, 可能与河流鱼类洄游节律相一致, 仍需要进一步研究。

3.2 汇流水域食物救济效果分析

单位时间内出水次数的倒数就是江豚出水时间间隔, 它与呼吸间隔既有本质区别又有内在联系。前者指江豚身体露出水面的时间间隔, 其长短与江豚行为有关, 如觅食时则出水频繁、姿态各异; 后者指江豚露出水面时伴有呼吸行为(于道平等, 2003a)。自然状态下(对照组), 江豚在汇流水域觅食对流态具有选择, 而且白天(8:00-16:00)觅食活动有明显的高峰期, 即 9:00、12:00 和 14:00, 尤其是中午时的出水次数最高, 这种现象与铜陵半自然水域江豚冬季觅食活动相一致(于道平等, 2003b)。

相对于自然状态下, 人工投放鱼饵(试验组)时, 江豚在分离区和急流区出现次数增多, 可能与鱼饵在水体中的分布有关; Zhang 等(2015)对皖河口鱼类群落与江豚种群动态的野外研究已经表明, 鱼类的多样性以及可摄食渔获物的数量和重量会对其活动有显著影响, 本研究结果与其相一致; 另外, 在

渔政艇上投放鱼饵, 船舶噪声对江豚活动有干扰, 因此鱼饵投放约 30 min 后, 江豚出水次数才明显增多。虽然 2 种状态下每天观察到的江豚平均出水次数有显著性差异, 但观察到江豚平均头数没有达到统计学上显著性差异; 这一结果也提示人工投放鱼饵不可能吸引其它江段的江豚在皖河口汇流水域聚集, 只能是给本江段江豚更多的觅食机会。

志谢: 感谢安庆渔政船 34120 全体工作人员和安庆师范学院吕阳、王经国同学的大力支持和参与!

参考文献

闵骞. 1995. 鄱阳湖水位变化规律研究[J]. 湖泊科学, 7(3): 281-288.

魏卓, 张先锋, 王克雄, 等. 2003. 长江江豚对八里江江段的利用及其栖息地现状的初步评价[J]. 动物学报, 49(2): 163-170.

于道平, 董明利, 王江, 等. 2001. 湖口至南京段长江江豚种群现状评估[J]. 兽类学报, 21(3): 174-179.

于道平, 蒋文华, 黄立新. 2003a. 半自然水域中长江江豚活动区域及其季节性变化[J]. 水生生物学报, 27(6): 657-659.

于道平, 蒋文华, 糜励. 2003b. 半自然水域中长江江豚食性与摄食行为的初步研究[J]. 兽类学报, 23(3): 198-202.

于道平, 黄敏毅, 赵凯, 等. 2012. 长江东流河道整治对长江江豚种群数量的影响[J]. 兽类学报, 42(4): 330-334.

于道平, 王江, 杨光, 等. 2005. 长江湖口至荻港段江豚春季对生境选择初步研究[J]. 兽类学报, 25(3): 302-306.

张先锋, 刘仁俊, 赵庆中, 等. 1993. 长江中下游长江江豚种群现状及评价[J]. 兽类学报, 13(4): 260-270.

张晓可, 于道平, 王慧丽, 等. 2015. 长江安庆段江豚主要栖息地鱼类群落结构研究[EB/OL]. 生态学报, DOI: 10.5846/stxb201409251904.

Best J, Reid L. 1984. Separation zone at open-channel junction[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 110(11): 1588-1594.

Biswas S, Boruah S. 2000. Ecology of the River dolphin (Platanista gangetica) in the upper Brahmaputra[J]. Hydrobiologia, 430: 97-111.

Hastic G, Wilson B, Wilson L, et al. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphin are like to foraging[J]. Marine Biology, 144(2): 379-403.

Hua Y, Zhao Q, Zhang G. 1989. The Habitat and Behavior of

- Lipotes vexillifer [A]. In: Perrin W F, Brownell R L Jr, Zhou K Y, et al. Biology and Conservation of the River Dolphins [C]. Occasional Papers of IUCN/SSC No. 3: 92 – 98.
- Jefferson T, Wang J. 2011. Revision of the taxonomy of finless porpoises (genus *Neophocaena*): the existence of two species [J]. Journal of Marine Animals and Their Ecology, 4 (1): 3 – 16.
- Karczmarski L, Cockcroft V G, McLachlan A. 2000. Habitat use and preference of Indo-Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algon Bay, South Africa [J]. Mar Mamm Sci, 16: 64 – 79.
- Kimura S, Akamatsu T, Li S, et al. 2012. Seasonal changes in the local distribution of Yangtze finless porpoises related to fish presence [J]. Mar Mamm Sci, 28: 308 – 324.
- Mei Z, Zhang X, Huang S L, et al. 2014. The Yangtze finless porpoise: on an accelerating path to extinction? [J]. Biol Conserv, 172: 117 – 123.
- Wang Z, Akamatsu T, Mei Z, et al. 2014. Frequent and prolonged nocturnal occupation of port areas by Yangtze finless porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis*): forced choice for feeding? [EB/OL]. Integr Zool. DOI: 10.1111/1749 – 4877.12102.
- Zhang X, Xian Y, Wang L, et al. 2013. Behaviour and habitat selection of Yangtze finless porpoises in Dongtin lake, China, and adjacent waters: Impact of human activity [J]. Pakistan J Zool, 45 (3): 635 – 642.
- Zhang X, Yu D, Wang H, et al. 2015. Effects of fish community on occurrences of Yangtze finless porpoise in confluence of the Yangtze and Wanhe Rivers [J]. Environ Sci Pollut Res, 22: 9524 – 9533.

(责任编辑 万月华)

Impact of Releasing Fish Fry into the Wanhe River Estuary on the Foraging Behavior of Yangtze Finless Porpoise

YOU Li-xin¹, HE Hu², ZHANG Xiao-ke³, YU Dao-ping³

(1. CCCC Second Harbor Consultants Co. Ltd., Wuhan 430071, P. R. China;

2. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, P. R. China;

3. Research Center of Aquatic Organism Conservation and Water Ecosystem Restoration in Anhui Province, Anqing Normal University, Anqing 246011, P. R. China)

Abstract: Habitat for the Yangtze finless porpoise (YFP, *Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*) is primarily limited by availability of food resources. Abundant literature sources reveal that the species usually forages for food in the shallows, the sandbars of tortuous channels and at the confluence of tributaries. These locations are also where engineers commonly locate flow control structures and the foraging behavior of YFP is impacted by the noise of water flowing through these structures. In this study, we documented the spatial-temporal distribution of the YFP population at the confluence of the Wanhe and Yangtze Rivers under natural conditions and then with food resource enhancement accomplished by the release of fish fry. The study examined the feasibility of temporary food enhancement for YFP in confluence areas and to confirm the importance and necessity of conserving the species during periods of water flow regulation. From September 2013 to February 2014, the behavior of the YFP population under natural condition was monitored within the Wanhe River estuary. On March 2, 11, 17 and 20 of 2014, 692 kg of winter-breeding species, including two-year-old silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), bighead carp, grass carp and white bream (*Parabramis pekinensis*), were released into the estuary and the behavior of the YFP population was recorded. During daylight hours, instantaneous scans were used to record the number and location of the YFP for 10 minutes each hour, beginning on the hour and each 10-minute record was treated as one sample. The confluence area of the Wanhe River estuary was divided into a grid of 304 cells (50 m × 50 m) and the effective observation window was a semicircle with a radius of 500 m using the midpoint of the entrance line as the center of the circle. When a porpoise surfaced, a black dot was placed in the corresponding cell of the grid map. According to the average swimming speed (4.3 km/h), two independent groups were recorded when the time interval between observations exceeded 7 minutes. Results show that the foraging activity of YFP was concentrated primarily in the tributary and stagnant zones under the natural conditions. Foraging activity peaked at 9 : 00, 12 : 00 and 14 : 00. The group size ranged from 1 – 8 individuals with an average of 3.67 individuals. After releasing fish fry, the surfacing frequency of the YFP increased in the riffle and separation zones and decreased in the stagnant zone. The surfacing frequency increased rapidly then gradually decreased and the group size was 2 – 10 individuals with an average of 5.80 individuals. The group size of the YFP increased significantly after releasing fry ($P < 0.05$). Of the 144 samples collected in eighteen surveys, 87 YFP activity events were recorded in the effective observation time of 1 440 minutes. A total of 309 individuals (including repetitions) were recorded as 156 subgroups, in which a female-male pair was the most frequently observed group (37.1%) and family groups were the least frequently observed (14.67%). Under natural conditions, about 15 individuals were observed each day, while about 24 individuals were observed each day after fry release (difference not significant, $P > 0.05$). However, the average surfacing frequency after fry release was significantly higher than under natural conditions ($P < 0.05$). Therefore, releasing fish fry into confluence areas where YFP feed reduces the negative effects of water flow control structures on foraging behavior.

Key words: *Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*; stock enhancement; foraging behavior; confluence area