

太湖鱼类产量、组成的变动规律及与环境的关 系*

刘恩生^{1,2,3}, 刘正文², 陈伟民², 陈开宁^{1,2}

(1:中国科学院研究生院,北京 100039)

(2:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

(3:安徽农业大学,合肥 230036)

提 要:通过 2003 年 9 月–2004 年 1 月的渔获物调查,并结合 1984–2002 年的鱼类产量统计资料,分析了近二十年来太湖鱼类产量和组成的变化规律以及环境间的相互作用关系。结果表明,太湖鱼类的种类在不断减少,如本次调查和 2002 年 3 月–2003 年 12 月的调查只采集到 48 种鱼类,和历史资料比较有 55 种鱼类难以采到;鱼类产量组成表现为仅鲢鱼的产量和组成比例总体呈较快的上升趋势,从 1984 年的 5153.7t、占总产量的 36.2% 上升到 2002 年的 19571t、64.1%,鲤、鲫鱼基本维持不变,但近四年略有上升,其余鱼类均呈下降趋势。用 Wilhm 改进式计算的鱼类产量组成的均匀度指数 H 总体呈逐年下降趋势,近二十年来平均以每年 -0.0465 的速率下降;分析认为,人类活动以及由此引起的太湖生态环境变化,包括江湖阻隔、过渡捕捞、富营养化及太湖特有的鱼类生态学特点决定了鱼类组成的这一变化趋势:江湖阻隔、过度捕捞是引起太湖鱼类种类减少和鱼类组成发生巨大变化的主要原因;太湖近二十年来富营养化程度不断加重,由此使初级生产力水平持续增长,浮游生物饵料丰富,使鲢鱼等浮游生物食性鱼类产量逐年提高;鲢鱼数量的减少又使鲢鱼失去抑制。随着鲢鱼等浮游动物食性鱼类产量的升高,太湖浮游动物的生物量呈下降趋势,这可能是太湖浮游植物数量倍增的生物学因素之一。目前太湖鱼类产量组成的变化正向着抑制浮游动物和有利浮游植物生长的方向发展。

关键词:太湖;鱼类产量;鱼类产量组成

Changes in the Yield and Composition of the Fish Catches and Their Relation to the Environmental Factors in Lake Taihu

Liu Ensheng^{1,2,3}, LIU Zhengwen², CHEN Weimin² & CHEN Kaining^{1,2}

(1: Graduate School of CAS, Beijing 100039, P. R. China)

(2: Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China)

(3: Anhui Agricultural University, Hefei 230036, P. R. China)

Abstract: Based on the catches from 1984 to 2002 and the present investigation from September 2003 to January 2004 and the last investigation from March 2002 to December 2003, the changes in fish species composition and yield in Lake Taihu were analyzed in relation to the environmental factors of the lake. The results showed that only 48 fish species were found during the present investigation and the last investigation. Compared with 103 fish species recorded in historical data, there was 55 fish species difficult to be collected. The changes in the yield and the composition of fish catches showed the trend that only *Coilia* spp. had increased in their percentages in the fish catches from 5153.7t accounting for 36.2% of total fish catches in 1984 to 19571t accounting for 64.1% in 2002; the percentage of *Cyprinus carpio* (Linnaeus) and *Carassius auratus* (Linnaeus) had been rather stable, but it began to increase in recent years while that of most other species had declined. The evenness index H decreased at the annual averaged rate of -0.0465 . Analysis of fish compositions showed that, human activities such as the obstructed between river and the lake, overfishing, environmental pollution and the ecological characteristics of the fishes were responsible to the changes in fish catches of Lake Taihu. The obstructed between river and the lake and over fishing were the main reasons of the decline of fish species and the changes of fish composition. The catches increasing of *Coilia* spp. were caused by eutrophication resulting in plankton increasing and got

* 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-12-IV)、国家“863”项目(2002AA60101)和(2002AA601013)联合资助。2004-08-13 收稿;2004-10-14 收修改稿。刘恩生,男,1957 年生,副教授,博士生;E-mail: liues13579@163.com.

out of control for the decline of carnivores fishes topmouth culter (*Erythroculter ilishaeformis* Bleeker and *Erythroculter mongolicus* Basilevsky). With the catches increasing of *Coilia* spp., there was the trend of zooplankton standing mass decline in the lake. So the changes in fish catches of Lake Taihu probably enhanced phytoplankton development in the lake.

Keywords: Lake Taihu; total fish catches; composition of fish catches

太湖是我国的大型浅水湖泊,鱼类资源丰富,历史上曾有鱼类 103 种^[1],近年鱼类年产量达到 3×10^4 t 左右. 但由于兴建水闸引起的江湖阻隔、围湖造田、围网养殖、过度捕捞及不断加剧的富营养化、水草资源大幅度减少等环境的变迁使太湖鱼类产量和组成发生了巨大变化. 鱼类是湖泊生态系统的重要组成部分,其数量和组成的变化不仅能够反映水域生物群落结构和水质变化^[2-4],同时对水生态系统的结构与功能也会产生多方面影响^[5].

太湖有关渔业资源的调查自 20 世纪 50 年代以来已进行了 10 多次,内容多偏重鱼类种、属的记录和主要鱼类产量及生物学的研究^[6],并且研究大多是间断性的. 关于太湖鱼类数量和组成逐年的连续变化以及与环境相互关系的研究尚未见报道. 太湖自 80 年代后富营养化不断加重^[7],为探讨鱼类与湖泊富营养化的相互关系,本文分析了太湖 1984—2002 年的鱼类产量、渔获物组成变化及其与湖泊主要环境因子的关系.

1 材料与方法

1.1 渔获物调查

于 2003 年 9 月至 2004 年 1 月在梅梁湾水域,用簰网每月上旬进行为期 7—10 d 的定点渔获物调查;结合刺网、拖网进行补充.

1.2 鱼产量与组成数据来源

太湖 1984—2002 年的鱼类分类产量根据太湖渔业管理委员会历年的统计年报. 由于太湖捕捞季节较长,酷捕性渔具较多,捕捞强度很高^[8],因此其鱼类捕捞产量可以较好地反映太湖鱼类群落组成的实际情况.

1.3 鱼类产量组成均匀程度的计算方法

为了分析太湖鱼类产量组成年际间的连续变化规律,需要用一个简洁明了的综合性指标来进行描述. 为此,根据鱼类分类产量用 Wilhm 改进式^[9]计算了均匀度指数. 鱼类不同于其它动物,标本采集比较困难. 要对一个水域连续多年的鱼类多样性进行研究难以做到. 太湖鱼类的产量统计是按照分类接近、生态习性基本相似的大类来分的,没有进行具体种类的划分,因此,无法准确计算鱼类群落的多样性指数. 但 Shannon 多样性指数也可以反映群落组成的均匀度情况. 故本研究根据鱼类分类产量资料和 Wilhm 改进式^[9]计算的指标主要反映的是鱼类各个大类组成的均匀度情况,而不是对各个具体种类多样性的描述:

$$H = - \sum_{i=1}^S (W_i/W) \ln(W_i/W)$$

式中, W 为鱼类总产量(t); W_i 为第 i 类群鱼的产量(t); S 为鱼类类群数.

2 结果和讨论

2.1 鱼类种类不断减少

据过去的调查,在太湖共采集到鱼类 103 种(亚种)^[1]. 2002 年 3 月至 2003 年 12 月在东太湖及其周边池塘、沟渠进行了常规采集,在苏州东、西洞庭山之间和宜兴大浦附近湖区设置簰网定时定点采集,在开捕季节上船采集集水性鱼类. 经鉴定,共采集到 48 种(和亚种)^[1]. 而我们于 2003 年 9 月—2004 年 1 月在梅梁湾的调查共采集到鱼类 23 种,包含在以上 48 种内. 根据这一对比,约有 55 种鱼类在太湖已难采到.

2.2 鱼类产量组成的均匀程度不断下降

根据太湖 1984—2002 年的鱼类分类产量计算了各个大类组成的均匀度指数发现:太湖鱼类产量组成的均匀度指数虽然有一定的波动,但总体呈下降趋势,平均以每年 -0.0465 的速率递减($H = -0.0465t + 2.5339$, $n = 19$, $r = -0.7646$, $p < 0.01$, H 为鱼类产量组成的均匀度指数, t 为时间(a))(图 1).

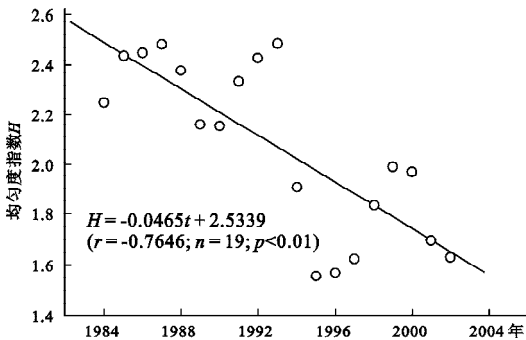


图1 均匀度指数逐年变化趋势

Fig. 1 Changes of the evenness of fish catch compositions in Lake Taihu

分析历年鱼类产量中各大类组成比例的变化趋势后发现:仅鲢鱼呈较快地上升趋势,如1984年为5153.7t、占36.2%,2002年上升到19571t、占64.1%;鲤、鲫鱼除近四年略有上升外总体基本维持不变,如1984-1998年产量波动在1000-1600t、占5.7%-8.5%,而近四年产量达到2500-3700t、占11.7%-14.7%;而其余鱼类类群总体均呈下降趋势。其中鲃鱼产量和组成比例下降速率较快,如1984-1994年波动在500-700t、占3%-6%,其中1987年曾达到1090t、占7.7%,目前仅维持在较低的水平,如1995-2002年下降为100-160t、仅占0.5%-0.8%。这说明均匀度指数的变化较好地反映了太湖鱼类产量组成的实际情况。

鱼类不同于其它动物,标本采集比较困难。国外学者如Tonn等^[10]、Eadie和Keast等^[11]在这一方面

做了大量工作,国内学者如费鸿年用底拖网对南海底栖鱼类的多样性进行了研究^[9]。而我国关于内陆水域鱼类多样性的研究极少,仅见到凌去非等对长江天鹅洲故道鱼类的研究^[12]。要对一个水域连续多年的鱼类多样性进行研究是难以做到的,但这又对研究鱼类组成连续变化十分重要。因此,我们根据鱼类分类产量的统计数据,用Wilhm改进式计算的指数作为均匀度指标,对鱼类组成连续变化的研究进行了尝试。此外,在计算鱼类组成均匀度指标时应用的是鱼类重量而不是个体数量,这不但减少了鱼类间个体大小造成的差异,并且生物量在渔业生产上较容易获得,具有一定现实意义。太湖鱼类的分类产量是按照分类接近、生态习性基本相似的大类来分,没有进行具体种类的划分。根据鱼类分类产量资料和Wilhm改进式计算的指标主要反映的是鱼类各个大类组成的均匀程度情况,目的是为了简洁明了地、更方便地描述鱼类组成的连续变化趋势。太湖鱼类组成的均匀度指标在不断下降,而近20年来太湖鱼类组成的总体变化趋势表现为仅鲢鱼的产量和组成比例总体呈较快的上升趋势,说明均匀度指标的变化和实际情况一致。

2.3 鱼类产量组成变化的驱动力

2.3.1 江湖阻隔、过度捕捞对鱼类组成的影响

江湖阻隔、过度捕捞是引起太湖鱼类种类减少和鱼类组成发生巨大变化的主要原因。太湖历史上曾有鱼类103种(亚种)^[1],按生态类群划分为三种类型:洄游性鱼类如鳊鲃、中华鲟、河鲀、刀鲚等;半洄游性鱼类如青鱼、草鱼、鲢、鳙鱼等;湖泊定居性鱼类如鲤、鲫鱼、鳊、鲃、银鱼、湖鲚等。由于自20世纪年代末至60年代初在太湖通江水道均已修建了水闸,使太湖与长江的联系隔断。结果洄游性鱼类已基本消失;半洄游性鱼类逐渐减少,仅靠人工放流维持较低数量;而湖泊定居性鱼类成为太湖的主要鱼类。近20年太湖鱼类组成的均匀度指数总体呈下降趋势,并出现周期性波动,波动周期与长江洪水的发生时间一致。除池塘和围网养鱼有大量鱼类逃逸进入湖中的原因外,因汛期需开闸蓄水,长江鱼类也能够进入太湖,相应的鱼类组成的均匀度指数出现峰值。洪水过后的年份又开始下降,在干旱年份均匀度指数降到一个周期的最低值。这正说明江湖阻隔也是影响太湖鱼类种类和鱼类组成的重要因素之一。

太湖很高的捕捞强度对鱼类组成的影响较大。太湖捕捞时间较长、酷捕性渔具较多,其捕捞强度是很高的。在这样高强度的捕捞条件下,那些生命周期较长、成熟相对较晚、综合繁殖力相对较低的鱼类如翘嘴红鲌、蒙古红鲌等的数量逐渐减少,资源难以恢复。而那些生命周期较短、成熟相对较早、综合繁殖力较高的鱼类如湖鲚得以生存发展。

2.3.2 主要富营养化指标和鲢鱼产量的关系

太湖自上个世纪80年代起富营养化程度开始加重^[7,13]。根据已发表的太湖富营养化指标7年的检测数据(1960、1981、1988、1994、1995、1998、1999年)^[13]分析发现,太湖湖鲚相应年份的捕捞产量与TIN、TN、COD间均呈显著的正相关关系(图3)。太湖近20年来富营养化程度不断加重,由此使初级生产力水平持续增长,使浮游生物食性的小型鱼类产量逐年提高。

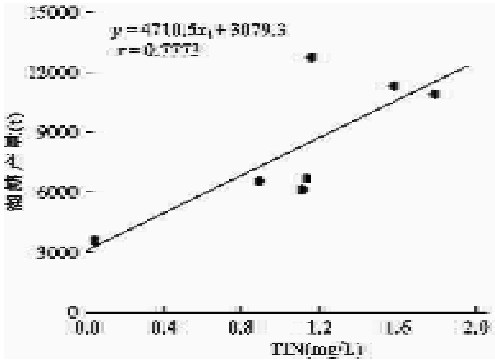


图2 TIN - 鲢鱼产量相关关系

Fig. 2 Relationship between the catches of Coilia and TIN

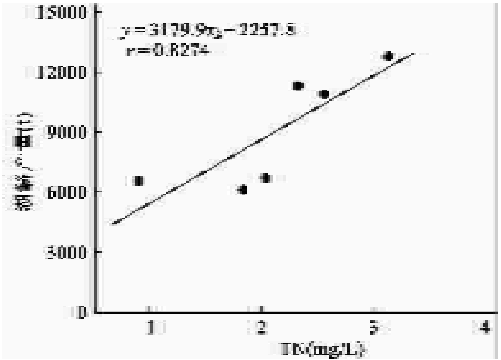


图3 TN - 鲢鱼产量相关关系

Fig. 3 Relationship between the catches of Coilia and TN

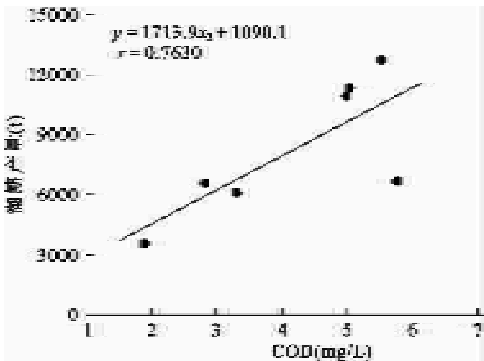


图4 COD - 鲢鱼产量相关关系

Fig. 4 Relationship between the catches of Coilia and COD

2.3.3 主要鱼类间的相互关系对鱼类组成的影响 太湖鱼类组成中数量最多的肉食性鱼类是鮰鱼, 1987 曾达到 1090.8t, 占 7.7%。鮰鱼包括翘嘴红鮰、蒙古红鮰、红鳍原鮰等, 但其中以翘嘴红鮰个体最大数量最多。翘嘴红鮰成体后不仅主要以鲢鱼为食物, 在鱼苗和幼鱼阶段还对鲢存在着优势的食物竞争^[14]。翘嘴红鮰、鲢的繁殖期相同, 在鱼苗和幼鱼阶段都以浮游动物为食, 并栖息在相同水域。而翘嘴红鮰生长快、游动迅速, 争食时处于优势, 所以对鲢鱼有较强的抑制作用。鮰鱼和鲢鱼的产量间存在显著的负相关关系: $y = 157926x^{-0.507}$, $r = -0.8700$, $p < 0.01$, y 为鲢鱼产量 (t), x 为鮰鱼产量 (t)。但由于翘嘴红鮰产卵时集群易捕捞, 并且在我国的湖泊渔业生产中是作为害鱼消除的, 所以近 20 年

来其种群数量和组成比例逐年下降, 仅维持在很低的水平, 这就使鲢鱼失去抑制而迅速发展。鲢鱼的迅速发展又在栖息空间和食物上抑制了其它浮游动物食性鱼类, 如鲢鱼—银鱼的产量间存在显著的负相关关系: $y = -5.8308x + 17197$ ($n = 19$, $r = -0.6672$, $p < 0.01$, y 为鲢鱼产量 (t), x 为银鱼产量 (t))。随着鲢鱼产量的不断升高, 银鱼的产量和组成比例近二十年来呈下降趋势。此外, 鮰鱼对鲢鱼的抑制为银鱼的生长繁殖提供了有利条件, 且银鱼较少出现在翘嘴红鮰的食物中, 因此鮰鱼和银鱼的产量间有显著的正相关关系: $y = 1.1429x + 835.71$ ($n = 19$, $r = 0.7572$, $p < 0.01$, y 为银鱼产量 (t), x 为鮰鱼产量 (t))。

由此可以看出鮰和鲢是对鱼类组成均匀程度影响很大的两种鱼类。相关分析也发现鮰鱼产量和均匀度指数间有显著的正相关关系: $H = 0.0009x + 1.6497$, ($n = 19$, $r = 0.9010$, $p < 0.01$, H 为均匀度指数 x 为鮰鱼产量 (t)); 鲢鱼产量和均匀度指数间有显著的负相关关系: $H = -0.00007x + 2.6846$ ($n = 19$, $r = -0.8952$, $p < 0.01$, x 为鲢鱼产量 (t))。由此可以看出, 鮰鱼可控制鲢鱼的优势度, 从而提高鱼类组成的均匀程度。

2.4 鱼类组成的变化对环境的影响

太湖鱼类组成中食浮游动物为主的鱼类产量总体呈逐年上升趋势, 如 2002 年产量为 2.16334×10^4 t, 这相当于有浮游动物食性鱼类近 $100\text{kg}/\text{hm}^2$ 。毫无疑问这对太湖的浮游动物形成了巨大的牧食压力。如按饵料系数 $10 - 20$ ^[15]、浮游动物食性鱼类的能量 50% 来自浮游动物计算, 相当于每年浮游动物被鱼类掠食量约 $500 - 1000\text{kg}/\text{hm}^2$ 。所以, 90 年代后太湖随着鲢鱼等浮游动物食性鱼类产量的升高, 浮游动物的生物量呈下降趋势, 这可能是太湖浮游植物数量倍增的原因之一^[13, 7]。

3 结论

太湖鱼类组成的变化表现为仅鲢鱼产量和组成比例总体呈较快的上升趋势,鲤、鲫鱼除近几年略有上升外基本保持稳定,而其余鱼类均呈下降趋势。人类活动以及由此引起的太湖生态环境变化,包括过渡捕捞、富营养化及太湖特有的鱼类生态学特点决定了鱼类组成的这一变化趋势;而目前太湖鱼类产量组成的变化正向着抑制浮游动物和有利浮游植物生长的方向发展。

4 参考文献

- [1] 朱松泉. 2002 - 2003 年太湖鱼类学调查. 湖泊科学, 2004, **16**(2): 121 - 123.
- [2] 黄玉瑶. 内陆水域污染生物学——原理与应用. 北京: 科学出版社, 2001: 153 - 154.
- [3] Karr J R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fishes*, 1981; **6**: 21 - 27.
- [4] Karr J R. Biological integrity: A long - neglected aspect of water resource management. *Ecol Application*, 1991; **1**: 66 - 84.
- [5] Northcote T G. Fish in the structure and function of freshwater ecosystem; a “top - down” view. *Can J Fish Aquat Sci*, 1988, **36**: 1 - 379.
- [6] 邓思明, 臧增加, 詹鸿禧等. 太湖敞水区鱼类群落结构特征和分析. 水产学报, 1997, **21**(2): 134.
- [7] 蔡启铭主编. 太湖环境生态研究(一). 北京: 气象出版社, 1998: 135 - 140.
- [8] 殷名称, 缪学祖. 太湖常见鱼类生态学特点和增殖措施探讨. 湖泊科学, 1991, **3**(1): 31 - 32.
- [9] 费鸿年, 何宝金, 陈国铭. 南海北大陆架底栖鱼类群聚的多样性以及优势种区域和季节变化. 水产学报, 1981, (1): 1 - 20.
- [10] Tonn W M J J, Magnuson A M Forbes. Community analysis in fishery management: an application with northern Wisconsin Lakes. *Trans Amer Fish Soc*, 1983, **112**: 368 - 377.
- [11] Eadie J, A Keast Resource heterogeneity and fish species diversity in Lakes. *Can J Zool*, 1984, **62**: 1689 - 1695.
- [12] 凌去非, 李思发. 长江天鹅州故道鱼类群落种类多样性. 中国水产科学, 1998, (2).
- [13] 秦伯强, 胡维平, 陈伟民等. 太湖水环境演化过程与机理. 北京: 科学出版社, 2004: 19, 274 - 283.
- [14] 许品诚. 太湖翘嘴红鲌的生物学及其增殖问题的探讨. 水产学报, 1984, (4): 275 - 285.
- [15] 大连水产学院主编. 淡水生物学. 北京: 农业出版社. 1989: 226.