

文章编号: 1674-5566(2019)06-0968-08

DOI:10.12024/jsou.20181202494

从碳汇渔业到蓝色粮仓的发展机制

朱 骅

(上海海洋大学 外国语学院,上海 201306)

摘 要:“碳汇渔业”主要是指通过渔业生产活动促进水生生物吸收水体中的 CO₂,并通过收获水生生物产品,把这些碳移出水体的过程和机制。更具体地说,是指通过养殖和收获贝类、藻类、滤食性鱼类、甲壳类、棘皮类等水产品将碳移出水体,使碳被再利用或被储存,但这一渔业生产方式的转型需要一系列机制保证。这些机制既可以保证“碳汇渔业”的可持续性发展,又能使之成为“蓝色粮仓”国家战略的基础保障。这些措施包括:选择固碳速率高的养殖品种、科学组合养殖品种、提升养殖技术、以海洋牧场革新生产组织方式、推动建立国际蓝碳交易体系、扩大“一带一路”沿线国家间的水产养殖业合作等,这其中海洋牧场的规划与建设是“碳汇渔业”与“蓝色粮仓”战略相结合的关键。

关键词:水产养殖;碳汇渔业;海洋牧场;蓝色粮仓
中图分类号: S 937.0 **文献标志码:** A

自古以来,中国先民们对水域资源的开发利用都以食品生产为导向,从而形成“以水为田,耕海牧鱼”的开发传统。张玺等^[1]研究认为,从秦汉开始,我国就已有贝类等水产养殖,但规模化水产养殖主要是新中国成立后,以多快好省提供优质水产动物食品为目标,在政府主导下迅速发展起来,水产养殖产量目前已超过捕捞渔业产量。根据联合国粮农组织(FAO)^[2]的统计,1991年起中国水产养殖已占世界第一,高于其余国家和地区的合计产量。

然而,养殖产量高增长亦引发人们对环境问题的担忧。由此,利用海洋的碳泵功能对抗温室效应,发展环境友好型渔业在学界获得了理论支持,由此形成了“碳汇渔业”的概念。李纯厚等^[3]、唐启升^[4]、焦念志等^[5]、严立文等^[6]、许冬兰^[7]、邵桂兰等^[8]、李娇等^[9]、纪建悦等^[10]从环境、经济、养殖方式、养殖品种等各个角度对碳汇渔业进行了分析论证。

“蓝色粮仓”是近年来兴起的重要渔业发展理念,是为保障国家粮食安全,将海洋国土纳入

食品生产体系的战略规划。韩立民等^[11]、李嘉晓^[12]、秦宏等^[13]、赵嘉等^[14]从环境与中国海洋区生产潜力等多方面对确立“蓝色粮仓”战略的必要性与可能性等做了相关论证。

“碳汇渔业”是未来渔业生产方式的变革趋势,是中国在国际上承担大国责任的重要内容之一;“蓝色粮仓”是中国政府通过海洋产能保证未来粮食安全的重要战略规划。二者都以水域尤其是海洋作为开发基础,存在必然的相关性。“碳汇渔业”正确、充分地认识了渔业的多功能性,科学调整渔业的发展方式;“碳汇”是实施“蓝色粮仓”战略所要考虑的重要维度之一,是生态可持续性框架下的理论基础,因此“碳汇渔业”是落实蓝色粮仓战略的重要实践。对于二者之间的逻辑演进关系,目前学界尚缺乏足够的研究。

1 碳汇渔业:现代渔业的转型

根据 2018 年全国渔业统计情况^[15]综述,按当年价格计算,全社会渔业经济总产值 24761.22 亿元,渔业产值中,海洋捕捞产值 1 987.65 亿元,

收稿日期: 2019-01-02 修回日期: 2019-06-04

基金项目: 2018 上海海洋大学海洋科学研究院“蓝色碳汇与耕海牧鱼的中国水产文化”;2018 上海市高等教育学会“《世界海洋学》与涉海类高校的通识教育课程建设”;2018 基于“课程德育”的英语专业高年级课程群建设

作者简介: 朱 骅(1970—),男,博士,教授,研究方向为世界海洋学、文化与生态、比较文学和跨国主义理论。E-mail: hzhu@shou.edu.cn

海水养殖产值 3 307.40 亿元,淡水捕捞产值 461.75 亿元,淡水养殖产值 5 876.25 亿元,水产苗种产值 680.80 亿元(渔业产值以国家统计局年报数据为准)。养殖产值已大大超过捕捞。在产量方面,全国水产品总产量 6 445.33 万 t,其中养殖产量 4 905.99 万 t,占总产量的 76.12%。养殖产量已大大超出捕捞产量。此外,海水养殖在量上也已超过淡水养殖。正如 FAO 在《2018 年世界渔业和水产养殖状况报告》中所得出的结论,中国有可能通过本国水产养殖满足国内人口需要,为建构未来全球的粮食安全做出有效示范。^[2]

水产养殖业在过度捕捞造成野生资源枯竭的背景下,保证了日益增长的人民生活水平的需求,但张显良等^[16]指出当下水环境承载压力大,捕捞业、水产养殖业和水产品加工的碳排放仍居高位。养殖业需要既保证国家粮食安全,又能维持生态环境,不仅能减少碳排放而且能吸纳并移出造成温室效应的余碳,博弈的结果就是“碳汇渔业”理念的出现,并已在理论与实践中获得支持。

1.1 “碳汇渔业”的概念

唐启升^[17]是国内“碳汇渔业”理念的倡导者,他结合“联合国气候变化政府专家委员会”(Intergovernmental panel on climate change, IPCC)的解释以及水生生物固碳的特点,认为通过渔业生产活动促进水生生物吸收水体中的 CO₂,并通过收获把这些已经转化为生物产品的碳移出水体的过程和机制就是“碳汇渔业”。一般而言,能够充分发挥碳汇功能、具有直接或间接降低大气 CO₂ 浓度的渔业生产活动皆称为“碳汇渔业”。

具体地说,“碳汇渔业”是指通过收获贝类、藻类、滤食性鱼类、甲壳类等养殖海产等将碳产品移出水体,使碳被再利用或被储存。譬如源于光合作用的养殖海藻用于生物能源时,最多只是将从大气中吸收的碳重新释放回大气,并不增加大气中的 CO₂,基本属于碳中性(carbon neutral)。从经济价值来说,这是发展碳汇渔业的美好预期之一。然而当前养殖业投饵使用率较低,养殖业成为重要碳源,水体环境受到破坏,造成蓝藻和赤潮等自然灾害。唐启升院士从这一角度将“碳汇渔业”通俗化为“不投饵渔业”^[4]。

吴斌等^[18]对中国淡水渔业碳汇强度作了乐观的估算,认为淡水养殖平均每年的碳移出量能

达到 148.0 万 t,但实际情况却是各地在整治水污染的同时,往往一刀切,导致淡水养殖面积不断萎缩。除了池塘养殖面积和稻田养成鱼面积比上年略有增长外,水库、湖泊、河沟等养殖面积都在逐年下降^[15],而稻田养殖受水稻生长期和气候变化的影响相当大,池塘面积的扩增受地形地貌的影响也很大,这就意味着淡水渔业这一块的碳汇能力增加空间有限。

从碳汇的可养殖品种以及经济效益来看,目前的“碳汇渔业”实际上主要针对海水养殖。据唐启升院士的预计,到 2030 年我国海水养殖产量将达到 2 500 万 t。按现有贝藻产量比例计算,海水养殖每年从水体中大约移出 230 万 t 碳;到 2050 年,我国海水养殖总产量预计达到 3 500 万 t,海水养殖碳汇总量可达到 400 多万 t。^[19]因此,“碳汇渔业”,尤其是“蓝色碳汇渔业”的发展对我国及世界食物安全和减少大气中 CO₂ 等温室气体含量都将作出巨大贡献,是值得未来世界各国联手推动的全球工程。

1.2 “碳汇渔业”对养殖业的影响

“以海为田,耕海牧鱼”是渔业生产的重要目标,与中国作为负责任的发展中大的环境保护目标相结合,在考虑产量与经济效益的同时,碳汇目标下的养殖种类与养殖方式就成了重点考虑对象。海洋中具有微生物泵作用的数量巨大的海洋微生物和那些能进行光合作用的海洋藻类都具有固碳作用,从而使一些滤食性水产品种如贝类和以浮游生物、贝类、藻类为食的鱼类、甲壳类和棘皮动物等,依次通过营养转移的食物网机制实现碳汇,人类通过收获水产,把这些碳移出水域。这些动植物是重要的人类食品来源,具有重要的经济价值。

由于这些不同的水生动植物之间具有一定的营养级关系,在扩大经济藻类养殖、建设人工藻礁、开辟大型藻类养殖区的固碳养殖基础上,选择适合的贝种和鱼类,构建贝类、藻类和鱼类的复合养殖模式,通过不同营养级生物的组合,实现海洋循环经济模式,实现蓝碳汇集、储存和固定的系列化,使传统的耕海牧鱼模式向新型环境友好的碳汇渔业转型。

这种转型是在实施环境安全与粮食安全的国家战略下进行的,技术难度高,资金投入多,因此需要国家为转型提供政策支撑,各级政府主导

发展。将以上的设想具体化,并能有效整合不同单位协同工作的理想路径是由政府财政引领,吸收民间资本,发展各种类型的海洋牧场。由这些实体单位根据经济效益和环境效益最大化原则,投放可促进固碳的人工鱼礁,增殖放流,优化种苗繁殖场和新型经济鱼类驯养场,攻克当前底播增殖与人工增殖放流等领域存在的技术难题,实现固碳与经济效益并举。

2 从“碳汇渔业”到“蓝色粮仓”

“碳汇渔业”是未来渔业的发展趋势,本质是渔业生产方式在环境保护压力下的转型,但在目前居民对水产品需求增长的背景下,环保不能以牺牲产能为代价,因此需要建立机制,既能保证“碳汇渔业”的可持续性发展,又能使之成为“蓝色粮仓”国家战略的基础保障。

2.1 “蓝色粮仓”的概念

“蓝色粮仓”是一个比喻,旨在在更大空间中统筹粮食安全问题,将海洋国土上的耕海牧鱼纳入国家粮食安全保障体系,统筹陆海粮食生产。李大海等^[20]将这一概念具体描述为:在粮食安全和海洋强国建设背景下,以保障国民食物供给、优化膳食结构、推进海洋渔业健康发展为目标,以海洋空间为依托,以海洋渔业资源开发利用为手段,以现代海洋高新技术应用为特征,以海洋水产品生产及其关联产业为载体的海洋食物供给系统。既然陆上粮仓是一个包括生产、储存、流通、加工的集合概念,耕海牧鱼产生的“蓝色粮仓”就包括海水养殖、海洋捕捞、海产品仓储、海产品加工和海产品流通等所有围绕海洋食品生产而展开的关联产业。

“蓝色粮仓”战略中有一个不可忽视的弱点,那就是生态脆弱性。对产能的过度追求会引发环境危机,从而造成巨大的经济损失。近年来赤潮等与海水富营养化有关的生态恶性事件频发,与海水养殖业的无序发展不无关系。“蓝色粮仓”要获得可持续发展,就必须要考虑环境承载力,因此“蓝色粮仓”体系中,生态友好型海水养殖业是重要的基础环节,不仅要强大的产能,更要承担维护全球气候的责任,取得产能与环保双赢的结果。因此将“蓝色粮仓”建立在“碳汇渔业”的基础上,意义重大,需要海洋高新技术的不断发展做支撑。

2.2 从“碳汇渔业”到“蓝色粮仓”:技术机制

“碳汇渔业”是落实“蓝色粮仓”战略的重要保证,需要养殖等相关技术革新的支持,主要体现在如下几个方面:

2.2.1 养殖品种的选择

就目前的技术而言,成熟而且早已实现产业化生产的是贝类和藻类养殖。它们产量高,产量稳定,通过光合作用或大量滤食浮游生物,从海水中吸收碳。大型海藻的筏式养殖目前已经有比较先进稳定的技术,而且养殖范围可以拓展到离岸深水区。

据唐启升^[4]的研究数据,1999—2008年间我国通过贝藻类养殖每年从水体中移出的碳量为100万~137万t,平均120万t,10年合计移出1204万t,相当于每年移出CO₂440万t,10年合计为4415万t。我国海水贝藻养殖每年对减少大气CO₂的贡献相当于义务造林50多万hm²,10年合计造林500多万hm²,相当于节省国家造林投入近400亿元。

然而,不同海域在日照气温和水中营养盐方面存在差异,水中浮游生物种类也有差异,因此不同海域在贝藻类养殖品种的选择上有所区别,要集中于那些具有良好碳捕获能力并对当地条件有良好适应性的品种,不能仅考虑产品的市场价值,不加分析地投产养殖品种,造成产量和品质皆不理想。

养殖品种中不仅贝类和藻类有良好的固碳能力,实际上还包括以浮游生物、贝类和藻类为食的鱼类、甲壳类和棘皮类等市场价值更高的水产品种,这些水产品种通过食物网机制,在食物链的较低层次大量消耗和使用固碳的浮游生物、贝类和藻类,对其养殖与收获也等于从海洋中净移出大量的碳,并有助于消耗市场上消费不了的贝藻产出。

2.2.2 养殖品种的科学组合

藻类养殖构成海洋初级生产力,成本低,风险小,产量高,固碳能力与生物能源转化率高,理论上应该在养殖型碳汇渔业中占比最大,但藻类作为食品难以满足人们对动物蛋白日益增长的需求和对海产口味提升的期待。相比而言,滤食性贝类壳体固碳能力强,肉味鲜美,在目前的技术条件下,生产风险相对易控,产量稳定,逐步成为海水养殖的重点,名特优品种的养殖技术不断

攀升,目前市场上各种优质生蚝、长竹蛭等水产品比例不断增加,适应了人民越来越高的消费需求。

在贝藻类养殖基础上,要考虑滤食鱼类、甲壳类和棘皮类等以浮游生物、贝类、藻类为食的海产品的组合养殖,其中以海参为代表的棘皮类海产品的经济价值不断攀升,这些海珍品的市场价值能保证“碳汇渔业”的可持续性增殖。在了解高附加值海产的不同食性与当地海区的自然条件前提下,形成以贝藻为基础养殖品种、多营养层次的综合养殖(IMTA),以求养殖的生态效益与经济效益最大化。目前国内已经探索出一些成功的养殖模式,例如荣成俚岛海域的“鲍—参—海带”多营养层次模式、桑沟湾的“藻—鲍—参”循环立体养殖模式以及山东的“鱼—贝—藻、鲍—海带”和“鲍—海带—刺参”模式,均通过立体多层次海水养殖技术,产生良好经济效益^[21]。

2.2.3 养殖技术的提升

积极发展新型养殖技术和养殖方式,实现由滩涂和浅海养殖向深海养殖拓展。海水养殖开发区域目前主要集中于-10 m 米等深线以内的滩涂与浅海,以后需要向-20 m、-30 m 等深线的深水区域推进,缓解近些年我国由于近海养殖空间趋于饱和带来的养殖压力。技术方面,今后应加大深水网箱养殖配套设施和材料研究,推广集约化养殖技术,政府推动建立深水网箱养殖产业示范区。挪威、日本等渔业强国在这些方面有先进经验,值得借鉴学习。韩立民等^[22]认为,应该推动我国深水网箱养殖从离岸管理转向陆基管理或海洋平台管理及自动控制系统管理。也许随着5G通信技术进步,物联网建设飞跃发展,深水网箱养殖管理的智能化能为深水养殖产业带来革命性发展机遇。

2.3 从“碳汇渔业”到“蓝色粮仓”:组织机制

海水养殖既要增产增值,保护国家粮食安全,又要减排固碳,承担大国责任,这显然需要政府层面统筹资金、人力和技术,以集约化的方式扩大和深化这一努力。经过多年的探索与实践,目前证明效率最高的组织形式当属“海洋牧场”,即利用不断发展的海洋技术,在可持续性发展的新型生态理念支持下,由人工主宰海洋生物资源的生产,使之大幅度增产,如同在陆地发展农牧业一样,使传统的“采捕型”渔业向着人工控制管

理的“增殖型”渔业转变。这种大型生态型海水养殖模式有利于改善目前各地小规模养殖产生的片面追求经济效益,忽视环境后果的状况。

根据中国渔业渔政管理局^[23]已公布的信息,截至2018年底,全国已建成海洋牧场233个,其中国家级海洋牧场示范区86个,投放鱼礁超过6 094万m³。据专家测算,每年可产生直接经济效益319亿元;通过贝藻类增殖养殖,年可固碳19.4万t、消氮1.7万t、减磷1 690 t,生态效益超过600亿元。

2017年10月31日农业部颁布了《国家级海洋牧场示范区建设规划(2017—2025年)》^[24],其前言指出“受环境污染、工程建设以及过度捕捞等诸多因素影响,我国近海渔业资源严重衰退、水域生态环境日益恶化、水域荒漠化日趋明显,严重影响了我国海洋生物资源保护和可持续利用。海洋牧场建设作为解决海洋渔业资源可持续利用和生态环境保护矛盾的金钥匙,是转变海洋渔业发展方式的重要探索,也是促进海洋经济发展和海洋生态文明建设的重要举措。”规划到2025年在全国完成建设178个国家级海洋牧场示范区。

然而值得注意的是,由于国内渔业界是从美国、日本、韩国海洋牧场建设的经济效益中看到海洋牧场的重要价值的,因此从20世纪末以来,学界的关注点始终在技术和经济效益层面,对海洋牧场的固碳效应基本没有提及。例如,杨金龙等^[25]在国内海洋牧场刚刚开始规划时指出,这是新技术基础上的海洋渔业转型;仅仅数年前,王恩辰等^[26]提出以物流网为基础的“智慧型海洋牧场”,但落脚点仍然是应用大数据等海洋技术提升海洋牧场的生产管控,从而降低风险,增加经济效益;于会娟等^[27]在国内海洋牧场发展已初具规模时,开始关注海洋牧场的功能化和差异化发展,提出5个基本分类:渔业增养殖型、生态修复型、休闲观光型、种质保护型和综合型,仍然没有将碳汇的概念融入进来。从长远来看,固碳目标和蓝色粮仓战略结合的最佳形式仍然要走集约型与规模化的海洋牧场路径。

2011年7月11日,舟山市东极新型海洋牧场示范区暨碳汇渔业实验区揭牌成立,距离唐启升院士提出碳汇渔业概念不到一年。东极海洋牧场以庙子湖岛为中心建成了2个区,其中:东

侧 A 区为牧场建设示范区,面积为 30 hm²;西侧 B 区为碳汇渔业试验区,面积为 20 hm²。A 区投放了鱼贝藻复合礁、鱼类礁、人工海藻礁和乌贼增殖礁等 8 类礁体,进行增殖放流和大型藻类移植;B 区主要进行厚壳贻贝筏式养殖。梁君等^[28]对该贻贝养殖区可移出碳汇能力进行了评估,发现与其他生态系统相比,北极海洋牧场的贻贝养殖固碳速率为水库的 1.36 倍,滨海湿地植被的 1.55 倍,红树林湿地的 3.36 倍,全国天然林的 3.88 倍。经过 5 年的运营并进行效果跟踪调查,发现牧场区生态环境良好,渔业资源增殖放流效果明显,最终建成了集礁体投放、增殖放流、海藻移植、碳汇渔业及科学管理等多功能于一体、岛海一体化的岛礁型海洋牧场模式^[29]。

当下业界需要探索的是,强调生态养殖的“碳汇渔业”如何获得良好的经济回报,使海洋牧场有利可图,吸引民间资本,而不是单纯依靠政府财政补贴。财政资金的作用在于初期引导,在孵化完成后应该撤出,让海洋牧场独立自主运作并取得经济和固碳双成功。

2.4 从“碳汇渔业”到“蓝色粮仓”:国际合作机制

将“蓝色碳汇渔业”列入碳排放交易制度,建立蓝碳交易,以流转碳汇的形式,增加水产养殖的行业外经济收益,是解决公共财政补贴资金逐步退出可能引发问题的最佳方法。根据《巴黎协定》(The Paris Agreement, 2017)^[30]的相关规定,到 2020 年,在全球应对气候变化的治理机制中,发达国家每年要对发展中国家提供 1 000 亿美元的资金支持,这一数额未来还会继续增加。由于《巴黎协定》和《京都议定书》(Kyoto Protocol, 2012)中没有关于海洋渔业碳汇功能的表述,因此其中衍生出来的碳汇交易和碳汇项目尚不包括渔业碳汇,因此要加快海洋碳汇标准的统一。可以参照森林碳汇的“绿碳”基金,建立一个全球性的“蓝碳基金”,有利于在后“巴黎协定”相关国际性谈判中,按照国际气候变化政策的相关文件规定,建立相应的对话机制,将蓝色碳汇纳入到国内及国际统一的碳排放交易市场中,对蓝碳的碳俘获进行贮存、赎购等进行贸易和处理。

在全国及全球范围内形成以蓝碳基金和生态补偿基金为核心的渔业碳汇市场和碳平衡交易制度,实现养殖渔业碳汇生态服务的有偿化,

实现海洋渔业的碳汇价值,可以支持与推动海洋生物多样性增殖放流以及海洋牧场的特色化建设,进一步加强人类对碳汇的开发利用,真正达到“生态用海、生态管海”的目的。

此外,还可以利用“一带一路”建设机遇,在全球推广碳汇渔业,在更广阔的空间内保护环境,保障国家的粮食安全。政府牵头,鼓励行业协会为桥梁,搭建区域合作平台,支持企业及相关国家开展海洋牧场建设以及深海网箱养殖方面的合作,在资金与技术许可的情况下,建设区域性碳汇渔业示范区。利用国内的资金优势和相对成熟先进的贝藻养殖技术优势,到养殖环境优越的合作国家开设海洋牧场,也许是更好的双赢选择,可以避开国内近海因开发过度和富营养化不适合开发大规模海洋牧场的困境。

3 结论

传统的“耕海牧鱼”水域开发观为保障国家粮食安全的“蓝色粮仓”建设奠定了观念基础,然而“蓝色粮仓”对水域环境和水域生产力具有高度依赖性,只有“碳汇渔业”才能保证“蓝色粮仓”战略的可持续性,在保证粮食安全的同时,保护环境,承担大国责任,维护人类命运共同体。“碳汇渔业”使渔业由捕捞向资源养护转变,使水产养殖日趋环境友好,“碳汇渔业”中又以海水养殖的“蓝色碳汇”最有发展空间和潜力,是“蓝色粮仓”目标得以实现的核心支撑。

为了可持续性发展,兼顾环境效益,需要选择固碳率高的养殖品种,提升养殖技术,并根据海域的容纳量,以贝藻为基础,把不同水产品类组合到一起,通过循环经济模式,实现碳汇与经济效益双重目标;根据水域特点培育藻(草)床,投放人工鱼礁以及相应的渔业资源增殖放流数量;在扩大贝藻养殖的同时,探索贝藻的加工、储存与消费方式的多元化;还需要研究头足类、甲壳类和棘皮类动物的增殖方式,以满足人民对海产品的多元化需求。这些都可以通过建设不同类型的海洋牧场的方式进行,实现“碳汇渔业”的规模化。加强政府与社会资本合作,通过财政资金引导,以特许经营或购买服务的方式,吸纳社会资本,参与渔业的碳汇转型。此外,要进一步推动扩大“一带一路”沿线国家间的海产合作,加强磋商,建立国际蓝碳交易体系,推动以“碳汇渔

业”为基础的“蓝色粮仓”建设。

参考文献:

- [1] 张玺, 谢玉坎. 我国一些主要贝类的养殖[J]. 生物学通报, 1960(5): 197-201.
ZHANG X, XIE Y K. Culturing of some of the Major Shellfish in China[J]. Biology Bulletin, 1960(5): 197-201.
- [2] 联合国粮农组织. 2018 年世界渔业和水产养殖状况[R]. 罗马: 联合国粮农组织, 2018: 26.
FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2018 (SOFIA)[R]. Rome: FAO, 2018: 26.
- [3] 李纯厚, 齐占会, 黄洪辉, 等. 海洋碳汇研究进展及南海碳汇渔业发展方向探讨[J]. 南方水产, 2010, 6(6): 81-86.
LI C H, QI Z H, HUANG H H, et al. Review on marine carbon sink and development of carbon Sink fisheries in South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2010, 6(6): 81-86.
- [4] 唐启升. 碳汇渔业与又好又快发展现代渔业[J]. 江西水产科技, 2011, (2): 5-7.
TANG Q S. Carbon sink fisheries and better and faster development of modern fisheries [J]. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 2011, (2): 5-7.
- [5] 焦念志, 骆庭伟, 张瑶, 等. 海洋微型生物碳泵: 从微型生物生态过程到碳循环机制效应[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2011, 50(2): 387-401.
JIAO N Z, LUO T W, ZHANG Y, et al. Microbial carbon pump in the ocean: from microbial ecological process to carbon cycle mechanism [J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2011, 50(2): 387-401.
- [6] 严立文, 黄海军, 陈纪涛, 等. 我国近海藻类养殖的碳汇强度估算[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(4): 537-545.
YAN L W, HUANG H J, CHEN J T, et al. Estimation of carbon Sink capacity of algal Mariculture in the coastal areas of China[J]. Advances in Marine Science, 2011, 29(4): 537-545.
- [7] 许冬兰. 蓝色碳汇: 海洋低碳经济新思路[J]. 中国渔业经济, 2011, 29(6): 44-49.
XU D L. New Path of developing the ocean low-carbon economy based on the blue carbon sink [J]. Chinese Fisheries Economics, 2011, 29(6): 44-49.
- [8] 邵桂兰, 阮文婧. 我国碳汇渔业发展对策研究[J]. 中国渔业经济, 2012, 30(4): 45-52.
SHAO G L, RUAN W J. The SWOT analysis of development of fisheries carbon sequestration in China and response strategies[J]. Chinese Fisheries Economics, 2012, 30(4): 45-52.
- [9] 李娇, 关长涛, 公丕海, 等. 人工鱼礁生态系统碳汇机理及潜能分析[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(1): 65-69.
LI J, GUAN C T, GONG P H, et al. Preliminary analysis of carbon sink mechanism and potential of artificial reef ecosystem[J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(1): 65-69.
- [10] 纪建悦, 王萍萍. 我国海水养殖业碳汇能力测度及其影响因素分解研究[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(6): 871-878.
JI J Y, WANG P P. Research on China's mariculture carbon sink capacity and influencing factors [J]. Marine Environmental Science, 2015, 34(6): 871-878.
- [11] 韩立民, 相明. 国外“蓝色粮仓”建设的经验借鉴[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2012(2): 45-49.
HAN L M, XIANG M. The overseas advanced experience for reference about construction of "The Blue Granary" [J]. Journal of Ocean University of China Social Sciences, 2012(2): 45-49.
- [12] 李嘉晓. 蓝色粮仓: 建设基础、面临问题与发展潜力[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2012(2): 40-44.
LI J X. Blue granary: constructional foundation, problem and potentiality[J]. Journal of Ocean University of China Social Sciences, 2012(2): 40-44.
- [13] 秦宏, 刘国瑞. 建设“蓝色粮仓”的策略选择与保障措施[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2012(2): 50-54.
QIN H, LIU G R. The strategies and the safeguard measures of the construction of the "Blue Granary" [J]. Journal of Ocean University of China Social Sciences, 2012(2): 50-54.
- [14] 赵嘉, 李嘉晓. “蓝色粮仓”的内涵阐释及其建设设想: 以青岛市为例[J]. 海洋科学, 2012, 36(8): 70-74.
ZHAO J, LI J X. Elaborations on the concept of "blue granary" and its construction envision: with Qingdao as an example[J]. Marine Sciences, 2012, 36(8): 70-74.
- [15] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2018 年中国渔业统计年鉴[R]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 15.
Fishery and Fishery Administration Bureau of the Ministry of Agriculture and Rural Areas, National Aquatic Technology Promotion Station, China Society of Fisheries. 2018 China fishery statistical yearbook [R]. Beijing: China Agriculture Press, 2018: 15.
- [16] 张显良. 碳汇渔业与渔业低碳技术展望[J]. 中国水产, 2011, (5): 8-11.
ZHANG X L. A prospect of carbon sink fisheries and low carbon technology in fisheries [J]. China Fisheries, 2011, (5): 8-11.
- [17] 唐启升. 碳汇渔业与海水养殖业一个战略性的新兴产业[EB/OL]. (2010-06-28) [2019-06-04]. <http://www.cafs.ac.cn/info/1051/18645.htm>.
TANG Q S. Carbon sink fisheries and mariculture[EB/OL]. (2010-06-28) [2019-06-04]. <http://www.cafs.ac.cn/info/1051/18645.htm>.
- [18] 吴斌, 王海华, 刁宏斌. 中国淡水渔业碳汇强度估算[J]. 生物安全学报, 2016, 25(4): 308-312.

- WU B, WANG H H, XI H B. The carbon sink capacity of the Chinese freshwater aquaculture[J]. *Journal of Biosafety*, 2016, 25(4): 308-312.
- [19] 肖乐,刘禹松. 碳汇渔业对发展低碳经济具有重要和实际意义,碳汇渔业将成为新一轮渔业发展的驱动力:专访中国科学技术协会副主席、中国工程院院士唐启升[J]. *中国水产*, 2010(8): 4-8.
- XIAO L, LIU Y S. Carbon sink fisheries' significance to low-carbon economy and its drive for new fisheries: an interview with Tang Qisheng[J]. *China Fisheries*, 2010(8): 4-8.
- [20] 李大海,韩立民. 中国“蓝色粮仓”理论研究进展评述[J]. *中国海洋大学学报(社会科学版)*, 2014(6): 31-35.
- LI D H, HAN L M. A review of theories about “Blue Food System” of China[J]. *Journal of Ocean University of China Social Sciences*, 2014, (6): 31-35.
- [21] 邵桂兰,阮文靖. 我国碳汇渔业发展对策研究[J]. *中国渔业经济*, 2012, 30(4): 45-52.
- SHAO G L, RUAN W J. The SWOT analysis of development of fisheries carbon sequestration in China and response strategies[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2012, 30(4): 45-52.
- [22] 韩立民,李大海. “蓝色粮仓”: 国家粮食安全的战略保障[J]. *农业经济问题*, 2015(1): 24-29.
- HAN L M, LI D H. Blue food system: guarantee of China's food security[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2015(1): 24-29.
- [23] 中国渔业渔政管理局. 2018 年渔业渔政工作“十大亮点”(四)[EB/OL]. (2019-01-10). http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/201901/t20190110_6166450.htm.
- Fishery and Fishery Administration. 10 highlights in fishery and fishery administration 2018 (Part 4)[EB/OL]. (2019-01-10). http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/201901/t20190110_6166450.htm.
- [24] 农业部. 国家级海洋牧场示范区建设规划(2017—2025 年)[R]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2017: 31.
- Ministry of Agriculture. State model marine ranching plan (2017—2015)[R]. Beijing: Ministry of Agriculture of the PRC, 2017: 31.
- [25] 杨金龙,吴晓郁,石国峰,等. 海洋牧场技术的研究现状和发展趋势[J]. *中国渔业经济*, 2004(5): 48-50.
- YANG J L, WU X Y, SHI G F, et al. Overview of marine ranching technology[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2004(5): 48-50.
- [26] 王恩辰,韩立民. 浅析智慧海洋牧场的概念、特征及体系架构[J]. *中国渔业经济*, 2015(2): 11-15.
- WANG E C, HAN L M. The introduction of the intelligent Marine Ranching's concept, feature and structure [J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2015(2): 11-15.
- [27] 于会娟,王金环. 从战略高度重视和推进我国海洋牧场建设[J]. *农村经济*, 2015(3): 50-53.
- YU H J, WANG J H. Promotion of marine ranching from a strategic perspective[J]. *Rural Economy*, 2015(3): 50-53.
- [28] 梁君,王伟定,虞宝存,等. 东极海洋牧场厚壳贻贝筏式养殖区可移出碳汇能力评估[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2015, 34(1): 9-14.
- LIANG J, WANG W D, YU B C, et al. Evaluation on removable carbon sink capability of raft culture zones of *mytilus coruscus* for the marine ranching in Dongji Islands [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2015, 34(1): 9-14.
- [29] 王伟定,梁君,毕远新,等. 浙江省海洋牧场建设现状与展望[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2016, 35(3): 181-185.
- WANG W D, LIANG J, BI Y X, et al. Status and prospects of marine ranching construction in Zhejiang Province [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2016, 35(3): 181-185.
- [30] 联合国. 巴黎协定[2016 年签署的气候变化协定][EB/OL]. (2017-06-14) [2018-01-02]. http://www.baik.com/wiki/%E5%B7%B4%E9%BB%8E%E5%8D%8F%E5%AE%9A&prd=so_1_doc.
- The United Nations. UN the Paris agreement [EB/OL]. (2017-06-14) [2018-01-02]. http://www.baik.com/wiki/%E5%B7%B4%E9%BB%8E%E5%8D%8F%E5%AE%9A&prd=so_1_doc.

Mechanism of advancement from carbon sink fisheries to blue granary

ZHU Hua

(*College of Foreign Languages, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*)

Abstract: Carbon sink fisheries generally refer to such fishery production activities that can facilitate biological absorption of CO₂ in the water and therefore remove carbon by harvesting hydrobiont; while in a specific sense, they refer to culturing, breeding and harvesting alga and filter-feeders to remove carbon from water and store or reuse it. Mariculture plays a vital role in transformation from the traditional mode to modern carbon sink mode. Sustainability with stable production can integrate and advance carbon sink fisheries into the strategic national Blue Granary development. However, such advancement and integration can only be initiated by a series of technological innovations like the choice of aquacultural variety with high carbon fixation, scientific combination of the aquatic life and deep-sea cage culture as well as some administrative innovations like state effort in marine ranching, international blue carbon trade and the Belt and Road cooperation in mariculture. Marine ranching is both the joint from carbon fisheries to Blue Granary and the embodiment of all the innovations.

Key words: aquaculture; carbon sink fishery; marine ranching; blue granary