

西子湖畔话蓝碳

——“西湖学术论坛”院士专家观点集萃

本报记者 安海燕 通讯员 高楚清 整理

“双碳”背景下,海洋碳汇(蓝碳)潜力巨大,却被相对忽视。其原因,关乎认知水平、关乎科技能力。

7月8-9日,浙江大学西湖学术论坛第253次会议暨“蓝碳科学与技术发展”研讨会在杭州举行。院士专家汇聚一堂,聚焦蓝碳生态系统的固碳能力和综合生态环境效益,深入探讨蓝碳增汇的现状和发展路径。

向海岸带要碳汇

海岸带不仅是沿海经济的重要载体,也是海洋碳汇的重要区域。我国是世界上为数不多兼具红树林、盐沼和海草床三大海岸带蓝碳生境的国家。

——中国科学院南京土壤研究所、中国科学院烟台海岸带研究所骆永明研究员介绍了“中国海岸带蓝碳生境土壤碳库格局与增汇潜力”。

骆永明认为,相对丰富的蓝碳生态资源可为我国应对气候变化提供基于自然的解决方案。

骆永明介绍,中国科学院南京土壤研究所、中国科学院烟台海岸带所研究人员于2017年开展了涵盖我国鸭绿江口至北仑河口全国尺度滨海湿地蓝碳生态系统调查,历时一年获取了不同生物地理气候带下的红树林、盐沼、海草床等滨海土壤表层样品千余件、土壤柱状样品几十件、植物样品百余件。这是目前关于我国海岸带蓝碳最系统、最全面的土壤样品库。

初步分析认为,我国海岸带土壤蓝碳密度相对较低,但埋藏速率与全球均值接近,这主要由于我国海岸带蓝碳生境土壤具有高沉积速率的鲜明特点,高于全球均值近3倍。我国土壤蓝碳埋藏与气候、地貌和植物类型等生物地理因素有关,但更多地受到河流外源输入的高矿物、低有机质含量外源颗粒影响,初步估算该部分来源有机碳占比可高达50%以上,其中黑碳作为典型的外源有机碳,占黄河、长江和珠江三角洲蓝碳生境土壤有机碳的9%~25%。由于海岸带密集的人类活动,近70年来我国海岸带蓝碳生境面积急剧减少,随之造成了土壤有机碳储量急剧锐减。

然而,充分利用我国巨大的海岸带光滩、养殖池等资源,开展海岸带蓝碳生境修复,是未来应对大气CO₂浓度升高、海平面上升的重要手段,并可同时获得应对海平面上升、保护生态多样性和渔业资源等生态系统服务价值。因此,扭转海岸带蓝碳生境的衰退,开展海岸带蓝碳生境修复,对于我国应对气候变化、实现碳中和目标具有重要的科学价值和现实意义。

——浙江大学海洋研究院国际蓝碳联合研发中心吴嘉平教授介绍了“中国海岸带蓝碳生态系统时空动态与分布格局”。

吴嘉平指出,蓝碳生态系统可高效地捕获大量CO₂,其单位面积的碳汇能力约为陆地森林的40倍。我国约有300万平方公里的主张管辖海域、1.8万公里的大陆岸线,以及6.7万平方公里左右的海岸带生态系统。近70年来,海岸带湿地生态系统功能的急剧退化,显著削弱了海岸带生态系统的固碳增汇能力。然而,目前仍缺乏较为准确的全球(包括我国)海岸带蓝碳生态系统的种类、面积、分布信息及其时空分布格局,由此导致人们对蓝碳生态系统的保护、开发、利用和管理方面存在很大困难。

吴嘉平团队开展的滨海生态系统碳汇遥感研究,主要对象为我国的红树林、潮间带盐沼和海草床。

研究发现,在 1985-2019 年间,我国红树林总面积先减后增,近十多年来面积有小幅增加。减少的红树林区域主要用于建筑和渔业养殖,新增的红树林主要来自光滩种植和鱼塘恢复红树林。

盐沼在全国的分布呈现中部省份海岸线高、南北省份低的态势。1985-2019 年,全国潮间带盐沼总面积下降了约 1/4。全国盐沼面积在起始阶段呈现较快的下降趋势,近十年已经有明显的回升。从种类来看,本土盐沼植被分布面积显著减少,而外来盐沼植被分布面积则显著增加。例如,1985 年~2019 年间,本土的碱蓬减少了 95%;本土的芦苇减少了 45%;外来的互花米草目前约占全国盐沼总面积的 59%,已经远超全国所有潮间带土著盐沼面积总和。

有关我国的海草床,除海南省三沙市外,1985-2020 年间,我国近海海域的海草床总面积减少了 47%。在这 35 年间,总面积在起始阶段呈现快速下降趋势,近十年已经有所回升。

“十二五”“十三五”期间,国家出台了一系列海岸带和海湾保护政策及措施,包括“南红北柳”“蓝色港湾”等工程,大幅度加强了海洋保护力度。近 10 年来,我国红树林、盐沼和海草床面积的增加体现了我国海岸带保护措施的积极效应。全球范围内,红树林、盐沼和海草床面积还在不断减少,我国是极少数红树林、盐沼和海草床三大蓝碳生态系统面积均有增加的国家。我国对红树林的保护已经有比较完善的政策、法规,但对盐沼和海草床的管理和保护则有待完善。

吴嘉平认为,保护和恢复我国土著盐沼植被,严格防控外来入侵的互花米草进一步蔓延和扩张已经刻不容缓。应在进一步提高现有自然保护区内土著盐沼植被的保护、恢复,以及外来盐沼植被的管控基础上,逐步开展和实施保护区范围之外的盐沼保护和恢复。

有鉴于海草床的脆弱性和恢复所需的高成本,吴嘉平认为,需尽早开展其保护和恢复工作,防治一体。即,一方面科学审慎地用海,加强陆源、海源污染物的管控和治理,改善海洋生态环境,防止现有海草床的退化;另一方面适度开展海草床恢复工作,治理或重建已经退化的海草床。

需要重视的是,应对红树林、盐沼、海草床三大蓝碳生态系统建立统一的政策、法规,让蓝碳生态系统的保护和恢复工作有法可依、有理可循、有章可遵,保障实际工作成效既能服务于碳中和的实现,又能带来巨大的生态环境效益,进一步探索蓝碳生态系统成功保护和恢复的良好模式。

海水养殖的生态红利

有统计显示,人类所需蛋白质的 25%直接来自海洋,其中海水养殖贡献了最多产出,缓解了捕捞给海洋资源带来的巨大压力。与此同时,海水养殖规模的不断扩大,也引发了一系列生态环境问题,从而受到人们的重视。

——中国工程院院士唐启升介绍了“碳汇渔业研究的一些新成果”。

唐启升认为,我国渔业生态服务功能可为实现碳中和作出新的贡献。

唐启升介绍,渔业碳汇,是指根据联合国政府间气候变化专门委员会关于碳汇和碳源的解释(IPCC,2007)和水生植物固碳特点,通过渔业生产活动促进水生生物吸收或使用水体中 CO_2 等温室气体,并通过收获把这些已经转化为生物产品的碳移出水体或通过生物沉积作用将其沉降于水底的过程和机制。由于这些碳产品或被再利用或被储存,这个过程、机制及其结果实际上提升了水域生态系统吸收和储存大气 CO_2 的能力。因此,渔业碳汇对实现碳中和的贡献是现实、高效、有价值的。

渔业碳汇的过程主要是通过水生植物繁殖生长过程中光合作用吸收水中 CO_2 等碳元素完成的,水生植物在渔业碳汇形成机制中发挥至关重要的作用。

关于贝类养殖是碳源还是碳汇的问题,唐启升指出,其中的关键是要明晰贝类养殖对碳使用的全过程,而不应以单项指标为依据。首先,需要确认的是我国海水贝类养殖约 95%的种类为滤食性且具有很强的滤食能力,这意味着我国近海年产 1400 多万吨的贝类养殖可以通过大量滤食使用浮游植物及有机物碎屑等颗粒有机碳以及贝壳形成过程使用无机碳,不需要额外的碳添加(不投饵),即便是个体释放出来的 CO_2 也会被浮游植物再次吸收。其次,群体碳收支模型能够清楚地表达贝类养殖活动中碳使用、移出、储存或释放的基本过程和数量,其中:移出碳+储存碳=使用碳-释放碳,因为不投饵,净碳汇必然存在。综上所述,贝类养殖碳汇的性质是必然的。分析 2016-2020 年我国海

水贝类养殖使用碳、移出碳、储存碳和释放碳比例后发现,贝类养殖过程中虽然释放了 1 份 CO_2 ,但是却吸收使用了近 3 份 CO_2 。显然,这是一些不应该被忽略的重要数量依据。

对于未来如何健康持续、深入发展碳汇渔业,唐启升建议,一是要在渔业绿色发展的框架下,以生态模式为主,建立碳汇渔业示范区,示范增汇和探讨碳汇扩增途径;二是要建设资源养护型的捕捞业,积极探索渔业生物群体碳汇扩增途径;三是要深入开展渔业碳汇扩增的基础研究,以便获得更实际、准确的计算参数和评估结果;四是要重视碳汇渔业碳交易类型、机制和市场研究与实践,鼓励其他领域的专家积极参与,鼓励支持企业及相关机构进行大胆的尝试。

——浙江大学肖溪教授介绍了“大型海藻养殖的气候变化缓解及综合环境效益”。

肖溪及其团队通过全球大数据分析,结合实地测量,系统阐释了新兴蓝碳资源——大型海藻在气候变化缓解、减污降碳增汇方面的综合环境效益。通过精准评估,发现海藻区的海水 pH 值比毗邻海域提升了 0.1 个单位,相当于抵消工业革命以来海洋酸化的程度,可在局部区域有效缓解海洋酸化。其团队提出了蓝碳资源的氮足迹、磷足迹概念,测算出我国海藻的氮足迹、磷足迹分别为 18 和 127,即每亩海藻可消纳相当于 18 亩海域所接纳的氮污染,和 127 亩海域所接纳的磷污染,对海域河流输入及大气沉降氮磷污染的移除能力极强。在整理目前全球最大的海藻环境干扰响应数据库基础上,肖溪构建了海藻生长速率与光、营养盐、初始密度等环境条件的响应关系模型,发展了增强海藻场生态碳汇潜力的环境调控技术。综合相关成果,提出了基于海藻修复的海岸带减污降碳协同增效模式,被欧盟科学顾问委员会、美国科学院作为海洋可持续发展典型案例采纳。

海洋碳汇的前沿技术

做好“双碳”工作,有赖于科技创新和重大科技攻关。关于蓝碳技术的讨论,是此次研究会的重要内容之一。

——厦门大学李姜辉教授介绍了“中国离岸封存现状、挑战与展望”。

李姜辉介绍,沿海地区虽只占我国国土面积不到 14%,却居住着全国 39%的人口,消耗的能源占全国的 43%,以及贡献了 64%的国内生产总值,是过去 40 年间驱动我国经济发展的中坚力量。然而,这些沿海地区在发展经济的同时,也构成了我国东部和东南部的 CO_2 排放带,年排放量约 42 亿吨,占全国 CO_2 总排放量的 41%。而我国近海分布着 11 个沉积盆地,约 170 万平方公里,其中海底地质层 CO_2 的存储空间预估约 5730 亿吨。这一储量相当于我国沿海省份超过 100 年的 CO_2 排放量,有望解决沿海较发达地区的长期温室气体排放问题。

然而,实现 CO_2 在深部地质层中的安全封存,需谨慎选择海上封存场所。在我国近海沉积盆地中,广泛分布着深部盐水层和渗透性岩层,包括中新世三角洲、滨海平原和浅海碎屑岩。这些盆地的区域性盖层中的第三纪地层含有较厚的盐水层,主要为浅海相和三角洲相,具有横向连续性。这其中玄武岩矿床能迅速与注入的 CO_2 结合形成碳酸盐矿物,转化为不可自由移位的岩石,从而降低其向海水渗漏的风险。

当前,我国在离岸 CCUS(碳捕获、利用与封存)方面尚处于试点阶段。2021 年,我国在南海北部珠江口盆地启动了第一个离岸 CCUS 示范性工程,探索将 CO_2 储存到海底地质空间的技术可行性。然而,离岸 CCUS 的运营成本变化很大,如通过管道输送 CO_2 的成本取决于管道长度、直径和布放的地形以及路线等,每 250 公里价格从两美元/吨到 15 美元/吨不等;在枯竭的油气田中存储 CO_2 比在深部盐水层存储便宜,封存成本从 8 美元/吨到 25 美元/吨不等。此外,CCUS 设施的建设成本高昂、 CO_2 供应链整合困难、CCUS 设施维护技术不成熟、商业风险分摊难,融资难等因素,也都严重阻碍了 CCUS 的发展。

李姜辉认为,在未来几十年,为实现碳减排目标,政府和企业 在离岸 CCUS 方面需要制定一些必要的解决方案,如持续科技创新、降低运营成本、促进 CO_2 封存发展,以及对环境和商业风险的管理。为降低离岸 CCUS 运营的成本和风险,政府应有支持与其相关的投资环境政策,并对其进行商业模式运作。如能从政策层面优先考虑离岸 CCUS 项目,可为政府机构、企业、金融机构、公众和其他利益攸关方提供参与动力,共同创造和构建一个以 CCUS 为聚焦点的强有力的政策支持环境

及经济运作模式。

——浙江大学樊炜教授介绍了“人工上升流增汇技术”。

人工上升流增汇技术,是指通过在海洋中放置上升流装备系统,人为产生自海底到海面的海水流动,以实现增殖渔业资源、增加海洋固碳、改善海洋生态环境的目标。

樊炜介绍,目前,“人工上升流增汇技术”课题组已在全国率先完成了人工上升流增汇示范工程,为海洋增汇奠定了理论基础和提供技术储备,同时,为我国发展低碳经济提供科技支撑和示范。

据悉,经过近三年研究攻关,坐落于山东鳌山湾海域的国家级人工上升流增汇示范工程已经建成并优化改进,至今连续安全运行了 45 个月,状况良好,完成全部海域试验任务。其间,增汇示范工程经历了 3 次台风、一次龙卷风等带来的恶劣海况考验,工程可靠性和高效性得到验证。鳌山湾人工上升流增汇示范工程占海域面积 500 亩,其中建设了大型海洋能原位供能平台、大数据与自动控制中心、海洋环境与碳汇监测系统、人工上升流系统和大型海藻养殖系统。其中,人工上升流系统可在潮流作用下有效提升至少 5000 亩海域的表层营养盐浓度,并调整氮磷比,使之有利于大型藻类的光合作用而增产,并通过收获将海水中的 CO_2 移出水体,从而实现海洋增汇。

本报记者 安海燕 通讯员 高楚清根据会议资料整理