

《气候变化中的海洋与冰冻圈特别报告》的蓝碳内容及其影响

赵鹏¹, 姜书², 石建斌³

(1. 海南大学南海海洋资源利用国家重点实验室, 海南 海口 570228; 2. 浙江大学海洋学院, 浙江 舟山 316021; 3. 北京师范大学, 北京 100875)

摘要: 国际社会普遍认识到蓝碳在减缓和适应气候变化方面的价值, 联合国政府间气候变化委员会(IPCC)于2019年9月25日发布的《气候变化中的海洋与冰冻圈特别报告》(SROCC)将蓝碳作为海洋自然过程减缓的重要内容, 指出易于管理的海洋系统所有生物驱动的碳通量及存量可以被认为是蓝碳, 并将红树林、海草床和滨海盐沼、大型海藻列为第四类海岸带蓝碳, 并评述了气候变化对蓝碳的影响, 蓝碳减缓、适应气候变化等内容, 指出蓝碳是大部分沿海国家当前“无悔的选择”, SROCC对蓝碳发展具有里程碑意义。建议我国应加强蓝碳基础调查和研究, 将蓝碳纳入国家温室气体清单和国家自主贡献, 以蓝碳为抓手推动滨海湿地保护和恢复。

关键词: SROCC; 碳中和; 减缓; 适应; 大型藻类

中图分类号: D813 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2021)02-0137-07

DOI: 10.11759/hyxx20200404001

2009年, 联合国环境规划署、粮农组织和教科文组织政府间海洋学委员会联合发布《蓝碳: 健康海洋固碳作用的评估报告》(以下简称《蓝碳报告》), 确认了海洋在全球气候变化和碳循环过程中至关重要的作用, 并首次提出了“蓝碳”的概念^[1]。经过10年多的发展, 红树林、海草床、滨海盐沼三大海岸带蓝碳生态系统已经纳入了《2006年IPCC国家温室气体清单指南的2013年补充版: 湿地》^[2], 美国和澳大利亚等国已将其纳入了本国温室气体清单^[3]; 包括海洋在内的基于自然的解决方案(NBS)于联合国气候变化大会第24次缔约方大会(COP24)被列为应对气候变化六大措施; 多个国家和国际组织推动蓝碳纳入气候变化谈判和本国应对气候变化政策, 对蓝碳的科学认识也较10年前更加深刻^[4]。

2019年9月, 联合国政府间气候变化委员会(IPCC)第51届全会接受和批准了《气候变化中的海洋与冰冻圈特别报告》(SROCC)^[5], SROCC评估了IPCC第五次评估报告(AR5)和《IPCC全球升温1.5℃特别报告》(SR15)以来新的研究成果。SROCC对人为减缓措施的讨论着眼于海洋可再生能源利用, 在自然减缓措施方面则以蓝碳为主, 其第5章第5.5.1节“基于海洋的减缓”主要评述了蓝碳的科学事实。此外第5.3节“变化的滨海生态系统和生物多样性”涉及气候变化对蓝碳的影响, 第5.5.2节“基于海洋的适

应”涉及蓝碳适应气候变化(表1)。SROCC的发布恰逢第25次缔约方大会(COP25)将海洋作为大会的主题。COP25大会主席声明强调了海洋的重要性, 并提出在附属科学技术咨询机构第五十二届会议上召集一次关于海洋和气候变化的对话^[6]。NBS和海洋议题在气候变化中的作用日益受到关注, 并有可能进入谈判, 在这一背景下, 有必要系统梳理SROCC蓝碳内容并分析其影响, 这将有助于深化我国蓝碳科学认知和实践, 支撑参与相关议题谈判, 推进我国蓝碳工作科学稳步发展。本文梳理了SROCC中蓝碳的定义和范畴、气候变化对蓝碳的影响、蓝碳对气候变化减缓与适应以及其非气候价值内容, 并分析该报告对蓝碳未来走向的影响及我国应采取的措施。

1 蓝碳的定义和范畴

1.1 蓝碳的定义

《蓝碳报告》并未给出蓝碳的确切定义, 而是从

收稿日期: 2020-04-04; 修回日期: 2020-06-09

基金项目: 国家自然科学基金(41606192), 保尔森基金会“中国海岸带蓝碳现状与发展战略研究”项目

[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41606192; China Coastal Blue Carbon Status and Development Strategy Project supported by Paulson Institute]

作者简介: 赵鹏(1983-), 男, 辽宁沈阳人, 博士, zp-zp@163.com; 石建斌, 通信作者, 男, 副教授, jbsbi@bnu.edu.cn

表 1 SROCC 涉及蓝碳的章节及内容

Tab. 1 Chapters and contents of SROCC involving blue carbon

| SROCC 涉及蓝碳的章节 | |
|------------------------|------------------------------|
| 5.2 变化的海洋和生物多样性 | 5.2.2 物理和生物地球化学属性的变化 |
| | 5.2.2.6 变化的海洋初级生产及输出 |
| 5.3 变化的滨海生态系统和生物多样性 | 5.3.2 滨海湿地(盐沼、海草床、红树林) |
| | 5.3.6 海藻场 |
| | 5.3.7 滨海生态系统风险评估 |
| 5.4 变化的海洋生态系统服务和人类福祉 | 5.4.1 关键生态系统服务的变化 |
| | 5.4.1.2 调节服务 |
| 5.5 降低风险的应对措施及其治理 | 5.5.1 基于海洋的减缓 |
| | 5.5.1.1 蓝碳背景及总体评估 |
| | 5.5.1.2 沿海 |
| | 5.5.1.2.1 与海岸带蓝碳相关的机遇与挑战 |
| | 5.5.1.2.2 滨海植被: 红树、盐沼和海草生态系统 |
| | 5.5.1.2.3 海藻(大型藻类) |
| | 5.5.1.2.4 陆海统筹生态工程 |
| 5.5.1.3 大洋(Open Ocean) | |
| 5.5.2 基于海洋的适应 | |
| 5.5.2.1.3 红树林及其他生态系统 | |

传统植物碳汇,即绿碳的角度切入,提出“在全世界所有生物捕获的碳(或绿碳)中,超过一半(55%)是由海洋生物捕获的,这被称为蓝碳”,范围涵盖了所有海洋生态系统,但该报告着重论述了红树林、海草床、滨海沼泽等维管束植物组成的生态系统在储存碳方面的作用。过去十年,由于蓝碳概念不清,不同学者对蓝碳范畴的理解存在着较大分歧^[7]。SROCC 词汇表中明确地给出了蓝碳的定义,指出“易于管理(amenable to management)的海洋系统所有生物驱动碳通量及存量可以被认为是蓝碳”。报告正文则明确指出红树林、海草床和滨海盐沼三类海岸带蓝碳是相对易于管理的。在应对气候变化的语境中,自然过程虽然对气候系统和全球碳循环非常重要,但其本身并不是减缓措施,有效的自然减缓措施必须施加人为影响或者“管理”,因此是否“易于管理”是界定蓝碳的必要条件。此外,过去十年对大型海藻固碳作用的研究和综述^{[8][9]}推动了 SROCC 将大型海藻列为第四类海岸带蓝碳。

1.2 蓝碳的范畴

从 SROCC 编写体例看,第 5.5.1.1 小节“蓝碳背景及总体评估”内容涉及红树林、海草床、盐沼、

海藻以及大洋生物碳泵和微型生物碳泵,并在后文从沿海和大洋两个方面进行了详细评述。

1.2.1 滨海植被:红树林、盐沼和海草床

SROCC 使用了滨海植被(Coastal Vegetation)指代红树林、盐沼和海草床生态系统,这与其在 5.3.2 节滨海湿地范畴是一致的。它们覆盖了地球表面约 0.1%,贡献了全球 1%~10%的海洋初级生产力,是广泛认可的具有减缓潜力的生态系统。与淡水湿地和泥炭地一样,单位面积蓝碳生境沉积物有机碳储量高于大多数森林土壤(高信度)(IPCC 的每项成果都基于对基础性证据和一致性的评估,证据和一致性二者一起构成信度。信度水平使用 5 个限定词表示:很低、低、中等、高和极高。本文引用了 SROCC 对相应内容的信度评价,下同)。储存周期在几十年到几千年之间,但呈现出较大的地区差异性。在潮湿的热带地区,红树林地下有机碳储量通常在 500~1 000 t/ha 之间,而在热带干旱地区仅有 50 t/ha;澳大利亚盐沼的有机碳储量在 15~1 000 t/ha 之间,平均值为 165 t/ha;海草床的有机碳储量约 400~1 600 t/ha,甚至可能超过 2 000 t/ha。在全球,150 多个国家拥有一种以上滨海植被,其中 71 个国家拥有 3 种;74 个国家在其国家自主贡献(NDC)中提及了滨海湿地等内容,其中巴

林、菲律宾、沙特阿拉伯、塞舌尔、阿拉伯联合酋长国等 5 个国家明确提到蓝碳^[11]。

1.2.2 大型藻类

SROCC 将大型藻类列为第四类海岸带蓝碳,拓展了气候变化语境下蓝碳的范畴。大型藻类在全球四分之一的海岸分布,以温带和寒带为主,年净初级生产力为 1.02~1.96 Gt/a,形成冠层的大型藻类是众多无脊椎动物和鱼类的栖息地。和《蓝碳报告》一样,SROCC 也认为由于生长在岩石上,大型海藻不会就地埋藏碳,但指出海藻碎屑向外输送可以促进碳在其他地点埋藏,形成惰性有机碳,这两个过程储存的碳十分可观。然而,由于埋藏周期和效果存在很大的不确定性,在评估对物质输送途径、去向以及返回大气层的时间尺度后,SROCC 认为目前通过提高天然海藻产量获得显著减缓效果是低信度的。

1.2.3 大洋的碳

大洋中,在生物泵的驱动下,浮游植物光合作用形成的颗粒碳每年有近 10 Gt 的碳从海洋表层向深海输送,其中的 1%最终在深海沉积物中被永久移除;微生物碳泵每年形成约 0.4 Gt 惰性有机碳,可储存几百年到数千年之久。

2 气候变化对蓝碳的影响

2.1 气候变化对滨海植被的影响

AR5 和 SR15 指出滨海湿地呈现广泛盐渍化(高信度),变暖改变了植物分布(中信度),过度捕捞、富营养化、入侵物种等人为因素加剧了海平面上升和风暴造成的土壤侵蚀和生境丧失(高信度)。SROCC 指出滨海植被将在海平面上升和升温的背景下继续缩小,这将导致碳储量的减少(高信度)。到 21 世纪末,在不同排放情景下,不同类型的滨海植被将有 20%~90%消失;在 RCP8.5(IPCC 第五次评估报告采用典型浓度路径(Representative Concentration Pathways, RCP)估计了四种不同路径下 21 世纪温室气体排放及其大气浓度、空气污染物排放和土地利用的情况。其中包括一类严格减缓情景(RCP2.6)、两类中度排放情景(RCP4.5 和 RCP6.0)和一类温室气体很高排放情景(RCP8.5))情景下,在海岸硬化和沉积物来源减少的地区,滨海植被将完全消失(中信度)。洪水和极端温度耐受度低的植物可能发生局部灭绝(中信度)。红树林在 RCP2.6 情境下到 2100 年仍可能存在,但在 RCP8.5 的情景下只能存活到 2050 年。

1960 年以来,热带气旋、干旱、高温和海平面上

升等“自然原因”造成红树林大规模死亡(高信度),削弱了生态系统生物多样性和供给服务。变暖和盐渍化正造成红树林向高纬度和内陆迁移。在过去的半个世纪,在五大洲均观察到热带的红树林亚热带盐沼扩张的现象(高信度),在沉积物丰富的地区红树林呈现向内陆扩张的趋势,一定程度抵消了海平面上升的影响,但在存在海堤等障碍物的地区,将出现植物不能向陆迁移的“海岸挤压”(coastal squeeze)现象,气候变化的负面影响将进一步加剧。在缺少河流、地势陡峭、沉积物贫乏、开采地下水以及海岸受到开发的小岛屿,红树林更易受海平面上升影响。

温度是海草的主要限制因子,过去几十年间,全球已经发生几次海草死亡事件,热带地区的海草床正在缩小(高信度)。在温度、盐度、浑浊度和营养盐水平上升的共同作用下,海草床的物种组成和生物量呈降低趋势(高信度)。海草床对变暖的脆弱性与土壤积累、植食生物和海草种群密度有关。热带植食动物向温带迁移,对温带海草床造成摄食压力(中信度)。二氧化碳(CO₂)浓度和温度升高可能促进某些植物生长和繁殖,有助于提高其对变暖的抵抗力。在 RCP8.5 情景下,70%的濒危海草大洋波喜荡草 *Posidonia oceanica* 将在 2050 年消失,到 2100 年可能发生功能灭绝,最耐热的小丝粉草 *Cymodosea nodosa* 在地中海将消失 50%左右,但其在大西洋的分布将增加。

无机物和有机物的积累提高了盐沼土壤高程,当土壤积累的速度小于海平面上升的速度时,盐沼将发生退化。在部分地区,盐沼植物在沉积物上重新定居形成新的生境,但对于大部分地区而言,更多出现的是生境丧失。在美国东北部,海平面上升速度比全球平均值高 50%,到 21 世纪末将有 40%~95%的盐沼被淹没。变暖和频繁的洪水促进植物和微生物呼吸,盐沼植物生产力和有机物积累速率将不断下降,但无法干透的土壤会形成缺氧环境,有利于碳的积累并抑制甲烷排放(高信度)。20 世纪 70 年代以来,海平面上升导致的洪水引发了土壤侵蚀,加速了盐沼植物丧失。温度和盐度耐受度低的植物生物量下降,长期淹水的盐沼可能变成光滩并由耐受性更强或入侵物种取代,温度、CO₂ 和营养盐升高加剧了这一过程(中信度)。

2.2 气候变化对海藻场的影响

在过去的半个世纪内,变暖、海洋热浪以及人类活动(高信度)导致海藻场大规模丧失,生态系统的结构和功能退化,全球海藻场正以年均约 2%的速度

消失。越来越多的证据表明海藻场退化的原因是气候变化而非海胆过度捕食。在 RCP2.6 情境下,北大西洋大型海藻分布南界在 2050 年至 2100 年向北迁移 40 km 左右,并在赤道附近扩张,但在 RCP8.5 情境下,将向北迁移 400 km 左右,迁移速度约 1.3~1.9 km/a。海藻物种丰度在 RCP2.6 情境下可能不会发生变化,但某些物种的丰度将在 RCP8.5 情境下降 50%。在高排放情景下,海藻场将在低纬度地区缩小,并以更快的速度向高温地区扩张(高信度)。

气候变化对大型海藻的影响呈现高度的空间差异,海藻对升温呈现出一定的耐受性,但升温 1.5℃ 将达到海藻的临界阈值(高信度),极端高温导致海藻大规模死亡事件频发(极高信度)。升温和酸化共同作用加剧了海藻退化和疾病,频繁的风暴也改变着海藻群落结构及其繁殖。在海藻场退化区域,生境复杂性、碳储量和生物多样性相对较低的膜状海藻正取而代之(高信度)。群落结构的变化影响着碳循环,虽然暖水种海藻的有机碳库比冷水种大,但其碎屑降解更快。热带植食性鱼类进入温带海藻场,将导致海藻分布范围缩小和生物量降低(中信度)。海藻场退化降低了以其为食物、产卵场和栖息地的生物多样性。例如,北大西洋暖水种海带 *Laminaria ochroleuca* 向高纬扩张到冷水种海带 *Laminaria hyperborea* 分布区,导致后者分布范围缩小。虽然二者在形态上相似,但后者的生物多样性和生物量是前者的 12 倍。

2.3 气候变化对大洋碳的影响

受变暖、分层、光、营养和捕食共同作用,在 RCP8.5 的情景下,2081—2100 年的全球海洋净初级生产力极可能比 2006—2015 年下降 4%~11%。低纬度和高纬度不同区域间存在着差异(低信度);热带海洋净初级生产力极有可能下降 7%~16%(中信度);在全球,特别是在热带海域(中信度),由于分层和营养物质减少,有机物从海洋上层向海洋深部下沉的通量极可能降低 9%~16%(高信度)。

3 蓝碳的减缓、适应和非气候服务

蓝碳能够提供供给、调节、支撑和文化服务在内的生态系统服务。对于气候变化而言,蓝碳主要的调节服务是固碳,但其在提供食物、保护海岸、维持生物多样性、休闲娱乐等方面的价值也十分重要。

3.1 减缓气候变化的服务

滨海植被的自然减缓措施一方面是保护并维持

天然碳库,避免因其完整性受损而导致温室气体排放,即减少并停止人为因素导致的红树林、盐沼和海草床丧失,这在某些国家产生的减排量将大于其化石燃料排放量的 1%,但其在全球范围的减缓能力小于当前排放量的 2%。另一方面是提高海洋特别是海洋生物长期(百年尺度)清除温室气体的能力。这方面既可采取创造新生境和生境修复的手段,也可采取减少营养盐和污染物输入,消除潮汐和沉积物输送障碍,恢复水动力以及恢复捕食者等恢复手段。创造、修复和恢复活动将提高单位面积的固碳量, SROCC 引用的红树林、盐沼和海草床固碳量分别为 $226\pm 39 \text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 、 $218\pm 24 \text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 和 $138\pm 38 \text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 。如果全球大部分滨海植被能够恢复到 20 世纪 80—90 年代水平,可新增 0.04~0.05 Gt/a 的碳储量。但由于多数沿海土地使用变化具有半永久性和持续性,实现这一目标具有很大难度。对于已颁布滨海湿地保护法律的国家,严格执法和有效管理海洋保护区是重要的减缓措施。SROCC 指出对于海岸线较长的国家而言,保护和恢复相结合的手段将有助于其加强减缓努力,促进植被自然繁殖,利益相关方积极参与,妥善解决生境丧失和退化的人为因素是提高减缓成效的重要因素(高信度),但也指出与 10.0 Gt/a 的全球人为碳净排放量相比,保护和恢复滨海植被的减缓效益是有限的。

SROCC 认为大型藻类养殖是易于管理的减缓措施。利用其生产替代化石燃料的生物燃料或沼气将促进减排;利用其捕获和储存碳,从大气中清除 CO_2 ,更可实现负排放;此外,研究表明大型海藻还可用于生产抑制甲烷的反刍动物膳食补充剂,但需要对养殖大型海藻进行全生命周期分析,评估其能源效率、减缓气候变化的能力以及环境和社会经济影响。由于尚未量化对大型海藻养殖的气候效益, SROCC 对其作为减缓措施给出了低信度的评价。

海洋浮游植物净初级生产力约为 $58\pm 7 \text{ Gt/a}$,与陆地相当,约为人类排放的 6 倍。但超过 99% 的生物固定的碳会在一定时间尺度内返回大气。提高海洋生产力的直接方法包括添加营养物质,特别是铁。实验研究表明添加铁并不一定能够提高初级生产力;模型研究则表明海洋施肥的气候效益可能相对短暂。《伦敦公约议定书》修正案^[10]禁止除经许可的科学研究外的海洋施肥,公众和政治上对海洋施肥的接受程度很低。海洋施肥内容也涉及硝酸盐等营养盐,模型研究表明其具有 Gt 级碳清除潜力,但所需的成本也更高。

通过直接施肥或营造上升流提高海洋生产力涉及许多技术、环境和治理问题, SROCC 对海洋施肥提供可行缓解措施的可能给予低信度的评价。

3.2 适应气候变化的服务

采取有效的气候变化适应措施可以降低气候变化对沿海地区的影响。SROCC 从物理、生态、社会、治理、经济和知识 6 个方面评估了典型海洋生态系统面临的影响、适应措施和收益, 涉及蓝碳的部分包括红树林、盐沼/湿地。与蓝碳相关的适应内容主要涉及海岸物理过程扰动、生态系统退化和丧失、生物多样性丧失以及生态系统服务几个方面。蓝碳的适应主要属于基于自然或基于生态系统的适应范畴。可持续管理、保护和恢复蓝碳能够稳定海岸, 减少海岸侵蚀等非气候灾害, 改善生物多样性和生态系统服务, 并为沿海社区提供就业和获得生态系统服务等多重收益(高信度), 但缺乏管理和社区参与不足或不当会导致恢复项目的失败。此外, 通过改善治理、创造融资和完善空间规划减少“海岸挤压”现象有利于蓝碳陆地一侧迁移。有效的适应措施往往需在更广的空间范围实施, 例如, 保护海草床外侧的生物礁。此外, 基于生态系统的适应在某些情况下更具成本优势, 例如, 盐沼和红树林在削减 0.5 m 以下浪高的成本仅为水下防波堤的 20%~50%。海洋保护区、海洋空间规划、海洋综合管理、立法和执法、持续的资金机制和决策支持是治理方面的适应措施, 将有利于减小气候变化对渔业和旅游业的影响。

3.3 其他生态系统服务

SROCC 指出保护和恢复海岸带蓝碳生态系统除应对气候变化外, 还提供了更多的生态系统服务价值, 例如恢复渔业资源, 增强生物多样性, 减缓台风损害, 减少海岸侵蚀, 改善水质, 改善当地生计等, 并可能促进沿海生态系统高程与海平面同步上升, 在防浪防潮方面可能比海堤等硬基础设施更具成本效益。

4 通过发展蓝碳应对气候变化的挑战

4.1 人类活动是滨海植被丧失的主因

与 19 世纪工业化前相比, 全球滨海湿地范围缩小了近 50%, 这主要是疏浚、农业生产、沿海定居、水动力改变和泥沙输运减少等非气候因素导致的。在过去 100 年中, 全球约有 25%~50% 的滨海植被因人类活动丧失或退化, 在欧洲和中国, 这一比例甚

至达到 60%~90%。海平面上升和风暴等气候因素与人类活动叠加使得滨海植被退化更加严重(高信度)。在人口持续增长和向沿海迁移的背景下, 这些影响将持续下去(高信度)。当滨海植被受到干扰时, 其储存的一部分碳和其他温室气体会被释放到大气中。不同地点和不同植被类型, 年生境丧失率在 0.2%~3.0% 之间(中信度), 由此引发的全球碳排放量为 0.04~0.28 Gt/年、0.06~0.61 Gt/年和 0.10~1.46 Gt/年。

4.2 生态过程的复杂性带来的不确定性

虽然 CO₂ 是最重要的温室气体, 但甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)的增温效应分别是 CO₂ 的 28 倍和 265 倍^[1], 对沿海和大洋的影响也非常重要, 滨海植被 CH₄ 和 N₂O 的排放也应受到重视。红树林释放的 CH₄ 可使其气候效益降低 18%~22%, 盐沼 CH₄ 和 N₂O 的排放可抵消其吸收 CO₂ 的 24%~31%。虽然红树林正常情况下是碳汇而非碳源, 但营养盐增加会加剧 N₂O 排放。此外, 储存在滨海生态系统沉积物中的部分碳可能是来自陆地或大气的惰性碳, 他们不应被计入蓝碳的减排量, 但输出的溶解性有机碳、无机碳和碳酸盐则应被计入。在碳酸盐形成的过程中, 有相同比例的 CO₂ 被释放, 抵消了其储存的碳。目前得到保护的滨海植被的碳储量在未来升温情景下可能发生变化。海平面上升的影响存在不确定性, 如果新建的栖息地或者红树林取代盐沼, 碳封存的能力可能会增加。

4.3 蓝碳核算方法有待进一步完善

量化生物、物理和化学过程作用下温室气体吸收和排放, 关系着蓝碳的可行性和社会接受程度, 因此可靠的碳核算至关重要。将蓝碳纳入气候变化政策, 需要在国际碳核算框架下从国家和地方两级定量核算其实际及潜在碳通量和存量。目前, 滨海植被的核算方法参考了陆地森林、湿地和泥碳地的方法, 但大型海藻、水体和陆架海沉积物的核算方法还不成熟。目前, 量化生境退化和丧失的碳排放仍然存在许多不确定性, 极易受环境因素影响的碳埋藏率在不同地点间呈现出很大变化。总的来说, 核算方法的不确定性会影响可测量、可报告和可核证(MRV)(高信度)。

4.4 成本影响着大规模的修复

成本是制约大规模蓝碳修复活动的重要原因。受项目实施地点的经济和技术水平影响, 不同项目的修复费用有很大差异。以 2010 年价格计算, 1ha 红

树林、滨海沼泽和海草床修复成本中位数分别为 2 508 美元、151 129 美元和 383 672 美元。

5 SROCC 对蓝碳发展的影响及下一步建议

5.1 SROCC 的意义和影响

由于 SROCC 多个章节涉及蓝碳内容,在用语和数据方面存在着一定差异,部分内容存在着一定重复,但瑕不掩瑜,其对于海洋与气候变化以及蓝碳都具有里程碑意义,标志着蓝碳由科学认知转向被认可作为一种应对气候变化的手段,为蓝碳进入气候变化谈判和各国国内政策奠定了科学基础。例如,在 COP25 结束刚刚一个月的 2020 年 1 月 13 日,美国国会共和党和民主两党 4 名众议员便根据该报告联合提交了《为了我们星球的蓝碳法案》(Blue Carbon Act for Our Planet)。采取有效行动应对气候变化的需求从未如此紧迫,作为海洋应对气候变化 NBS 的重要内容,蓝碳将会被更多国家纳入国家温室气体清单和国家自主贡献,并有望进入气候变化谈判。

SROCC 对蓝碳的定义从应对气候变化的角度出发,突出了需要施加人为影响即“易于管理”特点,但并未将蓝碳限定于某一特定范畴。这种做法既符合要避免将蓝碳范畴盲目扩大的现实需求,也为未来深化蓝碳科学认知和拓展范畴留出了空间。报告认可大型海藻养殖是“易于管理”的减缓措施,将蓝碳与食物生产联系起来,符合《巴黎协定》第二条 1.b 中“以不威胁粮食生产的方式增强气候抗御力和温室气体低排放发展”。由于大型海藻固碳机制与陆地植物以及滨海植被并不相同,制定符合其固碳特点的核算方法显得尤为重要和紧迫。对于其他因缺乏数据和研究而被 SROCC 评价为低可信度的减缓措施,需要在气候变化范畴下深化相关研究和调查;对于已有研究显示存在不确定性或风险的减缓措施,应根据科学事实审慎决策,管控风险。

SROCC 对海岸带蓝碳减缓效益有限的评价是基于全球温室气体排放总量的,这一评价不应被视为对蓝碳减缓效益的保留或否定,毕竟海岸带占全球面积的比例是极低的,对蓝碳减缓效益的评价应基于单位面积的固碳效率。此外,目前气候变化、生物多样性、可持续发展等国际治理热点议题有交叉融合、协同推进的趋势,正如报告所指出应从减缓、适应和非气候价值方面综合认识蓝碳的价值,除了更

有效的减缓措施外,蓝碳对于大部分沿海国家是当前“无悔的选择”。蓝碳的创造、修复和恢复和保护措施对于减缓气候变化影响,提高沿海地区适应能力都是行之有效的,应综合利用这些手段。

5.2 下一步工作建议

一是加强我国蓝碳基础调查和研究。我国海岸带蓝碳研究起步较晚,碳储量和通量调查数据极为缺乏,全国海草床和海藻场的面积仍不清楚,难以满足履约以及应对气候变化实践需求。应在整合自然资源部、国家林业草原局、中国地质调查局现有数据资源的基础上,系统调查全国蓝碳面积、碳储量、沉积速率、恢复潜力等数据,为应对气候变化、生态保护修复和自然资源管理提供保障。

二将蓝碳纳入我国国家温室气体清单及国家自主贡献。2020 年,各国对国家自主贡献作出第一次更新,纳入包括蓝碳在内的 NBS 可能成为很多国家的选择。建议主动推动将蓝碳纳入我国新版国家温室气体清单和国家自主贡献,促进我国自然资源管理和保护,为我国温室气体减排作出贡献。

三是以蓝碳为抓手推动我国滨海湿地保护修复。蓝碳将海岸带保护与应对气候变化的“硬指标”联系起来,并可通过碳市场与企业、社会相联系,不但极大提高海岸带保护和恢复的意识,也为推动地方政府,吸引企业、社会投身保护和修复提供了契机。建议以蓝碳为抓手,构建生态修复多元投资和收益模式,引导社会资源投入红树林、海草床、滨海沼泽、海藻场等海岸带蓝碳保护恢复,加强生态海堤建设,探索社会化市场化投融资机制,发掘蓝碳保护和修复的产业化模式和盈利模式,促进生态产业化和产业生态化,推动形成生态修复产业体系。

参考文献:

- [1] 赵鹏,胡学东.国际蓝碳合作发展与中国的选择[J].海洋通报,2019,(6):613-619.
Zhao Peng, Hu Xuedong. International blue carbon cooperation and China's choice[J]. Marine Science Bulletin, 2019, (6): 613-619.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands[EB/OL]. [2020-12-13]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf.
- [3] 赵鹏.发展蓝碳:减缓与适应气候变化的海洋方案[J].可持续发展经济导刊,2019,12:41-42.

- Zhao Peng. Blue carbon development: oceanic solutions for climate change mitigation and adaptation[J]. China Sustainability Tribune, 2019, 12: 41-42.
- [4] 赵鹏, 谭论. 从马德里气候变化大会看《巴黎协定》时代蓝碳的发展[J]. 国土资源情报, 2020, (6): 11-14.
- Zhao Peng, Tan Lun. Blue carbon in Paris Agreement era from the perspective of Madrid Climate Change Convention[J]. Land Resources Information, 2020, (6): 11-14.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities[EB/OL]. [2020-12-13]. <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-5/>.
- [6] United Nations. Chile Madrid time for action[EB/OL]. [2019-12-13]. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cp2019_L10C.pdf.
- [7] Howard J, Suttongrier A E, Herr D, et al. Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2017, 15(1): 42-50.
- [8] Krause-jensen D, Duarte C M. Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration[J]. Nature Geoscience, 2016, 9(10): 737-742.
- [9] Krause-jensen D, Lavery P S, Serrano O, et al. Sequestration of macroalgal carbon: the elephant in the blue carbon room[J]. Biology Letters, 2018, 14(6): 20180236
- [10] International Maritime Organization. Resolution LC-LP.1 (2008) on the regulation of ocean fertilization[EB/OL]. [2008-10-31]. <https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/OFAssessmentResolution.pdf>.
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Synthesis Report[EB/OL]. [2020-12-13]. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>.

Blue carbon in the Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate and its impacts

ZHAO Peng¹, JIANG Shu², SHI Jian-bin³

(1. State Key Laboratory of Marine Resources Utilization in the South China Sea, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. College of Oceanography, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China; 3. College of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Received: Apr. 4, 2020

Key words: SROCC; carbon neutrality; mitigation; adaptation; macroalgae

Abstract: The international society widely recognizes the value of blue carbon in mitigating and adapting to climate change. Specifically, the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change released the Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC) on September 25, 2019 that reported blue carbon as an important part of the mitigation of marine natural processes. Moreover, SROCC pointed out that all biologically-driven carbon fluxes and storage in marine systems that are amenable to management can be considered as blue carbon in which mangroves, seagrasses, coastal marshes, and macroalgae were listed as coastal blue carbon. SROCC reviewed the impact of climate change on aspects such as blue carbon, blue carbon mitigation, and adaptation to climate change, signifying that blue carbon is the current “no regrets choice” for most coastal countries. Therefore, it is clear that SROCC is a milestone in the development of blue carbon. With this study, the authors strongly suggest that China should strengthen basic blue carbon surveys and research, incorporate blue carbon in the national greenhouse gas inventory and nationally determined contributions, and promote coastal wetland protection and restoration with blue carbon.

(本文编辑: 刘珊珊 杨悦)