

多边环境协定协同规制海洋酸化的框架与路径

许蔡梦骁

(江苏大学法学院,江苏 镇江 212013)

摘要:全球海洋环境正遭受酸化的威胁但缺乏足够的治理,现行的国际法律规制处于“制度复合体”的困境中。海洋与环境制度碎片化的持续状态将阻碍对海洋酸化形成联合系统的治理力量,采用一种整合性的规制方式十分必要。一种可能的解决方案是,通过开放包容、与时俱进的《联合国海洋法公约》提供全面应对海洋酸化的特定法律框架来主导规制,由其他多边环境协定提供具体的规则和标准指导国际社会统一行动。这种解决方案能否实现规制目标,有赖于其他多边环境协定是否适用于《联合国海洋法公约》缔约方,以及是否为海洋酸化提供有针对性的规制措施。然而,现行主要多边环境协定对海洋酸化普遍重视不足且缺乏敏感性,这对形成有效的规制措施构成一定的障碍。当前,各国可从尽量减缓和扭转海洋酸化的趋势、主动干预已出现的海洋酸化现象、增强海洋生态系统的复原力3个维度入手,在主要多边环境协定的发展进程中为应对海洋酸化寻找达成共识和集体行动的机会,尽快推动相关国际法律制度的发展,包括以现有条约为基础增加相关条款或丰富条约解释,并出台有效规制海洋酸化的务实举措,尤其需要考虑在气候协定中设定明确的与海洋 pH 值直接相关的二氧化碳减排目标。

关键词:气候变化;海洋环境保护;海洋酸化;协同规制;《联合国海洋法公约》

中图分类号:D993.5;D996.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-4970(2023)04-0100-10

发展海洋经济需兼顾海洋环境保护日益成为世界共识。在2023年世界海洋日的致辞中,联合国秘书长古特雷斯呼吁把海洋放在首要位置,并提醒各国“海洋生物多样性正在遭受过度捕捞、过度开采和海洋酸化的破坏”^[1]。海洋酸化是与气候变化相关的全球新兴的重大海洋环境问题,政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告得出结论:“有很高的可信度表明,当今全球海洋表面的 pH 值及其变化速率至少是 2.6 万年以来前所未有的”,如果不及时应对,海洋酸化可能危及人类的生存和可持续发展^[2]。

联合国可持续发展目标 14 中的第 14.3 项敦促所有国家“通过在各层级加强科学合作等

方式,减少和应对海洋酸化的影响”^[3]。IPCC 具体指出,成功管控海洋酸化包括两种方法:“缓解问题的根源,即减少二氧化碳的人为排放,和/或通过减少过去和未来海洋酸化的后果来适应。”^[4]因此,海洋酸化的全面规制必须兼顾两大目标:一是立足于“防祸未然”,对形成和加剧海洋酸化的污染因素进行“风险预防”;二是着眼于“亡羊补牢”,对海洋酸化已经和可能继续造成的负面影响进行“结果预防”。然而,全面规制海洋酸化的成因和影响将跨越国际环境治理的多个领域,当前对其的法律规制出现了一种“制度复合体”^[5]的困境,主要表现为:其一,单独依靠任何一个现行国际法律制度都不能完全解决;其二,气候变化制度、大气污

引用本文:许蔡梦骁.多边环境协定协同规制海洋酸化的框架与路径[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2023,25(4):100-109.

作者简介:许蔡梦骁(1990—),女,讲师,博士,主要从事国际环境法、海洋法等研究。E-mail:xucailucky@126.com

染防治制度、海洋污染防治制度和生物多样性保护制度在某种程度上都能起到一定的规制作用^[6],但每个制度的适用空间更多来自条约解释而不是直接的规定;其三,各部门法下碎片化的规制方式造成制度安排交叉重叠、相互之间缺少沟通配合,导致治理低效。如何在“制度复合体”中尽可能寻求一致与协调是当下面临的主要问题。《联合国海洋法公约》(以下简称“《公约》”)具有“伞形公约”的框架属性和庞大的制度结构,或许可以为各部门法之间实施跨制度合作、增强各部门法之间的相互协同效应创造机会,进而以整合性的方式实现对海洋酸化的全面规制。由此,本研究将全面考察《公约》解决海洋酸化问题的综合能力,探讨《公约》为规制海洋酸化构建特定法律框架的可行性,同时,对照有效的规制措施,评估纳入规制框架的其他多边环境协定能否发挥相应的作用,以此启发国际社会采取跨制度合作的务实举措,妥善应对海洋酸化引起的全球性环境挑战。

一、海洋酸化的成因、过程与影响

二氧化碳被海洋从大气层吸收,并与海水发生反应生成酸,导致海洋的 pH 值下降的过程被称为海洋酸化。这种海洋化学平衡的移动若不加以控制,将对海洋生态系统、气候系统和社会经济产生广泛的不利影响。

1. 海洋酸化的背景与成因

海洋与气候变化密切相关,海洋在气候系统中扮演着核心角色,是热量和二氧化碳的主要汇集地。自 1970 年以来,海洋吸收了气候系统积累的 90% 以上的多余热量,以及人类活动排放的二氧化碳的三分之一,其温度、酸碱度、氧含量和盐度等性质因此发生改变。当前,海洋变暖、酸化和脱氧三种现象同时发生,被称为气候变化对海洋环境的“致命三重奏”。

海洋酸化是海水的化学性质发生改变,从弱碱性逐渐向酸性变化的过程,主要源于海水长年累月对大气中二氧化碳地被动吸收。同时,科学研究发现,常规的大气污染物也会造成海水酸度的增加,特别是硫氧化物(SO_x)和氮氧化物(NO_x),此类大气污染物主要由船舶尾气、汽车尾气或发电排放而产生。除来自大气

的污染,陆源污染也不容忽视。例如,农业化肥径流、工业废水或生活污水产生的氮等污染在汇入海洋后会引发水体富营养化,会加剧海洋酸化,尤其对近岸海域等局部地区造成显著影响。此外,部分人类活动不会直接导致海洋酸化,但会降低生态系统的适应和恢复能力,例如捕捞过度、使用破坏性渔具、不当开发沿海地区等造成生态系统的衰退,从而使海洋更易受到酸化的影响。总体而言,大气中二氧化碳浓度的增加仍然是破坏海水酸碱平衡的主要因素。

2. 海洋酸化的化学过程

酸碱度用 pH 值 0 到 14 来衡量,7 属于中性。工业时代以来,海水的 pH 值已经下降 0.1,从工业时代前的 8.2 降至 8.1 左右,相当于海洋酸度增加约 26%。如果二氧化碳排放量没有大幅缩减,预计到 21 世纪末,海水的 pH 值将进一步下降约 0.3,相当于海洋酸度增加 170% 左右^[7]。问题不仅在于变化本身,还在变化的速度,目前全球海洋酸化的速度是过去 5 000 万年间的 10 倍^[8]。同时,历史表明,海洋 pH 值下降后恢复非常缓慢,需要数千年时间。

海洋酸化的化学过程简单而直接:当二氧化碳溶解在海水中后,它会和水(H_2O)发生化学反应生成碳酸(H_2CO_3);在海水弱碱性的环境下,碳酸发生电离反应,分解出碳酸氢根(HCO_3^-)和氢离子(H^+);氢离子的释放增加了海水的酸度,降低了海水的 pH 值。同时,氢离子会和碳酸根离子(CO_3^{2-})结合生成碳酸氢根,导致碳酸根离子浓度的下降,而碳酸根离子是多种海洋钙化生物外壳和骨骼的组成成分。

3. 海洋酸化的广泛影响

海洋酸化将对海洋生态系统、气候系统和社会经济产生广泛的不利影响。具体而言:第一,危及诸多海洋生物生存,威胁海洋生物多样性。酸化会破坏特定生物的生理过程,引发种群数量减少,甚至导致海洋食物链崩溃。特别是,海洋钙化生物(翼足类、壳类软体动物和珊瑚礁等)制造碳酸钙壳或骨骼的能力下降,生长繁殖受阻。在高酸度环境下,珊瑚礁可能消失,螃蟹、贻贝、牡蛎等将出现壳溶解。第二,干扰海洋生物地球化学循环,影响气候反馈。海洋生物泵在二氧化碳从海洋表层到深层的转移

中扮演重要角色,但酸化引起了海洋中碳酸盐、生物丰度和分布以及能量和营养流动的改变,这些变化可能导致生物泵效率降低、能力减弱,继而有损深海对二氧化碳的长期存储功能,间接影响气候系统的反馈机制,加剧气候变暖^[9]。第三,影响生态系统服务的供给,损害人类福祉和经济财富。一方面,具有重要商业价值的物种减少导致无法满足食物供应的需要,即供应服务受损;另一方面,以碳存储和海岸防护等气候调节为代表的调节服务受损,如珊瑚礁形成的天然“防波堤”,因珊瑚礁退化,无法再抵御风暴和海浪对海岸线的侵蚀。此外,旅游业在内的文化服务也会受损,尤其是每年创造数十亿美元的珊瑚礁旅游业将严重受挫。

二、构建全面规制海洋酸化成因与影响的法律框架

海洋酸化主要与海水吸收的二氧化碳质量有关,本质上是人类活动造成的新兴海洋环境问题,将这一问题放在海洋法范围内解决与其本质相符^[10]。尽管《公约》在20世纪70年代至80年代初谈判达成,那时无法预见此类新议题,但《公约》内在的灵活性使其能够应对谈判时未知的新挑战。二氧化碳是大气的固有成分,本身不属于大气污染物,但在人类活动影响下,这种温室气体超量排放后溶解于海水,将引发一系列海洋环境的变化。这一过程相当于人类“直接或间接”向海洋环境引入“物质或能量”,改变海水的化学结构,使得海洋中蛋白质和营养供应的质量和数量发生变化,将损害海洋生物和生物资源、破坏保护海岸线的沿海生态系统,进而危害人类健康,也将使得海水使用质量下降、适宜的海洋生产和旅游环境减少,继而影响捕捞业、水产养殖业和旅游业,妨碍此类正当使用海洋的活动开展。这些足以说明人为因素造成的海洋酸化构成《公约》第1部分第1条项下“海洋环境的污染”。

为保护海洋环境和养护海洋生物资源,《公约》建立了总体性的法律框架和治理体系,在生效时就被誉为“最强有力的综合性环境条约”。这源于20世纪70年代人们认识到海洋正面临污染的最大威胁,但1958年《日内瓦海

洋法公约》“支离破碎”式的保护方法存在缺陷不足以应对。同一时期,海洋法理论从“海洋自由”转向“海洋危机”,“海洋环境的保全(除其他外,包括防止污染)”被确定为1973年召开的第三次联合国海洋法会议要处理的关键问题,在《公约》最后文本中以第十二部分专章的形式呈现。作为第十二部分开篇统领性条款,第192条明确规定在海洋环境保护方面要实现的总体目标:各国须履行“保护和保全海洋环境”的“一般义务”。保护海洋环境的详细规则和标准,则由其他环境保护相关的国际协定负责提供,这些协定或处理特定海洋污染源或适用于特定活动,《公约》负责在这些协定之间发挥协调作用。《公约》的这种框架属性使其具有强大的生命力,足以应对气候变化和海洋酸化等新型环境议题,下述特定条款可以构成应对海洋酸化的基本法律框架,该公约具备在整体上应对海洋酸化的综合能力。

作为海洋环境治理的核心条款,《公约》第192条规定的“一般义务”是综合全面的,“保护”在于海洋环境于未来不受侵害,“保全”在于维持或改善现有的海洋环境。该条款不仅考虑到当前情势和未来变化对海洋环境的影响,还涵盖了从单个物种到栖息地和大型生态系统的一切保护,而不止于防止污染^[11]。因此,“一般义务”可以解释为含有全面解决海洋酸化的义务。展开而言,其一,“海洋环境在未来不受侵害”要求各国减少二氧化碳为主的温室气体的排放,研发实施二氧化碳去除技术,以减缓海洋酸化的速度和程度,预防酸化发生不可控的风险;其二,“维持海洋环境的现状”要求各国在减排之余,建立和保持生态系统的复原力,并针对局部地区和敏感的生态系统,消除容易加剧酸化及其影响的其他压力源,以推迟和适应酸化的影响;其三,“改善海洋环境的现状”要求各国纠正酸化造成的任何损害,恢复和重建退化的生态系统,修复和补偿可能受到经济和文化损失的沿海地区。具体如何履行“一般义务”需要参照《公约》第十二部分随后的章节条款。

《公约》第194条是其余条款中最重要的一条,该条第1款至第3款要求各国对来自陆地(第207条)、海上活动(第208、209条)、倾

倒(第210条)、船舶(第211条)和大气(第212条)等任何来源的污染,履行采取“一切必要措施”“防止、减少和控制”污染的勤勉义务。其中,针对每种污染源,各国通过全球和区域合作制订或尽力制订国际规则 and 标准,并制定相应的国内法。国内立法根据污染源的不同应“考虑到”或“效力不低于”或“有效实施”一般接受的国际规则 and 标准,这实际是《公约》将外部国际协定规定的防污标准和具体措施纳入自身的方式。例如,防止来自大气的污染中,综合性的《联合国气候变化框架公约》《京都议定书》和《巴黎协定》,专门性的《经1978年议定书修订的<1973年国际防止船舶造成污染公约>》附则六《防止船舶造成大气污染规则》;防止来自倾倒的污染中,1972年《防止倾倒废物和其他物质污染海洋公约》与其1996年《议定书》等,均为海洋酸化规制框架中重要的外部规则 and 标准。

《公约》第194条第5款表明,第十二部分不限于旨在严格控制污染,也延伸到保护和保全稀有或脆弱的生态系统、衰竭或濒危的物种及其栖息地^[12]。纵观《公约》发现,其没有直接提到生物多样性(通常分遗传、物种和生态系统3个层次),但由《生物多样性公约》和《执行<联合国海洋法公约>有关养护和管理跨界鱼类种群和高度洄游鱼类种群的规定》的协定》(以下简称“《联合国鱼类种群协定》”)等后续的条约实践可知,第十二部分应解释为包含对海洋生物多样性的保护。受1958年《日内瓦海洋法公约》的影响,《公约》中“物种”这一术语也被称为“生物资源”^[13]。养护生物资源的规定散落在《公约》的其他部分,特别是第61条至第64条以及第117条至第119条。这些条款与第十二部分共同构成对各国适应酸化的影响以及恢复受损的生态系统等义务的规制^{[14][262]}。各国至少应履行《公约》前述条款中的下列义务:第一,海洋酸化可能影响某些种群产生最高可持续产量的长期能力,各国在制定养护措施和决定可捕量时应考虑到酸化问题;第二,极易受酸化影响的物种可能并非被捕捞物种,也可能是为被捕捞物种提供重要栖息地(如珊瑚礁)或食物来源(如翼足类软体动物)的关联物种,各国在规划养护措施和可捕量时

应一并予以考虑;第三,海洋酸化可能导致被捕捞物种及其关联物种的种群数量下降,各国应将其维持在或恢复到《公约》规定的相应水平。

除恢复受损的生态系统以外,《公约》第235条第1款要求未履行保护和保全海洋环境义务的各国按照国际法承担责任;第2款要求各国对海洋环境污染造成的损害提供及时和充分的赔偿以及其他救济;第3款要求各国合作实施现行国际法,并进一步发展赔偿和解决争端相关的国际法。可以说,前述这些条款与《公约》下的争端解决机制共同为采取与海洋酸化有关的国际法律行动提供了机会,特别是依靠珊瑚礁维持海鲜生计和旅游业的群岛国可能对海洋酸化造成的损失提出赔偿。此外,为对抗气候变化和减轻海洋酸化,各国在努力减排之余可能会采取去除二氧化碳的负排放措施。例如,在二氧化碳进入大气前将其捕获、再压缩封存至海底,或者经由海洋肥化、增强风化、海洋碱化或海藻养殖等方法将大气中的二氧化碳转化、吸收。对于此类可能影响海洋的地球工程活动,《公约》第195条规定,各国应防控由此造成加重局部海域酸化或引发其他海洋污染的风险。如果利用海洋转化、吸收或封存二氧化碳的活动被发现涉及污染,《公约》第196条和第199条规定,各国应采取一切必要措施,尽量减少此类活动的不利影响,确保不会对其他国家及其环境造成损害。当一国获悉海洋环境有遭受污染的紧迫危险或已被污染破坏时,《公约》第198条进一步规定,该国应立即向可能受影响的其他国家和主管国际组织通报。与此同时,《公约》第204条至第206条规定,各国应当研究有关活动的风险和影响并定时公布研究结果。

总体而言,《公约》可以为全面规制海洋酸化提供适宜的法律框架,理由如下:其一,海洋酸化是人为因素造成的“海洋”环境问题,置于海洋法领域内解决能够凸显这一新兴环境问题的独立性,也能够实现治理时的整体性考量;其二,通过对《公约》第十二部分和其余部分有关规定进行扩张解释,缔约方应当承担全方位处理海洋酸化成因和后果的广泛义务,这些义务能够全面涵盖海洋酸化的规制目标;其三,根据

《公约》第237条规定,由《公约》框架汇聚的其他国际协定和执行协定所规定的特定义务,须以与《公约》规定的义务相互支持的方式履行。因此,通过《公约》形成的规制框架可以在一定程度上改善海洋酸化国际法律规制碎片化的现状,以系统连贯的体系和协调一致的方式尽可能化解“制度复合体”的困境。

三、探索多边环境协定协同规制海洋酸化的可行路径

对《公约》特定条款的分析表明,各国义务采取个别或联合行动解决海洋酸化问题,但具体采取何种措施有赖于《公约》以外的其他规则和标准,因而《公约》的框架安排能否产生预期的规制效果还取决于纳入的外部规则和标准是否适用于《公约》缔约方,以及对海洋酸化有关问题是否有明确具体的规定、是否有针对性和可执行的内容。事实上,主要多边环境协定对海洋酸化普遍重视不足且缺乏敏感性,这对形成有效的规制措施构成一定的障碍。为此,各国可以在主要多边环境协定的发展进程中为应对海洋酸化寻找达成共识和集体行动的机会,从而为解决海洋酸化问题提供清晰的法律规制路径。

1. 尽量减缓和扭转海洋酸化的趋势:控制二氧化碳和大气主要污染物的人为排放

从源头减少二氧化碳排放是阻止海洋持续酸化的首要措施。《联合国气候变化框架公约》(以下简称“UNFCCC”)与《公约》第212条“来自大气层或通过大气层的污染”之规定存在着明显的联系。《公约》第212条第1款规定,各国义务制定法律法规“防止、减少和控制”两类大气污染:一类,大气层本身是污染者,它输送的污染物直接影响海洋环境,比如过量的二氧化碳;另一类,通过大气层的污染,污染间接来源于大气,比如酸雨。该条款同时规定,各国在国内立法时需要“考虑到”“国际上议定的规则 and 标准”。在影响海洋环境的全球温室气体排放的管控方面,拥有近200个缔约方的UNFCCC及《巴黎协定》理应属于上述“国际上议定的规则 and 标准”。“考虑到”这种温和的措辞并不意味着各国防止大气污染的责任必然比其他类型污染的要弱。如果一国本身既是

《公约》缔约方,又是《巴黎协定》缔约方,“考虑到”只能意味着该国继续遵守气候协定、履行自身承诺,其责任不会因为《公约》第212条第1款的措辞被削弱^[15]。

近年来,海洋环境在气候变化制度中得到越来越多国家的关注。《巴黎协定》在序言中指出,“各国在采取行动应对气候变化时,必须确保海洋在内的所有生态系统的完整性以及保护生物多样性。”^[16]《巴黎协定》对于气候变化和保护海洋环境之间相互关系的肯定是气候变化制度内处理海洋问题的一个重大发展,是UNFCCC通过以来其相关协定首次正式承认气候变化(包括应对气候变化的行动)对海洋可能产生的影响,并在应对时需要考虑到这些影响。2015年《巴黎协定》序言正式承认海洋问题的同时,二十多个国家在气候变化巴黎大会(COP21)上联名签署“因为海洋”(Because the Ocean)宣言,签署国承诺制定海洋行动计划。2017年轮值主席国斐济在气候变化波恩会议(COP23)上提出“海洋路径”(Ocean Pathway)倡议,希望促进全球气候治理进程对海洋的包容性,要求在受“海洋气候关系”影响的领域增加行动。2019年气候变化马德里会议(COP25)被宣传成是“蓝色”的,会议将海洋保护定为一项核心议题。相比之下,最初UNFCCC第4条第1款(d)项将海洋称作碳汇,基于海洋在全球碳循环和气候调节中的作用,仅仅将海洋作为一种气候变化的解决办法,没有把它视为受到温室气体排放危害而需要保护的生态环境。

然而,气候变化制度至今仍然在很大程度上忽视了海洋酸化问题。UNFCCC第2条规定公约的最终目标在于,将温室气体浓度稳定在气候系统免受“危险的人为干扰”的水平上。海洋酸化是大气(二氧化碳)、水圈(海洋)和生物圈(海洋生物)之间相互作用的结果,它们均为气候系统的组成部分。为保护整个气候系统,缔约方不仅有责任防止温室气体排放导致的热效应,也有义务防止海洋酸化在内的化学效应。尽管如此,当前《巴黎协定》设定的温控目标并不一定能保证防止威胁气候系统安全的海洋酸化发生,温控目标与海水pH值之间的关系仍有待科学实验加以澄清。正如有学者指

出的,各国完全有可能在不解决海洋酸化的情况下完成气候变化制度中义务的履行,仅仅遵守现行的气候承诺,并未实现履行《公约》规定的“防止、减少和控制”海洋酸化对海洋环境造成污染的勤勉义务,除非气候承诺明确涉及海洋酸化^{[17]402},因为按照现行的温控目标减排很有可能不足以避免酸化对海洋造成大规模的破坏。如果大气中的二氧化碳浓度稳定在450ppm(相当于升高2℃),届时海洋的酸度会对许多海洋生态系统产生深远影响^[18]。毕竟,80多万年以来,大气中的二氧化碳浓度一直只在170ppm至300ppm波动。目前的科学知识表明,要保持海洋生态系统的完整性,需要将二氧化碳浓度维持在350ppm左右^[19]。早在2009年,数百位全球顶尖海洋科学家齐聚摩纳哥签署宣言,宣言提示:针对海洋酸化拟定的大气中二氧化碳的限制目标,应当不同于针对气候变化的限制目标。因此,必须设定明确的与海洋pH值直接相关的二氧化碳减排目标。一种可行的途径是,《巴黎协定》缔约方会议与“联合国-海洋网络”合作,共同制定有效减缓海洋酸化的二氧化碳减排目标和措施。“联合国-海洋网络”是联合国系统内海洋事务的机构间协调机制,海洋与气候变化是该机制负责的一项议题。新的减排目标和措施制定出来后,由在《公约》和《巴黎协定》两种制度中均承担义务的缔约方一致实施。《巴黎协定》缔约方应当将针对海洋酸化的减排目标和措施体现到“国家自主贡献”(NDCs)中,并承诺尽可能通过控制二氧化碳而非其他温室气体的方式减排,保证在对抗气候变化时谨慎使用存在加剧海洋酸化风险的减排技术,并定期对缔约方的执行情况进行监测与审查,从而增强“国家自主贡献”的执行力。

二氧化碳并不是影响海洋环境的唯一大气来源,船舶排放废气中的硫和氮的氧化物也会引起局部海域酸度的增加,它们会以硫酸和硝酸的形式沉积在航道所在海域的表层,使海水的pH值下降。《经1978年议定书修订的<1973年国际防止船舶造成污染公约>》(以下简称“《MARPOL73/78公约》”)附则六《防止船舶造成大气污染规则》第3章对硫和氮的氧化物的排放含量作了限制,其中,船用燃料的最

高允许硫含量在2020年已被调低至0.5%,并且允许以比全球公认的更严格的标准指定排放控制区。鉴于当前应对海洋酸化的迫切需要,国际海事组织(“IMO”)可以要求缔约方沿着容易受到酸化加剧影响的海域建立船舶排放控制区,以便预防局部海域酸化进一步的恶化^{[14]270}。与此同时,《京都议定书》第2条第2款将航运温室气体排放的监管事项委托给IMO负责。IMO于2011年在附则六中增设第4章“船舶能效规则”、于2018年通过“船舶温室气体减排初步战略”等,均旨在提高新造船舶能效设计标准、降低航运碳排放强度和排放总量。据IMO统计,航运温室气体排放占全球人为排放总量的2%左右,因此,这些举措对减轻海洋酸化也具有一定的现实意义。

2. 主动干预已出现的海洋酸化现象:研发实施以海洋碱化为代表的负排放技术

在大幅度减排之外,主动去除大气中过剩的二氧化碳是另一个重要措施。《巴黎协定》许多缔约方缺乏温控的决心,1.5℃温控的剩余“碳预算”预估在2030年之前就会被耗尽。针对全球气候变化的严峻形势,在加速脱碳战略之余,各国正在研发部署负排放技术,部分技术依赖于对海洋系统的直接操纵。新近科学研究表明,以海洋碱化为代表的海洋负排放措施,具备降低大气中二氧化碳浓度和缓解海洋酸化的双重潜力^[20],但大规模部署海洋碱化具有一定的环境和生态风险。

海洋碱化属于改变海洋化学结构的模式,可以直接抵消与海洋酸化有关的变化,增加海洋的pH值,促使海洋吸收更多的二氧化碳。常见的碱化方法是向海水中添加碱性物质(如橄榄石、碳酸钙)或其分解产物(如生石灰、氢氧化钙),将溶解的二氧化碳转化为碳酸根和碳酸氢根离子,使其形成海底的碳酸盐沉积物。科学预测利用橄榄石增强海洋碱度可以弥补大约9%的人为排放的二氧化碳^[21]。但橄榄石本身含有重金属可能污染海水,它也是一种容易刺激某些海洋生物生长的肥料,添加橄榄石会给海洋生态系统带来潜在风险。

海洋碱化和其他向海水添加材料的二氧化碳去除技术属于海洋地球工程活动,可能会被认定构成“海洋倾倒”。在全球层面,规制此类

活动最直接适用的文书是1972年《防止倾倒废物和其他物质污染海洋公约》(以下简称“《伦敦公约》”)与其1996年《议定书》。《公约》第210条第6款规定各国义务以严格程度不低于“全球性规则 and 标准”的国内立法和必要措施来规制海洋倾倒,当前公认的国际标准正是由《伦敦公约》与其《议定书》提供。然而,这两份法律文书对管理海洋倾倒采取了不同的办法,而且是两个独立的协定,《公约》本身没有提供明确承认一份文书中制定的标准优先于另一份文书的机制,《公约》第210条中的国际标准是指《伦敦公约》还是《议定书》或二者兼而有之犹未可知^{[17]399}。

2008年两份文书的缔约方通过了一项不具有约束力的决议(以下简称“2008年决议”),宣布海洋肥化属于这些文书的管辖范围。该项决议指出,“合法的科学研究”以外的海洋肥化不符合“倾倒豁免”的条件,因为其违背《伦敦公约》和《议定书》的目的。海洋肥化是在生物生产力低下的地区向海中添加铁或其他营养物质(如火山灰、磷酸盐和尿素)以刺激浮游植物生长的海洋地球工程活动。因此,海洋碱化可能受到与海洋肥化类似的对待,在不适用“倾倒豁免”的情况下,非研究性质的利用海洋去除二氧化碳的活动将受到《伦敦公约》和《议定书》条款的约束。

《伦敦公约》采用“黑与灰清单”的方式,具体列出禁止向海洋倾倒的物质,以及需要特别许可才能倾倒的物质,其他物质可经一般许可后倾倒。《议定书》的限制更为严格,采用“反向清单”的方式,规定除该议定书附件一所列的八种物质外,禁止倾倒任何物质。由此,《伦敦公约》缔约方可以允许任何不使用禁止物质的非研究性质的二氧化碳去除活动;相反,《议定书》缔约方不能允许此类活动,除非它们使用反向清单中的物质。目前,拟用于海洋碱化的材料既不属于《伦敦公约》禁止或严格限制的物质,也不属于《议定书》允许的物质,因此,《伦敦公约》在很大程度上允许实施非研究性质的海洋碱化,而《议定书》则很可能禁止此类活动。

2008年决议同时指出,构成“合法的科学研究”的海洋肥化活动应被视作“为单纯处置以外的目的而放置物质”,在不违反《伦敦公

约》和《议定书》的目的情况下,可以有资格获得“倾倒豁免”。判断一项拟议的海洋肥化活动是否构成“合法的科学研究”由2010年通过的指导评估的框架决定(以下简称“2010年框架”),该框架也不具有约束力。该框架要求负责拟议活动的国家,一方面对活动的科学属性进行初步评估,包括活动是否会导致直接的经济收益、是否会受到科学同行的审查;另一方面对该活动必须开展环境影响评估,包括考虑拟议活动的地点、潜在和长期的环境影响以及风险管理的程序。只有满足该框架的所有步骤,以最大限度地减少对环境的影响、最大化科学效益,并在征得可能受该活动影响的任何其他国家的同意后,海洋肥化才有资格获得“倾倒豁免”。

2008年决议与2010年框架均没有约束力,2013年《议定书》缔约方对议定书进行修订(以下简称“2013年修正案”),首次尝试为各类海洋地球工程活动制定具有约束力的规则。尽管该修正案提及海洋地球工程活动,但其附件四只列出了海洋肥化这一种活动,缔约方今后可以通过提议对附件四进行补充的方式来增加对海洋碱化等其他活动的管理。该修正案还提供了—个总体评估框架,类似于2010年框架,各国可以利用该框架来评估其他海洋地球工程活动是否有资格获得许可证。但这项修正案当前尚未生效、无法律效力,况且,批准《议定书》的国家数量迄今仍然较少,使《公约》所有缔约方遵循《议定书》规定的可能性很小。不过,实施海洋碱化此类活动仍将直接受到普遍适用的环境法基本原则和《公约》条款的约束,例如预防原则、不损害域外环境责任原则和环境影响评估义务等。

3. 增强海洋生态系统的复原力:将应对海洋酸化纳入海洋保护区建设和渔业管理

海洋酸度的增加在全球已呈现出不可逆的态势,仅有减缓措施已不足以应对遗存问题,采取适应措施势在必行,加强海洋生态系统韧性的活动亟待进行。海洋酸化将广泛影响海洋食物网中许多重要的物种,对海洋生物多样性构成威胁。同时,最新的科学研究发现,在较高的生物多样性条件下,海洋酸化对原本高度脆弱的关键生物的影响可以减少50%至90%^[22]。因为生物多样性本身是生态系统复原力的关键

组成部分,而若不加以控制生物多样性枯竭将阻碍生态系统的恢复。因此,当前各国应当以保护海洋生物多样性为重点,并减少过度捕捞、破坏性渔业行为和其他海洋污染等容易使生态系统适应力下降的非酸化压力源,全面增强海洋生态系统的复原力,充分发挥其在受损或衰退后的自我修复功能,从而更有力地抵御海洋 pH 值变化的影响,保障其持续提供重要商品和服务的能力。

海洋保护区是公认的保护海洋生物多样性的重要工具,可以作为应对海洋酸化的一个适应措施,用来增强生态系统承受和克服来自酸化压力的潜能。海洋保护区的作用至少表现在两个方面:一方面,海洋保护区可以最大限度地减少其他威胁,例如富营养化、塑料污染,保持海洋生态系统的总体压力可控,从而使珊瑚礁等易受酸化影响的生态系统能够得以保护;另一方面,海洋保护区可以在早期规划阶段就考虑到未来酸度上升的可能性,并以应对酸化为目的进行持续管理,包括对酸化及其影响的持续监测和评估。有学者认为,尚未受到气候变化和海洋酸化影响或被认为对气候变化和海洋酸化具有复原力的地区或生态系统,也应予以保护,即创建一种避难所。因此在选址时,拟设立的海洋保护区可以寻求保护已经出现海洋酸化影响迹象的地区,也可以寻求保护可能作为海洋酸化避难所的地区^[23]。问题在于,全球海洋保护区覆盖面积仍然相当有限,特别是在国家管辖范围以外海域面积的占比仅有 1% 左右。目前,《<联合国海洋法公约>下国家管辖范围以外区域海洋生物多样性的养护和可持续利用协定》(以下简称“《BBNJ 协定》”)历经五届正式会议,已于 2023 年 6 月获正式通过。在公海建立海洋保护区是《BBNJ 协定》谈判的焦点议题之一,也是各国按照《公约》第 194 条和第 197 条的规定联合实施保护环境的必要措施并展开国际合作的表现。

《BBNJ 协定》在序言部分提到,“需要以协调一致及合作的方式处理海洋生物多样性丧失和生态系统退化问题”“此种问题是由气候变化对海洋生态系统产生的影响”,比如海洋酸化所导致的;在第三部分规定海洋保护区在内的划区管理工具等措施的目标包括:加强生物

多样性和生态系统“抵御与气候变化、海洋酸化和海洋污染有关的压力”之韧性^[24]。可见,《BBNJ 协定》已在协定范围内尝试处理不断上升的海水酸度的影响,明确规定为保护海洋生物多样性所设置的工具可用于应对酸化这一压力源。需要注意的是,海洋保护区是一种基于地点的静态措施,而气候变化和海洋酸化很可能导致物种在深度或经纬度上的分布范围发生变化,在动态的三维环境中采取这种适应措施存在一定的局限性。为此,国家管辖范围以内和以外的海洋保护区有必要进一步被连接为网络,使各个海洋保护区在不同的空间尺度和保护水平下协同工作,并在设计时确保独立的海洋保护区覆盖足够大的区域,以便提升海洋生态空间的连通性,由此,较单个海洋保护区可以更有效和全面地实现应对酸化的生态目标。

另一个重要的适应措施是将海洋酸化纳入渔业管理,在采取养护和管理措施时,考虑到海洋酸化对目标鱼群、乃至海洋生态系统的不利影响。《联合国鱼类种群协定》作为《公约》现有的执行协定,对《公约》第 63 条和第 64 条等有关跨界和高度洄游鱼类种群的一般规定加以详细阐述,尽管未提及海洋酸化,但其条款理应解释为包含将海洋酸化作为影响鱼类种群的相关因素纳入种群管理的义务。根据该执行协定,沿海国和公海捕鱼的国家展开合作时须遵循第 5 条规定的一般原则,其中两项义务在应对海洋酸化时尤为重要:一是应当采用预防性办法,在这种渔业管理的生态系统方法下,由于海洋酸化给生态环境增添的不确定性,各国必须采取更加谨慎的养护和管理措施;二是应当评估捕鱼、其他人类活动和环境因素对目标种群及其关联和依附物种的影响,因为过度、非法、破坏性捕捞和其他海洋污染等压力源也会导致种群本身以及相关物种和生态系统的复原力下降,从而减弱其自然适应酸度上升的能力。

在第一项义务中,生态系统方法是国际社会现行渔业管理的首选方法,该执行协定在附件二为此种方法提出了“预防性参考点”的概念,用作渔业管理的标准和指南。具体分为养护和管理两种参考点,前者指捕捞量应限制在安全的生物限度以内,使种群产生最高可持续产量,后者指满足管理目标的指标。一旦出现

逾越参考点的情况,各国必须采取行动来恢复种群并重建参考点这种“缓冲区”。科学预测海洋酸化会减退部分鱼类种群的繁殖能力,甚至成为其新的死亡来源,设置预防性参考点时有必要考虑海洋酸化的影响,这对于确定可持续捕捞水平至关重要。与此同时,海洋食物网如何被改变、鱼类种群将产生何种反应尚无确切的科学数据,预防性参考点的设置可以帮助跨界和高度洄游鱼类种群的管理切实纳入海洋酸化问题。实践中,区域渔业管理组织可以通过监测来获取最新数据作为预警系统,对即将到来的变化发出信号,帮助渔民在渔业种群崩溃之前提前实施退出计划,或转向捕捞不易受海洋酸化影响的目标物种。

四、结 语

作为全球新形态的跨部门环境挑战,海洋酸化的成因与影响以及解决这一问题的方法都是独特的。海洋与环境制度碎片化的持续状态将阻碍对海洋酸化形成联合系统的治理力量,采用一种整合性的规制方式十分必要。《公约》为海洋环境治理与气候变化调控制度之间,以及海洋污染防治与海洋生物多样性保护制度之间的协调奠定了法律基础,为实施跨制度合作打开了方便之门。当前,国际社会应当尽快推动解决海洋酸化问题的国际法律制度的发展,以现有条约为基础,增加相关条款或丰富条约解释,尽快出台有效规制海洋酸化的务实举措。

妥善应对海洋酸化是中国深度参与全球海洋治理的重要机遇,也是构建“人类命运共同体,实现海洋可持续发展”的重要组成部分。中国政府在《公约》开放签署 40 周年国际研讨会上倡导各方“坚持命运与共,推动海洋可持续发展”及“坚持国际合作,守护海洋生态环境”。海洋酸化影响全人类的海洋环境和海洋生物多样性的利益,中国可以将海洋酸化纳入外交会议关于“人类命运共同体”概念的讨论,也可以纳入非官方外交层面的国际海洋治理研讨会。作为《公约》和《巴黎协定》等主要多边环境协定的缔约国,中国始终全面地参与海洋法与国际环境法的制度框架并接受其约束,因而有必要积极推动应对海洋酸化的国际法律制

度的发展,待时机成熟时可以提交支持解决海洋酸化问题相关条款的提案。中国也应当加强与周边国家在海洋酸化方面的区域合作,特别是,在东海与日本、韩国建立包含应对海洋酸化的环境保护框架,在南海通过“中国-东盟区域海洋酸化观测系统研讨会”与东南亚国家开展海洋酸化的科学合作等等。

参考文献:

- [1] 王建刚. 联合国秘书长呼吁采取更强大的行动保护海洋 [EB/OL]. [2023-06-09]. http://www.news.cn/world/2023-06/09/c_1129680436.htm.
- [2] IPCC. Climate change 2021: the physical science basis [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- [3] 变革我们的世界:2030 年可持续发展议程 [EB/OL]. (2015-10-21). <https://www.un.org/zh/documents/treaty/A-RES-70-1>.
- [4] IPCC. Climate change 2014: impact, adaptation, and vulnerability [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [5] RAUSTIALA K, VICTOR D G. The regime complex for plant genetic resources [J]. International Organization, 2004, 58(2): 277-309.
- [6] 张晏瑜. 论海洋酸化对国际法的挑战 [J]. 当代法学, 2016, 30(4): 139-150.
- [7] HENNIGE S, ROBERTS J M, WILLIAMSON P. An updated synthesis of the impacts of ocean acidification on marine biodiversity [R]. CBD Technical Series, 2014, 75: 6-99.
- [8] CARR A M. Continuing to lead: Washington State's efforts to address ocean acidification [J]. Washington Journal of Environmental Law & Policy, 2016, 6(2): 542-598.
- [9] GATTUSO J P, HANSSON L. Ocean acidification [M]. Oxford: Oxford University Press, 2011: 230-248.
- [10] 白佳玉, 隋佳欣. 以构建海洋命运共同体为目标的海洋酸化国际法律规制研究 [J]. 环境保护, 2019, 47(22): 74-79.
- [11] PROELSS A. The United Nations Convention on the Law of the Sea: a commentary [M]. Oxford: Hart Publication, 2017: 1287.
- [12] Chagos Marine Protected Area Arbitration (Mauritius v. United Kingdom), Award of 18 March 2015 [DB/OL]. (2015-03-18). https://legal.un.org/riaa/cases/vol_XXXI/359-606.pdf.
- [13] MOSSOP J. Can we make the oceans greener? The successes and failures of UNCLOS as an

- environmental treaty [J]. Victoria University of Wellington Law Review, 2018, 49 (4) : 573-594.
- [14] HARROULD-KOLIEB E R. The UN Convention on the Law of the Sea: a governing framework for ocean acidification? [J]. Review of European, Comparative & International Environmental Law, 2020, 29 (2) : 257-270.
- [15] BOYLE A. Litigating climate change under part XII of the LOSC [J]. The International Journal of Marine and Coastal Law, 2019, 34 (3) : 458-481.
- [16] 巴黎协定 [EB/OL]. (2015-12-12). <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/chi/109c.pdf>.
- [17] SCOTT K N. Ocean acidification: a due diligence obligation under the LOSC [J]. The International Journal of Marine and Coastal Law, 2020, 35 (2) : 382-408.
- [18] BARNARD N, HAIN S. Scientific synthesis of the impacts of ocean acidification on marine biodiversity [R]. CBD Technical Series No. 46, 2009, 5-59.
- [19] VERON J E N, HOEGH-GULDBERG O, LENTION T M, et al. The coral reef crisis: the critical importance of <350 ppm CO₂ [J]. Marine Pollution Bulletin, 2009, 58 (10) : 1428-1436.
- [20] BURNS W, CORBETT C R. Antacids for the sea? Artificial ocean alkalization and climate change [J]. One Earth, 2020, 3 (2) : 154-156.
- [21] KÖHLER P, ABRAMS J F, VÖLKER C, et al. Geoengineering impact of open ocean dissolution of olivine on atmospheric CO₂, surface ocean pH and marine biology [J]. Environmental Research Letters, 2013, 8 (1) : 1-9.
- [22] RASTELLI E, PETANI B, CORINALDSI C, et al. A high biodiversity mitigates the impact of ocean acidification on hard-bottom ecosystems [J]. Scientific Reports, 2020, 10 (1) : 1-13.
- [23] HARROULD-KOLIEB E. Enhancing synergies between action on ocean acidification and the post-2020 global biodiversity framework [J]. Conservation Biology, 2021, 35 (2) : 548-558.
- [24] 国家管辖范围以外区域海洋生物多样性的养护和可持续利用协定 [EB/OL]. (2023-06-19). <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/N23/177/27/PDF/N2317727.pdf>.
(收稿日期: 2022-12-22 编辑: 高虹)

Framework and Pathways for Synergistic Regulation of Ocean Acidification by Multilateral Environmental Agreements/XU Caimengxiao (School of Law, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The global marine environment is threatened by acidification but lacks adequate governance, and current international legal regulation is in a “regime complex” dilemma. Continued fragmentation of the oceans and environment regime will impede the development of joint systemic governance of ocean acidification, and an integrated approach to regulation is necessary. One possible solution is to provide a specific legal framework for a comprehensive response to ocean acidification through the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), which is open, inclusive and keeps pace with the times, to lead regulation, with other multilateral environmental agreements (MEAs) providing specific rules and standards to guide the international community to act in a unified manner. Whether such a solution can achieve its regulatory goals depends on whether other MEAs are applicable to UNCLOS parties and whether they provide targeted regulatory measures for ocean acidification. However, the general lack of attention and sensitivity to ocean acidification in the existing major MEAs is an obstacle to the development of effective regulatory measures. Currently, starting from three dimensions including slowing down and reversing the trend of ocean acidification as much as possible, proactively intervening in ocean acidification that has emerged and enhancing the resilience of marine ecosystems, countries can seek opportunities for consensus and collective action to address ocean acidification in the context of the development process of major MEAs, promote the development of the relevant international legal regime as soon as possible, including the addition of relevant provisions or enrichment of treaty interpretation based on existing treaties, and introduce practical measures to effectively regulate ocean acidification. In addition, consideration needs to be given to set explicit CO₂-reduction targets that are directly linked to ocean pH in climate agreements.

Key words: climate change; marine environmental protection; ocean acidification; synergistic regulation; UNCLOS