

• 编者按 •

全球气候变化下的海洋生物多样性

孙 军^{1,2*} 林 茂³ 陈孟仙⁴ 徐奎栋⁵

1 (天津科技大学海洋与环境学院, 天津 300457)

2 (天津科技大学天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津 300457)

3 (国家海洋局第三海洋研究所, 福建厦门 361005)

4 (“中山大学”海洋科学系, 台湾高雄 80424)

5 (中国科学院海洋研究所海洋生物分类与系统演化实验室, 山东青岛 266071)

Marine biodiversity under global climate change

Jun Sun^{1,2*}, Mao Lin³, Meng-Hsien Chen⁴, Kuidong Xu⁵

1 College of Marine and Environmental Sciences, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457

2 Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457

3 Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen, Fujian 361005

4 Department of Oceanography, “Sun Yat-sen University”, Kaohsiung, Taiwan 80424

5 Department of Marine Organism Taxonomy and Phylogeny, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong 266071

当前人类社会的发展改变了整个地球生态系统, 地球历史进入了全新的人类世(Anthropocene)阶段(Steffen et al, 2007)。人类活动对海洋生态系统及其生物多样性造成越来越显著的影响, 尤以全球气候变化(global climate change)对海洋生物多样性的改变最为深刻, 且影响面较广。

全球气候变化主要表现在人类活动造成的化石燃料向大气排放过多的 CO₂ 而引起海水表层升温、海平面上升、降雨改变、海洋表层海水酸化、海流变化及紫外线辐射增强等一系列环境改变(Harvell et al, 2002), 进而影响海洋生态系统和生物多样性。在全球气候变化影响下, 海洋的水体和底栖生境两大类生态系统都发生了或多或少的变化, 包括多样性的变化。

全球气候变化对海洋生物多样性的作用多集中于以浮游植物为起点的食物链关系及相关的生物多样性(孙军和薛冰, 2016)。研究表明, 全球气候变化下, 浮游植物暖水种向两极扩张, 分布范围扩大, 而冷水种分布范围则缩小(Hays et al, 2005); 一些地区的优势类群发生了改变, 由冷水种转变为暖

水种, 由真核生物逐渐演变为原核生物(Karl et al, 2001)。同时, 大气 CO₂ 分压升高造成的海水酸化会影响颗石藻的钙化过程, 也会降低浮游植物多样性, 优势类群由金藻逐渐演变成大型甲藻(Findlay et al, 1999)。海水表层暖化造成的上层海水层化及紫外辐射的增强会促进浮游植物群落向更小细胞组成占优势的方向演替(Hallegraeff, 2010)。

浮游动物是海洋生态系统中的初级消费者, 连接着浮游植物与高营养级生物类群, 在海洋生态系统中扮演着转换者的重要角色。全球气候增温条件下, 大西洋西北部的暖水性中型浮游动物的分布范围北移了1,000 km, 而冷水性物种分布范围缩小(Hays et al, 2005); 在中国, 东海浮游动物冷温种和暖温种数量大幅下降, 亚热带种及热带种丰度增加, 优势种发生变化(徐兆礼, 2011)。在海水酸化的影响下, 一些有壳浮游动物的壳生长减缓, 壳的溶解变形加剧。在高CO₂分压下, 桡足类的繁殖成功率有所下降, 而群落结构的变化不明显; 不同物种的摄食率表现不同, 如哲水蚤(*Calanus*)的摄食率降低, 而瘦尾胸刺水蚤(*Centropages tenuiremis*)的摄食率

收稿日期: 2016-07-18

基金项目: 国家自然科学基金(41276124, 41581260340)和教育部长江学者奖励计划

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: phytoplankton@163.com

却增高(De Kluijver et al, 2013)。值得一提的是, 人类活动下造成的海水酸化(例如工厂排放酸性水体等)会造成局地浮游生物群落的极大改变, 降低浮游植物、浮游动物、虾、蟹幼体及鱼卵-仔鱼的丰度(陈孟仙等, 2016)。

同样, 由于全球气候变化影响, 全球鱼类的分布将发生大规模的变化, 海洋鱼类每10年会偏离它们的传统栖息地40 km以上(Cheung et al, 2009), 例如一些主要分布在南海海域的暖水种在台湾海峡也能检测到(陈宝红等, 2009)。海水温度升高使黄海冷温性和冷水性的鱼类得不到冷水团的保护进而出现衰退的迹象(刘静和宁平, 2011), 也会引起肉食性鱼类数量增加, 而使小型鱼类、虾类和螃蟹的数量减少(Sheridan et al, 2003)。不同鱼类物种对酸化的响应也不同, 酸化会抑制一些鱼类幼体的生长及增加死亡率, 如美洲原银汉鱼(*Menidia beryllina*); 而酸化对大西洋鲱鱼(*Clupea harengus*)的影响不大(Baumann et al, 2012)。另外, 紫外辐射增强使得大西洋鳕鱼卵的死亡率增加(周秋麟等, 2004)。

太平洋温度上升引起海龟繁殖后代的雌性比例增加, 雄性比例降低, 进而影响海龟种群的发展(Hawkes et al, 2007)。而海平面上升会威胁海龟的栖息地, 使海龟面临灭绝的危险(Fuentes et al, 2011)。由于温度升高以及风向、风速的变化, 北海浮游生物群落结构发生了改变, 进而通过食物链影响到海鸟的繁殖习性、生存以及种群稳定性(Frederiksen et al, 2006)。海冰的融化会造成海鸟及一些海洋生物(如企鹅、海豹)的栖息地丧失, 进而对其数量及分布造成影响, 甚至灭绝(Ainley et al, 2003)。

全球气候变化的影响在近岸和浅海的底栖生态系统中表现最为明显。全球变暖导致沿岸和近海海草和大型藻等大型海洋植物的分布范围减小(郑凤英等, 2013), 甚至会导致它们面临灭绝的危险。在黄海, 由于海水增温, 近50年来软体动物的多样性降低, 群落结构发生巨大变化, 优势物种正在向小型化、生长周期短、少数种数量占优势的趋势发展, 而黄海冷水性底栖生物的分布范围缩小, 数量

减少, 多毛类优势种消失, 某些物种已崩溃或灭绝(刘瑞玉, 2011)。海洋酸化会抑制软体动物的生长及钙化, 其数量的降低会导致高营养级生物对小型牡蛎摄食的增加; 而受酸化的影响, 棘皮动物的幼体死亡率增加, 酸化对棘皮动物的生长、钙化及繁殖的影响不同(Aze et al, 2014)。全球气候变化也会改变无脊椎动物的群落结构和生物量(Cheung et al, 2009)。

海平面上升导致红树林的分布向陆地萎缩, 改变红树林生物的物种组成。大气CO₂分压升高, 向海端生物受到的侵蚀增强, 导致红树提前成熟, 且不同物种的生长受到的影响不同, 如高盐物种的生长受影响不大, 而低盐物种的生长以及分枝得到促进(Farnsworth et al, 1996)。温度升高会降低红树林生物的存活率, 促进其繁殖与生长, 并影响其分布、群落组成及多样性; 同时, 降雨的变化会改变红树林的物种组成、生长, 以及红树林动物的多样性(Alongi, 2008)。温度升高导致珊瑚的分布在北半球进一步向北移(杜建国等, 2012), 而CO₂浓度的增加会降低珊瑚礁的钙化, 侵蚀珊瑚骨骼, 不利于珊瑚礁的生长, 进而导致珊瑚礁物种组成、群落结构发生变化(陈宝红等, 2009)。受海水酸化的影响, 大堡礁的滨珊瑚属(*Porites*)的延伸率和骨骼密度都有所降低, 短时间的酸化会降低冷水性珊瑚的生长及代谢, 而长时间的酸化对其生长抑制不明显(Aze et al, 2014)。

正因为全球气候变化对海洋生物多样性的影响巨大而深远, 我们组织了几次相关的研讨会, 遴选汇集了近年来海峡两岸科学家关于海洋生物多样性的相关成果, 集于本专辑, 以飨读者。从浮游植物、浮游动物、海藻、底栖动物等多样性的全球气候变化响应、长周期监测到保护, 反映了近年来海峡两岸海洋生物多样性研究的一些进展, 期望通过本专辑引起同行对全球气候变化下的海洋生物多样性问题更多关注。

文中参考文献见<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016195-1.pdf>。

(责任编辑: 周玉荣)

参考文献

- Ainley DG, Tynan CT, Stirling I (2003) Sea ice: a critical habitat for polar marine mammals and birds. In: *Sea Ice: An Introduction to Its Physics, Chemistry, Biology and Geology* (eds Thomas DN, Dieckmann GS), pp. 240–266. Blackwell Science, Oxford.
- Alongi DM (2008) Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 1–13.
- Baumann H, Talmage SC, Gobler CJ (2012) Reduced early life growth and survival in a fish in direct response to increased carbon dioxide. *Nature Climate Change*, 2, 38–41.
- Chen BH, Zhou QL, Yang SY (2009) Impacts of climate change on marine biodiversity. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 28, 437–444. (in Chinese with English abstract) [陈宝红, 周秋麟, 杨圣云 (2009) 气候变化对海洋生物多样性的影响. 台湾海峡, 28, 437–444.]
- Chen M-H, Wong S-L, Chen T-C, Chen C-T (2016) Time series variation of plankton in a remote industrial island, Taiwan Strait, southwestern Taiwan. *Biodiversity Science*, 24, 748–756. (in Chinese with English abstract) [陈孟仙, 翁韶莲, 陈姿君, 陈镇东 (2016) 台湾海峡离岛工业区海域浮游生物丰度之长期变化. 生物多样性, 24, 748–756.]
- Cheung WWL, Lam VWY, Sarmiento JL, Kearney K, Watson R, Pauly D (2009) Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 10, 235–251.
- De Kluijver A, Soetaert K, Czerny J, Schulz KG, Boxhammer T, Riebesell U, Middelburg JJ (2013) A ^{13}C labeling study on carbon fluxes in Arctic plankton communities under elevated CO_2 levels. *Biogeosciences*, 10, 1425–1440.
- Du JG, Cheung WWL, Chen B, Zhou QL, Yang SY, Ye GQ (2012) Progress and prospect of climate change and marine biodiversity. *Biodiversity Science*, 20, 745–754. (in Chinese with English abstract) [杜建国, William W. L. Cheung, 陈彬, 周秋麟, 杨圣云, Guanqiong Ye (2012) 气候变化与海洋生物多样性关系研究进展. 生物多样性, 20, 745–754.]
- Farnsworth EJ, Ellison AM, Gong WK (1996) Elevated CO_2 alters anatomy, physiology, growth, and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Oecologia*, 108, 599–609.
- Findlay DL, Kasian SEM, Turner MT, Stainton MP (1999) Responses of phytoplankton and epilithon during acidification and early recovery of a lake. *Freshwater Biology*, 42, 159–175.
- Frederiksen M, Edwards M, Richardson AJ, Halliday NC, Wanless S (2006) From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. *Journal of Animal Ecology*, 75, 1259–1268.
- Fuentes MMPB, Limpus CJ, Hamann M (2011) Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Global Change Biology*, 17, 140–153.
- Hallegraeff GM (2010) Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, 46, 220–235.
- Harvell CD, Mitchell CE, Ward JR, Altizer S, Dobson AP, Ostfeld RS, Samuel MD (2002) Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296, 2158–2162.
- Hawkes LA, Broderick AC, Godfrey MH, Godley BJ (2007) Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biology*, 13, 923–932.
- Hays GC, Richardson AJ, Robinson C (2005) Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 337–344.
- Karl DM, Bidigare RR, Letelier RM (2001) Long-term changes in plankton community structure and productivity in the North Pacific Subtropical Gyre: the domain shift hypothesis. *Deep Sea Research, Part II: Topical Studies in Oceanography*, 48, 1449–1470.
- Liu J, Ning P (2011) Species composition and faunal characteristics of fishes in the Yellow Sea. *Biodiversity Science*, 19, 764–769. (in Chinese with English abstract) [刘静, 宁平 (2011) 黄海鱼类组成、区系特征及历史变迁. 生物多样性, 19, 764–769.]
- Liu RY (2011) Progress of marine biodiversity studies in China seas. *Biodiversity Science*, 19, 614–626. (in Chinese with English abstract) [刘瑞玉 (2011) 中国海物种多样性研究进展. 生物多样性, 19, 614–626.]
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014) *An Updated Synthesis of the Impacts of Ocean Acidification on Marine Biodiversity* (eds Hennige S, Roberts JM, Williamson P), pp. 65–69. Technical Series No. 75, Montreal.
- Sheridan P, Minello TJ (2003) Nekton use of different habitat types in seagrass beds of Lower Laguna Madre, Texas. *Bulletin of Marine Science*, 72, 37–61.
- Steffen W, Crutzen PJ, McNeill JR (2007) The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO*, 36, 614–621.
- Sun J, Xue B (2016) Marine phytoplankton diversity and the impact of global climate change. *Biodiversity Science*, 24, 739–747. (in Chinese with English abstract) [孙军, 薛冰 (2016) 全球气候变化下的海洋浮游植物多样性. 生物多样性, 24, 739–747.]
- Xu ZL (2011) The past and the future of zooplankton diversity studies in China seas. *Biodiversity Science*, 19, 635–645. (in Chinese with English abstract) [徐兆礼 (2011) 中国近海浮游动物多样性研究的过去和未来. 生物多样性, 19, 635–645.]
- Zheng FY, Qiu GL, Fan HQ, Zhang W (2013) Diversity, distribution and conservation of Chinese seagrass species. *Biodiversity Science*, 21, 517–526. (in Chinese with English abstract) [郑凤英, 邱广龙, 范航清, 张伟 (2013) 中国海草的多样性、分布及保护. 生物多样性, 21, 517–526.]
- Zhou QL, Yin WP, Chen BH (2004) Effects of ultraviolet B radiation on marine ecosystem. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 23, 107–115. (in Chinese with English abstract) [周秋麟, 尹卫平, 陈宝红 (2004) 紫外线B对海洋生态系统的影响. 台湾海峡, 23, 107–115.]