



PRINCE ALBERT II
OF MONACO
FOUNDATION



Ocean Acidification
International
Coordination Centre
IAEA OA-ICC



FONDATION
BNP PARIBAS



AMAO



OCEANS 2015 INITIATIVE

海洋与气候的复杂关系： 对国际气候谈判的启示

Alexandre K. Magnan (IDDRI), Raphaël Billé (Secretariat of the Pacific Community), Sarah R. Cooley (Ocean Conservancy), Ryan Kelly (University of Washington), Hans-Otto Pörtner (Alfred Wegener Institute), Carol Turley (Plymouth Marine Laboratory), Jean-Pierre Gattuso (CNRS-INSU, Sorbonne Universités, IDDRI)

前言

大气和海洋是地球系统的两个组成部分，对生命至关重要，而这两者都在被人类活动所改变。人们对当代气候变化问题的认识很明确：由人为引起，受到极端事件的干扰，带来环境的日渐变化，以及广泛影响生命和自然资源，对世界各地的人类社会有着多重威胁。然而这一重要问题的另一方面却鲜被科学界认知：即巨大的变化也发生在海洋中，同样也会威胁生命和地球的可持续发展。

这篇政策简报阐述了重视海洋变化的重要性。本文是基于最近出版于《科学》杂志的论文（Gattuso等，2015），这篇文章提出了海洋及其生态系统在过去和未来的综合变化，以及提供给人类的商品和服务的变化情况。本文对比了两种截然不同的CO₂排放情况：高CO₂排放（即不加干预的常态排放；以代表浓度8.5方式排放，RCP8.5）以及严格的CO₂排放（RCP2.6），该排放方式与《哥本哈根协议》一致，即在该排放方式下至2100年全球平均气温上升不超过 2° C。本文的四点重要信息将作为这篇政策简报的标题出现。

重点

- 海洋与气候是密不可分的：海洋通过吸收累积到大气中的大量的热量、CO₂，以及汇集冰川融水，可以缓和人为引起的气候变化；
- 这种调节气候的功能同时会给海洋自身带来理化参数的深度变化，如海洋变暖和酸化，以及海平面上升等；
- 这些变化会显著影响海洋生态（海洋生物和生态系统），并最终影响到滨海地区人类活动（渔业、养殖业、旅游业、卫生等）；
- 随着大气中CO₂含量的不断增加，人类可采取的措施将减少并失效；
- 这一科学论断为立即并果断地减少CO₂排放到国际水平提供了有力论据。这一结论将应用于COP21以及2015年后气候制度的详细制定。

This article is based on research that has received a financial support from the French government in the framework of the programme « Investissements d'avenir », managed by ANR (French national agency for research) under the reference ANR-10-LABX-14-01.

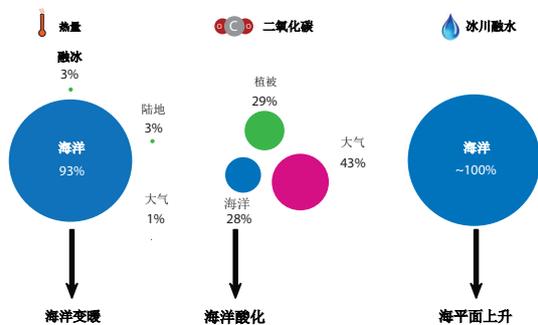
This is a product of "The Oceans 2015 Initiative", an expert group supported by the Prince Albert II of Monaco Foundation, the Ocean Acidification International Coordination Centre of the International Atomic Energy Agency, the BNP Paribas Foundation and the Monégasque Association for Ocean Acidification.

Institut du développement durable
et des relations internationales
27, rue Saint-Guillaume
75337 Paris cedex 07 France

1. 海洋显著影响着气候系统

全球海洋（包括封闭式海域）是一个“气候整合者”（图1），具体表现在：（1）自1970年代以来，海洋吸收了地球93%的额外热量，冷却了大气；（2）自1750年以来，有28%的人为活动所释放的CO₂被海水吸收；（3）海洋收集了几乎所有的冰川融水。如果没有海洋，气候变化情况将会变得非常严峻，严重威胁着地球上的许多物种。然而，海洋承担如此重要职责的同时，也给自身带来了一定的代价：工业革命时期，温室气体浓度从278 ppm增长到400 ppm，带来了海洋中一系列的重大环境变化，如海水变暖、海洋酸化、氧气损耗以及海平面上升等。

图1. 热量、CO₂与冰川融水的主要去向、分布及在海洋中的分配



强有力的证据表明，在1971年到2010年期间海水温度有所上升，甚至很可能在更早的时候海水就已经开始变暖了（Rhein等，2013）。海洋的各个深度均有不同程度的变暖，但表层海水变暖最为明显。据估计，在过去的四十年里，海洋表面至75 m的水温每十年上升了约0.11 °C。

同时，海水吸收的CO₂会引起pH的下降（即酸度增加），进而改变海水中碳酸根离子（CO₃²⁻）的浓度。这个过程叫做“海洋酸化”，这将会改变许多动物的内环境，降低了它们构建骨架、外壳的能力。自工业革命时代开始，表层海水的pH值已经下降了0.1单位，代表着在过去250年里海洋酸化的程度增加了30%（Rhein等，2013）。

最后，海洋变暖（即热膨胀）和大陆冰融化会导致海平面上升。在1901年至2010年期间，全球平均海平面每年上升了约1.7 mm，但1993年到2010年上升速率有所增加（+3.2 mm/yr）（Church等，2013）。

2. 影响已经产生，不同的温室气体排放水平（RCP2.6与RCP 8.5）会带给人类截然不同的未来。

科学证据已然明了，海洋变暖、海洋酸化以及海平面上升共同产生了一系列与海洋变化及人类生活有关的影响。首先，海洋的变化已经开始给生物界以及生态系统带来严重的后果，特别是在生物丰度，地理分布，入侵物种，捕食关系等方面（Pörtner等，2014）。其次，即便在高缓解方案（RCP2.6）下，有些物种在2100年之前也将面临着高风险的影响（图2）。这些影响同时存在于各个纬度，超越了传统南方、北方的分界，使这个问题上升成为全球关注的问题。

2.1 海洋理化参数

未来的海洋条件取决于未来几十年CO₂的排放量（图2（A））。严格的排放方案（RCP2.6）所允许的排放量，仅为21世纪常态排放（RCP8.5）的不到六分之一。在这两种排放方案下，海洋的物理化学参数在2100年会有显著的差异。

显而易见，在RCP8.5方式下，海水将会变得更暖，全球范围表层海水平均温差约为RCP2.6方式的4倍（分别为+2.73 °C和+0.71 °C）。开阔大洋表层海水酸化情况也有所不同，分别为RCP2.6下增长17%，RCP8.5下增长100%。

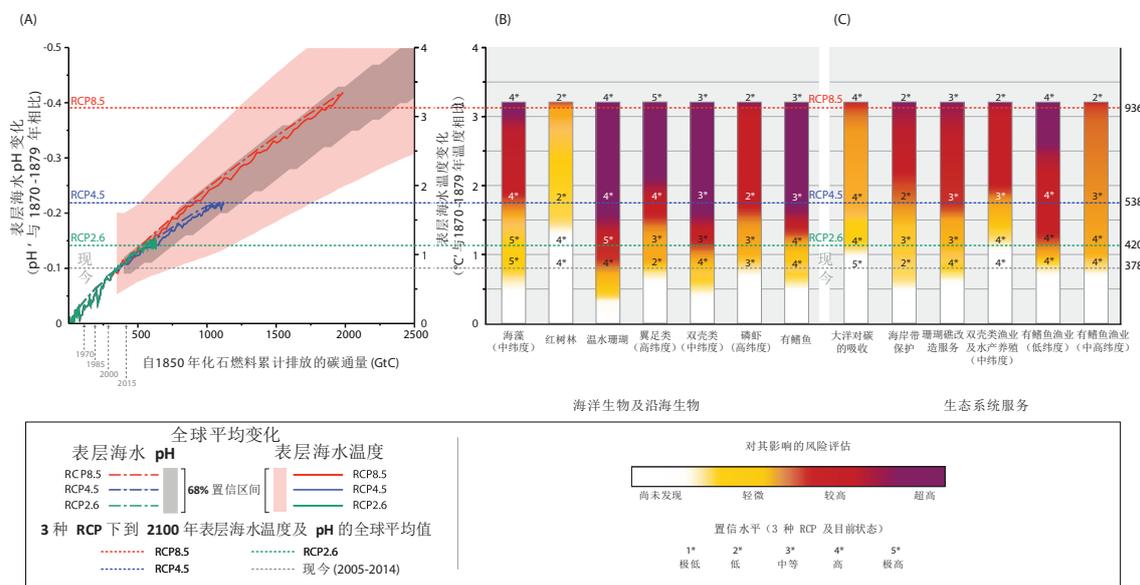
最后，相对于工业革命前，全球平均海平面将分别预计上升0.86 m（RCP8.5）与0.6 m（RCP2.6）。尽管在数字上并没有极大的差别，但这海平面间的微小差异却可能将对对应着洪灾影响下数千万人的差别。

2.2 生物与生态系统

温水珊瑚已经处在海洋变化的最前线，中纬度海藻以及许多其它物种也已经受到波及，包括高纬度翼足类（如钉螺—鲑鱼及其它有鳍鱼以其为食）、磷虾类、中纬度双壳类（如贻贝和牡蛎）以及有鳍鱼类（图2（B））。在严格的排放方式下（RCP2.6），海洋变化对温水珊瑚以及中纬度双壳类有着较高风险的影响，对其它物种的影响虽然也令人担忧，但影响相对较为缓和。但在常态排放下（RCP8.5），情况将变得相当糟糕：几乎所有的海洋生物（例如珊瑚，翼足类，有鳍鱼类和磷虾）将面临严重的冲击，如大量死亡或物种位移。这些通过实验，野外观测和模拟实验都得到确认的结果，与地质记录中的高CO₂时期所给出的证据是一致的，使预测更有可信度。

2.3 生态系统服务

作为其一项关键的生态系统服务职能，海洋吸收CO₂的能力将随着CO₂排放量的增加而下降：21世纪，海洋吸收人为排放CO₂的比例，将预计由56%（以RCP2.6方式排放）下降为22%（以RCP8.5方式排放）。更普遍的是，不同CO₂排放量对生态服务的影响与对海洋生物及生态系统的影响

图2. 不同人为CO₂排放量对海洋及社会带来的不同影响 (Gattuso 等, 2015)图2. 不同人为CO₂排放量对海洋及社会带来的不同影响 (Gattuso 等, 2015)

是并行存在的 (Weartherdon等, 2015), 若以RCP2.6方式排放该影响较为缓和, 而以RCP8.5方式排放该影响带来的风险将会非常高 (图2° C)。

低纬度地区的渔业和水产养殖业对数以万计的人来说是蛋白质的主要来源, 同时也是收入的主要来源, 但如果CO₂任意排放, 该行业将会受到非常严重的冲击。由于级联效应, 这将产生国家甚至国际水平的严重影响 (Magnan等, 2015)。例如, 特定区域的捕鱼潜力的变化, 会使相关国家间的国际渔业协定受到质疑, 这反过来又会对一些国家的行业 (利润, 就业等)、市场与价格产生影响, 进而影响其国际竞争力。最后, 海洋生态系统和生产力的变化越大, 对当前国际协定的威胁就越大, 对全球范围的食物安全、人类安全、地缘政治和发展的风险也就更大。

同样地, 到2100年, 对生态系统服务来说, 如海岸带保护 (通过沉水植物、珊瑚礁和红树林等), 风险将会变得非常大, 从而加剧了低洼地区海泛的危险。

海水变暖、氧气损耗以及海洋酸化所带来的影响会累积, 或者协同其它人为变化, 如生物资源过度利用、环境破坏和污染过度等。此外, 鉴于对海洋变化程度的预期, 我们必须认识到这是一个世界性的问题, 没有一个国家在这种变化下处在安全位置, 同时我们还要重视国际对气候变化的谈判与协商, 以保持未来的可持续性。

3. 温室气体含量增加, 降低了克服生态系统及生态系统服务所承担风险的措施的选择性与有效性。

目前我们有一些不同的选择来应对海洋变化带来的影响, 其中也积累了一些成功的经验。这些措施可以归结为以下四类: 减少CO₂排放量, 保护海洋和沿海生态系统 (例如, 通过建立保护区, 调节自然资源开发力度), 修复已经损害的生态系统 (例如, 珊瑚的辅助进化或珊瑚养殖), 以及适应海洋变化 (例如, 使经济活动多样化, 建立沿海挫折区)。然而, 随着海洋变暖和酸化程度的加剧, 这些解决措施的选择性与有效性都受到了限制。也就是说, 除了直接给生态系及其服务带来负面影响外, 使气温增长超过+ 2° C。(至2100年)的排放方式, 还将限制这些措施的可行性。比如, 如果没有健康的珊瑚, 珊瑚礁的恢复能力就无法被调节。此外, 随着沿海生态系统受破坏程度越来越普遍, 将需要更多的资金, 更密集的劳动去修复, 而且成功率将更得不到保障, 从而加剧其对人类的不良后果。

4. 亟需立即大幅减少CO₂排放量

综上三部分, 我们得出第四条关键信息: 相较RCP2.6, 顺其自然地CO₂排放方式会对海洋生态系统及其服务带来的巨大的不可逆转的影响, 亟需立即大幅减少CO₂排放量来阻止影响的恶化。科学证据表明, 大力度的缓解方案 (RCP2.6) 并不会

还给我们一个理想化的海洋，严重的影响仍然会发生。这意味着，RCP2.6充其量只是任何全球气候协议与联合国气候变化框架公约（UNFCCC）的最高临界值，在此之内方才可实现其防止“气候系统受到人类活动的危险干扰…在足够的时间里使生态系统可以自然地适应气候变化，以确保粮食生产没有受到威胁，使经济发展可持续”的基本目标（联合国，1992）。

然而，UNFCCC下的国际气候谈判只在最低限度考虑了温室气体排放对海洋的影响，以及海洋作为解决途径，对于实现缓解并适应气候变化这一长期的全球目标存在一定的潜力。在此我们认为，鉴于最近的科学进展，COP21可以作为一个关键契机，来应对更好地把重大海洋问题整合到2015年后的国际气候制度中的挑战。本篇政策简报中总结的不同CO₂排放方式带来的不同未来，使我们清楚地看出，海洋为立即、果断减少CO₂排放又提供了一个强有力的论据。因此，只有提出可以显著减小对海洋的危害的全球性气候协议，才是足够完整和充分的。

致谢

本文由《2015海洋倡议》专家组编写，得到了摩纳哥阿尔贝二世亲王基金会、国际原子能机构海洋酸化国际协调中心、法国巴黎银行基金会和摩纳哥海洋酸化协会的支持。Alexandre K. Magnan感谢法国国家科研署的支持（CapAdapt project ANR-2011-JSH1-004 01）。Raphaël Billé得到了法国开发署与法国全球环境基金联合资助的RESCCUE计划（AFD CZZ 1647 01 F and FFEM CZZ 1667 01 H）的支持。Carol Turley感谢由NERC、Defra和DECC联合资助的英国海洋酸化研究计划的支持。Hans-Otto Pörtner感谢德国Bioacid项目的支持。本文仅代表作者个人学术观点，不代表任何机构立场。作者感谢法国可持续发展与国际关系研究所研究员王鑫对本文的审阅。

REFERENCES

- Church J.A., *et al.* (2013). Sea level change. In: Stocker T.F. (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Gattuso J.-P. *et al.* (2015). Contrasting Futures for Ocean and Society from Different Anthropogenic CO₂ Emissions Scenarios. *Science*, 349 (6243).
- Hoegh-Guldberg O. *et al.* (2014). The ocean in, C. B. Field *et al.*, Eds. (Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA), pp. 1655-1731.
- Magnan A., Ribera T., Treyer S. (2015). National adaptation is also a global concern. *IDDRI Working Paper*, 04/15, 14 p.
- Pörtner H.-O. *et al.* (2014). Ocean systems in, C. B. Field *et al.*, Eds. (Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA), pp. 411-484.
- Rhein M. *et al.* (2013). Observations: ocean. In: Stocker T. F. *et al.* (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 255-315. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*, United Nations, New York.
- Weatherdon L., Rogers A., Sumaila U.R., Magnan A., Cheung W.W.L. (2015). The Oceans 2015 Initiative, Part II: An updated understanding of the observed and projected impacts of ocean warming and acidification on marine and coastal socioeconomic activities/sectors. *IDDRI Study*, 03/15, 44 p.