雷德菲尔德比偏移！中国科学家重塑海洋元素认知

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/34744.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

雷德菲尔德比偏移！中国科学家重塑海洋元素认知。
在海洋科学领域，有一个被称为"海洋元素密码"的经典理论——雷德菲尔德比（Redfield Ratio）。这个由美国海洋学家阿尔弗雷德·雷德菲尔德（Alfred Redfield）于1934年提出的理论，揭示了海洋浮游植物的碳（C）、氮（N）、磷（P）的典型摩尔比为106:16:1，长期以来被视为全球海洋生态系统营养结构的黄金标准。

然而，由中国科学院地球环境研究所联合国内外科研机构，通过对全球海洋50年数据的系统分析，首次证实这个被视为海洋恒等式的元素比例正在发生显著偏移。这一成果近日发表在《自然·地球科学》（Nature Geoscience）。

我们发现，海洋营养元素的比例在过去几十年中并非恒定，而是在不同区域和时段呈现出结构性变化。论文第一作者、中国科学院地球环境研究所副研究员刘济告诉《中国科学报》，这项发现挑战了海洋系统被视为‘化学恒温器’的传统观念。

建立全球最大海洋元素比例数据库

这项研究的起点，源于刘济博士期间的学术思考。尽管当时他的研究聚焦于陆地生态系统，但海洋生态系统作为生态化学计量科学的起源，其复杂性和稳定性始终吸引着他的好奇心。2023年赴德国做洪堡学者期间，得益于当地发达的水质监测系统和开放的数据资源，刘济的研究构想得以快速落地。



刘济（一排左五）国内的科研团队。受访者供图



刘济（二排左三）在德国做洪堡学者期间的科研团队。受访者供图

?

传统的雷德菲尔德比具有局限性，该比例忽略了全球海洋在空间和时间尺度上的巨大变异性。尤其是在面对近年来气候变化和人类活动的干扰下，我们发现这一经典比例无法全面描述真实海洋系统中碳、氮、磷元素的动态变化，存在明显的区域偏差和时间漂移。刘济告诉《中国科学报》。

这项研究还揭示了一个关键发现：海洋固碳能力可能被长期低估。"如果忽略了元素配比变化，可能会高估海洋的碳汇功能，并错误判断浮游植物的营养限制类型。刘济补充道，我们的数据提示，提升海洋初级生产力、增强碳汇潜力可能需要更合理地补充氮磷等关键营养盐，这一发现对解决海洋初级生产力养分限制问题、优化气候治理策略具有重要指导意义。"

改变90年来的认知范式

这项研究成果直接挑战了雷德菲尔德比恒定不变的假设。团队指出，若继续使用传统模型，将高估海洋对碳的储存能力、误判浮游植物的营养限制状况，从而影响碳汇评估和全球气候预测模型的精度。

我们发现海洋生态系统的调节机制可能并没有我们想象的那么稳定，尤其是在强烈的人为干扰下，生态系统的营养结构正在发生显著转变。刘济介绍，长期依赖固定元素比例的模型可能低估了未来海洋系统的不确定性。

尽管这项研究具有突破性意义，研究团队在提交论文时仍然忐忑。雷德菲尔德比的影响根深蒂固，要改变学界持续90年的认知范式并非易事。刘济回忆道。但审稿人评价明确指出：从全球尺度的时空角度挑战开创性的雷德费尔德比率，早该成为一项迫切的研究课题。海洋生物地球化学模型需要摒弃固定的雷德费尔德比率，以更好地理解复杂的反馈机制，从而提升对未来海洋生态系统变化的预测能力。

谈及研究动力，刘济表示：科学研究的本质就是对未知世界的持续探索。保持好奇心，是我们坚持走下去的理由。

未来，研究团队计划进一步探索海洋中铁、锌等微量元素的作用机制，以及它们是否可能在某些极端条件下主导局部和全球的海洋生态功能。同时，将探讨这些元素除了碳、氮、磷外对海洋初级生产力及生态功能的作用机制和影响程度。（来源：中国科学报 李媛）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41561-025-01735-y

作者：刘济等 来源：《自然—地球科学》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发