



赏



冷泉之行

重点：

冷泉在哪里, 在冷泉会发生什么, 以及科学家如何研究它们。

学习目标：

本课结束后, 学生应该能够：

1. 通过观察和描述科学地图, 将不同的数据集联系起来
2. 区分二氧化碳和甲烷气体
3. 澄清对温室气体的错误认识
4. 解释什么是冷泉, 为什么大多数气体/甲烷水合物发生在大陆边缘
5. 描述科学家用来定位和研究甲烷/天然气水合物的一些方法

前提：

在本课之前, 学生应该熟悉了解地图、分子结构和结合, 以及温室效应和气体。

关键词：

北冰洋, 甲烷, 二氧化碳, 气体水合物, 冷泉, 温室气体。

This specific lesson plan was developed in a close collaboration with:
Solmaz Mohadjer, Vibeke Aune, Davide Oddone and Giuliana Panieri.

Edited by: Giuliana Panieri and Mathew Stiller-Reeve

Layout and Graphics: Heike Jane Zimmermann

Translation: Giuliano Bertolotto Bianc

Mohadjer, S., Aune, V., Oddone, D. & Panieri, G. (2023). 冷泉之行 (A journey to a cold seep). In G. Panieri, M. Stiller-Reeve & M.P. Poto (Eds.), 海洋感官活动书 (The Ocean Senses Activity Book), tr. Giuliano Bertolotto Bianc (pp. 41-55). Septentrio Educational, 2023(2). <https://doi.org/10.7557/8.7220>

© The Author(s)

[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

简而言之（对教师而言）：

这个视频课程包含4个视频片段和3个课堂活动。在课堂活动中，学生将

1. 讨论两种温室气体（甲烷和二氧化碳）之间的差异和相似之处。
2. 使用科学地图来观察和描述他们所看到的東西。
3. 向他人解释他们的科学地图，并将不同的地图联系起来，回答关于大多数气体水合物的位置和原因的问题。

教师可以播放补充材料中提供的视频片段和额外的镜头和照片，让学生参与并准备好课堂活动，并向他们介绍科学家用来研究海洋中冷渗漏的一些工具。

需要的材料：

3 活动#2和#3的地图。打印彩色地图，尺寸最好为60x90厘米。地图应以相同的比例尺印制，并明确显示图例。地图比例尺的统一使学生很容易比较地图之间的数据。这些地图的PDF文件包括在课程包的最后（第15-17页）。你也可以在这里找到它们：

地图1：https://plateboundary.rice.edu/DPB_map_gifs/topo.grad.50percent.gif

地图2：<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2004.06.014>

地图3：<https://www.usgs.gov/media/images/map-gas-hydrates>

可选的：活动1的分子模型套件（也可使用模型粘土和吸管来构建甲烷和二氧化碳模型）。海底和遥控潜水器ROV取样的额外图像和视频片段--这些文件包括在课程包中，并可在以下网站获得：

<https://akma-project.com> 或从2023年夏天开始在 <https://en.uit.no/project/akma>

视觉/音频材料：

这是一个视频课程。你将需要视听设备（如果你打算串流视频，还需要互联网连接）。视频中的科学家和教师涵盖了大约20分钟的课堂时间。在最后一段的末尾，我们包括了一份教师的课堂活动指南。我们鼓励教师在使用这个视频课程之前，先观看这一段。教师指南约为7分钟。此外，还有额外的视频片

段，包括海底的视频和ROV（一种遥控潜水器）取样的视频，可在 <https://akma-project.com> 或从2023年夏天开始 <https://en.uit.no/project/akma>

教学时间：

本课时长约为60分钟。其中包括由视频科学家和教师讲授的20分钟的视频片段，以及由随堂教师主持的40分钟的课堂活动。与本教案配套的视频：

<https://youtu.be/k0awmdQQITA>

背景故事：

本节旨在供那些有兴趣在课堂上使用本视频课程的人阅读。

1. 什么是冷泉，为什么它们很重要？

冷泉或冷喷口是海底甲烷（CH₄）和其他气体泄漏并释放到水中的区域。你可能听说过热液喷口（或温泉），海水在热火山岩中循环。冷泉与热液喷口不同，因为它们发生在低温下。在冷泉的地方，我们有碳酸盐岩。这些岩石的形成是由于甲烷和海水之间的反应。在冷泉中也有大量的微生物活动。这些微生物以厌氧方式（在没有氧气的情况下）氧化（或吃掉）甲烷。冷泉很容易辨认，因为白色的细菌垫子标志着它们在海床上的位置。

冷泉是深海生态系统的一个重要组成部分。如上所述，它们为依赖将化学品（如甲烷）转化为食物的细菌的群体提供食物。这些细菌中的一些形成了白色的垫子，可以在海底探测到（见下图），一些与管虫或贻贝等动物共生。动物为细菌提供了一个安全的家，而作为回报，细菌为动物提供了食物。这使得冷泉成为深海中的绿洲！冷泉也可能是气候变化的重要促成因素，因为它们向海洋排放甲烷。此外，由于冷泉通常表明海床下有大量的碳氢化合物，它们可以被认为是解决我们日益增长的能源需求的新的碳氢化合物来源。



在北冰洋的海底发现的细菌垫的例子。(图片：AKMA)

2. 科学家如何研究冷？ (

科学家们使用水下技术，如遥控潜水器ROV和自主水下载具（AUV）来研究冷泉。这些机械有几个摄像头和强大的灯光，可以对海洋深处的冷泉点进行拍照。它们还配备了可以对沉积物、岩石、生物群落、气体和水进行采样的装置，并帮助绘制海底测深图。

用于研究海底的其他工具包括多岩芯仪、重力岩芯仪、热流探测器和地震数据集，这些工具用于对地下流体和气体流动进行成像。要进一步了解其中的一些技术，我们建议观看AKMA项目网站上的科学视频

<https://akma-project.com> 或从2023年夏季开始在 <https://en.uit.no/project/akma> 观看科学视频。



ÆGIR 6000 是一种遥控潜水器 ROV，旨在供科学家进入和研究海底。它适用于高达 6000 米的深度。ÆGIR 由挪威卑尔根大学

的海洋机器人实验室操作。卑尔根大学（UiB）
图片来源：Solmaz Mohadjer。

3. 什么是甲烷，它是如何产生的？

如上所述，甲烷和其他气体在冷渗漏处被释放到水中。但什么是甲烷，它是如何产生的？甲烷CH₄是一种碳氢化合物（由一个碳原子和四个氢原子臂组成），是天然气的主要成分。由于生物和地质过程，甲烷在自然界的地下和海底都有。在海底，甲烷是由生活在沉积层中的微生物产生的。

这些生物体缓慢地将有机材料转化为甲烷。这些有机物是曾经生活在海洋中的其他生物的遗骸，它们死后沉入海底，最后成为海洋沉积物的一部分。从自然来源释放的甲烷只占大气中甲烷总排放量的一小部分。事实上，大气中一半以上的甲烷来自某些人类活动，如石油和天然气生产、农业活动和废物管理。事实上，大气中的甲烷水平主要是由化石燃料和农业/畜牧业部门的排放所驱动。

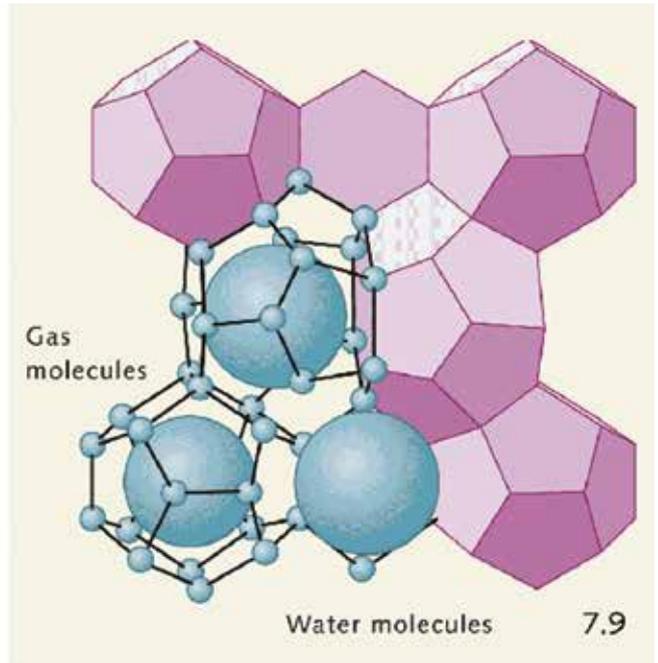
你可能听说过牛和其他放牧动物，例如，作为甲烷生产者。它们的胃里有微生物来帮助消化。这些微生物在分解食物时产生甲烷。然后，当动物打嗝或排出气体时，甲烷可以被释放到大气中。甚至他们的粪便也是微生物聚集的地方，产生更多的甲烷。同样，稻田被淹时，为产生甲烷的细菌创造了一个完美的家（平静的水和低氧）。微生物也在垃圾填埋场和污水处理设施中逗留并产生甲烷。

在钻探和生产过程中，甚至在油气井停产后，甲烷也可能有意或无意地从油气井中释放出来。这种情况

可能发生在油井没有正确堵塞的情况下，将大量的甲烷排放到大气中。

4. 什么是天然甲烷气水合物（燃冰）？

天然甲烷气体水合物（也称为燃烧的冰）是由水和甲烷气体组成的冰状固体（不是气体）。气体被锁在水分子中，如果你挖出一大块，如果你把火柴放在它上面，你会发现它不会融化。相反，它会产生一种发泡的感觉，如果你把火柴放在它上面，它就会着火。天然气水合物是由生物体和腐烂和部分腐烂的动植物组织中的碳以及天然有机物制成的，如动植物物质腐烂时在土壤中形成的那些有机物。气体水合物在我们有微生物消耗的有机物沉积的地方被发现，通常是在温度低、压力高的大陆边缘。在海洋中，我们在冷泉中发现它们。深海中存在大量的甲烷气体水合物，尽管确切的数量和位置还不完全清楚。这些水合物通常是稳定的，除非有像温水这样的东西扰乱它们。当不稳定时，这些水合物可以将甲烷从海底释放到大气中，并通过捕获大气中的热量使其变暖。



(图片左) 甲烷水合物的蜂窝状结构，(图片右) 气体水合物的结构：甲烷气体分子（大球体）被困在由水分子（小球体）组成的笼子里，如果笼子破裂（例如由于温度升高），甲烷气体就会逃逸，并能进入水柱/大气层。图片来源：

<https://worldoceanreview.com/en/wor-1/energy/methane-hydrates/>

5. 为什么甲烷排放很重要？如何减少它们？

甲烷排放之所以重要，是因为甲烷是一种强大的温室气体，其变暖效应是二氧化碳的40倍。这意味着甲烷在大气中捕获热量的能力比二氧化碳更强，所以它在大气中的存在会影响地球的温度和气候系统。大气层中的大部分甲烷来自人造（人为）来源，而不是甲烷气体进入水体的冷泉。二氧化碳也可以在大气中持续几个世纪。然而，甲烷在大气中的含量要少得多，平均只持续十年左右。这意味着甲烷在一个相对较短的时期内有很大的影响。因此，减少甲烷排放可以对大气变暖潜力产生快速和重大的影响。

学习程序：

在配套的配对教学视频中，请关注这个过程：

<https://youtu.be/k0awmdQQITA>

小组工作：

活动1（神秘的瓶子）是以讨论为基础的，可以在小组或整个小组中进行。对于活动2，学生们组成三个小组，每个小组站在他们指定的地图附近。第一组被分配到地图1（水深测量），第二组被分配到地图2（海洋沉积物中的有机碳含量），第三组被分配到地图3（甲烷/气体水合物位置）。

在活动3中，学生组成三个新的小组（A、B和C组）。这将是一个与他们在活动2中合作的学生不同的小组。每个新的小组应该至少有一个人来自以前在活动2中组成的小组。例如，A组应该至少有一个人来自第1、2和3组。每个小组需要依次参观每张地图，以熟悉地图。

实用：

除了下面提供的说明外，请查看本课的“教师部分”以获得更详细的说明。

活动1

神秘的瓶子，5分钟：

这是一个基于讨论的活动，要求学生讨论如何将装有甲烷气体的瓶子与装有二氧化碳的瓶子区分开来。

1. 通过播放第一个视频片段开始视频课。视频中的科学家和教师将提供一些背景信息并介绍活动1。在该段结束时暂停视频。
2. 将学生分成小组或进行全班讨论。
3. 问学生如何识别哪个瓶子里有甲烷，哪个瓶子里有二氧化碳？允许学生自由探索想法，并解释他们的理由以支持每个想法。支持每个想法。考虑在黑板上写下他们的想法。
4. 在他们完成讨论后（5分钟），回到视频课上播放录像：录像中科学家和教师解释两种气体的异同，并介绍活动2。

活动2

观察地图，5分钟：：

[视频片段 5:40 - 8:30]

这是一个基于观察和描述地图的练习。你将使用3张地图：地图1（水深测量），地图2（海洋沉积物中的有机碳含量）和地图3（甲烷/天然气水合物的位置）。下面对每张地图进行描述：

- a. 地图1显示了地球的地形和水深测量。这是陆地表面的海拔高度和海洋的深度。该地图用颜色表示不同的海拔和深度，并模拟了太阳的阴影，以增加地图的三维感。右边的刻度条显示了地图上与海拔高度相对应的颜色，单位为米。
- b. 地图2显示了在<5厘米沉积物深度发现的海洋沉积物中总有机碳含量的全球分布模式（单位：wt%）。
- c. 地图3显示了天然气水合物的位置（已恢复的、推断的和钻探地点）。

1. 在学生到达教室之前，打印3张地图，并把它们贴在教室的墙上，间距要足够大，以便8-10名学生的小组可以站在一张地图周围，而不会影响到一个小组站在另一张地图周围讨论问题。您可以选择将地图打印得大一些，然后贴上层压板。如果学生是站着而不是坐着，他们可能会更容易讨论这些地图，但如果您的空间有限，可以随意将地图贴在桌子上，让学生围着桌子坐。请记住，这些地图是可以重复使用的，特别是如果您把它们贴上层压板。

2. 学生进班后，将他们分成三组。每组站在他们指定的地图周围（例如，第一组站在地图1周围）。
3. 要求学生熟悉他们的地图。他们应该阅读侧面的标签，看看显示的是什么以及如何显示的。他们应该以小组为单位，找出他们正在看的东西。一旦他们研究了他们的地图，他们就可以开始描述他们所看到的东西。他们的描述应包括诸如深或浅、高有机碳或低有机碳等词汇。当学生们这样做的时候，在各组之间进行传阅，倾听并澄清错误的观念。
4. 一旦学生研究完他们的地图（10分钟），回到视频课上，播放下一个片段。视频科学家和教师将讨论地图并介绍活动3。

活动3

有关地图，15分钟：
[视频片段 8:45 - 9:50]。

1. 将学生分成新的小组（A、B和C组）。这将是一个与他们在活动2中合作的学生不同的小组。每个新的小组应该至少有一个人来自以前在活动2中组成的小组。例如，A组应该至少有一个人来自第1、2和3组。这样可以确保每个小组都有熟悉三张地图的成员。
2. 提醒学生注意要求他们讨论的三个问题：
 - a. 大多数天然气水合物位于什么深度？
 - b. 你在哪里看到海洋沉积物中含有大量的有机碳？
 - c. 你期望在哪里找到天然气水合物，为什么？为了回答这些问题，学生们需要将这三张地图相互联系起来。考虑将这些问题写在黑板上。
3. 请每个小组参观每张地图，以熟悉所有的地图。在每次参观时，活动2中该地图的专家将向小组介绍情况。比如说、当A组访问地图1时，那些已经熟悉地图1的人向其他组员介绍情况，然后他们一起尝试回答问题。学生可以选择在笔记本上或在黑板上写下他们的答案。当学生们这样做的时候，可以自由地在各组之间传阅，倾听和澄清错误的概念。
4. 学生完成后（15分钟），回到视频课程，播放最后一段。视频中的科学家和教师将讨论这三个问题，并展示科学家用于研究冷泉的一些工具。这是最后一个视频片段，也是本课的结束。

进一步讨论

既然您已经了解了自然和人为的甲烷排放，以及冷泉和科学家如何发现和研究它们，我们鼓励您使用额

外的材料（在资源下）来讨论以下问题：

1. 使用重力取样器可以获得什么样的信息？使用这种方法获得的岩心与其他取心方法有何不同？
2. 您（作为个人）可以做些什么来减少甲烷排放？举出2-3个例子。
3. 科学家如何利用地震数据来记录海洋深处的甲烷排放？
4. 火星的大气中是否有甲烷？其地下情况如何？火星上存在的甲烷可能意味着什么？资

资源

AKMA科学视频：

<https://akma-project.com> 或从2023年夏天开始在<https://en.uit.no/project/akma>

冷渗漏：

<https://oceanexplorer.noaa.gov/edu/themes/cold-seeps/>

减少甲烷排放：

<https://eos.org/editors-vox/menthanes-rising-what-can-we-do-to-bring-it-down>

微生物对海底甲烷的消耗：

<https://eos.org/research-spotlights/investigating-rates-of-microbial-methan-munching-in-the-ocean>

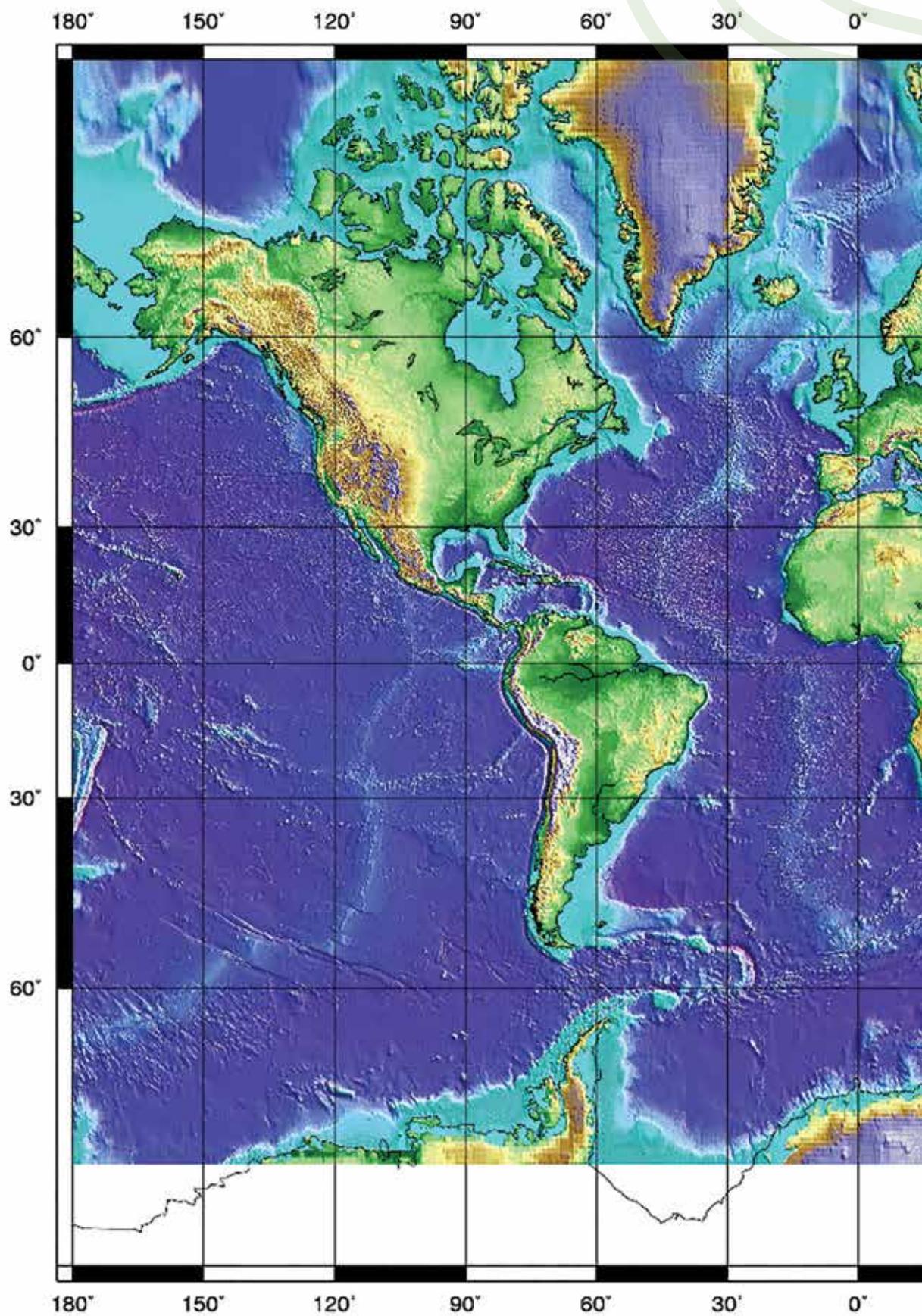
火星甲烷：

<https://eos.org/articles/how-scientists-search-for-martian>

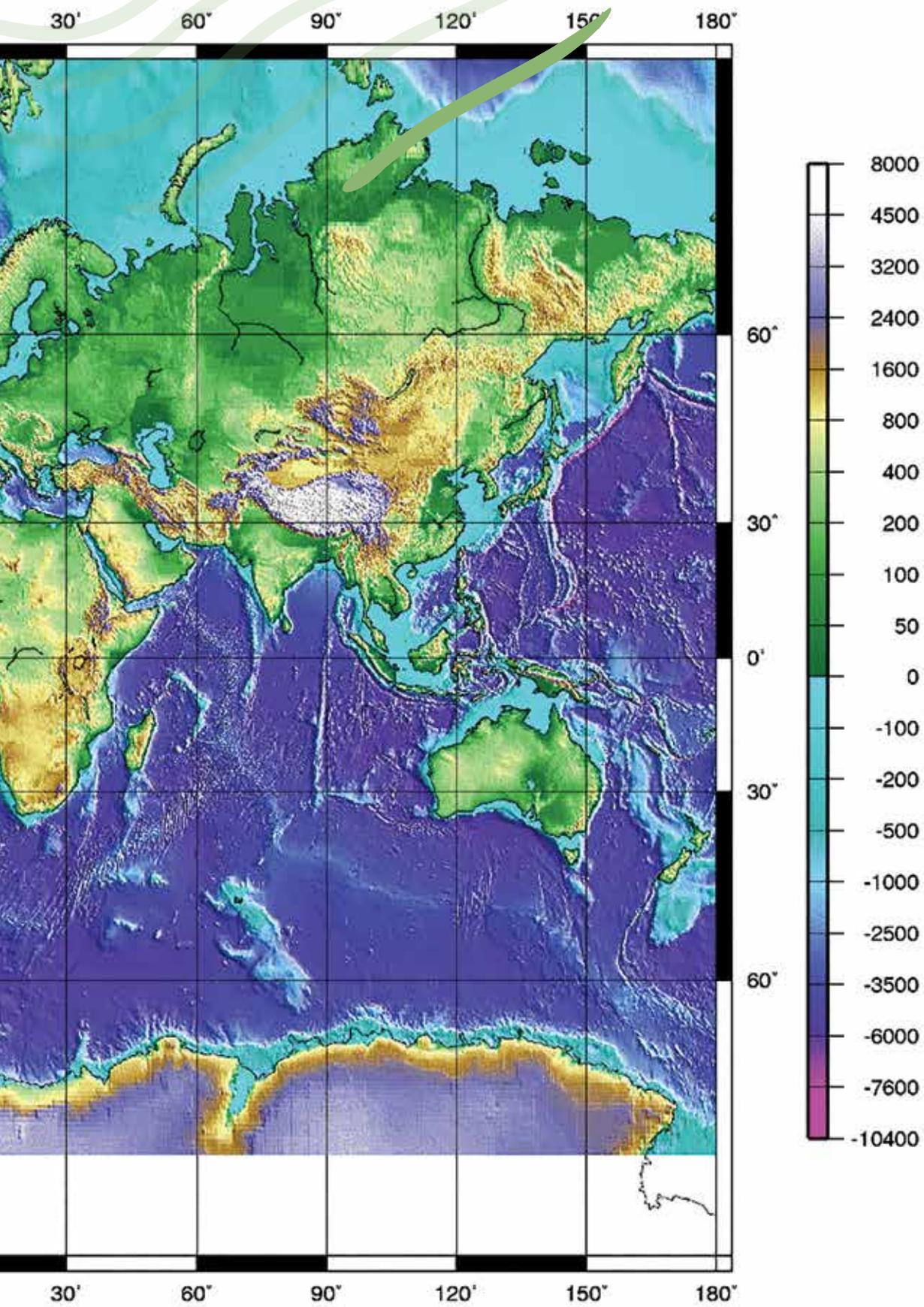
SCIENTIFIC SPECIALTY: GEOGRAPHY

Elevation in meters above sea level
Map based on widely available dataset ETOPO5

This map is part of "Discovering Plate Boundaries," a classroom exercise developed by Dale S. Sawyer at Rice University (dale@rice.edu). Additional information about this exercise can be found at <http://terra.rice.edu/plateboundary>.



海拔高度(米) (elevation in meters above sea level) 基于广泛提供的数据集 ETOPO5 的地图
(Map based on widely available dataset ETOPO5)



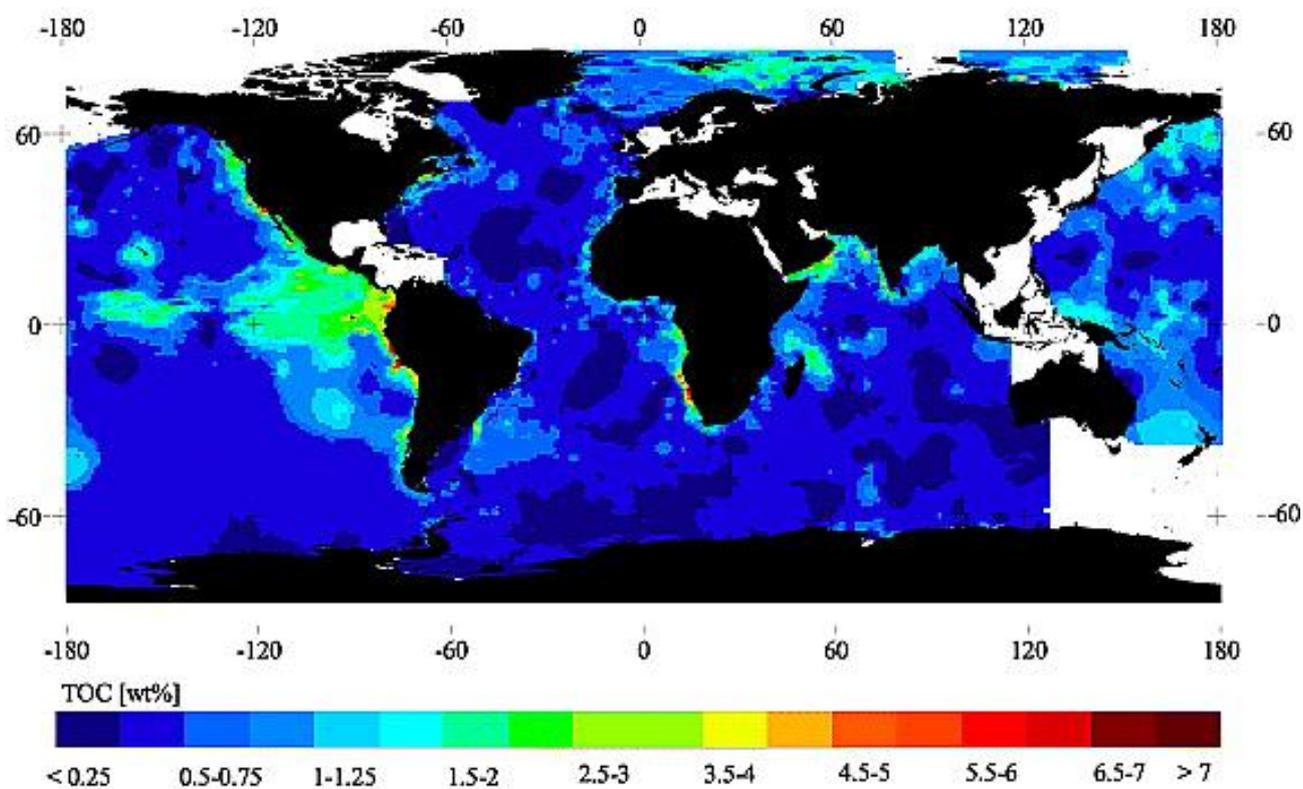


图11. 表层沉积物中TOC 含量的全球分布模式 (5 厘米沉积深度) Seiter, Katherina, et al. "Organic carbon content in surface sediments-defining regional provinces". Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 51.12 (2004)2001-2026.

