

鑫亿泰地质微生物技术（北京）有限公司

地质微生物学研究进展

2012年11月1日

第4期（总第4期）



研发部编辑

鑫亿泰地质微生物技术（北京）有限公司

北京昌平科技园华通路11号409-411室

电话：010-64411688 传真：010-69728772

目 录

专 题

南极大陆之下可能蕴藏大量天然气.....	3
深海热泉环境中的极端嗜热产甲烷菌.....	4
Makran 冷泉中烃渗漏, 化能合成群体和底层水氧化还原作用的相互关系.....	6
甲烷厌氧氧化新模式.....	7
中国学者在塔中地区进行通过主要构造事件估算烃类损失的方法实验.....	9
中国西藏日喀则首次发现晚白垩纪冷泉碳酸岩盐.....	10
中国东北冻土区活跃层深度和植被对季节性甲烷渗漏影响.....	11
冰川和冰原表面生物过程.....	12
中国陆地油气田近地表土壤中烷烃降解菌的多样性和丰度.....	13
西藏纳木错湖细菌群落随季节的动态变化.....	14
细菌基因高通量测序: 通向未知世界的唯一选择.....	15

短 讯

2012 诺贝尔奖.....	16
----------------	----

南极大陆之下可能蕴藏大量天然气

长期以来,人们都认为南极冰原覆盖下的岩石圈中没有生命物质的存在,但是现在研究表明,南极的冰盖下赋存着大量的有新陈代谢活性的微生物以及有机碳。产甲烷古菌可以将有机碳转化成为甲烷,甲烷在适当的温压条件下会形成水合物从而储存在冰盖之下。其模式如图1所示:

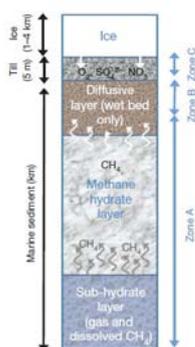


图1: 冰盖以下甲烷的生成

冰盖之下大概可以分成三个区带。区带A是甲烷生成区、区带B是硫酸盐还原/甲烷氧化区、区带C是硫化物氧化及硝酸盐还原区。白色箭头指示了甲烷的扩散方向。

在2012年10月30日出版的《NATURE》杂志中,来自英国布里斯托大学等机构的科学家们对南极大陆东西两块大型冰盖之下的甲烷储存进行了评估和计算。南极地区有巨大的沉积盆地,其海洋沉积厚度可以达到14,000米,据估计有多达21,000皮克(1皮克=10¹⁵克)的有机碳被深埋在南极洲的冰盖之下。据估计,在南极现今的温压条件下,在南极西部冰盖甲烷水合物最适的埋藏深度大约为300米,而在南极东部冰盖,这个数字是约700米。科学家还利用数学模型对东西部的的水合物储存量进行了估算,据估在南极东部冰原之下的水合物当量大约为70-390皮克碳(1.31-7.28×10¹⁴立方米甲烷气体),而且其大部分为生物成因甲烷。南极西部冰原之下的水合物要少很多,其当量大概为几十皮克碳(约2×10¹³立方米甲烷气体),其大部分为热成因甲烷。

据估南极冰盖之下甲烷的蕴藏量大约和近期在北极地区估计的甲烷蕴藏量相当,这个发现说明南极冰原也是一个极其重要的,但一直被忽视的全球碳库,随着全球变暖,冰原的融化,甲烷会被释放并对全球变暖形成正反馈。

编辑: 郝纯

资料来源:

<http://www.nature.com/nature/journal/v488/n7413/full/nature11374.html>

深海热泉环境中的极端嗜热产甲烷菌

深海热泉是一种十分特殊的生态环境,现在已有很多研究发现深海热泉环境中有很多嗜热的微生物生存。同时,也有研究在深海热泉中发现了产甲烷菌和生物产甲烷作用,但这个作用的限制因素有哪些还不清楚。

近期美国马萨诸塞大学、华盛顿大学等机构的科学家采用细胞培养、分子生物学以及地球化学的研究方法揭示了深海热泉环境中生物产甲烷作用的限制因素。相关研究结果发表在2012年8月21日出版的《PNAS》上。

研究发现的第一个重要的限制因素是氢气的浓度。该研究分别研究了太平洋东北部 Axial 和 Endeavour 两个海域深海热泉的生物产甲烷作用。研究发现 Axial 海域深海热泉有着较强的产甲烷现象,而 Endeavour 海域深海热泉几乎检测不到产甲烷菌和产甲烷作用。随后对这两个地点的地球化学研究发现 Axial 海域深海热泉富含氢气,而 Endeavour 海域深海热泉几乎检测不到氢气。为了证实氢气对于生物产甲烷作用的重要性,科学家设计了一种生物反应器,在反应器中接种上深海热泉的产甲烷菌,并向反应器中通入不同浓度的氢气并观察产甲烷作用。结果表明产甲烷作用和氢气的浓度有着高度的正相关关系,且当氢气浓度低于 17-23 μ M 时,产甲烷作用几乎停滞。

此外,微生物直接的共生作用也是影响产甲烷作用的一个因素。该研究在热泉环境中除了发现产甲烷菌以外,还发现了一种能产氢气的嗜热球菌,这种嗜热球菌在产甲烷菌的存在时,具有较高的产氢气活性。而且两种细菌同时培养的时候会体现出较高的产甲烷活性,如图 2 所示。

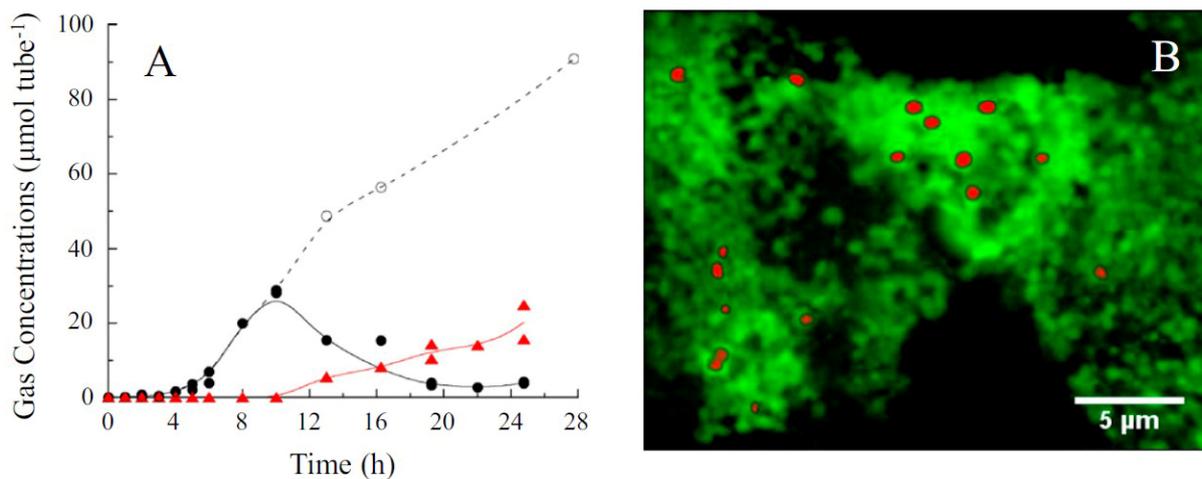


图 2: A, 嗜热球菌 CL1 在 82°C 与产甲烷菌 JH146 一起培养 (黑色空心圆) 及单独培养 (黑色实心圆) 时氢气的产量。产甲烷菌 JH146 与嗜热球菌 CL1 一起培养时甲烷的产量 (红色实心三角)。B, 产甲烷菌 JH146 (红色) 与嗜热球菌 CL1 (绿色) 共培养时的荧光原位杂交图。

编辑: 郝纯

资料来源:

<http://www.pnas.org/content/109/34/13674.full.pdf>

Makran 冷泉中烃渗漏, 化能合成群体和底层水氧化还原作用的相互关系

世界上最大的氧含量低值区(OMZ)位于 Makran 大陆架边缘。德国不莱梅大学海洋科学研究中的研究者们以该区域为研究对象,以揭示流体渗漏,地层水的氧化还原作用,以及化能合成群体之间的相互关系。其研究成果发表于2012年6月的《Biogeosciences》上。

本研究通过遥控操作装置从含氧量低值区的中心及下部获得样品。提取沉积物的孔隙水来分析硫化物和硫的含量。根据底层水中的氧气可利用率不同,冷泉不仅能被微生物团所占据,也可以被一些广动物区系占据。后者包括一些具有深海习性的环节动物和蛤类,在气孔的附近以同心轴的形式排列。在大多数地方都是微生物占据,并且往地层水释放硫化氢。在广动物区系的地方,硫化氢就被保存在沉积物中。

此外,本实验模拟了一些孔隙水的模型来评价流体水平对流的速率和生物充注的速率。其结果表明,化能合成型的广动物区系栖息在冷泉外部含氧低值区以下,这样就能有效的进行生物充注并且将硫化物传送到沉积物 10-15cm 之间。动物在栖息地的外部是通过高浓度的硫来提供硫化氢,以加快甲烷厌氧氧化作用。通过生物充注,广动物区系能改变他们的地球化学环境,并且通过厌氧氧化作用使溶解的硫化物向上运移。此外,通过生物充注使得底层含氧水介入到沉积物中,在栖息地的外部,硫化物沉积逐渐变深。

除了水中含氧量外,广动物区系群落的存在与否,主要还是取决于含氧低值区的深度及其硫化物的产量,因为他们决定了在深海中化能合成群落对硫化物的利用率。假设大型的蛤类能有效的将硫酸盐区域扩展到沉积物中,那么他们可能会切断小型生物,比如小的蛤类和硫细菌,从硫化物中获取能源。

编辑: 李雪

资料来源:

<http://www.biogeosciences.net/9/2013/2012/bg-9-2013-2012.pdf>

甲烷厌氧氧化新模式

从全球范围来看,甲烷这种主要的温室气体大量的存在于海底沉积物中。这些甲烷释放至大气中后对全球气候产生了深刻影响,之前都将气候快速变暖归因于海洋甲烷的释放。而那些能对甲烷进行厌氧氧化(AOM)的海洋微生物却扮演着海底甲烷库守卫者的角色,其减缓了甲烷从海洋向大气释放的速度。然而,尽管对甲烷从海洋向大气释放的规律进行了数十年的研究,但甲烷厌氧氧化过程对生物地球化学家和微生物学家来说仍旧是个谜。来自美国乔治亚大学海洋科学系的 Samantha B. Joye 于 2012 年 11 月 7 日在《NATURE》杂志在线发表的文章中,结合 Milucka 等近期对 AOM 氧化还原过程起媒介作用的单体微生物的新认识,综述了甲烷厌氧氧化的四种模式(如图 3)。

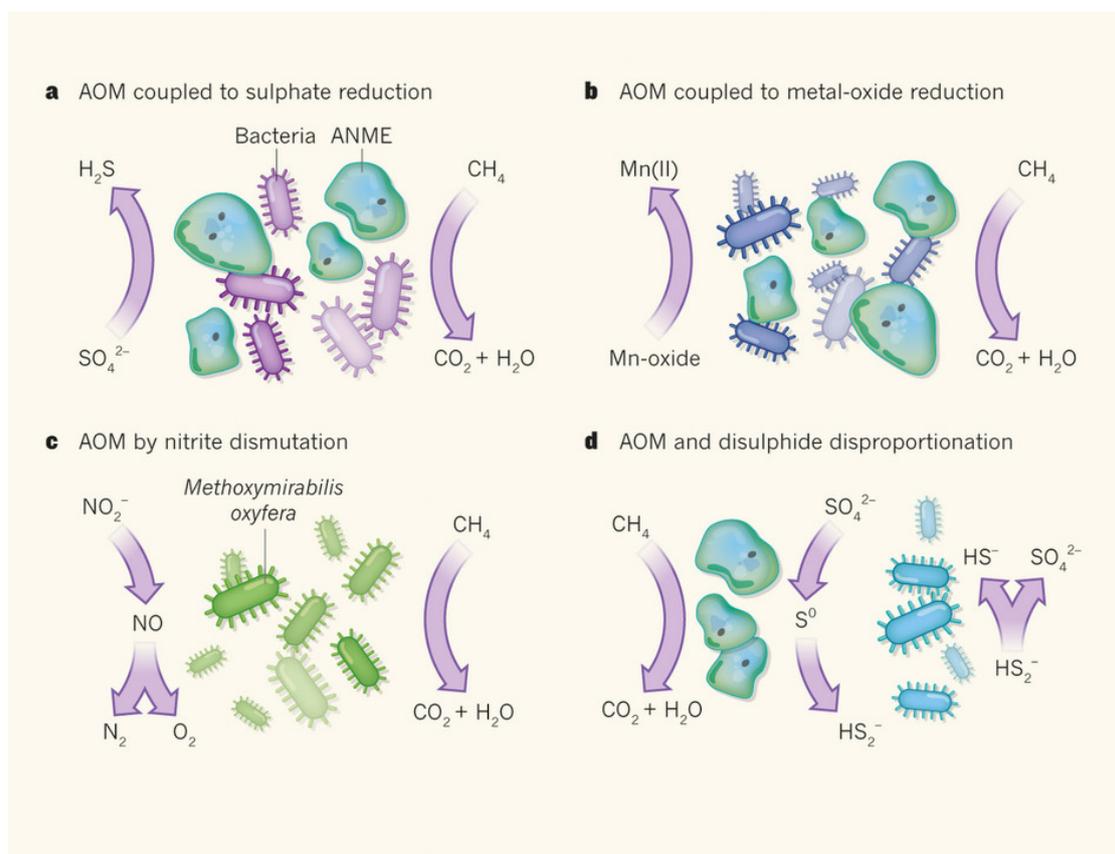


图 3: 四种已知的甲烷厌氧微生物氧化模式: 其中 a 和 b 被认为与两种或多种微生物联合作用相关的模式, 其中一种微生物表现为氧化作用, 其他则表现为还原作用; 其他两种模式 c 和 d 为单个微生物能表现出两种作用(氧化还原)。a 模式: 甲烷厌氧氧化古菌(ANMEs)可将甲烷氧化成二氧化碳和水; 同时, 将硫酸盐(SO_4^{2-})还原成硫化氢(H_2S)气体。但甲烷厌氧氧化古菌与硫酸盐还原菌之间的能量转化机制目前还不得而知。b 模式: 甲烷厌氧氧化古菌将甲烷氧化成二氧化碳

的同时也伴随着金属氧化物的还原(如金属锰或铁的二价氧化物可被还原)。c 模式: 细菌 *Methoxymirabilis oxyfera* 可将亚硝酸盐(NO_2^-)转变成一氧化氮(NO), 接着将(NO)转变为氮气和氧气, 该细菌会进一步利用产生的氧气氧化甲烷。d 模式: Milucka 等指出一些甲烷厌氧氧化古菌不仅可氧化甲烷(如 a 中所示), 而且还可将硫酸盐还原成 0 价硫(S^0), 其产物为二硫化物(HS_2^-)。该二硫化物与变形菌作用并最终转化为硫化物(HS^-)和硫酸盐。

与硫相关的 AOM 首次提出来解释沿海海相沉积物孔隙空间所包裹着的溶解硫酸盐和甲烷随深度的变化。之后, AOM 被认为是新陈代谢过程的一个伴生, 是厌氧嗜甲烷古菌(ANMEs)与硫酸盐还原菌的联系媒介。厌氧嗜甲烷古菌(ANMEs)被认为可将甲烷氧化成二氧化碳, 同时将硫酸盐(SO_4^{2-})还原成硫化氢(H_2S) (图 3a)。最近, 发现两种可供选择的 AOM 机制: 一种包含甲烷氧化与活性金属之间的耦合(图 3b); 另一种是以非常规细菌 *Methoxymirabilis oxyfera* 作为媒介, 在厌氧环境中无需新陈代谢而通过自身的氧化给 AOM 提供能量(图 3c)。

通过这篇文章, 我们现在已经了解到了 AOM 的四种机制(图 3)。其中两种是单个微生物利用以前未曾发现的新陈代谢途径产生中间产物(由 *M. oxyfera* 产生氮氧化物)或其他新陈代谢产物(如 Milucka 等描述的 ANME-2 古菌产生的二硫化物)。我们依然假定其他两种过程, 即 AOM 与硫酸盐还原或金属氧化物还原的耦联是通过微生物联合作用的结果。然而, 目前还没有确定在 AOM 与金属还原以及新陈代谢中间产物所参与反应中起到协同作用的微生物种类。但这个事实表明了 AOM 模式在自然中存在很多神秘的变化, 这都有待我们进一步去发掘。

编辑: 徐荣德

资料来源:

<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature11749.html>

<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature11656.html>

中国学者在塔中地区进行通过主要构造事件估算烃类损失的方法 实验

来自中国石油大学和澳大利亚联邦科学与工业研究组织(CSIRO)的学者在塔里木盆地塔中地区的联合研究表明,在该地区,利用构造运动事件,能够实现对储层烃类损失的估算。

该研究说明,在塔里木盆地主要油气产区塔中地区,在泥盆系、志留系和石炭系储层中都有油气发现。然而塔中地区的大部分油气储层都经历了由多期构造运动造成的后期油气充注、富集调整以及油气损失。该研究团队通过对塔中地区15口井进行构造运动强度(TMI)研究,并将其与油气损失率(DHP)进行相关性分析,结果显示两者具有很好的相关性,相关系数高达0.9。据该团队发表在《Marine and Petroleum Geology》杂志2012年第38期上的文章介绍,TMI的定量计算可以根据剥蚀厚度和盖层厚度的比值来表示,而DHP则可以通过古今油水界面变化来确定。

研究者通过对塔中地区的研究确定,该地区泥盆纪形成的原生油气藏基本上都已经被破坏而损失掉了,DHP高达70%。而相对而言,该塔中东部地区晚志留世和晚二叠世的构造运动强度弱一些,因此志留系和石炭系储层的DHP只有50%左右。所有的DHP值从西向东显示出一个逐渐减小的趋势,东部的储层条件相对来说比西部地区要好很多。

本文通过构造运动的定量计算方法,很好的对油藏损失实现了定量估计,为判断含油气性提供了新的方法和手段,但是作者自己也提到,构造运动在破坏油气藏的同时,也可能造成一些储层的油气再富集,这种方法并没有将这个方面计算在内,后续还需要综合这一部分内容来完善这种方法。

编辑: 邓诗财

资料来源:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026481721100256X>

中国西藏日喀则首次发现晚白垩纪冷泉碳酸岩盐

烃渗漏广泛的发育在大陆架的边缘,人们关注它是由于它与天然气水合物,温室气体甲烷以及在极端环境中的生物资源有着密切的关系。冷泉的流体通常是由水,甲烷和一些重烃组成,比如稠油。在海底合适的温度和压力下,渗漏的甲烷有一部分会形成天然气水合物。而一些化能合成的聚集体也经常能在冷泉环境中发现。因而,海洋成为冷泉日益关注的地方。从泥盆纪的地层到第四系的地层都能观察到古老的烃渗漏,他们普遍存在于冷泉碳酸盐岩或者是与冷泉相关的化能合成的化石聚集体中。然而,与渗漏相关的沉积物在中国大陆的古地层中很少发现。

中国广州地化所和中国科学院的研究者们近日在中国西藏的日喀则地区第一次发现了古代渗漏沉积,尤其是晚白垩纪的冷泉碳酸盐岩。其研究成果发表于2012年《中国科学》57卷。

日喀则的冷泉碳酸盐岩,通常形成一个结节,在日喀则前弧盆地晚白垩纪浊流岩地层所包裹。这些碳酸盐由自生碳酸盐(平均56.2%),碎屑石英和长石(平均27.3%)和粘土矿物(绿泥石,伊利石和蒙脱石,平均16.5%)组成。凝结的泥晶灰岩,海绿石和微球黄铁矿是非常普遍的,他们通常存在于现代沉积的冷泉碳酸盐岩中。这些碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 的值从-27.7‰到-4‰,这表明热成因的甲烷是主要的烃源岩。 Ce/Ce^* (铈元素)的值通过镧的影响因子校正后并未表现出铈的异常。经常观察到得黄铁矿和无铈的异常都表示该地区碳酸盐主要是在还原环境中形成。在晚白垩纪沉积的碳酸盐中会出现较高含镁方解石,表明在渗漏的流体中含有丰富的钾。基于矿物学特征,碳同位素组成和形成结节的地方和大小,表明日喀则前弧盆地的海底在晚白垩纪出现了冷泉。

编辑:李雪

资料来源:

<http://www.springerlink.com/content/r8714625521671p8/>

中国东北冻土区活跃层深度和植被对冻土季节性甲烷释放的影响

北方的泥炭地是自然界甲烷的重要来源, 特别容易受环境变化影响。但北方泥炭地控制甲烷排放的因素还不清楚。来自中国科学院东北地理与农业生态研究所的学者对此进行了研究, 研究成果发表在2012年6月第6期《Biogeosciences Discussions》上。

作者以中国东北以灌木-泥炭藓和莎草为主要植被的持续性冻土区为研究对象, 调查了2010和2011年植被生长季节甲烷通量和非生物影响因子(温度、水深、活跃层深度和孔隙水中溶解性甲烷浓度等), 研究作物类型和非生物因子对甲烷通量的影响。结果显示, 在以羊胡子草属为主要植被类型的地区, 2010和2011年甲烷平均排放量分别为 1.015 和 $0.801 \text{ mgm}^{-2}\text{h}^{-1}$, 最高值均出现在八月底。以灌木-苔藓为主要植被的地区甲烷通量要低一些, 为 $0.384 \text{ mgm}^{-2}\text{h}^{-1}$, 最高值没有随季节出现明显波动。不管是在何种植被地区, 甲烷通量与空气和土壤温度、水深没有明显关系, 而与活跃层深度和土壤孔隙水中甲烷浓度有很好相关性。

这一结果说明, 融化后的富甲烷冻土层可能是北方泥炭地控制甲烷逸出量的主要因素, 而且不同的植被类型下甲烷通量不同。

编辑: 张勇

资料来源:

<http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n11/full/ngeo1611.html>

冰川和冰原表面生物过程

因气候变暖每年有5%冰川和冰原表面会融化,融化后的水使冰川表面成为适于生命生存的环境。但与冰川和冰原相关的生物过程却很少受到关注。哥本哈根大学的学者 Stibal 等人对这一过程进行了研究,成果发表在2012年第5卷《Nature Geoscience》上。

蓝细菌和藻类能捕获大气中 CO_2 转化为有机质,而表层的微生物消耗这些有机物产生 CO_2 释放回大气,这两个过程的平衡决定了冰川是“碳汇”还是“碳源”。一般认为冰原内部是“碳汇”,而边缘和小的冰川是“碳源”。融水冲刷冰川表面被微生物改造过的有机质和污染物,支持了下游的生态系统。生活在冰川和冰原中的微生物是冰川环境和整个地球生态系统中必不可少的一部分。

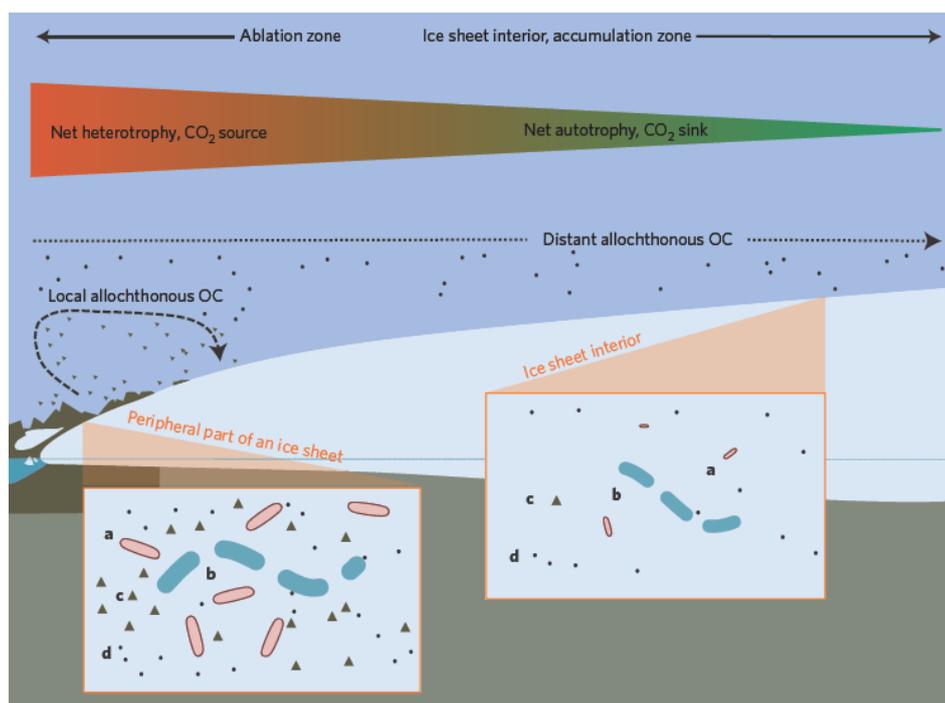


图4 冰川环境中有机碳源和碳平衡

编辑: 张勇

资料来源:

<http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n11/full/ngeo1611.html>

中国陆地油气田近地表土壤中烷烃降解菌的多样性和丰度

烷烃降解细菌一直被看作是石油天然气勘探中的一种重要的生物指标,但是它们在轻烃微渗漏环境中的生态学特征并没有得到很好的研究。近期来自浙江大学和无锡石油地质研究所的科学家们利用分子生物学技术研究了在中国山东胜利油田某处油气储层近地表土壤中烷烃降解菌的多样性和丰度,并将相关研究结果发表在了2012年第9期的《Biogeosciences Discussions》杂志上。

研究者们发现从地下石油和天然气储层迁移而出的微量烃类不仅影响了烷烃降解菌的丰度,还影响了它们的群落结构。末端限制性酶切片多态性分析结合构建克隆文库和 *alkB* 基因测序结果显示在油气储层上方的近地表土壤中,革兰氏阴性菌比革兰氏阳性菌占优势(其样品含水量非常高)。而实时荧光定量 PCR 的结果则进一步显示 *alkB* 基因的丰度在油气储层上方的近地表土壤中的丰度大幅增加(如图5所示),即使在这些土壤中只含有微量的烃类,甚至由于微生物高效的代谢作用使得这些烃类的含量难以检测到。

上述研究结果不仅加深了我们对轻烃微渗漏区域烷烃降解微生物群落生态特征的认识,更可能为微生物油气勘探技术指出了一个新的研究方向。该项目的研究者们计划下一步运用以 RNA 为基础的稳定同位素探针实验进一步研究微生物群落烷烃新陈代谢过程中的关键微生物。

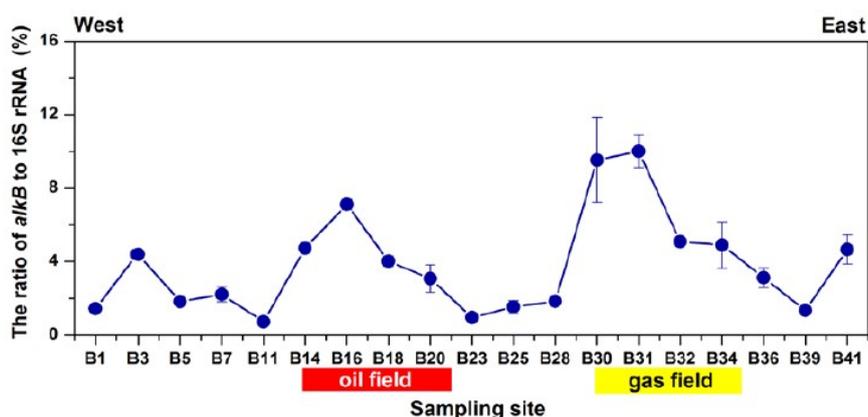


图5 中国山东胜利油田某处油气储层近地表土壤中 *alkB* 基因拷贝数占 16S rRNA 基因拷贝数的比例,其中 *alkB* 基因拷贝数表示烷烃降解菌的丰度,16S rRNA 基因拷贝数表示总细菌的丰度。

编辑: 盖永锋

资料来源: <http://www.biogeosciences-discuss.net/9/14867/2012/>

西藏纳木错湖细菌群落随季节的动态变化

纳木错湖, 中国西藏自治区最大的内陆湖, 也是中国第二大世界上最高的咸水湖。位于西藏中部, 湖面海拔 4718 米。湖的形状近似长方形, 东西长 70 多千米, 南北宽 30 多千米, 面积 1920 多平方千米。湖水最大深度 33 米, 蓄水量 768 亿立方米, 为世界上海拔最高的大型湖泊。

来自中科院青藏高原研究所和厦门大学的研究者们首次运用流式细胞技术和 16s rRNA 基因文库分析技术研究了纳木错湖水中细菌丰度和多样性的季节变化。结果发现纳木错湖水中细菌丰度的范围为 1.5×10^5 — 12.3×10^5 cells mL⁻¹, 并且细菌的丰度受水温和浮游生物数量的影响而呈现季节性变化, 而相比之下营养物质对细菌丰度的影响不大。这表明在寒冷且营养贫瘠的纳木错湖中, 温度是影响细菌丰度的主要因素。研究者们还发现细菌的多样性以及细菌的群落结构也随着月份的变化而变化, 细菌群落结构的变化与湖水中的有机碳和总氮的含量的变化有着很大的相关性。16s rRNA 基因文库结果显示, 放线菌、蓝细菌(蓝藻)和 β -变形菌是三种最具有代表性的细菌, 它们表现出明显的季节性生态位, 这三种细菌分别在一月, 五月, 六月占细菌群落结构的主导地位。研究者们还发现冰层覆盖和水体中的营养物质是影响纳木错湖中细菌群落结构季节性变化的重要因素。上述研究结果发表在 2013 年 30 卷 1 期的《*Geomicrobiology Journal*》上。



编辑: 郭特

资料来源:

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01490451.2011.638700>

细菌基因高通量测序：通向未知世界的唯一选择

时至今日，生物学发展历程中出现的微生物学分析的相关测序平台已有很多种，旧技术总是被更高效、成本更低廉的新技术所替代。今年9月份，英国微生物和传染研究所以及伯明翰大学的学者们在《Microbiology》上发表了一篇文章，为我们叙述了测序技术的兴衰，并比较了各种测序平台的优缺点。

454 GS Junior、454 GS FLX+、Ion Personal Genome Machine、MiSeq、HiSeq2000、5500xl SOLiD 和 PacBio RS 是比较常用的微生物测序方法，然而对比这些方法，高通量测序技术则以其高效、便捷征服了很多微生物学者。高通量测序技术因其极低的成本优势将被广泛应用到微生物学分析中，并将彻底改变微生物技术。基因组测序技术始于1995年，当时的测序技术采用 Sanger 法测序，效率低，工作量是现在的6倍之多。测序技术一直发展缓慢，直到2005年，第一代高通量测序问世，使得测序技术有了长足进步。随后，大量的高通量测序平台相继问世，各个厂家的相互竞争使得测序技术加速发展。有人估计测序速度将在每6至9个月翻一倍。高通量测序技术成本极低，只有 Sanger 测序技术的千分之一。一些测序平台甚至设立了人类全基因组测序只需要 US\$1,000 的目标，这意味着，测序一株序列大小仅为人类全基因组序列千分之一的细菌仅需要 US\$1。高通量测序的广泛应用将有可能改变整个生物学研究技术领域。

编辑：武淑娇

资料来源：

<http://www.nature.com/nrmicro/journal/v10/n9/full/nrmicro2850.html>

短 讯

2012 诺贝尔奖

每年的诺贝尔奖都是科学界乃至全世界瞩目的焦点,而今年的诺贝尔奖因为有中国作家莫言的提名变得备受关注。诺贝尔奖是由已故科学家 A-B-诺贝尔遗嘱所设基金提供的奖项,为了表彰在物理学、化学、生理学或医学、文学与和平领域内“前一年中对人类做出最大贡献的人”。

2012 年诺贝尔奖得主:



文学奖:

莫言。

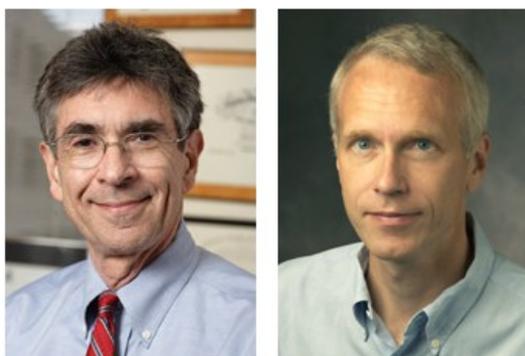
颁奖理由:莫言将现实和幻想、历史和社会角度结合在一起。他创作中的世界令人联想起福克纳和马尔克斯作品的融合,同时有在中国传统文学和口头文学中寻找到一个出发点。

经济学奖:

美国经济学家埃尔文·罗斯 (Alvin Roth) 与 罗伊德·沙普利 (Lloyd Shapley)。

诺贝尔官方颁奖点评:为了他们在稳定配置理论及市场设计实践上所作出的贡献。



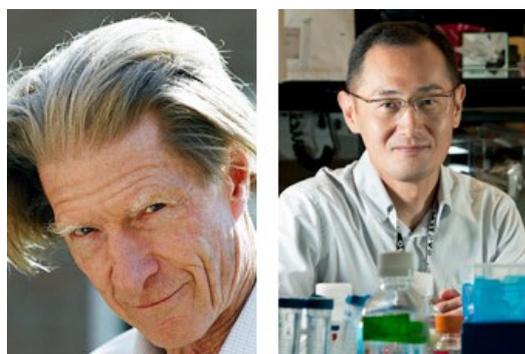
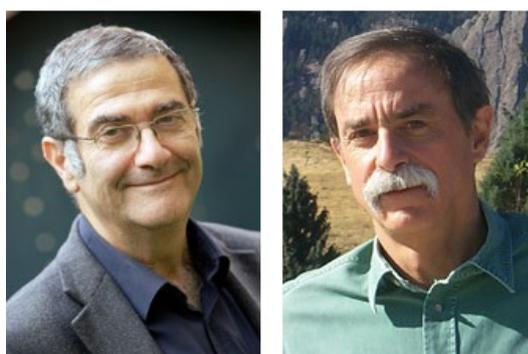
**化学奖:**

美国科学家罗伯特 J. 勒夫科维兹 (Robert J. Lefkowitz) 与布莱恩·K·卡比尔卡 (Brian K. Kobilka) 因在 G 蛋白偶联受体方面的卓越研究而获奖。

物理学奖:

法国科学家塞尔日·阿罗什 (Serge Haroche) 与美国科学家大卫·维因兰德 (David Wineland)。

他们通过巧妙的实验方法,成功地测量和控制了非常脆弱的量子态,这些新的实验方法使他们能够检测、控制和计算粒子。

**医学奖:**

京都大学物质-细胞统合系统据点 iPS 细胞研究中心主任长山中伸弥、英国发育生物学家约翰-戈登因在细胞核重新编程研究领域的杰出贡献而获奖。

和平奖:

欧盟。

诺贝尔奖评审委员会主席在颁奖词中称, 欧盟在过去的 60 年中为促进欧洲的和平与和解、民主与人权作出了贡献



编辑: 武淑娇

资料来源: <http://www.nobelprize.org/>