

放射性示踪剂：了解海洋的必要核工具



可以在称作中型实验生态系的浮动或海底张拉结构中实施放射性示踪剂研究。这种宝贵的实验工具使得能够在结合实验室和现场工作两方面优势的受控条件下研究自然环境。（照片由尼克·库兵提供）

国际原子能机构在协助了解和最终保护我们的海洋方面的工作，取决于称作“放射性示踪剂”的核研究工具。放射性示踪剂是含有独特的放射性同位素的化合物。一种元素的同位素在原子核中包含相同数的质子，但中子数不同。因此同位素是一种元素的具有不同质量的各种形式。当原子核的组成不随时间改变时，这种同位素被认为是稳定同位素。不稳定或放射性的同位素随着时间而衰变。换句话说，它们通过称作嬗变的过程转化成另一种元素或能量状态，在这种过程中，原子核（质子和中子）发出高能带电粒子和电离粒子和（或）称作伽马射线发射的高能电磁波。

放射生态学家通常将微数量的一种放射性同位素即“放射性示踪剂”引入

（例如）复合生物系统，观察细胞或组织如何发挥作用。科学家能从所有其他几乎相同的天然化合物中识别一种放射性示踪剂。放射性示踪剂独特的“同位素特征标记”在通过生物体、食物网或生态系统跟踪养分、能量或污染物时，产生一条明显可见的痕迹。放射性示踪剂易于极小量的检测，因此可在不毒害生物体或生态系统或影响该系统的化学或流体力学的情况下开展研究。国际原子能机构在实验室环境和现场工作中都应用放射性示踪剂，两种情况各具优势。基于实验室的实验有利于创建简化的人工生态系统，在这种系统中，可以不受干扰地研究自然过程和相互作用。现场研究解决现实世界的复杂系统，有可能回答有关一种复合物的去向、不同物种之间的动态特性以及复合物如何

依附于沉积物和（或）作为污染物扩散到环境等问题。

在较大规模的现场研究中，放射性示踪剂主要被用于揭示化学制品在自然环境中的输送过程、扩散和沉降。在已对废水及其他废液处置的范围和影响进行了评价和仔细检查的沿海环境中可实施这些研究。20世纪70年代，利用重金属放射性示踪剂（镉-109、锌-65、汞-203、铁-59、钴-60、铯-134和硒-75）和培养基放射性示踪剂（碳-14）在加拿大湖泊系统开展的一系列试验研究揭示了示踪剂如何被吸收到沉积物和营养物中。

有关我们的海洋的最新报道即便在最好的情况下也令人担忧。开发其有限的资源、海洋污染增加以及破坏其提供栖息地的服务，给海洋生物体造成很大压力。

它们还显示了污染物如何从水和沉积物迁移到生物体，然后进入和穿过食物链。近年来，这类现场研究可能对环境产生的潜在放射性影响引起了人们的关切。

在对一项湖泊研究的非人类生物群剂量评定（ERICA评定工具）¹中，重点分析了所使用的放射性示踪剂浓度是否高得足以对生态系统产生负面影响；结果证实剂量低于国际放射防护委员会制订的参考水平。这就是说，放射性示踪剂可以安全地用于生态系统规模的研究。

鉴于放射性示踪剂的环境影响有限，放射性示踪剂有可能被用于各种新的应用，以更加广泛地认识环境及其面临的挑战。通过利用碳-14或磷-32，可以研究营养物动态特性，更好地了解生态系统基础。利用铯-134和锶-85等核工业产物或重金属同位素的短寿命模拟，

放射生态学家可以研究海洋生物体中的污染物累积和生物放大作用（生物体中的污染物浓度随着食物链营养级别的升高而逐渐增加）。

生物放大作用是海洋污染的一个重要方面，特别令人类等寿命较长动物担忧。放射性示踪剂潜在的进一步应用包括：在纳米级标记有机分子（例如药品）中利用放射性示踪剂跟踪这些分子与生物体相互作用时以及被人体排泄和通过污水系统后的行为。

放射性示踪剂虽然可能具有广泛的用途，但确实有其局限性，主要是为了研究某些过程，需要把示踪剂吸收和扩散到环境若干天或更长时间。在水面开阔环境，这会由于海流、波浪作用和迁移动物导致广泛扩散，把示踪剂从研究地区远远地运走。然而，研究一些我们最重要的海洋栖息地不受这种破坏限制。滨岸海湾地区、水产养殖场、珊瑚礁以及浮动或海底张拉结构，均可被用于限制生物体和示踪剂的移动，使之成为利用最新核技术开展这类研究的切实可行的环境。

有关我们的海洋状况的最新报道往最好里说，也是令人担忧。开发其有限的资源、海洋污染增加以及破坏其提供栖息地的服务，给海洋生物体造成很大压力。放射性示踪剂是可用于研究污染及其在海岸和海洋运输的独特的核工具。国际原子能机构及其伙伴正努力提供这些核技术，以提高对海洋健康的认识，鼓励各国采取切实可行的步骤来防止任何进一步的恶化。

澳大利亚核科学技术组织凯斯·休斯。

¹ “电离污染物的环境风险：评定和管理”（ERICA）www.ERICA-tool.com。