烟台海岸带所等在河口食物网中新型全氟聚醚羧酸的研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/18635.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！

全氟及多氟烷基化合物（PFAS）由于具有疏水疏油性、高表面活性、化学和热稳定性等特殊化学性质被广泛应用于工业生产和生活中。某些PFAS具有环境持久性、生物累积性和毒性以及长距离迁移潜力，而被列入持久性有机污染物（POPs）清单中，其生产和使用受到管控，因而新型替代品不断涌现。全氟聚醚羧酸（PFECAs）是一类典型的新型替代品，通常认为，向PFAS的碳链骨架中添加一个或多个醚氧基可使其在环境中更容易降解，对环境的持久损害更小。但目前对于这些新型替代品在环境中的行为与毒性效应仍缺乏研究与认识。小清河是我国PFAS污染较严重的区域，受氟工业园区的影响，小清河和莱州湾水体中的PFAS浓度在国内处于较高水平。然而，目前对于新型的PFECAs在河口区污染状况及风险尚不清楚，并且缺乏其生物富集和食物链传递规律的研究。

中国科学院烟台海岸带研究所和上海交通大学科研人员合作，在受工业污染较重的小清河口采集了水、沉积物和浮游生物、底栖动物和游泳动物在内的食物网样品，分析了新型及传统全氟化合物的生物富集特征及食物链传递规律，评估了当地居民摄入鱼、虾、螺、贝等主要海产品的健康风险。小清河河口水体和沉积物中以全氟辛酸（PFOA）、全氟2-甲氧基乙酸（PFMOAA）、全氟-3，5-二氧杂己酸（PFO2HxA）和六氟环氧丙烷三聚体羧酸（HFPO-TrA）为主要污染物（图1）。生物体内∑PFAS的浓度排序为：腹足类 > 双壳类 > 甲壳类 > 鱼类 > 浮游生物，这可能与生物的食性、生物累积能力、栖息环境和生理状态的差异以及体内代谢转化有关。底栖无脊椎动物主要富集短链PFAS（PFOA、PFMOAA和PFBA），而鱼体内以长链PFAS（HFPO-TrA、 HFPO-TeA、PFO5DoA和PFOS）为主。

通过分析PFAS的生物富集因子，研究发现对于PFECAs（从PFMOAA到PFO4DA），随着碳链长度和醚氧基团的增加，log BAF值呈下降趋势，然后到PFO5DoA又呈上升趋势（图2）。在只含有一个醚氧基的PFECAs同系物（PFMOAA、PF4OPeA和PF5OHxA）中也发现了类似结果，即log BAF值随碳链长度的增加呈现先减小后升高的趋势。对于C_4-C_7的全氟羧酸（PFCAs），生物体的log BAF值随着碳链长度的增加而降低，然而对于C_8-C_{12}，PFCAs则随着碳链长度的增加呈线性增加趋势，在PFDoDA达到峰值。该发现表明全氟烷基链长度和官能团可能影响PFECAs的生物累积。

一些无脊椎动物因其广泛的分布和较高的生物蓄积性常被用作反映水环境污染状况的指示生物。扁玉螺生活在浅海潮间带至泥沙质海底，是我国沿海地区重要而丰富的经济腹足类。扁玉螺在中国沿海地区分布广泛，容易被捕获，并且对PFMOAA具有极高的生物蓄积能力，因此该研究提

出扁玉螺可以作为PFMOAA良好的指示生物指示水环境中PFAS的污染状况。

对PFAS在河口食物网不同营养级生物间传递规律的研究表明，长链PFECAs（HFPO-TrA、HFPO-TeA、PFO5DoA）在生物体中的浓度随着营养级的增加而呈线性增加的趋势，表现出生物放大特性（图3）；对于一些短链物质如PFMOAA、PFO2HxA和PFBA，在营养级相对较高的鱼类中浓度较低，但在营养级较低的软体动物中却浓度较高，在生物体中的浓度随着营养级的增加而降低，表现出生物稀释效应。

对于当地沿海居民，水产品是重要的蛋白质来源，膳食摄入是人体暴露PFAS的主要途径。PFOA的人均日摄入量估算值（EDI）比欧洲食品安全局（EFSA）2018年建议的ADI值高出近20倍。此外，对于四种PFAS（PFOA, PFNA, PFHxS和PFOS）的周摄入量估计值（EWI）45.0 ng/kg bw/w是EFSA的可接受周摄入量（TWI）（4.4 ng/kg bw/w）的10倍以上。这表明小清河河口这四种PFAS可能对当地居民构成了一定的健康风险，而PFMOAA的较高EDI值也值得关注。

研究表明，小清河河口生态系统中PFAS普遍检出。已被列入POPs清单中PFOA仍然是最主要的污染物，PFOA的新型替代品PFECAs也被广泛检出。风险分析表明，PFOA等全氟羧酸已对当地居民通过膳食摄入带来了一定的健康风险。尤其是短链的PFMOAA，能在扁玉螺中特异性富集，成为底栖无脊椎动物中最主要的PFAS，其生态毒理效应和环境风险更应引起高度重视。考虑到PFECAs的环境分布和毒理数据十分匮乏，未来研究人员将通过进一步的野外调查分析，结合实验室暴露模拟数据，明确新型PFECAs对水生生物的生态风险和对居民的健康风险，以降低化学品对生态系统和暴露人群的健康风险。

相关研究成果发表在*Environmental Science Technology*上 (DOI: 10.1021/acs.est.1c00965)。研究工作得到国家自然科学基金委-
山东省联合基金、国家自然科学基金委面上基金以及烟台海岸带所自主部署项目的资助。

论文链接

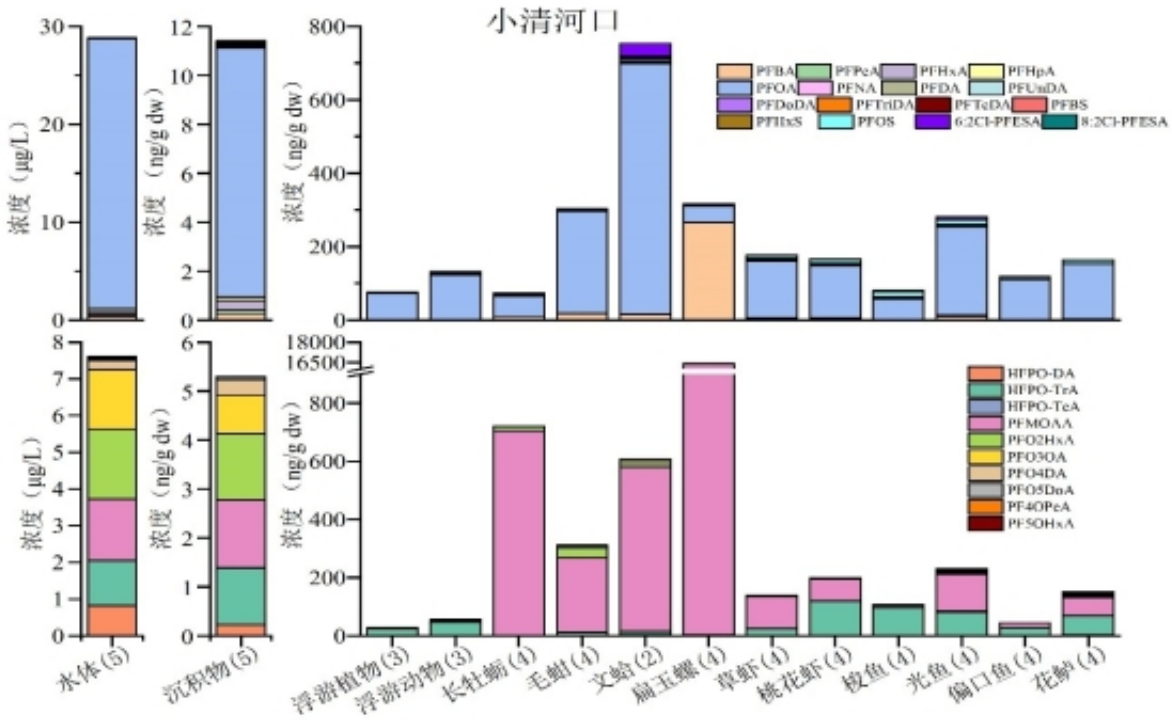


图1.小清河河口不同样品中传统与新型PFAS的分布和组成（注：横坐标括号中数字为每类样品的数量）

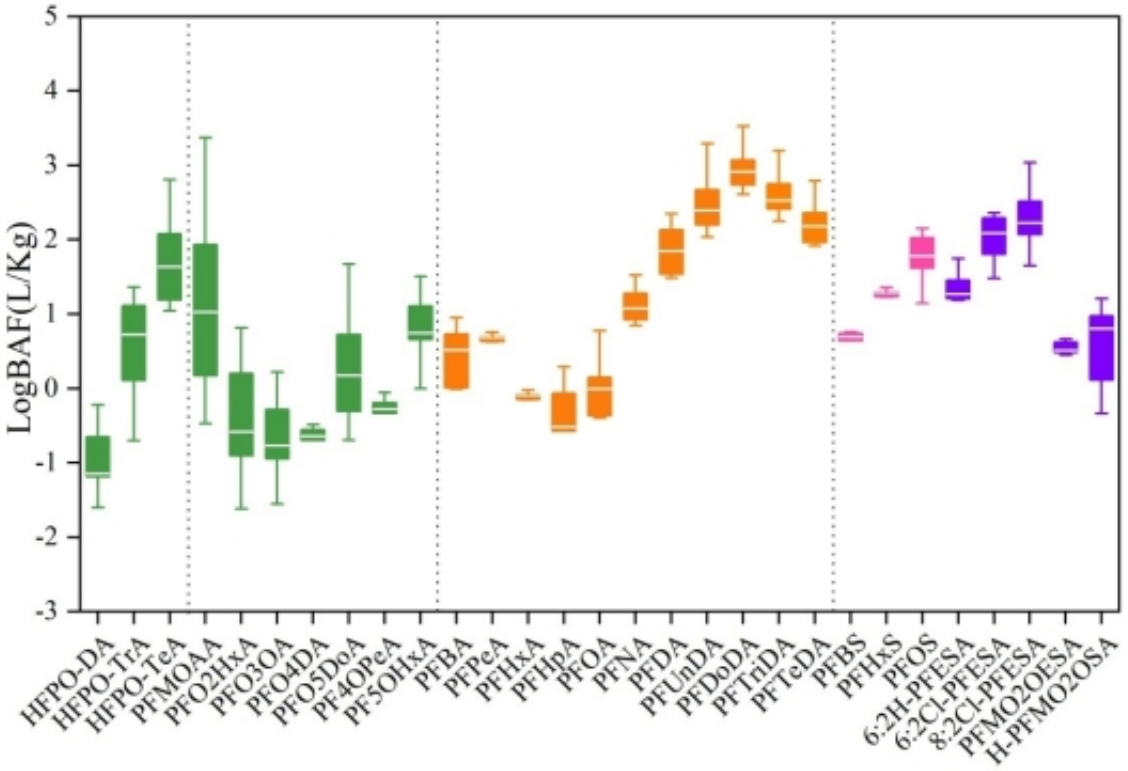


图2.水生生物中PFAS的生物富集因子与其碳链长度的关系

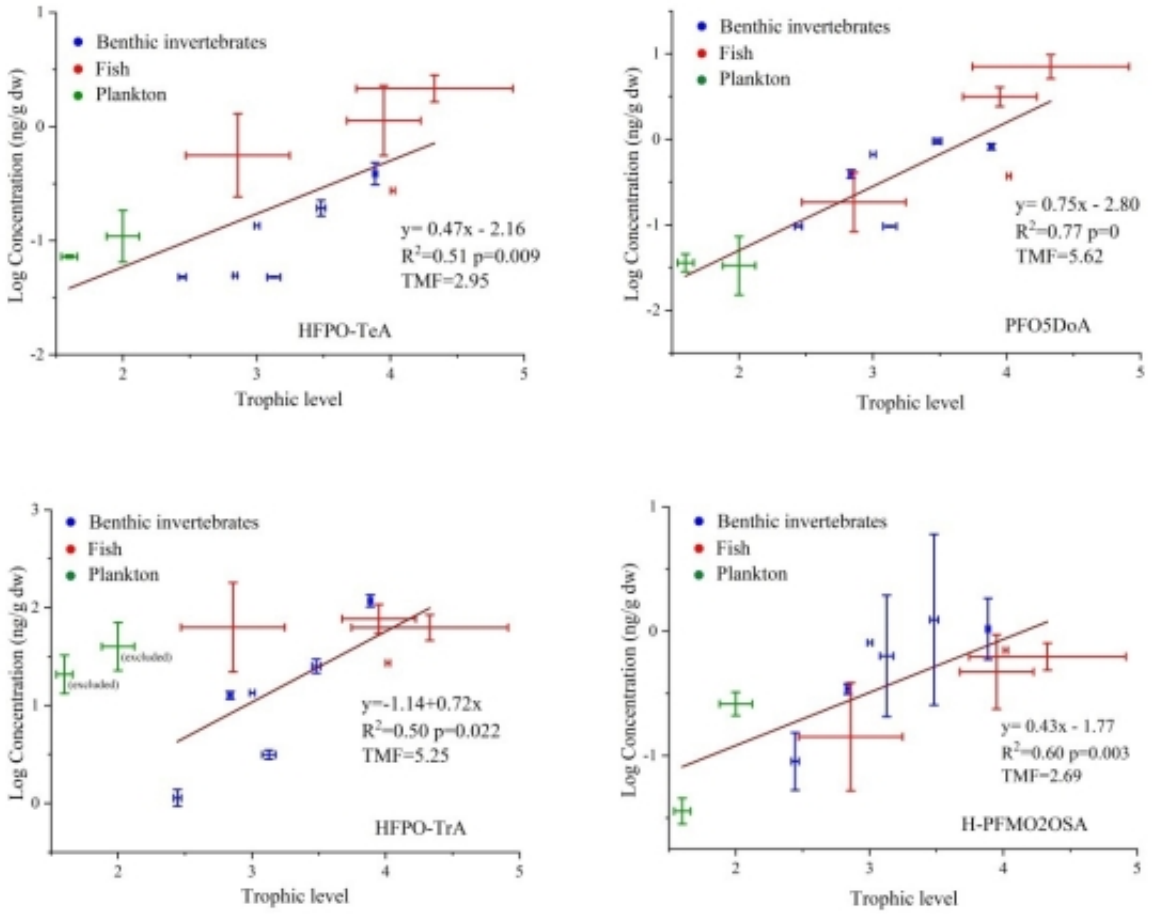


图3.小清河河口食物网PFAS浓度与营养级之间的关系

研究团队单位：烟台海岸带研究所

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