

舟山海洋微塑料污染源头治理机制建设初探

季扬沁¹, 尤仲杰², 何力³

(1. 中共舟山市委党校 舟山 316000; 2. 宁波市海洋与渔业研究院 宁波 315000;

3. 舟山市千岛海洋环保公益发展中心 舟山 316000)

摘要:海洋微塑料污染 2004 年才被英国科学家发现并提出, 至今已经成为世界最受关注的生态环境问题之一。课题组认为公众是海洋微塑料污染的最主要源头。因此课题组立足舟山海域微塑料污染情况, 包括塑料垃圾(资源)处理等情况, 基于对公众认知的调查问卷, 尝试描述以公众为核心、联合各行为主体的海洋微塑料污染源头治理机制, 同时提出机制建立条件、困境与未来。此外, 课题组关注社区、公益组织和市场的相应行为, 力求在未来更为关注政府行为。

关键词:海洋微塑料; 污染源头治理机制; 公众认知调查

中图分类号: X55; P76

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2019)11-0075-07

Preliminary Study on the Construction for the Source Governance Mechanism of Marine Micro-plastics Pollution in Zhoushan

JI Yangqin¹, YOU Zhongjie², HE Li³

(1. The Party School of CPC Zhoushan Municipal Committee, Zhoushan 316000, China; 2. The Ningbo institute of Marine and Fishery, Ningbo 315000, China; 3. Zhoushan Qiandao Marine Environmental Protection Development Center, Zhoushan 316000, China)

Abstract: Marine micro-plastic pollution was discovered and put forward by British scientists in 2004, and has become one of the most concerned ecological environment problems in the world. The research team believes that the public is the main source of marine micro-plastic pollution. Therefore, the team studied the situation of micro-plastic pollution in Zhoushan sea area, including the disposal of plastic waste (resources), with a questionnaire based on public awareness, and tried to describe the mechanism of controlling the source of marine micro-plastic pollution with the public as the core and various actors as the main body. At the same time, the conditions, difficulties and future of establishing the mechanism were put forward. In addition, the research team paid attention to the corresponding behavior of the community, NGOs and the market, and would pay more attention to government behavior in the future.

Key word: Marine micro-plastics, Source governance mechanism of pollution, Public cognition survey

收稿日期: 2019-04-08; 修订日期: 2019-09-10

基金项目: 浙江省社会科学界联合会研究课题(2019B14)。

作者简介: 季扬沁, 讲师, 硕士研究生, 研究方向为环境管理、生态文明等

0 引言

目前,研究者一般将长度小于 5 mm 的塑料颗粒、塑料纤维等称之为微塑料^[1]。海洋微塑料污染 2004 年才被英国科学家发现并提出,至今已经成为世界性最受关注的生态环境问题之一。备受关注的原因主要有两个:一是海洋微塑料污染问题严峻,近期报道称大洋最深处也已发现塑料存在。目前,微塑料污染对海洋生物的生存及繁衍造成实质性威胁^[2-8]。虽然对人类来说的风险评级仍是初级,但经过科学验证,通过食物链的传播,微塑料会对人体产生不良后果,且尚不能排除在遗传学方面的不可逆影响;二是海洋及海洋资源对于每个临海国家来说都是提升国家实力的重要因素,因此在海洋生态环境维护的各个方面各国都在积极展开行动。我国在 2016 年启动对近海海洋微塑料的监测,2017 年 7 月海洋微塑料的监测首次成为北极科考队的监测项目之一。

1 文献综述

1.1 国内基金项目

在搜索引擎上查询相关国家基金项目,可以看到,仅 2017 年,政府在海洋微塑料污染方面的投入就很多,如国家自然科学基金项目:“长江口和邻近东海微塑料的时空分布、附着生物群落结构及生态学效应”;“有机污染物在微塑料上的粒径分布特征及其对内分泌干扰效应的影响”;“基于代谢组学系统评价水体中不同性质微塑料颗粒的生物毒性效应研究”等。这些基础研究课题会增加人类对海洋微塑料污染的认识、亦会有更精确的指标表明微塑料污染对人体的危害。

1.2 国内论文

相较国外研究,中文文献资料还是不多,多以分析现有数据和研究方向并提出未来研究方向为主。值得关注的近期文章:如,周倩^[9]基于近年来国内外文献资料的分析,系统综述在海洋及海岸环境中微塑料各个方面的研究进展,展望了未来研究趋势及重点,并在此基础上提出了其学位论文研究的主要观点;赵世焯^[10]则是以我国部分河口为研究区域,关注河口水体、岸滩和生物体内的微塑料情况,拟从海洋雪这一重要的海洋表一底层有机物质输送途径为切入点,去探讨海洋塑料垃圾的归趋机制;龙邹霞等^[11]

在对海洋微塑料污染研究国内外进展进行总结和回顾的基础上,比较分析了我国海洋微塑料污染研究与世界同领域之间的差距,归纳提出海洋微塑料污染研究应从微塑料在海洋中的时空分布、微塑料理化特性以及微塑料的海洋生态效应等三大关键问题加强研究;孙承君等^[4]则是总结分析了近年来海洋微塑料研究的进展,并提出今后的研究方向将主要包括:不同粒径微塑料的快速分离和在线鉴别方法的建立;水动力对微塑料全球迁移变化的影响;微塑料复合毒性对海洋生态环境的污染效应及机制;管理和技术体系以及相关政策法规的制定等。

1.3 境外研究

英国人最早在《科学》杂志上提出微塑料的概念,联合国环境规划署也定期在监测和估算海洋中微塑料的含量,每年都有不同性质的环境大会在西班牙、法国、瑞典等地召开,不少政府官员不断呼吁降低微塑料的使用和控制排放。《Nature》杂志在 2014 年 12 月连续两期报道了有关海面漂浮和海底沉积物中微塑料的研究进展^[12]。2004—2017 年,至少有 120 篇英文文献着重研究海洋中微塑料的分布特征、数量以及已经造成的危害,相当一部分 2015 年前的文章有非常高的被引用量。如, JAMES 等^[13]比较系统地分类了海洋微塑料给海洋生物带去的危害;TSANG 等^[14]则做出一份区域性的近期研究报告。

综上,目前有关海洋微塑料的探索,大多集中在技术层面研究,包括海洋微塑料污染的现状、监测的方式、对环境和生物的负面影响等。学界极少数关注政策层面,而确实除了呼吁减少使用塑料和控制生产、回收环节,目前国内外尚未找到切实可行的针对海洋微塑料污染的治理方法,但是作为最重要的微塑料污染源——“人”来说,公众的认知和相应的行为不可忽视,甚至可能成为减少海洋微塑料污染的突破口。这个“突破口”也是课题研究的初衷。

2 研究设计

2.1 背景涉及

2.1.1 东海表层海水和舟山海滩微塑料丰度基本情况

近海海洋环境中的微塑料主要分布在表层海水、

海滩与岸滩以及近海沉积物中;长江口和东海海岸 0.5~5 mm 塑料颗粒含量分别约为 4 137 个/m³和 0.167 个/m³[4]。东海表层微塑料平均丰度为 0.31 个/m³[15]。

舟山近海域沙滩的微塑料污染情况不容乐观。课题组对舟山近海域的沙滩进行采样分析。海滩中微塑料颗粒相对丰度为 233~663 个/kg,与国内外已有相关数据对比,表明该丰度处于中高等水平。其中湿砂比干砂含微塑料更多,说明舟山沙滩中的微塑更多来自近海水。

最新有关舟山海域贻贝与微塑料的研究表明,一只贻贝至多可以吸附 9.2 个/g 微塑料颗粒,并且更多的是吸附在这些贻贝上,而不是摄取[16];这是一种新的研究视角和结论。因此,从吸附的角度来看,舟山大量的贻贝养殖会对舟山海域微塑料丰度产生一定影响。

2.1.2 舟山塑料(垃圾)处理情况

(1)塑料回收工作开展较为滞后,成效一般。舟山塑料(垃圾)回收处理处于初级阶段。从 2018 年初,全市选取垃圾分类智能回收试点小区,其中普陀区成效显著,每户每月可回收 3.4 kg 塑料,其他区则收效平平。另外,从 2018 年 12 月起,舟山本岛(包括金塘、册子、朱家尖)开展废弃农地膜回收、处理试点工作。市商务局从 2018 年下半年开始进行居民生活垃圾中的废塑料回收统计,而企业产生的废塑料暂时没有相关部门进行统计。

(2)积极开展限塑工作。舟山有关限塑工作主要是两大行动:塑料产品的源头减量和制度创新。一是源头减量行动,由舟山市发展和改革委员会牵头开展“限塑令”专项整治,舟山市市场监管局牵头开展过度包装专项整治。二是制度创新行动,则是由舟山市发展和改革委员会牵头出台限制一次性消费用品的管理制度以及健全限制商品过度包装认定标准。

(3)舟山海滩塑料垃圾较多。由公益组织仁渡发起的守护海岸线科研监测项目,通过严苛的选址布点,在全国沿海设置海滩垃圾监测点,通过一整套标准的监测方法和数据记录,进行翔实的数据采样,来分析和监测中国海滩垃圾状况,是全国范围内定期定点监测海洋垃圾的项目。

其中,舟山有 4 个监测点,分别是长峙岛、衢山岛、枸杞岛和莲花岛。2018 年的监测结果显示,舟山大部分的海滩垃圾都是塑料垃圾,从垃圾数量统计来看,前 5 的类别都是塑料或塑料制品(表 1)。

表 1 2018 年舟山 4 岛监测点累计监测海滩垃圾占比 %

类别	长峙岛	衢山岛	枸杞岛	莲花岛
泡沫塑料类	23.34	3.67	40	44.51
塑料类	65.23	61.99	50	34.19
其他	11.43	34.34	10.00	21.30

2.2 问卷设计

共设计了 11 个问题,包括:是否了解海洋微塑料污染;是通过何种方式获取海洋微塑料污染知识的;认为海洋微塑料污染与您的切身利益(如身体健康、生活环境等)关系如何;对违背海洋生态文明的行为(如倾倒污水、滥捕滥捞等)持有何种态度;是否对目前海洋生态环境满意;政府是否有必要制定相关管理政策(或立法)限制海洋微塑料污染扩大;是否支持“限塑令”;是否您愿意成为一名海洋生态保护志愿者;是否愿意为了减少海洋微塑料污染而不使用塑料产品;被调查者社区是否定期(或不定期)开展维护海洋生态环境的活动;是否认为能通过奖惩措施提高公民对海洋生态文明的认知水平。

2.3 问卷分析结果

课题组一共发出 535 份问卷,回收 523 份,523 份有效,问卷有效率 97.8%。数据分析工具为 EXCEL 和 SPSS,得出相关数据与分析结论。

(1)信息关注有性别和年龄差异。受调查的女性多于男性,且两性占比差异较为明显;其中青年人较多,全日制学生是最关注该问题的群体。互联网是海洋微塑料污染认知传播主要途径,信息途径选择与年龄显著相关。

(2)信息认知度较高且受年龄影响,生态危机有目共睹。至少有 85%的调查者对海洋微塑料污染有基本认知,且认知度与年龄显著相关,年轻人对该问题的熟知程度更高。98.95%的受调查者认为海洋微塑料污染的存在与自身利益息息相关,且超过 44%的受调查者不满意目前的海洋生态环境。

满意度并不随年龄、职业、性别变化,可见生态危机有目共睹、心有戚戚。

(3)公众的知行合一程度较高。超过六成的受调查者认为公众行为与海洋微塑料污染关系最密切,因此多数受调查者反对污染海洋并会作出相应制止行为或自我行为约束。比如,超过 96% 的受调查表示支持“限塑令”;超过七成的受调查者愿意为了减少海洋微塑料污染而不使用(或减少使用)塑料产品,该意愿受到性别和年龄的影响;有七成的受调查者愿意成为一名海洋生态保护志愿者,该意愿受到性别和年龄的影响,但大多受调查者苦于公益组织或活动太少。

(4)政策采纳度预期较好。绝大多数受调查者(98.28%)认为政府有必要制定相关管理政策(或立法)限制海洋微塑料污染的扩大。多数受调查者相信通过制定一些奖惩措施,可以提高公众对海洋生态文明的认知程度及正面行为水平。

(5)主观题。从主观题回答情况来看,一共收到 152 条主观题回复。其中有 140 份有效回答。在 140 份回答当中,23 份鼓励性质的回答;51 份回答当中提及政府行为、治理和管理、立法和监管;56 份回答当中提及公众自主参与、公众意识提升;40 份回答当中提及公益宣传和公民教育;17 份回答当中提及需要加速研发新产品代替塑料;9 份回答当中提及限塑问题;5 份回答当中提及市场行为、减少生产、限制相关消费。

3 海洋微塑料污染治理机制初建与讨论

3.1 机制建设的困境

3.1.1 立法滞后、法规抽象、法律实际效果较差

国内有关废塑料的管理很单薄,2001 年和 2007 年这两个年份分别发布过有关停止生产一次性发泡塑料餐具和限制生产销售塑料购物袋的两个通知,其他有关废塑料的管理大多从属在其他废品回收利用、循环利用或清洁生产的法律法规内。可见有关废塑料管理的法律法规和行业规范是相对滞后、抽象的,并且主体犯法的成本很低,因此这些法律的实际效果并不尽人意。比如,“限塑令”发布以后,塑料袋收入为超市所得,这部分收益并没有转化为塑料袋回收和处理成本,没有体现污染者付费的宗旨^[17]。而关于

微塑料污染,更是没有专门的法律法规。

3.1.2 微塑料管控重点不明确,微珠重视过度

目前各国政府对微塑料的管控没有设立专门的治理部门,因此防治工作也很难向前推进。如今国际上对微塑料污染的控制主要体现在对“微珠”的控制上。但事实上,微珠对微塑料整体污染的贡献只占非常小的一个部分。而且“微珠”是很容易找到代替品的。塑料微粒完全可以用氧化铝、砂石等天然矿物颗粒或是核桃壳、杏核等植物性颗粒代替^[18]。国际上对“微珠”在化工工业上应用的限制,更多时候只是作为一种对公众的生态教育和提升公众认知的方式。

3.1.3 政府回收体制不健全,限塑工作难到位

多头管理和执法造成的职责不清、权限不明,让很多废塑料管理问题模棱两可。就拿舟山来说,商务局、市场局、城管局等都涉及塑料产品的管理和废塑料的回收利用,却没有任何一个部门可以给出一个整体的舟山废塑料回收利用情况统计。

2018 年,舟山对塑料品的管理力度有所增加,“限塑令”专项整治行动也有所成果,但成果有限,比如,对农贸市场、农村地区和一些小早餐店的缺乏有力监管,这些地方的塑料袋仍免费提供。目前的“限”只是从有偿使用和提高产品标准角度来进行,但现实中消费者对于使用付出的成本根本忽略不计,生产企业未禁止生产,只是按标准生产,所以并不能有效从源头全面减量。而且,由于电商物流高度发达,对于塑料袋、一次消费用品的获取渠道难以控制,更是给监管带来不少难度。

另外,可降解管理体制也不完善,认证标准和标志都没有建立,所以这两种塑料袋并没被很好地推广,使用后也没有被很好回收,反而增加环境压力。

3.1.4 研究机构:生态与健康效应研究刚刚起步

有关微塑料污染的研究是这几年的热门,但微塑料对人体健康的负效应或毒理研究还严重不足,甚至空白。根据对一类污染物的研究周期和目前通用的生态风险评估标准,微塑料生态和健康的定性结论可能还需要 10~15 年^[19]。因此,在没有定性论断的情况下,微塑料污染很难引起政府、市场甚至公众对此的重视。而事实上,对于像舟山这样的海岛城市,渔业和海产品与公众生活息息相关,

面临比其他内陆城市更高的健康风险。

3.2 机制建设的条件

3.2.1 公众:支持率较高

从本课题组的问卷调查结果来看,对海洋微塑料污染的控制能获得较高的公众支持率。至少,在政府或社会公益组织的牵头下,大部分的公众愿意配合或参加相关行动,公众知行合一程度较高。公众是机制建立的核心,也是行为的源头,公众的意愿因此非常重要。

3.2.2 政府:愿意支持污染的控制

各国都在展开积极行动,维护海洋生态环境。2016年,我国在渤海、东海、南海三大海域开展断面表层水体漂浮微塑料试点监测工作;2017年7月海洋微塑料的监测首次成为北极科考队的监测项目之一,并初步掌握了我国海洋微塑料分布特征;2018年4月,中国环境科学研究院召开西北太平洋行动计划(NOWPAP)“海洋微塑料监测方法与评价”特别项目建议书编制启动会,旨在加强NOWPAP框架下成员国在海洋微塑料调查和评估方法研究领域的可比性^[19]。

尽管地方政府暂时能做的事情很少,但中央政府的指向性行动预示较好。地方政府(尤其是临海或辖区内含水域,如舟山)至少可以设立一个单元机构关注该项污染,并在处理城市废弃物工作上多作努力。

3.2.3 社会:公益组织的努力

舟山本地拥有海洋环境保护相关的公益组织,并持续开展有效活动。如,净滩行动,旨在清理那些人类活动频率较高的海滩上的垃圾,其中更多的是塑料垃圾;组织家庭主妇使用环保袋的活动,并奖励坚持下去的家庭主妇一些小礼品;组织应家庭主妇在买菜时不要一菜一袋,而是多种蔬菜混着装进一个大袋子,并鼓励她们在超市的食材区,少用手撕袋连卷袋,买多种水果或蔬菜时,先称量再统一装袋,减少连卷袋的使用。

3.3 机制设计

3.3.1 设计理念

本课题从政府、公益组织、市场、社区4个主体维度,构建海洋微塑料源头治理机制的关系分析模型——P-GCWM。

政府:对公众进行生态教育和价值观引导;公众行为深化发展为公众参与干预政府有关限制微塑料使用的决策和立法。

公益组织:对公众的行为引导和认知拓展(通过培训),公众行动力的提升关键;公众推动社会海洋环保公益组织的发展,给予社会评价。

市场:市场通过科技提升寻求塑料的代替品;市场需求本质是公众需求,没有需求就没有杀害,公众需求影响企业对塑料原料的选用意愿。

社区:是载体,是复数公众的代表、意志的集合;公众在社区中的行为有更高的复合作用,因为社区是一个更复杂的人群集合体,每一个公众的影响范围被扩大。

3.3.2 模型描述

从整个模型来看,公众是海洋微塑料污染源头控制的核心,对海洋环境中的微塑料含量影响最大。例如,公众减少使用塑料袋,更多使用环保袋;不使用含有微塑料的化妆品,这些行为会直接影响市场的行为选择,企业会放弃一部分塑料生产和售卖;参加海洋保护的公益活动,如公众参与地方禁塑、限塑决策和行动。这些行为则促使政府和公益组织更好行为模式。

政府、公益组织、市场和社区作为模型的分支,各自对公众行为产生不同影响,并互相作用。模型的建立是为了理顺关系、以便通过各分支行动,去更好地引导公众行为。从公众参与的阶梯理论来看,目前舟山乃至全国的公众参与仅处于第一至第三层阶梯阶段^[21]。而模型分支的作用——尤其是政府提供的公众参与途径、信息披露力度增加、反馈途径增多等,都是扩大公众参与的必要措施(图1)。

3.4 机制的维护和提升

3.4.1 完善海洋微塑料污染控制的地方立法、建立风险预警决策

尽管微塑料污染的生态风险并没有定性结论,甚至在未来10年内都很难有结论,但作为一个海岛城市,海洋中的微塑料污染与公众的生活息息相关,因此政策制定需要考虑风险预警,逐步采取行动,做到规避与提前遏制。

从政府行为来看,政府在微塑料污染控制方面的

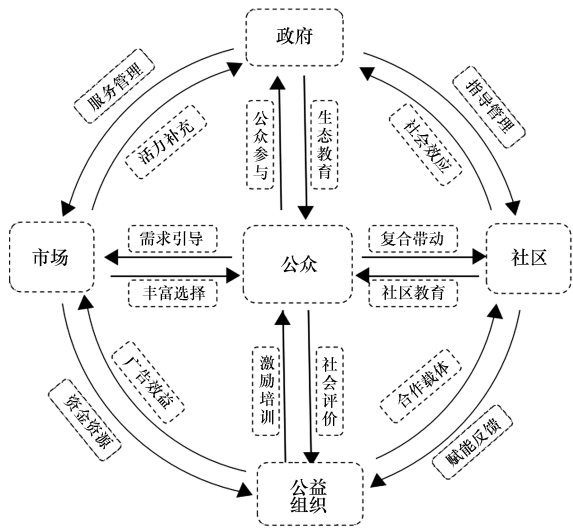


图 1 P-GCWM 机制模型

力量甚微,但绝对不能忽略立法执法和教育的作用,这是政府在引导整个社会建设生态文明的两个关键手段。未来地方政府更应该关注:完善微塑料污染控制的地方立法并从严执法;在条件允许的情况下,完善海洋微塑料污染控制的相关标准;进一步做好废塑料回收利用、加强塑料包装管理;提供公众参与微塑料污染政策制定渠道;扩大学校的生态教育;开设城市海洋科普馆、每年开展“海洋科普周”等活动。

3. 4. 2 重视教育的作用、推动生态教育的公众普及

(1)自然教育。包括实践性生态教育,热土教育和有根教育,是需要坚持百年不变的。在教育途径上,除了传统的学校教育,也要重视家庭启蒙、反哺教育,社区面向大众的宣传性教育和公益组织活动的认知提升作用。

(2)家庭教育。家庭启蒙教育是每个个体获得的最早教育。将包含控制微塑料污染的生态教育从娃娃抓起,会让生态环保行为像说“你好”“谢谢”一样,在个体成长之后,成为个体的潜意识行为。而反哺教育又是个体获得新知的另一种方式,尤其是对老年人来说,他们更愿意“听”孙子辈的话。

(3)社区教育。社区通过组织各种社区活动、讲座,提升社区范围内公众的生态意识。如,现在每个街道社区都定期组织“我们的节日”,传统节日和特殊节日都有相应的活动,如果在世界环境日的时候组织有关海洋微塑料污染控制的主题活动,会

有很好的宣传教育意义。

(4)公益组织的活动。社会公益组织提供的活动在保护海洋环境方面非常有教育意义。曾经有公益组织通过不懈努力,成功促使多个跨国公司(如联合利华、强生等)宣布放弃在化妆品中使用微塑料^[19]。因此舟山的公益组织除了能组织净滩行动之外,还能做一些认知教育提升类活动,比如带领志愿者参与海滩沙子中微塑料的含量检测。

3. 4. 3 推动监测点的普及以及监测点主体多元化合作

目前的监测主体主要是政府。监测点的普及需要设备及人才,两者缺一不可。大多地方政府并没有开展相关监测任务,但据课题组了解,舟山市海洋与渔业局有一整套海洋环境监测设备,但并没有相应技术人员开展监测,闲置已久。舟山市高校和研究所拥有合适的人才进行监测,却苦于没有齐全的相关设备和数据库,比如,缺少标准曲线对所检测海水中的微塑料进行定性研究。因此,监测主体的多元化发展、监测和研究主体之间开展相应合作是很有必要的。地方政府与地方高校的合作、高校和研究所之间的数据互通,都是下一步需要积极推动的关键。

如果在 P-GCWM 机制模型中可以添加政府—高校和研究所的模块,则可以将研究数据和方向进一步扩展。比如,在监测点建立各类海洋生物微塑料含量—毒性关系,为风险研究提供基础数据和科学依据。再比如,对目前的可降解材料、新型替代材料和修复材料的进一步研发。这些都是海洋微塑料污染管控和治理体系的核心支撑。

3. 4. 4 重视直播等新媒体平台在提升宣传效果中的作用

通过公众的行为认知调查,发现公众对海洋生态环境的认知水平是有限的。因此在普及各类生态认知方面,需要更多宣传和更新的宣传手段,也需要针对各年龄层次、性别、甚至不同职业设计宣传方案和选择宣传方式。比如,联合国环境规划署曾经发起一项名为“化妆品:我们的个人护理品是否正在污染环境”的活动^[20]。该活动是通过一款手机 APP 帮助公众认识化妆品中的微塑料和提高公众对环境中微塑料污染的认知水平,效果不错。

当然,APP 的辐射效果是有限的,但现在的自媒体宣传方式非常多,并与很多广告商、营销企业有着良好的合作关系。而像微博大 V、直播网红等粉丝众多的自媒体宣传人,都有很广的影响力,尤其是对年纪较轻的受众。因此,如果控制海洋微塑料污染的宣传能通过这些自媒体铺开,宣传教育效果可想而知。无论是政府还是公益组织、甚至是社区,都应该尝试与自媒体合作,或利用这些新媒体平台创造属于自己的生态宣传自媒体。而宣传内容除了科普外,还能制作一些环保行为指南,比如如何在旅行的时候减少使用塑料产品等。

4 结语

舟山自古就是一个以渔为生的群岛,其旅游业兴盛的立足点之一也是海产品,因此海洋微塑料污染对舟山公众的反噬是显而易见的。从这个层面来看,存在公众生存安全的隐患或唤起海洋生态保护公知的起点已经满足,因此舟山会成为呼吁治理海洋微塑料污染的最佳地之一,且更易成为源头治理机制建立的试点。而对海洋微塑料污染的关注,同样是舟山保护海洋开发海洋的重要一环,是海洋强国战略的重要节点。

课题组尝试勾画简易模型,提出围绕公民行为建立海洋微塑料污染源头治理机制的理念,促进公民自发保护海洋生态环境的行为产生,同时期待更多的海洋生态保护公益组织的诞生、社会力量增加,并力求促成相关地方法律法规、政策出台,以及为预防海洋微塑料污染相关的邻避运动的产生做出相应努力。

参考文献

- [1] GESAMP. Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment[R]. London: International Maritime Organization, 2015: 90—96.
- [2] WILCOX C, VAN SEBILLE E, HARDESTY B D. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing[J]. PNAS, 2015, 112: 11899—11904.
- [3] 刘强,徐旭丹,黄伟,等.海洋微塑料污染的生态效应研究进展[J].生态学报, 2017, 37(22): 7397—7409.
- [4] 孙承君,蒋风华,李景喜,等.海洋中微塑料的来源、分布及生态环境影响研究进展[J].海洋科学进展, 2016, 34(4): 449—461.
- [5] TURNER A, HOLMES L A. Adsorption of trace metals by microplastic pellets in fresh water[J]. Environl Chemistry, 2015, 12(5).
- [6] VELZEBOER I, KWADIJK C J, KOELMANS A A. Strong sorption of PCBs to nanoplastics, microplastics, carbon nanotubes, and fullerenes[J]. Environl Sci & Tech, 2014, 48(9): 4869—4876.
- [7] ZETTLER E R, MINCER T J, AMARALZETTLER L A. Life in the ‘plasti-sphere’: microbial communities on plastic marine debris[J]. Environl Sci & Tech, 2013, 47(13): 7137—7146.
- [8] NEVES D, SOBRAL P, FERREIRA J L, et al. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast[J]. Marine Pollution Bulletin, 2015, 101(2): 31—44.
- [9] 周倩. 典型滨海潮滩及近海环境中微塑料污染特征与生态风险[D]. 烟台: 中国科学院烟台海岸带研究所, 2016.
- [10] 赵世焯. 中国部分河口微塑料的赋存特征及海洋雪中微塑料分析方法研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2017.
- [11] 龙邹霞, 余兴光, 金翔龙, 等. 海洋微塑料污染研究进展和问题[J]. 应用海洋学学报, 2017(4): 586—596.
- [12] 周倩, 章海波, 李远, 等. 海岸环境中微塑料污染及其生态效应研究进展[J]. 科学通报, 2015(33): 3210—3220.
- [13] JAMES R CLARK, MATTHEW COLE, PENELOPE K LINDEQUE, et al. Marine microplastic debris: a targeted plan for understanding and quantifying interactions with marine life[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2016, 14(6): 317—324.
- [14] TSANG Y Y, AMK C W, LIEBICH C, et al. Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong[J]. Marine Pollution Bulletin, 2017, 115(1): 20—28.
- [15] 刘涛, 孙晓霞, 朱明亮, 等. 东海表层海水中微塑料分布与组成[J]. 海洋与湖沼, 2018, 49(1): 62—69.
- [16] KOLANDHASAMY P, SU L, LI J N, et al. Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion[J]. Science of the Total Environment, 2018, 610—611: 635—640.
- [17] 邓义祥, 雷坤, 安立会, 等. 我国塑料垃圾的微塑料污染源头控制对策[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(10): 1042—1051.
- [18] 吴辰熙, 潘响亮, 施华宏, 等. 我国淡水环境微塑料污染与流域管控策略[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(10): 1012—1020.
- [19] 徐向荣, 孙承君, 季荣, 等. 加强海洋微塑料的生态和健康危害研究 提升风险管控能力[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(10): 1003—1011.
- [20] UNEP. Plastic in Cosmetics, Are We Polluting the Environment through Our Personal Cares[R]. Nairobi: United Nations Environment Programme(UNEP), 2015.
- [21] ARNSTEIN S. A Ladder of Citizen Participation[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1969, 35(4): 216—224.