

东海表层海水中微塑料分布与组成*

刘涛^{1,2} 孙晓霞^{1,2,3} 朱明亮¹ 梁俊华¹ 赵永芳¹

(1. 中国科学院海洋研究所 山东胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站 青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋生态与环境科学功能实验室 青岛 266071; 3. 中国科学院大学 北京 100049)

摘要 本文通过 2015 年夏季在东海水域进行采样,对东海表层水体中微塑料的空间分布和组成进行了定量与定性分析。结果表明:东海表层海水中广泛存在微塑料,微塑料的分布密度在 0.011—2.198 piece/m³ 之间,平均含量为 0.31 piece/m³。微塑料的长度多在 500 μm 至 5 mm 之间,占 88.6%;其形态多为泡沫状(54.8%),其次是块状(21.4%)和薄膜状(11.8%);其外观多呈现为白色(71.9%)和彩色(18.5%);其化学成分主要是聚乙烯(45.5%)和聚丙烯(34.6%)。对形态、颜色和化学组成的分析表明,这些微塑料主要来源于陆地,在沿海通过海岸或河流进入海洋。河流和洋流的运动是影响微塑料迁移而导致其分布不均状况的主要因素。与国内外已有相关研究结果比较表明东海微塑料的分布密度处于中等水平。

关键词 微塑料;表层海水;东海;海洋碎屑;分布与组成

中图分类号 P76 doi: 10.11693/hyhz20170100021

微塑料(Microplastics)是指存在于海洋环境中的长度小于 5 mm 的塑料碎屑(Wright *et al.*, 2013)。近年来,环境中的微塑料污染问题已经成为生态与环境领域中的前沿热点,引发了广泛关注(UNEP Frontiers Report, 2016)。随着对海洋环境中塑料污染情况研究的深入,学术界逐步认识到微塑料相比较大的塑料垃圾可能具有更大的危害性(Stefatos *et al.*, 1999; Thompson *et al.*, 2004; Koutsodendris *et al.*, 2008; Cole *et al.*, 2011)。已有研究表明,微塑料在海洋环境中分布极为广泛(Barnes *et al.*, 2009; Anthony, 2011),从赤道至两极(Zarfl *et al.*, 2010),滨海到远海都有发现。通过调查发现,近海(Lattin *et al.*, 2004; Nor *et al.*, 2014; Song *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2015),特别是沙滩和近岸水域已经非常普遍地存在微塑料(Liebezeit *et al.*, 2012; Nor *et al.*, 2014; Besley *et al.*, 2017; Laglbauer *et al.*, 2014)。进一步的研究表明,在中远海、大洋(Pichel *et al.*, 2007; Moore, 2008; Isobe *et al.*, 2017),人类活动比较少的偏远海域,如偏远的岛屿附近的海域或沙滩(Pieper *et al.*, 2015; Amélineau *et*

al., 2016),极地海域(Lusher *et al.*, 2015; Cincinelli *et al.*, 2017),甚至融化的冰川中(Obbard *et al.*, 2014)都发现微塑料的分布。在垂直尺度上,从海水表层(Wurl *et al.*, 2005; Zhao *et al.*, 2014; Song *et al.*, 2015),次表层(Desforges *et al.*, 2015)到深海的沉积层(Woodall *et al.*, 2014)都发现有微塑料的存在。

国内对于微塑料的研究最近十年才逐步开展,但是发展迅速,已有的报道主要是关于微塑料分布的调查,部分开始研究微塑料对生物的影响。研究显示,微塑料在我国也有非常广泛的分布。沿海区域,如长江口及其邻近东海水域(Zhao *et al.*, 2014),珠江口(Fok *et al.*, 2015),东南沿海城市入海口(Zhao *et al.*, 2015),香港沿海水域(Tsang *et al.*, 2017)等;内陆的部分地区(主要是湖泊),如武汉周围水域(Wang *et al.*, 2017),太湖(Su *et al.*, 2016),三峡水坝库区(Zhang *et al.*, 2017),甚至在人口稀少的青藏高原的湖泊沿岸(Zhang *et al.*, 2016)等地区都有发现微塑料。这表明我国各地的水环境中也普遍存在微塑料。

* 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划项目, 2016ASKJ02 号; 政府间国际科技创新合作重点专项, 2016YFE0101500 号; 中国科学院战略性先导科技专项(A 类), XDA11030204 号。刘涛, 硕士研究生, E-mail: bournetavish@163.com

通讯作者: 孙晓霞, 博士生导师, 研究员, E-mail: xsun@qdio.ac.cn

收稿日期: 2017-01-23, 收修改稿日期: 2017-08-23

但是, 目前国内已有研究的调查范围都比较小, 多为局部区域, 对我国近海, 特别是黄东海大范围内的微塑料分布还缺乏了解。东海沿岸是中国经济最发达, 人口最密集的区域之一, 是人类活动与海洋环境相互作用非常显著的区域, 也是中国塑料垃圾进入海洋的主要区域之一(Jambeck *et al.*, 2015)。并且, 东海是中国主要的渔业区域, 出产大量海产品, 而海产品又是与居民生活息息相关的消费品, 微塑料的污染可能会影响海产品的安全, 并且可能对沿海环境和生态系统的稳定造成不利影响。因此, 本文选择了东海作为研究区域, 对东海表层水体中微塑料的分布和组成特征进行定量和定性研究。

1 材料与方法

1.1 调查站位

2015年8月20日至9月23日搭乘“科学三号”海洋科考船在北至长江口附近, 南至台湾海峡北出口的东海区域(25.49°—32.50°N, 120.05°—125.50°E)进行了水平拖网采样, 共40个站位(图1)。

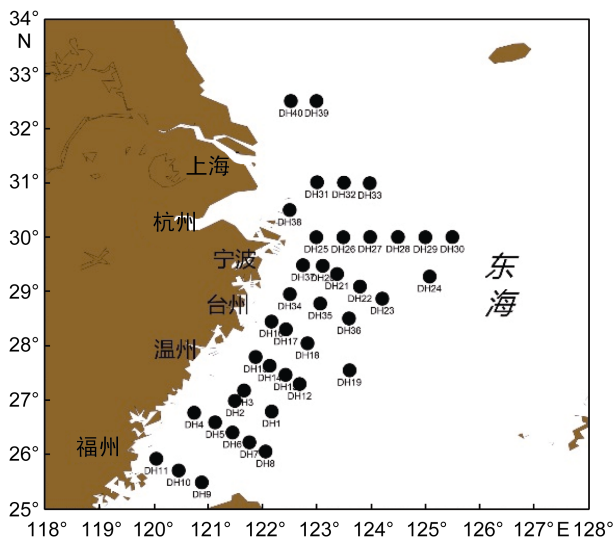


图1 东海采样站位图

Fig.1 Sampling stations in the East China Sea

1.2 样品采集

各站位使用浮游生物网 BONGO-NET 在表层海水中以水平拖网的形式进行采样。使用的 BONGO-NET (HYDRO-BIOS 公司, 德国)以双联网的形式进行组装, 单个网圈的网口直径为 60cm, 网口上装有数字流量计, 用于计算流过的水的体积; 网圈后部连接滤网, 网孔直径 500 μ m; 滤网末端连接网桶, 用于

收集样品, 其侧面开口, 上覆盖有筛绢, 孔径 500 μ m。另外, 网具的配件还包括网桶推力杆和深度抑制器(重 22kg), 用于维持网具采样时的工作状态。采样以水平拖网的形式进行。到达站位后, 网具下放到海水表层以下 1 米左右深度, 在 2kn 船速下拖行 6—10min 以完成采样。采样结束后, 回收网具, 取下网桶, 将样品转移到容积 1L 的样品瓶中, 加入 5% 的甲醛溶液, 混匀后保存。

1.3 样品分析

使用双筒体视显微镜观察样品, 挑选出其中的塑料碎屑, 使用带有摄像系统的双筒体视显微镜(CARL ZEISS Stemi SV11)进行拍摄, 并使用与摄像系统配套的软件(Carl Zeiss AxioVision 4.9.1SP2)测量塑料基本的尺寸信息。并且, 使用 Nicolet iN 10 MX 型傅里叶变换红外显微光谱仪(Fourier Transform Infrared Spectrometer)(Thermo Fisher 公司, 美国)对微塑料样品进行检测, 确定其化学组成。

由于微塑料在环境中广泛存在, 为减少误差, 实验中使用的玻片、玻璃皿等与样品接触的物品均使用超纯水涮洗, 密闭烘干后使用; 样品的冲洗和保存均使用超纯水; 样品挑出拍摄后用玻片封存留待检测。

1.4 数据处理

使用软件 Surfer12、Ocean Data View4.9 和 ArcGIS10 绘图, 使用 Microsoft Office Excel 2013 绘制表格。

2 结果

通过调查发现, 东海表层海水中普遍存在微塑料。图 2 是部分微塑料的图片, 成分检测显示依次是聚乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚乙烯。

2.1 微塑料在东海表层的分布

东海表层水体中, 微塑料的分布密度在 0.011—2.198piece/m³之间, 平均分布密度为 0.31piece/m³(图3)。采样中获取了 639 个样品, 其中 457 个是塑料材质的碎屑, 微塑料为 449 个。全部站位中, 分布密度小于 0.1piece/m³的站位有 16 个, 占总数的 40%; 分布密度在 0.1—0.6piece/m³之间的站位有 19 个, 占 47.5%; 分布密度大于 0.6piece/m³的站位有 5 个, 占 12.5%。即其中 87.5%的站位微塑料的分布密度不超过 0.6piece/m³。调查结果显示, 东海表层水体中微塑料分布密度较高的区域主要有五个: 即长江口外围海域(以 D31 为中心), 宁波之外较远的东海中部海域

(以 D30 为中心), 浙江沿海水域(以 D34 为中心), 温州外海和台湾北部交汇的海域(以 D13 最高), 台湾北部海域(主要在 D7 附近)。

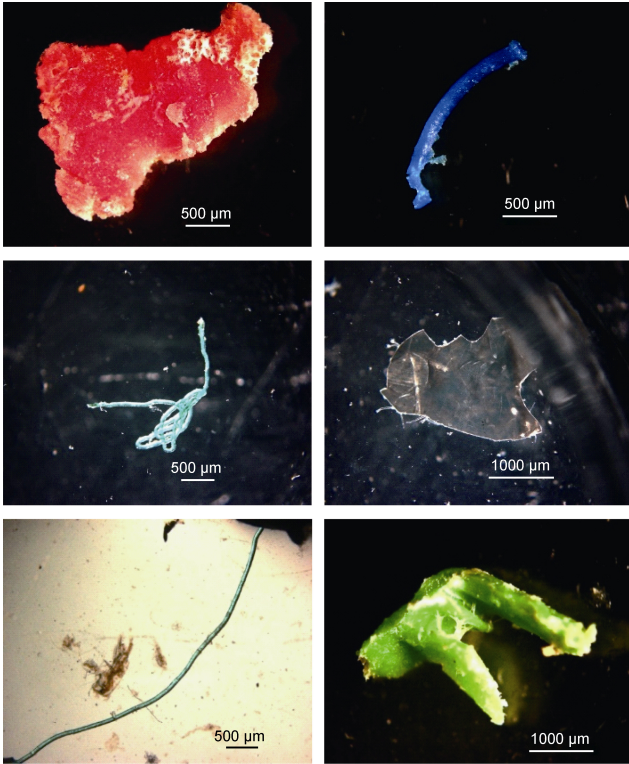


图 2 部分微塑料样品

Fig.2 Some microplastic pieces in the East China Sea

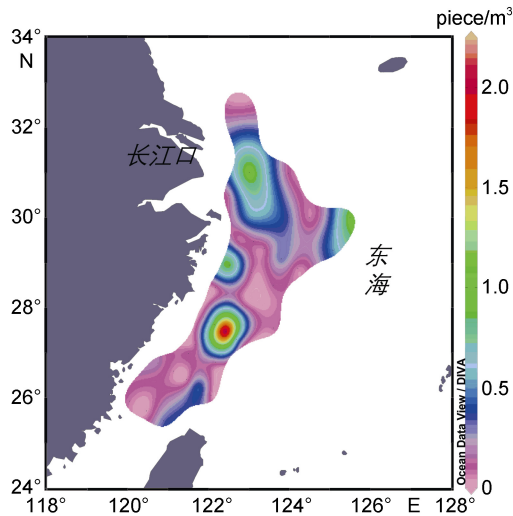


图 3 微塑料在东海表层海水中的分布

Fig.3 The concentration of microplastics in the East China Sea

2.2 东海微塑料的长度组成

本实验获取的塑料样品长度范围在 178.6—21936.46μm 之间。将这些样品按其最大长度分成三

类, 即小于 500μm, 500—5000μm, 大于 5000μm。这三种长度范围的塑料在样品总数中所占比例分别是: 小于 500μm 占 6.46%, 500—5000μm 占 88.6%, 大于 5000μm 占 5.0%。

2.3 东海微塑料的形态特征

将微塑料样品按其形态特征分为五类: 泡沫状、块状、棒状、薄膜状和纤维状。泡沫状主要指泡沫塑料或类似泡沫塑料的塑料; 棒状指呈现圆柱形且修长的塑料; 薄膜状指表面较平整, 厚度很小的塑料; 纤维状指直径较小, 长径比极大, 呈现细丝状的塑料; 块状指其他不规则形态的塑料。通过对塑料样品进行分类得出五种形态微塑料分别所占比例为: 泡沫 54.8%、块状 21.4%、薄膜状 11.8%、棒状 8.5%、纤维状 3.6%。五种形态微塑料的尺寸范围如表 1 所示, 其在各站位所占比例如图 4 所示。

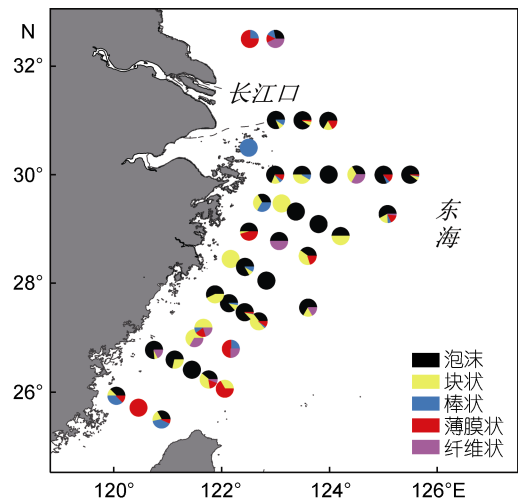


图 4 东海各站位不同形态微塑料所占比例

Fig.4 Composition of different-shaped microplastic pieces at each station in the East China Sea

将微塑料样品按颜色不同分成四类, 透明、白色、彩色和黑色。四种颜色微塑料分别所占比例为: 白色 71.9%、彩色 18.5%、透明 6.9%、黑色 2.7%。不同颜色微塑料在各站位所占比例如图 5 所示。

2.4 微塑料的化学组成

对微塑料样品使用傅里叶变换红外显微光谱仪进行检测, 结果如表 3 所示。东海表层水体中微塑料的主要化学组分是聚乙烯(Polyethylene)占 45.5%, 聚丙烯(Polypropylene)占 34.6%, 其他各种塑料成分占 19.9%。除塑料成分外, 这些微塑料样品中还检测出了少量非塑料的成分, 如二十二醇(Docosanol), 三硫代亚磷酸三月桂醇酯(Weston TLTP)、三十六烷

表 1 不同形态塑料的尺寸范围
Tab.1 The size range of different-shaped plastic pieces in the East China Sea

塑料形态	最大长度	最小长度	最大宽度	最小宽度	平均长度	平均宽度	样品量	比例(%)
泡沫状	5370.82	226.63	3554.57	169.56	1190.98	802.09	246	54.8
块状	5781.92	178.6	3784.04	79.66	1612.49	853.53	96	21.4
薄膜状	21936.46	570.46	9045.8	163.3	2919.76	1515.96	53	11.8
棒状	20929.96	573.76	807.66	70.47	5679.31	199.08	38	8.6
纤维状	6112.09	533.73	—	—	2795.34	—	16	3.6

注: 表中长宽度单位均为 μm

表 2 本文与部分其他研究区域的比较
Tab.2 Comparison between this study and other sampled areas

作者	研究水域	网具孔径(μm)	微塑料分布密度(piece/ m^3)
Moore <i>et al.</i> , 2001	北太平洋环流区	333	2.23
Moore <i>et al.</i> , 2002	加利福尼亚南部沿海	333	7.25
Lattin <i>et al.</i> , 2004	加利福尼亚南部圣莫尼卡湾	333	3.92
Moore <i>et al.</i> , 2005	北太平洋表层	333	7.25
Yamashita <i>et al.</i> , 2007	黑潮	330	(174000±467000)piece/ km^2
Collignon <i>et al.</i> , 2012	地中海西北部	333	0.116
Zhao <i>et al.</i> , 2014	长江口及其附近东海局部	333	0.167±0.138
本研究	东海	500	0.31

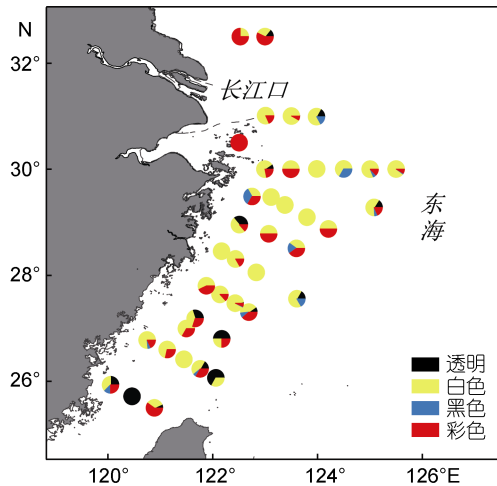


图 5 东海各站位不同颜色微塑料所占比例

Fig.5 Composition of different-colored microplastic pieces in each station in the East China Sea

(Hexatriacontane)、十八烷基三甲基氯化铵(N-Octadecaryl dimethyl ammonium chloride)等。图 6 是部分塑料样品的显微 FTIR 光谱图。

3 讨论

3.1 微塑料在东海的分布

通过研究发现, 微塑料广泛分布于东海表层水体中, 但是其分布是非常不均匀的。导致这种斑块分布的现象可能有以下一些原因。世界其他已有的研究表明, 陆源输入是海洋中微塑料的主要来源(Barnes *et al.*, 2009; Ribic *et al.*, 2010; Browne *et al.*, 2011; Doyle *et al.*, 2011; Collignon *et al.*, 2012; Dubaish *et al.*, 2013)。在东海的四个微塑料密度较高的区域中, 除东海中部海域外, 上海和杭州沿海的长江口和杭州湾交汇海域, 浙江的宁波、台州、温州等地沿海水域和

表 3 东海表层水体中微塑料的化学组成
Tab.3 Chemical composition of microplastics in the surface waters of the East China Sea

塑料的化学成分	英文名称	百分比(%)
聚乙烯	Polyethylene	45.5
聚丙烯	Polypropylene	34.6
苯乙烯、乙烯醇共聚物	Poly(styrene:vinyl alcohol)	5.5
聚(2-癸烯)	Poly(2-decene)	1.8
聚苯乙烯	Poly(styrene)	5.5
聚(亚苯基二硫)	Poly(phenylene disulfide)	1.8
聚酰胺-12	Polyamide-12	1.8
氯化烯炔	Polyalkene, chlorinated	1.8
聚(苯乙烯-4-磺酸)	Poly(styrene-4-sulfonate, Mg)	1.8

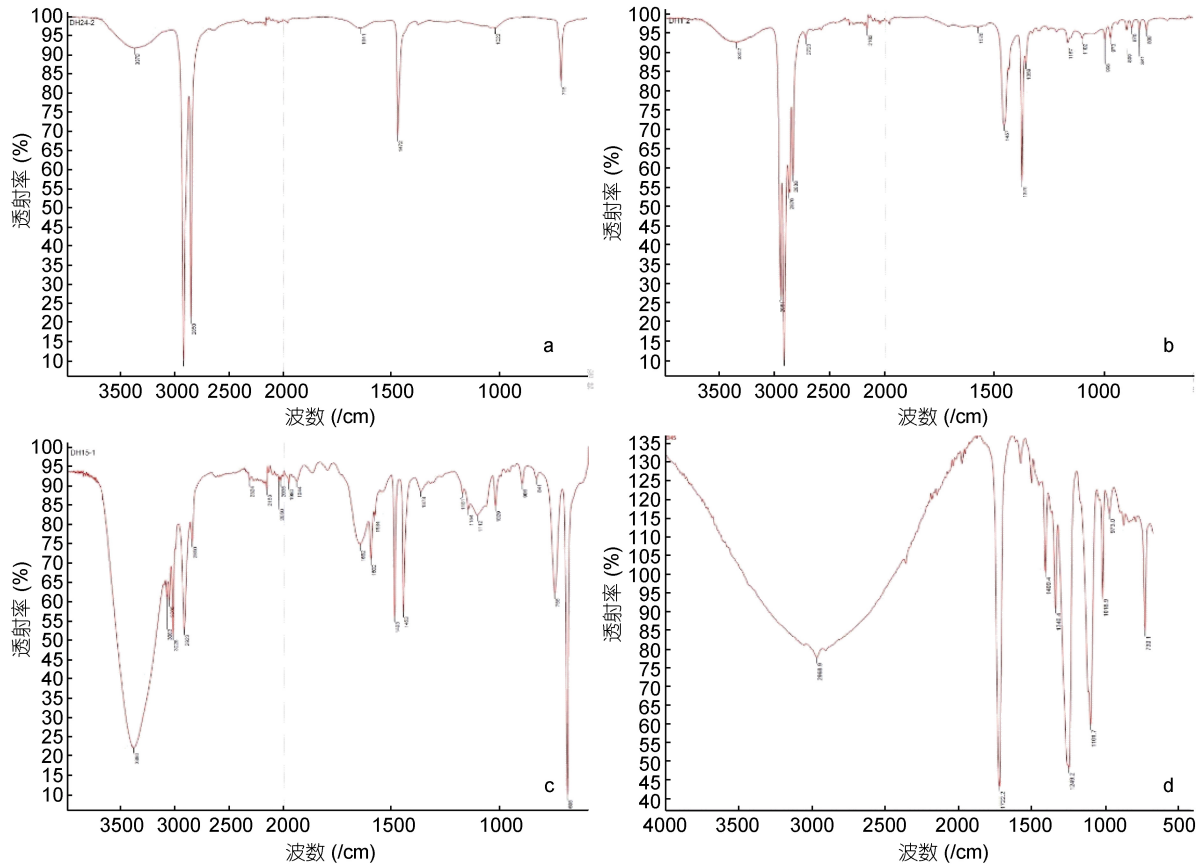


图6 样品显微 FTIR 光谱图: a. 聚乙烯; b. 聚丙烯; c. 聚苯乙烯; d. 聚酯纤维
Fig.6 FTIR spectra of samples: a. Polyethylene; b. Polypropylene; c. Polystyrene; d. Polyester

台北沿海的水域都离岸较近, 以上所指出的城市都属于沿海城市, 并且都位于河流的入海口附近(上海位于长江口, 杭州在钱塘江入海口, 台州在椒江入海口, 温州在瓯江入海口, 台北在淡水河入海口), 仅杭州湾周围就分布有上海、嘉兴、杭州、绍兴、宁波、舟山等城市。这些地区人口密集, 经济发达, 尤其是商业、渔业、水产养殖业、航运等活动非常繁荣, 并且靠近海岸, 人类活动中产生的塑料废弃物很多, 容易直接经过海岸排放到海水中或通过河流间接进入海洋, 这直接导致了沿海区域塑料密度较高。但是, 陆源的输入不能单独决定微塑料在海洋中的分布, 同样近岸的其他站位, 如 D4、D11、D15、D16、D38 等站位, 微塑料的分布密度则相对并不高(小于 0.2 piece/m^3), 这表明微塑料从陆地进入海洋之后, 不会一直停留在近海附近, 而是会随水流迁移, 导致在一些区域中微塑分布密度升高, 而在其他区域则降低, 这表明海水会稀释微塑料的分布密度。

河流是微塑料由陆地输入海洋的一条重要途径。已有报道显示, 长江口河口水域微塑料平均密度达

到 $(4137.3 \pm 2461.5) \text{ n/m}^3$, 而邻近海岸的东海水域则为 $(0.167 \pm 0.138) \text{ n/m}^3$ (Zhao *et al.*, 2014), 两地虽然毗连, 但微塑料分布密度差异非常明显。这既证明了河流是向海洋输入微塑料的重要途径, 又表明海水会稀释微塑料的分布密度。与本文相比, 前者采样时间是 2013 年 8 月上旬, 而本文采样时间是 2015 年 8 月中下旬到 9 月, 两者采样时间基本都属于夏季。5—10 月是南方多雨的季节, 河流的径流量增大, 携带了大量的微塑料, 所以长江口水体中微塑料密度非常高。本文与前者不同点在于: 第一, 前者在东海的采样站位比本文中的东海近岸采样站位离河口和海岸更近; 第二, 前者在采样中使用孔径为 $333 \mu\text{m}$ 的网具, 而本文中用的是孔径为 $500 \mu\text{m}$ 的网具。前文已经说明海水对微塑料分布有明显稀释作用, 并且网具孔径意味着有更大可能遗漏部分较小的微塑料, 但本文调查发现长江口外东海水域的微塑料密度要高于其分布密度。

据已有研究表明, 海洋环境中存在的微塑料密度大都在 $0.8\text{—}1.4 \text{ g/cm}^3$ 之间 (Hidalgo-Ruz *et al.*,

2012)。一般情况下, 大部分微塑料都漂浮或悬浮在浅层海水中, 容易随表层海水运动而迁移。另外, 信风、风暴、河流入海口的冲淡水都会通过影响海水的流动而间接影响微塑料在海水中的分布(Galgani *et al.*, 2000)。所以, 陆源输入主要影响沿岸和近岸的海域内微塑料的分布, 距海岸稍远之后, 微塑料的分布主要受海水运动影响, 特别是表层海水的运动。另外, 进入海洋的一部分密度大的微塑料会下沉, 还有一部分会被海洋动物摄食, 其中一些会随浮游动物的粪便颗粒而下沉(Cole *et al.*, 2016), 另一些会留在海洋动物体内。这些情况也会对微塑料的分布产生一定影响。

总的来说, 微塑料的分布主要受水流运动的影响, 但并不完全由水流决定, 最终呈现的地理和空间分布是多因素作用的结果, 其他因素有待进一步研究。

表 2 选取了与本文实验方法和用具最为相似的一些已有的研究进行比较, 结果显示, 东海微塑料的分布密度要低于北太平洋、美国西海岸的部分区域, 而高于地中海地区。与国外的一些同样人口相对密集, 城市较多的沿海地区相比, 东海的微塑料分布密度远低于美国西海岸水域, 尤其是加利福尼亚沿海(Moore *et al.*, 2002)。与世界其他地区相比较, 东海微塑料分布密度低于法国和比利时沿海(Van Cauwenberghe *et al.*, 2013)、意大利沿海(Fossi *et al.*, 2012), 而高于澳大利亚沿海(Reiser *et al.*, 2013)、西太平洋(Yamashita *et al.*, 2007)、南极洲罗斯海(Cincinelli *et al.*, 2017)等海域。与国内相比, 东海微塑料分布密度低于多个城市附近的河流入海口(Zhao *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2015; Fok *et al.*, 2015)以及香港岛沿海水域(Tsang *et al.*, 2017)。所以黄东海微塑料的分布密度与世界其他地区相比处于中等水平。

3.2 东海微塑料形态特征和成分组成

结果显示长度小于 5000 μm 的塑料占挑选出塑料样品的 95%, 其中 500 μm 到 5000 μm 的微塑料又是主要的组成部分(88.6%), 这表明东海表层水体中的塑料碎屑绝大部分是微塑料。从表 3 可以看出, 这些微塑料的成分多是常见的聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚对苯二甲酸乙二酯、聚氯乙烯等类型。其中, 泡沫的主要成分包括聚苯乙烯和聚乙烯, 块状多为聚丙烯、聚氯乙烯等, 薄膜状多为聚乙烯、聚苯乙烯等。这些都是生活中常用的塑料类型, 聚乙烯多用于制造塑料袋和包装材料; 聚丙烯多用于家用电器和塑料管道; 聚苯乙烯常用于制造泡沫塑料板; 聚对苯二

甲酸乙二酯多用于制造电子器件和涤纶等。成分多样性表明微塑料来源的广泛性。另外, 在微塑料样品中检出了二十二醇、三硫代亚磷酸三月桂醇酯、十八烷基三甲基氯化铵等成分。这些物质并不是塑料的组成成分, 其中, 二十二醇是一种常见的润肤剂, 常出现在洗涤用品中, 而三硫代亚磷酸三月桂醇酯是一种合成洗涤剂, 也常出现在洗涤用品中, 或作为工业印染的匀染剂、矿物的浮选剂中的成分; 十八烷基三甲基氯化铵一般用作织物柔软剂和护发素的成分。这些成分最有可能出现在生活污水和工业污水中。这表明微塑料吸附了这些物质, 并且陆源污水是微塑料进入海洋环境的一个重要途径。

4 结论

(1) 微塑料普遍存在于东海的表层水体中, 平均分布密度为 0.31piece/ m^3 。微塑料在东海表层水体中呈现不均匀的分布, 在近海水域特别是大型城市的沿海、河流入海口附近海域微塑料分布密度明显较高, 离岸较远的东海中部海域微塑料有局部汇集的现象。与世界上其他区域比较, 东海微塑料分布密度处于中等水平。

(2) 东海表层水体中的微塑料形态上多为泡沫状和块状, 颜色上多为白色和彩色, 化学组分多为聚乙烯和聚丙烯。

致谢 本文中样品的采集工作得到了“科学三号”考察船工作人员的大力协助, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- Amélineau F, Bonnet D, Heitz O *et al.*, 2016. Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. *Environ Pollut*, 219: 1131—1139
- Anthony L A, 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull*, 62(8): 1596—1605
- Barnes D K A, Galgani F, Thompson R C *et al.*, 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans Roy Soc B*, 364(1526): 1985—1998
- Besley A, Vijver M G, Behrens P *et al.*, 2017. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Mar Pollut Bull*, 114(1): 77—83
- Browne M A, Crump P, Niven S J *et al.*, 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ Sci Technol*, 45(21): 9175—9179
- Cincinelli A, Scopetani C, Chelazzi D *et al.*, 2017. Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*,

- 175: 391—400
- Cole M, Lindeque P, Halsband C *et al*, 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar Pollut Bull*, 62(12): 2588—2597
- Cole M, Lindeque P K, Fileman E *et al*, 2016. Microplastics alter the properties and sinking rates of zooplankton faecal pellets. *Environ Sci Technol*, 50(6): 3239—3246
- Collignon A, Hecq J H, Glagani F *et al*, 2012. Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Mar Pollut Bull*, 64(4): 861—864
- Desforges J P, Galbraith M, Ross P S, 2015. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Arch Environ Contam Toxicol*, 69(3): 320—330
- Doyle M J, Watson W, Bowlin N M, 2011. Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Mar Environ Res*, 71(1): 41—52
- Dubaish F, Liebezeit G, 2013. Suspended microplastics and black carbon particles in the jade system, Southern North Sea. *Water Air Soil Pollut*, 224: 1352
- Fok L, Cheung P K, 2015. Hong Kong at the Pearl river estuary: a hotspot of microplastic pollution. *Mar Pollut Bull*, 99(1—2): 112—118
- Fossi M C, Panti C, Guerranti C *et al*, 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Mar Pollut Bull*, 64(11): 2374—2379
- Galgani F, Leaute J P, Moguedet P *et al*, 2000. Litter on the sea floor along European coasts. *Mar Pollut Bull*, 40(6): 516—527
- Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson R C *et al*, 2012. Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol*, 46(6): 3060—3075
- Isobe A, Uchiyama-Matsumoto K, Uchida K *et al*, 2017. Microplastics in the Southern Ocean. *Mar Pollut Bull*, 114(1): 623—626
- Jambeck J R, Geyer R, Wilcox C *et al*, 2015. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223): 768—771
- Koutsodendris A, Papatheodorou G, Kougiourouki O *et al*, 2008. Benthic marine litter in four Gulfs in Greece, Eastern Mediterranean; abundance, composition and source identification. *Estuarine Coast Shelf Sci*, 77(3): 501—512
- Laglbauer B J L, Franco-Santos R M, Andreu-Cazenave M *et al*, 2014. Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Mar Pollut Bull*, 89(1—2): 356—366
- Lattin G L, Moore S L, Zellers A F *et al*, 2004. A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Mar Pollut Bull*, 49(4): 291—294
- Liebezeit G, Dubaish F, 2012. Microplastics in Beaches of the East Frisian Islands Spiekeroog and Kachelotplate. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(1): 213—217
- Lusher A L, Tirelli V, O'Connor I *et al*, 2015. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Sci Rep*, 5: 14947
- Moore C J, Moore S L, Leecaster M K *et al*, 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar Pollut Bull*, 42(12): 1297—1300
- Moore C J, Moore S L, Weisberg S B *et al*, 2002. A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in Southern California's coastal waters. *Mar Pollut Bull*, 44(10): 1035—1038
- Moore C J, 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environ Res*, 108(2): 131—139
- Nor N H M, Obbard J P, 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Mar Pollut Bull*, 79(1—2): 278—283
- Obbard R W, Sadri S, Wong Y Q *et al*, 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Fut*, 2(6): 315—320
- Pichel W G, Churnside J H, Veenstra T S *et al*, 2007. Marine debris collects within the North Pacific Subtropical Convergence Zone. *Mar Pollut Bull*, 54(8): 1207—1211
- Pieper C, Ventura M A, Martins A *et al*, 2015. Beach debris in the Azores (NE Atlantic): Faial Island as a first case study. *Mar Pollut Bull*, 101(2): 575—582
- Ribic C A, Sheavly S B, Rugg D J *et al*, 2010. Trends and drivers of marine debris on the Atlantic coast of the United States 1997—2007. *Mar Pollut Bull*, 60(8): 1231—1242
- Reisser J, Shaw J, Wilcox C *et al*, 2013. Marine plastic pollution in waters around Australia: characteristics, concentrations, and pathways. *PLoS ONE*, 8(11): e80466
- Song Y K, Hong S H, Jang M *et al*, 2015. Occurrence and distribution of microplastics in the sea surface microlayer in Jinhae Bay, South Korea. *Arch Environ Contaminat Toxicol*, 69(3): 279—287
- Stefatos A, Charalampakis M, Papatheodorou G *et al*, 1999. Marine debris on the seafloor of the Mediterranean sea: examples from two enclosed gulfs in western Greece. *Mar Pollut Bull*, 38(5): 389—393
- Su L, Xue Y G, Li L Y *et al*, 2016. Microplastics in Taihu Lake, China. *Environmental Pollution*, 216: 711—719
- Thompson R C, Olsen Y, Mitchell R P *et al*, 2004. Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304(5672): 838
- Tsang Y Y, Mak C W, Liebich C *et al*, 2017. Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong. *Mar Pollut Bull*, 115(1—2): 20—28
- UNEP, 2016. Marine Plastic Debris and Microplastics—Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Van Cauwenberghe L, Vanreusel A, Mees J *et al*, 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environ Pollut*: 495—499
- Wang W F, Ndungu A W, Li Z *et al*, 2017. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Sci Total Environ*, 575: 1369—1374
- Woodall L C, Sanchez-Vidal A, Canals M *et al*, 2014. The deep

- sea is a major sink for microplastic debris. *R Soc Open Sci*, 1(4): 140317
- Wright S L, Thompson R C, Galloway T S, 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ Pollut*, 178: 483—492
- Wurl O, Obbard J P, 2005. Organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in Singapore's coastal marine sediments. *Chemosphere*, 58(7): 925—933
- Yamashita R, Tanimura A, 2007. Floating plastic in the Kuroshio Current area, Western North Pacific Ocean. *Mar Pollut Bull*, 54(4): 485—488
- Zarfl C, Matthies M, 2010. Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic?. *Mar Pollut Bull*, 60(10): 1810—1814
- Zhang K, Su J, Xiong X *et al*, 2016. Microplastic pollution of lakeshore sediments from remote lakes in Tibet plateau, China. *Environ Pollut*, 219: 450—455
- Zhang K, Xiong X, Hu H J *et al*, 2017. Occurrence and characteristics of microplastic pollution in Xiangxi bay of three gorges reservoir, China. *Environ Sci Technol*, 51(7): 3794—3801
- Zhao S Y, Zhu L X, Wang T *et al*, 2014. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Mar Pollut Bull*, 86(1—2): 562—568
- Zhao S Y, Zhu L X, Li D J, 2015. Microplastic in three urban estuaries, China. *Environ Pollut*, 206: 597—604

DISTRIBUTION AND COMPOSITION OF MICROPLASTICS IN THE SURFACE WATER OF THE EAST CHINA SEA

LIU Tao^{1,2}, SUN Xiao-Xia^{1,2,3}, ZHU Ming-Liang¹, LIANG Jun-Hua¹, ZHAO Yong-Fang¹

(1. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Laboratory for Marine Ecology and Environment Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract We characterized suspended microplastics in the East China Sea quantitatively and qualitatively. Water samples were collected in summer 2015. The results indicated that microplastics were ubiquitous in the surface seawater of the East China Sea, and the concentration of microplastics ranged from 0.011—2.198 piece/m³, in average of 0.31 piece/m³. In this study, the majority of plastics ranged from 500 μm to 5 mm in size, which constituted 88.58% of the total samples. The most frequent geometries were foams, followed by fragments, and films, accounted for 54.8%, 21.4%, and 11.8% of the total samples, respectively. The most frequent color was white, taking 71.9% of the total, followed by colored ones for 18.5%. The most frequent chemical composition of microplastics were polyethylene and polypropylene, accounted for 45.5% and 34.6% of the total, respectively. The microplastics pieces were mostly originated from plastic litter from terrestrial sources. The current movement was the main factor of their distribution. Compared with other studies in the world, we found that the concentration of microplastics in the surface seawater in the East China Sea was in intermediate level.

Key words microplastics; surface seawater; the East China Sea; marine debris; distribution and composition