

技术报告

C391-E121-cn

MAP-100 实现水 $\geq 100 \mu\text{m}$ 微塑料的自动化提取

 Yoshio Ikezawa¹ 与 Kazuki Sobue¹

摘要：

环境样品中微塑料检测分析涵盖采样、前处理、数据采集及数据分析等多个步骤。前处理环节直接影响后续分析结果，但传统手工前处理易受人员的操作习惯、前处方法选择及所用器皿规格及等人为因素影响，导致不同实验室间数据重现性不足。岛津 MAP-100 微塑料自动前处理装置可实现前处理流程标准化，有效消除人为差异，显著提升不同实验室和操作人员分析数据间的重现性。MAP-100 装置技术升级后，该设备可提取微塑料粒径下限由 $300 \mu\text{m}$ 拓展至 $100 \mu\text{m}$ ，顺应了当前科学研究向更小粒径拓展的趋势。

关键词：微塑料、自动前处理、微粒、塑料颗粒、环境污染

1. 背景

全球已广泛开展环境微塑料污染调查并陆续发布相关研究成果。研究范畴从早期聚焦于海水、饮用水等水体环境逐步拓展至空气和土壤等领域，微塑料的定性定量分析技术也正加速迈向国际标准化。然而，作为环境样品微塑料分析的必要环节，样品前处理方法的统一化进程显著滞后于分析检测技术。鉴于此，岛津开发了 MAP-100 微塑料自动前处理装置，旨在推进前处理方法的标准化，实现可重复和安全的前处理。

MAP-100 产品规格是将日本环境省发布的调查指南（由国际研究者共同制定）设计，实现指南规定实验流程的自动化。该指南规定采用孔径为 $333 \mu\text{m}$ 采样网采集样品，并对粒径 $\geq 300 \mu\text{m}$ 颗粒物进行分析。因此，MAP-100 标准规格设定为提取 $300 \mu\text{m}$ 及以上塑料颗粒。近年来，随着研究领域从微塑料的环境影响扩展至人体健康效应，研究焦点正日益转向更小粒径颗粒，越来越多的环境调查研究案例开始聚焦于更小粒径微塑料颗粒。为提升微塑料自动前处理技术的实际适用性，岛津优化了产品设计，将 MAP-100 装置的可提取微塑料粒径下限由 $300 \mu\text{m}$ 拓展至 $100 \mu\text{m}$ ，以顺应当前研究趋势并拓展技术应用边界。

2. 仪器

MAP-100 微塑料自动前处理装置由试剂供应单元、反应处理单元、收集单元及废液处理单元构成（图 1），其中反应处理单元和收集单元直接影响微塑料的可提取粒径范围。



图 1：MAP-100 主要构成单元

为实现 $\geq 100 \mu\text{m}$ 微塑料的自动化提取，需对装置进行系统配置升级：更换反应处理单元内部不锈钢筛网的规格，同时优化收集单元的工作流程。MAP-100 工作流程涵盖消解、密度分离、溢流和颗粒收集四个环节。针对 $100 \mu\text{m}$ 粒径规格要求，需将浮选中收集的流出液转移至玻璃容器，后续通过滤膜过滤完成微塑料颗粒富集。

下文展示了升级后 MAP-100 系统（具备 $\geq 100 \mu\text{m}$ 微塑料提取能力）用于环境水样中微塑料提取的应用案例。

3. 海水样品的前处理——案例 1

3.1 样品制备

在冲绳海岸浅水区采集 1000 L 海水，经浮游生物网过滤，取网底管内积聚物作为待测样品。将固体样品置于 MAP-100 反应器内不锈钢筛网中（图 2）。



图 2：海水样品及 MAP-100 反应器金属筛网内样品的照片

3.2 前处理

MAP-100 装置支持消解、密度分离和溢流各步骤参数的灵活设定。本样品所用的前处理参数如表 1 所示。由于样品采自台风过后的海域，有机质含量较高。这些有机物在消解过程中逐渐被过氧化氢 (H_2O_2) 氧化分解 (图 3)。消解过程完成后，由反应器底部注入碘化钠 (NaI) 溶液，利用密度差异实现微塑料与其它轻质残留杂质的分离。随后采用溢流法将反应器中上清液转移至玻璃容器 (图 4)。

表 1: 自动前处理过程的参数

消解过程	密度分离
消解试剂: 30% H_2O_2	浮选试剂: 1.6 g/mL NaI 溶液
处理时间: 3 d	静置时间: 3 h
搅拌速度: 200 rpm	搅拌速度: 500 rpm
消解温度: 60 °C	溢流次数: 3 次

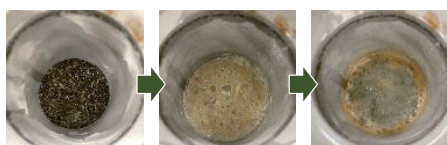


图 3: 样品消解 (约 3 天)

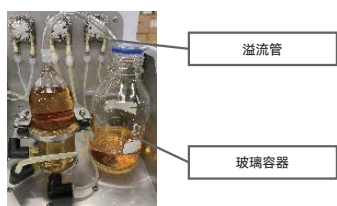


图 4: 浮选流出液收集

浮选中收集的流出液需经过滤来提取微塑料，以便后续使用 AIMsight 红外显微镜进行鉴定分析。首先采用不锈钢滤膜 (孔径 90 μm) 过滤，以截留微塑料颗粒。随后，以纯水超声或振荡洗脱滤膜截留固体物质，并经 PTFE 滤膜 (孔径 5 μm ，直径 25 mm) 过滤，获得待测样品。



图 5: 浮选流出液经过滤后所得样品

4. 海水样品的前处理——案例 2

本案例与案例 1 中的样品特性不同，采样地点亦不同。在冲绳某渔港，采集 1000 L 海水，经浮游生物网过滤，收集网底管内样品，采用 MAP-100 装置 (具备 $\geq 100 \mu m$ 微塑料颗粒提取能力) 进行自动前处理。采样地点及样品制备工具如图 6 所示；前处理过程具体参数如表 2 所示。



图 6: 采样地点与样品制备工具

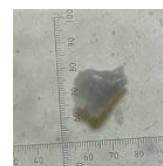
表 2: 自动前处理过程的参数

消解过程	密度分离
消解试剂: 30% H_2O_2	浮选试剂: 1.6 g/mL NaI 溶液
处理时间: 20 h	静置时间: 1 h
搅拌速度: 200 rpm	搅拌速度: 500 rpm
消解温度: 60 °C	溢流次数: 3 次

该样品有机质含量低于案例 1，故消解时间可相应缩短。实际操作中需根据样品有机质含量灵活调整消解时间；若消解后仍残留大量有机物，可能导致后续分析结果出现波动并延长分析周期。在本例中，使用傅里叶变换显微红外 (μ -FTIR) 光谱法和显微拉曼 (μ -Raman) 光谱法对前处理后提取物质进行鉴定，检出长约 240 μm 、宽约 120 μm 的聚丙烯 (PP) 及聚乙烯 (PE) 微塑料颗粒，如图 7 所示。



PP



PE

图 7: 检出的微塑料颗粒

该结果证实，升级后 MAP-100 装置可提取微塑料粒径下限由 300 μm 拓展至 100 μm ，突破了旧型号的技术局限。

5. 结论

通过更换 MAP-100 装置关键部件，可提取微塑料的粒径下限由 300 μm 拓展至 100 μm ，显著拓宽了 MAP-100 设备的微塑料提取粒径范围。

6. 致谢

特别感谢琉球大学的 Hiroyuki Fujimura 教授在海水样品采集和仪器评估方面给予的慷慨帮助。

岛津应用云



岛津企业管理 (中国) 有限公司
岛津 (香港) 有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话: 800-810-0439
400-650-0439

免责声明:

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售;
* 本资料中的所有信息仅供参考, 不予任何保证。
如有变动, 恕不另行通知。

第一版发行日: 2025 年 9 月