

水體 pH 對塑膠微粒聚甲基丙烯酸甲酯吸附金屬鉛能力之影響

The effect of pH on the ability of polymethyl methacrylate microspheres to adsorb metals

張培騏(Pei-Qi Zhang)*, 陳秋雲(Chiu-Yun Chen)

國立高雄科技大學海洋環境工程系 F111184103@nkust.edu.tw

摘要

塑膠微粒指粒徑小於 5 mm 的塑膠顆粒或碎片，因為它們粒徑小、孔隙率大、比表面積大及疏水性高等特性，可以透過孔隙填充、靜電作用、表面氧化、表面錯合及共沉澱等機制吸附水中的金屬和持久性有機污染物。由於大部分學者主要研究 1-5 mm 原始與風化的 PET、HDPE、PVC、LDPE、PP 及 PS 等塑膠微粒，對於其他塑膠材質的相關研究較少，因此本研究先針對原始的塑膠微粒聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA，又稱壓克力)，在 25 °C 避光條件下，透過偽一階擬合探討水體 pH 對 PMMA 吸附金屬鉛的能力影響。

研究發現 PMMA 在不同 pH 的鉛水溶液中，反應的第 1 小時水中金屬鉛殘餘率快速下降，第 3 小時反應趨於平緩，從偽一階擬合的感應時間證實反應在 3 小時內達到平衡。隨 pH 增加，在 pH 1.50-4.00 時，正反應速率常數下降而逆反應速率常數上升，但在 pH 4.00-9.41 時則相反。當反應達平衡時隨 pH 增加，在 pH 1.50-4.00 水中金屬鉛殘餘率微幅增加，而吸附量(318-109 mg/Kg)和分配係數(67.9-22.2 ml/g)微幅下降，在 pH 4.00-9.41 時水中金屬鉛殘餘率大幅降低，而吸附量(109-4800 mg/Kg)和分配係數(22.2-23892 ml/g)增加。可能因為在低 pH 時，水中的氫離子(H⁺)與金屬鉛競爭吸附點，或因 PMMA 表面帶正電荷，吸附機制主要為孔隙填充；在 pH 4.00-9.41 時，PMMA 表面改為帶負電荷，且鉛的型態從 Pb²⁺轉變成 Pb(OH)⁺，使 PMMA 對鉛的吸附量增加，以靜電作用和錯合作用的吸附機制為主。本研究的 PMMA 與文獻的 PP 和 PE 相比，在正反應速率常數、逆反應速率常數及感應時間相似，但在吸附量和分配係數高於 PP 和 PE，推測可能是 PMMA 本身具有羧基增強了錯合作用、本研究使用之粒徑較小提供更多比表面積和吸附點及較高濃度的金屬鉛溶液增強了顆粒內擴散。

本研究確認 PMMA 能作為金屬鉛的載體，透過偽一階擬合了解其吸附量和吸附過程，未來將探討 PMMA 對鉛、鎘、銅、鉻、鎳及鋅等金屬在動力學與等溫吸附的表現，期能提供未來訂定水體塑膠微粒濃度的基本資料。

關鍵字: 塑膠微粒、聚甲基丙烯酸甲酯、壓克力、吸附、動力學、金屬

Keywords: Microplastics, Polymethyl methacrylate, Acrylic, Adsorption, Kinetics, Metals