



▲在加入「MicroGlue」的情況下，水中的微塑膠可被輕易收集(圖右)。

▲在加入「MicroGlue」後收集的微塑膠。

巧用微生物 收塑防污染

理大學者取材細菌黏性產物 研「膠水」助除微塑膠



◆蔡松霖(左)和劉揚(右)。
香港文匯報記者北山彥攝



熬「廢」苦心 之捕膠捉塑

隨著塑膠產品在人類社會被廣泛使用，海洋的微塑膠污染已經成為嚴重的生態問題，微塑膠因體積微小、易吸附有害物質及難降解等特徵，對生態安全和人類健康都構成重大威脅，可以引致疾病甚至死亡。對此，香港理工大學應用生物及化學科技學系助理教授蔡松霖和創新應用博士後研究員劉揚近日接受香港文匯報訪問時指，團隊研發出快速處理微塑膠污染的微生物衍生技術「MicroGlue」（微膠水），透過利用細菌生物膜中細胞外聚合物的黏性捕捉水中的微塑膠，提供安全、高效及低成本微塑膠處理和收集，有望從城市源頭杜絕微塑膠污染物排放和防止其進入大自然，帶來全新的角度和方法。

◆香港文匯報記者 鍾健文



「Micro-Glue」在實驗室取得重要成果，理大團隊進一步從觀塘碼頭附近的海域提取海水樣品，利用該技術成功分離出了4種不同材質和大小的微塑膠顆粒污染物，整體回收率達92%至96%，相比現時同類技術高10至15個百分點。此外，理大團隊使用了一種基因工程馴化過的菌株，以加強「MicroGlue」的捕捉和釋效力，這個改良也進一步證實了該項技術的可行性。

無須濾網 設置簡便

蔡松霖指，傳統的濾網技術固然能把過濾率和回收率提升至99%，但這意味着特別高昂的成本及繁雜的設置工序，對一般污水處理廠而言並不符合成本效益。劉揚表示，若用濾網，無論材料或是工程建設都有損耗周期，單是更換一張濾網的成本就非常昂貴；相反，「Micro-Glue」是用細菌作為材料，不但成本非常低，而且細菌一旦培養起來，將會是數以億萬計的數量，因此其相應的細胞外聚合物生產成本也是極低並且數量非常巨大。

在效率方面，由於濾網的鋪設通常不只一層，但不同層次濾網之間的材質和孔徑不一，或會造成「漏網之膠」，而「MicroGlue」只是用上一種材料且只需在污水排放前的一個步驟放置就可。蔡松霖補充，「MicroGlue」的生產時間只需約12小時，安裝設置也只消隔一天就能完成，比搭建不同濾網效率高出許多。

輔助水處理 擔當「攔膠虎」

污水是散播微塑膠顆粒的重要途徑，根據聯合國數據，污水中含有約80%至90%的微塑膠顆粒，科學家估計在海洋中微塑膠數量大約在15億至51億萬個，這樣龐大的數量很容易被海洋生物攝入。劉揚引述研究指出，魚類、海鳥和珊瑚等海洋生物經常將看起來像浮游動物的微塑膠誤食，導致腸道受損、生長發育遲緩，甚至產生虛假的「飽腹感」而停止攝食直至餓死。因此，劉揚希望把「MicroGlue」的生產流程工業化，與水處理系統結合在一起，彌補現有系統對於微塑膠污染物的低效率處理，從而由源頭杜絕城市污水中大量微塑膠顆粒流入大海的循環過程。

她指出，「節源」和「減排」從來都是減緩污染的必經之路，「MicroGlue」就為「減排」提供了全新的視角和有效的方法，可以作為「攔膠虎」安裝在污水處理系統的最後一道工序，在污水排放入大海前，盡可能地把所有微塑膠都「攔下」。

污染物「淨化」可作3D打印材料

由於微塑膠顆粒會吸附大量有害物質，例如重金屬和殘留的抗生素等，因此團隊目前也正着手研究如何在有效去除微塑膠顆粒污染的同時，也能減少或去除這類有害物質，以及探索在水體以外環境下回收和處理微塑膠及其他污染物。蔡松霖指出，經過「淨化」的微塑膠在處理後，可以再製造成不同的物品或3D打印材料，用途廣泛，重點是有可能可以藉此減少塑膠原材料的生產，除了減排外，也可以從源頭「走塑」。

劉揚引述聯合國環境規劃署（UNEP）數據指，全球每年約有800萬噸塑膠被排放到海洋，其中大部分漂浮在海面上或沉積在海底，而微塑膠則在水中自由漂浮；此外，微塑膠也可以從塑膠製品的生產、使用和廢棄品處理等環節進入土壤和淡水系統，根據研究，每平方米的河流沉積物中含有平均2,200條塑膠纖維。

微膠污染海洋 人類間接受害

由於直徑小於5毫米的微小體積、難降解和易吸附有害物質等性質，微塑膠很容易被海洋生物攝入，從而通過食物鏈進入人類體內，已有研究表明，在人類的血液、肺部及糞便中均存在微塑膠顆粒，而根據美國國家毒理學計劃（NTP）指出，微塑膠的積累會對人類健康造成影響，包括引起免疫、內分泌和神經系統的反應，一系列炎症及嚴重疾病，並且由於微塑膠可以吸附大量的重金屬和有機污染物，可能也會對人產生毒理影響。

劉揚表示，他們在一次討論中向理大應用生物及化學科技學系助理教授方家熙提及，治理微塑膠污染的一大難點和關鍵就是在它們進入食物鏈之前，把它們收集起來並集中處理，但傳統收集方法效率低而且流失率極高，主要研究微塑膠污染海洋毒理學的方家熙遂提出，微生物的產物或許可以幫忙解決這個問題，於是兩個研究組便「一拍即合」促成了這研究項目。

整全膠粒收集 更易除污染物

蔡松霖和劉揚利用細菌生物膜中細胞外聚合物的黏性，在水體環境中捕捉吸附到不同材質的、分散的、漂浮或懸浮的微塑膠，使其形成大體積和整全的團塊，促進更容易在水處理過程



◆塑膠產品被廣泛使用，海洋微塑膠污染已經成為嚴重的生態問題。圖為海洋塑膠廢物。
資料圖片

中，以過濾或沉澱方法分離和去除微塑膠污染物。

劉揚解釋，可以把細菌生物膜（bacterial biofilm）簡單地理解為一種細菌為了適應外界環境而形成的特定生活狀態，而細胞外聚合物（Extracellular Polymeric Substances, EPS）是細菌生物膜的組成基質，是一種天然的細菌細胞產物，一般由多糖類、脂類和蛋白質類等組成，一些細菌產生的EPS很具黏性，質感可以類比一些啫喱狀膠水，可輕鬆地從環境中逐漸清除微塑膠。兩人亦憑「MicroGlue」研究項目獲得2023年日內瓦國際發明展「評審團嘉許金獎」。

難忘評審「圍攻」 數分鐘答40提問

回顧「MicroGlue」由最初只是一個想法，一步一步成為能夠實際應用並獲國際肯定的技術，理大團隊克服了重重難關。當中最大挑戰是如何將細菌安全地加入到操作過程中卻不影響環境安全，劉揚指，這個難題目前已經解決，關鍵就是先提取細菌的胞外產物，然後將細菌殺死並且去除，再利用產物來進行微塑膠污染物的回收和分散，從而避免活體細菌的傳播風險。這個關於安全性的問題，讓她回想起日內瓦國際發明展之行的經歷。

取材後殺菌 安全性可靠

這次參展是劉揚自疫情起於理大攻讀博士以來，首次親身參與的國際學術活動，故難免緊張。參展的流程是由每個科研領域的評審先分別到不同攤位聽取介紹，當遇到他們認為優秀、具潛力的項目時，就會帶同所有評審到該攤位跟進詳情。當劉揚和蔡松霖在參展當天早上緊張地向兩位評

審講解後，到下午4時快要閉館時，突然迎面走來9位評審，把他們的攤位圍住了，並且不斷查詢各種問題，在短短數分鐘內，兩人回答了近40個提問。最讓劉揚印象深刻的是，一位評判問她如何保證「MicroGlue」的安全性，她真誠地回應說：「拋開劑量談毒性是不科學的，而且也不能說它（「MicroGlue」）是絕對安全，因為世界上沒有絕對安全的東西。」

她指出，與現時很多包括知名品牌在內的護膚品所用的添加物都是細菌產物一樣，「MicroGlue」是已去除了細菌的胞外產物，達到對人體安全的級別，其毒性非常低，安全性也相對非常高。該評審對其解釋投來一個意味深長的眼神，表示同意和覺得非常中肯。

劉揚把這次「9圍（攻）2」的經歷形容為「場面像是打仗一般混亂」，蔡松霖的嗓子在第二天更沙啞了，但能與來自世界各地的專家交流並且獲得他們的高度肯定，也是十分開心。