

填裝離子交換樹脂之 量測裝置及其量測方法

林聖淇 助理教授 | 屏科大教學資源中心

分機：6291 | linsc0329@mail.npust.edu.tw

(一) 源起

鑑於偷排廢水事件含有不定時、延時短、污染濃度高且地點廣泛等特性，故偷排行為難以防範。台灣早期因土地使用規劃不良，事業廢水放流系統與農業灌溉用水系統未能完全分離，使灌溉用水含常有污染物質，透過河川帶入農田。再者，因降雨特性(對流降雨強度大、時間短)與水文環境特殊(地形變化大，河川流速快)，使得許多無良工廠在河川流量瞬間暴增同時偷排工業廢水以規避高昂的廢水處理成本，或利用假日時期傾倒廢水至河川渠道逃避政府稽查，進而危害河川水質(張尊國，2015)。在政府稽查資源有限的條件下，建立有效監測、成本低廉與分析快速的追蹤汙染源的方法實為當務之急。

(二) 設計概念

本發明係利用樹脂離子交換水中重金屬之快速及強大能力，以離子交換樹脂為基材做成監測包(稱之為「樹脂記錄膠囊」，如圖1)，大量將其投放於監測之區域，一段時間後收回監測包測定所吸附之重金屬。利用X-射線螢光光譜儀(X-ray fluorescence, XRF)或類似的儀器可快速檢測樹脂所含目標元素的濃度，檢視潛在污染源空間地理位置的相關性，汙染源的分布特性即被有效掌握。「樹脂記錄膠囊」的優點是監測成本低廉、效率高與分析快速，再者其紀錄汙染源排放的敏感度(重金屬濃度)與位置(移動性低)遠高於底泥所反應的現況，針對提供夜間、假日或間歇性等偷排行為的科學證據實為一大利器。

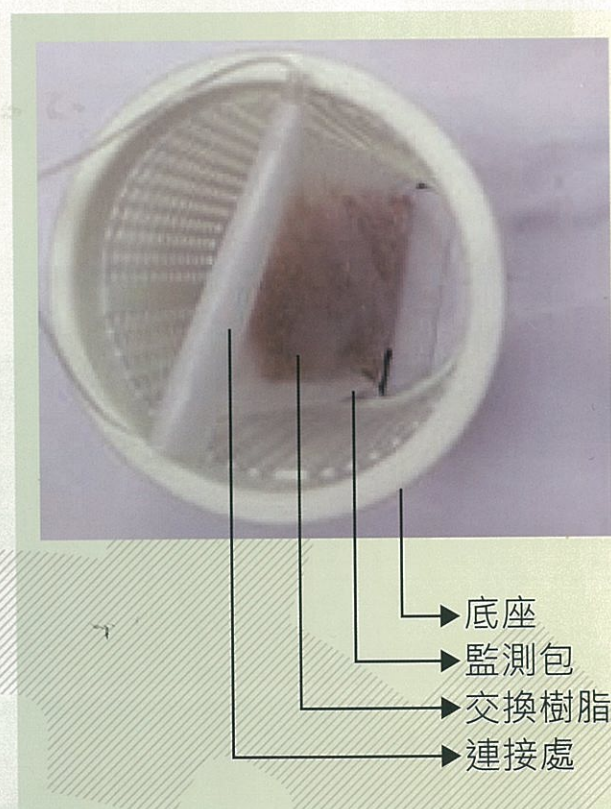


圖1.「樹脂記錄膠囊」外觀圖

(三) 技術開發

離子交換法對於高價重金屬離子具有良好的交換性，目前已成功地應用在工業廢水處理上，以去除廢水中的重金屬離子並回收清洗水再使用 (Ansari & Fahim, 2007; Donia et al., 2006)。人工合成離子交換樹脂一般是由一聚合矩體，通常為聚苯乙稀鏈 (Polystyrene Chains) 藉二乙稀苯連結 (Divinylbenzene Crosslinks)，和附著在聚合體鏈上之溶解性離子作用基組合而成。「樹脂記錄膠囊」之設計與實施方法說明如下：

- (1) 「樹脂記錄膠囊」的填充基材分為強(弱)酸型陽離子交換樹脂、強(弱)鹼型陰離子交換樹脂與螯合樹脂等五種。依其預監測目標的重金屬污染源種類選定合適的離子交換樹脂作為「樹脂記錄膠囊」的填充基材。
- (2) 本發明選用監測包的填充袋需有良好通透性、材質本身不能含有重金屬以及需要能夠耐浸泡、耐酸鹼之基本要求，如不織布或網狀聚酯纖維材質等(如圖2)。並將適量交換樹脂分別置入透水性良好之不織布或網狀聚酯纖維內，維持水分子能自由進出監測包不受阻隔。

- (3) 「樹脂記錄膠囊」係為保護監測包在置放至水體中減少遭受其他硬物破壞的可能，待將監測包固定在塑料(PE、PVC等)中空圓柱體(周圍孔隙大)的中間位置，圓柱體前後都鑿空減少水體通過的阻力，增加監測包內水流的通量，避免因渠道流速造成膠囊漂浮在水面上而失去交換水體中重金屬的機會，達到提高交換樹脂置換重金屬的能力。
- (4) 將「樹脂記錄膠囊」大量投放於監測之區域內，待靜置一段時間後(監測時間可為1小時、6小時、1天、7天...20天，視狀況需要調整)，利用離子交換樹脂的離子交換(Ion Exchange)特性，在開放水體中吸附重金屬及含重金屬之錯化合物。
- (5) 待回收「樹脂記錄膠囊」後，完成監測包外部清洗與風乾作業，透過X-光射線螢光分析儀(XRF)進行元素含量。利用統計軟體與地理資訊系統之空間相關性分析方法，環境水體中污染源的分布特性即被有效掌握，可作為環境水體中重金屬污染源分佈特性的科學證據。

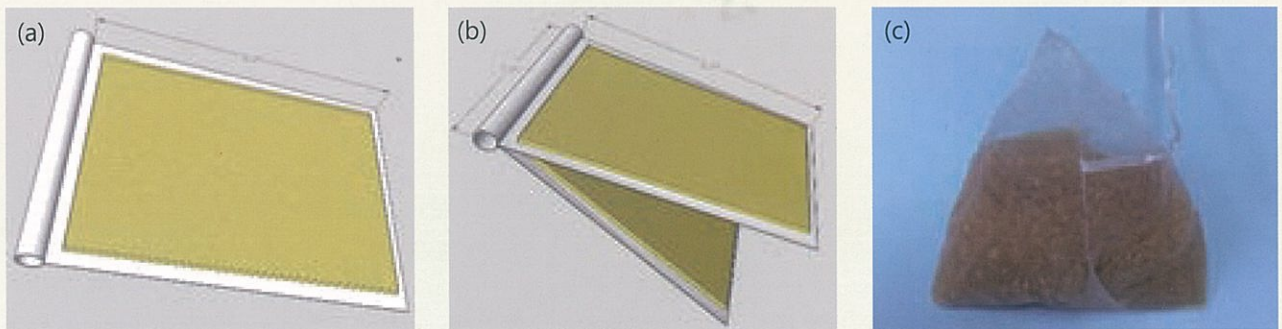


圖2. 監測包外觀示意圖 (a)單包 (b)雙包 以及(c)立體三角包

(四) 技術競爭力

在自然水體的污染物質或微量元素循環研究中，其定量與定性分析的檢測項目是不可或缺的，部分化學物種在採樣和貯存過程中產生變化使檢測困難 (Davison & Zhang, 1994)。環保署於2009年開始推動被動式採樣研究工作，藉助其滲透技術捕捉水中重金屬，發展長期監測環境水質重金屬污染物之被動式採樣及檢測技術(凌永健，2011)。因環境因子影響操作條件不易控制，目前尚無有效應用於污染源調查的離子交換樹脂方法。本發明已經由實地試驗證明，已達到成本低廉、分析快速與追蹤污染源的有效監測方法。

(五) 研發成果

本發明以離子交換樹脂為基材研發出「樹脂記錄膠囊」，利用樹脂離子交換水中重金屬之快速及強大能力，將該膠囊放置於定點即可記錄自投放至回收這段時間內排放(偷排)至環境水體中之重金屬。依據實驗室樹脂吸附重金屬過程所需得時間顯示，重金屬濃度的高低對吸附效率的影響並無顯著差異，再者接觸時間達30分鐘，陽離子交換樹脂對重金屬的吸附效率可達40%以上(如圖3)。結果顯示「樹脂記錄膠囊」在開放水體環境接觸到含重金屬的水溶液時，只要包覆交換樹脂的不織布或網狀聚酯纖維能夠維持水分子能自由進出監測包不受阻隔，即便接觸時間短暫，該膠囊一樣能夠紀錄水體環境中重金屬的變化趨勢。

「樹脂記錄膠囊」是以成本低、效能強且易執行的設計理念做為環境監測的工具，本發明傾向以簡約現代的造型呈現，期待日後商業量產時，其商品形象因簡約特性得以提感產品的視覺價值，並能兼顧造型複雜度不高亦可方便模具生產之目的。本發明已於民國一〇四年七月進行「填裝離子交換樹脂之量測裝置及其量測方法」發明專利實體審查。

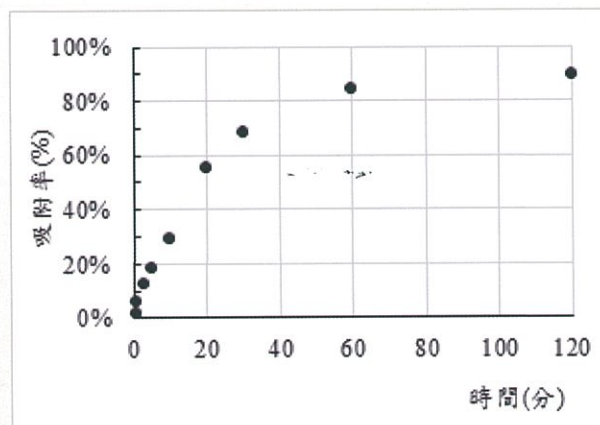


圖3. 交換樹脂吸附水中重金屬(鋅)效率關係圖

致 謝

本發明由台大生工系張尊國教授與屏科大林聖淇助理教授共同研發，感謝104年環保署土基會補助研究與模場試驗專案「重金屬監測離子交換樹脂縮時膠囊之設計研發-台大張尊國教授」經費支持。

參考文獻

- [1] 凌永健、陳柏嘉、王振宇、葉明軒、施玉枝(2011)，被動式滲透膜應用於環境水質中重金屬採樣檢測之研究，行政院環境保護署。
- [2] 張尊國、林聖淇(2015)，重金屬監測離子交換樹脂縮時膠囊之設計研發，行政院環境保護署。
- [3] Ansari, R., & Fahim, N. K., 2007. Application of polypyrrole coated on wood sawdust for removal of Cr(VI) ion from aqueous solutions. *Reactive and Functional Polymers* 67: 367-374.
- [4] Donia, A. M., Atia, A. A., El-Boraey, H., & Mabrouk, A. D. H. 2006. Uptake studies of copper(II) on glycidyl methacrylate chelating resin containing Fe₂O₃ particles. *Separation and Purification Technology* 49: 64-70.
- [5] Davison W. and Zhang H. 1994. In situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature* 367: 546-548.