



點石成金的環保新技術

循環經濟新亮點 廢液晶面板創新處理

工研院與環境保護署合作，研發出「奈米孔洞吸附材料」，在減少面板玻璃廢棄物的同時，也改良成重金屬廢水處理的新技術，堪稱循環經濟環保新技術的應用典範。

撰文／張維君 攝影／黃鼎翔

工研院研發的「奈米孔洞吸附材料」這項創新研究不僅為廢棄面板的玻璃找到新價值，減少廢棄物處理成本，玻璃做成的奈米孔洞吸附劑用於吸附廢水中重金屬，更是比現有重金屬廢水處理技術效果更好、更經濟，此一具備雙重環保概念、讓材料資源不再被浪費丟棄的循環經濟技術於近日入選 2016 全球百大科技研發獎（R&D 100 Awards）。

為廢棄面板玻璃尋找新價值

過去環保署每年總需要為廢棄液晶面板以及面板廠製造出來的不良品，耗費不少處理成本，然而這些廢棄物實際上仍有極高利用價值，於是委託工研院進行廢液晶面板高值化再利用技術的研究。

羅馬不是一天造成的，這項新技術也是憑藉多年來的研發能量與經驗累積所擦撞出的火花。工研院材料與化工研究所副組長洪煥毅指出，過去僅有液晶純化的技術，能將面板廠剩餘的液晶透過純化技術後，重新回到生產線上使用，不須掩埋處理，亦不會對環境造成損害。然而一片液晶面板的材質中，液晶僅佔 0.1%，剩餘 99% 以上都是玻璃，如何處理這些龐大的玻璃是這次研究的重點。



廢棄玻璃過去主要被當作混凝土添加物，但透過工研院的努力，將廢棄玻璃作為重金屬廢水吸附劑後，其再生價值提升許多。

這些硬度高、純度夠的廢棄玻璃過去是被用做胚土或當作混凝土添加物，利用價值不高。玻璃的購入成本每公斤約 200 元，而廢棄玻璃的價值每噸才 300 元。於是工研院積極為它尋找新生命，在嘗試許多不同應用開發後，最終發現作為重金屬廢水吸附劑的再生價值最高。

由於玻璃本身表面結構就具有吸附的效果，但若將玻璃作出奈米孔洞的結構則可產生更好的吸附機制，這樣的發現要追溯於當年接受其他委託研究案進行化學材料分析時，發現玻璃的某些特性可製造出奈米級的孔洞。而當時同時有重金屬廢水處理的研究案正在進行，於是洪煥毅便嘗試將有奈米孔洞的玻璃投入重金屬廢水中吸

附，一開始吸附效果與傳統吸附劑無太大差別，但研究團隊不放棄，這些年不斷經過參數調整以及不同實驗方式，終於提升玻璃奈米孔洞吸附劑的效果，目前已是傳統吸附劑的好幾倍。

創新技術的三大優點

談到重金屬廢水處理，目前在科學園區或電鍍工廠常見使用的方式，包括以下三種：以氧化鋁與氧化矽混合而成的傳統吸附劑、離子交換樹脂以及化學混凝沉降等方式進行重金屬廢水處理。以下是玻璃奈米孔洞吸附劑與其他三者的差異性比較：

· 耐酸性佳

離子交換樹脂可做為一般水處理濾心的材料，然而這項技術與傳統吸附劑一樣，缺點是無法耐太酸的環境，而且容易受其他廢水中物質的干擾，以至於造成處理效果變差，因此在進行廢水處理常需要先前處理，太高濃度廢水處理效果也不好，成本也高，然而對玻璃結構來說，可完全耐酸與基質，不須先做中和廢水的前置作業。

· 重複利用性高

離子交換樹脂的再生次數最多僅可重複利用三至五次，而玻璃孔洞吸附劑約可重複使用 20 次以上，每次使用僅約耗損 5% 以下。

· 不會產生汙泥，不需二次處理

目前在許多電鍍工廠常用的是化學沉降方式，以化學混凝、高分子並加入鹼來將重金屬沉降下來，但如此一來會產生帶重金屬的汙泥以及含有有機物的廢水需要進行二次處理；這些汙泥經過固化後，若濃度高可再次提煉出金屬，但若濃度不高則需再另花成本處理汙泥。至於去除掉重金屬後卻仍殘留有有機物的廢水，則須再加入細菌來吃掉有機物，才能排放到一般廢水中；反觀以玻璃孔洞吸附劑處理重金屬廢水不需加鹼，不會產生汙泥，且重金屬吸附完飽和可脫附出再利用資源，而吸附完重金屬的廢水則可變成製程水再利用。

回饋社會 造福鄉里

玻璃奈米孔洞吸附劑不僅為廢棄玻璃面板找到新價值，又解決重金屬廢水汙染的問題，是高值又環保的新



洪煥毅認為，玻璃奈米孔洞吸附劑能解決重金屬廢水汙染的問題，可使工業區附近的農地，免於汙染的危害並能持續耕作。

技術。其實當初研究團隊已有研發初步成果卻苦無應用試驗場域，剛好接獲希望工研院能協助解決彰濱工業區重金屬廢水處理的問題，工研院立即回應需求，接下此一任務。

彰濱工業區電鍍專區目前每天排放約 3,000 至 4,000 噸重金屬廢水，希望透過新技術處理廢水並減少汙染。工研院研究團隊在工廠廢水的源頭，不同重金屬出口各設置一套吸附系統，將銅、鎳、鋅、鉻……等不同重金屬元素從源頭分離，便於後續重金屬脫附再利用。目前測試進行順利，玻璃奈米吸附劑也可用目前的水處理設備，只要簡易得更換即可使用，唯一問題在於吸附劑量產不足。若以電鍍專區的需求，每日需要 200 公斤的吸附劑才夠使用，因此研究團隊目前與水處理科技團隊合作，以工研院本身做為試量產試驗計畫，來提升玻璃吸附劑產量。

出身彰化的洪煥毅，希望不久的將來透過自己研發的玻璃奈米孔洞吸附系統，能讓故鄉農田不再被插旗（插旗表示該農地遭重金屬廢水汙染而無法耕種），灌溉溝渠能回到像從前般清澈。■