

全方位水處理技術

致力發展創新水科技 共同打造永續環境

全臺水情拉警報！為解決缺水危機，工研院致力於發展水科技，協助廠商處理工業廢水，進而達到回收再利用，30年來樹立起全方位的水處理技術優勢，實際應用於奇美、中鋼等 100 多家企業，並將技術輸出到新加坡、馬來西亞等地，提升臺灣水科技的國際能見度。

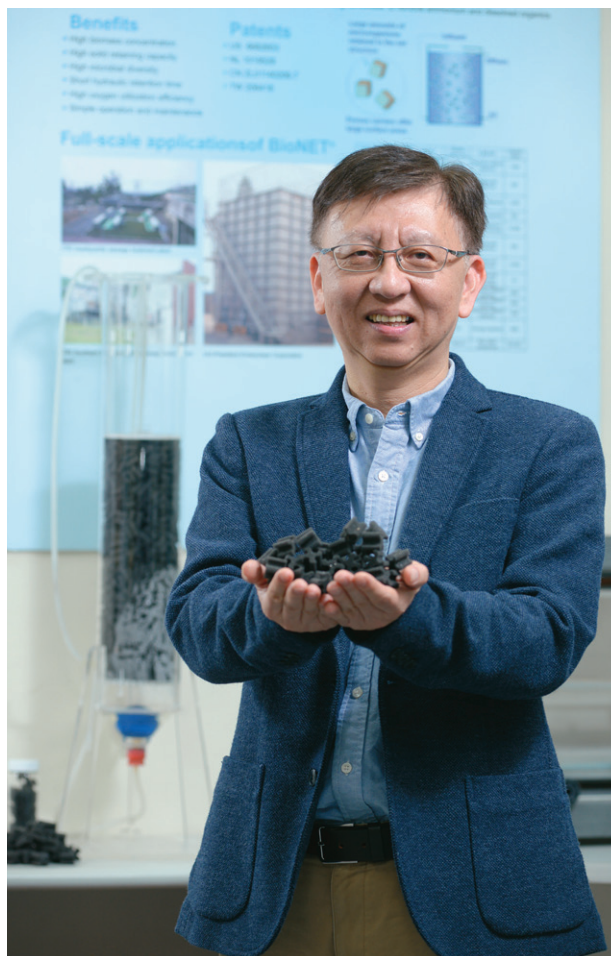
撰文／陳婉菁 攝影／黃鼎翔 圖片提供／工研院

近年全球各地不斷出現極端氣候，臺灣也深受衝擊，在枯水期面臨乾旱問題，多縣市水情吃緊。經濟部 2016 年曾提出長期水資源計畫評估，預計 2031 年時，全臺每年工業用水量將比現在的 16 億噸還多 9 億噸，屆時供水缺口恐擴大，為提早因應，經濟部設定「工業用水零成長」的目標。如何提升工業用水回收率，不只攸關產業競爭力，更是臺灣水資源能否永續發展的重要關鍵。

以色列、新加坡 水科技典範

不只臺灣，各國都亟思水處理對策。因為地球的水資源有限，必須更有效率地利用，甚至回收再生，才能讓資源永續，尤其乾旱地區國家的危機意識更強烈，例如，以色列國土有三分之二是沙漠，年平均降雨量約 200 毫米，為全球第四缺水國，很早就投入研究，解決缺水問題，水科技公司超過 250 家，其中包含全球最大的海水淡化公司 IDE，今日以國有 55% 的用水來自海水淡化。

以色列更廣設下水道，收集家庭污水，接管率達 95%，再利用率達 80% 以上，高居全球第一，透過二級或三級污水處理廠處理後，可作為農作物的灌溉用水。並發展出獨特的「滴灌」技術，在作物底部埋管線，



工研院材料與化工研究所水科技研究組副組長張王冠投入水處理領域 20 年，與水科技研發團隊研發出適合小空間的高效水處理技術。

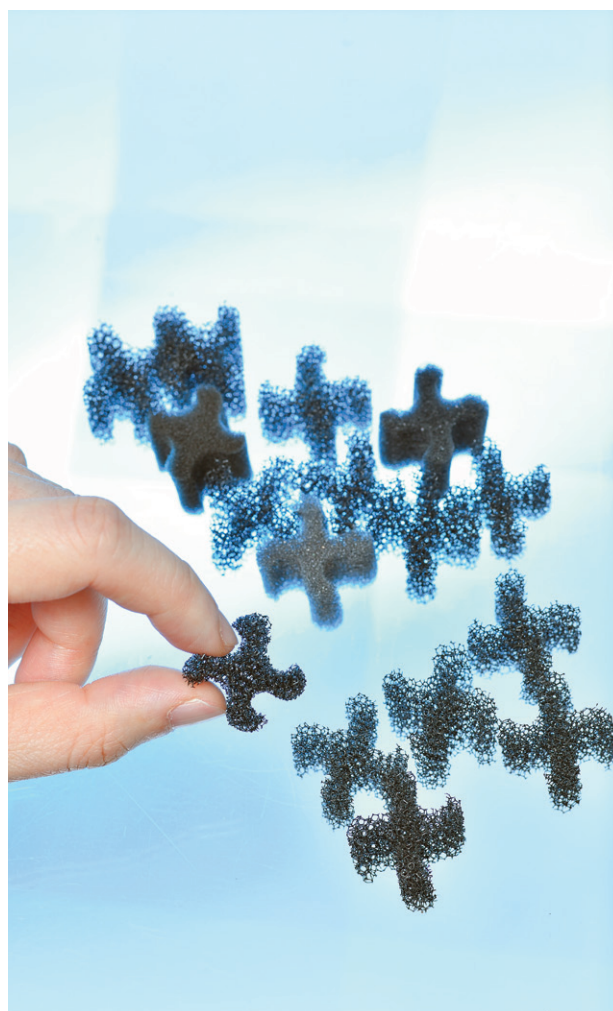
將水直接送抵植物根部，減少不必要的水分蒸發，創造出沙漠中的農業奇蹟。

新加坡的水資源也極度貧乏，「治水」一直是國家戰略任務，新加坡國父李光耀曾說：「在活命水面前，其他政策都得下跪。」經過近 50 年的研發，新加坡已是水產業大國，全國約有 180 家水公司，建立起完整的價值鏈，合力發展出雨水收集、海水淡化和新生水（Newater）三大自給水源。其中，聞名全球的新生水，使用先進的膜過濾技術，過濾出污水中的雜質，加以紫外線殺菌純化，使其成為潔淨、可飲用的再生水，目前約可滿足星國 30% 的用水需求，預計到 2060 年將提升至 55%。

以色列與新加坡都靠著水科技，擺脫「看天用水」的困境，並發展出領先全球的水產業，不為缺水而苦，反而因缺水而富，值得同樣「貧水」的臺灣效法。

累積水處理技術 適用各類產業

對於臺灣而言，水資源同樣是重要議題，例如常年面臨乾旱危機，水庫淤塞嚴重導致儲水量不足、離島地區對於淡水的需求量逐年提升等等。工研院產業經濟與趨勢研究中心產業分析師陳志洋指出，臺灣近年深受缺水影響，因此也有相當多廠商投入水資源領域的技術開發，以廢水處理為例，臺灣每年大約有 18 億噸的工業



BioNET 採用狀似小海綿的「多孔性生物擔體」，作為反應槽介質，是好氧性生物處理技術的代表。

各國創新水科技

國家	臺灣	以色列	新加坡
解決方案	<ol style="list-style-type: none"> 1. 上流式厭氣汙泥床 2. 生物網膜技術 3. 流體化床結晶處理技術 4. 倒極式電透析脫鹽再生 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海水淡化 2. 廣設污水下水道 3. 廢水回收再利用 4. 滴灌技術 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 雨水收集 2. 海水淡化 3. 新生水
競爭優勢	可廣泛應用於各種產業的工業廢水及家庭污水處理，並將技術輸出至海外。	水科技產業蓬勃，55% 用水來自海水淡化，污水再利用率逾 80%，創造沙漠農業奇蹟，可對外輸出技術。	水科技產業蓬勃，再生水可滿足國內 30% 用水需求，擺脫「看天用水」的命運。

整理／陳婉菁

用水量，但回收使用率僅四成。目前工研院結合國內業者（水之源公司）進行相關研究，已開發出厭氧性生物處理的上流式厭氧汙泥床、高效率廢水生物整合處理、低汙泥廢水化學整合處理等技術，將有機會降低廠商建置廢水處理設備的成本。

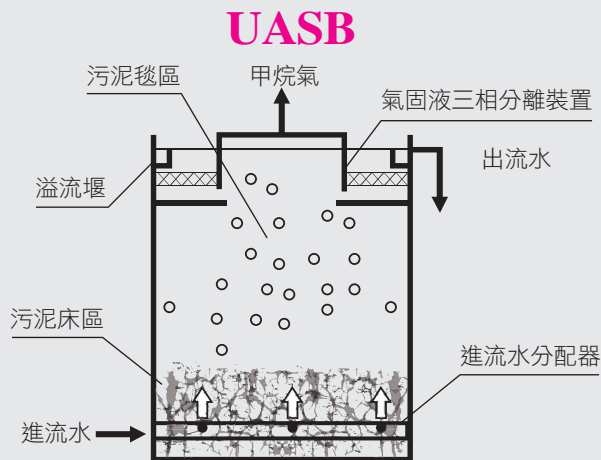
臺灣深耕水處理技術逾 30 年，早在 1985 年，工研院便投入工業廢水處理進行研究，樹立起全方位的水處理技術優勢，累積上百件專利，技術移轉 50 家次環保公司，實際應用於 20 多種產業、100 多家廠商，並走向國際，將技術輸出至新加坡、馬來西亞、越南等地。

走進工研院水科技研究組實驗室，空氣中充斥著各式氣味，都是成員從各地工廠取來的廢水，一桶桶排列整齊，等候著對應的水處理解決方案，只見原本髒污的

黑水，經過處理後，變成乾淨無色無味的水。投入水處理領域 20 年的工研院材料與化工研究所水科技研究組副組長張王冠表示，工研院針對臺灣中小企業占九成以上的特性，研發出適合小空間的高效水處理技術，從早期致力於符合環保法規，近幾年偏重在特定污染物的處理，包含氨氮、重金屬、有機物等，近期則朝廢水回收再生的方向研發，避免發生廠商因缺水而生產線停擺的狀況。

工研院已建立領先全球的廢水處理與廢水回收技術，其中，上流式厭氣汙泥床（Upflow Anaerobic Sludge Bed；UASB）技術、生物網膜（BioNET）技術、流體化床結晶廢水處理技術（Fluidized Bed Crystallization；FBC）、倒極式電透析脫鹽再生技術（Electrodialysis

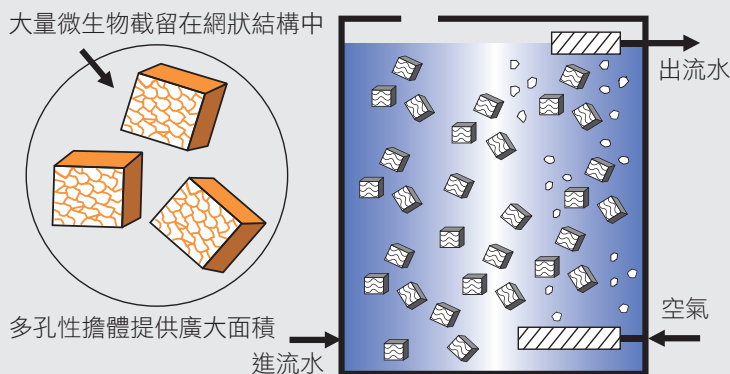
工研院創新水處理技術



技術 1. 上流式厭氣汙泥床

UASB 是廢水厭氧性生物處理中最具代表性的技術，主要由「進流分配器、污泥床、污泥毯、氣固液分離器」四個裝置構成，有機廢水從底部進入處理槽後，在厭氧條件下，由厭氧微生物將有機物降解代謝為甲烷氣體與二氧化碳。廢水、微生物與生物產氣由分離器分別導引，微生物流入沉澱區並回到反應槽中，氣體與處理水各別收集後排出槽外，進入後續處理或回收再利用流程。

BioNET



技術 2. 生物網膜技術

BioNET 是好氧性生物處理技術的代表，採用狀似小海綿的「多孔性生物擔體」，作為反應槽介質，提高懸浮固體物攔截的機會，因提供廣大表面積讓微生物附著生長，待處理的水進入反應槽後，微生物會將水中污染物「吃」掉，達到穩定與極佳的出流水質。這項技術操作維護簡單，適用於低濃度工業廢水處理，除了在國內應用，也已輸出至印尼製鞋廠、馬來西亞化工廠使用。

Reversal Desalination Technology；EDR），為應用最廣泛的項目。

廢水再生 未來研究重點

張王冠強調，水處理科技是相當貼近現實的技術，除了因應實際需求，還要合乎法規與政策，才有辦法實施；同時水處理也是整合型技術，需結合很多專業領域，目前工研院水科技研發團隊包含環工、化工、化學、材料、食品、生物等多元背景，張王冠本身則具有化工與環工的跨域專長。

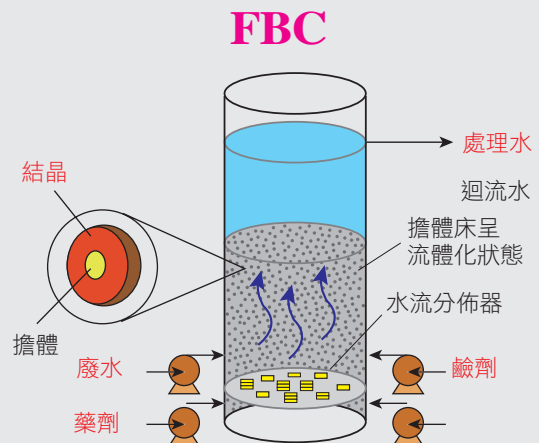
未來工研院的研發方向，除了著重在廢水回收再利用，也將開發「水資源回收」。張王冠說，水中其實有許多「寶藏」，像電子業、印刷電路板業的廢水，當中

有不少重金屬，如銅、鎳等；而廢水中常有的磷、氮也可回收，作為植物的肥料。另一個研發重點是「能源回收」，例如高濃度的有機廢水，經厭氧處理，會產生甲烷，即天然氣的主要成分，可拿來燃燒產熱發電。因此，曾有國外專家建議，不要叫「廢水（wastewater）」，而要改稱「使用過的水（used water）」，因為就算是用過的水，仍是很有價值的。

工研院針對工業廢水所開發出的水處理技術，也可延伸至家庭污水處理使用。張王冠說，不管是工業或家庭廢水都要經過脫鹽，才能回收再利用，傳統是使用逆滲透（RO）程序，未來將轉向透過 EDR、奈濾膜（Nano-Filtration）等技術，可降低水處理成本，達到廢水再生的目的；最終希望讓臺灣水資源能夠永續發展。■

技術 3. 流體化床結晶處理技術

FBC 是利用 0.2 至 0.5 mm 矽砂擔體，在結晶槽中作為結晶核種，使欲處理的進流水及添加藥劑，從反應槽底部進入並向上流動，藉由外接的迴流水迴路，調整進流水過飽和度，並達到擔體上流速度，使無機離子於矽砂擔體表面形成穩態結晶體，當晶體粒徑達 1 至 2mm 後，再排出槽外回收再利用，達到廢棄物減量的目的。



技術 4. 倒極式電透析脫鹽再生

由於水再生利用的關鍵在於去除鹽分，工研院研發出 EDR 脫鹽技術，在外加直流電場的作用下，陰陽離子交換膜可有效淡化水或移除廢水中的離子，脫鹽率達 90% 以上，且利用直流電正負極和內部導流的切換，薄膜不易結垢，能延長使用壽命，適用於地下水脫鹽、廢水脫鹽回收、冷卻水塔排放水回收、逆滲透濃縮水脫鹽等。

