

# 環工醫生研發救土地，讓天然的微生物、吃掉有毒污染物

## 根

據環境部統計，自民國八十九年至今，全國污染場址從原本的九千多處，現僅餘四百多處尚在整治，高達百分之九十四的污染場址皆已解除列管；中山大學環境工程所中山講座教授高志明在此過程中，積極將歷年的研究成果，實際應用在多個土壤及地下水（以下簡稱爲土水）污染場址的調查和整治工作，並且在經濟有效、環境友善以及無二次污染的前提下，達到解除列管的目標，並促使他獲得第六十六屆學術獎。

## 一九九四年， 爆發震驚全臺的 RCA 重大污染事件

二十多年前，美國無線電公司（RCA）在桃園總廠造成重大土水污染、震驚全臺，當時遠在美國工程顧問界任職的高志明因而決定返臺。

「我從報上看見一整版桃園污染案的詳盡報導，提及臺

灣還有不少類似的污染案須積極處理，否則未來對於環境的衝擊不亞於 RCA 事件！讓我意識到，自己一直以來鑽研的土水整治技術能爲國家帶來貢獻」，高志明道出當年回國的動機。

只是，當時國內缺乏土水污染的相關環保法規。沒有法規，就沒有公司願意整治污染場址；不整治，業界便無法累積經驗，業者也不願投入資金研發最新的整治技術，只能完全仰賴國外。於是，高志明決定轉往學術界、從研發做起，同時參與推動相關環保法規的制定。

## 為解決臺灣的土水污染， 投入近三十年的研發成果

「昔日，被列管的九千多個污染場址中，最大宗的是農地污染，原因是早期的灌溉渠道沒有區隔農地的灌溉水與工廠的排放水，也就是沒做到『灌排分離』。」他

## 高志明

工程及應用科學

### 第六十六屆學術獎

中山大學環境工程所講座教授



解釋，即使工廠排放的是合格的放流水、污染濃度低，仍會在灌溉渠道殘留重金屬，進而污染灌溉水，導致農地土壤吸附重金屬，長期下來重金屬自然超標、造成農作物的污染，產生食安問題；其他的土水污染來源還包括工廠及工業區的廢污水排放或洩漏、不當棄置的廢棄物所滲漏出來的污染物，以及化學品、溶劑和加油站等儲槽或運送管線的外洩。

高志明直指，重金屬、有機溶劑和石油碳氫化合物是臺灣土水污染的三大主要來源，其餘還有農藥、非金屬離子或戴奧辛之化合物造成的污染，都成為他長年鑽研的整治標的。

以重金屬為例，高志明團隊已開發兩種整治方式：一是可吸附金屬的吸附劑；二為可安全包裹金屬，與其形成穩定結構，達到有效清除的綠色螯合劑。之所以被冠名「綠色」，是因主成分為聚羧胺酸、生物提取之脂多醣、糖蜜、無患子萃取液等生物可完全分解的物質，符合可解、低毒、物盡之綠色概念。

在有機溶劑應用上，國內許多工業區均有有機溶劑污染問題。高志明透過技轉團隊自行開發的藥劑，協助業者處理有機溶劑所造成的地下水污染。「針對有機溶劑污染，團隊採用生物整治技術，即利用土壤中既有的微生物吃掉



有毒的污染物。我們開發的生物整治藥劑，就像是一個超級營養品，能讓微生物迅速繁殖、成長且強壯，可加速分解有機溶劑！」高志明透露，處理石油碳氫化合物污染也是如此，比方說高雄煉油廠，即是採取將刺激微生物生長的藥劑技轉給業者之合作模式。

此外，國內亦有二十多處氟鹽污染之地下水污染場址，污染主要源自地質礦物溶解釋出、含氟廢棄物不當棄置及工業廢水貯存洩漏等。高志明團隊正開發吸附劑來清除氟離子，他解釋：「牙膏添加少量的氟，有助於預防蛀牙，

但過量的氟卻對骨骼及神經有害。所以我們以親和力強、無毒且價格低廉的氧化鎂作為吸附材料，將其放入含氟廢水或有氟鹽污染的地下水中，便能吸附氟離子並將其清除。」

### 綠色永續的生物整治技術， 締造三大優勢

從高志明分享的整治技術，不難看出綠色永續的研發核心。他強調：「綠色永續的整治技術應符合五項原則：對環境友善、不造成二次污染、可節省能源及水資源的消耗、不會產生廢棄物和具備最佳的現場管理觀念。而我們開發的生物整治技術完全秉持綠色永續原則，這是第一項優勢。生物整治雖耗時較久，但費用低，對人體健康及生態永續都更為正面且影響深遠，所以業者在評估整體效益時，不應把時間視為最關鍵的考量因素。」

第二項優勢，有機溶劑污染之生物整治技術成本相對低。高志明解釋，團隊目前技轉與合作的業者——和協環保，是在臺深耕超過五十年的和益化工子公司，「和益的工廠之前也是列管的污染場址。他們發現整治使用的藥劑原料，原本公司就有生產，決定自行整治自家的污染場址，找上我們一起合作，開發許多對環境友善的基質與製劑。由於

成分全是在地原料、無需進口，成本自然大幅降低。」

第三項優勢延續第二項而來。因為藥劑的原料都在國內，所以高志明團隊可親至業者的污染場址調查分析，深入了解污染物類型、污染程度、場址的土質條件或水流速度、有哪些微生物可利用等，進而配置出客製化的整治藥劑。

迄今，和益化工的污染場址因改善有成，已於二〇二一年解除列管；另一家傳統的螺帽工廠，也在使用高志明團隊為其量身配置的藥劑後，達到整治目標。

### 強調創新與契合業界所需，讓學子未畢業就被企業網羅

曾於業界任職的高志明，相當重視團隊的研究是否具有創新性，以及是否契合業界所需。

「在創新性上，我鼓勵學生的論文通過專利申請的考驗。雖然我知道，篩選微生物有一定的難度，比方說你無法從原本取得的三個土壤樣本中得到想要的微生物；下一步，你得取三十個樣本，若還是找不到，接下來就是再取三百個樣本，唯一的解決之道，就是繼續做」，高志明不管是個人或是帶領學生研究，都不怕麻煩、以此為志。

另為避免產學間的巨大落差，他接了許多相關計畫，協助學生了解業界的需求，再延伸出研究主題，「只要學生

的表現及研究成果不錯，往往還沒畢業，業主就想先網羅人才，加上 ESG 和淨零趨勢，學生們幾乎無需煩惱就業的問題。」

對比如今他的實驗室學生門庭若市，很難想像二十多年前，土水整治在臺灣還是冷門領域，高志明剛到環工所教書時，第一天報到的兩名研究生，隔日一名直接換實驗室，另一名則是休學先當兵的冷清景象。

### 土水整治技術，從綠色永續、韌性到淨零

回溯臺灣的土水整治技術，從早期抽水、挖土的『離地處理』，變成盡量現場整治的『現地處理』，再演化為具有風險評估、符合綠色永續概念的整治工法；近年來，隨著氣候變遷備受重視，綠色永續+韌性的整治技術蔚為主流。

「如今，國家推動淨零，環境部亦欲建立污染場址碳匯方法學，讓業者可依此申請碳權；我們現也朝淨零方向研發，初步的成果是開發可吸收二氧化碳的吸附劑，同時期許，往後開發的整治技術皆能符合低碳原則！」這是高志明立下的淨零目標，更是他冀望自己在臺灣實踐二〇五〇淨零排放路徑上做出的貢獻。