



100%可回收的綠色循環商機

熱塑性碳纖維複材 從材料端翻轉台灣新經濟

全球循環經濟概念崛起，減廢、回收與再利用成為材料最新趨勢。工研院攜手業者開發出熱塑性碳纖維複合材料，不僅將產品輕量化，提高結構強度，更具有可回收再利用的環保特性，為台灣主打環保產品業者打出一條通往綠色市場的康莊大道。



工研院研發出可100%回收的熱塑性碳纖維複合材料，技轉廠商製成質輕堅固的行李箱，行銷國際，將帶動台灣循環經濟商機。

撰文／林麗娟、游念秀

生活周遭有太多石化產品從製作的那一刻起，就注定了用完即丟、不可回收的命運，燃燒減量又會對環境造成極大的汙染，但

如果有一種材料不僅可塑性強，回收可再生利用，製程更大大減少環境汙染及資源浪費，就能充分實踐循環經濟，從「搖籃到搖籃」百分



之百循環利用，達到生產、生活與生態和諧共生的理想。

環保意識崛起 熱塑性複材是良機

材料業是台灣第二大產業，年產值逾6兆元，全球高品質運動鞋、機能性布料、寶特瓶等加工產品大部分來自台灣生產供銷。而作為台灣橡膠輸送帶第一大廠，鑫永銓公司董事長林季進，早在2008年就已嗅得循環經濟結合環保材料的未來商機，「風力發電的風扇葉片所使用的材料都是不可回收的，德國政府甚至因此暫緩風力發電建設。由此可見，環保型態的複合材料將是未來的新寵！」

塑膠類產品多以熱固性複材的方式製作，加壓加熱後難以軟化溶解，因此不易回收再利用，

讓許多想轉型環保的業者望之卻步；而熱塑性碳纖維複材具有可回收、可多樣化加工成型、重複再利用、減少製程能耗、產製工時快速等優點，相當符合目前環保的趨勢。

鎖定循環經濟商機，林季進10年以來陸續投入6億元資金，研發熱塑性碳纖維複合材料（Continuous Fiber Reinforced Thermoplastic Composites；CFRTP），正是因為他清楚了解到，唯有從材料端解決產品使用後的回收環保問題，落實製造者的延伸責任，才能真正打中客戶的心。

客製化表面改質技術 完美接合環保複材

但一項新創材料從研發到正式採用，當中必須解決眾多的生產問題，進程可能相當緩慢；



工研院與鑫永銓合作，將熱塑性碳纖維複材（右圖）混紡編織，製成質地輕、剛性強韌的行李箱，即使重壓踩踏也不會脆裂，待壓力消失後，即可回彈恢復原形。（左圖）

加上工業常用塑料種類很多，如PC、PP、PA、PE及ABS等，其纖維間的界面結合相容性不盡相同，想實際推廣進入商業應用，仍有賴尋覓適合的膠合劑。

林季進在投資開發熱塑性碳纖維複材的過程中，就是因為始終找不到適合的膠合劑，「如果膠合劑不好，材料強度就會弱，做出來的板子一折就分層了，」林季進表示，當時遇到的最大問題，就是如何把PP跟碳纖維完美結合在一起，因而尋求工研院的協助。

為此，工研院開發出以水為溶劑的「水相無溶劑環保配方」，並提供客製化表面改質技術，

使熱塑性碳纖維複合材料與不同塑料膠合時，都能完美達到異材質固接緊密的相容性。

獲得技轉的鑫永銓，成功將PP纖維、碳纖維與PP、PC、ABS、TPU、Nylon等塑膠基材結合，混紡編織，製成質地輕、剛性強韌的行李箱，不僅在外型上有更加多元亮麗的呈現，且比一般行李箱更加耐用，即使重壓踩踏也不會脆裂，待壓力消失後可回彈恢復原形。其100%可回收再造的特性，更符合全球知名品牌對於環保的需求，目前這款熱塑碳纖維複材行李箱，已獲日本知名品牌業者下單，即將進軍國際市場。

熱塑性複材商機無限 可望翻轉台灣新經濟體系

熱塑性碳纖維複材的應用相當多元，短期應用領域包含製鞋、錶帶、釣魚捲線組、煞車來令片、手機外殼、多軸航拍機、滑雪板、運動器材等；中期更可朝汽車、航太、運輸業、軌道車、工業機器手臂自動化生產線、建築、風力發電、生技醫療等領域發展。

「我們相當看好車用零件市場，」林季進說，熱塑性碳纖維複材的未來商機潛力無窮，車用零件市場即是其中之一。因應環保節能的電動車數量逐漸增加，車體輕量化是電動車增加續航力的重要關鍵。過去汽車產業已有使用熱固型複材的先例，但因為自動化速度較慢，以及必須符合歐洲汽車回收率規定，導致複合材料一直無法進入中低階車款。熱塑性碳纖維複材可以解決上述問題，鑫永銓未來也將持續與工研院合作，期待在短期內打進汽車零組件供應鏈。

在循環經濟的時代，台灣業者應該於材料端布局，找尋適合替代的環保材料，搶先成為市場的供應端，並落實製造者延伸責任，早一步規劃產品售後回收服務，方能掌握全球市場趨勢，賦予台灣經濟嶄新面貌。





展現材料化學產業新價值

從綠色材料端開啟循環經濟

撰文／林麗娟

我們只有一個地球。在人類多年來的開採使用下，有限資源已逐漸匱乏，促使環境保護、永續發展意識抬頭，循環經濟即是在這樣的背景下崛起。為了讓下一代擁有美好的家園，政府將循環經濟納入「5+2產業創新計畫」的重點發展項目。工研院作為產業發展的領頭羊，也不遺餘力也積極找尋台灣循環經濟的立足點。

「談到循環經濟，首先要認識2個關鍵字：再設計（Redesign）與再創價值（Revalue），即使面對平常以雪白的樣貌呈現、容易被忽略的聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等塑膠製品造成的『白色污染』（White Pollution），也能透過再設計、再創價值，打造出可循環利用的綠色材料，導向循環經濟，」工研院副院長兼材料與化工研究所所長彭裕民，開宗明義點出循環經濟的核心精神。

彭裕民進一步分析，台灣產業若想收穫循環經濟市場的碩果，第一步應從材料端到產品，按全新思維從頭設計，務必做到便於回收再利用；其次，產業界必須顛覆以往的生產成本認知，了解到能循環再用的材料也許售價較貴，最終創造的總價值及大幅降低環境的負擔，卻遠勝於初。如今歐盟乃至全世界都積極從法規面、認證面、採買端強化此共識。「一旦建立消費者的環保思維，串聯起材料、製造、營運模式等產業鏈，就能共構新的經濟體系！」

舉例來說，民眾生活中所用的塑膠，多屬熱固型複合材料，不僅無法回收再利用、處理代價高、汙染危害大，未化解塑膠被喻為「千年垃圾」的污名，工研院成功研發出理想的熱塑性碳纖維複合材料，不只可回收，還可再生重複使用，目前已技轉鑫永銓公司產製輕巧耐撞的行李箱，未來還可廣泛應用於製鞋、手機外殼、滑雪板，甚至汽車、航太等。從產品材料源頭就進行可回收設計，不但接軌國際綠色永續趨勢，也創造了新一波的循環經濟商機。

台灣是電子與半導體業以及太陽能電池模組大國，如何解決廢棄物、點石成金，是一大課題，而台灣供應的寶特瓶產量占全球六分之一、運動鞋材料占三分之一，十分之七的機能紡織產品也是自台灣出口，但其中有很大比重屬於石化加工。因此台灣在循環經濟新材料的研發上責無旁貸，若從環保材料這關搶得先機，不僅可以扭轉產業必須向日、德購買原料，受制於他國的局面，坐穩產業供應鏈的上下游關鍵位置，更可迎向廣闊的新藍海市場，印證「經濟與環保可以共存共榮」的理想。■



彭裕民

工研院副院長
兼材料與化工
研究所所長