

塑膠資材之應用與發展

田雲生

摘 要

塑膠具質輕、堅固、絕緣等優點，在日常生活中已廣泛使用，並促進了社會繁榮與進步。但若無止盡地製造與應用，且隨意丟棄、焚燒、掩埋等未妥善處理，將對環境生態與生物健康影響至鉅。應加強宣導減量少用、重複使用的觀念，並落實回收再利用的作為，以永續生存發展。另採用與環境友善的生物可分解塑膠是必然趨勢，雖有價格昂貴、檢測標準嚴苛等問題，但相信俟其性能提升改善後，仍可取代大部分傳統塑膠而為市場所接受，進而達到節能減碳、資源再生的成果。

前 言

塑膠發明迄今逾百年歷史，其中賽璐珞(Celluloid Nitrate)是人類創造的第一種塑膠，係以硝化纖維和樟腦等原料合成的熱可塑性樹脂⁽⁹⁾，而後陸續有各種類型、產品問世。由於其具有質輕、堅固、絕緣與價格便宜等優點，目前已廣泛應用於包裝、建材、3C、機器零件等領域⁽⁵⁾，甚至在日常生活中幾乎隨處可見、無所不在，對於促進產業發展與進步，可謂居功厥偉！每年約有 7% 的石油產量(300 億桶，1 桶=42 美制加侖≐159 L)是用來生產塑膠原料，該石油消耗比非洲大陸的使用量還多。塑膠製品及其廢棄物若未能妥善應用或處理，將會引發環保與健康問題，並對海洋生態造成衝擊⁽⁷⁾。所以，我們應該設法將塑膠資材發揮最大功能，並避免過度使用與浪費，以及朝向綠色塑膠進行研發應用，以期地球可永續發展而生生不息。

內 容

根據美國材料試驗協會(ASTM)的定義，塑膠乃是一種以高分子量、有機物質為主要成分的材料，在加工完成時呈現固態形狀，在製造及加工過程中，可借流動來造型。也就是說塑膠不是自然產物，而是由許多重覆的單體所組成之高分子

聚合物，分子量介於 10,000~1,000,000 g/g.mol 之間，具有可塑性、可以造型，其組合元素包括碳、氫、氧及少數氮、氯、氟等，常用的塑膠約分為 40 類，每類又有數百種產品，並不斷有新產品問世⁽¹⁰⁾。塑膠係由合成樹脂及輔助材料聚合而成，其中合成樹脂是未加工的原始聚合物，含量佔 40~100%，可決定塑膠的性質；輔助材料為改進塑膠性能的添加物，有填充劑：提高強度和耐熱性能，如木粉、石灰石、棉花等；增塑劑：增加可塑和柔軟性、降低脆性，如鄰苯二甲酸鹽；穩定劑：防止樹脂受光熱分解破壞，延長壽命，如鋅、酚；著色劑：使塑膠具有各種鮮艷、美觀的顏色；潤滑劑：使塑膠的表面光滑美觀，如石蠟、硬脂酸鈣等；阻燃劑：抵抗火燄燒損功能，如磷酸脂等；其他如發泡劑、抗靜電劑、抗氧劑等，皆依使用要求而予以添加^(10,11)。

塑膠依用途特徵分類為通用、工程及特種塑膠 3 類，其中通用塑膠之產量大、用途廣、成型性好、價格便宜者，常見 5 種材料：聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)及丙烯-丁二烯-苯乙烯共聚合物(ABS)；工程塑膠能承受外力作用，具良好機械性能和耐高低溫性能，尺寸穩定性較好，可用於工程結構者，如聚碳酸酯(PC)、聚醯胺(PA)、多聚甲醛(POM)；特種塑膠具航太、醫療、耐高溫、導電等特殊領域或功能者，其中導電塑膠包括聚乙炔、聚苯胺、聚對苯乙烯。以理化特徵分類則有熱塑性、熱固性 2 種^(1,11)，前者加熱時軟化，成型後冷卻變硬，如再加熱則又軟化而成型，如保鮮膜、化學纖維、塑膠瓶、接著劑和塗料等；後者加熱到某一溫度後就硬化而永久成型，即使再度加熱也不再軟化，這一類的塑膠製品強度較高、尺寸安定性好、絕緣性佳，多使用於電氣零件、器具結構、外殼等。另依加工方法分類，包括模壓(將金屬模加熱、填充原料、合模加壓成型)、注射(原料加熱、施壓注模、凝固後出模)、擠出(適用熱塑性塑膠擠製成任何長度的管、桿型材)、中空(吹模製法，擠製成圓管形胚料、模子閉合、壓縮空氣吹入、降溫後取出製品)、壓延(原料熔融塑化，通過對轉滾筒間隙，經擠壓、延展及拉伸而為特定規格尺寸)與發泡成型(搭配擠出、注射、模壓、壓延等作業)等⁽¹⁰⁾。

在日常生活使用之塑膠製品相當多，涵蓋了聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)、ABS、聚醯胺(尼龍)、聚四氟乙烯(鐵氟龍)、聚對苯二甲酸乙酯(PET)、壓克力(PMMA)、酚甲醛(電木)、聚胺基甲酸酯(PU)、環氧塑膠、尿素塑膠、矽膠、FRP 等製品⁽¹⁰⁾，不勝枚舉。而塑膠資材在農業上的應用，主要有溫室設施之被覆材料，其中硬質塑膠是以 PET (對苯二甲酸酯乙二酯)為材質；塑

膠布(膜)有 EVA (乙烯醋酸乙烯)、PE、PEP (PE、EVA、PE 三層共擠壓膜)、PO (聚烯烴)及其他機能性軟質塑膠布等⁽²⁾。以往對被覆材料的要求僅侷限於「提供透光且能遮風擋雨」，現在則需「滿足耐候、保溫、防塵、防滴、防霧等不同目標」，乃至於「對植物栽培有更積極用途，如提供抗病毒、光選擇、光轉化等涉及光質調整的功能⁽¹⁾。在果樹果實套袋方面，使用塑膠材質：PE、EPE (發泡聚乙烯)、PP 等，其用途係增進果實品質、防止病蟲為害、防護氣象災害等，屏東科技大學曾進行「臺東地區番荔枝冬期果施予不同套袋材質內之溫度與濕度變化」，其試驗結果顯示，塑膠材質套袋對番荔枝果實防護寒害較紙質套袋或複合材質套袋(PE+牛皮紙、牛皮紙+PP)為佳⁽³⁾。

在回收再利用的觀念上，大多數的塑膠皆可回收，但需依聚合物種類而分類，造成處理困難及成本增加，美國目前回收以 PET 與 HDPE 為主。PVC 雖宣稱可被回收，但含有各類有毒的添加物來應用，基本上屬於有毒廢棄物。熱塑體可重新加熱熔塑，熱固體只能壓碎當作絕緣物。塑膠分類標誌的符號包含了順時針旋轉的箭頭，形成一個完整的三角形，即通用的循環再造標誌。編碼數字並不代表這個材料被回收的難度或頻率，而只是一個隨意的號碼，對塑膠材料本身無特定意義。所以常見 7 類塑膠材料並非皆適合回收，尤其複合式聚合物就不適合回收。

農業資材廢棄物(非生物性)每年約有 15 萬 ton，其中之塑膠膜(布、網、盤)約佔 1/10 強，而覆蓋用塑膠布、溫網室用塑膠布、遮蔭網廢棄物，每公頃分別以 210、750、2,100 kg 估算⁽¹²⁾。由被覆塑膠膜回收再利用流程可知，回收來源包含塑膠膜製造商下腳料及栽植農戶之廢棄物，可藉由廢棄資材之回收處理設備將廢棄 PE、PP 薄膜和硬塑料等，經粉碎、洗滌、脫水、乾燥、造粒等處理流程，重新再製成新的產品。惟當前回收處理農用塑膠膜的問題較多，因現行資源回收體系(鄉鎮公所資源回收車)大多未回收塑膠膜等類型的廢棄物，故多數農民以家廢垃圾處理，抑或就地焚燒(此舉將製造空氣污染)和就地掩埋(不易分解)。中興大學曾接受農糧署委託進行「農業塑膠膜之回收與再利用研究」計畫，提出需有回收通報機制及平臺、購買登記制度、農用塑膠膜收集制度等相關措施，供農政單位參考。

塑膠在應用上有很多的便利性與低成本的優點，但其廢棄物的處理，卻造成環境很大的污染。其中塑膠無法在自然環境中被微生物菌分解，甚至添加物也不易妥善處理，所以塑膠廢棄物目前僅能採焚化處理，雖然除 PVC 之外的塑膠，焚化不會產生戴奧辛，但焚燒塑膠廢棄物仍有許多不良之處。20 世紀末當塑膠蓬勃

發展時，科學家試圖找到一種具有塑膠的便利性且能對環境更友善的材料來取代塑膠，那就是生物可分解材料，將為未來許多產業發展的趨勢⁽⁸⁾。

生物可分解塑膠又稱生物可降解塑膠及綠色塑膠⁽⁶⁾，材料主要取自植物(馬鈴薯、大豆、玉米、甘藷...)，運用生化科技，經精煉、發酵、合成等程序製造而成，因物理、化學特性與傳統塑膠接近，且能取代其功能，故稱為「塑膠」，其暴露於空氣中時，並不會進行分解⁽⁴⁾，在有足夠的溼度、氧氣與適當微生物存在的自然掩埋或堆肥環境中，可被微生物所分解。生物可分解塑膠之種類包括脂肪族－芳香族聚酯的異量分子聚合物、脂肪族聚酯、聚乳酸－脂肪族聚酯的異量分子聚合物、聚己內酯(PCL)、聚羥基羧酸酯(PHA)、聚乳酸(PLA)。其適用產品應用於室外大自然環境、使用後難以回收的場合、特殊機能用途等領域。

生物可分解塑膠的製造方法包括：(1)以澱粉與聚酯類高分子化合物在高溫下攪拌混合，其雖來源豐富、價格便宜，且分解速度快，但澱粉加熱後不易塑型，所以製程中須添加可塑劑，另塑膠強度較弱，致應用有限。(2)利用微生物發酵生產聚酯類高分子為材料，此類塑膠強度、耐熱性均高，但成本昂貴，目前仍在研發階段。(3)目前最常見的方法是用化學合成技術大量生產生物可分解塑膠，而主要的合成聚酯塑膠以聚乳酸(PLA)較多。

聚乳酸是從植物纖維或澱粉中的葡萄糖分子，發酵成乳酸，經脫水酯化、聚合處理而成，目前常用的植物纖維來源以玉米、小麥為主；商業化生產則以含大量澱粉之玉米為原料，目前美、法、日等國家已開發利用農副產品為原料，發酵生產乳酸，進而生產聚乳酸，未來發展可能使用農業廢棄物為料源^(7,8)。現有商品：可分解的餐具、骨固定零件(骨板、骨螺絲與骨釘)、外科縫線、垃圾袋等。惟 PLA 之技術發展問題：易碎材料，耐曲折性非常差，無法與一般塑膠如 PP 與 PE 相比擬；為了增進 PLA 韌性或曲折性，可使用可塑劑以達成效果；仍有耐熱性與氣密性差之基本缺點有待改善，尤其在食品包裝材料用途時之耐熱與氣密性顯得非常重要，可利用奈米粉體進行塑膠改質作用。

結 語

塑膠之發明與應用，雖然促進了社會繁榮與進步，但也對環境生態與生物健康造成負面影響。所以宜加強宣導減量少用、重複使用的觀念，並落實回收再利用的作為，以永續生存發展。另塑膠資材善用於農業生產管理，除配合推動環保3C外，以及採用與環境友善的生物可分解塑膠是必然趨勢。儘管生物可分解塑膠目前的價格昂貴，且認定檢測標準較為嚴苛，但在大環境驅使下，俟其應用及本身性能不斷提升後，仍可望取代大部分傳統塑膠而為市場所接受。

參考文獻

1. 方煒、李光軒、饒瑞佶 1999 使用有色固態與液態透明資材調整光質 農業機械學刊 8(2): 63-73。
2. 林明仁、洪東奇 2008 訂定農業用溫室標準圖樣及其結構計算書簡介 第188期。
3. 唐琦、鄭衣淳、陳奕誠 2012 臺東地區番荔枝冬期果施予不同套袋材質內之溫度與濕度變化 作物、環境與生物資訊 9(2): 89-97。
4. 彭德昌 2003 生物可分解資材在農業生產上之應用 花蓮區農業專訊 44: 21-23。
5. 楊紹榮、鄭錦容、余合 2000 可分解塑膠在農業之利用 臺南區農業改良場技術專刊 104: 1-14。
6. 楊紹榮 2004 分解性塑膠在農業栽培之評估 臺南區農業專訊 3: 14-16。
7. 中小企業綠色環保資訊網 <http://green.pidc.org.tw>。
8. 中華民國環保生物可分解材料協會 認識生物可分解材料 http://www.ebpa.org.tw/know_Polymer.html。
9. 杉本賢司 塑膠發展的歷史 <http://i-notes.net/tech/plastic.htm>。
10. 塑膠材料及加工 <http://www.taiwan921.lib.ntu.edu.tw/mypdf/mf08.pdf>。
11. 維基百科 塑膠 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw>。
12. 農漁業廢棄物源頭減量及回收再利用宣導手冊 <http://waste3.epa.gov.tw>。