

# 消費性聚乳酸容器的回收再生研究

## The research of Post-Consumer Poly Lactic Acid container of recycling

李家宏<sup>1</sup>、劉景隆<sup>2</sup>

Jia-Hong Li<sup>1</sup>, Gin-Lung Liu<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>財團法人塑膠工業技術發展中心

<sup>1</sup>Plastics Industry Development Center

E-mail: James\_Li@pidc.org.tw

E-mail: aaron0214@pidc.org.tw

### 摘要

在石油短缺與國內的限塑政策下，生分解塑膠的使用開始受到重視，並且使用量有逐年增加的趨勢，其中又以聚乳酸(PLA)產品為最多。據環保署統計資料，在 2010 年國內生分解塑膠容器使用量估計已達 2,194 公噸，但國內因腹地狹小，要將生分解塑膠進行掩埋並非最佳處理方式。故解決當前無法立即進行掩埋處理的 PLA 廢棄塑膠問題，較佳的途徑是將 PLA 回收改質再利用，透過廢棄料再生的方式解決現階段 PLA 垃圾所造成的問題。

**關鍵字詞：**消費性聚乳酸、回收再生、混練改質

### Abstract

Biodegradable plastic use began to receive attention in the shortage of oil and domestic plastic limit policy, and the amount there is a rising trend, which went up the PLA products. According to EPA statistics, in 2010, domestic raw break down the use of plastic containers estimated to have reached 2,194 metric tons, but due to the cramped domestic, to biodegradable plastic buried is not the best approach. Therefore resolve not immediately landfill the PLA waste plastic problem, a better way to reuse PLA recycling modified to solve the problems caused by this stage PLA waste through waste material renewable.

**Keywords:** post consumer PLA、recycling、compound

## 1. 前言

聚乳酸(Poly Lactic Acid, PLA)為眾多生分解材料中的一種，其合成製程中所消耗的能量遠低於傳統石化高分子合成製程，以生命週期(LCA)評估整體 CO<sub>2</sub> 排放量，聚乳酸(PLA)亦比其他石化塑料低，同時，由於性質與價格上較趨近於一般石化塑料，因此，PLA 是最普遍被使用在民生用途之生分解材料。聚乳酸為生物可分解材料，屬於環保可分解材質，對於國內環保回收業者來說，回收聚乳酸材料雖然並非新穎材料，但與回收 PET 相較起來，聚乳酸此品項仍屬於推廣教育階段，因為台灣的土地面積有限，原本應該利用掩埋法進行堆肥使其自然分解的聚乳酸反而使用焚化爐處理，此法卻違背了聚乳酸可生物分解的特性。

塑膠材料回收再利用是解決環保問題的一種有效辦法。一般塑膠製品無法經自然分解後回歸自然界循環使用，因而造成了所謂的「萬年垃圾」；

加上石油的開採、運輸和煉製等過程，都會消耗相當多的資源、能源及製造一定程度的污染，因此回收並重複使用塑膠廢棄物及容器有其必要性。現在的消費性聚乳酸(PLA)經回收後，處理業者多半以焚化的方式處理收集到的聚乳酸(PLA)，但這樣反而失去了原本可生物分解的材料特性。有鑑於此，針對消費性聚乳酸(PLA)回收進行再生處理，則是在現階段民眾仍未普遍認知聚乳酸(PLA)的實際情況下可行的解決方式。本研究將利用配方設計方式將消費性聚乳酸回收料改質再生，其再生料機械特性達新料的 90% 以上、耐衝擊強度比原本的 PLA 新料更佳、但價格僅新料的 1/3，其加工製品可降低塑料成本，不僅達到消費性包裝產品垃圾回收再利用的效果、垃圾減量外，同時材料仍具生物分解特性。

## 2. 主要研究內容

PLA 能夠和普通高分子一樣進行押出、吹膜、射出、吹瓶、紡絲等各種成型加工製造。PLA

分子由於受熱和應力作用，在高溫下會受微量水分、酸、鹼等雜質及氧的作用而發生分子量降低或分子結構改變等化學變化，這種變化一般稱為降解，降解程度的大小，反應了PLA物性與化性的好壞。PLA從加工成型至進入回收系統回收，在這段期間PLA易與微量水分與空氣中氧氣進行降解反應，因此PLA回收料一直有著回收料品質不穩定的現象，所以對消費性的回收PLA進行再生改質，以提高其融熔強度，達到批次式回收料的品質均一化，才有辦法將其再生利用。以回收廠的立場而言，現階段的PLA以物理方式回收再生則是較具經濟價值的作法。

本研究的關鍵技術在於開發適當的相容化劑與改質劑，以改善或降低聚乳酸在二次加工時所產生的降解情形，在聚乳酸回收再生的過程中，可藉由控制其添加劑比例，達成回收聚乳酸再製品需要的機械特性，而改質後的聚乳酸材料仍須具其生分解特性，以將其應用於農業用塑膠製品或非食用之日常生活塑膠製品，如農業用膜、育苗盆、園藝產品等農業資材。本研究擬以聚乳酸(PLA)物理回收改質技術為技術平台，再結合加工製程技術、奈米混練分散技術等延伸應用，可賦予回收聚乳酸(PLA)材料新生命，期望在民生化工產業取代部分傳統塑料，藉由本研究之探討可使國內對於回收PLA物理回收製程技術再提昇。

### 2.1 實驗材料

表 1. 聚乳酸實驗所需材料

藥品名稱	供應商	備註
回收PLA	偉盟	雜質率<10%
增韌樹脂	三菱化學	生分解樹脂
滑石粉	一品	3.5±0.5 μm
括鏈劑	BASF	-

### 2.2 實驗方法

本研究目的在於將消費性的聚乳酸材料進行回收再生，因此在一開始的回收處理階段必需取得雜質率相對低的回收料，這樣可避免在配方設計的過程中產生實驗干擾。本研究在於產生高性能的回收聚乳酸再生料，首重在於回收聚乳酸在加工時，需控制其水解程度以改善其分子量驟降的特性，同時亦需考慮回收聚乳酸材料與增韌樹脂間的相容化性。本研究利用雙螺桿押出機導

入配方設計、混練分散技術，進行高分子融熔造粒，並進行射出與機械特性分析，得到回收聚乳酸再生之塑膠粒，以達環保再生，材料高值化的最終目的。

### 2.3 配方設計

本研究在配方設計組成中，包含增韌樹脂、無機粉體、括鏈劑等，括鏈劑可將原本降解的聚乳酸(PLA)做鏈延長的作用，因此會選用具有反應活性的添加劑以延長分子量及提升融熔強度與物性。下圖1是擴鏈劑加入之前後在混練設備中的扭力值(Torque)變化，圖1中可看出Torque值明顯提高，混練時因回收聚乳酸(PLA)在180℃時黏度遽降，但因加入後導致分子結構改變使分子量提高，造成材料加工時扭力值上升。回收聚乳酸經雙螺桿押出造粒的改質再生料如圖2。

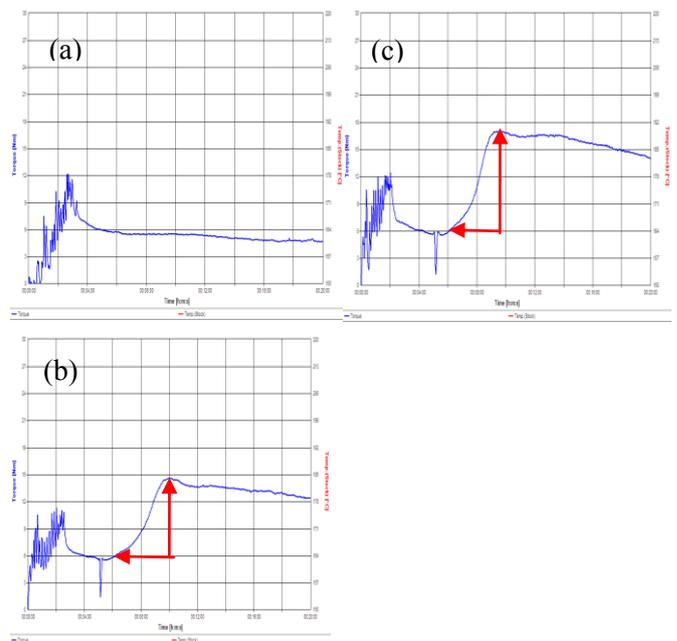


圖 1.回收 PLA 添加括鏈劑對扭力的影響；圖表橫軸為時間，縱軸為扭力值(Torque)。分別為(a)未添加括鏈劑(b)添加 0.5phr 括鏈劑(c)添加 1.5phr 括鏈劑



圖 2.消費性回收聚乳酸再生粒

### 2.4 回收聚乳酸材料物性化性檢測分析

本研究利用配方設計的方法，透過雙螺桿混練押出機造粒設備，進行消費性聚乳酸(post-consumer)回收容器的塑料再生。表 2 共列了兩種不同配方的回收聚乳酸改質材料的機械特性分析。

表 2. 回收聚乳酸改質料與未改質回收料、新料的物性差異分析

測試項目	規範/ 單位	改質 料 A	改質 料 B	回收 PLA	Virgin PLA
彎曲強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ASTM D790	714 ±4.2	664 ±1.1	480 ±5	783 ±8
衝擊強度 (Joules/m)	ASTM D256	61±3	84±2	15±2	25±3
融熔指數 (g/10 min)	190°C/2. 16kg	3.2	3.4	12	5~7
拉伸強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ASTM D638	593 ±1.6	558 ±10	495 ±20	580 ±10
Elongation (%)	ASTM D638	25 ±18	14.8 ±5	1.96 ±0.1	6 ±1.2
硬度(shore D)	ASTM D2240	80	75	80	80

### 3. 結果與討論

配方設計中，添加滑石粉 Talc 主要目的是提高 PLA 的結晶速率而提高其物性，在無機化合物中，滑石粉、二氧化矽等是常用的結晶成核劑，其中由於滑石粉是存在自然界中的無機物，價格非常低廉，且對環境無害，可廣泛運用於工業生產，故成為配方設計組成中的成核劑。

由塑譜儀加工時的扭力變化值(Torque)，證實添加括鏈劑確實可將已降解的 PLA 達到鏈延長的效果，因反應性的擴鏈劑官能基團與 PLA 發生反應，亦增加了分子量及融熔強度。

本研究目的與立意欲將再生的消費性聚乳酸樹脂應用到農用、園藝資材產品上，故改質過程中以不破壞其原有生分解特性為主，因此選用的增韌樹脂以市售幾種具生分解性的為主要。當材料在受到衝擊時，能夠因為內部分散的彈性材料吸收衝擊能量，而讓整體材料的韌性與延展性增加。

從回收 PLA 的機械特性分析結果顯示，PLA

因水解或降解作用造成 PLA 分子量降低，進而使得 PLA 物性下降的推論是正確的。本研究所使用之回收 PLA 來料中，雜質率分佈範圍很廣，回收料中含有少量的 PE、PS、PVC 碎片與 PET 等樹脂，造成回收 PLA 的物性無法穩定。由於各批次或不同回收處理商，在處理回收 PLA 時沒有一定標準，因此雜質率問題勢必影響後續回收 PLA 應用時的加工成本。若要改善此問題，也許須在回收 PLA 之法規上訂定一些標準，使得後端加工應用廠商能降低加工製程上的困擾，增加廠商投資的意願。

### 6. 參考文獻

1. B.L.Seal,T.C Otero,A.Panitch,"Polymeric biomaterials For tissue and organ regeneration[J]". Materials Science and Engineering, 2001, R34, 147-230.
2. M. Ajioka, K. Enomoto, K. Suzuki, A.Yamaguchi, J. Environ. " synthesis of High-Molecular-weight Poly(L-lactic acid) by Polycondensation" Polym. Deg. 1995, 3, 225.
3. M. Ajioka, H. Suzuki, T. Kashima,"Poly(Lactic acid) Polymerized by Aluminum Triflate" Polym. Deg. Stab. 1998, 59, 137
4. Li Li, T. Song Chao, W. Quing Hai, P. Youg Kang,W. Ting Lan, "An investigation of the synthesis and thermal stability of poly(DL-lactide)" Journal of East China University of Science and Technology
5. Wang Junfeng, Zhang Jun, Zhang Xuelong, Li Suqin. "The Basic Properties of Poly(Lactic acid) Produced by the direct condensation of Lactic acid" Chemical Industry Times. 2007, 21(6), 53-56.
6. Masao Kunioka, Yi Wang, Shun-ya Onozawa, "A Literature Review of Poly(Lactic acid)"Macromol. Symp. 2005, 224, 167-179.
7. Ki Woong Kim, Seong Ihl Woo, "Effect of Catalyst and Polymerization Conditions on the Preparation of Low Molecular Weight Lactic Acid Polymers" Macromol. Chem. Phys. 2002, 230, 2245-2250.
8. 楊斌編著，綠色塑料聚乳酸，2007
9. Asumi Lab-Japan, 生物可分解塑膠廣場
10. 陳昌杰編著，綠色包裝技術及其典型案，2008