

環保紡織品競爭力市場現況與發展趨勢

—生物可分解性纖維—

委辦單位： 經濟部國際貿易局

執行單位： 中華民國紡織業拓展會

97年8月

目 錄

※重點摘要	i
壹、前言.....	1
貳、生物分解性纖維材料介紹	1
參、聚乳酸纖維介紹.....	2
肆、聚乳酸纖維 Ingeo 介紹.....	3
伍、掌握 PLA 綠色商機.....	7

環保紡織品競爭力市場現況與發展趨勢

—生物可分解纖維—

【重點摘要】

壹、前言

目前主要之生物分解性纖維(biodegradable fibers)-PLA 之製造方式有以下二種：第一種為使用溶劑將乳酸溶解並於高分高度真空下脫水進行縮合反應，這種製程為現今 Dupont 及 Mitsui Tuatsu 公司所使用的方式，其可製造成低中分子量的 PLA 聚合物。另一種製程為利用乳酸在不含溶劑下溫和脫水反應而生成環狀聚合二體之 Lactide，在經純化後進行加熱開環反應而生成高分子量之聚乳酸。

貳、生物分解性纖維材料介紹

生物分解性纖維材料中主要分為 Primary biodegradable 與 limitation biodegradable 二種。其中 Primary biodegradable 即代表纖維材料可初級分解成較短之分子鏈，使材料在自然環境中分解成較小之破片以降低對環境之污染。相對的，limitation biodegradable 即代表纖維材料在自然環境中可分解成 CO₂、H₂O、CH₄ 等微小分子，使材料最後回歸於自然。其中 PLA 之分解性即屬於 limitation biodegradable 級。

參、聚乳酸纖維介紹

聚乳酸纖維是一種可完全生物降解的合成纖維，它可從穀物中取得。其製品廢棄後在土壤或海水中經微生物作用可分解為二氧化碳和水，燃燒時，不會散發毒氣，不會造成污染，是一種可持續發展的生態纖維。

聚乳酸纖維具有很多優異的性能，如較聚酯纖維親水性好；懸垂性、舒適性和手感好；回彈性好；較好的捲曲性和捲曲持久性；收縮率可以控制；強度高達 6.23cN/dtex；；UV(抗紫外)穩定性好；比 PET 密度小；可以用分散性染料染色；成型加工性好；熱粘結溫度可以控制；結晶熔融溫度可以在 120-170°C 範圍內變化；可燃性低、發煙量小等。

這些特性助長聚乳酸纖維在纖維和非織造布領域的應用，並且聚乳酸纖維可以製成圓截面的單絲或複絲、三葉形截面的短纖維蓬鬆紗(可用於織造地毯和毛氈)、捲曲或非捲曲的短纖維、雙組份纖維、紡粘不織布和熔噴不織布等，這使聚乳酸纖維在服裝市場、家用及裝飾市場、不織布市場、雙組份纖維領域、衛生及醫用等領域有潛在的應用前景。

肆、聚乳酸纖維 Ingeo 介紹

Ingeo 玉米纖維係聚乳酸纖維的代表，PLA 最早於 1932 年由 Dupont 發現，接著致力於發展手術用縫線。日本的 Mitsui 及 Shimadzu 致力於 PLA 樹脂之商業化，惟其產能皆低於 500 公噸/年，僅供應日本市場。1992 年，美國嘉吉公司(Cargill)與陶氏化學(Dow

Chemical)合作成立 Cargill Dow 公司，該公司致力生產 PLA 原料，2000 年於美國內布拉斯加州(Nebraska)的 Blair 完成 Pilot Plant，產能達到 6,000 公噸/年。Cargill Dow 公司嗣於 2002 年 1 月完成產能為 14 萬噸之 PLA 廠，2003 年該公司將生產的聚乳酸纖維命名為 Ingeo。

伍、掌握 PLA 綠色商機

知名纖維業者如遠東紡織、Unifi、Fiber Innovation、Parkdale 及下游紡織業者如宏遠興業、佳和、儒鴻、旭寬等公司都在加緊開發相關的紡織品，以迎合環保紡織品強烈的需求。值得一提的是，化學公司發展成功的產品玉米纖維 Ingeo 可以較傳統高分子聚合物減少 68%的石化燃料耗用量，著名環保布料製造商紡慶公司陳康生主管於北京國際紡織創新技巧術展技術交流會中指出：「Ingeo 是這一代在紡織產業最重要的發展之一。機能性成衣產業將不再仰賴國外進口原油，此種纖維是由 100%本土的可再生資源所製造，能夠使得農民、消費者等所有的人獲得利益，而且 Ingeo 產品不會退色、不會起皺、不會縮水、不會吸收臭味、可耐髒污，並具有天然抗菌以及防潮的功能」。

由於環保意識的抬頭，各國政府及有關單位皆開始全面關注環境保護問題，由於石油是不可再生的資源，石油資源枯竭已是可預期的事實，因此，種植更多的玉米植物行光合作用，達成「碳中和」的目標，一方面減少二氧化碳的排放量，一方面生產之玉米提供製造生物可分解聚乳酸纖維的原料，可謂兩全其美，最為人所稱道的「綠色商機」。

環保紡織品競爭力市場現況與發展趨勢

—生物可分解性纖維—

壹、前言

玉米聚乳酸纖維是由乳酸環化反應後開環聚合成聚乳酸，再紡成纖維。原料主要來自於玉米這種高澱粉類植物中的澱粉質，經過發酵處理之後聚合而成。其原料可以不倚賴有限的石油資源是一大商機，使用過後之纖維於廢棄之後，可以在土壤中被細菌和微生物分解成二氧化碳和水，沒有環境污染的問題，更加助長綠色商機的強大爆發力，將來玉米纖維一旦大量生產，玉米植物和太陽的光合作用對減碳具有非常大的效益，一年一收的玉米生長為紡織業提供了永無止境的資源，而不必為了石油資源的枯竭而擔憂。

1932年杜邦公司(Dupont)研發部 Caruthers 即利用乳酸(lactic acid)以真空加熱生產一種低分子量之聚乳酸(Poly lactic acid)，由於其具有相當優異之身體分解及吸收性，以致應用於醫療用手術線、藥物釋放控制等。近期美國糧食工會與卡吉爾陶共同研發出由玉米原料製造出聚乳酸(PLA)纖維，並於 2000 年年初宣布一 Nature works[®]更新製程，並建造一座產能為 13 萬 6 仟噸之世界級聚乳酸製造工廠。

目前主要之生物分解性纖維(biodegradable fibers)-PLA 之製造方式有以下二種：第一種為使用溶劑將乳酸溶解並於高分高度真空下脫水進行縮合反應，這種製程及是現今 Dupont 及 Mitsui Tuatsu 公司所使用的方式，其可製造成低中分子量的 PLA 聚合物。另一種製程為利用乳酸在不含溶劑下溫和脫水反應而生成環狀聚合二體之 Lactide，在經純化後進行加熱開環反應而生成高分子量之聚乳酸。

貳、生物分解性纖維材料介紹

生物分解性纖維材料中主要分為 Primary biodegradable 與 limitation biodegradable 二種。其中 Primary biodegradable 即代表纖維材料可初級分解成較短之分子鏈，使材料在自然環境中分解成較小之破片以降低對環境之污染。相對的，limitation biodegradable 即代表纖維材料在自然環境中可分解成 CO₂、H₂O、CH₄ 等微小分子，使材料最後回歸於自然。其中 PLA 之分解性即屬於 limitation biodegradable 級。

雖然目前美國糧食工會與卡吉爾陶共同研發出由玉米原料製造出聚乳酸(PLA)纖維與杜邦所開發之 PLA 纖維均屬於 limitation biodegradable 級纖維，其優點雖然具有完全可分解之特性，但對於應用於具有大量菌體滋長的身體表面使用布料，相對卻具有不良之現象。

另一方面，近年來許多產業研究報告及專利提出利用 PLA 與 PEO、PVA、PEG and Starch 等材料進行摻合，期望提高該聚合物之生物分解性及改進材料之基本物性，另一方面改善聚乳酸之製程以求降低其成本。

參、聚乳酸纖維介紹

生物可分解聚乳酸纖維係利用玉米作為原料，使之醱酵製得乳酸(lactic acid)，經由縮合聚合反應將乳酸聚合成低分子量之聚乳酸，再利用偶合劑(coupling agent)將低分子量的聚乳酸接合成具有良好機械物性的較高分子量聚乳酸(Polylactic acid)。

聚乳酸纖維是一種可完全生物降解的合成纖維，它可從穀物中取得。其製品廢棄後在土壤或海水中經微生物作用可分解為二氧化碳和水，燃燒時，不會散發毒氣，不會造成污染，是一種可持續發展的生態纖維。

聚乳酸纖維具有很多優異的性能，如較聚酯纖維親水性好；懸垂性、舒適性和手感好；回彈性好；較好的捲曲性和捲曲持久性；收縮率可以控制；強度高達 6.23cN/dtex；UV(抗紫外)穩定性好；比 PET 密度小；可以用分散性染料染色；成型加工性好；熱粘結溫度可以控制；結晶熔融溫度可以在 120-170°C 範圍內變化；可燃性低、發煙量小等。

這些特性助長聚乳酸纖維在纖維和非織造布領域的應用，並且聚乳酸纖維可以製成圓截面的單絲或複絲、三葉形截面的短纖維蓬鬆紗(可用於織造地毯和毛氈)、捲曲或非捲曲的短纖維、雙組份纖維、紡粘不織布和熔噴不織布等，這使聚乳酸纖維在服裝市場、家用及裝飾市場、不織布市場、雙組份纖維領域、衛生及醫用等領域有潛在的應用前景。

目前，PLA 纖維已與棉、羊毛混紡，或將其長纖維與棉、羊毛或嫫縈等生物分解性纖維混用，紡製成衣料用織物，生產具有絲感外觀的 T 恤、夾克衫、長襪及禮服等。這些產品具有以下特點：有優良的形態穩定性，如與棉混紡，幾乎與聚酯棉具有同等的性能，處理方便；光澤較聚酯更優良，且有

蓬鬆的手感；與聚酯同樣富有疏水性，對皮膚不發粘；如與棉混紡做內衣，有助於水份的轉移，不僅接觸皮膚時有乾燥感，且可賦予優良的形態穩定性和抗性，由聚乳酸纖維製成的布料對人體皮膚無任何刺激性。

肆、聚乳酸纖維 Ingeo 介紹

Ingeo 玉米纖維係聚乳酸纖維的代表，PLA 最早於 1932 年由 Dupont 發現，接著致力於發展手術用縫線。日本的 Mitsui 及 Shimadzu 致力於 PLA 樹脂之商業化，惟其產能皆低於 500 公噸/年，僅供應日本市場。1992 年，美國嘉吉公司(Cargill)與陶氏化學(Dow Chemical)合作成立 Cargill Dow 公司，該公司致力生產 PLA 原料，2000 年於美國內布拉斯加州(Nebraska)的 Blair 完成 Pilot Plant，產能達到 6,000 公噸/年。Cargill Dow 公司嗣於 2002 年 1 月完成產能為 14 萬噸之 PLA 廠，2003 年該公司將生產的聚乳酸纖維命名為 Ingeo。

眾所周知，三大化學纖維--聚酯、尼龍及亞克力纖維都是由石油衍生而來的，而當今日常生活中，無論是食、衣、住、行、育、樂各方面，無一不是需要大量地使用石油或石油相關製品，玉米纖維已成為在石油尚未消耗殆盡之際，所規劃出一套因應「可預期改變」的解決方案。有關玉米纖維的發展史從下表 1 可以明顯看出歷史堪稱悠久，惟商業化係最近幾年方大幅邁進。

表 1：玉米纖維發展沿革

1932 年	由著名的尼龍發明者 Carothers 在真空下對乳酸進行加熱而製出低分子的樹脂，但價格昂貴，未能商業化。
1948 年	玉米蛋白質纖維維卡拉(Vicara)誕生，成為最早的玉米纖維。
1948~1957 年	美國維吉尼亞州內所屬卡裏羅來納公司將玉米蛋白質纖維維卡拉予以量產，而美國知名穀物公司 Cargill 公司則研發成功玉米聚乳酸纖維。
1989 年	日本鐘紡公司向美國 CDP 公司採購原料，進一步與島津製作所合作成功開發玉米聚乳酸纖維。
1994 年	日本鐘紡公司與島津製作所合作開發之玉米聚乳酸纖維，其商品命名為「Lactron」。
1998 年	Lactron 玉米聚乳酸纖維製成的服飾於長野冬季奧運會上公開展示。
2001 年	鐘紡公司與 CDP 公司合作，聯合生產玉米聚乳酸樹脂。

2003 年	美國糧食公會和卡吉爾道 (Cargill and Dow) 公司共同開發多年成功量產玉米製成的環保型聚乳酸纖維。
2008 年	遠東紡織公司成功推出可深染型聚乳酸纖維。



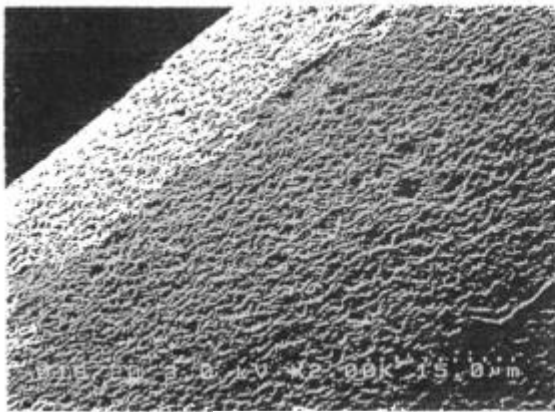
分解前



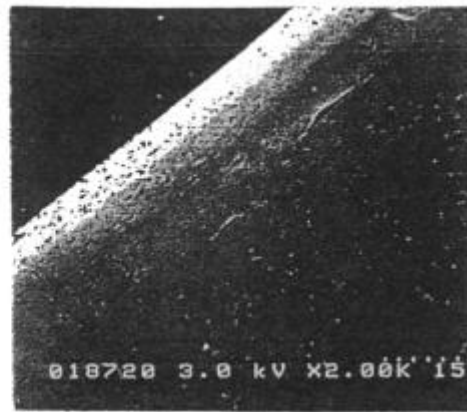
於污泥中 2.5 個月後



於污泥中 3 個月後



分解後



分解前

利用酵素行生分解試驗試料之 SEM 照片

PLA 纖維較 PET 具有稍優良的吸濕性與回潮率，而彈性、抗皺性，以及製作女用裙子的懸垂性與手感都和 PET 具有相同，甚至更佳的性能表現。有鑑於此，全球紡織業者莫不積極跨足玉米纖維相關產品之開發與生產，例如法國 Fiberweb 公司研發成功之 Deposa 不織布產品標榜可完全分解為水、二氧化碳及其混合物，大量應用於農作物覆蓋布、氣體和液體的過濾材、嬰兒用毛巾、成人用紙料褲。值得一提的是，PLA 纖維在離開火焰兩分鐘後，即可自動熄滅，故 PLA 纖維較 PET 更適合於應用在防火的傢飾品及窗簾材料上，而且 PLA 纖維又有可被生物分解的環保特性，其性質比聚酯纖維優良是無庸置疑的，茲將 Ingeo 纖維特色介紹如下：

1. Ingeo 纖維與其他纖維基本物性比較

- 生物可分解,低污染
- 吸濕排汗性良好
- 抗起球性佳
- 彈性回復性良好
- 抗皺性佳
- 難燃性佳(LOI 26~27)
- 低發煙性
- 防污染性
- 耐紫外線性
- 無毒性

2. Ingeo 纖維優點

- 難燃性和羊毛相似，優於聚酯
- 限氧指數:Ingeo 26~27 羊毛 24~25 聚酯 23~24
- Ingeo 燃燒熱只有聚酯的 16%
- Ingeo 燃燒發煙量只有聚酯的 57%
- Ingeo 有很好的彈性回復性

3. Ingeo 纖維的應用

衣著材料、衛生材料、家具之填充材、熱融纖維材料、汽車用材、農業用材、空氣濾材、地毯。

4. Ingeo 短纖維特性

- 強度 30-35cN/tex
- 伸長率 50-60 %
- 回潮率 0.4 - 0.6%
- 捲曲 30-35 per 10cm
- 圓橫切面
- 表面平滑
- 密度 1.25 g/cm³ 纖維

- 細度/長度 1.5dtex / 38 mm

- 溶點 170°C

5. Ingeo 短纖維紡紗

- 纖維的特性和其他熱塑性纖維相似

- 可控制捲曲數目

- 表面平滑

- 低回潮率

- 加工處理條件和 100% 聚酯相似

6. 針織：

- 織法和其他短纖維紗相同

- 短纖型態織造時和棉織法相同

7. 梭織：

- 聚乙烯醇漿紗（避免在強鹼環境下精練）

- 因纖維伸展性高和溶點低，漿紗時要注意張力、烘乾

- Ingeo 對熱燙較敏感

- 對棉經面組織或-正式穿著的產品冷燙不燙

8. Ingeo 纖維到布技術性考慮（染色及整理）

- 因溶點低 (170°C) 染色條例為 110°C，染 30 分鐘

- 熱定形（無破損） 130°C 烘 30 秒

- 與尼龍，聚酯纖維混紡不需作高溫定形

- 分散性染料染色

日本鐘紡公司自 1989 年起與島津製作所合作，開始投入生物分解性纖維之研究開發，在分析纖維性質、成本等因素之後，由眾多具生分解性素材中，決定發展玉米聚乳酸纖維，其原料來源購自美國 CDP 公司。1994 年鐘紡發表了商品名為 Lactron 的 PLA 纖維，1998 年發表了一系列以 Lactron 纖維為原料

的製成品，並於長野冬季奧林匹克運動會中，展現各式服飾，有關 PLA 纖維與聚酯、尼龍纖維之物性比較如表 2 所示。

表 2 PLA 纖維與其他纖維之物性比較

項目		PLA	聚酯	尼龍
物理性質	比重	1.27	1.38	1.14
	曲折率	1.4	1.58	1.57
	熔點(°C)	175	265	215
	T _g (°C)	57	70	40
	吸濕率	0.6	0.4	4.5
	燃燒熱 cal/g	4,500	5,500	7,400
纖維性能	拉伸強力 cN/dex	4.0-4.4	4.0-4.8	
	強度 g/d	4.5-5.5	4.5-5.5	4.5-6.0
	伸度%	25-35	30-40	40
	結晶化度%	70 以上	50-60	
染色性	染料種類	分散性染料	分散性染料	酸性染料
	染色溫度(°C)	100	130	100

伍、掌握 PLA 綠色商機

知名纖維業者如遠東紡織、Unifi、Fiber Innovation、Parkdale 及下游紡織業者如宏遠興業、佳和、儒鴻、旭寬等公司都在加緊開發相關的紡織品，以迎合環保紡織品強烈的需求。值得一提的是，化學公司發展成功的產品玉米纖維 Ingeo 可以較傳統高分子聚合物減少 68% 的石化燃料耗用量，著名環保布料製造商紡慶公司陳康生主管於北京國際紡織創新技巧術展技術交流會中指出：「Ingeo 是這一代在紡織產業最重要的發展之一。機能性成衣產業將不再仰賴國外進口原油，此種纖維是由 100% 本土的可再生資源所製造，能夠使得農民、消費者等所有的人獲得利益，而且 Ingeo 產品不會退色、不會起皺、不會縮水、不會吸收臭味、可耐髒污，並具有天然抗菌以及防潮的功能」。

遠東紡織研發中心企劃部張耀聰經理亦在北京國際紡織創新技巧術展中推廣可深染型玉米纖維時指出：「環保潮流來臨，玉米纖維乃因應高油價時代

最佳素材選擇，當石油價格到達每桶 200 美元時，玉米纖維的價值會因而大幅提昇。」

另一方面，日本紡織品製造商 Unitika 公司亦積極投入研發生產玉米纖維的行列，旗下玉米所生產生物可分解樹脂 Terramac 早在十年前即開發完成，Unitika 業務代表於法蘭克福產業用紡織品展時表示，大部分人造布料都是以石油產製之合成聚合物生產，無法在垃圾場或經由掩埋分解，對環境造成很大的問題。該新研發之布料提供了具環保概念的另一種選擇，玉米布料可在土壤中分解，並強調布料必須先被掩埋才會進行分解，所以在正常狀況下，其所產製之泳衣不會有突然熔解的危險。

由於環保意識的抬頭，各國政府及有關單位皆開始全面關注環境保護問題，由於石油是不可再生的資源，石油資源枯竭已是可預期的事實，因此，種植更多的玉米植物行光合作用，達成「碳中和」的目標，一方面減少二氧化碳的排放量，一方面生產之玉米提供製造生物可分解聚乳酸纖維的原料，可謂兩全其美，最為人稱道的「綠色商機」。