

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

佳作

080831

PP 大戰

學校名稱：苗栗縣頭份鎮僑善國民小學

作者： 小六 陳增晉 小六 呂淳雁 小六 彭語宣	指導老師： 杜岐旺 劉順富
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞： 環保材質、PLA、保麗龍

壹、摘要

本研究的目的是在於瞭解傳統保麗龍材質與 PLA 環保材質間的各项差異，並探討消費者對此兩種材質的使用感受。根據本研究的研究結果，PLA 材質在土壤與水中能自然分解，但保麗龍則無明顯現象；其次，保麗龍材質在保溫、保冷、耐熱、耐蝕等部分的能力則是優於 PLA 材質；再則，PLA 與保麗龍材質在耐冷部分則是無明顯差異；以及，保麗龍材質不僅在燃燒時有難聞黑煙產生，且燃燒後的氣體與灰燼亦會造成植物的死亡；最後，大多數的問卷調查對象認為基於環保考量，食品包裝應使用 PLA 材質或以 PLA 材質取代保麗龍。

貳、研究動機

在老師進行南一版第八冊第三單元「動物的生活」時，老師曾要求我們對於人類與動物生活的關係進行資料蒐集，當時我們就發現人類的許多活動會影響動物的自然生活秩序，其中包括人類造成的垃圾污染。後來我們在超商買東西的時候，發現一種包裝冰品的新材質，它的外表像透明的塑膠，但上面卻寫著「PLA」，這種新奇的材質標榜著無毒無污染，於是我們便有了把這種環保材質拿來與傳統保麗龍材質作比較的念頭，所以在進行科展研究的時候就以此為主題。

參、研究目的

- 一、比較傳統保麗龍材質與 PLA 環保材質間的各项差異。
- 二、探討消費者對兩種材質使用情形的感受。

肆、研究設備與器材

一、一般器材

- | | | | | | | |
|--------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|
| 1.酒精燈 | 2.燈架 | 3.石棉瓦 | 4.燒杯 | 5.溫度計 | 6.鑷子 | 7.打火機 |
| 8.鏟子 | 9.鋤頭 | 10.數位相機 | 11.水箱 | 12.水桶 | 13.蠟燭 | 14.量筒 |
| 15.玻璃棒 | 16.黏著劑 | 17.冰塊 | 18.紙黏土 | 19.時鐘 | 20.濃硫酸 | 21.熱水 |
| 22.膠帶 | 23.美工刀 | 24.尺 | 25.紙箱 | 26.漏斗 | 27.冰箱 | |

二、自製器材

(一)「保溫實驗」與「保冷實驗」中的保麗龍與 PLA 材質保溫杯

1.設計理念

保溫杯在保持溫度時，其內部應該是一個密閉的空間，如此才有比較好的效果，所以在設計本實驗的保溫杯時，除將兩個瓶口相對外，亦須加強溫度計旁間孔隙的填補。

2.製作步驟

- (1) 將兩個保麗龍杯口相對，並用黏膠黏貼成一個大型瓶罐。
- (2) 在其中一端的杯底挖一個洞，以利熱水的注入與溫度計的插入。
- (3) 實驗時，為避免實驗誤差，須用黏土將溫度計周圍多出的縫隙填滿。
- (4) PLA 保溫杯的作法亦同上述。
- (5) 進行「保冷實驗」時，因為要放入冰塊，所以最後才作保溫杯黏合。



圖 1 溫度計的孔縫用黏土填補



圖 2 完成的保麗龍杯

(二)「材質燃燒與對植物生長影響實驗」中的透明觀察箱

1.設計理念

- (1) 爲了讓植物能有效的吸入燃燒後產生的氣體，我們才會有在燃燒保麗龍與 PLA 切片後，用紙箱蓋住植物的想法，如此燃燒後產生的氣體才不會很快消失，讓植物能有時間確實吸入燃燒後的氣體。
- (2) 因爲植物被蓋在紙箱中的時間很長，而陽光爲植物生長的重要因素之一，所以我們想到紙箱必須要有能透光的作用，如此才不會影響植物的生長，而影響實驗的結果，因此，我們將紙箱的 5 個面挖空，並重新用透明膠帶將它貼住，如此不但可以維持紙箱的密閉性，也能維持它的透光性。

2.製作步驟

- (1) 找 2 個一樣大的紙箱，在紙箱的 5 個面分別量出 5 公分的邊距，並用美工刀將中間形成的長方形割除。
- (2) 在紙箱被割除的地方，用透明膠帶貼上，讓它維持原有的封閉性。
- (3) 重複上述步驟，總計製作 2 個相同的紙箱。



圖 3 植物觀察箱照片 1



圖 4 植物觀察箱照片 2

伍、研究過程與方法

一、PLA 杯與保麗龍杯的取得

PLA 杯取得方式為便利商店思樂冰的杯子，而保麗龍杯的取得來源為市售飲料鋪的飲料杯。

二、研究進度：本研究之各項實驗進度如下表 1 所示：

表 1 實驗進度表

日期	土壤分解實驗	水質分解實驗	材質耐熱實驗	材質耐冷實驗	材質保溫實驗	材質保冷實驗	材質耐酸實驗	材質燃燒實驗	材質燃燒後對植物生長影響實驗	問卷調查
民國 96 年	08 / 27- 09 / 02									
	09 / 03- 09 / 09									
	09 / 10- 09 / 16									
	09 / 17- 09 / 23									
	09 / 24- 09 / 30									
	10 / 01- 10 / 07									
	10 / 08- 10 / 14									
	10 / 15- 10 / 21									
	10 / 22- 10 / 28									
	10 / 29- 11 / 04									
	11 / 05- 11 / 11									
	11 / 12- 11 / 18									
	11 / 19- 11 / 25									
	11 / 26- 12 / 02									
	12 / 03- 12 / 09									
	12 / 10- 12 / 16									
12 / 17- 12 / 23										
12 / 24- 12 / 30										
12 / 31- 01 / 06										
民國 97 年	01 / 07- 01 / 13									
	01 / 14- 01 / 20									
	01 / 21- 01 / 27									
	01 / 28- 02 / 03									
	02 / 04- 02 / 10									
	02 / 11- 02 / 17									
	02 / 18- 02 / 24									
	02 / 25- 03 / 02									
	03 / 03- 03 / 09									
	03 / 10- 03 / 16									
	03 / 17- 03 / 23									
	03 / 24- 03 / 30									
	03 / 31- 04 / 06									
	04 / 07- 04 / 13									
04 / 14- 04 / 20										
04 / 21- 04 / 27										
04 / 28- 05 / 04										

三、PLA 材質與保麗龍材質的差異比較實驗

(一) 材質分解實驗

1. 土壤分解實驗

- (1) 從校園中選擇一處地面，並分別挖兩個深約 20cm 的洞。
- (2) 將 PLA 與保麗龍杯分置洞中，並再將挖出的土回填回去。
- (3) 每隔二個月將 PLA 與保麗龍杯挖出，並觀察及作成記錄。
- (4) 總計觀察時間為 8 個月。



圖 5 挖掘埋 PLA 與保麗龍杯的洞



圖 6 挖掘完成的洞



圖 7 準備掩埋的 PLA 杯



圖 8 準備掩埋的保麗龍杯

2. 水質分解實驗

- (1) 取兩個水箱，倒入等量的水，並分別置入 2 個 PLA 杯與保麗龍杯。
- (2) 每隔二個月進行觀察及記錄工作，總計觀察時間為 8 個月。



圖 9 PLA 杯的原始狀態



圖 10 保麗龍杯的原始狀態

(二) 材質耐溫實驗

1. 材質耐熱實驗

- (1) 於燒杯中放入水及 PLA 杯切片進行加熱。
- (2) 每隔 10°C 即進行觀察及記錄。(註：水的起始溫度為 30°C)
- (3) 重覆上述步驟，但放入物改為保麗龍切片。

2. 材質耐冷實驗

- (1) 於冰箱冷凍庫中放入 PLA 杯與保麗龍杯。(註：冷凍庫溫度約零下 10°C)
- (2) 於一個月後觀察及記錄其變化。

(三) 材質保溫實驗

1. 材質保溫實驗

- (1) 在 PLA 保溫杯中注入 500 cc 的 50°C 熱水，然後插入溫度計。
- (2) 每隔 20 分鐘觀察與記錄其溫度的變化，共觀察 120 分鐘。
- (3) 重覆上述步驟，但改用保麗龍保溫杯。
- (4) PLA 材質與保麗龍材質皆實驗 3 次並記錄觀察結果。



圖 11 製作並測量 50°C 的熱水



圖 12 測量 500 cc 的熱水

2. 材質保冷實驗

- (1) 在 PLA 保溫杯中放入 250 公克的冰塊，然後插入溫度計。
- (2) 每隔 20 分鐘觀察與記錄其溫度的變化，共觀察 120 分鐘。
- (3) 重覆上述步驟，但改用保麗龍保溫杯。
- (4) PLA 材質與保麗龍材質皆實驗 3 次並記錄觀察結果。



圖 13 測量等量的冰塊



圖 14 裝入冰塊的 PLA 保溫杯

(四) 材質耐蝕實驗

1. 材質耐蝕實驗

- (1) 在兩個燒杯中各倒入濃硫酸 200ml。
- (2) 從保麗龍杯與 PLA 杯各剪下相同大小的切片 1 片。
- (3) 將保麗龍與 PLA 切片分別放入不同的濃硫酸中。
- (4) 在靜置 4 個小時後，觀察及記錄其變化。

(五) 材質燃燒與對植物生長影響實驗

1. 材質燃燒實驗

- (1) 燃燒 PLA 杯切片，並觀察並記錄其燃燒過程與燃燒結果。
- (2) 重覆上述步驟，但改用保麗龍杯切片。

2. 材質燃燒後對植物生長影響實驗

- (1) 準備 2 盆大小相似的夏堇，並準備 2 個用來裝盛燃燒物品的相同鐵杯。
- (2) 將保麗龍杯剪成兩半，取其中一半剪成細條狀，並將它放在上述的其中一個鐵杯中；將 PLA 杯之作法亦同。
- (3) 在放有保麗龍細條的鐵杯與 1 盆夏堇一左一右的擺放，並在其周圍鋪上布條（讓紙箱與地板密合，防止燃燒後的氣體散失），在點燃保麗龍細條後蓋上紙箱。
- (4) 重覆步驟 3，但改用放有 PLA 細條的鐵杯與另一盆夏堇。
- (5) 預計每天中午燃燒保麗龍與 PLA 細條，而紙箱則於隔日早晨打開。
- (6) 共計實驗觀察 10 日，並將觀察結果記錄下來。



圖 15 擺放夏堇與鐵杯



圖 16 擺放完成並試蓋紙箱

(六) 消費者對兩種材質使用情形的感受

1. 針對上述實驗結果製成問卷，並發送給老師、家長與學生填寫，總計填寫問卷的人數有 50 人。
2. 回收問卷，並作各項統計資料。

陸、研究結果

本研究的各實驗結果如下所示：

一、土壤分解實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 2 所示：

表 2 土壤分解實驗觀察記錄表

時間	材質	觀察記錄
第 2 個月	PLA 杯	1. 杯子出現 1 條明顯的裂痕，其它部分則有細小的刮痕，這個細小的刮痕可能是在挖土時，被土壤中的小石子磨擦造成的。 2. 杯子有稍微扭曲變形的樣子，可能是因為覆蓋土壤的重量向下壓的關係。 3. 表面原來的廣告彩色顏料有褪色的現象。
	保麗龍杯	1. 除表現有泥土附著外，表面並無其它明顯的改變。 2. 表面原來的廣告彩色顏料有褪色的現象。
第 4 個月	PLA 杯	1. 杯子出現 2 條明顯的大裂痕，另外還有數條小裂縫，其中的一條大裂痕幾乎將杯子從中間斷成兩半。 2. 杯子扭曲變形的程度愈來愈明顯。
	保麗龍杯	1. 除表面原來的廣告彩色顏料有褪色的現象外，並無明顯的改變。
第 6 個月	PLA 杯	1. 因為附著的土塊太多，所以我們決定用水微稍沖洗，以便於觀察，觀察發現，杯子出現 3 條明顯的大裂痕，還有好幾條小裂縫，整個 PLA 杯裂的很嚴重。 2. 杯子扭曲變形的很明顯。
	保麗龍杯	1. 在用水沖洗後，發現表面除了挖掘時不小心時造成的小刮痕外，其它部分還是很光滑。 (註：因為小刮痕的地方呈現很乾淨、很亮的白色，此與旁邊有點褪色的白色不同，所以判定為挖掘時不小心造成的痕跡。) 2. 除表面原來的廣告彩色顏料有褪色的現象外，並無明顯的改變。
第 8 個月	PLA 杯	1. PLA 杯上面產生 11 條大裂縫，還有許多條小裂縫。 2. 用手按一按後，發現 PLA 杯變的很軟。 3. PLA 杯因為重物擠壓影響而有變形的現象。 4. 表面原來的廣告彩色顏料有褪色的現象。
	保麗龍杯	1. 除表面原來的廣告彩色顏料有褪色的現象外，並無明顯的改變。 2. 外型因重物擠壓影響而有變形的現象。

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下發現：

1. PLA 材質埋在土壤中 8 個月後，有明顯的分解現象。
2. 保麗龍材質埋在土壤中 8 個月後，並無分解現象。
3. 總結而言，PLA 材質在土壤中自然分解的能力優於保麗龍材質。



圖 17 土壤分解 2 個月的 PLA 杯



圖 18 土壤分解 2 個月的保麗龍杯



圖 19 土壤分解 4 個月的 PLA 杯



圖 20 土壤分解 4 個月的保麗龍杯



圖 21 土壤分解 6 個月的 PLA 杯



圖 22 土壤分解 6 個月的保麗龍杯



圖 23 土壤分解 8 個月的 PLA 杯



圖 24 土壤分解 8 個月的保麗龍杯

二、水質分解實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 3 所示：

表 3 水質分解實驗觀察記錄表

時間	材質	觀察記錄
第 2 個月	PLA 杯	1. 放置 PLA 杯的水箱中，有綠色的藻類出現。 (註：水箱中的水雖然有綠色藻類生長，但為模擬自然環境的狀況，本實驗並不將水換成乾淨的水，而是讓長有綠色藻類的水繼續維持不變。) 2. PLA 杯出現 3 條大裂縫，除杯底之外，上方部分裂成 3 個部分。 3. 在用水沖洗綠色藻類之後，發現 PLA 杯上面原本的廣告彩色顏料有褪色的現象。
	保麗龍杯	1. 放置保麗龍杯的水箱中，同樣有綠色的藻類出現。 (註：情形同上，長有綠色藻類的水並不更換。) 2. 在用水沖洗綠色藻類之後，發現保麗龍杯上面原本的廣告彩色顏料有褪色的現象，除此之外，並無其它明顯的變化。
第 4 個月	PLA 杯	1. 水箱中的綠色藻類，其生長情形有愈來愈多的現象。 2. PLA 杯出現 4 條大裂縫，除杯底之外，上方部分裂成 4 個部分。 3. PLA 杯摸起來感覺上滑滑的，不知是否是表面材質分解的緣故。 4. 表面的廣告彩色顏料褪色的情形愈來愈明顯。
	保麗龍杯	1. 水箱中的雖然有綠色藻類，但數量卻明顯不如放 PLA 杯水箱中的綠藻數量那麼多。 2. 除表面廣告彩色顏料有褪色的現象外，並無其它明顯的變化。
第 6 個月	PLA 杯	1. 水箱中的綠色藻類，其生長情形有愈來愈多的現象。 2. PLA 杯的表面長滿綠色藻類，形成類似薄膜狀的感覺。 3. PLA 的裂縫同樣是 4 條並未改變。 4. PLA 底部原本有明顯的凹凸字紋，但現在卻看不見了，應該是分解時，此凸出部分先分解的關係。 5. 表面的廣告彩色顏料褪色的情形愈來愈明顯。
	保麗龍杯	1. 水箱中的雖然有綠色藻類，但數量卻不多。 2. 除表面廣告彩色顏料有褪色的現象外，並無其它明顯的變化。
第 8 個月	PLA 杯	1. 水箱中的綠色藻類，其生長情形有愈來愈多的現象。 2. PLA 有 4 條大裂縫之外，也產生許多條小裂縫，用手按的感覺杯子變的很軟，PLA 底部的凹凸字紋已非常不明顯。 3. 表面的廣告彩色顏料褪色的情形愈來愈明顯。
	保麗龍杯	1. 水箱中的綠色藻類數量不多。 2. 除表面廣告彩色顏料有褪色的現象外，並無其它明顯的變化。

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下發現：

1. PLA 材質放在水中 8 個月後，有明顯的分解現象。
2. 保麗龍材質放在水中 8 個月後，並無分解現象。
3. 總結而言，PLA 材質在水中自然分解的能力優於保麗龍材質。



圖 25 水質分解 2 個月的 PLA 杯 (1)



圖 26 水質分解 2 個月的保麗龍杯 (1)



圖 27 水質分解 2 個月的 PLA 杯 (2)



圖 28 水質分解 2 個月的保麗龍杯 (2)



圖 29 水質分解 4 個月的 PLA 杯



圖 30 水質分解 4 個月的保麗龍杯



圖 31 水質分解 6 個月的 PLA 杯



圖 32 水質分解 6 個月的保麗龍杯



圖 33 6 個月後 PLA 杯水箱水藻數量很多



圖 34 6 個月後保麗龍杯水箱水藻數量很少



圖 35 水質分解 8 個月的 PLA 杯



圖 36 水質分解 8 個月的保麗龍杯

三、材質耐熱實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 4 與表 5 所示：

表 4 PLA 杯在不同溫度下的變化

溫度	PLA 杯的變化
原始狀態	1.顏色：透明。 2.彈性：柔軟具彈性。
40°C	1.顏色：透明。 2.彈性：柔軟有彈性。 3.外觀：有氣泡產生。
50°C	1.顏色：半透明，有朦朧感。 2.彈性：杯子加熱冷卻後彈性減少，變的微硬。 3.外觀：(1) 有氣泡產生。 (2) 杯子底部有些許彎曲變形。
60°C	1.顏色：半透明，呈現淡乳白色。 2.彈性：杯子加熱冷卻後變的很硬，已無原有的柔軟感覺。 3.外觀：(1) 有氣泡產生，且氣泡密集的分部在杯子表面。 (2) 杯子呈現明顯的彎曲變形，有向杯子中間捲曲的現象。

70°C	1.顏色：不透明，呈現淡乳白色。 2.彈性：杯子加熱冷卻後變的很硬，而且即使用手也很難改變其外觀。 3.外觀：(1) 氣泡密集的分部在杯子表面。 (2) 杯子彎曲變形程度愈來愈嚴重，外觀有如捲曲的長海螺。
80°C	1.顏色：不透明，呈現乳白色。 2.彈性：杯子加熱冷卻後變的很硬，。 3.外觀：(1) 有氣泡產生，且氣泡密集的分部在杯子表面。 (2) 杯子呈現嚴重彎曲變形。

表 5 保麗龍杯在不同溫度下的變化

原始狀態	1.顏色：白色。 2.彈性：較不具彈性。		
40°C	沒變化	80°C	沒變化
50°C	沒變化	90°C	沒變化
60°C	沒變化	100°C	沒變化
70°C	沒變化		



圖 37 PLA 杯切片原狀



圖 38 PLA 杯切片的加熱



圖 39 加熱至 40°C 的 PLA 杯切片



圖 40 加熱至 50°C 的 PLA 杯切片



圖 41 加熱至 60°C 的 PLA 杯切片



圖 42 加熱至 70°C 的 PLA 杯切片



圖 43 加熱至 80°C 的 PLA 杯切片



圖 44 保麗龍杯切片原狀



圖 45 將保麗龍杯切片加熱至 100°C



圖 46 加熱至 100°C 的保麗龍杯切片

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下發現：

1. PLA 材質在 50°C 時即有扭曲變形的現象。
2. 保麗龍材質即使加熱至 100°C 也無變化。
3. 總結而言，保麗龍材質的耐熱程度較 PLA 材質為佳。

四、材質耐冷實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 6 所示：

表 6 PLA 與保麗龍在不同溫度下的變化

材質	觀察記錄
PLA 杯	1. PLA 杯在冷藏 1 個月後，底部產生一層薄薄的霜。 2. 將 PLA 杯拿出冷藏室，在檢視過後，發現 PLA 杯的外觀、彈性等，並未有任何的改變，皆與原來相同。
保麗龍杯	1. 保麗龍杯在冷藏 1 個月後，其表面並未發現有霜的產生。 2. 將保麗龍杯拿出冷藏室，在檢視過後，同樣發現保麗龍杯並未有任何改變，與原來相同。



圖 47 冰箱冷藏室溫度約為零下 10°C



圖 48 放置於冷藏室 1 個月的 PLA 杯



圖 49 放置於冷藏室 1 個月的保麗龍杯



圖 50 冷藏 1 個月的 PLA 杯彈性並未改變

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下發現：

1. PLA 杯在冷藏 1 個月後，並未有任何改變。
2. 保麗龍杯在冷藏 1 個月後，並未有任何改變。
3. PLA 材質與保麗龍材質在零下 10°C 內的耐冷程度相同。

五、材質保溫實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 7、表 8 與圖 47 所示：(當時室溫為 15°C)

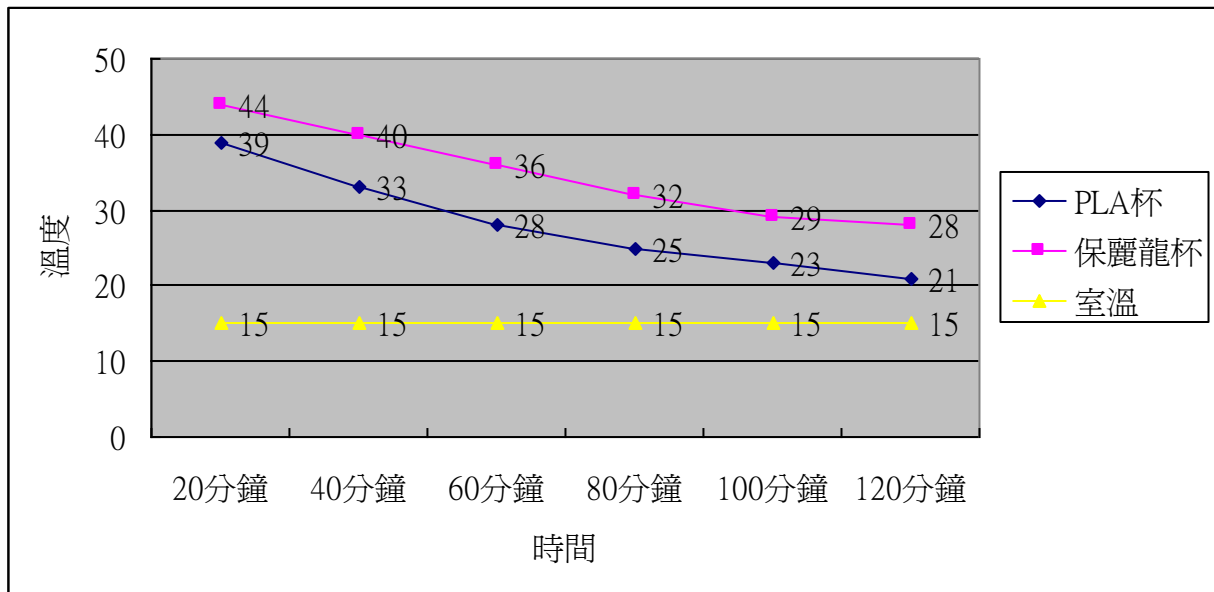
表 7 保溫實驗溫度變化記錄表

種類	次數	20 分鐘	40 分鐘	60 分鐘	80 分鐘	100 分鐘	120 分鐘
PLA 杯	第 1 次	38°C	32°C	28°C	25°C	23°C	21°C
	第 2 次	40°C	33°C	28°C	25°C	22°C	20°C
	第 3 次	38°C	33°C	29°C	26°C	24°C	22°C
	平均	39°C	33°C	28°C	25°C	23°C	21°C
保麗龍杯	第 1 次	45°C	39°C	35°C	32°C	29°C	28°C
	第 2 次	44°C	39°C	35°C	31°C	28°C	27°C
	第 3 次	44°C	41°C	38°C	34°C	30°C	28°C
	平均	44°C	40°C	36°C	32°C	29°C	28°C

表 8 保溫實驗觀察變化記錄表

種類	觀察記錄
PLA 杯	1.一開始溫度下降的很快，後來溫度愈降愈慢。 2.杯子內壁佈滿小水滴。
保麗龍杯	1.一開始溫度下降的很快，後來溫度愈降愈慢。 2.杯子打開後，內壁佈滿小水滴。

圖 51 保溫實驗溫度變化統計圖



(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下的主要發現：

1. PLA 杯內的熱水溫度下降的比較快，2 個小時後溫度下降至 21°C。
2. 保麗龍杯內的熱水溫度下降的比較慢，2 個小時後溫度下降至 26°C。
3. 總結而言，保麗龍材質的保溫的能力較 PLA 材質為佳。

六、材質保冷實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 9、表 10 與圖 48 所示：(當時室溫為 13°C)

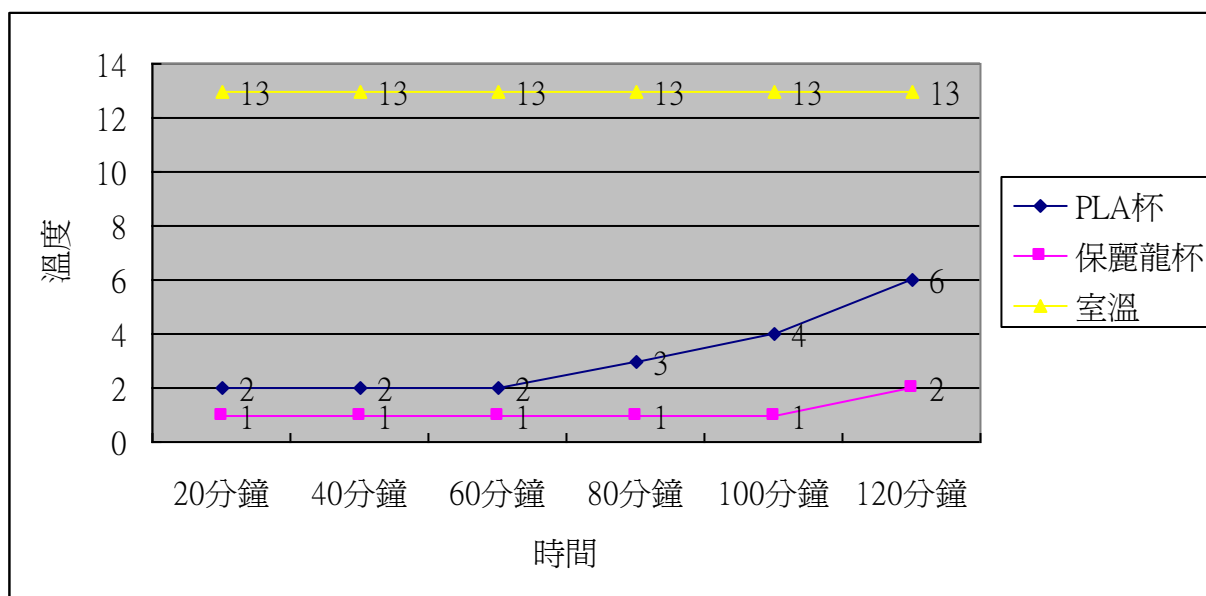
表 9 保冷實驗溫度變化記錄表

種類	次數	20 分鐘	40 分鐘	60 分鐘	80 分鐘	100 分鐘	120 分鐘
PLA 杯	第 1 次	2°C	2°C	3°C	4°C	5°C	7°C
	第 2 次	2°C	2°C	2°C	3°C	4°C	6°C
	第 3 次	2°C	2°C	2°C	3°C	3°C	5°C
	平均	2°C	2°C	2°C	3°C	4°C	6°C
保麗龍杯	第 1 次	1°C	1°C	1°C	1°C	2°C	2°C
	第 2 次	1°C	1°C	1°C	1°C	1°C	2°C
	第 3 次	1°C	1°C	1°C	1°C	1°C	2°C
	平均	1°C	1°C	1°C	1°C	1°C	2°C

表 10 保冷實驗觀察變化記錄表

種類	觀察記錄
PLA 杯	1. PLA 杯外壁產生大量的小水滴，甚至有許多小水滴彼此結合成大水滴，並滴落杯子下方。 2. 實驗結束後，將杯子內的冰塊倒入量杯中觀察，發現約有 2/3 的冰塊已經融化成水。
保麗龍杯	1. 保麗龍杯外壁產生明顯的小水滴。 2. 實驗結束後，將杯子內的冰塊倒入量杯中觀察，發現僅少許冰塊融化成水。

圖 52 保冷實驗溫度變化統計圖



(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下的主要發現：

1. PLA 杯內的冰塊溫度上升較快，2 個小時候溫度為 7°C，而且其冰塊融解成水的比例較多。
2. 保麗龍杯內的冰塊溫度上升較慢，2 個小時候溫度為 2°C，而且其冰塊融解

成水的比例不多。

3.總結而言，保麗龍材質保持物品低溫狀態的能力較 PLA 材質為佳。



圖 53 PLA 杯外壁佈滿大、小水珠



圖 54 保麗龍杯外壁佈滿小水珠



圖 55 PLA 杯中的冰塊大部分都融解了



圖 56 保麗龍杯中的冰塊只有少量融解

七、材質耐蝕實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 11 所示：

表 11 PLA 杯與保麗龍杯切片的濃硫酸腐蝕觀察記錄

種類	觀察記錄
PLA 杯	1.PLA 切片在剛放入時並未有明顯變化。 2.PLA 切片在放入後約 20 分鐘，好像有軟化、彎曲的現象。 3.PLA 切片在放入後約 2 小時，已有明顯部分被腐蝕消失。 4.PLA 切片在 4 個小時後取出，將切片放入水中清洗，發現切片有浸入濃硫酸的部分都已經被腐蝕而消失。
保麗龍杯	1.保麗龍切片在剛放入時並未有明顯變化。 2.保麗龍切片在放入後約 30 分鐘，切片邊緣出現許多的小氣泡。 3.保麗龍切片在 4 個小時後取出，將切片放入水中清洗，發現保麗龍切片的表面並沒有被腐蝕的痕跡，只有在邊緣處有些微腐蝕的現象。



圖 57 PLA 杯切片浸入濃硫酸處都被腐蝕



圖 58 腐蝕剩餘的切片與原尺寸切片比較



圖 59 保麗龍切片邊緣有細小氣泡產生



圖 60 保麗龍切片上的廣告顏料被腐蝕



圖 61 保麗龍切片表面沒有被腐蝕痕跡



圖 62 保麗龍切片邊緣有細微腐蝕痕跡

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下的主要發現：

1. PLA 材質的切片在濃硫酸的浸泡下，呈現完全被腐蝕的現象。
2. 保麗龍材質的切片在濃硫酸的浸泡下，僅切片邊緣有些許腐蝕現象。
3. 總結而言，保麗龍材質耐酸腐蝕的能力較 PLA 材質為佳。

八、材質燃燒實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 12 與表 13 所示：

表 12 PLA 杯的燃燒觀察記錄

項目	燃燒觀察記錄
燃燒火焰	1.顏色：橘紅色。
燃燒煙霧	1.是否有煙霧：有。 2.煙霧顏色：灰白。 3.煙霧氣味：不明顯，不刺鼻。
燃燒剩餘	1.是否有燃燒剩餘物：有。 2.燃燒剩餘物的顏色：暗灰綠。 3.燃燒剩餘物的氣味：不明顯，不刺鼻。 4.備註：(1) 燃燒剩餘物溫度仍高時，呈現濃稠的膠狀。 (2) 燃燒剩餘物溫度下降時，則變成堅硬固狀。
燃燒過程	1.燃燒過程：(1) PLA 杯一遇火焰即呈現軟化現象。 (2) PLA 杯遇火後即產生類似熔化現象，滴落許多膠狀物。 (3) PLA 杯遇火熔化時，除熔化成膠狀外，亦產生許多氣泡。 2.備註：(1) PLA 杯並無明顯的燃燒現象，其過程較像是熔化。



圖 63 PLA 杯遇熱軟化



圖 64 PLA 杯遇熱有熔化現象



圖 65 PLA 杯遇熱熔化產生氣泡



圖 66 PLA 杯燃燒後產生濃稠膠狀物

表 13 保麗龍杯的燃燒觀察記錄

項目	燃燒觀察記錄
燃燒火焰	1.顏色：橘紅色。
燃燒煙霧	1.是否有煙霧：有。 2.煙霧顏色：黑色煙霧。 3.煙霧氣味：有明顯的刺鼻臭味。
燃燒剩餘	1.是否有燃燒剩餘物：有。 2.燃燒剩餘物的顏色：黑色。 3.燃燒剩餘物的氣味：有明顯的刺鼻臭味。 4.備註：(1) 燃燒剩餘物溫度冷卻時，則變成黑色堅硬塊狀。 (2) 當燃燒剩餘物滴落桌面時，仍維持一段時間的燃燒現象。
燃燒過程	1.燃燒過程：(1) 保麗龍杯一遇熱即有快速且明顯燃燒現象。 (2) 保麗龍杯在燃燒時會滴落許多黑色膠狀物。 2.備註：(1) 保麗龍杯有明顯的燃燒現象，易於燃燒。



圖 67 燃燒前的保麗龍杯



圖 68 保麗龍一遇火即快速燃燒



圖 69 燃燒後的保麗龍杯



圖 70 保麗龍杯的燃燒剩餘物

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下的主要發現：

- 1.保麗龍杯有明顯的燃燒現象，而 PLA 杯則較似熔化現象。
- 2.總結言之，保麗龍材質燃燒時有明顯刺鼻臭味的黑煙，而 PLA 材質燃燒後卻沒有此種現象。

九、材質燃燒後對植物生長影響實驗結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 14 所示：

表 14 材質燃燒後對植物生長影響觀察記錄

時間	材質	觀察記錄
第 1 天	PLA 植物觀察箱	PLA 在紙箱中燃燒時，只有灰白色的煙向上升，而且不僅煙的數量不多，也沒有像保麗龍一樣的灰燼產生。
	保麗龍 植物觀察箱	保麗龍在紙箱中燃燒時，我們觀察到有明顯的黑煙向上冒，而且大量的黑色燃燒灰燼隨著黑煙向上升，然後四處散落。
	※備註	第一天是進行燃燒，實際觀察從第二天開始。
第 2 天	PLA 植物觀察箱	1.紙箱中的白布並沒有變化。 2.原有的三朵花仍然盛開，花瓣與葉片都相當乾淨與鮮豔。
	保麗龍 植物觀察箱	1.紙箱中的白布上蓋有一層明顯的保麗龍燃燒後產生的灰燼。 2.花瓣與葉片上有落下明顯的燃燒灰燼，花瓣邊緣都有枯萎的現象。
第 3 天	PLA 植物觀察箱	1.花朵沒有枯萎現象，仍然鮮豔盛開。 2.葉片一樣翠綠，沒有枯萎。
	保麗龍 植物觀察箱	1.紙箱中到處可見保麗龍燃燒後散落的灰燼。 2.花瓣上有許多的灰燼，而且花瓣有明顯的枯萎與捲曲現象。 3.葉片上有厚厚的灰燼蓋在上面。
第 6 天	PLA 植物觀察箱	1.部分花朵自然枯萎，其它的仍然鮮豔盛開，而且有許多花苞長出。 2.葉片一樣翠綠，沒有枯萎。
	保麗龍 植物觀察箱	1.整株植物被燃燒後的灰燼染成黑色，蓋上一層黑色灰燼。 2.花朵大部分都呈現凋謝枯萎的現象，其它的變也被灰燼蓋滿變黃。
	※備註	第 4、5 天為週休假日，所以未進行觀察。
第 7 天	PLA 植物觀察箱	1.整株植物生長情形良好。 2.雖然部分花謝了，但花苞很多，有的已微微開放。
	保麗龍 植物觀察箱	1.花朵已大多凋謝。 2.雖然有新花苞長出來，但花苞數量明顯少於 PLA 觀察箱中的數量。
第 8 天	PLA 植物觀察箱	1.整株植物生長的狀況良好，花色鮮豔。 2.部分新花苞也已經開成新的花朵。
	保麗龍 植物觀察箱	1.花朵已經全部凋謝枯萎。 2.葉片不僅蓋上厚灰，很多葉片的葉緣也開始有變黑枯萎的現象。
第 9 天	PLA 植物觀察箱	1.植物生長良好。 2.花開的很鮮豔。
	保麗龍 植物觀察箱	1.花朵已全部枯萎凋謝。 2.部分葉片已乾枯萎縮，大多數的葉片也有枯黃現象。
第 10 天	PLA 植物觀察箱	1.生長狀況良好 2.花朵開的很茂盛，葉片翠綠。
	保麗龍 植物觀察箱	1.花朵全部枯萎，葉片也全都枯萎，呈現捲曲、乾枯的現象。 2.莖的部分也明顯的有枯乾的現象，整個植物好像萎縮乾掉一樣。



圖 71 第 1 天：紙箱及相關物品擺放完成



圖 72 保麗龍觀察箱第 1 天：保麗龍燃燒



圖 73 PLA 觀察箱第 2 天：花仍然盛開



圖 74 PLA 觀察箱第 2 天：葉子仍然鮮綠



圖 75 保麗龍觀察箱第 2 天：白布有灰燼



圖 76 保麗龍觀察箱第 2 天：花瓣有灰燼



圖 77 保麗龍觀察箱第 2 天：葉片有灰燼



圖 78 保麗龍觀察箱第 2 天：花瓣有枯萎



圖 79 PLA 觀察箱第 3 天：花仍然盛開



圖 80 PLA 觀察箱第 3 天：葉片仍然鮮綠



圖 81 保麗龍觀察箱第 3 天：花瓣明顯枯萎



圖 82 保麗龍觀察箱第 3 天：葉片有許多灰燼



圖 83 PLA 觀察箱第 6 天：植物生長狀況佳



圖 84 PLA 觀察箱第 6 天：葉片仍然鮮綠



圖 85 保麗龍觀察箱第 6 天：整株植物染黑



圖 86 保麗龍觀察箱第 6 天：花瓣明顯枯萎



圖 87 PLA 觀察箱第 7 天：花朵鮮豔開放



圖 88 PLA 觀察箱第 7 天：葉片仍然鮮綠



圖 89 保麗龍觀察箱第 7 天：花瓣嚴重枯萎



圖 90 保麗龍觀察箱第 7 天：葉片有大量灰燼



圖 91 PLA 觀察箱第 8 天：花朵鮮豔開放



圖 92 PLA 觀察箱第 8 天：新花苞陸續開花



圖 93 保麗龍觀察箱第 8 天：花朵全枯萎



圖 94 保麗龍觀察箱第 8 天：葉片周圍變枯



圖 95 PLA 觀察箱第 9 天：花朵鮮豔開放



圖 96 PLA 觀察箱第 9 天：自然枯萎的花



圖 97 保麗龍觀察箱第 9 天：花朵全枯萎



圖 98 保麗龍觀察箱第 9 天：葉片乾枯捲曲



圖 99 PLA 觀察箱第 10 天：花朵鮮豔開放



圖 100 保麗龍觀察箱第 10 天：莖也乾枯焦黑

(二) 根據觀察實驗結果，我們有以下的主要發現：

1. PLA 材質燃燒後，其產生的氣體對植物的生長並無任何影響。
2. 保麗龍材質燃燒後，其產生的氣體與伴隨而生的灰燼會對植物無法生存。
3. 總結言之，PLA 燃燒後對植物無影響，而保麗龍燃燒後對植物生長有害。

十、消費者對兩種材質使用情形的感受統計結果

(一) 本研究之觀察記錄如下表 15、表 16、表 17、表 18、表 19、表 20 所示：

表 15 問卷施測對象身份分析表

對象身份分類	教師	家長	學生
人數(人)	21	7	22
比例(%)	42	14	44

表 16 問卷施測對象性別分析表

對象性別分類	男性	女性	無效
人數 (人)	11	37	2
比例 (%)	22	74	4

表 17 問卷施測對象對 PLA 材質熟悉度分析表

意見分類	有	無	無效
人數 (人)	17	32	1
比例 (%)	34	64	2

表 18 問卷施測對象對不同材質使用意願分析表

意見分類	PLA 材質	保麗龍材質	無效
人數 (人)	42	7	1
比例 (%)	84	14	2

表 19 問卷施測對象對材質價格是否影響使用意願分析表

意見分類	PLA 材質	保麗龍材質	無效
人數 (人)	39	7	4
比例 (%)	78	14	8

表 20 問卷施測對象對環保政策意見分析表

意見分類	贊成	不贊成
人數 (人)	47	3
比例 (%)	94	6

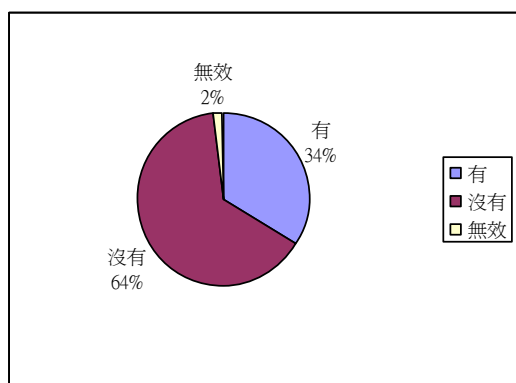


圖 101 問卷施測對象對 PLA 材質熟悉度分析圖

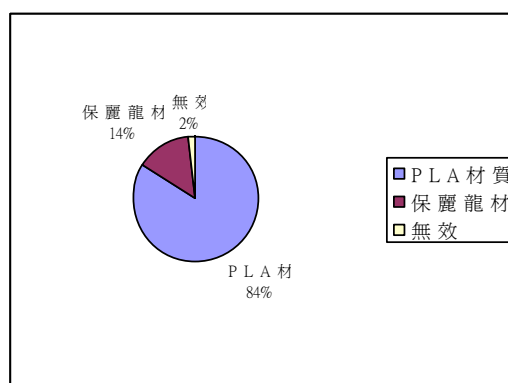


圖 102 問卷施測對象對不同材質使用意願分析圖

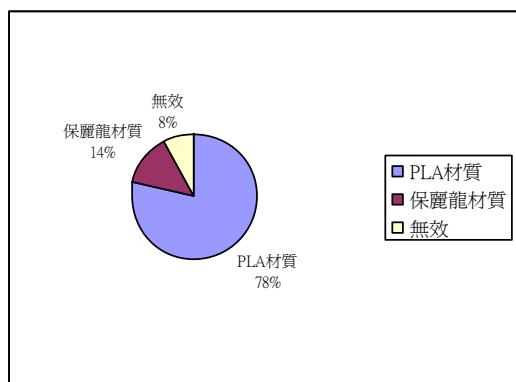


圖 103 問卷施測對象對材質價格是否影響使用意願分析圖

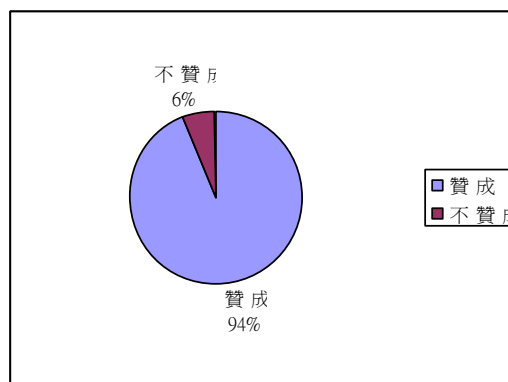


圖 104 問卷施測對象對環保政策意見分析圖

(二) 根據問卷調查結果，我們有以下的主要發現：

1. 根據問卷結果，問卷調查對象以學生類最多，老師類居次，家長類最少。
2. 根據問卷結果，問卷調查對象以女性最多，男性居次。
3. 根據問卷結果，64%的人沒有聽過 PLA 材質。
4. 根據問卷結果，84%的人看完本研究結果後，將來願意使用 PLA 材質。
5. 根據問卷結果，78%的人認為就算 PLA 價格較高也願意繼續使用。
6. 根據問卷結果，94%的人贊成用 PLA 替換保麗龍的環保政策。

柒、討論

一、PLA 與保麗龍材質的土壤分解實驗

(一) 結果：PLA 材質在土壤中自然分解的能力優於保麗龍材質

(二) 討論：

1. 保麗龍是由聚苯乙烯 (Polystyrene, PS) 發泡製成，而聚苯乙烯是由石油提煉出來的一種塑膠原料，其本身是種不易腐爛的材質，所以埋在土中不容易被土裡的微生物所分解。
2. PLA (聚乳酸) 是由玉米等物質中澱粉所獲得的乳酸所製成的聚合物，埋在土裡之後，容易被土壤中微生物分解為二氧化碳和水。

二、PLA 與保麗龍材質的水質分解實驗

(一) 結果：PLA 材質在水中自然分解的能力優於保麗龍材質

(二) 討論：

1. 保麗龍是由聚苯乙烯發泡製成，是種不易腐爛的材質，所以放在水中不容易被水裡的微生物所分解。
2. PLA 是由玉米等物質中澱粉所獲得的乳酸所製成的聚合物，放在水裡之後，容易被水中微生物分解為二氧化碳和水。

(三) 其它討論：我們發現放 PLA 的水箱有大量的綠藻產生，而放保麗龍的水箱卻沒有什麼綠藻。會有此種現象，我們推測是因為 PLA 在水中會自然分解，而且其製成的主要原料為玉米，所以分解後的物質便成為綠藻生長的養分之一；而保麗龍不容易分解，因此水箱中的綠藻產生與生長較為不易。

三、PLA 與保麗龍材質的材質耐熱實驗

(一) 結果：保麗龍材質的耐熱能力優於 PLA 材質。

(二) 討論：根據實驗的結果，雖然保麗龍耐熱的能力優於 PLA，但保麗龍在加熱至 70°C~80°C 時，就會釋放出毒素，所以在使用上仍有其多加比較與思考之處。

四、PLA 與保麗龍材質的材質耐冷實驗

(一) 結果：PLA 材質與保麗龍材質在零下 10°C 內的耐冷程度相同

(二) 討論：根據文獻指出部分材質在較低溫的環境中會有容易脆弱的現象，但本研究用家庭電冰箱作為實驗器材，溫度僅約達零下 10°C，因此實驗結果無法區別兩種材質的優劣，若能克服此種限制，讓兩種材質放在更為低溫的環境中，應有可明確的結果產生。

五、PLA 與保麗龍材質的材質保溫實驗

(一) 結果：保麗龍材質的保溫能力優於 PLA 材質。

(二) 討論：保麗龍是使用苯乙烯聚合而成的聚苯乙烯發泡材料，其材料中間的孔洞存在著空氣，而空氣又是熱的不良導體，所以裝在保麗龍中的物品熱能不容易散失。

六、PLA 與保麗龍材質的材質保冷實驗

(一) 結果：保麗龍材質的保冷能力優於 PLA 材質。

(二) 討論：保麗龍是使用苯乙烯聚合而成的聚苯乙烯發泡材料，其材料中間的孔洞存在著空氣，而空氣又是熱的不良導體，所以裝在保麗龍中的物品不容易受到外在環境的高溫影響。

七、PLA 與保麗龍材質的材質耐蝕實驗

(一) 結果：保麗龍材質的耐蝕能力優於 PLA 材質。

(二) 討論：保麗龍是一種耐酸、鹼的材質，所以對於酸性耐蝕的能力將優於 PLA 材質，但由於保麗龍本身製作材質的因素，其對於一般有機溶劑的耐蝕性則較差。

八、PLA 與保麗龍材質的材質燃燒實驗

(一) 結果：保麗龍材質燃燒時有明顯的刺鼻臭味，而 PLA 材質燃燒後卻沒有此種現象。

(二) 討論：保麗龍材質在急速燃燒時，需要大量氧氣助燃，但空氣中氧氣不足以供應急速燃燒使用，其燃燒不完全的現象將產生大量有毒黑濃煙。

九、PLA 與保麗龍材質的材質燃燒後對植物的生長影響實驗

(一) 結果：PLA 材質燃燒後的氣體對植物無影響，而保麗龍材質燃燒後產生的氣體與灰燼則對植物生長有害。

(二) 討論：保麗龍在高溫不完全燃燒時會大量釋放有毒的氣體或物質，如一氧化碳、甲醛或戴奧辛，此些有毒物質或保麗龍燃燒後產生的灰燼對於植物的生長將產生極大的危害。

十、消費者對兩種材質使用情形的感受

(一) 結果：其結果如下：

1.64%的人沒有聽過 PLA 材質。

2.84%的人在看完本研究結果後，將來願意使用 PLA 材質。

3.78%的人認為就算 PLA 價格較高也願意繼續使用。

4.94%的人贊成用 PLA 替換保麗龍的環保政策。

(二) 討論：

1.聽過 PLA 材質的人仍屬少數，可見此材質之應用仍待推廣。

2.在看完本研究的研究結果後，多數人願意選擇使用 PLA 材質，顯示國人環保意識已有顯著的提昇。

3.雖然改用 PLA 材質所須花費的成本價格較高，但仍有多數人願意使用，根據本研究問卷的統計，多數人願意花較高的價格來使用 PLA 材質的原因，多基於環保考量，此亦同樣印證國人環保概念的提昇。

4.多數人贊成以 PLA 材質來取代保麗龍材質，此代表國人對於保麗龍材質的

觀念已不再限於其使用上的廣泛性與便利性，而真正願從環境保護的層面來看待環保政策的推動。

捌、結論

- 一、PLA 材質在土壤中自然分解的速度較保麗龍材質來得快，由此可知，由於用 PLA 材質製成的器具在大自然中分解的速度較快，因此相較於保麗龍材質而言，對於自然界的影響較小。
- 二、PLA 材質在水中自然分解的速度較保麗龍材質來得快，由此可知，由於用 PLA 材質製成的器具在大自然中分解的速度較快，因此相較於保麗龍材質而言，對於自然界的影響較小。
- 三、保麗龍材質的耐熱程度較 PLA 材質為佳，由此可知，用保麗龍材質製成的器具在盛裝熱飲或熱食時，其使用的效果與範圍較佳。
- 四、保麗龍材質與 PLA 材質在零下 10°C 內的耐冷程度相同，由此可知，用 PLA 材質或保麗龍材質製成的器具，在盛裝零下 10°C 內的冷飲或冷凍食品時，其使用的效果相同。
- 五、保麗龍材質對於物品保溫的能力較 PLA 材質為佳，由此可知，用保麗龍材質製成的器具在盛裝熱飲或熱食時，其防止食物溫度降低的能力較好。
- 六、保麗龍材質保持物品低溫狀態的能力較 PLA 材質為佳，由此可知，用保麗龍材質製成的器具在盛裝冷飲或冷凍食品時，其防止食物溫度上升的能力較好。
- 七、保麗龍材質耐酸腐蝕的能力較 PLA 材質為佳，由此可知，用保麗龍材質製成的器具在盛裝食物時，其承受酸性食物腐蝕的能力較好。
- 八、保麗龍材質燃燒時有明顯的刺鼻臭味，而 PLA 材質燃燒後卻沒有此種現象，由此可知，保麗龍材質燃燒後的氣體應含有對人體或環境有害的化學物質，因此，其應為空氣污染的重要來源之一。
- 九、PLA 材質燃燒後的氣體對植物無影響，而保麗龍材質燃燒後產生的氣體與灰燼則對植物生長有害，由此可知，保麗龍材質燃燒後產生的氣體應含有對植物生長有害的化學物質，而 PLA 材質則否。
- 十、根據調查結果，PLA 材質的知名度仍偏低，但多數問卷受訪者在瞭解 PLA 與保麗龍材質的差異後，表示願意使用 PLA 材質，甚至支持以 PLA 材質來取代保麗龍的環保政策，此皆表示國人環保意識的提昇。

玖、參考資料及其它

佚名（無日期）。不要點熱桔茶。引自生活中的化學，網址：

<http://www.fg.tp.edu.tw/~d2352209/homework/chemiistry.doc>

章淑惠（無日期）。保麗龍變柴油。引自高雄市環保局綠色座標環保之聲季刊，網址：

<http://61.218.233.198/journal/kgc/08/0811.htm>

佚名（無日期）。認識保麗龍之害處。網址：<http://biwins.myweb.hinet.net/5.html>

賴偉傑（無日期）。尋找 PLA 中誰的環保。引自環境資訊中心，網址：

<http://e-info.org.tw/node/3384>

拾、附錄：本研究所使用的問卷

食品包裝材質問卷調查：保麗龍與 PLA

一、問卷說明

當前用來包裝食品的材料有許多的種類，其中保麗龍乃是我們熟悉與常用的種類，但其對環境的影響也是大家有目共睹的；所以近幾年來，科學家為了發明更為環保的材質，乃研究出 PLA 材質企圖取代傳統保麗龍材質，PLA 材質乃是用玉米製成，其強調的重點乃是其無毒與自然分解。本問卷填寫的目的在乃在透過我們的實驗結果讓大家瞭解保麗龍與 PLA 兩種材質使用上的優劣，並調查大家使用上的習慣與想法。

二、保麗龍與 PLA 材質的優劣比較

本研究針對保麗龍與 PLA 材質的優劣進行研究，其結果如下：

	保麗龍材質	PLA 材質
在土壤中自然分解程度 (實驗時間 8 個月)	劣：無分解現象	<input checked="" type="checkbox"/> ：有分解現象
在水質中自然分解程度 (實驗時間 8 個月)	劣：無分解現象	<input checked="" type="checkbox"/> ：有分解現象
承受高溫的程度 (實驗最高溫至 100°C)	<input checked="" type="checkbox"/> ：100°C 未變形	劣：50°C 即變形
承受低溫的程度 (實驗低溫為零下 10°C)	零下 10°C 時沒有變化	零下 10°C 時沒有變化
保持高溫的程度	<input checked="" type="checkbox"/> ：保溫效果佳	劣：保溫效果差
保持低溫的程度	<input checked="" type="checkbox"/> ：保溫效果佳	劣：保溫效果差
耐酸腐蝕的程度	<input checked="" type="checkbox"/> ：耐蝕效果佳	劣：耐蝕效果差
燃燒產生的現象	劣：有黑煙與刺鼻臭味	<input checked="" type="checkbox"/> ：無黑煙與刺鼻臭味
燃燒後對植物生長影響	劣：造成植物死亡	<input checked="" type="checkbox"/> ：植物仍正常生長

三、問卷填答

請依實際情況與感受勾選適切的選項！！

(一) 填答者背景

1. 你的身份是： 老師 家長 學生

2. 你的性別是： 男性 女性

(二) 問卷填答題目

1. 你以前有聽過 PLA 材質嗎？ 有 沒有

2. 在看完以上的實驗結果，如果讓你選擇包裝食物的材質，你希望購買何種包裝材質的食品？ 保麗龍 PLA

原因：_____。

3. 保麗龍的成本較便宜，而 PLA 的成本較貴，這將會影響你購買食品的價格，在這種情形下，你會選擇何種材質來何種包裝的食品？ 保麗龍

PLA

4. 為了配合政府響環保政策，你贊成食品包裝用 PLA 材質取代保麗龍材質嗎？

贊成 不贊成

【評語】 080831

本作品主要的特色是透過對兩種食品包裝材質的優劣比較之結果呈現，進行消費者使用意願的問券調查。研究構想以現今環保議題為考量，具有實用價值。兩種包裝材質在分解的情形和對植物生長的影響。本研究所做出的差異情形，應很有說服力，可作為消費選擇之參考。