

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

030207

時尚綠材料-自製回收衣料稻殼複合膜

學校名稱：新北市私立裕德實驗高級中學

作者：  國二 黃翊展  國二 吳品萱  國二 黃筱琳	指導老師：  謝宜嘉
---	------------------

關鍵詞：尼龍、乙醇鈉(Sodium ethoxide)、稻殼粉

## 摘要：

本報告發現尼龍於乙醇鈉溶解成液狀。由 1M 醋酸滴定尼龍乙醇鈉溶液實驗，得知尼龍單體與乙醇鈉反應莫耳數比 1:2，說明尼龍單體的醯胺分子都被乙醇鈉打斷而成液狀。將 1 公克尼龍分解所需氫氧化鈉為 1.12 公克及乙醇 20 毫升、最佳分解溫度 85°C。在添加不同黏著劑實驗：我們發現透明膠水加入與尼龍乙醇鈉溶液中的交聯作用成膜。自製回收衣料稻殼複合膜配方：尼龍 1 公克加氫氧化鈉 1 公克、乙醇 20 毫升及 1.5 公克稻殼粉與 3.5 公克透明膠水(聚乙烯醇 PVA)。測試複合膜隔熱效果：暖暖包初始平均溫度 45.14°C→降為 30.9°C。複合膜 25 分鐘後的降溫效果 14.24°C。隔音實驗中自製複合膜產生了平均 6.67 分貝的減音效果！

## 壹、研究動機

看到雜誌報導，台灣每年有六萬噸垃圾無處去，恐淪為舊衣焚場。現在人們每年就買數十件，甚至數百件衣服，龐大的衣服量令人「望衣興嘆」。目前對於舊衣服的處理方式只有「燃燒」，但大多數衣服的原料為石化產品。燃燒的排碳量，對地球造成嚴重的空氣污染。因此我們想讓大量的舊衣料變為可回收利用的材料，永續化學與生活。目前回收寶特瓶再製成服飾的技術已成熟，但較少聽聞回收尼龍原料再製，所以我們有另一個 R 的想法 Replace——「替換」將舊衣料及廢棄的稻殼粉當成原料的 Replace；追求地球永續發展的另一個 R。

### ➡ 相關教材：

1. 七年級生物課內容- 植物(纖維素)。
2. 八年級理化課內容- 溶液濃度配製、有機化學(酯化反應: 有機酸+醇→ 酯+水)  
；(聚合物~~ 尼龍 (又稱耐綸、尼綸):熱塑性聚合物，為合成纖維，不怕酸鹼，強韌有彈性，成分為 C、H、O、N，燃燒後末端結為小圓珠。  
棉:為天然纖維，成分為 C、H、O，燃燒氣味如燒紙的氣味)、  
化學反應 ~~酸鹼中和:酸+鹼→ 鹽+水、熱的傳播-熱對物質的影響、波(音量)。

## 貳、研究目的

- 一、探討回收布料種類，比較布料分解情形研究
- 二、利用尼龍加入化學試劑分解，找出尼龍與試劑比例
- 三、比較不同種類黏著劑(松香、白膠、透明膠水)成膜的性質討論
- 四、加入廢棄稻殼粉對複合膜硬度、韌性性質影響，找出複合膜最佳比例
- 五、自製衣料稻殼複合膜實際應用於塑膠盒的隔熱、隔音效果探討

## 參、研究設備及器材

### 一. 器材與設備：

燒杯	玻棒	培養皿	滴管
刮勺	量筒	鑷子	塑膠杯
<b>GS320 紅外線測溫槍 (工業用)</b> (測無放熱的金屬或木材)	坩堝鉗	東昇筆型 PH 酸鹼 度劑 6011A	烘箱
電子秤	加熱板	解剖顯微鏡	抽氣櫃

### 二. 藥品：

布料(尼龍、純棉、人造棉+聚酯、聚酯、天然棉+聚酯)~其布料來源為跟學長家做布料行拿裁切剩餘的布。硫酸;硝酸;鹽酸。95%乙醇。

氫氧化鈣;氫氧化鋁;氫氧化鈉。跟米店要的廢棄稻殼(再請碾米行磨成粉)。

## 肆、研究過程或方法

時尚綠材料-自製回收衣料稻殼複合膜

### 一、探討不同衣料分解研究

實驗一 · 利用燃燒法了解衣料成分

實驗二 · 加入酸探討分解五種衣料的情形

實驗三 · 加入鹼探討分解五種衣料的情形

實驗四 · 改變溶劑為**乙醇**並加入鹼分解衣料

實驗五 · 探討**五種** 0.5 公克衣料與反應所需的**氫氧化鈉、乙醇反應時間**

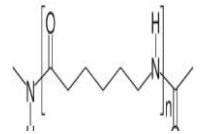
### 二、尼龍加入化學試劑分解的比例

實驗六 · 1 公克**尼龍**衣料與反應所需的**氫氧化鈉質量與反應時間**

實驗七 · 找出 1 公克尼龍衣料與氫氧化鈉及乙醇**最佳分解溫度與時間**

實驗八 · 討論 1 公克尼龍與**氫氧化鈉及乙醇**反應情形(滴定實驗)

實驗八: 1M 醋酸滴定  
(分析尼龍單體於乙醇鈉分解斷鍵情形)



### 三、比較不同種類黏著劑加入尼龍衣料成膜

實驗九 · 加入松香、白膠、透明膠水於乙醇鈉溶解的尼龍調配**成膜**

### 四、加入稻殼粉製成衣料複合膜性質影響

實驗十 · 加入**稻殼磨成粉末**於已分解的尼龍布乙醇鈉溶液中

實驗十一 · 比較**各種的複合膜**的**成膜效果**

實驗十二 · 比較**不同成分複合膜**的**性質(韌性)**

### 五、自製回收衣料稻殼複合膜性質討論

實驗十三 · **測試**自製回收衣料稻殼**複合膜**的**性質(隔熱)**

實驗十四 · **測試**自製回收衣料稻殼**複合膜**的**性質(隔音)**

#### 自製回收稻殼複合膜

配方: 尼龍 1 公克加  
氫氧化鈉 1 公克、  
乙醇 20 毫升  
(加熱至 85 °C)  
趁熱加入 1.5 公克的  
稻殼粉  
再接著倒入 3.5 公克  
的透明膠水;  
並且不停攪拌(20 秒)  
至產生黏稠交聯現象

## 一. 文獻探討:

1. 隨著棉花產量的停滯，合成纖維(尼龍、聚酯等)開始填補其空缺。由於它便宜、容易與其他原料混合、觸感和質感都大幅提升，讓我們得以生產大量的衣服。這代表越來越多衣服是~~~~塑膠品!文獻<sup>[1]</sup>
2. 目前的回收處理有
  - (1). 物理回收法:透過機械製程回收再利用，例如: PET 保特瓶常切成薄片後被熔後抽絲。但此法所得的長纖或短纖紗常無法達到石油系或原生聚酯品質。
  - (2). 化學回收法:
    - a. 醇解法：將聚酯碎片按一定比例加入醇液中，加熱一段時間，使得聚酯分解為單體或是低聚物。
    - b. 水解法：在鹼性溶液中進行，反應需要在一定的溫度和壓力下完成，得到單體。
    - c. 超臨界流體法：在超臨界甲醇中把聚酯分解，解聚程度受反應溫度、甲醇與聚酯的比率和反應時間的影響較大。文獻<sup>[2]</sup>以上需高溫、高壓及大型器具設備。**我們想在實驗室嘗試分解衣料!**
3. 因為在家中練鼓時被鄰居說音量太大，讓我們想利用回收衣料成壁紙想法開始找相關資料文獻<sup>[3]</sup> <sup>[4]</sup>。但是**未有將衣料分解與黏著劑聚合及稻殼粉製成材料的資料**。讓我們有想要製作出**利用回收廢棄衣料與稻殼粉製成綠材料---自製回收衣料稻殼複合膜的想法**。

## 二. 研究過程或方法：

### [實驗一]

#### 利用**燃燒法**分解各種衣料

(一) 實驗目的：利用傳統**燃燒法**分解及認識各種衣料。

(二) 實驗流程：

1. 準備五種布料，利用剪刀裁剪 5cm 乘 5cm 大小。
2. 將鐵架及鐵夾架好在酒精燈的火焰上方 2cm 處。
3. 點燃酒精燈火焰，分別觀察紀錄(1)**靠近火焰時情形**  
(2)**接觸火焰時情形** (3)**離開火焰時情形** (4)**燃燒時的氣味情形** (5)**殘留物特徵情形**。



**圖 1** 尼龍燃燒後的透明絲



**圖 2** 燃燒裝置

## [實驗二]

利用加入強酸溶液分解各種衣料

(一) 實驗目的: 以強酸分解各種布料討論。

(二) 實驗流程:

1. 剪裁五種布料 0.5 公克。
2. 將剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中，接著放置於抽氣櫃內。
3. 以滴管吸取 1mL 酸液，滴入於放置布料的燒杯中。

## [實驗三]

利用加入鹼性溶液分解各種衣料

(一) 實驗目的：以實驗室方便取得的鹼性溶液分解布料討論。

(二) 實驗流程：

1. 剪裁五種布料 0.5 公克。取剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。
2. 分別於各燒杯中加入 2.5 公克的氫氧化鈣;2.5 公克的氫氧化鋁;2.5 公克的氫氧化鈉。
3. 加入 20mL 蒸餾水於各燒杯中。
4. 當以加熱板加熱，加熱到水沸騰並以玻棒持續攪拌。

## [實驗四]

改變溶劑為乙醇並加入強鹼分解衣料

(一) 實驗目的：以改變溶劑為乙醇與氫氧化鈉分解布料討論。

(二) 實驗流程：

1. 剪裁五種布料 0.5 公克，取剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。
2. 分別於各燒杯中加入 2.5 公克的氫氧化鈣;分別於各燒杯中加入 2.5 公克的氫氧化鋁;分別於各燒杯中加入 2.5 公克的氫氧化鈉。
3. 加入 20mL 乙醇於各燒杯中。以加熱板加熱，邊以玻棒攪拌，避免突沸。
4. 拍照並記錄反應情形。

## [實驗五]

探討五種 **0.5 公克衣料**與**氫氧化鈉**反應**時間**

(一)實驗目的:了解各種布料與氫氧化鈉反應的時間

(二)實驗流程:

1. 剪裁五種布料 0.5 公克。
2. 取剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。
3. 分別於各燒杯中加入 2.5 公克的氫氧化鈉。
4. 加入 20mL 乙醇於各燒杯中。
5. 以電熱板加熱，邊以玻棒不停攪拌，避免突沸。記錄布料分解反應時間。

## [實驗六]

探討 **1 公克尼龍衣料**與反應所需的**氫氧化鈉**比例**質量**

(一)實驗目的：想知道分解 1 公克尼龍衣料所需的氫氧化鈉質量

(二)實驗流程：

1. 剪裁尼龍衣料 1 公克，收集剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。
2. 加入 30mL 乙醇；並分別加入 1、2、3、4、5 公克氫氧化鈉。
3. 將上述的燒杯放置於加熱板上加熱，並且以玻棒持續攪拌。
4. 觀察紀錄尼龍衣料分解時間與氫氧化鈉殘留(未反應)情形。



圖 3 實驗六裝置

## [實驗七]

1 公克尼龍衣料與氫氧化鈉及乙醇得知**最佳分解溫度**

(一)實驗目的：為了知道 1 公克尼龍衣料與氫氧化鈉及乙醇**最佳分解溫度**。

(二)實驗流程：

1. 剪裁尼龍衣料 1 公克，收集剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。
2. 加入 1 公克氫氧化鈉與 20 mL 乙醇。
3. 將上述的燒杯放置於加熱板上加熱，並且以玻棒攪拌。
4. 觀察紀錄尼龍衣料分解溫度與未分解殘留尼龍布(質量)。

## [實驗八]

利用**滴定實驗**探討**尼龍與乙醇鈉的分解**情形

(一)實驗目的：為了知道尼龍於乙醇鈉溶液中的分解情形，我們利用**滴定實驗**；

以醋酸滴定鹼性的尼龍乙醇鈉溶液。

(二)實驗流程：

1. 剪裁尼龍衣料 1 公克，加入 1 公克氫氧化鈉與 20 mL 乙醇置於 100mL 燒杯中將上述的燒杯放置於加熱板上加熱至 85°C，滴入 3 滴酚酞指示劑於上述溶液中。(此為 A 溶液)
1. 取 1 公克氫氧化鈉與 20 mL 乙醇將上述的燒杯放置於加熱板上加熱至 85°C，滴入 3 滴酚酞指示劑於上述溶液中。(此為 B 溶液)
2. 配製 1M 醋酸：用一支 10 mL 的玻璃移液管，取 28.7mL 的 17.4M 濃醋酸，放入 500 mL 的量瓶，用蒸餾水稀釋到刻度線，並混合均勻。
3. 清洗滴定管：先吸取蒸餾水清洗兩次，然後用 1 M 醋酸潤濕一次。
4. 拿漏斗放置於滴定管上；倒入 1M 醋酸於滴定管中。
5. 以 1M 醋酸溶液緩慢地滴定 A 溶液，並搖晃，直到溶液由粉紅色呈現無色，持續 15 秒不變色即滴定終點。
6. 記錄 1M 醋酸溶液的最後刻度。
7. 重複滴定步驟三次。
8. 計算醋酸的體積莫耳濃度。
9. 重複以上實驗步驟 5~8 滴定 B 溶液。



圖 4 實驗八裝置

## [實驗九]

利用加入**黏著劑**於已分解的尼龍溶液**成膜**

(一)實驗目的：為了將已分解的尼龍溶液成膜，我們想加入黏著劑探討；

比較松香、白膠、透明膠水成膜效果。



(二)實驗流程：

1. 剪裁尼龍衣料 1 公克，收集剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。加入 1 公克氫氧化鈉與 20 mL 乙醇。
2. 將上述的燒杯放置於加熱板上加熱，並且以玻棒攪拌。
3. 在已分解的尼龍溶液中，分別加入 1.5 公克；2.5 公克；3.5 公克的松香、白膠、透明膠水。
4. 將上述溶液倒入培養皿中，放入烘箱 65°C 加熱 3 小時。
5. 紀錄觀察成膜情形並且拍照。
6. 將可成平整的膜(為在已分解的尼龍溶液中，分別加入 1.5 公克；2.5 公克；3.5 公克的透明膠水)，以顯微鏡掃描紀錄分析。

[實驗十]

加入**稻殼磨成粉末**於已分解的尼龍布乙醇溶液中

(一)實驗目的：想增加成膜的**硬度**，所以加入**稻殼粉**

(二) 實驗流程：

1. 剪裁尼龍衣料 1 公克，收集剪裁好的布料放入 100mL 燒杯中。
2. 加入 1 公克氫氧化鈉與 20 mL 乙醇。
3. 將上述的燒杯放置於加熱板上加熱，並且以玻棒攪拌。
4. 在已分解的尼龍溶液中，分別各加入 1.5；2.5；3.5 公克的**稻殼粉**。
5. **接著**再各將 3.5 公克的**透明膠水**倒入上述混和溶液中。
6. 將上述混和溶液倒入培養皿中，放入烘箱 65°C 加熱 3 小時。
7. 測試成膜的韌性情形並且拍照。

[實驗十一]

比較**各種的複合膜**的成膜效果

(一)實驗目的：利用顯微鏡觀察各種複合膜成膜情形

(二)實驗流程：

1. 配製五種成分的膜。
2. 裁好尼龍衣料 1 公克並加入 1 公克氫氧化鈉與 20 ml 乙醇。
3. 將上述的溶液於加熱板上加熱至 85°C，並且以玻棒攪拌(此當為原液)。
4. 原液再加入 3.5 公克白膠形成--尼龍 + 白膠(膜 1)。
5. 原液再加入 3.5 公克透明膠水形成--尼龍+膠水(膜 2)。
6. 取 1 公克稻殼粉再加入 3.5 公克透明膠水形成--稻殼+膠水(膜 3)。
7. 原液再加入 1 公克稻殼粉及 3.5 公克白膠形成--尼龍+稻殼+白膠(膜 4)。
8. 原液再加入 1 公克稻殼粉及 3.5 公克透明膠水形成--尼龍+稻殼+膠水(膜 5)。
9. 利用解剖顯微鏡觀察五片膜紀錄照片及現象。

### [實驗十二]

#### 比較不同成分複合膜的性質(韌性)

(一) 實驗目的：測試不同成分複合膜的韌性

(二) 實驗流程：

1. 取[實驗十一]的五種成分的膜。
2. 將上述五種成分的膜，裁剪成長 3.5 公分；寬 1.5 公分。
3. 上述的膜左右兩端以熱熔膠黏貼在左右兩端的尖點上。
4. 中間以鑷子一端壓下，壓到膜變形破裂並紀錄下壓的高度。
5. 右圖 5(設計概念圖)為材料在受到彎曲作用產生變形時，內部彎曲力距測試原理圖。

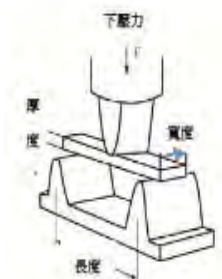

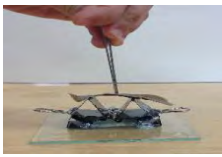


圖 5 韌性設計概念圖

#### 實驗十二流程(由左至右)

玻璃片上貼上兩個燕尾夾(當底座)	底坐上再對貼兩個大的燕尾夾(間距:3cm)	放上膜,在中心處以鑷子壓下,測量彎曲高度
		




### [實驗十三]

#### 測試自製回收衣料稻殼複合膜的性質(隔熱)

(一) 實驗目的：測試自製回收衣料稻殼複合膜的性質與用途

(二) 實驗流程：

1. 取[實驗十一]的五種成分的膜。
2. 取一個保鮮盒，將保鮮盒蓋上 66 個小洞。
3. 將暖暖包搓熱至 45°C 放置於保鮮盒內
4. 將膜以熱熔膠固定於保鮮盒蓋上。
5. 取一計時器每 5 分鐘利用紅外線測溫槍距離 2 公分測量溫度。

保鮮盒上 打洞	複合膜固定於打洞的蓋子	暖暖包放置於盒內
		

### [實驗十四]

#### 測試自製回收衣料稻殼複合膜的性質(隔音)

(一)實驗目的：測試自製回收衣料稻殼複合膜的性質與用途

(二) 實驗流程：

1. 取[實驗十一]的五種成分的膜。
2. 將複合膜取出冷卻後；放入真空盒底部。
3. 將一支手機放置於複合膜的上方，蓋上盒蓋並播放音樂。
4. 另一手機下載噪音檢測儀 1.3 App，並在真空盒外測試聲音分貝大小。

圖 6 隔音實驗圖



## 伍、 研究結果


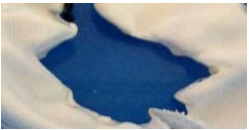

**[實驗一]結果 表 1**

纖維名稱	靠近火焰時	接觸火焰時	離開火焰時	燃燒時的氣味	殘留物特徵
天然棉+ 聚酯	有部分熔化 收縮	燃燒速度快	持續燃燒完 後，自行熄滅	石油+金紙的氣 味	易於壓碎的黑色灰 燼，焦黑酥脆
純棉	沒有熔化或 收縮、焦黑	燃燒速度慢	有殘光，燃燒 至化為灰燼	稻草的氣味	灰黑色的灰燼
人造棉+ 聚酯	焦黃	冒黑煙、開 始沸騰	繼續燃燒及融 化	焦黑的焦糖氣味	酥脆焦黑片狀
聚酯	熔化及收縮	燃燒及熔化	難以燃燒會自 行熄滅	汽油的氣味	會融化滴落，黑色 液體凝固成絲
尼龍	熔化及收縮	慢慢燃燒	火焰減弱，會 慢慢熄滅	燒塑膠的氣味	留下堅硬的淡黃褐 色圓球

**實驗一討論**：實驗結果發現聚酯纖維與尼龍燃燒情形像是塑膠熔化收縮

**實驗一 純棉、聚酯、尼龍 照片如下**

**[實驗一]結果**






纖維名稱	純棉	聚酯	尼龍
燃燒的 圖片			

**圖 7**






1. 尼龍 (又稱耐綸、尼綸):熱塑性聚合物，為合成纖維，強韌有彈性，成分為 C、H、O、N，燃燒後會末端結為塑膠硬的狀態。
2. 棉:為天然纖維，成分為 C、H、O，燃燒氣味如燒紙的黑碎片。

## 【實驗二】 結果

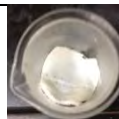




布+硝酸 表 2

反映結果 \ 布	尼龍	聚酯	純棉	棉+聚酯	人造棉+聚酯
圖片					
現象	部分布溶解，無明顯變化	部分布溶解，無明顯變化	部分布溶解，無明顯變化	無溶解	布溶解，布料顏色變淺

布+硫酸 表 3

反映結果 \ 布	尼龍	聚酯	純棉	棉+聚酯	人造棉+聚酯
圖片					
現象	部分溶解，無明顯變化	溶解成透明狀，部分溶解	布呈現焦狀，無法完全溶解	溶解成透明物體，部分溶解	布呈現黃偏橘色，部分溶解

布+鹽酸 表 4

反映結果 \ 布	尼龍	聚酯	純棉	棉+聚	人造棉+聚酯
圖片					
現象	部分布溶解，無明顯變化	部分布溶解，無明顯變化	部分布溶解，無明顯變化	部分布溶解，無明顯變化	部分布溶解，無明顯變化

**實驗二討論**：結果發現聚酯纖維與硫酸反應情形像是透明化

；棉布與硫酸反應情形是呈現焦黑脫水狀態。

；其餘布料與硝酸、硫酸、鹽酸無明顯變化。











【實驗三】 結果 表5

	天然棉+聚酯	純棉	人造棉+聚酯	聚酯	尼龍
Ca(OH) <sub>2</sub>	未分解	未分解	未分解	未分解	未分解
Al(OH) <sub>3</sub>	未分解	未分解	未分解	未分解	未分解
NaOH	未分解	未分解	未分解	未分解	未分解

實驗三討論：五種衣料分別加入三種鹼性試劑 Ca(OH)<sub>2</sub> 水溶液、

Al(OH)<sub>3</sub> 水溶液 NaOH 水溶液水解加熱未有分解情形

【實驗四】 結果 表6

布 1g 鹼	天然棉 +聚酯	純棉	人造棉 +聚酯	聚酯	尼龍
Ca(OH) <sub>2</sub> 乙醇溶液	未分解	未分解	未分解	未分解	未分解
Al(OH) <sub>3</sub> 乙醇溶液	未分解 	未分解 	未分解 	未分解 	少數分解 
NaOH 乙醇溶液	少數分解 	未分解 	部分分解 	分解 	完全分解 

實驗四討論：1.五種衣料分別加入三種鹼性試劑醇解法分解，結果**尼龍與**

**NaOH 的乙醇溶液分解效果最好(濃稠液體狀)**。聚酯衣料溶解於 NaOH 的乙醇溶液較尼龍效果差。






2.尼龍 1 公克加**氫氧化鈉 1 公克**接著加入**乙醇 20 毫升**

3. 由於乙基(-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)是推電子基，所以乙醇的酸性比水弱。

因為愈弱的酸，其共軛鹼愈強，所以乙醇鈉的鹼性比氫氧化鈉

強。所以推論**乙醇鈉可以溶解尼龍**。

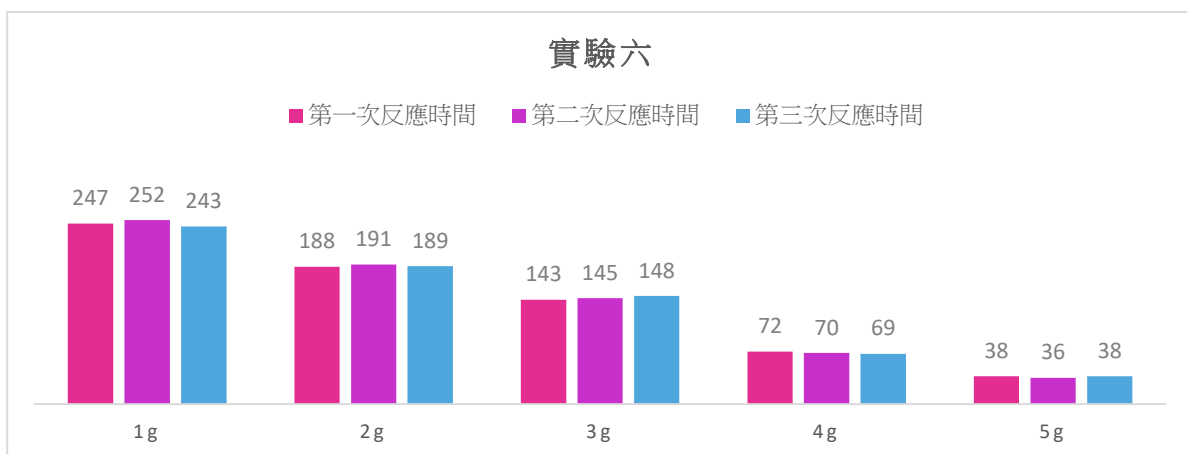
【實驗五】結果 表 7

反應結果 \ 布	棉+聚	純棉	人造棉+ 聚酯	聚酯	尼龍
0.5 公克布料 分解時間(分鐘) 第一次實驗	8:40	10:11	9:42	7:40	4:26
第二次實驗	8:51	10:15	9:34	7:46	4:21
第三次實驗	8:38	10:08	9:48	7:50	4:28
圖片					
現象	有溶化， 但棉的部 分未溶	酒精燒乾 (無反應)	有溶化， 但部分未 溶	混濁白色 液體	混濁白色 液體

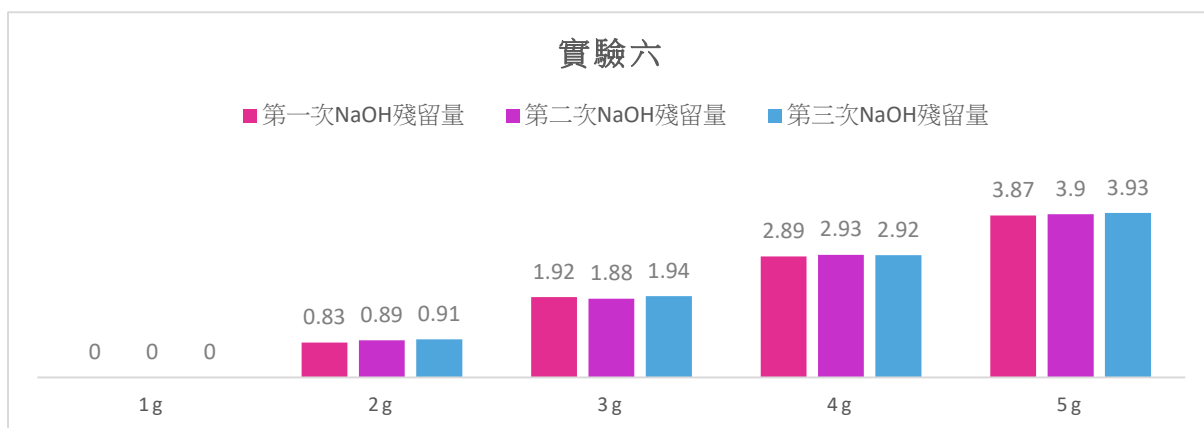
實驗五討論：五種衣料中尼龍分解時間最短(平均: 4:25)。

【實驗六】結果 表 8

反應結果 \ NaOH (克)	1 公克	2 公克	3 公克	4 公克	5 公克
1 公克尼龍布料 分解時間(秒)	247 秒	188 秒	143 秒	72 秒	38 秒
未反應的 NaOH	0 公克	0.83 公克	1.92 公克	2.89 公克	3.87 公克
1 公克尼龍布料 分解時間(秒)	252 秒	191 秒	145 秒	70 秒	36 秒
未反應的 NaOH	0 公克	0.89 公克	1.88 公克	2.93 公克	3.90 公克
1 公克尼龍布料 分解時間(秒)	243 秒	189 秒	148 秒	69 秒	38 秒
未反應的 NaOH	0 公克	0.91 公克	1.94 公克	2.92 公克	3.93 公克



**圖 8**



**圖 9**

**實驗六討論**：加入 1~5 公克 NaOH，5 公克 NaOH 分解時間最短(平均:37.3)。

但是剩餘的 NaOH 克數最多。可將尼龍 1 公克分解所需 1.12 公克 NaOH。

**【實驗七】結果 表 9**

加熱溫度(°C)					
原有 布 1 公克	70(°C)	74(°C)	78(°C)	82(°C)	85(°C)
未分解殘留 尼龍(質量) (實驗 1)	0.83 公克	0.79 公克	0.73 公克	0.18 公克	0.02 公克
未分解殘留 尼龍(質量) (實驗 2)	0.82 公克	0.76 公克	0.71 公克	0.15 公克	0 完全溶解
未分解殘留 尼龍(質量) (實驗 3)	0.85 公克	0.78 公克	0.75 公克	0.12 公克	0 完全溶解



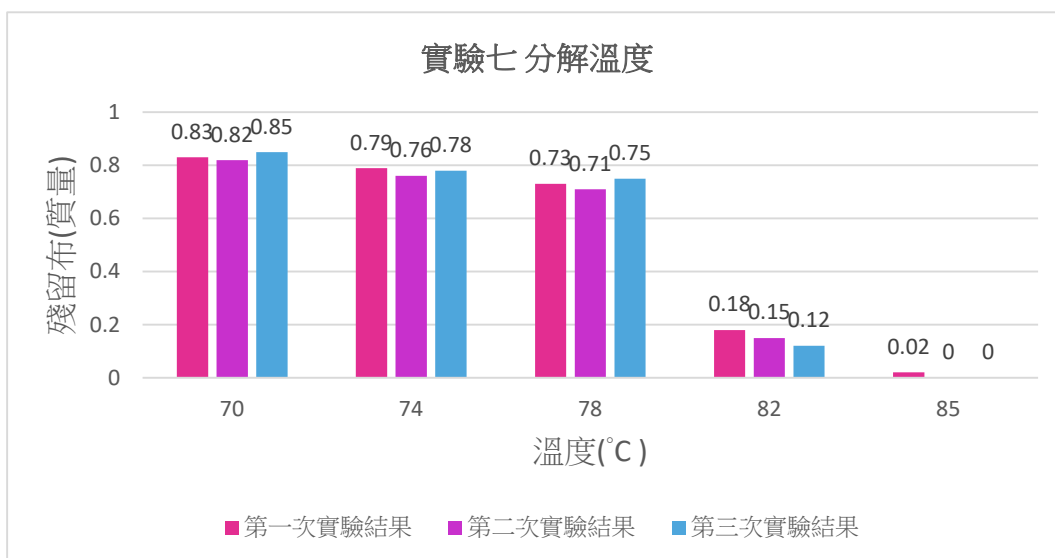


圖 10

**實驗七討論**：結果 **85°C 時尼龍分解效果最好(完全分解)**。

**【實驗八】結果表 10**

被滴定 溶液 1M 醋酸	(尼龍+乙醇鈉溶液) A 溶液			(乙醇鈉溶液) B 溶液		
	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 1	實驗 2	實驗 3
	起始體積 mL	7.0	14.0	3.2	10.2	14.2
最後體積 mL	31.2	38.0	27.3	25.4	29.5	21.0
滴定體積 mL	24.2	24.0	24.1	15.2	15.3	15.2
平均體積 mL	24.1mL			15.2mL		

**實驗八討論**：兩者(A 溶液:有加入尼龍 1 公克)、(B 溶液:乙醇鈉溶液)

滴定相差之醋酸莫耳數： $1 \times (24.1 - 15.2) \times 10^{-3} = 8.9 \times 10^{-3} \text{ mole}$

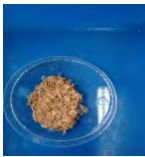


此亦為  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  與尼龍反應消耗的 mole 數

1 公克的尼龍 66 含單體之 mole 數： $1/226 = 4.4 \times 10^{-3} \text{ mole}$

$(8.9 \times 10^{-3} \text{ mole}) / (4.4 \times 10^{-3} \text{ mole}) = 2.0$

※如此可推測尼龍 66 單體單元與  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  mole 比 1:2(即為 每個鍵都被打斷)

【實驗九】結果 表 11

黏著劑種類 反應結果	松香 3.5 公克	白膠 3.5 公克	透明膠水 3.5 公克
圖片			
成膜情形說明	松香加入後 結塊狀(無法成膜)	可以成膜 隔天表面有液體	成膜效果好




**實驗討論**：1.松香先以酒精加熱成液態後，再加入以分解的尼龍溶液中攪拌，

結果為～～快速成塊狀固體物。

2.白膠可成膜；但是隔天膜的表面有液體滲出。以石蕊檢測膜表面的液體為鹼性；再以 pH 計測試得到 pH =13.4。

3.加入透明膠水成的膜效果最好、韌性佳。

【實驗十】結果 表 12

稻殼質量 反應結果	1.5 公克稻殼	2.5 公克稻殼	3.5 公克稻殼
圖片			
成膜情形說明	可成膜 膜表面較均勻	無法成膜 為纖維的塊狀 韌性不佳易分解	無法成膜 為凝結塊狀

**實驗九討論**：1.先加入**稻殼粉**於已分解的**尼龍布乙醇溶液**中；再接著加入 3.5 公克**透明膠水**。因為只加入稻殼粉無法成有韌性的膜；所以需再接著加入膠水。

2.加入過多的稻殼粉會無法成膜而凝固成塊狀。

### 【實驗十一】膜比較結果

{尼龍+白膠(放大 40 倍)}

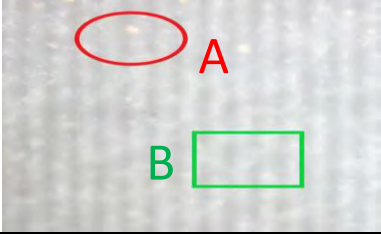
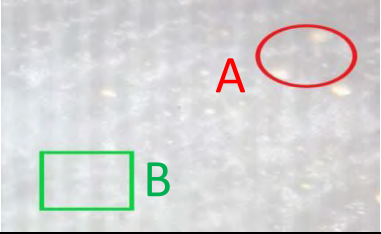
<p>尼龍 1g+白膠 4g</p> 	<p>尼龍 1g+白膠 4.5g</p> 
<p>A:有些許白膠殘留。 B:有交聯產生無殘留且呈膜平整。</p>	<p>A:有些許白膠殘留。 B:有交聯產生無殘留且呈膜平整。</p>

圖 11

成膜討論:1. 加入 4g 成膜效果較佳。2. 白膠 3g 無法成膜。3. 白膠 4.5g 白膠殘留過多。

{尼龍+膠水(放大 40 倍)}

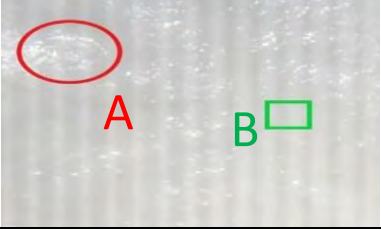
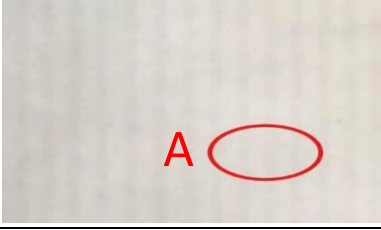
<p>尼龍 1g+膠水 3g</p> 	<p>尼龍 1g+膠水 3.5g</p> 
<p>A:膠水部分未均勻分布。 B:無殘留且呈膜平整。</p>	<p>A:整片成膜完整。</p>

圖 12

成膜討論:1. 膠水過濃時，交聯過快，無法完全攪拌均勻。  
2. 膠水濃度較低，交聯速度較慢，成膜較完整。

{稻殼+膠水(放大 40 倍)}



<p>稻殼粉 1.5g+膠水 4g</p> 	<p>稻殼粉 1.5g+膠水 4.5g</p> 
<p>A:無交聯作用產生，稻殼粉分布不均</p>	<p>A:無交聯，有孔洞</p>

圖 13

成膜討論:1. 加入膠水後攪拌時稻殼皆分布不均，  
且稻殼粉與膠水兩者間無交聯作用產生。

{尼龍+稻殼+白膠(放大 40 倍)}

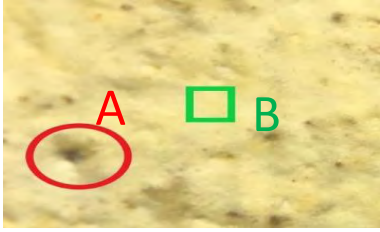

<p>尼龍 1g+稻殼 1.5g+白膠 4g</p> 	<p>尼龍 1g+稻殼 1.5g+白膠 4.5g</p> 
<p>A:未交聯完整產生的孔洞 B:較無孔洞</p>	<p>A:未均勻稻殼粉 B:較均勻</p>

圖 14

- 成膜討論:1.白膠量過少時，交聯不完整，易有孔洞產生。  
2.實驗結果:尼龍與白膠的交聯相當快速;當白膠一開始加入時即立刻成塊狀，而導致稻殼粉容易分布不均。

{尼龍+稻殼+膠水(放大 40 倍)}

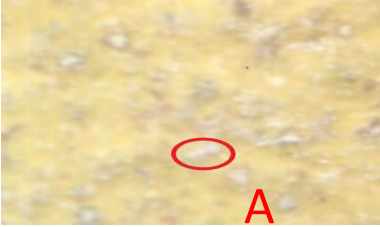
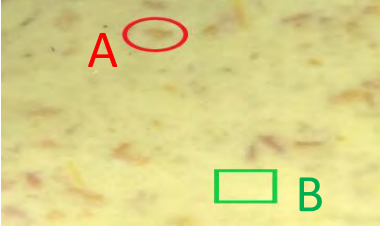
<p>尼龍 1g+稻殼 1.5g+膠水 3.0g</p> 	<p>尼龍 1g+稻殼 1.5g+膠水 3.5g</p> 
<p>A:稻殼粉。 此比例所成的膜:有孔洞膜較不平整</p>	<p>A:稻殼粉。 B:成膜平整。</p>

圖 15

- 成膜討論:1.交聯完整，稻殼粉包覆在內，成膜效果好。  
2.攪拌均勻，成膜平整，稻殼粉分布較其他平均。  
3.加熱時需持續攪拌，在 85°C 加入膠水成膜時也需持續攪拌，此動作能使成膜更為平整。



圖 16

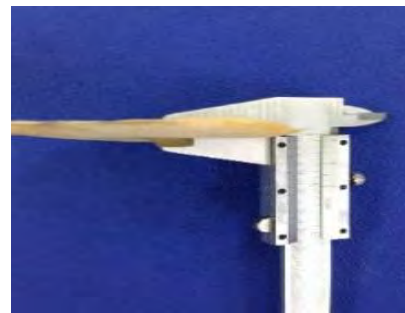


圖 17

- 4.膜的平均厚度:0.27~0.3 公分。

【實驗十二】膜韌性結果表 13

彎曲高度(cm) 膜(成分)	實驗 1	實驗 2	實驗 3
尼龍 + 白膠(膜 1)	1.3	1.2	1.3
尼龍 + 膠水(膜 2)	1.2	1.3	1.2
稻殼 + 膠水(膜 3)	0.9	1.1	0.8
尼龍 + 稻殼 + 白膠(膜 4)	2.3	2.0	2.1
尼龍 + 稻殼 + 膠水(膜 5)	3.1	3.3	3.2

實驗十討論：1. 例如:在韌性實驗中，發現膜的韌性彎曲高度平均有 3.2 公分，

而推測~~尼龍布料溶於乙醇鈉溶液與透明膠水(聚乙烯醇)的產生對成膜的韌性有加乘效果。

2. 加入黏著劑反應機制推論就像使聚合物間產生物理交聯。交聯作用藉由氫鍵、靜電作用等交互作用、鏈的纏繞等形成；如透明膠水(聚乙烯醇 PVA)加入尼龍與乙醇鈉溶液中產生的交聯作用。

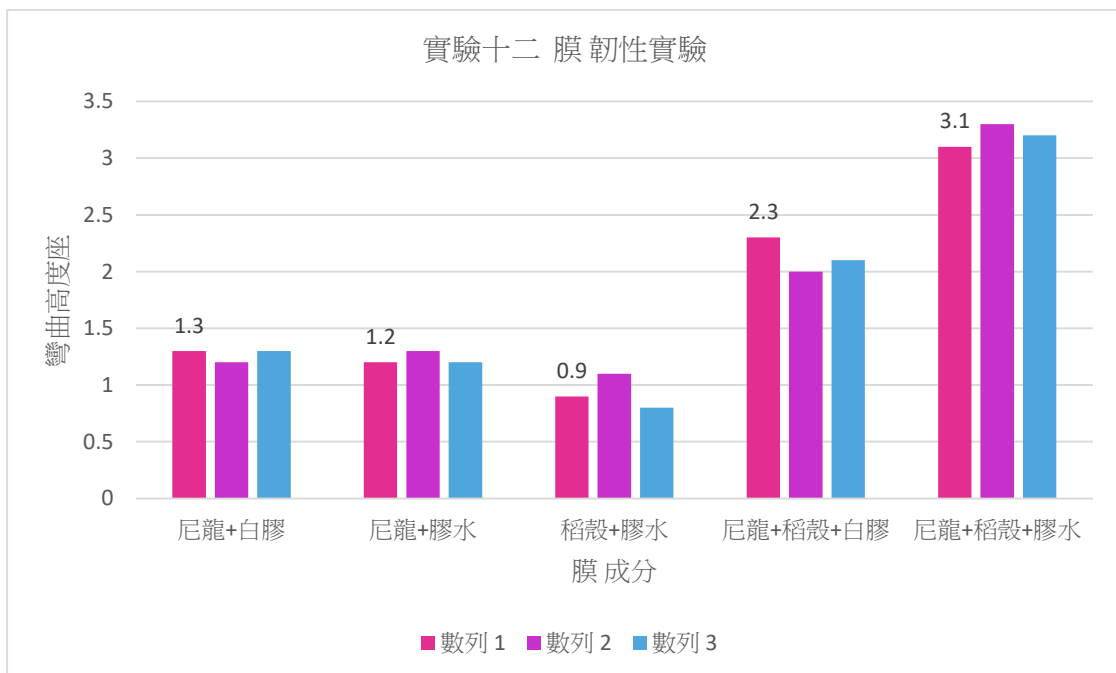


圖 18

【實驗十三】膜隔熱結果表 14

膜種類 測量時間 (分鐘)	尼龍+ 白膠	尼龍+ 膠水	稻殼+ 膠水	尼龍+ 稻殼+ 白膠	尼龍+ 稻殼+ 膠水	尼龍	鋁箔	無放膜	無蓋子 (開放)
5	31.3	31.2	32	30.8	30.3	34	35.6	38	45
10	31.4	31.3	32.8	31	30.4	35	36.1	39	45.1
15	31.3	31.5	32.7	31.2	30.9	35.4	36	39.5	45.3
20	31.6	31.3	33	31	30.8	36	36.2	40	45.1
25	31.5	31.4	33	31.1	30.9	35.9	36.1	39.8	45.2

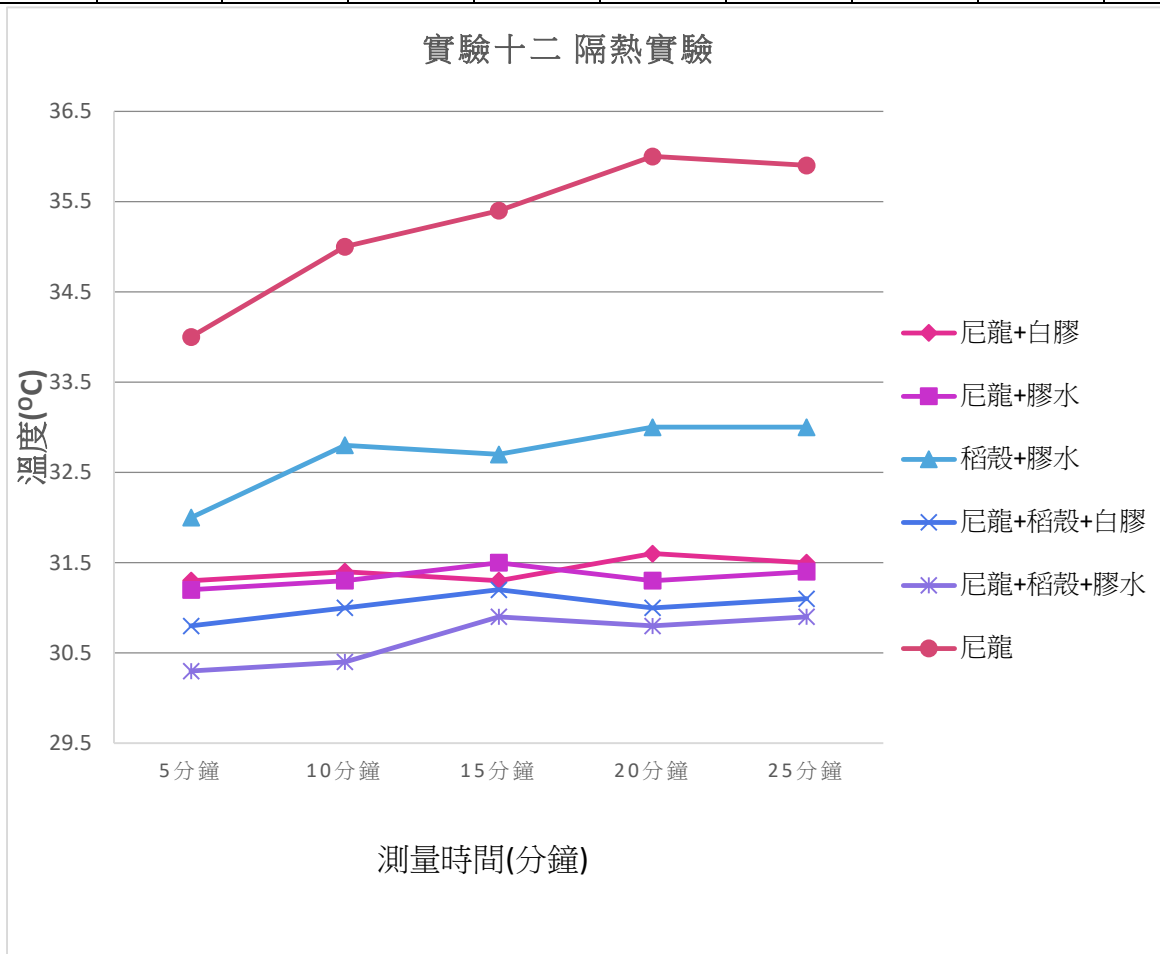


圖 19

實驗十二討論：1. **尼龍+稻殼+膠水**(自製複合膜)的隔熱效果:暖暖包初始溫度

45.14°C→降為 30.9°C。(25 分鐘後)隔熱效果降溫 **14.24°C**。

2. **純尼龍**隔熱效果 45.14°C→降為 35.9°C，(25 分鐘後)隔熱效果降溫 **9.24°C**

較自製稻殼複合膜**隔熱效果差**。

【實驗十四】膜隔音結果表 15

膜(成分) \ 分貝(dB)	實驗一	實驗二	實驗三
尼龍 + 白膠(膜 1)	90→88 (2)	91→90 (1)	92→91 (1)
尼龍 + 膠水(膜 2)	93→92 (1)	92→90 (2)	91→90 (1)
稻殼 + 膠水(膜 3)	92→91 (1)	93→92 (1)	91→90 (1)
尼龍 + 稻殼 + 白膠(膜 4)	93→89 (4)	91→88 (3)	94→89 (5)
尼龍 + 稻殼 + 膠水(膜 5)	94→88 (6)	92→85 (7)	93→86 (7)

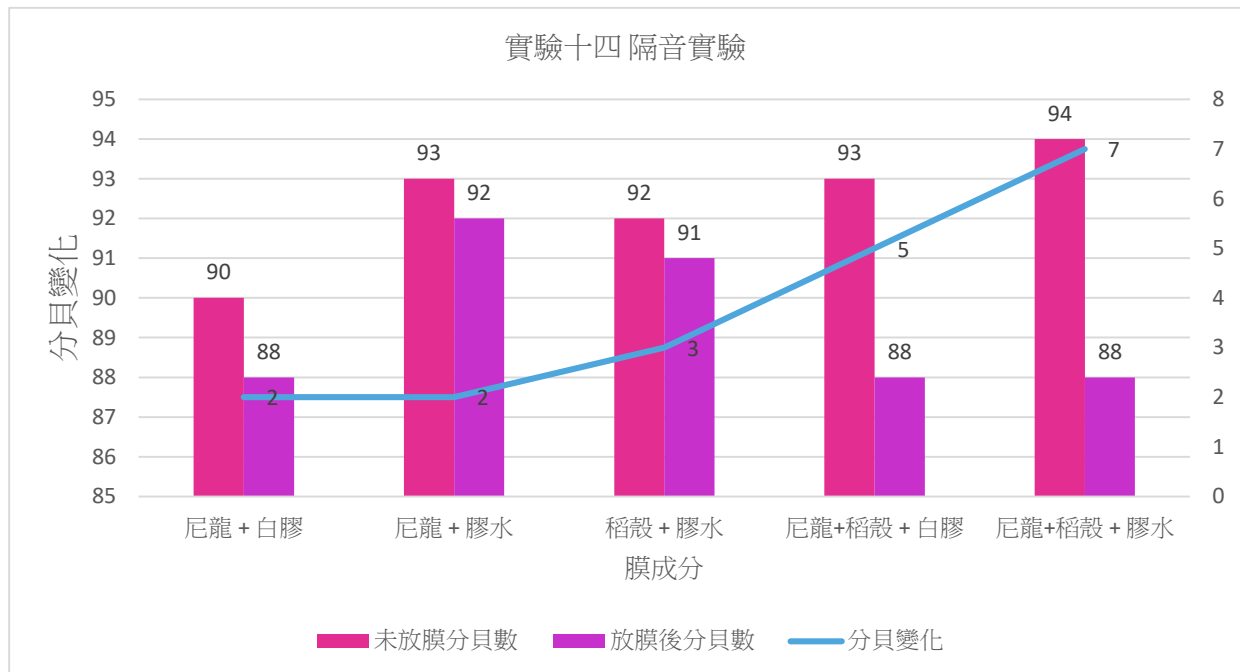


圖 20

## 陸、討論

### 一. 探討回收布料種類，比較布料分解情形研究

1. 在實驗一 (衣料燃燒)<sup>[5]</sup>的結果；我們目的是想依照理化課本中所提各種衣料的燃燒結果現象~~對衣料材質了解。

燃燒純棉衣料有稻草的氣味，殘留物特徵:灰黑色的灰燼。我們由聚酯纖維與

尼龍燃燒情形像是塑膠熔化收縮感到很驚訝。這讓我們認識到原來所穿的聚酯纖維與尼龍衣料是由塑膠製成。藉由實驗一的燃燒結果可以幫助認識衣料材質。

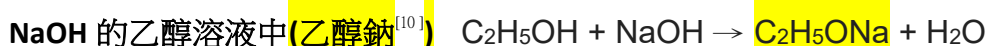
例如:純棉衣料原料為植物纖維；所以燃燒時像是燒紙張的味道。因聚酯纖維與尼龍是石油為原料；所以燃燒時和燃燒塑膠情形相似。

2. 由實驗二(衣料加酸反應)的結果與實驗三(衣料加鹼水解)的結果，其中純棉耐鹼不耐酸；純棉加硫酸有焦黑脫水狀，因為植物纖維為碳水化合物遇到硫酸脫水而成焦黑碳<sup>[6]</sup>。

(1)我們推論為聚酯、尼龍衣料結構不易被酸或鹼水解。在化學的結構上來說，聚酯纖維(Polyester)是以酯結合-CO.O-結合所形成的高分子的總稱，此類高分子是由二羧酸和二元醇縮合，或含氧酸(Oxy-Acid)聚酯合而生成者，都是以羧酸基與羥基(-OH)間的聚縮合，除去水而形成的酯結合。以聚酯纖維製成的衣物不受酸的影響，耐酸性和耐鹼性佳。

(2)最常見的 Nylon 種類之一為尼龍 66(聚醯胺纖維)，其命名源於己二胺和己二酸所含的六個碳原子。Nylon 耐腐蝕(化學抵抗性佳)，實驗二發現尼龍只有極少部分溶解。在一般室下其可耐 7%之鹽酸，20%之硫酸，10%之硝酸，50%之氫氧化鈉浸泡，結果都不受腐蝕<sup>[9]</sup>。

3. 由實驗四中(拿五種衣料分別加入三種鹼性試劑醇解法分解反應)情形得知:在



一尼龍與乙醇鈉(溶解)。

我們認為由於乙基(-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)是推電子基，所以乙醇的酸性比水弱。因為愈弱的酸，其共軛鹼愈強，所以乙醇鈉的鹼性比氫氧化鈉強。如此可以解釋為什麼氫氧化鈉水溶液無法溶解尼龍，而乙醇鈉卻可以。



4. 由實驗八利用滴定實驗探討尼龍與乙醇鈉的分解情形，我們由實驗數據結果可以看出：

(1) 1 公克的尼龍 66 含單體(CO(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CONH(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>NH 分子量:226)之莫耳數：

$$1/226=4.4 \times 10^{-3} \text{ mole}$$

(2) 有加 1 克尼龍的乙醇鈉溶液(A 溶液)和未加尼龍之乙醇鈉滴定時所消耗 1M 醋酸水溶液滴定時所消耗 1M 醋酸水溶液體積分別為 15.2mL 和 24.1mL。

$$\text{滴定以上兩者相差之醋酸莫耳數: } 1 \times (24.1 - 15.2) \times 10^{-3} = 8.9 \times 10^{-3} \text{ mole}$$

此亦為 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa 與尼龍反應消耗的 mole 數

(3) 因為醋酸和乙醇鈉分別為一元酸及一元鹼，雙方反應之莫耳數相等。

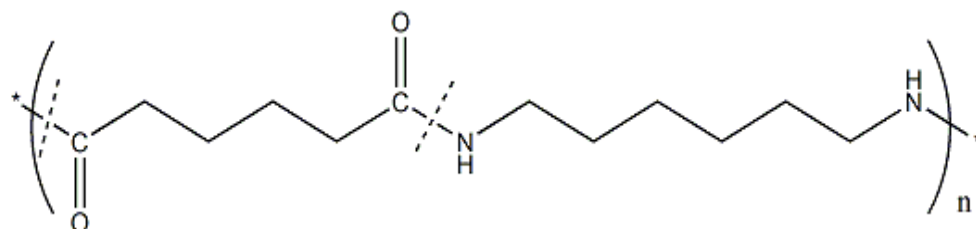
可推論與尼龍作用掉的乙醇鈉莫耳數為：

$$(8.9 \times 10^{-3} \text{ mole}) / (4.4 \times 10^{-3} \text{ mole}) = 2.0$$

※如此可推測尼龍 66 單體單元與 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa mole 比 1:2(即為每個單體有兩處

下圖中的虛線處)被乙醇鈉切斷，換句話說，尼龍 66 的每一個醯胺鍵完全

被乙醇鈉打斷，如下圖之虛線處每個鍵都被打斷)



5. 一聚酯與乙醇鈉(溶解)。

我們推測由酯化反應式中入強鹼的乙醇鈉與有機酸反應，而使酯水解反應而分解

酯化反應式中入強鹼的乙醇鈉與有機酸反應，因為勒沙特列原理(平衡移動)如

(圖 21)中反應向右進行而使酯水解反應而分解。

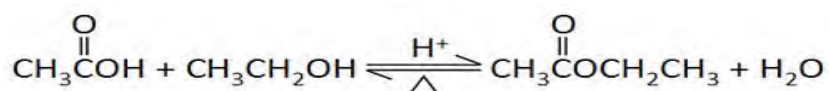


圖 21

## 二. 比較不同種類黏著劑加入尼龍衣料成膜效果

1. 因為由文獻<sup>[1]</sup>的得知:凡是水溶性或親水性的高分子，如帶有:—OH、—CONH 等官能基分子，經由化學交聯或物理交聯都可以形成水膠。所以在實驗八我們想利用松香(由多種樹脂酸組成)<sup>[7]</sup>。樹脂酸分子具有兩個化學反應中心；即雙鍵和羧基(—COOH)，原先想利用其結構特性與尼龍反應；但是由結果為迅速成塊狀而無法成膜。接著改試驗加入白膠當黏著劑，實驗結果為可以成膜；但是隔天所成的膜表面有液體滲出。以石蕊檢測膜表面的液體為鹼性；再以 pH 計測試得到 pH=13.4。改用透明膠水為黏著劑再試試。結果尼龍溶於乙醇鈉溶液中與透明膠水(聚乙烯醇)成膜效果最佳。

2. 我們開始思索～黏著劑白膠、透明膠水差異性。透明膠水(聚乙烯醇)是由白膠(醋酸乙烯酯)水解而成。工業上用酯的水解製備那些不能直接由相應單體合成的聚合物，如聚乙酸乙烯酯水解製聚乙烯醇。聚乙烯醇<sup>[8]</sup>含有許多羥基(—OH)具有極性，且可與水形成氫鍵，彼此互相吸引糾纏產生黏性。聚乙烯醇常用作纖維加工劑、膠黏劑等；又因毒性不大，可用於食品包裝、化妝品、抑菌劑，以及外用醫藥基材等。我們由實驗結果~~推論尼龍與乙醇鈉形成羧酸鹽類與加入透明膠水(聚乙烯醇)時引起凝膠化產生交聯作用而成膜<sup>[1]</sup>。

例如:在實驗十二的韌性實驗中，發現膜的韌性彎曲高度平均有 3.2 公分，而推論尼龍與乙醇鈉及透明膠水(聚乙烯醇)交聯作用的產生對成膜的韌性有加乘效果。

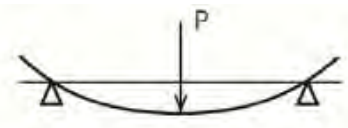


圖 22: 實驗十的韌性彎曲特性測試原理圖

此實驗反應機制可能就像使聚合物間產生物理或化學交聯。物理交聯藉由氫鍵、靜電作用、離子交互作用、鏈的纏繞等形成；如透明膠水(聚乙烯醇)加入尼龍與乙醇鈉溶液中產生的交聯作用。

### 三. 比較加入**稻殼粉**製成衣料複合膜

1. 推測因為稻殼為了保護稻米而材質堅硬，並用有蠟成分的外皮覆蓋住整個稻米來防水<sup>[12]</sup>。稻殼成分中其中纖維素為有機聚合物，化學通式( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>。纖維素不溶於水和乙醇等有機溶劑。我們利用其特性加入衣料的乙醇鈉溶液中製成複合膜**增強膜的韌性**。

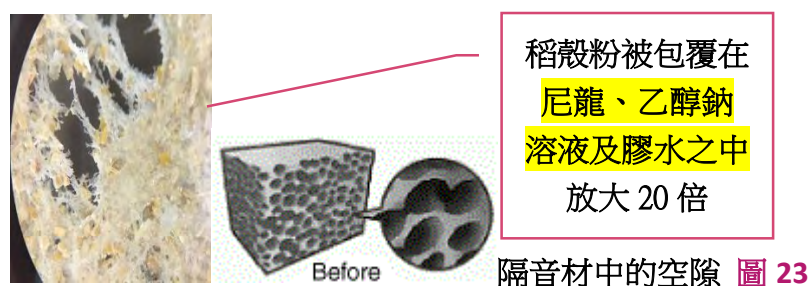
2. 聚醯胺(尼龍)由於分子間的氫鍵對其物理性質有重大影響，使其有耐用性和

強度。例如:尼龍 66 纖維堅韌，具有彈性和光澤，以及較高的拉伸強度。在本實驗

中我們先利用尼龍、乙醇鈉溶液與稻殼粉混和**再加入膠水與前溶液產生交聯**

**時藉由不停攪拌將稻殼粉包覆其中**。見(圖 23)自製回收衣料稻殼複合膜的顯微鏡

圖，可看到稻殼粉被包覆在尼龍、乙醇鈉溶液及膠水之中。



由**膜隔音實驗測試**的結果:推測**稻殼粉**的另一角色也有類似隔音材中的**空隙**

~~~~**具有吸收能量效果!**

3. 隔熱實驗探討中；我們由結果發現衣料複合膜有隔熱效果。推測尼龍衣料與

膠水交聯時產生的空隙有類似發泡塑膠的聚合物(聚苯乙烯)其發泡空隙有效阻隔熱源特性。

(1.)**尼龍+稻殼+膠水**(自製複合膜)的隔熱效果:暖暖包初始溫度 45.14°C→

降為 30.9°C。(25 分鐘後)隔熱效果降溫 **14.24°C**。

(2.)**純尼龍**隔熱效果 45.14°C→降為 35.9°C，(25 分鐘後)隔熱效果降溫 **9.24°C**

較自製稻殼複合膜**隔熱效果差**。

## 柒、結論

經由實驗發現

(一) 比較布料分解研究:

- 1.可由實驗一結果清楚分辨出天然纖維(純棉)一焦黑狀態；燃燒氣味為類似稻草氣味。合成纖維(聚酯、尼龍)--燃燒情形像是塑膠融化收縮；燃燒氣味有汽油味且冒黑煙。五種衣料在酸或鹼的水解反應不明顯;但是當溶劑由水溶液改為乙醇時(實驗四)--鹼性試劑醇解法 :結果尼龍與 NaOH 的乙醇溶液分解效果最好(濃稠液體狀)。聚酯衣料溶解較尼龍效果差。
- 2.實驗五--探討五種 0.5 公克衣料與 NaOH 的乙醇溶液(乙醇鈉)反應時間。尼龍分解時間最短(平均:4 分 25 秒)。聚酯衣料分解(平均:7 分 45 秒)。

(二) 利用尼龍加入化學試劑分解，找出尼龍與試劑比例:

1.實驗六一1 公克尼龍與平均 1.12 公克 NaOH 的 20 毫升(mL)乙醇溶液  
(乙醇鈉)分解效果好~~~最佳比例

2.實驗七一1 公克尼龍衣料與氫氧化鈉及乙醇最佳分解溫度~~~85°C

3.實驗八一尼龍 66 之單體單元與乙醇鈉之反應莫耳數恰為 1:2，可見尼龍 66  
中所有醯胺鍵完全被乙醇鈉打斷。

(三) 比較不同種類黏著劑加入尼龍衣料成膜的性質討論:

- 1.松香先以酒精加熱成液態後，再加入以分解的尼龍溶液中攪拌，結果為~  
快速成塊狀固體物。

2.白膠可成膜；但是隔天膜的表面有液體滲出。以石蕊檢測膜表面的液體為鹼性；再以 pH 計測試得到 pH =13.4。

3.透明膠水成的膜韌性最好；用力撕膜見(圖 28)。

其韌性實驗數據下壓彎曲平均 3.2 公分。



圖 24 用力撕複合膜

尼龍與透明膠水(PVA)的交聯作用是使線型或輕度

支鏈型的大分子轉變成三維網狀結構，此作用能夠使

高分子聚合物變得有彈性、或變硬，也可使原本被破壞的鍵，利用特殊官能基重新鏈接。

右圖 25：文獻<sup>[14]</sup>中尼龍與透明膠水(PVA)的交聯圖

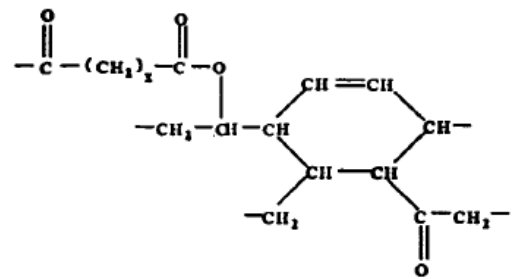


圖 25

(四) 加入廢棄稻殼粉對複合膜**硬度,韌性** 性質影響，做出時尚綠材料稻殼複合膜最佳比例…加入原因及克數對**成膜**

1. 先加入**稻殼粉**於已分解的**尼龍布乙醇溶液**中；再**接著**加入**透明膠水**。

**若是**只加入稻殼粉無法成有韌性的膜；而加入過多的稻殼粉會無法成膜而凝結成塊狀。

2.實驗十二：**1 公克尼龍**與**1 公克 NaOH**的**20 毫升(ml)乙醇**溶液(乙醇鈉)；

加入**1.5 公克稻殼粉**及**3.5 公克透明膠水**所成的膜**韌性**最佳~~下壓彎曲平均 3.2 公分。

(五) 自製衣料稻殼複合膜實際應用於塑膠盒的隔音;隔熱結果討論

1. 實驗十三 **隔熱結果**:一般隔熱紙是以「反射」和「吸收」太陽熱能原理來隔絕熱能達到隔熱效果，由文獻得知稻殼具有隔熱性質。

由實驗結果**尼龍+稻殼+膠水**(自製複合膜)的隔熱效果:暖暖包初始溫度 45.14°C→降為 30.9°C。(25 分鐘後)隔熱效果降溫 **14.24°C**。

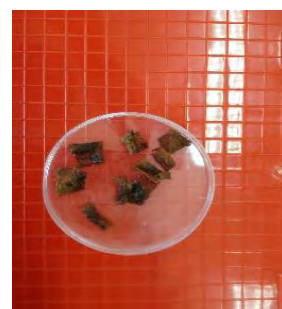
純尼龍隔熱效果 45.14°C→降為 35.9°C，(25 分鐘後)隔熱效果降溫 9.24°C 較自製稻殼複合膜隔熱效果差。

2.實驗十四: 隔音結果:自製回收衣料稻殼複合膜【尼龍+稻殼+膠水(膜 5)】

的隔音效果為平均降低 6.67 分貝。當具有一定能量的聲音入射到衣料稻殼複合膜上時，在聲波的作用下，因為部份聲音在自製回收衣料稻殼複合膜中的孔隙中磨擦而能量降低及曲折的聲波，產生 6 到 7 分貝減音效果。

表 16

|               | 原音分貝 | 測量分貝 | 降低分貝 |
|---------------|------|------|------|
| 尼龍+白膠(膜 1)    | 90   | 88   | 2    |
| 尼龍+膠水(膜 2)    | 93   | 92   | 1    |
| 稻殼+膠水(膜 3)    | 92   | 91   | 1    |
| 尼龍+稻殼+白膠(膜 4) | 93   | 88   | 5    |
| 尼龍+稻殼+膠水(膜 5) | 94   | 88   | 7    |



3. 我們試著想將製造出的自製回收衣料稻殼複合膜，做

分解探討~~將自製回收衣料稻殼複合膜放置於乙醇鈉溶液

實驗(圖 26)結果: 原重 5.27g 泡乙醇鈉溶液 四周後 剩餘 1.52g。 圖 26

4. 最後比較~~市售稻殼板隔音材: 1 坪 = 3.3m<sup>2</sup> 售價=6580 元(不含施工工資)<sup>[15]</sup>

本實驗的自製回收衣料稻殼複合膜: 1cm<sup>2</sup> 所需費用:0.07 元(包含 NaOH、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH、加熱所需電費)

換算 1 坪自製回收衣料稻殼複合膜 = 3.3m<sup>2</sup> 所需費用:2310 元

### 未來展望

希望此報告的回收衣料稻殼複合膜【尼龍+稻殼+膠水】此配方能製成更多

複合材料；例如~~冰箱的隔熱板材料 或是 水泥板中間的隔音夾層。

期許能更有效利用回收舊衣料與廢棄的稻殼製成綠材料為地球追求永續發展!

## 捌、參考資料

- 1.<http://trashion.ygwuphoto.com/>。
- 2.<http://www.tnet.org.tw/Article/Detail/20853>。
- 3.<https://www.ttri.org.tw/TTRI> 紡織綜合所。
- 4.何有城(2007)。工程技術類篇名：低調的幸福－平民綠建築作者。
- 5.方崇名(2017)。衣服 BBQ。第 57 屆全國中小學科展作品。
- 6.陳俞蓁(2008)。化學類篇名：耐綸-66 的性質與應用之研究。
- 7.<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/松香>。維基百科)。
- 8.<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/聚乙醇醇>。維基百科)。
- 9.<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/尼龍>。維基百科)。
- 10.<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/乙醇鈉>。維基百科)。
- 11.神奇的水膠－科技大觀園。<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sgY1.htm>。
- 12.<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/稻殼>。
- 13.蔡鈺貴(2015)。非土質栽培介質產品開發與應用。崑山科技大學材料工程系學生專題研究報告。
- 14.Modern Polymer Flame Retardancy。作者：Sergei M. Lomakin，Gennadiĭ Efremovich Zaikov(2003)。
15. <https://www.dongcheng2008.com/>東誠室內設計

## 【評語】 030207

本研究利用酯類的水解反應，來分解聚酯，並用以製成具有隔熱與隔音效果的材料，立意頗好。自製尼龍稻穀複合膜合乎環保訴求，是一個可行的回收尼龍衣物的方法。系統性找到實驗條件的作法頗合科學研究之精神。但在研究的設計上，隔熱降溫實驗所降之溫度需考量暖暖包自然降溫之因素，利用強鹼、強酸或燃燒法去分解，對環境不友善，所謂的乙醇鈉溶液其實是氫氧化鈉乙醇溶液，值得更加深入的思考，實驗數據上建議可以多測量幾次，建立統計上的意義，也增加數據的可信賴度。但研究的動機和目的值得鼓勵。





# 五、研究過程

## 【實驗一】利用燃燒法分解各種衣料

| 纖維名稱  | 純棉                                                                                | 聚酯                                                                                | 尼龍                                                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 燃燒的圖片 |  |  |  |
| 圖一    | 像燒紙張的味道                                                                           |                                                                                   | 像燒塑膠的味道                                                                           |

## 【實驗二】利用加入強酸溶液分解各種衣料

結果發現聚酯纖維與硫酸反應情形像是透明化

；棉布與硫酸反應情形是呈現焦黑脫水狀態。其餘布料與硝酸、硫酸、鹽酸無明顯變化。

## 【實驗三】利用加入鹼性水溶液分解各種衣料

分解布料討論~未有分解情形

## 【實驗四】改變溶劑為醇類並加入強鹼分解1g衣料

| 鹼(1公克) | 表一        |           |            |
|--------|-----------|-----------|------------|
|        | NaOH 甲醇溶液 | NaOH 乙醇溶液 | NaOH 丙三醇溶液 |
| 尼龍     | 完全分解      | 完全分解      | 完全分解       |
| 聚酯     | 完全分解      | 完全分解      | 完全分解       |
| 時間     | 11分25秒    | 10分58秒    | 22分33秒     |

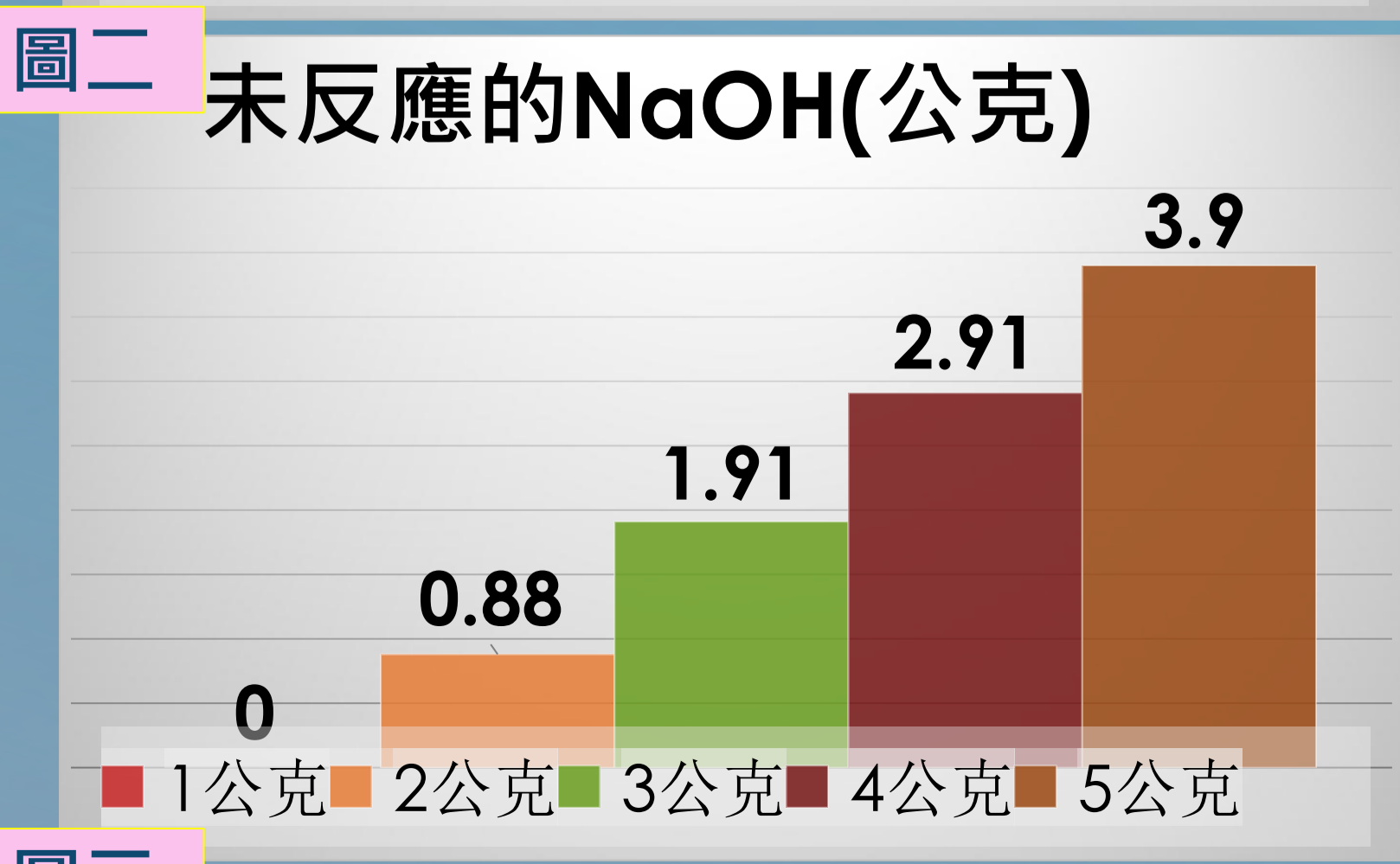
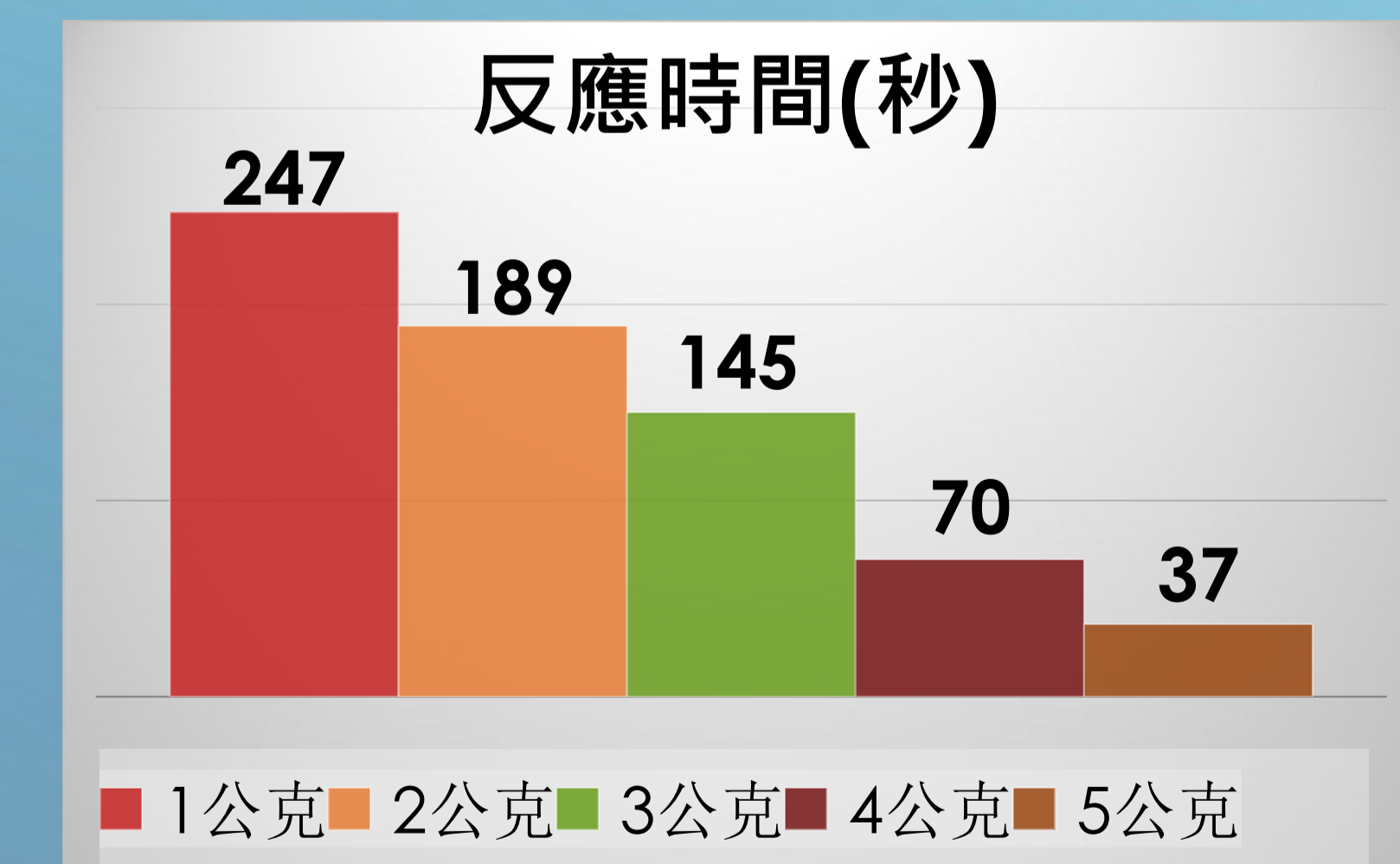


## 【實驗五】探討0.5公克衣料與氫氧化鈉反應時間

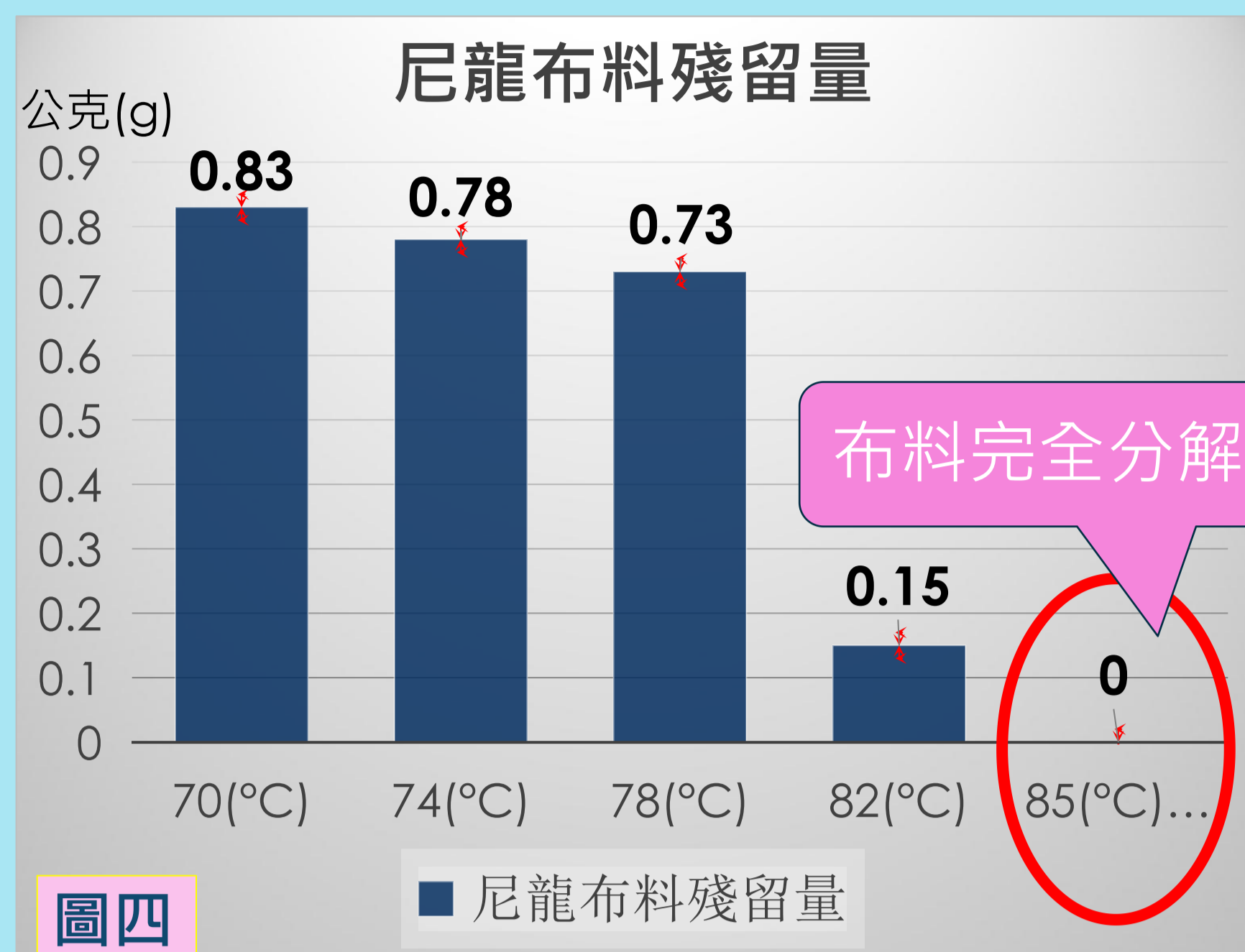
| 布  | 分解時間 (mins)                                                                         | 表二   |      |      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
|    |                                                                                     | 1    | 2    | 3    |
| 聚酯 |  | 7:40 | 7:46 | 7:50 |
| 尼龍 |  | 4:26 | 4:21 | 4:28 |

尼龍溶解成牛奶狀~時間最短(平均4:25)  
聚酯衣料溶解(平均7:45)

## 【實驗六】探討1公克尼龍衣料與反應所需的氫氧化鈉比例質量



## 【實驗七】1公克尼龍衣料與氫氧化鈉及乙醇得知分解溫度





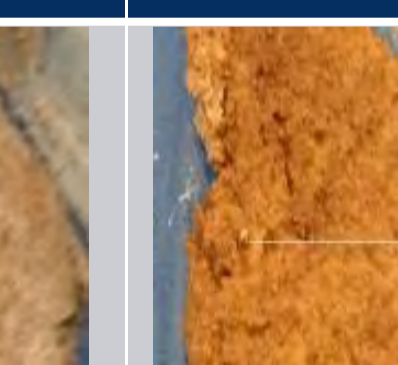
## 【實驗八】利用滴定實驗探討尼龍與乙醇鈉的分解情形

| 滴定溶液<br>1M醋酸<br>單位: mL | (尼龍+乙醇鈉溶液) |      |      | (乙醇鈉溶液) |      |      |
|------------------------|------------|------|------|---------|------|------|
|                        | A溶液        |      |      | B溶液     |      |      |
|                        | 實驗 1       | 實驗 2 | 實驗 3 | 實驗 1    | 實驗 2 | 實驗 3 |
| 起始體積                   | 7.0        | 14.0 | 3.2  | 10.2    | 14.2 | 5.8  |
| 最後體積                   | 31.2       | 38.0 | 27.3 | 25.4    | 29.5 | 21.0 |
| 滴定體積                   | 24.2       | 24.0 | 24.1 | 15.2    | 15.3 | 15.2 |
| 平均體積                   | 24.1 mL    |      |      | 15.2 mL |      |      |

## 【實驗九】利用加入不同黏著劑成膜


| 黏著劑 | 透明膠水      | 白膠                    | 松香                |
|-----|-----------|-----------------------|-------------------|
| 結果  | 成膜效果<br>好 | 成膜<br>隔天<br>表面<br>有液體 | 結塊狀<br>(無法成<br>膜) |

## 【實驗十】加入稻殼磨成粉末於已分解的尼龍布乙醇溶液中

| 稻殼質量 | 1.5公克                                                                               | 2.5公克                                                                                | 3.5公克                                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 圖片   |  |  |  |
| 說明   | 可成膜                                                                                 | 無法成膜                                                                                 | 無法成膜                                                                                  |


## 【實驗十一】比較各種的複合膜的成膜效果

{尼龍+稻殼+白膠(放大40倍)}





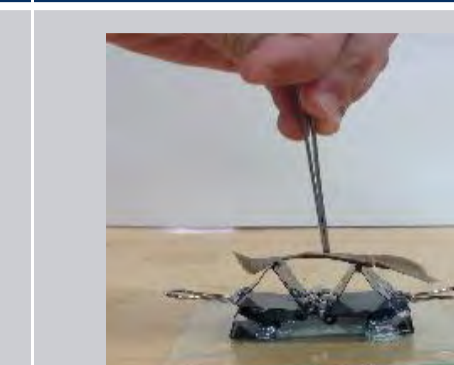
尼龍1g+稻殼1.5g+白膠4g  
A:未交聯完整產生孔洞  
B:較無孔洞

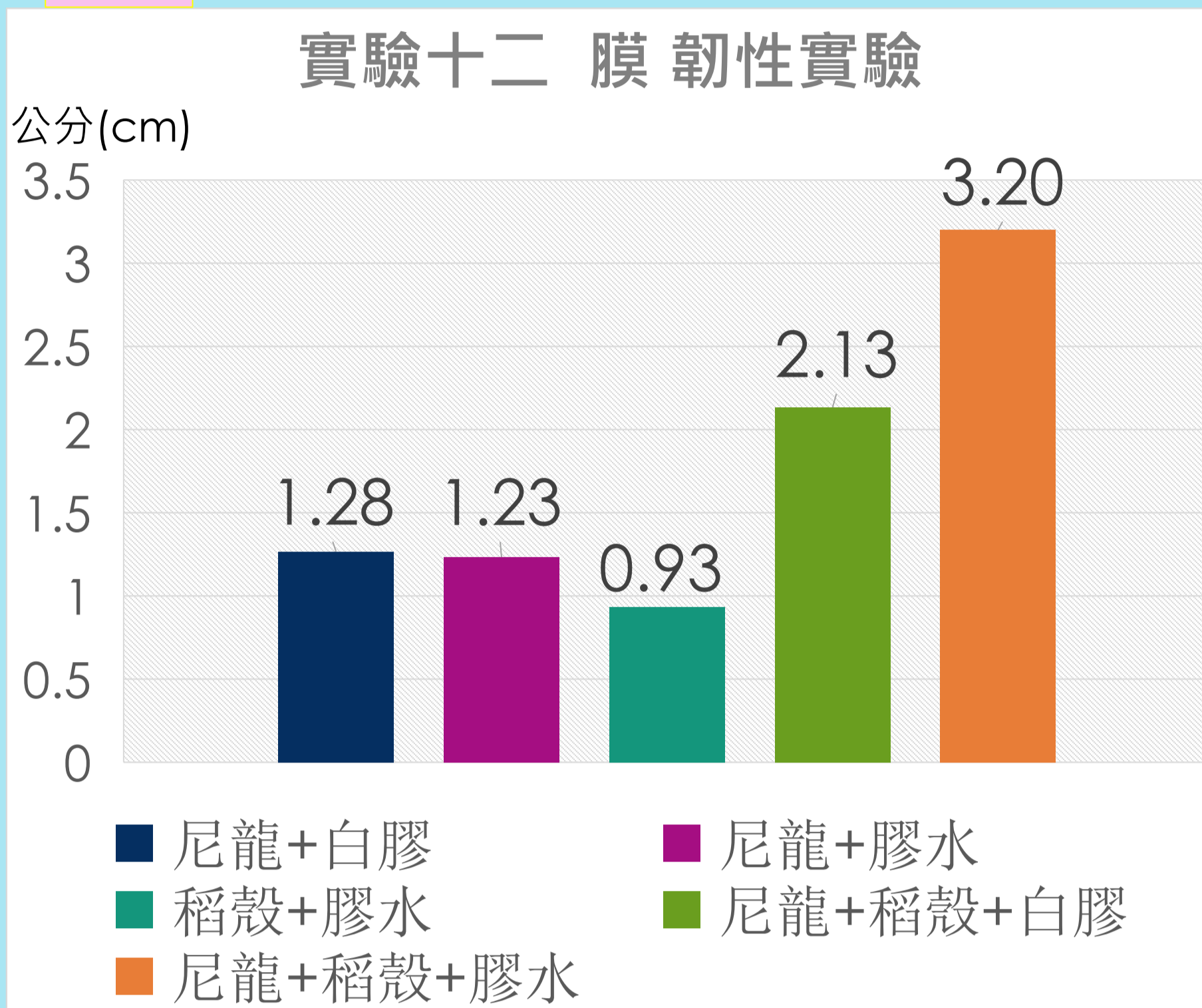
{尼龍+稻殼+膠水(放大40倍)}



尼龍1g+稻殼1.5g+膠水3.0g  
A:稻殼粉。此比例所成的膜:有孔洞膜較不平整  
B:成膜平整。

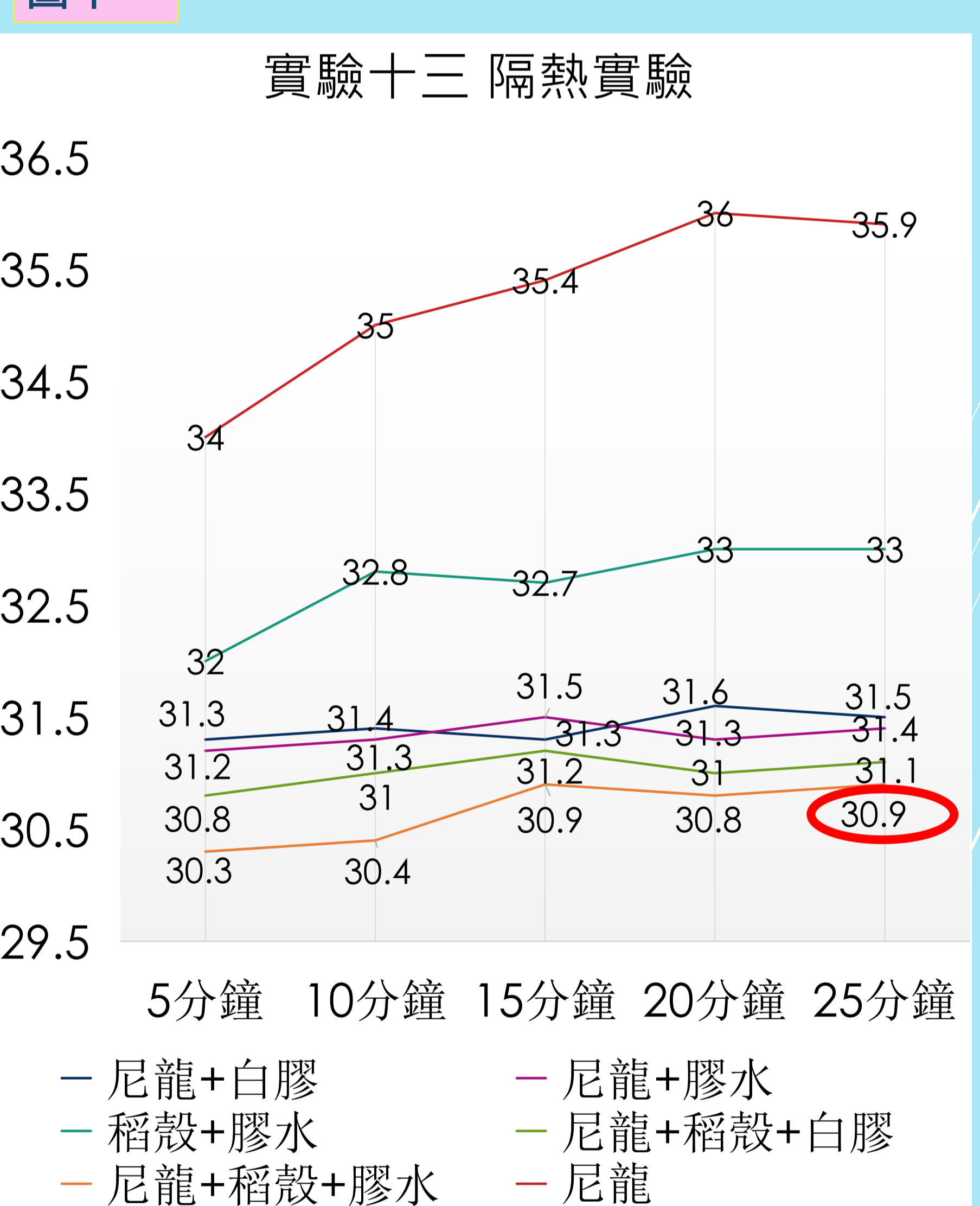
## 【實驗十二】比較測試不同成分複合膜的性質(韌性)

| 玻璃片上貼上兩個燕尾夾(當底座)                                                                    | 底坐上在對貼兩個大的燕尾夾(間距:3cm)                                                               | 放上膜,在中心處以鑷子壓下,測量高度                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

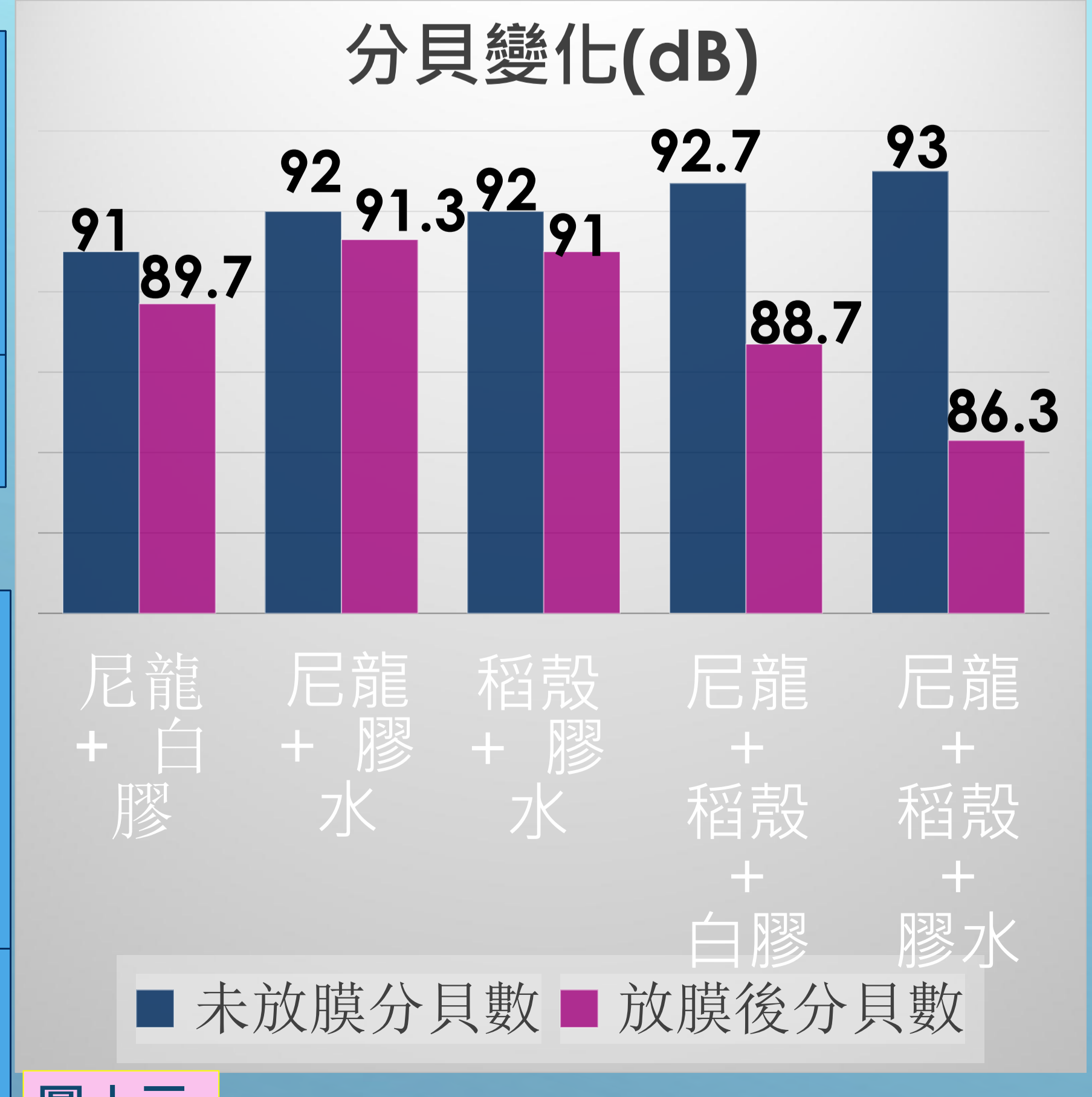


## 【實驗十三】測試自製回收衣料稻殼複合膜的性質(隔熱)

| 保鮮盒上打洞                                                                                | 複合膜置於打洞的盒上                                                                            | 暖暖包放置於盒中                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |



## 【實驗十四】測試自製回收衣料稻殼複合膜的性質(隔音)



# 六、討論與結論

## 一、探討回收布料種類，比較布料分解情形

1. 尼龍66(聚醯胺纖維)是由己二酸和己二胺聚合而成，其名源自於己二胺和己二酸的六個碳原子。尼龍耐腐蝕(化學抵抗性佳)<sup>[9]</sup>。由實驗四分解現象，我們推測：

(1):由於乙基(-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)是推電子基，所以乙醇的酸性比水弱。因為愈弱的酸，其共軛鹼愈強，所以乙醇鈉的鹼性比氫氧化鈉強。如此解釋為什麼氫氧化鈉水溶液無法溶解尼龍，而乙醇鈉卻可以。

(2)由實驗八利用滴定實驗探討尼龍與乙醇鈉的分解情形，我們由實驗數據結果可以看出：

>>1公克的尼龍66含單體(CO(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CONH(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>)NH分子量:226)之莫耳數:1/226=4.4 x10<sup>-3</sup> mole

加1克尼龍的乙醇鈉溶液(A溶液)和未加尼龍之乙醇鈉(B溶液)滴定時所消耗1M醋酸水溶液滴定時所消耗1M醋酸水溶液體積分別為15.2mL和24.1mL

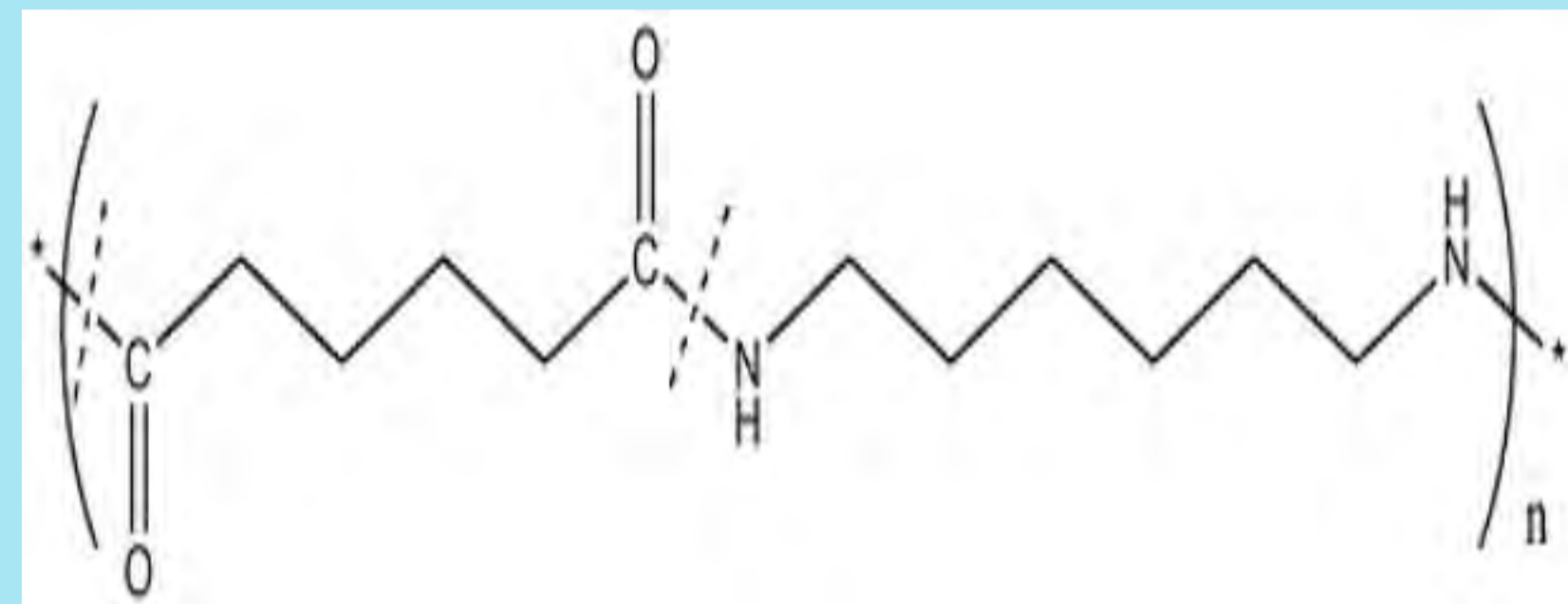
>>滴定以上兩者相差之醋酸莫耳數:1x(24.1-15.2)x10<sup>-3</sup>=8.9 x10<sup>-3</sup> mole

>>此亦為C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa與尼龍反應消耗的mole數因為

醋酸和乙醇鈉分別為一元酸及一元鹼，雙方反應之莫耳數相等

>>可推論與尼龍作用掉的乙醇鈉莫耳數為：(8.9 x10<sup>-3</sup> mole) / (4.4 x10<sup>-3</sup> mole) = 2.0

※如此可推測尼龍66單體單元與C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa mole比 1:2(即為每個單體有兩處被乙醇鈉切斷，如(圖十四)之虛線處)



圖十四

## 二、比較不同種類黏著劑加入尼龍衣料成膜效果

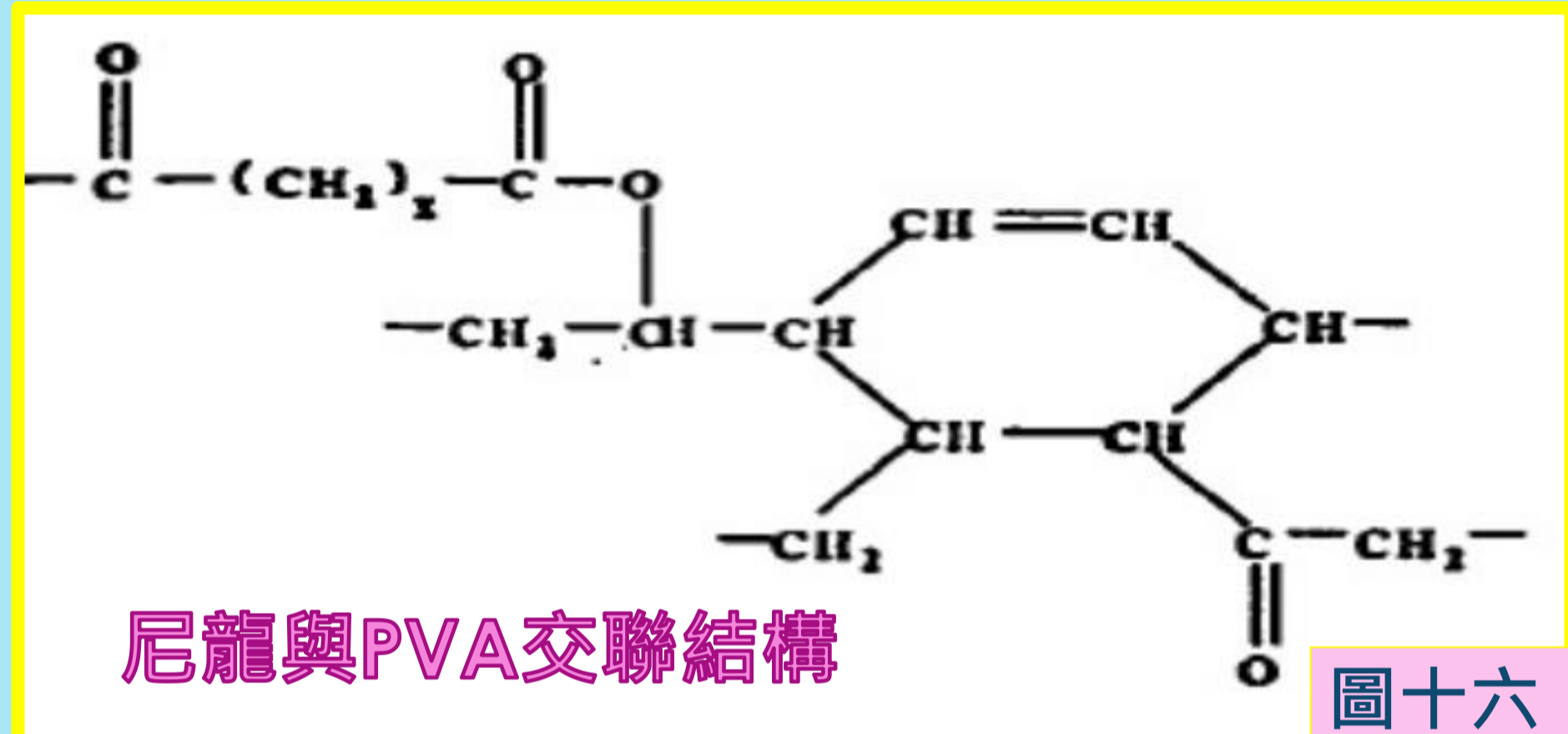
1.我們利用松香(多種樹脂酸組成)。樹脂酸含雙鍵和羧基(-COOH)，原先想利用其結構特性與尼龍反應但是迅速成塊狀。白膠當黏著劑，可成膜但膜表面有液體滲出。



圖十五

改用透明膠水成膜效果最佳。(用手撕拉膜韌性)(圖十五)

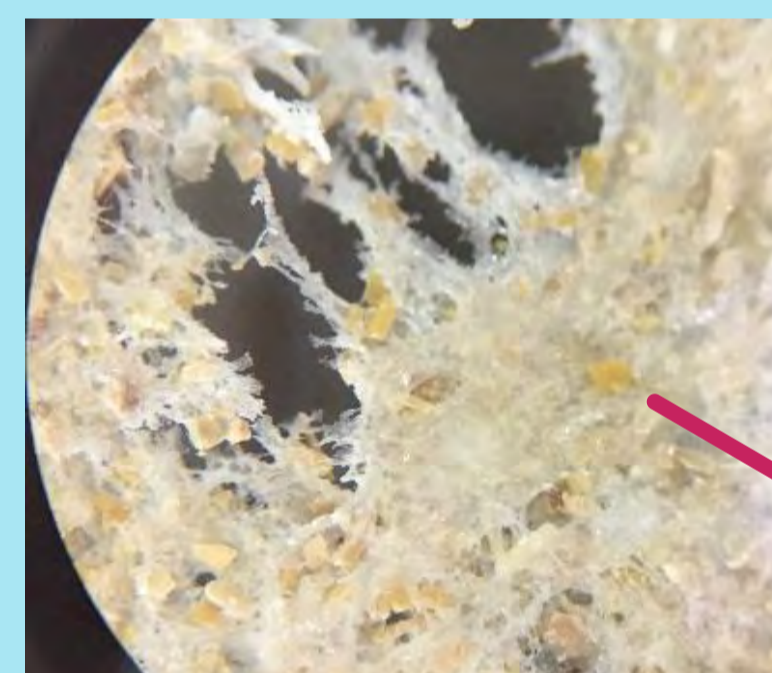
2.我們由實驗結果~~~推論尼龍在乙醇鈉溶液中與加入的透明膠水(聚乙烯醇)時引起凝膠化產生交聯作用而成膜<sup>[14]</sup>。推測尼龍與乙醇鈉及透明膠水(聚乙烯醇PVA)交聯作用(圖十六)



圖十六

## 三、自製回收衣料稻殼複合膜性

1.實驗十二發現膜的韌性彎曲高度平均有3.2公分;推測因為稻殼為了保護稻米而材質堅硬，其蠟成分的外皮防水<sup>[12]</sup>，我們利用其特性加入衣料的乙醇鈉溶液中製成複合膜增強膜的韌性。



自製回收衣料稻殼複合膜利用解剖顯微鏡放大20倍

稻殼粉被包圍在尼龍、PVA交聯中

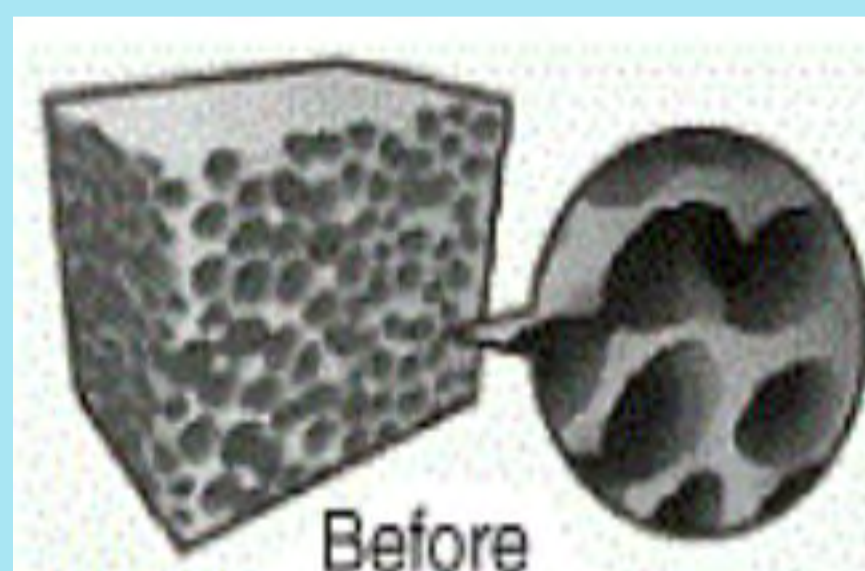
圖十七

2.尼龍的乙醇鈉溶液與膠水產生交聯前加入稻殼粉，藉由不停攪拌將稻殼粉包圍其中。見(圖十七)

3.由膜的隔音測試的結果：

推測稻殼粉的另一角色(圖十八)

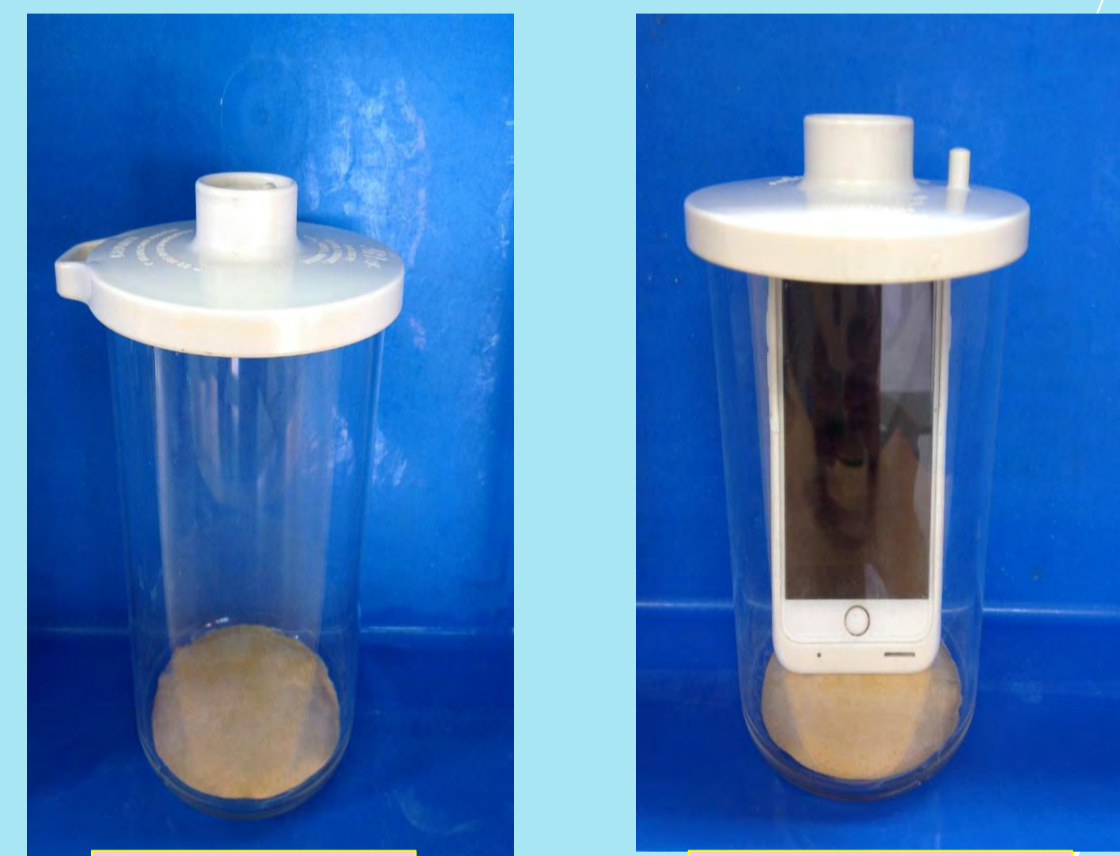
也有類似隔音材中的空隙~~具有吸收能量效果!



圖十八

4.隔熱實驗中(圖二十、二十一)，發現衣料複合膜有隔熱效果，測尼龍衣料與膠水交聯時產生空隙有類似發泡塑膠的聚合物空隙有效阻隔熱源特性具有隔熱效果。

隔音實驗圖



圖二十

圖二十一

膜的平均厚度: 0.27~0.3公分。



圖十九

(1)自製複合膜的隔熱效果，初始溫度45.14°C→降為30.9°C

(2)純尼龍隔熱效果(25分鐘後)隔熱效果降溫9.24°C較自製稻殼複合膜隔熱效果差。

5.我們將製造出的自製回收衣料稻殼複合膜，做分解探討~~將自製回收衣料稻殼複膜 放置於乙醇鈉溶液中的實驗結果：

原重5.27g 泡乙醇鈉溶液 四週後 剩餘1.52g，見(圖二十三)



圖二十三

## 複合膜隔熱性質概念



圖二十二

## 價格比較:

比較~~市售稻殼板隔音材:

1坪 = 3.3m<sup>2</sup> 售價=6580元(不含施工工資)

自製回收衣料稻殼複合膜:

1cm<sup>2</sup> 所需費用:0.07元

1坪=3.3m<sup>2</sup>所需費用:2310元

## 七、參考資料

1. [https://zh.wikipedia.org/zh-tw/\(乙醇鈉。維基百科\)。](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/(乙醇鈉。維基百科)。)
2. [https://zh.wikipedia.org/zh-tw/\(聚乙烯醇。維基百科\)。](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/(聚乙烯醇。維基百科)。)
3. Modern Polymer Flame Retardancy。Sergei M. Lomakin，Gennadii Efremovich Zaikov(2003)。
4. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/稻殼。>