

# 屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學(二)

組 別：國中組

作品名稱：矽藻土杯墊之改質及可商品化之可行性研究

關 鍵 詞： 矽藻土、活性碳、滑石粉（最多三個）

編號： B7029

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號：自報名系統報名完取得作品編號後，先填寫回作品封面上，再存成 docx 及 pdf 檔後再上傳。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。



砵藻土杯墊  
之改質及  
商品化之  
可行性研究

## 摘要

本研究探討不同的製程及不同材料製作矽藻土杯墊，結果以先加入 1 倍水量至模型紙碗中再分次攪拌矽藻土及石膏混合粉末之製程能有效增進矽藻土杯墊的品質，搭配材料的改變從 TST 石膏粉變成 SSS 石膏粉後，矽藻土杯墊的品質更大幅提升。

並以 5 項指標分數，(1)成品  $1/\mu s$  光滑度(2)成品密度(3)成品吸水率(4)成品吸水速率(5)成品掉粉程度，對各項製程及材料做評比，得到一最佳化製程，並以隨機方式和市售杯墊做比較。最佳化製程總指標分數 32>市售杯墊的總指標分數 26，說明已達可商品化之水準。

## 壹、研究動機

在七年級下學期的生物課本 3-3「原核生物與原生生物」上到矽藻是單細胞藻類，它的細胞壁所形成的沉積岩再加工可以製成矽藻土，並且提到說矽藻土可以製作成吸溼地墊或杯墊，能夠快速吸收水分，是能夠很生活化的物質。但是我們將水滴在自己桌上的吸水杯墊時，發現它並沒有如老師所說的快速吸水。

老師說其實我們可以自製吸水杯墊，材料也不會很難買到，於是我們就想自己製作吸水杯墊，來和桌上的市售吸水杯墊做比較。做法是利用網路上搜尋相關資訊及詢問老師的建議做為參考，並且做進一步的研究、改質，最後看看我們自製的杯墊有沒有可能達到可商品化的程度。

## 貳、研究目的

第一階段：測試階段。初步測試自製矽藻土杯墊的效果。

實驗一、探討不同水量對矽藻土杯墊的影響。

實驗二、探討不同比例杯墊的性質差異，並測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗三、測試市售杯墊的光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗四、對自製的成品杯墊表面做塗膠或噴膠處理，觀察處理後的性質與效果，及測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

第二階段：改質階段。以不同製程及材料製作矽藻土杯墊。

實驗五、改變添加順序製作吸水杯墊，並測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。



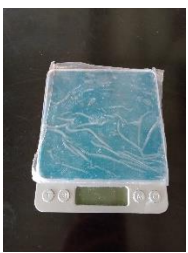








實驗六、製作過程中以重物施壓，並測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗七、利用不同種類的石膏粉製作杯墊，觀察成品性質與效果，並測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗八、加入滑石粉並改變比例，觀察成品性質與效果，及測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗九、加入活性炭並改變比例，觀察成品性質與效果，及測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

### 參、研究設備及器材

一、實驗設備與器材				
電子秤	彈簧秤	紙碗	砂紙 220 目	
				
玻璃棒、燒杯 100ml、量筒 25ml、白膠、膠水、黏土、報紙、小罐飲料 260g、固定噴蠟液、亮光蠟、離型劑				
二、實驗藥品				
矽藻土	石膏 (TST)	石膏(SSS)	活性炭粉	滑石粉
				

### 肆、研究過程或方法

#### 一、文獻探討

##### (一)矽藻土

1.是一種生物化學沉積岩；由矽藻的細胞壁沉積而成；呈黃色或淺灰色，質地軟而輕，

可輕易的磨成粉末；密度低、多孔隙、有粗糙感，有極強的吸水性。烘箱乾燥的矽藻土典型的化學組成為 80~90%的二氧化矽、2~4%的氧化鋁（歸因大多以黏土礦物）0.5~2%鐵氧化物。密度 0.34-0.65 (g/cm<sup>3</sup>)。

2.在應用方面，牆壁塗上矽藻土，可以幫助濕度控制、隔溫、隔音以提高居住品質。更常見者，會應用在腳踏墊、吸水杯墊。

## (二)石膏

1.是一種礦物，主要化學成分是硫酸鈣（CaSO<sub>4</sub>），主要是古代鹽湖或瀉湖的沉積物。

石膏廣泛用於工業材料、醫學材料和建築材料：其可用於水泥緩凝劑、石膏建築製品、模型製作、醫用食品添加劑、硫酸生產、紙張填料、油漆填料、骨折固定等，也能做為寫黑板用的粉筆

2.天然二水石膏（CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O）又稱為「生石膏」，經過煅燒、磨細可得 β 型半水石膏（CaSO<sub>4</sub>·1/2H<sub>2</sub>O），即「建築石膏」（又稱灰泥或熟石膏）。若煅燒溫度為 190°C 可得「模型石膏」，其細度和白度均比建築石膏高。若將生石膏在 400~500°C 或高於 800°C 下煅燒，即得「地板石膏」，其凝結、硬化較慢，但硬化後強度、耐磨性和耐水性均較普通建築石膏為好。密度約 2.3 (g/cm<sup>3</sup>)

## (三)活性碳

活性碳就是將木炭、果殼及煤等含碳量高之原料，經碳化(Carbonisation)後，將活性碳的表面大量裂解(增加表面積)及氧化活化以增強其吸附能力。

活性碳是一種多孔性的含碳物質，它具有高度發展的孔隙構造是一種極優良的吸附劑；而其吸附作用是藉由物理性與化學性吸附力達成。其主成分為碳，並摻有少量的氫、氧、氮、硫等化合而成，為黑色且表面複雜的多孔性物質，粒形可以從圓柱形粗顆粒到細粉末粒子，故有粒狀(圓柱顆粒狀及不規則顆粒狀)及粉末狀兩種型態；由於六環碳的不規則排列，造成了活性碳多微孔體積及高表面積的特性。

## (四)滑石粉

滑石粉是地球上最柔軟的礦物質之細緻粉末，最廣為人知的用途是製造爽身粉、止汗劑等。密度約  $0.55-0.7(g/cm^3)$ 。我們希利用其柔滑細緻的特性來作為矽藻土杯墊改質的粉末，希望能達到成品表面更細緻的效果。

## 二、研究架構



## 三、實驗步驟與方法

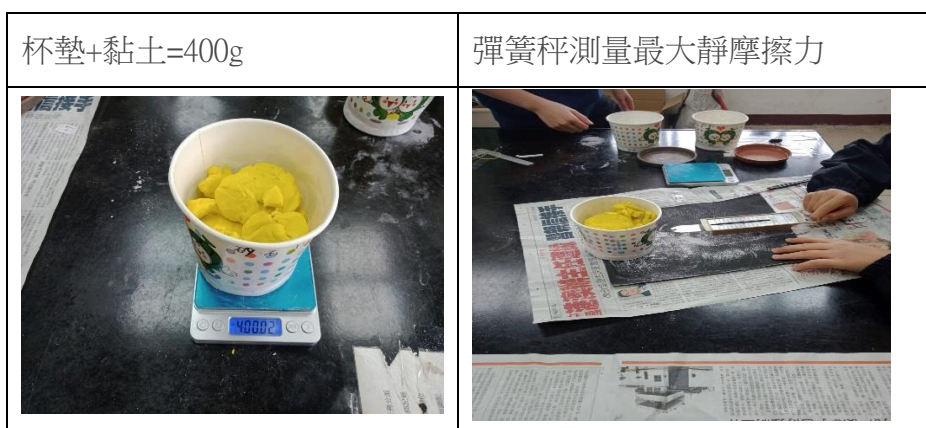
### 實驗方法

#### 1. 表面光滑度測試：

因為做出來的成品，用手觸摸時，感受或粗糙程度會有差異，所以我們想出一個方法來定量表面光滑度。我們想出測量杯墊和接觸面的最大靜摩擦力的數值來換算表面光滑度。

我們參考「科學-online 高瞻自然科學教學資源平台，最大靜摩擦力的公式為  $f_s(\max) = \mu_s \cdot N$ ，其中  $\mu_s$  是無單位的常數，稱為最大靜摩擦係數，它與接觸面間的材質與表面狀況有關， $N$  為垂直於接觸面的正向力。

其中  $f_s(\max)$  則是相等於拉動彈簧秤時的拉力，在本實驗中， $N$  則是杯墊及黏土的總重量，因為做出來的杯墊重量都不相同，所以我們用黏土的增減來調整  $N$ ，使其都固定為 400g，並且接觸面統一使用 220 目數的砂紙。則  $\mu_s$  所反應的就是各個杯墊的光滑度或粗糙程度。

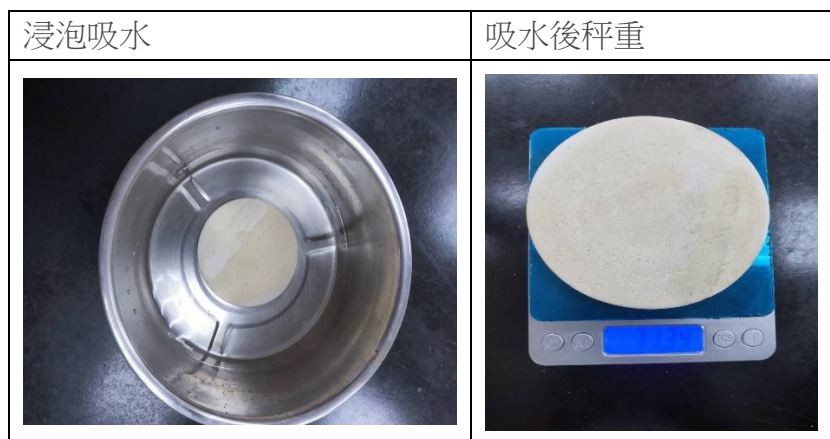


2. 吸水速率測試：

- (1) 先記錄每一成品的初始重量。
- (2) 將杯墊放入裝有水的容器中，使其完全浸入吸水。
- (3) 以 15 秒為間隔，秤重並記錄吸水後的重量。

在此我們定義吸水速率  $V = \Delta mg / \Delta t$

$\Delta mg$  = 吸水後重量 - 初始重量， $\Delta t$  = 浸泡時間



### 3.吸水率測試

- (1)先記錄每一成品的初始重量。
- (2)將杯墊放入裝有水的容器中，使其完全浸入吸水。
- (3)以 15 秒為間隔，秤重並記錄吸水後的重量。
- (4)記錄至飽和吸水量為止，即重量不再增加為止。

在此我們定義吸水率  $S = \Delta mg / \text{初始重量}$

$\Delta mg = \text{飽和吸水重量} - \text{初始重量}$

### 4.計算杯墊密度(D)，在此我們以密度反應出成品杯墊的緻密程度

- (1)先計算紙碗面積(A)，在此實驗中，我們先計算出面積為  $66.44\text{cm}^2$
- (2)測量杯墊厚度(d)
- (3) $A * d$  可得到杯墊體積 V
- (4)將杯墊重量/杯墊體積可得杯墊密度(D)

### 第一階段：測試階段

#### (一)實驗一：探討不同比例的水量對製作矽藻土杯墊的影響

##### 實驗步驟：

1. 調配矽藻土：石膏的比例為 4:6，在此我們秤取矽藻土粉 20g，石膏粉(TST 等級)秤取 30g，共 50g，將它們裝在紙碗中，先以量匙將它們初步拌勻。
- 2.量取不同比例的水量:矽藻土與石膏混合粉末。我們使其比例有 0.7:1、1:1、1.5:1、2:1 三種比例。即水量為 35ml、50ml、75ml、100ml。
- 3.將不同比例的水分別倒入裝有矽藻土與石膏之混合粉末的紙碗中，並以攪拌棒不斷攪拌至粉末完全分散而沒有結塊狀況為止。
- 4.經過一天自然風乾，使其初步硬化。
- 5.將 3 塊杯墊從紙碗中脫模拿出，在室內繼續自然風乾一天。如未完全乾燥者，再置放一天。並以氯化亞鈷試紙測試杯墊表面是否乾燥。
- 6.觀察 3 塊杯墊外觀是否掉粉，並進一步測試它們的表面光滑度、吸水速率、吸水率，並計算其密度，當做杯墊性質比較的指標。



(二)實驗二：探討以不同比例的矽藻土與石膏比例對製作矽藻土杯墊的影響，及測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗步驟

1. 調配矽藻土：石膏的比例為 4:6，即矽藻土粉取 15g，TST 石膏粉取 35g，共 50g，裝在紙碗中，先以量匙將它們初步拌勻。
2. 以量筒量取 50ml 的水，倒入步驟 1 的紙碗中，以攪拌棒攪拌均勻至沒有粉末結塊為止。
3. 改變矽藻土:TST 石膏比例分別為 3:7(15g:35g)，2:8(10g:40g)，1:9(5g:45g)，0:10(0g:50g)
4. 經過一天自然風乾，使其初步硬化。
5. 將五塊杯墊從紙碗中脫模拿出，在室內繼續自然風乾一天。如未完全乾燥者，再置放一天。並以氯化亞鈷試紙測試杯墊表面是否乾燥。若未完全乾燥者，放置至完全乾燥為止。
6. 觀察五塊杯墊外觀是否掉粉，並進一步測試它們的表面光滑度、吸水速率、吸水率，並計算其密度，當做杯墊性質比較的指標。

(三)實驗三 測試市售杯墊的光滑度、吸水率、吸水速率及密度

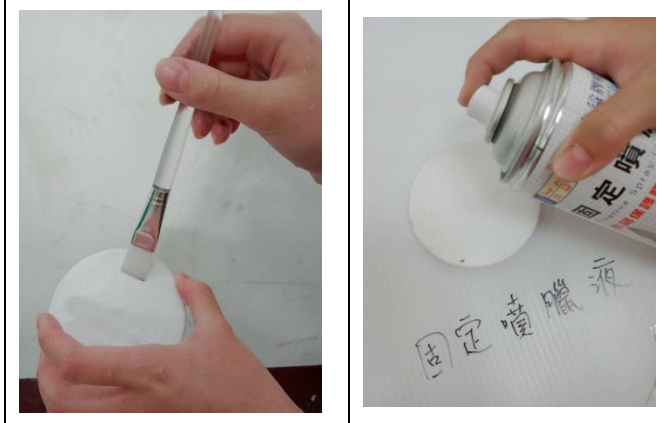
1. 從自己及同學手中，隨機抽取 2 款吸水杯墊，觀察外觀是否掉粉，並進一步測試它們的表面光滑度、吸水速率、吸水率，並計算其密度，當做杯墊性質比較的指標。

(四)實驗四：對自製的成品杯墊表面做塗膠或噴膠處理，觀察處理後的性質與效果，及測試光滑度、吸水率、吸水速率及密度。

實驗步驟

1. 將實驗二的五塊自製成品杯墊，做塗膠或噴膠處理。
2. 矽藻土:石膏=4:6，噴亮光蠟處理。  
矽藻土:石膏=3:7，塗膠水處理。  
矽藻土:石膏=2:8，塗白膠處理。  
矽藻土:石膏=1:9，噴固定噴蠟液處理。  
矽藻土:石膏=0:10，噴離型劑處理。
3. 將處理過的五塊杯墊先風乾 2 天至完全乾燥。進一步測試它們的表面光滑度、吸水速率、吸水率，並計算其密度，當做杯墊性質比較的指標。

對杯墊表面進一步做塗膠或噴漆處理



## 第二階段：以不同製程及材料製作矽藻土杯墊

(五)實驗五：先加水到紙碗再分次加入矽藻土與石膏的混合粉末

實驗步驟

- 1.以量筒量取 50ml 的水，倒入紙碗中。
- 2.調配矽藻土：石膏的比例為 4:6，即矽藻土粉取 15g，TST 石膏粉取 35g，共 50g，分次倒入步驟 1 的紙碗中，並不斷攪拌均勻至沒有粉末結塊為止。
- 3.改變矽藻土:TST 石膏比例分別為 3:7(15g:35g)，2:8(10g:40g)，1:9(5g:45g)，0:10(0g:50g)
- 4.重複實驗二的步驟 4~6。

控制變因	操縱變因	應變變因
1.水量 50ml	添加順序：先加水 50ml 至紙碗中，再分次倒入矽藻土與石膏的混合粉末	1.成品表面光滑度
2.石膏種類 TST		2.成品吸水速率
3.矽藻土種類：食品級		3.成品吸水率
4.矽藻土粉:石膏粉 4:6		4.成品密度

(六)實驗六：在杯墊尚未完全乾燥成型的階段做重壓處理

實驗步驟

- 1.以量筒量取 50ml 的水，倒入紙碗中。

- 2.調配矽藻土：石膏的比例為 4:6，即矽藻土粉取 15g，TST 石膏粉取 35g，共 50g，分次倒入步驟 1 的紙碗中，並不斷攪拌均勻至沒有粉末結塊為止。
- 3.在其尚未完全乾燥之前，在其上面壓一重物，在此我們隨機取一罐飲料，重量 260g，以增加成型階段的壓力。
- 4.改變矽藻土:TST 石膏比例分別為 3:7(15g:35g)，2:8(10g:40g)，1:9(5g:45g)，0:10(0g:50g)，並重複步驟 3
5. 經過一天的重壓處理，使其初步硬化。重複實驗二的步驟 4~6。

在未完全乾燥前，做一天的重壓處理，飲料重 260g



#### (七)實驗七：改變石膏等級從 TST 等級至較高等級的 SSS

##### 實驗步驟

- 1.以量筒量取 50ml 的水，倒入紙碗中。
- 2.調配矽藻土：石膏的比例為 4:6，即矽藻土粉取 15g，SSS 石膏粉取 35g，共 50g，分次倒入步驟 1 的紙碗中，並不斷攪拌均勻至沒有粉末結塊為止。
- 3.改變矽藻土:SSS 石膏比例分別為 3:7(15g:35g)，2:8(10g:40g)，1:9(5g:45g)，0:10(0g:50g)
- 4.重複實驗二的步驟 4~6。

#### (八)實驗八：改變石膏等級從 TST 等級至較高等級的 SSS，並改變不同比例的矽藻土及滑石粉

##### 實驗步驟

1. 以量筒量取 50ml 的水，倒入紙碗中。
- 2.調配滑石粉：矽藻土：SSS 石膏的比例為 4:0:6，即滑石粉取 20g，SSS 石膏粉取 30g，共 50g，分次倒入步驟 1 的紙碗中，並不斷攪拌均勻至沒有粉末結塊止。
- 3.改變滑石粉：矽藻土：SSS 石膏的比例為(1)3:1:6 即 15g:5g:30g (2)2:2:610g:10g:30g

(3)1:3:6 即 5g:15g:30g

4.經過一天自然風乾，使其初步硬化。

5.將 4 塊杯墊從紙碗中脫模拿出，在室內繼續自然風乾一天。如未完全乾燥者，再置放一天。並以氯化亞鈷試紙測試杯墊表面是否乾燥。若未完全乾燥者，放置至完全乾燥為止。

6.觀察 4 塊杯墊外觀是否掉粉，並進一步測試它們的**表面光滑度、吸水速率、吸水率**，並計算其**密度**，當做杯墊性質比較的指標。

(九)實驗九：改變石膏等級從 TST 等級至較高等級的 SSS，並改變不同比例的矽藻土及活性炭  
實驗步驟

1. 以量筒量取 50ml 的水，倒入紙碗中。

2.調配**活性炭：矽藻土：SSS 石膏的比例為 4:0:6**，即活性炭粉取 20g，SSS 石膏粉取 30g，共 50g，分次倒入步驟 1 的紙碗中，並不斷攪拌均勻至沒有粉末結塊止。

3.改變**活性炭粉：矽藻土：SSS 石膏的比例為**

**(1)3:1:6 即 15g:5g:30g (2)2:2:6 即 10g:10g:30g (3)1:3:6 即 5g:15g:30g**

4.經過一天自然風乾，使其初步硬化。

5.將 4 塊杯墊從紙碗中脫模拿出，在室內繼續自然風乾一天。如未完全乾燥者，再置放一天。並以氯化亞鈷試紙測試杯墊表面是否乾燥。若未完全乾燥者，放置至完全乾燥為止。

6.觀察 4 塊杯墊外觀是否掉粉，並進一步測試它們的**表面光滑度、吸水速率、吸水率**，並計算其**密度**，當做杯墊性質比較的指標。

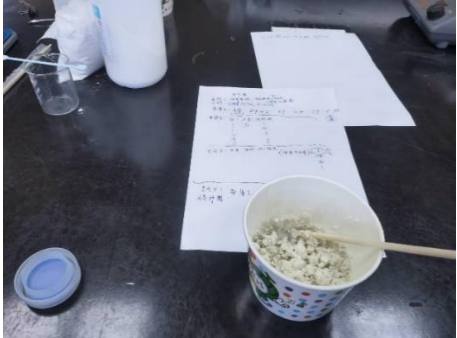
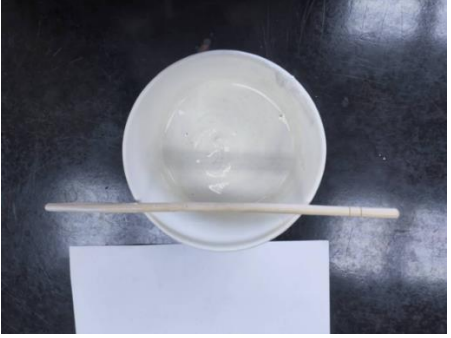
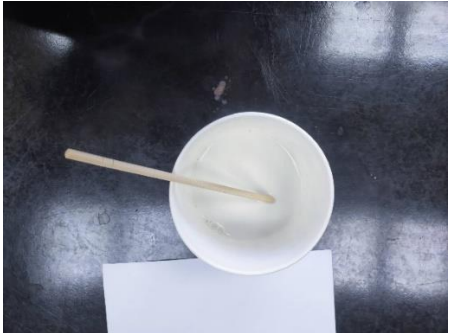
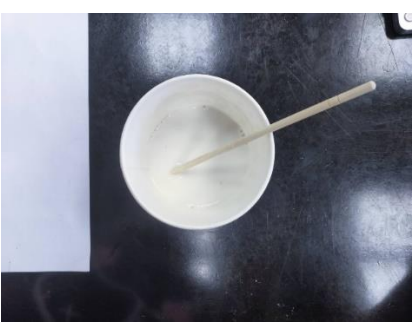
## 伍、研究結果與討論




一、實驗一：探討不同比例的水量對製作矽藻土杯墊的影響

(一)實驗結果

(1)在固定矽藻土與石膏的比例為 4:6 時(總重為 50g)時，水量比例為 2 倍(100ml)及水量為 1.5 倍(75ml)時，自然風乾後的杯墊成品自然破裂，水量為 1 倍(50ml)的條件下可順利成型，水量為 0.7 倍(35ml)時粉末會快速固結而無法順利攪拌。



水量為 0.7 倍時的攪拌情況	水量為 1 倍時的攪拌情況
	
水量為 1.5 倍時的攪拌情況	水量為 2 倍時的攪拌情況
	

水量 50ml 的杯墊成品	水量 75ml 的杯墊成品	水量 100ml 的杯墊成品
		
順利成型，但嚴重掉粉	自然風乾後碎裂	自然風乾後碎裂

## (二)實驗討論

(1)我們推測是水量太多時，會一直使粉末呈浸泡狀態，水分一直佔據在石膏粉及矽藻土內的孔隙中，即使在自然風乾時，石膏粉也無法有效固結，導致有些地方太鬆散脆弱，故無法正常成型。

(2)使用 1 倍水量時，在攪拌當時即呈膏狀，代表此時石膏粉及矽藻土粉已開始固結，其結構較緊密而能順利成型，但有嚴重掉粉情形。

(3)使用 0.7 倍水量時，水分快速被石膏粉及矽藻土粉吸收，而無法有效均勻攪拌，

而無法成型。

(4)此實驗的結果使我們之後的實驗所用的水量皆固定為 50ml。

## 二、實驗二：探討不同的石膏粉與矽藻土粉比例對製作矽藻土杯墊的影響

### (一)實驗結果

1.在水量為 1 倍(50ml)的條件下，以不同比例的矽藻土:TST 石膏。比例分別為 4:6(20g:30g)，3:7(15g:35g)，2:8(10g:40g)，1:9(5g:45g)，0:10(0g:50g)的條件下皆可順利成型。但是表面掉粉情形嚴重



### 2.實驗數據

#### (1)成品杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

矽藻土:TST 石膏	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu_s$	$1/\mu_s$
4:6	50.66	340	400	0.85	1.1764
3:7	51.47	340	400	0.85	1.1764
2:8	53.78	340	400	0.85	1.1764
1:9	54.27	360	400	0.9	1.1111
0:10	56.48	360	400	0.9	1.1111

#### (2)成品杯墊的密度

矽藻土:TST 石膏	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
4:6	1.4	92.96	0.54
3:7	1.5	99.6	0.52
2:8	1.5	99.6	0.52
1:9	1.6	106.24	0.51
0:10	1.5	99.6	0.57

#### (3)成品杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率

矽藻土:TST 石膏	吸水率%	15 秒吸水速率(g/s)
4:6	120	3.8
3:7	88.9	2.71
2:8	72	2.59
1:9	85	2.92
0:10	73.8	2.52

## (二)實驗討論

1.杯墊皆可以順利成型，但表面掉粉情形嚴重我們推測是因為矽藻土和石膏粉的密度差異大，矽藻土密度約為 0.34—0.65 (g/cm<sup>3</sup>)，石膏粉密度約為 2.3 (g/cm<sup>3</sup>)，因此在乾燥成型的過程中，矽藻土粉會自然上浮到較上層，而無法完全均勻地和石膏粉末混合，所以當石膏完全固化後，這些較上層的矽藻土粉並沒有和石膏一起固化，而殘留在表面。

2.最大靜摩擦係數  $\mu_s$  愈大者，代表成品表面愈粗糙，反之  $\mu_s$  的倒數即  $1/\mu_s$  愈小者，代表成品表面愈光滑，即  $1/\mu_s$  可以代表表面光滑度。在此實驗中，比例 4:6 及 3:7 者，表面較光滑。

3.成品密度可反映成品的緻密程度，在此實驗中以 0:10 的比例有較佳的緻密度，但是 0:10 意味著無矽藻土的添加，完全是石膏粉，對於矽藻土杯墊的意義不大。若以有添加矽藻土的比例來說，以 4:6 的比例有較佳的緻密度。

4.吸水率及 15 秒吸水速率，以 4:6 的比例表現最佳。推測是因為矽藻土的比例最多，最能發揮矽藻土的吸水功能。

## 三、實驗三：測試市售杯墊的光滑度、吸水率、吸水速率及密度

### (一)實驗結果

#### 1.實驗數據

##### (1)市售杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

市售杯墊	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu_s$	$1/\mu_s$
1	112.4	200	400	0.5	2
2	81.3	260	400	0.65	1.538462

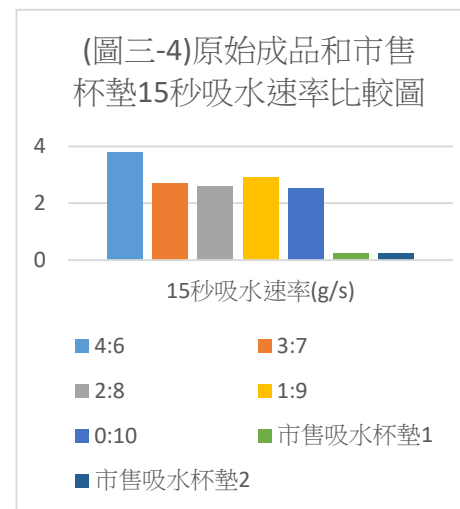
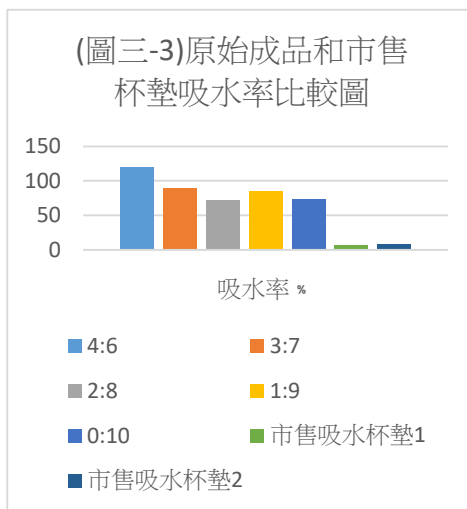
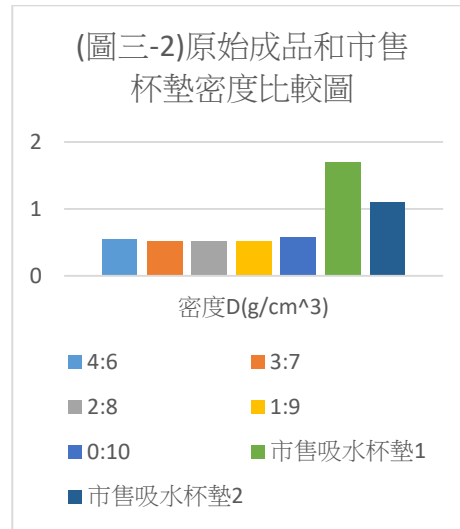
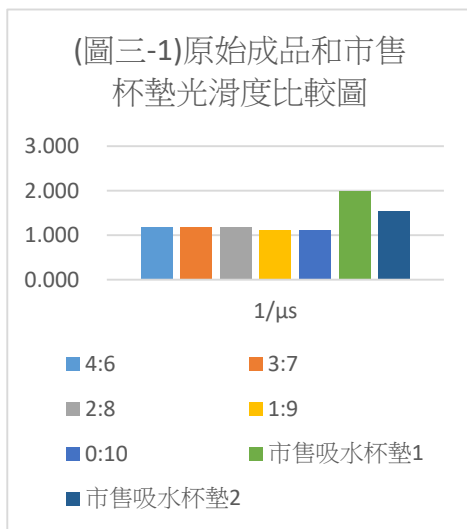
(2)市售杯墊的密度

市售杯墊	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
1	0.7	66.5	1.7
2	1	78.5	1.1

(3)市售杯墊的吸水率及 15 秒吸水率

市售杯墊	吸水率%	15 秒吸水速率 (g/s)
1	6.7	0.24
2	8.1	0.228

2.圖表分析與統計



(二)實驗討論

1.由圖三-1 顯示，市售矽藻土杯墊的光滑度均明顯較自製的矽藻土杯墊光滑。我們認為市售矽藻土杯墊的表面應該有做特殊處理。



2.由圖三-2 顯示，市售矽藻土杯墊的密度明顯大於自製的矽藻土杯墊。我們推測市售杯墊有我們所沒有添加的材料。

3.由圖三-3，圖三-4 顯示，市售矽藻土杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率明顯劣於自製的矽藻土杯墊，並且差距極大。這顯示了市售矽藻土杯墊並沒有發揮它的角色應有的功能。這也證實了我們從日常觀察中所見到的，很多杯墊在水滴在其上後，仍有明顯水滴殘留，無法馬上被吸入

4.市售杯墊表面均不會掉粉，和我們的自製杯墊差異極大，我們合理懷疑它的表面有經過一些處理，例如塗了某些膠類物質，而將其表面封住，因此犧牲了它們的吸水功能。

#### 四、實驗四：對自製的成品杯墊表面做塗膠或噴膠處理，觀察處理後的性質

##### (一)實驗結果

##### 1.實驗數據

##### (1) 成品杯墊表面做塗膠或噴膠處理及掉粉改善程度

矽藻土:TST 石膏	表面處理	掉粉改善程度
4:6	噴亮光蠟	仍會掉粉
3:7	塗佈膠水	不掉粉
2:8	塗佈白膠	不掉粉
1:9	噴固定噴蠟液	有改善
0:10	噴離型劑	有改善

##### (2)成品杯墊的表面塗膠後的最大靜摩擦力測試及摩擦係數

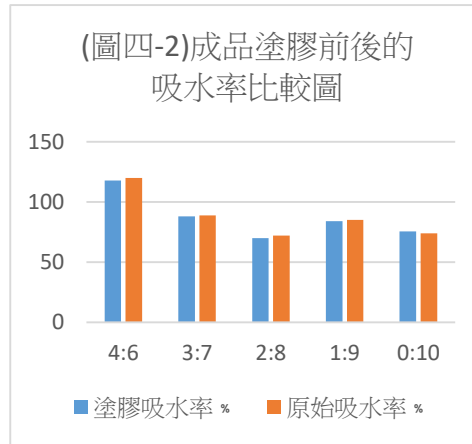
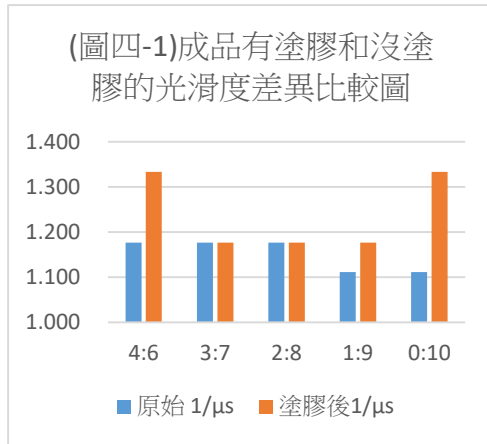
矽藻土:TST 石膏	表面處理	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu_s$	$1/\mu_s$
4:6	噴亮光蠟	300	400	0.75	1.3333
3:7	塗佈膠水	340	400	0.85	1.1764
2:8	塗佈白膠	340	400	0.85	1.1764
1:9	噴固定噴蠟液	340	400	0.85	1.1764
0:10	噴離型劑	300	400	0.75	1.3333

##### (3)塗膠噴漆處理後的吸水率及 15 秒吸水率

矽藻土:TST 石膏	表面處理	吸水率%	15 秒吸水速率(g/s)
4:6	噴亮光蠟	117.7	3.96

3:7	塗佈膠水	87.9	2.99
2:8	塗佈白膠	70.0	1.42
1:9	噴固定噴蠟液	83.9	2.80
0:10	噴離型劑	75.5	1.90

## 2. 實驗圖表與統計



## (二) 實驗討論

1. 這一項實驗證實了我們的推測，即杯墊表面經過膠類物質處理後，可以改善掉粉情形。我們推測是因為膠類物質可以使原來無法固結的粉末，因為膠類的黏性而重新黏著。
2. 由圖四-1 顯示，成品表面做不同的塗膠或噴漆處理後，表面光滑度有些有明顯改善。但不是全部都有改善，即仍有其它因素影響了表面光滑度。
3. 成品表面做塗膠或噴漆處理後的吸水率及 15 秒吸水速率測試時，我們發現和實驗二的結果無明顯差異，而且我們發現塗佈的膠在泡水後會有脫落的現象，就會類似於實驗二的結果。
4. 在此實驗我們只是初步對杯墊表面做塗薄膠或薄噴，並沒有更進一步的做膠類實驗，是考量到如果將表面處理成類似於市售杯墊的效果，用膠類物質將表面完全封住，雖然有可能達到完全不掉粉脫落的效果，但是反而失去了吸水杯墊該有的功能。

## 第二階段：以不同製程及材料製作矽藻土杯墊

五、實驗五：先加水 50ml 到紙碗再分次加入矽藻土與石膏的混合粉末

### (一) 實驗結果

## 1. 實驗數據

### (1) 成品杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

矽藻土:TST 石膏	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu s$	$1/\mu s$
4:6	52.35	280	400	0.7	1.428571
3:7	54.71	280	400	0.7	1.428571
2:8	56.15	300	400	0.75	1.333333
1:9	53.3.	320	400	0.8	1.25
0:10	55.43	300	400	0.75	1.333333

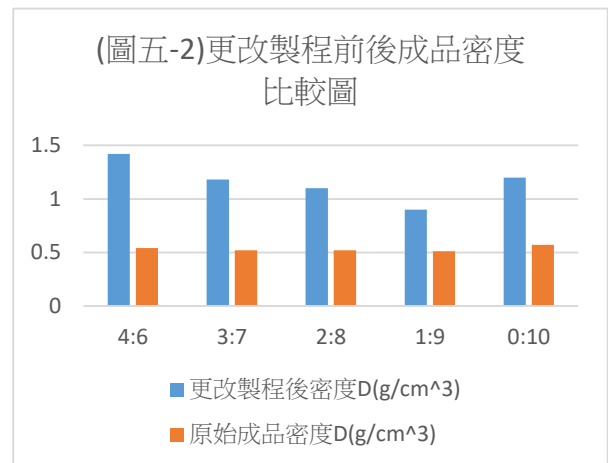
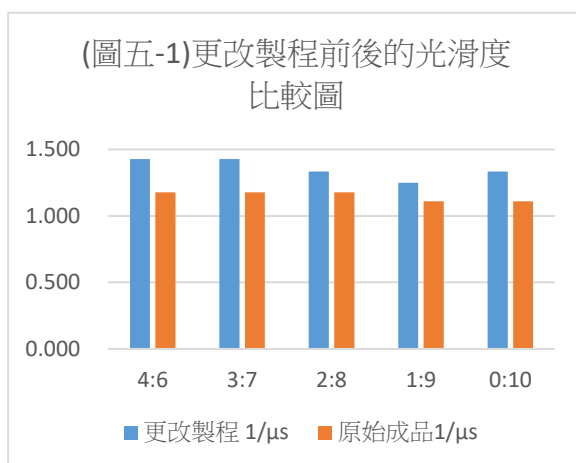
### (2) 成品杯墊的密度

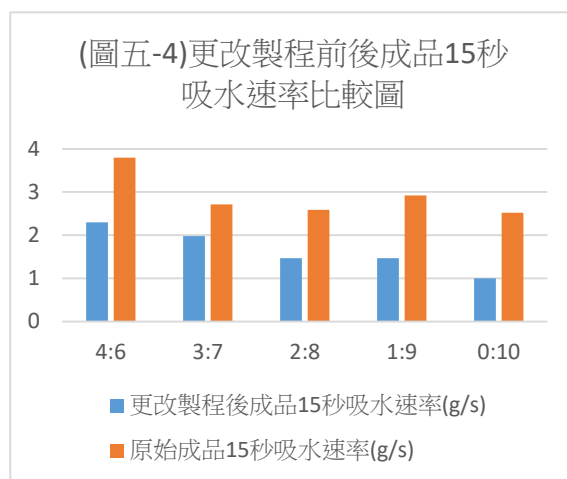
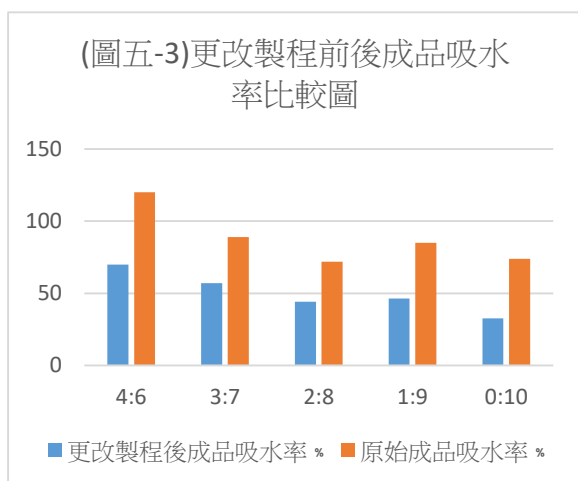
矽藻土:TST 石膏	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
4:6	0.7	46.48	1.42
3:7	0.7	46.48	1.18
2:8	0.8	53.12	1.1
1:9	0.9	59.76	0.9
0:10	0.7	46.48	1.2

### (3) 成品杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率

矽藻土:TST 石膏	吸水率%	15 秒吸水速率(g/s)
4:6	69.88	2.3
3:7	57.05	1.98
2:8	44.19	1.47
1:9	46.42	1.47
0:10	32.65	1

## 2. 實驗圖表與統計





## (二)實驗討論

- 1.在材料完全相同的條件下，更改製程後，成品杯墊的光滑度均優於原始成品杯墊，這算是我們無意間發現的一項差異，因為在此製程，即先加水 50ml 到紙碗再分次加入矽藻土與石膏的混合粉末，我們一開始是想讓粉末在分次加入並不斷攪拌時有較多時間使其均勻分散，最後竟改變了成品的光滑度。
2. 從(圖五-2)發現更改製程前後成品密度明顯優於原始成品，可能是此製程在分次攪拌時更均勻分散，並且使得矽藻土與石膏粉更有效的堆疊與固化。
3. 從(圖五-3)及(圖五-4)顯示更改製程後的成品吸水率及吸水速率均以原始成品較佳，我們合理認為是因為原始成品中的矽藻土粉與石膏粉並沒有有效的互相堆疊，導致吸水杯墊內部空隙過大，再加上矽藻土本身就有較多的孔隙，使得其吸水率及吸水速率均較佳。
- 4.但是矽藻土杯墊的目的是用來防止飲料或杯子的水滴直接滴到桌面上，故滴下來的水量通常不會過多，所以過高的吸水率對於吸水杯墊的實際用途並沒有實質太大的幫助。而且原始杯墊成品很容易掉粉脫落，故而實用性反而不大。
- 5.更改製程的杯墊，有著更接近商品化的特徵(較少的掉粉情形)，而且能兼顧實用性，所以之後的實驗我們會以此製程做為標準化。

六、實驗六：製作過程中在未完全成型前以重物施壓一天後，再拿出風乾

### (一)實驗結果

#### 1.實驗數據



(1)成品杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

矽藻土:TST 石膏	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu_s$	重壓處理成品之 $1/\mu_s$
4:6	58.93	300	400	0.75	1.333
3:7	55.37	300	400	0.75	1.333
2:8	52.31	300	400	0.75	1.333
1:9	54.85	340	400	0.85	1.176
0:10	57.12	320	400	0.85	1.176

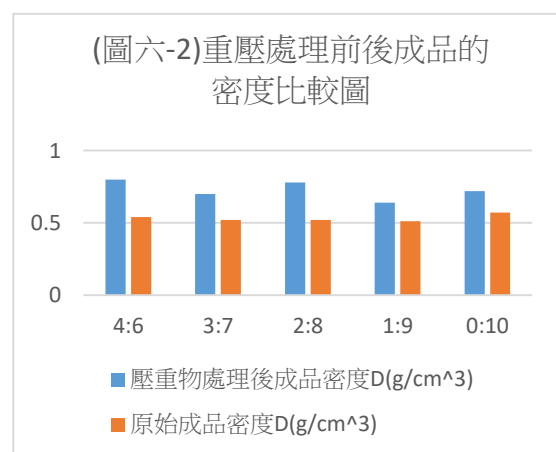
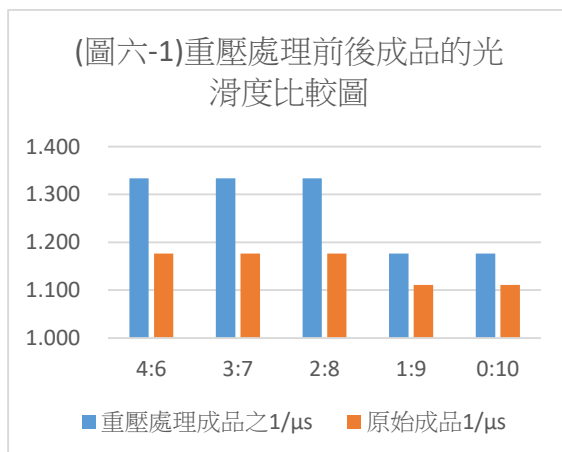
(2)成品杯墊的密度

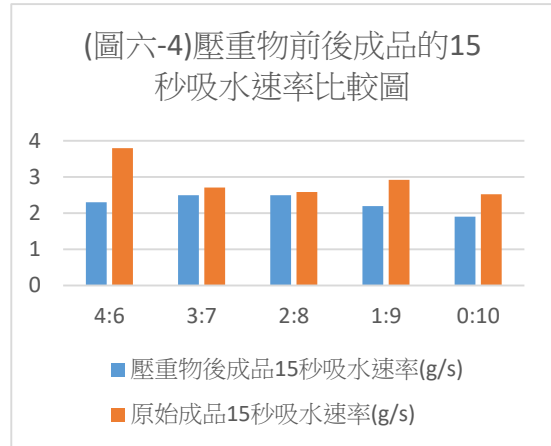
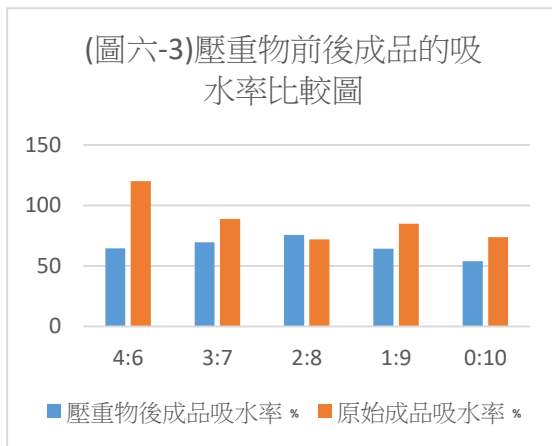
矽藻土:TST 石膏	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	壓重物處理後成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
4:6	1.1	73.04	0.8
3:7	1.2	79.68	0.7
2:8	1	66.4	0.78
1:9	1.3	86.32	0.64
0:10	1.2	79.68	0.72

(3)成品杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率

矽藻土:TST 石膏	壓重物後成品吸水率%	壓重物後成品 15 秒吸水速率(g/s)
4:6	64.56	2.3
3:7	69.6	2.5
2:8	75.62	2.5
1:9	64.32	2.2
0:10	53.85	1.9

2.實驗圖表與統計





## (二) 實驗討論

1 由圖六-1 顯示,在材料完全相同的條件下,多了一道程序(即在成型階段施加重物)後,成品杯墊的光滑度均優於原始成品杯墊,我們推測這是因為施加重物使矽藻土與石膏粉之間的堆疊更加密實,這樣的關係也顯示在圖六-2 的成品密度圖。而較密實的成品光滑度也較佳。

2. 從(圖六-3)及(圖六-4)顯示更改製程後的成品吸水率及吸水速率均以原始成品較佳。

## 七、實驗七：改變石膏等級從 TST 等級至較高等級的 SSS

### (一) 實驗結果



### 1. 實驗數據

(1) 成品杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

矽藻土:SSS 石膏	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu_s$	改成 SSS 石膏之 $1/\mu_s$
4:6	54.45	180	400	0.45	2.222
3:7	55.26	220	400	0.55	1.818
2:8	55.98	260	400	0.65	1.538
1:9	54.37	260	400	0.65	1.538
0:10	53.72	280	400	0.7	1.429

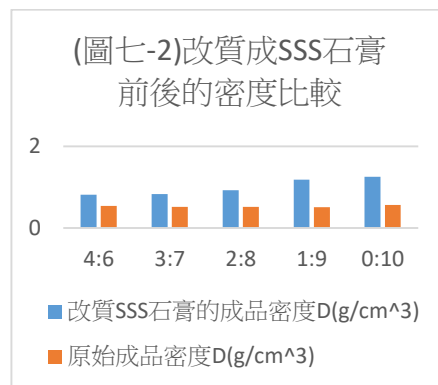
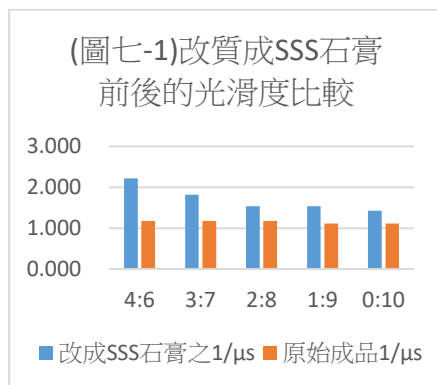
### (2)成品杯墊的密度

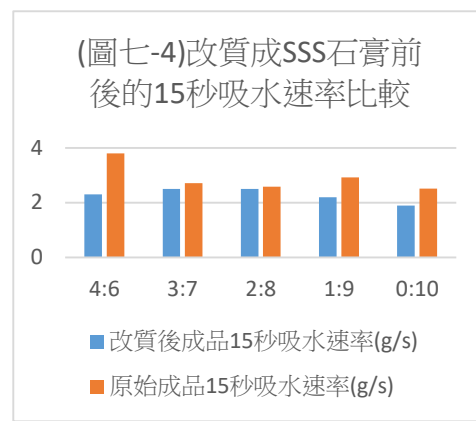
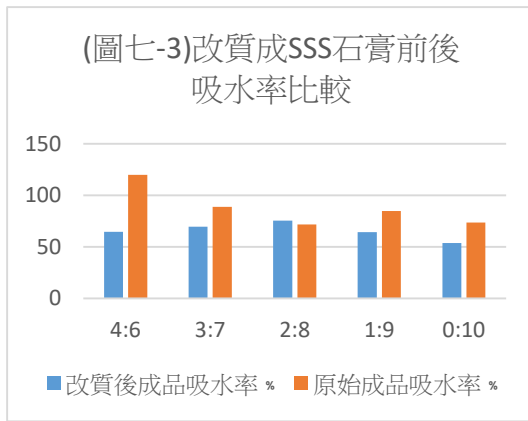
矽藻土:SSS 石膏	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	改質 SSS 石膏的成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
4:6	1	66.4	0.82
3:7	1	66.4	0.83
2:8	0.9	59.8	0.93
1:9	0.8	53.2	1.19
0:10	0.7	46.5	1.26

### (3)成品杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率

矽藻土:SSS 石膏	改質後成品吸水率%	改質後成品 15 秒吸水速率(g/s)
4:6	64.56	2.3
3:7	69.6	2.5
2:8	75.62	2.5
1:9	64.32	2.2
0:10	53.85	1.9

## 2. 實驗圖表與統計





## (二)實驗討論

- 1.在採用標準化製程後，我們更進一步地改材料，在此實驗我們用了比 TST 石膏更高等級的 SSS 石膏，並且從(圖七-1)顯示改質後的矽藻土杯墊的光滑度均優於原始成品杯墊，我們推測是因為 SSS 等級的石膏顆粒較細緻，能夠更有效地和矽藻土做緊密的堆疊及結合，因此反映在 (圖七-1) 的光滑度上，並且反映在(圖七-2)的密度上。
2. 從(圖七-3)及(圖七-4)顯示更改製程後的成品吸水率及吸水速率均以原始成品較佳。
- 3.因為 SSS 等級的石膏顆粒較細緻，能夠更有效地和矽藻土做緊密的堆疊及結合，也使其在固化後能有效地改善掉粉嚴重的問題。

八、實驗八：改變石膏等級從 TST 等級至較高等級的 SSS，並改變不同比例的矽藻土及滑石粉

## (一)實驗結果



## 1. 實驗數據

### (1) 成品杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

SSS:矽藻土:滑石粉	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu s$	添加滑石粉之 $1/\mu s$
6:0:4	53.75	320	400	0.8	1.250
6:1:3	53.53	300	400	0.75	1.333
6:2:2	54.33	280	400	0.7	1.429
6:3:1	54.17	280	400	0.7	1.429

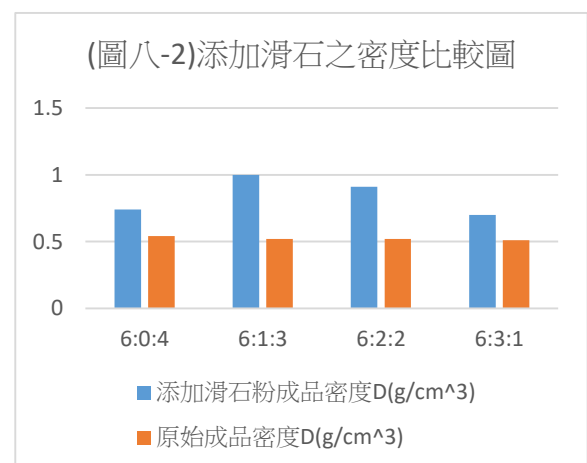
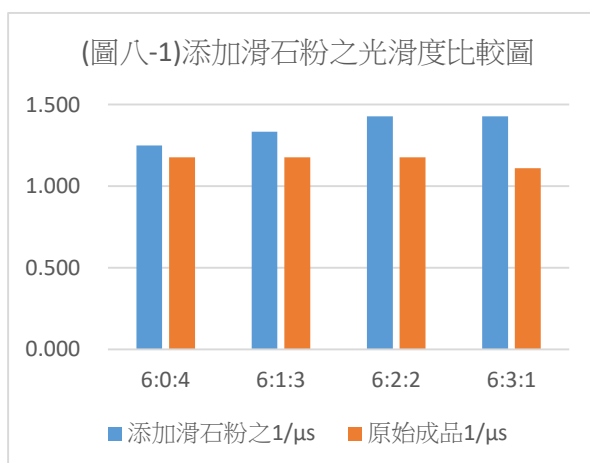
### (2) 成品杯墊的密度

SSS:矽藻土:滑石粉	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	添加滑石粉成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
6:0:4	1.1	73.1	0.74
6:1:3	0.8	53.2	1
6:2:2	0.9	59.8	0.91
6:3:1	1.2	79.7	0.7

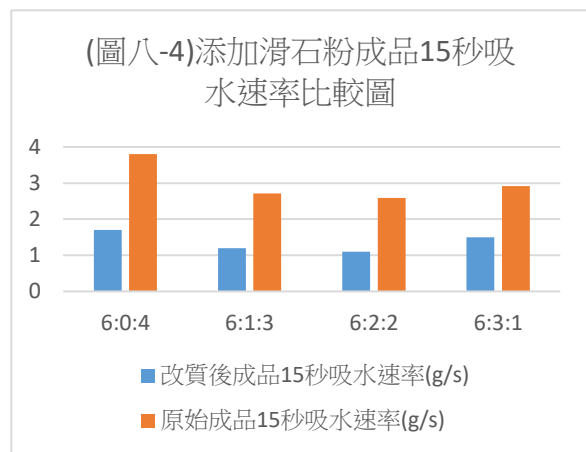
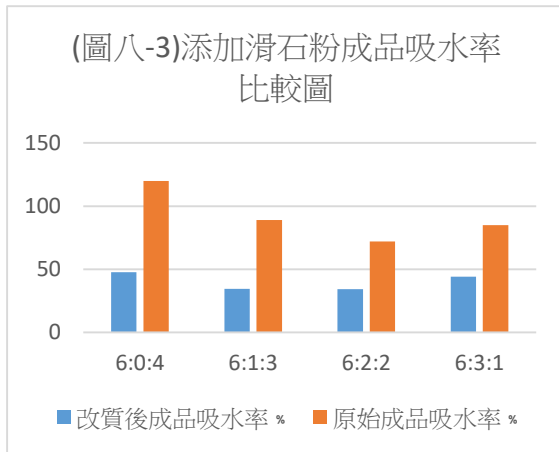
### (3) 成品杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率

SSS:矽藻土:滑石粉	改質後成品吸水率%	改質後成品 15 秒吸水速率(g/s)
6:0:4	47.7	1.7
6:1:3	34.5	1.2
6:2:2	34.2	1.1
6:3:1	44.2	1.5

## 2. 實驗圖表與統計







## (二)實驗討論

1.在採用標準化製程下，此實驗我們加入另一成份滑石粉，乾燥後的成品會嚴重掉粉，我們推測是因為滑石粉和石膏粉的密度差異大，滑石粉密度約為  $0.7 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ，石膏粉密度約為  $2.3 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ，因此在乾燥成型的過程中，滑石粉會自然上浮到較上層，而無法完全均勻地和其它粉末混合，所以當石膏完全固化後，這些較上層的滑石粉並沒有和石膏一起固化，而殘留在表面。

2.從圖八-1 及圖八-2 顯示，添加滑石粉的成品在光滑度及密度上均較原始成品為佳，我們推測是因為 SSS 等級的石膏顆粒較細緻，能夠更有效地和矽藻土和滑石粉做緊密的堆疊及結合，因此反映在光滑度及密度上。

3. 從(圖八-3)及(圖八-4)顯示更改材料前後的成品吸水率及吸水速率均以原始成品較佳。並且滑石粉的主要特性並沒有良好的吸水性，故在吸水率及吸水速率方面表現不佳。

## 九、實驗九：改變石膏等級從 TST 等級至較高等級的 SSS，並改變不同比例的矽藻土及活性炭

### (一)實驗結果



## 1. 實驗數據

### (1) 成品杯墊的表面最大靜摩擦力測試及摩擦係數

SSS:矽藻土:活性炭	原重量(g)	摩擦力(g)	N(正向力, g)	$\mu_s$	添加活性炭之 $1/\mu_s$
6:0:4	52.96	340	400	0.85	1.176
6:1:3	54.68	280	400	0.7	1.429
6:2:2	54.66	340	400	0.85	1.176
6:3:1	55.15	320	400	0.8	1.250

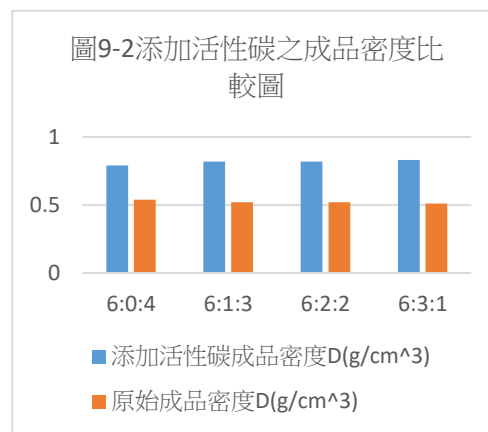
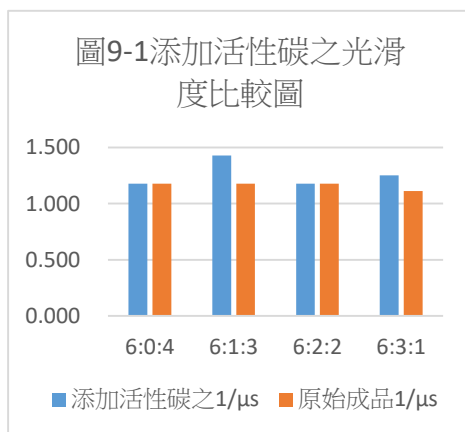
### (2) 成品杯墊的密度

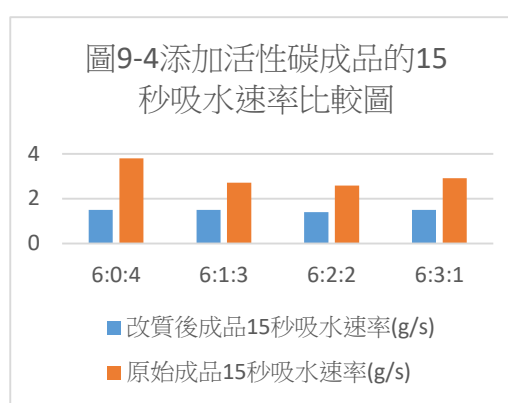
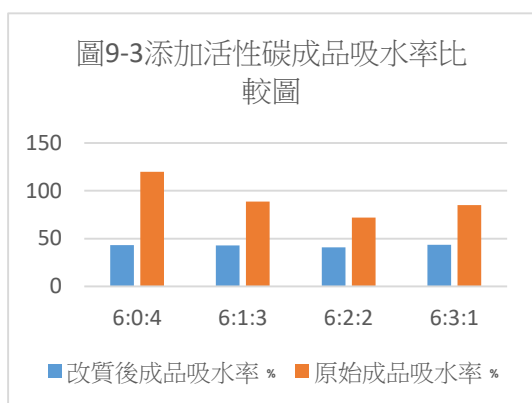
SSS:矽藻土:活性炭	成品厚度 d(cm)	體積 V(cm <sup>3</sup> )	添加活性炭成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )
6:0:4	1	66.4	0.79
6:1:3	1	66.4	0.82
6:2:2	1	66.4	0.82
6:3:1	1	66.4	0.83

### (3) 成品杯墊的吸水率及 15 秒吸水速率

SSS:矽藻土:活性炭	改質後成品吸水率%	改質後成品 15 秒吸水速率(g/s)
6:0:4	43.4	1.5
6:1:3	42.9	1.5
6:2:2	41	1.4
6:3:1	43.6	1.5

## 2. 實驗圖表與統計





3.從圖 9-1 及圖 9-2 顯示，添加活性碳並沒有能夠有效改善成品表面的光滑度。但有明顯改善了成品的密度。

## (二)實驗討論

1.在採用標準化製程下，此實驗我們加入另一成份活性碳，乾燥後的成品會嚴重掉粉，我們推測是因為活性碳粉和石膏粉的密度差異大，因此在乾燥成型的過程中，活性碳粉會自然上浮到較上層，而無法完全均勻地和其它粉末混合，所以當石膏完全固化後，這些較上層的活性碳粉及矽藻土粉並沒有和石膏一起固化，而殘留在表面。

2. 從(圖 9-3)及(圖 9-4)顯示更改材料前後的成品吸水率及吸水速率均以原始成品較佳。並且活性碳的主要功能為吸附有機異味及色素，吸水能力本身就沒有矽藻土強。

## 十、總表分析比較

(一)最後我們在各實驗組別中取表現最好的一組來做各實驗組別間的綜合比較對各指標以 Excel 做排序處理後，給予一個指標分數，最後將五項指標分數加總後，分數最高者，即為我們實驗中所得到的最佳化表現。

1.從實驗二，即最初不同比例測試實驗當中，我們選出矽藻土:TST 石膏比例為 4 : 6 的成品

2.實驗三為市售杯墊的測試，我們也將市售杯墊拿進來比較，做為我們的成品是否可達商品化的比較

3.實驗五，即更改製程實驗當中，我們選出矽藻土:TST 石膏比例為 4 : 6 的成品

4.實驗六，即重壓處理實驗當中，我們選出矽藻土:TST 石膏比例為 2 : 8 的成品

5.實驗七，即改變材料為 SSS 石膏當中，我們選出矽藻土:SSS 石膏比例為 2 : 8 的成品

6.實驗八，即改變滑石粉比例，我們選出 SSS:矽藻土:滑石粉比例為 6:2:2 的成品

7.實驗九，即改變活性碳比例，SSS:矽藻土:活性碳比例為 6:1:3 的成品

(二)

(1)成品  $1/\mu s$  光滑度指標及

(2)成品密度指標

矽藻土:TST 石膏 4:6	原始成品 $1/\mu s$	指標分數	原始成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )	指標分數
	1.176	1	0.54	1
矽藻土:TST 石膏 4:6	更改製程 $1/\mu s$		更改製程後密度 D(g/cm <sup>3</sup> )	
	1.429	5	1.42	7
矽藻土:TST 石膏 2:8	重壓處理成品之 $1/\mu s$		壓重物處理後成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )	
	1.333	2	0.78	2
矽藻土:SSS 石膏 2:8	改成 SSS 石膏之 $1/\mu s$		改質 SSS 石膏的成品密 度 D(g/cm <sup>3</sup> )	
	1.538	7	0.93	5
SSS:矽藻土:滑石粉 6:2:2	添加滑石粉之 $1/\mu s$		添加滑石粉成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )	
	1.429	5	0.91	4
SSS:矽藻土:活性碳 6:1:3	添加活性碳之 $1/\mu s$		添加活性碳成品密度 D(g/cm <sup>3</sup> )	
	1.429	5	0.82	3
市售杯墊	市售杯墊的 $1/\mu s$		市售杯墊密度 D(g/cm <sup>3</sup> )	
市售杯墊 1	2	7	1.7	8
市售杯墊 2	1.538	8	1.1	6

(3)成品吸水率指標及

(4)成品 15 秒吸水速率指標

矽藻土:TST 石膏 4:6	原始成品吸水率%	指標分數	原始成品 15 秒吸水速 率(g/s)	指標分數
	120	8	3.8	8
矽藻土:TST 石膏 4:6	更改製程後成品吸 水率%		更改製程後成品 15 秒 吸水速率(g/s)	
	69.88	5	2.3	5
矽藻土:TST 石膏 2:8	壓重物後成品吸水 率%		壓重物後成品 15 秒吸 水速率(g/s)	
	75.62	7	2.5	7

矽藻土:SSS 石膏 2:8	改質(SSS)後成品吸水率%		改質後(SSS)成品 15 秒吸水速率(g/s)	
	75.62	7	2.5	7
SSS:矽藻土:滑石粉 6:2:2	添加滑石粉後成品吸水率%		添加滑石粉後成品 15 秒吸水速率(g/s)	
	34.2	3	1.1	3
SSS:矽藻土:活性炭 6:1:3	添加活性炭成品吸水率%		添加活性炭後成品 15 秒吸水速率(g/s)	
	42.9	4	1.5	4
市售杯墊	市售杯墊吸水率%		市售杯墊 15 秒吸水速率(g/s)	
市售杯墊 1	6.7	1	0.24	1
市售杯墊 2	8.1	2	0.228	2

(5)成品掉粉程度指標

(6)各指標分加總及排名

各代表組別	掉粉情形	指標分數	指標分數加總	名次
矽藻土:TST 石膏 4:6	原始成品掉粉嚴重	1	原始成品 19 分	6
矽藻土:TST 石膏 4:6	更改製程後掉粉改善	5	更改製程之成品 28 分	2
矽藻土:TST 石膏 2:8	重壓處理後掉粉改善	5	重壓處理之成品 23 分	5
矽藻土:SSS 石膏 2:8	改質成 SSS 石膏幾乎不掉粉	6	改質成 SSS 石膏之成品 32 分	1
SSS:矽藻土:滑石粉 6:2:2	添加滑石粉掉粉嚴重	1	添加滑石粉 16 分	8
SSS:矽藻土:活性炭 6:1:3	添加活性炭掉粉嚴重	1	添加活性炭 17 分	7
市售杯墊 1	不掉粉	8	26	3
市售杯墊 2	不掉粉	8	26	3



## 陸、結論

- 一、添加水量以 1 倍水量為最佳比例。
- 二、測試不同比例的矽藻土與石膏，皆能成型，但皆掉粉嚴重且品質不佳。
- 三、市售吸水杯墊表面有經過封膠處理，使其不掉粉，但吸水率及及吸水速率極差。
- 四、改良製程，即先加水 50ml 到紙碗再分次加入矽藻土與石膏的混合粉末，得到的成品品質有明顯改善。
- 五、重壓處理，即在剛入模後做一天的重壓處理，也可使成品品質有改善。
- 六、將石膏等級從 TST 更改成 SSS，成品品質有巨大的改良。
- 七、添加滑石粉做比例的調整，並無法使成品品質改良。
- 八、添加活性碳做比例的調整，並無法使成品品質改良。
- 九、對各實驗組別選取一個代表成品來做組別間的比較，並給予 5 項指標分數的加總，即
  1.  $1/\mu s$  光滑度指標
  2. 密度 D 指標分數
  3. 成品吸水率指標
  4. 成品 15 秒吸水速率指標
  5. 成品掉粉程度指標，並將指標分數加總所得排序後，順序為  
改質成 SSS 石膏之成品(32 分)> 更改製程之成品(28 分)>市售杯墊 1(26 分)=市售杯墊 2(26 分)>重壓處理之成品(23 分)>原始測試成品(19 分)>添加活性碳成品(17 分)>添加滑石粉成品(16 分)
- 十、我們的成品經過製程的改良及材料的改變後，成品指標分數能夠大於市售杯墊，即我們的成品能夠做為商品化的應用。
- 十一、未來展望：  
受限於設備及材料，我們只能用現有及較簡單的材料來進行實驗，仍有一些實驗的變因未加以討論，例如：溫度的控制、表面的膠類處理、材料的改質。如果能有機會將這些因素再加以討論，我們相信能做出品質更佳的矽藻土吸水杯墊。  
並且坊間也有業者已將矽藻土的應用擴及到牆壁的塗料，以控制室內的溼度及消臭，也是未來不錯的研究題材。

## 柒、參考文獻資料

1. 矽藻土 · 百度百科 · 取自

<https://baike.baidu.com/item/%E7%A1%85%E8%97%BB%E5%9C%9F>。

2. 硫酸鈣 · 科普中國 · 取自 <https://baike.baid>

[u.com/item/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%92%99/2693451](https://baike.baidu.com/item/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%92%99/2693451)。

3. 竹新化學股份有限公司 · 滑石粉 · 取自 <http://www.chu-shin.com/products07.html>。

4. 張志康、洪連輝(2008/08/28) · 靜摩擦力 · 科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台 · 取自

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=754>。

5. 台灣炭素股份有限公司 · 活性炭 · 取自 <https://www.tac->

[carbon.com/index\\_down.php?sele=hstyle&hstyle=5](https://www.tac-carbon.com/index_down.php?sele=hstyle&hstyle=5)。

6. 葉欣彰(2018) · 火龍吸水、柚造奇蹟-探討果皮製成可生物降解的吸水材 · 中華民國第 58 屆中小學科展作品說明書。