

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032905

吸奇杯墊

學校名稱：宜蘭縣立國華國民中學

作者： 國一 游沐蓉 國一 陳可昕 國一 張佑得	指導老師： 覺一容 吳浩誠
---	-----------------------------

關鍵詞：粉筆灰、杯墊、廢物利用

摘要

本作品探討如何利用粉筆灰、蛋殼等環保材料做出實用且吸水性佳的杯墊。實驗成份具有小孔隙，正好迎合水無孔不入的特性，然而各式材質之間的比例分配，卻大大影響成果。我們發現各式材質之間呈現微妙的合作關係：材料比例懸殊者，都無法有最佳效果，粉筆灰與蛋殼之間如此(比例 5:5 最佳)，為了加強杯墊硬度加入水泥、石膏亦是如此，石膏比粉筆灰蛋殼 5:5 最佳。即使是蛋殼粒徑大小也以 200 目為界，超過 200 目則表現力下降。在功能優化方面，厚度越厚者雖不易碎裂，但有易打翻的危險，因此建議厚度為 1-2 公分。增加防滑墊及泡棉底座皆有效提升杯墊防滑及防摔能力，反觀木板效果較差。經研究不僅證明環保杯墊的吸水成效，更具多元應用的發展潛力。

壹、研究動機

粉筆是老師教書時不可或缺的工具，但粉筆所掉落的粉筆灰最後總是難逃被丟進垃圾桶的命運。我們認為粉筆灰或許可以廢物利用，做成對生活中有益的東西，上網查詢後發現，粉筆灰的成分是碳酸鈣與硫酸鈣，碳酸鈣有吸潮的功能，我們決定利用這個特性做成吸水杯墊。除了粉筆灰，主成分同樣是碳酸鈣且屬於廢物的還有蛋殼，蛋殼也是隨手可得的原料，所以我們打算利用粉筆灰、蛋殼等材料做出一款環保的吸水杯墊。

貳、研究目的

【前測、尋找水粉比較好的比例】

實驗 0：粉筆灰與水的最佳比例

【研究一、探討粉筆灰及蛋殼製作吸水杯墊的方法及特性】

實驗 1：不同比例的粉筆灰及蛋殼之杯墊特性

【研究二、探討不同添加物對吸水杯墊特性的影響】

實驗 2：添加不同比例的水泥對杯墊特性的影響

實驗 3：添加不同比例的石膏對杯墊特性的影響

【研究三、探討粒徑大小對吸水杯墊特性的影響】

實驗 4：蛋殼粒徑大小對杯墊吸水特性的影響

【研究四、探討杯墊厚度對吸水杯墊特性的影響】

實驗 5：改變杯墊厚度對杯墊特性的影響



【研究五、吸水杯墊相關功能優化】

實驗 6：新增杯墊底座提升防摔防滑效果

實驗 7：美化吸水杯墊之外觀

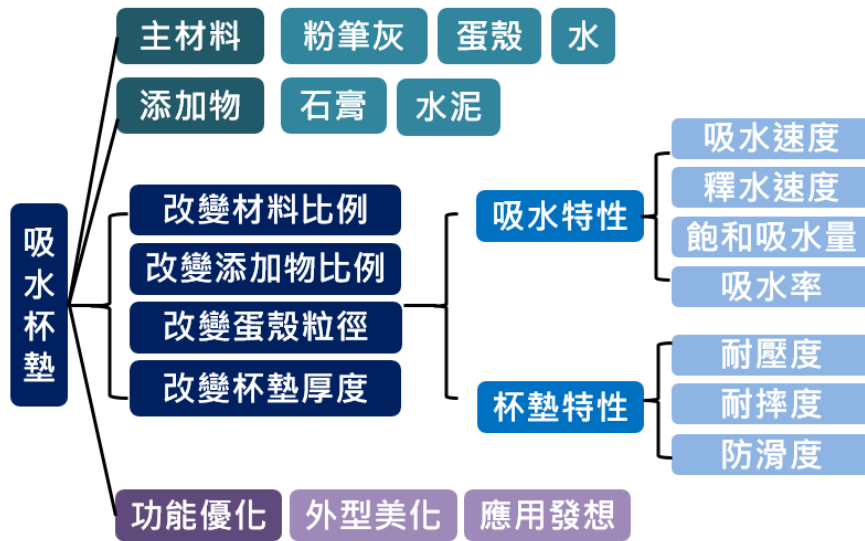
實驗 8：吸水杯墊的應用發想

參、研究設備及器材

1.湯匙	2.烘箱	3.模具	4.滴管
			
5.量杯	6.石膏粉	7.水泥	8.粉筆灰
			
9.蛋殼	10.過篩機	11.電子秤	12.研磨組
			
13.橡皮擦	14.白膠	15.泡棉	16.果汁機
			
17.攪拌碗	18.水	19.鉗子	20.槌子
			

肆、研究過程與方法

一、研究架構



二、研究原理

經過查詢，我們得知了粉筆灰的主成分為「硫酸鈣」或「碳酸鈣」而蛋殼中富含碳酸鈣，以下我們就此兩種化合物進行介紹說明。

(一)硫酸鈣：

俗稱灰石、石灰石、石粉，是一種化合物，化學式為 CaCO_3 ，呈鹼性，幾乎不溶於水，可與酸反應。在地球上存量豐富，並以許多形式存在於岩石、礦物與生物體。亦為動物骨骼或外殼的主要成份。碳酸鈣亦為水垢的主要成分，通常藉由水中的鈣離子與碳酸根離子結合所生成的，時常發生在水質硬度較高的地區。

(二)碳酸鈣：

化學式為 CaSO_4 ，是一種常見的實驗室和工業用化學品。在實驗室中，無水硫酸鈣是一種乾燥劑，而兩水合硫酸鈣就是常見的石膏，但含硫酸鈣的水就成為了永久硬水。

(三)吸水原理：

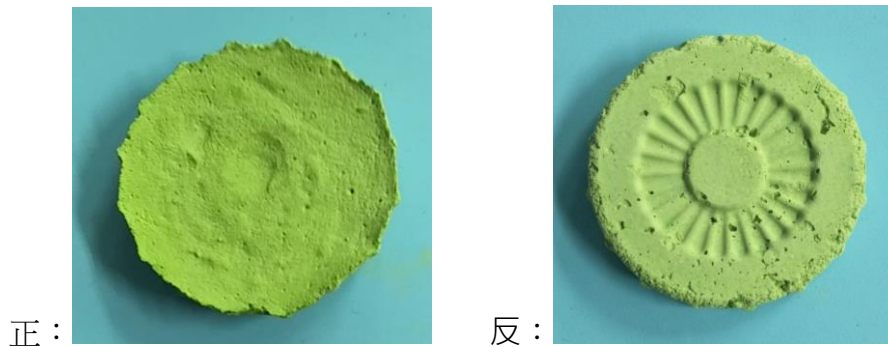
經資料顯示粉筆的成分是「硫酸鈣」或「碳酸鈣」，也就是我們知道的石膏和石灰石，吸水性好。吸水原理為碳酸鈣、硫酸鈣具有小分子孔隙，能吸附水分子，達到物理性的吸濕作用，木炭及竹炭亦有類似的除溼、除臭效果。

三、吸水杯墊特性測試方法：

(一)吸水時間：

定義：將 1c.c.的水倒到杯墊上後到杯墊表面無水珠，所需要的時間為吸水時間。

測量方法：須先將杯墊完全乾燥(烘箱 120 度，24 小時)，運用碼表計時，每次用 1c.c.的水測量，並測試 3 遍(正反兩面都須測試)。



(二)飽和吸水量：

定義：杯墊內部孔隙的最大吸水量。

測量方法：將杯墊完全乾燥(烘箱 30 度，24 小時)，杯墊放置在秤上，用一個小容器裝著，避免水分流到秤上影響實驗結果，每次用滴管於杯墊表面滴水 1c.c.，待水分完全吸收，再繼續滴水，直到表面水分在 3 分鐘內無法吸收，或者底部滲出水，即停止計算。並重複測試 3 遍。

(三)吸水率：

定義：在一定時間內，材料所吸收水分之重量與材料完全乾燥時重量之比值。

測量方法：將飽和吸水量所得到的數據套入公式。

公式：飽和吸水量/淨重*100%=吸水率

(四)釋水速度：

定義：單位質量的吸水載體，在單位時間內所釋出的水分。1 小時失去的水量

測量方法：將飽和吸水後的杯墊再放置在常溫，控制濕度為 20%，每一小時測量重量，計算出每一小時釋出的水量，直到恢復淨重。

(五)耐壓程度：

定義：耐壓強度為指定材料，抵抗以同一軸線施加壓力的能力。當壓力超越耐壓強度時，材料會出現脆斷、塑性變形等不可逆的形變。

測量方法：將杯墊上下都墊上泡棉並放置於體重計上，用手掌垂直施壓，直到杯墊出現脆斷、塑性變形等不可逆的形變，此時體重計上所顯示的公斤數，即是杯墊的抗壓程度，單位(kgw)。

(六)防滑程度：

定義：杯墊與桌面接觸面之間，至兩者產生相對運動前可承受的力量，即為防滑程度。

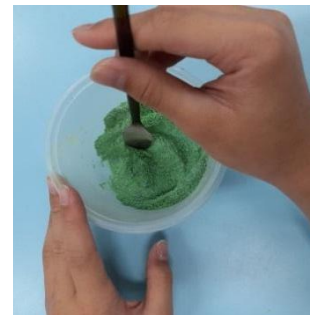
測量方法：將杯墊放置桌面，利用彈簧秤水平拖拉杯墊，慢動作錄影觀察並記錄移動瞬間時的阻力，單位(gw)



▲測量杯墊防滑程度的過程

四、實驗步驟

- 1.將蛋殼以及粉筆灰 磨細
- 2.將粉類用篩網過篩
- 3.依比例量出材料的重量
4. 放進一個容器裡，將粉類攪拌均勻



- 5.加入水，並充分攪拌，使粉類成團
- 6.放入盒子或模具
- 7.不斷上下震動，把裡面的氣泡打出來
- 8.讓它自然烘乾或者放進烘箱裡



五、實驗步驟說明

【前測】

粉筆灰與水的最佳比例 (找出水粉比)

實驗方法：

1. 準備材料：粉筆灰、水。
2. 將粉筆灰秤量 60g，加不同比例的水。
3. 將兩者放入容器中均勻攪拌。
4. 上下震動，使氣泡排出。
5. 放入相同大小的模具。
6. 放入 30 度的烘箱 24 小時，等待全乾燥。
7. 測量杯墊的吸水時間。

粉筆灰(%)	水(%)
80	20
70	30
60	40
50	50
40	60

【研究一、探討粉筆灰及蛋殼製作吸水杯墊的方法及特性】

實驗一：不同比例的粉筆灰及蛋殼之杯墊成品

沿用實驗前測比例（粉筆灰：水=6：4）

實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、蛋殼、水。
2. 將粉類依比例秤量 60g，再加入水。
3. 將三者放入容器中均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入相同大小的模具。
6. 等待乾燥。
7. 放入 30 度的烘箱 24 小時，等待全乾燥。
8. 測量杯墊吸水時間、飽和吸水量、吸水率、耐壓程度。

粉筆灰(%)	蛋殼(%)
100	0
80	20
60	40
50	50
40	60
20	80
0	100

【研究二、探討不同添加物對吸水杯墊特性的影響】

經過研究一，我們發現粉筆灰與蛋殼的黏著性不佳，杯墊結構硬度不足，容易碎掉產生許多粉末，使用不便，增加清理困難度。進入實驗二，我們加以嘗試其他方式，使杯墊體更固化成形，提升其硬度及穩定性。

實驗二：添加不同比例的水泥對杯墊特性的影響

實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、水泥、蛋殼、水。
2. 將實驗一所得的最佳比例(粉蛋比5：5)，依比例秤量，再加入不同比例的水泥。
3. 將四者放入容器中均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入相同大小的模具。
6. 等待乾燥。
7. 放入 30 度的烘箱 24 小時，等待完全乾燥。
8. 測量杯墊的吸水時間、飽和吸水量、吸水率、釋水速度、耐壓程度。

水泥(%)	粉筆灰+蛋殼(%)
100	0
80	20
60	40
50	50
40	60
20	80

實驗三：添加不同比例的石膏對杯墊特性的影響

實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、石膏、蛋殼、水。
2. 將實驗一的最佳比例(粉蛋比5：5)，依比例秤量，再加入不同比例的石膏。
3. 將四者放入容器中均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入相同大小的模具。
6. 等待乾燥。
7. 放入 120 度的烘箱 24 小時，等待完全乾燥。
8. 測量杯墊的吸水時間、飽和吸水量、吸水率、釋水速度、耐壓程度。

石膏(%)	粉筆灰+蛋殼(%)
100	0
80	20
60	40
50	50
40	60
20	80
0	100

【研究三、探討粒徑大小對吸水杯墊特性的影響】

實驗四：蛋殼粒徑大小對杯墊吸水特性的影響

實驗步驟：

1. 利用不同孔徑的篩網過濾蛋殼。
2. 準備材料：粉筆灰、石膏、蛋殼、水。
3. 將實驗三的最佳比例(石膏:粉+蛋 5:5)秤量 60g(蛋殼用不同的粒徑大小)。
4. 將四者放入容器中均勻攪拌。
5. 上下震動使氣泡排出。
6. 放入相同大小的模具。
7. 等待乾燥。
8. 放入 120 度的烘箱 24 小時，等待完全乾燥。
9. 測量不同粒徑的蛋殼所製成杯墊的吸水時間、飽和吸水量、釋水速度、吸水率、耐壓程度。

蛋殼目數(目)	30	50	100	200	200 以上
---------	----	----	-----	-----	--------

【研究四、探討吸水杯墊的硬度測試】

實驗五：改變杯墊厚度對杯墊特性的影響

實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、蛋殼、石膏。
2. 秤量不同重量的粉筆灰、石膏、蛋殼、水以製作不同高度的杯墊。
3. 將四者放入容器中加水均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入大小相同、形狀相同的模具中(容器上面要有自己想要的高度)。
6. 等待乾燥，完成 1 公分、1.5 公分、2 公分厚度的杯墊。
7. 依序由不同高度落下並觀察其狀態。

【研究五、吸水杯墊相關功能優化】

實驗六：新增杯墊底座提升防摔防滑效果

實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、蛋殼、石膏
2. 依總重 60g 秤量不同百分比的粉筆灰、石膏、蛋殼、水。
3. 將四者放入容器中加水均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入 30 度的烘箱 24 小時，等待完全乾燥。
6. 乾燥後，在底下黏想要使用的防摔、防滑材質。
7. 先測量各杯墊防滑程度
8. 依序由不同高度落下並觀察其狀態。

實驗七：美化吸水杯墊之外觀

實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、石膏、蛋殼、水。
2. 依總重 60g 秤量不同比例的粉筆灰、石膏、蛋殼、水。
3. 將四者放入容器中均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入不同形狀的模具。(或改變杯墊的顏色)
6. 等待乾燥。

顏色	形狀	添加裝飾物
進行兩種顏色以上的粉筆灰，希望做出漸層色彩效果，或是花紋。	透過不同形狀的模具如：圓形、六角形，增加杯墊外型的多樣化。	我們採集校內植物製成押花，添加上去希望達到美化的效果。

實驗八：吸水杯墊的應用發想











實驗步驟：

1. 準備材料：粉筆灰、石膏、蛋殼。
2. 依總重 60g 秤量不同比例的粉筆灰、石膏、蛋殼、水。
3. 將四者放入容器中均勻攪拌。
4. 上下震動使氣泡排出。
5. 放入不同大小、不同形狀的模具。
6. 等待乾燥。



伍、研究結果

【前測】

粉(%)	水(%)	成品(正)	成品(反)	重量(gw)	厚度(cm)	直徑(cm)
80	20			54.36	1.2	6.4
70	30			51.95	1.2	6.2
60	40			49.56	1.3	6.3
50	50			55.67	1.3	6.1
40	60			55.94	1.3	6.2

吸水時間表格:

粉筆灰(%)	水(%)	吸水時間(正)(分：秒)	吸水時間(反)(分：秒)
80	20	02:08.23	00:58.20
70	30	02:42.42	00:94.50
60	40	02:19.99	00:24.66
50	50	02:32.02	00:18.46
40	60	01:46.95	00:27.75

實驗結果說明：

可以發現反面的吸水效果較正面佳，其中表現良好的有粉水比 6:4、5:5、4:6，反面皆於 30 秒內吸收水分，雖然 4：6 的正面吸水效果最佳(未達兩分鐘)，但是因其水分含量過高，導致杯墊固化時間過久，需要約一個禮拜才能乾，故選擇水分含量較少的粉水比 6：4 比例作為後續實驗參考。



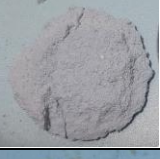




▲水分含量過高，導致杯墊固化時間過久

【研究一、探討粉筆灰及蛋殼製作吸水杯墊的方法

及特性】

實驗一：不同比例的粉筆灰及蛋殼之杯墊成品

粉(%)	蛋殼(%)	照片	重量(gw)	厚度(cm)	直徑(cm)
0	100		24.11	不成形	不成形
20	80		24.22	0.84	4.92
40	60		23.09	0.9	4.92
50	50		22.5	0.87	4.92
60	40		20.8	0.85	4.92

80	20		24.4	0.82	4.92
100	0		24.11	1.12	4.92

吸水時間表格:

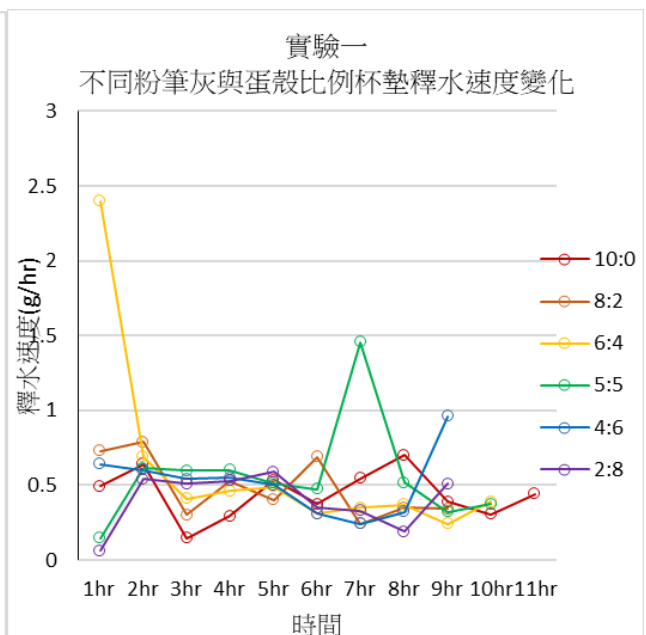
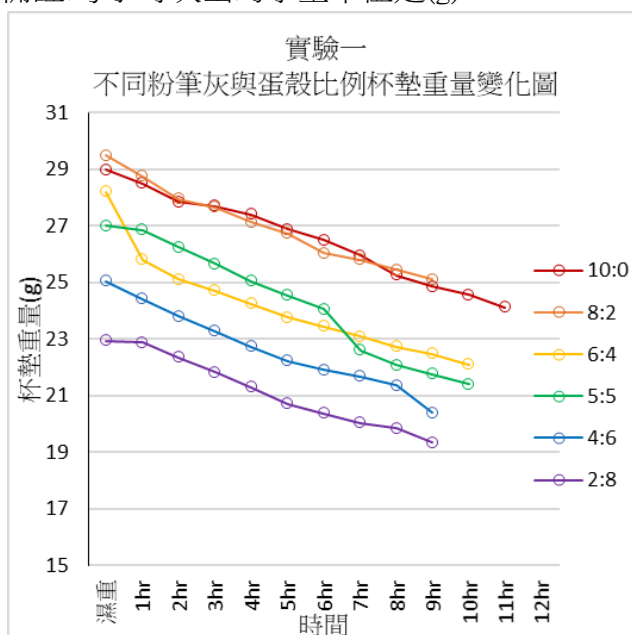
粉(%)	蛋殼(%)	吸水時間(正)(分:秒)	吸水時間(反)(分:秒)	飽和吸水量(g)	吸水率(%)	耐壓(kgw)
100	0	01:55.00	00:33.59	4.85	1.2	13.65
80	20	00:12.86	00:09.47	5.26	1.22	碎裂
60	40	01:01.55	00:32.69	5.7	1.25	7.1
50	50	00:39.70	00:18.41	4.36	1.2	5.3
40	60	01:41.83	00:19.68	4.25	1.2	3.9
20	80	04:47.38	00:11.61	3.31	1.17	碎裂

釋水速度(g/hr):

粉(%)	蛋殼(%)	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr	9hr	10hr	11hr	12hr
100	0	0.39	0.8	0.15	0.3	0.54	0.38	0.55	0.7	0.39	0.31	0.58	X
80	20	2.92	0.69	0.41	0.46	0.49	0.31	0.35	0.37	0.24	0.39	X	X
60	40	2.92	0.69	0.41	0.46	0.49	0.31	0.35	0.37	0.24	0.39	X	X
50	50	0.15	0.61	0.6	0.6	0.52	0.48	1.46	0.52	0.32	0.37	0.45	X
40	60	0.64	0.6	0.54	0.55	0.5	0.31	0.24	0.32	0.96	X	X	X
20	80	0.06	0.54	0.51	0.53	0.59	0.35	0.33	0.19	0.51	X	X	X

備註:X 表示重量不變。

備註:每小時次出的水量單位是(g)。



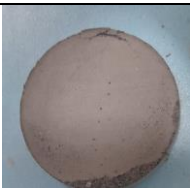




實驗結果說明：

由表格可知，反面的吸水效果較佳，可能和粉末的沉澱有關。也發現並非蛋殼含量越多，吸水效果越佳。而蛋殼含量高的杯墊卻有不成形或上下分離的問題，純粉筆灰的杯墊(10：0)吸水效果雖然較不佳，卻是成形。在脫模的過程中，我們觀察到：蛋殼含量高的杯墊容易散掉，全粉筆灰 10：0 的杯墊散掉的狀最完整的杯墊況則沒有那麼嚴重，且抗壓強度較佳。

由吸水數據來看，8：2 為最佳比例，但是 8：2 杯墊的成形相當差，多次製作成品均有裂痕，無法進行耐壓測試，實驗試體表面具有許多裂縫，不如其他比例表面平整，因此其吸水速度較快可能是裂縫所致，並非杯體本身吸水能力，考量吸水及成形成果，因此我們最後是選擇使用 5：5。

【研究二、探討不同添加物對吸水杯墊特性的影響】

實驗二：添加不同比例的水泥測試杯墊特性

水泥(%)	粉+蛋(%)	照片	重量(gw)	厚度(cm)	直徑(cm)
100	0		29.28	0.89	5.27
80	20		29.81	0.93	5.27
60	40		30.15	1	5.27
50	50		28.99	1.01	5.27
40	60		28.93	1.01	5.27

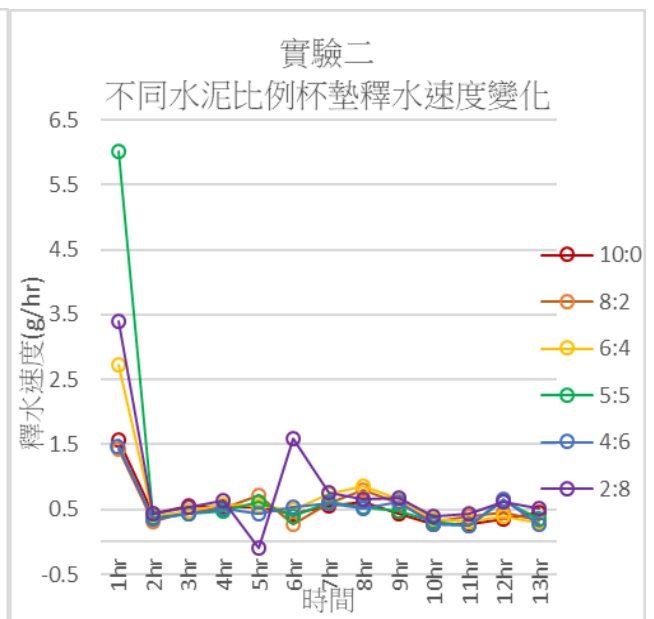
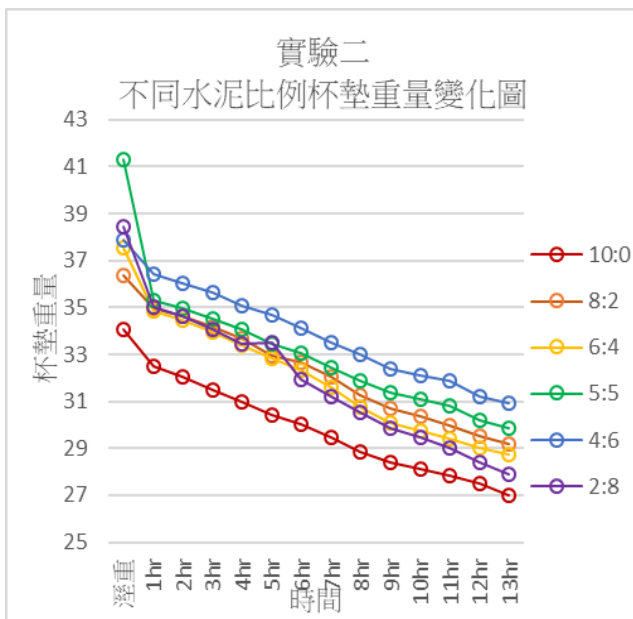
20	80		25.93	1.08	5.27
----	----	---	-------	------	------

吸水時間表格:

水泥 (%)	粉+蛋 (%)	吸水時間 (正)(秒)	吸水時間(反)(秒)	飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
100	0	03.51	20.19	7.38	1.16	24
80	20	02.43	22.88	8.83	1.22	22
60	40	03.18	13.81	9.49	1.25	16
50	50	06.21	13.92	10.18	1.43	10
40	60	03.31	11.63	10.52	1.31	8
20	80	14.51	10.98	10.98	1.48	9.3
0	100	39.70	18.41	4.36	1.20	5.3

釋水速度(g/hr)

水泥 (%)	粉+蛋 (%)	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr	9hr	10hr	11hr	12hr
100	0	0.43	0.56	0.54	0.53	0.43	5.56	0.62	0.44	0.28	0.27	0.35	0.46
80	20	0.32	0.47	0.52	0.72	0.27	0.59	0.79	0.6	0.31	0.4	0.45	0.33
60	40	0.20	0.47	0.57	0.56	0.5	0.74	0.86	0.66	0.36	0.31	0.4	0.3
50	50	0.38	0.43	0.47	0.62	0.29	0.62	0.54	0.48	0.31	0.26	0.63	0.36
40	60	0.36	0.44	0.52	0.43	0.53	0.6	0.52	0.61	0.28	0.25	0.65	0.28
20	80	0.44	0.54	0.63	-0.1	1.59	0.76	0.66	0.67	0.4	0.44	0.61	0.51









實驗結果說明：

水泥 20%的成品在脫模的過程中很容易碎裂，而所有加入水泥的杯墊邊緣容易不完整。我們的實驗結果顯示，吸水效果較佳的水泥百分比為 4%~60%，表示水泥並不是加得越多越好。就抗壓強度實驗，加入越多水泥可明顯提升抗壓的效果，因此考量杯墊結構強度，建議選擇水泥 60%的比例來製作杯墊。水泥杯墊第一個小時釋水速度較高，表示有較多水分蒸發，之後釋水速度減緩，約落在 0.5g/hr 左右，不同比例差異不大。

水泥的正面吸水速度較反面快，這與粉筆灰、蛋殼成分的杯墊實驗結果不同。因為水泥加水後的硬化包括複雜的物理化學變化過程。硬化水泥漿體是由鈣礬石、水化矽酸鈣、氫氧化鈣和水化硫鋁酸鈣等多種晶體交織在一起而形成的。晶體的形貌、表面結構以及生長的情況等，皆為影響水泥強度差異的關鍵因素。我們推測水泥正反面的吸水速度差異應與水泥內部晶體的結構有關，然而此部分又牽涉許多因素，有待延伸探討。

實驗三：添加不同比例的石膏測試杯墊特性

石膏(%)	粉+蛋(%)	照片	重量(gw)	厚度(cm)	直徑(cm)
100	0		32.08	1.33	5.23
80	20		32.68	1.58	5.23
60	40		29.5	1.25	5.23
50	50		29.94	1.35	5.23
40	60		30.84	1.30	5.23
20	80		31.16	1.31	5.23

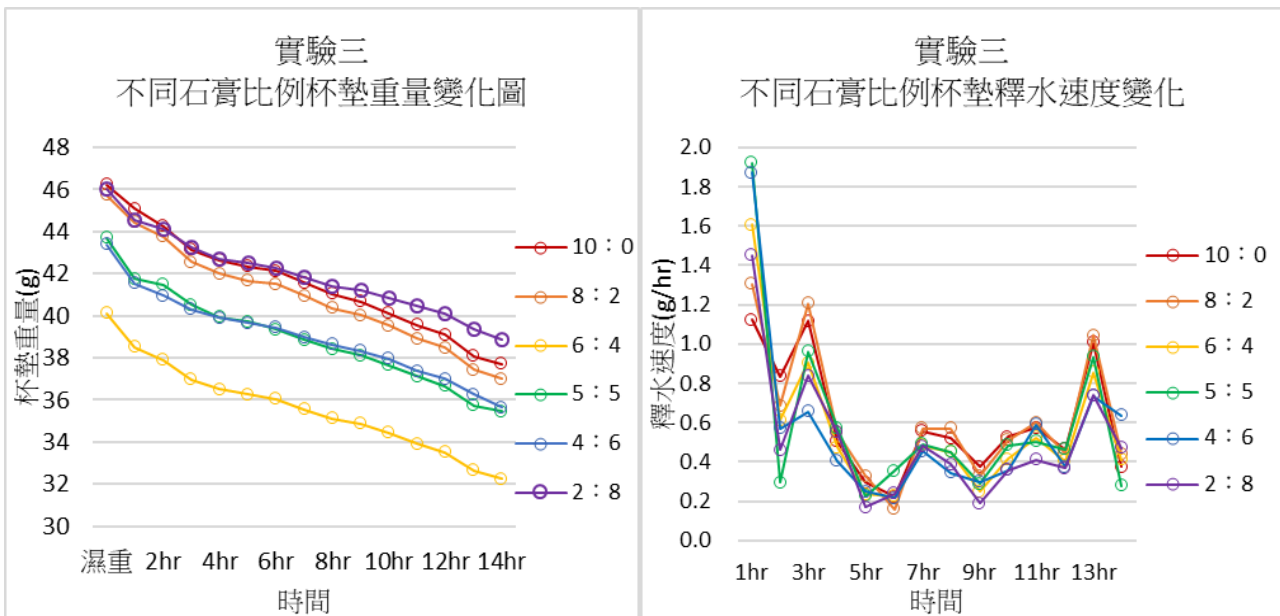
吸水時間表格:

石膏(%)	粉+蛋(%)	吸水時間(正) (秒)	吸水時間(反) (秒)	飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
100	0	03.86	02.55	14.13	1.44	56 ↑
80	20	01.96	02.1	13.79	1.4	56
60	40	03.69	03.97	10.81	1.36	30
50	50	01.83	04.1	13.4	1.46	24
40	60	02.45	08.4	12.11	1.41	24
20	80	10.63	12.13	11.35	1.48	18
0	100	39.70	18.41	4.36	1.20	5.3

釋水速度(g/hr):

石膏(%)	粉+蛋(%)	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr
100	0	1.12	0.84	1.21	0.5	0.3	0.22	0.56
80	20	1.31	0.68	1.21	0.55	0.33	0.16	0.57
60	40	1.61	0.61	0.9	0.48	0.23	0.23	0.48
50	50	1.92	0.3	0.96	0.57	0.22	0.36	0.49
40	60	1.87	0.57	0.65	0.41	0.25	0.22	0.45
20	80	1.45	0.46	0.84	0.55	0.17	0.24	0.48

石膏(%)	粉+蛋(%)	8hr	9hr	10hr	11hr	12hr	13hr	14hr
100	0	0.52	0.38	0.53	0.57	0.46	1.01	0.38
80	20	0.57	0.33	0.51	0.6	0.44	1.05	0.44
60	40	0.45	0.25	0.41	0.52	0.41	0.86	0.41
50	50	0.45	0.29	0.48	0.51	0.47	0.94	0.28
40	60	0.34	0.3	0.36	0.59	0.38	0.73	0.64
20	80	0.39	0.19	0.36	0.41	0.37	0.74	0.47




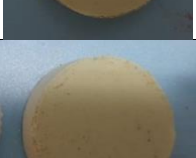



實驗結果說明：

從成品照片可知，添加石膏有助於杯墊成形。除了 0：10 不含石膏成分的杯墊外，其他正反兩面吸水速度無明顯差異，吸水時間良好多在 10 秒內吸收，其中又以 5：5 和 8：2 兩者為佳，吸水能力雖然是 8：2 較佳，但是相差不多，以環保的角度而言，建議使用 5：5 的比例，雖然 5：5 的耐壓是 24 公斤重，8：2 的耐壓有到 56 公斤重，但是一般杯墊使用，24 公斤重的耐壓程度已相當足夠。而我們最後也是選擇使用 5：5。以釋水速度來看，含石膏的杯墊其前三小時釋水速度較快，之後降低，不同比例之間釋水速度無明顯差異。

【研究三、探討粒徑大小對吸水杯墊特性的影響】

實驗四：蛋殼粒徑大小對杯墊吸水特性的影響

粒徑目數(目)	照片	重量(gw)	厚度(cm)	直徑(cm)
30		30.52	1.3	5.5
50		30.13	1.53	5.5
100		31.49	1.26	5.5
200		33.22	1.32	5.5
200 ↑		32.64	1.29	5.5

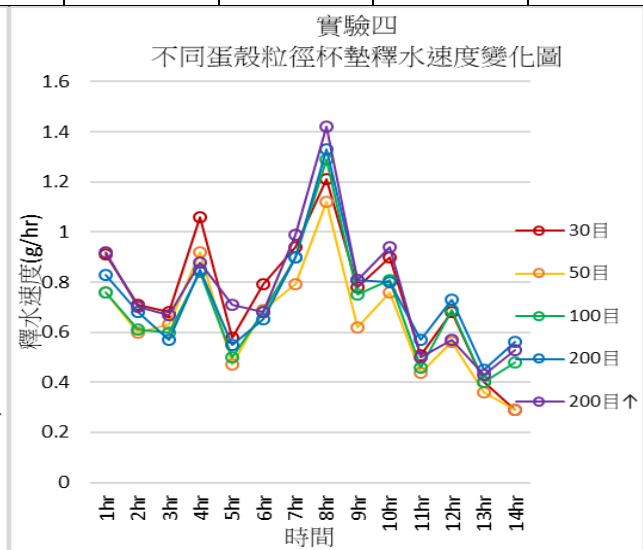
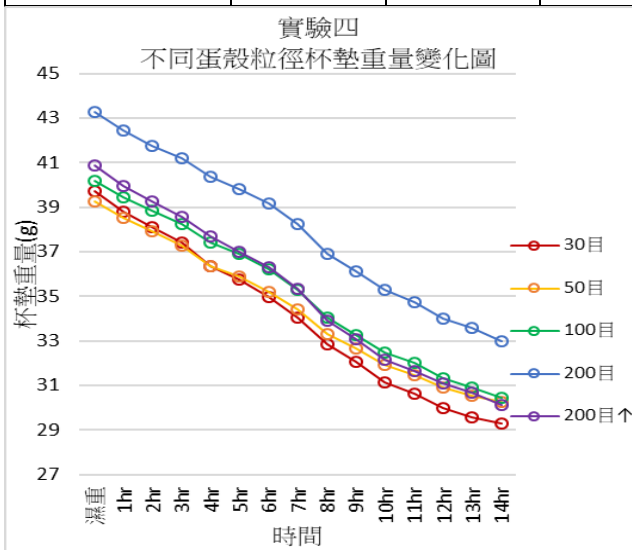
粒徑(目)	吸水速度 (正)(秒)	吸水速度 (反)(秒)	飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
30	8.4	7.94	9.20	1.30	23
50	4.67	4.12	9.14	1.30	52

100	4.11	4.67	8.17	1.28	23
200	3.29	3.56	10.07	1.30	40
200 ↑	5.2	5.22	8.23	1.25	9

吸水時間表格：

釋水速度(g/hr)

粒徑(目)	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr
30	0.91	0.71	0.68	1.06	0.58	0.79	0.94
50	0.76	0.6	0.63	0.92	0.47	0.69	0.79
100	0.76	0.61	0.6	0.84	0.5	0.68	0.9
200	0.83	0.68	0.57	0.85	0.55	0.65	0.9
200 ↑	0.92	0.7	0.67	0.88	0.71	0.68	0.99
粒徑(目)	8hr	9hr	10hr	11hr	12hr	13hr	14hr
30	1.21	0.78	0.9	0.51	0.68	0.4	0.29
50	1.12	0.62	0.76	0.44	0.56	0.36	0.29
100	1.29	0.75	0.81	0.46	0.69	0.4	0.48
200	1.33	0.81	0.8	0.57	0.73	0.45	0.56
200 ↑	1.42	0.81	0.94	0.5	0.57	0.43	0.53






實驗結果說明：

以吸水數據來看，200 目的杯墊功效最佳，而其他目數的杯墊也不會很差，因次我們認為只要蛋殼粒徑不低於 30 目，他的吸水能力並不會相差太多。蛋殼的粒徑大小會影響杯墊的吸水能力及耐壓程度。例如:50 目在 52 公斤破；200 目以上的在 9 公斤就破了。30 目的吸水時間為 8.4 秒；200 目的吸水時間為 3.29 秒。不同顆粒大小的杯墊，釋水速度相差不多。

【研究五、探討杯墊厚度對吸水杯墊特性的影響】

實驗五：改變杯墊厚度對杯墊特性的影響





成品厚度 (cm)	圖片	本身重量(g)	碎裂高度
1		44.89	25
1.5		50	30
2		71.73	35



實驗結果說明：

由上表可知，杯墊越厚越不易碎裂，但要準備的材料也較多。

【研究六、吸水杯墊相關功能優化】

實驗六：新增杯墊底座提升防摔防滑效果

材質	照片	碎裂高度(cm)	防滑(gw)
無(石膏)		60	30
無(水泥)		25	
泡棉		85	35
海綿		135	26

不織布		65	11.7
木板		55	15
防滑墊		100	46.7

實驗結果說明：

實驗結果顯示沒裝底座的石膏杯墊在 60 公分斷裂，而沒裝底座的水泥杯墊在 25 公分斷裂，表示石膏較為堅固。而加上底座的，除了木板，均於 60 公分都未碎裂，表示加上底座是有用的，然而我們發現海綿厚度較厚且材質較軟，杯子放上去後因重量下壓，若重心不穩，會造成杯墊傾斜，使飲料打翻，後來決定使用厚度較薄且防滑效果好的防滑墊。添加防滑墊、泡棉對防滑有幫助，添加木板、不織布、海綿對杯墊防滑無幫助，反而降低杯墊的防滑效果。

實驗七：美化吸水杯墊之外觀

顏色	
形狀	
花紋	

<p>裝飾 失敗，完全看不出來。</p>	
--------------------------	--

實驗八：吸水杯墊的應用發想

名稱/功能說明	照片
<p>盆栽墊 將盆栽放置於盆栽墊上，可達到吸收盆栽中多餘水分的效果，以免積水。</p>	
<p>盆栽 盆栽可以吸收澆水時多餘的水分，避免根部缺氧而死。同時也可以在盆栽缺水時提供水分，達到保水的效果。</p>	
<p>傘架 傘架放置於雨傘下，可以將雨傘所滴下的水珠吸收，以免造成地面濕滑。</p>	
<p>肥皂盒 一般的塑膠肥皂盒是在下面開洞，放上濕肥皂後，洗手台都會濕成一片。假如塑膠肥皂盒上沒有開洞，放上肥皂時則會導致肥皂泡在水裡，而這個肥皂盒則可以解決以上兩個市售肥皂盒的缺點。</p>	
<p>除溼塊+擴香石 將除溼塊掛於門把上，可達到除溼效果。可滴上少許香氛精油，即可搭到芳香效果。</p>	

陸、討論

【研究一、探討粉筆灰及蛋殼製作吸水杯墊的方法及特性】


實驗一：不同比例的粉筆灰及蛋殼之杯墊成品

1. 實驗需要的成品很多，考量環保，我們收集廢棄的紙杯，希望藉此作為模具，以達到廢物利用的節能效果。但是紙杯的面積與杯底面積相近，比市售杯墊面積小，不適合實際作為杯墊用途，若真的要做成吸水杯墊來使用，可以上網買矽膠模具。
2. 研究過程中，所使用到的容器，我們盡量收集廢棄塑膠盒、紙盒來重複利用，例如：裝粉筆灰的盒子是用大瓶牛奶的底部切割下來的。
3. 起初我們收集的蛋殼是來自媽媽煮飯炒蛋或做蛋料理的蛋殼廚餘，以及學校家政課後，剩餘的蛋殼。後來我們結合宜蘭在地養鴨產業，實際走訪養鴨場，發現養鴨場有許多廢棄蛋殼的問題，因此我們也從中思考如何應用這些廢棄蛋殼，希望能夠成功發展出環保作品，吸水杯墊經過改良，有發展為 DIY 手作材料包之潛力，能供養鴨場應用，協助養鴨場轉型為觀工廠，提升產業競爭力。



▲養鴨場實地踏查

4. 磨碎蛋殼前，都會先去除蛋膜，原因是蛋膜屬於有機物，時間久了恐因被細菌分解而腐敗。因此我們有一套去除蛋膜的方式：

		
1.初步沖洗，清除蛋液	2.再次沖洗，去除雜質	3.瀝乾，並敲碎

		
4. 去除蛋膜	5. 放進烤箱烤乾	6. 用研鉢磨碎

5. 粉筆灰及蛋殼製成的杯墊，若水量超過一定限度，杯墊會立即軟化，變成泥狀，造成使用上的不便。
6. 實驗一蛋殼均使用市售 30 目麵粉篩網過篩，確保顆粒大小接近，避免顆粒不均勻的情形發生。
7. 若只有蛋殼及粉筆灰，杯墊成品易碎。因此我們進一步思考如何提升杯墊的固化效果，決定採用水泥及石膏加入嘗試。

實驗二：添加不同比例的水泥對杯墊特性的影響

1. 當時選擇水泥是因許多的建築物都是由水泥所建造的，做水泥是想看可不可以不加外殼，不會因為吸水變得過於脆弱，經過測試添加水泥的確可以增強杯墊成品的硬度，後來顧慮到環保問題，我們決定改成用較環保的石膏。



▲表面有一層液體且帶有渣渣

2. 水泥杯墊在固化的過程中上方會有一層液體且帶有渣渣，我們推測這可能和水化作用有關。經資料查詢後得知矽酸鹽水泥與水反應，主要形成四個化合物：氫氧化鈣、含水矽酸鈣、含水鋁酸鈣及含水鐵酸鈣，它們共同決定水泥硬化過程特性變化。。

【研究二：探討不同添加物對吸水杯墊特性的影響】

實驗三：添加不同比例的石膏對杯墊特性的影響

1. 實驗結果顯示石膏粉比例並不是越高吸水能力越好，中庸之道才是最佳的，三者的比例會影響吸水效果，因此製作的時候務必要留意各成分比例的掌握。
2. 石膏粉相對於水泥，固化時間較短，攪拌過程中需要加入較多的水，以避免太快固化無法進行塑型。
3. 先前含水泥成分的杯墊完全固化需要二至三天，而石膏成分的杯墊只需一天，比水泥快了許多。

實驗四：蛋殼粒徑大小對杯墊吸水特性的影響

1. 雖然 200 目的吸水能力最佳，但乾的時間也最久，我們推測粒徑大小會影響乾燥成形的時間。
2. 蛋殼的粒徑大小會影響杯墊的吸水能力及耐壓程度。例如:50 目在 52 公斤破；200 目以上的在 9 公斤就破了。30 目的吸水時間為 8.4 秒；200 目的吸水時間為 3.29 秒。
3. 我們使用搖篩機將蛋殼依粒徑分類，結果顯示蛋殼大小以 30 目、50 目、100 目、200 目、200 目以上的數量最多，故作為本實驗的實驗分組。

實驗五：改變杯墊厚度對杯墊特性的影響

杯墊在一定的高度下掉落會碎裂，因此想知道不同厚度的杯墊在什麼樣的高度會碎裂。實驗結果顯示越厚的杯墊耐摔程度越好，和我們推測結果相同。可是杯墊厚度越厚，打翻飲料的機率越高，因此我們決定在底部加上泡棉以及海綿，減緩杯墊掉落的衝擊力。

【研究三、吸水杯墊相關功能優化】

實驗六：新增杯墊底座提升防摔效果

1. 底座採用木板的，防摔高度僅有 55 公分，比對照組(無底座的)60 公分還差，表示木板不僅無助還降低！可能與木板材質硬度有關，相較其他組別，如泡棉、防滑墊等軟材質，其硬度較硬。
2. 底部添加泡棉、防滑墊對杯墊的防滑有幫助；底座添加海綿、木板、不織布對杯墊的防滑沒幫助反而還降低杯杯墊的防滑效果！

實驗七：美化吸水杯墊之外觀

比較自製杯墊與市售杯墊，我們認為自製杯墊較不美觀，因而希望能美化外表，以吸引更多民眾來使用。於是我們開始思考如何使自製杯墊能有更多的顏色和形狀上的變化，不會太過

於單調，也讓消費者在購買的時候有更多的顏色、形狀上的選擇。

實驗八：吸水杯墊的應用發想

除了製造杯墊以外，日常生活中，亦有許多時刻需要使用吸水的功能，因此我們發展出盆栽墊、傘架及肥皂盒等，使家裡許多的需要使用吸水功能的生活用品都是回收再利用，以達到環保效果。

柒、結論與展望

各實驗結果統整表

		比例 (%)		吸水時間 正面(分:秒)	吸水時間 反面(分:秒)	飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
實驗 1	1-1	粉 0	蛋 100	01 : 50.80	00 : 33.59	4.85	1.2	13.65
	1-2	粉 20	蛋 80	00 : 12.86	00 : 09.47	5.26	1.22	X
	1-3	粉 40	蛋 60	01 : 01.55	00 : 32.69	5.7	1.25	7.1
	1-4	粉 50	蛋 50	00 : 39.70	00 : 18.41	4.36	1.2	5.3
	1-5	粉 60	蛋 40	01 : 41.83	00 : 19.68	4.25	1.2	3.9
	1-6	粉 80	蛋 20	04 : 47.38	00 : 11.61	3.31	1.17	X
	1-7	粉 0	蛋 100	01 : 50.80	00 : 3.59	4.85	1.2	13.65
實驗 2	2-1	水泥 100	粉+蛋 20	00 : 03.51	00 : 20.19	7.38	1.16	24
	2-2	水泥 80	粉+蛋 20	00 : 02.43	00 : 22.88	8.83	1.22	22
	2-3	水泥 60	粉+蛋 40	00 : 03.18	00 : 13.81	9.49	1.25	16
	2-4	水泥 50	粉+蛋 50	00 : 06.21	00 : 13.92	10.18	1.43	10
	2-5	水泥 40	粉+蛋 60	00 : 03.31	00 : 11.63	10.52	1.31	8
	2-6	水泥 20	粉+蛋 80	00 : 14.51	00 : 10.98	10.98	1.48	X
實驗 3	3-1	石膏 100	粉+蛋 0	00 : 03.86	00 : 02.55	14.13	1.44	56 ↑
	3-2	石膏 80	粉+蛋 20	00 : 01.96	00 : 02.1	13.79	1.4	56
	3-3	石膏 60	粉+蛋 40	00 : 03.69	00 : 03.97	10.81	1.36	30
	3-4	石膏 50	粉+蛋 50	00 : 01.83	00 : 04.1	13.4	1.46	24
	3-5	石膏 40	粉+蛋 60	00 : 02.45	00 : 08.4	12.11	1.41	24

	3-6	石膏 20	粉+蛋 80	00 : 10.63	00 : 12.13	11.35	1.48	18
實驗 4	4-1	30 目		00 : 08.4	00 : 07.94	9.2	1.3	23
	4-2	50 目		00 : 04.67	00 : 04.12	9.14	1.3	52
	4-3	100 目		00 : 04.11	00 : 04.67	8.71	1.28	23
	4-4	200 目		00 : 03.29	00 : 03.56	10.07	1.3	40
	4-5	200 目 ↑		00 : 05.2	00 : 05.22	8.23	1.25	9

一、 結論

1. 粉筆灰與蛋殼製成的杯墊，粉筆灰和蛋殼的百分比為 50%、50%最好。
2. 水泥為 60%的杯墊雖然吸水能力不是最好的，但考慮到耐壓，因而認為 60%是最好的。
3. 5：5 和 8：2 兩者吸水能力雖然是 8：2 較佳，相差不多，以環保的角度而言，建議使用 5：5 的比例，雖然 5：5 的耐壓是 24 公斤重，8：2 的耐壓有到 56 公斤重，但是一般杯墊使用，24 公斤重的耐壓程度已相當足夠。
4. 蛋殼粒徑為 200 目的吸水功能最好。
5. 2 公分的杯墊掉落高度可承受至 35 公分才碎掉，1 公分和 1.5 公分的分別在 25 公分和 30 公分碎裂，表示杯墊厚度越高，防摔效果越佳。
6. 底部加上海綿的杯墊掉落高度可承受至 135 公分皆未碎，底部沒有保護措施的石膏杯墊在 60 公分就碎裂，表示海綿可提升防摔效果，而防滑實驗則是加上防滑墊的防滑效果最佳，可到 46.7 克重，沒有添加的則是 30 克重，但考慮到防滑及防摔，決定使用防滑墊。
7. 粉筆灰杯墊的概念能衍生其他不同功能的用品，能有極大發展的潛力，例如：盆栽墊、盆栽及肥皂盒等。

二、 未來展望

1. 此杯墊有分正反面，且正反面的吸水能力相差很多，前測及實驗一兩者反面吸水時間均較佳；實驗二則是正面吸水時間較好；石膏則是正反面差不多，我們推測這可能和粉末的沉澱有關，有待之後做進一步的研究。
2. 杯墊的吸水能力會不會隨著使用的次數增加而逐漸下降，發生越來越不能吸水的情況，值得進一步探討。

捌、參考資料及其他

參考資料:

- 1.陳耀如、洪國珍、劉叔松(2013s)。《工程材料 I》。台北縣：旭營文化。
- 2.碳酸鈣。維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%88%A3>
- 3.硫酸鈣。維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%92%99>
- 4.怕溼氣霉氣重「粉筆除溼劑」解煩惱(2015/8/20)。台視新聞:發現科學。取自 <https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/index.asp>
- 5.何鎮揚、葉名倉(2009/07/15)。水泥(一)。高瞻自然科學教學資源平台。取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2915>
- 6.洪瑞和、董騰元(2008/05/07)。鈣。高瞻自然科學教學資源平台。取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4988>
- 7.國立成功大學土木工程學系(2005)。工程材料實驗手冊。取自 http://www.civil.ncku.edu.tw/upload/cht/file/127_file_file_1.pdf
- 8.不「蚵」思議-以蚵殼製作吸水杯墊之可行性探究(2020)。金門縣第60屆中小學科學展覽會作品說明書
- 9.葉欣彰、楊晨麟、謝昕燁(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屆中小學科學展覽會作品說明書
- 10.涂仕豪、涂仕豪、曾郁倫(2016)。人行道透水磚以碎玻璃與環氧樹脂取代水泥系材料之可行性研究。中華民國第56屆中小學科學展覽會作品說明書

【評語】 032905

本作品將廢棄物粉筆灰、蛋殼混合水與石膏或水泥製得吸水杯墊，探討各自成分比例、蛋殼粒徑、杯墊厚度以及防滑底座等，環保杯墊的吸水效果佳，也規劃出多元的應用可能性。實驗設計妥當且合理，實驗記錄詳實且報告呈現清晰。但以碳酸鈣與硫酸鈣為主體的吸水杯墊實驗相當多，建議與歷屆科展作品做一比較，以展現本作品的獨特性與進步性。報告中的有效數字應統一，作品說明書的碳酸鈣和硫酸鈣標題寫反了，於報告校稿時可再謹慎一些。

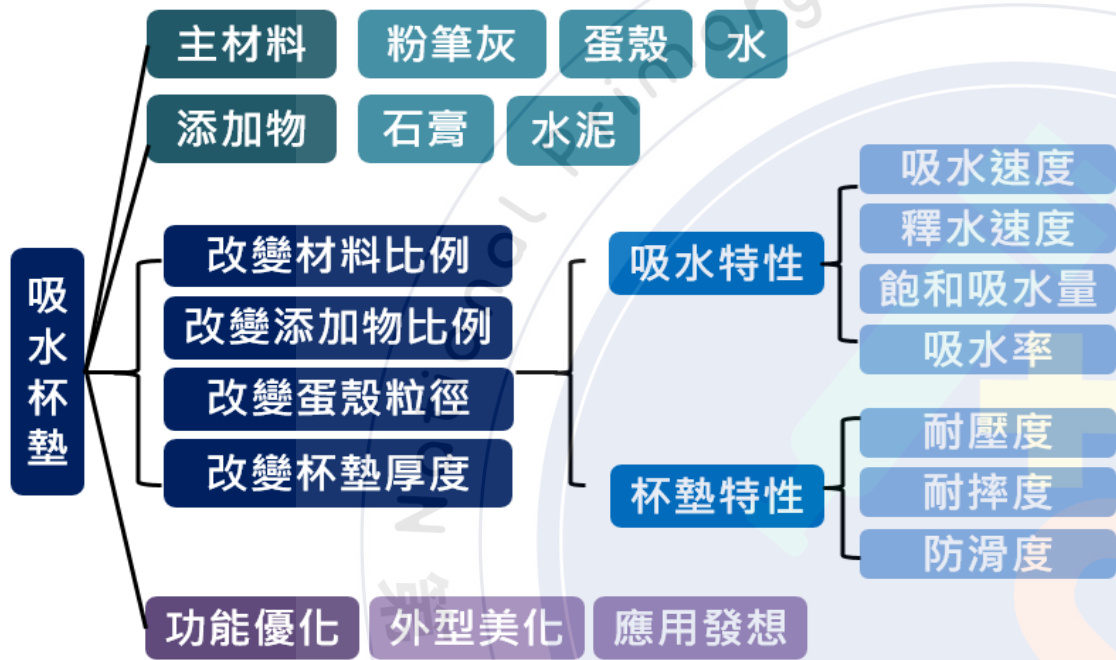
作品簡報

國中組 生活與應用科學(二)科

吸奇杯墊



研究介紹



1. 探討如何利用粉筆灰、蛋殼等環保材料做出耐摔且吸水性佳的杯墊。
2. 探討杯墊加入不同成分對杯墊的影響。

杯墊製作過程



研磨

過篩

依比例秤取

拌勻材料

倒入模具

烘乾成形

研究方法

(一)吸水時間：

杯墊表面吸收1公克的水所需之時間(秒)。

(二)飽和吸水量：

杯墊內部孔隙的最大吸水量(g)。

(三)吸水率：

將杯墊的飽和吸水量與淨重的比值轉換為百分比(%)。

(四)釋水速度：

在常溫、濕度20%的環境下，杯墊每小時所釋出的水量(g)。

吸水達飽和

控制溫濕度

每小時秤重

記錄至乾燥

(五)耐壓程度：

杯墊可承受同一方向的最大重量(kgw)。

杯墊置於體重計

上下鋪泡棉

手掌垂直施壓

記錄至脆斷瞬間

(六)防滑程度：

此作品以「最大靜摩擦力(gw)」來表示杯墊之防滑程度。

杯墊放置桌面

彈簧秤水平拖拉

慢動作錄影

記錄至滑動瞬間

研究結果

實驗一：不同比例的粉筆灰及蛋殼之杯墊特性

杯墊特性統整表-實驗一

	粉 (%)	蛋殼 (%)	吸水時間(分:秒)		飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
			正面	反面			
1-a	100	0	01:55.00	00:33.59	4.85	1.2	13.65
1-b	80	20	00:12.86	00:09.47	5.26	1.22	碎裂
1-c	60	40	01:01.55	00:32.69	5.7	1.25	7.1
1-d	50	50	00:39.70	00:18.41	4.36	1.2	5.3
1-e	40	60	01:41.83	00:19.68	4.25	1.2	3.9
1-f	20	80	04:47.38	00:11.61	3.31	1.17	碎裂

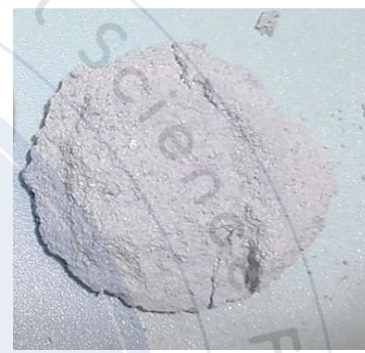
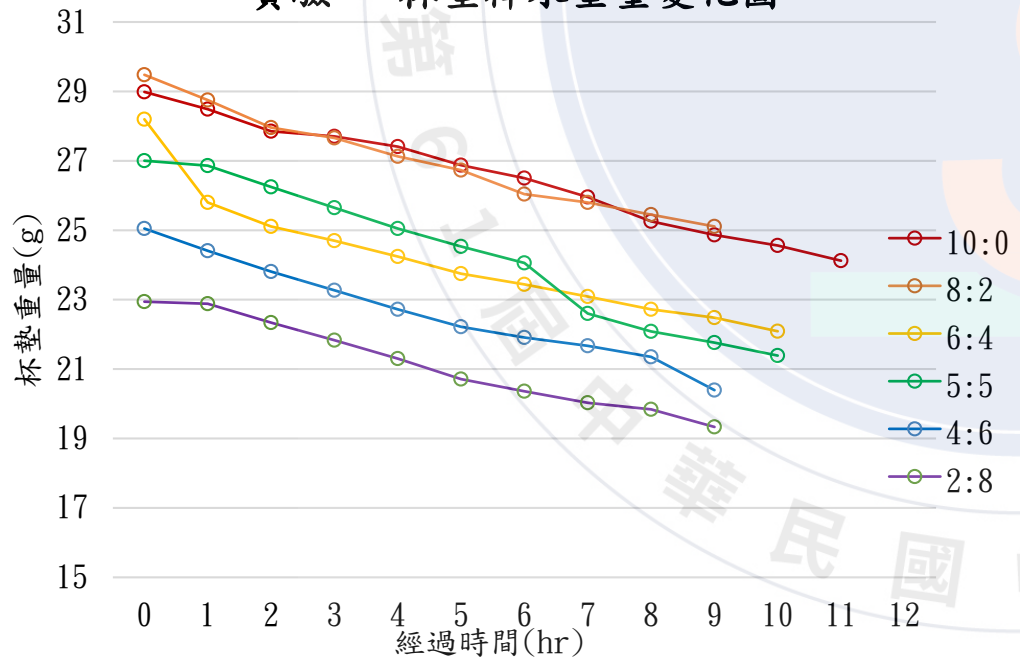


圖1-1



圖1-2

實驗一-杯墊釋水重量變化圖



實驗結果說明：

1. 蛋殼比例過高的杯墊易上下分離。如圖1-1。
 2. 反面吸水效果較佳，可能和粉末沉澱有關。
 3. 粉筆灰與蛋殼比例與釋水速度無明顯差異。
 4. 以吸水力及成形度來說以粉筆灰50%為最佳。
- ※當粉筆灰80%裂痕過多，如圖1-2，將影響吸水且無法測試耐壓。

研究結果

實驗二：添加不同比例水泥對杯墊特性的影響

杯墊特性統整表-實驗二

	水泥 (%)	粉+蛋 (%)	吸水時間(秒)		飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
			正面	反面			
2-a	100	0	03.51	20.19	7.38	1.16	24
2-b	80	20	02.43	22.88	8.83	1.22	22
2-c	60	40	03.18	13.81	9.49	1.25	16
2-d	50	50	06.21	13.92	10.18	1.43	10
2-e	40	60	03.31	11.63	10.52	1.31	8
2-f	20	80	14.51	10.98	10.98	1.48	9.3

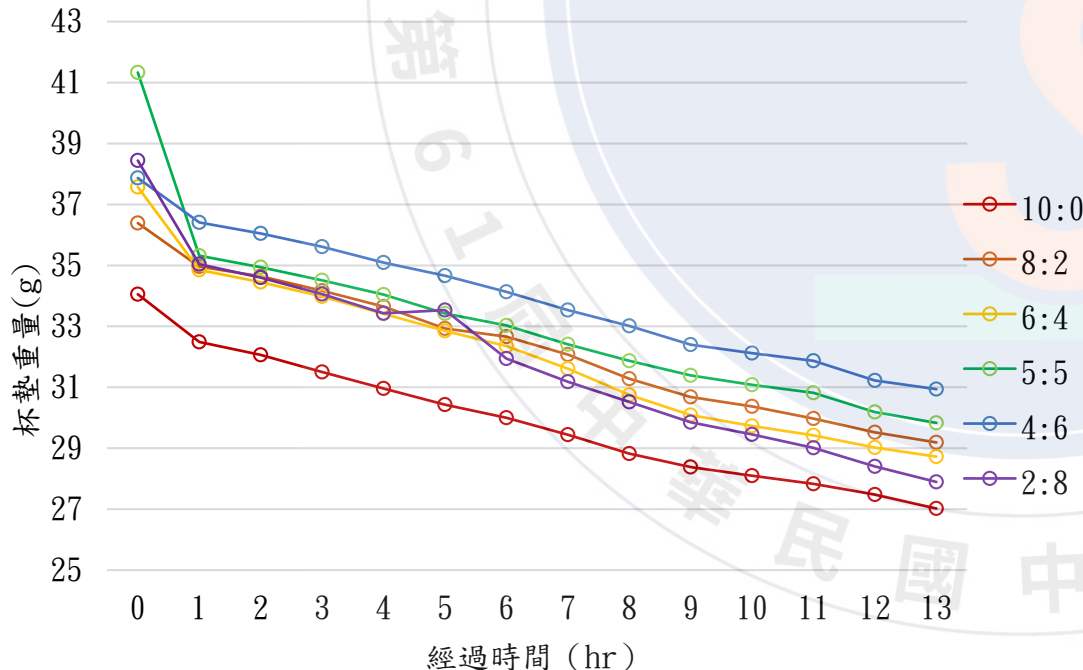


圖2-1



圖2-2

實驗二-杯墊釋水重量變化圖



實驗結果說明：

1. 杯墊在脫模時，邊緣會不完整。如圖2-1。
2. 水泥固化時間久，表面有液體。如圖2-2。
3. 吸水效果較佳的為水泥40%~60%。
4. 水泥比例越高，抗壓強度越佳。
5. 正面吸水時間較反面快，推測是因為沉澱。
6. 水泥杯墊第一小時釋水速度較快。
7. 考量吸水及耐壓，建議採用比例水泥60%

研究結果

實驗三：添加不同比例石膏對杯墊特性的影響

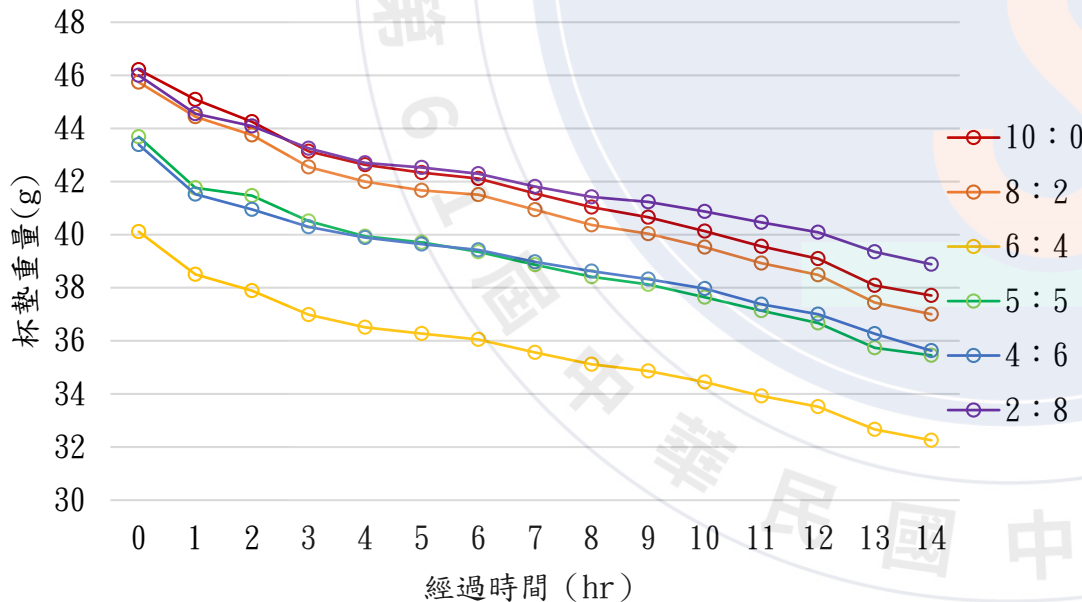
杯墊特性統整表-實驗三

	石膏 (%)	粉+蛋 (%)	吸水時間(秒)		飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
			正面	反面			
3-a	100	0	03.86	02.55	14.13	1.44	56 ↑
3-b	80	20	01.96	02.1	13.79	1.4	56
3-c	60	40	03.69	03.97	10.81	1.36	30
3-d	50	50	01.83	04.1	13.4	1.46	24
3-e	40	60	02.45	08.4	12.11	1.41	24
3-f	20	80	10.63	12.13	11.35	1.48	18



圖3-1

實驗三-杯墊釋水重量變化圖



實驗結果說明：

1. 從圖3-1可知，石膏有助於杯墊成形。
2. 石膏杯墊兩面吸水迅速，可提升吸水力。
3. 石膏比例越高，吸水效果未必較好。
4. 石膏比例越高，抗壓強度越佳。
5. 杯墊前三小時釋水速度稍快。
6. 石膏50%時，正面吸水時間短，考量環保，建議選擇使用石膏50%。

研究結果

實驗四：蛋殼粒徑大小對杯墊吸水特性的影響

杯墊特性統整表-實驗四

	目數 (目)	吸水時間(秒)		飽和吸水量 (g)	吸水率 (%)	耐壓 (kgw)
		正面	反面			
4-a	30	8.4	7.94	9.20	1.30	23
4-b	50	4.67	4.12	9.14	1.30	52
4-c	100	4.11	4.67	8.17	1.28	23
4-d	200	3.29	3.56	10.07	1.30	40
4-e	200 ↑	5.2	5.22	8.23	1.25	9

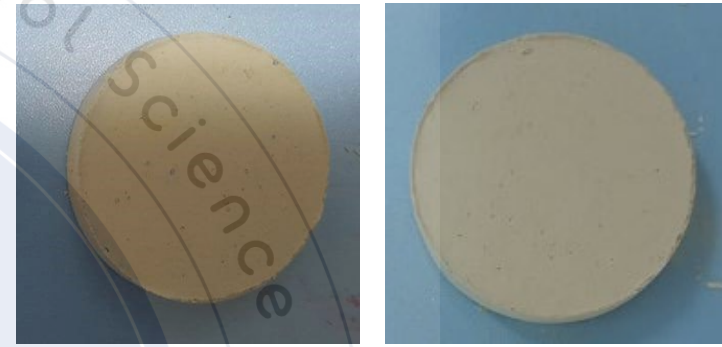
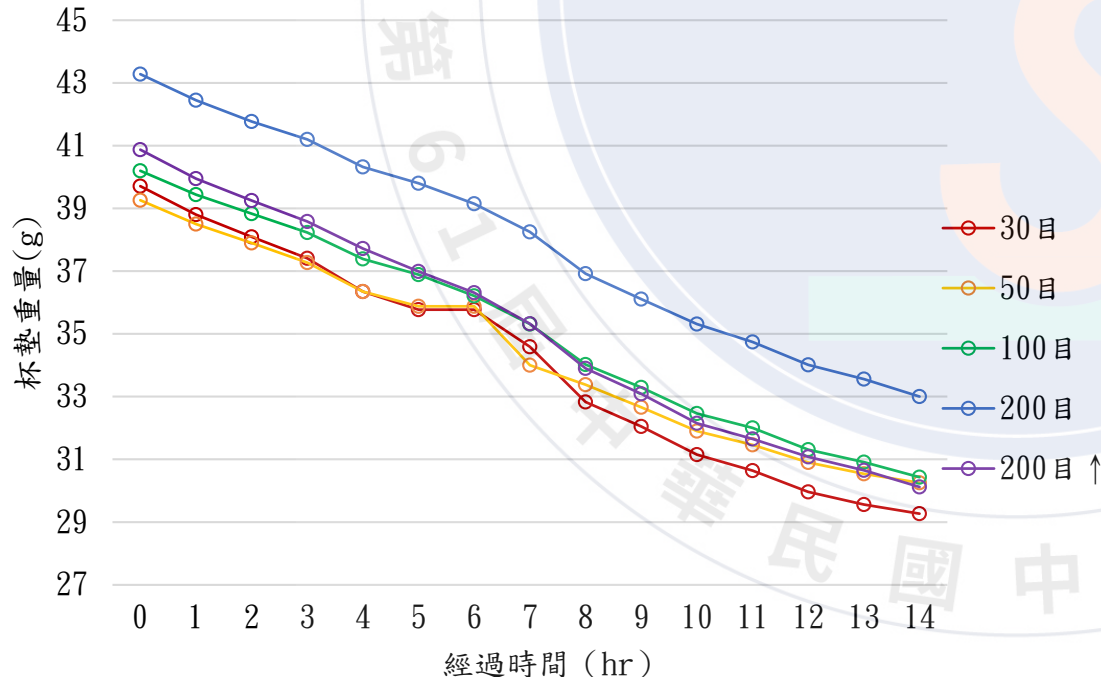


圖4-1

實驗四-杯墊釋水重量變化圖



實驗結果說明：

1. 蛋殼目數並不影響杯墊的成形狀況。如圖4-1。
2. 50-200目的杯墊在吸水數據上無明顯差異，但其中以200目為最佳。
3. 過大或過小的粒徑可能會影響杯墊本體裡的孔隙，使杯墊吸水能力較差。
4. 200目的整體表現最佳。

研究結果

實驗五：改變杯墊厚度對杯墊特性的影響

杯墊特性統整表-實驗五

成品厚度(cm)	圖片	重量(g)	碎裂高度(cm)
1		44.89	25
1.5		50	30
2		71.73	35

實驗結果說明：

1. 越厚的杯墊耐摔程度越好
2. **建議使用**的高度為**1.5公分**。

研究結果

實驗六：新增杯墊底座提升防摔防滑效果

杯墊特性統整表-實驗六(所有杯墊重量相同)

材質	無(石膏)	無(水泥)	泡棉	海綿	不織布	木板	防滑墊
碎裂高度(cm)	60	25	85	135	65	55	100
防滑(gw)	30	-	35	26	11.7	15	46.7

實驗結果說明：

1. **石膏**較**水泥**堅固。
2. 除了「木板」，其他底座都可以提升防摔。
3. 「**防滑墊**、**泡棉**」可以提升防滑效果。
4. **建議使用**防摔、防滑效果好的**防滑墊**。



圖5-1(石膏) 圖5-2(水泥) 圖5-3(泡棉) 圖5-4(海綿)

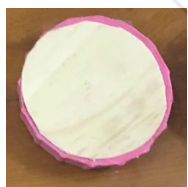


圖5-5(不織布) 圖5-6(木板) 圖5-7(防滑墊)


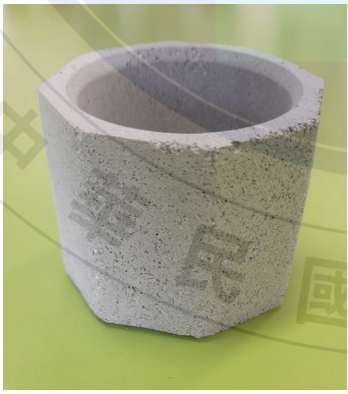



研究結果

實驗七：美化吸水杯墊之外觀

顏色	形狀	花紋	押花裝飾
			 成效不彰

研究結果

實驗八：吸水杯墊的應用發想

名稱	盆栽墊	盆栽	傘架	肥皂盒	除溼塊+擴香石
功能說明	可吸收盆栽多餘水分，以免積水。	吸收澆水時多餘的水分，避免根部缺氧。	吸收雨傘所滴下的水珠，避免地面濕滑。	解決市售肥皂盒濕黏的問題。	掛置門把上，可除溼。滴上精油具擴香效果。
照片					

討論

珪藻土

將市面上可以買到的珪藻土腳踏墊和實驗杯墊進行比較，結果得知**實驗杯墊的吸水能力較好**。

	正面吸水時間 (秒)	反面吸水時間 (秒)
珪藻土	61.72	53.69
石膏+粉蛋	01.83	04.10
水泥+粉蛋	03.18	13.81

蛋膜

使用蛋殼前，都必須剝蛋膜，因為**蛋膜是有機物質**，加入含蛋膜的蛋殼**可能會導致杯墊發霉**。

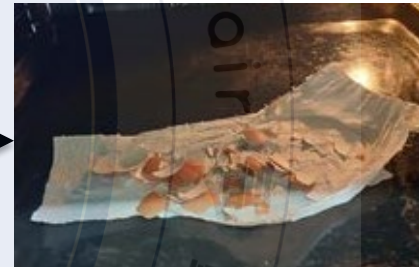
蛋膜處理過程：



1. 將蛋殼洗乾淨



2. 剝蛋膜



3. 烘乾蛋殼

就地取材

我們結合在地養鴨產業，**收集廢棄鴨蛋殼**進行實驗，杯墊發展成DIY材料包，可望協助養鴨場轉型觀光工廠。我們也嘗試進行班級實作，推廣環保理念。



圖6-1 養鴨場(內)



圖6-2 養鴨場(外)



圖6-6 廢棄蛋殼



圖6-7 DIY實作

結論

所有實驗最佳比例						
	實驗一		實驗二		實驗三	
最佳比例	粉 50%	蛋 50%	水泥 60%	粉蛋 40%	石膏 50%	粉蛋 50%
正面吸水時間 (秒)	39.70		03.18		01.83	
反面吸水時間 (秒)	18.41		13.81		04.10	
吸水率(%)	1.2		1.25		1.46	
耐壓(kgw)	5.3		16		24	

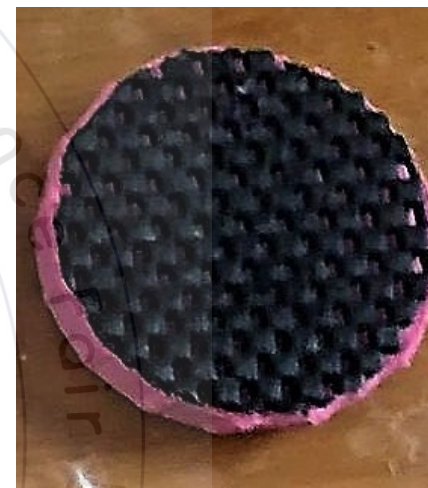


圖7-1

1. 根據實驗結果顯示石膏50%和粉筆灰加蛋殼50%，厚度是1.5公分，蛋殼為200目，且在底部加防滑墊的杯墊為最好的杯墊，如圖7-1。
2. 粉筆灰杯墊的概念能衍生其他不同功能的用品，有極大發展的潛力，例如：盆栽墊、盆栽及肥皂盒等。

未來展望

1. 杯墊有分正反面，且吸水能力相差很多，前測及實驗一兩者反面吸水時間均較佳；實驗二則是正面吸水時間較好；實驗三則是正反面差不多，推測這可能和粉末的沉澱有關，有待之後做進一步的研究。
2. 杯墊會不會隨著使用的次數增加，發生吸水越來越差的情況，值得進一步探討。

參考資料

1. 陳耀如、洪國珍、劉叔松(2013)。《工程材料I》。台北縣：旭營文化。
2. 怕溼氣霉氣重「粉筆除溼劑」解煩惱(2015/8/20)。台視新聞:發現科學。
3. 何鎮揚、葉名倉(2009/07/15)。水泥(一)。高瞻自然科學教學資源平台。
4. 洪瑞和、董騰元(2008/05/07)。鈣。高瞻自然科學教學資源平台。
5. 國立成功大學土木工程學系(2005)。工程材料實驗手冊。
6. 不「蚶」思議-以蚶殼製作吸水杯墊之可行性探究(2020)。金門縣第60屆中小學科學展覽會作品說明書。
7. 葉欣彰、楊晨麟、謝昕燁(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屆中小學科學展覽會作品說明書。
8. 涂仕豪、涂仕豪、曾郁倫(2016)。人行道透水磚以碎玻璃與環氧樹脂取代水泥系材料之可行性研究。中華民國第56屆中小學科學展覽會作品說明書。