

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

(鄉土)教材獎

082907

讚「炭」連連、比「筆」皆是

學校名稱：嘉義縣阿里山鄉新美國民小學

作者：	指導老師：
小六 杜念欣	曾馨慧
小五 方婉玲	蔡榮哲
小五 杜皓晨	
小四 汪林卉欣	

關鍵詞：校園植物、炭筆、燃燒

摘要

本研究是了解炭筆製作的方法、因素、比較炭筆的效果及評估實用性。

- 一、成功製作炭筆的方法：蓋子打洞的密封容器、足夠的燃燒時間和穩定的溫度。
- 二、12 種植物不管乾或溼，都能製成炭筆，在滑順度沒有差別。
- 三、12 種植物製作炭筆，雀榕的滑順度最佳；和祭祀植物比較，選出 5 種最佳製作炭筆的植物：血桐、山芙蓉、野桐、小舌菊和雀榕。
- 四、自製 5 種炭筆，在軟硬、粉末顆粒及滑順度評比，不如市售炭筆。
- 五、經專家鑑定，自製的 5 種炭筆都可創作素描。
- 六、市售與自製 5 種炭筆，其硬度從硬到軟依序：市售>野桐>血桐>山芙蓉>小舌菊>雀榕。
- 七、市售與自製 5 種炭筆，其顆粒由多到少依序：市售>雀榕>野桐>血桐>山芙蓉>小舌菊。

壹、研究動機

有次聊天時，有同學說昨天家裡烤肉，燒完的木頭灰會拿來當肥料，還有同學說家裡沒有瓦斯時會燒木頭。

其實住在山上的我們，燒柴生火與我們生活密切相關，耆老也常說以前我們鄒族被其他族稱作「吃炭民族」；現在炭火還是家中的必需品。從小我們會看爸爸、媽媽如何生火燒洗澡水，現在我們長大了，要跟家人輪流燒柴火。

我們很喜歡把燒完的木炭拿來畫畫，我們發現有的木炭一畫就碎了，有的顏色很黑。老師說素描用的炭筆就是樹枝燒成的，我們校園有很多植物，大家很想知道哪些樹枝做成的炭筆最好畫，所以就選了幾種校園和部落的植物來燒製炭筆。（教材相關單元：國小自然課本翰林版五上第三單元「熱對物質的影響」）

貳、研究目的

為了瞭解哪些樹枝做成的炭筆最好畫，並且找出是否好畫的原因；我們針對「燒製炭筆的方法及效果」這個題目，擬定了下列幾個問題來研究。

- 一、如何成功燒製炭筆？
- 二、影響「燒製炭筆」的因素有那些？
- 三、「校園 12 種植物」製成炭筆的效果差異性如何？
- 四、樹枝之「乾、濕」與炭筆製作的效果是否有差異？
- 五、「8 種祭祀植物」製作炭筆的效果如何？
- 六、市售炭筆與五種自製炭筆的滑順度評比如何？
- 七、自製炭筆實用性評估情形如何？
- 八、五種自製炭筆和市售炭筆的斷裂程度是否有差異？
- 九、五種自製炭筆和市售炭筆的粉末顆粒是否有差異？

參、研究設備及器材

烤爐、木頭、廢紙、樹枝、鐵罐、鐵絲、鐵釘、鐵鎚、刀具、打火機、鐵夾、手套、電子溫度計、計時器、電子磅秤、標籤、夾鏈袋、圖畫紙、素描紙、黏土、棉線、砝碼、游標卡尺、直尺等、數位顯微鏡、USB 顯微鏡、電腦。

肆、研究過程與結果

一、文獻探討

（一）製炭相關資料

1. 木炭是木材或木質原料經過不完全燃燒或者在隔絕空氣的條件下熱解的主要產物之一，保持了木材原本的構造之不純含碳物質，通常為深褐色或黑色多孔固體，一般用於燃料炭。
2. 木炭是一種歷史悠久的燃料，廣泛應用於生活和工業生產；因其有吸濕性特性也可作為電爐冶煉的還原劑。在化學工業上，活化後有很好的吸附性能，常作二硫化碳、硫化鈉、氰化鈉和活性炭的原料。此外，木炭在研磨、繪畫、化妝、醫藥以及火藥、滲碳、粉末合金等方面也有用處。

3. 木炭燒製方法：燒炭工藝要求控制薪材受熱的溫度、時間和氧氣等炭化條件。最原始的工藝是堆燒法，操作粗放，炭化條件不易控制，因此質、量都很差。目前普遍應用的工藝是窯燒法，可控制炭化條件以保證木炭燒製的質和量。
4. 燒製木炭雖損失了 30~50% 的能源，但具有薪柴所沒有的優點。在工業已開發國家被用作輔助燃料和工業原料，在開發中國家仍是重要的能源。隨著人口的增加和森林資源的減少，木炭的供應日趨緊張。因此，充分利用各種類型的廢材，建立專用的薪炭林，研究改進炭化工藝等將是必要的措施。

（二）炭筆相關資料

1. 炭筆素描是用木炭，鉛筆等以線條來畫出物象明暗的單色畫稱做素描。素描是一切繪畫的基礎，這是研究繪畫藝術所必須經過的一個階段。炭筆以不脆不硬為度，炭條以燒透、鬆軟，黑色為佳。
2. 素描的技法：
 - （1） 線和線條技法，素描的要素是線，但是線在實質上卻是不存在的，它只代表物體、顏色和平面的邊界。
 - （2） 素描是用線條來組成物體的形象，並且描繪於平面之上，藉由線條形式引起觀者的聯想。
 - （3） 在素描中可以用線條區分立體與平面，至於色彩明暗是為了加強和釐清整體與部分的關係。我們可以運用線條的開始，消失和中斷來畫出邊界，並且形成平面，也可使色彩至邊界而上。線條的粗細能表現物體的變化，甚至光和影也可用線條的筆觸變化表現出來。
 - （4） 素描的線條技法還需要平面技法的輔助。平面技法在使用炭粉筆時，在明暗對照上可用擦筆法。

（三）與文化相關資料

鄒族被稱為「吃炭民族」的鄉野奇談：

耆老口述：鄒族人去溪邊捕魚蝦後，當場生火烤蝦，直接在溪邊用手抓烤好的蝦大吃起來。在山頂的異族人從遠處看到鄒族人從火中抓取紅色的東西放進嘴巴，以為鄒族人在吃火紅的木炭，十分吃驚，覺得鄒族人很神勇，不敢來挑釁。後來鄒族吃炭的事蹟就在他族間傳開了。

二、 本研究概念圖

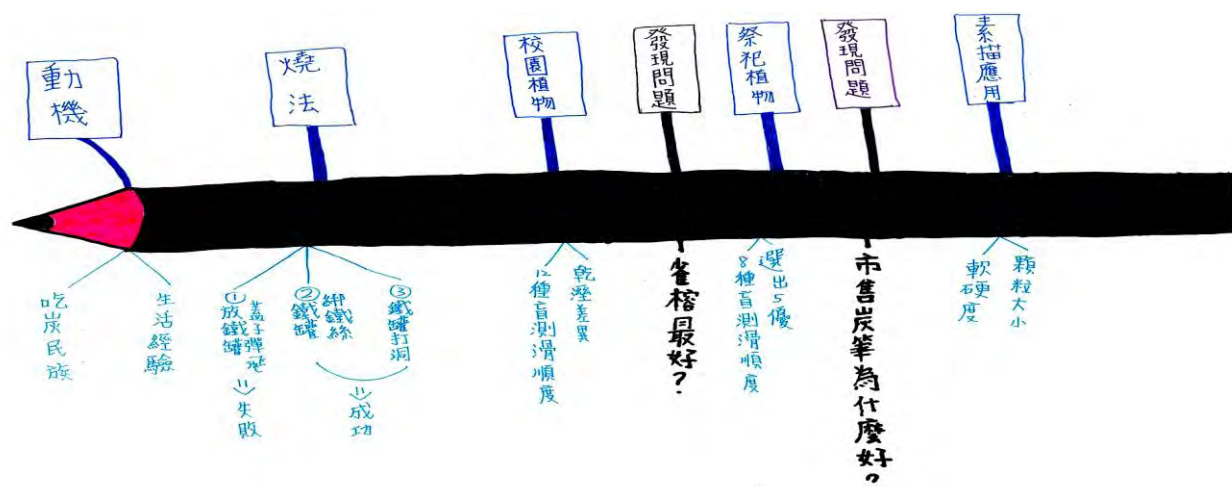


圖 1 炭筆研究概念圖

三、 研究過程與結果

我們按照預定的研究問題分別進行研究設計，包括該問題的「操縱變因」、「控制變因」和「應變變因」等實驗變因的確定，以及實驗的方法、過程與結果，分別敘述如下：

研究一：成功「燒製炭筆」的方法？

從文獻資料分析知道，影響燒炭好壞的因素，包括隔絕空氣、原料（樹種）、新材受熱的溫度、時間和氧氣等炭化條件。一開始我們討論要怎麼燒製炭筆時，想到把樹枝放在鐵罐裡燒，以區別烤爐上的柴火和燒製炭筆的樹枝。至於不同鐵罐作記號的方式，我們起先是用鐵罐的顏色和外型來區別，後來發現燃燒後鐵罐變黑，不易分辨；也討論過用不同大小或數顆的石頭壓住，但燒製過程中，石頭可能會裂開、會移動傾倒，所以淘汰此作法。

本研究著重在我們能力範圍所能控制的「原料」這個部分，特別針對我們自己研發出來的燒炭方法設計了三個實驗，作為「研究一」，進行研究。研究設計如下：

（一） 實驗變因

1. 操縱變因：鐵罐的處理方式（鐵罐加蓋燒、鐵罐加蓋後用鐵絲綁緊燒、鐵罐加蓋，蓋上打洞燒）。
2. 控制變因：鐵罐的大小、樹枝、燃燒的方法、溫度等都控制相同。
3. 應變變因：炭筆的製作效果。

（二） 實驗方法

1. 採集樹枝，去掉葉子，將樹枝裁切成段，放入密封的鐵罐內。
2. 在烤爐裡放置竹子、木頭，用打火機點燃廢紙生火。
3. 將鐵罐放入烤爐裡的大火中燒（鐵罐的處理方式，如操縱變因的內容）。
4. 燒一段時間後取出查看。

實驗一：鐵罐加蓋燒

（一） 使用器材：烤爐、木頭、鐵罐、打火機、廢紙、鐵夾、手套、夾鏈袋。

（二） 實驗結果：

1. 罐子外表燒烤後呈黑色，不容易辨認。
2. 燒到一半時，有鐵罐蓋子彈飛，樹枝燒成灰燼。
3. 燒製時間不易掌控。
4. 炭筆製作有些成功，有些失敗。



採集植物，整理植物



烤爐裡生火，放入鐵罐燒製炭筆



炭筆燒製完成的狀況



蓋子彈飛的樹枝成灰燼

實驗二：鐵罐加蓋綁緊鐵絲燒

（一） 器材：烤爐、木頭、鐵罐、鐵絲、打火機、廢紙、鐵夾、手套、夾鏈袋。

（二） 實驗結果：

1. 罐子外纏繞鐵絲，綁時費時、費力，拆開也不容易。
2. 燒五分鐘和十分鐘取出，樹枝皆有燒製完全。
3. 燒製時間不易掌控。
4. 炭筆製作成功。



將綁緊鐵絲的鐵罐放入烤爐



燒製後取出查看



綁緊和拆掉鐵絲費時、費工



炭筆燒製完成的狀況

實驗三：鐵罐加蓋，蓋上打洞燒

（一）器材：烤爐、木頭、鐵罐、鐵釘、鐵鎚、打火機、廢紙、鐵夾、手套、夾鏈袋。

（二）實驗結果：

1. 0 個洞的鐵罐在 3 分 25 秒時，蓋子彈開，樹枝燃燒過頭，產生灰燼。
2. 從洞口看煙冒完的狀況來控制燒製時間。
3. 1、5、10 個洞的鐵罐，炭筆製作成功。



在鐵罐蓋子上打洞



採集樹枝



0 個洞的鐵罐，燒製過程中蓋子因熱氣彈飛



炭筆燒製完成的狀況

我們實驗了三種不同的方法，進行討論，比較優缺點，為了找到成功製作炭筆的方法。

(一) 比較三次實驗的方式和結果

1. 實驗一：鐵罐加蓋燒。
2. 實驗二：鐵罐加蓋綁緊鐵絲燒。
3. 實驗三：鐵罐加蓋，蓋上打洞燒。

表 1 不同打洞狀況燒製炭筆前後比較表

實驗 結果 方式 優缺點	實驗一 鐵罐加蓋燒		實驗二 鐵罐加蓋綁緊鐵絲燒		實驗三 鐵罐加蓋，蓋上打洞燒	
	蓋子彈飛	蓋子有蓋	五分鐘 取出	十分鐘 取出	0 個洞 蓋子彈飛	1、5、10 個洞
結果	失敗	成功	成功	成功	失敗	成功
優點	操作方便		1、皆能成功 2、能用不同綁法作記號		1、有打洞的皆能成功 2、能用打洞方式在罐子外作記號 3、時間能掌控	
缺點	1、有失敗風險 2、罐子燒黑不易辨認 3、燒製時間不易掌控		1、綁鐵絲費時、費力 2、燒製時間不易掌控			

(二) 我們發現

1. 以上的實驗不測量記錄炭筆燒製的時間，是因為火候大小會影響燒製時間：火候大時，水分蒸散快，時間短，但火力大小不易控制，故不加以討論，只討論製作炭筆的方法。
2. 在燒製炭筆過程中，鐵罐內產生熱氣，致使鐵罐蓋子彈飛，罐內樹枝直接接觸火焰，燒成灰燼，炭筆製作失敗。

3. 在燒製炭筆過程中，鐵罐的蓋子全程都蓋住的狀況，炭筆製作皆可成功。
4. 比較不讓鐵罐蓋子彈飛及作記號的方法：
 - (1) 用鐵絲綁住，纏繞方式作記號：要費力纏繞很緊，不能讓蓋子彈飛。
 - (2) 蓋上打洞，打洞方式作記號：洞數越多，煙冒得越快。
5. 最後選擇以蓋上打洞的方式最佳，原因：
 - (1)成功燒製炭筆。
 - (2)操作簡單便利。
 - (3)能打不同的圖形以區分罐內不同樹枝。
 - (4)可觀察燒製時的冒煙狀況來判斷完成時間。

研究二：影響「燒製炭筆」的因素？

在燒製炭筆的過程中，我們沒有辦法加固定重量的柴火來控制火候，而是利用不斷加柴火來保持和增強它的溫度。我們想要了解溫度對燒製炭筆所花的時間是否有關係，也想知道炭筆燒製前後減少的重量，所以每隔固定時間測量它的火源溫度，再求其平均。

使用器材：1.電子溫度計：在放入時測量溫度，並每間隔一分鐘測一次，直到完成拿起來。

2.手機計時：提供開始及結束時的時間測量，並提醒每分鐘溫度的測量。

3.電子磅秤：測量炭筆燒前後的重量。

（一） 實驗變因

1. 操縱變因：火的來源溫度。
2. 控制變因：鐵罐的大小、樹枝的數量和重量、燃燒的方法、溫度測量的方法。
3. 應變變因：燒製完成的時間不同。

（二） 實驗方法

1. 將製作炭筆的樹枝秤重後放入鐵罐。
2. 在烤爐裡放置竹子、木頭，用打火機點燃廢紙生火。
3. 鐵罐放入火中之前，即測量將放入地方火源的溫度。
4. 每隔一分鐘再測鐵罐下方加熱的火源處。
5. 直到出火並冒燒煙取出，待冷卻後測量炭筆重量。

我們做了七個加熱實驗，比較燒製炭筆的溫度和完成時間的關係，並且記錄炭筆燒製前後的重量，結果如下：

(三) 實驗一~七結果統計表：

表 2 實驗一~七加熱時間與溫度統計表

時間 (分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均 溫度	放入 前重 量(g)	完成 後重 量(g)	拿出 時間
溫度(°C)	530	411	293	319	401	369	221	310	316	376	376	474	548	535	511	399.33	50	8	15:01
實驗一																			
實驗二	530	336	293	319	334	369	244	357	390	377	376	585	482	535	535	404.13	50	8	14:05
實驗三	508	434	207	525	496	519	357	369	342	529	360	393	537	414		427.86	50	7	13:07
實驗四	512	279	441	533	290	512	243	278	497	412	364	549	548	393		417.93	50	7	13:33
實驗五	540	544	526	541	544	396	544	436	481	481	535					506.18	50	7	10:03
實驗六	540	528	542	546	483	385	408	542	481	538	530					502.09	50	8	10:33
實驗七	534	422	543	543	540	550	550	550	550	541						532.3	50	8	9:04

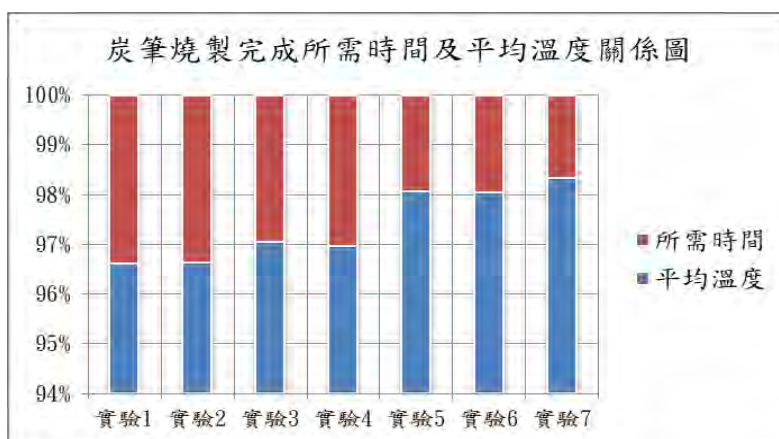


圖 2：炭筆燒製完成所需時間及平均溫度關係圖

(四) 我們發現：

1. 因非控制溫度加火的關係，溫度上下的變化很大。
2. 大致而言隨著火爐加熱時間增長，整體溫度維持在較高的地方。
3. 發現當溫度落於 2~4 百度，溫度不高時，所花的時間通常要久；而溫度保持 5 百多度時，所花的時間相對較短。
4. 燒製前我們放入 50g 的樹枝，待鐵罐洞口煙冒完取出的炭筆秤重，重量皆在 7~8g。



燒製前秤重



測溫度

研究三：「校園 12 種植物」製成炭筆的效果差異性如何？

在了解如何成功製作炭筆後，我們採集校園內的 12 種植物木材(龍眼、大葉欖仁、梅花、櫻花、阿勃勒、台灣欒樹、福木、馬拉巴栗、茄苳、雀榕、破布烏、桂花)，將它們燒製成炭筆，再隨機編號給老師和學生塗畫盲測，並記錄統計它們在塗畫上的滑順程度。我們嘗試連續兩次操作同樣的實驗，比較其結果。

研究設計如下：

(一) 實驗變因

1. 操縱變因：12 種不同的樹枝。
2. 控制變因：燒製炭筆的方法、盲測畫法、用紙。
3. 應變變因：炭筆的製作效果。

(二) 實驗方法

1. 採集樹枝，去掉葉子，將樹枝裁切成段，放入蓋上打 10 個洞的鐵罐內。
2. 在烤爐裡放置竹子、木頭，用打火機點燃廢紙生火。
3. 將鐵罐放入烤爐裡的大火中燒，製成炭筆。
4. 將製成的炭筆隨機編號：12 種植物各取 3 枝，各編一個號碼。
5. 請師生盲測炭筆滑順度排序給分，最佳的給 12 分，依序遞減，最差的給 1 分。
6. 接著分別將教師組 6 位、學生組 5 位，對同一枝炭筆的分數加總。
7. 最後再將同一種植物的 3 枝炭筆得分加總，即得到總分。

(三) 實驗結果：

表 3 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果一覽表

	種類	龍眼	大葉欖仁	梅花	櫻花	阿勃勒	欒樹	福木	馬拉巴栗	茄苳	雀榕	破布烏	桂花
教師組	得分	25	64	37	27	16	48	35	44	52	44	49	27
		29	56	39	22	42	25	31	26	62	59	43	34
		58	39	25	14	31	58	19	23	53	65	52	31
	總分	112	159	63	63	89	131	85	93	167	168	144	92
學生組	得分	48	33	35	37	9	34	18	28	31	48	36	33
		17	48	45	22	42	30	14	42	41	34	33	22
		32	31	31	26	32	40	25	22	45	49	30	27
	總分	97	112	85	85	83	104	57	92	117	131	99	82

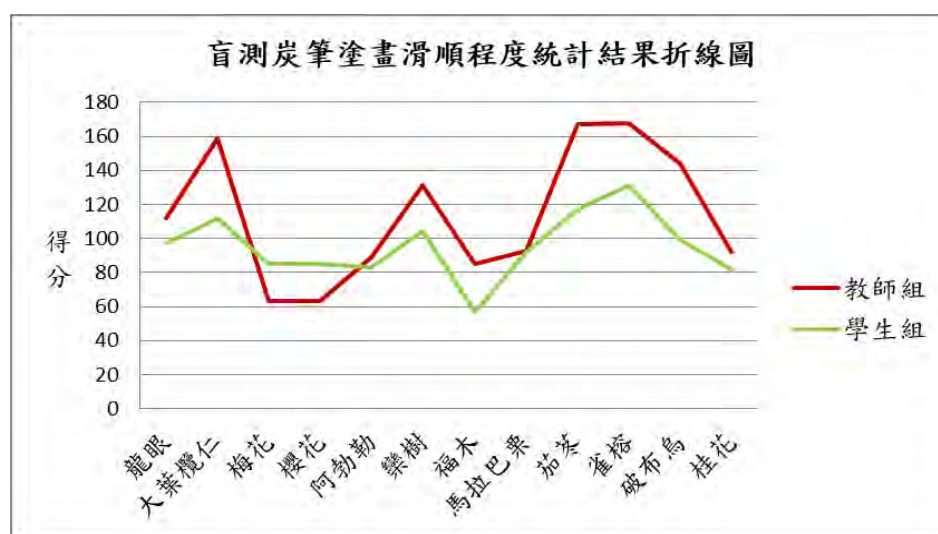


圖 3 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果折線圖

(四) 我們發現：

1. 此次用鐵罐蓋子打洞的方式試燒校園植物，皆有成功製作出炭筆。
2. 從實驗結果可以發現教師組和學生組評比第一名雀榕、第二名茄苳、第三名大葉欖仁，有一致性。
3. 最後五名為：桂花、阿勃勒、福木、梅花和櫻花。

研究四：樹枝之「乾、濕」與炭筆製作的效果是否有差異？

濕木材研究設計如下：

(一) 實驗變因

1. 操縱變因：12 種不同的樹枝，濕的狀態。
2. 控制變因：燒製炭筆的方法、盲測畫法、用紙。
3. 應變變因：炭筆的製作效果。

(二) 實驗方法

1. 採集樹枝，去掉葉子，將樹枝裁切成段，放入蓋上打 10 個洞的鐵罐內。
2. 在烤爐裡放置竹子、木頭，用打火機點燃廢紙生火。
3. 將鐵罐放入烤爐裡的大火中燒，製成炭筆。
4. 將製成的炭筆隨機編號：12 種植物各取 3 枝，各編一個號碼。
5. 請師生盲測炭筆滑順度排序給分，最佳的給 12 分，依序遞減，最差的給 1 分。
6. 接著分別將教師組 6 位、學生組 5 位，對同一枝炭筆的分數加總。
7. 最後再將同一種植物的 3 枝炭筆得分加總，即得到總分。

(三) 濕木材實驗結果：

表 4 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果一覽表(溼木材)

	種類	龍眼	大葉欖仁	梅花	櫻花	阿勃勒	欒樹	福木	馬拉巴栗	茄苳	雀榕	破布烏	桂花
教師組	得分	47	47	44	24	19	37	9	67	41	67	46	20
		47	38	23	18	43	56	23	54	28	63	37	38
		34	32	23	21	33	60	9	55	54	55	69	23
	總分	128	117	90	63	95	153	41	176	123	185	152	81
學生組	得分	51	49	30	33	16	26	21	53	32	40	17	22
		48	41	14	17	29	34	27	32	23	50	43	44
		25	41	25	25	34	30	20	31	41	32	51	26
	總分	124	131	69	75	79	90	68	116	96	122	111	92

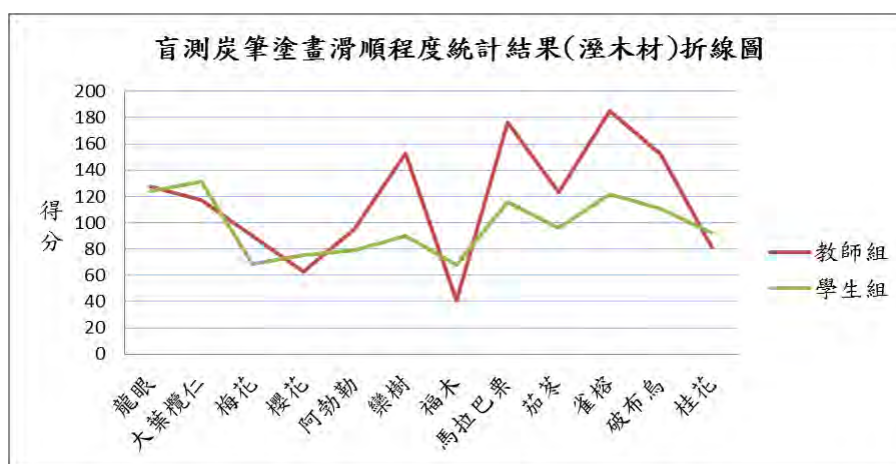


圖 4 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果折線圖(溼木材)

(四) 我們發現：

- 1、此次用鐵罐蓋子打洞的方式試燒校園植物，皆有成功製作出炭筆。
- 2、在燒製炭筆前先去掉樹皮，有些植物不好去皮；燒製後盡量剝掉樹皮，再進行盲測。
- 3、從實驗結果可以發現教師組第一名雀榕，學生組第一名大葉欖仁，雖然沒有一致性，但雀榕皆評比在前三名；而最後一名師生評比都是福木。

乾木材研究設計如下：

(一) 實驗變因

1. 操縱變因：12 不同的樹枝，乾的狀態。
2. 控制變因：燒製炭筆的方法、盲測畫法、用紙。
3. 應變變因：炭筆的製作效果。

(二) 實驗方法

1. 採集樹枝，曬乾後去掉葉子，將樹枝裁切成段，放入蓋上打 10 個洞的鐵罐內。
2. 在烤爐裡放置竹子、木頭，用打火機點燃廢紙生火。
3. 將鐵罐放入烤爐裡的大火中燒，製成炭筆。
4. 將製成的炭筆隨機編號：12 種植物各取 3 枝，各編一個號碼。
5. 請師生盲測炭筆滑順度排序給分，最佳的給 12 分，依序遞減，最差的給 1 分。
6. 接著分別將教師組 6 位、學生組 5 位，對同一枝炭筆的分數加總。
7. 最後再將同一種植物的 3 枝炭筆得分加總，即得到總分。

(三) 乾木材實驗結果

表 5 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果一覽表(乾木材)

	種類	龍眼	大葉欖仁	梅花	櫻花	阿勃勒	欒樹	福木	馬拉巴栗	茄苳	雀榕	破布烏	桂花
教師組	得分	43	54	24	10	30	65	32	60	35	51	40	24
		21	26	27	16	55	56	30	48	31	70	59	29
		34	42	28	50	24	38	35	40	37	62	66	12
	總分	98	122	79	76	109	159	98	148	103	183	165	65
學生組	得分	35	33	33	19	20	41	30	41	40	40	33	25
		36	22	25	16	20	42	21	46	42	47	55	18
		33	50	27	33	21	9	22	40	35	46	53	21
	總分	104	105	85	68	61	92	73	127	117	133	141	64

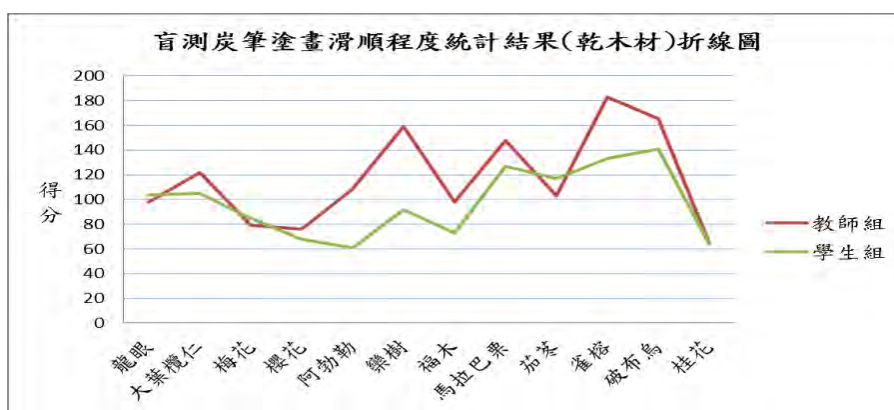


圖 5 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果折線圖(乾木材)

(四) 我們發現：

1. 此次用鐵罐蓋子打洞的方式試燒校園植物，皆有成功製作出炭筆。
2. 在燒製炭筆前有先用刀子去掉樹皮，但有些植物並不好去皮；燒製完成後也盡量用手剝掉樹皮，再進行盲測。
3. 從實驗結果可以發現教師組第一名雀榕、第二名破布烏；學生組第一名破布烏、第二名雀榕；而最後三名內皆有櫻花和桂花。

比較研究三、研究四：

1. 研究三能成功製作出炭筆；每種植物取 3 枝來盲測，雀榕的得分皆為第一名。
2. 從研究三的結果可以知道，在校園 12 種植物中，雀榕是最適合製作炭筆的植物。
3. 研究四是乾、溼樹枝燒製成炭筆做比較，溼樹枝燒製炭筆，滑順度表現最佳的沒有一致性，但對福木來說，溼的燒製炭筆效果是最差的。
4. 不管濕的、乾的樹枝燒製炭筆，滑順度表現雀榕依然在前三名；對破布烏來說，乾的狀況燒製炭筆的效果比溼的來得好。
5. 從研究三、研究四的結果，我們可以知道校園 12 種植物製作炭筆的效果，雀榕在教師組和學生組都排在前三名，是最適合做炭筆的植物。

		
蓋子打 10 個不同形狀的洞	處理樹枝	裁切成段
		
放入烤爐燒製	燒製完成後去皮	隨機編號、標記



學生組盲測排序



統計積分



將各組炭筆積分加總

發現問題：雀榕真的是最好的炭筆嗎？

（一）和市售炭筆比較

1. 雀榕是我們評比出最適合做炭筆的校園植物，但品質和市售炭筆比較又是如何？我們嘗試將市售炭筆和我們自製的雀榕炭筆拿來畫畫看，發現雀榕炭筆的滑順度和市售炭筆差太多了。
2. 這個結果引發我們思考是否還有更適合做炭筆的植物？規劃接下來的實驗方向。

（二）尋找更適合做炭筆的植物

1. 我們採訪了部落的耆老，想要藉由老人家的經驗，提供我們接下來的研究方向。
2. 訪談問答：

我們：您們以前有燒木頭嗎？

老人家：有。

我們：為什麼要燒木頭？

老人家：因為以前沒有瓦斯，在野外工作也要燒。

我們：誰教您燒木頭？

老人家：媽媽，教我疊木頭，擺的時候，小樹枝要放下面，越上面的越大。

我們：燒木頭有什麼好處？

老人家：可以煮飯和取暖。

我們：您是用什麼木頭燒火？

老人家：竹子，因為竹子取得很方便，又好燒。

我們：哪一些的木頭耐燒？

老人家：相思木和欖木可以燒很久，火也比較旺，木頭腐爛的火會不旺；有些質地比較鬆的像茄苳樹不好燒。

我們：燒木頭會用到那些工具？

老人家：會先用廢紙點燃，放到木材上燒；如果在野外，會找芒草，帶噴燈去點火比較方便。

我們：燒完木頭後，留下的東西怎麼處理？

老人家：留下的灰會拿到菜園當肥料。

我們：我們試燒校園植物做出的炭筆，目前最好畫的是雀榕，您可以給我們一些意見嗎？

老人家：雀榕是鄒族神樹，祭典會使用到的植物，你們要不要去部落找其他植物？

3. 我們了解長輩們的燒炭經驗，也和老人家分享我們製作的炭筆，老人家說雀榕為鄒族祭祀植物，老人家還說鄒族在傳統祭祀上會使用一些植物。我們好奇祭祀植物是否可以拿來製作炭筆。
4. 除了校園植物，在老人家的帶領下，我們前進部落找其他適合做炭筆的植物。



訪問耆老



到部落採集植物

研究五：8 種祭祀植物製作炭筆的效果一樣嗎？

我們到部落採集祭祀植物來製作炭筆，其中包含了：黃藤、血桐、山芙蓉、楓香、野桐、雀榕、小舌菊和五節芒等 8 種植物。

研究設計如下：

（一） 實驗變因

1. 操縱變因：不同的樹枝。
2. 控制變因：燒製炭筆的方法、盲測畫法、用紙。
3. 應變變因：炭筆的製作效果。

（二） 實驗方法

1. 採集樹枝，去掉葉子，將樹枝裁切成段，放入蓋上打 10 個洞的鐵罐內。
2. 在烤爐裡放置竹子、木頭，用打火機點燃廢紙生火。
3. 將鐵罐放入烤爐裡的大火中燒，製成炭筆。
4. 將製成的炭筆隨機編號：8 種植物各取 4 枝，各編一個號碼。
5. 請師生盲測炭筆滑順度排序給分，最佳的給 8 分，依序遞減，最差的給 1 分。
6. 接著分別將教師組 6 位、學生組 5 位，對同一枝炭筆的分數加總。
7. 最後再將同一種植物的 4 枝炭筆得分加總，即得到總分。

（三） 祭祀植物實驗結果

表 6 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果一覽表(祭祀植物)

	種類	血桐	山芙蓉	野桐	小舌菊	雀榕	楓香	五節芒	黃藤
教師組	得分	8	23	48	18	31	37	28	23
		9	42	44	12	21	39	22	27
		17	34	39	7	20	45	20	34
		16	41	42	13	14	35	36	19
	總分	173	156	140	106	103	86	50	50
學生組	得分	15	25	34	24	22	16	21	23
		8	31	39	20	9	30	24	19
		24	24	26	13	18	36	15	24
		13	32	33	15	16	35	18	18
	總分	132	117	112	78	84	65	72	50



圖 6 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果(祭祀植物)

(四) 我們發現：

1. 此次用鐵罐蓋子打洞的方式試燒祭祀植物，皆有成功製作出炭筆。
2. 從實驗結果可以發現教師組和學生組評比第一名血桐、第二名山芙蓉、第三名野桐；雀榕在教師組排名第五名，在學生組排在第四名。
3. 滑順度表現最差的三種分別是：黃藤、五節芒和楓香。
4. 祭祀植物在滑順度評比前五名有一致性，可從實驗中得知，我們找到 5 種燒製炭筆最佳的植物為血桐、山芙蓉、野桐、小舌菊和雀榕。



整理採集來的祭祀植物



製作炭筆



隨機編號，分成 4 組盲測



測試滑順度排序

研究六：市售炭筆與五種自製炭筆的滑順度評比如何？

研究設計如下：

(一) 實驗變因

1. 操縱變因：不同的炭筆。
2. 控制變因：盲測畫法、用紙。
3. 應變變因：滑順度。

(二) 實驗方法

1. 將市售炭筆和 5 種最佳炭筆隨機編號：各取 4 枝，各編一個號碼。
2. 請師生盲測炭筆滑順度排序給分，最佳的給 6 分，依序遞減，最差的給 1 分。
3. 接著分別將老師組 6 位、學生組 5 位，對同一枝炭筆的分數加總。
4. 最後再將同一種植物的 4 枝炭筆得分加總，即得到總分。

(三) 市售炭筆和 5 種最佳炭筆實驗結果：

表 7 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果一覽表(市售炭筆和 5 種最佳炭筆)

	種類	市售	血桐	山芙蓉	野桐	雀榕	小舌菊
教師組	得分	31	33	15	14	19	14
		26	30	25	25	13	7
		35	26	25	16	15	9
		33	18	20	29	9	17
	總分	125	107	85	84	56	47
學生組	得分	27	23	16	15	8	16
		16	24	18	20	15	12
		24	21	16	18	15	11
		24	13	17	26	16	9
	總分	91	81	67	79	54	48



圖 7 盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果(市售炭筆和 5 種最佳炭筆)

(四) 我們發現：

1. 從實驗結果可以看出教師組第一名市售炭筆、第二名血桐、第三名山芙蓉、第四名野桐、第五名雀榕、第六名小舌菊。
2. 從實驗結果可以看出學生組第一名市售炭筆、第二名血桐、第三名野桐、第四名山芙蓉、第五名雀榕、第六名小舌菊。
3. 此次滑順度評比第一、二、五、六名有一致性，第三、四名得分差距不大。
4. 從以上的實驗過程，我們找出部落中適合製作炭筆的 5 種植物，在滑順度的表現比校園其他植物佳，雖然沒有優於師生評比第一名為市售炭筆，但我們可以了解市售炭筆的品質穩定度一定優於我們製作的炭筆。

發現問題：市售炭筆為什麼這麼好？

在評估炭筆實用性之前，我們找了對繪畫用具有相當程度了解的美術用品銷售員(器材使

用專家)，請教炭筆相關問題。專家提到一支好的炭筆先決條件是「滑順度」，第二是推開時「顆粒均不均勻」，與紙張的附著效果好不好。

除此之外，我們還了解炭筆和素描用的鉛筆在市面上販售的規格分類非常不同。素描鉛筆依軟硬濃淡分為 H、HB、B、2B、3B……等型號，但炭筆由天然的樹枝燒製而成，市面上賣的炭筆不會特別區分軟硬濃淡，是憑經驗手感來使用：軟炭筆適合畫大面積、硬炭筆適合畫線條；色調濃淡是由炭粉推疊出層次的。

因為炭筆在繪畫上的色調濃淡可由堆疊表現，所以能堆疊出多層次的炭筆，在繪畫上的表現效果較好。我們請美術器材使用專家幫忙測試市售和 5 種自製炭筆，先後將其繪於紙上，再逐一用手指塗抹堆疊，觀察推疊層次飽和的極限，並記錄使用時的感受。

(一)堆疊層次：



(二)使用心得：

<p>市售</p> <p>拿在手上的時候，質地輕，但不鬆散，畫在紙上的時候，容易畫出線條，但推開炭粉時，每一層都會有痕跡，不會有炭粉到層次，特別一層推開的問題。</p>	<p>血桐</p> <p>拿在手上的時候，質地輕，但比較鬆散，容易斷裂，畫在紙上的時候，可以感覺到上層的炭粉，但推開的時候，炭粉會掉下來，但推開之後，炭粉會堆疊到第三、四層時，會感到炭粉堆疊。</p>	<p>野桐</p> <p>拿在手上的時候，質地輕，但畫在紙上的時候，炭粉會堆疊，但推開的時候，炭粉會掉下來，但推開之後，炭粉會堆疊到第三、四層時，會感到炭粉堆疊。</p>	市售	血桐	野桐
質地輕但不鬆散，炭粉均勻好推開，堆疊很順利。	質地輕但鬆散，易斷裂，炭色偏咖啡，顆粒大。	輕盈但紮實，顆粒細緻，和紙張結合很好。			
山芙蓉	小舌菊	雀榕	碎裂，顆粒感強烈，不易推開和附著，會刮傷紙。	易斷裂，不好施力，堅硬易刮傷紙，顆粒大，炭色不均勻。	質地硬，易刮傷紙，但顆粒細緻，和紙張結合很好。

研究七：自製炭筆實用性評估情形如何？

為了知道我們製作的炭筆是否能符合實際應用的需求，我們特地請對炭筆有所了解的專業人員(3 位具美術背景且有使用炭筆繪畫經驗的畫家)，將自製的 5 種滑順度「最佳炭筆」和市售的炭筆實地做素描繪圖，並以文字說明使用的心得。我們也用同樣的方法實地進行炭筆素描繪圖的測試。

研究設計如下：


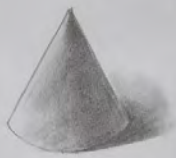

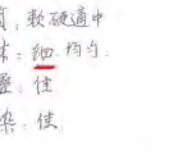
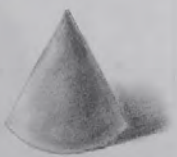
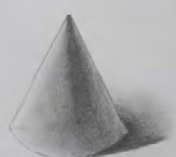
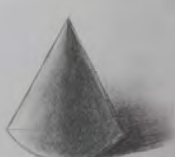
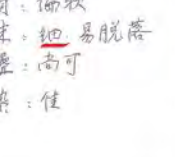

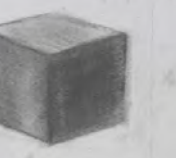

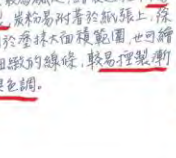

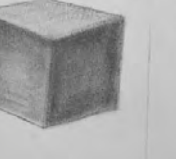

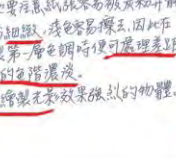
(一) 實驗變因：

1. 操縱變因：不同的炭筆。
2. 控制變因：素描紙、繪畫技巧。
3. 應變變因：實用性(佳、劣)。

(二) 實驗方法

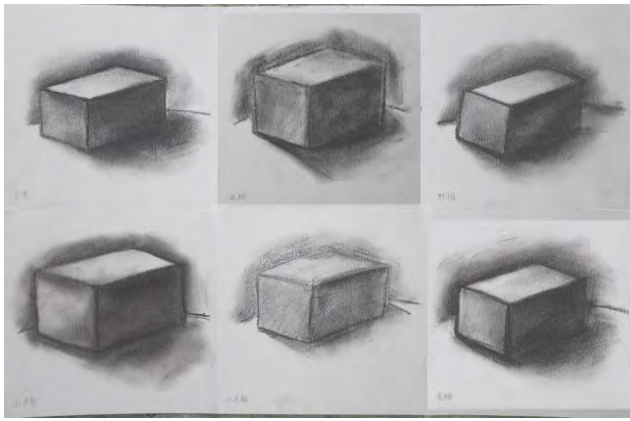
1. 在專業素描紙上分別用市售和 5 種自製炭筆分別畫出同一個靜物。
2. 評估市售和 5 種自製炭筆在塗抹、堆疊、暈染的效果。
3. 用文字描述使用炭筆的感受、心得。

(三) 繪圖專家評估結果：

市售			山芙蓉			小吉蘭			廣格		
											
市售 質：軟硬適中 粉末：細、均勻 重疊：佳 暈染：佳			山芙蓉 質：偏軟 粉末：細、易脫落 重疊：尚可 暈染：佳			小吉蘭 質：軟、易脫落 粉末：細、有顆粒 重疊：尚可 暈染：尚佳，但可看到筆觸			廣格 質：偏硬 粉末：有顆粒，較粗感 重疊：尚可 暈染：尚佳，但可看到筆觸		
											
市售			山芙蓉			小吉蘭			廣格		
品質最穩定，繪製過程中不易斷裂，炭粉易附著於紙張上，除了利於塗抹大面積範圍，也可繪製細緻的線條，較易控制筆觸與色調。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。		
											
山芙蓉			小吉蘭			廣格			市售		
炭色最易濃厚，可輕易作出深色效果，也要注意紙張容易被炭粉弄髒，炭粉細緻，顏色容易擦去，因此作繪製第一層色調時便可處理靠近較大色塊濃度。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。		
											
市售			山芙蓉			小吉蘭			廣格		
炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。			炭筆品質穩定，炭粉較深，繪製過程中較不易控制色調，可畫出深色且不易掉色，搭配軟橡皮擦可作出不錯的色調效果。面台繪製大面積，橫細色塊邊緣的畫面效果。A 種橡皮擦很脆，若天候後可提升繪畫感受。		

測試：吳基玲 2020.5.27

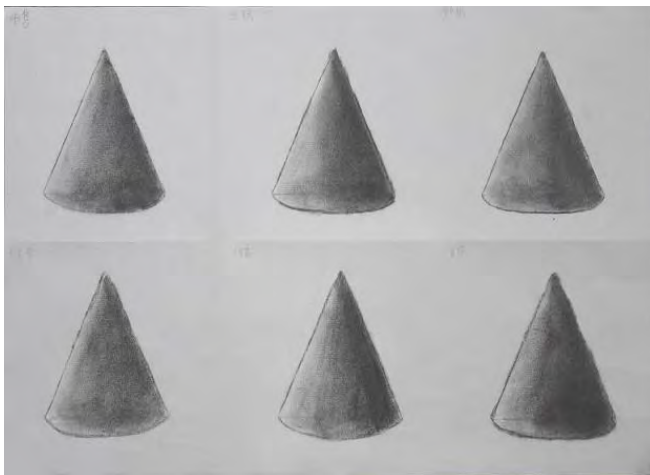
浦晨軒



市售 不易破裂，穩定性高，可做出細緻的漸層，並可藉反覆塗抹來做出深淺的變化，具延展性不易斷裂。	血桐 呈碎型製造，容易讓畫面顯得粗糙，雖然不是推開，但墨色較深附着力也不錯，可以做出多層的層次，在除了市售炭筆外，在我心目中排名第四。	野桐 也可畫出深黑的炭筆，附着力較強，但也容易在小碎片刮落，容易干擾作畫，在漸層的表现上也還不錯，自製炭筆中我給它第三名。
山芙蓉 最易推開的自製炭筆，感覺十分細緻，附着力偏差，但仍可做出漸層，也不容易斷裂，在我排名第二。墨色濃黑。	小舌菊 輕盈但呈碎，無法畫出深黑也不易堆疊，無法做出多層的變化，特別的是在某些色度會畫不出顏色，可能是枝節的關係，在我心目中排名最後。	雀巢 雀巢炭筆可輕易畫出清晰的線條，顏色也可堆疊和混色，附着力比血桐弱些，但不容易刮落也可疊色多層，是自製炭筆中我最喜愛的。

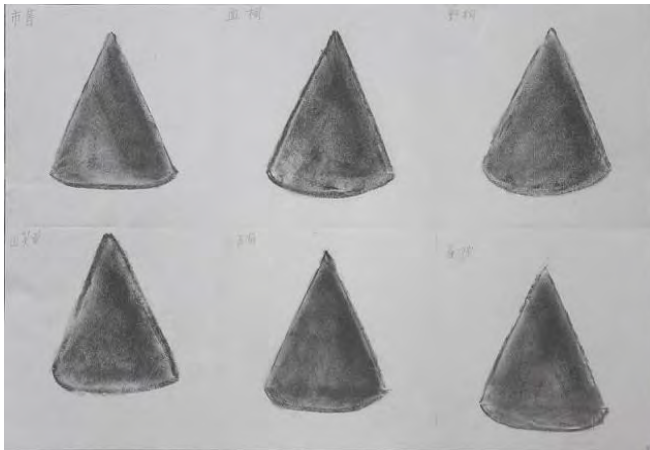
(四) 我們評估結果：

沈銘恩



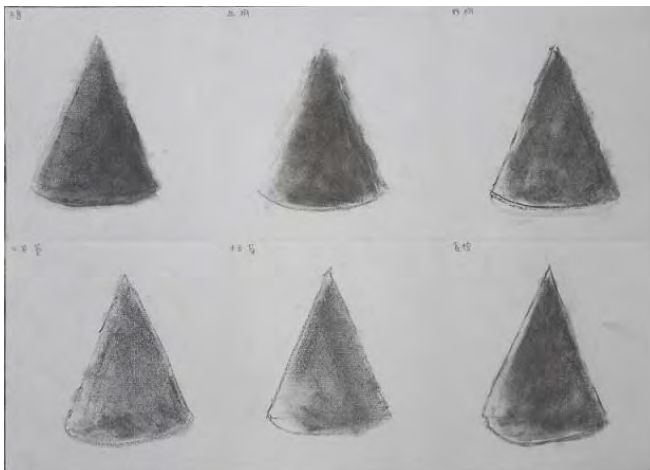
市售 我覺得市售畫起來很的畫，因為他不會卡卡的，顏色也很利，我很喜歡。	血桐 我覺得血桐畫起來很好，可是他不畫一下粉就會脫走，要用橡皮擦掉很久。	野桐 我覺得野桐很好畫，我的喜歡，因為他的顏色不會很黑也不會咖啡色的，粉末也不會很多，所以畫起來很好畫。
山芙蓉 我覺得山芙蓉畫起來不錯，因為他的顏色不會很黑，是粉末很多，也一點利，畫的時候容易用橡皮，所以還好。	小舌菊 我覺得小舌菊不好畫，因為他的粉末很多，也一點利，畫起來卡卡的，我不喜歡。	雀巢 我覺得雀巢畫起來不好畫，粉末不黑，也很多的粉末，所以他不好畫，我覺得他也卡卡的。

杜念恩

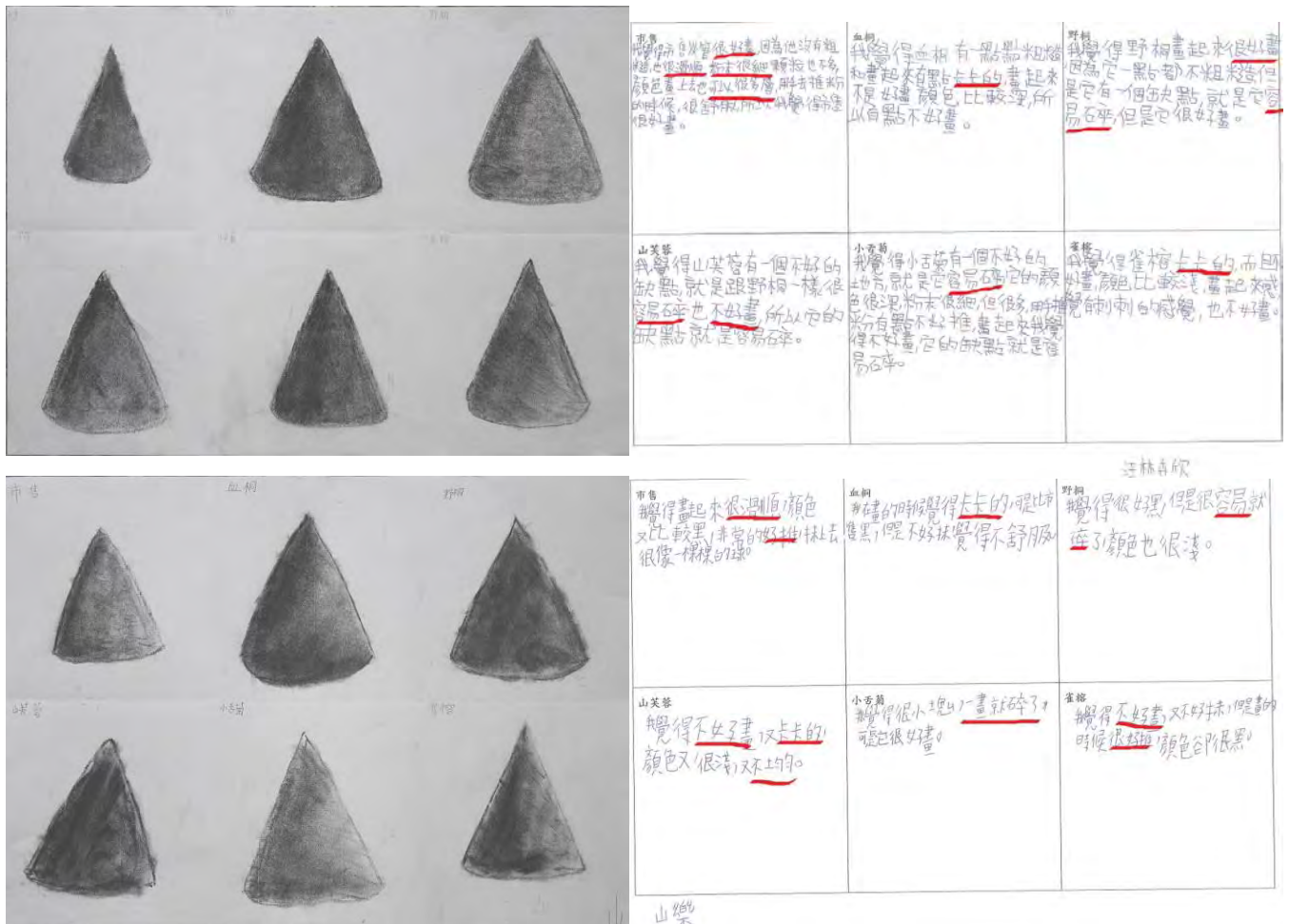


市售 不會卡卡的，很好畫的時候白，時候很舒服，不容易斷，也很滑順，顏色沒那麼深黑。	血桐 很容易出現粉末，畫的時候會卡卡的，很滑順，顏色很黑。	野桐 顏色很黑不會卡卡的，也很好畫，也很好畫有一些白的粉末。
山芙蓉 很不好畫，粉末很容易就掉下來，很不好推，顏色很淺，不算深黑。	小舌菊 很好畫也很好推，不會很卡，顏色很淺。	雀巢 很不好畫，很多粉末，顏色很淺，很好推。

方婉玲



市售 我覺得他很好畫，顏色也很硬，也沒有粉不可以塗在紙上。	血桐 我覺得也有白色好推，可是有黑有咖啡色，和黑色。	野桐 我覺得他好畫，容易塗在紙上。
山芙蓉 我覺得他很好推，但不好畫，還是畫面模糊，很好推不難，還有以上。	小舌菊 我覺得他的畫面可以好推，畫面可以顏色很新，很乾淨，在紙上。	雀巢 我覺得他很好推，不好畫不能畫在白紙上。



(五) 我們發現

- 1、我們自製的 5 種炭筆都可以拿來創作素描作品。
- 2、市售炭筆使用時不易斷裂，粉末細緻很好推開。
- 3、血桐炭筆使用時卡卡的，易碎裂，有些炭色偏咖啡色。
- 4、野桐炭筆很好畫但容易碎裂，粉末細緻。
- 5、山芙蓉炭筆專家覺得好推開，粉末細；但我們覺得容易碎，會刮紙，不好畫。
- 6、小舌菊炭筆太細，不好施力，一畫就斷裂，會刮紙，不好畫。
- 7、雀榕炭筆使用時卡卡的，會刮紙，但顆粒細，很好推。

研究八：五種自製炭筆和市售炭筆的斷裂程度是否有差異？

我們在做素描練習的過程中，發現有的炭筆畫許多畫也很完整，但有些卻畫了幾下就容易碎裂，所以我們就很好奇哪些植物製成的炭筆較硬，有哪些是比較容易碎裂？也很好奇專家實測時的感受有提到質地硬會刮紙的炭筆，在實驗時是否真的可以看它們的差異。所以我們決定以自製 5 種「最佳炭筆」和市售的炭筆做比較，探討之間的差別。

實驗構想是為求使用炭筆時的方便且不容易斷掉，故在拿時也不能拿得太長或太短，經

過大家在施測過程握著炭筆塗畫的感覺，發覺以手握炭筆距離筆尖約 2 公分的地方，在施力上較為方便和習慣，故我們在設計實驗決定用筆尖 2 公分的距離，模擬施力的長度。

研究設計如下：

（一） 實驗變因

1. 操縱變因：不同炭筆。
2. 控制變因：裁切長度、固定炭筆距離、掛砝碼位置、砝碼重量。
3. 應變變因：斷裂程度。

（二） 實驗方法

1. 裁切適當長度：為留固定在桌上的長度，將炭筆每枝都裁切成 4-5 公分。
2. 測量粗細：因每枝炭筆的直徑粗細不同，故用游標卡尺測量它們的粗細。
3. 固定炭筆距離：將炭筆一端以黏土壓覆，固定於桌緣，另一端突出桌緣 2 公分，在距離筆尖 1 公分處以繩結方式套上棉線。
4. 掛載砝碼(每個 20 公克)：繩結一端套於炭筆，另一端則掛上砝碼，並持續掛上砝碼，記錄炭筆最多可承受的砝碼數量，直到炭筆斷掉為止。

（三） 斷裂程度實驗結果

我們以游標卡尺測驗掛砝碼處的粗細(mm)，並記錄所能承受砝碼的數量(個)，記錄如下：

表 8 市售炭筆和 5 種最佳炭筆斷裂程度實驗結果統計一覽表

	編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
血桐	粗細(mm)	5.5	7.2	9.7	5.5	7.2	6.2	5	6.3	5.4	8	6.60
	砝碼數(個)	20	19	20	20	19	34	18	18	28	36	23.20
小舌菊	粗細(mm)	2.7	3.2	3.8	3.6	4.5	2.3	2.3	2.5	2.7	2.5	3.09
	砝碼數(個)	2	3	32	27	16	4	1	4	4	4	9.70
野桐	粗細(mm)	4.5	7	3.8	3.6	7	7	6.4	7.2			5.81
	砝碼數(個)	15	21	32	27	22	22	24	27			23.75
山芙蓉	粗細(mm)	5.6	4	5	5.6	5.7	5	4.2	4.8	3.4	5.8	4.91
	砝碼數(個)	13	7	21	18	24	13	12	27	6	18	15.90
雀榕	粗細(mm)	4.3	5	5	5.4	6	5.2	6	7.5	5	5.3	5.47
	砝碼數(個)	14	18	19	9	15	14	18	21	18	6	15.20
市售	粗細(mm)	5.1	5.7	5.1	6	5.6	5.5	6	5.6	5	5.5	5.51
	砝碼數(個)	32	30	37	57	43	39	51	52	33	38	41.20

(四) 我們發現：

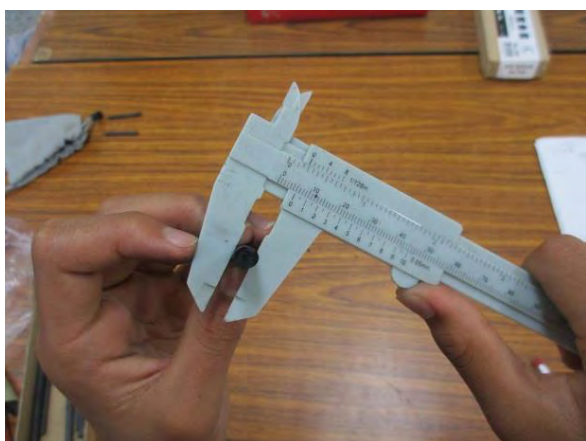
因為植物本身質地的因素，且我們所能採集的植物樣品，所以我們計算它們每 mm 能承載砝碼的數量，計算及排序結果如下：

表 9 市售炭筆和 5 種最佳炭筆斷裂程度比較排序一覽表

種類	血桐	小舌菊	野桐	山芙蓉	雀榕	市售
平均粗細(mm)	6.60	3.09	5.81	4.91	5.47	5.51
砝碼數(個)	23.20	9.70	23.75	15.90	15.20	41.20
個/mm	3.52	3.14	4.09	3.24	2.78	7.48
排序	3	5	2	4	6	1

由上述的結果可知：

1. 平均粗細而言，「血桐」的平均粗細最粗，「小舌菊」平均粗細最細。
2. 平均可掛砝碼數量以「市售」最多、「小舌菊」最少。
3. 若以每 mm 能承載的砝碼數(個/mm)以「市售」最多、「雀榕」最少。
4. 市售炭筆粗細介於 5.1 mm~6.0 mm 之間，其大小差異最小，推想可能有經過挑選。



用游標卡尺測量炭筆直徑粗細



測量掛載砝碼的位置



固定炭筆施力位置



懸掛砝碼

研究九：五種自製炭筆和市售炭筆的粉末顆粒是否有差異？

我們在使用炭筆素描的過程中，發現有的炭筆粉末很好推開，一層層塗畫堆疊上去，顏色可以越加越深，但有的塗起來很不均勻，所以我們就很好奇是不是粉末顆粒較細的炭筆很好推，也想知道這些炭筆的粉末顆粒是長什麼樣子？所以我們決定以自製 5 種「最佳炭筆」和市售的炭筆做比較，探討之間的差別。

實驗構想是為了觀察繪圖時的粉末顆粒，我們先將炭筆在素描紙上塗畫，再將粉末輕彈至乾淨的紙上，用數位顯微鏡觀察(測量)顆粒大小。

研究設計如下：

（一） 實驗變因

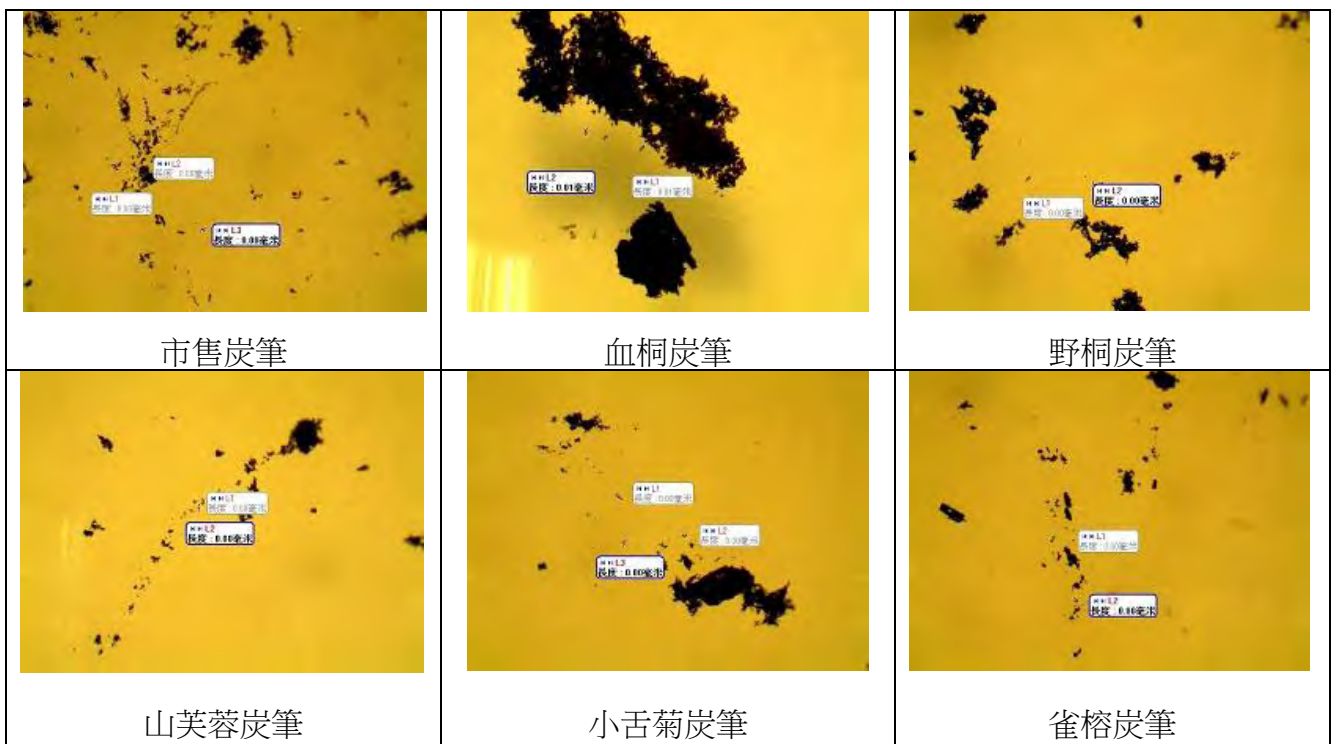
1. 操縱變因：不同炭筆。
2. 控制變因：使用素描紙、塗畫方式、固定放大倍率。
3. 應變變因：粉末顆粒的狀況。

（二） 實驗方法

1. 用炭筆在素描紙上塗畫線條產生粉末。
2. 將粉末顆粒輕彈至乾淨的紙上。
3. 用同一個放大倍率的顯微鏡觀察顆粒狀態並拍照。
4. 比較不同的炭筆顆粒狀態。

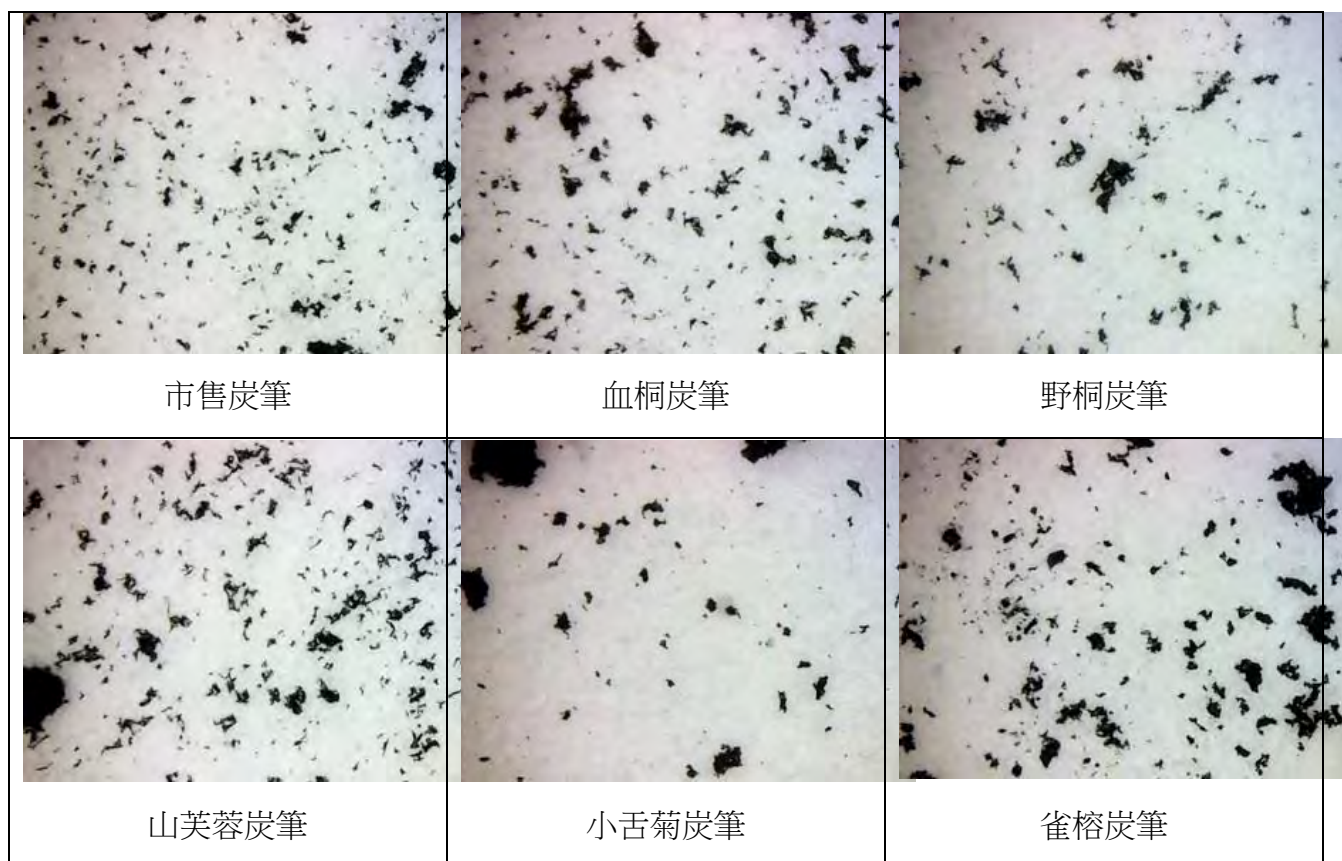
（三） 粉末顆粒實驗結果 A

我們的數位顯微鏡放大倍率只有四倍，而顆粒太細，無法測出實際大小，故無法比較：



（四） 粉末顆粒實驗結果 B

我們找到放大倍率最高 1000 倍的 USB 顯微鏡來觀察，可以看得更清楚，並且拍攝出照片，但無法測出實際大小，只能比較炭筆之間的差異：



（五） 我們發現

- 1、在相同倍率下市售炭筆的顆粒較細且均勻。
- 2、血桐和野桐炭筆有顆粒細的粉末，也有很多較大的顆粒，比較不均勻。
- 3、山芙蓉炭筆有很多長形顆粒。
- 4、小舌菊顆粒較大，而且碎裂的很不均勻。
- 5、雀榕有許多顆粒小的粉末，但也有很多碎裂的大顆粒。
- 6、觀察到顆粒較細的粉末量由多到少依序為：市售>雀榕>野桐>血桐>山芙蓉>小舌菊。

伍、討論

一、我們的研究從摸索燒製炭筆的方式開始，設法解決失敗的原因，最後發現在密閉容器內燃燒時除了控制溫度、時間，還要設法排出燃燒時所產生的煙，以確保樹枝在碳化過程在密閉容器中進行。

二、燒製炭筆的溫度維持在四~五百度時，所花的時間在十分鐘左右；溫度越低，花的時

間越多。

三、校園和祭祀植物容易取得，而且我們只取些許樹枝燒製成炭筆，和傳統製炭工業取整棵樹幹相比，我們利用的是可再生之資源，不破壞自然環境。

四、使用不記錄植物名稱的盲測方式，再統計教師和學生評比資料，可以發現彼此有一致性。在12種校園植物中，雀榕最好；祭祀植物中血桐、山芙蓉、野桐、小舌菊和雀榕最佳。

五、我們希望製作出的炭筆可以實際應用在素描繪圖上，所以透過專家和自己實際操作來觀察作品上炭筆的表現能力，及繪圖時的感受，比較各種炭筆的差異。最後再藉由斷裂程度實驗、顆粒觀察等數據來輔助證明。

六、我們在繪圖時發現山芙蓉、小舌菊、雀榕炭筆質地硬，會刮紙；在斷裂程度實驗中，此三者確實最容易斷裂。

七、我們在繪圖時發現市售、雀榕、野桐、血桐粉末細緻，可以堆疊四層以上；在顯微鏡顆粒觀察，此四種確實有較多的細顆粒。

八、市售炭筆的品質優良是因為滑順度佳、質地不易斷裂、粉末顆粒細緻，容易堆疊出很多層次。

陸、結論

一、成功製作出炭筆的先決條件是：燒製炭筆的過程中，使用密封的容器及足夠的燃燒時間和穩定的溫度；而蓋子打洞的方式除了可以作記號，還可以觀察燃燒時產生的煙，進而掌控燒製炭筆的時間。

二、我們找到一個便利又能成功燒製炭筆的最佳方式，其步驟和工具為：

(一) 事先準備：蓋子打孔的鐵罐、燒火用的爐子

(二) 操作過程：a.植物採集 b.裁切適當長度裝入鐵罐，再放入火中燒製成炭筆

(三) 取出製作完成的炭筆並完成測試

三、校園12種植物燒製成炭筆，再請教師和學生分別施以盲測後發現，雀榕在滑順度的表現最佳；如果再和鄒族祭祀植物相比，血桐、山芙蓉、野桐和小舌菊又比雀榕好。

四、「乾、溼」因素對於炭筆製作的差別：

(一) 植物不管是乾的或溼的，都能燒製成炭筆，但溼的要花的時間比較多。

(二) 植物不管是否是乾的或溼的，在滑順度的表現沒有明顯差別。

五、我們找到5種製作炭筆最佳的植物：血桐、山芙蓉、野桐、小舌菊和雀榕；如果再和

- 市售炭筆評比，市售炭筆比我們自製的炭筆還要好，可見市售炭筆有一定的穩定度。
- 六、我們自製的炭筆都可以創作素描作品，但炭筆的質地軟硬和粉末顆粒會影響作品表現。
- 七、市售與自製 5 種最佳炭筆，其是否容易斷裂程度，從不易斷裂到易斷裂，依序為：市售炭筆 > 野桐炭筆 > 血桐炭筆 > 山芙蓉炭筆 > 小舌菊炭筆 > 雀榕炭筆。
- 八、市售與自製 5 種最佳炭筆中，其顆粒細緻粉末由多到少依序為：市售炭筆 > 雀榕炭筆 > 野桐炭筆 > 血桐炭筆 > 山芙蓉炭筆 > 小舌菊炭筆。

柒、未來研究方向

- 一、除上述本次的植物種類外，如後續研究可再將生活中其它植物納入。
- 二、學生可因位處不同區域，就近採集易取得之植物，以了解其製作成炭筆之效果為何。
- 三、在人力上如果許可，可增加測試的樣本數，以取得更多的數據來分析。
- 四、突破研究設備的限制，顆粒實驗可以做得更好。
- 四、除了探討炭筆的滑順與斷裂程度外，也可以針對墨色和是否易於擦拭等不同方向來進行討論。

捌、參考資料

- 一、沈再木，黃光亮、沈榮壽、陳柏源(2002)。**嘉義市常見景觀花木**。國立嘉義大學、嘉義市政府。
- 二、章錦瑜(2003)。**台灣行道樹賞葉賞花篇**。台北市：田野影像。
- 三、張碧員，張蕙芬(1997)。**台灣野花 365 天，秋冬篇**。台北市：大樹文化。
- 四、嘉義縣政府編印（1986）。**嘉義縣阿里山鄉鄒語簡易字典**。嘉義縣：嘉義縣達邦國小。
- 五、中央研究院生物多樣性研究中心(2018年 1 月 11日)。**植物標本館**。資料引自 <http://hast.sinica.edu.tw/>
- 六、原住民族委員會(2017 年 12 月 21 日)。**原住民族介紹原住民族 16 族簡介鄒族**。資料引自 <https://www.apc.gov.tw>
- 七、認識植物(2018 年 1 月 16 日)。**植物目錄**。資料引自 <http://kplant.biodiv.tw/植物目錄.htm>
- 八、素描基本知識輕鬆掌握。(2018年 3 月 29日)。**炭筆素描作畫步驟詳解**。資料引自 <https://read01.com/A8ROKJ.html>
- 九、維基百科(2017 年 5 月 2日)。**木炭**。資料引自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%A8%E7%82%AD>
- 十、方紅櫻女士口述，訪談者曾馨慧，民國107年 3月 20日於嘉義縣新美國小訪問。

附件：

表 10 校園植物簡介表

校園植物	龍眼	大葉欖仁	梅花	阿勃勒	台灣欒樹	雀榕
圖片						
校園植物	茄苳	福木	馬拉巴栗	破布烏	桂花	櫻花
圖片						

表 12 鄒族祭祀植物用途整理：

名稱	草(木)本	生長地點	用途
楓香 	木本	山上	神話故事中尼弗努(nivnu)女神從楓樹降臨，鄒族人為楓葉幻化成的。
山芙蓉 	木本	田野	樹皮為避邪籙條，開花時神靈在上面，不可以驚擾。
五節芒 	草本	田野	從根到花皆有用處：巫師驅邪用、小米收穫祭的祭祀物件、狩獵的先佔標誌。
金草石斛蘭	草本	原始林	鄒族神花，Mayasvi 儀式時勇士配戴頭上，種(放)在 Kuba 屋頂和正門兩側。
小舌菊 	草本	田野	小米收穫祭儀式時的潔淨植物，巫師作法的物件。
黃荊	草本	田野	特富野社清洗獸骨架的儀式植物。
黃藤 	藤類	原始林	傳統建築的物件。
台灣藜	草本	田野	巫師作法的物件。
野桐 	木本	原始林	Mayasvi、小米收穫祭儀式物件，葉子用來包覆餵食神靈的食物。
雀榕	木本	到處都有	種在 Kub 廣場旁的雀榕為神樹，狩獵植物。
茄苳	木本	到處都有	鄒族鬼樹，惡靈聚集處。
破布烏	木本	到處都有	狩獵植物，民俗醫療捉牙蟲物件。

【評語】 082907

1. 與市售炭筆進行比較的實驗巧思佳，但建議蒐集市售炭筆的製作條件與實驗炭筆進行討論，更能凸顯本實驗的應用意義。
2. 建議應先分析實驗樹枝的特性，找出與成功製成炭筆的關聯性，會更具實用性。

壹 研究動機

有次聊天時，有同學說昨天家裡烤肉，燒完的木頭灰會拿來當肥料，還有同學說家裡沒有瓦斯時會燒木頭。

其實住在山上的我們，燒柴生火與我們生活密切相關，耆老也說以前我們鄒族被其他族稱作「吃炭民族」；現在炭火還是家中的必需品。

我們會把燒完的木炭拿來畫畫，但發現有的木炭一畫就碎了，有的顏色很黑。老師說素描用的炭筆就是樹枝燒成的，我們校園有很多植物，大家很想知道哪些樹枝做成的炭筆最好畫，所以就選了幾種校園和部落的植物來燒製炭筆。

貳 研究目的

- 一、如何成功燒製炭筆？
- 二、影響「燒製炭筆」的因素有那些？
- 三、「校園12種植物」製成炭筆的效果差異性如何？
- 四、樹枝之「乾、濕」與炭筆製作的效果是否有差異？
- 五、「8種祭祀植物」製作炭筆的效果如何？
- 六、市售炭筆與五種自製炭筆的滑順度評比如何？
- 七、自製炭筆實用性評估情形如何？
- 八、五種自製炭筆和市售炭筆的斷裂程度是否有差異？
- 九、五種自製炭筆和市售炭筆的粉末顆粒是否有差異？

參 研究設備及器材

- 一、炭筆製作工具：
烤爐、木頭、廢紙、樹枝、鐵罐、鐵絲、鐵釘、鐵鎚、刀具、打火機、鐵夾、手套。
- 二、測試工具：
電子溫度計、計時器、電子磅秤、夾鏈袋、圖畫紙、素描紙、黏土、砝碼、游標卡尺、數位顯微鏡、USB顯微鏡、電腦。

肆 研究過程與結果

一、研究一：摸索燒製炭筆的方法

(一)實驗過程與結果：我們進行三個不同的實驗來比較燒製方法的優缺點，主要是為了找出最佳的炭筆製作方法。

表1 不同燒製炭筆方法比較表

實驗過程	實驗項目	操作變項	結果
1. 採集樹枝，去掉葉子，將樹枝裁切成段，放入密封的鐵罐內。 2. 烤爐生火，將鐵罐放入烤爐裡的大火中燒。 3. 燒一段時間後取出查看。	實驗一：鐵罐加蓋燒	鐵罐不打洞，不緊蓋	1. 蓋子彈飛，樹枝燒成灰燼。 2. 燒製時間不易掌控 3. 有的炭筆製作成功，有的失敗。
	實驗二：鐵罐加蓋綁緊鐵絲燒	鐵絲纏繞鐵罐綁緊，使蓋子不易彈開	1. 罐子外纏繞鐵絲，綁時費時、費力，拆開也不容易。 2. 燒五分鐘和十分鐘取出，樹枝皆有燒製完全。 3. 燒製時間不易掌控。 4. 炭筆製作成功。
	實驗三：鐵罐加蓋，蓋上打洞燒	鐵罐四罐，打洞狀況分別是 0、1、5、10 個洞	1. 0 個洞的鐵罐蓋子彈開，樹枝燃燒過頭，產生灰燼。 2. 可從洞口看煙冒完的狀況來控制燒製時間。



(二)我們發現：最後選擇以蓋上打洞的方式最佳，原因：
1、成功燒製炭筆。 2、操作簡單便利。 3、能打不同的圖形以區分罐內不同樹枝。
4、可觀察燒製時的冒煙狀況來判斷完成時間。

實驗一





採集樹枝 採集植物、整理植物 烤爐裡生火，放入鐵罐燒製炭筆 蓋子彈飛的樹枝成灰燼 炭筆燒製完成的狀況

實驗二



將綁緊鐵絲的鐵罐放入烤爐 燒製後取出查看 綁緊和拆掉鐵絲費時、費工 炭筆燒製完成的狀況

實驗三



在鐵罐蓋子上打洞 炭筆燒製完成的狀況

二、研究二：影響「燒製炭筆」的因素？

(一)實驗過程與結果：我們想要了解溫度對燒製炭筆所花的時間是否有關係，也想知道炭筆燒製前後減少的重量，所以每隔固定時間測量它的火源溫度，再求其平均。我們做了七個加熱實驗，比較燒製炭筆的溫度和完成時間的關係，並且記錄炭筆燒製前後的重量，結果如下：

表2 實驗一 七加熱時間與溫度統計表

時間(分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均溫度	放入前重量(g)	完成後重量(g)	拿出時間
溫度(°C)	530	411	293	319	401	369	221	310	316	376	376	474	548	535	511	399.33	50	8	15:01
實驗一																			
實驗二	530	336	293	319	334	369	244	357	390	377	376	585	482	535	535	404.13	50	8	14:05
實驗三	508	434	207	525	496	519	357	369	342	529	360	393	537	414		427.86	50	7	13:07
實驗四	512	279	441	533	290	512	243	278	497	412	364	549	548	393		417.93	50	7	13:33
實驗五	540	544	526	541	544	396	544	436	481	481	535					506.18	50	7	10:03
實驗六	540	528	542	546	483	385	408	542	481	538	530					502.09	50	8	10:33
實驗七	534	422	543	543	540	550	550	550	550	541						532.3	50	8	9:04


燒製前秤重


測溫度

(二)我們發現：發現當溫度落於2~4百度，溫度不高時，所花的時間通常要久；而溫度保持5百多度時，所花的時間相對較短。

三、研究三：「校園12種植物」製成炭筆的效果差異性如何？

研究四：樹枝之「乾、濕」與炭筆製作的效果是否有差異？

- (一)實驗過程：1.採集植物燒製炭筆。2.編號及分組。3.滑順度測試及統計。
- (二)實驗結果：

表3 研究三、研究四實驗結果一覽表

實驗項目	木材性質	身分別	滑順度結果排序	結果討論
研究三	不論乾溼	教師	1.雀榕 2.茄苳 3.大葉欖仁	教師組和學生組評比第一名都是雀榕，有一致性。
		學生	1.雀榕 2.茄苳 3.大葉欖仁	
研究四	溼	教師	1.雀榕 2.馬拉巴栗 3.欖樹	雀榕皆評比在前三名。 福木皆為最後一名
		學生	1.大葉欖仁 2.龍眼 3.雀榕	
	乾	教師	1.雀榕 2.破布烏 3.欖樹	1.師生評比，雀榕皆於前二名。 2.破布烏乾的狀態燒，出現在前二名。
		學生	1.破布烏 2.雀榕 3.馬拉巴栗	



處理樹枝



裁切成段



蓋子打10個不同形狀的洞



放入烤爐燒製



0個洞的鐵罐，燒製過程中蓋子因熱氣彈飛



燒製完成後去皮



隨機編號、標記



學生組盲測排序



統計積分



將各組炭筆積分加總

(三)我們發現：

- 1、從研究三來看：都能成功製作出炭筆；雀榕在滑順度的得分皆為第一名。
- 2、研究四是乾、溼樹枝製成炭筆做比較，溼樹枝燒製炭筆，滑順度表現最佳的沒有一致性，但對福木來說，溼的燒製炭筆效果是最差的。
- 3、不管濕的、乾的樹枝燒製炭筆，滑順度表現雀榕依然在前三名；對破布烏來說，乾的狀況燒製炭筆的效果比溼的來得好。
- 4、從研究三、研究四的結果，我們可以知道校園12種植物製作炭筆的效果，雀榕都排在前三名，是最適合做炭筆的植物。

四、發現問題：「雀榕」真的是燒製炭筆最佳的植物？

- (一)和市售炭筆比較，發現雀榕炭筆的滑順度和市售炭筆差太多了。
- (二)我們採訪了部落的耆老，了解雀榕為鄒族祭祀植物，所以就決定到部落採集其他祭祀植物來製作炭筆。



訪問耆老



到部落採集植物

五、研究五：8種祭祀植物製作炭筆的效果一樣嗎？

表4 研究五實驗結果統計表

種類		血桐	山芙蓉	野桐	小舌菊	雀榕	楓香	五節芒	黃藤
總分	教師	173	156	140	106	103	86	50	50
	學生	132	117	112	78	84	65	72	50

- (一)實驗過程：1.採集植物燒製炭筆。2.編號及分組。3.滑順度測試及統計。
- (二)實驗結果：盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果(祭祀植物)
- (三)我們發現：

- (1)滑順度表現最差的三種分別是：黃藤、五節芒和楓香。
- (2)祭祀植物在滑順度評比前五名有一致性，我們找到5種燒製炭筆最佳的植物為血桐、山芙蓉、野桐、小舌菊和雀榕。



整理採集來的祭祀植物



製作炭筆



隨機編號，分成4組盲測



測試滑順度排序

六、研究六：市售炭筆與五種自製炭筆的滑順度評比如何？

表5 研究六實驗結果一覽表

種類		市售	血桐	山芙蓉	野桐	雀榕	小舌菊
總分	教師組	125	107	85	84	56	47
	學生組	91	81	67	79	54	48

- (一)實驗過程：將市售炭筆和5種最佳炭筆隨機編號後盲測
- (二)實驗結果：盲測炭筆塗畫滑順程度統計結果(市售炭筆和5種最佳炭筆)
- (三)我們發現：5種自製炭筆的滑順度，雖然沒有優於市售炭筆，但我們可以了解市售炭筆的品質有一定的穩定度。

七、發現問題：市售炭筆為什麼這麼好？

- (一)美術器材使用專家說：好的炭筆先決條件是「滑順度」，第二是推開時「顆粒均不均勻」，與紙張的附著效果好不好。
- (二)能堆疊出多層次的炭筆，在繪畫上的表現效果較好。

我們請專家幫忙測試市售和5種自製炭筆，先後將其繪於紙上，再逐一用手指塗抹堆疊，觀察推疊層次飽和的極限，並記錄使用時的感受。

1、堆疊層次：



2、使用心得：

市售	血桐	野桐
質地輕但不鬆散，炭粉均勻好推開，堆疊很順利。	質地輕但鬆散，易斷裂，炭色偏咖啡，顆粒大。	輕盈但紮實，顆粒細緻，和紙張結合很好。
山芙蓉	小舌菊	雀榕
碎裂，顆粒感強烈，不易推開和附著，會刮傷紙。	易斷裂，不好施力，堅硬易刮傷紙，顆粒大，炭色不均勻。	質地硬，易刮傷紙，但顆粒細緻，和紙張結合很好。

八、研究七：自製炭筆實用性評估情形如何？

我們和繪圖專家(3位具美術背景畫家)，將自製的5種滑順度「最佳炭筆」和市售的炭筆實地做素描繪圖，並以文字說明使用的心得。

- (一)實驗過程：1、在專業素描紙上分別用市售和5種自製炭筆分別畫出同一個靜物。
- 2、評估市售和5種自製炭筆在塗抹、堆疊、暈染的效果。
- 3、用文字描述使用炭筆的感受、心得。

(二)繪圖專家評估結果：



(三)我們評估結果



(四)我們發現：

- 1、我們自製的5種炭筆都可以拿來創作素描作品。
- 2、市售炭筆使用時不易斷裂，粉末細緻很好推開。
- 3、野桐、山芙蓉和雀榕炭筆，粉末細緻，很好畫。
- 4、山芙蓉、小舌菊和雀榕炭筆，容易碎，會刮紙。

九、研究八：五種自製炭筆和市售炭筆的斷裂程度是否有差異？

我們好奇哪些植物製成的炭筆比較容易碎裂？也很好奇質地硬的會刮紙，希望透過實驗是否真的可以看出它們的差異。

- (一)實驗過程：1.構想：用筆尖2公分的距離，模擬施力的長度。
2.步驟：(1)裁切適當長度(2)測量粗細(3)固定炭筆距離(4)掛載砝碼。
- (二)實驗結果：

表7 市售炭筆和5種最佳炭筆斷裂程度比較排序一覽表

種類	血桐	小舌菊	野桐	山芙蓉	雀榕	市售
平均粗細(mm)	6.60	3.09	5.81	4.91	5.47	5.51
砝碼數(個)	23.20	9.70	23.75	15.90	15.20	41.20
個/mm	3.52	3.14	4.09	3.24	2.78	7.48
排序	3	5	2	4	6	1



用游標卡尺測量炭筆直徑粗細



測量掛在砝碼的位置



固定炭筆施力位置



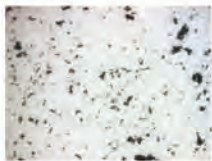
懸掛砝碼

- (三)我們發現：
- 1.平均粗細而言，「血桐」的平均粗細最粗，「小舌菊」平均粗細最細。
 - 2.平均可掛砝碼數量以「市售」最多，「小舌菊」最少。
 - 3.若以每mm能承載的砝碼數(個/mm)以「市售」最多，「雀榕」最少。

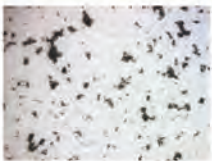
十、研究九：五種自製炭筆和市售炭筆的粉末顆粒是否有差異？

我們很好奇很好推畫的炭筆，和粉末顆粒粗細是否有關，希望透過實驗是否真的可以看出它們的差異。

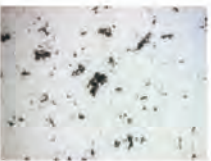
- (一)實驗步驟：1.用炭筆在素描紙上塗畫線條產生粉末。2.將粉末顆粒輕彈至乾淨的紙上。
3.用同一個放大倍率的顯微鏡觀察顆粒狀態並拍照。4.比較不同的炭筆顆粒狀態。
- (二)實驗結果：放大倍率最高1000倍的USB顯微鏡來觀察，可以拍攝出照片，但無法測出實際大小，只能比較炭筆之間的差異：



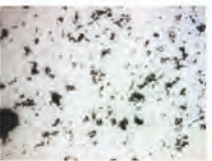
市售炭筆



血桐炭筆



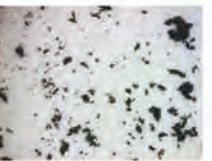
野桐炭筆



山芙蓉炭筆



小舌菊炭筆



雀榕炭筆

- (三)我們發現：
- 1、在相同倍率下市售炭筆的顆粒較細且均勻；血桐和野桐炭筆有顆粒細的粉末，也有很多較大的顆粒，比較不均勻。
 - 2、山芙蓉炭筆有很多長形顆粒；小舌菊顆粒較大，而且碎裂的很不均勻；雀榕有許多顆粒小的粉末，但也有很多碎裂的大顆粒。
 - 3、觀察到顆粒較細的粉末量由多到少依序為：市售>雀榕>野桐>血桐>山芙蓉>小舌菊。

伍 結論

- 一、成功製作出炭筆的先決條件是：燒製炭筆的過程中，使用密封的容器及足夠的燃燒時間和穩定的溫度；而蓋子打洞的方式除了可以作記號，還可以觀察燃燒時產生的煙，進而掌控燒製炭筆的時間。
- 二、我們找到一個便利又能成功燒製炭筆的最佳方式，其步驟和工具為：
(一) 事先準備：蓋子打孔的鐵罐、燒火用的爐子
(二) 操作過程：a.植物採集 b.裁切適當長度裝入鐵罐，再放入火中燒製成炭筆
c.取出製作完成的炭筆並完成測試
- 三、校園12種植物製成炭筆，施以盲測後發現，雀榕在滑順度的表現最佳；再和祭祀植物比，血桐、山芙蓉、野桐和小舌菊又比雀榕好。
- 四、「乾、溼」因素對於炭筆製作的差別：
(一) 植物不管乾、溼，都能燒製成炭筆，但溼的要花比較多時間。
(二) 植物不管乾、溼，在滑順度的表現沒有明顯差別。
- 五、我們找到5種製作炭筆最佳的植物：血桐、山芙蓉、野桐、小舌菊和雀榕；如果再和市售炭筆評比，市售炭筆比我們自製的炭筆還要好，可見市售炭筆有一定的穩定度。
- 六、我們自製的炭筆都可以創作素描作品，但炭筆的質地軟硬和粉末顆粒會影響作品表現。
- 七、市售與自製5種最佳炭筆，其斷裂程度，從不易斷裂到易斷裂，依序為：市售炭筆>野桐炭筆>血桐炭筆>山芙蓉炭筆>小舌菊炭筆>雀榕炭筆。
- 八、市售與自製5種最佳炭筆中，其顆粒細緻粉末由多到少依序為：市售炭筆>雀榕炭筆>野桐炭筆>血桐炭筆>山芙蓉炭筆>小舌菊炭筆。

陸 未來研究方向

- 一、除上述本次的植物種類外，如後續研究可再將生活中其它植物納入。
- 二、學生可因位處不同區域，就近採集易取得之植物，以了解其製作成炭筆之效果為何。
- 三、在人力上如果許可，可增加測試的樣本數，以取得更多的數據來分析。
- 四、突破研究設備的限制，顆粒實驗可以做得更好。
- 五、除了探討炭筆的滑順與斷裂程度外，也可以針對墨色和是否易於擦拭等不同方向來進行討論。