

屏東縣第66屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(三)

組 別：國中組

作品名稱：自製顏料藝術家：從大地到畫布

—天然礦物顏料之量化改良與創作實踐

關 鍵 詞：自製顏料、量化、色粉（最多三個）

編號：B8012

目 錄

摘要.....	P.01
壹、前言.....	P.01
一、研究動機.....	P.01
圖一、屏東縣第 65 屆國民中小學科學展覽會 作品評審明細(左)..<	P.02
圖二、屏東縣第 65 屆國民中小學科學展覽會 作品評審明細(右)..<	P.02
二、研究目的.....	P.03
三、文獻回顧.....	P.03
圖三、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」的「膠彩 自習室」(左).....	P.04
圖四、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」的「膠彩 自習室」(中).....	P.04
圖五、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」的「膠彩 自習室」(右).....	P.04
圖六、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」膠彩自習 室的礦物與色粉.....	P.04
圖七、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」膠彩自習 室的礦物顏料說明.....	P.04
圖八、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」膠彩自習 室的膠彩說明.....	P.05
圖九、2025前導實驗自製顏料.....	P.07
圖十、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」礦物顏料+原礦.....	P.07
圖十一、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」新岩黑色比重測試...	P.08

圖十二、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」礦物顏料比重分析...	P.08
圖十三、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」礦物顏料比重差異分 析.....	P.09
貳、研究設備及器材.....	P.09
一、實驗材料.....	P.09
二、實驗器材與工具.....	P.09
三、實驗測量與紀錄工具.....	P.10
圖十四、2025前導實驗準備材料、器材及工具.....	P.10
圖十五、2026本次實驗準備材料、器材及工具.....	P.10
叁、研究過程或方法.....	P.11
一、實驗流程架構圖.....	P.11
肆、研究過程與結果.....	P.11
一、學習資料調查與實驗準備.....	P.11
表1、礦物顏料特性與應用.....	P.11
圖十六、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」會客室全景： 由左而右分別是膠→胡粉→天然礦物顏料→水干顏料→新岩顏 料.....	P.12
圖十七、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」清朝的四庫全書.....	P.13
圖十八、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」日本的工藝製作流 程.....	P.13
圖十九、同重量不同體積色粉：比重不同.....	P.14
圖二十、同體積不同重量色粉：比重不同.....	P.14
圖二十一、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」自製礦物顏料比 較.....	P.14

圖二十二、校園土壤材料取樣當下2026.1.20.....	P.15
圖二十三、校園土壤材料取樣1個月後2026.3.4.....	P.15
二、改良實驗設計及執行方法.....	P.15
圖二十四、實驗 1：色粉的分散性—觀察色粉是否能直接溶於水實驗 過程圖.....	P.16
圖二十五、2026修正實驗1過程圖.....	P.17
圖二十六、秤重小數位不同的差異.....	P.17
圖二十七、比重不同的對照圖.....	P.17
圖二十八、實驗 2：鹿膠水的黏著性實驗過程圖.....	P.18
圖二十九、實驗 2：鹿膠水的黏著性實驗結果圖.....	P.18
圖三十、實驗 4：觀察透礬水如何影響顏料的穩定性實驗結果圖 左：手擦拭 V.S. 右：保護紙與色卡紙對照.....	P.20
圖三十一、實驗 5：色粉原貌.....	P.21
圖三十二、2025與2026自製顏料比較圖.....	P.21
圖三十三、2026自製顏料創作.....	P.21
三、在地材料開發.....	P.22
圖二十三、校園土壤材料取樣1個月後2026.3.4.....	P.22
四、實際應用測試.....	P.22
圖三十二、2025與2026自製顏料比較圖.....	P.22
伍、討論.....	P.23
陆、結論.....	P.23
柒、參考文獻.....	P.23

自製顏料藝術家：

從大地到畫布—天然礦物顏料之量化改良與創作實踐

摘要

本研究延續 2024 年除錯邏輯，針對2025指出之「計量模糊」、「觀測主觀」及「數據佐證不足」等關鍵質疑進行系統化改良。研究旨在透過量化改良，建立自製顏料的基本組成原則。

實驗分為四大模組：首先，導入 0.5ml 精密量化系統取代傳統計量，將誤差降低；其次，利用動態縮時攝影監控色粉沉降規律，排除主觀誤差；第三，進行跨年度品質回溯，對照 2025 年與 2026 年精密量化樣本之對比優化；最後，執行 14 處校園土壤採樣顯色紀錄。

研究證實，精密計量能有效解決膠色分離。當我們在精確配比中聽見顏料融合時「啵...啵...啵...」的聲音，不僅是科學除錯後的和諧，更實踐了「數據守護美」的核心理念：科學的精準度，正是守護藝術之美最強大的力量。

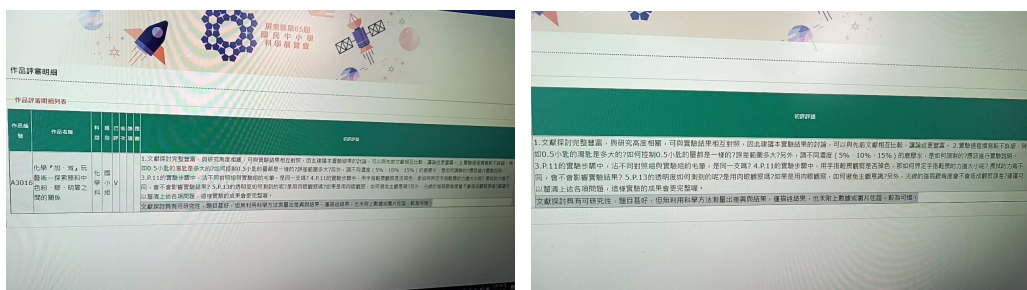
壹、前言

一、研究動機及理念

2015年，一顆「藝術家」的種子在我心上種下，懵懵懂懂的成長，直到2024年因參與個人展的策展、佈展而開始萌芽，在 IGP 會議中與老師討論將「113學年度美術藝術才能發展方案」定案在專題獨立研究開始找目標。2025年，參觀臺北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」展覽，在踏進「膠彩自習室」的那一刻心癢癢的，啵...啵...啵...心花悄悄地開了。之後，在資料中看到「台灣大地原色」創辦人洪皓倫藝術家說的話：「我用身體去實踐古人如何就地取材畫畫。」啟動「自製顏料藝術家」成為我追求的目標。

通往目標的道路一點都不好走。然而，2024 年《使命必達機器人》的研究修護了我的心。當時我和夥伴努力透過程式語言與手臂設計，減少運送過程中的「貨物掉落」。那次獲得「探索精神獎」的經歷，讓我和夥伴學會了科學研究最重要的一件事：「失敗就表示可以刪除一種不適合的方法，也表示離成功越來越接近。」

因此，在 2025 年前導實驗正式開始前，當時國小的指導老師看著我和夥伴，給出一個大考驗：「如果這次沒進複賽，你們還願意繼續研究直到畢業前發表成果嗎？」我們用力的點頭。初評結束後，我們雖然經歷了落選的挫敗，依舊勇敢的面對未知的挑戰，進入前導實驗。直到我們收到學校老師拍下評審意見傳給我們的照片。



圖一(左)和圖二(右)、屏東縣第 65 屆國民中小學科學展覽會 作品評審明細

照片中的文字就像機關槍擊中了我們的弱點：

【初評評語】

1. 文獻探討完整豐富：文獻探討與研究高度相關，可與實驗結果相互對照。因此建議本實驗結果的討論，可以與先前文獻相互比較，讓論述更豐富。
2. 實驗過程撰寫較不詳細：
 - 例如：0.5 小匙的湯匙是多大的？如何控制 0.5 小匙的量都是一樣的？誤差範圍多大？
 - 另外，調不同濃度（5%、10%、15%）的鹿膠水，是如何調製的？應該進行實驗說明。
3. 實驗變因控制疑點：在 P.11 的實驗步驟中，沾不同對照組與實驗組的毛筆，是同一支嗎？
4. 觀測標準定義：在 P.11 的實驗步驟中，用手指輕擦觀察是否掉色，那如何界定手指輕擦的力道大小呢？擦拭的力氣不同，會不會影響實驗結果？
5. 量化數據與主觀意識：在 P.13 的透明度如何測到的呢？是用肉眼觀察嗎？如果是用肉眼觀察，如何避免主觀意識？另外，光線的強弱與角度會不會造成觀察誤差？建議可以釐清上述各項問題，這樣實驗的成果會更完整喔。

【總結評語】

文獻探討具有可研究性，題目甚好，但無利用科學方法測量出差異與結果，僅描述結果，也未附上數據或圖片佐證，較為可惜。

這張在國小實驗完成後收到的照片，評審像是看得到我們進行實驗中面臨的問題，毫無保留的一一提出，寫到這裡，讓已進入國中的我忍不住回想起國小畢業前的實驗過程，我和夥伴絞盡腦汁想辦法修正、除錯的場景，與夥伴一起發表成果的點點滴滴。失敗、不完美讓我知道還不夠，但我並不想放棄，每一次實驗的結果是下一次實驗的基石，我的目標還在等我繼續走下去。

「114學年度美術資賦優異教育方案」的目標就是一我想要繼續「建立自製顏料的基本

組成原則，自己調出產出一套符合自己創作需求的顏料，供應未來的創作。」成為「自製顏料藝術家」。

二、研究目的

成為「自製顏料藝術家」是我的目標，但經歷挫敗與國小畢業前實驗的修正、除錯，2024年《使命必達機器人》的研究再次提醒我們：

(一)「變因」那麼多怎麼辦？一次只改變一種變因。

(二)討論不應該是針對研究的主題嗎？如果自己找不到跟自己的目標合作的方法那麼失敗的機率會很高。

2026研究的目的如下列：

(一)學習資料調查與實驗準備：

1. 運用 AI 資料、文獻資料交叉比對，增強研究資料正確率及撰寫能力。
2. 為完善科展實驗，參訪礦物顏料製作工坊進行實地考察與技術諮詢。
3. 針對校園土壤進行田野調查與材料取樣。

(二)改良實驗設計及執行方法

1. 量化精確度研究：

解決評審質疑的問題，善用科學方法優化前導實驗設計自製顏料的基本組成原則。

2. 變因一致性分析：

修正2025前導實驗中的疑點，建立 SOP 標準作業程序。

3. 觀測客觀化實踐：

利用縮時攝影，取代主觀的手指擦拭與肉眼判斷，解決「主觀意識」誤差。

4. 進行2025年3月自製顏料與2026年1月自製顏料的比較

(三)在地材料開發：延續「自製顏料藝術家」目標，完成校園土壤的採樣與顯色實驗。

(四)實際應用測試：驗證不同比例組合對畫面效果與實用性的影響。

三、文獻回顧

(一) 2025年3月~6月前導實驗的文獻紀錄

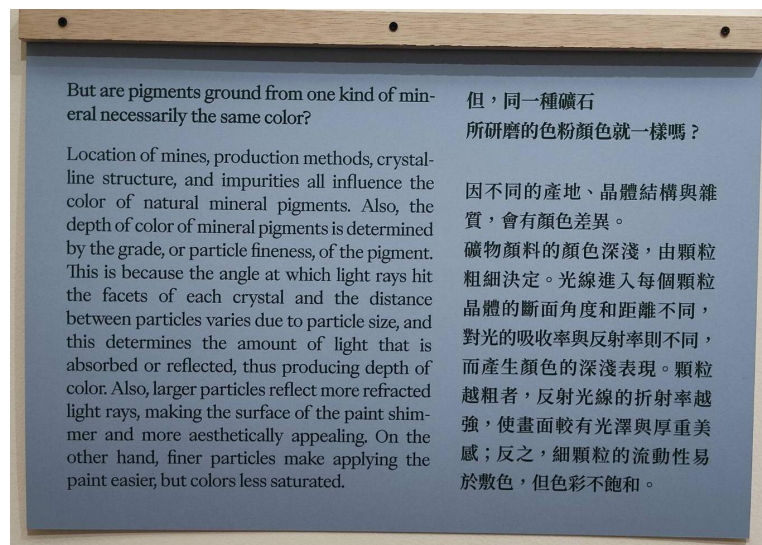
1. 從「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」的「膠彩自習室」及文獻中發現不同的礦物會呈現不同的顏色，研磨方式也會影響顏料的顆粒大小和顏色效果。



圖三(左)、圖四(中)及圖五(右)、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」的「膠彩自習室」

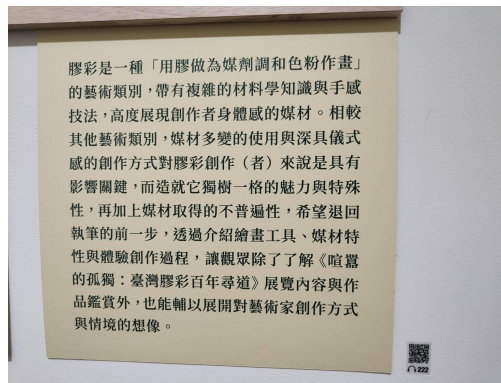


圖六、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」膠彩自習室的礦物與色粉



圖七、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」膠彩自習室的礦物顏料說明

2. 台北市立美術館網站上膠彩自習室 | 《喧囂的孤獨》公眾計畫讀到：膠彩是一種「用膠做為媒劑調和色粉作畫」的藝術類別。



圖八、台北市立美術館「喧囂的孤獨：臺灣膠彩百年尋道」膠彩自習室的膠彩說明

3. 《Shopping Design》2019年4月號「順其自然生活之道」一份訪問的文章，「台灣大地原色」創辦人洪皓倫藝術家說「我用身體去實踐古人如何就地取材畫畫。」這位喜愛自然的畫家廣納各地土壤、礦石、植物，以染製古法自製天然顏料。」

4. 農業部林業試驗所徐健國(2011)在100年2月(第224期)高耐久性膠彩畫專用紙之研製中也提到：「膠彩畫是以膠為媒劑，將顏料調和後再多次重疊畫於載體上，因大多使用礦物顏料，遮蓋性及持久性強，不易褪色，且色彩種類繁多，在華麗燦爛中帶有優雅穩定的光澤，約達一千餘色之譜。」

5. 非池中藝術網藝術圖書館的繪畫工具與材料分別找到幾個相關的訊息：

- (1) 礦物(膠彩) Rockpigment：「膠彩所使用的礦物顏料是透過將自然界中的天然礦物、寶石、珊瑚等研磨成粉而得來，目前共有42種已知礦石可以被利用來製作成礦物顏料，礦物顏料的價格會隨著該種礦石的稀有和價值而有很大的差異，如自然界中飽和的藍色最為稀有，所以藍色系的礦物顏料也價格最高，相對的土色系的礦石就較容易取得，價格也較為便宜。搗碎的天然礦物除了原生的色澤之外，還會隨著研磨的細緻程度(號數)還會產生不同的色階變化，目前開發出的礦物顏料中，最多可以有高達14級的顆粒粗細程度，稍為彌補了礦物顏料受限於自然界可取得色彩的限制。」

然而天然的礦物顏料在光澤和透明感上還是具有其不可完全取代之處，天然的礦物在折射面上較為不規則，發散出來的光彩更為豐富。相同顆粒粗細的礦物顏料可以一起使用產生混色效果，然而不同顆粒粗細的礦物顏料會在混合後產生重顆粒下沉，輕顆粒上浮的結果，一般來說要對礦物顏料有一定熟捻程度的人才能適切的去應用這種技法。另外，還可以將礦物顏料置於火上燒烤，加速礦物的氧化，也能產出意想不到的色澤變化。」

- (2) 色粉：「色粉與不同的媒介劑調合，形成性質不同的各式顏料：與膠調合成膠彩，與蛋清調合成為蛋彩，與壓克力乳液調合便成為壓克力顏料。」

色粉的成份分為無機與有機，生產方式有合成與天然；有機成份取之於植物及動物或是昆蟲的屍體，而無機則由礦物和金屬提煉出來，目前市面上所見大部分多為化學合成，主要的功用在於著色、防鏽，其媒介劑及色粉的成分影響最後呈現效果折光性、遮蓋力、耐光性、染色力、吸油度、乾燥速度、耐久性、毒性、混色問題。」

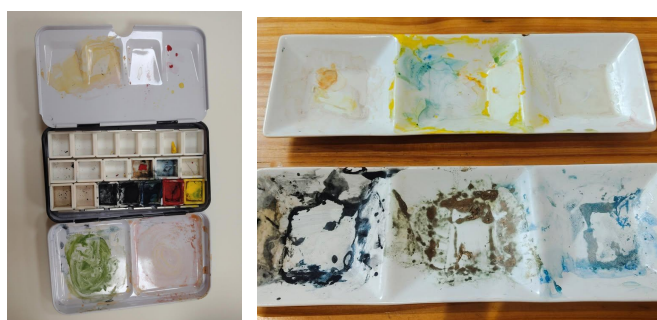
- (3) 新岩 New Rockpigment：「新岩是以人為手段透過高溫、高壓等方式改變礦石原有之物理性質，或將不同種的礦石和成而得到的顏料。因為人造的關係，所以可以開出原本不存在於自然礦物中的顏色，但也因為是人工合成的產品，在顆粒變化、光澤感、透明度上頭都不如天然礦物來的突出。不過因為具有價格便宜、色彩選擇多樣、顏色耐久性高等優點還是有相當的吸引力。」
- (4) 水干 Doro-enogu：「水干的主體是胡粉，係以胡粉加入取自於天然土質或現代化學製作出的染料，再經過收乾成片狀所製造出來的顏料，也稱為泥顏料。藉由胡粉本身的細膩粒子，來表現出飽和度極高的色調。.....水干的確是很適合膠彩初學者使用的入門媒材。」
- (5) 胡粉 Gofun：「製作胡粉的材料為牡蠣殼。將牡蠣貝殼置於自然環境之下數年，經過風化使表面附著之石塊雜貝脫落，經過挑選過後，再將殼研磨成粉後去除雜質而成。……使用胡粉時，要搭配膠液調和，再經過百扣、揉團、溶解等過程，將粉狀的胡粉製成稍微稀的糊狀。做為膠彩創作的最主要基底材料，如何調製、溶出純淨均勻的胡粉，是學習膠彩創作的入門功夫。在創作上也可以利用質地較粗的胡粉，推疊出有立體感的肌理，這樣的墊高技法亦不難於膠彩創作中見到。」
- (6) 膠(膠彩)Glue(Nikawa)：「膠彩所用的膠基本上為動物膠。係將有蹄動物(牛、豬、鹿等)、魚類等的皮骨，經過熬煮後提煉出其中所含的膠原蛋白質製成，呈半透明的琥珀色。.....膠與水之間比例多寡，並沒有固定的標準，原則上調製比例因使用的顏料、基底材的不同，以及環境的溫度溼度而做調整，如礦物、新岩等質地較重的顏料則需使用較重比例的膠，相對的，使用水干、胡粉等質輕的顏料時，膠的比例要較為減弱。膠的功能不只是用來黏著和固定顏料，適量膠的混合，能幫助顏料有最好的發色。膠的濃度過高容易使顏色色澤暗沉，膠會發亮使畫面反光，且因為乾固速度過快，容易導致未來畫面的龜裂和顏料的剝落，但顏料過稀時，也會造成顏料粒子無法穩定的黏著於畫面上而脫落。.....」
- (7) 阿拉伯膠 Gum Arabic/Acacia gum：「阿拉伯膠是一種天然植物膠，取自一種名為

Acacia 的樹(豆科植物，金合歡樹屬)，由樹的汁液凝結而成。品質良好的阿拉伯膠顏色呈琥珀色，且顆粒大而圓，主要產於非洲撒哈拉沙漠的邊緣。

它最早的應用則須回溯到五千年前的古埃及，包裹木乃伊的布用阿拉伯膠作為黏著劑，有趣的是，經過長久的時間，考古學家發現木乃伊上頭阿拉伯膠的性質都沒有改變。

阿拉伯膠是世界上最古老也最知名的一種天然膠。阿拉伯膠為水溶性膠體，而且具有高度的可溶解性。在畫作的使用上，具有減低敏感度及具有保護圖像功用，是平版畫中最重要的材料，可以水溶解體(比例為50g 膠+200cc 水)。石版畫製作時，以藥墨或蠟筆描畫過的圖像，經阿拉伯膠液處理後產生化學變化而固著板上，便利於施印。」

最後在2025年3月~6月前導實驗中建立自製顏料的基本組成原則。



圖九、2025前導實驗自製顏料

(二) 2026年本次實驗的參訪紀錄

1. 「啟源堂-礦物顏料製作工坊」FB

(1) 各類色粉完成上傳的資訊讓我們可看到同一種礦物可以製造出不同層次的色彩，且號碼由小而大，數字越小顆粒越粗，顏色顯得濃重；數字越大顆粒越細，顏色顯得輕淡。**加上「白」則是我好奇想得知的問題，不知道是否有加入胡粉(白底色)?**



圖十、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」礦物顏料+原礦

(2) 2025年10月13日

比重的簡易測量法

1 取我們要測之物，用細繩綁好

2 拿個大水杯，裝水（足夠讓測重之物完全沒入）

3 將水杯放磅秤上，歸零。

4 將測重物吊於水杯中，沒入水下，不碰杯壁、杯底。測得數據(左)。

5 將測重物沉於杯底，測得數據(右)。

將二數據相除(右/左)，可得其大約的比重。圖片所示是近期所做的新岩黑色的比重約2.5。如圖十。



圖十一、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」新岩黑色比重測試

(3) 2025年10月13日

下圖所示左起分別是：

1 別家的新岩顏料11號

2.本舖的天然紺青8號

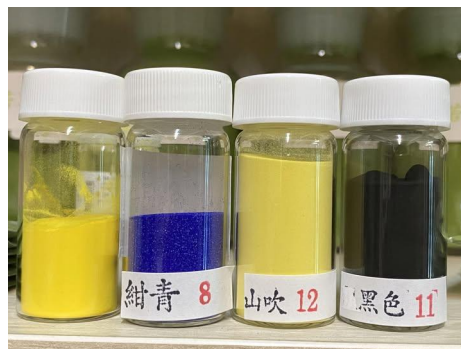
3.本舖的新岩山吹12號

4.本舖的新岩黑色11號

圖片中的四個顏料都裝在本舖的小管瓶中，重量都是15克，由顏料的高度可以推估其比重：2號是已知3.8的，4號是測得2.5的。如圖十一。

知道比重有啥用呢？

混色需要比重概念，我們常會把松葉綠青跟紺青混成群綠，因其比重近似。



圖十二、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」礦物顏料比重分析

(3) 2025年10月14日

我們來感受顏料比重的差異

下圖所示左起

1 本舖水晶末11號裝15克

2 本舖岩黑11號裝15克

3 本舖辰砂12號裝15克

應該無需多作說明吧，差異很明顯

1.水晶比重約2.6 2.岩黑比重約5 3.辰砂比重約8



圖十三、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」礦物顏料比重差異分析

貳、研究設備及器材

一、 實驗材料

- (一) 2025前導實驗準備水干色粉
- (二) 2025前導實驗準備礦物色粉
- (三) 2025前導實驗準備黑色黏土及土黃色陶土
- (四) 2025前導實驗自製礦物顏料
- (五) 2026啟源堂-礦物顏料製作工坊的礦物顏料
- (六) 鹿膠水(主成分為鹿膠)
- (七) 透礬水(主成分是明礬溶液)
- (八) 蒸餾水
- (九) 糖
- (十) 鹽

二、 實驗器材及工具

- (一) 滴管

- (二) 各式量匙
- (三) 燒杯或量筒
- (四) 玻璃攪拌棒
- (五) 磅秤(天平→電子秤→電子天平)
- (六) 研磨器(瓷研磨鉢和瓷研磨棒)
- (七) 瓷盤或調色盤
- (八) 顏料盒
- (九) 溫度計
- (十) 吹風機及冰箱
- (十一) 畫筆和毛筆
- (十二) 色卡紙(比色卡)

三、 實驗測量與紀錄工具

- (一) 碼表(計時器)
- (二) 平板或手機(拍攝記錄)
- (三) 紙張(水彩紙)
- (四) 筆、尺、橡皮擦



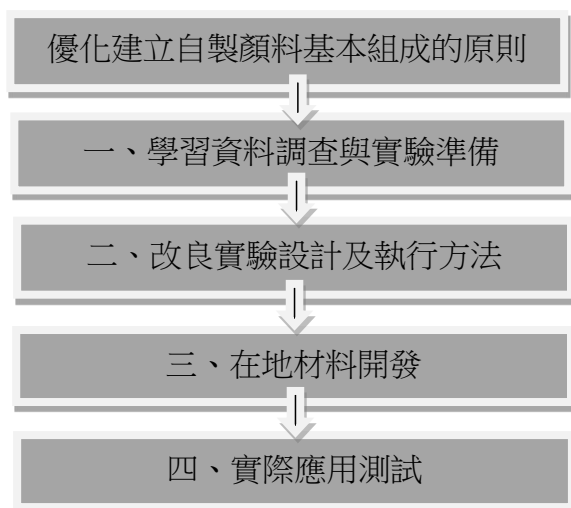
圖十四、2025前導實驗準備材料、器材及工具



圖十五、2026本次實驗準備材料、器材及工具

參、研究過程或方法

一、研究流程架構圖



肆、研究過程與結果

一、學習資料調查與實驗準備：

(一) 2025前導實驗利用 AI 資料與文獻資料交叉比對找出不同顏色礦物色粉的主要礦物成分和特性及藝術應用。

表 1：礦物顏料特性與應用

顏色	礦物名稱	主要成分	透明度	耐光性	毒性	主要應用	特殊性
群青	青金石 (Lapis Lazuli)	鈉鋁硅酸鹽 ($\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{S}_2$)	透明	極高	無	油畫、蛋彩畫、壁畫、工筆畫	昂貴、文藝復興時期用於聖母藍袍
朱砂	辰砂 (Cinnabar)	硫化汞 (HgS)	不透明	中等 (受光易變黑)	高毒	中國宮廷畫、佛教唐卡、油畫	毒性高，現多用合成朱紅代替
鉛白	Cerussite	碳酸鉛 (PbCO_3)	不透明	高 (但易黃化)	高毒	油畫、蛋彩畫、古典肖像畫	加速油畫乾燥，現被鈦白取代
赭石	Ochre	氧化鐵 (Fe_2O_3) + 黏土	半透明	極高	無	洞穴壁畫、油畫、工筆畫、人像畫	最古老的顏料之一，耐久無毒
石青	孔雀石的變種	碳酸銅 ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)	半透明	高	低毒	中國工筆畫、壁畫、蛋彩畫	顆粒較大，需搭配膠質
石綠	孔雀石 (Malachite)	碳酸銅 ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)	半透明	高	低毒	中國壁畫、工筆畫、油畫	穩定但需細磨
鉻黃	鉛鉻酸鹽 (PbCrO_4)	PbCrO_4	不透明	高	高毒	油畫、水彩畫、壁畫	明亮但有毒，現多用鈦黃代替
雌黃	Orpiment	砷硫化物 (As_2S_3)	半透明	中等 (長期受光變色)	高毒	中國宮廷畫、唐卡、手抄本插畫	毒性高，與含鉛顏料混合會變黑
鐵黑	磁鐵礦 (Magnetite)	氧化鐵 (Fe_3O_4)	不透明	極高	無	壁畫、水墨畫、蛋彩畫	黑色偏暖，適用於不同畫法
炭黑	植物或骨粉燃燒產物	碳 (C)	不透明	極高	無	書法、墨畫、油畫	吸光性強，歷史悠久
鈦白	人造顏料	二氧化鈦 (TiO_2)	不透明	極高	無	油畫、水彩、丙烯畫	取代鉛白，安全無毒

1.色粉、鹿膠和透礬水在膠彩畫中扮演著不同的角色：

(1) 色粉 (顏料): 提供顏色，是膠彩畫作品的基礎。色粉的種類繁多，包括礦物顏料、合成顏料等，不同的顏料具有不同的特性，例如：遮蓋力、透明度、顆粒大小等。

(2) 鹿膠: 是一種天然動物膠，用於將色粉黏合在一起，並使其附著於畫紙或畫布上。鹿膠的濃度會影響顏料的黏稠度和乾燥速度。濃度越高，黏稠度越高，乾燥速度越慢。鹿膠也影響顏料的光澤度，高濃度的鹿膠會使顏料呈現較高的光澤度。

(3) 透礬水 (礬水): 主要成分是明礬溶液，用在增加顏料的透明度和光澤度，並防止顏料褪色。

2.色粉、鹿膠和透礬水在膠彩畫中的比例與關係：

它們之間的比例和關係決定了顏料的特性，例如：黏稠度、透明度、光澤度、以及乾燥速度。但需要根據實際情況和個人喜好調整，所以藝術家才會自己學會調顏料。

通常的做法是：

1. 依創作時所需要的顏料濃度和黏稠度來取用色粉和鹿膠的比例(例如 1：1)
2. 調和色粉和鹿膠: 將色粉與鹿膠充分混合。濃稠的顏料適合畫厚塗的筆觸，稀薄的顏料適合暈染。
3. 加入透礬水: 根據需要少量添加透礬水，觀察顏料的變化，調整到理想的狀態。透礬水通常少量添加，過多會影響顏料的透明度及附著力。

(二) 為完善科展實驗，參訪新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」，雖然其製作流程不能外流，但在其訪談中獲得重要的資訊：



圖十六、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」會客室全景：

由左而右分別是膠→胡粉→天然礦物顏料→水干顏料→新岩顏料

1. 業師您好，感謝您給我們機會參訪，我們在 FB 上看到您們調製的色粉，您可

以跟我們談談如何用色粉調出顏料嗎？

兩位業師的回覆是：我們貼調顏料跟比重的資料時還在想會不會有人看，沒想到你會看我們的FB，不過首先要糾正第一件事是色粉這兩個字，天然礦物顏料本身就是顏料而不是一般人所謂的色粉，整個製造產生的過程繁複需要時間跟精力的，跟化學色粉的製作流程並不相同。雖然我們不能給你們參觀製作流程，我們可以讓你們看看工藝製造的絕版書籍，像清朝的四庫全書和日本的工藝製作流程.....。



圖十七、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」清朝的四庫全書



圖十八、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」日本的工藝製作流程

2. 我好奇想得知的問題，顏料中的色號有加白，不知道是否有加入胡粉(白底色)？

兩位業師的回覆是：胡粉（由貝殼粉製作而成）在膠彩中常被用來調淡或是作為打底用。但是在製作礦物顏料時並沒有加胡粉，是由同一種礦物透過製作流程完成漸進層次色彩顏料。號碼每增加1，代表多經過一道步驟，色粉會變細，顏色會變淡。

但我訪談後還是忍不住問了 AI，以下是它的回覆：

白感的來源：當號數越大（如 10 號），顆粒被研磨得極其細小，導致光線在表面產生劇烈的漫反射（Scattering）。這種視覺現象會讓顏色看起來像加了白色粉末一樣，呈現出一種「粉質」或「亮白」的質感，但實際上它依然是純粹的礦石原色，並未添加胡粉。

- 物理白化：形容顆粒變細導致的視覺變白。
- 原色層次：強調未經添加物調和的自然層次。

3. 我在您的 FB 看到比重的問題，解開了我調色遇到的難題，可是想請問您，當

我沒辦法馬上做實驗時，怎麼確定？

兩位業師的回覆是：因為同一家廠商大都會用整批相同的瓶子裝相同重量的色粉。即使不確定天然礦物顏料的比重，只要將重量相同的天然礦物顏料排列對比，肉眼即可觀察出每一瓶體積不同確認比重不同；同樣的，只要將體積相同的天然礦物顏料雙手握住懸空對比，手感即可觀察出每一瓶重量不同確認比重不同。

訪談中業師拿了一瓶藍色和一瓶紅色的天然礦物顏料讓我測試(如圖十四)，結果紅色的那一瓶真的比較重，因為藍色的那瓶很容易拿住，紅色的那瓶卻很難拿住，重點是兩個瓶子和兩個瓶子內的色粉體積是相同的。



圖十九、同重量不同體積色粉：比重不同



圖二十、同體積不同重量：比重不同

4. 那我想再請問您，那是不是找同一個號碼就可以混色？

兩位業師的回覆是：天然礦物顏料、水干、新岩的比重不同並不一定能直接混色，而且如果要混色要找水干或新岩，因為兩者不純粹只有礦物，裡面的成分比較相近，且製作流程並不相同。如果用礦物顏料調色時會因為粗顆粒和細顆粒不平均或因為兩種礦物的重量並不相同所以會造成沉澱或浮色，除非是打算表現肌理技巧或特殊紋路。



圖二十一、新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」自製礦物顏料比較

5. 請問您，我們實驗時發現用瓷研磨棒和瓷研磨鉢很難將色粉處理得很好，您建議我們怎麼操作？

兩位業師的回覆是：不行！盡量避免用瓷研磨棒和瓷研磨鉢研磨色粉，因為研磨

鉢內部並沒有像外圍有上釉，色粉在研磨時會滲入微孔隙，即使有清洗看起來很乾淨都有些微混色甚至讓顏料看起來髒髒的，畢竟不可能買一堆研磨鉢。

訪談後查了 AI，以下是它的回覆：

研磨鉢的內部（以及研磨棒的底部）通常會保持霧面、無釉的狀態：

- 增加摩擦力：無釉的粗糙表面能有效抓取礦物顆粒，防止顆粒在研磨過程中因過於滑順而四處噴濺，這對於處理硬度較高的天然礦石（如翠藍原石）很重要。
- 物理粉碎：透過霧面表面的微小凹凸，能更均勻地將顏料研磨至細號數（如 9 號或 10 號），達到因光散射產生的視覺白化效果。
- 清潔注意：由於內壁具有微孔隙，研磨不同色系（如土色系轉翠藍色系）之間必須徹底洗淨，以免殘留的極細粉末造成色污染。

(三) 針對校園土壤進行田野調查與材料取樣

從校門：1大門口的土→魚池(目前無水)：2魚池旁邊的上層土、3魚池旁邊的土(下層)、4魚池裡的土(誤記水池)→中庭：5中庭走道花盆上的土(乾)4、6中庭走道第二花盆的土(濕)、7萃賢樓(圖書館)水池旁邊的土(誤記魚池)、8萃賢樓(圖書館)正下面的土、9特教教室對面的土→後門：10資源回收前面的土、11碎紅磚→體育館：12體育館前面的土(上層)、13體育館前面的下層土→操場：14操場(跑道)旁的土，共分別取樣14種校園土壤。

一開始在校門口取樣時，發現上層土一挖開，下層土會有濕氣但很快的散失，上層像沙礫，下層像一般泥土，因此之後某些地點的採樣會分開採取上層土及下層土，以下兩張照片分別是：圖二十二、校園土壤材料取樣當下2026.1.20及圖二十三、校園土壤材料取樣1個月後2026.3.4



圖二十二、校園土壤材料取樣當下2026.1.20 圖二十三、校園土壤材料取樣1個月後2026.3.4

二、 改良實驗設計及執行方法

當初設計實驗時是想透過了解色粉、鹿膠、明礬之間的關係，建立自製顏料的基本組成原則，因此實驗都與這三者相關，當時創作也是用實驗中調出自製顏料來創作，本次研究根

據2025前導實驗滾動式修正及觀察結果與2026本次實驗對比、修正、優化：

(一)實驗 1：色粉的分散性—觀察色粉是否能直接溶於水。

原始設計步驟：(1)取新岩礦物色粉、水干色粉、糖、鹽，**每種0.5小匙**。

(2)分別倒入**小杯子(或調色盤)**。

(3)加入蒸餾水10ml，用攪拌棒攪拌，觀察顏色變化。

(4)靜置 5 分鐘，看看色粉是否溶解或沉澱。

2025實驗中滾動修正：

- 設計步驟(1)時，寫「**每種0.5小匙**」的想法是想善用環境中隨手可得的工具來運用，因此選用小時候剛開始吃副食品用的小湯匙及零食的小湯匙。
- 步驟(1)，增加了文獻中藝術家提到的泥土測試黑色黏土及土黃色陶土。
- 步驟(1)，深藍色水干色粉增加分為兩組，一組不研磨是粗顆粒，一組是經過研磨的細顆粒。
- 步驟(2)，原設計小杯子(或調色盤)，結果步驟(3)水會噴的到處都是，所以改成量杯，不但比較穩定，測量及觀察也相對準確及清晰。
- 這個實驗進行時沒出錯所以並未察覺使用這隻小匙會遇上問題。

2025觀察結果：(1)色粉的顆粒比對照組的糖鹽小，其中新岩礦物色粉比水干色粉細

(2) 水干色粉經過研磨分為粗細顆粒，粗顆粒的很明顯沉澱比較快

(2)色粉不會完全溶於水會沉到底部，對照組的糖鹽可完全溶解

(3)色粉攪拌後水會變成有顏色的懸浮液

(4)沉澱一周後，發現有一杯礦物色粉竟然出現螞蟥，反而糖沒有
解決方法：留下色粉做顏料，再重新做一次實驗，螞蟥沒出現



圖二十四、實驗 1：色粉的分散性—觀察色粉是否能直接溶於水實驗過程圖



圖二十五、2026修正實驗1過程圖

2026本次實驗改良優化：

- 步驟(1)仍使用生活廚房中容易取得的烘培調味匙當工具，但會取用相同量化數據(?g)的色粉且加入對照組。
- 秤重的工具演進天平→電子秤(小數點1位)→電子天平(小數點2位)，從紀錄中發現色粉每次取用的量只有幾克，越精細準確度越好。

色粉	柳葉	3.7	3.8	3.5	3.6	3.6
1	3.7	3.8	3.5	3.6	3.6	
2	3.6	3.7	3.8	3.9	3.6	
3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.4	
4	3.6	3.7	3.7	3.6	3.8	
5	3.7	3.5	3.7	3.6	3.5	
6	3.6	3.7	3.6	3.4	3.6	
7	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7	
平均	3.60	3.64	3.64	3.56	3.60	

A (柳葉)	B (柳葉)	去	A (柳葉)	B (柳葉)	清口茶	B (柳葉)
1	3.57	3.60	除	3.54	3.61	3.49
2	3.60	3.59	大	3.54	3.60	3.49
3	3.58	3.60	顆	3.55	3.60	3.50
4	3.59	3.60	粒	3.53	3.58	3.51
5	3.57	3.61	條	3.53	3.58	3.51
6	3.59	3.61	群	3.52	3.58	3.50
7	3.60	3.62	重	3.51	3.58	3.50
平均	3.59	3.60	!!	3.53	3.59	3.50

圖二十六、秤重小數位不同的差異

- 步驟(4)運用縮時攝影紀錄。

2026觀察結果：(1) 本次研究使用新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」同色號水干顏料取代先前色粉，秤完全部色粉後，重量差距都在1g 內，但體積差距肉眼即可看到，跟在新竹談到的比重問題相符。



次	A 水	B 底	C 深	D 黃	E 紅	F 松	G 空	H 綠	I 料	J 色	料	色	青	青	黑
1	10.9	10.5	11.1	10.9	11	10.8	10.6	11.4	10.5	10.6	10.5	10.6	10.6	10.6	10.6
2	11.7	10.6	11.1	10.9	11.3	11.3	11.4	11.5	11.3	11.7	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
3	11.5	10.5	11.4	10.9	11	10.9	10.9	11.2	10.9	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
4	10.9	10.7	11	10.8	11	10.8	10.6	11.9	10.9	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
5	10.8	10.6	11	11	10.8	10.8	10.7	11.6	10.4	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
平均	10.87	10.57	11.07	10.87	10.93	10.80	10.70	11.83	10.94	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60

圖二十七、比重不同的對照圖

2026觀察結果：(2) 本次研究使用新竹「啟源堂-礦物顏料製作工坊」同色號水干顏料取代先前色粉，秤完全部色粉後，重量差距都在1g內，但體積差距肉眼即可看到，跟在新竹談到的比重問題相符。

(二)實驗 2：鹿膠水的黏著性。

原始設計步驟：(1) 調不同濃度（5%、10%、15%）的鹿膠水。

(2) 用滴管分別滴到紙上，觀察其流動性快慢。

(3) 用吹風機加溫，觀察其流動性快慢。

(4) 放在冰箱10分鐘，觀察其流動性快慢。

2025實驗中滾動修正：

• 步驟(1)，實驗時看到「調不同濃度（5%、10%、15%）的鹿膠水」的第一件事不是開始做實驗，而是要怎麼計算才能精準。所以我們開始畫表計算重新找出不同濃度的方法，且因為2025年3月天氣並不是用想像來決定，原廠鹿膠水不是液狀而是濃稠的，需要先找水和鹿膠比例資料來調鹿膠水，最後用水：鹿膠＝1：1，及發現吹風機無法順利加熱於是將礦泉水改用飲水機的溫水及熱水。

1) 在 A-E 顏料格中分別加入0、1、2、3、1小匙的鹿膠

2) 在 A-E 顏料格中分別加入1、1、2、3、0小匙室溫礦泉水

3) 用同編號滴管攪拌水和鹿膠

4) 用溫度計測量飲水機溫水的溫度記錄在紙卡上

5) 分別一人用同編號滴管取出鹿膠水滴1滴在同編號紙卡上，另一人用手機碼表紀錄鹿膠水從上到下需要的時間

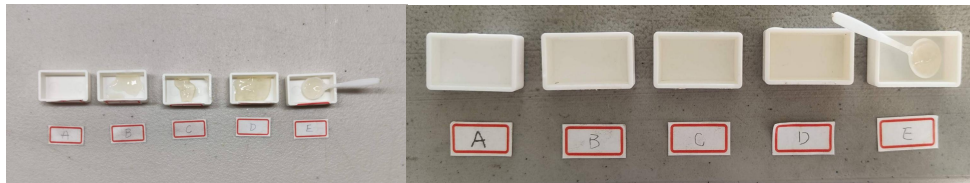
6) 重複1-5步驟，用溫度計測量飲水機熱水的溫度記錄在紙卡上

7) 將飲水機的溫水放入冰箱的冷凍庫冰10分鐘，取出後重複1-5步驟，用溫度計測量冰水的溫度記錄在紙卡上

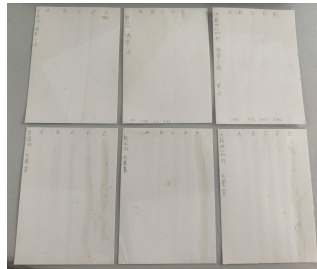
8) 1-7步驟重複進行，滴管改為用毛筆畫不用紀錄時間

2025觀察結果：(1) 鹿膠水濃度越高流動越慢，黏著性越好

(2) 溫度越高，膠液越稀，低溫時膠液變黏甚至凝固



圖二十八、實驗 2：鹿膠水的黏著性實驗過程圖



圖二十九、實驗 2：鹿膠水的黏著性實驗結果圖

(三)實驗 3：色粉與鹿膠水的混合性—了解鹿膠如何讓色粉固定在紙上。。

原始設計步驟：(1) 取4個杯子各自放入**0.5小匙**色粉和**5ml 水**用**筆**調和。

(2) 對照組：取一杯色粉水不加鹿膠水，

直接用**毛筆**沾在色卡紙上塗色。

(3) 實驗組：剩餘3杯色粉水分別加1、3、5滴鹿膠水用筆調和，

接著用**毛筆**沾在色卡紙上塗色。

(4) 靜置 10 分鐘，用手指輕輕擦拭顏料處，觀察是否掉色。

2025實驗中滾動修正：

- 實驗準備開始時，步驟(1)看到4個杯子，就知道不行需要補上 A-D 標籤才能辨別，可是沒馬上察覺「**0.5小匙**」的失誤，等到取了四杯的色粉才發現劑量看起來不一樣，討論後改用天平秤「**0.5g**」色粉。

- 毛筆在實驗2和3都會使用，不可能用一支毛筆操作一直重複使用，雖然不同支毛筆會有差異，但因為每張紙卡和每個量杯調的色粉和鹿膠水比例並不相同，最後我們採用同一廠牌同一批的毛筆來操作，降低變因。

2025觀察結果：(1)色粉和鹿膠混合後，色粉能均勻分佈在水中

(2)加鹿膠水比只用水的更能固定在紙上

(3)鹿膠就像膠水可以把色粉黏在紙上不容易掉色

(四)實驗 4：觀察透礬水如何影響顏料的穩定性。

原始設計步驟：(1) 準備2張紙，一張刷透礬水一張不刷。

(2) 靜置10分鐘。

(3) 兩張都刷上相同的色粉+鹿膠水溶液。

(4) 在等膠彩乾燥，用手指擦拭兩張畫紙的顏料處，
觀察是否掉色。

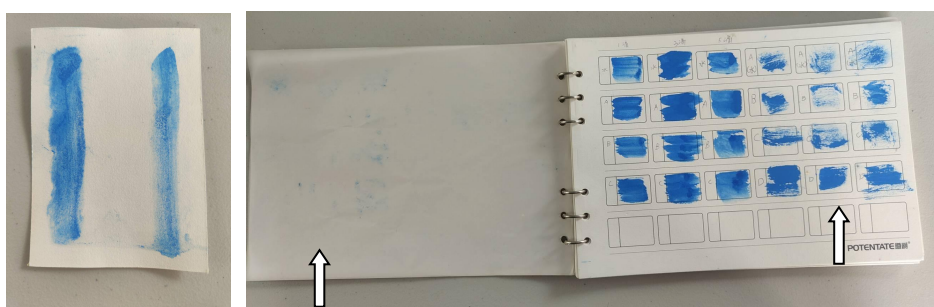
2025觀察結果：(1) 沒有刷透礬水的顏料容易掉落

(2) 有刷透礬水的紙顏料不容易掉落

2026本次實驗對比、修正、優化：

• 觀測標準定義：用手指輕擦觀察是否掉色，那如何界定手指輕擦的力道大小呢？
擦拭的力氣不同，會不會影響實驗結果？

思考後，發現我在畫畫時習慣用手擦拭感覺，但這個沒有標準值，而且一但太大力多少都有影響，所以我特地找回當初的色卡本發現，色卡上有一層透明保護紙，只需要打開保護紙與色卡紙對照就可以發現掉色的狀態。



圖三十、實驗 4：觀察透礬水如何影響顏料的穩定性實驗結果圖

左：手擦拭 V.S. 右：保護紙與色卡紙對照

(五)實驗 5：運用2025年的實驗比例建立2026的自製礦物顏料

本次設計步驟：(1)將量杯放在電子天秤歸零，秤50ml 水，

紀錄重量7次排除最大及最小者平均。

(2)將紙張鋪平，取出水干分別放入紙張，蓋上紙張
研磨。

(3)將電子天秤歸零，秤3g 色粉，

紀錄重量7次排除最大及最小者平均。

(4)將3g 水干放入裝50ml 水量杯中用玻璃棒攪拌。

同時以手機進行縮時攝影。

(5)倒掉上層水分留下水干。

(6)加入1.5ml 透礬水。

(7)用玻璃棒攪拌後，用毛筆沾取畫在色卡紙上當對照組資料

(8)再加入鹿膠水0.5ml

(9)用玻璃棒攪拌後，用毛筆沾取畫在色卡紙上

(10)之後每一次增加鹿膠水0.5ml 進行相同紀錄直到顏色轉變

2026本次實驗對比、修正、優化：

- ◆ 本次研究在準備實驗材料時發現2025使用的原廠鹿膠水因室溫較高是液狀，取得容易不需要調水：鹿膠=1：1的鹿膠水。
- ◆ 從實驗3記錄當中發現用小匙取用鹿膠時並不嚴謹。本次實驗在遇到需要鹿膠水時改用可測量滴管加入同一品牌的鹿膠水不同 C.C.數的鹿膠水稀釋。
- ◆ 加入1.5ml 透礬水是根據2025前導實驗時的經驗適量透礬水可防止色粉沉澱，但過多顏色會白白的。

2026觀察結果：(1)不用瓷研磨鉢研磨改用紙張，不但可以避開殘留還可以將紙張留下當創作的材料元素。



圖三十一、實驗 5：色粉原貌

(2)與2025自製顏料相比較發現，本次的自製顏料過程將變因控制，顏料相對穩定。鹿膠水濃度高時顏料穩定性提升，只是各項成分比例不同，均勻狀況也不同。



2025年3~6月前導實驗

V.S.

2026年1月本次實驗

圖三十二、2025與2026自製顏料比較圖

(3)次口茶及柳茶當鹿膠水加到3ml 時，顏色轉淡但色彩均勻顆粒細緻。



色粉原貌

V.S.

2026自製顏料產出作品

圖三十三、2026自製顏料創作

三、 在地材料開發

從收集採樣的校園土壤明顯可看到不同區域泥土顯色也不同，但研究待續。



圖二十三、校園土壤材料取樣1個月後2026.3.4

四、 實際應用測試：驗證不同比例對畫面效果與實用性的影響。

(六) 實驗 6：不同配比對畫面透明度的影響—調配基礎配比和觀察差異。

原始設計步驟：(1) 在色卡紙上塗刷不同比例的色粉+鹿膠水+透礬水，
觀察乾燥後的透明度變化

2025觀察結果：(1) 高膠水比例可能導致顏料厚重不透明，

(2) 適量透礬水可提升色彩透明度

2026本次實驗對比、修正、優化：

• 量化數據與主觀意識：是用肉眼觀察嗎？如果是用肉眼觀察，如何避免主觀意識？另外，光線的強弱與角度會不會造成觀察誤差？

2025前導實驗時，確實習慣以肉眼和手感來觀察，不得不說是自己的想法也就是評審提醒的主觀意識，而且一旦進入創作應用更難客觀敘述。

但我想用另一個視角來看實際應用測試，雖然我目前還不懂原理，需要再繼續研究科學方法如何解決這個問題，但想嘗試用創作來說明：

1) 前後兩次的自製顏料組成比例不同，2025的觀察結果與本次是有差異的，高濃度鹿膠水結果顏色是變淡根本不厚重。

2) 兩份色卡對比後發現如果能找到適量透礬水(量化像2026的1.5ml)色彩透明感確

實有提升。



2025年3~6月前導實驗 V.S. 2026年1月本次實驗

圖三十二、2025與2026自製顏料比較圖

伍、討論

一、經過2025到2026找到該如何設計整個實驗了嗎？

不管2025年3-6月前導實驗還是本次2026年1月的實驗出錯率其實很高，我們一直在滾動式修正，變因是最需要控制的，資料查的越完善設計就會有基本的架構，就像蓋房子一樣。

二、在實驗過程學到了什麼？

(一) 實驗需要專注，會計算，不然常出錯。

(二) 原以為秤東西就是放上去就抄數字，結果要知道天平磅秤的差別，要會算平均值，要知道四捨五入，要知道不可以用手拿砝碼因為身上有油質.....。

(三) 為了記錄要會拍照攝影，拍那麼多沒幾張可以用，拍下來的內容就是想表達的。

(四) 說明書寫好久一直找不到重點，找資料時除了學知識還要學會人家如何表達。

(五) 我們找到了朋友。

三、在研究過程學到了什麼？

我們要將所學的東西整合在一起就像常聽到的跨領域、STEAM。

四、那接下來你們還想研究下去嗎？

會，實驗時錯了會大叫，但是成功就超開心，找到自己想要的就是成就感。

陸、結論

兩年了，2025我學會色粉、鹿膠水和透礬水之間的比例和關係會相互影響。熟練掌握它們之間的比例，才能更好地控制顏料的特性，並創造出理想的藝術效果。就像實驗一次又一次地做，藝術一樣需要時間和經驗的累積。

2026教會我一科技量化跟藝術的關係就像是策展者跟藝術家的關係，科技量化在幫藝術策展找出他的理念，不是一次就做到完美，而是每天都往前進一步慢慢佈展，最後就開展了，歡迎光臨！

柒、參考文獻

- 一、 《Shopping Design》 2019年4月號他用台灣土壤、礦石、植物，依古法自製天然顏料！專訪「台灣大地原色」創辦人洪皓倫。<https://www.shoppingdesign.com.tw/post/view/4039?>
- 二、 台北市立美術館。膠彩自習室 | 《喧囂的孤獨》公眾計畫。
https://www.tfam.museum/Event/Event_page.aspx?id=3686&ddlLang=zh-tw
- 三、 徐健國(2011)。農業部100年2月(第224期)高耐久性膠彩畫專用紙之研製。
<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=22841>
- 四、 非池中藝術網。礦物(膠彩) Rockpigment。 <https://artemperor.tw/knowledge/22>
- 五、 非池中藝術網。色粉。 <https://artemperor.tw/knowledge/16>
- 六、 非池中藝術網。新岩 New Rockpigment。 <https://artemperor.tw/knowledge/150>
- 七、 非池中藝術網。水干 Doro-enogu。 <https://artemperor.tw/knowledge/13>
- 八、 非池中藝術網。胡粉 Gofun。 <https://artemperor.tw/knowledge/2>
- 九、 非池中藝術網。膠(膠彩)Glue(Nikawa)。 <https://artemperor.tw/knowledge/12>
- 十、 非池中藝術網。阿拉伯膠 Gum Arabic/Acacia gum。 <https://artemperor.tw/knowledge/142>
- 十一、啟源堂-礦物顏料製作工坊。<https://www.facebook.com/profile.php?id=100063809301987>