

## 臺灣寺廟香灰釉的研究

### A Study of Glaze Made from Incense Ash of Taiwan Temple

周立倫\*

張育瑞\*\*

Lih-Luen (Aaron) Jou\* Yu-Jui Chang\*\*

\*南華大學 創意產品設計學系 副教授

\*\*南華大學 創意產品設計學系 研究生

#### 摘要

燒香是臺灣傳統宗教裏敬拜神明和祖先的最基本禮儀。臺灣的寺廟到處可見，燒香後的香灰也因此量多而易得。在臺灣民間傳統宗教裏，香灰由於是敬拜神明後的產物，因此被賦予了某些實用及象徵意義。香是以竹、木、膠、石粉等原料所製作，燃燒後所產生的灰燼，可以成為陶瓷釉藥的原料。因為香灰在保存及使用上都相當不方便，如能將其調製成釉藥，塗佈在陶瓷坯體表面，經過燒製，便能永久保存，而調製的配方不同，還能燒製成不同顏色和質感的釉。如果再配合特定造形和功能的陶瓷器，便能進一步開發出富有宗教意義的文化創意商品。

本研究便是以香灰作為釉藥原料，透過計算及實驗，尋找出實用且具特色的釉藥。除了最終尋找出幾款合用的釉藥，也進一步發現：由於香灰中的 CaO 含量相當高，似乎可以省略繁複的計算過程，直接以水洗過的香灰取代現成釉藥中的石灰石或碳酸鈣成分，進行多變量的釉藥燒製實驗。

**關鍵詞：**香、香灰、陶瓷釉藥

#### Abstract

Incense burning is a basic ceremony to worship gods and ancestors in traditional Taiwanese religious. Temples in Taiwan are everywhere; therefore the ash of burned incense can be obtained easily with large amount. Since incense ash is the remaining of gods-worship ceremony, it is given some religious meanings in Taiwan. Incense is made from bamboo, wood, glue and stone powder; therefore it can be used as a raw material for ceramic glaze. It is not convenient to use incense ash directly in a practical way. However, if we can make incense ash into glazes of ceramic products, then it will be last forever. Variable recipes can be acquired through experiments. With different color and texture, those glazes can be used for many ways and developing cultural creative products with rich religious meaning.

The purpose of this research is to acquire some practical and unique glazes using incense ash as a raw material through calculating and experiments. In the end of this research we did obtain some recipes of glaze which we can use on ceramic products. We also find out that because of the high content of calcium oxide in washed incense ash, it seems to be reasonable to use it directly as a substitute of lime stone or calcium carbonate without complex calculating to process the glaze firing experiments.

**Keywords:** Incense, Incense ash, Ceramic Glaze.



## 一、前言

陶瓷釉藥中有以草木燒成灰為原料者，古代中國的高溫釉即是從灰釉開始的。景德鎮瓷器用的「釉灰」是鳳尾草和石灰石粉混合燒成的合成灰（薛瑞芳，2003）。臺灣的廟宇非常多，到處可見，信徒們最常以燒香的方式來敬拜神明。有名的廟宇往往香火鼎盛，人潮不斷。燒香時，除了透過裊裊白煙與神明溝通，連燒香後殘留的灰燼，都有宗教及民俗上的功用。臺灣民間相信「乞爐丹（香灰）」有醫病、收驚、解厄的功用（文化部，2005）。香灰通常是直接使用，例如裝在香火袋中，佩帶在身上，當作平安符。如果將香灰當作原料，製作成灰釉，施加於陶瓷器表面，不但可改變其使用方式，增加其運用範圍，更可用以發展為具民間宗教意味的文化創意產品。

## 二、研究目的

本研究之目的是以寺廟燒香拜拜後，殘留在香爐內的「香灰」為原料，再配合其他原料，調配成陶瓷器表面的釉藥。希冀透過分析、計算及實驗，最終能夠尋找出多款實用且美觀的釉色，以為日後開發陶瓷文創產品之用。

## 三、研究方法

本研究係以實驗研究法進行。研究者以所能掌握到的香灰及其他市售之陶瓷原料為實驗對象，通過實驗，最終將得到許多釉藥試片。希冀能尋找出多款實用且美觀之釉色。

## 四、研究範圍及限制

### 1. 原料方面

(1) 香灰：本研究所使用的香灰，依研究者本身主觀條件的方便性，係取自於雲林縣北港朝天宮媽祖廟。雖然香灰取自同一地點，但也不能保證每次所取的香灰成分都一樣。因此，本實驗僅以研究者在某一時間所採集到的香灰為實驗對象。如果在不同地點或不同時間所採集的香灰，理論上應該將整個實驗程序重新跑一遍，才能尋找出可用的釉藥。不能直接套用本研究所產生的釉藥配方。

(2) 其他陶瓷釉藥原料：不同廠商所供應的陶瓷原料，雖然名稱相同，但可能來自不同的礦區或生產工廠，因此成分可能有些差異。本研究基於主觀的方便性，僅向某一特定廠商購買原料，其他廠商（或品牌）的原料，不在本研究實驗範圍內。

### 2. 實驗實施方面

(1) 成分分析：研究者並無成分分析相關設備，必須委外進行。本研究所需之香灰成分分析，係委託位於新北市鶯歌區的〈國立臺灣工藝研究發展中心—鶯歌多媒材研發分館〉代為進行相關分析實驗。

(2) 燒製設備：為求施作的方便性，本研究係使用微電腦控溫之電窯，以氧化氣氛來燒製。其他窯爐或燒製方式，不在本研究討論範圍內。

(3) 燒成曲線及溫度：本研究之燒成曲線及燒成溫度，係使用研究者習用之釉燒曲線及溫度，以便與研究者其他陶藝作品一起燒製。不同燒成曲線所產生的影響，不在本研究討論的範圍內。



### 3. 成果評價方面

本研究的最終目的，係尋找出多款實用且美觀的釉色。對於「實用」及「美觀」之認定，將不透過相關檢驗（例如磨耗實驗）或問卷統計（例如喜好度調查）獲得客觀數據，僅以研究者的觀察（例如流動性、成熟度等）及主觀喜好為依歸。

## 五、實驗材料及器材

### 1. 材料：

(1) 坯體：黃陶土（208）、白陶土（301）（供應廠商：玉禮實業股份有限公司）。

(2) 釉原料：日化長石、霞正長石、釜戶長石、氧化鋅、碳酸鋇、美國土(高嶺土)、石英、(供應廠商：太麟化工原料有限公司)。

(3) 香灰：取自北港朝天宮媽祖廟的香爐。

2. 工具：包括 80 目不鏽鋼篩網、塑膠托盤、塑膠面盆等陶藝常用之工具。

### 3. 設備：

(1) 練土機及出口模（擠出試片用）

(2) 電子秤：量測單位為公克，精密度為 0.1 公克

(3) 電窯：內部空間為 300mm（長）、300mm（寬）、330mm（高），溫控方式為微電腦 2 組 8 段可程式，供應商為龍凱科技有限公司。

## 六、文獻探討

### 1. 香灰的宗教及民俗意義

人們在寺廟活動祭典中，常以香來供奉拜拜，對神明傳達心聲，但未點燃的香本身是不具備通靈、驅邪等靈力，必須透過火的燃燒，所產生的香煙才能作為人與神，或人與祖先、鬼、萬靈接觸的媒介。拜神明的香灰同時也代表神明顯現靈力的存在，因此香灰也具有驅邪除病的功用。尤其在農業社會中，知識不普及，人們的醫療常識不足，或是為了節省醫療費用，在民間習俗中常有到廟中求香灰以治病的案例，因而有了「有病治病，無病保平安」的觀念（顧惟婷，2012）。過去用來治病、驅邪除煞的香灰，又被稱為「香火」或「爐丹」，是神明保佑人民的證據，因此習俗上也將神明的香火掛在小孩胸前，又以銀或錫製的鎖懸在小孩脖子上，以免被邪鬼奪去小命（片岡巖，1990）。

時至今日，透過科技的應用，香灰可以製造成不同的生活產品，既方便使用，又能保有其傳統的宗教及民俗意義。例如：臺中大甲鎮瀾宮委託紡織研究所，將香灰經分散及混煉造粒技術，注入纖維內成為「媽祖紗」，生產吸濕耐熱的媽祖紗潮 T。鎮瀾宮指出，民間有「求香灰」傳統信仰，認為香灰有醫病、收驚、解厄的功能，現在把香灰結合先進的紡織技術製成平安服，讓媽祖信仰與文創設計結合，相信穿在身上就能受到大甲媽的庇庇。（陳靜萍，2013）

### 2. 拜香的原料

一般的線香主要以 15 種天然植物乾燥為原料，包括：大黃、甘松、細辛、新木、小茴、肉桂、甘草、零陵香、春花、丁香、龍柏粉、新山柴、楓樹脂、排草及黏粉等，經調和後，附著于竹材骨幹上。竹材多用桂竹。上述原料中的前 10 種為中藥粉末，約佔線香重量組成 20%，龍柏粉、新山柴、楓樹脂及排草



為曾加拜香香味之添加物，佔重量比例分別為 1.07%、32.04%、1.78%、1.07%；而竹材佔整柱香重量百分比約 33%；黏粉佔重量百分比為 9.65%；鹽基品紅為拜香香腳之染料，在拜香燃燒時不會燃燒到此物質。(林明嘉，1996)

拜香之主要成分為木材，其絕大部分由碳、氫及氧所組成。其中碳約 50%、氫約 6%、氧約 44% (Roger, 1984)。Roger 亦指出，大部分的木材均含少量金屬元素，如 Ca、K、Mg、Fe、Cu、Mn 及 Zn 等。而大部分木材經完全燃燒後之灰重量，大約僅佔原重之 0.2-0.9%，僅有少部分灰重可能大於原重之 1%。而 Hawley 及 Wise(1926)指出：木材燃燒後之灰中，通常含有 40-70%之 CaO、10-30%之 K<sub>2</sub>O、5-10%之 MgO、0.5-2.0%之 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及少量之 Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O，有多種的金屬以無機鹽類的方式存在灰中。

碳酸鈣(CaCO<sub>3</sub>)為製作拜香時最常用來降低成本之添加劑。楊奇儒及林達昌 (2006) 發現添加 Ca 量由 0.5%增加至 5%時，可有效將燃燒拜香時之懸浮微粒產生量減少約一半，減少拜香燃煙對民眾之危害。

### 3. 陶瓷釉藥的成分及原料

釉是被覆於坯體表面的一種矽酸鹽化合物。釉藥中的成分依其化學性質可分為三組：

- (1) 鹼性組：以 RO 及 R<sub>2</sub>O (R 代表某一金屬原素，O 代表氧) 代表之。包含有鹼金屬氧化物，鹼土金屬氧化物、氧化鋅、氧化鉛等。此組在釉藥中乃作為熔融劑，以降低釉藥的熔點。
- (2) 兩性組：代表式為 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。此組物質可以和鹼性組各物質結合，也可以和酸性組各物質結合。此組以氧化鋁為代表。
- (3) 酸性組：以 RO<sub>2</sub> 表示之。其中以二氧化矽為代表。此外氧化硼 (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 亦當歸入此組，但其顯著作用為助熔，一般仍按其化學式，將其歸入 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (吳讓農，1993)。

釉藥成分的表示方式包括：1.以礦物原料重量來表示；2.以釉藥成分的莫耳比值來表示。第 1 種方法是用於實際配釉時使用；第 2 種方法則能準確的表現出釉藥成分中的莫耳數比值，通常將其寫成 RO · xR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · yRO<sub>2</sub>，亦即將 RO 組內各氧化物的莫耳數加起來總合為 1，因此便能清楚看到三組間的比例，也易於與其他釉藥直接比較。這種表示方式可稱為釉藥公式 (吳讓農 1993)、Glaze Formula(Clark, 1983)或 Seger' s formula (Hamer, 1986)，後者常被中譯為「塞格式」。

薛瑞芳(2003)於《釉藥學》一書中，闡述釉藥成分還包括鈦化合物、氟化物、硼化合物、磷化合物、鉍化合物，以及用作發色原料的銅化合物、鐵化合物、鈷化合物、鎳化合物、錳化合物、鉻化合物、釩化合物、銻化合物、錫化合物、鉛化合物、砷化合物、銻化合物、鉬化合物、鉑化合物、鉍化合物、金化合物等，種類相當繁多。

### 4. 香灰釉的可行性

從以上述文獻即可看出：線香的原料以天然之草、木、竹及碳酸鈣添加劑為主。這些原料燃燒成灰後，其中的成分都可以作為釉藥中的成分。因此，以香灰為陶瓷釉藥的原料是可行的。

羅森豪 (2013) 曾經在基本釉中加入 30%香灰，得到清亮的釉藥，並且用於陶瓷平安符上。但羅氏並未於其著作中詳述其分析及實驗過程。本研究將透過較為科學的分析及計算，以尋找出合用的香灰釉。

## 七、實驗實施步驟

### 1. 取得香灰

研究者於 2011 年 8 月 20 日至雲林縣北港朝天宮媽祖廟中庭之主香爐內取得香灰約 10 公斤。

### 2. 處理香灰

香灰的處理包括下列步驟：



- (1) 過篩：以 80 目的不鏽鋼篩網，篩除香灰中的雜物（主要是未燒盡的竹籤）。
- (2) 浸泡(水洗)：將過完篩的香灰浸泡於 3 倍重量的水中，經攪拌後，靜置 24 小時，再將水分瀝掉。此舉的目的是將香灰中易溶於水的物質先行溶出，以免日後以水調釉時，大量的溶入水中，影響釉藥成分。
- (3) 乾燥：將瀝除水分的香灰置於托盤上，在室內陰乾及日晒，約費時 1 個星期。
- (4) 過篩：乾燥後，香灰結成大小不一的顆粒狀，因此再過一次 80 目篩網，恢復成粉末狀。

### 3. 香灰成分分析

本研究于 2012 年 3 月 19 日委託〈國立臺灣工藝研究發展中心—鶯歌多媒材研發分館〉進行香灰成分分析。共委託分析兩組樣本，其一為僅過篩，但並未經水洗的樣本，約 10 公克；其二為過篩且經過水洗及乾燥的樣本，約 10 公克。分析結果如表 1 及表 2。

表 1 僅過篩的香灰樣本成分分析 (檢驗完成時間：2012 年 3 月 27 日)

檢驗項目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO	燒失量	合計
檢驗結果	9.43%	1.23%	0.42%	4.36%	2.33%	47.74%	0.11%	0.89%	0.22%	33.27%	100.00%

表 2 經過篩、水洗及乾燥後的香灰樣本成分分析 (檢驗完成時間：2012 年 3 月 27 日)

檢驗項目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO	燒失量	合計
檢驗結果	9.52%	1.15%	0.25%	1.49%	2.12%	47.14%	0.11%	0.82%	0.22%	37.18%	100.00%

比較兩表可得知：經水洗後的香灰，Na<sub>2</sub>O 及 K<sub>2</sub>O 的含量明顯減少許多，顯然是在水洗過程中溶入水中。因此本研究更加確定：以香灰作為釉藥原料，的確應該先經過水洗處理，先去除一些較易溶於水的鉀、鈉成分，使得日後加水調成釉漿後，保持其成分的穩定性。

從香灰成分分析結果可以看出，氧化鈣 CaO 的含量特別高，幾乎佔了全體重量(含燒失部分)的一半。如果扣除燒失部分，則實際重量比例更高達 71.54% (未水洗樣本) 及 75.04%(水洗樣本)。這應該來自於製香原料中為了降低成本所添加的碳酸鈣粉 (見文獻探討)。

燒失部分的比例也很高，研究者猜測應該是燒香過程中，燃燒不完全的竹、木或膠類有機物；香灰水洗乾燥之後，仍然吸附於香灰中的水分，或是填充劑碳酸鈣中的碳及氧或石粉中的結晶水。

### 4. 計算香灰的化學式

與本文相關元素的元子量 (表 3)，係使用 1969 年國際純正及應用化學聯合會 (IUPAC) 之決議，以 C12=12.00000 所訂定的國際原子量表。再據以計算出香灰中各成分分子量，(如表 4)。





表 3 與目標釉藥相關元素的原子量(資料來源：<http://www.pva.org.tw/inspm/images/files../InsTecData.pdf>)

元素	O	K	Na	Mg	Ca	Zn	Ba	Fe	Sr	Al	Si
原子量 (公克)	15.9994	39.102	22.9898	24.312	40.08	65.37	137.34	55.847	87.62	26.9815	28.086

表 4 與目標釉藥相關成分的分子量(製表：周立倫)

釉藥成分	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	ZnO	BaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
分子量 (公克)	94.2034	61.979	40.3114	56.0794	81.3694	153.3394	111.694	103.6194	101.9612	60.0848

經過計算後，得出水洗香灰的塞格式如表 5，並計算出當此水洗香灰 RO 族莫耳數合計為 1 時，其重量為 67.996166 公克。但如果包括燒失量，其重量為 108.2396 公克。稍後計算原料重量時，應以包括燒失量者為準。

由於本研究的各項計算頗為瑣碎，固在 Excel 軟體中設計一試算表，以協助計算。計算所得數字係直接取自 Excel 的計算結果，完全不考慮有效數字的位數。

表 5 水洗香灰的化學式各成分重量 (製表：周立倫)

RO 族莫耳數	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 族莫耳數	RO <sub>2</sub> 族莫耳數
K <sub>2</sub> O = 0.017120083	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0.0122081	SiO <sub>2</sub> = 0.1714978
Na <sub>2</sub> O = 0.004365979		
MgO = 0.056923835		
CaO = 0.909855434		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0.007946396		
TiO <sub>2</sub> = 0.00149018		
SrO = 0.002298094		單位：公克

### 5. 選訂目標釉方

本研究的實驗設計是，選定一現成的正常釉藥配方，並以香灰中的成分取代其部分原料。而本研究所選定的目標釉方(表 6)，是已故陶藝教育家吳讓農教授(1993)使用了數十年的 3 號透明釉藥。這也是研究者也一直使用於陶藝教學中的透明基本釉藥。



表 6 吳讓農 3 號釉配方，亦即釉藥原料式 (資料來源：陶瓷工藝修訂本)

原料	日化長石	石英	石灰石	氧化鋅	碳酸鋇	美國土	合計
重量百分比	60%	5%	15%	6%	5%	3%	94%

根據研究者已往實作的經驗，這帖釉藥的特色是：

- (1) 透明度佳。
- (2) 成熟溫度範圍大。二十多年前研究者曾以溫差窯試燒，其成熟溫度範圍幾達攝式 100 度，通常燒到 6 至 8 號錐。
- (3) 對於金屬氧化物呈色劑和高溫色料的呈色性都相當良好，適合調配出多種釉色。

#### 6. 將目標釉方所使用到的原料轉換為化學式

在進行轉換計算前，先要確定各原料的化學式及分子量。3 號透明釉的原料當中，石英的化學式為  $\text{SiO}_2$ ，氧化鋅的化學式為  $\text{ZnO}$ ，碳酸鋇的化學式為  $\text{BaO}$ 。這 3 者較無問題。至於石灰石，則不知是哪一特定品牌，故仍以碳酸鈣取代，其化學式為  $\text{CaCO}_3$ 。美國土應屬高嶺土類，故以黏土之理論化學式  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  取代。日化長石則以臺灣陶藝網(2013)上所提供的「東南興日本日化長石」(研究者常用品牌)取代，如表 7。

表 7 東南興日本日化長石各成分重量百分比 (資料來源：臺灣陶藝網)

成分	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	IgLos
重量百分比	4.36%	3.39%	0.32%	0.01%	0.16%	12.62%	78.14%	0.62%

接著將東南興日化長石各成分的重量百分比，換算成塞格式，(如表 8)，當 RO 族莫耳數加總為 1 時，其重量為 913.574681 公克。

表 8 東南興日化長石的塞格式 (製表：周立倫)

RO 族莫耳數	R2O3 族莫耳數	RO2 族莫耳數
$\text{K}_2\text{O}=0.427099214$	$\text{Al}_2\text{O}_3=1.142176649$	$\text{SiO}_2=12.00100585$
$\text{Na}_2\text{O}=0.504735665$		
$\text{CaO}=0.002289185$		
$\text{MgO}=0.052656923$		
$\text{Fe}_2\text{O}_3=0.013219012$		
RO=1	$\text{R}_2\text{O}_3=1.142176649$	$\text{RO}_2=12.00100585$



7. 計算目標釉藥各成分的莫耳數

因為目標釉方重量百分比的加總為 94%，故以 94 公克的目標釉為基準，將其中各個成分轉化為莫耳數，(如表 9)。

表 9 目標釉藥(94 克)各成分的莫耳數 (製表：周立倫)

釉藥成分	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	ZnO	BaO	Fe <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
莫耳數	0.02805 02	0.0331490 58	0.0001503 45	0.153308 45	0.073737 25	0.0253356 98	0.0008681 73	0.0866370 82	0.8946204 49

8. 將香灰成分以莫耳數的方式代入目標釉方中

這個步驟是以香灰取代目標釉藥中的成分，並加添其他釉藥原料，使其結果儘量與目標釉藥接近。其計算過程係先以香灰中的 CaO 來取代目標釉藥中的 CaO，再以日化長石中的 Na<sub>2</sub>O 來平衡目標釉藥中的 Na<sub>2</sub>O，使得 CaO 及 NaO 的剩餘量均為 0，亦即完全被取代。接著才去平衡其他的成分。由於不可能完整的取代所有的成分，因此有些成分無法平衡至 0。表 10 顯示了這個步驟的計算過程。

表 10 將香灰代入目標釉方的 Excel 計算過程 (製表：周立倫)

		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	ZnO	BaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SrO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
香灰	當量/莫耳	0.02805 02	0.03314 91	0.00015 03	0.153308 45	0.0737 372	0.02533 57	0.00086 82	0	0	0.09826 05	0.91786 73
	平衡 CaO	0.16477 91	-0.0028 21	-0.0007 194	-0.0093 799	-0.14992 5204		-0.0013 094	-0.0002 456	-0.0003 787	-0.0020 116	-0.0282 593
	剩餘	0.02522 92	0.03242 96	-0.0092 295	0.003383 246			-0.0004 412			0.08462 54	0.86636 12
日化長石	平衡 NaO	0.06425 07	-0.0274 414	-0.0324 296	-0.0001 471	-0.00338 3246		0.00084 93			-0.0733 857	-0.7710 734
	剩餘	-0.0022 123	0	-0.0093 766	0			-0.0012 906			0.01123 98	0.09528 78
氧化鋅	0.07373 72					0.0737 372						
	剩餘		0			0		-0.0012 906				
碳酸鋇	0.02533 57						-0.02533 57					
	剩餘		0			0	0	-0.0012 906				
美國土	0.01123 98										-0.0112 398	-0.0224 795
	剩餘		0			0	0	-0.0012 906			0	0.07280 83
石英	0.07280 83											-0.0728 083
	剩餘	-0.0022 123	0	-0.0093 766	0	0	0	-0.0012 906	-0.0002 456	-0.0003 787	0	0





從最終結果可看出：

- (1) NaO、CaO、ZnO、BaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及 SiO<sub>2</sub>都平衡至 0，亦即新的釉方在這幾項成分上，可以完全取代目標釉方。
- (2) K<sub>2</sub>O 及 MgO 剩餘數量為負數，代表新釉方中的這兩項成分比目標釉藥多一些，但多出的量非常低，應不影響後續實驗。
- (3) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>及 SrO 是目標釉藥中沒有的成分，但因為都存在於香灰中，所以無可避免的也一併加入到新釉藥中，但因數量很小，影響應該不大。

#### 9. 將莫耳數配方換算成重量百分比

接下來再將新釉藥的莫耳數配方換算成重量百分比，並比較目標釉藥與香灰釉藥之間的差異（表 11）。在計算香灰的重量時，要將燒失的百分比計算進去，因為香灰原料是包括那些燒失成分的。為了方便比較，將原本加總為 94%的目標釉藥原料式轉變成加總為 100%。

表 11 目標釉與香灰釉之間的差異（製表：周立倫）

目標釉藥原料式	石灰石	日化長石	氧化鋅	碳酸鋇	美國土	石英	合計
重量百分比 (%)	15.957447	63.829787	6.3829787	5.3191489	3.1914894	5.3191489	100
香灰釉藥原料式	香灰	日化長石	氧化鋅	碳酸鋇	美國土	石英	合計
重量百分比 (%)	18.811925	61.910874	6.3284311	5.2736926	3.0597754	4.6153016	100
兩釉方的差異 (%)	2.8544781	-1.9189129	-0.0545476	-0.0454563	-0.131714	-0.7038474	0

從表 11 中可以看出：

- (1) 香灰釉藥中的日化長石、氧化鋅、碳酸鋇、美國土及石英的重量百分比，與目標釉藥(吳懷農 3 號釉)非常接近。
- (2) 香灰釉中的香灰與目標釉中的石灰石的重量百分比差異較明顯(2.8544781 公克)，但也在一般釉藥實驗的變量級距範圍內。如此看來，似乎可以直接以香灰取代石灰石(或碳酸鈣)，來進行釉藥實驗。

接著將表 11 香灰釉的重量百分比改寫成整數(如表 12)，作為後續三角座標實驗的中心點。這些數字的調整，雖然有些主觀的成分，但都在一般釉藥實驗的變量級距範圍內，應該能被接受。



表 12 準備進行實驗的香灰釉原料重量百分比 (製表：周立倫)

香灰釉藥原料式	香灰	日化長石	氧化鋅	碳酸鋇	美國土	石英	合計
重量百分比	19	62	6	6	3	4	100

10. 實驗變量設計

經過前幾項步驟的計算，我們得到了一個香灰釉的原料重量百分比配方。但此一釉方是否為最佳比例，還不能確定。因此，接下來便要以此配方為基準，讓各個原料有計畫的略為增減，設計出若干配方，再一併燒製，以便觀察出哪一個配方最為合用，同時也可以產生出許多不同特性的釉色。

實驗設計可以選用 2 個變項，使其互有增減，但總量不變；也可以選用 3 個變項，使彼此互有增減，但總量不變。本研究將採用 3 變項的設計，並以三角座標來規劃其中的變量。茲敘述如下：

(1) 本實驗所設定的 3 個變項分別為：(1) 日化長石 (2) 氧化鋅 + 碳酸鋇，以及 (3) 石英。此 3 變項重量百分比的總合為 78%，其中氧化鋅和碳酸鋇的重量相等。不以香灰為變項，是希望香灰能維持一固定而較多的比例，才有「香灰釉」的特殊意義。

(2) 三角座標的變量級距訂定為 4%，以表 11 的配方為基準點 (1 號配方)，向三邊擴展 (如圖 1)，共擬定 16 個配方 (如圖 1)，再計算出各個配方中原料的比例，如表 13。

(3) 調配釉藥時，每個配方調配 100 公克，添加適當的水後，調勻成釉漿，再以事先素燒好的試片沾釉。水的分量會決定釉漿的濃稠度，不同的原料配方，加入的比例亦不相同，通常是依經驗作調整。上釉的厚度除了決定於釉漿的濃度，也會受到浸釉時間長短的影響。它會對燒製結果產生一定程度的影響，例如 (透明) 釉色的深淺、流動的程度、結晶的多寡等等。但比較不會影響到釉的成熟度。

(4) 試片用的坯體有兩種，其一為玉禮白陶土，氧化燒成後呈淡奶油色；其二為大甲黃陶土，氧化燒成後呈土褐色，用以實驗釉藥在不同色坯上的呈色及覆蓋效果。

(5) 第一輪沾釉之後，再分別加入氧化鐵、氧化銅及氧化鈷等呈色劑 (表 13)，調勻後再進行第二輪的沾釉。此舉可同時實驗呈色劑在釉藥中的發色效果。

(6) 第二輪沾釉完成後，加入氧化鈦 2%，調勻後釉。根據過去的經驗，在化鈦，除了可以造成釉面生流動及條紋等特殊質

(7) 第三輪沾釉完成後，併，將相鄰的釉藥合併，的配方，增加實驗的可能

劑在釉藥中的發

再於每個配方中進行第三輪的沾透明釉中添加氧失透，也可以產生感。

再進行兩兩合可以形成中間值性。

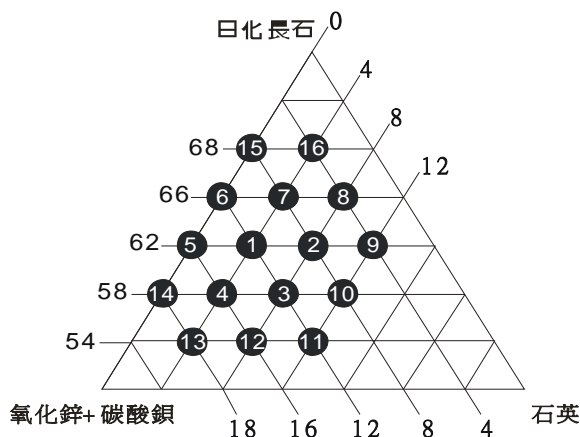


圖 1 以三角座標安排 16 組釉藥試片配方，準備試燒(製圖：周立倫)



表 13 根據三角座標位置所計算出的 16 組釉藥配方，以及四輪沾釉的計畫 (製表：周立倫)

		No .1	No .2	No .3	No .4	No .5	No .6	No .7	No .8	No .9	No .10	No .11	No .12	No .13	No .14	No .15	No .16
第一輪	水洗香灰	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	日化長石	62	62	58	58	62	66	66	66	62	58	54	54	54	58	68	68
	氧化鋅	6	4	6	8	8	6	4	2	2	4	6	8	9	9	4	2
	碳酸鋇	6	4	6	8	8	6	4	2	2	4	6	8	9	9	4	
	石英	4	8	8	4	0	0	4	8	12	12	12	8	4	0	0	4
	美國高嶺土	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
第二輪	氧化鐵	4							4		4		4		4	4	
	氧化銅		2		2		2					2					2
	氧化鈷			1		1		1		1				1			
第三輪	添加氧化鈦	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
第四輪	兩兩合併	A 1+5	B 2+1 0	C 3+1 1	D 4+1 2	A 1+5	E 6+7	E 6+7	F 8+9	F 8+9	B 2+1 0	C 3+1 1	D 4+1 2	H 13+ 14	H 13+ 14	G 15+ 16	G 15+ 16

11. 試片燒製

本研究所使用的窯爐是內部空間長、寬、高均為 30 公分的微電腦可程式溫控電窯。燒成曲線設定如圖 2。

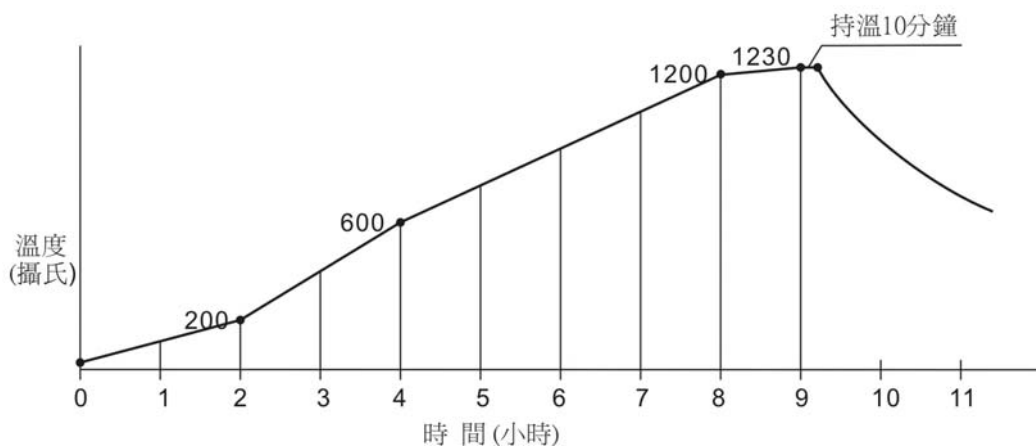


圖 2 本研究的燒成曲線設定 (製圖：張育瑞)



### 八、實驗結果說明

此次實驗的燒製結果呈現如下：

1. 第一輪：有 16 個配方(表 13)，均不含呈色劑，分別上在白陶土坯及黃陶土坯的試片上。所有試片燒製結果都呈現清亮的透明狀態，差異性不大。其中白陶土坯的 3 號、6 號、7 號、9 號、13 號及 14 號試片略有開片現象。圖 2 為白陶土坯的試片，以三角座標的形式呈現。
2. 第二輪：將原本的 16 個配方加入不同的呈色劑（詳表 13），分別上在白陶土坯及黃陶土坯的試片上。所有的試片都呈現清亮的透明狀態，釉層較厚處顏色較深，釉層較薄處顏色較淺。圖 3 為白陶土坯的試片，以三角座標的形式呈現。
3. 第三輪：將第二輪的配方再加入 2%的氧化鈦（詳表 13），分別上在白陶土坯及黃陶土坯的試片上。其中 2 號、3 號、7 號、8 號、10 號及 11 號試片有較明顯的乳濁流動紋，15 號試片則呈現斑紋效果。圖 4 為白陶土坯的試片，以三角座標的形式呈現。
4. 第四輪：將不同顏色的配方兩兩組合（詳表 13）。其中鐵釉和銅釉的組合以及鐵釉和鈷釉的組合均呈現出較有趣的斑紋釉色，如圖 5。

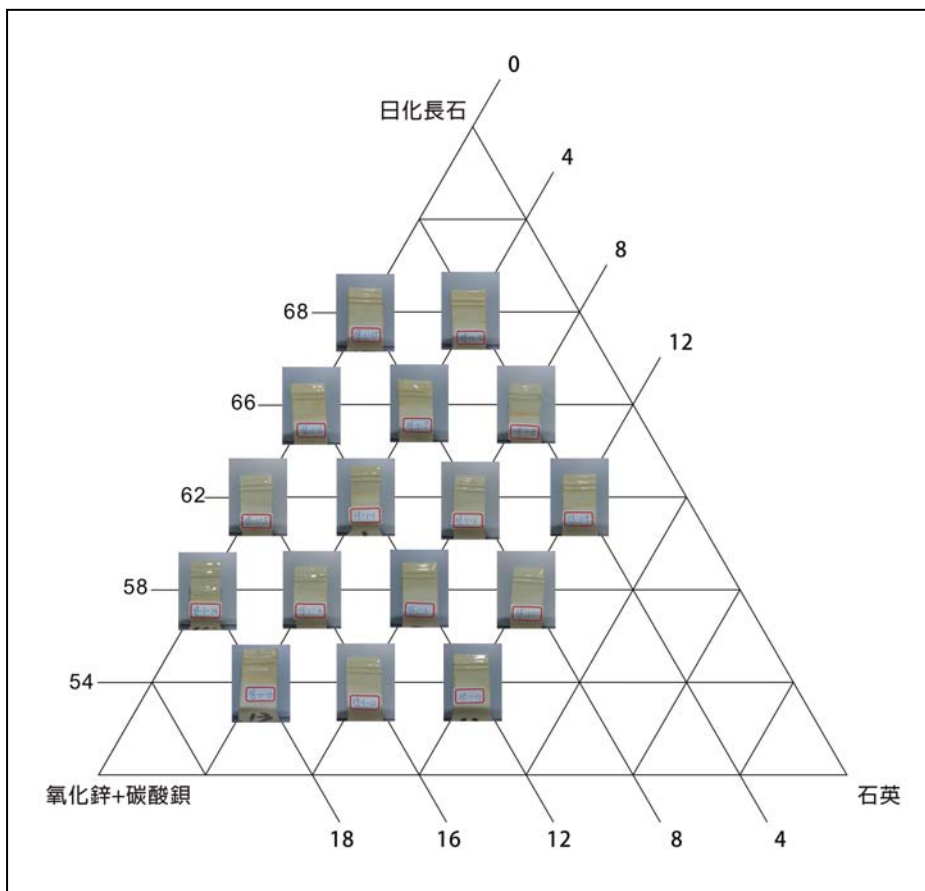


圖 2 第一輪白陶土坯試片（攝影及製圖：張育瑞）



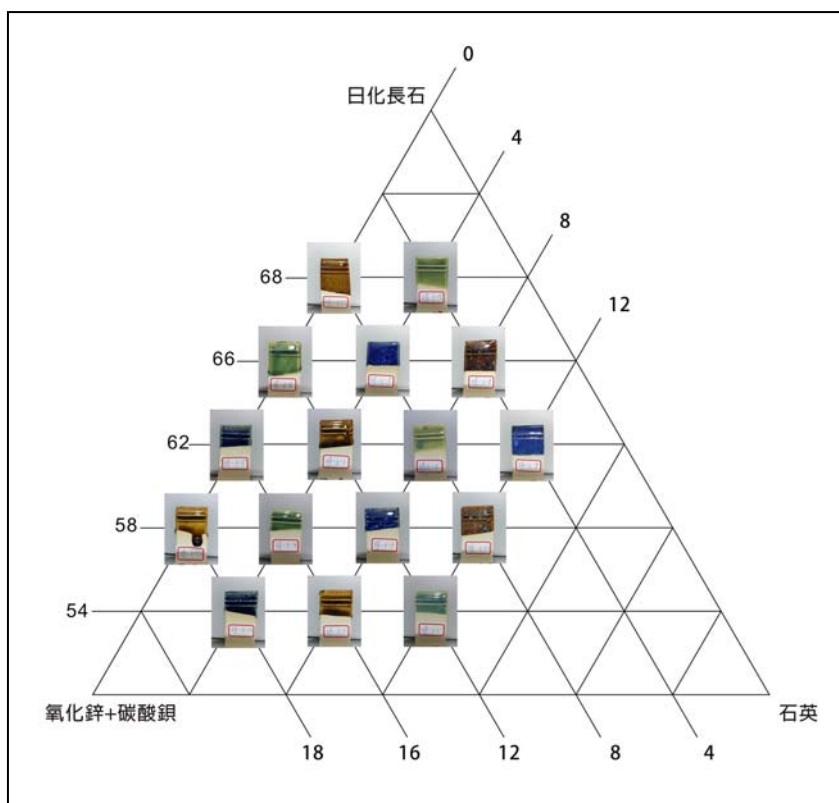


圖 3 第二輪白陶土坯試片 (攝影及製圖：張育瑞)

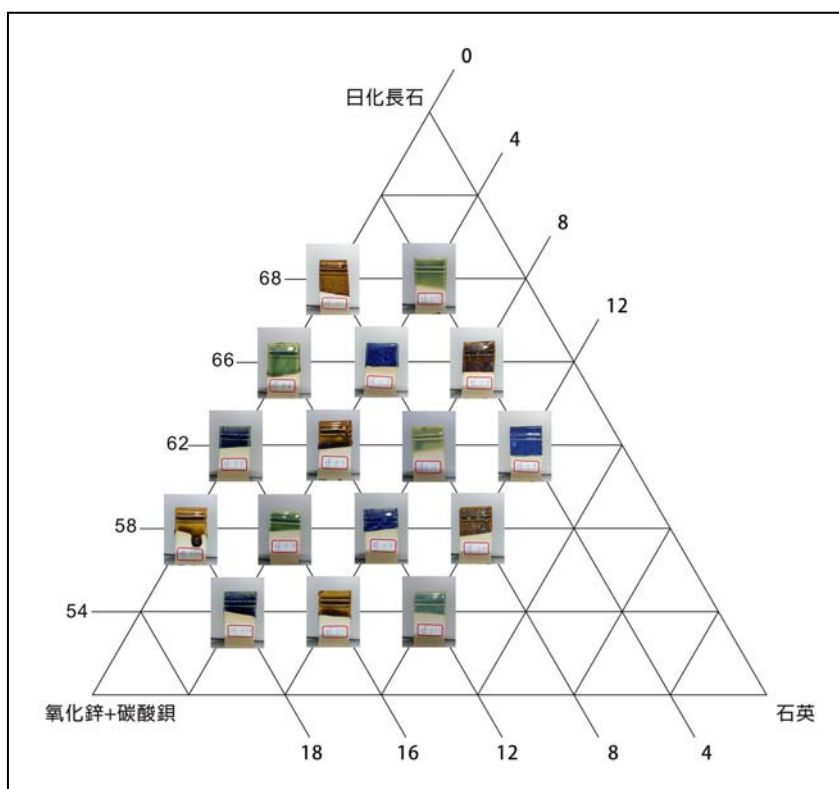


圖 4 第二輪白陶土坯試片 (攝影及製圖：張育瑞)





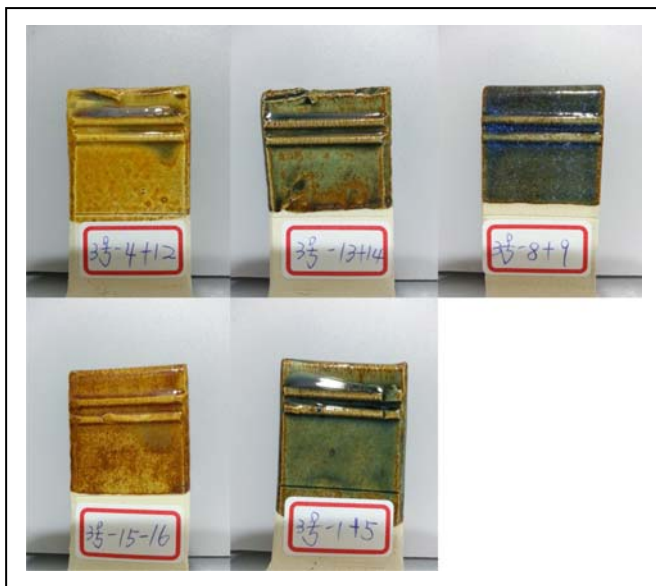


圖 5 第四輪白陶土坯試片 (攝影及製圖：張育瑞)

#### 11. 不同目標釉藥的實驗及微調

研究者亦嘗試不同的目標釉方以及不同的長石原料，進行與上述計算及試燒相似的釉藥實驗，從而獲得許多實用的釉色，其中包括具有明顯灰釉流動條紋質感的釉色(圖 6)。但其流動性太強，釉藥會流到底部，形成缺陷。爲了修正此一缺陷，便嘗試添加 3%美國高嶺土，以降低釉藥的流動性。經試燒後，果然降低了釉的流動性，且仍然保持灰釉特有的流動條紋質感(圖 7)，使得該釉更具實用性。



圖 6 具有灰釉流動條紋質感的香灰釉 (攝影：張育瑞)



圖 7 改善流動性太強的缺點(攝影：張育瑞)



## 九、結論及建議

本研究以香灰為原料，試圖透過合理的計算及實驗，尋找出實用的釉藥，為日後發展傳統宗教文創陶瓷產品作準備。經過多次實驗，的確實驗出多款實用且具特色之釉藥，達成當初訂定的目標。此外，在研究及實驗的過程中，也累積了一些心得及經驗，在此一併陳述，也對於後繼者提出建議。

1. 香灰確實可以作為釉藥的原料，只要透過合理的計算及實驗過程，便能夠尋找出實用且具特色之釉藥。
2. 香灰使用前，應該要先要過篩(80 目)，再以清水浸泡，以溶出易溶於水的鉀、鈉成分，然後再予以乾燥。
3. 由於線香的製作過程中，為了降低成本，會加入一定量的碳酸鈣粉，使得香灰中的氧化鈣含量非常高。本研究建議：如果要以此種香灰為釉藥原料，可以選用一個石灰石或碳酸鈣含量較高的釉藥，作為目標釉藥。不必經過繁複的計算，直接將香灰依原料重量百分比，取代石灰石或碳酸鈣的成分，再經過一個三角座標的三變項燒成實驗，應該就能夠尋找出合用的釉藥。
4. 由於香灰中仍然含有一定量的竹、木灰成分，經調成釉藥燒製之後，也會產生傳統灰釉特有的流動條紋質感，極具特色。
5. 本研究已成功的實驗出數款實用且特色的釉藥。往後將以此為基礎，著手開發具臺灣傳統宗教意味的文化創意陶瓷產品。

## 十、參考文獻：

1. Clark, Kenneth, "The potter's manual", Quarto Publishing Limited, New Jersey, 1983
2. Hamer, Frank and Janet, "The potter's Dictionary of Material and Techniques" Watson-guption Publication, New York, 1986.
3. Hawley, Louis E. & Wise, L. F., "The chemistry of wood", The Chemical Catalog Company Inc., New York, 1926.
4. Roger, M.R., "The chemistry of solid wood" American Chemical Society, Washington, D.C., 1984.
5. 片岡巖著，陳金田譯，1990，《臺灣風俗志》，臺北：眾文圖書出版社。
6. 文化部，《臺灣大百科全書》，網址：<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=12234>，建置時間：2005，查詢時間：2012/08/15
7. 吳讓農，1993，《陶瓷工藝修訂本》，臺灣省政府教育廳。
8. 林明嘉，1996，《拜香原料燃煙中多環芳香化合物之探討》，國科會計畫報告。
9. 陳靜萍，《香灰織紗製媽祖潮 T 問世》，中央社，網址：<http://www.cna.com.tw/News/aLOC/201302060227-1.aspx>，發佈時間：2013/02/06，查詢時間：2013/04/10
10. 薛瑞芳，2003，《釉藥學》，臺北縣立陶瓷博物館。
11. 羅森豪，2013，《陶藝製作-生活、創意與技法》，雄師圖書股份有限公司。
12. 楊奇儒、林達昌，2006，《低污染拜香研發：拜香主要成分對拜香燃煙特徵之影響》，國立成功大學環境工程學系博士論文。
13. 顧惟婷，2012，《臺灣漢人信仰中用香與香火觀之解析》，國立臺北大學古典文獻與民俗藝術研究所民俗藝術組碩士論文。
14. 臺灣陶藝網，網址：<http://ccatccat.myweb.hinet.net/>，查詢時間：2012/08/05

