

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

040808

牡蠣殼粉與稻殼灰製瓷磚用釉之研究

學校名稱：國立大甲高級中學

作者： 高三 李心佑 高三 許天慈 高三 蔣佳玲	指導老師： 黃嘉男
---	------------------

關鍵詞：牡蠣殼粉、稻殼灰、建築用釉

摘要

牡蠣殼與稻殼是台灣常見的農漁業廢棄物。台灣四面環海，養殖漁業興盛，而牡蠣是西部沿海主要的養殖漁業產物。牡蠣殼是難以處理的廢棄物，容易孳生蚊蠅且散發惡臭。經調查，台灣每年產生的空殼重達 **16 萬公噸**。稻殼俗稱粗糠，是加工生產之副產品，台灣每年之稻殼廢棄物約有 **60 萬公噸**，過去碾米場和農會常以露天燃燒或傾倒於河川等方式處理稻殼，造成環境汙染。

本研究以牡蠣殼粉與稻殼灰為原料，透過計算及實驗，將其與釉藥融合，進行資源再利用。實驗中，利用原料分析及三角試驗法，成功研究出牡蠣殼粉佔釉藥之比例最高可達 **28.6%**，而稻殼灰取代釉藥原料中的硅石使用，比例最高可達 **14.4%**。牡蠣殼粉與稻殼灰合用可取代釉藥可達 **43%**。

壹、研究動機

牡蠣是台灣西部沿海主要的養殖漁業產物，也是餐桌上常見的佳餚。在享用美味牡蠣的同時，我們很難想像「它」會對環境造成極大的傷害。牡蠣主要產區集中於彰、雲、嘉、南等縣市，其養殖面積和產量更位居其他貝類之冠。根據行政院農業委員會漁業署民國 102 年漁業統計年報，全台牡蠣養殖面積高達 **10363.75** 公頃，推估全台每年所產生的廢棄牡蠣殼重達 **16 萬公噸**。由於牡蠣殼的附加價值不高，因此最常見的處理方法就是未經處理任意堆棄，不僅占空間，還會孳生蚊蠅以及產生惡臭，顯然已是環境污染的罪魁禍首。

另外根據工研院研究指出，稻殼是一種廉價的燃料，每公斤燃燒可產生 3,600 卡的能量，燃燒後所產生的酸性腐蝕性氣體又非常的少，是很好的燃料。燃燒後的稻殼灰中有 90% 以上為二氧化矽成分，經加工後可作為高經濟價值的耐火及保溫材料。

因此，本研究將牡蠣殼與稻殼灰回收再利用，依據生活科技課程中的陶瓷材料製造方法，以牡蠣殼粉與稻殼灰取代建築磁磚釉藥中部分原料，並試著將其在釉藥中之比例提高，減少廢棄牡蠣殼及稻殼灰對環境造成的污染，並創造經濟效益，另外，牡蠣殼粉與稻殼灰製磁磚用釉不僅具環保意識，亦將珍貴的海洋資源、農業資源發揮地淋漓盡致。



圖 1 丟棄的牡蠣殼



圖 2 廢棄的稻殼

貳、研究目的

為了使牡蠣殼粉與稻殼灰之使用達到最大的經濟效益，本研究將其製成釉藥，試著將比例提到最高，且達到與原釉藥相同之效果，並做一些簡易測試，以了解牡蠣殼粉與稻殼灰加入釉藥中的溶解狀況及產生的影響，主要項目有以下：

- 一、探討牡蠣殼粉可取代磁磚用釉的哪一部分，並利用成分分析與計算取代平衡釉式。
- 二、成功取代磁磚用釉的部分原料後，利用三角試驗法，將牡蠣殼粉的比例提高。
- 三、以稻殼灰取代二氧化矽，並利用成分分析與計算取代平衡釉式，將稻殼灰的比例提高，以達最高經濟效應。
- 四、將含有牡蠣殼粉及稻殼灰比例最高的成功釉式加入氧化物及色料，並觀察其燒成結果。
- 五、將燒成的磁磚根據 CNS 標準，進行硬度及耐酸鹼測試，並觀察是否能符合標準，發展成真正可使用之建築磁磚用釉。

參、研究設備及器材

本研究使用材料、設備說明如表 1，用到的礦物原料與色料如表 2。

表 1 本研究使用的相關設備儀器、實驗用化學藥品及用途說明

名稱	篩網	pH 測量器	電子秤 1	電子秤 2
圖片				
附註	過濾牡蠣殼粉、稻殼灰中的雜質(篩號 200 目)	測量酸鹼溶液之 pH 值	測量牡蠣殼粉、稻殼灰及其他原料重量以及配製釉藥用 (0.1g~6kg)	測量牡蠣殼粉、稻殼灰及其他原料重量以及配製釉藥用 (0.01g~100g)
名稱	陶土	真空煉土機	模具	杵、研鉢
圖片				
附註	試片用陶土 (臺灣苗栗土)	製作試片	搭配煉土機使用，固定陶土厚度及寬度	磨製釉藥用
名稱	噴槍	水幕噴釉台	實驗用電窯	球磨桶
圖片				
附註	使釉藥均勻的覆蓋於試片上	噴塗牡蠣殼粉過程，減少粉塵危害	試片素燒及釉燒 (可八段控溫)	將原料磨成細粉
名稱	無煙鹽酸	氫氧化鈉	手動磨豆機	莫氏硬度筆
圖片				
附註	耐酸測試	耐鹼測試	用於磨碎牡蠣殼	硬度測試

表 2 原料、金屬氧化物與色料

名稱	牡蠣殼粉	稻殼灰	霞正長石	日化長石
圖片				
附註	牡蠣殼磨粉	稻殼磨粉	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
名稱	釜戶長石	高嶺土	矽石	輕質碳酸鈣
圖片				
附註	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SiO_2	CaCO_3
名稱	氧化鋅	碳酸鎂	硼酸	氧化鋁
圖片				
附註	ZnO	MgCO_3	B_2O_3	Al_2O_3
名稱	碳酸鋇	氧化鐵	碳酸銅(綠)	氧化鈷(藍)
圖片				
附註	BaCO_3	Fe_2O_3	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	CoO
名稱	黑色色料	咖哩黃色料	紫色色料	咖啡色色料
圖片				
附註				

肆、研究過程或方法

本研究研究流程如下圖 3，過程及方法敘述於後。

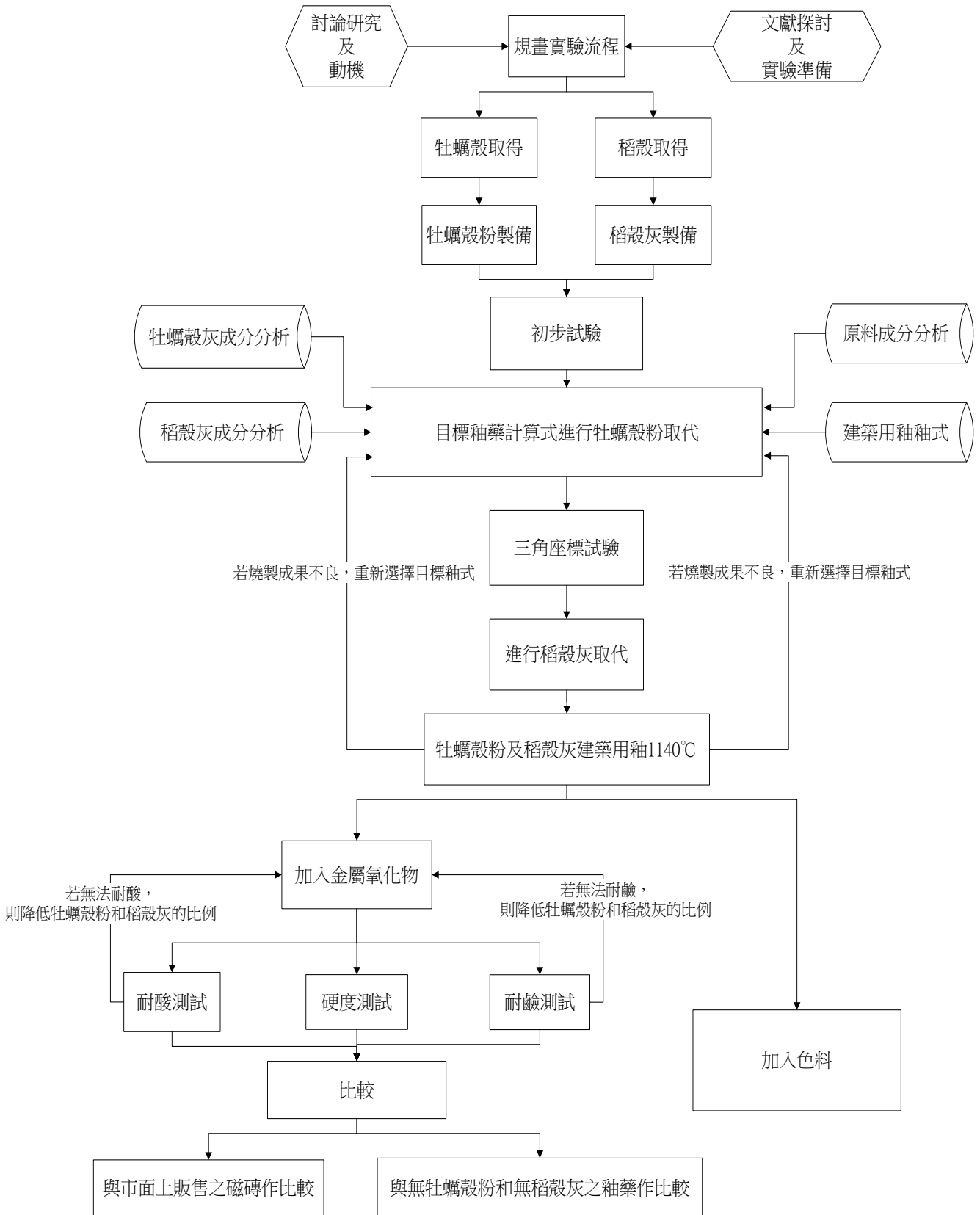


圖 3 研究方法流程圖

一、牡蠣殼粉處理(如圖 4)

(一)乾燥：去菜市場收集廢棄牡蠣殼清洗之後，曝曬 2~3 天。

(二)搗碎：將乾燥牡蠣殼搗碎成塊狀。

(三)磨粉：用手動磨咖啡豆機將塊狀乾燥牡蠣殼磨成粉狀。

(四)分罐：牡蠣殼粉進行裝罐，以利後續研究。



圖 4 牡蠣殼粉處理流程圖

二、牡蠣殼粉成分分析

為了解牡蠣殼粉的組成以利日後牡蠣殼粉取代時賽格式的計算。我們由行政院農委會漁業署的文獻中得知牡蠣殼粉化學成分分析，如表 3。比較釉藥原料與輕質碳酸鈣成分(如表 4)相近，因此，本研究方向在將牡蠣殼粉取代釉藥中碳酸鈣的成分。

表 3 煅燒牡蠣殼粉之成分分析(資料來源：行政院農委會漁業署)

檢驗項目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	鹽基度	total
檢驗結果%	29.78	5.58	1.34	57.87	0.02	0.05	0.09	0.30	2.13	100

表 4 輕質碳酸鈣的成分分析(資料來源：范振金(2009)·*陶藝釉藥學*)

項目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	燒失量	total
成分比例%	1.4	0.1	0.2	52.5	1.8	42.8	100

三、進行初步試驗

(一)為了探討牡蠣殼粉在 1140°C 的熔解狀況，本研究將 100%的牡蠣殼粉加 80%水研磨後，用噴槍均勻噴塗在試片上，再以圖 5 的升溫方式以電窯 1140°C 氧化燒成。

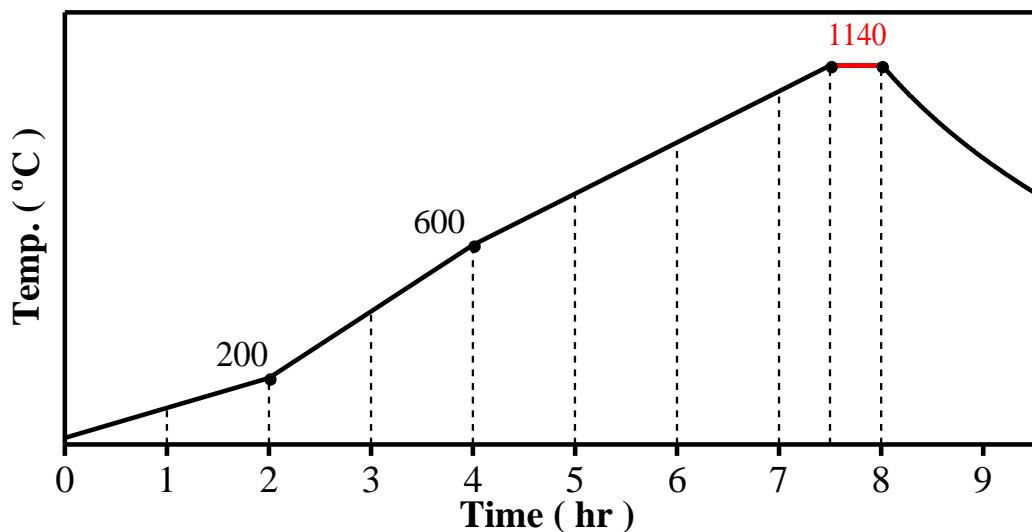


圖 5 目標溫度 1140°C 磁磚用釉升溫曲線(持溫 0.5 小時)

(二)燒成結果：100%牡蠣殼粉釉藥經 1140°C 建築釉燒溫度燒製後，其熔融性不佳，釉面粗糙，為不熟的狀態。燒成結果如下。



圖 6 牡蠣殼粉 100%之燒成結果

(三)因為燒成後之試片釉面粗糙，不符研究之需求，故在牡蠣殼粉中加入霞正長石，進行比例調配，最後以 30%牡蠣殼粉和 70%霞正長石混合噴塗於試片以 1140°C 燒成。

(四)燒成結果：30%牡蠣殼粉和 70%霞正長石混合之釉藥試片燒製後，其熔融性不佳，釉面呈顆粒狀。



圖 7 牡蠣殼粉 30%和霞正長石 70%混合之釉藥燒成結果(1140°C)

四、目標建築釉式取代

(一)本實驗的研究方向為將牡蠣殼粉取代建築磁磚釉中的部分成分，因為牡蠣殼粉和碳酸鈣的主要成分皆為氧化鈣，故本研究從文獻(薛瑞芳，釉藥學)選定建築釉式(見下表 5、6)，將建築釉式中的氧化鈣以牡蠣殼粉取代，並進一步計算，將目標釉方中的牡蠣殼粉取代比例提到最高。本研究在之後的實驗以 A1 為從書籍取得之原始建築釉，A2 為以牡蠣殼粉取代後之建築磁磚釉。

表 5 原始建築磁磚釉式(單位：莫耳)

項目	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	ZnO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	B ₂ O ₃
化學式 (莫耳)	0.23	0.21	0.37	0.192	0.57	4.63	0.08

表 6 原始建築釉式 A1(單位：%)

項目	霞正長石	SiO ₂	CaO	B ₂ O ₃	ZnO	total
化學式(%)	60.6	30.7	4.6	1.4	3.8	101.1

(二)牡蠣殼粉建築磁磚釉取代過程如表 7，以牡蠣殼粉取代後之建築釉式如表 8。

表 7 釉式代換計算過程


			SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	ZnO	KNaO
	取代目標	克重(g)	67.46	14.12	1.36	5.03	3.78	8.25
牡蠣殼粉	平衡 CaO	8.60	2.56	0.48	0	5.00	0	0.02
	差額		64.90	13.64	1.36	0.03	3.78	8.23
霞正長石	平衡 Al ₂ O ₃	58.50	35.51	13.63	0	0.03	0	8.4
	差額		29.40	0.01	1.36	0	3.78	0
硅石	平衡 SiO ₂	29.40	29.40	0	0	0	0	0
	差額		0	0.01	1.36	0	3.78	0
氧化鋅	平衡 ZnO	3.78	0	0	0	0	3.78	0
	差額		0	0.01	1.36	0	0	0
氧化硼	平衡 B ₂ O ₃	1.36	0	0	1.36	0	0	0
	差額		0	0.01	0	0	0	0
	共	100						

表 8 牡蠣殼粉取代後之建築磁磚釉式 A2

項目	牡蠣殼粉	霞正長石	SiO ₂	B ₂ O ₃	ZnO	total
百分比(%)	8.6	58.5	29.4	1.36	3.78	101.64

(三) 燒製結果比較如表 9。

表 9 釉式 A1 和 A2 燒製結果比較表

A1 原始建築釉	A2 牡蠣殼粉建築釉
	
<p>燒製結果：使用牡蠣殼粉取代之建築磁磚之釉面狀況良好。使用釉式 A2 為實驗之基礎釉式。</p>	

五、進行牡蠣殼粉比例調整

(一)本實驗的研究目標是將牡蠣殼粉取代比例調至最高，以達廢物利用的環保目的，並使其具最佳的經濟效應。故以 A2 為基底釉進行牡蠣殼粉比例的提高。提高比例如表 10。

表 10 試片 A2 之三角分析比例(*固定 B_2O_3 1.36%， ZnO 3.78%)

編號	牡蠣殼粉(%)	霞正長石(%)	矽石(%)
A201	8.6	58.5	29.4
A202	13.6	53.5	29.4
A203	13.6	58.5	24.4
A204	18.6	48.5	29.4
A205	18.6	53.5	24.4
A206	18.6	58.5	19.4
A207	23.6	43.5	29.4
A2-8	23.6	48.5	24.4
A209	23.6	53.5	19.4
A210	23.6	58.5	14.4
A211	28.6	38.5	29.4
A212	28.6	43.5	24.4
A213	28.6	48.5	19.4
A214	28.6	53.5	14.4
A215	28.6	58.5	9.4

(二)燒製之成果如表 11，釉面燒成情況文字描述如表 12。

表 11 釉式 A2 三角分析燒成結果




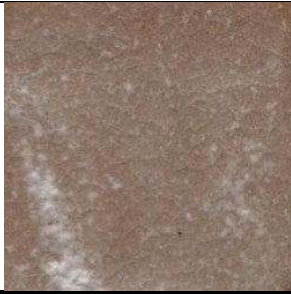
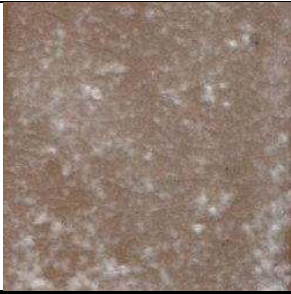
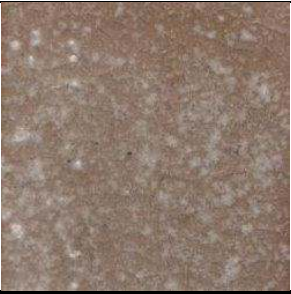

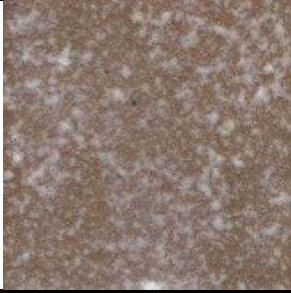
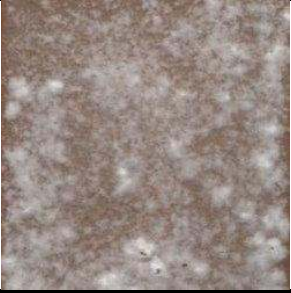





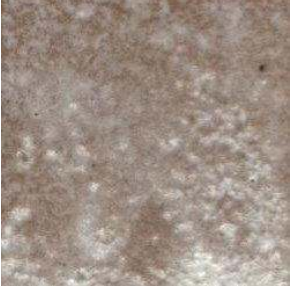
編號	A201	A202	A203
圖片			
編號	A204	A205	A206
圖片			
編號	A207	A208	A209
圖片			
編號	A210	A211	A212
圖片			
編號	A213	A214	A215
圖片			

表 12 釉式 A2 三角分析之釉面燒成情況表

編號	熔融性			光澤度			釉面變化			透明度		氣泡		釉面		性狀補充
	流動	良好	不熟	光澤	平光	無光	結晶	斑紋	開片	透明	混濁	有	無	平滑	粗糙	
01		◆		◆					◆		◆		◆		◆	開片細小，有細小顆粒
02		◆		◆					◆		◆		◆		◆	開片細小，有細小顆粒
03		◆		◆					◆		◆		◆		◆	開片細小，有細小顆粒
04		◆		◆					◆		◆		◆		◆	顆粒較前者大
05		◆		◆					◆		◆		◆		◆	顆粒較前者大
06		◆		◆					◆		◆		◆		◆	顆粒較前者大
07		◆		◆							◆		◆		◆	顆粒較前者大
08		◆		◆							◆		◆		◆	顆粒較前者大
09			◆	◆							◆		◆		◆	釉面有大型顆粒 熔解狀況不佳
10		◆		◆							◆		◆		◆	釉面有大型顆粒 熔解狀況不佳
11			◆	◆							◆	◆			◆	釉面有大型顆粒
12			◆	◆							◆	◆			◆	釉面有大型顆粒 熔解狀況不佳
13			◆	◆							◆	◆			◆	熔解狀況不佳
14			◆	◆							◆	◆			◆	熔解狀況不佳
15			◆	◆							◆	◆			◆	熔解狀況不佳

實驗結果顯示：

1. 隨著牡蠣殼粉的比例提高，白色顆粒部分亦增加。
2. 牡蠣殼粉取代量可達 **28.6%**
3. 我們發現試片 A2 三角分析之釉面燒成狀況不佳，推估係因先前都用杵和研鉢人工磨釉，牡蠣殼粉無法完全溶解，導致試片燒成後，釉面粗糙且呈顆粒狀，未完全熔解。





圖 8 釉面雖熔融，但不均勻的燒成釉面狀況

六、改善釉面燒成狀況

(一)改善方法：改以濕式球磨，藉機身旋轉時所產生的離心力和摩擦力，將物料和研磨體同時帶到一定高度後落下，經過研磨子不斷地相互撞擊和摩擦將物料磨成細粉。

(二)改善後燒製成果如表 13。

表 13 手工研磨和球磨之比較表

處理方式 試片編號	手工研磨	濕式球磨機研磨
A214	 <p>釉面粗糙有顆粒</p>	 <p>釉面平滑</p>

(三)結論：實驗結果發現，在進入窯燒之前，經球磨的釉藥成粉狀，和手工研磨釉藥的顆粒大小有極明顯的差別，而經球磨處理過的試片在燒成之後，其表面狀況呈現也極佳，和原先大不相同。而 A214(牡蠣殼粉 28.6%，霞正長石 58.5%，硅石 9.4%)的熔融狀況最佳，故決定以此比例進行稻殼灰取代。

七、進行稻殼灰取代

(一)稻殼灰的製作與取得：稻殼是一種廉價的燃料，每公斤燃燒可產生 3,600 卡的能量，燃燒後所產生的酸性腐蝕性氣體又非常的少，是很好的燃料。燃燒後的稻殼灰中有 90% 以上為二氧化矽。本研究自碾米廠取得稻殼，按程序製作成稻殼灰。如圖 9。



圖 9 稻殼灰處理流程圖

(二)牡蠣殼粉取代量最高僅達 28.6%，本研究仍希望可以進行更多的農、漁業廢棄物再利用，因稻殼灰成分分析(如表 14)中二氧化矽重量百分比為 83.49%，我們決定以稻殼灰取代較昂貴的矽石。本研究從先前的配方 A214 進行稻殼灰取代矽石之計算，並將取代過後之配方編號為 A214'，計算過程如表 15，取代後之編號成分比例如表 16。

表 14 稻殼灰成分分析(資料來源：2015 太磷化工原料行)

項目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	燒失量	total
成分比例 %	83.49	3.55	0.18	4.22	1.04	0.21	0.01	2.7	3.36	100

表 15 釉式代換計算過程



			SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	ZnO	KNaO
		克重(g)	69.79	14.06	1.36	16.93	3.78	7.81
牡蠣殼粉	平衡 CaO	28	22.74	1.56	0	16.21	0	0.1
	差額		47.05	12.5	1.36	0.72	3.78	7.71
霞正長石	平衡 Al ₂ O ₃	52	31.56	12.12	0	0.36	0	7.51
	差額		15.49	0.38	1.36	0.36	3.78	0.2
稻殼灰	平衡 SiO ₂	18.5	15.49	0.66	0	0.36	0	0.2
	差額		0	-0.28	1.36	0	3.78	0
氧化鋅	平衡 ZnO	3.78	0	0	0	0	3.78	0
	差額		0	-0.28	1.36	0	0	0
氧化硼	平衡 B ₂ O ₃	1.36	0	0	1.36	0	0	0
	差額		0	-0.28	0	0	0	0
	共	100						

表 16 稻殼灰取代後之配方

原料比例 編號	牡蠣殼粉(%)	霞正長石(%)	稻殼灰(%)	B ₂ O ₃ (%)	ZnO (%)
A214'	28	52	18.5	1.36	3.78

(三)結果呈現：比較取代前後之差異。如表 17。

表 17 稻殼灰取代前後之燒成狀況呈現

	取代前	取代後
A214		

(四)結論：經相同的溫度和過程燒製，此配方即使進行稻殼灰取代，仍表現良好，沒有太大的差異。因此本研究將 A214 與 A214'進行顏色的調配。

稻殼灰取代釉藥原料中的矽石使用，比例最高可達 18.5%，計算後，牡蠣殼粉和稻殼灰可取代原釉式達 46.5%。

八、選定釉式進行實用釉藥配色



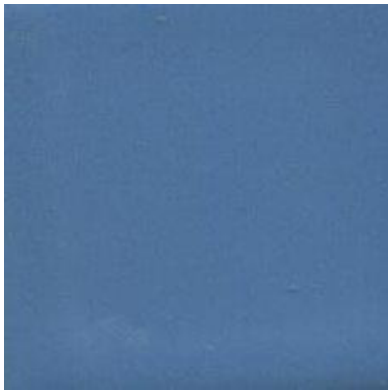


(一)本研究挑選氧化鈷與碳酸銅兩種金屬氧化物分別以不同的比例進行配色，顏色的挑選如表 18。

表 18 實用釉藥配色之比例和編號

使用氧化物(色料)/代號	氧化鈷/B	碳酸銅/G
比例	0.7%	1.5%
編號 A214	A214B	A214G
編號 A214'	A214'B	A214'G

(二)結果呈現如表 19。

表 19 實用釉藥之結果呈現







編號	A214B	A214G	市面磁磚
圖片			
編號	A214'B	A214'G	
圖片			

(三)結論：建築釉經牡蠣殼粉和稻殼灰取代並加入顏色後，其發色狀況與未經稻殼灰取代之釉式一樣良好，且釉面光滑，符合建築用釉之標準；與市面購買之磁磚相較之下，外觀也沒有明顯差異。

九、配色後有無牡蠣殼粉及稻殼灰之比較

從此步驟比較分析得知，以相同原料百分比換算成另一無牡蠣殼粉及稻殼灰之釉式，有牡蠣殼粉及稻殼灰和無牡蠣殼粉及無稻殼灰燒製呈色並無太大的差別，其皆有成色且具特色，牡蠣殼粉及稻殼灰製釉在建築磁磚用釉上具有極佳的經濟價值。

表 20 原式與取代後釉式比較

編號	A1 B	A1 G	A1
圖片			
編號	A214'B	A214'G	A214'
圖片			

十、稻殼灰及牡蠣殼粉磁磚釉面測試

磁磚好壞的分別和優劣有一定的規範，如台灣 CNS、日本 JIS 等規範，本研究進行磁磚釉面硬度和耐酸鹼測試，並與市面購買之磁磚做比較。台灣 CNS 磁磚品質規定如表 21。硬度及耐酸鹼測試如下：





表 21 CNS 磁磚品質規定

種類/項目	陶質磁磚	石質磁磚	瓷質磁磚
耐酸鹼性要求	10% 酸鹼溶液，靜置 24 小時以上，釉面無污染變色		
莫式硬度要求	施釉磚：3~3.9 無釉射出磚：6~8	3.5~5.5	5~6

(一)硬度測試

本研究將 A214'、A214'B、A214'G 三種配方與市面磁磚一起進行硬度測試，在未知硬度的釉面上，選定一個平滑面，用莫氏硬度筆加以刻劃，如果出現劃痕，則說明硬度小於該等級所對應之礦物。莫氏礦物硬度表及測試結果如表 22。

表 22 莫氏礦物硬度表及本實驗測試結果

硬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
礦物	滑石	石膏	方解石	螢石	磷灰石	正長石	石英	黃玉	剛玉	鑽石
試片	A214'		A214'B		A214'G			市面磁磚		
圖片										
硬度測試結果	6~7 之間		6~7 之間		6~7 之間			7~8 之間		

根據 CNS 對磁磚品質的規定，瓷質磚塊莫氏硬度 6~7 稱為硬度高，本研究之牡蠣殼粉和稻殼灰建築釉面硬度值皆達 7，硬度高且符合國家標準，故本研究之牡蠣殼粉和稻殼灰之建築用釉在硬度測試方面符合國家標準。

(二)耐酸鹼測試

將牡蠣殼粉及稻殼灰釉進行耐酸鹼測試，並觀察其結果。依據台灣 CNS、日本 JIS 規範，以 10% 酸鹼溶液，靜置 24 小時以上，釉面若無污染變色，則待測物耐酸鹼，反之若污染變色，則不耐酸鹼。





1. 針對耐鹼性作測試，鹼性溶液為 pH 值 13.92 的氫氧化鈉水溶液。(如圖 10)。



圖 10 測試氫氧化鈉水溶液之 pH 值

(1) 根據資料，我們在 28°C 的環境下，將 A214'、A214'B、A214'G 三種配方之試片與市面磁磚置入稀釋至 10% 之氫氧化鈉水溶液浸泡 24 小時。如表 23。



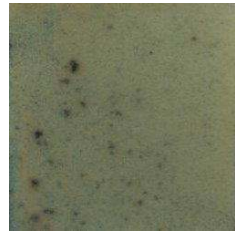





表 23 耐鹼測試圖

編號	A214'	A214'B	A214'G	市面磁磚
圖片				

(2) 將試片與磁磚取出，目測觀察其釉面。

(3) 觀察試片與磁磚，發現皆無明顯汙染變色，故可知其耐鹼程度良好。結果如表 24。

表 24 耐鹼測試後無明顯汙染變色

編號	A214'	A214'B	A214'G	市面磁磚
浸泡前				
浸泡後				





2.針對耐酸性作測試，酸性溶液為 pH 值 1.37 的強酸（如圖 11）。



圖 11 測試氯化氫水溶液之 pH 值

(1) 根據資料，我們在 28°C 的環境下，將 A214'、A214'B、A214'G 三種配方之試片與市面磁磚置入稀釋至 10% 之鹽酸(HCl) 浸泡 24 小時。如表 25。









表 25 試片 A214'耐酸測試

編號	A214'	A214'B	A214'G	市面磁磚
圖片				

(2) 將試片與磁磚取出，目測觀察其釉面。

(3) 觀察試片與磁磚，發現部分釉面出現龜裂，結果如表 26。

表 26 試片 A214'耐酸測試後部分釉面出現龜裂比較表

編號	A214'	A214'B	A214'G	市面磁磚
浸泡前				
浸泡後				

3. 結論：在耐酸鹼性測試中，A214'發展出的顏色變化釉式皆耐鹼性，但在耐酸測試中，A214'B 與 A214'G 釉面皆出現龜裂，不耐酸性。

十一、調整釉式



耐酸鹼測試中，發現 A214'之釉藥(牡蠣殼粉 28%，稻殼灰 18%)不耐酸性，採用三角試驗調整釉式算出的另一釉式 A214 α (牡蠣殼粉 28.6%，稻殼灰 14.4%)進行試驗。如表 27。

表 27 稻殼灰經三角試驗調整後之配方 A214 α

原料比例 編號	牡蠣殼粉(%)	霞正長石(%)	稻殼灰(%)	B ₂ O ₃ (%)	ZnO (%)
A214 α	28.6	53.5	14.4	1.36	3.78

(一)取代後進行試片燒製。燒成狀況如表 28。

表 28 試片 A214 與 A214 α 稻殼灰取代前後之燒成狀況呈現

	取代前	取代後
A214	<p>A214</p> 	<p>A214α</p> 

(二)將 A214 α 進行顏色變化。




1.本研究挑選氧化鈷與碳酸銅兩種金屬氧化物分別以不同的比例進行配色，顏色的挑選如表 29。

表 29 實用釉藥配色之比例和編號

使用氧化物(色料)/代號	氧化鈷/B	碳酸銅/G
比例	0.7%	1.5%
編號 A214 α	A214 α B	A214 α G

2.結果呈現如表 30。


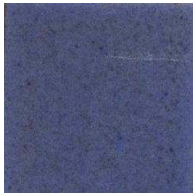


表 30 實用釉藥之結果呈現

編號	A214 α B	A214 α G	市面磁磚
圖片			

(三)硬度測試

1.本研究將 A214 α 、A214 α B、A214 α G 三種配方與市面磁磚一起進行硬度測試。莫氏礦物硬度表及測試結果如表 31。

表 31 試片 A214 α 莫氏礦物硬度表及本實驗測試結果

硬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
礦物	滑石	石膏	方解石	螢石	磷灰石	正長石	石英	黃玉	剛玉	鑽石
試片	A214 α		A214 α B		A214 α G		市面磁磚			
圖片										
硬度測試結果	6~7 之間		6~7 之間		6~7 之間		7~8 之間			

2.結論：A214 α 以及其顏色變化之釉面硬度值皆達 6~7，硬度符合國家標準。

(四)耐酸鹼測試

將 A214 α 以及其顏色變化之試片進行耐酸鹼測試，並觀察其結果。依據台灣 CNS、日本 JIS 規範，以 10% 酸鹼溶液，靜置 24 小時以上，釉面若無污染變色，則待測物耐酸鹼，反之若污染變色，則不耐酸鹼。


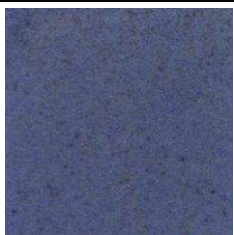



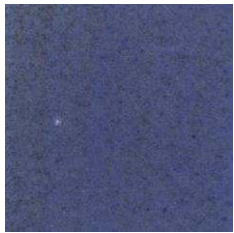


1.針對耐鹼性作測試，鹼性溶液為 pH 值 13.92 的氫氧化鈉水溶液。

(1)根據資料，我們在 28°C 的環境下，將 A214 α 、A214 α B、A214 α G 三種配方之試片與市面磁磚置入稀釋至 10% 之氫氧化鈉水溶液浸泡 24 小時。

(2)將試片與磁磚取出，目測觀察其釉面。

(3)觀察試片與磁磚，發現皆無明顯污染變色，故可知其耐鹼程度良好。結果如表 32。

表 32 A214 α 系列耐鹼測試後無明顯污染變色

編號	A214 α	A214 α B	A214 α G	市面磁磚
浸泡前				
浸泡後				









2.針對耐酸性作測試，酸性溶液為 pH 值 1.37 的強酸。

(1)根據資料，我們在 28°C 的環境下，將 A214α、A214αB、A214αG 三種配方之試片與市面磁磚置入稀釋至 10%之鹽酸(HCl) 浸泡 24 小時。

(2)將試片與磁磚取出，目測觀察其釉面。

(3)觀察試片與磁磚，發現皆無明顯汙染變色，故可知兩片之耐鹼程度良好。結果如表 33。

表 33 A214α 系列耐酸測試後無明顯汙染變色

編號	A214α	A214αB	A214αG	市面磁磚
浸泡前				
浸泡後				

3.結論：在耐酸鹼性測試中，A214α 發展出的顏色變化釉式皆耐酸鹼。因此我們將調配好的建築釉藥實際施釉於商用磁磚素片(磁磚工廠取得)，並將其經 1140°C 燒製成如市面販售之磁磚，燒成結果如圖 12，圖 13。



圖 12 A214α B 磁磚



圖 13 A214α G 磁磚

十二、商用顏色發展與建議

本研究目標釉式 A214 α 發展顏色變化所用原料皆為**金屬氧化物**。金屬氧化物只要些微劑量即可發色，若製造建築磁磚釉時皆使用天然礦物做為發色劑，較符合經濟效益。但礦物本身的顏色較為單調，若要做出豐富的顏色變化，例如紫色或是咖啡色，便需要耗費大量時間去調配混合不同礦物。若廠商要快速生產色彩豐富的磁磚釉，可採用**色料**做為發色劑，其顏色飽和鮮豔、選擇多樣，相對的也較為昂貴。

以下實驗將 A214 α 加入黑色、咖哩黃、紫色以及咖啡色四種色彩之色料，並觀察 A214 α 與色料混合之釉藥在燒製後的發色狀況是否良好，可供廠商使用。





(一)本研究挑選四種色料進行配色，顏色的挑選如表 34。

表 34 試片 A214 α 實用釉藥配色之比例和編號

使用色料/代號	黑色色料/B'	咖哩黃色料/Y	紫色色料/P	咖啡色料/C
比例	11%	11%	11%	11%
編號 A214 α	A214 α B'	A214 α Y	A214 α P	A214 α C

(二)結果呈現如表 35。

表 35 試片 A214 α 實用釉藥之結果呈現

編號	A214 α B'	A214 α Y	A214 α P	A214 α C
圖片				

(三)結論：A214 α 與色料混合之釉藥在燒製後發色狀況皆極佳，且釉面光滑，符合建築用釉之標準，若政府推廣廠商使用**牡蠣殼粉**和**稻殼灰製磁磚用釉**，廠商可用色料進行顏色變化，且結果良好。

伍、研究成果

- 一、經計算分析及試驗可得，「牡蠣殼粉」的比例可取代釉藥總重量百分比為 28.6%，「稻殼灰」的比例可取代釉藥總重量百分比為 14.4%，兩者可取代釉藥重量百分比可達 43%。
- 二、在耐酸鹼測試方面，同時具有「稻殼灰 14.4% 及牡蠣殼粉 28.6% 的磁磚釉面」抗酸鹼能力佳，且狀況良好。
- 三、稻殼灰比例高於 14.4%，在耐酸測試中會污染變色。
- 四、在硬度測試方面，本研究的「牡蠣殼粉加稻殼灰磁磚釉」之硬度值可達 6~7，均符合台灣國家 CNS 標準。
- 五、「牡蠣殼粉及稻殼灰釉」在磁磚上發色情況良好，代表牡蠣殼粉及稻殼灰在取代釉藥上具有極佳經濟價值，值得政府與民間單位推廣。

陸、討論

- 一、加入牡蠣殼粉及稻殼灰的釉藥除了開發不同色彩的建築用釉，往後應可以開發可變性更高的陶瓷用釉和釉上彩。亦可發展衛生瓷器用釉(奈米級釉藥)。
- 二、噴釉時，因為釉藥沉澱速度快，所以動作要迅速且在噴製前宜再攪拌均勻，業界若要實際施以大量釉，建議使用靜電施釉法。
- 三、磨製釉藥時需注意均勻度和顆粒的大小，大量使用建議使用與本研究相同之濕式球磨方式。

柒、結論

- 一、「牡蠣殼粉」與「稻殼灰」兩者可取代釉藥重量百分比達 43%。
- 二、使用碳酸鈣較多的釉式，可用牡蠣殼粉取代比例高，使用二氧化矽較多的釉式，可用稻殼灰取代比例高，牡蠣殼粉再利用具經濟價值及環境保護的效果。
- 三、根據行政院農業委員會漁業署之民國 102 年漁業統計年報，全台牡蠣養殖面積高達 10363.75 公頃，推估全台每年所產生的廢棄牡蠣殼重達 16 萬公噸。以 2015 年 4 月坊間碳酸鈣每公斤售價為台幣 14 元來計算，若將所有的牡蠣殼粉都用來取代釉藥中的碳酸鈣，每日全台可以節省 224 萬元的材料費。
- 四、稻殼是一種廉價的燃料，燃燒後的稻殼灰中有 90% 以上為二氧化矽成分，可用來搭配牡蠣殼粉取代磁磚用釉中的二氧化矽，燃燒後的稻殼灰仍有極佳的經濟價值。

捌、參考資料及其他

(一)行政院農業委員會漁業署·民國 102 年(2013)漁業統計年報

取自 <http://www.fa.gov.tw/cht/PublicationsFishYear/>

(二)行政院農業委員會·煨燒牡蠣殼粉-安全、環保的天然抗菌物質水產試驗所高淑雲·吳純衡 取自 <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=23987>

(三)行政院農業委員會漁業署·漁業推廣第 321 期

(四)范振金(2009)·*陶藝釉藥學*·台北：台北縣立鶯歌陶瓷博物館

(五)羅森豪(2013)·*陶藝創作*·台北：雄獅圖書股份有限公司

(六)薛瑞芳(2013)·*釉藥學*·台北：藝術家出版社

(七)維基百科·*磁磚硬度*·取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%93%B7%E7%A0%96>

(八)維基百科(2014)·*pH 值*·取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/PH%E5%80%BC>

【評語】 040808

本參展作品主要利用牡蠣殼和稻殼灰粉替代紬藥中的部份成分，但受限紬藥高均質性的高度要求，使牡蠣及稻殼再利用的可行性降低，而且稻殼再利用前的焚化，均質化均耗損大量能源，致使廢棄物的再利用不符合經濟效益，但作品探討的標的具有鄉土性。