

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學（三）

組 別：國小組

作品名稱：它藏的住我—塑膠廢棄物在建材利用可行性研究

關 鍵 詞：環保、環保磚、塑膠垃圾（最多3個）

編號：A8015

它藏的住我—塑膠廢棄物在建材利用可行性研究

摘要

本研究旨在探討將不可回收塑膠垃圾與天然纖維材料應用於環保磚製作的可行性。研究首先透過實地訪問製磚工廠，了解磚材的製作流程與實際應用情形，並蒐集相關文獻，探討環保磚常見材料及可利用的在地資源。同時，針對生活中不可回收的塑膠垃圾進行分類與分析，了解其處理方式及對環境造成的影響。實驗部分以水泥漿為基材，調整水泥與水的比例，測試水泥漿包覆不可回收塑膠垃圾的最大量，並加入椰子纖維與瓊麻纖維，探討天然纖維作為部分骨材對磚材性質的影響。

研究結果顯示，不可回收的廢棄塑膠袋可透過水泥漿包覆方式製成磚材，當塑膠垃圾體積減小時，可被包覆的重量也相對增加，有助於減少塑膠垃圾進入焚化爐的數量。此外，瓊麻纖維與椰子纖維可部分取代砂子作為骨材，所製成的環保磚仍具有良好的硬度與承載能力。實驗結果亦發現，環保磚的強度可承受一名小學生的體重，若搭配彩繪設計，可應用於校園圍籬、花圃或步道等環境美化用途。透過本研究，證實廢棄物經適當處理後可轉化為具有實用與環保價值的材料，提升資源再利用的可能性。

壹、前言

一、研究動機

有一天，我們在新聞報導中看到，有裝潢師傅為了省事，竟然將垃圾直接丟進牆壁裡，再把牆壁重新封起來，假裝解決垃圾的問題，真厲害。

這件事讓我們開始重新思考垃圾處理與環境污染的問題。

在生活中，除了可回收的垃圾外，我們也經常看到塑膠袋、糖果包裝等不可回收的塑膠垃圾掉落在地面或路旁，不但影響環境整潔，也增加清潔與後續處理的成本。塑膠屬於難以自然分解的材料，若長期累積，將對環境造成持續性的污染。

另一方面，我們發現日常生活中有許多建築物與人行道都使用大量的磚材，而磚材的製作需要消耗許多天然資源。如果垃圾被隨意丟進牆壁中是錯誤的做法，那是否能將垃圾「正確地」運用在建材中，反而成為一種解決問題的方法？

因此，我們開始思考，若能將廢棄塑膠加以處理後，混入混凝土中，並搭配天然纖維進行包覆與補強，是否能製作出具有實用價值的環保磚，不但能減少塑膠垃圾，也能降低對天然資源的消耗。

基於以上想法，我們選擇以環保磚為研究對象，探討加入回收塑膠、天然纖維後，評估其作為環保建材的可行性。

★與課程相關單元：(南一版)六下第三單元 我們只有一個地球

★SDGs 永續發展目標：6 確保所有人都能享有水、衛生及其永續管理

二、研究目的

- (一) 透過實地訪問製磚工廠，了解磚材的基本製作流程與實際應用情形。
- (二) 探討環保磚的製作材料及相關研究報告，並尋找可用於製作環保磚的在地素材。
- (三) 探討塑膠垃圾的處理及對環境造成的影響，並找出生活中不可回收的塑膠垃圾，進行分類並探討其處理方式。
- (四) 探討水泥漿的泥水比例改變，水泥漿包覆不可回收之塑膠垃圾的最大量。
- (五) 結合椰子纖維與瓊麻纖維所製作的環保磚，是否適合用於環境美化用途，如花圃、步道或校園景觀。
- (六) 藉由本研究，讓垃圾不再只是被丟棄，而能轉化為兼具環保與美化功能的材料。

三、資料收集參考與探討

(一) 製磚工廠實地訪問調查

訪問當天，天空下著綿綿細雨，老師帶著我們撐著傘從學校步行到工廠。

進入工廠的時候，我聽到了「轟隆轟隆」的機器聲，老師大喊：『老闆(台語)，我們來了！』因為下雨天的關係，地板的泥沙又濕又滑，害我們差點滑倒；工廠外，堆了二堆疊得高高砂子，我覺得好奇特喔。

進入工廠內，老闆眉開眼笑地迎接我們，老闆很大方，凡是我們問的問題都盡可能

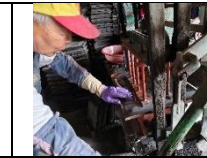
回答，問完問題後，老闆不僅讓我們參觀製作流程，還讓我們參觀他們製作好的磚，最後當我要走時，他們還說有問題的話還可以去找他們。

下面是訪問後整理出來的重點：

1、水泥工廠是由祖輩傳下來的事業，目前是第二代和第三代老闆共同經營，製作的磚包含空心磚、植草磚、水泥瓦、人行道磚…等。

2、磚瓦的材料比例水泥：砂：水各是1：1：1；因為水泥瓦是屬於高壓磚，所以使用的砂是細砂；空心磚使用的砂是粗顆粒的砂。

3、空心磚及水泥瓦灌漿後經過高壓成形，可馬上脫模，脫模後需靜置1~2天晾乾。

				
前往參訪	水泥攪拌機	製高壓磚機器	高壓磚製作	示範做空心磚
				
空心磚牆	花格磚牆	屋頂的水泥瓦	屋脊瓦製作機	水泥瓦成品

4、工廠的成品

空心磚的規格		高壓瓦的規格	
	1. 外長：39cm 2. 外寬：19.5cm 3. 上下厚度：3.5cm 4. 中間厚度：3.2cm 5. 間格高度：12.4cm 6. 間隔寬度：6.8cm		1. 上面寬度：42.3 公分 2. 側面寬度：27.8 公分 3. 側邊高度：1.5 公分 4. 中間高度：3 公分

(二) 塑膠對環境造成的問題探討

1、環境污染的定義

環境污染是指「人類活動或自然過程引起的有害物質進入環境，超過環境的自淨能力」，導致環境質量下降，從而造成危害，對人類健康與生態系統都造成不利影響。由於快速的經濟發展和城市化進程，空氣汙染、水汙染、土壤汙染、廢棄物處理等問題日益嚴重。台灣主要的環境汙染問題中，和我們生活息息相關的除了生活汙水的處理外，就是「垃圾」的問題(表 1-3-1)。

其中垃圾又以塑膠垃圾的問題最為嚴重。依據 2022 年的回收垃圾統計，內含大量的塑膠垃圾沒有被有效的處理，而這些垃圾經過燃燒或掩埋都會造成一定程度的環境汙染。這些環境汙染的物質可能含有大量不同類型的化學物質，而這些化學物質進入環境後，可能通過空氣、水源或土壤進入人類和其他動植物體類，並和人體內的內分泌系統互動，導致健康的問題。

表 1-3-1

台灣主要的環境汙染議題

污染類型	具體數據	主要污染源
河川污染	南崁溪全長 30.7 公里，其中 30.1 公里受中度與重度污染	工業廢水、生活污水
空氣污染	PM2.5 年平均濃度約 15-20 微克/立方米（超過 WHO 標準）	火力發電、工業排放、交通工具廢氣、境外污染
重金屬污染	3,000 公頃農田土壤重金屬超標，地下水中檢出鎘、鉛、砷超標	工業排放、非法廢棄物處理
水污染	50%生活污水未經處理直接排放，部分工業區廢水處理不完善	生活污水、工業廢水
垃圾污染	2022 年垃圾回收率約 55%，大量塑膠垃圾未有效處理	生活垃圾、塑膠垃圾
核廢料	蘭嶼存放約 100,000 桶低放射性核廢料	核能發電
能源污染	火力發電占總發電量 75%以上，每年大量排放 SO ₂ 、NO _x 、CO ₂	火力發電
光害	主要城市光污染嚴重，影響夜空觀測和生態	城市照明、廣告燈箱
噪音污染	某些繁忙路段噪音水平超過 70 分貝	交通噪音、工業噪音

2、塑膠垃圾的回收與分類

絕大多數的塑膠皆可回收，但需要因他們不同的聚合物種類而分類。由於挑選、蒐集、清潔再加工的困難性和昂貴的價格，目前經濟上只能夠應付回收聚對苯二甲酸乙二酯(PET)及高密度聚乙烯(HDPE)。聚氯乙烯(PVC)宣稱可以被回收，但事實上它不是單一材料，而是廣泛含有各類添加物來應用在不同的用途上。

我們發現生活中使用的塑膠製品種類非常多也非常廣泛，包含寶特瓶、牛奶瓶、垃圾袋、塑膠包裝、置物箱、購物籃…等，但是真正被回收再利用的塑膠卻非常少；生活中被利用最多的軟質塑膠，包含塑膠袋、抗靜電袋、零食泡片包裝、膠

帶…等(表 1-3-2)，都沒有被列入日常回收的物品清單中，投入垃圾桶中，最後進入焚化爐焚燒，成了環境的另一種負擔。因此我們希望能夠為這些塑膠垃圾找到對環境影響較小的處理方法。

藍色字體標示的內容是我們這次主要蒐集的塑膠垃圾。

表 1-3-2

常見塑膠垃圾類型與對環境的影響

塑膠垃圾類型	生活中常見例子	是否可回收（實務）	對環境的主要傷害
衛生紙塑膠包裝	抽取式衛生紙外膜	✗ 不可	形成微塑膠、長期累積
奶茶杯、飲料杯	手搖飲杯、封膜	✗ 多被淘汰	垃圾量大、回收失敗
醬料瓶（未清洗）	番茄醬、沙拉醬瓶	✗	油污污染回收鏈
塑膠吸管	一般吸管、珍奶吸管	✗	易進海洋、誤食
複合包裝袋	洋芋片袋、咖啡袋	✗	無法分離回收
黑色塑膠製品	黑色便當盒、餐具	✗	回收設備無法辨識
塑膠袋（薄膜）	超商袋、包裝膜	△ 極低	微塑膠主要來源
塑膠塗層紙容器	紙杯、紙餐盒	✗	紙塑分離困難
PVC 軟質塑膠	雨衣、地墊	✗	含毒添加物
廉價塑膠玩具	扭蛋、夜市玩具	✗	材質混亂、短壽命
真空包裝膜	冷凍食品外袋	✗	高污染、不可回收
即溶飲品包	奶茶包、湯包	✗	多層複合材質

軟塑膠的密度其實取決於材質種類，最常見的是聚乙烯（PE）類塑膠。

以下是此次蒐集的塑膠垃圾的密度範圍：

塑膠種類	密度特性	常見用途
低密度聚乙烯（LDPE） （一般家用垃圾袋最常見）	- 密度：約 0.91~0.93 g/cm³ - 特性：柔軟、有延展性、不易破裂	家用垃圾袋 塑膠袋
高密度聚乙烯（HDPE） （較薄但強度高的垃圾袋）	- 密度：約 0.94~0.97 g/cm³ - 特性：較硬、耐拉伸、較耐刺穿	商用垃圾袋 超市塑膠袋
軟質 PVC（含塑化劑）	- 密度：約 1.16 - 1.35 g/cm³ - 特性：密度高於水（會下沉） 含氯元素，耐酸鹼性佳 若燃燒會產生氯化氫氣體	塑膠袋 薄膜
鋁箔複合袋（Laminated Film） （PET/PE、PET/AL/PE、OPP/PP）	- 密度：約 1.0 - 1.4 g/cm³ - 特性：極高阻隔性、遮光性、良好熱封性、不易破裂、防油與耐化學性	即溶咖啡 奶茶粉

真空包裝膜 (PA/EVOH/PE、 PET/EVOH/PE)	核心結構—強度層 (PA 或 PET) + 阻隔層 (EVOH 或 AL) + 熱封層 (PE) • 密度：實際整體密度需依各層厚度比例加 權計算。 • 特性：透明度高、表面硬度高、印刷效果 佳	冷凍肉品包 裝 香腸包裝 水產品包裝
---------------------------------------	--	-----------------------------

(三) 環保磚製作的相關文獻探討

因為我們沒有製磚的經驗，所以從網路上搜尋許多關於製作環保磚的相關研究，找到了三篇與我們即將研究的主題相關的報告，並整理他們製磚所使用的材料、作法及配比，做為此次研究報告實驗設計的參考，並設計可行的實驗。

1、第 61 屆：金壁灰煌—會呼吸的智慧多孔創新材料初探

(金門縣金城鎮中正國民小學)

材料	做 法
報廢金紙灰、 沙、水泥、 水	磚頭規格 5x5x5 cm 正立方體； 依據專家建議， 以中國國家標準 CNS 規範製作試體配比為 1：2.75：0.485， 製成對照組 S，1 份水泥，2.75 份砂，0.485 份水 將會呼吸的智慧多孔創新材料試體浸泡於恆溫水槽內的飽和石灰 水養護，養護期為 28 天。

2、112 年全國高級中等學校專題實作及創意競賽：利用廢棄椰子與回收寶特瓶製作 CGB 椰絲環保磚之研究(高雄市中正高工)

材料	做 法
水泥 水 細沙 椰絲纖維 塑膠碎屑	先以黃油塗抹水泥砂漿試體模，各組試驗材料秤重後，先乾拌 5min，混合水泥、椰絲纖維、塑膠碎屑，接著倒入拌合水，再濕 拌 2.5min 將拌合水與試樣充分混合。最後以 13x25mm 搗棒分 2 層搗實椰絲 水泥砂漿試體，每層搗實 32 次 製作完成的椰絲水泥砂漿試體，於 24 小時後拆模，並將椰絲水泥 砂漿試體置入 25℃ 水槽中進行養護。

3、第 64 屆：「咖」讚！「啡」典型環保水泥磚—水泥砂漿取代配比強度之探討

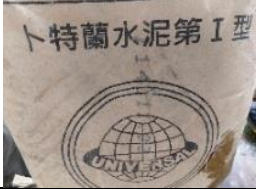
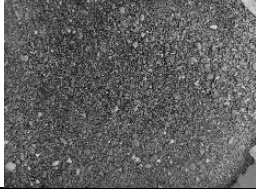
(臺中市私立明道普霖斯頓國民小學)

材料	做 法
卜特蘭 1 號水	(1)首先利用標準配比的水泥砂漿，將其中的砂石重量利用碳化咖

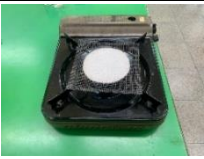
泥	啡渣取代重量的 20 %進行水泥砂漿混合灌模 (2)過程中發現砂石和碳化後的咖啡渣顆粒大小不同，為了確保實驗準確性，先將砂石和碳化後的咖啡渣進行過篩，確保實驗所使用的都是在一定篩選後的砂石以及碳化咖啡渣 (3)取代其中的砂石 20%的重量不但可以節省砂石抗壓力還增加
自來水	
咖啡渣	
砂石	
凡士林	

貳、研究設備與器材

一、研究材料

		
卜特蘭水泥 1	砂	瓊麻
		
椰子殼	廢棄塑膠袋	小蘇打粉

二、儀器與設備

			
鐮刀	大垃圾桶	酸鹼值檢測計	酸鹼指示劑
			
瓦斯爐	大煮鍋	橡膠手套	布手套
			
橡膠槌	鐵鎚	洗衣刷	刮刀
			
菜刀	剪刀	水泥模具 1	水泥模具 2

			
磅秤	電子秤	水泥攪拌桶	中型塑膠盤
			
鐵刷	尺	奇異筆	機油
			
鏟子	水泥抹刀	碎紙機	電鑽

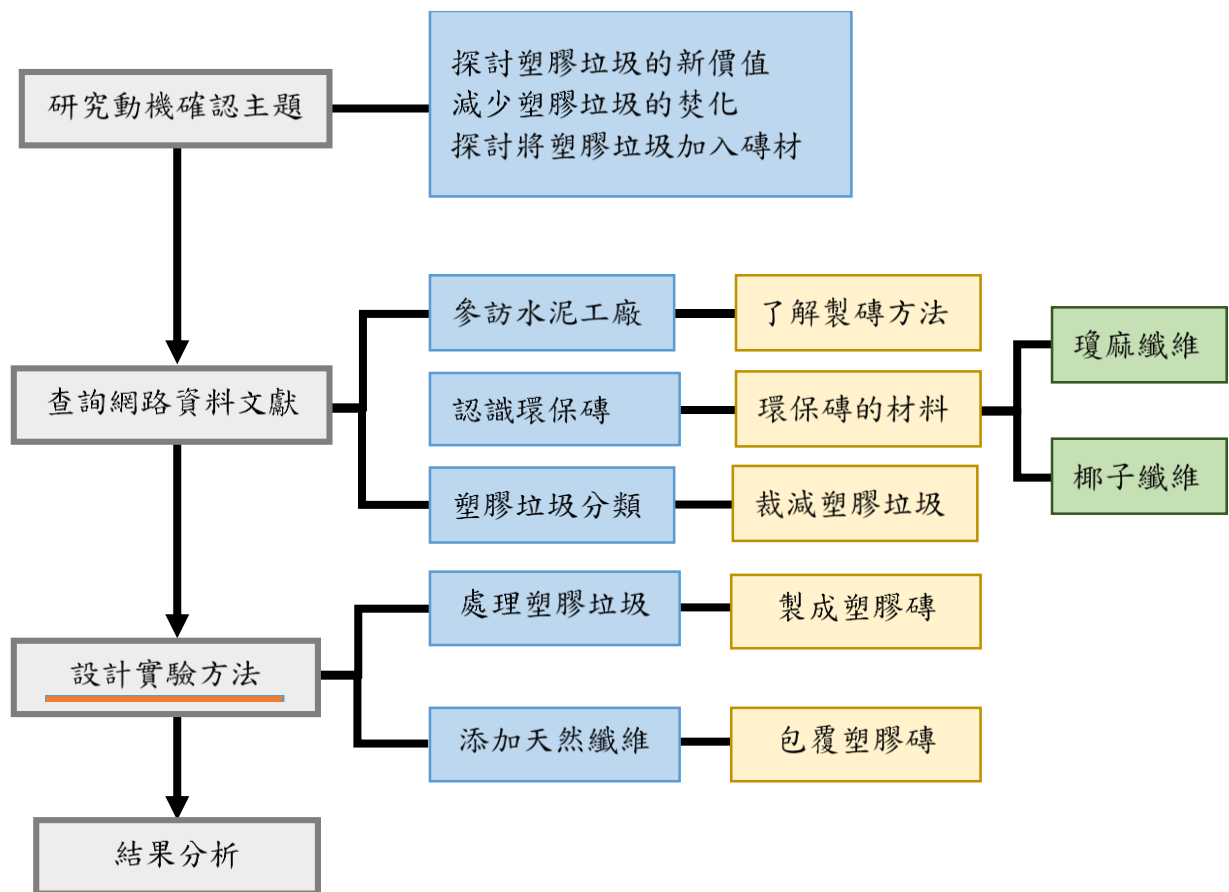
參、研究過程及方法

本研究主要探討塑膠垃圾再利用之方法，期待透過環保磚的製作，解決大量無法被回收處理的塑膠垃圾問題。

本研究針對政府訂定無法被回收再利用或含有鋁箔等複合性材料的包裝袋，經處理後，混合卜特蘭Ⅰ型水泥，探討製作塑膠磚之可行性及水泥漿包覆塑膠垃圾之最大量；再使用水泥砂漿混和天然纖維作為外殼，包覆塑膠磚，增加塑膠磚之強度，應用於生活中。

從實作過程中，了解環保高壓磚的工程性質，探討水泥漿可包覆塑膠的最大量，進而提供塑膠磚之可行性參考。

一、實驗規劃流程圖



二、實驗準備

(一) 瓊麻取纖維

- 1、採集瓊麻：前往屏南沿海地區採集自然生長的瓊麻；瓊麻前端有尖刺，一定要先做切斷的動作才能放入採集的袋子內，以免刺傷。



- 2、取瓊麻纖維：為了找出較為理想的處理方式，我們嘗試了以下幾種方法：

	步驟一	步驟二	步驟三	討論與發現
方法一	 先將瓊麻敲碎	 再刮除葉肉	 晾乾	在敲碎瓊麻含括除葉肉的時候會一直被瓊麻的汁液噴到，噴到汁液的部位也會很癢。
方法二				熬煮瓊麻的時候一直聞到鍋子裡傳出來濃烈的臭味，但是在處理瓊麻的時候比較不費力。

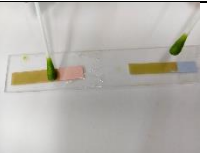
	放進小蘇打水 中煮沸 45 分鐘	浸泡放涼， 再刮除葉肉		
方法三	 將瓊麻浸泡一週 後敲碎葉肉	 再刮除葉肉	 用力刷洗後較乾 淨	在處理這些瓊麻的時候雖然一 直聞到腐臭的味道，但是刮除 葉肉的時候比第二種省力。
方法四	 將方法一~三處 理後的纖維再用 小蘇打水煮 45 分 鐘	 放涼後再進行最 後的刮除	 風乾瓊麻纖維	最後將前三種方法的瓊麻先浸 泡小蘇打水，並滾煮 45 分鐘後 將剩餘的葉肉刮除乾淨後進行 風乾。

經過比較與實際操作後，我們發現**方法三**，先浸泡瓊麻一週後再進行葉肉的刮除最有效率，不僅步驟相對簡潔，也較為省力，處理效果較佳。為了使瓊麻纖維更乾淨，所以增加了方法四，將所有已經作初步處理的瓊麻纖維做第二次的處理。

除此之外，因為瓊麻的葉肉飽滿，處理過時間過長會產生濃重腐敗氣味，隨著時間愈發明顯，甚至令人作嘔；所以處理瓊麻需要把握時效性。

3、瓊麻汁液酸鹼值測試

在處理瓊麻的過程中，我們發現只要被瓊麻汁液滴到，皮膚就會出現發癢的情形。起初我們以為瓊麻呈鹼性，才會造成刺激；然而，經由酸鹼值檢測劑與石蕊試紙檢測後，確認瓊麻汁液其實屬於酸性。

		
將瓊麻搗碎， 取瓊麻汁液。	取瓊麻汁液滴在紅色 及藍色石蕊試紙上	酸鹼測試儀檢測出 pH 值 5.18，呈酸性

(二) 椰子殼取纖維

- 1、蒐集：向販售椰子水的攤商索要空椰子殼。
- 2、剖開：將椰子殼用刀子剖開，分小塊。
- 3、取核：用槌子及銼刀等工具，先取出椰子殼內的硬核。
- 4、取絲：再將去核後的椰殼用鐵鎚敲碎，分離椰殼與纖維。
- 5、風乾：將取好的椰子纖維放置通風處，進行風乾；並不定時地翻動，確認椰絲都

有通風。

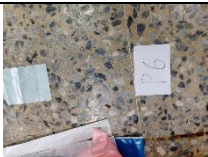
6、清潔：清除沾黏在椰絲上的椰殼渣。

7、裁減：剪成約 3~5 公分小段備用。

				
收集椰子殼	把椰子殼剖開	接著把果核取出	把椰子纖維敲軟	取出椰子纖維
				
風乾椰子纖維	清除殘留椰肉	裁剪椰子纖維	確認椰絲長度	

第一批取回的椰子殼在剖開後因為風乾的時間過長，所有的椰子殼變得異常堅硬，無法取下椰子纖維；因此又向攤商取了第二次椰子殼，這次加快處理速度，在椰子殼風乾前刮除椰肉，順利取下椰子纖維，進行風乾工作。

(三) 塑膠垃圾收集與處理

				
蒐集塑膠垃圾	集中清潔晾乾	依軟硬度分類	碎紙機絞碎	剪成小片

1、蒐集：從校園中或日常生活中尋找無法被回收的塑膠垃圾。

2、清潔：部分拿來包裝油膩或是潮濕物品的塑膠需要先清潔晾乾。

3、分類與裁減：塑膠垃圾的硬度因為製作過程不同，厚薄度及柔軟度都有不同，且大小不一，因此將蒐集的塑膠垃圾進行分類及比較，並討論其處理方式。

(1)依塑膠垃圾材質進行分類。

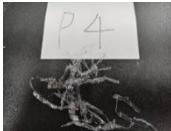
(2)依據手感進行柔軟度討論與比較。

(3)取約 3 公分寬之長條，放入碎紙機中，進行絞碎測試。

表 3-2-1

放入碎紙機絞碎結果討論(柔軟度比較：1 最柔軟，8 最堅硬)

編號	圖片	柔軟度比較	碎紙結果	可否用碎紙機	文字描述
P1		1		☐ 可 ☒ 否	1. 此類塑膠包含免洗筷包裝及材質較薄的塑膠袋。 2. 經過碎紙機絞碎後，塑膠袋纏繞在碎紙機的刀片上。

P2		2		☐ 可 ☒ 否	1. 這是一種不太容易拉成兩半的軟塑膠。 2. 進入碎紙機後，一部分的塑膠卡在裡面，出來的碎塑膠也沒有完全變成長條。
P3		7		☒ 可 ☐ 否	1. 此類塑膠是零食包裝袋，較硬但一撕開。 2. 放入碎紙機後有被切成條狀，但還是有點卡住。
P4		4		☒ 可 ☐ 否	1. 這組不太硬又不太軟而且有些檢的時候會發出較大的聲響。 2. 放入碎紙機後有如預期的被切成長條狀，但一樣不完整。
P5		3		☐ 可 ☒ 否	1. 這類塑膠大多是衛生紙的包裝袋，比零食包裝袋軟。 2. 經由碎紙機絞碎，不但沒有被切成條狀，反而一堆一堆的碎狀。
P6		5		☒ 可 ☐ 否	1. 這一組是黏貼在貼紙後面的防黏紙。 2. 進入碎紙機後，可以成功地被切成細小碎條。
P7		6		☐ 可 ☒ 否	1. 此類塑膠是厚度較厚的夾鏈袋塑膠袋。 2. 放入碎紙機中，僅有少部分塑膠被切斷，大部分塑膠仍保持原來片狀的樣子。
P8		8		☒ 可 ☐ 否	1. 此類是塑膠吸管，也是8組塑膠中最硬的類別。 2. 將吸管裁成條狀後放入碎紙機中，吸管並未如預期的斷成碎片出來，只有部分被切斷，仍保有部分長條吸管的樣子。

雖然經過碎紙機絞碎的塑膠體積明顯因為擠壓與切割，所以縮小了許多，但是碎紙機無法有效地協助裁減塑膠垃圾，在測試過程中需要耗費大量時間反覆清理夾在刀子裡的塑膠，因此此次實驗仍決定使用人工裁剪的方式處理塑膠垃圾。

(4)裁減塑膠垃圾：將大片的塑膠垃圾裁剪成約1平方公分的小碎片，縮小塑膠垃圾視覺上的體積。

經過裁減之後，因碎片大小不同，相等重量的塑膠垃圾產生不同的視覺體積變化；碎片越大，視覺體積越大；碎片越小，視覺體積越小；以下是比較圖表：

	未裁切	較大的碎片	較小的碎片
照片			
重量	50g	50g	50g
視覺體積	無裁剪之視覺體積最	裁剪體積較大，	裁剪體積較細碎，

比較	大，無法完全裝進塑膠盒中	視覺體積略小，剛好可以裝滿塑膠盒	視覺體積最小，僅占塑膠盒約 3/5 體積
----	--------------	------------------	----------------------

三、水泥塑膠磚實驗設計及實驗結果

水泥塑膠磚的製作是本研究主要完成的重點工作，主要使用的材料為水泥、水與塑膠垃圾碎片。從實驗過程中，期待找到水泥漿可包覆的塑膠垃圾最大量。探究影響包覆最大量的因素包含塑膠垃圾體積大小及水泥漿的配比。

				
測量水泥重量	加水攪拌	加入塑膠碎片	充分攪拌均勻	靜置等待固化

（一）探究水泥漿的水灰比與水泥固化現象

以水泥重量及水量 1：0.5 為基準，提高添加在等量水泥之水量，使水泥重量：水量達到 1：0.6、1：0.7、1：0.8 及 1：1，檢視水泥是否能夠順利固化並完整脫模。

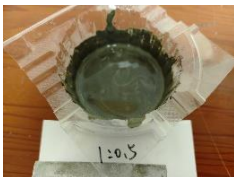
1、實驗設計

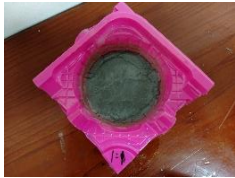
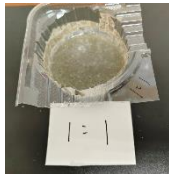
控制變因：水泥重量 50 公克

操縱變因：水灰比(1：0.5~1：1)

應變變因：固化情形

2、實驗結果

配比	水泥	水	照片		描述
			澆置	脫模	
1：0.5	50g	25g			水泥漿較濃稠，呈膏狀 脫模後形狀完整
1：0.6	50g	30g			攪拌時較不費力 脫模後形狀完整
1：0.7	50g	35g			攪拌時水泥漿較清澈 脫模後形狀完整

1 : 0.8	50g	40g			水泥漿幾乎呈現水狀 固化後表面有一層薄膜
1 : 1	50g	50g			攪拌後靜置數分鐘，水 與泥分離，從外觀可看 見明顯的分層 下方水泥凝固後，上方 有一層水。 出現泥水分離現象。

3、討論

在本次實驗中，我們透過調整不同的水灰比(1:0.5~1:1)，觀察水泥漿體在攪拌、澆置及脫模後的狀態，以了解水量對水泥磚製作的影響。實驗結果顯示，當水灰比為1:0.5時，水泥漿較為濃稠，攪拌時需要較大的力氣，但可順利成型，脫模後磚體外形完整，顯示水量較少時，材料結構較為緊密。

當水灰比提高至 1:0.6 與 1:0.7 時，水泥漿的流動性增加，攪拌較為容易，且澆置時能較均勻地填滿模具，脫模後磚體仍保持完整形狀，顯示此範圍的水灰比在操作性與成型效果之間取得較好的平衡。

然而，當水灰比增加至 1:0.8 時，水泥漿體已呈現較為稀薄的狀態，雖然流動性佳，但在固化後表面出現較明顯的薄膜狀現象，可能與水分過多導致水泥顆粒分布不均有關。當水灰比達到 1:1 時，攪拌後靜置一段時間可觀察到水泥與水產生明顯的分離現象，下層為較濃的水泥漿，上層則出現水層，顯示水量過多會影響材料的穩定性，進而可能降低磚體的強度與品質。

綜合本次實驗結果可以發現，水灰比會直接影響水泥漿的流動性、攪拌難易度以及成型後的穩定性。水灰比過小時雖然結構較緊密，但操作較不容易；而水灰比過大則容易產生分層與水分離的情形，不利於磚體品質。因此，在進行水泥磚或環保磚製作時，選擇適中的水灰比（如 1:0.6~1:0.7）較能兼顧材料的施工性與成型品質，使磚體在脫模後保持完整且穩定的結構。

(二) 探究影響水泥漿包覆塑膠碎片重量之因素

實驗一：塑膠碎片的大小與水泥包覆量的關係

1、實驗設計

控制變因：水泥漿之水灰比為 1：0.5，水泥 50g，水 25g。

操縱變因：塑膠碎片體積大小

應變變因：包覆塑膠碎片重量

2、實驗結果

	塑膠碎片體積		塑膠碎片重量		脫模	脫模照片	
1	約 1-2cm ²		4g		✓		
2	約 0.1cm ²		10g		✓		

塑膠碎片的大小影響水泥漿包覆塑膠碎片的重量；當塑膠碎片體積較大時，等量的水泥漿只能包覆約 4 公克的塑膠碎片，且表面出現較多沾滿水泥漿的突起塑膠片，脫模時會因為碰觸而掉落水泥碎屑；塑膠碎片體積較小時，等量的水泥漿可以包覆約 10 公克的塑膠碎片，且表面較光亮平整。

3、討論

當塑膠碎片體積越小時，水泥漿可以包覆的塑膠碎片就會增加。

實驗二：水泥漿水灰比與包覆塑膠碎片重量的關係

1、實驗設計

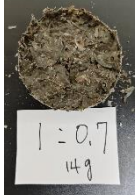
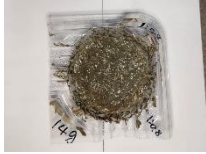
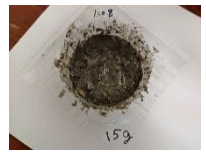
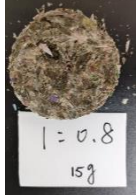
控制變因：塑膠皆為小體積之碎片

操縱變因：水泥漿之水灰比

應變變因：包覆塑膠碎片重量

2、實驗結果

編號	水灰比	水泥重 (g)	水重 (g)	加入塑膠重量		可脫模	脫模照片
1	0.5	50g	25g		10g	✓	

2	0.5	50g	25g		11g	✓	
3	0.6	50g	30g		11g	✓	
4	0.7	50g	35g		14g	✓	
5	0.8	50g	40g		14g	✓	
6	0.8	50g	40g		15g	✓	

在水灰比等於 0.5 時，包覆 10 公克塑膠碎片時可以完整包覆，沒有裸露在外的塑膠碎片，且固化脫模時，掉落的碎屑較少；相等水灰比之水泥漿包覆 11 公克塑膠碎片時，花了比較多時間進行攪拌，且表面露出較多較明顯的塑膠碎片，固化脫模時，掉落較多的碎屑，明顯包覆情形較不佳。

在進行其他比例之水泥漿包覆測試時，依據前一項實驗結果調整增加塑膠碎片重量，例如水灰比 0.5 時最大量為 10 公克，當水灰比增加到 0.6 時，塑膠碎片從 10 公克開始增加，至攪拌時無法將塑膠碎片完全被水泥漿包覆時，停止增加塑膠碎片。

3、討論

根據表格內容，此實驗是在固定水泥 50g、改變水灰比並加入不同重量塑膠碎片（10 - 15g）的情況下，觀察是否能順利脫模與磚體外觀的變化。可從材料混合性、成型性與外觀結構三個面向進行討論：

本實驗結果顯示，在加入塑膠碎片後，不同水灰比仍然會影響材料的混合狀態與

磚體成型情形。在水灰比 0.5 時，雖然水泥漿體較為濃稠，但仍能與約 10 - 11g 的塑膠碎片混合並順利脫模，顯示水泥漿的黏結性足以包覆塑膠碎片，使磚體保持完整形狀。然而由於水分較少，混合時塑膠碎片較容易集中在部分區域，整體分布較不均勻。

當水灰比提高至 0.6 時，水泥漿的流動性增加，使塑膠碎片在混合過程中較容易分散，澆置到模具內也較為均勻。脫模後磚體形狀完整，表面顆粒分布較平均，顯示適度增加水量有助於材料均勻混合。

當水灰比為 0.7 時，水泥漿流動性進一步提高，此時加入約 14g 塑膠碎片仍能順利成型與脫模，顯示在較佳流動性的條件下，可以容納較多塑膠材料而不影響磚體基本形狀。

在水灰比 0.8 的兩組實驗中，加入 14 - 15g 塑膠碎片仍可成功脫模，但從照片觀察可發現磚體表面顆粒較為明顯，整體結構較為鬆散。這可能是因為水量增加後，水泥漿對塑膠碎片的包覆能力下降，使塑膠碎片更容易聚集於表面或局部區域。

綜合本實驗結果可以發現，水灰比不僅影響水泥漿的流動性，也會影響塑膠碎片在材料中的分布情形以及磚體結構的緊密程度。

水灰比較低時，材料黏結性較強但混合較不均勻；水灰比較高時，混合較容易，但可能使磚體結構較為鬆散。因此，在兼顧材料混合均勻度與磚體結構穩定性的情況下，水灰比約在 0.6~0.7 之間可能較適合作為後續塑膠廢棄物再利用製作環保磚的基礎條件。以目前塑膠碎片重量 14g 與水泥漿水灰比 1 : 0.7 之包覆比例最佳(如表 3-3-3)，換算水泥體積：塑膠體積約為 1 : 0.31。

表 3-3-3

水泥漿重量與重量比

	水灰比	水泥漿重量(g)	塑膠重量(g)	水泥漿：塑膠	最佳比
1	1 : 0.5	75	10	7.5 : 1	
2	1 : 0.6	80	11	約 7.2 : 1	
3	1 : 0.7	85	14	約 6 : 1	✓
4	1 : 0.8	90	14	約 6.4 : 1	

(三) 塑膠磚之製作

將上述實驗結果進行實地測試，設計實際製作之塑膠磚大小之材料配比，並實地進行操作。

1、實驗設計

(1) 塑膠磚體積計算： $19.5\text{cm} \times 9.5\text{cm} \times 4\text{cm} \approx 741\text{cm}^3$ 。

依據水灰比 0.5 水泥磚之密度 $\approx 1.74 \text{ g/cm}^3$ ，

將體積 741cm^3 換算為重量，約 1290g

(2) 使用大小約體積 $1\text{--}2\text{cm}^2$ 塑膠碎片。

(3) 塑膠磚之材料配比：依據水泥漿與塑膠的體積比進行實驗設計，換算所使用的材料重量，如表 3-3-4。

表 3-3-4

水泥漿與塑膠體積比

編號	水泥漿：塑膠	水泥漿		塑膠		總重量 (g)
		體積(cm^3)	重量(g)	體積(cm^3)	重量(g)	
1	1：3	185.3	≈ 330	555.8	≈ 510	840
2	1：0.6	463	≈ 810	278	≈ 260	1070
3	1：0.3	570	≈ 990	171	≈ 160	1150

2、實驗流程

(1) 秤重量測塑膠重量，並加入水泥漿攪拌。

(2) 觀察水泥漿與塑膠攪拌情形，若無法成形則依比例繼續添加水泥漿。

(3) 待水泥漿與塑膠拌勻後，將泥漿倒入模具 1 中，輕輕敲打邊緣，讓空氣排出。

(4) 用抹刀將表面抹平後靜置。

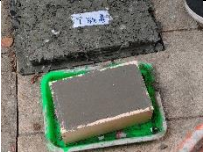
(5) 配置實驗 2 之材料，並充分攪拌。

(6) 將攪拌好的水泥砂漿倒入模具 1 另一側，輕敲邊緣讓空氣排出。

(7) 用抹刀抹平表面後，靜置待磚固化。

(8) 確認充分固化後，用鉗子輕輕敲打進行塑膠磚脫模。

				
量測塑膠重量	調配水泥漿	攪拌水泥漿	拌入塑膠垃圾中	倒入模具 1

				
用抹刀抹平	調配水泥砂漿	製作水泥砂漿 實心磚	實心磚與塑膠磚晾 乾	脫模

3、實驗結果(表 3-3-5)

表 3-3-5

塑膠磚製作結果比較

編號	0	實驗 1	實驗 2
體積比	1 : 3	1 : 0.6	1 : 0.3
重量比	322 : 511	810 : 256	990 : 160
攪拌情形			
固化成形	×	✓	✓
脫模	×		
承受 1kg 靜壓 30 秒	×		
實測重量(g)	×	1205	1260g
比實心磚 減少重量(g)	×	85	30

4、討論

本實驗比較水泥漿與塑膠碎片不同體積比對塑膠磚成形的影響。

實驗初期嘗試比例 1 : 3，但因水泥量不足，無法完全包覆塑膠碎片，混合物黏結性不足，無法順利固化，因此將塑膠比例降低至 1 : 0.6。

在 1 : 0.6 時，水泥漿已能大致包覆塑膠碎片，但仍有部分塑膠裸露，因此進一步調整為 1 : 0.3。

結果顯示，1 : 0.3 時水泥漿能完全包覆塑膠碎片，混合較均勻。

兩種比例的塑膠磚皆可固化並成功脫模，但 1 : 0.6 因塑膠比例較高，水泥包

覆層較薄，脫模時較易碎裂；1：0.3 則結構較完整。

此外，兩種塑膠磚重量皆比實心磚輕，顯示具有發展輕量化環保建材的潛力。

(四) 環保材包覆塑膠磚的實作

1、實驗設計

(1)主要材料：水泥、水、砂、椰子纖維、瓊麻纖維

(2)實際填補體積換算重量約 4865g

計算：水泥模具 2 體積-塑膠磚體積=實際填補體積

水泥模具 2 體積：長 23.5cm ×寬 13.5cm ×高 9cm =2855.25 cm³

2855.25 cm³-741 cm³ =2144.25 cm³

重量換算 2144.25 cm³ × 2.3 g/cm³ = 4862.775g ≈ 4865g

(3)基準體積比→水泥：水：砂 = 1：0.5：2

椰絲+瓊麻 ≈ 砂重量的 2%

(4)表 3-4-1 中之組別編碼英文字母 A 代表無添加；B 代表添加瓊麻纖維；C 代表添加瓊麻纖維及椰子纖維各 1%；D 代表添加椰子纖維。數字 1 是表示包覆實驗 1 之塑膠磚；數字 2 代表包覆實驗 2 之塑膠磚。

表 3-4-1

環保材材料重量配比(單位：g)

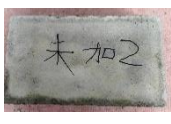
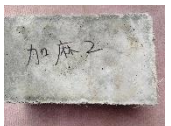
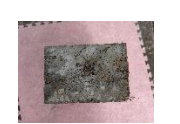
組別	水泥	水	砂	瓊麻纖維	椰子纖維	總重	備註
A1、A2	1390	695	2780	0	0	4865	
B1、B2	1390	695	2724	56	0	4865	瓊麻 2%
C1、C2	1390	695	2724	28	28	4865	瓊麻, 椰子 1%
D1、D2	1390	695	2724	0	56	4865	椰子 2%

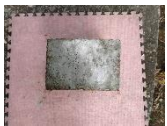
2、實驗流程

		
磚模一一上油	拌勻水泥、砂和瓊麻纖維、椰子纖維	加水繼續拌勻

		
鋪上拌好的水泥砂漿約 2 公分，並輕輕敲打出泥中氣泡	放入塑膠磚	均勻的填入水泥砂漿至裝滿模具，並輕輕敲打出氣泡
		
靜置，等待水泥固化	拆掉模具，並進行脫模	進行磚體養護工作

3、實驗結果與討論

編號	名稱	底面	側面 1	側面 2	重量 1(g)	重量 2(g)	減少
0	實心磚				6380	6350	30
A1	未加一				5980	5920	60
A2	未加二				5960	5920	40
B1	加麻一				5620	5610	10
B2	加麻二				5800	5790	10
C1	加子麻一				5720	5700	20
C2	加子麻二				5620	5600	20
D1	加子一				5880	5820	60

D2	加子二				6040	6000	40
----	-----	---	---	---	------	------	----

(1)觀察磚的外觀，發現未添加纖維的磚表面最平整光滑；添加椰子纖維的磚表面最不平整。

(2)磚的重量比較上，數字 1 組的磚包覆重量較輕的塑膠磚，整體重量應少於數字 2 組的磚，所以 B1 比 B2 少 180 公克、D1 比 D2 少了 160 公克；但 A1 和 A2 在第二次秤重時，重量竟然相等；C1 比 C2 竟然多了 100 公克。

(3)包覆塑膠磚的磚塊重量明顯比水泥砂漿實心磚輕。

(4)混和二種天然纖維約砂子重量的 2%時，發現瓊麻纖維比較柔軟纖細，容易拌入水泥砂漿中；椰子纖維則較粗糙，不容易拌入，且容易裸露在水泥砂漿外。

(5)兩次測量 A 組磚與 D 組磚減少的重量均比 B 組和 C 組多，可探究其與包覆纖維之特性是否有相關。

(五) 環保磚在校園的應用



1、自製的環保磚體積大小適當；硬度可承受體重 30 公斤以上小朋友踩踏；放置在校園步道圍籬邊，可有效將落葉包圍；不僅可以美化校園，還可以圍起樹葉的家，保護樹木的根部。



2、原色的水泥磚擺放在地上，成為保護大樹的小圍籬，跟大地的泥土色相互輝映著；若是加上彩繪，畫上繽紛的色彩及可愛的圖案，則可增加校園繽紛的美感，活化及美化校園。

肆、討論

一、減少塑膠垃圾：生活中使用塑膠的範圍非常廣泛，不可回收的佔了大部分，此次蒐集塑膠垃圾更是感受深刻。只有減少生活中的塑膠使用量，才能最有效保護地球環境。

二、縮小塑膠垃圾體積：水泥漿包覆塑膠的總重量，除了增加水灰比可增加包覆量外，最關鍵是塑膠垃圾的體積大小影響水泥漿包覆的總重量。

此次最大的困難在於無法有效率的處理塑膠垃圾，裁減塑膠垃圾時因材質較輕薄又軟，所以不容易裁減。後續需繼續探討如何提高處理塑膠垃圾的效率及縮小塑膠體積的方法？

三、製作環保磚時，C 組及 D 組添加椰子纖維的磚塊外觀可看見較多的椰子纖維裸露，且攪拌時較費力。探究其原因可能有纖維量過多或纖維過長等問題，需再探討如何優化椰子纖維，找到能夠讓纖維完全融進水泥砂漿的比例或大小。

四、此次包覆厚度是參考空心磚厚度，約 2 公分。因為塑膠磚佔有厚度及硬度，如果將包覆塑膠磚的纖維水泥砂漿減至 1 公分，環保磚的硬度是否依舊可承受一個小學生的體重？

伍、結論

一、不可回收的廢棄塑膠袋是可以被水泥包覆製成磚，並利用在建材中。

二、當塑膠垃圾體積變小時，水泥漿可以包覆的重量就可以增加，因此可以利用水泥塑膠磚解決塑膠垃圾問題，降低塑膠垃圾進入焚化爐的數量。

三、瓊麻纖維和椰子纖維都可以代替部分砂子做為環保磚的骨材，由天然纖維製成的磚也可以擁有高的硬度，乘載較大重量。

四、因為環保磚的硬度可以乘載一個小學生的體重，所以加上彩繪後，可以擺放在學校圍籬，做為學校環境美化用途。

陸、參考資料

一、112 年全國高級中等學校專題實作及創意競賽：利用廢棄椰子與回收寶特瓶製作 CGB 椰絲環保磚之研究(高雄市中正高工)

二、金壁灰煌 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-082914.pdf?0.6640281137079>

三、殼以隔熱、殼以隔音 [file:///C:/Users/username/Downloads/18868_NPHSF2021-032902%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/username/Downloads/18868_NPHSF2021-032902%20(1).pdf)

四、環境污染的定義 Knowledge<https://www.genehealth.com.tw/knowledge/187>

五、小心！你正陷入「環境荷爾蒙」危機 環境毒物無所不在，如何減少接觸是關鍵！

<https://events.cofit.me/genesis-blog-environmental-hormones-linetoday-30501>

六、水泥水比例：混凝土品質的關鍵密碼，從入門到精通的實務指南

<https://www.whbydcc.com/%e6%b0%b4%e6%b3%a5%e6%b0%b4%e6%af%94%e4%be%8b/>