

# 113 年度氣候變遷創意競賽

## 決賽作品說明書

隊伍編號 + 名稱	煉炭術士 08
作品中文名稱	煉炭成金
作品英文名稱	<b>Biochar Gold</b>

參賽學校：國立中興大學、國立臺灣大學

指導老師：董時叡教授

團隊成員：張晏瑜、何定諭、陳燕麗

# 目錄

壹、摘要.....	3
貳、設計構想	
一、設計動機.....	4
二、構想來源.....	6
參、創作特點與創意說明	
一、創意構想來源.....	7
二、構想背景資料與原創/升級內容.....	8
三、技術與困難度說明.....	10
肆、作品材料說明	
一、簡易生物炭教材與實作課程.....	12
二、商業模式開發.....	14
伍、作品應用範圍及發展潛能	
一、教學教材應用.....	15
二、商業模式應用.....	15
三、總結.....	21
陸、實作成果	
一、團隊任務進度表.....	23
二、生物炭推廣工作坊.....	23
三、離地栽培介質試驗.....	26
柒、工作分配.....	29

## 壹、摘要

本作品以低成本、去中心化的製炭技術，將果樹修剪廢材製成生物炭，提升土壤碳儲與肥力。結合示範田與工作坊推廣應用，並發展碳權交易與多元產品（如貓砂）商業模式，實現農業廢棄物再利用與永續減碳。

This project uses a low-cost, decentralized biochar method to turn orchard waste into soil-enhancing carbon material. Through demo plots and workshops, it promotes farmer adoption. The model integrates carbon credit trading and diverse uses (e.g., cat litter), enabling sustainable waste reuse and carbon reduction.

## 貳、設計構想

### 一、設計動機

根據行政院農委會統計資料，110年國內農業廢棄物約為500萬噸，其中果樹枝條為主要來源之一，農民通常就地堆處在果園空地以期自然分解。然而，因樹木枝條為木質素組成，為高碳且結構堅固的化合物，在天然環境下存在著難以快速分解，進而導致生產空間限縮或容易滋生蚊蟲等問題，因此大多農民仍選擇露天燃燒或交由清運團隊運送至焚化爐處理。

依據台中市政府資料，以2019年台中的研究為例，生質燃燒對PM2.5的貢獻約為10%-15%，並主要集中於農業活動較頻繁的地區與季節。此舉雖然可快速處理廢棄物，卻抹煞其在循環利用的資源以及潛藏的碳匯效益，且也造成空氣污染與遭檢舉罰款的財務風險，而其透過燃燒產生溫室氣體，更加速全球暖化與氣候變遷。但木質廢棄物若經過妥善處理如製作成生物炭，除了可作為碳移除與土壤改良的工具，更讓資源可循環再利用並快速減少推置產生的空間浪費等問題。

生物炭（biochar）被視為是移除大氣中二氧化碳，減緩氣候變遷有效潛力手段，因為強抗解能力，在2018年IPCC指出生物炭是一種負排放技術（Schmidt, 2018）。生物炭是有機物透過高溫低氧的熱裂解過程後的固體產物，諸多研究結果均顯示，因其具有高比表面積、

微鹼性以及結構穩定，不僅可以提高土壤永久有機碳含量，增加土壤陽離子交換容量、土壤透氣性、保水保肥性，並改良劣化酸性土壤。目前台灣各農業試驗場與改良場，皆有針對生物炭於農業應用上做出相關研究與使用方法，以花蓮區改良場所出刊的《淺談生物炭於農業應用》，適度施用生物炭或依照不同類型之肥料調整施用量，其作物生長情形較佳、植株重量提升，且土壤酸鹼度、有效性磷、鉀、有機含量與微生物族群豐富性顯著提高，同時減少土壤溫室氣體排放通量。

現今，生物炭的製作多以大型廠房集中處理的方式進行，例如台中光泰環能引進德國 **PYGEG** 的儀器進行製作，其優點是能即時監測生物炭生產之熱解溫度，並將過程廢熱再利用以及確保甲烷等溫室氣體零排放，來確保固碳效益。然而，缺點是儀器昂貴且需要中心化生產，不利於小農或民眾使用。為了取得生物炭坊間也自行發展許多低成本的製炭技術，例如使用鐵桶、**TLUD**、明火直燒法以及 **Kon-tiki** 等。這些去中心化的製炭方法，讓生物炭生產民主化，更讓生物質料源產生後就近處理，相比於集中式的大型廠房，大幅降低運送廢料的碳足跡，實現在地化與永續循環利用的目標。

雖然使用上述低成本進行生物炭的熱裂解，可能會因為生產技術成熟度不同，而產生不同程度的空氣污染以及甲烷排放，不過如果在符合一定的製炭流程下排放甲烷的量極低(**Cornelissen et. al., 2023**)。

因此，在製作生物炭時，其準備工作以及燒製過程的手法必須標準化，才能確保生產生物炭的過程符合法規並且有其固碳效益。因此，團隊團隊希望先設定都市近郊的果農為目標族群，利用農園因修剪而產生的木質廢棄物，作為在地化生物炭製作的推廣的第一步，並參照國外碳權驗證機構之手工生物炭農廢前處理流程，確保甲烷的排放，並在實作的同時進行空氣品質監測，制定合適且一體適用的標準化流程，以減少空污與溫室氣體的產生並提高生物炭品質。

## 二、構想來源

綜合上述，本專案的核心與創新為針對現有近郊農果農，進行生物炭以及搭配使用生物炭相關的環境友善農法，整合相關固碳知識與管理技術，以及林業試驗所於 2020 年出版的《台灣生物炭產製與農業應用指南》進行推廣，並參考國外碳權驗證機構 Carbon Standard International 其針對低成本生物炭所開發碳權方法學《Global Artisan C-Sink Guidelines for Carbon Sink Certification for artisan biochar production》當中提到的製炭標準，建立一套標準化的操作流程，協助以在地化與低成本方案來解決農業廢棄物，達到資源永續利用並增加碳匯，實現 COP21 巴黎氣候峰會中提出「千分之四」倡議，「對抗土壤劣化」、「確保糧食安全」、「可適應氣候變遷的農業」與「解決方法的例子」。

## 參、創意特點與創意說明

### 一、創意構想來源

本計畫創意核心在於：利用果園或園藝修剪後的木質廢棄物，採用去中心化、低成本的生物炭製作模式，解決廢棄物堆置燃燒問題，同時提升土壤碳匯。與傳統集中式大型廠房不同，團隊使用就地挖掘的土坑（或 Kon-Tiki 漏斗式窯），使小農戶也能不受限資金、空間或時間等困難就地生產生物炭。

此方法兼具多重創新效益：一方面轉廢為用，減少隨意露天燃燒所產生的空氣污染；另一方面將木質碳固定於土壤，可長期扣存二氧化碳，符合 IPCC 對「負排放技術」的認可。同時，生物炭混入肥料施用後，能改善土壤結構並提升作物養分利用效率。與既有做法相比，本計畫的差異性在於在地化和系統化的推廣：不僅設計技術流程，也結合課程、工作坊與示範田，讓農民從理論到實作全面參與，真正實現循環農業的創新典範。

- 在地化製炭：以果園或園藝剪枝木料為原料，在農地挖掘深度至少六十公分的土坑，就地進行熱解製炭，避免了傳統運輸成本和高資本設備的門檻。
- 碳淨零農耕：將製得的生物炭作為農業資材，應用於堆肥或直接入土，以提升土壤碳含量和肥力。這種做法不僅減少燃燒排放，還將碳固定於土壤，與 IPCC 提出的負排放策略相呼應。

- 多重效益融合：技術本身具有自我清潔機制，燒製過程火焰會燃燒熱解時產生的可燃氣體，大幅降低煙塵和甲烷等有害排放。生產後的生物炭投入農地，顯著改善土壤物理與化學特性，增強保水保肥能力，並經實驗證實能有效提高作物產量。這樣的轉化過程將農業廢棄物轉換為可再利用資源，兼顧環境與經濟價值。

## 二、構想背景資料與原創/升級內容

此模式在過去藉由農業廢棄資材產製生物炭並將生物炭產業化在台灣已有相當多的討論，在台灣生物炭產製與農業應用指南中以北中南三區分別提出地區營運模式範例，例如：在北部預計以竹廢棄資材，在中部預計以廢菇包作為生物炭之原料，南部則以果樹修枝。然而，如前文所述這些多仰賴高技術資本設備且尚未看到大規模商業化，當地農民短期內難以負擔，他們需要的是先透過低成本的方式處理農業廢棄資材。

而在國外已有低成本的燒製設備幫助小農透過廢棄資材製作生物炭並成功獲取碳權案例，如：**Biochar Life** 以幫助小農製作生物炭協助農業發展為核心價值，在泰國、馬拉威以及肯亞，以玉米廢棄物，至今取得約超過一萬噸的二氧化碳當量之碳權。雖然，低成本生產的生物炭對比高技術生產可能存在生物炭品質不均，仰賴長期監測技術的品質保障問題，但團隊認為這個模式在短期內是可以補補台灣生物炭產業化前的空窗，解決果農處理修剪枝農業廢棄資材相關痛點解方，

並希望藉由初期此模式雛形建構，將氣候變遷、生物炭以及碳權碳匯等相關知識能夠推廣給農民，進一步加深農民的環境意識和行動力。

- 相關參考文獻

台灣經濟研究院農業循環經濟知識平台（2023年1月5日）。*農業廢棄物露天燃燒對空氣品質的影響*。

<https://agricycle.tier.org.tw/News/More/a93c6a58c0844b8bb301a0b39affd6e>

臺中區農業改良場（2018）。*淺談生物炭於農業應用*。臺中區農業改良場。

[https://www.hdares.gov.tw/upload/hdares/files/web\\_structure/12695/04.pdf](https://www.hdares.gov.tw/upload/hdares/files/web_structure/12695/04.pdf)

臺中市環境保護局（2019）。*108年臺中市細懸浮微粒（PM2.5）成分分析及空品預報計畫*。臺中市環境保護局。

[https://www.epb.taichung.gov.tw/media/750850/108%E5%B9%B4\\_%E8%87%BA%E4%B8%AD%E5%B8%82%E7%B4%B0%E6%87%B8%E6%B5%AE%E5%BE%AE%E7%B2%92-pm25-%E6%88%90%E5%88%86%E5%88%86%E6%9E%90%E5%8F%8A%E7%A9%BA%E5%93%81%E9%A0%90%E5%A0%B1%E8%A8%88%E7%95%AB\\_%E7%A9%BA%E5%99%AA%E7%A7%91.pdf](https://www.epb.taichung.gov.tw/media/750850/108%E5%B9%B4_%E8%87%BA%E4%B8%AD%E5%B8%82%E7%B4%B0%E6%87%B8%E6%B5%AE%E5%BE%AE%E7%B2%92-pm25-%E6%88%90%E5%88%86%E5%88%86%E6%9E%90%E5%8F%8A%E7%A9%BA%E5%93%81%E9%A0%90%E5%A0%B1%E8%A8%88%E7%95%AB_%E7%A9%BA%E5%99%AA%E7%A7%91.pdf)

江汶錦等（2020）。*臺灣生物炭產製與農業應用指南*。臺北市：農委會林試所，台灣農業科技資源運籌管理學會

Cornelissen, G., Sørmo, E., de la Rosa, R. K. A., & Ladd, B. (2023). Flame curtain kilns produce biochar from dry biomass with minimal methane emissions. *Science of the Total Environment*, 903, 166547.

Schmidt, H.-P. (2018). Biochar and PyCCS included as negative emission technology by the IPCC. *Biochar-Journal*.

<http://www.biochar-journal.org/en/ct/94>

Carbon Standard International. (2024). Global Artisan C-Sink Guidelines for Carbon Sink Certification for artisan biochar production, v2.1. *Carbon Standard International*. <https://www.carbon-standards.com/docs/transfer/4000000.pdf>

EBC (2012-2024) 'European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' *Carbon Standards International (CSI)*, Frick, Switzerland. (<http://european-biochar.org>). Version 10.4 from 20th Dec 2024

### 三、技術與困難度說明

本計畫涉及跨領域的技術知識與操作技能，克服實作過程中面臨多項挑戰：

- 生物炭熱解技術：需要因地制宜並掌握木質熱解原理，控制合適的溫度和氧氣供應，以形成穩定的「火焰窗」使木材分批碳化。土坑或 **Kon-Tiki** 窯的設計原則即利用上層燃燒的熱解氣體提供熱源，避免了常規焚燒法造成的煙塵和不完全燃燒。團隊必須具備

實務經驗和現場火場管理技能，確保操作安全且生物炭成品精良。

- 教育與知識傳遞：農民對新技術的接受度和知識落差也是挑戰之一。團隊必須將複雜的碳權資訊、生物炭機理、操作步驟等，轉化為農民易懂的課程和視覺化教材。同時，搭配實地教學，讓農民親身體驗以消除疑慮，以及農業實務經驗，能針對農民的問題提出對應的配套解方。克服這些障礙，需要團隊具備溝通能力和教學設計能力，並與私人企業與公家單位合作，共同推動技術普及與精進。
- 永續商業模式的建立：除提供農民生物炭相關知識與技能，團隊也接洽企業進行合作洽談，以擴大生物炭的產品應用價值與未來市場。此外，在生產的同時，透過公司申請核可上市的碳權販售，增加生物炭附加價值。

## 肆、作品材料說明

### 一、簡易生物炭教材與實作課程

- 生物炭教材線上連結：<https://reurl.cc/GngMep>

團隊：煉炭術士  
成員：何定諭、張晏瑜、陳燕麗  
顧問：臺灣炭農有限公司  
日期：2025年5月24號  
時間：早上9點

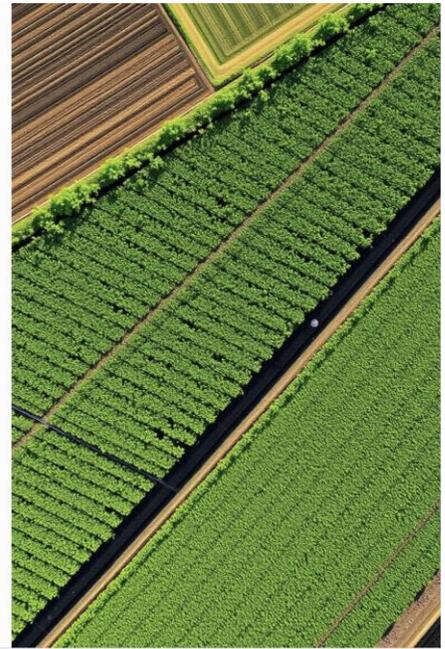


主講人：何定諭、林承恩(合作講師)

#### 低成本生物炭基礎介紹 與製作應用工作坊

本簡報將介紹生物炭的基礎知識，  
包括其製作流程、施用方式、生物炭碳權。

顧問：臺灣炭農有限公司



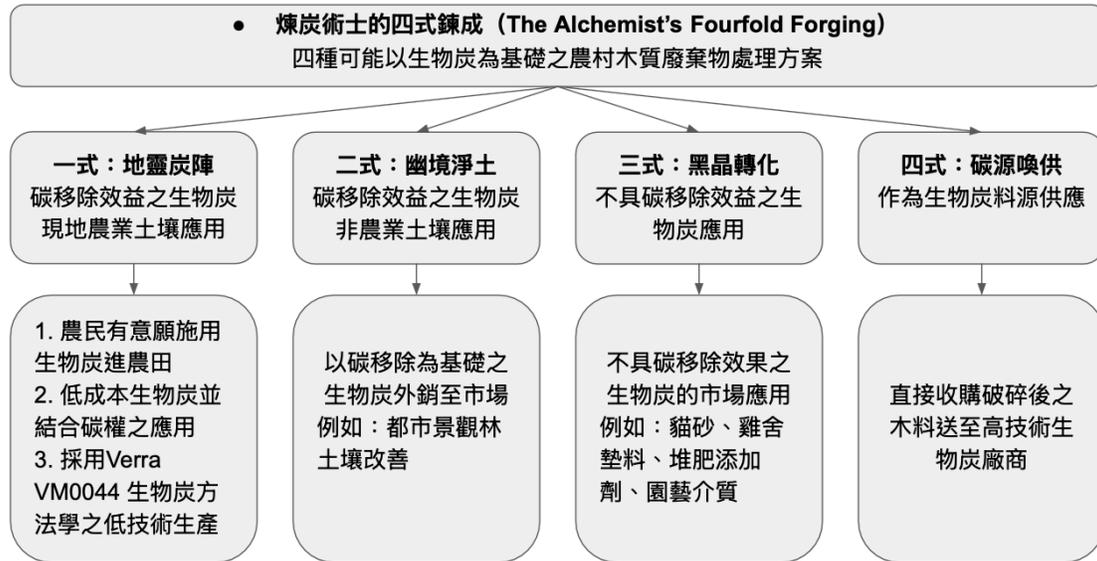
- 實作流程分為準備、製作、應用與驗證幾個步驟：
  1. 原料準備與準備土坑：先由農民合作收集果園或園藝修剪後的木質廢料，將其折剪成適度大小並充分乾燥。接著在空曠場地，挖掘深度至少六十公分，長寬至少一米的土坑。根據其設計原則，下層無火處維持缺氧環境，熱解氣體在上層火焰中燃燒，實現高碳化率。
  2. 生物炭製備：將準備好的木材分批加入土坑中，從上方點燃形成火焰層。火焰穩定後，逐層加料，保持坑內溫度約 600–700°C

以上，直到木料完全碳化。完成碳化後，立刻用水滅火，收集冷卻後的生物炭成品。整個過程中利用滅火前高溫燃燒，盡量將揮發氣體焚燒殆盡，降低污染。

3. 田間施用與比較試驗：將製得的生物炭粉碎後，與有機肥料或堆肥按適當比例混合（以施用土壤質量的 2%計算）。在示範田區，團隊設置兩塊地，一塊不施用生物炭（對照組）、另一塊施用生物炭混合物（處理組），同時栽種土白菜，並於栽培過程中分別監測兩組的生長情況。
4. 離地栽培與比較試驗：將製得的生物炭粉碎後，適當比例混合（以施用土壤質量的 2%計算）。團隊設置三盆介質盆栽，泥炭土（混珍珠石與蛭石）不施用生物炭（對照組）、泥炭土（混珍珠石與蛭石）施用生物炭混合物（處理組一）、有機質土\*（混稻殼）施用生物炭混合物（處理二），同時栽種土白菜，並於栽培過程中分別監測兩組的生長情況。  
\*使用福壽牌大自然基肥
5. 碳匯計算：對收集到的生物炭樣本進行碳含量分析，並依據國際碳匯標準計算封存量。即根據耕地面積、生物炭施用量和碳含量，乘以永久碳儲存係數（ $PAC=0.75$ ）後換算成二氧化碳當量。這些計算將證實技術的減碳效益，以及未來生物炭碳權交易收益預估。

## 二、商業模式開發

- 煉炭術士的四式鍊成 (The Alchemist's Fourfold Forging)



以下具體應用過程與財務分析將由下章應用說明

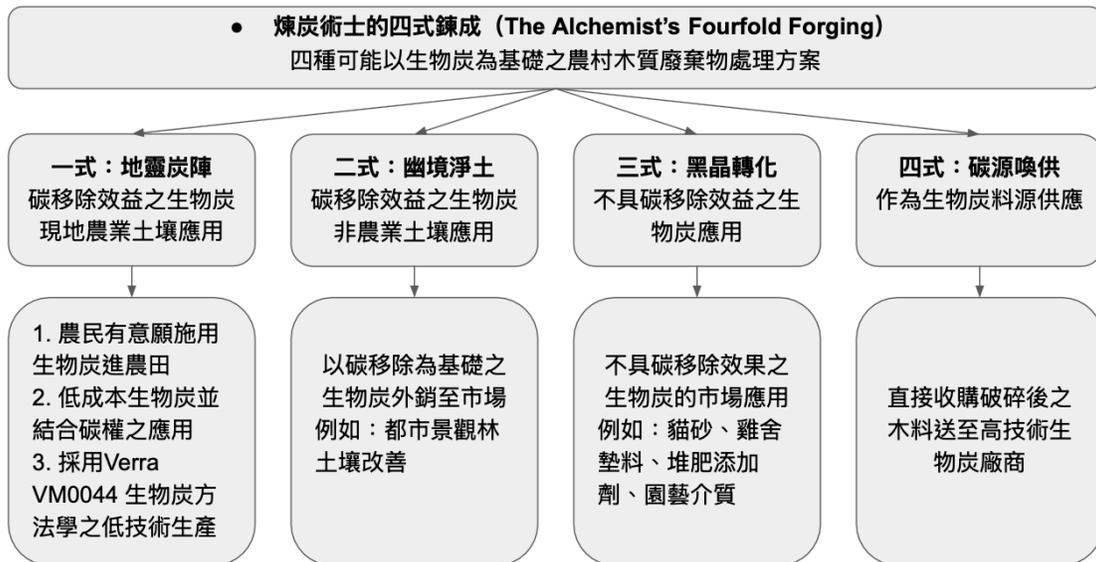
# 伍、作品應用範圍及發展潛能

## 一、教學教材應用

透過本次競賽中，為解決果樹枝條廢棄物無法處理的問題，提出「煉炭術士的四式鍊成」之商業模式外，希望透過多元利用的管道處理台灣農業廢棄物之問題。然而過程中，農民的對於廢棄物再利用的認知與意識更為重要，若農民都無法理解這件事，更遑論行動，因此團隊設計出一份推廣低技術生產生物炭之教材，並到農業現場進行生物炭的工作坊，其中課程設計包含知識課程以及土坑型之生物炭製作實作。

## 二、商業模式應用

- 煉炭術士的四式鍊成 (The Alchemist's Fourfold Forging)



❖ 一式：地靈炭陣：炭移除效益之生物炭現地土壤應用

1. 料源描述：

表 臺中市柑橘枝條生產狀況 (2019)

縣市	鄉鎮	年單位面積產量 (公噸 / 公頃)	年產量 (公噸)	栽植面積 (公頃)	收穫面積 (公頃)
臺中市	北屯區	19.87	4420.66	222.43	222.43
臺中市	后里區	10.86	1031.14	94.98	94.98
臺中市	和平區	17.08	4373.1	256.05	256.05
臺中市	外埔區	20.73	392.3	19.07	18.92
臺中市	大甲區	20.25	27.95	1.38	1.38
臺中市	大里區	11.03	32.54	2.95	2.95
臺中市	大雅區	8.49	8.49	1	1
臺中市	太平區	14.4	103.42	7.48	7.18
臺中市	新社區	21.06	4560.29	216.58	216.58
臺中市	東勢區	18.95	21857.81	1188.96	1153.5
臺中市	沙鹿區	12.25	2.45	0.2	0.2
臺中市	清水區	12.32	23.17	1.88	1.88
臺中市	潭子區	20.65	1306.9	64.29	63.29
臺中市	烏日區	18	10.8	0.6	0.6
臺中市	石岡區	18.92	3388.33	188.82	179.06
臺中市	神岡區	15.5	16.27	1.05	1.05

臺中市	西屯區	11.6	1.39	0.12	0.12
臺中市	豐原區	15.93	3427.33	215.46	215.15
臺中市	霧峰區	14.55	97.47	8.7	6.7
臺中市	龍井區	19.56	26.41	1.35	1.35
	<b>Total</b>	<b>16.1</b>	<b>45108.22</b>	<b>2493.35</b>	<b>2444.37</b>

資料來源：生物炭料源供應及應用管理平台

總計：臺中市平均每公頃的柑橘果樹約會生產 **16.1** 噸的柑橘廢棄枝條

## 2. 碳匯公式計算：

- 依據 Verra 低技術生產之碳移除公式計算：

$$M * F * PR * 44/12 - Fe * GWP_{ch4} * M - PE_{\text{輔助能源}} - PE_{\text{應用加工}} - LE_{\text{生物炭運輸}}$$

參數解釋如表方法學參數欄位

- 假設一：在低技術生物炭製作中，假設不會使用到輔助能源，因為果樹枝條被修剪後，採陽光曝曬法使其乾燥，以 Kon tiki 或土坑低技術生產因能源來自於生物質本身，並不會使用額外能源。
- 假設二：在應用加工中，假設不會有碳排，在製程中使用土坑或 Kontiki 製作生物炭時，可容納較大的樹枝枝條，並不需要破碎成小塊即可燒製。
- 假設三：在生物炭運輸中，在方法學的規範下，若運送距離低於 200km，可忽略不計。

### 3. 參數計算假設：

整體計算之參數假設主要分成三大塊，分別為成本花費、情境計算假設以及方法學參數設定。

- A. **成本花費**：儀器材料費、人事管理費，包含：需要額外聘請額外的勞工來對整個燒製流程進行品管與驗證，以符合方法學 dMRV 之要求。人員移動交通費、農夫生產生物炭之部分回饋、國際生物炭驗證費用、差旅開支以及雜支費用
- B. **情境計算假設**，參與計劃的農夫數量、每位農夫擁有之農地面積、在地品管驗證人員數量、平均每公頃的果園能產出多少生物炭、生物炭之碳含量、國際生物炭碳權價格。
- C. **方法學參數**：永久調整係數、甲烷全球暖化潛勢、甲烷排放量、生物炭乾重。

A. 成本花費假設	B. 情境計算假設	C. 方法學參數
Equipment and Materials	Farmers participated in the project	PR: Permanent Storage Adjustment Factor
Management Personnel	Number of verification personnel	GWP <sub>ch4</sub>
Transportation	Land area of each farmer	Fe (CH <sub>4</sub> emissions) (t CH <sub>4</sub> /ton biochar)
Labor Cost	Total biochar produced from	M (Biochar dry weight)

	each land	
Carbon Credits Verification and Sales	Carbon credit price	
Travel Cost	Biochar's Carbon content	
Miscellaneous Costs	Orange waste production (ton / ha)	

#### 4. 小結

最後團隊將上述參數進行成本、營收與利潤之計算，因為專案參與人數會逐漸累積，因此團隊看從第一年到第五年，**假設參與之農民從 500 位累積到 1300 位參與計畫**。從下表中可以看到，當農民從 500 累積到 1300 位時，第一年約可以產出 1000 噸的生物炭而到第五年約可產出 2600 噸的生物炭。預期固碳量則從 **1388 噸二氧化碳當量**到第五年當有 **1300 位農民**時可以來到該年可以固碳 **3609 噸二氧化碳當量**。營收則可以從約 600 萬元到 1700 萬元，而成本則從 400 萬元到 1200 萬元，專案利潤則從 **25 萬元**到第五年約 **500 萬元**。然而這尚未包含計畫執行人員與公司營運本身之開銷與花費。但就執行人員的規模，假設以 **3-4 人**的公司運行，大致到第三年可以涵蓋公司營運本身之費用。

Year	Farmers	Verification Personnel	Verification Supervisor	Output in ton (Biochar Produced)	Net C-Seq	Total C-Seq Revenue (VCM)
1	500	10	0	1000	1388	NT\$6,664,000.00

2	700	20	1	1400	1943	<b>NT\$9,329,600.00</b>
3	900	30	1	1800	2499	<b>NT\$11,995,200.00</b>
4	1100	40	2	2200	3054	<b>NT\$14,660,800.00</b>
5	1300	50	3	2600	3609	<b>NT\$17,326,400.00</b>

	VCM Method				
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5
<b>Revenue</b>					
Carbon Credit	NT\$6,664,000.00	NT\$9,329,600.00	NT\$11,995,200.00	NT\$14,660,800.00	NT\$17,326,400.00
<b>Total Net Revenue</b>	<b>NT\$6,664,000.00</b>	<b>NT\$9,329,600.00</b>	<b>NT\$11,995,200.00</b>	<b>NT\$14,660,800.00</b>	<b>NT\$17,326,400.00</b>
<b>Cost</b>					
<b>Total Cost</b>	<b>(4,097,367.75)</b>	<b>(6,176,210.25)</b>	<b>(8,293,062.75)</b>	<b>(10,418,210.25)</b>	<b>(12,526,767.75)</b>
<b>Net Income/Loss</b>	<b>2,566,632.25</b>	<b>3,153,389.75</b>	<b>3,702,137.25</b>	<b>4,242,589.75</b>	<b>4,799,632.25</b>

上述之數據提供了描述了上述提到的商業模式開發的第一種類型，從數據顯示來看，在財務之永續性上可能可以達成，來讓模式能夠運行。然而，現地的生物炭製作可能會有突發狀況，訪談與資料搜集的過程中，學界對於生物炭施用於土壤中就有支持與不支持之兩套看法，這也使得很多農民持觀望的態度，而不敢輕易施用生物炭進入自己的農地中。團隊更發現到，很多農民其實會燒制生物炭，但重點是如果不進入到自家農地，燒出大量的生物炭反而成為另外一種廢棄物。因此，生物炭到後續的應用到食用農業土壤以外的場景變得非常重要。

#### ❖ 二式-幽境淨土：炭移除效益之生物炭現地非食用農業土壤應用

團隊可以將生物炭應用到非食用地景的土壤中，例如公園綠地，來增加公園土壤之透氣透水性，又不影響到食安問題。在過去已有施用案例，農委會林業試驗所於 2019 年針對忠義國小校園內二株列管珍貴樹木及中山國中內未列管樹木二株，在這段期間進行生物炭土壤改良的試驗初步成效。

#### ❖ 三式-黑晶轉生：不具炭移除效益之生物炭應用

然而生物炭本身也有非碳移除功能之應用，藉此打開更多元的應用場景，讓農業廢棄資才有再利用的價值，本團隊就與連橫生技公司進行生物炭之貓砂開發，將本次在神岡與田尾所製作的低技術生物炭送往該公司，進一步探索生物炭更多元利用之價值。該公司為全台第一家再生貓砂代工廠。

#### ❖ 四式-碳源喚供：作為生物炭原料供應

若有農民不想在自家製作生物炭，則最後一種木料搜集模式則適合此類農民。透過破碎木料、乾燥並檢驗該木料之品質與有毒物質殘留量等一謝列流程。在合格之後則可將該木料送至台灣高技術生產生物炭之公司，如光泰環能。

### 三、總結

本技術在環境、農業與社區層面具有極大價值：

- **技術面向**：透過去中心化的低成本非爐灶型的生物炭製作方法，讓農民不須額外出資購買爐具，同時可以就地自製生物炭並就地應用，減少木質廢棄物又多一項自然資材使用。
- **環境面向**：轉化農業廢棄物為生物炭，可大幅減少露天燃燒產生的 PM2.5 與 CO<sub>2</sub> 排放，增加土壤長期碳庫，成為臺灣實現 2050 淨零排放的關鍵技術之一。生物炭作為一種固碳手段，被證實能有效將大氣中 CO<sub>2</sub> 固定回土壤，有助於緩解全球暖化。
- **農業面向**：生物炭改善土壤結構、提高有機質含量和微生物活性，增強保水保肥能力，進而減少化肥用量並提高作物產量。技術推行後，可使農地循環利用廢料、提高單位面積產出，同時響應友善耕作和碳權計畫，為農民帶來新收益。
- **社區與經濟面向**：透過示範田和培訓課程提高農民環保意識，形成社區間的技術傳播與示範效應。所生產的生物炭可以作為地方綠色產品，透過社區合作社或碳交易市場銷售，刺激地方產業鏈。結合政府補助與碳權激勵，鼓勵更多農民參與，一同擴大減碳農業實踐，創造農村永續發展的新價值。

## 陸、實作成果

### 一、團隊任務進度表

從教材製作到後期商業模式開發到洽談，團隊努力持續不懈得尋求最佳解方，與農民共創永續的合作經營模式。

Tr 任務	狀態	負責人	形式	截止日	Tr 目的	備註
光泰環能股份有限公司	已完成	何定諭	產業參訪	2025/3/13	洽談未來商業合作模式	
草莓苗之生物炭介質試驗	已完成	何定諭	產品試驗	2025/4/1	測試生物炭於離地栽培的應用與介質比例	
玗如有機農場之離地栽培說明	已完成	何定諭	產業參訪	2025/4/6	了解離地栽培可應用的替換資材與注意事項	
石岡生物炭實作教學	已完成	張晏瑜	團隊教學實作...	2025/4/12	了解農民實際操作困難 檢測是否有空汙疑慮 生物炭樣本化驗	攝影：何定諭
田尾生物炭實作教學	已完成	張晏瑜	團隊教學實作...	2025/4/19	教學推廣低碳去中心化生物炭製作，了解產業 困境與需求，協助田尾休閒農區之花卉園藝與 有機農民之廢棄物在地處理，同時洽談進一步 的深入合作。	講師：何定諭、林承恩（合作講師） 攝影：陳麗燕
光泰環能商業合作洽談	已完成	張晏瑜	商業洽談	2025/5/9	商業模式四之生物炭料源販售管道 生物炭產品開發	

### 二、生物炭推廣工作坊

本團隊已在所選農區完成兩處生物炭示範田建置，分別為石岡與田尾，共 22 位人士實到參與推廣課程，女性 11 人、男性 11 人。

- 團隊與顧問合作夥伴一同前往石岡栽培柑橘的農地實作。

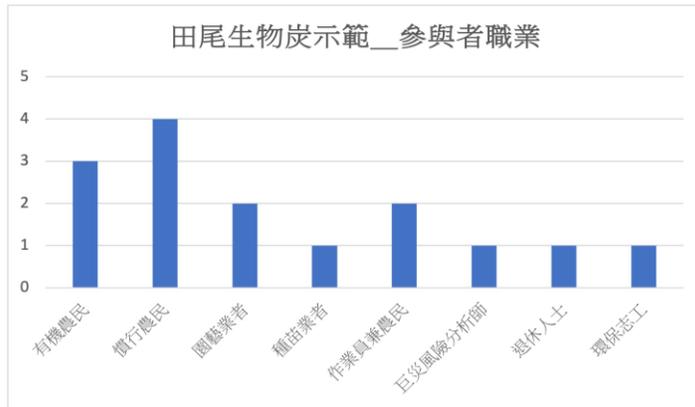


- 團隊與顧問合作夥伴一同前往田尾休區進行生物炭推廣工作坊。

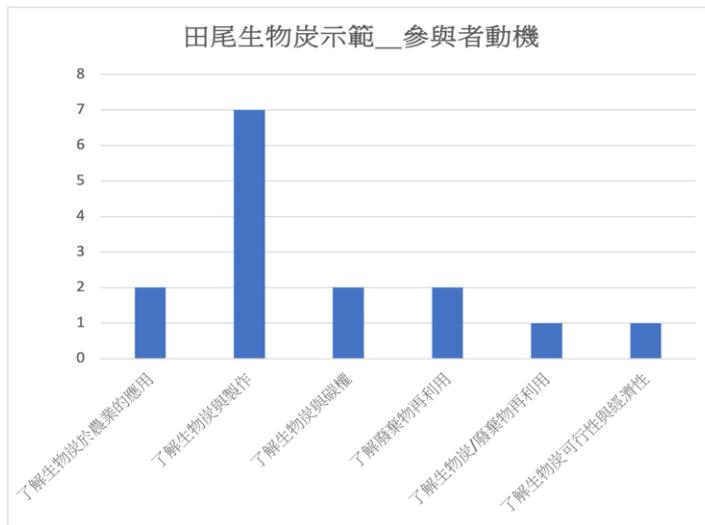


課程回饋問卷調查實收份數為 15 份，課程調查滿意度以非常不滿意為 1 分至非常滿意 10 分為範圍，平均「簡報課程滿意度」為 9.3 分，平均「實作課程滿意度」為 8.9 分。而參與者職業分佈廣泛，有農民、退休人士、園藝業者、環保人士等（見下圖一），分佈廣泛，因此透過滿意度調查可知課程教材的接受度高、易於理解。此外，透過參與者動機得知「生物炭的知識與技術應用」與「廢棄物再利用」為兩大主要誘因，使參與者來參加課程（見下圖二）。

圖一、田尾生物炭示範\_\_參加者職業調查



圖二、田尾生物炭示範\_\_參加者動機調查



### 三、離地栽培介質試驗

- 離地栽培（草莓）中應用生物炭，進行對照觀察。

對照組：泥炭土（混珍珠石與蛭石）不施用生物炭

處理組一：泥炭土（混珍珠石與蛭石）施用生物炭混合物

處理二：有機質土（混稻殼）施用生物炭混合物

每盆皆已定量澆水，約二至三天澆水一次（視氣候狀況而定），起初生長狀況皆良好，直到 4 月 5 日下雨後，可能因為土壤過濕，導致對照組無施用生物炭的草莓植株逐漸萎凋至死亡。4/12 另一場大雨後，對照組一之草莓植株也開始萎凋至死亡。而團隊自行配置的介質仍然生長旺盛。由此可知，生物炭對植株於淹水逆境中，有顯著的幫助，同時如能搭配有機資材，效果更佳且不須倚賴進口資材，進一步達到廢棄物循環利用與永續減碳的雙效成果（請見下表）。

4/1 定植



4/2 (定植後第 1 天)



4/9 (定植後第 8 天)



4/12 (定植後第 11 天)



4/16 (定植後第 15 天)



4/24 (定植後第 23 天)



## 柒、工作分配

「煉炭術士」團隊由具備農業管理與農業經濟背景的國際多元的成員組成，各自分工明確又相互扶持。核心成員包括張晏瑜(行政公關)，擁有許多產履農民客戶，了解農民困境，負責接洽農民與合作廠商；何定諭(主講者)，擅長農業栽培與實務操作，負責整體技術規劃與現場執行；陳麗燕(攝影)，負責實地影像記錄與影片和美編製作。團隊成員跨領域合作，結合學術與實務資源，並與在地休閒農業區、生物炭企業等公私領域機構，共同推動非爐灶生物炭製作技術與推廣，分工合作使計畫得以順利進行。此外，為了接軌商業應用的開發，團隊與生物碳農有限公司，由具豐富實作與碳權交易經驗的執行長林承恩先生，擔任本團隊之顧問與課程合作講師。

組員（國籍）	學校科系	工作分配
張晏瑜（台灣）	國立中興大學 生物產業管理研究所	1. 行政事務 2. 聯絡窗口 3. 行程規劃 4. 課程規劃
何定諭（台灣）	國立中興大學 生物產業管理研究所	1. 栽培試驗規劃與實作 2. 課程講師 3. 課程規劃 4. 講義製作
陳麗燕（印尼）	國立臺灣大學 農業經濟研究所	1. 課程規劃 2. 活動攝影

		3. 影片剪輯與後製 4. 海報製作
--	--	-----------------------