

官田菱殼生物炭製作與應用之大學社會責任實踐

成功大學化學系 林弘萍 特聘教授

生物炭 (Biochar) 近年來在農業循環經濟發展以及氣候變遷的議題上受到了高度的重視。生物炭究竟是什麼物質呢？怎樣製造？在此先簡略敘述生物炭做。

從化學的觀點而言，農業生產剩餘資材中的木質素成分在高溫狀況下較易轉換成具有高穩定度以及導電度，類似非常穩定石墨碳之結構 (圖 1)，因此推估能將碳元素固定在土壤中高達數萬年之久。可以達到固炭以致有效減緩地球表面溫度上升之功能。且因為農業生產剩餘資材結構的關係，製成的生物炭大都能具有多孔洞性，因此做為土壤改良劑是生物炭另一項被期待的功能。實際上，若是能建立安全環保的生物炭製程，配合科學化的田間實驗印證，生物炭確實能具有固炭和土壤改良的雙重功能。

臺南市官田區位於平坦嘉南平原，是屬嘉南大圳起源地，並有烏山頭水庫、埤塘灌溉渠道完整，以種植菱角聞名。占全國 70 % 的生產面積，每年生產菱角達 6000 公噸、產生之廢棄物菱角殼約有 3000 公噸。由於菱角殼是含有高量木質素 (Ligning) 之農業廢棄資材、質地硬、不易以堆肥法處理。通常農民以棄置或焚燒等方式處理，造成當地環境衛生及空氣污染之長期困擾的問題。

在 2015 年底官田區區長顏能通先生率先導入生物炭製造技術。他邀請當地之居民與個人組成一支研究團隊，試圖將菱角殼轉成菱殼生物炭。因為缺乏經費，因此只能採用最簡易的“上方點火法”的方式 (圖 2A)。以廢棄的鐵桶在底部打適量的洞，使空氣對流能達到燃燒所需的空氣量。

然而如何建構一套完善的菱殼炭製造系統，製造過程中空氣污染的問題最需要重視；指導改善這些複雜的燃燒過程時，流體力學的知識是最重要的科學依據。但是仍需要實際操作和測試，而且要不斷地修正，才能符合實際的現地使用。

為能達到符合環保排放標準的燃燒狀況，在煙囪高度及燃燒桶打的洞數以及大小都是關鍵因素。研究團隊不屈不撓，花了將近一年的時間，才建立起最佳化的碳化設備 (圖 2B)。在不需要額外的石化燃料及電能的情況下，藉由菱角殼的自身燃燒即可生產出高品質的菱殼炭 (water caltrop-shell biochar)。完全符合環境保護的觀點且具有永續發展的潛力。

現階段菱殼炭燒製試驗成果如下:每桶碳化爐可裝入約 15 公斤的曬乾菱角殼，(圖 3A) 碳化時間僅需 35 分鐘可製成 3~3.5 公斤菱殼炭(圖 3B)。菱殼炭成品基本性質檢測結果比表面積約 $250\sim 400\text{ m}^2\text{g}^{-1}$ 、含碳量達 70 wt.% 以上。符合歐盟 EBC 生物炭在這兩項基本性質上的要求，並依 IBI、EBC 及重金屬及戴奧辛成分送驗，皆低於標準值，以簡易的官田碳化系統所製得的菱殼炭化具有高安全性。

生物炭施用對於土壤環境與農產品產量都具有正面的結果，因此藉由菱殼炭保水試驗、小型盆栽試驗、水質淨化，以及田野實驗等多方檢驗，獲得土壤混用菱殼炭能夠對土壤有效保水、保肥，還具有淨化水質之功能。

區公所開始進行菱角殼炭小型田野試驗，以評估其在農業可行性，並收集各種操作數據，做為資料庫以提供農友參考。前期已有 5 處合作場域，總試驗面積目前為 8400 m^2 ，試驗栽種作物包括稻米、菱角、花生、南瓜、芭樂等，吊掛使用菱殼炭之有機菱角田收成，總重量約為無添加之 1.2 倍。

有機稻米田收穫量，施用菱殼炭之田地之 5 m^2 ，乾穀重為未添加之 1.5 倍、平均株高及平均穗長為未添加之 1.2 倍。這些初步的田間試驗結果顯示：生物炭確實有提升農作物產量的功效，但是這些試種的面積仍是不夠具代表性，而且也只是先施用於有機農地，對一般慣型農地的效果仍待探討。菱殼炭在農業應用的研究需要進行更長的時間，才能更客觀地了解菱殼炭的功能。

雖然在前幾年有環保署經費之挹助，建立官田菱角碳化場；以及農委會計畫支持農地試驗研究，菱殼炭的生產與田間試驗配合的成果都是正向的。但隨著政府補助資金的減少和移出，碳化場人力的薪資與設備的損耗維修經費，卻逐漸發生無法延續的困境。再者，生產的菱殼炭成本每公斤的價格約 300 元，農業使用上是不敷成本的。既使菱殼炭的品質已達高品質的生物標準。因此不得不再行思考如何將菱殼炭的價值提昇，這決定著菱殼炭的永續發展的命運。

以個人這幾年實際的經驗而言，大學社會責任和地方創生的推展是否能成功，取決於與地方實際連結與產品價值之提升。實際的連結即是解決在地所面臨的問題，而解決問題和價值提升之道乃是立基在科學基礎上。

透過實地參訪、用心開發、經過長時間地經營和堅持。進一步與官田地方創生團隊共同開發所產出的「官田烏金」炭之高價值產品(例如: 吸附包、精油擴香粒(圖 3C)、菱殼炭紡織品、去除臭氣碳粒等產品)，帶動了在地的特色生產。

同時也讓市區居民參與產品之包裝和製作(圖 3D)。同時個人也將官田烏金的科學教育深入當地的官田國中,讓廢棄資源再利用和地方創生的觀念深植於當地子女心中。

這六年左右的奮鬥過程,也充份了解到永續循環經濟的創立,是一項需要由科學做為基礎,結合各方有相同志向的人才,共同努力才能逐步達成目標。現階段菱殼炭商品雖有一些經濟成效,但尚不足以成為永續產業。

研究團隊將會持續努力開發新產品,也期望消費者和政府單位能重視循環經濟的重要性,多購買和支持相關產品,共同支持理想的永續循環經濟產業。我本人也將持續開發菱殼炭永續循環經濟產業,並且將許多的研究經驗和成果傳承,直到真正建立菱殼炭的永續產業。

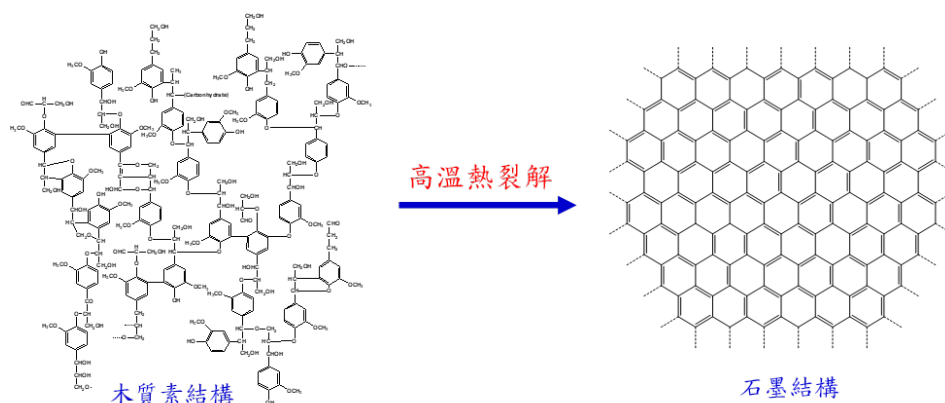


圖 1. 農業生產剩餘資材中的木質素組成高溫轉化成類似石墨結構之反應式。



圖 2 A. 上方點火法之初期菱角殼碳化設備；B. 官田區開發之菱角殼碳化系統。



圖 3 A. 當地居民操作菱殼炭生產設備；B. 社區長者協助包裝吸附包； C. 菱殼炭照片；D. 菱殼炭精油粒吸附產品。