

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

運用地理資訊系統盤查南部潛力生質廢棄物
及綠色產品市場推廣研究

受委託機關（構）：財團法人中華經濟研究院

計畫主持人：林俊旭

聯絡電話：02-2735-6006 分機 509

E-mail address：chlin@cier.edu.tw

協同主持人：林宗昱

研究期程：中華民國 106 年 05 月至 106 年 12 月

研究經費：新臺幣壹佰肆拾萬元

核研所聯絡人員：陳佳欣

報告日期：106 年 11 月 30 日

目 錄

目 錄	I
中文摘要	1
ABSTRACT.....	2
壹、計畫緣起與目的	3
一、計畫背景	3
二、計畫目的	3
貳、研究方法與過程	5
一、料源面向	6
(一) 區位理論 (Location Theory)	6
(二) 地理資訊系統 (geographical information system, GIS)	9
二、產品面向—產業生態系統	12
三、商業模式評析	15
參、主要發現與結論	17
一、南部潛力生質料源分布概況	17
二、義竹鄉潛力生質料源栽植時序、價格與產量分析	20
(一) 料源栽植時序	20
(二) 料源數量推估	23
(三) 料源價格及成本	26
(四) 綜合說明	31
三、生質精煉工廠可行料源供應方案評析	33
(一) 情境設計及方案規劃	33
(二) 綜合評估	36
四、綠色化學產業生態系統地圖	52
五、生質精煉產品市場調查	56
(一) 整體生質精煉產品市場	56
(二) 生質酒精市場	58

(三) 木寡糖、木糖醇市場	62
六、生質精煉工廠商業模式評析	64
肆、結論與建議	68
(一) 結論	68
(二) 後續建議	69
伍、參考文獻	73

中文摘要

本計畫為運用地理資訊系統盤查南部潛力生質廢棄物，並以產業生態系統分析綠色化學產業發展概況。前者針對嘉義縣義竹鄉的生質料源進行盤查，分析設廠地點可行料源供應方案。後者為綠色產品市場推廣研究，以實際交易資料建構產業生態系統地圖，分析低碳化材產業價值關鍵，與彙整生質精煉產業之市場發展趨勢。

在生質料源盤查上，本計畫透過實地調查整理出義竹鄉境內可供作為生質工廠料源的項目為青割玉米農作物、食用玉米廢棄物及稻稈廢棄物，境內潛力生質料源總量現況，尚無法滿足生質工廠平均每月 2,800 公噸之需求。而從種植時序評估，潛力生質料源可供應月份集中於 1、2、6、7、8、12 月，各月不足及其餘無料源供應之月份，則需要另闢料源管道。據研究團隊分析，採方案一（料源不足部分自外縣市購入潛力生質料源來補齊）時，料源總成本為 7,844 萬元，採方案二（料源不足部分自行租地種植青割玉米來補齊），料源總成本為 6,914 萬元，方案二成本較低，而生質料源皆為自行生產之參考情境方案三總成本為 5,196 萬元，為最低成本方案。

在綠色化學產業生態系統地圖分析上，整體而言，雖目前新的基於生物質循環經濟發展趨勢的訊號偏弱，但從實際經濟交易市場上仍可發現，永續生物資源替代傳統石化產業的契機。2021 年全球生質精煉產品市場產值將從 2016 年的 4,666 億美元增加至 7,146 億美元。另外，傳統工業結構已無法保證經濟能長期且穩定成長，須透過發展具循環經濟觀點的產業價值鏈結構，才是未來支持經濟發展的關鍵。開發生質材料技術可解決地球資源衰竭的問題，且具符合節能減碳，將有機會取代現有石化產品成為生質化材發展的方向。

Abstract

This project is aimed to investigate the application potential and ecosystem of biomass waste in south Taiwan. For the application potential, Yi-Chu area of Chiayi County is the target for analysis of biomass supplies. For the ecosystem analysis, we are more focused on the market of green products based on the mapping from real transaction data. We conclude the market trend of biomass fuel refinery industry and the key value of low-carbon materials.

For the inventory of materials, we conducted on-site study on maize, waste from the maize as food and rice straws in Yi-Chu. The results show the potential of material supply is under the minimum requirement of 2,800 tons per month by the production facilities. More supplies happen during December to August next year. In other months, it is necessary to get other sources. Option 1 is buying materials from outside of Chiayi at the cost of NT\$ 7.8 million. Option 2 is growing more maize at the rented farms at the cost of NT\$ 6.9 million. Comparison of the three, option 3 is the lowest cost of NT\$ 5.2 million.

Overall speaking, based on our green chemistry mapping, the element of circular economy based on biomass materials is still weak. However, from the real transaction data in market, we still find the potential of substitution possibility of biomass energy for fossil fuel. The global production value of biomass refinery will be increased from US\$ 467 billion in 2016 to US\$ 715 in 2021. The value chain of circular economy will be the key to economic development since the traditional production structure cannot meet the need for stable economic growth. We need to develop low-carbon materials in the future.

壹、計畫緣起與目的

一、計畫背景

近年來在極端氣候與溫室效應的衝擊下，由於生質物與化石原料扮演相似的角色，如圖 1，且可大規模而持續地栽植與利用，無疑成為後化石世代提供工業及能源所需原料供給來源中相當重要的選項。因此如何在更多產品中融入生質物循環材料，實可為國內發展符合低碳、綠色製程等特徵之新興產業值得開拓之市場。

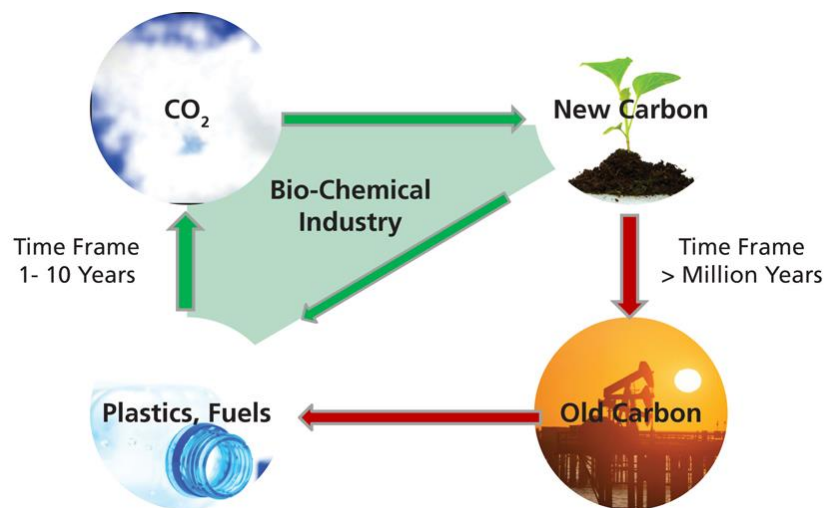


圖 1 生質化材碳循環示意

二、計畫目的

行政院原子能委員會核能研究所在生質酒精的技術開發上已執國內之牛耳且受到國際矚目。但於面對綠色化材開發與國內外供需研究仍有未盡之處，致使技術推廣不如預期與廠商仍有顧忌，而造成潛在的利潤損失。中經院結合國內料源、產業之地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）及芬蘭

綠色產業價值定位的解決方案，建議行政院原子能委員會核能研究所可適用於生質工廠設置與綠色化材市場開發上，透過整合國內外觀點，幫助行政院原子能委員會核能研究所充分瞭解自身技術優勢、國內產業利基與全球市場所需。最重要的是，此新式量化解決方案所提供的可靠數據將有利於降低國內廠商投資疑慮，進而積極投入落實相關技術商轉的建設。

本計畫主要有兩研究工項，分別為運用地理資訊系統盤查南部潛力生質廢棄物及綠色產品市場推廣研究。前者主要以 GIS 做為分析軟體，對南部的生質料源進行盤查、分類、定位及建立資料庫後，進一步的據所處的位置進行工業區位理論的探討，針對可能需考量的設廠因素，推估設廠地點可行料源供應方案。後者為綠色產品市場推廣研究，有別於過往從技術面來描繪出產業上中下游供應鏈，改以實際交易資料建構產業生態系統地圖，透過國際金融交易資料庫，以大數據方式盤點與展現出各產業間完整的實際金融交易狀況，繪製產業生態系統地圖，從中分析低碳化材產業價值關鍵，與提出低碳化材建議方針。本年度計畫具體成果將包含以下 2 點。

- 1.完成以 GIS 進行南部潛力生質廢棄物之定位及盤查，針對可能需考量的設廠因素，提出設廠地點可行料源供應方案。
- 2.完成以產業生態系統地圖分析綠色化學產業發展概況，並彙整生質精煉產業發展趨勢，與分析核研所技術可應用生產的產品（生質酒精、木寡糖、木糖醇）之市場發展趨勢。

貳、研究方法與過程

本研究以建立生質工廠所需面向進行評估，分別從料源面及產品面進行盤點。在料源面，將運用地理資訊系統盤查南部（以設廠預定地嘉義縣義竹鄉為對象）潛力生質廢棄物的料源數量、價格及時序等資訊，建立可行料源供應方案；而在產品面，以產業生態系統分析綠色化學產業價值，並針對核研所技術之可行應用市場，包括整體生質精煉產業、木寡糖、木糖醇及生質酒精等產品，蒐集市場趨勢；最後綜整兩面向資訊，透過商業模式九宮格（Business Model Canvas）概念分析設廠之關鍵要素，以協助核研所技術之推廣，研究流程如圖 2。

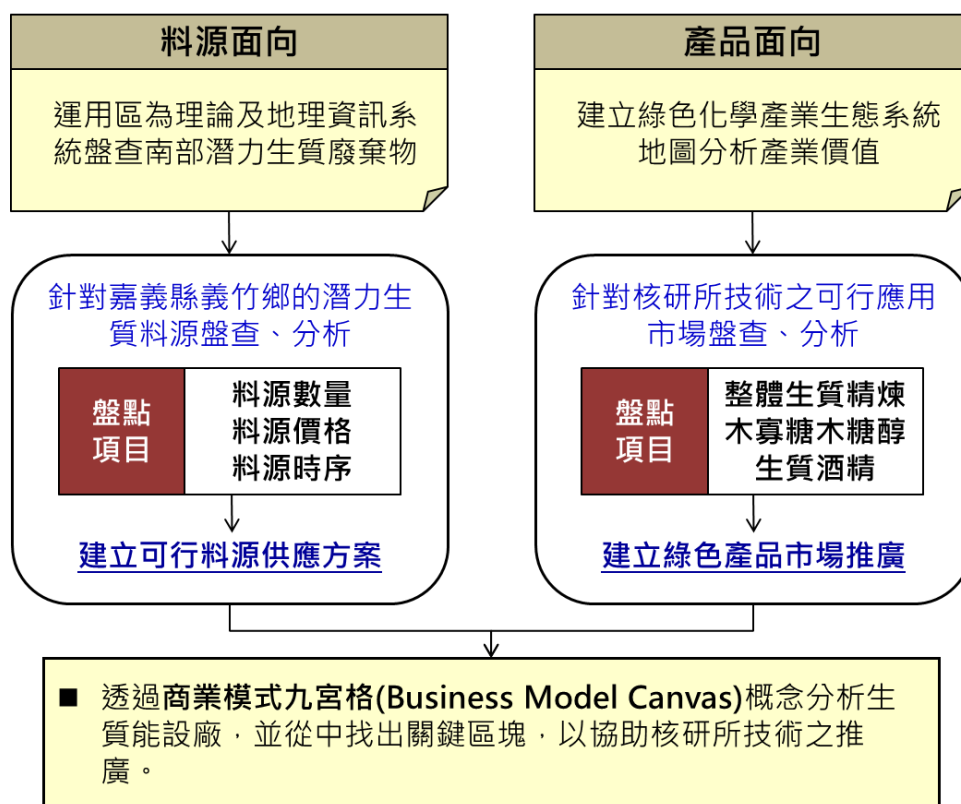


圖 2 研究流程圖

一、料源面向

進行產業經濟評估時，需掌握當地人文、產業、地理背景知識方能從事正確、合理且具有效力的評估，為追求全面性之評估，本研究首先針對義竹鄉其地理位置及產業現況、農業條件進行探討，並配合實地調查，瞭解當地料源作物之種植時序、數量、價格及成本等資訊，搭配區位地租概念進行情境規劃，及應用地理資訊系統評估滿足生質工廠每日生質料源需求供應範圍，結合兩者評估方式進行推估可行料源供應方案，研究目標以取得生質料源成本極小化及環境效益最大化為原則進行，茲就「區位理論」及「地理資訊系統」之研究方法論說明如下。

（一）區位理論（Location Theory）

區位理論精神為探討為各種類型下的經濟行為區位選擇及該行為者決策下所決定的市場範圍，其目的在於說明不同的經濟活動受到不同條件影響，而選擇不同的區位，於特定位置進行生產、銷售等經濟活動（林森田，2008），而區位理論可分為農業區位理論、工業區位理論、住宅區位理論，以下就前兩者進行說明。

農業區位理論則是用於探討農地利用的空間結構，如農地所產出之作物除滿足農村內需求外，同時銷售於都市地區，因此在農業區位理論所著重的不只是種植作物的區位，更著重於農作物產地與銷售市場的相對區位。農業區位理論由 Von Thünen 於其論著孤立國（Isolated State）中所提出，並於下列

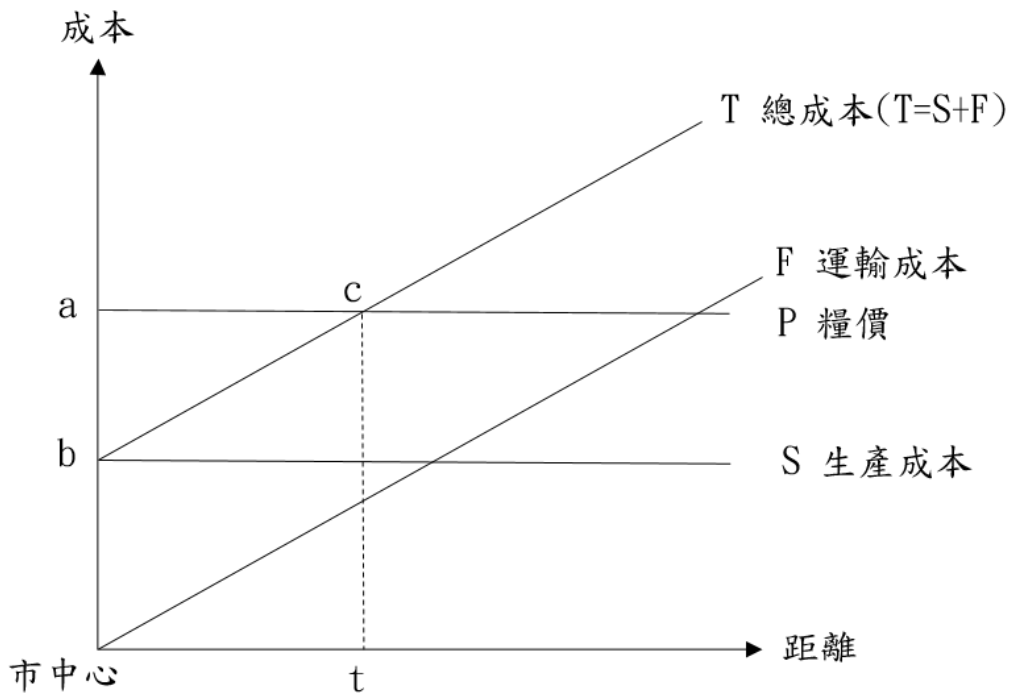
假設前提成立：(1) 該國家與其他國家完全隔絕，並且國家中心只有一個城市，城市周圍皆為農業區；(2) 農產品的市場價格固定；(3) 所有的土地均為均質，即各地的土壤沃度、氣候、自然條件均相同；(4) 農戶彼此間資訊對稱，且皆以追求最高利潤為耕作目的；(5) 平原間的移動工具及移動難易度相同、運費隨距離增減。在上述假設下，此時經濟活動的區位主要決定條件即為運輸成本，產品及原料運輸為影響生產端與需求端收益及經濟行為最重要之要素。

進一步的，其後衍生出工業區位理論，該精神仍不離上述區位理論所假設的前提及追求最小成本化，工業區位理論始於Weber（1929）提出有關區位的選擇主要取決於下述兩項因素，區域因素（運輸成本、勞力成本）、地域因素（聚集經濟），並且成立於下述假設：(1) 各原料的產出地理位置固定；(2) 消費市場的位置及規模固定；(3) 勞力供給區位固定。

基於上述基本前提，提出三項產業決定其工業區位的經濟法則。(1) 在勞力成本固定下，由原物料的失重比率（material index）及原物料產地及需求工廠距離所決定需要的運輸成本，為運輸成本導向法則；(2) 受各地區勞力成本變動形成勞力係數（labor coefficient）差異時的勞力成本導向法則；(3) 受到產業經濟活動、成本、價格、商情產業資訊、消費者推拉力下的空間集中形成的聚集經濟法則。此時決定經濟活動的區位除了運輸成本考量外，勞動工資、聚集經濟的外部經濟（external economies）同時成為從事產品生產、經濟活動的經

濟行為者需考量的因素。

以下圖 3 解釋區位地租會因土地位置而由所差異，以 S 表示生產成本，其為固定不受距離增減而變動、 F 表示運輸成本，隨著距離市中心增加而遞增， T 則為生產成本 S 與運輸成本 F 之總和。當總成本 T 與糧價 P 相等時，則決定邊際土地 t ，市中心至 t 之間土地享有區位地租 abc ， t 以外區位地租則為負，因此在 t 區位其區位地租為 0，滿足生產者最低生產條件範圍將位於市中心至 t 之間，而市中心在此亦可被解釋為需求端，即為具生質料源需求之生質工廠。



資料來源：本研究繪製。

圖 3 區位地租與運輸成本關聯圖

(二) 地理資訊系統 (geographical information system, GIS)

本研究所採用的 GIS 軟體系統工具為 ArcGIS10.4.1，由美國環境系統研究公司 (Environmental Systems Research Institute, ESRI) 所研發。該軟體具備相當健全的空間分析能力，可利用建置完成於 GIS 圖層中的空間資料、屬性資料關聯式資料庫內容進行編修、擷取、加入、儲存、查詢、處理、分析、輸出等功能加以執行欲分析的目標。同時 ArcGIS 中包含了 ArcReader、ArcView、ArcEditor、Arcinfo 等基本模組，可透過擴充與管理來加強進階的 GIS 分析能力，如 ArcMap、ArcCatalog、ArcToolbox、Python、Model Builder 等。其中，ArcMap 為主要的使用操作介面，功能包含地圖編修繪製、空間資料分析、屬性資料分析、資料更新編輯等操作；ArcCatalog 主要是管理及組織 GIS 資料庫，使其變得更加有效率，同時本身也具備預覽、查詢及編輯等功能，角色定位如檔案總管般重要；ArcToolbox 則是 GIS 中的工具箱，操作介面需從 ArcMap、ArcCatalog 視窗中方能啟動，舉凡環域分析、套疊分析等相關空間分析應用皆可在此處理操作。而本研究應用 GIS 的流程如下所述，運用 ArcMap 為操作區域，再使用 ArcToolbox 內的工具進行資料分析、資料轉換、資料處理。

為產出與本研究評估目的相關的所需變數，主要使用到該軟體的兩項進階功能，分別是「套疊分析」與「環域分析」。如套疊分析，主要是將兩個以上的基本地圖圖層資料，在空間上相互關聯的部分予以捕捉，進行差集、聯集、交集等空間邏

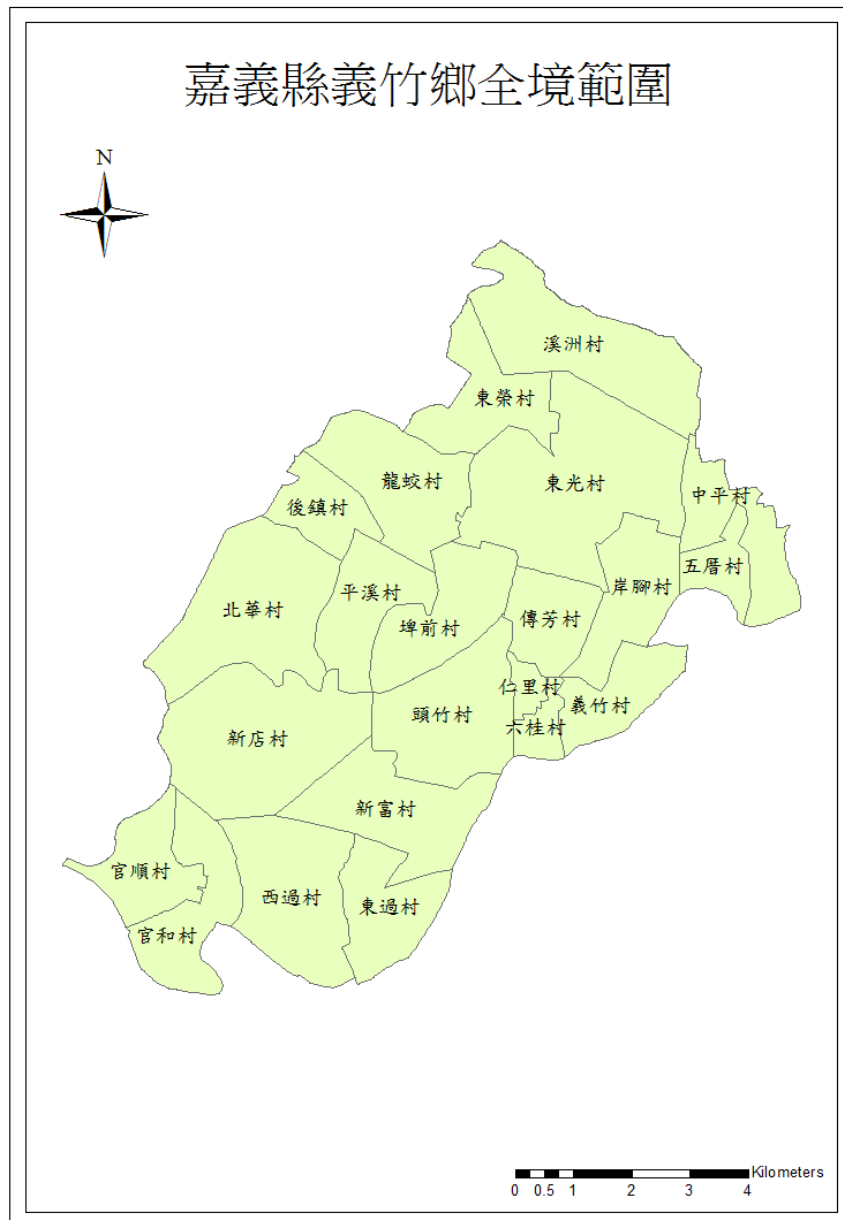
輯分析，並依分析者的需求、挑出關鍵分析點，最後產生出新的空間圖層，以獲得更多的地理空間資訊。而環域分析是以特定圖層或點位為中心，取一定半徑範圍，或以特定圖形邊界為向外延伸範圍，將上述所新產生的面積定義為該定點、圖形的「環域」圖層，再將此圖層與其他地理空間圖層進行相交、合併、切割等套疊分析產生出新圖層，以做為該定點、圖形周圍環域空間分析之基礎。

地理資訊系統在處理評估空間數值變數方面，是項相當優秀的分析操作工具，同時 GIS 也已被廣泛應用於都市規劃、防災工程、土地利用、環境監測、自然資源管理、公共衛生、運輸系統規劃等研究。本研究在 GIS 軟體工具之處理流程，首先劃設義竹工業區及義竹鄉全境範圍，並就義竹工業區鄰近農地進行種植作物分類，同時選擇本研究所欲評估的料源作物、農業廢棄物來源，對其現況栽植分布與可供應數量進行推估。

綜合農業區位及工業區位理論，本研究評估之生質工廠以義竹工業區為設廠位置，其所在義竹鄉產業發展以一級產業為主，產業組間受雇工資歧異度不高，同時境內農地多屬經重大農業改良設施，並且興建水路便於灌溉、經農地重劃便於農機耕作之特定農業區、一般農業區，可視為均質之土地，符合區位理論基本之假設。

因此，盤整目前於義竹鄉欲設立從事生質相關產業之工廠需考量之條件，首要考量應為運輸成本及生質料源價格評估，

本研究將透過田野調查及專家諮詢收集初級資料與農業機關相關統計資料，進行最適的料源選擇及最適原物料價格及最適價格，進一步結合 GIS 分析（如下圖 4）探討各供應生質原物料的農地至生質工廠的距離範圍，並依據每日料源需求量劃設不同作物需求範圍。



資料來源：本研究繪製。

圖 4 義竹鄉示意圖

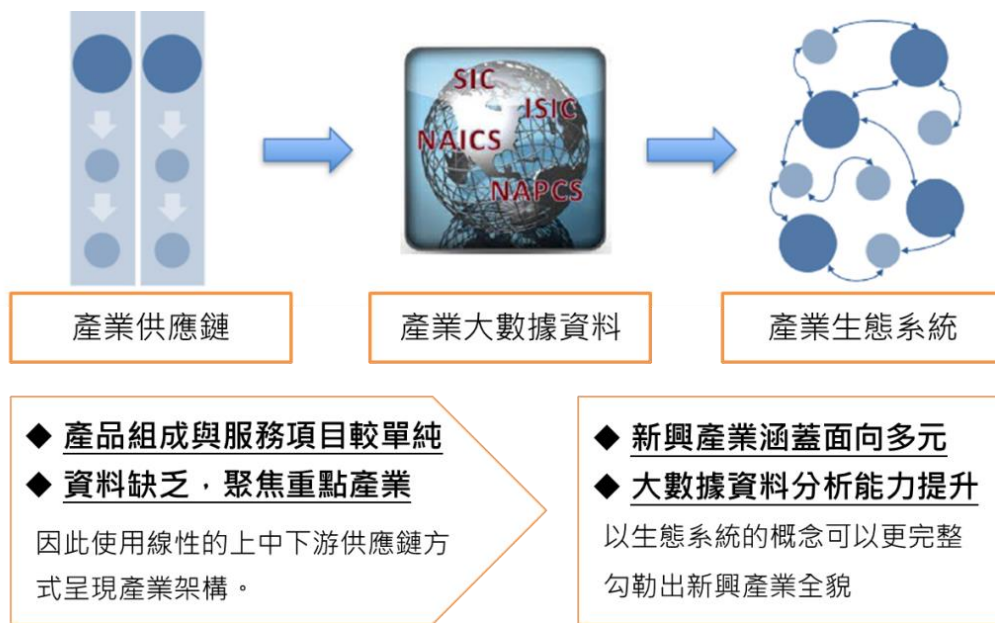
因此，本研究嘗試以區位理論為探討生質物料設廠地點，並成本最小化為規劃目標，首先以「工業區」為區位中心進行設廠位置討論，規劃滿足工廠每日運作量之需求劃設料源範圍，以及針對「其他使用分區」就設址、儲存物料空間之可行性提出建議。

二、產品面向—產業生態系統

由於新的循環經濟必須能在跨產業鏈、新的循環體系上，產生更多的價值與新型態的效益，分別有經濟效益、環境效益、以及資源供給安全三個面向而這些價值係透過系統中各種多樣化的循環與效率提升模式來體現。故傳統分為上中下游的產業鏈模式，實已難完整呈現循環經濟體的系統全貌，有必要引進新的研究方法作為替代。

2013 年芬蘭為加速國內傳統產業轉型與發展新興產業，執行潔淨科技產業推動計畫 (Towards Sustainable Positioning for Value Capture and Investability - A Roadmap for Finnish CleanTech)，其中第一階段模組即為導入產業生態系統概念 (Ecosystem)，繪製新興產業生態系統地圖。傳統對於產業概況或架構的描述，多採用線性的上中下供應鏈方式來呈現，但由於新興產業涵蓋面向多元，且對於大數據資料分析能力的提升，漸漸發展出由生態系統模型來詮釋產業架構，如圖 5 所示。在自然科學中，生態系統是指個體生物間或與其他元素及環境之間的互動網絡系統，而這樣的相互作用不僅為生理的接觸，也包括許多物理或能量的間接交流，此外，生態系統通常是指

在劃定的地理空間中所形成的相互依存之子系統。而產業生態系統則是建立在此種概念層面上，Korhonen（2001）提出產業生態系統的四個重要原則，分別為循環性、多樣化、地區性、漸進式。這四個原則可用來作為定義健全且長期永續的新興產業經濟生態系統。



資料來源：本研究繪製。

圖 5 產業生態系統 (Ecosystem)

而產業生態系統內各公司或事業間的交互關係，是透過其財務與金融交易資料來建立。芬蘭潔淨科技產業推動計畫即藉由全球實際產業交易資料庫（如彭博供應鏈資料庫），與結合網絡理論（Network Theory）來繪製出目標為追求企業價值極大與具投資可行性之新興產業生態系統。

產業生態系統地圖是將年鑒和行業報告之間的資料分析視覺化。它以線圖為主要表現形式，描述眾多產業資源和資金流

的流量分佈，形成具有視覺化特徵與高級分析功能的產業全景態勢圖。將產業紛繁複雜的資料資訊通過這種簡潔的形式表現出來，為深入瞭解產業發展狀況、發展趨勢提供了一個簡潔、直觀、多角度、多層次的觀察工具。通過產業生態系統地圖方法提取和展現資料，可以發現隱含在產業資料中不易直接觀察到的產業發展規律。

該分析模式於國內已由中經院自 2016 年引進，並完成智慧電網的產業網絡評估。其能夠將產業與區域經濟領域紛繁複雜的資訊通過簡潔的形式表達和傳播，使政府決策者、專家學者與企業人員能一目瞭然地洞悉各產業基本狀況，為展示和分析各產業發展趨勢提供一個簡潔、直觀的觀察平臺，為產業升級、產業轉移提供決策支援平臺。產業生態地圖對於政府決策、企業戰略都具有參考價值。

三、商業模式評析

價值的創造可謂是商業模式的核心所在，而價值的樣態可以多樣的方式呈現，可以是有形及無形的價值、經濟及非經濟上的價值，在各界學者多年討論之下，商業模式之定義及組成要素隨著環境的變遷不斷地被補充與修改，雖然各界學者的定義可能受限於其探討之產業及時代背景而有所不同，但從整體來看，眾家提出的觀點相對越來越完善。本計畫將以 Osterwalder (2010) 定義作為商業模式之基礎，如下圖 6，並透過從料源面及產品面所調查之成果，評析生質工廠之綠色商業模式關鍵區塊。

關鍵夥伴 (Key Partners)	關鍵活動 (Key Activities)	價值主張 (Value Proposition)	顧客關係 (Customer Relationship)	顧客部門 (Customer Segment)
	關鍵資源 (Key Resources)		行銷通路 (Channels)	
成本結構 (Cost Structure)			收益來源 (Revenue Streams)	

圖 6 商業模式圖 (Business Model Canvas)

Osterwalder (2010) 等人所著的《獲利世代 (Business Model Generation)》一書提出商業模式圖 (Business Model Canvas)，常被稱為「商業模式九宮格」，是提供了創業團隊一個釐清商品或服務定位的工具，甚至延伸至大專院校相關課程及創業模式競賽等，皆以商業模式圖做為分析個案的工具。透過商業模式圖，能夠快速得到商業模式的概觀，方便創投者溝通、討論，

為新創事業做描述與分析。它將商業模式透過要素市場，系統化地組織起來，聚焦在市場需求，逐一解釋企業如何獲利，其9項要素的精神，說明如下：

- 1.價值主張：公司透過提供產品或服務，所能向消費者提供的價值，要解決消費者什麼樣的問題或滿足消費者的需求。
- 2.顧客關係：即企業所瞄準的消費者群體。這些群體具有某些共通性，從而使企業能夠針對這些共通性創造價值。定義消費者群體的過程也被稱為市場劃分（Market Segmentation）。
- 3.行銷通路：公司用來接觸目標消費者的各種途徑，闡述了公司如何開拓市場，並涉及到企業的市場和行銷策略。
- 4.顧客部門：即企業如何與其目標族群之間所建立的聯繫。
- 5.關鍵夥伴：即企業同其他企業之間為有效地提供價值並實現其商業化而形成的合作關係網路。這也描述了企業的策略聯盟（Business Alliances）範圍。
- 6.關鍵活動：公司要讓商業模式運作，最主要的活動。
- 7.關鍵資源：提供價值主張所需的重要資源，關鍵資源可能實體方面、財務方面、智財方面或人力資源方面，關鍵資源可能是自有、向他人租賃或從關鍵合作夥伴中獲得。
- 8.成本結構：描述所有運作商業模式所需的成本。
- 9.收益來源：即企業通過各種營收模式（Revenue Flow）來創造財富的方式。

參、主要發現與結論

一、南部潛力生質料源分布概況

本計畫研究之潛力生質料源以種植門檻較低，年潛在數次收穫量之雜糧作物為主要對象，經評估我國現有種植雜糧作物（如甘藷、大豆、落花生、玉米、紅豆、綠豆、小麥），以玉米為價量最為穩定，且種植技術成熟，為國內大宗種植之雜糧，故研究以玉米及其相關衍生物為生質料源取得首選進行討論。

我國玉米農作物栽植地區以彰化以南至臺南以北為主要種植縣市，如下表 1，西部平原以雲林、嘉義縣、臺南市為最大種植縣市，其中嘉義縣及臺南市種植面積又以硬質玉米所見長，本研究評估鄉鎮義竹鄉所在嘉義縣其硬質玉米及食用玉米產量近年皆維持相當產量（見下表 2），義竹鄉更為全臺玉米產量最多之鄉鎮（見下表 3），玉米種植面積總和近境內面積 1/3 以上。

表 1 彰投雲嘉南近五年玉米種植面積

單位：公頃

項目別	彰化縣		南投縣		雲林縣		嘉義縣		臺南市	
	硬質 玉米	食用 玉米	硬質 玉米	食用 玉米	硬質 玉米	食用 玉米	硬質 玉米	食用 玉米	硬質 玉米	食用 玉米
101 年	3	263	-	225	50	4,752	3,690	1,141	2,472	1,137
102 年	13	516	0	256	83	5,508	4,082	1,526	3,586	1,664
103 年	14	434	-	244	303	5,797	5,406	1,563	7,199	1,916
104 年	74	486	-	209	754	5,430	6,230	1,489	7,808	1,716
105 年	73	734	2	243	935	5,552	5,384	1,840	8,149	2,104

資料來源：行政院農委會農糧署（2017）。

表 2 嘉義縣近五年玉米產量

單位：公噸

項目	硬質玉米	食用玉米
101 年	17,225	6,974
102 年	19,474	9,348
103 年	24,291	9,740
104 年	27,917	9,018
105 年	21,211	11,082

資料來源：行政院農委會農糧署（2017）。

現行玉米品種主要分為硬質玉米、食用玉米、青割玉米，在製作生質料源應用方面，除後者青割玉米因其產品形式係整株碾碎成為料源來源外，硬質玉米及食用玉米由於其玉米粒、玉米穗軸具有供畜牧業及食品加工、生鮮蔬果銷售等用途，故能運用部分作為生質料源為上述以外之農業廢棄物部分，其中可供給數量又以玉米桿最多。

本次調查研究地區義竹鄉境內多盛產玉米，在農會農業政策鼓勵下，以硬質玉米為大宗，歷年種植面積及產收皆為其他鄉鎮數倍，係為我國玉米作物重點鄉鎮，如下表 4，106 年硬質玉米現種植面積達 2,153 公頃，產量根據往年統計資料約 17,000 至 25,000 公噸不等；而食用玉米種植面積約 36 公頃、青割玉米約 84 公頃。義竹鄉因位於嘉南平原，仍有些許零星農地生產稻米，但並非農民主力作物，與境內玉米作物所種植面積、產出量明顯具有落差，106 年一期及二期作合計約為 354 公頃。

表 3 嘉義縣各鄉鎮 105 年玉米及水稻產量

單位：公頃/公噸

鄉鎮市	硬質玉米		食用玉米		水稻	
	收穫面積	產量	收穫面積	產量	收穫面積	產量
太保市	62	286	295	1,806	4,226	17,534
朴子市	543	2,826	64	378	2,376	10,582
布袋鎮	25	139	51	429	1,131	5,077
大林鎮	-	-	5	32	2,705	10,694
民雄鄉	1	7	43	232	4,916	19,712
溪口鄉	0	1	11	63	3,704	15,391
新港鄉	88	411	124	637	5,587	23,174
六腳鄉	157	708	671	3,963	841	3,693
東石鄉	990	4,419	8	48	571	2,097
義竹鄉	3,030	9,843	110	642	437	2,125
鹿草鄉	325	1,664	75	429	3,940	15,736
水上鄉	162	907	239	1,531	2,376	10,468
中埔鄉	-	-	139	859	105	551
竹崎鄉	-	-	2	12	50	261
梅山鄉	-	-	-	-	2	11
番路鄉	-	-	-	-	0	1
大埔鄉	-	-	-	-	1	3
阿里山鄉	-	-	4	20	-	-

資料來源：嘉義縣統計年報（2016）。

表 4 嘉義縣義竹鄉 106 年玉米及水稻種植面積

項目別	硬質玉米	食用玉米	青割玉米	水稻
面積（公頃）	2,153	36	84	353.8

資料來源：嘉義縣義竹鄉農會（2017）。

二、義竹鄉潛力生質料源栽植時序、價格與產量分析

在盤查義竹鄉具生質潛力作物時，研究團隊於田野調查中發現青割玉米因種植及採集方式極利於透過大規模機械式管理，因而明顯價格上優勢。而義竹鄉雖有大量硬質玉米廢棄物，但現階段處理方式大多在採集玉米階段時順便碾碎回放至田間任其自然腐化成為綠肥，並未進一步利用；而稻米採集後所剩的稻稈，目前也大多採自然放在田間方式任其腐化，鮮少部分農戶會將其整理堆積成網，販售給需要對象，因此現行市場為需求創造供給之型態，尚未形成一定規模之成熟交易市場。因此，整體而言，目前在玉米及稻米的農業廢棄物限於諸多外在因素限制下，除放在田裡待自然分解外，目前尚未被多加利用。

（一）料源栽植時序

1. 硬質玉米

硬質玉米又稱飼料玉米，其主要價經濟價值來自於玉米粒，多應用於畜牧業之飼料、食品加工、玉米澱粉之製作，其栽植其間從播種到收穫約需五個月，播種時間多集中於3月春作與9月秋作，義竹鄉硬質玉米以秋作主要種植季節，多數農民一般會於9月初播種，種籽現多以美國進口明豐三號品種為主，種植密度約一分地栽植6,000株，其收成受品種及育成期間氣候等相關變數影響，經取得當地初級資料加以彙整，以明豐三號品種進行種植，於義竹鄉平均每甲地可產收7公噸硬質玉米，相當於每公頃7.21公噸產量。

2. 食用玉米

食用玉米即為俗稱之甜玉米，主要食用部分為玉米穗軸，多銷售於零售市場、通路時消費者可購買之柱狀玉米(如糯米玉米、白玉米、水果玉米)，在未經加工前玉米銷售的樣態，主要用途為供食用，作為糧食作物，另可應用加工製成鮮食、罐頭、冷凍玉米粒等產品，為玉米種植中最具潛力成為最有經濟價值的種類。

食用玉米種植時序與硬質玉米相仿，但其所需種植時間較短，一分地栽植密度約 5,000 株，以現行農民種植大宗品種台農 9 號而言，約 70 天即可收成，播種時間多以國曆九月為主，部分考量消費者於的消費習慣（如中秋節需求），會搶於農曆 6 月初播種，義竹鄉種植食用玉米品種方面無特定或優勢品種，平均每甲地可產收 7.77 公噸食用玉米，約每公頃 8 公噸產量。

3. 青割玉米

青割玉米多作為供畜牧業芻料食用，其營養價值相當高，享有芻料之王美名，極少部分被應用於牧草汁飲用。相較於飼料玉米、食用玉米其採收期較短，約 3 個月即可從播種至收穫完成¹，且需要肥料低，管理便利，具產量及價格之優勢，義竹鄉境內現況多集中於 3 月春作與 9 月秋作，平均每甲地可產收 38.8 公噸青割玉米，約每公頃 40 公噸產量。

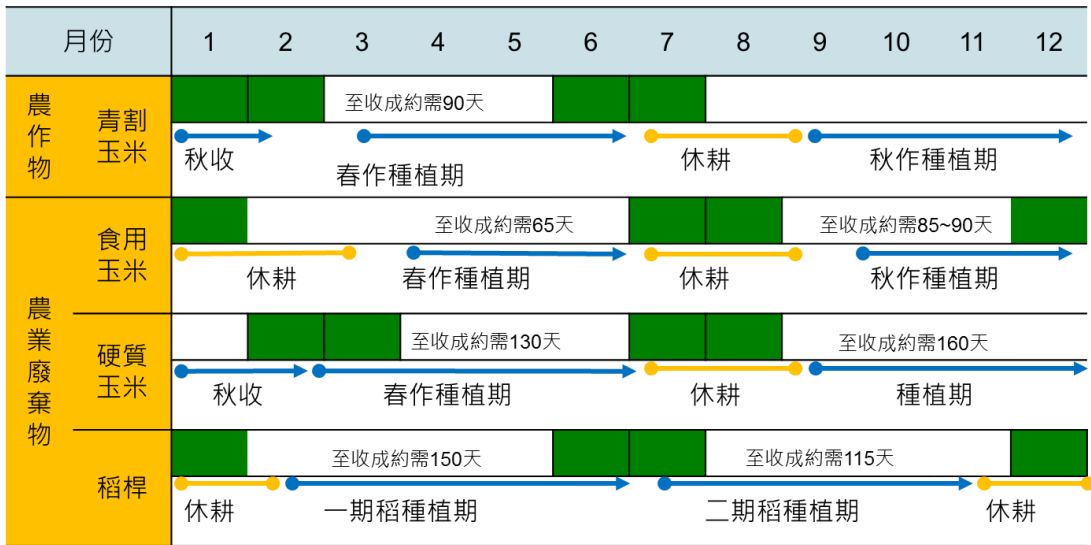
¹ 青割玉米為全年期皆可種植之作物，但所需生成期受季節影響甚大，如秋冬播種之玉米較春夏播種之玉米需更長育苗至結穗收成時間。

4.稻稈

義竹鄉境內主要農作物為玉米，水田種植稻作情況並不多見，種植方式與其他鄉鎮相同，主要以一期稻作為主、二期為輔，平均產收量也不盡相同，分別為每甲地一期稻作 5.41 公噸、二期稻作 4.04 公噸（相當於一期為 5.57 公頃/公噸、二期為 4.16 公頃/公噸）。現行稻稈交易行情多為浮動價格，取決於銷售端（農民）與需求者間議價情況，就近年交易情況而言，至多不超過每公斤 3.5 元，若採統包價方式向農戶收購，則每公頃價格約 4,000 元。

整體而言，無論是農業廢棄物或青割玉米的供應皆需先由原產品的種植至採收完成後，方能衍生出後續相關的農業廢棄物、正產品供作為生質物料使用。綜整上述各項料源種植時序資料，推估義竹鄉可供作為生質料源之月份如下表 5 所示，綠色部分為可供應料源之月份，可明顯觀察出料源供應多集中夏冬兩季節，而播種及作物育成階段之春秋兩季，則可能面臨料源短缺，此時無法僅靠義竹鄉境內的農業廢棄物做為生質物料來源，需另尋他鄉鎮農業廢棄物或其替代農業廢棄物之作物以供工廠每日運作所需料源數量。

表 5 作物種植及生質料源產出時序



資料來源：本研究整理。

(二) 料源數量推估

同時，兩者間具有正產品（農產品）與副產品（農業廢棄物）之性質，在農業廢棄物的數量同樣會受到該農產品的種植數量多寡影響，因此，在評估該地區可供應之生質料源數量時，其正產品的生產數量亦需強烈關注，以下就潛力生質料源產出數量進行說明。

1. 青割玉米農作物

以青割玉米做為生質料源為整株利用，本身為正產品全株皆可投入，毋須區隔正副產品，即投入多少正產品數量即為對等的的生質料源供應數量，若以 106 年義竹鄉青割玉米年種植量進行推估，每穫平均可獲得硬質玉米廢棄物年產量

約 3,660 公噸，春秋作兩穫共 6,720 公噸。

$$\begin{aligned} \text{每穫青割玉米農作物總量} &= \\ &\text{栽植總面積} \times \text{產品每公頃單位產出} \\ 3,660 \text{ (公噸)} &= 84 \text{ (公頃)} \times 40 \text{ (公噸/公頃)} \end{aligned}$$

2. 玉米廢棄物

食用玉米與硬質玉米差別在於市場上的銷售樣態，前者因消費者購買習慣及市場銷售方式，仍大多整穗玉米作為銷售型態，縱使加工使用，基於保鮮及衛生問題，運送至加工廠時也多為整穗玉米送至廠區內；而硬質玉米因其用途為畜牧業飼料使用，在採集時便會以機具協助分離玉米粒至集貨機具中，取出的玉米穗軸便會與其他葉鬚柱等農業廢棄物一起碾碎回至田裡，故食用玉米與硬質玉米的農業廢棄物產出比例會不盡相同。

下述說明皆以自田裡採集回來後，採未乾燥脫水料源（濕料）進行重量計算，以農委會及農改產相關研究推估正產品產出後可衍生農業廢棄物產量，經係數轉換合適比例後推估農業廢棄物產量，說明如下。

硬質玉米以正產品一公噸淨採收計算，約可產生 1.585 噸副產品玉米廢棄物。分別為 1 公噸玉米桿、410 公斤玉米穗軸（玉米芯）、175 公斤玉米葉及玉米鬚。若以 106 年義竹鄉硬質玉米年種植量進行推估，平均每穫約可獲得硬質玉米廢棄物年產量約 24,604 公噸，春秋作兩穫共 49,208 公噸。

$$\begin{aligned}
 & \text{每穫硬質玉米農業廢棄物總量} = \\
 & \quad \text{栽植總面積} \times \text{正產品每公頃單位產出} \\
 & \quad \times \text{每單位農業廢棄物產出比例} \\
 & 24,604(\text{公噸}) = 2,153(\text{公頃}) \times 7.21(\text{公噸/公頃}) \times 1.585
 \end{aligned}$$

食用玉米計算與硬質玉米相似，但由於銷售至市場上多為整株銷售形式，故需扣除玉米穗軸產生的重量，以一公噸正產品玉米淨採收計算，約可產生 1.175 噸副產品玉米廢棄物。以 106 年義竹鄉食用玉米年種植量進行推估農業廢棄物數量，每穫約可得到 338 公噸，共可得農業廢棄物的年產量約 676 公噸。

$$\begin{aligned}
 & \text{每穫食用玉米農業廢棄物總量} = \\
 & \quad \text{栽植總面積} \times \text{正產品每公頃單位產出} \\
 & \quad \times \text{每單位農業廢棄物產出比例} \\
 & 338(\text{公噸}) = 36(\text{公頃}) \times 8(\text{公噸/公頃}) \times 1.175
 \end{aligned}$$

3. 稻稈

經從田裡採集至碾米場，每一公斤的稻穀加工為精緻稻米，可產生 0.72 公斤白米、0.08 公斤米糠、0.2 公斤稻殼，以採收稻穀一公噸淨採收計算，約可產生 1.1 公噸附產品稻稈。義竹鄉稻作分為兩期，第一期稻作總面積約 229.3 公頃，每公頃可產出 5.57 噸稻穀、第二期稻作總面積約 124.5 公頃²，每公頃可產出 4.16 噸稻穀，兩期稻作總和約 1,795 公噸，

² 稻米一期產量因其播種及生長期在較冷之天氣，雖所需育成時間較長，但品質及生產效率皆高於二期稻作，同時二期稻作成長期間易受到較多病蟲害及颱風季，農損機率較大，故平均收成量未優於一期稻作。

若以稻穀及稻稈之比推估，約可得到 1,974 公噸／年稻稈。

$$\begin{aligned} \text{一期稻作農業廢棄物總量} &= \\ &\text{栽植總面積} \times \text{正產品每公頃單位產出} \\ &\quad \times \text{每單位農業廢棄物產出比例} \\ 1,405 \text{ (公噸)} &= 229.3 \text{ (公頃)} \times 5.57 \text{ (公噸/公頃)} \times 1.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{二期稻作農業廢棄物總量} &= \\ &\text{栽植總面積} \times \text{正產品每公頃單位產出} \\ &\quad \times \text{每單位農業廢棄物產出比例} \\ 569 \text{ (公噸)} &= 124.5 \text{ (公頃)} \times 4.16 \text{ (公噸/公頃)} \times 1.1 \end{aligned}$$

(三) 料源價格及成本

1. 料源成本

本部分將針對產生生質料源所需成本進行探討，在區位理論一節部分，闡述產業決定工業區位的主要因素，如運送物料至工廠所需之運輸成本、生產產品時所需之勞力及製造成本、使用土地成本，受到上述各成本因素的增減變化生產者及消費者的經濟行為，並基於收益原則，故成本項目將是影響生產者生產、消費者付費價格，以及兩者利潤空間的主要因素。

在生質料源部分，其來源分為一般產品性質與採收農產品後所剩之農業廢棄物，而後者的種植成本與其農業廢棄物

的資收價格雖未有直接關聯，但基於栽植作物收成後方能有農業廢棄物可供做為生質料源，兩者屬正產品與副產品關係，故在種植成本項目內，將針對各類玉米的種植程序及所需花費成本逐一檢視，而稻米農業廢棄物因市場成熟度較高，故研究直接引用現行市場銷售價格。

(1) 種植成本

經調查結果整理如下表 6，針對硬質玉米、食用玉米、青割玉米，其至收成所需花費相關栽植成本(播種、中耕、採收階段)，在各項變動成本的估算，研究採相對較為保守之價格，即為一定可滿足栽植所需之成本價格，且先暫不考量運輸費用及種植者所需利潤，僅估算種植成本。

表 6 硬質、食用及青割玉米種植成本

作物	Step1 播種	Step2 中耕	Step3 採收	合計
硬質玉米	翻土費：1,000元 播種費：350元 肥料費：1,000元 種籽費：440元 農藥費：120元	中耕費：500元 除草費：300元	採收費：900元 乾燥費：1,400元	6,010元/分地 8.59元/公斤 (每分地約可產出700公斤)
食用玉米	無成本細項，透過訪談得到食用玉米每分地成本約7,000元，較硬質玉米成本高的主因來自於農藥及肥料費用較高。			7,000元/分地 8.97元/公斤 (每分地約可產出0.78噸)
青割玉米	翻土費：1,000元 播種費：350元 肥料費：1,000元 種籽費：440元 農藥費：120元	中耕費：500元 除草費：300元	無採收成本	3,710元/分地 0.93元/公斤 (每分地約可產出4噸)

資料來源：本研究整理。

(2) 用地成本

農戶取得土地從事耕作的來源主要為兩類，向臺糖承租土地、透過農會媒合租地或與私人訂立私契約承租土地。前者與承租土地採競標方式，成為臺糖的代耕業者，並且種植作物種類及數量受農委會總量管制，農民自我決定空間相當有限；後者為向私人承租土地，其用地成本除土地收益價格所形成的地租外，又因休耕補助政策，土地所有權人需另考量其休耕與承租給他人間之機會成本。

以實際現況而言，一般農友一年可領取一期的休耕補助，領取補助有兩種方式，一為領取休耕補助³，於休耕時種綠肥，若種植作物項目為硬質玉米每分地一期可領取 4,500 元，若不種綠肥，每分地一期領取 2,300 元；依現行調整耕作制度活化農地計畫轉（契）作、休耕補助標準，以當地普及作物硬質玉米而言，一般農友每公頃每期可領取 45,000 元補助（俗稱獎勵金）、大專業農每公頃可領取 55,000 元補助，因此若從事種植玉米的農戶，無論是種植一期領取獎勵金搭配領取一期休耕補助抑或是種植兩期領取兩期的獎勵金，在正常活化使用下每分地年收益為 9,000 元，而若採取一期休耕補助搭配一期種植領取獎勵金方案而言，需再扣除滿足休耕補助條件的必要支出成本約 800 元⁴，因此實領金額應不滿 9,000 元整。

³ 休耕補助基期年為民國 82 年至 93 年間具有栽種，方可申請領取。

⁴ 整地翻土費用約 500 元、綠肥作物種籽 300 元。

因此，現行農會進行媒合農地需求供給者的方式除農地銀行方式外，大多數為農民間彼此協議，再經由農會進行公證契約，該方式較私人間承租常以口頭之約形式較具有保障，且可配合農委會所推行的小地主大佃農政策，協助低利貸款供農民添購設備、農具、種籽、肥料時用，此種經由農會承租土地方式，較易大規模取得土地，便於規模化經營達到提升農業經濟效益，同時亦可配合農會推動之經濟作物種植或產業專區規劃，故相當受農戶歡迎。

實務上因近年農地短缺，造成許多具務農需求卻租不到地之情況，因此農地年租地逐年上升，目前行情已躍升至每分地年租金 7,000 元至 9,000 元不等，若為種植條件及灌溉基礎設施條件良好、土壤肥沃之農地，更喊價至每分地 9,000 元整

因此，農地又可因農地等級分為較為肥沃具有水庫或水井等相關灌溉的土地，以及一般農地，前者年租金約為每分地可達 9,000 元，後者應至少每分地 7,000 元方有機會承租。

2.料源價格

(1) 青割玉米

產量方面，平均一分地約栽植 7600 株，一公頃土地約可供應 40 噸，可採一年兩穫方式耕種，目前義竹地區則多以秋作為主，春天時則為休耕使地力獲得休養。

價格絕對來自於各項成本與農民所需正常利潤之總和，分別為採集 0.3 元、運輸 0.25 元、種籽及肥料、翻土成本共 1 元、其他及農民利潤共 0.3 元，產地供應價格約 1.85 元以內，為生質潛力作物中於產量及價格上兼具優勢之作物。

(2) 稻桿

由於義竹鄉境內主要農作物為玉米，以水田種植稻作情況並不多見，種植方式與其他鄉鎮相同，主要以一期稻作為主、二期為輔，市場售價多貼近現行保價收購價格，正產品稻穀約落於每公斤 20 至 23 元間。其衍生附屬品稻稈現行一公斤交易行情約為 3.5 元多浮動，若採統包價方式向農戶收購，則每公頃價格約 4,000 元。

(3) 食用玉米

由於食用玉米屬蔬菜類，售價波動較大，市場行情約落在 11 元至 20 元不等，容易可能受到人為或氣候因素等，造成價格起伏時出現搶種、歉收、供需失衡下的價量影響，如 106 年因氣候條件較往年來的穩定，產地甜玉米每公斤價格平均在 12~13 元間。

因為正產品採收後之副產品係屬農業廢棄物蒐集，故不計算栽植成本，僅需採集、運輸、機具成本、其他及農民利潤，故價格下限為 1.85 元，並參考稻桿市場的採收成本 3.5 元為價格上限，經座談會請益及相關市場

調查每公斤食用玉米桿保守價格應可落於3.5元內收購。

(4) 硬質玉米

經研究調查價格現況，硬質玉米因作為畜牧業做為飼料食用，故需求量甚大，為玉米類價量較穩定之品種，在保價收購政策下，106年收購價格為一公斤9元，其餘超過保價收購數量⁵則以進口玉米市價約6.45元收購。

囿於硬質玉米廢棄物於採集玉米桿階段，機具調整設施仍尚無法評估所需額外支出之設備費用，若以改良機具採集硬質玉米桿，應需將所額外支出之成本攤提進來方為合理，同時所衍生的勞動支出同樣需經實務運作後才得以獲得相關成本項，故雖克服上述後應具有做為生質料源可能性，但本研究以現況已可行、可蒐集之料源為評估對象，故在此未進一步討論硬質玉米農業廢棄物價格。

(四) 綜合說明

經整理可成為生質料源相關料源種植背景及價格資料，發現青割玉米主要成本支出為勞力成本，且為料源單位產出最高，單價最低之物料；相較於硬質玉米，食用玉米與稻米則為義竹鄉種植面積較少之農作物，且單位產出較低之作物；而在種植面積部分，硬質玉米則為義竹地區最大宗種植作物，其整體種植面積及收成量，更佔我國三分之一總產量。

⁵ 2017年保價收購每分地上限600公斤。

在玉米種植期間方面，除硬質玉米為配合休耕補助政策及地力考量而多以秋作為主外，其他作物多以春秋兩作為主，而稻穀因保價收購制度不予以收購二期稻作，在市場考量下農民多以一期稻作為多數，同時一期稻作之收穫量也較二期稻作來的穩定，消費者對於其品質較為穩定因而具較高接受度，故稻米多以一期稻作為主。

研究針對各項生質潛力作物正產品種植及衍生附產品(農業廢棄物)產量整理如下表 7，單位面積料源產出依產量排序分別為青割玉米 40 公噸、硬質玉米桿 11.43 公噸、食用玉米桿 9.4 公噸、一期作稻稈 5.57 公噸、二期作稻稈 4.16 公噸。

表 7 生質物料種植資料及價格整理

項目	青割玉米 農作物	硬質玉米 農業廢棄物	食用玉米 農業廢棄物	稻稈 農業廢棄物
料源之價格 (元/公斤)	1.85	N/A	3.5	3.5
106 年栽植面積 (公頃)	84	2,153	36	229.3(一期) 124.5(二期)
最大料源供應數量 (公噸/年)	6,720 (每穫 3,360 噸，共兩穫)	49,208 (每穫 24,64 噸，共兩穫)	676 (每穫 338 噸，共兩穫)	1,405(一期) 569 (二期)
單位面積料源產出量 (公噸/公頃)	40	11.43	9.4	5.57 (一期) 4.16 (二期)

資料來源：行政院農業委員會農糧署、義竹鄉農會、本研究彙整。

三、生質精煉工廠可行料源供應方案評析

(一) 情境設計及方案規劃

經上述針對可做為生質精煉工廠之料源探討及整理，本研究就各料源價格、數量、優缺點彙整如下表 8。

表 8 各項生質料源優缺點分析

項目	農作物	農業廢棄物		
	青割玉米	食用玉米	稻稈	硬質玉米
價格 (元/公斤)	1.85	3.5	3.5	N/A
數量 (公噸/年)	6,720	676	1,974	49,208
優點	種植容易， 成長期短， 且無採集處 理問題。	可針對已採收 完成的玉米株 進行廢棄物蒐 集，符合循環 經濟概念。	已有現行 銷售市場，且收集 技術具可 行性。	境內優勢作 物，種植數 量最多。
缺點	非農業廢棄 物，較無符 合循環經濟 之精神。	目前尚無該項 勞工事，其採 集應同樣需額 外勞動去支 應。	市場總量 難以確實 掌握。	現行採集困 難需改良機 具並增加諸 多勞力支 出。

資料來源：本研究彙整。

經實地調查各農業廢棄的運收集方式及成為生質物料可行性後，硬質玉米雖為種植數量最多之作物，但因其採集正產品（玉米粒）過程中係以機具收割整株後，僅分離出所需之玉米粒後，其於不需要的農業廢棄物皆碾碎覆土回田裡，礙於現有機具採集方式無法獲得所需之玉米桿，經請益農民及農會經

驗，如欲收集硬質玉米之農業廢棄物則需改良農機採集之前端進口處，並且後端需再以小貨車及堆貨機集貨整理方式蒐集廢棄玉米桿，而若在現況未改良農機下以人力方式蒐集硬質玉米桿廢棄物，則極不符農民耕作效益，故本研究情境規劃中，未進一步討論硬質玉米相關規劃配置。

因此，基於風險趨避原則及循環經濟精神，本研究以玉米農業廢棄物、稻米農業廢棄物（稻稈）為首要選擇、青割玉米為輔進行生質料源配適組合，作為情境規劃提供方案建議。由於多樣化物料來源有助於平穩價量波動帶來的不確定性及降低倚賴寡數來源的供給安全性，因此，探討各情境下的生質原物料組合搭配，並以作物種植時序即可供應生質料源之月份進行規劃，並以符合循環經濟精神為優先擇選料源來源，茲規劃如下：

表 9 義竹鄉生質物料可供應月份

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
農作物	青割玉米												
農業廢棄物	食用玉米												
	稻桿												
料源缺口													

資料來源：本研究彙整。

研究依據各生質作物種植時序，配合所需育成時間，推估可產生農業廢棄物之月份時序，並且以每年總需求量 33,000 公噸，每月 3,000 公噸為規劃目標，規劃時序如上表 9。

青割玉米供應月份為 1、2、6、7 月，食用玉米供應月份為 1、7、8、12 月，稻桿為 1、6、7、12 月。因此在料源搭配組合，1 月及 7 月為青割玉米、食用玉米、稻桿之組合，2 月為採用青割玉米，6 月為採青割玉米及稻桿，8 月為採用食用玉米，12 月為採用食用玉米及稻桿之組合，該生質工廠實際運作月份為 1 至 11 月，12 月為機器歲修而無料源需求，故 12 月份所產出之生質料源則調度至 1 月份運作之需求。

在料源缺口月份（3、4、5、9、10、11 月）則需另闢料源來源滿足工廠運作所需，如在規劃上如作物供給時產生競合，將先以當地農業廢棄物為優先，故則選排序為食用玉米、稻桿、青割玉米，研究擬出規劃情境方案，如下所述。

- 方案一：在地潛力生質料源搭配鄰近鄉鎮農業廢棄物、生質料源供應運轉所需料源量。在有農業廢棄物供應之月份內，以義竹地區在地農業廢棄物作為優先料源選擇，若仍有料源缺口不足供應時，則從鄰近鄉鎮調度農業廢棄物供應需求；而未能有農業廢棄物之月份則以購入生質料源以青割玉米做為料源補充來源。
- 方案二：在地潛力生質料源搭配生產者自行種植青割玉米。在可供應農業廢棄物之月份內，以義竹地區在地農業廢棄物作為優先料源選擇，如仍有料源缺口時，則由廠商透過自行租地生產青割玉米，以生質料源作物補足料源缺口來源。
- 方案三：為研究參考基準情境，以廠商完全掌握料源自主

空間，自行種植青割玉米供應生質工廠全年料源需求。

（二）綜合評估

在規劃出各月份所生質料源可供應時序及各物料的產出數量、正產品與副產品比例、優缺點後，本節將針對該三方案就其所需之料源蒐集範圍、生產成本進行評估，即在較具循環經濟精神之方案一與折衷之方案二、於綜合評估後，供料源需求者後續決策之參考。

1. 需求缺口評估

本計畫所評估之生質工廠之料源需求為每日 100 公噸，運作月份為 1 至 11 月，12 月為歲修月份故無料源需求，平均每月約有 3,000 公噸生質料源需求，且基於希冀透過研究規劃，在獲得生質料源同時，亦能解決環境問題，在料源擇選將以農業廢棄物為優先選擇，綜合前述內文後歸納出每單位（公噸）的正產品可衍生出的副產品（農業廢棄物）進行推算。

研究進一步盤查義竹鄉內稻米及玉米作物全年可供應之生質料源數量，進而推估出尚待滿足的需求缺口，並針對另闢料源來源進行評估，如下表 10 可觀察出缺口月份集中於春秋兩季，此時極需考量料源的供給穩定，以維持工廠能持續運作，同時料源選擇順位上，將以農業廢棄物內食用玉米桿為優先，其次為食用玉米，並以青割玉米為最後補充料源之大宗來源。

表 10 義竹鄉生質物料可供應數量及需求缺口

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
農作物	青割玉米	42 公頃	42 公頃				42 公頃	42 公頃					
		1680 公噸	1680 公噸				1680 公噸	1680 公噸					
農業廢棄物	食用玉米桿	36 公頃						18 公頃	18 公頃				
		338 公噸						169 公噸	169 公噸				
	稻桿	126 公頃					115 公頃	115 公頃					
		577 公噸					705 公噸	705 公噸					
需求缺口	405 公噸	1320 公噸	3000 公噸	3000 公噸	3000 公噸	615 公噸	446 公噸	2831 公噸	3000 公噸	3000 公噸	3000 公噸	機器 歲修	
另闢料源來源	青割玉米		33 公頃	75 公頃	75 公頃	75 公頃				70 公頃	70 公頃	70 公頃	
	食用玉米	43 公頃						48 公頃	301 公頃				
	稻桿						110 公頃						

資料來源：本研究繪製。

評估料源供給月份及缺口月份後，進一步精算每個月份內各項料源來源作物所能供應之數量所需支出之成本，如下表 11，經組合義竹鄉境內可供應料源與自外鄉鎮輸入所需缺口，每月總成本不同料源組合約 590 萬至 1,050 萬不等，主要為農業廢棄物其取得價格較青割玉米稍高，且每月份可獲得比例不一，若自外鄉鎮調度農業廢棄物則需再加上運輸成本⁶，故在料源組合方面若採用具有農業廢棄物組合之月份，其單月成本會較一般採收購青割玉米稍高。

⁶ 如一月另闢料源來源為從外鄉鎮調度食用玉米桿，則成本為每單位（公斤）食用玉米桿 3.5 元加上每單位運輸費用 0.25 元再與總需求缺口 405 公噸進行換算，得出 1,518,750 元整。

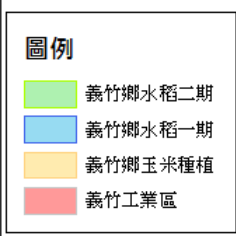
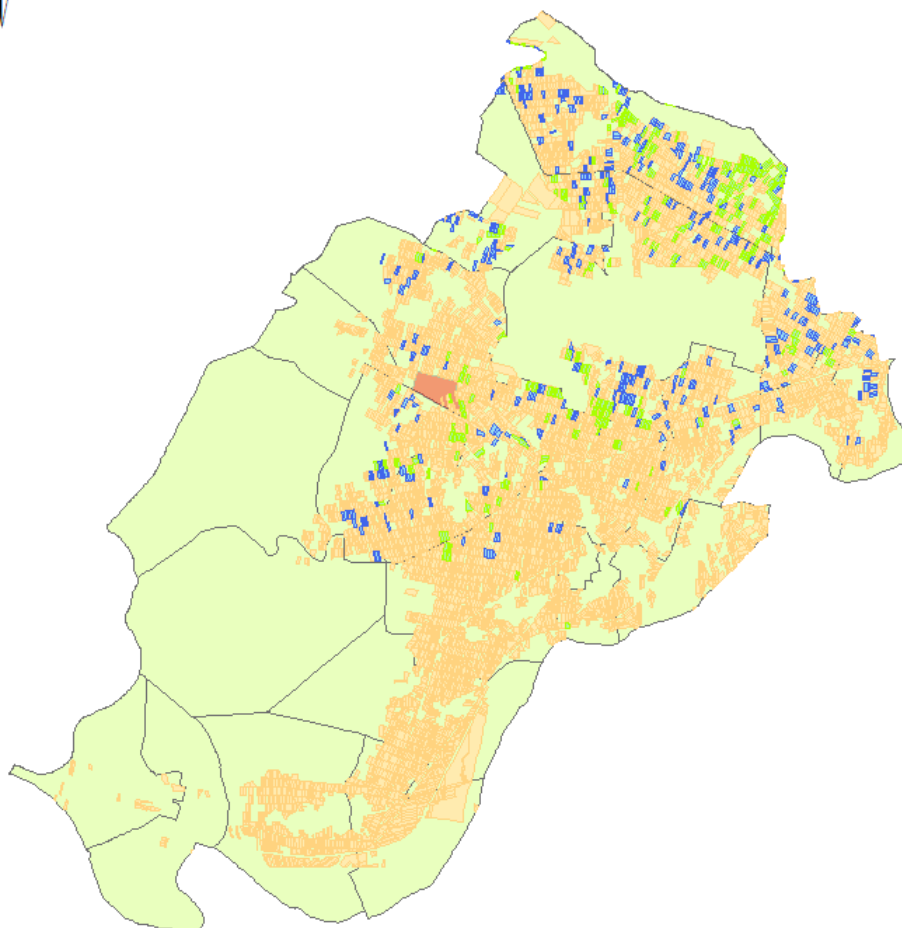
表 11 義竹鄉生質物料成本推估

來源	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	月成本(元)	7,829,250	5,880,000	6,300,000	6,300,000	6,300,000	7,880,875	7838,625	11,207,750	6,300,000	6,300,000	6,300,000	
義竹鄉境內	青割玉米	3,108,000	3,108,000				3,108,000	3,108,000					
	食用玉米	1,183,000						591,500	591,500				
	稻稈	2,019,500					2,466,625	2,466,625					
其他鄉鎮輸入	青割玉米		2,772,000	6,300,000	6,300,000	6,300,000				6,300,000	6,300,000	6,300,000	
	食用玉米	1,518,750						1,672,500	10,616,250				
	稻稈						2,306,250						

資料來源：本研究繪製。

在料源規劃以義竹鄉在地農業廢棄物及青割玉米作物為優先使用，其栽植範圍如下圖 7，其中間紅色之多邊形為本次評估設址工廠預計設址之義竹工業區所在地；綠色及藍色處則分別為一期稻作、二期稻作分佈，以一期稻作種植數量更甚於二期稻作；米黃色部分則為義竹鄉玉米種植分佈，佔其行政區內近三分之一面積，其中近九成現況係種植硬質玉米，食用玉米及青割玉米尚有提升空間。

義竹鄉生質能源作物分佈圖



資料來源：本研究繪製

圖 7 義竹鄉生質能源作物分佈圖

在料源缺口部分，評估自外鄉鎮調度農業廢棄物及青割玉米料源，即在總成本方面除應付給生產者的價格外（生產成本與正常利潤），需額外再考量運輸成本，才為可獲得料源之實際價格，故研究以工廠預計設址處義竹工業區為中心處進行規劃。

經調查鄰近鄉鎮農作物種植及勞動支出等必要成本，因皆為農村聚落而各成本項間未有明顯歧異，故料源調度以運輸成本極小化為目標進行選擇。下圖 8 為義竹鄉鄰近鄉鎮玉米種植現況，週邊東石鄉、布袋鎮、太保市、朴子市、鹿草鄉、後壁區、鹽水區、新營區、北門區、學甲區因氣候及土壤水文條件相似而皆有玉米種植，並以鹽水區、新營區、鹿草鄉為大宗。

研究以義竹工業區為中心向外鄉鎮進行距離計算，並以現況種植玉米之農地為探討標的，分別對青割玉米及食用玉米推估滿足料源缺口所需涵蓋範圍，即至少需有該範圍內之作物於收成採集後所產生之農業廢棄物、青割玉米方能滿足料源缺口。

圖 8 係為評估料源缺口由外鄉鎮調度青割玉米補齊，經分析後需至少為距離義竹工業區 4.1 公里內之外鄉鎮所生產總量進行調度，劃設範圍集中於布袋鎮、鹽水區；圖 10 為評估料源缺口由外鄉鎮調度食用玉米補齊，經分析後需至少義竹工業區 4.9 公里內之外鄉鎮所生產總量進行調度，亦同樣集中於布袋鎮、鹽水區，並以鹽水區為主要供應鄉鎮。



資料來源：本研究繪製

圖 8 義竹鄉鄰近鄉鎮玉米種植分布圖



資料來源：本研究繪製

圖 9 料源缺口調度青割玉米範圍



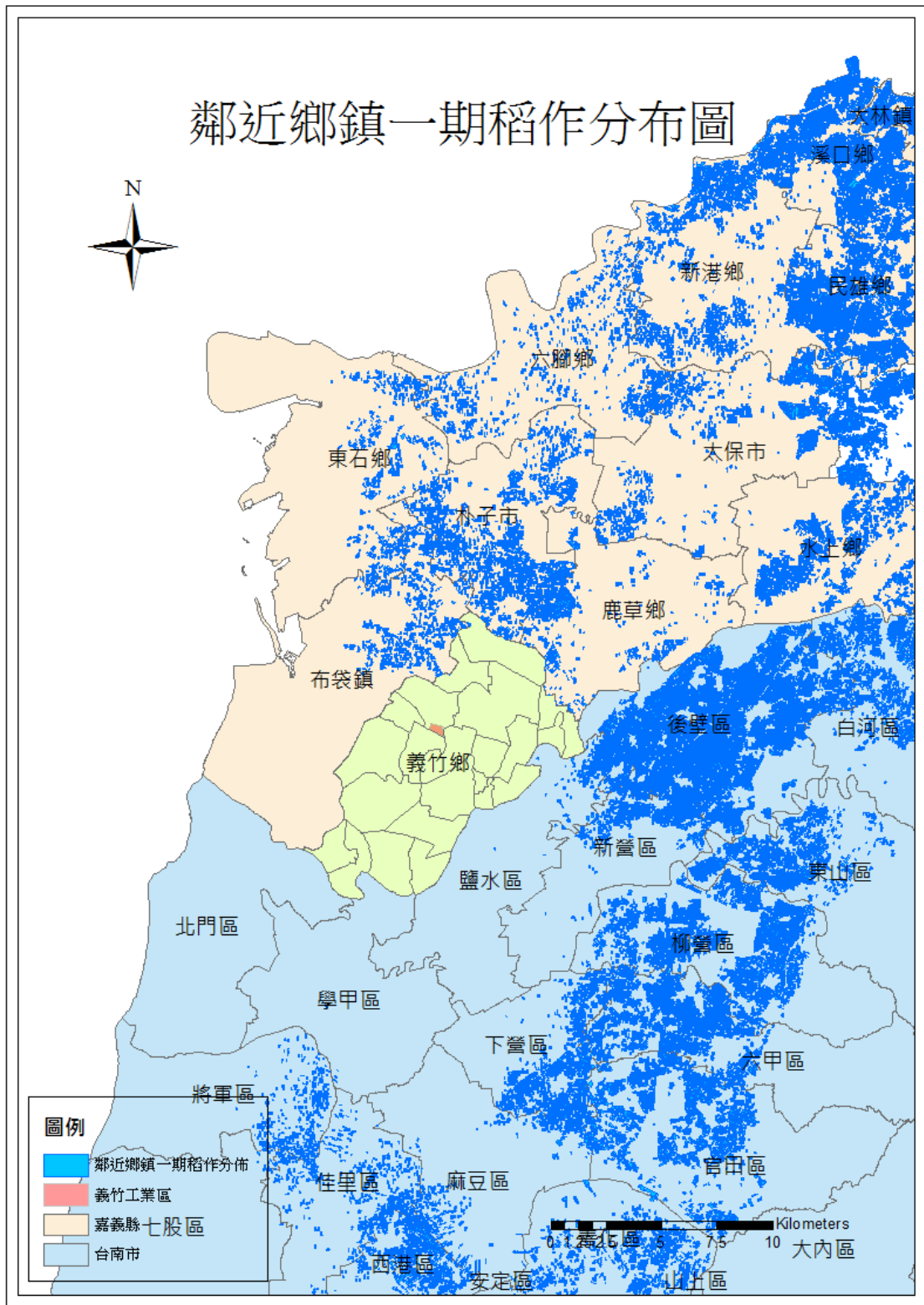
資料來源：本研究繪製

圖 10 料源缺口調度食用玉米範圍

在未有食用玉米可供產出玉米桿之月份，農業廢棄物以稻米採收後所衍生之稻桿為料源調度對象，因二期稻作與食用玉米產出月份形成競合，故以食用玉米桿做為擇選對象，而在 6 月份因無食用玉米產出，故此時以一期稻作作為調度料源來源。研究首先針對義竹鄉鄰近鄉鎮所種植之一期稻作進行盤查，如圖 11 所示，鄰近鄉鎮以朴子市、布袋鎮、後壁區、新營區、鹿草鄉、柳營區為一期稻作主要種植鄉鎮。

研究同樣以義竹工業區為中心向外鄉鎮進行距離計算，以現況種植一期稻米之農地為探討標的，推估滿足料源缺口所需涵蓋範圍，即至少需有該範圍內之稻米於收成後所衍生之稻桿方能滿足料源缺口。

如圖 12 係為評估料源缺口由外鄉鎮調度稻桿補齊，分析後需至少為距離義竹工業區 3.5 公里內之外鄉鎮所生產之總量進行調度方能滿足料源缺口，並集中於布袋鎮、故以一期稻作所衍生之稻桿作為料源短缺月份滿足其需求缺口時，布袋鎮為稻桿重點供給鄉鎮。



資料來源：本研究繪製

圖 11 鄰近鄉鎮一期稻作分布圖



資料來源：本研究繪製

圖 12 料源缺口調度稻桿範圍

2.總需求成本評估

方案一為具循環經濟精神所研擬出料源組合規劃，料源缺口以鄰近鄉鎮農業廢棄物調度補足，並以收購青割玉米做為農業廢棄物缺口月份補充；方案二為料源缺口月份以廠商自行種植青割玉米滿足料源缺口，推估後所需相關成本如下。

如表 11 方案一物料成本每月受到農業廢棄物料源的供應數量比例而有所消長，每月所需支出成本因不同料源組合約落在 590 萬至 1,121 萬不等，合計每年共需支出約 7,844 萬元，方能滿足每天運作所需料源數量要求。

方案二為缺口月份自行種植青割玉米，其料源掌握度較方案一高，但缺乏循環經濟精神。自行種植青割玉米需考量成本有地租、種籽、肥料、採集、翻土、運輸等固定成本與變動成本支出，在成本項首先需考量為地租成本，即生產滿足料源缺口之青割玉米所需最低種植面積。青割玉米育成時間視春作及秋作不同，播種至收成約需 90 至 110 天，研究採輪耕方式滿足每月供應料源需求，並以保守需求日數 120 天計算（即四個月），方案二料源缺口集中在 3、4、5、9、10、11 月，因此採輪作方式下，共需 225 公頃農地，全年種植二次。如下圖所示。

<u>農地 A (70 公頃)</u>	<u>農地 B (70 公頃)</u>	<u>農地 C (70 公頃)</u>
需求月份：3、9 月	需求月份：4、10 月	需求月份：5、11 月
種植月份：11、5 月	種植月份：12、6 月	種植月份：1、7 月

資料來源：本研究繪製。

圖 13 方案二種植期程

近年來土地租賃市場為賣方市場 (Active Market)，搶地栽種作物情況使農地年租金逐年提升，目前義竹鄉農地平均行情約 7,000 元至 9,000 元不等，保守估計約每分地以年租金 9,000 元才得確保可承租到所需之農地，研究採每分地 9,000 元計算地租成本，經推算為每年每公頃地租成本為 92,700 元，以承租 225 公頃農地滿足 3、4、5、9、10、11 月分料源缺口計算，推估地租成本每年需約支出 2,086 萬元。

另外在種植過程至收成階段，每項勞動支出與生產要素投入以每公斤產量計算，採集約 0.3 元、運輸約 0.25 元、種籽、肥料、翻土約共需 1 元，如以單月料源需求 3,000 公噸進行推估，每月約需支出 465 萬元，方案二每年需耕種 6 個月，合計需支出 2,790 萬元。

另雖承租農地有地租成本之支出，但若配合休耕政策或轉契作，則可領取農委會農糧署相關補助及獎勵金，與收益項性質相似。在方案二自行種植青割玉米由於採輪耕方式進行料源取得評估，故符合休耕補助期間及領取要求標準⁷難

⁷ 需於休耕期間種植綠肥、景觀作物，且辦理翻耕、田間管理等事務，經現勘確認農地內無種植綠肥或景觀作物以外作物後，方核予發給。

以達到，故在此僅以轉契作獎勵金進行估算，因此，以現行大專業農補貼金額標準計算，種植青割玉米每公頃每期可領取 4.5 萬元，以種植滿足年需求量之青割玉米面積 225 公頃推估，共可領取兩期⁸輪耕共 2,025 萬元。

綜合上述地租及勞動支出、生產要素投入及轉契作可領取獎勵金後，總成本為 2,851 萬元，以方案二共 6 個月料源缺口攤提，每月成本為 475 萬元。故若以上述自行種植青割玉米滿足料源缺口月份 3、4、5、9、10、11 月份，搭配其他可自義竹鄉境內或鄰近鄉鎮供應農業廢棄物月份 1、2、6、7、8 月份，其全年支出約 6,914 萬元，為方案二之年總成本。

方案三則以料源自主性為首要考量，採自行種植青割玉米為另一參考情境進行情境規劃，需考量成本同樣有地租、種籽、肥料、採集、翻土、運輸等固定成本及變動成本支出，此參考情境滿足料源所需最低青割玉米種植面積，以保守需求日數 120 天計算，即四個月可完成一次輪作為週期，推估單一輪作週期共需 300 公頃農地，全年可採三次輪作種植。

研究採每分地 9,000 元計算地租成本，經推算為每年每公頃地租成本為 92,700 元，以承租 300 公頃農地計算，推估地租成本每年需約支出 2,781 萬元。另外在種植過程至收成階段，每項勞動支出與生產要素投入以每公斤產量計算，採集約 0.3 元、運輸約 0.25 元、種籽、肥料、翻土約共需 1

⁸ 依調整更作制度活化農地計畫獎勵金給付標準，同一田區在同一年度內之休耕措施、轉契作補貼、保價收購或試辦到作直接給付，以兩次為限。

元，如以單月料源需求 3,000 公噸進行推估，每月約需支出 465 萬元，合計需支出 5,115 萬元。在種植獎勵金部分，此參考情境以種植滿足年需求量之青割玉米面積 300 公頃推估，共可領取兩期輪耕共 2,700 萬元，此方案三情境全年支出總成本為 5,196 萬元。

綜合地租及勞動支出、生產要素投入及轉契作可領取獎勵金後，經攤提後各方案每公噸生質料源成本分別為 2,377 元、：2,095 元、1,575 元。如下表 12，若以成本面比較皆搭配農業廢棄物情境規劃之方案一及方案二，富循環經濟精神之方案一年支出總成本約為 7,844 萬元整，料源來源折衷之方案二年支出總成本約 6,914 萬元整，方案二成本較低。

而方案三為參考之情境，即以工廠自行生產青割玉米供料源缺口所需，年支出總成本為 5,196 萬元整，與上述方案一即方案二比較，可明顯發現情境若採搭配農業廢棄物作為料源供應組合，將使總成本依農業廢棄物使用多寡呈比例增加。

因此，採循環經濟精神及環境友善理念所研擬之料源組合規劃，或以料源自主性與成本考量所規劃之自行生產生質料源情境方案，經濟行為者從事決策依實際需求現況擇定合適之方案。

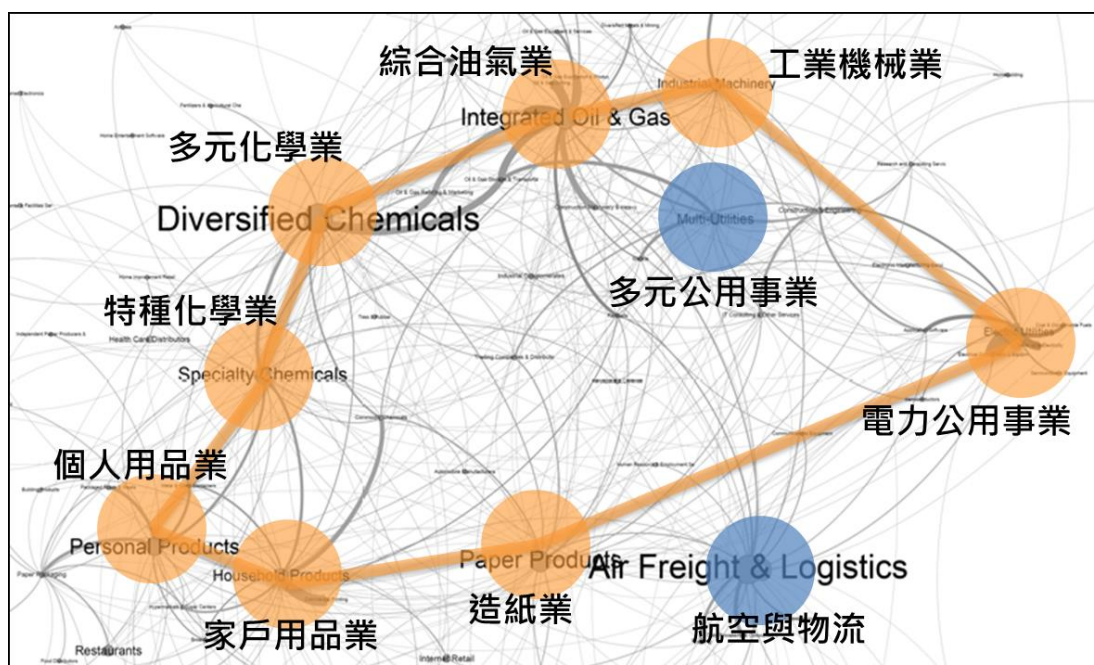
表 12 規劃情境方案成本比較

方案 月份	方案一	方案二	方案三
1月	7,829,250 元	7,829,250 元	4,723,636 元
2月	58,80,000 元	5,880,000 元	4,723,636 元
3月	6,300,000 元	4,751,250 元	4,723,636 元
4月	6,300,000 元	4,751,250 元	4,723,636 元
5月	6,300,000 元	4,751,250 元	4,723,636 元
6月	7,880,875 元	7,880,875 元	4,723,636 元
7月	7,838,625 元	7,838,625 元	4,723,636 元
8月	11,207,750 元	11,207,750 元	4,723,636 元
9月	6,300,000 元	4,751,250 元	4,723,636 元
10月	6,300,000 元	4,751,250 元	4,723,636 元
11月	6,300,000 元	4,751,250 元	4,723,636 元
合計	78,436,500 元	69,144,000 元	51960,000 元
每公噸料源	2,377 元	2,095 元	1,575 元

資料來源：本研究繪製

四、綠色化學產業生態系統地圖

產業生態系統地圖為透過大數據供應鏈資料庫進行產業資料蒐集與彙整，並藉由將數據資料視覺化，將產業依屬性分為主力產業（Anchor industries）和觸媒產業（Catalyst industries），主力產業係指在線性供應鏈上的產業，為具有直接上下游關係的產業類別；而觸媒產業為橫跨在主力產業間的中介產業，相較於主力產業，具有較高的網絡核心地位，並且扮演維繫不同產業間財務關係的重要角色。主力產業由於位處於現有產業供應鏈上，對於新興產業生態系統的連結性較低，然而他們在提供資本密集的基礎設施與重要技術零件上，仍扮演非常重要的角色。本計畫根據 Peter Adriaens 和 Antti Tahvanainen（2016）資料更新數據，繪製綠色化學產業生態系統地圖，如圖 14 所示。



資料來源：整理自 Adriaens, Peter, Tahvanainen, Antti（2016）。

圖 14 綠色化學產業生態系統地圖

表 13 綠色化學產業生態系統主要產業別

類別	產業	內容
主力產業	工業機械業	工業機械和工業部件製造商。包括製造印刷機，機床，壓縮機，污染控制設備，絕緣子等金屬製品。
	綜合油氣業	從事石油和天然氣勘探生產的綜合石油公司
	多元化學業	多元化學產品製造商。
	特種化學業	主要生產高附加值化學品的公司，包括但不限於精細化學品，添加劑，高級聚合物，粘合劑，密封劑和特種塗料。
	個人用品業	個人和美容護理產品的製造商，包括化妝品和香水。
	家戶用品業	非耐久財的家用產品的生產商，包括洗滌劑，肥皂，尿布和其他沒有歸類於紙製品子行業的紙巾和家用紙製品。
	造紙業	各級紙製造商。
觸媒產業	電力公用事業	生產或分配電力的公司。
	多元公用事業	公用事業公司除核心電力公用事業，燃氣公用事業和/或水力公用事業外，還有明顯的多樣化活動。
	航空與物流	提供航空貨運，快遞和物流服務的公司，包括包裹和郵件遞送以及報關代理。

資料來源：整理自 Global Industry Classification Standard (2017)。

綠色化學主力產業包括工業機械業、綜合油氣業、多元化學業、特種化學業、個人用品業、家戶用品業、造紙業及電力公用事業等，而觸媒產業則包括多元公用事業、航空與物流。從圖中線條粗細程度可以發現，多元化學業與綜合油氣業的連結性強，顯示目前化學產品製造仍多以化石原料作基礎，且綠

表 14 商品化學業內容

類別	產業	內容
觸媒 產業	商品化學業	生產工業化學品和基礎化學品的公司。包括但不限於塑料，合成纖維，薄膜，商品塗料和顏料，爆炸物和石化產品。

整體而言，在環保意識抬頭的現在，傳統工業結構已無法保證經濟能長期且穩定成長，反而必須透過發展具循環經濟觀點的產業價值鏈結構，才是未來支持經濟發展的關鍵。從綠色化學領域發展出的新興行業，如芬蘭持續增加的生質能工廠，顯示出利用國家自然資源為經濟與產業發展的契機；而生質能與化學品之間聯繫的最大威脅為化石原料與化學品之間的既得利益，因此生質能要能永續發展的關鍵在於生質原料是只能替代傳統化石原料，或是實際上可以出現全新的經濟活動，甚至是全新的行業，這樣的情況，才能提高競爭，推動全球永續發展。

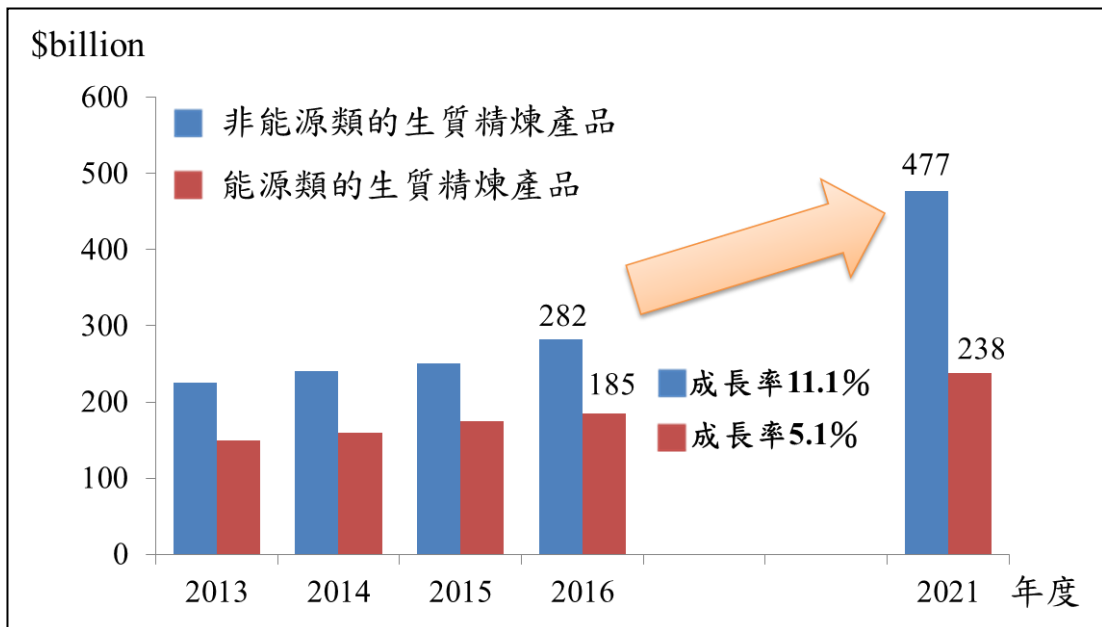
從綠色化學產業生態系統地圖中發現的生質能與化學工業的初期微弱連結，為發展具循環經濟觀點價值鏈結構的開端，來自歐洲最大化學集團 (Antwerp-Ruhr-Rhein axis) 的資料顯示，現在地化石產業實力和低成本，應該是將生物基材料發展為具利基產品，開發生質材料技術既可解決地球資源衰竭的問題，又能符合節能減碳的要求，以之取代現有石化產品已成為生質材料產業發展的方向。

五、生質精煉產品市場調查

從前述綠色化學產業生態系統地圖可以得到目前經濟結構下的產業環境，而為了使計畫成果能符合未來發展狀況，本計畫從國際相關產業研究報告彙整，有關整體生質精煉產業發展趨勢，以及核研所技術可應用的產業，使後續透過商業模式九宮格分析法，能讓分析結果更具，茲就整體生質精煉產品市場、生質酒精市場、及木寡糖與木糖醇市場等發展趨勢說明如下。

(一) 整體生質精煉產品市場

根據 BCC 市場研究資料顯示，全球生質精煉產品市場到 2021 年將從 2016 年的 4,666 億美元產值增加至 7,146 億美元產值，年增長率約為 8.9%。其中可區分為非能源類的生質精煉產品及能源類的生質精煉產品市場，下圖 16 所示。



資料來源：整理自 Biorefinery Products: Global Markets (2017)。

圖 16 生質精煉市場產值趨勢

非能源類的生質精煉產品市場將從 2016 年的 2,820 億美元產值增加至 2021 年 4,770 億美元產值，年增長率約為 11.1%；能源類的生質精煉產品市場將從 2016 年的 1,850 億美元產值增加至 2021 年 2,380 億美元產值，年增長率約為 5.1%。可以發現，非能源類的生質精煉產品佔整體市場產值高且年增長率快，為未來發展的重要產業。

另一方面，生質精煉產品仍處於發展初期，2016 年市場滲透率僅為 5.5%，資本密集度較低，在取代以化石原料為基的產品上，仍有很長的路要走。然而報告中指出目前許多大型化工公司正在部署熱化學，生物，混合和/或化學轉化技術，以期在未來綠色循環經濟的市場中取得先機，而這些行為將使未來 2021 年市場滲透率提高到 6.5%。

而在國際發展上，「全民永續能源」(SE4All) 倡議在 2015 年通過新的永續發展目標，納入生物煉製技術，為全球生物經濟發展設立一個顯著里程碑。至此之後美國，歐盟等通過消除市場障礙和引入新的機制，促進市場投資，降低單位生產成本，創造更高的投資回報，來推動生物煉製產業發展。

此外，2016 年 5 月 18 日，美國環境保護署提出 2017 年適用於纖維素生物燃料，生質柴油，先進生物燃料和再生燃料總量的數量要求和相關百分比標準。該提案還涵蓋 2018 年生質柴油的數量要求，預計 2016 年至 2017 年再生燃料總量將增長 4%，從 18.1 億加侖增加到 18.8 億加侖。

(二) 生質酒精市場

根據 REN21 「全球再生能源現況報告」及 BNEF (Bloomberg New Energy Finance) 「全球生質能市場展望」報告，2015 至 2016 年間，受到各國政府減少再生能源補貼、低油價衝擊，以及部分質疑生質能對環境永續性之爭議，使得生質能之投資、產量及發電量成長有所減緩。REN21 之 2017 年全球再生能源現況報告顯示，相較於太陽能與風力發電裝置容量於 2016 年仍明顯成長，生質能發電裝置容量新增 5.9GW，共計 112GW，僅較 2015 年成長 5.67%，生質能發電量則成長 8.62%，生質酒精與生質柴油產量則分別維持在 986 億公升(約 9,860 萬公秉)與 308 億公升(約 3,080 萬公秉)。2016 年生質能發電量最多之國家依序為美國、中國大陸、德國、巴西、日本、印度及英國。如下表 15 所示。

表 15 2016 年全球生質能發電量排名前 5 大國家

排名	國家	生質能發電裝置 容量 (GW)	生質能發電量 (TWh)
1	美國	16.8	68
2	中國大陸	12.0	54
3	德國	7.6	52
4	巴西	13.9	51
5	日本	4.1	38
前 5 大合計		54.4	263
全球合計		112	504

資料來源：REN21 (2017), “Renewables 2017 Global Status Report”

若進一步由生質能投資總額分析，根據 2017 年 BNEF 之生質能展望報告及 REN21 之全球再生能源現況報告，2016 年全球生質能發電裝置容量與生質燃料之投資金額再次下滑，2016 年對生質能發電裝置之投資約 68 億美元，較 2015 年下滑 11.76%，同年對生質燃料投資總額為 22 億美元。相較於 2007 年至 2011 年之新增投資主要來自歐洲與中國大陸，2016 年新增投資主要來自歐洲。

表 16 全球生質能新增投資總額

單位：10 億美元

年度	生質能發電	生質燃料	生質能投資總額	全球再生能源投資總額	生質能投資占比	生質能投資成長率
2006	12.8	28.6	41.4	112.7	36.73%	—
2007	23.0	27.4	50.4	159.3	31.64%	21.74%
2008	17.5	18.4	35.9	181.4	19.79%	-28.77%
2009	15.0	10.2	25.2	178.3	14.13%	-29.81%
2010	16.6	10.5	27.1	243.6	11.12%	7.54%
2011	19.9	10.6	30.5	281.2	10.85%	12.55%
2012	14.9	7.2	22.1	255.5	8.65%	-27.54%
2013	12.4	5.2	17.6	234.4	7.51%	-20.36%
2014	10.8	5.3	16.1	278.2	5.79%	-8.52%
2015	6.7	3.5	10.2	312.2	3.27%	-36.65%
2016	6.8	2.2	9.0	241.6	3.73%	-11.76%

註：生質能發電裝置投資總額含固態生質能及轉廢為電（waste-to-power）技術之投資，但不含轉廢為氣（waste-to-gas）技術之投資。

資料來源：REN21（2017），“Renewables 2017 Global Status Report”

2016 年全球液態生質燃料產量為 1,353 億公升，較 2015 年成長約 2%。美國與巴西為目前液態生質燃料產量最大之國家，約占全球生質燃料產量 70%，全球生質燃料產量中，約 72.88% 為生質酒精，22.76% 為生質柴油，僅約 4.36% 為 HVO。過去一年，全球生質酒精產量幾乎沒有顯著變化，美國與巴西產量仍最多，分別占全球產量 58.82% 與 27.38%，中國大陸、加拿大與泰國則是繼美國與巴西後，生質酒精產量居次國家。亞洲以中國大陸產量最多，約 99% 生質酒精之料源來自澱粉，所有酒精生產與分配係由國有石油公司控制。

表 17 2016 年全球生質酒精產量排名前 15 大國家

單位：10 億公升

排名	國家	生質酒精	排名	國家	生質酒精
1	美國	58.0	9	法國	0.8
2	巴西	27.0	10	比利時	0.6
3	中國大陸	3.2	11	英國	0.5
4	加拿大	1.7	12	哥倫比亞	0.4
5	泰國	1.2	13	西班牙	0.3
6	印度	0.9	14	波蘭	0.2
7	德國	0.9	15	印尼	0.1
8	阿根廷	0.9	前 15 國合計		96.7
歐盟 (28 國)			3.4		
全球合計			98.6		

資料來源：REN21 (2017), “Renewables 2017 Global Status Report”

2016 年，全球在液態生質燃料方面努力進行先進生質燃料之開發與商業化，其目的在於生產對土地利用影響較小之燃料（例如：以廢棄物或剩餘資材作為料源）並減少與民爭糧，

同時欲直接取代運輸系統之化石燃料或以高比率生質燃料與傳統燃料混合。2016 年新生質燃料市場由 HVO 主導，其次為纖維酒精，芬蘭、美國、巴西、中國大陸及泰國等均陸續宣布設立纖維酒精工廠，並以農業或林業剩餘資材作為料源。生質航空燃料油方面目前數量相對較少，且仍屬示範使用階段。部分飛機製造商近年在研發生質航空燃料油，包括空中巴士公司與波音公司。此外，全球有不少航空公司在 2016 年相繼使用生質燃料，包括墨西哥航空、阿拉斯加航空、英倫航空、聯邦快遞、芬蘭航空、高爾航空、荷蘭皇家航空、漢莎航空、卡達航空、北歐航空、西南航空及聯合航空等。

而國內生質酒精需求量 2010 至 2016 年每年約 200 公秉，推估 2017 年約 300 公秉，目標客戶為國內運輸燃料使用、醫療市場、民生市場等。若以取代 95 無鉛汽油為例計算產值，2016 年產值約為 356.6 萬元。如下表 18 所示。至於其他價格，台糖 95% 酒精 500ml，售價約 50~65 元、民間 40% 自釀酒精每台斤售價 40~50 元。

表 18 我國生質酒精產值

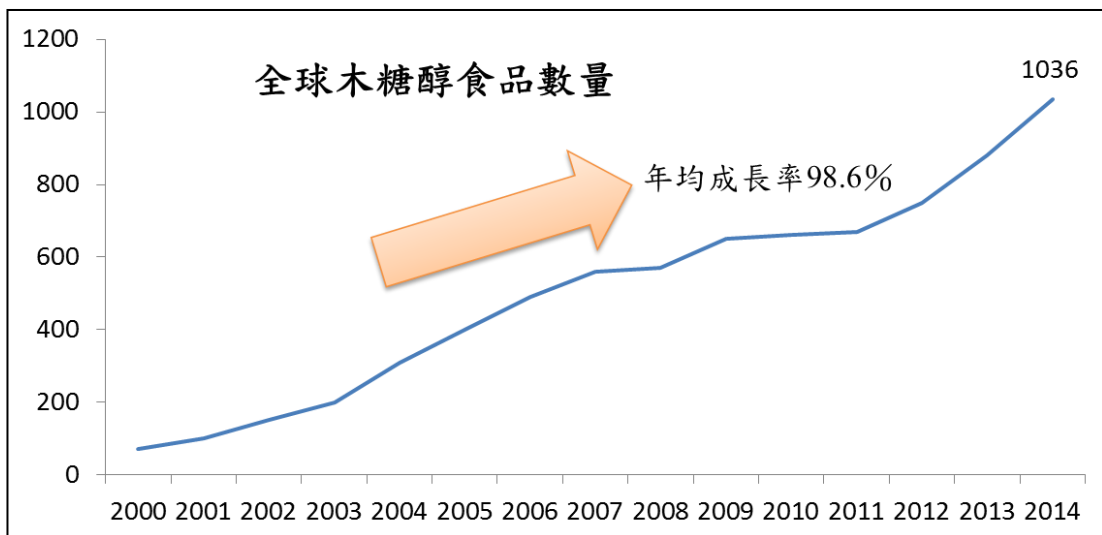
年度	2012	2013	2014	2015	2016
生質酒精供給量 (公秉)	235	168	169	143	161
95 無鉛汽油年平均 價格 (元/公秉)	32,908	33,523	32,121	23,773	22,174
產值 (千元)	7,734	5,632	5,428	3,400	3,566

資料來源：工業局，2017 生質能暨環保產業推動計畫。計畫執行中。

(三) 木寡糖、木糖醇市場

由於健康問題日益嚴重，大大改變了消費者的購買行為，已開發國家和發展中國家的消費者對低卡路里食品喜好增加，預期將大力推動木寡糖及木糖醇市場。2015 年全球木糖醇市場價值為 7.372 億美元，市場研究指出從 2016 年到 2025 年將以 6.6% 的年複合增長率增長，其中以亞太地區主導木糖醇市場，2015 年占全球市場收入的 41%。

而在應用方面，全球木糖醇在食品中的應用比例達 83.2%，在保健與飲料中的應用分別占比 8.9% 和 7.6%，從食品的細分類來看，應用最多的是口香糖，其次是維生素和膳食補充劑、薄荷糖、硬糖等領域，應用範圍相當廣泛，從 2000 年起至 2014 年，產品數量從約 70 種，增長至 2014 年約有 1,036 種食品數量，如圖 17 所示。



資料來源：整理自山東龍力生物科技股份有限公司（2015）。

圖 17 全球木糖醇食品數量統計

在中國木糖醇的應用領域以糖果與口香糖、烘焙、果汁飲料、乳品中的應用居多，分別占整個應用的 21.3%、17.2%、8.2%和 8.0%。最先將木糖醇作為蔗糖的替代品應用於口香糖中生產空腔清潔產品的國家日本，也是木糖醇口香糖最大的生產國，其占全球比例的 22.2%。其次為美國、中國、德國，分別占比 6.3%、5.4%和 4.9%。

而木寡糖部分，全球木寡糖市場從 2013 年 623 億美元到 2016 年的 856 億美元，規模保持平均年增長率 11.17%，市場分析人士認為，由於木寡糖具有（1）防齲齒功效，不被酵母菌利用，同木糖醇一樣有防齲齒功效，（2）替代部分蔗糖，在人體內不被消化吸收，減少了人體對糖分的吸收，（3）調節腸道微生態、促進營養元素吸收的健康功能，預計到 2021 年，木寡糖的市場規模將達到 1,120 億美元。

日本是木寡糖應用廣泛的國家，45%的產品屬於乳製品，20%屬於糖果或口香糖，20%產品歸為醫療保健。但台灣目前無任何木寡糖、木糖醇生產工廠，全部進口。目前台灣市場上價格日本山多利售價 2,500 元/公斤，而由信欣生計代理進口大陸龍力純度 95%木寡糖售價為 500 元/90g。

六、生質精煉工廠商業模式評析

一套良好商業模式為從事經濟行為時不可或缺的關鍵要素，而任何形式的商業模式皆需要資源挹注其發展，無論是自身所擁有的稟賦，或是與他人合作所共享的資源，若沒有資源，企業則無法形成價值，也難以產生收益維持營運所需，本計畫以商業模式九宮格構成組成要素區塊，評估生質精煉工廠運作之商業模式，評估結果如圖 18 所示，各項內容說明如下。

關鍵夥伴 <ul style="list-style-type: none"> ● 當地農會 ● 代耕業者 	關鍵活動 以當地潛在生質料源作為工廠所需料源首選	價值主張 <ul style="list-style-type: none"> ● 在地化生質料源 ● 解決農業廢棄物問題 ● 透過合作增進農民業外收入及穩定料源取得。 	顧客關係 掌握產品未來發展趨勢及市場潛力	顧客部門 <ul style="list-style-type: none"> ● 對低卡路里食品喜好者 ● 糖尿病人 ● 肥胖病人 ● 低血糖病人
	關鍵資源 <ul style="list-style-type: none"> ● 自有資金 ● 合作團隊（核研所）先進技術 		行銷通路 <ul style="list-style-type: none"> ● 食品廠商 ● 奶粉廠 ● 飲品實體店面 	
成本結構 (1) 自行種植： 固定成本：地租 變動成本：種籽、肥料、農藥、機具耕種、勞動成本、運費 (2) 向外收購：農業廢棄物市場價格。		收益來源 (1) 產品販售收益。 (2) 如自行耕種，依目前相關農業政策規定，有獎勵金或休耕補助物等其他收入來源。		

圖 18 生質精煉工廠商業模式結構

（一）顧客部門

本計畫分析生質精煉工廠以生產木寡糖為主要產品，由於木寡糖具難被人體消化酶分解之特性，熱量低且不影響血糖濃度，讓身體零負擔，因此糖尿病人、肥胖病人和低血糖病人均可放心食用。木寡糖應用範圍廣，潛在客戶包括：醫療保健品、乳品飲料（優酪乳、碳酸飲料等）、食品（麵包甜品）飼料等。已開發國家和發展中國家的消費者對低卡路里食品喜好增加，將會大力推動市場發展。

（二）價值主張

價值主張區塊強調該商業模式其核心精神所在，即提供給消費者的價值，透過購買經由商業模式所銷售、產出之商，使顧客可獲得的消費享受，即對消費者的使用效益總合。

就本計畫而言，為工廠所採取的原物料來源以在地低碳化、循環經濟為訴求，其產出之綠色化材相關產品係為對環境友善之綠色商品，使消費者滿足自身需求時，可享有額外對環境所盡之責任。

（三）行銷通路

木寡糖產品主要行銷通路包括食品廠商、奶粉廠、飲品實體店面等，由於本計畫主要價值為由農業廢棄物富含半纖維素的物質中提取，運用廢棄資源創造產值及價值。因此可從此點出發，與目前市面上產品做出區隔。

(四) 顧客關係

本計畫已透過產業生態系統地圖分析，掌握綠色化學產業價值鏈，並整理有關整體生質精煉產業發展趨勢，以及生質酒精市場、及木寡糖與木糖醇市場等發展趨勢，

(五) 收益來源

主要收益來源為產品販售之收益，但如果有自行承租農地耕種料源，依目前相關農業政策規定，有獎勵金或休耕補物等其他收入來源。

(六) 關鍵資源

為使商業模式得以運轉，需評估主體本身所擁有的資源稟賦，進而與其他區塊進行結合，在本研究評估對象，即廠商除享有本身資金優勢實體資產外，另結合核研所團隊於綠色化材先進研究技術等智慧、無形資產，成為推動商業模式運轉重要推力。

(七) 關鍵活動

在關鍵活動區塊，著力於在運作計畫內，行為者獨特之處，係行為者從事的活動使其後續價值主張與別的商业模式有所區隔，即差異化之所在，在本計畫內為蒐集農業廢棄物成為生質料源模式，賦予原先低市場價值之農業廢棄物市場價值，使其得以有用途使用，進而協助解決農業廢棄物處理問題，並且獲得工廠運作所需之生質料源。

(八) 關鍵夥伴

本評估計畫於規劃生質料源取得來源時，於義竹鄉地區進行實際田野調查，過程中發現當地多以代耕業者以承租農地形式機械化大規模進行耕作，同時在相關政策補助及農業獎勵部分仰賴當地農會為窗口與農業主管機關及當地政府進行審核及溝通，因此在生質料源來源部分，當地農會及代耕業者因其豐富經驗與即時資訊，而為本研究規劃方案內不可或缺的合作夥伴。

(九) 成本結構

成本結構主要評估為在商業模式運轉上所需產生之成本，透過成本結構的檢驗，可得知在其他商業模式區塊是否存在需調整空間，並且受何種因素影響。

在本計畫評估內容相當重要一部分即為各生質料源取的成本之評估，希冀以最小成本滿足每日工廠運作所需之料源數量，同時在可接受收購價格下，以農業廢棄物做為生質料源以符合循環經濟精神，非僅追求利潤，更達到環境友善及企業社會責任。

肆、結論與建議

(一) 結論

臺灣生質能政策，除進口雜糧作物外，早期則以栽植生質能作物作為料源供給主要來源，並且以擴大其生產面積為首要目標，但隨著國際糧食安全及人權、糧食供應等問題日漸提升，生質物料的來源已從生質能作物生產，逐漸轉型為追求農業廢棄物之有效利用，並且解決農業廢棄物可能，最終發展為結合土地、人力、產業發展等多種政策目標考量的完整配套。

本研究汲取相關過去研究經驗，就實務面角度以在地化作物其農業廢棄物做為生質能料源優先考量，並視實際情況以替代作物來源作為補充料源，希冀透過方案情境規劃協助廠商運作生產，在各項作物料源供應方面皆有其優缺點，研究以建立在「解決農業廢棄物」、「供給端與需求端雙贏」的基礎上規劃方案情境，研擬出以義竹鄉境內農業廢棄物為主，料源缺口搭配蒐集外鄉鎮農業廢棄物為輔或缺口以自行生產青割玉米滿足之方式進行評估，供決策者於決策時就自身需求及欲追求之目標參考。主要結論如下：

1. 根據實地調查，義竹鄉境內目前可供作為生質工廠料源的項目為青割玉米農作物、食用玉米廢棄物及稻稈廢棄物。而硬質玉米廢棄物雖然目前數量最多，但囿於現行採集需額外改良機具，就現況而言可行度甚低。
2. 目前義竹鄉境內潛力生質料源總量（包括青割玉米農作

物、食用玉米廢棄物、稻稈廢棄物)，尚無法滿足生質工廠平均每月 2,800 公噸之需求。而從種植時序評估，潛力生質料源可供應月份集中於 1、2、6、7、8、12 月，各月不足及其餘無料源供應之月份，則需要另闢料源管道。

3. 根據本計畫分析，在具循環經濟精神所研擬規劃情境，採方案一（料源不足部分自外縣市購入潛力生質料源來補齊）時，料源總成本為 7,844 萬元，採方案二（料源不足部分自行租地種植青割玉米來補齊），料源總成本為 6,914 萬元，方案二成本較低。而生質料源皆為自行生產之參考情境方案三總成本為 5,196 萬元，為最低成本方案。

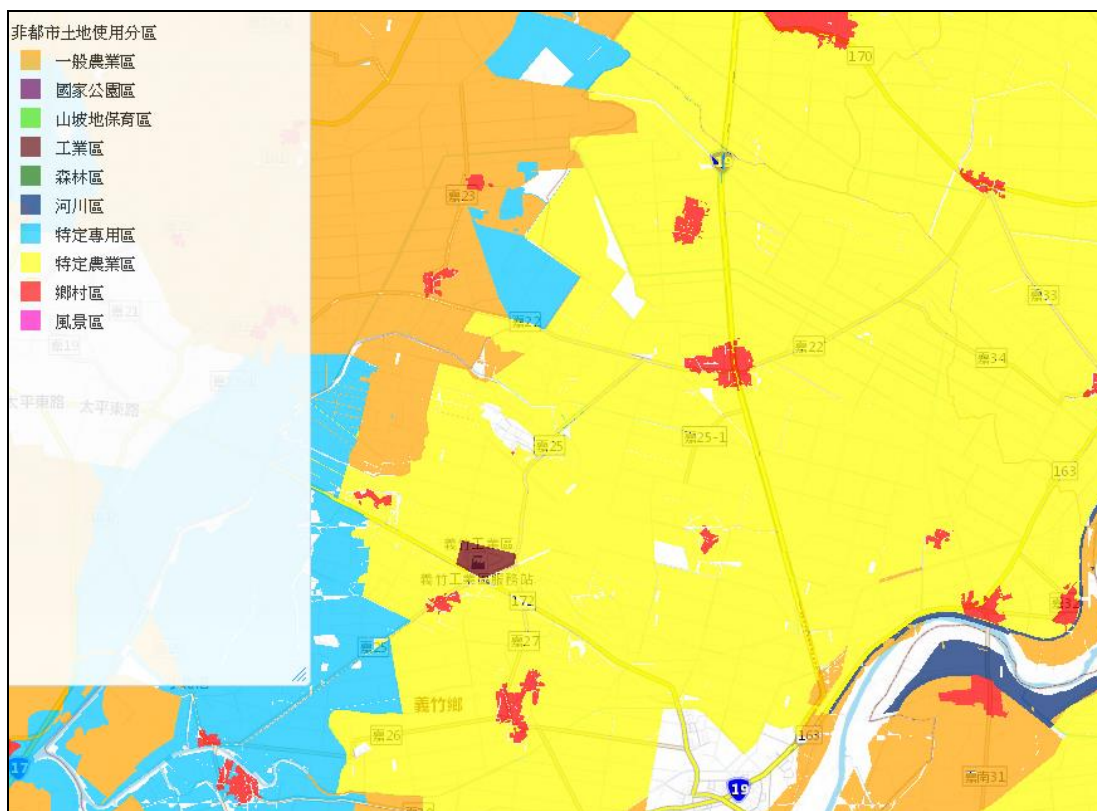
而在綠色化學產業生態系統地圖分析上，整體而言，雖然目前新的基於生物質循環經濟發展趨勢的訊號偏弱，但從實際經濟交易市場上仍可發現，永續生物資源替代傳統石化產業的契機，市場仍具潛力。全球生質精煉產品市場到 2021 年將從 2016 年的 4,666 億美元產值增加至 7,146 億美元產值，年增長率約為 8.9%。加上環保意識抬頭，傳統工業結構已無法保證經濟能長期且穩定成長，反而必須透過發展具循環經濟觀點的產業價值鏈結構，才是未來支持經濟發展的關鍵。現在化石產業實力和低成本，應該是將生物基材料發展為具利基產品，開發生質材料技術既可解決地球資源衰竭的問題，又能符合節能減碳的要求，以之取代現有石化產品已成為生質化材產業發展的方向。

（二）後續建議

在設廠區位方面，除現有已規劃於義竹工業區的相關選址外，在土地使用分區類別現況內，應以現有工業區劃定為優先選址考量，並避免於特定農業區內的優良農地建設，造成農地破碎化及影響周遭農地生產的環境外部問題。而義竹鄉因產業性質以一級產業為主，目前鄉內僅有義竹工業區此單一工業區，因此若欲從中找出其他合適的區位設置生質能工廠，除基於區位理論以料源的集運成本最小化作為考量因素外，更需尊重現行土地使用管制及未來國土計畫法正式權責至地方政府劃設四大分區後的土地管制情形。

現行非都市土地使用分區類別分為特定農業區、一般農業區、工業區、鄉村區、森林區、山坡地保育區、風景區、國家公園區、河川區、海域區、其他使用區或特定專用區，而國土計畫法為我國最上位有關土地使用許可相關法規，上述十一項分區將會分類為四大功能分區，分別為國土保育區、海洋資源區、農村發展區、城鄉發展區，因此，若考量法規的合理性及透過物料實務規劃上的最有利區位，研究認為應以鄉村區⁹做為優先選址考量，如下圖 19 紅色部分所示。

⁹ 依區域計畫法非都市土地使用管制分區編定原則，鄉村區係為調和、改善農村居住與生產環境及配合政府興建住宅社區政策之需要，會同有關機關劃定者。



資料來源：本研究繪製。

圖 19 義竹鄉非都市分區使用圖

由於全臺農村年輕人口外移現象持續存在，鄉村區目前多以中壯年、老年人口為主，同時鄉村區亦常緊鄰著農業區分布，其區位距離農業區內種植作物為適當合理可接受之範圍，且於鄉村區應較多既有建設及公共建設，可節省初期相關成本的投入，若於鄉村區建置低耗能、對環境友善之生質能工廠，應有助於年輕人口回流工作，並符合土地使用管制下成長管理¹⁰概念，避免蛙躍式發展造成土地利用失序。

在鄉村區內所編定之用地中，參閱營建署所公布的各種使用地容許使用項目及許可以使用細目表所擬定之容許使用項

¹⁰ 成長管理係指政府利用各種傳統及改良的技術、工具、計畫與方案，企圖指導地方上的土地使用型態，包括土地開發的強度、區位、速度及性質。

目及使用細目後，盤點可供為本研究生質能工廠設址之使用地類別如下：甲種建築用地—再生能源相關設施使用項目、甲種建築用地—無公害性小型工業設施使用項目、乙種建築用地—無公害性小型工業設施使用項目、乙種建築用地—再生能源相關設施使用項目、丙種建築用地—無公害性小型工業設施使用項目、丁種建築用地—工業設施使用項目、丁種建築用地—再生能源相關設施使用項目。經考量其使用許可相關附帶條件限制及實際建廠規模及工廠運作生產情況後，應以甲種建築用地—再生能源相關設施使用項目、乙種建築用地—再生能源相關設施使用項目、丁種建築用地—工業設施使用項目、丁種建築用地—再生能源相關設施使用項目為主。

另在生質能源物料的儲存空間亦為設址及相關成本重要考量因素，以性質而言，生質能源物料仍屬農業廢棄物，不同於生質能工廠運作加工需於特定土地使用分區內進行，應可比照農業發展條例相關規定，其儲存空間建設座落應係屬供與農業經營不可分離之農舍、畜禽舍、倉儲設備、曬場、集貨場、農路、灌溉、排水及其他農用之土地，故較具彈性可在非都市土地或都市土地農業區、保護區範圍內農業用地進行土地選址，從事非污染性質的生質能源物料儲存廠房設置之用途。

伍、參考文獻

1. Adriaens, Peter, Tahvanainen, Antti. (2016), Financial Technology Industrial Renewal. Available from: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-B272.pdf>。
2. BCC Research (2017), Biorefinery Products: Global Markets, Available from: <https://www.bccresearch.com/market-research/energy-and-resources/biorefinery-products-markets-report-egy117b.html>.
3. Korhonen, J. (2001), Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production* Vol. 9, pp. 253–259。
4. Osterwalder 等人, (2010)。「獲利世代：自己動手，畫出你的商業模式」。早安財經出版。
5. PR Newswire (2017), Global \$1.37 Billion Xylitol Market Analysis to 2025 - Research and Markets。Available from: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-137-billion-xylitol-market-analysis-to-2025---research-and-markets-300478969.html>
6. REN21 (2017), Renewables 2017 Global Status Report。
7. Weber A. (1929), *Theory of the Location of Industries*, The University of Chicago Press。
8. 工業局，2017 生質能暨環保產業推動計畫，計畫執行中。
9. 山東龍力生物科技股份有限公司，2015。功能糖應用領域及市場狀況簡析。取自：<http://news.baoggu.com/chanjing/103648.html>。
10. 行政院農業委員會，2007，花蓮區農業專訊，第 61 期。
11. 行政院農業委員會，2015，臺中區農情月刊，第 193 期。

12. 行政院農業委員會，2016，臺南區農業改良場技術專刊，第 163 期。
13. 行政院農業委員會農糧署統計年報，2017，「農業統計資料查詢系統」http://www.afa.gov.tw/GrainStatistics_index.aspx?CatID=476，最後下載日期 2017 年 11 月 28 日。
14. 林森田，2008，「土地經濟學」。巨流圖書公司。
15. 劉秀美、蔡馥寧，2010，「農業生季產業季刊」，第 24 期：53-58。