

東海大學企業管理研究所

碩士論文

臺灣生質柴油永續性發展指標之建構與評估

Indicators Construction and Assessment for

Sustainable Development of Biodiesel in

Taiwan

指導教授：周瑛琪 博士

研究生：吳宛蓉 撰

中華民國一〇七年七月

謝誌

本文承蒙 周瑛琪教授之悉心指導，接受 周瑛琪教授之指正引導，始能順利完成，謹此致上最誠摯的謝意。加上企管所諸位師長與最辛苦的助教，均熱心提供許多寶貴的意見，在此一併致謝。

感謝我的同學及好友，在論文研究期間給予我精神上莫大之鼓勵；最後，謹以此文獻給我摯愛的雙親。

吳宛蓉 謹誌於
東海大學 企業管理研究所
中華民國 107 年 7 月

中文摘要

目前全球主要依賴化石能源，而世界能源協會(WEC)預估，全球之石油含量將於40至50年以內耗盡，故各國開始重視潔淨能源的發展，其中生質柴油的開發也是具有潛力之一，而最重要之考量點則是生質柴油的供需市場是否能永續平衡。生質柴油開發關鍵在於料源的選擇與生產之技術，同時必須評估其規模經濟與建廠之可能性，而生質柴油的發展，涉及政治、經濟、環境、國際關係等多元評估面向，各因素間存在複雜的互動關係。

本研究為探討台灣生質柴油永續性發展指標之建構，指標架構為四大面向(環境、經濟、社會、政策)，其中共有18項指標群，41項指標項目，經蒐集該專業領域專家學者之意見以評估每一指標項對台灣生質柴油現況發展之重要性與數據可取得性。確認初步重要指標後，評估各個指標在生質柴油發展中最適「生質柴油100%臺灣自產」、「生質柴油自產與仰賴進口各半」與「生質柴油100%仰賴進口」之何種選擇，最後依據評估結果提供爾後生質柴油政策之參考，以達環境、經濟、社會三方之永續目標。

關鍵詞：生質柴油、指標、永續發展

Abstract

For the current world's major dependency of fossil energy sources, and the estimation from the World Energy Council (WEC), it is predicted that the oil we used will be depleted in 40 to 50 years ahead. Therefore, many countries dedicate a new approach about the importance of clean energy development, including the potential of biodiesel development. It should be considered that the important part is whether the supply and demand of biodiesel market would give sustainable balance in result. The keys of biodiesel development lie in the sources of raw materials and the technological development, and it also requires adequate evaluations of market demanding and the scale of production. The biodiesel development, however, is not a sole economic or environmental issue but one that involves multiple evaluative perspectives of politics, economy, and environment with intricate interactions among those factors.

This study aims to explore the constructs and indicators of Taiwan's sustainable biodiesel development. It is using four major orientations as the indicators (environmental, economic, social, and policy), which has a total of 18 criteria and 41 indicator items. The data is obtained from collecting data through opinions of experts and scholars specializing in the field to evaluate the importance of each indicator and data entry for the status of Taiwan biodiesel development. After confirming the initial important indicator, it evaluates whether each indicator of biodiesel development is suitable for one of these situations: "Biodiesel is 100% from Taiwan's production", "Each half from biodiesel productions and import", and "Biodiesel is 100% relying on import". Finally, based on the evaluation result that is provided for the reference and policy of biodiesel, can achieve the three major sustainable goals: environmental, economic, and social.

Keywords: Biodiesel, Indicators, Sustainable development

目錄

謝誌

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	2
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究流程.....	5
第二章 文獻探討.....	6
第一節 再生能源發展現況.....	6
第二節 國內外生質柴油發展概況.....	14
第三節 永續發展指標.....	19
第三章 研究方法.....	23
第一節 研究架構.....	23

第二節	分析方法	25
第三節	研究設計	27
第四章	研究結果.....	28
第一節	生質柴油永續性發展指標問卷結果.....	28
第二節	生質柴油供應鏈發展評估問卷結果.....	35
第五章	結論與建議.....	40
第一節	研究結論	40
第二節	研究建議	42
參考文獻	44
附錄一	46
附錄二	53

表目錄

表 1-1 各種替代燃料評價表	2
表 1-2 生質柴油技術 SWOT 分析	3
表 2-1 全球化石燃料可開採年限	6
表 2-2 生質能技術 SWOT 分析	8
表 2-3 生質柴油供應鏈列表	10
表 2-4 各國柴油年產量	16
表 2-5 臺灣歷年生質柴油產量與需求量	18
表 2-6 我國永續發展原則與內涵	20
表 2-7 永續發展指標宣讀準則	21
表 2-8 生質能技術可持續性的評估指標列表	22
表 3-1 生質柴油永續性發展指標項目之專家學者	25
表 3-2 生質柴油供應鏈發展問卷之專家學者	26
表 4-1 生質柴油指標系統問卷結果與專家意見	28
表 5-1 生質柴發展三階段指標群對應之象限	42

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	5
圖 2-1 永續性評估架構圖	9
圖 2-2 技術可持續性評估示意圖	22
圖 3-1 指標問卷架構圖	23
圖 3-2 生質柴油永續性發展指標架構圖	24
圖 4-1 生質柴油永續性發展指標問卷指標群圖	28
圖 4-2 生質柴油永續性發展指標重要性與數據可靠性象限圖	35
圖 4-3 生質柴油各發展階段與對應指標圖	35
圖 4-4 生質柴油料源階段之各項指標最適選擇	37
圖 4-5 生質柴油製造階段之各項指標最適選擇	38
圖 4-6 生質柴油使用階段之各項指標最適選擇	39

第一章 緒論

自十九世紀末工業革命以來，從水資源到現今人類所使用的化石燃料（fossil fuel，指石油、煤及天然氣等），對於生活上的一切活動皆為不可或缺的基本能源。人類直接及間接地使用能源造成對環境產生不可逆的影響，其過程皆是環環相扣，人類活動產生溫室氣體，導致全球暖化造成氣候變遷及異常，擾亂生態原有的自然循環，間接地破壞生態，妨害永續的發展，最終失衡之現象影響人類的生活習慣及生存。而現今全球基礎能源使用屬非再生能源為最大宗，包括化石燃料（石油、煤、天然氣）以及核能，又稱耗竭性能源。現今人類所瞭解到的是，化石燃料經燃燒會產生二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物等汙染物質排放，其皆會造成對環境的影響之外，也開始意識到化石燃料消耗殆盡的一天將會到來。

就臺灣而言，土地面積不大，天然資源也相對較為缺乏，極大部分的能源需仰賴國外進口。國際能源總署（International Energy Agency, IEA）為因應上面所述之問題的發生，除了積極開發替代能源之外，亦開始重視再生能源之發展，如太陽能、風力、海洋能、地熱、生質能等潔淨之再生能源。目前，太陽能的應用主要分為太陽光電能及太陽熱能兩方面；風力則主要用來發電；生質能主要是植物行光合作用後以生物質(Biomass)型式固定而得之能源，與農業關係相當密切。

生質能源的種類較為多元，其中生質酒精佔最大宗之產量，而生質柴油在車輛燃料之使用上近似於化石柴油，包括臺灣政府亦曾積極地推廣生質柴油，目前依然有許多困難點需一一突破，包含技術面、環境面、經濟面與社會面之考量點，故若能仰賴較多元且全面的分析工具綜觀研討臺灣生質柴油發展之可行性，對臺灣的永續能源發展政策及推動上必定為一大助力。

第一節 研究背景與動機

過度使用化石燃料所衍生之環境汙染議題日益嚴重，因此包括京都議定書的簽署與哥本哈根會議都以控制碳排放為一重要課題，此舉亦造成近年生質能源受到重視且有蓬勃發展之趨勢。

生質能源之種類相當多元，其中又以生質酒精的產量佔最大多宗，但以做為車輛燃料的各項評比而言，生質柴油所得到的綜合分數將高於生質酒精，因近似於目前所使用的化石柴油，因此可見未來生質柴油將有更大的發展潛力，各種替代燃料之評價比較表如表 1-1 所示。

表1-1 各種替代燃料評價表

燃料 評價 因素	石化 柴油	壓縮天然氣 CNG	液化天然氣 LNG	甲醇	乙醇	生質 柴油
車輛成本	10	5	5	5	5	10
基礎設備成本	10	2	5	5	5	10
安全	7	4	3	1	3	8
運轉範圍	10	5	10	10	10	10
運轉成本	10	5	7	5	5	7
可靠性	10	7	5	3	3	10
顧客接受性	5	8	8	8	9	8
基金協助	1	10	2	0	2	2

訓練成本	10	5	5	5	5	10
燃料可用性	10	0	5	5	5	6
燃料品質	9	5	10	8	8	9
燃料價格穩定性	6	8	8	6	6	6
綜合分數	98	74	73	61	66	96

資料來源：美國黃豆協會

2006 年臺灣政府於國內 2,000 公頃的休耕地推廣種植向日葵油籽與大豆，以用於生產約莫一百公秉之生質柴油，以及回收而得之食用油(廢食用油)生產約莫 1,700 公秉之生質柴油。2007 年，生質柴油之產量約莫為 6,500 公秉，其中 400 公秉源自國內 4,000 公頃之休耕土地所產之向日葵油籽與大豆，其他則為回收而得之食用油。2008 年，B1 柴油(於原有之柴油添加 1%生質柴油)總需求量約莫為 4.5 萬公秉，至 2010 年 B2 柴油(於原有之柴油添加 2%生質柴油)需求量約莫為 10 萬公秉(楊明德，2010)，當時政府曾計畫於 105 年提高至 B5 柴油(於原有之柴油添加 5%生質柴油)，其預計需求量將超過 25 萬公秉之生質柴油。2004 年，臺灣

已建立國內第一座生質柴油生產示範廠，其產量約為 3,000 噸/年以上；2013 年，生產生質柴油的量約莫為 9.6 萬公秉，占年總使用量比例約為百分之九十二；2014 年，國內生質柴油廠商已核准之家數為 11 家，生質柴油之總使用量預估為 10 萬公秉/年。上述描述明顯將發生國內產能無法滿足需求之情形，且在無進口生質柴油之情況下，政府應解決生質能產業未來將面臨的問題，發展一套機制帶動生質柴油產業，並有效地將生質柴油製造生產並且應用與推廣之。2010 年能源產業技術白皮書曾針對生質柴油技術進行發展競爭力 SWOT 分析，如表 1-1 所示：

表 1-2 生質柴油技術 SWOT 分析

生質柴油技術	優勢 (Strength)	弱勢 (Weakness)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可替代傳統柴油之使用。 2. 可降低引擎金屬之磨損，因其具有潤滑效用。 3. 污染排放低，對環境具友善性。 4. 生質柴油產製技術發展中，亦曾興建示範廠。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生質柴油價格高於傳統柴油。 2. 柴油車輛為非一般民用車輛。 3. 臺灣地狹人稠，種植能源作物成本較高。 4. 消費者使用疑慮
	機會 (Opportunity)	威脅 (Threat)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 政府實行農地休耕補貼並鼓勵農地利用。 2. 開放自用柴油小客車進口，其引擎技術兼顧環保。 3. 符合綠色產品規格並合於綠色採購範疇。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 農地有限，油脂與酒精作物具排擠效應。 2. 尚未建置廢食用油之流向管理，影響未來料源之發展。 3. 加油站業者尚未能直接銷售生質柴油。

資料來源：2010 年能源產業技術白皮書

製造生質柴油的重要關鍵為料源的選擇與技術的成熟，經濟方面則需評估生產的規模與蓋廠的需要(吳榮宗，2012)。因此生質柴油的製造應用，涉及政治、經濟、社會、環境等大面向，且各國面向間亦存有繁複的相互關係(蕭代基、林益豪，2008；黃正忠(2006))。

本研究將藉由建立完成之臺灣生質柴油永續性發展指標，確立在環境、經濟、社會、政策各層面交互影響的因素下，比較台灣生質柴油自製或進口之可行性，作為日後生質柴油自製或進口之政策參考建議。

第二節 研究目的

生質燃料發展的過程當中一直存在著許多具爭議的議題，其中最引人詬病的就是與人爭食問題所引起的第三世界糧食危機，其中亦包括土地使用、糧食價格浮動等問題。而臺灣在生質燃料政策方面，2006 年，經濟部接連實行「能源作物綠色公車計畫」、「綠色城鄉應用推廣計畫」；2008 年，全面實行添加百分之一生質柴油(簡稱 B1)於車用柴油之措施，此舉為亞洲第一個不需補貼措施而能成功全面實行使用生質柴油之國家；2010 年政府單位更進一步將生質柴油之添加比率提高為百分之二(簡稱 B2)；2012 年，生質柴油之使用量約 10 萬公秉，其當年產值為新臺幣 34.8 億元。目前臺灣所生產之生質柴油都以廢棄食用油當作料源進行再製，但是很顯然的這部分的生產量恐不足以提供台灣 B5 政策之柴油使用量，雖然臺灣於 2014 年因為生質柴油之添加導致汽車熄火等疑慮下，暫時停止 B2 政策，回復到原先的純化石柴油使用至今，此情況明顯地能夠明白單單依靠政府推動生質柴油政策是無法讓全民買單，其中包含技術層面的可行性、環境層面的永續性、經濟層面的效益與成本以及社會層面的可接受程度等。目前生質能源產業之研究發展，著力之重點多在於技術突破、效益成本與環境保護之領域，尚未有全面性的綜合評估，使得生質柴油產業中重要利害相關者無法了解各個因素間具有環環相扣的影響結果。而指標系統可將資訊化繁為簡，便於決策者作為分析依據，所以建構一套臺灣生質柴油永續性發展指標系統，並將其加以應用是有其必要性。

總結上述，本研究之目的如以下三點所示：

- 一、了解生質柴油發展歷程之問題癥結點。
- 二、建立臺灣生質柴油永續性發展指標。
- 三、提供生質柴油進口或自製發展政策之建議。

第三節 研究流程

綜合研究動機與文獻蒐集，以達到研究目的，本研究主要歸類為兩大研究階段：

一、蒐集國內外生質能概況、生質柴油、永續發展等文獻，收納生質柴油發展相關項目與指標群，並設計一系列生質柴油永續性發展指標問卷，經專家審閱並回覆意見後修訂原問卷題項與內容，以完成臺灣地區生質柴油永續性發展指標。

二、確認初步重要指標後，評估各個指標在生質柴油發展供應鏈中最適「生質柴油百分之百臺灣自產」、「生質柴油自產與仰賴進口各半」以及「生質柴油百分之百仰賴進口」三種之生質柴油進口比例，最後依據評估結果提供爾後生質柴油政策之參考，以達環境、經濟、社會三方之永續目標。

本研究流程為六大步驟，如圖 1-1 所示：

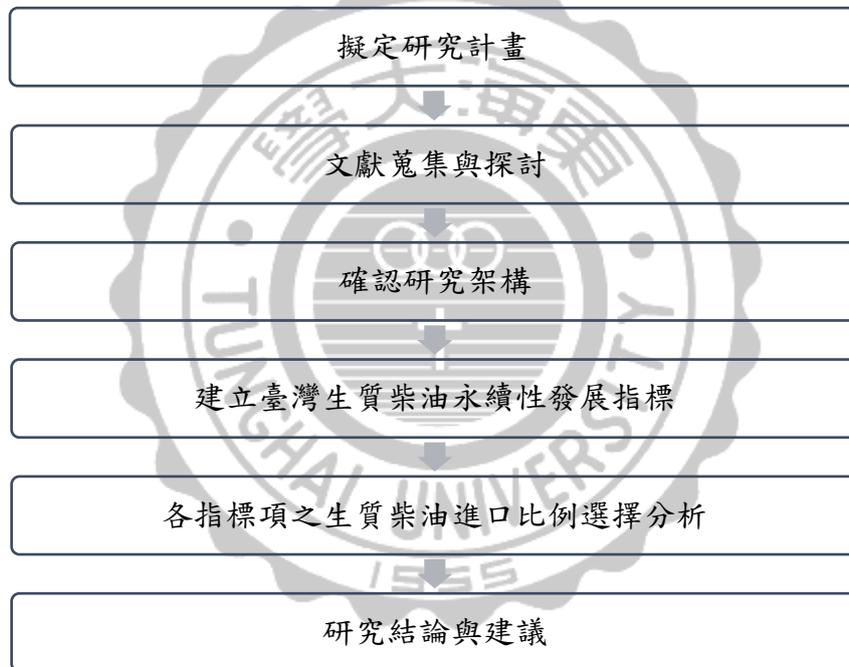


圖 1-1 研究流程圖

第二章 文獻探討

本研究目的為建立臺灣生質柴油永續性發展指標，評估與探討臺灣地區生質柴油進口或自製之效益與可行性，其構面涵蓋經濟、環境、社會與政策面向相互關係之影響，故相關文獻探討主要為國內外生質柴油發展之概況與永續發展指標。

第一節 再生能源發展現況

2.1.1 能源現況

能源是人類活動的來源，其利用行為與人類發展過程中有相互密切之關係。現今能源的使用以化石燃料為趨勢，化石燃料包括石油、天然氣、煤炭，雖為人類生活提供便利，但附帶之問題也緊接而來。根據 BP 世界能源統計年鑑指出，至 2014 年底全球石油蘊藏量約可維持 52.5 年使用量、天然氣約 54.1 年、而煤炭則可維持 110 年，如表 2-1。因此除了煤炭以外，石油及天然氣等化石燃料將面臨耗盡之窘境，也不敷下一代所使用。燃燒化石燃料對環境造成的兩大問題，一是二氧化碳的排放所產生的溫室效應，二是二氧化硫的排放所產生的酸雨問題（劉漢元，2010）。因此能源大多仰賴外國進口的臺灣地區，亦開始致力於再生性替代能源的發展。

表 2-1 全球化石燃料可開採年限

	蘊藏量	單位	開採年限
石油	239.8	百萬噸	52.5
天然氣	6606.4	兆立方英尺	54.1
煤炭	891,531	百萬噸	110

資料來源：BP Statistical Review of World Energy, June 2015.

根據 2009 年再生能源發展條例公告，再生能源之定義指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源。其中最廣泛使

用的再生能源，依據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)統計資料¹顯示，目前全球第四大使用能源為生質能，僅次於石油、煤及天然氣，滿足全球初級能源需求約百分之十。估計至 2050 年，生質能將提供全球將近 38% 之燃料需求及 17% 之電力供給，約為 206 EJ (Hall, 1997)。

2.1.2 生質能源

生質能 (Biomass energy) 是利用生質作物 (Biomass) 經轉換所獲得的電或熱等可用的能源。生質作物通常為由生物產生的有機物，例如木枝、木屑等；農業作物與廢棄物，例如棕櫚殼、稻殼、蔗渣等；畜牧業廢棄物，例如動物屍體；廢水處理與下水道污泥處理廠所產生的沼氣；工業有機廢棄物，例如有機污泥等。目前已開發之生質能轉換技術包括氣化(Gasification)、熱解(Pyrolysis)、木質纖維素(Ligno-cellulose)、水解等，利用生質能轉換技術，改善環境相關的問題 (蔡詩珊, 2008) 以取代對化石燃料的依賴。根據 2010 年能源產業技術白皮書，對生質能技術進行 SWOT 分析，如下表 2-1，其可看出若能解決料源、土地面積、技術問題等，或許可改變台灣地區能源之使用結構。

¹ Key World Statistics 2015, IEA, 2015

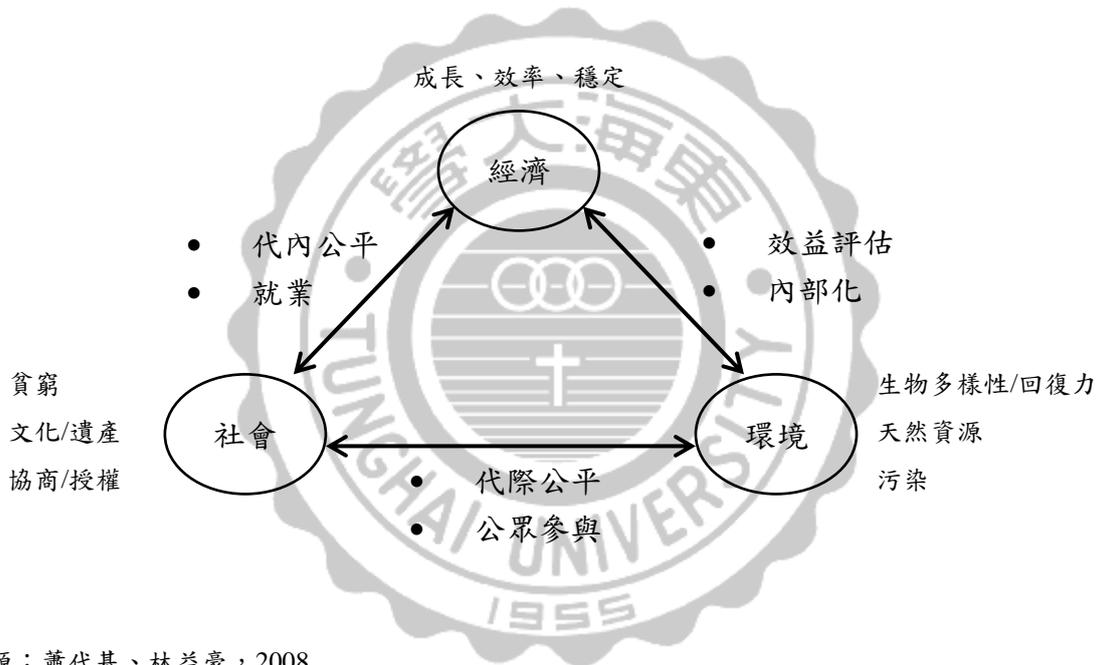
表 2-2 生質能技術 SWOT 分析

生質能技術	優勢(Strength)	弱勢(Weakness)
	<ol style="list-style-type: none"> 與化石燃料混合使用，可供基載電力。 生質燃料可取代運輸用化石燃料。 價格與成本較多數再生能源為低。 可同時達到處理廢棄物、農業轉型、創造新產業、提高就業率及能源等多重效益。 	<ol style="list-style-type: none"> 能源藻類養殖與利用技術僅有示範計畫，成本仍較高尚未商業化。 料源供應與品質較不穩定。 生質燃料性質與種類複雜。 生質燃料生產需有足夠經濟規模。
	機會(Opportunity)	威脅(Threat)
	<ol style="list-style-type: none"> 清潔發展機制(CDM)有利跨國利用。 技術發展與化石能源技術相輔相成。 可與其他再生能源或新能源搭配運用。 	<ol style="list-style-type: none"> 料源具有衝突性，如糧食、紙業。 耕地面積受限。 相關法令尚未臻完備。 國外正積極開發相關技術，國內研究需加速發展關鍵設備與技術，方能建立與國外廠商競合關係。

資料來源：2010 年能源產業技術白皮書

2.1.3 影響生質能源發展因素

生質能源發展過程中之影響面向涵蓋經濟、社會與環境三大議題，此三大議題間也具依存關聯性之相互作用，例如經濟與社會之間所得分配與就業問題；經濟與環境之間亦產生效益評估與環境內部化之影響；社會與環境之間也會造成後代權益與公眾參與相關的問題(蕭代基、林益豪，2008)，如圖 2-2 所示。黃正忠(2006)指出生質柴油產業之供應層面較為寬泛，包含料源供應、生產煉製、摻配銷售及消費使用，而各個階段又需考量環境問題、經濟之成本與收益、政策與法規、社會接受度與技術之可行性等之影響(黃正忠，2006)，如下表 2-3 所示。



資料來源：蕭代基、林益豪，2008

圖2-1 永續性評估架構圖

表2-3 生質柴油供應鏈列表

	料源	產製	配銷	消費
技術面	<ul style="list-style-type: none"> • 種植、採收、榨油供應體系之整合 • 榨油率之提升 • 休耕農地輪作方式 • 食用與能源作物之區分 • 廢食用油回收體系建立 	<ul style="list-style-type: none"> • 料源穩定 • 適用之煉製技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 需增加之摻配設施 • 摻配地點之選擇 	<ul style="list-style-type: none"> • 生質柴油對柴油引擎之性能及使用效能
環境面	<ul style="list-style-type: none"> • 休耕地全面種植能源作物之生態影響 • 水資源耗損量 • 農業廢棄物之處理 	<ul style="list-style-type: none"> • 廢渣及廢水對環境之衝擊性 	<ul style="list-style-type: none"> • 油品洩漏之風險 • 添加比例之選擇 	<ul style="list-style-type: none"> • 對移動源之排放污染 • 對溫室氣體減量之貢獻
社經面	<ul style="list-style-type: none"> • 促進農業經濟縮短城鄉差距 • 帶動觀光產業 	<ul style="list-style-type: none"> • 煉製規模 • 國內產業機會 • 就業機會 	<ul style="list-style-type: none"> • 需增加之摻配費用 • 運送成本 • 銷售點之選擇 	<ul style="list-style-type: none"> • 民眾需增加之經濟負擔 • 車輛引擎保固 • 生質柴油之推廣與使用
法規面	<ul style="list-style-type: none"> • 休閒農業輔導轉型，整體觀光資源開發 • 農作物供料標準訂定 • 料源進口量之管控 	<ul style="list-style-type: none"> • 煉製廠之公安、環保、廢棄物之規範 • 投資獎勵 • 料源標準之訂定 • 生質柴油油品標準之訂定 	<ul style="list-style-type: none"> • 生質柴油與化石柴油價差補貼 • 進口生質柴油之規範 	<ul style="list-style-type: none"> • 獎勵補助 • 強制規定生質柴油添加量之法源依據

資料來源：黃正忠，2006

根據國際能源總署統計，2014年生質燃料為全球總初級能源供應量佔比之百分之十，僅次於煤、石油及天然氣；美國能源局能源資料署之《2014年世界能源展望報告》指出，全球生質燃料產量於2010至2040年間預估每年將成長2.7%，可了解生質柴油的發展在未來是具前瞻性。目前生質柴油雖無法完全取代石油柴油，但是其依然是具有優勢，Jon(2005)提出五點說明生質柴油之發展性：

- (1)它能提供一個過量生產的植物油和動物脂肪的市場。
- (2)它能降低一國家對進口石油的依賴。
- (3)生質柴油是可再生的，由於它封閉的碳循環，因此並不會造成全球暖化。從生質柴油的生命週期分析顯示，與石油柴油燃料相比較，其二氧化碳排放量減少 78%。
- (4)從生質柴油所排放的廢氣當中，包括一氧化碳、未完全燃燒的碳氫化合物，和微粒，其排放量均低於普通柴油。不幸的是，大多數的排放測試顯示氮氧化物略有增加。
- (5)於普通柴油中加入相當於 1~2%的生質柴油，其可以改變燃料潤滑性能較差的情況，將現行之超低硫柴油，變成一個可以被接受的燃料。

綜合上述考量因素，可了解生質能源產業之發展，須思考能源未來的發展走向與供需，並同時思考環境污染預防與保護、社會就業與包容、經濟與農業發展等影響，以及各個面向間的相互影響，皆需要長遠的政治性或戰略性考量，因此生質柴油產業的發展，並非僅單純思考成本效益，而是必須以指標系統作為思考框架，評估各項影響因素及其影響性，而後建置一個綜合考量政治、產業及經濟、社會、技術及環境保護之生質能源產業發展的評估系統：

一、政治

臺灣無自產化石能源礦產，仰賴國外進口能源約莫為 98%，因此希望發展國內自產生質能，用以取代對部分能源進口的依賴(蕭代基與林益豪，2009)。黃正忠(2006)提出政府單位在生質柴油供需過程中扮演重要的角色，若期盼生質柴油能夠順利發展，則需要依賴政府管理法規制度之修訂與適時的獎勵補貼辦法，相關供需考量包括：

- (一)、穩定的料源供應方，可能選項包含自產或進口；
- (二)、生產煉製技術之成熟度，以顧及油品的品質；
- (三)、摻配並銷售生質柴油，中油及台塑石化公司需配合儲供；
- (四)、消費者使用之接受度。

二、產業及經濟

考量生質柴油永續發展之目的，在經濟面發展上應以不阻礙其他發展價值為重要條件，例如生質柴油供需平衡、農業經濟與能源安全等。再者以長期發展觀點考量企業成長空間、經濟效效益提升、強化能源安全、促進農村經濟、地方經濟的強度。

(一)生質柴油產業：臺灣為非能源自主的國家，無產油的來源，但仍有屬於國內的煉油企業，例如：中油與台塑，其能提供技術與人才。另外，臺灣在生產、煉製、車輛技術、環境保護、生態觀光等也具有人才優勢，此皆能提升臺灣生質柴油產業之發展性。

(二)農業：掌握生質柴油的料源是生質柴油製造首要克服的障礙，但國內種植有其侷限性，由於耕地面積有限，農業成本高且農地利用以糧食安全、其他作物生產為主。但是臺灣加入 WTO 後，許多的農作物已有過剩現象，最嚴重的稻米自 73 年開始減產，政府積極鼓勵稻田轉作或直接休耕，休耕地約莫 22 萬公頃，因此若能於休耕地轉植能源作物，其可帶動農村發展，利用休耕地種植能源作物，或是經由污染農地整治方式，亦可增加生質柴油料源供給，皆有利能源產業的發展(王長瑩,2006)。

(三)能源安全：技術的發展必須有潔淨的能源產出以取代部分的石化能源，同時要求社會淨效益必須大於零，應避免過多的社會資源用在生質燃料的產出上(蕭代基、林益豪，2008)。

三、社會

永續環境評估的因素應包括勞工條件、保護人類安全及健康、獲取資源可確保生活品質、食物及能源供應安全、基礎建設容許量、與貧窮戰鬥、民主參與、土地所有權、社群(機構)的福祉、公平貿易條件、民眾接受度以及保障兒童、婦女、及原住民的權力與消除歧視等，生質柴油的影響則會造成農作物價格上漲以及利益分配等問題。

(一)農作物價格上漲：發展生質燃料將會影響原有土地的使用，因為需要使用更多的土地種植能源作物，而影響其他非能源作物耕作的機會，促使農作物價格上升，進而導致糧食安全(food security)，發生糧食價格上升的問題，造成食用價格與能源投入價格間競爭搶料的問題發生，導致燃料作物市場價格的增加。

(二)利益分配之公平性：政府應考量公平分配，避免將利益集中於大型企業及廠商。

四、環境保護

(一)減少排碳量：生質柴油可降低二氧化碳排放量，農委會農糧署指出，使用國內料源抵減的排放量佔減少量 80%。與柴油相比，生質柴油可以降低大部分的空氣污染物，例如：微粒子、硫、碳氫化合物、一氧化碳和其他有毒物質。當生質柴油摻配比例愈高，環境效益愈高，能源效益也愈好。

(二)對永續發展有關的影響：節約能源、溫室氣體減量、減少空氣污染、減少土壤污染、保護地下水資源、保護生態多樣性以及減少雨林、濕地、草原等環境資源的破壞。蕭代基及林益豪(2008)指出，生質能源發展除了溫室氣體減量成效外，還必須探討其他的農業污染、工業污染與燃燒生質燃料所造成的環境污染，其他還包括生物多樣性及許多與環境相關的成本及效益。

五、技術

黃正忠(2006)於生質柴油之供應鏈中歸納及整理生質柴油產製之技術發展可分為以下二類：

(一)轉酯化技術發展：鹼製程是主要的商業化製程，即利用鹼觸媒做催化劑，可在很短的反應時間(1 小時)內得到高的生質柴油轉化率(98%)，但其缺點為耗用能源較多，甘油副產品回收困難，而過程當中具鹼液去除、鹼液廢水處理等問題。鹼製程生產生質柴油所需之油脂料源品質要求較嚴格，歐美國家所用之主要原料多為新鮮的植物油，於製造過程中較不易受到不純物質影響。而在國內利用廢食用油做為原料，除了烹調殘渣之外，尚含有許多水分、游離脂肪酸等雜質，在鹼製程中將產生副產物，造成後續生質柴油分離的困難，因此利用廢食用油需先經過前處理過程。

(二)酸催化程序之生產方式：對於游離脂肪酸的甲基酯化具有反應速度快和轉化率高之優點但對於油脂的轉酯化則遠低於鹼催化程序。因此對國內利用廢食用油做為製造生質柴油之原料者，可結合酸催化與鹼催化兩種程序。先利用酸催化將廢食用油中的游離脂肪酸預酯化，再進行鹼催化程序，將三酸甘油酯轉酯化生成生質柴油，此可避免游離脂肪酸對鹼製程的干擾作用，更可提高廢食用油的利用率，此一程序亦可應用於酸化的廢棕櫚油或米糠油等含脂肪酸高的油脂，可進一步增加使用原料範圍。

第二節 國內外生質柴油發展概況

2.2.1 國外生質柴油發展概況

美國能源部於 1995 年時，即通過生質柴油作為石化柴油替代燃料之相關法案，現在已被大眾運輸工具所廣泛應用(National Biodiesel Board, USA)。而在臺灣地區，環保署亦認同生質柴油具有改善廢氣的效果，核准其申請為「柴油廢氣排放改善添加劑」(陳介武，2000)。歐洲許多國家，包括德國、法國、義大利、奧地利、西班牙、瑞典、瑞士等，其中奧地利為生質柴油首創國，多採用菜籽油為原料生產生質柴油；亞洲地區之日本採用廢食用油脂為原料製造生質柴油；馬來西亞則利用棕櫚油作為生質柴油。世界各國均希望能找出替代性能源，且有利於環境的保護(林淵淙，2006)。生質柴油產業在近幾年發展迅速，全球生質柴油產量於 2000 至 2008 年間增加十倍之多(Mamat et al., 2015)。以下針對歐盟與美國探討其生質柴油之發展概況。

目前，歐洲聯盟(European Union, EU，以下簡稱歐盟)是世界上最大的生質柴油生產國，2010 年生質柴油約佔 53%，其次是美國(Ma et al., 2014)。根據 Renewables 2015 Global Status Report 的數據，如表 2-4 所示，全球生質柴油年產量已達到 297 億升，歐盟產量佔比約為 39%，所以歐盟在生質柴油政策的發展與走向是相對的重要。歐盟在生質柴油的發展過程中，面臨首要問題是必須增加生質油源，故其鼓勵在廢耕農地種植油菜等能取得油料的植物，同時也進行品種改良(林淵淙，2006)。穩定的原料供應是生質柴油商業化的主要挑戰(Singh et al., 2014)。除了技術可行性的變數之外，政府政策所影響的價格也會造成生質柴油產量的波動，生質柴油與化石柴油的價差可因政府補助的減稅方式及國際油品的波動，使得生質柴油更具競爭力。

由於運輸燃料為歐盟區域經濟體重要耗能項目之一，運輸燃料對化石燃料之依賴，高達百分之九十(呂錫民，2006)，歐盟決定推動相關政策，以促進再生能源在運輸燃料上之發展，並於 2003 年 5 月 8 日公布《關於運輸領域推廣使用生質燃料或其他再生燃料指令》(Directive 2003/30/EC)，其主要內容如下：

一、1990 至 2010 年間，減少交通運輸工具之二氧化碳排放量 50%，相當可減少十億噸二氧化碳排放量，其中道路車輛約佔 84% 之二氧化碳排放量。

二、生質油品用於交通運輸工具大量使用，可降低能源進口的依賴。

三、在歐盟地區，大多數的車輛皆可使用具低含量之生質油品之油料。其他部分地區，估計摻配量可提高至 10% 以上。

四、柴油引擎所使用之生質油品，須符合 EN 14214 之規範。部分車輛已使用高含量之生質油品，亦有使用純生質油品之車輛，此對空氣有很大的改善。

而其他歐洲國家，對生質柴油之推廣，採取下述兩種政策方針：

一、直接給予補助，鼓勵使用生質柴油，對使用污染性較高的化石柴油予以重稅，例如：德國、義大利、奧地利、西班牙、葡萄牙、瑞典、比利時、捷克、荷蘭等，具使用生質柴油免貨物稅。

二、給予優惠之生質柴油稅率，例如：英國、法國、希臘、丹麥、芬蘭等。故生質柴油的推廣，除了思考技術面如何使得生質柴油具最大化之產量，再加上政策方針的推波助瀾，價格成為誘因，使得生質柴油更具備競爭力。

表2-4 各國柴油年產量

國家	燃料乙醇	生質柴油	綠色柴油 (HVO)	總量
	十億公升			
美國	54.3	4.7	1.1	60.1
巴西	26.5	3.4	-	29.9
德國	0.9	3.4	-	4.3
中國	2.8	1.1	-	3.9
阿根廷	0.7	2.9	-	3.6
印尼	0.1	3.1	-	3.2
法國	1.0	2.1	-	3.1
荷蘭	0.4	0.7	1.7	2.5
泰國	1.1	1.2	-	2.3
加拿大	1.8	0.3	-	2.1
比利時	0.6	0.7	-	1.3
西班牙	0.4	0.8	-	1.2
新加坡	0	0	1.0	1.0
波蘭	0.2	0.8	-	1.0
哥倫比亞	0.4	0.6	-	1.0
澳洲	0.2	0.1	-	0.3
EU-28	5.2	11.6	1.8	18.6
全球	94	29.7	4	127.7

資料來源：Renewables 2015 Global Status Report, p.129

美國生質柴油之主要原料為黃豆，根據美國能源資料協會(Energy Information Administration, EIA)指出²，1999 年生質柴油產量約莫為 50 萬加侖；2004 年約莫為 3,000 萬加侖；2005 年約莫為 7,500 萬加侖；2006 年已達到 1 億 4 千多萬加侖，顯示美國生質柴油的市場正快速成長中，也看出美國政府亦致力於生質柴油的發展。

政策方面，財團法人農業科技研究院產發中心指出，1990 年美國潔淨空氣法案及 1992 年能源法案，將生質柴油納入保護與推動的品項，擴大生質柴油的市場需求；1998 年能源法案，允許使用以百分之二十之生質柴油混合百分之八十之石化柴油的 B20；2004 年通過生質柴油課稅優惠措施，每添加百分之一之生質柴油可抵減 0.1 美元的聯邦消費稅，以獎勵柴油車能夠選擇使用生質柴油。

2.2.2 國內生質柴油之發展概況

2006 年臺灣政府於國內 2,000 公頃的休耕地推廣種植大豆和向日葵油籽，以用於生產約 100 公秉之生質柴油，以及回收而得之食用油(廢食用油)生產約 1,700 公秉之生質柴油。2007 年，生質柴油的產量約莫為 6,500 公秉，其中 400 公秉源自國內 4,000 公頃的休耕地所種植的大豆和向日葵油籽，其餘則是源自回收的食用油。2008 年，B1(於原有的柴油添加 1%的生質柴油)之總需求量約莫為 4.5 萬公秉，至 2010 年 B2(於原有的柴油添加 2%的生質柴油)之需求量約莫為 10 萬公秉(楊明德，2010)，當時政府曾計畫於 105 年提高至 B5 柴油(於原有的柴油添加 5%的生質柴油)，每年生質柴油需求量則將超過 25 萬公秉。然而推行近 4 年的 B2 生質柴油政策，因民眾屢屢反映使用生質柴油易造成車輛阻塞、故障等，於 2014 年 5 月已暫停實施，如表 2-5 所示。

臺灣已於 2004 年時建立國內第一座 3,000 噸/年以上之生質柴油生產示範廠，截至 2014 年，國內已核准生產生質柴油之廠商共有 11 家，經濟部能源局表示生質柴油年總使用量約為 10 萬公秉，統計 2013 年度國內生質柴油供給量約莫為 9.6 萬公秉，占年總使用量之比例約 92%。

² Monthly Biodiesel Production Report, EIA, 2015

表 2-5 臺灣歷年生質柴油產量與需求量

年 項目	2006	2007	2008	2010	2014	2016
生質柴油產量	1,800 公秉	6,500 公秉			已停止 B2 政策	
生質柴油需求量		6,500 公秉	4.5 萬公秉	10 萬公秉		25 萬公秉
政策:生質柴油 添加比例			1% (B1)	2% (B2)		原預計 5%(B5)

資料來源：本研究整理

臺灣自主能源比率約 2%，98%以上之能源來自國外進口，發展生質能源可降低對進口能源之依賴、促進能源多元化、加強能源安全，並且可降低溫室氣體之排放量，同時透過栽種能源作物，亦可解決休耕地之問題，間接能提昇農民收益。由於臺灣土地相對地狹人稠，可耕種之農地面積有限，臺灣尚無大面積栽種能源作物的經驗，現有之能源作物品種是否適合臺灣的土地、水文、氣候等條件，將影響農民栽種的意願。根據行政院農業委員會表示國內生質柴油業者，多半以廢食用油回收以製成生質柴油，每公升價格估計約為新臺幣 45 至 50 元，仍高於石化柴油的價格，目前產品主要售予公家單位，提供環保車輛使用。根據 2005 年生質柴油業者前往德國考察之結果，德國生質柴油每公升市售價格約新臺幣 38 元，但出廠價格約每公升新臺幣 34 元，若扣除利潤，估計成本應在每公升新臺幣 30 元左右。

第三節 永續發展指標

2.3.1 指標的定義與建構

聯合國永續發展委員會於 1996 年建立「永續發展指標系統」，縱向面分為社會、環境、經濟及制度等 4 類，橫向面以 DSR 為架構，D 為 Driving force (驅動力)；S 為 State(現狀)；R 為 Response (回應)，其中 D 有 42 項、S 有 53 項、R 有 37 項，共計 132 項指標。目的為鼓勵世界各國研發永續發展之指標，除提供各國在評選指標與決策過程的參考外，並建議各國依國情特色與發展需求，選擇或修正指標內容與評估方法，以建立符合各國實際需求的永續發展指標系統，包含社會、經濟、環境、制度四大面向之指標。

(一)社會面

包括對抗貧窮、教育及訓練與公眾意識、保護及促進人類健康、促進人類永續安居發展、人口動力與永續發展等 5 個領域。

(二)經濟面

包括加速國家政策永續發展的國際合作、改變消費形態、財政資源及機制、環境技術轉移等 4 個領域。

(三)環境面

包括確保乾淨水資源的品質與供應、海洋及海岸區保護、土地資源整合規劃與管理、對抗沙漠化及乾旱、山區永續發展、促進永續農業及農村發展、對抗森林濫砍、保存生物歧異度、生物科技的環境管理、大氣層的保護、固體廢棄物及相關問題的環境管理、毒性化學物質的環境管理、有害廢棄物的環境管理、輻射性永棄物安全及環境管理等 14 個領域。

(四)制度面

包括整合環境及發展的決策、永續發展科學、開發中國家機制及國際合作、國際組織協定、國際法令手段及機制、決策資訊、強化主要族群的角色等 7 個領域。

臺灣方面，行政院國家永續發展委員會於 2009 年 9 月 正式發表《永續發展政策綱領》，作為我國永續發展政策的指導文件，根據永續發展政策綱領，我國永續發展共有世代公平、平衡考量、環境承 載、優先預防、社會公義、健康維護、公開參與、科技創新、政策整合及國際參與等十項原則，如下表 2-6。

表2-6 我國永續發展原則與內涵

原則	內涵
世代公平原則	當代國人有責任維護、確保足夠的資源,供未來世代子孫享用，以求生生不息、永續發展。
平衡考量原則	環境保護、經濟發展及社會正義應平衡考量。
環境承載原則	社會及經濟之發展應不超過環境承載力。
優先預防原則	推動環境影響評估等之預防措施,減少開發行為對環境造成之破壞。
社會公義原則	環境資源、社會及經濟分配應符合公平及正義原則。
健康維護原則	經濟及社會發展不得危害國人健康。
公開參與原則	永續發展的決策，應彙集社會各層面之期望和意見，經過充分的溝通，在透明化的原則之下，凝聚各方智慧共同制定。
科技創新原則	以科學精神和方法為基礎,擬定永續發展的相關對策並評估政策風險;透過科技創新增強兼顧環境保護、經濟發展及社會正義之三重目標動力。調整決策機制，並建立落實永續發展之相關制度。
政策整合原則	制定永續發展方案，應整體考量生態系統之生生不息;推動永續發展政策，應整合政府及民間部門使各盡其責、克竟全功。
國際參與原則	遵循聯合國及國際公約規範，善盡國際社會一份子的責任;對開發中國家提供的外援，永續發展應列入重點項目。

永續指標固然重要，但各個指標會依國情不同、政策與經濟發展不同，而有所重要性上的差異，所以選取相對臺灣永續能源是具重要性且適用性的指標是重要的一個開始，而李堅民(2009)指出台灣永續能源指標選取原則應包含下列九點：

- 一、國際相容性
- 二、符合台灣國情
- 三、連結永續能源發展目標
- 四、政策關聯性
- 五、資料可獲得性與可信賴性

- 六、資料必須能夠反應時間趨勢
- 七、指標間的不可替代性(或獨立性)
- 八、指標項目最小化性(成本有效性)
- 九、指標能夠反映長期效果

一個好的指標是能在發生問題時提出警訊，並協助如何確認與解決問題之所在，而一個好的永續發展指標應能指出在環境、社會及經濟彼此間連結交互作用的問題，並找出問題之所在及協助導引問題之解決之道，且永續發展指標必須具備預警、檢討與回顧及未來決策導向之展望等三大功能（於幼華與張益誠，1999）。過去十多年，各國在建置永續發展指標常以 Bellagio Principles 作為指標選定的原則，這些原則共有十點，包含願景、目標、考量因素、廣泛參與、評估與制度能力等，這些亦是台灣在建置指標架構過程中重要的參考原則，所以指標的選定可以以 Bellagio Principles 的十項準則作為依據，如表 2-7 所示。Tourane 等人(2011)也提出指標選擇的基本三大原則為指標在當地的適用性、相關性以及數據的可靠性。

表2-7 永續發展指標選定準則

準則	說明
願景指引與目標 (guiding vision and goals)	強調願景之重要性，及如何進一步落實成為對政策執行者有意義之具體目標。
指標內容具整體性 (holistic perspective)	1. 指標內容應涵蓋整個系統，並考慮各範疇之現況、發展方向、現況改變速度、及各範疇間之互動關係。 2. 考量人類活動對於生態體系之正負面結果，以反應貨幣及非貨幣之成本與效益。
重要考量因素 (essential elements)	1. 考量當前資源分配之公平性及跨世代間之公平性。 2. 考量生態情況、經濟發展及其它對人類社會福祉之非市場活動。
適當之考量範圍 (adequate scope)	1. 分析的時間及空間要夠長、夠廣。 2. 對於未來情況之預期是建立於對過去及現在情況之掌握。
實際建置時之焦點 (practical focus)	建立明確而且系統化的指標架構，且指標要能反應一個國家的願景及目標。
開放性 (openness)	1. 指標建置之方法及相關資料應開放予社會大眾。 2. 運用資料及進行解釋時應皆露相關之假設及不確定因素。
有效的溝通	1. 應滿足使用者之需求。

(effective communication)	2.架構應簡單明瞭並容易使用。
廣泛的參與 (broad participation)	1.架構建立解釋時，應揭露相關置過程應廣納各方意見。 2.政策制訂者應確實參與，以確保指標與政策之間有高度的連結關係。
持續性評估 (ongoing assessment)	1.確保後續維護及更新機制。 2.保持調整目標、架構及目標之彈性。 3.促進政策制訂與指標間相互回饋關係。
制度化的能力 (institutional capacity)	1.明確地劃分權責關係,提供政策制定持續之協助。 2.在資料收集、維護及建檔方面建立持續執行之機制。

指標的建立是便於後續的模型建立與分析，如 Amigum 等人(2011)以系統動態學方法理論為基礎建立技術可持續性評估概念模型 (Systems Approach to Technology Sustainability Assessment, SATSA)，其旨主要證明重要元件間的關係與連結，如圖 2-2 所示。



圖 2-2 技術可持續性評估示意圖

Musango 等人(2012)以上述提及之 SATSA 概念架構，提出生質能技術可持續性評估模型 (Bioenergy Technology Sustainability Assessment, BIOTSA)，其用以分析生質能產生流程，並提出生質能技術可持續性的評估指標，如表 2-8 所示。

表 2-8 生質能技術可持續性的評估指標列表

類別	指標
經濟	生質柴油產量、生質柴油利益、GDP
社會	僱員、社會感知
環境	土地利用變化、空氣污染、生質柴油副產物、水資源、能源耗用量

資料來源：Musango *et al.*, 2012.

第三章 研究方法

第一節 研究架構

本研究根據研究主題，其主要研究為生質柴油永續性發展指標問卷的建立，而後將問卷所展列的指標群應用於生質柴油產業之供應鏈評估上，彙整專家學者之建議可得其發展階段之最適政策選項。

生質柴油永續性發展指標問卷的建立是根據能源現況、影響生質能源發展因素、國內外生質柴油發展概況、永續發展指標建構等文獻資料，擬出適合臺灣生質柴油永續性發展指標的問卷，並經由專家學者從已挑選最適臺灣地區的各個指標群之指標項目，根據其重要性與可靠性給予指標項目評分分數及研究建議。本研究生質柴油永續性發展指標問卷架構如圖 3-1 所示。

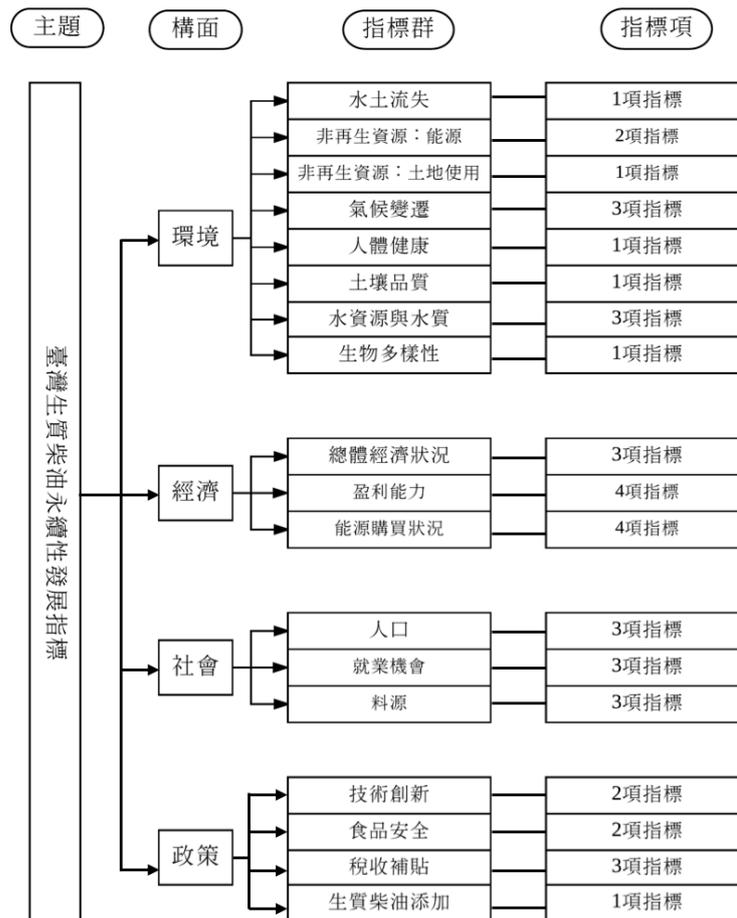


圖 3-1 生質柴油永續性發展指標問卷架構圖

本研究生質柴油永續性發展指標之架構分為四大面向，共有 18 項指標群，其皆為發展生質柴油之重要考量因素，故本研究依據圖 3-2 之指標架構所列出之指標項蒐集專家學者的意見及建議，用以評估生質柴油供應鏈之發展，得以了解各個指標於生質柴油供應鏈中之影響性較適於生質柴油 100% 臺灣自產、生質柴油自產與仰賴進口各半以及生質柴油 100% 仰賴進口之三種選項。

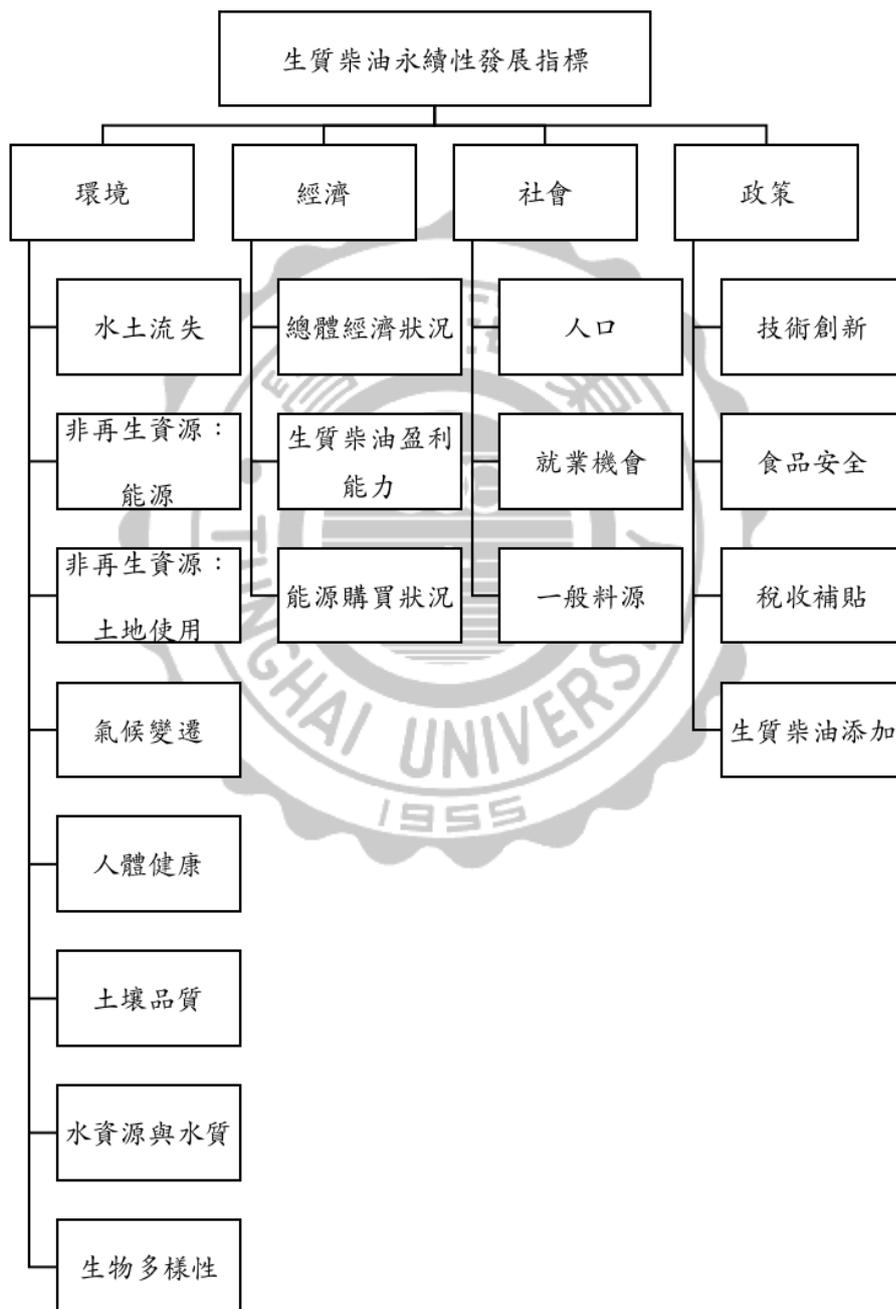


圖 3-2 生質柴油永續性發展指標架構

第二節 分析方法

生質柴油供應鏈涉及多方利害相關者，且此研究主題需考量經濟、環境、社會、政策多方相互面向，故本研究之研究方法為蒐集專家學者的意見及建議，確認本研究的生質柴油永續性發展指標群與指標項目，其中參與之專家學者如表 3-1 所示，而參與評估生質柴油供應鏈之專家學者列表如表 3-2 所示。

表 3-1 生質柴油永續性發展指標項目之專家學者

專家學者	單位	研究專長
顏宏偉	東海大學 化學工程與材料工程學系	<ul style="list-style-type: none"> • 醱酵工程 • 利用天然或是基因重組微生物生產醫藥品級之生技產品 • 環境生物處理工程 • 利用環境微生物自然分解固態廢棄物以達到垃圾減量與資源回收的目的
林秋裕	逢甲大學 環境工程與科學學系/ 綠色能源發展中心	<ul style="list-style-type: none"> • 生物處理 • 水質工程 • 生質能源 • 綠色氫能源
張嘉修	國立成功大學 化工系/能源科技與策略研究中心	<ul style="list-style-type: none"> • 生質能源技術 • 生化工程 • 環境生物技術 • 應用微生物技術
黃啟裕	東海大學 環境科學與工程學系	<ul style="list-style-type: none"> • 環境微生物

表 3-2 生質柴油供應鏈發展問卷之專家學者

專家學者	單位	研究專長
林成原	國立台灣海洋大學 輪機工程學系能源實驗室	<ul style="list-style-type: none"> • 潔淨燃料與先進燃燒技術開發 • 內燃機性能提升與污染排放減量 • 船舶與車輛空氣污染防制技術 • 能源與動力廠系統 • 工業爐的燃燒與材料高溫腐蝕
陳 OO	財團法人台灣經濟研究院	<ul style="list-style-type: none"> • 產業經濟 • 電力經濟 • 能源經濟策略規劃
張嘉修	國立成功大學 化工系/能源科技與策略研究中心	<ul style="list-style-type: none"> • 生質能源技術 • 生化工程 • 環境生物技術 • 應用微生物技術
梁 OO	行政院農業委員會 畜產試驗所新竹分所	<ul style="list-style-type: none"> • 能源昆蟲 • 生質柴油 • 畜牧養殖
樓基中	國立中山大學 環境工程研究所	<ul style="list-style-type: none"> • 自來水與廢水處理工程 • 土壤與地下水氣體監測 • 空氣或臭味檢驗與控制 • 水質分析與進階檢驗 • 廢棄物清理
彭 OO	台灣環境資訊協會 環境資訊	<ul style="list-style-type: none"> • 網路媒體經營 • 環境議題採訪編輯

第三節 研究設計

本研究根據本研究主要研究階段分為生質柴油永續性發展指標問卷設計與應用於生質柴油供應鏈之評估，填答對象皆為生質能與生質柴油發展領域之專家學者，經由半結構式訪談與電子郵件來往取得進一步專家意見。

本研究之生質柴油永續性發展指標問卷，其蒐集以 Bellagio Principles 的十項準則為依據的永續發展指標之指標項，並從中選取最適臺灣發展生質柴油之指標群與指標項，資料來源及文獻包含美國農業部(The United States Department of Agriculture, USDA)³、國際能源署(International Energy Agency, IEA)⁴、德國應用生態研究所(Oeko-Institut)⁵、美國能源部(United States Department of Energy)⁶、Zhang Li-bo、Yang Tao、Barisa、Musango 等人。此問卷所選取的各個指標項以可定量為主，以定性描述為輔，並依據各個指標項對生質柴油發展過程中具重要性與數據可靠性填答，非常重要為 10 分、非常不重要為 1 分，可靠性亦同，問卷內容如附錄一所示。

本研究之生質柴油供應鏈發展評估問卷，生質柴油產業之背景情境為 2006 年至 2014 年，此期間為政府具推動生質柴油之作為，本階段延續前一階段各個指標群之結果，將其依照生質柴油供應鏈分類為生質柴油的料源選擇、生質柴油的製造與生質柴油的使用，也就是從原料到消費者使用的過程中較適於何種選擇下發展生質柴油，分別為百分之百臺灣自產、百分之百進口以及自產與進口各半三種選項，問卷內容與指標定義如附錄二所示。

³ Biomass Gasification: A Comprehensive Demonstration of a Community Scale Biomass Energy System, 2011

⁴ Economic Sustainability of biomass Feedstock Supply, 2013

⁵ Sustainable Bioenergy: Key Criteria and Indicators, 2012

⁶ Biomass program, 2011

第四章 研究結果

第一節 生質柴油永續性發展指標問卷結果

本研究之生質柴油永續性發展指標問卷結果與對應之指標項如圖 4-1，經由專家學者回覆之統計結果與意見如表 4-1。

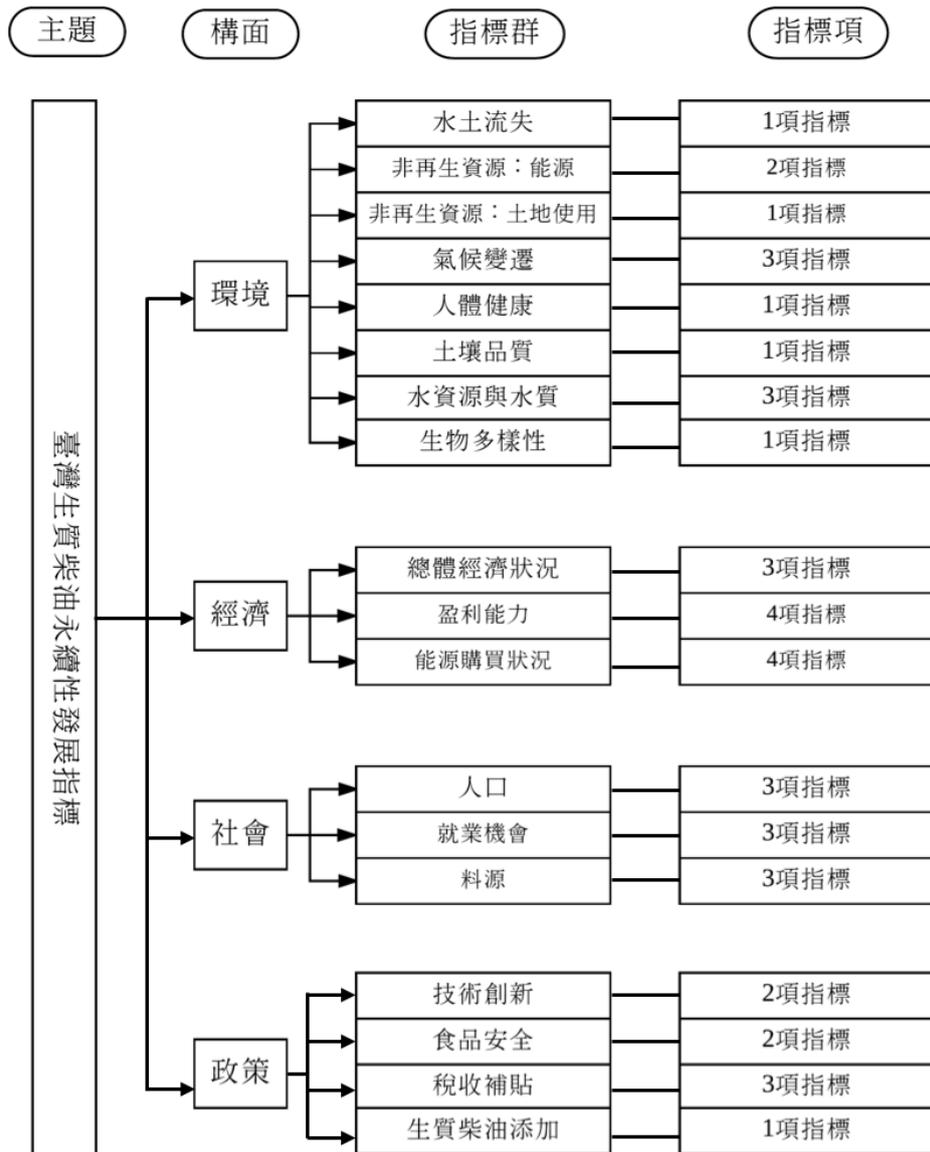


圖 4-1 生質柴油永續性發展指標問卷指標群

表 4-1 生質柴油永續性發展指標問卷結果與專家意見

主題	指標群	指標項	指標重要性 (1~10)	數據可靠性 (1~10)	專家意見
環境	1. 水土流失	土質流失(EN1)	4	3	無法有單純量化的數值。種植能源作物或是非能源作物皆會發生土質流失的情況，以未來政府推廣與發展看來，臺灣將以廢食用油為料源，故此擔憂可降低。
	2. 非再生資源：能源	a.初級能源消耗量(EN2)	7	9	可從臺灣能源局出版的能源統計年報得知每年購入或使用能源的情況，而再生能源與初級能源的使用有很大的關係，這也是綠色能源意識抬頭的原因。
		b.單位車輛的燃料消耗量(EN3)	6	7	單位車輛的燃料消耗量應該為汽車製造商所需控管的數值，除非未來政府能夠順利推行百分之百使用生質柴油，或限制汽車製造商汽車之燃料消耗量，其指標之重要性才會明顯提高。
	3.非再生資源：土地使用	農作物面積(EN4)	6	6	發展生質能源是否會與民搶食本就為一大詬病，而臺灣不像其他國家一般地廣人稀，故較多以休耕地為主，如同上述所提及未來政府可能以廢食用油為料源大宗，不足的量才輔以能源作物。
	4.氣候變遷	a.二氧化碳人均排放量(EN5)	6	6	二氧化碳人均排放量的增減不能看出是否為生質柴油的影響，但此指標的確會間接影響生質柴油的發展，甚至是加速其發展。
		b.二氧化碳排放量年增率(EN6)	7	8	二氧化碳排放量年增率的增減不能看出是否為生質柴油的影響，但此指標的確會間接影響生質柴油的發展，甚至是加速其發展。
		c.單位車輛的二氧化碳排放量(EN7)	7	6	時代與科技的快速發展，現在電動車的崛起是否會影響生質柴油的發展，未來是指日可待，現在使用柴油的車較多為非一般家庭的代步房車。
	5.人體健康	空氣污染(EN8)	7	6	關於氣體排放，生質柴油與柴油相比，除了二氧化碳會有所差異之外，還包含排放硫化物的差別，生質柴油在此項目確實是有優勢的。。

主題	指標群	指標項	指標重要性 (1~10)	數據可靠性 (1~10)	專家意見
環境	6.土壤品質	土壤酸化程度 (EN9)	7	4	造成土壤酸化有很多原因，其中最主要是因為使用化學肥料所導致，而種植能源作物時也無可倖免地會使用化學肥料，尤其為非食用之用途會減少人民關心這片土地，但這整個生態系其實還是環環相扣的。
	7.水資源與水質	a.水體當中的SO ₂ 含量 (EN10)	7	4	如同上的化學肥料影響。
		b.水體當中的磷含量 (EN11)	4	2	水中的磷含量與培養用於生產生質柴油的微藻有關。
		c.用水情況 (EN12)	4	4	此項較難取得可量化數值，因生質柴油的發展涉及多種用水的情況，包含灌溉、製造等，建議可縮小範圍。
8.生物多樣性	受保護區域面積佔總地區面積比例 (EN13)	6	3		

主題	指標群	指標項	指標重要性 (1~10)	數據可靠性 (1~10)	專家意見
經濟	1.總體經濟狀況	a.經濟成長率 (EC1)	5	10	經濟成長與否對許多產業的發展有較大的影響性，臺灣在生質能發展所投入的精神持續至今，但生質柴油依然有技術上的瓶頸。
		b.平均每 人每年國 民生產毛 額(EC2)	5	10	
		c.國內國 民所得毛 額(EC3)	5	10	

主題	指標群	指標項	指標重要性 (1~10)	數據可靠性 (1~10)	專家意見
經濟	2. 盈利能力	a. 國際原油年均價(EC4)	9	9	該項指標群應為生質柴油為主體，國際油價的漲跌多半與產油地發生戰爭或工人罷工有關，且現今其他再生能源已比生質柴油發展成熟許多。
		b. 生產成本(EC5)	9	6	臺灣製造生質柴油的工廠不到十家，多依靠政府的稅收補貼降低生產成本，但與國外生產生質柴油的成本相比，臺灣依然高出許多，若能有效降低成本，企業自然願意投入生質柴油的發展。
		c. 柴油年均價(EC6)	9	9	柴油年均價資訊皆可於中油公司網站查詢。
		d. 柴油/生質柴油價格比率(EC7)	9	8	
	3. 能源購買狀況	a. 製造生質柴油之料源進口比率(EC8)	8	2	目前料源進口未用於生質柴油的製造上
		b. 國民能源購買率(EC9)	7	4	國民能源購買率顯示之數值不代表購買生質柴油的意願。
		c. 單位生質柴油價格(EC10)	9	9	
		d. 原油及石油年進口量(EC11)	7	9	此資訊皆可於中油公司網站查詢。

主題	指標群	指標項	指標重要性(1~10)	數據可靠性(1~10)	專家意見
社會	1.人口	a.人口成長率(SO1)	4	8	人口的成長可能與生質柴油無直接的相關，但會影響產業未來的發展，例如更重視綠能、生質能等。
		b.生育率(SO2)	3	8	
		c.死亡率(SO3)	4	8	
	2.就業機會	a.就業率(SO4)	4	9	現較難嗅出生質柴油產業的就業機會，但許多研究團隊依然投入製造生質柴油的技術研究。
		b.失業率(SO5)	4	9	
		c.勞動人口數量(SO6)	4	8	
	3.料源	a.農作物年產量(SO7)	7	6	
		b.可耕地與永久作物種植面積(SO8)	8	6	
		c.糧食年均價(SO9)	7	5	過去生質柴油的料源與民生糧食有取捨的問題，但 IEA 已公告停用玉米為生質柴油料源。

主題	指標群	指標項	指標重要性 (1~10)	數據可靠性 (1~10)	專家意見
政策	1.技術 創新	a.生質柴油轉化率 (PO1)	9	8	
		b.生質柴油之酯化率 (PO2)	9	8	臺灣先天氣候條件問題、土質因素等，導致富含油脂的作物無法於台灣生長，所以建議可進行酯化率的相關研究以達品質更好的生質柴油予車輛使用
	2.食品 安全	a.糧食自給率 (PO3)	7	6	農委會表示自 95 年起推動「建立能源作物產銷體系計畫」，於休耕農地推廣種植產製生質柴油之能源作物大豆及向日葵，惟因料源生產成本太高，導致去化不易，復因國際糧食供應緊絀及國內油品自由化，經行政院會議決議，為因應國際糧價上漲之趨勢與鼓勵休耕地復耕種植水稻、飼料玉米或輪作獎勵作物等，避免與糧爭地，自 97 年第 2 期起，停止於休耕農地推廣種植能源作物。
		b.製作過程中非食用料源之比例 (PO4)	7	3	現在多以廢食用油的純化技術為主。
	3.稅收 補貼	a.休耕補貼金 (PO5)	7	10	
		b.購油補貼 (PO6)	8	10	
		c.轉作能源作物之補貼金 (PO7)	8	9	除給予補貼，應增加人民生質能相關知識與教育，而不是當糧食農作物利潤較高時，則農民不願意支持能源作物的種植。
	4.生質 柴油添 加	強制性混合添加比例 (PO8)	8	10	政府確實是生質柴油發展中重要的推手，建議應該節能設備與替代能源並行，較有利生質能的快速發展。

本研究根據訪問專家學者意見之問卷結果，依照指標重要性與數據可靠性繪成象限圖如圖 4-2 所示，指標重要性表示對本研究之主題影響性，數據可靠性則是該指標之取得是否可靠且能量化指標數值。第一象限代表指標重要性與數據可靠性程度皆高；第二象限代表指標重要性程度高，數據可靠性則低；第三象限代表指標重要性與數據可靠性程度皆低；第四象限代表指標重要性程度低，數據可靠性則高。

第一象限包含初級能源消耗量、單位車輛的燃料消耗量、農作物面積、二氧化碳人均排放量、二氧化碳排放量年增率、單位車輛的二氧化碳排放量、空氣污染、國際原油年均價、生產成本、柴油年均價、柴油/生質柴油價格比率、單位生質柴油價格、原油及石油年進口量、農作物年產量、可耕地與永久作物種植面積、生質柴油轉化率、生質柴油之酯化率、糧食自給率、休耕補貼金、購油補貼、轉化能源作物之補貼金、強制性混合添加比例。此結果可得知指標構面對臺灣生質柴油永續性發展較為重要的為經濟與政策構面。

第二象限包含土壤酸化程度、水體當中的 SO₂ 含量、受保護區域面積佔總地區面積比例、製造生質柴油之料源進口比率、國民能源購買率、糧食年均價、製作過程中非食用料源之比例。此結果中唯獨製造生質柴油之料源進口比率有別於其他指標項，其數據的可靠性為各項指標中最低，原因為目前料源進口未用於生質柴油的製造上，故此數據難以進行比較。

第三象限包含土質流失、水體當中的磷含量、用水情況。此象限皆為環境構面之指標項，其原因為這三項指標之影響原因非單一與生質柴油的發展有關並且無法有單純量化的數值。

第四象限包含經濟成長率、平均每人每年國民生產毛額、國內國民所得毛額、人口成長率、生育率、死亡率、就業率、失業率、勞動人口數量。此象限皆為經濟及社會構面之指標項，各數據皆可在行政院主計處取得公開資料，故數據可靠性之分數高，但為非影響臺灣生質柴油發展的重要指標項。

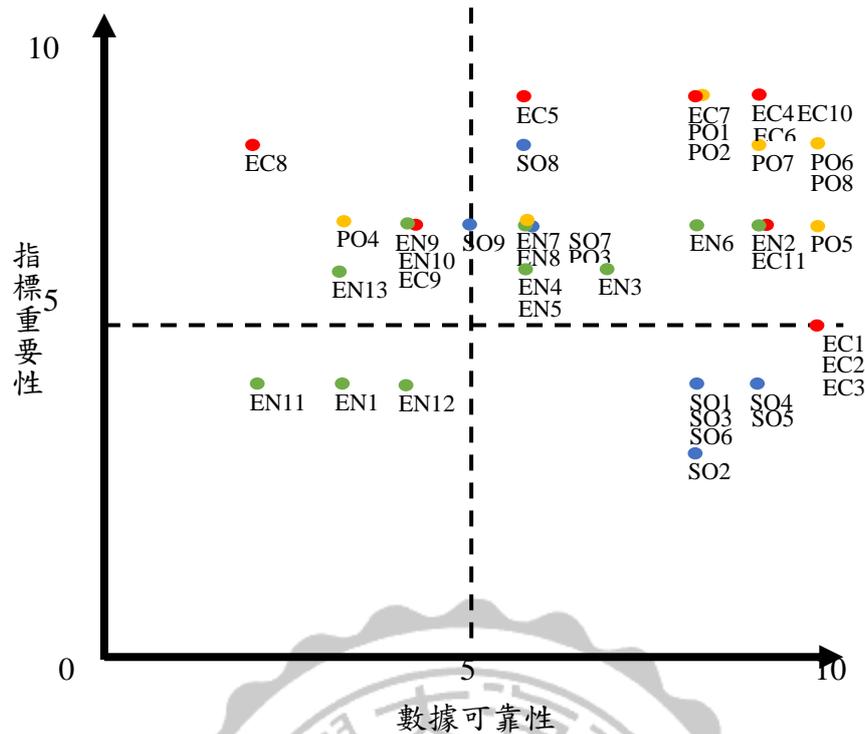


圖 4-2 生質柴油永續性發展指標重要性與數據可靠性象限圖

第二節 生質柴油供應鏈發展評估問卷結果

本階段延續前一階段各個指標群之結果，將其依照生質柴油供應鏈分類為生質柴油的料源選擇、生質柴油的製造與生質柴油的使用，也就是從原料到消費者使用的過程中較適於何種選擇下發展生質柴油，指標對應分類如圖 4-3 所示，以下針對生質柴油發展三階段之結果逐一討論。

生質柴油的料源選擇	生質柴油的製造	生質柴油的使用
<ul style="list-style-type: none"> • 水土流失 • 非再生資源：土地使用 • 土壤品質 • 水資源與水質 • 一般料源 • 稅收補貼 • 生物多樣性 	<ul style="list-style-type: none"> • 總體經濟狀況 • 生質柴油盈利能力 • 就業機會 • 技術創新 • 食品安全 	<ul style="list-style-type: none"> • 人口 • 非再生資源：能源 • 人體健康 • 氣候變遷 • 能源購買狀況 • 生質柴油強制添加

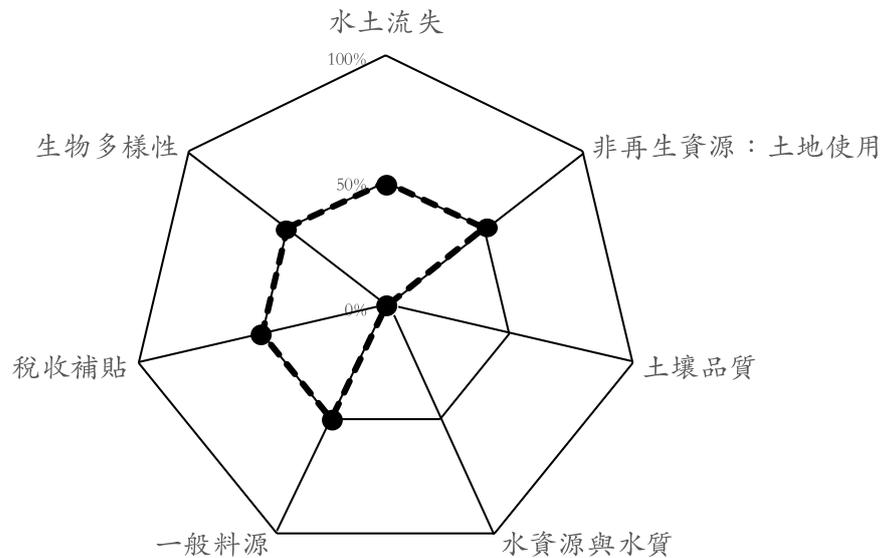
圖 4-3 生質柴油各發展階段與對應指標圖

一、生質柴油的料源階段：

本研究結果如下圖 4-4 生質柴油的料源階段之各項指標最適選擇，其顯示無指標對生質柴油發展的影響性適合百分之百進口，唯有「土壤品質」與「水資源與水質」兩項指標對生質柴油發展的影響性，較適於臺灣百分之百自產，而「一般料源」、「稅收補貼」、「生物多樣性」、「水土流失」、「非再生資源：土地使用」對生質柴油發展的影響性較適於臺灣自產生質柴油與進口比例各半。

「土壤品質」與「水資源與水質」兩項指標皆與種植作物時需使用化學肥料有相關，能源作物多以休耕地種植為主，但是種植非能源作物時使用化學肥料也是無可避免，並無資料顯示相對種植能源作物時對土壤品質與水質具較大的影響性或危害性，故兩項結果表示生質柴油較適合於臺灣百分之百自產。臺灣土地以稀為貴，加上先天氣候條件問題導致富含油脂之作物無法順利種植，專家學者認為生質柴油的料源選擇應該基於不影響水土流失以及生態失衡與原民生糧食之農作物為首要條件，但若要滿足未來政府所要求生質柴油之需求量，則需部份仰賴進口生質柴油。而稅收補貼方面，包含休耕地補貼金、轉植能源作物補貼金、購油補貼金等，此補貼行為若持續於臺灣百分之百自產之選擇下，恐對財政支出是一大壓力，若為舒緩財政壓力改以百分之百仰賴進口之選擇，則與臺灣大力推廣本土生質能發展背道而馳，故此項指標較適於臺灣自產生質柴油與進口比例各半。

生質柴油料源階段之最適選擇



*圖中 0%、50%、100% 為生質柴油進口比例

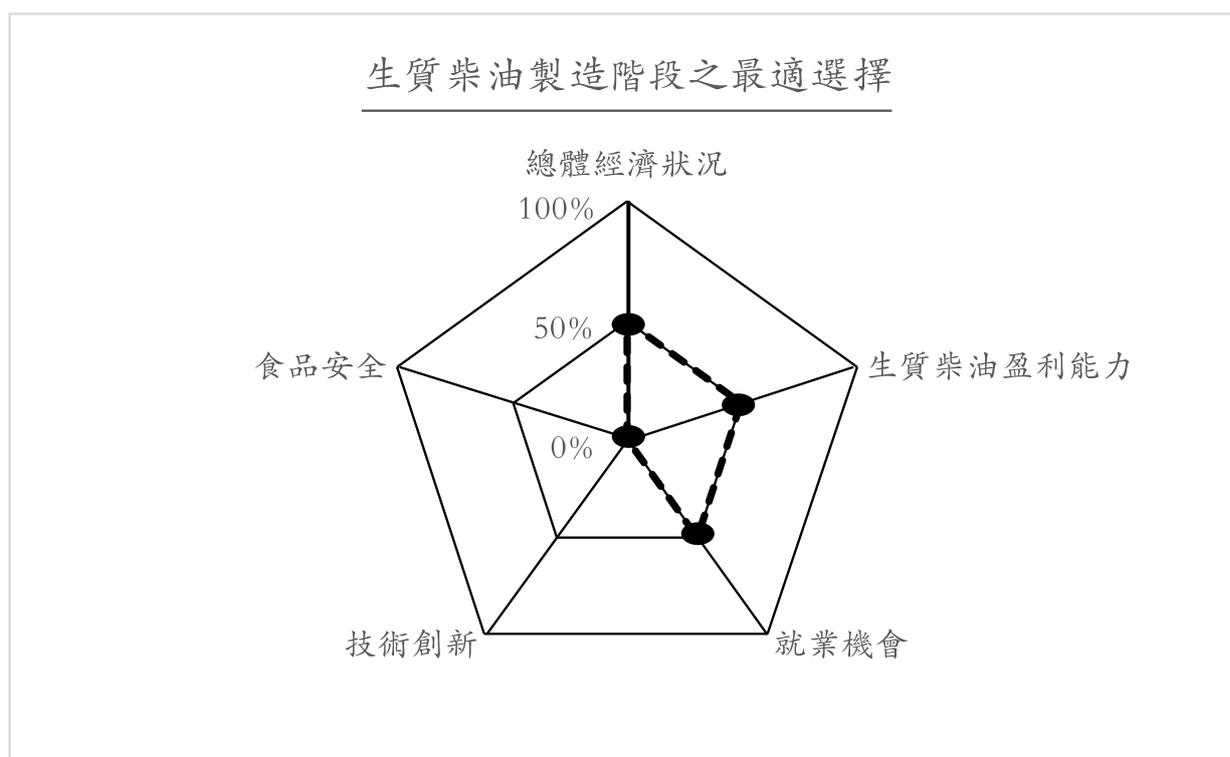
圖 4-4 生質柴油料源階段之各項指標最適選擇

二、生質柴油的製造階段：

本研究結果如下圖 4-5 生質柴油製造階段之各項指標最適選擇，其顯示無指標對生質柴油發展的影響性適合百分之百進口，唯有「食品安全」與「技術創新」兩項指標對生質柴油發展的影響性，較適於臺灣百分之百自產，而「總體經濟狀況」、「生質柴油盈利能力」、「就業機會」對生質柴油發展的影響性較適於臺灣自產生質柴油與進口比例各半。

「食品安全」與「技術創新」兩項指標與臺灣政策發展有關係，臺灣目前投入的藻類能源技術仍有瓶頸需突破，例如藻源、藻量及培養用之水量等，再加上如何有效降低回收成本亦是一大課題，但臺灣保有研究生質柴油的能力，專家學者表示目前有研究提出以能源昆蟲解決生質能源發展時所會面臨的問題，或許在一至三年以內可以成為另一個選項，故此兩項指標較適於臺灣百分之百自產生質柴油。而生質柴油的製造階段最重要的莫過於成本項的控制，包含總體經濟狀況與生質柴油盈利能力，其中還需仰賴政府

的補助與支持才得以量產及永續經營，經濟的考量上面，建議部分選擇生質柴油進口，購買成本相對低於台灣製造的生質柴油，且國外的當地社會經濟比起他國亦更需要財力的投入，例如巴西社會經濟的不同，與瑞士相比，其生質燃料的利率為瑞士的五倍，所以生質燃料在巴西當地是更具競爭力。而在臺灣生質柴油尚未發展成熟前，生質柴油煉油製造廠不超過十家，就業機會數量仍然有限，故上述指標較適於臺灣自產生質柴油與進口比例各半。

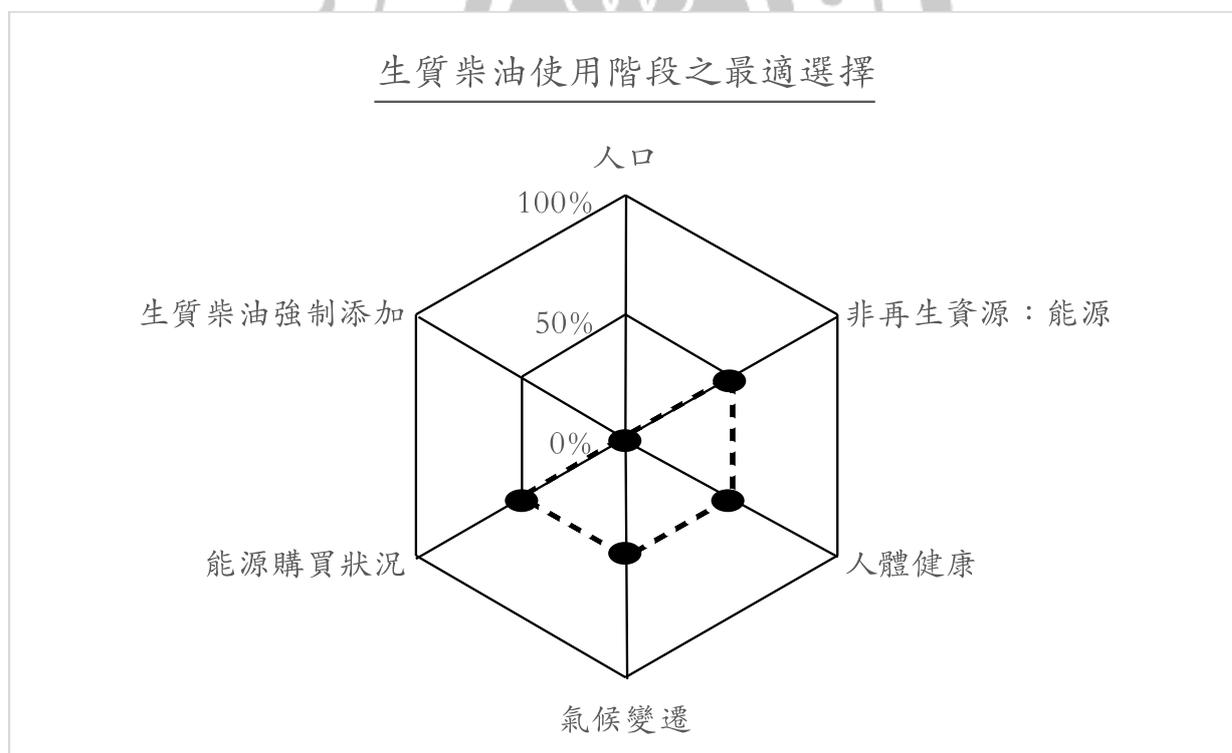


*圖中 0%、50%、100% 為生質柴油進口比例
圖 4-5 生質柴油製造階段之各項指標最適選擇

三、生質柴油的使用階段：

本研究結果如下圖 4-6 生質柴油使用階段之各項指標最適選擇，其顯示無指標對生質柴油發展的影響性適合百分之百進口，唯有「人口」與「生質柴油強制添加」兩項指標對生質柴油發展的影響性，較適於臺灣百分之百自產，而「能源購買狀況」、「氣候變遷」、「人體健康」、「非再生資源：能源」對生質柴油發展的影響性較適於臺灣自產生質柴油與進口比例各半。

「生質柴油強制添加」與「人口」兩項指標相互與臺灣政策是具有關係的，人口的增長與衰減，綜觀各項考量，人口的發展會隨著各項政策發展而有所改變，其間接影響生質柴油的需求量與購買量，此兩項指標的影響性對生質柴油進口與否非甚大，故專家學者表示可以保留於原有選項，待未來政策與技術發展的走向再調整之。而其他指標與對大環境的綠色意識抬頭有關係，生質柴油令人購買的誘因不高，初期只能仰賴政策推行的稅收補助或強制添加政策才得以使消費者接受，而近年氣候變遷的影響，臺灣也跟上永續環境的順風車，於 2015 年六月通過《溫室氣體減量及管理法》，許多汽車製造大廠也頻頻打出希望達成低碳運輸與二氧化碳零排放的口號，以出口為主的臺灣若觸及更多國際上的壓力，有望企業與民眾對生質能主動的認知與發展支持能有所成長，專家學者表示臺灣非能源自主的國家，面對大環境的變化，臺灣民眾不能只是井底之蛙因法令規定才被動的接受生質柴油，故上述指標較適於臺灣自產生質柴油與進口比例各半，以利刺激或改變民眾能源使用上的習慣，而不是只依賴化石燃料，因其有耗竭的一日。



圖中 0%、50%、100% 為生質柴油進口比例
圖 4-6 生質柴油使用階段之各項指標最適選擇

第五章 結論與建議

第一節 研究結論

生質柴油政策過去推廣近十年，現因為遇到瓶頸而政策停擺，大多數的人仍不明白真正問題的原因，以及是否該發展生質柴油，且該考量的因素有哪些，生質柴油的發展，涉及政治、經濟、環境、國際關係等多元評估面向，各因素間存在複雜的互動關係，故本研究整理各項指標作為生質柴油發展的評估項目，探討台灣生質柴油永續性發展指標之建構，指標架構為四大面向(環境、經濟、社會、政策)，其中共有 18 項指標群，41 項指標項目，研究後續根據前一研究結果之指標項評估生質柴油供應鏈發展中最適之進口比例。

本研究列出四大面向之各個指標，其亦可分類為生質柴油料源選擇階段、生質柴油製造階段、生質柴油使用階段之指標項目，結果得知各個指標項對生質柴油發展的過程中之重要性皆為三分以上，而資料可靠性方面，部分指標具重要性但無法以定量的方法量化指標數值，故建議可用定性描述，未來該指標若有新的測量方法經專家學者論定之即可適用。本研究第一階段結果可得知，第一象限指標構面為指標重要性高且數據可靠性高，此象限對臺灣生質柴油永續性發展較為重要的為經濟與政策構面。從本研究第二階段研究結果看來，不管是生質柴油料源選擇階段或生質柴油製造階段或生質柴油使用階段，研究結果都顯示生質柴油百分之百仰賴進口為非最適當的選項，最適於臺灣生質柴油發展選項為自產生質柴油與進口比例各半。綜合第一階段與第二階段之研究結果如下表 5-1，生質柴油發展在料源階段之指標群所對應於第一象限，包含非再生資源：土地使用、一般料源以及稅收補貼；生質柴油發展在製造階段之指標群所對應於第一象限，包含生質柴油盈利能力與技術創新；生質柴油發展在料源階段之指標群所對應於第一象限，包含非再生資源：能源、人體健康、氣候變遷、能源購買狀況與生質柴油強制添加。上述提及之指標群表示生質柴油在料源階段最重要的政策考量為經濟與政策發展，故在生質柴油的政策發展上，其應為優先考量之指標群。

可再生的各項資源或能源，符合區域性地產地銷的經濟效益，長期依賴從國外源源不絕的輸入能源與資源是不符合國家政策發展目標，又在各種再生能源當中，生質能所占的比例最大，除了人們日常生活的垃圾提供固態廢棄物生質能之外，在能源作物方面，不會產生糧食危機的生質能作物趁勢而起，例如油藻和纖維素，前者可生產生質柴油，後者可製造生質酒精，兩者都是可取代石油的先進生質燃料，且台灣西海岸長達 400 多公里並都是淺灘，適合培養油藻等生質料源；再者，國內目前廢耕農地廣大，加上林地眾多，具有種植纖維素相關能源作物的潛力，所以台灣是具有發展再生能源的先天優厚潛力，若技術發展成熟可降低對外來能源的依賴，亦可同時解決能源供應安全和永續經營此兩大議題。臺灣目前正解決第一階段料源的問題，現以廢食用油發展為主，一方面也解決廢食用油回收去處的食安問題，再者配合政府的政策推動，鼓勵生質柴油煉油廠的營運，同時給予民眾及消費者生質柴油相關之重要知識，使其了解生質柴油發展之重要性與影響性，生質柴油的選擇應像台電與能源局推廣的綠色電力政策，民眾可自由選擇自己當月欲購買之綠色電力度數，其購買行為為民眾自願，而非強制添加於原本用電者本身，使成為自由的供需市場。

表 5-1 生質柴油發展三階段指標群對應之象限

生質柴油發展三階段	對應指標群	對應象限
生質柴油的料源階段	水土流失	第三象限
	非再生資源：土地使用	第一象限
	土壤品質	第二象限
	水資源與水質	第三象限
	一般料源	第一象限
	稅收補貼	第一象限
	生物多樣性	第二象限
生質柴油的製造階段	總體經濟狀況	第四象限
	生質柴油盈利能力	第一象限
	就業機會	第四象限
	技術創新	第一象限
	食品安全	第二象限
生質柴油的使用階段	人口	第四象限
	非再生資源：能源	第一象限
	人體健康	第一象限
	氣候變遷	第一象限
	能源購買狀況	第一象限
	生質柴油強制添加	第一象限

第二節 研究建議

本研究建議認為以本研究結果為基礎可訂定短中長期之生質柴油研究目標，短期為更加確立各個指標之完整性，本研究代表學術單位方所列出之指標群與指標項，建議可囊括更多生質柴油之利害相關者之意見增列或刪減指標項目，例如現正各項計畫中，以增加民眾參與意見，藉由參與過程喚起民眾對生質柴油永續發展概念的共識，亦使生質柴油永續性發展指標系統能更加完善，而發展一套生質柴油永續性發展指標對永續發展是有其必要性的。中期可將短期之結果帶入可量化數值之指標，利用多目標分析法或是系統動態學，以因果關係及情報回饋的觀念分析系統結構，進一步於生質柴油自製或進口之系統性思考架構中，確立生質柴油發展各層面之最佳化目標，並利用系統動態模型，於模型中綜合考慮現實中的經濟及環境、社會等各種子因素產出生質柴油發展之預期結

果，得出生質柴油自產與進口各半之影響與利弊分析，並可參考本研究的結果，經選出最重要的指標項目作為政策發展方向。長期則以生質柴油自產與進口各半發展為目標，可利用中期模型之預期結果作為基礎並加以適時之修正，並擬定最適生質柴油發展之政策，雖難以在短期達成，但目標的訂定有助於政策的形成，以及國家科研的方向與凝聚全民共識。



參考文獻

一、中文部份

- 王長瑩(2006)。國內生質柴油發展模式論壇。財團法人中技社。
- 余序江、許志義、陳澤義(1998)。科技管理導論:科技預測與規劃。台北:五南。
- 李堅民(2009)。台灣永續能源指標選取原則。台灣綜合研究院。
- 呂錫民(2006)。「歐盟再生能源發展策略探討」,科技發展政策報導,10,1201-1216。
- 於幼華、張益誠(1999)。永續發展指標。環境教育季刊,37,53~74。
- 林淵淙(2006)。生質柴油及乳化柴油對引擎排放廢氣污染減量及提昇能源效率之研究。
國立成功大學環境工程學系,台南市。
- 吳榮宗(2012)。台灣中油生質能源開發研究。台灣中油公司綠能科技研究所。
- 陳介武(2000)。Biodiesel Developments and Trends。生質柴油發展趨勢,檢自
<http://www.soybean.org.tw/tech6-3.htm>。
- 黃正忠(2006)。因應「京都議定書」台灣產業機會及研發方向-生質柴油供應鏈面面觀(一),
子議題二:以政策面及法制面探討國內生質柴油供應鏈中產製、配銷及消費面臨之
問題及評估國內推廣生質柴油之經濟可行性。財團法人中技社。
- 溫祖康(2007)。生質能源發展現況與我國推動能源作物之探討,農政與農情,第186期。
- 楊明德(2010)。臺灣發展生質柴油選擇之探討。未出版之碩士論文。國立高雄第一科技
大學運籌管理系,高雄市。
- 劉漢元(2010)。化石燃料所產生的環境影響問題。中國言實出版社。
- 蔡詩珊(2008),淺談生質能,綠基會通訊。
- 蕭代基、林益豪(2008)。台灣推動生質能應考量的因素。中華經濟研究院。研討論文系
列97-6。
- 蕭代基、林益豪(2009)。台灣推動生質燃料發展政策之評估。碳經濟,12,2-22。

二、英文部份

- Amigun, B., Musango, J.K., Brent, A.C., (2011). Community perspectives on the introduction of biodiesel production in the Eastern Cape province of South Africa: questionnaire survey results, *Energy*, 36 (5), 2502–2508.
- Barisa *et al.*, (2015). Future biodiesel policy designs and consumption patterns in Latvia: a system dynamics model, *Journal of Cleaner Production*, 88, 71-82
- Hall and D.O., (1997). Biomass Energy in Industrialised Countries--A View of the Future, *Forest Ecology and Management*, 91, 17-45.
- Jon Van Gerpen. (2005). Biodiesel Processing and Production, *Fuel Processing Technology*, 86, 1097-1107.
- Ma *et al.*, (2014). Analyzing the factors that influence Chinese consumers' adoption of the biodiesel: The private vehicles owner's investigating in Beijing, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 199-206.
- Mamat *et al.*, (2015). Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 585-602.
- Musango J K *et al.*, (2012). A system dynamics approach to technology sustainability assessment: The case of biodiesel development in South Africa, *Technovation*, 32, 639-651.
- Singh *et al.*, (2014). Towards a sustainable approach for development of biodiesel from plant and microalgae, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 216-245.
- Tourane Corbiere-Nicollier *et al.*, (2011). Towards a global criteria based framework for the sustainability assessment of bioethanol supply chains. Application to the Swiss dilemma: Is local produced bioethanol more sustainable than bioethanol imported from Brazil?, *Ecological Indicators*, 11, 1447-1458.
- Zhang Li-bo and Yang Tao. (2014). The evaluation and selection of renewable energy technologies in China, *Energy Procedia*, 61, 2554-2557.

附錄一

臺灣生質柴油發展指標群認定及其重要程度評估—專家初閱

敬啟者您好：

非常感謝您抽空協助填寫本問卷。

本研究為「**建立台灣生質柴油永續性發展指標**」，生質柴油開發關鍵在於料源及生產技術，同時必須妥善評估生產的規模經濟及建廠的可能性，但生質柴油的發展，涉及政治、經濟、環境、國際關係等多元評估面向，而各因素間存在複雜的互動關係。

素仰 台端對生質柴油之豐富學識經驗，擬請擔任填寫本問卷之專家學者，評估每一指標項對台灣生質柴油現況發展之重要性，懇請依據您對該專業領域的認知，評定各個指標項在台灣生質柴油發展的過程當中是否為重要的考量。另外，若您認為需增添或刪除之指標項，也請於最右欄之空格中給予建議，謝謝。

本研究極需您的專業知識及豐富經驗之協助與指教，再次感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

研究聯絡人

東海大學 企業管理學系

研究生 吳宛蓉

主題	指標群	指標項	重要性(非常不重要—非常重要為 1-10 分)										可靠性(非常不可靠—非常可靠為 1-10 分)					是否有其他指標項目應併入其他指標群中？請建議。(評分為 5 分以下的亦請說明原因)				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5										
			6	7	8	9	10	6	7	8	9	10										
經濟	3.能源購買狀況	c.單位生質柴油價格																				
		d.原油及石油年進口量																				
社會	1.人口	a.人口成長率																				
		b.生育率																				
		c.死亡率																				
	2.就業機會	a.就業率																				
		b.失業率																				

附錄二

敬啟者您好：

非常感謝您抽空協助填寫本問卷。

本研究題目為「**以情境分析法研究臺灣生質柴油永續性發展指標之建構**」，本問卷希望根據各項評估指標群及其說明，並依生質柴油發展現況從三種不同情境中選以該指標較適之情境。問卷主要目的為提供日後生質柴油發展上及其進口與否給予決策參考。

素仰 台端對生質柴油之豐富學識經驗，擬請作為本問卷之填答者，本研究極需您的專業知識及豐富經驗之協助與指教，再次感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

研究聯絡人

東海大學 企業管理學系
研究生 吳宛蓉

背景描述：

2006年，臺灣從國內2000公頃的休耕地種植大豆和向日葵油籽，以生產生質柴油量為100公秉並回收食用油生產生質柴油量為1,700公秉。2007年，生質柴油的產量估計是6,500公秉，其中400公秉來自國內4,000公頃的休耕地所種植之大豆與向日葵油籽，其餘皆來自回收食用油。而當時政府鼓勵並補助農民於休耕地種植能源作物，每期作可獲得政府環境給付 45,000 元/公頃與最高 15,000 元之資材與生產作業費。

為建構完整的生質柴油 B1 供應體系，2007 年我國推行「Green County 綠色城鄉應用推廣計畫」；2008 年已於市售柴油內添加 1%的生質柴油，計畫期間以不高於市售超級柴油的價格於加油站販售 B1 油品，加油站配銷之 B1 油品與市售柴油之價格差額則由政府補助；2010 年將生質柴油添加比例提高至 2%；2014 年，國內遊覽車公會認為 B2 生質柴油會增加維護成本以及增加路上熄火的危險性甚至揚言上街抗議，以致 B2 政策終止。

我國溫室氣體減量及管理法之長期目標，「2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年溫室氣體排放量百分之五十以下」，當時執行計畫期間推估使用生質柴油 6,500 公秉，可降低粒狀物質 2.17 公噸、碳氫化合物 10.11 公噸、一氧化碳 20.22 公噸、溫室效應氣體 21,320 公噸及硫氧化物 12.64 公噸。

國內推動生質柴油主要以廢食用油及能源作物為原料，其中能源作物因環境、氣候、地形等因素，以黃豆、油菜籽及向日葵籽為主。研究指出若全面種植高含油量作物向日葵，生質柴油最大產量大約為 252,501 公秉，料源是否可穩定供給是必須考量的重點，而生質柴油成本中，原料即佔 75%以上，當時生質柴油的成本約為石化柴油的 2 至 3 倍。料源規劃是以廢食用油為先、能源作物為主、國外料源為輔，但進口有關料源主要用途係作為民生物資，無作為生產生質柴油原料，亦無直接進口生質柴油的情形。而 1 噸廢食用油約可生產 950 公斤之生質柴油，除廢食用油之外需依賴種植才能充分供應，故現正以富含油脂之微藻為主要研究。

填答說明：

依據上述生質柴油發展之背景描述與附錄中各項指標定義選取最適之情境，例如：評估水土流失之情況對生質柴油料源選擇之影響，您認為臺灣生質柴油應完全自產或完全進口或兩者各半，並於空格中打勾。

料源的選擇在生質柴油生產過程中是最需考量的因素之一，也是生質柴油發展中最具爭議的一個環節，包含先天的氣候條件、耕作地面積、農民的耕作意願與糧食及能源作物的栽種選擇，其化學肥料的使用會直接或間接影響土壤及灌溉水的排放，甚至影響整個生態圈。請根據下列的指標群，試想其重要性與影響性在生質柴油料源選擇的過程中較適於臺灣本島自產或仰賴進口之情境？

指標群	生質柴油 100%臺灣自產	生質柴油 50%臺灣 自產、50%進口	生質柴油 100%進口
水土流失			
非再生資源： 土地使用			
土壤品質			
水資源與水質			
一般料源			
稅收補貼			
生物多樣性			

生質柴油在製造過程中，技術的提升除了能克服與民爭食的問題之外，也能改善油泥阻塞問題，增加車輪使用生質柴油的穩定性及意願性。以上描述的擴及範圍亦涵蓋臺灣本島的經濟狀況、社會就業情況與波動的國際油價造成生質柴油的盈利能力。請根據下列的指標群，試想其重要性與影響性在生質柴油製造的過程中較適於臺灣本島自產或仰賴進口之情境？

指標群	生質柴油 100%臺灣自產	生質柴油 50%臺灣 自產、50%進口	生質柴油 100%進口
總體經濟狀況			
生質柴油 盈利能力			
就業機會			
技術創新			
食品安全			

生質柴油於一般車輛使用的接受度，除了受到政府的強制添加政策與補貼金的誘因之外，也包含外在環境的影響，例如氣候變遷問題受到重視，民眾購買再生能源與減緩空氣污染排放意識提升。請根據下列的指標群，試想其重要性與影響性在生質柴油使用的過程中較適於臺灣本島自產或仰賴進口之情境？

指標群	生質柴油 100%臺灣自產	生質柴油 50%臺灣 自產、50%進口	生質柴油 100%進口
人口			
非再生資源： 能源			
人體健康			
氣候變遷			
能源購買狀況			
生質柴油 強制添加			

附錄、評估指標說明

本研究生質柴油永續性發展指標分為四大面向，共有 18 項指標群，其皆為發展生質柴油之重要考量因素，評估指標架構如下圖所示，各項定義說明請參考下表。



圖為生質柴油永續性發展指標架構圖

表為指標定義說明表

指標群	定義說明
EN1.水土流失	該項為種植能源作物之土壤流失情況
EN3.非再生資源:土地使用	該項為非能源作物之種植面積與產量
EN6.土壤品質	該項為含氮化學肥料的使用導致土壤酸化程度
EN7.水資源與水質	該項為含氮化學肥料的使用導致含硫化物與磷化物灌溉水之溢流與用水量
SO3.一般料源	該項為一般農作物之產量及糧食年均價與可耕地作物之種植面積對能源作物之影響
PO3.稅收補貼	政府給予各項稅賦上的減免與補貼，包含休耕補貼金、轉作能源作物補貼金與購買生質柴油補貼金。
EN8.生物多樣性	該項為受保護區域面積佔總地區面積比例
EC1.總體經濟狀況	該項為臺灣的總體經濟狀況，包含經濟成長率、平均每人每年國民生產毛額與國內國民所得毛額
EC2.生質柴油盈利能力	該項為銷售生質柴油之經濟影響因子，包含國際原油年均價、柴油年均價、生產成本、柴油/生質柴油價格比率
SO2.就業機會	該項為某一時點生質柴油產業就業人口數占經濟活動人口數
PO1.技術創新	該項為政策投入生質柴油轉化率與酯化率之相關開發技術
PO2.食品安全	該項為生質柴油製作過程中非食用料源比例之規定與國家糧食自給率
SO1.人口	該項為人口數量的增長對生質柴油消耗量之影響
EN2.非再生資源:能源	該項為單位車輛使用一般柴油與其他石化燃料消耗量
EN5.人體健康	該項為車輛使用生質柴油，其燃燒造成硫化物與PM2.5增減之情況
EN4.氣候變遷	該項為使用生質柴油導致單位車輛的二氧化碳排放量與二氧化碳排放量之年增率

EC3.能源購買狀況	該項為再生與非再生能源購買情況，包含原油年進口量、生產生質柴油所購買之料源進口比率與國民能源購買率
PO4.生質柴油添加	該項為生質柴油強制性混合添加比例之政策