

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

一、問題背景

一九七〇年代石油危機，再生能源議題乘勢而起，卻因技術未成熟與研發成本過高，未能持續獲得世人關注與支持；今日，由於能源匱乏問題以及再生能源開發技術的發展似乎能降低各國對化石燃料的依賴，使得發展再生能源的議題重獲重視。

接著，全球暖化對於地球生態環境、人類社會文化與政策面皆造成了根本性的影響。這些影響反應在地球生態面，是各地愈見頻繁的極端氣候異常及大尺度的環境災害，如聖嬰現象¹ (El Nino)、反聖嬰現象² (La Nina)、印尼的霾害及亞馬遜熱帶雨林大火等；反應在人類社會文化方面，是日趨受重視的永續發展與環境管理思維；而反應在政策面，則首先是聯合國於 1992 召開的地球高峰會議，通過聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change)，期以全球管制的方式，來減緩氣候異常變化的問題，繼之以 1997 年底通過、2005 年 2 月生效的京都議定書(Kyoto Protocol)具體要求全球 38 個國家，必須在 2008 年至 2012 年間，將該國相關溫室氣體(二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物、全氟碳化物、六氟化硫六種)排放量，依 1990 年的排放水準再降低 5.2%，否則將遭到貿易制裁(邱育慈，2006)。

在上述背景之下，各國皆試圖達成二氧化碳的減量目標，而要達成二氧化碳減量目標，其中一具體的作法，似是發展再生能源以取代化石能源。

再生能源定義各國不盡相同，但幾乎皆囊括太陽能、生質能源作物、潮汐能、海洋能等。其中，生質能源作物之所以特別，在於生產生質酒精時，需投入大量的化石能源，使得產出與投入的比例只接近一，加以又需投入殺蟲劑、肥料等，造成環境負

¹ 聖嬰現象是指太平洋的熱帶海水溫度，每隔 3 到 10 年的不規則周期，會有異常高溫的現象。這種現象會引發世界各地氣候異常，而且大氣中的二氧化碳濃度也會受到聖嬰現象影響。詳環境資訊中心<http://e-info.org.tw/column/eccpda/2004/ec04051801.htm>。

² 反聖嬰現象是指赤道太平洋溫度變得特別冷，剛好和聖嬰相反，對全球氣候的影響也完全相反，詳環境資訊中心<http://e-info.org.tw/column/eccpda/2004/ec04051801.htm>。

外部性，因此本文立論及理論模型雖旁及其他再生能源，卻鎖定生質能源作物及其獎勵政策之基礎，作為研究。依照我國農委會農糧署對生質能源作物之定義，其主要概分為兩類：第一類為油料作物(如大豆、向日葵及油菜等)，經榨油後，可作為生質柴油原料；另一類為糖類與澱粉作物(如甘蔗、甘藷等)，經發酵生產酒精後，可作酒精汽油使用³。

再生能源相較於傳統化石能源，能源密度甚低，加上成本昂貴及供給不穩定，若無政策扶植，實難與化石能源競爭。再者，各國政府均認為發展再生能源將對溫室氣體減量有所助益，遂積極獎勵生產再生能源。歐美獎勵再生能源之政策林林總總，主要有數量政策、價格政策、成本減量政策⁴、公共投資政策⁵，而本文鎖定在數量政策與價格政策。數量面政策，即以規定再生能源生產總量作為基礎的政策，包括競標(bidding)、可交易綠色權證(tradable green certificate)與可再生能源配比⁶(renewable portfolio standard)，而價格政策，即以價格方面的操縱來鼓勵再生能源，進而達成取代化石能源及二氧化碳減量的政策，主要為補貼再生能源產出與躉購費率(feed-in tariffs)。

與此同時，非京都議定書締約國的我國，亦積極推動生質能源作物發展。相關政府決策部門包括經濟部能源局及行政院農委會農糧署。經濟部能源局相關政策如「綠色城鄉應用推廣計畫補助作業」、「能源作物綠色公車計畫補助作業」等，而農糧署則針對能源作物，如大豆、向日葵、油菜等之種植建立「能源作物產銷體系計劃」。

然而世界各國以及我國在發展再生能源與制訂再生能源政策工具上，都犯了未注意到淨能源產出必須大於零或是能源投資報酬率(energy return on investment，以下簡稱 EROI)必須大於一的錯誤。

所謂淨能源，即是指生產再生能源所產出的能源，減去生產再生能源所投入的各種能源(Huettner，1976)。不只是生產再生能源時須直接投入化石能源，連在生產時

³詳行政院農委會農糧署http://www.afa.gov.tw/peasant_index.asp?CatID=681。

⁴請參閱林益豪(2007)。

⁵請參閱林益豪(2007)。

⁶在英國稱之為再生能源義務(renewables obligation)。

投入的勞工，其勞力維持也間接的需要能源，故也算是生產過程中的間接能源投入；再者，如運輸能源作物所需耗用的能源、農業機具以及將作物轉換成酒精的工廠之運作、肥料的施用等皆需耗用能源，亦需算做能源投入。這些直接、間接的能源投入從總能源產出中扣除後，剩下的淨能源產出才算是真正的「替代」了化石能源。

EROI 是指生產再生能源所產出的能源除以生產再生能源所投入之能源 (Cleveland、Costanza、Hall 與 Kaufmann，1984)。忽略了生產再生能源需有淨能源產出或是 EROI 需大於一的議題，而想以獎勵再生能源總產出的政策解決溫室氣體以及化石能源耗竭的問題，可能會出現補貼過多或能源生產不效率的問題，因此，此種獎勵基礎是否值得改進便是重要的研究議題。在探討完再生能源發展政策工具之基礎後，才於此架構下再進一步考慮環境負外部性與技術進步的議題。

二、研究目的

在未考慮到淨能源平衡、環境負外部性以及能源投入的情形下，各國不斷制訂獎勵及發展再生能源的各項政策。但不管這些國家的獎勵政策是價格面或是數量面，都是以再生能源總能源產出作為獎勵基礎，如果這樣的政策使得生產不具效率的廠商也加入生產，便會使政策不具效率，也造成浪費。例如，將稅收拿來補貼農民種植玉米發酵成酒精，卻未考慮生產酒精所需投入的化石燃料以及環境成本，常常使得成本投入過高，且未達成溫室氣體減量的效果。

本文之研究目的，在於探究在獎勵再生能源時，特別是生質能源作物方面，是否以總能源產出扣除總能源投入之後的淨能源產出，方是政府價格政策及數量政策獎勵的基礎，接著探討環境外部性的問題，最後，才考慮技術進步的議題。

第二節 研究方法與架構

本文強調以淨能源產出作為獎勵再生能源政策之基礎。在研究方法上，以最適控制模型，納入溫室氣體累積以及化石能源耗竭兩個面向，來探討價、量政策、淨能源、環境外部性和技術進步等課題，並將之作一完整的動態 Hamiltonian 模型架構以分析，證明即使是在時間流動的過程之下，政府獎勵再生能源的產出也應以淨能源產出作為政策獎勵的基礎。

生產再生能源需投入化石能源並排放溫室氣體。由於溫室氣體具有累積的性質，而化石能源存量會隨時間經過日漸耗竭，因此人們於本期排放溫室氣體以及開採化石能源用以生產再生能源，都會影響到未來世代的溫室氣體存量與化石能源存量，故本文理論捨靜態模型不用，改採最適控制理論模型，並以化石能源存量變動與溫室氣體累積量變動作為兩條狀態方程式，隨時間經過而存量變動，就是要強調人類本期開採化石能源與排放溫室氣體以生產再生能源的行為會影響到未來世代的溫室氣體累積量以及化石能源存量。

在最適控制基本理論模型的架構下，本文也以比較靜態探討溫室氣體存量與化石能源存量之影子價格變動如何對再生能源產出造成影響，以及在不同的再生能源獎勵基礎下，價格政策與數量政策中，補貼率與權證價格改變對再生能源產出的影響。而在理論模型延伸方面，進一步探討價格政策與數量政策變動對環境外部性的影響以及著眼技術進步之議題。

在研究架構方面，繼緒論之後，本文首先介紹不同再生能源政策工具，包括數量面以及價格面的政策工具，將價、量工具作一比較，以及介紹各國之再生能源政策，並探討技術進步之議題。本文文獻回顧的重點則在淨能源產出與環境負外部性，以此作為理論模型之背景。於理論模型中，本文層層加深淨能源議題的廣度，由基本的淨能源動態模型，逐漸加入環境負外部性之議題及技術進步的情形，最後寫下結論並說明文章之限制所在，如圖 1-1。

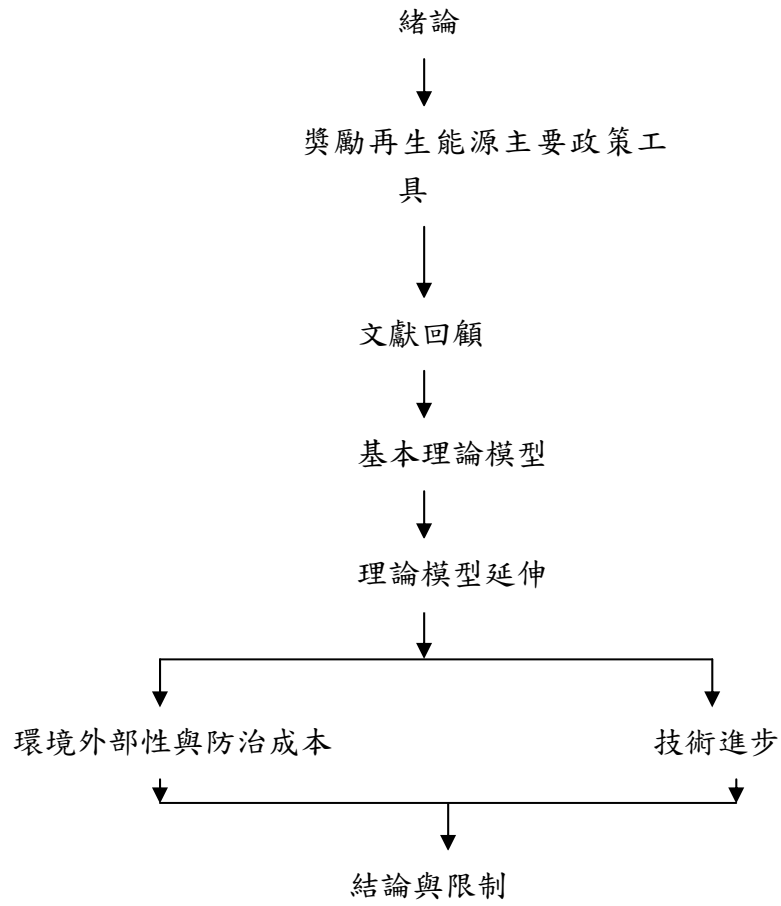


圖 1-1 論文架構圖