

臺灣綠色電力發展—機會、衝擊、與政策設計

柏雲昌^{1*} 梁德馨² 陳起鳳³

摘要

基於國際電力市場興起之「低碳化」潮流與能源安全，未來我國之電力能源發展方向，亦逐步由單純的低成本的傳統灰色電力開發方式，轉變為對環境相對友善的綠色電力開發方式。此外，有鑑於臺灣民間團體興起之環保意識，企業配合綠色貿易追求降低產品碳足跡的需求，已逐漸形成一股風潮要求自願性主動認購綠電商品市場。但因我國綠電政策較先進國家起步晚，又無自由化的電力市場機制，如何建構一套有效的本土綠電市場機制更是困難重重。本文首先說明我國能源安全的現實狀況，並透過調查測試市場對此一相對高成本且尚未公開上市交易之新商品—「綠電」的接受度。其次，再利用CGE模型模擬FIT補貼工具設計對電力產業的成本有效性衝擊，解釋產業發展穩定政策的重要性。最後嘗試設計我國先導型的綠電商品市場機制。結果顯示我國現行再生能源發展條例等相關法規在執行上確有改善的空間，一個穩定且成本有效性的新綠電商品制度設計可確保相當程度之低碳環境與綠色貿易的雙重良性循環。

關鍵詞：綠色電力、意願調查、CGE、市場機制設計、政策路徑圖

JEL code: Q48, Q56, D61

1. 緒 論

基於國際電力市場興起之「低碳化」潮流與我國自身的能源安全問題，未來我國之電力能源發展方向，亦逐步由單純的低成本的傳統灰色電力(灰電，即化石能源發電)開發方式，轉變為對環境相對友善的綠色電力(綠電，即再生能源發電)開發方式。即在電源開發方面發展由再生能源取得之綠色電力逐步取代傳統化石能源轉換之灰色電力，並藉以降低電力生產過程中的二氧化碳排放。

首先觀察我國2012年能源供給約達101,788千公秉油當量；其中，97.92%為進口能源，自產能源僅佔2.08%。自產能源中只有生產少量的天然氣、水力、及廢棄物與生質能等。整體能源供給則如圖1所示。

其次，本文以兩個能源安全指標簡要說明我國能源安全度的危險程度。一是EMD (Energy Mix Diversification)指數⁴(又稱Shannon index; Shannon (1948))，評估能源供給種類的分散度；二是ESMC (Energy Security Market Concentration)指數⁵(International Energy Agency

¹ 中國文化大經濟學系 教授

² 輔仁大學統計資訊學系 教授

³ 中國文化大學土地資源學系 副教授

⁴ $EMD = -\sum_i p_i \times \ln p_i$ ：其中 p_i 為第 i 種能源占總能源供給的比例(%)

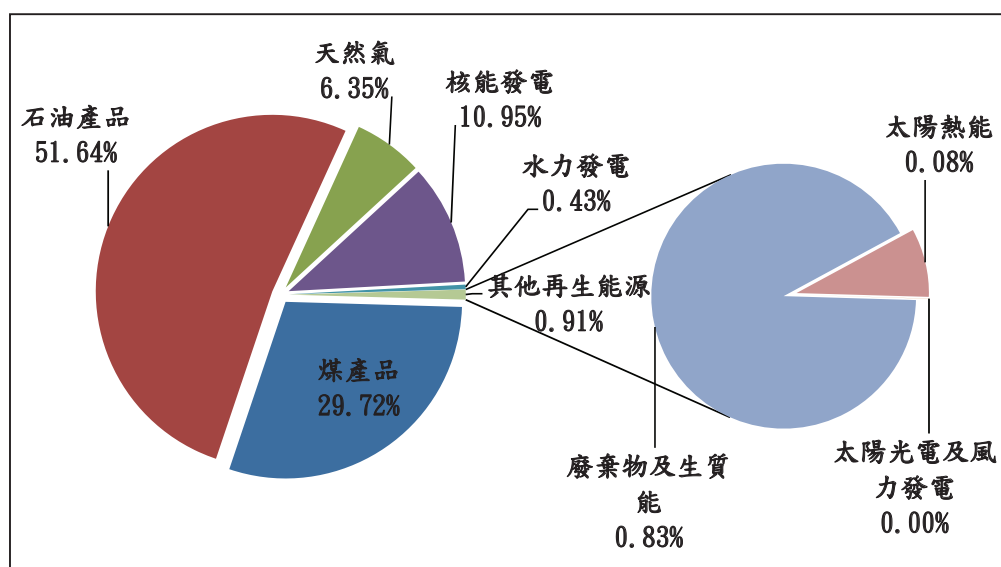
⁵ $ESMC = \sum_i (r_i \times s_{ij}^2)$ ：其中 s_{ij} 為燃料 j 的市場中能源供應國 i 所占的比率； R_i 為 i 國家的政治風險值(本文採用世界銀行(World Bank)的政府績效指標：政治穩定與無暴力指數(political stability and absence of violence)，作為國家政治風險值的代理變數。)

*通訊作者, 電話: 02-28610511 ext. 29335, E-mail: byc2@faculty.pccu.edu.tw

收到日期: 2014年08月14日

修正日期: 2014年11月06日

接受日期: 2014年11月25日



註：2012年能源總供給：101,788千公秉油當量

資料來源：能源局

圖1 我國能源供給

(2007))，評估對能源來源供應國市場的集中度。結果顯示我國能源不但幾乎完全仰賴進口且安全度相當低，甚至比韓國、日本等同樣是依賴進口能源的亞洲競爭對手國還差。詳如表1所示。

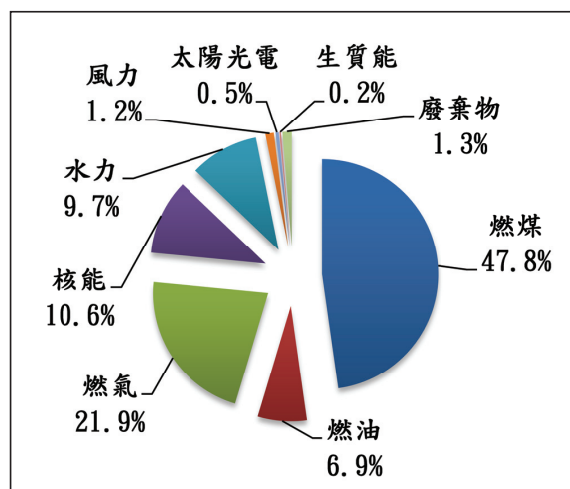
表1 2012年臺灣、韓國、日本能源安全度比較

	臺灣	韓國	日本
EMD	1.167	1.387	1.383
ESMC	3,657	2,888	2,929

註1: EMD指標值越大分散度越好

註2: ESMC指標值越大集中度越高

資料來源: 本研究製作



註：2012年發電總裝置容量：48,395 MW

資料來源：能源局

圖2 我國發電裝置容量

由以上簡單的背景說明，可以理解在追求「節能減碳」的政策目標下，發展「綠電」成為我國重要的能源策略之一。至於我國目前的電力發電裝置容量如圖2所示。我國2012年的電力發電總裝置容量為48,395千瓩(MW)，其中燃煤發電為最大項，約占47.8%，其次為：天然氣發電，約占21.9%，再次為核能發電約占10.6%，其餘風能、太陽能、生質能、廢棄物等新能源發電裝置容量合計僅占3.2%。如何能有效提高綠電發電的占比及其對傳統灰電產業

的衝擊，是能源與產業主管機關關心的重點之一，也是本文評估的焦點之一。但近年來對補貼綠色電力商品環境外部效益政策面臨許多爭議與困難，其中之一就是穩定的補貼政策或權衡補貼政策的選取，例如對汽電共生發電及再生能源發電的補貼等爭議。因此，本文研究的動機之一即為設計一個數值模擬的方法來驗證在固定的再生能源發電政策目標下(如後文分析)，對電力產業的成本有效性衝擊方案選取方

式，並作為後文發展策略設計的依據。

此外，有鑑於臺灣民間團體重視環保議題，企業追求環保形象，降低產品碳足跡，及配合未來的綠色貿易等需求，已逐漸形成一股風潮要求自願性主動認購「綠電」商品。但因我國綠電政策較先進國家起步晚，除參酌國外先進國家綠電商品市場發展成功的經驗外，更應按本土現實環境需求建構一套有效的綠電市場制度。良善的綠電市場制度設計應可確保環境品質與促進綠色貿易的雙重良性循環。一方面除可促進再生能源發展外，亦可應用綠電低碳排放量的優勢，藉以減少企業商品的碳足跡，以滿足產業未來國際綠色貿易的需求(Barcott, 2007)。此外，這個新設計制度應呼應及奠基於前文之「節能減碳」政策目標與成本有效性發展方案。

本文的基本結構為：首先簡要說明我國能源供給與安全度，其次界定我國綠電商品的範疇，再簡要回顧國外先進國家綠電市場發展的經驗與文獻。根據綠電「新商品」的範疇，本文先調查民間對高成本綠電「新商品」的接受意願及市場需求。接著，本文分析推廣綠電政策工具設計的成本有效性及其對電力產業的衝擊。最後針對本土現實環境制度檢討並建構一套綠電市場推廣政策路徑圖，及結論與建議。

2. 綠色電力、綠色電價、與政策目標

根據我國2009年7月8日公布實施的「再生能源發展條例」第三條之規定，定義綠色電力為：使用太陽能、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產生的電力。此外，根據同法第七條之規定：「電業及設置自用發電設備達一定裝置容量以上者，應每年按其不含再生能源發電部分之總發電量，繳交一定金額充作基金，作為再

生能源發展之用；必要時，應由政府編列預算撥充」，可知我國係採責任業者繳交再生能源躉購費率(FIT, feed-in tariff)，並用之補貼於特定的綠色電力供應商。相關先進國家政策與制度文獻，請參考Ameli and Kammen (2014)、Ayoub and Yuji (2012)、Butler and Neuhoﬀ (2008)、Couture and Gagnon (2010)、Fagiani *et al.* (2013)、Garcia-Alvarez and Mariz-Perez (2012)、Lesser and Su (2008)、Mabee *et al.* (2012)、Szabo *et al.* (2014)等。同法規範再生能源基金的用途，限定在再生能源電價之補貼、再生能源設備之補貼、再生能源之示範補助及推廣利用，以及其他經中央主管機關核准再生能源發展之相關用途等；同時亦規定「繳交基金之費用，或向其他來源購入電能中已含繳交基金之費用，經報請中央主管機關核定後，得附加於其售電價格上」。此為「再生能源發展條例」中，對於綠電種類、用於補貼綠電之再生能源基金，其限定用途，及再生能源基金之來源與收取方式之相關規定。

由於「再生能源發展條例」公布實施時程不久，再加上礙於近年來國家財政困難，無法大量編列綠電補貼預算。雖然根據同法第七條之規定「繳交基金之費用，或向其他來源購入電能中已含繳交基金之費用，經報請中央主管機關核定後，得附加於其售電價格上」，但礙於我國特殊的政治生態，該轉嫁規定形同虛設，也無法大量收取基金及轉嫁於民間的電費上。此與歐美先進國家的FIT制度效果大異其趣，請參考European Renewable Energy Council (2004)、Fouquet and Johansson (2008)、Haas *et al.* (2011)、Jenner *et al.* (2013)、Oak *et al.* (2014)、Rio and Gual (2004)、Van Rooijen and van Wees (2006)、Wustenhagen and Bilharz (2004)等及後文綜合分析，因而造成臺灣現行「再生能源發展條例」的成效是相當有限。如表2所示，2012年再生能源發電業申請補貼度數僅達328百萬度，約占台電公司售電量1,980億度的0.17%，激勵的數量相當少，可謂杯水車

表2 再生能源發展條例的成效實績

年度	2010	2011	2012
再生能源發展基金(百萬元)	300	600	834
再生能源發電業申請補貼度數(百萬度)	87	208	328
台電公司售電量(十億度)	193	199	198
占比(%)	0.05	0.10	0.17

資料來源：能源局、台灣電力公司

薪。

有關我國再生能源發展條例的實施成果與檢討，請參考Huang and Wu (2011)與Wang and Cheng (2012)。Huang and Wu (2011)回顧臺灣再生能源法的實施成效、費率計算與遭遇的困難。該文雖然贊同目前的FIT補貼政策，但建議政府仍要檢討短、中、長期發展策略，改善費率計算方式，解決財政瓶頸，與設法除去非經濟障礙，才有可能突破現況。Wang and Cheng (2012)進一步評比臺灣的FIT補貼政策後，發現成效不彰，建議可與另一強制政府單位和電力事業機構必須購買一定比例綠色電力的法令，即所謂再生能源配額制度(Renewable Portfolio Standards, RPS)，做平行互補動作，再加上適

當的費率計算及公開競標競價程序將可改善現況，但不必再修法整合RPS在同一法案內。

表3的FIT價金係補貼給特定的綠電供應商的成本補貼。受補貼廠商必須依法先行與台灣電力公司簽約，因台灣電力公司擁有臺灣地區唯一的電網。但再生能源躉購費率(FIT)並不完全等於綠電商品的市場價格。綠電商品價格原本應是指一種自由電力市場的交易價格，但基本上有些先進國家是在用電戶支付電費中，附加一定金額方式收取；有些國家採能源稅之法定強制「稅捐」來收取FIT成本補貼之金額；另也有些國家是直接自由電力市場交易的價金。因此，綠電商品價格的收費方式得為一種單獨的「價格」，或為一種「電價價差」，或

表3 2014年再生能源躉購費率(FIT)

項目	分類	裝置容量(Kw)	第一期費率(NT\$Kwh)	第二期費率(NT\$Kwh)
太陽光電	屋頂型	1 ≤ ~ < 10	7.0738	6.9875
		10 ≤ ~ < 100	6.3398	6.2607
		100 ≤ ~ < 500	5.9225	5.8001
		500 ≤ ~	5.1309	5.0229
	地面型	1 ≤ ~	4.8214	4.7279
風力	陸域	1 ≤ ~ < 10	8.1735	
		10 ≤ ~	2.6258	
	離岸	-	5.5626	
川流式水力	-	-	2.4652	
地熱能	-	-	4.8039	
生質能	無厭氧消化設備	-	2.4652	
	有厭氧消化設備	-	2.8014	
廢棄物	-	-	2.8240	
其他	-	-	2.4652	

資料來源：能源局

為一種「電價附加價格」，全視綠電商品市場制度與電力公司商業模式而定。原則上，綠電商品價格已可與傳統之「灰色電價」作區隔，因為它們是兩種不同的商品。考慮到現階段綠電尚未擺脫高成本之不利發展的負面因素，綠電商品價格應高於一般傳統灰電之「電價」，此由觀察表3我國的FIT可知。因此，本文大致可進一步解釋綠電商品價格為：用於支付綠電所帶來的社會外部效益之補貼，它也是消費者於一般灰電電費之外，額外支付的電費價差，或直接支付綠色電力商品的交易價格。

除「再生能源發展條例」規定得以附加電費型式，附加於一般用電戶電費上的「強制型」綠電商品價差之外(主要用途在支付再生能源躉購費率之補貼金額)，關心環保的自然人及法人團體也希望能加速綠電的發展，可依其意願在強制電力用戶繳交附加電費之制度外，再支付一種自願性的價格以滿足其環保需求。此自願型綠色電價制度⁶係強調「額外增量」的綠電商品價格，與前述「強制型」綠色電價並無衝突或競合問題。

由表3可知現行太陽光電的成本補貼最高，每度(Kwh)可達新臺幣6.99-7.07元左右；最低的為廢棄物(約2.82/Kwh)或其他再生能源(約2.47/Kwh)。此再生能源躉購費率(FIT)，由政府每年檢討並公告一次。根據臺灣電力公司公告的臺灣地區2013年的平均住宅電價是每度3.1165元，平均工業用電電價是每度2.8020元。兩相比較之下即可看出綠電的市場相對不利之處⁷。民眾是否願意接受此一相對昂貴的新商品：「綠電」也是本文需要先行瞭解的重點之一。如果民眾沒有購買的意願，則綠電政策的前途就十分堪慮。

依照行政院2010年8月16日新能源發展推動會第二次會議提報新版之再生能源發展目

標，2020年時再生能源發電裝置的容量將提升至2010年時的兩倍規模達6,341 MW。2011年11月3日馬總統公布能源政策表示：再生能源總裝置容量方面，政府已規劃2025年達9,952 MW，約占總發電容量14.8%，2030年再生能源可達12,502 MW(占16.1%)，發電量達356億度，相當890萬家庭用戶年用電量。由此可知，我國現階段規劃的綠電政策目標很大，但距離現實狀況卻又很遙遠。如何達成綠電政策目標又對電力產業衝擊較小，也是本文設計綠電市場制度的動機之一。

3. 世界各國綠色電力發展情形

本文從前文先進國家再生能源政策及文獻中，整理出各國綠電推廣制度的共通點為：

1. 已具備自由電力市場制度的國家，都有推廣自願性綠電的市場制度，包括第三方綠色電力認證機制，及
2. 各國都有強制性綠色電力比例政策搭配其他經濟工具。

在歐洲及美澳先進國家的成功經驗中顯示推廣綠色電力之初，多從強制性「量管制」開始。例如，強制政府單位和電力事業機構必須購買一定比例綠色電力的法令，即所謂再生能源配額制度(RPS)。請參考Barcott (2007)、Haas *et al.* (2011)、Szabo *et al.* (2014)、REN 21 (2011)、及王京明(2005a,b)等。發展同時或一段期間後再加入綠色電力補貼政策，即前文之再生能源躉購費率制度(FIT)。強制型RPS政策為規定電力公司購買綠電的量管制工具，補貼政策為政府以較高的躉購費率補貼綠電生產廠商的「價管制」工具。分析歐美先進國家的政策，是從綠色電力的供給面及需求面同時著手，大幅促進綠色電力市場的發展。另荷蘭則

⁶民國103年3月4日政府主管機關公告：「經濟部自願性綠色電價制度試辦計畫(草案)」及公開徵求民眾意見。雖然該草案至今尚未定案，且其精神純為解決政府預算不足而無法全力推動「再生能源發展條例」的窘境與缺失，但總算是有了開端。

⁷縱使在低能源政策及缺乏自由化能源市場引導下，我國一般電價已是相對低廉，平均住宅電價僅為日本的35.4%；平均工業用電電價僅為日本的47.8%。(資料來源：台灣電力公司，2013年我國與鄰近國家電價比較表)

直接實行能源稅進行全面綠色電力差價補貼。此對傳統電力課稅並用之補貼綠色電力是最能拉近綠色電力與傳統電力差價的方式之一(Van Rooijen and van Wees, 2006)。

歐洲先進國家在規劃綠色電力政策時(Garcia-Alvarez and Mariz-Perez, 2012、Mabee *et al.*, 2012、Wustenhagen and Bilharz, 2006)，多是先由需求面著手，強制電力公司購買綠色電力，只有德國的綠電政策是同時規劃FIT與RPS兩種措施。德國的方式是強迫電力公司必需自行負擔對綠色電力之差價，但此項制度實行時卻造成部份電力公司出現財務困難而不得不調降強迫購電的比例。之後，德國政府再以設定FIT的方式，讓民間電力公司跟進提供較高的躉購費率。德國與荷蘭政府的再生能源政策中，都包括對傳統灰色電力收稅及對再生能源業者補貼的內容，與目前我國之「再生能源發展條例」規定相當接近，但無我國的政治缺點。德國與荷蘭的政策對提高綠色電力的占比都起了相當大的作用。德國綠色電力開始加速發展的時間點，是在2000年德國政府廢除原定之RPS上限目標後，並改設定新的FIT之後，德國的綠色電力發電裝置容量成長，遠超過2000年之前RPS設限的成長速率。目前我國FIT制度的法令已經完成，可惜成長不足。未來若能有效建立綠電商品制度配套措施，或許能複製德國在2000年之後，綠色電力快速成長的效果。

觀察美國加州的綠色電力商品規劃，與澳洲附加型的綠色電力產品經驗顯示：附加型綠電商品價格通常不會超過一般電價的10%~20%。以美國加州每度電12US¢美金的平均價格計算，電力公司推出的綠電商品價格大多數介於1.5 US¢ ~ 2.5 US¢的間距中。至於在德國、英國、荷蘭的綠電商品中，大約是以高出一般電價10%以上的價格推出。顯示綠色電力商品價格比一般電價高出10%以上，是在歐美的綠電發展經驗中，消費者較容易接受或願意購買的門檻，但要注意的是歐、美、澳先進國家的基本電價基礎比我國基本電價基礎高出

許多，且有強制型的RPS作基礎。

澳洲與美國因兩國幅員廣大，對綠色電力支持政策因地制宜。各地方政府對於綠電的支持程度及實施政策皆有差異，但強制性的RPS措施，及支持性的FIT補貼措施都被採行與執行。美國與澳洲的電力公司較少提供完全的綠電商品，大多是以綠色電力價差方式提供消費者購買「綠色交易憑證」(Renewable Electricity Credit, RECs)的選擇。REC是一種可以在市場上自由買賣的交易憑證(與日本的捐贈證明大異其趣)。對於臺灣目前只有一家獨占的國營綜合電力公司狀況下，採用綠色電力價差方式，並提供消費者購買綠色電力商品憑證，或許也是一種發展方式，但礙於我國尚無綠色交易憑證之市場制度(因溫室氣體減量法尚未完成立法)，實施上恐怕困難度頗高，因為縱使取得綠色交易憑證，恐也無用武之處。

相對於歐美國家之綠色電力發展狀況，日本與中國起步較晚。中國政府雖然訂出相當具有野心的綠色電力發展目標，但是其基本處理方式為強制加入綠色電力於公營電網系統中，並作為一般電力販售，且僅有少部份地區開放綠色電力銷售及認證。在綠電市場潛力上，中國並未完全地發揮綠電商品所應具有之潛力，因此在民間之綠色電力投資上，無法分離政府實質補助之結果。另外中國電力公司全屬國營事業，因此部分地區的綠色電力管理責任係由地方政府推動及與第三公正方合作從事財務認證，並非實質綠電商品認證。

觀察日本的綠色電力推廣制度，設置「綠色電力基金」經驗是較為特殊的一個案例，此與日本傳統政府與大企業協商背景制度有極大的關聯。該國是以全民間自願奉獻換取電力企業協會之綠色證書的方式(但無交易功能，純為捐贈證明)，讓民眾/企業自願參與綠色電力計畫。其管理制度多了一層「捐贈基金」的形式。這種強調以「捐贈」的方式贊助綠電的發展，實施數年後捐贈的人數自然就會碰到瓶頸。再加上日本的綠色電力基金每月僅多繳約

50~100日圓，杯水車薪，無法在綠電發展的過程中起到積極作用。根據日本的經驗顯示，特別是在2011年日本福島核電意外事件之後，為達成政策目標，日本政府會加強用FIT措施支持綠色電力事業發展及加速立法進程。Ayoub and Yuji (2012)指出所需的FIT總成本將高達8,150億日圓，換算成電力業者碳稅可達65%之高，否則就必需由消費者負擔。日本是否能完成修法，有待觀察。

根據國際經驗發現，自願型綠電商品市場制度雖然是以自願購買為基礎，但民眾所多付的金額是否能在適當的用途，使綠電商品具有市場信心，必需搭配一個嚴謹公正的管理與認證機構。其基本原因是終端消費者無法輕易分辨綠電與灰電的差異。在各國實施的案例中，都具有綠色電力的管理與認證機制，或由電力公司本身(日本)、或由政府(英國、澳洲、中國大陸)、或委託第三方(德國、荷蘭、美國)進行。

目前各國綠電商品制度的推動方式，多數以政府主導之政策，強制與自願購買機制相輔相成而結合為一體。由歐美國家推動綠電商品購買之經驗，可以發現在自由化的電力市場制度，對於推動綠電商品購買之阻力較小(Haas *et al.*, 2011)。其原因為自由化之電力市場下，供

需雙方均較活潑，市場力強，發電及購電成本較透明且容易轉嫁於消費者上。但這也是我國電力產業管理的一大罩門，因遲未建立自由化電力市場所致。由於我國的綜合電力公司只有國營的台灣電力公司一家，且電價也受到政府的高度管制，嚴重偏離自由化的市場機制。若強制台灣電力公司及責任電業購買綠色電力，將會對電力業者的財務造成嚴重的虧損負擔，除非得以轉嫁電費(形同於「漲電價」，因而執行困難)，或由政府編列預算支應(形同增加「財政赤字」，也執行困難)才能減輕虧損。雖然我國已通過「再生能源發展條例」採用FIT補貼策略，如能進一步模仿先進國家的自願型的綠電市場制度予以補強，或許能打開若干政治瓶頸(詳見後文政策設計)。

綜合各國綠色電力推廣制度與文獻整理於表4，各國綠色電力商品市場則整理於表5。

4. 民間對綠色電力商品的接受意願調查

在說明綠電的意涵及各國發展再生能源發電的策略後，本文希望先行依據一般個體經濟學的需求理論，假設其他條件(如所得、稅收、灰電售價等)不變下，瞭解我國民間對綠電的接

表4 各國綠色電力政策工具

國家	能源躉購制度(FIT)	再生能源配額制度(RPS)	稅賦減免	綠電電業補貼	綠電發展基金	綠色電力價差
美國	V	V	V	V	V	V
英國	V	V ¹		V	V	V
荷蘭	V	V ²	V		V	V
德國	V	V ³				V
澳大利亞	V	V ²	V	V	V	V
日本	V			V	V	V
中國大陸	V			V		V
臺灣	V			V	V	

1. 2015年前15.4%
2. 2020年前20%
3. 2020年前35%
資料來源：本研究整理

表5 各國綠色電力商品市場

國家	法規	綠電商品	強制型法規	綠色電力銷售方式	管理+認證
美國	強制+自願	多種	綠色電力比例制度、再生能源躉購制度	綠色電價制度	公司+第三方
				綠色電力商品	
				綠色電力憑證	
英國	強制+自願	多種	再生能源責任法案	綠色電力憑證	公司+第三方
				綠色電力商品	
荷蘭	強制+自願	多種	SDE ⁺ (再生能源發展促進條例)、能源稅	綠色電力憑證	公司+第三方
				綠色電力商品	
德國	強制+自願	多種	EEG (再生能源支持法案修訂案)	綠色電力憑證	公司+第三方
				綠色電力商品	
澳大利亞	強制+自願	多種	MRET (再生能源配額制度)	綠色電價制度	公司+第三方
				綠色電力商品	
				綠色電力憑證	
日本	自願	綠色證書	無	綠色電力憑證	公司+基金+第三方
中國	自願(區域性)	1種	無	綠色電力憑證	政府+第三方

資料來源：本研究整理

受意願及需求，故透過電話訪問法(CATI)進行調查。抽樣母體為臺灣地區電力用戶(包含表燈非營業用戶：一般民眾，及電力用戶：產業)，受訪者為家戶家長、公司負責人或所屬主管。在表燈非營業用戶方面採用分層隨機抽樣調查，共計回收有效樣本數達1,147份；在電力用戶方面則採用分層系統抽樣調查，共計回收達792份有效樣本。在95%之信心水準下，推估接受度之誤差約在±3個百分點之間。簡要說明調查結果如下文。

4.1 綠色電力的接受意願與動機

整體而言，表燈非營業用戶及電力用戶對於綠色電力表示瞭解者僅占8.6%；表示不瞭解者占91.3%。可見大多數民眾及產業人士並不瞭解綠電或再生能源發電之內容。由此顯見政府對推廣綠電的宣導相當不足，應再加強努力。但經由調查人員解釋綠電含意後，有65.6%表燈非營業用戶及電力用戶表示願意購買綠色電力商品。因此，雖然用電戶目前對於綠電商品的瞭解程度不高，但當其充分瞭解綠

電商品之含意後，即有不錯的購買意願。

一般民眾用戶願意購買綠電商品之原因，以「基於環境保護責任」、「對抗全球暖化」、「溫室氣體排放減少」及「促進再生能源發展」為主。產業用戶願意購買綠色電力商品的原因，則以「參加者減稅」、「對抗全球暖化」、「溫室氣體排放減少」、「基於企業環境保護責任」及「參加者投資抵減」為主。探究表燈非營業用戶及電力用戶所期望的綠色電力商品類型，可發現近七成用電戶表示期望綠電能透過太陽能發電，其次係期望透過風力發電(37.1%)，再其次為水力發電(13.4%)，其他各類發電類型比例均未達一成。再次顯示需求者與專家資訊不對稱現象，其原因多為民眾資訊來源主要為媒體報導所致。

4.2 綠色電力商品購買量及願付金額

整體看來，當綠色電力商品單價1度電比原本一般電價貴2倍時，全年綠電商品願購量最高，達到25,435百萬度(占全年用電量的14.5%)，其中表燈非營業用戶為9,911百萬度，

電力用戶為15,524百萬度。當綠色電力商品單價1度電比原本一般電價貴3倍時，全年綠色電力願購電量降低至12,063百萬度(占全年用電量的6.9%)，當綠色電力商品單價1度電比原本一般電價貴4倍時，全年綠色電力願購電量降低至6,261百萬度(占全年用電量的3.6%)，詳如表6所示。

若以用戶每年願意額外多支出購買綠電商品之金額來看，可發現綠電商品1度電價比原來一般電價貴2倍時，除原本電費支出外，表燈非營業及電力用戶每年願意額外多支出66.8億元購買綠電商品。其中，表燈非營業用戶為42.5億元，電力用戶為24.3億元(詳如表7所示)。進一步以每月平均願加付金額觀察，可發現表燈非營業用戶部分，當綠電商品1度電價比原來一般電價貴2倍時，表燈非營業及電力用戶每月平

均願加多付金額為44元，電力用戶則為666元。當綠電商品價格倍數提高時，每年願意額外多支出購買綠色電力商品之金額或每月平均願加付金額則有下降之趨勢，此與上述願購電量之趨勢類同。另以電力用戶特性對每月平均願加付金額有明顯的影響，其中，表燈非營業及電力用戶家戶年所得以中、高收入戶(年所得80萬元以上~100萬元)、男性、壯年(40-49歲)用戶、或大專、大學學歷用戶等願購意願最高。觀察電力用戶，則以「製造業-高密度用電群」用戶(如高科技產業與耗能產業)、員工人數愈多、公司規模愈大者每月平均願加付金額為最高。

5. 成本有效性的FIT補貼工具設計

表6 用電戶綠色電力商品購買意願

項目別	全年	推估	原始	全年綠電願購電量			
	用電量	母體數	樣本數	1度電價比原來貴2倍時	1度電價比原來貴3倍時	1度電價比原來貴4倍時	1度電價比原來貴5倍時
	(百萬度)	(家)	(家)	(百萬度)	(百萬度)	(百萬度)	(百萬度)
總計	174,815	8,290,541	1,942	25,435 (14.5%)	12,063 (6.9%)	6,261 (3.6%)	4,307 (2.5%)
表燈非營業用戶	40,680	7,986,975	1,150	9,911 (24.4%)	3,346 (8.2%)	1,825 (4.5%)	1,247 (3.1%)
電力用戶	134,135	303,566	792	15,524 (11.6%)	8,717 (6.5%)	4,436 (3.3%)	3,060 (2.3%)

註：括弧數字為：1年綠色電力購買量占全年用電量比例。
資料來源：本研究製作

表7 用電戶綠色電力商品願付金額

項目別	1度電價比原來貴2倍時	1度電價比原來貴3倍時	1度電價比原來貴4倍時	1度電價比原來貴5倍時
表燈非營業用戶：				
全年總願加付金額(百萬元)	4,252	2,246	1,614	1,365
每月平均每戶願加付金額(元)	66	44	36	33
電力用戶：				
全年總願加付金額(百萬元)	2,427	1,386	712	489
每月平均每戶願加付金額(元)	666	381	195	134

資料來源：本研究製作

前文的民眾意願調查解決了我國推廣綠電商品的第一步，接著本文希望瞭解在政府既定政策目標下(即10年間(2010-2020)再生能源發電裝置的容量將增加100%的規模，或水準值達2倍的規模)，對傳統灰色電力產業的衝擊與成本有效性的FIT補貼工具設計。

5.1 EnFore-Green CGE能源模型說明

本文用的EnFore-Green CGE模型做為政策模擬的工具。為精簡起見，詳細的模型設計與應用請參考Bor *et al.* (2010)、Bor and Huang (2010)。EnFore-Green CGE模型的產業投入-產出架構請參照附圖1，能源產品及綠電投入架構則請參照附圖2所示。基本上EnFore-Green CGE模型生產模式是由多個槽狀階層之CES (Constant Elasticity of Substitution)系統方程式組成。每個CES方程式規範不同商品、不同來源(國內產品、進口產品)及不同生產要素間相互之替代關係。CES方程式如式1所示。式1規範各種生產要素間相互之替代關係。各產業的生產者會藉由生產要素的可替代性，及利用不同的生產要素組合使成本降到最低。式2中的參數 h 為介於 $[-1, 0]$ 的數字，代表函數的曲率變化，必須由輸入資料計算取得； σ 為CES函數中之替代彈性參數，係透過式2及由各產業之要素投入經統計方法計算而得； α 為各投入之生產要素成本佔總生產成本之比例，由基期年投入產出表資料獲得。式1中， Y 為需求水準的變動率； x 為各商品產出的變動率； P 為商品價格的變動率；下標 k 為本層之槽狀階層商品；下標 i 為上層之槽狀階層商品。各產業之產出會受到市場需求、所購入商品、原物料及投入的生產要素影響。

$$x_k = Y - \sigma_k (P_k - \sum_i \alpha_i P_i) \quad (1)$$

$$\sigma_k = 1/(1 - h_k) \quad (2)$$

於Enfore-Green模型中，再生能源基金的收入係假定由所有用電戶之電費中，依照特定

比例收取。用電戶繳交的金額經由台灣電力公司之電網轉入再生能源基金之後，再依再生能源電力生產商之發電量及發電種類發給補貼。再生能源補貼一方面降低生產業者的直接生產成本，另一方面間接降低用電戶購買綠電商品之支出，提高其採購意願。如此，可以達到刺激再生能源需求的作用。因此，在Enfore-Green模型中收取再生能源基金的方式為在各產業、各最終用戶購買電力商品時，對綠電商品的價格附加上一由使用者控制之參數 P_i' 。同時，對電力業者生產綠色電力時，也設計加上使用者控制之價格補貼參數；方式雷同式3的修正方式。藉由拉進或縮小一般傳統灰電與綠電的價差，達成刺激綠色電力發展之效果。

$$x_k = Y - \sigma_k [P_k - \sum_i \alpha_i (P_i + P_i')] \quad (3)$$

基本上，Enfore-Green模型的變數可分為外生變數及內生變數。外生變數可由使用者設定與調整。內生變數則由資料配合模式計算產生。Enfore-Green模式讓使用者可以自由調換部份的內生及外生變數，並藉之改變政策模擬方式。本文採用改變綠電數量、補貼及附加費等方式，模擬不同再生能源政策工具執行的方式。本文轉借我國政府設定於2020年再生能源發展目標為2010年時再生能源發電裝置容量兩倍的目標，假設綠色電力之生產量也同幅成長為模擬目標，並嘗試用兩種不同的政策工具，執行方式測試環境所需配合的成本有效性條件。Enfore-Green模型最主要的基期輸入資料為中華民國主計處公佈之2006年產業關聯表。基本上，電力產業係依照我國產業關聯表之標準行業分類的電業，其下又依能源平衡表的發電來源區分6種電力商品。模式再採用國際貨幣基金(IMF)預測的臺灣地區實質GDP成長率建立基線情境。在進行政策模擬之前，先從事歷史模擬，以確認模型吻合臺灣地區經濟現實環境的可靠度與穩定性。最後比較兩種政策模擬情境的結果與基線預測情境之差異，並藉此差異比較，即可瞭解欲達政策目標的成本有效性優選

方案與其限制。

5.2 成本有效性模擬結果

基本上，本文設計兩種模擬情境進行政策工具執行方式測試：

情境1：假設在綠色電力之生產量於2020年增加100%的成長率，開放讓綠電的補貼率及附加費率內生求解，即所謂的權衡政策設計。基本上係採外生固定數量政策目標，讓補貼率及附加費率等價格變數，根據前一年的結果自動調整以逐步達到最終目標。

情境2：假設在固定綠電的補貼率及附加費率狀況下，內生求解綠色電力的生產量，並反覆由最低組合(如10%的補貼率；0.1%的附加費率)開始逐步求解至可於2020年到達增加100%生產量的政策目標為止。由於補貼率及附加費率狀為事先固定，組合求解，再取達到最終目標中的最小成本的模擬組合，即所謂的穩定政策設計。

本文的目的是為探討兩種不同的政策工具

執行方式(權衡補貼、穩定補貼)對責任電業的經濟衝擊，及分析其經濟成本有效性。在精算後，情境1設定的綠電生產量大致相當於幾何年平均量成長率為每年成長7.7%。情境2模擬優選的每年固定對傳統電業抽取2.5%的一般電費附加費率，再轉用以對再生能源電力供應業者補貼60%的生產成本。情境1與情境2兩者皆可使綠色電力在2020年達成數量兩倍之預設政策目標。此政策選取比較方式符合環境經濟學的成本有效性(cost-effectiveness)方案比較原則⁸。

圖3為情境1與情境2的再生能源電力實質補貼金額變化之比較。情境1為滿足外生固定數量目標，即約等於綠電生產量為幾何年平均量成長率為每年成長7.7%下，讓補貼率及附加費率於模型內自動求解，需要之補貼金額也會逐年變化。在研究模擬的時間範圍內，情境1之總補貼金額約為新臺幣987億元。情境2雖然一開始需要的之補貼金額較情境1相對為少，但需求之補貼金額會隨綠電市場銷售數量成長而呈指數上升型態。在研究模擬的時間範圍內，情境2總實質補貼金額約為新臺幣781億元。兩相比較之下，情境2之總實質補貼金額需求較情境

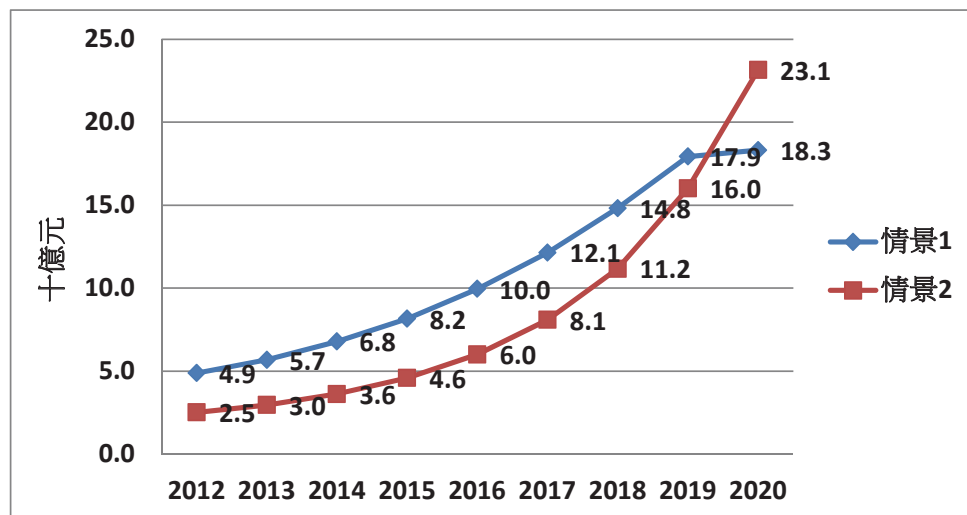


圖3 補貼金額成本有效性比較
資料來源：本研究製作

⁸ 由於EnFore-Green模型是一動態大型非線性CGE模型(如附圖1及2)，模擬的過程相當複雜、數據量龐大，與一般教課書極度簡化的線性供給等於需求案例不同，但須強調的是，為避免誤會，本文之模擬因作事先的假設條件限定，所模擬的結果並非理論的最適解也非現實台電公司所應採用的商業合約內容。

1為低。分析這個模擬結果，可以得到一點推論用以輔助制定綠電的補貼策略：在欲達到相同的綠電成長政策目標下，使用固定補貼費率及附加費率之政策工具執行方式較具成本有效性，即所需求的總實質補貼金額較低。若政府採取穩定設計的補貼政策，即固定補貼費率的長期合約，將大幅降低綠電供應商的生產不確定性，也會減少財政的不確定性，自然對業者投資有幫助。此與Ameli and Kammen (2014)、Garcia-Alvarez and Mariz-Perez (2012)、Haas *et al.* (2011)等發現，長期平穩的平均成本補貼方案能有效的協助綠電業者度過難關持續發展，經驗類同。

此外，根據Enfore-Green模型的計算，對傳統灰電收取附加費用會墊高傳統電業的生產成本，進而造成傳統電業的萎縮。在情境1的附加費率是變動的；反之在情境2的附加費率則是固定的(如為2.5%)。情境1與情境2不同收費方式對傳統責任電力產業之影響如圖4所示。

在情境2中，由於抽取附加費用的比例為每年固定，傳統責任電力產業之產值每年下降之幅度在政策開始時受到衝擊較大，因而快速下降(最深可達-1.71%)。但是在政策工具執行一段時間後，隨整體能源消費成長而再度開始穩定上升。顯示假設在當前經濟外在環境不變的前題下，外部成本內部化後，廠商適應政策

變化的能力約需5年左右即開始逐漸恢復。反之，在情境1中，由於對傳統責任電力產業收取的附加費用逐年增加，一開始傳統責任電力產業之產值雖然下降的幅度沒有情境2中深，但是因受到的衝擊不斷增強，使其產值無法轉為穩定回升之趨勢。在模擬結束時，情境2傳統責任電力產業之產值大約已回到模擬開始時的產值水準(即零衝擊的位置)；相對的，在情境1中，傳統責任電力產業之產值較模擬開始前仍降低約-1.80%。模擬結果顯示逐年變動調高附加費用比例方式較不具成本有效性。此與Mabee *et al.* (2012)發現，德國的再生能源發電相對比較穩定與平衡，經驗類同。

因此，若採取固定補貼率與固定附加費率的再生能源發電政策操作工具，以經濟的角度而言都是成本有效性較佳之選擇。此成本有效性政策工具模擬顯示「穩定」產業政策的好處，因其可降低產業的不確定性與吸收成本衝擊內部化的能力。而且傳統責任電力產業約只需5年時間就可完全恢復，受衝擊的程度不大，政府推廣再生能源發電的政策也可達成目標。

6. 綠色電力市場推廣制度設計

由前文可知綠色電力商品在我國具有下列特性：(1)並不是純公共財產品，(2)具強烈減碳

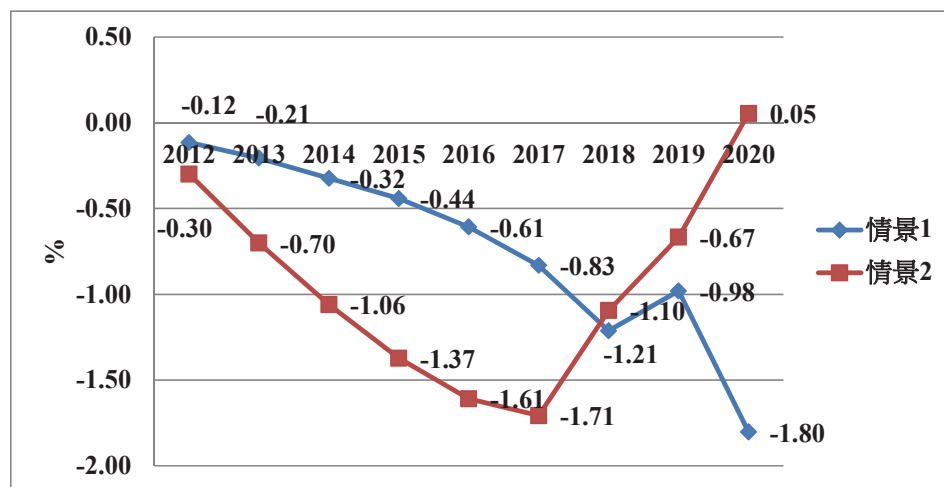


圖4 不同收費方式對傳統責任電力產業之影響
資料來源：本研究製作

環境外部性，(3)幼稚型產業商品，(4)相對高成本商品，及(5)市場潛力大等特性，(柳中明等，2007 & 2009)。因此，基於國外先進國家綠電市場發展成功的經驗，再加上有鑑於綠電商品價格制度涉及我國再生能源政策、現行電業法與再生能源發展條例、民間廠商取得碳足跡以增強產品綠色貿易競爭力等目標之不同，其制度的設計頗有難度。本文參考前文各國再生能源政策、綠電商品制度(第3節)，及市場正面需求意願(第4節)，成本有效性政策工具模擬後，顯示政府可採穩定的環境外部效益補貼政策對綠電產業發展較有利等(第5節)發現，提出我國綠電商品推廣制度的構想，詳如下文。

首先，根據我國「再生能源發展條例」第三條、第七條之規定，可知我國係採再生能源躉購費率(FIT)制度，補貼特定的綠色電力供應商。同法規範FIT補貼的財務來源有二：傳統電業灰色電力業者繳交之附加費用及由政府財政預算負擔。因灰色電業繳交之費用得轉嫁於其一般售電價格上，一旦轉嫁則相當於全民負擔的能源稅；再加上政府財政預算負擔最終也等同於全民負擔。故我國「再生能源發展條例」之最終財務來源，其實為全民負擔發展綠色電力的強制性責任。

除依「再生能源發展條例」之強制型綠色電力政策外，關心環保的自然人及法人團體也希望能加速綠色電力的發展。因此，可依其意願在強制電力用戶繳交附加電費之制度外，再

支付一自願性的價格以滿足其環保需求，即取用所謂的「綠色交易憑證」(REC)的觀念。所有的消費者(包含公共事業、政府機構與事業機構)可以透過綠色交易憑證(REC)購買綠電商品，以進一步支持再生能源發電以滿足政府的政策目標。此一自願型綠電商品交易制度係強調「額外增量」的綠電商品市場，與前述「強制型」補貼的綠色電力制度並無衝突或競合問題。此基本上和Wang and Cheng (2012)的主張一致，無需再修法整合即可實施。

綜上，本文綠色電力推廣制度有三大策略：

1. 再生能源配額制度(RPS)：強制政府單位和電力事業機構必須購買一定比例綠色電力的法令，
2. 再生能源躉購費率制度(FIT)：補貼特定的綠色電力供應商生產綠電之成本，
3. 綠色交易憑證(REC)：自願型綠色電力商品交易。

前兩項是屬強制型綠色電力商品推廣制度，因需要政府法令的支撐。第三項是自願型綠電商品推廣制度，無需強制型政府法令，只需政府協助建立交易及認證的平台即可。我國綠電商品推廣基本制度設計如圖5所示。

隨著推動綠色電力商品市場改革的經驗，逐漸由下層強制性「命令與管制」走向上層自願性「市場機制」，或相互搭配。先進各國現行多採自願型綠電商品市場為主，強制型量管

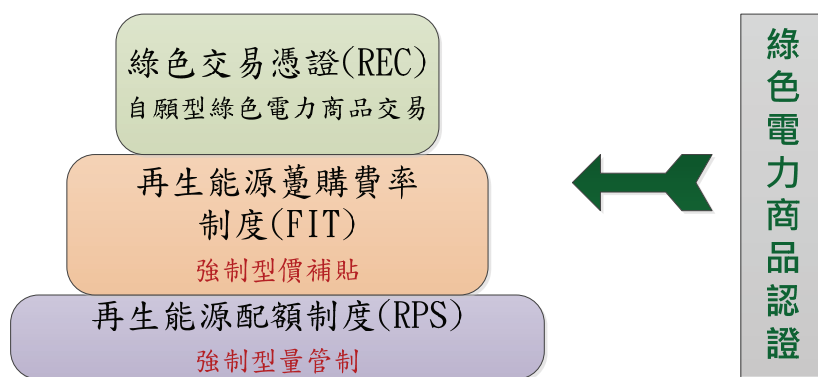


圖5 綠色電力商品綠推廣制度架構
資料來源：本研究繪製

制、價補貼為輔的方式，如由售電公司推出各種不同價位之綠電商品供消費者選購。政府則利用電力市場自由化的優勢，要求電力公司必需以較高成本收購綠色電力，或強制電力公司必需收購一定比例的綠色電力。電力公司通常將這些強制收購的綠色電力改包裝為綠電商品之後，以較高的價格向消費者出售。自願型綠色電力商品制度強調在政府規定之再生能源電力發展目標之外，由消費者自行向售電公司或非營利管理機構購買綠色交易憑證，額外加速綠電商品的需求量。綠電商品消費者，因自願支付綠電之財產權代價，可以享有碳排放減量、碳足跡抵換等權益(Barcott, 2007)。在配合其他強化能源效率、降低碳足跡等能源環保政策之推行，自願型綠色電力商品市場制度必然大放異彩且成效卓越。自願型綠色電力商品市場制度係由消費者自願購買綠電商品，其政治壓力也遠小於(或無)強制型綠電量、價管制制度的壓力，政府財政負擔亦遠小於(或無)強制型綠電量、價管制制度的負擔。若操作得當，政府或可大幅解除財政壓力，甚至不需再收稅及補貼，優點甚多。但需注意要有第三方之公正團體，或具有公信力之檢驗機構，負責認證綠色電力商品及計算碳足跡。

本文需進一步說明，自願型綠色電力商品市場制度設計重點為強調綠色貿易的永續發展功能。由於綠色電力生產商，不得再重複領取現行強制型再生能源基金的價差補貼(即傳統電力迴避成本⁹與再生能源躉購費率的價差)，綠電商品的消費者係個別自願與綠色電力銷售商或非營利管理機構簽約，並在此交易平台上直接買賣額外增量的綠色電力。電網管理者(目前即台灣電力公司)則可擔任代輸及代收轉付的功能。這種設計近似於先進國家的自由電網市場概念。因未透過強制型再生能源基金補貼購買綠色電力，因此能達到「額外增量」的目標，繼續擴大綠色電力生產的規模。自願型綠色電

力商品市場制度可以視為我國再生能源發展政策的強化輔助方案及電力市場過度到自由化市場的替代方案。其政策路徑流程如圖6所示。

在實施初期「一種綠電，多樣選擇」的市場需求設計，仍適用於自然人或法人機構認購自願型綠電商品的方式，且都必須和綠電非營利管理機構簽訂定型化綠色電力商品認購契約。在此過程中，台灣電力公司則扮演代輸及代收轉付的兩種角色，且也須和綠色電力非營利管理機構簽訂綠色電力代輸契約。台灣電力公司在自願型綠色電力商品市場的角色如同獨立電網，扮演一物質流平衡的平台。自願型綠色電力商品市場的交易平台則由綠色電力非營利管理機構負責操作。這種設計一如國外先進國家自由化電力市場的設計，彈性十分大。如前文，台灣電力公司為一獨占公營機構，是其優點也是其缺點。在實務上台灣電力公司承受的政治壓力相當大，加上同時具有買方及賣方的角色，又是電網的獨占者。顯而易見是非常不適合扮演自由化綠色電力商品市場的操盤人，不當的利益衝突必然會讓台電公司同仁蒙受大量的法律責任及政治壓力。因此，制度設計上必須有所切割。綠電消費者與綠電生產者之媒合簽約、綠色電力商品管理、綠電生產商認證與綠電商品認證之工作，則如先進國家經驗，統合交由一獨立之非營利性法人作為綠電管理機構，詳如圖6所示。

自願型綠色電力商品市場制度的優點在於不受政府公告強制型躉購費率(FIT)之限制，消費者可依照自我需求購買綠電商品，需求面管理功能強大。例如，消費者可購買一定度數的綠電商品，購買一定比例的綠電商品，購買一定金額的綠電商品等，彈性相當大，自由化市場定價的經濟效率也很高。此外，綠色電力供應方式顯然也較具彈性，容易組合各種綠電組合銷售方式，產生符合消費者的需求。因此，可以百分之百的滿足對綠色電力商品有特殊需

⁹傳統電力迴避成本係指電業自行產出或向其他來源購入非再生能源電能之年平均成本。

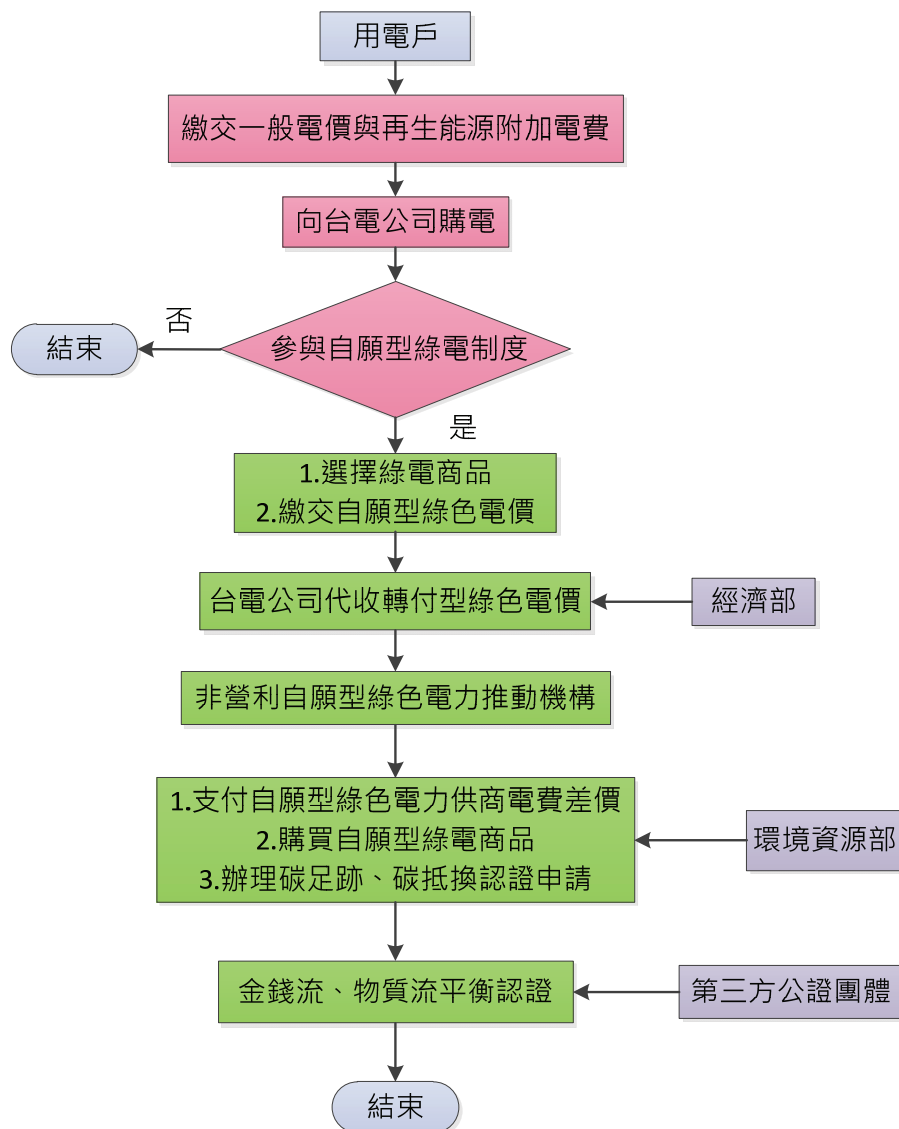


圖6 我國自願型綠色電力商品市場政策路徑
資料來源：本研究繪製

求的消費者。此外，消費者自願性直接購買綠電商品，其財產權十分清楚。碳排放減量額度的歸屬爭議很低(或無)。未來經向環保署(或環資部)申請認證後，購買每一度綠電附帶之碳排放減量額度(即碳權)，可百分之百的移轉給綠色電力商品購買者。具備未來綠色貿易所需節能減碳的誘因，將可協助突破強制型量管制(RPS)、價補貼(FIT)為主的綠色電力發展瓶頸，持續增進再生能源發電產能、技術及消費量。詳見Wang and Cheng (2012)類同的政策建議。

根據國際經驗，自願型綠色電力商品市場

制度執行流程中需要一個非營利獨立機構負責綠電之銷售、管理、認證等需求。本文建議可仿照行政院環境保護署資源回收制度設計，成立一個獨立公正的管理委員會。管理委員會成員的組成可由15名委員組成，包括專家學者、律師、會計師、NGO代表及政府代表(不應超過三分之一)等，共同監督管理此一機構之財務、營運、及推廣等工作。

由於自願型綠色電力商品市場制度並不透過再生能源發展條例購電，且所銷售的商品並非傳統「灰色電力」，而是提供消費者購買綠色電力商品的憑證。因此，綠色電力商品的定

位類似「準公益捐款」之型式運作，操作實務十分單純。應由政府公益團體主管機關依法管理，綠色電力非營利管理機構必須每年公告法定之應公告事項(如收支等)，並接受主管機關派會計師查帳，以昭公信。

至於期初自願型綠色電力商品應如何定價？實務操作上也很簡便。根據陳詩豪、馬公勉(2011)之研究，強制型再生能源發電躉購制度(FIT)，已考慮綠色電力供應商的供給面完整成本。但自願型綠色電力商品的價格係為自由市場決定的結果。在需求端費率設定時，因綠色電力商品五花八門相當多樣化，並不需要和供給面的各種再生能源發電躉購補貼價格掛勾。如可參考前文的調查結果作為未來定價之策略，再依據市場供需現況自由調整。基於先進國家實施的經驗，以自願型市場的方式搭配強制型的FIT或RPS制度(如圖5)，的確是一非常可行而有效的推展策略。反觀我國的困境是如何突破現有制度執行力的瓶頸。這也是本文政策設計的重點之一。

7. 結論與討論

依據2009年全國能源會議結論，全民皆可參與認購綠色電力商品。因此，本文考量政府的短、長期施政目標，及綠色電力商品市場制度的未來發展，提出初步的綠色電力發展策略路徑圖，期能協助推動我國自願型綠色電力商品市場制度，進而促進低碳能源發展，達成能源、經濟、及環境(Triple-E)的永續發展目標。首先一個可行的政策，必須要有足夠的民眾的支持度。本文就經由調查發現雖然用戶目前對於綠電商品的瞭解程度不高，但當其充分瞭解綠電商品之含意後，即有不錯的購買意願(約達65.6%)。雖然本文礙於經費限制，只能做到目前意願調查的程度，但未來研究應可進一步朝CVM較嚴謹的調查方向改善。其次，本文透過CGE模型的模擬，發現若採取固定補貼率與固定附加費率的再生能源發電政策操作工具，以

經濟的角度而言都是成本有效性較佳之選擇。而且傳統責任電力產業受傷的程度約只需5年時間就可完全恢復，受衝擊的程度不大，政府推廣再生能源發電的政策也可達成目標。

綜合以上討論，不管在政策執行面，或未來與碳權或綠色貿易結合的可行性，本文提出綠色電力商品市場制度各面向配套措施，包含綠色電力商品之認證、監督管理、與銷售機制等，使成為一可行的綠色電力行動方案，並保留未來推動綠色貿易、碳足跡抵換、與綠色電價制度結合之空間。考量先進國家多為政府主導之強制型綠色電力計畫(RPS或FIT)與民間自願型綠色電力市場制度共同搭配推動，本文初步建議強制RPS採用的範圍為政府機關與電業；如此，改革的阻力會較小。未來則希望能擴大RPS的範圍到能源大用戶，以收穩定的推廣基礎效果。此外，本文也建議應採取自願型綠色電力商品市場制度，以減少邊際交易成本。完整的綠電推動策略除結合現行再生能源發展條例外，並與綠色貿易相結合，達成：(1)推動綠色電力產業發展，(2)滿足民間環保需求，(3)協助完成政府節能減碳政策，及(4)降低碳足跡、促進綠色貿易等多種成果。

基於臺灣自願型綠電商品實施制度完全未上路，未來改變方向也頗具爭議等研究限制，本文目前無法對建議的新政策設計做全面實證分析。希望將來臺灣綠電市場成熟後，可列為後續研究追蹤的重點之一。本文之研究成果可提供政府主管機構發展自願型綠電商品制度及學術界的參考及討論。

參考文獻

- 王京明(2005a)，「中國大陸電業改革下推行綠色電力交易計畫」，《經濟前瞻》，119-121。
- 王京明(2005b)，《我國再生能源相關基金之政策探討》，臺北：中華經濟研究院。
- 柳中明、陳起鳳、柏雲昌(2007)，《台電公司

- 推動綠色電價制度之研究》，臺北：台灣電力公司。
- 柳中明、陳起鳳、柏雲昌(2009)，《建立綠色電價制度雛型》，臺北：台灣電力公司。
- 陳詩豪、馬公勉，「臺灣再生能源躉購制度之理論與實踐」，第四屆海峽兩岸能源經濟研討會論文，2011。
- Ameli, N. and D. M. Kammen (2014), "Innovations in Financing that Drive Cost Parity for Long-term Electricity Sustainability: An Assessment of Italy, Europe's Fastest Growing Solar Photovoltaic Market", *Energy for Sustainable Development*, 19: 130-137.
- Ayoub, N. and N. Yuji (2012), "Governmental Intervention Approaches to Promote Renewable Energies – Special Emphasis on Japanese Feed-in Tariff", *Energy Policy*, 43: 191-201.
- Barcott, B. (2007), "Green Tags: Making Sense of the REC-age," *World Watch*, 20(4), 15-21.
- Bor, Y. J., Y. C. Chuang, W. W. Lai, and C. M. Yang (2010), "A Dynamic General Equilibrium Model for Public R&D Investment in Taiwan", *Economic Modelling*, 27(1), 171-183.
- Bor, Y. J. and Y. Huang (2010), "Energy Taxation and the Double Dividend Effect in Taiwan's Energy Conservation Policy - An Empirical Study Using a Computable General Equilibrium Model", *Energy Policy* 38(5): 2086-2100.
- Butler, L. and K. Neuhoﬀ (2008), "Comparison of Feed-in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development", *Renewable Energy*, 33(8), 1854-1867.
- Couture, T. and Y. Gagnon (2010), "An Analysis of Feed-in Tariff Remuneration Models: Implications for Renewable Energy Investment", *Energy Policy* 38(2), 955-965.
- European Renewable Energy Council (2004), *Renewable Energy Policy Review*, The Netherlands.
- Fagiani, R., J. Barquin, and R. Hakvoort (2013), "Risk-based Assessment of the Cost-efficiency and the Effectivity of Renewable Energy Support Schemes: Certificate Markets versus Feed-in Tariffs", *Energy Policy*, 55: 648-661.
- Fouquet, D. and T. B. Johansson (2008), "European Renewable Energy Policy at Crossroads-focus on Electricity Support Mechanisms", *Energy Policy* 36(11): 4079-4092.
- Garcia-Alvarez, M. T. and R. M. Mariz-Perez (2012), "Analysis of the Success of Feed-in Tariff for Renewable Energy Promotion Mechanism in the EU: Lessons from Germany and Spain", *Social and Behavioral Sciences*, 65: 52-57.
- Haas, R., C. Panzer, G. Resch, M. Ragwitz, G. Reece, and A. Held (2011), "A Historical Review of Promotion Strategies for Electricity from Renewable Energy Sources in EU Countries", *Renewable and Sustainable Energy Review*, 15: 1003-1034.
- Huang, Y. H. and J. H. Wu (2011), "Assessment of the Feed-in Tariff Mechanism for Renewable Energies in Taiwan", *Energy Policy*, 39: 8106-8115.
- International Energy Agency (2007), *Energy Security and Climate Policy - Assessing Interactions*, Paris: International Energy Agency.
- Jenner, S., F. Groba, and J. Indvik (2013), "Assessing the Strength and Effectiveness of Renewable Electricity Feed-in Tariffs in European Union Countries", *Energy Policy*, 52: 385-401.

- Lesser, J. A. and X. Su (2008), "Design of an Economically Efficient Feed-in Tariff Structure for Renewable Energy Development", *Energy Policy* 36(3): 981-990.
- Mabee, W. E., J. Mannion, and T. Carpenter (2012), "Comparing the Feed-in Tariff Incentives for Renewable Electricity in Ontario and Germany", *Energy Policy* 40: 480-489.
- Oak, N., D. Lawson, A. Champneys (2014), "Performance Comparison of Renewable Incentive Schemes Using Optimal Control", *Energy*, 64: 44-57.
- REN 21 (2011), *Renewables 2011, Global Status Report*, Paris: REN21 Secretariat c/o UNEP.
- Rio, P. and M. Gual (2004), "The Promotion of Green Electricity in Europe: Present and Future", *European Environment*, 14: 219-234.
- Shannon, C. E. (1948), "A Mathematical Theory of Communication", *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423 and 623-656.
- Szabo, S., A. J. Waldau, M. Szabo, F. Monforti-Ferrario, L. Szabo, and H. Ossenbrink (2014), "European Renewable Government Policies versus Model Predictions", *Energy Strategy Reviews*, 2: 257-264.
- Van Rooijen S. N. M. and M. T. van Wees (2006), "Green Electricity Policies in the Netherlands: an Analysis of Policy Decisions", *Energy Policy*, 34(1): 60-71.
- Wang, K. M. and Y. J. Cheng (2012), "The Evolution of Feed-in Tariff Policy in Taiwan", *Energy Strategy Review*, 1: 130-133.
- Wustenhagen R. and M. Bilharz (2006), "Green Energy Market Development in Germany: Effective Public Policy and Emerging Customer Demand", *Energy Policy*, 34 (13): 1681-1696.

Green Electricity Development—Opportunity, Impact, and Policy Design in Taiwan

Yunchang Jeffrey Bor^{1*} Te-Hsin Liang² Chi-Feng Chen³

ABSTRACT

In order to speed up the development of renewable energy industries and improve energy security, the Taiwan government passed the “Renewable Energy Development Act” in 2009. Based on the statute, a feed-in tariff subsidy policy for green electricity production has been framed. The fund for the feed-in tariff subsidy basically comes from an additional fee that the electric power providers who are using non-renewable energies are obliged to pay. Because the green electricity is a new product to society, the present paper conducts a demand-side market survey and estimates the cost-effectiveness measures that will reach the promulgated policy goal set by the Taiwan government. The major finding of the present paper is that there is a big gap between the policy goal and reality. Therefore, the new green electricity policy is going to need a tune-up in the future. A policy renovation and implementation roadmap has been proposed by this paper that is suited to the special needs of the Taiwan economy.

Keywords: Green electricity, willingness-to-buy survey, CGE, market instrument design, policy roadmap

JEL code: Q48, Q56, D61

¹ Professor, Department of Economics, Chinese Culture University

² Professor, Department of Statistics and Information Science, Fu-Jen Catholic University

³ Associate Professor, Department of Natural Resources, Chinese Culture University

* Corresponding Author, Phone: +886-2-28610511 ext. 29335, E-mail: byc2@faculty.pccu.edu.tw

Received Date: August 14, 2014

Revised Date: November 6, 2014

Accepted Date: November 25, 2014