

**行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告**

**台灣家用中小型風力機推廣營運模式分析
Analyses of Promotion Mechanism and Business Model for Medium
and Small Size Wind Turbine System in Taiwan**

計畫編號：1012001INER050

受委託機關(構)：財團法人台灣經濟研究院

計畫主持人：蘇美惠主任

聯絡電話：02-25865000 #857

E-mail address：d11453@tier.org.tw

核研所聯絡人員：楓祥儀先生

報告日期： 101 年 11 月 19 日

目錄

中文摘要	1
ABSTRACT	2
壹、計畫緣起與目的.....	4
貳、研究方法與過程.....	13
一、國外中小型風力機市場概況分析	13
二、國內中小型風力機 2011 年度產業營運概況分析	17
三、台灣小型風力機裝置潛能分析	23
四、國外家用小型分散式電力系統推廣及商業模式案例分析	28
五、台灣進行家用中小型風力機推廣營運模式分析	36
參、主要發現與結論.....	51
一、主要發現	51
二、結論與建議	56
肆、參考文獻	58

圖目錄

圖 1、2020 年全球小型風力機市場展望	6
圖 2、2011 年美國與英國小型風力機裝置量.....	15
圖 3、我國近三年外銷市場變動分析	20
圖 4、台灣小型風力機國內外市場產品裝置應用概況.....	22
圖 5、租賃模式下各方參與者關係圖	52
圖 6、我國小型風力機裝置潛能分析	53
圖 7、租賃模式下用戶(左)與廠商(右)累積現金流量分析.....	55

表目錄

表 1、中小型風力機與 MW 級風力機之比較.....	5
表 2、2011 年主要國家小型風力機市場概況.....	13
表 3、台灣小型風力機廠商與研究機構開發機型.....	17
表 4、國內小型風力機之營業概況.....	19
表 5、台灣小型風力機內外銷出貨概況.....	19
表 6、國內小型風力機平均裝置價格概況.....	21
表 7、台灣發展中小型風力機之市場潛能推估原則.....	24
表 8、SolarCity 公司及其用戶之權利義務關係.....	30
表 9、GreenWarrior 公司及其用戶之權利義務關係.....	33
表 10、Ecance Wind 公司及 SolarVentus 公司與其用戶間之權利義務 關係.....	35
表 11、本研究使用之共同參數及說明.....	40
表 12、基本情境使用之參數及說明.....	41
表 13、基本情境下用戶各期之現金流量分析.....	41
表 14、分期付款情境使用之參數及說明.....	42
表 15、分期付款情境下各種商業模型之綜合分析結果.....	43
表 16、「分期付款且付款金額每年依比例增加」模型用戶各期現金	

流分析	44
表 17、貸款情境使用之參數及說明.....	45
表 18、貸款情境下各種商業模型之綜合分析結果	46
表 19、「貸款返還金額每年依比例增加」模型用戶各期現金流分析	46
表 20、租賃模式下使用之參數及說明.....	48
表 21、租賃情境下各種商業模型之綜合分析結果	48
表 22、「年租金額等比增加」模型用戶各期現金流分析.....	49
表 23、風力機廠商於租賃情境下之財務分析	50
表 24、不同推廣情境下用戶面投資可行性分析	55

中文摘要

本研究進行國內外小型風力機產業概況分析、國內小型風力機裝置潛能評估及分析國外推廣小型分散式電力系統的經驗，並提出四種台灣可行之小型風力機推廣模式情境分析，包括(1)基本情境、(2)分期付款、(3)貸款、(4)租賃。在不同的推廣情境模式下，先以用戶端的投資指標(平均報酬率、回收年限)作為評比標準，在輔以風力機廠商之投資指標分析，以確定推廣情境可行性。研究結果顯示，四種情境下僅用戶透過付年租費的方式向廠商租賃風力機，且年租費每年依等比例增加之「租賃模式」具備吸引用戶參與的財務誘因。在租賃模式下進一步分析風力機廠商之投資報酬率，研究結果發現無論是 20 年投資報酬率(約為-5.5%)或內部報酬率(約為-0.78%)皆無法提供廠商正向報酬，顯示對風力機廠商而言並不會投入此項推廣模式。因此，以目前國內 1kW 以上併網型小型風力機平均裝置成本每千瓦約 16.7 萬元之成本結構來看，在國內推廣小型風力機作為家用分散式電力系統仍有其困難度；但若平均裝置成本能透過規模經濟擴大，下降 53% 以上，則本研究所提出之「租賃模式」將具備可行性。因此，建議政府應提出小型風力機短中長期裝置目標，並對於國內各潛在目標市場提出推動政策，或透過示範計畫提供裝置補助，以將國內中長期而言至少 200MW 市場，作為國內產業之早期市場藉以擴大經濟規模降低生產成本。

Abstract

The energy resources of Taiwan are mostly imported and are rarely produced indigenously. To achieve the goal of energy independency, the exploration of renewable energies as alternatives of fossil fuels has become an urgent energy policy for Taiwan in recent years. The overwhelming majority of renewable energy is clean and has advantages of eco-protection, security, and emission-free to the environment.

The windy geographic nature of Taiwan has made wind energy an excellent renewable energy resource to be explored. Same as developing a photovoltaic system, although small wind energy generation system is a mature technology, the capital cost for setting up a small wind system in main island of Taiwan is comparably higher than the traditional power system if without any governmental subsidy. Wind energy generation system is not to replace but assist the traditional power system. A cautious selection of installation site for wind system will definitely help to enhance the efficiency of its electricity generation. Moreover, with incentive programs supported by the government and the combination strength from users, manufacturers and investors, the small wind turbine industry will have a bright outlook in Taiwan.

This project aims to analyze a feasible promotion mechanism and the associated business model for accelerating the prosperity of domestic small wind industry. It will endeavor to collect and evaluate the technical capacity and R&D status of small wind industries, acquire and study exemplification cases of business model for distributed energy system in foreign countries, and then discover the best promotion exertion that can be collaborated by the government, manufacturers, investors, and users of our country.

壹、計畫緣起與目的

在能源議題越趨於為人所重視的現代，發展石化燃料的替代能源已經成為非產油國家的重要能源政策之一。根據我國能源局能源統計年報，2010 年進口能源比率高達 99.4%，這些進口的能源主要是石化燃料，包括石油、煤、天然氣、鈾等。目前世界石化燃料使用的速度遠大於其生成的速度，在這樣的情況下，石化燃料總有枯竭的一天。對於能源幾乎仰賴進口的台灣來說，替代能源的推廣使用已經成為迫在眉睫的議題。

風力發電為全球近年來成長最快的再生能源發電技術。依風力機單機容量可分為大型風力機(MW 級)與中小型風力機。大型風力機主要應用在集中式發電以替代大型發電廠；受到各國大規模興建風場所致，大型風力機市場在近十年內快速成長，目前國際大廠已具備量產風力機單機容量 5MW 以上能力。由於大型風力機是以電廠規模進行建置，必須選擇風場良好之空曠地區，但由於大型風力機組體積十分龐大，受限於陸域可開發土地面積有限，目前離岸式風場開發已成為關注焦點。

至於中小型風力機一般為私人使用，通常會以取代或與傳統柴油發電機互補使為用途，尤其多數設置傳統發電成本較高之偏遠地區，自給自足之供電方式為主要需求，以一般消費者或家庭為購置對象，特別是在地幅廣闊的美洲大陸、歐陸、以及中國，有基本市場存在。近來各國相繼推動分散式電力系統，加上產品具備因地制宜、應用層面廣泛等優點，中小型風力機產業比以往更受重視，英、美等國更進一步將中小型風力機推廣至住宅電力系統、事業用電力

系統、以及都會區的應用。

表 1 列舉中小型風力機與 MW 級風力機的差異，中小型風力機目前的產品價格與發電成本相對仍較大型風力機為高，但因應用範圍不同，因此在推廣上並無衝突。目前全球生產大型風力機之製造商與中小型業者甚少重疊，因此，不論從再生能源推廣或是從扶植風電產業發展的角度來看，都應依照兩者之市場區隔及產業特性制定推動策略，方可得其成效。

表 1、中小型風力機與 MW 級風力機之比較

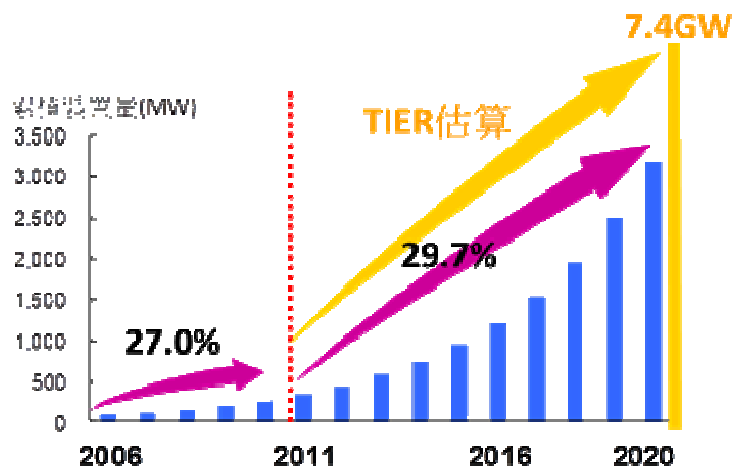
	大型風力機	中小型風力機
單位價格	0.928 歐元/瓦 (新台幣 40 元/瓦)	3~5 美元/瓦 (新台幣 96~160 元/瓦)
發電成本	0.06-0.08 歐元/度 (新台幣 2.6~3.4 元/度)	0.10~0.15 美元/瓦 (新台幣 3.2~4.8 元/度)
應用範圍	陸域風場、離岸風場等大型發電廠	偏遠地區、養殖業、汲水設備、家庭用電、交通號誌、路燈、通訊設備等
2009 年全球主要市場	中國、美國、西班牙、德國、印度	中國、美國、英國、日本
全球重要廠商	Vestas(丹麥)、GE(美)、華銳(中)、Enercon(德)、金風(中)、Gamesa(西班牙)、東風(中)、Suzlon(印)、Siemens(丹)、Repower(德)	Southwest(美)、Northern Power(美)、Proven Energy(英)、Wind Energy Solutions(荷)、Bergey(美)、湖南中科恒源能源(中)、上海致遠綠色能源(中)、揚州神州(中)

註：美元以新台幣 33 元換算；歐元以新台幣 42 元換算。

資料來源：1. EWEA(2009), “Wind Energy – The Facts”；

2. GWEC(2010), Global Wind 2009 Report ;
3. AWEA(2010), “Small Wind turbine Global Market Study 2009”.

根據 GlobalData(2011)統計，2020 年全球小型風力機市場之累計裝置量預估將達 3,187MW(成長率為 29.7%)，其中中國市場的部分為 680.4MW；參考 2011 年中國可再生能源學會風能專業委員會(CWEA)和中國農業機械工業協會風能設備分會(CWEEA)評估，預估中國市場於 2020 年的累積裝置容量為 4,850MW。因此，本研究將此預估值和 Global Data(2011)預估 2020 年除中國市場之外的全球累積裝置容量加總，預估全球小型風力機累計裝置量可達 7,357MW(如圖 1 所示)。



資料來源：GlobalData，Small Wind Turbines (less than 100kW) - Global Market Size, Analysis by Power Range, Regulations and Competitive Landscape to 2020，2011.

圖 1、2020 年全球小型風力機市場展望

在英美兩國提供優沃獎勵政策下，小型風電市場快速成長。根據美國風能協會(AWEA)統計，2009 年全球至少有 250 家公司生產或計

畫生產 100kW 以下小型風力機，其中美國為全球擁有最多小型風力機廠商的國家佔 36%(95 家)，其次分別為日本(29 家)、加拿大(24 家)、英國(22 家)、中國(19 家)、德國(16 家)。但 AWEA 的統計報告對於台灣與大陸生產廠家統計不全，相關數據過於保守；根據中國農業機械工業協會風能設備分會的統計，大陸較具規模的小型風力機製造廠商至少有 30 多家，而台灣中小型風力機發展協會則統計台灣至少則有 20 家較具規模的廠商投入。目前，中國、美國與英國為全球小型風力機前三大市場，分析這三個市場的特色可以發現，雖然目前小型風力機皆以 10kW 以下機型為主流，偏遠地區離網供電為主要應用，然而除中國尚不允許小型風力機併網外，英美市場併網型系統皆有增加趨勢。

在中國中央和地方政府的補助下，中國小型風力機市場成長快速，已成為全球最大市場。根據中國農機工業協會風能設備分會統計，2010 年 38 家主要生產廠商小型風力機(50kW 以下)銷售量達 13 萬部，較 2009 年成長 34.2%，新增裝置量約 58MW，至於出口部分亦達 4.6 萬部，總產值達達台幣 57.7 億，其中揚州神州、中科恒源、廣州紅鷹三家 300W~400W 風光互補機組就超過 4.5 萬台。目前千瓦級以上風力機組，大多數出口歐美地區，千瓦級以下風力機組則以風光互補路燈居多。

中國目前仍有 300 萬無電戶和 1,147 萬無電人口，偏遠無電地區對於生活用電或農牧漁民用電，為小型風力機或風光互補系統供電廣大潛力市場。此外，包含城鄉道路採用風電或風光互補路燈照明，行動通訊基地台約有 30 萬座機站需逐步由柴油發電改為風電、風光互補風光柴互補供電；養殖業獨立供電、或各變電站中控制系統

(220Vac)的補充電源等皆為中國小型風力機潛在市場。

美國是目前全球小型風力機推廣以及產業發展最蓬勃的國家，小型風力機自給率達 94%，所生產之產品 70%供應美國本土市場。根據 AWEA (2011)的統計資料，美國在 2010 年的小型風力機出口數量和容量占總產出的比率雙雙下降，數量部分從 2009 年的 46%降到 2010 年的 34%，容量部分則是 36%下降到 27%；分析原因，此乃受到歐洲和亞洲的製造商強力的競爭所致。這些地區的製造商除了有政府政策的輔助外，也伴有強力的市場需求作為後盾。縱使如此，AWEA 認為此下降的趨勢並非常態，並預計 2011 年的情況會扭轉。

由於美國地域遼闊，對於小規模偏遠地區電力系統、社區和住宅分散式電力系統以及小型風力機未來的多重應用發展等，和全球其他地區都有同等需求，因此美國能源部(DOE)對小型風力機的發展一直保持正面與積極推動態度。根據 AWEA(2011)的資料，2010 年新增裝置量為 7,811 台，是從 2008 年來連續第三年下降；但新增裝置容量於 2008 年到 2010 年卻是逐年遞增，從 2008 年的 17,374 kW 上升到 2010 年的 25,618 kW，此現象顯示出美國小型風力機的新增單機裝置容量有逐年上升的趨勢。

英國政府對於小型風力機的推展也是採取積極的態度。從 2006 年起，英國推動「微型電力系統」(Micro-generation)，以分散式小規模發電取代傳統 MW 級集中式發電，其優點在於微型發電機可以安裝於住家旁或商業大樓，距離用戶端近，不僅能減少傳輸過程電力損失，還能夠因地制宜選擇能源的類型，增加再生能源使用，在高電價以及政府提供獎勵政策的環境下，小型風力機市場得以迅速

成形。英國政府所推廣的微型發電機為 50kW 以下之風電、太陽光電、太陽能加熱系統、小水力等，透過「低碳建築計畫」(Low Carbon Buildings Programme；LCBP)、氣候變遷捐 (Climate Change Levy；CCL)、「再生能源義務」(Renewable Obligation；RO) 以及增值稅 (Value-Added Tax；VAT) 之優惠，提供給民眾使用再生能源之經濟誘因，降低設置成本、縮短投資回收年限，以縮小再生能源發電成本與傳統發電成本之差距，並且修訂立法、重新檢視建築規範以創造適合發展「微型電力系統」之環境。

英國自 2005 推動「微型電力系統」以來，50kW 以下風力機之累計裝置容量已超過 20MW，新增裝置容量每年都有正成長。度過 2008 年景氣衰退陰霾，2010 年新增件數雖下降 13%，但新增裝置容量成長率達 65%；2010 年 4 月 1 日收購電價(Feed-in tariffs)正式實施，英國依不同容量，分別補助小於 1.5kW 的機種每度電補助 0.362 英鎊及 1.5~15kW 機種每部電 0.28 英鎊，因此市場需求量大幅增加，尤其是 1.5kW 以下及 1.5~10kW 的市場，預估 2011 年 100kW 以下各型小型風力機產量將大幅攀升。

大型風力機技術門檻高，台灣產業成形尚需時間，然而受惠於台灣在輕機械、小型發電機以及不斷電系統(UPS)的良好基礎，10kW 以下之小型風力機台灣已有 20 家以上系統廠開發出商業化產品接單量產，並有十餘家零組件廠商供應材料。以現況而言，台灣雖然國內小型風力機裝置量較低，但若以出貨量來看，台灣出貨量排名全球第三。目前我國在 1kW 以下之小型風力機機型已有 15 家業者投入生產共 24 款機型，1~10kW 級距之風力機有 18 家廠商投入 44 款機型系統開發，總合 10kW 以下之小型風力機台灣已有 20 家系統廠

商開發出商業化產品接單量產，並有十餘家零組件廠商供應材料；而 10kW 以上機型則有核能研究所投入 25kW、150kW 及 600kW 的中小型風力機開發。我國目前投入中小型風力機開發之 20 家系統業者，以採自有品牌出貨為主，僅利愛、耀能、鎮源、超維等公司另採 OEM 接單生產或 ODM 系統整合設計經營模式。

根據台經院調查，2010 年台灣中小型風力機出貨量約 7,589 台，因中國市場的訂單並未延續，2011 年之出貨量預估將小幅衰退至 6,857 台，2012 年展望將可成長至 10,390 台。若以不同機型來看，水平軸小型風力機在 2010 年出貨量為 5,696 台，而垂直軸小型風力機則只有 1,894 台；但在 2011 年，預估水平軸小型風力機出貨量將小幅下降，來到 4,755 台，而垂直軸小型風力機出貨量則上升至 2,102 台。在產值方面，國內小型風力機出貨量以水平軸風機較高，但垂直軸風機單價較高，因此整體產值以垂直軸較高；2010 年整體產值新台幣 1.85 億元，預估 2011 年整體產值為 2.79 億，年成長率達到 50%；2012 年估計更可達到 4.83 億元(年成長率達 73%)。2011 年的投資總額預估可達新台幣 3.43 億元，較 2010 年成長約 25%；2012 年估計更將達到 4.95 億元。而就業人數方面，2011 年預估可達 279 人，超過 2010 年的就業人數 226 人；2012 年預測可再成長至 321 人。

在外銷市場方面，2010 年內銷數量約 409 套風力機，外銷則有 7,180 套，出口比例達 94%；預估 2011 年台灣小型風力機外銷比重維持 94%，總計外銷約 6,428 台，產值約新台幣 2.29 億元。估計 2011 年的外銷地區還是以中國佔最大的比例，約佔 37%；外銷往中國的比例已較 2010 年的 63% 下降許多，此因廠商積極拓展中國以外的市

場(非洲、南美洲、內蒙古等)的緣故。展望 2012 年預估外銷比重亦可達 88%，達 9,165 台，中國仍將是主要出口地區。

中小型風機在國內市場的應用主要為風光互補路燈及高樓大廈，再來是學校、偏遠聚落、招牌及交通等。配合政府提倡綠色能源政策，縣市政府及各級鄉鎮市區單位皆有不少與國內廠商合作，設置風光互補型路燈的案例。例如：新竹市二二八紀念公園，彰化伸港等。而小型風力機運用在建築上則是有賴綠建築的概念興起所致，部分新建大樓並將小型風力機整合於建築中。而在國外市場的應用上，主要則應用在偏遠聚落及風光互補路燈。

受稀土價格的影響，2011 年國產小型風力機 1kW 以下的平均裝置價格約為新台幣 355 元/瓦，較 2010 年的 322 元/瓦些許上升；而 1kW 以上約新台幣 191 元/瓦，則是比 2010 年的 198 元/瓦些微下降。另外，因垂直軸風機之葉片成本較高，因此產品價格也會較垂直軸風機為高。預估 2012 年平均裝置價格將相當接近 2011 年的水準，唯未滿 1kW 的裝置價格將小幅下修至 352 元/瓦左右。若以不同機型的小型風力機來看，因垂直軸小型風力機之葉片成本較高，所以 2011 年未滿 1kW 的垂直軸小型風力機平均裝置價格約來到 633 元/瓦，接近同樣未滿 1kW 的水平軸小型風力機的 3 倍(215 元/瓦)；而 1kW 以上的垂直軸機型則是 248 元/瓦，約為水平軸機型的 1.8 倍(139 元/瓦)。

國內小型風力機產業目前產業鏈完整，但國內實際裝置量低，因此本研究擬參考國外家用小型分散式電力系統之推廣模式，例如小型風力機或太陽光電系統等，以案例分析方式，提出國外該產業的商業運作模式，並研擬將此運作模式套用至台灣的方法，提出包括服務提供商、用戶、電廠、設備供應商、設備安裝商及投資者不同

角色在模型中的運作方式；並輔以平行的政府輔助政策、產業輔導政策，以推廣台灣地區家用中小型風力機為目的進行研究，期望能提供國內推廣小型風力機產業之參考。

貳、研究方法與過程

一、國外中小型風力機市場概況分析

由於小型風力機與小型太陽光電系統之應用具備互補性，因此，許多國家開始對於同屬於分散式電力系統的中小風力機與太陽光電系統，提供相同甚至更優惠之經濟性誘因，以加速產業化應用。2011年中小型風力機之累積裝置容量以中國(307MW)、美國(198MW)及英國(65MW)為全球前三大之國家(表 2)。其中以中國市場成長最為快速。根據 CWEEA 2012 年統計 34 家主要生產廠商營運概況，2011 年新增裝置容量約 66.6MW，產值達人民幣 15.9 億元；出貨量約達 165,500 部(年成長率 29%)，其中以 1kW 以下產品銷售數量比例最高，達 93.3%；出口部分已達 5.2 萬部，崑山聚楓風電、北京希翼新興能源、揚州神州風力發電及安徽蜂鳥電機為出口量前四大的廠商，約佔總出口量 33.22%。產品結構部份，目前 1kW 以上產品多數出口歐美地區，1kW 以下產品則以風光互補路燈居多。

表 2、2011 年主要國家小型風力機市場概況

2011 年概況	中國	美國	英國	台灣
小型風力機定義	≤50kW	≤100kW	≤50kW	≤10kW
出貨量(部)	165,500	11,140	6,054	5,331
年新增裝置量	66.6 MW 113,500 部	197 MW 7,303 部	21.82 MW 3,068 部	- 320 部
累計裝置量(MW)	307	198	65	-
產品價格 ¹ (新台幣元/瓦)	54*	174	116*	311 (<1kW) 170 (≥1kW)
產值 ² (億新台幣)	68.6	34.5	26.8	4.42

註：1. 英國與中國為單機價格，美國與台灣為加權平均裝置價格。

2. 人民幣兌台幣匯率以 4.8 元，美元兌台幣 30 元，英鎊兌台幣 48 元計算。

3. 英國的小型風力機(含微型風力機)定義為 50kW 以下之風力機，但因英國風能協會統計資料的區間為 0~1.5kW、1.5kW~15kW 及 15kW~100kW，故上述英國的統計資料尚包含 50kW~100kW 中型風力機數據。

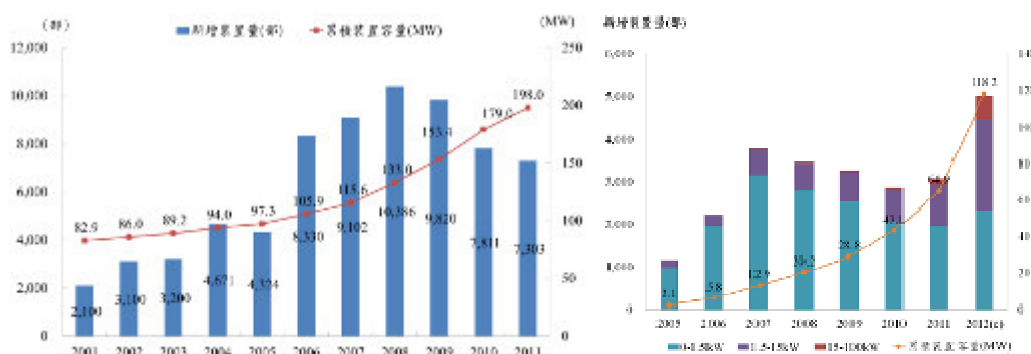
資料來源：AWEA(2012)、Renewable UK(2012)、李德孚(2012)；蘇美惠等(2012)。

美國是目前全球小型風力機推廣以及產業發展最蓬勃的國家之一。根據美國風能協會(AWEA)2012 年報告顯示，美國小型風力機銷售量為 7,303 部，其中以 1kW 以下級距產品銷售數量比例最高，約佔 70%；市場自給率達 90%，產品 54% 為出口，出口比例大幅提高。因此，雖然 2011 年美國小型風力機裝置量下降 26%，但整體美國廠商出貨量與前一年相比反而上升 13.4%(圖 2a)。由於美國地域遼闊，偏遠地區、社區和住宅分散式電力系統對於小型風力機有其需求，且小型風力機已朝向多樣化應用發展，全球市場明顯成長；因此美國能源部對小型風力機的發展一直保持正面與積極的推動態度。

為推廣小型風力機，美國聯邦政府自 2008 年起比照太陽光電系統，補助小型風力機設置成本 30%，「2009 年經濟復甦暨再投資法」(The American Recovery and Reinvestment Act of 2009) 進一步提供投資抵減 (Investment Tax Credit；ITC)、貸款融資，以及加速折舊辦法等方案，獎勵私人添購再生能源設備。而各州政府更是提供加碼政策，以加州為例，美國加州政府對於小於 10kW 的小型風力機另提供每瓦 3 美元裝置補助。

至於英國，在政府政策大力支持下，成為全球小型風力機第三大市場，根據英國 Renewable UK (原 BWEA 於 2012 年更名) 2012 年報告顯示，2011 年 100kW 以下之中小型風力機英國國內銷售量為 3,068 部，在裝置量部分 2011 年新增裝置量 21.82MW (成長率達 53%)，累

計裝置量已達 64.9MW。預估 2012 年英國新增裝置量即可達 53.3MW，顯示 2012 年市場將大幅成長。1.5kW~15kW 的產品級距為 2011 年新增裝置量成長最快的部分，而 1.5kW 以下新增裝置量成長率則逐年減少(圖 2b)，顯示英國的小型風力機市場發展有朝向大容量及併網發展的趨勢。



(a) 美國

(b) 英國

資料來源：AWEA(2012)、Renewable UK(2012)、台經院整理。

圖 2、2011 年美國與英國小型風力機裝置量

英國政府在推廣初期提供家用小型風力機的裝置補助(每 kW 補助一千英鎊，上限兩千五百英鎊)，2010 年起開始實施再生能源電能躉購費率(Feed-In Tariffs; FIT)方案，針對小型風力機提供優惠收購電價。2012 年中小型風力機收購電價級距分為三類，級距越小收購電價越高，小於 1.5kW 風力機收購價格每度電高達 0.342 英鎊，1.5~15 kW 每度電約 0.267 英鎊，至於 15~100 kW 每度電則約 0.242 英鎊；相較於同等級太陽光電明顯較為優惠，以小於 4kW 太陽光電系統為例，每度電則僅 0.21 英鎊。此外，針對 50kW 以下小型風力機，每發 1,000 度電並可獲得 1 單位之再生能源義務憑證(Renewables

Obligation Certificates ; ROC), ROC 可進行市場交易, 2012/13 年的交易價格為每 ROC 約 40.71 英鎊。

日本小型風力機市場呈現穩定成長態勢, 主要應用包括結合其他種類再生能源之離島微電網及智慧型電網應用、無電網地區之電力供給及災難救援運用等, 地方政府為其主要買家; 住宅型系統的應用上也逐漸受到重視。日本小型風力發電協會(JSWTA)統計截至 2010 年底為止, 日本微型風力機(1kW 以下)與小型風力機(1~20kW)累計裝置量已達 9,494 台, 其中 97.5%屬於獨立型, 併網型只佔 2.5%。日本環境省於 2010 年推出「地域協議會民生用機器導入促進事業方案」, 對於導入小型風力發電系統(20kW 以下)個人或事業團體給予最高 1/3 補助, 且地方政府另提供補助, 例如鳥取縣提供補助 1/6 裝置成本。2012 年 4 月公布最新的再生能源電能躉購費率, 20kW 以下裝置級距小型風力機之躉購費率為 57.75 日幣/度(約新台幣 21.95 元/度), 遠高於所有其他種類的再生能源裝置(太陽光電系統為 42 日幣/度)。

至於韓國市場, 韓國政府推動 2020 年綠色房屋百萬戶計畫, 對於安裝 3kW 以下小型風力機或太陽光電系統, 最高補助設置成本 60%。迄今已有 7 部小型風力機取得裝置補助, 其中有 3 部即為國內新高能源公司的產品, 顯示台灣小型風力機產品在國際市場拓展上, 已逐漸顯現市場競爭力。

二、國內中小型風力機 2011 年度產業營運概況分析

大型風力機技術門檻高，台灣產業成形尚需時間，然而受惠於台灣在輕機械、小型發電機以及不斷電系統(UPS)的良好基礎，台灣小型風力機廠商已具備 100%自製能力，10kW 以下之小型風力機現有 20 家系統廠投入開發商業化產品，採自有品牌出貨為主，另有十餘家零組件廠商，產品出口比率達 94%，並以中國、非洲、中南美洲為主要銷售地區。研發項目方面，1kW 以下小型風力機有 15 家以上業者研發共 24 款產品，1~10kW 風力機有 18 家以上業者投入 44 款機型系統開發，10kW 以上則有核能研究所投入 400W、25kW 及 150kW 小型風力機開發(表 3)。

表 3、台灣小型風力機廠商與研究機構開發機型

型式	廠商	功率	經營型式
垂直軸	台達電(Delta)	300W, 1kW	自有品牌
	宏銳(i-wind)**	300W, 2kW, 4kW, 10kW*	自有品牌
	均豪(GPM)**	200W*, 5kW	自有品牌
	利愛(LAE)	5kW	OEM 整合
	東元(Teco)	1kW	自有品牌
	信達(SINTA)	400W*	自有品牌
	富田(Fukuta)	400W, 5kW	自有品牌
	康柏威(Compowe)	100W, 300W, 500W, 1kW	自有品牌
	新高能源(Hi-Energy)	70W*, 300W, 700W, 1.5kW, 3kW	自有品牌
	赫力(Holy)	1kW~3MW	自有品牌
水平軸	耀能(Power General)	300W, 1.2kW, 3kW	ODM 整合
	鎮源(AREA)	400W*	自有品牌

型式	廠商	功率	經營型式
	Group)		/OEM/ODM
	鴻金達(FGD)	200W, 1kW, 3kW, 5kW, 10kW	自有品牌
	上特(Sunteck)	3kW, 7.5kW	自有品牌
	台達電(Delta)	400W, 1kW	自有品牌
	利愛(LAE)	300W, 1.5kW, 3kW, 5kW	OEM 整合
	信達(SINTA)	400W*, 2kW*	自有品牌
	恒耀(Boltun)	100W, 300W, 600W, 1.2kW	自有品牌
	東元(Teco)	2kW, 3kW, 5kW*	自有品牌
	峻豹(Jetpro)	100W, 200W, 1kW, 5kW*	自有品牌
	蔚華(Spirox)**	2kW*	自有品牌
	赫力(Holy)	1kW~3MW	自有品牌
	超維(Aerofortis)**	250W, 600W, 1.2kW, 3.5kW, 9.5kW*	OEM 整合/自有品 牌
	耀能(Power General)	400W, 600W, 1kW, 2kW, 3kW	ODM 整合

註：1. *表示為研發中機種。

2. **表示改以其他公司承接或停止投入生產。

資料來源：台灣小型風力機發展協會(2012)。

根據台灣中小型風力機發展協會與台灣經濟研究院 2012 年針對台灣目前已有生產實績的小型風力機及零組件廠商進行產業營運概況調查，包含台達電、利愛、恒耀、峻豹、富田、新高、群錄、鴻金達與鎮源等 9 家廠商，2011 年國產小型風力機產能達到 36,951 台，較 2010 年提高 12,419 台，且預估 2012 年可增加至 37,205 台；出貨量則因中國市場的訂單並未延續，2011 年下滑至 5,331 台，較 2010 年減少 29.8%，但依據 2012 年接單現況，廠商樂觀預估 2012 年可回升至 8,505 台。而在產值部分，2011 年產值約新台幣 4.42 億元，相

較 2010 年減少 24.7%，但預計 2012 年可大幅成長(表 4)。

表 4、國內小型風力機之營業概況

	2010	2011	2012(e)
產能(台)	24,532	36,951	37,205
產量(台)	7,395	6,581	9,555
出貨量(台)	7,589	5,331	8,505
產值(新台幣百萬元)	587	442	1,759
投資額	274	179	998
就業人數	226	224	243

資料來源：台灣小型風力機發展協會、台灣經濟研究院(2012)調查整理。

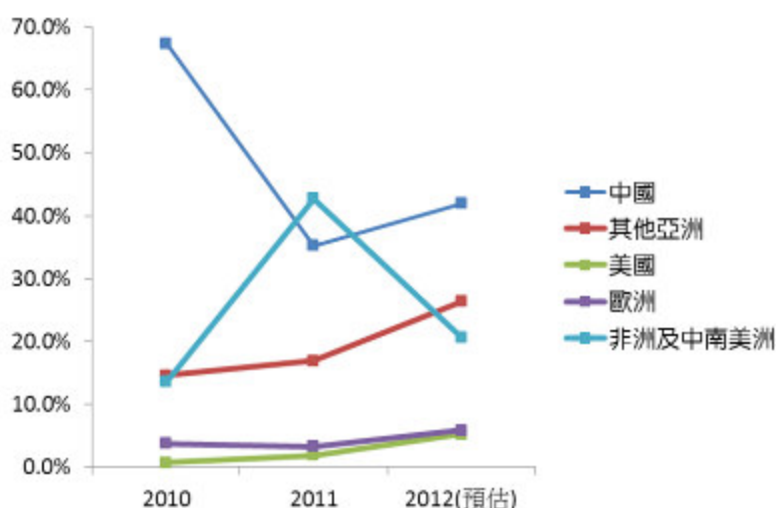
若從產品出貨量之內外銷情形來分析，2011 年之內銷數量為 320 台，外銷則為 5,011 台，外銷比重為 94%(表 5)；從近幾年市場分析來看，雖然國內已於 2010 年開始推動再生能源電能躉購制度，但小型風力機市場並未受到任何激勵，國內裝置量並未明顯成長，外銷仍為主要市場。2011 年包含非洲及巴西、阿根廷等中南美洲地區取代中國成為台灣主要市場，占外銷比重 43%，中國退居第二大市場占 35%。展望 2012 年，廠商預估中國市場內需將回溫，將再度成為我國主要外銷地區，市場占比將達 42%；其他亞洲國家之市場也將成為我國拓展之目標(占 26%)，也是近年整體外銷市場中成長力道最強之地區；非洲及中南美洲地區的出貨量佔比將下降至 21%，而歐洲及美國在外銷市場穩定成長(圖 3)。

表 5、台灣小型風力機內外銷出貨概況

	2010	2011	2012(e)
內銷數量(台)	409	320	465

	2010	2011	2012(e)
內銷比重	5%	6%	5%
外銷數量(台)	7,180	5,011	8,040
外銷比重	94%	94%	95%

資料來源：台灣小型風力機發展協會、台灣經濟研究院(2012)調查整理。



資料來源：台灣小型風力機發展協會、台灣經濟研究院(2012)調查整理。

圖 3、我國近三年外銷市場變動分析

若從小型風力機之機型來分析，2011 年台灣水平軸風力機的出貨量為 4,496 台，約佔總出貨量 84.3%；但若以產能來看，2011 年垂直軸風力機產能為 26,600 台，約為水平軸風力機 2.6 倍，表示國內廠商還是相當看好垂直軸風力機市場，並積極進行布局。以營業額來看，由於垂直軸風力機平均單價較水平軸為高，故水平軸風力機營業額僅佔整個風力機產業 74.7%。但廠商樂觀預期 2012 年的市場需求，整體產業出貨量皆較 2011 年成長，雖然以出貨量來看仍以水平軸較高，但垂直軸風力機成長率將達 272%，明顯高於水平軸 (20%)。進一步分析離網和併網機型的出貨情形，2011 年離網型機種的出貨量占國內總出貨量的 98%，但受惠於國際上推動 FIT 政策影

響，併網型風力機需求 2012 年將明顯提高，出貨比例將可上升至 13%。

在產品價格部分，根據國內台達電、利愛、恒耀、新高、峻豹與鴻金達等已出貨小型風力機廠商所提供報價，產品級距從 100W 至 10kW 皆有廠商推出；若以各家廠商出貨量作為權重進行裝置成本加權平均分析，整體而言，2011 年平均每 W 裝置成本約為新台幣 301 元，垂直軸風力機較水平軸平均裝置價格高約 80%。以國內再生能源對於小型風力機之躉購費率設定，僅針對 1~10kW 級距機型進行電力收購，因此本研究將產品級距以 1kW 進行區分；2011 年國內 1 kW 以下產品平均裝置價格(併網型含控制器與安裝，離網型含電池)每 W 約為新台幣 311 元，較 2010 年降低 3.4%；1~10kW 則約為 170 元，較 2010 年下降 14%。另一方面，若從併網型與離網型產品價格進行分析，2011 年併網型產品 1 kW 以下產品平均裝置價格(含控制器與安裝)每 W 約為新台幣 298 元，1~10kW 則約為 167 元(表 6)。

表 6、國內小型風力機平均裝置價格概況

單位：元/W

風機規格	統計資料內容	2011 年
1. 整體裝置價格	6 家廠商, 16 款機型	301
未滿 1kW	4 家廠商, 6 款機型	311
1 kW~5kW	5 家廠商, 10 款機型	170
2. 併網型	6 家廠商, 16 款機型	271
未滿 1kW	4 家廠商, 6 款機型	298
1 kW~5kW	5 家廠商, 10 款機型	167
3. 離網型	6 家廠商, 16 款機型	288
未滿 1kW	4 家廠商, 6 款機型	317

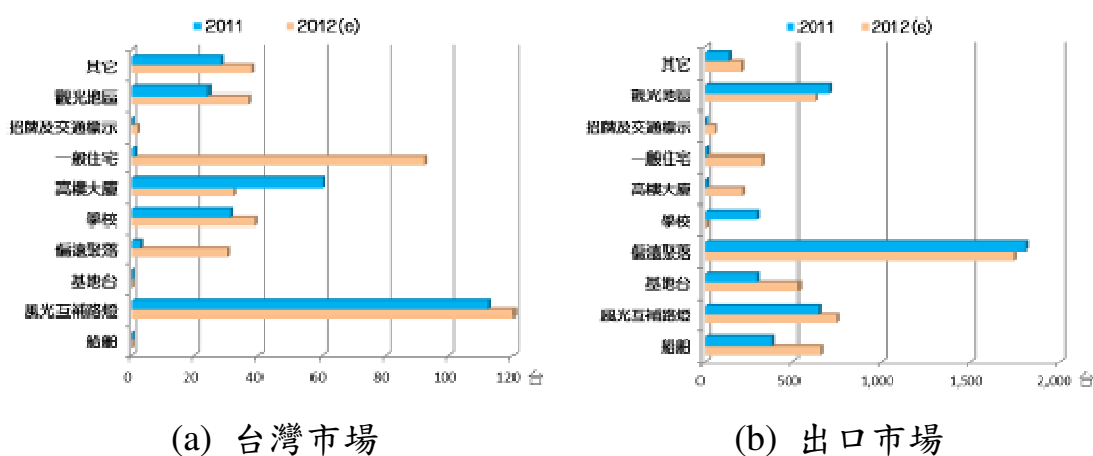
風機規格	統計資料內容	2011 年
1 kW~5kW	5 家廠商, 10 款機型	180
4.垂直軸	2 家廠商, 8 款機型	433
5.水平軸	4 家廠商, 8 款機型	202

註：1.以上報價併網型含控制器與安裝費用，離網型則含電池費用。

2.平均價格係以各家廠商出貨量作為權重，進行加權平均分析。

資料來源：台灣小型風力機發展協會、台灣經濟研究院(2012)調查整理。

至於產品應用市場部份，2011 年國內主要應用市場為風光互補路燈及高樓大廈，在船舶應用部份國內並無裝置應用；預估 2012 年在一般住宅運用將會有突破性成長，而偏遠聚落之運用也將增加，另外學校、觀光地區等應用項目則為穩定成長(圖 4a)。至於出口產品應用，2011 年主要市場為偏遠聚落、風光互補路燈、觀光地區及船舶應用等；2012 年預估建築整合型小型風力機的概念將會於國外市場興起，因此一般住宅及高樓大廈的運用將會增加，而風光互補路燈、基地台及船舶運用則為穩定成長(圖 4b)。



資料來源：台灣小型風力機發展協會、台灣經濟研究院(2012)調查整理。

圖 4、台灣小型風力機國內外市場產品裝置應用概況

三、台灣小型風力機裝置潛能分析

本研究以推廣產業兼具分散式電力佈建為原則，進行市場潛能評估。首先將市場區分為併網型及離網型，併網型包含公共工程示範計畫、新建大樓屋頂、離島住宅型、本島濱海地區家用型、休閒農莊及河濱公園等應用市場；離網型則包含風光互補路燈及基地台等應用市場。估算基礎依序須進行以下幾項環境條件調查及假設原則：

1. 提出各目標市場可裝置之面積、道路長度、建築棟數以及住家戶數等背景資料。
2. 設定各目標市場裝置之風力機型態與推廣方式，例如每公頃裝置小風機之數量，及單機裝置量之機型，以估算全數推廣之最大潛能。
3. 參考每一地區風速條件，研擬各市場區隔推廣方式，風資源條件越佳者推廣比例越高，並設定短中長期之推廣裝置目標，短期優先推動風資源良好區域，短中長期分別假設為至 2015 年、2020 年及 2025 年。以公共工程示範計畫之工業區為例，平均風速大於 4m/s 地區約占工業區總面積之 3%，平均風速大於 3.5m/s 地區則占 39%，故假設短期先由平均風速大於 4m/s 地區開始推廣，中長期再進而往平均風速大於 3.5m/s 地區作推廣。

在上述前提假設及推估原則下，以下將就各目標市場進行簡要說明，各目標市場之計算方式如表 7 所示。依表 7 為例，各應用項目之最大潛能為安裝潛能估算單位(a)乘上每單位安裝數量(b)再乘以安裝風力機級距(c)，而累計推廣目標則等於最大潛能乘以(d)。

表 7、台灣發展中小型風力機之市場潛能推估原則

類別		安裝潛能估算單位(a)	每單位安裝數量(b)	安裝風力機級距(c)	風速條件(m/s)			累計推廣比例(%) (d)		
					短	中	長	短	中	長
公共工程	工業區	35,693公頃	每公頃1台	1kW~5kW	4	3.5	3.5	3	39	39
	科學園區	4,733公頃	每公頃1台	1kW~5kW	4	3.5	3.5	29	31	31
新建大樓屋頂		560棟/年	每棟3台	1kW~3kW	5	4	4	6	23	23
離島住宅型		76,108戶	每戶1台	1kW~3kW	註1			0.7	10	30
本島濱海家用型		1,655,607戶	每戶1台	1kW~5kW	5	4.5	4	0.5	1	4
休閒農莊、河濱公園	遊樂園區	32家	每家2台	10kW~100kW	-	4	3.5	-	28	34
	休閒農莊	3,159家							16	19
	城市公園與綠帶	15,176公頃	每公頃1台	1kW	-	4	3.5	-	8	10
	河濱公園	13,500公頃							10	20
	休閒漁場	765家	每家1台	10kW~100kW	-	5	4	-	5	35
	養殖漁業	53,925公頃	每公頃2台	1kW~3kW	-	6	4	-	1	2
	軍營	24公頃							39	62
風光互補型路燈(自行車道、宗教建築...等)		註2								
基地台		26,336座	每座10台	100W~300W	註3			2	5	10

資料來源：中小型風力發電機產業發展策略研究計畫，台灣經濟研究院，2011。

註 1：離島住宅型短期由綠島、蘭嶼、七美、望安的家戶開始推廣；中期則擴大至綠島、蘭嶼及澎湖全區；而長期則規劃在所有離島家戶皆裝置 1kW~3kW 的小型風力機。並假設在短中長期選定地區內分別有 10%、20%及 30%的住戶願意參與計畫；

註 2：風光互補型路燈的目標市場包括自行車道、宗教建築、漁船、漁港、休息站及機場等。以自行車道為例，全台自行車道長度為 3,823m，每 20 公尺安裝一台 100W~300W 的小型風力機，並假定短、中、長期累計推廣比例分別達 2%、5%及 10%，以計算累計推廣目標；

註 3：短中長期推廣比例與風光互補型路燈相同。

(一)、公共工程示範計畫

本研究將公共工程示範計畫定義為工業區及科學園區兩類。根據台灣工業用地供給與服務資訊網 (99 年度工業區統計分析年報) 的統計資料，假設每一公頃安裝一台小型風力發電機，推廣的風力發

電機級距為 1~5 kW，則預估約有 41~202 MW 的裝置潛能。至 2015 年的累計推廣目標將可達到 8MW，2020 年可達到 46MW。

(二)、新建大樓屋頂

考量大廈頂樓風況較佳，為裝置小型風力機之良好地點，根據營建署 95~98 年之營建統計年報，每年核發之鋼骨鋼筋混凝土(RC)建築物建造執照約 800~1,000 棟，假設未來 15 年每年核發建照數量約 800 棟，且建築完工率為 70%，則可推估每年新建大樓約有 560 棟。若在每一棟新建大樓安裝三台小型風力發電機，則至 2015 年的累計推廣目標將可達到 3MW，2020 年可達到 11MW。

(三)、離島住宅型

台灣擁有 121 座離島，平均風速達 7~9m/sec，風能資源豐沛，根據內政部戶政司統計，台灣離島地區共有 76,108 戶。若短期由綠島、蘭嶼、七美、望安的家戶(占總離島戶數的 7%)開始推廣，中期則進而擴大綠島、蘭嶼及澎湖全區(占總離島戶數的 48%)，而長期則規劃在所有離島家戶皆裝置 1~3kW 小型風力機，至 2015 年的累計推廣目標將可達到 1MW，2020 年、2025 年則可分別達到 15MW 及 46MW。

(四)、本島濱海家用型

台灣本島四面臨海，因此本島地區沿海鄉鎮亦為裝置小型風力機之良好地點，根據內政部戶政司統計，台灣本島臨海鄉鎮家戶共 16 縣市，87 鄉鎮市區，總計戶數共有 1,655,607 戶。假設每一戶安裝一台 1~5 kW 的小型風力發電機，則至 2015 年的累計推廣目標將可達

到 24MW，2020 年、2025 年則可分別達到 66MW 及 174MW。

(五)、休閒農莊、河濱公園

除公共工程等大樓與家庭用戶外，國內公共設施亦為良好的目標市場，本研究選定遊樂園區、休閒農莊、城市公園與綠帶、河濱公園、休閒漁場、養殖漁業、軍營等作為推廣目標市場。以遊樂園區為例，根據交通部觀光局 99 年統計年報，全台遊樂園區共 32 家。其餘目標市場亦根據行政院農委會、交通部觀光局、內政部營建署、高速公路局服務白皮書、交通部民用航空局、行政院農委會漁業署漁業統計年報(99 年資料)及行政院經建會管制考核處等統計資料，設定推廣方式。以上總計至 2020 年的累計推廣目標將可達到 65MW，2025 年則可達到 89MW。

(六)、風光互補型路燈

風光互補型路燈為國內小型風力機常見的應用類型，其裝置簡單且具有景觀美化的作用，因此其接受度普遍較高，本研究選定自行車道、宗教建築、漁船、漁港、休息站、機場等作為風光互補型路燈之目標市場；至 2015 年的累計推廣目標將可達到 1MW，2020 年、2025 年則可分別達到 6MW 及 12MW。

(七)、基地台

由於基地台一般多設置於戶外空曠區域，台灣業者亦有將風力機安裝於基地台上的實績。本研究參考國外小型風力機裝置案例，亦將基地台納入未來推廣的考量市場，根據國家通訊傳播委員會(National Communications Commission, NCC) 2011 年 7 月的通訊傳

播事業概況總覽統計，2G 共站基地台共有 6,387 座，2G 共構基地台有 1,684 座，3G 共站基地台有 15,544 座，3G 共構基地台則有 2,721 座；則至 2015 年的累計推廣目標將可達到 1MW，2020 年、2025 年則可分別達到 2.6MW 及 5.2MW。

四、國外家用小型分散式電力系統推廣及商業模式案例分析

目前已商業化應用之家用小型分散式電力系統，以太陽能光電及小型風力機最為普遍。倘若消費者直接購買家用小型分散式電力系統來安裝，其價格過於昂貴，大部分的消費者較難以負擔，另外消費者對於此技術的成熟度可能有所顧慮，因此必須提出一些誘因來吸引消費者安裝使用。本文將探討國外家用小型分散式電力系統的推廣營運模式案例分析，包括租賃業者、用戶、小型風力機設備供應商(供應鏈包括原物料、零組件、製造商等)、設備安裝業者及投資者等不同角色在模型中的運作方式、權利義務及財務分析，例如發電成本及回收年限等，藉由這些成功案例作為國內家用小型風力機之產業發展借鏡。

(一)、美國 SolarCity 公司

在太陽能光電系統部分以美國 SolarCity 公司為例，SolarCity 為全美第一大家太陽能供應商，於 2008 年開始推出太陽能設備租賃服務。在租賃模式中，SolarCity 擁有太陽能板的所有權，但免費幫使用者安裝與拆除，用戶不需負擔裝設與後續的設備維修成本，使用戶所承受的風險與成本降到最低，大為提高用戶之安裝意願。此商業模式並受融資機構青睞，使 SolarCity 持續獲得金融機構大筆資金奧援，如美國的摩登史坦利(Morgan Stanley)公司。SolarCity 亦計畫與美國國防部合作推動大型計畫「SolarStrong」，預計在美國 124 個軍事住宅區裝設太陽能發電設備，計劃橫跨 33 個州，總發電容量可達 300MW，此計畫亦獲得美國能源部、美國再生能源集團等提供的貸款支持。

SolarCity 總部設在美國加州福斯特城，主要業務推廣範圍包含美國加州、俄勒岡州和與亞利桑那州。SolarCity 提供用戶多種租賃契約選擇，包含不需支付頭期款的合約，或是用戶可選擇於期初支付較高的金額，而換取之後較低之月租費。

SolarCity 以較一般電費優惠的租賃費用來吸引用戶安裝太陽能設備，另外也提供合理的報酬率使金融公司或其他的投資者願意進行投資，藉由外部投資者的資金來安裝更多的太陽能設備、進行研發或維修既有之太陽能設備。租賃費用會依據用戶所在的不同地點、條件及狀況來設計。以在北加州(North California)安裝 3.2kW 太陽能發電設備的用戶個案為例，該用戶每月將支出 USD\$83，較原來每個月支付電力公司之電費(USD\$125)可節省約 33%。而在亞利桑那州(Arizona)，由於當地每度電的電費較北加州低廉，且陽光資源充沛，故在該州的用戶安裝 3.2kW 太陽能發電設備僅需支付 USD\$43 元，較原來支付電力公司之電費每個月約可節省 20%。SolarCity 也會依用戶當地條件的不同，提供不同的太陽能設備租賃合約長度及計算每個月所需支付的租賃費用。例如在加州及亞利桑那州安裝太陽能設備租約為 15 年，年租金採每年逐漸調整，租費年增率約 3.5%；而在俄勒岡州(Oregon)安裝太陽能設備之租約則為 10 年，且年租金每年相同。

在租約屆滿到期時，用戶可選擇與 SolarCity 重新協商租賃合約的內容、依照市價購買太陽能設備或要求廠商移除這些設備(不需額外費用)。如果用戶在租賃期內欲將設備拆除，則需直接與 SolarCity 買斷租約(購買設備)，或將原有設備遷至新的安裝地點(在租約費用相同的範圍內)，或是將太陽能設備租約所有權移轉至新的用戶，此

新用戶必須符合 SolarCity 的信貸條件。如果用戶選擇直接買斷租約，除了需支付該設備目前的市值，還需額外支付一筆費用。此費用包含摩根史坦利公司或其他外部投資者及 SolarCity 原先設置太陽能設備預估之 15 年的必要報酬率。另外，在租賃合約中，SolarCity 將幫用戶投保，以保證此太陽能設備不會造成用戶個人財產方面任何的意外損失。有關 SolarCity 公司與其用戶間之權利義務關係整理於表 8。

表 8、SolarCity 公司及其用戶之權利義務關係

	SolarCity(能源服務 提供商)	Morgan Stanley(投資者)	用戶(消費者)	電力公司
權利	<ol style="list-style-type: none"> 1. 擁有設備的擁有權 2. 獲得租賃費用 3. 投資公司資金挹注 	低風險報酬	使用太陽能設備所產生的電力	收取用戶所需之額外電力之電價
義務	<ol style="list-style-type: none"> 1. 負責安裝、維修、保險等行政費用 2. 支付報酬給投資公司 	提供資金給能源服務提供商	給付 SolarCity 公司設備租賃費用	輸出用戶所需之額外電力予用戶

資料來源：本研究整理。

(二)、美國 Green Warrior 公司

Green Warrior 公司的住地能源系統(On-site Energy System ; OES)是目前最新之太陽能發電多樣化應用計畫，此計畫的特色為太陽能設備將裝置在用戶端(亦即消費端)，如住宅區或工業區的屋頂、停車場及其他適合的空地等。在此計畫中，只要設定之安裝地點可通過

Green Warrior 公司的可行性評估，則此地點之地主或用戶安裝這些太陽能設備將不需要付出任何之資金。Green Warrior 將吸收所有的費用，包含系統之設計、安裝、運作、保險及維護等。透過電力購買協定(Power Purchase Agreement；PPA)合約，OES 的用戶在整個計畫中只需負擔向 Green Warrior 公司購買太陽能設備所產生之電力，而太陽能電力之費用為市電費用至少八折之價格。如預定安裝地點無法通過 Green Warrior 免費安裝 OES 的評估，用戶也可選擇自費安裝 OES，而 GreenWarrior 將提供客戶租賃或貸款之多種融資模式。

OES 的競爭力有三項，包括價格、品質及可降低之碳排放量。OES 能成功的因素在於較低的成本，對於客戶來說，購買 OES 所產生的電力只需要負擔原本電費的 80%，並還有可能隨著安裝的時間增加而更減少電費。與傳統電力公司的電費比較，歷史資料顯示一般電費每次調整平均約有 4%~5% 的漲幅，若以十年的時間來計算，OES 的客戶比使用傳統電力的客戶在十年後約可以減少 40% 的電費。

而在品質方面，Green Warrior 的 OES 有兩樣特色技術做為輔助，即 PowerWarrior 及 SolarAssist。PowerWarrior 是利用功因修正(Power factor correction)的技術，其目的為提高電源的可用率，減少電源設備受到諧波的干擾。此技術運用在一般的用戶中約可節省 6% 至 20% 的電費，且在屋齡越久的地點其節能的功能越明顯；而在商業用戶方面，約可節省 10% 至 25% 的電費。此項技術之安裝也相當簡易，對於一般的用戶只需 30 分鐘即可完成；而對於商業用戶而言，Green Warrior 公司需要先做評估，評估過後會提供商業用戶建議的安裝量及一份評估報告，包括安裝後預計可以節省的成本。一般的用戶在

安裝後也會拿到一份預估可減少成本的報告，並會提供用戶其他減少能源消耗方法之建議。每個 PowerWarrior 都有一個連接 SolarAssist 的連接槽，若該用戶有設置太陽光電系統，則配合 SolarAssist 最高將可以節省 50% 的用電量。

SolarAssist 提供了一套更為協調的過濾系統，包括功因修正 (power factor correction) 及最佳電路動力調整 (power optimization circuitry) 方案，可以改善用戶端使用的電力的品質。電力的品質對於電動車的充電站來說非常重要，穩定的電流品質可以讓電動車的冷卻、空調及風扇系統更順暢的運作。SolarAssist 可以讓 OES 的客戶有效的節省另外 25% 的電力費用。

OES 安裝在一些特別的地方將會更有優勢，例如停車場、屋頂或空地等。裝置在停車場的太陽能板除了可以發電外，更可以達到增加建築物價值、增加租金及增加客戶的效果，並可以提供遮蔽及有效的降低溫度。此外，這類的停車場將可同時做為電動車的充電站。屋頂裝置是 OES 最常見的一種應用，包括裝置在一般的辦公大樓、工廠、倉庫或住家等。屋頂裝置 OES 也有增加建物的資產價值、減少能源消耗及帶給公司正面形象等助益。在適合的空地設置 OES 對於地主來說也是一項有利的投資，地主在不用負擔任何費用的情況下即可安裝 OES，並可享受電費折抵的好處。

OES 的多樣化應用還包括裝設在高爾夫球場，因為高爾夫球場所所在的區域通常日照時數也較長。太陽能板可以裝在高爾夫球場的附屬建築上，包括接待區、餐廳及用品店等，球場安裝 OES 系統不僅可利用其產生的電，多餘的電力還可藉由併聯電網賣回給電力公

司。另一項對於高爾夫球場最重要的應用是可裝設在停車場及建立電動車充電站。太陽能高爾夫球車由於其低污染及環保的特性，已經被越來越多球場採用。將太陽能板架設在停車場除了可以供電給球場使用，還可以直接對高爾夫球車充電，並兼具隔熱及保護的效果。

Green Warrior 並不製造太陽能板，而是利用經濟規模的原理大規模採購太陽能板及其他配件，所以在電力購買協定的期間內可以保證其投資的穩定性。對於公部門、學校或其他非營利組織來說，一方面希望能協助國家推廣再生能源；但另一方面，再生能源的期初設置成本較為高昂，在公部門、學校及非營利組織的預算較為緊縮下，設置再生能源似乎較為困難。GreenWarrior 提供的 OES 系統將可解決此問題，只要其設置的位置經過 GreenWarrior 的評估，公部門或學校等將可在不用付出成本的情況下裝置 OES，並達到宣傳裝置再生能源的效果。有關 GreenWarrior 租賃公司權利義務關係整理於表 9。

表 9、GreenWarrior 公司及其用戶之權利義務關係

	Green Warrior(能源服務提供商)	用戶(消費者)
權利	收取太陽能設備所產生之電力之電費	免期初之設置費用；使用太陽能設備產生之電力
義務	負責期初之設計、安裝及設備的後續維修、保險之費用	負擔太陽能設備所產生之電力的費用(約市價八成)

資料來源：本研究整理。

(三)、英國 Evance Wind 及 Solar Ventus 公司

在小型風力機的推廣案例部分，2011年3月英國一家主要的小型風力機製造商 Evance Wind 公司宣布與再生能源投資公司 SolarVentus 合作，提供一項創新的小型風力機融資服務。英格蘭、蘇格蘭及威爾斯的地主將可以提供其用地之使用權，換取 R9000 小型風力機 25 年免費的使用，此小型風力機將安裝在通過評估之位置上，而地主將可免費使用小型風力機所產生的電力，SolarVentus 公司將可獲得電力躉售之收入。

為了使此投資計畫能產生效益，小型風力機的架設地區將需通過評估。一般來說，空曠及平均風速在 6m/s 以上的地區較為適合。一旦該區域通過評估，SolarVentus 公司將負責進行場地勘查及負責安裝小型風力機，在此過程中地主不需要負擔任何費用。此外，小型風力機的所有權為 SolarVentus 公司，因此 SolarVentus 公司也必須負擔維修及保險的相關衍生費用。

此項計畫主要的用意是降低再生能源的進入門檻。對於一般的用戶來說，家用小型再生能源具有相當的投資吸引力，因其有著能源獨立、減少碳排放及減少電費等優點。但投資的初期費用較為龐大，一般用戶大多數因此因素而對設置再生能源卻步。藉由類似 SolarVentus 這種能源投資公司的導入，將可以有效地提供再生能源設置上之專業知識及技術，降低一般用戶的進入障礙，與政府的推廣政策結合的話將可以達到大幅推動再生能源設置的效果。

在此計畫中，投資的 SolarVentus 公司藉由電力收購制度的實施 (Feed-in Tariffs ; FITs) 來賺取此項投資之相對報酬。另外，由於設備的為 SolarVentus 公司所有，因此政府提供的裝置補助或稅賦折抵也

將減輕 SolarVentus 公司在初期設置上的財務壓力。另外，SolarVentus 公司將可透過獲得再生能源生產憑證(Renewable Oligation)以滿足政府對能源公司所訂定的再生能源發電比例要求。

由以上案例可知，由於安裝再生能源發電設備金額較為昂貴，除了傳統的直接購買或分期付款外，尚可利用租賃或由用戶提供地權之方式來取代設備安裝之費用，廠商並將提供設備的免費維修、安裝、移除與保險的相關費用，以吸引用戶設置再生能源系統。廠商可藉由取得再生能源設備之所有權，或稅賦折抵等其他相關之報酬吸引外部投資者(如銀行)或能源公司進行投資，獲取設備購買、安裝及研發新再生能源技術所需之資金。有關 Ecance Wind 及 SolarVentus 公司推廣模式及與用戶間之關係如表 10 所示。

表 10、Ecance Wind 公司及 SolarVentus 公司與其用戶間之權利義務關係

	Ecance Wind(製造商)	SolarVentus(能源服務提供商、投資者)	用戶(消費者)
權利	獲得販售小型風力機的報酬	1. 取得設備的擁有權 2. 獲得電力躉售的收入 3. 獲得政府裝置補助或稅賦補助	免費使用小型風力機產生的電力
義務	提供設備	1. 負責可能場地之評估 2. 負責安裝、維修及保險等相關費用	提供可裝置小型風力機之場地

資料來源：本研究整理。

五、台灣進行家用中小型風力機推廣營運模式分析

同屬於中小型分散式電力系統，小型風力機發電的推動模式應與太陽能光電有異曲同工之妙。首先，風力發電跟太陽能發電都是利用自然資源，將自然的動能(風能)轉化成可供人類使用的電能。因此，這種再生能源的運用方式都非常的因地制宜，不同的位置需使用最適合之裝置才能達到較好的發電效益；另外，風力發電與太陽能發電一樣，於期初設置時皆需一筆金額較為龐大的期初投資以購買並安裝設備，這項因素使得投資風力發電在短期且沒有政策補助的情況下，有著成本過高的缺點。

台灣小型風力機產業目前產業鏈完整，產能充沛，且 10kW 以下的機種可 100% 自產。但根據近幾年的產業調查結果顯示，由於缺乏國內政策支持，從 2010 年起再生能源電能躉售費率推動至今申設小型風力機電力躉售案件也僅止於個案，2011 年國內廠商九成以上的出貨為外銷，國內實際設置量偏低。因此，本研究參考國外家用小型分散式電力系統之推廣模式，並利用各種目前市場上常見且可行之財務方法，希望藉由研擬各種可行的推動情境，並輔以各情境下消費者最佳的財務模型分析，以推導出對於我國消費者可行之商業推廣營運情境。在可提供消費者足夠之投資誘因的模型下，本研究將更深入的進行廠商面的獲益分析，目標為找出對消費者及廠商雙方皆具有投資誘因及合理利潤的推廣情境及財務模型。

在財務模型的分析部分，本研究將藉由四種財務指標的計算以衡量消費者及廠商的投資誘因，所採用的投資指標說明如下列所示：

1. 投資報酬率(Return On Investment；ROI)

投資報酬率指進行小型風力機投資所獲得之利潤(躉售電力之收入減設置小型風力機之成本)除以設置小型風力機之成本。投資報酬率越高，表示投資小型風力機獲得之利潤越多(相對於投入之成本)，越具有投資誘因。有關投資報酬率之公式如下所示。

$$ROI = \frac{\text{租賃小型風力機所獲得的報酬}}{\text{租賃小型風力機所付出的總投資成本}}$$

2. 內部報酬率(Internal Rate of Return ; IRR)

內部報酬率(IRR)和淨現值(Net Present Value ; NPV)有關，內部報酬率即為令淨現值等於零時對應的折現率。採用內部報酬率法來評估投資小型風力機時，對於一般用戶來說，若內部報酬率大於可接受的必要報酬率(例：可用銀行的活存利率代表可接受的報酬率的底限)，則表示投資小型風力機具有投資誘因。內部報酬率法對廠商的評估方式為，若內部報酬率大於金融市場的折現率(即廠商借貸的資金成本)，則此投資對於廠商來說將有利潤可圖。有關內部報酬率之公式如下所示。

$$0 = C_0 + \frac{C_1}{1 + IRR} + \frac{C_2}{(1 + IRR)^2} + \frac{C_3}{(1 + IRR)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1 + IRR)^n}$$

其中 C_0 、 C_1 、 C_2 ... C_n 表示從第一期(第一年)到第n期(第n年)之現金流量。

3. 淨現值(Net Present Value ; NPV)

淨現值法是評估投資小型風力機在未來期間內的現金流出量和流入量，然後將這些現金流量以預估的折現率折現，最後再加總各期的現金流量折現值，即可得到投資小型風力機之投資計畫的淨現值。若淨現值為正，代表投資小型風力機在給定的折現率下具有投

資誘因。有關淨現值之計算公式如下所示。

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{C_n}{(1+r)^n} - C_0$$

其中 C_0 為第一期投入小型風力機之成本，而 $C_1, C_2 \dots C_n$ 為各期之現金流量， r 代表折現率。

4. 回收年限法(Payback Period ; PP)

回收年限表示用戶或廠商在投資小型風力機時，回收其投入之成本所需之期間，回收年限越短表示投資小型風力機越容易回收，越具有投資誘因。

本研究提出四種台灣可行之小型風力機推廣模式情境，包括(1)基本情境、(2)分期付款、(3)貸款、(4)租賃。在不同的推廣情境模式下，本研究將先以用戶較重視的投資指標(平均報酬率、回收年限)作為評比標準，再輔以風力機廠商之投資指標分析，以確定推廣情境之可行性。各項模型分析所使用的參數為根據2012年度台灣小型風力機產業調查之平均裝置成本、維護成本與年發電量等，以進行各推廣模式情境之投資分析模擬試算，有關本研究使用的共同參數及參數說明如

表 11 所示，而四種不同的推廣模式情境之分析則如下述。

表 11、本研究使用之共同參數及說明

參數名稱	單位	數值	說明
裝置量	(kW)	1	
每 kW 裝置售價	(新台幣元)	167,000	2012 年我國小型風力機產業調查數據加權平均
裝置售價	(新台幣元)	167,000	
每 kW 裝置年發電量	(kWh·年)	1,500	6m/s 風況下之平均年發電量
風機壽命	(年)	20	以再生能源電力躉售合約期間假設為風機壽命期間
維修費用比例	(%/kW·年)	3	2012 年我國小型風力機產業調查數據平均
小風機躉購費率	(新台幣元/度)	7.3562	根據經濟部公告之民國 101 年再生能源電能躉購費率
小風機安裝成本(相較於售價)	(%)	10	根據 2012 年我國小型風力機產業調查結果，平均安裝費用為售價之 10%

資料來源：本研究整理。

(一)、基本情境

基本情境為目前台灣中小型風力機商業模式現況，由國內的風力機廠商將小型風力機直接販售給代理商或用戶。對於一般的用戶而言，目前的販售模式並未透過任何的融資方式，用戶於期初支付一筆金額購買並安裝風力機，且每年負擔風力機的運作維護費用；而在收入部分，用戶可申請再生能源電能躉售並獲得收入，廠商則獲得販賣風力機之收入。在此情境下分析用戶投資指標所使用之參數如表 12 所示，而基本情境下用戶各期(本研究設定一年一期，以下

各情境皆同)之現金流量及累積現金流量如表 13 所示。

表 12、基本情境使用之參數及說明

參數名稱	單位	數值	說明
預定利率	(%)	1.425	以中央銀行三年定期存款(一般)之利率代表消費者的資金成本

資料來源：本研究整理。

表 13、基本情境下用戶各期之現金流量分析

年度	各期現金流	累積現金流
0	(167,000)	(167,000)
1	6,024	(160,976)
2	6,024	(154,951)
3	6,024	(148,927)
4	6,024	(142,903)
5	6,024	(136,879)
6	6,024	(130,854)
7	6,024	(124,830)
8	6,024	(118,806)
9	6,024	(112,781)
10	6,024	(106,757)
11	6,024	(100,733)
12	6,024	(94,708)
13	6,024	(88,684)
14	6,024	(82,660)
15	6,024	(76,636)
16	6,024	(70,611)
17	6,024	(64,587)
18	6,024	(58,563)
19	6,024	(52,538)

年度	各期現金流	累積現金流
20	6,024	(46,514)

資料來源：本研究整理。

在基本情境下，用戶的投資指標計算結果顯示，20 年期之投資報酬率為-17.41%，投資淨現值為-\$61,920，內部報酬率為-2.93%，而回收年限則為 27.72 年，用戶明顯沒有設置小型風力機的投資誘因。且從用戶之現金流量分析中可以得知，用戶購買小型風力機後在合約期限內(20 年)，將無法回收期初投入之成本，是故必然沒有投資小型風力機之可能性。

(二)分期付款

在此情境下，本研究假設廠商將透過降低產品期初價格以達到推廣更多風力機的目標，並提供分期付款之商業模式供用戶選擇，以提供用戶具有投資誘因的模型。本研究設定廠商提供(1)不採用分期付款、(2)一般分期付款、(3)分期付款金額每年依比例增加及(4)分期付款金額每年依比例減少等四種商業模型，並分別對四種模型進行用戶投資模擬分析。有關分期付款情境下所使用的參數如表 14 所示，而用戶在各種商業模型的財務指標分析結果如表 15 所示。

表 14、分期付款情境使用之參數及說明

參數名稱	單位	數值	說明
推廣後降低成本比例(廠商)	(%)	30	此降低之比例僅限「風力機本體」，不含安裝費用
推廣後售價	(元)	121,910	此推廣後成本為風機價格扣掉安裝費用後打折，再加回安裝費用
分期付款期數	(期)	10	

參數名稱	單位	數值	說明
分期付款等比增加比例	(%)	3	
分期付款等比減少比例	(%)	3	
預定利率	(%)	0.33	使用中央銀行公告之活存利率代表無風險下之資金成本

資料來源：本研究整理。

表 15、分期付款情境下各種商業模型之綜合分析結果

分期付款情境商業模型	不採用分期付款	採用分期付款	分期付款金額每年依比例增加	分期付款金額每年依比例減少
ROI	13.14%	11.86%	11.81%	11.92%
NPV	-\$74,910	-\$18,692	-\$16,568	-\$20,936
IRR	1.890%	3.123%	3.262%	2.995%
PP	17	17	17	17

資料來源：本研究整理。

在分期付款情境分析的四種商業模型中，不論用戶選擇何種商業模型，在目前給定的參數計算下，用戶的回收年限皆需 17 年，且 20 年期之投資報酬率偏低，平均每年僅不到 1%。即使在「分期付款且付款金額每年依比例增加」模型下用戶的內部報酬率可達到 3.262%，但其計畫之淨現值為-\$16,568，對用戶來說也不具備投資誘因。有關「分期付款且付款金額每年依比例增加」模型下用戶之現金流分析如表 16 所示。

表 16、「分期付款且付款金額每年依比例增加」模型用戶各期現金
流分析

年度	各期現金流	累積現金流
0	(10,837)	(10,837)
1	(3,785)	(14,622)
2	(4,120)	(18,742)
3	(4,465)	(23,207)
4	(4,820)	(28,027)
5	(5,186)	(33,213)
6	(5,563)	(38,776)
7	(5,951)	(44,727)
8	(6,351)	(51,078)
9	(6,763)	(57,840)
10	7,377	(50,463)
11	7,377	(43,086)
12	7,377	(35,709)
13	7,377	(28,332)
14	7,377	(20,955)
15	7,377	(13,578)
16	7,377	(6,201)
17	7,377	1,176
18	7,377	8,553
19	7,377	15,930
20	7,377	23,307

資料來源：本研究整理。

(三)貸款

在第二種情境中，本研究已導入廠商降低售價並利用規模經濟降低成本的方式推廣小型風力機，但分析結果顯示用戶的投資誘因並

沒有明顯改善。因此，在貸款情境下，本研究設定廠商將透過更大的降價幅度以大量推廣風力機，並同時也透過更大的規模經濟效果降低廠商的生產成本。另外，參考台灣近年來推廣家用小型太陽能設備之經驗，本研究也導入銀行貸款之機制，期望能減少用戶期初資金投入，改善現金流量及財務指標，使用戶對設置小型風力機有投資之誘因。有關貸款情境下使用之參數及說明如表 17 所示。

表 17、貸款情境使用之參數及說明

參數名稱	單位	數值	說明
推廣降低成本比例(廠商)	(%)	50	
最高貸款比率	(%)	80	參考台南推動太陽光電，協調銀行提供優惠貸款之貸款比率設定
貸款返還期數	(年)	10	
貸款金額返還等比增加比例	(%)	3	
貸款金額返還等比減少比例	(%)	3	
延期返還貸款金額年限	(年)	1	
預定利率	(%)	4.08	參考台南推動太陽光電，協調銀行提供之優惠貸款利率

資料來源：本研究整理。

在此情境中，本研究假設用戶有(1)一般貸款、(2)貸款延期返還、(3)貸款返還金額每年依比例增加及(4)貸款返還金額每年依比例減少等四種商業模型選擇，則根據本研究假設參數所分析出之商業模型財務指標結果如表 18 所示。

表 18、貸款情境下各種商業模型之綜合分析結果

貸款情境 商業模型	一般貸款	貸款本金延 期返還	貸款返還金 額每年依比 例增加	貸款返還金 額每年依比 例減少
ROI	23.64%	21.74%	23.18%	24.11%
NPV	\$19,090	\$19,090	\$19,090	\$19,090
IRR	8.6%	9.64%	8.81%	8.40%
PP	14	14	14	14

資料來源：本研究整理。

在貸款的情境下，不論用戶選擇何種商業模型，其投資之回收年限皆為 14 年，20 年期之投資報酬率約為 21%~25%，而內部報酬率則為 8~10%。在年平均報酬率僅有約 1.2%且投資回收年限皆超過 10 年的情形下，對用戶而言設置小型風力機之投資誘因仍嫌不足。以「貸款返還金額每年依比例增加」之模型為例，該模型藉由期初返還貸款金額較少之方式企圖改善用戶在剛開始設置小型風力機之幾年內的現金流量，並期望降低回收年限，但結果顯示仍需 14 年才可回收。有關該模型中用戶各期現金流量及累積現金流量如表 19 所示。

表 19、「貸款返還金額每年依比例增加」模型用戶各期現金流分析

年度	各期現金流	累積現金流
0	(18,370)	(18,370)
1	267	(18,103)
2	27	(18,076)
3	(221)	(18,297)
4	(476)	(18,773)

年度	各期現金流	累積現金流
5	(738)	(19,511)
6	(1,009)	(20,520)
7	(1,288)	(21,808)
8	(1,575)	(23,838)
9	(1,870)	(25,253)
10	(2,175)	(27,428)
11	8,279	(19,149)
12	8,279	(1,0870)
13	8,279	(2,591)
14	8,279	5,688
15	8,279	13,966
16	8,279	22,245
17	8,279	30,524
18	8,279	38,803
19	8,279	47,082
20	8,279	55,360

資料來源：本研究整理。

(四)租賃模式

在前三種情境中，本研究已分析廠商「販售」小型風力機給用戶的各種可能推廣情境，期能找出對用戶具有投資誘因的財務模型方案。研究結果顯示，不管是基本情境，降價推廣並導入分期付款機制，或更大量的推廣再導入貸款機制，皆無法提供用戶足夠之投資誘因。因此，本研究參考國外家用小型分散式電力系統最新之推廣方式，導入小型家用再生能源租賃模式。在租賃設備的情境中，用戶將改由向廠商租賃的方式租用小型風力機，支付租金而不擁有設備，但仍可申請再生能源電能躉售以回收租金；廠商則向用戶收取

租金，但因租賃模式下設備之所有權仍為廠商，故廠商需負擔設備每年的運作維護成本。有關租賃情境下計算投資指標之參數及說明如表 20 所示。

表 20、租賃模式下使用之參數及說明

參數名稱	單位	數值	說明
推廣降低成本比例(廠商)	(%)	30	
預定利率	(%)	0.33	使用中央銀行公告之活存利率 代表無風險下之資金成本
年租費期數	(期)	20	
延期分期付款年數	(年)	1	
年租費等比增加比例	(%)	3	
年租費等比減少比例	(%)	3	

資料來源：本研究整理。

在租賃情境下，本研究假設廠商提供用戶三種可行之商業模型，依據提供用戶租金付款方式的不同，設定的模型包括(1)一般年租模型(設備年租費每年相等)、(2)年租金額等比增加模型及(3)年租金額等比減少模型。根據本研究使用之參數計算，有關用戶在三種商業模型中之財務指標分析結果如表 21 所示。

表 21、租賃情境下各種商業模型之綜合分析結果

租賃情境 商業模型	一般年租 模型	年租等比 增加模型	年租等比 減少模型
ROI	47.60%	47.13%	48.09%
NPV	\$27,190	\$20,416	\$33,752

租賃情境 商業模型	一般年租 模型	年租等比 增加模型	年租等比 減少模型
IRR	47.60%	91.17%	25.31%
PP	3	2	5

資料來源：本研究整理。

在租賃情境下，相較於前三種情境用戶使用「購買」的方式，用戶於租賃模式中雖不擁有設備，但一樣可獲得小型風力機發電電能躉售之收入，且因設備所有權為風機廠商，故用戶也不需負擔風力機運作維護之成本，這些因素大幅減少了用戶於投資小型風力機時之支出。分析結果顯示，不論在哪種商業模型中，用戶的各項財務衡量指標(包括投資報酬率、淨現值、內部報酬率及回收年限)皆大幅改善，若選擇「年租金額等比增加」模型則用戶之回收年限僅需 2 年，且內部報酬率高達 91.17%。有關用戶在此模型中之各期現金流量及累積現金流量如表 22 所示。

表 22、「年租金額等比增加」模型用戶各期現金流分析

年度	各期現金流	累積現金流
0	(7,476)	(7,476)
1	3,559	(3,917)
2	3,559	(358)
3	3,559	3,200
4	3,559	6,759
5	3,559	10,318
6	3,559	13,876
7	3,559	17,435

年度	各期現金流	累積現金流
8	3,559	20,994
9	3,559	24,552
10	3,559	28,111
11	3,559	31,670
12	3,559	35,228
13	3,559	38,787
14	3,559	42,346
15	3,559	45,904
16	3,559	49,463
17	3,559	53,022
18	3,559	56,580
19	3,559	60,139
20	11,034	71,173

資料來源：本研究整理。

根據分析的結果，用戶在租賃模式下將具有極高之投資誘因。因此，本研究在租賃模式下進一步分析風力機廠商之財務指標，研究結果發現由於廠商擁有設備在我國尚未提供再生能源設備認定相關優惠政策下，並沒有明顯優勢。廠商在租賃模式中因擁有設備而需額外負擔設備之運作維護費用，且設備之殘值難以認定，故相較於販售小型風力機予消費者來說，在租賃模式下廠商需負擔較多之成本。有關廠商在租賃情境中三種可能之商業模型的財務分析結果如下。

表 23、風力機廠商於租賃情境下之財務分析

租賃模型 廠商收益	用戶一般 年租模型	用戶年租等比 增加模型	用戶年租等比 減少模型
ROI	-5.96%	-5.65%	-6.27%
NPV	-\$11,996	-\$11,996	-\$11,996
IRR	-1.11%	-0.89%	-1.43%
PP	無法回收	無法回收	無法回收

資料來源：本研究整理。

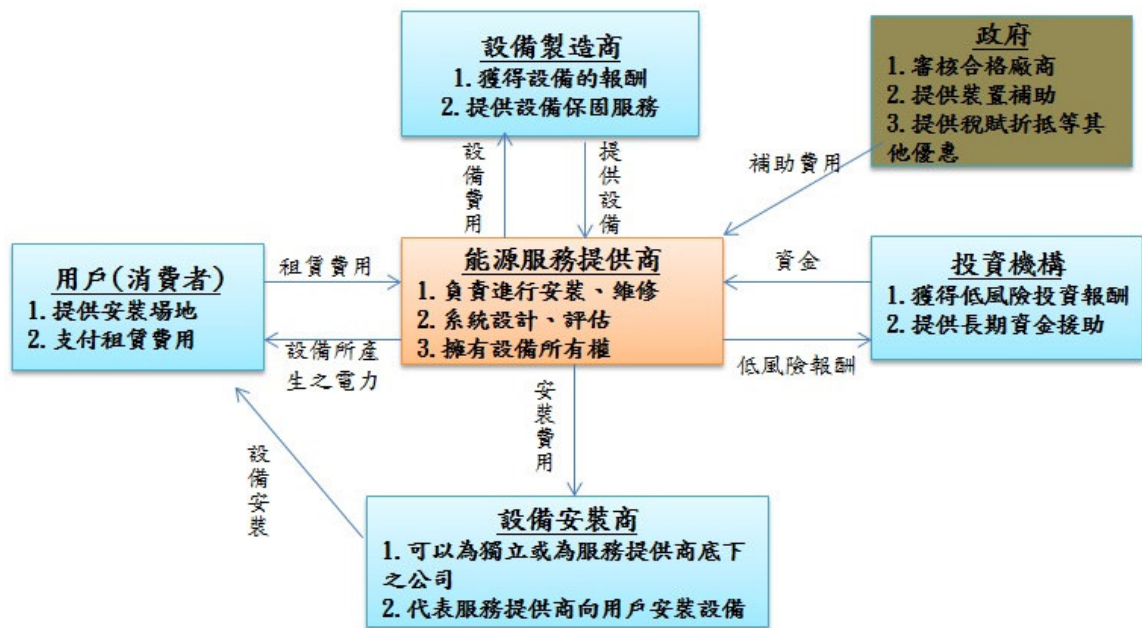
參、主要發現與結論

一、主要發現

(一)、國外推廣小型分散式再生能源設備之案例分析

本研究整理國外對於推廣小型太陽能或小型風力機等家用小型分散式電力系統之推廣營運模式，以設計對於消費者具有誘因之可行商業推廣模型，其中包括用戶、再生能源設備製造商、能源服務提供商、再生能源安裝商、投資或融資機構、政府及電力公司等。

以租賃模式為例，再生能源服務提供商將做為推廣營運模式的中心，與用戶簽訂再生能源設備租賃合約，並垂直整合再生能源設備製造商及設備安裝商，提供相關服務予用戶；另外，將爭取外部投資者之資金進入市場，擴大市場規模，並透過申請政府可能提供的補助或稅負折抵等額外鼓勵措施增加收入，提供消費者更有誘因的租賃合約，降低再生能源設備的期初進入障礙，推廣一般家用消費者投資使用小型再生能源。關於國外推廣小型分散式電力系統之各方參與者(Stakeholders)間之權利及義務關係整理如圖 5 所示。



資料來源：本研究整理。

圖 5、租賃模式下各方參與者關係圖

(二)、台灣小型風力機裝置潛能分析

本研究的估算基礎是以推廣產業兼具分散式電力佈建為原則，計算可裝置地區之面積、道路長度、建築棟數以及住家戶數等背景資料，並研擬推廣方式(每一地區適宜之風力發電機裝置量)，估算全數推廣之最大潛能，最後再以最大潛能之最小裝置量，依推廣先後順序決定各情境下之裝置比例，並估算推廣目標及推廣比例。本研究將小型風力機裝置的目標市場劃分為併網型及離網型兩大塊，併網型部分包含公共工程示範計畫、新建大樓屋頂、離島住宅型、本島濱海地區家用型、休閒農莊及河濱公園等，離網型則包含風光互補路燈及基地台，其底下再個別列出詳細裝置目標市場，以進行我國各目標市場的短、中、長期之小型風力機裝置潛能分析。統計各目標市場之裝置潛能如圖 6 所示。短期內國內累積裝置容量潛能於

2015 年時約可達 39MW，而 2020 年時裝置潛能將成長至 211MW，展望 2025 年更可達到約 383MW 的裝置潛能。

推廣目標市場		短期 (2015年)	中期 (2020年)	長期 (2025年)
併 網 型	公共工程示範計畫 (工業區、科學園區)(1~5kW)	8 MW	46 MW	
	新建大樓屋頂(1~3kW)	3 MW	11 MW	
離 網 型	離島住宅型(1~3kW)	1 MW	15 MW	46 MW
	本島濱海地區家用型(1~5kW)	24 MW	66 MW	174 MW
	休閒農莊、河濱公園等(1~100kW)	1 MW	65 MW	89 MW
離 網 型	風光互補型路燈(100~300W)	1 MW	6 MW	12 MW
	基地台(100~300W)	1 MW	3 MW	5 MW
索計裝置容量總計		39 MW	211 MW	383 MW

資料來源：蘇美惠、涂宇維、張庭璋、左峻德，台灣發展小型風力機之市場潛能與推動策略評估，2012 台灣風能學術研討會，2012 年 12 月 11 日。

圖 6、我國小型風力機裝置潛能分析

(三)、台灣家用中小型風力機推廣營運模式分析

為了降低家用消費者投入小型再生能源的進入障礙，包括美國及英國皆已發展出新型態的商業模式以推廣小型分散式電力系統。以英國為例，英國的小型風力機製造商 Evance Wind 公司於 2011 年宣布與再生能源投資公司 SolarVentus 合作，提供一項創新的小型風力機融資服務。其商業模式為由地主提供土地讓投資公司設置小型風力機，以換取 25 年內免費使用小型風力機所產生的電力；而投資公司可獲得再生能源售電收入及政府提供的裝置補助、稅賦折抵、再生能源義務憑證等。

本研究提出四種台灣可行之小型風力機推廣模式情境分析，包括

(1)基本情境、(2)分期付款、(3)貸款、(4)租賃。在不同的推廣情境模式下，先以用戶端的投資指標(平均報酬率、回收年限)作為評比標準，在輔以風力機廠商之投資指標分析，以確定推廣情境可行性。模型分析所使用的各項參數為根據2012年度台灣小型風力機產業調查之平均裝置成本、維護成本與年發電量等，以進行各推廣模式情境之投資分析模擬試算，以提出對用戶及小型風力機廠商雙方皆具備投資財務誘因之推廣營運模式。

研究結果顯示，四種情境下僅用戶透過付年租費的方式向廠商租賃風力機，且年租費每年依等比例增加之「租賃模式」具備吸引用戶參與的財務誘因(如表 24)；此時，用戶之 20 年投資報酬率為 46.8%，淨現值為\$15,896，內部報酬率為(IRR)為 133.7%。在租賃模式下進一步分析風力機廠商之投資報酬率，研究結果發現無論是 20 年投資報酬率(約為-5.5%)或內部報酬率(約為-0.78%)皆無法提供廠商正向報酬，且從累積現金流量之分析將可發現，廠商至租賃合約結束前尚無法回收成本，顯示對風力機廠商而言並不會投入此項推廣模式。有關在租賃模式下用戶及廠商於租賃期約內之累積現金流分析如圖 7 所示。

表 24、不同推廣情境下用戶面投資可行性分析

推廣情境	情境描述	投資指標分析結果	用戶評比結果
情境一：基本情境	台灣小型風力機商業模式現況；廠商將風力機直接販售給代理商或消費者，用戶未透過其他融資模式	20年投資報酬率：-17.4% 淨現值：-\$61,920 內部報酬率：-2.9% 回收年限：28年	無投資誘因
情境二：分期付款	消費者透過分期付款的方式購買風力機；廠商則降低價格以大量推廣，並透過規模經濟效益降低成本30%	20年投資報酬率：11.8% 淨現值：-\$16,568 內部報酬率：3.3% 回收年限：17年	無投資誘因
情境三：貸款	消費者透過期初貸款的方式購買風力機；廠商則藉由更大量的推廣並將價格壓更低，吸引用戶設置，並透過規模經濟效益降低成本50%	20年投資報酬率：23.2% 淨現值：\$19,090 內部報酬率：8.8% 回收年限：14年	極小投資誘因
情境四：租賃模式	用戶透過付年租費的方式向廠商租賃風力機(且年租費每年依等比例增加)，廠商則收取租金，並透過規模經濟降低成本30%，且負責設備的運作及維護	20年投資報酬率：46.8% 淨現值：\$15,896 內部報酬率：133.7% 回收年限：1年	高投資誘因

資料來源：本研究整理。

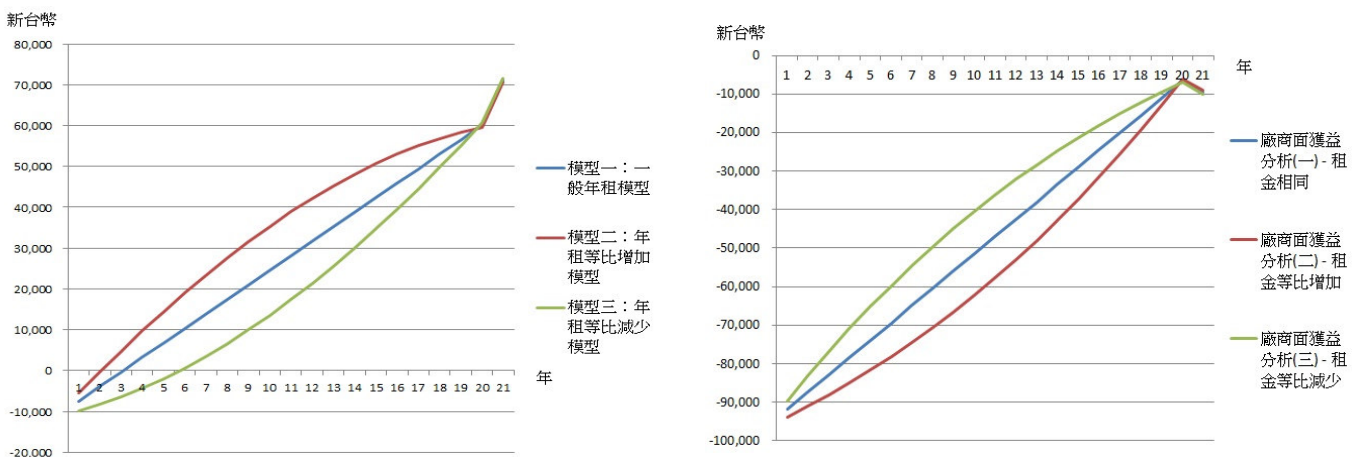


圖 7、租賃模式下用戶(左)與廠商(右)累積現金流量分析

資料來源：本研究整理。

二、結論與建議

因應全球分散式電力發展趨勢下，中小型風力機市場潛力與成長動力明顯加大，過去幾年政府對於中小型風力機產業所挹注的資源相當有限下，我國產業仍在外銷市場上有所表現，2011 年出貨量在全球僅次於中國、美國及英國排名全球第四。然而在各國陸續對於中小型風力提供政策支持下，越來越多廠商投入，國際市場競爭日益激烈。若我國產業無法擴大規模經濟降低生產成本，目前在國際市場之競爭優勢將無法保持。

我國為一海島型國家，擁有 121 座平均風速達 7~9 公尺/秒的優良風況，再加上本島濱海地區風能資源亦相當充沛，中小型風力機市場在 2025 年預估將有 383MW 的裝置潛能，若可針對不同的目標市場進行推廣，將可大幅帶動我國中小型風力機內需市場，進而使國內廠商擴大生產規模降低生產成本，強化國際競爭力。然而在現況下，研究結果顯示一般的販售模式無法提供用戶充分的投資誘因，原因在於設置成本(包括運作維護成本)偏高，且政府提供之再生能源電能躉購費率偏低，購買小型風力機的用戶難以利用電能躉售的收入攤平設置風力機的成本，對用戶來說沒有投入的誘因。因此，本研究導入國外推廣家用小型再生能源的租賃模型，期望能藉由降低用戶的進入障礙及分散設置的成本已增加用戶投資的可行性。分析結果發現此模型將大幅提高用戶之財務投資誘因，各項投資指標相較於購買模型皆較佳，但由於廠商負擔之成本增加，且我國至目前為止尚未提供擁有再生能源設備之獎勵，擁有設備的誘因不足，廠商僅靠用戶租賃設備之租金並無法回收其生產及管銷成本，顯示

廠商在政府若未提供其它獎勵措施前，則將不願投入租賃模式之推廣。

我國小型風力機產業尚處於萌芽期，產業尚未達經濟規模，仍仰賴政府於國內市場推動初期給予產業健全的發展環境，與有效補助或補助政策之協助。建議政府提供小型風力機相同於小型太陽光電推動初期之優惠政策，包括優惠的再生能源躉購費率、裝置補助甚至是獎勵超額發電，鼓勵離島或濱海地區等風資源良好的潛在用戶購買設置小型風力機；亦或是制定設置中小型風力機的稅負折抵機制、提供再生能源設備或發電認定等，提高廠商擁有設備的誘因，使再生能源租賃得以推動。迨國內市場成功推廣後，產業將可藉由經濟規模降低成本，屆時政府工具將可逐步退場。研究結果顯示，若以本研究使用之參數計算，政府若可在推廣的初期提供 30%的裝置補助或稅負折抵，則在租賃情境的年租等比增加模型中，廠商的回收年限將降至 9 年，內部報酬率為 10.7%，且 20 年期報酬率為 90.3%，顯示廠商將願意投入小型風力機租賃模式的推廣(在此情形下，消費者的回收年限為 2 年，內部報酬率為 91.2%，且 20 年期的投資報酬率為 47.1%，財務指標顯示此模式對消費者也具有投資誘因)。

肆、參考文獻

- [1] AWEA, “AWEA Small Wind Turbine Global Market Study: 2009”, 2010.
- [2] 李德孚，中國農機工業協會風能設備分會，“2009年中國小型風力發電產業發展概況”，第四屆中國（上海）國際風能研討會，2010年4月28日。
- [3] Renewable UK, Small Wind Systems UK Market Report, 2011.
- [4] Globaldata, Small Wind Turbines (less than 100kW) - Global Market Size, Analysis by Power Range, Regulations and Competitive Landscape to 2020, 2011.
- [5] 台灣經濟研究院，工業技術研究院委託之「中小型風力機產業發展策略研究計畫」期末報告，2011年11月。
- [6] 台灣經濟研究院，經濟部標準檢驗局委託之「國際中小型風機標準驗證技術合作計畫」期末報告，2011年12月。
- [7] AWEA, 2011 U.S. Small Wind Turbine Market Report, 2012.
- [8] Renewable UK, Small Wind Systems UK Market Report, 2012.
- [9] 李德孚，2010年中國中小型風力發電行業發展報告，CWEEA, 2012.
- [10] 蘇美惠、涂宇維、張庭璋、左峻德，台灣發展小型風力機之市場潛能與推動策略評估，2012台灣風能學術研討會，2012年12月19日。
- [11] 蘇美惠、左峻德，從經濟效益分析台灣小風機產業推動策略，碳經濟，第21期，2011年5月。
- [12] NREL, Solar Leasing for Residential PV Systems, 2009.