

世界最美麗海灣低碳島示範計畫

于錫亮 國立澎湖科技大學觀光休閒系教授
朱盈蓓 國立澎湖科技大學觀光休閒系講師
洪棟霖 澎湖縣政府參議

壹、緣起

人類的永續生存是架構在一個平衡生態的基礎之上，氣候的遽變已警示人類對地球的嚴重破壞，因應全球暖化、溫室氣體減量遂成為世界各國主要政策議題。由於能源於人類經濟活動中扮演相當關鍵的地位，因此全球追求永續發展的浪潮中，永續能源發展即為核心課題。經濟部能源局揭示永續能源發展應兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來世代發展的需要。島嶼環境與大陸相較起來，島嶼生態系脆弱、自然資源不足，更因環境承載有限，在發展上更應將有限資源作有效率的使用，開發對環境友善的潔淨能源，與確保持續穩定的能源供應。為順應國際情勢的演變與國際能源發展的潮流，以「立足臺灣，放遠國際」的新思維，兼顧國際發展需求以及國內社經條件，作為永續能源發展策略之基礎（經濟部能源局，2006a）。政府大力推動綠色能源，其中風力發電是潔淨發電重要方式之一，最大優點是自產能源及減少傳統石化能源造成的汙染。

臺灣本身是一座擁有東北季風吹襲四面環海的海島型國家，是一個得天獨厚的天然風場，尤其是冬天強勁的東北季風，以此來建構低碳島是臺灣推動節能減碳的希望。因此 2011 年經濟部選擇澎湖作為低碳示範島，預計投入近 81 億元為澎湖打造「低碳家園」，由於澎湖海岸風力資源豐富，臺電相繼在中屯、湖西沿海設立風力發電機組。澎湖得天獨厚的風，是發展風力發電的絕佳條件，澎湖科技大學因此開設綠色能源課程，於校內設立風電機組對培訓學生成為相關人才有相當助益。但風力發電對環境生態的影響應妥適評估，設備設置也引發不同意見，比如影響鳥類的棲地選擇（Kingsley & Whittam, 2001），以及風車發出的低頻噪音威脅人類健康，造成所謂的「風車病」，症狀如暈眩、焦躁到失憶不等（Pierpont, 2009）。

鑑於國內在陸域風力發電設置過程面對的意見，需多加溝通，而離岸風力發電場址設於海面上，對社區產生的影響相對降低，同時海上風場具備比陸域風場風速佳，且風況穩定之條件。因此朝離岸風電發展是目前側重的方向，

以適當利用海上更佳之風能及節省陸地資源。政府也於 2012 年 7 月 26 日正式公告《風力發電離岸系統示範獎勵辦法》，鼓勵民間示範離岸風力發電場址設於海面上。但離岸風力發電開發涉及海洋生態環境與漁業資源之維護，如澎湖海域一直是重要漁場，其附近無人島於夏季時為燕鷗重要產卵棲地，必須考量環境上的影響，在適當方式控管下，或可將衝擊降至最低，且未來透過漁場的再利用，或可發展成為觀光休閒產業以增加經濟收益，打造人工魚礁以復育生態環境。綠色能源固然在永續環境上扮演著重要角色，但對於生態平衡、居民生計及經濟利用上應兼顧，包括進行環評的審慎作業，漁業回饋補償配套，亟需跨部會整合。因此本文欲事先瞭解民眾對於發展離岸式風電的認知、能源市場變化趨勢以及監督能源市場是否朝永續發展方向邁進，以作為未來政府及時修訂環境永續發展相關政策之參考依據，期望研議出能夠獲致環境永續利用的政策。

貳、低碳島規劃

一、澎湖概況

澎湖歷年（1950-2010）平均溫度約為 23.1 度，以 5-9 月之間最高，月平均氣溫都在 25 度以上，最熱的 7-8 月平均氣溫超過 28 度，氣溫從 11 月開始轉涼至隔年 4 月，但每月平均氣溫仍在 16 度以上。由 1950 年至 2010 年各月平均氣溫統計表可看出澎湖氣候溫度應該是四季宜人，惟澎湖島嶼四周平坦缺乏高山遮蔽因而受東北季風影響嚴峻，農作物生長受限，因而發展漁業。

以本研究假設規劃為離岸式風電之澎湖北海海域為例，係漁民重要的漁場，白沙鄉北部海域的丁香罾位一向由當地村廟在三月份抽籤，來排定各丁香漁業船組使用各罾位作業的輪流表，做為共同遵行的依據，每年開放罾位供漁民捕丁香的日期也要聽從村廟的決定。而島嶼周圍的遮網網位早期也是由村廟以抽籤排定使用的順序，近年才改為發包的方式處理。漁船出海作業的安全，漁獲的多寡，漁具的適當使用，船主與「海腳」的福利幾乎都繫於「大公」的養成。一個適任的優秀「大公」在作業場上所展現的操船，

表 1 澎湖 1950 年至 2010 年逐月平均氣溫、風速與雨量

項目 \ 月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	月平均
平均氣溫 (度)	16.7	16.9	19.3	22.9	25.7	27.5	28.7	28.6	27.7	23.7	21.8	17.7	23.1
平均風速 (m/s)	6.5	6.0	5.2	4.2	3.6	3.5	3.2	3.1	4.2	7.5	7.1	7.5	5.2
平均降雨量 (毫米)	21.3	45.3	62.5	78.3	110.7	185.8	152.1	173.6	120.3	49.3	26.8	22.1	161.3

資料來源：中央氣象局

調度、指揮的功力，往往左右著漁船回航時的滿載與否。在丁香漁撈競爭激烈的眾多船組中，具有火候的「大公」也往往是船主爭相禮聘的對象。「大公」的養成條件約有下列幾項：

- (一) 能辨識海底底質，尋找丁香漁場。
- (二) 能辨識漁場空間，以求漁場的再利用—「咬山辦」與「燈火辦」。
- (三) 能選擇最佳漁場，以求最佳漁獲。
- (四) 能熟知海流潮汐，瞭解月週期、日週期及八卦流。
- (五) 能掌握海象天候，保障生命財產安全及能操作現代裝備，提高漁事效益。

丁香漁業是漁村夏季漁撈的骨幹，由於漁法的改進，產量漸增，船隊紛紛成組。而公海作業的漁事糾紛也層出不窮，因此成立一個漁事仲裁機構實在有其必要。於是在村廟組織下由每組船隊派二位代表（一人為大船大公，一人為火船大公）成立一個稱為「大公會議」的漁事小組，大公會議除了調解漁事糾紛外，還負責安排罾位的輪流順序，並依實際需要宣佈「禁港」，以避免漁源枯竭。

位於此區域稍遠處的雞善嶼、錠鉤嶼、小白沙也被澎湖縣政府劃定為自然保留區，此三島面積狹小，且無森林、湖泊可供鳥類棲息繁衍，此區除了岩鷺與小雲雀為留鳥外，其餘皆為候鳥。夏季候鳥有小燕鷗、白眉燕鷗、蒼燕鷗、紅燕鷗、鳳頭燕鷗和玄燕鷗。冬季候鳥則有中杓鷗、翻石鷗、藍磯鷗、磯鷗及東方環頸等，其

餘則為過境鳥或迷途鳥。在此繁殖的夏候鳥紅燕鷗和冬候鳥遊隼更列名《臺灣鳥類紅皮書》。

二、離岸式風電

風力發電的成本接近天然氣發電，是目前較經濟的再生能源之一。自《京都議定書》生效後，氣候變遷促使國際對二氧化碳減量的承諾逐漸形成共識，其中，風力發電有助二氧化碳減量，歐洲國家雖曾設法在陸上擴大風力機組裝置容量，但適當的陸上風場越來越少，且民眾對風力機組的噪音、陰影閃爍及視野障礙感到不滿，因此，走向大海的離岸式風力發電已成為未來發展趨勢。

自 1990 年瑞典建立了第一個離岸式（offshore）風力發電應用試驗案例後，截至 2006 年為止，全球共設置有 20 多處之離岸式風力發電廠，總計發電容量 92.88 萬瓩。大型之離岸式風力發電廠集中在丹麥、英國等國，丹麥居冠共 39.44 萬瓩；英國 32.92 萬瓩；荷蘭 12.68 萬瓩。目前歐洲國家中包括比利時、丹麥、芬蘭、法國、德國、希臘、愛爾蘭、義大利、荷蘭、波蘭、瑞典及英國等均有規劃或建造中之離岸式風力發電廠。2003 年英國政府宣布將在英國海岸線地區設立 15 個離岸風場，總裝置容量預計可高達 120 萬瓩。德國政府並訂定 2020 年完成 600 萬瓩離岸式風力發電裝置容量的目標，並在 2025 年於近海開發 2,500 萬瓩的離岸式風力發電廠。根據歐洲風能協會預測，歐洲國家對離岸式風力發電之目標於 2030 年時更可達 5,200 萬瓩。可見歐盟諸多成員正

逐步規劃往離岸式風力發電發展。

海上風能較陸上平均多出 40% 產能，但設置成本比陸上多約 60%，並且風險高，如此昂貴的成本突顯離岸風電有賴技術進步以降低成本，唯有提高可用率及延長使用壽命才有助永續經營。儘管如此，與更為昂貴的太陽光電相比，發電量大的離岸風電有其潛力，將是臺灣發展再生能源的重點，雖然目前離岸風電的開發尚屬起步，但仍有如下列優勢值得考量：

- (一) 風速通常較陸上高約 20%，風能可增加 72%，且塔架不必做得太高。
- (二) 氣流較陸上穩定，風機疲勞載荷較小，壽命較陸上提高 25%。
- (三) 遠離陸地，景觀、噪音及光影問題小，可適度提高轉速以增加效率。
- (四) 場址用地取得較陸上單純，不易發生抗爭，且塔底形成魚礁可引來魚群，增加漁獲量。
- (五) 靜風期少，每年滿載小時較陸上長久，有利擴大發電量。
- (六) 未來風機可更大型化，容易達到經濟規模，可縮短回收期。(林伯峰，2008)

在海洋觀光旅遊業結合離岸風電場的開發，歐洲近年來亦有豐富的發展經驗，如德國推廣北海離岸風電旅遊，結合風場開發商、飯店業者及當地附近旅遊景點，包裝成綠色環保之離岸風電深度觀光旅遊。離岸風力發電產業發展在全球皆屬導入期，五成以上市場集中在英國。本計畫

參酌英國蘇格蘭政府針對離岸風力發電產業發展之策略環境評估 (Strategic Environmental Assessment) 規劃報告，針對漁業、觀光、景觀衝擊、環評生態及居民就業之構面，同時參酌日本發展漁業協調型離岸風力發電之構想，作為未來臺灣發展離岸風力發電觀光休閒產業發展之構面。

三、永續能源

由於能源於人類經濟活動中扮演相當關鍵的地位，因此全球追求永續發展的浪潮中，永續能源發展即為核心課題，2002 年 8 月於南非約翰尼斯堡舉行的世界高峰會議，永續能源利用即是當中的重要議題之一。此外，國際先進國家或機構紛紛發展一系列永續能源指標系統用以追蹤評估一國能源永續發展之成效，並藉由相關能源政策的評估，期望研議出能夠獲致能源永續利用的能源政策。

永續發展是一個廣泛的觀念，包括人類對於商品與勞務、就業、社會榮景 (social aspects)，及環境維護等的基本需求，因此，具有永續發展的政策應該能夠照顧未來世代且同時能夠提供現世代的生活福祉及經濟競爭力。

若從能源政策的觀點看，則必須體察到永續發展的能源政策應該兼顧三個能源政策的傳統目標，亦即：

- (一)「供給安全」(security of supply)：提供能源供應安全及穩定；

(二)「競爭力」(competitiveness)：支撐經濟、就業及福利的動態成長；

(三)「關心環境」(concern for the environment)：維護環境及生態系統。

前述任一個能源政策目標，均是構成社會追求永續發展不可或缺的一環。因此，可以瞭解到「永續能源政策」(sustainable energy policy)的內涵為最大化一國居民長期福祉，並同時維持能源供應安全、能源服務競爭力及環境保護間的合理平衡。

四、綠色經濟

學者 McDonough & Braungart (2008) 提出綠色經濟應從工業設計角度、不傷及經濟成長與利用充滿巧思創意的方式改變傳統的工業設計，並且認為改善環境不該從減廢談起，因為當談起減廢時人們心中所思考的仍是與浪費有關，因此該思考的是依據生物化學法則，任何事都要能夠回到大自然循環中。陳銀娥與高思 (2010) 則提出綠色經濟是以市場為導向，以傳統產業經濟為基礎，經濟、社會與環境的和諧統一為目的而發展出一種新經濟形式，是產業經濟為適應人類環保與健康所需而產生的一種發展狀態。且綠色經濟的主要內容為節能減碳與低碳經濟。蘇時鵬與張春霞 (2004) 則認為綠色經濟的發展過程是對傳統經濟的揚棄過程，在這過程形成了各種形式的綠色經濟系統，這些系統組成一個網絡，其本身也不斷演進，擴大範圍，綠色內涵逐步深化。在臺灣綠色經濟最初可自 2008 年公布國家之永續能源政策綱領，

宣示臺灣節能減碳之國家目標開始。2009 年聯合國環境規劃署 (UNEP) 提出全球綠色新政的概念，呼籲全球領袖於投資方面，轉向能夠創造更多工作機會的環境計畫，藉以修復支撐全球經濟的自然生態系統，以解決氣候變遷與經濟衰退的雙重危機，並期使世人「由挖掘地球轉為管理與再投資地球」(黃釋緯，2010)。

綠色經濟最初於已開發國家開始起步，現已逐步推行至發展中國家，發展綠色經濟相當成功的案例則是丹麥 Samsø 島。丹麥領土包括日爾德半島以及 405 個島嶼，發展風能的時間已將近 30 年。1997 年，丹麥的能源部因為重視生態環保，希望能夠利用再生能源轉變成 100% 能源自給自足的地方，因此舉辦了「永續能源島」計劃的競賽。該計劃有兩項必要的準則：一是降低所有能源的消耗，例如熱能、電力及交通運輸；二是要優先考慮到當地參與的程度，例如企業、社區、當地政府及組織的支持。在當時丹麥有 4 個島嶼及 1 個半島參加競賽，包括：Laso、Samsø、Ero、Mon 及 Thyholm。結果在同年 10 月由 Samsø 島勝出，開始實施 10 年計劃，在 2007 年末到前 Samsø 島早已達成計劃的目標，成為永續利用的「再生能源」島。

Samsø 島面積 114 平方公里，人口 4,400 人，是全世界百分之百使用再生能源的能源島，目前其電力供應 100% 來自風力發電，11 座陸上風力電機提供全島的電力需求，主要是政府落實了計劃準則的目標，更重要的是丹麥政府成功推動結合居民組成合作企業，設置風力發電

機在農地上，風力所產生的電還賣出丹麥本島，讓民眾分股共同分享能源利潤。

Samso 島在 2000 年完成的 11 座 1MW 的陸上發電機，當時每 MW 設置成本約為 80 萬歐元，高度為 77 公尺，當時使用 2 種投資建造而成，大多數為私人所有，小部是由許多小股東組成當地企業投資興建而成。2003 年完成的 10 座 2.3MW 的離岸風力發電機，目的是抵消因交通運輸所產生的二氧化碳排放，當時每 MW 成本約為 140 萬歐元，高度為 82.4 公尺，單機發電容量 1 年約 800 萬度，可供 2000 個家庭使用，此時的投資方式可分為 3 種，1 是產權歸 Samso 島當地政府所有，其風機收益將投資在未來能源計劃；2 是私人所有，由當地農民合資設置風力機；3 是合作企業所有，由許多小股東組成的合作企業。

在丹麥每個人平均排放 11 噸的 CO₂、80 公斤的 NO₂ 及 20 公斤的 SO₂；當 Samso 島轉變成再生能源島後，每位島民減少排放 4 噸的二氧化碳、2 公斤的 NO₂ 以及 1 公斤的 SO₂。由於 Samso 島的交通運輸受當時技術限制尚未完全使用再生能源，為了讓運輸更有效率及減少化石燃料 20% 的消耗，開始計劃將汽油車漸漸改變為電力車或最終變成氫能車；丹麥風力產業發展至今，除了已開始能將電從事銷售外，更增加 2 萬餘個工作機會，居民既節省家中能源又能藉投資獲利，更重要的是參與氣候變遷調適與溫室氣體減量的行動，是名符其實的綠色經濟。

綜合上述可知，澎湖現今走向低碳島擁有中央政策的支持，對於發展綠色經濟是絕佳的立基點，丹麥的風力產業最初為農業自用隨著



圖 1 澎湖鳥嶼澎湖灘

資料來源：澎湖縣政府提供

發展演進，其在風力科技的技術已能外銷風力外亦創造工作與投資獲利的機會，澎湖的韌性社區可與低碳島緊密結合，朝向綠色經濟產業以謀求永續發展，而欲永續發展則需將3R減量（Reduce）、循環（Recycle）與再利用（Reuse）之理念融入。

參、未來展望

民國100年1月6日行政院核定建置《澎湖低碳島專案計畫》，總期程：100年1月至105年12月底。計畫執行成果包括：建置陸域風機33MW、汰換電動機車3840部、增設太陽光電8M、綠化造林超過200公頃、智慧電網2106戶、降低漏水率低於25%。澎湖低碳島初期的執行成果受到國內外關心全球氣候變遷議題各方的重視，同時深獲在地民眾的認同。包括臺灣與英國綠色能源技術交流、亞太經合會

能源小組、友邦島嶼國家參訪團、歐洲駐臺商會等，均陸續到澎湖考察臺灣低碳島嶼的執行情形以尋求國際合作的契機。為向國際社會表達臺灣因應氣候變遷和全球同步的決心與相同的價值理念，澎湖更在「世界最美麗海灣組織」2012土耳其年會中申請加入該國際組織，以自然文化為基礎，加上澎湖低碳島的具體行動，獲得該國際組織全體會員的支持，於2014年獲頒證書成為該國際組織的會員，後續並成功爭取到2018世界年會在臺灣澎湖灣舉辦。

行政院林全院長於105年6月18日蒞臨澎湖視導澎湖風力發電情形，並聽取建置《澎湖低碳島專案計畫》之執行成果，對於澎湖低碳島的政策方向表示肯定，允諾支持並期待能做得更好以成為臺灣的國際亮點，經由中央與地方政府通力合作，政府與民間的共同參與，澎湖是有機會成為臺灣綠色永續的示範標竿。

參考文獻

1. 林伯峰。2007。離岸風力發電。*機械月刊*第33卷第10期：52-69。
2. 林伯峰。2008。離岸式風力發電與臺灣。*能源報導*：34-36。
3. 林清山。1984。線性結構模式（LISREL）電腦程式的理論與應用。*測驗年刊*31，149-164。
4. 陳銀娥、高思。2010。中國綠色經濟發展的制度構建，*綜合競爭力*6，81-87。
5. 馬信行。1999。*教育科學研究法*。臺北：五南。
6. 鄧振源、曾國雄。1989。層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（上）。*中國統計學報*27（6），13707-13724。
7. 鄧振源、曾國雄。1989。層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（下）。*中國統計學報*27（7），13767-13870。
8. 盧建旭。1996。公共行政學的文獻回顧架構。*空中大學行政學報*5，177-210。
9. 楊國樞。1996。*社會取向與個我取向心理與行為的家庭教化歷程*。臺北：行政院國科會。
10. 黃釋緯。2010。綠色經濟是永續發展的新未來。*臺灣經濟研究月刊*33(1)，56-62。
11. 蘇時鵬、張春霞。2004。論綠色經濟網絡。*中國人資源與環境*14(3)，10-13。

12. 葉至誠、葉立誠。2002。《研究方法与论文写作》第二版。臺北市：商鼎。
13. 鐘鋒鍵。2009。臺灣農會推動商業保險之研究。碩士論文，嶺東科技大學國際企業研究所。
14. Anderson, J. C. and Gerbing, D. W. 1988. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, Vol 103(3), 411-423.
15. Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and Black, W. C. 1998. *Multivariate Data Analysis*. 5th Ed. Prentice-Hall International, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
16. McDonough, William and Braungart, Michael. 2008. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York. North Point Press.
17. Metcalfe, M. 2003. Author: The literature review as expert witnesses. *Forum Qualitative Sozialforschung* 4(1) Art. 18.
18. Jöreskog, K. G. and Sörbom, D. 1992. *LISREL: A guide to the program and applications*. (3rd ed)., Chicago: Scientific Software International Inc.
19. Kingsley, A. and B. Whittam. 2001. Potential impacts of wind turbines on birds at North Cape, Prince Edward Island. Unpublished report for the PEI Energy Corp. Available online: <http://www.bsc-eoc.org/peiwind.html>. (May 12, 2005)
20. Nina Pierpont, 2009, *Wind Turbine Syndrome*. New York.
21. Saaty, T. L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structural. *Journal of Mathematical Psychology* 15, 234-281.
22. Saaty, T. L. 1989. *The analytic hierarchy process: Application and studies*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
23. Tabachnick, B. G. and Fidell, L. S. 1996. *Using multivariate statistics* (3rd ed.). New York: Harper Collins

The logo for 'Public Governance Quarterly' is a large, abstract graphic composed of numerous overlapping circles and rings in various shades of blue, creating a complex, interconnected pattern. The text 'Public Governance Quarterly' is centered within this graphic in a white, sans-serif font.

Public Governance Quarterly