

台灣可再生能源產業現況與未來展望

—以風力發電和太陽光電為例

許向華、呂惠雯

☐ 高中生組

☐ 大學生組

☒ 研究生組

國立臺北商業大學國際商務系碩士班

主辦單位：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

中華民國 108 年 12 月

摘要

隨著溫室氣體增長，全球暖化成為國際重視議題，加上台灣進口能源依存度高，政府以風力發電和太陽光電做為關鍵發展項目促進能源轉型，致力創造永續發展的社會。而台灣風力發電和太陽光電發電量於近年大幅成長，但仍難以供應龐大用電需求。因此本文旨在以風力發電和太陽光電探討再生能源產業現況以及其未來展望。

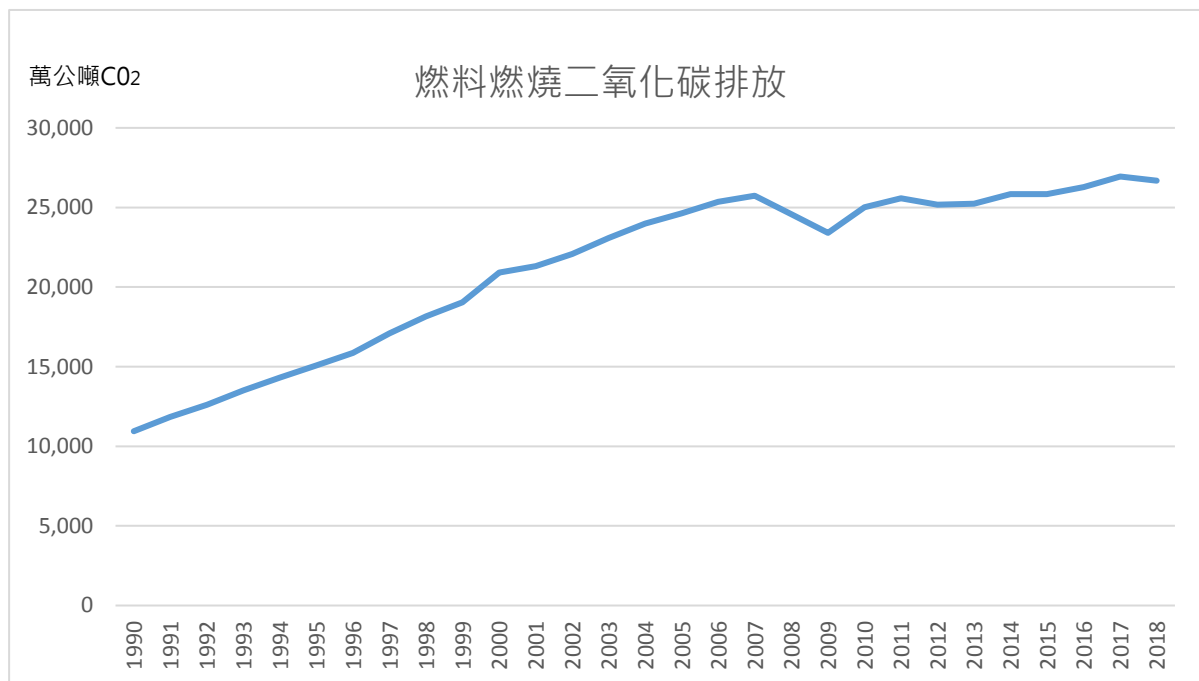
本文以燃料燃燒產生的二氧化碳為開頭，介紹台灣能源概況，和再生能源產業在發展中遇到的阻礙，利用迴歸分析和事件研究法說明綠色金融將如何幫助再生能源產業升級並提出結論。

關鍵字:風力發電、太陽光電、迴歸分析、事件研究法、綠色金融、永續發展

壹、前言

為防止溫室氣體持續增長，全球暖化加劇，《聯合國氣候變化綱要公約》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)於2015年舉行第21屆締約方大會(COP21)中通過《巴黎協議》，致力於將全球平均氣溫控制在與工業革命前相比的 2°C 之內，更進一步設立追求不超過 1.5°C 的艱難目標¹。

全球能源轉型在氣候變遷問題上扮演關鍵角色，台灣政府也在2016年相繼推出《太陽光電兩年計畫》和《風力發電四年計畫》，以太陽光電和風力發電做為關鍵發展項目，目標在2025年達成再生能源發電占比20%²，以因應再生能源驅動綠色經濟的國際趨勢。(圖一)可發現台灣燃料燃燒產生的CO₂基本呈現上升趨勢，推測2009年因全球金融風暴上升情形逐漸趨緩，雖然台灣政府在2016年推行太陽光電和風力發電計畫，卻於2017年來到最高點26,945萬公噸，在2018年下降至26,688萬公噸。



資料來源：經濟部能源局³，本研究整理

圖一 燃料燃燒二氧化碳排放

除此之外，由(圖二)可看出台灣從1990年代起進口能源依存度相當高，基本上高

¹ 聯合國(2015)。氣候變化框架公約。上網日期：2019年11月1日，取

自：<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/chi/109c.pdf>

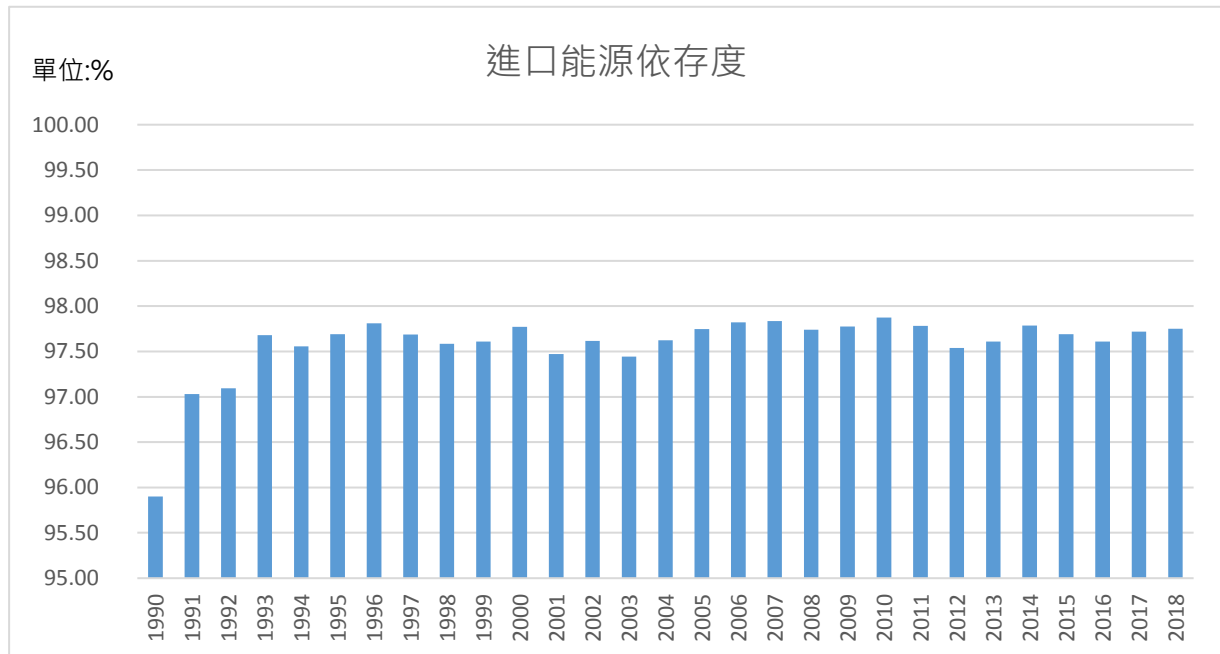
² 行政院新聞傳播處(2018)。能源轉型打造綠能科技島-綠能科技產業創新推動方案。上網日期：2019年11月1日，取自：<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f0c0d485-a977-40cc-aeab-5e19e210fd85>

³ 經濟部能源局。上網日期：2019年11月1日，取

自：<https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

於 97.5%。能源依存度過高的台灣，易受化石燃料原產地影響或面臨未來化石燃料枯竭問題。因此，本文以台灣可再生能源產業現況與未來展望為題，探討台灣將如何提升自主能源，提升再生能源產業，為後代子孫帶來永續發展的社會。



資料來源:經濟部能源局，本研究整理

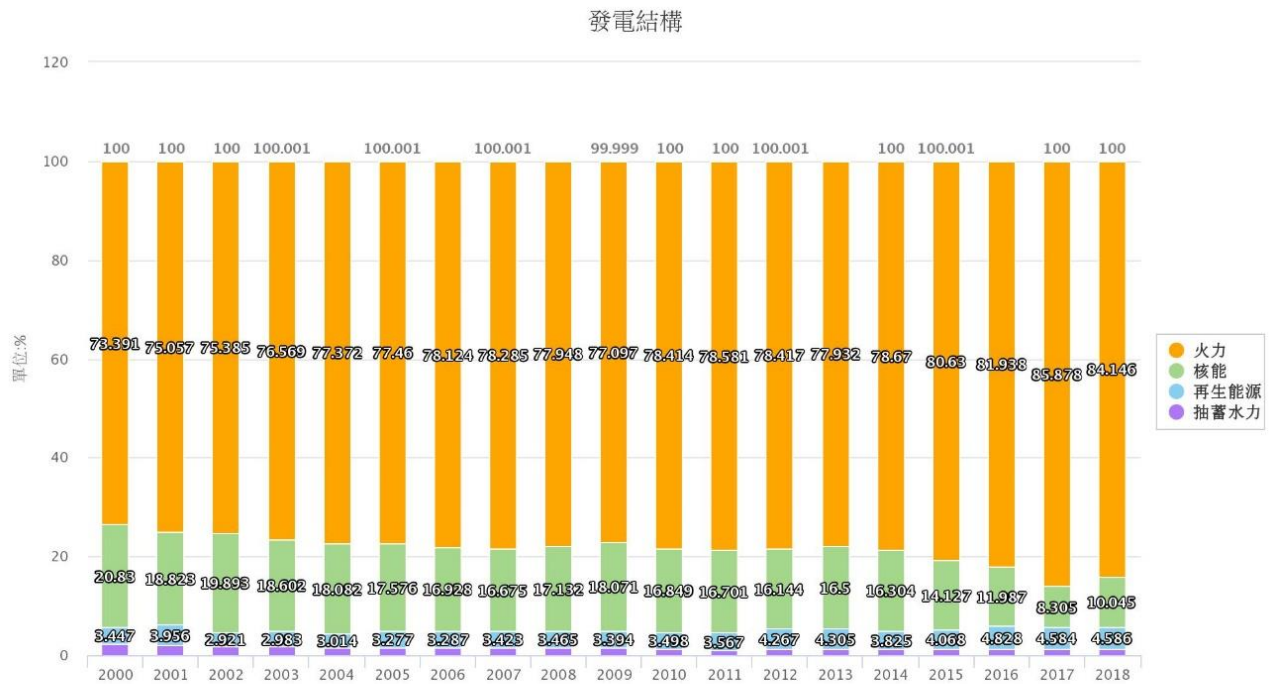
圖二 進口能源依存度

貳、台灣能源概況

一、電力供應量

台灣電力供應種類目前以火力發電為主，其次為核能發電、再生能源和抽蓄水力。透過(圖三)可三發現火力發電基本上呈現逐年增加，核能發電則有逐年下降的趨勢，此情形恰巧反映政府推行的「非核家園」政策。另外，自 2016 年推行太陽光電和風力發電計畫後，再生能源發電比例有明顯上升情形。

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿



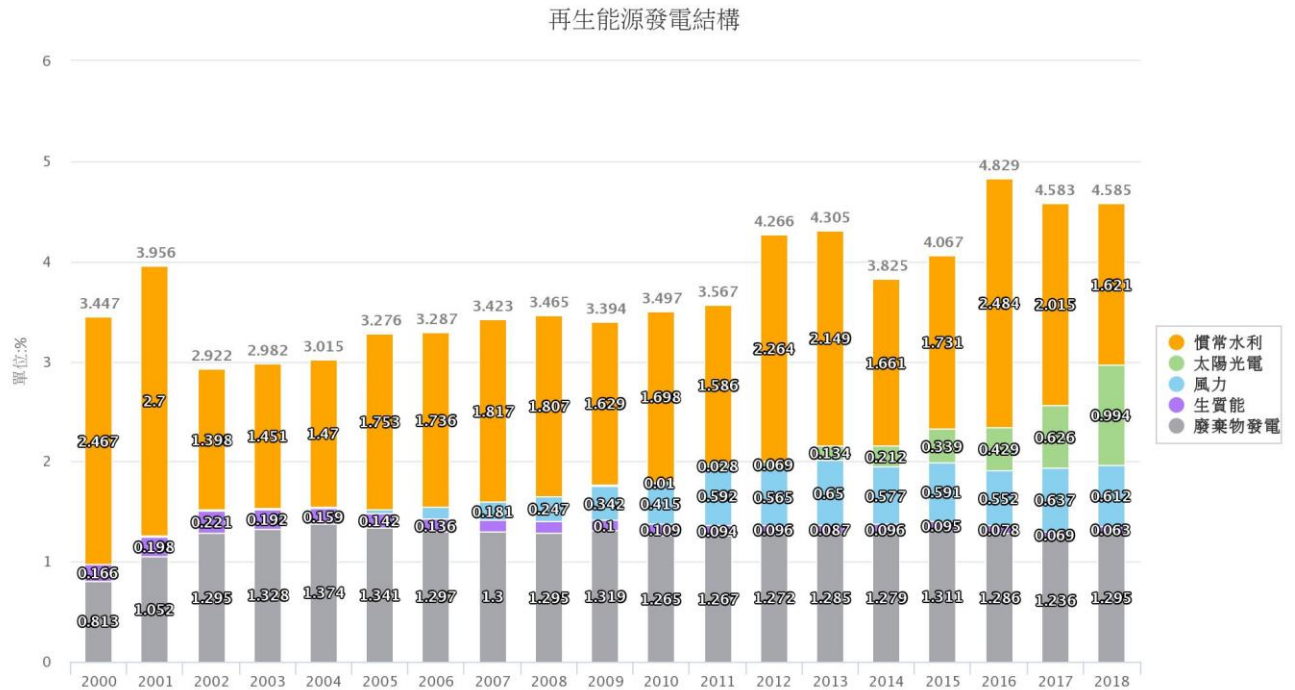
圖形繪製：國研院科技政策研究與資訊中心 PRIDE指標資料庫

Highcharts.com

資料來源：經濟部能源局，本研究整理

圖三 發電結構

如(圖四)所示，台灣再生能源電力供應種類目前仍以慣常水力發電為主，其次為廢棄物發電、太陽光電、風力發電和生質能發電。早期的台灣再生能源發電基本上以慣常水力和生質能為主，近年生質能則有逐漸下降的趨勢，太陽光電和風力發電則是明顯逐步上升。



圖形繪製：國研院科技政策研究與資訊中心 PRIDE指標資料庫

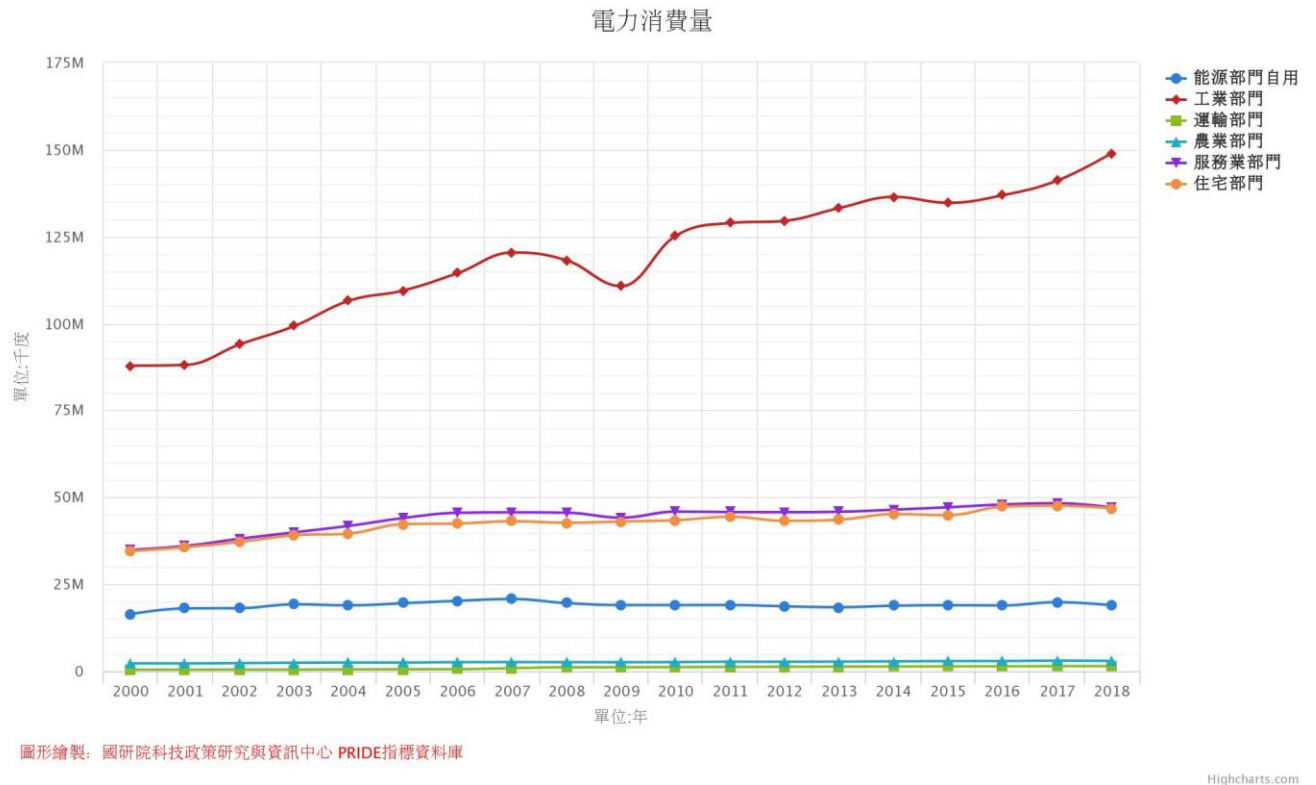
Highcharts.com

資料來源：經濟部能源局，本研究整理

圖四 再生能源發電結構

二、電力消費量

如(圖五)所示，雖然近年台灣政府呼籲節能減碳，但是台灣電力消費呈現逐年上升的趨勢，其中以工業部門電力消費量為最高，其次為服務業和住宅用戶，緊接著為能源部門和電力消費量較低的農業部門和運輸部門。



資料來源:PRIDE 資料庫經過經濟部能源局更新，本研究整理
系統編號:BE10311-0118

圖五 電力消費量

根據台灣目前電力供應種類和電力消費量，縱使太陽光電和風力發電比例有逐漸增加的趨勢，但在電力消費量上升情況下，台灣仍有很大的電力需求。再加上核能電廠即將除役以及火力發電具有碳排放問題，台灣能否在維護環境情況下，使再生能源持續穩定成長以因應龐大電力需求為台灣一大課題。

參、台灣再生能源產業的阻礙

根據怡安保險及中華經濟研究院(2018)調查，台灣目前離岸風電、太陽能光電及其他再生能源業者選出的未來3年「關鍵風險」，排名前3項皆為「政治風險、行政流程與行政效率、及民眾抗爭風險」⁴。

一、政治風險

政治風險為關鍵風險排名第一，其中又以「離岸風電」業者勾選率62%最高，顯示

⁴ 中時電子報、聯合新聞網(2018)。未來三年台灣綠能最關鍵風險-「政治」。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://csrone.com/news/4950>

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

風電業者相當關心離岸風電的「政策持續性」，對未來充滿不確定性。

彰化縣政府與沃旭能源的「大彰化離岸風電計畫」即是一個典型例子，離岸風電業者沃旭於今年 2019 年年初曾決定暫緩投資該計畫，其原因為台灣政府突然取消前高後低階梯式費率、新增 3600 滿發小時上限加上風電躉購費率預計調降。上述政策的改變讓業者覺得唐突，認為台灣政府的政策持續性低⁵。

二、行政流程與行政效率

中華經濟研究院綠色經濟研究中心(2018)表示，受訪廠商認為台灣近年綠能法規及行政部門整合效率有進步，但整體效率仍明顯不足，以今年最熱門的離岸風電議題為例，離岸風電開發商認為，除政治風險外，天然災害、人才短缺、基礎設施及專案融資概念與經驗不足等，會是有礙離岸風電發展的關鍵議題。

如同先前的「大彰化離岸風電計畫」，因彰化縣政府未如期於無意見欄打勾，錯過此項行政程序導致沃旭簽不到 2018 年每度 5.8 度躉購費率，導致該計畫當時停擺。⁶

三、民眾抗爭風險

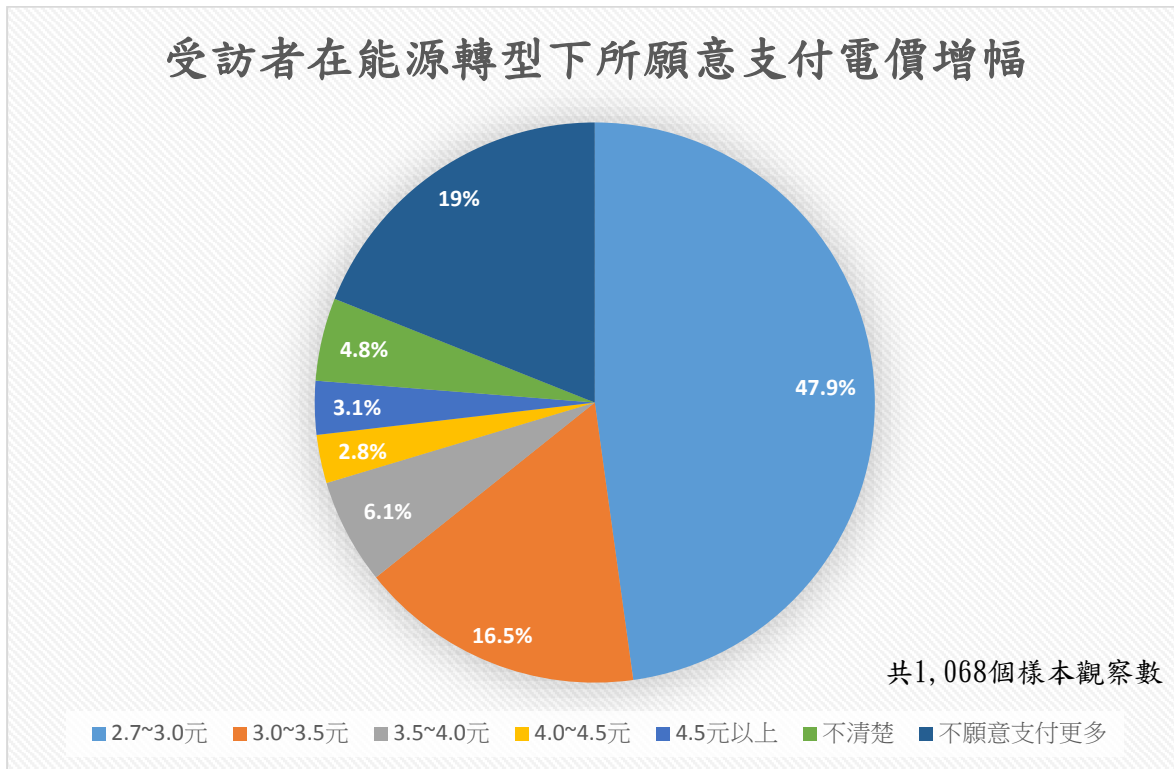
台大風險中心(2018)公布「台灣長期能源轉型公眾感知調查」，詢問民眾為了能源轉型於 2025 年時願意支付的電價，調查結果(圖六)顯示，為了達成非核家園、改善空污並提升再生能源，有 47.9% 的受訪者表示其願意支付的 2025 年時的電價漲至 2.7~3.0 元，其次為 3.0~3.5 元佔 16.5%，其餘表示願意支付的每年電價漲幅依序為 3.5~4.0 元、4.0~4.5 元和 4.5 元以上。另外有 19.0% 的受訪者表示不願意支付更多，以及有 4.8% 的受訪者表示不清楚。然而依照本中心估算，在能源轉型政策推動下，2025 年時的平均電價將會落於每度 3.0~3.5 元⁷。

⁵ 中央通訊社(2019)。離岸風電沃旭停止執行合約 3 要素評估最終投資決議。上網日期:2019 年 11 月 1 日，取自:<https://www.cna.com.tw/news/afe/201901190107.aspx>

⁶ 風傳媒(2019)。只因「一選項」沒勾選，讓千億投資案卡關!接下來「兩大關鍵」決定離岸風電走向。上網日期:2019 年 11 月 1 日，取自:<https://www.storm.mg/article/830995>

⁷ 國立台灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心(2018)。台灣能源轉型公眾感知度調查報告。上網日期:2019 年 11 月 1 日，取

自:rsprc.ntu.edu.tw/images/phocadownload/107/1205/1071205_report.pdf

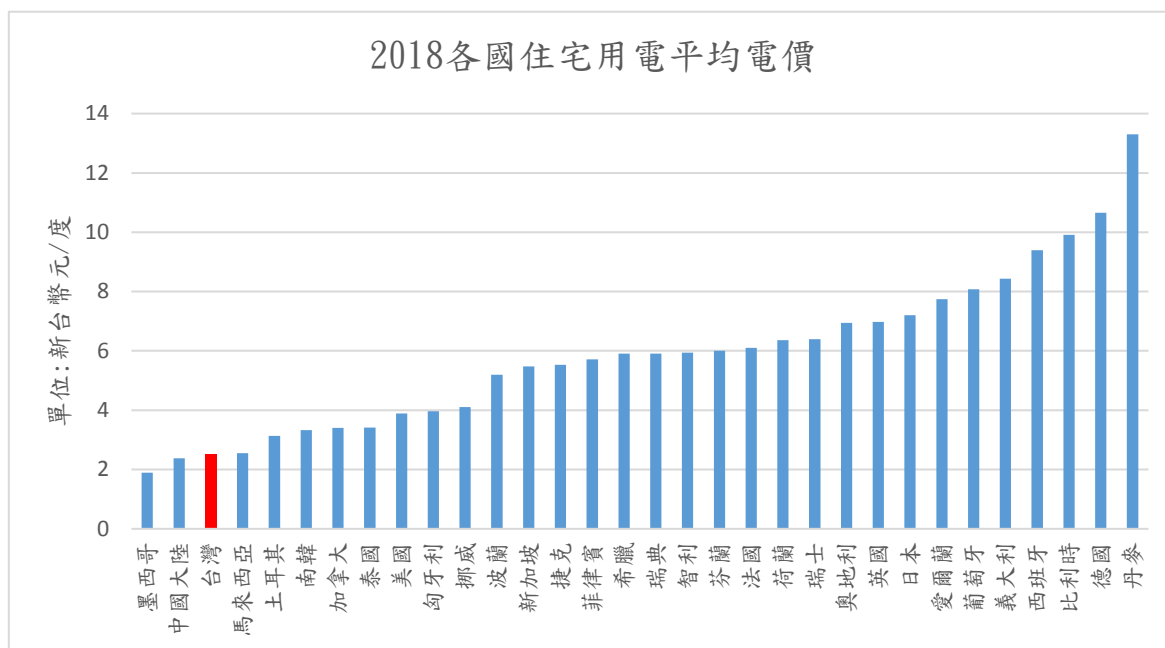


資料來源：國立台灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心，本研究整理

圖六 受訪者在能源轉型下所願意支付電價增幅

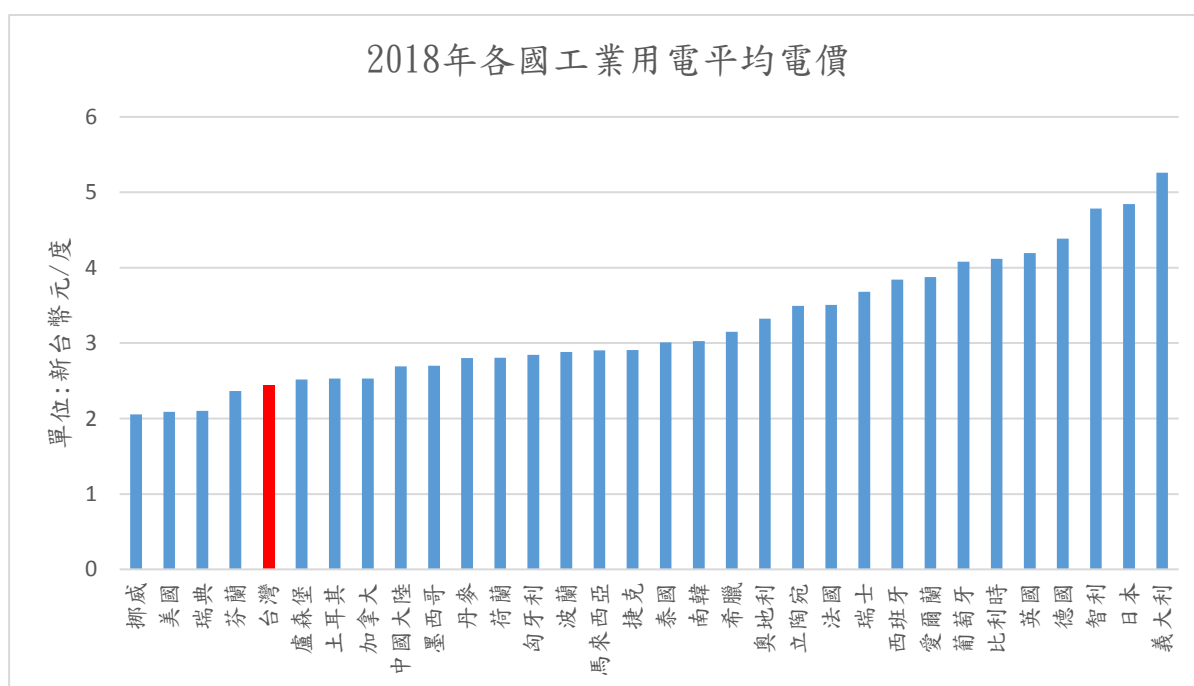
此外，根據(圖七)和(圖八)顯示，台灣在2018年各國住宅用電平均電價中為全球第三低，各國工業用電平均電價則為全球第五低，可以得知台灣的電費在世界中位於低價範圍，即使到了2025年能源轉型，電價提升至每度平均3到3.5元，在國際上仍屬低價範圍。

因此，若政府希望能在2025年前達成能源轉型目標，如何在電價一事上取得平衡，仍需與民間進行溝通，以因應未來電價調整。



資料來源：國際能源署(IEA)⁸、台灣電力公司⁹，本研究整理

圖七 2018 各國住宅用電平均電價



資料來源：國際能源署(IEA)、台灣電力公司，本研究整理

圖八 2018 各國工業用電平均電價

⁸ 國際能源署(IEA)。上網日期：2019 年 11 月 1 日，取自：<https://www.iea.org/>

⁹ 台灣電力公司。國際能源總署(IEA)2019 年發布之最新統計資料與亞鄰各國電價資料。上網日期：2019 年 11 月 1 日，取自：<https://www.taipower.com.tw/tc/index.aspx>

肆、綠色金融促進產業創新

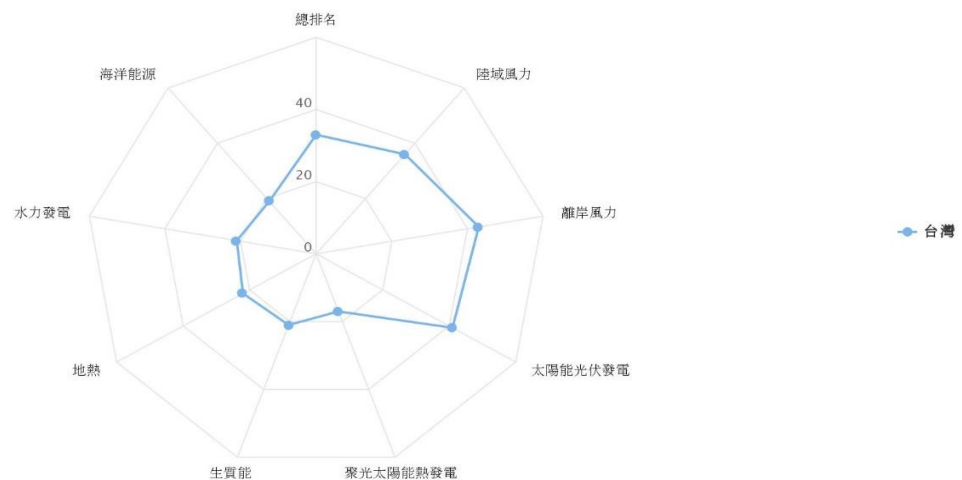
綠色金融為考量永續發展下的金融商品或服務，即「考量環境衝擊與強化環境永續的所有投資與借貸可能形式」，創投(投資)與銀行業(融資)則是綠色金融的關鍵介面。¹⁰ 金管會於2016年提出「綠色金融行動方案」，發展綠色金融針對太陽光電和風力發電產業進行籌資，並以金融市場引導實體產業、投資人和消費者重視永續發展，創造金融、實體產業和社會環境三贏¹¹。

一、綠色金融關鍵介面-投資

(一)台灣再生能源之投資環境

如(圖九)所示，台灣再生能源吸引力在 40 個國家中排名第 33 名，其中表現良好的部分為陸域風力、離岸風力和太陽光電，正好與政府大力推行的風力發電和太陽光電相呼應，因此台灣在發展風力發電和太陽光電上，將有利我國吸引外資投入。

國家再生能源吸引力指標



圖形繪製：國研院科技政策研究與資訊中心 PRIDE指標資料庫

Highcharts.com

資料來源:RECAI¹²，本研究整理

圖九 國家再生能源吸引力指標

¹⁰李盈嬌(2019)。全球綠色經濟發展概況及展望。中華經濟研究院綠色經濟研究中心。

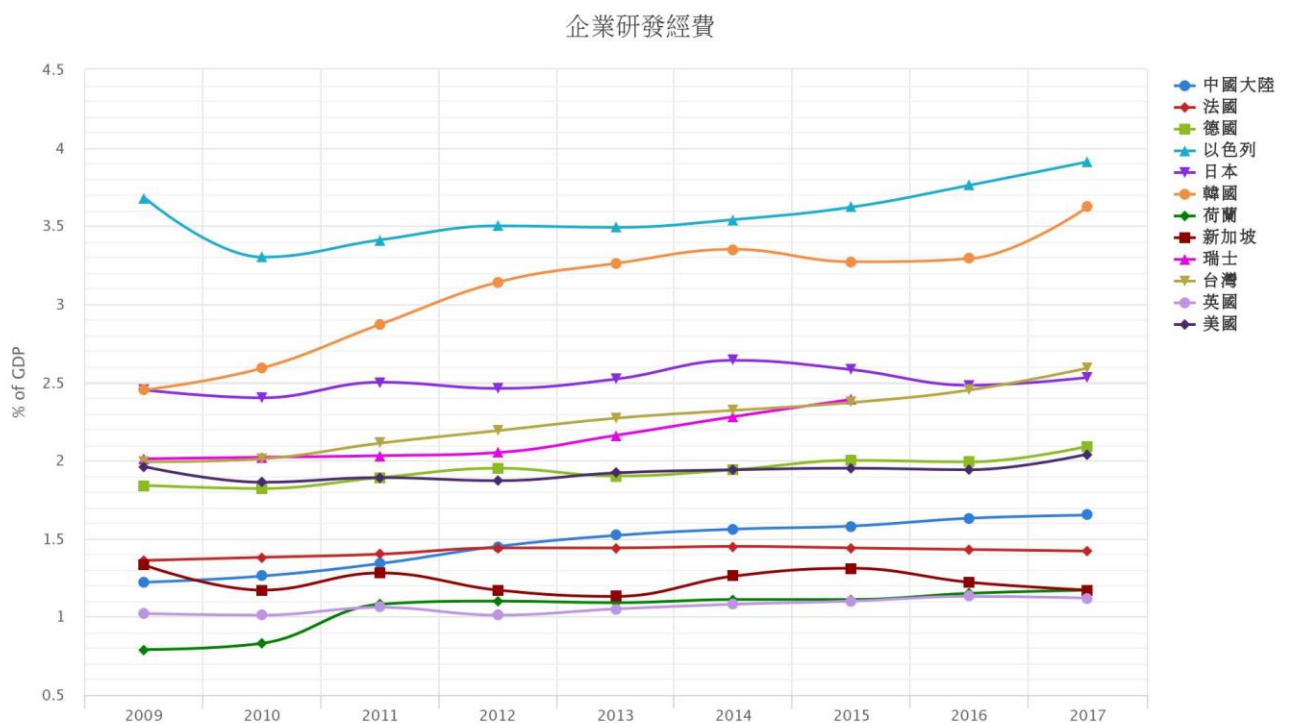
¹¹行政院新聞傳播處(2018)。綠色金融行動方案。上網日期:2019年11月1日，取自：<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/10f95b7f-f1d5-4733-9ef9-399578021c03>

¹²RECAI。上網日期:2019年11月1日，取自：<https://www.ey.com/uk/en/industries/power---utilities/ey-renewable-energy-country-attractiveness-index>

(二)、綠能企業研發經費與再生能源發電裝置容量

鑒於台灣綠色金融與國際相比起步較晚，企業研發投入又為提升產業附加價值及建立關鍵性競爭的優勢來源，本文使用綠能企業研發經費數據代替投資金額，並以發電裝置容量做為再生能源發展程度指標。

根據(圖十)顯示，台灣綠能企業研發經費呈現上升趨勢，但與國際相比仍有成長可能性。與此同時，台灣太陽光電和風力發電裝置容量(圖十一)，大致呈現逐年上升，尤其太陽光電裝置容量有著明顯增長。



資料來源：IMD, World Competitiveness Yearbook

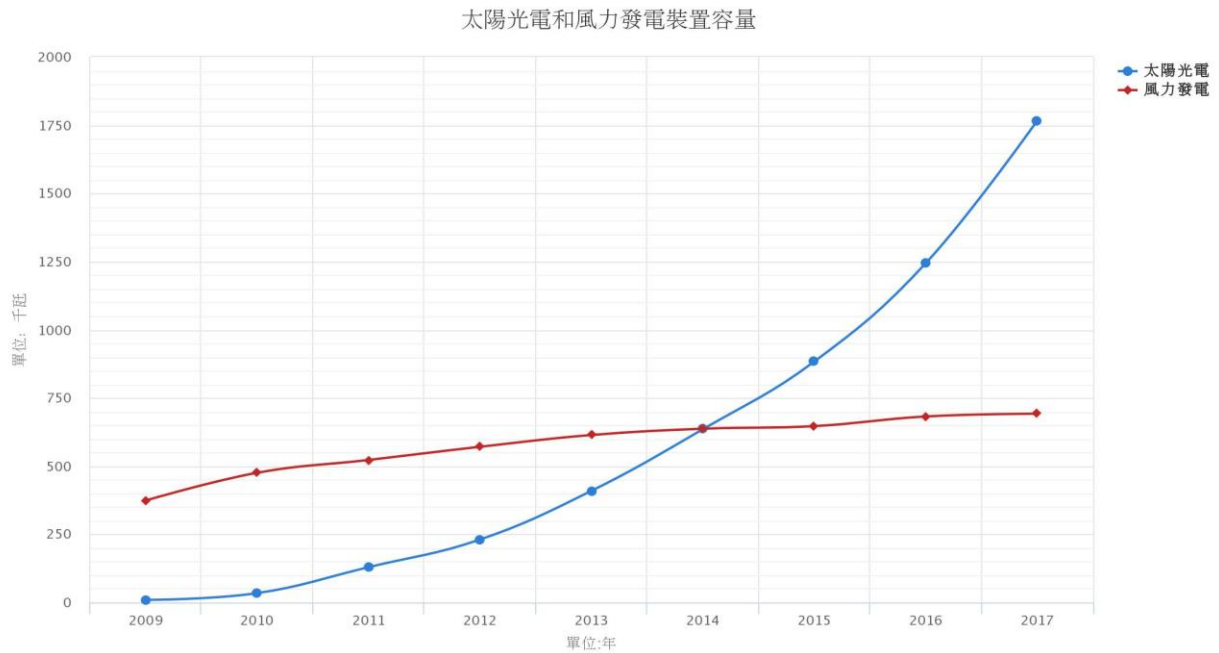
圖形繪製：國研院科技政策研究與資訊中心 PRIDE指標資料庫

Highcharts.com

系統編號：IM10206-0227

圖十 世界綠能企業研發經費

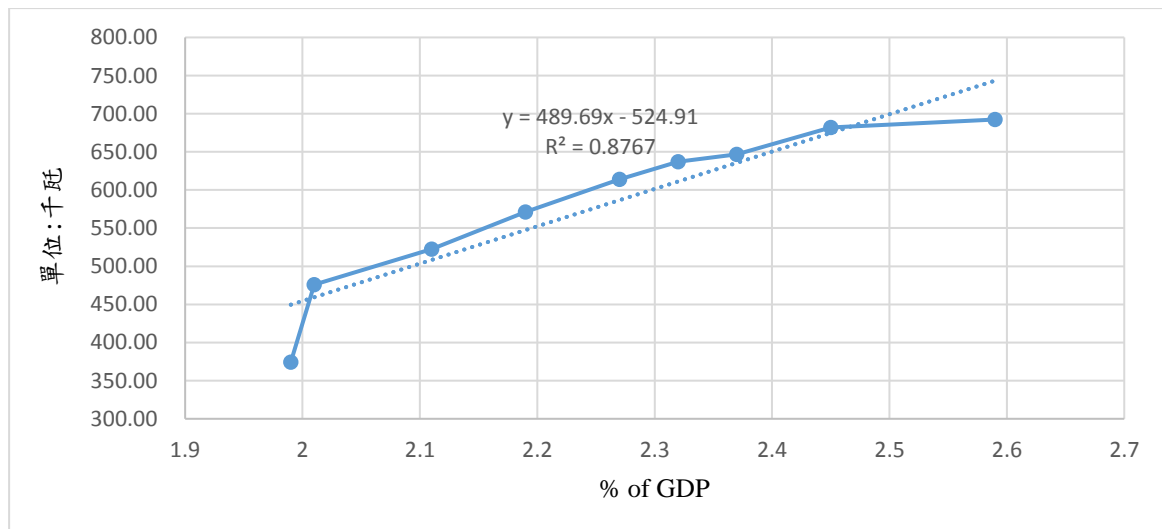
「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿



資料來源：REN21¹³，本研究整理

圖十一 太陽光電和風力發電裝置容量

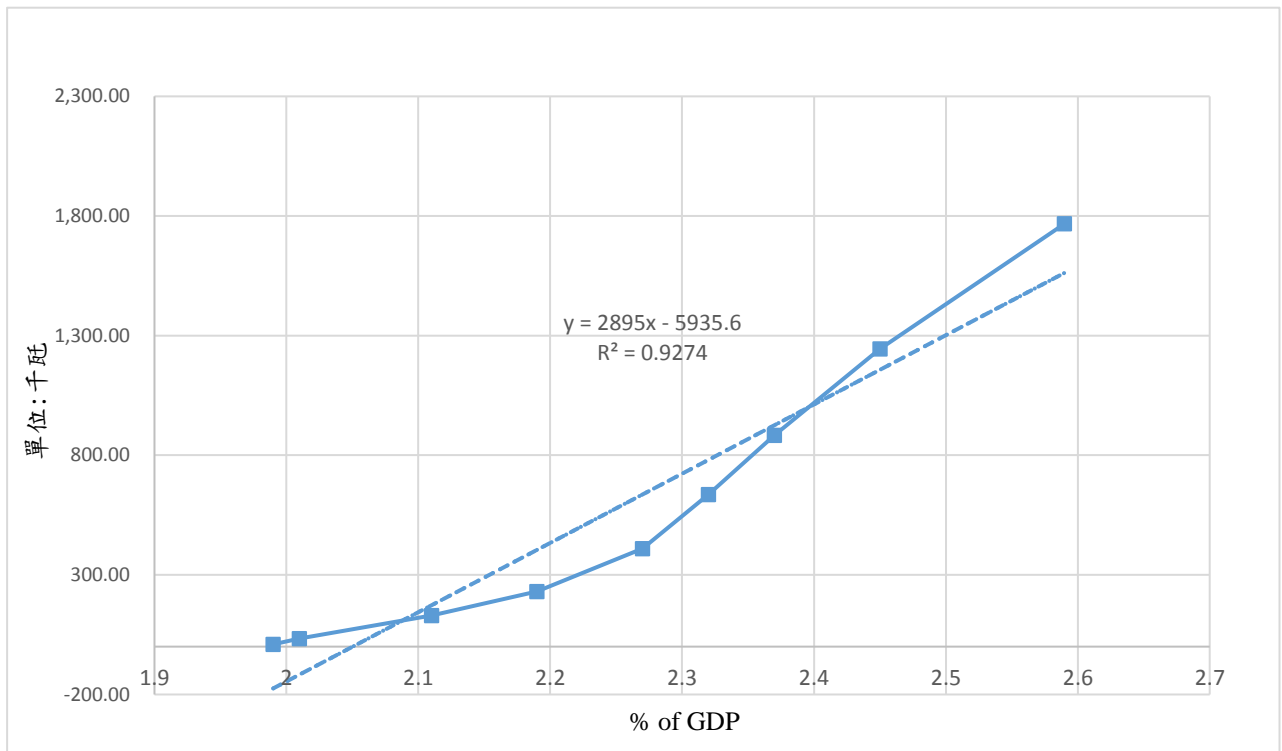
如(圖十二)和(圖十三)所示，綠能企業研發經費與風力發電和太陽光電發電裝置容量呈現正相關， R^2 分別為 0.8767 和 0.9274，表示此資料解釋能力為佳。結果顯示，的確存在對企業投入的綠能研發經費越高，再生能源發電裝置容量也會越高的可能性。



資料來源：本研究整理

圖十二 迴歸分析-綠能企業研發經費與風力發電

¹³ REN21。上網日期：2019 年 11 月 1 日，取自：<https://www.ren21.net/>



資料來源:本研究整理

圖十三 迴歸分析-綠能企業研發經費與太陽光電

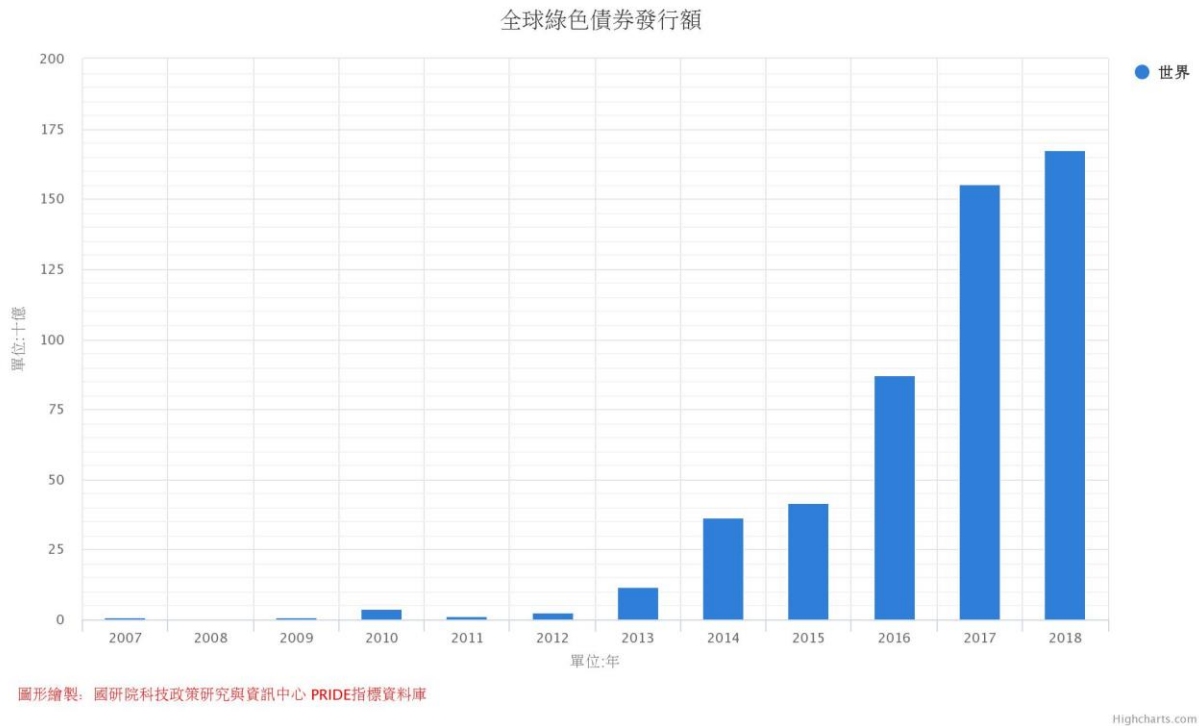
二、綠色金融關鍵介面-融資

(一)近年綠債發展趨勢

2007年由歐洲投資銀行(Europe Investment Bank, EIB)發行第一檔綠色債券，隨後世界銀行(World Bank, WB)和其他國際金融銀行跟進發行，2013年起綠色債券爆發性成長，發行單位更擴張至政府機構、私人銀行和一般企業，其發行額更在2018年來到1673億美元¹⁴。如(圖十四)所示：

¹⁴ 陳立中(2018)。台灣綠色債券發展與各國比較之研究。國立政治大學企業管理研究所碩士學位論文

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿



資料來源:CBI，本研究整理

圖十四 全球綠色債券發行額

如先前所提，綠色債券為發展相當迅速的綠色金融工具之一，2017 年為台灣的「綠債元年」，綠色債券首次上櫃掛牌，目前為止共有 32 檔綠色債券和 18 個發債單位。其中，2017 年有 9 檔、2018 年有 14 檔，今年 2019 年則有 9 檔。因此本研究特別針對綠色債券和綠能產業之間關係作探討。

(二)台灣綠債發展趨勢

玉山金控為國內最先導入赤道原則和綠色債券的金融業者，目前為台灣銀行業台外幣綠色債券發行量第一名，同時也協助民營企業奇美發行綠色債券¹⁵，今年更在 2019 道瓊永續指數(Dow Jones Sustainability Index, DJSI)獲得佳績¹⁶。此外，其募集的綠債資金主要用於支持風力發電、太陽能電廠等再生能源¹⁷。

針對上述本文採用事件研究法，觀察 2017 年至 2019 年玉山發行綠色債券前後是否有股價異常報酬，並探討投資人對綠債的預期和反應。事件發生日設為宣告發行綠債日，將事件期間設為事件發生前後各 10 天，估計期間則設定 150 天。

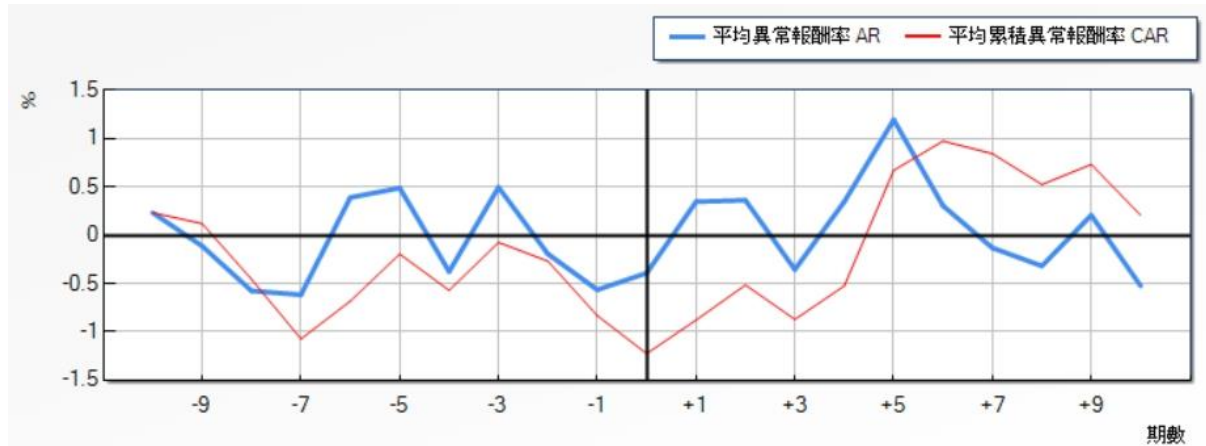
¹⁵ 經濟日報(2019)。玉山赤道原則+綠色債。上網日期：2019 年 10 月 31 日，取自：<https://money.udn.com/money/story/5613/4051046>

¹⁶ 經濟日報(2019)。道瓊永續指數玉山金入雙榜。上網日期：2019 年 10 月 31 日，取自：<https://money.udn.com/money/story/5613/4051045#prettyPhoto>

¹⁷ 工商時報(2018)。玉山金綠色債券發行量居冠。上網日期：2019 年 10 月 31 日，取自：<https://www.chinatimes.com/newspapers/20180907000341-260205?chdtv>

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

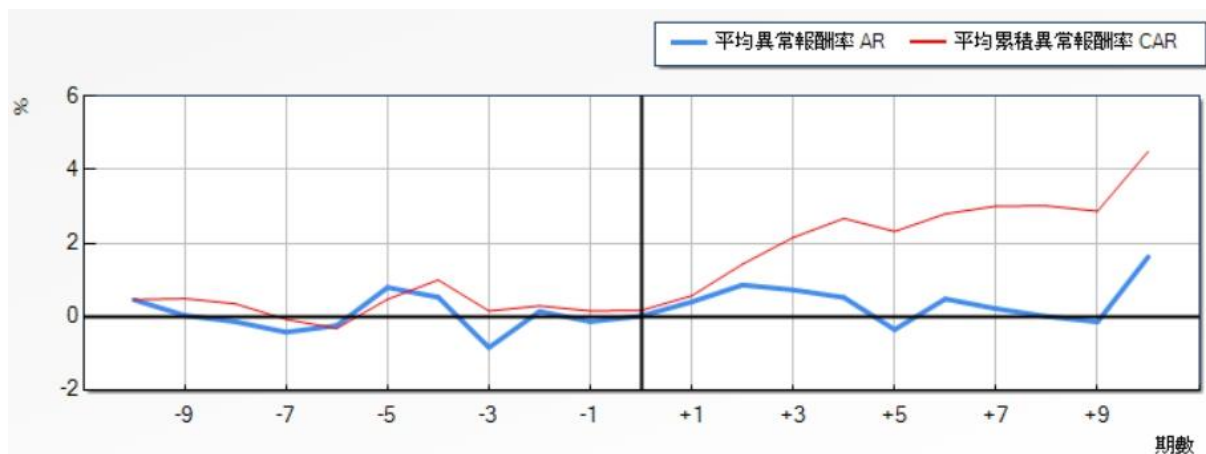
由(圖十五)得知，事件發生前幾日的平均異常報酬(AR)在正負值間波動，於事件後第5日($t=5$)平均異常報酬(AR)報酬來到最高，因此後期平均累積異常報酬(CAR)呈現往上走的趨勢。本文推測由於此檔綠債為國內首批發行，再生能源產業尚在起步中，因此投資者前期為觀望狀態，一直到事件日後才有正向報酬。



資料來源:TEJ¹⁸，本研究整理

圖十五 2017 玉山金 AR/CAR(-10, 10)

由(圖十六)得知，平均異常報酬(AR)在零附近上下波動，於事件發生日($t=0$)後更有明顯的平均累積異常報酬(CAR)。本文推測由於為綠債實行第二年，此時綠債被更多投資者得知，加上當時無相關再生能源負面消息傳出，發行綠債又為國際趨勢，因此投資者對其有信心。



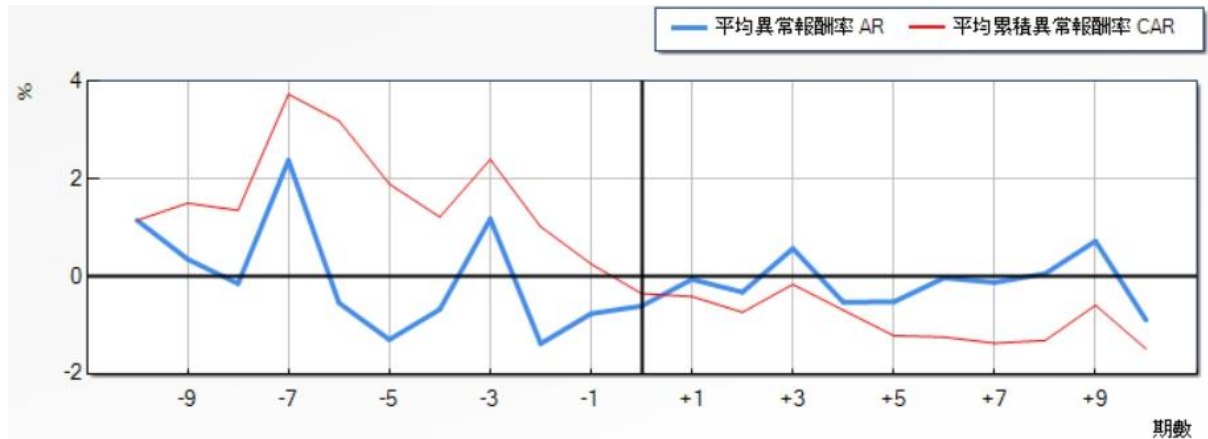
資料來源:TEJ，本研究整理

圖十六 2018 玉山金 AR/CAR(-10, 10)

¹⁸ TEJ。上網日期：2019年10月31日，取自：<https://www.tej.com.tw/>

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

由(圖十七)得知，在事件發生前五日($t=-5$)、前三日($t=-3$)具有正值平均異常報酬(AR)，事件發生日後則在零附近上下波動，前期具有正向平均累積異常報酬(CAR)。本文推測 2019 年綠債在事件發生前期雖具有正向報酬，但股價異常報酬卻不往於去年，可能與近期在再生能源議題上爆發的政治風險和行政效率不彰有關。



資料來源:TEJ，本研究整理

圖十七 2019 玉山金 AR/CAR(-10, 10)

伍、結論

面對國際社會呼籲防止溫室氣體快速增長和台灣能源依存度過高問題，發展能源轉型之於台灣變成一件必然的事。雖然風力發電和太陽光電的發電結構占比自 2016 年推出相關計畫後的確有明顯上升，但是其增長幅度是否足夠應付台灣的廣大用電需求仍是一大問題。

倘若想快速增強能源轉型，本文認為政府、銀行、民營企業和人民需共同合作才能促進再生能源產業加速升級。首先政府必須加強其「政策持續性」，並將行政流程簡單化並提高行政效率，把握每一個可能的投資機會；其次讓更多人知曉台灣具有發展風力發電和太陽光電的良好環境，吸引更多投資者進行投資以及增進銀行和民營企業發行綠債，提高再生能源業者的籌資機會；最後政府、業者與人民就電價進行協商，共同為再生能源產業升級而努力，為台灣創造一個永續發展的社會。

參考文獻

1. 聯合國(2015)。氣候變化框架公約。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/chi/109c.pdf>
2. 行政院新聞傳播處(2018)。能源轉型打造綠能科技島-綠能科技產業創新推動方案。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f0c0d485-a977-40cc-aeab-5e19e210fd85>
3. 經濟部能源局。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>
4. 中時電子報、聯合新聞網(2018)。未來三年台灣綠能最關鍵風險-「政治」。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://csrone.com/news/4950>
5. 中央通訊社(2019)。離岸風電沃旭停止執行合約3要素評估最終投資決議。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.cna.com.tw/news/afe/201901190107.aspx>
6. 風傳媒(2019)。只因「一選項」沒勾選，讓千億投資案卡關!接下來「兩大關鍵」決定離岸風電走向。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.storm.mg/article/830995>
7. 國立台灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心(2018)。台灣能源轉型公眾感知度調查報告。上網日期:2019年11月1日，取自:rsprc.ntu.edu.tw/images/phocadownload/107/1205/1071205_report.pdf
8. 國際能源署(IEA)。上網日期:2019年11月1日，取自: <https://www.iea.org/>
9. 台灣電力公司。國際能源總署(IEA)2019年發布之最新統計資料與亞鄰各國電價資料。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.taipower.com.tw/tc/index.aspx>
10. 李盈嬌(2019)。全球綠色經濟發展概況及展望。中華經濟研究院綠色經濟研究中心。
11. 行政院新聞傳播處(2018)。綠色金融行動方案。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/10f95b7f-f1d5-4733-9ef9-399578021c03>
12. RECAI。上網日期:2019年11月1日，取自:<https://www.ey.com/uk/en/industries/power---utilities/ey-renewable-energy-country-attractiveness-index>
13. REN21。上網日期:2019年11月1日，取自: <https://www.ren21.net/>
14. 陳立中(2018)。台灣綠色債券發展與各國比較之研究。國立政治大學企業管理研究所碩士學位論文
15. 經濟日報(2019)。玉山赤道原則+綠色債。上網日期: 2019年10月31日，取自:<https://money.udn.com/money/story/5613/4051046>

「2019 Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

16. 經濟日報(2019)。道瓊永續指數玉山金入雙榜。上網日期：2019 年 10 月 31 日，
取自：<https://money.udn.com/money/story/5613/4051045#prettyPhoto>
17. 工商時報(2018)。玉山金綠色債券發行量居冠。上網日期：2019 年 10 月 31 日，
取自：<https://www.chinatimes.com/newspapers/20180907000341-260205?chdtv>
18. TEJ。上網日期：2019 年 10 月 31 日，取自：<https://www.tej.com.tw/>