

比利時能源政策之研究

太陽能發電對臺灣之啟示

報告日期：107 年 9 月 20 - 21 日

報告組別：第二組

報告人員：鍾幸如

組 長：曾森裕

其他組員：謝佳蓁、劉芳爵、郭獻棠、黃憶雯

目錄

摘要.....	2
一、 前言.....	4
二、 現況分析.....	5
(一) 台灣能源政策.....	5
(二) 比利時能源政策.....	6
三、 問題探討.....	10
(一) 政治/法規面.....	10
(二) 科技/技術面.....	13
(三) 經濟/財政面.....	17
(四) 行銷/溝通面.....	18
(五) 行政支援面.....	20
四、 解決策略.....	27
(一) 政治/法規面-政策透明、公開具前瞻性.....	27
(二) 科技/技術面-發展儲能、智慧電網與綠能載具.....	31
(三) 經濟/財政面-增加經濟誘因與保障綠能發展.....	34
(四) 行銷/溝通面-綠色行銷策略與建置溝通平台.....	35
(五) 行政支援面-大規模種電之環評、單一窗口與收支平衡.....	36
五、 結語.....	41
六、 參考文獻.....	43

比利時能源政策之研究—太陽能發電對臺灣之啟示

摘要

臺灣屬四面環海的島國，大部分的能源需要仰賴國外進口，計畫在未來不到 7 年的時間，也就是 2025 年將成為非核家園，屆時核電機組需陸續停止運作，並以燃煤、燃氣及再生能源發電作為國內用電的來源，而再生能源發電相關的配套措施與法規及基礎建設均尚未完備。要在短期間內以太陽光電補足能源缺口，對國內環境的影響與投資資金的相關策略與執行面，都需要再縝密的規劃與討論。本報告以比利時參訪單位提供之能源相關資訊，分別就法規、技術、經濟、溝通及行政支援 5 大面相，進行問題分析，並提出太陽光電相關的法規制定與執行，太陽光電設施的維護、補助措施、溝通平台及環境設備等提出解決策略，以作為本國再生能源政策之借鏡與參考。

關鍵字：非核家園、再生能源、太陽光電

Inspiration from Belgian energy policy to solar photovoltaic in Taiwan

Abstract

Taiwan is surrounded by ocean, lacking natural resources for power generation. Main energy source depends on imports. Taiwan will replace nuclear power with other renewable energy sources in less than seven years till 2025. To cope with future energy shortages, what kind of strategy should Taiwan adopt in its energy policy and what problems may it face in near term? This group takes the example of current solar power generation to explore possible problems and propose corresponding solutions for government's future energy policy.

Key words: Non-nuclear home, renewable energy, solar photovoltaic.

一、 前言

「獨特、衡平、令人尊敬的國度」是前駐歐盟兼比利時大使董國猷對比利時的註解，比利時和台灣有不少相似之處，除國土面積與人均國內生產總值相近，人口為台灣人口之一半，因天然資源有限，能源同台灣一樣亦需要仰賴進口。

廢核已是國際社會的一門顯學，歐洲德國、比利時及瑞士，已分別宣示在 2022、2025 及 2034 年達成非核家園目標，而台灣和比利時一樣訂於 2025 年達到非核家園的目標。在能源政策上，比利時於 2003 年通過「核電停止法」(Nuclear Phase-Out Law)，規定禁止新建核電廠及限制核電廠運轉年限為 40 年。根據該法案內容，所有比利時的核電機組應該在 2015 - 2025 年間永久關閉，但若危急未來國家電力供應，皇家法令有權予以駁回。雖然比利時境內有 3 部核電機組獲准延役運轉至 2025 年，惟目前比利時仍訂 2025 年全面停止核電運轉。

台灣預訂 2025 年達到非核家園，設定能源轉型目標為再生能源發電占比為 20%，火力發電占比則在 80%。其中為達成再生能源發電占比 20% 目標，太陽光電設置容量目標值為 20 GW。從經濟部 2000 年到 2017 年的數據顯示，我國核能發電比例，已由過去的 20.8% 降到 8.3%，但再生能源發電占比卻沒有因此而隨之成長。

比利時在 2004 年時資料顯示，再生能源僅占 2.9%，到 2014 年時再生能源發電量提升至占比 18.8% (IEA, 2016)，在短短 10 年內比利時此部分發展，已提升超過 6 倍，同時核能發電的依賴占比亦由原先 47.2% 逐年下降中；反觀我國正值能源轉型的重要階段，再生能源要在 2025 年達到目標值 20%，比利時的能源發展經驗，非常值得我國參考學習與借鏡。

二、現況分析

(一) 臺灣能源政策

106 年 1 月 11 日通過「電業法」修正案，明訂核能發電設備應於 114 年以前全部停止運轉，並宣示再生能源總發電量從 5% 提升至 20%，以能源轉型與電業改革以長短期策略相互搭配，確保電力供應。行政院並於 106 年 4 月 24 日核定「能源發展綱領」修正案，確立邁向 2025 年非核家園的台灣能源轉型發展方向及架構；並承諾完成能源轉型白皮書之訂定，以作為未來能源發展目標、具體推動措施及政策工具規劃之依據，並每年提出執行報告及每 5 年定期檢討。

經濟部於 106 年 6 月 28 日宣布正式啟動「能源轉型白皮書」撰擬程序，分成「預備會議」、「共同協作」、「公民對話」等三階段進行，同時建立能源轉型白皮書專屬網站 (<http://energywhitepaper.tw>)

，完整揭露研擬過程及會議資訊與其他參與資訊。並於今 (107) 年 3 月 23 日完成「能源轉型白皮書 (初稿)」，目標為再生能源發電占比為 20%，火力發電占比則在 80% 下彈性調度；其中為達成再生能源發電占比 20% 之目標，目前經濟部並規劃於 2025 年，各項再生能源發電設置容量依序為太陽能 2000 萬千瓦、風力發電 670 萬千瓦、水力發電 215 萬千瓦、生質能 81.3 萬千瓦、地熱能 20 萬千瓦、燃料電池 6 萬千瓦，期望藉由多元溝通，展開公民對話，完善我國能源轉型推動規劃，順利完成「能源轉型白皮書」的制定工作。

依經濟部能源局能源 2000 年至 2017 年發電裝置容量統計資料顯示，核能發電占我國發電量比例，已由 2000 年之 15% 降到 2017 年之 10%，減少幅度 5%；燃油發電則由 2000 年之 15% 降低到 2017 年之 5%，減少幅度 10%；燃氣發電則大幅成長，臺電加民營電廠由 2000 年之 14% 成長到 2017 年之 29%，增幅 15%；燃煤發電臺電加民營電廠由 2000 年之 28% 到 2017 年為持平的 25%；再生能源（含太陽光電、水力及風力）臺電加民營電廠由 2000 年零成長到 2017 年之 1.6%，其中太陽能光電在臺電及民營電廠發電量至 2017 年皆小於 1%，自用發電設備於 2014 年突破 1% 到 2017 年為 3.4% 微幅成長。從上述分析可發現，2000 年至 2017 年間，核能及燃油發電減少之缺

口，正由燃氣發電補足，再生能源發電則未顯著成長，而燃煤發電則持平發展。

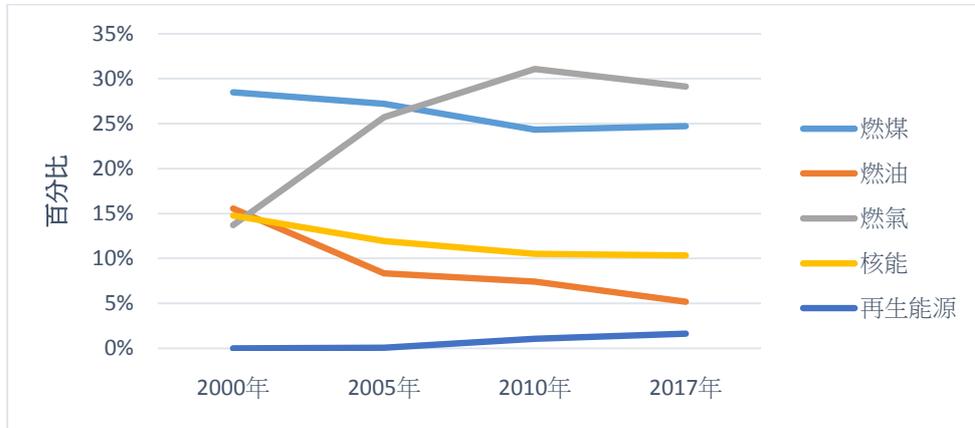


圖 1. 2000-2017 年各類能源發電容量統計

(二) 比利時能源政策

依據歐盟再生能源指令 (DIRECTIVE 2009/28/EC)，比利時再生能源佔總能源供應之比例上，必須由 2005 年占比 2.2%，於 2020 年提升到 13% (Union, 2009)。比利時為達成此目標，已於 2010 年提交全國再生能源行動綱領 (National Renewable Energy Action Plans, NREAPs) 給歐盟執委會。在比利時全國再生能源行動綱領中，明述比利時再生能源政策將達成降低化石能源消耗、減少溫室氣體排放、抑低能源進口依賴、能源價格波動衝擊最小化、在創新經濟架構下創造就業及藉由能源多元化改善能源市場功能等政策目標；此外，為推

動發展再生能源發電，比利時並建立綠電憑證 (Green Certificate) 及最低保證價格機制。

國際能源署 (IEA) 針對會員國-比利時能源政策進行分析評估，於 2016 年提出評估建議報告供比利時政府採行。國際能源署建議比利時政府應採用以市場為基礎之跨聯邦能源願景與能源協議，遵循公開透明、可預測性及管制明確性等三項政策原則，訂定長期整合性之能源政策。

比利時因其地理位置關係，能源包括油、天然氣、煤的來源都是 100% 進口的，比利時的能源政策主要目標為永續的能源供給，必須建構在能源來源的多元性與效能，透明和有競爭的能源價格及環境保護。今日能源政策的推動已提昇至歐盟，而歐盟的目標是將溫室氣體排放量降低到比 1990 年低 20% 的水平，將風能，太陽能 and 生質能等可再生能源產生的能源比例提高到 20%。

歐盟再生能源委員會，於再生能源白皮書訂定，2010 年再生能源佔總能源供應比例將由 6% 提升至 12%。其中，太陽光電領域，2001-2010 年之平均年增率高達 31.2%。於 2010 年政策目標量為 3 GWp。另外，國際能源署建議比利時政府應將電力容量短缺視為優先處理議題之一，從能源安全、天然氣發電緩和 (核電缺口) 及發電成本等觀

點下，完整地評估短期內提早停止核電運轉是否可行或合理，釐清核電在能源組合之角色或定位（劉家豪，2016）。

按歐盟贊助之 EurObserv' ER 於 2018 年所出版之「Photovoltaic Barometer」，比利時在太陽光電發展上，2017 年內太陽光電聯網裝置容量為 285 MW，在歐盟成員國中排行第 6，較 2016 年 (179 MW) 成長 59%；而比利時太陽光電聯網裝置容量累計至 2017 年之為 3,846 MW，亦在歐盟成員國中排行第 6。另從太陽光電發電量觀之，比利時於 2017 年發電量為 3,149 GWh，在歐盟成員國中排行第七。若以平均每居民之太陽光電裝置容量 (Photovoltaic capacity per inhabitant) 觀之，2017 年比利時為 338.4 瓦/人，在歐盟成員國中排行第二，僅次於德國 (512 瓦/人)。可見比利時雖然日照條件不佳，但對於太陽光電發展，卻不遺餘力，全力推動，其推動政策或措施，當有值得我國參考或借鏡之處。

為瞭解比利時推動太陽光電發展主要之成功因素，於本次赴比利時海外研習中，透過 TIFA 協助詢問，發現自 2006 年起，比利時為全力推動太陽光電裝置，即已建置綠電憑證機制，針對小型太陽光電裝置，前 3 年每張憑證 (每承諾發電量 1000 kWh) 價值為 450 歐元，然從 2010 年至 2012 年間則調整至 90 歐元。2013 年起，雖調升至 93

歐元，但針對憑證張數則採用束縛因子 (Banding Factor) 計算，並每年依據太陽光電裝置成本及收益等因素，調整束縛因子，以對太陽光電裝置給予適當財務支援，避免影響國家財政。可見比利時在推動太陽光電發展上，並非一味地用經費補貼政策，而影響到國家財政支出，同時又能讓太陽光電發展成效，能夠不落後於歐盟其他會員國。

二、問題探討

(一)政治/法規面

1. 政治穩定性

為推廣再生能源利用馬政府自 2009 年通過的 (再生能源發展條例)，提供了民間投入再生能源應用的經濟誘因，是近年來綠能裝置容量增加的墊腳石。本國政策因政治不穩定性高，執政者雖具有政策工具，推動再生能源備感艱辛。

2. 政策目標制定與執行適應性

我國為推廣再生能源利用，制定「再生能源發展條例」並於 98 年 7 月 8 日公布實施，該條例對於再生能源有明確的定義。2016 年新政府上任後以 2025 達成「非核家園」為目標，需填補三座核電廠除役後的 400 億度發電量，政府積極推動再生能源，其中太

陽能扮演吃重角色，目標是占全國發電量 10%，共 20 GW（200 億瓦，約發電 250 億度），分為屋頂型 3 GW（30 億瓦）、地面型 17 GW（170 億瓦）兩種。

再生能源發展初期成本高於傳統能源，故採躉購制度（FIT）用固定費率收購再生能源以確保再生能源發展，並提供設置補助增加經濟誘因、保障綠能發展。惟自 99 年起除 105 年外每年調整躉購率，107 年再生能源發展條例翻修，對綠電自由交易大幅鬆綁，台灣綠電市場將成「躉購制度」與「自由交易」並行發展，唯目前太陽光電的發電占比自 101 年的 0.1% 至 106 年 0.6% 僅成長 0.5%，107 年即提出綠電成本下降市場自由化，讓躉購制度逐漸退出。行政院又於 105 年 10 月核定「太陽光電 2 年推動計畫」，期透過各部會規劃相關策略與措施，計畫於 107 年 6 月達成 1.52 GW（1,520 MW）之推動目標。不過於 106 年 1 月修正電業法（其中第 6 條第 1 項規定，自公布後六年施行）、106 年 4 月 24 日核定「能源發展綱領」修正案、「能源轉型白皮書」等，尚在透過公民對話與籌劃中。同時於 107 年躉購制度的調整，從獎勵制度轉成自由市場機制等政策，試圖於 114 年達成太陽光電 20 GW 的目

標。由近幾年能源相關法規修正頻繁，非核家園的政策朝綠色永續方向明確，惟頻繁修正相關法案也為整體執行率畫下隱憂。

相對比利時在決定 2025 年成為零核電國家，電力供給結構同樣也面臨巨大的挑戰與困難，比利時國會在核電廠獲得安全規範要求認可，承諾延長核電機組運轉許可至 2025 年，對「核能除役法」保留彈性條款，在能源供應發生危險或不可抗力情況下可重新檢討廢核，以緩解電力供給不足的急迫性。目前我國正如火如荼的推動科技建設，能源需求甚鉅，為維護全國人民的生活品質，建議能源法規制定應保留彈性。

3. 法規調適性

(1) 建築物安全

近年來國際再生能源發展的主力太陽能與風能，已列為台灣能源轉型的重要發展項目。再生能源中太陽能及風能具間歇性的特徵，無法全時發電，使得每單位面積發電量較可全時發電的傳統能源小，故發電所需使用土地面積較傳統能源高，近蔡政府積極推動太陽光電計畫，以「先屋頂後地面」為推動策略，鼓勵用戶設置再生能源設備參與「種電」，在屋頂型太陽光電部分，把

違章屋頂架設太陽光電爭議得以合法容許，後續將使太陽光電設施得免計入建築物高度、面積及容積，並修正「設置再生能源設施免請領雜項執照標準」到處可以見到設置太陽能光電，直接在建築物的平屋頂或露台上架設太陽能光電板如同屋頂水塔，不是「整合」建築，如此法規鬆綁之後，恐對建築物安全產生不利的影響。

(2)廢棄光電板處置

政府積極推動設置太陽光電，太陽能板安裝範圍鋪天蓋地，但壽命約 20 至 25 年，臺灣位處地震颱風天然災害多，2 年前蘇迪勒颱風造成不少光電模組毀損，這些廢棄光電模組沒有明確的回收處理規範，也缺乏對環境危害等相關研究，目前缺乏回收再利用機制，廢棄光電板未來恐成為環境殺手。

(二)科技/技術面

1. 空氣懸浮顆粒造成太陽能板效能折損

空氣懸浮顆粒會降低空氣的透明度，減少陽光到達地面，使得太陽光電效率降低 (Mazumder et al., 2011)。唯一能解決空氣懸浮顆粒造成問題的方法，運用水洗清潔太陽能板，在清潔過程

中，會使太陽能板耗損率增加，降低使用壽命。因此，空氣懸浮顆粒減排計畫沒有徹底執行，設置再多的太陽能廠來發電，發電效果也是十分有限。台灣屬於空污嚴重區域，也正在規劃裝置太陽光電的地區，以雲嘉南高屏地區為例，夏季時常遭逢缺水危機，如遭逢限水太陽能板的清洗工作必定無法進行，進而影響太陽能光電板的發電效率。

東亞發生沙塵暴現象季節分布相當不平均，冬末春季為沙塵暴發生的主要季節，其中以3月至5月發生頻率最高，占全年的60%以上，且每年發生沙塵暴的次數不一（中國沙塵暴網）。在台灣亦是明顯會受到「沙塵暴」威力侵襲的地區，沙塵暴的落塵堪稱是太陽能板的殺手，不但會影響發電量，還會減少使用壽命。目前商品化的太陽能光電板表面材質仍無法做到不受塵埃影響，運用加裝機器除塵亦會發生太耗電的問題，同時也不符合節能概念。如果在酷熱夏天，加上急速降溫的夜晚，沙塵暴和大風天這些因素，都會造成太陽能板發生折壽和失能的問題。



圖 2.襲擊中國的沙塵暴 2015(Getty Images)

2. 太陽能無法提供穩定的電力

陽光及風力都受天候因素影響，不像傳統電廠(燃煤、燃氣或核能)可全天候發電。這是太陽能的先天限制，所謂發電機組的設備利用率是指全年 8,760 小時中實際運轉的發電時數比，傳統電廠一旦啟動可持續供電，因此利用率高，其設備利用率可高達 85%，但太陽光電的設備利用率僅 14%。因此，即使裝置容量再大，仍必須有日照才能發電。

舉例來說，105 年太陽光電裝置容量占比已達 2.4%，但所發的電量占比僅 0.4%。若以設備利用率換算發電量，2,000 萬瓩的

太陽光電一年所發的電量，大約和 320 萬瓩的燃煤電廠相當，大概就是台中火力電廠六部機組發的電量。

除設備使用率低外，如前所述，因天候關係，太陽能有間歇發電的特性，根據電業法修正條文第八條規定：「輸配電業應負責執行電力調度業務，於確保電力系統安全穩定下，應優先併網、調度再生能源。」然而，未來台灣再生能源設備大幅增加的情況下，勢必會對電力系統帶來強烈衝擊且亦對系統穩定度造成影響。故為因應再生能源間歇發電的特性，電力系統需要具備靈活調節的能力。

由於間歇性再生能源發電量瞬時的變動程度較大，若沒有事先規劃就大量併入或退出電網，將可能造成停電。根據台電委託研究報告「未來再生能源大幅增加對台灣輸電系統影響及因應策略研究」，模擬分析結果顯示，台灣原有電力系統加入大量間歇性再生能源後，可能於尖峰時期發電機全部跳脫，或是大型傳統機組跳脫，產生的暫態低頻現象，將會觸動低頻卸載電驛動作，造成局部停電，甚至有可能引發連鎖效應而導致大停電(李清吟，2015)。

(三)經濟/財政面

太陽能是一種能量非常分散，因為太陽能的利用裝置必須具有相當大的面積，才能收集到足夠的功率，而使用土地面積大造價就會變高。在不考量土地成本下，目前 1MW 之建置成本約 5,200 萬元，土地面積約需 1 公頃（亦即 0.01 平方公里）(李界木,2017)。

在土地寸土寸金的台灣，同時需要考量糧食安全情況下，欲找到如此大面積的土地建置太陽光電系統，確實難度極高。雖說過去幾年光電成本迅速下降，政府對於太陽光電的收購價格，也逐年調降，從 2010 年的每度電 12 至 14 元，下降到今年第一期的 5.38 元 (107 年再生能源躉購費率)。即便如此，離「市電平價」仍有一段差距。在不考量土地成本下，2025 年太陽光電量要達 200 億度，至少要花費 1 兆 2 千億元以上，政府財政負擔重。政府用於收購再生能源發電的電力的經費來源，來自於人民，但若是無限制地提升再生能源發電的裝置容量，勢必會造成電價的上漲，進而影響民眾的生活品質。因此，政府推行太陽能光電政策時宜謹慎，且需經完整的技術評估，才能順利推展，避免因收購制度造成財政壓力。

表 1. 2017 年第二次審定後的暫定再生能源補助費率(躉購費率)

107 年度各類別再生能源電能躉購費率變動表

再生能源類別	分類	容量級距 (瓩)	107 年度 試算費率 (元/度)	106 年度 公告費率 (元/度)	費率變動 幅度 (%)
太陽 光電 第一期 (上半年)	屋頂型	$\geq 1 \sim < 20$	5.3848	6.1033	-11.77
		$\geq 20 \sim < 100$	4.7906	4.9772	-3.75
		$\geq 100 \sim < 500$	4.4564	4.5388	-1.82
		≥ 500	4.3264	4.4098	-1.89
	地面型	≥ 1	4.3785	4.5467	-3.70
	水面型 (浮力式)	≥ 1	4.7723	4.9403	-3.40
太陽 光電 第二期 (下半年)	屋頂型	$\geq 1 \sim < 20$	5.2827	6.1033	-13.45
		$\geq 20 \sim < 100$	4.6885	4.9772	-5.80
		$\geq 100 \sim < 500$	4.3636	4.5388	-3.86
		≥ 500	4.2429	4.4098	-3.79
	地面型	≥ 1	4.2943	4.5467	-5.55
	水面型 (浮力式)	≥ 1	4.6901	4.9403	-5.07

(四)行銷/溝通面

2010 年至 2017 年間，風能和太陽光電成本分別下降了 23% 和 73%，而核能發電成本則趨於上升。因此，太陽能和風能比石化燃料更具競爭力。2017 年新太陽能裝置的產能超過煤炭，天然氣和核能的總和 (AmCham Belgium, 2018)。不需經由動能熱能或化學能的轉換過程，太陽晶片可以將遍照大地的陽光直接轉換成電能。自 1958 年起，太陽光電就已經用來供給太空衛星的電力。隨著時間的轉移，在屋頂上停車場自動售票機上隔音牆上，或是空曠的土地上，太陽光電系統逐漸供應全世界各地的電力需

求。電力的儲存與分配，多元化的調配與供電安全的維護，將電力從需求量較低產地輸送到需求密集的都會區，是再生能源的主要課題。而目前在總體用電僅占小比例的太陽光電，正具有電力調配的優勢，特別是在日照豐富的臺灣夏天，風力和水力發電量明顯下降的時節，太陽光電發揮效益最大。對環境影響愈低的能源科技，將愈有發展潛力；這樣的原則，已直接反映在歐盟的發展策略與行動綱領中，而若能成功運用搭配其他再生能源技術，成為有效且安全的電力供給來源，不管是獨立型或市電併聯系統，都能在我們需要電力的時候，能夠來電（胡湘玲，2009）。

能源政策考慮的四要素為可再生即永續性 (renewable)，高效能即負擔得起 (efficient)、可靠的即在需要時可供應 (reliable) 及社會可接受的 (social acceptance) (AmCham Belgium, 2015)。尤其在社會可接受的層面，輿論對能源政策制定的影響越來越大，政府有責任讓社會大眾接受政策，行銷的重要性便可作為臺灣太陽光電政策的借鏡。因此，臺灣太陽光電在行銷可能面臨的問題如下：

1. 再生能源業者投資障礙及產業界對政府公信力打折扣

2009年「再生能源發展條例」通過後，臺灣太陽光電發展進入電能躉購制度時期，透過優惠的固定電價補貼來獎勵再生能源發展。然而，除政府扮演主導角色外，以傳統融資做法解決資金需求，對於分散與小型系統幫助不大（周桂田與張國暉，2017），在政府競標機制與申設流程的時間成本下，許多系統廠商寧願將心力投資在大型系統案件，而非支持小型家戶系統設置（陳惠萍，2015）。

2. 欠缺風險評估，政府與社會對立

太陽光電發展的問題可說是：「在地不使用、常民不參與」，政府雖有再生能源政策及設置目標，但卻缺乏鼓勵一般民眾參與的具體措施（周桂田與張國暉，2017）。

(五)行政支援面

臺灣能源政策的制定，主要來自行政部門和立法部門。任何長遠、大型的政策，須透過立法部門以立法的手段來推動，短期的措施，行政部門「理論上」都可以自行解決，但是不一定有效執行，這多少和民意代表的干預有關，也是臺灣能源政策面對的困境。能源政策牽涉的行政部門很多，最主要是經濟部的能源局，

經濟部為了減少進口能源負擔，必須做很多決定，包括進口能源的時機與種類等，已不只是國營事業如台電、中油的問題，另一個推動能源重要部門是環保署，還牽涉許多能源問題的都需要全盤考量。此外，主要政策形成後，其他相關行政單位如科技部、交通部等，均為配合後續執行的單位（彭宗平等，2016）。政府對替代能源長期的規劃只能邊看邊做邊改，因為替代能源的不確定性還是很大，困難點包括民眾的反應、產業成本等問題。行政支援面所面臨到的問題，目前經濟部積極推出綠能屋頂全民參與專案，經濟部能源局 106 年 10 月 25 日「加速投資臺灣專案會議」第 3 次會議是鼓勵家戶太陽光電，但是相關配套措施卻未公布。造成以下 4 點缺失，分別說明如下：

1. 欠缺相關配套措施或進行效益評估

政府推出綠能屋頂全民參與專案，即行通報各行政機關進行清查可用屋頂面積，但是卻忽略了日照角度有無遮蔭的問題太陽能板之架設除了考量面積問題之外最包括日照角度，陽光會不會被其周邊大樓遮蔽、以及設置發電效率評估是不是符合經濟效益等問題如果一個屋頂設置了太陽能板但是面臨日照角度不佳或受到遮蔽或是面積過小等問題都可能影響其發電效率。因此不是有

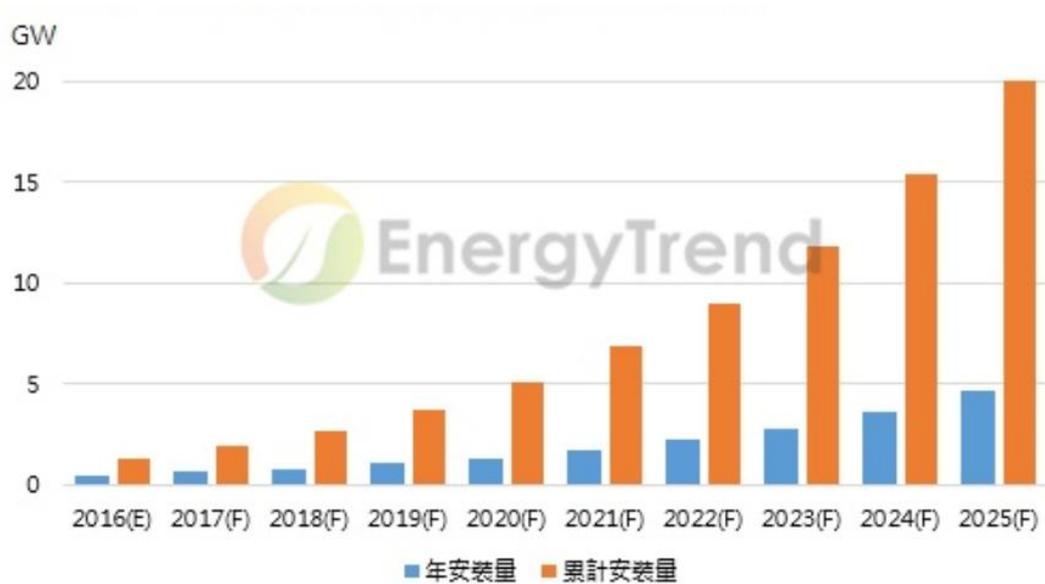
地或有屋頂即可設置太陽能板，政府推動相關政策前，必須經過審慎評估。目前太陽能儲蓄的電力在人口稠密區要轉換成電能儲存並非大問題，用電稠密區包括電塔，變電所的設置都十分普及，將太陽能的蓄電轉換與台電的電力系統介接使用並不困難。目前面臨的較大難題，必須解決土地不足設置太陽能板的問題，而選擇在偏遠地區或人口稀少區域設置的太陽能板之區域，相對周邊即欠缺饋線、電塔，變電所等設施。因此，在偏遠地區從無到有設置相關設施，才是政府或台電的最大負擔。

2. 居中協調機關層級不高

不像比利時有歐盟架構可遵循，臺灣的行政組織裡，能源政策的協調、規劃，主要是靠能源局，但能源局在政府編制裡是一個三級單位，很難協調各部會造成政策訂定有困難，執行亦有難處（彭宗平等，2016）。太陽能設置光土地問題可能涉及單位包括農地（農委會）、一般都市用地（內政部）、各地魚塢（縣市政府農業局）、森林（退輔會、農委會林務局）、閒置土地經管單位可能為中央或各縣市政府或國有財產局，經濟部能源局等各部會，但是經管各項業務部會形成多頭馬車，欠缺有效溝通協調或整合資源平台，造成權責不明之混亂狀態。

3.區域不平衡、土地用地不足

臺灣電費遠低於全球水準、躉購電價下滑速度快，民眾對安裝小系統的意願低，分散式系統成長幅度有限。此外，台灣系統用地不足、城市地區因日照時數、遮陰及地價等問題，導致都會區不易成長。農業棚架則因官方對農用地審核嚴謹，不易通過。2015 年台灣太陽能安裝量為 222 MW，且增加的多為畜棚、公有建築及鄉村地區獨棟屋頂小系統，因此年安裝量難以大幅度成長(科技新報，2016)。



Source: EnergyTrend, Feb., 2016

圖 2. 2016-2025 年臺灣太陽能系統線性成長下的年安裝量

政府新能源計劃中最令人印象深刻的就是 2025 年時裝設 20 GW 的太陽能，每年提供 250 億度電。依民進黨選前規劃，2017 到 2020 四年間，總裝置容量將達到 2 GW/4.3 GW/6.5 GW/8.8 GW，當然最終目標是在 2025 年達到 20 GW 的裝置容量。

對於如此大規模的增設太陽光電，引起社會很大質疑，如饋線不足、日落後火電接不上、獨立電網不穩定與電源佔比太高等，但最基本仍是土地問題。太陽能的能源密度極低，只有核電及火電的百分之一，要發同樣度數電力，太陽能較核電或火電要多百倍土地，對地狹人稠的台灣造成極大的壓力。20 GW 的太陽能需要 300 平方公里的土地，大於台北市面積，約全台平地面積的 3% (陳立誠，2016)。由土地限制，即可看出 20 GW 的目標幾近天方夜譚，依目前盤點結果，考量土地限制的問題 6.5 GW 可能是臺灣太陽能裝置極限。

表 2. 各國太陽能裝置比較表

國家	太陽能 GW (百萬 瓩)	土地 (千平方 里)	人口 (百萬人)	人口密度 (人/平方 公里)	太陽能密度 (瓩/平方 公里)
中國	43.5	9573	1380	144	45
德國	39.7	357	82	230	1112
日本	34.4	377	126	334	912
美國	25.6	9525	325	34	27
義大利	18.9	301	60	199	628
英國	8.7	343	65	190	254
法國	6.6	675	67	99	98
西班牙	5.4	504	46	91	107
澳洲	5	7692	24	3	7
印度	5	3287	1309	398	15
台灣 2015	0.8	36	23	639	222
台灣 2020	6.5	36	23	639	1806
台灣 2025	20	36	23	639	5556

表 2 為 2015 年全球裝設太陽能前十名國家及台灣的比較。臺灣部份，細分為 2015/2020/2025 裝置容量。由表 4 可看出臺灣人口密度較歐洲國家高出 3 - 6 倍，以每單位太陽能密度目前是全球第五。2020 年 6.5 GW 的裝置容量之裝置密度，將為全球第一，約為今日裝置密度最高德國及日本的 2 倍。政府 2025 年 20 GW 裝置密度將為今日德、日兩國 5 倍，其可行性真要好好思考 (風傳媒，2016)。

4. 偏遠地區的基礎建設不足與成本所費不貲問題

政府衝綠能，但基礎建設不足，讓氣候得天獨厚的中南部縣市即使有種電商機，卻只能望「陽」興嘆。再生能源推動聯盟 105

年5月28日舉辦「台灣的地面型光電未來願景」座談會，代表雲林縣出席的官員不斷強調，該縣即使現已盤點出至少3,000公頃的地可以發展地面型太陽能，但卻因為饋線、變電站等設備不足，導致發展受限，縣內可供發電的平均日照時數、也就是一塊太陽能板以最高發電量運轉的時間為3.51小時，是全台之冠。此外，農委會釋出的1,253公頃不利耕作區，雲林縣境內就有1,027公頃；若再加上填海造陸的新興區285公頃、台西養殖區1,167公頃、和高鐵沿線黃金廊道1,266公頃，加起來總計將有3,000多公頃的土地可供太陽光電所用，裝置容量上看2GW。

太陽光電除了「靠天」的日照、「靠地」的面積，還需要饋線把發出來的電併入台電的電網，再由台電把電送往用戶端。雲林儘管在各方面得天獨厚，但台電佈線是哪裡需要用电就佈線到哪裡，主要太陽光電專區如台西、新興區過去多是閒置土地，當地饋線、變電所等基礎設施嚴重不足。根據台電4月中提交至立法院經委會的綠能政策規劃報告，要在雲林13個不利耕作區和台西地區佈設輸配電線路和變電所，成本就高達133.31億元除了雲林縣之外，鄰近的彰化、嘉義也同樣碰上類似困境，台電更預估3個縣市接下來光是建置輸配電線路，成本加起來就要152億。依

《再生能源發展條例》規定，併網成本電網「加強」費用是由業者和台電分攤，但若要新設饋線，則業者必須自付全額。金額龐大之外，由於法律規定台電可以先收錢後建置，導致業者付出億元成本後還得等3至5年才能真正開始賣電，變相增加業者成本。政府至今釋出太陽光電土地都沒有長期規劃，每次都只是一次擠出一點，台電根本無法全面性地規劃要拉哪種等級的饋線或是長期要新增哪些硬體建設，只能「短視近利」評估眼前需求。此外，全台閒置或不利耕作土地分屬農委會、工業局等不同機關管轄，台電也無從事前做好佈線準備。

除了饋線佈線問題，台電現有的電網能否承接大量太陽能所發的電量，也是另一個隱憂。簡單來說，太陽能的發電量和日照強度成正比，若是日照強的時候，太陽能專區一下子迎來大量電流注入電網，原本設計給火力、核能等穩定供電來源的電網可能無法承接如此突然的電流衝擊。此外，目前太陽光電尖峰在中午，要如何有效儲存太陽能板所發的電，也是個問題。台電接下來勢必也要改善、升級電網，才能妥善利用再生能源（尹俞歡，2016）。

四、解決策略

(一)政治/法規面

1. 公開透明

以往政府法規制定過程是不公開不透明，民眾對於政策不關心的社會型態，近幾年配合政府推動開放政策，資料公開透明化有大幅度的改變，執政者若能摒棄色彩，以國家社稷發展及眾人福祉出發點，各政府部門業務相關資訊若能去除本位主義，逐步將資料整合簡單化並有善呈現，有助於資料公開後方便大眾閱覽，透過雙向的政策溝通，讓政策更符合民眾期待。另外，建議我國政府可以參考歐盟再生能源指令（DIRECTIVE 2009/28/EC）及比利時全國再生能源行動綱領（National Renewable Energy Action Plan, NREAP）有關資訊公開及促進公民參與作法，檢討目前相關推動政策措施，以深化資訊公開及公民參與，加強凝聚公民意識，當可降低政治或政策環境潛在不穩定性。

2. 政策規劃具前瞻及彈性

2025 年非核家園的目標，以經濟部能源局對外公布的統計資料顯示，太陽光電距離 20 GW 的目標甚鉅，今年 (107) 具目標年度尚不足 7 年的時間，政策宜在堅持用電安全的基本原則下，衡量台灣本土特性，解決能源效率基本問題，提倡節約能源，滾動

式檢討調整政策，目標保持彈性，穩固計畫永續的朝非核家園推動。

本次海外研習安排至歐洲執委會，提到該單位的功能是讓管理更好更有效率，透過7大步驟多元面相評估與前瞻性的規劃，讓規劃案能進入政策循環，所有決定需採科學實證的作法，過程透明讓民眾清楚明白。提案規劃須謹慎評估，與歐洲議會溝通以獲得政治支持，確保相關團體可接受，讓利害關係人了解內容與進度，專責小組檢視流程與執行，以確保提案能有成效。涉及民眾相關重大議案，歐洲執委會的政策規劃步驟與過程，可作為我國提案之參考。

3.法規配套完備

(1)重視建築物安全

建議應於國內現行建築法規中，納入建築物能源利用相關規定，強化太陽能光電發電效率、運轉穩定度及管理維護等要素，落實國內建築物用於太陽能光電的政策。另建議我國政府可以參考歐盟再生能源指令（DIRECTIVE 2009/28/EC）及比利時全國再生能源行動綱領（National Renewable Energy Action Plan, NREAP）有關太陽能板安裝人員資格認證/驗證（Certification/Qualification）

機制要求及實際作法，檢討建置類似機制及措施，以確保符合我國有關建物安全相關法規。

(2)建立光電模板回收機制

太陽能是綠色能源，但使用後一樣須面對廢棄問題。環保署估計，國內將在 2031 年開始出現大量太陽光電 (PV) 模組廢棄物，廢棄量近 3,000 公噸，之後持續增加，2034 年廢棄量將會達到 7,000 公噸。回收再利用這些面板是很重要的，否則寶貴的資源最終將在垃圾掩埋場。此外，太陽能面板包含重金屬，例如鎘和鉛，如果不能正確地回收再利用的話，很可能會流入環境中。太陽能面板還能夠含有稀有元素例如鎵和銦，這些元素正在慢慢地被耗盡，回收再利用這些材料，有助於節省這些有限資源的供給。

為避免太陽光電模組廢棄的重金屬危害環境，除了現行的一般事業廢棄物體制外，建議中央主責機關盡速制定回收機制，如仿現行電腦螢幕的「公告應回收廢棄物」模式，或是仿國外的廠商自主管理模式。讓太陽光電投資設置者有所依循。另建議我國政府參考歐盟標準，例如 EN 50625-2-4 「Collection, logistics & treatment requirements for WEEE -- Part 2-4: Treatment require-

ments for photovoltaic panels」、TS 50625-3-5「Collection, logistics & treatment requirements for WEEE -- Part 3-5: Specification for de-pollution- photovoltaic panels」等，研訂太陽光電廢棄物處理回收相關法規或技術規範，以合理解決太陽光電廢棄物問題。

(二)科技/技術面

1.發展儲能技術

間歇性再生能源需要搭配儲能技術，以減緩對電力系統之衝擊是未來趨勢。若能發展出便宜的大規模能源儲存方式，當電力需求較低時，先把多餘的風力與太陽能儲存起來，等到尖峰時段再輸入電網，將更能加快新型再生能源的推廣，且再生能源的容量價值將會大幅提升。

2 發展智慧電網

「電網」的官方定義是指電能網路或電力網路，是將電力從發電廠輸送到家庭的設施。目前的電網使用有限的單向互動。也就是電力從發電廠單向輸送至消費者。而智慧電網 (Smart Grid) 導入了雙向交換機制，也就是電力和資訊可以在電力公司和消費者之間雙向互動。這種通訊、自動化、電腦和控制應用不斷增加的網路，有助於使電網更高效、更可靠、更安全，也更「綠色」環

保。智慧電網還能讓可再生能源技術（如風能和太陽能產生的電能和插電式電動車），接取至國家電網。



圖 3. 智慧電網的概念（來源：SmartGrids.eu）

以太陽能、風電場和水力發電站等間歇性之再生能源而言，它還有助於緩解電力需求，尤其是先進複雜的智慧電網將策略性地管理這些多樣化和地理上分散的可再生能源，以確保能夠大規模、大範圍地安全儲存這些能源，並按照需求配送至不同的地方。

舉例來說，因太陽能發電受氣候影響甚大，智慧電網倘能即早載入天氣預報的資訊，讓電廠提早因應準備，並配合傳統電廠的電力調度與儲能系統，會讓整體能源供應更穩定與安全。

3. 建材與太陽能光電整合

太陽能裝置成本高、台灣電價偏低以及台灣缺少安裝的空間且易被鄰近大樓遮住太陽光線，造成目前台灣產出之太陽能光電板 95% 皆外銷，並且以歐洲、中國及日本為主要外銷市場。未來臺灣應可發展與建材整合之太陽能光電系統（Building-integrated photovoltaic, BIPV），提高國內的裝置量（財訊出版社，2006）。目前國內三座運轉中核電廠，一年產出近 390 億度電，佔我國電力總需求約 19%。如果政府政策預計於 2025 年全面由太陽能電力取代核能電力，未來需裝置 20 GW 太陽能光電系統，或許應加緊發展 BIPV 系統，順利達到全面以太陽能光電取代核能發電之政策目標。

4.發展綠色運具

比利時位於安特衛普附近的 E19 公路旁鋪設了長達 3.4 公里的太陽能板，公路底下隧道是連接巴黎與阿姆斯特丹的歐洲高速鐵路。該太陽能系統可向普通和高速火車供給能源。這一鐵路系統目前已正常運作，因太陽能板發電靜音且不產生二氧化碳，火車乘客並沒有察覺自己乘坐了綠色能源火車。此法可供臺灣未來學習與參考典範



圖 4.全球首列太陽能火車在比利時營運

(三)經濟/財政面

台灣再生能源市場目前為「躉購制度」與「自由交易」並行發展，再生能源發展初期成本高於傳統能源，各國多訂獎勵及補貼措施以確保再生能源發展，我國是採用躉購制度（FIT），用固定費率收購再生能源，並提供設置補助增加經濟誘因、保障綠能發展。

不可諱言，如前問題探討所述，再生能源收購價格離「市電平價」仍有一段差距，以翹翹板形容現今「躉購制度」與「自由交易」的平衡情形，現階段再生能源發展仍以躉購制度為傾向，但透過修法鼓勵綠電設置，加速電業自由化，接續市場機制會決定再生能源成本，當太陽光電或風電價格下降到能與傳統石化能

源競爭時，相對應之產業經濟將更予活絡，原政府對再生能源之財政壓力將會得予舒緩，加速電業自由化，回歸市場機制。

(四)行銷/溝通面

能源政策的綠色覺醒正如持續燃的火苗，政策的永續發展便如聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）的推展一般，要達成結合經濟競爭、環境保護、人民支付得起與深化民主等內涵，政策所推的願景要能激勵人心且具高度的實踐性（周桂田等，2017），由於全球太陽能光電產業前景看好，加上臺灣發展的基礎甚佳，不但太陽光電技術領先，環境條件對太陽光電也非常有利。臺灣半導體產業技術擁有雄厚的基礎，非常有利太陽能光電產業的發展，且台灣地區日照充足，通常用電負載最高的，都是太陽光最強烈的時候，此時太陽能的效率也最高，這樣的環境條件最適合發展太陽光電（王啟秀，2008）。因此，推動無核家園的替代能源開發，太陽能仍是臺灣目前可行的選擇之一。在太陽光電決策執行的行銷與溝通面向建議策略如下：

1.綠色行銷策略，創立環境、企業與消費者三贏

綠色行銷策略意味著藉由與消費者共舞的模式，包含參與活動（for fun）、環境保護（for meaning）、企業品牌（for branding）

等，讓三者永續對話並互惠共生（許安琪，2003）。可以仿效丹麥，對臺灣民眾進行環境責任感調查，以探究這些年來多數人的環保意識究竟提升到什麼層次，知己知彼後，對於能源政策的進化和發展是有所助益的（李濠仲，2011）。未來的能源市場不僅建立在勇敢有遠見的政策上，也建立在已經準備好要承擔的公民意識上。可利用文宣或教材，教育民眾接受系統性的生態學養成教育，提升太陽光電公眾認同力。

2. 結合資源分配正義，建置溝通平台

除了饋線，有些地區發展綠能須新建變電站，變電站和高壓電纜（饋線）都是民眾排斥的設施，民眾抗爭也是發展綠能阻力。美國學者 Sean Sweeney 於 2013 年指出，世界能源系統必須進行改造使其符合公共利益，能源民主方能創造符合當代需求且公平正義的能源，大眾的意見須被納入決策過程。公平正義分配資源，並符合人民期待與需求。所有人都可以獲得關於太陽光電資源數據，與透明的能源決策數據。

(五)行政支援面

發展乾淨的太陽光電，確實是全球大勢所趨。2012 年成立的
天泰能源公司，排名台灣前五大，目前太陽光電裝置容量已達 130
MW（百萬瓦），總經理陳坤宏表示，屋頂種電可散熱，收益足
以負擔自家電費，還有盈餘，是值得發展的綠能。太陽能板裝對
地方，確實可讓政府、業者、民眾三贏。但問題出在 2025 年一定
要達標，是否太急？加上 106 年 11 月 8 日，行政院長賴清德又將
屋頂型目標提前五年至 2020 年達成，屋頂型種電等於僅剩兩年多
時間，更讓所有參與者倒抽一口氣。其實台灣推動太陽光電已八
年多，截至去年底，全國總裝置容量僅 1.38GW，將來八年內還
要完成 18.62 GW，相當過去總量的 13.5 倍，談何容易。《遠見》
訪問產、官、學各界代表，大家多認同發展太陽光電，卻有八成
提出相同疑問：為何如此急迫？高雄市野鳥學會總幹事林昆海研
究完此議題說，「我真的嚇到了，政府將綠電目標延遲個五年、
甚至十年完成，又如何？」不少學者專家也有所疑慮。台科大化
工系講座教授顧洋說，「有數據概念的人一看就知道，這是不可能
的任務，一定會跳票。」先分析屋頂型發電目標。看好台灣太
陽光電市場，由美商來台投資的辰亞能源董事長胡劭德說，假設
平均每個屋頂可裝 10 KW，3 GW 至少要 30 萬個屋頂。2018 年起，
每年要整合 10 萬個屋頂，以每年 250 個工作日計算，每天要通過

400 件申請案。大前提還要有許多的「剛好」才能達成。剛好每天有 400 名屋主主要種電，剛好這 400 個屋頂都很堅固且沒有遮蔭。「但我們都知道，這個太陽能的烏托邦（理想境界）根本不存在，」他不諱言。儘管現實困難重重，但政府有使命必達的意志力，部會、地方幾乎每週被追問進度。106 年行政院長賴清德到鄉鎮宣導前瞻計畫時，也鼓勵地方成立能源公司以開發財源，「可見中央的決心毅力有多大」，嘉義縣農業處處長林良懋說。但，短短一年多，高速行進的光電列車，已帶來亂象（彭杏珠，2018）。

在太陽光電決策執行的行政支援面建議如下：

1. 仍需大規模種電之環評

根據現行法規，裝置容量在 500 KW 以上或被列入國家級濕地才需環評。但 500 KW 無法符合大面積開發需求，環保署於去年 4 月 27 日預告修正，放寬自用裝置容量未達 2,000 KW 免環評。

2. 設置單一協調窗口

2009 年台達集團標到高雄世運會主場館設置一個一百萬瓦的太陽能電力系統，每年可發電一百一十萬度以上，解決高雄地區尖峰用電問題。太陽能設置光土地問題可能涉及單位包括農地

(農委會)、一般都市用地(內政部)、各地魚塢(縣市政府農業局)、森林(退輔會、農委會林務局)與經濟部能源局等，因此政府更需要設立單一統籌協調窗口以解決相關問題。

3. 區域不平衡、土地用地不足

在比利時，依據本次海外研習主辦單位 TIFA 提供的資料顯示，太陽能板主要設置於建築物或其他構造物的屋頂，也就是以「屋頂型」的太陽能板為主，「地面型」的太陽能並非優先設置的目標，這與台灣設置需求目標剛好相反，這也是台灣在太陽能發展於土地需求較為急迫，然而比利時於土地利用的經驗(如前所述於高速公路旁的太陽能板)，仍值得我們借鏡。

以臺灣為例，優先可考慮於公用戶外停車場設置太陽能板，由於目前太陽能板之結構已大幅改善，過去以正面是玻璃背面不透光的結構組成如今技術已經進步到可以做到兩面玻璃其中一面可以透光，只要將上層太陽能板間間隙擴大，就可以讓下層透光，這樣的設計可以應用在戶外停車場，不但可以兼顧隔熱蓄能有能夠適度達到採光良好功效。因此戶外停車場可以作為優先規劃之標的。此外亦可仿效參採比利時作法在平面道路兩側設置續

能的太陽能面板。甚至未來可以科學園區作為太陽能示範區，不僅可以展示廠商豐沛研發能量，又能將太陽能之蓄電用於高耗能的科學園區中，建構一個自給自足的動態循環用電系統。

此外輔以動態電價計價配套措施：以歐盟為例，歐盟希望加盟國都能靈活協調能源輸送，如此各國能源得以互相支援。在臺灣北、中、南、東、離島等區設立獨立電價區，因南部太陽光電力充裕，電價可以調降，促使耗電工業往南部搬，以達區域內能源生產平衡。

4. 解決偏遠地區的基礎建設與成本所費不貲之問題

要發展太陽能光電，除了鬆綁法規、簡化行政流程、提供財務補助，還有技術上的問題必須克服，倘若政府未來不協助解決，未來發展勢必還是受限，台電配電處處長王耀庭表示，「饋線不足是台電一直被攻擊阻擋太陽光電發展的地方，但台電也擔心做了新的線路進去，最後業者不來，這是雞生蛋、蛋生雞的問題。」因此未來可以考慮先規劃設置「太陽能示範專區」，台電可能傾向請業者繳納保證金，再布局線路，代表這條線可以被充分利用，資源也不會被浪費。

五、結語

能源是民眾日常生活所需，隨著人口的密度增加、科技產業進步以及生活品質的提升，能源需求更是迫切。2025 年非核家園目標，相信是執政黨踏出大膽的一步，供電安全及電力成本也面臨前所未有的挑戰，建議前瞻性檢討配套之能源政策，以節能減碳綠色永續為核心價值，務實面對廢止核電後之能源缺口，彈性調整法規策略，強化智慧基礎建設並鼓勵創新發展，政府各單位更應打破本位主義，透明公開並整合資訊，與立法機關及社會溝通建立互信，上下齊心協力朝非核家園大步邁進。

報告以比利時的能源發展政策為基礎，透過本次海外研習主辦單位 TIFA 協助提供的資料，以及本組蒐集的參考文獻，在實質政策推動提出下列下列 3 點具體建議，(1)法令面全面檢討：太陽能光電推動之後，為了全面擴大太陽能光電種電面積，勢必面臨原先超越各種土地用地原先限制之問題。例如魚塢地、農地等若要作為太陽能發電用地必須重新檢討相關法令有無扞格之處，政府首要之務應該全面盤點現行法令矛盾及有待突破之處進行檢討修正。(2) 置動態電力系統輔以動態電價計價配套措施：推動有效能源政策之前提首要之務就是充分了解能源的缺口，能源缺口之掌握有賴可靠穩定的電力系統，建置

動態電力系統便是最重要一環，了解電力需求與實際發電與備載電力三者之關係讓電力公司充分掌握可能用電需求、提供足額備用電力，如此一來才能讓政府所發的每一度電都充分利用不致浪費。(3)建置太陽能示範區優先以公用戶外停車場推動：以我國為例，優先可考慮於公用戶外停車場設置太陽能板，由於目前太陽能板結構已大幅改善，過去以正面是玻璃背面不透光的結構組成如今技術已經進步到可以做到兩面玻璃其中一面可以透光，只要將上層太陽能板的間隙擴大，就可以讓下層透光，這樣的設計可以應用在戶外停車場，不但可以兼顧隔熱蓄能有能夠適度達到採光良好功效。因此戶外停車場可以作為優先規劃之標的。此外亦可仿效參採比利時作法在平面道路兩側設置續能的太陽能面板。甚至未來可以科學園區作為太陽能示範區，不僅可以展示廠商豐沛研發能量，又能將太陽能之蓄電用於高耗能的科學園區中，建構一個自給自足的動態循環用電系統。以上提供太陽能源發展之政策建議，期作為未來邁向非核家園之參考。

六、參考文獻

中文

1. 李界木 (2017) , 太陽光電是解決台灣缺電的萬靈丹?
2. 財訊出版社(2006)。太陽鍊金術：透視全球太陽光電產業，臺北：財訊出版社。
3. 胡湘玲 (2009) , 太陽能源，臺北市：天下遠見出版股份有限公司。
4. 彭宗平、李知昂、IC之音 (2016) , 台灣的明天：能源、環境與科技產業的思考，臺北市：遠見天下出版股份有限公司。
5. 王啟秀、孔祥科、左玉亭 (2008) , 中華管理評論國際學報，2008 年 8 月第十一卷三期 • Vol. 11, No. 3, Aug 2008。
6. 李清吟(2015)，未來再生能源大幅增加對台灣輸電系統影響及因應策略研究，台灣電力股份有限公司委託計畫

英文

1. Mazumder, M. K., R. Sharma, A. S. Biris, M. N. Horenstein, J. Zhang, J. W. Stark, S. Blumenthal and O. Sadler.2011. Electrostatic Removal of Particles and its Applications to

Self-Cleaning Solar Panels and Solar Concentrators. Methods for Removal of Particle Contaminants. Pp.149-199

2. IEA (2016), "Energy Policies of IEA Countries-Belgium 2016 review"
3. Union, E. (2009). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union, 5, 2009.

參考網站

1. 能源轉型白皮書 <http://energywhitepaper.tw/>
2. 經濟部能源局
<https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>
3. 劉家豪、許雅音 (2016), 比利時邁向非核之電力供應情況分析, 能源知識庫 <https://km.twenergy.org.tw/>。
4. 周桂田、張國暉 (2017), 《能怎麼轉》共創台灣綠能未來——以群募平台搭建全民參與的橋樑許。
<http://e-info.org.tw/node/205920>
5. 中國沙塵暴網。<http://www.duststorm.com.cn/>。

6. 陳立誠(2016), 觀點投書: 太陽能用地問題, 風傳媒, 2016.12.21。
<http://www.storm.mg/article/203209>
7. 尹俞歡(2016), 太陽能發電有「線」阱! 有光有地有電沒饋線送不出來。
<http://www.storm.mg/article/112472>
8. TechNews(2016), 2025年臺灣太陽能安裝目標提高, 能源新政改革面向廣。
<https://technews.tw/2016/02/17/solar-energy-taiwan-2025>
9. 彭杏珠(2018), 台灣瘋種電 從三贏變全民皆輸, 2018年3月號遠見雜誌。
<https://www.gvm.com.tw/article.html?id=43034>
10. 許安琪(2003), 與消費者共舞的綠色行銷。
<https://www.ftis.org.tw/cpe/download/she/issue16/subject16-2.htm>
11. 工商時報社評, 再生能源發電量達20%, 是算術還是魔術?
2017.11.6
<https://ctee.com.tw/News/Expert.aspx?newsid=9540&cateid=cp>
12. 林昌賢(2018), 再生能源是否能成為穩定電力來源?
<http://eip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=YW5hbHlzaXM=&id=MTU1>
13. Nick Davis(2017), 智慧電網: 何謂電網? 如何實現「智慧」? EET
Taiwan, 2017年10月23日
<https://www.eettaiwan.com/news/article/20171023TA31-the-smart-grid>

14. 陳驚人(2017)，躉購制度 將逐漸退出市場，2017.10.9.工商時報
<http://www.chinatimes.com/newspapers/20171009000055-260202>
15. Amcham Belgium
<http://www.amcham.be/policy/energy/belgiums-energy-challenges>
16. 歐盟成員國 NREAPs:
http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/action_plan_en.htm
17. EUROSERV'ER , “PHOTOVOLTAIC BAROMETER,” APRIL 2018. <https://www.euroserv-er.org/photovoltaic-barometer-2018/>