

國立臺灣大學社會科學院政治學系

碩士論文

Department of Political Science

College of Social Sciences

National Taiwan University

Master Thesis

我國再生能源政策之研究

—以太陽光電產業發展為例

A Study of Policy Research of Renewable Energy in Taiwan :

Solar Photovoltaic Industry Development

研究生：劉明錫

Ming-Hsi Liu

指導教授：趙永茂 博士

Advisor: Yung-Mau Chao.,Ph.D.

中華民國 108 年 10 月

October, 2019

表圖目錄

圖目錄

- 圖 1.1 歷年太陽光電裝置容量
- 圖 1.2 研究流程圖
- 圖 2.1 歷年全球氣溫狀況
- 圖 3.1 德國歷年太陽光電裝置容量
- 圖 3.2 太陽光電產業鏈
- 圖 3.3 台灣太陽光電歷年新增裝置量

表目錄

- 表 1.1 再生能源目標裝置容量(MW)
- 表 1.2 2018 年各國平均電價比較
- 表 1.3 訪談之專家學者的背景
- 表 1.4 訪談題綱
- 表 2.1 政府再生能源政策之比較
- 表 2.2 主要再生能源類型優缺點比較
- 表 3.1 德國發展再生能源重要政策與法案
- 表 4.1 SWOT 分析表格

目 錄

第一章	緒論	5
第一節	研究背景與動機.....	5
第二節	問題意識與研究目的.....	12
第三節	研究方法與流程.....	16
第四節	研究限制.....	28
第二章	相關政策與文獻探討	29
第一節	減碳協議與再生能源.....	29
第二節	我國再生能源政策與發展.....	33
第三節	太陽光電作為再生能源的優勢.....	40
第四節	文獻整理與探討.....	43
第三章	太陽光電產業的概況與分析	47
第一節	太陽光電產業的概況.....	47
第二節	我國太陽光電產業分析.....	55
第三節	太陽光電產業面臨的問題.....	61
第四節	小結.....	68
第四章	我國太陽光電產業發展之分析	70
第一節	PEST 分析法.....	70
第二節	SWOT 分析法.....	81
第三節	綜合問題與分析.....	94
第四節	小結.....	100
第五章	結論與建議	103
第一節	研究發現.....	103

第二節 結論與建議·····	105
第三節 未來研究方向·····	108
參考文獻·····	109
壹、中文資料·····	109
貳、英文資料·····	114
參、網路資料·····	116

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

近年環保意識的提高，如空氣污染、PM 2.5 對民眾健康的影響；大量碳排放造成溫室效應與氣候變遷，改變整個生態環境。台灣於 2018 年 11 月地方選舉與全民公投，環保議題成為選舉與公投的主軸。尤其；空污議題公投的結果，同意票 795 萬張佔比 73.8% 的民眾，同意以「平均每年至少降低 1%」之方式逐年降低火力發電廠發電量(中選會，2018)。火力發電的問題與能源轉型，再次成為民眾關注的焦點，必須面對的課題；改善空氣污染與降低 PM2.5，發展再生能源已是全民的共識，亦為各執政者所支持。於此環保意識的高漲背景下，我國在推動能源轉型的過程，如何發展再生能源的議題，啟發本文研究的動機。

壹、研究背景

氣候變遷與國際減碳協議：人類自高度工業化之後，過度使用化石燃料，以及經濟的開發，大量森林的砍伐，造成地球碳循環的破壞，地表溫室氣體大量增加，促使全球暖化現象越趨明顯，全球各地亦開始不斷發生氣候異常現象。聯合國「跨政府氣候變遷小組 (IPCC)」(Intergovernmental Panel on Climate Change of the UN) 在 2007 的評估報告(Assessment Report 4, AR4)指出，化石燃料的使用與

土地利用的改變，是全球暖化氣候異常主要的原因（IPCC，2019）。

而 IPCC 也把臺灣列為氣候變遷的「高危險群」，根據行政院環保署之資料顯示，臺灣 2016 年 CO₂ 總排放量居於全球的第 21 名 (257.8 百萬公噸)，若以每人平均排放量來計算，臺灣則高居全球第 19 名(10.98 公噸)（行政院環保署，2018），在全球近兩百個國家當中台灣屬於高汙染源地區，因此台灣在減碳工作上也有相當大的責任，再生能源的發展也是必須面對的課題。

面對這項全球性的挑戰，聯合國也在 1992 年通過了「氣候變遷綱要公約」UNFCCC（United Nations Framework Convention on Climate Change），接著 1997 年在日本京都簽訂了該公約的補充條款，即著名的京都議定書（Kyoto Protocol）。

在 2015 年 12 月聯合國氣候峰會（COP21）當中通過了巴黎協議（Paris Agreement），該協議包括三項重點（UNFCCC，2018）：

- (一) 將全球平均升溫控制在 2°C 以內，並希望能進一步控制在 1.5°C 之內。
- (二) 每個國家也必須向氣候變遷公約秘書處提供「國家自主貢獻」(Nationally Determined Contributions, NDC)，這份文件將被視為各國的減碳承諾，各國在文件中也將提出該國的積極減碳作法以及欲達成的減碳目標，且每五年必須提交一次，每次的計畫都只能更為進步不能倒退。
- (三) 已開發國家將在 2020 年之前，每年提供 1,000 億美元，協助開發中國家對抗氣候變遷，且 2025 年前需決定一個提供資金的新目標，最少以 1,000 億美元為限。

在 2016 年 G20 (Group of Twenty) 前夕，美國與中國作為世界兩大經濟體以及前兩名的碳排放量國，同日批准了巴黎協議，第三大碳排放國印度也於同年 10 月份批准。對於世界各國攜手對抗全球暖化與氣候變遷有重要的歷史意義。

針對全球暖化與氣候變遷所達成國際減碳協議，我國雖不在上述國際規範的締約國當中，2012 年行政院提出了《溫室氣體減量及管理法》，並在 2015 年立法院三讀通過。環保署也在 2015 年發布了「國家自定預期貢獻」INDC，定下 2030 年達成減排至 2005 年的 20% 為階段性目標，推動能源轉型降低碳排放量。尤其；2011 年日本發生 311 東北大地震，福島核電廠爆炸，引發的核能危機，震驚全球，致使世界各國開始重新檢視相關的能源政策，關注核能安全議題。而同樣位處於地震帶的台灣，更是感同身受，產生了人民對核能安全，核廢料污染與貯存的疑慮，也喚起了人民對使用綠色能源的共識。在這樣的背景下；2014 年馬政府決定將「核四封存」不做商轉，進而加速推動再生能源的發展。

2016 年蔡英文政府上台之後，確立「核電除役」、核電廠不延役，並制定了「2025 非核家園」的目標；全力發展再生能源取代核能發電。配合其「2025 年非核家園」的政策，將 2025 年再生能源的目標由原本馬政府時期的 15,213MW 調高至 27,423MW，達到再生能源占總發電量 20%。並制定再生能源政策，全力推動太陽光電與離岸風力發電，而所有再生能源的發電目標當中，又以太陽光電的 250 億度占總發電目標近五成最高（立法院公報，2016）。

因為再生能源中，台灣具有發展太陽能的條件，位於亞熱帶地區，年日照 180 天以上，日照光源充足；加上台灣的科技規產業本

身就具有技術優勢，上下游產業供應鏈完善，具有發展太陽光電的優勢；而且太陽能具有清潔乾淨、資源永續、無地域限制等能源優點，扮演台灣綠色能源發展當中，最為關鍵性的角色。

貳、研究動機

台灣當前正面臨嚴峻的考驗；在保護環境生態、防制空氣污染、降低 PM 2.5 與碳排放量的情況下，如何落實國家的能源發展政策，已是刻不容緩。由於民眾環保意識的提高，乾淨、自主、永續的綠色能源是全民的共識，而綠色能源又以再生能源為核心，所以發展再生能源將成為關鍵。

我國在綠色能源的發展上，2009 年行政院通過經濟部所提的「綠色能源產業旭升方案」（行政院，2009），推動至今已成功帶動我國綠能產業蓬勃發展，台灣的綠能產業產值在 2015 年產值已達 4 千 5 百億元左右，較 2008 年已有長足的進步（立法院公報，2016）。「綠色能源產業躍升計畫」在 2014 年 8 月獲行政院核定，作為現階段我國綠能產業主要推動政策。楊秉純（2016）指出在綠色能源產業躍升計畫當中，主要分為再生能源與節約能源兩大範疇，再生能源包含太陽光電與風力發電，節約能源則包含 LED 照明光電與能源資通訊，其中再生能源的部分太陽光電 2015 年的產值達 2005 億元。

2016 年蔡政府制定了「2025 非核家園」的目標；全力發展再生能源取代核能發電，期望再生能源占總發電量 20%；2025 年太陽能裝置量達到 20GW（Gigawatt/十億瓦）的政策目標（經濟部，

2016)，積極的發展綠色能源，並推動太陽能發電為主要再生能源的發展策略（見表 1.1）。

表 1.1 再生能源目標裝置容量(MW)

能源別	104 年	105 年	109 年	114 年
太陽光電	842	1342	8776	20000
陸域風力	647	747	1200	1200
離岸風力	0	8	520	3000
地熱能	0	1	150	200
生質能	741	742	768	813
水力	2089	2089	2100	2150
燃料電池	0	0	22.5	60
合計(全國)	4319	4929	13537	27423

資料來源：經濟部能源局，2016

綜合氣候變遷的事實、國際社會因應氣候變遷加劇所定下的減碳國際規範，以及我國政府 2025 年非核家園，綠能占比達總發電量的 20%，和太陽能裝置量達到 20GW 的政策目標；2018 年的公投通過了以「平均每年至少降低 1%」之方式逐年降低火力發電廠發電，再生能源已成為我國能源轉型與發展的目標。再者台灣本身就有利

於太陽能的高日照環境與產業優勢，結合以上幾點因素，太陽能光電將在台灣再生能源的發展上，具有重要且關鍵性的地位。

如上所述，太陽光電產業的發展上具有相當的前瞻性與發展性，本研究整理出其主要的原因兩大項，概述如下：

（一）國家政策的目標，

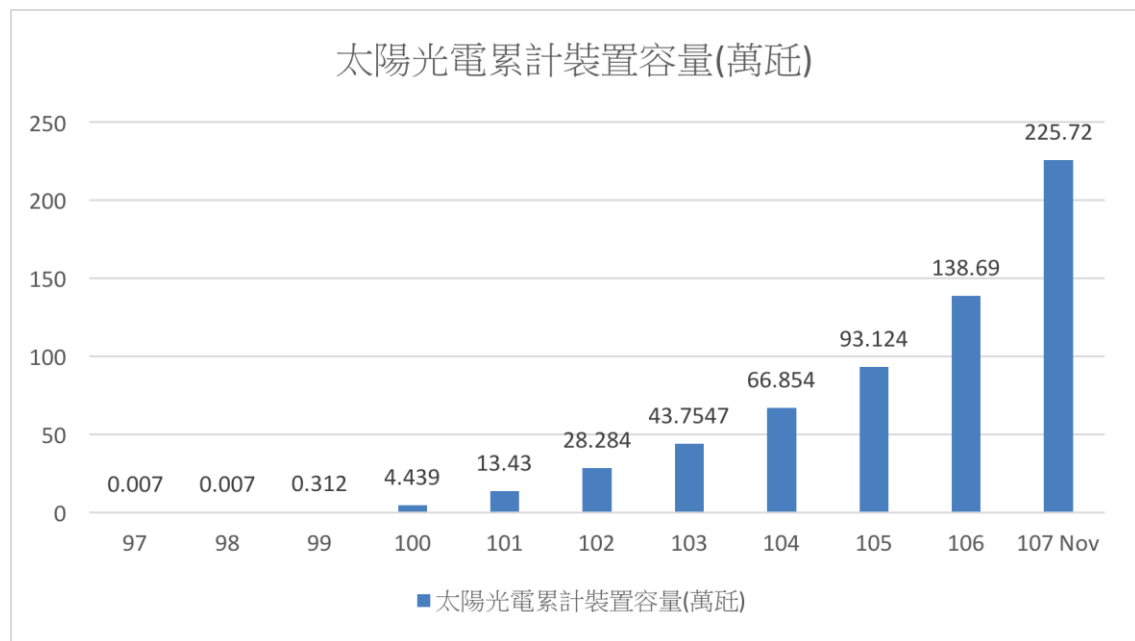
1. 為符合巴黎協議的規範，2015 年 9 月馬政府通過「國家自定預期貢獻」INDC，定下 2030 年達成減排至 2005 年的 20%的目標。
2. 蔡政府 2025 年非核家園的政策目標，全力發展再生能源取代核能發電，再生能源占總發電量 20%。
3. 2025 年太陽光電裝置量達到 20GW 的目標。

（二）產業優勢

1. 太陽光電具有清潔乾淨、資源永續、無地域限制等能源優點，且有用之不盡取之不竭的特色。
2. 台灣位於亞熱帶地區，年日照 180 天以上，太陽能充足，發電效率良好，極具發展太陽能的潛力。
3. 正午日光照射最強烈時，恰巧是太陽能發電效率最佳的時候，可以補足尖峰用電的需求，緩減用電備載容量的吃緊。
4. 台灣具有相關高科技產業的支持，產業聚落完善，也有完整的太陽光電產業上中下游供應鏈，對於技術提升和降低成本具有優勢。

有關我國在太陽光電發展的發展，2009 年馬政府所提的「綠色能源產業旭升方案」，2012 年推動「陽光屋頂百萬座」計畫，作為達成再生能源擴大推廣主要策略，採「逐步擴大、先屋頂後地面」方式推動，成功帶動我國太陽能產業蓬勃發展。2016 年蔡政府推動能源轉型，提出「2025 非核家園」，全力發展再生能源取代核能發電，以太陽光電與離岸風力為重心，制定了再生能源發電量占比達 20%的目標。2017 年「能源轉型白皮書」推動能源轉型加入社會的監督和參與，透過公民參與和跨部會的共同合作，使得能源轉型的計畫能夠更加完善、更好地落實。直至 2018 年 11 月，較 2008 年已有長足的進步，太陽光電裝置容量從 2009 年的 0.01MW 成長至 2018 年的 225.72MW、(見表 1.2)。

圖 1.1 歷年太陽光電裝置容量



資料來源：台灣電力公司，2018

綜合資料顯示；改善空氣污染與降低 PM2.5，發展再生能源已是全民的共識，亦為各執政者所支持。在再生能源當中，台灣最具發展優勢的就是太陽光電，主要的原因在於台灣位處亞熱帶地區，日照充足年平均日照 180 天以上，對於太陽能發展具備良好的天然條件，與完整產業鏈的基礎。尤其政府在推動太陽能光電產業發展的政策上，希望透過公民參與發電的概念，與產業共同合作，所以未來台灣再生能源發展上，將以太陽光電產業發展為核心。

第二節 問題意識與研究目的

壹、問題意識

目前政府推動能源轉型，必須面對的問題：1. 降低火力發電，減碳排改善空汙 2. 再生能源替代核電的時程 3. 台灣發展再生能源總體環境；就時間與空間的議題，檢視政府政策、推行時效、行動方案等，推展過程中民眾與產業的接受度。

1. 降低火力發電，減碳排改善空汙：2012 年政府制定的能源政策，《溫室氣體減量及管理法》，2030 年須達成減碳至 2005 年的 20%，積極地發展再生能源。民眾對降低於空氣污染和 PM2.5 的環保意識抬頭，台灣 2018 年空汙議題公投的結果，民眾同意以「平均每年至少降低 1%」之方式逐年降低火力發電量；電能的替代，政府正全力發展再生能源。

2. 再生能源替代核電的時程：2016 年蔡政府確立「核電除役」，2025 年核電廠到期不作延役，並制定了「2025 非核家園」的目標，全力推動再生能源的發展。政策制定與推動時程，10 年期間要達到

2025 年再生能源佔總發電量 20%，與太陽能裝置量達到 20GW 的目標，具有高難度的挑戰。

3. 台灣發展再生能源總體環境：再生能源包含太陽光電與風力發電，又以太陽光電為重心；就再生能源總體環境，如何制定產業政策，創造有利投資的條件，解決產業面臨的問題。

目前正積極發展再生能源，力求節能減碳的趨勢，制定政策目標：「2025 年非核家園」、2025 年再生能源佔總發電量 20%與太陽能裝置量達到 20GW 的政策目標；在這幾項政策制定之下，針對再生能源發展所面對的問題，從中央政府的制定政策與執行進度，進行檢視與探討。蔡政府上台以來已執行三年多，政策目標的達成率上仍有不足；例如 2019 年太陽光電屋頂型的設置已預估能達標，但是地面型的太陽能板仍與政策目標相距甚遠，在地面型太陽能推動方案中，所遭遇到的問題與困難。

台灣再生能源發展的項目，以太陽光電最具有優勢；在台灣具有地理位置、產業上面的優勢。然而，現今我國太陽光電產業發展面臨最大的困境，便是便宜的電價，電價過低已是必須面對的課題。因為電價的調整，已不是經濟民生的問題，而是政治問題；例如，馬政府時期「油電雙漲」造成物價波動與民怨，危及政權的維繫，電價調漲成為執政者的禁忌。根據國際能源總署（IEA，International Energy Agency）2017 年發布的統計資料（台灣電力公司，2017），我國住宅用電電價每度電僅 2.4793 元為全世界第三便宜，工業用電僅每度電 2.3874 元則排名全球第六便宜（表 1.2）。如此低廉的電價對於再生能源的發展形成一大阻力。再者，台灣地狹

人稠，人口密度每平方公里 650 人，在這樣的現況下要建造大型的太陽能發電廠，顯然有執行面上的困難。

表 1.2 2018 年各國平均電價比較

2018年各國平均電價比較
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

108年9月12日更新

住宅用電						工業用電					
排名	國別	台幣元/度	排名	國別	台幣元/度	排名	國別	台幣元/度	排名	國別	台幣元/度
1	墨西哥	1.8971	17	瑞典	5.9102	1	挪威	2.0539	17	泰國*	3.0104
2	大陸*	2.3822	18	智利	5.9402	2	美國	2.0911	18	南韓	3.0259
3	臺灣	2.5217	19	芬蘭	6.0063	3	瑞典	2.1037	19	希臘	3.1497
4	馬來西亞	2.5551	20	法國	6.1026	4	芬蘭	2.3665	20	奧地利	3.3246
5	土耳其	3.1319	21	荷蘭	6.3595	5	臺灣	2.4492	21	立陶宛	3.4949
6	南韓	3.3307	22	瑞士	6.3934	6	盧森堡	2.5176	22	法國	3.5087
7	加拿大	3.4077	23	奧地利	6.9432	7	土耳其	2.5316	23	瑞士	3.6805
8	泰國*	3.4131	24	英國	6.9808	8	加拿大	2.5317	24	西班牙	3.8434
9	美國	3.8869	25	日本	7.2057	9	大陸*	2.6925	25	愛爾蘭	3.8758
10	匈牙利	3.9638	26	愛爾蘭	7.7445	10	墨西哥	2.6998	26	葡萄牙	4.0804
11	挪威	4.1043	27	葡萄牙	8.0771	11	丹麥	2.8032	27	比利時	4.1168
12	波蘭	5.1909	28	義大利	8.4338	12	荷蘭	2.8045	28	英國	4.1953
13	新加坡	5.4718	29	西班牙	9.3926	13	匈牙利	2.8451	29	德國	4.3847
14	捷克	5.5247	30	比利時	9.9112	14	波蘭	2.8822	30	智利	4.7841
15	菲律賓	5.7112	31	德國	10.6538	15	馬來西亞	2.9033	31	日本	4.8449
16	希臘	5.9044	32	丹麥	13.2979	16	捷克	2.9066	32	義大利	5.2589

註：1. 表列數值原係以美元計價，台幣對美元換算匯率為1美元 = 30.156台幣（2018年平均匯率）。
2. "*"為2017年資料。

資料來源：台灣電力公司，2019

針對目前政府制定的再生能源政策、政策目標、執行方法，相關政策執行的情況，根據經濟部統計至 2018 年 11 月，太陽能總裝置容量 2.26 G W，而 2019 年全力推動施行直到現況，累計總裝置量不及 4 G W（經濟部，2019），距離政策目標 2025 年達到 20 G W，還有相當大的落差，只剩 6 年的時間，有很大的難度與挑戰。所以本研究以太陽光電政策制度與執行的現況、目前產業發展面臨的問題，進行研究與探討，作為政策的改善與解決的方案。

貳、研究目的

綜觀我國太陽光電產業的企業型態，皆以中小企業為主體，企業資源有限，所以本研究將透過深度訪談法，針對產、官、學各界的專家或從業人員進行深入的訪談，以瞭解目前政策的執行狀況與所面臨的發展困境，進行研究與探討，作為政策的改善與解決的方案。進行整理與分析訪談後的結果，提供給太陽光電產業業者做為參考，使其能針對這些關鍵的因素投入較多的資源，將企業有限的資源發揮最大的效益，進而能促進台灣太陽光電產業能更健全的發展。

本研究以太陽光電產業政策與執行的現況，產業發展面臨的問題，希望透過本文能達到以下幾點目的：

1. 透過文獻分析、專家訪談，萃取產業發展的關鍵因素，提供給太陽光電業者做為企業發展的參考。
2. 就時間與空間的議題，透過業者及專家訪談與研究，檢視我國政府定下 2025 年達成太陽光電裝設量 20GW 的政策目標。探討政策的改善與解決的方案，提供政府未來政策制定與執行的參考。
3. 針對對於台灣的太陽光電產業發展的一些分析與建議，產業發展面臨的問題，作為未來促進產業與政府相互了解與合作的參考。

第三節 研究方法與流程

壹、研究方法

本研究蒐集太陽能光電產業，總體政治、經濟、政策、科技等相關文獻，藉由文獻分析、PEST 分析法、SWOT 分析法、深度訪談法，探討太陽能光電產業未來發展趨勢，政策制定與執行面臨到的問題。本節將針對文獻分析法、深度訪談法和 PEST 分析法進行分析如下：

一、文獻分析法

針對國際間再生能源的發展，提拱我國對能源轉型的啓思，進而推動綠能政策的執行，施行至今相關的政策法規、產業概況、社會接受，以及環保生態的議題上相關的研究。運用文獻分析法來蒐集與研究主題相關的期刊、文章、書籍、論文、專書、研究報告、政府出版品及專題訪談的相關報導等資料，進行靜態性與比較性的分析研究，以瞭解研究主題的方法。葉至誠（1999）提出文獻分析法是注重客觀、系統及量化的一種研究方法。文獻分析可以幫助研究者釐清研究的背景事實、理論的發展狀況、研究的具體方向、適當的研究設計方式及研究工具的使用方式。。

本研究將透過期刊、文章、書籍、論文、專書、研究報告、政府出版品及專題訪談報導等管道，針對氣候變遷、地球，尤其國內外光電產業發展、政策與執行的研究文獻進行檢視，接著主要透過專題報導、與政府公開資訊了解我國太陽能發展的相關影響因素與問題，以利進一步的訪談設計與研究分析。

二、PEST 分析法

針對太陽能光電產業發展的趨勢，以 PEST 分析總體環境中的政治（Political）、經濟（Economic）、社會（Social）與科技（Technological）等四種因素的一種模型。Koumparoulis，（2013）指出這是在作產業研究時，外部分析的一部分，能給予產業在一個針對總體環境中不同因素的概述。王曉慧，（2006）認為這個策略工具也能有效的了解產業的成長或衰退、產業所處的情況、潛力與營運方向，經常可以在產業相關的研究上，採用此研究方法分析太陽能光電產業的發展。

總體環境的分析，楊佳榕（2012）指出政治因素包含了租稅政策、土地法規、環境管制、貿易限制、關稅與政治穩定。經濟因素有經濟增長、融資條件，如利率、匯率、通貨膨脹率還有投資環境的影響。社會因素除了包含民生議題、環保議題，通常也著重在文化觀點，另外還有健康意識以及生活安全議題等面向的分析。科技因素則包含產業生態與投資環境方面，分析投資成本決定進入障礙和最低有效生產水準。科技因素著重在研發活動、自動化、技術誘因和科技發展的速度等，都會影響到投資決策。就各種因素輔助進行深度專家訪談，然後整理資料再進而分析。

本文採用 PEST 研究法輔助在進行專家訪談，然後整理資料再進而分析。透過整理深度訪談所獲取的資料，再以 PEST 的方法進行分析，並做出本研究的結論與建議。以下將簡述 PEST 對太陽光電產業發展的關係與影響。

（一）政治面

政治面的因素包含國家政策的制定與執行目標，例如 2025 年太陽能裝置量須達到 20GW 的政策目標，2025 年的非核家園、綠能占比達總發電量的 20%，以及 2018 年的全民公投通過的每年平均降低 1% 的火力發電占比等等。另外包括政策的獎勵措施，法規的完善，對於政策的推動是否有確實執行與落實，皆屬於政治面因素的範疇。

政治層面因應 2025 年「非核家園」的政府相關政策獎勵措施必須落實、政策的推廣必須強化，例如躉購電價（FIT）」；土地法規的友善，如放寬土地利用的鬆綁，土地的取得與使用。政府對於再生能源的宣導與推廣，使民眾對太陽能的相關知識的提升，能夠參與「公民電廠」的行動方案，例如 2017 年《電業法》修正後，鼓勵民間設置再生能源，開放綠電自由市場，綠電可以直接供應或是代輸賣店給其他業者，落實政府政策的推廣與施行。

（二）經濟面

經濟面的因素包括民間投資意願的高低，太陽光電產業的投資報酬是否穩定，融資條件是否放寬給予支持，以及原物料取得的成本是否能夠降低，使生產產品更具競爭力，都是太陽光電產業發展的經濟面重要影響因素。台灣現今電價偏低，全世界第三便宜，未真實反映電價成本降低；太陽能相關的原料與設備的進口關稅，與太陽能電廠設備投資成本下降，增加投資報酬，提高民間的投資意願。再者；銀行融資的法規放寬，融資管道能夠順暢，活絡資金以利民間投資。

（三）社會面

社會面包括社會對於節能減碳及綠能發展的共識，2011 年福島核災後大眾對於核能的疑慮和再生能源的重視，環保意識的提升和對於再生能源知識的認識，都會是影響太陽光電產業發展的社會面因素。民眾對於火力發電造成的空氣污染、碳排放量 PM2.5 的問題，節能減碳的綠能發展的共識；透過政府的推廣與宣導，使得民眾願意使用綠色能源，使其與生活結合。政府推行再生能源政策，如何結合民間綠色環保團體、配合社區營造組織，使政策是由下而上的宣導與推行。

（四）科技面

科技層面包括太陽光電產業的供應鏈整合，人才的養成及培育，技術研發的既有優勢和精進，以及和國際技術接軌的能力等等，都是太陽光電產業發展的技術面因素。技術的精進與提升，例如：開展聚光型、追日型的太陽光電面板，此外，在太陽能蓄電技術上的提升、增強太陽能轉換效率等，皆有助於電力的分配使用及成本降低。基礎設施的施建完善與否，例如輸電系統、饋線的建置、建構能源的智慧電網等，皆會影響太陽能光電產業發展。以台灣的現行狀況，台電應先行建立智慧電表，給客戶提供即時的能源消耗資料，從而使其得以瞭解、分析和更有效地管理能源利用，包括減少能源浪費，以及減少發電廠的排放，使電力和資訊可以在電力公司和消費者之間雙向互動，通訊自動化、電腦和控制應用，讓電網高效率、更可靠安全的電力使用。

三、 SWOT 分析法

本研究以太陽能光電產業 SWOT 分析，作為產業發展的戰略制定、競爭力分析，就產業的優勢（Strengths）、劣勢（Weaknesses）、機會（Opportunities）和威脅（Threats）四個面向進行探討與分析，以了解現今產業發展的狀況，做為未來的參考。產業優勢與劣勢是指企業組織內不面對競爭與挑戰的能力，而機會與威脅則在定義企業外部環境的可能變化，SWOT 分析是策略規劃的核心架構（Ansoff,1965）；透過 SWOT 分析，可以幫助企業把資源和行動聚集在自己的強項和有最多機會的地方。

我國太陽能光電產業發展優勢與機會：環境上的地理優勢，年均日照時間 180 天以上，可補足用電尖峰期的用電量，且產業聚落完善等。伏文采（2009）指出台灣太陽能產業鏈的完備，高科技人才的研發創新，太陽能發電成本逐年下降、技術進步、電廠投資效益增加。再者，民眾對於降低火力發電與排碳量、改善空氣污染的支持，朝野皆對於發展綠能有共識，全民對於核電安全的疑慮與廢核料的處理，帶動能源轉型的契機等，皆是我國太陽能光電產業發展的發展優勢與機會。

而產業發展的劣勢與威脅：包括地理環境上的劣勢，例如：位於地震帶、夏季颱風且地狹人稠、海島型的電網；產業威脅的部分有。電價過低、電廠設置成本過高、南北區域發展不均，過於集中於中南部；政策面上包含中央及地方政府的更替，使政策無法落實，以及現有能源局位階太低，中央沒有統籌單位，法規不夠完善等，皆是太陽能光電產業發展的劣勢與威脅。

四、 深度訪談法

本研究彙整文獻資料、政治經濟社會科技以及產業發展的優勢劣勢機會威脅等面向，進行專家深度訪談，透過訪談對話與交流的過程，蒐集研究專家的看法與未來發展的觀點。范麗娟（2004）指出深度訪談的目的主要是了解受訪者的主觀經驗或看法，藉由面對面的交流與對話，引發對方提供一些資料或表達他對某項事物的意見與想法。Bainbridge（1989）認為深度訪談法的優點是相較起其他量化研究方法可以獲得更豐富的資料，能針對研究者的研究主題有較深入與全面的回答。王雲東（2007）提到透過面對面的訪談，能獲得受訪者對於某項議題或個案的經驗、知識或觀點，能讓研究者了解特定議題的內幕、真實意涵、衝擊影響、未來發展以及解決之道。

而為了瞭解當今太陽光電相關政策的執行狀況以及第一線相關產業人員真實的感受與實務面所面臨的問題（萬文隆，2004）。本研究將採用深度訪談法進行研究，希望透過對於實際參與或執行的產官學界的專業人士的訪談，能更深入的了解目前政策執行的成效與問題，避免只依靠文獻或統計資料而忽略了更深入或細節的資訊。透過產官學界不同專業人士的訪談，也能整合各方的觀點與落差，發掘相關的問題，政策推動的情形與困境，進而提出建議與解決方案，有助於未來太陽光電產業相關政策的調整或改進。

（一）研究訪談對象

本研究進行訪談的受訪者背景：政府部門相關政策的推動與執行官員，研究單位的學者專家，還有在產業界的太陽光電業者，業者中包含系統廠商、電池製造商、電廠以及太陽能設備廠商、太陽

能融資銀行以及民間投資商（見表 1.3），具有政策決策能力、專業資訊者，對於產業發展有具體經驗與推動者。

上述受訪者，皆是太陽光電系統與電廠設置相關人，是最直接連結市場與投資者，也是台灣太陽光電產業發展最直接利害關係人，因而作為本研究的重點以及專家訪談的設定。

表 1.3 訪談專家學者的背景

受訪者/ 序號	服務機構和職稱	機構性質與專業領域	訪談時間
受訪者 A	太陽光電協會秘書長	「陽光屋頂百萬座」執行者 協調整合系統廠商與電廠	2019.5.13
受訪者 B	H 系統廠商 董事長	太陽能系統廠商、電廠業者 輸出菲律賓、越南	2019.5.16
受訪者 C	I 研究單位 產業分析師	政府智庫及產業顧問、協助民間投資電廠	2019.5.17
受訪者 D	T 公司 營業處課長	負責太陽能電廠申請設置，政府與業者之間的執行單位	2019.5.19
受訪者 E	C 金融租賃公司 協理	負責太陽能電廠融資業務 公司投資大型太陽能電廠	2019.5.20
受訪者 F	C 大學教授 金控銀行獨董	財務金融分析 指導綠能論文、 銀行融資	2019.5.30

受訪者 G	I 研究單位 產業 組長、分析師	政府綠能政策研究單位，政府 政策與產業的平台	2019.5.30
受訪者 H	T 公司 太陽能 事業部經理	負責提供太陽能系統廠商與電 廠的設備、交流器	2019.6.20
受訪者 I	H 公司 太陽能 電廠負責人	太陽能電廠業者、投資地面型 設置	2019.9.15
受訪者 J	S 太陽能系統公 司 總經理	太陽能系統廠商、結構 與投資電廠設置業主	2019.9.20
受訪者 K	Y 公司太陽能事 業群經理	德國太陽能系統模組廠商 設廠台灣新竹	2019.9.27

資料來源：本研究自行整理

(二) 研究訪談題綱

1. 目前政府的政策目標到 2025 年再生能源占比要達到 20%，太陽能要達到 20GW，您認為從過去到現在的政策執行成效如何？目前政策執行目標與達成的進度？
2. 去年九合一選舉過後，目前對於太陽光電的發展是否有影響？2020 年的中央選舉，您認為有沒有可能對於太陽光電發展的可能影響為何？
3. 太陽能電廠屋頂型在預計今年已達到 3GW，但地面型太陽光電裝置卻嚴重落後，您認為可能的原因為何？應該如何改善？

4. 台灣市電電價過低，對太陽光電的發展的影響？您認為太陽能躉購電價是否合理？有那些需要改善，您的建議與解決方法？
5. 現階段民間對於太陽能電廠的投資意願是高還是低？相較起過去有成長或是下降？投資報酬率與銀行融資的情況，影響投資意願最主要的因素有哪些？
6. 您認為民眾對發展太陽光電的政策，社會大眾的看法？有關太陽能電廠設置影響環境生態、面板是否會造成回收與污染問題？
7. 台灣太陽光電產業發展在科技研發，現階段最為需要的技術與研發的產品是什麼？目前推展的情況？
8. 就產業面來看，您認為台灣太陽光電產業發展的優勢、機會是什麼？劣勢、威脅是什麼？
9. { 電業法 } 修正通過對台灣太陽光電產業發展的影響？如綠能認證；台電業務轉型對太陽光電產業發展的影響？如智慧電網推動
10. 您認為太陽光電產業目前的狀態與未來的前景？現階段有那些困境與挑戰？您的建議與解決方法？

表 1.4 訪談題綱

分析面相	訪談問題摘要
政府政策與執行	政府政策執行成效；中央選舉與地方選舉對太陽光電產業造成的影響；地面型太陽光電裝置目前進度嚴重落後，主要原因與如何改善。
民間投資意願、投資報酬率	電價過低對太陽光電發展，躉購電價的合理性；民間電廠的投資意願；投資報酬率、銀行融資的情況，其他影響投資意願的因素。

社會接受度、環境生態	發展太陽光電的政策，社會大眾的社會接受度，環境生態、面板造成回收與污染的疑慮。
技術研發	現階段最為需要的技術與研發的產品，目前技術推展的情況。
產業的優勢、劣勢、機會、威脅	就產業面來看，台灣太陽光電產業發展的優勢、機會、劣勢、威脅。
智慧電網與台電業務轉型	電業法修正通過對台灣太陽光電產業發展的影響；綠能認證、智慧電網等對產業發展影響。
目前困境與解決方案	太陽光電產業目前的狀態與未來的前景；現階段的困境挑戰、建議與解決方法

資料來源：本研究整理

貳、研究流程

本研究採取的方式，是先對太陽光電產業相關的文獻資料進行檢閱與了解，接著在現有的文獻基礎上，擬定訪談大綱對產、官、學界的專業人士進行深度訪談，取得訪談資料後，再以 PEST、SWOT 研究方法來探討太陽能光電發展的策略。

研究流程首先將先針對溫室效應、氣候變遷的相關資料進行蒐集與探討，以及因應國際上所採取相關減碳協議的行動與國際規範，進行文獻的檢閱與探討，這部分將包括，《聯合國氣候變遷綱要公約》（UNFCCC）、京都議定書及巴黎協議等國際規範相關文獻。接著將探討在我國因應巴黎協議等相關國際規範，所提出的綠

能政策內容進行檢視，發展再生能源與減碳趨勢；如馬政府在能源政策，2015年9月通過「國家自定預期貢獻」INDC，定下2030年達成減排至2005年的20%的階段性目標。

檢視我國再生能源推動與發展的相關政策，期間經過不同政黨的制訂與推動，就政府推展綠能的行動方案，例舉如下：

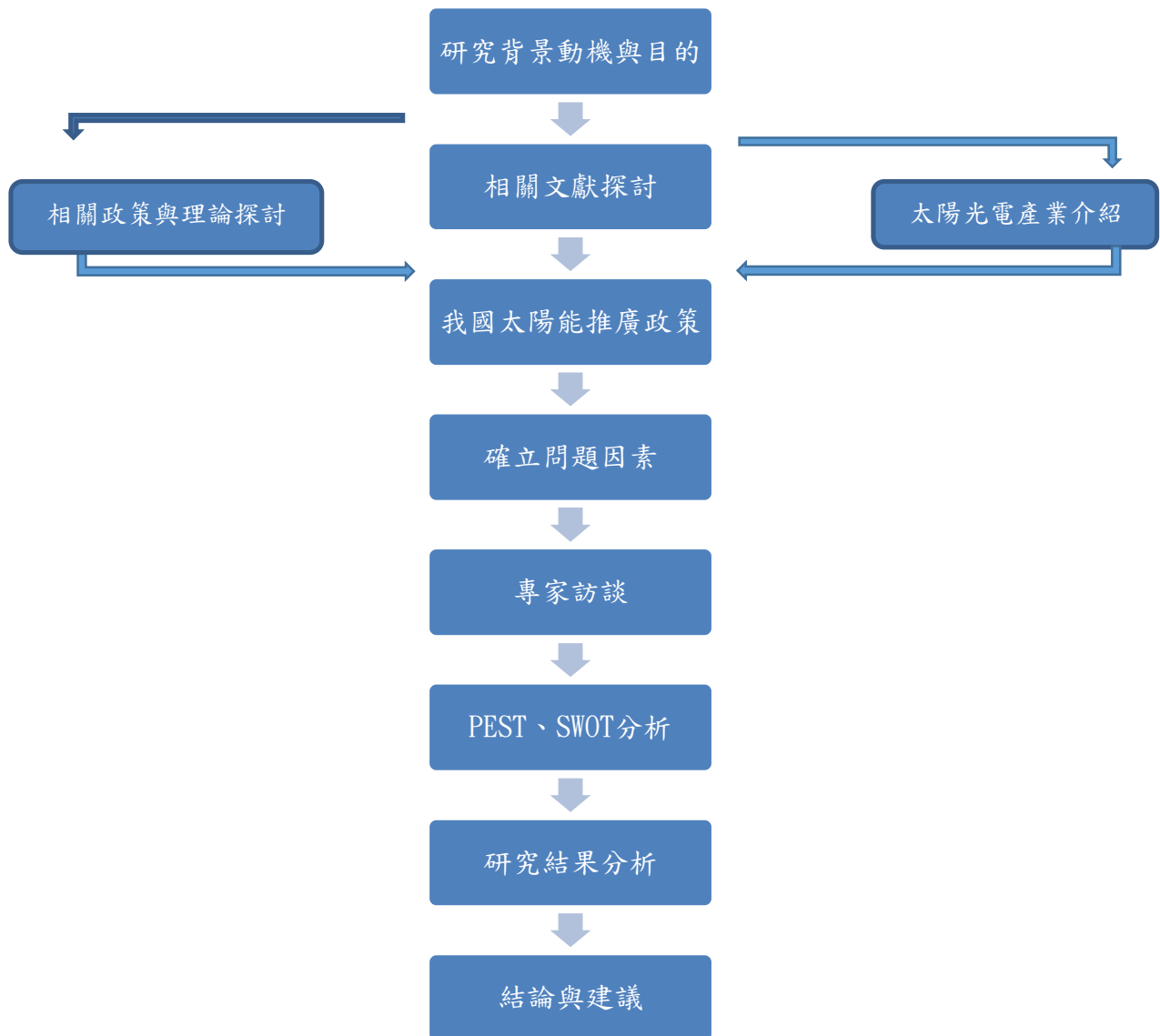
2008年馬政府開始推動「節能減碳」為重要施政方針，致力於綠能的開發，制訂再生能源發展的法源。重要的法案，如2009年通過「再生能源發展條例」，保障業者收購與價格的雙重機制，設置「再生能源發展基金」。2012年啟動「陽光屋頂百萬座」計劃，宣導屋頂型發電系統。2013年獎勵小型系統，公有廳舍、離島建置太陽能電廠等，開放免競標額度。2014年至2015年提升總體目標，每年新裝置太陽能500MW，積極推動節能減碳的政策。

2016年蔡政府制定「2025年非核家園」的政策，全力發展再生能源取代核能發電，再生能源占總發電量20%，2025年太陽光電裝置量達到20GW的目標。2017年通過《電業法》修正案，開放再生能源業者可選擇直售電力給用戶，提供綠能產業相關的投資、研發與就業蓬勃發展的法制條件。2018年通過《再生能源發展條例》修正案，明訂2025年再生能源累積設置達27GW，包括太陽光電20GW、離岸風電5.5GW，用電大戶也必須設置再生能源設備，無法配合設置者則可購買綠電憑證或繳納代金。2017年蔡政府提出的前瞻基礎建設當中，也包括綠能發展的建設基金，推出「太陽光電技術平台2年推動計畫」，每兩年蔡政府即推出階段性計畫，以檢視太陽能光電階段性的落實成效。

綜合能源轉型的政策目標，隨後透過專家學者、太陽光電業者、政府單位的產官學界三個面向的訪談，進一步探討政策在太陽

光電產業上的執行問題與發展；針對訪談所獲取的資料運用 PEST、SWOT 的分析方法，提出我國太陽光電產業政策發展的結論與建議，希望能作為爾後太陽光電產業業者的發展，與政府相關政策制定的參考（圖 1.2 研究流程圖）。

圖 1.2 研究流程圖



資料來源：本研究整理

第四節 研究限制

研究太陽光電產業的發展在執行面上的研究限制如下：其一為，太陽光電產業發展受到非經濟因素影響，需要國家政策的獎勵與補助，因而無法完全取決於自由市場的機制。

其次，石化原料的供需與價格的變化，也是會對再生能源的發展造成重要的影響，若石化原料價格下探，對於再生能源的需求勢必下降；反之石化原料價格若上升，再生能源則會逐漸受到重視。因而再生能源作為替代能源的發展，與石化原料的價格變化相關。

再者，國家綠能政策的持續性與政權的更替和執行者重視相關。政策發展將會因為政權的更替以及執政者不同的能源政策，而有所變動；因而本研究是針對政府目前為止的政策規劃與現狀下所做的研究。而政治變動與未來發展的因素，則無法預測與納入考量。

第二章 相關政策與文獻探討

本章將先針對目前全球重要的減碳協議與再生能源進行說明；第二節則整理我國目前再生能源與太陽光電推動的相關政策與推動歷程。第三節則說明太陽光電作為再生能源的優勢，以及與其他再生能源的比較。第四節則針對現有與太陽光電相關的研究文獻進行檢閱，作為本研究探討太陽光電發展的基礎。

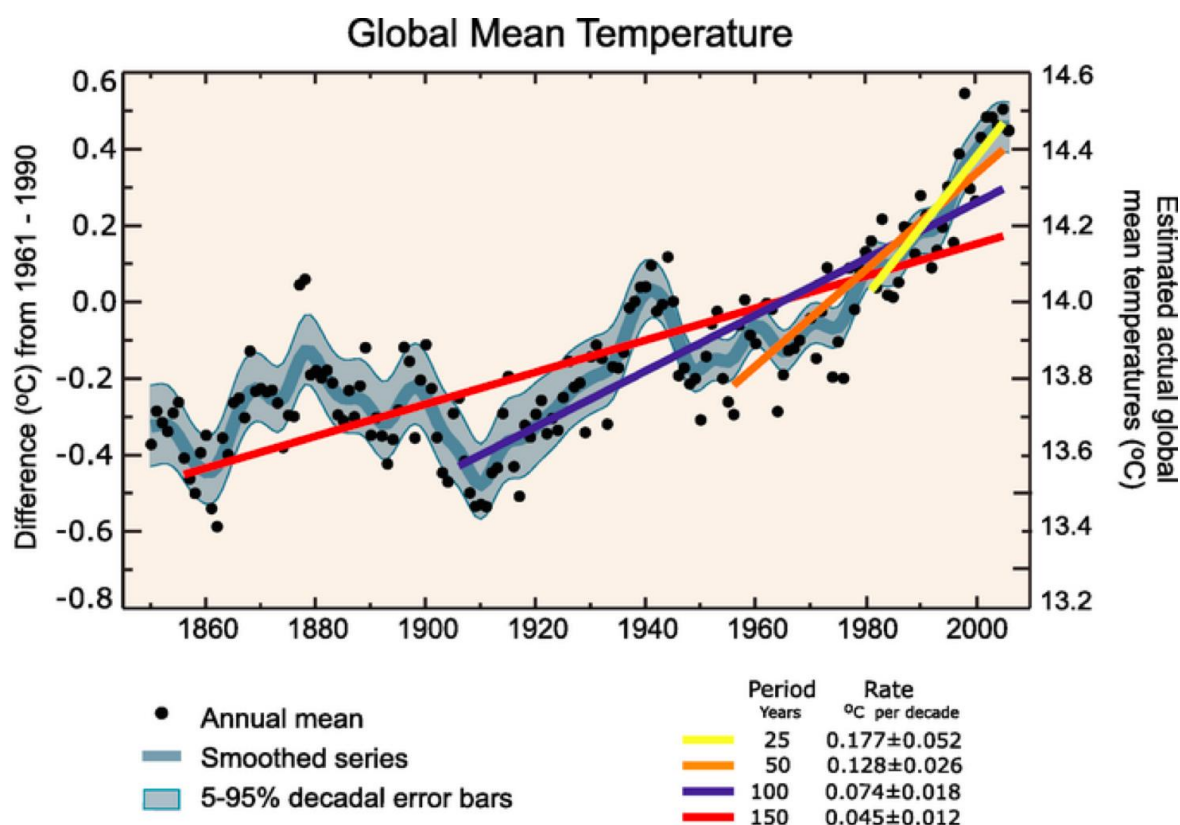
第一節 減碳協議與再生能源

溫室效應是指地球大氣層因為吸收輻射能量，使得表面升溫的物理特性。換言之，若地球的大氣層不存在，地球表面的平均溫度將會從目前適中的 14°C 左右，大幅降低至不宜人居的-18°C。溫室效應與氣候變遷有密切的關係，溫室氣體會吸收太陽的紅外線輻射而影響到地球整體的能量平衡。由於人類活動釋放出大量的溫室氣體，包括燃燒石化燃料，以及水蒸氣、二氧化碳、甲烷等溫室氣體等等，使得更多紅外線輻射被折返到地面上，加強了溫室效應的作用，也是人為的溫室效應過程。

工業革命後，為因應經濟型態的改變所造成的大量能源消耗，使得溫室效應氣體大量產生，也使得溫室效應異常加劇，進一步形成所謂的全球暖化。而全球暖化的現象在上一個世紀(1906-2005 年)，全球平均溫度的上升幅度約為一百年上升攝氏 0.74 度(0.74 ± 0.18°C)。溫度變化則分為明顯的兩個階段，第一階段為 10 至 40 年代，氣溫平均上升攝氏 0.35 度；第二個階段為 70 年代至今，氣溫平均上升攝氏 0.55 度（中央氣象局，2017）。

尤其最近 25 年的氣溫上升最為明顯，1906 至 2005 年這一百年中，最溫暖的 12 年，就有 11 年發生在 1980 年以後。（見圖 2.1）由此可見全球暖化有逐漸加劇的現象。

圖 2.1 歷年全球氣溫狀況



資料來源：中央氣象局，2017

氣候變遷（climate change）原意指氣候在一段時間內的變化，影響的因素可能包括大陸漂移、太陽輻射、地球軌道變化、火山活動、洋流變化等等。但是近年來所指稱的氣候變遷，大多意指影響時間短暫，但對於氣候變遷卻有極大影響力的人為因素。

近年來氣候變遷這個名詞也逐漸被廣泛使用，甚至取代過去我們所熟知的「全球暖化」，而來強調氣候的改變，並不僅僅只有溫度的變化。聯合國的「跨政府間氣候變遷小組」（IPCC）在 2001 年

第 3 次《全球氣候評估報告》中，都將人為所造成的氣候變化，以及氣候的所有自然變化納入評估的重點。

根據 IPCC 第 5 次《全球氣候評估報告》（Assessment Report 5，AR5）指出，若繼續排放溫室氣體，最嚴重的情況下，2100 年以前全球地表溫度將上升 4.8°C；海洋溫度將上升 0.6°C；海平面上升 82 公分（IPCC，2018）。台灣學者彭啟明則表示，屆時台灣包括臺北盆地以及中南部的沿海地區將會有 1 成土地被海水淹沒（湯雅雯，2013）。

另外，氣候變遷也造成極端天候事件如旱災、洪災、熱浪與超級暴風雪加劇，乾季與雨季、乾燥地區與潮溼地區間的對比也將明顯增加。而因應氣候變遷所簽訂的國際規範當中，較具重要性及代表性的包括 1997 年在日本京都簽訂的京都議定書，以及 2015 年聯合國氣候峰會(COP21)通過的巴黎協議。以下將針對京都議定書與巴黎協議兩項重要發展文獻加以討論與分析。

一、京都議定書

世界各國在 20 世紀末已普遍意識到，人為因素所造成的急遽氣候變遷對全球所造成的衝擊題，並陸續商討以及制訂相關的政策與國際規範以面對氣候變遷的挑戰。

1992 年聯合國通過了「氣候變遷綱要公約」（UNFCCC），接著 1997 年在日本京都召開聯合國氣候變化公約會議，在會議中簽訂了公約，即著名的京都議定書（Kyoto Protocol）。該條約於 1998 年 3 月 16 日至 1999 年 3 月 15 日間開放簽字，共有 84 國簽署。而京都議定書的生效條件為「不少於 55 個參與國簽署該條約且溫室氣體排

放量達到附件 I 中規定，簽署國家在達到 1990 年總排放量的 55% 後的第 90 天」開始生效。

在 2002 年 5 月 23 日冰島通過該條約後；2004 年 12 月 18 日，俄羅斯也通過了該條約後，在 90 天後的 2005 年 2 月 16 日京都議定書強制生效。到 2009 年 2 月，一共已有 183 個國家通過了該條約，超過全球排放量的 61%。

然而京都議定書在制定時，各國看法意見仍有相當大的分歧，尤其以開發中國家與已開發國家的衝突最為明顯，因而 UNFCCC 同意建立一套「普遍但有所區分的責任」。王京明（2017）指出參與國達成了以下共識：無論從歷史上還是現在來看，已開發國家都是主要的溫室氣體排放國，開發中國家的人均排放量還是很低的；開發中國家的排放控制應該和他們的社會發展水平相適應。也因此中國、印度以及其他的開發中國家被京都議定書豁免，是因為他們並沒有在工業化時期大量排放溫室氣體，並造成當今全球的氣候變化。

此外，京都議定書也缺乏強制力，2011 年加拿大的保守黨政府即以無法解決氣候危機為理由退出京都議定書，並以此規避因為未達減碳標準而需要付出的 140 億加幣的罰款。

二、巴黎協議

因為碳排放量極高的美國、中國、印度等未受到京都議定書的約束，另外隨著京都議定書即將到期，在 2015 年聯合國氣候峰會當中通過了巴黎協議（Paris Agreement）。該協議包括三項重點：將全球平均升溫控制在 2°C 以內，並希望能進一步控制在 1.5°C 之內；每個國家也必須向氣候變遷公約秘書處提供「國家自主貢獻」（NDC）。

這份文件將被視為各國的減碳承諾，各國在文件中也將提出該國的積極減碳作法以及欲達成的減碳目標，且每五年必須提交一次，每次的計畫都只能更為進步不能倒退。另外已開發國家將在 2020 年之前，每年提供 1,000 億美元，協助開發中國家對抗氣候變遷，且 2025 年前需決定一個提供資金的新目標，最少以 1,000 億美元為限（UNFCCC，2018）。

在 2016 年 G20（Group of Twenty）前夕，美國與中國作為世界兩大經濟體以及前兩名的碳排放國，同日批准了巴黎協定；第三大碳排放國印度也於同年 10 月份批准。對於世界各國攜手對抗全球暖化與氣候變遷有重要的歷史意義，巴黎協議相較過去的京都議定書也有更大的約束力。

台灣雖然因為兩岸的政治因素無法參與相關國際規範的制定與簽署，但做為地球村的一份子，我國在碳排減量的工作上仍不缺席。我國首先 2015 年 7 月通過《溫室氣體減量與管理法》，規定在 2050 年將溫室氣體排放量減排至 2005 年的 50% 以下；另外在同年 9 月通過「國家自定預期貢獻」INDC，定下 2030 年達成減排至 2005 年的 20% 的階段性目標。

第二節 我國的再生能源政策與發展

在全球化與全球治理的影響之下，針對全球溫室效應與氣候變遷，是一個刻不容緩必須去面對的議題。如何減碳與發展再生能源，為未來全球能源政策所關注的重點；台灣開始推動能源轉型，積極發展再生能源，並制定相關能源政策與法規。

壹、再生能源政策與法規

一、馬政府時期

我國再生能源政策與推動：2008 年馬政府推動「節能減碳」為重要施政方針，同年行政院於 6 月 5 日核定「永續能源政策綱領」，目標為再生能源於 2025 年占總發電量的 8% 以上。而再生能源發展關鍵的法案；「再生能源發展條例」於 2009 年 6 月 12 日立法院完成三讀，並由馬總統於 7 月 8 日公告施行。「再生能源發展條例」主要立法精神與內容（歐嘉瑞，2010）：

1. 強制電業必須併聯再生能源發電設備產生的電能，及保障收購價格的雙重機制；並排除相關設置限制（如併聯、土地使用等），使設置者得以回收其成本並獲合理利潤，以提高國內使用再生能源的意願，推動再生能源的投資。

2. 設置「再生能源發展基金」，要求化石能源及核能發電業者繳交基金為獎勵財源，以使傳統能源外部成本內部化，落實使用及污染者付費原則，並健全推動再生能源之財務基礎。

3. 由經濟部成立審議委員會；邀集相關部會、學者專家、團體組成委員會。建立收購再生能源電能的機制，審定躉購費率的計算公式，並依據再生能源類別訂定不同優惠躉購費率，以反映不同再生能源之實際發電成本之差異，同時每年檢視各類別再生能源發電技術進步、成本變動、目標達成等因素，檢討或修正。

4. 再生能源躉購費率並不得低於國內電業化石燃料發電平均成本，期使達成能源轉型促進能源多元化，改善環境空氣品質與減碳，帶動再生能源產業發展及增進國家永續能源的目標。

在推動綠色能源的發展上，2009 年行政院核定了「綠色能源產業旭升方案」，推動太陽光電、LED 照明光電、風力發電、生質燃料、氫能與燃料電池、能源資通訊與電動車輛等 7 項產業發展。江睿智，（2016）認為以採取技術精進、關鍵投資、環境塑造、內需擴大、出口擴張等五大策略，推動至今已成功帶動我國綠能產業蓬勃發展；台灣的綠能產業產值在 2015 年產值已達 4575 億元，較 2008 年推動前的 1586 億有長足的進步。

2011 年歐債危機爆發導致各國經濟發展衰退，我國以外銷為導向的經濟同時也受到影響，綠能產業的成長也因此趨緩。為因應此一困境，行政院於 2012 年 8 月啟動「財經議題研商會議」，期間經濟部提報規劃「綠色能源產業躍升計畫」，集中資源推動太陽光電、LED 照明光電、風力發電及能源資通訊等 4 項綠能產業發展，以製造業服務化思維，拓展下游系統服務業，並擴大系統業務輸出海外能量，希望成為創造綠能產業成長的新動力。「綠色能源產業躍升計畫」已於 2014 年 8 月獲行政院核定，作為現階段我國綠能產業主要推動政策。胡耀祖，（2015）指出在綠色能源產業躍升計畫當中，主要分為再生能源與節約能源兩大範疇，再生能源包含太陽光電與風力發電，節約能源則包含 LED 照明光電與能源資通訊。其中再生能源的部分太陽光電 2015 年的產值已達 2005 億元。

二、蔡政府時期

2016 年蔡政府上台之後，制定「2025 年非核家園」的政策，全力發展再生能源取代核能發電，再生能源占總發電量 20%，將 2025 年再生能源的目標由原本的 15,213MW 調高至 27,423MW。並且全力推動太陽光電與離岸風力，在所有再生能源的發電目標當中，又以

太陽光電的總發電佔比為最高（見表 2.1），2025 年太陽光電裝置量達到 20GW 的目標。

表（2.1）政府再生能源政策之比較

再生能源	蔡政府目標		馬政府目標		裝置容量增加率%
	裝置容量 (MW)	發電量 (億度)	裝置容量 (MW)	發電量 (億度)	
太陽光電	20,000	250(48.5%)	6,200	78(26.7%)	222.6
離岸風力	3,000	111(21.6%)	2,000	68(23.3%)	50
生質能	813	59(11.5%)	813	59(20.2%)	33.3
水力	2,150	48(9.3%)	2,150	48(16.4%)	0
陸域風力	1,200	29(5.6%)	1,200	29(9.9%)	0
地熱能	200	13(2.5%)	150	10(3.4%)	0
燃料電池	60	5(1%)	N/A	0	N/A
總計	27,423	515(100%)	12,513	292	119.2

資料來源：本研究自行整理

蔡政府為實現 2025 年非核家園，落實再生能源的政策，於 2017 年 1 月立法院臨時會三讀通過《電業法》修正案，開放再生能源業者可選擇直售電力給用戶，或透過電網輸配電給用戶，且在一定的

裝置容量之下，允許再生能源業者不需受備用容量的限制。提供綠能產業相關的投資、研發與就業蓬勃發展的法制條件。

（一）電業法修正

電業法修正主要有四大重點，重點如下：

1. 開放再生能源得透過代輸、直供及再生能源售電業等方式銷售予用戶；另允許再生能源採股份有限公司以外形態（如合作社）經營。
2. 全面開放用戶購電選擇權，允許所有用戶自由選擇綠電或傳統電能。
3. 經濟部下設電價費率審議會、電業爭議調處審議會及電力可靠度審議會，並指定電業管制機關，以確保民眾用電利益、維護市場公平競爭，以及維持電價穩定。
4. 為保留台電公司的整體性並達成穩定供電目標，在發電業及輸配電業專業分工後，轉型為控股母公司，旗下分設發電及輸配售電子公司。

《電業法》修法將電業分為發電業、輸配電、售電業三大區塊。發電業與售電業開放民間綠電加入，輸配電網維持國營。同時，台電將轉型為控股母公司，切割成發電、輸配售電二家子公司。將重新架構國內的電力市場經營模式，以「綠能先行、多元供給」的電業制度為原則，有利再生能源快速發展，補足核電退場後的能源拱給。

（二）《再生能源發展條例》修正案

2018 年行政院通過《再生能源發展條例》修正草案，明訂 2025 年再生能源累積設置達 27GW，包括太陽光電 20GW、離岸風電 5.5GW，其餘為水力發電與陸域風電等。開放加入躉購制度的合約可以改申請綠電憑證，直接進入綠電交易市場。此外，用電大戶也必須設置再生能源設備，無法配合設置者則可購買綠電憑證或繳納代金。

《再生能源發展條例》修正草案內容：躉購制度與自由綠電交易可相互轉換《再生能源發展條例》於 2009 年施行，設置再生能源發展基金，並參考國外躉購制度，由台電以固定優惠價格收購綠電 20 年，鼓勵民間設置再生能源。2017 年《電業法》修正後，開放綠電自由市場，綠電可以直供或是代輸直接賣電給其他業者。

綜合上述法案與政策的推動，就馬政府與蔡政府時期，發展再生能源已是各執政者所支持，因而我國再生能源能夠持續而穩定的發展，促進相關產業的活絡，帶動經濟的益助。促進產業發展上，又以太陽能光電產業最為顯注，也是再生能源的發電目標當中總發電佔比最高，所以太陽能光電的發展與推廣，至為關鍵。

貳、推動太陽能光電

2012 年啟動「陽光屋頂百萬座」計劃，宣導屋頂型發電系統。2013 年獎勵小型系統，公有廳舍、離島建置太陽能電廠等，開放免競標額度。2014 年至 2015 年提升總體目標，每年新裝置太陽能 500MW。

行政院 2016 年 10 月核定「太陽光電 2 年推動計畫」，透過各部會規劃相關策略與措施，於 107 年 6 月達成 1.52G (1,520MW) 的目標。設置目標分為屋頂型與地面型。屋頂型設置目標包含中央公有屋頂、工廠屋頂、農業設施與其他屋頂。地面型設置目標包含鹽業用地、嚴重地層下陷區域、水域空間、掩埋場等各類型場域。

2017 年 10 月啟動「綠能屋頂全民參與計劃」，屋主免出資參與綠能屋頂改造，提升屋頂結構安全，美化屋頂市容景觀，營運商以電能保證收購費率長期維運達 20 年，分享至少 10%躉購費率回饋金給民眾，另外回饋 3%的躉購費率給地方政府成立綠電發展基金來支持綠能及鄰里建設。持續盤點及檢視各部會綠能屋頂相關法規，提出優化措施建議，為增進建築物屋頂設置太陽光電設備，內政部將在不影響公共安全政策原則下，推動屋頂改造方案，同時簡化申請設置綠能屋頂處理流程及應附文件、方便民眾辦理（行政院，2019）。

太陽能產業永續發展的方法為：推廣溫室農業太陽能、新建築預留太陽能管線施工、擴大示範型社區、台電為輔助民間太陽能的諮詢服務角色 (廖宛俞，2014)。然而，太陽能產業發展的困境；推動陽光屋頂電廠，發現民眾房屋的屋頂多數為違建物，農地良田被變向成為太陽能電廠，沿海地層下陷地區又大都於濕地連結，引發生態保育的問題，可利用土地面積不大。產品技術應用上，如太陽能電池的運用及智慧電網的普及，還未建構完善弱化太陽能的利用與普及化。

2017 年蔡英文政府提出的前瞻基礎建設當中，也包括綠能發展的建設基金，例如為了強化光電技術再開發，推出「太陽光電技術平台 2 年推動計畫」政府年度預算加特別預算共 6.8 億元，希望配合

台電 526 億元的太陽光電相關計畫，和民間的 9,395 億元的投資，能達到 2025 年太陽光電裝置容量地面 17GW 加上屋頂 3GW 達到共 20GW 的目標。

綜合各類數據顯示，未來太陽光電產業發展有前瞻性、具有良好的投資潛力；以太陽光電產業的現況，以及政策目標間的差距，明顯看出有相當大的發展空間，若上述相關的政策目標，如果能夠真正落實執行，台灣的太陽光電產業未來的幾年裡，將會有倍數的成長，產業發展的前景明確。太陽光電產業的發展，將是未來台灣再生能源的核心，也是本研究所欲探討的主軸。

第三節 太陽光電作為再生能源的優勢

在再生能源當中，台灣最具發展優勢的就是太陽光電產業，主要的原因在於台灣位處亞熱帶地區，日照充足，全島年平均日照時數有 1876 小時，年平均日照時數最高的台南達到 2598 小時，其次恆春也有 2576 小時（中央氣象局，2019），對於太陽能發展具備良好的先天條件。而且台灣擁有完整的太陽光電產業鏈，從上游的多晶矽材料、矽晶圓，中游的太陽能電池、模組，下游的太陽光電系統工程共有約 257 家廠商，2015 年太陽能電池的年產量達 9.46GW 位居全球第二大（楊秉純，2016）。

彙整台灣發展太陽光電產業，具有以下優勢：(1) 太陽能具有清潔乾淨、資源永續、無地域限制等能源優點，且有用之不盡取之不竭的特色 (2) 台灣位於亞熱帶地區，年日照 180 天以上，太陽能充足，發電效率良好，極具發展太陽能的潛力 (3) 正午日光照射最強烈

時，恰巧是太陽能發電效率最佳的時候，可以補足尖峰用電的需求，緩減用電備載容量的吃緊 (4) 台灣具有相關高科技產業的支持，產業聚落完善，也有完整的太陽光電產業上中下游供應鏈，對於技術提升和降低成本具有優勢（王啟秀、孔祥科、左玉婷，2008）。

而在各種可再生能源中，林裕仁（2017）指出太陽能電力因為永續豐富、乾淨無公害、無地域限制，也可與建築物結合成建築整合光電系統(Building Integrated Photovoltaic，BIPV)；以及可直接用於電力需求地不需能量傳輸…等優點(見表 2.2)；如能使用高效率的太陽能電池更能降低發電成本，目前因為隨著技術的進步，發電功率提升、設置成本降低，太陽能發電的成本已經逐漸下降至約每度電 3.2 元左右，雖然較現今 2-3 元的市電價格仍稍微較高，但差距已經大幅縮小。另外，對於偏遠離島地區及電力網路未及之處，太陽能發電亦可提供所需的電力。因此，太陽光電產業的發達以及具有成本下降的屬性，均具有長遠發展的潛力。

而台灣具有國際級、製造能力強的精密機械產業，及完整之半導體、面板產業，對於發展太陽光電(Photovoltaic，PV)具備了先天優勢；再加上台灣現階段在太陽能電池技術和價格上具有競爭優勢，太陽光電產業儼然已成為我國最受期待的新興產業。

表 2.2:主要再生能源類型優缺點比較

主要再生能源類型優缺點比較				
類別	風力	水力	生質能源	太陽能
優點	<ul style="list-style-type: none"> ⊙無空汙 ⊙無公害 ⊙可分散發電 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙單位成本低 ⊙轉換效率高 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙原料來源豐富 ⊙減少環境汙染 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙用之不竭 ⊙乾淨無公害 ⊙可於電力需求地發電、不需能量傳輸 ⊙可與建築物結合成建築整合光電系統
缺點	<ul style="list-style-type: none"> ⊙生態問題（影響鳥類） ⊙風力不穩定，風力和風向時常改變，能量無法集中 ⊙需要大量土地 ⊙噪音 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙建築費用高 ⊙破壞河川生態 ⊙適合地點難尋 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙轉換效率低 ⊙轉換成本高 ⊙耗費水資源及能量 ⊙儲存及運輸問題，使用地點限制大 ⊙無法立即使用（發酵） 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙受天候影響 ⊙大量的土地面積 ⊙無法全天發電，仰賴儲能設備 ⊙裝置成本較高

資料來源：本研究自行整理

第四節 文獻整理與探討

臺灣為海島型能源供給系統，自產能源相當匱乏，資源短缺能源供給 98%以上仰賴進口，且石化能源依存度高，必須積極轉型創新導向的國家。林冠妤（2014）指出政府於 2008 年提出永續能源政策綱領，當中宣佈再生能源的發展需要完成「3E 目標」；永續能源(Energy)、環境(Environment)以及經濟(Economy)，再生能源當中，又以太陽能最具潛力與發展效益。

政府積極想建立太陽能產業群聚，針對再生能源、太陽光電發展相關文獻的整理，如躉購電價、銀行融資與智慧電網，公民電廠推動方案等，探討太陽光電產業未來的發展。

壹、再生能源與躉購電價

謝宗典（2017）指出以地理環境因素分析，台灣目前最適合發展的再生能源為風力發電和太陽能發電，政府應該提出相關之計畫及政策協助其發展；以國際間透過「公民參與投資」的方式，推動風力發電和太陽能發電；政府在推廣再生能源時，如何降低居民對綠色能源的負面觀感，並進而接納再生能源設施之申設，也需要思考適切的解決方式。

另外太陽光電的發展，技術的提升與成本降低也是相當重要的因素，相關的研究也不在少數。伏文采（2009）認為太陽能光電廠的設置投資與發電成本過高，太陽光電產業需要降低成本及提高設備自製率，加速供應鏈整合，而政府則應從旁協助產業整合，建立研發創新中心。

關於太陽能躉購價格的研究，陳憲樟（2017）指出依目前台電躉售電價的調降趨勢，將不利與小型屋頂型太陽能光電廠的設置，未來政府要推動太陽能光電政策勢必受到考驗。就國際間發電成本的預測，黃鈺雨（2013）在研究中指出，運用國際機構成本趨勢推估漲幅計算，至 2030 年台灣傳統燃料發電成本落在 3.44~7.47 元/度，德國為 3.30~7.18 元/度，日本為 3.33~7.23 元/度；而太陽光電收購成本方面，至 2030 年台灣太陽光電收購成本落在 2.82 元/度，德國為 2.09 元/度，日本為 2.61 元/度。如欲提高其效益，應透過改善其技術面，政府可鼓勵業者透過產學合作計畫，輔導業者太陽光電技術，進而提高發電效率以降低成本；而政策執行的成效對臺灣太陽能產業發展相當重要，政策的細節也需要一並考量，例如在部分日照時數較短及房建物取得成本較高地區，律訂不同躉購價格，透過結合產官學界進行評估提升投資效益藉以吸引民間投資，就相當重要（彭仁彥，2017）；躉購電價及發電成本和收益，都是影響太陽光電未來的發展，是否能夠持續而穩定的因素。

貳、智慧電網與銀行融資

太陽能的發電受限於天候的因素，屬於間歇性的能源，所以必須有儲能系統與智慧電網。劉真誠（2016）指出若智慧型電網順利完成，分散式太陽能發電將可依不同區域調節供電或是儲能，讓台灣在尖峰用電時間，可以運用智慧型電網調配供電比例。針對儲能系統的研發，劉玉章（2015）則指出再生能源加入併網儲能，目前處於研發階段，在分散式發電系統，特別是基於新能源的分散式發電中加入儲能系統就可以有效的提供能源利用率、降低環境污染。儲能技術在穩定電網與提高再生能源的應用上扮演相當重要的角

色，得以提高整個電力系統的使用頻率與發電的經濟效益，加速國內智慧電網技術與產業發展，有助於未來太陽能產業的發展。

有關台電饋線建置與智慧型電網，陳嘉麟（2017）認為台電如何透過建置的各項管理與控制系統，在當饋線併網容量已達上限時，如何提升饋線併網能力，發揮輸配電的效率。王衍文（2017）則設計了太陽能光電系統的發電量預測方法，利用環境參數與衛星雲圖當作模型的輸入，做出了長期預測與短期預測兩種預測的照度模型，希望能優化電力調度。此外，台電應該導入智能電錶，運用科學數據分析；郭昆璋（2018）運用建立了太陽能電池模型，進行長時間之實驗佐證，可有效與精確地估算各不同系統之年發電產量。提供國內農業主管機關、溫網室農民業者與光電系統業者，客觀與量化之研究數據。

針對再生能源產業的資金取得與融資問題有相關的文獻，呂政衛（2015）就透過對租賃公司的個案分析，發現租賃公司在經營模式的創新使得產品利潤增加，審核流程及利潤架構的改變，利用增加的報酬可以承擔更多風險，直接或間接性投資太陽能發電廠。王秋桂（2012）指出政府要能夠打造總體環境，找出建立太陽能產業群聚的關鍵因素；如雁行效應、國際化群聚、人才培育、建立品牌、示範園區、基礎研究與政府計畫等。如歐、美、日等先進大國，運用產業群聚的模式成功創造了太陽能產業的競爭力與價值。產業群聚的綜效在台灣的產業經濟發展歷程中，扮演重要的角色，政府積極想建立太陽能產業群聚，卻始終只見其形體而未感受其成效（何珮禎，2017）。例如 2018 年政府推動「公民電廠推動方案」，以公民參與為主體，用多元組織型態，由民眾參與出資、民眾分享利潤也回饋地方；藉由公民參與達成能源轉型，可分散能源

發展，減少集中式的電能傳輸損失，並且能夠增加就業機會，這是太陽能產業發展能夠由民間投資開始，打造太陽光電產業總體投資環境。

綜上所述，有關太陽光電的研究，有躉購價格的擬定、民間投資資金的取得與融資，甚或更細節的技術面研究都不在少數。政府積極想建立太陽能產業群聚效應，我國再生能源政策在近年來有不小的變動，社會背景與環境也迅速的變化，有關於實務面的了解與政策的重新檢視仍尚屬缺乏。本文希望透過對於太陽光電實務工作者的訪談與分析，以及政策的回顧與其執行成效進行檢視，了解現階段我國太陽光電產業所面臨的問題，並提供相關建議與解決方法，可以做為政策推動與產業界的參考。

第三章 太陽光電產業的概況與分析

本章以太陽光電產業發展的情況，整理相關文獻與政策，並參考國際間發展的情況，以德國太陽能推動為範例，加以說明。第一節太陽光電發展概況；第二節我國太陽光電產業分析；第三節太陽光電產業面臨的困境與挑戰；第四節 小結。

第一節 太陽光電發展概況

壹、台灣與國際太陽光電關係

國際太陽光電的發展，是由歐洲先進國家，以德國發展最為成功，尤其 2008 年，國際油價一度飆升至每桶 147 美元，許多歐美國家陸續釋出對於綠能的補貼優惠，使得太陽能光電發展有長足的進展。

由於太陽電池必須有足夠大的面積接受太陽光照射，所以必須大量使用矽材或化合物半導體，需求遠遠超過積體電路（IC）的使用量。因此，太陽電池產業最重要的關鍵技術在於上游的原料與晶圓，誰能掌握上游的原料與晶圓生產技術，誰就能掌握整個產業。

然而，台灣並沒有矽礦砂（氧化矽），也沒有矽原料的製造技術，因此台灣的太陽光電產業所使用的原料其實都是掌握在國外廠商的手中。

目前全球矽材領導廠商主要為保利協鑫（GCL，中國大陸）、OCI（南韓）、Wacker（德國）、Hemlock、REC Silicon（美國）、Tokuyama（日本）等國外大廠，共約占七成以上全球產值。而就矽

晶圓方面，雖然台灣受益於半導體產業，產量佔全球一成，但相對於中國大陸的七成還是偏低。

台灣在全球太陽光電產業鏈中，主要強項在於中游的矽晶片與電池模組。矽晶片廠有環球晶、旭晶、國碩。而太陽能電池方面，主要廠商包括茂迪、新日光、昱晶、昇陽科、太極、益通、元晶等，受國際市場競爭影響較大。

2015 年，全球太陽電池的總產能 55GW，台灣就佔了 8GW 的產量，為全球市占第二名，僅次於中國大陸的 30GW，且台灣太陽能電池技術日趨成熟，在全球市場佔有相當大的地位；也因如此，市場的投資業者還是以台灣製為優先考慮。下游模組方面，以頂晶科與英懋達為代表，雖可滿足國內系統需要，但因台灣模組廠規模小、成本高，且不具品牌知名度，全球市場競爭力偏弱。

在太陽電池研發方面，值得注意的是 2013 年被《科學》雜誌評為十大科學突破之一的鈣鈦礦太陽電池，鈣鈦礦太陽電池是近年來太陽電池技術的一大突破；由於可採用非真空溶液製程進行製造，相較傳統太陽電池更易於生產，同時還可以降低生產成本。由於具有輕、薄及可撓式之特性，易結合於環境建物，構成建材一體型發電應用；另亦可應用於行動穿戴式電子裝置，在節能環保上更具實質效益。其轉換效率也從 2009 年開發的不到 4%，大幅進展到目前可以達 20%以上。

目前國內相關的有機光電業者機光材料公司，研發的鈣鈦礦太陽能電池，能量轉換效率也已可高達 18%，顯見國內廠商在國際鈣鈦礦太陽能電池材料技術上深具競爭力。我國若能持續投入太陽光電產業相關的技術研發，降低生產成本，並提升產品的價值以及國際競爭力，我國太陽光電產業的發展將前景可期。

在材料方面，導電漿絕對屬於太陽能電池的關鍵零組件。其內含銀粉或鋁粉，含有銀粉的銀漿可作為太陽能電池的正面電極，鋁粉則可作為背面電極，用來增進電池的轉換效率。而銀鋁粉混合的銀鋁漿，則可應用在太陽能電池模組的串連導線中。目前台灣廠商碩禾公司，在這個領域已為佼佼者，能與國際大廠抗衡；太陽光電產業為資本密集產業，「價格」的趨勢影響產業甚巨；進而，我們將以決定價格的供給面及需求面，全面性的探討太陽光電發展。

就供給面而言，2008年國際油價飆漲至每桶147美元，許多歐美國家陸續釋出補貼優惠，導致中國、台灣等太陽能廠商大舉進入市場並積極擴產。隨後受到金融海嘯、歐債危機的影響，產業開始出現供需失衡。尤其過去幾年中國的紅色供應鏈，更造就這兩三年來低價廝殺的紅海。不論是上游多晶硅與矽晶圓價格狂瀉外，電池片的單價更是跌至谷底，造成許多太陽能業者虧損嚴重，紛紛退出市場。

中國大陸過去幾年藉著政府補助，大力扶持太陽光電產業，卻也間接影響到以較高成本在生產的美國業者。因此美國開始對中國發動反傾銷與反補貼制裁，連帶台灣也受到波及。值得慶幸的是，台灣受到稅制懲罰相對較中國業者低，反倒獲得了轉單效益。經過這些年產業秩序的洗牌，中國不再恣意擴充產能，產品價格終於逐漸回穩。

另一方面，就需求面來看，2019年中國、美國將穩居全球前二大市場，印度則為第三大需求國，日本第四。而2019年後，印度受惠於先天發展優勢，以及政府政策積極推動下，最有可能維持高需求成長。其他新興市場如東南亞、北非、中東、拉丁美洲等也自

2018 年逐漸崛起，如中東地區 2018 年全年需求預計將較 2017 年增加近 100%，2019 年還將增加 50%（魯永強，2016）。

現階段全球太陽能安裝動能除了來自於中國、美國、日本等主力市場外，印度及南非等新興市場需求陸續崛起，其中印度更規劃 2022 年太陽能累計安裝目標 100GW，相較於目前的 5GW，未來每年的安裝規模至少須達 10GW 以上。綜上所述，中國、美國、印度這三大市場，將成為支撐太陽光電產業發展的重要三大支柱。

貳、德國太陽光電的發展概況

根據德國研究機構 Fraunhofer ISE，2019 年的研究顯示，德國再生能源的占比在 2018 年就已經超過 40%，太陽光電占總發電量的占比則達到 8.5%，成長幅度則是所有類型能源之冠。德國發展再生能源的成功經驗，相當值得我國作為參考。因此本節將簡要回顧德國太陽的發展歷程與概況。

德國政府自 1990 年開始陸續制定發展綠色能源相關法律與政策，在政策方面，1990 年德國推出了創全球之先的屋頂型太陽光電補助計畫，稱為「一千個屋頂」太陽光電計畫（Bund-Länder- 1000-Dächer- Photovoltaik- Programm，簡稱：1000-DächerProgramm），該計畫當時只是想測試當時德國的太陽光電科技水準並作為經驗的收集，提供安裝太陽光電系統的補助^[2]，計畫共提供全德國 2,250 個補助名額，但意外引起轟動與安裝太陽光電的風潮，使得德國太陽光電成長率每年以超過 50% 的速度成長（梁啓源，2011）。

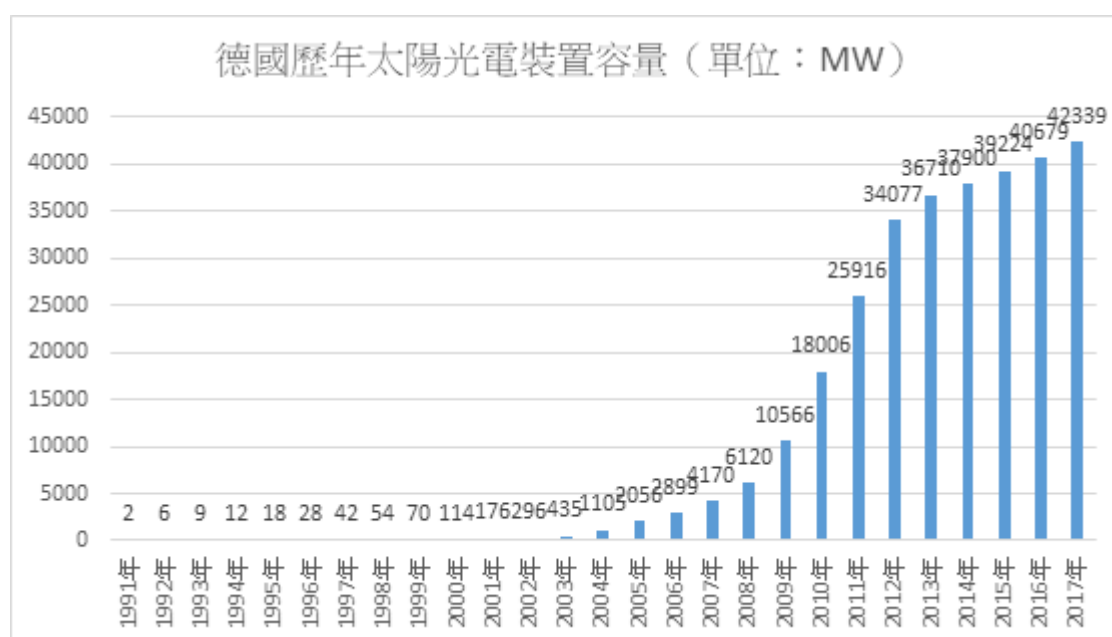
德國進一步於 1999 年推動十萬屋頂計畫，計畫目標以 2003 年底裝置十萬套平均 3Kw-5kw 的太陽光電系統，達成總容量 300MW-

500MW 的裝置量，這使得德國從 1999 年到 2003 年，德國太陽光電系統的市場增加了 10 倍，設備價格則平均每年下降 5%（王琪、唐小莉、陳仁德譯，2005）。

在立法方面，1991 年所制定的電力輸送法案 (Stromeinspeisungsgesetz :Electric Feed-in Law of 1991)就要求營運公共電網的公營電力公司必須以優惠價格收購電廠所發的綠電，該法案被視為對德國再生能源發展的一大推動力，至 1999 年德國的綠能已佔全德用電的 3%。

但雖然將近十年的期間德國綠電有所成長，但主要的成長來自於風電，就太陽光電的成長而言效果有限，因為當時德國政府的躉購費率只夠支付太陽光電投資者生產成本的 10%（Bechberger and Reiche，2004），導致太陽光電安裝成效不彰，十年的太陽光電裝置才增加了 70MW。

圖 3.1 德國歷年太陽光電裝置容量



資料來源：Federal Ministry for Economic Affairs and Energy，2019

而且隨著時間拉長，對電力公司帶來不平等的再生能源收購負擔，尤其在風能良好的北部及水力豐沛的德國南部，各省的電力公司須承擔比其他電力公司更高的再生能源電力收購成本，且因再生能源的成長迅速，德國北部電力公司已逼近 5% 的收購義務上限，再加上電業自由化的競爭機制，使得電價持續下降，連帶造成再生能源收購價格降低，影響投資者及銀行融資者的再生能源投資意願。種種因素迫使德國政府修改其再生能源的鼓勵政策，就各類再生能源提供不同固定電價以確保其長遠發展。

為了改善並強化再生能源的發展，德國政府在 2000 年 4 月再頒布「再生能源優先法」（Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources），即《可再生能源法》（Erneuerbare Energien Gesetz，簡稱 EEG），主要是用以提供固定電價並確保各可再生能源之長遠發展，也是德國可再生能源最重要的立法。作為取代電力輸送法案的再生能源新法，透過全力推動風力、太陽能、地熱、生質能、氫氣發電、天然氣等多元再生能源的研發、運用與生產，降低再生能源的成本並提升效益，其「20 年保證收購」和「依據不同再生能源設備容量制定不同電力收購價格」的規定，大幅縮小再生能源投資者的投資風險，政府的保證和推廣再生能源的決心，更是大幅提高了再生能源的投資意願（劉佩恆，2011）。再生能源佔總發電量的比例希望從 2000 年的 6% 到 2010 年倍增為 12%。

2004 年 8 月通過「再生能源法修正案」，將太陽光發電系統的「貸款補助」限制，從過去的 5kW 提高為 15kW，且最高提供 50,000 歐元的全額補助。該法案保證在未來 20 年內，給予再生能源產生的電力一定的補償，其中在太陽光電的電力收購制度上，提供

各式優惠的電價收購方案。再生能源佔總發電量的比例將目標從 2010 年的 12% 上修到 12.5%，2020 年為 20%。2008 年再次通過「再生能源法修正案」，隨著近度持續超前，德國將 2020 的再生能源佔總發電比例目標向上提升，從原本的 20% 提高到 20%-30% 之間。

2011 年日本 311 福島核災事件後，德國決定廢除核能，成為不再使用核能發電的國家。於是，德國政府頒布《可再生能源法 2012 修訂案》（簡稱 EEG 2012），再度對 EEG 做出修訂，提高了太陽能的市場競爭力與併網率，奠定日後再生能源發展的指標。針對因決定廢除核能後將面臨的問題，以及因應再生能源發展的困境，做出修法與政策執行的目標（賴宜君，2014）。

但也因為收購價格的提高，電價也面臨持續飆升的負擔，造成消費者和產業界反對，聯邦議會也在 2012 年 6 月修定《再生能源法》，重新審視以固定價格收購的制度。其中內容有：收購價格的改訂，由之前的每半年改為每個月；也因此，新的收購價格很快就降低。10 至 1000 千瓦發電設施所產出的電力，不再全數收購，而是只收購 90%。太陽能發電設置的目標，限制在 52GW（三好範英，2018）。

2014 年的修法主要目的也是在抑制電價的上揚，透過風電與太陽能的技術研發，努力降低成本，新的大型發電廠也必須負責出售他們所生產的電力以融入市場。

2017 年新修訂的再生能源法將再生能源佔總發電比例的目標訂定為 2025 年的 40-45%，2030 年達到 65%。同時一改過去德國對於再生能源的補貼方式，不再由立法者僵化地予以預先規定，而是改由市場競標機制決定之。藉此以期望能確保再生能源之成本效能及持續性地擴展，同時促使再生能源電能更具有市場競爭能力，而不

再過度地仰賴國家高額的補貼，希望藉此促進競爭與發展，有效降低成本。並希望加快電網的擴建計畫，以確保能源生產後也能有效迅速的輸送到消費者手上，減少耗損（Federal Ministry for Economic Affairs and Energy，2019）。

表 3.1 德國發展再生能源重要政策與法案

年份	再生能源政策與法案
1990	「一千個屋頂」太陽光電計畫
1991	《電力輸送法》生效
1992	簽署《聯合國氣候變化綱要公約》
1997	簽署《京都議定書》
1999	「十萬屋頂」太陽光電計畫
2000	《再生能源法》生效
2004	《再生能源法》修法，再生能源佔總發電量的比例目標 2020 年為 20%
2008	《再生能源法》修法，從原本的 20% 提高到 30%
2012	《再生能源法》修法（簡稱 EEG 2012） 決定廢除核能發電
2014	《再生能源法》修法，風電與太陽能的技術研發，努力降低成本

2017	《再生能源法》修法，目標訂定為 2025 年的 40-45%， 2030 年達到 65%
------	---

資料來源：本研究整理

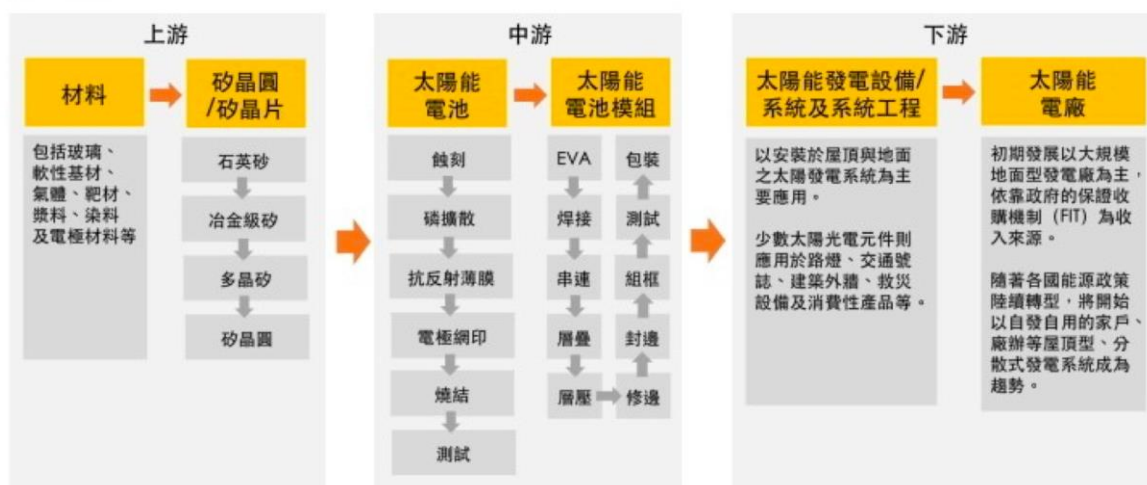
第二節 我國太陽光電產業分析

我國太陽光電產業，主要分佈在中下游的部份，例如矽晶圓、太陽能電池與模組，而發展太陽能電廠，最直接的關係在於系統整合，電廠規劃、設計與申請等；太陽光電系統與電廠為產業鏈之下游，是最直接連結市場與投資者，這也是本文研究的重心。就台灣太陽光電產業的現況，作以下說明：

太陽能(Solar)一般係指太陽光的輻射能量。在太陽內部進行由“氫”聚變成“氦”的原子核反應，不停地釋放出巨大的能量，並不斷向宇宙空間輻射能量，這種能量就是太陽能。目前，太陽能的利用大致上可分為「光熱轉換」和「光電轉換」兩種形式，其中又以光電能量轉換的應用比重較大，本文所要探討的產業就是聚焦在光電轉換部分，亦即太陽光電產業(Photovoltaic，簡稱 PV)。

太陽光電產業鏈展開，分別包括:上游多晶矽材料、矽晶圓，中游太陽能電池與太陽光電模組，下游太陽光電系統與電廠各種應用（如圖 3.2）。

圖 3.2 太陽光電產業鏈



資料來源：蕭佑和，2017

1. 多晶矽材料

為太陽光電產業鏈上游，也是製作太陽能電池最重要的基礎原料，但因為其資金投入成本較高，且回收期間長，目前矽材料供應商多為國外大廠，例如保利協鑫 GCL（中國大陸）、OCI（南韓）、Wacker（德國）、Hemlock、REC Silicon（挪威/美國廠）、Tokuyama（日本）等國外大廠，共約佔七成以上全球產值，是太陽光電產業鏈中進入障礙最高的一層。

2. 矽晶圓

為太陽光電產業鏈上游，是由矽材製成的晶柱所切割成的晶片，隨著晶體結構差異，可分為「單晶矽」與「多晶矽」晶片兩類。因為相較起半導體產業太陽能產業在矽原料純度的容忍度較高。因此，在成本考量下，太陽能產業使用的晶圓片多由半導體業之廢次晶圓及頭尾料經再重融結晶而得。所以，太陽光電所使用之

晶片，大都是半導體製程所剩下的次級材料再經加工處理而成的，技術門檻較半導體低。

近年來因中國大陸的投入生產已造成供過於求，再者因中國的興起與出口的補貼政策，紛紛造成歐美國家大廠停業與停產，所以此現象是有助於太陽光電後續走向消費者市場，不用再受政府補貼。目前全球矽材中國大陸約佔七成以上，臺灣約佔一成左右，其餘包含日本、韓國、德國及其他國家。

3. 太陽能電池

為太陽光電產業鏈中游，是太陽光電產業中最核心之產業，因進入門檻較低，故吸引許多廠商進入，屬於完全競爭市場型態。目前製造太陽能電池之技術及之材料相當多元，依據不同技術與材料，所製成的太陽能電池其轉換效率與成本皆有所差異。

全球矽晶太陽能電池生產以中國大陸為龍頭，約佔六成以上、臺灣則以近二成比重居第二，其餘則包含日本、韓國及馬來西亞等國家。台灣著名的生產廠家包括新日光、茂迪、昱晶以及昇陽科等等。

就我國現況而言，太陽能電池技術日趨成熟，具有高度的競爭力，在全球市場佔有相當大的地位，也因如此，市場的投資業者還是以台灣製為優先考慮。

4. 太陽光電模組

為太陽光電產業鏈之中游，主要是將數個太陽能電池以金屬串聯後，利用特用化學材料予以封裝，並加上鋁框保護就成為電池模組。依其種類主要可分為矽晶太陽能電池模組與薄膜太陽能電池模

組，由於許多製程技術已近乎成熟，產業進入門檻不高且競爭者不少，在 2015 年後最終薄膜型的太陽光電因敵不過晶矽，紛紛宣告結束生產其中含國內大廠台積太陽能。台灣著名的生產廠家立碁光能、頂晶科等等。

5. 太陽光電系統與電廠

太陽光電系統與電廠為產業鏈之下游，主要是由太陽電池模組板、充放電控制器、變流器、支架體、配線箱、電力設備、蓄電池等所構成。太陽光電系統的主要功能是透過太陽能電池直接將光能轉換成直流電，直流電再透過轉換電路轉換成一般大眾使用的交流電，太陽光電發電系統業者初期發展以大規模地面型發電廠為主，依靠政府的躉購電價（Feed-in Tariff, FIT）機制為收入來源，然而在各國能源政策轉型後將以家戶、廠辦等屋頂型、分散式發電系統採以自發自用模式成為趨勢。太陽光電系統商因要配合各國法規安裝，所以系統商必須熟悉當地法規，並執行安裝施工，售後服務等工作，因此要配合當地市場做調整；而太陽光電廠的設置，需要考量投資成本與效益，以及總體環境的因素。

綜觀我國太陽光電產業鏈的情況，中國大陸的大量投入生產，以致供過於求，加上出口的補貼政策，造成太陽光電業者極大的衝擊；因而業者紛紛轉投入中下游的太陽能模組系統與電廠，此現象是有助於太陽光電走向消費者市場，不用再受限於政府補貼。太陽能電池是太陽光電產業的中游，也是最核心之產業，製造太陽能電池技術及材料相當多元，影響電池轉換效率與成本，也是太陽能電廠設置最大的投資的商品。太陽光電系統與電廠為產業鏈之下游，

是最直接連結市場與投資者，也是台灣太陽光電產業發展最直接利害關係人，所以作為本研究的重點以及專家訪談的設定。

臺灣因日照時間長、日光偏斜角度小，相當適合發展太陽能。臺灣雖為全球第二大矽晶太陽電池生產國，惟因地狹人稠，安裝容量受到極大限制，內需市場極為有限。2012年起政府推動「陽光屋頂百萬座」計畫，採取「初期推動屋頂型設置，並逐步推動地面型大規模開發」之策略，年度設置目標由最初的 100MW，逐年擴大至 2014 年的 240MW，至 2014 年底累積設置量已達 645 MW，2015 年 5 月經濟部更將年度目標提高至 500MW。透過擴大國內市場使業者具備 MW 級大型太陽光電系統設計與安裝能力，藉以建立實績拓展海外市場。

2016 年新政府上台，總統蔡英文在政策白皮書中，強調「綠能科技產業計畫」將以「非核家園」、「調整能源結構」、「創造下一個明星產業」為目標。該施政方針有三：

(1) 首先，連結散落各地的產業及研究資源，在台南沙崙成立創新綠能科技園區。

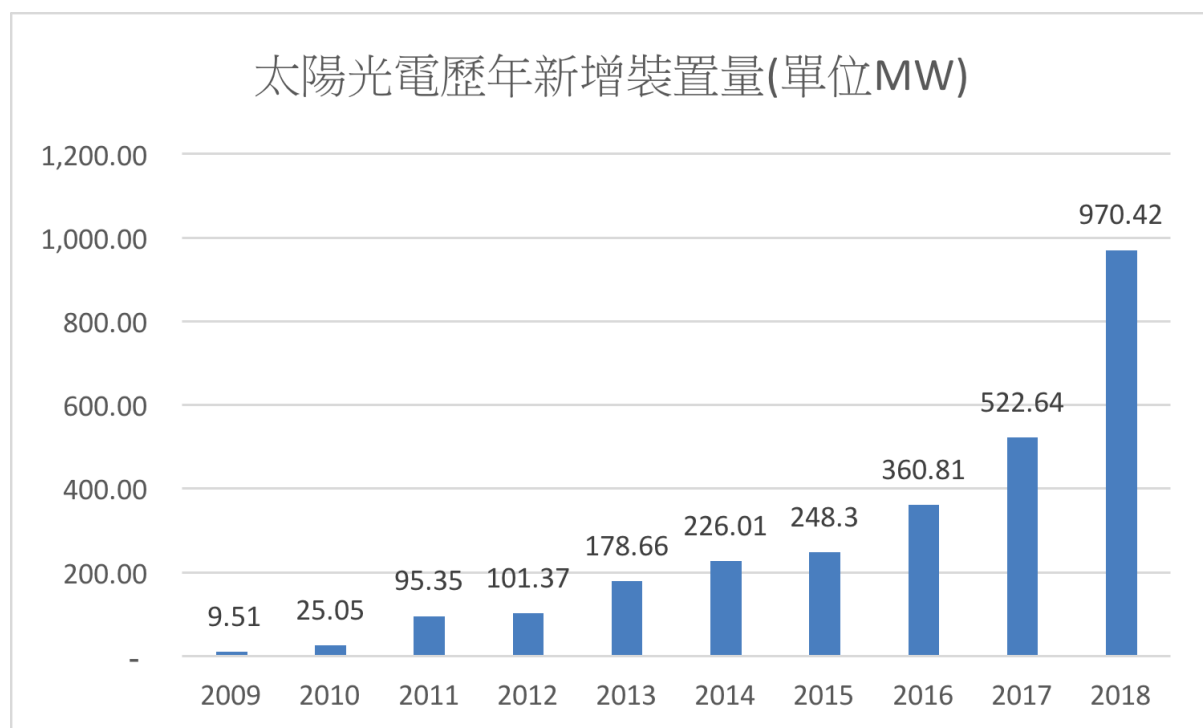
(2) 其次，以國內對能源自主和潔淨發電的需求來扶持產業，逐步提升綠能比重。

(3) 協助產業提昇系統整合的能力，走向出口，進軍國際市場。

而歷經三年的政策推行，從台灣太陽光電每年新增裝置量的規模來看（見圖 3.3），基於蔡英文政府力求於 2025 年達成 20GW 的裝置量的政策目標，台灣每年的新增裝置量自 2016 年開始有更顯著的成長。因此在國際重視綠能產業發展的趨勢下，蔡英文政府政策的鼓勵與支持，產業聚落的完整與技術的提升，太陽能發電的設備

成本與發電成本的下降等種種因素之下，太陽光電產業處於持續成長的狀態。

圖 3.3 台灣太陽光電歷年新增裝置量



資料來源：經濟部能源局，2018

第三節 太陽光電產業面臨的問題

壹、國際太陽光電面臨的問題

國際太陽光電的困境與挑戰；最主要是保證收購電價的制度，如果收購電價不合理，過度補貼進而造成財政赤字，因而拖延推動的力度；如西班牙。有些國家採取競標的方式或設定收購電量上

限，如印度、南非，台灣先前馬政府時期亦是採取競標方式，成效有限，且無法建立完整的產業發展。參考國際太陽光電的收購制度，以了解台灣未來政策發展方向；政府政策支持，是太陽光電產業發展的重要因素之一。

政策面主要包括再生能源電力收購制度（Feed-in Tariff, FIT）以及再生能源發電配比制度（Renewable Portfolio Standard, RPS）。前者 FIT 是保證收購價格，具有穩定市場價格、增加投資信心與確保投資成本效益的功能，具有很強且有效的經濟誘因；推廣安裝系統帶來工作機會、降低成本，因此造就了市場規模，但當收購價低至系統成本價時，其誘因就不再彰顯。後者即政府規定電力公司，要求他們所發出的電力中必須有一定比例的部分來自於可再生能源，藉由市場競爭及依循最低成本的原則，彈性的市場機制，可使被規範義務之電力生產業者有更多的選擇空間；由於不需要進行價格補貼，在市場機制下，可避免行政權干預。

本文將針對國際太陽光電的收購制度與補助措施，列舉以下的國家作為分析，包括西班牙、美國、印度與南非的政策執行狀況，進行參考與比較：

一、西班牙

西班牙是第一個採用 FIT 補貼機制促進太陽能發電產業發展的國家，然而從 2007 下半年開始，經濟危機開始籠罩歐洲。在西班牙國內，持續增長的可再生能源裝機能力，與經濟危機後出現萎縮的用電需求逐漸出現矛盾。2009 年，西班牙政府對補貼的政策進行了修訂，「市場電價+額外補貼」被取消；但此舉並未能改變西班牙日益龐大的電力赤字。2012 年西班牙政府迫於財政危機取消了對新建

太陽能發電站和原有電站輔助燃氣發電部分的電價補貼，同時加徵 7% 的能源稅。

2013 年，該國補貼機制被廢除。2014 年 5 月《關於可再生能源發電的皇家法令 413/2014》發布。政府決定為之前享受過 FIT 補貼的太陽能發電項目建立一個新的補償機制，新機制保證其 7.5% 的合理投資回報率。新機制還設置了從 2013 年 6 月 12 日起六年的管控周期，三年一個小周期。這項對此前 FIT 補貼政策實施進行追溯性替代的新法案被指進一步損害到該國太陽能行業利益。

在政策急劇轉向的背景下，西班牙的太陽光電產業發展情勢急轉直下。2012 年西班牙新增裝機容量為 1GW，2014 年新增裝機僅為 150MW，到了 2015 年，該國已基本沒有新開工的太陽能發電站（綠能研究，2013；國際太陽能光伏網，2016；朱雲鵬，2018）。

二、美國

美國採用再生能源發電配比制度（RPS），按照 RPS 規定，電力公司必須與可再生能源發電公司簽署購電協議，該協議訂定了電力公司以何種價格和規則收購可再生能源發電量，保證在電站二十餘年的生命週期內按照協議價格購買可再生能源電力。此外，美國還圍繞著 RPS 制定了一系列獎勵政策，包括能源部貸款擔保計劃和太陽能投資稅收減免（ITC）等，以推動太陽光電產業的發展。

可再生能源貸款擔保計劃由美國能源部基於 2005 年美國能源法案所提出，主要為了幫助大型可再生能源項目解決初期投資大而融資困難的問題。據統計，美國能源部貸款擔保計劃共支持了 5 個太陽能發電項目，金額達 58.35 億美元，受此計畫支持的裝機容量達

1282MW。尤於這項政策支持，美國幾個大規模太陽能發電站得以順利開工建設。

美國的貸款擔保計劃既可降低投資風險，使項目得以完成，又可加快新興技術儘快進入商業化進程。但是想要得到貸款擔保支持很難，只有少量具有重大意義的項目才能獲得貸款擔保支持。同時貸款擔保計劃也存在無法追回債務的風險，2011年 Solyndra 的破產導致美國能源部 5 億多美元債務無法追回，從而導致可再生能源項目的貸款擔保支持計劃當年被迫中止（邱榮輝，2012）。

ITC 政策是美國 2005 年提出支持太陽能發展的核心政策，是美國太陽能發電產業扶持政策的重要一環。根據該政策，投資太陽能發電可享受最高相當於其投資額 30% 的聯邦稅收減免。該項政策自 2006 年開始實施後，美國年太陽能發電裝機容量增長迅猛。尤其是在 2008 年確定 ITC 政策有效期為 8 年後，投資者和開發商對於太陽能領域投資的信心大增。

由於 ITC 政策以項目實際投運日期核算，政策終止期限為 2016 年年底，而美國太陽能發電站的建設周期通常在兩年左右，並且 100MW 級以上電站的耗時更長，因此 2014 年後美國幾乎無新的大規模太陽能發電站開建。2015 年 12 月美國眾議院同意了延長 ITC 五年的修正案，旨在進一步刺激美國太陽能發電市場增長（科技新報，2015）。

當前新興市場的政策機制一定程度上吸取了西班牙的經驗教訓，通過多方面的激勵和扶持以推動太陽能發電項目的合理性開發。其中，採用更具針對性、成本競爭更激烈的招標機制確定項目電價已成為新興太陽能發電市場的一致選擇，摩洛哥、印度、南非

無不如此，這賦予業者更大降低成本的動力，從而使得招標電價也隨之迅速降低。

三、印度

印度吸取了西班牙和其它國家的可再生能源補貼經驗，採用了逆向招標機制開發項目，即通過設定一個電價上限值，要求項目開發商在此上限條件下進行競價投標，投標價格不得高於上限電價，低價者得標。最終，尼赫魯國家太陽能計劃（Jawaharlal Nehru National Solar Mission）第一階段共涉及的 7 個太陽能發電招標得標的電價相當低廉。在尼赫魯國家太陽能計劃第二階段的招標中印度政府首次採用了 VGF 機制，即對太陽能發電項目的整體投資給予一定比例的一次性補貼。該種補貼可採取各種各樣的形式，包括提高信用額度、增加補助基金、給予貸款和利息補貼等（台灣經貿網產業推展處，2018）。

四、南非

南非能源部 2011 年發布了可再生能源獨立電力生產採購計劃（REIPPP），旨在促進可再生能源的發展，該計劃的實質就是競爭性項目招標制。招標過程中，投標電價的高低是決定開發商可否得標的主要標準，所占權重高達 70%，但非價格評價標準仍占 30% 的權重，包括國產化率、技術水平、項目開發商的過往業績等。

南非的競爭性項目招標制的兩大特點是上限電價制和分時電價制。上限電價制是指在招標時，南非政府給投標方規定了上限電價，投標方在投標時的項目電價不能高於這一上限電價。由於南非對投標方和技術性能的要求比較嚴格，因此沒有出現過於激烈的壓

價競爭，最終的得標電價僅僅比上限電價略低。分時電價制是指南非政府宣布給予太陽能發電兩種不同的電價，即價格較低的日常電價和用電尖峰時段的可調電價，以鼓勵集光型太陽熱能發電的開發。

受到於南非政府的大力支持和 REIPPP 計劃的實施，近年來南非太陽能裝機規模顯著增長，到 REIPPP 第三輪 B 段招標結束，南非政府規劃的 1.2GW 太陽能裝機目標已經完成了一半（楊翔如，2016）。

綜合上述分析的國家，太陽光電產業的發展，需要國家政策獎勵與推動，促進產業的良性發展。我國政府太陽光電產業政策獎勵與規範，應可以考慮 FIT 搭配 RPS 使用。利用 RPS 的各項關鍵因素如總量控制、競標程序等，避免訂價錯誤引爆的後遺症，來避免再生能源產業對補助政策之依賴。同時，避免 RPS 訂定的太多變因，難以事先估計執行成本的問題，無法有效開發利用再生能源。此外，在市場競爭機制下，低成本的再生能源可不斷地被啟用，有效率地達到再生能源發展的目的。值得借鏡的是：南非、印度，國家的經濟與技術條件均不如台灣，卻能有效推行政策，發展太陽光電產業，可見在於各國政府的決心。

貳、台灣太陽光電面臨的困境與挑戰

我國政府再生能源的政策目標，全力發展再生能源取代核能發電，2025 年再生能源占總發電量 20%，太陽光電裝置量達到 20GW。然而根據經濟部統計至 2018 年 11 月，太陽能總裝置容量

2.26GW，而 2019 年全力推動施行直到現況，累計總裝置量不及 4GW（行政院，2019），只剩 6 年的時間，有很大的難度與挑戰。現階段雖有「太陽光電 2 年推動計畫」、「綠能屋頂全民參與計畫」等政策的推動（行政院，2019），但是未見立竿見影的成效。

太陽能雖然是綠色能源發展絕佳的選項之一，但台灣地狹人稠，人口密度每平方公里 650 人，全世界排名第 9 名，在這樣的現況下要建造大型的太陽能發電廠，顯然有執行面上的困難。太陽能發電主要包含兩種發電技術：集光型太陽熱能發電（concentrated solar power, CSP）以及太陽光電池，廖宛俞（2014）指出前者是利用集光技術來加熱鍋爐產生蒸汽發電，必須有足夠的廉價土地與陽光，例如目前摩洛哥正在興建中的位於撒哈拉沙漠邊緣的大型太陽能熱電廠，預計總占地面積將達 30 平方公里，總發電量可達 580MW，足供 100 萬當地家庭使用。但這種發電方式需要龐大廉價土地才會有其開發效益，並不適合地狹人稠的台灣。

另一種發電技術是太陽光電池，太陽光電池是利用半導體的光電效應直接吸收太陽光發電，可以隨處鋪設，十分便利，只要有陽光的地方就可利用，算是較適合台灣發展的太陽光電模式。面對土地稀有的困境，應該採取化整為零的方式，盡量利用建築物的屋頂、牆壁、窗戶等，建置太陽能發電設施。土地資源較豐富的偏遠地區、山區、高速公路旁的空地、鐵路沿線有較大閒置土地的部分，則建置大型太陽能設備或發電廠。

另外突破土地的限制，亦可在湖泊、水庫或閒置漁港安裝大型太陽能裝置，郭成聰（2014）指出指樣是地狹人稠的日本、韓國、新加坡等國皆已興建不少發電量達 MW 級的水面浮動太陽能電廠，預計 2018 年日本千葉縣會再興建 13.7MW 的水面浮動太陽能發電

廠。面對各國在相同的困境中依然積極的找到太陽能發電的出路，政府不應該再原地踱步。我國四面環海，有許多水庫和水壩，且能源局預估，可裝設水面太陽能的總面積約 2700 公頃，我國應該在這方面加緊腳步，配合政策與相關法令，應對太陽光電產業的發展也相當大的助益。

至於對於太陽能科技所產生的相關廢棄物，諸如太陽能板、太陽能蓄電池等回收，則可以參考德國的廢棄物管理機制，透過政策誘因促進回收產業的投資與技術的提升，不僅能解決太陽能科技所帶來的回收問題，也可以提升台灣環保科技在國際上的競爭力（王鼎傑、趙永茂，2016）。技術面對於產業發展最具影響力的便是成本的高低，若成本能有效降低，比傳統的石化發電成本低廉，自然太陽光電產業需求將大幅提升，能有良好的發展。

台灣太陽光電發展其中所面臨到的困境，最大的問題是便宜的電價。我國住宅用電電價每度電僅 2.4793 元為全世界第三便宜，工業用電僅每度電 2.3874 元則排名全球第六，如此低廉的電價對於再生能源的發展形成一大阻力。

除上述所例，目前我國太陽能產業發展的困境，在政策執行方案推動中遭遇的問題，本研究自行整理如下：

一、全民參與投資：所謂全民參與「公民電廠」的理想，擴大示範型社區、但協調不易、申請手續不便且投資標的難找。

二、土地與建築法規：推動陽光屋頂電廠，發現民眾房屋的屋頂多數為違建物；推廣溫室農業太陽能，但農地良田被變向成為太陽能電廠，以及新建築預留太陽能管線施工等，仍有相當多的問題待克服。

三、環保生態的問題：太陽能面板回收循環利用，開放沿海地層下陷地區又大都於濕地連結，引發生態保育的問題，以及可利用土地面積不大等。

四、投資成本與資金回收效益：太陽能電廠規模較小，銀行融資的取得與條件，申請相當困難，直接影響投資效益。

五、電網與產品技術應用：如饋線的不足、智慧電網未建構完善，太陽能電池的運用等，弱化太陽能的利用與普及。

六、台電角色的轉換：台電如何轉型及強化為輔助民間太陽能的諮詢服務角色等等。

第四節 小結

本文將就目前太陽能產業發展面臨的困境與挑戰，尋找出解決問題的方案，首先整理問題相關的期刊、論文、研究報告、政府政策及報章雜誌的相關報導等資料，進行比較性的分析研究。

本章先整體討論太陽光電發展，連結台灣與國際太陽光電的關係。討論台灣在太陽光電產業鏈裡的強項與技術革新，強調國際間的整體投資環境與台灣太陽光電產業發展相互影響，而全球太陽光電市場不斷興起，包含印度、南非等新興市場，需求皆陸續崛起。接著以德國太陽光電發展作為個案分析對象，德國再生能源政策制定已近三十年，政策的沿革可作為台灣政策制定的參考。

其次，本章針對我國太陽光電進行產業分析，指出台灣以從太陽能光電產業的中上游，轉為中下游供應為主，使現今太陽能光電產業的民間投資增加。進而，提出太陽光電產業目前面臨的困境和挑戰，國際太陽光電產業的普遍挑戰為躉購電價的制定，本文整理

了西班牙、美國、印度、南非四個國家的躉購電價的政策制定，提出在政策的獎勵制度下，即便國家的經濟與技術條件均不如台灣，仍能發展太陽光電產業。而台灣太陽光電產業面臨的挑戰則是土地狹小、環保生態與電價過低等問題。

最後，針對目前我國太陽光電產業發展面臨的困境，主要在於如何落實政策的執行成效，在執行方案推動中所遭遇的問題；如「公民電廠」全民參與投資的理想，擴大示範型社區、但協調不易、申請手續不便且投資標的難找；「綠能屋頂全民參與計劃」推動陽光屋頂電廠，發現民眾房屋的屋頂多數為違建物，引發違建物合法化的疑慮。生態保育的問題，執行方案未能全面宣導與民間環保團體結合，造成推行的阻力，然而綠色環保團體是最支持綠能的發展，如何化阻力為助力。在太陽能電廠設置，如電網饋線的不足，電業法的施行細則尚未健全，台電的業務轉型及強化為輔助民間太陽能業者。本研究就上例所述的問題，作為專家訪談的主軸，探討在政策推行上面臨的困難，提供參考的建議與解決的方法。

第四章 我國太陽光電產業發展之分析

本章針對我國太陽光電產業發展作分析：彙整文獻資料、專家訪談內容，將分別透過 PEST 及 SWOT 分析，檢閱台灣太陽光電產業的發展環境與競爭優勢，以及面臨的挑戰與困境，探討台灣太陽能產業未來的發展策略與解決方案。

第一節 PEST 分析法

本節參考太陽光電產業的相關文獻，並整理專家學者訪談的資料結果，彙整出與本研究有關的一些變數，主要分為政治、經濟、社會、技術這四個面向，各個面向分析太陽光電產業的發展，以下將說明內容：

壹、政治面

政治面的因素包含國家政策的制定與執行目標；包括政策的獎勵措施，法規的完善，對於政策的執行是否有確實掌握與落實，皆屬於政治面因素的範疇。就專家訪談的內容，整理出政府與政策執行、中央與地方的配合二個主要項目。

一、政府與政策執行

太陽光電產業的推動，始於馬政府時期；例如 2008 年馬政府推動「節能減碳」為重要施政方針，核定「永續能源政策綱領」，2009 年立法通過再生能源發展條例，保障綠能收購價格的雙重機制，並設置「再生能源發展基金」，奠定綠能再生能源發展基礎和

財源。2012 年啟動「陽光屋頂百萬座」計劃，宣導屋頂型發電系統，開始推動太陽光電能源。

2009 年「再生能源法」通過，在 2011 年日本 311 核災以後，才開始真正積極發展再生能源，馬政府設定了 2025 年 8.7GW 的太陽光電裝置容量目標。（受訪者 A）

2016 年蔡政府加速能源轉型，全力推動再生能源：制定 2025 年的「非核家園」政策，再生能源占總發電量 20%，2025 年太陽能裝置量須達到 20GW 的政策目標，其中地面型 17GW、屋頂型 3GW。2016 年核定「太陽光電 2 年推動計畫」，於 2018 年達成 1.52GW 的目標已達成，但地面型太陽能設置卻嚴重落後，因受限於只有不利耕作區、地層下陷、受汙染區等。

地面型沒辦法達標的最主要的問題在於能設太陽能的地目過少，只有不利耕作區、地層下陷、受汙染區等，而且土地分散在農委會、經濟部水利署以及國營事業土地等。能源局的位階太低，能以有效整合。（受訪者 B）

地面型的太陽能設置目前面臨最大的是土地問題，土地最大的擁有者是農委會，而綠能的執行單位是在經濟部能源局，生態的環境評估則是環保局負責監督，所以跨部會的協調是很重要的。在政策的執行上，只有一個二級單位的能源局，對於推廣地面型的太陽能是有限的。（受訪者 D）

太陽能電廠設置需要大規模土地面積，土地最大的擁有者是農委會，而綠能的執行單位是在經濟部能源局，兼顧土地利用、發展效益與環境生態等考量，應該倣德國設定綠能試範城鎮，廣設綠能專區，帶動全國性的發展。

土地不足的部分應該由中央統籌規劃可利用的土地，應由中央統籌設立綠能專區，並由地方執行。（受訪者 A）

太陽能產業需要政府的政策支持，再來是法規的完善性，以及政策執行的持續與穩定。例如由中央統籌設置綠能專區，進行區域的規劃，成本與效益較能彰顯。（受訪者 G）

2017 年《電業法》修正後，鼓勵民間設置再生能源，開放綠電自由市場，綠電可以直接供應或是代輸賣店給其他業者。2019 年 8 月，太陽能發電設置已達到將近 4GW。太陽能光電產業能夠持續而穩定的發展，推動能源轉型、促進相關產業的活絡，帶動經濟的挹注。

電業法修正後地球暖化、氣候變遷，全球都在發展綠能，尤其高科技產品，如 Apple、Google，推行 RE100，要求供應商夥伴使用 100% 的綠能，所以對於「綠能認證」的施行具有正面的效應，台灣目前應該明訂施行細則與執行措施。（受訪者 K）

二、中央與地方的配合

太陽光電產業的政策制定與執行，必須中央與地方政府分工合作；中央制定或修正法規，統籌規劃行動方案，地方政府以區域特性、地理環境推動執行。然而；目前產業面對的問題，是中央與地方對法規有不同的看法，執行強度的落差更是明顯，尤其是在中央與地方政府不同政黨執政的地區。

中央政策有決心，但施行方案不確實，缺乏全面性的執行措施且土地使用多頭馬車，統籌不易，造成承辦人員不敢承擔責任，法規的認知與執行上，中央與地方政府常不一致，又大部分屬於地方自治的權責，這也是個縣市的成效不一的因素。

（受訪者 J）

中央政策的政策推動與地方政府的支持配合相當關鍵，地方首長的更替直接影響綠能政策執行的情況，例如投資屏東恆春與彰化王功為例，之前在屏東縣地方政府會主動協助土地法規的諮詢，而現在投資王功的案件，地方回應需要時間排程，而雲林縣已將綠能專區恢復工業區用地。（受訪者 I）

從上述的受訪者提出有關政策執行方面，地方政府的配合至為關鍵，從幾個縣市推行綠能的設置量，便可以看見執行的成效。受訪者也提到縣市首長更替後，可能必須面對地方政府，綠能的推動是否積極，甚至不配合中央政策，這是產業面臨最大的不確定因素。地方政府以及民意代表的錯綜複雜的政治角力，利益團體間的衝突，環保團體的阻礙，導致難以有效的執行，以致無法達到預期的政策目標。

貳、經濟面

經濟面的因素包括太陽光電收購電價、民間投資意願，投資報酬是否穩定，融資條件支持，以及原物料取得的成本，使生產產品更具競爭力，都是太陽光電產業發展的經濟面重要影響因素。整理出依區域不周設定躉購電價、增加民間投資意願。

一、躉購電價

每年度躉購電價的訂定，各地區環境、地域性質與投資成本，訂定獎勵加成的辦法；甚至就南北差異，制定不同的電價收購，平衡電廠的設置，不致於集中在中南部。造成「南電北送」輸電系統的消耗，中南部饋線不足的現況。

南北地區的躉過電價，應該針對南北的差異與發電成本而訂定，有區域性的收購電價，才能均衡發展綠能產業。（受訪者 D）

經濟部設制電價費率審議會，架構國內的電力市場經營模式，以「綠能先行、多元供給」的電業制度為原則，有利再生能源快速發展，以確保民眾用電利益、維護市場公平競爭，以及維持電價穩定。目前太陽能發電的電廠，南北的發電成本效益有很大的落差，例如：北部的土地成本過高，又日照時間較低，大部分太陽能電廠因而集中在南部，造成南部的饋線不足，而北部饋線充足，卻未能被充分運用，若依不同區域訂定躉購電價，平衡發電的經濟效益，逐漸形成回歸市場機制。

目前太陽能發電的電廠，在 100KW 以下的占將近百分之九十，所以會造成電網的運用不符合經濟效益；南北的發電成本效益有很大的落差，例如：北部的土地成本過高，又日照時間較低，大部分太陽能電廠因而集中在南部，造成南部的饋線不足，而北部饋線充足，卻未能被充分運用。（受訪者 D）

二、民間投資意願

民間投資意願的高低，投資報酬是否穩定，融資條件是否放寬給予支持，以及原物料取得的成本，是否能能夠降低使生產產品更具競爭力。現今大型的太陽能電廠民間的投資報酬約莫 15%-20%，銀行融資管道也相對順暢，投報率具有吸引力。

目前的太陽能光電的電廠投資，IRR 有達到 15%，只要 7-8 年即可回收成本，十分具有吸引力。（受訪者 C）

但是可投資的標的物太少，又以屋頂型電廠為主，發電設置範圍較小且投資效益較低；而地面型的問題在於能設置的地目過少，只有不利耕作區、地層下陷、受汙染區等，限縮了太陽能電廠的設置。

民間投資太陽能電廠的意願相當高，但是投資的標的物太少，原因在於土地的放寬，落實政策（農電漁電畜電共生）。太陽能投資電廠的可控性與穩定性，他的報酬率應該在 15%-20%較有吸引力，要達到這個標準，需要有銀行融資的支持。（受訪者 G）

民間投資意願很高，不論外資或是內資，銀行融資也很積極配合，至 2020 前申請額度已滿，只是在於申請至核准，以至設置建電廠太過緩慢，只求表象的數字。（受訪者 K）

綜合經濟總體面，對太陽光電產業的發展，具有良好的機會與環境；合理的躉購電價與投資條件，如太陽能電廠投資，投資報酬 IRR 有達到 15%-20%，只要 7-8 年即可回收成本，十分具有吸引力。目前民間投資意願很高，不論外資或是內資，銀行融資也很積極配合，至 2020 前申請額度已滿，可見產業的發展帶動經濟的活絡。

參、社會面

社會面包括民眾環保意識的提升，節能減碳、綠能發展的共識，綠能政策推展，關鍵的面向為應結合民間綠色環保團體、配合社區營造組織，透過政府的推廣與宣導，環境生態與能源發展兼顧，使得民眾願意使用綠色能源，使其能夠與生活做結合。

一、社會接受度

民眾對於火力發電造成的空氣污染、碳排量 PM2.5 的問題，已經無法忍受，尤其 2011 年福島核災後大眾對於核能的疑慮和再生能源的重視，環保意識的提升和對於再生能源知識的認識，綠能發展已是社會的共識。

目前民眾對於火力發電造成的空氣污染、碳排量 PM2.5 的問題，已經無法忍受，而核能發電又有核安全的疑慮以及核廢料

儲存；最終處理的問題，所以能源轉型與再生能源的替代是不可逆的發展方向，這已經是超越藍綠政黨意識形態，而是執政者必須面對的問題，且是綠能產業發展的契機。（受訪者 F）

解決空氣污染、減少碳排放量降低 PM 2.5，是全民的共識，這是發展綠色能源最好的時機，又以太陽能最適宜台灣的綠色能源發展。只要政府政策的支持，與法規修訂、土地放寬，太陽能的發展是未來能源發展最大的契機。（受訪者 G）

大致在社會面上，民眾對於發展綠能是支持，而且願意配合推動，投資「公民電廠」的理念。所以政府在政策的推廣上，要讓民眾充分了解政策的執行細則，減少民眾的疑慮，避免法規不夠完善、執行方案不周全，以致使推動成效受限。

「綠能屋頂全民參與」行動方案中，屋頂型太陽能板架設高度在 4.5 公尺以下，可免申請雜項執照。但實際執行結果卻無法有效增加民眾的投資意願，因為太陽光電裝置的設置會經過結構技師等檢查，卻無法取得合法的使用執照，造成民眾的疑慮。（受訪者 A）

二、環保生態議題

政府推行再生能源政策，由於需要民眾與地方團體的支持才能推動，尤其是環保團體，生態保育人士；所以應結合民間綠色環保團體（如：綠色大地協會）、配合社區營造組織（如：社區發展協會）是由下而上的宣導與推行，才能事半功倍減少阻力。

經濟部能源局階級太低，難以整合，推行再生能源的過程中遇到在地環保生態人士的阻擾、土地利益團體間的爭奪，影響地區太陽能電廠的設置。(受訪者 A)

環保生態團體結合地方民意代表，阻礙綠能專區的規劃，其中利益團體間的衝突，錯綜複雜的關係，導致難以有效的執行，以致無法達到預期的政策目標。(受訪者 B)

社會面是綠能政策推展，最關鍵的面向；民眾環保意識的提升，節能減碳、發展綠能是全民共識，政府如何透過政策宣導與推廣，使得民眾願意使用綠色能源，使其能夠與生活做結合。而政府推行再生能源政策，應結合民間綠色環保團體、配合社區營造組織，是由下而上的宣導與推行，才能事半功倍減少阻力。所以政府在政策的推廣，讓民眾充分了解執行細則，避免法規不夠完善、執行方案不周全，以致使推動成效受到限制。

肆、科技面

在科技層面包括太陽光電產業的供應鏈整合，技術的研發提升太陽能發電效益，降低發電與硬體設備成本。人才的養成及培育，技術研發的既有優勢和精進，以及和國際技術接軌的能力，建構太陽能光電產業完整的供應鏈。科技面整理出產品技術研發、儲能系統與智慧電網等二個面向。

一、技術研發

在技術的研發提升太陽能轉換效率，降低發電與硬體設備成本，創新研究新的節能產品方面，這是台灣高科技俱備完整的產業鏈，尤其是半導體晶圓技術研發與製程，更是領先全球。

創新研究新的節能產品，輔助綠能系統設備，提供關鍵零組件，提升太陽能轉換效率，提高發電效能、綠能蓄電的系統，建構台灣光電產業完整的供應鏈系統。（受訪者 H）

目前太陽能光電產業中上游矽晶圓與太陽能電池廠商，面對國際市場的衝擊，經營出現相當大的瓶頸。對於整個太陽能產業發展是較為不利的情況，政府應該要有相對應的策略，以利太陽能光電產業發展。

太陽能產業的發展，目前面臨中上游矽晶圓國際市場的挑戰經營相當困難，政府應該給予輔導以及租稅獎勵，才能均衡產業發展，健全產業鏈的完整性，以利太陽能產業長遠的穩定性。（受訪者 F）

二、儲能與智慧電網

台灣太陽光電產業發展在科技上最大的瓶頸，是儲能系統的研發，如電池成本過高；與智慧電網的建構，如智能電錶、輸配電系統（饋線），到目前智能電錶都未設立。

太陽能儲電系統成本過高，太陽光電發電有明顯的尖峰離峰，如果儲電技術的精進有助於電力的分配使用。儲電成本的降低是太陽光電發展的關鍵之一。（受訪者 A）

中央政策與地方政府配合度的問題，決心與執行力不足。以智慧電網的建置為例，是由台電主導，但連最基本的智慧電表卻因為利益問題，廠牌與規格喬不定，難以完成招標。（受訪者 B）

台灣屬於海島型的獨立電網，又分散在較偏遠地區，且集中於中南部地區，所以電力的調度極為重要。所以建立智慧電網是當務之急，現行可先建構區域網絡，例如在烏來、澎湖等偏遠地區，慢慢再逐步推行，變成一個智慧型的電網。

太陽能發展最大的瓶頸是在於儲能蓄電系統的產品；電池成本過高，輸配電系統的建構，而技術的創新日新月異，相信將來能夠克服；屆時太陽能的推廣就能全面性的推動，達到全民發電，自給自足，解決饋線不足，輸電系統耗能的問題。（受訪者 H）

綜合以上所述，我國能源有百分之九十八仰賴進口，能源政策是國家安全的議題，所以促進能源轉型為執政者所支持；再者，解決空氣汙染、減少碳排放量、降低 PM2.5，發展綠能亦為全民的共識。《電業法》修正後，鼓勵民間設置再生能源，開放綠電自由市場，綠電可以直接供應或是代輸賣店給其他業者。直至今日為止，

太陽能發電設置已達到將近 4GW。現今太陽能電廠民間的投資意願高，投資報酬 15%以上，且銀行融資順暢，又有完善高科技產業聚落的支持；所以太陽能光電發展在政治、經濟、社會、科技各個面向是持續性且正向的推行，這是產業發展有利的因素。

第二節 SWOT 分析法

將依據上節的 PEST 分析，以及太陽能光電產業發展的相關因素，綜合專家訪談的結果，本節綜合出產業的優勢（Strength）、劣勢（Weaknesses）、機會（Opportunities）、威脅（Threats）面向；以 SWOT 分析說明如下：

壹、優勢 Strength

台灣發展太陽光電產業的優勢：一、台灣的地理位置，二、可以補足用電尖峰使用量，三、產業聚落完善。

一、台灣的地理位置

太陽能，始終是地球最重要的能源，是人類賴以為生的源頭。太陽能源取之不盡，用之不竭；尤其台灣地理位置位於北回歸線上，屬於亞熱帶地區，有充足的日照時間，平均日照天數長達 180 天以上。

台灣具有發展太陽能的條件：太陽光照充沛、日照長且發電功率高和具有完整的產業鏈，是自然資源與產業環境的優勢，推廣民眾對

太陽能相關知識、提升全民的參與，建立「全民電廠」的理想，能夠自給自足，如德國太陽能發展的經驗。（受訪者 H）

火力發電造成的空氣汙染、PM2.5 等環保議題，降低核能發電為全民共識，勢必要尋找替代能源，而可再生能源中，台灣以太陽能發展最具優勢，光熱度強又日照時間長，又適合供應尖載時段，發電功率高且能量取之不盡。（受訪者 J）

二、可以補足用電尖峰用電量

台灣的用電高峰在於夏季（5-9 月）日間 10 點-14 點，正午日光照射最強烈時，恰巧是太陽能發電效率最佳的時候，可以補足尖峰用電的需求，減緩用電備載容量的吃緊，且台電尖載發電成本高於太陽能收購的價格。

太陽能發電尖峰時間介於日間 10 點到 14 點，恰巧是台電發電尖載時段，要以重油發電，發電成本 7-10 元，遠高於躉購電價 4.5-6.0 元，太陽能發電的價值被低估。台電對太陽能發電已有相當的認識，由本位主義到配合支持的角色，與太陽能電廠成為夥伴關係，強化台電的營業內容，增加發電量、營業利潤。（受訪者 I）

三、產業聚落完善

台灣為全球第二大矽晶太陽電池生產國，擁有完整的太陽光電產業鍊，目前約為三百多家公司（含太陽能系統業者）。具有相關高科技產業的支持，產業聚落完善，有完整的太陽光電產業上中下游供應鏈，對於技術提升和降低成本具有優勢。2016年蔡英文政府的能源政策，強調「綠能科技產業計畫」將以「調整能源結構」、「創造下一個明星產業」為目標：首先，連結散落各地的產業及研究資源，在台南沙崙成立創新綠能科技園區。

我們是一家德國半導體，系統模組的廠商，2008年在台灣設置第一家全自動模組生產線，90%以外銷歐美為主，因為台灣具備有技術研發能力、科技創新的產業鏈結構，具有相當競爭力的產業優勢。（受訪者K）

其次，以國內對能源自主和潔淨發電的需求來扶持產業，逐步提升綠能比重。協助產業提昇系統整合的能力，走向出口，進軍國際市場。在國際重視綠能產業發展的趨勢下，政府政策的鼓勵與支持，產業聚落的完整與技術的提升，太陽能發電的設備成本與發電成本的下降等種種因素之下，太陽光電產業的蓬勃發展將指日可待。

貳、劣勢 Weaknesses

台灣發展太陽光電產業的劣勢：一、台灣位於地震帶、夏季颱風且地狹人稠，二、電價過低，未能真實反映成本，三、台灣是海島型的電網、未建構智慧電網。

一、地質環境、地狹人稠

太陽能電廠設置受限於台灣的地理環境，位處地震帶與颱風的影響使得太陽能設置成本增加，且台灣地狹人稠，人口密度每平方公里 650 人，在這樣的現況下要建造大型的太陽能發電廠，顯然有執行面上的困難。

台灣位處地震帶與颱風的影響，必須強化結構的設施，才不會造成支架腐蝕、結構不抵強風等，使得太陽能設置成本增加。

(受訪者 J)

二、電價過低

太陽光電發展其中所面臨到的困境其中之一，便是電價過低的問題。制定電價，已不是經濟民生的問題，而是政治問題。例如，馬政府「油電雙漲」造成物價波動與民怨，危及政權的維繫，所以執政者調漲油電成為一個禁忌。因為目前台灣的市電電價，未能真實反映成本，例如核能發電，未計終止核廢料及核汙染處理的費用；火力發電，未計空氣汙染所造成的成本等等。電價的成本估算上未算進風險與環境汙染的成本，因此電價價格估算上與西方先進國家（例如：德國）有所落差。

電價過低是綠能產業發展最大的困境，而電價的調漲，已經不是經濟民生的問題而是政治問題，有前車之鑑（馬政府時期），所以關鍵在於目前政府是否有魄力去調整電價而且能夠得到民意的支持。（受訪者 F）

2018 年發布的統計資料，我國住宅用電電價每度電僅 2.8409 元為全世界第三便宜，工業用電僅每度電 2.7641 元則排名全球第八便宜。如此低廉的電價對於再生能源的發展形成一大阻力

三、海島型的電網、未建構智慧電網

台灣的電網基礎設施不足，例如輸電系統、饋線的建置；且台灣屬於海島型獨立電網，無法與其他國家併聯，例如德國太陽能發展的成功案例，位於歐洲大陸中心可以做電網並聯電力的互補。

台灣是海島型的獨立電網，再生能源是供電不穩定的能源，建議再生能源占比不要超過 20%。（受訪者 C）

參、機會 Opportunities

台灣發展太陽光電產業的機會：一、降低火力發電與排碳量、改善空氣污染，二、發展綠能為全民共識，三、核電安全的疑慮與廢核料的處理，四、技術提升、發電成本降低，提高投資報酬率。

一、降低火力發電與排碳量、改善空氣污染

台灣於 2018 年 11 月地方選舉與全民公投，環保議題成為選舉與公投的主軸。尤其：空污議題公投的結果，同意以「平均每年至少降低 1%」之方式逐漸降低火力發電廠發電量。火力發電的問題與再生翰元的發展，再次成為民眾關注的焦點，改善空氣污染與降低 PM2.5，發展再生能源已是全民共識。

解決空氣污染以減碳降低 PM2.5 是全民共識。目前降低空氣污染、減少碳排放量，是全民的共識，這是發展綠色能源最好的時機，又以太陽能最適宜台灣的綠色能源發展。（受訪者 G）

符合國際對於降低碳排放的規範：因應氣候變遷，減碳排放量為國際共識，近年民眾對於環保意識日益高漲，要求降低碳排放及 PM2.5，避免危害人體健康，民眾感受到切身相關；又因核電安全與核廢料最終處置有疑慮，發展綠能議題為各執政者所支持。

目前民眾對於火力發電造成的空氣污染、碳排放量 PM2.5 的問題，已經無法忍受，而核能發電又有核安全的疑慮以及核廢料儲存。（受訪者 F）

二、發展綠能是全民共識

台灣自主能源缺乏，能源轉型發展綠能是時勢所趨，亦是全民共識，所以執政者必須回應民意。馬英九執政時期，2009年通過「再生能源發展條例」，設置再生能源發展基金，並參考國外躉購制度，由台電以固定優惠價格收購綠電 20 年，鼓勵民間設置再生能源。積極發展太陽能光電產業，如 2012 年推動之政策方案「陽光屋頂百萬座」。

2016 年蔡英文政府制定「2025 年非核家園」的政策，全力發展再生能源，以太陽光電的總發電占比為最高，2025 年太陽光電裝置量達到 20GW 的目標。2017 年通過《電業法》修正法，提供綠能產業相關投資、研發與自由買賣的法治條件，2018 年通過《再生能源條例》修正案，草案內容：躉購制度與自由綠電交易可相互轉換，開放綠電自由市場，綠電可以直供或是代輸直接賣電給其他業者，推動綠能的法源，逐漸完備。

能源轉型與再生能源的替代是不可逆的發展方向，這已經是超越藍綠政黨意識形態，而是執政者必須面對的問題，且是綠能產業發展的契機。（受訪者 F）

三、核電安全的疑慮與廢核料的處理

日本 311 核災後，台灣產生了對於核能安全、核廢料污染與儲存的疑慮，喚起人民對於使用綠色能源的共識。2014 年馬政府決定將「核四封存」不做商轉，2016 年蔡政府更確立「核電除役」核電

廠不做延役，並制定「2025 非核家園」的目標，致力於能源轉型，並發展綠色能源政策。

目前民眾對於火力發電造成的空氣污染、碳排量 PM2.5 的問題，已經無法忍受，而核能發電又有核安全的疑慮以及核廢料儲存。（受訪者 F）

四、太陽能發電成本下降、電廠投資效益增加

太陽能產業發展直接影響力的便是成本的高低，若發電成本能有效降低，比傳統的石化發電成本低廉，自然太陽光電產業需求將大幅提升，能有良好的發展。隨著技術的進步，發電成本已逐漸下降，太陽能發電成本從 2016 年的 3.6 元，已逐漸下降至 2018 年每度電價 3.2 元左右，已接近用電高峰時每度電價 3 元，這是太陽能發展的契機。

太陽光電產業的發展很大程度受到市電價格的影響，目前尖峰時期用電大戶的電價大約在 2.8，太陽光電發電成本大約在 3.2，太陽光電與市電價格的電價差距已逐漸縮小，若依此趨勢發展太陽光電發電成本與市電價格達到黃金交叉，太陽光電的發展將會大幅成長，前景可期。（受訪者 C）

肆、威脅 Threats

台灣發展太陽光電產業的威脅：一、執行效率不彰、缺乏統籌單位，使政策無法整合提升效益，二、法規施行細則不夠完善，三、發電量南北不均、致使南電北送，四、與風力發電競爭關係。

一、執行效率不彰、缺乏統籌單位

太陽能產業的威脅來自於政府執行效率不彰而使政策無法落實。執行面皆是地方政府的權責，所以縣市首長的更替至為重要，地方選舉影響了政策上的發展，例如 2018 年底彰化、雲林，導致太陽能光電產業在發展上出現阻礙。

過去是由中央在推行，現階段最有力在推太陽光電發展的是地方政府，但是目前又有相當大的變數，大選以後有所變數，例如彰化、雲林的推行力道在大選後有所降低。（受訪者 A）

太陽能電廠設置主要是土地問題，土地雖為中央統籌，但是決定權在於地方。所以需要中央地方政府，政策一致，共同執行，才能達到成效。例如：目前雲林、彰化為不同的政黨，所以配合發展遇到一些阻礙。（受訪者 E）

政府政策的執行缺乏統籌單位，現行的經濟部能源局沒有足夠權限進行部會的協調整合，影響推行的效率。因太陽能產業的發展，需要政策支持與獎勵措施，如電力收購制度、輸配線電網，所以應該由中央統籌，整合各部會，協調地方政府分工合作。

能源局階級太低，難以整合。中央與地方政府以及民意代表的錯綜複雜的政治角力，導致再生能源的發展難以有效的執行。

(受訪者 A)

中央應該設置一個專責部會統籌，全權做政策的執行與部會間的協調，或者是提升能源局的位階，升格成立能源委員會。

(受訪者 D)

二、法規施行細則不夠完善

綠能的執行單位是在經濟部能源局，生態的環境評估則是環保局負責監督，以致法規的設定與執行方策的落實，中央與地方政府的協調等問題，出現認知的落差與增加執行的難度。這些都是法規施行細則不夠完善，政令無法貫徹的原因。

政府的法規沒有宣導推廣，僅上網公告後就施行，施行細則與辦法，不夠明確，造成業界的許多問題。(受訪者 A)

太陽能產業需要政府的政策支持，再來是法規的完善性，明確制定施行細則與辦法，才能夠使政府政策執行的持續穩定與落實。(受訪者 G)

三、發電量南北不均

目前太陽能的躉購電價全國統一，僅就地區地日獎勵加成 5-15%不等，無法反應真實投資效益；因北部的土地成本過高，又日照時間較低，投資成本高收回效益低，以致大部分太陽能電廠因而集中在中南部，而中南部電網饋線不足於應對，北部饋線充足，卻未能被充分運用，因而形成「南電北送」的現象，亦造成輸電系統的電力損耗。

南北的發電成本效益有很大的落差，例如：北部的土地成本過高，又日照時間較低，大部分太陽能電廠因而集中在南部，造成南部的饋線不足，而北部饋線充足，卻未能被充分運用。

(受訪者 D)

台電的電網基礎設施不足，例如匱線不足，造成電廠投資意願降低，投資成本增加。這是中南部地區電廠所面臨的問題。

(受訪者 G)

四、與風力發電競爭關係

在所有再生能源中，風力發電是太陽能發展的潛在威脅，離岸風電投資成本高，需要外國技術，因此利潤為外資獲得，造成民眾疑慮，再者，會排擠綠能發展基金的額度，且風力發電量集中於冬季東北季風時間，此時用電量較少，電價較低，易增加台電的發電成本，造成長期虧損，不利於綠能的發展。

太陽能發展的潛在威脅是風力發電，可能會佔據綠能發展基金，且風力發電量集中於冬季東北季風時間，此時用由量較少，電價較低，易增加台電的發電成本。（受訪者 J）

依照上述訪談資料，整理出下列 SWOT 分析表格（表 4-1），如表格所述：太陽能光電產業的優勢在於其能源的永續性、台灣產業鏈的完善，關鍵能夠補足台灣用電尖峰期；再者，太陽能光電產業的機會在於社會面向的支持，包含公民綠能意識的提升、政府和政黨的共識，以及技術面上發電技術提升與成本降低。而太陽能光電產業的劣勢和威脅在於台灣電價過低、電廠設置成本高、發電效益南北不均等產業劣勢，以及政府行政運作上對於產業的威脅，包含缺乏統籌單位或法規制定不完善，皆會使得政策無法妥善落實。此外，現有的執行單位能源局位階太低，太陽能產業發展需要一個跨部會的統籌執行單位。

SWOT 分析表格（表 4-1）

優勢 Strength	劣勢 Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> ● 台灣地理位置 ● 補足用電尖峰用電量 ● 產業聚落完善 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地狹人稠且位於地震帶 ● 電價過低 ● 海島型的電網，未建構智慧電網
機會 Opportunities	威脅 Threats

<ul style="list-style-type: none"> ● 降低火力發電與 PM2.5 減排 碳量是全民共識 ● 發展綠能是朝野共識 ● 核能安全與廢核料的處理 ● 發電成本逐年下降，電廠投資 效益增加 	<ul style="list-style-type: none"> ● 執行效率不彰，缺乏統籌 單位 ● 法規不夠完善，政令無法 貫徹 ● 南北區域發展不均 ● 與風力發電的競爭關係
--	--

資料來源：本研究整理

綜合 SWOT 分析的結果；針對我國太陽光電產業發展的優勢，發揮其功能，把握民氣可用、產業發展的契機，畢其功於一役。就產業劣勢方面，如何改善現存的問題，營造較好的投資環境；關於威脅的部份，主要在於政策推動的穩定性與持續性，執行效益的彰顯。再者，可以參考世界各國在太陽光電發展的經驗，避免資源的浪費，拖延推展的進度，因為國際間太陽光電的發展，已經相當的成熟，而且持續的再推展，是未來能源發展的趨勢。

第三節 綜合問題與分析

本節就我國太陽光電產業目前面臨的問題，透過專家訪談的方式，探討現存的問題與解決的方法，彙整出四個要項：一、「公民電廠」全民參與投資；二、太陽能電池回收利用與民眾疑慮；三、太陽能儲電系統與智慧網路的建構；四、台電業務的轉型。

一、「公民電廠」全民參與投資

2018 年政府推動「公民電廠推動方案」立意完善，「公民電廠」以公民參與為主體，用多元組織型態，民眾分享利潤也回饋地方。藉由公民參與達成能源轉型，可分散能源發展，減少集中式的電能傳輸損失，並且能夠增加就業機會，立意良善但施行未見成效，目前在這方面做宣導的部分是不足的，造成推廣上無法達到效果。

政府所提倡的全民電廠，應該提供獎勵融資，以提高民眾投資的意願。全民電廠的沿用德國的理念是相當好，除了政策以外，要有相對的銀行融資的支持，也要有民眾投資的意願，這要做政策的宣導，目前在這方面做宣導的部分是不足的，法規是不完善的，造成推廣上無法達到效果。(受訪者 E)

然而，所謂全民參與「公民電廠」擴大示範型社區的理想，因量體規模小且多以社區民眾為主體，較易面臨資金缺乏且融資不易等困難，進而影響設置意願；而且社區協調不易、申請手續不便且投資標的難找，再者受限於金融法規，綠能基金的募資與集資方面，遇到相當難度。

太陽能公民電廠的推動，要結合社區與民間業者，而融資銀行要轉型為一個服務型的性質，以協助太陽能電廠業主做合法的投資標的，共享綠能發電的效益。(受訪者 E)

推動全民電廠是政府的主要政策，也是太陽能普及化成功的關鍵；首要在於推廣對太陽能電廠的認識，簡化申請手續，才能由下而上的推動全民參與的目標。例如「全民電廠」屋頂設置太陽能是否安全且合法性，建築結構的認定是地方政府的權責，社區型協調不易、申請手續不便；而「農電共生、漁電共生、畜電共生」方案宣導與推廣不足，又有土地使用的疑慮，以致於成效有限。

太陽能電廠設置面臨的問題：中央政府政策執行是經濟部能源局；而屋頂型電廠設置，管理與核准是內政部營建署；地面型屬於農委會主管與核發，如：農電、魚電、畜電共生，設置綠能專區需要地方政府配合又要兼顧環保生態的影響，所以推動綠能與環保的平衡，需要民意的支持，各級政府綠能與產業的發展與配合執行，中央政府統籌、協調、執行的機構，推廣對綠能的認識，才能由下而上的推動「公民電廠、全民參與」的目標。（受訪者 I）

公民電廠設立依據國際經驗，「公民電廠」以公民參與為主體，用多元組織型態，例如：合作社、股份有限公司，由民眾參與出資，可以成立基金募集資金，也能發行基金債券或股票，可轉變成投資公司，如中租迪和公司。

太陽能電廠可轉變成投資公司，使其能發行基金債券或股票，鼓勵全民參與投資。例如中租就是最大的民營電廠，已成為投資公司，未來計畫發行基金，對於公司的營運與發展有很大的幫助。（受訪者 C）

二、 太陽能電池回收利用與民眾疑慮

針對民眾有關太陽能電池含有毒成分的疑慮，經濟部能源局已說明：太陽能電池的主要材料為矽，並無毒性，外部則以玻璃及鋁框緊密封裝，並不會自行溶解或滲出液體造成汙染。而外界疑慮水域空間設置太陽光電是否會汙染水源，國際上的日本、韓國、英國等國家都有設置水面型太陽光電設施，目前沒有傳出汙染水質的案例。太陽能電池回收費用應該計入在生產流程，或於面板模組，現今施行收費加計在電廠申請案場裡，因電廠尚未運營沒有營收，這是不合理的情形。

除原有太陽光電的發電成本以外，現在又增加太陽光電的回收費用，維護成本（也在調漲），但躉購價格卻持續下降，一來一往降低投資的意願。（受訪者 B）

太陽能板目前並無有效的處理機制與回收系統，因太陽能板拆解後，主要的成分仍為玻璃，貴金屬含量相當低，業者可能不願主動進入回收體系。環保署預估，2023 年太陽能光電板廢棄物數量約 1 萬公噸，2025 年約 10 萬公噸，要求業者「先繳回收費」。太陽能電池必須建立有效的處理機制與回收系統，並且可作循環利用，這是一個政府應該正視的問題。

太陽光電業者只懂經營不懂法規，政府的執行單位，訂定的法規與執行不合時宜。政府的法規沒有宣導推廣，僅上網公告後

就施行，造成業界的許多問題。例如太陽能板回收費用的徵收，申請過後就需要繳納，1KW 要繳納 1000 元。（受訪者 A）

三、智慧電網的建構與儲電系統的研發

太陽能發電廠、風電場和水力發電站等屬於間歇性再生能源，所以建構智慧型電網有助於輸電調度調節和緩解電力需求。受訪者紛紛指出，目前台灣在智慧電網的建構相對落後，對輸配電力調度與備載，造成極大的壓力，也是太陽光電的挑戰。

台灣電力公司正在推行智能電網，第一步驟就是建立智慧電表，之後再建立一個區域的電網、社區的電網，從偏遠地區開始，例如在烏來、澎湖等偏遠地區。慢慢再逐步推行，變成一個智慧型的電網。（受訪者 D）

以台灣的現行狀況，台電應先行建立智慧電表，給客戶提供即時的能源消耗資料；從而使其得以瞭解、分析和更有效地管理能源利用，包括減少能源浪費，以及減少發電廠的排放。進而，建構智慧電網，使電力和資訊可以在電力公司和消費者之間雙向互動，通訊自動化、電腦和控制應用，讓電網高效率、更可靠安全的電力使用。

中央政策與地方政府配合度的問題，決心與執行力不足。以智慧電網的建置為例，是由台電主導，但連最基本的智慧電表卻因為利益問題，廠牌與規格喬不定，難以完成招標。（受訪者 B）

然而，目前台電的智慧電表卻因為利益問題，暫時無法完成招標；相較於智慧電網，台灣太陽能儲電系統的技術革新，則因為太陽能電池及技術開發成本逐漸下降，鋰鐵電池平均價格自 2010 年以來大幅下降，促成再生能源電廠搭載儲電系統蔚為流行。儲電系統是尖峰用電最佳選項，可供應便宜電力。

太陽光電儲能成本很高，發電有明顯的尖峰離峰，如果儲電技術的精進有助於電力的分配使用。儲電成本的降低是太陽光電發展的關鍵之一。（受訪者 A）

目前太陽能儲能電池成本還是太高，還無法達到市場化的經濟規模，因而應持續研發、創新的技術。例如：2019 年能源局在高雄永安及台中龍井各規劃一座的百萬瓦等級儲能系統已建置完成，目前在效能標準的驗證程序中，加入輔助服務行列，成為國內首座併網的電網級儲能系統。所以台灣應該急起直追，加速推展智慧電網的建構，與太陽能儲電池的普及，這是當前我國太陽光電產業，應該要克服的挑戰與困境。

四、台電業務的轉型

2017年《電業法》修正案通過，將台電業務分為發電業、輸配電、售電業三大區塊，發電業與售電業開放民間綠電加入，輸配電網維持國營台電；將重新架構國內的電力市場經營模式，以「綠能先行、多元供給」的電業制度為原則，有利再生能源快速發展，補足核電退場後的能源供給，所以台電的業務內容應該積極轉型。

台灣電力公司根據政府的規劃，目標需要在2025年達到20GW，已於107年度推動12項友善再生能源併網措施，107年度併聯量達1GW，累積至2019年4月太陽光電累計併網量已達3.1GW。（受訪者D）

目前台電已開始積極的推展業務轉型，有幾項作業例如：解決饋線不足的問題，開始改善併網措施，受訪者共同提到由於台電電網基礎設置不足，許多電廠設置區域處在偏遠地區，在沒有完善的輸電系統下，造成電廠投資意願降低。如何簡化併聯申請流程，輔助民間太陽能業者，以及配合政府政策推動，營造友善併網環境。

台電對於南北電網分佈不均、電廠KW數的規定，也採取一些改善措施，包含：開放於併網容量充足的地區得以併聯於不同饋線、開放及簡化不及20KW的發電設備的申請。（受訪者D）

台電電網饋線不足，輸電系統未建構，且不利耕作區、鹽化地區等都屬於偏遠區域，人煙稀少，本身的輸電系統較匱乏，甚

至尚未建置，需要公務體系的配合，尤其台電是執行單位，角色不夠積極配合。（受訪者 K）

台電是太陽能光電產業發展的關鍵性單位，承擔電力供應穩定與電能安全的責任，平衡區域電能的發展，放眼未來；台灣再生能源的發電量，設備裝置將會倍速增長，尤其太陽光電發展可能在五年內要建置到 20GW，平均每年 1.5GW 以上設置容量的發展，台電的角色，對政府政策執行與推動，更加關鍵與重要。

第四節 小結

本章針對 PEST 及 SWOT 分析，專家訪談內容與建議綜合彙理；綠能發展受社會民意與各政黨的支持，也是執政者積極推行的政策。從太陽能裝置量便可得知，2015 年不到 0.5GW，到 2019 年底已達成 4GW，尤其屋頂型的設置已超過政策目標 3GW。再者，因設置成本降低、發電功力提升，太陽能電廠的投資效益逐年增加，致使民間投資電廠的意願大增，帶動整個產業的良性循環；加上社會大眾對於降低空氣污染、碳排放量 PM2.5、核能發電安全，核廢料儲存與最終處置的疑慮，支持政府發展綠色能源政策。

而且台灣具有完善的高科技產業聚落，有「亞洲矽谷」的稱號，是有利太陽能光電產業的發展，建立完整的供應鏈系統與研發中心，帶動技術的提升與研發，如儲電系統，這是台灣的軟實力。太陽能發電的優勢在於正午日光照射最強烈時，正是太陽能發電效

率最佳的時候，恰巧能補足用電尖峰的發電量，作為尖載用電調配，克服台灣當前最迫切的問題。

然而，電價過低是綠能發展的最大阻力：為了達到自主減碳的目標，必須降低火力燃煤的發電比重，電價成本結構隨之調整；電價合理的調整，為情勢所趨，已經是必須嚴肅面對的課題，且對能源轉型、太陽光電產業的永續發展，具有關鍵性的影響。

目前太陽能光電地面型的設置較為遲緩，最大的疑慮在於土地的使用，僅限於不利耕作區、地層下陷、受污染區等，範圍較小。中央政府缺少統籌單位，涉及經濟部、農委會、環保署等部門，又中央與地方的不協調，使政策執行的效率抵減。電廠設置南北區域發展不均等，過於集中於中南部，因北部的土地成本過高，又日照時間較低，投資成本高、回收效益低，以致大部分太陽能電廠因而集中在中南部，所以訂定的南北區域躉購電價，要有差異，符合市場的投資需求，才不至形成「南電北送」的現象，亦造成輸電系統的電力損耗。建構完善的電網系統，解決饋線不足問題，應著重北部地區太陽能電廠的設置與綠能專區的設定。

太陽能發電功率是間歇性的能源，因受限日照時間才能發電，是相對不穩定的電力，對於台電的電力調度與成本控制，具有高難度的挑戰。所以就台電企業經營績效與電力調度的穩定性，要求其全力配合綠能政策執行，相對保守和被動的態度。台電是能源轉型與再生能源發展，最具關鍵性的角色，也是最終的執行單位，對於執行綠能政策的營業單位與人員，應該給予績效獎勵與考等加給，

以激勵工作人員的士氣台電應轉型成輔助民間太陽能業者，支援協助與諮詢服務角色。

再者；智慧電網的建構，智慧電錶的裝設已刻不容緩，其有助於輸電調度調節和緩解電力需求；太陽能儲電技術研發，降低電池成本、提升功能性與多元化的運用，進而發展出相關無碳排的公共運輸、汽機車產業等。台電承擔電力供應穩定與電能安全的責任，近年台灣再生能源的發電量，設備裝置將會倍速增長，尤其太陽光電發展可能在6年內要建置到20GW，平均每年1.5GW以上設置容量的發展，這是具有最大的挑戰性。

第五章 結論

第一節 研究發現

研究發現，台灣的用電高峰在於夏季午間，而正午日光照射最強時，恰巧是太陽能發電效率最佳的時候，可以補足尖峰用電的需求，減緩用電備載容量，且台電尖載發電成本，高於太陽能收購的成本。政府在推動太陽光電的進展中，由 2016 年 5 月馬政府卸任時，太陽光電裝置量將近 0.5GW，到 2019 年 9 月蔡英文政府裝置量將近 4GW；2019 年累計安裝量可達 4.2GW，相當於是一個核電廠的發電量，已有長足的進步。尤其，2019 夏季尖峰發電量已經超過核電，佔比總發電將近百分之五。經濟部（行政院，2019）也提出第二期「太陽光電 2 年推動計畫」，目標在 2020 年太陽光電裝置容量要達到 6.5GW，設定每兩年的行動方案，檢視推展的成效。

民間投資意願相當高，現今太陽能電廠民間的投資報酬約莫 15%-20%，只要 7-8 年即可回收成本，銀行融資管道也相對順暢，投資報酬率具有吸引力。帶動太陽光電相關產業的發展，如太陽能模組、系統廠商、太陽能電廠，以及銀行融資業務，周邊維修運行、綠能平台等服務業。而且，民間太陽能電廠至 2020 年，裝置申請額度已滿，可見經濟市場是相當活絡。

綠電憑證的施行，隨著國際大廠如蘋果、Google、星巴克、微軟等紛紛加入國際再生能源倡議組織 RE100，要求供應商使用 100% 的綠能為目標，國內供應鏈企業必須因應市場的需求。而且，在 2020 年即將實施的政策：用電大戶使用容量在 5,000KW 以上的企業，業者必須在 5 年內透過自設、購電買憑證、代金等方式使用 10

%綠電，未來綠電交易將更趨活絡。開放綠電自由市場，台灣綠電憑證 2019 年已有 3,200 張憑證的交易，每年倍數的成長，對於綠能發電業者，自由售電的市場通路更多更廣，不僅可賣給台電也可以選擇賣給企業用戶，促成綠能交易平台的建構，民間綠能售電業的興起，也可刺激綠電業者的產業發展，因而，太陽光電產業的發展趨勢，是樂觀且具有前瞻性。

電價過低是再生能源發展所面臨到最大的困境，電價制定已不是經濟民生的問題，而是政治問題。例如，馬政府時期「油電雙漲」造成物價波動與民怨，危及政權的維繫，所以執政者調漲油電價成為一個禁忌。然而，目前台灣的市電電價，外部成本未能真實反映，例如：核能發電未計終止核廢料及核汙染處理的費用；火力發電未計空氣汙染所造成的成本等。電價的成本估算上，未算進風險與環境汙染的成本，因此在電價價格估算上，與國際間有所落差。

政府在太陽能電廠推動執行上，目前最大的瓶頸是土地問題；由於土地電廠裝置，只限定於不利耕作區、地層下陷、受汙染區等，限縮了太陽能電廠的設置。太陽能電廠設置需要大規模土地面積，而土地最大的擁有者是農委會，綠能的執行單位卻是在經濟部能源局，且環境評估與監督屬於環保署，需要跨部會整合的中央統籌單位。推動「公民電廠」，藉由公民參與達成能源轉型，立意良善但施行未見成效，因為政策宣導不足和執行細則不明確，而無法達到效果，例如：屋頂設置太陽能面板合法性的爭議，社區型太陽能電廠協調不易與申請手續不便，以及「農電、漁電、畜電共生」方案，又有土地使用的疑慮。

台電的電網基礎設施不夠完善，電網饋線不足，輸電系統未建構，且不利耕作區、鹽化地區等都屬於偏遠區域，人煙稀少，本身的輸電系統較匱乏，甚至尚未建置，造成電廠投資成本增加，這是中南部地區電廠所面臨的問題。智慧電網的設置仍是相當落後，而智慧電表的更換也相對緩慢，以現行狀況應先建立智慧電表，給客戶提供即時的能源消費資料，使民眾得以瞭解電力使用的情況，善用資源、減少能源浪費，以及降低發電廠的排放量。公民電廠是政府的主要政策，也是太陽能普及化成功的關鍵，但由於台電基礎饋線不足、沒有建構智慧電網，以及宣傳不利申請不便，致使推動全民電廠的效果，未能達到全民參與的目標。

第二節 結論與建議

以經濟面的自由市場而言，長遠的太陽光電產業的永續發展，最終要回歸於市場機制。電價合理的調整，為國際情勢所趨，已經是必須嚴肅面對的課題。政府的產業政策與輔導，溢注資源於技術的研發，提升產品的良率與發電效率，以期發電成本降低，達到每度發電成本 3 元以下。另外必須改善目前電價未反映隱性成本的問題，逐年調整電價費率，達到平均電價收費 3.5 元以上，甚至達到世界平均電價費用 4.5 元。對台灣能源轉型，以及再生能源產業的永續發展，具有良性的循環。

民眾對於發展綠能普遍是支持，而且願意配合推動、投資「公民電廠」的理念。政府如何透過政策宣導與推廣，使得民眾願意使用綠色能源，使其能夠與生活做結合。依據國際經驗，「公民電廠」以公民參與為主體，用多元組織型態，例如：合作社、股份有

限公司；由民眾參與出資，可以成立基金募集資金，也能發行基金債券或股票，可轉變成投資公司。輔導與獎勵綠能服務平台的建立，使社會大眾可以直接參與投資，才能由下而上的推動「公民電廠、全民參與」的目標。再者，綠電憑證於再生能源發展條例規定「電證合一」，綠電必須跟憑證一起購買，而購買綠電需顧慮經濟規模、電網輸送等問題，不利太小的電廠；發出的綠電有限，就不足以供應用電大戶，因而，台灣應該走向「電證分離」的目標，才符合國際趨勢，能夠增加市場的交易靈活度。

太陽光電產業的政策制定與執行，必須由中央與地方政府分工合作，中央統籌規劃行動方案，地方政府以區域特性、地理環境推動執行。土地法規的友善，釋放出更多的土地，利用低層下陷地區，公路沿線保留地，山坡保留地，屋頂空間與辦公大樓平面裝置等等，充分利用閒置的空間。倣德國設定綠能示範城鎮，廣設綠能專區，進行區域的規劃，成本與效益較能彰顯；並可解決地面型電廠設置不夠，可投資的標的物太少，電網饋線不足等問題。政策需要民眾與地方團體的支持才能推動，尤其是環保團體、生態保育人士；所以應結合民間綠色環保團體、配合社區營造組織，由民間發起的宣導與推行，才能事半功倍減少阻力，帶動全國性的發展。

太陽能發電功率是間歇性的能源，是相對不穩定的電力，對於台電的電力調度與成本控制，具有高難度的挑戰。台電是能源轉型與再生能源發展，是最終的執行單位，應轉型成輔助民間太陽能業者，支援協助與諮詢服務角色。智慧電網的建構、智慧電錶的裝設，已刻不容緩，有助於輸電調度和緩解電力需求。尤其，台灣屬於海島型獨立電網，無法與其他國家併聯，所以太陽能儲電技術研發，降低電池成本、提升功能性與多元化的運用，是再生能源產業

永續發展的關鍵。台灣具有高科技產業鏈的環境，針對再生能源產業未來的發展，國家必須投入資源於產業的關鍵因素，將資源溢注於儲能系統技術的研發，綠能電池產品的良率與儲電效率，並推廣發展出相關無碳排放的公共運輸、汽機車產業等。國家開發基金可以投資再生能源產業的整合，例如先前國家開發基金投資半導體產業，造就了世界頂尖的企業：台積電；並帶動整個 IT 科技業的蓬勃發展，奠定台灣成為聞名於世的科技島。

目前太陽光電建置到 2019 年累計安裝量近 4.2GW，距離政策目標相差甚遠；而且，至 2025 年 6 年時間內要建置到 20GW，平均每年要有 2GW 以上的設置容量，這是很大的挑戰，政策推行的時程，是否需要做調整。現今我國的太陽光電產業都是以中小企業為主，資源相對有限，企業轉型與經營形態較為保守，政府應及早規劃 2025 年，國內裝置量完成 20GW 後，整個太陽光電產業如何因應。協助企業轉型成為服務性的產業，透過太陽能案場的前期規劃、中期建置、後期維運，整合太陽能系統所需模組、零組件及智慧雲端監控平台，提高服務品質。以及輸出太陽光電發展的經驗，進而轉化經營模式，推展成為台灣軟實力。

探討我國再生能源政策，能源轉型勢在必行，台灣能源百分之 98 仰賴進口，所以能源政策也是國家安全的議題。綜觀太陽光電產業發展，有賴以國家政策的獎勵與扶持，才能維繫產業的發展；電價的合理調整，才是產業永續發展的根基。國家政策目標的落實執行，整個國家土地規劃、環保法規的友善，才能吸引民間企業與資金的投入，推動產業的發展，加上台灣具有良好產業發展的條件，天然資源與產業聚落完善。可預期的是，太陽光電產業的發展，未來幾年將會呈現倍數的成長，它將成為再生能源的明星產業。

第三節 未來研究方向

太陽能電廠成立共同基金證券市場化之研究；隨著太陽光電產業的未來性提高，太陽光電電廠也會開始吸引許多投資者的投資，後續研究可以針對太陽光電電廠的經營，讓發電電廠成立共同基金，然後證券市場化，也可以參考國外的一些電廠營運的經驗，進行研究與分析，做為我國太陽光電廠經營的參考。

參考文獻

壹、中文資料

《立法院公報》，2016，〈委員會紀錄〉，105（56）：359。

《立法院公報》，2016，〈委員會紀錄〉，105（7）：359。

《行政院公報》，2016，〈財政經濟篇〉，22(234)。

王京明，2017，〈破窗效應與巴黎協定〉，《經濟前瞻》，172：77-80。

王啟秀、孔祥科、左玉婷，2008，〈全球能源產業趨勢研究—以台灣太陽光電產業為例〉，《中華管理評論國際學報》，11(3)：1-47。

王琪、唐小莉、陳仁德譯，Franz Alt 著，2005，《太陽電力公司：新能源·新就業機會》，臺北：新自然主義。

王鼎傑、趙永茂，2016，〈循環經濟與永續物質管理轉型：德國與台灣的政策經驗〉，周桂田（編），《永續與綠色治理新論》，臺北：國立臺灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心

王曉慧，2013，《以 PEST 分析與五變因探討台商在日本光學檢測儀器設備產業於中國大陸發展的關鍵成功因素》，台中：中興大學高階經理人碩士在職專班碩士論文。

王秋桂，2012，《產業群聚在太陽能產業之探討》，台中：逢甲大學經營管理碩士在職專班碩士論文。

王衍文，2017，《於類神經網路之太陽能光電系統發電量預測》，台北：國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所碩士論文。

呂紹旭，2014，《2014年太陽光電市場與產業技術發展年鑑》，臺北：光電科技工業協進會。

呂錫旻、陳發林、張憶琳，2007，〈台灣能源現況與策略分析〉，《能源季刊》，37(2)：18-26。

呂政衛，2015，《太陽能產業對於農業發展之融資影響—以F租賃公司為例》，台北：國立政治大學經營管理碩士論文。

伏文采，2009，《台灣太陽光電產業發展策略之研究—以太陽能電池為例》，高雄：國立中山大學管理學院高階經營碩士學程碩士在職專班碩士論文。

何珮禎，2017，《太陽能發電系統設置區位研究》，台中：逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士論文。

李隆盛，1989，〈德懷術在技職教育上的應用〉，《工業職業教育雙月刊》，7(1)，36-40。

林子倫，2016，〈台灣城市氣候治理困境與挑戰：多層次治理的觀點〉，劉小蘭、葉佳宗編《因應氣候變遷從地方做起》頁121-153，臺北：詹氏出版。

林冠好，2014，《探討與分析台灣太陽能產業國家創新政策之最適工具組合》，新竹：國立交通大學科技管理研究所碩士論文。

林怡安，2015，《台灣太陽能產業國家創新政策之議題分析與策略規劃》，新竹：國立交通大學科技管理研究所碩士論文。

林裕仁、潘薇如，2017，〈臺灣是否具備發展木質能源之潛力？〉，《農業生技產業季刊》，52：42-47。

邱榮輝，2012，《因應全球競爭環境下提升我國太陽光電產業優勢策略之研究》，行政院經濟建設委員會委託研究報告，編號：(101)020.606，新北：財團法人台灣綜合研究院。

柯亦儒，2015，《城市聯盟在氣候變遷領域的崛起與管制角色之初探》，臺北：國立台灣大學科際整合法律學研究所碩士論文。

胡龍騰、黃瑋瑩、潘中道譯，Ranjit Kumar 著，2000，《研究方法：步驟化學習指南》，臺北市：學富文化。

胡耀祖，2015，〈我國綠能產業及科技發展現況與展望〉，《中國鑛冶工程學會會刊》，59(3)：9-18。

涂靖昀，2015，《地方能源治理：以台南市推動家戶太陽光電為例》，臺北：國立臺灣大學政治學研究所碩士學位論文。

財訊出版社編著，2006，《太陽鍊金術：透視全球太陽光電產業》。臺北：財訊出版社。

康志堅、王孟傑、楊翔如、謝志強，2015，《2015 新興能源產業年鑑》，新竹：工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心。

郭乃文，2000，《臺灣地區非都市土地環境管理與永續發展：以國家公園規劃與經營管理為例》，臺北：國立臺灣大學環境工程學研究所博士論文。

郭成聰，2014，《臺灣太陽能發展的現況、問題、解決方案或建議》，核能研究所能源資訊平台-能源簡析。

郭昆璋，2015，《應用半導體理論於太陽光電系統發電效能之估算、提升與應用之研究》，台北：國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所博士論文。

陳婉如，2004，〈急速成長中的中國太陽電池產業與市場〉，《光連雙月刊》，49：30-34。

陳婉如，2009，〈節能減碳趨勢下日中台太陽光電的推動政策〉，《光連雙月刊》，81：22-25。

彭欽鈺，2007，《台灣太陽光電產業發展策略研究》，新竹：中華大學經營管理研究所碩士論文。

彭憲忠，2015，《台灣推廣「太陽光電發電」之策略研究》，新竹：國立交通大學產業安全與防災學程碩士學位論文。

- 黃丙雄，2008，《太陽光電產業關鍵成功因素之研究-AHP 法之運用》，臺南：國立成功大學高階管理碩士在職專班碩士論文。
- 黃明宮，2010，《太陽光電產業關鍵成功因素之研究》，臺南：立德大學科技管理研究所碩士論文。
- 楊佳榕，2012，《從 PEST 探討行動通訊產業發展-以接取網路技術服務商角度切入》，臺北：國立臺灣科技大學管理研究所碩士學位論文。
- 楊秉純，2016，《綠能科技發展現況及趨勢》，工業技術研究院簡報。
- 楊翔如，2016，《2016 太陽光電新興市場發展》，IEK 產業情報網產業趨勢分析報告。
- 經濟部能源局，2016，《能源產業技術白皮書》，臺北：經濟部能源局。
- 葉千綺，2008，《以客為尊？探討航空公司經營導向之研究》，高雄：義守大學管理研究所碩士論文。
- 葉至誠、葉立誠，1999，《研究方法與論文寫作》，臺北：商鼎文化。
- 廖宛俞，2014，《台電太陽能產業永續發展策略之研究》，南投：暨南大學人力資源發展碩士論文。
- 劉仲明，2006，〈太陽光電-再生能源中的明日之星〉，《工業材料》，230：67。
- 黃鈺雨，2013，《各國太陽光電政策工具之效益評估》，台南：國立成功大學資源工程學系碩士論文。
- 劉真誠，2016，《分散式太陽能發電系統調節台灣尖峰用電量之分析》，台南：國立臺南大學綠色能源學科技學系碩士論文。

劉玉章、曾育貞、呂永方、沈錦昌、鍾人傑，2015，《電網級儲能技術研發現況與進展》，台灣能源期刊 2(2):169-190

歐嘉瑞，2010，《我國再生能源發展政策》，臺北：國家政策研究基金會。

魯永強，2016，《從競合策略對”雙反”議題之研究—兩岸太陽能光伏產業為例》，臺北：政治大學經營管理研究所碩士論文。

賴如蘋，2009，《德國能源政策之探討-以開發太陽能為例》，臺中：東海大學政治研究所碩士論文。

賴宜君，2014，《德國太陽能政策的發展歷程及現況之研究—以弗萊堡為例》，嘉義：南華大學歐洲研究所碩士論文。

陳憲樟，2017，《設置屋頂型太陽能光電廠之財務可行性探討 —以台南市住宅及工業廠房設置個案為例》，台南：崑山科技大學房地產開發與管理研究所碩士論文。

陳嘉麟，2017，《應用配電規劃資訊系統支援太陽能光電系統衝擊分析之研究》，高雄：國立高雄應用科技大學電機工程系博碩士班碩士論文。

謝宗典，2017，《推動再生能源擴大公民參與投資之法規與政策研究 —以國際間風力與太陽能發電之發展為例》，雲林：國立雲林科技大學科技法律研究所碩士論文。

貳、英文資料

Ansoff, H.L.1965.” *Corporate Strategy*” . McGraw-Hill, New York.

A. S. Bahaj. 2002. “Means of enhancing and promoting the use of solar energy.” *Renewable Energy* 27(1) : 97 – 105.

Abhishek Gupta. 2013. “Environment & PEST Analysis: An Approach to External Business Environment.” *International Journal of Modern Social Sciences* 2(1):34-43.

Bowies N.1999. “The Delphi Technique.” *Nursing Standard* 13: 32-36.

Byrne, J. et al. 2004. “The potential of solar electric power for meeting future US energy needs: a comparison of projections of solar electric energy generation and Arctic National Wildlife Refuge oil production” , *Energy Polic* 32:289 – 297.

Chatzimouratidis, A.I., & Pilavachi, P.A. 2009. “Technological, economic and sustainability evaluation of power plants using the Analytic Hierarchy Process.” *Energy Policy* 37(3):778 – 787.

Chen, F., Lu, S. M., & Chang, Y. L. 2007. “Renewable energy in Taiwan: Its developing status and strategy.” *Energy* 32 (9):1634-1646.

Dalkey, N. and O. Helmer. 1963. “An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts.” *Management Science* 9(3):458-67.

Dalkey, N. C. & O. Helmer. 1963. “An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts” *Management Science* 9(3):458-467.

DN. Koumparoulis. 2013. “PEST Analysis: The case of E-shop.” *International Journal of Economy, Management and Social Sciences*, 2(2):31-36.

Javier Relancio, Alberto Cuellar, Gregg Walker, and Chris Ettmayr 2016.

“*South African CSP projects under the REIPPP programme – Requirements, challenges and opportunities.*” *AIP Conference Proceedings*, University of Hawaii, Manoa HI.

Timilsina G. R, Kurdgelashvili L, Narbel P. A.2012. “Solar energy: Markets, economics and policies.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(1) : 449 – 65.

Ummadisingu A., Soni, M.S. 2011. “Concentrating solar power- Technology, potential and policy in India.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(9) : 5169 – 5175

參、網路資料

EnergyTrend，2017，〈太陽能新需求、新政策陸續提出亞洲新興市場走強〉，科技新報網站，<http://technews.tw/2017/05/13/solar-power-in-east-southern-asia-and-india/>，2017/6/1。

IPCC，2019，〈AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report〉，IPCC 網站，<https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>，2019/3/12。

IPCC，2019，〈AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014〉，IPCC 網站，<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>，2019/3/12。

TrendForce 綠能研究，2013，〈西班牙政府宣佈第五次削減 FIT 上網電價補貼〉，綠能研究網站，<https://www.energytrend.com.tw/news/20130716-6403.html>，2019/3/21。

UNFCCC，2019，The Paris Agreement，UNFCCC 網站，<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>，2019/3/12。

中央氣象局，2017，〈全球暖化與氣候變遷〉，中央氣象局網站，http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate_info/backgrounds/backgrounds_2.html，2017/8/23。

中央氣象局，2019，〈日照時數〉，中央氣象局網站，https://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_sunshine.htm，2019/3/23。

中央選舉委員會，2018，〈公告全國性公民投票案第 7 案至第 16 案投票結果〉，中央選舉委員會官網，<https://www.cec.gov.tw/central/cms/bulletin/29586>，2019/3/21。

台灣電力公司，2018，〈各國電價比較〉，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=213&cid=351&cchk=1b3221ee-37c3-4811-9d4d-a1bb215f33c8>

台灣電力公司，2018，〈太陽光電裝置容量〉，台灣電力公司網站，

https://www.taipower.com.tw/tc/chart/b18_%E7%99%BC%E9%9B%BB%E8%B3%87%E8%A8%8A_%E5%86%8D%E7%94%9F%E8%83%BD%E6%BA%90%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%A6%82%E6%B3%81_%E6%AD%B7%E5%B9%B4%E5%A4%AA%E9%99%BD%E5%85%89%E9%9B%BB%E7%B4%AF%E8%A8%88%E8%A3%9D%E7%BD%AE%E5%AE%B9%E9%87%8F.html，2018/7/4。

朱雲鵬，2018，〈發展再生能源 勿重蹈西班牙覆轍〉，中時電子報，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20180301000569-260109?chdtv>，2019/3/21。

江睿智，2016，〈經濟部聚焦綠能躍升 要創 1 兆產值〉，經濟日報，<https://video.udn.com/news/453363>，2018/4/27。

行政院，2009，〈行政院院會通過「綠色能源產業旭升方案」〉，行政院網站，<https://www.ey.gov.tw/Page/9277F759E41CCD91/c0adb676-6b4e-41e6-9f4d-c2526924ef4c>，2017/8/23。

行政院，2016，〈太陽光電 2 年推動計畫〉，行政院官網網站，http://www.ey.gov.tw/News_Content.aspx?n=8DE77456DB818130&sms=B50D3080F3753563&s=6EC782107B2BFD43，2017/06/09。

行政院，2019，〈109 年太陽光電 6.5GW 達標計畫〉，行政院官網網站，<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/a9fc65a5-4367-417d-a522-40849030df5a>，2019/09/26

行政院新聞傳播處，2019，〈《電業法》修法—發展綠能，啟動國家能源轉型〉，行政院官網，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/2ae8bfb8-6014-49d1-b04e-75374fbd6096>，2019/4/20。

行政院新聞傳播處，2019，〈「綠能屋頂全民參與」推動方案〉，行政院官網，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/e9cb7d49-3982-4f9d-8cfe-8f7096df3ac0c>，2019/4/20。

行政院環保署，2017，〈溫室氣體排放統計〉，行政院環保署網站 <http://www.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=10052&ctNode=31352&mp=epa>，2017/7/23。

行政院環保署，2019，〈溫室氣體排放統計〉，行政院環保署網站，
<https://oldweb.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=10052&ctNode=31352&mp=epa>，2019/3/12。

科技新報，2015，〈美國補貼延長，太陽能市況從搶裝轉趨穩定成長〉，科技新報網站，<https://technews.tw/2015/12/18/solar-energy-usa-2016/>，2019/3/21。

財訊，2015，〈概念股走出寒窯，中、美、日聯手加持全球太陽光電產業〉，財訊網站，<http://technews.tw/2015/12/05/global-solar-industry/>，2017/5/1。

國際太陽能光伏網，2016，〈政策分析 | 西班牙 FIT 補貼政策〉，國際太陽能光伏網，<http://solar.in-en.com/html/solar-2278331.shtml>，2019/3/21。

曹君如，2018，〈2019 太陽能五大趨勢：市場走向穩定與分散，度電成本將成為供應鏈價格依歸〉，TrendForce 綠能研究，<https://www.energytrend.com.tw/research/20181228-14313200.html>，2019/3/26。

產業推展處，2018，〈印度太陽光電重點市場環境資訊與分析〉，台灣經貿網，
<https://info.taiwantrade.com/biznews/%E5%8D%B0%E5%BA%A6%E5%A4%AA%E9%99%BD%E5%85%89%E9%9B%BB%E9%87%8D%E9%BB%9E%E5%B8%82%E5%A0%B4%E7%92%B0%E5%A2%83%E8%B3%87%E8%A8%8A%E8%88%87%E5%88%86%E6%9E%90-1674119.html>，2019/3/21。

陳文姿，2016，〈巴黎協定今生效 環署：200 項減碳行動方案年底公布〉，環境資訊中心，<http://e-info.org.tw/node/200980>，2017/6/23。

湯雅雯，2013，〈IPCC 警告：再不減碳 21 世紀末 淹掉臺北盆地〉，yahoo 新聞網站，
<https://tw.news.yahoo.com/ipcc%E8%AD%A6%E5%91%8A-%E5%86%8D%E4%B8%8D%E6%B8%9B%E7%A2%B3-21%E4%B8%96%E7%B4%80%E6%9C%AB-%E6%B7%B9%E6%8E%89%E5%8F%B0%E5%8C%97%E7%9B%86%E5%9C%B0-213000253.html>，2017/6/23。

黃珮君，2017，〈再生能源躉購費率公佈 高效太陽能加成 6%〉，自由時報網站，
<http://news.ltn.com.tw/news/business/breakingnews/1845871>，2017/06/09。

經濟部能源局，2019，〈能源統計月報〉，經濟部能源局網站，
https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/web_book/WebReports.aspx?book=M_CH&menu_id=142，2019/3/25，2019/3/21。

蕭佑和，2017，〈勢在必行，淺談台灣太陽能產業〉，MeetHub 網站，
<https://meethub.bnnext.com.tw/%E5%8B%A2%E5%9C%A8%E5%BF%85%E8%A1%8C%EF%BC%8C%E6%B7%BA%E8%AB%87%E5%8F%B0%E7%81%A3%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E7%94%A2%E6%A5%AD%EF%BD%9C%E5%A4%A7%E5%92%8C%E6%9C%89%E8%A9%B1%E8%AA%AA/>，2019/3/21。

簡永祥，2017，〈政策助攻 擴大太陽能產業出海口〉，聯合新聞網，
<https://udn.com/news/story/7238/2462830>，2017/06/09。