

國立臺灣大學社會科學院政治學研究所

碩士論文研究計畫書

我國再生能源政策之研究
—以太陽光電產業發展為例

指導教授：趙永茂 博士

研究生：劉明錫

目 錄

壹、研究背景動機目的	1
一、研究背景	1
二、研究動機	4
三、研究目的	8
貳、文獻回顧與相關政策	13
一、氣候變遷與減碳協議	13
二、我國的再生能源政策與發展	18
三、太陽光電作為再生能源的優勢	25
參、太陽光電產業分析與面臨的挑戰	27
一、我國太陽光電產業分析	27
二、我國太陽光電產業面臨的挑戰	35
三、目前太陽能光電發展的困境	43
肆、研究方法、架構與流程	46
一、研究構面	46
二、研究流程	47
三、研究方法	49

伍、預期章節安排與說明	54
陸、預期研究發現與研究限制	56
一、預期研究發現	56
二、研究限制	57
柒、參考文獻	58
一、中文資料	58
二、英文資料	63
三、網路資料	65

圖目錄

圖 1.1 歷年太陽光電裝置容量

圖 2.1 歷年全球氣溫狀況

圖 3.1 太陽光電產業鏈

圖 4.1 研究流程圖

表目錄

表 1.1 再生能源目標裝置容量(MW)

表 1.2 2017 年各國平均電價比較

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 4.1 訪談之專家學者的背景

壹、研究背景動機與目的

一、研究背景

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)。火力發電的問題與再生能源的發展，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的共識，亦為各執政者所支持。

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)：

1. 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。
2. 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。
3. 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。

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。2016 年蔡英文政府上台之後，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，並且全力推動太陽光電與離岸風力，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）。

太陽能，始終是地球最重要的能源，是人類賴以維生的源頭。太陽能資源取之不盡，用之不竭；尤其台灣，位於亞熱帶地區，年日照 180 天以上，太陽能充足；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。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。

因此透過對太陽能產業與政策的了解與分析，釐清目前太陽能發展的契機與困境，將有助於我國推動再生能源的發展。

二、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 年產值已達四千五百億元左右，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。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（楊秉純，2016）。

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，

關注綠色能源議題。尤其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，2016年蔡政府更確立「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，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

綜合上述氣候變遷的事實、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。

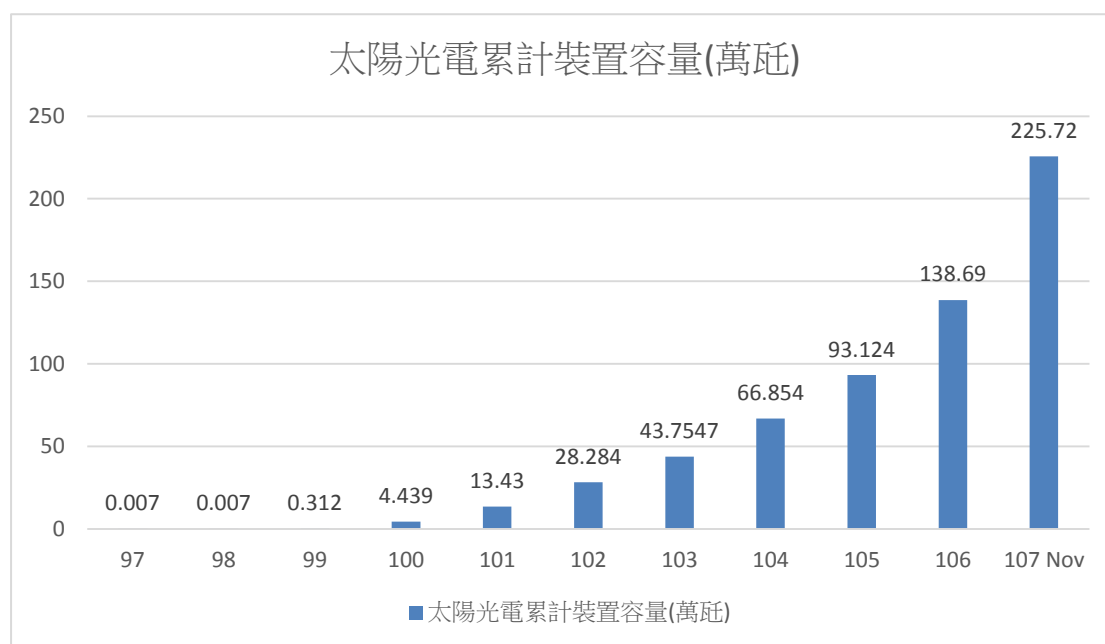
3. 正午日光照射最強烈時，恰巧是太陽能發電效率最佳的時候，可以補足尖峰用電的需求，緩減用電備載容量的吃緊。
4. 台灣具有相關高科技產業的支持，產業聚落完善，也有完整的太陽光電產業上中下游供應鏈，對於技術提升和降低成本具有優勢。

我國在綠色能源的發展上，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年蔡政府提出2025年達成非核家園及再生能源發電量占比達20%的目標，推動能源轉型。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)。

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產業，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先天條

件。尤其政府在推動能源轉型，希望透過公民參與發電的概念共同合作，所以太陽能光電的發展，將是未來台灣再生能源的核心，也是本研究所欲探討的動機。

圖1.1 歷年太陽光電裝置容量



資料來源：台灣電力公司，2018

三、研究目的

台灣2018年的九合一選舉空污議題公投結果，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廠發電量。目前政府制定的能源政策，包括依據《溫室氣體減量及管理法》擬定「國家自定預期貢獻」，2030年須達成減碳至2005年的20%、「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，必須做好能源轉型，積極地發展再生

能源，落實執行以達成上述政策的預期目標。

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。

再者，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）。在現今全球積極發展再生能源，力求節能減碳的趨勢，以及我國的再生能源政策目標之下，太陽光電產業的發展深具潛力，也是台灣深具優勢的再生能源產業。

然而，現今我國太陽光電產業發展面臨的困境其中之一便是便宜的電價，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。然而隨著技術的進步太陽能發電的成本已經逐漸下降至約每度電3.6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。

再者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，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。而且根據經濟部統計至 2018 年 11 月，太陽能總裝置容量 2.26GW，距離政策目標相當大，只剩七年的時間，有不小的難度。本研究針對太陽光電政策制度與執行的現況、產業發展面臨的問題，探討政策的改善與解決的方案。

表1.2 2017年各國平均電價比較

2017年各國平均電價比較											
國際能源總署(IEA)2018年發布之最新統計資料與亞鄰各國電價資料											
107年10月3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	1.9406	17	瑞典	5.4286	1	挪威	1.3858	17	新加坡*	3.0424
2	馬來西亞	2.3026	18	芬蘭	5.5578	2	瑞典	1.9028	18	大陸*	3.0873
3	臺灣	2.4793	19	法國	5.7015	3	美國	2.1029	19	奧地利	3.1363
4	大陸*	2.6203	20	智利	6.0673	4	芬蘭	2.2155	20	立陶宛	3.2117
5	加拿大	3.3172	21	希臘	6.1008	5	盧森堡	2.3401	21	希臘	3.2614
6	南韓	3.3213	22	瑞士	6.2138	6	臺灣	2.3874	22	法國	3.3194
7	土耳其	3.3395	23	英國	6.2621	7	加拿大	2.5496	23	西班牙	3.5160
8	挪威	3.4329	24	奧地利	6.7545	8	馬來西亞	2.5954	24	葡萄牙	3.7538
9	立陶宛	3.8670	25	日本	6.8854	9	荷蘭	2.6283	25	瑞士	3.7680
10	匈牙利	3.9223	26	愛爾蘭	7.3074	10	土耳其	2.6637	26	愛爾蘭	3.7725
11	美國	3.9265	27	葡萄牙	7.7443	11	波蘭	2.6651	27	英國	3.8371
12	新加坡	4.8445	28	義大利	8.0128	12	捷克	2.6931	28	比利時	4.1467
13	捷克	4.9696	29	西班牙	8.9177	13	匈牙利	2.6985	29	德國	4.3543
14	波蘭	4.9924	30	比利時	9.7353	14	墨西哥	2.7067	30	智利	4.5607
15	盧森堡	5.2773	31	丹麥	9.9057	15	丹麥	2.7933	31	日本	4.9613
16	荷蘭	5.4056	32	德國	10.4585	16	南韓	2.9986	32	義大利	5.3911

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=30.439台幣(2017年平均匯率)。
2."*"為2016年資料。
3.工業用電部分，新加坡採自選電力供應用戶(contestable consumers)之平均電價，包含工業及商業用戶。

資料來源：台灣電力公司，2017

因應巴黎協議通過後國際積極的發展再生能源與減碳趨勢，政府

在能源政策層面，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。蔡英文政府提出 2025 年非核家園的目標，且將現有再生能源占總發電量的 5%，大幅提升到 2025 年的 20%；由目前太陽能總裝置容量近 3GW，至 2025 年達到 20GW，具有高度的挑戰與考驗。改善空氣污染與降低 PM2.5，發展再生能源已是全民的共識，能源的轉型已勢在必行，而前述政策目標自蔡政府上台以來已執行三年，相關政策執行的情況與可能面臨的困境，有必要進一步的研究與探討。

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，所以本研究將透過德爾菲研究方法，進行專家多次且深入的訪談，將訪談後的結果，萃取產業發展的關鍵因素，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。

希望透過本研究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，提供給太陽光電產業業者做為企業發展的參考。
2. 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。

提供未來政策制定與執行的參考。

3. 透過對於台灣的太陽光電產業發展的一些分析與建議，作為未來促進產業與政府相互了解與合作的參考。

貳、文獻回顧與相關政策

一、氣候變遷與減碳協議

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。

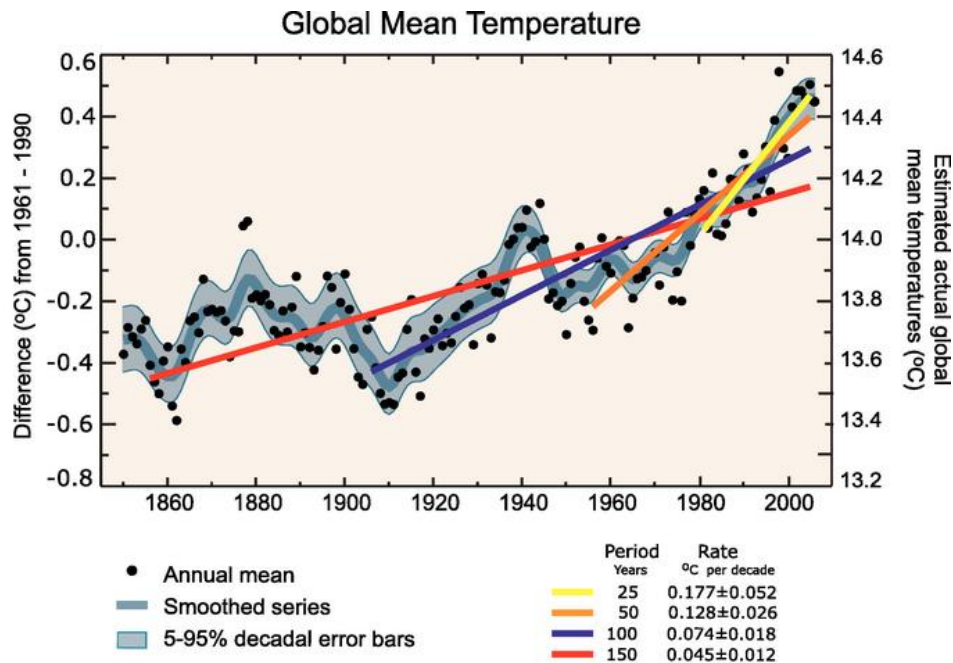
溫室效應與氣候變遷有密切的關係，溫室氣體會吸收太陽的紅外線輻射而影響到地球整體的能量平衡。由於人類活動釋放出大量的溫室氣體，包括燃燒石化燃料，以及水蒸氣、二氧化碳、甲烷等溫室氣體等等，使得更多紅外線輻射被折返到地面上，加強了溫室效應的作用，也是人為的溫室效應過程。

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」，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（王京明，2017）。

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量國，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。

二、我國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

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，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。經濟部曾表示，台灣的綠能產業產值在2015年產值已達4575億元（江睿智，2016），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。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（胡耀祖，2015）。

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。

電業法修正主要有四大重點（行政院，2019）：

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供給。

2018 年政院通過《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，發展再生能源已是全民的共識，亦是各執政者所支持，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。

太陽能光電的主要政策與推動：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。

三、太陽光電作為再生能源的優勢

以太陽光電作為台灣再生能源具有以下優勢：(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；林裕仁、潘薇如，2017）。

而在各種綠色再生能源中，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。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

參、太陽光電產業分析與面臨的挑戰

一、我國太陽光電產業分析

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，本研究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各種應用（如圖3.1）。

圖 3.1 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，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

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。

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。目前經濟部能源局積極推動的「陽光屋頂百萬座」計畫，另規劃於 2030 年，太陽光電裝置容量要達到 6,200MW，若能如期達成，換算每年總發電量約 80 億度。

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；預計 2025 年累計設置目標將達 20GW。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。

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。矽晶片廠有綠能、達能、中美晶、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。

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。

而在材料方面，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。產業發展前景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來探討其未來前景。

就供給面而言，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。但隨後受到金融海嘯、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。不論是上游多晶矽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。

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：

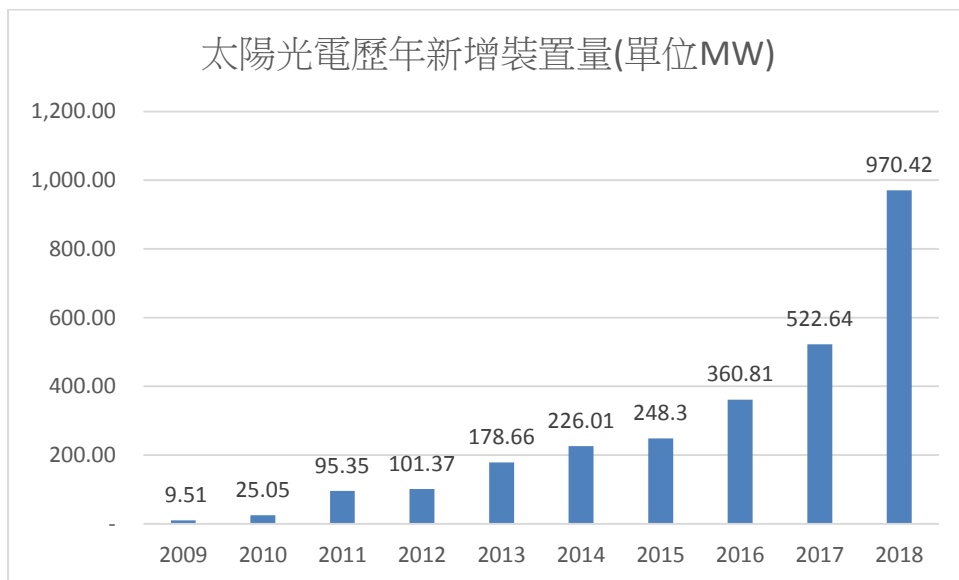
(1) 首先，連結散落各地的產業及研究資源，在台南沙崙成立創新綠能科技園區。

(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 3.2），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。

圖 3.2 台灣太陽光電歷年新增裝置量



資料來源：經濟部能源局，2019

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。

二、我國太陽光電產業面臨的挑戰

我國太陽光電產業面臨的挑戰，本研究將以環境面、政策面以及技術面三個面向分別作為探討與分析，各面向分析如下。

（一）環境面

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。

不過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。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会有其開發效益，並不適合地狹人稠的台灣（廖宛俞，2014）。

而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，一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（郭成聰，2014）。

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，透過政府政策的激勵，德國的環保產業成為近年來成長最快的產業之一，德國的環保科技廠商在國際上也有一定的市場競爭力，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）。

（二）政策面

政府政策支持是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。

本研究將針對國家政策的補助措施，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。

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）。

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。

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）。

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）。

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。

綜合上述分析的國家，太陽光電產業的發展，須要國家政策獎勵與推動，促進產業的良性發展。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，確能有效推行政策，發展太陽光電。

（三）技術面

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。

然而我國太陽光電發展其中所面臨到的困境，其中之一便是便宜的電價。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。如此低廉的電價對於再生能源的發展形成一大阻力。然而隨著技術的進步，太陽能發電的成本已經逐漸下降至約每度電 3.6 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。

三、目前太陽能光電發展的困境

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，距離政策目標相當大，而且只剩七年的時間，相當高度的挑戰。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，本研究以目前太陽能光電發展面臨的瓶頸與困境，例舉並加以說明。

目前太陽能產業發展的困境，本研究自行整理如下：

- 1.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。
2. 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。
- 3.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。
- 4.投資成本：銀行融資的取得與條件，申請相當困難等。
- 5.產品技術應用：如饋線的不足、太陽能電池的運用及智慧電網的普及，還未建構完善等弱會化太陽能的利用與普及化。
- 6.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。

本研究將就目前太陽能產業發展面臨的困境，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。再進行專家學者的訪談，專家學者的背景有政府官員與研究單位及太陽光電業者，業者中包含太陽能系統廠商、電池製造商、電廠投資商以及融資銀行，

共同探討政策的改善與解決的方案，提供未來政策制定與執行的參考。

肆、研究方法、架構與流程

本研究透過文獻資料的整理與分析，探討太陽光電產業，本章將先討論研究構面，再分析本論文的研究架構與研究方法，並進行專家訪談對象的設計，以及進行訪談調查與資料的蒐集與分析

一、研究構面

本研究將首先蒐集太陽光電產業的相關研究文獻，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因素，主要分為政治、經濟、社會、技術這四個面向，分析各個面向的特性與關聯性，以下將說明各研究構面所包含的內容。

（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。

（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。

(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。

(四) 技術面

在技術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。

二、研究流程

研究將先針對溫室效應、氣候變遷的相關資料進行蒐集與探討，以及國際上因應溫室效應及氣候變遷的現況，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，因應非核家園的政策目標必須進行的能源轉型，並進一步聚焦在太陽光電產業的分析。

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，並採取德菲爾法的研究方法，經過多次的訪談與反饋的問卷結論。接著針對萃取出的關鍵因素運用 PEST 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 4.1）。



資料來源：本研究整理

圖 4.1 研究流程圖

三、研究方法

本研究以文獻分析法、德爾菲法和 PEST 分析法作為本研究的
研究方法，本節將針對文獻分析法、德爾菲法和 PEST 分析法進行分析
與討論。

(一) 文獻分析法

文獻分析法是蒐集與研究主題相關的期刊、文章、書籍、論文、
專書、研究報告、政府出版品及報章雜誌的相關報導等資料，進行靜
態性與比較性的分析研究，以瞭解研究主題的方法。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。(葉至誠，1999)。

本研究將透過期刊、文章、書籍、論文、專書、研究報告、政府
出版品及報章雜誌等管道，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文獻檢視，接著主要透過新聞報
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) 德爾菲法

德爾菲法 (Delphi) 是一種推測未來的工具，最早被使用於賽馬

結果的預測，故有代表預言、預測之意（葉千綺，2008）。德爾菲法是 60 年代初美國蘭德公司的專家們，為避免集體討論存在的屈從於權威，或盲目服從多數的缺陷，所提出的一種定性預測的情報分析方法；因此德爾菲法又稱為專家預測法（Dalkey & Helmer，1963）。

德爾菲法是一種集思廣益來推測未來現象的方法，是利用一連串有系統問卷，徵詢與研究問題有關的專家學者意見。在匿名及彼此不面對面的情況下，進行數回合的問卷調查。且每次調查後分析結果連同新問卷再分送各專家，作為修正先前意見的參考；如此反覆進行直到各專家間的意見差異降至最低為止，匯集形成一致性具體的共識（李隆盛，1989）。

德爾菲法具有以下三大特徵：（1）資源利用的充分性：由於吸收不同的專家參與預測，充分利用了專家的經驗和學識；（2）最終結論的可靠性：由於採用匿名或背靠背的方式，能使每一位專家獨立自由地做出自己的判斷，不會受到其它繁雜因素的影響；（3）最終結論的統一性：預測過程必須經過幾輪的回饋，使專家的意見逐漸趨同。

傳統問卷調查只要製發一次問卷就完成調查工作，而德爾菲法則需要製發一連串密集問卷才能完成調查研究，同時並提供多次的回饋意見，具溝通作用。其理論基礎是由一群專家學者組成的研究小組，在數次問卷填答後，意見較不一致的專家可改變原先的意見，而

趨向多數專家填答的意見。因而使大多數的專家於多次問卷作答後，意見逐漸趨向於一致，即可進行後續的分析，適合於研究政策面與產業結合的研究方法（郭乃文，2000）。

本研究採取的方式，是第一輪透過專家學者們的訪問，蒐集專家學者們所認為太陽光電產業發展的相關因素。第二輪再請專家學者就其提出的相關因素中，認為3到6個較為關鍵的因素進行說明，接著進行歸納整理之後，挑選共同被提到次數較多的因素進行問卷的設計。第三輪再請受訪的專家學者，針對問卷進行填寫，認為影響太陽光電發展因素進行排序。問卷回收後再進行加權的計算，以萃取出影響太陽光電發展的關鍵因素；之後再以PEST研究方法來探討太陽能光電發展的策略。

（三）PEST分析法

PEST分析是利用環境掃描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。這也是在作產業研究時，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。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看到採用此研究方法（Koumparoulis, 2013、Gupta, 2013、王曉慧，2006、楊佳榕，2012）。

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。

本研究採用 PEST 研究方法是輔助在進行專家訪談時的架構，透過問卷回收並萃取出關鍵因素後，再以 PEST 的分析法進行分析並做出本研究的結論與建議。

針對以上的研究方法，本研究接下來將進行專家學者的訪談，專家學者的背景有太陽光電業者，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，另外還有研究單位與投資商（見表 4.1）。

表4.1 訪談之專家學者的背景

	服務機構	受訪者職稱	服務機構性質
1	H 系統廠商	董事長	系統整合以及太陽能電廠
2	F 融資公司	專案經理	太陽能相關企業的融資
3	M 生產廠家	研發部門專案經理	生產太陽能面板原料矽晶圓
4	C 設備製造與代理	負責人	太陽光電產業設備製造與代理
5	D 能源管理公司	專案經理	能源管理及設備
6	I 研究單位	研究小組組長	政府綠能政策參考的研究單位，主要扮演政府智庫及產業顧問的角色
7	M 乳製品公司	總經理	以倉儲的屋頂進行太陽能發電的電廠
8	I 研究單位	產業分析師	政府制定綠能政策參考的研究單位，是政府政策與產業的平台
9.	T 太陽能電廠投資商	總經理	目前投資的電廠一年可產出4MG 的太陽能發電
10.	N 能源科技公司	總經理	主要生產矽晶電池與模組

資料來源：本研究自行整理

第五章 預期章節安排與說明

第壹章 緒論

第一節 研究背景與研究動機

第二節 問題意識與研究目的

第三節 研究方法與流程

第四節 研究限制

第貳章 相關政策與文獻探討

第一節 減碳協議與再生能源

第二節 我國的再生能源政策與發展

第三節 太陽光電作為再生能源的優勢

第四節 文獻整理與分析

第參章 研究構面與研究方法

第一節 研究構面

第二節 研究方法

第三節 資料蒐集與分析

第肆章 太陽光電產業的概況與分析

第一節 我國太陽光電產業分析

第二節 我國太陽光電產業面臨的挑戰

第三節 目前太陽能光電發展的困境

第五章 資料分析與研究結果

第一節 訪談資料整理

第二節 關鍵因素與問題探討

第三節 研究結果與分析

第六章 結論與建議

第一節 研究結論與建議

第二節 研究限制

參考文獻

一、中文資料

二、英文資料

三、網路資料

陸、預期研究發現與研究限制

一、預期研究發現

預期研究發現藉由透過文獻分析、PEST 研究方法以及專家訪談，整理產業發展的關鍵因素，提供給太陽光電產業業者做為參考。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，如何使其能針對因素的投入較多的資源，將企業有限的資源發揮最大的效益。

其次，檢視政府再生能源的政策，如 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，並使再生能源占總發電量 20%，以達成太陽光電裝設量 20GW 的政策目標。經由探討當前執行的情況與面臨的問題，如國家政策的獎勵，保障躉購電價回收，土地政策法規的友善，民間投資意願具有穩定的收益，銀行融資的取得，產業供應鏈的完善，上下游整合具競爭力，提升技術研發的能力，降低成本等。

因為台灣具有高科技產業鏈的環境，將資源溢注於技術的研發，提升產品的良率與發電效率，投資於太陽光電系統的整合，太陽能電廠的開發，太陽能發電成本的降低，帶動整體的發展，使其回歸於自由市場機制的運作；加以土地法規的友善，銀行融資條件的寬鬆，鼓

勵公股銀行與基金投資，獎勵民間資金的投入等等，實行多重面項的措施，落實執行政策目標，促進太陽光電產業的發展。

二、研究限制

本研究探討對太陽光電產業的發展有諸多的限制，因為太陽能的發展有很多是非經濟因素，無法取決於自由市場的機制，需要國家政策的獎勵與補助。

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。

再者，國家綠能政策的持續性，可能會因為政權的更替以及執政者的重視與否，而有所變動；因而本研究是針對現今的政府政策的規劃與現狀下所做的研究，政治變動與未來發展的因素，則無法完全預測與考量。

柒、參考文獻

一、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。

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。

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。

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。

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。

二、英文資料

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

三、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，2017，〈各國電價比較〉，台灣電力公司網站，
http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-d16.aspx?LinkID=14，2017/7/4。

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%A%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](https://www.chinatimes.com/newspapers/20180301000569-260109?chdtv)
?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
院網站，
[https://www.ey.gov.tw/Page/9277F759E41CCD91/c0adb676-6b4e-4](https://www.ey.gov.tw/Page/9277F759E41CCD91/c0adb676-6b4e-41e6-9f4d-c2526924ef4c)
1e6-9f4d-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&s](http://www.ey.gov.tw/News_Content.aspx?n=8DE77456DB818130&ms=B50D3080F3753563&s=6EC782107B2BFD43)
ms=B50D3080F3753563&s=6EC782107B2BFD43，2017/06/09。

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/2ae8fbf8-6014-49d1](https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/2ae8fbf8-6014-49d1-b04e-75374fbd6096)
-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.h
tml](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%A4AA%E9%99BD%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.bnext.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%A%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。