計畫編號：ARDSWC-112-070

水土保持局創新研究計畫

因應淨零政策下農村社區能源自主發展策略之研擬 Research on the development strategies for rural energy independence in response to the Net-Zero Emissions policy

(期末報告)

執 行 單 位：逢甲大學

執 行 期 間：112 年 02 月 08 日至 112 年 12 月 31 日

計 畫 主 持 人：林映辰　助理教授

專任研究助理：鍾昌哲

柯品華

兼任研究助理：高茂誠

行政院農業委員會水土保持局　編印

中華民國 112 年 11 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

因應淨零政策下農村社區能源自主發展策略之研擬

摘要

因應國際趨勢及臺灣 2050 淨零排放路徑，臺灣農業部門預計於 2040 完成淨零排放政策目標，農委會(現農業部)於 2022 年「邁向農業淨零排放策略大會」中，明確指出：「達到農村自主發電，用電自給自足」為主要策略之一；然當前政府所推動之農村再生第三期(109-112 年度)實施計畫中，仍尚未涉及農村社區能源自主之相關內容及方針。本計畫以綜整國內外再生能源相關法令及政策、農電共生、生質能、地熱能及公民電廠等相關案例與文獻為基礎，結合模糊德爾菲法設計與發放、回收二輪專家訪談問卷(共計 11 人次)，初步建構臺灣農村社區能源自給之自主評估表。本計畫更進一步以臺中新社慶西社區(太陽光電)、新竹寶山新城社區(生質能)、臺南後壁竹新社區(生質能)、及宜蘭大同復興社區(地熱能)為案例實證地區，透過蒐集四處案例地區之環境條件、農產結構、現地勘查及訪談，對於臺灣農村社區能源自給之自主評估表進行反饋與修正，並提出農村社區推動能源自主所可能遭遇之課題與對策。本計畫所建構之評估表成果，期可作為政府後續研訂農村再生第四期實施計畫之重要參考，並可供農村社區未來申請農村再生計畫補助時，可先自行評估並作為提出改善方向之依據。

關鍵詞：農村社區、再生能源、模糊德爾菲法、專家問卷、自評表

Research on the development strategies for rural energy independence in response to the Net-Zero Emissions policy

Abstract

In response to international trends and Taiwan's 2050 net-zero emission pathway, Taiwan's agricultural sector is expected to achieve the net-zero emission policy goal by 2040. The Council of Agriculture (now the Ministry of Agriculture) clearly stated in the 2022 "Towards Net-zero Agricultural Emissions Strategy Conference": "Achieving independent power generation in rural areas and self-sufficiency in electricity consumption" is one of the main strategies. However, the current third phase of the Rural Rejuvenation Implementation Plan (2020-2023) the government promotes still needs to include the relevant content and policies of rural energy independence. This study is based on a comprehensive review of international and domestic laws and policies related to renewable energy, solar photovoltaic, biomass energy, geothermal energy, citizen power plants, and other relevant cases and documents, combined with the fuzzy Delphi method to design, distribute and collect two rounds of expert questionnaires (a total of 11 experts involved), and then initially constructed a self-evaluation form for energy self-sufficiency in rural communities in Taiwan. This study further takes Taichung Xinshe Qingxi Community (solar photovoltaic), Hsinchu

Baoshan New City Community (biomass energy), Tainan Houbi Zhuxin Community (biomass energy), and Yilan Datong Fuxing Community (geothermal energy) as the cases. By collecting environmental conditions, agricultural product structure, on-site surveys, and interviews in four case areas, we provide feedback and revisions to the self-evaluation form and propose difficulties and strategies that rural communities may encounter to promote energy self-sufficiency. The self-evaluation form established by this study can be an essential reference for the government to develop the fourth phase of the Rural Rejuvenation Implementation Plan. In addition, based on the self-evaluated form, rural communities can evaluate themselves first and use it to propose improvement directions when applying for subsidies from the Rural Rejuvenation Plan.

Keywords: Rural Community, Renewable Energy, Fuzzy Delphi Method, Expert Questionnaires, Self-evaluation Form

目次

摘要 ..... **I**

Abstract ..... **II**

目次 ..... **IV**

圖次 ..... **VI**

表次 ..... **VIII**

第一章　緒論 **1-1**

第一節　計畫動機與目的 1-1

第二節　計畫內容 1-4

第二章　再生能源文獻回顧 **2-1**

第一節　國際再生能源相關法令及政策回顧 2-1

第二節　公民電廠 2-4

第三節　生質能 2-12

第四節　地熱能 2-25

第五節　農電共生 2-31

第六節　各國再生能源發展策略比較 2-41

第三章　研究設計 **3-1**

第一節　研究流程 3-1

第二節　研究方法 3-3

第三節　案例地區選定與能源自主發展方向 3-6

第四章　建構臺灣農村社區能源自給評估表 **4-1**

第一節　第一輪專家學者訪談問卷設計 4-2

第二節　第一輪專家學者訪談問卷成果彙整 4-6

第三節　第二輪專家學者訪談問卷設計 4-11

第四節　第二輪專家學者訪談問卷成果彙整 4-22
第五節　臺灣農村社區能源自給之自主評估表 4-32
第五章　臺灣農村社區之實證 5-1
第一節　臺灣農村社區再生能源案例及法規彙整 5-1
第二節　具太陽光電潛力之農村社區實證 5-5
第三節　具生質能潛力之農村社區實證 5-12
第四節　具地熱潛力之農村社區實證 5-25
第六章　結論與建議 6-1
第一節　結論 6-1
第二節　後續研究建議 6-4
參考文獻 參-1
附錄 附-1
附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附-1
附錄二、期中審查意見暨回覆辦理情形 附-5
附錄三、第一輪專家訪談問卷 附-13
附錄四、第二輪專家訪談問卷 附-22
附錄五、設置能源相關法規 附-32

圖次

圖 2-1　西元 2006 年至 2022 年德國公民電廠案數 2-2
圖 2-2　韓國唐津市安裝太陽能發電系統圖 2-6
圖 2-3　維爾德波爾茨里德當地住宅 2-8
圖 2-4　夏威夷島嶼能源轉型概念圖 2-10
圖 2-5　印度 1990 年至 2020 年各能源之發電量 2-13
圖 2-6　1994 年至 2020 年中國生物燃料和廢物發電量 2-15
圖 2-7　2010、2021 年印尼各燃料及行業別最終能源消耗量 2-20
圖 2-8　德國雲德村沼氣發電場供應模式示意圖 2-22
圖 2-9　西元 1990 至 2020 年巴西能源供應比例示意圖 2-23
圖 2-10　甘蔗主要潛在用途 2-24
圖 2-11　冰島 1990 年至 2021 年各能源之發電量 2-27
圖 2-12　美國 2018 年地熱資源分布圖 2-29
圖 2-13　全球地熱能裝機 2020 年容量 2-30
圖 2-14　增強型地熱系統示意圖 2-31
圖 2-15　太陽能農業農場示意圖 2-32
圖 2-16　鳳凰城農作物示意圖 2-35
圖 2-17　農業光伏系統的第一個模型 2-37
圖 2-18　千葉縣農電光伏系統圖 2-37
圖 2-19　農電共構(Agrivoltaics)系統示意圖 2-39
圖 2-20　農電共構之分類及對應之農作方式及作物 2-40
圖 3-1　計畫流程圖 3-2
圖 3-2　計畫甘特圖 3-3
圖 3-3　模糊德爾菲法過程示意圖 3-4
圖 4-1　建構臺灣農村社區能源自給自評表流程圖 4-2
圖 4-2　最保守認知值與最樂觀認知值之三角模糊數 4-19
圖 4-3　三角模糊數無重疊圖：$CU_i<OL_i$ 4-20
圖 4-4　三角模糊數無重疊圖：$CU_i=OL_i$ 4-20
圖 4-5　有灰色地帶但已收斂之三角模糊數 4-21
圖 4-6　有灰色地帶但未收斂之三角模糊數 4-22
圖 5-1　南投縣魚池鄉東光社區小水力系統示意圖 5-2
圖 5-2　屏東達順農場合作社光環境營造 5-3
圖 5-3　慶西社區位置圖 5-5
圖 5-4　慶西社區範圍圖 5-6

圖 5-5　慶西社區土地利用現況圖 5-7
圖 5-6　慶西社區人口密度圖 5-10
圖 5-7　慶西社區坡度圖 5-10
圖 5-8　新社測站降水量及氣溫變化圖 5-11
圖 5-9　新城社區範圍圖 5-13
圖 5-10　新城社區位置圖 5-13
圖 5-11　新城社區土地利用現況圖 5-15
圖 5-12　新城社區人口密度圖 5-17
圖 5-13　新城社區坡度圖 5-17
圖 5-14　寶山測站降水量及氣溫變化圖 5-18
圖 5-15　臺南市後壁區竹新社區位置圖 5-19
圖 5-16　臺南市後壁區竹西社區範圍圖 5-20
圖 5-17　竹新社區土地利用現況圖 5-22
圖 5-18　竹新社區人口密度圖 5-23
圖 5-19　竹新社區坡度分級圖 5-23
圖 5-20　後壁測站降水量及氣溫變化圖 5-24
圖 5-21　復興社區位置圖 5-26
圖 5-22　復興社區範圍圖 5-26
圖 5-23　復興社區土地利用現況圖 5-28
圖 5-24　復興社區人口密度圖 5-29
圖 5-25　復興社區坡度圖 5-30
圖 5-25　玉蘭測站降水量及氣溫變化圖 5-31

表次

表 2-1　德國復活節專案重點摘要 2-2
表 2-2　新加坡綠色發展藍圖能源及經濟重點摘要 2-3
表 2-3　韓國忠南 2040 願景、策略方向與 11 項任務 2-5
表 2-4　中國生物質能源相關國家政策 2-16
表 2-5　各國家可供臺灣參考之處 2-42
表 3-1　專家訪談問卷邀請對象 3-5
表 3-2　案例地區簡介及能源自主發展方向 3-5
表 4-1　第一輪臺灣農村太陽光電自主評估表專家訪談問卷 4-4
表 4-2　第一輪臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷 4-5
表 4-3　第一輪臺灣農村社區能源地熱能自主評估表專家訪談問卷 4-6
表 4-4　第一輪問卷專家學者背景資料摘要 4-7
表 4-5　臺灣農村太陽光電能源自給評估專家訪談問卷表 4-8
表 4-6　臺灣農村生質能能源自給評估專家訪談問卷結果分析 4-10
表 4-7　臺灣農村地熱能能源自給評估專家訪談問卷結果分析 4-11
表 4-8　第二輪臺灣農村太陽光電自主評估表專家訪談問卷 4-13
表 4-9　第二輪臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷 4-15
表 4-10　第二輪臺灣農村地熱能自主評估表專家訪談問卷 4-17
表 4-11　第二輪問卷專家學者背景資料摘要 4-23
表 4-12　第二輪太陽光電專家訪談問卷最保守認知值計算 4-24
表 4-13　第二輪太陽光電專家訪談問卷最樂觀認知值計算 4-24
表 4-14　第二輪太陽光電專家訪談問卷計算成果 4-25
表 4-15　第二輪生質能專家訪談問卷最保守認知值計算 4-27
表 4-16　第二輪生質能專家訪談問卷最樂觀認知值計算 4-27
表 4-17　第二輪生質能專家訪談問卷計算成果 4-29
表 4-18　第二輪地熱能專家訪談問卷最保守認知值計算 4-30
表 4-19　第二輪地熱能專家訪談問卷最樂觀認知值計算 4-31
表 4-20　第二輪地熱能專家訪談問卷計算成果 4-32
表 4-21　臺灣農村社區太陽光電能源自給自主評估表 4-33
表 4-22　臺灣農村社區生質能能源自給自主評估表 4-34
表 4-23　臺灣農村社區地熱能能源自給自主評估表 4-35
表 5-1　臺中市新社區慶西社區基本資料 5-6
表 5-2　臺中市新社區慶西社區主要農產品產季表 5-8
表 5-3　臺中市新社區慶西社區產業調查資料一覽表 5-8

表 5-4　新竹縣寶山鄉新城社區基本資料..... 5-14
表 5-5　新竹縣寶山鄉新城社區產業調查資料一覽表..... 5-16
表 5-6　臺南市後壁區竹新社區基本資料..... 5-20
表 5-7　臺南市後壁區竹新社區產業調查資料一覽表..... 5-22
表 5-8　宜蘭縣大同鄉復興社區基本資料..... 5-27
表 5-9　宜蘭縣大同鄉復興社區產業調查資料一覽表..... 5-29

第一章　緒論

第一節　計畫動機與目的

一、 計畫緣起

隨著全球氣候變遷及暖化日益受到國際重視，國際能源組織(International Energy Agency, IEA)於 2021 年 5 月啟動 2050 年能源部門淨零排放旗艦計畫(IEA, 2021)，其中所建議之優先行動，即包括(1)自 2020-2030 年之 10 年間必須要大規模擴展潔淨能源，包括風能與太陽能等可再生能源比例之提升、(2)持續拓展創新能源之研發與轉型、(3)考量個人與社區所遭受之社會與經濟影響、(4)為了實現長期目標，各國必須設定較近期之減碳里程碑、(5)鼓勵投入清潔能源投資、(6)面對當前迫切之能源危機與風險、以及(7)致力於國際合作等(IEA, 2021)。

而接續 IEA 所提之淨零排放路徑與行動，2050 淨零排放亦為本(2022)年度在埃及沙母沙伊赫所舉辦之第 27 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國大會(United Nations Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, COP27)中，最受到各國重視之議題，包括美國白宮正式啟動全球零碳治理宣言(Global Net-Zeto Government Initiative)[1]，會同其他 18 個國家共同削減公部門的碳排放量、國際標準局(International Organization for Standardization, ISO)於

[1] The White House: https://www.whitehouse.gov/ceq/news-updates/2022/11/17/ceq-launches-global-net-zero-government-initiative-announces-18-countries-joining-u-s-to-slash-emissions-from-government-operations/ (Access date: 2022/11/20)

COP27 期間正式設定淨零碳準則(Net Zero Guidelines)[2]、以及英、美等國均進一步致力於節能運具之推廣(Accelerate to Zero coalition (A2Z)、Zero Emission Vehicles Emerging Market Campaign (ZEV-EM-C)[3]等。

臺灣亦依循國際趨勢，於本(2022)年度 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」[4]，提出四大策略包括能源轉型、產業轉型、生活轉型及社會轉型等，然規劃方針仍多著重於發展程度較高之都市地區，農業部門則預計於 2040 完成淨零排放政策目標。為因應淨零排放政策，行政院農委會(現農業部)於今(2022)年，透過「邁向農業淨零排放策略大會」邀請相關領域專家、學者、團體與產業代表，透過討論並凝聚淨零排放政策推動之共識，明確指出：「推動農業部門有效碳定價及碳權交易制度以及農業綠色金融及綠色消費，『達到農村自主發電，用電自給自足』」，顯示農村地區可透過研議農村社區能源自主策略，以回應淨零排放政策推動(農委會，2022)[5]，進而對於能源轉型中之「打造零碳能源系統」、「提升能源系統韌性」及「開創綠色成長」策略有所貢獻。

然而，在農委會(現農業部)108 年所公布之「農村再生第三期實施計畫(109 至 112 年度)核定版」時，尚未公布 2050 淨零排放政策，

---

[2] ISO: https://www.iso.org/netzero (Access data: 2022/11/18)

[3] UNFCCC: https://climatechampions.unfccc.int/cop27-day-10/ (Access data: 2022/11/20)

[4] 國家發展委員會: https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811 (Access data: 2022/10/30)

[5] 農委會(2022)，「『邁向農業淨零排放策略大會』圓滿順利凝聚共識推動 2040 農業淨零排放」，新聞與公報，文號 8912，(Access date: 2022/11/14)。Retrieved from: https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=8633 。

爰第三期實施計畫中尚未著重於農村社區能源自主之相關規劃，其中雖有提及農村再生新農業、新時代的農村發展典範、農業綠能整合加值計畫以及節能節水農村等相關農村社區能源(綠能、光電)之概念(農委會，2019)，但對農村社區能源自主未多加著墨，亦尚無評析臺灣不同類型農村推動能源自主可能遭遇之課題與因應對策。

爰此，本研究計畫將綜整國內外農村創新能源自主之相關政策、法令與案例，在因應臺灣 2050 淨零排放路徑政策下，評析臺灣農村社區能源自主之可行方向，並結合模糊德爾菲法與專家訪談問卷方式，建構不同於城市地區之農村社區能源自主之自評表，考量不同農村社區之環境條件，結合創新科技技術，以臺灣北、中、南、東四處不同類型之農村社區進行驗證，彙整推動應用上可能遭遇之課題與解決對策。本研究成果將可供未來農村社區申請農村再生相關計畫經費補助時，納為檢視創新能源自主可行研議方向，進而作為後續計畫執行時之重要改善依據。

二、 擬解決問題

(一) 瞭解國外有關能源自主之相關法令、政策、案例及文獻，及其應用於臺灣農村社區之適用性。

(二) 嘗試建構不同類型之臺灣農村社區能源自給自評表。

(三) 擬評析臺灣不同類型農村社區能源自主之可行策略、可能遭遇課題與解決對策。

(四) 探討現行相關法令、制度及政策為因應農村社區能源自主之可調整方向。

三、 計畫目的

本研究將以探討農村社區因應 2050 淨零排放政策下，結合臺灣不同農村社區所具備之不同環境條件及能源自主可行策略，透過模糊德爾菲法進行專家訪談問卷，初擬臺灣不同類型農村社區之能源自給自評表，進而透過北、中、南、東四處不同樣態之農村社區進行檢驗及評析，希冀可將農村社區能源自主策略及評估項目，納入農村再生第四期實施計畫中，供後續農村社區申請農村再生經費審核之考量。本研究計畫目的如下:

(一) 彙整國外有關能源自主相關法令、政策、制度、案例及文獻，評析其對臺灣農村社區之適用性。

(二) 應用模糊德爾菲法並進行二輪之專家訪談問卷，初步建構臺灣農村社區能源自給自評表。

(三) 研議不同類型農村社區能源自主可行策略及可能遭遇課題與對策。

(四) 以臺灣北、中、南、東四處不同環境條件及能源自主潛力之農村社區為案例，驗證與回饋修正所建構之自評表。

(五) 檢討並研議臺灣農村社區能源自主相關現行法令及政策之調整方向。

第二節　計畫內容

本研究之計畫工作項目可概分為五項，如下說明：

一、彙整國內外最新農村能源自主之相關法令、政策、案例與文獻

因應 COP27 會議結論，全球各國均日益重視 2050 淨零排放路

徑，而不同國家針對能源轉型、創新能源具備有不同環境及潛力條件，其研擬之相關法令、策略、政策與研究成果，均可供臺灣做為後續推動能源自主之借鏡。爰本研究不僅針對國外最新能源自主相關文獻進行彙整，更進一步蒐集國外實質推動農村社區能源自主、創新能源研發之實際案例。

二、建構不同類型農村社區之能源自給自評表

依據第一項文獻及案例成果，挑選臺灣農村社區能源自主之重要評估項目，透過應用模糊德爾菲法進行二輪之專家訪談問卷，初擬具不同類型綠能潛力(如太陽光電、地熱、生質能等)之農村社區能源自給自評表，確認應用該自評表評估臺灣農村社區之合適性。

三、案例農村社區環境分析與能源自主評估

農村再生整體發展計畫中，將臺灣北部、中部、南部及東部之農村社區界定其不同發展定位，本研究亦自北、中、南及東部各挑選一處不同類型之農村社區，分別進行環境資源分析、現地勘查與訪談，了解其再生能源潛力條件，進而做為所回饋與修正農村社區能源能源自給自評表之實證依據。

四、討論各農村社區能源自主之可能遭遇之課題與可行因應對策

除評估四處不同農村社區外，將進一步研議其能源自主之可行策略，如農電共生、生質能源、地熱等不同發展條件，並分析推動時可能遭遇之不同課題，如法令限制、機關權責劃分、公私合力機制、補助經費來源等，進而提出解決對策建議。

五、提出結論與建議

最終總結本研究之成果，除致力發展於學術發表(包括學術研討會及期刊文章投稿)外，將提出配合政府 2050 淨零排放路徑，為推動臺灣農村社區能源自主，現行相關法令、制度及政策(包括未來農村社區申請農村再生計畫補助之依據)等可行調整方向建議。

第二章　再生能源文獻回顧

第一節　國際再生能源相關法令及政策回顧

一、德國：復活節專案(Easter Package)

2020 年 IEA 於能源政策回顧中針對公民參與強調德國政府應於市場中維持再生能源價值，以持續推動公民電廠之發展(IEA，2020)。史國商工暨貿易部國與德國合作社聯盟 DGRV（German Cooperative and Raiffeisen Confederation, DGRV）紀錄了德國係世界實施風力及太陽能發電之先驅國家，惟 2014 年廢止 FIT 收購制度引進競標制度後，公民電廠增加案數明顯逐年趨緩，如圖 2-1。德國為持續達成能源轉型目標，德國聯邦經濟事務和氣候行動部 (Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, BMWK)[6] 於 2022 年 4 月提出「復活節專案(Easter Package)」，此套案為十年來最廣泛的能源法治改革，復活節專案為一綜合法案，其中包括再生能源法(Renewable Energy Sources, RES 或 Erneuerbare Energien Gesetz2023, EEG)、海上風能、能源工業法、聯邦電網規範計畫法案、聯邦電網法及電網擴張改革及相關法律條例(DGRV, 2021)。

[6] https://www.bmwk.de/Navigation/EN/Home/home.html (Access Date: 2022/10/17)

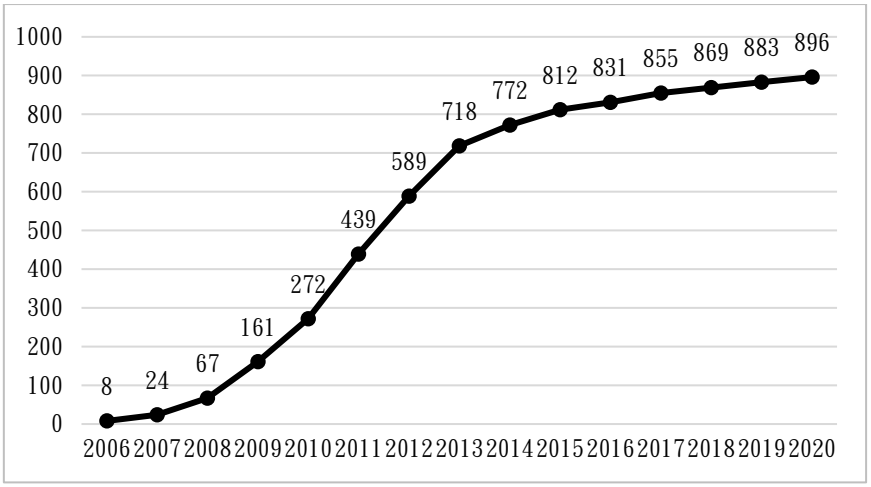


圖 2-1　西元 2006 年至 2022 年德國公民電廠案數

(DGRV, 2021)

綜整來說，此次復活節專案政府方調整過去不合宜之法規制度以支持及監管再生能源市場，嘗試於收稅、徵稅與補助措施中取得平衡，亦對於自然生態、綠能投資環境、財務及申請等機制做一系列之變革，望藉套案實施後再次推動地方民眾與中央共同參與能源政策。另外工業技術研究院(Industrial Technology Research Institute)也針對德國復活節專案之法案進行重點摘錄，如表 2-1。

表 2-1　德國復活節專案重點摘要

名稱	內容
復活節專案	• 整體專案含括：再生能源法、海上風能、能源工業法、聯邦電網規範計畫法案、聯邦電網法及電網擴張改革及相關法律條例。 • 以 2030 年再生能源占整體發電之 80%為目標。 • 訂定陸域風電及太陽能裝置容量目標，提高整體發電效能。

- 採取全面措施推動再生能源擴張。
- 簡化申請流程及時間，提高參與意願。
- 鼓勵多元再生能源競爭發展。
- 廢止再生能源附加費，並實施價差合約，綜將部分收入納入「能源與氣候基金」，以電價補貼再生能源，促使各方電力來源回歸市場機制，公平進爭。

(工業技術研究院，2022)

二、新加坡：2030 年新加坡綠色發展藍圖

西元 2021 年新加坡為履行《巴黎協定》及達成 2030 年再生能源發展願景，推動綠色發展藍圖(Singapore Green Plan 2030)，由新加坡教育部、國家發展部、永續發展與環境部、貿工部與交通部等五部門共同指導，並以「自然之城」、「永續生活」、「能源政策」、「綠色經濟」及「韌性未來」為五大支柱，將政策推動至全民參與，共創永續全球城市(經濟部國際合作處，2022)。以下針對含括再生能源計畫的兩大主軸「能源政策」及「綠色經濟」進行重點摘錄如下表 2-2：

表 2-2　新加坡綠色發展藍圖能源及經濟重點摘要

名稱	內容
能源重置	能源重置部分涵蓋以下三面向： （一）綠能源：以 2030 年為目標，擴充太陽能發電系統容量 2 千

兆瓦峰值，亦供每年大約 35 萬戶家庭用電。並提高燃氣發電場效率，降低碳排放。

（二）綠交通：以 2030 年起，禁止非潔淨能源型汽車註冊，並廣設 60,000 處電動車充電站供大眾使用。

- 綠建築：新加坡綠建築總體規劃以「共建綠色未來」為題，鼓勵建設採用綠建築設計技術減少不必要之碳排放，並於 2030 年綠化新加坡 80%之建築以及 80%新建物須為低耗能建築之目標。

可達成 SDGs 之目標：7、9、11、12、13、17。

綠色經濟

藉由綠能產業快速擴張提供就業機會，針對企業推動永續發展計畫(New Enterprise Sustainability Programme)，輔導企業朝向永續經營發展，並輔以補助政策鼓勵企業減少碳排。同時，推動 RIE2025 計畫鼓勵由下至上的研究生態，支持各類與永續發展有關之創新策略及解決方案，幫助企業從蓬勃發展的綠能產業中創造機遇。可達成 SDGs 之目標：7、8、9、13、17。

(Singapore Green Plan, 2022)

第二節　公民電廠

公民電廠依發起單位、民眾主導性高低、所有權分配以及收益規劃可有多元組織形態，如股份有限公司、合作社、非營利組織、社會企業、設有代表人或管理人之非法人團體等，惟須符合由民眾參與出

資，且收益由參與者分享，或回饋地方公共服務與公益用途(經濟部，2020)。

一、韓國：忠清南道唐津市

忠南政府於 2019 年 2 月份提出能源中心，以合理化的利用能源、擴大新及再生能源的使用與分配，2020 年 4 月宣布將推動新及再生能源住宅支持計畫，以擴大新能源和再生能源的供應，包括太陽光電、太陽熱能、地熱、燃料電池等，政府將支持部份安裝費用，此計畫不僅可以節省能源成本，還可減少化石燃料的使用，促進生態友好的能源轉型，並提出了忠南 2040 之願景目標(林韋廷，2021)，詳如表 2-3 與圖 2-2 所示。

表 2-3　韓國忠南 2040 願景、策略方向與 11 項任務

核心價值	策略方向	任務
零碳排放	轉換為再生能源	1.實現脫煤 2.擴大再生能源
能源與市民生活	培養能源公民與產業	3.提高能源公民 4.培育能源產業
減少能源消耗	節能、能源效率改善	5.減少非工業部門能耗 6.減少工業部門能耗

能源公平共享	擴大能源福利與公正轉型	7.擴大能源福利 8.實現公正的能源轉型 9.公民資產(例如促進居民合作社、設立能源基金)
能源自主	能源自主和系統改善	10.擴大能源自主 11.建立分散式能源系統

(林韋廷，2021)



圖 2-2　韓國唐津市安裝太陽能發電系統圖

(韓國經濟日報，2020)[7]

二、德國：維爾德波爾茨里德

德國為持續達成能源轉型目標，德國聯邦經濟事務和氣候行動部(Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, BMWK)[8] 於

。

[8] https://www.bmwk.de/Navigation/EN/Home/home.html (Access Date: 2022/10/17)

2022 年 4 月提出「復活節專案(Easter Package)」，此套案為十年來最廣泛的能源法治改革，復活節專案為一綜合法案，其中包括再生能源法(Renewable Energy Sources, RES 或 Erneuerbare Energien Gesetz2023, EEG)、海上風能、能源工業法、聯邦電網規範計畫法案、聯邦電網法及電網擴張改革及相關法律條例(DGRV, 2021)。IEA 於 2020 年能源政策回顧中針對公民參與強調德國政府應於市場中維持再生能源價值，以持續推動公民電廠之永續發展(IEA，2020)。復活節專案係以再生能源占整體發電 80%為目標，並訂定裝置容量目標提升發電效能，同時簡化申請流程與時間提高參與意願，並鼓勵多元再生能源競爭發展，實施價差合約將部分收入以電價補貼再生能源以促進電力來源回歸市場機制(工業技術研究院，2022)。綜整上述，德國復活節專案政府方調整過去不合宜之法規制度以支持及監管再生能源市場，嘗試於收稅、徵稅與補助措施中取得平衡，亦對於自然生態、綠能投資環境、財務及申請等機制做一系列之變革，望方案實施後再次推動地方民眾與中央共同參與能源政策。

德國維爾德波爾茨里德居民以養乳牛維生，因為牛奶價格波動大，當地生活並不富裕，為了解決這個問題，小鎮召開多次市民會議後決定社區發展再生能源，希望透過賣電給國家為小鎮帶來穩定的收入以改善當地居民的經濟狀況，然而居民也拒絕讓財團與政府主導鎮上的

再生能源發展，從投資、決策、營運到利益分配都由居民自主決定，讓再生能源的好處留於社區中、為社區服務，成為了「公民電廠」實踐之典範(地球公民基金會，2019)。1999 年維爾德波爾茨里德鎮居民共同集資，在鎮內屋頂安裝太陽光電板，並在牧場周圍豎起風機，經營生質能源廠，迄今小鎮所生產之能源已超過全鎮所需的賣電收入，不僅增加居民的財富，也用來支持鎮內公共服務，提升了小鎮生活水平(Energiewende Team, 2014)[9]。



圖 2-3　維爾德波爾茨里德當地住宅

(Nov Sivutha, 2020)

三、夏威夷：客戶可再生計畫(Customer Renewable Programs)

夏威夷政府欲減輕對石油的依賴，於 2015 年通過第 97 條法案宣

[9] 最初是用於熱電聯產的風力渦輪機和生物質消化器。進而發展了新的工作包括一些節能項目、更多地使用風能和生物質能、小型水電站、私人住宅的光伏電池板和區域供熱。

布將於 2045 年達成 100%由再生能源供應能源，運用再生能源資源，包括太陽能、風力發電、地熱及生質能等能源，發展分散式小型發電系統逐漸成為夏威夷再生能源的主力，客戶可再生計畫(Customer Renewable Programs) 可分為基於社區的可再生能源、私人屋頂太陽能集產生自己的力量等項目，其中基於社區的可再生能源又可稱為共享太陽能，此計畫幫助無法將太陽能電池板放在自己屋頂上的客戶，包括租房者、公寓居民和小型商業客戶，參與可再生能源運動並節省資金，參與此計畫的消費者，可以跟夏威夷電力公司核可的簽署組織簽約並參與發電，可獲得電費減免，該計畫在 2022 年 3 月 10 日於歐胡島、毛伊島和夏威夷島開始進行第二階段計畫，而這也將是島上最大的公用事業規模可再生能源項目，也是第一個提供共享太陽能的項目(Hawai‘i State Energy Office, 2015；Hawaiian Electric, 2021)。自主能源發展其中一項關鍵項目取決於本土資源的特質，而透過夏威夷案例指出自主能源推動係政府、私部門以及在地資源共同努力的成果，其透過能源政策指令，以指導公營事業結合再生能源進行適當的開發，同時透過客戶再生計畫，以抵稅的方式作為誘因，建立民間再生能源電網系統(Lee *et al*., 2020)。

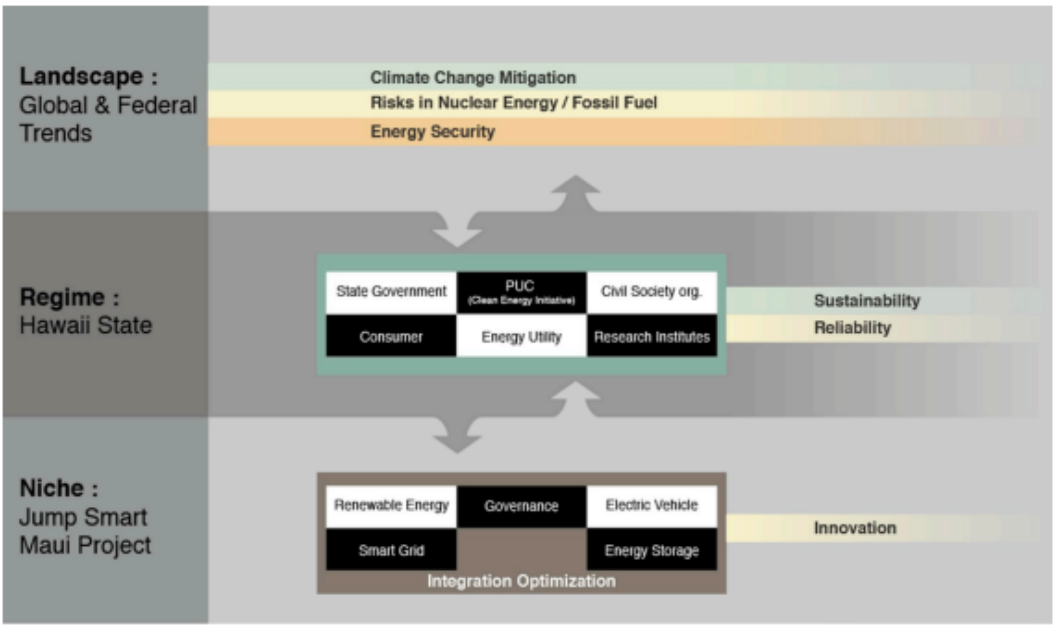


圖 2-4　夏威夷島嶼能源轉型概念圖

(Lee *et al.*, 2020)

四、柬埔寨

柬埔寨有近 85%人口居住於農村，係以石化燃料燃燒作為主要電力供應來源，推動農村自主能源發展除了回應淨零排放之國際趨勢，亦是提升當地人民生活品質的方式，柬埔寨於再生能源推動項目包括水力發電、太陽能、生質能及風能，柬埔寨政府以推動水力發電作為主要項目，其也表示需要確保廉價電力來供應不斷成長的經濟發展，另外自 1997 年以來太陽能光電技術在政府推動下逐漸鑲嵌於農村生活中，用於滿足照明及通訊設備等日常生活設施，而柬埔寨的太陽能發展也關係於柬埔寨擁有高日曬時數的地理特質(平均每日 6.8 小時)，另外作者透過政策、實施機構及項目指出農村自主能源發展將會遇到(1)經濟；(2)法律與管理；(3)金融與制度的挑戰 (Sarraf et al., 2013)。

柬埔寨以水力發電為主要供電系統，於 2019 年因長時間的干旱天氣導致經常停電，其在面對氣候變遷之情況下，電力進口和固定電力購買協議以及用於發電的化石燃料價格波動對能源安全構成了巨大威脅，而柬埔寨能源政策轉變的主要因素除氣候變遷外，中國決定停止資助海外煤碳項目也成為其能源轉變之重要因素之一，因應種種能源問題，柬埔寨開始採用太陽能等低成本解決方案將提高能源安全並提高准入和經濟競爭力，而柬埔寨每天的日照時間長達八小時，擁有東南亞最豐富的太陽能資源，吸引了廠商在製造過程中採用太陽能作為生產能源，以抵消相對於該地區其他更高之電力成本(Tachev, 2022)。

五、小結：可供臺灣參考之處

公民電廠為現今能源轉型之重要議題，各國通過相關政策及擬定相關法規來進行此項設施。參考上述之案例後，可發現「公民參與」為主要讓各國公民電廠成功之關鍵。如德國維爾德波爾茨里德及柬埔寨，維爾德波爾茨里德為巴伐利亞州的一個市鎮，人口僅 2500 人左右。當地居民為改善其生活狀況，開始發展公民電廠，通過居民合作，為小鎮帶來許多商機，且主導權為；而柬埔寨雖被列為全球最貧窮國家之一，近年開始發展可再生能源，當地雖無對可再生能源及太陽能有相關之法規，但該國靠政府及民間自行努力，已成為東南亞可再生

能源成功案例之一。臺灣目前雖有發展，但遇到許多困境，如融資困難、合法屋頂難尋、法規政策之不足、案場分散難以規模化及公民參與等問題。政府應跟民間互相配合，若僅有政策而公民參與度不高公民電廠使得不易成功，另外，臺灣雖環境資源與歐洲地區等國相異，但其官方與民間共同參與之轉型過程及政策擬定，仍可納供臺灣後續政策及法令研議上之參考。

第三節　生質能

一、印度

(一)生質能發展現況

印度 80%以上的能源供給皆來自煤碳、石油及生質燃料之供給，其中生質燃料則多以傳統生物質為主(詳圖 2-5)，2020 年 Covid-19 於全球擴張之時，國家的封鎖政策及相關限制促使印度能源需求由原預估值減少了 5%之使用，於需求減少之餘，能源部門的投資也隨之減少，進而引發連鎖之財務緊縮，缺乏穩定的電力來源，迫使 6.6 億的印度人口轉為依賴傳統生質物：木材，作為家用燃料，低效率、重汙染的能源產出進而導致印度成為當前空氣汙染最為嚴重之地區(IEA, 2021a)[10]。

[10] Retrieved from：https://www.iea.org/reports/india-energy-outlook-2021 (Access Date: 2023/03/19)

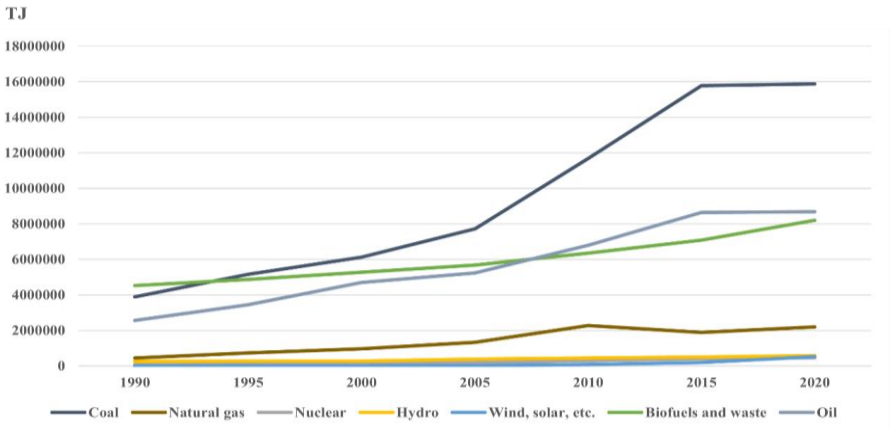


圖 2-5　印度 1990 年至 2020 年各能源之發電量

(IEA, 2022a)[11]

(二)生質能發展政策

面對嚴重空氣汙染，印度國民過早死亡率逐步攀升，亦於 2021 年修訂生質物混燒發電政策，將具有熱值的農林資材及煤炭經由加工生產為生質燃料，於減少農業廢棄物之餘，更有效降低溫室氣體排放所致空氣汙染(Government of India Ministry of Power，2021) 。印度亦於 2022 年近一步修訂國家生物燃料政策，提升國內生質能產量，以減少石油產品進口之策略，主要修訂項目含括目標達成時間的調整及開放多種原料作為生質能之生產燃料兩大項目，截至 2022 年 6 月印度已於酒精汽油中實現 10%的乙醇混合水準，此變革政策亦有望將酒精汽油乙醇含量須達 20%的目標由 2030 年提早部署至 2025、2026 年間達成，可見其能源政策之雄心。據 IEA 於 2022 年之預測，現前農

[11] Retrieved from：https://www.iea.org/countries/india　(Access Date: 2023/03/19)

村地區由未經加工之木、煤、油等燃料所產出的傳統生質能將會於2030 年全面被沼氣、生質酒精及固態衍生性燃料所替代，最終產出可供 3.5 億以上之家庭使用，於減少傳統生質能帶來空氣汙染的同時，農林資材之能源化更可提升農村就業及收入，2022 年印度亦藉由國家生物燃料政策之變革，由原料端擴及至供應端之管理，全面支持相關技術之前發及創新，逐步建立穩定的生物能源市場，其整體將受惠於生物燃料產量的上升，預估可於 2047 年間達到「能源獨立」的最終發展願景 IEA(2021a；2022a)。

二、中國

(一)生質能發展概況

據中國產業發展促進會生物質能產業分會(2023)[12]統計，截至2023 年 5 月中國生質能裝置容量達 3,798 吉瓦(GW)，上網電量為138 百萬兆瓦時(Twh)，可作為綠能電力供 1.77 億人民一年之使用量。

係因中國農村每年產出之禽畜糞便、農作廢棄物等量體龐大，進而衍生地方汙染等環境問題，隨能源需求增長，沼氣發電亦成為中國發展生質能之重要基礎之一，沼氣利用發展初期

[12] Retrieved from：https://www.beipa.org.cn/newsinfo/5846309.html

係以戶用沼氣池所產生之沼氣供農村家庭用於炊事、照明及取暖使用，其家家戶戶自用的發電模式亦大幅改變了過往農村的生活模式，使沼氣利用成為中國農村社會中發揮最大經濟效益之潔淨能源(江蘇省社會科學院農村發展研究所，2022)[13]。

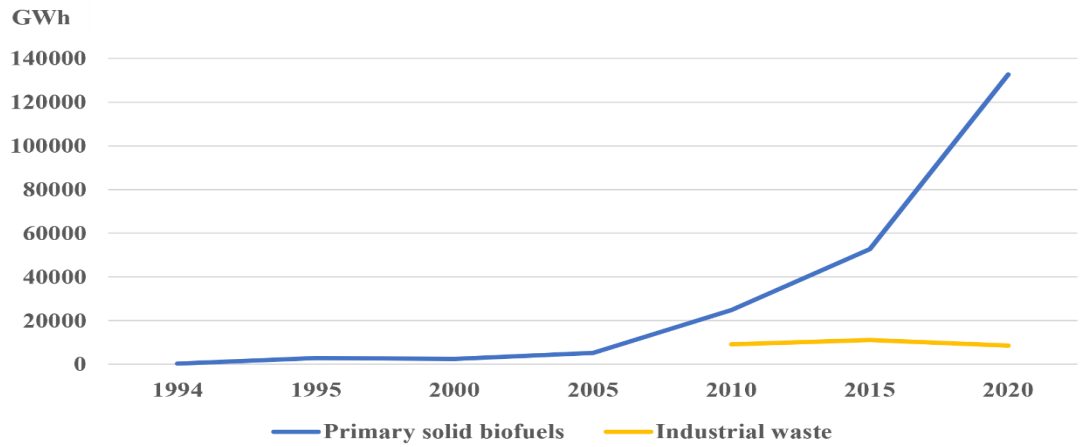


圖 2-6　1994 年至 2020 年中國生物燃料和廢物發電量

(IEA, 2022b)

(二)生質能發展政策

2020 年中國政府因應氣候變遷承諾將於 2030 年達到排放放峰值，並於 2060 年前實現碳中和之「3060」能源發展目標，近期中國所發布有關林草、雙碳、能源、鄉村振興、生態環境等政策規畫皆涉及生質能源之發展，由 2021 年至 2022 年底共計有 8 件與其相關之雙碳政策(中國產業發展促進會生物質能產業分會，2023)，詳見表 2-4。

[13] Retrieved from：https://www.wenmi.com/article/q02b9200ae0q.html

表 2-4　中國生物質能源相關國家政策

政策	相關內容
2021 年 9 月 《中共中央國務院關於完整準確全面貫徹新發展理念做好碳達峰碳中和工作之意見》	• 加速發展生物技術、新能源、新材料、高端裝備等戰略性興新產業，建構綠色製造體系 • 提高非石化能源消費之比重 • 深化生質能於建築之應用
2021 年 10 月 《2030 年前碳達峰行動方案》	《行動方案》之施行可劃分“碳達峰十大行動”，以下五行動係與生質能源發展較有相關聯： • 能源綠色低碳轉型行動：因地制宜發展生質能發電、生質能清潔及生物天然氣 • 工業領域碳達峰行動：合理調控油氣消費，推進生質液體燃料替代傳統燃油
2021 年 10 月 《2030 年前碳達峰行動方案》	• 城鄉建設碳達峰行動：促進工業能源消費低碳化，提高可再生能源比重，加強木竹建材等低碳建材之研發利用 • 交通運輸綠色低碳行動：推動運輸工具裝備低碳轉型，積極擴大電力、氫能、天然氣、先進生物液體燃料等新能源 • 碳彙能力鞏固提升行動：提升生態系統碳彙能力，擴大林草資源總量

2022 年 5 月 《財政支持做好碳達峰碳中和工作之意見》	• 構建清潔低碳安全高效的能源體系方面，提出支持光伏、風電、生物質能等可再生能源 • 推動資源綜合利用，加強城鄉垃圾和農村廢棄物資源利用推進大規模國土綠化行動
2022 年 6 月 《科技支撐碳達峰碳中和實施方案（2022—2030 年）》	實施方案內 10 項具體行動方案中，涉及生質能發展為以下項： • 煤炭清潔高效利用領域：研究摻燒生物質等高效低碳工業鍋爐技術 • 新能源發電領域：開展生物質發電技術 • 可再生能源非電利用領域：研發生物燃料製備技術及生物質基材料及高附加值化學品製備技術、低熱值生物質燃料的高效燃燒關鍵技術 • 負碳及非二氧化碳溫室氣體減排技術能力提升：研發生物炭土壤固碳技術 • 低碳零碳技術示範：以促進成果轉移為目標，開展典型低碳零碳技術應用示範，於生物質燃料/氫/可再生能源電力替代、可再生能源生產化學品、高性能惰性陽極和全新流程再造等集成示範工程。
2022 年 6 月 《城鄉建設領域碳達峰實	• 推動建築熱源端低碳化，提高城市熱電生質偶何能力於低碳縣城及鄉村方面推廣可再生能源應用

施方案》	
2022 年 7 月 《工業領域碳達峰實施方案》	• 推動低碳原料替代及石化原料多元化 • 提出造紙行業等須建立農林生質剩餘物回收體系 • 研發生質能替代化石能源之技術
2022 年 9 月 《能源碳達峰碳中和標準化提升行動計劃》	• 推動生物質能源（含生物質發電、生物製氣、纖維素燃料乙醇、生物柴油、生物航煤、生物成型燃料等）轉化利用 • 研製生物質能、太陽能、熱泵、清潔爐具等清潔供暖標準
2022 年 10 月 《建立健全碳達峰碳中和標準計量體系實施方案》	• 完善生物質能等非化石能源技術標準體系 • 推進生質能成型燃料及專用設備標準及生物質發電標準制定 • 修訂秸稈、沼氣、生物天然氣等農村可再生能源相關標準 • 開展碳匯林經營、木竹替代、林業生物質產品標準研製，推動生物碳移除和利用、高效固碳樹種草種藻種的選育繁育等標準制修訂 • 加強計量管理體系建設方面，提出製定生物質能等能源利用相關計量技術規範

(中國產業發展促進會生物質能產業分會，2023)

三、印尼

2021 年，印尼以生產 4,600 萬噸之棕櫚油成為世界棕櫚油生產大國，占全球出口總量之 59%，其市場之快速擴張取自於國際市場對於

棕櫚油之需求，於國內應用則以生物柴油、工業化學產品及食品業為大宗(Heilmayr & Benedict 2022)[14]。立基過去印尼政府推動生物燃料柴油之發展，相關混合規範、補貼及定價機制等措施施行，使得印尼於 2019 年達成混合率 20%之燃料比例，藉由大量資金支持，予以彌補化石燃料與生物燃料間之價格差異，使生物燃料更具競爭力(IEA, 2022c)。

(一)生質能發展概況

2015 年印尼正式成為國際能源署(IEA)之成員國，並承諾將於 2060 年達成淨零排放目標，因應目標執行，國際能源署亦於印尼擔任二十大工業國國際經濟合作論壇(G20)之主席國期間予以制定至 2060 年「印尼實現淨零排放之綜合路線圖」(IEA, 2022b)。印尼於 2021 年生產 4,600 萬噸棕櫚油成為世界棕櫚油生產大國，占全球出口總量之 59%，其市場之快速擴張取自於國際市場對於棕櫚油之需求，於國內應用則以生物柴油、工業化學產品及食品業為大宗(Heilmayr & Benedict 2022)[15]。立基過去印尼政府推動生物燃料柴油之發展，相關混合規範、補貼及定價機制等措施施行，

[14] Retrieved from：https://insights.trase.earth/insights/indonesia-makes-progress-towards-zero-palm-oil-deforestation/ (Access Date: 2023/05/21)

[15] Retrieved from：https://insights.trase.earth/insights/indonesia-makes-progress-towards-zero-palm-oil-deforestation/ (Access Date: 2023/05/21)

使得印尼於 2019 年達成混合率 20%之燃料比例，藉由大量資金支持，予以彌補化石燃料與生物燃料間之價格差異，使生物燃料更具競爭力，能源效能之改善則於炊事燃料改變後提升，在傳統生質能燃料轉變為液化石油氣之過程，亦可大幅減少空氣汙染及對森林資源之依賴，為印尼帶來了不少的經濟效益，與此同時，現代可在生能源使用範疇亦日益擴張，其中以交通使用之生物燃料最為顯著，占整體交通最終消費分額 10%以上，為世界之最(IEA, 2022b)。

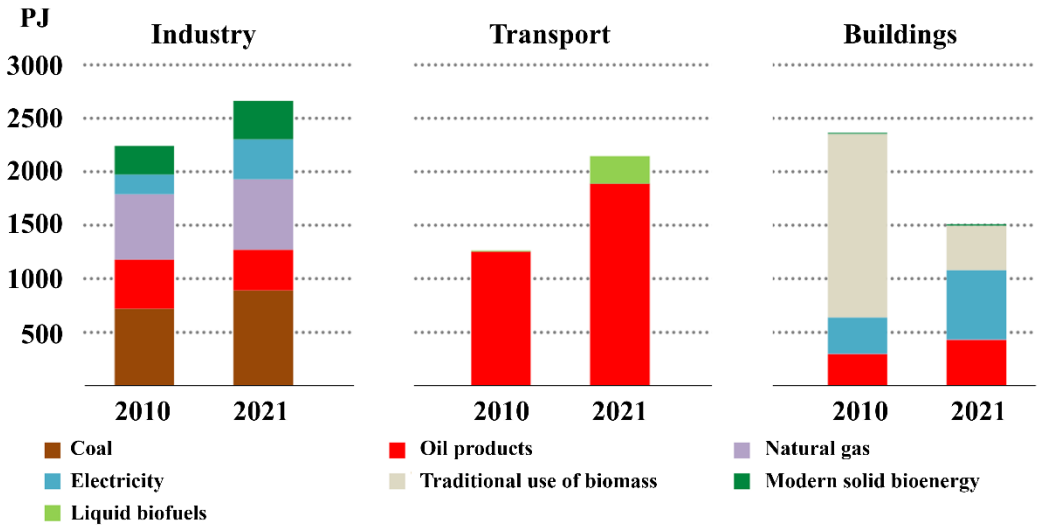


圖 2-7　2010、2021 年印尼各燃料及行業別最終能源消耗量

(IEA, 2022c)

（二）生質能發展政策

2014 年印尼政府於其「國家能源政策」(KEN）中設立了階段性目標，即於 2050 年達到可在生能源占總能源供應分額之 23%，

再於 2050 年達到 31%之願景(IEA, 2022c)。2017 年印尼政府制定「國家能源計劃」(RUEN)，旨於實現「國家能源政策」之目標，尤其是人均用電量、可再生能源分額以及經濟增長、能源獨立及能源安全等多面向挑戰，其中「國家能源計劃」亦將部門及區域規劃納入計畫內，分別為制定電力部門長期目標的「國家電力總體計劃」(Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional)、制定能源及礦產發展的「區域電力計劃」(Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah)、制定電力系統發展的「電力供應業務計劃」(Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listri）以及針對各省分制訂的「區域能源計劃」(Rencana Umum Energi Daerah）(IEA, 2022c)。

四、德國雲德村：生物能源村

德國為推動國家生物能源政策，舉辦生物能源村競賽推廣生物能源村理念從中展示示範教育，推崇與自然環境共存的發電模式，除再生能源發展外，亦將友善農業、能源供給、鄉村地區永續發展，整合於農業、林業、能源甚至觀光產業的範疇來推行，雲德村為德國第一座生物能源示範村，亦成為世界生質能發電競相學習之對象，能源轉型須由中央與民間協力達成，其中社會參與再生能源發展之意願極為重要，針對社會溝通，歐盟推動「創造社會接受度」計畫，其中雲德村也依據計畫所發展之 ESTEEM（Engage Stakeholders Through a

Systematic Toolbox to Manage New Energy Projects, ESTEEM）工具模型，為雲德再生能源計畫之關係利害人提供溝通模式，廣納意見及不斷修正錯誤之過程推動民眾參與再生能源發展之意願(林穎禎，2012；房思宏，2016)。德國生物能源村係以沼氣發電原料主要來源，將當地所生產的玉米及大麥等不可食用部分與畜牧業所排之糞便等可在地取材原料為主，經過發酵槽產生甲烷，經由燃燒過後其熱能則可供地方暖氣系統及用水使用並帶動發電機，透過機組進一步轉化能源供地方使用(2G Energy AG, 2018)[16]。

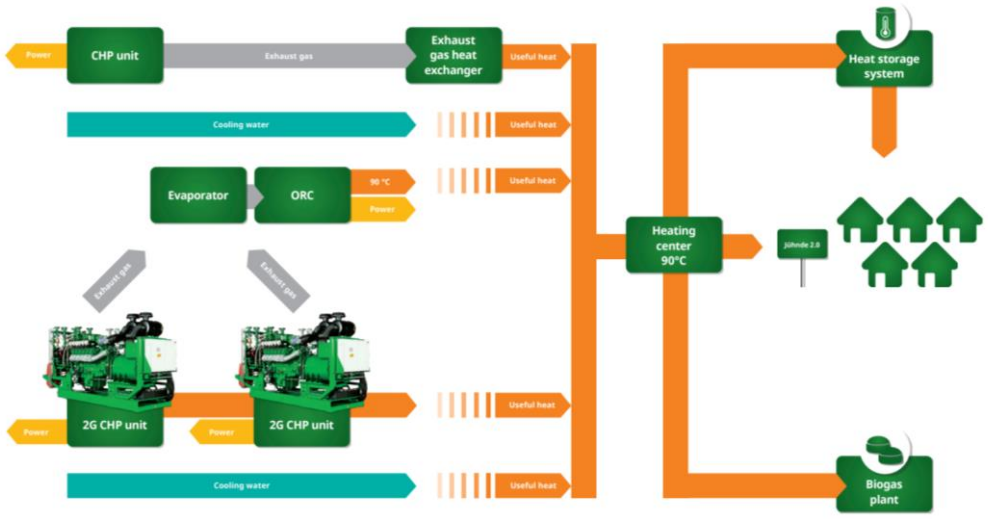


圖 2-8　德國雲德村沼氣發電場供應模式示意圖

(2G Energy AG, 2018)[17]

[16] Retrieved from: https://2-g.com/en/case-studies/bioenergy-village-takes-care-of-itself~cs449 (Access date: 2022/10/27)。

[17] Retrieved from: https://2-g.com/en/case-studies/bioenergy-village-takes-care-of-itself~cs449 (Access date: 2022/10/27)。

五、巴西

根據國際能源署統計，至西元 1990 年巴西發電來源最主要皆以水力為主，直至 2020 年仍占整體發電量約六成之多，使巴西成為世界上電能中再生能源比例最高國家，但隨近年氣候變遷加劇使水力發電不定性增加，導致水力發電量不如預期、電費上漲等問題，促使巴西政府更加重視再生能源平衡發展，隨著再生能源發展，巴西政府宣布 2019 年至 2030 年將以生質能源取代 10%之火力發電等非綠能源供給，並於 2050 年實現淨零排放目標，繼續為世界永續發展創造成績(IEA, 2022c)[18]。

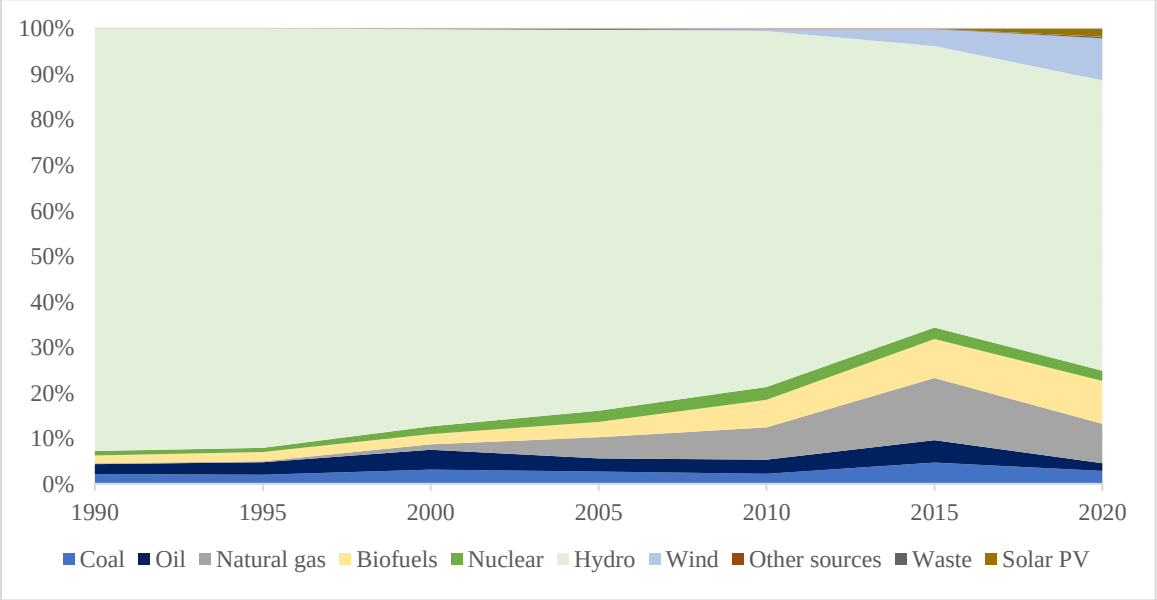


圖 2-9　西元 1990 至 2020 年巴西能源供應比例示意圖

(IEA, 2022d)

[18] Retrieved from: https://www.iea.org/countries/brazil (Access date: 2022/10/27)。

巴西為世界生質能發展先驅國家，西元 1975 年巴西政府發布「國家酒精計畫」，放大國家優勢，採盛產植栽「甘蔗」作為發電主原料，甘蔗植物特性使其可以多功能運用(劉嘉哲，2007)[19]。

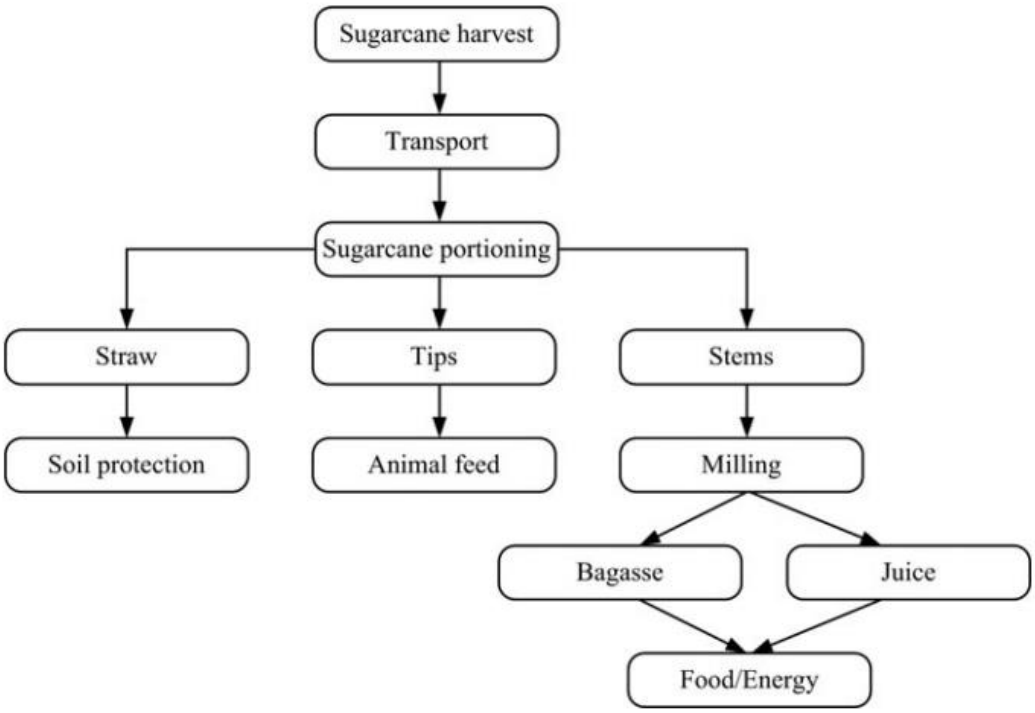


圖 2-10　甘蔗主要潛在用途

(Mayer *et al.*, 2020)

為延續酒精汽油供應的穩定，巴西政府亦針對種蔗及蒸餾乙醇產業轉型予以貸款優惠及補貼，以增加生產意願更普及乙醇提煉技術，根據巴西甘蔗產業協會 UNICA (Brazilian Sugarcane Industry Association, UNICA)統計巴西為日前世界大二大乙醇生產國每年可產

[19] 甘蔗除了可加工為砂糖以及當作動物飼料外，亦可作為固體燃料，如利用甘蔗提煉乙醇並混合加入汽油使用，產出「酒精汽油」之生質能燃料，此燃料相較於一般汽油可減少約 90%溫室氣體排放，除能源自主外、環境效益也大幅提升。

出約 297 億升的乙醇，龐大商機更賦予巴西兩百多萬的工作機會，針對汽車製造商亦同予以技術轉型補貼，鼓勵商家研發可配合高濃度乙醇汽油使用之車種供大眾選擇，並對於消費者實行減稅策略，面對油價競爭，則利用自身產油大國優勢調控汽油價格，使乙醇汽油得以維持一定誘因，持續於再生能源市場供應，在巴西的甘蔗生產案例中指出，小規模生產仍具備多功能發展的可能性(Mayer *et al.*, 2020；IEA, 2022c)。然而臺灣在地形與人文發展因素影響下，農業腹地多為中、小規模，是以可借鏡巴西農村自主能源案例，以創新的生產模式達到臺灣農村社區能源自主。

第四節　地熱能

一、冰島

(一)地熱能發展概況

火山島國「冰島」位於大西洋中脊之上，除火山活動提供的熱源外，坐落於大西洋中脊之特殊地理位置更使其成為開發地熱資源的最佳場所(Landsvirkjun, 2023)[20]。冰島因身處優越條件在潔淨能源及電力轉型之發展近乎完善，有望為世界第一完全脫離石化燃料供電之國家，無疑為世界潔淨能源發展之強頭與各國爭相效

[20] Retrieved from：https://www.landsvirkjun.com/geothermal　(Access Date: 2023/05/21)

仿之榜樣(The Government Offices of Iceland, 2022)。截至 2021 年，冰島約 99%之電力皆來自再生能源，最主要以水力發電及地熱能源為主，前者約占總發電量之 70%，後者約占 30%，在開發及電力傳輸技術升級下，冰島地熱能可應用於多種面向(Arctic Adventures, 2022)[21]。

1. 發電應用：截至 2023 年冰島共計五座地熱發電廠，占該國總發電量 30%之電力，提供冰島穩定、乾淨的再生能源。
2. 供暖應用：於能源轉型成功下，地熱所帶之熱能可作為區域供暖系統使用，現前約有 90%之供暖能源來自地熱能。
3. 工業應用：地熱能用可應用於工業生產鏈的多個環節，例如預熱、洗滌、蒸發、蒸餾或乾燥等熱能使用。
4. 農業應用：可支持當地農民於溫室下從事農務作業，不被極端氣候影響。
5. 休閒旅遊應用：利用地熱能源形成地熱溫泉及泳池，其中

[21] Retrieved from：https://adventures.is/blog/geothermal-energy-iceland/ (Access Date: 2023/05/21) 1.發電應用：截至 2023 年冰島共計五座地熱發電廠，占該國總發電量 30%之電力，提供冰島穩定、乾淨的可再生來源；2.供暖應用：於能源轉型成功下，地熱所帶之熱能可作為區域供暖系統使用，現前約有 90%之供暖能源來自地熱能；3.工業應用：地熱能用可應用於工業生產鏈的多個環節，例如預熱、洗滌、蒸發、蒸餾或乾燥等熱能使用；4.農業應用：可支持當地農民於溫室下從事農務作業，不被極端氣候影響；5.休閒旅遊應用：利用地熱能源形成地熱溫泉及泳池，其中地熱溫泉亦為冰島獨特的觀光資源之一。

地熱溫泉亦為冰島獨特的觀光資源之一。

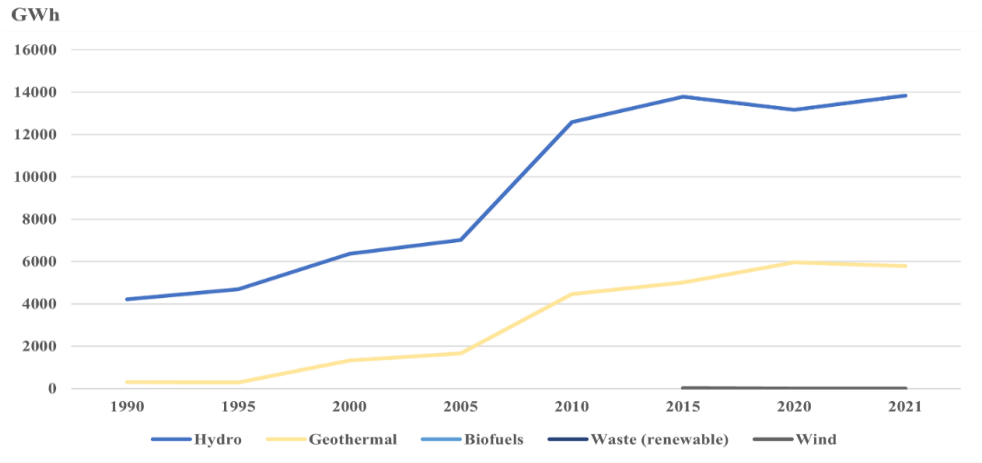


圖 2-11　冰島 1990 年至 2021 年各能源之發電量

(IEA, 2022e)[22]

(二)地熱能發展政策

2022 年冰島政府於《The State and Challenges of Energy Affairs》能源報告中提及三個主要的能源發展目標，旨在 2030 年實現《巴黎協定》中相較於 2005 年，減少溫室氣體排放總量之 55%，並推進至 2040 年達到碳中和目標，於 2050 年全面實現能源轉型，停止使用化石燃料，以實現能源自足、永續經營及經濟發展等併行目標(The Government Offices of Iceland, 2022)。

報告中指出冰島的能源安全取決於四個主要因素：電力供應、電力和地熱能的需求、傳輸和配電網絡，以及能源事務的法律框架，然而在社會增長、能源轉型等變化快速的大環境下，做為冰

[22] Retrieved from：https://www.iea.org/countries/iceland　(Access Date: 2023/03/18)

島發電主力的一大量體「地熱能」，對於一國家之能源安全固然有一定規模之影響，綜上，冰島政府將採取相應政策及措施，以維持永續資源利用(The Government Offices of Iceland, 2022)：

1. 建立「土地保護和能源利用計劃法案」(Masterplan for Nature Protection and Energy Utilization)，強調能源利用和自然保育間之平衡，以確保土地利用規畫及土地開發建設是基於遠見評估及通盤考量而發展，截至 2022 年已有 9 處地熱能源場被列為第二保育類別之中。
2. 冰島國家規劃局以建立良好居住環境為指導原則制定政策，制定「國家規劃戰略 2015-2026」之國家規劃戰略建議，主要包括冰島國土中央高地、鄉村地區、沿海地區、海洋地區等土地規劃，雖最終其建議並未被納入政府協議，但其提點之永續發展、規劃面向，亦可作為後續政府立法之參照。
3. 取得地熱發電之使用許可相較於其他發電能源來的繁雜，為此冰島政府依據「項目和計劃環境評估法案」（Act on Environmental Assessment of Projects and Plans），以簡化環境評估程序，提供比以往更加明瞭、高效率之行政環境。

二、美國

(一)地熱發展現況

美國西部各州係屬環太平洋火山地帶，因此地熱資源豐富，據 IEA 再生能源數據集(2022f) 統計，2020 年美國地熱發電量共佔世界總發電量 19.83%為世界地熱發電大國。美國能源部地熱技術辦公室(Geothermal Technologies Office, GTO)於 2019 年推動 GeoVision 研究計畫，以評估美國地熱發展之潛力，降低以往地熱發展之成本及風險，並用於推估未來發電供暖系統用戶數量(Geothermal Technologies Office, 2019)[23]。

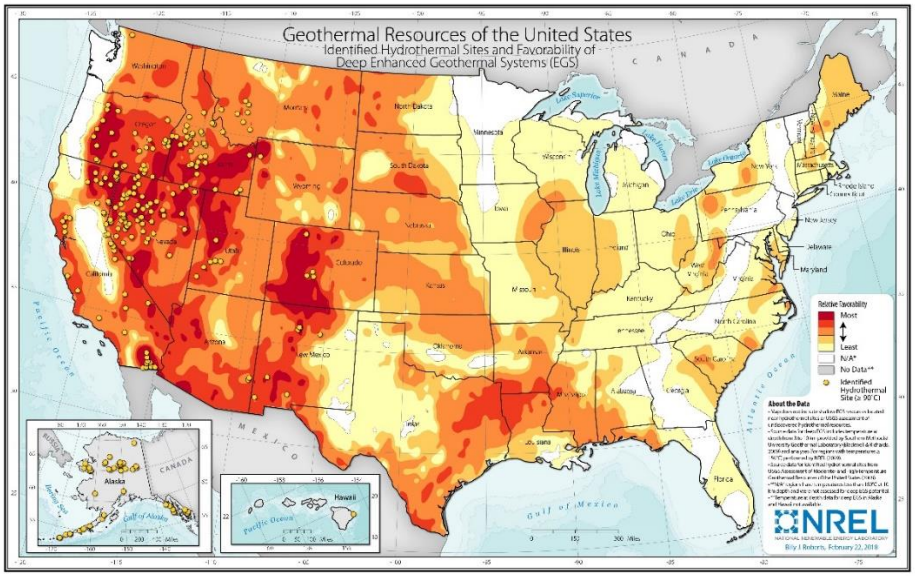


圖 2-12　美國 2018 年地熱資源分布圖

(The National Renewable Energy Laboratory, 2018)[24]

---

[23] Retrieved from：https://www.energy.gov/eere/geothermal/geovision (Access Date: 2023/03/20)

[24] Retrieved from：https://www.nrel.gov/gis/geothermal.html

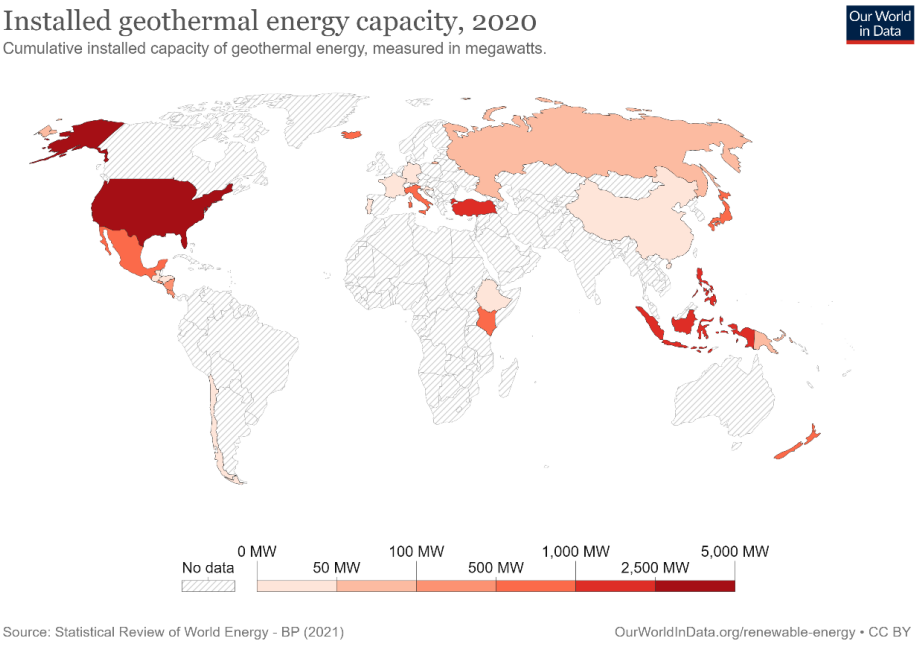


圖 2-13　全球地熱能裝機 2020 年容量

(Ritchie, Roser and Rosado, 2022)[25]

(二)地熱發展政策

2023 年，美國能源部(The U.S. Department of Energy, DOE)積極投入「兩黨基礎設施法」(Bipartisan Infrastructure Law, BIL)所提之增強型地熱計畫(Enhanced Geothermal Shot, EGS)專案，增強型地熱系統之技術類似於石油和天然氣鑽井中的水力壓裂技術，可有效增加岩石之滲透性，有助於克服環境限制使地熱能取得不再拘束於傳統技術之下(經濟部國際貿易局，2022)[26]。除了技術上的突破外，降低增強型地熱系統(Enhanced Geothermal System, EGS)

[25] Retrieved from：https://ourworldindata.org/energy#country-profiles (Access Date: 2023/05/03)

[26] Retrieved from：https://www.trade.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeID=45&pid=749522 (Access Date: 2023/05/03)

之成本亦為此專案的一大目標，預估將於 2035 年降低 90%，提供超過 4,000 萬美國家庭，持續推動 GeoVision 研究計畫之目標及展望(Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2023)[27]。

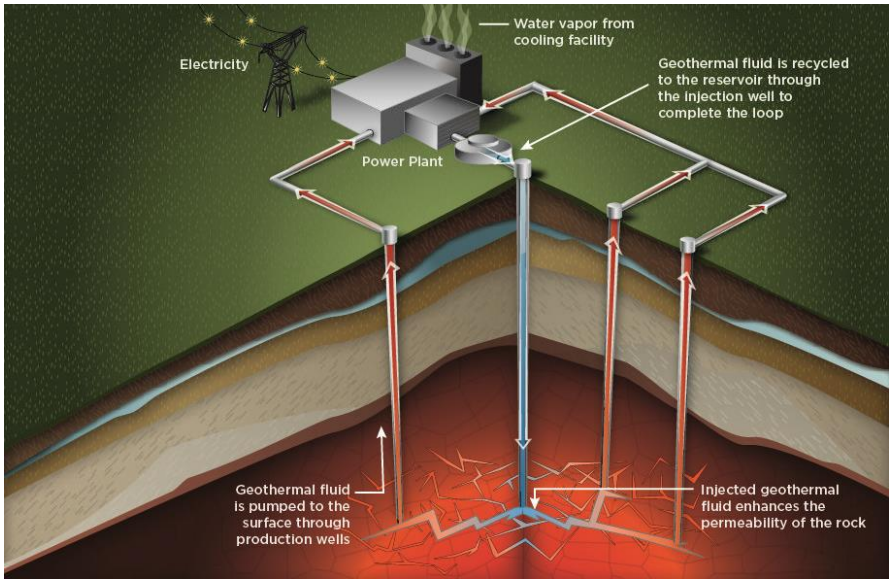


圖 2-14　增強型地熱系統示意圖

(IEA, 2023)[28]

第五節　農電共生

一、印度：馬哈拉施特拉邦

（一）農電共生發展現況

馬哈拉施特拉邦具有良好的太陽輻射水平，適合太陽能發電。該州的太陽能潛力促進了包括 APV 系統在內的太陽能項目的

[27] Retrieved from：https://www.energy.gov/eere/geothermal/enhanced-geothermal-systems (Access Date: 2023/05/03)

[28] Retrieved from： https://www.iea.org/articles/capturing-the-energy-beneath-our-feet (Access Date: 2023/05/03)

發展，並擁有大片農業用地，這些土地的為安裝 APV 系統提供了機會，且不會影響農業生產力。

馬哈拉施特拉邦的農業光伏（Agrivoltaics）與典型的太陽能電站不同，後者主要用於發電。在農業光伏系統中，太陽能電池板以較高的離地高度安裝，以便底下的作物能夠生長。此外，與典型的太陽能電站相比，太陽能電池板在農業光伏系統中以足夠的間隙安裝，以便農民和農業設備可以自由移動，如圖 2-17 所示。農業光伏系統中使用的太陽能電池板可以是固定式的，也可以具有單軸或雙軸太陽追踪能力。這些太陽能電池板主要採用並網配置，即係統產生的多餘電力將被輸送到當地電力公司的電網 (Mahto *et al*., 2021)。

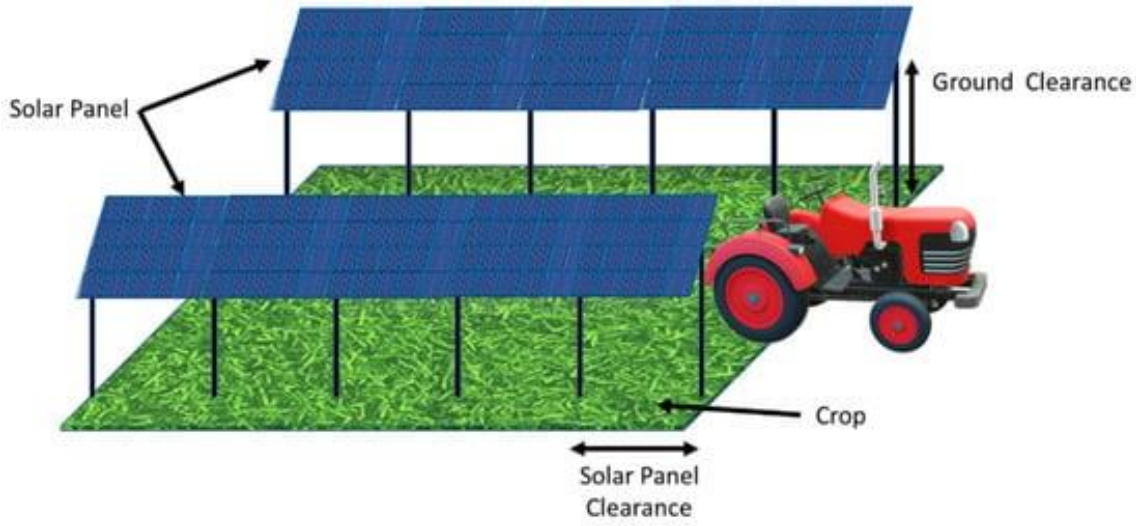


圖 2-15　太陽能農業農場示意圖

(Mahto *et al.*, 2021)

（二）農電共生發展政策

1. 馬哈拉施特拉邦太陽能政策：馬哈拉施特拉邦制定了一項太陽能政策，為太陽能項目（包括太陽能光伏系統）的開發提供指導和激勵措施。該政策促進包括農業在內的各個部門採用太陽能(Govt. of Maharashtra Institution, 2020)。
2. 可再生能源政策：印度製定了可再生能源目標並實施了鼓勵清潔和可持續能源生產的政策。這些政策旨在使能源結構多樣化，並促進使用可再生能源，包括太陽能。
3. 農業用地：農業用地受《馬哈拉施特拉邦農業用地上限法》和其他相關農業政策的約束。雖然這些政策主要側重於農業實踐，但它們也可能有允許在農業用地上安裝太陽能電池板或其他可再生能源系統的條款(Govt. of Maharashtra Institution, 2020)。
4. 淨計量和可再生能源購買義務 (RPO)：馬哈拉施特拉邦實施了淨計量法規，使包括農業消費者在內的消費者能夠產生太陽能並抵消他們的電力消耗。該州還有可再生能源購買義務 (RPO) 法規，規定一定比例的電力來自可再生能源，為太陽能整合創造機會(Govt. of Maharashtra Institution, 2020)。

二、美國：鳳凰城

（一）農電共生發展現況

美國鳳凰城及其周邊地區全年接收大量陽光，非常適合太陽能發電。雖然鳳凰城以其乾旱的氣候而聞名，但城市內外仍有農業活動。該地區盛產各種作物，包括柑橘類水果、蔬菜和特種作物。將 APV 系統集成到鳳凰城的農田中可以提供雙重土地利用效益，將太陽能發電與作物種植相結合。

圖 2-18 顯示了美國鳳凰城種植的農作物分佈，紫花苜蓿、棉花、大麥、玉米和小麥是種植面積最大的作物。其通過結合太陽能光伏板和糧食作物以優化土地利用，土地生產力提高了 60-70%（Dupraz *et al.*, 2011）。根據觀察到的土地當量比(LER)，農業光伏計劃是有利可圖的，它決定了一塊土地的功效（Dupraz *et al.*,2011），它將是農作物的相對產量和光伏電池板的相對電力產量的總和(Majumdar, Sharma, John & Putcha, 2018)。

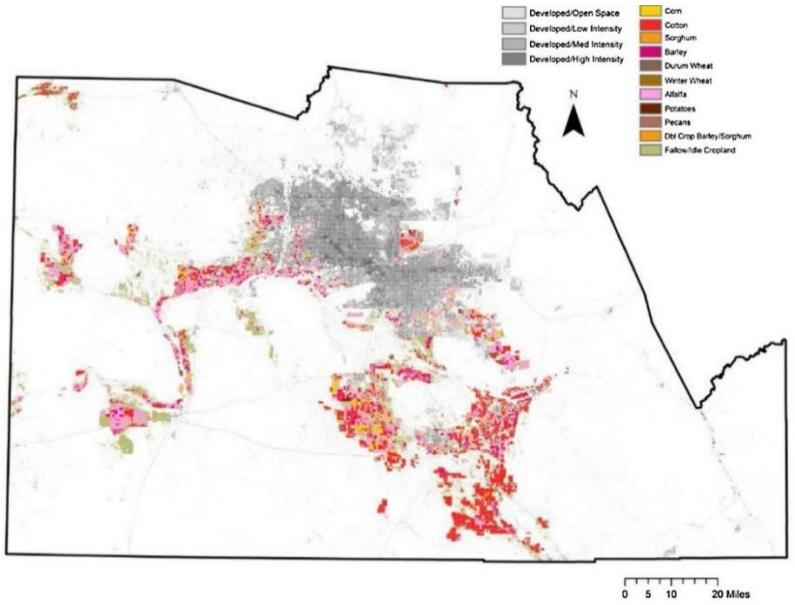


圖 2-16　鳳凰城農作物示意圖

(Majumdar, Sharma, John & Putcha, 2018)

(二)農電共生發展政策

1. 建築規範和許可：安裝太陽能電池板（包括 APV 系統）需要遵守鳳凰城的建築規範和許可要求，這些法規確保安裝符合安全標準並遵守分區和施工指南。
2. 淨計量：亞利桑那州有一個淨計量政策，允許擁有太陽能係統的客戶，包括農業生產者，通過產生太陽能來抵消他們的電力消耗。多餘的電力可以反饋到電網中，提供經濟利益。
3. 州級政策：亞利桑那州制定了可再生能源標準，規定一定比例的發電量來自可再生能源。這些政策鼓勵在全州開發和整合太陽能係統，包括 APV。

4. 農業豁免和法規:鳳凰城的農業活動可能受州和地方級別的特定法規和豁免約束。這些法規確保在考慮土地使用和環境因素的同時支持農業實踐 Farm & Energy Iniative, 2023)。

三、日本

(一)農電共生發展現況

日本在可用土地有限的情況下，一直在探索創新方法來最大限度地提高土地利用效率並促進可持續農業和可再生能源發電，而農業共生提供了一種解決方案其允許農業活動在太陽能電池板下方進行，以利用土地實現兩種目的。[29]

日本工程師 Akira Nagashima 於 2004 年使用類似於花園涼棚的結構開發了第一個農業共生系統，並根據每種作物的光飽和點來實現其最大光合作用率，設計了具有不同遮蔽率的不同試驗田的想法是與光伏系統共享多餘的太陽輻射來發電，另外日本在推行農電共生獲取之成功亦是公私部門協同努力之展現(Toledo & Scognamiglio, 2021)。

[29] 日本政府推出了上網電價計劃，以激勵包括太陽能在內的可再生能源的生產。根據該計劃，太陽能光伏系統產生的電力，包括在農業環境中實施的電力，可以在固定期限內以預先確定的價格出售給公用事業公司，且農業光伏可以根據上網電價計劃、通過購電協議在自由市場上開發，或者通過覆蓋初始投資 50% 的回扣計劃開發

於農業政策中，日本政府農林漁業部 (MAFF) 鼓勵實施 APV 系統，作為其更廣泛的農業政策框架的一部分，這包括為有興趣採用 APV 系統的農民提供支持和指導，並探索結合農業和可再生能源發電的潛在好處(臺中市政府經濟發展局，2017；Toledo & Scognamiglio, 2021) 。

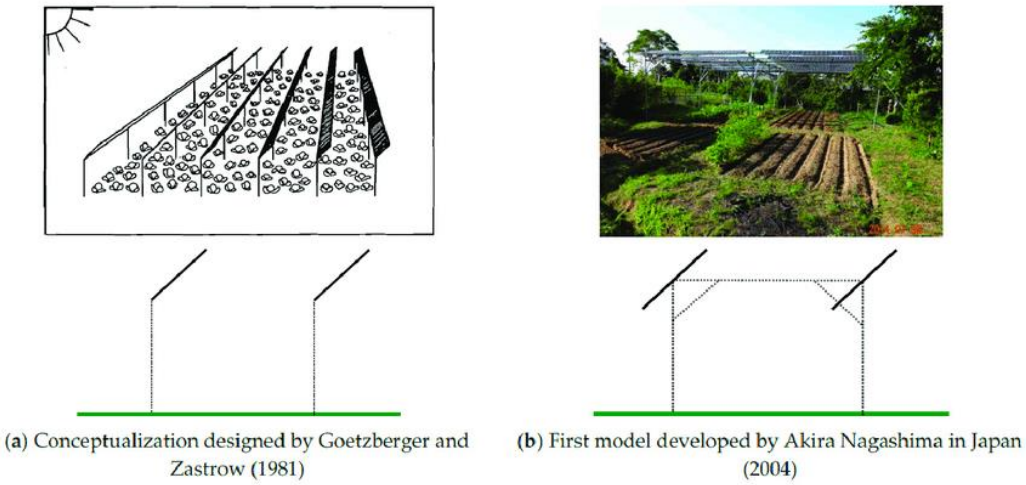


圖 2-17　農業光伏系統的第一個模型

(Carlos Toledo, Alessandra Scognamiglio, 2021)



圖 2-18　千葉縣農電光伏系統圖

(織田翔子，2022)

（二）農電共生發展政策

1. 上網電價 (FIT) 計劃：日本政府推出了上網電價計劃，以激勵包括太陽能在內的可再生能源的生產。根據該計劃，太陽能光伏系統產生的電力，包括在農業環境中實施的電力，可以在固定期限內以預先確定的價格出售給公用事業公司，且農業光伏可以根據上網電價計劃、通過購電協議在自由市場上開發，或者通過覆蓋初始投資 50% 的回扣計劃開發(Tajima & Iida, 2021)。
2. 電力運營商採購可再生能源的特別措施法案：該法案為可再生能源採購提供了法律框架，並促進將包括太陽能光伏在內的可再生能源整合到能源結構中。它為電力公司購買可再生能源發電制定了指南(Tajima & Iida, 2021)。
3. 區域和地方舉措：日本一些地區和地方政府已經實施了自己的舉措來支持和推廣農業光伏系統。這些舉措可能包括對有興趣實施 APV 系統的農民的經濟激勵、補貼或支持計劃(Tajima & Iida, 2021)。
4. 農業政策：日本政府強調在農業部門推廣可再生能源。農林漁業部 (MAFF) 鼓勵實施 APV 系統，作為其更廣泛的農業政策框架的一部分。這包括為有興趣採用 APV 系

統的農民提供支持和指導，並探索結合農業和可再生能源發電的潛在好處(臺中市政府經濟發展局，106)[30]。

四、德國：光電農業共生

德國太陽能系統研究所（Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE）於 2022 年發布農業能源轉型指南，其指出為了實現氣候目標，過去在農電發展項目時常在農業與再生能源之間做選擇，然而 ISE 團隊試圖透過農電共生(Agrivoltaics)技術，讓安裝於農作物上的太陽能電池板能發電，考量不同作物類型適合之農電共生模式，使底下的作物可於田下生長外同時為農民增加額外收入，此種農電共構技術可創造附加價值有利於農村發展，同時也可自主生產能源供在地使用以減少購買電力需求，也意味著創造另外的收入(ISE, 2022)。

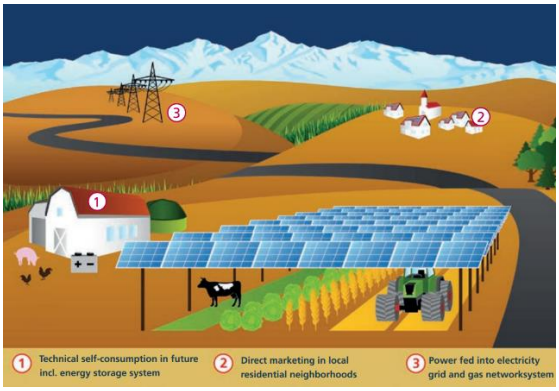


圖 2-19　農電共構(Agrivoltaics)系統示意圖

(ISE, 2022)

[30] Retrieved from：https://rdnet.taichung.gov.tw/media/519574/001.pdf (Access Date: 2023/05/19)

ISE 團隊指出 Agrivoltaics 其帶來的效益包括(1)減少 20%灌溉需求(2)收集雨水用於灌溉；(3)減少風蝕；(4)透過農電共構系統建構防護網；(5)追蹤並優化農作物光照需求等等效益，另外能源轉型需要成功，就需鑲嵌於社會，因此農電共構政策推動的成功關鍵在於利益相關者(stakeholders)與居民的參與，成功因素包括(1)確定環境特質以評估農電共構是否合適；(2)應建立在產生額外效益的地方，如設施遮陰用於減少對作物之熱傷害；(3)平衡農產與再生能源，避免僞農業的發生；(4)回饋於農業生產上，以提升更高價值，如將能源灌溉、冷卻及加工處理；(5)結合儲能系統，增加能源使用效率滿足當地需求；(6)限制農電共構系統規模；(7)農電共構系統需融入在地景觀，並免破壞原有環境；(8)生態貢獻，避免破壞既有生態系統，以維持或增加農業生物多樣性(ISE, 2022)。

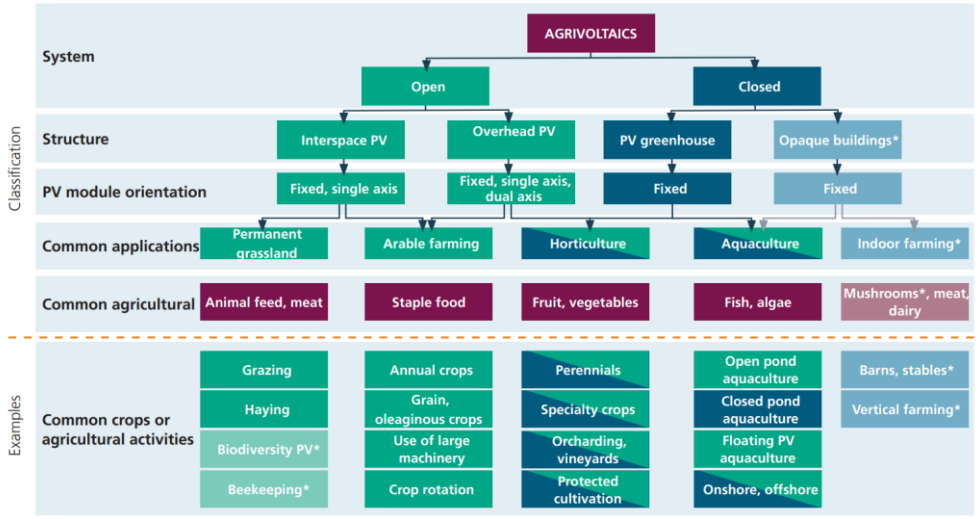


圖 2-20　農電共構之分類及對應之農作方式及作物

(ISE, 2022)

德國社會的環保意識不斷增加，使生物能源村的概念逐漸成型，其係以社區主導的創新方式實踐了農村社區能源自主的推動，在實踐的過程會涉及到各地差異性、可使用的能源以及社群組織，其中在生物能源村(Bioenergy Villages)創新模式中，該文章指出過去文章在討論農村社區能源自主時多強調技術面，然技術面固然重要，卻忽略社區空間特質、社區居民以及社區行動的重要性，因此無法瞭解農村資源與能源自主行動係如何聯繫再一起的，生物能源村強調利用當地資源，透過強化在地生產網絡以替代過去過度依賴外界能源支持(Roesler, 2019)。

第六節　各國再生能源發展策略比較

基於前述有關再生能源文獻之彙整，本研究進一步以國家為主體綜整分析其政策面、經濟面、技術面等各面向，提出國際再生能源案例可供臺灣未來參考借鏡之處，作為臺灣後續推動農村再生能源自主之建議，其彙整成果如下表 2-6。

後續將進一步歸納國外再生能源不同發展條件，提出臺灣農村社區能源自主之重要評估項目，進而建構臺灣農村社區能源自給自評表，期可納入第四期農村再生實施計畫中；亦將研議不同再生能源規劃推動時可能面對之課題，如現行法令限制、機關權責劃分、公私合力機制、補助經費來源等，以強化農村社區於淨零排放路徑中之貢獻。

表 2-5　各國家可供臺灣參考之處

國家	可供臺灣參考之處
中國	中國生質能源之供給以沼氣發電為大宗，其家戶模式的推展更是轉變了中國農村的生活模式，替農村收益再創價值。據綜整中國相關之雙碳政策可見，大由產業體系之發展，小至根本的轉化利用及相關標準訂定，其積極推動生物質能源發展之行動力是臺灣較為缺乏之部分。綜觀臺灣畜牧業發展，減少溫室氣體之排放必然為該產業之未來趨勢。相關學者認為當前臺灣沼氣轉換技術較不成熟，易導致畜牧業所產之廢棄物在轉換之虞流失部分量能，降低使從事意願，進而衍生「誘因不足、成本過高」等問題，影響畜牧業推動永續再利用之目標(屏東縣政府綠能專案推動辦公室，2022)[31]。另有關地熱能，雖目前臺灣已設立「地熱能發電系統示範獎勵辦法」大幅平衡探勘成本，但做為誘因之「獎勵」效果卻有限(環境資訊中心，2022)[32]，除向外提升轉換技術外，亦可由中國習得發展戰略性興新產業，以完善政策建構綠色製造體系，吸引更多業者投入此產業。
印度	在臺灣，農林廢材處理亦處於不成熟之起步階段，缺乏相對之處理措施，亦可參考印度於 2021 年修正之生質物混燒發電政策，將具有熱值之農林資材及煤炭經由加工生產為生質燃料，並將其化為農村另類之就業機會及收入來源。再者，印度

[31] Retrieved from：https://pge.pthg.gov.tw/archives/4100 (Access Date: 2023/06/04)

[32] Retrieved from：https://e-info.org.tw/node/234199 (Access Date: 2023/06/04)

	之馬哈拉施特拉邦推行了可再生能源購買義務法規，此類義務行消費政策於臺灣並未實施，固可作為未來立法之參考，作為臺灣再生能源發展之助力。
美國(本島)	2023 年，經濟部能源局發布 110 年度「全國電力資源供需報告」(2023)中，提及將以淺層地熱(傳統型地熱)為地熱取得首要技術，而當今美國為克服傳統技術、提升地熱能取得效率，於 2023 年積極投入增強型地熱計畫(Enhanced Geothermal Shot, EGS)專案。為提升開發效益，地熱開採技術著實為當前臺灣地熱發展之一大課題，亦可參照美國研發增強型地熱系統，啟發臺灣地熱發展之潛能。
美國(夏威夷)	夏威夷的公民電廠強調當地社區的積極參與。居民、企業和社區組織有機會投資和擁有可再生能源項目，培養主人翁意識和參與感並通過創造當地就業機會和刺激社區內的經濟增長來提供社會經濟效益。而臺灣可以參可其對基於社區的可再生能源計劃的寶貴見解。調整和實施類似的方法可以增強當地社區的權能，加速向可再生能源的過渡，並有助於實現臺灣的能源可持續性目標。
巴西	當前臺灣社會自主發展生質能源之模式極為少見，大多亦以太陽能發電為大宗，形式較為單一。透過巴西甘蔗生產案例可見，甘蔗轉換於酒精汽油之過程可產出多樣之副產物，可見其效益所在。考量未來若實質採甘蔗作為生質酒精主原料，龐大需求將導致原料短缺問題，產生能源供給不穩定之反效果。透過相關研究分析可知，小規模甘蔗生產在經濟和環境上具有實質吸引力(Mayer, *et al.*, 2020)。 然而，此生產模式能否適用於腹地較小之臺灣農業環境中，替生質能源原料取得找到解答，該模式亦可作為發展對策，予以臺灣生質能源未來發展參考。

印尼

印尼為世界棕櫚油生產大國，於生物柴油、工業化學產品及食品業之發展相對成熟，眾觀臺灣生物燃料柴油之發展亦無相關法規政策予以規範，更匱乏相關誘因堆動其發展。雖說過去臺灣曾推動公務車使用酒精汽油之計畫，並降低其購買價格作為誘因吸引一般民眾使用，並預計於 2011 年全面供應Ｅ3 酒精汽油，然而此計畫並未如其推展，入不敷出之銷量更使 Ｅ3 酒精汽油以停賣收場(環境資訊中心，2007)[33]。

本研究認為臺灣政府於生質能源推動中缺乏相關定價機制、混合規範、補貼等基礎施行措施，亦難以於基礎匱乏之下推展生質能源，如欲推進其發展除現有技術外，理當積極研擬相關配當措施，如同印尼生質燃料發展過程，應於政策、技術兩全之下予以進行才能發揮能源之最大成效。

冰島

冰島再生能源發展之成功，除得天獨厚之自然資源外，政策之完善亦是許多國家在所不及之處，就冰島之水力及地熱兩大發電量體予以反觀臺灣該能源之發展現況及可參照之處如下：

座落於環太平洋火山帶之臺灣，其蘊含豐富的雨量及多山地形，可整體環境極具發展水力、地熱發電之優勢。眾觀 2022 年臺灣再生能源發電種類占比，水力發電占 2.03%，地熱發電僅占其 0.01%（經濟部能源局，2023b）[34]，可見臺灣並未發揮其應有之潛能。

[33] Retrieved from：https://e-info.org.tw/node/23420 (Access Date: 2023/06/04)

[34] Retrieved from：https://www.esist.org.tw/publication/monthly_detail?Id=12618ab72d (Access Date: 2023/06/04)

	而現前臺灣再生能源之發展存在著繁複的行政流程、匱乏的開發誘因以及模糊不清的法規規範等阻礙。針對以上課題冰島政府則採簡化程序、稅收優惠、研究創新資助及明確的執行策略等方式，使其於再生能源發展上佔有一席之地，此方面亦可供臺灣相關政策規範參考。
日本	日本在農漁電共生的這些方面，對於臺灣來說，是非常有參考價值的。例如日本實行之能源自給自足策略及經濟機會，農民和漁民可以通過將多餘的能源賣回電網來獲得額外收入，同時還可以從降低的能源成本中獲益，並在此過程中形成協作倡議和夥伴關係來實施和管理這些項目，促進社區參與與合作。通過探索類似的方法，臺灣可以促進可持續實踐，增強能源自給自足，減少環境影響，並在農業和漁業部門創造經濟機會。
德國	德國在太陽能發電的方面為全全球領先的國家之一，可以為臺灣提供寶貴的見解和參考。例如德國對研究與創新的高度重視推動了適用於農業的可再生能源技術的進步。且德國實施了支持性政策和激勵措施，以促進可再生能源在農業和漁業領域的整合。這些政策包括上網電價補貼、贈款和補貼等，以鼓勵對可再生能源基礎設施的投資。通過採用類似的方法，臺灣可以加速其可再生能源轉型，提高農業和漁業的能源效率，促進可持續的土地利用實踐，利用研究和創新來發展更具可持續性和彈性的農業部門，並參考其政策面向提高公民參與之意願。
韓國	韓國的公民電廠模式通常涉及社區投資計劃，當地居民和企業可以為項目提供資金。這種方法培養了主人翁意識，並加強了社區對可再生能源開發的參與。而臺

灣可以深入了解可再生能源項目的政策框架、社區參與策略和支持機制，並研究和調整這些激勵措施，為公民主導的發電廠創造有利環境，激勵個人和社區投資可再生能源發電。且促進教育和意識運動對於公民發電廠的成功至關重要，韓國強調公共宣傳計劃以提高對可再生能源和公民參與的認識，提供資源和信息以鼓勵積極參與。臺灣若實施類似的方法可以加強公民參與，加速清潔能源的部署，並為臺灣的可持續能源轉型做出貢獻。

西班牙

西班牙在整合漁業和可再生能源方面的經驗，臺灣可以深入了解可持續漁業實踐、海洋可再生能源開發、利益相關者合作、政策框架和經濟機會等面向。特別是海洋可再生能源開發，海上風電場不僅有助於該國的可再生能源目標，而且還與漁業活動共存。臺灣擁有沿海資源和海洋可再生能源潛力，可以研究西班牙整合可再生能源項目的方法，同時盡量減少對漁業的影響。在實施類似的方法可以促進臺灣漁業部門的可持續發展，例如西班牙建立了全面的政策和監管框架，以支持漁業和可再生能源的可持續發展。這些框架提供指導及監督機制，以確保合規並平衡不同利益相關者的利益。臺灣可以檢視西班牙的政策，並因地制宜，為漁業與可再生能源的整合創造有利環境。且在經濟方面西班牙已經認識到漁業和可再生能源部門的經濟潛力，並積極尋求創造就業機會和經濟增長的機會。我國可以探索類似的策略來利用這些部門的經濟利益，同時確保環境的可持續性和社會福祉。

柬埔寨

柬埔寨近年開始發展可再生能源，當地雖無對可再生能源及太陽能有相關之法規，但該國靠政府及民間自行努力，已成為東南亞可再生能源成功案例之一。柬埔寨的公民發電廠模式，臺灣可以深入了解社區驅動的可再生能源計劃。實施類似的方法可以增強當地社區的能力，促進可再生能源的採用，例如創造就業機會、刺激當地經濟並改善偏遠地區的能源供應。此外，多餘的能源可以賣回電網，為社區創造收入，促進能源獨立，並有助於向可持續能源未來的整體過渡。

第三章　研究設計

第一節　研究流程

一、計畫流程

本研究計畫研究流程先透過文獻及案例回顧再生能源相關法令與政策、公民電廠、生質能與農電共生等內容，評析其應用於臺灣農村社區之適用性，進一步建構臺灣農村社區能源自給自評表，並加以專家訪談問卷進行確認，後續透過案例地區進行驗證與評析、彙整並研擬農村社區能源自主及可能遭遇問題與因應策略，作為結論討論依據，並納供後續相關法令、制度及政策調整上考量，各階段之工作內容與流程如下圖 3-1 所示。

二、計畫工作時程

本研究計畫預定工作進度為民國 112 年 2 月 8 日至 112 年 12 月 31 日，預定計畫執行進度與時程甘特圖，規劃如下圖 3-2：

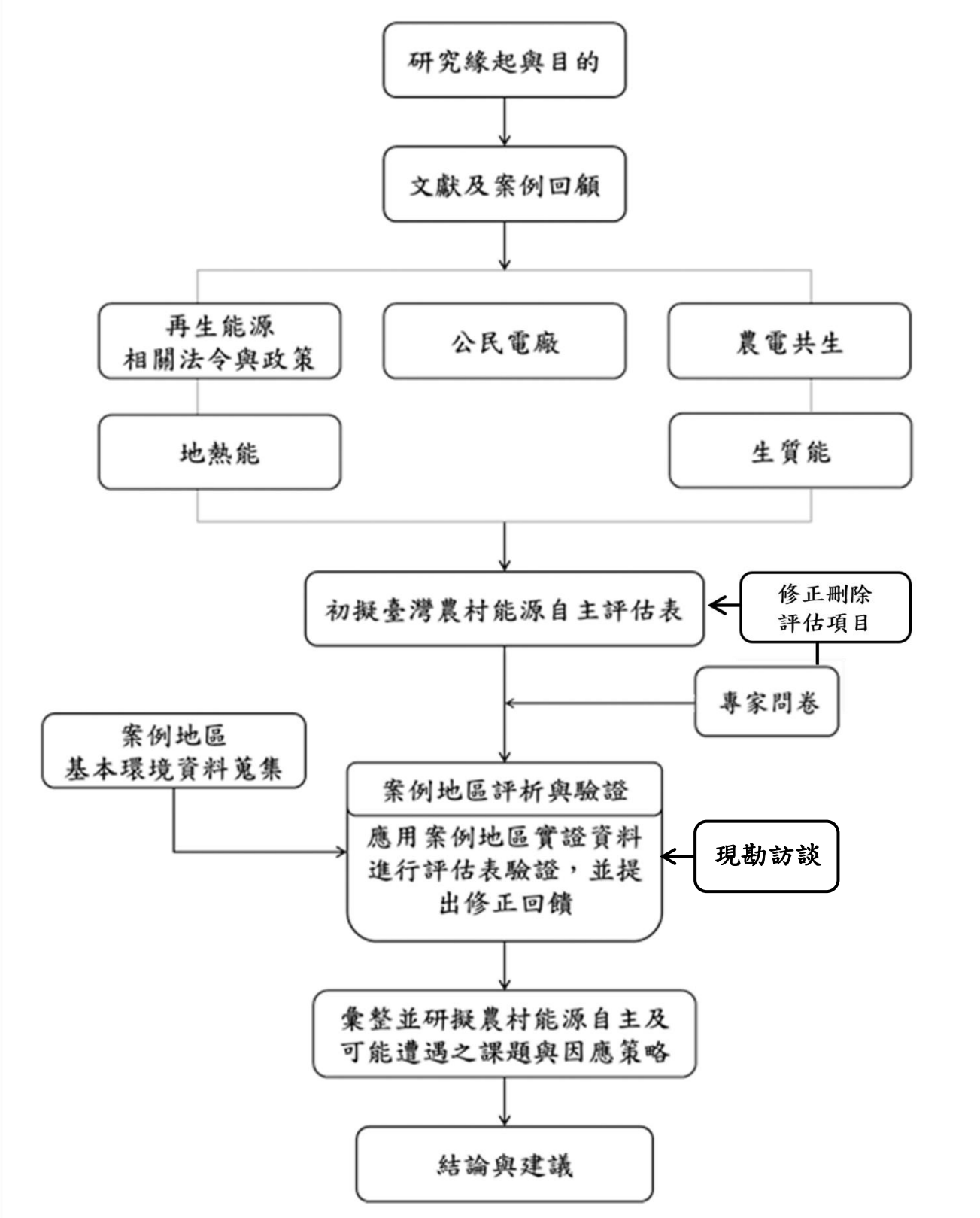

研究緣起與目的
文獻及案例回顧
再生能源
相關法令與政策
公民電廠
農電共生
地熱能
生質能
初擬臺灣農村能源自主評估表
修正刪除
評估項目
專家問卷
案例地區
基本環境資料蒐集
案例地區評析與驗證
應用案例地區實證資料
進行評估表驗證，並提
出修正回饋
現勘訪談
彙整並研擬農村能源自主及
可能遭遇之課題與因應策略
結論與建議

圖 3-1　計畫流程圖

項次	時間	112年 (累積完成進度百分比)											
	工作項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	彙整國外最新農村能源自主相關法令、政策、案例與文獻	50%			100%			100%			100%		
2	建構不同類型農村之能源自主評估表	10%			50%			90%			100%		
3	案例農村社區環境分析與能源自主評估	0%			20%			90%			100%		
4	研擬不同類型農村社區能源自主可行策略、可能遭遇課題與解決對策	0%			10%			80%			100%		
5	提出結論與建議(包括現行相關法令、制度及政策調整方向建議)	0%			0%			0%			100%		

圖 3-2　計畫甘特圖

第二節　研究方法

一、文獻分析法

本計畫回顧過去國內外能源自主及淨零排放相關法令及政策、公民電廠、農電共生、及生質能源等相關文獻及案例，與其推動及實施上所面臨之課題與因應對策，以建構考量臺灣農村社區實質環境條件之能源自給自評表。

二、模糊德爾菲法

經彙整國內外相關法令、政策、制度及案例相關成果後，本研究將應用模糊德爾菲法進行專家訪談問卷分析，以初步建構不同類型之農村社區能源

自給自評表所需考量項目。模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi Method, FDM)係一種研究方法源自於德爾菲法(Delphi Method, DM)，FDM 修正了傳統 DM 成果收斂性低問題，主要是表示專家、學者或關係者意見篩選的過程，回收結果可被視為特定議題達成之共識，過程係通過多輪問卷調查回收意見，篩選過程主要可以分成三個階段(如圖 3-3)：(1) 篩選適合的填表者並初步發放問卷；(2) 第二階段則反饋各別填答回饋至填表者群體中，以獲得修正回饋；(3) 第三階段則係評估收斂成果，若無法達成共識則回到第二階段重新進行，FDM 此方法已被廣泛運用在不同科學中(Saffie & Rasmani, 2016)。

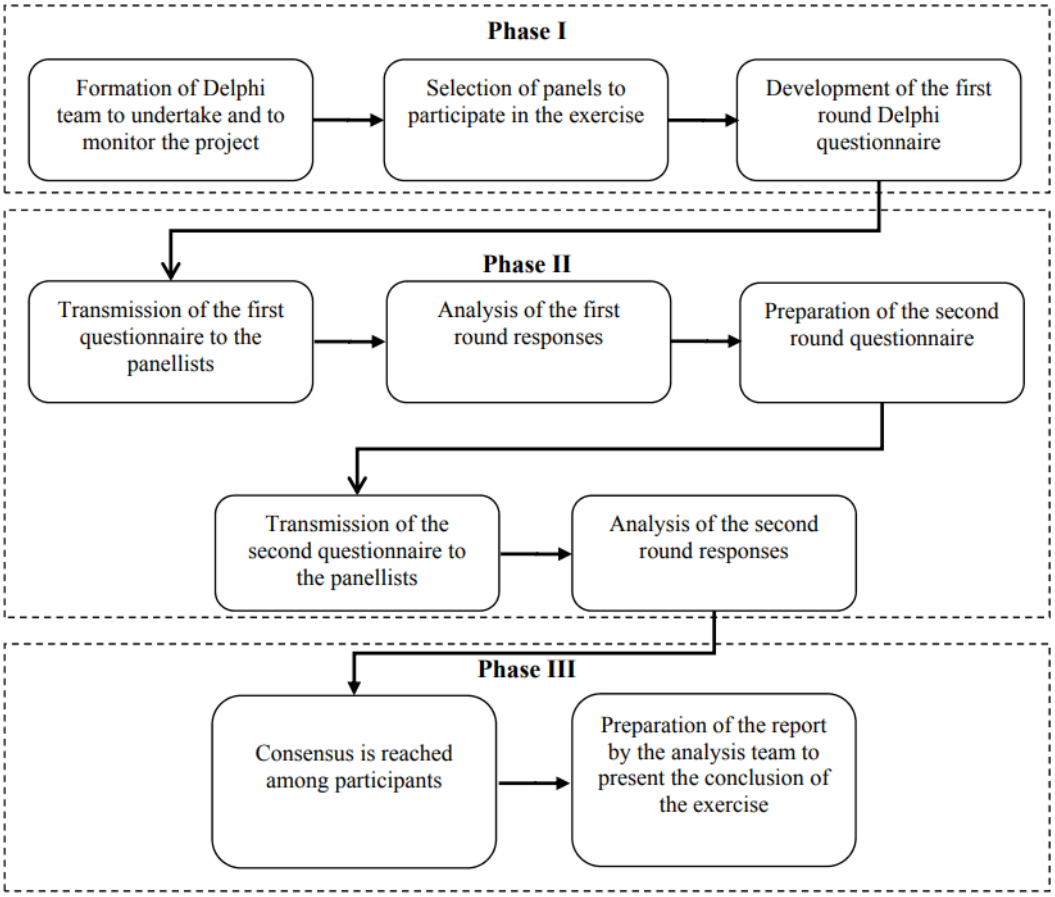


圖 3-3　模糊德爾菲法過程示意圖

(Saffie & Rasmani, 2016)

三、專家學者訪談問卷

本計畫應用模糊德爾菲法(FDM)進行專家訪談問卷設計，邀集國內再生能源領域及農村規劃領域之學界及業界專家學者，透過兩輪之問卷填答收斂共識，進而建構臺灣農村社區能源自給自評表，本計畫邀請八位相關領域學者，兩輪問卷，第一輪發放八位專家填寫，第二輪發放三位專家填寫，共十一人次進行專家訪談問卷填寫[35]，詳表 3-1。透過本計畫擬定之農村社區能源自給自評表供後續規劃農村再生第四期實施計畫時，若考量淨零排放路徑政策及農村再生計畫經費補助，可做為農村社區申請及研議推動能源自給改善之依據。

表 3-1　專家訪談問卷邀請對象

編號	服務單位	職稱	專長	年資
A	臺北市立大學地球環境暨生物資源學系	助理教授	氣候變遷與環境規劃管理、低碳發展規劃與政策、永續發展及都市科學、量化方法論	1 年
B	國立中興大學景觀遊憩學位學程	副教授	空間規劃、景觀評估	5 年
C	國立臺北大學	副教授	國土治理與法制、都市及區域	12 年

[35] 依照本年度計畫之經費編列(計畫編號：112 農再-1.1.1-1.1-保-003(5))，專家學者學出席費及訪談費編列 11 人次，並依此作為專家學者邀請人數。

	都市計劃研究所		發展理論與政策	
D	國立屏東科技大學農園生產系	助理教授	有機農業、環境變遷、土壤保育、碳循環、農業化學、永續科學跨域合作	10 年
E	臺北市立大學城市發展學系	副教授	空間分析、全球氣候變遷、都市計畫、土地使用規劃	5.5 年
F	國立政治大學地政學系	兼任教授	土地經濟	35 年
G	中央研究院環境變遷研究中心	助研究員	永續發展、生態系統服務評估、糧食能源水連結	2 年
H	衍古開發顧問有限公司	協理	國土計畫、都市計畫、農村再生、太陽能光電廠申設與土地變更	10 年

資料來源：本計畫彙整

第三節　案例地區選定與能源自主發展方向

本研究將選定北、中、南、東共計四處，具不同環境條件、農產業結構及能源自主潛力之臺灣農村社區為例，作為後續能源自給自評表之實際操作驗證對象，透過個案研究方式，檢證本研究計畫研擬之不同類型農村社區能源自給自評表之在地適用性，納供後續農村社區申請農村再生補助之重要考

量。透過農村再生計畫概述各社區未來發展方向及資源，從中可以發現案例社區在現況紀錄上大多是討論一級農產品，而在未來發展上則著重於環境改善、農產提升以及觀光遊憩向度上。於再生能源的討論除了慶西社區與復興社區外完全沒有著墨，其中慶西社區僅於願景提及可朝再生能源發展邁進，而在復興社區則因水資源豐沛延伸了水力發電的構想。然本計畫於文獻回顧討論了農村在能源自主上的可能性，是以，本計畫結合各初選社區發展方向與在地資源特質，為其提擬初步能源自主發展方向，如下表 5-12。

表 3-2 案例地區簡介及能源自主發展方向

地區	案例社區	社區發展方向與資源	發展方向	農再有無相關內容
北部	新竹縣寶山鄉新城社區	■　發展方向：以生活、生產、生態方向結合休閒觀光產業進行發展。 ■　社區資源：新城社區種植水稻、檄欖及甘蔗為主，當中因氣候合宜且為山坡地地形適宜種植甘蔗，其更是新竹主要產地之一。	生質能(稻稈甘蔗)	否
中部	臺中市新社區慶西社區	■　發展方向：朝向於小農、食農教育、人力回流、科技、再生能源、地產	太陽能/農電共生	是

		地消、里山里海精神、高齡健康服務、再生農村傳統智慧及文化傳承等。 ■　社區資源慶西社區具向陽坡地形特質，在菇類產業蓬勃發展。	(菇棚頂)	
南部	臺南市後壁區竹新社區	■　發展方向：未來以產業六級化作為發展概念，期望將米食文化與洋香瓜之特色蓬勃發展。 ■　社區資源：竹新社區耕作腹地完整且已經過農地重劃，目前採用輪耕制種值稻米及洋香瓜。	生質能 (稻稈)	否
東部	宜蘭縣大同鄉復興社區	■　發展方向:社區以健全生活環境、活用山水環境資源帶動社區發展以及培養地方產業為主要發展方向。 ■　社區資源：復興社區坐落赤皮寮溪,清水地熱為該社區重要休憩景點。	地熱能	是

第四章　建構臺灣農村社區能源自給評估表

本章將基於前述之國內外能源自主及淨零排放相關文獻及案例回顧，作為建構考量臺灣農村社區實質環境資源特色之能源自給自評表依據，整體操作流程如圖 4-1　建構臺灣農村社區能源自給自評表流程圖所示。

首先本計畫藉由文獻蒐集及彙整，初步研議太陽光電、地熱能、生質能等三種不同農村社區可發展之再生能源，各別發展上所需之評估因子，設計第一輪臺灣農村社區能源自給自評表訪談問卷，由八位國內有關農村社區發展及再生能源領域相關之學界與業界專家學者回覆，並除透過文獻所得之評估因子外，亦提供開放式填答供專家學者提出建議，賡續於回收後計算第一輪各評估因子之重要性數值。

第二輪專家學者訪談問卷係以第一輪成果為基礎，剔除重要性不足一個標準差之評估因子，並新增第一輪專家學者回饋給予之評估項目，完成設計第二輪專家學者訪談問卷後，續交由三位專家學者進行回覆，所獲成果以模糊德爾菲法進行模糊數之計算，得出專家共識值高之評估因子，並剔除專家共識值低分評估因子，透過此兩輪專家訪談問卷過程收斂、彙整回饋，初步建構臺灣農村社區能源自給評估表，將作為後續前往臺灣四處農村社區現地勘查與訪談之重要依據。

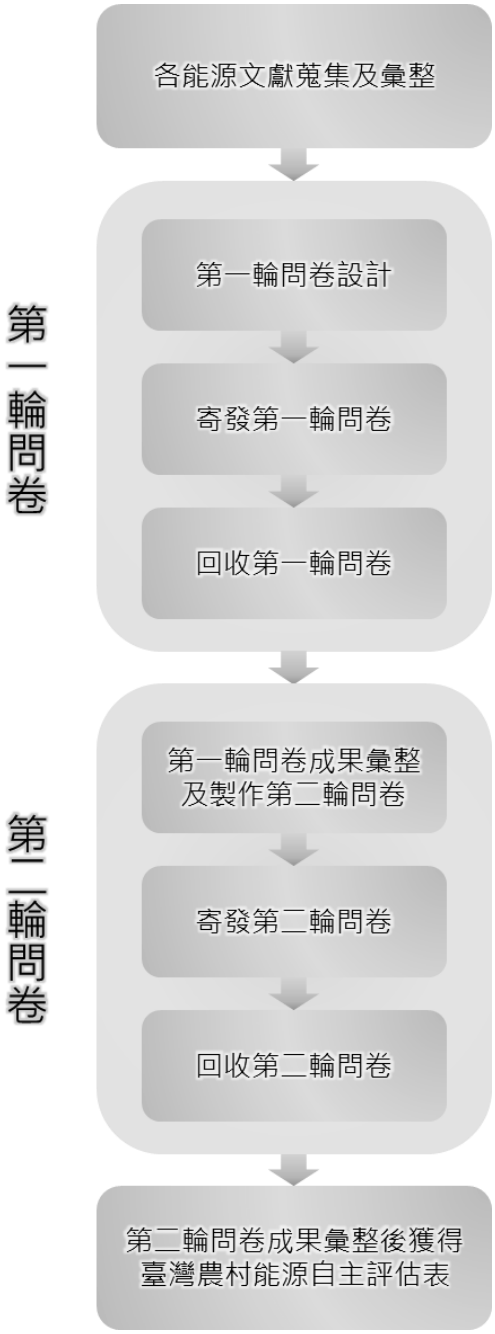


圖 4-1　建構臺灣農村社區能源自給自評表流程圖

圖片來源：本計畫繪製

第一節　第一輪專家學者訪談問卷設計

本計畫建構第一輪臺灣農村太陽光電、地熱能及生質能之能源自給自評表專家訪談問卷，主要考量因素涵蓋環境、經濟及基礎設施。

經濟因素中考量該項再生能源之建造成本與發電效益相比是否具有成本效益。環境因素則考量該項發電設施所需求之條件，例如：地熱能考慮溫度、坡度、地層、淡水等條件是否適合建造地熱井及設置相關設備；太陽光電則考量日照數計相對濕度等；生質能則需要有農作物作為生質原料發電因此考慮生質作物需求之氣候、土壤、地形及供水條件。而基礎設施因素以太陽光電及地熱為例則是考量農村中是否具有電網與外部連結以增進能源傳遞效率，生質能則多供應農村內之能源使用，較無須與外部之電網連結，因此則未將電網條件納入考量因素中。

根據以上主要因素納入評估表之中後，再針對太陽光電、生質能及地熱能三種不同能源納入適合之考慮因素。首先，於太陽光電之項目因有農電共生型太陽光電，因此納入作物因素，係為考量農電共生之農地在設置太陽光電板後之環境條件下，是否有合適的作物種植，。生質能則是參考第二章德國雲德村案例，係因生質能多以農村為單位，集體共同運作生質發電系統，生質能之發電原料（即農作物）須由農村中供應，為使農村中生質作物能穩定地提供則需要有農村人員之共同參與，以及主要領袖領導與集結農村中之共識，因此納入社交網絡、地方領袖及更換供電系統意願之社會因素。三類型可再生能源之初步專家學者訪談問卷設計成果，請詳見表 4-2、表 4-3 及附錄三。

表 4-1　第一輪臺灣農村太陽光電自主評估表專家訪談問卷

第一輪臺灣農村太陽光電自主評估表專家訪談問卷			
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**	**資料來源**
經濟因素	成本效益	農電共生型：須考量建造光電系統所花費成本與收益，加上原有作物是否因光電板遮蓋影響日照，進而減少經濟收益。	Yamada & Ogata (2021); Ott et al. (2020); Malu et al. (2017)
		專區/屋頂型：須考量社區內可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，其發電量是否與建造光電系統所花費成本相比具有經濟效益。	Assouline et al. (2017)；
太陽光電需求環境因素	氣候條件	日照時數：太陽輻射為主要太陽光電之能量來源，太陽能板在日照充足的情況下方可達最高效率。	Adeh et al. (2019); Yamada & Ogata (2021)
		相對濕度、風速和氣溫將影響太陽能板上之對流加熱或冷卻；水蒸氣將改變太陽輻射電效能。	Adeh et al. (2019); Yamada & Ogata (2021)
	地形條件	坡度將影響太陽光電系統設置的建造成本。	Yamada & Ogata (2021)
	景觀條件	光電板可能會破壞景觀，若與主要道路及房屋與農田之距離愈遠，可與周圍環境越和諧。	Yamada & Ogata (2021)
作物因素	作物生長條件	農電共生型在設置太陽光電板之環境條件下，農村社區是否具耕種合適作物類別之經驗與能力。	Ya'acob et al. (2022)
基礎設施因素	交通條件	光電場域距離道路近則有利於光電板維修、清潔面板等定期設備維護作業。	Castillo et al. (2016)
	電網條件	太陽光電產生之電力是否能與當地供電系統併聯，距離電網越近則傳輸成本及電力耗損愈低。	Gonocruz et al. (2022); Castillo et al. (2016)
	變電系統	太陽能光電場附近是否有可用變電站。	Katkar et al. (2021)
	建物條件	屋頂型光電需考量屋頂表面設計所可接收之輻射量，例如：屋頂表面之方向、傾斜角度、位置等。	(IEA). 2002

表 4-2　第一輪臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷

第一輪臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷			
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**	**資料來源**
社會因素	社交網絡	農村社區中居民間具有相互信任關係。	Brohmann et al. (2006)
	供電系統更換意願	農村社區中居民同意更換供電系統之意願高低。	Brohmann et al. (2006)
	地方領袖	農村社區中具有誠信及正直之領導者,願意主動推行以生質能為能源自主標的。	Brohmann et al. (2006)
經濟因素	成本效益	農村社區可取得之生質能料源,若將其轉為發電所需成本，是否可低於非再生能源發電。	Karpenstein-Machan et al. (2013)
生質作物生長之環境因素	氣候條件	溫度、月降雨量、平均每日日照等，可能影響生質作物生長及產量。	Viccaro et al. (2022); Verheye, W (2010)
	土壤條件	土壤深度、土壤鹽分、土壤排水性等，可能影響生質作物生長及產量	Viccaro et al. (2022)
	地形條件	海拔高度、斜率（%）、土壤酸鹼值，可能影響生質作物生長及產量	Viccaro et al. (2022); Verheye, W (2010)
	供水條件	農村社區供水條件是否能滿足生質作物之水足跡	Viccaro et al. (2022); Gerbens-Leenes et al. (2012)
基礎設施因素	交通基礎設施	農村社區產出之生質能輸送至消費端之距離遠近	Verheye, W. (2010), Kang et al. (2010)
		生質原料運送至生質能源處理設施之交通距離	Viccaro et al. (2022); Karpenstein-Machan et al. (2013)
	儲存及設置發電設空間	農村社區是否有潛在閒置空間存放生質原料,以及是否有潛在閒置空間可設置生質能發電設施	Coleman et al. (2014)
	集會場所有無	能提供居民、專家等行動者舉辦會議之場所。	Brohmann et al. (2006)

表 4-3　第一輪臺灣農村社區能源地熱能自主評估表專家訪談問卷

第一輪臺灣農村地熱能自主評估表專家訪談問卷			
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**	**資料來源**
經濟因素	成本效益	須考量地熱開發所需成本，包括地面成本(如地面勘探、設廠成本等)，及地下投資成本(如鑽井深度)，與發電收益相比是否具經濟效益	Stefansson (2002); Sowa-Watrak et al. (2017)
環境因素	溫度條件	農村社區之地熱溫度及梯度將影響發電效率	Sowa-Watrak et al. (2017); Yousef & Ehara (2007)
	坡度條件	農村社區之坡度為可否開發地熱發電之限制條件	Yousefi & Ehara (2007)
	地層條件	若農村社區處於斷層密集或地裂密集處，將有較高之滲透率，有助於收集地熱能	Siler et al. (2021)
	水資源條件	農村社區是否具備水資源可供冷卻地熱能發電設備，或用以注水加熱為蒸氣進而推動渦輪發電機	Stefansson (2002); Sowa-Watrak et al. (2017); Yousef & Ehara (2007)
	植被條件	農村社區若鑽探地熱井或設置發電廠易造成地表擾動，選擇植被覆蓋率較低之區域可減少衝擊	Noorollahi et al. (2007)
基礎設施因素	土地及空間條件	農村社區是否有閒置潛在土地並符合管制規範，可設置鑽探井、渦輪發電機、管道等地熱設施	Traino et al. (2016)
	電網條件	農村社區地熱發電產出是否可饋線至鄰近電網	Maione et al. (2022)

第二節　第一輪專家學者訪談問卷成果彙整

本節為臺灣農村社區能源自給評估問卷經由專家學者填寫後之分數計算，並說明計算後分數意涵。

一、第一輪問卷發放情形

本節以第二章國外能源自主之文獻作為依據，以及針對太陽光電、地熱能、生質能需要評估之條件新增文獻，建立臺灣農村社區能源自給評估表之專家訪談問卷，第一輪問卷重要性分數為一到七分，分數越大代表重要性越高，專家依照重要性勾選單一分數，本計畫邀請國內產業以及學術界八位專家學者，參與填答問卷，並收回八份問卷，八位專家學者背景資料摘要如表 4-4 所示。

表 4-4　第一輪問卷專家學者背景資料摘要

編號	服務單位	職稱
A	臺北市立大學地球環境暨生物資源學系	助理教授
B	國立中興大學景觀遊憩學位學程	副教授
C	國立臺北大學都市計劃研究所	副教授
D	國立屏東科技大學農園生產系	助理教授
E	臺北市立大學城市發展學系	副教授
F	國立政治大學地政學系	兼任教授
G	中央研究院環境變遷研究中心	助研究員
H	衍古開發顧問有限公司	協理

資料來源：本計畫繪製

二、第一輪太陽光電專家訪談問卷數據說明

針對臺灣農村太陽能源自給評估專家訪談問卷回收後依序將專家填寫之重要性分數填上，並計算各項目之平均數，分數越大代表專家群認為其重要性越高。計算出各項平均數後，計算出每一個評估項目間之標準差，所得標準差為 0.66。最後計算太陽光電全數評估項目共 11 項之總平均數為 5.21。本計畫將檢定重要性之標準設為一個標準差，所得檢定標準為 5.21-0.66=4.55。各評估項目中「交通條件」及「建物條件」不足檢定值，因此於第二輪專家學者問卷中予以剔除。詳細數據請見表 4-5。

表 4-5　建構臺灣農村太陽光電能源自給評估專家訪談問卷表

臺灣農村社區能源自給評估因素：太陽光電													
評估因素	評估項目		專家學者								各項目平均數	標準差	總平均數
			A	B	C	D	E	F	G	H			
經濟因素	成本效益	農電共生型	6	7	6	7	5	6	6	7	6.25	0.66	5.21
		屋頂型	6	5	7	7	6	4	6	6	5.87		
太陽光電需求環境因素	氣候條件	日照時數	7	6	7	5	6	7	5	5	6		
		相對濕度風速氣溫	6	4	7	5	6	6	3	2	4.87		
	地形條件		7	6	4	5	5	4	3	5	4.87		
	景觀條件		6	7	6	5	5	2	4	3	4.75		

作物因素	作物生長條件	7	5	6	7	6	7	3	4	5.62
基礎設施因素	交通條件	6	4	6	5	5	2	2	4	**4.25**
	電網條件	7	5	7	5	5	5	6	5	5.62
	變電系統	6	5	5	5	4	6	4	5	5
	建物條件	6	3	5	5	4	3	3	5	**4.25**

資料來源：本計畫繪製

三、第一輪生質能源專家訪談問卷數據說明

針對臺灣農村生質能源自給評估專家訪談問卷回收後依序將專家填寫之重要性分數填上，並計算各項目之平均數，分數越大代表專家群認為其重要性越高。計算出各項平均數後，計算出每一個評估項目間之標準差，所得標準差為 0.68。最後計算生質能全數評估項目共 12 項之總平均數為 5.07。本計畫將檢定重要性之標準設為一個標準差，所得檢定標準為 5.07-0.68=4.37。各評估項目中「集會場所有無」不足檢定值，因此於第二輪專家學者問卷中予以剔除。詳細數據請見表 4-6。

表 4-6　建構臺灣農村生質能能源自給評估專家訪談問卷結果分析

臺灣農村社區能源自給評估因素：生質能												
評估因素	評估項目		專家學者								各項目平均數	標準差	總平均數
			A	B	C	D	E	F	G	H			
社會因素	社交網絡		5	3	5	6	4	4	6	5	4.75	0.68	5.07
	供電系統更換意願		7	5	6	6	5	6	5	6	5.75		
	地方領袖		5	5	7	6	5	6	5	6	5.62		
經濟因素	成本效益		7	5	6	6	6	5	6	7	6		
生質作物生長之環境因素	氣候條件		7	3	7	5	5	6	2	6	5.12		
	土壤條建		7	3	7	5	5	6	2	5	5		
	地形條件		7	3	7	5	5	6	2	5	5		
	供水條件		6	4	7	7	5	6	4	6	5.62		
基礎設施因素	交通基礎設施	農村至消費端	6	3	5	5	4	5	5	5	4.75		
		原料至處理場	6	4	5	5	4	5	4	5	4.75		
	儲存及設置發電潛在閒置空間		6	5	6	7	6	4	3	5	5.25		
	集會場所有無		5	2	5	4	4	2	2	2	**3.25**		

資料來源：本計畫繪製

四、第一輪地熱能源專家訪談問卷數據說明

針對臺灣農村地熱能源自給評估專家訪談問卷回收後依序將專家填寫之重要性分數填上，並計算各項目之平均數，分數越大代表專家群認為其重要性越高。計算出各項平均數後，計算出每一個評估項目間之標準差，所得標準差為 0.51 最後計算生質能全數評估項目共 12 項之總平均數為 5.48。本計畫將檢定重要性之標準設為一個標準差，所得檢定標準為 5.48-0.51=4.97。各評估項目中「植被條件」不足

檢定值，因此於第二輪專家學者問卷中剔除。詳細數據請見表 4-7。

表 4-7　建構臺灣農村地熱能能源自給評估專家訪談問卷結果分析

臺灣農村社區能源自給評估因素：地熱能												
評估因素	評估項目	專家學者								各項目平均數	標準差	總平均數
		A	B	C	D	E	F	G	H			
經濟因素	成本網絡	7	6	7	7	5	7	6	7	6.5	0.51	5.48
環境因素	溫度條件	7	4	7	7	5	6	6	6	6		
	坡度條件	6	4	6	7	5	4	5	5	5.25		
	地層條件	6	5	6	6	5	5	4	5	5.25		
	水資源條件	6	4	7	7	5	6	4	5	5.5		
	植被條件	6	3	7	6	4	5	3	4	**4.75**		
基礎設施因素	土地及空間條件	7	3	6	7	4	6	4	5	5.25		
	電網條件	7	5	7	5	5	5	3	6	5.37		

資料來源：本計畫繪製

第三節　第二輪專家學者訪談問卷設計

本節說明本計畫如何根據前一節第一輪專家訪談問卷所得分數之成果及回饋建構第二輪臺灣農村太陽光電、地熱能及生質能之能自主評估表專家訪談問卷，以及建構問卷之步驟。

一、第二輪問卷評估因子設計

第二輪問卷首先根據前一節之計算結果，本計畫將分數不足平均數一個標準差之評估項目予以剔除，剔除項目如下：太陽光電之交通條件與建物條件、生質能之集會場所有無、地熱能之植被條件。第二輪實際發放之專家訪談問卷及其文獻來源於附錄四中呈現。

第二輪問卷中剔除分數不足項目後，再依據第一輪問卷專家給予之回饋新增評估項目。根據多數專家意見提及農村設置各種能源時需顧慮能源設施對農村之環境及動物棲地等帶來之影響，因此於太陽光電、地熱能及生質能源之評估表中新增環境影響因素，例如：太陽光電(表 4-8)中新增土壤染汙染、對周邊件及設施影響、農地完整性影響、對動物棲地影響項目。在生質能源(表 4-9)中新增環境衝擊項目。而地熱能源(表 4-10)中則是新增環境影響因素，評估項目則是新增對景觀影響、災害影響、生態影響、噪音影響及廢氣排放影響。

除於各評估表中新增上述能源對環境影響項目外，專家對於各個評估因素也有相當之回饋，例如：於太陽光電評估表之經濟因素則因考量政府是否有補助及政策、太陽光電系統之壽命及太陽光電板之使用期限及農電共生是否排擠耕地等，而新增法規政策、系統壽命維護及廢棄物處理及糧食生產。在生質能源之評估表中，則是因為生質能案例中多以農村為核心驅動能源發展，因而新增是否有外溢效應。經濟因素新增外在補助及糧食生產以更多方考慮經濟因素。最後基礎設施因素中，為了農村要能耕種生質作物而新增電氣化農機設施設備，且新增防災條件以應對可能發生之災害。地熱能則是新增經濟因素中的受益人口，為的是考量發電之利益分配。在此項能源中也新增社會因素是因顧慮到政府及居民間是否認可發展地熱能源。

表 4-8　第二輪臺灣農村太陽光電自主評估表專家訪談問卷

第二輪臺灣農村太陽光電自主評估表專家訪談問卷				
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**	**資料來源**	**備註**
經濟因素	成本效益	農電共生型：須考量建造光電系統所花費成本與收益，加上原有作物是否因光電板遮蓋影響日照，進而減少經濟收益。	Yamada & Ogata (2021); Ott et al. (2020); Malu et al. (2017)	
		專區/屋頂型：須考量社區內可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，其發電量是否與建造光電系統所花費成本相比具有經濟效益。	Assouline et al. (2017)；	
	法規政策	農村社區設置太陽光電須符合政府補助或有相關政策支持。	專家建議	本輪新增
	系統壽命及維護	農村社區設置太陽光電設備前，須先評估裝設太陽光電系統之預期壽命及耐用性。	專家建議；Kim et al. (2021)	本輪新增
	廢棄物處理	農村社區須具備支付太陽光電板及耗材等限期報廢時，相關廢棄物處理成本之能力。	專家建議	本輪新增
環境影響因素	氣候條件	日照時數：太陽輻射為主要太陽光電之能量來源，太陽能板在日照充足的情況下方可達最高效率。	Adeh et al. (2019); Yamada & Ogata (2021)	

		相對濕度、風速和氣溫將影響太陽能板上之對流加熱或冷卻；水蒸氣將改變太陽輻射電效能。	Adeh et al. (2019); Yamada & Ogata (2021)	
	地形條件	坡度將影響太陽光電系統設置的建造成本。	Yamada & Ogata (2021)	
	景觀條件	光電板可能會破壞景觀，若與主要道路及房屋與農田之距離愈遠，可與周圍環境越和諧。	Yamada & Ogata (2021)	
	土壤污染	建置太陽能設備可能需混凝土基座或移除植被，均需考量其對農村社區土壤沖蝕、山坡地水土保持之影響。	專家建議；Turney & Fthenakis(2011)	本輪新增
	對周邊建物及設施影響	須考量光電板設置區位對於周邊建物、設施或耕地等是否形成採光遮蔽、造成反光等影響。	專家建議	本輪新增
	農地完整性影響	須考量農村社區設置太陽光電設施及輸電線路等是否造成農地穿孔、切割或破碎化等影響。	專家建議；Guerin, (2019)	本輪新增
	對動物棲地影響	須考量農村社區設置光電設施對野生動物棲地之影響。	專家建議；Turney & Fthenakis(2011)	本輪新增
作物因素	作物生長條件	農電共生型在設置太陽光電板之環境條件下，農村社區是否具耕種合適作物類別之經驗與能力。	Ya'acob et al. (2022)	

	糧食生產	農電共生恐將排擠農村社區可耕地面積，須優先使用不利生產之耕地，並將未來復耕之可行性納入考量。	專家建議	本輪新增
基礎設施因素	電網條件	太陽光電產生之電力是否能與當地供電系統併聯，距離電網越近則傳輸成本及電力耗損愈低。	Gonocruz et al. (2022); Castillo et al. (2016)	
	變電系統	太陽能光電場附近是否有可用變電站可供饋線。	Katkar et al. (2021)	

資料來源：本計畫繪製

表 4-9　第二輪臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷

第二輪臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷				
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**	**資料來源**	**備註**
社會因素	社交網絡	農村社區中居民間具有相互信任關係。	Brohmann et al. (2006)	
	供電系統更換意願	農村社區中居民同意更換供電系統之意願高低。	Brohmann et al. (2006)	
	地方領袖	農村社區中具有誠信及正直之領導者，願意主動推行以生質能為能源自主標的。	Brohmann et al. (2006)	
	外溢效應	農村社區是否已有生質能之成功案例，使其模式化並複製移轉至其他社區，可產生外溢效應。	專家建議	本輪新增
經濟因素	成本效益	農村社區可取得之生質能料源，若將其轉為發電所需成本，是否可低於非再生能源發電。	Karpenstein-Machan et al. (2013)	
	外在補助	考量生質能源成本相對較高，若可取得政府補助或企業 ESG 媒合平台等，可增加農村社區居民投入意願。	專家建議	本輪新增
	糧食生產	農村若生產生質能源作物替代原作物，對糧食產量及糧食自給率之影響應納入考量。	專家建議	本輪新增

環境影響因素	氣候條件	農村社區在目前氣候及未來氣候變遷情形下(溫度、月降雨量、平均每日日照等)，均可能影響生質作物生長及產量。	Viccaro et al. (2022); Verheye, W (2010)	
	土壤條件	土壤深度、土壤鹽分、土壤排水性等，可能影響生質作物生長及產量	Viccaro et al. (2022)	
	地形條件	海拔高度、斜率（%）、土壤酸鹼值，可能影響生質作物生長及產量	Viccaro et al. (2022); Verheye, W (2010)	
	供水條件	農村社區供水條件是否能滿足生質作物之水足跡	Viccaro et al. (2022); Gerbens-Leenes et al. (2012)	
	環境衝擊	農村社區須考量發展生質能源對土壤侵蝕、水質污染、野生動物棲地破壞等相關環境衝擊。	Abbasi & Abbasi(2010)	本輪新增
基礎設施因素	交通基礎設施	農村社區產出之生質能輸送至消費端之距離遠近	Verheye, W. (2010), Kang et al. (2010)	
		生質原料運送至生質能源處理設施之交通距離	Viccaro et al. (2022); Karpenstein-Machan et al. (2013)	
	儲存及設置發電設空間	農村社區是否有潛在閒置空間存放生質原料，以及是否有潛在閒置空間可設置生質能發電設施	Coleman et al. (2014)	
	電氣化農機設施設備	農村社區內是否具備且充足，生產生質能源作物所需之特殊電氣化農機具設施設備。	專家建議	本輪新增

	防災條件	生質能燃燒農業剩餘廢棄物易引起火災，須考量農村社區是否具備充足救災設施、設備及量能。	Abbasi & Abbasi(2010)	本輪新增

資料來源：本計畫繪製

表 4-10　第二輪臺灣農村地熱能自主評估表專家訪談問卷

第二輪臺灣農村地熱能自主評估表專家訪談問卷				
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**	**資料來源**	**備註**
經濟因素	成本效益	須考量地熱開發所需成本，包括地面成本(如地面勘探、設廠成本等)，及地下投資成本(如鑽井深度)，與發電收益相比是否具經濟效益	Stefansson (2002); Sowa-Watrak et al. (2017)；專家建議	
	受益人口	具備地熱潛能之地區有其環境條件特殊性，需考量鄰近農村社區是否納入發電效益分配，避免後續有所爭議。	專家建議	本輪新增
社會因素	社會條件	農村社區發展地熱能須確保可獲得投資者、政策制定者、地方當局和居民之認可。	專家建議；Soltan et al. (2021)	本輪新增
環境因素	溫度條件	農村社區之地熱溫度及梯度將影響發電效率	Sowa-Watrak et al. (2017); Yousef & Ehara (2007)	
	坡度條件	農村社區之坡度為可否開發地熱發電之限制條件	Yousefi & Ehara (2007)	
	地層條件	若農村社區處於斷層密集或地裂密集處，將有較高之滲透率，有助於收集地熱能	Siler et al. (2021)	
	水資源條件	農村社區是否具備水資源可供冷卻地熱能發電設備，或用以注水加熱為蒸氣進而推動渦輪發電機	Stefansson (2002); Sowa-Watrak et al. (2017); Yousef & Ehara (2007)	
基礎設施因素	土地及空間條件	農村社區是否有閒置潛在土地並符合管制規範，可設置鑽探井、渦輪發電機、管道等地熱設	Traino et al. (2016)	

		施		
	電網條件	農村社區地熱發電產出是否可饋線至鄰近電網	Maione et al. (2022)	
環境影響因素	景觀影響	農村社區於地熱設施建造後，是否與原有景觀維持協調。	專家建議；Soltan et al. (2021)	本輪新增
	災害影響	須考量地熱發電改變之地層孔隙壓力及溫度等，可能有誘發地震或地質災害等風險。	專家建議；Soltan et al. (2021)	本輪新增
	生態影響	農村社區挖鑿地熱井及設置地熱發電設備，須考量是否對於野生動物棲息地產生危害。	專家建議；Soltan et al. (2021)	本輪新增
	噪音影響	農村社區挖掘地熱井、建置地熱能發電機等機械，須考量其產生噪音是否影響當地居民及環境品質。	Soltan et al. (2021)	本輪新增
	廢氣排放影響	地熱能仰賴地底熱水推動渦輪機發電，在此過程中將排放二氧化碳、甲烷等溫室氣體至農村社區，須納入考量。	專家建議；Soltan et al. (2021)	本輪新增

資料來源：本計畫繪製

二、第二輪問卷操作步驟

模糊德爾菲法有節省調查時間與成本且能忠實表示群體意見，不扭曲各專家原來的觀點之優點(徐村和，1998)，本輪問卷操作步驟改寫自鄭滄濱(2001)、何雅惠(2022)所彙整之模糊德爾菲法，詳細操作步驟如下：

(一)步驟一

首先組織填寫問卷之專家學者名單，而後設計模糊德爾菲問卷，專家填寫問卷時每一專家針對每一評估項目給予一到七分重

要性模糊區間，亦即給予評估項目重要性之「最樂觀認知值」(最大值)、「最保守認知值」(最小值)、「最適值」。

(二)步驟二

將專家填寫之問卷收回後，分別統計最保守認知值與最樂觀認知值的平均數、標準差、兩個標準差之左邊界及右邊界，統計後刪除左右邊界以外之極端值。在剩餘未被剔除之值中求出最保守認知值三角模糊數(C^i)與最樂觀認知值之三角模糊數(O^i)，亦即最保守認知值之最小值(C_L^i)、幾何平均值(C_M^i)、最大值(C_U^i)；與最樂觀認知值之最小值(O_L^i)、幾何平均值(O_M^i)、最大值(O_U^i)。

(三)步驟三

建立出最保守認知值之三角模糊數，亦即C^i=(C_L^i，C_M^i，C_U^i)，與最樂觀認知值三角模糊數，亦即O^i=(O_L^i，O_M^i，O_U^i)，詳圖 4-2。

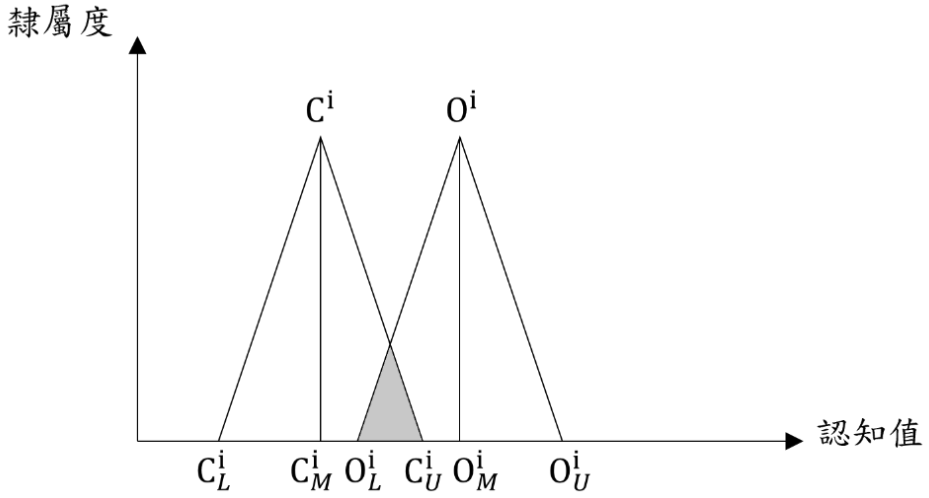


圖 4-2　最保守認知值與最樂觀認知值之三角模糊數

圖片來源：本計畫繪製

(四)步驟四

求出最保守認知值與最樂觀認知值之三角模糊數後，透過灰色地帶檢定法檢驗專家意見是否達到共識，共有以下三種情況。

1.兩三角模糊數無重疊($C_U^i \leq O_L^i$)

若兩三角模糊數無重疊現象，亦即C_U^i<O_L^i(圖 4-3)，或C_U^i=O_L^i(圖 4-4)，此時表示各專家的意見區間有共識，且共識趨近於此共識區間範圍內。此時，令評估項目 i 之共識重要程度值$G^i=\frac{C_M^i+O_M^i}{2}$。

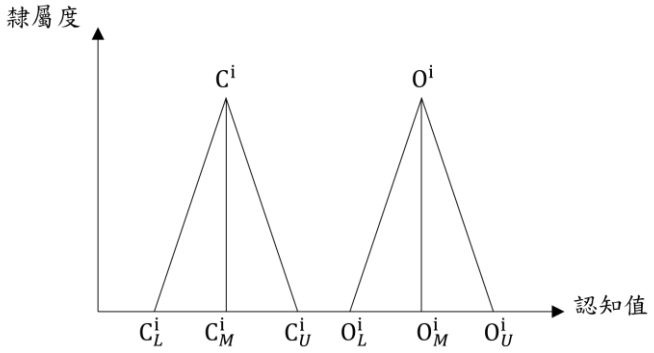


圖 4-3　三角模糊數無重疊圖：C_U^i<O_L^i

圖片來源：本計畫繪製

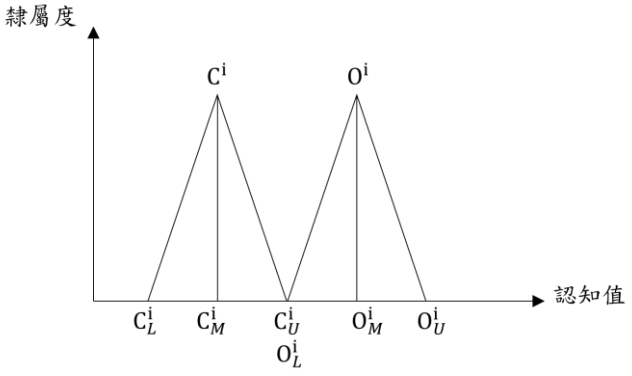


圖 4-4　三角模糊數無重疊圖：$C_U^i=O_L^i$

圖片來源：本計畫繪製

2.兩三角模糊數有重疊($C_U^i > O_L^i$)，且Z^i<M^i

當兩三角模糊數有重疊時，亦即$C_U^i > O_L^i$，表示各專家之意見區間無共識，且模糊關係之灰色地帶$Z^i=C_U^i - O_L^i$小於專家對該評估項目「最樂觀認知值的幾何平均值」與「最保守平均值的幾何平均值」之區間範圍$M^i=O_M^i - C_M^i$，詳圖 4-5。此時表示各專家之意見雖然無共識，但是給予極端值意見的兩位專家，並沒有與其他專家的意見相差過大導致意見分歧發散。此時意見已收斂，令評估項目 i 之共識重要程度值$G^i=\frac{(C_U^i \times O_M^i)-(O_L^i \times C_M^i)}{(O_M^i - O_L^i)+(C_U^i - C_M^i)}$。

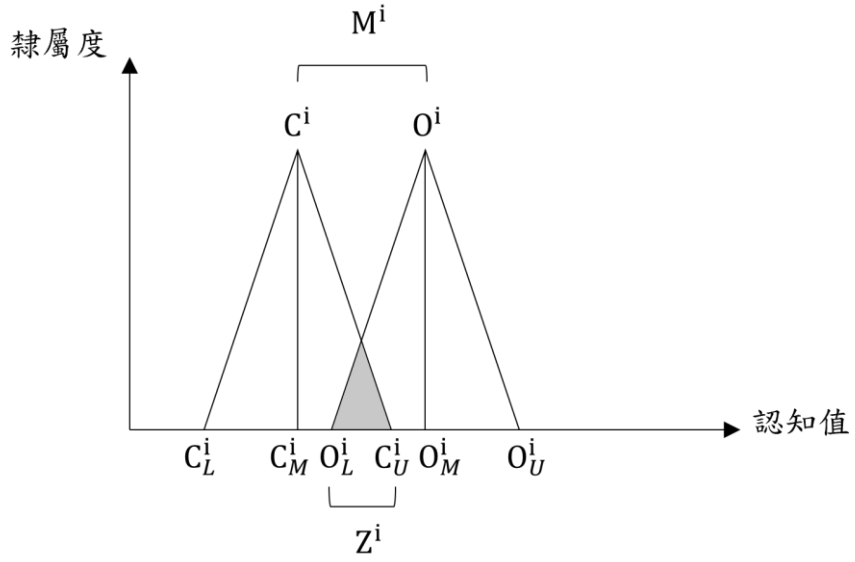


圖 4-5　有灰色地帶但已收斂之三角模糊數

圖片來源：本計畫繪製

3. 兩三角模糊數有重疊($C_U^i > O_L^i$)，且$Z^i > M^i$

當兩三角模糊數有重疊時，亦即$C_U^i > O_L^i$，表示各專家

之意見區間無共識，且模糊關係之灰色地帶$Z^i=C_U^i-O_L^i$大於專家對該評估項目「最樂觀認知值的幾何平均值」與「最保守平均值的幾何平均值」之區間範圍$M^i=O_M^i-C_M^i$，詳圖 4-6。此時表示各專家之意見無共識，且給予極端值意見的兩位專家，與其他專家的意見相差過大導致意見分歧發散，此時意見未收斂，剔除評估項目 i。

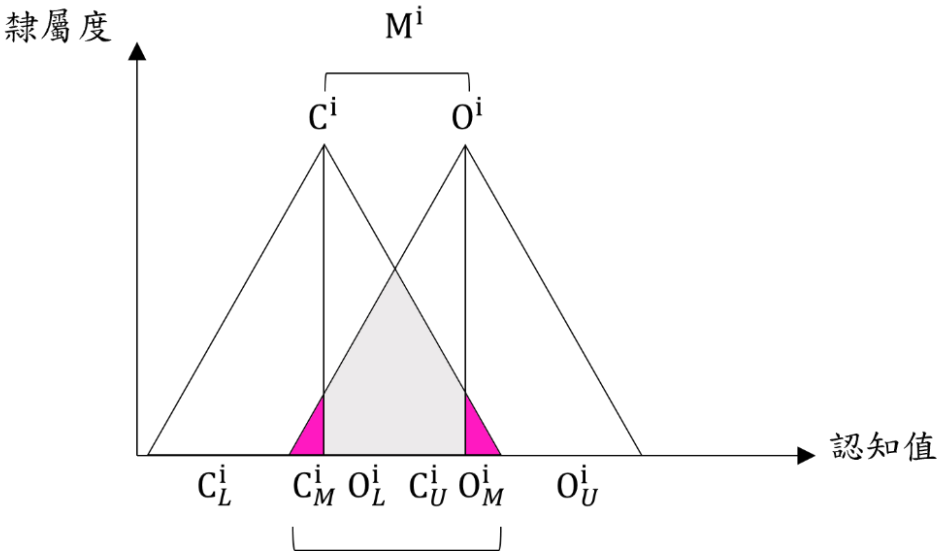


圖 4-6　有灰色地帶但未收斂之三角模糊數

圖片來源：本計畫繪製

第四節　第二輪專家學者訪談問卷成果彙整

本節說明第二輪專家學者訪談問卷發放及回收情形，以及回收後專家訪談問卷之評估項目重要性相關數據計算成果。

一、第二輪問卷發放情形

本計畫依據第一輪專家給分與回饋建立第二輪臺灣農村社區能

源自給評估表之專家訪談問卷，第二輪問卷重要性分數為一到七分，依照模糊德爾菲法設計，分數越大代表重要性越高，專家依照評估項目之重要性給予最大值、最小值及最適值。第二輪專家學者問卷邀請國內學界三位不同領域之專家學者參與訪談問卷，三位專家學者背景資料摘要如表 4-11 所示。

表 4-11　第二輪問卷專家學者背景資料摘要

編號	服務單位	職稱
A	臺北市立大學地球環境暨生物資源學系	助理教授
B	國立中興大學景觀遊憩學位學程	副教授
C	國立屏東科技大學農園生產系	助理教授

資料來源：本計畫繪製

二、第二輪太陽光電專家訪談問卷數據說明

第二輪太陽光電專家訪談問卷收回後分別將專家給予評估項目重要性之模糊區間，分為最保守認知值、最樂觀認知值統計，並計算出最保守認知值與最樂觀認知值之平均數、標準差，並以兩個標準差設定為左邊界、右邊界後，依照左右邊界剔除極端值。經過本計畫計算，由於在太陽光電問卷中專家給予重要性分數中皆無超越左右邊界之極端值，因此每位專家給予重要性分數全數保留(表 4-12、表 4-13)。

表 4-12　第二輪太陽光電專家訪談問卷最保守認知值計算

評估因素	評估項目		專家			最保守認知值			
			A	B	C	平均數	標準差	左邊界	右邊界
經濟因素	成本效益	農電共生型	4	5	6	5	0.82	3.37	6.63
		專區型/屋頂型	4	4	6	4.67	0.94	2.78	6.55
	法規政策		3	4	4	3.67	0.47	2.72	4.61
	系統壽命及維護		5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	廢棄物處理		5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
環境影響因素	氣候條件	日照時數	5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
		相對濕度	5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	地形條件		5	3	3	3.67	0.94	1.78	5.55
	景觀條件		5	5	5	5	0	5	5
	土壤污染		5	5	6	5.33	0.47	4.39	6.28
	對周邊建物及設施影響		5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	農地完整性影響		5	4	5	4.67	0.47	3.72	5.61
	對動物棲地影響		5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
作物因素	作物生長條件		5	2	4	3.67	1.25	1.17	6.16
	糧食生產		5	2	6	4.33	1.70	0.93	7.73
基礎設施因素	電網條件		5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
	變電系統		3	4	4	3.67	0.47	2.72	4.61

資料來源：本計畫彙整

表 4-13　第二輪太陽光電專家訪談問卷最樂觀認知值計算

評估因素	評估項目		專家			最樂觀認知值			
			A	B	C	平均數	標準差	左邊界	右邊界
經濟因素	成本效益	農電共生型	6	7	7	6.67	0.47	5.72	7.61
		專區型/屋頂型	6	7	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	法規政策		5	7	6	6	0.82	4.37	7.63
	系統壽命及維護		7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	廢棄物處理		7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
環境影響因素	氣候條件	日照時數	7	7	7	7	0	7	7
		相對濕度	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
	地形條件		7	6	5	6	0.82	4.37	7.63
	景觀條件		7	7	7	7	0	7	7
	土壤污染		7	7	7	7	0	7	7

	對周邊建物及設施影響	7	6	6	6.33	0.47	5.39	7.28
	農地完整性影響	7	7	7	7	0	7	7
	對動物棲地影響	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
作物因素	作物生長條件	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	糧食生產	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
基礎設施因素	電網條件	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	變電系統	6	7	6	6.33	0.47	5.39	7.28

資料來源：本計畫彙整

在剩餘未被剔除之值中統計出三角模糊數，亦即最保守認知值之最小值(C_L^i)、幾何平均值(C_M^i)、最大值(C_U^i)；與最樂觀認知值之最小值(O_L^i)、幾何平均值(O_M^i)、最大值(O_U^i)。並根據以上數值計算出兩三角模糊數之灰色地帶$Z^i=C_U^i-O_L^i$、共識區段$M^i=O_M^i-C_M^i$、收斂檢驗值M^i-Z^i、專家共識值G^i，並針對有灰色區間($Z^i>0$)且未收斂(收斂檢驗值<0)之評估項目予以剔除，且將本計畫之專家共識門檻值設為五，保留大於五之評估項目，剔除小於五之評估項目。臺灣農村地熱能自主評估表專家訪談問卷刪除之評估項目有：法規政策、地形條件、變電系統，專家訪談問卷之篩選成果列於表 4-14。

表 4-14　第二輪太陽光電專家訪談問卷計算成果

評估項目		最保守認知值			最樂觀認知值			灰色地帶 Z^i	共識區段 M^i	收斂檢驗值	專家共識值	第一輪問卷成果	篩選結果
		最小值	幾何平均值	最大值	最小值	幾何平均值	最大值						
成本效益	農電共生型	4	4.93	6	6	6.65	7	0	1.72	1.72	5.79	6.25	保留
	專區型/屋頂型	4	4.58	6	6	6.65	7	0	2.07	2.07	5.61	5.88	保留

法規政策		3	3.63	4	5	5.94	7	-1	2.31	3.31	4.79	-[36]	剔除
系統壽命及維護		3	4.22	5	6	6.65	7	-1	2.43	3.43	5.43	-	保留
廢棄物處理		3	4.22	5	6	6.65	7	-1	2.43	3.43	5.43	-	保留
氣候條件	日照時數	4	4.93	6	7	7	7	-1	2.07	3.07	5.97	6	保留
	相對濕度	3	4.22	5	5	6.26	7	0	2.04	2.04	5.24	4.88	保留
地形條件		3	3.56	5	5	5.94	7	0	2.39	2.39	4.75	4.88	剔除
景觀條件		5	5	5	7	7	7	-2	2	4	6	4.75	保留
土壤污染		5	5.31	6	7	7	7	-1	1.69	2.69	6.16	-	保留
對周邊建物及設施影響		3	4.22	5	6	6.32	7	-1	2.10	3.10	5.27	-	保留
農地完整性影響		4	4.64	5	7	7	7	-2	2.36	4.36	5.82	-	保留
對動物棲地影響		3	4.22	5	5	6.26	7	0	2.04	2.04	5.24	-	保留
作物生長條件		2	3.42	5	6	6.65	7	-1	3.23	4.23	5.03	5.63	保留
糧食生產		2	3.91	6	6	6.65	7	0	2.73	2.73	5.28	-	保留
電網條件		4	4.93	6	6	6.65	7	0	1.72	1.72	5.79	5.63	保留
變電系統		3	3.63	4	6	6.32	7	-2	2.68	4.68	4.98	5	剔除

資料來源：本計畫彙整

三、第二輪生質能源專家訪談問卷數據說明

第二輪生質能專家訪談問卷收回後分別將專家給予評估項目重要性之模糊區間，分為最保守認知值、最樂觀認知值統計，計算出最保守認知值與與最樂觀認知值之平均數、標準差，並以兩個標準差設定為左邊界、右邊界後，依照左右邊界剔除極端值。經過本計畫計算，由於在生質能問卷中專家給予重要性分數中皆無超越左右邊界之極端值，因此每位專家給予重要性分數全數保留(表 4-15、表 4-16)。

[36]第一輪成果中若顯示為「-」，則表示第一論問券中尚未有該評估項目。

表 4-15　第二輪生質能專家訪談問卷最保守認知值計算

評估因素	評估項目		專家			最保守認知值			
			A	B	C	平均數	標準差	左邊界	右邊界
社會因素	社交網絡		3	2	4	3	0.82	1.37	4.63
	供電系統更換意願		5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	地方領袖		3	2	6	3.67	1.70	0.27	7.07
	外溢效應		4	2	5	3.67	1.25	1.17	6.16
經濟因素	成本效益		5	4	5	4.67	0.47	3.72	5.61
	外在補助		3	2	5	3.33	1.25	0.84	5.83
	糧食生產		5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
環境影響因素	氣候條件		5	3	6	4.67	1.25	2.17	7.16
	土壤條件		5	2	6	4.33	1.70	0.93	7.73
	地形條件		5	2	6	4.33	1.70	0.93	7.73
	供水條件		5	2	6	4.33	1.70	0.93	7.73
	環境衝擊		5	1	5	3.67	1.89	-0.10	7.44
基礎設施因素	交通基礎設施	農村生質能至消費端	4	3	4	3.67	0.47	2.72	4.61
		生質原料至處理設施	4	3	4	3.67	0.47	2.72	4.61
	儲存及設置發電潛在閒置空間		4	2	6	4	1.63	0.73	7.27
	電氣化農機設施設備		5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
	防災條件		5	2	5	4	1.41	1.17	6.83

資料來源：本計畫彙整

表 4-16　第二輪生質能專家訪談問卷最樂觀認知值計算

評估因素	評估項目	專家			最樂觀認知值			
		A	B	C	平均數	標準差	左邊界	右邊界
社會因素	社交網絡	5	5	6	5.33	0.47	4.39	6.28
	供電系統更換意願	7	7	7	7	0	7	7
	地方領袖	5	5	7	5.67	0.94	3.78	7.55
	外溢效應	6	5	7	6	0.82	4.37	7.63
經濟因素	成本效益	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61

	外在補助	6	5	7	6	0.82	4.37	7.63
	糧食生產	7	7	7	7	0	7	7
環境影響因素	氣候條件	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	土壤條件	7	4	7	6	1.41	3.17	8.83
	地形條件	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
	供水條件	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
	環境衝擊	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
基礎設施因素	交通基礎設施 農村生質能至消費端	6	6	6	6	0	6	6
	交通基礎設施 生質原料至處理設施	6	6	6	6	0	6	6
	儲存及設置發電潛在閒置空間	6	5	7	6	0.82	4.37	7.63
	電氣化農機設施設備	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	防災條件	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22

資料來源：本計畫彙整

在剩餘未被剔除之值中統計出三角模糊數，亦即最保守認知值之最小值(C_L^i)、幾何平均值(C_M^i)、最大值(C_U^i)；與最樂觀認知值之最小值(O_L^i)、幾何平均值(O_M^i)、最大值(O_U^i)。並根據以上數值計算出兩三角模糊數之灰色地帶$Z^i=C_U^i-O_L^i$、共識區段$M^i=O_M^i-C_M^i$、收斂檢驗值M^i-Z^i、專家共識值G^i，並針對有灰色區間($Z^i>0$)且未收斂(收斂檢驗值<0)之評估項目予以剔除，且將本計畫之專家共識門檻值設為五，保留大於五之評估項目，剔除小於五之評估項目。根據此篩選標準，本計畫臺灣農村生質能自主評估表專家訪談問卷刪除之評估項目有：社交網絡、外溢效應、外在補助、土壤條件、環境衝擊、交通基礎設施、防災條件，專家訪談問卷之篩選成果列於表 4-17。

表 4-17　第二輪生質能專家訪談問卷計算成果

評估因素	評估項目	最保守認知值			最樂觀認知值			灰色地帶 Z^i	共識區段 M^i	收斂檢驗值	專家共識值	第一輪問卷成果	篩選結果
		最小值	幾何平均值	最大值	最小值	幾何平均值	最大值						
社會因素	社交網絡	2	2.88	4	5	5.31	6	-1	2.43	3.43	4.10	4.75	剔除
	供電系統更換意願	3	4.22	5	7	7	7	-2	2.78	4.78	5.61	5.75	保留
	地方領袖	2	3.30	6	5	5.59	7	1	2.29	1.29	5.18	5.63	保留
	外溢效應	2	3.42	5	5	5.94	7	0	2.52	2.52	4.68	-[37]	剔除
經濟因素	成本效益	4	4.64	5	6	6.65	7	-1	2.01	3.01	5.65	6	保留
	外在補助	2	3.11	5	5	5.94	7	0	2.84	2.84	4.53	-	剔除
	糧食生產	4	4.93	6	7	7	7	-1	2.07	3.07	5.97	-	保留
環境影響因素	氣候條件	3	4.48	6	6	6.65	7	0	2.17	2.17	5.57	5.13	保留
	土壤條件	2	3.91	6	4	5.81	7	2	1.89	-0.11	-	5	剔除
	地形條件	2	3.91	6	5	6.26	7	1	2.34	1.34	5.38	5	保留
	供水條件	2	3.91	6	5	6.26	7	1	2.34	1.34	5.38	5.63	保留
	環境衝擊	1	2.92	5	5	6.26	7	0	3.33	3.33	4.59	-	剔除
基礎設施因素	交通基礎設施 農村生質能至消費端	3	3.63	4	6	6	6	-2	2.37	4.37	4.82	4.75	剔除
	交通基礎設施 生質原料至處理設施	3	3.63	4	6	6	6	-2	2.37	4.37	4.82	4.75	剔除
	儲存及設置發電潛在閒置空間	2	3.63	6	5	5.94	7	1	2.31	1.31	5.29	5.25	保留
	電氣化農機設施設備	4	4.93	6	6	6.65	7	0	1.72	1.72	5.79	-	保留
	防災條件	2	3.68	5	5	6.26	7	0	2.57	2.57	4.97	-	剔除

資料來源：本計畫彙整

[37] 第一輪成果中若顯示為「-」，則表示第一論問券中尚未有該評估項目。

四、第二輪地熱能源專家訪談問卷數據說明

第二輪地熱能專家訪談問卷收回後分別將專家給予評估項目重要性之模糊區間，分為最保守認知值、最樂觀認知值統計，計算出最保守認知值與與最樂觀認知值之平均數、標準差，並以兩個標準差設定為左邊界、右邊界後，依照左右邊界剔除極端值。經過本計畫計算，由於在生質能問卷中專家給予重要性分數中皆無超越左右邊界之極端值，因此每位專家給予重要性分數全數保留(表 4-15、表 4-16)。

表 4-18　第二輪地熱能專家訪談問卷最保守認知值計算

評估因素	評估項目	專家			最保守認知值			
		A	B	C	平均數	標準差	左邊界	右邊界
經濟因素	成本效益	5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
	受益人口	5	2	5	4	1.41	1.17	6.83
社會因素	社會條件	3	3	6	4	1.41	1.17	6.83
環境條件	溫度條件	5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
	坡度條件	5	2	4	3.67	1.25	1.17	6.16
	地層條件	5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	水資源條件	4	3	6	4.33	1.25	1.84	6.83
基礎設施因素	土地及空間條件	5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	電網條件	5	4	6	5	0.82	3.37	6.63
環境影響因素	景觀影響	4	2	6	4	1.63	0.73	7.27
	災害影響	5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22
	生態影響	5	2	5	4	1.41	1.17	6.83
	噪音影響	5	2	5	4	1.41	1.17	6.83
	廢氣排放影響	5	3	5	4.33	0.94	2.45	6.22

資料來源：本計畫彙整

表 4-19　第二輪地熱能專家訪談問卷最樂觀認知值計算

評估因素	評估項目	專家			最樂觀認知值			
		A	B	C	平均數	標準差	左邊界	右邊界
經濟因素	成本效益	7	7	7	7	0	7	7
	受益人口	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
社會因素	社會條件	5	7	7	6.33	0.94	4.45	8.22
環境條件	溫度條件	7	7	7	7	0	7	7
	坡度條件	7	5	6	6	0.82	4.37	7.63
	地層條件	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	水資源條件	6	6	7	6.33	0.47	5.39	7.28
基礎設施因素	土地及空間條件	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	電網條件	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
環境影響因素	景觀影響	6	5	7	6	0.82	4.37	7.63
	災害影響	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61
	生態影響	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
	噪音影響	7	5	7	6.33	0.94	4.45	8.22
	廢氣排放影響	7	6	7	6.67	0.47	5.72	7.61

資料來源：本計畫彙整

在剩餘未被剔除之值中統計出三角模糊數，亦即最保守認知值之最小值(C_L^i)、幾何平均值(C_M^i)、最大值(C_U^i)；與最樂觀認知值之最小值(O_L^i)、幾何平均值(O_M^i)、最大值(O_U^i)。並根據以上數值計算出兩三角模糊數之灰色地帶$Z^i=C_U^i-O_L^i$、共識區段$M^i=O_M^i-C_M^i$、收斂檢驗值M^i-Z^i、專家共識值G^i，並針對有灰色區間($Z^i>0$)且未收斂(收斂檢驗值<0)之評估項目予以剔除，且將本計畫之專家共識門檻值設為五，保留大於五之評估項目，剔除小於五之評估項目。根據此篩選標準，本計畫臺灣農村地熱能自主評估表專家訪談問卷刪除之評估項目有：受

益人口、坡度條件、生態影響、噪音影響，專家訪談問卷之篩選成果列於表 4-20。

表 4-20　第二輪地熱能專家訪談問卷計算成果

評估因素	評估項目	最保守認知值			最樂觀認知值			灰色地帶 Z^i	共識區段 M^i	收斂檢驗值	專家共識值	第一輪問卷成果	篩選結果
		最小值	幾何平均值	最大值	最小值	幾何平均值	最大值						
經濟因素	成本效益	4	4.93	6	7	7	7	-1	2.07	3.07	5.97	6.5	保留
	受益人口	2	3.68	5	5	6.26	7	0	2.57	2.57	4.97	-[38]	剔除
社會因素	社會條件	3	3.78	6	5	6.26	7	1	2.48	1.48	5.36	-	保留
環境條件	溫度條件	4	4.93	6	7	7	7	-1	2.07	3.07	5.97	6	保留
	坡度條件	2	3.42	5	5	5.94	7	0	2.52	2.52	4.68	5.25	剔除
	地層條件	3	4.22	5	6	6.65	7	-1	2.43	3.43	5.43	5.25	保留
	水資源條件	3	4.16	6	6	6.32	7	0	2.16	2.16	5.24	5.5	保留
基礎設施因素	土地及空間條件	3	4.22	5	6	6.65	7	-1	2.43	3.43	5.43	5.25	保留
	電網條件	4	4.93	6	6	6.65	7	0	1.72	1.72	5.79	5.38	保留
環境影響因素	景觀影響	2	3.63	6	5	5.94	7	1	2.31	1.31	5.29	-	保留
	災害影響	3	4.22	5	6	6.65	7	-1	2.43	3.43	5.43	-	保留
	生態影響	2	3.68	5	5	6.26	7	0	2.57	2.57	4.97	-	剔除
	噪音影響	2	3.68	5	5	6.26	7	0	2.57	2.57	4.97	-	剔除
	廢氣排放影響	3	4.22	5	6	6.65	7	-1	2.43	3.43	5.43	-	保留

資料來源：本計畫彙整

第五節　臺灣農村社區能源自給之自主評估表

本節為根據第四章第四節專家給予之共識值篩選後之成果彙整，

[38] 第一輪成果中若顯示為「-」，則表示第一論問券中尚未有該評估項目。

所建構之臺灣農村社區太陽能、生質能與地熱能自給之自主評估表。

關於太陽光電之臺灣農村社區能源自給自評表評估因素有經濟因素、環境影響因素、作物因素、基礎設施因素，不僅考量太陽光電之發電是否具有成本效益、農村是否有相關電網條件，以及太陽光電需求之環境外，也考慮到太陽光電之維護管理與報廢，更納入土壤汙染、動物棲地、農地完整性、周邊建物設施之太陽光電對環境影響之評估因素，詳見表 4-21。

表 4-21　臺灣農村社區太陽光電能源自給自主評估表

臺灣農村社區能源自給自評表：太陽光電		
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**
經濟因素	成本效益	農電共生型：須考量建造光電系統所花費成本與收益，加上原有作物是否因光電板遮蓋影響日照，進而減少經濟收益。
		專區/屋頂型：須考量社區內可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，其發電量是否與建造光電系統所花費成本相比具有經濟效益。
	系統壽命及維護	農村社區設置太陽光電設備前，須先評估裝設太陽光電系統之預期壽命及耐用性。
	廢棄物處理	農村社區須具備支付太陽光電板及耗材等限期報廢時，相關廢棄物處理成本之能力。
環境影響因素	氣候條件	日照時數：太陽輻射為主要太陽光電之能量來源，太陽能板在日照充足的情況下方可達最高效率。
		相對濕度、風速和氣溫將影響太陽能板上之對流加熱或冷卻；水蒸氣將改變太陽輻射電效能。
	景觀條件	光電板可能會破壞景觀，若與主要道路及房屋與農田之距離愈遠，可與周圍環境越和諧。
	土壤污染	建置太陽能設備可能需混凝土基座或移除植被，均需考

		量其對農村社區土壤沖蝕、山坡地水土保持之影響。
	對周邊建物及設施影響	須考量光電板設置區位對於周邊建物、設施或耕地等是否形成採光遮蔽、造成反光等影響。
	農地完整性影響	須考量農村社區設置太陽光電設施及輸電線路等是否造成農地穿孔、切割或破碎化等影響。
	對動物棲地影響	須考量農村社區設置光電設施對野生動物棲地之影響。
作物因素	作物生長條件	農電共生型在設置太陽光電板之環境條件下，農村社區是否具耕種合適作物類別之經驗與能力。
	糧食生產	農電共生恐將排擠農村社區可耕地面積，須優先使用不利生產之耕地，並將未來復耕之可行性納入考量。
基礎設施因素	電網條件	太陽光電產生之電力是否能與當地供電系統併聯，距離電網越近則傳輸成本及電力耗損愈低。

資料來源：本計畫繪製

臺灣農村生質能自給之評估因素則以經濟因素與基礎設施因素為核心考量外，因生質能源需有生質作物作為原料，因此評估因素多項環境影響因素，包含：氣候條件、地形條件、供水條件。另外，由於生質能源多以農村為群體共同經營，而須考慮社會因素，包含：農村社區中居民之供電系統更換意願以及是否具有誠信及正直之地方領袖，以推動生質能源自主，詳見表 4-22。

表 4-22　臺灣農村社區生質能能源自給自主評估表

臺灣農村社區能源自給自評表：生質能		
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**
社會因素	供電系統更換意願	農村社區中居民同意更換供電系統之意願高低。
	地方領袖	農村社區中具有誠信及正直之領導者，願意主動推行以生

		質能為能源自主標的。
經濟因素	成本效益	農村社區可取得之生質能料源，若將其轉為發電所需成本，是否可低於非再生能源發電。
	糧食生產	農村若生產生質能源作物替代原作物，對糧食產量及糧食自給率之影響應納入考量。
環境影響因素	氣候條件	農村社區在目前氣候及未來氣候變遷情形下(溫度、月降雨量、平均每日日照等)，均可能影響生質作物生長及產量。
	地形條件	海拔高度、斜率（%）、土壤酸鹼值，可能影響生質作物生長及產量。
	供水條件	農村社區供水條件是否能滿足生質作物之水足跡。
基礎設施因素	儲存及設置發電潛在閒置空間	農村社區是否有潛在閒置空間存放生質原料，以及是否有潛在閒置空間可設置生質能發電設施。
	電氣化農機設施設備	農村社區內是否具備且充足，生產生質能源作物所需之特殊電氣化農機具設施設備。

資料來源：本計畫繪製

臺灣農村地熱能源自給之評估因素主要考量經濟、基礎設施、社會因素以外，發展地熱能源需有環境之特殊性，因此納入溫度條件、地層條件、水資源條件。由於發展地熱能源過程中需鑽探地熱井及設置相關設備，而需要考量對環境的景觀、災害與廢氣排放影響，詳見表 4-23。

表 4-23　臺灣農村社區地熱能能源自給自主評估表

臺灣農村社區能源自給自評表：地熱能		
評估因素	**評估項目**	**操作型定義**
經濟因素	成本效益	須考量地熱開發所需成本，包括地面成本(如地面勘探、設廠成本等)，及地下投資成本(如鑽井深度)，與發電收益相比是否具經濟效益。

社會因素	社會條件	農村社區發展地熱能須確保可獲得投資者、政策制定者、地方當局和居民之認可。
環境條件	溫度條件	農村社區之地熱溫度及梯度將影響發電效率。
	地層條件	若農村社區處於斷層密集或地裂密集處，將有較高之滲透率，有助於收集地熱能。
	水資源條件	農村社區是否具備水資源可供冷卻地熱能發電設備，或用以注水加熱為蒸氣進而推動渦輪發電機。
基礎設施因素	土地及空間條件	農村社區是否有閒置潛在土地並符合管制規範，可設置鑽探井、渦輪發電機、管道等地熱設施。
	電網條件	農村社區地熱發電產出是否可饋線至鄰近電網。
環境影響因素	景觀影響	農村社區於地熱設施建造後，是否與原有景觀維持協調。
	災害影響	須考量地熱發電改變之地層孔隙壓力及溫度等，可能有誘發地震或地質災害等風險。
	廢氣排放影響	地熱能仰賴地底熱水推動渦輪機發電，在此過程中將排放二氧化碳、甲烷等溫室氣體至農村社區，須納入考量。

資料來源：本計畫繪製

第五章　臺灣農村社區能源自給案例實證

第一節　臺灣農村社區再生能源案例及法規彙整

一、嘉義：明華社區

嘉義縣大林鎮明華社區人口數約 1300 人，早期里長因不忍社區沒落，決定以綠化為目標進行社區再造，並參訪了全台規模最大的太陽能社區、臺南「人間清境」後，確立了在明華社區發展太陽能的目標，且於 2019 年參與政府推動農村再生計畫，致力於社區文化、生態、產業及社福長照，對社區有很大的幫助。近年來政府大力推動再生能源發展，明華社區也參與其中，明華社區居民更集資共同成立「公民電廠」合作社，早期太陽能發電廠域有四個，目前仍續繼增加中，且社區裝設太陽能板的標準化過程還通過 ISO 140001 環境管理系統認證，讓明華成為全台第一個有國際認證的社區。除目前活動中心樓上的太陽能外，社區發展協會與居民達成共識，加上台電輔導，成立保證責任嘉義縣大林公民電廠生產合作社，建置房屋型太陽能(王炘珏，2020)。

二、南投：魚池鄉東光社區

東光社區位於南投縣東光溪右岸，地勢成東高西低，海拔高度為 600 至 750 公尺之間，水位高低落差較大，為低海拔山區(李婉婷、徐

森城，2022)。東光社區以供地方農業灌溉之向天圳作為開端，藉水位高低落差及供水穩定等優勢(如圖 5-1)，成立全國第一座小水力創生社區，其中小水力系統的發電力為太陽光電 6 倍，富有發電穩定、開發時間短及低汙染等優勢，對於資源匱乏的臺灣來說係為來自大自然為數不多的餽贈(水律能源股份有限公司，2022a) [39]。

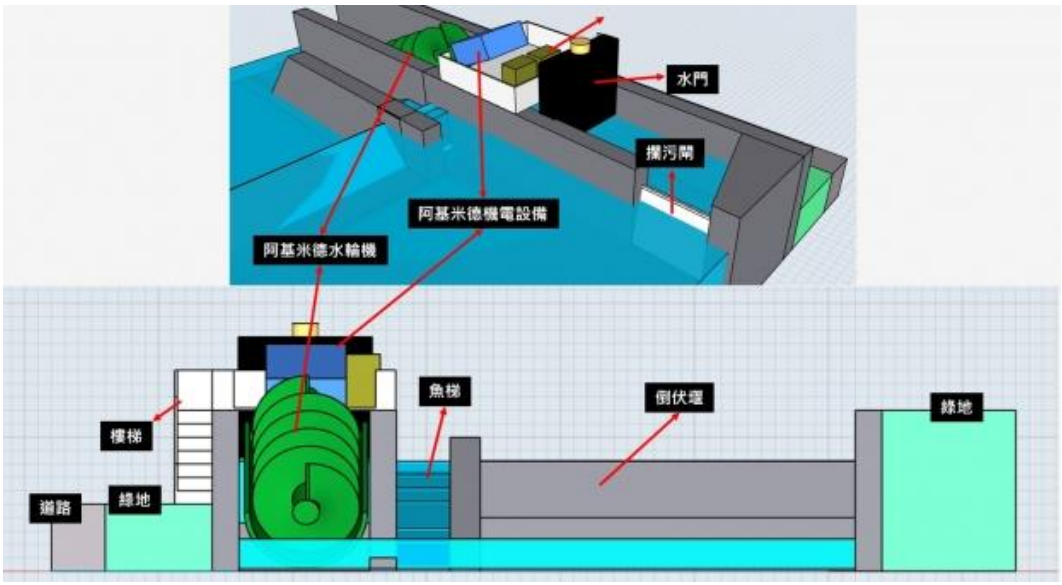


圖 5-1　南投縣魚池鄉東光社區小水力系統示意圖

(水律能源股份有限公司，2022b)

三、屏東：達順農場合作社

達順農場合作社，由格園種苗主導成立。格園種苗為國家發展委員會天使基金所輔導之社會企業，以解決農村議題為主旨，從事健康種苗、農業規劃與政府計畫輔導等作業，並於民國 107 年達順農場設

[39] Retrieved from ： https://www.taiwan-hydropower-phd.com.tw/autopage/2/15 (Access date: 2022/10/15).

置占地達 2 公頃之光電板，以高經濟作植香夾蘭為主要作物，結合育苗作業以降低農民購苗成本，增加農民收益利潤，香草用途廣泛，目前為全球需求量較高之高經濟作植，達順農場瞄準商機與種苗公司配合，結合臺灣蝴蝶蘭培植基礎培養無病毒之優良種苗，整合上下游，構建完善產業鏈(財團法人主婦聯盟環境保護基金會，2021)。

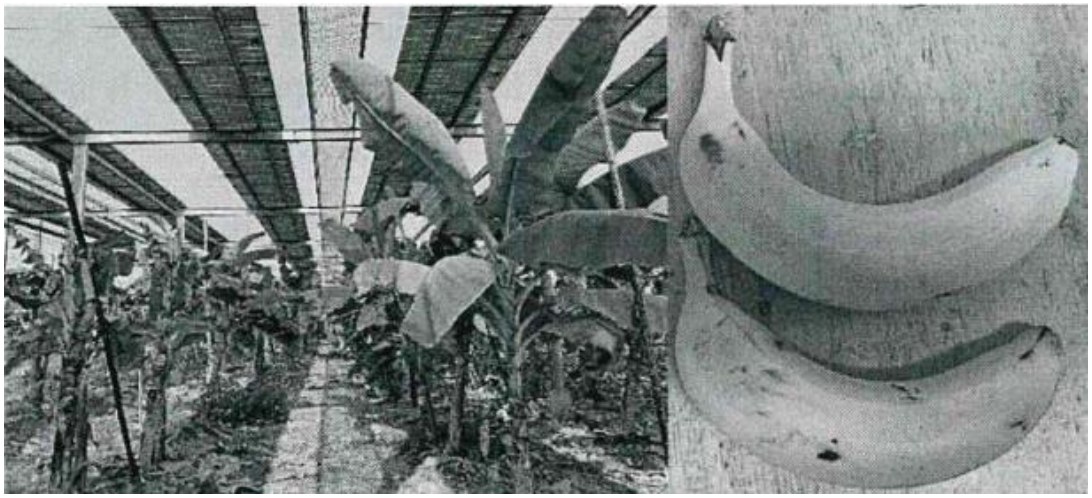


圖 5-2　屏東達順農場合作社光環境營造

(財團法人主婦聯盟環境保護基金會，2021：3)[40]

四、 設置再生能源相關法規彙整

我國對於再生能源則有詳細定義及設置規範，本計畫彙整我國再生能源相關法規並將其列於**附錄五、設置再生能源相關法規**中，以下簡要說明現行之相關法令規範。

[40] 圖 5-2 取自財團法人主婦聯盟環境保護基金會(2021：3)，該農場香蕉樹之葉片因太陽能板保護較完整，且其種植出來之香蕉雖較小，但符合日本市場之需求，另外太陽能板裝設有助於抵禦風害，將抗風能力由 10 級風提升至 17 級風。

申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法規定第二十七條則說明太陽光電屬於其所規定之綠能設施，而針對該綠能設施得以設置於農地之情形規範於第二十七條之二；有關詳細綠能設施之施作方式與限制規範於第二十七條之三，該辦法也同時規範屋頂型綠能設施容許使用之事項及情形（第二十八條）、地面型綠能設施經營目的限制與申請事項（第二十九條）、綠能設施面積限制（第三十條）。而依照水土保持法若太陽光電設置於山坡地，致使需要有修築農路或整坡作業者，應擬具水土保持計畫並檢附環評審查結果；另申請農業用地作農業設施容許使用，則依該審查辦法第三條，說明水土保持計畫得以簡易水土保持申報書取代之。

另外，再生能源發展條例於第三條中說明太陽能、地熱能及生質能皆為再生能源，並針對生質能、地熱能有給予詳細定義（第三條）。對於生質能獎勵補助亦有相關規範（第十三條）。再生能源發電設備設置管理辦法則給予生質能源之發電設備詳細定義（第三條第十二款），並給予發電設備之燃料來源有相當程度之規範（第七條第一項第五款）；而再生能源發展條例中，亦有規範關於地熱能之探勘許可、申請單位與年限（第十五之一條）、地熱能開發許可（第十五之二條）、地熱能尾水回收規範（第十五之二條第四項）等，為當前臺灣農村社區欲發展生質能源及地熱能時，所需遵循之重要法令。

第二節　具太陽光電潛力之農村社區實證

一、案例地區簡介：臺中市新社區慶西社區

（一）慶西社區社區簡介

慶西社區位於臺中市新社區東側，係由雙連潭、湖興、大排、下坪（矮山坪）、下水底寮及上坪（新六村）六個聚落所組成，客家閩南人占比約 60%、40%；慶西社區北與月湖里相鄰，西邊與協成里相連，南與中和里相鄰，東以大甲溪為界接鄰東勢區；慶西里境內河階廣佈，社區聚落集中於中 95 縣道沿線，農村再生社區範圍如圖 5-3 及圖 5-4，面積約為 595 公頃(如表 5-1)。



圖 5-3　臺中市新社區慶西社區位置圖

(臺中市新社區慶西社區發展協會，2021)

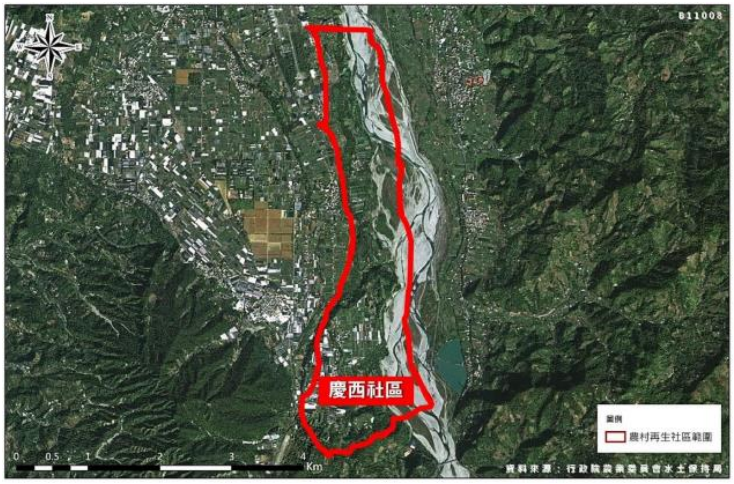


圖 5-4　慶西社區範圍圖

(臺中市新社區慶西社區發展協會，2021)

表 5-1　臺中市新社區慶西社區基本資料

(1)社區現況及資源			
社區人口數：	1088	社區戶數：	297
社區總面積：	595 公頃	主要產業：	香菇、高接梨、葡萄、甜桃
社區特色資源：	白冷圳文化節、食農教育 DIY 體驗活動		
(2)農村社區類型及特性分類			
農村類型：	山村	地形分區：	河階台地、山林地
族群：	客家、漢人	特色(人文景觀及休憩環境)：	香菇類栽培設施景觀、白冷圳
願景：	幸福滿滿香菇里・慶西豐收好福氣		
重點發展區：	客家文化重點發展區		
產業發展結合：	休閒農業區		

培根計畫：	已參與，關懷班,進階班,核心班,再生班

(3)農村再生計畫申請

計畫名稱：	臺中市新社區慶西社區農村再生計畫	計畫年度：	110～114
提案單位：	臺中市新社區慶西社區發展協會	審查狀態：	核定(2021/10/05)

(行政院農委會水土保持局，2021b；臺中市新社區慶西社區發展協會，2021)

(二)空間及土地利用

慶西社區空間屬典型農村，在土地利用上以農牧用地面積最大(如圖 5-8)，其次為林業用地。在農作種植面積中以菇類空間所佔面積最大(100 公頃)，其次為蔬菜(60 公頃)、果樹(35 公頃)及花卉類(20 公頃)。

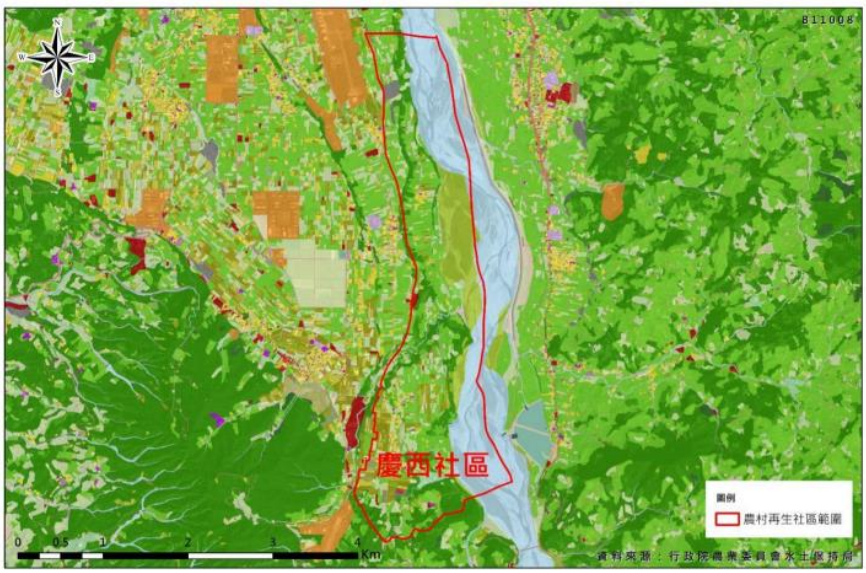


圖 5-5　慶西社區土地利用現況圖

(臺中市新社區慶西社區發展協會，2021)

(三)產業型態

慶西社區由於地形氣候有向陽坡特性，因此適合菇類及水果生，主要從事一級農產，並以菇類、蔬果與花卉等高經濟作物為主，其中包括菇類、蔬果、花卉及印加果，規模約占 215 公頃。其中菇類栽培除了是主要作物外也是產值最高的農產；蔬果類包括高接梨、葡萄及甜桃等；花卉則以百合為主(如表 5-2 及表 5-3)。

表 5-2　慶西社區主要農產品產季表

農產	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
香菇	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高接梨						■	■	■	■			
葡萄	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
枇杷		■	■									
甜桃			■	■	■	■						
百合	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■

(臺中市新社區慶西社區發展協會，2021)

表 5-3　臺中市新社區慶西社區產業調查資料一覽表

產業別	產業種類	事業名稱	家數/規模 (公頃貨數量)
一級	農業	菇類、蔬果、花卉、印加果	215 公頃
	畜牧業	養雞場	2 戶

	食品製造業	信華農場	1 家
二級	金屬製造業	周氏鐵工廠	1 家
	木材製造業	許氏木材行	1 家
	商品買賣業	六村商店	1 家
		玉山香菇行	1 家
	個人服務業	園情蜜意無毒養生農園	1 家
三級		周人的安心農園	1 家
		雙連潭生態茶園	1 家
		髮舍	1 家
		傳統美髮店	1 家

(臺中市新社區慶西社區發展協會，2021)

(四)人口分布情形

臺中市新社區慶西社區之高人口密度區域以社區西北方為主，包含人口密度達每平方公里 220-390 人之區域，社區聚落亦集中於此；慶西社區南方則屬人口密度較低之區域（0-28 人/平方公里），整體人口空間分布較不平均，如圖 5-6 所示。

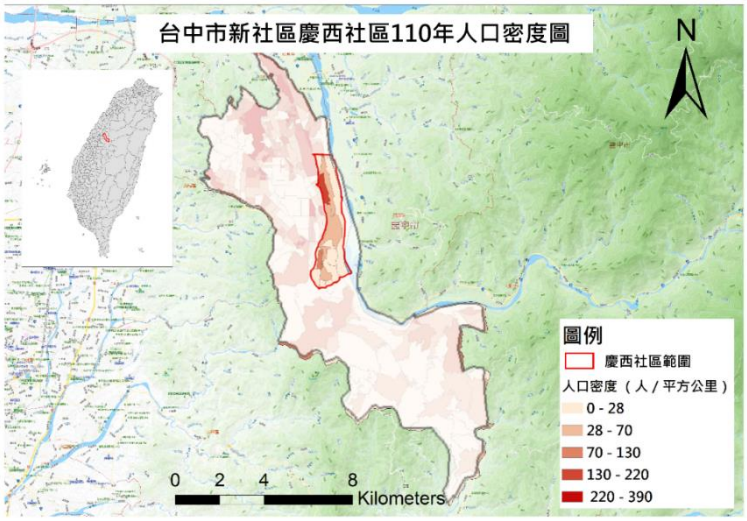


圖 5-6　臺中市新社區慶西社區人口密度圖

(五)社區內坡度資料

臺中市新社區慶西社區之坡度分級狀況，其中一級坡區域面積占最多，區內亦有少數五、六級坡等不可開發範圍，但因面積較小，對於社區整體發展較不受其影響，詳圖 5-7 所示。

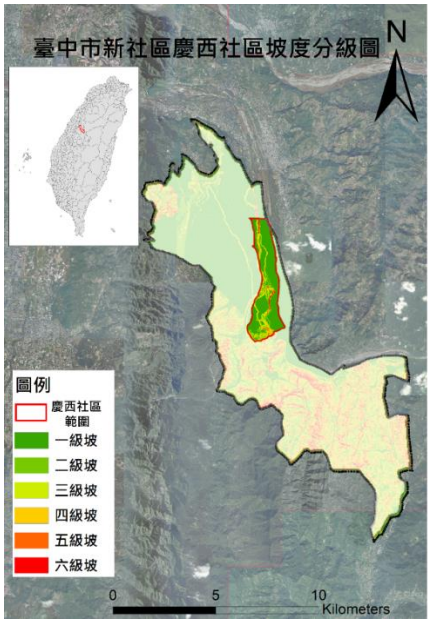


圖 5-7　慶西社區坡度圖

(六)氣溫及降水量

臺中市新社區自動氣象站觀測資料之降雨量最高月份為 7 月份 465.5 毫米，最低降水量則為 10 份 22.5 毫米。則平均氣溫最高月分為 8 月 26.9 度，最低平均溫度為 2 月份 15.7 度，降水量分佈以 5 月份至 9 月份為主，總累積雨量共為 2049 毫米，詳圖 5-8。

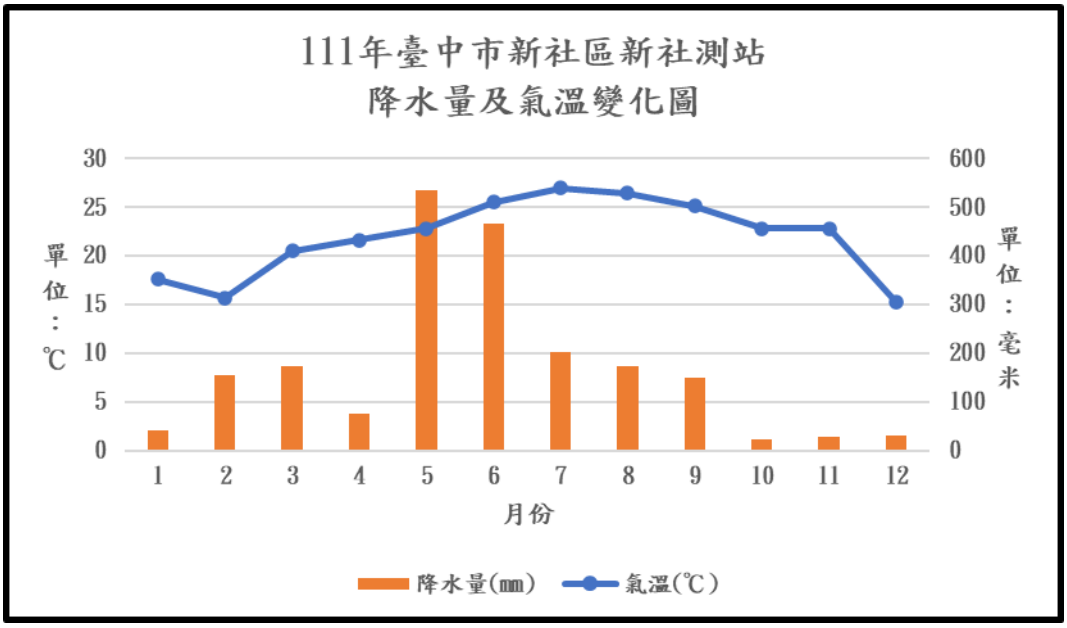


圖 5-8　新社測站降水量及氣溫變化圖

圖片來源：本計畫繪製[41]

(七)可再生能源發展潛力

慶西社區在社區未來發展願景中指出再生能源項目，但其農村再生計畫中尚未對此深度討論，然而慶西社區係以菇類養殖作

[41] 資料取自：https://codis.cwb.gov.tw/StationData (Access date: 2023/11/2)

為大宗，並且具向陽坡地理環境特質，因此慶西社區可結合此產業及環境特性，以朝向太陽能(放置於菇棚頂)農村自主能源方向推動。

二、農村社區現地勘查及訪談

將透過現地勘查及訪談農村社區，結合本計畫所建構之農村社區能源自給自評表，了解臺中市新社區慶西社區若發展太陽光電以朝向能源自給之可能性。(**進行中，將於期末審查會及成果報告中呈現**)

三、課題對策

將以太陽光電型農村針對案例地區之情境進行課題說明。針對上述太陽光電型農村類型發展農村社區能源自主所面臨之課題進行對策研擬，並依國外農村社區能源自主成功案例，提供可能之方向及建議。(**進行中，將於期末審查會及成果報告中呈現**)

第三節　具生質能潛力之農村社區實證

一、案例地區簡介：新竹縣寶山鄉新城社區

(一)新城社區社區簡介

新城社區位於新竹縣寶山鄉，本次規劃範圍為新城村全村面積約 850 公頃，新城社區東鄰三峰村，西鄰深井村，南鄰寶斗村，北鄰雙新村(如圖 5-9 及圖 5-10)；其中深井社區已通過農村再生計

畫之核定，未來將透過線狀之串連，連結深井社區與新城社區，進而擴大農村再生之整體效應(如表 5-4)。

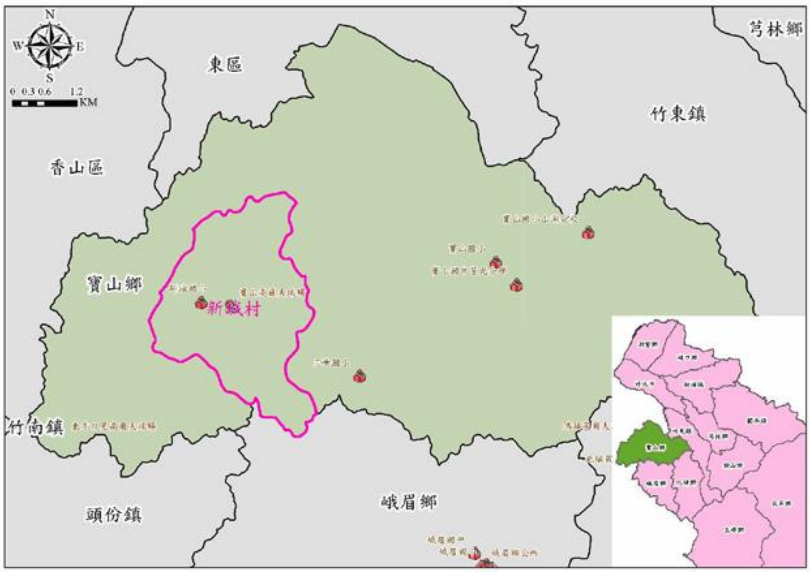


圖 5-9　新城社區範圍圖

(新竹縣寶山鄉新城社區發展協會，2013)

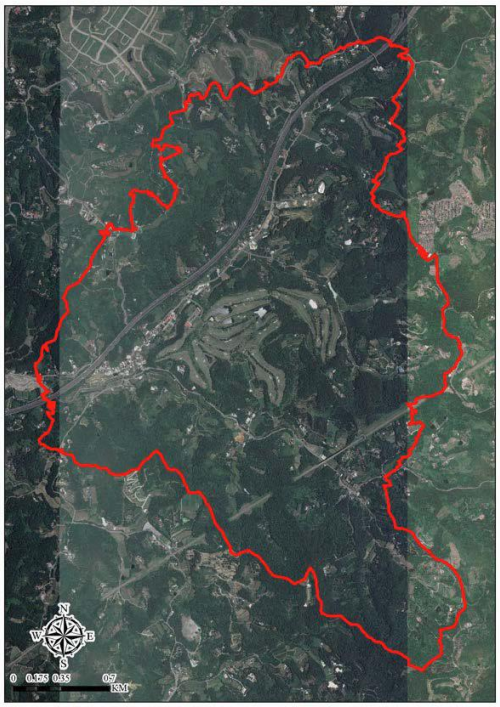


圖 5-10　新城社區位置圖

(新竹縣寶山鄉新城社區發展協會，2013)

表 5-4　新竹縣寶山鄉新城社區基本資料

(1)社區現況及資源			
社區人口數：	1332	社區戶數：	475
社區總面積：	850 公頃	主要產業：	桶柑、黑糖、綠竹筍
社區特色資源：	新城風糖休閒園區、寶山蠟藝館(燭園)、巃西堂、寶山糖廠、農塘生態步道、鄰近科學園區		
(2)農村社區類型及特性分類			
農村類型：	山村	地形分區：	近山地區
族群：	客家	特色(人文景觀及休憩環境等)：	新城風糖；有古蹟及古厝，風景優美，環境佳；保有客家傳統文化、生活及慶典活動。
願景：	新豐護新城 竹情燃燭藝 客獅傳文化 風糖慶豐收		
重點發展區：	客家文化重點發展區		
產業發展結合：	休閒農業區		
培根計畫：	已參與，關懷班,進階班,核心班,再生班		
(3)農村再生計畫申請			
計畫名稱：	新竹縣寶山鄉新城社區農村再生計畫	計畫年度：	102～107

提案單位：	新竹縣寶山鄉新城社區發展協會	審查狀態：	核定(2013/09/27)

(行政院農業委員會水土保持局，2021a)

(二)空間與土地利用

農作現況丘陵地仍保留種植柑橘及甘蔗、竹筍、檳欖居多約占 2/3，較平坦地區則種植水稻及蔬菜等約占 1/3，大都分散在東崎路、新珊路、峰城路及東坑路等沿線，由於就在住家周邊就近耕作農事較為方便，因此聚落分散處即為農作密集區(如圖 5-11)。

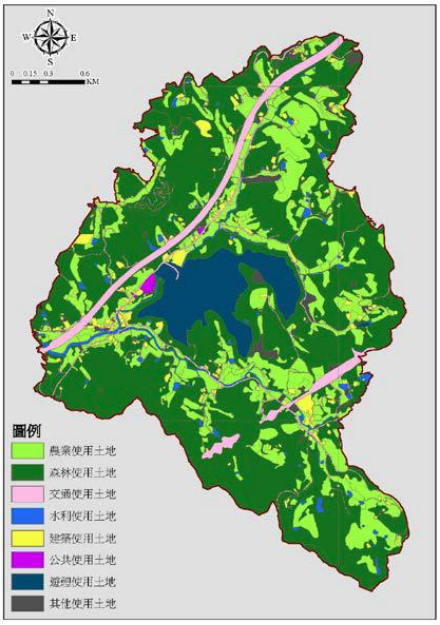


圖 5-11　新城社區土地利用現況圖

(新竹縣寶山鄉新城社區發展協會，2013)

(三)產業型態

社區內之產業，目前仍以一級產業為主，農產品主要以稻米、檳欖、甘蔗為主，水果則包括生產橘子、甘蔗、竹筍等(如表 5-5)。

表 5-5　新城社區產業資料

產業別	產業種類	事業名稱	家數/規模 (公頃貨數量)
一級	農業	稻米、橘子、蕃薯、蔬菜、竹筍、柑橘、甘蔗、竹筍	約 250 家
	畜牧業	養豬場	2 家
二級	食品製造業	黑糖饅頭	1 家
	金屬製造業	小型鐵工廠	4 家
三級	商品買賣業	蠟藝館 1 家、商店 2 家、木匠工房 1 家、煤氣行 1 家、農業機械行 1 家、機車行家、藥局 1 家、麵店 2 家、理髮店 1 家、簡易自來水 1 家	15 家
	個人服務業	土木包工業 1 家、外燴 2 家	3 家

(新竹縣寶山鄉新城社區發展協會，2013)

(四)人口分布情形

新竹縣寶山鄉新城社區之人口密度分布狀況相對新竹縣寶山鄉而言較低，多為人口密度「0~100 人/平方公里」，其中在西南方與西北方則有零星人口密度較高之區域，詳圖 5-12。

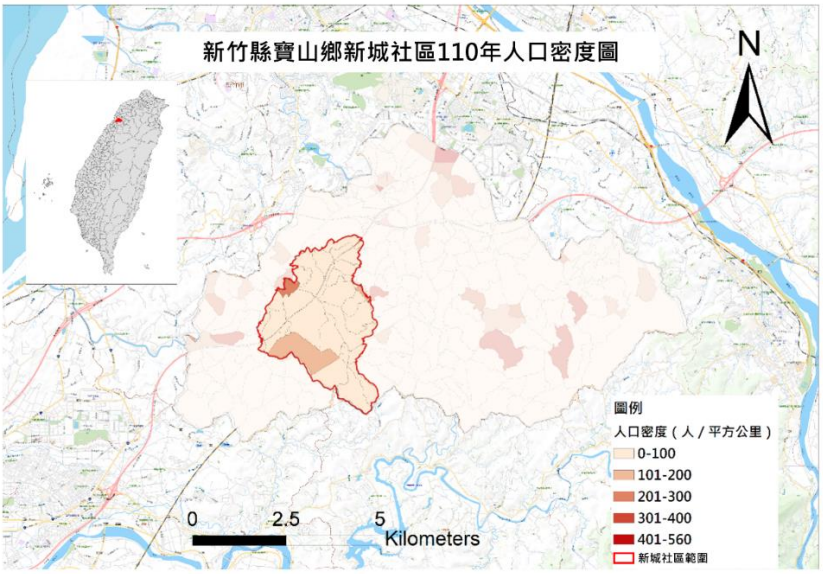


圖 5-12　新城社區人口密度圖

(五)社區內坡度資料

新竹縣寶山鄉新城社區之坡度分級狀況，從圖中可以看到新城社區位於地勢較高之山坡地地區，其坡度分級狀況相對平均，以三級坡與四級坡為主，一級坡所在僅多以河流流經範圍為主，詳圖 5-13。

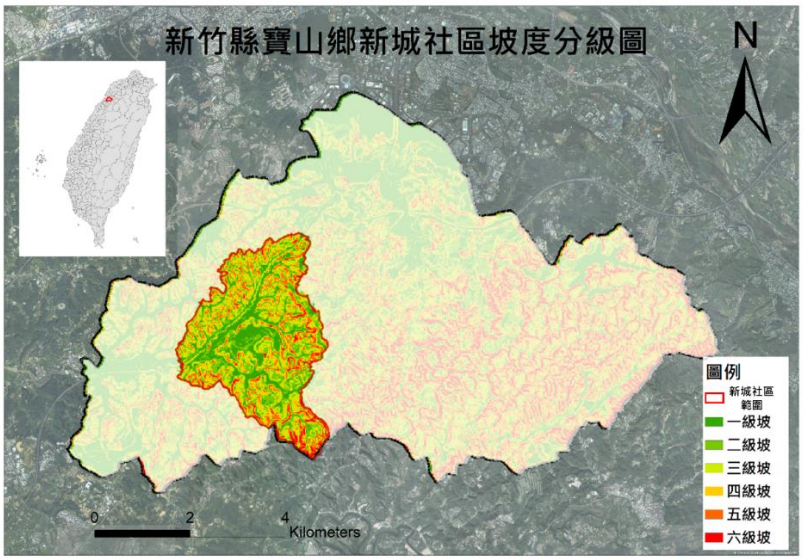


圖 5-13　新城社區坡度圖

(六)氣溫及降水量

新竹縣寶山鄉自動氣象站觀測資料之降水量最高月份為 6 月份 452.5 毫米，最低降水量為 12 月份 33 毫米。月均溫最高月分為 8 月份 27.7 度，月均溫最低為 2 月份 14.6 度，降水量月份以 5 月份至 9 月份為主，總累積降水量共為 2482.5 毫米。

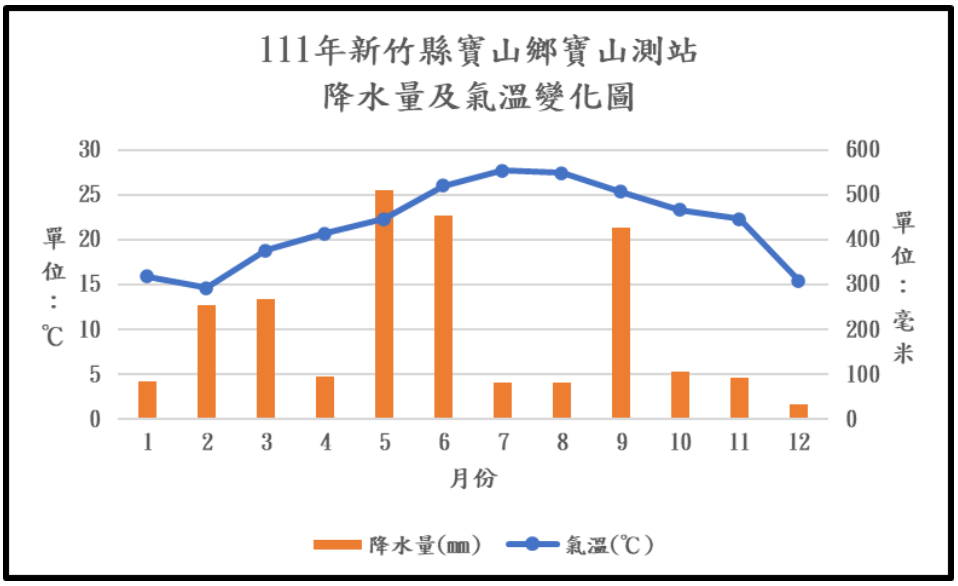


圖 5- 14　寶山測站降水量及氣溫變化圖

圖片來源：本計畫繪製[42]

(七)可再生能源發展潛力

新城社區以甘蔗、水稻作為主要生產，在巴西農村社區能源自主案例中指出，甘蔗植物特性使其可以多功能運用，甘蔗除了可加工為砂糖以及當作動物飼料外，甘蔗渣亦可作為固體燃料。是以，新城社區可結合此產業特性，以推動農村自主能源。

[42] 資料取自：https://codis.cwb.gov.tw/StationData (Access date: 2023/11/2)

二、案例地區簡介：臺南市後壁區竹新社區

(一)竹新社區社區簡介

竹新社區以竹新里為農村再生社區範圍，社區位於臺南市後壁區西南方村落-北臨新嘉里，社區範圍西臨鹽水區汫水里蔦松腳，南與新營區後鎮里與埤寮里相接，東以國道中山高接鄰新東里。聚落集中於南 80 道與南 78 道相會處，面積約為 953.31 公頃(如圖 5-15 及圖 5-16)。該社區以係嘉南平原稻米主要生產區，其主要產業包括稻米及洋香瓜(如表 5-6)。



圖 5-15　臺南市後壁區竹新社區位置圖

(臺南市後壁區竹新社區發展協會，2021)

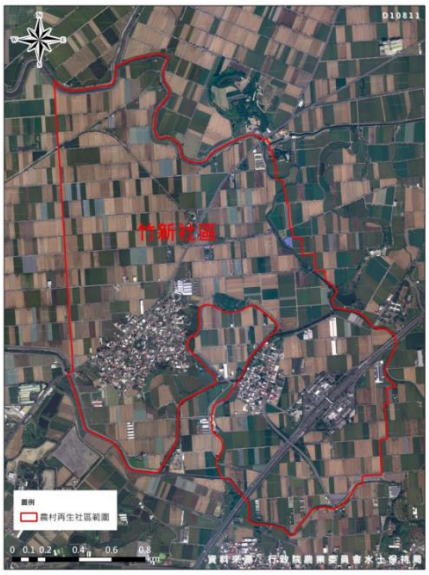


圖 5-16　臺南市後壁區竹西社區範圍圖

(臺南市後壁區竹新社區發展協會，2021)

表 5-6　臺南市後壁區竹新社區基本資料

(1)社區現況及資源			
社區人口數：	1503	社區戶數：	605
社區總面積：	953	主要產業：	水稻、洋香瓜
社區特色資源：	宋江陣文化、傳統建物景觀		
(2)農村社區類型及特性分類			
農村類型：	一般型	地形分區：	平原地區
族群：	漢人	特色(人文景觀及休憩環境等)：	古厝、稻米、洋香瓜棚架、廟埕廣場
願景：	後壁竹新瓜甜米鄉香 與水與綠共存共榮		
產業發展結合：	食農教育、農村小旅行		

培根計畫：	已參與，關懷班,進階班,核心班,再生班		
(3)農村再生計畫申請			
計畫名稱：	臺南市後壁區竹新社區農村再生計畫	計畫年度：	109～113
提案單位：	臺南市後壁區竹新社區發展協會	審查狀態：	核定(2021/03/11)

(行政院農委會水土保持局，2021c；臺南市後壁區竹新社區發展協會，2021)

(二)空間及土地利用

竹新社區土地已全面重劃完畢，「新厝」及「竹圍後」生活聚落集中在南 80 路及南 78 線道一帶，住宅建築約占 5%，其餘土地皆作農耕使用為主，近九成面積(如圖 5-17)。

(三)產業型態

竹新社區屬於嘉南平原主要稻作產區，產業係以水稻及洋香瓜兩大產業為主(如**表 5-7**)，環境水資源充沛使水稻一年可以兩獲，耕作採輪作以保持土壤良好品質（一年水稻、一年洋香瓜），減少疫菌病害增加產值，洋香瓜多以棚架方式進行栽培。近年來社區青少年返鄉加入農作工作對於新觀念及新措施配合實施政府政策，在兩大產業均有非常亮眼的成績很受消費者讚揚，尤其洋香瓜曾獲農委會評選優質品牌。

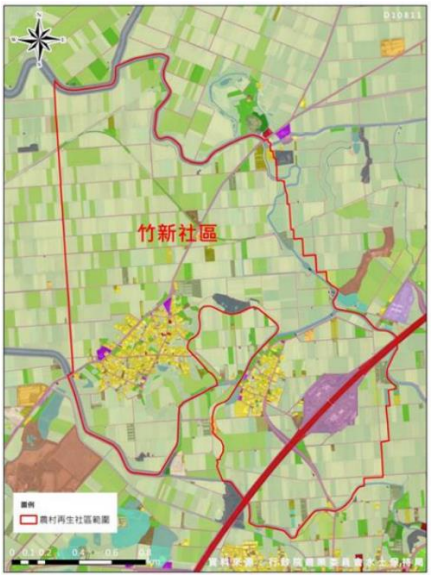


圖 5-17　竹新社區土地利用現況圖

(臺南市後壁區竹新社區發展協會，2021)

表 5-7　臺南市後壁區竹新社區產業調查資料一覽表

產業別	產業種類	事業名稱	家數/規模 (公頃貨數量)
一級	農業	水稻、洋香瓜	300 公頃
	畜牧業	養豬場、養雞場	3 戶
三級	商品買賣業	竹新商店	1 家
	個人服務業	崇安土木包工業	1 家

(臺南市後壁區竹新社區發展協會，2021)

(四)人口分布情形

臺南市後壁區竹新社區之高人口密度區域以西北方為主，其中有人口密度達每平方公里 241-360 人的區域；在慶西社區南方的部分則以人口密度較低 0-60（人/平方公里）為主，詳圖 5-18。

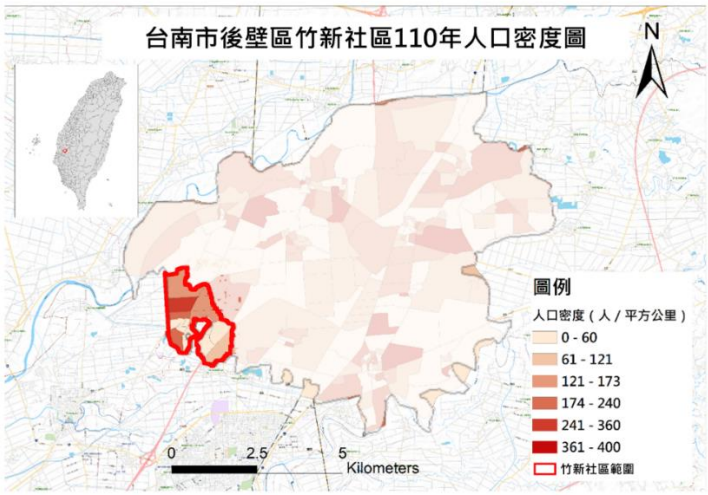


圖 5-18　竹新社區人口密度圖

(五)社區內坡度資料

臺南市後壁區竹新社區之坡度分級狀況，其中以一級坡分布面積最廣，相對適合農業耕作生產，僅在社區之東南方，有零星少數四～六級坡分布，不過就整體社區地形坡度而言，少數不可開發區並不會對於社區造成太大影響，詳圖 5-19。

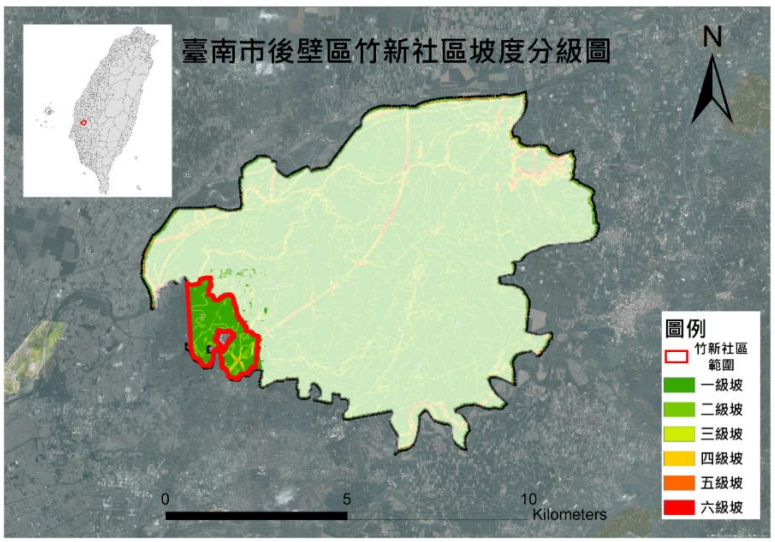


圖 5-19　竹新社區坡度分級圖

(六)氣溫及降水量

臺南市後壁自動氣象站觀測資料之降水量最高月份為 6 月份 332 毫米，最低降水量為 11 月份 5 毫米。月均氣溫最高月分為 8 月 29.6 度，最低月均溫為 2 月份 16.6 度，降水量分佈以 5 月份至 8 月份為主，全年累積降水量共為 1258 毫米。

(七)可再生能源發展潛力

竹新社區係以透過輪耕方式種植水稻及洋香瓜，且農業腹地完整，尚未有農村社區能源自主推動的討論，其可借鏡德國生物能源村(bioenergy villages)創新模式的討論，透過農村再生計畫凝聚社區居民及行動，並回收稻稈作為生質能原物料，以當地資源特色發展在地化農村自主能源。

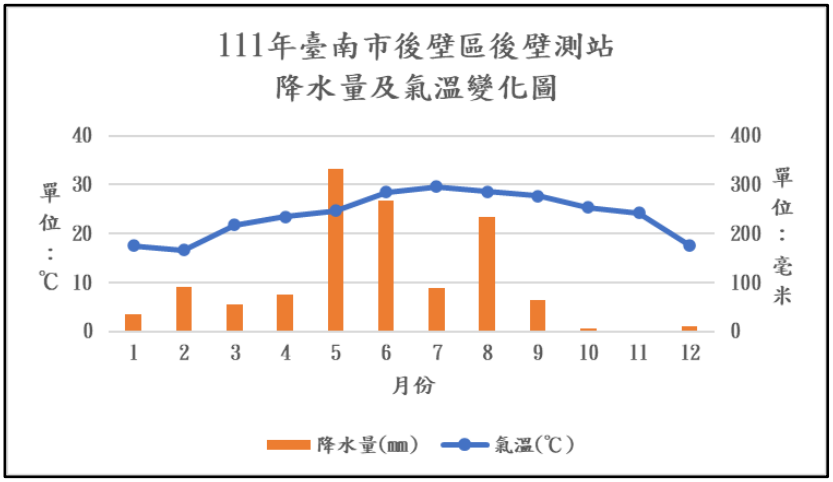


圖 5-20　後壁測站降水量及氣溫變化圖

圖片來源：本計畫繪製[43]

[43] 資料取自：https://codis.cwb.gov.tw/StationData (Access date: 2023/11/2)

三、農村社區現地勘查及訪談

將透過現地勘查及訪談農村社區，結合本計畫所建構之農村社區能源自給自評表，了解新竹縣寶山鄉新城西社區及臺南市後壁區竹新社區若發展生質能以朝向能源自給之可能性。**(進行中，將於期末審查會及成果報告中呈現)**

四、課題對策

將以生質能農村類型針對案例地區之情境進行課題說明。針對上述生質能農村類型發展農村社區能源自主所面臨之課題進行對策研擬，並依國外農村社區能源自主成功案例，提供可能之方向及建議。**(進行中，將於期末審查會及成果報告中呈現)**

第四節　具地熱潛力之農村社區實證

一、案例地區簡介：宜蘭縣大同鄉復興社區

(一)復興社區社區簡介

復興社區位於宜蘭縣大同鄉，位於蘭陽平原西側端點，社區坐落於山區，位於台 7 丙觀光路線旁，東臨清水地熱、南靠石門溪、西臨蘭陽溪、北望長埤湖，台 7 丙是社區主要的聯外道路(如圖 5-21 及圖 5-22)。社區聚落係沿著不同溪谷沿線發展，社區面積約 360 公頃，社區內擁有地熱資源、山林資源及溪流資源。在日

治時期曾是伐木重點地區，且有林下產業(段木香菇)等特色產業，目前係以農業及觀光休閒產業作為主要發展(如表 5-8　宜蘭縣大同鄉復興社區基本資料)。



圖 5-21　復興社區位置圖

(宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會，2021)

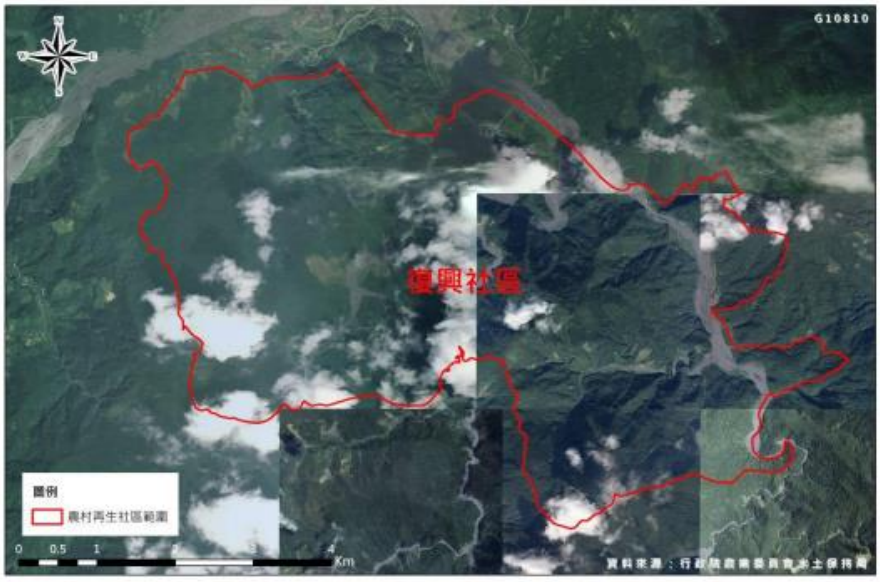


圖 5-22　復興社區範圍圖

(宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會，2021)

表 5-8　宜蘭縣大同鄉復興社區基本資料

(1)社區現況及資源			
社區人口數：	283	社區戶數：	111
社區總面積：	360 公頃	主要產業：	蔬果、養殖、林下產業、休閒產業
社區特色資源：	林下產業、地熱資源、豐沛水資源		
(2)農村社區類型及特性分類			
農村類型：	一般型	地形分區：	山村
族群：	漢人、原住民	特色：	休閒遊憩資源
願景：	復興生態，打造宜居好山村		
重點發展區：	原民會重點發展區-泰雅族		
產業發展結合：	地熱、水力發電		
培根計畫：	已參與，關懷班,進階班,核心班,再生班		
(3)農村再生計畫申請			
計畫名稱：	宜蘭縣大同鄉復興社區農村再生計畫	計畫年度：	109～113
提案單位：	宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會	審查狀態：	核定(2021/01/05)

(行政院農委會水土保持局，2021d；宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會，2021)

(二)空間及土地利用

復興社區土地利用現況係以台七丙線沿線與溪谷間平地為主要農作區，包括種植蔬菜、水果與養殖等項目，鄰近聚落的山區過去有居民從事林下產業，如段木香菇等，目前以林業使用為最多，其次為農牧用地(如圖 5-23)。

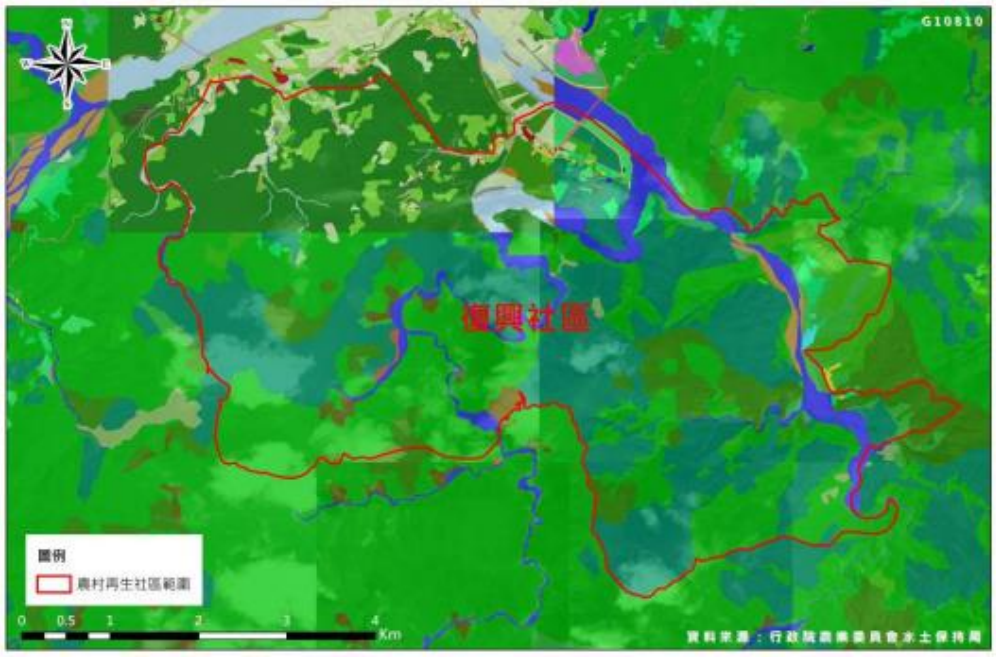


圖 5-23　復興社區土地利用現況圖

(宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會，2021)

(三)產業型態

復興社區為溪谷間平地主要農作區，該社區以一級產業為主，從事蔬果及養殖鱒龍魚等項目，規模較小。近年在水果栽培發展上有規劃觀光採果模式，另外因富有地熱資源，是以發展休閒觀光產業，在自然資源豐沛的背景下，未來朝向農業、生態體驗方向進行發展。

表 5-9　宜蘭縣大同鄉復興社區產業調查資料一覽表

產業別	產業種類	事業名稱	家數/規模 (公頃貨數量)
一級	農業	水果、香菇	1 家
	畜牧業	漁場	1 家
三級	商品買賣業	雜貨店	1 家
	個人服務業	餐廳	1 家
		休閒農場	2 家

(宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會，2021)

(四)人口分布情形

宜蘭縣大同鄉復興社區整體對於宜蘭縣大同鄉而言，屬於相對高人口密度之農村聚落社區（301-370 人/平方公里），如圖 5-24 所示。

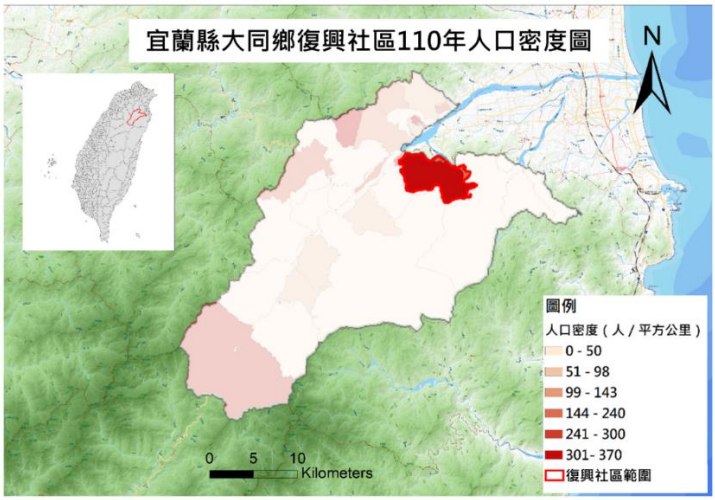


圖 5-24　復興社區人口密度圖

(五)社區內坡度資料

宜蘭縣大同鄉復興社區之坡度分級狀況，復興社區多以三級坡與四級坡區域為主，其地形與宜蘭縣大同鄉主要地形的分布狀況較為相似，一級坡的分布相對宜蘭縣大同鄉而言較多，詳圖 5-25 所示。

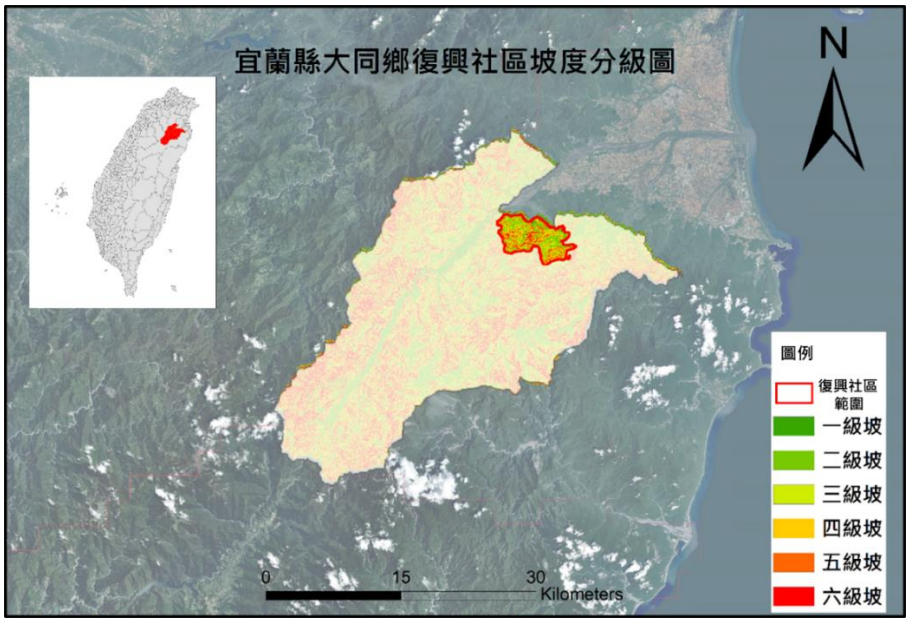


圖 5-25　復興社區坡度圖

(六)氣溫及降水量

宜蘭縣大同鄉玉蘭自動氣象站觀測資料之降水量最高月份為 10 月份 1612.5 毫米，最低降水量為 7 月份 105.5 毫米。平均月氣溫最高月份為 7 月 26.8 度，最低月均溫為 2 月份 13.7 度。宜蘭縣屬於季風氣候區，因東北季風、地理位置關係每年秋冬之際，東北季風盛行，夏季則氣溫增高，對流雨旺盛。9 至 12 月是颱風季節雨量最多，全年雨日超過 200 天，總累積降水量共為 4657 毫米。

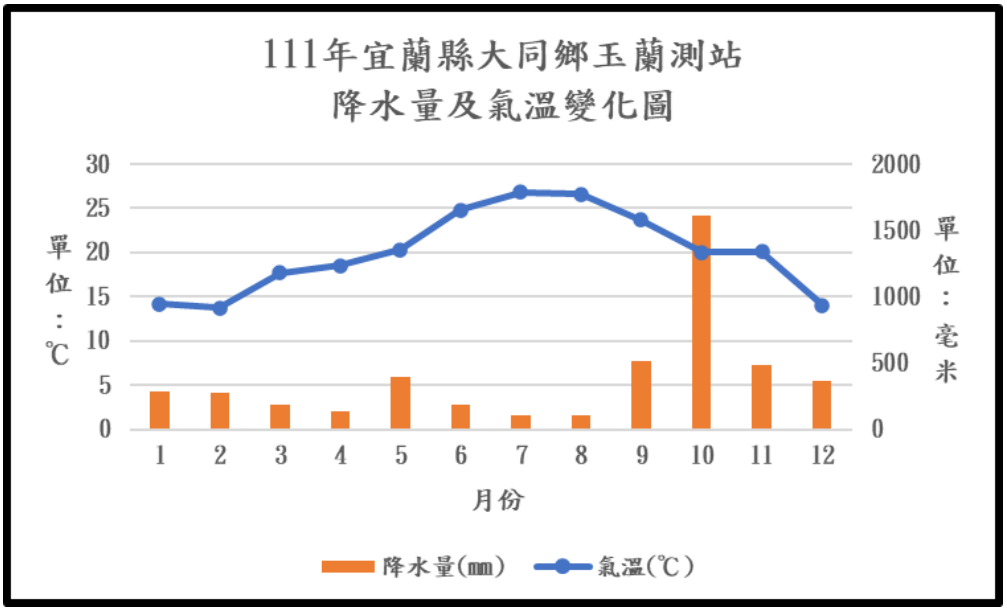


圖 5-26　玉蘭測站降水量及氣溫變化圖

圖片來源：本計畫繪製[44]

(七)可再生能源發展潛力

復興社區擁有豐富的山水自然資源，也於農村再生計畫中明確指出將利用水資源達成水力發展，該社區同時具備地熱資源，僅不過其發展著重於觀光業，是以，復興社區能源自主推動可朝地熱發電發展。

二、農村社區現地勘查及訪談

將透過現地勘查及訪談農村社區，結合本計畫所建構之農村社區能源自給自評表，了解宜蘭縣大同鄉復興社區若發展地熱能以朝向能源自給之可能性。**(進行中，將於期末審查會及成果報告中呈現)**

[44] 資料取自：https://codis.cwb.gov.tw/StationData (Access date: 2023/11/2)

三、課題對策

將以地熱能農村類型針對案例地區之情境進行課題說明。針對上述地熱能農村類型發展農村社區能源自主所面臨之課題進行對策研擬，並依國外農村社區能源自主成功案例，提供可能之方向及建議。

(進行中，將於期末審查會及成果報告中呈現)

第六章　結論與建議

第一節　結論

因應國際趨勢及臺灣 2050 淨零排放路徑，雖相關策略多聚焦於都市地區，但農業部門在淨零排放路徑上仍扮演相當重要之關鍵角色；臺灣農村社區之碳排放量雖不及都市地區高，推動農村社區自主發電仍為達成農業部門 2040 年淨零排放政策目標之重要手段。

本計畫旨在透過建構臺灣農村社區能源自給自評表，結合臺中新社慶西社區(太陽光電)、新竹寶山新城社區(生質能)、臺南後壁竹新社區(生質能)、以及宜蘭大同復興社區(地熱能)等四處案例地區進行實證，評析臺灣農村社區發展能源自主之可行方向。透過廣泛蒐集與彙整國內外農村社區發展再生能源之相關文獻、政策、法令及案例成果為基礎，續以模糊德爾菲法研擬設計二階段之專家訪談問卷，透過 11 人次相關學界及業界之專家學者回饋，進而以二手資料收集及一手現地勘查與訪談方式，了解臺灣農村社區當前推動能源自主在政策、法令、環境條件等層面所面臨到之課題，並嘗試提出相關因應策略。本計畫之四項主要成果說明如下：

一、 綜整全球不同國家發展推動再生能源之政策、法令與案例

本計畫廣泛蒐集與彙整全球包括歐洲(德國、冰島、西班牙)、美洲(美國、巴西)、亞洲(中國、印度、日本、韓國、新加坡、印尼、柬

埔寨)等，共 12 國在推動再生能源政策面、經濟面及技術面等不同面向之措施，將可作為臺灣農村社區發展再生能源可借鏡之處。

二、 彙整臺灣當前發展再生能源之相關法令及規範

除國外文獻、政策、法令及案例外，本計畫進一步彙整臺灣當前有關太陽光電、生質能及地熱能之法令及規範，包括再生能源發展條例、再生能源發電設備設置管理辦法、電業登記規則、申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法等多項法條內容，分項整理至附錄五，可提供臺灣農村社區後續發展再生能源，檢視相關法令之基礎。

三、 建構臺灣農村社區能源自給自評表

本計畫基於國內外相關文獻成果，以模糊德爾菲法設計二階段之專家訪談問卷，透過國內農村社區、再生能源、土地經濟等相關領域專家學者計 11 人次之回饋，建構包括太陽光電、生質能、地熱能三類型之農村社區能源自給自評表。

其中太陽光電主要評估項目包括經濟層面(成本效益、系統壽命及維護、廢棄物處理)、環境影響因素(氣候、景觀、土壤污染、對周邊建物及設施影響、對農地完整性影響、對動物棲地影響)、作物因素(作物生長條件、糧食生產)、及基礎設施因素(電網條件)。

生質能主要評估項目包括社會因素(供電系統更換意願、地方領袖)、經濟因素(成本效益、糧食生產)、環境影響因素(氣候、地形、供

水)、及基礎設施因素(儲存及設施發電潛在閒置空間、電汽化農機設施設備)。

地熱能主要評估項目包括經濟因素(成本效益)、社會因素(社會條件)、環境條件(溫度、地層、水資源)、基礎設施因素(土地及空間條件、電網條件)、以及環境影響因素(景觀影響、災害影響、廢氣排放影響)。

此三項不同類型之能源自給自評表，期可納供後續農村社區在申請農村再生計畫補助時，可在申請書中針對該社區所欲推動之能源自主類型進行自評，研議改善措施，亦可作為農村發展與水土保持署在審查農村再生計畫及後續追蹤補助成效上之重要依據。

四、 案例農村社區實證與反饋 (進行中，，將於期末審查會及成果報告中呈現)

本計畫以所建構之臺灣農村社區能源自給自評表為基礎，進一步針對四處案例農村社區(臺中新社慶西社區、新竹寶山新城社區、臺南後壁竹新社區、宜蘭大同復興社區)進行現勘與訪談，評析不同類型農村社區在推動再生能源發展時可能面對之實質課題，如現行法令限制、機關權責劃分、公私合力機制、補助經費來源等，並提出相關因應策略，以強化農村社區於淨零排放路徑中之貢獻。成果除可供農村發展及水土保持署後續研議第四期農村再生實施計畫，納入有關推動農村能源自主相關內容外，亦可作為未來相關法令調整及修正上之參考。

第二節　後續研究建議

一、 納入農村社區可發展之多元再生能源類型

本計畫囿於研究規模與時程，僅考量包括太陽光電、生質能及地熱能等三類型作為臺灣農村社區後續推動之再生能源類別，尚未將小型水力發電、氫能、小型核能技術等列入研究範疇，建議後續研究可考量再生能源科技及技術發展，納入更多元之再生能源類型，提供農村社區能源自主更多發展機會。

二、 邀請更多元專業背景之專家學者共同參與

在邀請專家學者回饋上，本計畫雖獲得 11 人次之學界及業界專家學者同意參與訪談問卷，惟其相關專業背景多為農村社區、土地經濟、環境永續及再生能源，且業界僅取得一位太陽光電相關專業之回饋，雖已充分考量專業與本計畫之相關性，但若後續研究可邀請更多元專業背景之專家學者(如特定再生能源類別之從業者、學者)，並納入政府相關單位代表，應可使計畫成果更具有代表性。

三、 農村社區能源自主之土地需求宜納入空間規劃妥善考量

國土計畫法於 2016 年發布實施後，臺灣空間規劃體系已然有所轉變，當前中央及地方政府均持續推動完善國土計畫作業，其中國土計畫相關之土地使用管制仍未正式定案，但其內容可能會對於未來農村社區發展能源自主之土地需求有所影響及限縮。針對農村社區為發

展不同類型之再生能源，其土地需求宜先行規劃，除申請農村再生計畫提出相關軟體、硬體、韌體之配套措施，提供經費補助外，更應結合當前空間規劃體系所推動之鄉村地區整體規劃作業，就農村社區推動再生能源發展與居住(如屋頂型太陽能板)、交通(如綠能公車)、公共設施(如儲能設施設備、結合再生能源之智慧電網)，甚至防災及景觀層面，均須與空間需求及土地議題相結合，唯有結合農村再生計畫及鄉村地區整體規劃作業，方可使臺灣農村社區推動能源自主發展得已妥善進行。

參考文獻

工業技術研究院(2022)，「德國提出『復活節套案』改革電力部門法案力求 2035 年再生能源發電 100%」， Retrieved from: https://www.itri.org.tw/ (Access Date: 2022/10/27)。

中國產業發展促進會生物質能產業分會(2023)，「生物質能源相關國家政策—雙碳戰略篇」，Retrieved from：https://www.beipa.org.cn/newsinfo/5846309.html (Access Date: 2023/05/03)

內政部國土測繪中心(2022)，「WMTS 服務介接網址」，Retrieved from：http://maps.nlsc.gov.tw/S_Maps/wmts (Access Date: 2023/05/20)

水律能源股份有限公司(2022a)，「小水力特色」，Retrieved from：https://www.taiwan-hydropower-phd.com.tw/autopage/2/24 (Access date: 2022/10/15)

水律能源股份有限公司(2022b)，「公民電廠」，Retrieved from：https://www.taiwan-hydropower-phd.com.tw/autopage_detail/1/5 (Access date: 2022/10/15)

王炘珏(2020)，「留住農村好水好田 自產光電 里民當起賣電頭家」，*今周刊*，第 1217 期，https://www.businesstoday.com.tw/article/category/80392/post/202004150045/ (Access date: 2022/10/26)。

臺灣電力企業聯合會(2020)，「日本農漁閒置地之應用與規劃」，Retrieved from：http://www.tepa108.org.tw/EpaperHtm/20200415171711.htm (Access Date: 2023/05/03)

地球公民基金會(2019)，「社區作伙來發電，公民電廠為社區賺第一桶金」，Retrieved from: https://www.cet-taiwan.org/node/3542 (Access date: 2022/11/17)。

江蘇省社會科學院農村發展研究所(2022)，「我國生質能發展現況」。檢自：https://www.wenmi.com/article/q02b9200ae0q.html (Access Date: 2023/05/03)

行政院農業委員會水土保持局(2021a)，「新城社區–社區基本資料」。https://ep.swcb.gov.tw/ep/Default.aspx (資料擷取日期: 2022/11/10)

行政院農業委員會水土保持局(2021b)，「新社社區–社區基本資

料」。https://ep.swcb.gov.tw/ep/Default.aspx (資料擷取日期: 2022/11/10)

行政院農業委員會水土保持局(2021c)，「竹新社區–社區基本資料」。https://ep.swcb.gov.tw/ep/Default.aspx (資料擷取日期: 2022/11/10)

行政院農業委員會水土保持局(2021d)，「復興社區–社區基本資料」。https://ep.swcb.gov.tw/ep/Default.aspx (資料擷取日期: 2022/11/10)

何雅惠（2022）。以模糊德爾菲法探討海域遊憩活動風險之研究。〔碩士論文。國立成功大學〕。

李婉婷、徐森城(2022)，「【農電共生】新發電時代 農業綠能 4.0」，*華視新聞雜誌*，Retrieved from：https://www.youtube.com/watch?v=MNghwRWNpbo&t=895s (Access date: 2022/10/15)

宜蘭縣大同鄉復興社區發展協會(2021)，「宜蘭縣大同鄉復興社區農村再生計畫」，宜蘭。

房思宏(2016)，「社區的能源，社區的力量！？(一)」，*跨閱誌*，Retrieved from: https://shs.ntu.edu.tw/shsblog/?p=31946 (Access date: 2022/10/27)。

林韋廷(2021)，「韓國忠清南道能源中心於 2020 年成立，以推動忠南 2040 年燃煤 20%、再生能源 40%之電力目標」，能源知識庫，Retrieved from: https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=5813 (Access date: 2022/11/17)。

林穎禎(2012)，「德國『生物能源村競賽』介紹」，*行政院農委會*，Retrieved from: https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2446192 (Access date: 2022/10/27)。

屏東縣政府綠能專案推動辦公室(2022)，「酪農業污染怎麼解？厭氧消化後糞尿變黃金」，Retrieved from：https://pge.pthg.gov.tw/archives/4100 (Access Date: 2023/06/04)

政府資料開放平台(2022) ，「110 年度農村再生社區範圍圖」，Retrieved from：https://data.gov.tw/dataset/152082 (Access Date: 2023/05/20)

徐村和(1998)。模糊德菲層級分析法。模糊系統學刊，4:1 卷，59-72。

財團法人主婦聯盟環境保護基金會(2021)，「從臺灣農業的思考出發-

營農型光電政策研究計畫」，臺灣主婦聯盟生活消費合作社 2021 年公益金贊助計畫(Access date: 2022/10/14)。

新竹縣寶山鄉新城社區發展協會(2013)，「新竹縣寶山鄉新城社區農村再生計畫」，新竹。

經濟部(2020)，「能源轉型白皮書(核定本)」，經濟部能源局編印，Retrieved from: https://energywhitepaper.tw/#/ (Access date: 2022/10/27)。

經濟部能源局(2023a)，「全國電力資源供需報告」，Retrieved from：https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=20851 (Access Date: 2023/06/04)

經濟部能源局(2023b)，「能源統計月報-發電量」，Retrieved from：https://www.esist.org.tw/publication/monthly_detail?Id=12618ab72d (Access Date: 2023/06/04)

經濟部國際合作處(2022)，「新加坡達成淨零碳排及節能減碳之政策與措施」，https://www.moea.gov.tw/mns/ietc/home/Home.aspx。(Access Date: 2022/10/27)

經濟部國際貿易局(2022)，「美國能源部部長訪問休士頓推廣地熱能源」，檢自：https://www.trade.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeID=45&pid=749522 (Access Date: 2023/05/03)

農委會(2019)，「農村再生第三期實施計畫(109 至 112 年度)核定版」，行政院農委會水土保持局，Retrieved from: https://www.swcb.gov.tw/Home/Policy/show_detail?id=f9e5e6904fa8426684dfdc18e141827f (Access date: 2022/11/14)。

農委會(2022)，「『邁向農業淨零排放策略大會』圓滿順利凝聚共識推動 2040 農業淨零排放」，新聞與公報，文號 8912，(Access date: 2022/11/14)。Retrieved from: https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=8633

臺中市政府經濟發展局(2017)，「2017 考察日本發展農電共生之政策與現況」，Retrieved from：https://rdnet.taichung.gov.tw/media/519574/001.pdf (Access Date: 2023/05/03)

臺中市新社區慶西社區發展協會(2021)，「臺中市新社區慶西社區農村再生計畫」，臺中。

臺南市後壁區竹新社區發展協會(2021)，「臺南市後壁區竹新社區

農村再生計畫」，臺南。

劉嘉哲(2007)，「臺糖產出生質酒精發展」，Retrieved from：https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/7039/1/publication_no132_10.pdf (Access date: 2022/10/27)。

鄭滄濱（2001）。軟體組織提昇人員能力之成熟度模糊評估模式。〔碩士論文。國立臺灣科技大學〕。

環境資訊中心(2007)，「酒精汽油-北市公務車 9 月先試行」，Retrieved from：https://e-info.org.tw/node/23420 (Access Date: 2023/06/04)

環境資訊中心(2022)，「能源局推地熱發展探勘費用最高補助 1 億，獎勵效果民間不買單」，Retrieved from：https://e-info.org.tw/node/234199 (Access Date: 2023/06/04)

韓國經濟日報(2020)，*Selected as a new renewable energy convergence project in Dangjin... Solar lights installed on 5 sides*，Retrieved from：https://www.hankyung.com/economy/article/202007130916Y (Access date: 2022/10/27).

織田翔子(2022)，*Electric farms in Japan are using solar power to grow profits and crops*, Retrieved from：https://www.japantimes.co.jp/news/2022/05/21/business/electric-farms-japan-solar/(Access Date: 2023/05/19)

2G Energy AG(2018), *Bioenergy village takes care of itself：Two avus 500plus highly efficiently generate electricity and heat from biogas*, Retrieved from: https://2-g.com/en/case-studies/bioenergy-village-takes-care-of-itself~cs449 (Access date: 2022/10/27)

Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2010). Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable and sustainable energy reviews*, *14*(3), 919-937. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109002688 (Access date: 2023/10/25)

Adeh, E. H., Good, S. P., Calaf, M., & Higgins, C. W. (2019). Solar PV power potential is greatest over croplands. Scientific reports, 9(1), 11442. Retrieved from: https://www.nature.com/articles/s41598-019-47803-3 (Access date: 2023/10/12)

Álvaro Caballero (2023), *Molinos más potentes y más viento que en tierra: ¿cómo funciona la eólica marina que arranca ahora en España?* , Retrieved from：https://www.rtve.es/noticias/20230309/eolica-marina-espana-molinos-potentes-mas-viento/2428688.shtml (Access Date: 2023/05/19)

Arctic Adventures(2022), *GEOTHERMAL ENERGY IN ICELAND*, Retrieved from：https://adventures.is/blog/geothermal-energy-iceland/ (Access Date: 2023/03/18)

Assouline, D., Mohajeri, N., & Scartezzini, J. L. (2017). Quantifying rooftop photovoltaic solar energy potential: A machine learning approach. *Solar Energy*, *141*, 278-296. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X16305850 (Access date: 2023/10/18)

Brohmann, B., Fritsche, U., & Hünecke, K. (2006). Case Study: The Bioenergy Village Jühnde. *Report by Öko-Institute eV for Create Acceptance Work Package*, *2*. , Retrieved from：chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=379123583fa264bc7b2363b43b963d29fabc4907 (Access Date: 2023/10/02)

Castillo, C. P., e Silva, F. B., & Lavalle, C. (2016). An assessment of the regional potential for solar power generation in EU-28. *Energy*

policy, *88*, 86-99. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515301324 (Access date: 2023/10/13)

Coleman, A. M., Abodeely, J. M., Skaggs, R. L., Moeglein, W. A., Newby, D. T., Venteris, E. R., & Wigmosta, M. S. (2014). An integrated assessment of location-dependent scaling for microalgae biofuel production facilities. Algal Research, 5, 79-94. Retrieved from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2018.00124/full (Access date: 2023/10/06)

DGRV(2020). *Energiegenossenschaften 2022. Jahresumfrage des DGRV*, Retrieved from: https://www.dgrv.de/ . (Access Date: 2022/10/27)

Dupraz, C., Talbot, G., Marrou, H., Wery, J., Roux, S., Liagre, F., ... & Nogier, A. (2011). To mix or not to mix: evidences for the unexpected high productivity of new complex agrivoltaic and agroforestry systems. In *Proceedings of the 5th world congress of conservation agriculture: Resilient food systems for a changing world*. (Access Date: 2023/05/03)

e-Gov(2020), e-Gov *法令検索*, Retrieved from：https://elaws.e-gov.go.jp/ (Access Date: 2023/05/19)

Energiewende Team(2014), *A small town in Germany becomes a testing ground for a smart grid*, Retrieved from： https://energytransition.org/2014/11/wildpoldsried-testing-ground-for-smart-grid/ (Access date: 2022/10/26).

Farm & Energy Iniative(2023), *Farmland Solar Policy State Law Database*, Retrieved from： https://farmandenergyinitiative.org/projects/farmland-solar-policy/state-law-database/ (Access Date: 2023/05/19)

Geothermal Technologies Office (2019), *GeoVision*, Retrieved from： https://www.energy.gov/eere/geothermal/geovision (Access Date: 2023/03/20)

Gerbens-Leenes, P. W., Van Lienden, A. R., Hoekstra, A. Y., & Van der Meer, T. H. (2012). Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030. Global Environmental Change, 22(3), 764-775. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509000 7

06 (Access date: 2023/10/06)

Gonocruz, R. A., Uchiyama, S., & Yoshida, Y. (2022). Modeling of large-scale integration of agrivoltaic systems: Impact on the Japanese power grid. *Journal of Cleaner Production*, *363*, 132545. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622021461 (Access date: 2023/10/13)

Government of India Ministry of Power (2021), *Revised Policy for Biomass Utilisation for Power Generatio*, Retrieved from：https://powermin.gov.in/sites/default/files/Revised_Biomass_Policy_dtd_08102021.pdf (Access Date: 2023/03/19)

Govt. of Maharashtra Institution(2020), *Maharashtra Energy Development Agency*, Retrieved from：https://www.mahaurja.com/meda/(Access Date: 2023/05/19)

Guerin, T. F. (2019). Impacts and opportunities from large-scale solar photovoltaic (PV) electricity generation on agricultural production. Environmental Quality Management, 28(4), 7-14. Retrieved from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tqem.21629 (Access date: 2023/10/25)

Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2022). *"Energy"*. *Published online at OurWorldInData.org.* Retrieved from: https://ourworldindata.org/energy (Access Date: 2023/05/03)

Hawai‘i State Energy Office (2015), *State of Hawaii Energy Resources Coordinator’s Annual Report*, Retrieved from：https://energy.hawaii.gov/ (Access date: 2022/10/26).

Hawaiian Electric (2021), *Customer Renewable Programs*, Retrieved from：https://www.hawaiianelectric.com/ (Access date: 2022/10/26).

Heilmayr, R., & Benedict, J. (2022). Indonesia makes progress towards zero palm oil deforestation. *Trase*. https://doi.org/10.48650/50NG-RT71

IEA (2020), *Germany 2020：Energy Policy Review, License: CC BY 4.0.*, Retrieved from：https://www.iea.org/reports/germany-2020 . (Access Date: 2022/10/17)

IEA (2021), *Net Zero by 2050：A Roadmap for the Global Energy Sector*, Retrieved from：https://www.iea.org/ (Access Date: 2022/11/20).

IEA (2022a), *India*, Retrieved from：https://www.iea.org/countries/india (Access Date: 2023/03/19)

IEA (2022b), *China*,, Retrieved from：https://www.iea.org/countries/china (Access Date: 2023/05/03)

IEA (2022c), *An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emissions in Indonesia*, IEA, Paris, License: CC BY 4.0 (Access Date: 2023/05/21)

IEA (2022d)，*Brazil's energy policies*, Retrieved from：https://www.iea.org/countries/brazil (Access date: 2022/10/27).

IEA (2023), *Capturing the energy beneath our feet*, Retrieved from：https://www.iea.org/articles/capturing-the-energy-beneath-our-feet (Access Date: 2023/05/03)

IEA(2022e), Iceland, Retrieved from ：https://www.iea.org/countries/iceland (Access Date: 2023/03/18)

IEA(2022f), *Renewables Data Explorer*, Retrieved from ：https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer (Access Date: 2023/05/21)

IMF (2023), IMF DATA, Retrieved from：https://data.imf.org/?sk=2d39372d-5a0d-4d6f-90cd-4f4b9e948715&hide_uv=1 (Access Date: 2023/05/21)

International Energy Agency. (IEA). 2002. Potential for Building Integrated Photovoltaics. IEA Report PVPS T7-4. Retrieved from: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/rep7_04.pdf (Access date: 2023/10/17)

ISE (2022). *Agrivoltaics: Opportunities for Agri-culture and the Energy Transition–A Guideline for Germany*, Retrieved from: https://agri-pv.org/en/ (Access date: 2022/11/19)

Kang, S., Önal, H., Ouyang, Y., Scheffran, J., & Tursun, Ü. D. (2010). Optimizing the biofuels infrastructure: transportation networks and biorefinery locations in Illinois. Handbook of bioenergy economics and policy, 151-173. Retrieved from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0369-3_10 (Access date: 2023/10/06)

Karpenstein-Machan, P. D. M., Wüste, A., & Schmuck, P. (2013). Erfolgreiche umsetzung von bioenergiedörfern in deutschland–was sind die erfolgsfaktoren?. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*. , Retrieved from: https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/21 (Access date: 2023/10/02)

Katkar, V. V., Sward, J. A., Worsley, A., & Zhang, K. M. (2021). Strategic land use analysis for solar energy development in New York State. *Renewable Energy*, *173*, 861-875. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121004900 (Access date: 2023/10/13)

Kim, J., Rabelo, M., Padi, S. P., Yousuf, H., Cho, E. C., & Yi, J. (2021). A review of the degradation of photovoltaic modules for life expectancy. *Energies*, *14*(14), 4278. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118305574 (Access date: 2023/10/25)

Landsvirkjun(2023), *Geothermal*, Retrieved from： https://www.landsvirkjun.com/geothermal (Access Date: 2023/05/21)

Lee, T., Glick, M. B., & Lee, J.-H. (2020). Island energy transition: Assessing Hawaii's multi-level, policy-driven approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109500.

Mahto, R., Sharma, D., John, R., & Putcha, C. (2021). Agrivoltaics: A Climate-Smart Agriculture Approach for Indian Farmers. *Land*, 10(11), 1277.

Majumdar, D., & Pasqualetti, M. J. (2018). Dual use of agricultural land: Introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA. *Landscape and urban planning, 170*, 150-168. (Access Date: 2023/05/10)

Malu, P. R., Sharma, U. S., & Pearce, J. M. (2017). Agrivoltaic potential

on grape farms in India. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *23*, 104-110. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138817302096 (Access date: 2023/10/13)

Mayer, F. D., Hoffmann, R., Brondani, M., Salbego, P. R. d. S., Almeida, T. C. d., & Canabarro, N. I. (2020). Food and Energy Production from Small-Scale Sugar Cane Industry as an Option for Sustainable Development: A Case Study in Southern Brazil. *Environmental Engineering Science*, 37(1), 53-63.

NCSD (2020), *Cambodia's Updated Nationally Determined Contribution*, Retrieved from：https://ncsd.moe.gov.kh/ (Access date: 2022/10/26).

Noorollahi, Y., Itoi, R., Fujii, H., Tanaka, T., & Motooka, N. K. (2007). Geothermal resources exploration and wellsite selection with environmental consideration using GIS in Sabalan geothermal area, Iran. In *Proceedings, Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January* (pp. 22-24). Retrieved from: https://earthsciences.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2007/noorolla.pdf (Access date: 2023/10/12)

Nov Sivutha(2020),*Kampong Chhnang villages powered by solar*, Retrieved from：https://www.phnompenhpost.com/national/kampong-chhnang-villages-powered-solar (Access date: 2022/10/26).

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy(2023), *Enhanced Geothermal Systems*, Retrieved from：https://www.energy.gov/eere/geothermal/enhanced-geothermal-systems (Access Date: 2023/05/03)

Ott, E. M., Kabus, C. A., Baxter, B. D., Hannon, B., & Celik, I. (2020). Environmental analysis of agrivoltaic systems. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Retrieved from: https://www.researchgate.net/profile/Ilke-Celik-2/publication/343872484_Environmental_Analysis_of_Agrivoltaic_Systems/links/5f95f28992851c14bce78217/Environmental-Analysis-of-Agrivoltaic-Systems.pdf (Access date: 2023/10/12)

Roesler, T. (2019). Community resources for energy transition:

Implementing bioenergy villages in Germany. *Area*, 51(2), 268-276

Saffie, N. A. M., & Rasmani, K. A. (2016, July). Fuzzy delphi method: Issues and challenges. In *2016 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS)* (pp. 1-7). IEEE.

Sarraf, M., Rismanchi, B., Saidur, R., Ping, H., & Rahim, N. (2013). Renewable energy policies for sustainable development in Cambodia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 223-229.

Siler, D. L., Pepin, J. D., Vesselinov, V. V., Mudunuru, M. K., & Ahmmed, B. (2021). Machine learning to identify geologic factors associated with production in geothermal fields: A case-study using 3D geologic data, Brady geothermal field, Nevada. *Geothermal Energy*, *9*, 1-17. Retrieved from: https://link.springer.com/article/10.1186/s40517-021-00199-8 (Access date: 2023/10/11)

Singapore Green Plan(2022), *Key Targets for the Green Plan*. Retrieved from https://www.greenplan.gov.sg/targets (Access Date: 2022/10/27)

Soltani, M., Kashkooli, F. M., Souri, M., Rafiei, B., Jabarifar, M., Gharali, K., & Nathwani, J. S. (2021). Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *140*, 110750. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121000459#bib23 (Access date: 2023/10/25)

Sowa-Watrak, A., Klosok-Bazan, I., Gono, M., & Gono, R. (2017). The criteria for suitable location of geothermal power plant. In *2017 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)* (pp. 1-5). IEEE. Retrieved from: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7967356 (Access date: 2023/10/12)

Stefansson, V. (2002). Investment cost for geothermal power plants. Geothermics, 31(2), 263-272. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0375650501000189 (Access date: 2023/10/11)

Tachev (2022), *Renewable Energy in Cambodia – Opportunities and Challenges*, Retrieved from：https://energytracker.asia/ (Access

date: 2022/10/26).

Tajima, Makoto & Iida, Tetsunari. (2021). Evolution of agrivoltaic farms in Japan. AIP Conference Proceedings. 2361. 030002. DOI：10.1063/554674. (Access Date: 2023/05/03)

The Government Offices of Iceland (2022), 《*The State and Challenges of Energy Affairs*》, ISBN 978-9935-9659-5-0 (Access Date: 2023/03/18)

The National Renewable Energy Laboratory(2018), *Geothermal Resource Data, Tools, and Maps*, Retrieved from：https://www.nrel.gov/gis/geothermal.html (Access Date: 2023/03/20)

Toledo, C., & Scognamiglio, A. (2021). Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns). *Sustainability*, 13(12), 6871.

Trainor, A. M., McDonald, R. I., & Fargione, J. (2016). Energy sprawl is the largest driver of land use change in United States. *PloS one*, *11*(9), e0162269. Retrieved from: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0162269 (Access date: 2023/10/12)

Trommsdorff, M., Dhal, I. S., Özdemir, Ö. E., Ketzer, D., Weinberger, N., & Rösch, C. (2022). Agrivoltaics: solar power generation and food production. In *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems* (pp. 159-210). Academic Press.

Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(6), 3261-3270. Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111001675 (Access date: 2023/10/25)

Verheye, W. (2010). Growth and Production of Oil Palm. In: Verheye, W. (ed.), Land Use, Land Cover and Soil Sciences. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), UNESCO-EOLSS Publishers, Oxford, UK. Retrieved from:http://www.eolss.net (Access date: 2023/10/05)

Viccaro, M., Caniani, D., Masi, S., Romano, S., & Cozzi, M. (2022).

Biofuels or not biofuels? The “Nexus Thinking” in land suitability analysis for energy crops. Renewable Energy, 187, 1050-1064., Retrieved from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148122001471 (Access date: 2023/10/04)

Vo, T. T. E., Ko, H., Huh, J. H., & Park, N. (2021). Overview of solar energy for aquaculture: The potential and future trends. *Energies*, 14(21), 6923. (Access Date: 2023/05/03)

Ya'acob, M. E., Othman, N. F., & Nazri, N. A. (2022). On the Light Intensity Value under Photovoltaic Arrays for Agrivoltaic Integration. In 2022 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon) (pp. 122-126). IEEE. Retrieved from: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9988820 (Access date: 2023/10/12)

Yamada, A., & Ogata, S. (2021). Potential evaluation of agrivoltaic case of Kyoto prefecture Japan. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2361, No. 1). AIP Publishing. Retrieved from: https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2361/1/020003/718153/Potential-evaluation-of-agrivoltaic-case-of-Kyoto (Access date: 2023/10/12)

Yousefi, H., & Ehara, S. (2007). Geothermal power plant site selection using GIS in Sabalan area, NW Iran. *Proceedings of Map Asia*. Retrieved from: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2837b0b804637f84d63f62131813f3ae88270a85 (Access date: 2023/10/12)

附錄

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
農業建設組(一)	為配合本局業務需求，計畫內容建議調整(或納入後續執行評估參考)部分： 1. 技術審查之委員意見如後附。 2. 本計畫所提研究方法係以模糊德爾菲專家訪談問卷發放與分析，惟在預算編列多名人員(專案助理、臨時人員)協助問卷發送，請再予確認問卷對象(專家學者或或含社區利害關係人?)。	1. 敬悉。 2. 本計畫於經費及人員編列上已配合修正，將僅聘用一位計畫專任助理人員協助計畫進行，及編列前往案例場域田野研究期間所需之臨時人員。研究方法採模糊德爾菲法，除計畫主持人外，將由計畫專任助理人員主要協助，以訪談結合問卷填答，對象主要將僅以專家學者為主，視回收成果進行二至三輪之收斂，以初步建構適用於臺灣不同類型之農村社區能源自給自評表，再透過不同類型農村社區案例進行檢驗。
農業建設組(二)	有關計畫書格式及經費審查部分： 1. 計畫執行期程為10.9個月(112年2月8日至112年12月31日)，案內所編10-00人事費與20-00業務費請依執行期限編列。 2. 23-00按日按件計資酬金：計畫主持人費請補充受領人姓名、職別(或職等)、擔任工作項目等；臨時人員請詳述計算方式(人數*基本工資*工作天數*1.02~1.1)；專家學者問卷係為建構農村社區自主能源評估項目，編列除考量專家組成人數外，亦請評估是否會以2~3回合問卷調查，以利收斂各方意見並獲具共識。 3. 25-00物品：請補充說明與實施計畫之關聯。	1. 計畫執行期程及相關費用已依執行期限修正編列。 2. 已補充計畫主持人費受領人員相關資訊；臨時人員已依相關規範詳述計算方式；專家學者訪談問卷將視回收成果進行二至三輪收斂。 3. 所編列物品已補充說明與計畫執行之關聯。

項次	審查意見	回覆辦理情形
主計室(一)	10-00人事費-薪俸聘用計畫兼任助理人員請依規提列配合款且最高不得超過6個月另12-00保險月份請一併修正。(如後附參考規定)，倘屬「兼任研究助理」，請改編科目「按日按件計資酬金」。	經費修正編列後，已無編列「計畫兼任助理人員」，亦無編列「兼任研究助理」，僅編列「計畫專任助理人員」1位，配合計畫執行期間，預計聘任8個月，相關薪俸及保險費用已參照相關規範編列。
主計室(二)	23-00按日按件計資酬金項下專家學者問卷費用每人2,500元不符合出席費支給規定。	已修正於按日按件計資酬金項下編列專家學者訪談費與出席費，依照相關規範編列每人次新台幣2,500元，共編列11人次。
主計室(三)	三、餘同農村建設組意見。	敬悉。
技術審查(一)	1. 本計畫之「能源自主」是否有明確定義？是全面自主？生活能源自主？還是農業生產能源自主？	1. 本計畫主要為配合政府淨零政策，欲藉由彙整國內外能源自主及淨零排放之相關文獻、法令及政策，協助研議臺灣農村社區可行之自主能源發展策略及當前所面臨之課題，進而提出因應對策，爰本計畫名稱所指之能源自主並未有明確定義，非指全面自主或生活能源自主。
技術審查(二)	2. 計劃中的問卷進行自主評估表的目的為何？計畫書中對此未有足夠說明，不易與計畫執行邏輯連結。	2. 因農村再生第三期實施計畫中，尚未著重於淨零排放政策之相關指引，爰本計畫欲建構農村社區能源自給自評表，預期可供後續農村社區申請農村再生相關經費補助時，可先行透過此評估表，自行檢視社區所具備之環境條件是否可朝特定創新能源自主方向發展，作為農村再生經費投入之改善項目或重點發展考量。

項次	審查意見	回覆辦理情形
技術審查(三)	3. 問卷如何設計？發放的對象預計是哪些領域的專家？預計會進行幾輪？	3. 問卷設計上將先行綜整國內外能源自主之相關法令、政策、案例及文獻，檢視其應用於臺灣農村社區之適用性，初步建構臺灣農村社區能源自主評估項目，再透過模糊德爾菲法，邀集國內可再生能源領域及農村規劃領域之專家學者，透過2-3輪之訪談問卷填答收斂共識，進而建構臺灣農村社區能源自給自評表。
技術審查(四)	4. 本計畫如有通過，建議與主管機關水保局商議，找既有農村社區能源案例來驗證。	4. 本計畫目前所提之四處農村社區案例場域(新竹寶山新城社區、臺中新社慶西社區、臺南後壁竹新社區、以及宜蘭大同復興社區)，雖並非均為既有農村社區能源案例社區，但均曾獲農村再生計畫經費補助，且亦具備不同創新能源潛力，考量計畫規模與研究人力，本研究後續以計畫申請所提之四處農村社區為實證研究對象。
技術審查(五)	5. P9頁，臨時人員發放問卷、現地調查工作等，為什麼不請5位兼任助理執行。	5. 考量核定經費及執行期程，本計畫改為聘任一位計畫專任助理人員，未再編列其他兼任人員，另考量目前所訂之農村社區案例場域分布較廣(宜蘭、新竹、臺中、臺南)，考量有效執行田野調查作業，本計畫仍有編列少部分臨時人員經費，以利後續計畫執行。
技術審查(六)	6. P4頁，預定進度表沒有細節內容，需要更加詳細。	6. 該預定進度表為配合補助計畫管理系統內容所填報，計畫執行內容與進度安排已詳敘於研究計畫書「參、研究設計」及「肆、預定計畫工作進度」內。
技術審查(七)	7. 本研究提案針對文獻回顧與專家評估表的設計，雖然P3提及欲進行實際的農村個案研究，但未見	7. 實際農村個案研究相關內容及資料，已詳敘於研究計畫書「初選案例地區簡介」中。

項次	審查意見	回覆辦理情形
	個案資料	
技術審查(八)	8. 建議要說明預算經費的薪俸高達55.8萬的配置原因。	8. 考量核定經費及執行期程，修正後經費共編列人事費新台幣371,024 元(含計畫專任助理人員薪俸及保險)及業務費新台幣378,976 元，合計新台幣 75 萬元整，計畫經費均已依相關規範編列，未有薪俸過高之疑慮。
技術審查(九)	9. 除了研究文章的發表之外，建議將研究成果著重於應用在實質的農村再生推動工作項目的設計。	9. 研究成果之農村社區能源自主檢核表，將可供後續農村社區申請農村再生相關經費補助時，可先行透過此評估表，自行檢視社區所具備之環境條件是否可朝特定創新能源自主方向發展，作為農村再生經費投入之改善項目或重點發展考量，應屬可應用於實質農村再生推動之工作項目。

附錄二、期中審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
(一)	本案於期中階段僅完成文獻回顧及社區評估(進行中),尚未有提出相關課題及提出結論與建議,建議加速計畫執行。	感謝意見提供。本計畫執行進度上略有延遲,參考期初審查意見於專家訪談問卷設計上採二輪發放與回收,相對費時,且須透過該成果建構不同類型農村社區能源自給評估表後,方可進入案例農村社區進行訪談與實證,爰於本次期末報告繳交時,僅完成案例農村社區之基礎環境資料評析,有關課題與對策將待十一月中十二月中陸續完成,將於本計畫之結案報告中,呈現完整研究成果。
(二)	策略是為了達成某些目標而設計,策略設計須考量內、外環境條件,才能知道資源如何配置,本研究關鍵字鎖定在「農村社區能源」、「自主發 展」、「策略研擬」,因此,建議,優先統整對象農村發展自主能源的條件,並整理目前對象農村進行中,或可能有條件發展的關鍵資源條件,如: 1. 坡度差是否有利於發展太陽能源?現在農村的發展現況如何了? 2. 多少潮差有利發展水力發電?現在農村的發展現況如何了? 3. 或其他與自主發展能源的其他相關條件故,建議補充「農村自主發展策略」可能的控制因子為何?以及案例農村的與能源管理的相關的基本資料。	感謝意見提供。本計畫受限於研究能量,僅探討農村社區發展太陽光電、生質能及地熱能,並未納入水力發電,為本計畫之研究限制。本計畫透過大量國內外相關文獻回顧,彙整太陽光電、生質能及地熱能等三類型可再生能源所需之關鍵條件,透過二輪專家訪談問卷檢視收斂至適用於臺灣之重要因子,續於第五章第二、三、四節中說明各案例社區之再生能源發展潛力,例如:臺中慶西社區之菇類養殖,社區內多為一級坡且向陽,預計朝向太陽光電發展;新竹新城社區具有生產甘蔗之產業特性,而已生質能源作為農村自主能源;臺南市竹新社區期以該社區種植之水稻發展生質能;宜蘭縣復興社區內除已於農再計畫中發展水力發電,另亦有地熱資源,可朝地熱發電發展。

項次	審查意見	回覆辦理情形
(三)	策略有層級、也可以有組合，因此，針對貴單位研究出來的結果回饋本署；更具策略的可參照性，參照貴單位的研究整理出來的各國政策，為臺灣整理出一套屬於臺灣、本署、或者農村的可行的政策；本署進一步針對不同的農村條件發展策略，調整本署位階的策略設計， 以達到上下之間、橫向之間的策略組合，共同達到最大效益，因此 建議於學者座談會時，是否同步提供案例地區資料，與專家共同討論能源自給自評表中評估因子的項目。	感謝意見提供。本計畫主要研究動機及目的，除彙整大量國內外有關農村社區推動再生能源發展之相關文獻、法令、政策等成果外，更希冀可提供第四期農村再生計畫有關農村社區能源自給之相關內容，基於國內外文獻與二階段專家訪談問卷(二輪共計 11 人次)，收斂臺灣農村社區在推動包括太陽光電、生質能及地熱能等再生能源時，所需考量之重要評估因子，後續將持續在提交成果報告前，前往四處案例農村社區進行實地訪談與實證，藉以回饋與修正農村社區能源自給之自評表，並提出相關課題與因應對策。本計畫成果將可作為未來臺灣農村社區申請農村再生計畫時，用以自評並說明獲得經費補助後，針對於該農村社區推動能源自給之改善方向，預期對於農村再生計畫有實質貢獻。

附錄三、第一輪專家訪談問卷

建構臺灣農村能源自主評估表之專家問卷調查

尊敬的　　老師您好 鈞鑒：

感謝您於百忙之中撥冗填答本問卷，填答這份問卷預估費時約 15 分鐘。此份問卷為逢甲大學都市計畫與空間資訊學系林映辰助理教授，為執行農業部農村發展及水土保持署 112 年度創新研究計畫「因應淨零政策下農村能源自主發展策略之研擬」之專家學者調查問卷。

本研究旨在結合國內外相關文獻成果，評估農村社區於發展太陽光電、生質能及地熱不同條件因子之重要性，久仰您對於臺灣農村社區、淨零政策及能源等相關領域具有豐富知識與研究經驗，希望您能不吝提供寶貴意見填寫此份問卷，對各項不同評估條件重要性進行給分，以作為本研究後續研議農村社區自評表之依據。您所提供之資料僅供學術研究使用，請您放心填答，如填寫問卷過程中有所疑問或建議，敬請您不吝指正，並請將填寫完畢之問卷擲還，尚祈於 2023 年 10 月 27 日前，填寫完傳至 E-mail：j93191@gmail.com，再次感謝您對本研究之支持與協助。

敬祝 順心如意

逢甲大學 都市計畫與空間資訊學系
助理教授 林映辰 博士
研究助理 柯品華 敬啟
聯絡電話：0972-248617
E-mail：j93191@gmail.com

一、研究背景說明

隨著全球氣候變遷及暖化日益受到國際重視，國際能源組織(International Energy Agency, IEA)於 2021 年 5 月啟動 2050 年能源部門淨零碳排旗艦計畫(IEA, 2021)，而接續 IEA 所提之淨零碳排路徑與行動，2050 淨零碳排亦為 2023 年在埃及沙母沙伊赫所舉辦之第 27 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國大會(United Nations Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, COP27)中，最受到各國重視之議題，包括美國白宮正式啟動全球零碳治理宣言(Global Net-Zeto Government Initiative)[1]，會同其他 18 個國家共同削減公部門的碳排放量、國際標準局(International Organization for Standardization, ISO)於 COP27 期間正式設定淨零碳準則(Net Zero Guidelines)[2]、以及英、美等國均進一步致力於節能運具之推廣(Accelerate to Zero coalition (A2Z)、Zero Emission Vehicles Emerging Market Campaign (ZEV-EM-C)[3]等。

臺灣亦依循國際趨勢，於去年度(2022) 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」[4]，提出四大策略包括能源轉型、產業轉型、生活轉型及社會轉型等，然規劃方針仍多著重於發展程度較高之都市地區，農業部門則預計於 2040 完成淨零排放政策目標。為因應淨零碳排政策，農業部於 2022 年，透過「邁向農業淨零排放策略大會」邀請相關領域專家、學者、團體與產業代表，透過討論並凝聚淨零排放政策推動之共識，明確指出：「推動農業部門有效碳定價及碳權交易制度以及農業綠色金融及綠色消費，**『達到農村自主發電，用電自給自足』**」，顯示農村地區可透過研議農村能源自主策略，以回應淨零碳排政策(農業部，2022)[5]，進而對於能源轉型中之「打造零碳能源系統」、「提升能源系統韌性」及「開創綠色成長」策略有所貢獻。

然而，在農業部 108 年所公布之「農村再生第三期實施計畫(109 至 112 年度)核定版」時，尚未公布 2050 淨零碳排政策，爰該實施計畫中尚未著重於農村能源自主之相關規劃；其中雖有提及農村再生新農業、新時代的農村發展典範、農業綠能整合加值計畫、以及節能節水農村等相關農村能源(綠能、光電)之概念(農業部，2019)，但對農村能源自主發電仍未有著墨，因此無法評析臺灣不同類型農村推動能源自主時，可能遭遇之課題與因應對策。

爰此，本計畫期透過綜整國內外農村創新能源自主之相關政策、法令與案例，因應臺灣 2050 淨零排放路徑政策下，評析適用於不同類型臺灣農村社區能源自主之創新可行策略，藉由透過專家訪談問卷方式，建構不同於都市地區之農村社區能源自主條件評估表，並以**太陽光電**、**生質能**、及**地熱**為本專家問卷主要評估之再生能源，研究成果期可供未來農村社區申請農村再生相關計畫經費補助時，將評估表成果納為農村社區自行檢視能源自主可行潛力方向，進而作為後續農村再生計畫執行時之重要改善依據。

---

[1] The White House: https://www.whitehouse.gov/ceq/news-updates/2022/11/17/ceq-launches-global-net-zero-government-initiative-announces-18-countries-joining-u-s-to-slash-emissions-from-government-operations/ (Access date: 2022/11/20)

[2] ISO: https://www.iso.org/netzero (Access data: 2022/11/18)

[3] UNFCCC: https://climatechampions.unfccc.int/cop27-day-10/ (Access data: 2022/11/20)

[4] 國家發展委員會: https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811 (Access data: 2022/10/30)

[5] 農委會(2022)，「『邁向農業淨零排放策略大會』圓滿順利凝聚共識推動 2040 農業淨零排放」，新聞與公報，文號 8912，(Access date: 2022/11/14)。Retrieved from: https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=8633 。

二、問卷說明及範例：

本研究採模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi Method)進行專家問卷設計，此問卷目的在於，彙整國內外文獻所提出不同再生能源別之評估指標，並透過專家學者勾選其重要性，以建構臺灣農村社區發展能源自主之適切評估項目。本問卷評估項目共包括：第 A 部分太陽光電、第 B 部分生質能、第 C 部分地熱能、第 D 部分其他建議以及填答者基本資料。再生能源評估指標之重要性填寫範例如下：

(一)、針對發展各再生能源之評估條件給予重要性分數 1~7 分，給分越大表示重要性越大：

第 A 部分：農村社區發展太陽光電評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
太陽光電	經濟因素	成本效益	農電共生型：需考量建造光電系統之成本，若為農電共生型則需考量作物是否因光電板影響日照進而減少收成。	☑	□	□	□	□	□	□
			專區/屋頂型：可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，是否與建造光電系統之成本相比具有成本效益。	□	☑	□	□	□	□	□
		其他條件：		□	□	□	□	□	□	□

(二)、填寫發展各再生能源是否有其他需考慮其他因素，由專家學者給予建議並填入重要性分數：

第 A 部分：農村社區發展太陽光電評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
太陽光電	經濟因素	成本效益	農電共生型：需考量建造光電系統之成本，若為農電共生型則需考量作物是否因光電板影響日照進而減少收成。	□	□	□	□	□	□	□
			專區/屋頂型：可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，是否與建造光電系統之成本相比具有成本效益。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：		□	□	□	□	□	□	□

三、問卷內容

第 A 部分：農村社區發展太陽光電評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
太陽光電	經濟因素	成本效益	農電共生型：須考量建造光電系統所花費成本與收益，加上原有作物是否因光電板遮蓋影響日照，進而減少經濟收益。	□	□	□	□	□	□	□
			專區/屋頂型：須考量社區內可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，其發電量是否與建造光電系統所花費成本相比具有經濟效益。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□
	太陽光電需求環境因素	氣候條件	日照時數：太陽輻射為主要太陽光電之能量來源，太陽能板在日照充足的情況下方可達最高效率。	□	□	□	□	□	□	□
			相對濕度、風速和氣溫將影響太陽能板上之對流加熱或冷卻；水蒸氣將改變太陽輻射電效能。	□	□	□	□	□	□	□
		地形條件	坡度將影響太陽光電系統設置的建造成本。	□	□	□	□	□	□	□
		景觀條件	光電板可能會破壞景觀，若與主要道路及房屋與農田之距離愈遠，可與周圍環境越和諧。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
	作物因素	作物生長條件	農電共生型在設置太陽光電板之環境條件下，農村社區是否具耕種合適作物類別之經驗與能力。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□
	基礎設施因素	交通條件	光電場域距離道路近則有利於光電板維修、清潔面板等定期設備維護作業。	□	□	□	□	□	□	□
		電網條件	太陽光電產生之電力是否能與當地供電系統併聯，距離電網越近則傳輸成本及電力耗損愈低。	□	□	□	□	□	□	□
		變電系統	太陽能光電場附近是否有可用變電站。	□	□	□	□	□	□	□
		建物條件	屋頂型光電需考量屋頂表面設計所可接收之輻射量，例如：屋頂表面之方向、傾斜角度、位置等。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□

第 B 部分：農村社區發展生質能評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
生質能	社會因素	社交網絡	農村社區中居民間具有相互信任關係。	□	□	□	□	□	□	□
		供電系統更換意願	農村社區中居民同意更換供電系統之意願高低。	□	□	□	□	□	□	□
		地方領袖	農村社區中具有誠信及正直之領導者，願意主動推行以生質能為能源自主標的。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□
	經濟因素	成本效益	農村社區可取得之生質能料源，若將其轉為發電所需成本，是否可低於非再生能源發電。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□
	生質作物生長之環境因素	氣候條件	溫度、月降雨量、平均每日日照等，可能影響生質作物生長及產量	□	□	□	□	□	□	□
		土壤條件	土壤深度、土壤鹽分、土壤排水性等，可能影響生質作物生長及產量	□	□	□	□	□	□	□
		地形條件	海拔高度、斜率（%）、土壤酸鹼值，可能影響生質作物生長及產量	□	□	□	□	□	□	□
		供水條件	農村社區供水條件是否能滿足生質作物之水足跡	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
	基礎設施因素	交通基礎設施	農村社區產出之生質能輸送至消費端之距離遠近	□	□	□	□	□	□	□
			生質原料運送至生質能源處理設施之交通距離	□	□	□	□	□	□	□
		儲存及設置發電潛在閒置空間	農村社區是否有潛在閒置空間存放生質原料，以及是否有潛在閒置空間可設置生質能發電設施	□	□	□	□	□	□	□
		集會場所有無	能提供居民、專家等行動者舉辦會議之場所。	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____	_____	□	□	□	□	□	□	□

第C部分：農村社區發展地熱能評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 非常不重要——非常重要						
				1	2	3	4	5	6	7
地熱能	經濟因素	成本效益	須考量地熱開發所需成本，包括地面成本(如地面勘探、設廠成本等)，及地下投資成本(如鑽井深度)，與發電收益相比是否具經濟效益	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____		□	□	□	□	□	□	□
	環境條件	溫度條件	農村社區之地熱溫度及梯度將影響發電效率	□	□	□	□	□	□	□
		坡度條件	農村社區之坡度為可否開發地熱發電之限制條件	□	□	□	□	□	□	□
		地層條件	若農村社區處於斷層密集或地裂密集處，將有較高之滲透率，有助於收集地熱能	□	□	□	□	□	□	□
		水資源條件	農村社區是否具備水資源可供冷卻地熱能發電設備，或用以注水加熱為蒸氣進而推動渦輪發電機	□	□	□	□	□	□	□
		植被條件	農村社區若鑽探地熱井或設置發電廠易造成地表擾動，選擇植被覆蓋率較低之區域可減少衝擊	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____		□	□	□	□	□	□	□
	基礎設施因素	土地及空間條件	農村社區是否有閒置潛在土地並符合管制規範，可設置鑽探井、渦輪發電機、管道等地熱設施	□	□	□	□	□	□	□
		電網條件	農村社區地熱發電產出是否可饋線至鄰近電網	□	□	□	□	□	□	□
		其他條件：_____		□	□	□	□	□	□	□

第 D 部分：開放式回饋及其它建議

請問您對於「建構臺灣農村能源自主評估表」專家問卷調查，是否有其它建議？ 期盼您的分享，您的每項寶貴意見將使本研究更臻完善，更是解答問題之鑰。

_____

_____

_____

_____

_____

_____

四、填答者基本資料

(一)姓　　名：_____

(二)服務單位：_____

(三)職　　稱：_____

(四)專　　長：_____

(五)年　　資：_____

【問卷到此結束，由衷感謝您的協助！】

附錄四、第二輪專家訪談問卷

建構臺灣農村能源自主評估表之專家問卷調查 (第二輪)

尊敬的沈育生 老師您好 鈞鑒：

感謝您於百忙之中撥冗填答本問卷，填答這份問卷預估費時約 15 分鐘。此份問卷為逢甲大學都市計畫與空間資訊學系林映辰助理教授，為執行農業部農村發展及水土保持署 112 年度創新研究計畫「因應淨零政策下農村能源自主發展策略之研擬」之專家學者調查問卷。

本研究旨在結合國內外相關文獻成果，評估農村社區於發展太陽光電、生質能及地熱不同條件因子之重要性，久仰您對於臺灣農村社區、淨零政策及能源等相關領域具有豐富知識與研究經驗，希望您能不吝提供寶貴意見填寫此份問卷，對各項不同評估條件重要性進行給分，以作為本研究後續研議農村社區自評表之依據。**本研究經第一輪專家學者問卷彙整後，依據重要性成果進行問項修訂及調整，結合模糊德爾菲概念提出本次第二輪之專家學者問卷**，您所提供之資料僅供學術研究使用，請您放心填答，如填寫問卷過程中有所疑問或建議，敬請您不吝指正，並請將填寫完畢之問卷擲還，尚祈於 **2023 年 10 月 31 日前**，填寫完傳至 E-mail：j93191@gmail.com，再次感謝您對本研究之支持與協助。

敬祝 順心如意

逢甲大學 都市計畫與空間資訊學系
助理教授 林映辰 博士
研究助理 柯品華 敬啟
聯絡電話：0972-248617
E-mail：j93191@gmail.com

一、研究背景說明

隨著全球氣候變遷及暖化日益受到國際重視，國際能源組織(International Energy Agency, IEA)於 2021 年 5 月啟動 2050 年能源部門淨零碳排旗艦計畫(IEA, 2021)，而接續 IEA 所提之淨零碳排路徑與行動，2050 淨零碳排亦為 2023 年在埃及沙母沙伊赫所舉辦之第 27 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國大會(United Nations Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, COP27)中，最受到各國重視之議題，包括美國白宮正式啟動全球零碳治理宣言(Global Net-Zeto Government Initiative)[1]，會同其他 18 個國家共同削減公部門的碳排放量、國際標準局(International Organization for Standardization, ISO)於 COP27 期間正式設定淨零碳準則(Net Zero Guidelines)[2]、以及英、美等國均進一步致力於節能運具之推廣(Accelerate to Zero coalition (A2Z)、Zero Emission Vehicles Emerging Market Campaign (ZEV-EM-C)[3]等。

臺灣亦依循國際趨勢，於去年度(2022) 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」[4]，提出四大策略包括能源轉型、產業轉型、生活轉型及社會轉型等，然規劃方針仍多著重於發展程度較高之都市地區，農業部門則預計於 2040 完成淨零排放政策目標。為因應淨零碳排政策，農業部於 2022 年，透過「邁向農業淨零排放策略大會」邀請相關領域專家、學者、團體與產業代表，透過討論並凝聚淨零排放政策推動之共識，明確指出：「推動農業部門有效碳定價及碳權交易制度以及農業綠色金融及綠色消費，『**達到農村自主發電，用電自給自足**』」，顯示農村地區可透過研議農村能源自主策略，以回應淨零碳排政策(農業部，2022)[5]，進而對於能源轉型中之「打造零碳能源系統」、「提升能源系統韌性」及「開創綠色成長」策略有所貢獻。

然而，在農業部 108 年所公布之「農村再生第三期實施計畫(109 至 112 年度)核定版」時，尚未公布 2050 淨零碳排政策，爰該實施計畫中尚未著重於農村能源自主之相關規劃；其中雖有提及農村再生新農業、新時代的農村發展典範、農業綠能整合加值計畫、以及節能節水農村等相關農村能源(綠能、光電)之概念(農業部，2019)，但對農村能源自主發電仍未有著墨，因此無法評析臺灣不同類型農村推動能源自主時，可能遭遇之課題與因應對策。

爰此，本計畫期透過綜整國內外農村創新能源自主之相關政策、法令與案例，因應臺灣 2050 淨零排放路徑政策下，評析適用於不同類型臺灣農村社區能源自主之創新可行策略，藉由透過專家訪談問卷方式，建構不同於都市地區之農村社區能源自主條件評估表，並以**太陽光電**(本研究未考量漁電共生)、**生質能**、及**地熱**為本專家問卷主要評估之再生能源，研究成果期可供未來農村社區申請農村再生相關計畫經費補助時，將評估表成果納為農村社區自行檢視能源自主可行潛力方向，進而作為後續農村再生計畫執行時之重要改善依據。

---

[1] The White House: https://www.whitehouse.gov/ceq/news-updates/2022/11/17/ceq-launches-global-net-zero-government-initiative-announces-18-countries-joining-u-s-to-slash-emissions-from-government-operations/ (Access date: 2022/11/20)

[2] ISO: https://www.iso.org/netzero (Access data: 2022/11/18)

[3] UNFCCC: https://climatechampions.unfccc.int/cop27-day-10/ (Access data: 2022/11/20)

[4] 國家發展委員會: https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811 (Access data: 2022/10/30)

[5] 農委會(2022)，「『邁向農業淨零排放策略大會』圓滿順利凝聚共識推動 2040 農業淨零排放」，新聞與公報，文號 8912，(Access date: 2022/11/14)。Retrieved from: https://www.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=8633 。

二、問卷說明及範例：

本研究採模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi Method)進行專家問卷設計，此問卷目的在於，彙整國內外文獻所提出不同再生能源別之評估指標，並透過二階段專家學者問卷發放，評估個別指標之重要性，藉以建構臺灣農村社區發展能源自主之適切項目。本問卷評估項目共包括：第 A 部分太陽光電、第 B 部分生質能、第 C 部分地熱能。再生能源之評估條件重要性分數 1~7 分，分數越大表示重要性越大，請專家給予重要性區間的最小值、最大值及最適值，填寫範例如下：

範例一：針對「社交網絡」給予重要性區間之最小值為 3，最大值為 5，而在 3~5 之間最適值為 4。
範例二：針對「供電系統更換意願」重要性區間之最小值為 4，最大值為 7，而在 4~7 之間最適值為 6。

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
	社會因素	社交網絡	農村社區中居民間具有相互信任關係。	3	4	5
		供電系統更換意願	農村社區中居民同意更換供電系統之意願高低。	4	6	7
		地方領袖	農村社區中具有誠信及正直之領導者，願意主動推行以生質能為能源自主標的。			

三、問卷內容

第 A 部分：農村社區發展太陽光電評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
陽光電	經濟因素	成本效益	農電共生型：須考量建造光電系統所花費成本與收益，加上原有作物是否因光電板遮蓋影響日照，進而減少經濟收益。			
			專區/屋頂型：須考量社區內可設置光電專區之土地面積或建物屋頂面積，其發電量是否與建造光電系統所花費成本相比具有經濟效益。			
		法規政策	農村社區設置太陽光電須符合政府補助或有相關政策支持。			
		系統壽命及維護	農村社區設置太陽光電設備前，須先評估裝設太陽光電系統之預期壽命及耐用性。			
		廢棄物處理	農村社區須具備支付太陽光電板及耗材等限期報廢時，相關廢棄物處理成本之能力。			
	環境影響因素	氣候條件	日照時數：太陽輻射為主要太陽光電之能量來源，太陽能板在日照充足的情況下方可達最高效率。			
			相對濕度、風速和氣溫將影響太陽能板上之對流加熱或冷卻；水蒸氣將改變太陽輻射電效能。			
		地形條件	坡度將影響太陽光電系統設置的建造成本。			
		景觀條件	光電板可能會破壞景觀，若與主要道路及房屋與農田之距離愈遠，可與周圍環境越和諧。			

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
		土壤污染	建置太陽能設備可能需混凝土基座或移除植被，均需考量其對農村社區土壤沖蝕、山坡地水土保持之影響。			
		對周邊建物及設施影響	須考量光電板設置區位對於周邊建物、設施或耕地等是否形成採光遮蔽、造成反光等影響。			
		農地完整性影響	須考量農村社區設置太陽光電設施及輸電線路等是否造成農地穿孔、切割或破碎化等影響。			
		對動物棲地影響	須考量農村社區設置光電設施對野生動物棲地之影響。			
	作物因素	作物生長條件	農電共生型在設置太陽光電板之環境條件下，農村社區是否具耕種合適作物類別之經驗與能力。			
		糧食生產	農電共生恐將排擠農村社區可耕地面積，須優先使用不利生產之耕地，並將未來復耕之可行性納入考量。			
	基礎設施因素	電網條件	太陽光電產生之電力是否能與當地供電系統併聯，距離電網越近則傳輸成本及電力耗損愈低。			
		變電系統	太陽能光電場附近是否有可用變電站可供饋線。			

第 B 部分：農村社區發展生質能評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
生質能	社會因素	社交網絡	農村社區中居民間具有相互信任關係。			
		供電系統更換意願	農村社區中居民同意更換供電系統之意願高低。			
		地方領袖	農村社區中具有誠信及正直之領導者，願意主動推行以生質能為能源自主標的。			
		外溢效應	農村社區是否已有生質能之成功案例，使其模式化並複製移轉至其他社區，可產生外溢效應。			
	經濟因素	成本效益	農村社區可取得之生質能料源，若將其轉為發電所需成本，是否可低於非再生能源發電。			
		外在補助	考量生質能源成本相對較高，若可取得政府補助或企業 ESG 媒合平台等，可增加農村社區居民投入意願。			
		糧食生產	農村若生產生質能源作物替代原作物，對糧食產量及糧食自給率之影響應納入考量。			
	環境影響因素	氣候條件	農村社區在目前氣候及未來氣候變遷情形下(溫度、月降雨量、平均每日日照等)，均可能影響生質作物生長及產量。			
		土壤條件	土壤深度、土壤鹽分、土壤排水性等，可能影響生質作物生長及產量。			
		地形條件	海拔高度、斜率（%）、土壤酸鹼值，可能影響生質作物生長及產量。			

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
		供水條件	農村社區供水條件是否能滿足生質作物之水足跡。			
		環境衝擊	農村社區須考量發展生質能源對土壤侵蝕、水質污染、野生動物棲地破壞等相關環境衝擊。			
	基礎設施因素	交通基礎設施	農村社區產出之生質能輸送至消費端之距離遠近。			
			生質原料運送至生質能源處理設施之交通距離。			
		儲存及設置發電潛在閒置空間	農村社區是否有潛在閒置空間存放生質原料，以及是否有潛在閒置空間可設置生質能發電設施。			
		電氣化農機設施設備	農村社區內是否具備且充足，生產生質能源作物所需之特殊電氣化農機具設施設備。			
		防災條件	生質能燃燒農業剩餘廢棄物易引起火災，須考量農村社區是否具備充足救災設施、設備及量能。			

第C部分：農村社區發展地熱能評估項目之重要性

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
地熱能	經濟因素	成本效益	須考量地熱開發所需成本，包括地面成本(如地面勘探、設廠成本等)，及地下投資成本(如鑽井深度)，與發電收益相比是否具經濟效益。			
		受益人口	具備地熱潛能之地區有其環境條件特殊性，需考量鄰近農村社區是否納入發電效益分配，避免後續有所爭議。			
	社會因素	社會條件	農村社區發展地熱能須確保可獲得投資者、政策制定者、地方當局和居民之認可。			
	環境條件	溫度條件	農村社區之地熱溫度及梯度將影響發電效率。			
		坡度條件	農村社區之坡度為可否開發地熱發電之限制條件。			
		地層條件	若農村社區處於斷層密集或地裂密集處，將有較高之滲透率，有助於收集地熱能。			
		水資源條件	農村社區是否具備水資源可供冷卻地熱能發電設備，或用以注水加熱為蒸氣進而推動渦輪發電機。			
	基礎設施因素	土地及空間條件	農村社區是否有閒置潛在土地並符合管制規範，可設置鑽探井、渦輪發電機、管道等地熱設施。			
		電網條件	農村社區地熱發電產出是否可鑽線至鄰近電網。			

能源種類	評估因素	評估項目	操作型定義	建構臺灣農村能源自主評估因素重要性 1-7（分數越大越重要）		
				最小值	最適值	最大值
	環境影響因素	景觀影響	農村社區於地熱設施建造後，是否與原有景觀維持協調。			
		災害影響	須考量地熱發電改變之地層孔隙壓力及溫度等，可能有誘發地震或地質災害等風險。			
		生態影響	農村社區挖鑿地熱井及設置地熱發電設備，須考量是否對於野生動物棲息地產生危害。			
		噪音影響	農村社區挖掘地熱井、建置地熱能發電機等機械，須考量其產生噪音是否影響當地居民及環境品質。			
		廢氣排放影響	地熱能仰賴地底熱水推動渦輪機發電，在此過程中將排放二氧化碳、甲烷等溫室氣體至農村社區，須納入考量。			

第D部分：開放式回饋及其它建議

請問您對於「建構臺灣農村能源自主評估表」第二輪專家問卷調查，是否有其它建議？ 期盼您的分享，您的每項寶貴意見將使本研究更臻完善，更是解答問題之鑰。

四、填答者基本資料 (因相關背景資料於第一輪專家問卷中已有建置，請您留下您的姓名即可，謝謝！)

姓　　名：_____

【問卷到此結束，由衷感謝您的填答！】

附錄五、設置再生能源相關法規

一、太陽光電相關法規

附表 5-1　設置太陽光電之相關法規

申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法[45]	
條號	法條內容
§6	申請農業用地作農業設施容許使用，有下列情形之一者，不予同意： 一、申請有應補正事項，經通知申請人限期補正，屆期仍不補正。 二、經營計畫內容顯不合理，或設施與農業經營之必要性顯不相當。 三、未符合非都市土地使用管制規則有關土地分區使用或用地編定類別容許使用項目及許可使用細目之規定。 四、申請容許使用之面積或其他申請內容未符合本辦法規定，或申請人經營之其他農業用地或農業設施有閒置未利用或未符合規定使用之情形。 五、妨礙道路通行。 六、妨礙農田灌溉或排水功能。 七、申請水產養殖設施之養殖池或水禽飼養用水池無法取得合法用水。 八、申請水產養殖設施之養殖池或水禽飼養用水池，該申請場址產生之土資源需要外運或屬採取土石後遺留有坑洞情形。 九、違反其他土地使用管制相關法令規定。 申請農業用地作農業設施容許使用，有影響農業產銷之虞者，得不予同意。
§75 之 1	申請本辦法所定各項農業設施，其所有農業設施總面積，不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積之百分之四十。但有下列情形之一者，不受百分之四十之限制： 一、依畜牧法申請畜牧設施。 二、依都市計畫法申請農業產銷必要設施。 三、依本辦法申請之農業生產設施、室外水產養殖生產設施、室內水產養殖生產設施。 四、第九條、第十條及第三十條規定。

[45] 法源網址：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=M0020022

§8	農業設施興建高度及樓層應依本辦法規定辦理；未規定高度之農業設施，其高度不得超過十四公尺。
§9	主管機關辦理、專案核准或輔導農業發展計畫所需之農業設施，其面積及高度，得依其計畫核定之。
§27	本辦法所稱綠能設施，指依再生能源發展條例第三條第一項第一款所定太陽能、風力及非抽蓄式水力設施。 前項綠能設施具備下列條件之一者，得設置於農業用地： 一、結合農業經營。 二、減緩嚴重地層下陷地區之農業用地地層持續下陷。 三、避免受污染農業用地生產或經營特定農產物，影響食品安全。 依第二十九條及第三十條規定申請綠能設施之容許使用者，搭建基樁應以點狀方式施作，不得改變原地形地貌，並維持適當日照穿透，以避免影響土壤地力，且不得影響鄰地之農業使用與生產環境。
§27之2	前項綠能設施具備下列條件之一者，得設置於農業用地： 一、結合農業經營。 二、減緩嚴重地層下陷地區之農業用地地層持續下陷。 三、避免受污染農業用地生產或經營特定農產物，影響食品安全。
§27之3	依第二十九條及第三十條規定申請綠能設施之容許使用者，搭建基樁應以點狀方式施作，不得改變原地形地貌，並維持適當日照穿透，以避免影響土壤地力，且不得影響鄰地之農業使用與生產環境。
§28	本辦法附表所定之各類農業設施，除申請基準或條件規定不得附屬設置綠能設施者外，得在不影響農業設施用途及結合農業經營使用之前提下，依第四條規定，向土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關提出申請設置屋頂型綠能設施；其經營計畫應敘明農業經營與綠能設施之結合情形。 前項申請應檢附農業經營實績之證明文件，並經直轄市、縣（市）主管機關查核確有農業經營事實，且符合原核定之計畫內容使用，始得依第五條規定核發農業用地作農業設施容許使用同意書。
§29	非附屬設置於農業設施之地面型綠能設施，除位於第三十條規定之區位者外，以結合農業經營且符合下列情形之一者為限： 一、中央能源主管機關、直轄市、縣（市）主管機關或國營事業所定推動農業經營結合綠能之專案計畫範圍內，並符合其計畫措施。 二、可優先推動漁業經營結合綠能之區位範圍。 依前項第一款規劃者，應先擬具農業經營結合綠能之專案計畫，並敘明下列事項，送中央主管機關審查核准： 一、計畫推動之區位範圍。

	二、農業經營與綠能設施結合利用之規劃及農產業可行性之評估說明。 三、計畫內相關設施之空間配置。 第一項第二款之區位範圍，由中央主管機關盤點具漁業經營結合綠能之可行區位，送中央能源主管機關辦理環境與社會檢核機制作業後，由中央能源主管機關會同中央主管機關公告。 依第一項規定申請與農業經營使用相結合綠能設施之容許使用，應依第四條規定，向土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關提出申請設置地面型綠能設施；其經營計畫應敘明農業經營與綠能設施之結合情形。
§30	非附屬設置於農業設施之綠能設施，申請免與農業經營使用相結合，以位於下列區位者為限： 一、經濟部公告之嚴重地層下陷地區內，屬不利農業經營之農業用地。 二、土壤及地下水污染整治法公告之污染控制場址、污染整治場址或污染管制區。 三、經濟部一百零三年十一月十二日訂定陸上盜濫採土石坑洞善後處理計畫列管有案之國有農業用地，並經直轄市、縣（市）政府整體規劃者。 前項第一款所稱不利農業經營之農業用地，由直轄市、縣（市）主管機關，依中央主管機關所定之劃設作業規定，研提劃設區位，送中央主管機關審議並公告。中央主管機關並得邀集相關領域之學者、專家，組成審議小組審議之。 申請第一項綠能設施之容許使用，經營計畫應敘明下列事項，並依第四條規定，向土地所在地之直轄市、縣（市）主管機關提出： 一、設置目的。 二、興建設施之基地地號及興建面積。 三、計畫構想：包括計畫期程、設施之總裝置電容量、遮蔽率、植被覆蓋管理及工程設計等內容，以及申請人非土地所有權人者，並應說明對土地所有權人之經濟助益，並檢附土地使用權利證明文件等文件。 依第一項第二款所定區位申請者，應符合土壤及地下水污染整治法相關規定，並經環保主管機關審查同意。 依本條規定申請之綠能設施，其設施總面積，不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積百分之七十。
§33 之 1	依本辦法取得農業用地作農業設施容許使用者，應依原核定之計畫內容使用，並不得作為住宅、工廠或其他非農業使用。但經核准工廠登記之農業設施，不在此限。

水土保持法	
§12 第 1 項	水土保持義務人於山坡地或森林區內從事下列行為，應先擬具水土保持計畫，送請主管機關核定，如屬依法應進行環境影響評估者，並應檢附環境影響評估審查結果一併送核： 一、從事農、林、漁、牧地之開發利用所需之修築農路或整坡作業。 二、探礦、採礦、鑿井、採取土石或設置有關附屬設施。 三、修建鐵路、公路、其他道路或溝渠等。 四、開發建築用地、設置公園、墳墓、遊憩用地、運動場地或軍事訓練場、堆積土石、處理廢棄物或其他開挖整地。
水土保持計畫審核監督辦法[46]	
§3	於山坡地或森林區內從事本法第十二條第一項各款行為，且挖方及填方加計總和或堆積土石方分別未滿二千立方公尺，其水土保持計畫得以簡易水土保持申報書代替之種類及規模如下： 一、從事農、林、漁、牧地之開發利用所需之修築農路：路基寬度未滿四公尺，且長度未滿五百公尺者。 二、從事農、林、漁、牧地之開發利用所需之整坡作業：未滿二公頃者。 三、修建鐵路、公路、農路以外之其他道路：路基寬度未滿四公尺，且路基總面積未滿二千平方公尺。 四、改善或維護既有道路：拓寬路基或改變路線之路基總面積未滿二千平方公尺。 五、開發建築用地：建築面積及其他開挖整地面積合計未滿五百平方公尺者。 六、農作產銷設施之農業生產設施、林業設施之林業經營設施或畜牧設施之養畜設施、養禽設施、孵化場（室）設施、青貯設施：建築面積及其他開挖整地面積合計未滿一公頃；免申請建築執照者，前開建築面積以其興建設施面積核計。 七、堆積土石。 八、採取土石：土石方未滿三十立方公尺者。 九、設置公園、墳墓、運動場地、原住民在原住民族地區依原住民族基本法第十九條規定採取礦物或其他開挖整地：開挖整地面積未滿一千平方公尺。

[46] 法源網址：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=M0020022

二、生質能源相關法規

附表 5-2　設置生質能源之相關法規

再生能源發展條例[47]	
條號	法條內容
§3	本條例用詞，定義如下： 一、再生能源：指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源。 二、生質能：指農林植物、沼氣及國內有機廢棄物直接利用或經處理所產生之能源。 三、地熱能：指源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸氣或溫泉之能源。 四、海洋能：指海洋溫差能、波浪能、海流能、潮汐能、鹽差能等能源。 五、風力發電：指轉換風能為電能之發電方式。 六、離岸風力發電：指設置於低潮線以外海域，轉換風能為電能之發電方式。 七、小水力發電：指利用水道、圳路、管渠或其他水力用水以外用途之水利建造物之原有水量及落差，以直接設置或另設旁通水路設置之方式，轉換非抽蓄式水力為電能，且裝置容量未達二萬瓩之發電方式。 八、氫能：指以再生能源為能量來源，分解水產生之氫氣，或利用細菌、藻類等生物之分解或發酵作用所產生之氫氣，或其他以再生能源為能量來源所產生之氫氣，供做為能源用途者。 九、燃料電池：指藉由氫氣及氧氣產生電化學反應，而將化學能轉換為電能之裝置。 十、再生能源熱利用：指再生能源之利用型態非屬發電，而屬熱能或燃料使用者。 十一、再生能源發電設備：指除直接燃燒廢棄物之發電設備及非小水力發電之水力發電設備外，申請主管機關認定，符合依第四條第四項所定辦法規定之發電設備。 十二、迴避成本：指電業自行產出或向其他來源購入非再生能源電能之年

[47] 法源網址：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSearchContent.aspx?pcode=J0130032&kw=%e7%94%9f%e8%b3%aa

	平均成本。 十三、再生能源憑證：指核發單位辦理再生能源發電設備查核及發電量查證後所核發之憑證。 十四、儲能設備：指儲存電能並穩定電力系統之設備，包含儲能組件、電力轉換及電能管理系統等。
§13	中央主管機關得考量下列再生能源熱利用之合理成本及利潤，依其能源貢獻度效益，訂定熱利用獎勵補助辦法： 一、太陽能熱能利用。 二、生質能燃料。 三、一般廢棄物或事業廢棄物經處理後製造為燃料者。 四、其他具發展潛力之再生能源熱利用技術。 前項熱利用，其替代石油能源部分所需補助經費，得由石油管理法中所定石油基金支應。 利用休耕地或其他閒置之農林牧土地栽種能源作物供產製生質能燃料之獎勵經費，由農業發展基金支應；其獎勵資格、條件及補助方式、期程之辦法，由中央主管機關會同行政院農業委員會定之。
§15	1. 再生能源發電設備及其輸變電相關設施之土地使用或取得，準用都市計畫法及區域計畫法相關法令中有關公用事業或公共設施之規定。 2. 國有不動產依法提供設置再生能源發電設備之收益，得提撥一定比率回饋所在地之直轄市、縣（市）政府，不受國有財產法第七條第一項規定之限制；其範圍、一定比率、發放作業與使用辦法，由中央目的事業主管機關定之。 3. 再生能源發電設備及其輸變電相關設施，設置於海岸地區範圍者，應納入整體海岸管理計畫，並準用海岸管理法第三十一條第一項但書之規定。 4. 因再生能源發電設備及其輸變電相關設施用地所必要，租用國有或公有林地時，準用森林法第八條有關公用事業或公共設施之規定。 5. 再生能源發電設備及其輸變電相關設施用地，設置於漁港區域者，準用漁港法第十四條有關漁港一般設施之規定。

再生能源發電設備設置管理辦法[48]	
§3	本辦法用詞定義如下： 一、再生能源發電設備認定：指依本辦法規定申請同意備案至設備登記，經主管機關審查通過並發給相關證明文件之程序。 二、第一型再生能源發電設備：指發電業依電業法及其相關規定，設置利用再生能源發電之發電設備。 三、第二型再生能源發電設備：指依電業法及其相關規定，設置利用再生能源發電之自用發電設備。 四、第三型再生能源發電設備：指裝置容量未達二千瓩並利用再生能源發電之自用發電設備。 五、太陽光電發電設備：指利用太陽電池轉換太陽光能為電能之發電設備。 六、風力發電設備：指利用風能，轉換為電能之發電設備。 七、離岸風力發電設備：指設置於低潮線以外海域、不超過領海範圍，利用風能，轉換為電能之發電設備。 八、小水力發電設備：指利用圳路或既有水利設施，設置未達二萬瓩之水力能，轉換為電能之發電設備。 九、圳路：指灌溉水渠或其他用途之水流渠道。 十、地熱能發電設備：指直接利用源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸氣或溫泉之能源，轉換為電能之發電設備。 十一、海洋能發電設備：指利用海洋溫差能、波浪能、海流能、潮汐能或鹽差能，轉換為電能之發電設備。 十二、生質能發電設備：指利用農林植物、沼氣或經處理之有機廢棄物作為料源，轉換為電能之發電設備。 十三、廢棄物發電設備：指利用一般廢棄物或一般事業廢棄物，經處理製成較直接燃燒可有效減少污染及提升熱值之燃料作為料源，轉換為電能且發電效率達百分之二十五以上之發電設備。 十四、燃料電池發電設備：指以再生能源為能量來源，進行氫氣與氧氣電化學反應並轉換為電能之發電設備。 十五、其他再生能源發電設備：指經主管機關依本條例第三條第一項第一款規定，認定可永續利用之能源轉換為電能之發電設備。

[48] 法源網址：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSearchContent.aspx?pcode=J0130041&kw=%e7%94%9f%e8%b3%aa

§7 第一項 1 第 5 款	設置生質能發電設備，應另檢附發電設備所使用燃料來源，應為百分之百農林植物、沼氣或經處理之國內有機廢棄物之切結書。
電業登記規則[49]	
§3-1 第 1 項	經營發電業或擴建發電機組所需文件，其中生質能發電廠須提供燃料供應同意證明文件。

[49] 法源網址：
https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSearchContent.aspx?pcode=J0030012&kw=%e7%94%9f%e8%b3%aa

三、地熱能源相關法規

附表 5-3　設置地熱能原之相關法規

再生能源發展條例[50]	
條號	法條內容
§3	本條例用詞，定義如下： 1. 再生能源：指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源。 二、生質能：指農林植物、沼氣及國內有機廢棄物直接利用或經處理所產生之能源。 三、地熱能：指源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸氣或溫泉之能源。 四、海洋能：指海洋溫差能、波浪能、海流能、潮汐能、鹽差能等能源。 五、風力發電：指轉換風能為電能之發電方式。 六、離岸風力發電：指設置於低潮線以外海域，轉換風能為電能之發電方式。 七、小水力發電：指利用水道、圳路、管渠或其他水力用水以外用途之水利建造物之原有水量及落差，以直接設置或另設旁通水路設置之方式，轉換非抽蓄式水力為電能，且裝置容量未達二萬瓩之發電方式。 八、氫能：指以再生能源為能量來源，分解水產生之氫氣，或利用細菌、藻類等生物之分解或發酵作用所產生之氫氣，或其他以再生能源為能量來源所產生之氫氣，供做為能源用途者。 九、燃料電池：指藉由氫氣及氧氣產生電化學反應，而將化學能轉換為電能之裝置。 十、再生能源熱利用：指再生能源之利用型態非屬發電，而屬熱能或燃料使用者。

[50] 法源網址：
https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSearchContent.aspx?pcode=J0130032&kw=%e5%9c%b0%e7%86%b1

	十一、再生能源發電設備：指除直接燃燒廢棄物之發電設備及非小水力發電之水力發電設備外，申請主管機關認定，符合依第四條第四項所定辦法規定之發電設備。 十二、迴避成本：指電業自行產出或向其他來源購入非再生能源電能之年平均成本。 十三、再生能源憑證：指核發單位辦理再生能源發電設備查核及發電量查證後所核發之憑證。 十四、儲能設備：指儲存電能並穩定電力系統之設備，包含儲能組件、電力轉換及電能管理系統等。 2. 前項第六款離岸風力發電設置範圍所定低潮線，由中央主管機關公告之。
§15之1	1. 為設置地熱能發電設備而有探勘地熱能之需要者，應向中央主管機關申請地熱能探勘許可。 2. 中央主管機關就前項申請，應會同直轄市、縣（市）主管機關進行審查。 3. 地熱能探勘許可之有效期間為二年。但有正當理由者，得於屆期二個月前向中央主管機關申請展延，並以二次為限；經審查核准者，每次展延期限不得逾一年。 4. 申請地熱能探勘許可應具備之資格、申請程序、應備文件、審查項目、廢止許可及其他相關事項之辦法，由中央主管機關定之。
§15之2	1. 為設置地熱能發電設備而有開發地熱能之需要者，應向中央主管機關申請地熱能開發許可。 2. 中央主管機關就前項申請，應會同直轄市、縣（市）主管機關進行審查。 3. 取得地熱能探勘許可者，於地熱能探勘許可期限屆滿前，已依第十五條之四第一項規定提供地熱能探勘資料，且於探勘場址申請地熱能開發許可，中央主管機關應予優先審查。 4. 申請人應提出擬設置之地熱能發電設備，其發電後之尾水回注原地下水層達取用量百分之九十以上之規劃。但因開發場址之地質條件、生態環境或其他因素未能達成該比例，經申請人檢具證明文件，報經中央主管機關同意者，不在此限。 5. 第一項申請案之開發場址如位於溫泉區內，申請人須另提出溫泉產業發展影響分析文件，其內容應包含地熱能之開發行為對溫泉產業之影響分析及其因應措施。 6. 地熱能開發許可之有效期間為五年。但有正當理由者，得於

	屆期二個月前向中央主管機關申請展延；經審查核准展延者，每次展延期限不得逾一年。 7. 申請地熱能開發許可應具備之資格、申請程序、應備文件、審查項目、廢止許可及其他相關事項之辦法，由中央主管機關定之。
§15 之 3	1. 取得地熱能開發許可者，其規劃設置之地熱能發電設備屬利用源自地表以下蘊含於溫泉之能源，應於地熱能發電設備運轉前，依水利法相關規定，向水利主管機關申請水權登記。 2. 前項水權以二十年為限，地熱能發電設備設置者於期限屆滿前得依水利法相關規定申請展限登記。 3. 取得地熱能開發許可者，應於地熱能開發許可有效期間內依電業法或本條例及其相關規定，取得再生能源發電業執照、自用發電設備登記證或再生能源發電設備登記文件。 4. 地熱能發電設備設置者之再生能源發電業執照、自用發電設備登記證或再生能源發電設備登記文件，經主管機關撤銷、廢止、註銷或因其他事由失效者，其水權登記失其效力。 5. 地熱能發電設備發電後之尾水應回注原地下水層達取用量百分之九十以上。但經中央主管機關依第十五條之二第四項但書規定同意者，不在此限。 6. 前項地熱能發電設備設置者應裝置量測設備，依中央主管機關指定格式逐日記錄發電使用水量、尾水回注量及其他必要事項，並按季送中央主管機關及直轄市、縣（市）水利主管機關備查。
§15 之 5	申請地熱能探勘許可或開發許可之內容涉及**原住民族土地或部落**及其周邊一定範圍內之公有土地者，申請人應於申請前依原住民族基本法第二十一條規定辦理。
§20 之 1	取得地熱能探勘許可或地熱能開發許可者，有下列情形之一，中央主管機關應通知限期改善；屆期未改善，處新臺幣三十萬元以上一百五十萬元以下罰鍰，並再通知其限期改善；屆期仍未改善，得按次處罰： 一、未依地熱能探勘許可內容探勘地熱能，或未依地熱能開發許可內容開發地熱能。 二、地熱能發電設備發電後尾水之回注比例違反第十五條之三第五項規定。 三、違反第十五條之四第二項規定，未經中央主管機關核准而將探勘或開發之地熱能供地熱能發電設備以外之用途。

	四、於地熱能探勘許可或地熱能開發許可失效後，未依第十五條之四第三項規定處理經許可設置之構造物。 取得地熱能探勘許可或地熱能開發許可者，違反第十五條之三第六項或第十五條之四第一項規定，未依時送備查或提供資料，或資料不實，中央主管機關應通知限期改善；屆期未改善，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並再通知其限期改善；屆期仍未改善，得按次處罰。 有第一項第一款之情形，情節重大者，中央主管機關並得撤銷或廢止地熱能探勘許可或地熱能開發許可。
再生能源發電設備設置管理辦法[51]	
§11 之 2	設置地熱能發電設備，應另檢附於有效期間內之溫泉水權登記證明文件。
開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準[52]	
條號	法規內容
§13-1 第 3 項	抽取溫泉（不含自然湧出之溫泉）每秒抽水量○·○二立方公尺以上。
§13-1 第 4 項	抽取地下水位於地下水管制區。但抽取地下水每秒抽水量未達○·二立方公尺、抽取溫泉（不含自然湧出之溫泉）每秒抽水量未達○·○二立方公尺或抽取地下水目的為工程施工，經地下水管制區主管機關同意者，或抽取地下水目的為地下水污染改善或整治、檢測水質或進行水文地質特性調查者，不在此限。
§29-1 第 9 項	設置地熱發電機組，裝置或累積裝置容量一萬瓩以上。

[51] 法源網址：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSearchContent.aspx?pcode=J0130032&kw=%e5%9c%b0%e7%86%b1

[52] 法源網址：https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSearchContent.aspx?pcode=J0130032&kw=%e5%9c%b0%e7%86%b1