

出國報告（出國類別：開會/考察）

參與「AgriVoltaics 2025 國際研討會」及相關參訪行程

服務機關：經濟部能源署

姓名職稱：吳律臻約聘企劃師

派赴國家/地區：德國/佛萊堡

出國期間：2025 年 6 月 29 日至 2025 年 7 月 7 日

報告日期：2025 年 9 月

內容摘要

在國際淨零轉型浪潮下，我國已規劃推動2050年淨零排放目標與相關政策，並據此持續推動能源轉型，而能源轉型重要措施包含最大化再生能源、公正轉型及發展多元綠能，其中太陽光電預計於2050年達到40~80 GW之發展目標，然而因應我國國土空間有限且高度密集的現狀，勢必需要以更多元化且社會接受度較高之方式推動太陽光電設置，期能建立具能源安全、環境永續與社會公平三方面共識的光電推動方向。

本次赴德國參與第六屆「AgriVoltaics 2025國際研討會」，由德國弗勞恩霍夫太陽能系統研究所（Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Fraunhofer ISE）主辦，該研討會已成為全球農電共生最重要的學術及產業交流會議，每年由來自世界各國，不同國際專家學者、研究機構、公部門、企業、非營利組織與農民等各界參與，探討農漁電共生發展趨勢、政策、技術與試驗、社會經濟等經驗。本屆會議主題聚焦於各國農電共生之發展趨勢與挑戰，邀請學者專家、研究智庫、光電與農業創新企業、公部門，與非營利組織等參與，就複合式光電利用之政策推動機制、技術發展、社會溝通、優良案例等，透過演講、討論與海報等方式進行交流研討

本屆會議亦特別安排農電共生案場相關參訪行程，本次參加其中兩日行程，共計參訪四個不同農電共生類型案場，分別為Kressbronn光電蘋果園、Grub垂直型農電共生系統、Hallertau啤酒花光電園及Eastern Allgäu 畜電共生（牛），透過實地參訪，了解當地針對不同農產品、土地等特色，建立不同樣態之太陽光電設置類型。

目次

壹、行程紀要	1
一、出國目的	1
二、行程說明	1
三、參加人員	2
貳、開會/考察過程	3
一、參加「AgriVoltaics 2025 國際研討會」	3
二、農電共生推動挑戰	5
三、各國農電共生發展情形.....	7
(一)德國	7
(二)日本	8
(三)法國	9
(四)美國	10
(五)義大利	12
(六)巴西	13
(七)印度	13
(八)智利	14
四、光電技術與農產品之關係.....	14
(一)以色列	15
(二)瑞典	15
(三)荷蘭	16
(四)美國	17
五、國際農電案例	18
(一)德國	18
(二)奧地利	19
(三)葡萄牙	20
(四)臺灣	20
六、政策與法規	21
(一)歐盟	21
(二)德國	22
(三)美國	23
(四)比利時	23
七、參訪農電共生案場	24

(一)Kressbronn 光電蘋果園	25
(二)Grub 垂直型農電共生系統	27
(三)Hallertau 啤酒花光電園	29
(四)Eastern Allgäu 畜電共生（牛）	30
參、心得與建議	32
一、AgriVoltaics 2025 國際研討會	32
二、參訪農電共生案場	33
肆、附件及參考資料	36

壹、行程紀要

一、出國目的

為強化國內光電系統安全，提升太陽光電多元應用之量能，赴德國參與第六屆「AgriVoltaics 2025 國際研討會」及參與本屆農電共生案場相關參訪行程。

期透過各國的學者專家、研究智庫、光電與農業創新企業、公部門，與非營利組織等參與、演講、討論與海報等方式，吸取各國針對農電共生的規劃與期待，並透過實地參訪的過程，了解德國佛萊堡農電共生推廣及實驗農電共生試驗場等發展經驗，作為國內未來太陽光電設置推動之政策參考，促進國內太陽光電系統一地多用類型之設置量。

二、行程說明

本次出國主要任務前往德國第六屆「AgriVoltaics 2025 國際研討會」。考量於飛機與長途陸運班次時間及旅運時數較長，出差整體期間為 9 日。

6 月 29 日至 7 月 7 日間，主要任務為參加「AgriVoltaics 2025 國際研討會」，並由財團法人工業技術研究院同行夥伴李研究員涵芸進行海報論文發表，及財團法人工業技術研究院同行夥伴陳副研究員亭玟演講發表，分享我國土地複合利用光電推動政策與經驗，並透過參與重要議題之座談活動，與各國交流複合式光電推動經驗、遭遇困難與因應做法。會議期間亦參加大會舉辦之農電共生案場參訪。本次出國行程概要如表 1。

表 1、出差日程表

日期	行程內容摘述
6/29 (日)	去程：桃園國際機場出發
6/30 (一)	去程：德國法蘭克福→德國佛萊堡
7/1 (二)	參加 AgriVoltaics 2025 國際研討會
7/2 (三)	參加 AgriVoltaics 2025 國際研討會
7/3 (四)	參加 AgriVoltaics 2025 國際研討會
7/4 (五)	參訪農電共生案場

7/5 (六)	參訪農電共生案場
7/6 (日)	回程：德國佛萊堡→德國法蘭克福
7/7 (一)	回程：抵達桃園國際機場

三、參加人員

本次赴德國參與第六屆「AgriVoltaics 2025 國際研討會」，並參加大會辦理之兩日農電共生案場參訪行程，人員名單如下。

表 2、參加人員名單

姓名	單位	職稱
吳律臻	經濟部能源署	約聘企劃師
李涵芸	工業技術研究院綠能所	研究員
陳亭彰	工業技術研究院綠能所	副研究員

貳、開會/考察過程

一、參加「AgriVoltaics 2025 國際研討會」

德國研究機構 Fraunhofer ISE 位於德國佛萊堡，隸屬於弗勞恩霍夫應用研究協會，為德國也是歐洲最大的太陽能技術研究單位，近年來與德國政府及歐洲許多企業合作進行農電共生試驗計畫。德國很早就提出了農業結合太陽光電系統的概念，然而直自 2010 年開始推動農電共生，盼能解決地面型太陽光電所面臨的土地競合議題，亦能同時帶來提供電力、提升經濟效益等優點。



圖 1、德國 Fraunhofer BIPV 建築

AgriVoltaics 國際研討會(AgriVoltaics World Conference)自 2020 年起每年舉辦，迄今已辦理六屆，成為現行全球農電共生領域最大規模也是最主要的知識共享平台，儘管主題名稱為農電共生，然會議主題因應農業的多元性，包含了各種類型的農業，如畜牧業、漁業、園藝等，並議題聚焦於政策法規、技術、環境和社會經濟方面，邀請各國的政府單位、學研機構、產業專家等參與。

本屆「AgriVoltaics 2025 國際研討會」於 7 月 1 日至 7 月 3 日舉辦，總計有 20 個主題場次，共有來自 35 個國家約 500 人參與，創大會歷年參與人次新高，參與者多從事光電技術、綠能政策、農牧業及跨領域工作與研究人員，亦有再生能源業者、農民或農業團體、農場經營者、政治和社

會發展領域的專家學者等。今年大會聚焦於探討農電共生之發展趨勢與挑戰，本次大會議程規劃兩場重點主題之討論會議，兩項重點主題為「農電共生推動挑戰」以及「政策與法規」，另於會議第二天及第三天皆採同一時段辦理兩場主題場次（會議議程如圖 2 所示）。大會另於 6 月 30 日辦理一日參訪行程，以及於 7 月 4 日至 5 日辦理兩日參訪行程，大會參與者可另外自由報名參加。



圖 2、AgriVoltaics 2025 國際研討會議程表

同行夥伴李研究員涵芸於會中的海報發表場次，探討「臺灣漁電共生環境與社會檢核因應對策之應用」，相較其他國家皆以農地為主體，漁電共生屬較新穎之複合利用型態，與現場與會者分享我國近年漁電共生推動成果與政策作法，不少與會者對於我國在推動漁電共主持正面的肯定，特別是透過相關政策支持、環境與社會檢核機制等作法，對於漁電共生之應用與相關法規表示興趣，例如漁電共生物種、光電板遮蔽率對於養殖物種的生長影響、推動案例、政府獎勵補貼措施等，並希望未來有更多相關公開資訊或研究，讓更多人可以了解到漁電共生的推動案例。



圖 3、與本次發表海報合影

二、農電共生推動挑戰

本屆大會主題為「農電共生推動挑戰」，大會首先以會議方式邀請來自德國、法國及美國等學術研究專家共同上台，針對「農電共生的發展潛力與侷限」以及「區域性挑戰」兩項主題交流討論。

各專家代表皆表達對於農電共生正面的看法，包含農電共生可提高土地利用效率，尤其在資源有限的情況下更顯重要，農電共生可同時生產農作物和低碳電力，光電板的遮陰可改善農地微氣候，降低溫度、減少水分蒸發，提供農民較好的工作環境，另外農電共生也可以平衡糧食、生物多樣性與能源發展。

然而目前農電共生遭遇到最主要的推動挑戰，主要可分為政策法規與研究兩大部分，部分國家仍面臨的政策法規的制定問題，例如法國專家分享，法國規定農電系統不得損失超過 10%農地，且作物產量應維持 90%，類似的政策與法規過於嚴苛，另外應規劃土地用途，以及持續監測效益與規範，避免一味開發太陽光電而犧牲糧食安全或生態價值，甚至造成社會反彈。

專家們也強調農電共生仍然缺乏長期且透明的科學研究資料與示範案例，甚至任何負面的成果與數據應該也要公開，如此才能有客觀的研究依據，另外應該制定標準化的研究方法和指引，結合控制實驗與田間試驗。

因應土壤、氣候與作物輪作的多樣性。另外全球估計有約 84%農場為小農（<2 公頃），他們會是受到氣候變遷、糧食安全及水資源問題最大衝擊的對象，但目前卻在農電共生研究中被忽視，未來應納入政策與技術支持對象，並透過結合有機農業的方式推動，然而另外一方面，也有專家指出大型農電案場的推動也很重要，因為大規模案場的研究與數據收集較具可驗證性。

德國巴登-符騰堡州農業部長 Peter Hauk 以視訊方式分享德國巴登-符騰堡州的相關政策，巴登-符騰堡州政府考量到該地區的農業發展挑戰，自 2013 年起積極投入農電共生研究與發展，成立「農電共生示範區」，並提供創新技術資金，希望幫助當地廣大的農民提升農業經營，亦同時達到該地的再生能源發展目標。



圖 4、德國 Fraunhofer 分享農電共生案例



圖 5、德國巴登-符騰堡州農業部長 Peter Hauk 致詞分享

三、各國農電共生發展情形

針對各國農電共生發展現況與推動挑戰，本次大會於邀請來自德國、日本、法國、美國及義大利共五國的專家代表進行分享，因該五國為現行全球較具農電共生發展及推動之國家，另外也以新興市場為主題，邀請到巴西、印度、智利等專家代表，分享農電共生在其國家近年興起的發展趨勢，各國分享的重點摘要如下。

(一)德國

德國為全球首要推出農電共生概念的國家，也是最積極推展農電的國家之一，從 1981 年推動農電共生概念，到 2004 年推動第一個農電共生案場設置，於 2021 年後，德國才將農電系統納入法律架構，在此之前農電通常設立在未規劃的室外區域，並以特例的方式進行，大多難以獲得許可。2022 年起，德國將農電的特殊性納入考量，進行了大量的法規修訂，消除了許多推動中的不確定性，2022 年 4 月的聯邦創新競標中，為特殊太陽能設施保留了 150 MWp 的資助額度，但要求競標規模需在 100 kWp 到 2 MWp 之間，且必須結合農光互補設施。

依據Fraunhofer ISE研究資料，現行德國已有約85處農電共生案場，總裝置容量約360MW，各案場類型依據用地類別可分為可耕作農地、草地、園藝及其他。整體而言，德國已建立了完整的法源依據和具體的標準規範，以確保農業活動仍為農電系統的主要用途，並使農業與農民在農電發展中處於核心位置，最終達到保護農地資源的目標，為各方利害相關者提供了清晰的考量依據和指導原則。

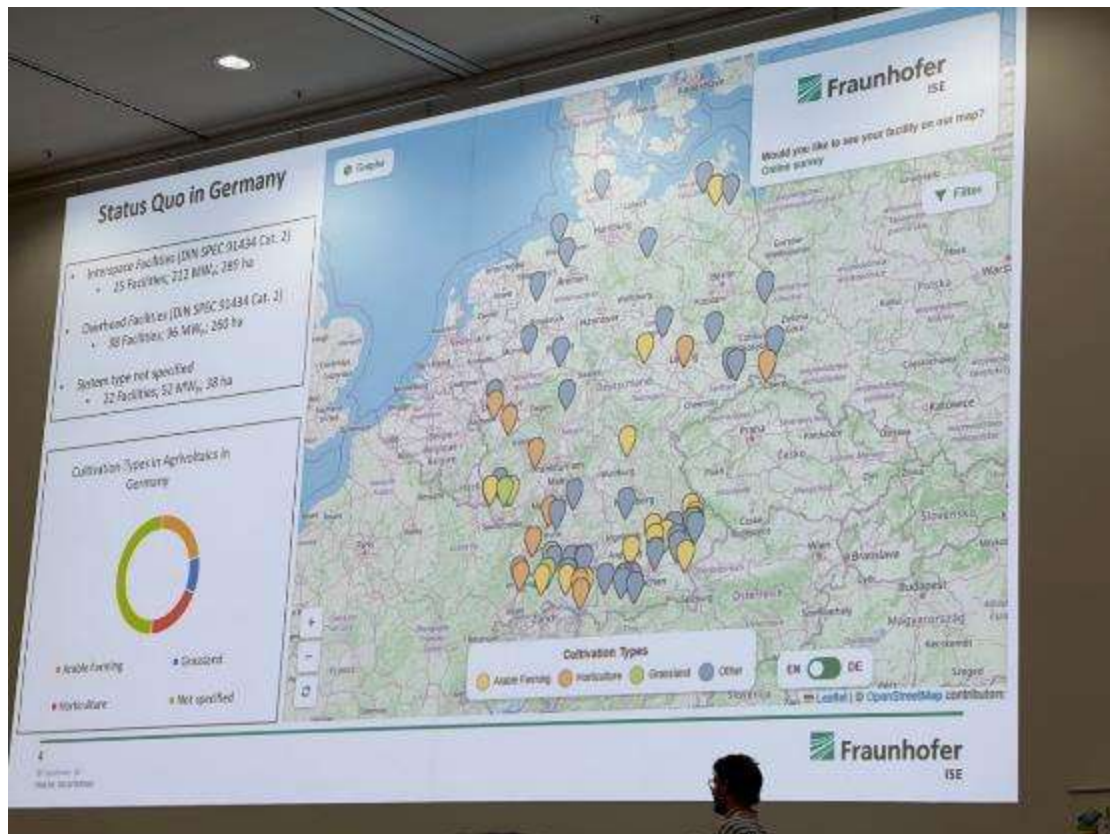


圖 6、德國農電共生發展地圖-會議圖參

(二)日本

截至 2022 年底，日本已有將近 5,000 多個農電共生案場，總裝置容量達 1 GW，大部分為小型農場，依據日本光電案場統計，農地佔將近 67% 的土地使用類別，為目前最大占比。在日本農電共生案場中，以稻米、大豆以及蕎麥為主要農作物，平均產量可達 80%以上，另外近期日本也很多農電共生案場開始種植榲（一種常綠小喬木）、藍莓等作物，但因剛開始種植，尚未有產量數據。

日本自 2004 年推行農電共生，然而近年來仍面臨不少推動挑戰，特別是在法規及管理面的問題，自 2024 年，日本政府撤銷 29 處農電案場的開發許可，皆因相關案常未能遵守相關法規，包含未有實際種植或未達農

業經營標準等問題。因此，日本專家指出，產量規定並不是唯一推動農電共生的有效法規，因為農電案場的農民反映有因為氣候問題，導致 15%減產狀況，甚至 20%的減產都是有可能，但並非因為農民不認真種植，這樣的情況下，政府應該考慮免除相關罰則，相反地，對於「假種植」的案場，政府則應該加強罰則並撤除相關執照。

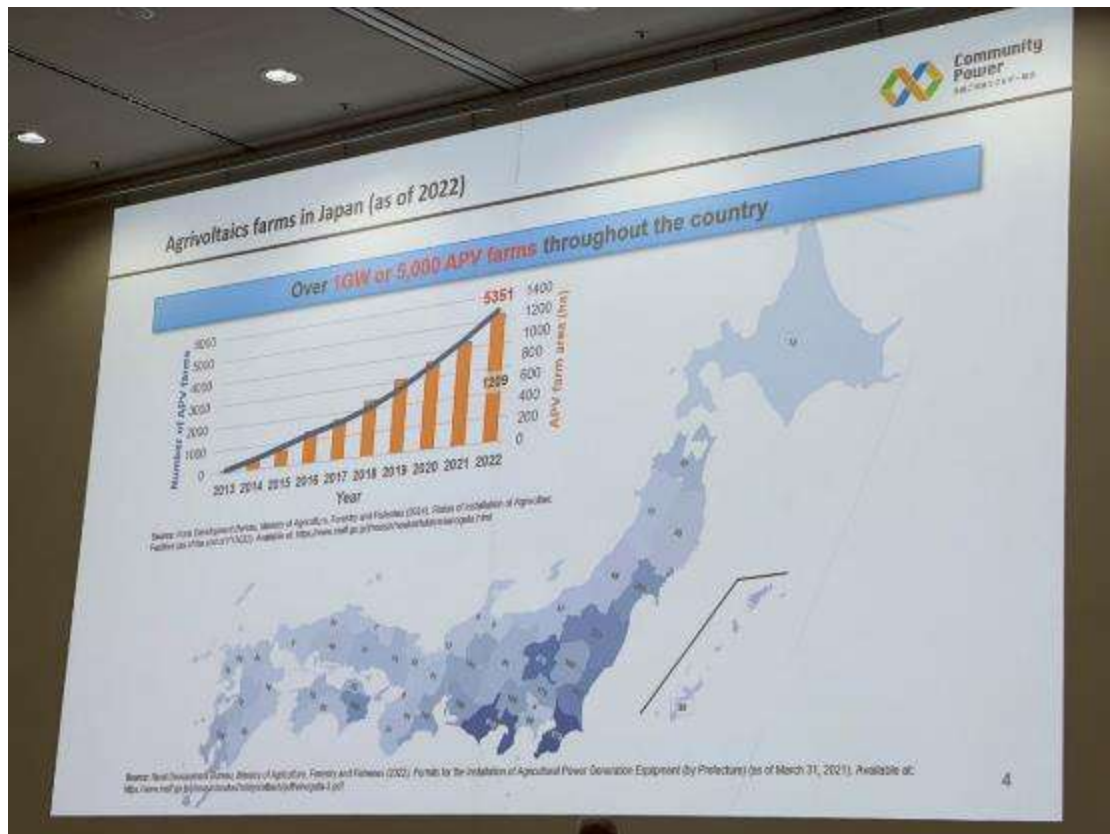


圖 7、日本農電共生發展現況-會議圖參

(三)法國

法國於 2023 年 3 月完成《加速再生能源生產法》(APER)修法通過，並於 2024 年 4 月 9 日發布第 2024-318 法令，首次明確定義在農、林用地上設置太陽光電設施與農電共生發展之法規，並規範農作物產量必須達到標準(對照組)的 90%，

截至 2025 年 6 月，法國僅有少數的農電共生案場（不到 200 處），總裝置容量約 2.1 GWp，39 處為小型案場，157 處為 APER 法規制定前就已設置的案場，但根據統計，已有超過 1,000 個農電共生計劃案正在規劃或申請中，預計於 2050 年可達到 50 GWp。

然而目前法國推動農電共生最主要面臨的挑戰為社會接受度以及法律不確定性的問題，首先，90%產量對於農民已經是相當大的挑戰，這樣

的法規是相當嚴苛的，再加上農電共生下，農民的利潤降低、土地使用限制以及接受度都會是很大的挑戰。

另一方面，法國的各省份有不同的區域性法規，政府部門已經規劃管理及罰則的相關規定，但尚未真正執行，另外法國也面臨能源政策的不確定性，這也導致投資方或農民不敢輕易投資農電共生案場。整體而言，參考法國的經驗，社會接受度、政策明確性及法規複雜性皆為影響農電共生推動的主要問題。



圖 8、法國農電共生發展現況-會議圖參

(四)美國

美國推動農電共生係依據不同層次的政策與法規－聯邦政府（Federal）、州政府（State）及地方政府（Local），其中聯邦政府以提供研究資金及獎勵措施為主，州政府則負責制定區位選址及劃定及發展目標、提供研究資金以及推動獎勵措施，在地方自治部分，則包含區位選址及劃定。美國能源部預計到 2050 年將開發 1,020 萬英畝(約 410 萬公頃)的土地用於太陽能設置，所以積極地支持農電共生相關研究並著手讓其可落實，以提供研究資金的方式給學研單位，例如 INSPIRE 計劃，美國參議院於 2023 年提出《保護未來農地法》(Protecting Future Farmland Act)，

旨在指導美國農業部（USDA）將農電共生納入農業相關政策與計畫中，以及對農電進行明確定義，制定相關指南與標準，促進其發展，並確保土地轉換為太陽能用途後能夠恢復農業用途。

在州的層級，各州政府對農電態度和規範有所不同，部分州禁止或嚴格限制在優質農地上開發，而部分州則在符合某些土地使用標準、開發形式的限制前提下允許開發，土地使用決策通常由州政府主導，基本上市鎮政府仍擁有最後准駁的決定權，例如科羅拉多州轄下各行政區政策制定較為分散，各郡對太陽能開發許可要求及土地使用管制類別差異相當大，此一該情況凸顯了制定明確且一致州級政策框架的重要性。儘管美國的政策制定體系涵蓋各層級政府，州政府及地方政府的態度即是推動或抑制農電發展的關鍵因素，研究顯示美國政府正逐步為農電建立法律框架及標準。

現行美國農電共生案場以用途區分，大致上可分為三種，分別為放牧、養蜂及授粉者棲息地、農作物生產為主，其中以授粉者棲息地案場量最多（約 420 處），放牧型態居中（約 230 處），農作物生產最少（約 47 處），總裝置容量達 12 GW，近年來牛牧場（Cattle agrivoltaics）結合光電逐漸興起，也成最有發展潛力的類型。未來若要擴大推動農電共生，應減少對於聯邦政府的資金補貼，在法規方面，需要建立更明確的標準、法規定義與指引。

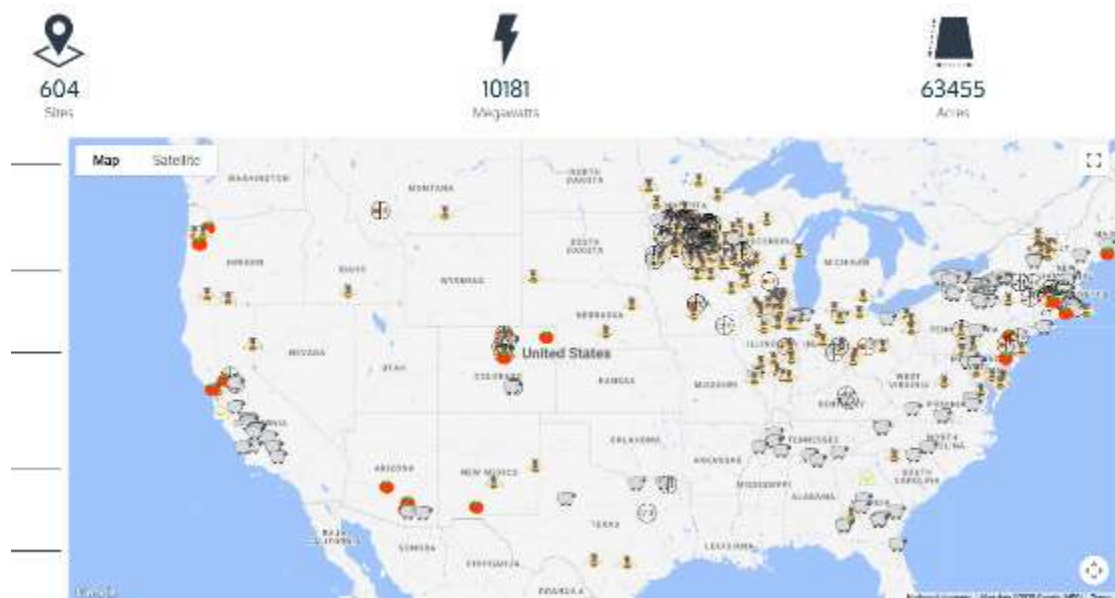


圖 9、美國農電共生分布地圖

資料來源：https://openei.org/wiki/InSPIRE/Agrivoltaics_Map

(五)義大利

義大利自 2010 年推動地面型太陽光電設置，然而因為有大量的民間抗議認為對景觀造成負面影響，於 2012 年限制相關補貼措施，2021 年義大利政府首次將農電共生 (Agri-PV) 納入《國家復甦暨韌性計畫》(PNRR) 計畫，共有 7 億 7,560 萬歐元的資金將用於支持農電共生計畫，補助政策包括兩個部分：一是補貼 40% 的項目支出成本，二是對併網發電量提供優惠電價。後者將透過每年約 2,100 萬歐元的系統附加費支持。所有獲選項目須在 2026 年 6 月 30 日前開始投產，然而這項政策也被指出在缺乏充分研究和明確定義的情況下，資助農電共生的開發，導致政策缺乏整體性和秩序性，開發項目審核過程也因此變得混亂。儘管依據 PNRR 內容，義大利規劃推動 1.04 GW 農電設置目標，且已經有很多開發商及農民符合申請資格，然而因為政策的不確定性及行程流程冗長問題（如銀行貸款），導致相關項目的申請困難，PNRR 的目標預估將難以達到。

於 2022 年，義大利開始有大量的大規模案場推動，同時義大利生態轉型部發布四種類型的農電共生樣態，然而政策發布後，又因為大量的民間抗議（擔心農地流失問題），在 2024 年，義大利政府又公告了相關的限制措施。在今年，義大利政府對於農電共生的相關政策與法規仍然不明確，目前較為關鍵的解決方式，可能會在於區域性法規的制定，然而目前義大利政府尚未有對於農電共生明確的法律定義，導致法規制定困難。



圖 10、義大利農電共生分布地圖-會議圖參

(六)巴西

巴西面積廣大（約為德國 24 倍大），沒有土地競合問題，且各地擁有日照時數高的優勢，因此具有發展太陽光電的良好條件，過去十年太陽光電發展迅速，目前達 1 MW 的裝置容量。然而巴西面臨推動的主要問題有三個，第一為糧食危機（Food Insecurity），約有 16% 的人口面臨糧食危機，另一方面是能源貧困（Energy Poverty），約有 800 萬戶家庭無電力可使用，最後是地區差異，因為巴西幅員遼闊，在不同地區的氣候差異太大，特別是在北部亞馬遜地區。

目前巴西的農電共生推動僅限於少數的示範場域，考量日照時數及水資源的條件，大部分的計畫位於東北地區，相關計畫推動的經驗展現出與當地社區合作至關重要，應確保當地社區能從同樣受益。另一方面，巴西現行尚未有農電共生的規範或明確定義，因此未來需要有適合的開發技術指引或葡萄牙文的技術文件，後續也需要強化職業培訓，建立相關金融工具，以鼓勵更多小型農民及社區獲得農電共生知識。

(七)印度

印度近年積極推動太陽光電發展，然而在推動農電共生上，主要面臨

三項議題，首先為農地流失，身為農業大國，農用土地流失已成為重要議題，目前印度已經 4,000 萬公頃農地流失，其主要原因即為再生能源的發展，因此農電共生作為土地複合利用的方式，是否有機會減緩農地流失成為重要的關鍵；第二是農作物產量減少，現行印度的農作生產已持續減少，若要發展農電共生，勢必得結合較高經濟價值的作物，否則經濟效益可行性差；第三是經濟可行性，近年來再生能源的發展造成不少的爭議，其主要原因就是民間對於經濟效益的擔憂，對於環境、社會及文化影響的問題，也造成不少抗議事件，若能提升政治經濟影響力則有可能擴大推動農電。

目前在印度主要以中型規模的農電共生案場設置為主（0.5-5 MWp），小型的案場（50 kWp 以下）以小農為主要推動者，多半仍在試驗階段，未來印度推動農電共生，建議以不同的對象制定相關規範與獎勵措施，包含開發商、家族農場、小農等，並以在地化及提升農民收入為主要推動方向。

(八)智利

智利是一個 100 公里長的國家，境內土地橫跨多樣的氣候區，提供農電共生發展的機會和挑戰，例如在北部地區有高日照，但是大部分的電力需求在中部及南部。其他推動農電共生的主要障礙為法規、經濟、研究及社會層面，包含太陽光電與農電共生的法律定義區別、土地使用管制、缺乏獎勵或補貼措施以及繁雜的行政程序。智利政府亦對於農電共生推動，可能減少農業發展而感到擔憂。

針對未來的推動建議，Fraunhofer ISE 提出建立技術規劃與監測目標，並避免農地轉用，目前 Fraunhofer ISE 亦與智利當地研究機構合作，建立一櫻桃園光電示範計畫，盼建立更多的試驗數據，提升當地對於農電共生的信心。

四、光電技術與農產品之關係

光電技術的提升與設計對於光電板下的農作物發展至關重要，因為光照是影響農作物生長的關鍵因素之一，對於植物形態、生產量會產生不同的影響，而不同的作物對光照的需求差異甚大，因此光電技術在結構、環境等不同條件下，如何有效設置光電板設置或利用不同的材料，是農電共生系統設計和管理中需要解決的重要課題，本場次邀請到來自以色列、瑞典、荷蘭、美國等研究團隊分享光電技術的研究成果，重點摘要如下

(一)以色列

以色列特拉維夫大學研究團隊針對一種新型農電共生系統的綜合效能進行分析，該系統採用光譜分光技術（Spectrum Splitting）作為集光裝置，能將大部分可見光傳遞給農作物，同時維持一定的發電效率。該研究著重於對這項所提光譜分離設計進行詳細的經濟評估，並將其與常見的農電共生方案進行比較。該研究成果顯示農電共生光譜分光技術（APV-SS）僅在分光濾光片成本夠低，或作物收成率高於某一水平時，才可能帶來顯著的經濟效益。

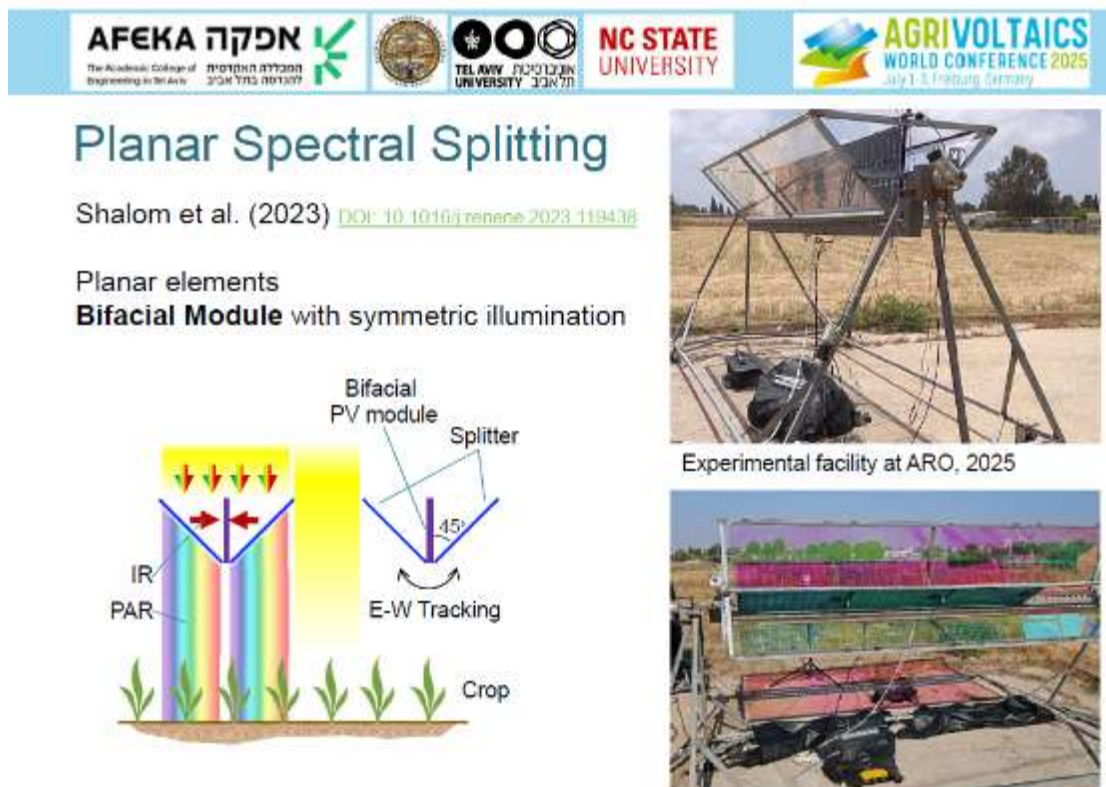


圖 11、以色列研究農電共生光譜分光技術經濟效益-會議圖參

(二)瑞典

瑞典梅拉達倫大學研究團隊，針對青花菜進行為期兩年（2023-2024）的農電共生實驗，其研究設計係透過結合半透明太陽能板（碲化鎘 CdTe），分析了不同透明度（全日照、70%透光度、50%透光度）太陽能板下對花椰菜產量、生長速度、光合作用的影響。初步分析顯示，在 2023 年，由於系統設計導致光照不足，半透明太陽能板下的作物產量（新鮮花球生物量）顯著低於對照組。到了 2024 年，透過提高架設高度以增加光照後，可觀察到產量與對照組的差異已不具統計顯著性，在外觀上也與對照組無太大差異。未來研究將深入探討此類型光電技術對高緯度地區花椰菜生長與營

養成分的潛力，並期望能激發全球其他地區的比較研究。



圖 12、瑞典研究不同透度光電板-會議圖參

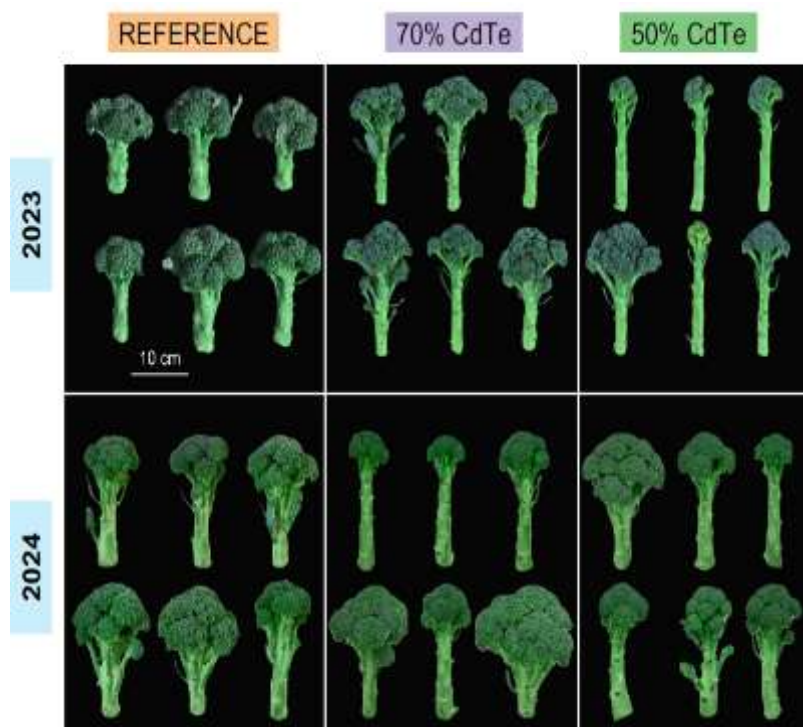


圖 13、瑞典研究不同透度光電板對於花椰菜生長影響-會議圖參

(三)荷蘭

荷蘭瓦赫寧恩大學研究團隊以半透明太陽能板研究為主題，建立三個試驗場域，以了解不同透明度（78-89%透明度）光電板對作物的影響，現行初步的研究成果可了解到光電玻璃板的透光率明顯低於一般常使用的冰雹網，半透明太陽能板中的玻璃會減少作物可接收的光照（約 11 - 22%），而冰雹網遮光程度與一般玻璃相近或更低（約 12%）。若要增加農作物光照，大致上有三種作法，一為提高光電板透光率，例如使用抗反射塗層、改變玻璃材質、調整光電板傾角；二為減少光電板使用量，或縮小光電板，

但也會因此減少保護面積；三為不使用，或改用較小的不透明光電板，成本較低，但提供的保護有限。研究建議應持續了解農電共生系統的透光性，以及尋找降低光損（光被非生產性部分吸收）的方法，並提升作物所能接收到的光線，將為推動農電共生技術發展的關鍵。

PAR sensors to measure glass transparency



圖 14、荷蘭研究半透明光電板下光照影響-會議圖參

(四)美國

美國明尼蘇達大學研究團隊開發一種新型的量子點光譜轉換薄膜技術（Quantum Dot Films, QD Films），這些量子點可透過光致發光（photoluminescence, PL）機制，吸收光線並重新發射為較低能量的波長，進一步進行光譜轉換，例如吸收紫外線和藍光，並發射近紅外光，這些近紅外光更適合農作物生長，同時也能被太陽能電池有效利用，由於量子點的吸收與光致發光特性取決於其尺寸，且其組成元素多樣，因此可分散於薄膜中作為可調控的被動型太陽光濾光膜。

量子點薄膜技術可減少對作物幫助較小的波長傳輸，同時提升植物所需波段的光線強度。本研究結果展示了如何利用量子點光譜轉換薄膜提升萵苣的產量約 45%，且這類技術將可有效被廣泛在美國使用。

綜整各國在農電共生技術的發展重點，主要集中於太陽能板透明度及材料之開發，現行主要發展技術仍為對於光譜分光技術的研究，因其可以根據太陽光不同波長的特性進行分流，例如可選擇提供植物常利用的藍光

及紅光，可以最有效地兼顧農作物生長和太陽能發電效率。

應用在農電共生系統中光譜分光技術，本次大會有針對平面分光濾片（Planar Spectral Filters）以及量子點濾膜（QD Films）的研究成果分享，平面分光濾片可裝設在太陽能板與作物之間的透明結構中，選擇性透過可見光；而量子點濾膜則是用於轉換光譜，例如將紫外或綠光轉為紅光，有利植物利用。

依據研究成果，上述技術的持續發展與研發對於農作物的生長已有良好的成效，將有助於農電共生的推動，但目前仍有許多挑戰待克服，例如在成本效益仍較高，因應不同氣候條件、地理位置及作物類型，需要開發和優化不同的系統設計和管理策略，儘管如此，可以觀察到未來農電共生相關的技術創新及市場仍有很大的發展潛力。

五、國際農電案例

因應農電共生的發展趨勢，越來越多國家投入農電共生發展，然而技術上及相關政策法規仍是相當大的挑戰，因此農電共生示範案例一向是各國關注的焦點，本次大會共邀請五位來自德國、奧地利、葡萄牙及臺灣的代表分享農電共生實際推動案例，探討各個案例的推動成果與經驗。

（一）德國

德國 Fraunhofer ISE 團隊研究垂直農電系統施工過程中土壤壓實問題，因為農電共生系統的建置過程通常需要大量車輛進出，可能導致土壤面臨永久性下層壓實的風險。根據德國法規，農電共生系統不得對土壤造成任何永久性損害，且系統設置必須具備可回復性，然而，若使用土壤保護墊覆蓋主要通行區域等防護措施成本高昂，甚至若是造成土壤損害，在安裝或拆除系統後可能需要提供土壤復育措施與補償金，可能讓農電共生開發商面臨額外的高成本支出。

研究成果顯示車輛對農業土壤施加的物理壓力會降低土壤的孔隙度與滲透性，進而對根系生長、水分滲透以及整體土壤健康度產生負面影響，並可能造成長期的農業問題。而施工車輛造成的土壤壓實風險，取決於土壤類型與結構、土壤濕度、車輛重量與載重、輪胎與土壤的接觸面積、輪胎充氣壓力以及車輛通行次數，因此若要避免此一問題，需要進行交通動線優化、制定明確的行車規範、保護主要通行區域，並在土壤潮濕時暫停施工。



圖 15、德國研究農電共生系統土壤健康度影響

(二)奧地利

奧地利維也納自然資源與生命科學大學研究團隊，針對不同寬度的農電共生系統進行研究，主要因為近年來奧地利農電共生持續發展，但針對其對農業影響的研究仍然相當有限。因此該研究透過詳細的田間調查，聚焦於不同光電板寬度下農電共生系統對作物生長參數的影響。

研究結果顯示，農電共生系統會影響作物的生長參數，而其影響程度會因管理寬度不同而有所差異。對於穀高粱（Grain Sorghum）來說，對照區在形態發育與產量上普遍優於農電共生區域；但對冬小麥（Winter Wheat）而言，在農電共生系統下的產量反而更高。此結果凸顯了在設計與管理農電共生系統時，需重視「管理寬度」與「邊緣效應」，以優化作物表現。

奧地利維也納自然資源與生命科學大學研究團隊另外分享其 SoLAgrri 計畫之研究成果，該研究旨在標準化條件下檢視位於奧地利南部兩個農電共生（APV）案例場址，探討農電共生對不同土地利用型態（包含可耕地農業、果園以及放牧草地）的影響，評估微氣候參數、可耕地農業生產的最佳化、太陽能板下的管理方式與結構/棲地多樣性，並進行永續性評估。

該研究針對生態系統的研究上，透過導入生態管理方式（Ecological Management），例如保留花帶及授粉、環境友善管理，藉以讓案場可以更快建立適當的微型氣候，並且最大化生態價值，另外也針對兩個案場，進行生命週期評估（Life Cycle Assessment, LCA）及環境影響評估（Environmental Impact Assessment, EIA），試圖探討環境效益，以及土地複合利用的效益，該研究預計持續進行至 2026 年，以收集更多的數據資料。



圖 16、奧地利分享導入生態管理的農電共生案例

(三)葡萄牙

葡萄牙近年來積極推動太陽光電發展，在五年內以提升四倍的設置量，因此葡萄牙埃武拉大學研究團隊與 EDP 能源公司合作，針對 EDP 公司所擁有土地資產進行農電共生潛力研究，在該研究第一階段，先初步以圖資分析方式，檢視這些土地是否與具有使用限制的區域（如國家農業保護區與生態保護區）有所重疊。同時，也分析了地形坡度，並將坡度大於 30% 的地區視為不適合農電共生用途。此外，研究亦調查了這些土地目前的使用情況，並根據使用狀況將其分類為：不可用、可用但有條件限制、可用無限制。

第二階段則將篩選出的區位，進一步分析其土壤成分與氣候條件。基於這些分析，判斷出最適合種植的作物種類，以及最合適的農電共生配置方式，最後僅分析出 3 處較具有農電共生發展潛力的土地。

(四)臺灣

我國政府現行在太陽光電結合土地複合利用之類型，僅開放養殖漁業結合地面型光電系統（漁電共生），本次大會邀請工研院團隊分享臺灣漁電共生案例，研究聚焦於農民如何自主規劃與推動專案，達成養殖與售電收入的雙重效益最大化。

在臺灣高雄的案例中，可以看到由於民主導的案例賦予養殖戶更多的實際主導權，使其能依照自身需求規劃案場，且可以不用透過能源公司，直接銷售電力，提升自身收益。因為案例成功的推動，高雄地區已有多個養殖業者團體自主發起並主導漁電共生計畫的申請，值得注意的是，這些

由養殖戶主導的專案中，有些推動進度甚至快於傳統能源公司主導的案件，部分案場已完成建置並成功併聯發電。研究成果指出漁民賦權的重要性，對於推動漁電共生更廣泛的發展有著關鍵影響力，另一方面，政策與法規的複雜度需要降低，以吸引更多漁民自主參與。



圖 17、臺灣由於民主導推動的漁電共生案例分享

六、政策與法規

(一) 歐盟

歐盟委員會的聯合研究中心代表分享全球農電共生總裝置容量已超過 14 GWp，其中歐洲約佔 2.8 GWp，顯示農電共生正快速發展，未來幾年內，農電共生預計將以前所未有的規模發展，且將可成為一種真正永續的土地多元利用方式，可同時實現糧食與能源的生產。歐盟於 2022 年發布《太陽能策略》(EU Solar Energy Strategy)，其中包含推動土地複合利用及農電共生，然而截至目前為止，只有少數歐盟國家在其法規中明確納入農電共生相關內容。本研究的重點即是評估南歐數國的農電共生潛力，並探討現行指引中技術要求的潛在影響。

目前農電共生推動挑戰，整體可分為四大部分——土地分區、土地適當性、農作物產量要求以及電力產能要求，在南歐國家中，研究針對三種農業土地利用型態（可耕地、永久作物地、放牧地）與農電共生系統的組合，研究建議以最高土地覆蓋率為 25% 為基準，該研究再針對不同緯度的國家，比較土地覆蓋率與發電率的成效，整體而言，研究建議農電共生指引中所設定的部分技術條件，需更加審慎地考量設計基礎與環境條件，

以避免制定出不切實際或過於嚴苛的標準，可能進一步阻礙農電共生的發展。



圖 18、南歐國家農電共生分布

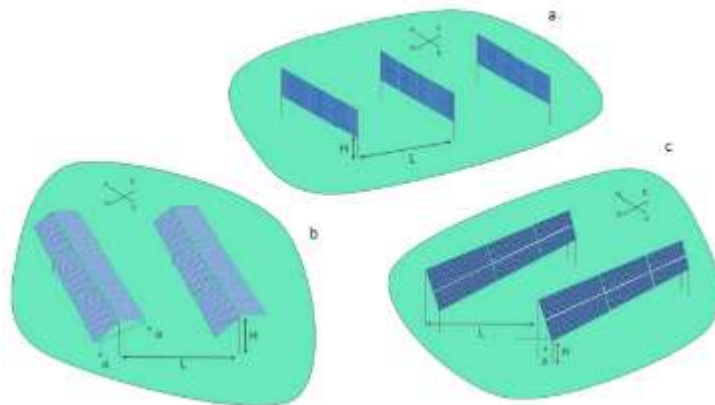


圖 19、南歐國家農電共生政策研究地區與類型

(二)德國

德國 Fraunhofer ISE 研究團隊將農電共生的經濟效益與一般地面行光電系統作比較分析，近年來，法國、德國與義大利等國已建立較完善的農電共生法規框架，相關法規包括稅法、能源法、農業法與建築法。若要評估新法規的實際影響，關鍵在於了解農電共生系統相較於地面型光電系統所帶來的競爭優勢。

研究分析了德國農電共生法規在各個相關法規領域中所產生的經濟影響。其中，針對歐盟直接補貼、稅法以及《再生能源法》(EEG) 中針對高架型農電系統的技術補貼進行的評估較為直接，在稅法方面，研究初步結果顯示，農電共生系統若被歸類為農業用地，具有顯著的財務優勢，然

而在地面型光電系統的標準課稅制度下，其最終的地價稅額差異極大，主要取決於該場址的基準地價，因此在不同地區的個別案例，兩種系統間的最終經濟效益評估可能有不一樣的結果。

(三)美國

美國 NREL 研究團隊分享在美國麻薩諸塞州，對於農電共生政策在對於利害關係人決策的影響，麻薩諸塞州（Massachusetts, MA）的早期創新者認識到太陽能與農業部門之間的潛在協同效益，並因應農地太陽能設置的複雜性，制定了美國首個、也是目前唯一的農電共生政策計畫，儘管麻州的農電共生政策既被視為典範，但也被批評為不足，目前仍缺乏系統性研究來全面評估其對推動實施的影響，以及理解利害關係人於實際採用過程中的經驗，多種因素使麻州成為觀察農電共生轉型過程的關鍵地區，包括政策在轉型中所扮演的角色，以及利害關係人如何受到影響。

研究團隊訪談了 26 位不同背景的受訪者，包括州政府決策者、農業推廣單位、非政府組織代表、農業生產者與地主，以及太陽能開發商，成果顯示該政策在實際推動過程與結果上產生了正負參半的效果，在正面影響的部分，該政策透過跨部門合作、支持農民參與及創新商業模式，使得部分利害關係人願意參與農電共生推動，另一方面，針對法規限制相關的營運要求、實證數據要求及法律責任風險，則降低了部分利害關係人的參與意願。

(四)比利時

比利時荷語天主教魯汶大學研究團隊，以光照在農電共生法規中的設計為題，因許多國家目前對於農電共生的法規要求，例如最低作物產量要求，對農民造成顯著的負擔與不確定性，且容易被操弄，因此研究團隊試圖探討一個更有效的做法—將光照測試納入法律規範中，使得在設計階段即能進行驗證，因此研究團隊開發一個線上農電共生模擬工具（agrivoltaics webtool）等數位工具，該工具可用於模擬各類農電共生系統的光照分布，無論是審查單位或系統建置業者皆可使用，並能在設計初期即納入適當的光照條件考量。



圖 20 比利時研究團隊開發線上農電共生模擬工具

七、參訪農電共生案場

於研討會結束後，大會提供以德國西部及南部為主的兩條參訪路線，提供研討會與會者則一參加，考量兩條路線參訪案場之不同樣態，本次擇定參加德國南部的參訪路線，共計參訪四個不同類型的農電共生案場，包含光電蘋果園、垂直型農電共生系統、啤酒花光電園以及畜電共生（如表 3），各案場詳細介紹如下。

表 3、農電共生案場參訪行程

時間	編號	案場地點	參訪內容
2025 年 7 月 4 日(五)	1	Kressbronn	光電蘋果園
	2	Grub	垂直型光電系統
2025 年 7 月 5 日(六)	3	Hallertau	啤酒花光電園
	4	Cowvoltaics Eastern Allgäu	畜電共生(牛)

(一)Kressbronn 光電蘋果園

- 案場面積：4 公頃
- 系統設計：半透明太陽光電系統（40%及 51%）
- 作物類型：蘋果（加拉品種）
- 裝置容量：239 kWp

位於康斯坦茨湖畔的克雷斯布倫（Kressbronn），果農胡貝特·伯恩哈德（Hubert Bernhard）與家人共同經營著 86 公頃的農地，其中共有 65 公頃專門種植蘋果，並種植了多個品種，除了蘋果，還種植草莓、醋栗、黑醋栗和啤酒花，其農地從康斯坦茨湖延伸至內陸地區。

自 2014 年起，該農場便參與「整合性植物保護示範農場 Demonstration farms for integrated plant protection」的示範計畫。果農同時也是特特南果農協會（Tett nang Fruit Growers' Ring）及當地農機協會的主席，他最初的起心動念主要為保護蘋果產能，因該地區為德國最大的蘋果產地，約有 5,000 多公頃都是蘋果園，然後因應近年市場競爭及氣候問題，蘋果產量逐漸減少，果農希望透過結合光電板，不僅能減少蘋果受到寒害，亦能為果農帶來更多額外的收入。這座設施是德國首個在現有蘋果園中導入農電共生系統的案例，該案場的光電模組以屋頂形狀排列，並以東西向配置，共有 1,110 片半透明光電模組（裝置容量為 239 kWp），具備不同程度的透光率（41%及 51%透光度），以試驗不同透光度下，農作物生長的情形，另外模組間設有防護網，可在冰雹來襲時提供額外保護。相關的農業研究由波登湖果樹栽培技術中心（Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee，KOB）負責。KOB 以克雷斯布倫果園的產量與品質為基礎，評估 Gala 品種蘋果在農電共生系統下的適應性。

依據果農的說法，與光電系統結合的蘋果園，其主要優點在於可減少 70%-80%的保護措施成本，也可以減少 30%-40%的水資源使用，然而其較大的缺點則在於蘋果的顏色，在光電板下生長的蘋果，顏色會比較不紅或黯淡，部分的蘋果品種可能也會不適合，然而該地區共有多達 30 多種的蘋果類型，所以儘管顏色比較不紅，但對於銷售應該不太有影響，後續將持續進行蘋果儲存性與品質試驗，預計年底前有結果。



圖 21、Kressbronn 蘋果園場主解說



圖 22、光電模組間空隙需遮蔽避免造成果樹真菌性感染



圖 23、Kressbronn 蘋果園場光電模組解說牌

(二)Grub 垂直型農電共生系統

- 案場面積：7.2 公頃
- 系統設計：垂直式光電系統、單軸追蹤式光電系統、高架式光電系統
- 作物類型：春大麥、黑麥草、大豆、冬小麥
- 裝置容量：900 kWp

位於德國慕尼黑附近 Grub 的農電共生場域於 2024 年 6 月開始進行試驗，該場域為巴伐利亞州國有農場所有（Bavarian State Estates），並與德國施特勞賓技術與支援中心（Technology and Support Centre，TFZ）合作農業試驗，該場域面積約為 7.2 公頃，農作物預計為輪作（尚未種植），設有三種不同類型的光電模組，總裝置容量約 900 kWp，其中單軸追蹤式光電系統最大傾斜角度可達 70 度，設計間距寬度為 12 米與 24 米，高架式光電系統高度 4.5 米，設計間距寬度為 12 米，各系統間皆設置針對微型氣候的數據計量器，其研究目標是評估這些系統對不同作物、農業管理方式及現場小氣候的影響，該場域為目前德國第一個提供大面積且可以提供不同作物種植研究的農電共生場域。

該場域的推動優勢主要為該土地為國營公司所擁有，因此在土地整合及資金較容易，但在推動初期，則面臨附近社區及農民的強烈反對，表達對於如此大規模的地面型光電設置，可能衝擊在地景觀或影響農業生產。因此該場域營運公司於場域施工前便執行在地溝通計畫，包含召開社區說明會、訪談農民、辦理農電共生課程等，後續逐漸獲得社區與農民的認同，農民也表達對於農電共生財務效益有興趣，該場域計畫於今年與在地農民持續合作進行農作物種植，並試驗不同的光電系統對於農作物生產影響。



圖 24、單軸追蹤式農電共生系統



圖 25、Grub 垂直型農電共生場域

(三)Hallertau 啤酒花光電園

- 案場面積：1.3 公頃
- 系統設計：高架型光電系統
- 作物類型：啤酒花
- 裝置容量：977 kWp

本案由農民 Josef Wimmer 主導開發的啤酒花農電共生系統，在高度和規模上是德國首創，這座場域有能源業者投資，也與 Fraunhofer ISE 及特里斯多夫應用科技大學合作進行科學監測。最初場主投入農電共生的主要動機包括節約用水、防禦冰雹損害，以及多元化收入來源，因此於 2023 年春季，將第一套系統安裝於自身農場的一塊 1.3 公頃的土地上，裝置容量為 977 kWp，光電模組安裝在碳鋼支架上，能源業者在現場提到，這些支架原本在當地也常被農民用來作為啤酒花的支柱，因此在設置成本上，能源業者僅需要負擔光電模組與系統的支出，且因為此示範計畫有取得德國政府的補助，售電收益將與農民均分。

該系統包含兩種不同的啤酒花品種與兩種類型的太陽能模組，模組安裝高度介於 7 至 9 公尺之間，光電模組也設計為兩種遮蔽率(25%及 35%)，初步研究結果顯示，較少遮蔽率對於啤酒花的生長較好，在 35%遮蔽率下，可以維持 70%的產量，在 25%的遮蔽率下，可以維持 80%的產量，在用水

量方面也可以節省許多，光電板的遮蔭對於啤酒花有相當正面的成效。

該地區為德國最主要的啤酒花產區，但近年來啤酒花產量受到氣候影響而逐漸下降，許多農民開始選擇轉作其他作物或休耕，因此場主認為若能在該地區擴大推動農電共生，為農民們帶來更多的收入，將可為該地區的農業發展帶來正面影響。然而在推動挑戰部分，場主也分享到因為光電板太高，要自行維修清洗不易，另一個最主要的困難在於當地缺乏饋線容量，可能會減緩當地推動農電共生。



圖 26、大會參訪團於啤酒花光電園合照

(四)Eastern Allgäu 畜電共生（牛）

- 案場面積：4.77 公頃
- 系統設計：地面型光電系統
- 作物類型：放牧乳牛
- 裝置容量：4.5 MWp

由雀巢公司（Nestlé）與 BayWa r.e.能源公司及農民 Gerhard Metz 於 Biessenhofen 於 2025 年初共同建置的農電共生專案，該場域是將乳牛飼養與加工產業結合太陽光電系統，以作為永續農業的示範案例。這座

4.5 MWp 的農電共生系統專為一座通過有機認證的乳品牧場所設計，整合了牛奶生產、放牧與牧草收割功能，皆在太陽能板下方進行。系統設有兩種高度：1.8 公尺適用於年輕牛隻，2.0 公尺則供乳牛活動，兼顧土地的最佳利用與動物福利。

該場域所產生的太陽能電力將直接供應附近的奶粉營養品製造廠，該廠生產嬰兒配方奶粉、醫療營養食品及各類醬料，建立一個整體的在地價值鏈。該場域也透過加大模組間距以便於收割牧草，並採用創新的支架設計，樹立了畜牧友善型農電共生的新標竿。

雀巢公司代表也分享到，該場域目前已有少數牛隻進駐，光電板支架做過耐撞測試，空間規劃以讓牛隻能夠自由行動為主，初步觀察並無不適應之情形，後續將持續針對牛隻健康及行為做長期研究，另外依據德國法規，於設置前完成環境生態調查，儘管並無在該場域發現保育物種，但該公司在周遭仍設置生態補償區，後續將用來作為種植樹木及教育場地。



圖 27、光電板下牛隻活動情形

參、心得與建議

一、AgriVoltaics 2025 國際研討會

Fraunhofer ISE 的經驗對農電共生技術有了更全面的認識。Fraunhofer ISE 作為歐洲最大的太陽能技術研究單位，致力於推動農業與太陽能結合的研究。自 2010 年起，德國開始推動農電共生，旨在解決地面型太陽光電所面臨的土地競合問題。

本次參加為期 3 天的「AgriVoltaics 2025 國際研討會」，會議主題包含「農電共生推動挑戰」、「國際觀點（先驅國家與新興市場）」、「監測與模擬」、「光電技術」、「不同農電類型（光電蘋果園、溫室光電、葡萄園光電）」、「國際案例」、「光電放牧」、「植物與作物生理學」、「政策與法規」、「產業觀點」、「產量預測方法」、「社會科學」、「量化農電共益效應」、「水資源挑戰」等 20 個主題。本屆會議共有超過 200 篇發表，包含口頭發表、海報發表、圓桌座談簡報、演講等。

綜整本次大會各場次會議主題內容，可觀察到本屆大會主題為「農電共生推動挑戰」，並辦理兩場次會議，一部分著重於農電共生推動先驅國家（德國、美國、法國、義大利、日本）分享近年推動情形，另一部分則著重於聚焦於政策與法規障礙，在兩場次會議上可以看到，推動障礙可大致上分為政策法規與研究，在這些先驅國家農電共生的概念已被廣泛推廣，尤其在歐洲及美國國家，政府提供相關的獎勵補助措施或資金支持專案。各國專家代表分享農電共生發展政策與法規，其中以較具推動經驗的國家如德國、日本、法國及義大利擁有較明確的政策與法規，針對農電共生推動最重要的政策與法規制定方向。

在新興國家方面，巴西、印度及智利擁有良好的發展條件，但也因此擁有不少的推動挑戰，例如因為國家土地廣大，地理氣候差異太大，種植的農作物及環境條件截然不同，農電共生的試驗需要更長期且在不同地區進行，另外在政策與法規制定方面，仍待建立相關的標準與獎勵措施，以加速推動農電共生發展。

雖然農電共生對於土地複合利用有正面效益，但即便是在先驅國家仍面臨相對嚴格法規與技術挑戰，例如法國專家分享，法國規定農電系統不得損失超過 10% 農地，且作物產量應維持 90%，專家也提到這樣的法規無疑是要農民創造奇蹟，因為法規要求太過嚴苛且現在尚缺乏實際可行的案

例，而義大利也面臨缺乏農電共生明確的法律定義，導致政策與法規仍然不明確，進而導致法規制定困難，參考兩國經驗，缺乏研究基礎的法規制定可能對於農電共生發展造成反效果。

各國在制定政策法規多會參考其他國家的方式或相關學研機構的建議，因此部份專家代表提到，農電共生需要更多的實證研究與示範案例，以及建立相關的技術指引、公開資料及法規研究等，例如到歐洲光電組織 SolarPower Europe 出版的手冊、德國 Fraunhofer ISE 建立農電共生案例地圖等。

在技術研究與發展方面，本屆會議仍有不少學研單位持續對於光電技術的提升進行相關研究，例如光電板透明度、鋪排設計、不同材料的試驗等，另一方面，本次大會特別規劃蘋果園光電、溫室光電、葡萄園光電、光電放牧作為主題場次，這幾種類型為歐洲地區較為常見的農業類別，且在德國已建立多個示範場域。針對光電板下作物生長的研究，許多研究單位著重於測試作物生長情形（外觀顏色、重量、生長週期等），普遍可發現到在光電板下的作物，普遍會有顏色較淡或較暗的問題，例如蘋果，另外生長週期普遍也會較長，對於短期輪作的作物，可能會造成較少輪作的情形，不過在像花椰菜的部分，則因為調整透度及高度後，已逐步可以達到與對照組的生長成果，後續許多團隊將進一步針對生長穩定性與作物營養成分等進行研究。

在社會層面，社會對於農電共生接受度仍有負面的看法，例如在日本發生假種植的情形，義大利則因為民眾反彈聲浪而反覆調整政策，法國農民不認同法規要求等情形，在德國仍有許多民眾表達對於農電共生的擔憂，主要是可能對於視覺影響、景觀變化以及可能與觀光業和野生動物保護衝突，德國團隊的研究建議應透過有效的溝通策略與農電共生系統設計，減緩民眾的負面觀感。義大利團隊則建議透過強化在地參與、政策創新及跨單位合作，克服政策、技術及社會層面的障礙。

二、參訪農電共生案場

本屆大會因為於德國，大會規劃相當豐富的案場參訪行程，參訪位於德國南部的四座農電共生案場，分別為蘋果園光電、啤酒花光電，以及兩處地面型光電結合不同農作物與放牧場，整體而言，蘋果園及啤酒花場皆由農民主導推動，另外兩處則由大型公司主導推動。

在蘋果園及啤酒花場，可以觀察到農民本身對於農電共生推動的動機，主要皆為對於氣候變遷的擔憂以及增加農民收入的誘因，在德國當地，即便是以廣泛種植的蘋果及啤酒花，近年來因為氣候的不穩定性，導致冬天寒害及夏天熱浪，皆對作物造成相當大的損害，對於當地農業發展已造成相當大的影響。兩個場主皆分享到只要光電板的鋪排與高度設計適當，對於作物皆有一定的保護效果。

在農業經營方面，也可以減少土壤水分蒸發而降低水資源使用，且因為由場主主導規劃，可規劃適合農民採收或種植作業的場域環境，場主也分享到其聘僱採收的果農皆有正面回饋，因為光電板遮蔭效果，在農作時可以享有較為涼爽的工作環境，對於農民的工作有實際的幫助。

場主也另外分享到受惠於德國的政策支持與技術研究發展，例如德國政府的創新招標制度（Innovation Tender），以及巴登-符騰堡州政府的政策支持，鼓勵如農電共生系統與儲能結合等技術創新，相關的學研機構也持續尋找場域合作，越來越多農民期待農電共生的發展。然而另一方面，現實的問題仍在於農電共生對於作物的影響的研究成果，以及農電共生的經濟效益，農民關注作物產量以及經濟可行性，這些都需要有更多的示範案例，以獲得更多農民的支持。

在兩處地面型的案場，因為由大型公司主導設置，兩處案場雖無土地所有權問題，但面臨的問題即是如何實際經營，並獲得在地社區與農民的支持，在 Grub 的地面型案場，營運公司代表即分享到案場設置前，因為案場施工影響當地交通，造成社區對於該案場的抱怨，該公司則隨即召開相關的說明會與在地溝通，另外再種植方面，因為在地農民對於地面型光電影響景觀，而抱有相當多的負面觀感，一開始也不願意與該公司合作農業試驗，該公司則透過與農民的多次訪談，並提供農電共生課程，逐步讓獲得在地社區與農民的支持。

在畜電共生案場，雀巢公司則尋求專業的能源公司與在地農民合作，並因應農民的需求設計光電系統，公司代表分享到前期多次且詳細的溝通討論，才使得該案場能順利建置，甚至農民也了解到農電共生的優勢，未來將自行規劃建置畜電共生案場。另一方面，雀巢公司也關注大型地面行光電案場對於在地環境的影響，因此在設置前便已完成環境生態調查，儘管未有發現對在地生態的影響，該公司仍自主規劃將案場周遭的一處土地做為生態補償區域，後續將與在地社區合作種植樹木，並推動環境教育課

程。

透過本次參訪行程，可實際了解到農電共生從政策面及技術面如何真正落地，也能可以了解到不同利害關係人（如農民、研究單位、能源公司）等各方的意見與經驗分享，多數分享者都表達對於農電共生的正面看法，也期待德國農電共生的擴大發展，但也分享到儘管德國人民普遍對於再生能源或農電共生有足夠認知，但在仍有可能有反對意見或擔憂，顯示各方在事前充分溝通的重要性，若能以農民主導為主，或是尋求學研機構與在地社區的合作，也能降低衝突的可能性。

肆、附件及參考資料

大會場地照片



Coping Measures in Environmental and Social Review Process for Aquavoltaics in Taiwan

Han-Yun Lee¹, Win-Kai Hsieh², Bing-Shun Huang³ and Ming-Lung Hung²

Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute, Taiwan.

Highlights

- The "Guidelines for aquavoltaic coping measures" provides clear framework of measures applications, and help developers to minimize negative impacts on environment and society.
- The results of analyzing three projects from Southern Taiwan indicate that most cases are able to adopt measures tailored to local conditions as suggested by the guidelines.
- However, specific measures may differ depending on the environmental or social issues involved, such as ecological conservation and landscape considerations.

Environmental and Social Review for Aquavoltaics

The government of Taiwan implemented the "Environmental and Social Review (ESR) for Aquavoltaics." The process of ESR includes two aspects (Figure 1).

- (1) **Zoning:** fish farms are classified into four levels—Fast-track Zone, Priority Zone, Attention Zone, and No-go Zone based on the results of GIS screening with environmental data, public and professional consultations.
- (2) **Measures Evaluation:** PV developers must have their plans, which include coping measures, approved by the government before applying their aquavoltaics projects.



Figure 1. Most commonly adopted coping measures of three projects

Coping measures and their applications

PV developers of aquavoltaic projects have to adopt appropriate coping measures when they participate in ESR process. The measures follow principles of avoidance, reduction, mitigation, and compensation, and are taken at each development phase, including site selection, design and planning, construction, operation and decommission. This study evaluates the "Guidelines for aquavoltaic coping measures" and three aquavoltaic projects from Kaohsiung City and Chia-Yi County to understand the applications of coping measures.

① **Quen-Yang:** located in Attention zone in Kaohsiung City

② **Da-Chuang:** located in Fast-track zone in Kaohsiung City

③ **Yong-Qi:** located in Fast-track zone in Chia-Yi County



Figure 2. Quen-Yang aquavoltaic project (Source: Quen-Yang Intelligent Agriculture CO., LTD)

Table 1. Coping measures adopted by three aquavoltaic projects

Phase	Quen-Yang	Da-Chuang	Yong-Qi
Site selection, Design and Planning	1. Communications and information disclosure with stakeholders. 2. Aquaculture-oriented solar layout & design 3. Eco-friendly design: centralize and reduce coverage of panels to make open space for terns and shorebirds. 4. Use materials and construction methods resistant to salt damage and corrosion.	1. Communications and information disclosure with stakeholders. 2. Aquaculture-oriented solar layout & design 3. Eco-friendly design: (1) maintain ecological functions of fish ponds; (2) encourage eco-friendly aquaculture practices; (3) concentrate solar panels to preserve open water areas. 4. Use materials and construction methods resistant to salt damage and corrosion.	1. Communications and information disclosure with stakeholders 2. Aquaculture-oriented solar layout & design 3. Eco-friendly design: 1.5 meter green belt. 4. Use materials and construction methods resistant to salt damage and corrosion.
Construction	1. Communications and information disclosure with stakeholders. 2. Avoid construction during migratory and overwintering periods of waterbirds. 3. Adopt low-impact construction techniques and manage access. 4. Environmental protection and dust suppression.	1. Communications and information disclosure with stakeholders 2. Plan an overall construction schedule and alternative traffic routes. 3. Reduce dust and use pile implantation methods to minimize noise.	1. Communications and information disclosure with stakeholders 2. Avoid construction activities at night, and optimize construction works to reduce disturbance.
Operation and Decommission	1. Communications and information disclosure with stakeholders 2. Use smart management systems for solar PV and aquaculture. 3. Maintain or extend the operation period of sun-drying ponds to ensure soil health and to provide foraging opportunities for different waterbird species. 4. Conduct regular water quality monitoring, ecological monitoring and surveys. 5. Preserve vegetation and surrounding natural environments. 6. Commit to restoring the land to its original state after decommissioning.	1. Communications and information disclosure with stakeholders 2. Use clean water to wash solar panels without chemical detergents. Conduct water quality monitoring. 3. Conduct environmental monitoring every 3 years. 4. Hire and train local residents to assist in inspecting solar equipment. 5. Assist fish farmers in establishing a "Fish Farm Development and Management Fund" to support their aquaculture business. 6. Commit to restoring the land to its original state after decommissioning.	1. Communications and information disclosure with stakeholders 2. Use clean water to wash solar panels without chemical detergents. 3. Conduct environmental monitoring 4. Hire and train local residents to assist in inspecting solar equipment. 5. Regular equipment inspection. 6. Commit to restoring the land to its original state after decommissioning.