

出國報告（出國類別：開會）

參加再生能源市場大會(REM) 出國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：黃志文組長、張彥堂技正

派赴國家：美國

出國期間：108年9月2日至9月8日

報告日期：108年11月26日

目錄

頁次

壹、背景.....	7
貳、團員名單.....	7
參、美國考察參訪團行程.....	8
肆、參訪單位簡介及討論議題.....	9
一、美國綠色電子委員會(Green Electronics Council, GEC).....	9
(一) 單位官方網站.....	9
(二) 參訪單位簡介.....	9
(三) 與會人員.....	9
(四) 議題討論.....	9
(五) 會議紀要.....	10
(六) 參訪心得與效益.....	12
(七) 交流剪影.....	12
二、德州電力可靠性委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT).....	13
(一) 單位官方網站.....	13
(二) 參訪單位簡介.....	13
(三) 與會人員.....	13
(四) 議題討論.....	13
(五) 會議紀要.....	14
(六) 參訪心得與效益.....	16
(七) 交流剪影.....	17
三、DNVGL.....	18
(一) 單位官方網站.....	18
(二) 參訪單位簡介.....	18
(三) 與會人員.....	18
(四) 討論議題.....	18
(五) 會議紀要.....	19
(六) 參訪心得與效益.....	26
(七) 交流剪影.....	27
四、2019 再生能源市場論壇(Renewable Energy Market, REM).....	28
(一) 活動官方網站.....	28
(二) REM 簡介.....	28
(三) 與會人員.....	28
(四) 參加議程.....	29
五、國際再生能源憑證基金會(International Renewable Energy Certificate Foundation, I-REC).....	68
(一) 單位官方網站.....	68
(二) 參訪單位簡介.....	68

(三) 與會人員	68
(四) 議題討論	68
(五) 會議紀要	68
(六) 參訪心得與效益	69
(七) 交流剪影	69
六、聖地牙哥能源研究中心(Center for Energy Research, CER)	70
(一) 單位官方網站	70
(二) 參訪單位簡介	70
(三) 與會人員	70
(四) 討論議題	70
(五) 會議紀要	70
(六) 參訪心得與效益	75
(七) 交流剪影	76
伍、心得與建議	77

圖目錄

圖 1、再生能源憑證團隊與 GEC 雙方會議成員合影.....	12
圖 2、ERCOT 提出的德州太陽能發電區域畫分	15
圖 3、 ERCOT 提出的不同太陽能發電區域裝置容量	16
圖 4、日前預測誤差分析.....	16
圖 5、憑證團隊會後與 ERCOT 代表合影	17
圖 6、DNVGL 預測流程圖.....	20
圖 7、不同解析度下的預測模型結果.....	23
圖 8、氣象預測雲分布圖.....	23
圖 9、預測與實際風速結果.....	24
圖 10、概率預測圖.....	25
圖 11、DNVGL 預測系統網站.....	26
圖 12、憑證團隊與 DNVGL 代表合影	27
圖 13、美國各州電網連結情形.....	29
圖 14、美國實施再生能源比例標準之概況.....	30
圖 15、社區選擇聚集示意圖.....	30
圖 16、有競爭優勢的供應商示意圖.....	31
圖 17、電力購買協議示意圖.....	31
圖 18、REC 架構圖	32
圖 19、SVCE 再生能源購買策略概念圖	40
圖 20、本局黃組長於此項議題擔任引言人.....	44
圖 21、華盛頓 DC 州 RPS 概況.....	45
圖 22、馬里蘭州 RPS 概況	46
圖 23、俄亥俄州 RPS 概況	47
圖 24、T-REC 團隊向與會人員說明憑證追蹤及監控系統	50
圖 25、2018 年各能源類型對於零售銷售認證的貢獻.....	55
圖 26、2018 年各能源類型提供認證銷售的設施總數.....	55
圖 27、美國各州再生能源電力供給量.....	57
圖 28、美國各州再生能源電力銷售量.....	58
圖 29、美國各州 RPS 目標改革	60
圖 30、邁向 100%再生能源目標的州	60
圖 31、美國 2000 年至 2018 年再生能源發電量的增長情形.....	61
圖 32、2000 年至 2018 年 RES 裝置容量增加情形	62
圖 33、預計 RES 的再生能源需求量	62
圖 34、在歐洲核發 GO 的追蹤系統.....	66
圖 35、再生能源憑證團隊與 I-REC 雙方會議成員合影	69

圖 36、 T-REC 案場氣象及發電監控系統	74
圖 37、 WRF 資料內插至憑證案場示意圖	74
圖 38、 T-REC 案場(士東市場)遮蔭圖	75
圖 39、 再生能源憑證團隊團長黃志文組長與 Jan Kleissl 主任合照	76
圖 40、 憑證團隊實地參訪 CER 微電網場域	77

表目錄

表 1、氣象預測系統資料來源.....	21
表 2、2018 年參與 Green-e [®] 能源銷售認證的再生能源電力.....	54
表 3、2018 年零售量前十大排名.....	55
表 4、2018 年各州零售客戶總數的百分比.....	56
表 5、2019 年提供認證零售的十大洲和省.....	56
表 6、以客戶類型分類再生能源憑證的銷售認證.....	58
表 7、太陽能預測的重要變數.....	72
表 8、太陽能預測技術的特性及預測模型的輸入變數.....	73

壹、背景

本局為推動我國再生能源憑證，於 107 年執行「再生能源憑證中心及檢測驗證發展計畫」，為瞭解再生能源憑證在碳交易市場之操作機制及環境鏈結，本局團隊規劃拜訪美國再生能源憑證相關單位，增加國際合作機會、提升再生能源憑證效益，並提供我國再生能源憑證制度參考。

再生能源憑證團隊本次九月拜訪赴美國參加再生能源市場大會(REM)，並於 9 月 5 日亞洲自願性市場的成長(Voluntary Market Growth in Asia)議程中進行引言及與專家業界人士討論，同時也瞭解與學習美國再生能源市場現況，並於會中與 I-REC 會面以了解 I-REC 在臺發展規劃。同時，為強化我國再生能源憑證(T-REC)國際鏈結及增加其附加價值，亦藉此行機會拜會美國綠色電子委員會(GEC)，希望完成 T-REC 鏈結美國電子產品環境影響評估工具(EPEAT)，成為 EPEAT 核可之再生能源使用工具。此外，為因應曾次長指示本局建立憑證交易平台事項，也同時安排拜會德州電網與追蹤系統管理公司(ERCOT)，瞭解 ERCOT 於電力交易資訊系統及設計規劃原則，作為臺灣開發綠電及憑證交易平台之參考。

貳、團員名單

姓名	單位	職稱
黃志文	經濟部標準檢驗局	組長/團長
張彥堂	經濟部標準檢驗局	技正
楊冬寧	國家再生能源憑證中心	專案經理
陳芃均	國家再生能源憑證中心	管理師
陳彥豪	台灣經濟研究院	副所長
張晏綾	台灣經濟研究院	組長
江姿怡	台灣經濟研究院	助理研究員
黃凱斌	電子檢驗中心	組長
劉家安	金屬工業中心	工程師
馬先正	工研院量測中心	經理
顏鈺庭	工研院量測中心	副經理
梁永昌	岳鼎股份有限公司	總經理
陳明旺	台灣大電力試驗中心	工程師

參、美國考察參訪團行程

9/2(一)	9/3(二)	9/4(三)	9/5(四)	9/6(五)	9/7(六)	9/8(日)
1. 前往美國 舊金山 2. (GEC 行程)舊金山 飛波特蘭 3. (ERCOT 行程)舊金山 飛奧斯汀	1. 拜訪 GEC 2. 拜訪 ERCOT	拜訪 DENVGL	參加 REM	1. 拜會 CER 2. 參加 REM	前往 舊金山 轉機	抵達 臺灣
	1. 波特蘭飛 聖地牙哥 2. 奧斯汀飛 聖地牙哥	參加 REM	1. 參加 REM 2. 與 I-REC 會談	參加 REM		

肆、參訪單位簡介及討論議題

一、美國綠色電子委員會(Green Electronics Council, GEC)

(一) 單位官方網站

<https://greenelectronicscouncil.org/>

(二) 參訪單位簡介

美國綠色電子委員會總部位於奧勒岡州，於 2006 年成立的任務導向非營利組織，組織宗旨為實現設計、製造以及購買支持永續發展資訊(IT)產品的世界。

美國電子產品環境影響評估工具 (Electronic Product Environmental Assessment Tool, EPEAT)，是美國環保署(EPA)與「電機與電子工程師協會(IEEE)」共同推出之電子產品環境績效評估工具，該工具由 GEC 管理，其主要目的在於滿足美國政府與大型機構日益增加的綠色電子產品採購需求。EPEAT 主要包含產品評估標準，和產品登錄、應用管理系統兩大部分。

該系統始於 2003 年，由美國環境保護局召集利害相關者會議後展開，並已發展成為電子領域可靠的全球環境評比系統。2009 年 1 月美國聯邦政府正式要求旗下部門需購買通過 EPEAT 認證的 IT 產品，其他州政府與私人企業也陸續採用 EPEAT 作為採購指標，EPEAT 識別標誌目前已擴展到 43 個國家和區域。

(三) 與會人員

黃志文組長、台經院陳彥豪副所長、江姿怡助理研究員、憑證中心楊冬寧專案經理、量測中心馬先正經理、顏鈺庭副經理

(四) 議題討論

1. 完成 T-REC 鏈結 EPEAT，成為 EPEAT 核可之契約工具(Contractual Instrument)
2. 分享亞太再生能源憑證與市場高峰會成果，交流再生能源憑證機制發展見解
3. 建立雙邊長期合作管道

(五) 會議紀要

1. IEEE Std 1680-2018 與臺灣再生能源標準一致性

憑證團隊就今年 7 月提交之臺灣再生能源憑證機制聲明文件進行口頭報告，以 EPEAT 採用之 IEEE1680-2018 對於再生能源使用相關之標準逐條說明憑證機制符合內容：

- (1) 第 1 項：經過公開的利害關係者諮商程序(Developed through open stakeholder consultation process)，標準局在 106 年 5 月 22 日召開自願性再生能源憑證實施辦法草案專家諮詢會議，於兩日後預告訂定草案且開始接受公眾意見，並於同年 10 月 27 日公告實施，可證明我國再生能源憑證相關法案是為經過公開的利害關係者諮商程序訂定之。
- (2) 第 2 項：適用於宣告國家或區域內(Applicable within the country(s)/region(s) being declared to)，透過規範申請與轉移憑證所需繳交之相關證明文件可確保臺灣再生能源憑證申請與轉移者皆為政府許可之公司行號或個人。
- (3) 第 3 項：與再生能源評估直接相關(Relates directly to renewable energy assessment)，以智慧電表確保再生能源電力的發電量，再生能源憑證即按照發電量每 1,000kWh 累積發放一張。
- (4) 第 4-1 項：完整全面集成環境效益(Full aggregation of environmental benefits;)，為確保不會重複計算環境效益，我國再生能源憑證申請人資格為再生能源發電業或自用發電設備設置者，但採用躉購制度者與溫室氣體排放額度抵換專案減量額度者除外。另以法規規定大型案場的建立須先行進行環境評估，以盡可能確保考量到每個影響。
- (5) 第 4-2 項：超越管制要求(再生能源設施、發電設備或屬性超過管制義務要求，未被計入法律或管制要求) (Regulatory surplus, the renewable facility, generation or attributes go beyond a regulatory compliance obligation, and are not counted toward meeting a legal or regulatory mandate)，再生能源發展條例於今年五月修訂後，相關主

管機關將訂出用電大戶規範，要求使用一定比例的再生能源電力，對此憑證團隊向 GEC 表示未來法規落實後，將告知 GEC 法規要求的用量，供 GEC 減除管制要求後的再生能源電力用量以判斷是否符合 EPEAT 規定。

- (6) 第 4-3 項：適用的發電屬性和屬性憑證所有權是需單一、唯一的 (Exclusive, unique ownership of generation attributes and attribute certificates, where applicable;)，再生能源憑證自願性實施辦法規範了發電設備的現場查證、書面資料的審核及憑證發行後的宣告管理，我國憑證中心可藉由追蹤系統管理每張憑證，確保其所有權及環境效益的獨一性。
- (7) 第 4-4 項：唯一的發電和發電屬性的宣告聲明 (Exclusive claims to generation and generation attributes;)，除了規範加入躉購及溫室氣體排放額度抵換專案減量額度計畫之再生能源案場不得申請臺灣再生能源憑證，另要求憑證持有人需在宣告環境效益後回報我國憑證中心以登記之，確實進行憑證使用的宣告管理。
- (8) 第 4-5 項：上面定義的銷售年份要求 (Vintage requirements for sales as defined above; and)，臺灣再生能源憑證持有人可以該憑證作為電力生產當年度之再生能源電力使用證明。
- (9) 第 4-6 項：賣方完整與準確的產品資訊揭露 (例如燃料組合，地點，年份) (Full and accurate product disclosure by sellers, e.g., fuel mix, location, vintage)，透過自願性再生能源憑證申請作業程序之規範，從再生能源電力產出前的設備查驗證，到電力產出後對應的憑證核發及交易，皆由憑證中心透過追蹤系統管理與紀錄，且資訊皆經由第三方查證，並以追蹤系統揭露之。
- (10) GEC 表示認可臺灣再生能源憑證符合 EPEAT 標準內的規範內容，將著手進行認可聲明的發布程序，預計將相關內容新增於 EPEAT 的新版指引 (Guidance)，GEC 可能以腳註的方式或表格的方式呈現，首先會先寄信給參與 EPEAT 的公司公開徵詢意見。

2. 太陽光電未來可能合作方向

近期 GEC 準備在 EPEAT 機制中針對太陽光電設備模組和變流器增加產品規範，GEC 先前曾於 5 月美國考察詢問是否有與台灣合作可能，此行再度討論並由標準局說明台灣現有相關規範(VPC)，GEC 希望未來能有機會互相認可雙方機制，由於 GEC 已與日本有類似合作經驗，表示若要進行此機制同等作業，需先逐一比對雙方標準及相關要求，對此標準局回應需先進行內部討論。

(六) 參訪心得與效益

GEC 已於會中表示認可臺灣再生能源憑證為合格的再生能源供應選項，預計將納入旗下管理的 EPEAT 工具之新版指引，為國際鏈結的一大突破，後續將持續關注 EPEAT 制度的新版指引公告進展；另外團隊相關人員可就 GEC 提議的太陽光電變流器表達合作意願進行討論，增加標準局與 GEC 交流機會。

(七) 交流剪影



圖 1、再生能源憑證團隊與 GEC 雙方會議成員合影

二、德州電力可靠性委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)

(一) 單位官方網站

[http:// www.ercot.com/](http://www.ercot.com/)

(二) 參訪單位簡介

ERCOT 為德州的綜合電業，電網與追蹤系統管理單位，供應德州 90% 的電力。在德州，ERCOT 即為 REC 管理者，負責對證書交易進行全過程監管，包括參與方的登記認證、REC 的分配和管理、記錄 REC 的生產、銷售、轉讓、購買和到期情況，發表專案年度報告等。電力零售商和發電商需定期向項目管理員彙報其可再生能源發電量，所有的證書交易都必須通過 ERCOT 登記才能生效。

(三) 與會人員

張彥堂技正、ETC 黃凱斌組長、大電力陳明旺工程師、岳鼎梁永昌總經理、金工劉家安工程師、憑證中心陳芃均、台經院張晏綾組長

(四) 議題討論

1. 瞭解 ERCOT 於電力交易資訊系統及設計規劃原則，作為台灣開發綠電及憑證交易平台之參考

Would like to understand the principle of design and plan, as a reference for Taiwan's development of green power and REC trading platform, ERCOT use to build the power trading platform,

2. 請益及交流太陽能及風力發電預設分析技術最新進展，有助於精進憑證團隊開發之氣象發電監控系統，及可精進之方向

Would like to understand and discussion the progress of PV and Wind Power forecast technique as the reference to improve the model build by T-REC team.

3. ERCOT 對於利用感測器資料進行數值氣象及發電資料誤差校正是否有相關建議?

Would you please give us some comments and suggestions about using the sensor data to calibrate the NWP (Numerical Weather Predict) and power forecast bias?

(五) 會議紀要

ERCOT 為德州的最大電網營運商，其營運之電網為一獨立電網，僅有少數幾條直流輸電線與外連結，與台灣電網系統相似。德州在 1999 年時取消電力市場管制，而取消管制後的電力零售市場，有 30 家以上零售商，100 個以上交易方案，這些都運作得很好，但由於此市場是一個很大的系統，必須交由一個系統來整合運作，此系統正是 ERCOT 所做的，因此 ERCOT 對於再生能源發電量之分析及預測極為重視。此次參訪 ERCOT，主要欲了解其在太陽光電預測技術之進展，以作為臺灣再生能源憑證團隊為進行憑證案場發電量及核發憑證數量之比對確認，進而確保憑證之可靠性與公正性，同時亦可作為憑證團隊結合案場發電系統資料及天氣研究和預報模式(Weather Research and Forecasting model, WRF)，開發之氣象及發電地理資訊監控系統優化之參考。此次參訪藉由與 ERCOT 太陽光電預測技術專家之請益討論，對於憑證中心建構有效率、直觀易於使用及可靠的案場發電及憑證核發數量之即時監控資訊系統有莫大幫助。此外，為因應國內未來綠電憑證交易平台需具有再生能源發電量預測及勾稽案場發電量功能，準確的短、中、長期發電量推估技術亦是此次討論及交流重點。

此次 ERCOT 主要由營運規劃管理經理 Sandip Sharma，進行 ERCOT 在太陽能預測技術之進展介紹。Sandip Sharma 首先說明由於德州是美國的大州，占地面積廣大，因此考量環境地理因素，在進行太陽能分析時主要會依不同的發電潛能，將德州分成多個區域(Zone)，再依不同區域進行分析。如圖 2，共分為 6 個區域，其中 Zone 6 有最好的發電潛能。圖 3 則為 ERCOT 提出的不同太陽能發電區域裝置容量(MW)，由圖中可發現，Zone 6 有最大的裝置容量。而在太陽能預測方法部分，Sandip Sharma 提到影響太陽能發電預測效能的重要因子為太陽輻射量(global solar irradiance)及面板溫度，重要性分別約可達 90%及 10%，風對太陽能預測的影響則小於 1%。此外，太陽能發電廠有三種型態：(1) PV、(2) Solar thermal PV 及(3) Solar thermal (concentrating 的一種)，其中影響 PV 型態太陽能系統發電效能的因素為全天空輻射(global irradiance)，影響 Concentrating PV 及 Solar thermal 型態太陽能系統發電效能的因素則為直射日照 (direct normal irradiance,

DNI)。ERCOT 在進行太陽能預測時，亦會考量同時蒐集多個案場資料進行分析，可避免單一案場資料分析造成的誤差。有關 ERCOT 近期所進行的預測模型效能分析請參考圖 4，由圖 4 可知 ERCOT 使用平均絕對百分比誤差(mean absolute percent error, MAPE)進行預測效能評估，Sandip Sharma 有說明 MAPE 為目前業界通用的預測誤差量指標。

Sandip Sharma 在會議中亦提到，有關太陽輻射(solar irradiance)及太陽能發電是相對新的研究領域，並且具有挑戰性，若要使電網穩定並且使電力交易具有商業可行性，必須借助太陽能預測。ERCOT 目前亦與 NREL、MDA 及 UT Dallas 合作進行一個稱為「Support for Solar Uncertainty Management and Mitigation for Exception Reliability in Grid Operations (SUMMER-GO)」的專案計畫，主要目的為精進太陽輻射(solar irradiance)及太陽能發電之預測效能並且開發小時內(5 分鐘)的太陽能預測技術，並應用於能源管理系統的狀態感知(situation awareness)中。

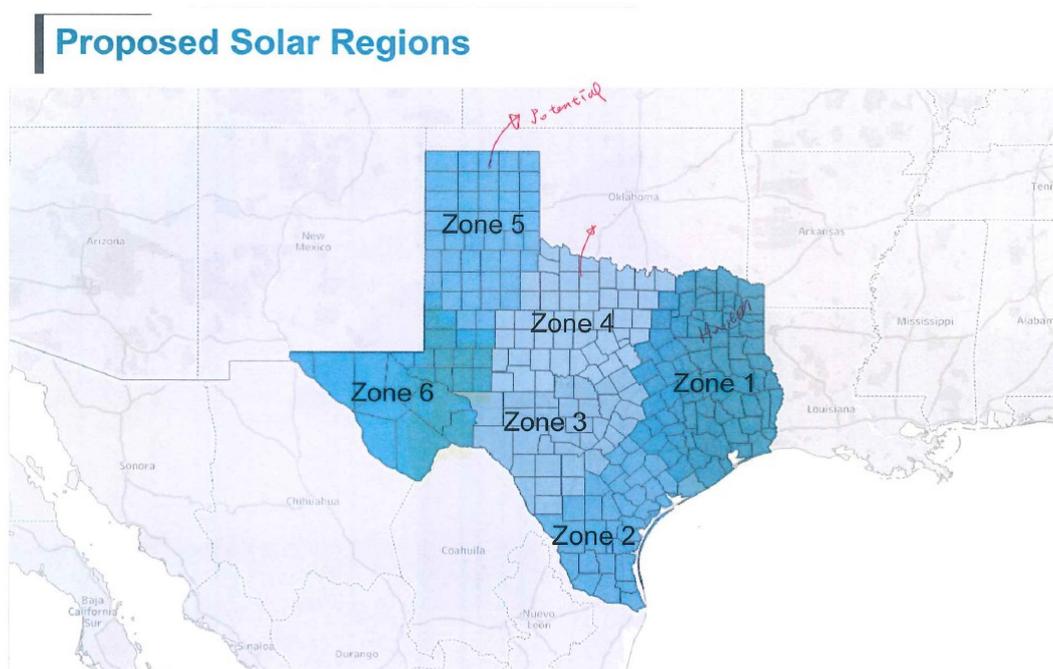


圖 2、ERCOT 提出的德州太陽能發電區域畫分

Proposed Solar Regions – Current Installed Capacity

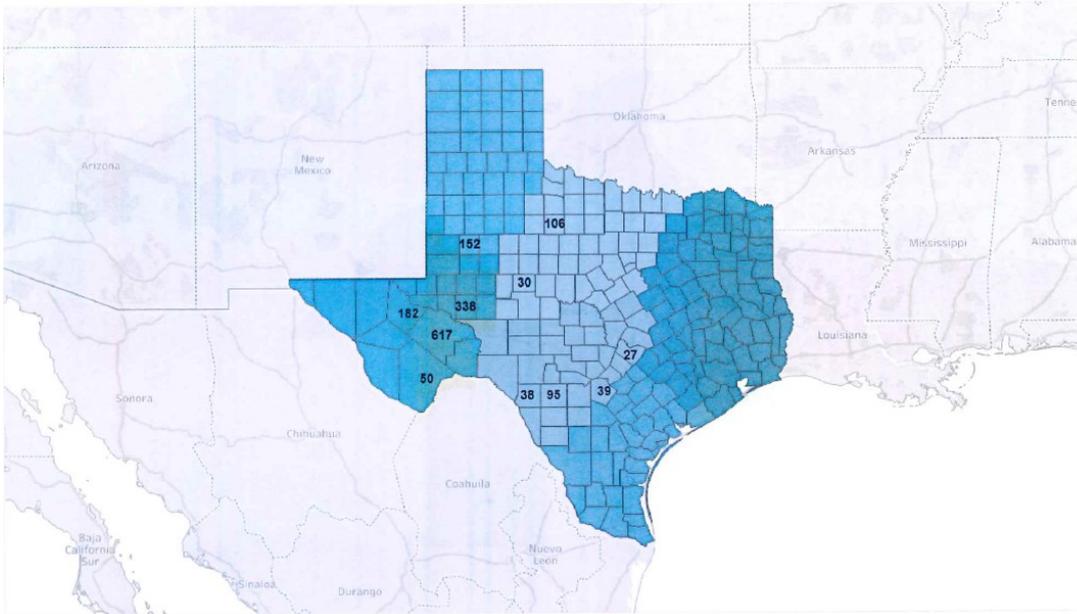


圖 3、ERCOT 提出的不同太陽能發電區域裝置容量

PVGR Forecast Errors (Day-Ahead)

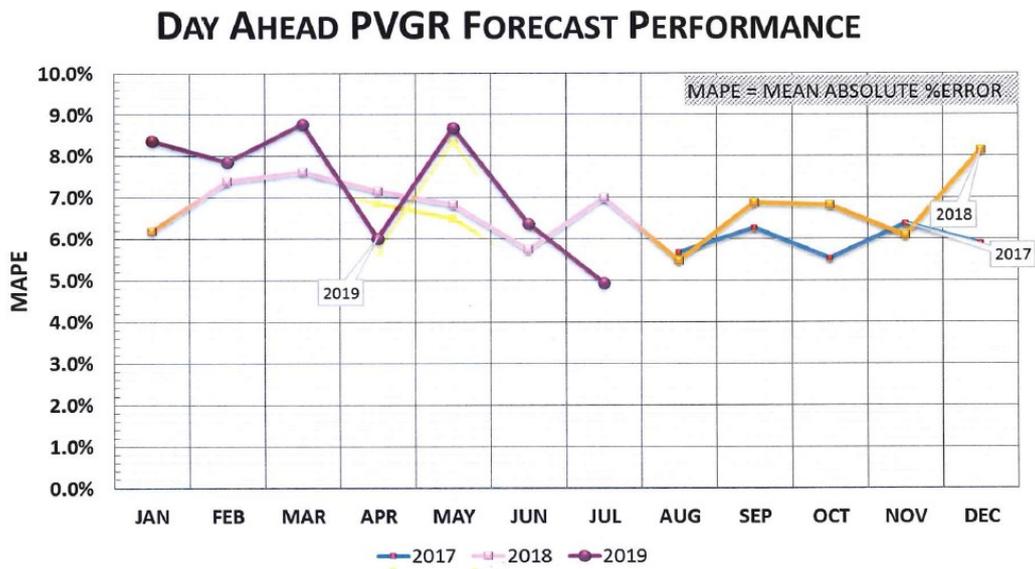


圖 4、日前預測誤差分析

(六) 參訪心得與效益

本次再生能源憑證美國參訪團隊拜訪德州電力可靠性委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)，了解目前國際上對於太陽光電預測技術的最新進展及所需考量因素。其中關於個別發電案場環境地理變異性分析、預測模

型所需考因子及同時考量蒐集多個案場資料進行分析，可降低單一案場資料分析造成的誤差等概念，亦適用於台灣再生能源憑證案場電量分析之情境。會議中亦與 Sandip Sharma 經理請益討論，進行短中長期太陽能相關預測時，適用的方法、應注意事項及持續精進的方向，此外亦討論進行太陽能預測時對於資料品質的需求，如太陽輻射量、風速、風向、面板溫度、空氣壓力及追蹤系統的特性等，相關討論內容及成果，有助於作為國內未來綠電憑證交易平台之發電量預測及案場發電量勾稽等功能建置之參考，並精進憑證中心開發之案場氣象及電量分析系統，以建構準確且能與國際接軌的氣象及電量分析預測技術，進而提升再生能源憑證制度及憑證資訊管理和交易平台之公信力和附加價值。

(七) 交流剪影



圖 5、憑證團隊會後與 ERCOT 代表合影



三、DNVGL

(一) 單位官方網站

<https://www.dnvgl.com/>

(二) 參訪單位簡介

用世界級天氣模型的基礎天氣數據，縮小尺寸並進行本地化，可為特定發電廠提供最準確的預報。通過詳細的分析和建模，DNVGL 為預測的每個工廠建立一個模型，考慮設備的細節和分布。在 20 多個國家擁有超過 50 GW 的風能和太陽能容量的預測經驗，可以為全球任何地點提供預測。

短時預測(Short-term forecasting)其中包含四項服務內容 Forecaster Now、Forecaster Live、Forecaster Plus、Forecaster Solutions，可提供 15 天前每小時的氣象條件預測，每 5 分鐘更新一次。

- 原始數據，如 XML 和 ASCII 格式或為客戶的系統自定義
- 包含即時預測和歷史資料的交互式圖表
- 每月報告總結了客戶需要的準確性，性能和指標

(三) 與會人員

黃志文組長、張彥堂技正、ETC 黃凱斌組長、大電力陳明旺工程師、岳鼎梁永昌總經理、金工劉家安工程師、憑證中心楊冬寧、陳芄均、台經院張晏綾組長

(四) 討論議題

1. 瞭解該單位在風能預測能力，如使用的天氣模型、小尺度模型修正方法
Understand the wind energy forecast ability of the unit, such as the weather model used, the small scale model correction method
2. 預測時遇到的困難，如邊界條件設定、地形地貌、資料來源
Difficulties encountered in forecasting, such as boundary condition setting, topography, and source of data
3. 天氣模型的輸入資料是否經過任何前處理?
Has the input data of the weather model been subjected to any

pre-processing?

4. 是否會以現地量測設備(如氣象塔或光達)修正預測模型

Will the prediction model be corrected with a local measurement device (such as Met mast or lidar)?

5. 討論及交流我國預測技術及碰到的困難點

Discuss and exchange T-REC team forecasting techniques and difficulties encountered

(五) 會議紀要

DNVGL 由 Collier Craig 及邱博士與我們介紹該公司在天氣預測 Forecaster 的業務內容、技術及執行方式，DNVGL 在預測的業務已有 15 年的經驗，業務範圍擴及 14 個國家以及 14 個美國內的區域，目前在美國境內擁有 25 個用戶且提供各種不同的預測需求，該預測系統已獲得多個國家或組織的驗證，需求者從開發規劃、設計、系統操作、運轉維護與電網業者安排調度事業電源之比例各種目的皆有，對於能源交易商提供從天氣條件預測出準確的發電量提供調度和市場價格評估降低交易風險，提供風場投資者確保風場符合規劃並使營運得以有效的維護和施工，提供公用電業及電網營運者得以精準的調度管理，最後提供各業者利用天氣預測數據做客製化的方針。加州逐漸成為最大的電力交易市場，電力交易市場的參與者，能源交易商及系統營運商都在管理電網的電力傳輸，配合發電與儲能足以滿足預期的需求。

預測系統操作員每 5 分鐘會更新一次 14 天的預測資料，預測的整體流程如下頁圖 6，主要分為三個步驟，第一步是數值天氣預報，為後續計算所用到的天氣資料來源，第二步是取得 SCADA 資訊並透過一些數值方法提高資料的可用性，第三步是將前述兩個步驟之資料套入電力模型內計算得發電量。

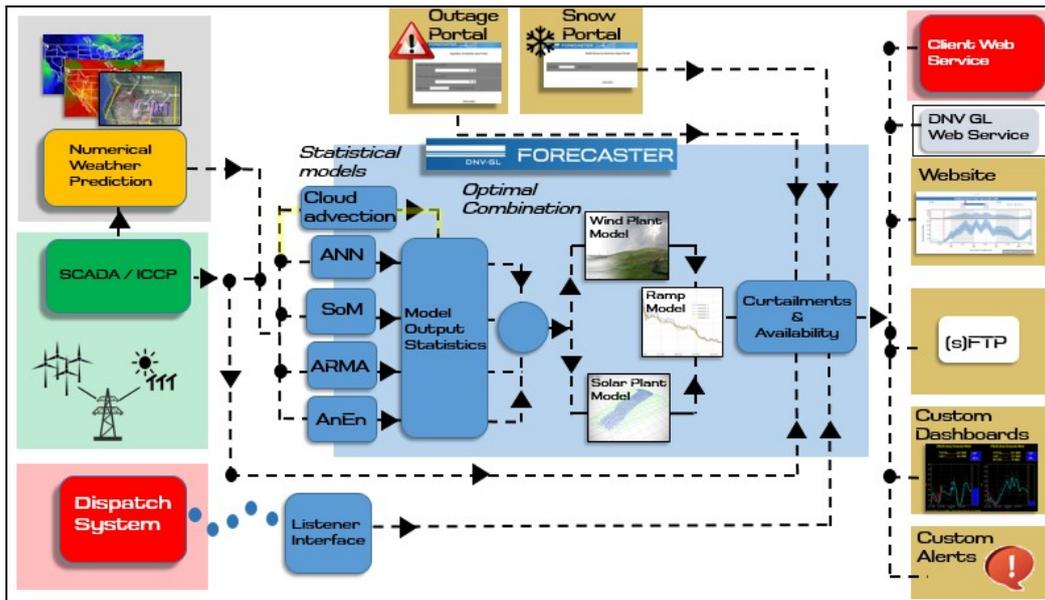


圖 6、DNVGL 預測流程圖

數值天氣預報，DNVGL 也採用 Weather Research and Forecasting Model(簡稱 WRF)，利用各個風場的原廠 SCADA 資訊裡所紀錄之塔頂風速計風速、衛星、地面式遙測設備、飛機或浮標等量測資訊以及大型研究機構(National Centers for Environmental Prediction, NCEP；European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)所做之預測資訊，為了使模型更加線性，利用前述數值定期初始化模型，作為數值模擬的邊界條件，由於天氣的不穩定性造就了計算的高度非線性，最大的誤差來源多來自於參數及初始條件，如下頁表 1 為 DNVGL 所使用的氣象預測系統資料來源，Craig 會議中提到他們要執行一段時間的氣象預測，在數值計算的部分僅需要花費 5 分鐘，但這是以前統計數據建模並搭配最佳組合的數據及電廠建模才得以達成的快速結果，可以從下表看出各個預測系統之時間解析度都不一樣，Craig 提到為了以多個資料來源保持高度的數值穩定性，因此 3 至 6 個小時才能執行一次，並且每天都會驗證數值正確性，每周產生報告，以機器學習從過去的流場模型中學習使計算得以更準確。

表 1、氣象預測系統資料來源

Model	Source	Time Resolution	Horizontal Resolution	Vertical Resolution	Update Frequency
Global Environmental Multiscale (GEM) RDPS	Environment Canada	Hourly	10 km	80 levels	6 hourly
Global Forecast System (GFS)	NCEP	Hourly	13km	64 levels	6 hourly
Global Forecast System Ensemble (GFSX)	NCEP	Hourly	13 km	64 levels	6 hourly
North American Mesoscale (NAM)	NCEP	Hourly	12 km	60 levels	6 hourly
Rapid Refresh (RAP)	NCEP	Hourly	13 km	50 levels	Hourly
High-Resolution Rapid Refresh (HRRR)	NCEP	15-minutely	3 km	50 levels	Hourly
Integrated Forecast System (IFS)	ECMWF	Hourly	~16km	137 levels	12-Hourly
Integrated Forecast System Ensemble (IFSE)	ECMWF	Hourly	~32 km	91 levels	12-Hourly

高度非線性模型受到數值不穩定性的影響，因此必須決定部分數值無法有實際量測值該如何參數化，例如無法預測雲會在哪邊生成，意味著這只能透過半經驗的方式執行，但這部分尚未有解決方法，僅能透過降低解析度求更精細的區域，才能透過數值模型計算空間中某些特徵。例如當擁有濕度、溫度場和流場條件，並且縮小模擬範圍，就能計算雲的垂直生成，進而提高對太陽能發電的預測。

目前 DNVGL 選擇以高解析度進行建模的原因(如下頁圖 7)，是因為想要嘗試最大化的預測模型，推斷出哪些項目是可以執行預測的，並策略性的最大化模型執行效率，有助於提供小解析度模型的邊界條件以便在很多波動性及預測困難的區域達到 1 公里內的解析度。

DNVGL 透過一些物理及統計方法來調整並改進 NWP 數值天氣預報模型，統計方法採用自動回歸移動平均，非常依靠資料的自相關性、線性及平穩，以過去的觀測值與預測值進行計算，在風力發電預測上僅略微有用，太陽能預測因陽光照射的特性無法適用。第二是人工神經網路(artificial neural networks, ANN)等機器學習方式，不用依靠資料的自相關性，透過深度學習還能發現完全不同參數之間的關係，但不能使用預測資料作為學習資料來源，不然會導致模型以錯誤資訊進行學習，另外要注意的是當 SCADA 或是儀器資料沒有輸入時會增加深度學習的不可靠性。第三種是使用自組織映射法(Self-Organizing Maps, SOM)，低維度離散化的人工神經網路(ANN)，為各種天氣進行分類，預測產生唯一的人工神經網路 ANN。利用上述三種方式對於預測模型偏差校正，最後再將全部修正完的模型合併成單一的預測。透過實際場域測量結果納入天氣預報模型，得以改善短期的預測，約 3 至 4 個小時的預測結果，但若超 4 到 6 個小時，因為初始條件尚未修正，仍有高度非線性的問題，時間尺度的長短取決於風的性質跟該地區的特性。

Forecast initialized at 06/12/17 06Z for 06/12/17 18Z

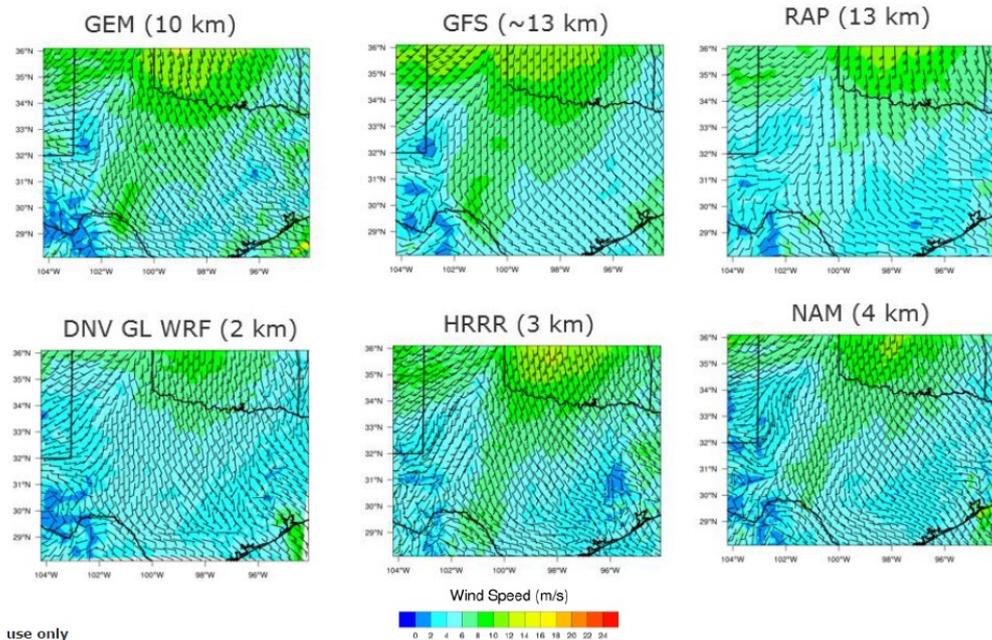


圖 7、不同解析度下的預測模型結果

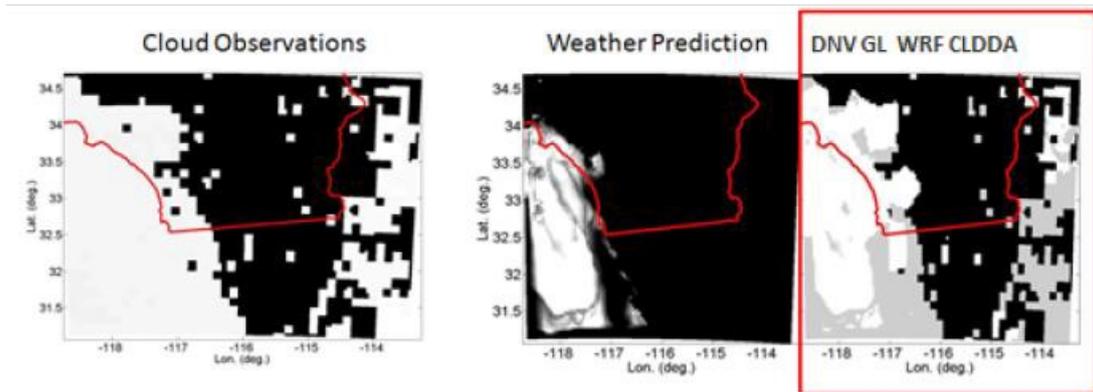


圖 8、氣象預測雲分布圖

天氣預測 DNVGL 還是建議採用實際量測結果作為輸入資料是值得的，對於太陽能預測而言，利用實際觀測資料改善模型，上圖 8 是南加州的雲圖，可以看到觀測圖與預測圖有很多地方尚未產生雲，因此修正熱力學模型產生雲，初始條件增加濕度、蒸氣壓力或調整溫度以達到雲的生成，模型才會以正確的初始條件計算，因而產生更準確的預測結果。

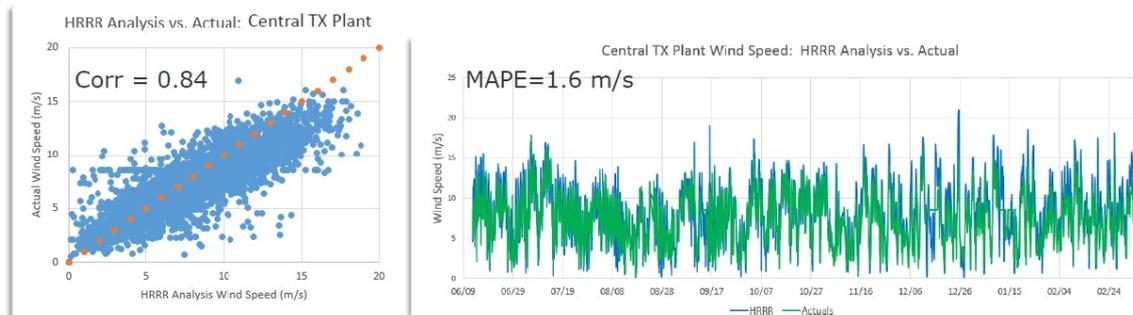


圖 9、預測與實際風速結果

由於並非每個電廠或地區都可以獲得氣象資料，在數據稀少或拒絕提供資料的地區，預報員會利用風場外部數據如氣象塔、探空儀、浮標、飛機、雷達、超聲波等設備取得氣象觀測數據，提高高解析度預報的準確性。例如圖 9 是德州中部風電廠的預測，風速預測誤差(mean absolute percent error, MAPE)約為 1.6 m/s，雖然會認為誤差仍大，但在於風力預測已經非常低，DNVGL 並會於預測中呈現測量及預測之不確定性。

在已取得準確的預測及量測氣象資料後，要將其導入功率模型進行轉換計算得發電量，風力發電轉換模型使用專用開發的軟體 WindFarmer，其中模擬可以計算尾流效應及紊流，可以提供二維流場及功率矩陣，誤差值約在實際值的 2% 內。太陽能則使用自行開發之模型，包含陣列輻射、DIRINT 模型(透過天頂角，整體水平輻射率和露點溫度進行分析)、環境溫度(主要使用模組溫度)、直流電功率及變流器廠商所提供轉換交流電效率，誤差值約在實際值的 1.5% 以內。

概率預測(Probabilistic Forecast)提供一個預測機率信賴區間的呈現方式，但有一點必須注意的是概率預測會遺漏極端事件，因為在統計學裡這些極端事件通常視為異常值，很容易忽略，極端事件可能是由暴風或地形等行程的波動，只要有其中一種預測模型顯示出極端事件時，即會檢視所有預測模型，並將解決方案提供予以用戶，如圖 10 的橘色及綠色方塊代表天氣預測得知的極端事件，並用方塊大小顯示會影響的發電量及持續時間。

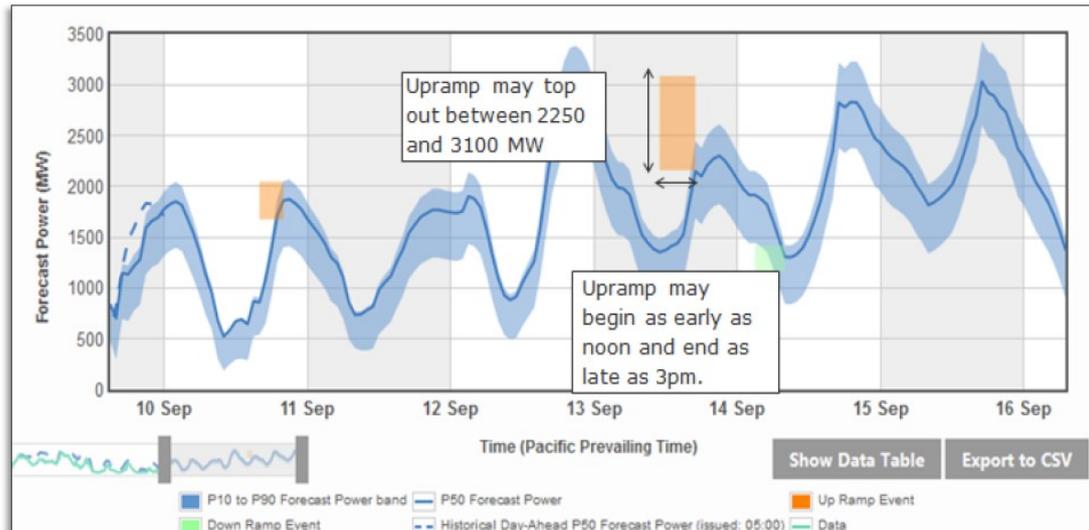


圖 10、概率預測圖

下頁圖 11 為 DNVGL 的預測系統網站，可提供訂閱用戶上線了解他們所預約的預測資料，可透過裡面設定執行一些分析，可以看到前面所敘述的相關預測資料，如極端事件、概率分析、長時間預測資料等。DNVGL 建議我們若是初期開始建置預測系統，有兩個非常值得參考的全球模型，Global Forecast System(GFS) 以及 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts(ECMWF)，GFS 最初是為了航空所設計，為開放的全球預測系統，並且因應全球對於再生能源的需求有持續更新。ECMWF 的模型也相當成熟，類似 GFS 可以調整解析度，但它在某些區域表現很好，部分區域又不佳，無法確切清楚告知在臺灣的適用程度。前述兩者都是非常好的模型，物理基礎相當扎實，已有多個業者使用。

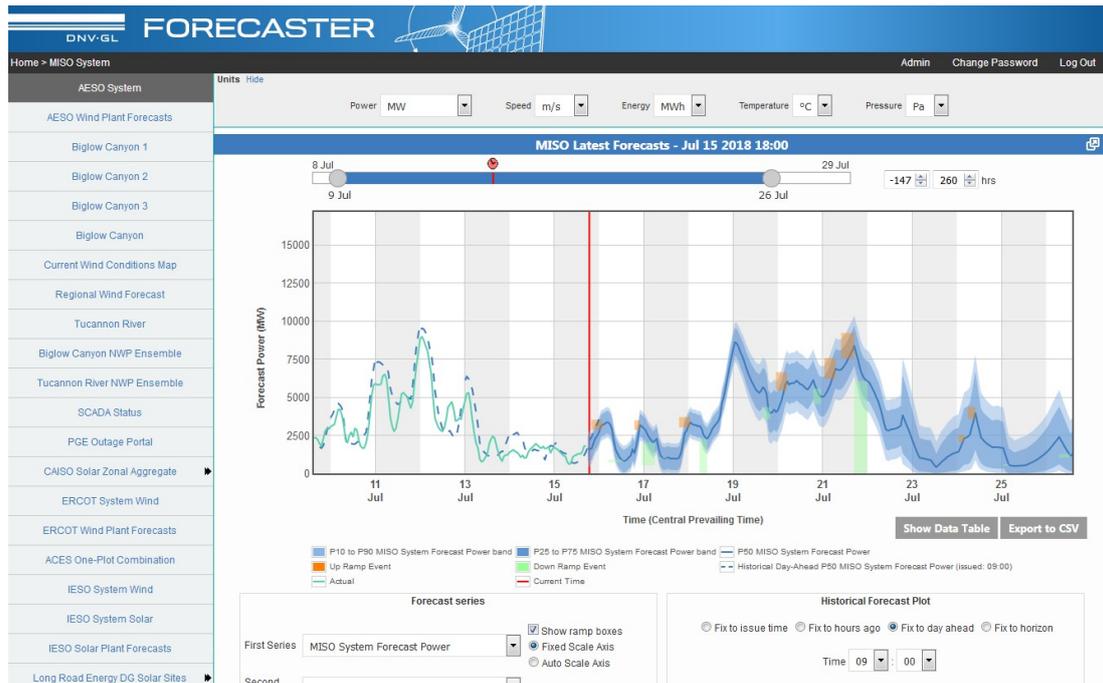


圖 11、DNVGL 預測系統網站

(六) 參訪心得與效益

本次參訪 DNVGL 執行氣象預測該業務之聖地牙哥辦公室，該公司在氣象預測方面已成功在全球商品化，提供各地區的需求者如能源營運商、電網業者及研究機構等各種客製化預測需求，已在該領域投入 15 年，因應目前我們正在研究如何導入預測系統進而確認再生能源發電量之正確性，目前採用的方式為利用氣象預報系統 WRF 取得風力機位置之氣象條件（風速、風向），搭配風力機功率曲線藉以計算發電量，但計算結果仍不如預期，誤差值仍偏大，且無一致的趨勢。

DNVGL 與我們分享該公司預測技術的流程以及所採用的資料來源，他們提出在預測的非線性大部分是因為資料來源的不穩定，因此需要採用多個可靠的全球預測系統，作為該公司預測系統的初始條件，建議我們能採用美國 GFS 及歐洲 ECMWF 的開放性全球預測系統，其模型擁有一定的水準，可以讓我們在於預測系統初期可以有更多來源作為參考。對於資料輸入與輸出之統計處理，他們透過自動回歸及移動平均使資料趨於線性平穩，但也有提到該方式因為資料特性僅適用於風能的預測，不適用於太陽能預測，除了統計方式也有使用到深度學習、類神經網路 ANN，可察覺更多由人工無法判別出相關性之參數，可有效提升預測的不穩定性，因為該方法對於資料較為敏感，若有資料缺失將大大降低預

測的準確性。目前我們預測系統亦有納入類神經網路修正太陽能預測系統，未來亦導入風力發電預測系統，有了 DNVGL 的經驗更能確定現在已使用的方式為正確。

先前閱讀多數文獻在於預測系統皆需要小區域的數值模擬以解決地形、地貌造成的氣象條件誤差，DNVGL 在這部分較為特別，是採用現地量測資料如氣象塔、探空儀、浮標、飛機、雷達、超聲波等設備取得氣象觀測數據，利用數據同化的方式解決地形、地貌的影響，亦可以節省小區域數值模擬所需要用到的時間。DNVGL 已在氣象預測領域商品化並在多數國家皆有實例經驗，因此才採用現有的模式進行計算，也很樂意與我們分享他們的經驗，未來將得以參考他們計算模式套入我國再生能源憑證用以評估發電量的正確性。

(七) 交流剪影



圖 12、憑證團隊與 DNVGL 代表合影



四、2019 再生能源市場論壇(Renewable Energy Market, REM)

(一) 活動官方網站

<https://www.renewableenergymarkets.com/>

(二) REM 簡介

一年一度的“再生能源市場”大會召集了眾多正在迅速改變全球再生能源市場的專業人士。如今已進入第 24 年，REM 仍然是促進和加速再生能源經濟的領先論壇。

REM 將企業領導者，決策者和供應商召集在一起，共同合作並指導快速發展的市場。與會者探索政策的新趨勢，交流再生能源採購和營銷的最佳實踐方式，回顧最新技術和市場創新，並幫助塑造再生能源的未來。REM 由非營利性資源解決方案中心組織(Center for Resource Solutions, CRS)，並由美國環境保護署共同贊助。

會議內容在於全球再生能源市場的方面，包括：

1. 使用再生能源的組織：再生能源購買者和用戶需要什麼以及他們如何獲得。
2. 計畫開發：再生能源計畫開發在自願性市場中的作用：機會與策略。
3. 營銷再生能源：有關市場趨勢，客戶對再生能源的看法，持續性和氣候變化戰略的新資訊。營銷和資訊傳遞以增加銷量的最佳做法。
4. 政策和法律問題：州和聯邦一級的監管政策和未決立法將如何影響市場和投資的方向和增長。影響市場的法律問題。
5. 市場與交易：區域市場焦點。新平台和條例，交易所，拍賣和追蹤系統。
6. 捆綁式電力產品：綠色定價計劃和有競爭力的電力產品，公用事業推廣和再生能源採購成功營銷工作的案例研究。

(三) 與會人員

黃志文組長、張彥堂技正、ETC 黃凱斌組長、大電力陳明旺工程師、岳鼎梁永昌總經理、金工劉家安工程師、憑證中心楊冬寧、陳芃均、台經院陳彥豪副

所長、張晏綾組長、江姿怡助理研究員

(四) 參加議程

1. 自願性再生能源市場 101 工作坊

(1) 議題簡介

該場次由美國環境保護署和資源解決方案中心主辦，旨在提供了解再生能源市場必要的背景和資源，以最大限度提高與會人員的會議體驗。演講嘉賓將提供綠色能源的總體概況以及再生能源市場發展的簡要歷史。與會者將詳細介紹影響綠色動力進程的關鍵行業問題，參與者和產品，以及對過去，現在和將來的市場指標的見解。

(2) 講者及與談人

- Maggie Lund, Center for Resource Solutions (CRS)
- Chris Kent, U.S. EPA
- Jeff Cook, National Renewable Energy Laboratory (NREL)

(3) 演講紀要

針對美國各州電網連接、再生能源憑證 (Renewable Energy Certificates, REC)、再生能源比例標準 (Renewable Portfolio Standard, RPS) 進行講解，使初接觸再生能源憑證人員能瞭解再生能源憑證。

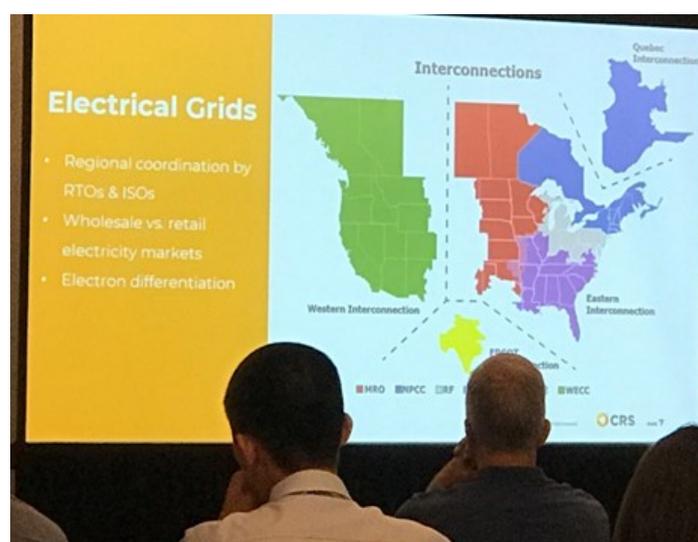


圖 13、美國各州電網連結情形

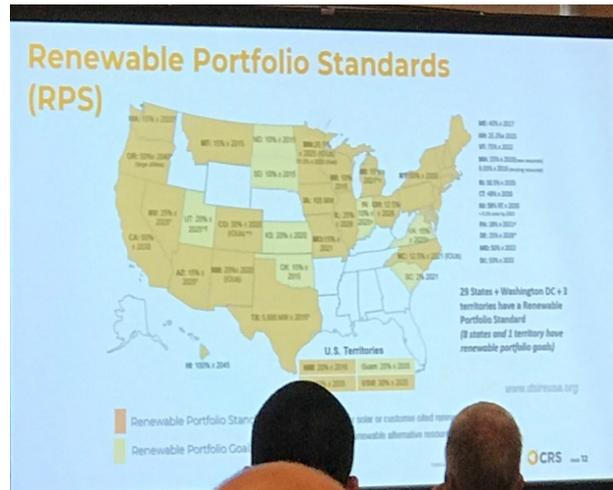


圖 14、美國實施再生能源比例標準之概況

接著講述綠色電力夥伴關係 (Green Power Partnership)，自願性綠色電力市場 (Voluntary Green Power Markets)，並指出零售商可自願購買電力及允許顧客選擇電力來源，包含社區選擇聚集、社區型太陽能、有競爭優勢的供應商、電力購買協議、公用事業綠色定價計畫、公用事業再生契約、電證分離的憑證。

根據其統計結果，在 2018 年中有 630 萬客戶通過綠色電力市場購買約 1.34 億 MWh 的再生能源。

- 甲、社區選擇聚集：有效地聚集許多顧客電力需求，搜羅交錯複雜的供給者；顧客可由現有公司轉換投資者，投資者需進行負責傳輸和分發。

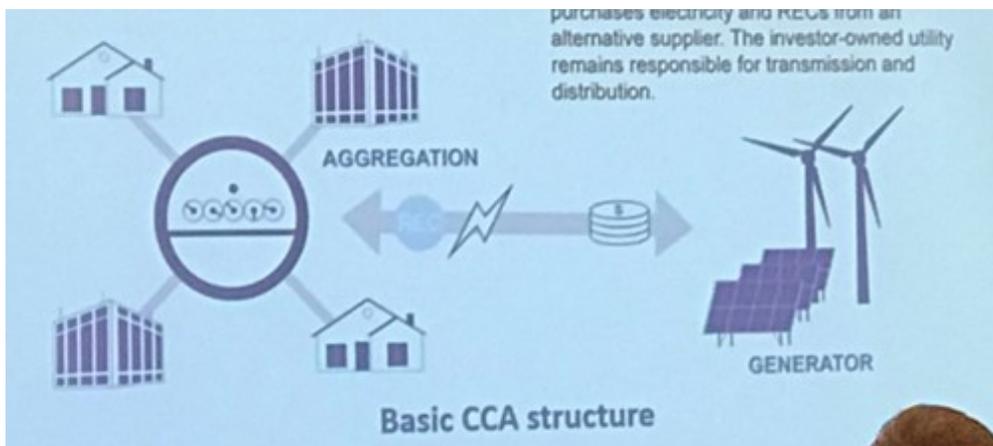


圖 15、社區選擇聚集示意圖

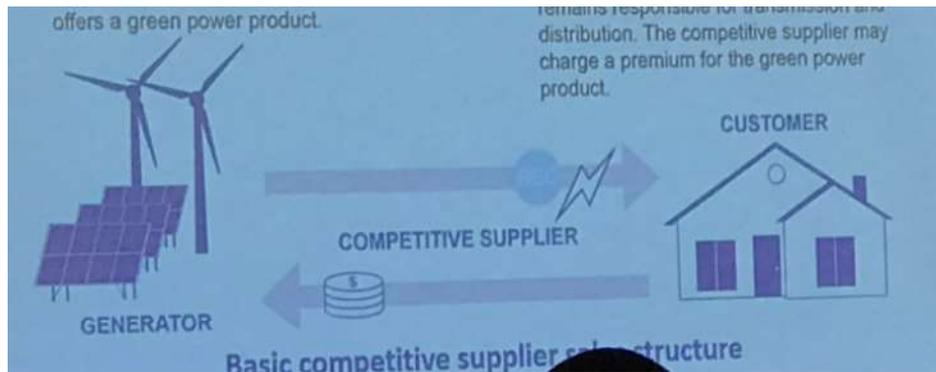


圖 16、有競爭優勢的供應商示意圖

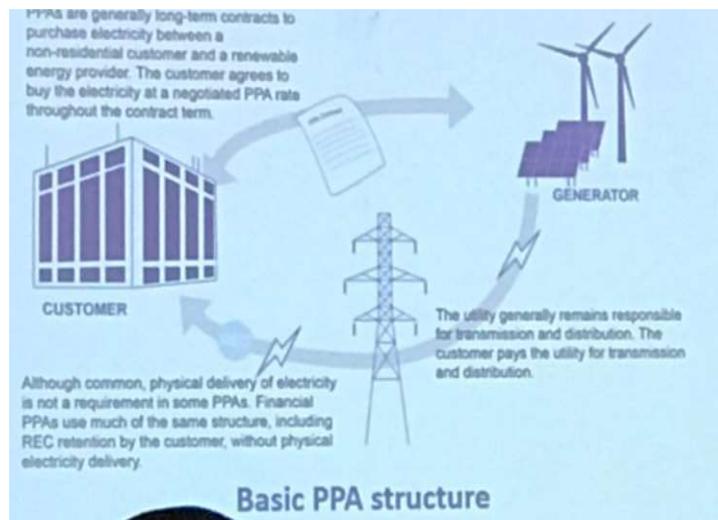


圖 17、電力購買協議示意圖

- 乙、有競爭優勢的供應商：顧客可以選擇較有競爭優勢的供應商將電廠地利提供給客戶。
- 丙、電力購買協議：透過電廠與顧客間簽署之 PPA 合約內容，將電廠電力輸送至顧客。

最後說明憑證的價值，說明市場包含承諾與自願；固有綠色電力採購，都來自於電證分離 REC 來取得自設再生能源目標；其制度設計是不可抵銷的，包含不同儀器、應用及宣告。EPA 需要購買認證過的綠色電力產品。

2. I-REC 標準簡介

(1) 議題簡介

該研討會的目的是為那些對與國際 REC 標準有關的背景和發展以及在國家 REC 市場中使用該標準感興趣的人們。可以遵循法規或自願建立符合 I-REC 標準規則的國家 REC 市場。該發展與地方政府當局或利益相

關者協調。當前在全球超過 25 個國家/地區中有活躍的 REC 市場遵守 I-REC 標準，2018 年在這些市場中已頒發了超過 14 TWh 的證書。加入 I-REC 的研討會以了解有關 REC 市場的更多資訊及 I-REC 標準在全球範圍內的發展和工作。

(2) 講者及與談人

➤ Jared Braslawsky, I-REC Standard Foundation

(3) 演講紀要

國際 REC 標準（I-REC 標準）是一個非營利組織，為全世界的國家發行人提供強大的追蹤標準。基於 I-REC 標準代碼和相關文件及追蹤標準的藍圖，這些獨立的國家發行人能夠實施強大而透明的追蹤系統，確保最高質量和遵守最佳做法，以避免重複計算，雙證書發行和雙重屬性聲明。

本次研討會將審查該標準的工作原理及其對國家市場的影響。該研討會面向那些對市場開發，國際可再生能源採購或國際 REC 政策制定感興趣的人士，而對會議中 I-REC 講師更針對各國 REC 推廣情況進行說明。



圖 18、REC 架構圖

憑證申請流程：

甲、設備查核：

(甲)簡易的案場：無需研究或計算

(乙)已經完成驗證的案場：可以接受其他單位出具的驗證報告

(丙)需要現場查核之案場：具公信力之證明文件、衛星圖像、系統操作之證明文件

乙、提出申請：只有設備用者可以提出申請

(甲)必須選擇目標帳戶：Complete request to issued I-RECs in 5 business days

(乙)發行窗口年份為該年+1

丙、I-REC發展的潛力

(甲) ECOHZ 全球領先的再生能源解決方案供應商

(乙) 企業正在推動發展

3. 開幕主題演講

(1) 議題簡介

➤ Kate Gordon，加州州長計畫與研究辦公室

氣候變化，能源與經濟發展的全國公認專家。在被任命為董事之前，她是保爾森學院的高級顧問，並且是哥倫比亞大學全球能源政策中心的研究員。

➤ Kendall Helm，SDG&E 聖地牙哥天然氣和電力公司，客戶營運副總裁

Kendall Helm 是 SDG&E 的經濟學博士兼客戶營運副總裁，負責為 SDG&E 客戶提供能源的服務，包括發電和資源規劃。她曾任美國政府責任辦公室國際事務和貿易經濟師。

(2) 講者及與談人

➤ Ben Finzel, RENEWPR (Moderator)

➤ Jennifer Martin, CRS

➤ Kate Gordon, Governor's Office of Planning & Research

➤ Adam Kramer, Switch

➤ Kendall Helm, SDG&E

(3) 演講紀要

第一個演說者為 Kate Gordon，開普敦董事會，她是加利福尼亞州州長計劃和研究辦公室的主任，並由州長加文·紐瑟姆（Gavin Newsom）任命為氣候省長的高級顧問，也是全國公認的氣候變化，能源與經濟發展方面的專家。

開場她以加州森林大火導出氣候變化造成的一個現象，確實反映了全世界所有人對氣候和能源的現實面，因為氣候的變化造成加州更為乾燥炎熱，因此大火變得更嚴重且持久，自 2010 年以來，過去五年發生加州歷史上最具有破壞性的大火，而且頻率越來越高，加州有將近 1100 萬人居住在發生森林大火的熱點，這個人數也逐年在穩定成長，人們負擔不起居住在城市的費用因此皆往郊區居住，面臨房屋負擔能力的危機；市民居住地的擴張，進而衍伸對於電網的需求，所以州政府要求公用事業需要替居民提供電力服務，廣設電纜，因此就統計資料顯示，過去十年所有最具破壞性的火災都與公用事業有關。評鑑機構因而降低 PG&E 與部分公用事業的評分，公用事業市場的不穩定，造成購電協議存在著問題，而且在加州大部分的區域，根據公用事業的影響需要支付龐大的保險費用，產生經濟上的問題。上述種種問題，需要一個綜合管理的方式，能源市場不是一個獨立的問題，它們與住房負擔能力危機有關，而住房負擔能力危機與氣候危機有關，我們必須正視氣候正實際影響著我們的市場及生活，州長決定由最大的兩個公司開始推展，作為再生能源產品限額碳交易基礎，加州引領美國設定氣候目標和政策，如：SB100 法案「加州潔淨能源法案(The California Clean Energy Act)」，2030 年 60% 的電力要含有再生能源；SB1383 法案，2030 年要在 2013 年的基準上減少 40% 甲烷排放；行政命令 B-55-18，2045 年在整個經濟領域實現碳中和。

北加州的需求逐漸提升，供應方面存在一些問題，需要對未來進行不同的思考，誰能夠為公用事業部屬的系統付費？將如何承擔大量公用事業責任和安全？該如何解決這些問題？CCA(Community Choice Aggregation) 因而在加州發展是投資者擁有的公用事業能源供應系統的替代方案，為建立該市場以實際應對所有融資挑戰，以應對產品開發挑戰所做的一切工作，通過這一過程並嘗試找出實用新型態市場。有任何可以實現我們碳中

和目標的方法，我們都會努力去嘗試，現階段還有研究除碳的技術，降低碳排放量，並減少大氣中的碳，這都是我們要達到減少氣候變遷的方式。

第二位講者為 Kendall Helm，是聖地牙哥天然氣及電力公司(SDG&E)的營運副總裁，聖地牙哥擁有相當多自然景觀及資源，建立美國最安全和最可靠的能源公司是他們的使命，這項任務與國家政策與今天論壇的目標一致，了解可減少溫室氣體排放，同時保持社區所依賴的能源可靠性的最新技術和市場創新，森林大火是大家可能不會想到的議題，表面上可能與再生能源無關，在前面 Kate 已與我們介紹過州政府對與森林大火的看法，2018 年光是森林大火所排放的二氧化碳的量就相當於整個電力部門全年度的碳排放量，確實可以透過再生能源來保護環境。該公司在 2007 年投資了 15 億美元用於安全和風險控管的項目中，建立了自己的氣象資料站和火災監控攝影系統，採用可切斷掉落電源線的技術，並和航空業者簽署合約協助當地消防機構，並將在高风险著火區域之電桿改用防火材質取代傳統木桿，其中他們的氣象資料站提供予國家氣象局重要的天氣和火災預報數據，以便消防部門、應變中心及 SDG&E 的管理人員得以盡快提出預防策略，SDG&E 在提供用戶的再生能源比例約占 45%，遠超過全國的平均水平。另外一個改變能源市場發展的是私人太陽能的增長，目前已有 165,000 個住宅用戶安裝了太陽能設備，佔了他們住宅用戶的 12%，這是加州裡各地區最高的比例，對於屋頂太陽能採用一個專利使電表搭配的設備，可簡化互連過程，幫助客戶避免昂貴的面板升級節省了約 1,000 萬美元。

儲能設備則提供電網穩定性，因應太陽能及風力發電的情形，舉例來說四月份的一個小時內，該公司生產超過 1GW 的電力，若沒有儲能設備將會讓客戶支付多餘的生產成本，SDG&E 已有 100GW 的儲能系統連接至電網，為北美最大的鋰電池儲能設備，可供應 20,000 個家庭支撐 4 個小時。目前他們還在嘗試 2GW 的鈦液流電池，為期四年的示範計畫，同時也在嘗試尋找能支應安裝最小儲能設施的潛力場址，以便因應在發生森林大火時必須關閉電源的彈性需求。

交通對於溫室氣體的排放佔有相當大的比例，在聖地牙哥，運輸可以持續佔全城溫室氣體排放量的一半以上，電動汽車是降低溫室氣體排放策

略中最低成本之一，因此 SDG&E 努力擴展基礎建設，在工作場所及公寓等建築安裝了 3,000 個充電站，目前還有 7 個運輸項目正等待批准，一系列的電動汽車及設備會安裝在機場及港口，會在建立 3,000 輛大型車輛包括電動公車及卡車等及充電設施，並搭配儲能系統使它們能全天候運行。

在兩個主講人演說結束後，即開始論壇的正式議題，第一個討論議題是氣候危機已經被廣泛認可，對於許多人多年來研究的議題，氣候變遷如何影響我們的工作，首先目前是網路的時代，數據中心扮演著相當重要的腳色，但它也消耗大量的能源，2016 年起 SWITCH 公司已採用 100% 再生能源，對於他們來說探討投資者與企業如何在日常決策中考慮氣候風險的問題，對 SWITCH 公司最大的衝擊是評比機構會對這部分納入評鑑標準，而且保險公司也將其納入保單之中，因而造成股東尋求投資組合的彈性。

第二個討論議題是如何在公司中應對氣候風險，如何在電網新技術上影響你們的電廠或計畫？對於加州法規及過去幾年的環境，他們已完全投入氣候風險，規劃業務可以得到什麼樣回收的模型，皆已在他們組織的計畫內，是出於福利及安全為宗旨，非常關注電網得以實現再生能源 100% 的目標，從政府角度來看，正採取一個綜合的方法，還需整合房屋政策，就像前面所提到有很多人不得不居住在加州的高風險區，最終對政府都會是巨大的財務風險，要提供保險、緊急服務及公用事業等，因此在能源市場外州政府還需要考量各個層面。

第三個討論議題是面對再生能源發展的問題，如何評價現階段再生能源市場的健全狀況，就加州地區所觀察到的一些趨勢，適合建置公用事業電廠的地區，如聖地牙哥的東部，具備優勢的條件，價格好且建置能力健全，許多社區對再生能源感興趣，而且那邊的環境優勢預估生產量大，在需求方面，面臨著一些挑戰，大型終端用戶長期的購電計畫，公用事業滿足 RPS 的要求領先社區公民電廠相當多，社區會有許多不確定性及產量不夠的問題。另一個供應方面的問題是 2020 年初，加州將有許多面臨除役的電廠，現階段會以 Request for Proposals (RFP) 的型式執行再生能源設施的投資方式。從長遠來看，像加州及紐約州，終端用戶努力地取得高比例 RPS 的電力商品，進而推動再生能源容量的增加，非公用事業採購站

上了新的主導地位，但目前仍有許多州的電力市場結構加上沒有強大的政策驅動，造成公司無法直接採購再生能源，衍伸出有很多私營部門產生大量的虛擬 PPA 提供服務，但也因此產生等待解決的特殊問題，例如在奧克拉荷馬州所簽訂的虛擬 PPA，但實際的再生能源設備建置於加州，在加州已抵用再生能源的效益，會有重複計算的問題，如何確保提供再生能源給有需求的人。

4. 實現 100% 全社區再生能源目標的戰略

(1) 議題簡介

目前美國已經有超過 100 個城市設立了社區使用再生能源的目標，這裡頭已經有些社區開始逐步推動與實踐使用 100% 的再生能源，會議邀請任職於 WRI 主席的 Lori Bird 擔任引言人，並請矽谷清潔能源組織的 Don Bray，以及任職達拉斯市政府建設部門的 Errick Thompson，共同分享他們在不同領域如何透過社區推動，投入環境永續發展的解決方案，並分享其各自計畫的進展與策略目標，探討這些領先潮流的城市如何採取行動以實現社區可再生能源目標以及讓公用事業解決方案發揮作用。

(2) 講者及與談人

➤ Lori Bird | WRI

Lori Bird 目前擔任世界資源研究所 (WRI) 的美國能源計劃主任和 Polsky 可再生能源主席。她目前的工作重點是協助城市實現可再生能源目標，並為可再生能源電動汽車充電。在加入世界資源研究所之前，她是國家可再生能源實驗室 (NREL) 市場和政策小組的首席分析師。

➤ Errick Thompson | 達拉斯設備及建築服務部主任

Errick 擔任達拉斯市建築服務部主任。負責該市的電力購買和全市能源管理系統的實施，以支持市議會在 2019 年通過的達拉斯綠色能源政策。他考慮開發 2006 年的 13 億美元資本債券計畫，增加達拉斯市的綠色環保電力使用率從 40% 增加到 100%，並將城市的 7,000 多個單位機隊增加到 40% 的替代燃料汽車，達到其主要成就的巔峰期。

➤ Don Bray | 矽谷潔淨能源 (SVCE) 機構

Don 自 2016 年成立社區選擇能源機構以來一直與矽谷清潔能源 (SVCE) 合作。他領導客戶參與活動，主要涉及商業和工業賬戶，客戶計劃部署，服務運營，營銷和社區關係。SVCE 為 13 個矽谷社區的 270,000 個商業和住宅客戶提供服務。

(3) 演講紀要

Lori Bird 開場提到 2019 年全美有 129 個城市跨越 30 個州承諾設立 100% 使用再生能源的目標，總額達 190TWh 的電力承諾。Lori 歸納這些城市最重視的期望有：達到減少溫室氣體的目標、減少能源成本、享受燃油價格穩定的好處、推動本地和新的可再生能源產業、取得來自再生能源的共同的利益（減少污染，健康紅利，減少水資源，燃油安全．．．）以及從乾淨的能源創造工作機會和經濟利益。

當這些城市透過一個又一個社區逐步打造不同的計畫同時，她也提醒要在社區中成功推動使用再生能源，有幾個關鍵因素是必須被考量的：

- 甲、 利害關係人的參與
- 乙、 為社區帶來好處（紅利）
- 丙、 有助於發展新的社區項目
- 丁、 大規模採購，降低成本
- 戊、 激勵居民採取行動
- 己、 收穫綠能共同利益
- 庚、 考量到所有的人（低收入戶、少數族群、弱勢族群）
- 辛、 創造就業和經濟發展的機會

在獎勵再生能源方面，美國各州有權力決定自己的產業政策，支持再生能源的法案也因各州之產業差異及執政政黨而不同。聯邦政府用聯邦法案領導州政府政策取向，較重視環境保護的州也會有自己的再生能源政策目標及補貼政策，而各州政府提供補貼則需視州政府的財務狀況而定。以猶他州鹽湖城為例，他們訂下 2030 年達到 100% 再生能源的目標，首先透過州政府立法通過可再生能源法，允許社區選擇加入（然後客戶選擇退出）100% 可再生能源產品（包含 REC）。進而與公用事業公司 (ROCKY MOUNTAIN POWER) 和其他城市合作開發 100% 再生能源產品，並製訂聯合協議以展開進程。而這家公用事業公司亦展開 100% 可再生能源可行

性研究，進入了所謂『再生能源新世代』；另一個大城市亞特蘭大則是將目標設在 2035 年，基於城市規模比較大，他們也訂立了不同的做法。

最後 Lori Bird 歸納目前幾個城市或社區採取的重要方向：

- 甲、大多數城市正在努力並優先解決市政設施的可再生能源問題
- 乙、市長和市議會在設計和制定實施計畫中起著關鍵作用
- 丙、必須特別專注於各利害關係人的共同參與，並確保所有客戶都能在綠能轉型的過渡期中受益
- 丁、這些城市也正同時發展各種可再生能源的項目，這些項目可為低收入或弱勢群體提供共同利益，提升勞動力發展
- 戊、通過公用事業和第三方產品向社區提供 REC 已經成為一種新興的模式

接著由 Errick Thompson 分享達拉斯市政府的成功經驗，身為達拉斯市建築服務部主任，同時還負責該市的電力購買和全市能源管理系統的實施的 Errick 一上台就強調「電費是重要的年度預算項目之一」，在他執行的能源採購策略計畫項目中，現在的合約讓達拉斯的電費降低了 26%，其中包含了百分之百的綠電（太陽能與風力），會中 Errick 透過分析電費帳單結構，表達開發再生能源除了有助於環境外，同時潛在地減少了帳單上每個組成的比例。

達拉斯從 2008 年開始實施『de-facto』的能源政策，當年就使用再生能源憑證抵消了 40% 的電力，自此 REC 抵消的消費量在 2015 年 10 月增加到 50%，在 2017 年 1 月增加到 100%，並在當年成為聯邦政府排名第一的綠能夥伴。

Errick 強調政府制定政策應建立在過去可持續性的成功基礎上，並擬訂策略來執行，以達拉斯的綠色能源政策來說，是先根據市議會的決議，啟動制定一項針對全面的環境與氣候行動計畫。然後才有後來的綠色能源政策（CR 10-0484），讓城市的能源政策可以透過指導能源管理系統和採購戰略來支持該行動計畫，而後續計畫有望直接支持新的再生能源開發。對達拉斯這個已經取得初步成功的城市，下一步將會放在擴大再生能源各種項目的開發、建立城市能源管理系統、將再生能源利用的成功模組擴大

運用。

最後由 Don Bray 介紹矽谷 13 個社區的成功案例，他提到 2006 年美國加州政府因應全球氣候變遷及溫室效應日益加劇，且不滿聯邦政府在氣候議題上持保守態度，提出積極作為的地方溫室氣體減量行動，通過「全球暖化解決方案」Global Warming Act AB32，設定在 2020 年加州整體碳排放量回到 1990 年的排放標準。

因此矽谷清潔能源 (Silicon Valley Clean Energy, SVCE) 是由聖塔克拉拉縣的 13 個社區所組成管理的一個當地社區擁有的機構。這個機構透過和當地電力公司 PG&E 合作，為居民和企業提供價格具有競爭力的清潔能源-可再生能源和無碳電力。某一種程度而言，這個 SVCE 組織已成為這些社區的官方電力供應商。

Don Bray 透過圖 19 說明，他們如何和透過購買策略與當地的電力公司電網合作，成功的在矽谷的 13 個社區推動潔淨能源。

SVCE 的清潔能源是從『無碳』來源獲取電力，主要是風、光和水，他們的減碳策略是：

- 甲、 建立並維護可持續並負擔得起的無碳電力來源
- 乙、 推動電動車
- 丙、 電氣化建築環境
- 丁、 提升能源效率與電網整合

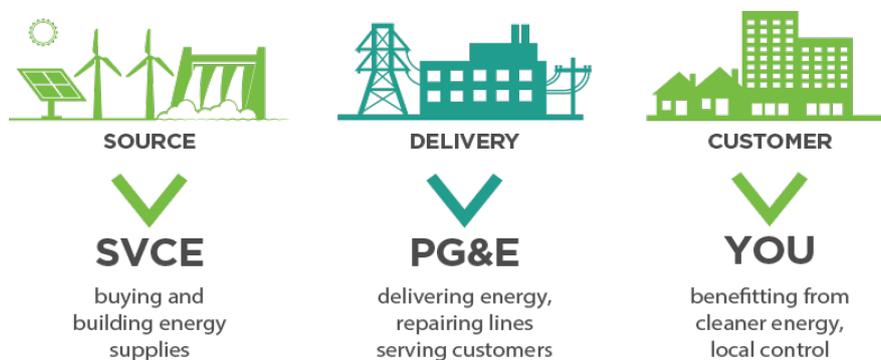


圖 19、SVCE 再生能源購買策略概念圖

SVCE 透過直接向發電來源購買清潔電力 (分成再生能源與無碳能

源)，並聯合 13 個社區用戶，近來甚至擴大到企業用戶，以類似團購的方式，降低採購成本，並提供用戶不同的潔淨能源組合選擇。SVCE 策略並不是要和當地的電力公司 PG&E 競爭，反過來以上下游整合方式合作，特別的是帳單仍將出自 PG&E，但發電費用由 SVCE 而非 PG&E 收取。

該組織定位明確，非營利性組織的特性，讓 SVCE 可以順利為當地社區提供福利的角度與當地的電力公司協商出最具競爭力的能源價格，SVCE 也強調營收進行再投資以保持低價(維護用戶權利)，提供能源效率計畫並促進地方清潔能源基礎設施建設等，其永續經營模式取得居民的信任與成功。

5. 橫跨各大洲：做出和執行全球 RE100 承諾時所需採取的行動

(1) 議題簡介

企業對 RE100 的承諾不斷增長，越來越多的公司希望在全球範圍內尋找解決方案。以合理的價格找到可靠，有影響力的可再生能源很難實現。此場會議主要討論購電協議、綠色關稅、自發自用再生能源解決方案、儲能及電動汽車等。透過此場會議主要可了解企業和政府該如何思考採購再生能源時所遇到的挑戰和機遇。

(2) 講者及與談人

- Kristin Hanczor, The Climate Group (Moderator)
- Erin Lawrence, General Motors
- Lana Carmichael, Schneider Electric
- Rick Freeman

(3) 演講紀要

The Climate Group 的 Kristin Hanczor 主要介紹了該單位的目標是加速對於氣候變遷所應採取的行動，他提到韓國政府將會提供可達到 RE100 的機制給韓國企業，協助韓國的相關企業順利取得 RE100 資格，目前正在計畫書審查階段，預計今年(2019)底可完成。此外，他也提到日本企業

正急於尋求可達到使用 50%的再生能源電力，自 2017 年至今已有 20 家新企業成為 RE100 成員，僅次於歐洲和美國。在歐洲則有兩個關於歐盟乾淨能源和企業購電協議(PPA)重要法案預計於今年(2019)通過。

General Motor 的 Erin Lawrence 則提到，預計 2050 年可達到使用 100% 綠電，GM 目前在美國 Ohio 州有 20 MW 的風電購電協議(PPA)，總數量為 7 個發電廠。

Schneider Electric 的 Lana Carmichael 提到，取得 RE 100 有三個方式：Energy Attribute Certificates, Onsite/Distributed Generation, Offsite Generation.

前 Apple 公司能源部門前主管 Rick Freeman 則分享了若要使得相關企業可使用 100%再生能源，作法應該要降低進入門檻，以協助沒有完整能源團隊或相關經驗的公司，可以藉由有意義的方式執行契約並取得再生能源，而降低門檻的方式為具有更好的標準以及創新的架構。更好的標準可以提供購買者的信心，例如 GHG Protocol。

6. 亞洲自願性市場的成長

(1) 議題簡介

在過去的幾年中，整個亞洲出現了新的自願性再生能源市場機會和計劃。跨國公司（MNC）希望在亞洲地區為自己公司的再生能源目標採購再生能源，並逐漸推動其供應鏈滿足綠色生產鏈。了解亞太地區再生能源發展的趨勢和倡議，尤其是新加坡，台灣和越南的最新動態發展。

(2) 講者及與談人

- Orrin Cook, CRS (Moderator)
- Yen-Haw Chen, Taiwan Institute of Economic Research
- Michelle Murphy Rogers, Allotrope Partners
- May Liew, SP Group

(3) 演講紀要

由於亞洲自願性市場近年的興起，許多跨國企業為了滿足自身綠能需求及促使其供應鏈使用當地綠色能源，因此本場分別邀請台經院陳副所長彥豪介紹臺灣 T-REC 制度與發展現況，Allotrope Partners 的 Michelle Murphy Rogers 女士介紹潔淨能源投資加速器(The Clean Energy Investment Accelerator, CEIA)合作計畫，SP Group 的 May Liew 女士介紹新加坡 REC 平台，讓與會者能更加瞭解這些地方之發展趨勢與起步。

首先台經院陳副所長介紹經濟部標準檢驗局設置之國家再生能源憑證中心，說明核發與管理 T-REC 之功能與制度、T-REC 市場模式與附加價值、發行與交易現況，並分析臺灣過去幾年 FIT 之走勢，乃至於今年七月舉辦之亞太再生能源高峰會，以及未來要上線的綠能交易平台。

接著由 Michelle Murphy Rogers 介紹 CEIA 合作計畫，該計畫旨在協助越南、菲律賓、越南等國家，經由政策面、投資計畫與購買等方針，促使該國新興市場乾淨能源之擴大投資。由演講得知，印尼市場現況由國家電力公司 PLN 主導，再生能源成長尚無法符合政府要求，該公司正準備啟動新的綠能電價機制，因此 CEIA 成立工作小組準備與該國政府及 PLN 合作示範運行以因應企業需求。越南能源市場需求自 2010 年倍增，2019 年該國太陽能市場巨量成長，由於該國對於太陽能 FIT 新補貼價格將公布最新費率，直購型契約(Direct Power Purchase Agreement, DPPA)將吸引大量能源使用者參與，其中低成本屋頂型太陽能裝置預期將獲得商業及工業用戶之投入，其技術與可行性評估亦為節省成本之關鍵。菲律賓市場現況存在 144 家私營電力公司，電力價格高也帶來再生能源的機會，目前該國推行再生能源義務制度(Renewable Portfolio Standard, RPS)要求電力公司增加再生能源比例，CEIA 則提供購買操作指引，列出開發商名單、重要問題集以及相關摘要供需求者參考。

最後由 May Liew 女士介紹新加坡 REC 平台，新加坡沒有自己的 REC 系統，而是採用 I-REC，其平台強調世界首創運用區塊鏈(blockchain)技術來完成 REC 之交易與管理，簡報資料演示運用該電子平台之交易細節。



圖 20、本局黃組長於此項議題擔任引言人

7. RPS 的演進

(1) 議題簡介

國際上目前不僅是制定 RPS，同時也在重新規劃 RPS 制度，包括加州、新墨西哥州和華盛頓州政府都預計採行無碳排的相關法規，麻州政府則採用了更嚴格的潔淨能源標準，甚至美國其他州也正朝向這方面進行改革。這些變革都大大影響了 RPS 政策與溫室氣體(GHG)排放的目標，本次會議將探討 RPS 的未來趨勢、各州或地區再生能源與碳相關政策和市場的格局，以及未來可能的新挑戰和機會。

(2) 講者及與談人

- Ali Shajrawi, Karbone (Moderator)
- Glenn Blackmon, Washington State
- Maya Kelty, 3Degrees
- Michael Macrae, Harvard University
- Jonathan Brown, Statkraft

(3) 演講紀要

美國於今年(2019)開始，由立法機關通過了提升再生能源使用以及降低電力排放量的相關法規，並分為三階段執行，於 2025 年起推動公用事業在相關的發電組合中排除煤炭，增加天然氣的使用比例，而至 2045 年，要達到不再使用化石燃料的目標，為此目前制定了詳細的立法提案，同時也催生了 RPS 的討論議題。

本次議程邀請到在歐洲有著成功推動經驗的 Statkraft 分享，如何幫助美國進一步發展再生能源，並更新 RPS 政策的資訊，此次將針對華盛頓 DC、馬里蘭以及俄亥俄州的 RPS 制度更新進一步說明。

華盛頓 DC 有著獨有的 RPS 條款如圖 21，由於其獨特的地位，是少數能夠透過力發要求達成 100% 使用再生能源少數幾個州之一。他們原先的 RPS 目標是在 2032 年達到 50%，其中的 5% 來自再生能源，但是他們現在已經將目標增加到 2032 年要達到 100%，這是非常大的增長，這對於太陽能市場的發展也非常有趣，因為太陽能的需求必須來自當地，而這些設施又不能超過 15MW 的裝置容量，限制大型案場的建置將會使太陽能市場價格高昂。

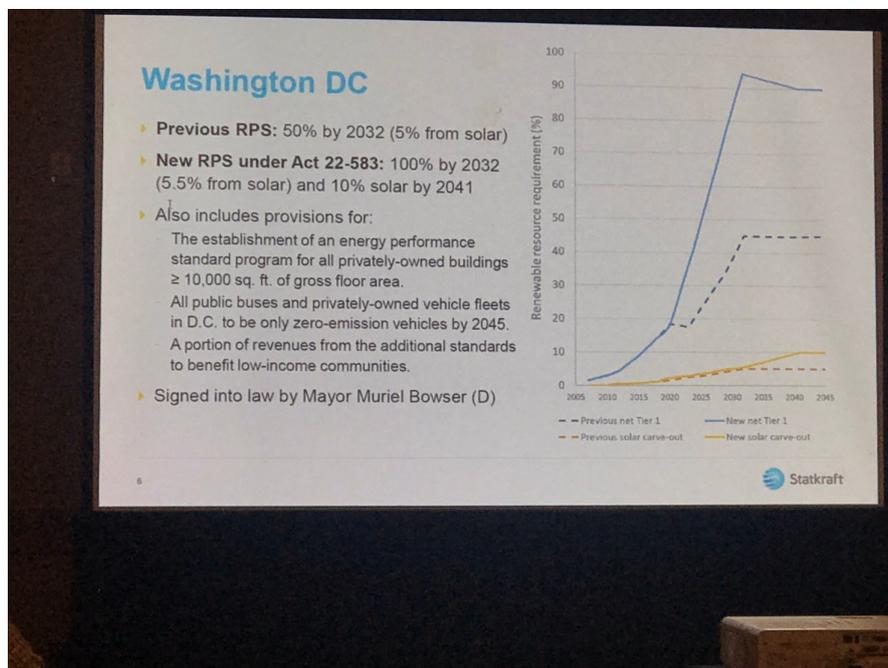


圖 21、華盛頓 DC 州 RPS 概況

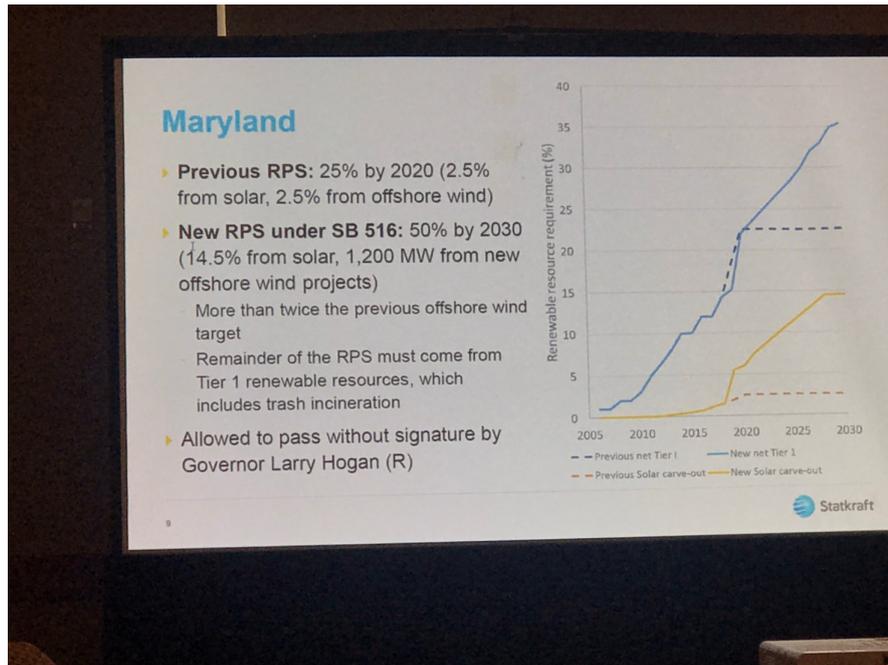


圖 22、馬里蘭州 RPS 概況

另一個針對 RPS 提出改善目標的則是馬里蘭州如圖 22，他們原本的 RPS 目標是在 2020 年達到再生能源使用 25%，而新的目標則是在 2030 年達到再生能源使用達 50%，他們除了增加太陽能的使用外，還針對離岸風力的需求開發多了原先一倍，目前已批准的部分有兩個離岸風力的案場，現在還需要完成相關建置，預計在 2020 年初完成併網，契約容量約有 368MW。相關的發展可以預期的是相關電力價格將會飆升，當政府針對各州訂定了不同的 RPS 要求，將提高他們的再生能源需求量，這樣的現象在其他施行 RPS 的州中也可以看見。

最後是俄亥俄州如圖 23，原先的 RPS 目標是在 2026 年達到再生能源使用達 12.5%，其中 0.5%來自太陽光電，然而新目標則是在 2026 年提升再生能源使用達 8.5%，他們一直嘗試在立法上可以停止 RPS，主要是為了當地的核能發電以及電力公司所持有的燃煤電廠，他們決定降低 RPS 的負擔以支付維持相關發電的費用，而不是為了增加再生能源的使用進而增加人民的電費負擔，然而增加使用高排碳的電源將會扼殺當地發展再生能源的潛力，這是一個大家所不樂見的情況。

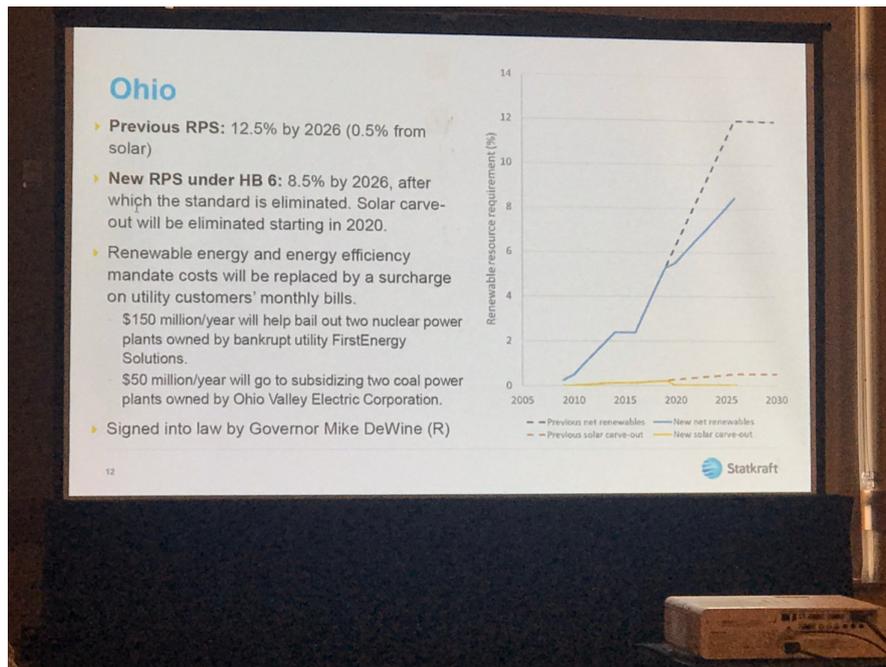


圖 23、俄亥俄州 RPS 概況

未來增加使用低碳能源是一個趨勢，未來若能提高潔淨能源的用電標準，還是對於美國是更加有益的，無論如何都應該透過 RPS 的推動來提升國家與各州使用再生能源的量，除此之外也會搭配需量反應的機制來使再生能源加速發展，未來也希望能夠推動電證合一的購售電合約來推動再生能源的銷售，不僅推動義務性的再生能源使用，同時也使自願性的再生能源市場能夠更加活絡。

8. 公用事業和專案計劃開發商的機會：讓低收入社區參與再生能源計畫

(1) 議題簡介

太陽能社區計劃在美國越來越受歡迎，並且找到能夠降低低收入社區參與門檻的方案。除此之外，也發展出可為項目開發商提供極具吸引力稅收優惠的參與方式。本次會議將探討在不增加客戶成本的情況下，如何開放低收入社區參與綠色電力，以及公用事業如何與社區和非營利組織建立夥伴關係，還將討論客戶披露、適當的再生能源聲明使用方式。

(2) 講者及與談人

➤ Jenny Heeter, NREL (Moderator)

➤ Patrick Morand, Duane Morris LLP

➤ Charles Vaughan, Southern California Edison

➤ Molly Hoyt, PG&E

(3) 演講紀要

社區太陽能項目是較大的集中式太陽能發電設備，使居民和當地企業可以享受太陽能的所帶來的好處，而不必在自己的房屋上安裝太陽能板。任何人都可以加入參與太陽能社區計畫，以接收太陽能板產生的一部分電力，除了可以獲得更便宜的電力，建立計畫可靠性，也同時替社區做出了支持再生能源發展的貢獻。

由於各州都希望提高清潔能源的使用率，因此向原本就較少參與電力市場的部分擴展的壓力越來越大，美國各州亦試行各種方法，以向中低收入戶(low-and moderate-income, LMI)的消費者推廣使用太陽能的好處，如加州，科羅拉多州，麻薩諸塞州，明尼蘇達州，紐約州，俄勒岡州等州一直處於制定相關政策和機制的大州，推廣民眾可獲取太陽能的範圍擴展至中低收入的群眾中。為了更廣泛推動社區太陽能政策，加州、科羅拉多州、紐約及俄勒岡州都制定了低收入相關規定。此外，加州、麻州等州以及華盛頓特區等城市已經實施了各種融資機制和試點計畫，旨在將可再生能源發電的好處擴展到中低收入戶的社區。

而在聯邦層級，白宮則於2016年7月宣布「Clean Energy Savings for All Initiative」計畫，該計畫具體目標是在2020年時為中低收入戶提供1GW的太陽能。其中，非政府組織如GRID Alternatives和Rural Renewable Energy Alliance (RREAL)也扮演了重要角色。

政府相關新興政策都是為了解決阻礙中低收入戶取得太陽能的障礙，譬如：

- 甲、缺乏獲得資金的機會：根據定義，低收入社區的可支配的收入較少，因此較高的前期安裝成本或社區太陽能購買價格令人卻步。低收入個人通常也往往具有較低的信用評分，這會使獲得太陽能投資貸款變得困難。即使在可用於購買社區太陽能的貸款的情況下，也可能無法保證信用評分低的個人可以使用貸款。

- 乙、 稅收負擔不足：如果低收入人士不屬於合格的稅收範圍或稅負不夠高，則他們可能沒有資格獲得州和聯邦的太陽能稅收優惠（或從中受益）。雖然稅收減免是推動太陽能應用發展的最大的公共獎勵措施，但就將可負擔性擴展到中低收入社區而言，減稅措施並不全面。
- 丙、 房客與房主的狀況：中低收入社區的是住房屋主的持有率通常較低，較多是住在多戶家庭中或負擔得起的租屋，這意味著對於屋頂型太陽能和公用事業決策相關政策的控制力較弱。即使在中低收入戶中個人擁有自己的房屋情況下，如果房屋（尤其是屋頂）的狀況不佳，屋頂太陽能也可能不是可行的選擇，也不是最佳的資金使用方式。
- 丁、 價格信號失真：在某些地區，如果潛在的低收入客戶已經通過能源援助計劃而獲得較低的電價，則通過低收入社區太陽能參與或補貼的太陽能發電裝置可獲得的電價可能會高於客戶已經支付的電價。
- 戊、 對太陽能產品的不熟悉：由於中低收入的社區過去通常沒有成為太陽能投資的目標，並且可能不會立即熟悉參與太陽能計劃的好處，因此清楚地傳達太陽能的長期利益可能是一項挑戰。

社區型太陽能已成為增加中低收入戶（LMI）的潛在應用模式，太陽能的應用可以減少中低收入戶的能源負擔。在社區型太陽能的計畫中，公用事業或第三方擁有公用事業規模的太陽光電模組，可進而出售整個容量中的一部分給社區型的用戶，這些用戶自願為此模組支付一定比例的費用，支付其生產份額的電費，其中也可能包含再生能源憑證（REC）的費用。

確保中低收入戶參與社區型太陽能計畫是具有挑戰性的，隨著各州和公用事業尋求增加中低收入戶之社區太陽能，他們正在尋找計劃和政策設計以提升中低收入戶者參與。推動計畫會需要向中低收入戶之社區太陽能用戶提供補貼，以消除與設備前期成本相關的障礙，並確保計畫可以節省成本。最後，那些負責中低收入戶社區太陽能計畫的人將找到能妥善發展推動方式。

9. 圓桌主題

(1) 議題簡介

此場會議主要是以圓桌討論的方式進行各類型再生能源相關的主題討論。會議進行方式為各桌會有一個主題及一個主講人帶領進行討論，每 20 分鐘會輪替，會議進行時間為一小時。臺灣再生能源憑證團隊於此會議中有主持一個專題，題目為：「Taiwan Case Study: Launching a New RE Tracking System」，主要內容為向會議參與人員推廣台灣建立的憑證制度及追蹤系統，並介紹台灣憑證團隊結合案場發電系統資料、氣象資料(如地表輻射量及風速等)及天氣研究和預報模式(Weather Research and Forecasting model, WRF)所開發之案場氣象及發電監控系統，並說明如何透過此系統進行案場發電量比對，以確保憑證制度之公信力及憑證資訊平台之附加價值。

(2) 講者及與談人

➤ 黃凱斌, ETC



圖 24、T-REC 團隊向與會人員說明憑證追蹤及監控系統

(3) 演講紀要

圓桌會議採開放式討論，團隊藉此機會與有興趣的專家群進行技術交流，除蒐集更多其他技術專家的管道外，也發現我們的技術獲得贊同，更

加確認發展預測與監控系統的方向與國際趨勢接軌。

10. 美國環保局綠色電力夥伴與再生能源供應商的早餐會

(1) 議題簡介

以概述美國 EPA 綠色電力合作夥伴關係，這是一項自願性計劃，旨在鼓勵組織使用綠色能源，以減少與常規用電有關的環境影響。本屆會議面向再生能源提供商，是新手綠色電力夥伴關係的完整介紹。

(2) 講者及與談人

➤ James Critchfield, U.S. EPA

(3) 演講紀要

美國環保局於 2001 年成立了綠色電力夥伴計畫，通過增加組織自願性使用綠色電力來推動美國綠色電力市場和再生電力的發展，以保護人類健康和環境。自「綠色電力夥伴計畫」成立以來，自願性市場成長了將近 5,000%。

綠色電力夥伴計畫為一自願性方案，目的為減少美國溫室氣體排放量、擴大自願性綠色電力市場與規範綠色電力購買以作為最佳環境管理準則的一部分，並彰顯自願性使用再生能源協助溫室氣體排放減量的企業或機構。此計畫之參與門檻不高，活動包含提供購買綠色電力的專業協助和工具、提供可公開查看的平台給使用綠色電力的組織，並且期望可以激勵其他企業或政府機關參與使用更多綠色電力。

為了鼓勵及擴大綠色電力的使用與減少美國溫室氣體排放量，透過綠色電力夥伴計畫公開資訊以表揚綠色電力使用大戶，這是參與單位間相互激勵、擴大再生能源使用的動力來源。美國環保局共公布 11 個不同的排行榜，包含全國性前 100 名綠色電力使用、財富雜誌 500 大企業合作夥伴、前 30 名大學、前 10 名政府機關、前 30 名地方政府、前 30 名科技與電信業、前 30 名自發自用者、前 30 名零售、100%綠色電力使用者與綠色電力合作夥伴之長期合約。綠色電力夥伴計畫每年都會在 REM 大會中頒獎給表現優異的參與者，頒發獎項包含傑出綠色電力使用、年度綠色電力夥伴、持續傑出綠色電力使用、直接參與案場與年度綠色電力社區。

綠色電力夥伴計畫的相關參與需求及規範皆於夥伴要求(Partnership Requirements)中有詳細的介紹，該局承諾以下事項作為回饋：提供表揚、提供相關綠色電力採購資訊以及諮詢協助。美國環保局透過此計畫公開各單位使用綠色電力之資訊與排名並建立表揚機制，藉此獎勵各組織對自願性再生能源市場發展及環境永續之貢獻，鼓勵企業等組織自願性購買綠色電力商品以提升組織形象，確實擴大了自願性再生能源的使用，值得參考。

11. 故事描述：驅動商業目標早餐會

(1) 議題簡介

我們與主要觀眾進行交流的方式正在不斷發展。本課程概述了需要了解的有關品牌，網站，社交媒體以及數字和傳統營銷以及公共關係策略等主題的廣泛概述。將學習如何講出更好的故事，從而吸引觀眾，無論他們是客戶，決策者還是合作夥伴。

(2) 講者及與談人

➤ Jay Buys, Visceral

➤ Ben Finzel, RENEWPR

(3) 演講紀要

人們與主要觀眾的溝通模不斷持續演化，本場次主題是介紹講故事驅動事業(Storytelling to Drive Business)相關的主題例如品牌(branding)、網頁(Website)、社群媒體(Social median)和數位及傳統行銷(digital and traditional marketing)及公眾關係策略(public relations strategy)，學習如何架構更好的故事以便和聽眾間互動，無論聽眾是客戶、用戶、政策制定者和合作機構。講者分別是 Visceral Jay Buys 及 RENEWPR Ben Finzel。

所有的行銷或是溝通其實都是敘述故事。故事可協助我們做決定，例如如何學習、採購物品、投票給誰，或是價值判斷等。在說故事之前最重要的是了解聽眾身分和其背景，並設想希望他完成的事情或規劃在何處接觸他們。任何故事都存在真正的目標群體，一般大眾不是所謂的聽眾，因為他們遍佈在全世界，因此在說故事之前需要了解受眾，設想適合在何種場合敘說，以及希望可以喚起他關心的事務。

給予目標族群(Demographic)明確呼籲(Call)，然後把想法傳遞過去可採取直接(Direct)或過渡(Transitional)兩種方式。直接就是直接表達出我們希望對方的行為，例如馬上訂購、打電話、馬上預約等等，主要是針對已經準備要進一步發展的聽眾；如果是尚未接觸的目標群眾，則可採取過渡方式和這些群眾建立關係，例如下載白皮書、註冊線上研討會、訂閱電子報、限時免費使用等。

至於如何讓故事、讓很多專業資訊變得更容易理解(demystify)，以說服或是讓人們可以認同我們想傳達的訊息，主要有三個基本的原則，分別為價值理念(Ethos)、邏輯及感染力(pathos)。價值理念是和聽眾建立信賴關係時在道德上的訴求，例如敘事者是否誠實、是否為聽眾信任的人，可以利用過去的經驗、約定(Engagement)、獎項(Awards)或認證(Certifications)等建立觀眾的信賴。例如公司以從事該行業的資歷、合作夥伴、創新的流程、來介紹可以提供的客戶服務。

邏輯的主要是讓聽眾覺得這件事對他而言是有意義的，需考量故事在文句上是否具有邏輯意義，或是論點合理與否以讓人信服。論點可以聚焦在節省財務支出(Financial Savings)、大眾的意見(Public Opinion)、乾淨的空氣和水(Clean Air & Water)、有限或可以再生(Finite vs Renewable)。邏輯訴求非常重要，因為對於有些聽眾而言，邏輯幾乎就是全部的考量。因此一定要非常清楚知道目標群眾並分析需要的資訊，以將訊息傳遞給對方。

感染力(Pathos)是指敘事者實際說故事的方法，主要是感性的訴求，例如是否感動觀眾、觀眾是否信賴，相關案例包含氣候變遷、個人公司價值、RE100 行動等，可以從此類觀點切入再加入其他方面的對話，也就是基於事實出發，然後再慢慢建立需求。感性是溝通很重要的部分，和觀眾成功的情感連結，用可靠(Authentic)或真誠(Genuine)的方式與受眾對話，並加上真實性(authenticity)，便很有可能建立長期關係(Lifetime relationship)。

可以先從目前建立的關係出發，例如現在的合作組織，再設想他們可能需要我方提供的服務，回歸到以對方為出發點。接著尋找可能對我方有所需求的潛在單位，並思考有什麼服務可以支持說故事的內容，最後找出雙方共同性，以引起雙方的關聯。從小地方開始花時間慢慢建立，在很多關係建立中要針對要發展和維護的關係進行優先次序排序。

12. 美國各州市場概況

(1) 議題簡介

深入了解美國自願性再生能源市場狀況和利用最新數據計算再生能源投資組合標準。專家小組成員將提供有關這些市場走向的見解。

(2) 講者及與談人

➤ Michael Leschke, CRS (Moderator)

➤ Jenny Heeter, NREL

➤ Jeff Deyette, UCS

(3) 演講紀要

首先由 Michael Leschke 進行 Green-e[®] 計畫的 2018 能源年度報告，2018 年是截至目前「銷售認證(Certified Sales)」最大量的一年，6,200 萬兆瓦時的零售電量占美國總電力 1.6% 以上。有 124 萬個參與 Green-e[®] 再生能源電力證明的零售電力購買者，超過 6.1 萬個企業包含在內。供應源的成長主要是太陽能和新發電設備。大部分銷售發生在西部海岸，供給則大部分來自中西部和德州，而在產品類型上則是社區電力選擇整合計畫 (Community Choice Aggregation, CCA) 有大幅成長。表 2、3、4 及圖 25 至圖 28 為相關統計數據。

表 2、2018 年參與 Green-e[®] 能源銷售認證的再生能源電力

(單位：MWh 兆瓦時)

	住宅(零售)	非住宅(零售)	批發
REC, PPAs 和 VPPAs	742,000	49,687,000	14,467,000
綠色定價(Green Pricing)	4,409,000	2,709,000	0
電力競價(Competitive Electricity)	209,000	2,046,000	0
直供(Direct)		1,179,000	0
社區電力選擇整合計畫(CCA)	636,000	507,000	0
總銷售量	5,996,000	56,128,000	14,467,000

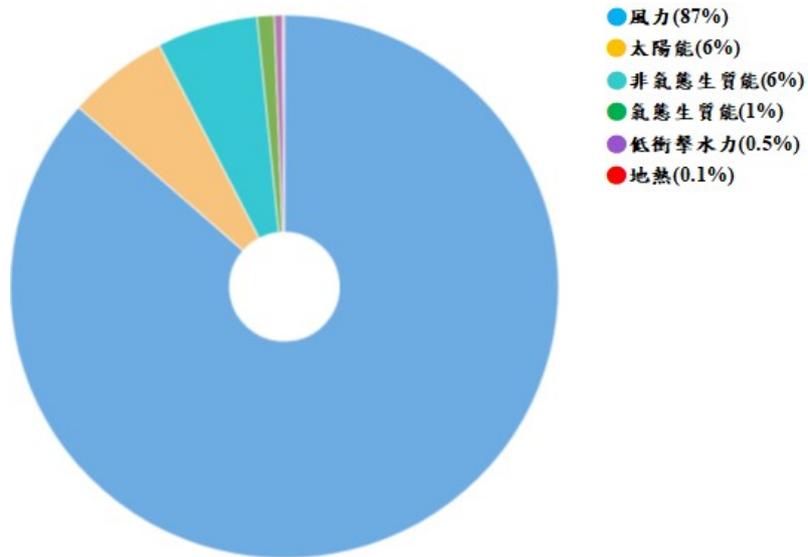


圖 25、2018 年各能源類型對於零售銷售認證的貢獻

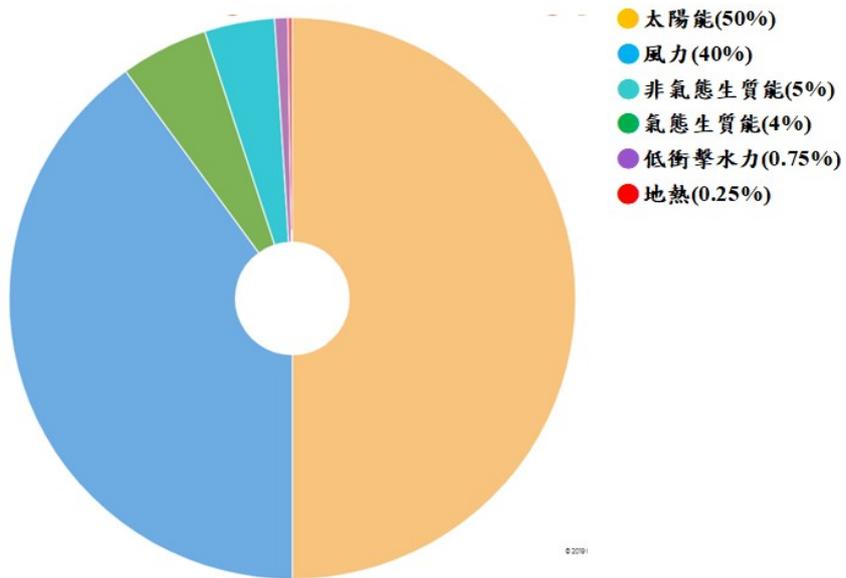


圖 26、2018 年各能源類型提供認證銷售的設施總數

表 3、2018 年零售量前十大排名

2018 年零售量前十大排名	
州名	占總銷售量比例
加利福尼亞州 CA	18%
德克薩斯州 TX	10%
華盛頓州 WA	9%
紐約州 NY	6%
奧勒岡州 OR	5%
俄亥俄州 OH	5%

紐澤西州 NJ	4%
賓夕法尼亞州 PA	3%
北卡羅萊納州 NC	3%
華盛頓哥倫比亞特區 DC	3%

表 4、2018 年各州零售客戶總數的百分比

2018 年各州零售客戶總數的百分比 (包括 REC 銷售)	
州名	占總銷售量比例
奧勒岡州 OR	27%
加利福尼亞州 CA	11%
紐約州 NY	7%
華盛頓州 WA	6%
明尼蘇達州 MN	5%
猶他州 UT	5%
科羅拉多州 CO	4%
密西根州 MI	4%
俄亥俄州 OH	3%
維吉尼亞州 VA	3%

在表 3 及表 4 中這兩個前十大清單中存在很大程度的重疊；其中區別的關鍵在於住宅和非住宅的客戶購買規模，交易量最大的州有更多的非住宅客戶。擁有發電量的州和購買再生能源州間的差異顯示，電證分離的再生能源憑證讓受限於當地再生能源產品取得的客戶去支持美國和加拿大的發電組合變化。

表 5、2019 年提供認證零售的十大洲和省

2019 年提供認證零售的十大洲	
州名	占總銷售量比例
德克薩斯州 TX	33%
奧克拉荷馬州 OK	20%
北達科他州 ND	7%
堪薩斯州 KS	6%
愛荷華州 IA	4%

新墨西哥州 NM	3%
佛羅里達州 FL	3%
愛達荷州 ID	3%
明尼蘇達州 MN	2%
南達科他州 SD	2%

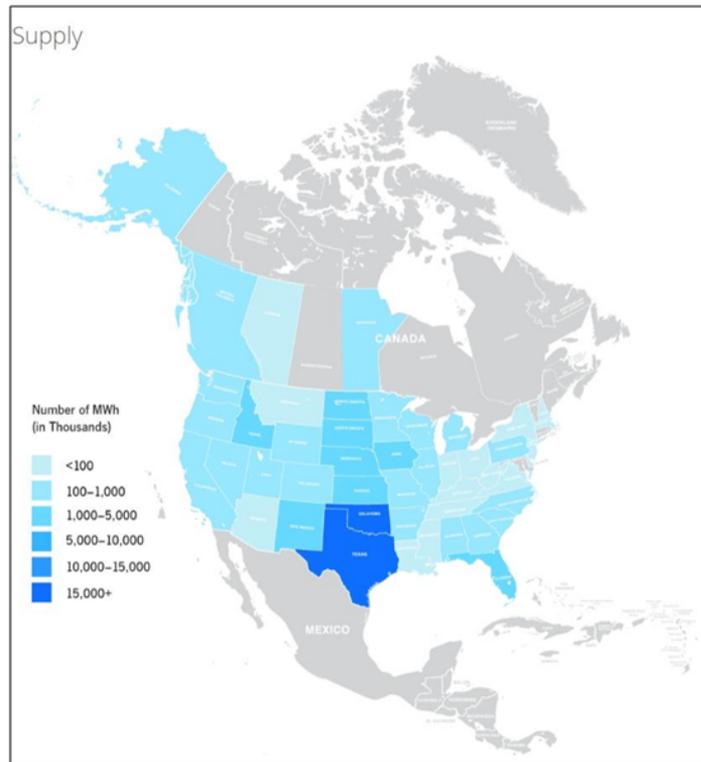


圖 27、美國各州再生能源電力供給量

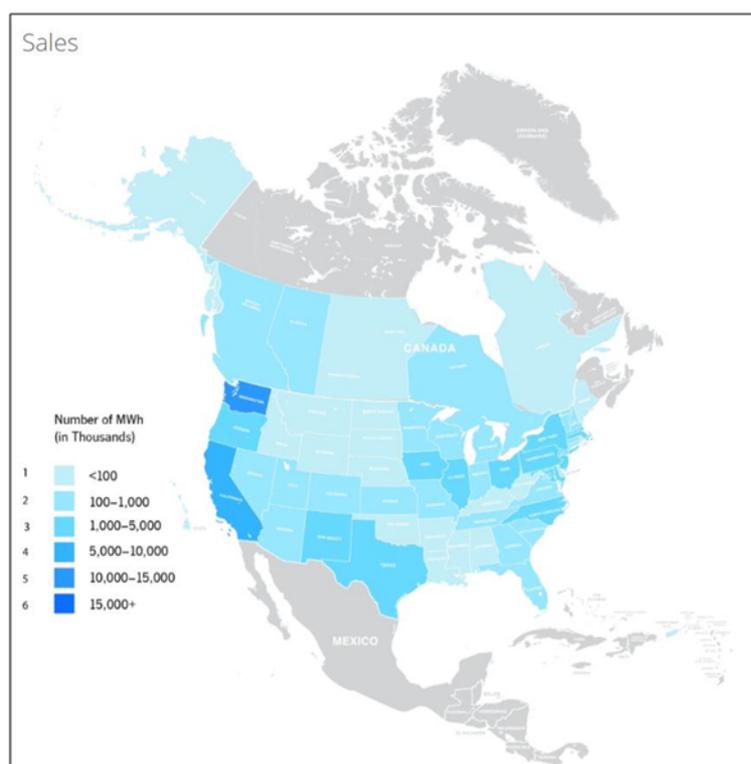


圖 28、美國各州再生能源電力銷售量

表 6、以客戶類型分類再生能源憑證的銷售認證

以客戶類型分類再生能源憑證的銷售認證(包括 PPAs、以再生能源憑證認證的 VPPAs)				
	2018 銷售 (兆瓦時，四捨五入)	兆瓦時：與 2017 年 相比的變化比例	佔再生能源憑證 總銷售量的比例	客戶
住宅	742,000	18%	1.5%	181,200
非住宅	49,687,000	1%	98.5%	28,100
總零售	50,429,000	2%	100%	209,300
批發	14,467,000	23%		60

表 6 可知經認證的再生能源憑證銷售持續穩定攀升，2018 年的零售再生能源憑證總銷售額比 2017 年整體增長 3%。在客戶參與率、訂戶總數、銷售的總電量和綠色電力銷售(佔零售總電力銷售的比例)上，經 Green-e®Energy 認證的公用事業綠色定價計畫始終在 NREL 的十大排名中佔據多數。

接著由 B. Jenny Heeter 介紹綠色電價計畫(Green Pricing Program)，數據顯示太陽能的採購持續增加，太陽能目前約佔公用事業綠色定價銷售額的 19%，高於 2017 年的 14%和 2013 年的 2%。增長的太陽能採購原來是

被最大的計畫驅動，但 2018 年標誌為第一年，在排名前 10 位的計畫中，太陽能佔綠色定價銷售的 10% 以上。到 2018 年底，大概 740MW 的綠電裝置容量已被雙邊合約(Bilateral Contract)採購，2018 年發出大概 3 百萬 MWh 的綠電。

由於加州持續驅動 CCA 銷售，CCA 銷售僅從 2018 年到 2019 年幾乎翻了一倍。2018 年大約 275 個承包透過 PPA 採購約 23.5MWh 綠電，2017 年到 2018 年 PPA 綠電銷售成長約 19%。然而 2018 年和 2019 年大部分簽署的 PPA 裝置容量尚未上線，甚至有些 2015 年和 2016 年簽署的計畫也沒有被委託執行，最終數字仍將持續更新。

在社區太陽能裝置容量部分，2018 年裝設超過 1.4GW 的社區太陽能裝置。截至 2019 年中，加州超過 2.1 GW 的計畫是機組併聯方式。在成長的同時，社區太陽能裝置容量在美國太陽能總容量中所佔比例仍相對較小(1.4GW/64GW)。

有關供應商趨勢方面，2018 年大約 1.7 百萬名消費者透過競爭向供應商採購約 25MWh 再生能源。2017 年到 2018 年供應商綠電銷售增長約 38%，很大程度是由於單個大型供應商增加了綠電的銷售量。

美國的再生能源採購類型和 RE100 的國際趨勢是一致的。美國自願性市場(2018 年總採購量 134 TWh)：電證分離憑證 47%、供應商產品 33%、直供採購 20%；RE100(2017 年總採購量 72 TWh)：電證分離憑證 46%、供應商產品 35%、直供採購 16%。

最後由 Jeff Deyette 說明美國各州市場再生能源電力標準之發展情形(State of the Markets: Renewable Electricity Standards)，他提到美國各州正積極提高其 RPS 目標與 100% 再生能源目標(如圖 29 及圖 30)，自 2018 年以來的主要再生能源標準(RES)擴張/改革的主要類型計有：

- 甲、 增加/擴大目標
- 乙、 排除(Carve-outs)
- 丙、 將 RPS 嵌入再生能源標準中
- 丁、 簽署長期合約
- 戊、 解決整合(Addressing integration)

己、調整 ACP/費用上限

庚、資源資格

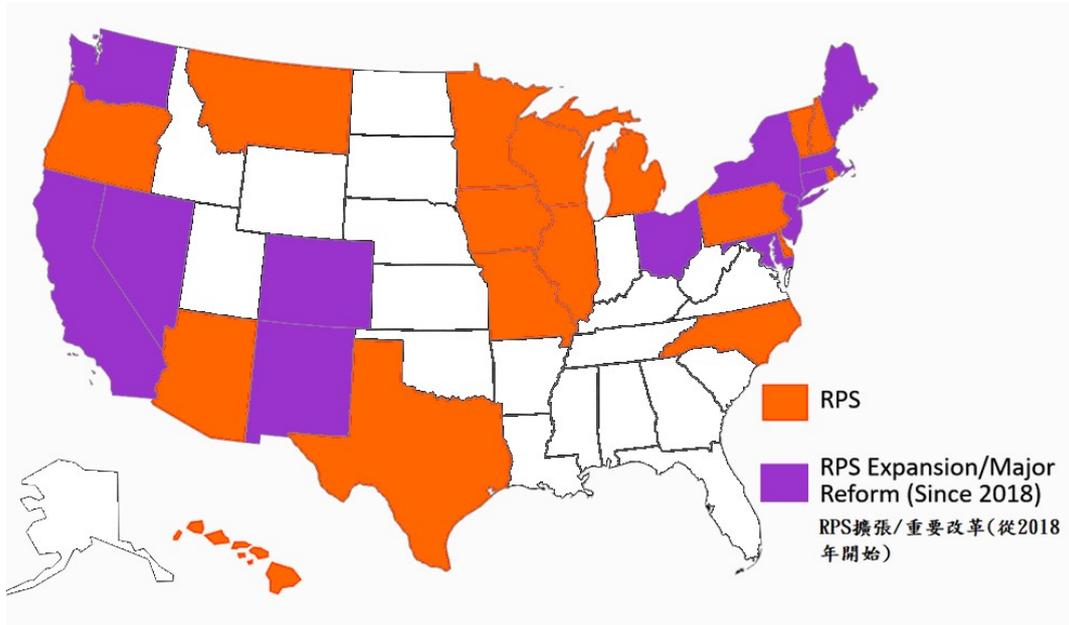


圖 29、美國各州 RPS 目標改革

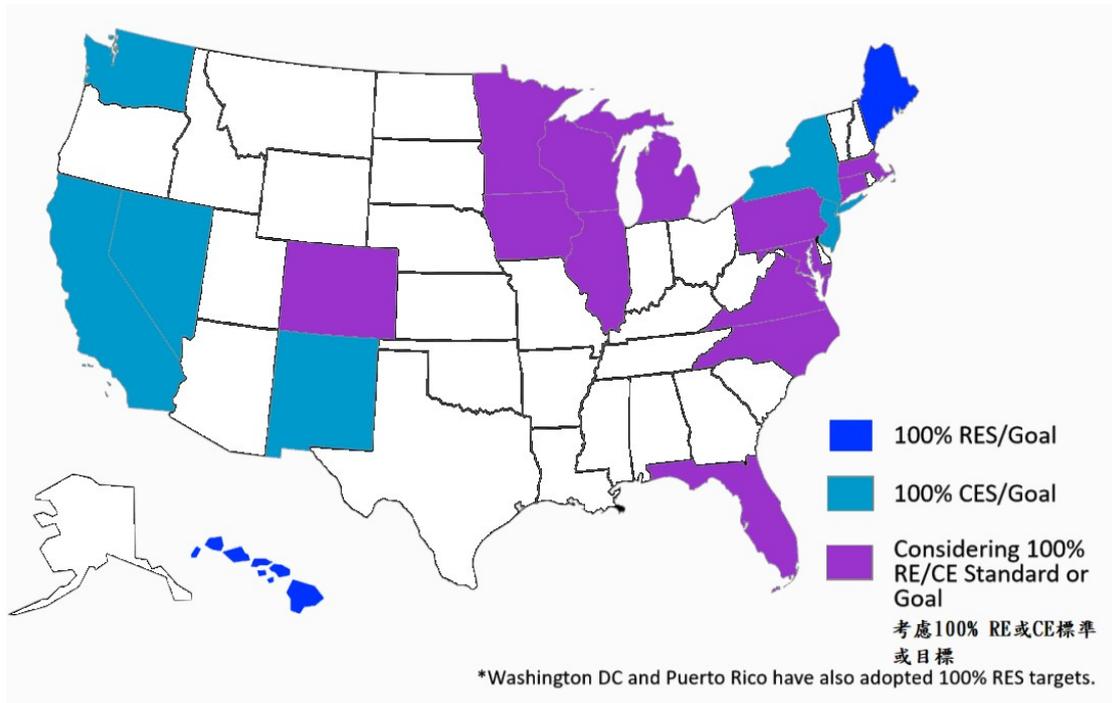


圖 30、邁向 100%再生能源目標的州

他舉 2019 年俄亥俄州簽署 HB 6 法案為例，該法案進行 4 項事情：「紓困兩個合電站」、「救助兩家燃煤電廠」、「降低再生能源標準」、「降低能於效率標準」。該州是美國最早設立 RPS 的州之一，要求公用事業部 2027 年要有 12.5% 的再生能源電力，HB 6 法案降低其 RPS 為 2026 年 8.5% 的再生能源電力，並且豁免大型工業用電戶，且在 2026 年後取消 RPS，廢除該州所有新再生能源發展的獎勵措施。該法案將補貼 4 個無競爭力的發電廠，取消所有新建再生能源的獎勵措施，並取消為了幫助客戶減少能源消耗上的努力，此法案僅有公用事業公司及參與投票的立法者可從中獲益。最後提到 RES 政策一直是且將會繼續是再生能源發展的主要動力，也提供相關數據(圖 31 至 33)支持這項說法，在 2018 年中，風力發電裝置容量增加 19%、太陽光電裝置容量增加 37%，以滿足 RES 的需求。

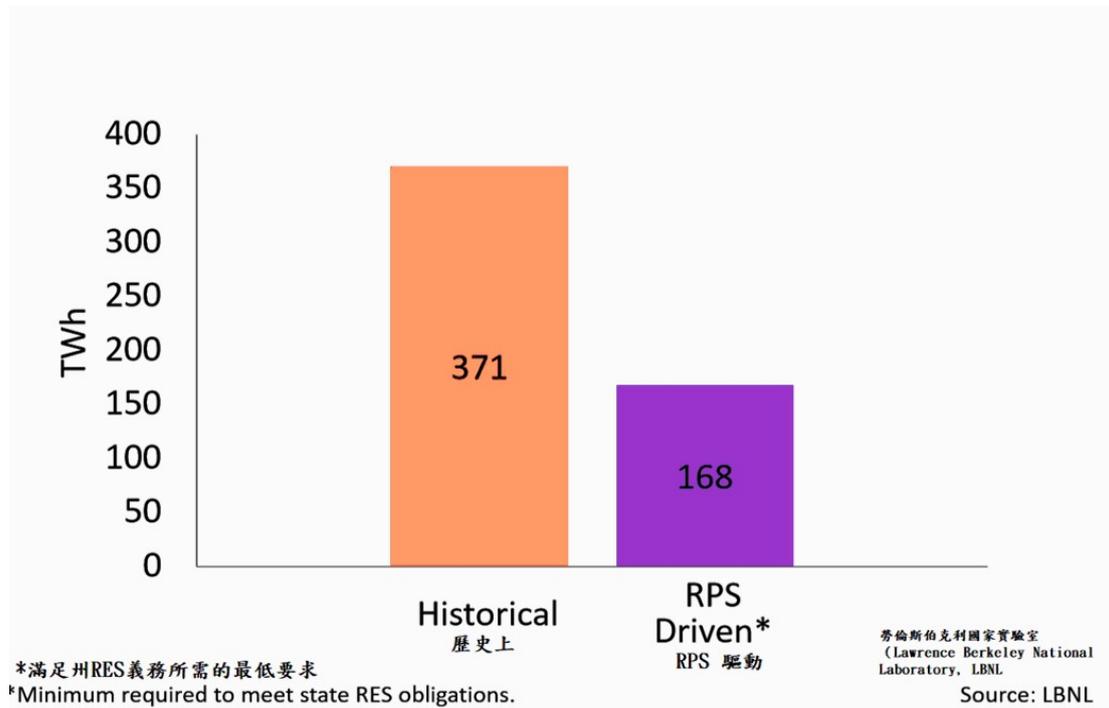


圖 31、美國 2000 年至 2018 年再生能源發電量的增長情形

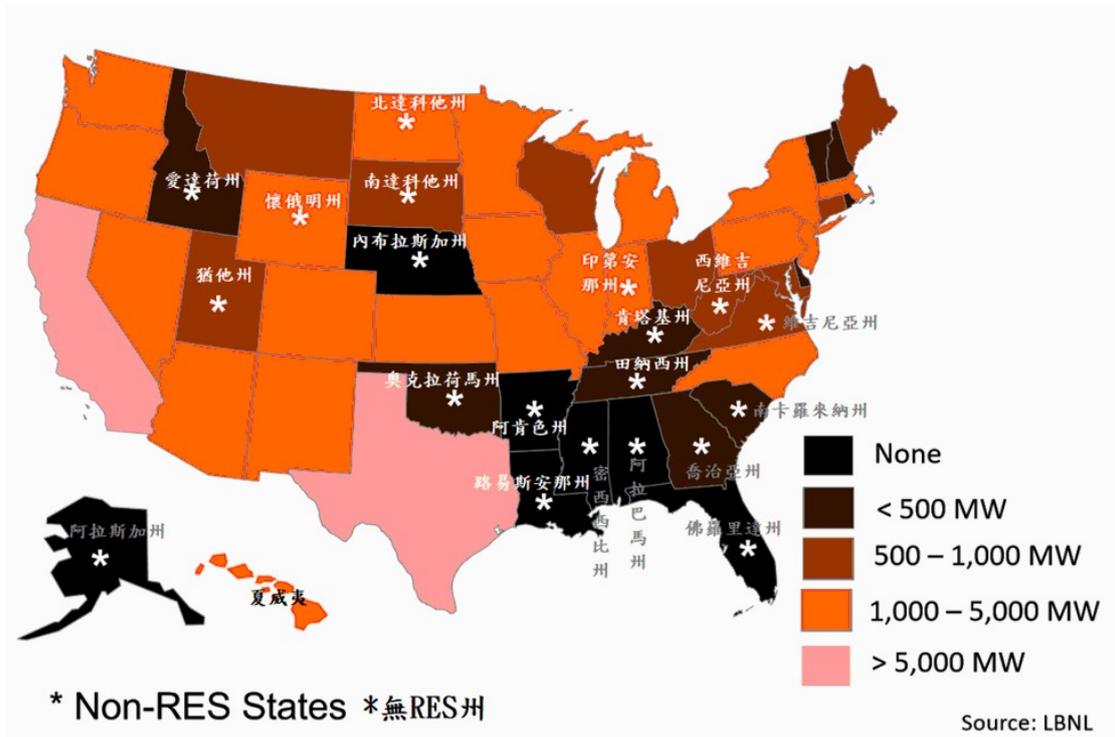


圖 32、2000 年至 2018 年 RES 裝置容量增加情形

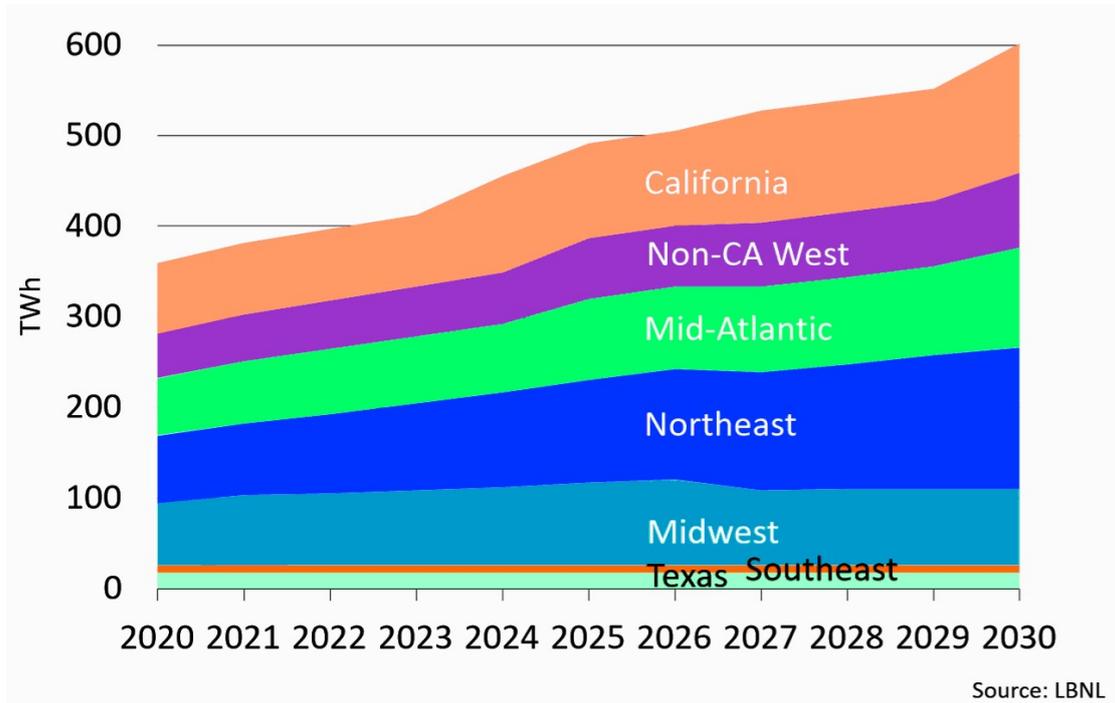


圖 33、預計 RES 的再生能源需求量

13. 美國自願性市場的未來

(1) 議題簡介

隨著 RPS 目標的增加，我們所知道的自願性市場是否正在萎縮？自願性市場的作用應該是什麼，它需要改變嗎？我們是否必須在自願和避免過度採購間做出選擇？該小組將描述不斷變化的形式，分享經驗和挑戰，並討論這些存在的問題。

(2) 講者及與談人

- James Critchfield, U.S. EPA (Moderator)
- Jeff Deyette, UCS
- Cynthia Clark, University of California, Office of the President
- Heather Mulligan, Puget Sound Energy

(3) 演講紀要

首先是美國再生能源歷史背景幾個重要制度簡介：

- 甲、 1997 年幾項關鍵事件促成自願性市場的誕生
- 乙、 公共事業監管政策法(Public Utility Regulatory Policies Act)—開放非公用電力的生產商可參與市場
- 丙、 州再生能源配額制度(State Renewable Portfolio Standards)—這些政策設定了最低等級的電力義務，且讓所有消費者都有望獲得
- 丁、 電力來源揭露標籤(Power Source Disclosure Labels)—提高消費者對如何發電的認識
- 戊、 州放鬆管制的努力(State Deregulatory Efforts)—導致競爭性市場結構和消費者行使選擇權的機會
- 己、 再生能源憑證(Renewable Energy Certificates)—充當在共享電網上追蹤和分配再生能源電力的唯一可靠手段，進而使宣告得以具體化

接著提到對於自願性消費者具有重要歷史意義的是什麼？

- 甲、 某些綠電的自願性需求被視為市場驅動力，可以藉由較潔淨的能

源幫助市場轉型

- 乙、選擇和偏好(Choice and Preference)—選擇或指定滿足消費者對價值/收益偏好的發電方式
- 丙、監管盈餘(Regulatory surplus)—自願性需求和監管需求的來源是分開的
- 丁、避免排放影響(Avoided emissions impact)—消費者以排放或空汙的觀點來使用綠電，因為他們相信它減少發電所帶來的有害影響
- 戊、花費(Cost)—在對成本敏感的同時，一些消費者願意支付更多
- 己、緩解(Ease)—取得和購買綠電變得非常簡單

進而探討自願性市場的未來是什麼？

- 甲、市場趨勢是否預示了自願性市場及其未來的不同角色？
- 乙、增加州 RPS 目標(Increasing state RPS targets)，例如：100%目標
- 丙、州碳立法(State carbon legislation)，例如：沒有自願預留的排放上限
- 丁、運輸和建築行業的電氣化(Electrification of the Transportation and Buildings Sectors)，例如：低碳燃油標準(Low Carbon Fuel Standard, LCFS) 和使用再生能源電力來充電動車
- 戊、電網管理(Grid management)
- 己、電網資產有序退役(Orderly retirement of grid assets)
- 庚、公平與公正(Equity and fairness)
- 辛、測量的影響(Measuring impact)
- 壬、企業採購(Corporate Procurement)
- 癸、其他...

最後進行開放式討論「自願性再生能源市場的未來」，分為幾個面向：

- 甲、價格

住宅用電戶願意支付較多的費用在公用事業電價計畫、新建的太陽能計畫，但是會花費較高，有很多客戶兩項都有參與。如何引導支付意願將帶來收益。住宅用電戶願意付較多的費用，俄勒岡州從 2020 年開始 RPS 目標為 20%，住宅用電戶願意支付或需要決定要不要付款，像是確認有沒

有把經費放到發展基金裡面？或是付費買 REC 或其他更多的選項。具有積極目標的城市也會是推進力。

乙、 企業的觀點

M-RETS 追蹤系統認為人們需要 REC 像碳數據一樣，可以印出邊際燃料和時間，但要注意溫室氣體的範疇，REC 可能無法當作溫室氣體的工​​具。企業通常先從 REC 開始，接著簽署像是 PPA、綠色費率方案(Green Tariffs)，但是從負載開始就會要求可以滿足他們的負載，企業客戶對這方面非常有經驗。企業用電戶要綠色費率方案非常便宜會是個挑戰，的確有綠色費率方案最後結算可以省錢，但一開始要付比較多的費用。

丙、 排放係數

把 REC 計算入法或只是最佳作法都是要再討論的，沒有 REC 碳係數的自願性市場會是什麼樣子？需要國家級碳政策來解決這個問題。

14. 企業 PPA、GO 和其在歐洲造成的影響

(1) 議題簡介

歐洲自願性市場持續在發展中，市場參與者也面臨到一系列的挑戰。本次會議將重點介紹從 RED I 到 RED II 的轉變、AIB 與非 AIB 國家之間的差異，以及企業買家如何利用 GO、PPA 和生物甲烷證書(biomethane certificates)等工具，以解決其企業內部社會企業責任目標(範疇 1,2 和 3 的排放)。

(2) 講者及與談人

- Jos Tuinenburg, RECS International (Moderator)
- Wouter Kuipers, ACT Commodities
- Adrian Anderson, Google

(3) 演講紀要

歐洲能源證書制度(European Energy Certificate System, EECs)是歐洲

能源證書發放、持有與轉讓等其他方式用以處理電子紀錄的一種商業投資方式，透過 AIB 在各國歐盟各國間流通，並作為支持歐盟可再生能源指令 2009/72/EC 的工具。



圖 34、在歐洲核發 GO 的追蹤系統

歐洲的電源證明(Guarantee of Origin, GO)標記其電力產品的原產地，並向客戶提供有關其來源的訊息，透過各國的追蹤系統運行，以確保其再生能源電力的質量。

會中主要針對 Google 在全球與歐洲取得再生能源的方針與模式進行討論，Google 表示，目前在全球已有多個大型的購售電合約(PPA)在美國與歐洲運作，然而在歐洲確實要推動以購售電合約的方式取得再生能源仍然較為困難，大多受到歐洲電力市場的價格與政府的補貼措施所影響。

在美國，再生能源的電力市場設計要更為複雜，在歐洲雖然很容易取得 GO 的認證，但卻不容易直接取得再生使用，在歐洲的多數國家購買電力都是可以取得 GO 的，每年至少有 6-7 TW/h 的 GO 被註銷，而在 AIB 上所進行的憑證交易都是自願性的，非滿足各個國家義務性的需求，此外，Google 進一步表示，歐洲應該不存在大量的電證合一市場，因此要發展 PPA 的模式購電，仍有一定的困難。

當日多數與會者多以了解歐洲 GO 市場為出發點，並好奇 Google 如何
在世界各地滿足其再生能源的使用需求，然而 Google 斬釘截鐵的表示，
他們並不使用電證分離的憑證來滿足他們的再生能源使用需求，皆是盡量
以直接採購再生能源的方式來達成再生能源使用目標。

五、國際再生能源憑證基金會

(International Renewable Energy Certificate Foundation, I-REC)

(一) 單位官方網站

<http://www.irecstandard.org/>

(二) 參訪單位簡介

I-REC 為創建於荷蘭的非營利組織，其經費來源為獨立的捐款人、市場投機者及依賴 I-REC Standard 綠電追蹤審查機制的綠電憑證核發者。其成立宗旨在於讓綠電在全世界無遠弗屆——讓每一位潛在的綠電消費者在各地都能購買到有品質保證的再生能源電力。

(三) 與會人員

黃志文組長、張彥堂技正、台經院陳彥豪副所長、張晏綾組長、江姿怡助理研究員、憑證中心陳芃均管理師

(四) 議題討論

1. 討論 I-REC 在台灣的規劃
2. 建立雙邊長期合作管道

(五) 會議紀要

1. 討論 I-REC 在臺規劃並說明 I-REC 在臺發證疑慮

憑證團隊首先說明臺灣再生能源憑證機制發展狀況，並表示 I-REC 在臺灣有雙重發證的問題，對此 I-REC 表示亦不樂見重複發證，但據他們所知台灣的水力無加入躉購，因此在臺發放的 I-REC 主要為水力來源，對於憑證團隊告知的重複發證問題將會內部討論，並希望憑證團隊能協助提供或公布台灣加入躉購的再生能源案場資訊，以利調整發展方向，但可能改為不只著重在單一的水力來源，而是包含風力及太陽能。

2. 討論雙方合作可行性

去年(2018)6 月歐洲參訪 I-REC 即表示有意願與憑證團隊簽屬合作備忘錄，此次 I-REC 亦表達合作意向，主動提議 I-REC 可研究轉型成以生態環保標籤(EcoLabel)的形式在台經營，以臺灣再生能源憑證持有人自願

申請 I-REC 的方式附加(On top-off)於臺灣再生能源憑證；關於此模式中雙方追蹤系統的合作深度，I-REC 認為可以研究在保有雙方系統獨立性的狀態下，讓雙方系統可同時記錄 I-REC 的發放。憑證團隊表示需先進行內部研議，待團隊分析成效後再行決定合作與否，對此 I-REC 表示理解，但仍希望可在明年(2020)1 月前有明確結果。

(六) 參訪心得與效益

與 I-REC 透過此次會議我方表達再生能源憑證主管機關的立場，同時我方會提供加入躉購的案場資訊以避免過去發放 I-REC 及避免重複環境效益計算等問題。會議中雖未明確提及將在臺退場一事，但可理解 I-REC 現階段欲尋求與我國憑證機制合作或鏈結，在不退場但又已創立自有制度的國家中尋求發展模式，以利於 I-REC 後續國際發展，憑證團隊將先研析 I-REC 提出之合作模式的利弊，再視後續發展以簽屬合作備忘錄模式，尋求雙方合作的利基。

(七) 交流剪影



圖 35、再生能源憑證團隊與 I-REC 雙方會議成員合影

六、聖地牙哥能源研究中心(Center for Energy

Research, CER)

(一) 單位官方網站

<https://cer.ucsd.edu/>

(二) 參訪單位簡介

聖地牙哥能源研究中心(Center for Energy Research, CER)包括國際公認的科學家，來自多個加州大學聖地亞哥分校的教師與來自世界各地的訪問學者和學生。專精於太陽能，燃料電池，儲能和再生能源相關之基礎理論和應用研究。CER 亦贊助與能源有關的講座、研討會和學術會議。CER 為瞭滿足新興國家的工業化及因應世界對再生能源的需求倍增，以先進的能源政策和分析技術對能源相關問題創造解決方案。

(三) 與會人員

黃志文組長、黃凱斌組長、憑證中心

(四) 討論議題

1. 討論進行日射量預測時之誤差來源

Discussion the possible sources of error in forecast irradiance.

2. 討論如何利用日射量資料進行量化及模擬太陽能案場日射量的變異性

Discussion how does use irradiance data to quantifying and simulating solar-plant variability.

3. 討論以氣象衛星資料進行日射量或發電量預測技術，以及如何利用氣象感測器資料校正衛星或 WRF 預測數據之偏誤

Discussion the Satellite-based irradiance and power forecasting techniques and how does use the sensor data to calibrate the WRF or satellite bias.

4. 建立雙方長期合作管道

Initiate a long-term cooperation relationship.

(五) 會議紀要

國家再生能源憑證團隊為進行案場氣象及電量數據之分析及預測，以掌握案

場異常狀況並即時監控，於憑證計畫執行期間，已進行探討如何結合案場發電系統資料、氣象資料(如地表輻射量及風速等)及天氣研究和預報模式(Weather Research and Forecasting model, WRF)，建立與再生能源憑證案場地理位置相關之氣象及發電分析和預測資料，相關數據分析結果可作為憑證案場發電量及核發憑證數量之比對確認，以確保憑證之可靠性與公正性。而為提供再生能源憑證中心有效率、具備正確有價值資訊及易於操作使用之相關發電監控及查核系統，憑證團隊亦規劃了一套程式化發電量比對機制，提出了儀表板氣象及發電地理資訊監控分析視覺化系統，此系統利用相關網頁、資料庫及視覺化程式語言開發戰情室樣式之可視化監控界面，系統串接之資料來源為本研究結合案場發電系統資料、氣象資料及天氣研究和預報模式(Weather Research and Forecasting model, WRF)並利用統計方法及機器學習等技術進行預測並分析之氣象變數(地表輻射量及風速)、發電量數據結果。此監控系統將可提供憑證中心一個有效率、直觀易於使用及可靠的案場發電及憑證核發數量之即時監控資訊系統。此外，為因應國內未來綠電憑證交易平台需具有再生能源發電量預測及勾稽案場發電量功能，準確的短、中、長期發電量推估技術亦是此次討論及交流重點。

為了精進憑證中心開發之案場氣象及電量分析系統，具有準確且能與國際接軌的氣象及電量分析預測技術及顯得重要，此次會議中主要與 CER 的 Jan Kleissl 教授，進行有關太陽能發電之預測及驗證技術的請益。Jan Kleissl 教授首先介紹 CER 的太陽能資源配置及預測實驗室(Solar Resource Assessment & Forecasting Laboratory)目前於太陽光電預測及資源配置相關的專案及工作計畫，包含天空成項預測(Sky Imager Forecasting)、電廠變異性建模(Modeling power plant variability)、數值氣象預測(Numerical Weather Prediction)及加州大學聖地牙哥分校天空成像儀開發及維護(UCSD Sky Imager (USI) Development and Manufacture)等工作項目。

而由於此次參訪著重在預測技術討論及請益，因此雙方亦對太陽能預測方法、準確度評估準則及應用方向進行了研討及意見交流。Jan Kleissl 教授說明有關太陽能相關預測方法的選擇，很大部分取決於所使用的時間解析度(timescales)，從幾秒或幾分鐘(intrahour)、幾小時(intraday)、或幾天(intraweek)，依據不同的應用而使用不同的時間範圍(time horizons)。例如美國加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)所進行的日前(day-ahead,

DA)預測會在每一個營業日前的早上 5:30 進行預測結果的發佈，預測長度則為未來 24 小時，因此其日前預測(DA)可提供每個被預測的電力調度營業日 18.5 至 42.5 小時前的預測結果。

目前一般來說，日內(intraday)預測的經濟價值小於日前預測(DA)，然而隨者太陽能滲透率的增加以及日內日內(intraday)預測相較於日前預測有較高的準確度，日內預測也有越來越多機會被市場具體採用。基於此理由，中期的太陽能預測(48 小時內)在能源的資源規劃及排程上較有用處，而日內(intraday)預測則較適合用於負載追隨及預調度(load following and predispach)，並且可減少實時的負載頻率控制(load frequency control, LCF)。

依據不同的技術，太陽能預測的主要種類如表 7 所示，由表 7 可發現，對於聚光型太陽能系統，必須預測直射日照 (direct normal irradiance, DNI)。而對於非聚光型太陽能系統(大部分 PV 系統皆屬此類)，則必須取得傾斜面上的全天空輻射 (Global Irradiance, GI)之值，GI 乃由漫射(diffuse)及方位(direct)所組成。而因為晴空 DNI (clear-sky DNI)通常會導致漫射輻射的增加，因此其對於誤差的敏感度相較於 GI 來得大。此外，若要獲得較高的太陽光電發電預測準確度，亦必須考量 PV 面板溫度與太陽能轉換效率的相依關係。

表 7、太陽能預測的重要變數

Forecast variable	Application	Primary determinants	Importance to market	Current forecast skill
GI	PV	Clouds, solar geometry	High	Medium
Cell temperature	PV	GI, air temperature, wind	Low	High
DNI	Concentrating solar power	Clouds, aerosols, water vapor	Medium	Low

資料來源： Jan Kleissl 教授提供

表 8 則為太陽能預測技術的特性及預測模型的輸入變數，主要包含了持續性(persistence)、全天空成像(total-sky imagery)、衛星成像(GOES satellite imagery)及氣象模型(NAM weather model)等相關預測方法，並說明每個方法所適用的數

據抽樣頻率、空間解析度、時間範圍及實際上的應用等。可做為未來精進憑證案場太陽能發電量數據分析之重要參考。除此之外，憑證團隊亦向 Jan Kleissl 教授請益若需進行長期電量預估(年發電量)，國際上是否有相關作法，Jan Kleissl 教授則回覆，時間範圍達到年的發電量預估，其可靠性目前實務上確實有疑慮，尤其長時間的氣象變數推估，存在很大的變異性，因此發電預測時間區間，主要是到月前(month-ahead)預測。若真需要進行年發電量預測，則可考慮利用衛星成象或感測器資料進行滾動式驗證，以確保發電推估之可靠性。

表 8、太陽能預測技術的特性及預測模型的輸入變數

Technique	Sampling rate	Spatial resolution	Spatial extent	Suitable forecast horizon	Application
Persistence	High	1 point	1 point	Minutes	Baseline
Total-sky imagery	30 s	10 s–100 m	2–5 m radius	Tens of minutes	Short-term ramps, regulation
GOES satellite imagery	15 min	1 km	U.S.	5 hours	Load following
NAM weather model	1 h	12 km	U.S.	10 d	Unit commitment

資料來源： Jan Kleissl 教授提供

會議中憑證參訪團隊亦介紹了自身開發的案場氣象及發電量監控系統(圖 36)，並說明了目前結合中央氣象局氣象研究及預測模式資料(Weather Research and Forecasting, WRF)內插至案場資料(圖 37)及案場歷史發電資料並利用機器學習演算法進行之預測方式，另外也說明了未來預計採用案場相關遮蔭資料進行預測模型修正及驗證(圖 38)，Jan Kleissl 教授表示目前憑證團隊使用的這些方法是正確並且合邏輯的，但未來若需精進預測結果之準確性，可利用日射量資料進行量化及模擬太陽能案場日射量的變異性並且可考慮以氣象衛星資料進行日射量或發電量預測，以做為另一種預測方式並與現行預測模型進行誤差分析比對。此外，以氣象感測器資料校正衛星或 WRF 預測數據之偏誤亦是校正預測誤差的重要工作。



Icon Description		Block Description	
	Function list[Expand /Collapse]	1	Function list
	Abnormal notification (including quantity)	2	Number of issued REC
	Generating electricity Of each site	3	Geographical information · abnormal alarm · click the specific site can update information and display the information of the site: contact information · installed capacity, number of RECs, etc.
	Return to initial position: Taiwan	4	Actual/Forecast generating electricity information · Be able to switch the date (default on that day)
	PV Sites	5	WRF data of Specific site : Solar irradiance · Wind speed
	Wind power sites		
	Sites with no auto. Electricity transmission		
	Abnormal sites (Jumping)		

圖 36、T-REC 案場氣象及發電監控系統

CWB WRF Output ((Shortwave downward radiation at surface, SWDOWN) and Wind speed with 3 km or 2 km resolution.)

$f(x, y) = (1 - d_x)(1 - d_y)P_1 + d_x(1 - d_y)P_2 + (1 - d_x)d_yP_3 + d_xd_yP_4$

Interpolate the WRF data (blue circle) into the T-REC plant (red circle)

WRF Analytical Data

stnno	WS10m (m/s)	WS65m (m/s)	SWDOWN (W/m2)	T2 (degC)	SHum2 (g/kg)	RAIN (mm)
14	1.937	2.216	288.807	24.007	11.886	0.000
17	0.438	9.061	591.191	25.198	14.195	0.000
18	1.707	2.215	311.222	24.668	12.034	0.000
19	1.825	2.322	319.671	24.647	12.029	0.000
22	9.952	10.245	592.244	25.776	13.125	0.000
23	4.343	5.060	584.630	25.159	13.519	0.000

圖 37、WRF 資料內插至憑證案場示意圖

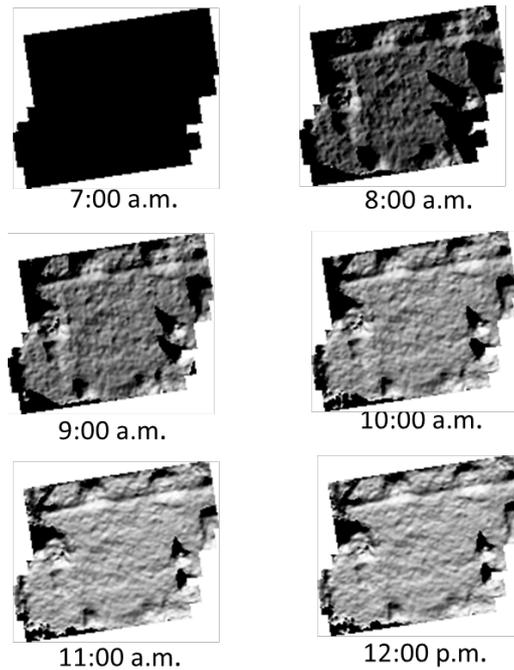


圖 38、T-REC 案場(士東市場)遮蔭圖

(六) 參訪心得與效益

本次再生能源憑證美國參訪團隊拜訪聖地牙哥大學能源研究中心 (UCSD Center for Energy Research, CER)的 Jan Kleissl 主任，其在氣象預測、環境感測網路以及天空影像計算氣象變數領域有專業顯著成就，並著有” Solar Energy Forecasting and Resource Assessment”一書。本次參訪主要與 Jan Kleissl 主任深入交流及討論台灣再生能源憑證追蹤系統及氣象發電監控平台及結合氣象變數及歷史發電量進行預測模型建置之分析技術，另外並向教授請益如何解決預測氣象變數誤差及模型修正問題，教授回覆可以天空影像或於案場裝設感測器蒐集觀測資料方式，並與預測之資料進行數據分析比對，以機器學習演算法找出誤差模式，並修正現有之預測氣象變數，將有助於未來更準確之發電預測模式建置。會議中亦與教授請益討論，進行短中長期太陽能相關預測時，適用的方法、應注意事項及持續精進的方向，相關討論內容及成果，有助於作為國內未來綠電憑證交易平台之發電量預測及案場發電量勾稽等功能建置之參考，並精進憑證中心開發之案場氣象及電量分析系統，以建構準確且能與國際接軌的氣象及電量分析預測技術，進而提升再生能源憑證制度及憑證資訊管理和交易平台之公信力和附加價值。

(七) 交流剪影



圖 39、再生能源憑證團隊團長黃志文組長與 Jan Kleissl 主任合照



圖 40、憑證團隊實地參訪 CER 微電網場域

伍、心得與建議

從 106 年成立國家再生能源憑證中心之初，順利發出國內第一張憑證開始，對內除公布相關再生能源憑證實施辦法及作業程序，建置核心管理追蹤平台，進行案場管理與查核等業務，並與環保署合作，使再生能源憑證成為溫室氣體盤查工具之一，同時為了擴大應用範疇，也鏈結國內許多相關獎項，對外則持續與國際具指標性制度進行鏈結，除增加其附加價值外，更希望能將我國憑證制度推廣至國際舞台。本次考察心得與建議如下：

- 一、GEC 已於會中表示認可臺灣再生能源憑證為合格的再生能源供應選項，預計將納入旗下管理的 EPEAT 工具之新版指引，為國際鏈結的一大突破，後續將持續關注 EPEAT 制度的新版指引公告進展；另外團隊相關人員可就 GEC 提議的太陽光電變流器表達合作意願進行討論，增加標準局與 GEC 交流機會。

二、再生能源憑證美國參訪團隊拜訪德州電力可靠性委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)，了解目前國際上對於太陽光電預測技術的最新進展及所需考量因素。其中關於個別發電案場環境地理變異性分析、預測模型所需考慮因子及同時考量蒐集多個案場資料進行分析，可降低單一案場資料分析造成的誤差等概念，亦適用於臺灣再生能源憑證案場電量分析之情境。會議中亦與 Sandip Sharma 經理請益討論，進行短中長期太陽能相關預測時，適用的方法、應注意事項及持續精進的方向，此外亦討論進行太陽能預測時對於資料的需求，如太陽輻射量、風速、風向、面板溫度、空氣壓力及追蹤系統的特性等，相關討論內容及成果，有助於作為國內未來綠電憑證交易平台之發電量預測及案場發電量勾稽等功能建置之參考，並精進憑證中心開發之案場氣象及電量分析系統，以建構準確且能與國際接軌的氣象及電量分析預測技術，進而提升再生能源憑證制度及憑證資訊管理和交易平台之公信力和附加價值。

三、本次參訪 DNVGL 執行氣象預測該業務之聖地牙哥辦公室，該公司在氣象預測方面已成功在全球商品化，提供各地區的需求者如能源營運商、電網業者及研究機構等各種客製化預測需求，已在該領域投入 15 年，因應目前我們正在研究如何導入預測系統進而確認再生能源發電量之正確性，目前採用的方式為利用氣象預報系統 WRF 取得風力機位置之氣象條件（風速、風向），搭配風力機功率曲線藉以計算發電量，但計算結果仍不如預期，誤差值仍偏大，且無一致的趨勢。

DNVGL 與我們分享該公司預測技術的流程以及所採用的資料來源，他們提出在預測的非線性大部分是因為資料來源的不穩定，因此需要採用多個可靠的全球預測系統，作為該公司預測系統的初始條件，建議我們能採用美國 GFS 及歐洲 ECMWF 的開放性全球預測系統，其模型擁有一定的水準，可以讓我們在預測系統初期可以有更多來源作為參考。對於資料輸入與輸出之統計處理，他們透過自動回歸及移動平均使資料趨於線性平穩，但也有提到該方式因為資料特性僅適用於風能的預測，不適用於太陽能預測，除了統計方式也有使用到深度學習，類神經網路 ANN，可察覺更多由人工無法判別出相關性之參數，可有效提升預測的不穩定性，因為該方法對於資料較為敏感，若有資料缺失將大大降低

預測的準確性。目前我們預測系統亦有納入類神經網路修正太陽能預測系統，未來亦導入風力發電預測系統，有了 DNVGL 的經驗更能確定現在已使用的方式為正確。

先前閱讀多數文獻在於預測系統皆需要小區域的數值模擬以解決地形、地貌造成的氣象條件誤差，DNVGL 在這部分較為特別，是採用現地量測資料如氣象塔、探空儀、浮標、飛機、雷達、超聲波等設備取得氣象觀測數據，利用數據同化的方式解決地形、地貌的影響，亦可以節省小區域數值模擬所需要用到的時間。DNVGL 已在氣象預測領域商品化並在多數國家皆有實例經驗，因此才採用現在的模式進行計算，也很樂意與我們分享他們的經驗，未來將參考他們計算模式套入我國再生能源憑證用以提升發電量預測的正確性。

四、今年度參加再生能源市場論壇，我國憑證參訪團於議題「亞洲自願性市場的成長」和與會人員分享我國再生能源憑證制度，在過去的幾年中，整個亞洲出現了新的自願性再生能源市場機會和計畫。藉由這次與會也讓我們了解到跨國公司（MNC）希望在亞洲地區為自己公司的再生能源目標採購再生能源，並逐漸推動其供應鏈滿足綠色生產鏈。而在參加 REM 會議過程中，無論是從政府的政策制定亦或是落實在社區推動執行，從美國社區推動再生能源成功案例中可以發現，幾個重要的關鍵字一直出現：利害關係人的參與、利益、價格以及帶來的經濟效益(產業革新、工作機會...)；這也提醒我們在臺灣推動 REC 時，對於各種利害關係人的盤點應該要落實，更重要的是機制的設計應該讓所有利害關係人參與其中。未來如要從法規面(用電大戶)擴大推動到公眾，對公眾使用者而言，利益回饋與能源價格(有感的牛肉)絕對是推動的重點，無論我們綠電平台的產品設計多麼完整，源頭還是能不能提供可以和現行其他能源方案競爭的選項，讓消費者買單。

五、與 I-REC 透過此次會議我方表達再生能源憑證主管機關的立場，同時我方會提供加入躉購的案場資訊以避免過去發放 I-REC 及避免重複環境效益計算等問題。會議中雖未明確提及將在臺退場一事，但可理解 I-REC 現階段欲尋求與我國憑證機制合作或鏈結，在不退場但又已創立自有制度的國家中尋求發展模式，以利於 I-REC 後續國際發展，憑證

團隊將先研析 I-REC 提出之合作模式的利弊，再視後續發展以簽署合作備忘錄模式，尋求雙方合作的利基。

六、行程最後拜訪聖地牙哥大學能源研究中心 (UCSD Center for Energy Research, CER)的 Jan Kleissl 主任，其在氣象預測、環境感測網路以及天空影像計算氣象變數領域有專業顯著成就，並著有” Solar Energy Forecasting and Resource Assessment”一書。本次參訪主要與 Jan Kleissl 主任深入交流及討論臺灣再生能源憑證追蹤系統及氣象監控平台，結合氣象變數及歷史發電量進行預測模型建置之分析技術，另外並向教授請益如何解決預測氣象變數誤差及模型修正問題，教授回復可以天空影像或於案場裝設感測器蒐集觀測資料方式，並與預測之資料進行數據分析比對，以機器學習演算法找出誤差模式，並修正現有之預測氣象變數，將有助於未來更準確之發電預測模式建置。會議中亦與教授請益討論，進行短中長期太陽能相關預測時，適用的方法、應注意事項及持續精進的方向，相關討論內容及成果，有助於作為國內未來綠電憑證交易平台之發電量預測及案場發電量勾稽等功能建置之參考，並精進憑證中心開發之案場氣象及電量分析系統，以建構準確且能與國際接軌的氣象及電量分析預測技術，進而提升再生能源憑證制度及憑證資訊管理和交易平台之公信力和附加價值。

本次參訪拜會了許多單位，無論是在再生能源憑證制度、技術查核及氣象預測技術等方面，大家共同目標都是為再生能源盡一份心力，對於我國再生能源憑證制度的精進，與美國學習到相當豐富的經驗，得以藉由此經驗使我國制度更為完善。