

出國報告（出國類別：其他）

美國加州電業及儲能技術參訪 出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：林局長全能、陳組長崇憲

出國地區：美國

出國期間：106年12月3日至12月10日

報告期間：107年3月2日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：美國加州電業及儲能技術參訪

頁數 27 含附件：是否

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林全能/經濟部能源局/局長/02-27757600

陳崇憲/經濟部能源局/組長/02-27757770

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：106 年 12 月 3 日~ 12 月 10 日

報告期間：106 年 3 月 2 日

出國地區：美國

分類號/關鍵詞：儲能；分散式能源；再生能源(Energy storage, distributed energy resource, renewable energy)

內容摘要：

配合綠能科技產業政策四大主軸：創能、節能、儲能、系統整合，未來再生能源占比 20%時，分散式發電的特性，包含管理及調度，以及因為再生能源的不穩定性與間歇性發電的特性，配套的儲能設備的設計，進行穩定與平滑系統功率之變動、降低功率預測偏差、解決局部電壓控制問題與提高用電可靠性等問題，均需有詳細的評估。

隨著再生能源併網及滲透率提升，間歇性的再生能源(如太陽光電、風力發電)對電網衝擊風險提高。以美國加州為例，政府單位、電力公司皆已制定相當多的配套措施。本次藉由參訪美國電力公司及儲能公司，了解再生能源佈建、儲能系統裝置及電力調度的規劃、設計及成效。作為後續國內因應提高再生能源佔比時，儲能系統的設計、電力穩定度的控制及裝置成本和經濟效益的規劃參考。

參訪儲能公司及相關研究機構，了解儲能先進技術的開發及量產化的技術瓶頸，可作為國內電池技術產業化的參考，並尋求先進電池技術合作開發的機會。

目 錄

壹、出國行程紀要	1
貳、參與活動及工作內容	4
參、結論與建議	25

壹、出國行程紀要

一、出國目的

配合綠能科技產業政策四大主軸：創能、節能、儲能、系統整合，未來再生能源占比 20%時，分散式發電的特性、再生能源的不穩定性與間歇性發電的特性，配套的儲能設備的設計，進行系統功率之變動、解決局部電壓控制與提高用電可靠性等問題，均需有詳細的評估。本次藉由參訪美國電力公司及儲能公司，了解再生能源佈建、儲能系統裝置及電力調度的規劃、設計及成效，作為後續國內因應提高再生能源佔比時，儲能系統的設計、電力穩定度的控制及裝置成本和經濟效益的規劃參考。

二、行程紀要

本次出訪由本局林局長全能率團，陳組長崇憲陪同，團員組成除本局外，尚包括財團法人工業技術研究院、財團法人金屬工業研究發展中心等單位。此次參訪主軸包含：了解加州電業管制措施及電力市場運作機制、了解加州儲能系統導入規劃及運作狀況，以便評估我國再生能源整合之必要措施、拜訪能源服務公司，以評估我國未來產業推動作法、了解加州政府在經歷艾利索峽谷（Aliso Canyon）天然氣洩漏事件造成電力缺口的現況下，對儲能系統裝置量及裝置位址的評估方式及規劃條件，同時與加州政府交流儲能裝置對再生能源裝置量提升的效益及在電網系統中主要發揮的功能，及了解加州電力公司在再生能源裝置、儲能裝置及供電系統間的規劃策略及運作模式，藉由加州先行的實場運作經驗及數據，了解系統安全性、經濟效益以及實際運轉上所遭遇的問題，可作為國內再生能源及儲能系統佈建的參考依據。本次出國行程規劃及團員名單如表 1 及表 2 所示。

表 1 美國加州電業及儲能技術參訪行程

日期	活動主題
106.12.03(日)	啟程
106.12.04 (一)	1.抵達洛杉磯 2.參訪 SDG & E Innovation center 3.參訪 Sempra Renewable
106.12.05 (二)	1.參訪 SCE Hybrid EGT 2.Southern California Edison(SCE) —Energy trade floor
106.12.06 (三)	1.參訪 NEST 2.參訪 PG & E
106.12.07 (四)	1.參訪 Tesla 2.參訪 CPUC
106.12.08 (五)	LBNL-ESDR 參訪交流
106.12.09 (六)~ 12.10 (日)	返程

表 2 美國加州電業及儲能技術參訪行程團員名單

單位	職稱	姓名
經濟部能源局	局長	林全能
	組長	陳崇憲
工業技術研究院綠能與環境研究所	所長	胡耀祖
	組長	梁佩芳
	副組長	周雅文
金屬工業研究發展中心	執行長	林秋豐
	副處長	林恆育
	專案經理	莊芳姿

*共 8 位團員

貳、參與活動及工作內容

一、拜訪 **SDG&E Innovation Center**

(一)時間：12月4日(星期一)上午

(二)會談/接待人員

Shadae Mayfield

(三)參訪紀要

- 1.SDG&E (San Diego Gas & Electricity) 是 Sempra 集團的子公司之一，為加州第三大綜合電業，負責加州南部的電力供應。Innovation Center 位於 San Diego 市區，為該公司的教育展示中心。展示中心為既有建築改造，採用節能設計與大量綠建材，2012 年獲得 LEED 設計建造的白金級標章，而 2013 年獲得 LEED 運作維護的白金級標章。
- 2.展示館頂面部分鋪設太陽光電板，停車場設有六座整合追日型太陽光電系統的電動車充電站，並設置太陽光電燈桿，以太陽光電板貼覆於 LED 燈桿表面，燈座安裝電池，成為獨立供電的綠能照明，以多種方式展示太陽光電與建物或設施整合的設計概念。
- 3.展示館的窗戶設有可調整的外遮陽板，以降低熱負荷，地板採用生長快速的竹材，或採用回收輪胎製作的地毯。閱讀區提供再生能源、能源效率、綠建築等能源相關的書籍供民眾借閱，並且有多種電力量測設備與 IHD (In-Home Display)供民眾借用。



圖 1 整合追日型太陽光電系統的電動車充電站



圖 2 Innovation Center 提供的圖書與耗能量測器材

二、Sempra Renewables

(一)時間：12月4日(星期一)下午

(二)會談/接待人員

Paty O. Mitchell

(三)會談/參訪紀要

1. Sempra Renewables 也是 Sempra 集團的子公司，總部位於 San Diego，成立大約 10 年，在美國營運 2.2GW 的再生能源電廠，太陽光電與風力發電容量各半，另有約 400MW 在建設之中。其太陽光電廠分佈在加州、內華達州及亞歷桑納州；風力發電廠則位於美國中部、東部及夏威夷等 8 個州。該公司在加州的太陽光電廠共有 3 座，總容量 130MW，所發電力均售予 PG&E，Fresno County 另有一座 200MW 太陽光電廠建置中，所發電力將售予 SCE、PG&E、SMUD、Marine Clean Energy 等公司。
2. Sempra Renewable 對再生能源電廠的資訊量測與蒐集進行的非常徹底，每 6 秒鐘收集一筆資料，傳送到營運中心 (Business Center)，使該公司能夠掌握每一座風機與每一組太陽光電系統的即時發電情況。依操作人員的需求，營運中心大型顯示看板上可以呈現不同階層的資訊，例如所有再生能源電廠的概況(如圖 3)、所有風能或太陽能電廠概況、單一風場或太陽能電廠運作情形、以至更詳細的資料。
3. 由於資通訊基礎建設完整，看板上可呈現任一座風場所有風力發電機的位置，並將故障的風力發電機以黃色標示，而其狀態與損失電能則顯示於看板的另一區塊 (如圖 4)。



圖 3 Sempra Renewables 營運中心大型顯示看板之局部



圖 4 Sempra Renewables 風場的地理圖資及故障資訊

三、SCE Hybrid EGT (Enhanced Gas Turbine)

(一)時間：12月5日(星期二)上午

(二)會談/接待人員：Jack Shih

(三)會談/參訪紀要

- 1.SCE 的 Center Peaker Plant 發電廠位於 Norwalk，原本僅有一座 GE 的 50MW 單循環燃氣發電機組，由於小機組快速起停的特性，在電力市場提供冷機備援 (non-spin reserve) 服務，並小量參與能量市場。近年來能夠提供冷機備援的機組逐漸增加，使其市場價值愈來愈低，SCE 檢討資產效用後，決定投入儲能系統，提升其運作價值。
- 2.Hybrid EGT 計畫在該電廠設置一組 10MW/4.3MWh 的儲能系統，使其反應更為快速(如圖 5)；並對燃氣機組進行空污改善，運用選擇性觸媒轉換 (Selective Catalyst Reduction) 系統配合氨注入系統的調整改善，預期可降低溫室氣體排放量達 60%。同時建立新的控制系統，以便精確控制儲能系統與氣渦輪機組的運轉。
- 3.該廠氣渦輪機加入儲能系統之後，該電廠的電力供應彈性大幅提升，提供的服務由冷機備援改變為熱機備援 (spin reserve) 與調頻服務使電廠的收入大幅增加。圖 6 是電廠改造前後的預期售電情況比較，由其比例與服務價差推測，此一電廠改造案應有利潤。然而，自由市場中的價格由供需決定，由於儲能系統的設置量增加，未來熱機備援與調頻服務的供應者也將持續增加，屆時獲利結構與營運方式自然會有變化。



圖 5 SCE HEGT 電廠的儲能系統與氣渦輪發電機組

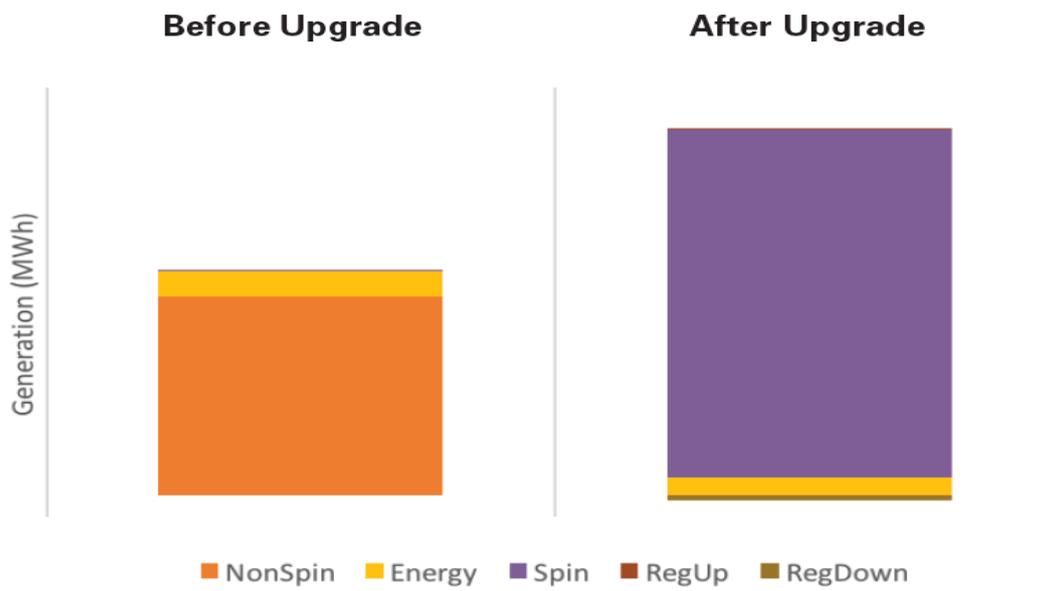


圖 6 SCE HEGT 電廠的售電量預測 (年平均値)

四、參訪 SCE Trade Floor

(一)時間：12月5日(星期二)下午

(二)會談/接待人員：Leo Kim

(三)會談/參訪紀要

1. SCE 的 Energy Procurement & Management Department

的主要責任是市場交易的規劃，以便代表 SCE 自有電廠及合約電廠在電力市場上進行交易，使 SCE 的客戶利益最大化；其次是參與多年期的合約設計，包含傳統電廠、再生能源電廠、儲能系統、需量反應以及能源效率計畫；最後是進行短期(日前、即時)與中期(當季、當年)的天然氣、電力與碳排放商品的交易。

2.參見圖 7，SCE 預估 2017 年售電量約為 760 億度，其中 32%來自再生能源(地熱、太陽光電、風力、生質能、小水力等)、10%來自汽電共生、6%來自核能、6%來自水力、4%來自其他採購合約、另外 42%來自電力市場交易。由其發購電成本來看，再生能源與汽電共生的平均成本較高

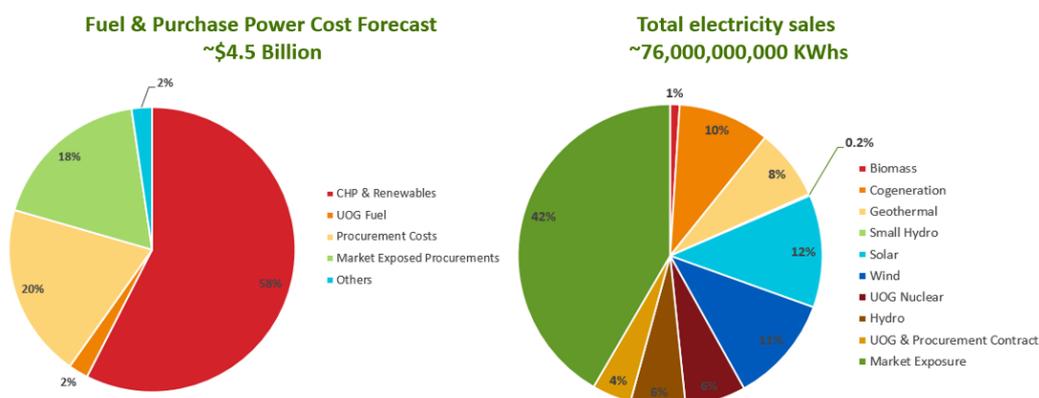


圖 7 SCE 預測 2017 年購售電情形

- 3.該部門的市場運作與交易相關工作包含以下幾項：
- (1)短期計畫與資源最佳化：發展資源最佳化管理及市場投標之報價策略。
 - (2)日前排程：進行電力市場的日前競價，並管理日前需量反應事件。
 - (3)能源交易：管理電力與天然氣的實體交易及財務交易，並依據加州政府所制定的政策，協助 **SCE** 參與溫室氣體減量相關計畫。
 - (4)即時操作：管理協調 **CAISO** 所發佈的調度指令與停電事件，並發佈即時需量反應或卸載事件。
 - (5)能源運作支援：管理電力體系運作所需的技術或系統(如發電管理系統)，並確保系統營運符合 **NERC** 之規範。
 - (6)預測：發展天氣預測、負載預測及價格預測方法，並支援企業內部因應氣候相關事件。
- 4.前述工作彼此相關，以預測為例，天氣的變化對於再生能源發電量影響非常大；對燃氣發電機組亦有輕微影響；對於使用者的用電量也有重要影響。透過發電量的預測，除了掌握 **SCE** 的供電能力之外，也能預估市場價格，協助發電部門決定有利的投標價格；而用電量的預測則可以協助售電部門決定採購量，或依預估的市場價格決定是否發佈日前需量反應事件。
- 5.未來我國電力市場自由化之後，營運規則將日趨複雜，而眾多電業彼此互相競爭，類似 **Energy Procurement & Management Department** 的組織在電業中對其營運相當重要，而相關的人才培育也是重要課題。

五、參訪 NEST

(一)時間：12月6日(星期三)上午

(二)會談/接待人員：Jeff Hamel

(三)會談/參訪紀要

1. NEST 由生產智慧溫控器(Thermostat)起家，快速成長，在溫控器市場飽和之後，該公司營運出現頹勢，轉而拓展產品現並發展應用服務套件，2014年接受 Google 併購，在產品與應用服務的發展上能夠互補，目前 NEST 著重能源、保全(security)、安全(safety)等三個領域的家用產品與服務。
2. NEST 的發展策略是在產品中加入更多的高階功能，以提升應用服務的組合彈性，為使用者創造更大的價值。例如在攝影機加入人臉辨識的功能、在溫控器上加入溼度計與人員感知的功能、在一氧化碳感測器加上小型照明與警報通知的功能。
3. NEST 的智慧溫控器是一個自動學習裝置，由於具備溼度計及人員感測器，溫控器可以學習使用者的操作模式、建物的加熱及冷卻曲線，典型的做法是安裝之後由使用者自行控制一週左右，智慧溫控器就開始自動控制，在使用者介入時，溫控器也將逐步修正其控制策略。溫控器了解使用者的舒適性需求之後，將以更節能的方式進行空調操作。
4. NEST 在能源領域的服務包含住宅用戶的節能管理、時間電價運作最佳化、以及需量反應三項。由於加州公共事業委員會(CPUC)對於電業推動節能的要求，電業有時候會補貼 NEST 的智慧溫控器銷售，提高使用者的安裝意願，

以藉由智慧溫控器的運作減少空調能耗。另一方面，加州規劃 2019 年開始強制所有用戶使用時間電價，因此，時間電價運作最佳化的需求將繼續成長。在需量反應方面，NEST 成功的策略之一是：不論是那一個電力公司的合約都使用統一的名稱 “Rush hour event”，讓用戶更容易了解基本的操作原則，雖然不同電力公司的方案內容其實略有不同。

5.NEST 的成功經驗與美國家庭用戶的空調系統型式相關，尚無法直接套用到我國。該公司對於亞洲國家如何進行住宅部門的需量反應也非常有興趣，其軟硬體架構或可配合修正，未來可就此議題繼續交流。

六、拜訪 **Pacific Gas & Electricity (PG&E)**

(一)時間：12月6日(星期三)下午

(二)會談/接待人員：Darren Deffner

(三)會談/參訪紀要

1. 太平洋瓦斯與電力公司 (**Pacific Gas and Electric Company**)，提供北加州大部分天然瓦斯和電力服務等的公用事業公司。用有的發電設施包含：水力發電廠、核能發電廠及天然氣發電廠。2015年在加州公共事業委員會 (CPUC) 的儲能規定下，PG&E 於 2015 年簽訂 75MW 儲能系統建置。本次參訪重點在於：

(1)了解 PG&E 在變電站儲能系統建置，進行電網穩定度及輔助服務的經驗。

(2)PG&E 已於 2012、2013 年進行兩個電網級規模之電池儲能設備試行計畫營運，在 Vacaville 變電站的 2MW 專案和 San Jose 變電站的 4MW 專案。這兩個專案透過與 CAISO 電力交易市場和配電系統協調操作來測試和評估公用事業規模級電池儲能設備併入電網運作的益處。

(3)PG&E 對於能源儲存系統，實際設置上的規劃與考量。

(4)PG&E 對於物電網(Grid of Things)於加州的規劃策略。

如何結合屋頂太陽能電池的發電資源，以及電動車內建的電池可充當能源儲存資源，透過智慧電網調控管理，可讓能源的運用更有效率、更加穩定。

2.當天會議重點摘錄如下：

(1)DRP(Distribution resource plan)分散式電力資源配送計畫)。

(2)為了要實現長期的 DRP 發展，合理的電價改革為必要的措施。

DRP Objectives



圖 8 PG&E DRP 計畫重點說明

七、參訪 Tesla

(一)時間：12月7日(星期四)上午

(二)會談/接待人員：Pingfu Fan

(三)會談/參訪紀要

1. Tesla 公司目前在全球 18 個國家中已實際裝置超過 300 兆瓦時的特斯拉電池，因此 Tesla 以在多處案廠的建置及實施經驗，對電網級儲能電池經濟效益、市場競爭力、電池需求規格的預測、安全議題皆是此次訪問將進行交流的重點。

2. Tesla 針對不同場域的裝置量及功用分別進行說明，包含與 SCE 合作在 Mira Roma 的變電所，建置總容量高達 20MW / 80 MWh 的儲能系統；在南澳洲將建設一個全球最大 PowerPack 儲電系統，儲電容量達 100MW/129MWh，停電時可發揮重要角色，在平時也能穩定電源供應；於夏威夷 Kauai Island 建立全球最大的太陽能發電站，該電站總共包含 13MW 的太陽能面板及具有 13MW/52MWh 的儲能電池站，預期每年可以減少 1.6 million gallons 柴油的使用量。儲能系統使用 Tesla 公司的產品。透過儲能系統與太陽能發電系統的搭配，可以在夜間用電高峰時，供應夏威夷 Kauai Island 將近 4500 戶家庭的用電需求。這座太陽能電廠由 Tesla 建置並且取得 20 年期的經營權，當地的 Kauai Island Utility Cooperative (KIUC) 則以 13.9 cent/kWh 的價格向 Tesla 購買電力，KIUC 希望全島可以在 2023 年再生能源發電量達到總體電量的 40%。

3. Tesla powerpack 電池組可直接安裝與不同特性的電網(或系統)搭配。本次訪問中除了了解 Tesla 目前在儲能電池上

的技術發展現況，以及了解其發展之外，也希望了解 **Tesla** 公司在鋰電池安全性以及搭配儲能電池的電網系統，所發揮的經濟效益有進一步的了解及經驗交流。**Tesla** 公司面對鋰電池安全性的問題時並不是將研發資源投注在降低鋰電池起火燃燒的問題上，而是面對這種化學反應的特性，但是從系統設計面進行考量，將電池燃燒所造成的影像最小化，而且可控制化。**Tesla** 將每一個電池組以不銹鋼進行包覆，並通以冷卻水，雖然冷卻水具有調節環境溫度的功用，但此種設計可將燃燒的鋰電池與其他電池組完全隔離，以目前實驗室的測試結果，此種防火設計，可以將火焰控制住而不會擴散，因此可以將鋰電池起火燃燒的危害控制到最小化，而且不會有大型火災無法控制的狀況出現。

4. 在經濟效益上，針對 **Tesla** 在加州配合 **SCE** 所建置的儲能站，是否進行過儲能效益及成本的分析，**Tesla** 回復經濟效益是由電力公司決定，而非電池公司。目前 **Tesla** 公司在家用市場是以電池租賃的方式，在 **Vermont** 州即以 \$15/ 月的租用價格，提供 2000 戶使用 **Powerwall** 作為家用儲能系統。在部分公用電力市場則是以再生能源電力售電模式，例如夏威夷 **Kauai Island**，因此低成本及常壽命電池系統技術就會對 **Tesla** 的獲利產生極大的影響。據了解，在電池成本的控制上，目前 **Tesla** 公司的鋰電池來自配合廠商，包含 **Panasonic**、**Samsung**、**LG**。
5. **Tesla** 公司在電動車上的成功，並非其電池技術的領先，而是對電池應用系統的獨特設計及應用方式，**Tesla** 在儲能電池應用上，以目前技術最為成熟的鋰電池為基礎，將

資源投入於整體系統設計，解決目前鋰電池壽命及安全性的問題，同時成本的控制重點在逆變器上的設計，而非像其他電池公司在電池本體上做競爭，因此全球的電池場皆可為其供應商。整體儲能技術的加值產生，在系統設計上而非系統本身，此一思考邏輯，因是國內再發展儲能產業時最佳的參考。



圖 9 Tesla 的 Kauai Island 太陽能電廠及儲能系統(取自 Tesla 網站)

八、拜會 **California Public Utilities Commission (CPUC)**

(一)時間：12月7日(星期四)下午

(二)會談/接待人員: **Marzia Zafar**

(三)會談/參訪紀要

- 1.**CPUC** 是民營電力、天然氣、電信事業、自來水、鐵路及運輸公司的管制機構，委員由政府指派，運作目標是確保用戶以合理的價格獲得安全可靠的公共服務，促進加州整體經濟的健康發展
- 2.加州能源管理體系的管理單位不只 **CPUC**，**California Energy Commission(CEC)**也是重要的機構，此外，美國的能源產業也必須遵循 **Federal Energy Regulatory Commission (FERC)**的指令。**CPUC** 與 **CEC** 合作進行能源管制，**CEC** 著重於政策制定及基礎架構的規劃，如再生能源導入的要求、需求成長的預測及電源開發的需求規劃，並且負責政府補助的能源研究計畫與建築能效規範(**Title 24**)；而 **CPUC** 著重經濟面的運作，如市場規範及費率訂定等。分工原則在不同的公用事業體上略有差異，有些事業的費率是由 **CEC** 制訂。
- 3.爭議調處是 **CPUC** 的任務之一，但是 **CPUC** 並非技術專家，必須依賴爭議雙方提出的報告進行調處或仲裁；爭議亦可透過訴訟解決，但是該路徑曠日費時，實務上大多數的爭議均由 **CPUC** 協調處理。
- 4.在設計費率時，公平性是 **CPUC** 考量的重點，因此，不會顧慮競爭力差的業者而扭曲費率結構，如果業者不幸倒閉，由於備用容量機制的設計，公用事業仍應維持穩定的運作。

5.在我國電業自由化的歷程中，成立電業管制機關是非常重要的第一步，加州的電業管制機制相當複雜，也需要相當多的人力，僅是 CPUC 就有 300 位員工。未來是否要發展到如此複雜的交易與管制機制，值得審慎評估。

九、Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)

(一)時間：12月8日(星期五)上午

(二)會談/接待人員：Dr. KostECKi

(三)會談/參訪紀要

1. LBNL-ESDR 研究重點為能源儲存及分散式電力，主要目標為希望能達成\$1W/kWh 再生能源電力供應目標，重要技術方向為：

(1)再生能源技術

(2)智慧電網、即時監控及反應技術

(3)分散式電力可靠度

2.當天討論議程安排：



AGENDA Industrial Technology Research Institute (ITRI) Friday, December 8th, 2017 9:30 a.m. – 11:30 a.m.

Location: Lawrence Berkeley National Laboratory, Cyclotron Road, Berkeley, CA 94720

9:20 a.m.	Arrival to Lawrence Berkeley National Laboratory, Parking Lot C. Transfer to 90-3122	
9:30 a.m. 90-3122	Welcome and Introductions	RAHUL CHOPRA Senior Advisor, Energy Technologies Area (ETA)
9:45 a.m. 90-3122	Energy Grid	RAHUL CHOPRA
10:15 a.m. 90-3122	Energy Storage	VINCE BATTAGLIA Head, Electrochemical Technologies Group, ETA
10:45 a.m. 90-3122	Redox Flow Batteries	MIKE TUCKER Chemist Research Scientist/Engineer, Energy Conservation Group, ETA
11:15 a.m. 90-3122	Meet and Greet ITRI/Rosenfeld Fellows	CHINMAYEE SUBBAN Energy/Environmental Policy Research Scientist/Engineer, ETA EMILY TOW Postdoctoral Employee, Energy Storage Group, ETA
11:30 a.m.	Depart from Berkeley Lab	

3.參訪當日 **Lawrence Berkeley National Laboratory** 說明在智慧電網上的技術發展。**Mr. Chopra** 主要負責新創事業投資、技術育成及投資策略的首席顧問，相關技術領域包含能源及通訊技術。**Mr. Chopra** 當天分享他在能源議題及電網發展技術上的想法，依據”**Bloomberg energy outlook 2016**”的資料指出全球整體能源的走勢(如圖 10)，化石燃料在全球能源的占比將逐年降低，再生能源供電比例大幅成長，主要的貢獻在於風力發電及太陽能發電，依據 **Bloomberg energy outlook 2016** 指出(如圖 11)，風力能及太陽能的裝置量將由目前的 **4%(2016)** 成長至 **29%(2040)**。**Mr. Chopra** 指出，再生能源發展主要由列下幾項因素所驅動：

- (1) **Job** :再生能源發展驅動產業轉型，因此帶動新領域相關的工作機會
- (2)**Climate change concerns**：氣候變遷
- (3)**Energy security**：能源安全的議題
- (4)**Nuclear safety concern**：核能安全議題

4.針對提升再生能源佔比及大量儲能裝置併網的效益，**Mr. Chopra** 則認為節能效益及有效的需量管理，對降低傳統能源的依賴，在現階段比提高再生能源的占比要來得有效。而因為提升再生能源佔比對電網穩定性的衝擊，他則認為在目前的儲能成本狀況下，其實儲能裝置目前所能發揮的效益有限，有其他更多的技術選擇可以使用。

5.在儲能技術上則由 **Vince Battaglia** 進行介紹，**Dr. Battaglia** 領導 **LBNL-ETA** 電化學技術團隊，主要研究方向為針對電動車電池系統哩，電極材料的開發。簡報中由鋰電池的

發展歷史及目前的技術進展，還有 **LBNL-ETA** 在電池技術上的發展重點進行說明。會談期間針對目前電池技術的發展，內容以鋰電池為主，也是目前 **LBNL** 重點研發方向之一。依據 **Dr. Battaglia** 的發展經驗指出，電池技術有其瓶頸及限制，不需要有太多的期望會在短期內有重大的突破，例如大幅增加能量密度或大幅降低成本，畢竟即使是鋰電池技術，也已經有很長久的發展歷史，要尋求重大的突破，將需要投資極大的研發經費及面對及高的失敗風險。他認為電池材料及目前的電池系統幾乎已經達到優化的極限，若在電池上要有新的突破，應該是尋求新的電池材料更有機會進行突破，而不是在現有的技術基礎下，進行拆解研究及相似發展。

6. 針對鋰電池的壽命及回收的議題：**Dr. Battluga** 認為鋰電池的壽命極限約為 **30,000** 次，進行材料回收幾乎沒有經濟效益，因為鋰電池內部，不論電極或是隔離膜的厚度尺度皆是 **nm** 等級，因此在回收上具有非常大的困難度，所消耗的資源將遠大於回收效益，但對液流電池而言，較有回收效益，電池壽命亦較長。

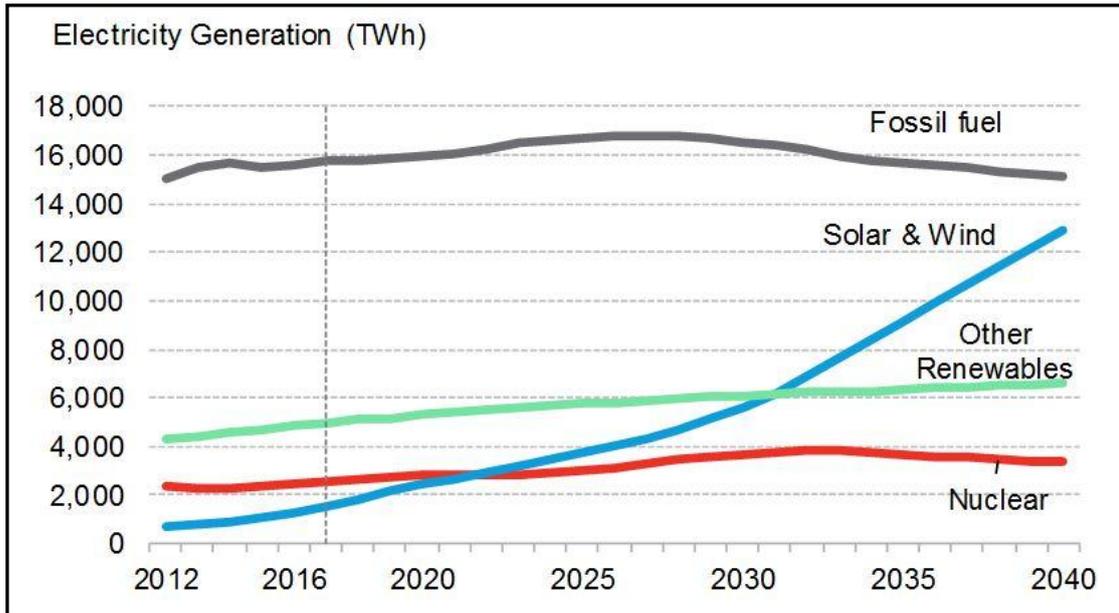


圖 10 各類型能源發展分布(ref. Bloomberg energy outlook 2016)

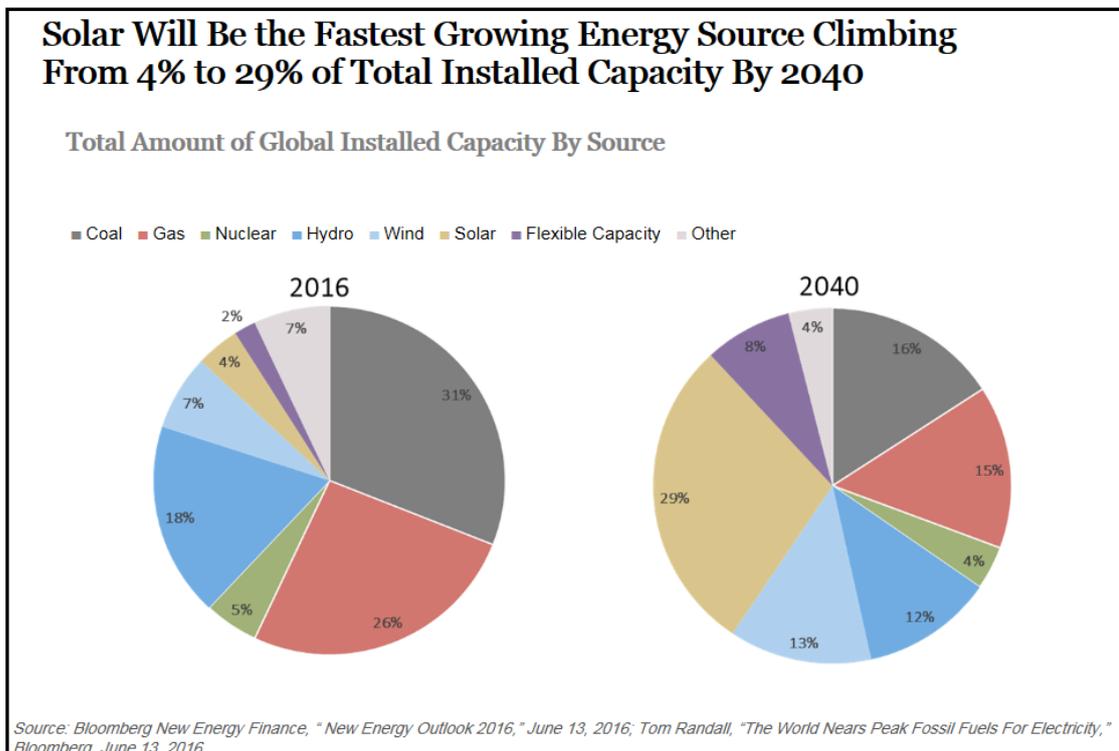


圖 11 能源使用配比變化(ref. Bloomberg energy outlook 2016)

參、結論與建議

- 一、完整的了解美國加州政府在電力供應及穩定上，從制定政策的考慮因素及實施方法，電力公司實際營運及所面臨的問題，儲能業者的技術及商業發展模式，在能源管理趨勢下感測器廠商的發展商機，以及先進的電網技術及儲能技術的發展方向，皆有深入的交流及討論。
- 二、政策及實際實施上所面臨的差異及調整方式，務實的探討再生能源供應及佔比，對電網所產生的影響，汲取加州電力公司的發展經驗做為臺灣發展再生能源政策引導下，電力供應所會面對的問題及作為制定因應策略的參考。另外，雖然加州政府制定了儲能的裝置目標，但是各電力公司對儲能裝置的功用及裝置量的設計，實際的執行經驗值得借鏡，未來在規劃設計上須更周全考量，並納入相關單位之專業意見。
- 三、面對再生能源佔比提升對電網所會產生的衝擊，以加州目前電力系統中儲能裝置的設置狀況，穩定電力系統並非需求主因，而是為因應加州天然氣供氣來源短缺所造成供電的缺口，為避免大規模停電對電力系統穩定所造成的影響，因此加州政府才積極制定儲能裝置量的發展目標。因此，再生能源變動對電力系統的影響，是否一定需要大量佈置儲能系統才能因應，**SCE**、**PG&E** 及 **LBNL-ETA** 等的回應皆表示，儲能系統的設置並不是唯一或最有效的方式，應可以有更客觀的評估及理論估算。
- 四、建議前瞻技術更貼切產業未來的發展性及價值的創造。**Tesla** 公司目前積極布局定置型儲能的市場，**NEST** 公司以 **thermosat** 的溫度感測技術為基礎，逐步由家庭空調管理轉進電力需量管理的市場，此兩間公司基本上發展前景之所以受到市場期待以及其所具有的市場競爭力，並不在於技術的領先性，而是對技術未來應用情境以及市場發展策略的領先性及前瞻性，可以整合各元件供應商的長處，發展出具市場競爭力及領先性的產品及系統技術。

- 五、**Tesla** 公司在電動車上的成功，並非其電池技術的領先，而是對電池應用系統的獨特設計及應用方式，**Tesla** 公司在儲能電池應用上，仍以相同的邏輯進行電網級儲能市場的布局策略，以目前技術最為成熟的鋰電池為基礎，將資源投入於整體系統設計，控制目前鋰電池壽命及安全性的問題，臺灣在儲能技術發展上訂定更兼具務實及前瞻思維政策。
- 六、加州政府對電業訂定節能要求，並且電業的獲利與其售電量脫勾，建立電業積極節能的驅動力量，電力公司甚至提供各種補助方案鼓勵用戶節能。
- 七、**SCE** 在小型燃氣渦輪機的發電廠中加裝鋰電池儲能系統，大幅提高電廠收益。**SCE** 認為儲能系統的歸屬依其功能而定，未必屬於發電部門，若以輔助服務及批量售電為主要營運項目，自然應歸屬於發電部門。目前台電內部對於儲能系統的歸屬仍有爭論，原因之一即是儲能系統如何運作尚未決定，並且尚未建立電力市場，其營運價值不易評估。參考 **SCE** 的經驗，大型儲能系統的設置應該考慮提供調頻服務的可能性；中小型儲能系統則可依附於變電站、再生能源電廠、傳統電廠或電力用戶，依使用情境決定其規格。
- 八、**PG&E** 的尖峰負載接近 **21GW**，而其再生能源裝置容量超過 **7G** 占其尖峰負載的三分之一左右。**PG&E** 以往僅預測隔日的尖峰負載，現在為了進行更準確的供需控制，必須預測隔日的逐時負載。面對再生能源大幅成長的未來，臺灣宜投入提高預測技術的準確性，並掌握再生能源發電的即時資訊。
- 九、加州政府所推動的用戶選擇權計畫(**CCE**)，以城市、郡或社區單位，賦予用戶選擇(低碳)能源更大的彈性，並促進電力交易競爭與再生能源的設置。**CCE** 的風險在於市場的不確定性與規範變動可能造成的額外成本，**CCE** 並不能確保用戶的購電成本下降。我國電力市場尚未建立，暫時不易仿效此一制度，未來若能解決綠電直供或代輸制度的價格瓶頸，建立穩定營運的綠能售電業，則

可考慮評估此一機制的可行性。

十、**Nest** 進行能源管理的核心產品是智慧溫控器。美國家庭通常為中央控制，僅要一至兩個溫控器，由於電業對於節能產品的補貼，加上時間電價制度的推動，使得智慧溫控器得以大量進入美國家庭。至目前為止，**Nest** 執行 50MW 聚合案相當成功，值得我國借鏡，惟我國民生電價低廉而單純，民眾對於改變行為配合調度的意願有限；另我國住宅多採用獨立控制的冷氣，家電資訊整合的架構與 **Nest** 既有做法不同。**Nest** 在我國設有研發團隊，未來可與其持續討論交流，發掘適合我國的技術架構與商業模式。