

出國報告（出國類別：實習）

AMI 電表資料管理與智慧電網系統 整合加值應用研習

服務機關：台灣電力公司
姓名職稱：劉桂宇(電機工程師)
派赴國家：美國
出國期間：108.03.24~108.04.04
報告日期：108.06.03

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：AMI 電表資料管理與智慧電網系統整合加值應用研習

頁數 48 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司 人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

劉桂宇/台灣電力公司 配電處/八等主辦布建策劃專員/02-23665041

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：108 年 03 月 24~108 年 04 月 04 日 出國地區：美國

分類號/目

關鍵詞：智慧電網(Smart Grid)、先進讀表基礎建設(Advanced Metering Infrastructure, AMI)、時間電價(Time of Use)、需量反應(Demand Response)

內容摘要：

本公司於 102 年已完成全數高壓 AMI 布建(約 2.4 萬戶)，另依 106 年 2 月 18 日行政院核定之「智慧電網總體規劃方案」規劃於 107 年完成 20 萬戶低壓 AMI 布建，並將分別於 109 年底完成累計 100 萬戶及 113 年完成累計 300 萬戶低壓 AMI 之布建，此外，因應發電型態轉變，再生能源案場將全面換裝為 AMI 電表，以作為再生能源發電量預估之參考。當後續大量布建，AMI 資料大數據分析應用更顯得相對重要。

為深入瞭解國外 AMI 布建策略以及運轉維護情況，故赴美國觀摩夏威夷電力公司(HECO)、南加州電力公司(SCE)、加州調度中心(CAISO)及紐約聯合愛迪生電力(Consolidated Edison)等公司，瞭解智慧電網及智慧型電表推動經驗。

夏威夷電力公司(HECO)預計 2045 年達成全島 100%再生能源發電目標，故該公司提出電網現代化計劃(Grid Modernization Plan)，該計畫為因應再生能源高滲透率，電表資料管理系統(MDMS)及相關智慧電網系統應如何布建支持、系統整合及開發增值應用有相關描述，故瞭解該公司電網現代化計畫，將有助於本公司後續推動 AMI 及智慧電網相關業務。另外，西門子為本公司電表資料管理系統(MDMS)得標廠商，且紐約用電形態與本公司相似，此趟深入瞭解紐約 Con Edison 之 MDMS 建置經驗，亦可瞭解後續大數據分析及應用，且可作為本公司處理相關問題之借鏡。

藉由觀摩美國智慧電網現況及未來願景，深入瞭解美國電力公司角度及邁向智慧電網時代之電業經營模式及發展趨勢，提供我國後續智慧型電表、需量反應及時間電價推動及資料整合應用之參考。

目 錄

	頁次
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
一、內容摘要.....	1
(一)緣由與目的	1
(二)出國行程規劃	2
二、參訪內容及經過.....	4
(一)夏威夷電力公司(HECO).....	4
(二)南加州愛迪生電力公司(SCE)	9
(三)加州電力調度中心(California ISO).....	19
(四)The Brattle Group 顧問公司	24
(五)OMNETRIC (A Company of SIEMENS).....	29
(六)紐約聯合愛迪生電力(Consolidated Edison)	30
三、心得及建議事項.....	37
(一)重要資料值得參考	37
(二)心得與建議	38
四、文獻參考.....	41

圖目錄

	頁次
圖 1 夏威夷太陽光電裝置情形	5
圖 2 HECO 需量反應推動轉變.....	6
圖 3 需量反應之用戶獎勵金額	7
圖 4 與夏威夷電力公司同仁合照	8
圖 5 SCE 背景介紹	9
圖 6 SCE 布建之智慧型電表	12
圖 7 SCE 智慧型電表宣傳網頁	12
圖 8 SCE 潔淨能源期程	13
圖 9 SCE 大量太陽光電併入系統形成鴨子曲線.....	14
圖 10 SCE Opt-in 電價方案.....	15
圖 11 TOU 試驗 Default 方案 Rate 1 電價	16
圖 12 TOU 試驗 Default 方案 Rate 2 電價	17
圖 13 SCE 用戶參與 TOU 試驗 Default 方案數量	18
圖 14 與南加州愛迪生電力公司同仁合照	19
圖 15 北美 9 大獨立系統調度中心	20
圖 16 CAISO 提供公司簡介	21
圖 17 CAISO 調度員監控中心	23
圖 18 與 CAISO 同仁合照	24
圖 19 亞利桑納服務公司提供費率方案	26
圖 20 至 2040 年日負載曲線比較	28
圖 21 與 The Brattle Group 同仁合照	28
圖 22 OMNETRIC 各國分布據點.....	29
圖 23 紐約 Con Edison 公司的收入來源.....	31
圖 24 紐約 Con Edison 公司智慧型電表布建規劃	32
圖 25 紐約 Con Edison 公司智慧型電表布建區域期程	32
圖 26 Con Edison 智慧型電表宣傳網頁.....	34
圖 27 紐約 Con Edison 電力公司之發展重點.....	36

圖 28 與紐約聯合愛迪生公司同仁合照	36
---------------------------	----

表目錄

	頁次
表 1 智慧型電表過去及目前布建差異	11
表 2 夏季週間尖峰負載抑低情形	18
表 3 各國電力公司 2020 年費率設計	25

一、 內容摘要

(一) 緣由與目的

本公司於 102 年已完成全數高壓 AMI 布建(約 2.4 萬戶)，另依 106 年 2 月 18 日行政院核定之「智慧電網總體規劃方案」規劃於 107 年完成 20 萬戶低壓 AMI 布建，並將分別於 109 年底完成累計 100 萬戶及 113 年完成累計 300 萬戶低壓 AMI 之布建，此外，因應發電型態轉變，再生能源案場將全面換裝為 AMI 電表，以作為再生能源發電量預估之參考。當後續大量布建，AMI 資料大數據分析應用更顯得相對重要。

為深入瞭解國外 AMI 布建策略以及運轉維護情況，故赴美國觀摩夏威夷電力公司(HECO)、南加州電力公司(SCE)、加州調度中心(CAISO)及紐約聯合愛迪生電力(Consolidated Edison)等公司，瞭解智慧電網及智慧型電表推動經驗。

夏威夷電力公司(HECO)預計 2045 年達成全島 100%再生能源發電目標，故該公司提出電網現代化計劃(Grid Modernization Plan)，該計畫為因應再生能源高滲透率，電表資料管理系統(MDMS)及相關智慧電網系統應如何布建支持、系統整合及開發增值應用有相關描述，故瞭解該公司電網現代化計畫，將有助於本公司後續推動 AMI 及智慧電網相關業務。另外，西門子為本公司電表資料管理系統(MDMS)得標廠商，且紐約用電形態與本公司相似，此趟深入瞭解紐約 Con Edison 之 MDMS 建置經驗，亦可瞭解後續大數據分析及應用，且可作為本公司處理相關問題之借鏡。

藉由觀摩美國智慧電網現況及未來願景，深入瞭解美國電力公司角度及邁向智慧電網時代之電業經營模式及發展趨勢，提供我國後續智慧型電表、需量反應及時間電價推動及資料整合應用之參考。

(二) 出國行程規劃

本次出國行程如下表所示，透過與當地電力公司交流以瞭解美國地區時間電價、需量反應、AMI 資料分析及系統整合等執行方式與經驗，作為台灣後續推動經驗參考；行程紀要如下：

起始日	迄止日	實習機構	實習內容
1080324	1080324		去程(台北—檀香山)
1080325	1080326	夏威夷電力公司 (HECO)	觀摩夏威夷電力公司(HECO)，討論時間電價、電價結構、需量反應等，負載管理制度議題。
1080327	1080327		交通移轉行程(夏威夷—洛杉磯)
1080328	1080328	南加州愛迪生公司 (SCE)	觀摩南加州愛迪生電力公司(SCE)，討論AMI之資料分析應用、時間電價及需量反應相關配套制度及用戶互動經驗等。 交通移轉行程(洛杉磯—沙加緬度)
1080329	1080329	加州電力調度中心 (CAISO)	觀摩加州電力調度中心(CAISO)討論能源轉型時間電價訂定機制及配套措施。 交通移轉行程(沙加緬度—舊金山)

1080329	1080329	The Brattle Group 顧問公司	觀摩 The Brattle Group 顧問公司洽詢未來再生能源大量併聯電力系統後，美國應如何改變現有電價制度。
1080330	1080331		交通移轉行程(舊金山—紐約)
1080401	1080401	OMNETRIC (A SIEMENS Company)	原定參訪 OMNETRIC 公司，但因該公司工程師因近期忙於系統升級加班勞累，聯絡人員僅於 3 月 29 日 mail 通知取消 4 月 1 日會議行程。
1080402	1080402	紐約聯合愛迪生公司 (Con Edison)	觀摩紐約聯合愛迪生公司 (ConEd)，瞭解紐約 AMI 布建情形，並討論電表通訊、電表資料管理系統 (MDMS) 及大數據等應用。
1080403	1080404		返程(紐約—台北)

二、 參訪內容及經過

如同前章節行程表所述，本次參訪主要行程計 12 日，共與夏威夷電力公司(HECO)、南加州愛迪生電力公司(SCE)、加州電力調度中心(California ISO)、The Brattle Group 顧問公司及紐約聯合愛迪生電氣公司(Con Ed)等進行交流。本次參訪主要目的為就未來台灣低壓 AMI 建設包含電表、通訊模組及衍生的新加值服務等方面進行實習與討論，同時也瞭解未來在電業自由化及能源轉型後，台電公司如何針對需量反應及電力代輸等制定電價，吸取國外電業之經驗，以利公司後續規劃參考。

(一) 夏威夷電力公司(HECO)

拜訪夏威夷電力公司 (Hawaiian Electric Company, HECO) 主要是由公司的 Demand Response 的 Manager Yoh Kawanami 先生和 Marketing Operations/ Market Research 的 Manager Michael Chang 先生和 Market Research 的研究分析員 Alan Hong 先生所接待。

1. 背景介紹

夏威夷和台灣一樣，幾乎所有的能源都得仰賴進口，其中石油占整體能源需求的 90%，而汽油價格也是全美國最高，因此夏威夷不得不積極推動再生能源的發展。2016 年夏威夷的再生能源占比已經超過 25%，達到 2020 年預定的目標。依據夏威夷州議會通過的再生能源配置標準，未來在 2030 年再生能源將增加到 40%，2045 年全州將達到 100% 使用再生

能源供電的目標，擺脫對化石能源的依賴，而圖 1 是在夏威夷(歐胡島)觀察到學校及一般住戶皆裝置太陽能板於屋頂或地面，可以感受到太陽光電高滲透率。



圖 1 夏威夷太陽光電裝置情形

2. 智慧型電表建置現況

夏威夷電力 (HECO) 規劃 3 億美金進行 AMI 整體布建，不打算投入大量成本在建置電表資料管理系統(MDMS)，HECO 僅以 300 萬美金建置 MDMS，因此許多國外電表廠商無法進入夏威夷電力投標。此行參訪時，也因 HECO 正進行電表資料管理系統(MDMS)採購招標作業，該公司針對相關資訊進行保密，因此取消與智慧型電表相關之同仁與會。

3. 夏威夷需量反應討論

夏威夷電力一年啟動約 50 次需量反應措施，一次約 1 小時，圖 2 為從過去到現在 HECO 需量反應推動的轉變，目前 HECO 也正推行 DR 2.0。

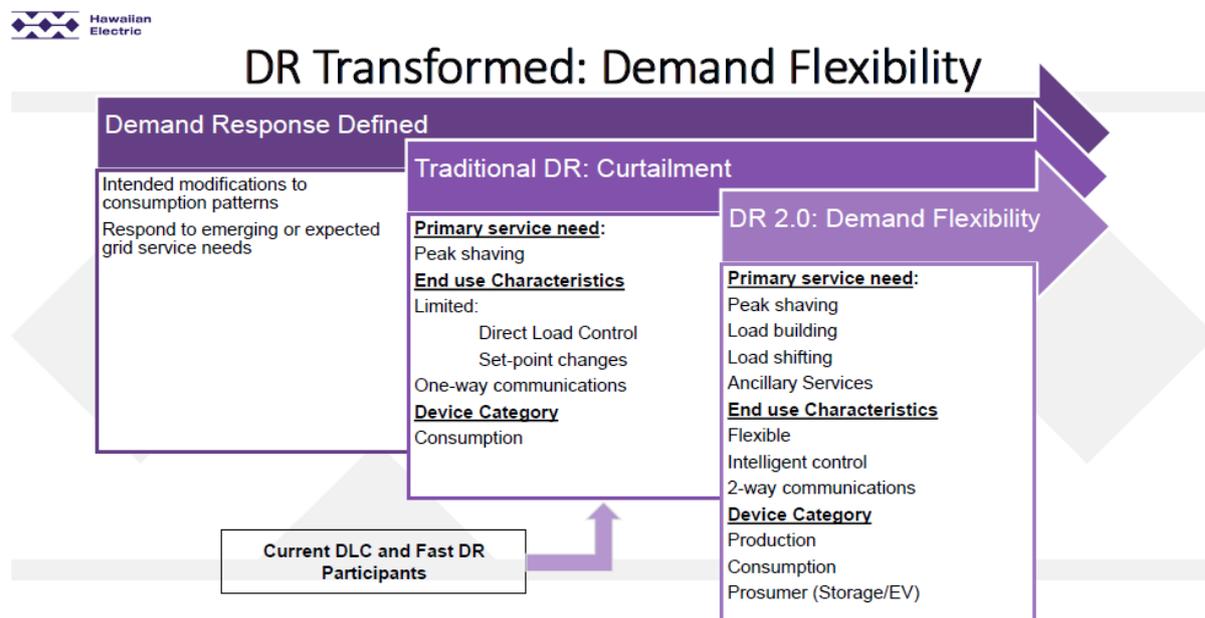


圖 2 HECO 需量反應推動轉變

目前 HECO 最重要的大用戶為自來水公司及軍方，但這兩者都不太有機會參與需量反應方案，因該用戶 24 小時皆有較大用電需求。HECO 未來預計推動 Aggregator 制度，但 HECO 為維持與用戶間的關係，HECO 傾向將用電抑低獎勵金由電力公司直接給用戶，僅給予 Aggregator 相關服務費用，此做法與日本相同。而台灣為順利推動 Aggregator 制度，規劃是將用戶抑低獎勵金由 Aggregator 轉發給用戶，與 HECO 做法較為不同。

HECO 正在建立電網服務市場，目前提供電網容量服務(含負載抑低及負載建置)及快速頻率反應(Fast Frequency Response, FFR)，用戶獎勵金額，

如圖 3；未來將會導入關聯性備用電力(Relating Reserve)，如：短時間供、需不平衡之備用電力，及替換性備用電力(Replacement Reserve)，如：預防電力調度預測失誤時之替代性備用電力。



Potential Incentive Payment

Grid Service	Incentive (\$/kW)	Monthly Incentive of 250kW Resource	Annual Incentive
Fast Frequency Response	\$5/kW	\$1,250	\$15,000
Capacity (Load Reduction)	\$2/kW	\$500	\$6,000
Capacity (Load Build)	\$3/kW	\$750	\$9,000

圖 3 需量反應之用戶獎勵金額

HECO 下午平均負載需求大概為 800MW，太陽光電 PV 可提供約 400MW，但 HECO 有些電廠需要持續運作，並維持一定的負載需求(base load)，因此 HECO 正在研擬建置負載(build load)方法，希望用戶能在家中自行裝設儲能電池進行充電，或藉由 Aggregator 的協助來達成；目前由此方案夏威夷茂宜島進行試驗。

HECO 建議推動 TOU 最佳時機就是利用其他議題包裝，如搭配智慧型電表布建或再生能源議題推廣；若小用戶可自行選擇參與的 TOU 方案後，HECO 會去換裝為智慧型電表。此方法與台電目前智慧電表布建原則相同，用戶若選擇 TOU 方案，將會優先布建智慧電表。

夏威夷負載最高發生在 10 月，主要並不是天氣太熱，而是濕度太高，

用戶無法接受太潮濕的天氣才開冷氣或除濕機。另外 HECO 也會透過冷氣銷售數量預測負載是否增高，因 2015 年冷氣銷售增加，確實反應到該年用電量上。

HECO 目前電動車(EV)充電站收取費用包含能量費用(Energy Charge)及容量費用(Demand Charge)，而該公司因政府限制，僅允許於夏威夷地區裝設 25 個電動車充電站，統計至目前為止 HECO 已設置 16、17 個充電站。HECO 認為充電站並不是一個賺錢方法，因為用戶只接受支付能量費用，而無法接受支付需量費用，故使用人數少，建置成本無法回收。

最後 HECO 也提到近幾年因夏威夷政府提供太陽光電裝設戶誘因補助或減稅措施，因此讓 PV 成長相當快速，許多用戶電費是 0 元或是負的，用戶覺得用電不用錢，使得用戶更浪費電，造成許多負面影響。



圖 4 與夏威夷電力公司同仁合照

(二)南加州愛迪生電力公司(SCE)

拜訪南加州愛迪生公司 (Southern California Edison, SCE) 主要是由公司的 Rate Design 的 Manager Robert A. Thomas 先生和 Principal advisor 的 Andre Ramirez 女士及資料分析師 Ray Liang 先生接待。

1. 背景介紹

SCE 係由加州公用事業委員會(California Public Utilities Commission) 及聯邦能源監控委員會(Federal Energy Regulatory Commission)管制，服務範圍為加州中部沿岸及南部區域，共 430 個城市，面積約 50,000 平方英里(約 130,000 平方公里)，服務約 1500 萬戶，其中住宅及商業用戶為 500 萬戶。SCE 之配電線路總長約 105,773 英里(約 170,225 公里)，服務區域含大約 140 萬支電桿，SCE 發電約 16% 電力供給用戶，其餘 84% 電力購買來自非 SCE 擁有的發電業者，如圖 5 所示。



圖 5 SCE 背景介紹

2. 智慧型電表建置現況

➤ AMI 背景資料

SCE 已完成全數住宅用戶(約 500 萬戶)之 AMI 智慧型電表安裝，並提供用戶線上查詢最快 24 小時前之用電資訊，且用電資料保留時間為 3 年。而 SCE 用戶可透過 Green Button (第三方資料維護商)網站，分享自己的用電資料，目前統計該網站已有 270 萬用戶註冊帳號，並嚴格訂定網站讀取及寫入功能，同時也資料分享、轉移及儲存的內容，將受到完整資安保護。

➤ AMI 布建及資料應用

表 1 為 SCE 在智慧型電表過去及現在布建差異。過去 SCE 僅針對 >200kW 的用戶裝設智慧型電表(稱為 Interval meter)，並且使用 Samples 的資料結構分析 AMI 用電資訊。而從 2013 年開始至目前，SCE 已完成 500 萬住宅用戶(<=200kW)全面換裝智慧型電表(稱為 Edison SmartConnet)，但其中有 1.9 萬戶拒絕換裝智慧型電表，原因是用戶擔心個人隱私及電磁波問題。

在資料應用方面，SCE 使用 Teradata 所提供的 SAS/SQL 和 SAS 資料庫做為 AMI 智慧型電表資料分析用途。一般資料取得是在 SAS 伺服器，透過一組帳戶來取得及存取負載資料；而若是需要計算的資料是將計算式利用 SQL 的程式碼，將計算公式轉移到 Teradata DBMS

計算，最後再將計算結果放置在 SAS 伺服器，(如：用戶蒐集平均用電資料或選擇最適合的電費方案)。

SCE 目前僅工、商(C&I)用戶以每 15 分鐘記錄一筆電表用電資料(Load Profile)，另住宅用戶為每 1 小時記錄一筆電表用電資料。同時 SCE 強調資料儲存格式僅以數字為原則，俾利後續作數據運算及管理應用。

表 1 智慧型電表過去及目前布建差異

Before SmartConnect	SmartConnect
Large customers(>200kW)	
Samples of small customers	All Small customers(<=200kW)
15-Minute	15-Minute or 60-Minute (Residential)
DB2 tables on Mainframe	ESCDW Teradata
Row : Month (or day of data)	Row : Interval of data
Packed (or Zoned) Decimal	Numeric
No numeric operation	Numeric operations
Less space	More space
Download data to SAS server	Optional
Convert to numeric	
Data processing on SAS server	Optional
50,000 accounts	5,000,000 accounts

現今 SCE 使用 Itron(美國兩大電表製造商之一)製造的智慧型電表及電表通訊晶片，如圖 6，並與 SCE 談到該公司為了後續電表維護及價格等因素，故採用 Itron 所開發的電表資料管理系統(MDMS)，且 SCE 將客戶的用戶用電資料皆交由 Itron 公司負責管理。



圖 6 SCE 布建之智慧型電表

➤ AMI 宣傳

SCE 在 AMI 建置初期，同樣有針對用戶進行 AMI 宣導活動，其中包含文宣以電費帳單夾頁或 E-mail 方式宣傳，另外 SCE 還有透過廣告及媒體宣傳。近幾年因成本考量，該公司僅在公司官方網頁做智慧型電表的宣傳作業如圖 7 所示，並無其他宣傳策略。

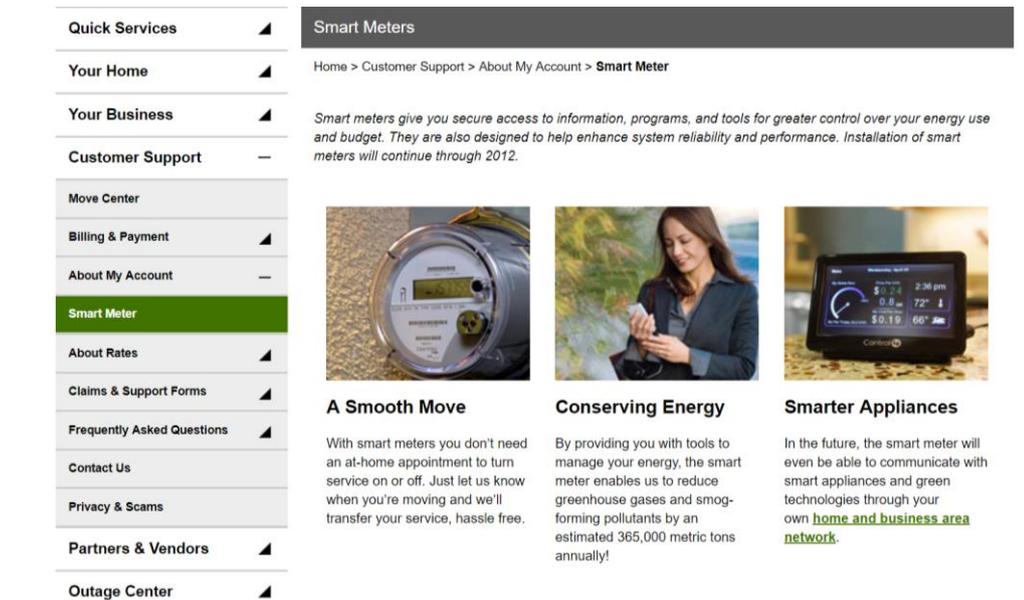


圖 7 SCE 智慧型電表宣傳網頁

➤ AMI 使用觀察

AMI 與其他資料類整合應用，包含用戶電費帳單、人口統計及收入等資料，以完整圖型顯示。另外 SCE 注重在市場上行銷，例如：設計健全的費率及行銷 TOU 方案。最後 AMI 能進行再生能源發電預測、電動車充電計量、需量反應、停電管理、負載預測等應用，該公司一致認為 AMI 是電網最佳的計量工具且值得進行布建。

3. 時間電價及需量反應討論

SCE 從 1990 年開始推動不排放污染物的潔淨能源(Clean Energy)，如圖 8 所示，SCE 預計 2030 年 CO₂ 排放為 270 百萬噸，且與 1990 年相比減少 40%。SCE 目標在 2045 年達到 100% 再生能源發電，且預計 2050 年 CO₂ 排放較 1990 年減少達到 80%。

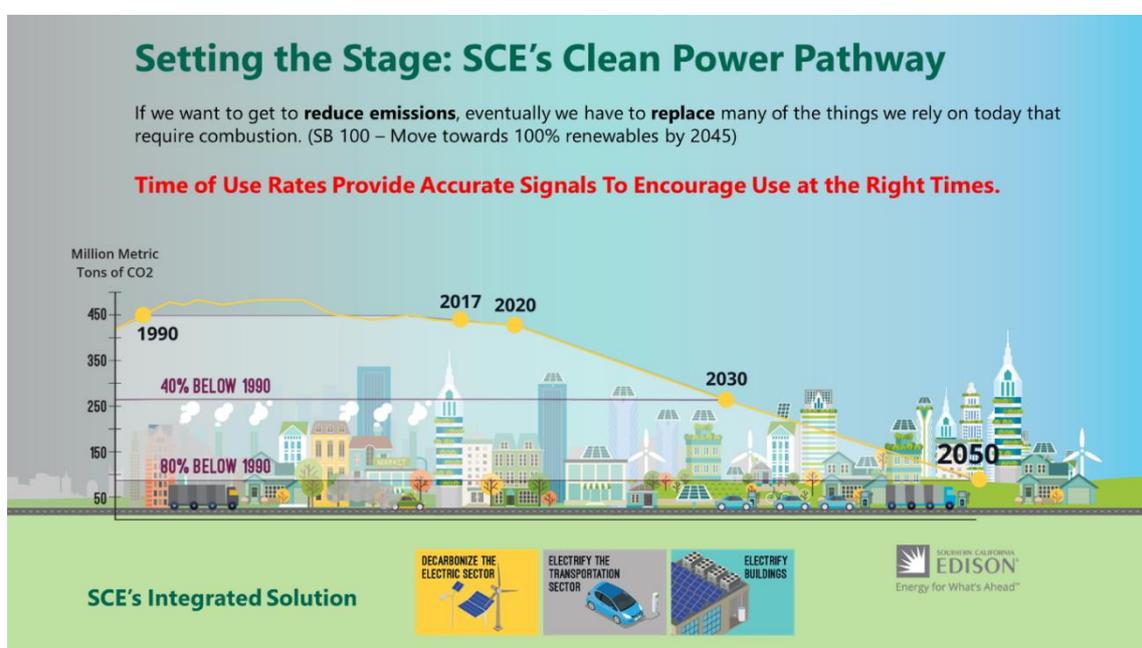


圖 8 SCE 潔淨能源期程

SCE 說明實行時間電價(TOU)的重要因素如下：

- ◆ 在供電不足及發電成本較高時，可以減少需求。
- ◆ 允許用戶分享低成本再生能源的好處(因為 SCE 將提供用戶價格極低的離峰用電費率)。
- ◆ 幫助用戶瞭解自身能源消耗管理。

圖 9 為電力負載減去太陽能(風力發電)後的電力曲線，稱為又稱為鴨子曲線，若太陽光發電量愈大，則鴨脖子愈為陡峭。

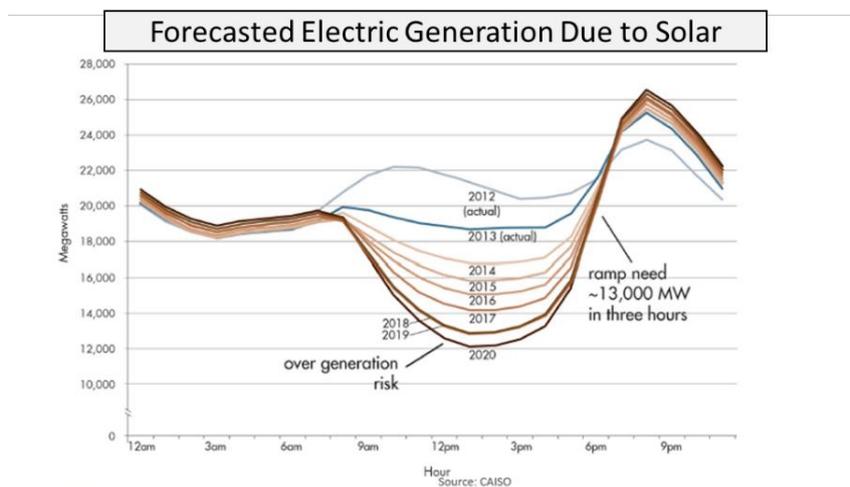


圖 9 SCE 大量太陽光電併入系統形成鴨子曲線

加州自從能源危機後，開始設計出 5 段式累進級距之電價方案，最高級距部分涵蓋電表裝置成本及再生能源建置等費用，故演變成高級距的電價愈高，使得用戶無法接受，因此 2013 年開始設計時間電價(TOU)方案，並強制工商業用戶參加 TOU，尖峰時間為 12pm~6pm，而從 2018 年 Q4 開始尖峰時段轉移至 4pm~9pm。

SCE 從 2016 年 6 月 1 日到 2017 年 12 月 31 日推行住宅用戶的 TOU 試驗 Opt-in 方案(預算約 800~1,000 萬美金)，如圖 10，並提供 Rate1、Rate2 及 Rate3 三種電價。該公司是從填寫問卷或上網報名方式找出 2.2 萬戶參與，並支付每戶 200 元美金的試驗獎金。SCE 主要目的是希望低收入戶及年長者能夠瞭解 TOU。

然而實施上的困難點是找不到足夠的參與試驗用戶，再者部分熱帶區且經濟困難的用戶對於 3 種費率較不感興趣，原因是該用戶平均用電量不高，時間電價對他們來說沒有太大誘因，因此 SCE 較難再進行後續推動。

Figure 4.1-1: SCE Pilot Rate 1 (January 2017)³⁵

Tariff	Season	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Weekday	Summer	Super Off-Peak (23.2¢)						Off-Peak (27.8¢)						Peak (34.8¢)											
	Winter	Super Off-Peak (22.7¢)						Off-Peak (22.7¢)						Peak (27.3¢)											
Weekend	Summer	Super Off-Peak (23.2¢)						Off Peak (27.8¢)																	
	Winter	Super Off-Peak (22.7¢)						Off Peak (22.7¢)																	

Figure 4.1-2: SCE Pilot Rate 2 (January 2017)

Tariff	Season	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Weekday	Summer	Super Off-Peak (17.6¢)						Off-Peak (29.1¢)						Peak (55.2¢)											
	Winter	Super Off-Peak (17.7¢)						Off-Peak (25.5¢)						Peak (27.6¢)											
Weekend	Summer	Super Off-Peak (17.6¢)						Off-Peak (29.1¢)																	
	Winter	Super Off-Peak (17.7¢)						Off-Peak (25.5¢)																	

Figure 4.1-3: SCE Pilot Rate 3 (January 2017)

Tariff	Season	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Weekday	Summer	Off Peak (16.3¢)						Peak (22.6¢)						Super On-Peak (37.0¢)											
	Winter	Off Peak (18.3¢)												Mid Peak (21.1¢)											
	Spring	Off Peak (18.3¢)						Super Off Peak (10.0¢)						Peak (25.0¢)											
Weekend	Summer	Off Peak (16.3¢)												Mid Peak (18.7¢)											
	Winter	Off Peak (18.3¢)						Super Off Peak (10.39¢)						Mid Peak (21.1¢)											
	Spring	Off Peak (18.3¢)						Super Off Peak (10.0¢)						Mid Peak (21.1¢)											

圖 10 SCE Opt-in 電價方案

SCE 在 2017 年 12 月開始推動另一個 TOU 試驗方案，稱為 Default 方案(預算約 2,100 萬美金)，大約 80 萬用戶(跨州)透過電腦隨機選為試驗方案用戶，其中 40 萬戶為 SCE 的用戶，且用戶可隨時退出。另該方案是隨機選定，因此無額外給付參與的試驗獎金。

在 Opt-in 方案的 Rate 3 發現 5 段式時間電價對用戶來說太過於複雜，因此 Default 方案是利用 Rate 1 及 Rate2(3 段式電價)為基礎，進行新一代費率設計。不同以往的是因再生能源大量增加，加州尖峰時段由從 2012 年的 10am-3pm 轉移至為 4-9pm。因此 Default 方案提供用戶兩種尖峰用電時段方案，其一為 4-9pm，另一種 5-8pm 方案。由於 5-8pm 尖峰時間較短，因此電價也相對較高，如圖 11 及圖 12，用戶同樣是透過電腦隨機選定是使用 Rate 1 或 Rate2 方案。

TOU Periods, seasons and projected rates for default pilot rate 1

Weekdays		1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12a
Winter	Jan	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Feb	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Mar	9p-8a												8a-4p					4p-9p				9p-8a		
	Apr	26.2¢												16.6¢					27.5¢				26.2¢		
	May	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
Summer	Jun	Off-Peak												Super Off-Peak					On-Peak				Off-Peak		
	Jul	Off-Peak												Super Off-Peak					On-Peak				Off-Peak		
	Aug	9p-4p												8a-4p					4p-9p				9p-4p		
	Sep	21.5¢												16.6¢					39.1¢				21.5¢		
Winter	Oct	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Nov	9p-8a												8a-4p					4p-9p				9p-8a		
	Dec	26.2¢												16.6¢					27.5¢				26.2¢		
Weekends		1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12a
Winter	Jan	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Feb	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Mar	9p-8a												8a-4p					4p-9p				9p-8a		
	Apr	26.2¢												16.6¢					27.5¢				26.2¢		
	May	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
Summer	Jun	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Jul	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Aug	9p-4p												8a-4p					4p-9p				9p-4p		
	Sep	21.5¢												16.6¢					25.5¢				21.5¢		
Winter	Oct	Off-Peak												Super Off-Peak					Mid-Peak				Off-Peak		
	Nov	9p-8a												8a-4p					4p-9p				9p-8a		
	Dec	26.2¢												16.6¢					27.5¢				26.2¢		

圖 11 TOU 試驗 Default 方案 Rate 1 電價

TOU periods, seasons and projected rates for default pilot rate 2

Weekdays		1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12a
Winter	Jan	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Feb	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Mar	8p-8a												8a-5p						5p-8p		8p-8a			
	Apr	27.0¢												16.7¢						28.5¢		27.0¢			
	May																								
Summer	Jun	Off-Peak												Off-Peak						On-Peak		Off-Peak			
	Jul	Off-Peak												Off-Peak						On-Peak		Off-Peak			
	Aug	8p-5p												8p-5p						5p-8p		8p-5p			
	Sep	22.2¢												22.2¢						46.1¢		22.2¢			
Winter	Oct	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Nov	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Dec	8p-8a												8a-5p						5p-8p		8p-8a			
		27.0¢												16.7¢						28.5¢		27.0¢			
Weekends		1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12a
Winter	Jan	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Feb	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Mar	8p-8a												8a-5p						5p-8p		8p-8a			
	Apr	27.0¢												16.7¢						28.5¢		27.0¢			
	May																								
Summer	Jun	Off-Peak												Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Jul	Off-Peak												Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Aug	8p-5p												8p-5p						5p-8p		8p-5p			
	Sep	22.2¢												22.2¢						27.3¢		22.2¢			
Winter	Oct	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Nov	Off-Peak												Super Off-Peak						Mid-Peak		Off-Peak			
	Dec	8p-8a												8a-5p						5p-8p		8p-8a			
		27.0¢												16.7¢						28.5¢		27.0¢			

圖 12 TOU 試驗 Default 方案 Rate 2 電價

目前 SCE 積極向用戶宣導時間電價，經 SCE 轄區內的行銷團隊、社區溝通組織都正在極力宣導後，其中有 60% 的用戶能正確地說出尖峰時段，而 40% 的用戶表示有透過用尖峰電移轉方式。該公司認為如何讓用戶清楚地知道尖峰時間才是重點，後續將會持續宣導並行銷尖峰時間段概念給用戶瞭解。

如圖 13 為 SCE 統計目前試驗結果，原先電腦隨機選擇 40 萬用戶，其中有 309,199 戶參與 Default 試驗方案，直到目前剩下 279,414 用戶。初步調查 Rate 1 和 Rate 2 尖峰抑低效果差別不大，4-9pm 方案達成尖峰抑低約 1.5%；而 5-8pm 方案尖峰抑低約 2%，如表 2，原因是用戶喜歡的是能更短的尖峰時段。

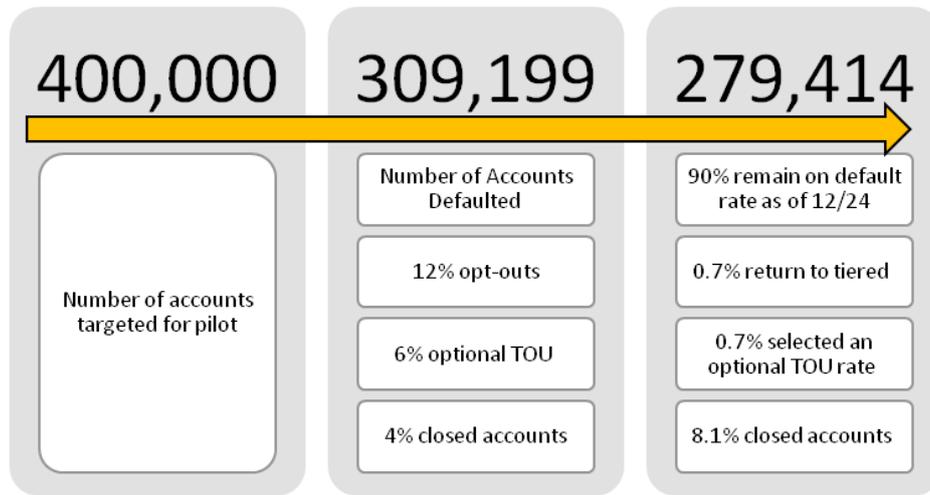


圖 13 SCE 用戶參與 TOU 試驗 Default 方案數量

表 2 夏季週間尖峰負載抑低情形

	4-9pm Peak	5-8pm Peak
Non-CARE	1.6%	2.1%
CARE	1.2%	1.5%
Total	1.5%	2%

SCE 預計在 2020 年 10 月對區域內 330 萬住宅用戶加入 Default TOU 時間電價方案，而 Default TOU 將影響電費，預計大多數用戶的電費金額上下波動不到 5 塊美金(每月)，設計出用戶滿意費率；另外目前 SCE 僅針對 C&I 用戶實施 CPP 電價方案，但不會強迫用戶選用。

最後 SCE 因受到加州政府管制，故稅後盈餘只允許為 7%(不含稅則為 11%)，超過金額必須繳回政府。



圖 14 與南加州愛迪生電力公司同仁合照

(三)加州電力調度中心(California ISO)

拜訪加州電力調度中心（The California Independent System Operator Corporation，CAISO）主要是由公司的 Senior Manager, John Goodin 先生、Manager, Jill Powers 女士及 James Bishara 先生接待。

1. 背景介紹

加州電力調度中心(CAISO)為北美 9 大獨立系統調度中心 ISO/RTOs(Real time Operation System)其中之一，分別為 CAISO、PJM、NYISO、ISONE、MISO、SPP、ERCOT、IESO 及 AESO，如圖 15 所示，轄區內有太平洋瓦斯及電力公司(Pacific Gas & Electric, PG&E)、Valley Electric Association(VEA)、南加州愛迪生電力公司(Southern California

Edison, SCE)及聖地牙哥瓦斯及電力公司(San Diego Gas& Electric, SDG&E), 服務約 3,000 萬用戶。



圖 15 北美 9 大獨立系統調度中心

CAISO 在 2006 年 7 月 24 日系統尖峰負載為 50,270MW，而在 2017 年輸送 2.32 億兆瓦電力輸送，輸電線路約 26,000 英里(約 41843 公里)，該年度市場營收 93 億，每 MWh 收取 0.81 元美金管理費用，2017 年每天 31,208 個市場交易，再 2018 年達到 1 億 9720 萬營收，如圖 16 所示。

The California Independent System Operator Corporation (ISO) operates the bulk of the state's wholesale transmission grid. The nonprofit, public benefit corporation provides open and non-discriminatory grid access, supported by a competitive energy market and comprehensive planning efforts. Partnering with over 200 entities, the ISO is dedicated to developing and operating a modern grid that benefits consumers.

The ISO power market matches supply with demand, maintains operating reserves and allocates space on transmission lines. The ISO is regulated by the Federal Energy Regulatory Commission and complies with standards set by the North American Electric Reliability Corporation and the Western Electricity Coordinating Council. A five-member board of governors appointed by the Governor of California and confirmed by the Senate oversees the ISO.

Highlights

- 50,270 MW record peak demand (July 24, 2006)
- 232 million megawatt-hours of electricity delivered (2017)
- 26,000 circuit-miles of transmission lines
- \$9.3 billion annual market (2017)
- 81¢ per MWh grid management charge
- \$197.2 million revenue requirement (2018)
- 31,208 market transactions per day (2017)
- One of 9 ISO/RTOs in North America
- 30 million people served

California Independent System Operator

www.caiso.com | 250 Outcropping Way, Folsom, CA 95630 | 916.351.4400

ConnFR/AO 10/2018 © 2018 California ISO

圖 16 CAISO 提供公司簡介

2. 參訪中討論議題

- **智慧型電表記錄用戶用電資料：**其實美國的電業幾乎不是每 15 分鐘記錄一筆用電資料，大部分還是 1 小時，CAISO 猜測大部分考量還是資料量儲存問題。事實上 CAISO 的需量反應方案，比較傾向能蒐集到每 5 分鐘的資料區間，原因對批發電力市場結算(Settlement)作業有幫助。因此目前 CAISO 的作法是以 15 分鐘的資料，然後回推每 5 分鐘的需量，但可能有資料準確性問題。如果有愈精細的資料將有助於更好的負載分析，也有助於費率設計，對住宅用戶也許 15 分鐘的資料就很足夠，但對於 C&I 用戶能夠愈精細愈好。基本上 C&I 用戶同時具備更有彈性的負載，

並更有潛力參加需量反應方案，若能搭配相關技術，更可抑低更多電力。

- **CAISO 對於鴨子曲線解決看法:**CAISO 觀察到目前聖地亞哥的尖峰時間 (peak time) 已經轉移到傍晚，因此希望用戶能在下午太陽光電發電較高時使用耗能的電器(如：將 EV、儲能電池及電熱水器等進行充電)。
- **當發生偶發事件時，系統恢復時間:**CAISO 的要求是當電力系統發生電力供電吃緊偶發事件(如電廠機組故障、供電線路發生斷線或大用戶負載提高等)，系統必須在 30 分鐘緊急做負載調配動作，因此需量反應通知時間相對重要。目前 CAISO 正規劃偶發事件之調度訓練，並先在供電瓶頸地區進行，倘若偶發事件能在前一日通知，調度電力就能夠更精確，因此 CAISO 正在規劃一套工具去判斷，並以 52.5 分鐘或 22.5 分鐘區段用電量執行調度預測，會有這麼奇怪的時間是因為 CAISO 的市場機制設計。
- **CAISO 建議能以費率設計著手:**CAISO 花了很多年的時間試圖整合需量反應方案，使它成為穩定的調度發電資源，但實際上需量反應並沒有預期般運作順利，如：參加緊急型方案的用戶在接到通知時並不太開心，儘管電力公司已支付用戶獎勵費用；在 CAISO 的立場是直接調整電費價格(如 TOU 或 RTP)，用戶會比較容易接受，並能夠有效達到負載抑低及負載移轉，而 CAISO 目前沒有設計調整頻率的需量反應方案。

3. 電力調度中心參觀

當天與 CAISO 同仁會議結束後，James 帶我們參觀 CAISO 的輸電線路調度中心，CAISO 並沒有擁有輸電線路及線路上的設備，輸配電線路是各電力公司自行擁有，但 CAISO 有操作設備權限。



圖 17 CAISO 調度員監控中心

如圖 17，CAISO 調度中心是使用西門子 SCADA 系統，而備援系統設在加州林肯。調度中心前方有一大片螢幕提供再生能源即時發電量、系統電壓、電流、頻率、停電資訊、由南到北輸電線路狀態及目前市場售電價格等資訊，讓調度人員在做電力調度參考。

在調度中心最右邊有一間獨立的辦公室，這是 CAISO 在一年前開始籌劃的可靠性協調員(Reliability coordinator, RC)部門，由於可靠性是電

網運行的基本要素，ISO 正在以可靠性協調服務邁進，並將這些服務提供給美國西部的其他平衡管制機構(Balancing Authority)。經過一年多的規劃和股東的投入，這項名為 RC West 的新服務有望在 2019 年推出。



圖 18 與 CAISO 同仁合照

(四)The Brattle Group 顧問公司

拜訪 The Brattle Group 顧問公司主要是由公司的總經理(Principal) AHMAD FARUQUI 博士和(Senior Associate) Mariko Geronimo Aydin 女士接待。

1. 背景介紹

Brattle 集團起源於 1990 年，提供經濟、財務及監管諮詢服務。1995 年，Brattle 與激勵研究公司合併，以加強其在能源方面的專業知識，並

在劍橋設立了第一個辦事處。2002年，協同諾貝爾獎得主 Dan McFadden 在舊金山設立辦公室，主要服務於西海岸和環太平洋地區的訴訟和公用事業客戶。2016年 Brattle 在劍橋、紐約、舊金山、華盛頓、多倫多、倫敦、馬德里，羅馬及雪梨設有據點，總部於 2017 年從劍橋搬遷至美國波士頓。AHMAD FARUQUI 博士致力於智慧電網對於用戶策略，並投入需量反應、費率設計、能源效率、AMI 智慧型電表及成本分析等相關研究，對於智慧電網推動經歷相當豐富。

2. 參訪討論議題

Ahmad 博士首先以透過一段「2040 A Pricing Odyssey」故事來說明為因應再生能源發展，費率設計的演進措施。Ahmad 博士從 2020 年各國電力公司費率設計，如表 3，及亞利桑納服務公司提供費率方案，如圖 19，可以瞭解到各國持續在設計不同的時間電價及需量反應方案，以符合市場期待及提高用戶滿意度。

表 3 各國電力公司 2020 年費率設計

Utility or Location	Type of Rate	Applicability	Participating Customers
Oklahoma Gas & Electric	Variable Peak Pricing (VPP)	Opt-in	20% (130,000)
Maryland (BGE, Pepco, Delmarva)	Dynamic Peak Time Rebate (PTR)	Default	80%
Ontario, Canada	Time-of-Use (TOU)	Default	90% (3.6 million)
Great	Time-of-Use	Opt-in	13% (3.5 million)

Britain	(TOU)		
Hong Kong (CLP Power Limited)	Dynamic Peak Time Rebate (PTR)	Opt-in	27,000
Arizona (APS, SRP)	Time-of-Use (TOU)	Opt-in	57% of APS' residential customers (20% of which are also on a demand charge), 36% of SRP's
California (PG&E, SCE, SDG&E)	Time-of-Use (TOU)	Default (2019)	TBD – 75-90%*
California (SMUD)	Time-of-Use (TOU)	Default	75-90%*
Colorado (Fort Collins)	Time-of-Use (TOU)	Mandatory (for residential)	100%
Illinois (ComEd, Ameren Illinois)	Real Time Pricing (RTP)	Opt-in	50,000
France	Time-of-Use (TOU)	Opt-in	50%
Spain	Real Time Pricing (RTP)	Default	50%
Italy	Time-of-Use (TOU)	Default	75-90%*

PLANS	BASIC SERVICE CHARGE (PER DAY)	ENERGY CHARGE (PER kWh)	OFF-PEAK PRICING	SUPER OFF-PEAK WINTER PRICING	ON-PEAK SUMMER PRICING	ON-PEAK WINTER PRICING	ON-PEAK SUMMER PEAK USAGE (DEMAND) CHARGE PER kW	ON-PEAK WINTER PEAK USAGE (DEMAND) CHARGE PER kW	OFF-PEAK HOURS	SUPER OFF-PEAK WINTER HOURS	ON-PEAK HOURS	ENERGY USE RESTRICTIONS (12-MONTH AVERAGE)	RENEWABLE ENERGY COMPATIBLE
Saver Choice	42.7¢	-	10.873¢	3.200¢	24.314¢	23.068¢	-	-	8 p.m. – 3 p.m. weekdays, all weekend +10 holidays	10 a.m. – 3 p.m. weekdays	3 p.m. – 8 p.m. weekdays	-	Yes (with grid access charge)
Saver Choice Plus	42.7¢	-	7.798¢	-	13.160¢	11.017¢	\$8.40	\$8.40	8 p.m. – 3 p.m. weekdays, all weekend +10 holidays	-	3 p.m. – 8 p.m. weekdays	-	Yes
Saver Choice Max	42.7¢	-	5.230¢	-	8.683¢	6.376¢	\$17.44	\$12.24	8 p.m. – 3 p.m. weekdays, all weekend +10 holidays	-	3 p.m. – 8 p.m. weekdays	-	Yes
Lite Choice	32.9¢	11.672¢	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Under 600 kWh per month	No
THE FOLLOWING PLAN IS AVAILABLE TO ELIGIBLE CUSTOMERS AFTER A TRIAL OF 90 DAYS ON ONE OF THE SAVER CHOICE PLANS.													
Premier Choice	49.3¢	12.393¢	-	-	-	-	-	-	-	-	-	601-999 kWh per month	No

圖 19 亞利桑納服務公司提供費率方案

2040 年加州、夏威夷及紐約率先達到 100% 綠色能源，緊追在後的是科羅拉多州、伊利諾州、明尼蘇達州和新墨西哥州。Ahmad 認為再生能源是間歇性能源，電費在市場上應每分每秒調整，並結合智慧型手機及亞馬遜的 Alexa 5.0(智慧音箱)以控制家中電器設備，一旦電費變高時，手機或 Alexa 會自動將較少用到的家電關閉；若電費變低時，將自動調整最佳用電模式，如此一來用戶就不需要時時刻刻盯著時間來調整自己用電習慣，此方式蠻值得加入到台電智慧家庭展示館展示，讓民眾感受到智慧家庭帶來之便利。

Ahmad 博士也提到動態電價開始推行為 1970 年後期，未來(2040 年)將會因為再生能源快速發展，而全面普及化。原因是動態電價可以創造更多價值，並增加消費者和生產者盈餘。如圖 20 所示 3 種日負載曲線，橘色線為傳統日負載曲線，綠色線為再生能源與傳統機組的日負載曲線，最後藍色線為採動態電價，預測動態電價將是未來再生能源全面加入，必須實行的重要一環。後續台電亦可發展動態電價，但前提是台灣須全面布建 AMI 才能實施。

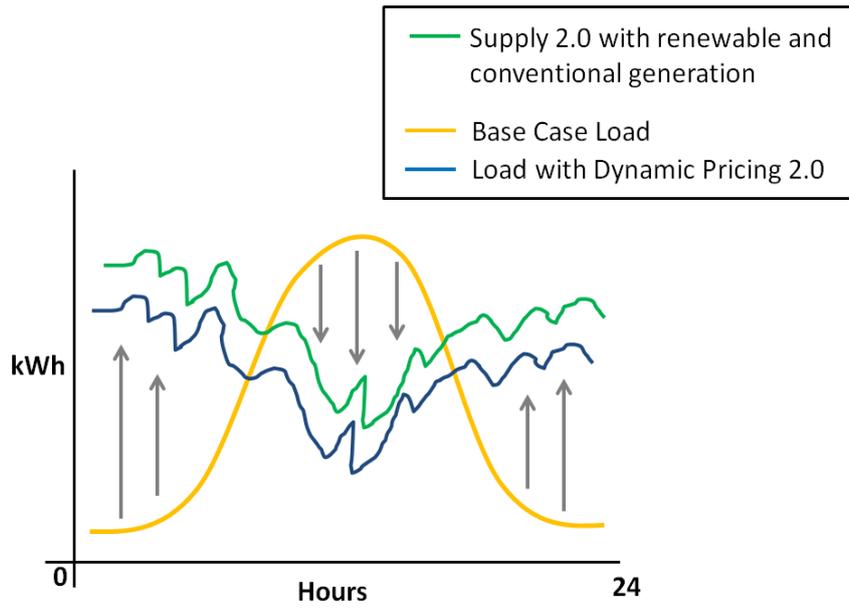


圖 20 至 2040 年日負載曲線比較



圖 21 與 The Brattle Group 同仁合照

(五) OMNETRIC (A Company of SIEMENS)

Omnetric Group 創立於 2013 年 10 月，該公司為西門子(SIEMENS) 與埃森哲(Accenture)共同合資，Omnetric Group 匯集西門子智慧電網的產品和解決方案，並與埃森哲的管理技術諮詢和管理服務，以提高電網能源利用率、優化電網營運及增加電網可靠性，而 Omnetric Group 於 2018 年改由 100%西門子獨資。

Omnetric Group 於全球共有 11 個 IT/OT 的服務據點及 1 個貨運交換中心，其中美國 4 個服務據點，約 85 名員工，該公司分布如圖 22。

由於參訪當時遇到 Omnetric 公司正進行電表資料管理系統 (MDMS) Energy IP 版本升級作業，原訂參與會議之工程師因近期加班勞累，取消議程，因此無法取得詳細之 MDMS 系統相關技術資料。



圖 22 OMNETRIC 各國分布據點

(六) 紐約聯合愛迪生電力(Consolidated Edison)

拜訪紐約聯合愛迪生電力 (Consolidated Edison, 簡稱 Con Ed) 此次參訪主要由 OMNETRIC 的 Senior Vice President Global Sales, Jim Fisher 協助安排。由於該公司所使用之電表資料管理系統(Metering Data Management System, MDMS)與本公司使用一致，皆為西門子所開發之 Energy IP，故瞭解紐約 AMI 智慧型電表建置外，亦可同時瞭解系統使用情形。

(1)背景介紹

紐約聯合愛迪生公司為美國最大的私人能源輸送公司之一，最早前身為 1823 年成立的紐約瓦斯燈公司(New York Gas Light Company)，2010 年的總營收約為 130 億美元，持有超過 360 億美元的資產，並透過旗下各分公司提供消費者多種與能源產品和服務，目前供應紐約電力、瓦斯及暖氣系統等服務，約 1,000 萬戶；而目前 Con Edison 住宅用戶每度電(kWhr)為 0.20~0.25 塊美元，相當於 6.2~7.75 塊台幣，以紐約物價水平來說相對低，圖 23 為 Con Edison 公司的收入來源。

Revenue by Business

(million \$)

2014

2015

2016

• CECONY Electric	\$8,106
• CECONY Gas	\$1,508
• CECONY Steam	\$551
• O&R Electric	\$637
• O&R Gas	\$184
• CEB's (CES, CEE, CED, CET)	\$1,091

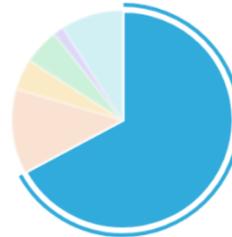


圖 23 紐約 Con Edison 公司的收入來源

(2)智慧型電表 AMI 介紹

Con Edison 從 2016 年才開始規劃智慧型電表布建，並 2017 年從紐約史坦頓島開始安裝，相較於美國加州，紐約地區較晚才開始進行布建，現行住宅用戶約 540 萬戶，其中 120 萬戶已完成智慧型電表及智慧瓦斯表安裝，預計 2022 年完成全數(540 萬)住宅用戶建置後，再進行工、商業等大電力用戶安裝，布建順序與本公司情形相反，原因是該公司認為工、商業等大電力用戶電費結構複雜，且 Load Profile 每 5 分鐘回傳至電表資料管理系統(MDMS)，將必須增加設備成本，因此延後大電力用戶布建，圖 24 及圖 25 為紐約 Con Edison 公司之低壓 AMI 布建規劃及區域期程。

Smart Meter Initiative: Building an Advanced, Smarter Grid

- **5.4 million smart meters** to be installed by 2022
- **\$1.4 billion investment** represents largest (in dollar terms) in Con Edison's 193-year history
- Expected to **improve operations** and **reduce expenses**
- **Empowers customers** to manage their bills and energy usage in new ways

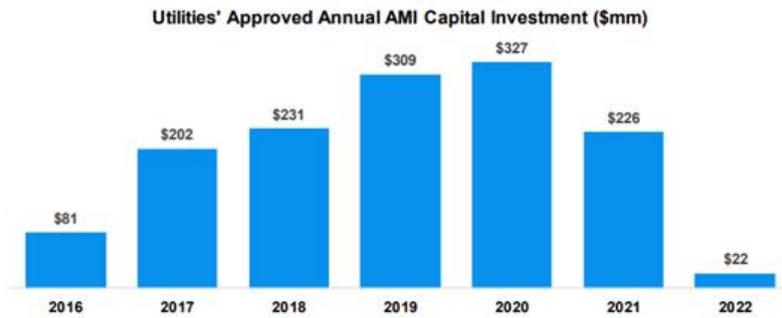


圖 24 紐約 Con Edison 公司智慧型電表布建規劃

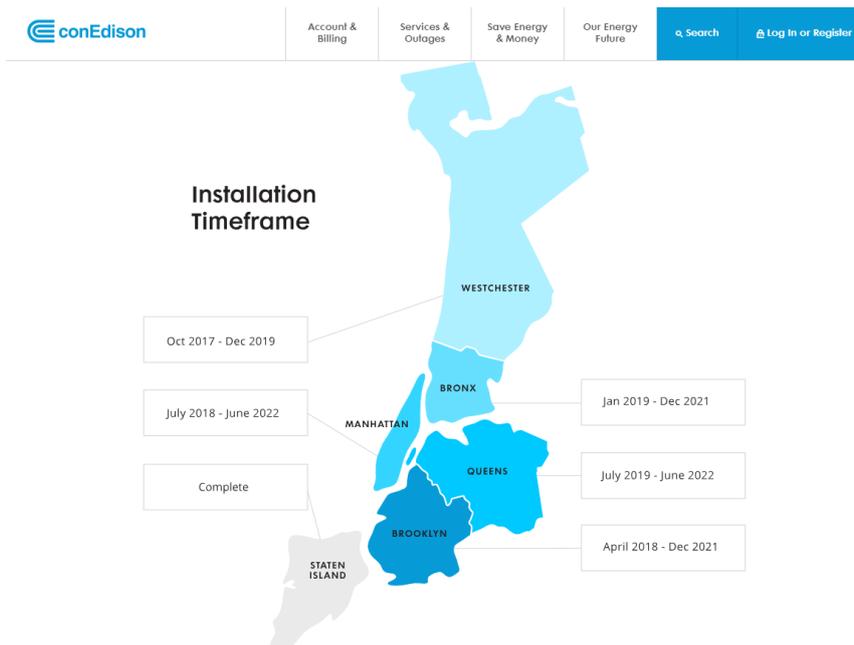


圖 25 紐約 Con Edison 公司智慧型電表布建區域期程

針對紐約聯合愛迪生公司參訪議題整理如下：

- Con Edison 使用的智慧型電表為 Landis+Gyr 公司所製造，Con Edison 規劃

工商業用戶每 5 分鐘及住宅用戶每 15 分鐘記錄一筆用電訊息，其電表的通訊晶片是採用 Itron 製造，並以 Mesh 通訊技術傳送訊息(傳輸頻段為 900Hz)，而該公司網路是透過美國當地電信業者 AT&T 和 Verizon 電信，網路皆為私有雲，並受到完整保護。

- 紐約聯合愛迪生公司已成立專門負責維護智慧型電表之部門，但該公司僅負責電表安裝及維修，而通訊部分則改由 Itron 公司負責管理；再者因電表資料管理系統(MDMS)是由 Omnetric Group 建置，而在系統上線較不穩定期間，仍由 Omnetric 進行處理與維護，但該公司希望未來自己的團隊可經由教育訓練，漸漸地改成自行維護，以降低維護成本。
- 紐約聯合愛迪生公司目前暫無規劃將智慧型電表與家庭能源管理系統 (HEMS)整合應用，第一個原因為 HEMS 是由電表蒐集用戶的用電訊息，上傳至雲端系統後，再將資料從雲端系統下載至居家顯示器(In Home Display, IHD)，該公司認為安全性不足，恐怕有資通安全疑慮；其二是該公司擔心電表與用戶的 IHD 通訊連線率不佳，造成用戶使用感覺不佳，因此紐約地區尚未推廣智慧型電表與 HEMS 系統結合應用。
- 紐約聯合愛迪生公司針對具有智慧型電表裝設戶，提供 Web Portal 用電查詢服務。用戶可以透過該網站查詢 30 分鐘前的全時段的用電訊息；用戶亦可自行設定電費或用電量的警示門檻值，一旦達到或超過門檻值，網站會透過

e-mail 的方式通知用戶。未來紐約聯合愛迪生公司希望藉由用電資料分析，進行用電預測或電費預測，並進行各種方案費率的試算功能，以提供用戶費率選擇建議或節能設備導入。另外 Con Edison 目前也再思考 AMI 宣導事宜，宣傳方式朝向文宣手冊及 DM 等進行，如圖 26 為該公司網站上宣傳網頁。

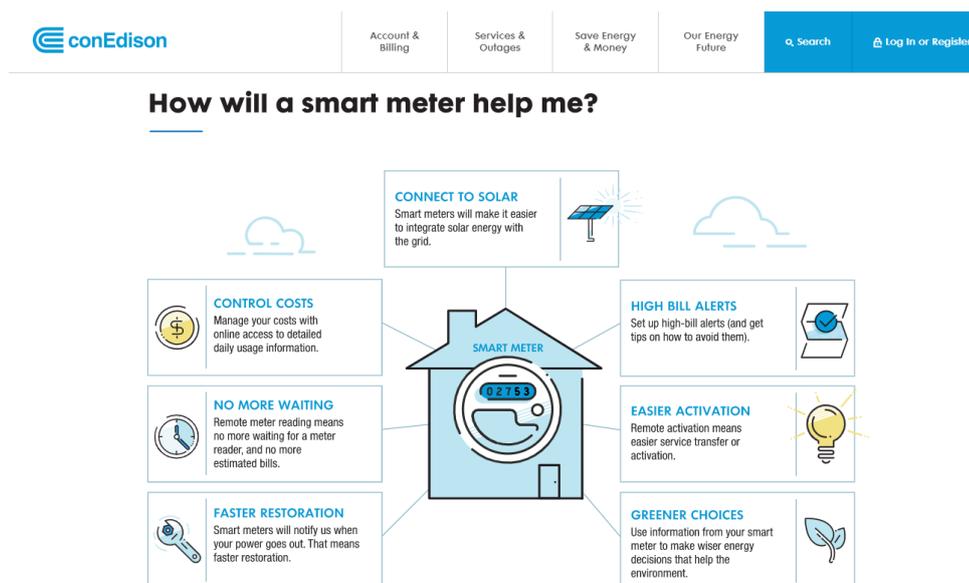


圖 26 Con Edison 智慧型電表宣傳網頁

- 最後 Con Edison 的智慧型電表還可以做為煙霧感測裝置，因紐約較為寒冷，住戶家中都有燒炭，倘若一發生火災，電表能偵測到煙霧，緊急通知電力公司及消防單位赴現場搶救。

(3)再生能源發展

由於紐約州政府宣布於 2040 年達成 100% 零碳目標(包含核能及再生能源)，比起加州地區提早約 5 年，然而目前紐約聯合愛迪生公司是以核

能發電為主力，但該公司正在積極推動分散式能源(Distribution Energy Resource, DER) 發展，如圖 27 所示。

由於紐約市天氣較為寒冷，且與台北一樣人口密集及建築物特色，因此發展再生能源仍受限制，Con Edison 也針對提高再生能源占比提出兩種運為方式，第一為授權給第三方團體，並建立長期契約，稱為 PPAs(Power Purchase Agreements)，第三方團體僅將電力賣回給電力公司，再生能源設備資產皆屬於第三方團體；第二為私人企業建造大規模再生能源設備後，再將建置設備資產轉賣給電力公司，並由電力公司在賣電力給用戶。Con Edison 提到若選擇第二種方式，電力公司將可以降低成本，利用太陽能供給的用戶可減少 20% 電費，及利用風力供給的用戶可減少 30% 電費。另外該公司覺得要維持較低的電價及正常的營運，必須在火力發電、核能發電、再生能源等合理的比例分配。

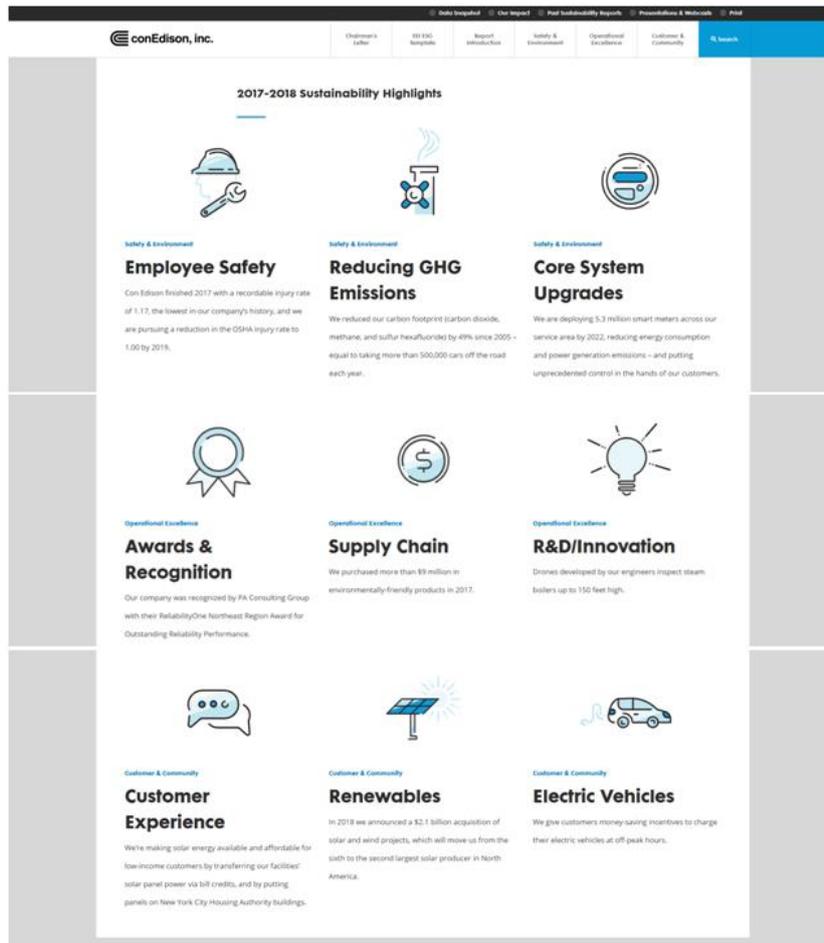


圖 27 紐約 Con Edison 電力公司之發展重點



圖 28 與紐約聯合愛迪生公司同仁合照

三、 心得及建議事項

(一) 重要資料值得參考

- 訪問夏威夷電力公司(HECO)瞭解該公司為提升電網電力使用效率及再生能源發電量，HECO 以有線電視(Cable TV)為例，電視盒是屬於有線電視公司的，但消費者可透過這個產品觀看有線電視節目，並付費給有線電視公司。相同的模式若作為儲能應用，如電力公司可將儲能電池租給用戶，用戶可藉由儲能電池，儲存再生能源發電量使用，或自行做電力使用分配，對於電力公司將可以獲得額外的好處，達到雙贏的策略。HECO 舉出這個例子還蠻受用，可做為後續台電公司未來應用參考。
- 訪問南加州愛迪生電力公司(SCE)獲得許多 SCE 推行時間電價的心得，該公司認為時間電價(TOU)級距愈少愈好，且只需分為冬季及夏季電價，希望能讓用戶清楚地瞭解時間電價；另外加州去年試驗兩種住宅尖峰時段電價，一種為 4~9pm，考慮此時用戶可能因下班回家需要煮飯或洗衣服的關係，因此 SCE 縮短至 5~8pm，但電費價格較 4~9pm 方案略微提高，結果發現兩者負載抑低效果差異不大，因為用戶在意的是尖峰時段太長，此研究可以提供給台電公司未來推動新版時間電價作為參考。
- 在與 CAISO 交流時瞭解到未來因應再生能源大量發展，CAISO 是希望從費率進行研究，原因為加州實施多年的需量反應方案，大部分用戶不願意支持與配合，因此 CAISO 建議可設計出一套能讓多數用戶接受的費率機

制，再透過與用戶教育及宣導後，節電的成效較佳。建議電力公司可利用問卷調查方式，了解用戶可接受的用電級距、電費價格及尖、離峰時段等，再來進行費率設計。

- 訪問 The Brattle Group 顧問公司，由 Ahmad 博士透過一段奇幻之旅的故事，讓我們思考未來因能源轉型，如何設計出適合用戶的電價方案，雖然 Ahmad 博士建議使用動態電價方式調整，台灣可能需要設計多一點電價方案，且做進一步試驗評估。
- 訪問紐約 Con Edison 電力公司取得該公司針對智慧型電表建置經驗，及電表資料管理系統(MDMS)對於不同用戶制定的 VEE 資料，而 Con Edison 相信 MDMS 唯有使用西門子 Energy IP 系統才能夠提供 C&I 用戶每 5 分鐘及住宅用戶每 15 分鐘電表用電資料，當天參訪 Con Edison 的經理透過網頁，分享自家 30 分鐘前，每 15 分鐘一筆的用電資料，並且還能計算出本期用電金額。

(二) 心得與建議

此趟美國行程參訪許多當地電力公司，也從交談當中瞭解到 AMI 智慧型電表建置經驗、AMI 資料分析應用、需量反應及時間電價等規劃與執行成果，尤其需量反應及時間電價是之前較少接觸的部分，藉由

這次參訪機會能夠瞭解到國外推行案例。因此針對此次學習到的心得及建議事項整理如下：

- 為了因應政府能源轉型，各電力公司皆積極推動再生能源發展，同時提出許多試驗性時間電價及需量反應方案措施，以解決鴨子曲線問題產生，而有些電力公司為維持傳統機組正常運作，希望能在太陽日照強的時段(12:00-16:00)增加負載，因此電力公司鼓勵用戶在該時段時使用電器，此部分台電公司亦可納入後續規劃時間電價參考。
- 由於 SCE 受到加州政府管制，故稅後盈餘只允許為 7%(不含稅則為 11%)，超過金額必須繳回政府；另比較台灣電價審議內容為「合理利潤之投資報酬率設定為 3%至 5%，有累積虧損待彌補期間，投資報酬率上限 5%，全數彌補累積虧損；累積虧損不存在時，投資報酬率降為 3%。」，瞭解到再制定電價時，並不單方面僅考量公司的營運成本，也需要考慮到電價合理利潤，故就制定電價方面，並不是簡單的事情。
- 再者美國電業不外乎使用 Itron 或 Landis+Gyr (全球兩大智慧型電表製造廠商)製造的智慧型電表，電表規格標準較為統一，而通訊傳輸技術方式亦與台電方式相同。此趟訪問南加州愛迪生電力(SCE)瞭解加州地區多數電力公司原先規劃全數用戶皆以每 15 分鐘記錄一筆電表用電資料；現今改為住宅用戶 1 小時記錄一筆，及 C&I 用戶 15 分鐘記錄一筆電表用電資料，而住宅用戶因幅員較廣，最快僅能查詢到前一日的用電資訊，C&I

用戶約 12 小時前的用電資訊。台電後續亦可評估低壓 AMI 每 15 分鐘資料蒐集之效益，將延長用電訊息記錄時間，讓 AMI 智慧型電表發揮最大。

- 美國當地各電力公司推行時間電價方案，除了讓使用者滿意之外，大部分皆以營利為目的，如夏威夷電力公司前幾年推行淨能源計量(Net Energy Metering, NEM)方案，由於該方案造成公司虧損，故夏威夷電力取消此方案後，並重新進行費率設計，再推行 NEM 2.0。參訪許多電力公司皆積極檢討、修正現行之推動方案，將公司無法賺錢的方案刪除，因此國外電力公司可以在短時間內，快速進行許多不同時間電價方案試驗；台電後續因再生能源所推行的 TOU 試驗方案，可視推行效益，定期滾動檢討。

四、 文獻參考

1. 夏威夷電力公司(HECO)電價表

<https://www.hawaiianelectric.com/billing-and-payment/rates-and-regulations>

2. SCE 智慧型電表宣傳網站

<https://www.sce.com/customer-service/my-account/smart-meters?fbclid=IwAR1FpgXmDtI95k-xaAwbV4tGMwL718UKmBM6kvEtXRY3KkqmQjOtOGBW8cU>

3. SCE 潔淨能源(Clean Energy)期程

<https://www.sce.com/about-us/reliability/meeting-demand/pathwayto2030>

4. CAISO RC West 詳細資料

<http://www.caiso.com/informed/Pages/RCWest/Default.aspx>

5. Arizona Public Service Company (APSC) 提供電價費率方案

<https://www.aps.com/library/rates/PlanComparison.pdf>

6. 紐約聯合愛迪生公司(Con Edison) 2017 年營收統計

http://eei.org/meetings/Meeting_Documents/2017-finconf-conedison.pdf

7. 全球兩大電表公司財務報告

<https://www.greentechmedia.com/articles/read/itron-landisgyr-duel-for-market-share-in-smart-metering-grid-networking#gs.a4iyww>