

出國報告（出國類別：實習）

低壓用戶智慧型電表基礎建設(AMI) 通訊設備之實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：楊程鈞(電機工程師)

派赴國家：美國

出國期間：106.10.10~106.10.19

報告日期：106.12.18

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：低壓用戶智慧型電表基礎建設(AMI)通訊設備之實習

頁數 47 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

楊程鈞/台灣電力公司 配電處/五等設備維護專員/02-23668661

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 10 月 10~19 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)

內容摘要：

依 105 年 9 月 22 日行政院第 3515 次院會准予備查之「低壓智慧型電表推動規劃」與 105 年 12 月 26 日行政院第 35 次政策列管會議院長提示事項，本公司目前依前述方案進行滾動式檢討後續低壓 AMI 布建，預計 107 年底前完成 20 萬戶、109 年累計完成 100 萬戶、113 年累計完成 300 萬戶低壓 AMI 布建，由於 AMI 對通訊網路依賴度高，因此對於一些區域網路(LAN)及廣域網路(WAN)採用之相關通訊技術及設備的實際建置經驗，更顯得相對重要，且大量布建後各項設備(電表及通訊設備)之運轉維護亦為重要任務。

為利本公司新型模組化低壓 AMI 電表(以下簡稱低壓 AMI)布建，須深入了解國外 AMI 布建策略以及運轉維護情況，故赴美國觀摩智慧電網及電表推動經驗，觀摩喬治亞電力(Georgia Power Company)、費城電力(PECO)、南加州電力公司(SCE)與其工商用戶及相關技術協力廠商(SENSUS)等，攜我國模組化電表推動策略及未來研擬之負載管理制度等智慧電網議題，與美方交流，學習美國電力公司對於 AMI 布建及運轉維護

之方法與經驗，以利我國低壓 AMI 電表後續布建。其中 Georgia Power Company 為美國綜合電業且已推動 AMI 建置，背景與本公司相似，均為綜合電業下推動 AMI 之情境，可深入了解美國經驗，以此為借鏡，且可作為本公司布建時相關問題及解決方案研擬之參考；而觀摩費城電力 PECO、南加州電力公司 SCE、電力公司之工商用戶及技術協力廠商，將可就不同角度瞭解美國智慧電網需求、技術現況及低壓 AMI 電表布建與維護等經驗學習。

透過觀摩瞭解美國智慧電網現況及未來，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，提供我國未來智慧電表布建之參考依據。

目 錄

	頁次
圖目錄.....	ii
一、 內容摘要.....	5
(一)緣由與目的.....	5
(二)出國行程規劃.....	5
二、 參訪內容及經過.....	7
(一)參訪喬治亞電力(Georgia Power).....	7
(二)訪問喬治亞理工學院(Georgia Tech).....	23
(三)費城電力(PECO).....	24
(四)SENSUS 公司技術介紹.....	31
(五)紐約聯合愛迪生電力(Con Edison Power).....	34
(六)Brattle 顧問公司.....	38
(七)南加州愛迪生電力公司(SCE).....	41
三、 心得及建議事項.....	44

圖目錄

頁次

圖 1	南方電力控股集團項下四間電力公司.....	9
圖 2	喬治亞電力公司背景現況.....	9
圖 3	喬治亞電力公司智慧電表支援功能介紹.....	10
圖 4	喬治亞電力之 IHD 加值服務.....	10
圖 5	喬治亞電力提供之便民服務(一).....	11
圖 6	喬治亞電力提供之便民服務(二).....	11
圖 7	喬治亞電力 AMI 之後台系統提供之服務.....	11
圖 8	喬治亞電力 AMI 後台應用功能說明.....	12
圖 9	喬治亞電力 AMI 支援預付費制度及系統.....	12
圖 10	喬治亞電力 AMI 整合開票系統支援多元化付費系統.....	13
圖 11	喬治亞電力資訊系統整合停電管理系統.....	13
圖 12	喬治亞電力資訊系統整合停電管理系統.....	14
圖 13	喬治亞電力客服中心整合各種系統提供即時客服.....	14
圖 14	最近一年電費與用電量資訊呈現.....	18
圖 15	當月份用電量(KWH)分析.....	19
圖 16	當月份電費明細分析.....	19
圖 17	最新計費區間之每日用電分析.....	20
圖 18	最新計費區間之每日用電分析.....	21
圖 19	負載區段資料 LOAD PROFILES.....	21
圖 20	不同 Y 軸比較.....	22
圖 21	喬治亞電力及喬治亞理工大學用戶合影.....	24
圖 22	愛克斯龍 (EXELON) 電力公司旗下擁有的電力公司介紹.....	26
圖 23	PECO 之 AMI 支援功能設定.....	27
圖 24	PECO 公司網頁支援用戶電費細節及停電查詢功能.....	27
圖 25	PECO 之 AMI 與智慧電網之 IT 整合系統規劃.....	28
圖 26	PECO 之智慧電網規劃範疇.....	29

圖 27	PECO 之停電管理系統	29
圖 28	PECO 電力公司的 AMI 效益分析	30
圖 29	SENSUS 通訊網路架構	32
圖 30	費城電力 AMI 通訊系統架構.....	33
圖 31	訪問費城 PECO 與 SENSUS 之交流會議情形.....	34
圖 32	紐約 CON EDISON 公司的收入來源	35
圖 33	紐約 CON EDISON 電力公司之 AMI 建置規劃	35
圖 34	紐約 CON EDISON 電力公司之發展重點	37
圖 35	SMART GRID TECHNOLOGY.....	39
圖 36	SCE 即時電價啟動條件	42
圖 37	SCE 即時電價 9 種方案之 24 小時每度電費	43

一、內容摘要

(一) 緣由與目的

依 105 年 9 月 22 日行政院第 3515 次院會准予備查之「低壓智慧型電表推動規劃」與 105 年 12 月 26 日行政院第 35 次政策列管會議院長提示事項，本公司目前依前述方案進行滾動式檢討後續低壓 AMI 布建，預計 107 年底前完成 20 萬戶、109 年累計完成 100 萬戶、113 年累計完成 300 萬戶低壓 AMI 布建，由於 AMI 對通訊網路依賴度高，因此對於一些區域網路 (LAN) 及廣域網路 (WAN) 採用之相關通訊技術及設備的實際建置經驗，更顯得相對重要，且大量布建後各項設備(電表及通訊設備)之運轉維護亦為重要任務。

AMI 電表基礎建設 AMI 為智慧電網架構中最重要的一環，而台灣相較於美國，智慧電網的設置尚處於剛起步並沒有太多經驗，故想經由這次機會參訪，了解目前美國對於智慧電網建置所遭遇到的困難及探討未來合作機會。另外，相較於傳統的機械式電表只負責單向用電計量，在 AMI 系統建置完成後，利用雙向通訊的技術將可達成遠端資料讀取、提供、設定及控制等功能，用以達成需量反應、自動讀表、時間電價、減少發電損失及成本等目的，進而促使用戶自主性節能及達成節能減碳目標。

為利本公司低壓 AMI 電表布建，須深入了解國外 AMI 布建策略以及運轉維護情況，故擬赴美國觀摩智慧電網及電表推動經驗，觀摩 Georgia Power Company、費城電力(PECO)、南加州電力公司(SCE)與其工商用戶及相關技術協力廠商(SENSUS)等，藉由與美方交流，學習美國電力公司對於 AMI 布建及運轉維護之方法與經驗，以利我國低壓 AMI 電表後續布建。其中 Georgia Power Company 為美國綜合電業且已推動 AMI 建置，背景與本公司相似，均為綜合電業下推動 AMI 之情境，可深入了解美國經驗，以此為借鏡，且可作為本公司布建時相關問題及解決方案研擬之參考；而觀摩費城電力 PECO、南加州電力公司 SCE、電力公司之工商用戶及技術協力廠商，將可就不同角度瞭解美國智慧電網需求、技術現況及 AMI 智慧電表布建與維護等經驗學習。

透過觀摩瞭解美國智慧電網現況及未來，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，提供我國未來智慧電表布建之參考依據。

(二) 出國行程規劃

本次出國行程如下表所示，期間拜會台灣駐亞特蘭大經濟文化處劉處長、Georgia Power 的電價及費率處長、費城電力(PECO)的智慧電網技術運維經理、加州 SCE 電力公司的電價費率經理 Robert、紐約電力公司及 Brattle 研究機構等相關 AMI 及電價制度部門，雙方就技術及制度交流，以瞭解美國地區執行方式及經驗，作為台灣推動經驗參考。行程紀要如下：

起始日	迄止日	實習機構	實習內容
1061010	1061010		去程(台北－亞特蘭大)
1061011	1061012	喬治亞電力公司 (Georgia Power)	1. 與喬治亞電力公司討論負載管理方案，如時間電價、電價結構、需量反應等，負載管理制度議題。 2. 拜訪參加即時電價之用戶，瞭解 AMI 電表如何配合運作。
1061013	1061013	費城電力公司 (PECO)	觀摩 AMI 建置場域、AMI 通訊技術合作廠商(SENSUS)，交流智慧電表通訊技術議題、通訊不良之解決策略。
1061014	1061014		交通移轉行程(費城－紐約)
1061015	1061015	紐約聯合愛迪生 公司 (Con Edison)	觀摩紐約之 ConEd 用戶，研究負載管理之相關策略及制度，瞭解抑低尖峰負載推動經驗，進而探尋抑低成效等。
1061016	1061016		交通移轉行程(紐約－舊金山)
1061017	1061017	Brattle 顧問公司	觀摩 Brattle 顧問公司洽詢 AMI 推動後之配套制度經驗，如美國電價制度推動經驗、需量反應及相關用戶互動經驗。
1061018	1061018	南加州愛迪生 公司(SCE)	觀摩南加州電力公司(SCE)，討論 AMI 使用技術、相關配套制度及系統整合議題等，以及 SCE 與用戶之互動推動經驗交流。
1061019	1061019		返程(洛杉磯－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 10 日，共與喬治亞電力公司(Georgia Power)、費城電力公司(PECO)、紐約聯合愛迪生電氣公司(Con Ed)、Brattle 顧問公司、南加州愛迪生公司(SCE)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，並藉由本次參訪對 AMI 技術及後期運轉取得相關經驗及實際資料，以利計畫進行。

(一) 參訪喬治亞電力(Georgia Power)

(1) 喬治亞電力背景

喬治亞電力公司是美國南方電力控股集團子公司之一(Southern Company)，南方電力公司目前係世界排名第十六大電力公司，在美國排名第四，總部設在亞特蘭大，通過在阿拉巴馬、喬治亞、佛羅里達和密西西比四個州下屬的電力公司，其擁有的總發電量已經超過 4 萬 2 千兆瓦，用戶總數達到 430 萬。Southern Company 的電力覆蓋面積總和約有 31 萬平方公里，輸電線總長度 4 萬 3 千多千米。如圖 1 所示，該集團主要擁有 Alabama、Gulf、Mississippi 及 Georgia 等電力公司，在四個州的電力服務覆蓋面積總和超過 31 萬平方公里(約台灣的 10 倍)。另最近亦開始跨入天然氣業務(Southern Company Gas)。

如圖 2 所示，喬治亞電力擁有約 245 萬用戶，其中 212 萬為住宅用戶，30 萬為商業及工業用戶，已全數完成換裝 AMI 電表。喬治亞州約 6 萬平方英里(59,425 平方英里)輸電線約 12,776 英里、配電線約 74,828 英里。發電廠主要由核電佔 9%、燃煤約 29%、燃汽燃油約佔 55%、水力約佔 5%、其他能源(含再生能源)約佔 2%。台灣國土面積約 13,974 平方英里、低壓用戶約 1300 萬戶，相較之下，美國喬治亞州面積約為台灣的 5 倍大，用戶數約為台灣的四分之一，因此喬治亞電力的維運的人力成本，相對較台灣高，故對可節約人力成本的電網自動化、資訊化的需求更為有價值。

(2) 智慧電表建置現況

喬治亞電力已完成全數 AMI 建置，可掌握負載每 30 分鐘一筆(本公司為每 15 分鐘一筆)的用電資料，在喬治亞電力所採用的 AMI 技術為 SENSUS 公司提供的 FLEX NET 技術(無線通訊)，其技術採用如電信業之通訊技術須架設小型基地台，在空曠地區覆蓋率高(涵蓋率可達 99%，涵蓋半徑可達 20km)、其上行/下行頻段分開有利於避開通訊碰撞問題等。但本次考察喬治亞電力將著重於 AMI 推動過程經驗、系統整合及配套等議題，其餘通訊技術將不特別介紹。

如圖 3 所示為喬治亞電力於官網上宣導推動 AMI 時之效益，主要包含說明

AMI 推動後將提供較安全的資訊網路、增進用電申請的便利性、縮短復電時間、更多樣化的電價選擇方案、減少抄表人力及交流汙染問題等。同時，如圖 4 所示，AMI 用戶更可加購居家用電顯示器，增加用戶互動之顯示設備，在美國約 100~200 美金左右。而圖 5 與圖 6 主要說明電力公司除 AMI 基礎建設推動、電價成本的費率反應與方案設計外，更提供用戶用電/電費諮詢服務，教導民眾用電安全及節電建議等。

如圖 7、圖 8、圖 9、圖 10 所示主要為 AMI 系統建置後提供之網頁服務。由於 Georgia Power 由控股公司做管理已有做部分自由化的切割，朝向輸配電營運商(Distribution System Operator, DSO)方式前進，其主要負責輸配電網路供電安全及服務、用戶電費制定及收取、申請/終止用電申請業務等。因此，如圖 7 所示為喬治亞電力 AMI 之資訊後台系統提供之服務。

如圖 8 所示喬治亞電力公司提供用戶查詢的資訊服務，其中第一項就是用戶的帳單及付費狀況(Billing and Payments)，除了歷史用電及繳費狀況查詢外，還設有用電告警、自動付款等服務範疇；第二部分就是停電資訊查詢，這部分也是用戶最關心的資訊，且喬治亞電力也就這部分資訊公開讓民眾查詢，此停電管理系統可供本公司參考未來 AMI 系統與停電管理系統(OMS)及地理資訊系統(GIS)等整合；第三部分為支援服務(Support Center)此部分，有 2 項特別值得關注者為用戶申請/終止/搬遷之用電即時申請裝設/終止供電服務，因喬治亞電力支援遠端斷復電功能，所以用電申請時，在既設電表下，可以更即時提供斷/復電服務，以節省人力派工及加速供電服務，並於用戶積欠電費時，有權執行斷電動作，交流過程亦討論到預付費制度的應用，前述作法皆為增加服務效率、減少呆帳、增加電價現金流的制度；另外在圖 8 的 Support Center 也發現有一個第三方服務的功能，故未來本公司 AMI 推動上應該也可預留第三方服務之功能設定。最後，喬治亞電力也不忘提供一些額外服務，如節電服務、用電諮詢及個人化服務設定等。

如圖 9 所示為喬治亞電力提供的電費諮詢及預付費制度的服務，目前可依用戶歷史用電紀錄，提供用戶試算表，建議最佳電費選擇方案；此外，先前所提之預付費制度亦可在網站上可以查詢到相關資訊，供用戶瞭解選用，其優點為不須客戶信用徵詢、不用復電申設費用、用戶用電限額告警等，並提供 4,800 個以上之便利繳費地點，經交流討論得知美國用電費率設計，已如用台灣的電信業有許多資費方案可供用戶選擇，並且對用戶繳費信用不良之用戶、短期用電需求用戶，有許多申請用電策略因應，以減少電費短收問題。如圖 10 所示，電力公司也提供多元化的收費方式，可供用戶選擇，因此整體而言，喬治亞電力透過 AMI 系統、配電系統及資訊系統建置，提供用戶許多服務，據瞭解喬治亞電力的電價也是持續滾動檢討以確實反應供電、系統建置之相關成本。

(3) 停電管理系統

如圖 11 及圖 12 所示為喬治亞電力提供的停電管理與資訊查詢服務，交流過程也討論到，在天然災害來襲時(如龍捲風、颶風)，會成立災害應變中心時，如同本公司需派人員待命緊急供電中心，喬治亞電力亦是如此，圖 13 所示之客服中心，平時僅 1~2 名員工管理喬治亞電力之臉書(FACEBOOK)、推特(twitter)及官網信箱等，當用戶反應問題時，可提供即時客服，Mr. Emerson 表示，目前社群工具發達，所以透過臉書(FACEBOOK)、推特(twitter)反應問題的民眾也愈來愈多，因此提供本項服務對喬治亞電力的即時客服是有加分的效果，而當天然災害發生時，該客服中心之資訊系統也與 AMI 系統圖電管理系統整合，提供用戶相關問題諮詢/查詢之重要工具。

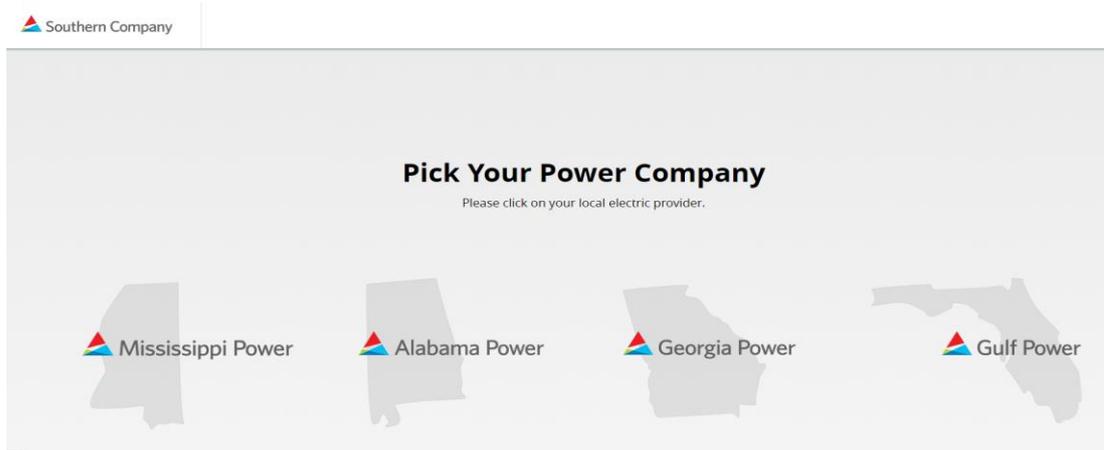


圖 1 南方電力控股集團項下四間電力公司

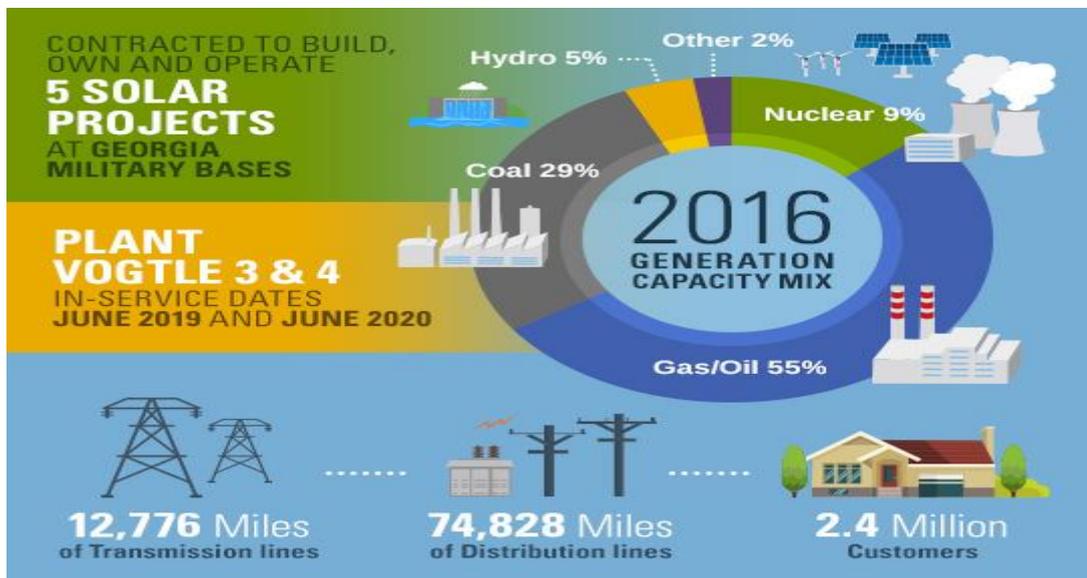


圖 2 喬治亞電力公司背景現況

Georgia Power For My Home For My Business Our Community Environment Energy About Us Contact Search Shop Now

My Account Login

- Pay Bill
- Register
- Turn On/Off Power
- Report/Check an Outage

For My Home

- Managing Your Account
- Understanding Your Bill
- Billing Options
- Payment Options
- Pricing & Rates
- Products & Programs
- Save Money & Energy
- Rebate Center
- Power Safety

Specialty Links

Smart Meter



Smart Meters eliminate the need to send representatives to your property each month to read your meter since meters can be read remotely. In addition, the state-of-the-art technology behind the Smart Meter system enables Georgia Power to provide customers with a host of new and future benefits.

Increased privacy – Smart Meters eliminate the need for representatives to regularly visit your property to read your meter, increasing your privacy.

Quicker power-restoration times – Smart Meters notify us immediately if there is a power outage, helping us more quickly pinpoint any problems and quickly restore your power.

Increased access to your energy-usage information – Smart Meters allow you access to view and monitor your energy usage online. This gives you more control over your monthly bill.

More pricing options than ever – Smart Meters give you the option to take advantage of current and future pricing rates that match your lifestyle.

Reduces the amount of pollution – Smart Meters allow us to take nearly 300 vehicles off the road and eliminate 14 million miles of travel.



Monitor Your Daily Power Usage

View your daily energy usage, set usage alerts and see your projected bill before it arrives with **My Power Usage**.



Outage Alerts

Sign up to receive free alerts (by text, phone or email) about outages that affect your home.

圖 3 喬治亞電力公司智慧電表支援功能介紹

DEALS ON NEST WITH FREE SHIPPING SHOP THE BLACK FRIDAY PRESALE NOW

Georgia Power Marketplace Account Products Buyer's Guides Support (0) Cart

WI-FI THERMOSTATS

Sort By: Price: High to Low



ECOBEE4 SMARTER WIFI THERMOSTAT + 2 ROOM SENSORS

\$213

After a 50% Instant Rebate



HONEYWELL WI-FI COLOR TOUCHSCREEN PROGRAMMABLE THERMOSTAT

\$99.50

After a 50% Instant Rebate



ECOBEE4 WIFI THERMOSTAT W/ BUILT-IN ALEXA VOICE SERVICE

ON SALE!

\$99.50

After a 50% Instant Rebate

圖 4 喬治亞電力之 IHD 加值服務

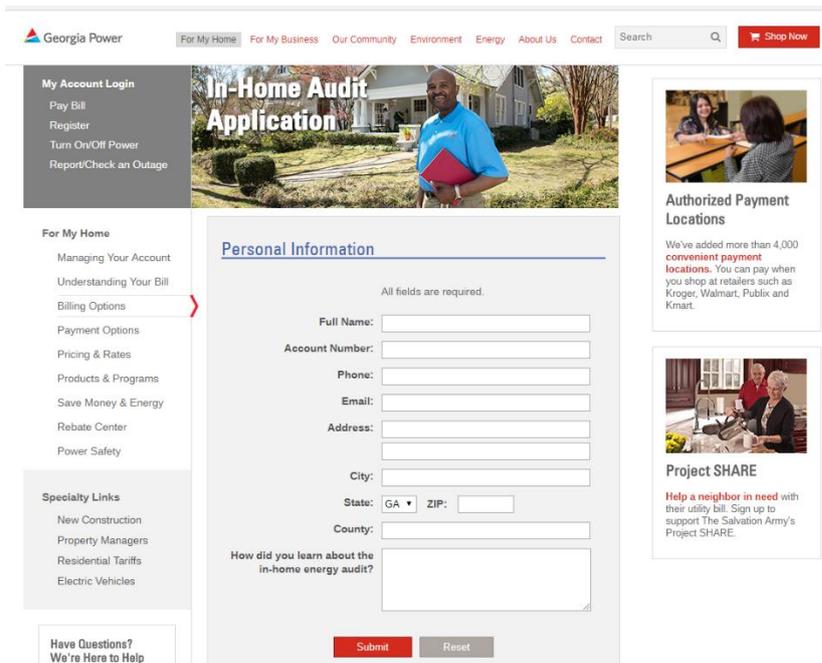


圖 5 喬治亞電力提供之便民服務(一)

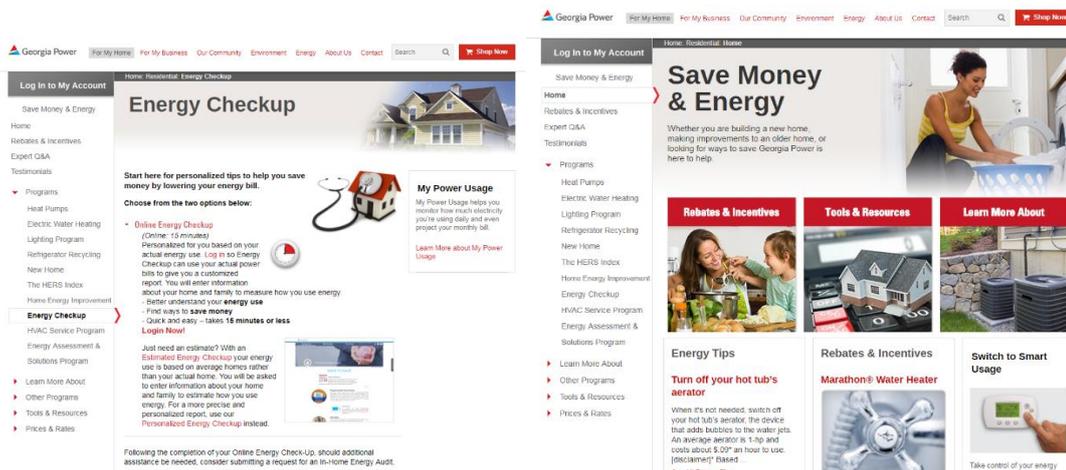


圖 6 喬治亞電力提供之便民服務(二)

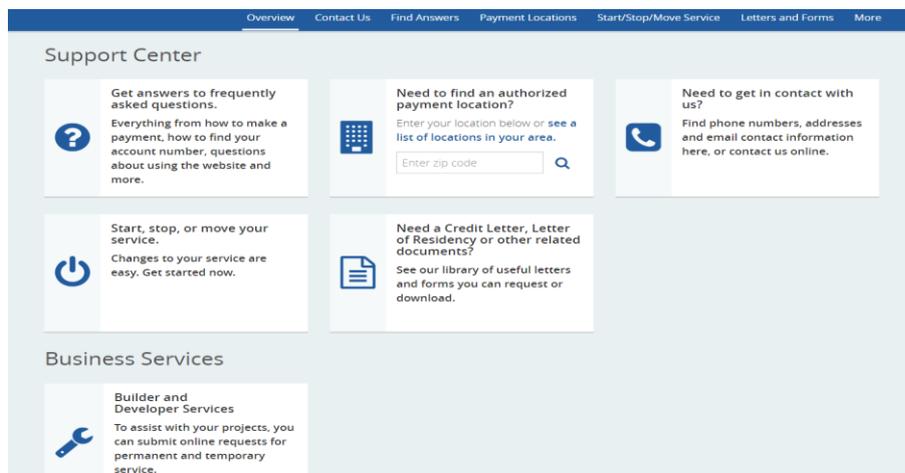


圖 7 喬治亞電力 AMI 之後台系統提供之服務

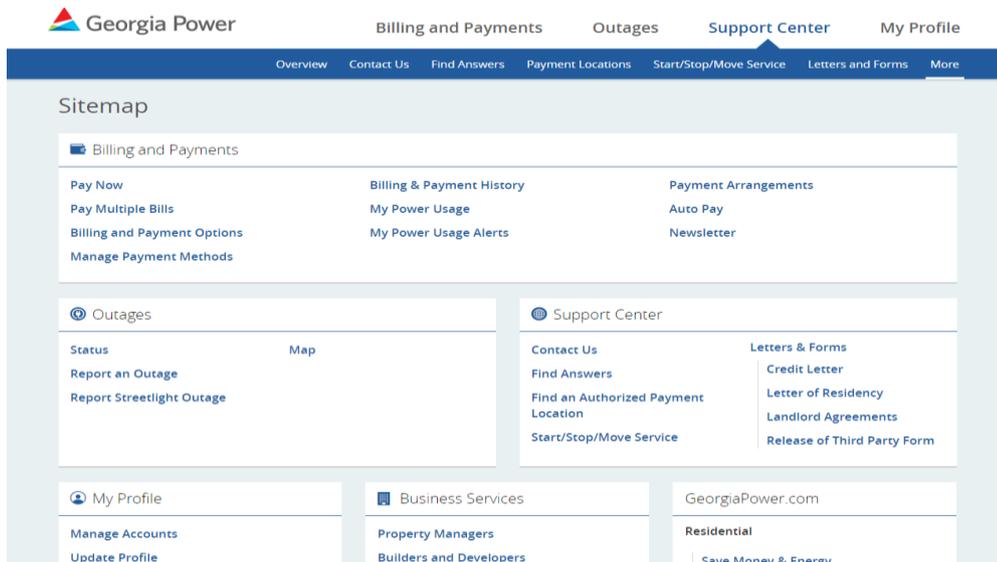


圖 8 喬治亞電力 AMI 後台應用功能說明

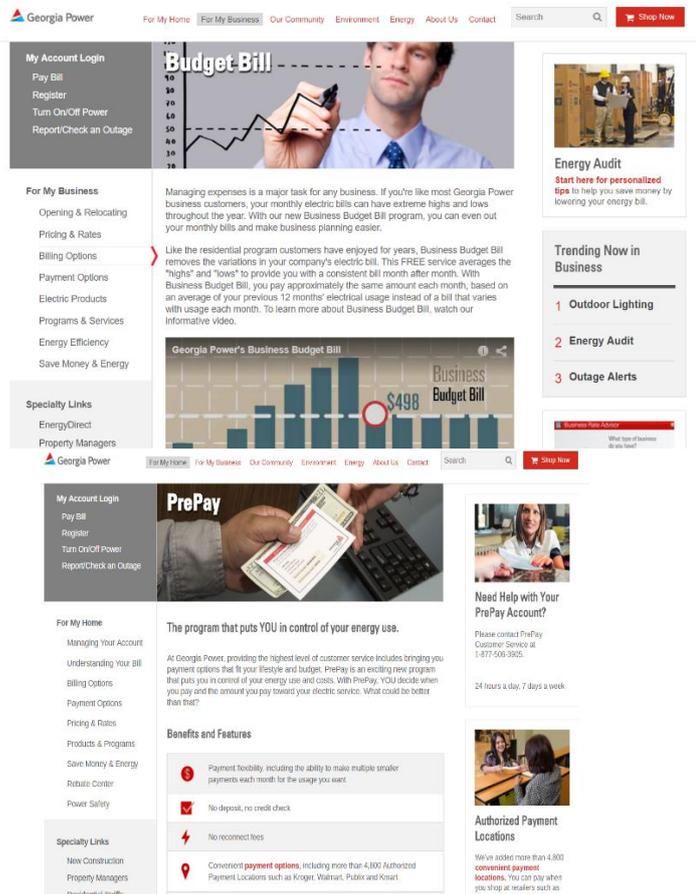


圖 9 喬治亞電力 AMI 支援預付費制度及系統

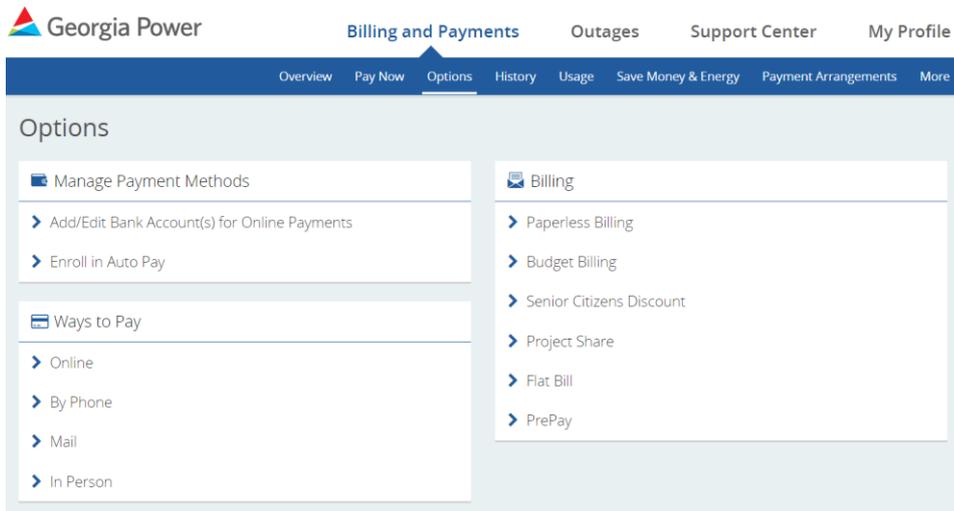


圖 10 喬治亞電力 AMI 整合開票系統支援多元化付費系統

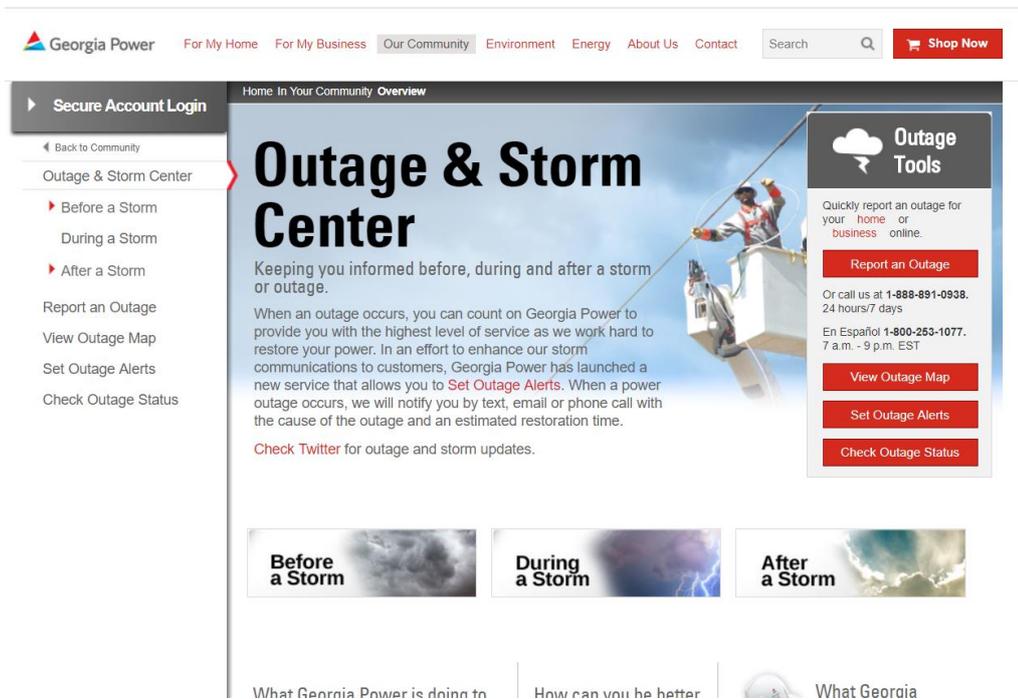


圖 11 喬治亞電力資訊系統整合停電管理系統

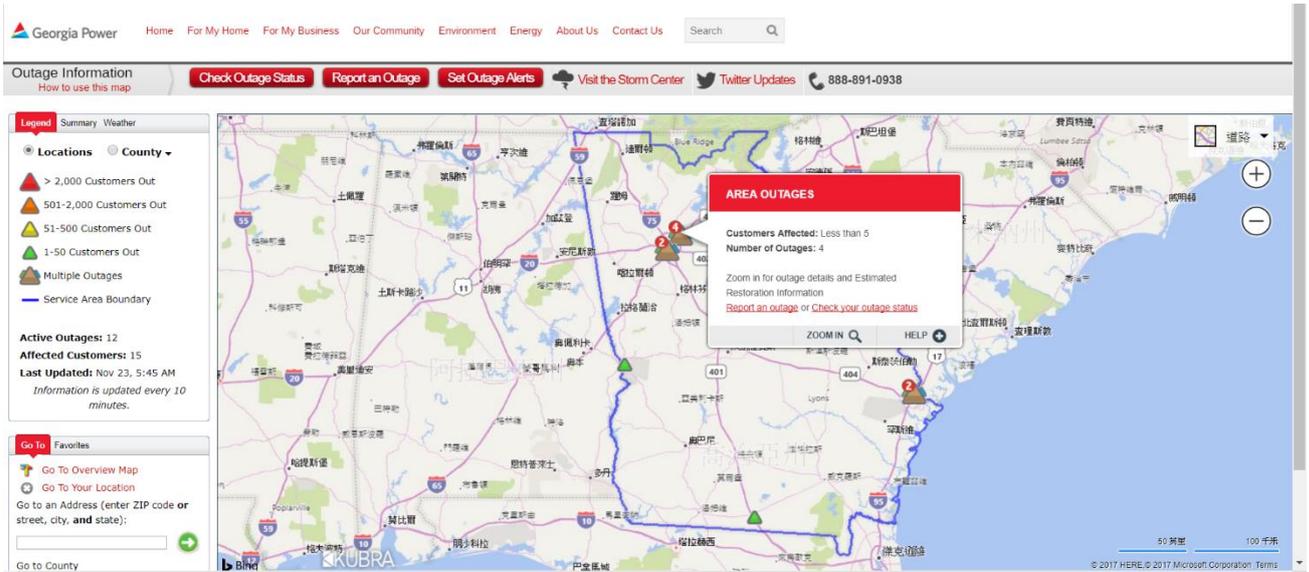


圖 12 喬治亞電力資訊系統整合停電管理系統

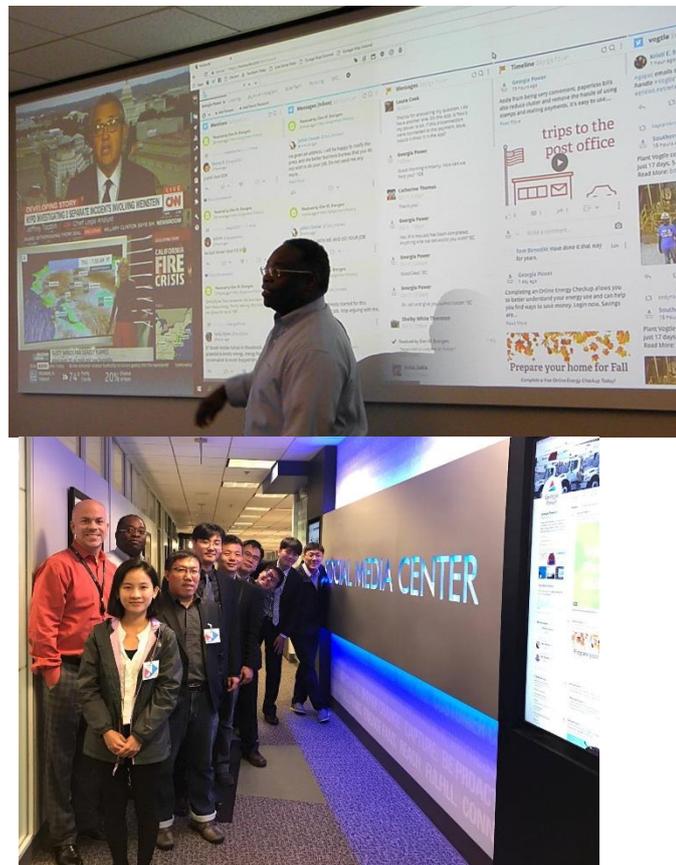


圖 13 喬治亞電力客服中心整合各種系統提供即時客服

(4) 喬治亞電力公司即時電價推動背景

喬治亞電力一開始推動即時電價的目的在於吸引用戶至喬治亞州投資；且藉由提供此電價方案，讓用戶一定比例的用電量能夠以每小時邊際成本計價。方案最早於 1992 年提出，當時定位為即時電價日前通知型(Day ahead)試驗方案，測試時間為 2 年，限制當時每個月用電需量超過 1,000kW 以上的用戶參加，最後共計 25 戶納入測試方案。1993 年喬治亞電力公司開始加入即時電價小時前通知(Hour ahead)的試驗方案，限制當時每個月用電需量超過 10,000kW 以上的用戶參加，同時，用戶必須選用需量反應方案(Interruptible Service Tariff)。

到了 1994 年試驗方案結束，喬治亞電力公司將兩個試驗方案轉為正式方案，並放寬其方案之限制。如日前通知型方案由 1,000kW 之限制降低為 250kW 以上之用戶；小時前通知方案原限制 10,000kW 以上之用戶，降低為 5,000kW 以上用戶，並取消搭配需量反應方案之要求。一直到現在，喬治亞電力公司的即時電價方案已經推動超過 25 年，但其方案仍與當初設計相同，為兩部制即時電價方案。

配合 AMI 智慧電表布建，喬治亞電力能夠瞭解參與即時電價之用戶其即時用電量對於特定價格的反應，以此建立數據資料庫，做為後續電價費率擬定的參考，且藉由 energydirect.com 網頁，用戶也可以更即時的知道自己的用電量資訊，瞭解準確的降載程度，以利其負載調節機制調整。

(5) 喬治亞電力公司即時電價方案

喬治亞電力公司的方案有其設計哲學與基本概念，其最主要精神在於「邊際使用量收取邊際價格」，即用戶增量部分才以邊際成本計價，而基準線以內部分則用於回收固定成本(Fixed Cost)。更重要的是，新用戶要選

用時，一定要經過 CBL 驗證，確保用戶的增量(Marginal Usage)是真的增量，而非人工處理出來的。

A. 即時電價方案—日前通知方案:

適用於喬治亞電力公司新的或既有的工商業用戶，且位於具有足夠容量的線路上。選擇此方案的用戶，喬治亞電力則會在前一天下午 4 點發送隔日 24 小時電價費率(從 0:00 開始)到 energydirect.com 網站，用戶再自行上網查看。這些用戶必須能夠從每小時的價格訊號中得到利益，並且每個月在尖峰時段每 30 分鐘的需量須不低於 250kW。

B. 即時電價方案—一小時前通知方案:

適用於喬治亞電力公司新的或既有的工商業用戶，且位於具有足夠容量的線路上。選擇此方案的用戶，喬治亞電力則會在前 15 分鐘發送下一小時的電價費率到 energydirect.com 網站，用戶再自行上網查看，目前參與此方案的用戶多數擁有能源管理系統，透過能源管理系統自動從喬治亞電力公司取的最新的電價費率，並進行自動化的負載管理。這些用戶必須能夠從每小時通知的價格訊號中得到利益，並且每個月在尖峰時段每 30 分鐘的需量須不低於 5,000kW。

目前喬治亞電力即時電價方案經超過 2,300 戶用戶選用，日前通知型方案共計 2,150 戶選用，占整體即時電價方案 60% 營收；小時前通知型方案則 150 戶用戶選用，由於用戶用電量較大，因此這 150 戶用戶占即時電價營收 40%。另外用戶分布部分，其中 1,500 戶為商業用戶、800 戶為工業用戶，其容量合計約 3,700MW，占系統 25% 左右。根據喬治亞電力統計，一般而言，參與的用戶大多屬於大型商業與工業用戶、國際連鎖企業、百

貨公司、機場、某些學校與大學、會展中心、大型辦公大樓、球場以及製造業。

(6) 喬治亞電力公司即時電價推動效益

喬治亞電力的即時電價方案提供了財務誘因引導用戶改變用電習慣，將用電移轉到電費較便宜的時段以獲得好處，並且避免在高電價的時段使用電力。如果用戶可以在電價較高的尖峰時段減少用電，並且需量大於 250kW，將有潛力減少電費支出。對於喬治亞電力而言，推動即時電價則有以下效益：

- 藉由提供較其他州便宜之即時電價，以協助現有公司透過降低成本保有競爭力；
- 藉由提供較其他州便宜之即時電價，吸引外地廠商進駐，提高當地就業機會與創造經濟價值；
- 藉由即時電價價格訊號，在系統供電危機時，提供數百 MW 的價格反應容量，以利資源規劃；
- 藉由即時電價價格訊號，用戶在尖峰時減少用電，離峰時增加用電需求，可提高系統發電能源效率；
- 提高用戶滿意度；
- 創造營收。

(7) 喬治亞電力公司即時電價資訊平台

目前喬治亞電力公司已完全更換智慧電表，透過 AMI 系統可以定時取得終端用戶的用電資料，而用戶也可以透過喬治亞電力公司所提供的網站，

查詢自己的用電資訊。以下介紹喬治亞電力公司資訊平台部分頁面呈現資料與功能：

- 最近一年各月份總電費與用電量(kWh)(如圖 14): 該平台以綠色長條表示該月份的總電費，再以藍色的折線表示該月份的總用電量。另外，透過該頁面用戶可以自行設定每個月總用電量超過某個門檻值時，自動(以 E-mail)通知用戶本人。

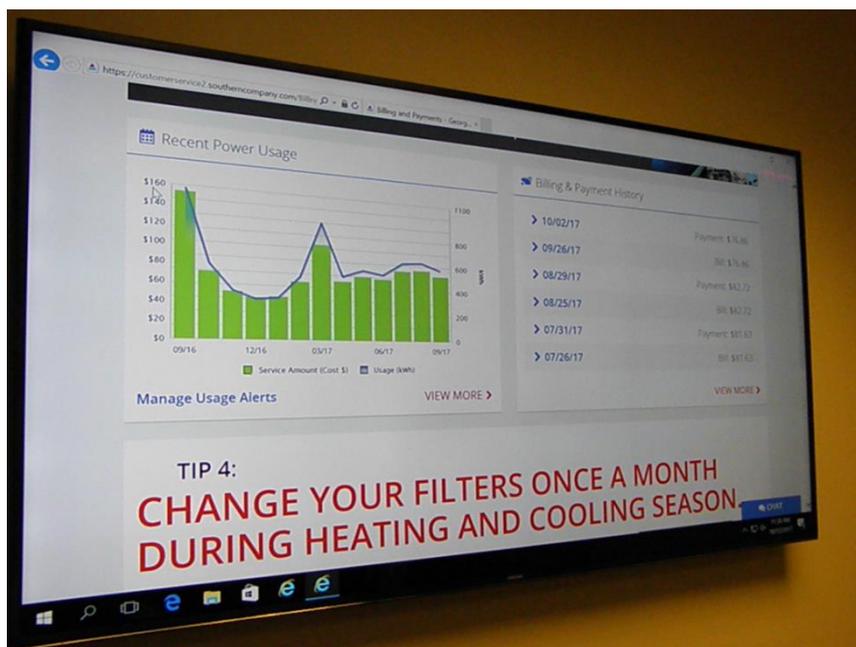


圖 14 最近一年電費與用電量資訊呈現

- 當月份用電量(kWh)分析(如圖 15): 該平台將當月份、上個月(Last Month)和去年同一月份進行月總用電量、平均日用電量及計費區間比較。長條圖形是呈現近一年各月份總用電量，再以文字摘錄上述的比較項目，其中當月份資訊加粗，以突顯該資訊。

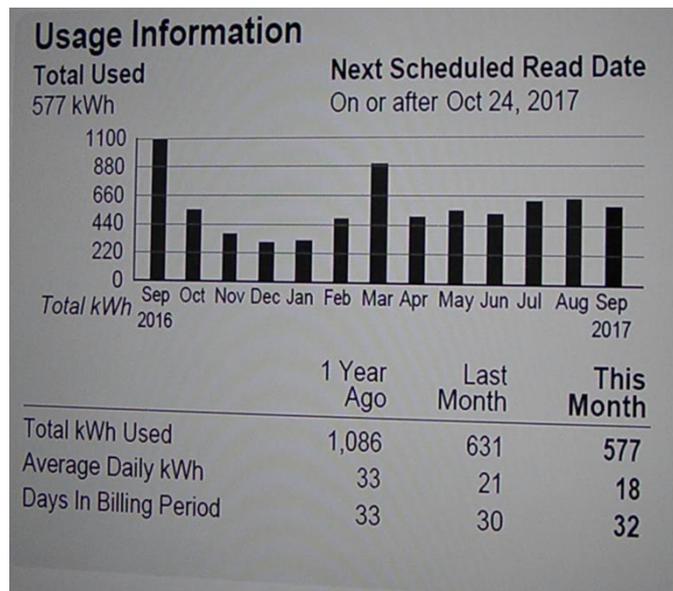


圖 15 當月份用電量(kWh)分析

- 當月份帳單名目(如圖 16): 首先註記當月份電費的計費區間(Service Period)、計費電表號碼(Meter #)、讀表型態(Reading Type)、讀表數值(Meter Reading)與當月總用電量,最後的數值以目前讀表的數值(55,156)扣掉上個月計費區間的最大數值(54,579)。另外,除了呈現用電量計算出來的電費之外(Current Service),亦呈現其他必要的收費與稅金,再累計成當月該月戶在該月份所需的總電力費用。

Current Electric Service - Residential
 Next Scheduled Read Date: On or after Oct 24, 2017

Service Period	Meter #	Reading Type	Meter Reading		x	Constant	= Usage
Aug 25 - Sep 26	2937676	Tot kWh	Current	Previous		1	
			55156	54579			577
Billing Period							
Aug 25, 2017 - Sept 26, 2017							
Current Service							\$ 58.92
Environmental Compliance Cost							5.45
Nuclear Construction Cost Recovery							4.15
Municipal Franchise Fee							2.05
Sales Tax							6.29
Total Current Electric Service							\$ 76.86

圖 16 當月份電費明細分析

- 最新計費區間之每日用電分析(如圖 17): 首先以長條圖呈現每日的用電費用(可選擇為總用電量), 其中亮綠色是 Weekday、淺綠色是 Weekends; 再用紅/藍色線條表示當日的最高/最低溫度; 虛線表示平均日用電費。

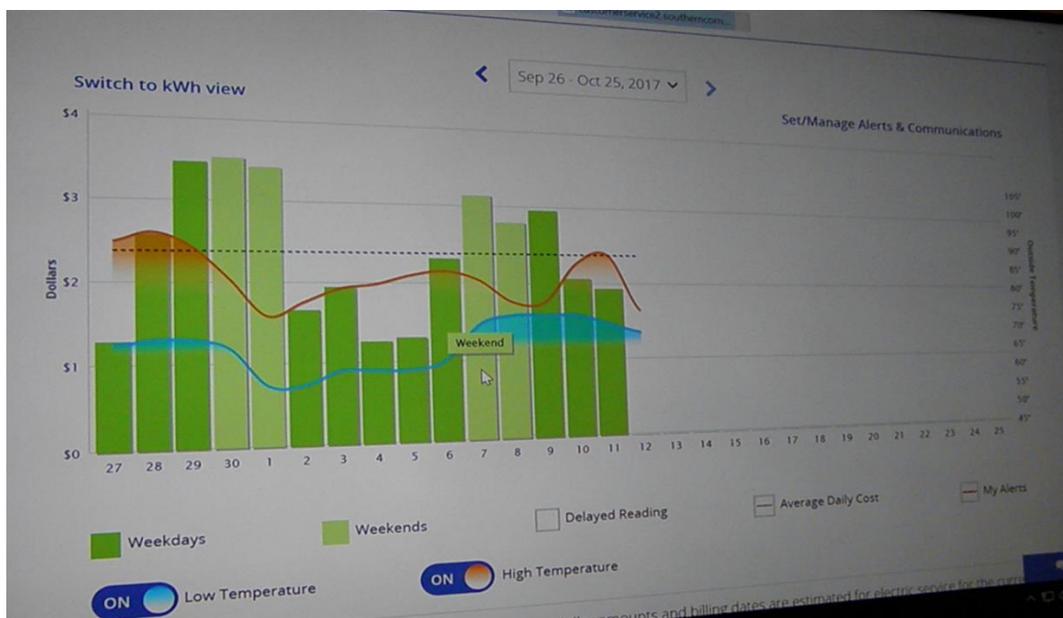


圖 17 最新計費區間之每日用電分析

- 最新 RTP 電價費率(如圖 18): 在 energydirect.com 網站呈現最新的 RTP 電價費率, 其中針對日前通知方案參與用戶可在前一天下午 4 點以後查詢到隔日 24 小時電價費率(從 0:00 開始), 而小時前通知方案參與用戶可在每小時 45 分鐘後查詢到下一個小時的電價費率。

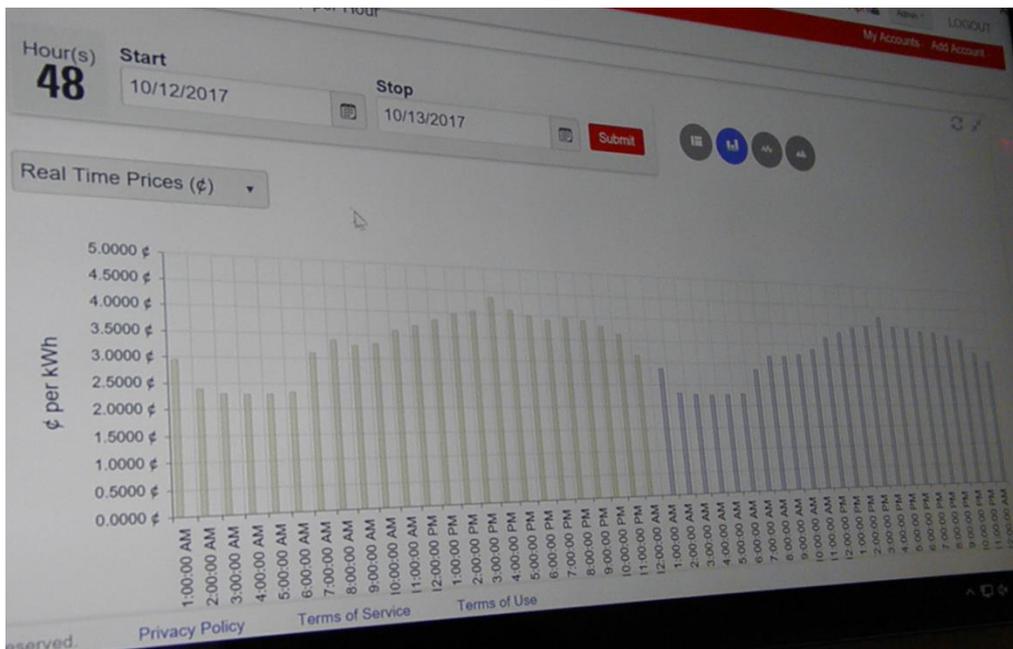


圖 18 最新計費區間之每日用電分析

- Load Profiles (如圖 19): 在 energydirect.com 網站中參與用戶可以自行查詢任一區間的每半小時的負載量，並且進行不同項目(Select Y Axis)間的比較，如圖 20，用戶可以圖 20 的方式進行各種的比較來瞭解自己的用電情況，並評估用電調度是否有達到高電費區間低負載的目標，以利在 RTP 的方案中獲利。

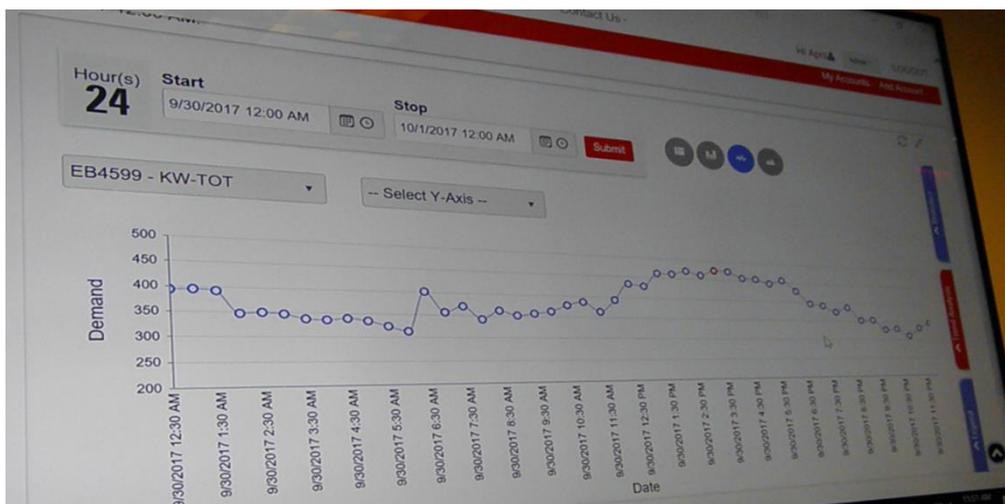


圖 19 負載區段資料 Load Profiles

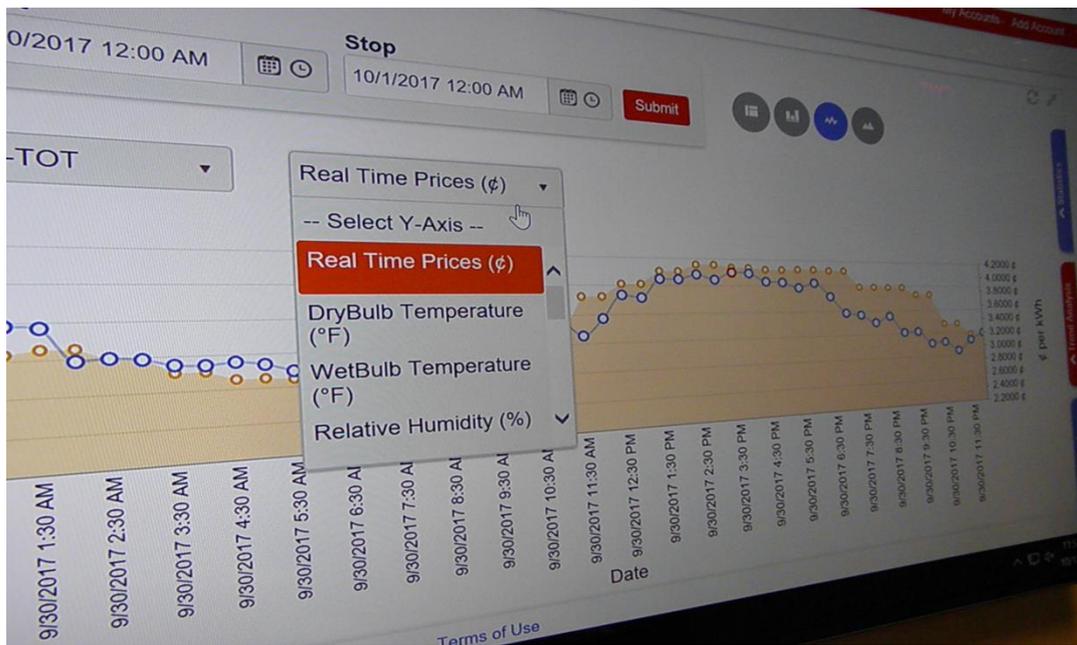


圖 20 不同 Y 軸比較

(二) 訪問喬治亞理工學院(Georgia Tech)

喬治亞理工學院是喬治亞電力公司即時電價方案的重要參與用戶，自1995年開始參與 RTP 方案，我們希望透過訪問該學院瞭解他們參與該方案的主要考量和運作方式。喬治亞理工學院 Analytics and communications 科系的 Jessica Rose 和 Paul Wiley 教授給予很棒的經驗分享。另外，Johnson Controls 科技的 Scott McVay 也分享一些安裝家庭端(用戶端)能源管理系統與負載調度的經驗。

喬治亞理工學院每棟建築物的電費各自負責，所以鼓勵各科系以建築物(電號)為單位參與喬治亞電力公司的 RTP 方案，但學校可以幫忙代管。喬治亞電力公司是採用 Johnson Controls 的產品，包含中央能源管理系統、終端能源管理系統、各種不同的感測器等。目前該學院共有兩大棟 Campus (10th Street 和 Holland)，各自有一個中央控制中心進行五大分區的用電調度，希望可以降低整體的電費支出。

就以喬治亞理工學院的經驗，透過重新改裝建築物硬體設施避免室外熱氣進入建築物，安裝必要的控制設備，如主要的空調溫控、燈控，以及感測器，如 CO₂ 感測器判斷空間內人數、動態感應器以決定是否亮燈等。建築物的電費每年可以節省 30% 以上，整體投資回收期大約 3~5 年左右。

喬治亞理工學院透過 Johnson Controls 的中央能源管理系統，可以自動接收 RTP 的最新電價費率，並且也可即時取得各建築物當前的負載資訊。當該系統接收到最新的電價費率，中央能源管理系統會依據設定的節能措施進行負載控制，並且取得即時的負載資訊以判斷是否要調整控制規則或緊急控制。另外，事後也會依據歷史的負載曲線，研究新的節電策略，在與科系主任或建築物負責人討論後，更新能源管理措施。

這次比較可惜的是喬治亞理工學院基於隱私與商業因素，並沒有讓我們參觀他們的中央能源管理中心及相關系統功能的操作畫面，但仍感謝喬治電力邀請高壓用戶(喬治亞理工大學)與我們交流，並合影如圖 21。



圖 21 喬治亞電力及喬治亞理工大學用戶合影

(三) 費城電力(PECO)

(1) 公司介紹

費城電力公司成立於 1881 年其總部位於費城，為美國賓夕法尼亞州最大的公用事業公司，在 2000 年與芝加哥的電力公司 (Unicom) 合併成為美國愛克斯龍 (Exelon) 電力公司，新公司最先著手的工作是將發電技術轉向核電，並出售所有火力發電廠，目前是美國最大的核電公司，也是世界上第三大核電企業，擁有 17 個發電廠，年發電達到 1.8 萬兆瓦，占美國核電

力發電量的 20%。目前 Exelon 集團約有 1,000 萬用戶(約 2,400 萬平方英里)，約有 297 億美元之資產，每年約 158 億美國的收入，約有 12,042 英里輸電回路，並完成 740 萬具智慧電表建置。如圖 22 所示愛克斯龍(Exelon) 電力公司旗下擁有波托馬克電力(PEPCO)、費城電力(PECO)、聯合愛迪生電力(ComEd)、巴爾的摩瓦斯及電力(BGE)等電力公司，服務範圍包含伊利諾斯州、賓夕法尼亞州和新澤西州等，並且花費 120 億美元購買美國公用事業公司集團(P.S.E.&G)，兩家公司的合併將形成美國最大的電力公司。

費城電力也是一家超過百年企業，約有 160~170 萬的電力用戶(約服務 5,400 平方公里)及 51 萬的天然氣用戶，最高負載約 9GW(約全台灣 1/4 的尖載量)；輸配電壓等級為(500、220、138、69kV 之輸電等級；34、13.2、4、2.4 kV 之配電等級)；高壓輸電約為 1,720 公里迴路、配電線約為 34,378 公里(2,200 個迴路，其中已自動化的約有 1,800 個)；已全數完成智慧電表(AMI)建置。

(2) PECO AMI 介紹

費城電力於 2012 年開始布建 AMI 電表及瓦斯表，且於 2015 年完成全數布建，該公司的 AMI 同樣採用採用 SENSUS 之 FlexNet 的通訊系統技術，費城是美國建國初期即為重要的大城市，有許多歷史悠久的建築，故電表裝置位置多位在地下室，此情形與台灣的電表裝置位置雷同。

依據賓州政府法案 PA Act 129 (Oct. 2008)，該法案要求所有配電公司必須在 15 年內完成全數用戶換裝 AMI，且費城電力公司於 2009 年取得美國能源部挹注 2 億美金，作為該公司推動智慧電網之用，後於 2012 年開始電表及瓦斯表的 AMI 布建，目前已完成約 170 萬的智慧電表及約 53 萬的智慧瓦斯表的布建。在 Act 129 中所指的先進電表技術每小時用電資訊及雙向通訊功能，並可支援配電系統升級等功能。因此，用戶主要可選擇電

價方案(如：時間電價、即時電價及需量反應等)及可查詢即時用電資訊等。另外有整理一些 AMI 的建議功能供參考，如雙向通訊、遠端斷復電功能、15 分鐘計算 1 筆資料、至少每小時有 1 筆記錄量、可遠端程式電表、提供用戶每小時用電資訊等。

目前 PECO 所建立之新型讀表系統，如圖 23 交流簡報說明，可支援 AMI/AMR 之讀表資料分析，提供每小時用電資訊供動態電價計算參考、遠端負載控制(含斷復電功能)、配電系統之 SCADA 整合應用、饋線電壓監控、即時付費系統及節電建議等，細部服務內容可查詢 PECO 之網頁資訊，如圖 24 所示為用電帳單查詢功能，已可支援即時/每小時用電查詢 (<https://www.peco.com/Pages/default.aspx>)，並可整合相關資訊系統，提供用戶更多電價方案選擇(更公開的說明電價試算方案)。

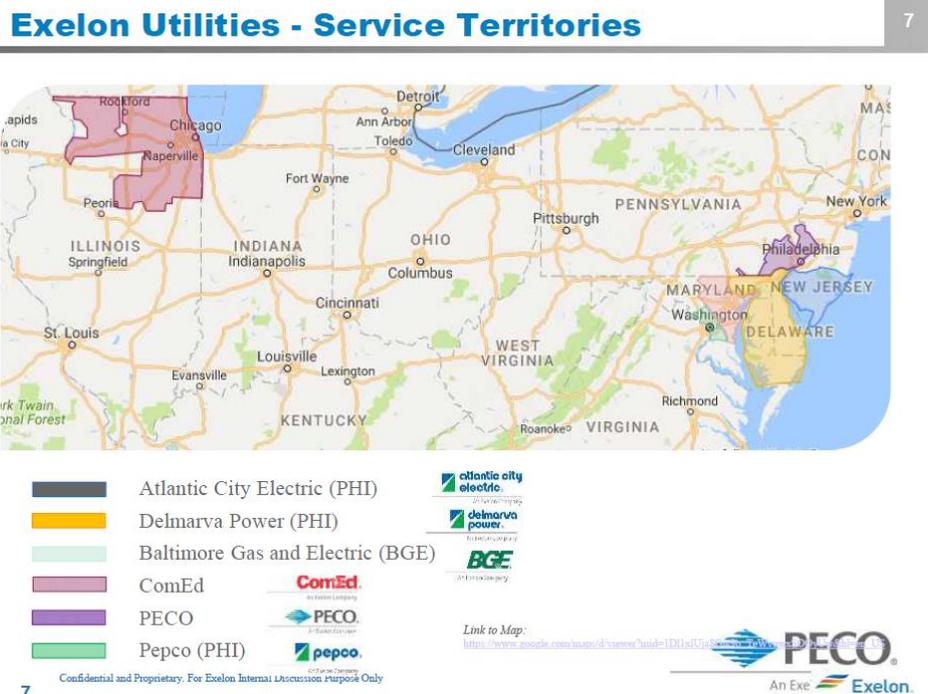


圖 22 愛克斯龍 (Exelon) 電力公司旗下擁有的電力公司介紹

- ✓ [Advanced Data Analytics](#) – Building on current AMR practices while taking advantage of the new AMI data to improve business operations and create value
- ✓ [Remote Connect/Disconnect](#) - Will provide faster, more convenient service for customers who are moving in, out or around the neighborhoods we serve and quick support to local fire departments and other officials during an emergency
- ✓ [Voltage Management](#) – Ability to monitor voltage at each premise creating new means to manage the distribution grid
- ✓ [Web Presentation](#) – All customers will be able to view interval usage via the web to educate customers and lead to new usage awareness and savings

圖 23 PECO 之 AMI 支援功能設定

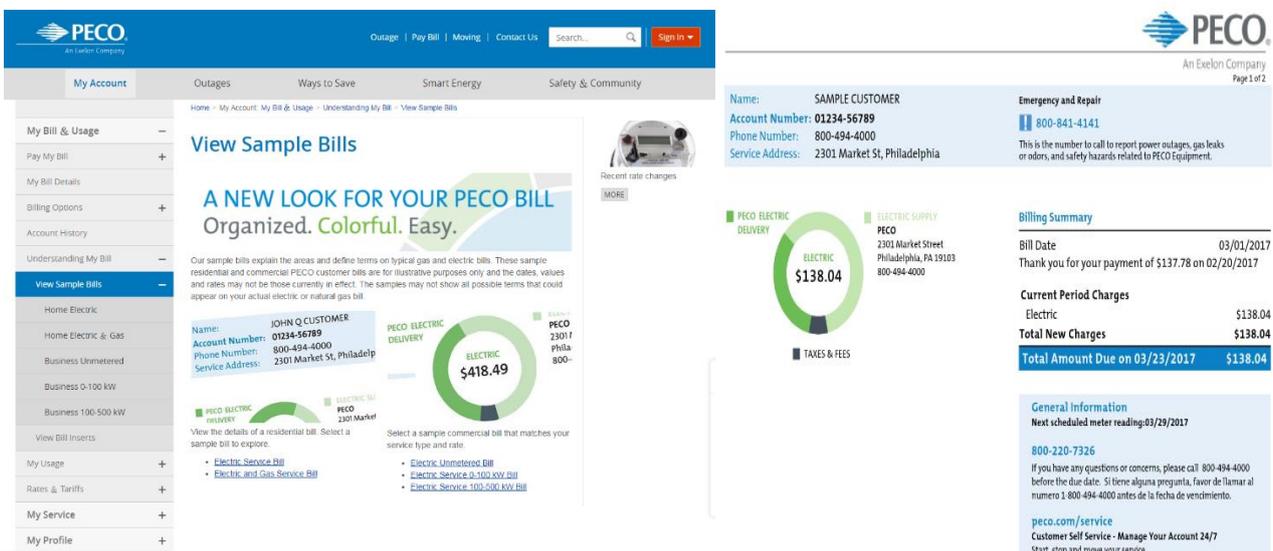


圖 24 PECO 公司網頁支援用戶電費細節及停電查詢功能

(3) AMI 及智慧電網系統化規劃

如圖 25 及 26 所示，主要在說明 PECO 之 AMI 建立後之系統整合及智慧電網之規劃內容。其中圖 25 所示主要係 AMI 資訊系統建立後，與用戶用電管理、用戶服務(含電價方案選擇)、配電自動化、配電網圖資(含停電資訊)、商業服務研究、技術標準及資訊安全等系統整合議題，將為邁向智慧電網提供更多與用戶有關之服務，如自身用電資訊、停電狀態、用戶電價選擇方案等，而第一線的客服人員接到民眾抱怨電話時，也可以透過電

力公司內部更即時的資訊更新，以即時回應用戶的疑慮，此點與喬治亞電力不謀而合。如圖 26 所示為 PECO 之配電營運商之智慧電網投資重點，其中主要有 4 大項分別為新電表的建置(AMI 系統)、通訊系統的支援、配電自動化、變電站資訊系統整合(類似變電所自動化及 SCADA 整合)。推動重點也是在實踐圖 25 所規劃的智慧電網的資訊整合。依圖 26 的整合說明可以瞭解 AMI 建立後在強調用戶動態電價選擇，通訊系統在整合 AMI 與配電/停電管理系統之資訊整合，最後的配電自動化及變電業自動化的議題，可整合配電網路之負載狀態的即時資訊，並納入再生能源管控的資訊，將用戶資訊及配電網資訊整合，更有利於配電營運商(DSO)能有足夠的資訊與發電業者或州政府與工商用戶進行溝通(必要時亦辦理公聽會促進業者、用戶、官方等資訊交流)，畢竟電價制度各國皆類似，都須電力公司與政府經過一定程序的溝通，當然溝通的制度與計算的依據可能略有差異，依我國而言現已有電價公式可以進行成本反應。如圖 27 所示為整合後之停電管理系統用戶上網查詢功能。

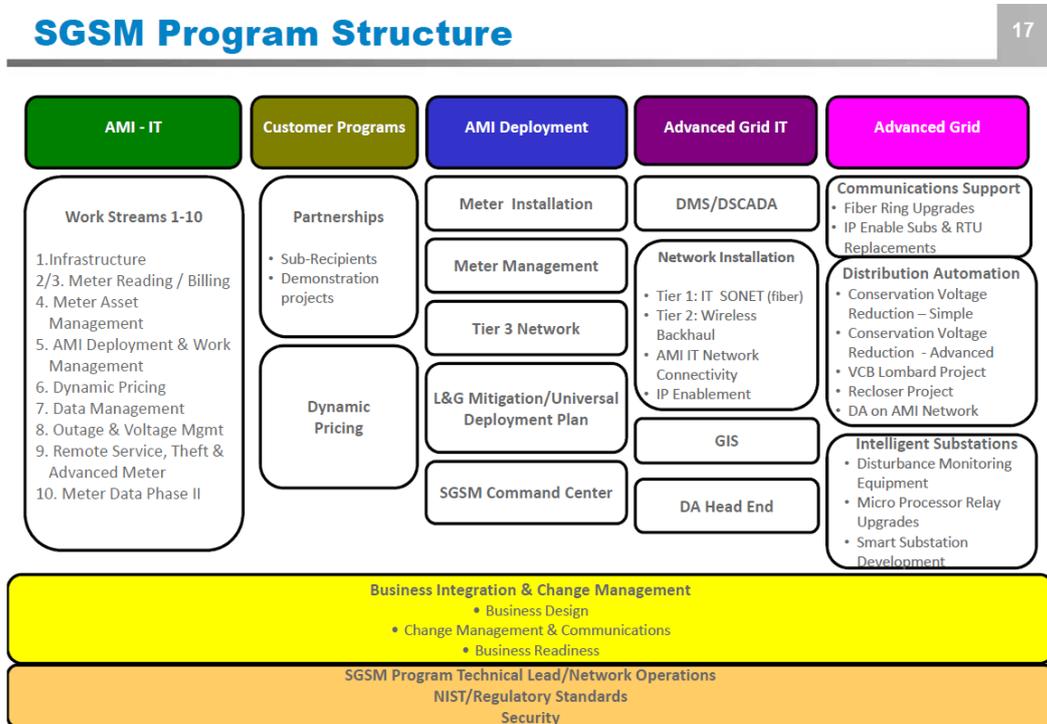
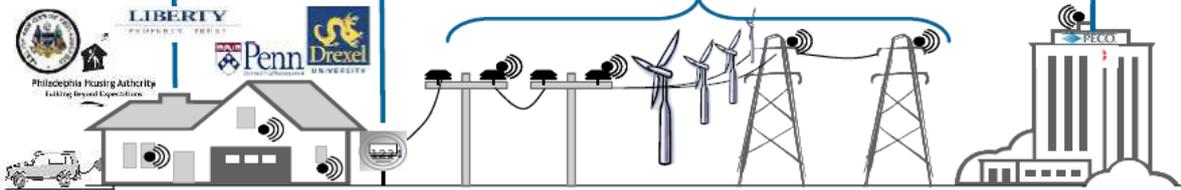


圖 25 PECO 之 AMI 與智慧電網之 IT 整合系統規劃

<p>New Meters (AMI)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Install Advanced Metering Infrastructure Communications Network • Build Meter Data Management System, Middleware & Integrate Systems • Deploy 600,000* New Meters • Customer acceptance testing 	<p>Communications Support Systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Install 368 miles of fiber optic cable through 71 substations • Install Tier 2 backhaul communications to support telemetry backhaul, AMI and Distribution Automation • Update Distribution Management System & GIS (nearing end of life) 	<p>Distribution Automation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deploy an additional 100 Reclosers that sense problems and limit their impact • Install 21 Underground Vacuum Circuit Breakers to modernize the network • Communicate with more than 300 existing devices to improve service 	<p>Intelligent Substations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remote Terminal Unit upgrades and migration to IP centric telemetry at substations • Installation of substation distribution line relays at 10 substations • Install disturbance monitoring equipment at 31 substations
<p>Smart Home/Business Demonstrations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamic Pricing Plans • Liberty Smart Buildings • Drexel Smart Campus • UPenn Smart Campus • PHA In-Home Display Pilot • Electric vehicle pilot 	<p>New Meters (AMI)</p> <ul style="list-style-type: none"> • A method to enable two-way information flow • System status, customer outage status, usage and pricing signals delivered to and from location 	<p>Advanced Distribution System</p> <ul style="list-style-type: none"> • Real-time reporting of status and outages • Automated controls of relays and reclosers • Efficient field force management • Effective interconnection of renewable energy sources 	<p>Advanced Utility</p> <ul style="list-style-type: none"> • More efficient data collection, processing and back office functions • Enhanced operational and customer insight



An Exelon Company

圖 26 PECO 之智慧電網規劃範疇

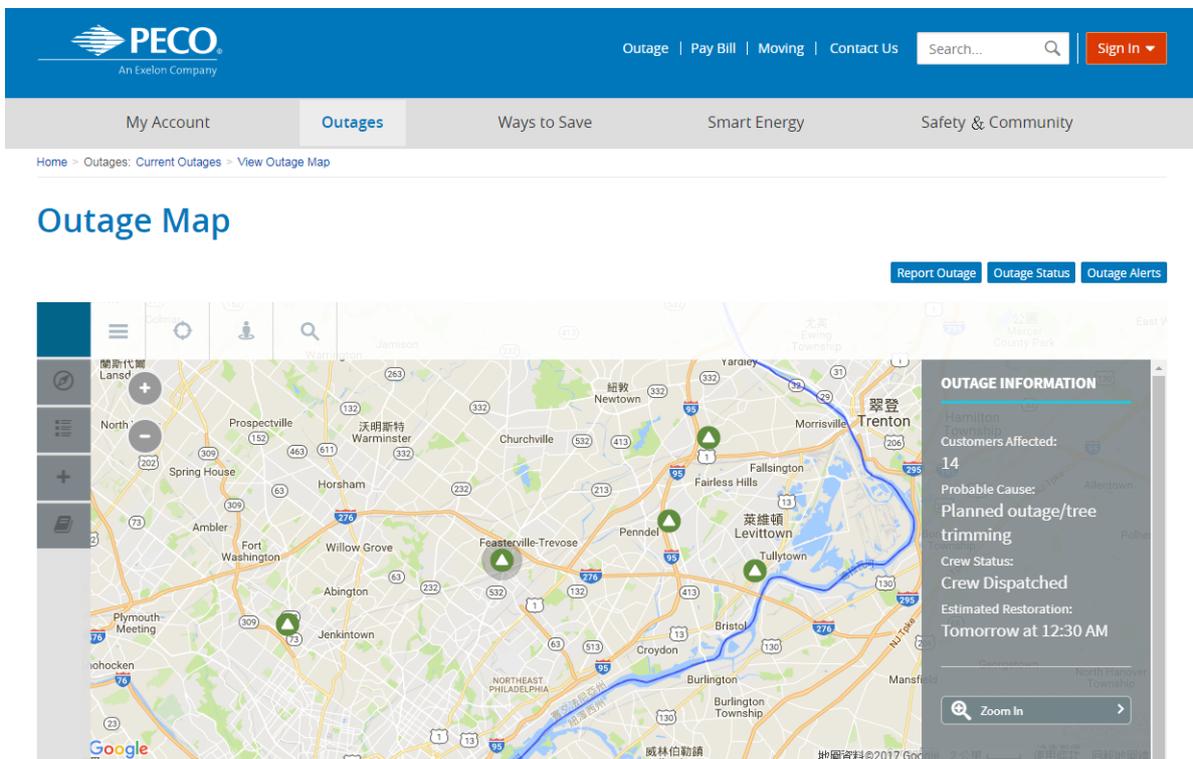


圖 27 PECO 之停電管理系統

(4) AMI 效益分析

如圖 28 所示為 PECO 在分析 AMI 商業效益的參考資料，本次的出國將一併蒐集納入未來智慧電網計畫及台灣推動 300 萬戶 AMI 之參考，由圖可以看到從 W1~W12 將是引入 AMI 後將用電資訊、用戶開票(計費)、供電品質、停電資訊、用戶家庭自動化、用戶網頁查詢(含繳費)、建立 AMI 資訊平台等相關服務。PECO 電力公司採用 3 家表廠的電表及 1 家(Itron)的電表資料管理系統(MDMS)，藉由多家電表廠商的供貨可於市場競爭下促進電力公司獲得較佳的服務，以利分散電表供應的風險。因此，我國已將電表及通訊做模組化的設計，未來可參考由多家廠商供貨的方式，以分散大規模推動風險，如 AMI 推動與建置後之廠商技術能力及售後服務等問題。值得一提的是在交流過程 PECO 電力公司的資深員工表示他們推動 10 年的 HEMS 系統的整合，雖然可更即時得知用戶用電訊息，但採用的無線 Zigbee 技術通訊穩定度不夠可靠，且用戶節電的反應也沒有很樂觀，因為一切都是電價的影響，遠勝過提供給用戶額外的資訊及設備。因此，我國未來 AMI 推動在家庭能源管理系統上的效益可能要再思考相關應用目的。

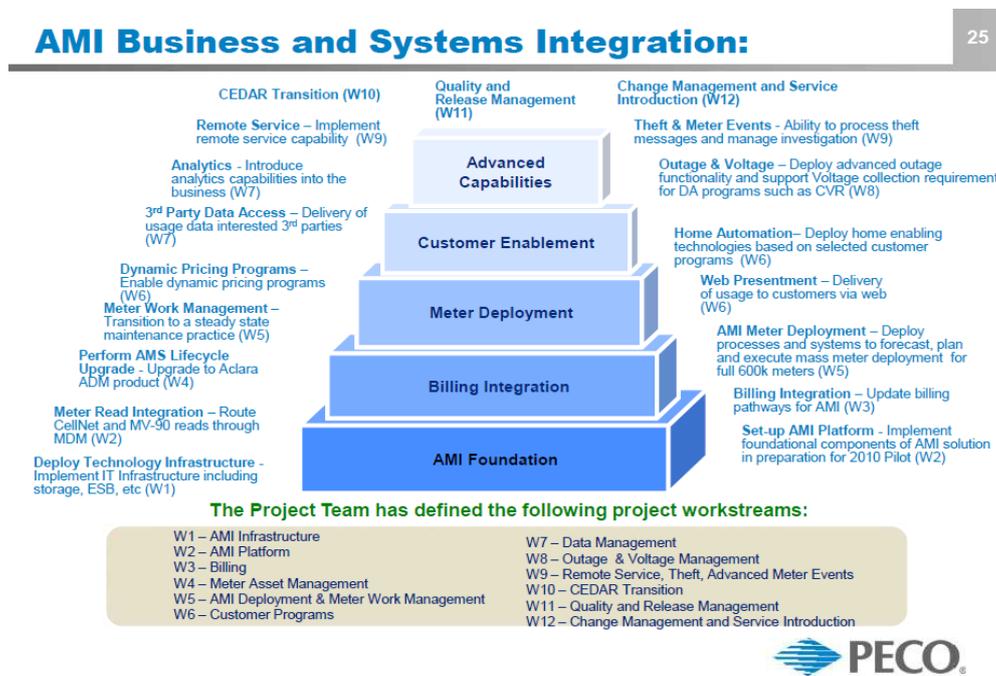


圖 28 PECO 電力公司的 AMI 效益分析

(5) 費城電力 PECO 的負載管理制度(時間電價)

PECO 針對智慧電表的讀表區間並不一樣，商業/工業等高壓用戶之智慧電表每 15 分鐘記錄一筆用電資料，而住宅用戶則是每小時記錄一筆用電資料。目前 PECO 已提供網頁與 APP，用戶可透過網頁或 APP 查詢前一天的用電資訊以及電費資料。PECO 也利用 AMI 所蒐集回來的讀表資訊，透過資料分析進行用戶用電型態判定與分類，進而比較同類型用戶之實際用電情況，偵測是否有竊電嫌疑。

PECO 將轄下的用戶分為四種類型，分別為住宅 (Class1)、最高需量為 100kW 以下之小型工商業用戶(Class2)、最高需量超過 100kW 之大型工商業用戶 (Class3/4)。PECO 電力公司在 2014 年時，即針對工商業用戶 (500kW) 提供即時電價方案，並在當時希望於 2016 年完成智慧電表的安裝，希望能將目標用戶推廣到 100kW。

我國未來對電價方案的設計，除了合理反應電網建設及運維之供電成本外(含智慧電表/電網建設成本)，應就全球暖化、空污、電業經營等議題綜合考量設計電價制度。但設計上應考量長期經驗的問題，不然所留下的債務問題，將猶如核廢料一般，恐怕都是全民買單。

(四) SENSUS 公司技術介紹

美國 SENSUS 公司研發總部設於美東北卡羅萊納州，該公司長期耕耘於美東之公用事業單位，因此喬治亞電力、費城電力 PECO 等電力公司之 AMI 通訊系統都是由 SENSUS 公司協助建置，SENSUS 公司的通訊系統解決方案是採用無線通訊(RF)技術 FlexNet 為基站型式技術(類似電信業技術)，其通訊網路為三階層架構，第一層為電表的通訊模組，第二層為裝置在適當位置的小型基地台，通常是位於高處以增加涵蓋範圍，第三層則為 MDMS(Meter Data Management System)系統端(如圖 29)，透過電表間的

Mesh 網路，一個基地台可收納上千個電表的資料，再藉由骨幹網路回傳至 MDMS。

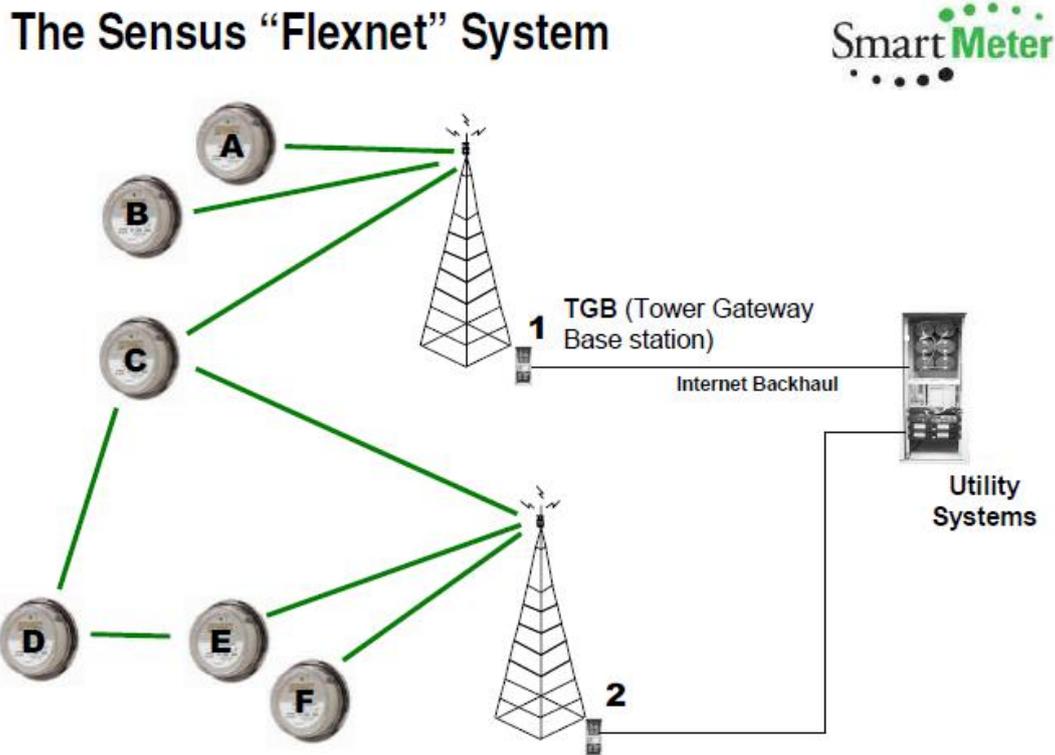


圖 29 SENSUS 通訊網路架構

由於 SENSUS 技術在費城電力(PECO)的應用較有明確的應用情境說明，將就 AMI 及智慧電網等應用情境進行說明與討論，本節將以 PECO 電力之應用情境加以說明。

費城電力公司 PECO 推動公用自動讀表的範疇，包含電表及瓦斯表，其使用相同無線頻段但不同的通訊模組，連往不同的頭端伺服器(HeadEnd)，其通訊系統架構如圖 30 所示，採三階層架構，第一層為光纖骨幹網路，該骨幹網路不僅提供 AMI 通訊使用，還可作為饋線自動化、街道照明控制及監視設備使用，第二層為小型基地台連接至光纖骨幹網路，第三層為電表連線至小型基地台的無線通訊，費城電力公司用戶的電表裝設位置大約有 40%在室內(含地下室)，60%在室外，為克服無線通訊於室內會訊號薄弱的缺點，針對室內無線訊號薄弱的電表，會裝設小型強波器並由強波器布設

延長天線以加強訊號，SENSUS 公司已派員長駐費城電力公司，提供通訊技術支援監控 AMI 每日讀表情形，若發現讀表失敗會立即派員處理。另該公司的 AMI 電表於家庭端(HAN)端是使用 Zigbee 技術，但據其表示效果並不理想，主因仍是建築物結構及電表裝設位置導致無線訊號遭遮蔽。

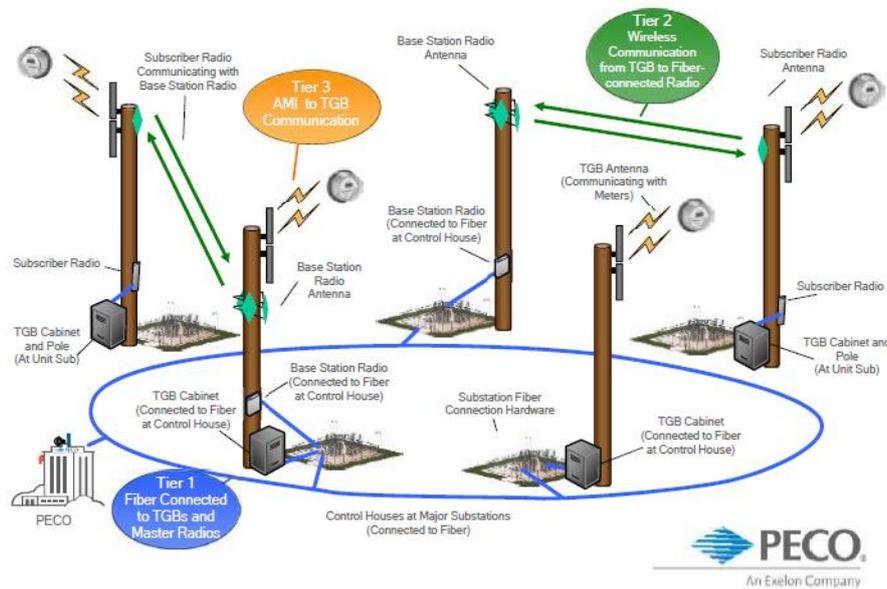


圖 30 費城電力 AMI 通訊系統架構

費城電力建立的 AMOS(Advanced Meter Outage System)，連結 AMI 系統、CIS 系統及 OMS 系統，可提供停電事件管理及變壓器連結偵錯的功能，於 2016 年其效益統計包含減少派遣人員的成本(減少約 10,000 出勤車次)、修正變壓器連結(修正約 3,000 戶)、減少用戶抱怨(無形效益)、SAIFI 降低 0.11、SAIDI 減少 4.3 秒等。且交流過程，SENSUS 公司提供的 FlexNet 技術不但可提供 AMI 通訊使用，並可支援配電系統 SCADA 及城市街燈控制。

我國未來的 AMI 通訊建置，目前可能先就過去 1 萬戶的問題先解決，未來依本次攜回經驗再做討論，例如 SENSUS 提到的遠端斷復電功能，可提供既有用戶申設及停用電表之人力成本降低，以及減少抄表人力外，更可有效率的促進用戶按時繳費的觀念形成，減少電費呆帳的發生。



圖 31 訪問費城 PECO 與 SENSUS 之交流會議情形

(五) 紐約聯合愛迪生電力(Con Edison Power)

紐約聯合愛迪生公司為世界上最大的能源輸送公司之一，由 1823 年起供應紐約電力、瓦斯及暖氣系統等服務，服務約 1,000 萬戶，主要盈收還是來自於電力的銷售如圖 32 所示，而該公司之 AMI 建置規劃如圖 33 所示之 AMI 系統布建策略是以分區布建的方式，且工商用戶優先布建。目前約已完成 310 萬具智慧電表及 120 萬具智慧瓦斯表換裝，其中所有的大電力皆已換裝智慧電表，可定期收集大電力用戶之用電資訊。不管是針對大電力用戶或住宅用戶，其智慧電表的用電紀錄皆是 15 分鐘為一筆資料，與本公司相同。AMI 系統中的通訊網路主要是採用 Silver Spring 通訊技術，而 AMI 系統運轉的人力皆為原本的員工經過訓練後擔任，並無特別新加人力。

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

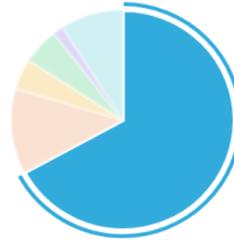


圖 32 紐約 Con Edison 公司的收入來源

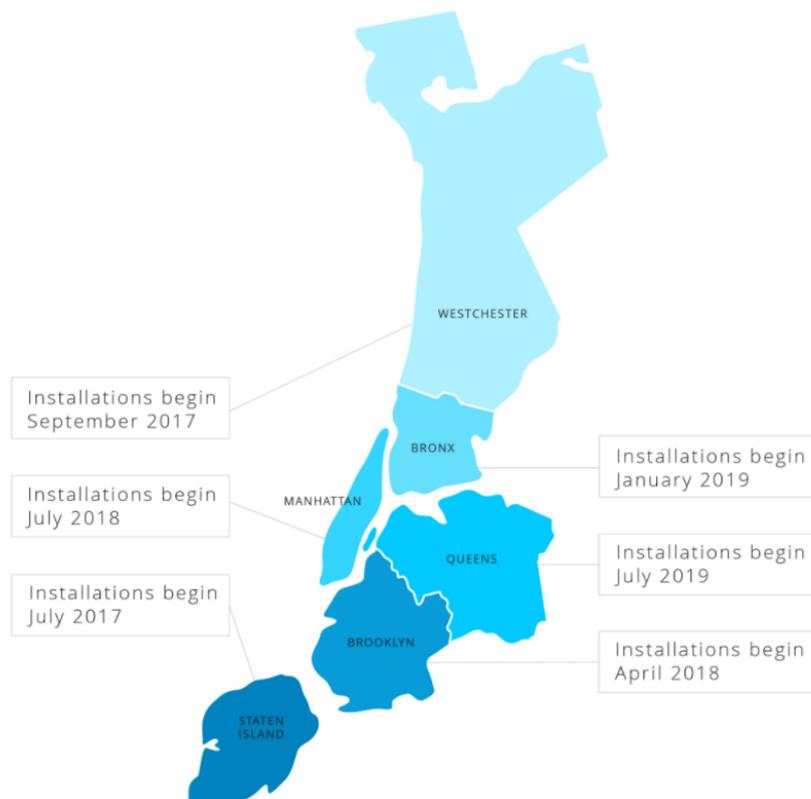


圖 33 紐約 Con Edison 電力公司之 AMI 建置規劃

紐約聯合愛迪生公司針對具有智慧電表的用戶，提供 Web Portal。用戶可以透過該網站查詢各自最新的用電資訊，也就是前一日之前的所有時段用電訊息；用戶也可以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想藉由分析用戶用電資料，進行用戶用電或電費預測，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。

這次訪問紐約聯合愛迪生公司，並沒有特別詳述該公司的即時電價方案，只知道該方式主要是針對大電力用戶，且參與用戶可以透過 Whole Sale Market 查詢即時電價的電價費率。

如圖 34 所示為目前紐約聯合愛迪生公司正在積極推動分散式能源 (Distribution Energy Resource, DER)，包含再生能源。比較特別的是該公司利用電網當作是太陽能用戶的電能儲存系統，如果當太陽能用戶之發電量超出自己所需，則可以將多的電力輸出到電網，並且透過 net meter 紀錄有多少電量輸出。未來，當該用戶的太陽能發電不夠自己使用的時候，則紐約聯合愛迪生公司會依據該用戶之前輸出到電網的總電量，給予用電的優惠，也就是當用戶的用電量沒有超過輸出到電網的總電量時，紐約聯合愛迪生公司並不會跟用戶收電費。某種程度來看，DER 的用戶應該是自發自用，當電網可以當作是他們的電力儲存設備。再生能源及電動車的引入也是該公司正在研擬的一個未來需求。另外該公司覺得如果要維持較低的電價及正常的營運，應該要在核能發電、火力發電、再生能源等依各國的天然資源及能源供給來源而做一些合理的比例分配，目前核電為該集團主力，以及減碳及平衡資產的方法之一。

2016-2017 Sustainability Highlights



Safety & Environment

Employee Safety

Con Edison finished 2016 with a recordable injury rate of 1.18, the lowest in our history, and we are pursuing a reduction in the OSHA injury rate to 1.00 by 2019.

Awards & Recognition

For the ninth year in a row, our company was recognized by PA Consulting Group, Inc. with the Outstanding System-Wide Reliability Award.



Safety & Environment

Reducing GHG Emissions

We reduced our carbon footprint (carbon dioxide, methane and sulfur hexafluoride) by 48 percent since 2005. This equates to taking more than 500,000 cars off the road each year.

Supply Chain

We purchased more than \$8 million in environmentally friendly products in 2016



Safety & Environment

Core System Upgrades

We invested more than \$2.8 billion in our electric, gas, and steam infrastructure.

R&D/Innovation

Drones developed by our engineers inspect steam boilers up to 150 feet high.



Customer & Community

Customer Experience

JD Power ranks us No. 1 in customer satisfaction among large utilities in the East.



Customer & Community

Renewables

We invested \$2.5 billion in renewable-resource projects in 16 states. We're also the fifth-largest solar producer in North America.



Customer & Community

Electric Vehicles

We give customers money-saving incentives to charge their electric vehicles at off-peak hours.

圖 34 紐約 Con Edison 電力公司之發展重點

(六) Brattle 顧問公司

拜訪 Brattle 顧問公司主要是由公司的總經理 (Principal) AHMAD FARUQUI 博士和 LEA GRAUSZ 研究員所接待。

Brattle 集團起源於 1990 年，五位負責人致力於誠信和卓越的經濟和財務諮詢。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。從那以後，該公司在美國和歐洲擴展到 300 多人。1996 年在華盛頓特區設點，主要關注在監管、反托拉斯和公共政策。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。從 2009 年開始，該公司已經擴展到馬德里和羅馬，目前被認為是整個歐盟能源，金融和競爭方面的頂級諮詢公司。

AHMAD 首先透過三個問題來說明 AMI 系統可以帶來的好處：

- Do you know how much electricity you consume?
- Is your electricity rate fair and accurate?
- Can you easily manage your electricity consumption?

大部分用電消費者的答案皆為 NO，但是透過 AMI 系統的布建與相關應用產品的發展，如 In-Home Display、Energy Orbs、Web Portals 等(見圖 35)，將協助用戶掌握上述的資訊。雖然布建 AMI 與智慧電網需要耗費很多的成本，但是帶來的好處也是很明顯的，以下就是 Brattle 公司認為可能耗費的成本種類及帶來的效益(Benefit):

Costs:

- Meters & IHDs：電表及屋內顯示器的成本
- Installation of meters：電表安裝的成本
- Operation and maintenance of meters：電表運轉維護的成本
- Communications equipment in premise：通訊設備的成本

- DCC license：通訊頻段的執照使用成本
- Data service (DCC)：各項資料處理服務成本
- Communication services (DCC)：通訊服務的成本
- Other service providers (DCC)：其他服務的成本
- Supplier capex (systems)：供應商的資本支出
- Supplier opex (systems)：供應商的營業費用
- Industry capex (systems)：產業的資本支出
- Industry opex (systems)：產業的營業費用
- Energy：能源的成本
- Disposal：廢棄處理成本
- Pavement reading inefficiency：人工讀取的成本
- Organizational：組織的成本
- Marketing：行銷的成本



圖 35 Smart Grid Technology

Benefits:

- Energy Saving：節能的效益
- Microgeneration：微電廠的效益
- Avoided site visits：減少派員至現場的效益
- Inbound enquiries：入口網站查詢的效益
- Customer service overheads：用戶服務的效益
- Debt handling：欠費處理的效益
- Remote (dis)connection：遠端斷復電的效益
- Reduce theft：抑制竊電的效益
- Customer switching：用戶遷移處理的效益
- Earlier fault notification/detection：線路故障偵測的效益
- Faster restoration of supply：加速復電的效益
- Operational saving from fault fixing：降低運轉維護成本的效益
- Reduce calls to emergency and fault lines：減少緊急故障的效益
- Better informed enforcement investment decisions：協助投資的效益
- Reduce cost to serve new connections：降低新設用戶服務成本的效益
- Avoided investigation of voltage complaints：避免用戶抱怨的效益
- Reduce losses：減低損耗的效益
- Global CO₂ reduction：降低二氧化碳排放量的效益
- Air quality：提升空氣品質的效益

AHMAD 博士認為 AMI 系統可以提供終端用戶更詳細的用電資訊，使得用戶想要的電價費率更加的多元，例如

1. 可否提供其他的電價費率方案，透過可接受的用電行為改變降低整體電費的支出？

2. 可否提供以容量計費的電價費率(Guaranteed Bill)，類似包燈費率？
3. 介於以上述兩者之間，以 Guaranteed Bill 為基礎，配合電力公司於尖峰用電時段減少用電，期望獲得額外的電費扣減或獎勵！

(七) 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 先生和資料分析師 Ray Liang 先生所接待。

美國加州於 2012 年因部分核能機組無法運轉(短少 2,246MW)，以及該年降雪量不足導致水力發電於夏季預估短少 1,137MW 等情形，為因應前述困境，美國加州電力調度中心(California ISO, CAISO)藉由 Base Interruptible Program(屬基於供電可靠度降低負載之計畫)、SmartAC Program、Summer Discount Program(屬以價格為誘因降低負載之計畫)等計有 10 項以上的需量反應措施，在 2012 年 8 月份平均可降低約 2,322MW 的尖峰用電量，度過供電危機。

SCE 依據 CAISO 指令執行之負載管理措施分為基於供電可靠度降低負載(類似本公司臨時性減少用電措施)及以價格為誘因降低負載(類似本公司時間電價及需量競價措施)兩種，依據 CAISO 紀錄資料顯示，該年度(2012 年)南加州艾迪生電力公司(SCE)於 2012 年 9 月 26 日 15 時至 17 時藉由執行 Base Interruptible Program 降低 483.3MW 用電量，前述需量反應係電力公司以傳真或電子郵件通知用戶後，由用戶手動調整負載，或電力公司藉由網際網路發送訊號予用戶能源管理系統後，能源管理系統自動調整負載，而 AMI 智慧電表僅扮演驗證角色，供電力公司瞭解即時負載情況。

因應 SCE 的即時電價方案主要是透過過去歷史之資料，計算出 9 種不同之電價方案，詳見圖 36，其電價係依據前一天的溫度（取決於洛杉磯市

中心點的每日最高溫度記錄) 和季節變化決定，參與用戶可自行查溫度就可判斷隔天將採用的電價方案與費率價格。

Summer Season Pricing Schedules	Winter Season Pricing Schedules
<ul style="list-style-type: none"> • Extremely Hot Summer Weekday ($\geq 95^{\circ}\text{F}$) • Very Hot Summer Weekday ($91^{\circ}\text{F} - 94^{\circ}\text{F}$) • Hot Summer Weekday ($85^{\circ}\text{F} - 90^{\circ}\text{F}$) • Moderate Summer Weekday ($81^{\circ}\text{F} - 84^{\circ}\text{F}$) • Mild Summer Weekday ($\leq 80^{\circ}\text{F}$) 	<ul style="list-style-type: none"> • High Cost Winter Weekday ($> 90^{\circ}\text{F}$) • Low Cost Winter Weekday ($\leq 90^{\circ}\text{F}$)
	Weekend Pricing Schedules
	<ul style="list-style-type: none"> • High Cost Weekend ($\geq 78^{\circ}\text{F}$) • Low Cost Weekend ($< 78^{\circ}\text{F}$)

圖 36 SCE 即時電價啟動條件

SCE 即時電價方案之九種不同的電價方案，夏天正常工作日共有 5 套方案，當溫度超過華氏 95 度時將啟動 Extremely Hot Summer Weekday 電價；若溫度介於華氏 91 至 94 度時，則啟動 Very Hot Summer Weekday 電價；若溫度介於華氏 85 至 90 度時，啟動 Hot Summer Weekday 電價；若溫度介於華氏 81 至 84 度時，啟動 Moderate Summer Weekday 電價；最後，當溫度低於華氏 80 度時，啟動 Mild Summer Weekday 電價。

冬天正常日則僅分為 2 種不同電價，分別為高於華氏 90 度時啟動 High Cost Winter Weekday 電價，以及低於華氏 90 度時啟動之 Low Cost Winter Weekday 電價。最後，不論是夏季或是冬季，周末或是例假日之電價分為 2 種不同電價。分別是當溫度超過華氏 78 度時啟動之 High Cost Weekend 電價，以及低於華氏 78 度時啟動之 Low Cost Weekend 電價。

- 目前RTP客戶有9種不同的定價方案。每一天的電價基於日期類型和前一天的洛杉磯市中心最高氣溫。

Current TOU-8-SEC RTP Rates

HOUR ENDING @ PST	EXTREMELY HOT SUMMER	VERY HOT SUMMER	HOT SUMMER	MODERATE SUMMER	MILD SUMMER	HIGH COST WINTER	LOW COST WINTER	HIGH COST	LOW COST
	WEEKDAY (=>95)	WEEKDAY (91-94)	WEEKDAY (85-90)	WEEKDAY (81-84)	WEEKDAY (<=>80)	WEEKDAY (<-90)	WEEKDAY (<=>90)	WEEKEND (=>78)	WEEKEND (<-78)
1 a.m.	0.03981	0.03218	0.02784	0.02614	0.02490	0.04341	0.03228	0.03382	0.03042
2 a.m.	0.03470	0.02728	0.02339	0.02224	0.02169	0.04058	0.02883	0.02976	0.02623
3 a.m.	0.02934	0.02252	0.01931	0.01815	0.01874	0.03480	0.02677	0.02644	0.02413
4 a.m.	0.02597	0.02106	0.01764	0.01655	0.01682	0.03748	0.02650	0.02488	0.02157
5 a.m.	0.02681	0.02269	0.02029	0.01831	0.01859	0.04002	0.02897	0.02473	0.02175
6 a.m.	0.03655	0.02925	0.02510	0.02332	0.02336	0.05000	0.03593	0.02636	0.02375
7 a.m.	0.03772	0.03127	0.02804	0.02545	0.02541	0.05816	0.04145	0.02495	0.02169
8 a.m.	0.04066	0.03502	0.03202	0.02929	0.02904	0.06013	0.04428	0.02757	0.02331
9 a.m.	0.04584	0.04948	0.03531	0.03378	0.03332	0.05766	0.04438	0.03257	0.02931
10 a.m.	0.08476	0.07488	0.03962	0.03937	0.03825	0.06591	0.04555	0.03715	0.03295
11 a.m.	0.19574	0.16004	0.05259	0.04324	0.04178	0.09397	0.04706	0.04049	0.03671
12 noon	0.43014	0.25517	0.05990	0.04561	0.04362	0.12007	0.04713	0.04304	0.03796
1 p.m.	0.70169	0.37222	0.08050	0.04743	0.04536	0.14597	0.04632	0.04350	0.03699
2 p.m.	1.22307	0.60167	0.20012	0.05308	0.04747	0.20181	0.04635	0.04439	0.03527
3 p.m.	1.77055	0.77878	0.32239	0.06818	0.05221	0.25224	0.04584	0.04706	0.03567
4 p.m.	2.48745	1.00486	0.41900	0.08734	0.05682	0.28834	0.04576	0.04896	0.03618
5 p.m.	2.48846	0.92278	0.42588	0.07960	0.05557	0.24551	0.04660	0.05333	0.03778
6 p.m.	1.83882	0.69876	0.26879	0.06084	0.04811	0.15984	0.04978	0.05651	0.04018
7 p.m.	1.15116	0.35488	0.14887	0.05460	0.04568	0.13716	0.05180	0.05473	0.04115
8 p.m.	0.81072	0.23926	0.10152	0.04600	0.04309	0.14061	0.05192	0.05389	0.04363
9 p.m.	0.89430	0.38854	0.10143	0.04793	0.04525	0.14288	0.04987	0.05913	0.04506
10 p.m.	0.17887	0.15059	0.05276	0.04395	0.04194	0.07375	0.04605	0.04799	0.04173
11 p.m.	0.04950	0.06339	0.03925	0.03884	0.03831	0.05211	0.04173	0.04095	0.03619
Midnight	0.04367	0.03736	0.03361	0.03214	0.03086	0.04811	0.03538	0.03497	0.03021
# of Days	4	7	16	23	36	7	168	47	57

Southern California Edison

圖 37 SCE 即時電價 9 種方案之 24 小時每度電費

上述電價皆為 24 小時不同之電價(參考圖 37)，SCE 透過過去歷史之資料，計算出 9 種不同之電價方案。值得注意的是，在夏季預測隔日溫度較高時，其最尖峰電價與離峰電價之差距可達數十倍，最尖峰電價最高可達 1 度電相當於台幣 80 元(美元 2.75 元/度)。對於用戶而言相當具有誘因進行用電移轉。

SCE 的即時電價費率分為發電端、輸電端、配電端、輔助服務等其他收費來源，不同收費來源的計費項目更可以細分為能量費用(Energy Charge)、用戶成本(Customer Charge)、容量費用(Demand Charge)三個主要項目。

不同電壓別的用戶成本不同主要是變壓器的部分導致，通常中間電壓的用戶都自備變壓器，所以只會收取電表的錢；但低壓用戶部分沒有變壓器，所以會同時收取變壓器與電表的錢；但如果是特高壓用戶，則因為提供更多服務以及更多設備，因此需收取最多。

另外，SCE 能量成本部分採邊際成本定價法，非平均成本定價。身為輸配售電業，SCE 透過容量成本進行其輸配電固定成本的回收。我國未來規劃直供代輸部分則是將固定成本攤提至能量費用中回收。

SCE 設計即時電價最重要的在於預測 9 種不同電價的發生次數，並以此預估的發生次數轉算成相對應的電價。目前 SCE 的 RTP 2 方案所採用預估的溫度與負載的資料係參考前三年資料。在取得前三年 8,760 小時的資料後，制定電價相關參數會透過蒙地卡羅模擬，最後才計算出結果，如加入區域性的分析，分析不同區域的邊際成本。

由於 RTP 的目的在降低尖峰負載，為證明氣溫與系統負載之關係，因此 RTP 價格機制必須與 SCE 系統負載有高度關聯。SCE 內部分析人員透過關聯分析得出，前一天洛杉磯市區最高氣溫與 SCE 的系統負載有高度相關，而且採溫度決定價格機制也很容易讓用戶理解。因此目前仍採溫度作為電價啟動機制。

三、心得及建議事項

(一) 本次出國攜回許多重要資料值得參考：

- (1) 訪問 Georgia Power 電力公司，攜回 Georgia Power 之 AMI 系統整合經驗，並取得相關系統應用資訊(AMI+OMS、AMI 與用戶服務網頁、AMI 與負載管理整合之應用)。並且瞭解到 Georgia Power 亦經歷電業自動化之轉型過程，目前已有相關聯繫窗口未來可邀請相關專家進行經驗分享。
- (2) 訪問費城電力公司(PECO)，針對 AMI 通訊技術及系統進行交流，該公司過去亦有推動智慧家庭 IHD 的應用案例，該公司測試 Zigbee 技術，經實證後該公司亦覺的 Zigbee 技術應用在電表與 IHD 的通訊建立上，尚不成熟，未來應再尋求其他技術。另外，PECO 為配電系統操作公司(DSO)，

重點在維持配電網的穩定、制定費率、收取電費等，故推動斷復電功能之電表，可增進用戶服務及收費效率等優點，未來可能我國參考。

- (3) 訪問紐約 Con Edison 電力公司經驗，蒐集到該公司針對推動 AMI 之重要評估報告，除了效益分析及推動策略外，特別是交流過程中提問全數轉為 AMI 系統後，是否會造成失業問題，該公司表示已有輔導機制，提用員工轉換跑道及階段轉型等措施，可供我國推動參考。
- (4) 訪問 Brattle 顧問公司，該公司已參與許多電價設計方案研究，透過美國當地顧問公司，求證 Georgia Power 電力公司、費城電力公司(PECO)、紐約 Con Edison 電力公司及南加州電力公司 SCE 等電價制度及推動狀況之驗證。並取得該公司電價方案之研究現況。
- (5) 訪問南加州愛迪生電力公司(SCE)，針對負載管理策略進行訪問，雖然 SCE 的即時電價推的沒有 Georgia Power 電力公司久，但目前方案數也不少，因此，亦可參考設計方式，以利我國方案研擬之參考。在訪問過程中亦發現有台灣人在 SCE 服務，未來可邀請相關專家返台演講。

(二)就系統整合方案而言，AMI 及智慧電網應考量各國需求及環境限制，而擬定因地制宜之推動做法，就美國而言，因電力公司已集團化經營，故無論是喬治亞電力、費城電力、紐約 Con Edison 電力及 SCE 等電力公司推動經驗，皆以配電系統營運公司的角度思維，注重於 AMI 建置完成之系統整合，並透過公開資訊網頁，提供用戶查詢、繳費及個人化的申辦業務，透過高度資訊化及遠端斷復電開動的應用，提供用戶更即時之服務。目前我國已有設計出適合 AMI 長期推動模組化智慧電表推動策略，未來將持續完成政府規劃之 300 萬戶目標，並陸續將系統整合之概念提供本公司參考。

(三)其他訪問單位回應建議：

- (1) PECO 電力公司的資深員工表示美國自 2008 年起推動 AMI，迄今將近 10 年其中亦思考 HEMS 系統的整合，雖然可更即時得知用戶用電訊息，

但採用的無線 Zigbee 技術通訊穩定度不夠成熟可靠，且用戶節電的反應也沒有很樂觀，因為電價的影響，遠勝過提供給用戶再多的資訊及設備。

- (2) Con Edison 電力公司，瞭解我國電力資源及環境後(九成以上的能源需要進口)，Con Edison 電力公司表示核能還是有一定的優勢(成本穩定、體積小、零排碳、適合擔任基載)，在美國還是多數電力公司的主要核心，如南方電力集團、愛克斯龍 (Exelon) 電力集團等。同時，電力涉及民生需求，因此如何長期穩定發展值得思考。

(四)建議事項：

- (1) 應重視 AMI 系統整合：

AMI 系統將過去人工抄表轉為自動讀表，增進用電、發電及與用戶互動之工具，故應重視系統整合、增值應用及負載管理等措施等。以 Georgia Power 為例，不僅完成低壓 AMI 全系統建置，且整合客服系統、官網、臉書(FB)、推特(Twitter)等公共服務系統，並將收費、停電及後台系統整合，可提供電業服務人員更即時資訊以利回應用戶。

- (2) 推動初期應尋求複數供貨商，比較廠商可提供之資源及服務：

以 PECO 為例，擬定一種主要通訊技術，再由多家電表供應用及提供維運服務(據悉目前供應商有 Landis and Gyr、Elster、SENSUS 等表商供應)，本次訪問 PECO 費城總部，因得標者為 SENSUS 公司，該公司已派員長駐 PECO 公司總部提供系統維運所需之支援；並且不斷與電力公司交流，可支援其更新技術，以利增加 AMI 系統的進步性。

- (3) 推動 AMI 配套上需面臨組織調整，且效益來自系統整合及用戶服務，而非降低相關人事成本導向

依紐約 Con Edison 電力公司經驗，在推動 AMI 過程，因為自動讀表系統的建立，在初期系統磨合仍需通訊調校人力的調配，故 Con

Edison 已強化宣導人力退休規劃、轉職人力之教育訓練等系統化組織調整規劃，得以使推動過程電力公司人力不致反彈，亦無須大量招募新專業人才而導致人力成本提高。

(4) 電價配套制度及 AMI 技術的配合，即負載管理制度引入

導入 AMI 智慧電表後，各電力公司均有推動分時計價、需量管控的概念引入，無論是在 Georgia Power、PECO、紐約 Con Edison、南加州 SCE 等電力公司均有推動分時計價策略，其中 Georgia Power 較早開始發展即時電價策略(Real Time Price)，在本次訪問過程中發現，各地電力公司的負載變動響應速率不同，且 AMI 負載資料紀錄區間(Load Interval)也不同，如 Georgia Power 為工商用戶及住宅用戶都是每 30 分鐘 1 筆資料；費城電力(PECO)工商用戶為每 15 分鐘記錄一筆用電資料，而住宅用戶則是每小時記錄一筆用電資料；Con Edison 最小要求不超過 1 小時一筆(就報告上指出工商用戶最細有支援到每 5 分鐘一筆、住宅用為 15 分鐘 1 筆)；而 SCE 就是工商 15 分鐘、住宅 1 小時 1 筆資料。經交流 SCE 人員私下表示 Georgia Power 投入比較早，因此建議我們可以多比較一下 Georgia Power 的做法與經驗。

(5) AMI 的系統衍生應用，各電力公司皆在尋求相關增值應用

完整的 AMI 系統包含電表、通訊系統及電表資料管理系統，其建置成本對電力公司是很大的投資，因此各電力公司皆在尋求相關衍生應用服務，以費城電力為例，該公司通訊系統採用 SENSUS 公司技術，故積極探尋智慧城市應用，如智慧街燈、配電系統 SCADA 資訊傳遞及示範性的家庭 HAN 介面研究。於交流過程發現，美國電力公司非常著重電表的斷復電功能設定，可應用於欠費斷電、搬家設定、預付費機制建立等，預防電業帳務呆帳之手段且減少人力交通的成本(增進電業收費機制)。