

出國報告（出國類別：實習）

# 需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用 研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：賈方霈(電機工程師)

派赴國家：美國

出國期間：出國期間：106 年 10 月 10 日 至 106 年 10 月 20 日

報告日期：106 年 12 月 18 日

QP - 08 - 00 F04

### 出國報告審核表

出國報告名稱：需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用研習		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
賈方霈	電機工程研究專員	台灣電力公司綜合研究所
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：106年10月10日至106年10月20日		報告繳交日期：106年12月18日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人	單位 主管	主管處 主 管	總 經 理 副總經理
-----	--	-----	----------	------------	---------------

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用研習

頁數 28 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

賈方霈/台灣電力公司/綜合研究所/電機研究專員/02-23601231

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 日至 106 年 10 月 20 日 出國地區：美國

報告日期：106 年 12 月 18 日

分類號/目

關鍵詞：大數據、商業智慧、Big data、Business Intelligence

內容摘要：(二百至三百字)

需求端用電資料不僅可作為用戶的自主用電管理之用，整體統計數據更可積極用來分析用電特性與預測趨勢及擬定節電策略等功能和目的之用，進一步還可達到企業決策支援的商業智慧等應用。透過商業智慧技術除可讓企業利用快速、即時、整合的資訊科技，蒐集、分析企業外部環境的競爭資訊與內部經營的重要關鍵指標，並提供即時、多維度的分析，以支援決策者的判斷，提升企業的競爭能力。伴隨需求端電能數據資料持續深化與廣泛的蒐集和

累積，台電公司在需求面電能大數據的發揮，也持續透過新工具與技術的導入，整合相關歷史用電資料，以期找出提高用戶服務滿意度、支援決策等可行之利用與分析方法。緣此，為瞭解國外電業在需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用的環境現況，派員參訪美國 4 家電力公司和相關單位實習觀摩，以期作為國內未來規劃相關管理措施設計時之參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用研習

## 目錄

頁次

出國報告審核表.....	2
出國報告提要.....	3
目錄.....	5
壹、計畫內容與目的.....	6
貳、我國應用需求端大數據與商業智慧技術概況.....	7
參、實習行程規劃.....	8
肆、實習內容與經過.....	10
伍、心得與感想.....	26
陸、結論與建議.....	26

# 需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用研習

## 壹、計畫內容與目的

### 一、緣起

因應本公司推動節能減碳與永續經營發展，以及配合部署智慧電表系統與發展綠能產業等政府政策，依據短中長程研發重點「需求面電能分析與運用技術」，持續建立需求面電能巨量資訊分析運用平台，進行各種負載特性分析與服務，以協助業務部門設計及規劃系統級及地區型之需量反應措施、測試與驗證；並逐步提出前瞻性之負載管理系統及商業智慧應用。

### 二、內容概述

依據台電公司 106 年度短中長程研發規劃重點項目「加強用戶端之電能管理與服務」之規劃：需求面電能分析與運用技術，實習有關需求面電能分析與 BigData 商業智慧應用，精進(1)巨量資料探勘分析應用技術。(2)商業智慧應用技術。

### 三、預期成果

(1)提升資料探勘分析應用技術。(2)應用需求端 Big Data 與商業智慧技術，提升用戶需量分群特徵與管理措施設計之商業智慧應用，可加強需求端管理措施之誘因設計與抑減成效研究。

## 貳、我國應用需求端大數據與商業智慧技術概況

我國在需求端「大數據」(big data)的技術應用，可由 2013 年所完成全國高壓用戶 AMI(Advanced Metering Infrastructure，先進讀表基礎建設)智慧電表的布建，藉通訊讀表功能回傳用電資料「大數據」(big data)的快速資料累積開始，展現了台電公司需求端大數據應用技術的具體成果。同時，台電公司也在 2016 年 7 月彙整這些寶貴數據，推出了「高壓用戶服務網站」[1]，打造客製化自主電能管理系統，讓用戶可清楚了解自己的用電情況，繼而讓用戶實現自主節電的可能。

而由現今常見的商業智慧定義中可知[2]，商業智慧技術主要是為讓企業利用快速、即時、整合的資訊科技，蒐集、分析企業外部環境的競爭資訊與內部經營的重要關鍵指標，來提供即時、多維度的資訊，以支援決策者的判斷，提升企業競爭能力的一種流程與資訊系統。因此從 AMI 智慧電表回傳的用電數據，不僅可作為需求端的用戶自主用電管理之用，整體統計數據更可積極用來分析用電特性與預測趨勢及擬定節電策略等功能和目的之用，進一步達到支援企業決策的商業智慧應用技術。

## 參、實習行程規劃

本次出國行程透過參訪美國喬治亞電業(Georgia Power)、喬治亞理工學院(Georgia Tech)、費城 PECO(Philadelphia Electric Company)、紐約 ConEd(Consolidated Edison Company of New York)、紐約 ConEd 即時電價方案的參與用戶(Peter Funk)、加州 Brattle(The Brattle Group in San Francisco)、加州 SCE(Southern California Edison)與 Nexant 等單位，以實習國外有關需求面電能分析與大數據商業智慧應用之相關現況。本次參訪對象的類型，涵蓋有 4 家電業與相關參與用戶及專業顧問公司等單位，可謂行程豐富且多樣，著實增廣了參加人員的相關眼界與國外見聞。

本次出國期間為 106 年 10 月 10 日至 20 日，共 11 天，詳細行程說明如下表 1。

表 1. 出國行程計畫表

參訪對象	日期	聯絡窗口
喬治亞電業 (Georgia Power)	10/11	Alison Brown(Pricing and Rates Director) Terry A. Austin (Manager of Pricing Administration, Pricing and Rates) April Hsieh (Pricing Analyst, Pricing and Rates) 陳家琪·Jackie Chen(總部南方電力公司的財務經理)
喬治亞理工學院 (Georgia Tech)	10/12	Jessica Rose (Analytics and communications, )Associate Director Paul Wiley(Analytics and communications, Utilities Project manager) Scott McVay (Sr. Account Executive, Johnson Controls)
費城PECO	10/13	Glenn A. Pritchard( Manager, Advanced Grid Operations & Technology) James S. Reiley (Manager, Strategy & Dynamic Pricing)
紐約ConEd	10/16	Kelly Ziegler (State Regulatory Affairs) Aaron Breidenbaugh(Director of Regulatory Affairs)
RIP用戶 Peter Funk	10/16	Peter Funk(Lawyer) F. Ellen Zeifer (Lawyer) Aaron Breidenbaugh(Director of Regulatory Affairs)
加州Brattle	10/17	AHMAD FARUQUI, Ph.D. Principal The Brattle Group LEA Grausz (Associate, the Brattle Group) Cecile Bourbonnais ( Research Analyst)
加州SCE與Nexant	10/18	Robert A. Thomas (Manager Rate Design) Ray Liang ( Financial Analyst, Regulatory Policy & Affairs) 劉文雄博士(Edwin Liu, Ph.D.) Senior Vice President

訪查規劃之提問重點包括有：

1)to study the real-time pricing program from other utilities, include:

- ✧ tariff structures [費率結構與內容]
- ✧ Do you have any related products and options? [配套措施]
- ✧ tariff design (CBL, predicted RTP price etc.) [費率設計方法]
- ✧ performance [實施成效]
- ✧ platform/interface of RTP program[方案平台/用戶介面]
- ✧ pilot test before the official program release [試驗方案]
- ✧ Are there any problems or issues when implementing RTP, and how did you deal with that?  
[推動問題與解決方法]

2)to know the AMI data application and innovative customer service：

- ✧ How many kinds of method can customers apply for electricity?
- ✧ Are there any Value-added services provided in your company?
- ✧ Thinking of analysis of data collected by customer, how do you combine it with customer service?
- ✧ Do you have developed any eco-friendly, life-convenient applications which utilize ICT and IoT technology?

3)Demand Response：

- ✧ Demand response program contract. Qualification, dispatch period, aggregator mechanism, CBL (does relate to temperature?)
- ✧ Measuring, Monitoring and Verification (MMV)
- ✧ How to design and manage the account of demand response user interface/platform. (We used the Customer ID as the account ID)
- ✧ If customers want to enroll a DR program, do you have a standard process to approve/verify the DR application?

## 肆、實習內容與經過

本次實習行程為 106 年 10 月 10 日出發，10 月 20 日返國，實習期間分別拜訪美國喬治亞電業(Georgia Power)、費城 PECO(Philadelphia Electric Company)、紐約 ConEd(Consolidated Edison Company of New York)、加州 SCE(Southern California Edison)等 4 家電力公司，以及喬治亞理工學院(Georgia Tech)、紐約 ConEd 即時電價方案的參與用戶(Peter Funk)、加州 Brattle(The Brattle Group in San Francisco)與 Nexant 等相關用戶與專業團隊，就美國在即時電價推動和 AMI 建置場域、資料分析案例等方面議題進行參訪，以實習需求面電能分析與大數據商業智慧應用之相關概況。

在實習行程中，針對資料探勘分析應用技術的訪談參考，主要以在會議過程中討論相關單位所使用的分析儲存工具為洽詢重點。而與商業智慧應用技術相關的訪談內容，則是鎖定在各家即時電價(RTP, Real-Time Pricing)的發展與推動現況作為參訪的規劃要項。本次實習選定以美國即時電價為主軸的緣由，係因從近期的文獻探討資料中可以發現[3]，在如電力市場已經自由化的美國環境下，價格是如何訂定出來及會受何種因素所影響，多是目前常會被關切的主題。而即時價格決定的基本架構為電力公司將從批發市場上買到的電力價格、電力輸送網路上的相關資訊、和從電表獲得的消費者用電數據，以及對未來的預測等，最後決定電價，再透過電表傳送給消費者[3]；這一整套架構流程與其中所參與的相關資訊系統，恰能符合本次研習所預設的商業智慧架構定義與相關應用。因此，綜合本次研習行程的規劃重點，即關注於環視美國在即時電價的發展現況，並瞭解他們有無透過價格訊號，引導用戶改變用電行為，以達成提升需求端管理措施誘因設計的可能。

而本次參與訪問研習的人員除本所及業務處、配電處相關主管與同仁外，並有台經院與工研院多位專業研究先進一同參與，也讓本行過程中相互交流了不同專業領域所著重的基本概念與想法，豐富了本行知性之旅的許多層面與新知。於此，將實習期間所參訪之 4 家電力公司即時電價實施現況，以及所蒐集到可資參考的大數據分析工具，重點整理摘要如下[3]。

## 一、南方電力集團(Southern Company)

南方電力集團是一個跨產業公司，包括了核電廠、發電廠、網路公司以及 4 個主要的售電公司，分別為喬治亞州的喬治亞電力公司(Georgia Power)、阿拉巴馬州的阿拉巴馬電力公司(Alabama Power)、佛羅里達州的 Gulf Power 以及密西西比州的密西西比電力公司(Mississippi Power)。其中，喬治亞電力公司、阿拉巴馬電力公司以及 Gulf Power 皆有推動即時電價方案，且其推動方案之策略不同，以下將就本次行程中，實際參訪的喬治亞電力公司進行介紹。



圖 1. 南方電力集團介紹

### 1. 喬治亞電力公司(Georgia Power)基本資料

喬治亞電力公司(Georgia Power)在 2015 年的基本統計資料如下：

- 2015 年共售出 270.9 億度電(kWh)
- 住宅用戶(Residential)平均電價一度 12 分美元，約 3.6 元台幣/度
- 2015 年尖峰負載約 12,500kW

- 喬治亞電力公司共有 7989 位員工，315 位 sales 部門，約 5~6000 位輸配電部門
- 喬治亞電力用戶約 245 萬戶，其中住宅用戶約 212 萬戶；商業用戶(Commercial)約 30 萬戶；工業用戶(Industrial)約 9000 戶

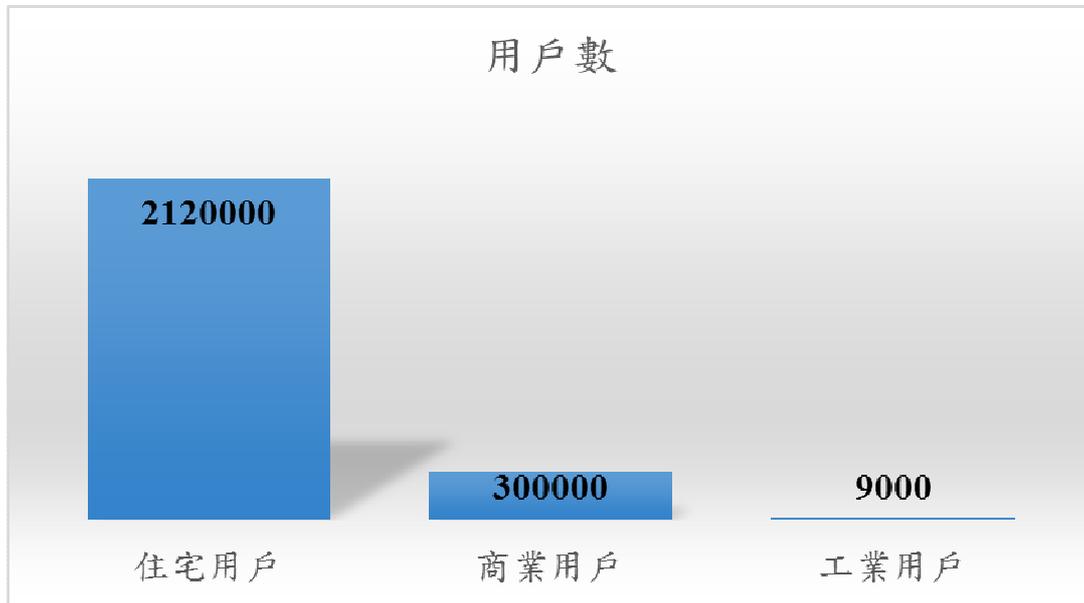


圖 2. 喬治亞電力用戶分布

- 喬治亞電力發電能源主要來自天然氣(39%)，其次為燃煤(34%)、核能(25%)、水力(2%)，最後其他為 1%。其能源類別與台電公司相似。

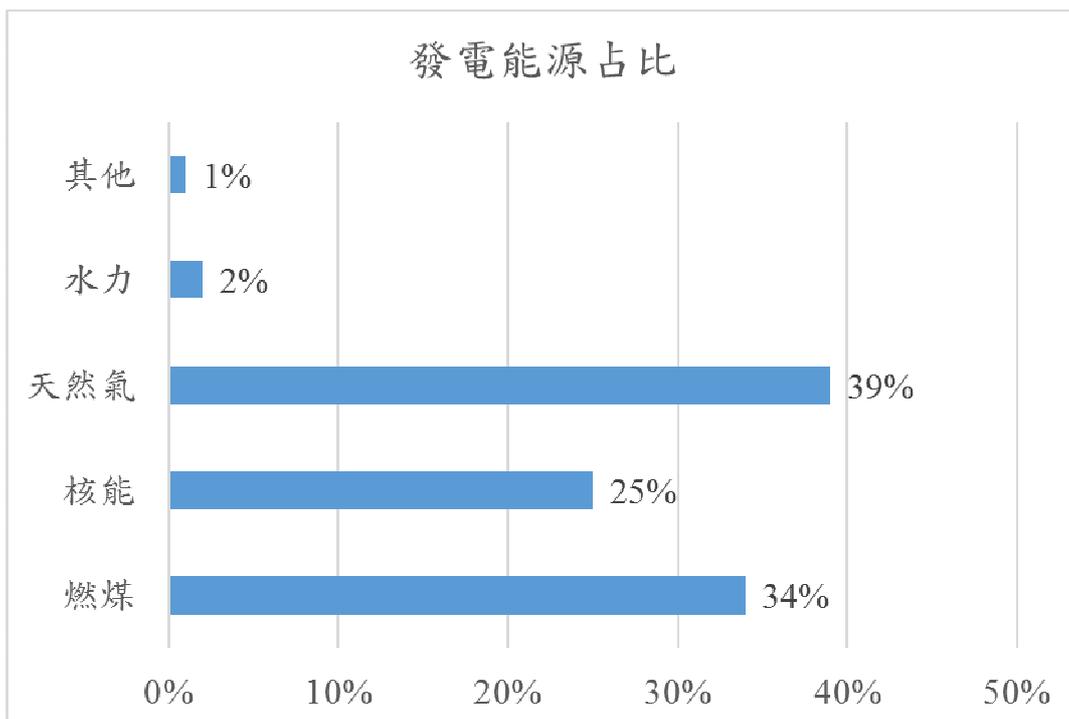


圖 3. 喬治亞電力發電結構

## 2. 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進入投資；另外，提供一種方案選擇，讓用戶的用電量有一定比例可以以每小時邊際成本計價。方案最早由 1992 年提出，當時定位為即時電價日前通知型試驗方案，測試時間為 2 年，限制當時每個月用電需量超過 1000kW 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 1000kW 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。

## 3. 喬治亞電力公司即時電價推動情形

喬治亞電力公司的方案分為日前通知型與小時前通知型，其最主要差異在於用戶何時得知隔日或是下一小時的電價為何。若用戶選用日前通知型方案，喬治亞電力則會在前一天下午 4 點發送隔日 24 小時電價(從 0:00 開始)到 Energy Price.com；若用戶選用小時前通知方案，喬治亞電力則會在前 15 分鐘發送下一小時的電價方案，目前多數用戶係直接與喬治亞電力介接能源管理系統。

目前喬治亞電力即時電價方案經超過 2300 戶用戶選用，日前通知型方案共計 2150 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 1500 戶為商業用戶、800 戶為工業用戶，其容量合計約 3700MW，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。

#### 4. 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

#### 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，而非操弄出來的。

##### A. 即時電價方案一日前通知方案

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。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。契約期間：5 年。

## B. 即時電價方案—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。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。契約期間：5 年

以下，則針對喬治亞即時電價方案中，有關用戶基準線設定的內容進一步說明：

- CBL 需使用完整一年的資料，計算用戶每一個小時下的基準用電量；或是採每個月計費資料以推估用戶電力使用的模式與規模。
- CBL 代表用戶在一般費率基礎下的使用行為。而參加即時電價方案後，用電量與 CBL 之間的差異便會以即時電價的價格進行計價。CBL 是以達到收益中立的目的進行設計，若用戶在用電行為不變下，其電費並不會受到影響。CBL 的使用雙方需要進行協定。
- 新用戶的部分，CBL 的設計是主要考量固定成本是否可以回收(CBL is determined as point where fixed costs will be covered.)，且用戶需要經過 CBL 驗證，並證明可以在兩小時中降低用電量(Customer is required to demonstrate and reduce demand to CBL level for two hours.)
- 既有用戶的部分，CBL 是根據前一年的歷史用電曲線設定(CBL is based on historical load shape (normal operation) from previous calendar year usage)，CBL 將會採歷史資料每 30 分鐘一筆的數據進行計算；或是採用用戶歷史的月用電量及峰值進行模板 (Template) 模擬 CBL，用戶不需要經過 CBL 驗證
- 值得注意的是，在 2002 年 CRA(Charles River Associates)所出版的報告 Primer on Demand-Side Management(2002,05)，原 Georgia Power 設計 8670-point Hourly 的 CBL 設定，但令用戶感到困惑，後續新增了平日與假日不同的 360-point Hourly 設定，而多數用戶選用 360-point Hourly，僅有部分用戶選擇 8670-point Hourly。但在後續訪查喬治亞電力後，喬治亞電力表示目前絕大部分用戶選用的 CBL 為 8760 小時，反而較少人選用 360 - point hourly 的設定。甚至喬治亞電力提到有些用戶為簡化基準線設定，僅選擇尖峰與離峰兩個點 (用電較穩定之用戶)。

- 360-point Hourly= (平日 24-point hourly+假日 6-point hourly) \*12 個月

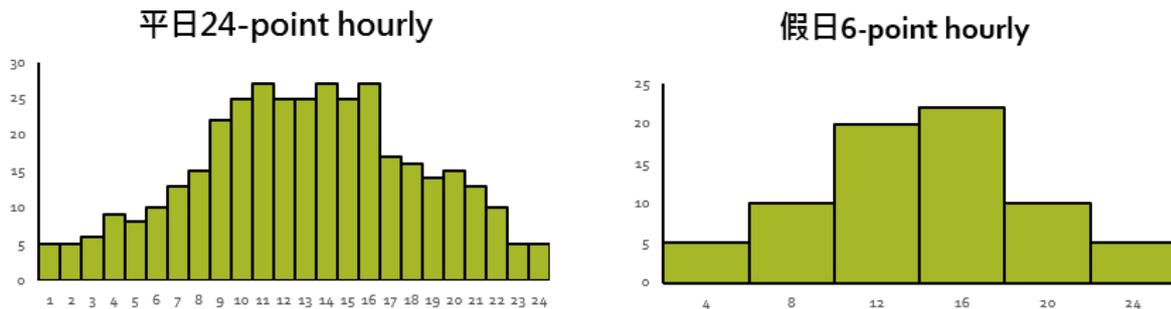


圖 4. 喬治亞電力 CBL 時點示意

## 6. 喬治亞電力公司即時電價配套方案

過去喬治亞電力公司針對即時電價用戶推出多種配套方案，如 CBL 調整機制、價格保護方案(Price Protection Product, PPP)以及 Fixed Pricing Alternative SCHEDULE, FPA。但近期喬治亞電力已經將 CBL 調整機制以即 FPA 方案剔除，目前僅保留 PPP 方案給用戶選擇，但目前很少用戶選擇 PPP 方案，推論為喬治亞電力近期平均電價較低關係所致。以下為不同配套方案之機制摘要：

### A. 搭配 CBL 調整之日前即時電價方案

只有既有的 RTP 用戶才能選擇此費率方案，這個費率在一年中提供暫時性的價格穩定。  
契約期間：一年一約。

### B. 搭配 CBL 調整之小時前即時電價方案

只有既有的 RTP 用戶才能選擇此費率方案，這個費率在一年中提供暫時性的價格穩定。  
契約期間：一年一約。

### C. 價格保護方案(Price Protection Products, PPP)

只有既有的 RTP 用戶才能選擇，價格保護方案是提供給 RTP 用戶，使電價穩定的替代方案。可以視為風險管理的工具，提供給 RTP 用戶去管理特定時段 RTP 價格的波動風險。

- 價格保護方案會定期提供，會由電力公司決定符合條件的用戶。
- 價格保護方案是提供給 RTP 用戶，使電價穩定的替代方案。

- 這是一個風險管理的工具，提供給 RTP 用戶去管理特定時段 RTP 價格的波動風險。
- 用戶簽訂了價格保護方案合約後，仍然會持續收到 PTR 的每小時價格，而用戶的每月電費仍會根據 RTP 費率計算。用戶在合約期間內仍需負責管理小時的電力使用，如果在尖峰時段減少用電仍然會受益。

- 標準差價合約或限制價差合約 (CfD) 是在特定時期內，RTP 的平均價格會等於一個固定價格（雖然有波動，但平均為一定值）。

- 在合約期間結束時，喬治亞電力將會計算保證價格（固定價格）與實際價格之間的差價，並在必要時進行結清動作。

- 值得注意的是，實際價格是該時段內提供的每小時 RTP 價格的平均值，而不是個別客戶的負載加權平均價格。

#### **D. Fixed Pricing Alternative SCHEDULE (FPA)**

此費率方案適用於所有工商業用戶中，滿足以下條件之用戶：(1)自 2011 年 1 月起選擇 FPA-3 費率之第一套案，中間沒有間斷之用戶。(2)連續 3 年選用即時電價 (RTP) 之用戶。

### **7. 喬治亞電力公司即時電價方案小結**

根據 CRA (Charles River Associates) 所出版的報告 *Primer on Demand-Side Management* (2002) 指出 Georgia Power 為世界上最成功的方案，包含幾項優勢：

#### **(1) 訂價優勢**

採用兩階段訂價 (two-part)，自 1992 年的試驗計畫後，維持近 10 年不變的設計。two-part 具有一定的優勢，特別是在風險分擔方面。

- 第一部分保證電業繼續收取固定成本的收入。
- 第二部分可扭轉風險負擔，電業確保用戶不會在尖峰期間發生突然增加的用電需求，同時用戶因強大的誘因轉移至離峰用電，還會減少高成本時間的消費，根據統計，在尖峰期間的 RTP 用戶減少了 17% 的用電負載，約移轉 800 MW 的容量。

#### **(2) 降低風險**

- Georgia Power 提供多種產品，改變用戶的價格風險。

- 提供價格保護產品 (PPP)，每個客戶擁有一種以上的合約，不同的時間可有選擇搭配不同的合約，推出 PPP 產品雖不會增加用戶數量，但會提高了用戶滿意度。
- 選用之用戶須提出證明可配合調整用電，以避免搭便車用戶，另外如果用戶有 3~4 個月需量用電低於 250kW，則會被剔除。

額外，彙整 Georgia Power 即時電價推動的相關資訊後，研究計畫整理心得如下：

### (1) 抑低成效

- 雖然不是所有的用戶都有用電改變的行為，但 RTP 可以仍有達到抑低尖峰用電的效果，當價格達到 6.40 美元/kWh 時(歷史僅發生過一次)，RTP 方案的用戶減少了 850MW 的用電負載

### (2) 用戶反應

- 喬治亞州將即時電價方案視為吸引大用戶投資設廠之方案，非即時電價之平均電價約每度 12 分，即時電價平均每度僅 3.3 分(近幾年，但曾經有過一度電 6 元美金)。推動結果證明用戶喜歡即時電價，對於喬治亞電力來說是雙贏的方案。
- 高耗能的製造商(如化學與造紙公司)通常是最具有價格反應能力的用戶，同時部分的商業用戶同時也會因 RTP 方案產生了價格反應，如辦公大樓、大學、甚至是醫院(根據每小時價格改變飲水機的使用)。

### (3) 資訊交流

- Georgia Power 每年都在州內各區域舉行研討會，保持與用戶傳達 RTP 的方案資訊交流，訓練課程有很好的效益，也增加了滿意度。
- 喬治亞電力每年舉辦之用戶教育訓練係由喬治亞電力總公司先行訓練宣導人員，再由宣導人員分區進行用戶宣導。
- 推動 RTP 成功的關鍵在於，除了用戶在第一時間可以了解 RTP 之外，並且電業需要每年一次至兩次對用戶解釋並回顧、審查方案內容。因為員工經常會有職務的變動，同時用戶多半注意力在離峰時的電費優惠，需要在電業主動提醒用戶尖峰期間的的用電增加情形。

## 二、賓州(PECO 電力公司)

用戶類型

Class1:住宅 (Residential)

Class2:小型工商業用戶 (small C&I up to 100kW)

Class3/4:大型工商業用戶 (Large C&I greater than 100kW)

1. 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。
2. 適用用戶:此方案主要提供給辦公室、政府機關、工商業建築物等已安裝單相智慧電表(如:室內變壓器所能承載的容量超過 750kVa，或室外變壓器所能承載的容量超過 1,500kVa)，目前只有高壓用戶才能選擇此方案。

## 三、紐約 (ConEd)

聯合愛迪生 (Consolidated Edison，常簡稱為 Con Edison 或 Con Ed) 是美國最大的私人能源公司之一，該公司服務客戶人數約 1 千萬人。該州政府規定大用戶須強制採即時電價，6 個主要電業皆推動，其用戶數多且行業別分布廣，ConEd 公司網頁簡介如圖 5。

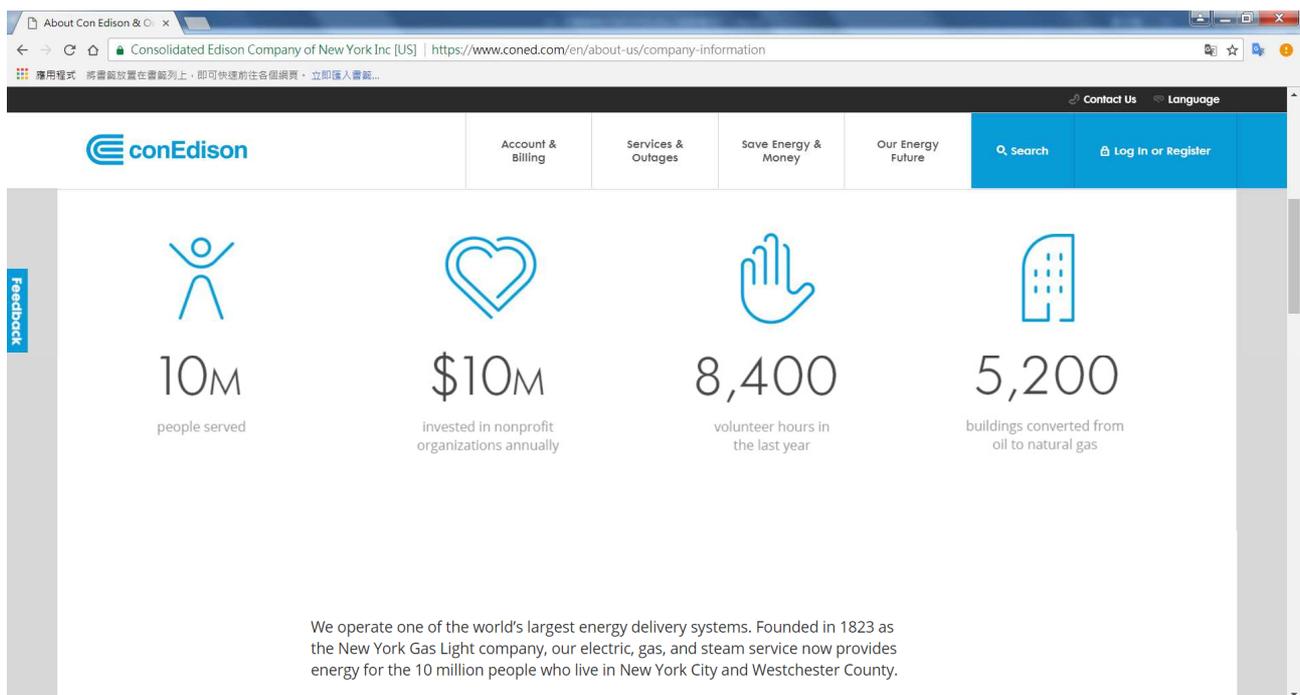


圖 5. 紐約 ConEd 公司服務概況

另從所蒐集到之紐約聯合愛迪生公司的 AMI 商業計畫文獻[4]中可看出，該公司已在 2015 年即有明確將相關分析(correlation)等大數據分析技術，納入他們的近程計畫中，如此也可看出他們對於大數據資料分析應用的規劃，確實有著明確清晰的安排。

#### 四、加州(Southern California Edison, SCE)

在 2000 年加州危機前，SCE 共有三套 RTP 方案，其中 RTP 1 與 RTP 3 為市場價格設計方案，當時非常受到歡迎，主要是因為價格低於一般零售費率。自從 2000 年能源危機導致市場價格高漲後，用戶開始不滿，以至於之後此兩套方案就被移除。根據上述經驗，SCE 認為，如果要推動市場機制的即時電價方案，則需要搭配設計避險機制，如喬治亞電力公司的 PPP 方案。

- 2009 年以前，只有需量大於 500kW 以上的大用戶才能選用 RTP
- 2010 年開始，農業與抽水用戶開始可以加入 RTP
- 2013 年起，較大的工商業用戶(需量在 200kW 到 500kW)可以加入 RTP 方案
- 2015 年起，中小型工商業用戶(需量在 20kW 到 200kW)可以加入 RTP 方案

目前 SCE 共有 150 個 RTP 用戶，約占 1%用戶。

加州 SCE 電力公司自 2012 年開始逐步開放用戶選擇參加自願型即時電價 (Real Time Pricing Rates, RTP)。其主要適用對象為農工商用戶，且方案至少須參加一年。SCE 方案與其他電業最大之差異在於，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，共可以分為九種不同的電價方案，詳見下圖 6。

其中，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。

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

圖 6. SCE 即時電價啟動條件

上述電價皆為 24 小時不同之電價(參考圖 7)，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。

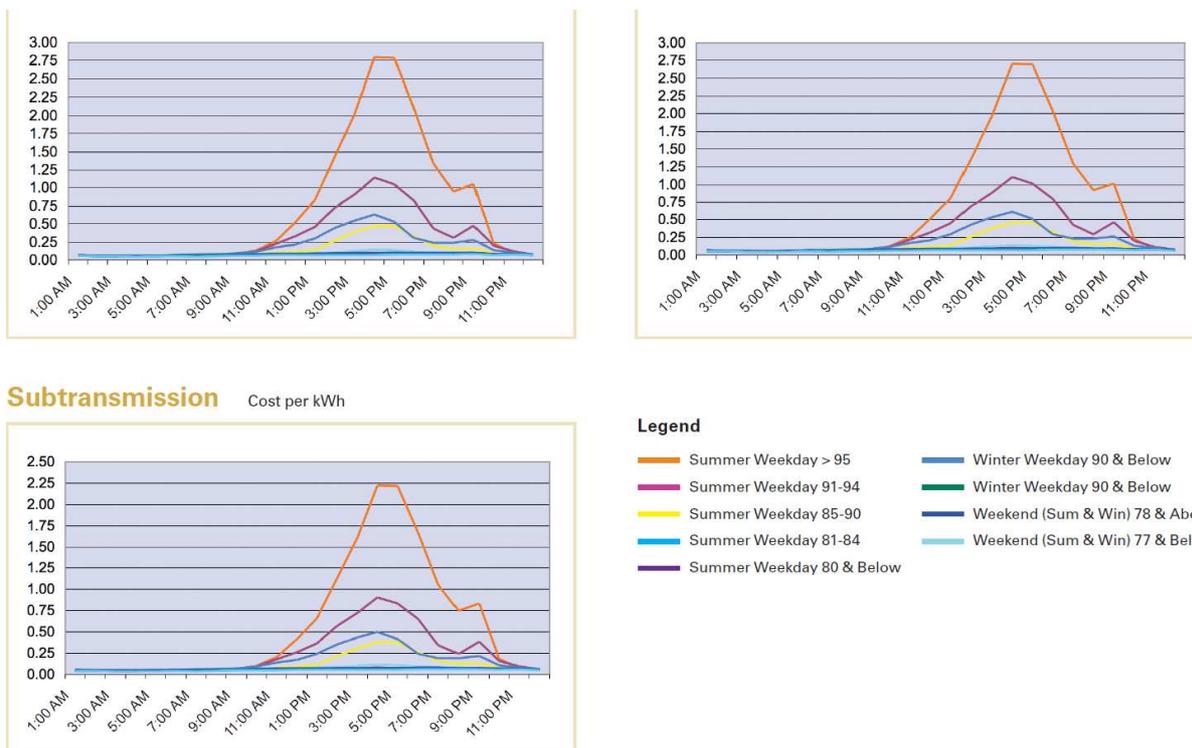


圖 7. SCE 即時電價 24 小時每度電費示意圖

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(圖 8)。

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。

## RATES

	Delivery Service								Generation <sup>9</sup>	
	Trans <sup>1</sup>	Distrbtn <sup>2</sup>	NSGC <sup>3</sup>	NDC <sup>4</sup>	PPPC <sup>5</sup>	DWRBC <sup>6</sup>	PUCRF <sup>7</sup>	Total <sup>8</sup>	UG	DWREC <sup>10</sup>
Energy Charge - \$/kWh/Meter/Month										
Below 2 kV	(0.00126) (R)	0.00210 (R)	0.00792 (I)	0.00001 (I)	0.01107 (I)	0.00549 (I)	0.00043 (I)	0.02576 (I)	Variable*	0.00000 (I)
From 2 kV to 50 kV	(0.00128) (R)	0.00196 (R)	0.00712 (I)	0.00001 (I)	0.01053 (I)	0.00549 (I)	0.00043 (I)	0.02426 (I)	Variable*	0.00000 (I)
Above 50 kV	(0.00129) (R)	0.00169 (R)	0.00590 (I)	0.00001 (I)	0.00894 (I)	0.00549 (I)	0.00043 (I)	0.02117 (I)	Variable*	0.00000 (I)
Customer Charge - \$/Meter/Month										
Below 2 kV		634.89 (R)						634.89 (R)		
From 2 kV to 50 kV		303.25 (R)						303.25 (R)		
Above 50 kV		2,051.48 (R)						2,051.48 (R)		
Demand Charge - \$/kW of Billing Demand/Meter/Month										
Facilities Related										
Below 2 kV	4.88 (I)	13.67 (R)						18.55 (I)	0.00	
From 2 kV to 50 kV	4.80 (I)	13.54 (R)						18.34 (I)	0.00	
Above 50 kV	4.76 (I)	3.30 (R)						8.06 (I)	0.00	
Voltage Discount, 220 kV and above										
Energy - \$/kWh		0.00000						0.00000	(0.00056) (R)	
Facilities Related Demand - \$/kW	0.00	(3.30) (I)						(3.30) (I)		
Power Factor Adjustment - \$/kVAR										
Greater than 50 kV		0.47						0.47		
50 kV or less		0.55						0.55		

圖 8. SCE 即時電價費率架構

發電端成本沒有容量費用，係因其容量成本皆轉成能量成本回收，但主要目的在反映到特定尖峰之中，採缺電機率分攤法(LOLE 或 LOLP 法)。透過比較 SCE 提供給用戶的標準費率(TOU-8)與即時電價費率即可得知(圖 9)。

	TOU-8 (Standard Rate)	RTP Rate
<b>Energy Charge - \$/kWh/Meter/Month</b>		
Summer Season - On-Peak	0.07072	Varied by Hour
Mid-Peak	0.04730	
Off-Peak	0.03165	
Winter Season - On-Peak	N/A	
Mid-Peak	0.04579	
Off-Peak	0.03645	
<b>Demand Charge - \$/kW of Billing Demand/Meter/Month</b>		
<b>Time Related</b>		
Summer Season - On-Peak	18.97	0
Mid-Peak	3.58	
Winter Season - On-Peak	0.00	
Mid-Peak	0.00	

圖 9. SCE 即時電價與標準電價電價結構

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 方案所採用推估的溫度與負載的資料係參考前三年資料。在取得前三年 8760 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。

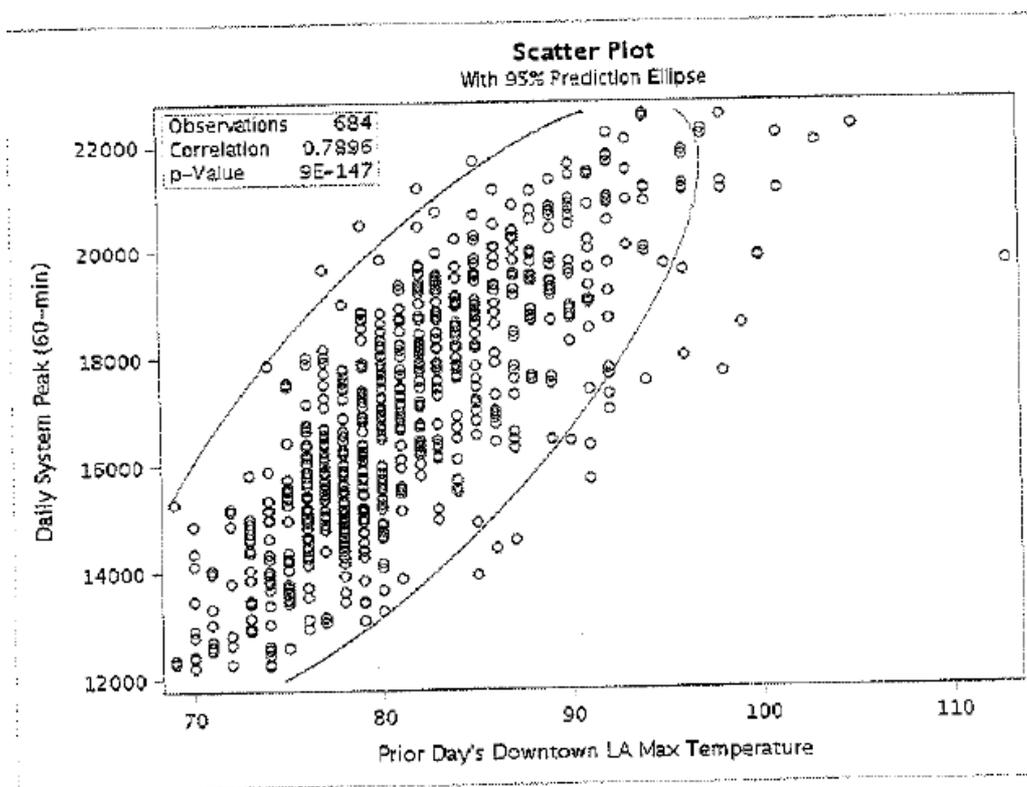


圖 10. SCE 洛杉磯市區最高溫與系統負載關聯圖

最後，SCE 提供本次實習過程中參與訪談的研究單位以下設計之建議[3]：

- 根據 SCE 研究，目前的參與用戶的負載與沒參加的用戶負載有很大差異。主要參與用戶為水泥、金屬、水、塑膠與瓦斯等產業。
- 用戶選用 RTP，則可以同時申請節能設備補助(ADR)，提高用戶選用與配合抑低之可能性。
- 如果實際溫度的天數超過預測的天數，導致用戶實際上平均電價超過/低於一般電價，沒有設計補償或是回收機制。
- 目前 SCE 方案沒有設計風險溢酬概念，但用戶可以同時參加需量反應方案(CBP)。
- 目前 SCE 準備參考喬治亞電力公司推動兩部制即時電價方案，但還沒有規劃推動小時前通知型即時電價方案。

## 五、資料探勘分析應用工具訪談心得

在本次參訪過程中所洽詢蒐集到的各式資料分析工具、方法，與我們日常所使用的應用技術相去不遠，如自助式分析常用到的 Excel、高階的商業統計分析軟體，以及 OLAP 分析技術、自由軟體中的統計資料探勘語言套件等。皆是公司已有採用或持續深入研究與積極規劃應用中的分析工具。而這些足供參考的有用資訊指引，不僅印證了公司在各進程規劃上的方向正確性，也為我們在提升資料探勘分析應用技術上的導入與選擇，增添了更多樣化組合的可能參考。

## 伍、心得與感想

近年夏季尖峰負載屢創新高，在此電源開發面臨瓶頸之際，需求端用電量持續增加、未來幾年電力供給量成長有限的情境下，為維持供電穩定避免缺電危機，台電公司除持續透過現行各類需求面管理措施抑低尖峰用電量外，亦配合 AMI 布建進度，同時參考國外自由化電力市場做法研議創新方案。考量即時電價（Real Time Pricing, RTP）以每小時為基礎計價，採邊際成本訂價，依據當日每小時供電成本及機組實際運轉等情況後，通知用戶次日之每小時電價。這種訂價方式涵蓋商業智慧分析流程中的諸多應用，對電業而言可真實反映供電成本，避免交叉補貼，對零售用戶而言可誘導其改變用電行為，變更負載型態，提高經濟效率性與公平性，確實是一可供參考應用的管理措施設計。

## 陸、結論與建議

### 一、資料探勘分析應用技術

#### (一)結論：

從文獻[5]整理中就資料探勘作業的內容來看，可概分為 2 類：敘述(descriptive)性探勘與預測(predictive)性探勘。敘述性探勘的結果在得出資料的一般特徵描述；預測性探勘的工作在對現有資料進行推論。而就資料探勘所需具備的功能來看，主要可分為如下項目：(1) 概念/類別描述(class/concept description)：使用資料特徵化(data characteription)、資料區別(data discrimination)或 2 種方法混合使用，以從資料中得出概念上的或類別的敘述。(2) 探勘頻繁樣式(frequent patterns)：由資料中出現很頻繁的樣式，發掘存在於資料中有趣的關聯(associations)，或相互關係(correlations)。(3) 判別與預測(classification/prediction)：判別方法是使用一個根據訓練資料分析得出的模型，來描述或區分資料類別或概念的步驟，內容主要在進行類別(categorical)值標籤的預測。預測則是在建構連續值(continuous-valued)函數模型，也就是在進行數值的預測。(4) 分群分析(clustering)：可用於找出具有同質性(homogeneous)的資料，且在分群前不須給定已知的類別標籤，在分群後可以產出類別標籤。(5) 離群值分析(outlier analysis)：也稱為離群值探勘(outlier mining)，可以使用統計檢測找出，也可以用距

離度量或誤差式的方法(deviation-based methods)來找出離群值，在特定應用中也可視為有趣的樣式。(6) 進化分析(evolution analysis)：當資料行為會隨著時間改變，從而對資料的規律或趨勢，進行描述或建立模型的分析。而以上這些不同的探勘功能與方法，在經挑選和搭配相關適切的數據資料源後，相信可有助我們發掘隱藏於需求端大數據中的有用資訊與知識。

(二)建議：

為求能有效針對資料特性，選用合適的探勘分析方法，並搭配視覺化分析技術與應用，達成發掘探勘有趣資訊的可能，可持續培養能結合領域知識，並整合統計應用與資訊技術的相關人力及團隊以為因應。

## 二、用戶需量分群特徵應用

(一)結論：

在本次實習過程中蒐集到的美國案例指出，根據 SCE 的研究[3]，目前參與用戶的負載與沒參加的用戶負載有很大差異。而主要參與的用戶類型在連結相關屬性資料後，即會發掘出隱藏於屬性資料中的群組資訊。因此，經由彙總 AMI 所蒐集到的用戶負載資料，以及用戶參與負載管理方案的額外資訊，再將這些不同類型的資料進行整合與分析後，確實是有助於發掘特定主題下的有趣特徵。

(二)建議：

如何應用商業智慧架構找出用戶需量分群特徵，以及應用分群特徵結果進一步發掘有用資訊，提供決策支援使用。這一整套完整的分析流程包含從大數據資料源的選定、萃取、轉換與載入，繼而考量如何有效率的儲存、擷取到相關資料整合運用，並輔以適合的統計分析演算法或機器學習等進階技術利用，最後呈現有用資訊提供予決策支援參考。其間涵蓋多種技術人力的整合與分工，這些都有賴於團隊間良好溝通後的協同合作，如此才得以真正發揮我們手中大數據的價值與未來。

## 參考資料

1. 台灣電力公司，「高壓 AMI 電力資料創意應用競賽」，  
<http://www.taipower.com.tw/content/news/news01-1.aspx?sid=584>
2. 林東青，「資訊管理:e 化企業的核心競爭能力」，智勝文化，2009
3. 台灣電力公司，「即時電價制度之研究」，106 年度研究計畫案期中報告
4. Con Edison，「Advanced Metering Infrastructure Business Plan」，2015
5. 王派洲，「資料探勘:概念與方法」，滄海書局，2008