

出國報告(出國類別：實習)

## 空調自動需量反應研究之實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張文奇(電機工程師)

派赴國家：美國

出國期間：104.09.13~104.09.19

報告日期：104.11.11



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：空調自動需量反應研究之實習

頁數 38 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

張文奇/台灣電力公司/綜合研究所/電機研究專員/(02)2360-1236

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：104/09/13~104/09/19

出國地區：美國

報告日期：104/11/11

分類號/目：

關鍵詞：關鍵詞：自動需量反應(Automated Demand Response)、開放式自動需量反應(Open Automated Demand Response)、空調系統(Air Conditioning System)

內容摘要：

台灣地處亞熱帶，空調裝置用電量高，依據研究顯示，空調用電量佔夏季尖峰負載之 30~40%。由以上可知，空調係造成夏季尖峰負載之主因。為有效抑制空調用電量，台電公司積極進行負載管理、節約能源等需求面管理措施，目前正進行自動需量反應相關計畫藉由簡

化人工作業以增加抑低夏季空調負載。

美國實施需量反應計畫應用於負載管理已有幾十年時間，在自動需量反應 OpenADR 標準提出以後，各電力公司亦逐漸走向自動需量反應服務發展。目前積極推出符合 OpenADR 標準需量反應服務之電力公司有加州太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)與南加州愛迪生電力公司(SCE)，為了解 OpenADR 實際執行情形，故派員至上述兩家電力公司實習推行符合 OpenADR 標準需量反應服務之相關資訊，作為本公司執行自動需量反應方案之參考資料。

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

# 空調自動需量反應研究之實習

## 目 錄

出國報告書審核表 .....	2
出國報告提要.....	3
目錄.....	5
壹、實習任務.....	6
貳、實習緣由及目的 .....	6
參、實習行程.....	7
肆、實習內容與經過 .....	8
4.1 PG&E 公司 .....	8
4.2 SCE 公司 .....	29
伍、結論與建議 .....	37
5.1 結論 .....	37
5.2 建議 .....	38

# 空調自動需量反應研究之實習

## 壹、實習任務

赴美國加州太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)與南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison, SCE)實習「空調自動需量反應方案」，學習上述兩家電力公司推行符合 OpenADR 標準自動需量反應(Automated Demand Response, ADR)服務應用於空調系統之相關技術，架構及執行情形，作為本公司執行自動需量反應方案之參考資料。

## 貳、實習緣由及目的

台灣地處亞熱帶，空調裝置用電量高，依據相關研究顯示，我國空調用電量在夏季尖峰負載占比約 30~40%。夏季尖峰時段，溫度升高 1°C 時系統負載量將提高約 600 MW，其中住宅與商業空調負載分別貢獻 293 MW 與 271 MW，由以上可知，空調係造成夏季尖峰負載之主因。為有效抑制空調用電量，台電公司積極進行負載管理、節約能源等需求面管理措施，目前正進行需量反應相關計畫並擬參考國外導入「資通訊科技」以自動控制用戶用電器具或設備經驗，藉由簡化人工作業以增加抑低夏季空調負載。

美國實施需量反應計畫應用於負載管理已有幾十年時間，從傳統人工操作、半自動操作之需量反應計畫，在自動需量反應 OpenADR 標準提出以後，各電力公司亦逐漸走向自動需量反應服務發展。目前積極推出符合 OpenADR 標準需量反應服務之電力公司有加州太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)與南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison, SCE)，其服務對象包含工、商業用戶等，本次實習目的乃學習上述兩家電力公司推行符合 OpenADR 標準需量反應服務之相關資訊，作為本公司執行自動需量反應方案之參考資料。

## 參、實習行程

本次出國透過訪問美國加州太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)與南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison, SCE)等單位了解自動需量反應之推廣情形及未來趨勢。實習期間主要與 PG&E、SCE 等公司之自動需量反應部門相關人員進行自動需量反應方案應用於空調系統相關技術及未來應用方向之研習，在此期間深入了解上述兩家公司執行需量反應方案動機、內容、誘因及成效等，並研習該兩電力公司採用 OpenADR 標準進行自動需量反應方案的執行情形，其相關資訊可做為公司執行自動需量反應方案之參考依據。另外，此次研習也拜訪 Nexant 能源顧問公司，了解該公司在自動需量反應提共之服務項目以及就未來發展趨勢進行討論。

本次出國期間為 104 年 9 月 13 日至 19 日，共 7 天，詳細行程說明如表 3-1。

表 3-1 出國行程說明表

項次	起始日	迄止日	實習機構	實習內容
1	1040913	1040913		往程
2	1040914	1040914	Nexant	討論自動需量反應未來發展趨勢。
3	1040915	1040915	PG&E	討論自動需量反應方案應用於空調系統相關技術及未來應用方向
4	1040916	1040917	SCE	討論自動需量反應方案應用於空調系統相關技術及未來應用方向
5	1040918	1040919		返程

## 肆、實習內容及經過

本實習行程為 104 年 9 月 13 日出發，9 月 19 日返國，實習期間拜訪美國加州太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)與南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison, SCE)，另外也拜訪 Nexant 能源顧問公司，參訪單位除本所外也包括了財團法人資訊工業策進會相關人員。此次參訪電力公司之自動需量反應部門相關人員，目的為進行自動需量反應方案應用於空調系統相關技術及未來應用方向之研習，在此期間了解上述兩家公司執行需量反應方案動機、內容、誘因及成效等，並研習該兩電力公司採用 OpenADR 標準進行自動需量反應方案的執行情形，其相關資訊可做為公司執行自動需量反應方案之參考依據。

綜合研習重點為有關美國加州太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)與南加州愛迪生電力公司(SCE)兩家電力公司因尖峰時段用電增加導致系統電源供需呈現不平衡現象，也使得電力公司之發電成本上升，電力公司為提供用戶安全、穩定的電源，除了開發電源端外，更積極進行用戶端負載管理，節約能源等方案措施管理以達到供需平衡的目的。其中需量反應方案更是應用於抑低尖峰時段負載的主要方案之一，加州太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)與南加州愛迪生電力公司(SCE)兩家電力公司實施需量反應方案已經有多年經驗，從傳統人工操作、半自動操作之需量反應計畫，在自動需量反應 OpenADR 標準提出以後，更是積極推出自動需量反應服務發展。在實習過程中，兩家電力公司 ADR 部門相關人員針對該公司執行需量反應乃至符合 OpenADR 自動需量反應方案均精心準備相關資料並彼此互相交流，茲將實習期間重點整理如下：

### 4.1 加州太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)

#### 一、公司簡介

太平洋瓦斯與電力公司於 1905 年在加州成立，該公司是全美最大結合天然

煤氣與電力的公共事業公司之一，以舊金山為基地的該公司是 PG&E 公司的子公司。

PG&E 公司最主要的業務為傳送能源，公司員工約兩萬名左右，該公司為大約一千五百萬名顧客提供天然煤氣及電力服務，服務範圍遍及北、中加州七萬平方英尺。如圖 4.1 所示，PG&E 公司服務範圍北達尤利卡 (Eureka)，南達貝克斯菲爾德 (Bakersfield)，西達太平洋，東達內華達山脈(Sierra Nevada)。輸電管線共 123,054 電路英里，跨洲管線長達 18,610 電力英里。電力用戶總數為五百一十萬戶。

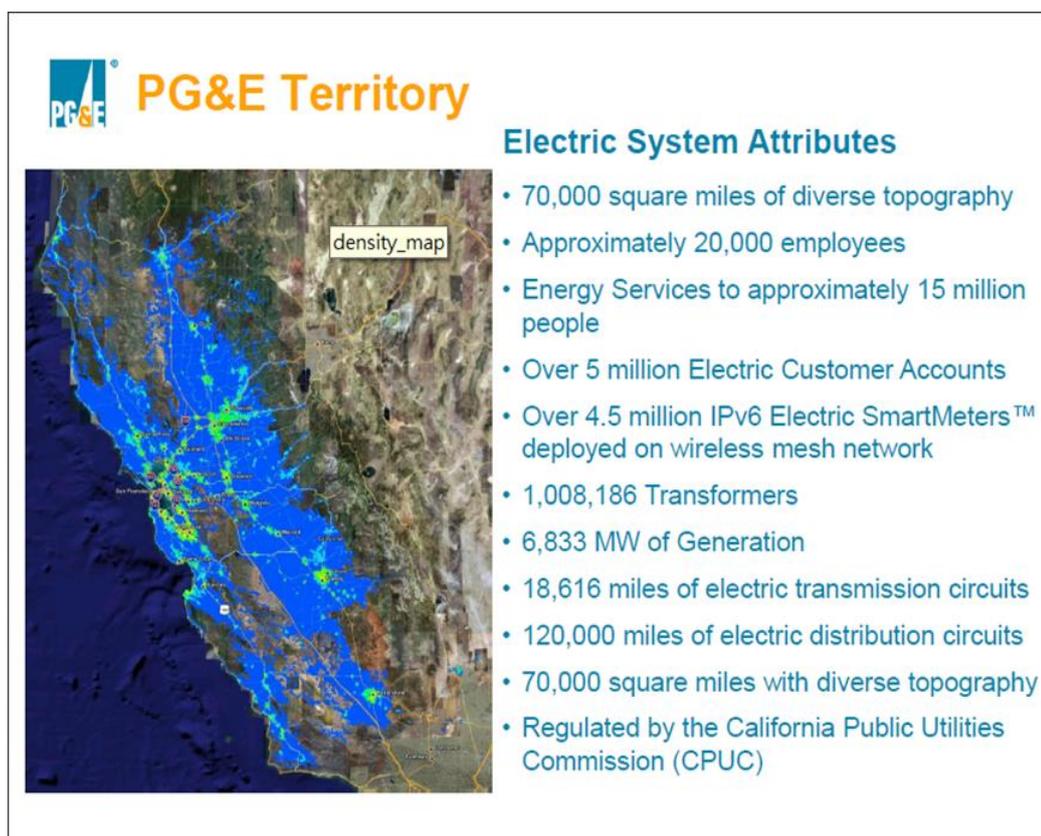


圖 4.1 PG&E 服務範圍示意圖

## 二、能源組成

PG&E 致力傳送乾淨能源至用戶端，所以近年來積極以最高科技術從事如何淨化石化燃料電力相關研究及探討再生能源技術，增加能源資源以應付日漸增

加的用電量。

平均而言，PG&E 傳送至用戶的電力近乎一半是再生能源及其他綠能無氣體能源的組合，所以 PG&E 發電燃料的組合是多樣性的，如圖 4.2 所示，核能發電約 21%、水力發電約佔 11%、再生能源佔 19%，天然氣發電約佔 27%及從電力市場購電的比例約 21%。

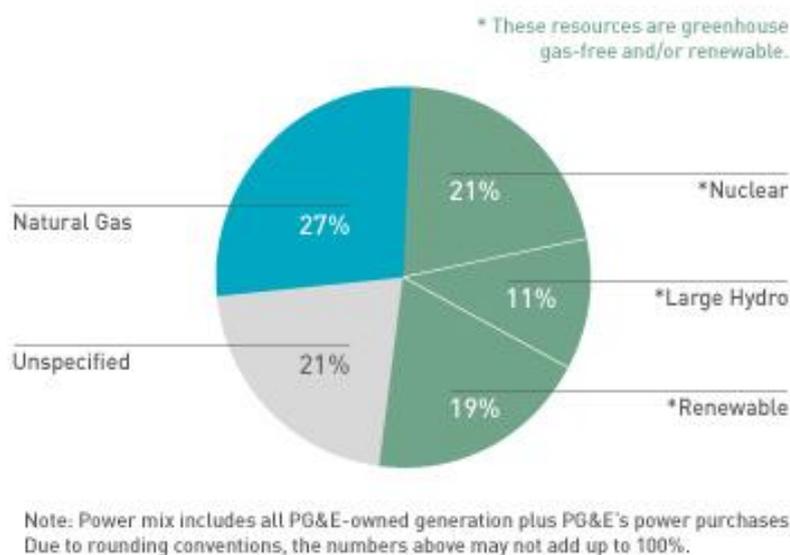


圖 4.2 發電能源占比

### 三、實習內容

參訪 PG&E 公司行程由該公司專家介紹在加州實行之自動需量反應計畫，報告內容包含 1. Automated Demand response 之 Intro/Objective；2. How does AutoDR；3. Future of AutoDR；4. DR Technology and Pilots；5. DR Regulatory。

電力公司為了解決因科技進步導致用戶用電量日漸上升現象，除了開發及研究各種電源外(推動各種再生能源)，更積極地進行用戶端的需求面管理，用戶端需求面管理依其目標可分為四大類：負載管理(load management)、輔助服務(ancillary service)、環境保護(environmental protection)及能源節約(energy saving)。

負載管理與輔助服務是需量反應之重點。依據美國能源部(DOE)對需量反應所下之定義：「當批發市場電價高漲或電力系統可靠度瀕臨危險時，改變電力需求端用電行為，以換取按時間訂定的電價或誘因給付，減少用戶電力使用。」也就是說當系統尖峰時段時，電力公司可執行需量反應方案使得系統免除供電不安全或發電成本太高的危機。而用戶也可以因在尖峰時段降低用電量因而獲得費用補償。

PG&E 實施需量反應的目的為維持系統可靠度、避免電力短缺、降低購電成本的、延遲或替換因負載成長所需的發電量及降低環境衝擊(尖峰時段發電機組)。PG&E 乃希望用戶在尖峰時段能短暫的降低用電量以避免系統在尖峰時段產生不安全的供電情形，尤其當偶而暴風雨、熱浪侵襲、部分機組大修及電源供給不足需求時更是實施需量反應的最好時機，PG&E 公司所實施的需量反應方案大部分都有提供誘因給參與方案之用戶。

隨著 AMI 基礎建設逐漸普及，電力公司因安裝智慧型電表(Smart meter)可記錄及提供用戶之用電相關資料，此現象已改變以往需量反應運作型態，從手動或半自動至自動執行需量反應，尤其當自動需量反應 OpenADR 標準提出以後，各電力公司更是積極投入自動需量反應以解決尖峰時段用電急增現象。以下就針對 PG&E 實施自動需量反應情形作一說明：

#### (一) 實施需量反應歷史

1. 1959 年 11 月執行第一個需量反應方案，實施對象 5MW 以上之大工業用戶。
2. 2001 年 1 月加州能源危機發生時，DR 方案每天執行好幾次，甚至在 1 月 22 日 PG&E 實施需量反應的時間達到 100 小時的時間限制。
3. 2012~2014 週期性計畫編列一億 9 千萬美元做為執行 10 個 DR 方案連續三年之基金。

#### (二) ADR 系統架構

## 1. DR 分類

如圖 4.3 所示，PG&E 的 DR 方案在管理上基本上可分兩大類，一為電力公司管理，另一為 Aggregator 管理；在啟動方案條件有價格反應(Price Responsive)及緊急(Emergency only)。

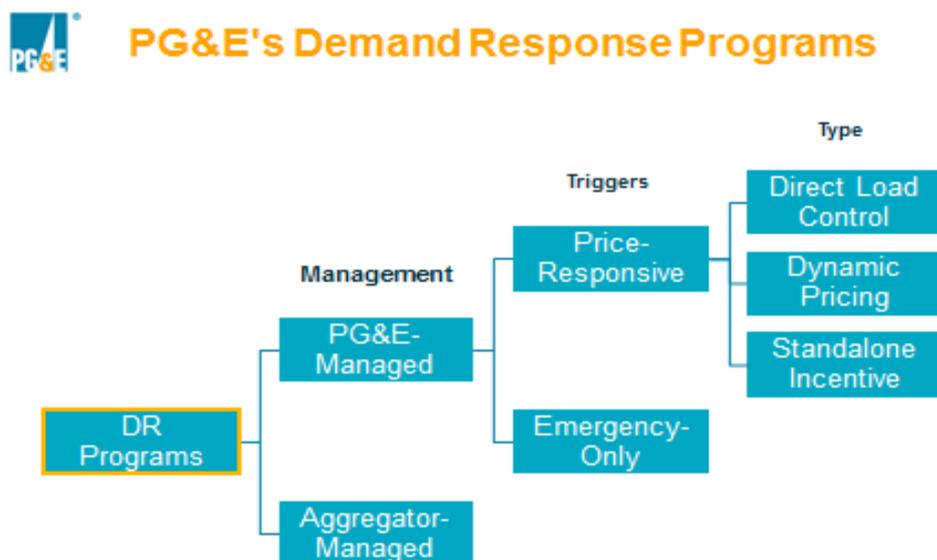


圖 4.3 PG&E DR 方案

## 2. 各 DR 系統架構

DR 系統之執行方式基本上可分為手動、半自動及全自動系統，其差異如圖 4.4 所示，其差異簡述如下，當用戶端可經由電話、Email、傳呼系統及傳真等方式接收到 PG&E 傳送要執行 DR 方案時，如果用戶端之能源管理方式為手動、半自動時，該用戶之能源管理人員手動直接操作受控負載或者手動操作能源管理系統進行受控負載之降載控制。當用戶執行自動需量反應時，PG&E 經由網際網路將 DR 信號傳送至用戶端之能源管理系統進而啟動事先已規劃好之能源管理流程進行降載，此過程完全是自動化不須經過手動程序，大大地減少用戶端操作時間因此也提升用戶的參與度。

## Difference between manual DR and Auto DR

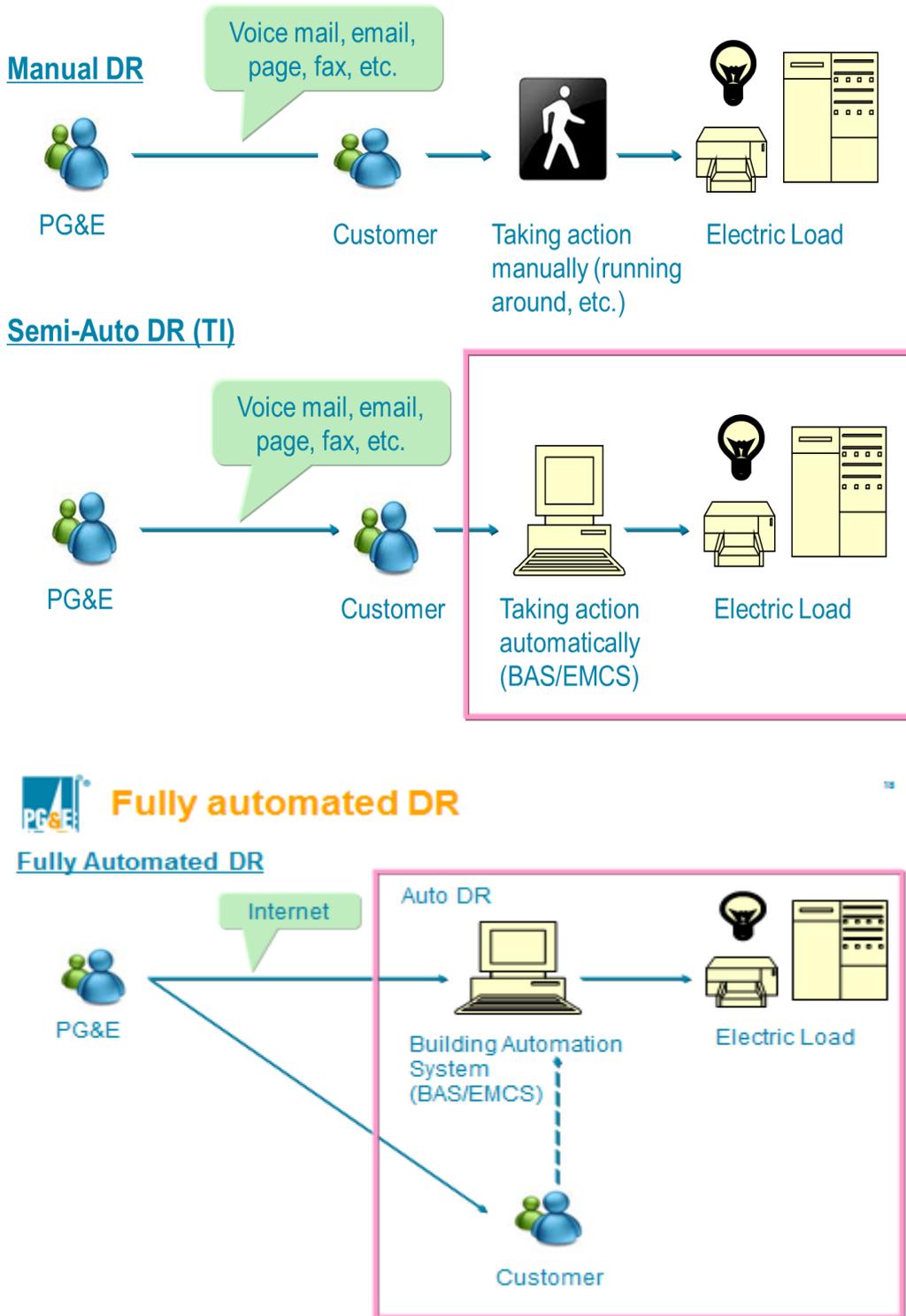


圖 4.4 各類 DR 系統差異示意圖

### 3. Open ADR 系統架構圖

美國三大電力公司 PG&E, SCE, SDG&E 採用符合 OpenADR 2.0a/b 標準之自動需量反應系統為由 Honeywell 發展的 DRAS(Demand Response Automation Server)，支援 OpenADR 2.0a/b 兩個版本的標準。Honeywell DRAS 的系統架構如圖 4.5 所示：

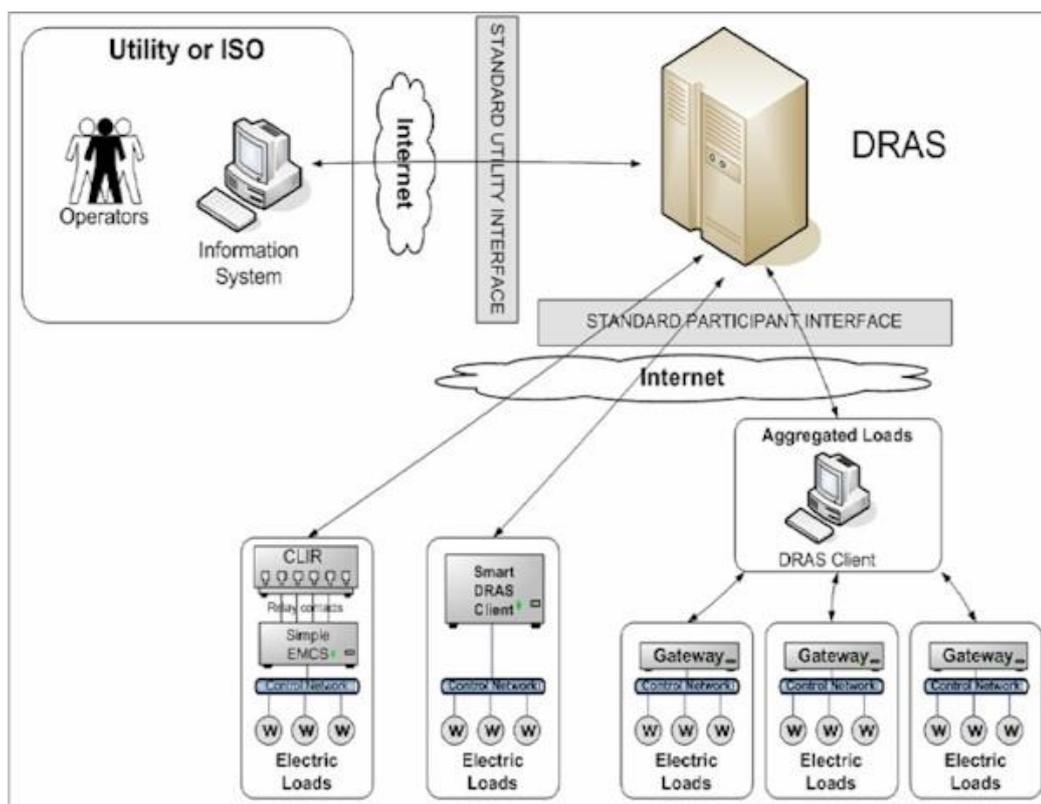


圖 4.5 Honeywell DRAS 的系統架構

在 OpenADR 規格之系統組成可分為架構及連接介面(Interface)等兩部份，系統組成圖如圖 4.5 所示，系統架構可分為電力公司/獨立系統操作員(Utility/ISO)部分、DRAS 部分、DRAS 用戶端部分及參與者部分(Participant Site)等四大部分。如圖 4.5 所示，由於參加 DR 計畫的參與者之種類可分為商業、工業、住宅用戶及集結商(aggregate)等用戶別，不同用戶別均有其相對應的能源管理系統及標準。所以電力公司或獨立系統操作員(ISO)端如何結合用戶端不同的能源管理系統及設備進行 DR 計畫的執行則有賴 OpenADR 所提供之標準化的 DR 通訊傳輸訊號平台。

### (三) ADR 方案

PG&E 因系統需要設計規劃不同的需量反應方案，目前採取 OpenADR 標準執行自動需量反應方案的有：

#### 1. 尖峰日電價 Peak Day Pricing (PDP)：

- a. 實施期間：夏季期間(5 月 1 日~10 月 31 日)，共執行 9~15 日。
- b. 抑低時間：尖峰時間的 2 p.m.~ 6 p.m.。
- c. 電費獎勵／罰則

Event Day ( Event Day (事件日)：事件日之尖峰費率每度進一步加價，事件日以外的夏季期間基本電費或流動電費予以減價。

- d. 通知方式：Event Day (事件日)前一日 3:00 p.m.前在 PG&E 網站或以電話、電子郵件通知。
- e. 第一年的電費保護措施
  - (a) 夏季期間每期會收到 2 種帳單 (參加 PDP 與未參加 PDP)。
  - (b) 夏季結束後，PG&E 會協助用戶評估參加結果。
  - (c) 若參加 PDP 後之電費高出未參加 PDP 之電費，PG&E 在第一年的年底會退還差額。

- f. 退出選擇 參加後 45 天內可選擇退出轉換成一般的時間電價。

#### 2. Aggregator Managed Portfolio (AMP)

此方案為用戶群代表(Aggregator)管理的需量反應方案，執行時間為每年 5 月 1 日至 10 月 31 日，2015 至 2016 年之間共有三家用戶群代表參加此方案，如 CPower ，EnergyConnect 及 EnerNOC, Inc 。

#### 3. Demand Bidding Program (DBP)

需量競價方案(Demand Bidding Program)，以 PG&E 為例，此方案會在前一天中午 12 點通知用電戶提出願意抑低之容量，用戶則在需抑低負載的情況時所接受之限電價格下，同意電力公司限制負載，於狀況期間至少須配

合連續抑低 2 小時，且每小時至少 10kW，獎勵方式為依雙方事先擬定之回饋金額 x \$0.5/kW，而若未達到抑低負載之目標則不會有任何懲罰

#### 4. Capacity Bidding Program (CBP)

美國加州太平洋天然氣及電器公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)的容量招標計畫(Capacity Bidding Program, CBP)為用戶群代表(Aggregators)參與的計畫，方案可分為當日降載(Day-of Curtailment)及前一日降載(Day-Ahead Curtailment)等方案，計畫執行時間為每年 5 月 1 日至 10 月 31 日，PG&E 容許 Aggregators 自己提出其可卸載容量，計劃期間則依所提進行降載，電費優惠分為容量費率及能量費率，容量費率依 PG&E 所公布之容量費率優惠；能量費率則依事件執行次數進行減免，沒有執行需量方案事件時則該次沒有能量費率優惠

另外，PG&E 補助用戶 OpenADR 用戶端系統建置，用戶在取得補助(由加州公共事業委員會(CPUC)提供補助基金)後，須參加三年 ADR 方案。補助金額依卸載設備不同而由差別，其金額如表 4.1 所示：

表 4.1 PG&E 補助 OpenADR 用戶端各種設備之費用表

Technology Category	Incentive Rate (\$/dispatchable kW)
Automated Demand Response	\$200
Advanced Technology HVAC	\$350
Advanced Technology Lighting	\$400

#### (四) ADR 控制策略：

PG&E 以及 SCE 之自動需量反應策略共有 12 項，如下：

1. Temperature Reset
2. Limit or Shut Off Lighting
3. Shut Down Irrigation Pumps

4. Curtail Industrial Processes (manufacturing)
5. Curtail Municipal Water Pumping
6. Curtail Refrigeration Load (cold storage)
7. Cycle Off Rooftop Package Units (HVAC)
8. Curtail Battery Chargers (forklifts, carts, manufacturing)
9. Limit Air Handler Fan Speeds
10. Limit Demand On or Turn Off Chillers (HVAC)
11. Limit Demand On or Shut Down Air Compressors
12. Shut Down Exhaust Fan / Dust Collectors

針對照明、中央空調、排風系統、及其他工廠設備 PG&E 的卸載設備各有不同，說明如下：

1. 照明：

受控照明設備可分為有能源管理系統、照明迴路及區域控制。受控用戶可以針對照明設備進行線性調控(如調暗 1/4 或 1/3 燈的亮度)或開關(如關掉較不重要的照明)等控制以達到節省用電目的。

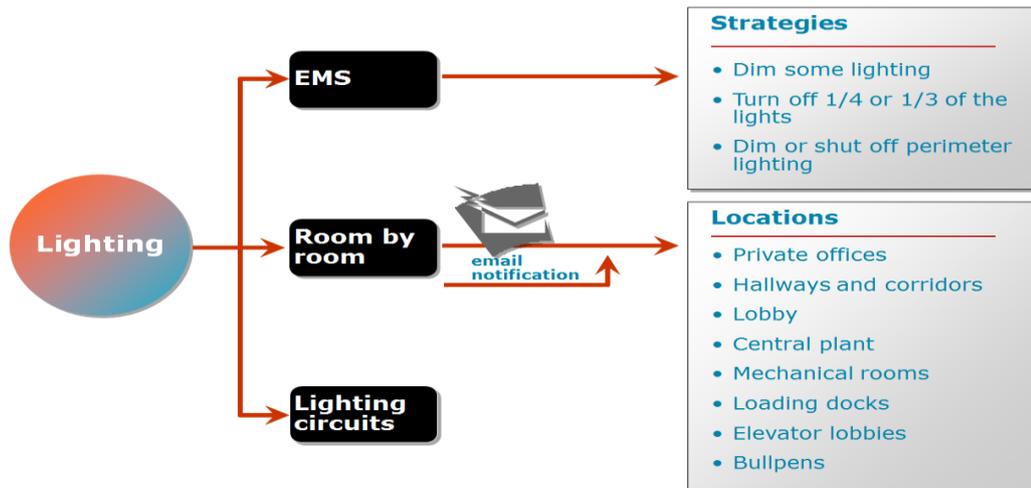


圖 4.6 照明能源控制系統示意圖

## 2. 中央空調系統：

由於參加 PG&E ADR 方案之用戶均可以申請系統建置之補助，所以參加之用戶基本上均有能源管理系統以管理該用戶之用電情形，中央空調管理系統如圖 4.7 所示。所以有些用戶會事先規劃好降低用電設備的順序及方式，例如預冷大樓、提高室內溫度或週期性控制主機等，當電力公司通知欲執行 DR 方案時，用戶便可收到通知後執行事先已規劃好的程序進行降載以達到預定降低用電量的目標。另外，美國 PG&E 公司針對小型空調規畫一智慧空調方案(SmartAC program)，當電力供應發生緊急情形時，電力公司會直接控制空調設備，以防止供電中斷，SmartAC 實施期間於五月至十月，一天不會超過 6 個小時，而參與用戶在所需設備安裝完成後，會得到由電力公司給予之 50 美元獎勵，且如有空調設備發生故障之情形，電力公司將免費提供維修服務

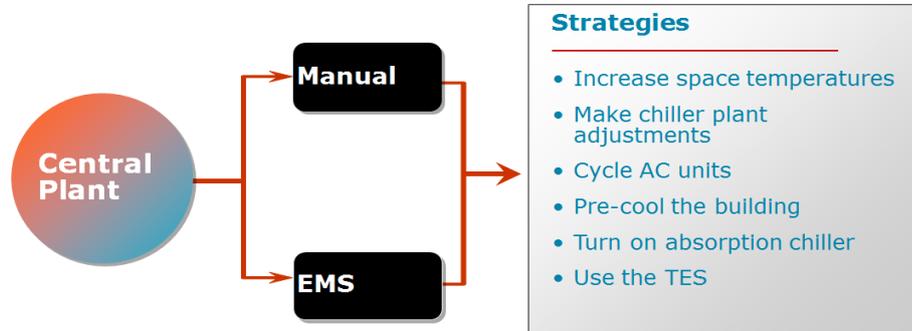


圖 4.7 中央空調能源管理系統圖

### 3. 排風系統：

對於排風系統節能省電控制方式可透過手動或能源管理系統，系統如圖 4.8 所示，針對固定風量系統可以進行週期性開關控制、出風口控制及增加供給端空氣溫度；對於可變風量系統的控制可以調整其流量，壓力等以達到省電目的，另外透過能源管理系統亦可重新設定室內溫度以使得空調負載需求降低，主機自動降載進而減少用電量。

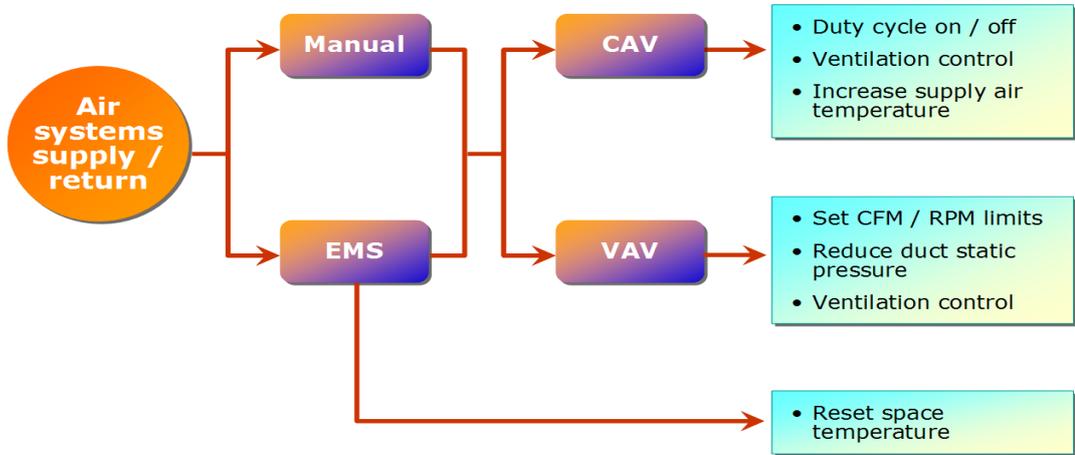


圖 4.8 排風系統之能源管理系統示意圖

#### 4. 其他動力設備

如圖 4.9 所示，用戶端進行負載管理時除了上述可控設備外，另外尚可控制及管理其他動力設備，例如電梯使用時間管理及控制、各式各樣用途之馬達設備控制等。

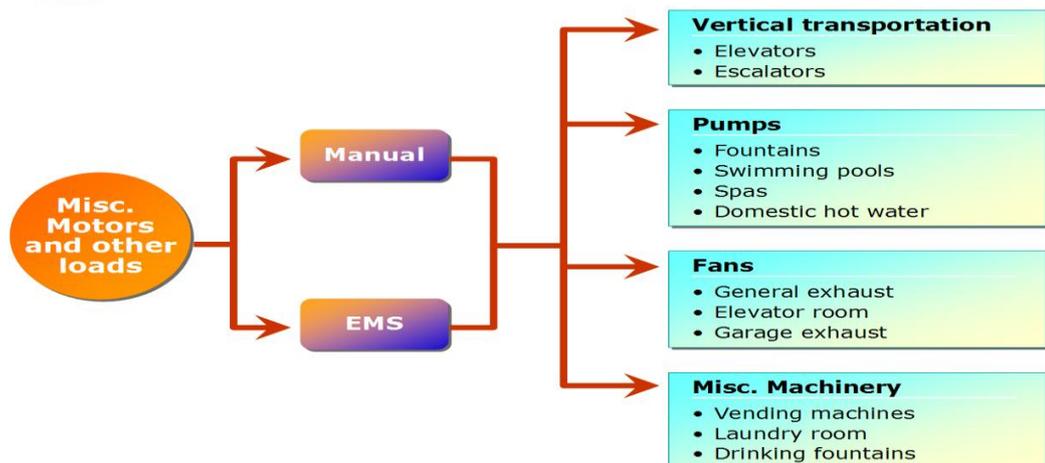


圖 4.9 其他動力設備控制示意圖

#### (五) 驗證方式：

PG&E 為了要驗證 ADR 方案實施後的成效，除了從安裝於用戶端 Smart Meter 讀取用電資料外，用戶基準線(CBL)的計算方式為取事件實施前的 10 工作天並取平均值當作基準值，用戶降載量與此基準值之差值即為此次執行 ADR 方案的實際降載量，並以此值計算用電優惠的費用。另外，由於受到外氣溫度變化影響使得基準值可以有一個範圍的調整，例如參加 AMP 方案時用戶端(即 Aggregator)可以選擇有 10 天基準線平均值再加上 40% 值的彈性調整。

#### (六) 實施成效

##### 1. DR 實施成效：

PG&E 在 2013 年實施需量反應時，根據參與用戶用電量預測值該年度可降載用電量為 620MW，實際執行時降載量達到 610MW。此一數據顯示 PG&E 實施 DR 方案可靠度高達 98%，亦即 DR 是可以預期的。PG&E 預測 2013 年 DR Program 總登記用電容量約為 675~700MW，用戶參與的 DR 方案包括：

- 1.AMP(250MW);
- 2.基本可停方案(Base Interruptible Program ,BIP),可降載量為 210 MW;
3. SmartAC(80MW) ;
- 4.CBP (50MW) ;
- 5.需量競標方案(Demand Bidding Program, DBP) ,可降載量為 50 MW;
- 6.尖峰日定價方案(PeakDay Pricing, PDP) ,可降載量為 50 MW。

各 DR 方案之可降載量如圖 4.10 所示，也顯示所列 DR 方案主要效益為增加電力系統穩定性及用電尖峰移轉。

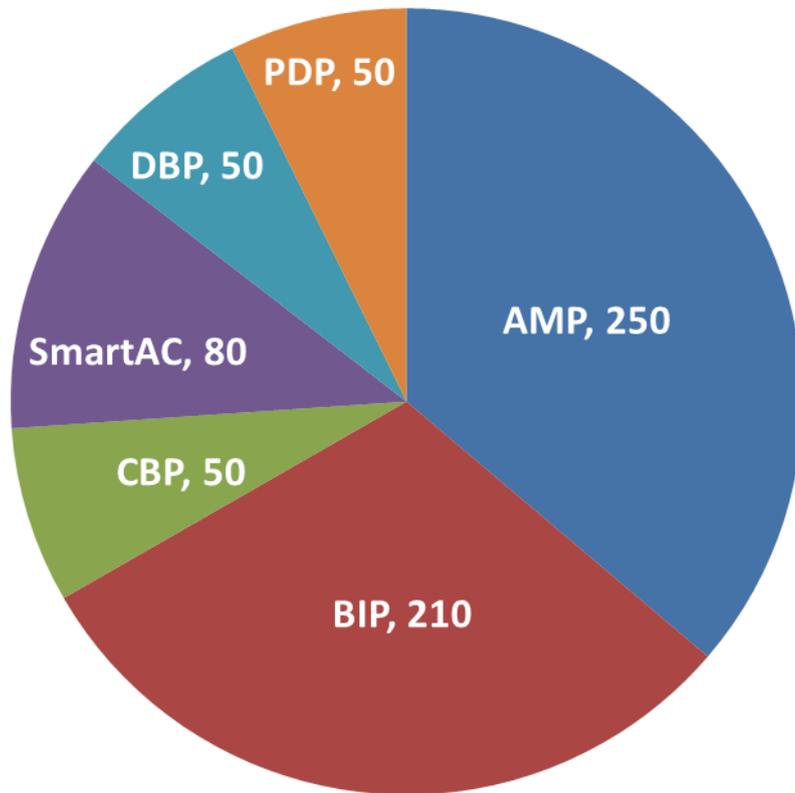


圖 4.10 2013 年各 DR 方案可降載量

## 2. ADR 可降載量

PG&E 公司目前參與自動需量反應方案之可降載量約為 140MW，其參與用戶類別及用戶數分別如圖 4.11 及 4.12 所示，由圖可知，參加用戶主要為工業、商業、農業、零售業及食品加工等用戶為主要用戶。

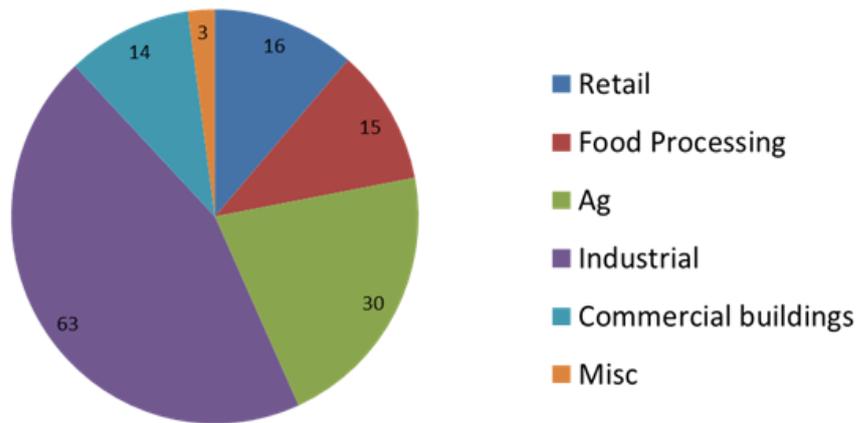


圖 4.11 PG&E 參加 ADR 用戶可降載量示意圖

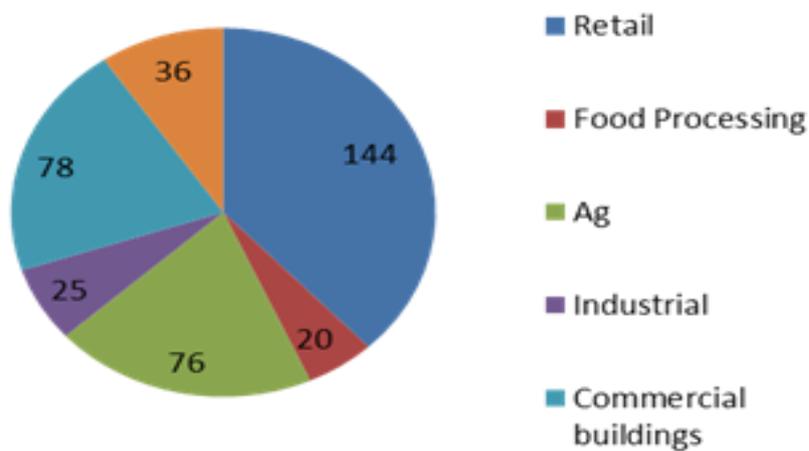


圖 4.12 PG&E 參加 ADR 用戶行業別示意圖

#### (七) ADR 未來發展方向

1. ADR 為重要的能源管理工具，未來可以結合再生能源(renewables)、電動車(EV)等特殊負載投入電源供給端。
2. 提供可控制容量之資源以達到 CAISO 的要求。
3. 運用 ADR 之方式延緩輸配電線路之投資。
4. ADR 也可以結合分散式電源(儲能系統)進行區域性能源管理。
5. ADR 方案也可以應用於住宅用戶及需量小於 200kW 的商業用戶。

6. 參加需量反應拍賣機制。

(八) 用戶訪問

本次實際拜訪參與 ADR 用戶，該大樓名為舊金山 345 大樓 (345 California Center)，如圖 4.13 所示，舊金山 345 大樓位於在 1986 年完成，695 英尺高讓它成為舊金山的第三高樓。在 1980 年代中舊金山建設的最高樓。最頂樓的部份，本來規劃為私人各戶有獨立產權的公寓(Condo)，不過後來被改成 Hotel 的用途 (Mandarin Oriental Hotel)。大多數大樓都在角落，這棟是在 block 中間的建築中最高的。整個建築的用途很廣泛，地下為停車場，1 樓到 4 樓是商店區，5 到 35 樓則是辦公室，36/37 樓是機械區，而最上面的 38 到 48 樓是旅館。本來規劃時，這棟大樓要建的更高 (多 98 英尺)，不過因為當時的高度限制，而被降低成現在的高度。



圖 4.13 所示，舊金山 345 大樓十

## 1.ADR 方案

此棟大樓有加入 PG&E 需量反應計畫共 11 年的時間，前八年為人工操作的需量反應服務，最近三年改成全自動的需量反應服務，目前參加 ADR 方案為 AMP 及 DBP 方案。機電主任 Tim (如圖 4.14)帶領七個人的機電團隊，管理整個 48 層的建築物。



圖 4.14 機電主任 Tim

## 2.需量控制方式

該大樓空調為中央空調系統，有二台 YORK 廠牌之冰水主機，該大樓在每層樓均安裝可變風量系統(VAV)，調整每一個獨立空間的微氣候，全大樓共有八百多具 VAV 系統，示意圖如圖 4.15 所示，在 ADR 事件期間，透過對這些 VAV 的溫度調控而使得冰水主機自動降載，所以並沒有直接控制冰水主機出力，控制結果可為整棟帶來 300kW 的卸載量，約占尖峰負載的 17%。

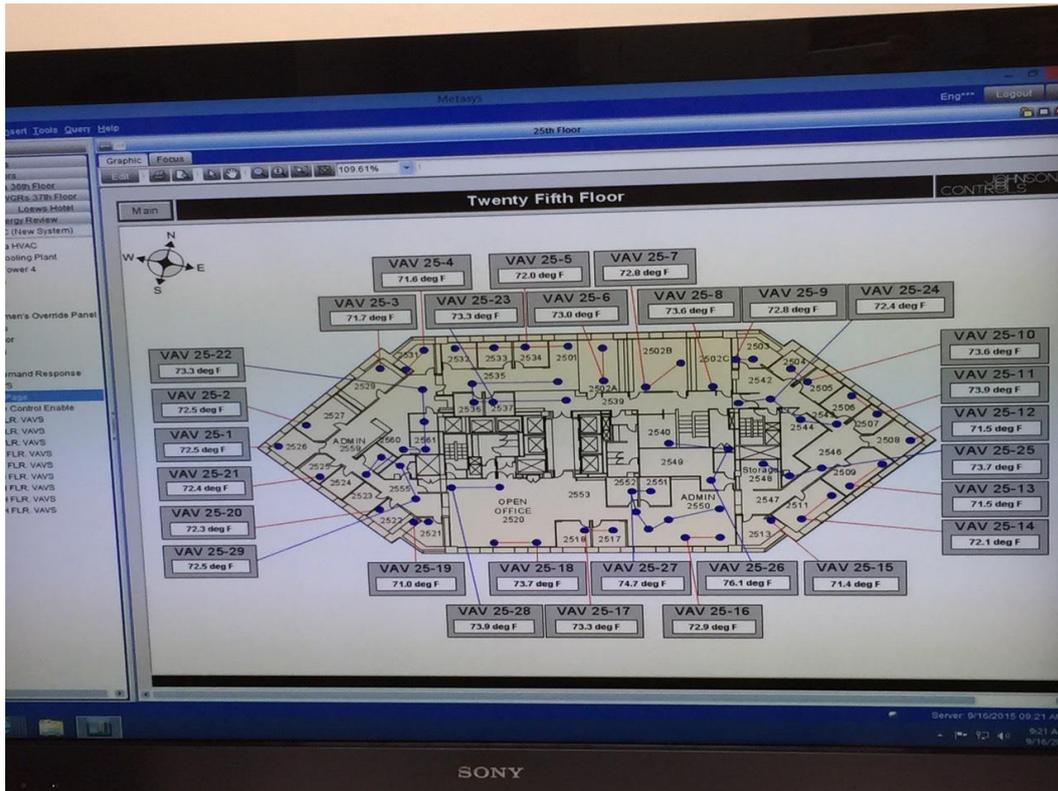


圖 4.15 345 大樓 VAV 系統示意圖

另外，當 PG&E 透過電子郵件、辦公室電話、手機、簡訊等種種方式在 ADR 事件前一日通知包括機電主任等 5 人。此時大樓管理中心即發送電子郵件給整棟大樓所有的用戶，通知用戶明天大樓將進行空調調整。在事件當日，大樓管理中心會於大廳擺放事件通知，如圖 4.16 所示，再一次告知用戶當日為自動需量反應事件日。

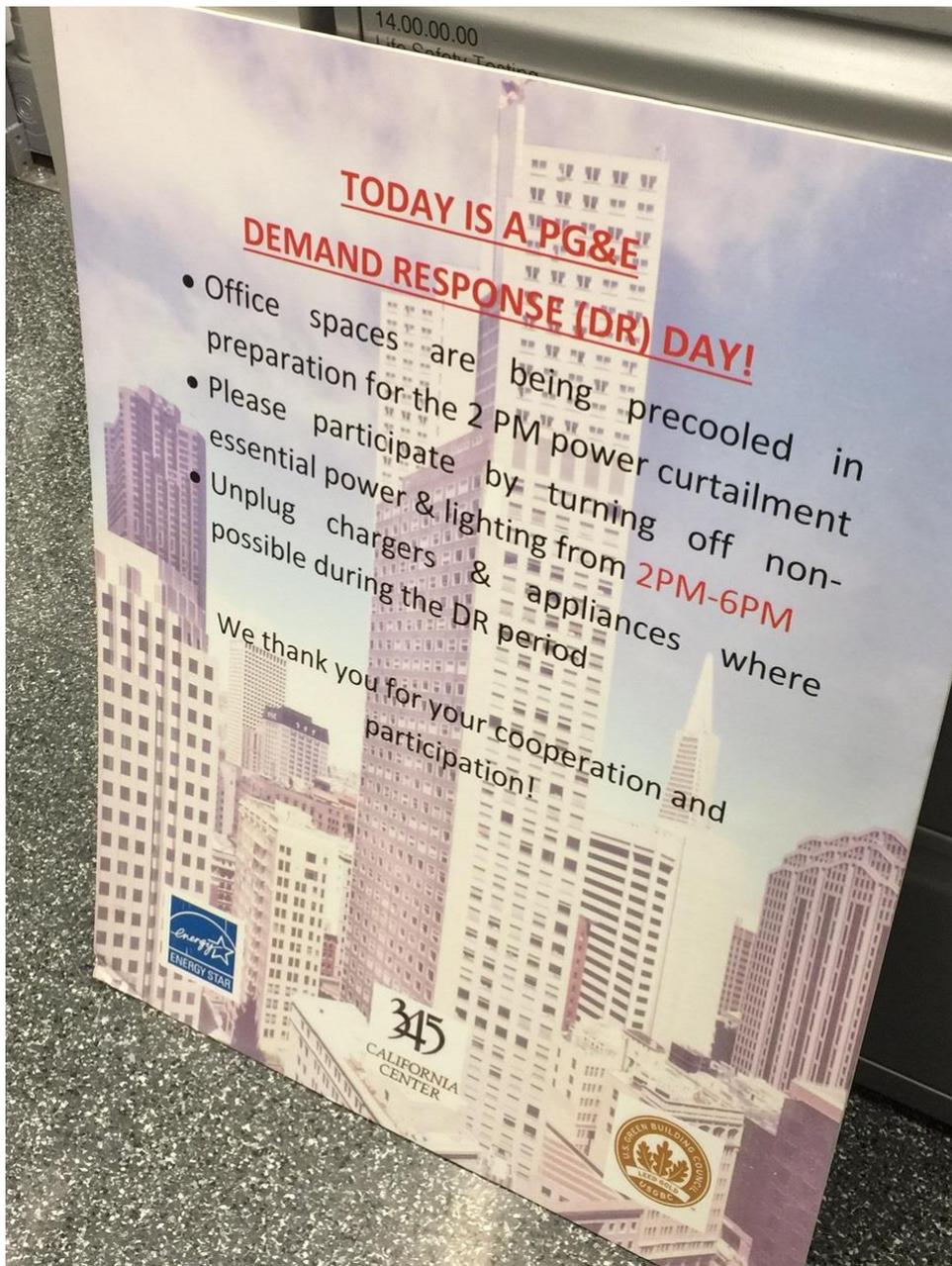


圖 4.16 用戶實施 ADR 事件告示

### 3.執行成效及通知

機電主任展示九月十日事件日的負載曲線，其曲線如圖 4.17 所示，顯示大樓負載在於下午一點十五分，由 1,800kW 降至 1,500kW，以因應下午兩點開始的自動需量反應事件。此事件維持四個小時，因為六點後已是下班時間，因此此事件日即是由下午兩點開始的整個下午都進行卸載。

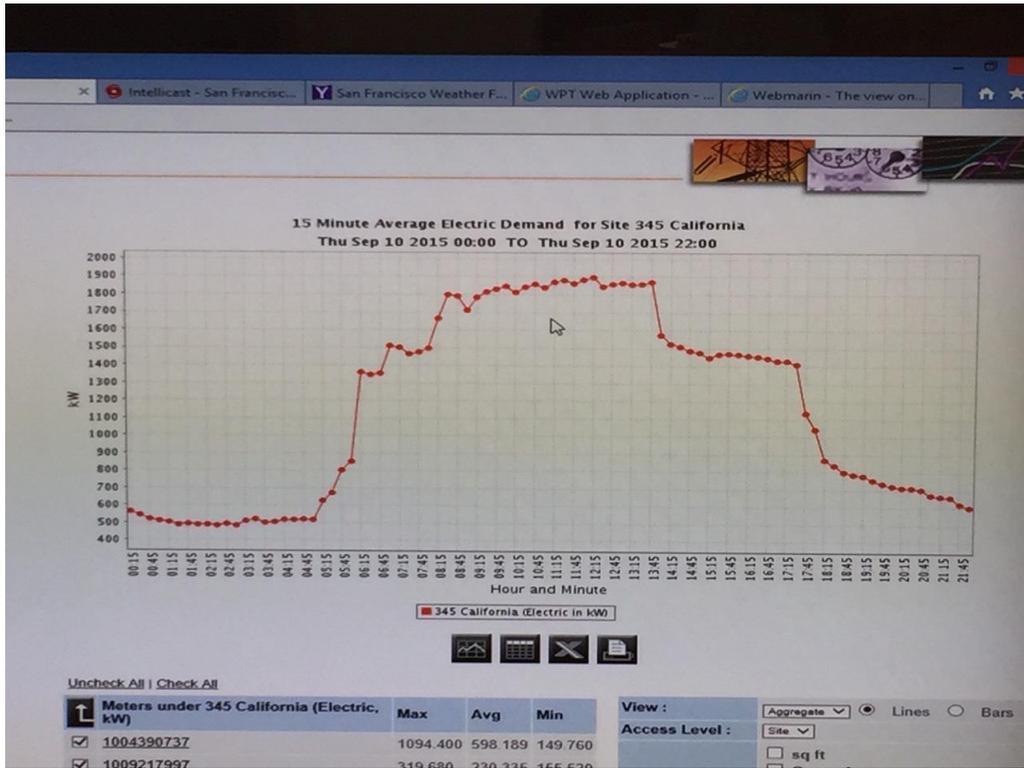


圖 4.17 負載降載曲線

PG&E 於事件隔日計算用戶之卸載量與節能量，並以 Email 通知用戶，如圖 4.18 所示。

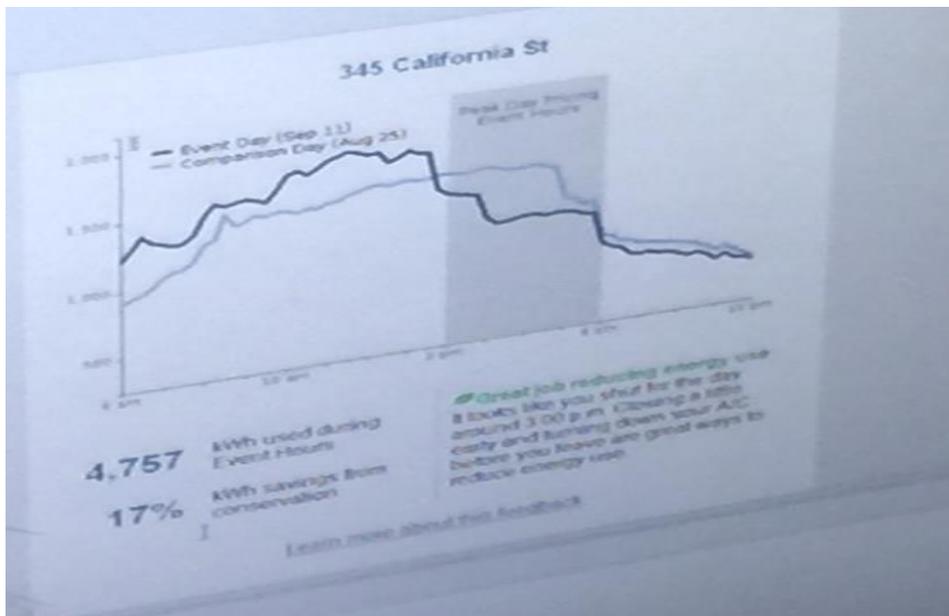


圖 4.18 降載量之計算

## 4.2 南加州愛迪生電力公司( SCE)

### 一、公司簡介

南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison, SCE)為全美最大的電力公用事業公司之一，服務範圍為加州中部、沿海地區和南部（不包括洛杉磯市及若干其他城市）約 50,000 平方英里，如圖 4.19 所示，用戶數約為 1500 萬，其中服務大企業 5,000 家，服務小企業 280,000 家，其餘為住宅用戶。

SCE 約有 9000MW 發電容量是從核能、水力及化石燃料等電廠，目前正積極從事再生能源技術開發進而擴大再生能源佔比，未來朝向綠色能源邁進，主要目的在於提供用戶一個安全、可靠和平價的電力。

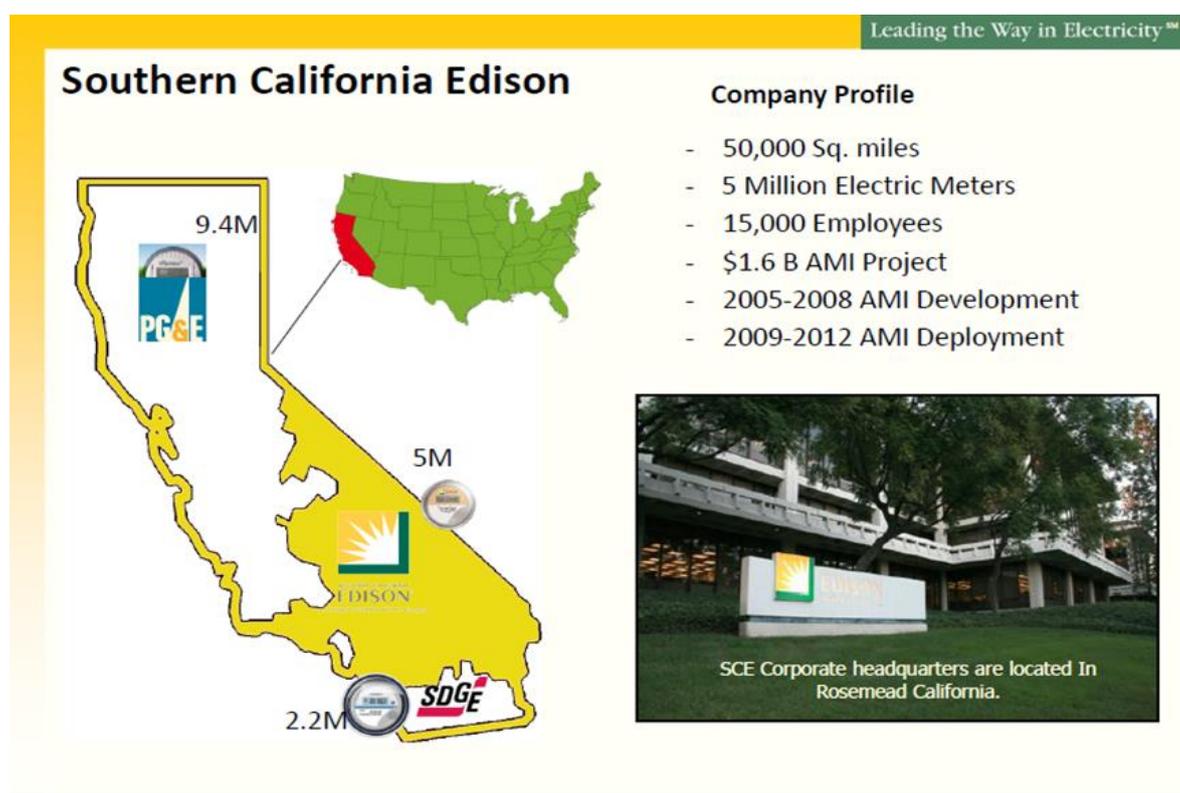


圖 4.19 SCE 服務範圍示意圖

### 二、實習內容

參訪 SCE 公司行程由該公司專家介紹在加州實行之自動需量反應計畫，報告內容包含 1. Mission Statement、2. SCE Service、3. SCE Peak Demand、4. Demand

Response (DR) 、5. State of California Loading Order 、6. Automated Demand Response Technology Incentives (Auto-DR TI) 、7. Auto-DR Incentive Types 、8. Open Automated Demand Response (OpenADR) 、9. Qualifying Demand Response Programs 、10. What has worked well in SCE's Automated Demand Response projects? 、11. Key Elements 、12. Top Automated Demand Response measures 、13. How does SCE use Automated Demand Response resources? 、14. Is Automated Demand Response growing? Why?及 15. Areas of Interest

SCE 為一家服務超過 125 年的電力公司，隨時隨地為用戶服務，目的為提供安全、可靠及評價的電力。SCE 之系統尖峰時段大都發生在天氣最熱日期的下午 3 點至 7 點左右，2013 年同一時段的用電容量差距甚至高達 6900MW。所以 SCE 為了解決尖峰時段高用電、於是進行積極進行整合型需求面管理(Integrated Demand Side Management ,IDSM)，此被 CPUC 認定為進行用戶端能源管理的策略。如圖 4.20 所示，SCE 的 IDSM 策略分為三個等級，分別為 1.能源效率(Energy Efficiency)；2.節約能源( Energy Conservation)；3.需量反應(Demand Response,DR)。SCE 之需求面管理首先執行設備之能源效率，再者推行節約能源，當能源效率、分散式電源計畫都已執行後仍需要執行能源管理時，則是執行需量反應的時機。

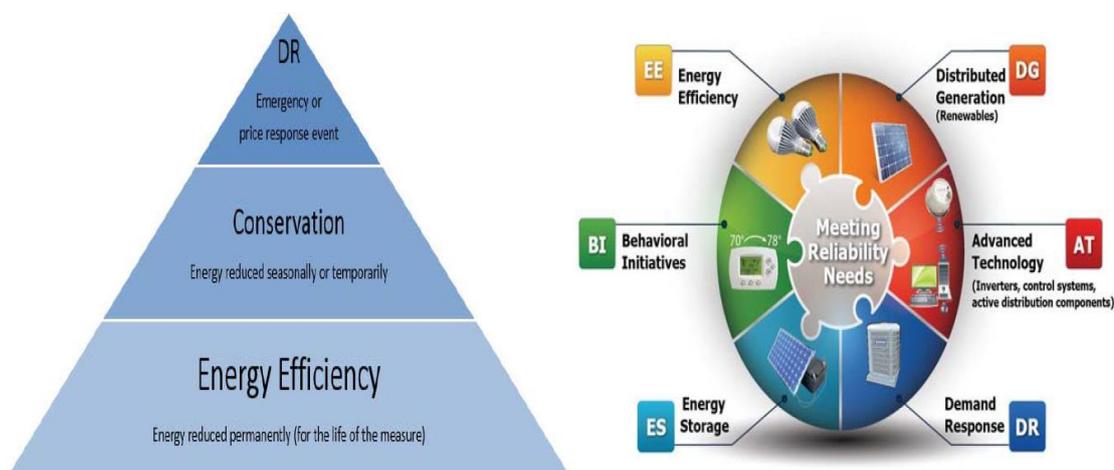


圖 4.20 IDSM 策略

### (一)自動需量反應 ADR

SCE 實施需量反應時機乃當電力系統供需失衡，即需求大於供給、電力發電成本相當高或者系統呈現壅塞時，SCE 會要求用戶降低其用電量並給於適當的誘因回饋，所以當系統在尖峰時段執行需量反應可以平衡系統供需問題及降低發電成本。SCE 認為需量反應對於電力系統的好處，簡述如下：

#### 1.維持電力系統穩定

CAISO (California Independent System Operation) 負責監測電力系統穩定度，並會在電力系統不穩定時通知 SCE 執行 ADR 事件

#### 2.因應高額收購電力價格

由 SCE 於電力收購價格過高時，執行 ADR 事件

#### 3.補償間歇性電力供應

#### 4.區域性電力卸載

加州三大電力公司 PG&E、SCE 及 DG&E 實施需量反應方案均已有多多年時間，故其控制方式均已從手動、半自動走向全自動情形推行，尤其當 OpenADR 標準提出後，各電業更是積極推動符合此標準之自動需量反應方案。加州公共事業委員會(CPUC)核准成立基金作為推動自動需量反應方案的基金，執行時間為 2015 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日為期二年，基金補助金額約為 1860 萬美元，其中一部分應用於已於 2013 年正式關機的聖翁那非(San Onofre)核電廠之服務區域。

### (二) Open ADR

當 OpenADR 標準提出後，各電業更是積極推動符合此標準之自動需量反應方案，SCE 為了推動 OpenADR，自 2013 年 1 月 1 日要求所有的能源控制之訊號傳輸都需要符合 OpenADR 傳輸標準。

## 1. OpenADR 系統架構

SCE 推動 OpenADR 之系統架構圖如圖 4.21 所示，主要組成部分有 DRAS、Gateway 及 CLIR box 等。

- a. DRAS：Demand Response Automation Server 的縮寫，是執行 ADR 的控制中心，除了建立 ADR 方案外，主要功能為經由網際網路將 ADR 信號傳送至用戶端自動地啟動需量反應降載功能進而完成降載目的。
- b. Gateway  
用戶端裝置，可為能源管理系統、用戶端伺服器或用戶群代表(Aggregator)管理系統。
- c. CLIR：Client and Logic with Integrated Relay 的縮寫，可以直接控制受控設備或連接至用戶端之能源管理控制系統執行降載動作。

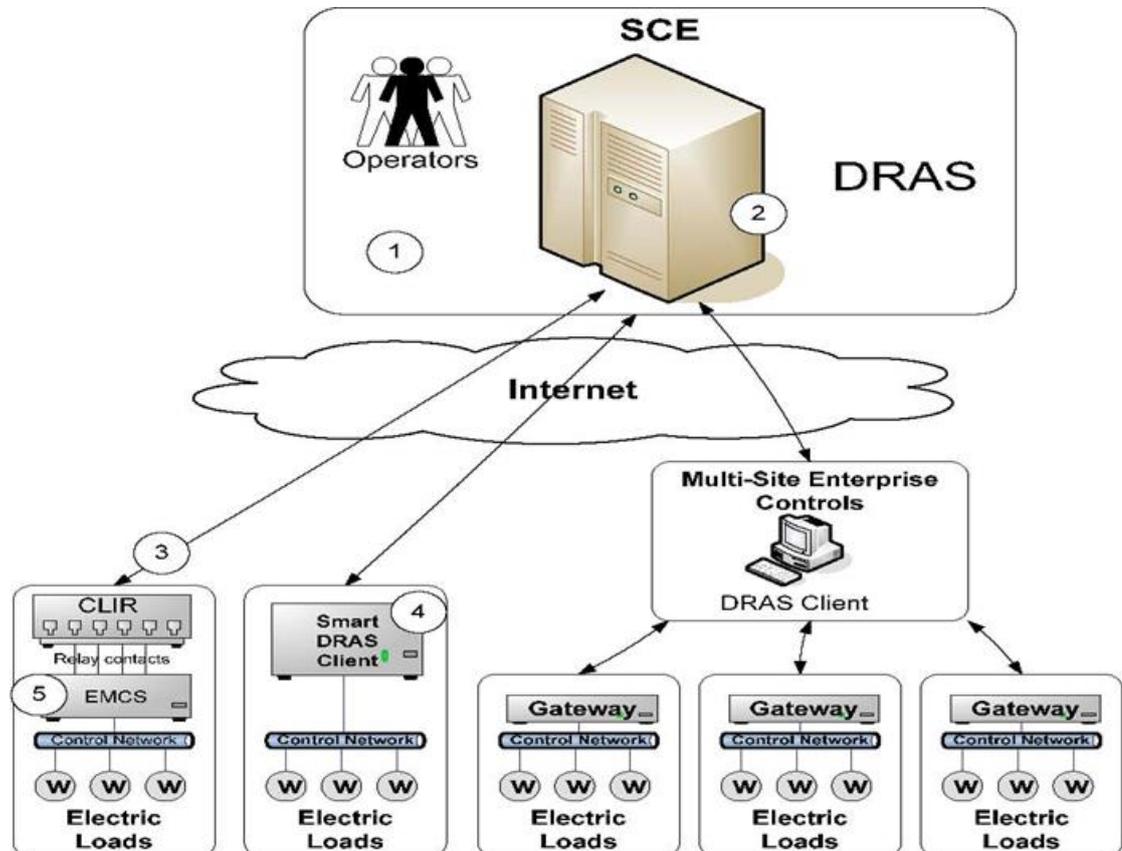


圖 4.21 SCE ADR 系統架構圖

## 2. ADR 方案

SCE 目前有五個主要的自動需量反應方案，包括：

### a. Real Time Pricing (RTP) – Rate (Tariff)

SCE 之及時電價方案乃根據實施前所國家天氣服務單位所公布的天氣進而訂定不同季節，不同溫度及不同時段的電價。

### b. Summer Advantage Incentive (SAI) – Rate (Tariff)

即所謂緊急尖峰電價(Critical Peak Pricing, CPP)，當 CPP 事件發生時(電力需求或價格提高)，SCE 會透過電話或是電子郵件通知用電戶，而用戶則在此期間內降低負載，否則將須支付較其他夏季尖峰時段還要高之電費，一年最多有 15 次、最少有 9 次的 CPP 事件，期間為夏季平日下午 2 點~6 點(不含假日)每年最多執行 12 個事件。

### c. Demand Bidding Program (DBP) – Program

此為網路型 ADR 方案，用戶可經由網際網路參加此方案，用戶參加資格為至少有 200KW 需量，此方案無罰則，回饋金額介於用戶競標容量之 50%至 200%。

### d. Aggregator Managed Portfolio (AMP) – Program

此方案為用戶群代表(Aggregator)管理的需量反應方案，執行時間為全年，2015 至 2016 年之間共有幾家用戶群代表參加此方案，如 EnergyConnect 及 EnerNOC, Inc。

### e. Capacity Bidding Program (CBP) – Program

SCE 的容量招標計畫(Capacity Bidding Program, CBP)為用戶群代表(Aggregators)參與的計畫，方案可分為當日降載(Day-of Curtailment)及前一日降載(Day-Ahead Curtailment)等方案，計畫執行時間為整年度。

### 3. 基準線計算(CBL)

SCE 之 ADR 方案的參加條件及能源基線(Baseline)計算方法各自略有不同，說明如表 4.2 所示：

表 4.2 SCE ADR 方案之能源基準線計算方式統計表

<b>Auto-DR Eligible Program</b>	<b>Eligible Event Hours</b>	<b>Performance Baseline Methodology</b>	<b>Additional Requirements</b>
<b>Summer Advantage Incentive (SAI)</b> *also known as CPP	All dispatched event hours	10 day average baseline ("10/10")	
<b>Real Time Pricing (RTP, PA-RTP)</b>	Extremely Hot Summer Days from 2:00pm to 6:00pm	Average demand across the last 10 mild, non-holiday, weekdays	If no Extremely Hot Summer Days occur within 12 months, Very Hot Summer Days will be used.
<b>Demand Bidding Program (DBP)</b>	All hours with submitted bids  *Minimum two hour bids for all DBP events.	10 Day Average Baseline ("10/10")  10/10 with 20% adjustment option  *Based on customer selection	If no bids are submitted, the event(s) will count with zero load reduction for two hours per event.  (Standing bid is required)
<b>Aggregator Managed Portfolio (AMP)</b> *also known as DRC	All dispatched event hours	10 Day Average Baseline ("10/10")  10/10 with 40% adjustment option  *Based on Aggregator selection	Customer must be nominated each month by their Aggregator.
<b>Capacity Bidding Program (CBP)</b>	All dispatched event hours	10 Day Average Baseline ("10/10")  10/10 with 40% adjustment option  *Based on Aggregator selection	Customer must be nominated each month by their Aggregator.

原則上，方案基準線之計算都以取事件前 10 天(不含例假日)的平均值當作基準值，有差異的是 DBP、AMP 及 CBP 等方案尚有因為外氣溫度變化使得基準值可以有一個範圍的調整，例如參加 AMP 方案時用戶端(即 Aggregator)可以選擇有 10 天基準線平均值再加上 40% 值的彈性調整。

### 4. ADR 執行成效

(1)2007 開始執行 ADR 方案，參加用戶為大型商業與工業用戶，約 300MW 之可降載量。

(2)2012 推出 ADR 技術獎勵(Technical Incentives)方案，提供已約定誘因給最大需量介於 100 與 400kW 用戶參加。

(3)2013 推出技術獎勵方案，SCE 補助用戶 OpenADR 用戶端系統建置，用戶在取得補助(由加州公共事業委員會(CPUC)提供補助基金)後，須參加三年 ADR 方案。補助金額依卸載設備不同而由差別。

(4)2013 執行 DR 方案成效

SCE 於 2013 執行需量反應進行設備降載控制，各 DR 執行結果為 1223MW，其結果如表 4.3 所示。

表 4.3 SCE 2013 執行 DR 方案結果統計表

Leading the Way in Electricity™			
SCE's DR Portfolio – Ex Ante August 2013			
DR Program	Program Type (Dispatchable)	Eligibility	Total (MW)
Agricultural Pumping & Interruptible	Emergency/Reliability	Agricultural	58
Base Interruptible Program	Emergency/Reliability	Commercial and Industrial	613
Air-Conditioning Cycling Program	Emergency/Reliability & Price-Based/Economic	Commercial, Industrial, and Residential	368
Aggregator Managed Portfolio	Price-Based/Economic	Commercial and Industrial	145
Capacity Bidding Program	Price-Based/Economic	Commercial and Industrial	11
Demand Bidding Program	Price-Based/Economic	Commercial and Industrial	4
Critical Peak Pricing Rates	Price-Based/Economic	Commercial, Industrial, and Residential	18
Peak Time Rebate	Price-Based/Economic	Residential	6
<b>Total</b>			<b>1,223</b>
<i>All estimates are portfolio-adjusted and under 1-in-2 weather conditions</i>			

(三)ADR 未來發展：

由於加州的聖翁那非(San Onofre)核電廠於 2013 年正式關機，SCE 因此減少了 2.4GW 的電力供應量。因此，SCE 希望透過需量反應服務來彌補部分的電力供應損失。除此之外，SCE 與 PG&E 都在嘗試讓需量反應資源能夠進入加州的 Wholesale 電力市場參與競價。未來，SCE 希望藉由需量反應能夠提供 700MW 的緊急卸載(Emergency DR Program)，另外透過計劃型需量反應提供 1.6GW 的卸載量，其規劃之示意圖如圖 4.22 所示。

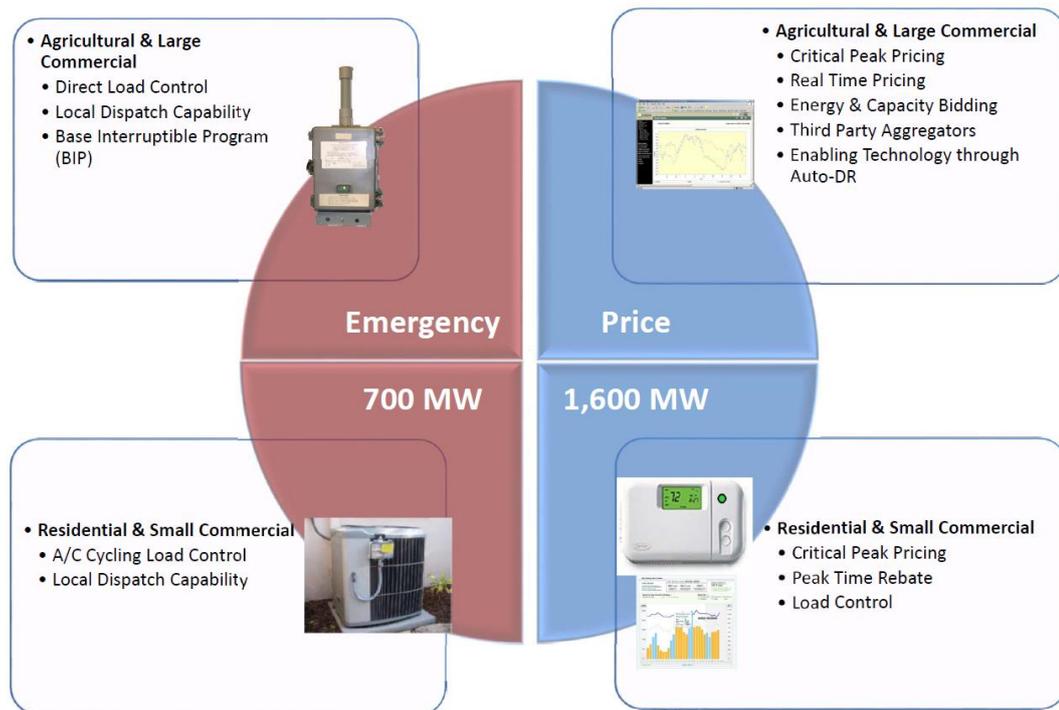


圖 4.22 SCE ADR 未來規劃示意圖

另外，由於 OpenADR 乃自動經由網際網路傳送控制訊號至用戶端，其較快速反應及較短執行時間，若再配合智慧型電表，未來可應用至輔助服務市場與傳統發電機組競爭。

## 伍、結論與建議

### 5.1 結論

此次出國研習，共拜訪美國加州最大的兩家電力公司 PG&E 及 SCE，主要研習有關自動需量反應及採用 OpenADR 做為「自動需量反應」技術架構之執行情形。PG&E 及 SCE 由於加州電力危機之後電力系統呈現尖峰時段發電成本增加及供需不平衡現象，導致兩家電力公司積極進行需求面管理，需求面管理包含能源效率、節約能源及需量反應等部分，當系統尖峰時段電力吃緊時，電力公司便會執行各種需量反應方案進行用戶端之降載控制已達到平衡現象。

需量反應方案執行方式由早期之手動，半自動至自動執行需量反應，尤其當自動需量反應 OpenADR 標準提出以後，各電力公司更是積極投入自動需量反應以解決尖峰時段用電急增現象。以下就此實習結論說明如下：

1. 參加 PG&E 及 SCE 之 ADR 方案的用戶必須具能源管理系統，用戶可以申請由加州公共事業委員會提供之補助費用進行能源管理系統之建置或更新，獲得補助之用戶則必須參加三年的 ADR 方案。用戶所申請之補助分 2 次支付，第一次在用戶建置完成 ADR 系統及短時間(2 小時)之測試及驗證後，支付金額為 60%；另外 40%之補助費用則依照用戶參加 ADR 方案第一年的比例而核發，也就是用戶必須參加 ADR 執行時間的 61%以上方可獲得補助。
2. 加州三大電力公司目前皆採用 OpenADR 為「自動需量反應」技術架構。目前的 ADR 方案尚以 OpenAD 2.0a 為主，未來將推動到 OpenADR 2.0b。
3. PG&E 及 SCE 與用戶群代表簽約後，電力公司將會審查用戶群代表是否有能力卸載所允諾的卸載量，而用戶群代表與用戶之間之卸載管理，由用戶群代表自行管理，電力公司並不介入。
4. PG&E 及 SCE 在執行大部分 ADR 事件時，皆會進行卸載效益預測
5. PG&E 及 SCE 皆會進行「區域性」的 ADR 事件執行，可做為未來台電「供

電瓶頸區域」的參考。

6. PG&E 透過跨部門討論，以決定是否執行 ADR 事件。而且方案執行是否有成效則有賴相當多部門人員配合列如方案經理人(PM)、方案分析人員、執行驗證工程師、技術協調人員、會計人員及現場安裝人員等。
7. 推動自動需量反應的成功有兩點因素，一是用戶端激勵金，一是幫助用戶端擬定卸載策略，這需要電力公司或用戶群代表來與用戶端密切溝通。

## 5.2 建議

1. 建議上級單位成立推動自動需量反應基金，此基金可以補助參加 ADR 用戶建置或更新相關能源管理系統並能符合自動需量反應系統相關標準，如此不但加速大樓能源管理系統普及化且自動化，而且更能有效地執行能源管理工作減少不必要的能源浪費。
2. 電力公司可以成立跨部門的自動需量反應推動小組並建立以 OpenADR 標準為「自動需量反應」技術架構以利 ADR 的執行。
3. 更健全大用戶服務制度，PG&E 及 SCE 業務人員推動 ADR 方案是以如何賣 (sell)方案的心態執行，也就是說這兩家公司服務大用戶之業務人員平常已充分了解用戶之用電情形並建立良好關係，當電力公司推動 ADR 方案時，電力公司業務人員便可依照用戶用電特性協助用戶選擇較適當 ADR 方案，如此便可增加用戶參與率又可增進電力公司與用戶間的互信關係，將有助於日後相關工作的推行。
4. 建議進行 OpenADR 標準認證相關實驗室之建置，由於 OpenADR 標準已成為世界各國執行自動需量反應所參考的傳輸標準，國內若有建立相關認證的實驗室經有助於自動需量反應相關軟硬體之開發及推展。