

出國報告（出國類別：實習）

智慧綠能社區(Green Campus)與自動需量 反應(OpenADR)管理整合建置實習

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：陳佳祥 電機工程專員

派赴國家：美國

出國期間：自 105 年 6 月 15 日至 6 月 24 日

報告日期：105 年 8 月 23 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

智慧綠能社區(Green Campus)與自動需量反應(OpenADR)管理整合建置實習

頁數 37 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台電公司人資處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳佳祥/台電公司/綜合研究所/電機工程專員/02-23601235

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：105/6/15-105/6/24

出國地區：美國

報告日期：105/8/23

分類號/目

關鍵詞：自動需量反應、需量反應

內容摘要：(二百至三百字)

資通訊技術的發展讓自動化需量反應的技術得實現，大幅降低用戶既往降載作業的複雜。藉由其快速運算與自動化控制能力，可確保各次需量反應事件的發送能達到預期的綜效。美國電業在自動需量反應的推動方面，已有相當程度的發展。本次計畫主要為實習美國導入 OpenADR 通訊標準協定與實際上執行建置經驗，並實習其自動需量反應方案內容與實施現況及執行實績成效，參考美國建置經驗，以提供我國作為參考。

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

目 次

| | | |
|--------------|-------|----|
| 摘要 | ..... | 1 |
| 目次 | ..... | 2 |
| 本文 | | |
| 目的 | ..... | 3 |
| 過程 | ..... | 4 |
| 我國電力現況 | ..... | 5 |
| 我國的自動需量反應發展 | ..... | 7 |
| 美國的需求面管理發展 | ..... | 13 |
| 加州電力市場現況 | ..... | 16 |
| 加州電業自動需量反應方案 | ..... | 22 |
| 加州電業其他需量反應方案 | ..... | 25 |
| OpenADR 規格 | ..... | 30 |
| 自動需量反應機制應用 | ..... | 34 |
| 心得與建議 | ..... | 36 |

目 的

近年來夏季高溫日數漸多，夏季尖峰負載屢創新高，加以新設電源開發困難，造成本公司供電吃緊次數越來越多，備轉容量屢創新低，停限電機率大幅增加。加以碳排放及懸浮微粒議題逐漸浮現，節電與減碳成為刻不容緩的課題。

面對快速成長的負載，需量管理措施為傳統的供需模式帶來了新的契機。對電業經營而言，需量反應方案的實施可作為抑低短暫尖峰負載的解決方法，可減少邊際機組運轉的高成本，增加系統運轉穩定度，又可同時達到環境保護的效果，目前本公司已推出多項需量反應措施，提供用戶自由選用參加。

資通訊技術的快速發展讓需量反應的自動化技術得以實現，大幅減少既往用戶執行降載的繁複作業。直接由電腦快速運算結果與自動化執行控制，管理者可即時並準確地掌握需量反應事件的所能提供的需量，讓需量反應能所達到預期的效果。

美國加州電力公司 PG&E、SDE 是推動自動需量反應標準 OpenADR 聯盟的成員，提供自動需量反應方案供用戶參與。本計畫為實習美國各電業單位導入 OpenADR 通訊標準協定，蒐集電業自動需量反應方案內容與實施管理現況、加值應用服務及實際成果。另外，配合本公司業務處用戶群代表制度的推行，本次行程亦前往美國調度中心及相關單位實習其需量反應方案的內容與經驗，並至用戶群代表實習其需量管理工具與成果，作為日後提供本公司主管單位研擬相關措施的建議。

過 程

| 日期 | 機構名稱 | 城市 | 工作內容 |
|------|---|-------|-------------------------------------|
| 6/15 | Pacific Gas and Electric Company (PG&E) Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) | 美國舊金山 | 實習 PG&E 自動需量反應方案的內容及運作模式以及用戶參與及實施方法 |
| 6/16 | California ISO | 美國舊金山 | 研習由 CAISO 所提供的需量反應方案及加州電業結構 |
| 6/17 | Southern California Edison (SCE) | 美國洛杉磯 | 研習 SCE 的需量反應方案及其用戶參與現況 |
| 6/20 | Consolidated Edison Company New York Public Service Commission (NYPSC) | 美國紐約 | 參訪 ConEdison 研習需求面管理措施現況及研習紐約電業關係 |
| 6/21 | New York ISO | 美國紐約 | 實習由 NYISO 所提供的需量反應方案及紐約州電業結構 |
| 6/22 | EnerNOC | 美國波士頓 | 研習 EnerNOC 的用戶管理方式及其控制工具 |

我國電力現況

近年來我國的電力供應面臨多重挑戰，2015 年我國電網備轉容量低於 6% 警戒值之天數打破歷史紀錄，為歷年來新高。截至 2016 年六月為止，台電公司的最低預估備轉容量率更是僅剩 1.64%，達到限電警戒亮起「紅燈」。

根據氣象觀測資訊，聖嬰現象發生週期有愈來愈短的趨勢，台灣地區夏季氣溫達 30 度以上成為常態，持續的高溫造成夏季空調用電居高不下，造成我國夏季主要電力負載來源之一。

另外在電源供應端，核能議題爭議導致核四廠封存，而既有的三座核能電廠也遭遇使用年限將屆的危機，都將於幾年內陸續除役。另外全球溫室效應日漸嚴重，二氧化碳的排放成為另一矚目的議題，大型火力電廠需配合環境保護因素，而有運轉發電上的限制。而土地取得因素，也讓興建新電廠遭遇到很大的阻力。上述種種因素，使我國無法於短期內快速大量增加電力供電量。

電力供給面與需求面的成長失衡，讓我國導入用戶端需量管理 (Demand Side Management, DSM) 已成為必要措施。用電需求端管理主要分為兩大領域：能源效率提升 (Energy Efficiency) 及需量反應 (Demand Response)。能源效率提升部分主要是用電負載設備製造商的技術改進，提升耗電產品如空調設備能源效能比例(EER)、以及提高電能熱水氣材料吸熱功率之類等議題；而需量反應是由電力公司提供不同措施供用戶參與，可分以價格導向為基礎 (Price-Based)之方案，如時間電價等，和以獎勵金導向為基礎 (Incentive-Based)

之方案，如減少用電措施等，來引導客戶參與減少用電的行動，從用電需求端進行管控，促使電力供需能達到平衡。

需量反應(Demand Response)可視為負載管理的一個重要工具，也屬於電力系統需求面管理的一環，主要是以電力公司整體觀點的進行用電需量管理機制。電力公司可於前一天(Day-Ahead)預測明日的供電量與用電需求，若預測隔日用電高峰時段將會有供電缺口，就可預先發布需量反應事件給簽約用戶，要求這些用戶於特定的時段來抑低用電量。用戶可依據其自身需求，自動化或透過人工進行用電控制，以降低設備用電量。在完成需量反應的執行以後，用戶可以依循所簽訂的合約內容，來獲得電力公司優渥的獎勵。

自需求端管理還可以避免電力因長程輸送而造成的線路損失問題，電力業者可以將投資新電源開發的費用投入需量反應市場，可以減少支出。就我國目前電力市場的發展來看，需量反應等用電端管理措施勢必在我國將扮演更重要的角色。

我國的自動需量反應發展

自動需量反應(Automated Demand Response)是指以自動化的方式來執行需量反應。在現今資通訊技術的快速發展下，藉由電腦計算能力的輔助，依據所量測的資訊規劃排程，並自動執行用電設備控制的技術。

美國 EPRI 調查美國的公共電業(電力公司)在 AMI 系統導入之後，自動需量反應系統成為首要優先導入應用項目，在自動需量反應系統的架構之上，需量競價系統為第二導入項目，以建構資通訊科技為基礎之能源輔助服務，提高電力系統的供電品質與穩定度。

智慧電表的佈建於電業先進國家成長迅速，也興起電力市場對自動需量反應服務之期待，參考國際經驗，需量反應將會是一項重要的推動項目。目前我國高壓用戶已全面引進 AMI 智慧電表，低壓用戶則持續佈建中。對於這些大型的“商業及工業”電力用戶，因其用電量較大，其需量反應潛能較高，是推動需量反應服務的最大可卸載需量來源。這些高用電量“商業及工業”用戶多數已具備能源管理系統，未來如何訂定資料通訊介面讓各家的大樓能源管理系統都可以和自動需量反應系統通訊，將會是擴大推動自動需量反應服務的重要關鍵。若是智慧電表與用戶端的通訊介面可以整合，未來電力公司可透過智慧電表，將即時的電價(或卸載需量)等需量反應事件資訊傳送至用戶的能源管理系統。用戶可透過其能源管理系統的資訊顯示介面掌握電力公司的需量反應事件，並藉由該系統的自動化控制設定來管理負載用電，獲得電力公司所提供的獎勵。而對電業而言，也由於電腦快速蒐集運算的特性，

對於可卸載需量可以更準確的評估，另外也大幅簡化既往執行需量反應所需的繁複作業與成本。電力公司可以透過各種需量反應方案，來引導用電戶參與需量反應服務，方案的內容與設計，將與市場上用戶的參與度有密切關聯。

能源管理系統技術已經發展多年，國內許多廠商甚至用戶本身都有發展大樓能源管理系統(Building Energy Management System, BEMS)，並實際於許多單位使用。然而就自動需量反應而言，目前國際上僅有美國 OpenADR 聯盟制定的唯一標準 OpenADR，經過 OpenADR 聯盟的努力推動，目前已受到各界注目，成為 IEC PAS (Public Available Specification)，未來可望列為 IEC 標準。

OpenADR 並不涉及使用者的控制策略制定，用戶需考量自身的產業需求來自訂用電設備管理方法，結合其自有的大樓能源管理系統，以訂定策略來自動執行控制項目與方法。畢竟對於電力公司來說，重點在於關心參與者於該時段能實際節省多少用電，提供多少需量，而非注意用戶的個別設備的開關狀態。若是用戶對事件執行有所考量，不希望參與該次事件，OpenADR 規格內亦定有不參加 Opt-out 機制，並不會影響到用戶的自主性與隱私權。

公共電業在面對自動需量反應這類之非電力衍生服務，常因組織專長不適合大規模推廣，多是以提供方案供用戶選用，再透過第三方業者參與，如用戶群代表(Aggregator)等協助用戶導入相關技術。自動需量反應機制的出現讓電力公司長期以來的負載管理標的不再侷限於少數的用電大戶，更可透過用戶群代表讓眾多小用電戶的需量抑低發揮聚沙成塔的效果，解決電力不足或電力系統臨時故障的問題。然而因為我國尚未有用戶群代表之機制，故尚需

國內能源管理部門對用戶群代表之角色進行定義。

目前國內的自動需量反應機制仍在研究試驗性質階段，雖然已有廠商開始進行相關設備的開發，但仍僅止於用戶端自行進行測試，並未正式上線運作。為了掌握這個領域的相關知識，台電公司率先於綜合研究所樹林所區打造智慧園區，導入相關技術，建置自動需量反應測試平台，以加強公司在電力需求端之經營管理，以掌握用戶用電行為、利用電能技術。打造智慧用電增值服務平台及建置綠能智慧屋，以引導用戶節約用電行為，參加台電公司所推動需量競價方案，實際以自動化方式執行需量反應，作為示範場域供外界參觀、觀摩。未來將持續將相關經驗、技術推廣至公司其他單位，以符合國際綠色企業的潮流，完成社會責任。透過本公司所提供需量反應用戶節能優惠措施，期許能創造獎勵誘因，引導用戶端於尖峰時段降低用電量。若能大量推廣透過大樓能源管理系統執行需量反應，促使整體電力需求端負載降低，即可減緩本公司電源供應的壓力，而用戶也因優惠獎勵方案獲取利益，達成企業與用戶雙贏的成果。

配合國家型科技專案 NEPII 子計畫分項七：運轉測試場域建立，台電公司與國立成功大學及資訊工業策進會合作，由台電規劃未來需求面用戶端之節能與需量控制發展目標，首先在綜合研究所-樹林所區第一試驗大樓共同建構 OpenADR2.0 自動需量反應結合 BEMS 大樓能管理機制，配合公司同仁於辦公大樓內之能源使用需求，如下圖 1。

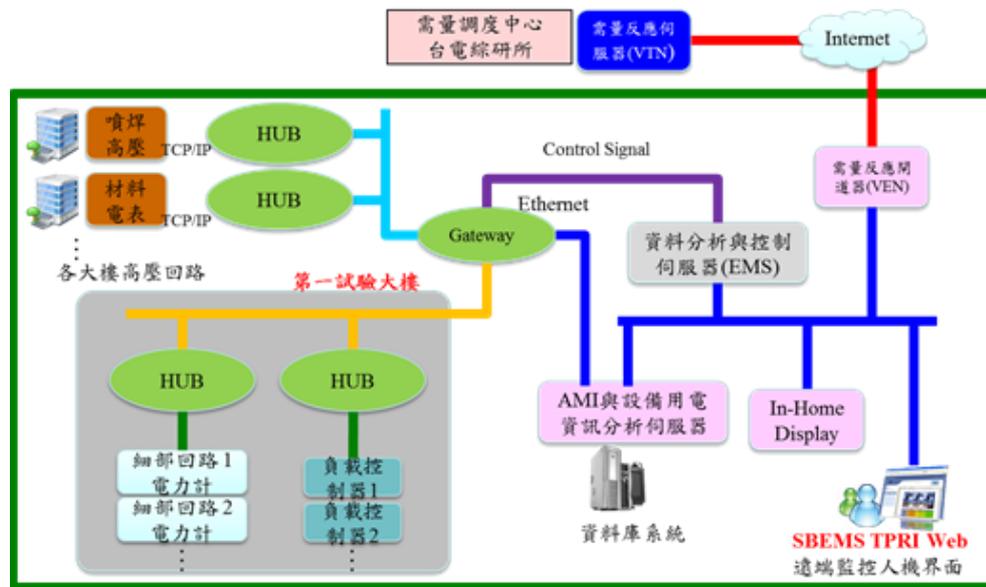


圖 1 綜研所自動需量反應通訊架構

而在後續計畫中，樹林所區其餘各大樓也陸續導入自動需量反應機制。管理員可以透過台北公館的需量反應伺服器發送需量反應事件，經由台電內部網路(Intranet)的連結，將需量反應事件資訊送到樹林所區的用戶端點，與能源管理系統進行通訊後，能源管理系統即會依管理員預先之設定於指定時段控制特定設備以進行降載作業。本項機制建置完成後，自 2016 年 6 月起開始實際參與需量競價方案，配合台電公司電力系統調度之需要，於需量反應時段實地進行抑低用電，於事件後可經由 AMI 智慧電表數據實證，確實獲得相當的成效，廣受好評(如下圖 2)。



圖 2 綜研所執行需量反應成效

除了自動需量反應部分，讓用電設備配合需量反應方案自動智慧調整降載，樹林所區所建置的能源管理系統可以將個別建築的用電資料加以彙集和分析，使用者可以透過資訊顯示板(In-Building Display, IBD 如下圖 3) 以及行動裝置 APP(下圖 4)來得知各大樓即時用電狀況，將無形的用電量作可視化，讓使用者對電力的消耗更「有感」，引導用戶主動產生節能意識，調整用電行為，提升節能的動力及效果，以達到節約用電之目的。

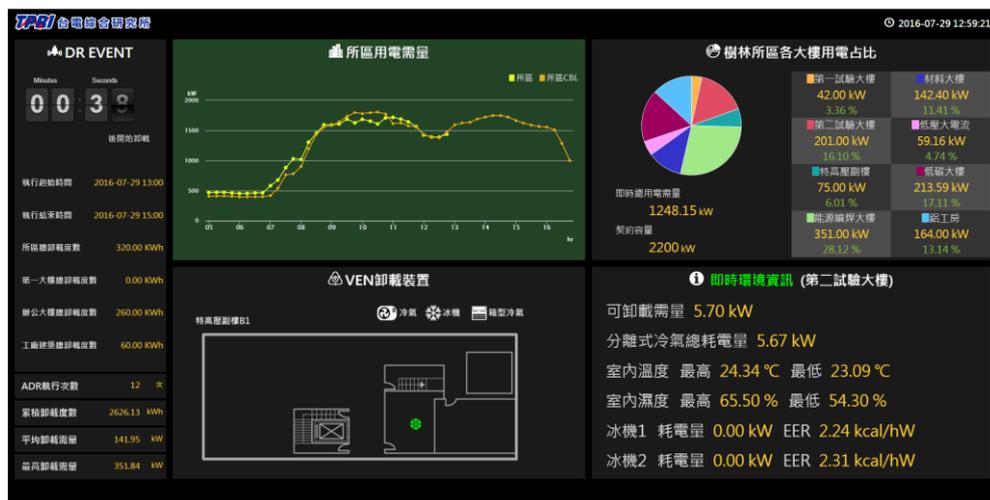


圖 3 台電綜研所資訊顯示板介面

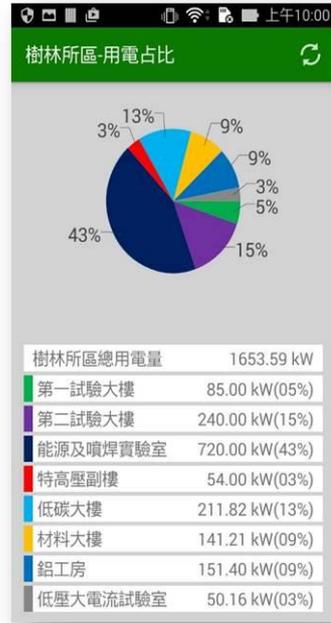
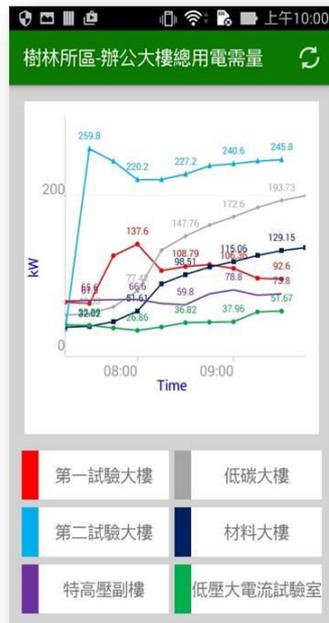


圖 4 台電綜研所 APP 介面

美國的需求面管理發展

西元 2000 年初期美國、英國、澳洲等國家為因應電業自由化，提出一項經過改良的需求面管理措施稱為需量反應(Demand Response)，並且透過推廣實施獲得不錯的成效。需量反應可抑低尖峰負載，防止躉售價格之飆漲，並提供輔助服務，作為減少輸電線壅塞發生或解決擁塞之方法。需量反應包含多種需量管理措施，包括「即時電價」、「負載直接控制」、「需量競價計畫」、「緊急可停電力」、及「自願性卸載計畫」等五種計畫，不同之機構依其轄區內的實際狀況將此五種作法個別獨立實施或將多種作法合併成為一種計畫實施。

美國從 1970 年代便開始執行需求面管理，包括時間電價、提高能源效率等措施；而在部分州的電力市場開始導入自由化後，需求面管理產生新的轉變，特別是需量反應方案，有相當多元的發展。1975 年，美國聯邦政府與各州公用事業委員會開始立法發展需求面管理計畫，包括能源政策與節約能源法案、能源節約與供給法案等四大法案，成為需求面管理的起源。當時實施措施包括實行時間電價、提升能源使用效率及宣導節約能源等方式。

美國是電業自由化的先驅國家，需量反應的實施最為悠久，相關系統與措施也發展的最為完善。由於美國其特別的聯邦體制，各個州都設有公共事業委員會(Public Utility Commission, PUC)，各自獨立運作來對其所屬的事業進行管制，也因此各州對於需量反應的制度及管理原則也大都相逕庭。美國加州曾在自由化之初，於 2000 年歷經一場電網危機，因批發與零售電力市場價格差異，造成公用電業幾乎接近破產，進而造成大範圍停電，導致重大經濟損

失。自此，加州政府開始推動以資訊科技為基礎之「自動需量反應」，發展至今已有相當成效。自動需量反應可為美國電力公司即時連結大規模用電戶，直接或間接為用電戶提供需量抑低服務。美國電力產業更發展衍生出用電戶群代表(Aggregator)行業，協助電力公司來管理成千上萬的用電戶，使得利用自動需量反應技術帶來的大規模用電戶卸載效益變得可行。美國的需量反應方案可以分為兩大類，一種是以獎勵為基礎(Incentive-based)，另外一種則是以價格為基礎(Price-based)。據美國能源部之定義，以價格為基礎之需量反應方案依一天當中不同的時段改變其價格，以改善用電量及成本之間平衡；以獎勵為基礎之需量反應即當電力公司要求用戶於特定時段降低負載或是給予計畫管理者相當程度的權限來控制其須用電設備時，並給予用戶獎勵措施。

以電價為基礎之需量反應方案讓用電戶可依據電力公司所公布之各時段價自行管理其用電量，以達到減低用電成本之目的；以獎勵為基礎之需量反應方案則讓電力公司則可透過給予獎勵回饋的方式，吸引用電戶自願於特定時段自行降低負載，更甚至於允許電力公司直接控制其設備之權限。此二類的需量反應方案又依據不同時段、回饋電價等相關因素進一步作區分。

根據美國聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulation Commission, FERC)於 2006 年之調查報告指出，全美國的需量反應方案在尖峰時段大約可以貢獻 37,500MW 負載側資源的潛力，約為美國 2006 年夏季負載預估值 743,927MW 的 5%左右。而美國各地區用戶需量反應方案抑制尖峰用電量的比例，工業用戶約占全美的 32%、躉售需量反應方案約占全美的 30%、一般用戶約占全美

的 20%、商業用戶則約占全美的 16%。

2009 年美國聯邦管制委員會需量反應潛力的報告指出，若全美採取需量反應機制，則到 2019 年可減少 188 GW，占年度總用電 20%。而 ICF Consulting Study 研究指出，如果用戶能獲得尖峰時段的電價訊號並配合調整用電負載，則每年約可節省美金 40 億的系統運轉成本。

加州電力市場現況

美國加州電力市場目前已完全自由化，發、輸、配、售各系統都已獨立運作，躉售(Wholesale)電力市場及零售(Retail)電力市場機制已全面導入，電源供應、公用電業、系統調度都是由不同的機構所負責，彼此間都是各自運作，且各自的管制機關也不盡相同。公用事業由加州公共事業委員會(California Public Utility Commission, CPUC)所管轄，而加州獨立系統調度中心(California Independent System Operator, CAISO)則需配合聯邦系統，由聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulation Commission, FERC)進行調度作業。其繁複的電力經營結構，讓其需量反應執行的權責單位也相對複雜。

加州地區主要較具規模的民營公用事業(Investor-owned utility, IOU)包含 Pacific Gas & Electric (PG&E)、South California Edison (SCE)、San Diego Gas & Electric (SDG&E)，這三家公司涵蓋的服務範圍，包含了絕大部分的加州地區與用戶。

目前加州地區共有約 81 個負載供應單位：

- 民營公用事業(Investor-Owned Utilities) - 6
- 電力服務供應商(Electricity Service Providers) - 22
- 公共公用事業(Publicly Owned Utilities) - 46
- 農業電力合作機構(Rural Electricity Cooperatives) - 4
- 社區選擇用戶群代表(Community Choice Aggregators) - 3

自 2000 年起，加州電力供應開始走入自由化。在自由化初期，加州曾經因為市場價格失衡，使主要公用電業的經營陷入困難，而導致大規模的限電危機。後來在聯邦系統的強制介入協助下，電力供應才逐步回歸平穩。此後為增加電力供應可靠度，減少對電源的依賴性，加州大規模投入需量反應市場開發，推出各式需量反應方案，也由於其組織間的關係，使其需量反應市場也相對複雜(下圖 5)。

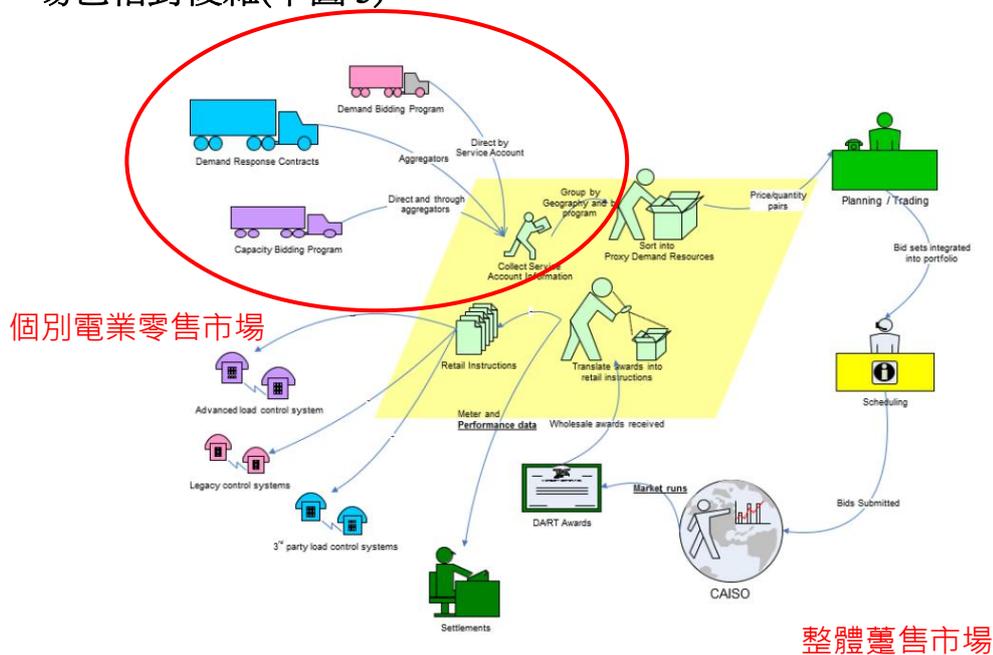


圖 5 美國加州的需量反應市場運作方式

2008 年聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulation Commission, FERC)訂定 Order 719，要求美國的各個 ISO 開放需量反應供應商(Demand Response Providers, DRPs)直接進入躉售市場投標需量反應，但各州有權決定是否採行。加州獨立系統調度中心(California Independent System Operator, CAISO)為了整合加州既有的需量反應方案，隨即於隔年提出 Proxy Demand Resource (PDR)並於 2010 年審核通過，允許需量反應進入躉售市場來與發電系統競價，以經濟性

質為考量，來達成供給面與需求面之間的最佳化。

經過數年的討論，加州公共事業委員會(California Public Utility Commission, CPUC)於 2012 年制定 Rule 24 允許需量反應供應商直接至躉售市場投標，這些需量反應供應商可以是公用電業(utilities)、負載供應單位(load serving entities)、用戶(customers)或是第三方業者(third parties)，其中第三方業者更授權了用戶群代表進入躉售市場。若想進入 ISO 市場進行投標，必須先進行註冊並獲得認證，或由合格的排程協調業者進行操作。在 Rule 24 架構(如下圖 6)下，能源服務供應商(Energy Service Providers, ESPs)與需量反應供應商(Demand Response Providers, DRPs)之間的關係是獨立的，用戶可以選擇不同業者進入市場。

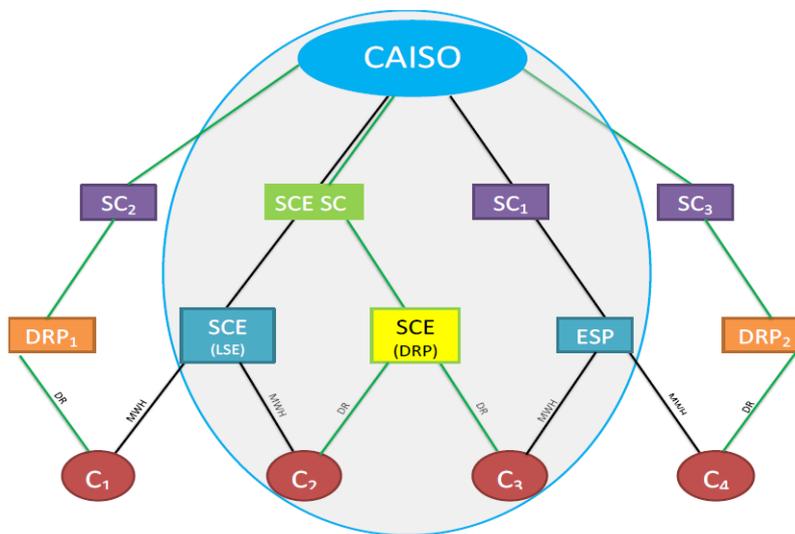


圖 6 加州 Rule 24 下的電力市場結構關係

2014 年加州獨立系統調度中心提出另一項 Reliability Demand Response Resource (RDRR) 機制，以可靠度做為考量，讓需量反應可以進入即時市場，於系統緊急時發揮效果，以確保供電穩定性。

| 產品類型 | 提供服務 | 市場發送類型 | 內容敘述 |
|---|--------------------|-------------------|---------------|
| Proxy Demand Resource (PDR) | 能量、冷機備轉、 剩餘容量排程 | 經濟型：日前市場 及即時市場 | 如同電源供應端進入市場競標 |
| Reliability Demand Response Resource (RDRR) | 能量 | 經濟型：日前市場 | 如同電源供應端進入市場競標 |
| | | 可靠型：即時市場 | 以電網穩定為考量 |

表 1 CAISO 的躉售市場需量反應方案

上述的 PDR 以及 RDRR 方案提供需量反應進入躉售市場，但 CAISO 只有設計能量的躉售市場，加州並沒有容量的躉售市場，故參與單位僅能獲得能量回饋。自 2016 年起，加州開始進行需量反應導入容量的躉售市場試驗。需量反應交易機制(Demand Response Auction Mechanism, DRAM)允許三家主要的公用電業與第三方業者(如 Aggregators)簽訂雙邊合約，購買需量反應的容量，滿足其電力供應來源充足的義務(Resource Adequacy, RA)，圖 7 為美國加州各業者間需量反應回饋關係。

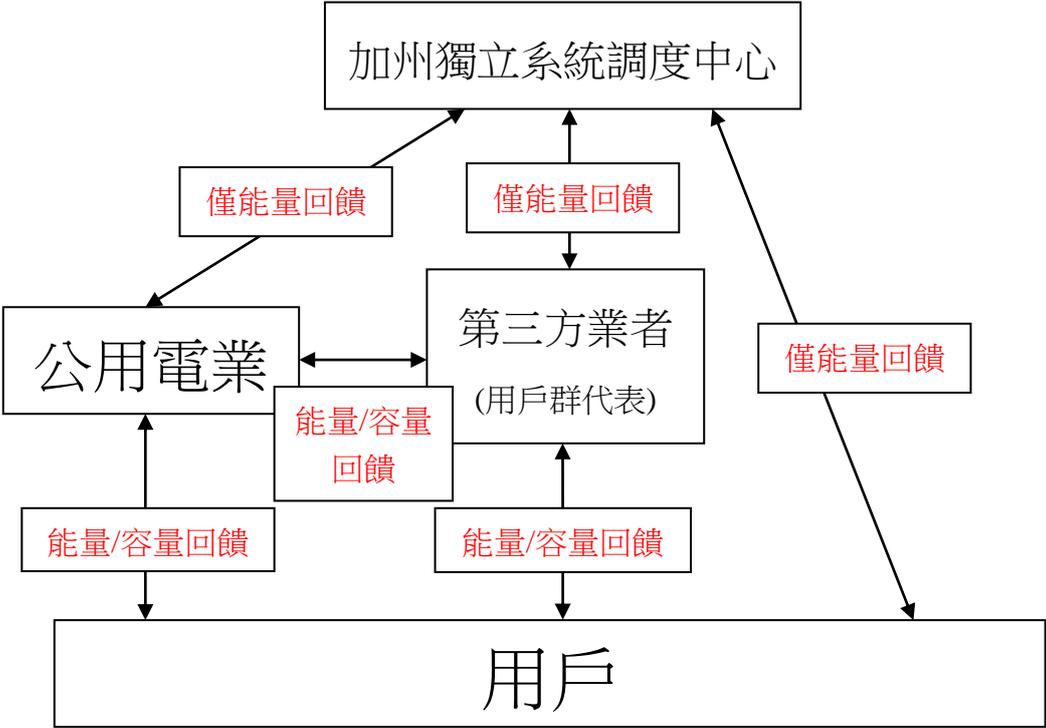


圖 7 美國加州需量反應業者關係圖

資通訊技術的快速發展，讓自動化執行需量反應變得可行。加州各家電業在自動需量反應的推動歷程上，扮演相當重要的角色，目前主要三家公用事業(PG&E、SDG&E、SCE)都有提供各自的自動需量反應方案供其用戶選用參與，鼓勵用戶投資自動需量反應設備，以增加需量反應整體的可靠性，作為輔助工具來提高供電品質與穩定度。

近年來加州積極推廣再生能源，大量表後的太陽能光電投入，讓供電的尖離峰時段有所變化。用電負載的高峰反而是出現在初入夜時，太陽光電供電能力的減少，讓負載曲線快速躍升，被稱作是鴨子曲線(duck curve)現象，如下圖 8。未來需量反應的目的將導向因應再生能源的變化，而不再只是既往抑低尖峰用電。自動需量反應的快速反應時間及準確評估卸載量，將會是很重要的解決方案之一。

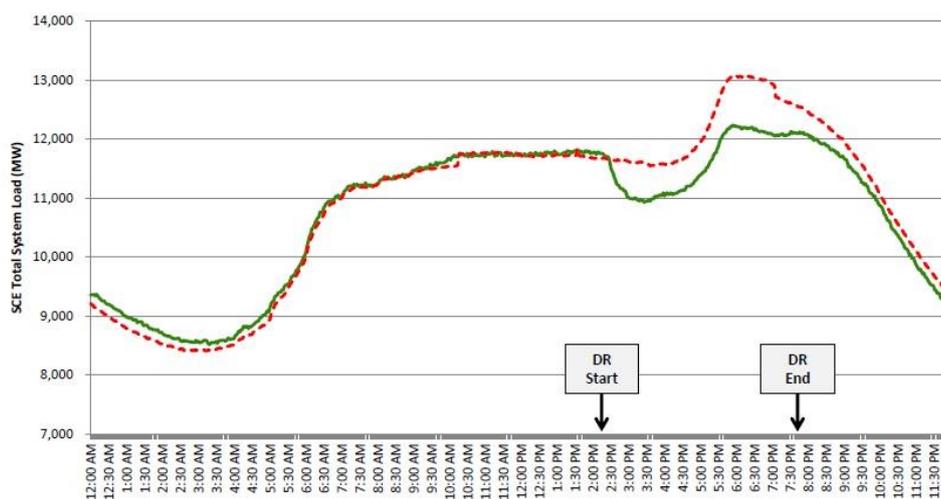


圖 8 南加州(SCE)的鴨子曲線現象

加州電業的自動需量反應方案

本次行程所參訪的 PG&E 以及 SCE 等公共電業，皆有推出自動需量反應方案，提供用戶參加選用。其大致的原則概念是以 ADR 計畫項目經費來補助用戶導入自動化需量反應，支援其增設安裝設備費用。對用戶方面，公共電業(Utility)並不會干涉用戶本身內部用電設備控制方法與邏輯，用戶可選擇自行處理或是由第三方單位協助裝設通過 OpenADR 聯盟所認證的用戶端設備，作為用戶終端點(VEN)。

各家電力公司都設有自己的自動需量反應伺服器(Demand Response Automation Server, DRAS)，其作用就如同前述 OpenADR 中所提及 VTN 角色，可以與通過認證的用戶端設備(VEN)相互連通，以進行自動需量反應的資訊交換。用戶可以向這些公共電業來申請參與方案，提送申請時就要詳列所使用設備的相關規格、連線方式、用戶資訊、卸載需量等資料，技術部門會協助讓用戶端的設備和需量反應自動化伺服器(DRAS)連線，以執行自動需量反應。參與方案的用戶將會在執行完一年的事件之後得到一次性的回饋，除了 ADR 方案的獎勵補助，用戶仍然可以同時參加這些公共電業所推出的其他方案來獲得回饋。



圖 9 參訪團隊與 PG&E 公司交流討論

以 PG&E 公司的做法為例，用戶需要依照步驟來加入方案，並執行自動需量反應：

1. 蒐集資訊並註記

ADR 團隊會蒐集用戶資料，並且確認相關用戶及專案。

2. 用戶端設備審查

現地勘查並提送審查報告，這部分通常是由與用戶合作的第三方提供協助。

3. 用戶抉擇

在檢視過核可的審查報告後，用戶需確認是否要實際建置這些措施。

4. 獎勵保留

PG&E 公司在確認用戶資料並核可後，即會將該專案的獎勵金先保留，並且通知用戶可以開始進行建置。

5. 專案設置

開始實際進行用戶端設備(VEN)安裝與 DRAS 連結作業。

6. 專案查證

一旦安裝設置完成，且可以開始進行操作，ADR 團隊將會安排時間進行查證，並提出查證報告。

7. 第一階段獎勵給付

ADR 團隊將查證報告提交至 PG&E 公司之後，PG&E 公司就會授權將第一階段的獎勵金撥付給參加用戶，這部分大約占全部獎勵金的 60%。

8. 實際於需量反應期間參與執行

建置完成後，用戶需繼續使用 ADR 裝置參與需量反應，並且持續一個完整週期，通常是一整年。

9. 第二階段獎勵給付

ADR 團隊將會依據參與者在這期間需量反應事件中的實際卸載表現、參與度等數據來給予第二階段的獎勵金，這部分最高可以獲得全部獎勵金的 40%。

10. 持續參與該公司需量反應方案獲得回饋

自設備安裝完成後，持續三年繼續使用該設備來降低負載。

目前有參加 PG&E 公司需量反應的潛在可卸載需量共達到約 460MW，這當中約有 10% 左右的部分可抑低需量就是以自動化方式執行。值得注意的是，為了讓用戶能掌握自主權，OpenADR 規格訂有不參與機制(Opt-out)，即用戶可以不參加該次事件，但實務上幾乎沒有用戶會選擇不參與。該專案所給予的獎勵為每仟瓦 200 美元(如下表 2)，使用者會依上述過程來獲得。

| Technology Category | Incentive Rate(\$ per kW of load shed) |
|---------------------------|--|
| Automated Demand Response | \$200 |

表 2 PG&E 公司 ADR 專案獎勵金額

加州電力公司其他需量反應方案

本次所參訪的加州公用電業包括 PG&E 以及 SCE，其所提供自動需量反應方案(ADR project)，都是以獎勵(incentive)的方式來鼓勵用戶投資硬體設備，來

推動自動需量反應的技術。然而，除了自動需量反應方案，加州的這些公用事業在其零售市場(retail market)上，也有推出許多其他的方案供用戶選擇，在開放之後，另有推出專供用戶群代表參加之方案。這些方案可以被歸類為日前通知型或是當日型，另外可以用回饋種類來區分為容量回饋型(Capacity)及能量回饋型(Energy)。一般來說，這些公共電業都允許用戶同時可以參與兩種方案(dual participation)，已經參加一項需量反應方案用戶可以與這些公用電業另外簽約以參加其他的需量反應方案，兩項方案之間並不互相衝突。其大致的原則是容量回饋型(Capacity)搭配能量回饋型(Energy)、日前市場型(day-ahead)搭配當日市場型(day-of)。特別值得注意的是各個方案的運作機制與回饋都是彼此獨立的，彼此並不會互相影響。但是部份的需量反應方案在內容設計上會排除掉其他方案，也就是說用戶並不一定能同時參與他所希望參與的兩個方案，詳細作法仍需參考個別方案的規則。美國加州地區在需求端管理措施的執行上歷史悠久，所設計的方案內容相當多樣化，包含了各種面向，其推動經驗值得作為我國擬訂需量反應方案的參考。

PG&E 公司：

1. Peak Day Pricing, PDP

時間電價，由季節與當日氣溫決定當日即時電價。

2. Base Interruptible Program, BID

基本可停電力方案，由用戶自行控制停電設備的當日緊急型方案，屬容量回饋型。

3. Demand Bidding Program, DBP

用戶參與的需量競價方案，日前通知的經濟型方案，提供參與用戶能量回饋。

4. Optional Binding Mandatory Curtailment Plan, OPMC

當日緊急型方案，參與的用戶將不會獲得回饋，但是實際執行的用戶將不會被列入輪流限電的對象。

5. Aggregator Managed Portfolio, AMP

由第三方業者(用戶群代表)協助匯集用戶參與之方案，分為日前通知及當日緊急型，提供容量回饋。

6. Capacity Bidding Program, CBP

由第三方業者(用戶群代表)所參與的容量競價方案，分為日前通知及當日緊急型，提供容量回饋。

South California Edison 公司

1. Real-Time Pricing, RTP

時間電價，由季節與當日氣溫決定當日即時電價。

2. Summer Advantage Incentive (Critical Peak Pricing)

緊急尖峰電價方案，屬日前通知經濟型方案，以能量回饋。

3. Agricultural Pumping & Interruptible, API

農業幫浦可停電力方案，由電業端直接控制用戶停電設備的當日緊急型方案，屬於容量回饋型。

4. Base Interruptible Program, BIP

基本可停電力方案，由用戶自行控制停電設備的當日緊急型方案，屬容量回饋型。

5. Demand Bidding Program, DBP

需量競價方案，日前通知的經濟型方案，提供參與用戶能量回饋。

6. Aggregator Managed Portfolio, AMP

由第三方業者(用戶群代表)協助匯集用戶參與之方案，其內包含多種供用戶參加之子方案(CBP, AMP, LCR, PRP 等)，分屬容量及能量回饋種類。

7. Summer Discount Plan, SDP

夏季折扣計畫，電業直接對用戶的空調進行週期性控制的經濟型方案，由電業直接於緊急時執行。

8. Optional Binding Mandatory Curtailment Plan, OPMC

當日緊急型方案，參與的用戶將不會獲得回饋，但是實際執行的用戶將不會被列入輪流限電的對象。

各方案詳細內容與限制，請參考該公司最新資訊。

PG&E 與 SCE 需量反應方案執行結果探討

1. PG&E 的高用電量用戶占比沒 SCE 那麼大，所以盡可能都透過用戶群代表進行需量集結參與方案。
2. 空調直接控制方案，由 PG&E 支付裝置費用，其所裝置設備妥善率低，時常損壞，需時常派人檢視，以確保裝置功能正常，此方案未來可能會被取消。
3. PG&E 目前 DBP 只有 1MW 的登記量，SCE 的 DBP 參與量也很小。PG&E 與 SCE 皆將此方案的定位為一個用戶引導方案(beginning program)。希望透過這個方案讓用戶產生需量反應的概念，在用戶逐漸可以接受後，再輔導其轉參與其他方案。由於目前 DBP 參與容量很低，因此還沒有啟動篩選機制，理論上 PG&E 與 SCE 可以決定得標用戶。
4. 現在加州正在研擬新的用電基準線(baseline)方法 - 控制組法。當事件發佈時，只對其中一部分用戶下事件，而由其他條件性質相同而未參與當次事件的用戶來作為控制組，但此方法只適合小型用戶，因為大型工商用戶很難找到類似性質的用戶。
5. 目前公用電業大多是配合 CAISO 的事件下達卸載命令，但是在特殊狀況下(如區域性壅塞等)，也可以自行啟動機制，對用戶下達需量反應事件。

OpenADR 規格

OpenADR 規格是為了讓需量反應能自動化而訂定的一套標準，最初是從加州的國家實驗室 Lawrence Berkeley National Laboratory 的需量反應研究中心 (DRRC) 之研究計畫開始發展。在現今科技的快速發展及基礎建設逐步完備下，資通訊技術可以在穩定的訊號及電價標準化的幫助下，來實現需量反應操作過程的自動化。從 2002 年開始，OpenADR 開始支援加州動態電價的能源政策，來改善電網的可靠性及供需經濟。目前除了美國加州，世界各地都有機構陸續在採用 OpenADR 標準，導入自動需量反應機制以應對日漸成長的用電需求。

最初的 OpenADR 1.0 版本的開發是為了要支持 Auto-DR 方案，它是 OASIS 組織所發展的 EI(Energy Interoperation)標準，來規範通訊交換標準，像是動態價格訊號、可靠訊號、緊急訊號等以及部分市場參與資訊，如市場競價、負載預測及發電等資訊。OpenADR 聯盟就在上述既有的 EI 規格的基礎上制定 OpenADR 2.0 規格，定義需量反應(DR)及分散式能源(DER)基本規格來滿足不同的市場需求。正如同其名，它是一套開放的規格，任何人都可以由其官方網頁取得最新詳細規格。

OpenADR 為資料傳輸的模型，在傳送和資通安全的機制下，讓端點與端點間(通常是電力供應端與用戶)的資料交換更為容易。它並不是在位元層級上作規定，而是利用既有的開放標準和傳輸框架下，利用 XML(eXtensible Mark-up Language)語法在 IP 網路上來制定需量反應信號交換的規範。

OpenADR 的設計是為了讓需量反應的過程自動化，大幅降低用戶執行需量反應的操作複雜性，有助於推動需求面管理的概念，藉以廣納更多用戶參與需量反應機制，以達到降低整體用電以及負載轉移的綜效。當電網供電吃緊時，系統就會發送信號給各個用戶的控制系統，進而自動執行降卸載的動作。

整個 OpenADR 規格最根本的概念，是建構在節點的基礎上。它規範各個節點間交換的資料項目與方式，而各個版本間的不同大致上也就是在節點間所傳輸資料項目與傳輸過程的差異，其大致原則都是一致的。

在兩點之間的傳輸當中，OpenADR 定義了 VTN (Virtual Top Node)以及 VEN (Virtual End Node)。它們是成對的，VTN 是傳送自動需量訊號的端點，而相對的，VEN 是接受自動訊號的端點。一個 VTN 可以對應到多個 VEN，這樣的設計就是為了符合需量反應供應商(DRP, Demand Response Provider)對應到多名電力需量用戶的情境，OpenADR 就是在討論兩點之間傳送的内容。特別值得注意的是用戶端點(VEN)也可以是下一層的發送端點(VTN)，如此在電力供應業與終端用戶間，可以有其他業者扮演中介的角色來提供服務，如用戶群代表(Aggregator)，也可以在 OpenADR 的框架下進行自動需量反應的操作。

OpenADR 規格上並沒有詳細訂出硬體實作的方法，各家廠商可以用自己的裝置來進行開發，並送至 OpenADR 聯盟來進行認證程序，確認其功能是否符合 OpenADR 規格，獲得 OpenADR 聯盟認證的設備，都會詳列於官方網站上，包含該產品的詳細資訊，如：產品類別(VTN/VEN)、顧客類別、支援的

OpenADR 版本、控制方法、連線方式、使用的協定、以及傳輸的模式等等 (Push/Pull)。所有通過認證，版本相符的產品基本上都可以互相連通，來執行自動需量反應(auto-DR)。用戶端即可依據其自身需求，來選用適合的產品，與需量反應供應商進行連線設定。

自動需量反應機制應用

在本次實習過程中，有安排參訪 EnerNOC 公司。這家公司在電業中是屬於用戶群代表(Aggregator)角色，協助用戶管理與調整其用電，並代表其簽約用戶群來與電業簽訂合約。因其所匯集整體用戶的用電容量夠大，所能代表整體用戶參與電業所提供的需量反應方案也較多。2008 年在聯邦 FERC 頒布的 order 719 中，各個獨立系統調度單位(ISO, Independent System Operator)被要求開放這類的第三方公司直接至市場上投標需量反應。而在 2012 年加州 CPUC 所制定的 Rule 24 允許需量反應提供者可以是電業也可以是這些第三方。在這些授權下，這類的用戶群代表公司可以直接參與需量反應。



圖 10 參訪團隊與 EnerNOC 公司交流討論

在用戶群代表的加入下，需量反應的操作變得更為靈活、更多元化。讓原本用電量未達門檻的小型用戶在群集效果下也可以間接參加到需量反應方案。對電業而言，由用戶群代表所進行的總體用電組合管理，可以提高整體電力卸載量的可靠度，確保各次的需量反應事件可以達到預期效果。對用戶面來說，也可由各個用戶之間互補卸載量，以減少未達成目標而造成的違約罰款風險，並且經由該業者所提供的客製化方案設計，個別用戶可以得到專屬於其回饋，形成電業、用戶、用戶群代表業者三贏的局面。

在本次實習過程中，學習到 EnerNOC 公司為了更快速、更精準地掌握用戶用電行為，會再自行在用戶端裝設另外的設備(如圖 11)，以取得更為詳細的數據資料，確保各次需量反應事件能達成目標。其中對部分用戶就是採用自動需量反應的解決方案，其所新增設的裝置符合 OpenADR2.0 的規格，獲得 OpenADR 聯盟的認證，可於官方網頁上找到該裝置相關資訊，如下圖 12 說明。



圖 11 EnerNOC 公司於用戶端所另外安裝的硬體設



圖 12 通過 OpenADR 聯盟認證的產品，可於其官方網頁查詢到相關

EnerNOC 另外所裝設的硬體可以將用戶的電表讀值以即時(real-time)的方式，蒐集回傳至其網路操作中心，其所取樣的數據較公用電業電表資料更為精細。該中心即就根據回傳的數據資料進行邏輯運算及統計分析後，即會採取適當的對策，來協調整合各用戶的用電行為，通知標的用戶進行降低用電，以滿足當次需量事件卸載需求。

此外，除了取得用戶較為即時的用電資料外，該項符合 OpenADR 規格之設備，亦可與用戶特定種類的用電設備進行通訊，執行用電控制，以執行需量反應作業。系統建置方面，EnerNOC 公司並不會為用戶設置能源管理系統(EMS)，但用戶若有這方面的需求，該公司可以與予協助，聯絡相關業者幫助用戶完成。EnerNOC 所裝設硬體盒，可以支援 Modbus-RTU、Modbus-TCP、BACnet-IP 及 Niagara 等通訊協定，透過其所自行開發的 JACE gateway，可支援直接對用戶端的部分設備進行卸載控制，以滿足需量事件要求。

心得與建議

近年來台灣氣候變異大，夏季尖峰負載屢創新高，而既定電源規劃也因核能及環保減碳議題而無法如期上線，以致用電尖峰時段備轉容量屢創新低，需求面管理的重要性與日俱增，改變以往的供需模式。然而在台灣，目前需量控制的概念才剛開始起步，各項措施仍在逐步推動中。

美國的電力業者為用戶推出各式各樣的需量反應方案，方案眾多，內容完善，並且已實際執行多年，在需量管理上確實有相當的成效。其方案設計與執行內容，可以做為我國推動需求面管理的參考。

本次計畫的主要目標是實習其在自動需量反應的建置與推動經驗與成果，美國已經實際上線商轉自動化需量反應機制，並且具有相當的成果，其所推動的過程與經驗法則，非常值得我國作為參考。

目前國內已有多家廠商投入用戶端設備(VEN)的開發，並且通過 OpenADR 聯盟的認證，可於 OpenADR 聯盟網頁上都可以查詢到其產品詳細規格即相關資訊，能源管理系統技術更是成熟，參與廠商眾多，百家爭鳴。

然目前國內在自動需量反應實作的部分，尚處於測試研究實驗性質。若是要全面推廣商轉，除了用戶端需要整合需量反應端點 VEN 與控制系統的溝通外，負責供電的電力公司也需整合既有的系統來配合，建置自動需量反應平台(DRAS)與用戶連線作業，以視電力供需情形，向用戶發送需量反應事件，再由用戶的 EMS 執行卸載動作。

此外，除了硬體上的設置，同時也需要設計出針對我國電業環境的套案內

容與獎勵方式，以吸引更多的電力用戶投入自動需量反應市場，達到需求面管理的效果。同時需要培養相關資通訊技術的人力，以評估個別用戶參與自動需量反應的潛力並且驗證實際執行成果，來讓自動需量反應的效果最大化。

此次參訪團隊成員包含台電公司業務處、調度處以及工研院與台經院，參訪單位眾多，行程緊湊，討論議題面向廣泛，感謝所有團隊成員的配合才讓此次實習過程順利完成。