

行政院及所屬各機關因公出國報告書

(出國類別：實習)

實習「需量競價交易流程與調度作業 之研習」出國報告

服務機關：台灣電力公司

出國人員：

姓名	職稱	單位	姓名 代號	出國計畫
黃維綱	06等電機工程師	電力調度處	027452	移用105年度第 149號

出國地區：美國

出國期間：105年6月14日至105年6月24日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：實習「需量競價交易流程與調度作業之研習」

頁數 41 含附件 是 否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話：臺灣電力公司／陳德隆／02-23667685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
黃維綱	台灣電力公司	電力調度處	電網運用計畫專員	02-2366-6645

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他：

出國期間：105 年 6 月 14 日至 105 年 6 月 24 日

出國地區：美國

分類號／目

關鍵詞：需量競價(Demand Bidding)、電力市場(Power Market)、獨立調度中心(Independent System Operator)

內容摘要：

紐約電力調度中心(NYISO)及加州電力調度中心(CAISO)分別為美國東、西岸之電力市場，電業自由化已行之有年，除了傳統電源和電網的調度運轉外，亦有成熟的需量反應措施，透過用戶減少用電或負載轉移的方式，達到尖峰負載抑低以及減少系統發電成本的目的。除了調度中心具有輸電等級的需量方案外，電力公司亦有屬其轄區讓配電用戶可參與之需量方案。在現今能源危機、核能問題、環保意識抬頭、電源開發不易的情況下，需量反應不失為一種有效且經濟的做法。此外，用戶群代表(Aggregator)制度的導入，將可降低用戶參與門檻，能有效提高需量反應之執行成效，對於現行需量方案的發展有所助益。

本次實習透過與美國調度中心及相關電力業者交流，汲取其運作經驗並了解不同的需量競價方案之制度與其演變，使本公司所推出之需量競價措施能更臻完善。

本報告內容共分六章，

一、緣起與目的

二、需量競價簡介

三、出國行程

四、心得與建議

五、致謝

六、參考文獻

目 錄

行政院及所屬各機關出國報告提要	I
目 錄	III
圖表索引	V
壹、 緣起與目的	1
貳、 需量競價簡介	2
一、 需量反應之沿革	2
二、 需量反應定義	3
三、 需量競價	6
參、 出國行程	7
一、 獨立調度中心	8
1. 加州電力調度中心(CAISO)	8
2. 紐約電力調度中心(NYISO)	13
二、 電力公司	17
1. 太平洋天然氣及電力公司(PG&E)	17
2. 南加州愛迪生公司(SCE)	21
3. 聯合愛迪生公司(ConEdison)	23
三、 用戶群代表	25
1. 用戶群代表介紹	25
2. EnerNOC 公司簡介	29

肆、	心得與建議.....	32
伍、	致謝.....	35
陸、	參考文獻.....	35

圖表索引

圖 1 加州 4 大電力公司	9
圖 2 加州電力市場架構	10
圖 3 CAISO 各燃料別裝置容量	10
圖 4 加州大量太陽光電併入系統造成之「鴨子曲線」	11
圖 5 NYISO 系統範圍與其下供電區域	14
圖 6 NYISO 各燃料別裝置容量	15
圖 7 用戶群代表示意圖	26
圖 8 EnerNOC 針對不同用戶制定之方案	30
圖 9 EnerNOC 全球營運中心	30
表 1 出國行程	7
表 2 CAISO 需量反應方案比較	12
表 3 NYISO 需量反應方案比較	16
表 4 PG&E 需量反應方案比較	18
表 5 SCE 需量反應方案	22
表 6 ConEdison 需量反應方案比較	24

表 7 FERC 近年推動需量反應相關指令與政策意涵27

表 8 EnerNOC 需量反應方案之設計31

壹、緣起與目的

為因應國際電業自由化之趨勢及國內電源開發之困境，台電公司於 104 年開始積極推動需量競價之負載管理措施，並於 105 年針對用戶及運轉單位需求架設需量競價平台；用戶透過需量競價平台自行上傳需量報價，再經日前市場機制與台電公司火力機組共同競價，決定每日負載尖峰時段抑低之用戶用電量，最後給予執行需量之用戶一定的電費扣減額度。此措施可有效減緩尖峰用電期間電能及輔助服務短缺之情形，以滿足電力系統調度安全之需求。然此措施至今仍屬初步階段，在制度面或操作面尚有許多可改善之處。

北美(美、加)實施電業自由化已有多多年歷史，在制度規劃、市場運作、調度運轉及相關法令等皆成熟穩定。在需量反應方面，美國電力市場操作單位如 NYISO 及 CAISO 等，已有健全的制度及運轉經驗，而調度中心與相關電力業者如 SEC 或 PG&E 以及用戶群代表(Aggregator)等亦可透過一系列自動化平台和聯繫機制進行交易與資料交換，藉以達到有效之需求面管理。

本次出國行程透過與美國東(NYISO)、西(CAISO)部調度中心及相關電力業者交流，深入了解需量競價於調度作業作流程及實際運轉情形，亦可對於其用戶訂價、結算方式有一定的認知。盼經由國外電力市場經驗，使台電公司所推出之需量競價措施能更臻完善。

貳、 需量競價簡介

一、 需量反應之沿革

美國自 1990 年代開放電業自由化以來，雖各州之能源政策不同，其發展與需求亦有所不同，但其目的不外乎追求引進市場競爭，透過降低電價刺激州內經濟景氣，增進電力公司對用戶之服務品質，並促進產業創新。開放初期，電力市場之電能與輔助服務提供者幾乎是設有發電設備之發電業者，由負載端的用戶以負載管理的方式參與市場者十分有限；然而，早在電業自由化開始之前，需量反應便已是各電力公司常見的能源管理措施。

在 1970 年代，因逐年上升的夏日空調用電量，美國電業主動採取抑低尖峰負載的管理措施。隨後在 1973 和 1978 兩次石油危機中，因油價大幅成長導致燃料成本頓時增加，因此更強調了電力供需整合資源規劃，因此在 1975 年，加州與威斯康辛州公用事業委員會，率先要求其轄內電業必須實施需求面管理。其後聯邦政府與各州也陸續增修相關電力法案，並在 1978 年通過《公用事業管制政策法》(The Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA)，要求電業應依據能源使用效率、時段、季節、可停電力與否等，設定不同電價結構的需求管理方案。

1992 年美國聯邦政府通過《能源政策法》(Energy Policy Act)，發電業者可透過輸電公司之線路，代輸電能以及售電。

1996 年聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)公告 Order 888，要求將電力調度操作權交予獨立調度中心(Independent System Operator, ISO)；同時 Order 889 要求電業建立「公開聯網即時資訊系統(Open Access Same-Time Information System, OASIS)」，公開電網各節點之間輸送電力之價格與可用率等即時資訊。在 2000 發生年加州電力危機後，需量反應更受重視。2005 年公布的能源政策法，除要求 FERC 需每兩年針對需量反應成效發布評估報告外，也明確表示將放寬需量反應在能量、容量及輔助服務市場限制，更要求電業需於該法令公告後 18 個月內，按各時段發電成本或購電價格做為提供用戶需量反應或輔助服務之定價依據。隨後，FERC 公布許多相關指令，全面推動需量反應，至今已呈現顯著效益。

二、 需量反應定義

依據美國能源部(Department of Energy, 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。」

按不同類型之需量反應，可分為時間基礎(Time-based)型與以誘因基礎(Incentive-based)型兩大類。其中時間基礎型需量反應又可細分為：

1. 時間電價(Time-of-use, TOU)：將一天分為尖峰與離峰時段，

尖峰時段電價較高，離峰時段電價較低，用戶可自行調整本身用電習慣，將節省電費支出。

2. 即時電價(Real-time Pricing, RTP):以每小時甚至每半小時為單位的時間電價。
3. 關鍵尖峰電價價(Critical-peak Pricing, CPP):此電價係指電業先選定緊急尖峰電價時段，訂定高於其他時段數倍之電價，抑低用戶該時段用電。
4. 尖峰時段回饋電價(Peak Time Rebate, PTR):與關鍵尖峰電價不同之處，在於電業對用戶緊急尖峰時段用電提供電價回饋機制，鼓勵用戶於該時段減少用電負載需求。

誘因基礎型需量反應可分為：

1. 系統尖峰反應輸電費率 (System Peak Response Transmission Tariff):制定費率方案，誘使用戶在尖峰時段降低需求負載以減少輸電費率支付。
2. 緊急需量反應方案(Emergency DR Program):電業與用戶事先簽訂契約，議定用戶可出售之需量大小及電價，用戶接獲電業或第三方(如用戶群代表或能源服務公司)卸載通知時，通常有 2 至 4 小時反應時間，需依據契約卸載約定之負載量，並依合約議定之電價獲得回饋金，若用戶無法完全履行，將依契約處以罰金。
3. 容量市場方案(Capacity Market Program):容量市場方案與

緊急需量反應類似，不同之處在於電業通知用戶卸載之時間可能更早，用戶有充分時間調整負載，惟用戶可獲得之回饋金較少。

4. 需量競價/買回方案(Demand Bidding / Buyback Program)：電業或 ISO 會在前 24 小時發布隔日擬收購之最高電價及負載量，開放用戶於網路上競標，提出預計出售之電價及負載量，通常由提出最低電價者得標。買回方案即用戶從電力使用者轉變成電力供給者，於系統需要時抑低負載，其抑低之負載量由用戶群代表買回或匯集眾多的抑低負載量至市場競價拍賣。
5. 可停電力服務(Interruptible Service)：以優惠的價格引導用戶於可暫時中斷的用電加以調整，在系統尖峰時減少用電，進而抑低系統尖峰負載。當 ISO 發布當日負載中斷通知時，用戶若按照事前約定數量降低負載，可獲得電力公司之獎勵金；若用戶無法達到預定減少之負載量，則需以較高的費率計算電費。
6. 直接控制方案案(Direct Load control Program)：又稱「直接負載管理」，直接負載管理是以監控技術為架構，應用能源資通訊技術，針對電力之負載做運轉規劃及管理。從負載管理角度來看，若能善加運用電能管理，將可發揮電力需量控制最大的功效；反之，如不妥善管理，則會造成用電成本增加及能源浪費。

三、 需量競價

如上述所提，需量競價即用戶提報合理之報價及可減少之負載量，如同商品一般透過市場競爭，取得所需之獲利；同時需量用戶降低用電的行為在系統中可視為虛擬機組，對於電力業者或是 ISO 亦是一種有效提升系統尖峰用電可靠度或是替代部分成本昂貴發電方式之選項。

一般來說，輸電等級之需量競價措施通常由 ISO 營運，但在各州仍有些許差異，例如加州之配電等級用戶可透過電力公司整合後參與 CAISO 之需量方案，而紐約州僅有輸電等級用戶可參與 NYSIO 之需量方案；但無論如何，需量競價不外乎是透過日前市場，增加系統運轉的經濟性，或是透過緊急型的需量方案，來提高系統運轉的可靠度。

電力公司或用戶群代表 (Aggregators of Demand Side Products) 亦可經由雙邊合約，以中間商的角色，聚合中小型用戶之降載能力，再進到電力市場中參與競價，如有得標則再代為執行和通知用戶降載。而部分區域電力公司如 Con Edison 亦有屬於自己之需量方案，以確保轄區內供電穩定及可靠。

此外，美國雖有部分地區具備自動需量反應 (Automated Demand Response, ADR) 之系統，在用電尖峰時，可透過微電腦和智慧電表自動調整用戶之設備，如空調系統、燈光系統等，但因成本較高且有安全上之考量，至今仍未普及。

參、 出國行程

因美國電力市場之規則以及需量方案皆有所不同，故挑選美國加州之 CAISO 市場以及紐約 NYISO 市場作為本次計劃之研習對象；此外亦前往位於波士頓用戶群代表公司 EnerNoc 進行訪問，以了解該公司於電力市場中所扮演之角色。本次出國計畫自 105 年 6 月 14 日至 105 年 6 月 24 日共 11 日，行程如下表所示：

表 1 出國行程

日期	地點	參訪行程
6/14	-	往程
6/15	舊金山	太平洋天然氣及電力公司(PG&E)
6/16	沙加緬度	加州電力調度中心(CAISO)
6/17	洛杉磯	南加州愛迪生公司(SCE)
6/20	紐約	愛迪生聯合電氣公司(ConEdison) 紐約州公共事業委員會(NYPUC)
6/21	阿爾巴尼	紐約電力調度中心(NYISO)
6/22	波士頓	EnerNOC
6/23-24	-	返程

一、 獨立調度中心

1. 加州電力調度中心(CAISO)

(1) CAISO 簡介

加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)建立於 1998 年，為負責營運加州與部分內華達州地區的電力市場以及管理電網可靠度之非營利公共組織。CAISO 系統之裝置容量約 66 GW、尖峰負載約 50 GW，轄區內有太平洋天然氣及電力公司(Pacific Gas & Electric, PG&E)、南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)、Valley Electric Association(VEA)、聖地牙哥瓦斯及電力公司(San Diego Gas & Electric, SDGE)等 4 家電力公司(如圖 1)，用戶約 3000 萬戶。

CAISO 電力市場包含電能市場(日前與即時)、輔助服務市場、壅塞管理及不平衡市場等，年度交易額約為 110 億美元。市場架構包涵電力調度中心、排程協調者(Scheduling Coordinators, SC)、零售業者(Retailers)、及配電公司(UDC)等為主體所組成，如圖 2 所示。

加州的大量再生能源設備亦對 CAISO 系統造成莫大的影響，如圖 3 所示，目前再生能源發電

量約佔全系統容量的 25%，而太陽光電又佔其中的 43%。當大量太陽光電併入電網後，將改變系統負載的型態，白天太陽能發電抵銷大量負載，而到了傍晚因太陽光電無法再發電而導致負載突升，此負載特性之趨勢因形似鴨子，所以也被稱為「鴨子曲線」，如圖 4 所示。上述負載突升之情形對 CAISO 而言是巨大的挑戰，在夏季時，下午離峰至傍晚尖峰負載可能在數小時之內劇升 30 至 35 GW，因此勢必採取各項因應對策，其中需量競價即為因應方案之一。



圖 1 加州 4 大電力公司

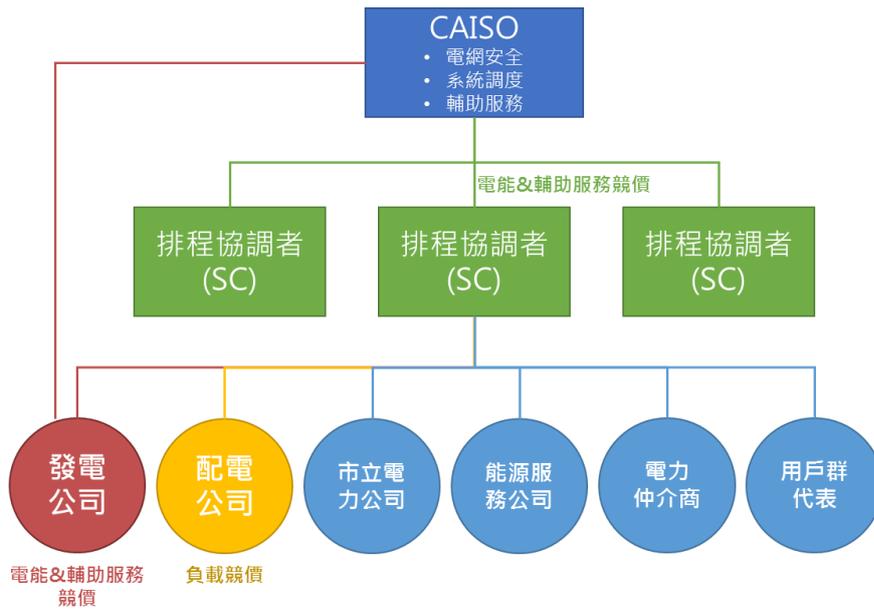


圖 2 加州電力市場架構

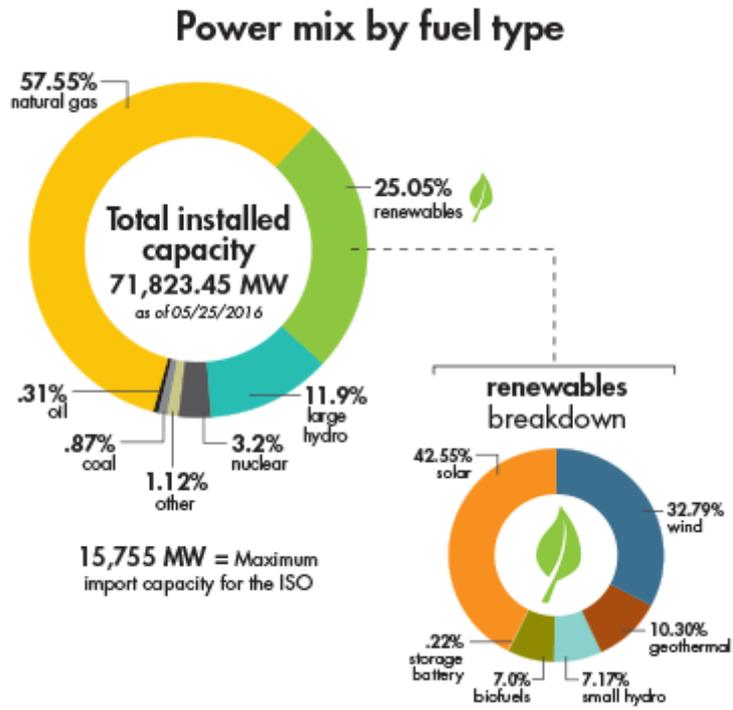


圖 3 CAISO 各燃料別裝置容量

CAISO Renewable Integration: Duck Chart

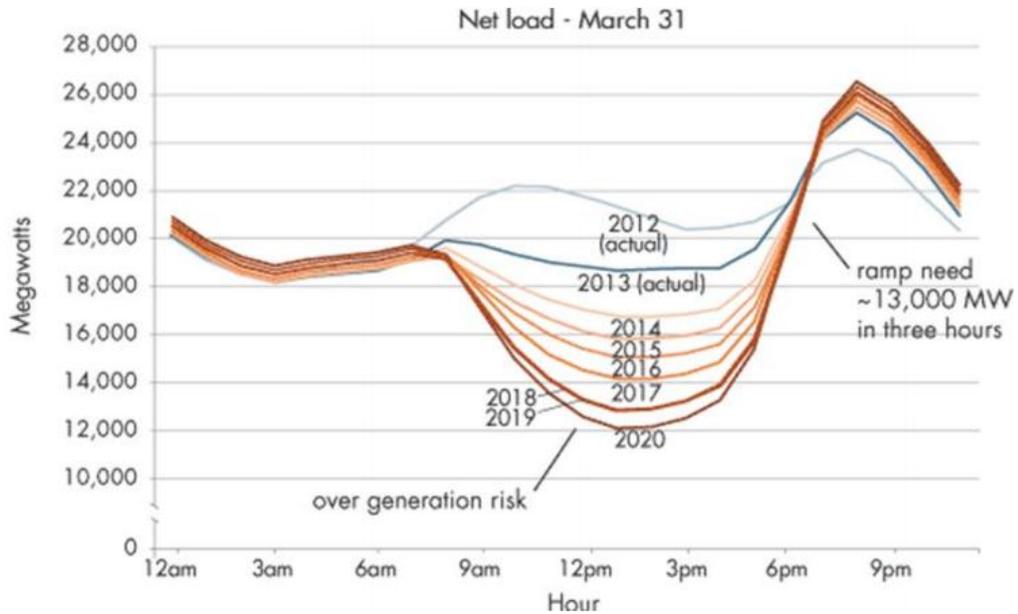


圖 4 加州大量太陽光電併入系統造成之「鴨子曲線」

(2) 需量反應方案

CAISO 現行的需量競價方案有二：Proxy Demand Resource(PDR) 及 Reliability Demand Response Resource(RDRR)。PDR 方案於 2010 年實施，用戶可透過競價方式進入日前市場與即時市場，參與電能或輔助服務(Non-spinning reserve 及 Spinning reserve)競標；而 RDRR 方案於 2014 年實施，用戶可參與日前電能市場，或參與即時市場於系統出現事故時提供「可靠電能」作為緊急因應之用。上述方案整理如表 2 所示。

表 2 CAISO 需量反應方案比較

方案	Proxy Demand Resource (PDR)	Reliability Demand Response Resource (RDRR)
服務	電能市場 輔助服務市場 機組餘裕排程(RUC, Residual unit commitment)	電能市場
回饋方式	能量回饋	能量回饋
市場調度	經濟型: 日前市場 即時市場	經濟型:日前市場 可靠型:即時市場
投標限制	無	可靠型投標上限為\$950-1000/MWh
最低降載需求	最低 100kW(能量市場) 最低 500kW(輔助服務市場)	最低 500kW
是否可以聚合	可以透過用戶群代表聚合	可以透過用戶群代表聚合
技術支援	當卸載量大於 10MW 或參與輔助服務市場需具備遠端遙測(Telemetry)功能	不需具備遠端遙測(Telemetry)功能



圖 5 與 CAISO 人員合照

2. 紐約電力調度中心(NYISO)

(1) NYISO 簡介

紐約電力調度中心(New York Independent System Operator, NYISO)為於紐約州政府阿爾巴尼，前身為紐約電力池 (New York Power Pool, NYPP)為紐約州的電力運轉中心；為因應自由化，NYPP 於 1999 正式轉型為獨立調度中心，並更名為 New York ISO(NYISO)。NYISO，所轄範圍為全紐約州，共分為 11 個供電區域(如圖 6)，系統之裝置容量約 39 GW、尖峰負載約 34 GW，各燃

料別裝置容量配比如圖 7 所示；該系統與東邊 ISO-New England、南邊 PJM、西邊加拿大安略省 IMO 與北邊加拿魁北克省 Hydro Quebec 的系統互聯，可彼此輸送電力。

NYISO 的任務為維持紐約州電力系統可靠運轉及管理紐約州競爭的躉售市場機制；其項目包含日前市場、即時市場、容量市場、輔助服務市場、輸電壅塞合約 (Transmission Congestion Contracts, TCC) 等。用戶與發電業者亦可透過雙邊合約躉售電力，以滿足自身電力需求。

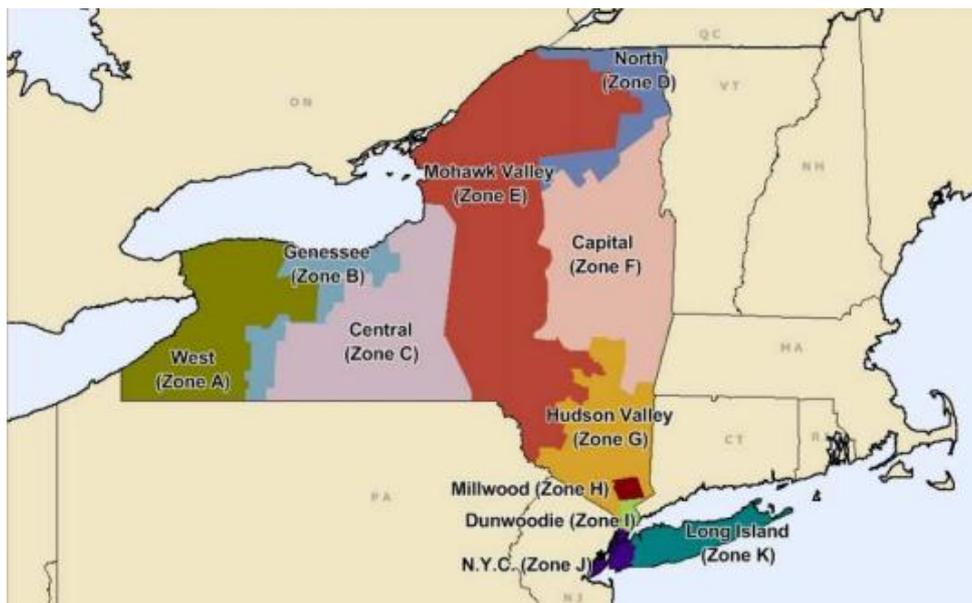


圖 6 NYISO 系統範圍與其下供電區域

2015 Capacity (MW) Fuel Mix in New York

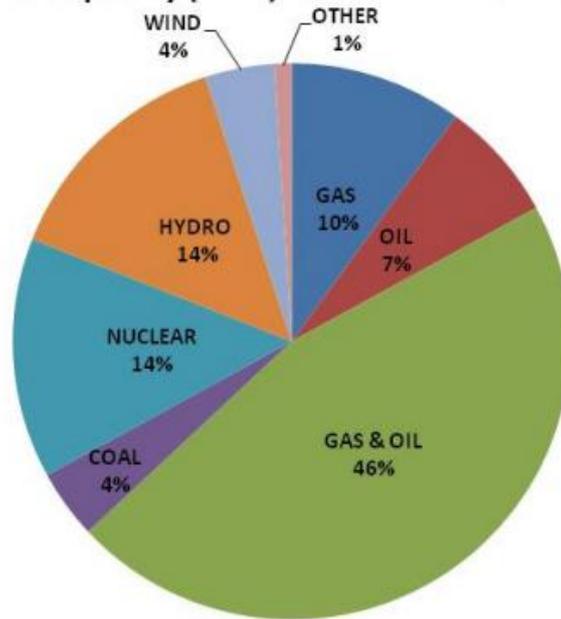


圖 7 NYISO 各燃料別裝置容量

(2) 需量競價方案

NYISO 的需量競價分為 2 類：可靠行與經濟型，可靠型包含 Emergency Demand Response Program(EDRP)與 Special Case Resources(SCR)兩方案；經濟型則包含 Demand Side Ancillary Service Program(DSASP)與 Day-Ahead Demand Response Program(DADRP)兩方案。

可靠型需量競價主要在備轉容量不足時或在系統發生緊急事故時進行負載抑低，但 SCR 可於日前確認並於執行前 2 小時通知，而 EDRP 僅於執行前 2 小時通知；SCR 有未執行降載之懲罰而 EDRP 則無，SCR 亦優先於 EDRP 前執行。

經濟型需量競價目的為滿足負載預測之需求，與發電機組共同競價，以達經濟調度之目的。DSASP 為負載抑低方案，DADRP 則為輔助服務供應方案。上述方案整理如表 3 所示。

表 3 NYISO 需量反應方案比較

方案	Emergency Demand Response Program (EDRP)	Special Case Resource Program (SCR)	Day-Ahead Demand Response Program (DADRP)	Demand Side Ancillary Services Program (DSASP)
服務	能量市場	直接通知用戶抑低	日前能量市場	輔助服務市場
回饋方式	能量回饋	能量回饋 容量回饋	能量回饋	能量回饋
市場調度	可靠型:當日兩小時前通知	可靠型: 日前(21-hr)確認,當日2小時前通知 若沒有前日警示,則當日通知降載無懲罰	經濟型:前日11點前通知	經濟型:前日11點前通知
最低降載需求	100kW	100kW	1MW	1MW
是否可以聚合	無	無	可以透過用戶群代表聚合	可以透過用戶群代表聚合
技術支援	不需具備遠端遙測 (Telemetry)功能	不需具備遠端遙測 (Telemetry)功能	不需具備遠端遙測 (Telemetry)功能	需具備遠端遙測(Telemetry)功能

目前卸載潛力	26.9MW	1159.3MW	0MW(2010迄今皆無執行)	126.5MW
--------	--------	----------	-----------------	---------

二、 電力公司

1. 太平洋天然氣及電力公司(PG&E)

(1) PG&E 簡介

太平洋天然氣及電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E) 於 1905 年成立於加州，供應天然氣與電力，是該地區最大公共事業公司之一，並在舊金山設有子公司。太平洋天然氣及電力公司有 2 萬名左右的員工，負責執行最主要的任務-供應提供天然氣及電力，服務範圍包括北、中加州 7 萬平方英尺，約 1,500 萬名客戶。

PG&E 及加州其他公共事業公司由加州公共事業委員會(California Public Utilities Commission, CPCU)負責監督管理。

(2) 需量反應方案

PG&E 配合 CAISO 需量措施推出需量競價方案，分別為 Demand Bidding Program(DBP)及 Capacity Bidding Program (CBP)，用戶可直接或透過用戶群代表參與市場，在系統需要時配合降載。

DBP 方案屬於日前競價方案，用戶可於前一日中午 12 點前，以小時為單位申報負載抑低量至 PG&E，執行獎勵依照實際抑低量給予每度電 0.5 美元，且無任何罰則。

CBP 為用戶群代表可參與之方案，用戶可透過用戶群代表參與市場，可分為日前通知降載 (Day-Ahead Curtailment) 及當日通知降載 (Day-Of Curtailment) 等方案，執行時間為工作日的上午 11 點至下午 7 點。用戶群代表依合約可提供 1~4 小時、2~6 小時及 4~8 小時三種不同的需量報價，並且每月執行不超過 30 小時為限。執行獎勵分為容量及能量費率，容量費率依 PG&E 所公布之容量費率給予獎勵，該費率需經 CPUC 核可；能量費率則依事件執行次數給予獎勵，若當月沒有執行，則不給予能量費率。上述方案整理如表 4 所示。

表 4 PG&E 需量反應方案比較

方案名稱	Demand Bidding Program (DBP)	Capacity Bidding Program (CBP)
參與資格	<p>僅限 PG&E 現有工、商及農業用戶直接參與</p> <p>用戶已選用 PG&E 時間電價方案</p> <p>具備能量測每 15 分鐘需量的電表</p> <p>具備網路線上及手機申報系統</p> <p>用戶過去 12 個月最高需量必須</p>	<p>PG&E 用戶需透過認證的用戶群代表參加，不得直接參與</p> <p>PG&E 用戶需與用戶群代表簽訂合約，PG&E 不介入其交易行為</p> <p>用戶群代表的簽約用戶僅限 PG&E 現有工、商及農業用戶，住宅用戶不得參與</p>

	<p>超過 50kW 具備能連續 2 小時抑低超過 10kW 的能力</p>	<p>當日通知降載(Day-Of Curtailment)及前一日通知降載(Day-Ahead Curtailment)只能二擇一，不得同時參與 PG&E 參與此方案的每一個用戶都需具備能量測每 15 分鐘需量的電表 用戶群代表需具備網路線上及手機申報系統 用戶群代表的簽約用戶已選用 PG&E 時間電價方案且具備 AutoDR 的功能，如無法配合執行抑低，用戶群代表需全權負責</p>
執行期間	<p>全年平日(週一至週五)，不含例假日，抑低時間為上午六點至下午十點，一天最多一次，一次抑低最少四小時最多八小時</p>	<p>5/1~10/31 平日(週一至週五)，不含例假日，抑低時間為上午十一點到晚上七點，一天最多一次，執行抑低 1~4 小時、2~6 小時、4~8 小時三種方案，每月最多執行 30 小時</p>
執行方式	<p>抑低用電前一日中午十二點前以電話、手機或是 Mail 通知用戶投標，用戶於下午四點前投標可抑低量，採先投標先得標的方式，PG&E 於下午五點決標並以電話、手機或是 Mail 通知用戶隔日需配合抑低量</p>	<p>用戶群代表於執行月份前五工作日於網路約定可抑低容量，無最小容量限制，當日通知降載於抑低時間前三小時以電話、手機或是 Mail 通知用戶群代表配合抑低，前一日通知降載於抑低執行日前一日下午三點前以電話、手機或是 Mail 通知用戶群代表配合抑低</p>
獎勵方式	<p>用戶最少必須抑低投標量的 50%，最多投標量的 150%，如果抑低量少於抑低投標量的 50% 或者超過投標量的 150% 不給予電費扣減，其他則依照實際抑低量給予每度 0.5 美元的電費優惠</p>	<p>容量費率依 PG&E 所公布之單價計算，依執行率另有獎勵調整及罰則，能量費率依事件執行次數進行計算，沒有執行抑低時則該次沒有獎勵</p>
觸發	<p>CASIO 抑低用電日前一日預測</p>	<p>PG&E 預測發電機組熱耗率高於</p>

<p>機制</p>	<p>負載量高於 43,000 MW; CASIO 發出紅色警戒 預測溫度超過負載區域的溫度門檻；或 PG&E 預測發電資源或電力系統的容量可能是不夠的</p>	<p>15,000BTU/kWh PG&E 預測執行負載調度是有利的 預測溫度超過負載區域的溫度門檻；或 PG&E 預測發電資源或電力系統的容量可能是不夠的</p>
<p>成效計算</p>	<p>每小時的基準用電容量(Customer Baseline, CB)扣除抑低用電時段最高需量(Actual Usage, AU)之差額 基準用電容量是以抑低用電日前十日(不含抑低用電日及例假日)相同抑低用電時段之負載資料，其與抑低用電時段相同之每小時負載平均資料 用戶可選擇是否加入抑低用電當日負載調整因子(Day-of Adjustment, DoA) 實際抑低容量 = CB-AU, CB = CB0 or CB0*DoA, CB 調整區間限為 80%CB~120%CB DoA = 執行抑低用電日執行時段前四小時中最大三小時需量/基準用電容量</p>	<p>用戶群代表所有簽約用戶每小時的基準用電容量 (Customer Baseline, CB)扣除抑低用電時段平均需量(Actual Usage, AU)之差額的總和 基準用電容量是以抑低用電日前十日(不含抑低用電日及例假日)相同抑低用電時段之負載資料，其與抑低用電時段相同之每小時負載平均資料 用戶群代表可選擇是否加入抑低用電當日負載調整因子(Day-of Adjustment, DoA) 用戶群代表實際抑低容量 = $\sum(CBi-AUi)$, $i=1\dots n$, $CBn = CB0$ or $CB0*DoA$, CB 調整區間限為 60%CB~140%CB(以用戶個別調整計算再加總) DoA = 執行抑低用電日執行時段前四小時中最大三小時需量/基準用電容量</p>
<p>競標平台(含用戶介面)</p>	<p>PG&E InterAct website.(一律採線上申請及線上投標)</p>	



圖 8 與 PG&E 人員合照

2. 南加州愛迪生公司(SCE)

(1) SCE 簡介

南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison Company, SCE)成立於 1909 年，為加州中部、沿海和南加州 50,000 平方英里區域的 1,500 萬用戶提供電力服務。SCE 為愛迪生國際公司(Edison International)的子公司之一，為一整合型綜合電業(發、輸、配、售電)，員工人數為 1 萬 6 千名，公司總部設在洛杉磯。其裝置容量為 5,633 MW，約可提供 43% 電力需求，其它 57% 電力由

IPP 提供。

(2) 需量反應方案

SCE 的需量方案稱為 Demand Bidding Program(DBP)，用戶可透過參與該需量方在系統需要時案抑低負載以獲取獎勵。在系統有需求時，SCE 會透過電話、手機或 email 通知用戶抑低負載；實際執行後，SCE 會依照實際抑低的比例乘上 0.5 美元為最後獲得的金額。SCE 之 DBP 方案整理如表 5 所示。

表 5 SCE 需量反應方案

方案名稱	Demand Bidding Program (DBP)
參與資格	A. 200kW 以上用戶，每小時用量少降低 30kW B. 可透過 Aggregator 集結用戶達到 200kW，每小時用量至少降低 100kW
通知方式	前一日中午通知，以電話、手機或 email 通知,事件日時至少通知兩次
抑低標的	A. 發生期間一整年在平日(一至五)中午到晚上八點 B. 10 天的相似日平均基準線計算的平均基準線計算
報價方式	A. 在事件發生前出價，可改變每小時的價單內容，但需在事件發生前 2 小時以上改變
觸發機制	A. CASIO 預測負載量已經發出警戒或是警報通知 B. CAISO 前一日價格負載預測 C. 極端或是不尋常的溫度條件可能影響系統需求 D. SCE 決定，認為電力系統供應容量不足夠需求
績效量測與驗證	A. 依照 10 天的相似日平均基準線計算，若有達到每小時最少的降載，則依照實際的抑低量乘上事件的優惠率 (incentive rate) B. 計算方式當電表讀取後，由 SCE 計算後出現在帳單上
競標平台	SCE 網站



圖 9 與 SCE 人員合照

3. 聯合愛迪生公司(ConEdison)

(1) ConEdison 簡介

聯合愛迪生公司 (Consolidated Edison, ConEdison) 成立於 1823 年，總部設於美國紐約州紐約市，是一家控股公司，透過旗下子公司從事管制電力、天然氣、蒸氣輸配業務，美國最大的民營能源公司，其電力事業共有 7,750 MW 的發電裝置容量，以及 9,000 MW 的電力用戶，遍佈於 ISO-NE、PJM、NYISO 及 ERCOT 等電力系統。

(2) 需量反應方案

由於紐約地價昂貴，興建發電廠的成本太高，因此需量反應對於電力公司而言是一種有效且節省的尖峰負載抑低方案。ConEdison 現行有兩種需量反應方案，分別為 Distribution Load Relief Program (DLRP) 及 Commercial System Relief Program (CSRP)，DLRP 為 2 小時前通知方案，在系統出現突發事件時即通知用戶降載；而 CSRP 為 21 小時前通知的方案，當前一日預估隔日負載超過 92% 的夏季尖峰負載時，便會通知用戶準備降載。兩方案整理如所示。

表 6 ConEdison 需量反應方案比較

方案	Distribution Load Relief Program(DLRP)	Commercial System Relief Program(CSRP)
方案類型	電網突發事件時執行	尖峰降載方案
執行方式	突發事件事件通知	當隔日負載預測超過 92% peak load 即發布事件通知
降載需求	可卸載 50kW 以上用戶	可卸載 50kW 以上用戶
需量時段	5 月至 9 月	5 月至 9 月
容量回饋	Tier 1 Networks: \$18/kW/Month Tier 2 Networks: \$25/kW/Month	Staten Island and Westchester : \$6/kW/Month Brooklyn, Bronx, Manhattan, Queens : \$18/kW/Month
能量回饋	每度 1 美元	每度 1 美元

事件通知	2 小時前通知	21 小時前通知
其他	目前有 10 個 networks 屬於 high need(Tier 2)	4 個 call windows(不同區域的尖峰時間不同)



圖 10 與 ConEdison 人員合照

三、 用戶群代表

1. 用戶群代表介紹

用戶群代表(Aggregator)在先進國家被稱為「聚合商」，即其在電力市場上為一個獨立的個體(如 EnerNOC、Comverge 等公司)，可在市場進行買賣交易，屬於電力市場中的服務業者或商業仲介者。用戶群代表顧名思義就

是在電力市場中眾多小型商業與住宅等用戶共同推派出來的代表人，以便與電力公司進行協商與交易，如圖 11 所示。因用戶群代表可藉其專業能力，能減少許多中小型用戶之交易成本，因實際上並非進行實質的電力買賣，故等效上仍視其為用戶。

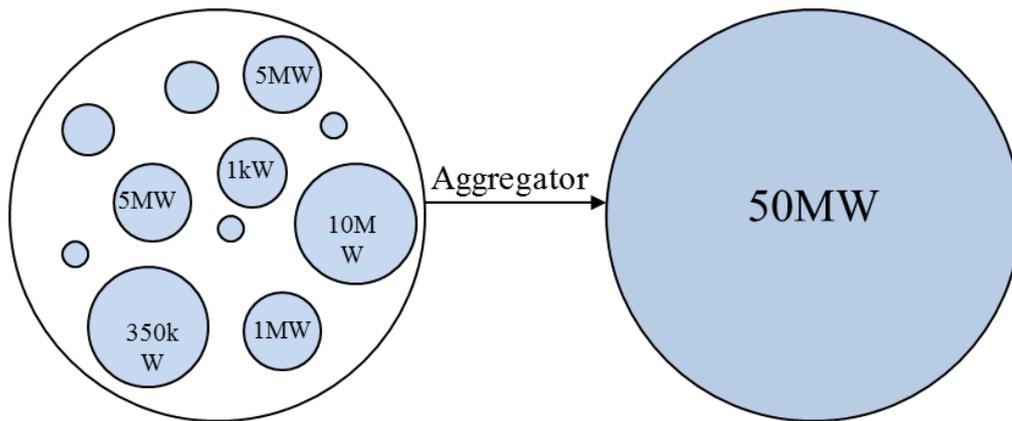


圖 11 用戶群代表示意圖

美國聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)為制定美國電力市場各種相關規則之單位，隨著近年來需量反應和用戶群代表的興起，頒布了 5 項行政命令(見表 7)，而其中第 719 號行政命令(FERC Order 719)便是針對用戶群代表所制定。

表 7 FERC 近年推動需量反應相關指令與政策意涵

行政命令	時間	主旨	政策意涵
890	2007 年 2 月	修正輸電網路開放接續費率條款(Open Access Transmission Tariff)，確保非發電資源(包括需量反應)所提供的輔助服務，如調整備轉容量(regulation)、熱機待轉(spinning reserves)、頻率控制(frequency response)以及替代備轉服務(supplemental reserves)等，均可享公正合理的輸電服務費率。	制定費率條款確保輔助服務的提供，可維持供電品質、提升電網穩定度，擴大需量反應市場。
719	2008 年 10 月	強化需量反應市場競爭性，鼓勵更多樣化的電力資源投入市場。包括允許用戶群代表集結眾多用戶參與需量反應，並可加入市場競標之列。	以自由化市場的競爭機制鼓勵資源投入和用戶參與，尤其是允許用戶群代表集結眾多再生能源分散式發電系統，並獲得合理報償。在此情況下，用戶群代表與再生能源分散式系統均可獲得市場之合理誘因。此有助於用戶群代表與再生能源裝置業者獲取更充裕資金，加速其發展。
745	2011 年 3 月	要求區域輸電業者(Regional Transmission Organization, RTO)與獨立電力調度中心(Independent System Operator, ISO)，以區域邊際電價(locational marginal pricing, LMP)補償因實施需量反應而抑低容量與能量的用戶，作為補償。惟此支付須符合兩要件：(1)電業實施需量反應	提供補償金給參與需量反應而抑低容量的用戶，以鼓勵用戶配合需量反應方案。而當市場上有越來越多的需量反應參與市場負載容量交易時，即表示用戶負載能夠同步追隨發電，協助維持電力供需平衡。惟本行政命令實施後，產生聯邦政府是否有權干預涉及零售市場之需量

		需平衡需求及供給；(2)該項支付金額必須符合電業實施需量反應之成本效益。同時，RTO 及 ISO 得將該補償金額按比例轉嫁給因實施需量反應而獲益的電力用戶。	反應補償方式之爭議。
755	2011 年 10 月	針對發電業者可供批發電力市場頻率調整的資源，包括儲能系統與需量反應資源，提出兩部制補償(two-part payment)。第一部分是做為頻率調整容量補償(capacity payment)的機會成本，也就是針對因提供頻率調整而無法在批發市場競價的機組容量進行補償。第二部分為頻率調整績效補償(payment for performance)，由頻率調整電能數量及其可準確追隨 ISO 調度信號的程度而定。	補償特定發電業者因配合頻率調整的機會成本，同時依其頻率調整電能數量可否準確追隨 ISO 調度信號的程度，給予額外的頻率調整績效補償誘因。這些政策法規經由提高誘因給儲能系統或需量反應業者，鼓勵業者協助確保電網頻率的穩定。
784	2013 年 7 月	增進輔助服務市場之競爭性與透明性，並大幅增加儲能系統之應用靈活度。取消原本第 755 號指令對於儲能市場之僵固價格補償機制，第三方(third party)可以市場價格為基礎(market-based)，提供輔助服務予輸電者，有助於用戶端建置儲能系統之 DR 應用，並可使輔助服務可更快速、更精確提供電能服務。	增進輔助服務市場與儲能市場之競爭性與透明性，使市場更自由化、更有效率。

由國際間推動需量反應之經驗，透過用戶群代表機制，可降低用戶參與門檻，以有效提高需量反應之執行成效。藉由用戶群代表與不同類型用戶進行宣導及簽約，並透過資通訊技術整合用戶需量，可確保電力公司在調度需量期間提供穩定、即時的電力卸載量，亦降低電力公司管理許多用戶的負擔。由於用戶群代表集結用戶的特性，將可以擴大需量反應方案的潛在用戶。

2. EnerNOC 公司簡介

EnerNOC 為提供電業技術與服務的美國最大供應商，主要針對工商業用戶市場提供需量反應方案，包括合理的績效評估方式、先進的技術平台、能源軟體技術 (Energy Intelligence Software, EIS)，以及客戶服務。除提供需量反應能力給全球超過 100 家電業和系統操作業者外，並參與各種不同形式的需量反應計畫和躉售電力市場，包括容量、能量和輔助服務市場(見圖 12)。

EnerNOC 具備可彈性擴展、安全的技術平台，包括測量、控制、通信和全球網絡營運中心，結合 DR 管理程序，其網路操作中心(Network Operations Center, NOC) (見圖 13)每天 24 小時傳送即時的能源資訊，相當於虛擬電廠的調度中心，可迅速接受訊息並傳送給相關部門進行回應，有效協助調度電力需求接近供給。此外，EnerNOC 用戶基準線(Customer Baseline, CBL)演算方法的應用，可模擬 DR 如何影響用戶的資源價值，及是否

能為客戶所接受。以 EnerNOC 最常應用的「容量緊急狀況」與「輔助服務」為例，其補償方案、衡量績效與基線選擇、執行方式如所示。



圖 12 EnerNOC 針對不同用戶制定之方案



圖 13 EnerNOC 全球營運中心

表 8 EnerNOC 需量反應方案之設計

	容量-緊急狀況	輔助服務
方案之補償	容量(\$/kW-month) 電費(\$/kWh)	提供服務(\$/kW-hour) 電費(\$/kWh)
衡量績效與基線選擇	經調整之消費者基線與實際負載的差距	事件發生前後之負載差異
反應時間	20-240 分鐘	10 分鐘以內
每年執行日數	視系統需求，通常是工作日	全天候
每年執行時數	10-100 小時	0-100 小時
每次執行期間	1-8 小時	60 秒-60 分鐘
觸發條件	備用容量匱乏、網路系統擁塞、經濟調度	系統發生意外
方案之處罰	執行之績效低於事前約定之門檻	執行之績效低於事前約定之門檻
管理方	電業或提供 DR 之第三方	電業或提供 DR 之第三方
發生頻率	低	頻率調節時較低，平衡服務時較高
電表記錄頻率	5、15 或 60 分鐘紀錄一次	最短 6 秒紀錄一次



圖 14 與 EnerNOC 總裁及人員合照

肆、心得與建議

電業自由化的議題曾在民國 90 年代被熱烈的討論，雖曾多次向國外取經，並邀集專家學者研議，但種種因素導致最後無疾而終。直到近年來，因環保和反核意識的興起及油電雙漲等原因，電業自由化的議題再度死灰復燃。台電公司面對外界的質疑和自由化的聲浪提出許多因應措施，期盼能澄清事實，也對未來自由化的趨勢預作準備。其中，電力調度處自 103 年起參考北美日前市場著手進行火力電廠試行競價，透過電廠報價分析出合理的電能及輔助服務成本，而 104 年更是配合業務處推動的需量競價措施，將需量用戶之報價與火力機組共同競價，以減緩近年來供電吃緊的狀況。

由於電力市場的運行模式，依照各地區的電力結構、民情等因素皆有所不同，故本次出國行程挑選美國西岸之 CAISO 市場與東岸之 NYISO 市場作為研習對象，藉由了解兩個電力市場需量競價方案的規劃經驗，更加精進本公司現有之需量競價措施。本次出國研習心得及建議如下：

一、 電力市場各階層機關分工明確

美國的電力市場的運作可分為大致上可分為管制機關、獨立調度中心、電力公司(含發電業、配售電業等)三個部分，管制機關如美國能源部、聯邦能源管制委員會、北美可靠度公司(North American Electric Reliability Corporation, NERC)至定能源法規、市場運作規範與電力運轉規則等；而調度中心則制定市場規則並管理電力市場使之能正常運作，而電力

公司則扮演提供或購買電力商品者的角色，並針對市場需求開發合適的供電策略及負載管理方案。

台電公司屬於公營且獨佔的事業體，雖有數家民營發電業者，但仍需經台電公司收購再販售給用戶。在面對電業自由化的趨勢下，上自主管機關下至執行單位，應明定各自的權責，並徹底落實，以建立更完善的能源市場制度。

二、 充足以及完善的人力規劃

在建立電力市場的過程，需要充足的人力來擬定各項計畫和建置所需設備，例如 NYISO 在草創時期便已有 108 位專職員工(現已達 550 人)各司其職；目前台電公司各項有關電業自由化的措施如估算輔助服務及需量競價等，皆由各單位同仁兼職辦理，在各項業務不斷擴大辦理的情況下將大量增加承辦人員之負擔，建議建立專職之團隊負責辦理相關業務，且應包含管理、會計、工程等人才，除減輕同仁之負擔外，各項措施的推展亦將更有品質。

三、 健全的軟硬體設備

完善的軟硬體設備是營運電力市場不可或缺的元素之一。如 NYISO 具有 EMS(Energy Management. System)與 BMS(Business Management System)分別處理電力系統運轉及管理市場運作；而轄下之電力公司亦具備完善的通訊軟體、智慧電表與各類服務平台，可快速有效進行各項資料傳遞。在未來面對電業開放時，相關單位應妥善規劃並購置所需之軟硬體設備，使之能符合各項市場運作之功能。

四、 建立更完善的需量措施

早在電業自由化前，需量反應便已是美國常見之尖峰負載抑低之手段，在電力市場開放後，更是出現多種需量方案，不論是時間機處或誘因基礎，皆讓用戶有機會透過減少用電參與市場，以獲得一定的獎勵。台電公司時施需量反應也早有時日，但因電價偏低的因數導致推行效果有限，直至 104 年推出需量競價措施，提供較優惠之誘因，方有較多用戶願意投入參與。但由於該措施仍屬初步階段，尚有許多可改善之處，如用戶得標後實際執行率不高等，建議未來可以從制度面提高誘因，同時也明定罰則，以提高用戶參與意願和執行成效；而放寬用戶每月可執行之小時數(目前為 28 小時)，亦可增加調度之彈性。

此外，如可導入用戶群代表機制，將可降低用戶參與門檻，有效提高需量反應之執行成效，同時亦可降低電力公司與用戶間聯繫之成本，透過用戶群代表的專業能力使需量措施更臻完善。

五、 多觀摩其他電力市場之運作經驗

由於本國屬於獨立電力系統，與美國互聯網系統在規模上與穩定度等皆有所差異，且發電型態配比與負載型態因燃料取得方式和民情的差別亦有所不同，雖美國有較完整之電力市場經驗，但其制度未必皆符合本國之需求。建議未來可派相關人員觀摩其他不同規模和型態之電力市場如韓國、新加坡等，借鏡其市場經驗，擬定最適合本國之方案。

伍、 致謝

感謝公司各級主管給予本次赴美實習的機會，並承蒙工研院和台經院研究團隊及 EnerNOC 公司在當地的規劃與聯繫使此次出國行程能順利且美好的進行，謹致上最深的謝意。

陸、 參考文獻

- [1] California ISO , <http://www.caiso.com/> 。
- [2] New York ISO , <http://www.nyiso.com/> 。
- [3] Pacific Gas and Electric Company , <http://www.pge.com/> 。
- [4] Southern California Edison Company , <https://www.sce.com/> 。
- [5] Federal Energy Regulatory Commission , <http://www.ferc.gov/> 。
- [6] 許志義，吳仁傑，“論電力需量反應與虛擬電廠發展趨勢”，經建專論，2014。
- [7] 許志義，洪穎正，“電力需求面管理與用戶群代表法制革新：先進國家案例及其對臺灣之政策意涵”，臺灣能源期刊，2016。