

出國報告（出國類別：實習）

## 研習及蒐集分析美國電業 需量競價訂價及交易模式

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳群元（業務管理師）

派赴國家：美國

出國期間：105 年 6 月 14 日～105 年 6 月 24 日

報告日期：105 年 8 月 16 日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：需量競價訂價及交易模式之研習

頁數 34 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：陳群元/台灣電力公司/業務處/  
業務管理師/(02)2366-6713

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～105 年 6 月 24 日 出國地區：美國

報告日期：105 年 8 月 16 日

分類號/目

關鍵詞：需量競價(Demand Bidding)、需量反應(Demand Response, DR)、需求面管理(Demand side Management, DSM)、獨立調度中心(Independent System Operator, ISO)、排程協調者(scheduling coordinators, SC)、用戶群代表(Aggregator)、基準用電容量(Customer Baseline, CBL)。

內容摘要：(二百至三百字)

為促進市場競爭、降低交易成本，部分國家針對電能或特定項目之輔助服務(如調頻或備轉容量)，建有集中交易市場，透過連續競價拍賣，決定相關電力商品(電能、輔助服務及負電力)之價格，需量反應方案支付基礎亦隨之由發電成本導向演變為市場價格導向。而美國電業為國際上較早自由化的國家，新制度的導入、交易模式、市場條件的不同都會影響到電力市場參與者的策略，研究美國需量競價創新的訂價與交易模式將有助未來本公司設計具成本效益之需量競價方案。

並鑒於未來我國電業自由化之下，本公司將劃分為發電業、輸配電業及售電業等不同公司，而輸配電業(調度中心)及售電業於需量反應推動目的及考量基礎不同，企求瞭解美國制度建立之歷程與沿革，並同時汲取其於需量競價市場之發展經驗以作為未來分割獨立後之參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork/>)

## 目錄

壹、出國緣起 .....	1
一、任務 .....	1
二、緣起與目的 .....	1
三、行程 .....	1
貳、研習過程內容與心得 .....	2
一、美國電力市場概述 .....	2
二、美國推動需求面管理相關政策法規 .....	9
三、美國電力公司實施需量競價之相關制度與系統運作 .....	11
四、本公司需量競價措施簡介與 PG&E 需量競價措施比較 .....	26
五、現階段需量競價措施問題探討及建議 .....	30
五、誌謝 .....	33
肆、參考資料 .....	33

## 圖表目錄

圖表 1 北美電力可靠度委員會 (North American Electric Reliability Council) 8 大互聯系統圖 .....	3
圖表 2 美國 10 家電力調度中心 .....	4
圖表 3 美國 10 家電力調度中心分佈 .....	4
圖表 4 加州電力市場運作架構 .....	5
圖表 5 加州民營電業 (IOU) 供電區域分佈圖 .....	6
圖表 6 FERC 近年推動需量反應相關命令與政策意涵 .....	9
圖表 7 誘因基礎需量反應方案類型彙整 .....	11
圖表 8 CAISO 需量反應方案 .....	13
圖表 9 加州需量反應關聯圖 .....	14
圖表 10 SCE 需量反應方案對應 CAISO 需量反應方案 .....	14
圖表 11 搭配需量反應異業合作示意圖 .....	15
圖表 12 加州需量反應提供者需量反應交易模式示意圖 .....	15
圖表 13 PG&E 需量反應方案內容 .....	17
圖表 14 PG&E CBP 容量費率 .....	19
圖表 15 CBP 容量費率獎勵調整及罰則 .....	19
圖表 16 SCE 需量反應方案內容 .....	20
圖表 17 SCE 獎勵優惠計算範例 .....	21
圖表 18 DBP 預計執行之日期 .....	22

圖表 19 SCE 之 DBP 參與用戶執行競標之頁面 .....	22
圖表 20 NYISO 需量反應方案 .....	23
圖表 21 ConEd 需量反應方案 .....	23
圖表 22 紐約州需量反應關聯圖 .....	24
圖表 23 EIS 及需量反應紀錄器(附掛在電表外和電表一起使用)...	25
圖表 24 EnerNOC 網路操作中心 .....	25
圖表 25 EnerNOC 需量反應方案之設計 .....	26
圖表 26 本公司 104 年與 105 年需量競價措施對照表 .....	26
圖表 27 PG&E 的 CBP 及 DBP 與本公司需量競價措施比較表 .....	28

# 壹、出國緣起

## 一、任務

蒐集美國電業需量競價(Demand Bidding)及交易制度相關資料，及分析應用於本公司經營環境之可行性。

## 二、緣起與目的

本公司為解決尖峰用電的供電日漸短缺問題，於 104 年提出需量競價措施方案，然而相對於國外電業已行之多年，台灣的電業環境對於需量競價相關經驗較為不足，現今方案仍有部份可有改善的空間。

本計畫的目的在於建立更成熟的需量競價制度，提升目前需量競價之效益。預計透過資料蒐集及實際考察，獲得美國電業對於需量競價的設計原則，參考美國電業作法精進需量競價措施，以獲得其抑低負載之成效，最終給予本公司目前的競價整體制度建議。

## 三、行程

### (一) 研習日期

105年6月14日至105年6月23日，共計10日。

### (二) 出國行程

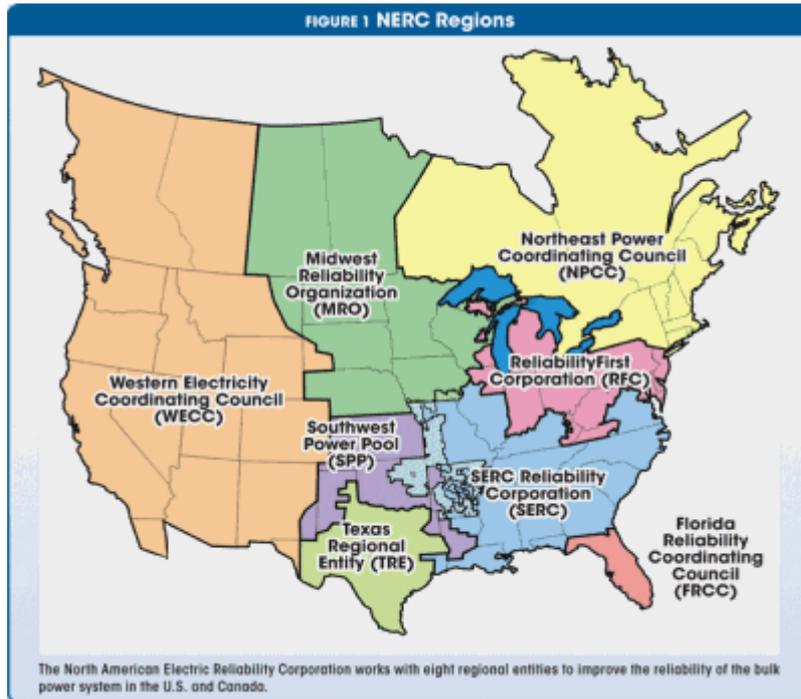
日期	地點	訓練進修機構	訓練進修主題
6/14	往程	—	—
6/15	舊金山	太平洋瓦斯及電力公司 (PG&E) 加州公共事業委員會 (CPUC)	1. 瞭解需量競價制度及運作機制，如參與資格、報價及回饋方式、決標機制、績效評估模式等 2. 討論自由化後如何藉由用戶群代表業者參與需量競價運作
6/16	舊金山	加州電力調度中心(CAISO)	參訪電力調度中心操作平台並瞭解其需量競價制度
6/17	洛杉磯	南加州愛迪生電力公司 (SCE)	瞭解需量競價制度及運作機制，如參與資格、報價及回饋方式、決標機制、績效評估模式等
6/20	紐約	紐約聯合愛迪生電力公司	1. 瞭解需量競價制度及運作機制，如參與資格、報價及回饋方式、決標

日期	地點	訓練進修機構	訓練進修主題
		(Con Edison) 紐約州公共事業委員會 (NYPUC)	機制、績效評估模式等 2. 討論自由化後如何藉由用戶群代表業者參與需量競價運作
6/21	紐約	紐約電力調度中心 (NYISO)	參訪電力調度中心操作平台並瞭解其需量競價制度
6/22	波士頓	EnerNOC	瞭解用戶群代表業者於電力市場所扮演之角色，參觀其系統操作平台
6/23	返程	—	—

## 貳、研習過程內容與心得

### 一、美國電力市場概述

美國為區域型電力市場，由 8 大互聯系統所組成，非全國單一市場，若干區域市場甚至包含鄰國的加拿大和墨西哥（如圖表 1）。電力產業主要分為公用電業與非公用發電業，公用電業包含民營電業（Investor-Owned Electric Utilities）194 家、地方公營電業（Public Owned Electric Utilities）1,834 家、聯邦經營電業（U.S. Federal Electric Utilities）35 家及合作社經營電業（Cooperative Electric Utilities）874 家等 4 類，非公用發電業包含合格系統（Qualifying Facilities，合格汽電共生廠及小型發電業）及獨立電廠（Independent Power Producers, IPPs）等 2 類 77 家，發電量以民營電業為主，占 77% 以上。



圖表 1 北美電力可靠度委員會（North American Electric Reliability Council）  
8 大互聯系統圖

電力事業的管制體系分成聯邦政府與州政府兩個層次，兩者為上游與下游的關係。聯邦政府主要的管制單位為聯邦能源管制委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC），職司全國性、州際性與原則性的長程電力規劃，通常以制定法案的方式作為州政府及地方政府推行電力事務性工作之依據；而州政府主要的管制單位為公用事業管制委員會（Public Utility Commission, PUC），電力政策及措施的推行可因地制宜，有相當的獨立性及自主性。

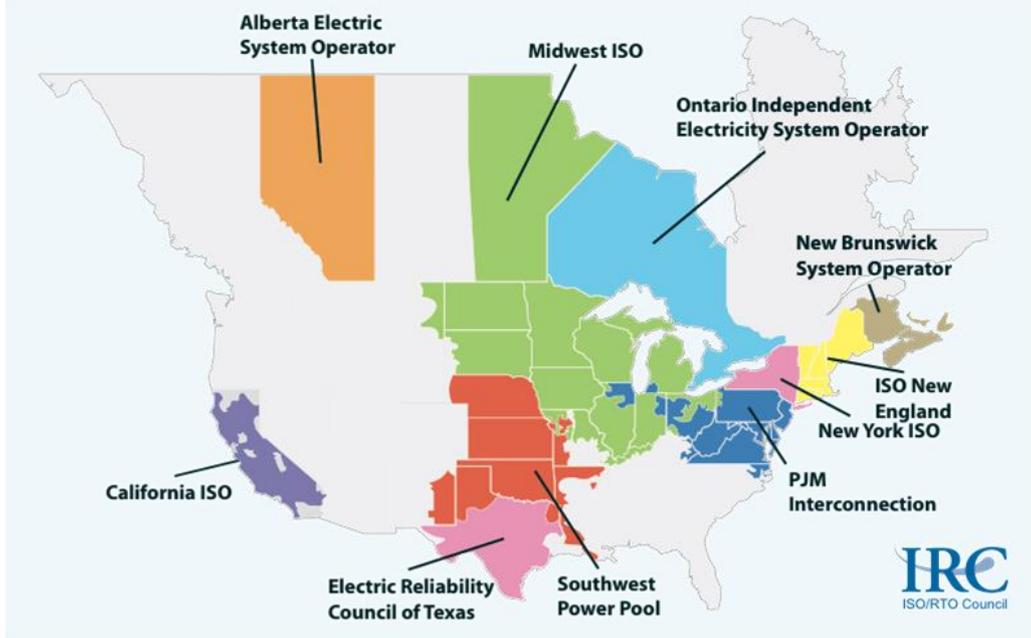
1992 年美國聯邦政府通過《能源政策法》（Energy Policy Act），發電業者可透過電力公司之輸電線路，代輸電能與售電。1996 年聯邦能源管制委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC）公告第 888 號命令，要求將電力調度操作權交予獨立調度中心（Independent System Operator, ISO）；同時第 889 號命令要求電業建置「公開聯網即時 資訊系統（Open Access Same-Time Information System, OASIS）」，公開電網各節點（node）之間輸送電力之價格與可用率等即時資訊。

獨立電力調度中心(ISO)是電力樞紐設施(essential facility)，指具自然獨立屬性之輸配電網之操作者(operator)，經營一個地區的電網，負責管理該地區的電力批發市場，並提供可靠性規劃本地區的大宗電力系統。而

區域輸電組織(Regional Transmission Organizations, RTO)則是負責相同的事情，但在輸電網路端負擔起更大的責任。目前美國共有 6 個 ISO 與 4 個 RTO，其詳細名稱與地理位置分別如圖表 2 與圖表 3 所示：

圖表 2 美國 10 家電力調度中心

U.S. RTO	
California ISO	ISOs
Electric Reliability Council of Texas (ERCOT); also a Regional Reliability Council	ISOs
Southwest Power Pool (SPP); also a Regional Reliability Council	RTOs
Midcontinent Independent System Operator - Midcontinent ISO	RTOs
PJM Interconnection	RTOs
NYISO	ISOs
ISO-NE - ISO New England	RTOs
Canadian RTOs	
Alberta Electric System Operator (AESO)	ISOs
Independent Electricity System Operator (IESO); operates the Hydro One transmission grid for Ontario, Canada	ISOs
New Brunswick System Operator	ISOs



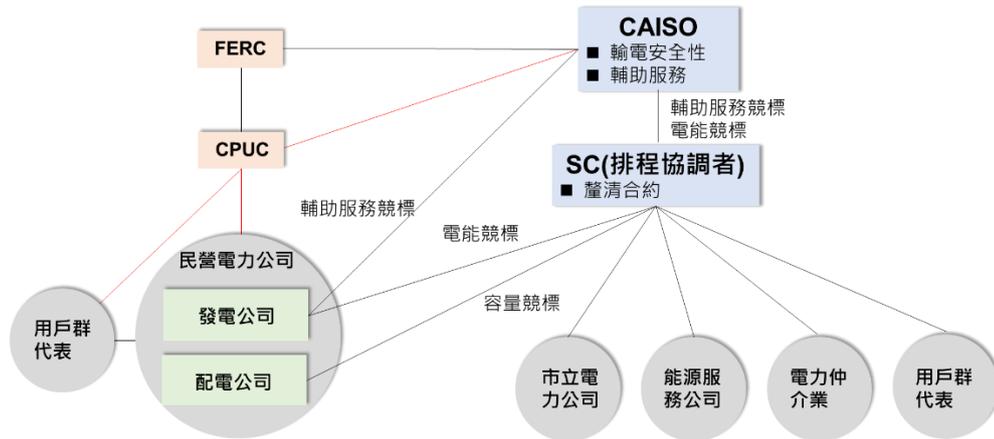
圖表 3 美國 10 家電力調度中心分佈

以下就本次參訪之管制機關及電業為之介紹：

(一) 加州電力市場

加州是美國自 90 年代電力市場開放以來，第一個實施電業自由化之州，成立了獨立系統電力調度中心 (Independent System Operator, ISO) 及電

力交易所 (Power Exchange, PX)。目前加州的市場結構，乃是由具競爭性的發電市場、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) 為主體所組成，如圖表 4。因加州發展再生能源迅速，鴨子曲線(Duck Curve)發生的比預期更快速，因此加州針對再生能源的配套發展亦較其他 ISO 來得快速，相對得加州市場交易模式也較為複雜。



圖表 4 加州電力市場運作架構

加州共有六家民營公用電業 (investor-owned utilities, IOU)，市場上以三家為主 (如圖表 5)，包括太平洋瓦斯與電力公司 (Pacific Gas & Electric Company, PG&E)、南加州愛迪生公司 (Southern California Edison, SCE) 及聖地牙哥瓦斯與電力公司 (San Diego Gas & Electric, SDG&E)，同時擁有發、輸、配、售電業務，屬綜合電業，由加州公用事業委員會 (California Public Utilities Commission, CPUC) 負責監督管理；另有水資源部 (Department of Water Resources, DWR) 代三大民營公用電業於躉售市場購電。



圖表 5 加州民營電業（IOU）供電區域分佈圖

1. 加州公用事業管制委員會 (California Public Utility Commission, CPUC)

規範加州三大民營公用電業，以保護消費者權益、促進公用事業競爭及保障公用事業價格合理，同時推動公用事業建構完善之基礎建設，並激勵市場創新、促進競爭，主要管制範圍包含能源電力、電信、自來水與交通。CPUC 亦提供電力與天然氣的預測，以及對能源供給與資源的分析與規劃。

2. 加州電力調度中心 (California Independent System Operator, CAISO)

加州電力調度中心 (CAISO) 是一個非營利的公共組織，經營加州多數的高壓電網市場的交易買賣。為滿足不同情況的用戶及加州電力系統的正常需求，並提供足夠負載的電力與為滿足各電廠傳輸需求的策

略規畫，提供參予者公平使用電網的服務。大約 80%加州的用電需求管理都是由 CAISO 提供，CAISO 扮演了介於電廠與服務超過 3 千萬用戶電力的公用事業之間的公正連結。

CAISO 係成立於 1997 年夏季，1998 年 3 月 31 日美國加州的電力市場開始營運。其控制區域覆蓋全加州 3/4 的地區。主要職責為：

- (1) 協調一天前的市場、一小時前的市場，平衡即時市場的電力供給和消費。
- (2) 遵照所有的北美電力可靠度委員會 (NERC) 和美國西部電力系統協會 (WSCC) 的操作和可靠度標準。
- (3) 調度、控制由三大綜合電力公司所擁有的互連電力系統。
- (4) 為所有的電力網用戶提供非歧視、公開的聯接服務以及其他輔助服務。
- (5) 以整個電力網為基礎協調管理電力網的壅塞和停電 (故障或檢修)，所有的市場參與者擁有相同的參與原則和相同的市場邊際價格。
- (6) 通過競爭機制獲取系統輔助服務，並且與電能市場分開，並將電能和輔助服務作為整體供應用戶。
- (7) 維持輸電系統的穩定運行，制訂電力網的擴充計劃。

在加州的電力市場，SC 扮演著重要的角色 (目前其數量超過 30 個)，由 CAISO 對他們頒發經營許可，SC 對所負責的發電、用電計畫進行排程，並將平衡後的排程計畫報給 CAISO。他們可以參加一日前、一小時前以及即時的市場。他們報給市場的電力需求數量可以低於實際預測的需求，剩餘部分通過一日前的市場或者即時市場的電量平衡機制解決。

### 3. 太平洋瓦斯及電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)

為 1905 年創立的民營公共事業，總部位於舊金山。提供北加州 3 分之 2 的天然氣與電力。PG&E 所擁有的發電設施包含許多的水力發電廠、一所核能發電廠以及一所天然瓦斯發電廠。該公司也擁有全美最多的水利設施，共 174 個水壩。其最大一座水力發電廠位於加州佛雷斯諾的 Helms Pumped Storage Plant，總發電量為 1,212MW。該公司在加州阿維拉海灘的惡魔谷發電廠是目前其唯一運作中的核能發電廠。其他還有火力與太陽能發電廠。在電力的經營型態上，PG&E 仍保持整合型的綜合電業型態，擁有發電、輸電、配電、售電等部門。

#### 4. 南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison Company, SCE)

為加州中部、沿海和南加州地區，方圓 50,000 平方哩內約 1,500 萬民眾提供電力服務。SCE 為愛迪生國際公司(Edison International)擁有的子公司，為一整合型的綜合電業型態，擁有發電、輸電、配電、售電等部門，員工人數為 16,515 人(2012 年底)，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，其電力組成約為 41% 外購電力、7% 燃煤、21% 燃氣、7% 核能、5% 水力及 19% 再生能源。

### (二) 紐約電力市場

NYPP (New York Power Pool) 原本為紐約州的電力池及輸電中心，其下共有八家電力公司，紐約州電力供應充足但有區域性壅塞問題，以紐約市及長島地區的電力供應較為吃緊。

#### 1. 紐約公用事業管制委員會 (New York Public Utility Commission, NYPUC)

和加州的功能一樣主要是規範民營公用電業，以保護消費者權益、促進公用事業競爭及保障公用事業價格合理。

但與 CPUC 比較不同的是，NYPUC 對於管制制度持較開放的態度，例如 1999 年紐約州開放自由化及 NYISO 成立的同時，NYPUC 並於當年度就已納入用戶群代表等相關制度，反觀 CPUC 則在 FERC 於 2008 年制定 Order 719，允許用戶群代表集結眾多用戶參與需量反應後，才在 2012 年制定 Rule 24 開放用戶群代表進入加州市場。

#### 2. 紐約電力調度中心(New York Independent System Operator, NYISO)

1999 年 12 月 1 日 NYISO 正式成立取代 NYPP 管控和營運電力網，其成立為紐約州電力產業重整的一部份，本身為非營利性組織，其責任為操作紐約州的高壓輸電網以及管理電力躉售市場。主要職責為：

- (1) 維持紐約電力系統穩定性
- (2) 經營效率性及公平性的電力市場

#### 3. 紐約聯合愛迪生電力公司(Consolidated Edison Company of New York, ConEd)

紐約聯合迪愛生公司是聯合愛迪生旗下最大的子公司，為紐約市和威斯特徹斯特郡超過 3 百萬的顧客提供電力、瓦斯和蒸汽，提供服務的區域總面積約為 660 平方英里（1,700 平方公里），區域內住有近 900 萬的居民。

## 二、美國推動需求面管理相關政策法規

美國聯邦能源管制委員會(FERC)對於美國電力市場各種相關規則，係透過頒布一系列之行政命令(Order)，予以規範。近年來，隨著需量反應與用戶群代表之市場定位，日益獲得重視，FERC 一共頒布了 5 項行政命令，其中有 1 項是 2008 年針對用戶群代表的特定性法規，第 719 號行政命令(FERC Order 719)，值得特別留意其政策意涵(如圖表 6)。

圖表 6 FERC 近年推動需量反應相關命令與政策意涵

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。

行政命令	時間	主旨	政策意涵
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 <u>需量反應</u> 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 <u>需量反應</u> 需平衡需求及供給；(2)該項支付金額必須符合電業實施 <u>需量反應</u> 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 <u>需量反應</u> 而獲益的電力用戶。	提供補償金給參與 <u>需量反應</u> 而抑低容量的用戶，以鼓勵用戶配合 <u>需量反應</u> 方案。而當市場上有越來越多的 <u>需量反應</u> 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 <u>需量反應</u> 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 <u>需量反應</u> 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 <u>需量反應</u> 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 號命令對於儲能市場之僵固價格補償機制，第	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。

行政命令	時間	主旨	政策意涵
		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 <u>靈量反應</u> 應用，並可使輔助服務可更快速、更精確提供電能服務。	

### 三、美國電力公司實施需量競價之相關制度與系統運作

#### (一)需量競價概述

需量反應(Demand Response, DR)意旨藉由需求面管理(Demand side Management, DSM)的手段，使電力用戶藉由參與電力公司之需量反應方案，減少本身用電負載需求量或移轉部份尖峰用電至離峰用電時段，以獲取電價優惠誘因，進而改變電力消費需求型態之作法。[張景淳，2013]

美國能源部(2013)將負載改變是如何被引發而加以分類，亦即將需量反應分為以時間為基礎(Time-based)的需量反應與以誘因為基礎(Incentive-based)的需量反應兩大類。以誘因為基礎的需量反應則是透過使用機會成本的概念，當使用者願意改變用電行為則給予相對應之誘因，以促使用戶自主性降載。其方案共有直接控制、可停電力/可限負載方案、需量競價/買回方案、緊急需量反應方案、容量市場方案、輔助服務方案等幾種，如圖表 7 所示。

圖表 7 誘因基礎需量反應方案類型彙整

方案	方案推動者	執行方式	有無懲罰	次數限制	獎勵方式
直接控制方案	電業	電業直接對用戶的電力進行控制	強制控制	次數/時間限制	電費折抵或獎勵回饋
可停電力/可限負載方案	電業/電力供應商	用戶事先與電業約定可抑低之電力，於特定時間必須抑低約定電量(必須是 200kW 以上之大用戶)，用戶類別也有限制(如學校、醫院等不得參加)	有懲罰	次數/時間限制	電費折抵或獎勵回饋
緊急需	ISO/RTO(	當參與用戶在供電可靠度可	無懲罰	無	獎勵回饋

方案	方案推動者	執行方式	有無懲罰	次數限制	獎勵方式
量反應方案	電力調度中心	能發生問題的時段抑低電量，則可獲得補償；若無抑低電量並無懲罰，類似 PTR 方案			
容量市場方案	ISO/RTO(電力調度中心)	與用戶事先約定抑低電力(如最低抑低 100kW，持續 4 小時，兩小時前提醒)，將此抑低電量視為電廠，若無需求則仍需給予定期獎勵，但有需求用戶必須配合	有懲罰	無	定期獎勵回饋(如付保費)
需量競價/買回方案	電力公司&電力調度中心(較常見)	允許非時間電價方案下的用戶參與，由用戶競標在特定期間中，願意抑低之一定電量所需之最低金額。	有懲罰	次數/時間限制	獎勵回饋
輔助服務市場	ISO/RTO(電力調度中心)	用戶在電力調度中心投標可抑低之電量作為備用容量，電力調度中心會支付備用容量的市場價格給用戶，若電力有需求，甚至還會支付電力現貨市場的價格	有懲罰	無	獎勵回饋

以美國需量競價方案可分為電力調度中心(ISO)或電力公司營運兩種主要形式，市場大致劃分為能量、容量及輔助服務等市場，通知模式主要有日前及當日通知兩種。

本公司需量競價方案與一般相同的是在特定期間由用戶自行決定抑低用電的回饋價格(pay-as-bid, PAB)，不同的是用戶所報的價格則要與本公司發電機組一同競價，得標後通知用戶配合抑低，若確實減少用電再依其報價計算電費扣減，採日前通知能量報價及容量報量，經濟型方案給與能量回饋，可靠型給與能量及容量回饋之模式。

### (三)美國電力調度中心及電力公司之需量競價方案整理

#### 1. 加州

##### (1) 加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)

CAISO 需量反應方案主要在協調一天前的市場、一小時前的市場，平衡即時市場的電力供給和消費。當前一日市場之排程的電能及輔助服務不足時，將發出系統警報通知，並透過當日市場競

標與直接通知用戶降載的方式啟動需量反應來確保系統可靠與安全，其中經濟型的方案需於 ISO 公開市場競標屬於需量競價方案的一種，CAISO 需量反應方案如圖表 8。

圖表 8 CAISO 需量反應方案

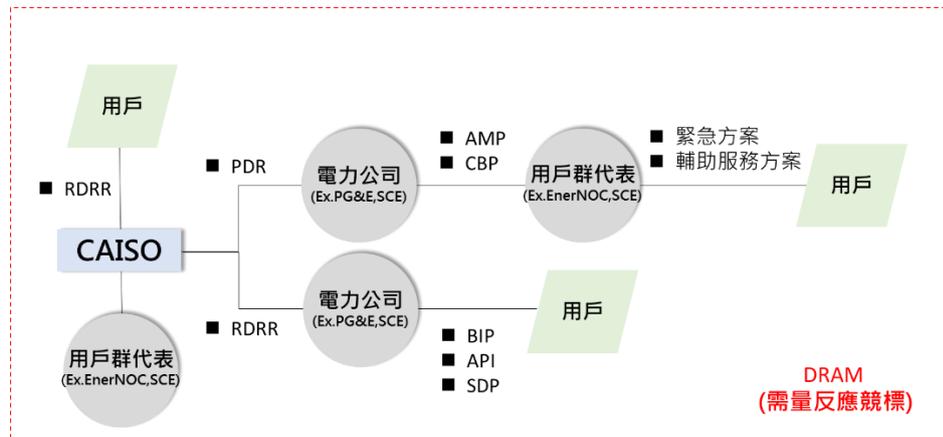
方案	PDR(Proxy Demand Resource)		RDRR(Reliability Demand Response Resource)	
	服務	輔助服務	服務	輔助服務
市場調度	經濟型方案 日前通知市場	經濟型方案 即時市場	經濟型方案 日前通知市場	可靠型方案 即時市場
描述	於 ISO 公開市場競標	於 ISO 公開市場競標	於 ISO 公開市場競標	直接通知用戶降載
限制				投標上限為 \$950-1000/MWh
降載需求	大於等於 100kW	大於等於 500kW	大於等於 500kW	大於等於 500kW
是否聚合	可以透過 Aggregator 整合	可以透過 Aggregator 整合	可以透過 Aggregator 整合	可以透過 Aggregator 整合
技術支援	當需量大於 10MW 需具備遠端遙測 (Telemetry) 功能	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	不需具備遠端遙測 (Telemetry) 功能
通知時段				需要有能力的提供即時且穩定的降載，於 40 分鐘內要達到約定降載量
需量時段				至少可以連續卸載 4 小時

2014 年 12 月 CPUC 要求加州電業開始設計並執行 Demand Response Auction Mechanism 機制的試驗計劃，又稱 DRAM，要求需量反應的提供者以需量反應方案來參加 CAISO 的需量反應方案。已於 2015

開始規劃，2016 年完成第一階段 DRAM I 的容量測試。2016 年開始規劃第二階段 DRAM II，於 2017 年開始測試。DRAM II 將採 PAB 的方式進行，需量反應的提供者，包含用戶群代表及電力公司，將會直接將可抑低負載量投標至 CAISO 的日前市場進行媒合，所以 DRAM 可視為需量競價的進階方案。

此需量競價模式 CAISO 可設計滿足系統平衡電力管理等不同方案，而需量反應提供者(包含用戶群代表及電力公司)為賺取價差誘因，設計對應的需量反應方案來加入 CAISO 的方案，電力公司於需量反應的角色則轉為用戶群代表，不再是以系統調度及避免成本的觀念出發設計需量反應，而是尋求利益極大化，以電力公司為例將結合燃料電池、電動車及推展能源管理系統(EMS)等異業合作的模式，搭配客制及多元化的需量反應提高本身獲利，需量反應關聯圖如圖表 9，加州電力公司需量反應方案參與 CAISO 需量反應方案(以 SCE 為例)如圖表 10，搭配需量反應異業合作示意圖如圖表 11。

圖表 9 加州需量反應關聯圖

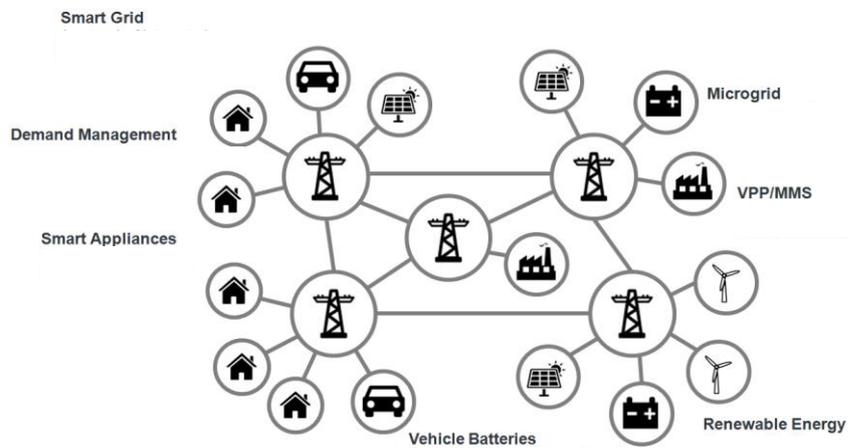


圖表 10 SCE 需量反應方案對應 CAISO 需量反應方案

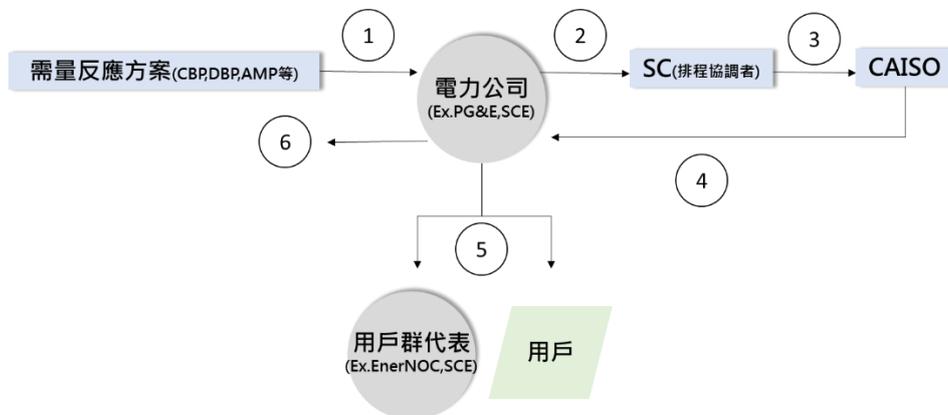
方案內容	用戶類型	CAISO 需量反應方案	目前卸載潛力	服務	執行方式
BIP(Base Interruptible Program)	工商業用戶	RDRR	588MW	容量市場	用戶自行抑低
API(Agricultural Pumping & Interruptible)	農業用戶	RDRR	58MW	容量市場	SCE 直接控制

方案內容	用戶類型	CAISO 需量反應方案	目前卸載潛力	服務	執行方式
AMP(Aggregator Programs)	工商業用戶	PDR	73MW	容量市場及能量市場	用戶群代表執行
CBP(Capacity Bidding Program)	工商業用戶	PDR	16MW	容量市場及能量市場	用戶群代表執行
SDP(Summer Discount Plan)	一般用戶及工商業用戶	RDRR	385MW	容量市場	直接控制空調系統

圖表 11 搭配需量反應異業合作示意圖



電力公司則會於日前依據需量反應估計降載量預估隔日供電狀況，並於 CAISO 市場競標需量反應及電能，當日電能不足部分則於市場買足，需量反應交易模式說明如圖表 12。



圖表 12 加州需量反應提供者需量反應交易模式示意圖

上圖說明(以電力公司為執行主體之方式說明)：

- ①. 電力公司根據需量反應方案之抑低用電量預測供電情形。
- ②. 電力公司排程計算所需電量。
- ③. 透過排程協調者 (SC) 將發電、用電計畫進行排程。
- ④. 透過 CAISO 市場撮合需量反應及電能並支付對應的報酬。
- ⑤. 電力公司依所獲得之需量反應及電能重新排程，針對電力公司的用戶群代表或需量反應參與用戶進行抑低負載。
- ⑥. 電能不足部分再於市場買足。

(2) 太平洋瓦斯及電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)

■ DBP(Demand Bidding Program)

自 2001 年推出方案名稱為 Demand Bidding Program 的需量競標方案，是一項對用戶相對低風險的需量反應計畫，允許用戶於執行抑低日前一日透過以每小時為申報單位自行申報抑低量的方式運作，獎勵金額依照實際抑低量給予每度 0.5 美元的優惠，且並無任何罰則。

PG&E 的事件於平日的中午到晚上八點期間，依照 CASIO 或是 PG&E 預測當電力發生警戒，或當預測溫度超過負載區域的溫度門檻時觸發事件，最晚會在前一日中午透過電話、手機或是 Mail，用戶可透過網站競標選擇抑低量，也可以改變標單內容，若是無降低則也不會有懲罰，對於用戶而言算是風險比較低而有利的方案，至 2013 年統計，註冊人數近 2000 人。

■ CBP(Capacity Bidding Program)

Capacity Bidding Program 為用戶群代表(Aggregators)參與的方案，可分為當日通知降載(Day-Of Curtailment)及前一日通知降載(Day-Ahead Curtailment)等方案，執行期間為每年 5 月 1 日至 10 月 31 日，PG&E 容許用戶群代表自己提出其可卸載容量，抑低用電期間則依所約定之抑低容量進行降載，分為容量費率及能量費率，容量費率依 PG&E 所公布之容量費率給予獎勵；能量費率

則依事件執行次數每月按固定公式<sup>備註</sup>計算給予獎勵，沒有執行時則該次不給予能量費率獎勵，對於電業而言算是風險比較低的方案。方案整理如圖表 13、14 及 15 所示。

圖表 13 PG&E 需量反應方案內容

公司名稱	Pacific Gas and Electric Company (PG&E 太平洋瓦斯及電力公司)	
方案名稱	Demand Bidding Program	Capacity Bidding Program
參與資格	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. 僅限 PG&amp;E 現有工、商及農業用戶直接參與</li> <li>B. 用戶已選用 PG&amp;E 時間電價方案</li> <li>C. 具備能量測每 15 分鐘需量的電表</li> <li>D. 具備網路線上及手機申報系統</li> <li>E. 用戶過去 12 個月最高需量必須超過 50kW</li> <li>F. 具備能連續 2 小時抑低超過 10kW 的能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. PG&amp;E 用戶需透過認證的用戶群代表參加，不得直接參與</li> <li>B. PG&amp;E 用戶需與用戶群代表簽訂合約，PG&amp;E 不介入其交易行為</li> <li>C. 用戶群代表的簽約用戶僅限 PG&amp;E 現有工、商及農業用戶，住宅用戶不得參與</li> <li>D. 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</li> <li>E. PG&amp;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</li> <li>F. 用戶群代表需具備網路線上及手機申報系統</li> <li>G. 用戶群代表的簽約用戶已選用 PG&amp;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</li> </ul>
執行期間	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	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
執行方式	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容量，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	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

	量	午三點前以電話、手機或是 Mail 通知用戶群代表配合抑低
獎勵方式	用戶最少必須抑低投標量的 50%，最多至投標量的 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	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
觸發機制	<p>A. CAISO 抑低用電日前一日預測負載量高於 43,000 MW;</p> <p>B. CAISO 發出紅色警戒</p> <p>C. 預測溫度超過負載區域的溫度門檻</p> <p>D. PG&amp;E 預測發電或電力系統的容量可能是不夠的</p>	<p>A. PG&amp;E 預測發電機組熱耗率高於 15,000BTU/kWh</p> <p>B. PG&amp;E 預測執行負載調度是有利的</p> <p>C. 預測溫度超過負載區域的溫度門檻</p> <p>D. PG&amp;E 預測發電或電力系統的容量可能是不夠的</p>
成效計算	<p>A. 每小時的基準用電容量 (Customer Baseline, CBL) 扣除抑低用電時段每小時的平均需量 (Actual Usage, AU) 之差額</p> <p>B. 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每小時負載日平均資料</p> <p>C. 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)</p> <p>D. 實際抑低容量 = CBL - AU, CBL = CBL0 or CBL0 * DoA, CBL 調整區間限為 80% CBL ~ 120% CBL</p> <p>E. DoA = 執行抑低用電日執行時段前四小時中前三小時需量 / 抑低用電日前十日之執行抑低用電日執行時段前四小時中前三小時需量</p>	<p>A. 用戶群代表所有簽約用戶抑低用電時段每小時的基準用電容量 (Customer Baseline, CBL) 扣除每小時的平均需量 (Actual Usage, AU) 之差額的總和</p> <p>B. 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每小時負載日平均資料</p> <p>C. 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)</p> <p>D. 用戶群代表實際抑低容量 = <math>\sum(CBL_i - AU_i)</math>, <math>i</math> 用戶 = 1...n, <math>CBL_n = CBL_0</math> or <math>CBL_0 * DoA</math>, CBL 調整區間限為 60% CBL ~ 140% CBL (以用戶個別調整計算再加總)</p> <p>E. DoA = 執行抑低用電日執行時段前四小時中前三小時需量 / 抑低用電日前十日之執行抑低用電日執行時段前四小時中前三小時需量</p>
競標	PG&E InterAct website. (一律採線上申請及線上投標)	

平台 (含用戶界面)	
---------------	--

圖表 14 PG&E CBP 容量費率

前一日通知降載		單位：美元/kW				
抑低時數	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1~4 小時	3.04	3.71	15.6	21.57	13.30	2.17
2~6 小時	3.04	3.71	15.6	21.57	13.30	2.17
4~8 小時	3.04	3.71	15.6	21.57	13.30	2.17
當日通知降載		單位：美元/kW				
抑低時數	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1~4 小時	3.50	4.27	17.94	24.81	15.30	2.50
2~6 小時	3.50	4.27	17.94	24.81	15.30	2.50
4~8 小時	3.50	4.27	17.94	24.81	15.30	2.50

+15%

圖表 15 CBP 容量費率獎勵調整及罰則

容量費率獎勵最多給予 1.05 倍，如無法配合執行抑低者，最高懲罰容量費率的 60%，執行率=執行抑低時段每小時的實際抑低容量/約定每小時的抑低容量，計算方式如下表：

執行率	獎勵調整	罰則
大於 1.05%	容量費率 x 1.05	0
0.75%~1.05%	容量費率 x 執行率	0
0.60%~0.74%	容量費率 x 0.5	0
0%~0.59%	0	容量費率 x (0.6-執行率)
小於 0	0	容量費率 x 0.6

備註：CBP 能量費率

能量費率依事件執行次數進行計算，沒有執行需量方案事件時則該次沒有獎勵，能量價格 = 15,000BTU/kWh(熱耗率) \* PG&E 燃氣價格(熱值成本 USD/BTU)，計算方式如下：

- 實際抑低容量大於等於約定抑低容量  
能量費率獎勵：實際抑低容量\*能量價格
- 實際抑低容量小於約定抑低容量  
能量費率獎勵：實際抑低容量\*能量價格-(約定抑低容量-實際抑低容量)\*市場現有燃氣價格

(3) 南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison , SCE)

從 2003 年推出名稱為 Demand Bidding Program 的需量競價方案，為一個全年期間、具有彈性的需量反應方案，用戶資格為 200kW 的用戶。用戶最少必須抑低投標量的 50%，最多投標量的 200%，如果抑低量少於抑低投標量的 50% 或者超過投標量的 200% 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。

SCE 的事件發生的期間為平日的中午至下午八點，如 CASIO 或是 SCE 預測發生供電緊澀時則觸發事件，於前一日中午前透過電話、手機或是 Mail 通知用戶，用戶可透過網站於事件前兩小時內更改約定抑低量，沒有配合執行抑低則無罰則，對於用戶而言算是風險比較低而有利的方案。根據 SCE 統計，至 2013 年約有 1,800 戶參與方案，方案整理如圖表 16 所示，SCE 之獎勵優惠計算範例如圖表 17 所示。

圖表 16 SCE 需量反應方案內容

公司名稱	Southern California Edison (SCE 南加州愛迪生電力公司)
方案名稱	Demand Bidding Program
參與資格	A. 用戶過去 12 個月最高需量必須超過 200kW B. 具備能 1 小時抑低超過 30kW 的能力
通知方式	前一日中午通知，以電話、手機或 email 通知
抑低標的	A. 全年平日(週一至週五)，不含例假日，抑低時間為中午到下午八點 B. 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
執行方式	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
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. 預測溫度超過負載區域的溫度門檻 D. SCE 預測發電資源或電力系統的容量可能是不夠的
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 (含用戶介面)	SCE 網站

Average Hourly Usage (kWh)	200	150	100	75	50	25
You bid a 50% reduction in energy use to earn \$0.50/kWh	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>37.5</b>	<b>25</b>	<b>12.5</b>
Your actual reduction is:						
<b>50% of your bid</b>	<b>50</b>	<b>37.5</b>	<b>25</b>	<b>18.75</b>	<b>12.5</b>	<b>6.25</b>
You'll earn	<b>\$25.00</b>	<b>\$18.75</b>	<b>\$12.50</b>	<b>\$9.38</b>	<b>\$6.25</b>	<b>\$3.13</b>
<b>100% of your bid</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>37.5</b>	<b>25</b>	<b>12.5</b>
You'll earn	<b>\$50.00</b>	<b>\$37.50</b>	<b>\$25.00</b>	<b>\$18.75</b>	<b>\$12.50</b>	<b>\$6.25</b>
<b>200% of your bid</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>25</b>
You'll earn	<b>\$100.00</b>	<b>\$75.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$37.50</b>	<b>\$25.00</b>	<b>\$12.50</b>

圖表 17 SCE 獎勵優惠計算範例

在實際實施上，SCE 的 DBP 參與用戶只要在 SCE 的網頁上輸入正確的帳號和密碼就可以登入網站，進行投標的動作。而在投標的頁面上會看到目前 SCE 所公告可進行 DBP 需量降載的日期與時段，如圖表 18。在事件執行之前用戶都可以改變狀態以進行競標的動作。在競標之前，用戶需選擇一個想要降載的日期，點進去之後將看到可選擇降載的時段，並且在每個時段都會列出該時段的基準值，也就是說用戶的競標量不可以超過該值，如圖表 19 所示。

Demand Bidding Program

From: 01/01/2010 To: 01/12/2011

Status: All

SEARCH

Standing Bids

Assign or Modify

Select an event to continue.

Event#	Program Name	Event Start	Event End	Status	Bid Start	Bid End
153	DEMAND BIDDING	10/01/2010 12:00	10/01/2010 20:00	Complete	09/30/2010 11:50	09/30/2010 16:00
150	DEMAND BIDDING	09/30/2010 12:00	09/30/2010 20:00	Complete	09/29/2010 11:50	09/29/2010 16:00
142	DEMAND BIDDING	09/28/2010 12:00	09/28/2010 20:00	Complete	09/27/2010 11:50	09/27/2010 16:00
141	DEMAND BIDDING	09/27/2010 12:00	09/27/2010 20:00	Complete	09/24/2010 11:50	09/24/2010 16:00
131	DEMAND BIDDING	09/02/2010 12:00	09/02/2010 20:00	Complete	09/01/2010 11:50	09/01/2010 16:00
126	DEMAND BIDDING	08/26/2010 12:00	08/26/2010 20:00	Complete	08/25/2010 11:50	08/25/2010 16:00
124	DEMAND BIDDING	08/25/2010 12:00	08/25/2010 20:00	Complete	08/24/2010 11:50	08/24/2010 16:00
121	DEMAND BIDDING	08/24/2010 12:00	08/24/2010 20:00	Complete	08/23/2010 11:50	08/23/2010 16:00
97	DEMAND BIDDING	07/16/2010 12:00	07/16/2010 20:00	Complete	07/15/2010 11:50	07/15/2010 16:00

Page: 1/1

SELECT & CONTINUE

圖表 18 DBP 預計執行之日期

Day of Adjustment

Customer Name	Service Account #	Time Period	Price (\$/kWh)	Baseline (kWh)	Bid (kWh)	Day of Adj	Target (kWh)	Hi
CUSTOMER4	3-000-0014-92	12:00 PM - 1:00 PM	0.50000	19464.30	60	<input type="checkbox"/>	19434.30	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	1:00 PM - 2:00 PM	0.50000	19388.70	60	<input type="checkbox"/>	19328.70	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	2:00 PM - 3:00 PM	0.50000	19515.60	50	<input type="checkbox"/>	19465.60	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	3:00 PM - 4:00 PM	0.50000	19888.20	50	<input type="checkbox"/>	19858.20	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	4:00 PM - 5:00 PM	0.50000	20009.70	50	<input type="checkbox"/>	19969.70	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	5:00 PM - 6:00 PM	0.50000	20063.70	50	<input type="checkbox"/>	20013.70	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	6:00 PM - 7:00 PM	0.50000	20025.90	50	<input type="checkbox"/>	19965.90	0.00
CUSTOMER4	3-000-0014-92	7:00 PM - 8:00 PM	0.50000	20042.10	50	<input type="checkbox"/>	20002.10	0.00

ESTIMATE BID RESULTS | SUBMIT BIDS | CANCEL

Check the upper Day of Adjustment box for a list of your Service Accounts. Use the lower checkboxes to select the Day of Adjustment option for individual Service Accounts.

圖表 19 SCE 之 DBP 參與用戶執行競標之頁面

## 2. 紐約州

### (1) 紐約電力調度中心(New York Independent System Operator, NYISO)

NYISO 其下包括前一日市場、即時市場、裝置容量市場 (Installed Capacity)、輸電壅塞合約市場 (Transmission Congestion Contracts, TCC)、裝置容量市場(Reserves)及管制市場(Regulation)。而備轉容量市場又可分為 10 分鐘前熱機備轉容量市場、10 分鐘前非熱機備轉容量市場及 30 分鐘前非熱機備轉容量市場。市場參與

者可以藉由購買輸電服務和排程雙邊合約的方式去滿足其內部或外部的需求，而非一定必須在 ISO 相關市場上買賣，NYISO 除了 SCR 以外的方案都需於市場競價，皆屬於需量競價的一種。

圖表 20 NYISO 需量反應方案

方案	SCR (Special Case Resource Program)	EDRP (Emergency Demand Response Program)	DADRP (Day-Ahead Demand Response Program)	DSASP (Demand Side Ancillary Services Program)
服務	直接通知用戶抑低	能量市場	日前能量市場	輔助服務市場
回饋方式	能量回饋 容量回饋	能量回饋	能量回饋	能量回饋
市場調度	可靠型: 日前 (21-hours) 警示，當日 2 小時前通知 如果沒有前日警示，則當日通知降載無懲罰	可靠型: 當日兩小時前通知	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	可以透過用戶群代表
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	1159.3MW	26.9MW	0MW (2010 迄今皆無執行)	126.5MW

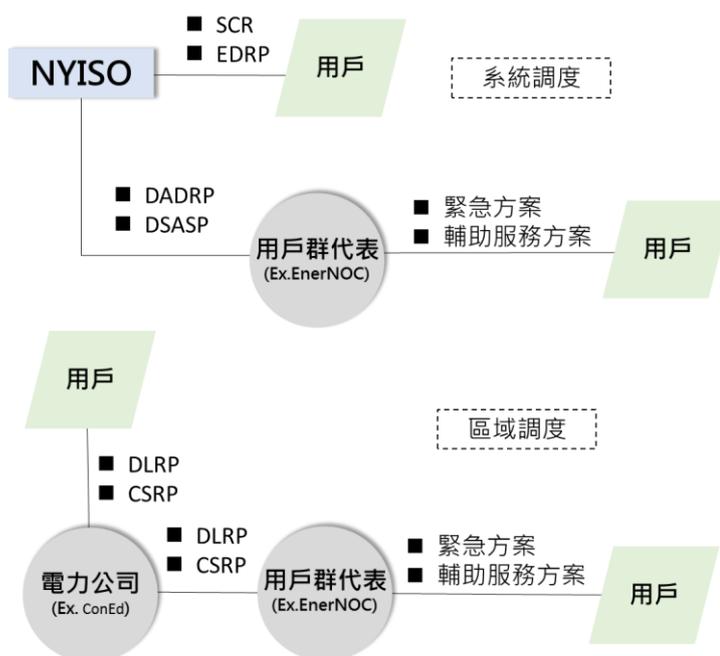
(2) 紐約聯合愛迪生電力公司(Consolidated Edison Company of New York, ConEd)

ConEd 需量反應方案主要在解決區域供電緊澀問題，特別是 ConEd 需量反應方案針對不同區域及不同區域的時間帶(Tier)給予不同獎勵，藉以誘導負載轉移。

圖表 21 ConEd 需量反應方案

方案	DLRP (Distribution Load Relief Program)	CSRP (Commercial System Relief Program)
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)

紐約電力公司需量反應方案與 NYISO 最大的不同在於電力公司方案僅有區域性需量反應方案，而 NYISO 則有系統面的需量反應方案，且 ConEd 的需量反應方案不需於市場競標，而採直接通知用戶抑低的方式，所以並無需量競價的方案，需量反應關聯圖如圖表 22。



圖表 22 紐約州需量反應關聯圖

### 3. 美國用戶群代表公司 EnerNOC 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)(如圖表 23)，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。

圖表 23 EIS 及需量反應紀錄器(附掛在電表外和電表一起使用)



EnerNOC 已建置一個可彈性擴展、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(如圖表 24)(Network Operations Center, NOC)每天 24 小時傳送即時的能源資訊，相當於虛擬電廠的中樞神經系統，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，包含世界各國的需量反應操作皆由波士頓網路操作中心統一控制。此外，EnerNOC 用戶基準線(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「緊急方案」與「輔助服務」為例，其補償方案、衡量績效與基線選擇、執行方式如圖表 25 所示。



圖表 24 EnerNOC 網路操作中心

圖表 25 EnerNOC 需量反應方案之設計

	緊急方案	輔助服務
方案補償	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 容量(\$/kW-month)</li> <li>■ 能量(\$/kWh)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 提供服務(\$/kW-hour)</li> <li>■ 能量(\$/kWh)</li> </ul>
績效衡量	經調整之消費者基準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	10-80 小時	0-80 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
懲罰條件	執行績效低於事前約定門檻	執行績效低於事前約定門檻
發生頻率	低	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 因調節備轉(3 分鐘)而啟動機率較低</li> <li>■ 因即時備轉(30 分鐘)及補充備轉(60 分鐘)而啟動機率較高</li> </ul>
電表記錄頻率	5、15 或 60 分鐘紀錄一次	最短 6 秒紀錄一次

#### 四、本公司需量競價措施簡介與 PG&E 需量競價措施比較

##### (一)本公司需量競價措施簡介

本公司於民國 104 年推出「需量競價措施」，係指系統高載時期，開放用戶把節省下來的電賣回給台電，並由用戶出價競標，本公司則採愈低報價者先得標方式決定得標者，若得標者於抑低用電期間確實減少用電量，則可獲得電費扣減。104 年與 105 年方案內容對照如圖表 26：

圖表 26 本公司 104 年與 105 年需量競價措施對照表

	104 年	105 年
實施時間	5~8 月	5~12 月
每次抑低時數	2 或 4 小時	2 或 4 小時
報價方式	每週報價	每日報價
報價上限	每度 10 元	每度 10 元
通知方式	抑低用電前 1 日下午 6 時前	抑低用電前 1 日下午 6 時

		電話、傳真通知	前簡訊、email 通知
回饋 方式	流動電 費扣減	依用戶抑低用電每度報價 扣減流動電費	依用戶抑低用電每度報價 扣減流動電費
	基本電 費扣減	可靠型用戶每月最高給予 48 元/呎之基本電費扣減	可靠型用戶每月最高給予 72 元/呎之基本電費扣減

(二)與 PG&E 需量競價措施比較

本次參訪美國電業 PG&E、SCE、CAISO、ConEd 及 NYISO 等，唯 PG&E、SCE 及 ConEd 等屬於售電業角色，與本處業務相近，而 ConEd 需量反應方案並無需量競價可供參考，故以 PG&E 的需量競價方案 (CBP、DBP) 為例作為本公司需量競價比較參考，比較表如圖表 27。

圖表 27 PG&amp;E 的 CBP 及 DBP 與本公司需量競價措施比較表

類別	台電公司		PG&E	
方案名稱	需量競價措施經濟型	需量競價措施可靠型	Demand Bidding Program , DBP	Capacity Bidding Program , CBP
適用對象	≥ 100 瓩(特)高壓	≥ 100 瓩(特)高壓	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. 僅限 PG&amp;E 現有工、商及農業用戶直接參與</li> <li>B. 用戶過去 12 個月最高需量必須超過 50kW</li> <li>C. 具備能連續 2 小時抑低超過 10kW 的能力</li> </ul>	PG&E 用戶需透過認證的用戶群代表參加，不得直接參與
啟動條件	依系統需要及競價結果	依系統需要及競價結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. CASIO 日前預測負載量高於 43,000 MW;</li> <li>B. CASIO 發出紅色警戒</li> <li>C. 預測溫度超過負載區域的溫度門檻;或</li> <li>D. PG&amp;E 預測發電資源或電力系統的容量可能是不夠的</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. PG&amp;E 預測發電機組熱耗率高於 15,000BTU/kWh</li> <li>B. PG&amp;E 預測執行負載調度是有利的</li> <li>C. 預測溫度超過負載區域的溫度門檻;或</li> <li>D. PG&amp;E 預測發電資源或電力系統的容量可能是不夠的</li> </ul>
競價方式	抑低用電前一日上午 11 時前用戶於需量競價平台自行報價，採低報價得標的方式	抑低用電前一日上午 11 時前用戶於需量競價平台自行報價，採低報價得標的方式	抑低用電前一日中午 12 時前以電話、手機或是 Mail 通知用戶投標，用戶於下午 4 時前投標可抑低量，採先投標先得標的方式	用戶群代表於執行月份前 5 工作日於網路約定可抑低容量，無最小容量限制
通知得標方式	抑低用電前一日下午 6 時前以傳真、手機簡訊或是 Mail 通知用戶	抑低用電前一日下午 6 時前以傳真、手機簡訊或是 Mail 通知用戶	PG&E 於下午 5 時決標並以電話、手機或是 Mail 通知用戶隔日需配合抑低量	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. 當日通知降載：執行前 3 小時簡訊 &amp; Email 通知</li> <li>B. 前一日通知降載：前一日下午 3 時前簡訊 &amp; Email 通知</li> </ul>
抑低用電期間	6 月至翌年 1 月電費月份任何時段，每次(日)2 或 4 小時，每月不超過 28 小時	6 月至翌年 1 月電費月份任何時段，每次(日)2 或 4 小時，每月不超過 28 小時	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. 全年平日(週一至週五)，不含例假日，抑低時間為上午 6 時至下午 10 時，一天最多一次</li> <li>B. 4~8 小時方案，無執行時數上限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. 5/1~10/31 平日(週一至週五)，不含例假日，抑低時間為上午 11 時到晚上 7 時，一天最多一次</li> <li>B. 執行抑低 1~4 小時、2~6 小時、4~8 小</li> </ul>

類別	台電公司		PG&E	
方案名稱	需量競價措施經濟型	需量競價措施可靠型	Demand Bidding Program , DBP	Capacity Bidding Program , CBP
				時三種方案，每月最多執行 30 小時
最低抑低契約容量	經常契約容量 50 瓩	經常契約容量 50 瓩	連續 2 小時抑低超過 10kW	無最小容量限制
基準用電容量 (CBL)	執行抑低用電日前 5 日 (執行抑低用電日、週六、離峰日等除外) 每日相同抑低用電時段之最高需量之平均值	執行抑低用電日前 5 日 (執行抑低用電日、週六、離峰日等除外) 每日相同抑低用電時段之最高需量之平均值	A. 基準用電容量是以抑低用電日前 10 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 B. 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)	A. 基準用電容量是以抑低用電日前 10 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 B. 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)
實際抑低容量	基準用電容量扣除抑低用電時段最高需量之差額, 未達最低抑低契約容量則按 0 計算	基準用電容量扣除抑低用電時段最高需量之差額, 未達最低抑低契約容量則按 0 計算	每小時的基準用電容量 (Customer Baseline , CBL) 扣除抑低用電時段平均需量 (Actual Usage , AU) 之差額	用戶群代表所有簽約用戶每小時的基準用電容量 (Customer Baseline , CBL) 扣除抑低用電時段平均需量 (Actual Usage , AU) 之差額的總和
獲得電費扣減條件	實際抑低容量 $\geq$ 最低抑低契約容量	實際抑低容量 $\geq$ 最低抑低契約容量	用戶最少必須抑低投標量的 50%, 最多投標量的 150%	實際抑低容量 $\geq$ 約定抑低契約容量*0.6
電費扣減	依用戶報價給予流動電費扣減, 每度不超過 10 元	A. 依用戶報價給予流動電費扣減, 每度不超過 10 元 B. 依執行達成次數不同給予基本電費扣減, 執行月份每瓩最高扣減 72 元	依照實際抑低量計算每度 0.5 美元的電費優惠	A. 容量費率: 依 PG&E 所公布之容量費率計算 B. 能量費率: 依實際抑低容量進行計算, 沒有執行抑低時則該次沒有能量費率獎勵
加計電費	無	未達抑低契約容量須加計電費, 按用戶報價之 50% 計算	無	如無法配合執行抑低者, 最高懲罰容量費率的 60%

## 五、現階段需量競價措施問題探討及建議

需量反應可說是當前最有效的抑低負載工具之一。從國內發電廠經過輸、配電系統與電表至用戶終端設備，轉換為電力服務之過程中，考量發電轉換率、熱耗率、線損等種種因素都會造成能源轉換的損失。換言之，用戶參與需量反應方案，每節省 1 度電，所實際省下的電能遠大於發電的 1 度電，其「槓桿作用」所帶來節能減碳效益之顯著性與重要性，不言可喻。

另一方面，需量反應中的需量競價措施對於電力系統備用容量，均具有關鍵性的影響，可即時因應天候瞬間變化，確保電網供需平衡，可大幅增加電力系統備轉容量彈性，避免限電危機。如何使需量競價措施的參與用戶、實際抑低契約容量以及執行率大幅提升，係應積極規劃之重點。惟台灣當前之時空背景與客觀環境，相較於先進國家電力市場已充分自由化之情況，並不相同。因此，未來精進方向必須加以考量需量競價措施推動過程之可操作性。

### (1) 導入用戶群代表並設計專屬的需量競價措施

國外電力公司可透過用戶群代表進行需量競價，可減少電力公司人力投入於尋找用戶、諮詢外，亦避免介入用戶端設備的建置、維修與故障糾紛處理等問題。

惟基於用戶群代表係代表用戶參與電力公司需量反應之中間商，其性質為從事負電力之經紀或仲介，而現行電業法並無用戶群代表角色之明確法理依據，此商業模式更需釐清是否有違反電業法之虞。現階段電業法雖未明確定義用戶群代表角色，但為因應日漸供電緊澀之情形，本公司將以試驗性採購計畫方式，設計較簡易及便於控管的需量反應模式(如單一用戶群代表、固定抑低容量、單一抑低通知時間等)，以短期因應解決金錢流的問題引進用戶群代表制度。

未來則待電業法納入修正後，將可正式導入用戶群代表，設計更多元用戶群代表專屬需量競價方案(如多家用戶群代表、彈性抑低容量、不同抑低通知時間組合等)，組合更多用戶負載提供不同的卸載模式，以提供更可靠的電力卸載量。

### (2) 擴大目標用戶族群

以我國現況而言，參與需量反應方案的傳統工業用戶，尖峰負載抑低容量已逐漸飽和，新興產業因生產型態多以 24 小時連續製程為主，而較不具移轉潛力。

而此次美國考察經驗，為使需量反應方案可順利推行，電業及 ISO 通常與「第三方」之用戶群代表形成策略聯盟，以降低與眾多用戶間的交易成本，導入用戶群代表不僅可以轉嫁風險更可以擴大用戶族群。

以 Comverge 為例，2006 年美國康乃狄克州輸電容量不足以應付夏季尖峰時段。此時 Comverge 與缺電地區 15,000 個住宅或小型用戶簽約，配合電業執行需量反應方案，於必要時段緊急降載，平均每戶降載 750 ~ 2,000 瓦，每戶 1 年平均約可獲得 100 美元的電價優惠。至 2013 年初，全美共計已超過 100 萬用戶參與 Comverge 公司所提供之需量反應方案，客戶量成長幅度相當驚人。

建議可配合廣泛布建 AMI 之際擴大需量競價措施，參考用戶群代表之運作模式，例如以台北市政府為代表母戶，結合底下所有機關電號併同參與需量競價，藉由聚合用戶抑低用電量之方式，一方面便於控管另一方面提供更多用戶參與需量反應之管道，類似用戶群代表的功能發揮聚沙成塔效果，激發全新的抑低用電潛能。

- (3) 配合未來電業自由化電業劃分為發電業、輸配電業及售電業，參考國外作法應不同需求劃分需量競價措施

依據電業法修正草案中列示，需量反應指因應電力系統狀況而為電力使用行為之改變，電力系統供需平衡亦為輸配電業的主要業務，需量反應未來應當由輸配電業負責，且綜觀於其他各國自由化市場需量反應也均由 TSO、ISO 主導。

惟電業自由化後，尤其是售電業，除行銷策略由單純銷售電力轉向異業合作外，訂價策略也將從負載管理、節約能源轉向極大化市場佔有率，由成本反映為主的訂價方式(如電壓別差別訂價公平分攤成本)轉向客製化訂價(如量身訂價以留住關鍵客戶)等等，重點均轉為在爭取用戶及創造收益而並非基於系統需要。

因此在電業自由化的前提下，由於輸配電業(包含 ISO)負責整體系統調度，建議可依本身容量市場及能量市場的不同需求設計專屬的需量競價方案，並由輸配電業主導及推動以滿足系統平衡電力管理等需要。而售電業於需量競價的角色則可視為用戶群代表，依輸配電業的調度需求設計對應的需量反應方案並藉由異業合作的模式賺取價差誘因提高收益。

- (4) 加入不同執行降載時數方案，提高用戶選擇彈性

目前需量競價僅開放用戶可以選擇投標 2 小時或 4 小時之方案，可

參考 PG&E 的 CBP 方案採以小時為執行時數單位，以通知用戶執行降載 1~4 小時方案為例，該次通知即可執行 1 小時、2 小時、3 小時、4 小時等不同時數組合，將可同時兼顧系統調度可靠度及用戶彈性，但相對後端平台所面臨到的競標機組變多且執程序相對複雜，可能會有潛在的疑慮需另加以考量。

- (5) 電費扣減金額及抑低時數限制納入執行率概念，避免用戶虛報容量需量競價由於沒有罰則，因此許多用戶其實際抑低量未達約定抑低契約容量。為提高用戶執行率，可採用 PG&E 的 CBP 作法，電費扣減金額及抑低時數上限可依照執行率調整，例如執行率少於 60% 或者超過 150% 不給予電費扣減，且未達 60% 者依執行率調整給予罰則或降低下個月可抑低時數等作法，改善用戶虛報容量影響即時電力調度及排擠其他用戶得標之問題。

- (6) 增加需量競價措施當日通知型

目前本公司需量競價係配合內部日前市場機制進行，然而日前市場交易結束後發生發電機組跳機解聯時，需量競價已來不及反應，以填補跳機解聯導致之供電不足風險。因此建議應研議開啟日內需量反應市場的機制，於日前市場不足之部分於當日市場追加需量反應量，以使需量反應得以成為當日輔助服務調度的彈性裕度。

執行方式可採兩種做法，開放用戶一次報兩種價格，即前日市場與當日市場價格，若前一日市場沒有得標，將自動轉為當日市場競價；另一種做法則是用戶前一日若沒有得標，將自動轉為至當日市場，當日市場決定需求量後，價格可參考 PG&E 的 CBP 作法，當日市場為前日市場價格的 115%，亦可以系統邊際價格(SMP)決定得標用戶與結清價格。

- (7) 改良 CBL 設計

目前的基準線設定係採歷史日法(執行抑低用電日前 5 日)，與美國 CAISO(抑低用電日前 5 日取 4 日)、PG&E(抑低用電日前 10 日取 10 日)、EnerNOC(抑低用電日前 5 日取 4 日)相同，符合國際趨勢。但值得注意的是，需量競價採的是降載時段之最高需量平均(國外大多是採每一小時的需量平均)，此作法將導致某些產業只要每天在特定時間衝高 15 分鐘的需量，即可操弄其基準線。

建議基準線設定參考國外設計機制，將基準線設定改為以小時為單位計算，並針對一定契約容量以上之申請用戶提出 RRMSE 驗證機制，皆可提高基準線的準確性。

## 五、誌謝

感謝公司各級主管給予本次赴美實習的機會，並承蒙台灣經濟研究院及 EnerNOC 公司協助，負責當地與電業、主管機關、獨力調度中心之事先聯繫與安排，謹致上最深的謝意。

## 肆、參考資料

- 一、 IEEE,“Xplore Locational marginal price for distribution system considering demand response”,2012
- 二、 iPower,FLECH - “MARKET SPECIFICATION ANALYSIS”2013
- 三、 Opinion Dynamics,“2012-2013 PG&E and SCE Demand Bidding Program”,2014
- 四、 PG&E,“Demand Bidding Program”
- 五、 [http://www.pge.com/en/mybusiness/save/energymanagement/dbp/index.page?WT.mc\\_id=Vanity\\_dbp](http://www.pge.com/en/mybusiness/save/energymanagement/dbp/index.page?WT.mc_id=Vanity_dbp)
- 六、 SEC,“Demand Bidding Program”
- 七、 [https://www.sce.com/wps/wcm/connect/96702c0a-c759-4efe-b302-f874e4407c32/090217\\_Demand\\_Bidding\\_Fact\\_Sheet.pdf?MOD=AJPERES](https://www.sce.com/wps/wcm/connect/96702c0a-c759-4efe-b302-f874e4407c32/090217_Demand_Bidding_Fact_Sheet.pdf?MOD=AJPERES)
- 八、 SDGE,“Capacity Bidding Program”
- 九、 <http://www.sdge.com/business/demand-response/capacitybidding>
- 十、 張建隆,“我國需量反應潛能調查模擬分析之研究”,北台學報第 28 期,2005 年。
- 十一、 張景淳,“美國電力需量反應實施成效調查”,工業技術研究院,2013 年。
- 十二、 「需量競價措施」報告,台電公司,2015 年。
- 十三、 「研習美國電力公司緊急應變中心」報告,台電公司,2011 年。
- 十四、 「電力交易及調度制度之研究」報告,經濟部能源委員會,2001 年。
- 十五、 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 年。
- 十六、 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 年。
- 十七、 Shi You,“Developing Virtual Power Plant for Optimized Distributed Energy Resources Operation and Integration”, PhD thesis, DTU Electrical Engineering, Technical University of Denmark, September 2010.
- 十八、 Hesamoddin Marzooghi, Mehdi Garmroodi Doiran, “Aggregated Demand Response Modeling for the Performance and Stability

Assessment of the Future Grid Scenarios”,Faculty of Engineering & Information Technologies, The University of Sydney, Sydney, NSW 2006.

- 十九、 Rick Nicholson, Roberta Bigliani, Marcus Torchia, Sam Jaffe, “Defining the Virtual Power Plant”, Energy Insight #EI221035, December 2009.
- 二十、 Federal Energy Regulatory Commission , <http://www.ferc.gov/> ◦
- 二十一、 California Energy Commission , <http://www.energy.ca.gov/> ◦
- 二十二、 California Public Utilities Commission , <http://www.cpuc.ca.gov/> ◦
- 二十三、 California ISO , <http://www.caiso.com/> ◦
- 二十四、 Pacific Gas and Electric Company , <http://www.pge.com/> ◦