

國立政治大學國家發展研究所

碩士學位論文

台灣電力市場用戶群代表制度之研究

Analysis of Aggregator Systems for the Taiwan

Electricity Market

指導教授：許志義 博士

研究生：洪穎正 撰

中華民國一零六年八月

致 謝

在自己漫長的碩士生涯中，歷經尋找研究方向、當兵、更改研究題目、休學、復學、撰寫與修改論文內容.....等階段，至今日完成此篇論文實屬不易。細想過程中受到師長與親友等許多人幫助，益加感覺幸運與感恩。於此文感謝部分幫助我得以完成論文的重要角色，篇幅有限難免有遺漏，不減任何人的好意與我的感激。

首先要感謝我的指導教授許志義老師，除了教導我許多經濟學概念和電力市場知識外，耐心地指導我論文研究方向並提供大量的文獻資料和研討會等資訊，是撰寫論文時最直接最有力的協助者，我很榮幸可以受許志義老師指導，並對自己終於有一點成果感到欣喜。

接著我想感謝政治大學國家發展所提供的資源與大家的協助，讓我們可以自由於經濟、政治、社會各個面向中，尋找有意義的議題進行研究。童振源教授、李酉潭教授、魏玫娟教授.....等每一位教授的授課都拓展了我的眼界與知識。還要特別感謝所辦張佩琦學姊在多項行政流程的主動幫忙，否則以我粗心的個性大概畢不了業。也感謝同學們的幫助，特別是麗容與問哥回答了我不少論文寫作的問題。

此外感謝兩位論文口試委員李酉潭教授與林建甫教授，他們提供的寶貴意見使此篇論文更加完備、脈絡更清楚。

最後感謝我的父母，給我支持與自由，或許是他們的期待使我沒有放棄完成論文取得碩士學位。

洪穎正 2017 年 8 月 28 日於台北

摘要

本研究針對先進國家「用戶群代表」制度之政策與法規進行探討，並進一步探討如何施行於台灣電力市場。首先定義並解釋「用戶群代表」涵意後，整理出先進國家(包含美國、歐盟、德國、澳洲、韓國五個地區與 EnerNOC、Comverge、CPower、OhmConnect 四個公司)的用戶群代表商業模式案例，藉由文獻分析與個案研究，觀察先進國家政策方向與用戶群代表市場定位差異。同時，本研究由我國用戶群代表相關制度法規，探討用戶群代表於我國電力市場實施之適法性。此外，本研究根據文獻回顧整理出發展用戶群代表制度的關鍵成功因素，並詳細探討我國當前條件是否適合發展。最後針對政府與台電、產業界、學術界、電力用戶的不同角度，提出可行的政策法規建議。

關鍵詞：用戶群代表、需求面管理、需量反應、虛擬電廠、虛擬尖峰容量

Abstract

This thesis explores the policies and regulations of aggregator systems in advanced countries and explores how to implement aggregator system in Taiwan electricity market. In order to achieve this objective, we first define and elaborate the meanings of aggregator. Then, experience and case studies of USA, European Union, Germany, Australia and Korea are studied. In addition, business models of four aggregators, EnerNOC, Comverge, CPower and OhmConnect are presented. Furthermore, we examine current related regulations of an aggregator in Taiwan electricity market for feasibility analysis. In addition, this study summarizes the key success factors of the development of aggregator systems according to the literature review, and discusses in detail whether Taiwan's current conditions are suitable for development. Finally, market models and policy regulations in relation to the aggregator are recommended.

Keywords: Aggregator, Demand-Side Management (DSM), Demand Response (DR), Virtual Power Plant (VPP), Virtual Peaking Capacity (VPC)

目次

第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與貢獻	3
第三節 研究架構與流程	4
第四節 章節安排	5
第二章 研究方法	7
第一節 文獻分析法	7
第二節 個案分析法	9
第三節 本章小結	11
第三章 用戶群代表探討與文獻回顧	12
第一節 執行需量反應之理論基礎	12
第二節 用戶群代表之定義與其在電力市場的角色	16
第三節 用戶群代表商業模式與文獻回顧	18
第四節 本章小結	20
第四章 先進國家用戶群代表制度相關政策法規	22
第一節 美國	22
第二節 歐盟	26
第三節 德國	28
第四節 澳洲	30
第五節 韓國	32

第六節 本章小結	35
第五章 用戶群代表個案研究	37
第一節 EnerNOC 公司	38
第二節 Comverge 公司	40
第三節 CPower 公司	41
第四節 OhmConnect 公司	41
第五節 本章小結	43
第六章 台灣用戶群代表制度與電力市場分析	44
第一節 用戶群代表制度的效益與面臨之挑戰	44
第二節 台灣用戶群代表角色定位與營運之適法性	48
第三節 用戶群代表關鍵成功因素	52
第四節 台灣電力市場分析	53
第五節 本章小結	61
第七章 結論與建議	62
第一節 結論	62
第二節 建議	64
參考文獻.....	68

表 次

表 1	FERC 近年推動需量反應相關指令與政策意涵.....	23
表 2	韓國用戶群代表制度摘要.....	34
表 3	用戶群代表公司排名.....	37
表 4	EnerNOC 需量反應方案之設計.....	39
表 5	EnerNOC 需量反應方案之案例.....	39
表 6	施行用戶群代表制度的可能效益.....	46
表 7	用戶群代表關鍵成功因素與發展條件.....	54
表 8	近十年台灣發電結構比例.....	55
表 9	案例國家平均電價.....	56
表 10	台灣電力公司執行重大政策暨影響金額明細表.....	57
表 11	近五年備轉容量率低於 6%、備轉容量低於 90 萬瓩之天數.....	58

圖 次

圖 1	台灣近年備轉容量率低於 6% 之天數.....	2
圖 2	執行需量反應前後之電力供需情境.....	13
圖 3	一般用電時段執行需量反應後之電力供需情境.....	14
圖 4	德國需量反應市場示意.....	30



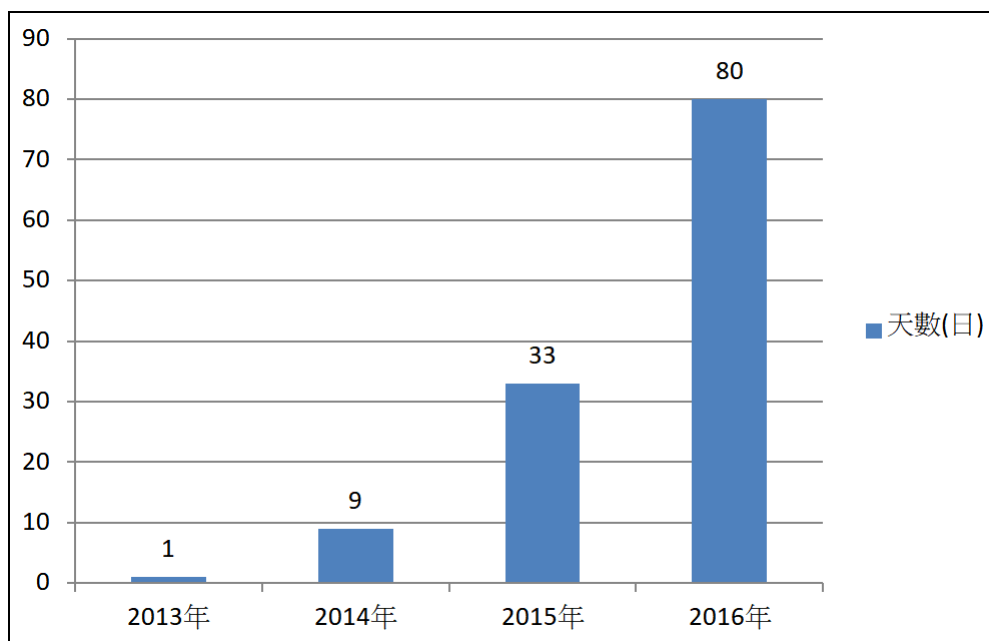
第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

傳統的國家發展政策規劃，在經濟方面之研究重點，往往側重於總體經濟領域(如國際貿易、貨幣金融、財政租稅等)的探討，對於資源與環境方面(如土地、水文與能源等)的經濟研究較不重視。然而，在 1987 年，聯合國世界與環境發展委員會(World Commission on Environment and Development, WCED)發表了一份報告〈我們共同的未來〉，正式提出永續發展(sustainable development)概念，並以此為主題對人類共同關心的環境與發展問題進行了全面論述，受到世界各國政府組織和輿論的極大重視。1992 年，聯合國地球高峰會於「二十一世紀議程」(Agenda 21)中，正式決議將永續發展作為解決全球環境問題的政治性指導綱領。也因此近代世界各國之國家發展政策規劃，除了經濟成長的目標外，如何同時兼顧環境保護成為重要的課題。而電力是經濟發展的重要因素，除了穩定的電力供給影響國家安全外，某些發電方式有破壞環境之虞(如燃煤發電排放大量的溫室氣體、核能發電製造核廢料等)。如何在發展電力產業的同時兼顧國家永續發展之各項目標，是我國電力規劃政策的重要課題。

我國近年來環保意識抬頭，在鄰避效應(Not In My Backyard, NIMBY)嚴重、居民大多不願意接受住家附近佈建新電力建設的情形下，興建輸配電網與開發新電廠(如核四封存)不易，電力供給也日漸吃緊。如圖 1 所示，台灣近年備轉

容量率低於 6% 之天數逐年升高，¹許多天數已接近限電警戒，面臨供電可靠度不足之危機。另我國是海島型國家，屬於獨立電網系統，無法仰賴自鄰國輸入電力，必須「自給自足」，自己發電滿足國內的用電需求。基於上述原因，在電力的供給面不易「開源」的情形下，「節流」變成為當前電力政策規劃的重要課題。亦即不僅要重視電力供給面的最佳發電配比，也要同時強調電力需求面管理(Demand-Side Management, DSM)，以需求面方式來解決電力供需平衡問題。



資料來源：台灣電力公司

圖 1 台灣近年備轉容量率低於 6% 之天數

電力業者為使其用戶配合降低用電負載，由傳統需求面管理概念進一步變革與延伸出的各種執行方式，即為不同的需量反應(Demand Response, DR)方案。智慧能源需求聯盟(Smart Energy Demand Coalition)之研究報告指出，需量反應被視為節能和提升再生能源發電比例的關鍵工具，不但能增加供電的可靠度，還可減

¹備轉容量率(Percent Operating Reserve)：係用來衡量每日供電可靠度之指標，等於(系統運轉淨尖峰供電能力-系統瞬時尖峰負載(瞬間值))*100%。

少向外國進口能源、支持再生能源電網整合。使電力市場更有競爭性、更安全、更可永續發展這三個目標，透過需量反應有能力同時達成。發展需量反應產業除了使原有相關產業更有經濟效率外，甚至還可增加投資和提供新的就業市場。由於上述多項優點，近年來世界各國莫不積極推動需量反應。根據 Navigant Research 機構的統計與分析，²全球需量反應市場在 2016 年的總容量接近 39GW，且預估到 2025 年將會提升到 144GW。

而根據全球最大的電力系統營運商 PJM 的統計，³PJM 在 2015 年有約 82% 的需量反應容量來自獨立的用戶群代表；the energyst 機構在 2016 年的統計則有約 79% 的企業透過用戶群代表參與需量反應方案，⁴皆說明了用戶群代表在需量反應執行上扮演重要的角色。

綜上所述，需量反應的發展為國際趨勢，且是以需求面方式達成電力供需平衡的重要方式。而實際執行需量反應方案時，用戶群代表又是其中最關鍵的角色，此一新興商業模式值得深入研究探討。研究先進國家用戶群代表制度以做為我國未來發展參考，爰為本研究之動機。

第二節 研究目的與貢獻

近代科技進步迅速，隨著無線網路訊號傳輸用電資訊等關鍵技術之成熟，需求面管理之內涵亦是日新月異，因而對於過去需求面管理之相關研究必須以新的環境背景重新評估與探討。由於用戶群代表為一新興之商業模式，國內針對此一

² Navigant Research, <http://www.navigantresearch.com/research/market-data-demand-response>

³ Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection, PJM

⁴ the energyst, 2016, “Demand Side Response Turning inertia into inertia 2016 Report”

模式之文獻研究並不豐富，相關研究大多聚焦於單一先進國家之發展探討，較缺乏各國發展模式於我國之法規制度與各方面條件下，實務面是否適宜執行之深入探討。

本研究旨在探討台灣電力市場用戶群代表制度，藉由文獻統整先進國家地區發展用戶群代表之相關政策法規，配合用戶群代表之個案研究，期能對「用戶群代表」此一新興商業模式進行全面的了解，進而協助我國未來發展相關產業時有更明確的方向。

第三節 研究架構與流程

本研究依步驟與流程，整體研究架構可分為六個細項，說明如下：

- 一、確認執行需量反應之理論基礎，再說明用戶群代表之定義與其在電力市場的角色，並由文獻探討目前既有的商業模式。
- 二、統整五個先進國家地區(美國、歐盟、德國、澳洲、韓國)推動需求面管理與用戶群代表之相關政策法規。
- 三、對四個用戶群代表個案(EnerNOC、Comverge、CPower、OhmConnect)進行研究。
- 四、針對我國法規，探討用戶群代表角色定位與營運之適法性。
- 五、根據文獻回顧與本研究統整，列舉發展用戶群代表最重要的關鍵成功因素(Key Success Factors, KSFs)，並進一步分析台灣電力市場現況是否符合上項各個關鍵成功因素。
- 六、根據前列各項研究與分析結果，提出對我國政府及企業推動用戶群代表之建議。

第四節 章節安排

本研究分為七個章節撰述，各章節內容簡述如下：

第一章緒論說明本研究之研究背景與動機、研究目的與貢獻、研究架構及流程，並簡述各章節之內容。

第二章為研究方法，說明本研究採用文獻分析法與個案分析法之原因，並概要說明此兩種研究方法。

第三章首先確認執行需量反應之理論基礎，接著定義用戶群代表與其在電力市場的角色。本章並在統整現有的用戶群代表商業模式後，對相關文獻進行文獻回顧。

第四章統整先進國家用戶群代表制度相關政策與法規，針對美國、歐盟、德國、澳洲、韓國這五個國家或區域分別探討。

第五章為用戶群代表個案研究，針對 EnerNOC、Comverge、CPower、OhmConnect 這四個用戶群代表公司進行研究。

第六章首先探討用戶群代表制度的效益與面臨之挑戰，接著以台灣現有之法規架構探討用戶群代表定位與營運之適法性。本章根據文獻回顧與本研究統整，列舉發展用戶群代表最重要的關鍵成功因素，並進一步分析台灣電力市場現況是否符合上項各個關鍵成功因素。

第七章為結論與建議，根據前列各項研究與分析結果進行總結，並提出對我國政府及企業推動用戶群代表之建議。



第二章 研究方法

本研究屬於質化分析(qualitative analysis)。依據 Earl Babbie(2007)之解釋，質化的資料分析是質化觀察結果的非數字檢視與詮釋，俾發現資料的深層意義與關係型態。質化分析途徑早於量化分析出現，它仍然是一種有用的資料分析途徑，甚而重獲社會科學家們的青睞。

本研究使用之研究方法為文獻分析法(document analysis)與個案研究法(case study)，以下就此兩種研究方法加以說明：

第一節 文獻分析法

文獻分析法是指根據一定的研究目的或是課題，透過蒐集有關市場資訊、調查報告、產業動態等文獻資料，從而全面地、正確地掌握所要研究問題的一種方法，蒐集內容儘量要求豐富及廣博；再將四處收集來的資料，經過分析後歸納統整，再分析事件淵源、原因、背景、影響及其意義等。因此文獻分析法被視為是一種分析個人、組織等相當有用的研究方法，同時也是研究者探索相同標的群、領域的利器。文獻分析法在研究過程中可維持研究者的客觀性、不介入性，進行文獻資料分析，相較於問卷與訪談等研究方法，研究者對過程及結果影響較低(劉吉軒、陳碧珠等，2009)。

文獻之資料來源，依性質可分為原始資料(primary data, 或譯為第一手資料)與次級資料(secondary data, 或譯為第二手資料)。由調查者直接由資料來源處蒐

集而得，尚未進行整理者為原始資料；由其他私人或機構所蒐集之資料，並經過整理者為次級資料。根據 Chava Frankfort-Nachmias 等(1998)，對次級資料分析之說明與優點如下：越來越多社會科學家引用由其他研究者先前所蒐集的資料，而其自身所設定的研究目的，通常與先前研究者有所不同。因此，次級資料分析是以前人蒐集資料而得的研究發現為基礎。例如，社會科學家使用政府基於行政或公共政策目的，所獲致的普查資料，來調查家計單位結構、收入分佈與重分配、遷入與遷出型態、種族與人種特性、家庭組成的改變、職業結構、社會流動性，以及鄉村、市區和大都會區域的屬性。使用次級資料的分析，有幾個方法論上的優點。首先，如果次級資料是可靠且正確的，則將提供複驗(replication)的機會。假設研究發現出現在數個研究中，它就會獲得更大的信賴感。因此，研究者可以不必親自進行數個研究，而是運用他人所蒐集的資料，再加上自己所蒐集到的資料，來進行研究。第二，擁有各時期資料的便利性，使研究者能夠採取時間縱向的研究設計。我們可以找到數十年前所進行研究的基準測量，並運用來對近期所蒐集到的資料進行定位。事實上，當研究者將他們的原始資料與以前研究所蒐集到的資料相比較時，基本上對原先的研究而言，他們是進行一個後續研究。第三，次級分析可以改進和運用可操作性概念，來擴展獨立變項的範圍。這類擴展性使研究者能獲得新的洞察力。第四，經由次級資料的運用，我們能提高樣本的規模、它的代表性以及導致涵蓋範圍更廣的通則化所需的觀察數目。最後，次級資料能運用在交叉驗證法，以提高經由原始資料所獲得研究發現的準確度。

由於次級資料分析有前述優點，本研究除了蒐集整理各國政府機關與台灣電力公司等公開之原始資料外，亦從國內外有關圖書館、數位參考諮詢、顧客服務、個人化資訊服務以及和本研究重要相關之中英文專書、期刊論文、博碩士論文、會議論文集、研究報告、網路資源等次級資料進行文獻分析。藉由多元化的資料來源，期能對「用戶群代表」制度有更全面的了解。

第二節 個案分析法

Earl Babbie(2007)認為在社會科學研究中，對於什麼或是誰可以被研究，或者分析單元(units of analysis)基本上並沒有限制。社會研究上常見的分析單元包含了正式社會組織，例如，研究者探究企業組織，隱含著所有企業組織的一個母體的存在。

個案研究的對象主要是針對一個個體或是一個組織(如:一所學校、一家公司、一個機構、一支球隊、一個社區)所進行的個別化研究。個案研究過去用在醫療、心理諮商、個案輔導等已有相當長的歷史，而且都顯示出個案研究對於事實的了解有相當大的幫助(王俊明，2015)。

所謂「個案」就是個別的案例，既為個別就有特殊性，亦自失其概括性，因為完全相同的案例不可能重複發生。那麼個案研究的目的是什麼呢?一般研究的功能有四個層次:瞭解、解釋、預測及控制。因此個案研究的功能偏重在「客觀事實的瞭解」及「主觀的解釋」。由於個案研究係指某一事件的所有相關事實，其收集的資料事先並無一定的排列順序，甚至可能會資料不足、不明與失真，因此個案研究大多是屬探索性研究。研究者要花大量精力去發掘、瞭解、認清、衡量事實，並進行分析和驗證，以便找出事實真相，提供他人對該事件的「客觀瞭解」。故個案研究法較適合當前較新的、未曾有許多人研究過或無堅強理論的研究問題，且是自然現實環境所衍生的問題(張紹勳，2004)。

Benbasat 等人(1987)認為個案研究法的優點有下列三項: (1)研究者可在自然

而非操弄的環境下瞭解現況，並可從實務觀察中衍生理論。(2)個案研究較易於明白整個事件過程發生的本質與複雜。(3)面對迅速變化的研究領域(例如，資訊科技)，個案研究法較能洞燭先機。

依據 Yin(1989)的定義，個案研究法本身包括下列九項特色：

1. 研究的環境為天然的而非操縱的環境。
2. 可以用多種資料收集方法，例如，問卷調查、訪談、閱讀紀錄文獻、實地觀察等等。
3. 研究對象可能為一個或多個對象(例如，公司、公司次級單位、團體或個人)。
4. 就每個研究對象深入瞭解其複雜性。
5. 個案研究較適合運用在仍屬探索性階段的問題，尚未有許多前人研究的情況下，或者用在假說衍生之階段，但亦可用在否定(質疑階段)或確認假說之階段。
6. 研究中不操控變數。
7. 研究重點為當前問題。
8. 個案研究對研究「為什麼」及「如何做」的研究問題較有用，可作為追蹤未來相關研究變數之基礎。
9. 研究的結論與研究者的整合能力有極大的關係。

在各國不同的法規與政策背景下，各個用戶群代表公司亦有不同之市場定

位，適合個別詳細分析研究，因此本研究選擇數個較有代表性的用戶群代表公司進行個案分析。

第三節 本章小結

本研究以用戶群代表制度為探討要點，由多重之資料來源進行文獻分析，統整先進國家地區之相關政策法規。接著藉數個用戶群代表公司之個案研究以及相關之文獻探討用戶群代表制度之關鍵成功因素，並進一步分析台灣電力市場現況與發展方向。



第三章 用戶群代表探討與文獻回顧

第一節 執行需量反應之理論基礎

以經濟學模型分析，需量反應的執行效益計算，可參考 Braithwait 等(2006) 研究。圖 2 是特定時段內，電力市場整體供給與需求的曲線。X 軸為供需電量，Y 軸為每度電的供需價格。電力市場的躉售成本(藍線)是供給曲線，表示不同的電力供給量需要多高的供電成本。在特定的供給電量以下，由於基本負載發電廠可供應絕大部分的需電量，⁵不須進行太多電力調度，躉售成本十分平緩。但若電力需求超過基載發電量時，必須臨時發動發電成本較高的非基載機組，將使躉售成本大幅上升，成為右側上揚的曲線。而電力市場的電力需求曲線，表示不同的電力需求量面對不同的總電價，所對應的願付價格。短期情況下，若零售電力市場供電之每度電價固定時(如 P_F)，電力用戶在不同的躉購價格下沒有誘因改變用電行為，需求曲線可能是垂直的，例如 Q_N 和 Q_H 上方兩種情形。我國由於目前尚未推動即時電價制度，⁶只有部分的用戶參與時間電價與關鍵尖峰電價方案，⁷短期的電力需求曲線較無彈性。但在加入需量反應方案後，用電時將有新的尖峰時間回饋電價，⁹電力用戶在需電量大時面臨較大的電價落差，電力需求將更有彈性、更趨近於圖 2 的電力需求曲線。

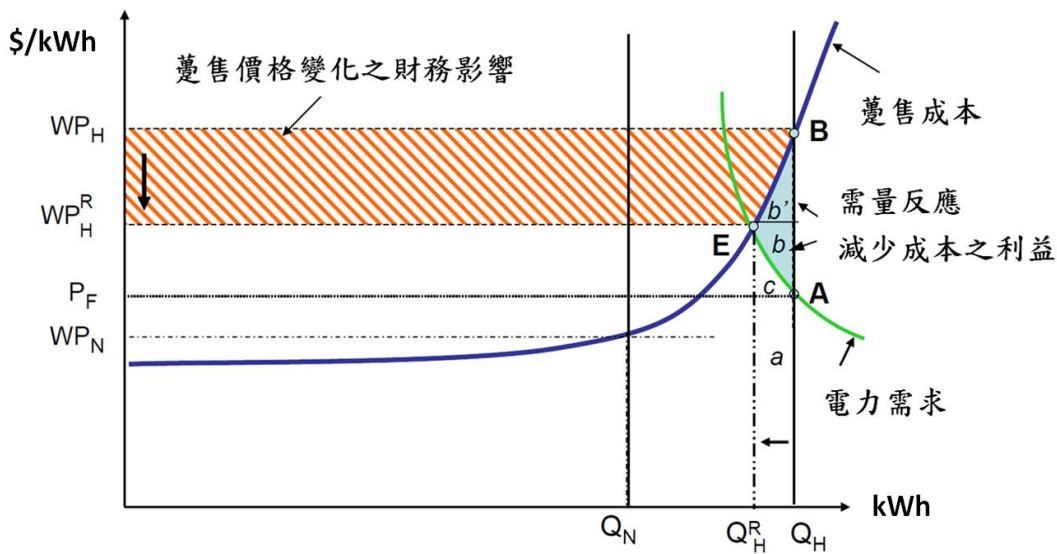
⁵基本負載發電廠(base load power plant):指各形式的發電廠中，24 小時持續所發出能滿足電網系統最低基本電功率需求，這樣的最低電功率需求稱為基本負載電源，而生產基載電源的發電廠便稱為基本負載發電廠，亦可簡稱為基載電廠。

⁶即時電價(Real-Time Pricing, RTP):電力的定價方式於每小時或更短時段內反應批發市場的電力價格。

⁷時間電價(Time-of-Use, TOU):一天 24 小時內，在不同的用電區間賦予不同的單價。

⁸關鍵尖峰電價(Critical Peak Pricing, CPP):於供電吃緊或電網系統欲降載時，提高電力價格。

⁹尖峰時間回饋電價(Peak-time Rebate, PTR):與關鍵尖峰電價相反，電力公司為鼓勵用戶減少用電，對於用戶關鍵時刻減少用電提供退費機制。

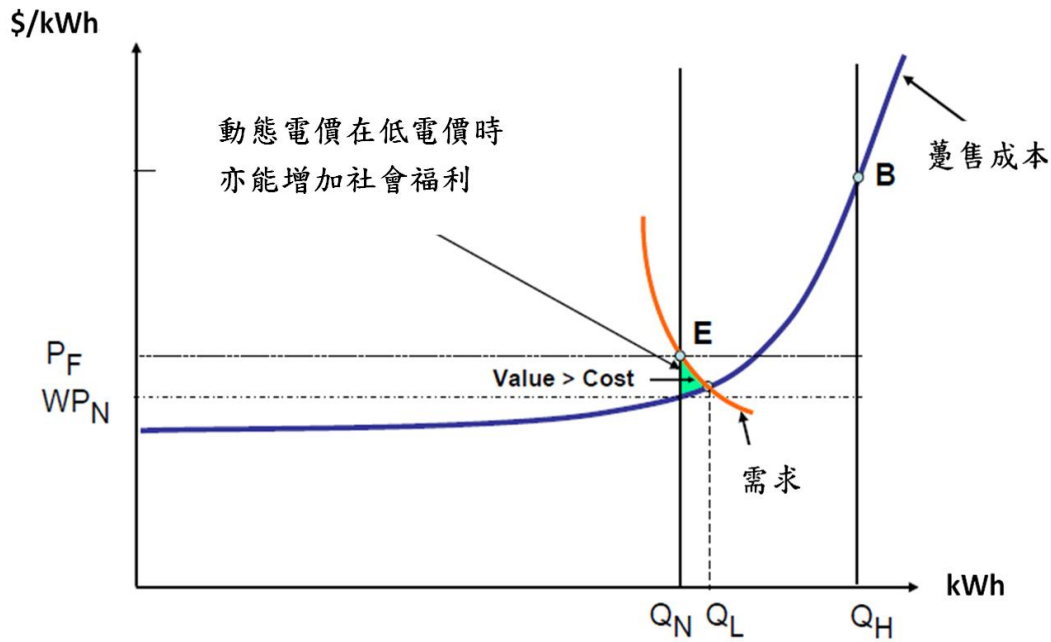


資料來源：Braithwait 等(2006)與本研究修改

圖 2 執行需求反應前後之電力供需情境

如圖 2 所示，電力需求量一般情況下為 Q_N ，此時躉售成本相對較低(WP_N)。但當需電量於用電尖峰時段上升到 Q_H 後，躉售成本將大幅上升(WP_H)，供電量也必須上升到 Q_H 以達成供需平衡，此時因短期電力需求較無彈性，供需平衡點為 B。若部分用戶因動態電價面臨不同電價、或因執行需求反應方案降低用電，將會依新供需曲線的交點達成新的平衡於 E 點，此時供需電量降低為 Q_H^R 。執行需求反應方案後，新的平衡點之社會總體福利相較未執行前，供給面減少紅線部分之利潤，而需求面則節省了紅線部分支出並新增了 $(b+b')$ 之福利，而 $(a+c)$ 部分因節省的支出相當於減少之福利並無影響。整體社會福利之變化即為供需雙方福利變化總和，亦即增加了 $(b+b')$ 。而非尖峰用電時段，執行需求反應後若電價下降，其情境如圖 3 所示。躉售電價非固定為 P_F 時，平衡點由原先的 E 點移動至右下的供需曲線交會點，供需電量由 Q_N 增加到 Q_L 、電價由 P_F 下降到 WP_N ，整體社會福利增加了綠色區域之部分。綜合以上分析，不論是尖峰用電時段或一般用電時段，執行需求反應方案都可獲得一定之經濟利益。而增加之利益，可依不

同的制度方案，分配給電力市場之不同角色，例如用戶、供電者、用戶群代表等。值得注意的是，在比較有無執行需量反應之不同情境，供電方之機會成本要以最後一部尖載機組的迴避成本(avoided cost)，加上輸配電線衍生的部分邊際成本來計算。也就是執行需量反應後，可以省下為了少數尖峰負載時段而興建之發輸配電的大量投資。



資料來源：Steven Braithwait 等(2006)與本研究修改

圖3 一般用電時段執行需量反應後之電力供需情境

而近年來由於科技技術與應用的進步，需量反應運作機制不斷改進下，已到了所謂「DR 2.0」的時代。¹⁰許志義、吳仁傑(2014)指出，唯有 DR 2.0「即時」、「雙向」、「同步」的市場機制，才能真實反應「當下」供需雙方之邊際成本(marginal cost)及邊際效用(marginal utility)，進行整體社會剩餘最大之撮合。而以許志義、陳澤義(1995)提到之電力政策十項基本原則，即：1. 穩定供應原則 2. 來源分散原

¹⁰ DR 2.0 之特點，在於其即時反應瞬間係以「秒」或「毫秒(millisecond)」為單位，以數位訊號(digital signal)取代類比基礎系統(analog based system)，更快速地平衡電能供需。

則 3. 發電結構多元化原則 4. 緊急應變原則 5. 公平效率原則 6. 節約電能原則 7. 安全使用原則 8. 環境保育原則 9. 研究發展原則 10. 自由化原則，以發展需量反應的方式，對每一項目欲達成的目標幾乎都有所助益。

由 Oren(2013)與 Crampes 等(2015)之文獻研究均可了解，電力需求面管理隨著智慧電網的發展，近年來也有顯著不同於過去 1970 年代兩次石油危機所強調的需求面管理之內涵。具體言之，電力用戶因資通訊科技(Information Communication Technology, ICT)迅速發展，歐美先進國家甚為強調用戶賦權(empowerment)。所謂用戶賦權，係指用戶除了可以在自由競爭的電力市場中，選擇符合自身利益的需量反應方案之外，也可以經由用戶群代表運用其能源管理的專業，加以整合管理眾多電力用戶的用電供需型態。一般而言，用戶群代表的做法係在供電吃緊時段，以簡訊或電子郵件等方式，通知已事先簽約、有意願參與需量反應方案的電力用戶，配合減少用電進而降低負載。若電力用戶端有裝設能源管理系統(Energy Management System, EMS)，或者加裝小型能源發電設備，將這些分散在各用戶端的小型發電設備，視為一種分散式的供電方式，稱之為分散式能源資源(Distributed Energy Resource, DER)。這種分散式能源資源，再搭配智慧電能管理系統，用戶群代表即可藉由調整其轄下眾多電力用戶之電能供需，配合電力公司需量反應方案，獲得電力公司的電價優惠或回饋(rebate)，並將這些利益與其電力用戶相互分享，達成「三贏」，包括電力公司、電力用戶、用戶群代表三者。進一步言之，若用戶群代表能再運用儲能系統，將用戶端再生能源多餘的電能，儲存起來，便可轉換角色成為電力的供給者，反餽其所生產的電能至電力公司的中央電力系統，形成多元電力供需的生態體系。

綜合以上研究可知，執行需量反應之經濟效益，具有充足的理論基礎。

第二節 用戶群代表之定義與其在電力市場的角色

Aggregator 於先進國家可稱為「聚合商」，意謂在電力市場上係一獨立享有市場買賣交易(包括讀取電表、買電、售電、節電等業務)完整地位的行為個體(如 EnerNOC、Comverge 等公司)，其本質上係服務業者或商業仲介者(dealer)。通常在電力市場為自由化的情況下，此種第三方的專業服務公司，有其既定之市場利基；反之，在獨占電力市場下，Aggregator 宜稱為「用戶群代表」，意謂在電力市場上係眾多小型商業與住宅等電力用戶，所共同推派出來的代表人，以便與獨占的電力公司進行協商與交易。在此情況下，用戶群代表可藉其專業能力，大幅降低眾多小型電力用戶之交易成本(transaction cost)，但並不會在電力市場中進行實質電力的買賣業務，其本質上仍等同於一個「用戶」。在本文中，聚合商與用戶群代表兩種用語均是指 Aggregator。

電力用戶具備再生能源設施、小型發電機組或汽電共生系統者，係屬於身兼電力生產者(producer)與消費者(consumer)角色的「產消者(prosumer)」，能讓電力資源不僅來自中央電力系統，亦可「同步」來自電力需求端的一般用戶。如果「電力產消者」隨再生能源發電科技與能源資訊科技之突飛猛進而越來越多時，則可使得電力市場供給較以往更多元、更充沛、更即時、更具彈性，這正是當前全球綠色能源產業發展趨勢之寫照。

若進一步以先進國家電力市場頗為盛行之虛擬尖峰容量(Virtual Peaking Capacity, VPC)，¹¹來解說多元面向網絡型態的電力供需商業模式，則可瞭解用戶

¹¹ 虛擬尖峰容量之概念於下一章節有更詳細說明。

群代表對於小型電力用戶之用戶賦權，實具有重要之意義。具體言之，一般虛擬尖峰容量係由某一特定門檻(如 100 瓩)以上之大型電力用戶，透過需量競標(demand bidding)，由標價最低的用戶獲得參與需量反應方案之資格。在此情況下，小型電力用戶均被排除在外，無法分享參與需量反應方案的好處。這當然損及小型電力用戶的權利，不但不公平，也缺乏經濟效率(因為少了小型用戶參與競標，最後的得標價格將會相對偏高)。反之，若小型電力用戶能藉由 Aggregator 加以整合，並參與競標，不但能增加需量反應之市場參與者，讓電力公司之需量反應方案增加市場滲透率(market penetration rate)，更能讓小型電力用戶利益均霑。其具體概念係由 Aggregator 協助電力公司找尋需量反應方案之目標用戶群(target customers)，並將眾多的零散用戶集結成為一個「虛擬的大用戶」(virtual large customer)。在此情況下，不但可落實用戶賦權之理念，小型電力用戶可與聚合商簽訂合約，委請聚合商來管理其用電型態，並授權聚合商成為用戶與電力公司間相互交易的代理人。基於上述原因，電力公司並不需要特別針對家庭或較小的用戶去執行需求面管理方案，也可達成降低交易成本之目的。因此在電力市場進行需求面管理時，Aggregator 實扮演著關鍵角色，尤其對小型電力用戶的權益，具有相當大的影響力。

第三節 用戶群代表商業模式與文獻回顧

先進國家在用戶群代表架構下，現行主流的電力需求面管理方案包含以下兩種商業模式。第一種模式為電力公司藉由電價優惠或者市場誘因機制，依據當地配電網型態與地理實體位置分布結合用戶端分散式與再生能源發電、儲能管理系統、需量反應、與電能管理系統等相關技術，由當地的操作人員利用所開發之運轉決策軟體，並應用先進的資通訊技術對電力進行即時監測與協調，此即為虛擬電廠(Virtual Power Plant, VPP)之概念。以下就相關文獻說明虛擬電廠之概念：

1. 陳彥豪等人(2013)說明虛擬電廠之概念為，電力公司為管理「電價方案設定」、「導入需量反應制度及分散式電源以降低負載」、「參與獨立電力調度中心/電力交易市場」以及「配電管網路管理」等相關課題間錯綜複雜的關係，因此發展出虛擬電廠的概念。虛擬電廠是將適用相同類型電價制度、需量反應或分散發電設備方案下的用戶群，如住宅型、商業型或工業型等用戶集合。此概念雖與傳統需量反應作法相似，但主要區別在於虛擬電廠相對於現在單一整體方案而言，其定義層次更細緻。電力公司不再需要以特定方案將用戶聚集在單一保護傘下。
2. 施恩(2013)說明虛擬電廠是一個被設計用來結合不同類型、規模與經濟效益之電源系統，最主要目的在維持電網供需平衡的情況下，追求發電資產擁有者可能的最大利益。過去，虛擬電廠的定義是可以結合不同類型發電機組(如風力發電、太陽能光電、水力發電以及生質能發電等)合理地選擇發電機組組合，以彌補不同類型再生能源的不穩定性缺陷，使虛擬電廠可以和傳統電廠一樣輸出穩定的電力。然而近期 Pike Research 於 2013 年針對虛擬電廠提出

更廣義的定義：在單一且安全的網絡連接系統下，一套透過軟體執行遠端與自動化電力調度以及發電最適化、需求端管理或儲能設備(包括電動車和雙向換流器)等功能的系統。因此，虛擬電廠從供給面分散式電源的集合，跨足到需求端管理的整合。

3. 許志義、吳仁傑(2014)認為虛擬電廠係透過中央控制資訊平台，將用戶端能源管理系統、分散式再生能源系統、儲能系統(包括電動車)，三者相互整合，並配合彈性電價的誘因機制，在電力「供不應求」時，透過電價優惠方案，誘使用戶自願參加且抑低其電力需求負載，促使電力保持「供需平衡」。反之，若發電過剩時，則中控平台可將之儲存於電動車或儲能電池備用，或透過電網將多餘電能轉售給其他用戶。換言之，眾多小型分散的發電與儲能設施，在中控平台整合下，宛如一座隱形電廠，具有「雙向互動」、「即時同步」、「彈性負載」的特質，是謂虛擬電廠。

第二種模式為電力公司藉由電價優惠或者市場誘因機制，聚合商或者用戶群代表透過需量競標或者分散式能源(DER)競標的方式，導引眾多用戶在尖峰供電緊澀時段，配合電力公司之需要而降低負載，此即為虛擬尖峰容量(Virtual Peaking Capacity, VPC)之概念。

上述虛擬電廠(VPP)與虛擬尖峰容量(VPC)之概念，使電力資源不僅來自中央電力系統，亦可「即時」、「雙向」來自電力需求端之分散型發電系統，其電力供需較以往更多元、更充沛、更具彈性，並且透過實施節能計畫，降低電力用戶的電力消耗需求，從而達到與電力公司擴建電力供應系統相同之目的，故此種 VPP 與 VPC 已逐漸成為先進國家電力需求面管理之主流價值。

至於 VPP 與 VPC 之主要差別在於，VPC 為藉由聚合商(Aggregator)幫助台電售電給終端用戶，而 VPP 則可能成為聚合商可直接跟台電在電力市場競爭，將電力售給終端用戶，故亦可謂 VPC 為 VPP 之一種雛型，即為不售電之 VPP。因此在臺灣電力市場尚未自由化並在台電公司獨佔情況下，虛擬尖峰容量(VPC)是當前最可行的 VPP 一種變通模式。

由於 VPC 不能夠在電力市場上直接售電給電力用戶，而是透過聚合商協助台電公司更貼近市場，找到最低成本的需量反應或需量競標客戶群(以安裝智慧電表者為市場目標群)，亦可提供輔助服務，以可以紓解目前臺灣輸配電系統壅塞之困境。值得注意的，Mármol *et al.* (2012)指出智慧電表有許多優點，但卻可能讓能源供給者有機會窺視(snoop)消費者之消費行為、生活習慣，甚至能透過電力資料知道消費者在家中與否。因此如何保護能源使用者之個資安全與隱私權，可透過參考先進國家發展之政策與法規，評估在臺灣實踐須特別關注之可行差異為重要議題。

第四節 本章小結

綜合本章說明之用戶群代表定義與商業運作模式，臺灣可在既有創新的能源管理技術下，參考先進國家電力市場之發展歷程與其衍生的創新商業模式，並且以各利害關係人之角度(包括參與者角度、用戶群代表角度、台電公司角度、與社會整體角度等)評估其成本效益，透過此成本效益評估可了解此商業模式之市場可行性，最後探討如何透過政策與法規的推廣與規劃(包含再生能源配套政策、電業法、個資安全與隱私權等相關議題)，使得虛擬電廠與虛擬尖峰容量等方案能夠推廣與運行，並可以藉此舒緩臺灣輸電線路壅塞的問題、進一步優化電

力系統，對於提升臺灣電網可靠度有其重要性。讓臺灣電力市場邁向更加綠色化與現代化，正是臺灣現階段值得深入研究的前瞻性學理與實務課題。其中用戶群代表所扮演的關鍵角色，尤其值得重視。



第四章 先進國家用戶群代表制度相關政策法規

本研究於先進國家地區中，針對美國、歐盟、德國、澳洲、日本五個區域，推動需求面管理與用戶群代表之相關政策法規進行統整。其中德國屬於歐盟內區域，惟其推動需量反應之成效甚佳，除歐盟整體發展外特別將該國資料獨立一個章節統整介紹。

第一節 美國

美國聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulatory Commission, 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(參見表 1)。

表 1 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(spining 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)與獨立系統操作者 (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。	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的負載容量交易時，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反應補償方式之爭議。參見本文繼表 1 後敘述說明。

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，鼓勵業者的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度，並大幅增加儲能系統之應用靈活性。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需量反應應用，並可使輔助服務更快、更精確地提供電能服務。	增進輔助服務市場與儲能市場之競爭性與透明度，使市場更自由化、更有效率。

資料來源：許志義、吳仁傑(2014)與本研究彙整

一般而言，美國電力躉售市場一向屬聯邦能源管制委員會(FERC)掌理。至於電力零售市場，則歸屬各州州政府公用事業委員會(Public Utility Commission, PUC)管轄。準此，2014年5月美國哥倫比亞特區聯邦巡迴上訴法院(U.S. Court of Appeals for the District of Columbia Circuit)宣布 FERC 第 745 號命令無效，因為躉售市場之需量反應機制會影響到電力零售市場價格，而零售價格不屬於 FERC 主管之範疇。此一法制爭議，經過一番論辯之後，美國最高法院於 2016 年 1 月 25 日推翻了 2014 年 5 月美國巡迴上訴法院有關 FERC 第 745 號命令無效之判決。美國最高法院判決之主要理由是，聯邦政府管轄之躉售市場需量反應補償機制，雖然會影響到電力零售市場價格，但畢竟躉售市場屬於聯邦管轄權，FERC 只限於管制躉售市場之需量反應，並無不妥。此判決亦同意當初 FERC 所提出補償用戶減少用電之計費公式，因此被外界解讀為支持美國總統歐巴馬鼓勵支付用電大戶於尖峰時段減少用電以提高電力市場

效率之一貫態度。

美國自 1978 年國會通過〈公用事業管制政策法〉(Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA)，為開放電力市場競爭提供了可資遵循的法則。1996 年 FERC 制訂關鍵性的“Order888”，要求所有電業必須進行發電與輸電之功能性分割，以避免電業經營發電與輸電業務掌有操縱市場的力量，此一行政命令加速了美國批發電業自由化。

美國電力研究院(EPRI)於 2001 年提出「智慧電網(Intelligence Grid)」概念，其主要著重在發展智慧電網所需的控制軟體架構及分散式控制系統之介面設計、維護與改善技術。隨後 2003 年美國能源部(Department of Energy, DOE)發表了一份「Grid 2030」的美國電力系統下一個百年願景報告，希望能透過資通訊技術，提升電力系統的運作效率，建構有效率且可靠之電力網路。2005 年施行的〈能源政策法案〉(Energy Policy Act)，對發電業者與消費者提供相關的稅捐優惠措施，以期能夠增加美國能源自主性，同時促進再生能源之發展、鼓勵提高能源效率及能源節約。

在 2009 年的〈美國復甦與再投資法案〉(American Recovery and Reinvestment Act, ARRA)中，明列對智慧電網及相關設備的投資額高達 110 億美元，是能源總投資額的 18%，歐巴馬政府並將智慧電網視為綠色新政(Green New Deal)之一環，希望透過對智慧電網之投資，刺激景氣復甦及提供就業機會，以及投資 34 億美元經費在「智慧電網投資補助計畫」(Smart Grid Investment Grant, SGIG)，該 SGIG 計畫透過公務部門和私人機構的合作關係，提倡利用電網現代化的投資，截至 2013 年六月底約有 1,300 萬的智慧電表是透過 SGIG 計畫的補助來安裝。

由上述三種層面的探討下，可以推論出美國對於節電成效評估技術之落實與商業模式之成功，亦即必須發展評估(Evaluation)、測量(Measurement)、驗證(Verification)，亦即所謂 EM&V 已十分成熟，在此情況下，聚合商(Aggregator)可以為了不同的客戶族群量身訂做(Tailor-Made)其適合的需量反應方案，除此之外，聚合商或是電力公司，亦會為參與方案之用戶免費提供或是安裝必要之設備，例如：美國太平洋電力與瓦斯公司(PG&E)免費提供 SmartAC 設備、夏威夷電力公司(HECO)免費安裝負載控制接收器(LCRs)。美國最著名的聚合商 EnerNOC，對於用戶訂定了十分完善的制度，不論是補償方案、衡量績效、帳單管理、預算控制、需求管理、項目跟蹤，都可以藉由能源智慧軟體(Energy Intelligence Software, EIS)完成個人化的服務需求，改善客戶體驗，為每一個客戶提供個性化的建議，進而提高客戶滿意度。而且美國政府致力於智慧電網的發展，提供龐大的商業契機，致使聚合商的蓬勃發展。

第二節 歐盟

歐洲投入大量資源在分散式電源、新世代電力網管理及歐盟未來電力系統與電力政策之規劃整合等議題，這些投資與智慧電網等技術的提升，皆促成需量反應市場的發展。歐洲於 2005 年成立「智慧電網技術平台」(European Smart Grid Technology Platform，簡稱 ETP Smart Grids)，建立了「歐洲智慧電網技術平台」作為具體化智慧電網政策、技術發展與研究，及連結歐盟層級的智慧電網倡議的重要途徑，同時提出了未來發展與推廣智慧電網的願景。

歐盟於 2011 年 3 月通過「2011 能源效率推動計畫」(Energy Efficiency Plan

2011)，更明確表示各會員國應於 2020 年，於全國 80%用戶建置智慧電網下之智慧電表基礎建設。在 2012 年，歐盟 27 國及其聯繫國克羅埃西亞、瑞士和挪威共 30 個國家投入智慧電網研發創新活動的總資本量達到 18 億歐元，共資助了 281 項有關智慧電網的研發創新產品。「E-能源：資通訊技術為基礎的能源系統」(E-Energy: IKT-basiertes Energysystem)推廣計畫是由聯邦經濟部與技術部(BMWi)及環境部(BMU)共同推動並補助 6000 萬歐元，選定全德 6 個區域試辦，按照個別設定的發展重點，分別就相關的商業模式與技術進行試驗與分析。

以瑞士 Vattenfall 公司為例，該公司的運作概念是以集結再生能源眾多分散式發電用戶為目的，成為生產者和消費者之間創新商業模式的平台，亦即虛擬電廠架構下之用戶群代表。該用戶群代表之公司，在瑞士的調度配置已經有數十年的經驗，因此能夠擴大其中央控制平台管理成效。

2015年歐盟的〈能源聯盟套案〉(Energy Union Package)中，正式將提升的能源效率視為能量來源，同時確定需求面管理降低的用電與發電端之發電具有同等效力，因而大幅增加需量反應的價值。而在歐洲，推動智慧電網或虛擬電廠的重點工作，則是電網的整體更新。由於歐盟是許多獨立的國家整合而成，傳統上各國均有不同的電力事業在其國內營運，當進入歐盟共同架構時，第一件事就是要建立整合性的電力市場與輸配電系統；加上電力公用事業，在跨區經營的情況下，必須有一套完整的制度，來管理電力供應商與客戶之間的互動。如何整合多國電網成單一而穩定的電網，對歐洲來說，會是最重要的課題。

第三節 德國

用戶群代表經常會與用戶端於電表後端(behind the meter)裝設的分散式電源及儲能系統擁有者相互合作簽約，以增加參與需量反應方案的籌碼。而用戶端的太陽能或小型風力發電設備皆屬於再生能源，因此再生能源的發展成為執行需量反應的重點因素。德國是目前所有歐盟國家中發展再生能源成效最好的國家，其再生能源發展政策是很有參考價值的。為了發展再生能源，德國於 1991 年通過〈再生能源電力供給公共網絡法〉，對再生能源發電強制聯網制訂法律，確保了再生能源建置後 20 年的電網接入和固定上網電價(Feed-In Tariff, FIT)，這項立法為德國的再生能源產業奠定了堅固的基礎，也促成了之後需量反應市場的發展。

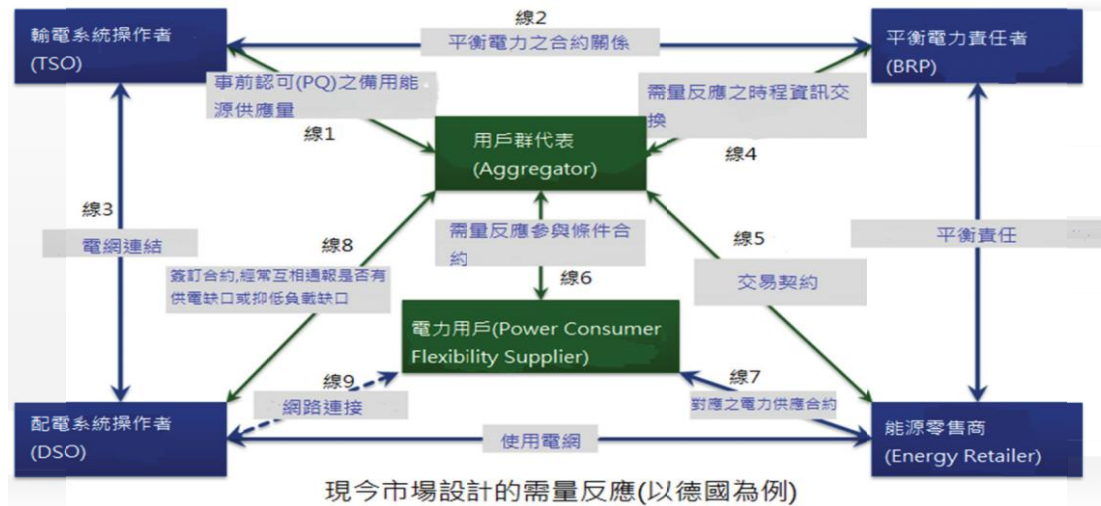
由圖 4 的德國需量反應市場示意可以看出，用戶群代表在需量反應市場中扮演著相當關鍵的角色，它是所有利害關係人之間的溝通橋樑。以下分別就圖中的線 1 至線 9 做說明：

- (1) 線 1 說明了輸電系統操作者與用戶群代表之間的關係。通常輸電系統操作者只會有 1 位，它負責整個國家的電力供給；用戶群代表則可以有數位，視市場的整合程度而定。而輸電系統操作者與用戶群代表之間的關係為輸電系統操作者必須與用戶群代表確認事前認可(Prequalification, PQ)的備用能源供應量。

- (2) 線 2 說明了輸電系統操作者與平衡電力責任者之間的關係。平衡電力責任者的工作為平衡電力供需，當電力供需不平衡時，輸電系統操作者會聯絡平衡電力責任者，請它進行電力市場供需調節的工作。
- (3) 線 3 說明了輸電系統操作者與配電系統操作者之間的關係。通常配電系統操作者可以有多個，它們負責將輸電系統操作者輸送來的電力分配到各自所管轄的區域內，供應該區域所有電力用戶之用電需求。
- (4) 線 4 說明了用戶群代表與平衡電力責任者之間的關係。用戶群代表是眾多電力用戶的代理人，負責為與其簽有合約的各個電力用戶，與平衡電力責任者進行需量反應的時程資訊交換。
- (5) 線 5 說明了用戶群代表與能源零售商之間的關係。它們之間會彼此簽署交易契約，買賣電力。
- (6) 線 6 說明了用戶群代表與電力用戶之間的關係。各個電力用戶能行使其用戶賦權，與用戶群代表簽署需量反應方案合約，委請用戶群代表協助他們進行電能管理。
- (7) 線 7 說明了電力用戶與能源零售商之間的關係。電力用戶也可以不用透過用戶群代表，直接與能源零售商簽訂買賣合約，但通常是用電規模較大的電力用戶。
- (8) 線 8 說明了用戶群代表與配電系統操作者之間的關係。用戶群代表與配電系統操作者之間，必須互相簽訂合約，並且經常性互相通報是否有供電缺口(供不應求)或者有負載缺口(供過於求)。
- (9) 線 9 說明了電力用戶與配電系統操作者之間的關係。配電系統操作者會將輸送電力的管線連接到電力用戶端。

從上述德國電力市場運作模式中，可看出用戶群代表實扮演極重要的關鍵角色，除了必須與電力供給端的輸電系統操作者確認事前認可的備用能源供

應量、與配電系統操作者相互通報是否有供電或負載缺口外，又要與電力需求端的電力用戶進行需量反應參與條件合約的簽署，居中協調供需雙方，其重要地位可見一斑，值得我國擬定相關電力政策時作為參考之依據。



資料來源: EnerNOC (2014)

圖 4 德國需量反應市場示意

第四節 澳洲

澳洲自 1990 年代初期開始進行電業自由化改革，將舊有垂直壟斷電業依發輸、配、售電等功能進行產業結構重整，同時實行民營化及財務區隔，1996 年 5 月頒布〈國家電力法規〉(National Electricity Code, NEC)規範電力市場。西澳屬自願性電力池，市場機制存在實質雙邊合約(bilateral contract)交易，而東南澳轄屬 1998 年成立之國家電力市場(National Electricity Market, NEM)，由國家電力市場管理公司(National Electricity Market Management Company, NEMMCO)管理。隨著改革的進行，澳洲並於 2001 年開放輸電業，於 2003 年全面開放零售市場，電力市場用戶可自由選擇供電業者。2004 年 6 月澳洲政

府投資 700 萬澳幣推行澳洲太陽能城市計畫(Australian Solar Cities)，旨在促進太陽能發電、智慧電表和新電價方法，致力於展現技術、行為改變、新電價方法能相結合，包含太陽能光伏(Photovoltaics, PV)和熱水供應系統、住商部門之能源評估、電力使用行為改變之措施、能源效率和負載管理產品、智慧電表和家用顯示器、成本反映電價，目標在於提供澳洲住商部門一個穩定的能源未來。2005 年 6 月頒布〈國家電力法〉(National Electricity Law, NEL)取代先前的 NEC。2009 年成立澳洲能源市場調度中心(Australian Energy Market Operator, AEMO)，負責管理國家電力市場、監控國家電力市場的可靠度與安全性，並將需量反應納入備轉容量交易機制，有效提升供電能力與可靠度。

2009 年 9 月澳洲政府投資 1 億澳幣在「Smart Grid, Smart City」計畫項目，著重在住宅部門，希望能減省家用能源消耗，減少碳足跡，並推動澳洲智慧電網的建設。此計畫是澳洲首次將先進的通訊技術、感測技術及量測設備結合於現有能源網路上，對電網進行自動化，且即時監控電力流向及消耗情形，透過此項目可利於收集完整的智慧電網成本與利潤，提供政府、電力公司、技術供給者以及消費者一個未來決策案例。

2011 年颶風 Carlos 侵襲西澳造成天然氣供給中斷時，電力系統管理者在 4 天內發布了 23 小時的需量反應方案事件，需量反應設備曾同時累積抑低 106 MW 的負載需求，4 天總計超過 150 萬度。用戶群代表 EnerNOC 的需量反應方案在 3 次的需量反應事件發布中，均能達成預先承諾電力公司能夠抑低尖峰負載容量的額度，確保需量反應方案執行的可靠度，特別是透過以下六項執行方法：(1)與每個客戶互相討論並建立詳細且客製化的節能方案、(2)獨立測試這些抑低負載之節能計畫是否可行、(3)為客戶安裝即時監測設備，以利雙方判斷實際執行績效、(4)建置卸載事件指導網站以達成抑低負載之目標、(5)

激勵有潛力的客戶使其卸載超過約定容量、(6)結合工業及商業用戶組成不同組合，避免過度依賴某一產業或地區。EnerNOC 公司在西澳之需量反應旨在提供電力需求尖峰時段、電網緊急事件時、以及電力供給短缺時，可調度虛擬尖峰容量之資源，而目前執行的成效甚佳，可見在澳洲用戶群代表的市場也是十分成功的。

此案例中，澳洲面對颶風侵襲造成電力供給不足時，以用戶群代表 EnerNOC 的需量反應方案來抑低負載需求的成功經驗，值得我國學習做為受颱風侵擾時的應變措施。

第五節 韓國

韓國電力公司（Korea Electric Power Corporation, KEPCO）自1982年國有化至今維持國營，目前掌握了國內93%之發電，以及輸電、配電、售電各項業務。其營運與台灣電力公司類似，原為垂直整合之綜合電業，國內之電力系統亦為孤立系統。

韓國於1999年曾嘗試推動電業自由化，明示自由化之目標及時程，希望以十年為期，由分階段漸進方式完成各項計畫。當時推動電業自由化的目標如下：

南韓「商工暨能源部」1999年公布「電業自由化基本方案」，揭示自1999年起分階段次第開放國內發電市場、電力批發市場及電力零售市場競爭，俾達成下列三項目標：一、藉由引進市場競爭，提高市場營運及電業經營效率。二、確保長期電力供應的低廉與穩定。三、開放用戶購電選擇權，落實對消

費者主權尊重。為達成前述目標，南韓政府爰依發、輸、配電功能，將韓電公司發、配電系統分割為數家公司，稍後藉由釋股方式移轉民間業者經營（含國外投資人）；輸電基於正常營運及市場公平競爭考量，單獨成立一家輸電公司或續留韓電公司，俾以公平無歧視方式提供市場參與者輸電使用。¹²

為了推動電業自由化、民營化，2001年4月韓國於產業資源部底下成立電力委員會作為電力管制機關，並成立韓國電力交易所(Korea Power Exchange, KPX)，又將韓國電力公司之發電部門分拆為六個發電公司，分別是韓國南部發電、韓國中部發電、韓國東西發電、韓國西部發電、韓國南東發電、韓國水力核能發電這六家公司互相競爭。

然而韓國政府欲進一步分拆輸電、配電、售電等部門時，遭遇韓國電力公司工會之強力抗爭，加上2000年美國加州與2003年美國東北部停電事件發生後，電業自由化之政策受到質疑。為了解決於民營化過程中，可能造成國內財團壟斷、國家財富流失、電力供需不穩定、電費必然升高及加重用戶負擔等眾多疑慮，經過多方折衝，2003年9月由電力工會、政府與中立之三方角色共同成立研究小組，探討是否繼續推行電業自由化。最後韓國政府於2004年6月4日接受該共同研究小組之建議，取消售電部門分離，並決定停止電業自由化政策。原先訂定以發電競爭、獨占競爭、零售競爭三階段推行之電力產業結構調整政策，至發電競爭階段即停止。2010年8月，韓國知識經濟部將韓國電力公司定位為「市場型國營事業」，至今六個發電公司均為韓國電力公司持有100%股份之子公司。

韓國政府於2009年發布“Low carbon, Green growth”政策，同年發布了「韓

¹² 〈「韓」流當前——南韓電業自由化推動歷程與相關議題說明〉，經濟部能源局，
<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200210&Page=8>

國智慧電網 roadmap」，皆有助於之後建構需量反應市場。儘管電業自由化失敗，並不影響韓國近年推動需量反應。韓國自 2012 年開始推行需量反應方案，2012 至 2013 年間首先實施了需量反應方案試驗計畫和需量競價試驗計畫；2013 年第一季提出法規修正，開放需量反應之容量可以直接到電力市場投標；2014 年第二季進一步修正法規，由韓國電力交易所正式開始實施用戶群代表制度；2014 年第四季共有 8 家用戶群代表進入市場、註冊了 1.5GW 的需量反應容量；至 2015 年第四季已有 15 家用戶群代表進入市場、共註冊了 2.95GW 的需量反應容量。

韓國目前用戶群代表制度之可靠型需量反應方案摘要可參見表 2，而 2016 年執行需量反應的整體降載能力，由我國工業技術研究院之評估約有 2,950 MW 的容量，約可降低 3.5% 的尖峰負載。而韓國執行用戶群代表之全年容量費率，每 MW 之花費約 36,000 美金，相對於興建電廠的容量費率可以省下 30% 的成本。根據韓國貿易工業能源部統計，韓國已因執行需量反應省掉五座天然氣電廠之興建、免去台幣 429 億元的投資，每年電力成本節省台幣 13 億元。¹³

由以上數據可見，韓國近年執行用戶群代表制度成效斐然，也獲得龐大的經濟效益。

表 2 韓國用戶群代表制度摘要

項目	KPX 可靠型 DR (Reliability DR)
觸發條件	<ul style="list-style-type: none"> ● 備轉容量 < 5GW ● 當需量預測峰值大於前次峰值或偶發事件發生時 ● 當前一日預測值與實際需量值差異過大時 ● KPX 每年有權力無視上述條件調度 2 次 (Winter/Summer)

¹³ 〈台灣能源轉型邁向自主 「需量反應」率先起跑〉，遠見雜誌，
<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200210&Page=8>

參與條件	<ul style="list-style-type: none"> ● 聚合需量(Aggregation)在 10MW-500MW ● 最少整合 10 個用戶(sites) ● 兩個區塊(Zone)：都會區(Metropolitan) vs. 韓國其他地方
容量回饋	4 千萬韓元/MW-年；相當於 112 萬台幣/MW-年 (1,120 NTD/ kW-Yr, 95 NTD/kW-Month)
能量回饋	調度時段之邊際成本 (大約韓元 100-200 元/度，約台幣 2.8-5.6 元/度)
總 DR 容量上限	無限制
需量時段	<ul style="list-style-type: none"> ● 調度期間：早上 9:00-晚上 20:00 ● 時段長度：2 / 4 小時 ● 調度限制：每年最多 60 小時，一天最多調度 2 次
通知時間	1 小時前
測試要求	<ul style="list-style-type: none"> ● 在方案正式執行前兩個禮拜，隨機進行事件測試 ● 達成 70%-90%卸載量，則註冊容量需調整為執行需量之平均值 ● 達成 70%以下卸載量，直接除名

資料來源：工業技術研究院(2016)

第六節 本章小結

由本章之先進國家政策法規內容可以看出，各國無論是美國的“FERC Order”、歐盟的〈能源聯盟套案〉、德國的〈再生能源電力供給公共網絡法〉、澳洲的〈國家電力法〉或是韓國的〈電業自由化基本方案〉等，無不希望藉由正式法規或行政命令，明確定義電力市場中各個角色的權利與義務，並希望建構一適合發展需求面管理、更加自由競爭的市場。

許志義、黃鈺愷、王京明(2014)的文獻中，認為 FERC 各項行政命令有助美國電力市場自由化、提升電力市場效率。從制度學派之觀點，上述 FERC 各項行政命令與各國之法規，亦符合該學派所倡議之精神，可根據各種相關法制規

範，有效降低廠商經濟行為之交易成本，成為彼此相互競爭與合作之框限與依歸。

本章研究的案例國家中，多數國家屬於自由化電力市場。但值得注意的是韓國近年已暫時放棄電業自由化之推動，除了分拆發電部門進行市場競爭外，其餘輸電、配電、售電並未自由化。儘管韓國不屬於自由化電力市場，其近年用戶群代表制度執行的需量反應成效甚佳，可見電業自由化並非建立用戶群代表制度的必要條件。亦即只要在明確的法治規範下，用戶群代表制度可先一步於電業自由化前執行，甚至可運作於非自由化之電力市場。



第五章 用戶群代表個案研究

根據 Navigant Research 機構於 2015 年之研究報告，其針對全世界用戶群代表公司，以技術、商品組合、價格、市場策略等十個不同面向進行綜合評估後的最佳十大公司排名如表 3。本研究分析之用戶群代表案例公司除了前兩名的 Comverge、EnerNOC 公司以及第六名的 CPower 公司外，特別選取一個較小的 OhmConnect 公司作為地區型用戶群代表之代表，以上共四家公司即為本章進行用戶群代表個案研究之對象。

表 3 用戶群代表公司排名

排名	用戶群代表公司
(1)	Comverge
(2)	EnerNOC
(3)	Honeywell
(4)	Schneider Electric
(5)	Eaton
(6)	CPower
(7)	Direct Energy
(8)	Johnson Controls
(9)	Siemens
(10)	OPower

資料來源: Navigant Research(2015)

第一節 EnerNOC 公司

EnerNOC 成立於 2001 年，是全球最大的需量反應營運者，營運了約 50 個需量反應電網系統，全球共有超過 15,000 個工商業案地。EnerNOC 擴展至多個國際市場，在澳洲、奧地利、加拿大、德國、愛爾蘭、日本、紐西蘭、南韓、瑞士、英國等超過十個國家皆有分公司。光是在 2015 年，EnerNOC 就調度了超過 400 個需量反應事件，且年平均供應容量達成率超過 100%。

EnerNOC 已在美國 NASDAQ 市場上市，在美國的需量反應市場占有率約 35%，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、能源智慧軟體(EIS) 技術，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。

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，結合需量反應管理程序，其網路操作中心(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。此外，EnerNOC 用戶基準線(Customer Baseline, CBL)演算方法的應用，可模擬需量反應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、執行方式如表 4 所示，具體落實案例如表 5 所示。這

種自動化需量反應(Automated Demand Response, ADR)不但能落實節能減碳的目標，更重要還能紓解上述臺灣未來電源吃緊，以及電網壅塞電壓不穩定之困境，其重要性與可操作性，值得借鏡。

表 4 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)	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、網路系統壅塞、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	小於 1 分鐘

資料來源：EnerNOC (2015)

表 5 EnerNOC 需量反應方案之案例

	西澳大利亞	田納西河谷管理局	紐西蘭
電力系統尖峰需求	3,854 MW	31,700 MW	7,049 MW
需量反應規模	300 MW	560 MW	200 MW
用戶	565 工商用戶	700 工商用戶	120 工商用戶
契約期間	不間斷	10 年	
時段	12 pm-8 pm	4-10 月：週一至週五，12 pm-8 pm； 11-3 月：週一至週五，5am-1pm	全天 24 小時

通知	4 小時	30 分鐘	系統頻率低於 49.2 Hz 時自動執行 負載移轉
----	------	-------	---------------------------------

資料來源：EnerNOC (2015)

第二節 Comverge 公司

Comverge 主要提供解決尖峰需量反應的創新方案給電力公用事業(utilities)與輸電系統操作者(Transmission System Operator, TSO)，包括住宅直接負載控制、數據採集與監控系統(supervisory control and data acquisition, SCADA)、需量反應全套服務承包商。Comverge 目前擁有的客戶群包括：住宅用戶、小型工商業用戶以及全美國共 180 萬客戶，涵蓋超過 450 萬負載控制裝置，其可控制的負載量高達 495 MW。Comverge 所提供的“smart megawatts”科技已被廣為使用，且其提供的“pay-for-performance”方案可減少碳排放與線路損失、提高供電穩定度，以延緩發電廠與輸配電廠之興建。

Comverge 提供服務範圍包括從遠端量測用戶用電量到在某時段減少能源消費，同時也自行生產電力衡量和負載控制裝置線路。Comverge 裝置直接負載控制系統於用戶的空調設備中，因此當電力業者或輸電系統操作者在某時點須要降載時，Comverge 即可進行遠端電力卸載。由於 Comverge 與電力業者間須簽訂執行卸載的詳細規範與可提供的服務範圍之契約內容，因此 Comverge 相當重視客戶行銷管理，以吸引足夠的用戶群數量，簽訂超過電力業者要求的負載抑低容量需求，俾免於未達抑低契約容量時，遭受罰則。同時，Comverge 與用戶端也會簽訂契約，並負責裝設及維護控制卸載所需之必要設備。用戶依據電力需量卸載多寡以及執行控制的影響層面廣度，可獲得不同的電價優惠額度。Comverge 同

時也銷售可控制的恆溫器，並可透過 PLC 通訊遠端控制溫度。

第三節 CPower 公司

CPower(早期稱為 Consumer Powerline)是一個全方位服務策略能源資產管理之公司，實質上就是用戶群代表。該公司管理並監控超過 750MW 來統籌需量反應方案。CPower 協助大型能源用戶，例如大型商業、住宅、建築用戶等，在能源支出與資產的轉換上創造新的能源收益。CPower 顧客不需支付費用；他們僅分享增加的收益或儲蓄電能。CPower 的顧客群包含了工業、商業、機構與住宅(旅館、公寓、大型混合式公寓住宅、金融機構)、國家大型商業、住宅與公共機構設施。截至 2014 年底，共有 1,700 個工商業電力用戶，抑低負載合約已超過 2,269 MW。

第四節 OhmConnect 公司

OhmConnect 成立於 2014 年 2 月，是一家需量反應聚合商，總部位於美國舊金山，為第一個為加州提供用戶群代表服務的公司，服務用戶以加州、德州、加拿大為主，但美國其他地區的用戶也可參與。OhmConnect 以提供軟體平台與傳送需量反應訊息為主，因此相較其他大型用戶群代表公司，並不投資大量資金於硬體設備，所服務的用戶也以一般小型住商為主。

2014 年加州推出兩項新倡議，除了允許第三方業者參與需量反應批發市場外，也允許能源節省量在能源市場上販售。依法規當加州面臨缺電危機而需要開啟高污染能源電廠時，若加州能源用戶能夠減少用電量協助電廠度過難關，則他

們有權從該州能源主管機關取得報酬。OhmConnect 之收入很大部分即為向用戶購買節能量，再出售賺取獎勵金價差。

Ohmconnect 服務地區的電網，每周大約會有 1 到 2 次因供電不足需要額外發動地區性的電廠，而該邊際發電方式的二氧化碳排放量是一般用電的二到三倍，對該地區和周圍環境造成較嚴重的污染。藉由 Ohmconnect 執行的需量反應方案，可以有效降低用電，解決供電不足的問題後即可避免發動高污染的電廠，增進環境保護。

OhmConnect 是免費服務，且參與需量反應的用戶每次需量事件都可以自由選擇是否參加(但若 15 分鐘內沒退出，則使用超過預期的電力可能會被扣點。)，每次需量反應方案時間約為 15 至 60 分鐘。一般大小的住家用戶，若每周配合一次約 30 分鐘的需量反應事件，預估一年可拿到\$100-300 美元的獎勵金。大多數用戶選擇以手機簡訊或電子信箱接受執行需量反應方案的訊息，因此不必額外花錢購買設備。

用戶於 OhmConnect 線上的平台可看到其用電與節電相關資訊，例如用戶自己用電的發電來源與製造的二氧化碳排放量、評估改用智慧設備(smart devices)自動控制後的節電改進可能性數據等，藉由許多可視化的圖表和數據，讓用戶更有意識地參與節電。為了提高用戶參與節電的誘因，用戶參與需量反應後得到的回饋金可以折扣價購買 OhmConnect 官方網站販售的許多智慧設備，還可線上參與公益募款活動，將配合需量反應方案得到的獎勵金捐獻出去，並即時看到目前各項募款計畫的完成比例。用戶還可於網站上創建團體共同計算需量反應方案獎勵金，激勵彼此參與節電，介紹新的用戶參與需量反應方案還可獲得最高 75 美元的獎勵金。

第五節 本章小結

由 EnerNOC、Comverge、CPower、OhmConnect 這四個用戶群代表公司之案例中，EnerNOC 有不少大型的工業用戶與商業用戶；Comverge 的客戶則以中小企業為主；CPower 客戶群很廣，住商皆有；而 OhmConnect 客戶以小型住商用戶為主。由此可看出不同的用戶群代表皆有其市場定位，開放的電力市場中，不論是大型用戶或是小型用戶，都可以找到適合的用戶群代表簽約合作。我國在推動用戶群代表制度時，除了可考慮與大型用戶群代表公司簽約合作外，也可考慮建立類似 OhmConnect 之小型用戶群代表公司，藉由政策補貼使第三方的角色有利可圖，執行初期以軟體平台為主可節省成本，但前提為至少要有足夠之智慧電表基礎設施，以計算執行需量反應方案之實際節電量。

第六章 台灣用戶群代表制度與電力市場分析

第一節 用戶群代表制度的效益與面臨之挑戰

用戶群代表的主要業務為執行需量反應方案，因此施行用戶群代表制度後的影響，大致與加強推行需量反應相同。本研究參考 Lambert (2012)之研究，首先就電力市場各個相關角色，施行用戶群代表制度後可能獲得的效益進行探討：

1. 發電業者的效益

增加需量反應將降低用電負載，可使發電業者減少尖峰負載的發電量，也就能減少發電機組的投資。且電力調度更有彈性時，可以降低備用容量減少多餘發電的浪費，還可藉由彈性的調度，支持發電較不穩定的再生能源發電作為非基載發電、提高再生能源發電比例。

2. 輸配電業者的效益

電力市場中的輸電系統操作者(Transmission System Operator, TSO)與配電系統操作者(Distribution System Operator, DSO)可藉由需量反應的幫助，解決區域性電力壅塞的問題，也可減少跳電或斷電的危機。此外因輸電過程的電力線路損失為輸電量的平方根之一定比例，執行需量反應後供電之曲線較平緩，相對穩定的輸電量將可減少電力損失。另因需量反應減少負載和增加調度彈性，輸配電業者可降低電網投資而不影響供電品質。

3. 電力市場的效益

自由電力市場下，特殊的情況電價可能會非常高，但有需量反應後可降低極端的電價，且參與需量反應的獎勵金誘因將使電力需求更有彈性。

4. 電力供需平衡義務者(Distribution System Operator, DSO)的效益

在許多國家電力供需雙方之間有電力供需平衡義務者的角色，需量反應減少電力供需失衡的風險後，負責平衡電力供需的角色營運風險更小、利潤更高。

5. 零售電業的效益

自由的電力市場中，過去零售電業通常是由電力批發市場購電後以固定的電價零售出電力，若遇到批發市場價格大幅上漲時可能造成很大的經濟損失。更有彈性的電力需求增加了新電價費率計算方式的可能性，也讓零售電業業者有不同方式降低風險。

6. 電力消費者的效益

需量反應方案可增加消費者的節能意識和實際參與節電，其中節省的電費與獎勵金即為直接的經濟誘因。用戶群代表提供的專業用電資訊使消費者更能掌握自身用電量、控制每月用電電費。

7. 環境效益

需量反應增加再生能源電網整合的可能性，提升再生能源發電比率後可降低燃煤、燃油等發電方式的溫室氣體排放，減少環境污染。此外負載降低與再生能源增加皆可減少能源進口，增加國內能源自給率。

上述電力市場各個相關角色，於施行用戶群代表制度後可能獲得的效益，整

理如下表表 6。我國現由台灣電力公司獨攬發電、輸電、配電、售電等大部分業務，且沒有其他業者的競爭，電力市場中缺乏某些探討的角色對象。但探討對各個角色之影響依然可以推論至相關業務部門，且目前政策方向為逐步推動電業自由化，未來勢必在不同業務有更細的分工與市場競爭，則施行用戶群代表制度後對各個角色的影響將更為重要。

表 6 施行用戶群代表制度的可能效益

角色	效益
發電業者	減少尖峰負載發電 減少尖峰發電機組 減少備用容量需求 更高的再生能源發電比例
輸配電業者	降低電力壅塞 減少跳電或斷電 減少輸電過程的電力線路損失 降低電網投資
電力市場	降低電價波動 增加電力需求彈性
電力供需平衡義務者	減少電力供需失衡風險
零售電業	降低曝險在高價格/高需求的情況 更多新電價費率計算方式的可能性
電力消費者	增加節能意識和參與節電 增加用電費用的控制
環境	增加再生能源電網整合的可能性 減少溫室氣體排放 減少能源進口，增加國內能源自給率

資料來源：Lambert(2012)

儘管施行用戶群代表制度有許多效益，施行時必須克服幾項潛在的挑戰，本研究就三項最主要的問題進行說明：

1. 用戶接受度

要施行大型需量反應方案最重要的就是用戶接受度，取得用戶信任簽約參與需量反應方案後，實際調度執行時也必須用戶確實進行降載，執行率夠高才是有效可靠的容量。在這些過程中，資訊揭露與節能觀念的宣導都很重要，除了用戶群代表可建立網路平台方便用戶查詢資料外，政府單位或電力公司等也可由舉辦活動、說明會等方式協助宣導。

2. 法規規範

法規除了必須清楚定義與規範此種新型態的商業模式與電力調度方式，還必須與時俱進持續隨著市場的變化做合適的修法，否則會減緩市場推展的腳步。此外除了開放需量反應市場，也要審核新進業者是否符合規範；市場參與者除了權利外，也要有明確的規範若執行失敗時有什麼樣的懲罰。在明確的法規架構下，配合合適的經濟誘因，投資者較有意願進入市場，也更容易管控風險。

3. 利益衝突

需量反應在正確的框架下運行可以增進總體社會福利，但增加的福利並不是完全新增的價值，會犧牲到一些既有參與者的利益造成利益衝突。例如導入需量反應後，尖峰負載降低造成某些邊際發電機組不再需要，原先尖峰負載發電的提供者將喪失原有的經濟利益甚至虧損，就可能反對用戶群代表進入市場。立法者必須考量到新的運作方式會如何影響到哪些角色的利益，並可考慮對遭受損失者進行補貼或協助轉型其他經濟活動，以福利轉移的方式降低利益衝突、提升總體社會福利。

第二節 台灣用戶群代表角色定位與營運之適法性

用戶群代表制度目前在我國的適法性尚須探討，除了用戶群代表是否屬於我國現行法規所定義之電業？以及若不屬於電業，應該以何種營運模式進入電力市場？以下就這兩個方面進行探討：

一、用戶群代表是否「電業」之適法性

首先，用戶群代表並非我國現行法規所定義之電業。根據〈電業法〉第2條、第9條、及經濟部(83)經能字第001104號函釋：電業經營方式可分為「發電」、「輸電」、「配電」及「綜合電業」等四種供給電能類型。需量反應聚合商之運作模式，其本身並不從事「供給電能」等業務行為，而係以「能源資通訊」技術進行「電力管理」與「能源管理系統應用」等行為。故在臺灣的用戶群代表，並不屬於電業。

其次，美國、歐洲、日本等先進國家之需量反應聚合商，係以「中介者」之角色，將其所整合之電力需求端同意抑低之電力負載量，可提報電力公司以調整電力配置或抑低尖峰用電，或參與電力自由化市場之競標，以銷售卸載之電能。

此外，法務部民國99年8月3日法律字0999027871號函釋：台灣電力公司雖屬國營事業，但其組織為私法人之公司，非公權力主體或行政機關，其所營運之電業行為，係私經濟行為而非公權力行為。所謂私經濟行為係指國家處於與私人相當之法律地位，並在司法支配下所為之各種行為。在此情況下，台電公司依〈民法〉之契約自由原則，與需量反應聚合商、終端消費

者簽訂契約，均應屬合法之市場行為。

在當前我國電力管制體制下，需量反應聚合商服務商業模式應可仿效台電公司目前「時間電價、季節電價、需量反應、計畫性減少用電措施電價方案(原可停電力電價)」，訂定適用之差別電價，以提供需量反應聚合商市場誘因，並由需量反應聚合商與其轄下之終端電力用戶利益均霑，共享電價優惠。根據〈電業法〉第 59 條：「電業擬定或修正營業規則、電價及各種收費率，應送經地方主管或其事業所屬機關加具意見，轉送中央主管機關核定後，在當地公告之。」以及〈電價費率審議會設置要點〉，經濟部在召開「電價費率審議會」時，可審議電價公式中各成本項之合理值，再將審議結果簽報經濟部核定，並由台電公司公告後實施。台電公司得透過電價費率審議會，針對需量反應聚合商服務商業模式及其與台電公司簽訂之需量反應電價方案，加以審議，以確保其各種相關需量反應電價方案之一致性、公平性、妥適性，進而提供需量反應聚合商得以運作之電價差異空間。總之，依我國〈電業法〉規定，目前尚未電力自由化(即尚無電力競爭市場)，所有相關電價之擬定，依〈電業法〉第 60 條之規定：「電價之訂定，應以電業收入，抵償其必需成本，並獲得合理之利潤。所謂合理利潤，應以有效使用中之固定資產重置現值及營運資金為基準，並參酌當地通行利潤率計算之。」準此而論，需量反應相關電價仍須接受政府主管機關管制與核可。

二、用戶群代表角色定位與營運之適法性

臺灣用戶群代表由各先進國家推行的經驗來看，導入用戶群代表於電力系統中，藉由能源資訊科技(EICT)集結個別用戶執行需量反應、時間電價等負載管理措施，達到整體節能或抑低需量之目的，已是需求面管理之重要策

略。臺灣當前若要推行更多元、更有效的負載管理措施，有需要參考國際經驗，引入用戶群代表機制落實之。準此，本節說明用戶群代表的類型與職能，以及其在負載管理中所扮演的角色，並進一步探討用戶群代表於臺灣現行制度下之適法性。

探討臺灣電力市場尚未全面自由化，是否適用用戶群代表制度推行負載管理措施，仍須進一步釐清〈電業法〉予以規範用戶群代表角色定位與業務範疇。然而，目前〈電業法〉處於修法階段，修法前後電業環境差異甚大，準此以下分為修正草案通過前後進行論述。修法後的〈電業法〉，以2014年2月11日「行政院經濟部電業法修正草案版本」(以下簡稱「電業法修正草案」)作為探討基礎。以下羅列與用戶群代表有關的條文，並闡述其角色定位與業務範疇。

1. 售電業之定義：在現行條文中，並未對電業做明確的定義。而在修正條文中，第三條定義電業包含發電業、電力網業、售電業，並在第四款定義售電業為：「指購買電能以銷售予用戶之非公用事業。」明定售電業為非公用事業。政府有關單位可根據此一法源，作為推行用戶群代表機制之根據。此外，由於修正條文明定售電業為非公用事業，於修正條文第一百零一條亦明定，排除售電業受民營公用事業監督條例之限制，此表示售電業可進行多角化經營，也可兼營其他事業。
2. 售電業業務規範之差異：誠如修正條文第三條第四款和第六十條第一款規範的售電業業務，其主要業務係向發電業、電網業購買電能銷售予用戶。電網業若要兼營售電業業務，根據修正條文第七條，須經電業管制機構核准才可兼營售電業。此外，修正條文第三十九條第一款也規定電業銷售電能予其用戶時，須依據其銷售電量準備適當之備用容量，並向電業管制機構申報。第

三十九條第二款則規定其容量之內容、計算公式、基準與範圍、申報程序與期間、審查、稽核及相關管理事項之辦法，由電業管制機構定之。

3. 售電業申請執照事項：修正條文第二十三條載明申請售電業執照須載明公司名稱、負責人名稱、資本額、有效期限，根據第二十五條第二款之規定，其執照有效期限為自電業管制機構核發電業執照日起算五年，期滿六個月前，可向電業管制機構申請延展，每次延展最長以三年為限。
4. 售電業停業規範：由於售電業非公用事業，無供電義務(但有按照售電合約規範，訂定中斷供電或過失造成用戶停電時之雙方可接受罰則)。¹⁴因此，根據第二十八條第一款之規定，售電業在電業管制機構核准下，可自行停業。惟停業期間，受第二十八條第二款規定，不得超過一年，並須在停業前檢具停業計畫，向電業管制機構申請核准。

綜上所論，現行〈電業法〉架構下，並無明確定義售電業或用戶群代表之角色定位，故以法理角度言之，由民間成立用戶群代表提供需量反應服務，雖無違法，但也無具體之法理依據。公司售電並無違法但也無法理依據，且由哪些民營業者提供用戶群代表相關服務？其營業之權利義務為何？迄今尚無相關主管機關核准。在此情形下，推行用戶群代表不免會有所爭議。因此，現階段較無爭議又較節省行政成本的做法，可先由台電公司行文陳請經濟部同意在既有部門內成立推行試驗需量反應方案之專案小組，或由台電公司原相關部門直接負責規劃與執行，推行試驗型用戶群代表執行需量反應電價方案(pilot aggregator demand response pricing program)。此做法除了較無爭議之外，台電公司因為本身有完整

¹⁴ 公用電業根據現行〈電業法〉第五十七條：電業在其營業區域內，對於請求供電者，非有正當理由，不得拒絕。

的電力系統上下游資訊，在推行售電業務時，可掌握較全面的訊息，設計其需量反應方案。

再者，我國現行〈電業法〉未修法前，應可由台灣電力公司透過〈政府採購法〉開放需量反應方案公開競標，直接與得標的用戶群代表「簽訂契約」，由用戶群代表承諾台電公司要求其事件發生時應抑低之負載量、持續時間、發生頻率。用戶群代表在與台電公司簽約之後，須藉其專業核心能力與終端消費者在雙方自由意願下，簽訂符合成本效益的「雙贏」需量反應方案。通常用戶群代表會找尋眾多終端消費者，簽訂超過台電公司要求用戶群代表承諾之抑低負載總量，以確保事件發生時，能確實達成台電公司之合約要求，並降低未能達成負載抑低量時之違約罰則風險。

然而，若長期皆由台電自行負責擔任售電業或用戶群代表角色，可運用的商業模式會有所侷限，無法有效提升用戶參與負載管理方案之意願。在台灣〈電業法〉修正草案架構下，售電業或用戶群代表可由零售商、電力平衡責任方、能源服務公司、獨立新設公司擔任，並與台電成為策略聯盟夥伴，由用戶群代表深入市場推動負載管理方案，有助於台電電力系統永續運作，以及延緩新電廠或新輸配電設施之興建。

第三節 用戶群代表關鍵成功因素

當一個國家欲建構該國的用戶群代表制度時，必須檢視其科技技術、經濟市場、政策法規等各個面向之發展條件是否俱足，以決定是否推行用戶群代表制度、推行時必須解決哪些問題、如何改進執行效率等議題。因此探討用戶群代表制度之關鍵成功因素(KSFs)有其必要，以下就相關文獻進行回顧與整理：

1. Lambert(2012)認為推行用戶群代表制度時，主要該評估的關鍵成功因素為：
(1)用戶密度、(2)用電負載的彈性、(3)發電方式的彈性、(4)電價、(5)電網負載狀態、(6)再生能源發電比例、(7)用戶行為、(8)相關電業法規架構、(9)資通訊架構、(10)科技與建設，以上十點之內容於下一章節會更詳細探討。
2. 歐洲 ADDRESS 機構 2001 年於“ADDRESS-project”之研究結果表示，地理環境、消費者、電力生產、科技這四個因素是用戶群代表制度的關鍵成功因素。而地理環境因素包含了氣候條件和天然資源；消費者因素包含了用戶密度、數量、消費模式以及革新願景；電力生產因素包含了電業結構、發電方式組合與發展潛力與法制規範；科技因素包含了科技進步與其對消費者影響的預測和電網品質的評估。
3. 至於已施行用戶群代表制度的前提下，影響用戶選用需求面管理方案之關鍵因素，根據許志義、林俊儒(2015)之研究，各項因素之重要性以其權重排序依次為：電費優惠、指標效用、每次抑低時間長短、臨停通知時間、電費優惠時段、罰則。這代表著對用戶的直接經濟誘因大小影響用戶最多，亦即電費優惠為該研究各項因素中最重要之關鍵因素。

第四節 台灣電力市場分析

本研究以 Lambert(2012)所總結，推行用戶群代表制度的十項關鍵成功因素為探討內容，並將其認為適合發展用戶群代表之條件，與台灣目前條件互相對照後，整理為表 7。

表 7 用戶群代表關鍵成功因素與發展條件

關鍵成功因素	有利條件	台灣條件
用戶密度	高	高
用電負載的彈性	高	高
發電供給的彈性	低	中
電價	高	低
電網負載狀態	接近超載	接近超載
再生能源發電比例	高	低
用戶行為	積極 環保	未知
相關電業法規架構	完善	不完善
資通訊架構	佳	不佳
科技與建設	佳	不佳

資料來源: Lambert(2012) 與本研究整理

如表 7 所示，我國目前某些條件適合發展用戶群代表制度，有些條件則不適合或尚有不足需改進，以下就十項關鍵成功因素逐項進行說明與探討：

一、 用戶密度

電力用戶的密度越高，電力調度越方便、效益越高。台灣地狹人稠，電力用戶的密度非常高，適合發展用戶群代表制度。

二、 用電負載的彈性

電力用戶可配合需求面管理而改變之用電量越高，則需量反應的容量越高。

以台灣電力公司過往實施之「用戶配合減少用電優惠措施」為例，其在 2012 年實際抑低容量高達 136.8 萬瓩，表示我國電力用戶配合執行需量反應之潛力龐大，適合發展用戶群代表制度。

三、 發電供給的彈性

不同發電方式升降載的能力不同，若電力系統整體升降載調度反應越慢，則越需要由需求面管理配合降載。表 8 為近十年台灣各項發電方式之結構比例，其中發電比例較高的發電方式中，燃煤、核能等屬於升降載較慢之發電方式；而燃氣相對屬於升降載較快的發電方式。近年台灣燃氣發電比例逐漸增加可增快升降載速度，但仍有相當高的發電比例，屬於燃煤或核能等調度反應較慢的發電方式，因此有需要發展用戶群代表以需量反應協助降載。

表 8 近十年台灣發電結構比例

年 度	台 電 發 電 量								汽電 共生	民 營 電 廠				太陽 光電	總 計	
	水 力		火 力			核能	風力 發電*	合計		水 力	火 力		風力 發電			合計
	價 常	抽 蓄	燃 煤	燃 油	燃 氣						燃 煤	燃 氣				
2007	1.8	1.6	29.1	5	12	16.7	0.1	66.3	18.2	0	9.2	6.2	0.1	15.5	0	100
2008	1.7	1.5	29	4.8	13.7	17.1	0.1	68	16.5	0.1	9	6.3	0.1	15.5	0	100
2009	1.6	1.4	28	2.7	13.4	18.1	0.2	65.3	17.3	0.1	10.4	6.8	0.2	17.5	0	100
2010	1.6	1.2	26.3	3.3	17.2	16.9	0.2	66.8	16.4	0	9.7	6.8	0.2	16.8	0	100
2011	1.5	1.2	26.9	2.9	17.9	16.7	0.3	67.5	15.8	0	9.2	7.2	0.3	16.8	0	100
2012	2.2	1.2	27	2.3	20	16.2	0.3	69	15	0.1	9.5	6.2	0.3	16	0.1	100
2013	2.1	1.3	25.3	2.1	20.4	16.5	0.3	68	16	0.1	9.2	6.5	0.4	16.1	0.1	100
2014	1.6	1.2	24.7	2.5	21.2	16.3	0.3	67.9	16.1	0.1	8.9	6.8	0.3	16	0.2	100
2015	1.7	1.2	23.4	4.2	23.4	14.2	0.3	68.3	15.3	0	9	7.1	0.3	16.4	0.3	100
2016	2.4	1.3	24.8	4	24.1	12	0.2	68.9	14.6	0.1	8.7	7.4	0.3	16.5	0.4	100

資料來源：經濟部能源局

四、電價

電價越高，則每度電省下的成本越高、節電的經濟誘因也越高。高電價時用戶群代表可提供更高的獎勵金，提升了用戶參與需量反應方案的意願。

國際能源總署(International Energy Agency, IEA)於 2016 年 11 月 1 日根據 2015 年美元平均匯率換算公布世界各國平均電價，本研究依照其數據，配合西澳財政部公布之電價費率，對澳洲平均電價進行估算後，¹⁵將本研究案例國家平均電價排序如表 9。由表 9 可看出台灣電價偏低，住宅用電電價低於本研究四個案例國家之外，工業用電電價也只高於美國。

表 9 案例國家平均電價

住宅用電		工業用電	
國家	電價(台幣元/度)	國家	電價(台幣元/度)
1.台灣	2.8409	1.美國	2.1994
2.韓國	3.4883	2.台灣	2.7641
3.美國	4.0418	3.韓國	3.0286
4.澳洲	8.4447-9.6536	4.德國	4.6281
5.德國	10.4329	5.澳洲	10.0572-10.1424

資料來源:國際能源總署(2016)與本研究估算

¹⁵ Government of Western Australia,

https://www.finance.wa.gov.au/cms/Public_Utility_Office/Businesses_and_Government/Electricity/Electricity_prices.aspx

目前我國之電價計費公式，依據現行〈電業法〉60條規定：「電價之訂定，應以電業收入，抵償其必需成本，並獲得合理之利潤。合理利潤，應以有效使用中之固定資產重置現值及營運資金為基準，並參酌當地通行利潤率計算之。」台灣電力公司獨立營運下應可產生一定之利潤，但由於我國政府政策性補貼與減免過多，使電力公司無法保有應有的利潤，甚至產生虧損。由表 10 可算出，2013 年至今配合政府政策之額外支出與減免之收入，超過 900 億台幣，必然影響台灣電力公司之財務。因此未來減少過多的電力補貼與減免，是值得重視的議題。

表 10 台灣電力公司執行重大政策暨影響金額明細表

台灣電力公司執行重大政策暨影響金額明細表

106年5月10日更新

執行項目名稱	影響金額(千元)			
	105年度決算	104年度決算	103年度決算	102年度決算
1 配合政府政策，實施週六電價改按半尖峰計費，致電費減收部分				2,542,406
2 各類用電優待	3,988,287	4,411,401	5,779,347	3,944,610
3 離島虧損未獲政府依法補償(含資金成本及共同費用)			5,352,380	5,811,594
4 吸收天然氣購電之售電成本高於售電價格之虧損				12,636,856
5 配合政策實施獎勵住宅、國中小學及公設用戶節電措施之損失	2,750,893	3,642,897	1,799,372	3,724,841
6 配合政府政策，燃料上漲未能足額反映電價所減少之電費收入影響數				17,917,508
7 配合政府政策辦理之捐贈或分攤經費			143,664	376,960
8 執行政策性任務增加利息費用負擔				1,027,058
9 98年莫拉克颱風八八水災受災戶用電優惠			242	23
10 配合政府短期促進就業措施，辦理勞務性人力外包作業支出數				
11 繳交再生能源發展基金，配合政府政策未反映於售電價格				1,379,743
12 久任獎金結發扣回數	-122,094	-122,094	-122,094	-122,094
13 配合政府政策燃料價格下跌盈餘增加回饋民眾			8,936,785	
14 高雄氣爆配合政府政策減收電費	87	25	17,331	
15 核四停工封存計畫相關費用	845,267	3,626,286		
16 配合政策修正電價表「包燈電價」規定致電費減收	12	1		
17 0206震災受災戶用電減免致電費減收	256			
合計總影響數	7,462,708	11,558,516	21,907,027	49,239,505

註：上表105年執行重大政策暨影響金額業經國營會審議通過，惟仍需俟審定決算數確定後，依審定結果調整；

101-104年度執行重大政策暨影響金額業經國營會審議通過，並已按各年度審定決算數予以計算。

資料來源:台灣電力公司

低電價非常不利於推行用戶群代表制度，那麼是否台灣執行需量反應不符合成本效益呢？國內陳玟如(2003)之研究，模擬出我國執行需量反應制度的益本比為 1.12，說明我國即使因低電價使得節省的電費收益較低，執行用戶群代表制度依然是有利可圖的。

五、 電網負載狀態

若電力供給與電力需求越接近，亦即電網接近超載、備用容量不足時，越需要用戶群代表制度協助降載，以免電力供給不足造成跳電、停電等問題，影響電網穩定。

如表 11 所示，台灣近年備轉容量率低於 6% 或備轉容量低於 90 萬瓩之情形逐年增加，急需增加發電或進行需求面管理以增加備轉容量、避免供電不足之危機。

表 11 近五年備轉容量率低於 6%、備轉容量低於 90 萬瓩之天數

近 5 年 備轉容量率<6%	2013	1 日
	2014	9 日
	2015	33 日
	2016	80 日
	2017	37 日 (至 2017/7/2)
近 5 年 備轉容量<900MW	2013	0 日
	2014	0 日
	2015	2 日
	2016	3 日
	2017	0 日 (至 2017/7/2)

資料來源:台灣電力公司

六、 再生能源發電比例

由於再生能源發電易受天氣影響，發電量較不穩定，促使再生能源發電比例越高的國家越仰賴用戶群代表制度協助，以需求面配合供給面達成電力供需平衡。

我國目前再生能源比例不高，約佔總發購電量之5%，因此電力供給波動不大，短期內沒有電力供給不穩定之問題。但若未來再生能源發電比例增加後，電力需求面管理的重要性也就益加重要。

七、 用戶行為

需量反應方案需要眾多用戶實際參與和執行，因此若電力用戶越積極參與節能活動、越有環保意識願意配合執行需量反應方案，用戶群代表制度就越容易成功。我國過往需求面管理的參與者以用電量大的高壓用戶為主，未來若推行至較小型的住商用戶時，成效是否良好還未知。在推行時由業者與政府共同宣導節能觀念與知識，將有助於用戶群代表制度的成功。

八、 相關電業法規架構

與用戶群代表制度相關的法規中，對市場參與者與利害關係人之權利與義務定義得越清楚、甚或創造越多利益誘因之法規架構，越能促進相關產業的投資與發展。

由本章第二節對於〈電業法〉之探討，可以看出目前我國對於用戶群代表之角色定義還不明確，商業運作模式也就難以深入探討。若政府欲推行用戶群代表制度，必須加緊修法的腳步，早日訂定合理之法規架構，以利需求面管理之發展。

九、資通訊架構

資通訊科技(ICT)越發達，越有利於建構智慧電網、執行需量反應方案。

台灣許多電表安裝在地下室，裝設智慧電表傳輸用電資訊時可能會有雜訊多、干擾大的問題，使得目前之資通訊環境尚不利於執行需量反應方案。近期國內評估改換 800-900MHz 頻段訊號較佳，但這個頻段需要向國家通訊傳播委員會申請執照才可使用，這有賴於政府早日通過法令、開放頻段，若政府積極協助則未來可有更好的資通訊架構協助用戶群代表制度。

十、科技與建設

影響用戶群代表制度發展的科技面除了資通訊科技外，尚有儲能系統、用電預測等多個面向可以協助發展。為了充分發揮科技優勢，還必須要有足夠之基礎建設，例如智慧電表之裝設為大規模推動需量反應的基礎。

行政院於 2016 年 10 月宣告推動低壓智慧電表建置，並明列目標與時程為：2017 年開始 20 萬戶建置；2020 年完成 100 萬戶；2024 年完成 300 萬戶。我國現可無線網路傳輸用電資訊之智慧電表裝設僅有一萬戶左右，需要加速佈建以達成目標。目前智慧電表之裝設成本，一個智慧電表要價 3,000 至 5,000 元新台幣，大量佈建需要經費來源，但政府並沒有編列預算給予電力公司裝設電表之費用，若全額由台灣電力公司之盈餘支付負擔不小。

現今智慧電表高建置成本的情況下，用電量較小的用戶參與需量反應方案難以在短期內有成本效益，除非未來經濟誘因增加或智慧電表建置成本下降，否則缺乏小型用戶的參與將無法發揮用戶群代表聚沙成塔之調度效益。

第五節 本章小結

本章第一節之探討內容說明了用戶群代表制度下，電力市場各種參與角色都可能得到正面效益，但執行時也有幾項挑戰需要克服。第二節探討我國〈電業法〉是否可以支持用戶群代表進入市場，結論為目前對於參與者的定義並不明確，用戶群代表還無法合法進入市場。第三節藉由文獻回顧整理出發展用戶群代表制度的關鍵成功因素，並於第四節逐項探討我國目前各項條件是否適合發展用戶群代表制度。探討之結果為我國有數項條件適合發展用戶群代表，但亦有法制規範不明、電價過低、基礎建設不足等較重大的不利因素，有賴政府之積極協助，以創造更適合用戶群代表發展之環境。



第七章 結論與建議

以下就國內當前與未來的電力市場環境，分析整理臺灣發展用戶群代表之策略與可能面臨之挑戰，並針對政府與台灣電力公司、產業界、學術界、電力用戶的不同角度，提出可行的政策法規建議，期望有助於我國未來實施用戶群代表機制之運作。

第一節 結論

由於臺灣絕大部分能源資源仰賴國外進口，所以一旦發生電力供給不足，部分用戶即必須面臨限電危機，所以唯有透過需求面管理，才能在僵固的供給容量限制下調配稀有的電力資源，讓負載需求較有彈性抑低部分用電的用戶，參加需量反應優惠電價方案，方可降低供電不足的衝擊，並使電力資源的利用達到效用極大。具體言之，電力用戶因資通訊科技迅速發展，歐美先進國家所強調的用戶賦權(empowerment)，除了可以讓用戶在自由競爭的電力市場中，選擇符合自身利益的需量反應方案之外，也可以經由用戶群代表運用其能源管理的專業能力，為眾多電力用戶提供節能或調整用戶負載之需量反應服務，同時達成節能減碳與國家永續發展之政策目標。

本研究列舉先進國家的用戶群代表案例，說明用戶群代表如何協助電力市場供需雙方平衡整體電力供需、推動電力需求面管理及需量反應方案。同時，各國皆藉由正式法規或行政命令，明確定義電力市場中各個角色的權利與義務，表明制定詳細明確的相關配套法規之重要性，各國實際施行的相關政策亦可供我國學

習參考。而本研究案例國家中，韓國發展用戶群代表制度十分成功，且該國非自由化的電力市場與我國現況較為接近，其發展用戶群代表之模式值得借鏡。

另隨著儲能系統及智慧電表的進步，使得電力用戶可以更加有效儲存電力，並經由上述先進國家的經驗，透過用戶群代表的整合運用，發揮更進一步的需量反應發展空間。臺灣目前正處於智慧電能管理制度之轉型過渡期，政府相關單位已積極規劃智慧電網布建時程、智慧電表裝設及配套電價制度設計，值得肯定。台電公司亦根據其發電成本結構，設計具有誘因之需量競標與需量反應方案，藉此降低發輸配售電之整體供電成本，並透過各種能源資訊管理系統(例如：HEM 家庭能源管理系統、BEMS 建築能源管理系統、CEMS 區域能源管理系統、FEMS 工廠能源管理系統)，確保用戶用電的便利性與生活上的舒適度，落實能源使用效率與節能減碳效果。

為因應未來電網設備資訊高度整合之需要，目前相關技術領域之發展應聚焦以下範疇：加強區域能源最佳化運用之基礎建設布建、發展配電級虛擬電廠(VPP)相關技術與商業模式、智慧儲能系統整合需量反應服務(包括卸載控制與即期負載預測、卸載流程與控制策略、需量反應新興服務管理模式等)、能源資訊分析與資訊安全管理(包括即時性能源資訊分析與異常行為偵測、資料加解密、通訊安全等)。再者，節電成效評估技術之落實，亦為商業模式成功與否之核心議題。因此，用戶群代表或電力公司必須發展評估(evaluation)、測量(measurement)及驗證(verification)相關技術，亦即所謂 EM&V。

而台灣發展用戶群代表制度之關鍵成功因素，經由本研究統整分析之結果，我國在電力用戶密度高、高用電負載彈性、接近超載的電網負載這幾個條件下，適合發展用戶群代表制度。但另一方面，我國目前低電價、再生能源發電比例低、

相關電業法歸架構不完善、資通訊架構以及科技與建設不佳等，則不利發展用戶群代表制度。未來若欲順利推動用戶群代表制度，在市場面宜藉由供需價格機制，促進用戶群代表之間彼此競合；技術面則宜擴建基礎建設，並落實評估、測量及驗證程序；政策面則須鬆綁相關法規，推動電力自由化，這三個面向的關鍵成功因素俱備之情況下，藉由用戶群代表的有效整合，可以促使電力公司、能源服務產業、電力用戶達到「三贏」的局面。

第二節 建議

一、政府與台灣電力公司方面

在當前我國電力管制體制下，用戶群代表服務商業模式應可仿效台電公司目前「時間電價、季節電價、需量反應、計畫性減少用電措施電價方案(原可停電力電價)」，訂定適用之差別電價，以提供用戶群代表市場誘因，並由用戶群代表與其轄下之終端電力用戶利益均霑，共享電價優惠。

有關需量反應之電價訂定，根據〈電業法〉第 59 條：「電業擬定或修正營業規則、電價及各種收費率，應送經地方主管或其事業所屬機關加具意見，轉送中央主管機關核定後，在當地公告之。」此外，根據現行〈電價費率審議會設置要點〉：「經濟部召開電價費率審議會審議電價公式中各成本項之合理值，再將審議結果簽報經濟部核定，並由台電公司公告後實施。」換言之，台電公司得透過電價費率審議會，針對用戶群代表服務商業模式及其與台電公司簽訂之需量反應電價方案，加以審議，以確保其各種相關需量反應電價方案之一致性、公平性、妥適性，進而提供用戶群代表得以運作之電價差異空間。

根據〈電業法〉或台電公司內部相關作業要點，迄今為止，尚未針對用戶群代表之定義與資格條件，加以規範。換言之，台電公司已經實施需量反應方案，但是在目前的運作規則下，所有需量反應方案均由台電公司獨立執行辦理，無法讓用戶群代表有發揮其角色與功能之空間。因此，在電力相關法規修改之前，用戶群代表的運作以及管理機制，仍然有潛在的問題。

本研究建議可考慮沿用目前〈政府採購法〉可行模式，短期間內由台電公司開放抑低負載的需量反應方案，透過公開徵求需求建議書(request for proposal, RFP)，讓符合資格條件的有關廠商，提出執行需量反應方案的計畫書與競標預算。經過公開競爭與競價之後，得標的廠商(用戶群代表)即可進入電力市場，執行台電公告需求規範中所要求抑低之負載數量與時段，及可給予電力用戶電力優惠折扣的最高上限。當用戶群代表加入需量反應電力市場，也可形成與其他發電業者進行良性的競爭。因為需量反應方案所能夠抑低的負載容量與能量，可直接取代發電業者試圖提供的負載容量與能量。事實上，前者比後者更為電力公司節省了相關的輸配電能量與線路損失的避免成本。而需量反應方案的優惠電價折扣，與發電業者的發電成本處於一種競爭與相互替代的關係。

二、 產業界方面

相關業者應學習先進國家用戶群代表之成功案例，引進經驗，轉型為國內本土化之用戶群代表，執行相關需量反應方案。本研究建議可成立同業公會或發展協會，互相交換資訊，彼此觀摩，既競爭又合作，形成產業聚落與需量反應相關產業生態體系，健全發展。未來可進一步跨足中國大陸與東南亞電力需量反應市場。

值得注意的，實施用戶群代表制度的前提，必須確立市場參進者之資格認證(如資本額最低門檻、具備應有的資通訊技術水準等)審查條件，並且建立後續執行需量反應之績效評鑑標準，以避免濫竽充數的不肖業者損及用戶權益。其中以資通訊技術之資格為例，多數國家主要以獨立系統操作者(ISO)或輸電系統操作者(TSO)作為認證機構，而我國電力市場尚未自由化，目前亦無相關認證程序，實有必要加以規範。

除此之外，參進業者均應加強規劃、設計、管理之軟實力與硬體設備的製造安裝、運轉及維修的能力，提升整體相關產業之競爭力。而用戶群代表必須規劃完善的需量反應方案合約，為客戶(電力用戶)設計出個別化的量身訂做方案，達成「雙贏」的局面。

三、 學術界方面

宜針對用戶群代表相關重要課題，持續進行系統化之研究與發展，例如：如何建立一套能夠促進用戶群代表健全發展之政策與法規；在物聯網架構下，如何開發分散式電源與需量反應方案之硬體設備與軟體系統等。

國內各大學相關系所則可透過產學合作，培養用戶群代表相關人才，包括電機與能源系統、管理與行銷、資通訊科技、行政法規與用戶契約規劃執行等各方面人力資源。

四、 電力用戶方面

民眾應理解綠色能源為未來整體社會發展的必然趨勢，培養環保意識，吸納

新知，樂於接受新興節能減碳的創新服務模式，對用戶群代表採取開放與接納的態度，積極參與需量反應方案，共同為全球節能減碳盡一份消費者的心力。



參考文獻

一、中文文獻

- 王俊明，2015，《論文的研究. 統計與測驗方法》。台北市：師大書苑。
- 吳再益等，2005，〈電力市場自由化下需量反應制度之可行性研究〉。《台電工程月刊》，第683期，頁78-101。
- 施恩，2013，〈日趨成熟的虛擬電廠—創造分散式電源與負載管理的最大效益〉。《臺灣經濟研究月刊》，36(12):119-126。
- 陳玟如，2003，《我國需量反應制度之可行性研究》。
- 陳彥豪、盧思穎、林法正，2013，〈虛擬電廠概念與運作模式介紹〉。《電力電子》，11(4):46-53。
- 陳俐奴、廖建棠、陳秉奇，2014，〈國際配電等級虛擬電廠案例探討〉。《臺灣經濟研究月刊》37(9):36-48。
- 許志義、陳澤義，1995，《電力經濟學:理論與應用》。台北市:華泰。
- 許志義，2012，〈我國電力需求面管理之探討〉。發表於「能源及電力業的挑戰與機會論壇(四)」，台北:中技社主辦。
- 許志義、吳仁傑，2014，〈論電力需量反應與虛擬電廠發展趨勢〉。《臺灣經濟論衡》12(6):59-83。
- 許志義、黃鈺愷、王京明，2014，〈美國電力自由化政策與法規探討：以賓澤馬及加州為焦點〉。《台電工程月刊》，第795期，頁1-15。
- 許志義、盧佩君、楊宏澤，2014，〈住宅部門需量反應電價方案之益本分析〉。《台電工程月刊》，第789期，頁48-60。
- 許志義、盧佩君，2014，〈論競爭市場電力調度之公平交易機制〉。《公平交易季

刊》22(4):119-140。

許志義、黃俊凱，2014，〈德國電力備轉容量市場與虛擬電廠提供電網輔助服務機制之探討〉。《台電工程月刊》，第805期，頁44-60。

許志義、林俊儒，2015，〈智慧電表用戶選用需求面管理方案關鍵因素之權重分析〉。臺灣能源期刊 2(2):209-226。

黃玠然，2011，《永續發展導向之臺灣電力政策分析》。台北：國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文。

張紹勳，2004，《研究方法》。臺中市：滄海。

楊豐碩等，2011，〈缺電成本之調查研究〉。《台電工程月刊》，第754期，頁55-75。

劉吉軒、陳碧珠，2009，〈國立政治大學商學院學位論文引用文獻分析法與館藏支援之研究〉。《圖書與資訊學刊》，第64期，頁1-30。

Babbie Earl 著；陳文俊譯，2007，《社會科學研究方法》。臺北市：湯姆生、雙葉總經銷。

Frankfort-Nachmias Chava, Nachmias David 著；潘明宏譯，1998，《社會科學研究方法》。臺北市：韋伯文化。

二、西文文獻

Arslan Okan and Ekin Karasan Oya, 2013, "Cost and Emission Impacts of Virtual Power Plant Formation in Plug-in Hybrid Electric Vehicle Penetrated Networks." *Energy*, 60:116-124.

Braithwait Steven, D. Steven, Hansen David, Kirsch Laurence, 2006, "Incentives and Rate Designs for Efficiency and Demand Response." published by U.S. Department of Energy.

Burger Scott, Chaves-Ávila Jose Pablo, Batlle Carlos, Pérez-Arriaga Ignacio J., 2016,

“The Value of Aggregators in Electricity Systems.” published by MT Center for Energy and Environmental Policy Research.

Crampes Claude and Léautier Thomas-Olivier, 2015, “Demand Response in Adjustment Markets for Electricity.” *Journal of Regulatory Economics*, 48(2):169-193.

Dietrich Kristin, Latorre Jesus M., Olmos Luis, Ramos Andres, 2015, “Modelling and Assessing the Impacts of Self Supply and Market-Revenue Driven Virtual Power Plants.” *Electric Power Systems Research*, 119:462-470.

Faria Pedro, Soares Tiago, Vale Zita, Morais Hugo, 2014, “Distributed Generation and Demand Response Dispatch for a Virtual Power Player Energy and Reserve Provision.” *Renewable Energy*, 66: 686-695.

Henrikson Carmen Baskette and Brief Kristin, 2008, “Designing a Successful Demand Response Program: It’s Not Your Grandfather’s Load Control Program.” Presented for 2008 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings.

Lambert Quentin, 2012, *Business Models for an Aggregator - Is an Aggregator economically sustainable on Gotland?*

Mármol Félix Gómez, Sorge Christoph, Ugus Osman, 2012, “Do Not Snoop My Habits: Preserving Privacy in the Smart Grid.” *IEEE Communication Magazine*, 50(5) :166-172.

Nissen Gustaf, 2010, *Cost Reduction Opportunities in Local Distribution Grids with Demand Response.*

Oren Shmuel S., 2013, “A Historical Perspective and Business Model for Load Response Aggregation Based on Priority Service.” 46th Hawaii International Conference on System Sciences.

- Rhee Chang-Ho and Park Jong-Jin, 2015, “Demand Resource Policy and Program Design for Electricity Market in Korea.” published by Korea Electrotechnology Research Institute.
- Sučić Stjepan, Dragičević Tomislav, Capuder Tomislav, Delimar Marko, 2011, “Economic Dispatch of Virtual Power Plants in an Event-Driven Service-Oriented Framework Using Standards-Based Communications.” *Electric Power Systems Research*, 81(12):2108-2119.
- Shropshire David, Purvins Arturs, Papaioannou Ioulia, Maschio Isabella, 2012, “Benefits and Cost Implications from Integrating Small Flexible Nuclear Reactors with Off-Shore Wind Farms in a Virtual Power Plant.” *Energy Policy*, 46:558-573.
- Sowa Torsten, Kregel Stefan, Koopmann Simon, Nowak Johannes, 2014, “Multi-criteria Operation Strategies of Power-to-Heat-Systems in Virtual Power Plants with a High Penetration of Renewable Energies.” *Energy Procedia*, 46:237-245.
- Smart Energy Demand Coalition (SEDC), 2015, “Mapping Demand Response in Europe Today 2015.”
- Thomas Andrew R., Lendel Iryna, Park Sunjoo, 2014, *Electricity Markets in Ohio*.
- Vingerhoets Pieter, 2016, “Demand Response Status and Initiatives around the World.” published by Global Smart Grid Federation.

三、網路資源

中技社，2013，〈台灣能源及電力業之挑戰與機會〉。最後查閱日期:2017/6/25，檢自：<http://www.ctci.org.tw/ct.asp?xItem=3684&ctNode=655>

台灣電力公司，〈過去電力供需資訊〉。最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-c51.aspx?LinkID=28

台灣電力公司，〈負載管理〉。最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

http://csr.taipower.com.tw/tactics02_03_01.aspx

能源新報，2016，〈台電智慧電表「用手抄」，這是哪門子的智慧？〉。最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://technews.tw/2016/07/05/smart-meters-taipower/>

許志義，2016，〈因應缺電危機與需求管理的重要觀念〉。最後查閱日期:2017/6/25，檢自: https://gvlf.gvm.com.tw/article_content_11882.html

經濟部能源局，〈電力供給>發電結構〉。最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<https://www.moeaboe.gov.tw/wesnq/Views/B01/wFrmB0102.aspx>

韓國電力交易所官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<https://www.kpx.or.kr/eng/index.do>

ADDRESS機構官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://www.addressfp7.org/>

Comverge公司官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://www.comverge.com/>

CPower公司官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<https://cpowerenergymanagement.com/>

EnerNOC公司官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://www.EnerNOC.com/>

Federal Energy Regulatory Commission (FERC), 2016, “Assessment of Demand Response and Advanced Metering.” 最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<https://www.ferc.gov/legal/staff-reports/2016/DR-AM-Report2016.pdf>

Federal Energy Regulatory Commission 官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://www.ferc.gov/legal/maj-ord-reg.asp>

Navigant Research, 2015, “Navigant Research Leaderboard Report: Demand Response.” 最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<https://www.navigantresearch.com/research/navigant-research-leaderboard-report-demand-response>

Ohmconnect公司官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<https://www.ohmconnect.com/>

Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection (PJM), 2016, “Load Management Performance Report 2015/2016.” 最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://www.pjm.com/~media/markets-ops/dsr/2015-2016-dsr-activity-report-20151221.ashx>

Vattenfall公司官網，最後查閱日期:2017/6/25，檢自:

<http://corporate.vattenfall.com/>

