

# 虛擬電廠先進國家發展趨勢及對台灣之政策意涵

Development Trend of Virtual Power Plant in Advanced Countries  
and Policy Implications for Taiwan

許志義\*  
Hsu, Jyh-Yih

陳俐妉\*\*  
Chen, Li-Wwn

黃鈺愷\*\*\*  
Huang, Yu-Kai

陳彥豪\*\*  
Chen, Yen-Haw

楊宏澤\*\*\*\*  
Yang, Hong-Tzer

## 摘要

虛擬電廠是先進國家電力自由化市場下，隨著分散式能源資源(Distributed Energy Resource, DER)之迅速興起，而日益重要的一種電業創新服務模式。虛擬電廠整合電力需求面與供給面各種資源，藉由能源資訊管理系統(Energy Information Management Systems, EIMS)整合各分散式電源運作狀態資訊，其中大型用戶可直接進入參與市場，而小型用戶則需透過整合商(Aggregator)整合後，再至電力市場進行交易。而整合商是 DER 擁有者和電網間的媒介，掌握 DER 的狀態，也負責投遞標單給市場參與者，故虛擬電廠之職能包括在電力市場交易以及平衡交易組合(例如電網壅塞與輔助服務)，透過此一重要機制，確保電力系統之安全性與永續性。

在台灣，雖然短期內電力市場尚未自由化，上述虛擬電廠之功能與市場定位，無法立即實現。但是，未來長期能源供需規劃下，隨台灣電力市場自由化之必然趨勢，虛擬電廠之發展趨勢及其可行性分析，尤其是對於台灣配電系統線路壅塞以及輔助服務之正面效益，值得加以探討。本文目的在於彙整先進國家虛擬電廠發展趨勢，包括美國、西班牙、丹麥、日本。其次，探討台灣可行性之推動方案，最後提出相關結論與建議。

## Abstract

The development of virtual power plant (VPP) is an important innovative service model in advanced countries under the electricity liberalization market. VPP integrates distributed energy resources (DER), which include distributed generation, energy storage system (ESS), and demand response (DR), distribution system connection and active and automatic demand management.

The VPP which is connected to distribution system can greatly decrease the transmission and distribution losses. However, it also involves more complicated distribution system operations. For Taiwan, it is very important to consider the model of VPP for long term national energy supply and demand planning due to the congestion issues of the grid and the

\*國立中興大學應用經濟學系暨資訊管理學系

\*\*台灣經濟研究院

\*\*\*國立中興大學產業發展研究中心

\*\*\*\*國立成功大學電機工程學系

development of ancillary services as well.

Thus, this paper is intended to study the VPP development experiences of advanced countries and the feasibility of implementing VPP in Taiwan. Also some policy implications and suggestions will be presented.

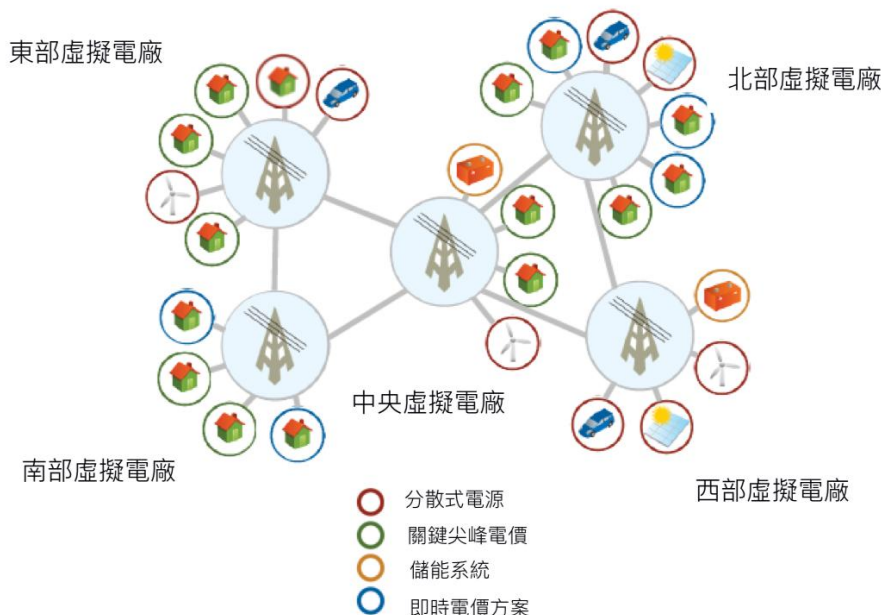
**關鍵詞(Key Words)：** 虛擬電廠 (Virtual Power Plan)、分散式能源資源 (Distributed Energy Resources)、能源資通訊管理系統 (Energy Information Communication Technologies)、需量反應 (Demand Response)、儲能系統 (Energy Storage Systems)。

### 壹、前言

虛擬電廠(Virtual Power Plant, VPP)是先進國家近年來積極整合再生能源、電動車、需量反應之創新服務商業模式。虛擬電廠係透過中央控制資訊平台，藉由能源服務公司(ESCO)或用戶群代表(Aggregator)，能有效整合分散式再生能源發電系統，搭配用戶端之電動車或儲能系統、需量反應(Demand Response)動態電價方案，甚至智慧家電、智慧建築、智慧社區、智慧工廠、智慧城市等，形成所謂能源網際網路(Energy Internet)新型態的能源經濟體制。進一步言之，這種積少成

多、聚沙成塔，發揮螞蟻雄兵之分散式系統功能，宛如一座隱形的巨大電廠(亦稱虛擬電廠)，具有「即時同步」、「雙向互動」、「彈性負載」的電力經濟調度特質，不但能使再生能源間歇性不穩定供電之問題獲得紓解，更可有效降低傳統電力系統經年閒置的備用容量，充分利用發電設施，改善電力公司財務表現，同時減少二氧化碳排放所造成的整體社會成本。

虛擬電廠概念使電力公司得以將用戶群依特定地區或配電關聯細分為不同群體，如圖 1 所示，透過細緻的區分群體使得對特定用戶的價值有最佳的預測、資訊分析與營運決策制定<sup>[1]</sup>。



資料來源：Aaron Zurborg(2010)

圖 1 將需量反應方案與分散式電源依特定地區或配電關聯性細分成不同群體

虛擬電廠包括四個部分：中控資訊平台、分散式再生能源發電系統、儲能系統、彈性電價機制。其中資訊平台提供關鍵電價訊號，反映影響再生能源發電的天候狀況、用戶需求強度等即時資訊，不但能緩解再生能源供電不穩的問題，同時可誘使電力用戶即時抑低負載，進而減緩興建傳統發電廠與輸配電設施的壓力<sup>[2]</sup>。

在虛擬電廠(VPP)模式下，整合電力需求面與供給面各種資源，藉由能源資訊管理系統(Energy Information Management Systems, EIMS)整合各分散式電源(Distributed Energy Resource, DER)運作狀態資訊，其中大型用戶可直接進入參與市場，而小型用戶則需透過整合商整合後，再至電力市場進行交易。而整合商是 DER 擁有人和電網間的媒介，掌握 DER 的狀態，也負責投遞標單給市場參與人，故虛擬電廠之職能包括在電力市場交易以及平衡交易組合，透過此確保電力系統之安全與永續性。

在台灣，雖然短期內電力市場上未自由化，上述虛擬電廠之功能與市場定位，無法立即實現。但是，未來長期能源供需規劃下，隨台灣電力市場自由化之必然趨勢，虛擬電廠之發展趨勢及其可行性分析，尤其是對於台灣配電系統線路擁塞以及輔助服務之正面效益，值得加以探討。本文目的在於彙整先進國家虛擬電廠發展趨勢，包括美國、西班牙、丹麥、日本。其次，探討台灣可行性之推動方案，最後提出相關結論與建議。

## 貳、先進國家虛擬電廠發展趨勢

### 一、美國 Olympic Peninsula 案例

為有效提升能源使用效率，美國於 2004 年，即著手開發住商電能管理系統及分散式電源等相關技術，然其時智慧電網之概念未臻廣泛討論，故僅止於個別系統開發。為了因應持續上升之電力負載需求並有效結合分散式電力資源

(Distributed Energy Resource, DER)，美國能源部於 2004 年始於投入奧林匹克半島計畫(Olympic Peninsula Project)，期能藉此計畫有效整合資通訊及相關控制技術。

本計畫由美國能源部(U.S. Department of Energy)出資，並由美國西北太平洋國家實驗室(Pacific Northwest National Laboratory, PNNL)主導及管理，此外亦集結了當地的電力供應商、相關技術廠商及學者參與。電力供應商(BPA、PUD #1 of Clallam County 及 the City of Port Angeles)負責協調住宅、商業及市府機構作測試用途，而 IBM 華盛頓研究實驗室及 Invensys Controls 公司提供網路、通訊、伺服器技術支援，相關學者協助制定虛擬電力市場結構並建構自動化運算系統。

奧林匹克半島位於美國華盛頓州西北角，無論以地理環境或當地電網拓撲及特性而言，皆適合作為技術驗證場域，奧林匹克半島主要以山脈為主，居民主要沿著漫長海岸線的低海拔地區居住，在該區域幾個主要的城鎮中，規模最大的為安吉利斯港(Port Angeles)，當地雖工業化程度不高，但因人口快速成長導致每年約增加尖峰負載 20 MW。安吉利斯港主要指憑藉兩迴路源於奧林匹亞(Olympia)變電所之 230-kV 饋線供電，長距離的電力輸送可能使末端電壓過低，且冬季極端用電需求時段亦可能發生電壓不穩或甚至崩潰之情況。

鑒於上述，美國奧林匹克半島計畫旨在透過通訊技術整合該區域現有的分散式電力資源，以解決區域電力傳輸擁塞之問題。該計畫執行於 2004 至 2007 年間，於計畫開始前，主要的分散式電力資源控制系統即已完成，本計畫僅將現有的個別系統透過資通訊技術整合，分散式電力資源系統包括下列所述：

(一) 海洋科學實驗室(Marine Sciences Laboratory, MSL)：具備 BEMS 可控制空調設備並參與需量反應，另包含兩部具無線遠端控制功能之柴油發電機(175kW 及 600kW)。

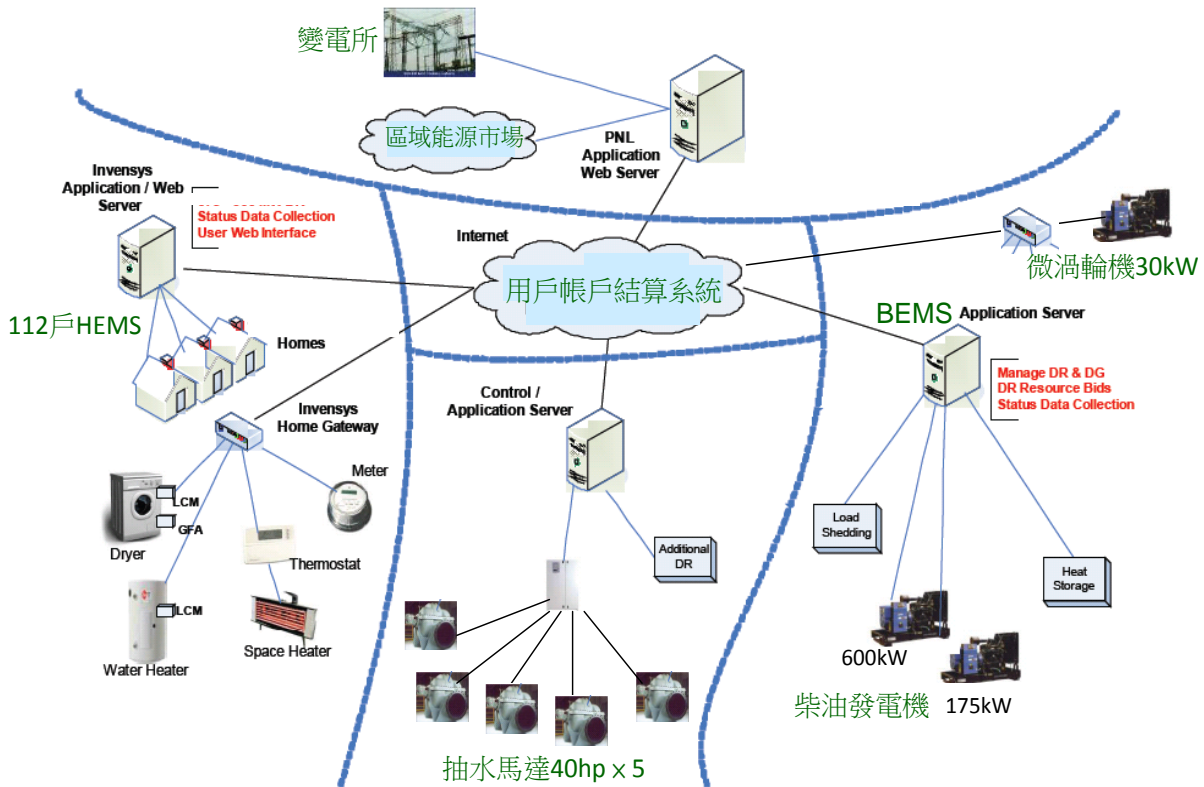
- (二) 112 戶俱備 HEMS 之住宅(需量反應量約 160kW)，用戶可透過網頁登入自用帳號以查看用電歷史資訊，並可更改舒適度設定參數，以改變需量反應控制。
- (三) 可遠端控制微渦輪機 30kW。
- (四) 可控的市政府的抽水馬達(40hp 五部)。

本計畫除了上述可控分散式電力資源外，亦開發一個區域電力市場平台，該平台可接收供應端及負載端投標，並透過市場機制決定該地區的邊際價格，計畫整體系統架構圖如圖 2 所示。計畫中所採用之市場機制示意圖如圖 3，交易資訊平台每 5 分鐘產生一個結清價格(Cleared Price)，並由以下步驟完成此程序：

- (一) 預測下一個 5 分鐘之負載需求量，如圖 3(a)中 B 點所示。
- (二) 接收電力供應端與需求端雙方投標，供應端投標即代表欲售之費率，而需求端投標則表示當電價高於某個值時，此需求端願意停止

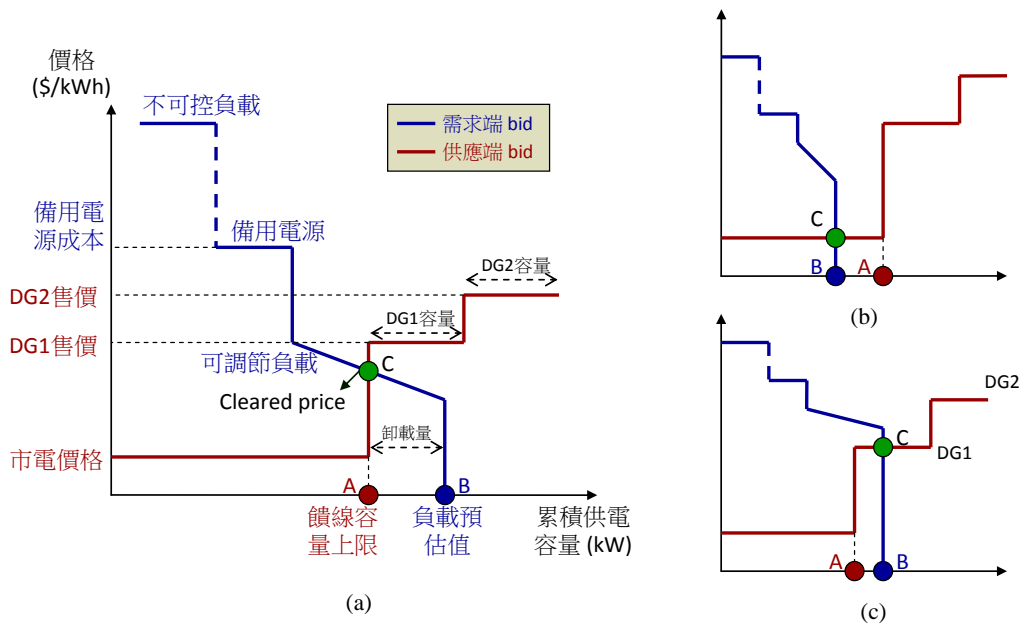
用電。舉例而言，使用者可設定不可控負載之投標參數為 999(\$/kWh)，此代表當電價高達 999(\$/kWh)時，此負載才可停用(即不會停用)。

- (三) 將供需雙方之投標排序，供應方投標由低至高，需求方投標由高至低。一般而言，自變電所經饋線輸送至當地之市電價格低於分散式電源之售價，因此市電將位於投標曲線的最左端。
- (四) 計算供需雙方投標曲線之交點，以圖 3(a)為例，C 點對應之縱軸即為結清價格，而 C 點對應橫軸至預測負載值 B 點的距離即表示可調節負載之卸載量。當負載總需求 B 低於饋線容量 A 時，則所有需求皆由市電供應，如圖 3(b)所示；當負載總需求 B 高於饋線容量 A 且需求端投標參數較高時，可能發生如圖 3(c)之情形，此情況下將不需卸載，饋線供應不足之電力則由 DG1 提供。



資料來源：Olympic Peninsula project 研究報告

圖 2 美國奧林匹克半島計畫之系統架構



資料來源：Olympic Peninsula project 研究報告

圖 3 美國奧林匹克半島計畫之電力交易市場機制示意

## 二、西班牙(Alava)和英國(Woking) FENIX 案例

以下說明 FENIX (全名為 Flexible Electricity Networks to Integrate the Expected Energy Evolution)計畫的背景與目的，並說明 FENIX 的運作模式，以及進一步闡述其對台灣電力系統的意涵。

### (一) FENIX 虛擬電廠計畫背景與目的

FENIX 計畫執行期間自 2005 年 10 月到 2009 年 10 月，總經費總共 1,480 萬歐元，其中 780 萬歐元由歐盟委員會 (European Commission) 資助<sup>[3]</sup>。試驗場址分為南方案(Southern Scenario) 與北方案(Northern Scenario)，南方案在西班牙 Alava，北方案在英國 Woking。西班牙 Alava 省總人口 322,557 人，面積 2,963km<sup>2</sup>，試驗裝置容量為 420 MW，其中 150MW 是分散式電力資源 (Distributed Energy Resource, DER)。英國 Woking 是坐落在離倫敦市中心西南方 37 公里的小鎮，總人口數 62,796 人，面積 63.57 km<sup>2</sup>，每日有數以千計的人往返倫敦和

Woking。Woking 有 3MW 虛擬電廠示範容量，包括 200kW 的燃料電池。

此案例之目的在於將分散式電力資源 (Distributed Energy Resource, DER)有效整合至電力系統，並透過虛擬電廠確保電力系統之安全與永續性。具體執行作法是將資通訊科技技術 (Information Communication Technology, ICT) 裝置於 DER 與虛擬電廠，透過 ICT 整合一定數量的 DER，使各別不可預測的行為限制得以克服。此外，也修改相關法規以及設計不同契約關係，確保參與者間(DER 擁有人、整合商、電網營運者、市場營運者)的權利義務。在此案例中，整合商是 DER 擁有人和電網間的媒介，掌握 DER 的狀態，也負責投遞標單給市場參與人，扮演商業運轉型式的虛擬電廠 (Commercial Virtual Power Plant, CVPP)的角色。而負責電網可靠度以及供電品質的則是配電系統操作者 (Distribution System Operator, DSO)，其職能類似技術運轉型式的虛擬電廠 (Technical Virtual Power Plant, TVPP)<sup>[4]</sup>。

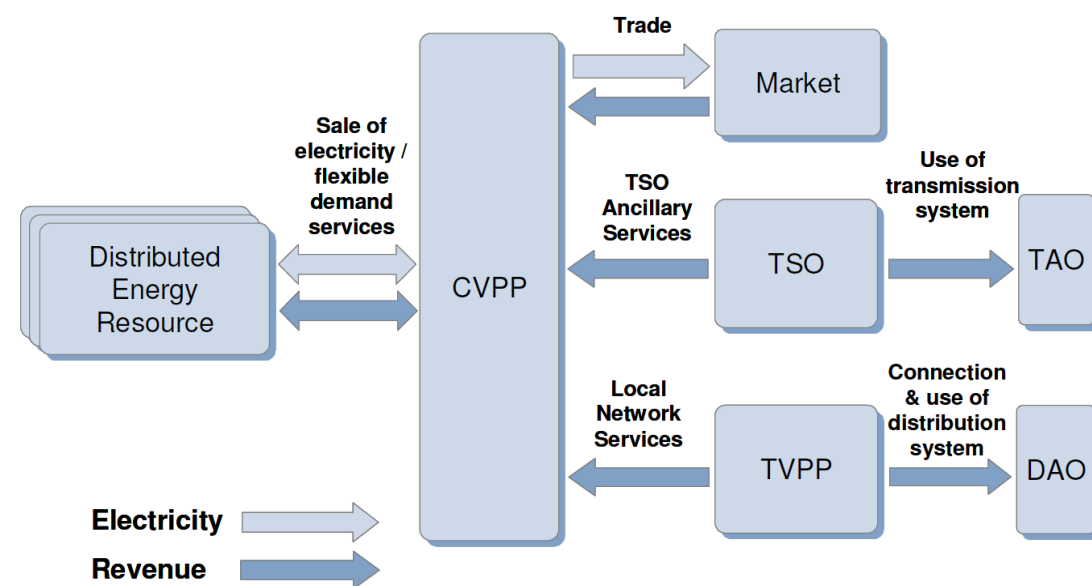
(二) 運作模式

以下將說明 FENIX 虛擬電廠的概念與架構，緊接著闡述其運作流程以及市場參與人間的互動關係，並進一步說明 FENIX 虛擬電廠中最關鍵的契約關係，即 CVPP 和 DER 間的契約關係。

1. FENIX 虛擬電廠概念與架構

FENIX 虛擬電廠架構下的市場參與人包括：市場操作者(Market Operator)、

輸電資產擁有者(Transmission Asset Owner, TAO)、輸電系統營運商(TSO)、配電資產擁有者(Distributed Asset Owner, DAO)、技術型虛擬電廠(Technical Virtual Power Plant, TVPP)、商業型虛擬電廠(Commercial Virtual Power Plant, CVPP)以及分散式電力資源(Distributed Energy Resource, DER)，如圖 4 所示<sup>[5]</sup>。



資料來源：Dafydd et al. (2008)

圖 4 FENIX 契約關係架構

FENIX 虛擬電廠框架內有五個重要的契約組成關係，分別為：DER 和 CVPP、CVPP 和 TVPP、CVPP 和電力市場、CVPP 和 TSO、TVPP 和 DAO。

(1) DER 和 CVPP 的契約關係：相較於過去售電業者與 DER 的關係，在 FENIX 架構下 DER 和 CVPP 會更加動態且互動性也更高。因此，在契約內需載明讀取 CVPP 和 DER 間的電力潮流，以計算電力系統的使用量、要價與付款之細則。為了要即時掌握各 DER 的狀態，兩者間的通訊協定也需要被雙方

授權認定。CVPP 還需整合 DER 的標準，投遞至電力市場中，並結算計畫用電量與實際用電量的差額。此外，CVPP 要即時監控各 DER 狀態，必要時調度各機組的電力或削弱負載需求。

(2) CVPP 和 TVPP 的契約關係：此契約關係在 FENIX 契約中極為重要，乃落實 FENIX 概念的精神所在。其契約關係需交代計算系統使用量的方式、即時交易所需的通訊要求、授權讀表、要價、支付給 CVPP 因傳輸限制所產生

的額外發電成本、支付給 TVPP 電力系統使用費用、供電給 DER 的流程、DER 轉供電力給其他 CVPP 的流程。

(3) CVPP 和電力市場的契約關係：FENIX 虛擬電廠另一個潛在增加創收的管道，就是整合 DER 的電力至批發市場販售，為了要落實這樣的概念，兩者必須遵守以下契約事項的規範：標單投遞至集中調度系統所需的通訊、CVPP 電力產出讀表的授權、要價與付款方式、由中央系統調度 CVPP 之細則等。

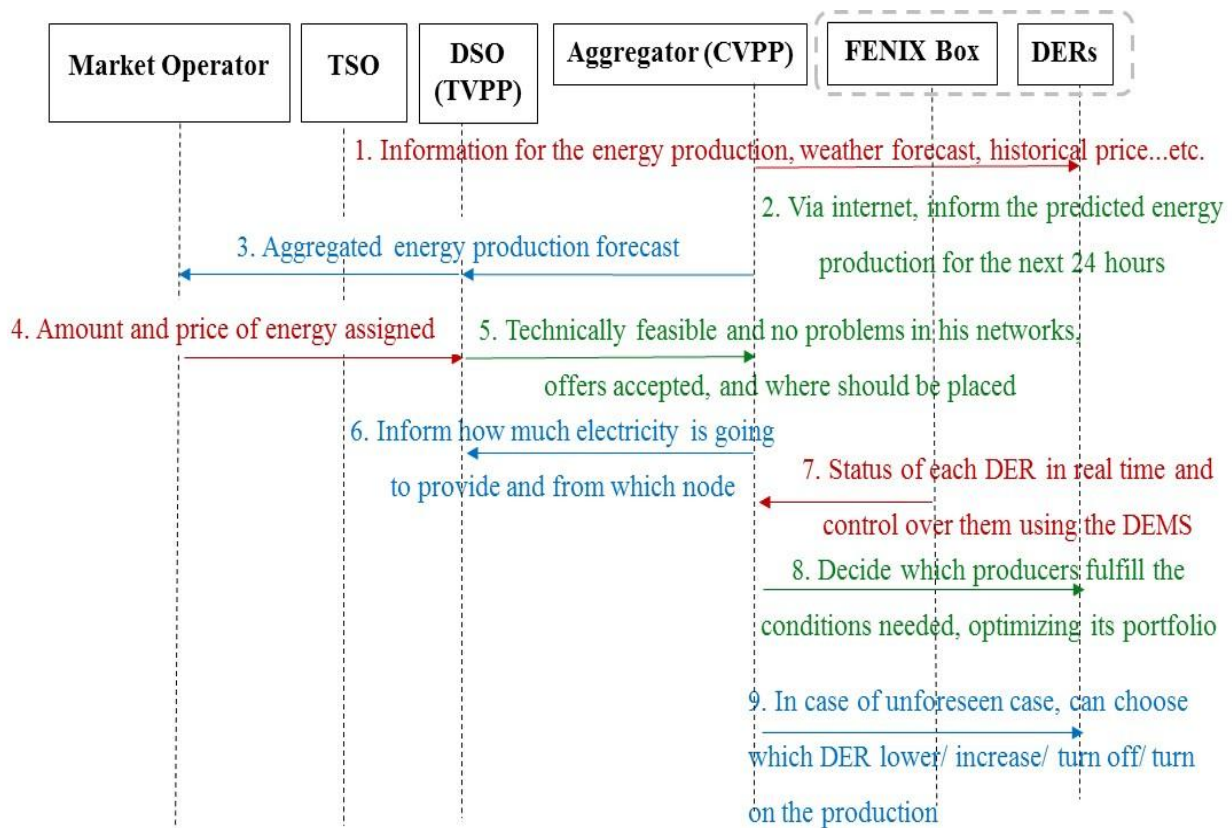
(4) CVPP 和 TSO 的契約關係：另一個 FENIX 虛擬電廠可增加收入的管道是匯集 DER 電力提供輔助服務給 TSO。所需載明的契約內容包括：CVPP 服務

提供能力的定義、CVPP 提供服務的告知方式、輔助服務的替代安排、TSO 要求 CVPP 提供服務的特定條件、電力讀取與系統測試流程、CVPP 未能履行提供輔助服務的罰則。

(5) TVPP 和 DAO 的契約關係：TVPP 主動管理部分配電網，此即必須與 DAO 建立契約關係，規範 DAO 可從 TVPP 獲得配電網建造維護成本。而契約內必須包含以下要件：給 DAO 的連結費用與系統使用費用、DAO 要價與讀表的安排。

## 2. FENIX 虛擬電廠運作流程與市場參與人互動關聯

FENIX 虛擬電廠運作流程如圖 5 所示，將各個步驟說明如下：



資料來源：本研究自行繪製

圖 5 FENIX 虛擬電廠運作流程與市場參與人互動關聯

- (1) 用戶群代表(亦即 CVPP)將電力產量、天氣預測、歷史電價等資訊，通知裝設 FENIX Box 的 DER。
- (2) DER 根據前一步驟 CVPP 所提供的資訊，預測 DER 於 24 小時後，自身可生產多少電力，再將可生產電力的資訊使用 FENIX Box 經由網路通知 CVPP。
- (3) CVPP 接收眾多 DER 可生產電力量資訊後，將其整合的電量匯集起來通知輸電系統操作者(亦即 TVPP)，同時也通知市場操作者。
- (4) 市場操作者根據電力系統內的電力供需情形，回傳相對應的電力價格與數量給 TVPP。
- (5) TVPP 再根據市場操作者傳遞的電力資訊，進行技術上的可行性評估，將評估結果傳送至 CVPP，並確認電力應傳送至何處。
- (6) CVPP 再將考量系統限制的可供電量，傳送給 TVPP 和 TSO，確保在此供電量仍可維持其系統可靠度。
- (7) DER 此時由分散式能源管理系統 (DEMS) 控制，將其自身即時狀態透過 FENIX Box 傳送給 CVPP。
- (8) CVPP 決定其轄下的哪些 DER 要履行系統條件的需求，並最適化其排程組合。
- (9) 同時也考量當不可預測的緊急事件發生時，哪些 DER 需要升降載以及啟/停。

### 3. CVPP 和 DER 的契約關係

FENIX 計劃有多種合約關係，提供新機會給 DER 擁有人得以更有效率的管理電力資源。此節闡述在 FENIX 架構下，CVPP 和不同規模大小的 DER 關係。並說明 DER 如何透過此契約關係，將電力饋入電力系統取得收益。

CVPP 和 DER 間最緊密的契約關

係，莫過於「補給溢出合約(Top-up and Spill Agreement)」，因為此合約可適用於裝置容量小於 50 kW 的發電機組。Top-up 表示當發電量不及需求負載或發電機組停機時，需匯入電力至 DER 現址之情形；Spill 表示當 DER 現址發電量高於需求負載時，可將多餘電力饋入至電網之情形。由於 DER 與電力系統間的互動更為頻繁、動態，在 FENIX 架構下，虛擬電廠扮演主動控制 DER 的角色。在這類合約規範下，DER 擁有人同意以事先約定的價格銷售電力給 CVPP，約定的價格可以是單一價格(Single Price)、季節價格 (Seasonal Time of Day (STOD) Price)、市價聯動半小時價格 (Market-linked Half-hourly Prices)。可將 DER 視為售電業者(CVPP)的客戶，DER 擁有人需根據主管機關批准的標準方法 (Standard Regulator-approved Methodology) 支付連接費用給 CVPP。連接費用與 DER 所屬位置、透過電力系統匯入/匯出的時間有關，即 DER 的位置和其特性可反映其費用價格上。現實運作可能需考量 DER 能否履約，正常情形下，在約定的時間 DER 會告知 CVPP 其履約的可行性與履約價格；另一情形，若 DER 因技術問題或其他未能預期之突發狀況，DER 必須事前通知 CVPP 其無法履行約定，使 CVPP 可事前安排補足 DER 無法提供電能的缺口。

然而，若為大型的 DER，即不適用於上述的補給溢出合約，而是要透過公開、動態的競標機制。競標機制的標單可分為出價單(Bid)與報價單(Offer)，出價單顯示減少發電量或增加負載需求時，願意出價購買電力的價格；報價單顯示增加發電量或減少負載需求時，願意報價售電的價格。不同的 DER 適用不

同價格標單。如家用微型汽電共生 (Domestic Micro CHP) 適用於以每日變動一次的靜態電價；小型風力機組依據前一日評估的發電可行性，適用於即時市場前一、兩小時的電價；暖氣/冷氣負載適用於每日限制特定小時起停的電價。

此外，除了競標機制外，各種 DER 皆可與 CVPP 成立不同契約關係，包括上述提及的補給溢出合約，尚有電力躉購合約 (Power Purchase Agreement)、遠期契約 (Forwards)、期貨 (Futures)、能源交換契約 (Power Exchanges)。以規範購買電力的條件、授權直接控制、讀表裝置與讀表授權事項，甚至未履約的罰則，皆會載明於契約內容中，進而有效管理電力系統。下節將說明上述更詳盡的契約關係與 DER 進入電力市場的途徑。

### (三) FENIX 虛擬電廠對台灣電力系統之意涵

由於台灣電業法處於修法階段，可預期台灣將會朝電力批發、零售市場自由化的大方向前進。但對於修法後，台灣未來的電力市場實際環境，仍尚無定論。因此，以下依長短期闡述在台灣不同的電業環境下，FENIX 虛擬電廠經驗對台灣電力系統之意涵。

#### 1. 短期對台灣電力系統之意涵

目前台灣電業環境，輸配電廠皆由台電公司囊括，發電市場雖有九家民營電廠，但皆以雙邊合約的形式與台電公司簽約，由台電公司統一收購在銷售電力至用戶需求端。在此情形下，若台灣在配電層級推廣裝設 DER，可以預見將會以雙邊合約為主。本研究統整 FENIX 架構下的合約關係，此提供台灣設計 DER 和台電公司間合約一個重要雛形，包括哪些 DER 可參與、DER 與誰簽約、

DER 可提供哪些輔助服務、計費方式為何等。以下根據上述問題，結合台灣現況提出相對應的建議：

#### (1) 可參與虛擬電廠的 DER 種類

FENIX 虛擬電廠計劃對 DER 採較廣義的認定，將可控制負載、大小型儲能、大/中/小型風力發電機組、大/中/微型 CHP、沼氣發電廠、太陽能發電等皆視為可參與虛擬電廠的 DER。除了太陽能發電因規模太小，未有提供輔助服務的義務之外，其餘 DER 在 FENIX 架構下，皆可透過雙邊合約與 CVPP 和 TVPP 簽約提供電力服務。此提供台灣思考建制虛擬電廠時，應涵蓋哪些發電機組作為參考依據。

#### (2) 建制虛擬電廠的重要契約關係

在 FENIX 架構下，兩個關鍵契約關係首推 DER 和 CVPP (即 Aggregator) 的契約關係，以及 CVPP (即 Aggregator) 和 TVPP (即 DSO) 的契約關係。前者在契約內需載明讀取 CVPP 和 DER 間的電力潮流，以計算電力系統的使用量、要價與付款之細則。為了要即時掌握各 DER 的狀態，兩者間的通訊協定也需要被雙方授權認定。後者契約關係需交代計算系統使用量的方式、即時交易所需的通訊要求、授權讀表、要價、支付給 CVPP 因傳輸限制所產生的額外發電成本、支付給 TVPP 電力系統使用費用、供電給 DER 的流程、DER 轉供電力給其他 CVPP 的流程。依循上述契約，可確保配電層級與輸電層級電力系統的安全穩定。

台灣當前要簽署相關契約的優勢，在於台電需同時扮演 DSO 和 Aggregator 的角色。在此情形下，台電充分掌握電力系統資訊，易於其電力系統的管理與執行。惟需注意的是，

未來部門分割後，其契約之存續與後續權責分配，應在簽約時就需考量周全。

### (3) DER 扮演的功能角色

DER 除了可直接供應裝設 DER 現址(On-site)電力外，在 FENIX 架構下，還可提供電力系統第三級備轉容量、穩壓反應(FFR)、虛功補償等輔助服務。此外，當 DER 連結至配電或輸電廠的線路或設備發生緊急事件，無法正常提供電力給 DER 端用戶時，DER 也可進行孤島運轉的功能，提供緊急電力給 DER 週邊用戶使用。FENIX 計劃中 DER 的功能角色，可作為台灣處理供電瓶頸地區問題的解決方案之一。透過資通訊技術管理分散、規模小的 DER，並配合 DER 擁有者和台電公司簽署雙邊合約，載明雙方權利義務、通訊協定、讀表、計費方式等，有效整合 DER，可有助於解決台灣當前供電瓶頸地區電力系統問題。

### (4) DER 提供服務的計費方式

FENIX 計劃在整合小型分散的 DER 時，CVPP (即 Aggregator)多以補給溢出合約等雙邊合約形式管理 DER，透果此類合約規範雙方的權利義務。其中 DER 提供電力服務的計費方式，可依提供服務的種類區別。提供電壓控制、功率調節等服務，可依據穩壓器的計量，訂定收費標準；備轉容量的提供，也可以制定相對應的費率表載明 DER 履約的收益與未履約的罰則。

而訂定上述 CVPP 支付給 DER 的計費方式，仍需視 CVPP 收購這些電力使用的電力層級是在 TSO 還是 DSO。若是用於 TSO 的輔助服務，其

收費方式係根據 TSO 支付給 CVPP 的報酬，CVPP 在依此報酬中的一特定比例支付給 DER，計算方式包括：固定價格、設定價格上限的浮動合約、特定比例收益計算方式。若是用於 DSO 的輔助服務，其收費方式係根據 DSO 因使用 CVPP 提供的服務，所延遲投入的資本設備投資金額，DSO 會根據此遞延投資金額之一定比例，作為支付 CVPP 的報酬，CVPP 再根據此報酬的一特定比例支付給 DER，作為 DER 提供服務的收益。此計費方式，除了可提供 DER 擁有者現階段和台電相對應部門簽署雙邊合約參考，也可作為未來 DER 擁有者和民營 Aggregator 擬定雙邊合約的依據。

## 2. 中長期對台灣電力系統之意涵

考量中長期台灣電業環境變化，未來將成立獨立調度中心(ISO)落實批發電力市場自由化，於售電端可望開放其他業者兼營電業。屆時，DER 除了可以透過雙邊合約進入電力系統外，也可透過遠期契約、期貨、能源交換契約等直接市場參與措施，特別是大型的 DER。小型 DER 多由 Aggregator 整合後，再至電力市場進行交易。值得留意的，DER 主要收益來源是提供電力系統平衡電力、備轉容量、穩壓反應(FFR)、虛功補償等輔助服務。當輸電電力系統發生問題，可由 CVPP(Aggregator) 提供輔助服務至 TSO；當配電電力系統發生問題，可由 TVPP 提供輔助服務至 DSO。因此，若要推廣佈設 DER，並使投資者得以獲利，規範 Aggregator 與 DER 以及 Aggregator 和 DSO 角色功能與完善相關法規，以整合分散的 DER，將是建制虛擬電廠成功與否的關鍵。

台灣在設計虛擬電廠合約時，由

FENIX 案例可知，當中存在若干重要的利害關係人合約關係，如：「用戶群代表」和「DER 擁有者」、「用戶群代表」和「輸配電公司」的契約關係。就台灣短期而言，電業尚未自由化，台電未拆分部門的情形下，台電應同時扮演「輸配電公司」以及「用戶群代表」的角色，與 DER 擁有者簽購售電合約。而中長期電業自由化後，台電將會分割成若干部門，也會有民間售電業者出現，屆時「DER 擁有者」可選擇與「綜合電業的售電部門」或「營利售電業者(用戶群代表)」簽購售電合約。

### 三、丹麥 Edison 電動車案例

丹麥 Edison Project 將電動車(Electric Vehicle, EV)整合進高風力發電滲透率的電力系統中，並在 Bornholm 島實作計畫概念。以下分別說明 Edison Project 的背景與目的，以及其實做虛擬電廠運作模式，並介紹高再生能源發電比例如何與電動車配合執行即時負載管理，最後藉由此案例提出對台灣電力系統與相關產業的意涵。

#### (一) Edison Project 背景與目的

丹麥政府制定積極的發展再生能源政策目標，計畫於 2020 年丹麥的再生能源裝置容量要占整體電力系統裝置容量的 50%。導入波動性大的再生能源至電網，無疑將會影響電網穩定性。為了克服此一挑戰，將電動車作為儲能裝置，支援高再生能源滲透率的電力系統，同時也作為永續環保的交通運輸工具。由於丹麥電動車產業發展已有多多年，對於最適電池的充放電策略以及充放電裝置的研發已涉略多年，使丹麥有完善的基礎發展一套整合電動車的電力系統方案。再加上丹麥長期推行再生能源，擁有健全的電力市場制度，有足夠的知識與經驗處理不同電力資源最適化的互動。以上優勢除了讓丹麥有理想

的條件發展上述電力系統模式外，也有足夠的商業利基，將整合電動車的標準電力系統模式，輸出技術至各國，發揮丹麥在相關領域的影響力。

為了實現發展整合電動車的標準電力系統模式，由 Edison Project 集結丹麥相關研究機構和主要產業廠商<sup>1</sup>投入參與相關研究，發展相關概念與技術，乃至最後的試驗。Edison Project 正式執行時間從 2009 年 2 月到 2013 年 7 月，總預算 650 萬歐元，其中 440 萬歐元由 ForskEL 研究計畫<sup>2</sup>出資。而該計畫的目的為：

1. 利用電動車的天然特性，結合易波動的再生能源，開發出確保永續、經濟、可靠的電力系統。
2. 建立技術平台供丹麥測試示範電動車，強化電力系統整合。
3. 利用丹麥前瞻的電動車知識，將分散式電力資源與高風力發電滲透率的電力系統有效整合運作，發展一套各國皆可適用的標準系統方案，使丹麥可向國際輸出相關技術、系統方案、知識。

為了實踐 Edison Project 目的，其具體做法是透過建置虛擬電廠，將電動車隊整合到既有的電力系統內，並有效的與再生能源配合，在系統限制以及成本最小化的考量下，規劃電動車隊的充電計畫，使電動車在電力系統中扮演主動積極的儲能裝置，此亦為本案例與其他虛擬電廠案例之差異與特點。而要落實此虛擬電廠運作模

<sup>1</sup> 參與 Edison Project 的研究機構有 DTU，相關產業廠商有 Danish Energy Association (Dansk Energi)、DONG Energy、IBM、SIEMENS、Bornholm 電力公司 (Østkraft Produktion)、Eurisco。

<sup>2</sup> 原文為 ForskEL-programme，計畫成立由來為 1998 年丹麥議會決定將丹麥電力部門拆分為發電業、輸電業、售電業，為了因應此產業發展，TSO 被要求須提供相關所需研究，因此成立此計畫。ForskEL-programme 的預算由丹麥氣候與能源部長(Minister for Climate and Energy)核撥。

式，電力平衡排程的規劃是此案例最重要的工作項目。準此，Edison Project 為了建構完善機制規劃電力平衡排程，將試驗研究分為三大模組，分別為：「控制各別分散式電力資源(DER)的模組」、「資料蒐集的模組」、「連結、合作、通訊的模組」。由七個子工作計畫(Work Package, WP)，將三類模組相互連結，七個子計畫的工作內容與執行單位分述如下：

(1) 工作計畫一(WP1)－電動車科技：

WP1 係由丹麥能源協會(Dansk Energi)執行，其旨在建立一個知識平台，供包括國際汽車和電池製造商在內的 Edison Project 參與夥伴共享相關知識。在 WP1 中，會調查駕駛行為，再將調查駕駛行為為結果作為系統架構設計使用。此外，也會模擬電池不同充放電模式，此模擬結果對於後續系統設計和相關技術研發相當重要。

(2) 工作計畫二(WP2)－電動車系統架構設計：

WP2 係由丹麥科技大學執行，該計畫著重在根據多種情境模擬，開發電動車到電網(V2G)的系統架構，分析評估此系統架構對電網、電力市場運作的衝擊，以及政治和經濟的意涵。整合的控制機制將會被開發出來，用於在電力市場中協調風力發電、電動車隊、中央電廠。會根據分析評估結果，得出所需最適的電動車組合。最後，此工作計畫將會提出電網整合電動車系統的規定(Code)建議。

(3) 工作計畫三(WP3)－分散式整合科技發展：

WP3 係由 IBM 執行，計畫目標是發展一套智能技術系統，整合散佈在私人住宅、辦公停車場的電動車隊。最主要的挑戰在於要在低成本和

高效率的考量下，在電力系統中整合小型分散的電動車隊。WP3 將會使用 WP2 的結果，並從目前正在發展的「微型氣電共生」和「需量反應活動」所形成的虛擬電廠，在其相關技術解決方案進行此工作計畫。

(4) 工作計畫四(WP4)－集中快速充電和電池交換站設計評估：

WP4 係由 SIEMENS 執行，其目標為開發集中快速充電站以及電池交換站，探討內容包括在電力系統中，最適使用電池容量之控制方法。主要的挑戰在於如何用成本有效(Cost-effective)的方法處理電池電量以及電池與電網連結的問題。

(5) 工作計畫五(WP5)－電動車電力與資訊介面開發：

WP5 係由 Eurisco 執行，其目標是在不同操作情境架構下，開發和測試電動車電力通訊介面。

(6) 工作計畫六(WP6)－示範平台：

WP6 係由 DONG Energy 和 Bornholm 電力公司 (Østkraft Produktion) 執行，此子工作計畫目的在於先在實驗室(SYSlab)測試電動車充電控制系統和 WP4 的電池模擬結果，進而在 Bornholm 島試行電動車以及在配電網建置充電站，實際驗證 Edison Project 的概念。

(7) 工作計畫七(WP7)－計畫夥伴整合管理：

WP7 係由丹麥能源協會(Dansk Energi)執行，此工作計畫主要確保 Edison Project 能夠將計畫結果符合工作時程及進度，發表研究成果於大眾。

Edison Project 虛擬電廠具體落實試驗的地點在丹麥 Bormhole 島，該島位在波羅地海，丹麥東側，瑞典東南方，德國北方外海，全島面積

為 589.16km<sup>2</sup>，2014 年當地人口數為 40,096 人。選擇 Bornholm 島作為先期試驗廠址的原因在於，該島既有的高滲透率風力發電，與丹麥政策目標相符，加上島嶼可作為獨立電網運作的試驗標的，使 Bornholm 島成為發展整合電動車標準電力系統的理想地點<sup>[6]</sup>。

在 Bornholm 島上有 52 組分散式發電資源 (DER)，當中的 35 組為風力發電機組 (其裝置容量共 30MW)，全島裝置容量為 135MW，尖峰負載為 55MW，其分布位置如圖所示。全島電網分為 60kV、10kV、0.4kV，與西北邊的瑞典有 60kV 電纜相連，可供傳輸島上用電所需。

## (二) 運作模式

Edison Project 的主要任務為開發電動車最適化的充電技術，使電力系統更加深對電動車的需求，並將此概念實際試驗於 Bornholm 島。可看出此虛擬電廠是以電動車為核心，進而探討周遭電力系統、電力市場、用戶與電動車的互動。以下分別闡述 Bornholm 虛擬電廠概念與架構、電動車特性與駕駛行為和電力系統的結合、Bornholm 虛擬電廠運作流程。

### 1. Bornholm 虛擬電廠概念與架構

虛擬電廠的概念，即透過一個整合系統將部分或全部分散式電力資源控制成單一協調實體 (Coordinating Entity)，使該協調時有效地與電力系統和電力市場結合運作，以克服個別分散式電力因規模太小無法參與電力市場之問題。在丹麥 Bornholm 島虛擬電廠案例中，有個核心角色稱作車隊營運商 (Fleet Operator, FO)，亦稱作 Edison 虛擬電廠 (Edison Virtual Power Plant, EVPP)，可由不同商業參與者擔任。車隊營運商可使電動車群主動有效的整合到電力系統中，並和分散在各地的電動車群互動以優化充電計畫。準此，Edison Project 中的車隊營運商首要任務就是計算各電動車的充電

計畫，以落實電動車智慧充電 (Smart Charging) 活動。此充電計畫首要考量的限制是確保有足夠電力完成事先計畫的駕駛旅程。次要的考量限制，包括：

- (1) 最小化電力成本：在最低電力價格時段進行充電
- (2) 考量電網限制：隨配電網容量限制調整充電計畫
- (3) 再生能源組成：在再生能源電力使用率低的時段充電

上述各限制形成一個多目標最適化的問題，Edison 車隊營運商在考量現行北歐電力市場 (Nordic Power System) 架構下，進行多目標規劃情境模擬，如圖 6 所示<sup>[7]</sup>。

### 2. 電動車特性、駕駛行為和電力系統的結合

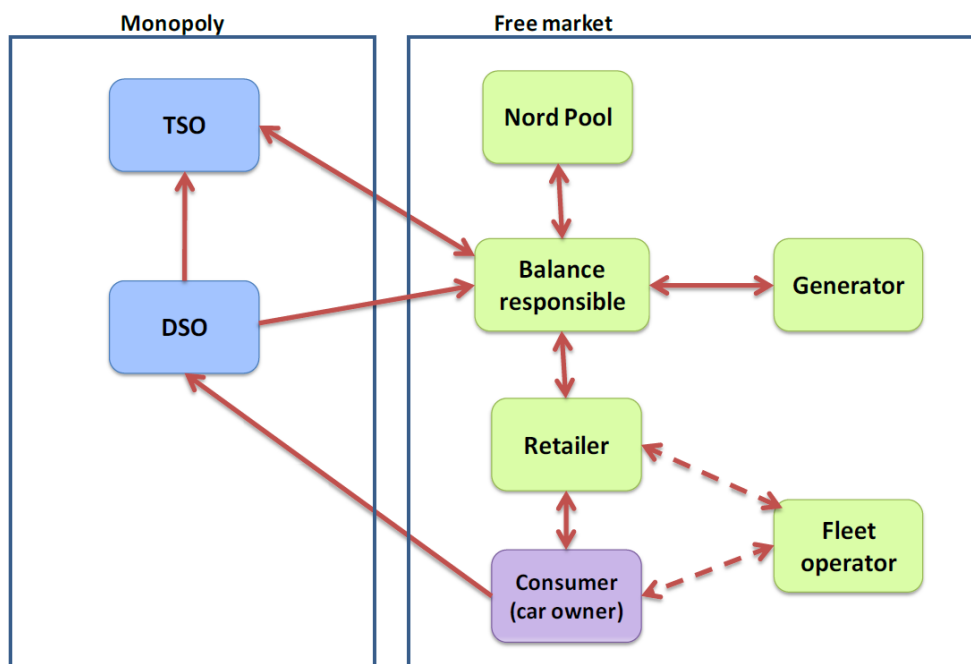
Edison Project 為了將電動車<sup>3</sup>有效整合進既有的電力系統中，對駕駛行為進行調查。調查結果顯示典型通勤用的電動車，在停駛狀態的時間一天超過 20 小時，且約莫 12 到 16 小時停駛於電動車車主的家。而電動車一天需充電 1 到 4 小時，電動車大約會在下午五點開始停在車主家，此時可由中央控制系統控制充電計畫延至晚上十一點。必要時在充電過程中，可停止充電釋放需量做為提供電網輔助服務的來源。具體的執行策略，將電動車隊視為一個彈性的電力消費群，配合適當的電價措施，在電價低時充電，也可在電價高的時候將電輸回電網，如提供輔助服務。

在 Bornholm 島實際試驗的 EVPP 架構如圖 7 所示<sup>[8]</sup>，車隊營運商可以在電力市場根據前一日市場每小時電價交易電能產品 (MWh)。在必要時，車隊營運

<sup>3</sup> Edison Project 在 Bornholm 島總共使用 5 台 Mitsubishi iMiEV 試驗，其電池電力為 16 kWh / 58MJ，可行駛 100km 至 160km。

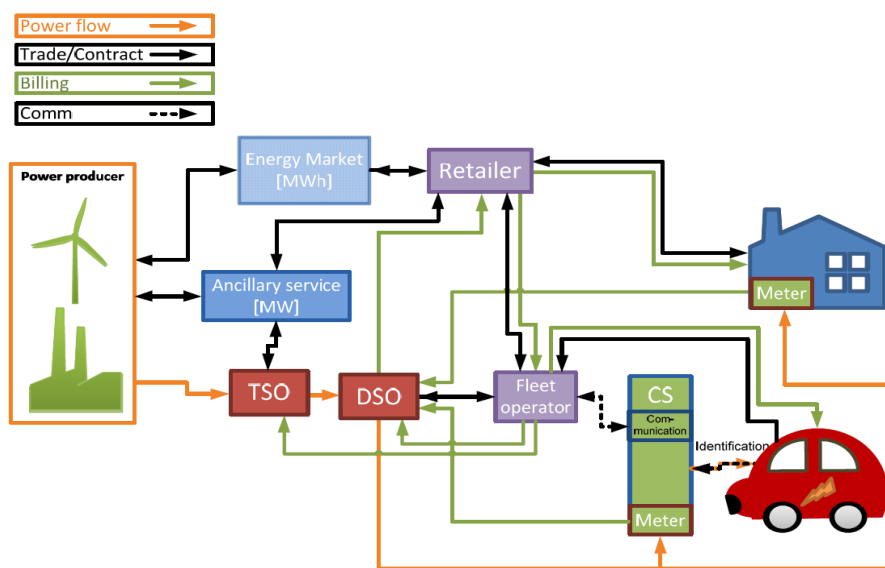
商還可與電力市場互動，事前安排容量作為升載或降載電力，提供調度電力 (Regulation Power) 等輔助服務容量產品(MW)。此虛擬電廠架構下，EVPP 在電力系統中提供電力平衡的功能，扮演

電力平衡責任方(Balancing Responsible Party, BRP)的角色，亦即此虛擬電廠的定位，係屬於較注重電網平衡職能的技術導向虛擬電廠。



資料來源：Hey et al. (2010)

圖 6 Edison Project 與北歐電力市場利害關係人之互動示意



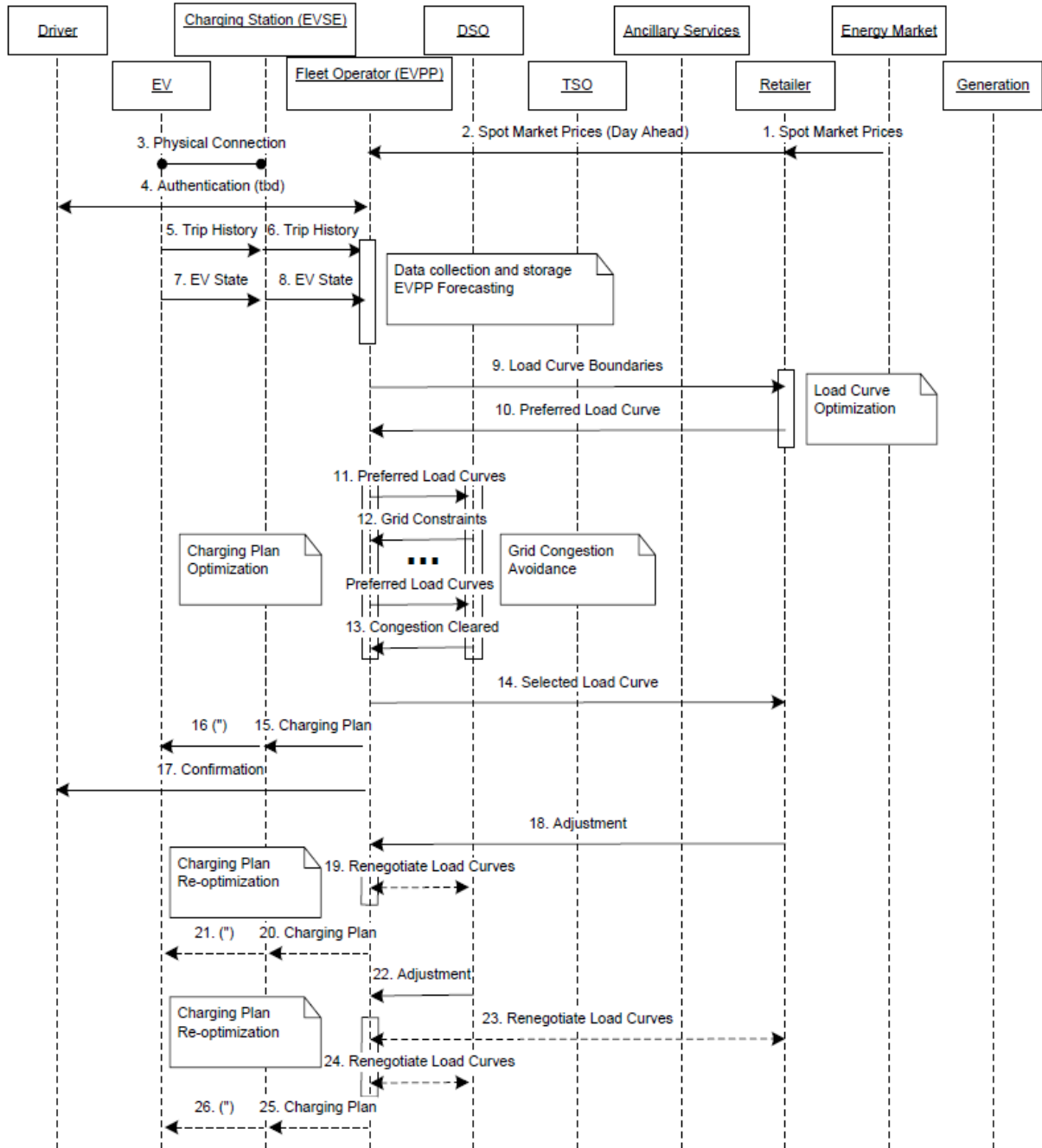
資料來源：Wu et al. (2012)

圖 7 Edison Project 整合電動車的電力系統概念

### 3. EVPP 市場參與人間互動流程

當電動車連結充電時，電動車會提供他們的駕駛紀錄以及車況資訊，電動車隊營運商根據這些資訊可以預測電動車群的需求，並在考量電網限制的情形下，和售電業者、配電系統營運商協調負

載曲線。充電計畫將會散佈於各充電站與電動車群，過程中也會由售電業者或配電系統營運商依據電網狀態，重新調整計算新排程。EVPP 排程規劃的流程以及各市場關係人之關聯如圖 8 所示<sup>[9]</sup>。



資料來源：Gantenbein, et al. (2011)

圖 8 EVPP 排程規劃程序列關聯圖

(三) 即時負載管理與彈性電力之應用

Edison Project 為了促進更多電動車整合進既有電網，必須考量有哪些替代電力可與電動車相互配合。因此，Edison Project 探討電動車參與調度電力市場和備轉容量市場的可能，以下說明其概念。

1. EVPP 調度電力流程

必要時輸電營運商會向車隊營運商 (EVPP) 請求額外的調度電力，車隊營運商可根據其自身能力，修正電動車的充電計畫，從電動車調度電力至電網 (Vehicle to Grid, V2G)，以提供輸電營運商所需之調度電力。由 EVPP 提供調度電力的程序步驟如圖 9 所示，以下說明各流程：

- (1) 車隊營運商在特定的時間點提供特定數量的調度電力給售電業者。
- (2) 售電業者遞調度電力的標單至輔助服務市場。

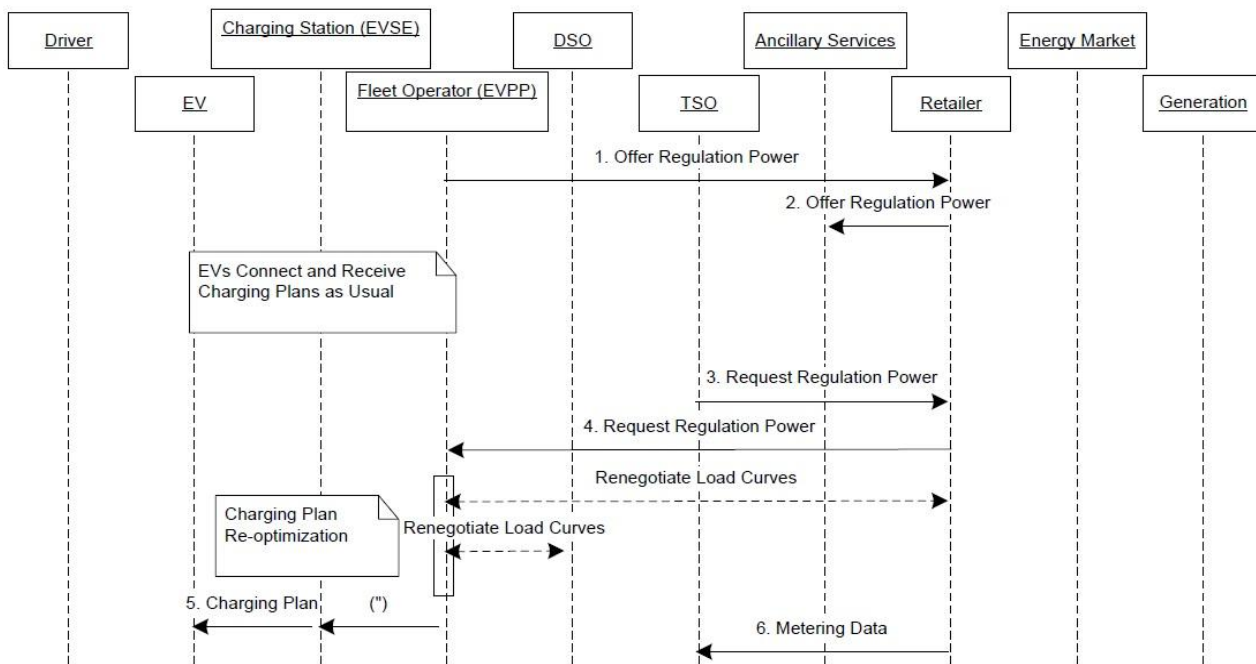
此時，電動車連結電力系統，並一

如往常地接收充電計畫。

- (3) 輸電系統營運商發送調度電力請求給負責提供調度電力的售電業者。
- (4) 售電業者發送調度電力的請求給車隊營運商。

再優化充電計畫：依據調度電力的請求，車隊營運商將會計算新的充電計畫給電動車隊裡的電動車，特別是在該時段有能力提供調度電力給電網的電動車。車隊營運商可能需要在給定時間限制的情形下，與售電業者和配電業者再協調負載曲線，以完成提供非常態所需的電力需求。

- (5) 車隊營運商發送新的充電計畫給所有需配合調整的電動車群，要求電動車群在特定的時間提供電力至電網 (即 V2G)。
- (6) 售電業者將會讀表紀錄電動車供給多少電力給電網，並報告給輸電營運商。



資料來源：Gantenbein, et al. (2011)

圖 9 EVPP 調度電力流程序列關聯圖

2. 電力調度機制與彈性電力之應用

丹麥輸電營運商 (Energinet.dk) 提出 FlexPower 的概念，亦即利用「電力需求」作為穩定且低成本的調度電力資源，並應用此概念研擬如何將電動車導入參與手動備轉容量和電力調度市場。這個概念的具體作法，價格訊號會每五分鐘改變一次，並將報價發布給終端用戶。終端用戶會依據價格訊號，自行評估參與最後結算的可能。一般參與調度電力的終端用戶，皆會搭載一些電子裝置和安裝自動控制系統，接收電力公司發布的價格訊號，以執行相關裝置的控制(特別是電動車)。有別於傳統的調度電力，FlexPower 既扮演平衡責任方的角色，也根據歷史資料負責預測對電力系統的影響，並投遞標單給 Energinet.dk。

現行丹麥電力市場制度下，TSO (在此為 Energinet.dk) 可由兩種途徑發展 FlexPower：第一，是在既有的市場制度下推行，第二是由需求端自行調度的型式推行。前者的方法，平衡責任方 (售電業者) 必須集結電力資源，並遵循現階段標單以 10MW 容量為單位的規定。當標單被 TSO 啟動後，平衡責任方需傳送價格訊號給終端小型用戶，要求終端小型用戶履行 TSO 所需的調度電力要求。後者的方法，價格訊號直接由 TSO 發布給終端用戶，無須投遞標單作為最終用戶的價格訊，TSO 需負責預測終端用戶的反應。兩個方法最大的差別，前者負責預測電力需求的是平衡責任方，後者負責預測電力需求的是 TSO。由於 TSO (Energinet.dk) 可以充分掌握電力系統資料，被認為是較適合執行預測需求反應的角色。然而，隨著電力市場自由化程度的深化，預測需求反應的角色也可由其他產業的市場參與者執行，其好處

在於預測不精確的風險會與自身所屬產業的商業模式有關，若由該產業市場參與人預測需求反應，有較大的誘因與能力修正預測之準確度。此外，自行調度電力方法所面臨現實上的困難是，電力平衡責任方必須負責因 Energinet.dk 發布的價格訊號所導致的不平衡<sup>4</sup>，因此電力責任方無法掌控價格訊號。FlexPower 執行方式之差異整理於表 1<sup>[10]</sup>。

表 1 FlexPower 執行方法差異

	既有市場制度 下推行的型式	需求端自行 調度的型式
標單以 10MW 容量 為單位	受限於既有容 量規定	不受限
價格訊號發布者	平衡責任方 → 終端用戶	TSO →終端用戶
負責預測電力需求	平衡責任方	TSO

資料來源：本研究歸納自 Søndergren (2011)

Edison Project 在既有的市場規則下引入 FlexPower 的概念，所有的調度機組皆可即時被測量，終端用戶的數據每日會傳送至 DSO 一次。負載平衡方 (Load Balance Responsible, LBR) 依據歷史價格資料遞交標單到電力調度市場購買所需要的電力。由於 LBR 需要和其他調度電力競價，當 TSO 觸發標單，會通知 LBR。LBR 會根據歷史電價資料，檢視什麼樣的價格訊號，會傳送給提供 FlexPower 的終端用戶，以確保滿足調度電力的需求。終端用戶會透過自動化監控系統，根據價格訊號調整他們的電力消費。若 TSO 要求發電機組升載，傳送給終端用戶的價格會高於即期價格；反之，若 TSO 要求發電機組降載，則傳送給終端用戶的價格會低於即期價格。終端用戶可自願回應價格訊號，電力消費

<sup>4</sup> 在此所指的是「即期市場所購買的電量」與「用戶實際使用的電量」之差額。

資訊會每五分鐘讀取一次，所儲存的消費資料會就地儲存，並每日傳送給 DSO 一次。為確保電力品質，會至多控管五天內的電力消費資訊，並將消費資訊轉送給 LBR 和 TSO。TSO 可根據這些資料，因為掌握「事前承諾的電力量」和「實際的電力交易量」，進行不平衡電力的結算。在此既有丹麥調度電力制度下，電動車車主可以自動地根據價格訊號，參與 FlexPower 反應充電需求。

#### (四) Bornholm 島 EVPP 尚待解決之問題

Edison Project 共有五台電動車在 Bornholm 島試驗，在試驗過程中遇到一些實作問題，說明如下：

1. 電力量測問題：由於電動車是需求端的儲能設施，若要配合動態電價及掌握即時用電量，需安裝智慧讀表和自動控制裝置。若要有效將電動車整合進既有電力系統，用戶層級的電力量測裝置需建置完備，且相關的裝置規格、通訊協定、技術相容問題、讀表授權、用戶資料保存與應用等事宜，皆需有明確的規範。
2. 即時供應輔助服務：由於 Bornholm 島為高風力發電滲透率的電力系統，若要維持全島供電可靠度以及良好的電力品質，需設計完善的輔助服務措施，除了需先建置完善前述的先進讀表基礎建設外，還必須備妥可即時出力的機組(或可即時降載的需量)，該權利義務需載明於電動車隊營運商與用戶間的契約內。
3. 基礎設施的所有權歸屬：若要大規模推行電動車，公共空間的充電站、居家車庫的充電設備、電表裝置、自動控制系統等基礎設備之所有權歸屬需界定清楚。上述基礎設施由誰投資，使用者如何從中分擔成本，需在契約關係中事先載明。
4. 電動車駕駛實用感受：目前電動車的設計對側風影響較敏感，且駕駛距離較受限，

駕駛人會因為當天有額外的旅程而改開一般的汽車。對此駕駛人必須更留意當日車程的安排，但在現實生活這樣的駕駛考量有時會帶來不便性。此外，電動車內有時不一定有足夠的電量可供應車內暖氣，此問題在溫帶國家會影響用戶使用電動車的意願。

5. 家戶充電裝置的安全考量：Edison Project 在大部分執行計畫期間，使用 230V 和 10A 的插座及插頭充電電動車皆無太大問題。但計畫期間發生一次意外電路斷路意外。有一輛電動車停駛於車庫內，因為剩餘電流的斷路器(Circuit Breaker)無法正常運作，導致無法有效斷路，使充電座與充電線有部分融化<sup>[11]</sup>。

#### (五) EVPP 對台灣電力市場之意涵

由 Edison Project 可知電動車在足夠的誘因以及完善的電力系統配套措施下，可以有效地解決再生能源間歇性問題與達到負載均化的效果，丹麥的經驗值得積極推廣再生能源發電的國家借鏡。然而，這套運作模式是否可適用於台灣，仍有討論空間。以下就台灣當前電業情形以及台灣未來電業可能發展方向，闡述丹麥經驗對台灣電業的意涵：

##### 1. 因應儲能設備高成本之配套機制：

以台灣當前現況而言，若要提升再生能源發電的供電比例，在其他基載電廠不易建設的情形下，建置可即時存電/出力的儲能設備，緩和再生能源間歇性對電力系統的衝擊，可作為因應措施之一。然而，儲能設備的建置與營運成本仍相對較高，不利發展儲能設備。準此，設計如 FlexPower 此類需量反應的機制，透過負載平衡責任方、售電業者等用戶群代表發布價格訊號給儲能設備擁有者，使儲能設備端，可根據價格訊號饋入電力到電網，藉此獲得售電報酬，

增加儲能設備營運的收益。亦即分散式儲能設備的建置，不僅可在緊急事件發生時，提供儲能設備建置場址孤島運轉所需的電力，亦可作為因應再生能源造成電力系統電壓變動、供電不穩的輔助服務供應來源；而在未發生緊急事件時，電網需要額外的電力或備轉容量，FlexPower 的機制可提供誘因，運用儲能設備較大的電力需求彈性，配合需量反應方案，減緩供電瓶頸地區尖峰供電吃緊問題。

## 2. 建置電力交易市場，反應電力系統實際成本：

由於北歐電力市場有建置即時電力市場，可反映各區域壅塞情形於電價上，並可透過前一日市場、盤中市場的投標搓合機制，有效率的引導哪些機組需降載或升載。此機制使壅塞地區電價增加，高電價使電力消費者減少用電，使電力供應者更有意願增加供電，亦會使在非壅塞地區的供電者輸出電力至壅塞地區，以減緩壅塞情形。此類運作模式，對於台灣所面臨的供電瓶頸地區問題，提供參考依據。從時間軸來看，短期而言，可由台電提供更多元的需量反應措施，藉此給予誘因使用戶改變用電行為，減緩電力系統供需緊澀的壓力。長期而言，除了開放售電業，以提供更創新、更有效的需量反應措施外，建置電力市場即時反應發電成本、壅塞成本、輔助服務成本，不僅有助減緩供電瓶頸地區供電壅塞問題，還有利健全電力市場發展，並創造相關專業人才之需求，活絡相關產業之發展。

## 3. 用戶群代表機制的建置與電動車的推廣：

電動車能否順利推廣，其售價以及充電的方便性是重要的影響因素。對此，相關法規與技術規定需及早制訂完

善，並評估電動車、需量反應、再生能源對電力系統衝擊的影響，審慎設立充電站與電池交換站。開放售電業後，零售業者、負載平衡責任方、能源服務公司(ESCO)等用戶群代表，除了掌握電力系統與消費者用電狀況外，還有較多元的通路，可做為未來電池交換站的潛在設立選擇。故要推廣電動車，除了要考量既有電力系統的影響與電動車產業的發展外，還需考量電力市場的開放程度，以及需量反應措施的誘因配套設計。

## 四、日本 Yokohama Smart City 案例

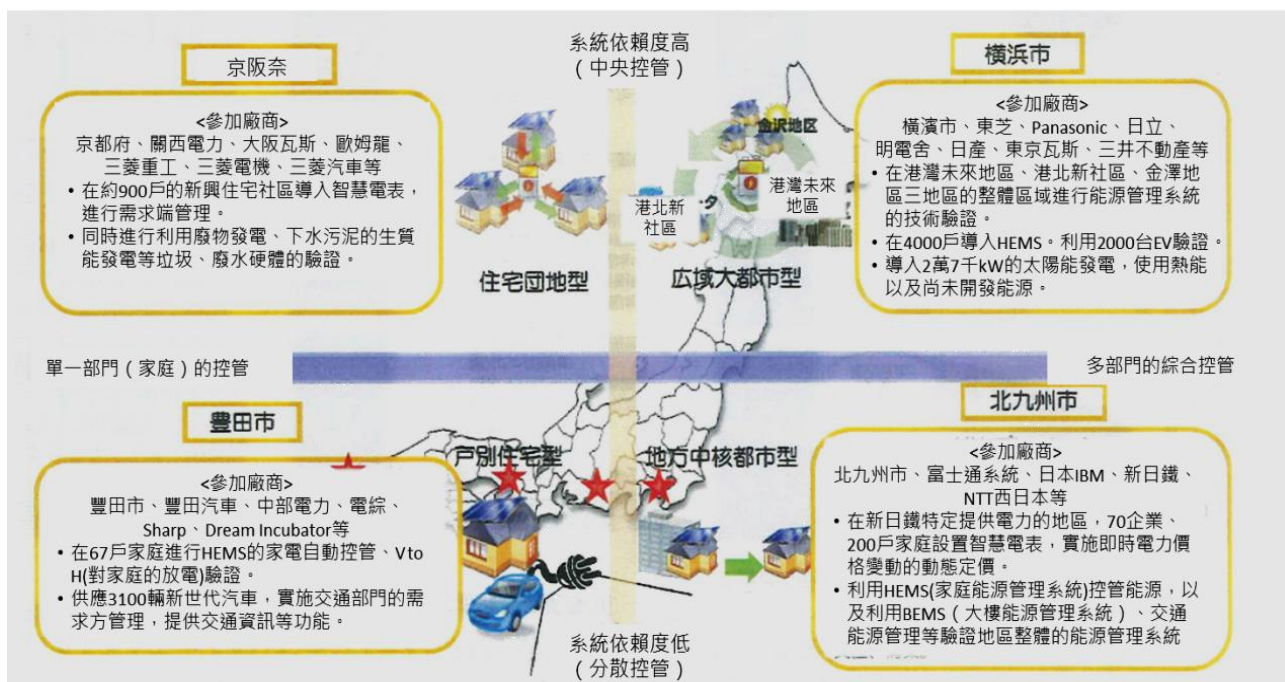
### (一) YSCP 計畫背景與目的

日本因資源貧乏，在確保國家能源安全及減少二氧化碳排放的考量下，如何透過智慧電網有效利用能源、提高電力使用效率、保持電量供需平衡、保證安全穩定供電為首要任務，尤其是在 2011 年 3 月 11 日東日本大地震後更突顯其重要性。同時為健全城市經濟活動以及提升市民生活品質，經濟產業省早於 2009 年 11 月成立“次世代能源及社會系統協議會”並選定橫濱市、豐田市、京阪奈、北九州市 4 個地區進行智慧城市的相關技術、結構、商業模式等進行驗證<sup>[12]</sup>。日本在建構智慧城市時以持續性的經濟成長、減低對環境負荷、提升市民的生活品質以及創造永續性等課題為考量，整合智慧電網、可再生能源、交通系統、資訊與通信科技等技術，使整體都市的能源構造更具效率。

日本智慧城市計畫實證時間為 2010 年至 2014 年五年，具體實證項目包含能源使用可視化，家電、熱水器的控制，電力供應者根據能源需求鼓勵使消費者進行需量反應，電動車與家庭結合之技術(Vehicle-to-Home, V2H)，蓄電系統的優化設計，電動車充電系統以及交通系

統等。藉由區域能源管理系統 (Community Energy Management System, CEMS)之建構，實現區域內整體能源優化使用之目標。於日本經濟產業省公布 4 個智慧城市實證地區中，如圖 10 所示，依據對電網依賴度以及單複數控制分為四個區塊，上半部表示對電網依賴

度高，下半部則是對電網依賴度較低、具高獨立性；右半部為針對複數部門進行總合性的控制，左半部則為單一家庭控制。以橫濱智慧城市計畫(Yokohama Smart City Project, YSCP)為例，屬於對電網系統依賴度高、針對多部門進行綜合性控制。



資料來源：Meidensha Corporation

圖 10 次世代能源社會系統智慧城市實證地區

(二) 橫濱智慧城市計畫(圖 11)

橫濱智慧城市計畫(Yokohama Smart City Project, YSCP)於次世代能源及社會系統驗證中屬於大都市類型，其特色為對電網系統依賴度高、針對多部門進行綜合性控制，在港灣未來地區、港北新城、金澤地區等三地區進行整體區域能源管理系統的技術驗證，目前已導入 4,000 戶家庭、2,000 輛電動車以及 27,000 kW 太陽能發電系統。橫濱智慧城市以強化能源安全、培育產業以及降低二氧化碳排放量為發展背景，並以開發與運用以 CEMS 為中心的區域能源管理系統，完成整合建築物能源管

理系統(Building Energy Manager System, 以下簡稱 BEMS)進行驗證各種類型的需量反應、利用 BEMS 整合大樓群的能源控管、智慧 BEMS 與智慧工廠能源管理系統 (Factory Energy Management Systems, FEMS)透過活化蓄電池等方式進行設施最佳化控管、因應需量反應發展自動化家庭能源管理系統(Home Energy Management System,以下簡稱 HEMS)、電動車(Electric Vehicle, EV)充放電回供家庭以及開發蓄電池系統等驗證事項，再透過技術普及與活用實現低碳又舒適的智慧城市<sup>[13]</sup>。

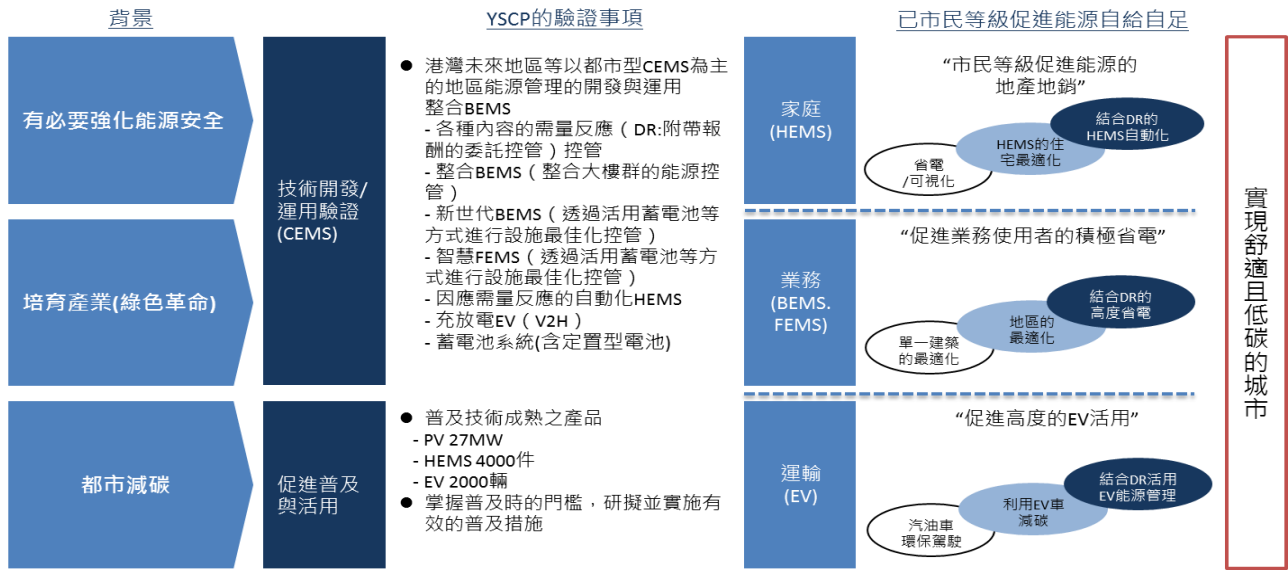


圖 11 橫濱智慧城市計畫發展方向

橫濱智慧城市整體概念是以 CEMS 為指揮中心，負責管理家庭能源系統、建築物能源管理系統、工廠能源管理系統、電動車以及蓄電池 SCADA，再由各種能源管理系統根據應用環境、功能管控能源及用電設備，例如家庭能源系統 (HEMS)、建築物能源管理系統 (BEMS) 負責控制、管理住宅、商辦大樓設備以

最佳化能源效率；工廠能源管理系統 (FEMS) 則對工廠運轉進行優化管理與控制。CEMS 可透過 EMS 群向用戶提出電力使用限制請求或要求用戶吸收產生之剩餘電力，進行需量反應實證，以較低的社會成本實現二氧化碳減排以及整體建築物能源最佳化目標，如圖 12 所示。

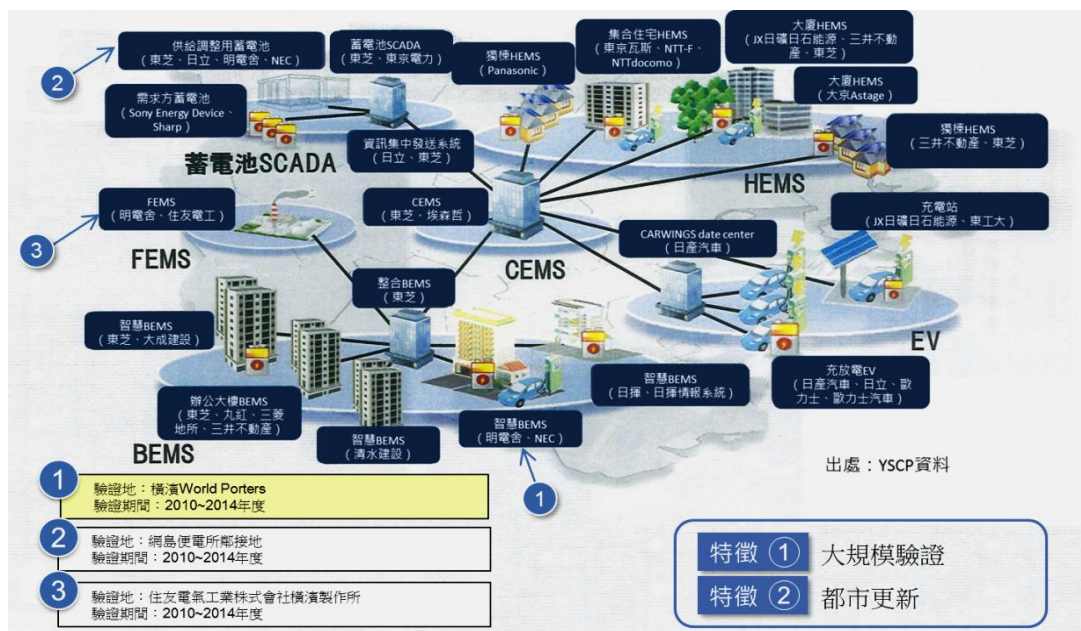
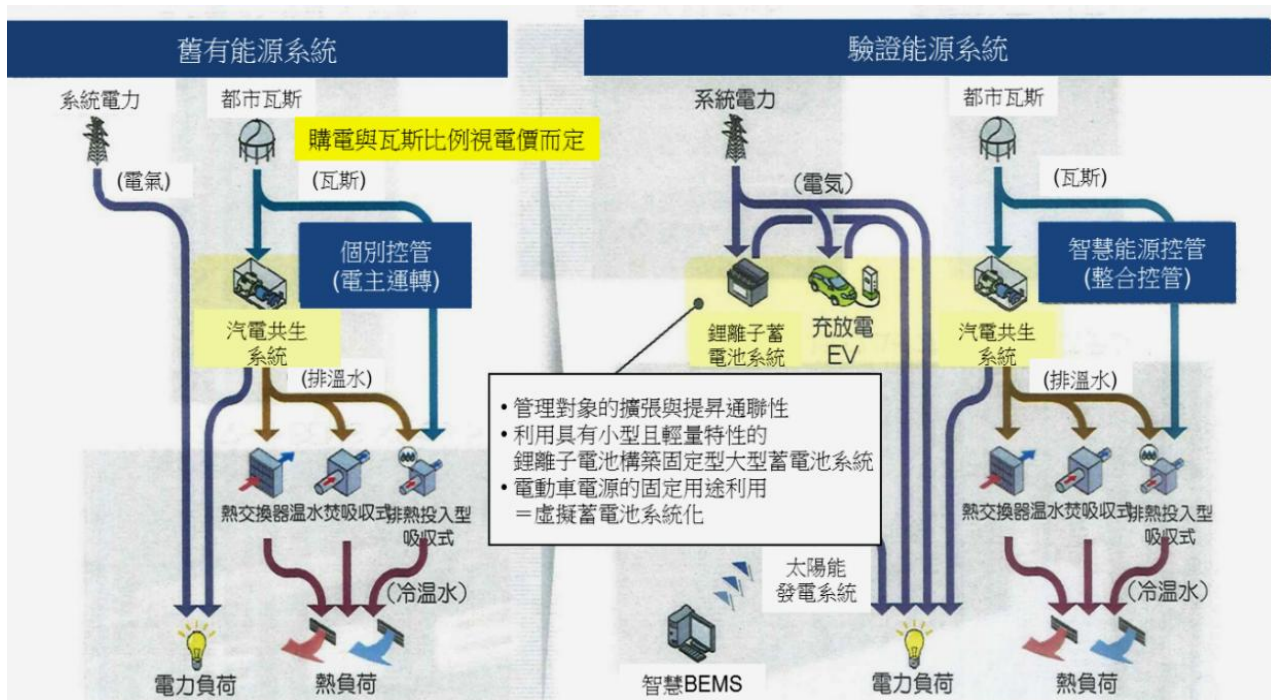


圖 12 橫濱智慧城市計畫整體概念圖

(三) 橫濱 World Porters 實證案例

以橫濱 World Porters 實證的建築物能源管理系統(BEMS)為例，橫濱 World Porters 為一家具 10 年以上歷史的綜合型商場，占地面積約為 100 平方公尺，商場內有銷售店鋪、複合式電影院、辦公室、會議室等，實證時間分為建構能源系統、能源系統高度化驗證-最適化能源供給、能源系統高度化驗證-需量反應驗證、結合電動車、大樓間連線控管三階段總計四年。此實證案例有兩大特色，(1)由於新建築裝設能源管理系統相對容易，於此老舊建築裝設 BEMS 為特色之一；(2)由於實證地點為綜合型商場無法於中午時間關閉電氣設備進行節電，因此於基本電力、空調運轉的情況下進行節能試驗。

橫濱 World Porters 舊有能源系統如圖 13 左邊所示，建築物的電力供給為直接向電力公司購買電力以及向瓦斯公司購買天然氣利用汽電共生系統產生電力兩種來源，汽電共生系統在發電過程中同時產生電力與熱能，將熱能應用於空調系統。兩種電源比例視當時電價而定，假日電價較低時所有電力來源為電力公司，平日電價較高時則依據實際電費進行切換、調配。而實證的能源系統如圖 13 右邊所示，導入太陽能發電系統、鋰電池儲能系統以及電動車，新能源管理系統活用蓄電池與汽電共生系統，不同於舊有系統事先決定電力供給量後再考量空調系統，實證能源系統進行智慧能源控管時考量如何組合整體建築物之電源最具成本效益。



資料來源：Meidensha Corporation

圖 13 橫濱 World Porters 舊有能源系統及實證能源系統

橫濱 World Porters 實證案例導入設備包含 2 個組 BEMS 共有 2 部主機、4 個螢幕，一部為試運轉主機，另一部為計算主機。另有就是 27 個電力感測器、27 個遠

距離控制站、11 組熱量計、屋頂氣象觀測站，可測量日照、溫度等指標；以及 250 kWh 蓄電池系統，輸出功率為 100 kW。

橫濱 World Porters 實證概要為開發智

慧建築物能源管理系統以及大型蓄電池系統。藉由智慧建築物能源管理系統開發可預測建築物負載型態並以建築物的發電容量、蓄電容量決定是否參與需量反應。導入固定型蓄電池系統、將電動車視為虛擬儲能系統轉換電力需求，透過智慧建築物能源管理系統使建築物能源供給最佳化，而各建築物能源管理系透過共同通信標準進行大樓間連線控管。此外透過大型蓄電池系統開發可提昇 BEMS 能源管理的彈性。整體橫濱 World Porters 的驗證內容包含(1)因應 CEMS 需求參與需量反應、(2)最適化運用汽電共生系統與蓄電池系統、(3)蓄電池系統存在價值、(4)確立複數設施的能源管理方式。

#### (四) 橫濱智慧城市計畫需量反應種類

前面提到橫濱 World Porters 的建築物管理系統實證時間分為三個階段，而第三階段能源系統高度化驗證中有一項實證項目為需量反應驗證。現行的需量反應案例有兩種類型需量反應，一為以時間電價費率為基礎的需量反應，另一為供需調整契約，以獎勵為基礎的需量反應。第一種以時間電價費率為基礎的需量反應稱為變更電費設定型需量反應，具有兩套電費價費率。分別為時間電價(Time-of-Use, TOU)以及緊急尖峰電價(Critical Peak Pricing, CPP)，時間電價主要分為尖峰與離峰時段，用戶在離峰時段使用電力將被收取較低之費用，可達到改變用戶使用電力時間點的效果；而緊急尖峰電價則是當電力系統發生緊急情況時，事件發生時段之電價在高於其他時段，以降低用戶用電。橫濱智慧城市計畫的家庭能源管理系統是以緊急尖峰電價為架構進行實證試驗。

第二種獎勵型需量反應同樣有兩套電費價費率，一套是即時電價(Real-time Pricing, RTP)，以小時為基準，每小時之電

價都不盡相同，藉由財務面的誘因改變用戶用電習慣。除即時電價外，另一種電價費率為在指定時段吸收電力(儲能)或達成省電目標值時給予獎勵的容量契約(Capacity Commitment Program, CCP)。橫濱智慧城市計畫 BEMS 都是以獎勵型需量反應進行實證，2013 年以即時電價為基礎進行實證，用戶只要在尖峰時段進行電力節約便可獲得電價折扣。而今年則改以獎勵型的容量契約進行實證且設有節電目標，如果用戶達到節電目標便可獲得獎勵，若未達節電目標並不會有懲罰。除此之外，今年新增了競標式的容量契約，CEMS 於前一日根據天氣預報與歷史用電資料預測隔日需求電力，並於需量反應事件前一日提出容量、能量、輔助服務需求與獎勵等訊息，開放各個 BEMS 參與競標，每 30 分鐘競標一次，由最低價者優先得標，得標價格依序增加，得標後 BEMS 則根據得標價格於指定時段提供約定的容量、能量或輔助服務。以去年案例而言，CEMS 至少在需量反應事件前一日提出要求，今年實證案例將通知時間縮短為一小時或 30 分鐘前通知。至於做為判斷是否進行需量反應事件之歷史用電資料，橫濱過去是以需量反應事件前 10 至 20 天之歷史用電資料決定，經多次試驗發現歷史資料時間長於 15 天可能因期間包含假日產生變數，最後才將歷史用電資料期間訂為 10 天。獎勵型需量反應除前述之應用模式外尚有另一模式，CEMS 不要求用戶減少電力需求使用量，而是發電量大於需求時要求用戶於指定時段內吸收多餘電力。

橫濱智慧城市計畫需量反應分為三種類型，如圖 14 所示：(1)尖峰移轉，於電價便宜、離峰時段進行儲能，並將能源移轉到尖峰負載時段，來進行蓄電池的實驗；(2)整合不同能源來源，若原建築物僅

有一台汽電共生設備運作，藉由增加汽電共生設備，使發電量與電力需求量相符；  
 (3)能源使用量之調整，即關閉用電設備減少用電負載，橫濱 World Porters 為綜合商

業大樓，無法調整空調必須維持一定用電量，因此於橫濱 World Porters 並無進行此類型需量反應實證試驗。

**1 能源移轉**

例如：活用蓄電池系統、充放電EV、蓄熱槽等變更負荷設備驅動時程表等

因應 吸收剩餘電力 管控需求

**2 不同能源來源之間的整併**

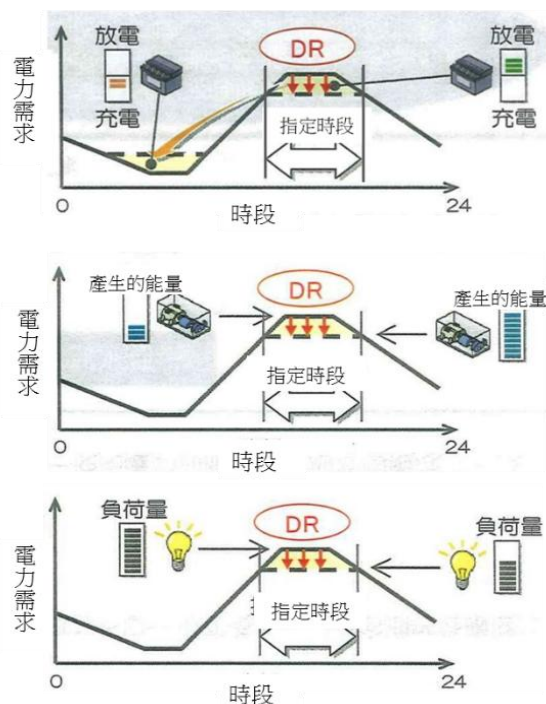
例如：活用汽電共生系統、複合熱源等

因應 吸收剩餘電力 管控需求

**3 能源使用量之調整**

例如：操控負荷設備、緩和室內環境等

因應 管控需求



資料來源：Meidensha Corporation

圖 14 橫濱智慧城市計畫需量反應種類

### 參、台灣可行性探討

經研析國際間虛擬電廠案例，配合國內電力事業環境定，本計畫提出前一日獎勵型商業型虛擬電廠(CVPP)、前一小時獎勵型商業型虛擬電廠(CVPP)、及技術型虛擬電廠(TVPP)等 3 種虛擬電廠商業運作機制<sup>[14]</sup>。前一日獎勵型商業型虛擬電廠(CVPP)的商業運作機制是由電力公司於事件前一日根據預測需求電力透過配電電能管理系統(Substation-EMS)提出隔日容量、能量、輔助服務需求量與獎勵等資訊後，由用戶群代表通知用戶，並詢問用戶是否參與，接著用戶端將根據隔日用電量之預測，針對電力公司所需之電量決定是否參與，且決定參與用戶根據歷史電價、能提

供之電量出價競標。用戶群代表根據電力公司提出容量、能量、輔助服務需求量，由最低投標價格之用戶依序得標，並根據得標組合進行排程組成最具效率之運轉計畫，並將此運轉計畫向上提報給電力公司，其再根據此最佳運轉計畫進行排程。

#### 一、前一日獎勵型商業型虛擬電廠(CVPP)

實際調度時電力公司將根據前一日由用戶群代表提出之最佳運轉計畫進行調度，並由用戶群代表通知參與用戶提供需量，用戶則根據前一日得標價格提供約定的容量、能量或輔助服務，最後由用戶群代表將所調度的容量、能量、輔助服務提供給電力公司。過程中以電力為交易實體，其流向是由用戶端向上提交至電力公司，現

金流的方向則相反，是由電力公司向下依據競標結果提供獎勵，如圖 15 所示。

## 二、前一小時獎勵型商業型虛擬電廠(CVPP)

在當日市場中的前一小時市場，商業型的虛擬電廠進行類似於前述的商業運作方式，唯時間框架不同，整體運作時間從一日縮短為一小時，如圖 16 所示。

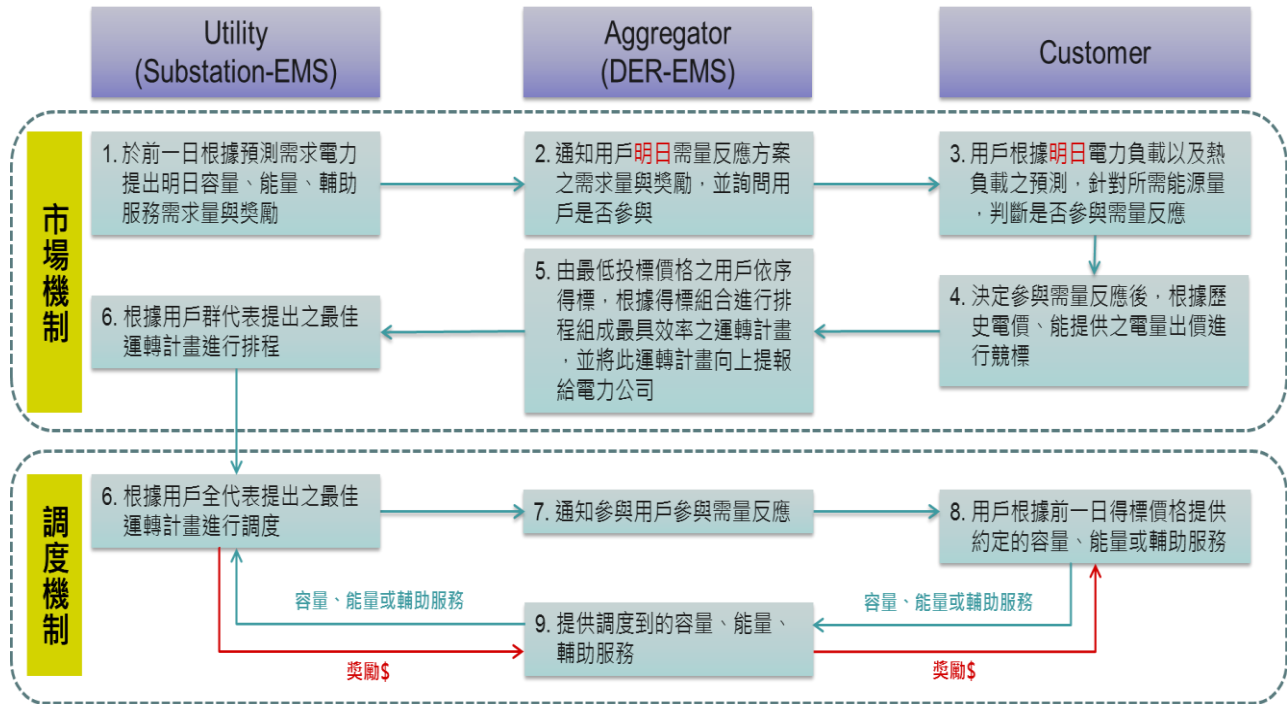


圖 15 前一日獎勵型 CVPP 商業運作機制

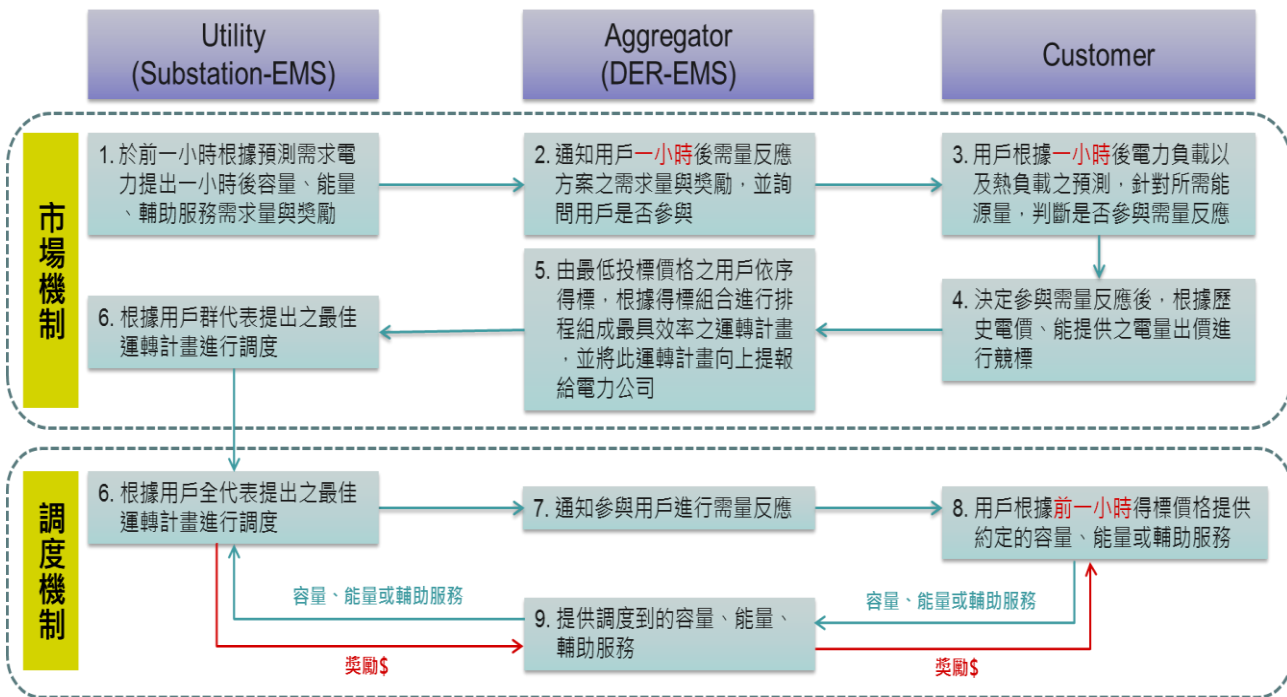


圖 16 前一小時獎勵型 CVPP 商業運作機制

### 三、技術型虛擬電廠(TVPP)

電力公司為避免前一日與前一小時調度之電量仍不敷使用之窘境，不敷使用的情況分為兩種，一種為用電需求大於發電量(實功不足)，另一種則為發電量足夠但缺乏傳輸電力的虛功，因此電力公司通常事先與用戶群代表簽訂即時調度容量、電力(實功/虛功)與罰則。每年由用戶群

代表與電力公司事先簽訂緊急調度之容量、電力(實功/虛功)價格。每年或每半年用戶群代表與用戶事先簽訂緊急調度時可調度之容量、電量(實功/虛功)與價格。於緊急事件發生時電力公司將直接進行調度，此時用戶需依據事前合約提供約定的容量、能量或輔助服務。過程中電力流向是由用戶端直接向電力公司提供容量、能量或輔助服務，並由電力公司向下游提出獎勵，如圖 17 所示。

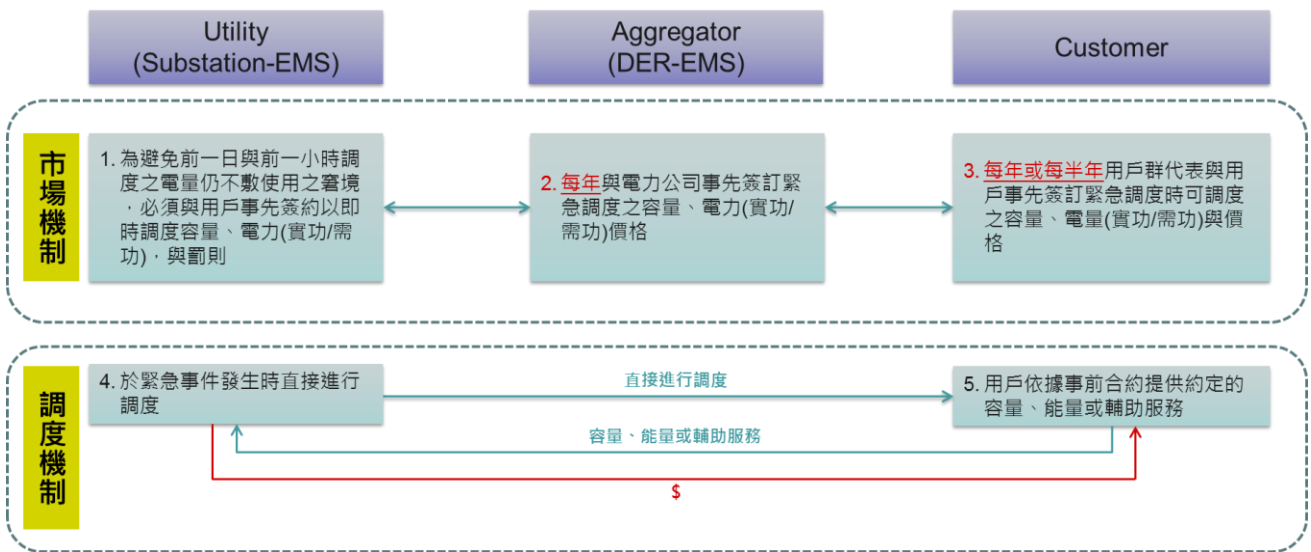


圖 17 TVPP 商業運作機制

由各先進國家推行虛擬電廠的經驗來看，導入用戶群代表於電力系統中，藉由能源資通技術(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。台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。

用戶群代表制度之概念係一營利或非營利之團體，無論是企業、機構、學校、政府單位甚至是地方自治政府等，願意從事電力經紀或仲介，代表所屬之分支單位、公司或一群用戶，與電力供應商協商議定電價，類似於電力的大宗採購。依先進國家經驗，用戶群代表可由現有的電力業者抑或是由專門進行負載控制的新廠商來擔任，若電力市場尚未自由化時，電力業者可利

用負載控制來抑制尖峰需量，配電系統操作者(Distribution System Operator, DSOs)再以配電功能進行類似用戶群代表功能之運作。另一種可能成為用戶群代表的市場參與人為擁有特定專業的第三方(Third Party)，雖其目前未與用戶端有任何直接關係，但在某些領域相關的廠商(如：電能設備管理)仍可考慮擔任用戶群代表之角色。用戶群代表一其類型可分為以下四種：零售商、能源服務公司(Energy Service Company, ESCO)、負載平衡責任方(Balancing Responsible Party, BRP)、獨立型態<sup>[15]</sup>。

與用戶群代表合作之用戶可分為住宅用戶、商業用戶與小型工業用戶，由於大型工業用戶多為已加入需量反應方案，因此不涉及與用戶群代表的合作。住宅用戶包括連棟房屋及公寓；

商業用戶則包含購物中心與超市、學校、辦公大樓、醫院、旅館、療養院等；中小型企業用戶如汙水處理廠、冷凍庫等。隨著虛擬電廠概念的實行，用戶群代表也可與分散式發電(Distributed Generation, DG)、小型汽電共生(Micro Combined Heat and Power, Micro-CHP)、儲能(Energy Storage)等小型電力設備擁有者合作簽約，參與不同類型的負載管理方案。由於參與用戶的類型及欲控制不同類型的負載屬性有所差異，用戶群代表需依照用戶、負載屬性，提供不同的服務與契約內容。

惟台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，仍需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 103 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<sup>[16]</sup>。

在現行電業法架構下，並無明確定義售電業或用戶群代表之角色定位，故以法理角度而言，交由民營公司售電並無違法但也無法理依據，且交由哪些民營公司售電？營業權利義務為何？無主管機關核准過程，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，可以先由台電既有部門或台電額外成立新部門掌管售電業務，推行試驗需量反應電價方案(Pilot Demand Response Pricing Program)。此做法除了較無爭議之外，台電因為本身有完整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需量反應方案。

然而，若長期皆由台電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。根據前述提及用戶群代表類型可以是電力零售商型用戶群代表、電力平衡責任方型用戶群代表、能源服務公司行用戶群代表、獨立型態用戶群代表。

以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對象，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。

## 肆、結論

由於台灣電力系統中尚無電力交易市場，且目前電業法沒有用戶代表群的角色，分散式發電設備僅視為自備發電機，故台灣配電等級虛擬電廠交易模式以雙邊合約為主，可能的合約簽署對象為有區域供電義務的配電公司及電業法修改後擁有用戶選擇權的高壓用戶。具有區域供電義務的配電公司會向虛擬電廠採購服務主要分為容量、能量、輔助服務。

在供電瓶頸地區，無法擴大變電所容量或配電公司因財務問題須遞延電網投資，可能向虛擬電廠採購容量及能量，或緊急情況(如壅塞)所需之輔助服務，例如於具尖離峰時段之供電瓶頸地區，利用分散式電源達到削峰效果；或於無尖離峰時段之供電瓶頸地區導入再生能源並搭配儲能系統。另外當配電公司營業區內有相當規模的再生能源依據躉購電價採購方法饋入電網，可能向虛擬電廠採購輔助服務，以解決饋線電壓變動、供電不穩定之問題。未來電業法通過後可能開放高壓用戶的用戶選擇權，高壓用戶可向配電等級的虛擬電廠購電，可能須另外支付代輸配電系統費率與配電輔助服務費用。

國外現有文獻對於 CVPP 與 TVPP 之探討，大多聚焦於輸電層級之應用，然而以台灣電力系統而言，未來所面臨較需迫切解決的問題主要為導入大量再生能源及人口密集區電力壅塞等情況，且在考量我國電力自由化程度之前提下，未來在虛擬電廠技術規劃方面，主要將應用於配電系統之中低壓側。目前國際間對於整合分散式電力資源，以解決配電系統中低壓側問題之研究尚

未臻成熟，台灣具備傲視全球的資通訊技術，未來有極佳機會可藉研發該技術取得國際市場先機。

在台灣配電系統之虛擬電廠技術規劃中，將趨向由台電所屬之單位負責執行 TVPP 之工作，以履行區域穩定供電之義務。TVPP 之資料監控系統可與現有配電自動化資訊系統進行資訊交換，以據其分析並決策配電系統所需的實、虛功率或電力服務，進而解決區域配電網路所遭遇之問題；CVPP 則可能發展為相關能源服務商，其依據台電 TVPP 之電能調度需求決策，進行分散式能源電能調度最佳化，以從而獲取利潤。

台灣未來可能因大規模導入再生能源對配電系統造成衝擊，透過 TVPP 技術發展協助配電系統營運對區域網路的即時控制，可有效解決饋線電壓變動與供電不穩問題，此即為 TVPP 的利基市場。外加國內能源價格遠低於合理價格，若 CVPP 僅於平日提供能量、容量與輔助服務可能無法獲得合理收入，為達經濟效益建議 CVPP 於平日提供能量、容量與輔助服務，並於緊急事件發生時提供緊急負載予電力公司，發揮 TVPP 功用。由於緊急負載獎勵較高，此舉將可大幅提升虛擬電廠利潤，使虛擬電廠營運利潤最大化，發展出完善虛擬電廠商業機制。

值得注意的，虛擬電廠與當前物聯網的發展趨勢完全一致，隨著此一時代潮流，與傳統電力公司併網成為大量普及的網路 2.0 電力供需型態，指日可待，亦即智慧電網、微電網之廣泛應用。

尤其電表後端(Behind the Meter)的分散式能源與集中式大規模再生能源截然不同，這是一場全球民眾參與發電的用戶賦權(Empowerment)，甚至被宣稱為基本能源權(Basic Energy Right)的全面革新。

台灣若能藉由資通訊科技之既有優勢，積極發展虛擬電廠，不但可善用台灣相對充沛的日照與風能，推廣分散式發電系統，提高在地能源自主比例，減少進口能源支出。此外，還能將

know-how 之技術及關鍵零組件外銷至東南亞地區，如有數千座島嶼的印尼與菲律賓，雖然有很豐富的陽光與風能等再生能源資源，但是仍沿用成本高昂且高污染的柴油機發電，若台灣能建立虛擬電廠自主技術向印尼、菲律賓外銷，不但可在短期內獲得利益，創造台灣更大的綠色商機，提供更多就業機會，甚至長期而言，在國際上亦能建立永續發展之良好形象，成為亞洲的丹麥、荷蘭之綠色能源大國。

## 伍、誌謝


本文作者感謝科技部「需量反應、分散式電源與儲能之整合應用」整合型研究計畫（編號 103-3113-E-006 -011 -、104-3113-E-006 -007 -）之經費支持，始得完成此研究，惟文中若有任何疏誤，應由作者自負文責。



## 陸、參考文獻

- [1] A. Zurborg, "Unblocking Customer Value: The Virtual Power Plant," WorldPower, 2010.
- [2] 許志義,「核四之後 虛擬電廠的角色與定位」,遠見雜誌,台北,2014年。
- [3] J. M. Corera, "The FENIX project: Integration of Renewables and Distributed Generation in Networks through aggregation," *The 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution – Part 2*, 2009 (CIRED 2009), pp.1 – 16.
- [4] L. Nikonowicz and J. Milewski, "Virtual Power Plants—General Review: Structure, Application and Optimization," *Journal of Power Technologies*, vol. 92, no. 3, pp. 135–149, 2012.
- [5] Elis Dafydd, Soor Simardeep, and Warham Tim, "FENIX Contractual Framework (D 3.2.6)," Pöyry Energy Consulting, 2008.
- [6] J. Oestergaard, "The Bornholm System - A Full-Scale Laboratory for Smart Grid Research," Centre for Electric Technology, Technical University of Denmark, 2011.

- [7] Hay et al., “WP2.3: Introducing Electric Vehicles into the Current Electricity Markets,” EDISON Deliverable D2.3, 2010.
- [8] Wu et al., “WP 2.4-2.6: EV Portfolio Management and Grid Impact Study,” EDISON Deliverable 2.4, 2.5 & 2.6, 2012.
- [9] Gantenbein et al., “WP3: Distributed Integration Technology Development,” EDISON Deliverable D3.1, 2011.
- [10] C. Sondergren, “WP 2.3: Electric Vehicles in Future Market Models,” EDISON Deliverable D2.3, 2011.
- [11] M. F. Bendtsen, and O. Holding , “WP6b: Real Life Testing of Developed Technology,” EDISON Deliverable 6B.1, 2012.
- [12] Japan Smart City Portal, 2015, [Online]. Available: <http://jscp.nepc.or.jp/en/index.shtml>.
- [13] Japan Yokohama Smart City Project, 2015, [Online]. Available: <http://jscp.nepc.or.jp/en/yokohama/index.shtml>.
- [14] 需量反應、分散式電源與儲能之整合應用，2014年智慧電網主軸中心計畫成果發表會。
- [15] J. Ikäheimo, C. Evens, and S. Kärkkäinen, “DER Aggregator Business: the Finish Case,” Research Report VTT-R-06961-09, 2010.
- [16] 經濟部，電業法修正草案 103 年 2 月 11 日簽出版，臺北，2014 年。

### 台電工程月刊徵稿啟事

- 
- \* 為使本刊物之內容更臻完善，歡迎有關火（水）力發電、核能發電、再生能源、輸變電、配電、電力系統、能源與環境、化學與材料、資訊與電腦、工程技術及其他等相關論著、技術經驗及譯者踴躍投稿，以饗讀者。
  - \* 投稿相關事宜，若有任何疑問，請聯絡我們，謝謝您！

 (02)2360-1095  u117212@taipower.com.tw