

碳經濟

CARBON ECONOMY

發行人 尹啓銘
顧問 黃萬翔 吳明機
陳小紅
總編輯 洪德生
執行編輯 黃宗煌 洪瑞彬
編輯委員 李堅明 吳再益
林師模 陳家榮
梁啟源 顧洋
蔣本基 蕭代基
朱麗慧 王金凱
編輯助理 劉光哲 楊晴雯
發行單位 行政院經濟建設委員會
執行單位 台灣經濟研究院
地址 台北市寶慶路3號
台北市德惠街16-8號7樓

專題分析

國內推動「區域能源整合」之策略

蔣本基、潘述元、劉毅弘、張怡怡、談駿嵩、馬小康

日本溫室氣體減量機制之探討

鄭詩妤、黃韻勳、吳榮華

我國綠能產業之經濟、能源與環境效益分析

潘子欽

住宅部門智慧電能管理方案分析與政策意涵

許志義、林子揚、顏海倫

製造業氣候變遷調適面面觀

李佩玲、王佑晴、陳良棟、王義基、潘建成、江國瑛

研究前緣

GTAP資料庫應用與資料庫校準：

以國際能源結構與我國初級能源進口為例

蘇漢邦、楊晴雯、莊銘池、李宜螢、張佳婷

第27期

2012年11月

NO. 27 Nov 2012

目 錄

編者的話	1
專題分析	2
國內推動「區域能源整合」之策略 /蔣本基、潘述元、劉毅弘、張怡怡、談駿嵩、馬小康.....	2
日本溫室氣體減量機制之探討 /鄭詩妤、黃韻勳、吳榮華.....	9
我國綠能產業之經濟、能源與環境效益分析 /潘子欽.....	20
住宅部門智慧電能管理方案分析與政策意涵 /許志義、林子揚、顏海倫.....	30
製造業氣候變遷調適面面觀 /李佩玲、王佑晴、陳良棟、王義基、潘建成、江國瑛.....	41
研究前緣	51
GTAP 資料庫應用與資料庫校準：以國際能源結構與我國初級能源進口為例 /蘇漢邦、楊晴雯、莊銘池、李宜螢、張佳婷.....	51
政策動態	70
會議資訊	75
文獻新報	79

～編輯政策～

- ◇ 本刊以溫室氣體減量之政策及其經濟問題為重點，每季定期發行，當季刊登之文稿截稿日期為前一月的15日。本刊資料檢索網站：<http://www.cepd.gov.tw> 點選出版品、碳經濟
- ◇ 本刊歡迎關心溫室氣體減量議題之各界先進賢達踴躍賜稿(包括專題分析、時事評論、政策動態報導、研究成果、出席國內外會議心得等)，亦歡迎讀者就本刊相關議題發表讀後建言或心得。專題分析稿件每篇以不超過6000字為原則，其餘不拘。
來稿請將電子檔 email 至執行編輯黃宗煌教授：chhuang@mx.nthu.edu.tw、楊晴雯：jp62001@tri.org.tw。

編者的話

正值京都議定書即將到期的前夕，聯合國將於 11 月 26 日至 12 月 7 日，在卡達(Qatar) 首都杜哈(Doha)，召開「第 18 屆聯合國氣候變遷綱要公約締約國大會」(UNFCCC COP18)，以延長京都議定書效力，達到約束已開發國家溫室氣體排放、協助開發中國家改善溫室氣體排放，以減緩氣候變遷的目標。儘管我國不是附件一國家，無須負擔溫室氣體減量承諾，然我國能源仰賴進口，在未來能源價格攀升的年代，在能源的使用上若能更具系統性規劃，將能大幅提升我國能源效率，並降低溫室氣體排放。為瞭解我國能源效率改善方向，本期特別從系統面、制度面、以及產業面等面向切入探討。

透過能源系統規劃與整合，提升能源效率，將有助於我國提升產業競爭力及降低溫室氣體排放。綜觀區域能源整合發展，國外「區域能源整合」已發展多年，相關能源整合技術發展已達到多元組合且商業應用成熟，因此本期收錄台灣大學環境工程研究所蔣本基教授等人著作，從國外推行區域能源整合經驗以及我國執行困境，釐清我國未來策略推動方向。此外，住宅部門亦可透過智慧電能管理系統，改善其能源效率。因此本期收錄中興大學產業發展研究中心許志義主任等人著作，透過市場調查瞭解我國未來推廣智慧建築時的利基與方向。

另一方面，隨京都議定書即將到期，依附京都議定書而生的清潔發展機制預期將逐漸減少，未來自願性碳標準市場將備受期待，故各國除依照既有國際減量機制進行外，亦開始發展屬於本土的減碳機制，其中，日本目前所建置的減量機制相當多元化且具規模。因此，本期收錄成功大學資源工程學系鄭詩好等人著作，詳盡介紹日本溫室氣體減量機制，以茲政府參考。

隨著節能減碳，因應氣候變遷的全球趨勢發展，綠能產業遂成爲各國發展重點，而我國在此趨勢下，近年在綠色產業推廣上亦有所成效。因此本期收錄工研院綠能所潘子欽研究員著作，期望透過產業關聯表，比較綠能產業及一般工業在相同之產值下，對於經濟、能源及環境面向之帶動情況及影響效果。

研究前緣部分，有鑑於國內、外各國國際機構對於產品及能源貿易議題的研究，多使用全球貿易分析模型(Global Trade Analysis Project)及其資料庫進行各項經濟、能源、環境之相關議題研究，在資料的校正上格外重要。因此本期收錄臺灣綜合研究院蘇漢邦所長等人著作，以國際能源結構與我國初級能源進口爲例，以突顯資料庫校準的重要性。

住宅部門智慧電能管理方案分析與政策意涵

許志義（中興大學產業發展研究中心主任）

林子揚（中興大學產業發展研究中心研究發展組組長）

顏海倫（中興大學資訊管理學系碩士）

一、前言

當前台灣之用電需求負載，主要係由台電公司以核能、汽力燃煤、汽電共生發電，或向民營電廠（燃煤）購電等方式作為基載供應，並以燃氣機組、汽力燃油等發電，或向民營電廠（燃氣）購電因應尖載時段。此外，尖峰時段尚有每單位發電成本更昂貴之抽蓄發電、柴油機發電、天然氣發電、風力、太陽能、水力發電等方式。基於成本考量，台電公司訂定尖峰、半尖峰及離峰的時間電價（Time-of-Use, TOU）以反應不同時段之發電成本，並陸續推動「可停電力」、「季節電價」、「儲冷式空調系統離峰用電優惠電價」、「空調冷氣週期性暫停用電優惠電價」等電力需求反應（Demand Response, DR）措施，主要目的在於抑低尖峰時段的電力需求，降低整體供電成本（台電公司，2011）。但此類需求反應方案，採用者大多為工業用戶，住宅用戶僅不到 2,000 戶參與³，主要原因除在於需求反應措施影響生活便利性與其「基本電費」的設計降低住宅部門之採用意願外⁴，先進讀表基礎建設（Advanced Metering Infrastructure, AMI）佈建尚未普及，電力公司難以更廣泛施行需求端管理（Demand-Side Management, DSM），乃係另一項關鍵影響因素。

先進讀表基礎建設主要包含智慧電錶、通訊系統、電錶資料管理以及相關應用程式等軟硬體之建置與開發，是一個可以提供用即時用電量資訊（至少以每小時為單位）的通訊網路設備（梁佩芳、黃怡碩及陳翔雄，2011）。主要功能除可用以支援電力公司與用戶端間之電力需求反應外，更重要係其能結合「電能資訊管理系統（Energy Information Management Systems, EIMS）」，透過電腦自動化來監控、管理用戶所有電能設備之使用狀況，增進電力資訊的透明化，以發揮能源使用最大效益（張容瑞，2012）。

電能資訊管理系統主要有四項特點：降低整體用電需求、將尖峰用電移轉至離峰用電、增加離峰用電量以及降低尖峰用電量（Wu, 2009）。係藉由整合電力量測、監控系統、資料庫、網路通訊等科技，提供用電資料記錄分析、自動化調度電器負載以達到減少用電、降低用電支出之目的，其亦可透過網路蒐集電錶資訊，提供用戶查看或調整用

³ 按台電公司（2012）統計，2011 年全台住宅部門約有 806 萬戶，使用電錶約 1,140 萬個。

⁴ 時間電價的制度的設計包含單位額度較高的「基本電費」（反映容量費率），搭配單位額度較低的「流動電費」。在此情況下，通常較適用於每月用電需求高，足以攤提基本電費的「大咖」電力用戶，才具有實質誘因選擇時間電價。其他絕大部分住宅部門則採非時間電價，亦即住宅用戶每日尖離峰用電僅有單一費率，並不存在時段不同之電價差異。因此，並無任何價格誘因移轉尖峰用電至離峰時段。以夏月表燈時間電價（二段式需求契約）為例，每月基本電費 = 單相 129.10 元或三相 262.50 元 + 236.20 元 × 經常契約容量 + 47.20 元 × [(週六半尖峰契約容量 + 離峰契約容量) - (經常契約容量 + 非夏月契約容量) × 0.5]；流動電費尖峰時段每度 3.62 元、半尖峰時段每度 2.65 元、離峰時段每度 1.80 元（台電公司，2012）。

電行爲，乃未來智慧電能範疇中一項不可或缺的工具 (Choi et al., 2010)。因此，若住宅用戶需求端能裝設相關軟硬體，並參與電力公司需量反應方案，將可形成新一代之智慧電能管理模式，不僅可提升自身能源使用效率，同時亦可降低電力尖峰負載需求，延緩尖載電廠投資，對電力消費者、電力公司與整體社會均有相當助益，達到「三贏」之局面。

目前，若干國家已強制規範電力用戶必須裝設智慧電錶以提高電能使用效率⁵。台灣行政院則已於 2010 年 6 月核定「智慧型電錶基礎建設推動方案」，正式啓動低壓電力用戶先進讀錶基礎建設之佈建⁶。未來在 AMI 的帶動下，台灣住宅部門將逐步實現智慧電能管理的願景，進一步將過往電力公司傳統之需求端管理內涵，擴大爲雙向、即時「智慧化」需求端管理範疇。

二、住宅部門智慧節能系統之影響與替代方案

傳統狹義之需求端管理主要係指電力公司藉由電價誘因，鼓勵電力用戶參與需量反應方案，以減少本身用電負載需求量或移轉用電時段，改變能源消費需求型態之做法。但在智慧電能管理架構下之新一代需求端管理趨勢，則可透過 AMI 的輔助，將一般電力用戶皆轉爲潛在的分散型供電者，形成「Web2.0」之電力系統。換言之，電力用戶在其 AMI 涵蓋範圍之內，可透過自備再生能源發電系統或電池儲能設施 (Battery Energy Storage System, BESS) (如電動車) 提供電力，以充分利用全國各地之分散型能源資源 (Distributed Energy Resource, DER)，形成另一種潔淨又便捷的供電方式⁷。

相對於中央垂直電力系統規模經濟之供電模式而言，DER 有其在地 (on-site) 就近取材之優勢。尤其在 2011 年 3 月日本發生強烈地震後，再度彰顯出大規模集中式電源供應的風險⁸，使得推動分散式發電的必要性又再一次受到各界重視。然而受限於天候因素，目前再生能源發電仍難以長時間穩定供電⁹，所以必須搭配電力儲存系統來確保

⁵ 美國加州公用事業委員會 (California Public Utilities Commission, CPUC) 曾強制規範電力用戶一律裝設智慧型電錶。但由於強制政策違反消費者賦權的基本原則，受到某些用戶反對。CPUC 已於 2012 年 2 月 1 日正式批准「智慧電錶退出計畫 (Smart Meter Opt-Out Program)」，讓電力用戶可以自行選擇是否安裝智慧型電錶，惟必須額外繳交相關費用。以太平洋天然氣與電力公司 (PG&E) 爲例，電力用戶若安裝智慧電錶後欲更換回傳統電錶，需繳交 75 美元的初始費 (initial fee)，並於每個月繳交 10 美元的人工抄錶費用。若該電力用戶符合低收入戶要件者，則僅需繳交 10 美元的初始費以及每月 5 美元的人工抄錶費用 (PG&E, 2012)。

⁶ 按行政院 2010 年 6 月核定之「智慧型電錶基礎建設推動方案」規劃時程，在低壓 AMI 佈建上，由於住、商用戶合計擁有高達 1,200 餘萬個電錶，考量既有傳統電錶之折舊年限尚未屆齡，初期將以佈建率 50%，共計 600 萬個智慧電錶爲目標。據此，台電公司將於 2012 年底前佈建 1 萬個智慧電錶，完成測試與前置作業，並經成本效益評估後，台電公司將啓動大規模佈建。預計 2013 到 2015 年建置 100 萬個智慧電錶，2016 年起開始擴大再裝設 500 萬個智慧電錶，逐步實現智慧電網的願景 (經濟部能源局，2010)。

⁷ 在未來智慧電能之廣義需求端管理範疇下，住宅用戶除依循改變自身電力消費型態配合需量反應方案的模式外，也可在自家裝設小型太陽能、風力、生質能、儲能系統等分散型供電方式，透過智慧電網配合電力公司調節電力負載需求，以增加供電與用電彈性，並藉由各自獨立的小型發電系統，改變傳統集中式電源自上而下配電的電能供需模式，降低電力單一供電來源的風險。

⁸ 1999 年台灣之 921 大地震導致全國大規模限電爲另一實例。

⁹ 再生能源除了生質能、地熱及海洋能較有可能作爲基載運轉之外，其餘如風力、太陽能、小水力多半無法單獨提供基載發電。

電力供應之可靠。因此，住宅部門之智慧電能管理應再加入再生能源與電池儲能系統作為考量，才能形成完整之分散式供電模式。在此模式下，用戶除了依照電力公司所發送的需量反應指令，暫停空調或其他家電設備之外，亦可使用自備之再生能源系統所產生之電能或電池儲能系統（可儲存再生能源系統之發電，或購買中央電力公司於離峰時段相對廉價之電力進行充電）所釋出之能量，取代部分因配合需量反應方案而減少使用的電力公司電源，有效彌補需量反應方案所帶來之不便性與突破天候因素影響之瓶頸。

準此而論，住宅用戶選擇智慧電能管理替代方案，至少有以下三種選擇：(1) 初階方案，僅申裝智慧型電錶¹⁰；(2) 中階方案，申裝智慧型電錶並搭配電力資訊顯示螢幕（In-Home Display, IHD）¹¹；(3) 高階方案，申裝智慧型電錶並搭配 IHD 之外，再申裝智慧電能控制系統¹²。三種替代方案之比較說明如表 1 所示：

表 1. 住宅部門智慧電能管理三種替代方案比較

替代方案	申裝設備	說明
初階方案	● 智慧型電錶	根據台灣電力公司消費性用電服務契約，電錶由台灣電力公司置備，亦即用戶不必額外支付電錶費用。
中階方案	● 智慧型電錶 ● 電力資訊顯示螢幕	用戶可透過此顯示螢幕了解家中用電資訊，未來亦可從網路下載軟體至手機中，進行遠端監測，但無法對家電進行自動控制、排定用電行程等功能，因此用戶需自行手動控制，才能節約用電。
高階方案	● 智慧型電錶 ● 電力資訊顯示螢幕 ● 電能管理系統	此方案成本較高，用戶除了需支付顯示器與電能管理系統費用外，欲控制之家電產品也需更換為智慧型家電，或是加裝智能控制器，另外電能管理系統本身亦可能增加耗電量。

資料來源：本研究自行整理。

準此，針對中階替代方案用戶，電力公司不但可藉由智慧型電錶施行時間電價制度，亦可透過電力資訊顯示螢幕進一步施行包括即時電價（Real-Time Price, RTP）、關鍵尖峰電價（Critical-Peak Pricing, CPP）等在內的需量反應策略，更全面來降低尖峰時段用電。同時，參與高階替代方案的用戶，住宅用電亦將藉由電能管理系統邁向全面「自動化」，亦即用戶不需要經由人工手動，即可直接透過系統對家電進行自動控制、排定用電行程等指令；另也可透過手機 APP，直接遠端遙控電器，「智慧化」掌握住宅用電，

¹⁰ 智慧型電錶主要功能可顯示並遠距讀取即時用電數量。

¹¹ 電力資訊顯示螢幕主要功能可顯示即時與歷史總用電瓦數、度數、溫度、電價...等資訊。目前市價約 3,000 元。

¹² 電能管理系統能主要功能可顯示即時與歷史總用電瓦數、度數、溫度、電價...外，也可以分析家庭用電情況，對家電進行最佳化排程及負載預測與智慧化管理。此系統包含內嵌式最佳演算法程式系統（embedded system with optimization algorithm）、程式化恆溫控制器（programmable controllable thermostats）、通訊集線器（hubs）與家庭網路（communications hubs and home area networks）、家庭閘道器（Home Gateway）、硬體通訊平台（如：Ethernet、PLC、Zigbee、WiFi、RFID）等。

讓能源使用更有效率。

三、替代方案之市場調查分析

本研究實證分析以理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA) 與科技接受模式 (Technology Acceptance Model, TAM) 為基礎，結合轉換成本 (Switching Costs) 的學理做為模型假設，透過「智慧電能管理替代方案申裝意願及其願付價值」問卷調查¹³，來瞭解住宅部門申裝智慧電能管理替代方案之意願；並藉此數據檢定，尋求影響用戶參與意願之關鍵因素，供未來 AMI 及 EIMS 的發展及推廣策略訂定之參考。

理性行為理論主要用於分析態度如何有意識地影響個體行為，主要可從行為態度與主觀規範來分析行為意向與實際行為 (Fishbein and Ajzen, 1975)。本研究將「主觀規範」定義為：就答卷者認為，對其行為有影響的人會影響到其申裝智慧電能管理替代方案之意願。

科技接受模型則廣泛應用在預測消費者的接受度和使用情形，主要包含五項構面，分別為：有用性、易用性、態度、意圖、及使用 (Davis, 1989)。本研究實證分析亦將採用此模型中的「有用性」、「態度」及「申裝意圖」來探討影響住宅用戶申裝智慧電能管理替代方案意願的因素。本研究分別定義各關鍵因素如下：(1) 有用性：就答卷者認為，「智慧電能管理替代方案」對其產生之有用性；(2) 態度：答卷者對於「智慧電能管理替代方案」所持有的態度；(3) 申裝意圖：本研究在此將「申裝意圖」結合「轉換成本」構面，並將其定義為：就答卷者認為，願意申裝「智慧電能管理替代方案」的意圖。

「轉換成本」是消費者從原先的供應商轉換到另一供應商時，所面對的一次性成本。Burnham et al. (2003) 將轉換成本分為三大類：程序轉換成本、財務轉換成本、及關係轉換成本¹⁴。本實證研究將 Burnham 採用所提出的轉換成本來評估影響住宅申裝智慧電能管理替代方案意願之因素。由於本研究轉換成本涵蓋兩種替代方案 (中階及高階方案)¹⁵，故轉換成本亦分為兩項假說來探討影響住宅申裝智慧電能管理替代方案意願之因素。綜合上述，可得假說架構如圖 1 所示。

本研究之問卷調查採用方便樣本，調查時間為 2012 年 2 月 20 日至 3 月 20 日，共計一個月。填寫對象與方式為針對住宅部門用戶進行網路問卷調查¹⁶。總計回收問卷 197 份，扣除填答不完整之無效問卷計 22 份，共得有效問卷 175 份，有效問卷回收率達

¹³ 本研究係利用網路問卷平台「Mysurvey」進行網路問卷調查，網址：<http://www.mysurvey.tw/>。

¹⁴ 程序性轉換成本主要包含時間與心神上的耗損，如：學習成本；財務性轉換成本主要包含能以金錢衡量的付出，如：購買成本；關係轉換成本主要包含轉換所造成的心理或情緒上之精神負擔，如：與台電公司間的關係成本，包括：個人用電型態的隱私，可能被他人掌握。

¹⁵ 由於智慧型電錶由電力公司供應，故初階方案不存在財務性轉換成本。因此本實證研究轉換成本僅考慮中階與高階方案。

¹⁶ 本研究受時間、成本及地理環境等因素限制下，僅以部分使用網路的居民為調查對象。因此本研究代表性僅限於網路使用者，結果並不能完全推論至無使用網路習慣的住宅用戶，對於影響這些非網路族群申裝智慧電能資訊管理系統的因素是否相同，則值得後續研究者進一步探討與比較。

88.83%。

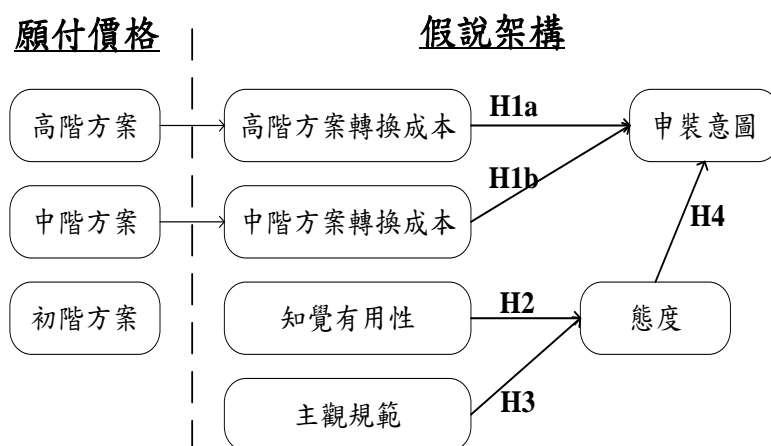


圖 1. 「影響住宅用戶申裝智慧電能管理替代方案意願之關鍵因素」假說架構
資料來源：本研究自行整理。

依據實證結果發現：轉換成本對於申裝意圖、主觀規範對於態度無顯著影響，而有用性對態度、態度對於申裝意圖則有顯著正向影響¹⁷。亦即轉換成本、主觀規範並不是影響住宅申裝替代方案與否的主要因素，替代方案本身的有用性以及用戶對替代方案的態度才會對申裝意圖產生影響。因此，在推動智慧電能管理替代方案時，電力公司應考慮著重於方案系統設備的功能，例如：客製化的用電排成，用電資訊的安全加密等等，深入了解住宅部門的需求，當住宅部門覺得方案越有用，其對於方案的態度越正向，參與意願就越高。詳細檢定結果如表 2 所示。

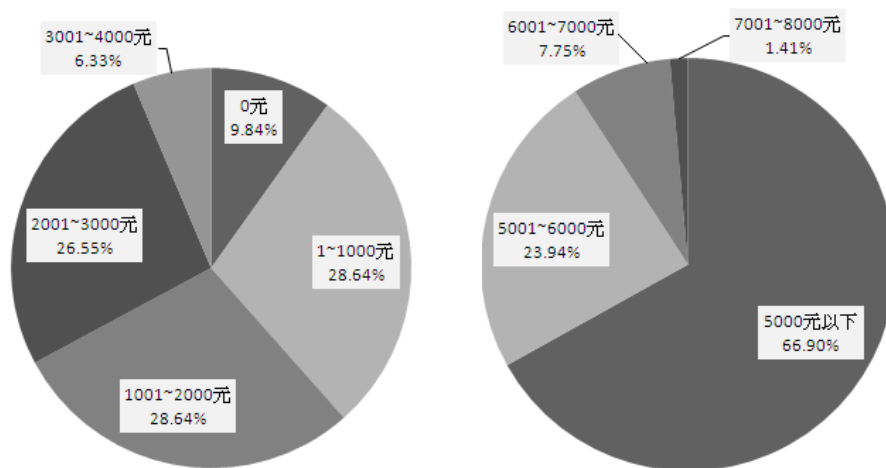
表 2. 「影響住宅用戶申裝智慧電能管理替代方案意願之關鍵因素」檢定結果

假說	說明	標準化參數估計值		假說成立
		因素負荷	t 值	
假說 1a	高階方案的轉換成本對轉換意圖有顯著的負向影響	0.127	1.115	否
假說 1b	中階方案的轉換成本對轉換意圖有顯著的負向影響	-0.152	-1.257	否
假說 2	有用性對態度有顯著的正面影響	0.314	3.095**	是
假說 3	主觀規範對態度有顯著的正面影響	0.126	1.217	否
假說 4	態度對轉換意圖有顯著的正面影響	0.585	4.629***	是

註：**在 p<0.01 標準下，t>2.58 顯著；***在 p<0.05 標準下，t>3.29 顯著。
資料來源：本研究自行整理。

¹⁷ 此研究結果顛覆了以往的印象，也與 Shapiro 及 Varian (1999) 所提出的：「轉換成本對於申裝意圖而言是一種障礙。」論點不同。可作為研擬適用於台灣本土化智慧電能管理政策之參考。

此外，問卷調查結果亦顯示，在所有受訪者中，有 96.48% 的受訪者願意參與免費申裝智慧型電錶的「初階方案」，僅有 3.52% 的受訪者無意願參加。在加購電力資訊顯示螢幕與換裝智慧電錶來參與「中階方案」的調查中，雖然有 90.14% 的受訪者願意花費參與，但僅有 6.33% 的受訪民眾之願付價值在 3,000 元以上（此即目前電子資訊顯示螢幕之市價）；而在「高階方案」所有受訪者中，僅有 9.16% 之民眾願付價值在 6,000 元以上（如圖 2 所示），顯示目前在住宅用戶認知裡，能從中階、高階替代方案中可獲得的效益仍不高¹⁸。



中階替代方案：智慧型電錶+電子資訊顯示螢幕 高階替代方案：智慧型電錶+電子資訊顯示螢幕+電能管理系統

圖 2. 住宅用戶智慧電能管理中階、高階替代方案願付價值分配比較
資料來源：本研究自行整理。

四、政策意涵

根據本研究問卷調查，住宅用戶拒絕參加替代方案的原因主要在於：(1) 替代方案帶來的效益不高；(2) 雖然電錶本身由電力公司置備，但擔心電力公司會將費用轉嫁於其他地方；(3) 智慧型電錶與智能系統本身亦為電器用品，怕安裝後電費反而增加；(4) 不需要藉由智慧型電錶的幫助，自己平常就有做到隨手關燈等節電習慣，不需要浪費一筆費用購買替代方案之設備。對照表 2 各假說之檢定結果，可歸納出以下四項政策意涵：

(一) 宜藉由「教育宣導政策」建立住宅用戶對智慧電能管理系統之正確觀念

¹⁸ 此處之效益包含貨幣效益與非貨幣效益。非貨幣效益至少包括：替代方案有用性帶來之日常生活便利性、潮流領先意識所帶來的優越感、消費者賦權（即消費者可「自由選擇」自己需要的電能產品與服務，自行決定是否要在居家範圍內裝設電能資訊管理系統或參與替代方案）、數位落差邊緣感等。

由於目前智慧電能管理系統之相關技術仍處於發展階段，許多設備標準迄今仍在研商議定中。對消費者而言，此系統仍存在若干不確定性，因此本實證研究結果呈現，答卷者對替代方案之「有用性」多所疑慮。針對此一問題，政策推動者宜積極加強解說智慧電能管理系統之多樣性功能¹⁹，用戶除可藉由系統內嵌式之程式，即時運算出最適之電能使用模式，以提升用電效率之外，亦可透過遠端遙控，「行動化」控制電器開關參與電力公司需量反應方案²⁰，移轉尖峰時段用電至離峰時段使用，降低電費支出。準此而論，住宅智慧電能管理系統實與傳統需求端管理之方式有顯著區別。具體言之，在尚未安裝智慧電錶與智慧電能管理系統之前，過去傳統之電能節約行為，多半訴諸道德勸說。例如：隨手關燈、待機時拔掉插座、更換 LED 節能燈泡等高效率家電設備。此種透過個人養成良好生活習慣之人工節電行為，固然是值得鼓勵之「利己利人」道德行為，但事實上，透過智慧電能管理系統之財務性投資，在良好的需量反應電價方案設計下，住宅用戶可以藉由理性之經濟行為達成符合成本效益原則之節能效果。更重要的，未來電力產業的發展趨勢，係藉由 AMI 作為核心（蛋黃），往外擴散至分散式供電、智慧電網等範疇（蛋白）。因此，AMI 對於往後多項電力政策的發展，可謂扮演著承先啓後的關鍵角色，倘若 AMI 未能順利普及應用，環環相扣下往後相關產業的發展也將受到牽制。因此，申裝智慧電能管理替代方案，主要仍應視為經濟行為而非僅道德行為，替代方案其後續之可帶來附加價值與延伸，才係該方案推動之主要目的。

（二）宜搭配「保證電費方案」以提高消費者申裝替代方案之誘因

事實上，智慧型電錶雖然本身屬電器用品，但其用電量卻微乎其微。目前智慧型電錶之規格，用電量僅介乎 3W 到 4W 之間。換算每月用電量，一個智慧型電錶約僅需 2~3 度。然而，為了徹底免除用戶對於替代方案之疑慮，鼓勵消費者參與，先進國家作法通常係以電費上限保證（Bill Protection）之配套方案搭配執行，確保用戶僅需支出相對便宜或至少相等之電費，提高參與方案的誘因。

以美國加州為例，太平洋天然氣與電力公司（PG&E）、南加州愛迪生電力公司（SCE）、聖地牙哥天然氣與電力公司（SDG&E）等電力供應商，在推動時間電價、關鍵尖峰電價等需量反應方案時，通常會提供一年期的「電費上限保證」作為用戶磨合緩衝期，免除消費者對於電費轉嫁或者替代方案「有用性」的疑慮。亦即，參與電力公司需量反應方案之用戶，搭配由電力公司提供之電費上限保證方案後，在相同的用電量下，用戶其當期電費支出如高於上期的電費支出，則以原來制度（上期）的電費計價，確保用戶權益。此舉對於用戶而言，不但有類似「試用期」的考慮時間，評估是否繼續參與電力公司需量反應方案，在「穩賺不賠」的基準點下，更可降低用戶申裝替代方案之疑慮。因此，在政策配套措施上，宜藉由「電費上限方案」，提高用戶申裝替代方案、選用需量反應方案之意願。

（三）宜搭配合宜之「替代方案補貼政策」

¹⁹ 詳如註 8。

²⁰ 例如：透過手機可下載 APP 軟體，可隨時遠端遙控家裡電器，不需再藉由人力於現場操作電器開關。

當前我國 AMI 之佈建，主要係由台電公司編列預算執行，因此在各項替代方案中，智慧型電錶皆係由台電公司所提供，用戶不必額外支付電錶費用，等同係由電力公司補貼住宅部門裝設智慧型電錶。故在申裝意願調查中，初階方案可獲得多數受訪者的支持。然而在中階以上之替代方案，由於用戶必須負擔相關設備費用支出，但以台灣住宅用戶平均每月用電量 330 度之用電規模為例，每月電費約在 1,000 元以下，藉由替代方案能節省之電費有限，誘因不足使得住宅用戶申裝的願付價值並不高。

因此，如果能夠在住宅部門申裝中階、高階替代方案的誘因基礎上，訂定補貼政策符合用戶申裝方案之需求邊際意願，以提高用戶之願付價值，將可提高用戶申裝中階以上替代方案之意願。以本研究實證結果為例：在中階方案中，每增加 1,000 元的補貼作為誘因，將增加約 26.6% 至 28.7% 願意申裝該方案之「邊際用戶」；同樣地，在高階方案中，若由政策補貼 5,000 元提高誘因，將至少有約 67% 的用戶願意參與。在此基準之下，若再增加 1,000 元的邊際補貼額度，則將再增加約 24% 的邊際用戶申裝高階替代方案。

值得注意的，補貼政策最終仍應以「經濟效率」作為考量。換言之，應作針對性的「目標群體補貼」，不宜盲目地無差別全體補貼。目前台灣約有 66.75% 之住宅用戶（約 756 萬戶）每月平均用電量在 330 度以下，由於用電量少，替代方案申裝效益可能遠低於其成本，因此替代方案對此類用電量少之絕大多數用戶而言，係不具經濟效益之補貼。這種方式之補貼，亦可能產生排擠效應（crowding out effect），導致不具效率的電力用戶申裝替代方案的比例提高，違背政策的目標。是故，在替代方案補貼政策上，宜先經由成本效益分析（Cost Benefit Analysis, CBA）²¹，找出具有替代方案使用效率的目標市場與邊際用戶作為補貼標的；同時，在「初階替代方案」的安裝上，亦應依此原則針對使用效益較高之用戶優先推動，以發揮政策之最大效益。

(四) 宜建立「用戶群代表（aggregator）制度」以聚集眾多住宅用戶達成規模經濟

相對於工業與大型商業用戶而言，由於住宅部門用電特性具有「主體小」、「用戶多」、「組成雜」之特性，各別申裝智慧電能管理替代方案所帶來之效益通常未達規模經濟（Economies of Scale）。對此，歐美先進國家通常是透過用戶群代表，針對目標市場集結眾多小用戶，「聚沙成塔」成為一個「虛擬的大用戶」以降低單位成本²²。用戶群代表

²¹ 成本效益分析模型可分為以下四種檢定，包括：參與者檢定（Participant Test, PCT）、電力用戶影響檢定（Ratepayer Impact Measure Test, RIM）、總資源成本檢定（Total Resource Cost Test, TRC）、以及公用事業成本檢定（Utility Cost Test, UCT）等四種檢定模式，分別從消費者（PCT）、供給者（RIM）以及社會總體（TRC、UCT）的角度作為考量；其中，總資源成本檢定又可延伸為社會成本檢定（Societal Cost Test, SCT）（許志義、黃國暉，2010）。

²² 例如：2006 年美國康乃狄克州輸電容量不足以應付夏季尖峰時段。起先擬以汰換輸電線路解決問題，但遭受居民反對而擱置計畫。此時用戶群代表 Comverge 提出佈建可抑低 28MW 的需量反應方案，以解決供電系統不穩定之情況。Comverge 與電力公司簽訂為期四年的需量反應契約，並在該地區 15,000 個住宅或小型用戶的空調設備中，均加裝「智慧型電能管理系統」，以配合電力公司於必要時段緊急降載。每用戶一年平均約可獲得 100 美元參與「需量方案」的電價優惠。質言之，當緊急狀況發生時（如電壓低於標準值的 95%），電力公司立即通知 Comverge 啓動需量反應裝置，降低負載。至 2010 年，康乃狄克州共計超過 22,000 個住宅用戶與小型商業用

之類別包括：(1) 電力零售商 (Retailer) 利用其本業既有的行銷專長與連鎖店舖之通路，附帶零售電力，搶佔綠能與電力市場，乃先進國家常見的情況，例如：英國著名零售商店瑪莎 (Marks & Spencer) 百貨讓消費者到商店內即可順便購買電力；(2) 電力輔助服務 (Ancillary Services) 市場負責供需平衡者 (Balancing Responsible Party)，專職電力系統供需平衡，及時應變電力市場供給不足或過剩的組織。由此一專業供電者，兼營需量反應方案，具有相輔相成之加分效果。(3) 典型的能源服務公司 (Energy Services Company Organization, ESCO)，提供能源消費者各項節能改善專案，建構即時監控之節能資訊管理系統，協助各類大小規模不同之能源用戶參與需量反應方案。(4) 獨立型態之用戶群代表 (Independent Aggregator)，亦即獨立於電力公司與電力用戶之外，專精於需求端能源管理的「第三方」(許志義，2011)，係藉由智慧型電能管理系統，在符合需量反應電價誘因之供需雙向即時撮合下，用戶群代表形同掌有一群螞蟻雄兵所形成的「虛擬的大電力用戶」或「虛擬電廠」²³，能舒緩區域用電供電可靠度危機，並與中央電力公司良性互動與配合。

在先進國家開放的自由化電力市場中，用戶可自行選擇透過類似「採購代理」(俗稱「團購」)的用戶群代表，此代表可幫助用戶找到最佳零售電力供應商 (Retail Electric Providers, REPs)，並運用能源資訊科技 (Energy Information and Communication Technology, EICT) 集合個別用戶群的用電行為，協助用戶抑低其需求電量，達到整體節能或提高供電可靠度之績效。換言之，用戶群代表為電力市場的商業模式 (business model) 帶動革新，是當前電力需求端管理重要策略。

五、 結論

建築「智慧化」為當前住宅部門的新趨勢，透過 AMI 廣泛佈建電能資訊管理系統，住宅部門可藉由「自動化」、「即時化」、「行動化」提升家電能源使用效率。同時，亦可延伸傳統狹義需求端管理之範疇，擴大至再生能源與儲能系統，讓每一位電力用戶皆可能成為潛在的分散型供電者，形成「Web2.0」之電力系統。

本文實證結果顯示：智慧電能管理替代方案本身的「有用性」以及用戶對於替代方案所持有的「態度」，會對申裝替代方案之意圖產生影響。因此，在推動住宅部門智慧電能管理系統時，提供替代方案之廠商或用戶群代表均應更深入了解住宅部門對於「有用性」與「態度」的需求，以加強系統功能的實用性，進一步貼近用戶，提高參與意願。其次，在願付價值調查結果中，也可明顯看出補貼對於中階、高階替代方案申裝意圖的改變。因此決策者在評估政策成本效益後，可適時運用保證電費、價格補貼政策做為電

戶參與此需量反應方案，且可抑低之負載容量已達 60 MW。此外，用戶群代表並不僅侷限於住宅部門參與需量反應，例如：美國 CPower 公司集結的用戶包含了大型住商部門與政府機關，累計管控需量反應「虛擬電廠 (virtual power plant)」容量高達 750MW。另外一家 Energy Curtailment Specialists 公司協助用戶參與需量反應方案，其用戶包含商業與工業部門與公家機關，累計總需量負載容量逾 1,000MW。

²³ 從電力需求角度視之，用戶群代表聚集多小用戶對電力的需求與電力公司交涉，對電力公司而言類似係面對一個大電力用戶；從電力供給角度視之，用戶群代表大宗採購電力公司電力再分配給小用戶，對用戶而言用戶群代表就類似係一個電廠。故用戶群代表的功能就形同「虛擬的大電力用戶」或「虛擬電廠」。

力用戶之實質誘因，提高住宅用戶參與替代方案的意願。最後，針對住宅部門應加強教育宣導，以提高用戶對於替代方案「有用性」的認知，並引進「用戶群代表」制度，整合「小、多、雜」特性之住宅部門，做為加速電力公司與電力用戶間需求端管理的媒介。

目前 AMI 在台灣住商部門的佈建剛起步，政府有關部門與台電公司雖已初步完成頗為周詳之規劃時間表。未來仍宜審慎考量下列面向：(1) 積極訂定智慧型電錶標準規範；(2) 降低先進讀表通訊之失誤率；(3) 考量既有的電錶折舊與更新，在符合國營事業相關法規之前提下，按部就班完成佈建；(4) 全面檢討現行電價制度，合理反映供電成本，確保電業財務平衡與健全發展；(5) 積極推動新興商業模式(如用戶群代表)；(6) 評估多樣化電價制度之可行性，特別是功能性、局部性、不至於「牽一髮而動全身」之需量反應方案(如即時電價及關鍵尖峰電價等)，有助於提高用戶節能意願。

廣義的需求端管理範疇，包含用戶端之電動車與儲能系統，因此配合電動車夜間充電(包括快充、慢充設備及充電管理系統)之相關規劃與配套措施，亦需同步進行²⁴。至於電網與資通訊技術整合方面，為因應未來電網設備資訊高度整合之需要，應聚焦之範疇如下：電錶後端(back behind)整合服務(包括用戶電錶後端各系統之整合服務，亦即智慧儲能系統、再生能源、及需量反應之整合，如卸載控制與即期負載預測、卸載流程與控制策略等)、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)(許志義，2012)。在上述趨勢下，如何確保用戶用電需求資訊安全，個人生活隱私，避免電網系統遭駭客入侵，造成嚴重後果，都是未來住宅部門智慧電能面對的挑戰與機會。

參考文獻

- 台灣電力公司(2011)。《台灣電力公司 99 年年報》。台北：台灣電力公司。
- 台灣電力公司(2012)。《台灣電力公司 100 年年報》。台北：台灣電力公司。
- 台灣電力公司(2012)。「時間電價與季節電價」，<http://www.taipower.com.tw/>
- 梁佩芳，黃怡碩，陳翔雄(2011)。「我國智慧電網之推動現況：台灣智慧電錶系統發展現況」。兩岸智慧電網技術產業論壇·台北。
- 張容瑞(2012)。「影響智慧住宅採用電能資訊管理系統之因素分析--市場調查法」。中興大學資訊管理學系(所)。
- 經濟部能源局(2010)。「我國智慧型電錶基礎建設正式啟動」，http://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=19032。
- 顏海倫(2012)。「影響住宅申裝智慧電能管理系統意願因素及其願付價格之研究」，中興大學資訊管理學系(所)。
- 許志義、黃國暉(2010)。「台灣能源需求面管理成本效益分析之應用」，中華民國能源

²⁴ 為提高國內發展先進讀表與智慧電網產業之誘因，其相關之前瞻與先進技術評估研究，範疇包括：高壓直流傳輸系統(HVDC)、超導輸電線、先進發電與節能技術研究、電動車 G2V、V2H、V2B 及 V2G 配套模式、及直流微電網等。

- 經濟學會 99 年年度能源經濟學會論文集，台北，2010。
- 許志義（2011）。《能源需求面管理的經濟與技術評估模式建立（1/3）》。行政院國家科學委員會。
- 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），中技社主辦，台北。
- WU, Y. (2009). "Scientific Management-the First Step of Building Energy Efficiency." Paper presented at the *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, · Xian, pp. 619-622.
- Choi, C. S, W. K. Park, J. S. Han (2010). "The Architecture and Implementation of Proactive Green Home Energy Management System." Paper presented at the *International Conference on Information and Communication Technology Convergence*, CeBu, pp. 457-458.
- Pacific Gas and Electric Company (2012). "Smart Meter Opt-Out Program." <http://www.pge.com/myhome/customerservice/smartmeter/optout/>
- Burnham, T. A., J. K. Frels, and V. Mahajan (2003). "Consumer Switching Costs: A Typology, Antecedents, and Consequences." *Journal of the Academy of Marketing Science*, 31(2): 109-126.
- Shapiro, C. and R. VARIAN (1999). *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*. Boston.
- Fishbein, M., and I. AJZEN (1975). *Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*. Boston.