

碳經濟

CARBON ECONOMY

發行人 管中閔
顧問 黃萬翔 陳建良
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

電力零成長與零耗能建築之探析

許志義、吳仁傑

台灣住宅用戶避免缺電願付意願之分析

歐陽利姝、黃瀕儀、林婉如

從核四問題看我國電力市場自由化之必要性

陳中舜、曾盟峰、張志瑋

我國減量信用額度市場供需及可能價格分析

劉哲良、林宗昱、楊筠

研究前緣

REDD機制之探討

林國慶、柳婉郁

第30期

2013年8月

NO. 30 Aug 2013

目 錄

編者的話	1
專題分析	2
電力零成長與零耗能建築之探析 /許志義、吳仁傑	2
台灣住宅用戶避免缺電願付意願之分析 /歐陽利姝、黃瀕儀、林婉如	23
從核四問題看我國電力市場自由化之必要性 /陳中舜、曾盟峰、張志瑋	42
我國減量信用額度市場供需及可能價格分析 /劉哲良、林宗昱、楊 筠	51
研究前緣	72
REDD 機制之探討 /林國慶、柳婉郁	72
政策動態	107
會議資訊	112
文獻新報	116

一 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

核四商轉以及油電價格，已成為近期朝野社會關注的焦點。其決策結果，影響擴及民生物價、產業發展，甚至是國防安全；如何在「確保核安，穩健減核」、「節能減碳」，以及「經濟動能推升方案」等既定政策下，作出兼顧經濟發展、永續環境以及能源安全的三贏決策，有賴更多的客觀分析與意見。有鑑於此，本期從民生用電、產業轉型、電力市場，以及環境保育等客觀角度，提出見解與分析。

民生用電方面，本期收錄中國文化大學歐陽利姝教授等人著作，透過 logit 模型，對台灣電力公司於 2010 年委託台灣經濟研究院的缺電成本調查研究資料，分析台灣住宅用戶避免缺電願意承擔的成本，研究結果顯示所得、地區，以及夏日缺電等因素，為影響住宅用戶負擔缺電成本的主要因素。

電力市場方面，有鑑於我國的電力市場並不具備市場價格機制，本期特別從電力市場之需求面與供給面探究分析。需求面部分，本期收錄中興大學許志義教授等人著作，分析各國在時間序列上用電零成長的可能，並彙整電力零成長之案例，為我國電力零成長政策歸納出策略重點；供給面部分，本期收錄行政院原子能委員會核能研究所陳中舜等人著作，從台灣電力公司的歷史沿革，以及政策使命，歸納出台灣電力公司無法真實反映發電成本的原因，進而從核四議題突顯我國電力市場自由化的重要。綜合兩篇文章觀點可以發現，價格機制有助於提升能源效率。減少無謂的浪費。

產業轉型方面，為降低未來執行總量管制時業者可能面對的衝擊，行政院環保署先後公布之「溫室氣體盤查及登錄管理原則」與「溫室氣體先期專案及抵換專案推動原則」，輔導相關產業逐步將溫室氣體管理融入其經營策略中。因此，本期收錄中華經濟研究院劉哲良研究員等人著作，對我國減量信用額度市場供需以及市場價格進行分析，以作為我國未來推動溫室氣體排放交易平台的參考。

研究前緣部分，有鑑於近年極端氣候災害頻傳，氣候變遷速度加劇，除了控制溫室氣體排放外，造林、再造林以及森林退化等環境保育議題，已歷經諸多討論，各國亦視為減緩氣候變遷的工具之一。因此，本期收錄台灣大學林國慶教授等人著作，以文獻回顧的方式，彙整減緩不當伐木與森林退化所導致的碳排放機制(Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD)沿革、內容與運作方式，以及主要關注議題，進而對機制本身作出檢討與分析，茲作為我國未來在推動節能減碳以及環境保育相關政策之參考。

專題分析

電力零成長與零耗能建築之探析¹

許志義（國立中興大學資管系所與應經系所教授、產業發展研究中心主任）

吳仁傑（國立中興大學產業發展研究中心專任研究助理）

一、前言

近年來極端天氣事件（Extreme Weather Events, EWEs）頻傳，識者認為係因人類經濟活動消耗大量化石能源，引發溫室效應，導致全球暖化之故²。面對氣候變遷帶來的挑戰，各國均積極致力於節能減碳政策之規劃與推動。

在台灣，環保團體（如綠色公民行動聯盟）主張節能減碳之工作，除應及早制定相關政策如能源稅與綠色電價之外，「電力零成長」更是政府應積極推動的施政方向。為回應此一訴求，馬英九總統於 2012 年 6 月「全國氣候變遷會議」中，要求政府有關單位需在一年之內提出電力需求零成長的期程目標。經濟部能源局也於同年 9 月發表「電力需求零成長評估機制規劃³」，提出相關做法與期程，顯示目前「電力零成長」已逐漸成為政府與民間團體共同努力的能源政策目標。

「零」本身即具有政策宣導之策略意涵，如「零事故」、「零意外」、「零酒駕」、「零體罰」政策等。雖然實務上，災害事故、酒駕或體罰案件不可能降至「零」，卻仍是政策宣導時之重點，以顯示政府標的高懸之企圖心。因此，「電力零成長」應成為國家節能減碳政策宣導之願景，與電力需求面管理之策略目標，以凸顯當前電源開發不易，整體能源政策應強調「節能」比「開源」更為重要之基本論述。

由於電力零成長涵蓋層面甚為廣泛，其中零耗能建築⁴（Zero Energy Building）

¹ 本文改寫自國科會「智慧電網架構下住宅需量反應之研究」研究計畫（計畫編號 NSC 102-ET-E-005-001-ET）與工研院 2012 年委託中興大學產業發展研究中心之「國際電力需求管理資訊蒐集」研究計畫。作者感謝國科會與工研院之支持，惟文責仍應由作者自負。

² 根據聯合國跨政府氣候變遷小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 2011 年 11 月發表之特別報告（Special Report Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, SREX）指出，目前地表上的氣候暖化現象，66% 來自於人類活動產生的溫室氣體排放。根據美國太空總署（NASA）於 2013 年 1 月 15 日發表的分析報告，2012 年地球的平均溫度為攝氏 14.6°C，相較於 1972 年已上升約 0.6°C。

³ 經濟部能源局於 2012 年 7 月 30 日成立電力零成長評估小組，預計一年內完成評估工作，目前已完成初步評估報告，並於 2013 年 8 月分別在台北、台中、高雄與花蓮召開公聽會，廣納各界意見，加以修正後，再提報行政院核定。

⁴ 與零耗能建築相關的名詞還有零碳建築（Zero Carbon Building）與零電網（Zero Grid）。零碳建築係指建築物盡可能減少碳排放（如增加再生能源使用），並搭配周遭「碳匯（carbon sinks）」吸附碳排放量，讓整體建築之能源消費達到零碳排放。惟與零耗能建築不同的是，零耗能建築係完全依靠再生能源，不足時才需要外在電力輸入；零電網係指各地設置的分散式發電系統可以自給自足，正常運作情況下不需與外界電網連結，惟在緊急情況下，需與外界中央電力系統之電網互通有無。

近年來在先進國家蔚為風潮，其主要特徵係以再生能源供應建築物百分之百的電力需求，不用任何化石能源所產生的電力，甚獲各界重視。蓋現代人大約 80% 至 90% 的時間在室內從事活動⁵，且根據國際能源總署（International Energy Agency, IEA）研究報告⁶，一般建築物的生命週期長達 40 至 120 年，任何在建築上看似微小的節能措施，都能經由長期累積獲得超乎意表的成效，因此建築節能可產生之潛在效益，不容忽視，值得予以深入探討。同時，也值得研究「零耗能建築」與「電力零成長」之間的密切關聯，爰為本文研究動機。

本文旨在探討電力零成長與零耗能建築相關之政策議題與推動重點。具體言之，本文研究目的如下：

- (1) 分析各國是否具有時間序列上電力需求零成長之趨勢。
- (2) 闡述電力零成長與零耗能建築之重要理念與實際案例。
- (3) 探討先進國家電力零成長與零耗能建築之政策規劃與推動措施。
- (4) 研擬我國電力零成長與零耗能建築之政策意涵及其策略重點。

二、各國時間序列電力需求零成長趨勢是否存在

近年來，先進國家確實曾經呈現電力需求「零成長」，甚至「負成長」（見表 1），主要係因 2008 至 2009 年發生金融海嘯與歐債危機，導致產業經濟衰退、消費萎縮、生產與民生用電銳減，有以致之。但此現象係因短期經濟波動所造成，長期而言，景氣會在繁榮與蕭條間不斷循環，經濟不會永遠衰退下去，故電力需求「零成長」不能武斷地憑短期數據而論定。

以長期觀點來看，經濟成長與電力消費不必然有固定之連動關係。本文取 1996 至 2010 年各國之「人均電力需求」為應變數，「人均 GDP」為自變數，各取自然對數進行迴歸分析，其自變數之係數即為電力需求彈性值（Elasticity of Electricity Demand）⁷，並將結果繪製如圖 1。

圖 1 顯示，台灣 1996 至 2010 年的電力需求彈性值約為 1.1，此表示台灣的經濟成長，必須有賴略高於同等比例的電力需求支撐，顯然距離「電力零成長」之境地，頗為遙遠。反觀先進國家，其電力需求彈性值均顯著低於 1，表示其經濟成長與電力需求已經呈現脫勾（decoupling）現象。瑞典甚至呈現經濟成長與電力需求背道而馳之「負相關」（-0.076）。若以四捨五入有效數字，刪去小數點後端數字，瑞典正是「電力零成長」之典範。如同圖 2 所示，瑞典人均電力需求長期處於平穩走勢，而台灣卻是明顯上升，呈現強烈對比。

⁵ 參照 Orwell *et al.* (2004)。

⁶ 參照 IEA ETP (2010) 第 209 頁。

⁷ 其值代表 GDP 變動 1% 時，電力消費變動的百分比。彈性大於 1 為富有彈性，係數小於 1 為缺乏彈性。

前言提到，現代人相當大比例時間待在室內，以致住商建築用電需求龐大。若深入檢視各國各部門用電量比例（見表 2），可發現先進國家住商建築用電比例甚高（如美國 78%、英國 66%），而這些先進國家也已擬定「零耗能建築」之相關對策因應（詳見後述），可見零耗能建築在電力零成長目標中，扮演重要角色。雖台灣住商建築部門用電量占比僅約 44%，但未來邁入先進國家之林後，也將遭遇同樣問題。因此，本文將闡述零耗能建築之相關理念，並探討先進國家之實際案例與政策規劃，做為我國推動電力零成長與零耗能建築時之參考依據。

表 1. 各國電力消費成長率與 GDP 成長率之短期趨勢（2007-2010）

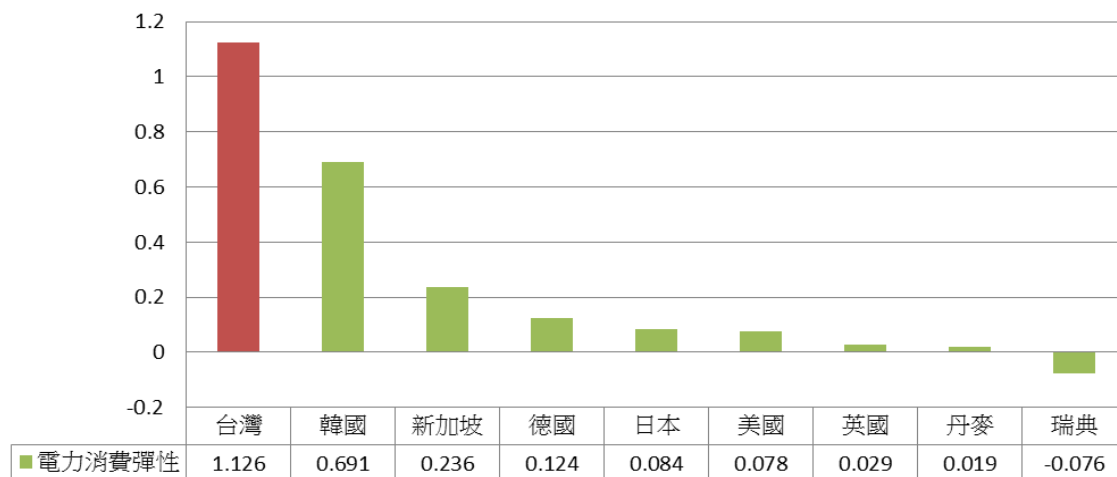
	2007		2008		2009		2010	
	電力消費 成長率	GDP 成長率	電力消費 成長率	GDP 成長率	電力消費 成長率	GDP 成長率	電力消費 成長率	GDP 成長率
台灣	4.8%	6.0%	-0.7%	0.7%	-4.6%	-1.8%	6.5%	10.7%
韓國	5.9%	5.1%	4.1%	2.3%	1.6%	0.3%	10.0%	6.3%
新加坡	4.1%	8.9%	1.6%	1.7%	-2.0%	-1.0%	8.6%	14.8%
德國	0.1%	3.3%	-0.5%	1.1%	-6.1%	-5.1%	6.6%	3.7%
日本	2.6%	2.2%	-4.4%	-1.0%	-2.9%	-5.5%	6.9%	4.4%
美國	1.9%	1.9%	-0.6%	-0.4%	-3.7%	-3.5%	4.4%	3.0%
英國	-0.7%	3.6%	-1.0%	-1.0%	-5.4%	-4.0%	1.1%	1.8%
丹麥	-0.7%	1.6%	-1.1%	-0.8%	-4.5%	-5.8%	2.3%	1.3%
瑞典	0.8%	3.3%	-1.8%	-0.6%	-3.7%	-5.0%	6.4%	6.6%

資料來源：電力消費統計來自於 EIA 網站；GDP 成長率來自於 Google 公眾資訊搜尋系統。

表 2. 2009 年各國各部門用電量比例

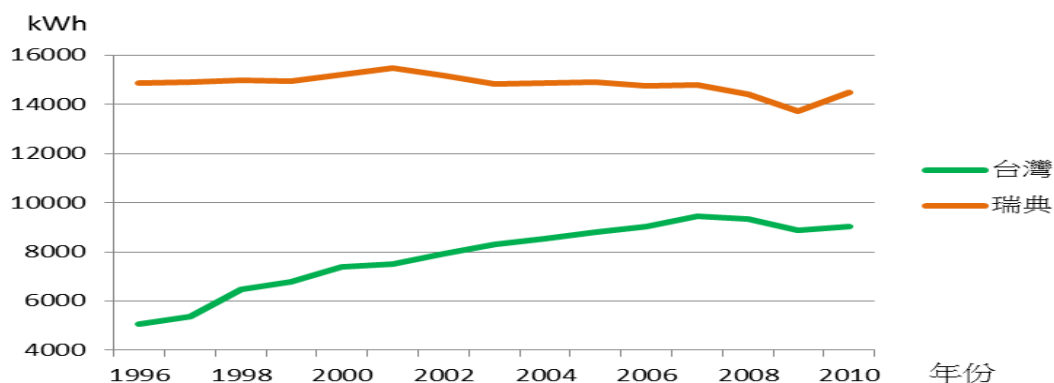
國家 部門	台灣	韓國	新加坡	德國	日本	美國	英國	丹麥	瑞典
農業	1.3%	2.3%	0.2%	1.7%	0.1%	0.0%	1.2%	5.9%	1.5%
運輸	0.6%	0.5%	1.3%	3.2%	2.1%	0.2%	2.7%	1.3%	2.0%
工業	54.4%	49.1%	32.3%	40.8%	28.9%	21.9%	30.4%	26.9%	41.7%
住商建築	43.7%	48.1%	66.2%	54.3%	68.9%	77.9%	65.7%	65.9%	54.8%
住宅	21.3%	14.2%	19.7%	28.1%	30.6%	37.4%	38.0%	32.0%	33.2%
服務業	22.4%	33.9%	46.5%	26.2%	38.3%	40.5%	27.7%	33.9%	21.6%

資料來源: IEA 統計網站，本研究整理。



資料來源: 本研究估算

圖 1. 各國電力消費彈性值之長期趨勢 (1996-2010)



資料來源: 本研究自行繪製

圖 2. 台灣與瑞典人均電力需求走勢(1996-2010)

三、電力零成長與零耗能建築之理念與案例

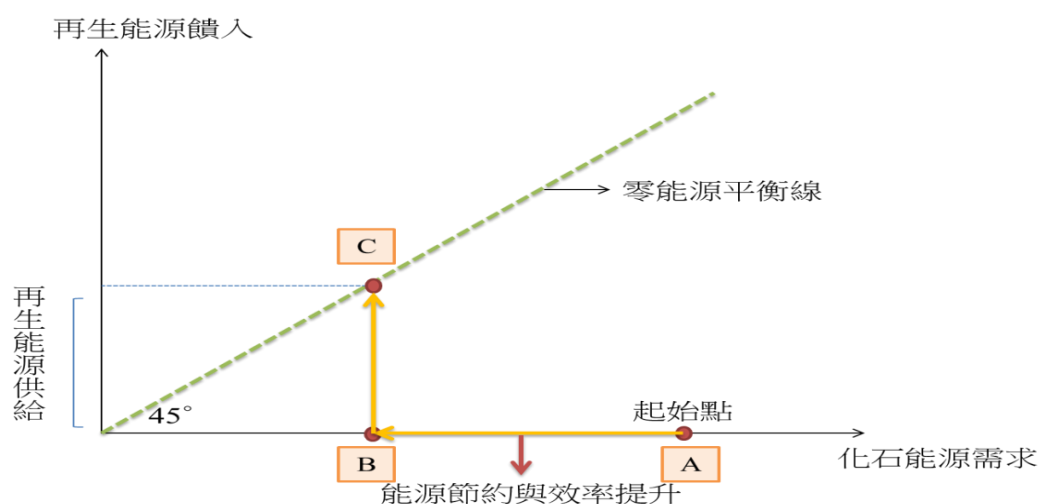
(一) 零耗能建築之理念

零耗能建築並非建築物內不使用任何能源，而是藉由再生能源供電系統完全替代化石能源，達到自給自足，且儘量不依賴外界能源。圖 3 中，A 點代表一般建築，C 點為零耗能建築。兩者不同之處闡述如下：

首先，建築在設計時與興建前應首重節能規劃，包括建築方位、建材選用、自然通風與採光等，並評估建築內整體之能源需求量。興建過程中，即建置電能資訊管理系統 (Energy Information Management System, EIMS) 與高效能家電設備。以上即圖 3 中 A 點至 B 點之過程。其次，建築內之能源需求應完全由「分散式供電系統 (Distributed Generation System)」予以饋入 (feed-in)，以達到 45

度對角分線之「零能源平衡線 (net zero energy line)」，即圖 3 中 B 點至 C 點之過程。

分散式供電系統係零耗能建築相當重要的電力供給來源，主要係由再生能源（如太陽能、風力、地質能）與電池儲能系統 (Battery Energy Storage System, BESS) 兩者共同組成。以太陽能發電為例，其發電之特性有二，一是太陽能發電供應負載尚不穩定；二是發電時間與用電尖峰時間的落差導致電力未被充分利用（如住宅所裝設的太陽能面板，必須在白天日光充足時發電，然而一般家庭用電尖峰通常落於晚上下班回家時段）。若搭配電池儲能系統（如電動車），將可調節尖離峰時段之用電，改善再生能源供給不穩定，或發電時段與用電時段之落差，有助於穩定供電品質。



資料來源: Sartori *et al.* (2010)

圖 3. 零耗能建築與一般建築不同之解說

建築完成並啓用後，為確保建築物內能源平衡，周圍電網 (grid) 建設必須完整。若發生電力供應不足之情形，此時可經由電網將外界電力輸送至建築物內，以彌補不足；若建築物內電力過剩時，也可利用電網將多餘之電力輸送出去。

至於零耗能建築的定義，根據歐盟議會的解釋⁸，係指能源效率甚高之建築，其一年內整體消費之初級能源總量，小於或等於在地 (on-site) 再生能源所生產之能源。Marszal (2011) 認為所謂「零耗能」的計算方法如下：

- (1) 計算初級能源之消費量（電能轉換量以各國標準為主）。
- (2) 計算對象為建物本身（含建物內成員）能源需求量與生產之能源數量

⁸ European Parliament, Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (COM (2008)0780-C6-0413/2008-2008/0223(COD)), 6/April/2009.

(興建與拆除階段不列入計算)。

- (3) 以一年為計算週期。
- (4) 能源需求量與生產量相同時，即謂之「能源平衡」。
- (5) 再生能源以在地 (on-site) 生產為考量重點。

美國國家再生能源實驗室 (National Renewable Energy Laboratory, NREL) 針對建築物內之能源供應來源，對零耗能建築區分不同等級 (參照表 3)。最高等級為 0 級，藉由建築科技的節能技術即可達到自給自足；其次為 1 級與 2 級，建築物使用之再生能源由在地 (on-site) 供給；再其次為 3 級，使用的再生能源由外地 (off-site) 供給，最後為 4 級，可購買外界再生能源所產生的電力滿足需求。

表 3. 零耗能建築等級

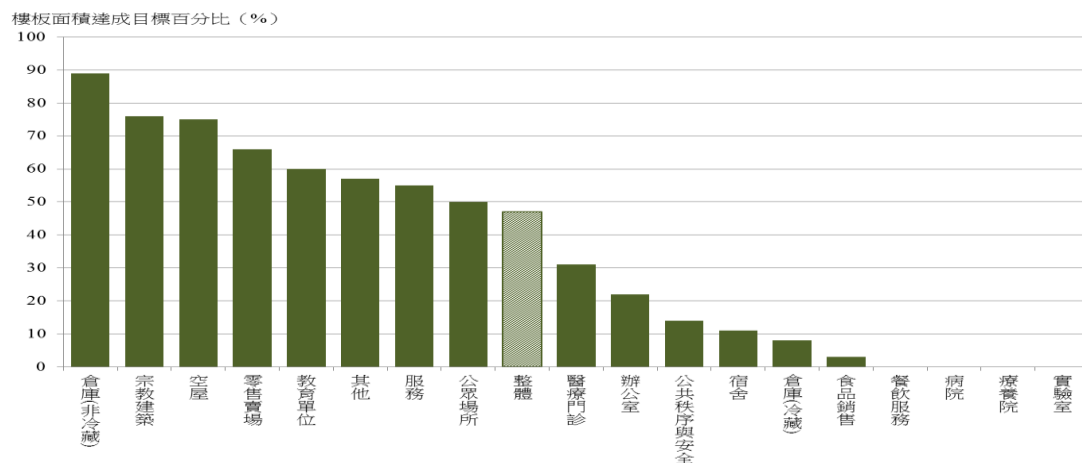
等級	能源供應來源	技術與說明
0	應用建築科技本身的節能技術	日光照明、高效率冷凍空調設備、自然通風、蒸發冷卻技術等
1	在地 (on-site) 供應，來自於建築物本身設置之再生能源供電系統	太陽能發電、太陽能熱水系統、風力發電等裝置於建築物上的設備系統
2	在地 (on-site) 供應，來自於建築物之外的再生能源供電系統	同上，但只要在現地供應即可
3	外地 (off-site) 供應，使用外地再生能源燃料，在現地產生能源	生質能、木材、酒精、生物柴油以及現地的廢棄物發電與生熱
4	外地 (off-site) 供應，購買外地再生能源供電系統產生之電力	風力、太陽能等再生能源電廠、購買碳排放權、水力發電等

資料來源:本文整理自 Torcellini *et al.* (2006)以及李浩銓、張文奎與張育瑞 (2011)

實際上，並非所有行業都適合零耗能建築。NREL (2007) 選取美國 4,800 間建築為樣本，以 2025 年可能達到的最佳科技水平⁹為前提，對零耗能建築在各行業之可行性進行評估。平均而言，有 47% 的建築 (樓板) 面積在未來可達成零耗能，最高的前三類為倉庫 (非冷藏)、宗教建築與空屋；至於餐飲服務、病院、療養院與實驗室，因其作業特性，均被認為無實現零耗能之可能性 (見圖 4)。

國內因應先進國家零耗能建築之風潮，2011 年由工研院結合 80 餘家產業界代表，成立「零耗能建築技術發展聯盟 (Zero Energy Building Technology Alliance, ZEBTA)」，積極整合產官學界，以發展零耗能建築，頗值得肯定。

⁹ 包括建築保溫性能提升 30%、照明電力消費下降 50%、空調效率與冷凍設備效率提升 30%、屋頂鋪設太陽能面板達 50% 面積等。



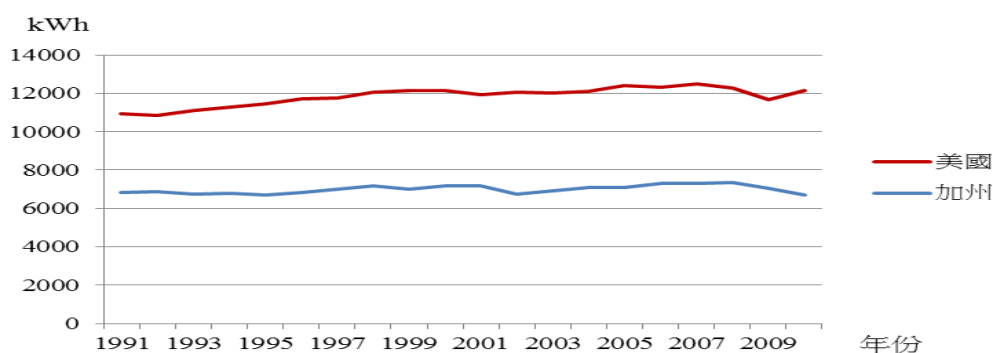
資料來源: Griffith *et al.* (2007)

圖 4. 零耗能建築實現可能性的評估結果 (NREL 2007)

(二) 實際案例

1. 電力零成長之成功案例 – 加州

過去二十年間 (1991-2010)，加州人均 GDP 成長逾 50%，但人均電力需求卻接近零成長 (見圖 5)，相較於美國整體成長超過 10%，令人驚艷。其原因除了在 1994 年時規劃未來所有新增電力需求尖峰負載的 50% 須來自電力需求端管理 (Demand-Side Management, DSM) 之外，最關鍵的是加州從 1981 年就開始實施「脫勾政策」¹⁰ (decoupling policy)。



資料來源：美國加州公共事業委員會 (CPC) 統計

圖 5. 美國全國與加州之每人年均電力需求量

加州所實行的脫勾政策，係透過政府的政策導引，將電力與天然氣公用事業投資固定成本之回收保障及其銷貨收入之間的關聯性，加以分

¹⁰ 加州實施脫勾政策的時間點領先其他主要推動的州 (如紐約州 1991 年、華盛頓州 1991 年、緬因州 1993 年) 至少 10 年以上。

離脫勾，有效促使公用事業將傳統上為提高利潤而追求高售電量之經營理念，轉換為追求提高能源效率的整體社會價值。

具體做法方面，早期係藉由「電力費率調整機制（Electric Rate Adjustment Mechanism, ERAM）」，由 PG&E 於 1982 年開始實施。所謂電力費率調整機制，係加州政府為解決能源短缺危機，鼓勵電力公司實踐需求端管理，要求電力公用事業以「平衡帳戶」追蹤實際和預測之售電收入，往後若於該年度有溢收或短收的情形發生時，則於下一年度調整電價，將預測收入落差之部分退還電力使用者或自電力用戶之電費帳單內予以追加收回。

其後實務上之做法，乃由加州公用事業委員會（California Public Utility Commission, CPUC）核准電力公用事業自其用戶能源支出中抽取某一比例，稱為「公用財費用（Public Goods Charge, PGC）」。此係公用事業於帳單上對用戶額外徵收的一筆非可迴避（Non-By passable）之費用。公用事業藉此費用設立指定用途基金，以資助與公用事業服務相關的公共利益計畫，主要包括從事能源效率與需求端管理方案、投入與節能減碳有關公共財之研究開發及示範、支持低收入用戶相關方案，此費用大約為每度電 0.48 美分。

2. 先進國家之零耗能建築案例

（1）英國貝丁頓社區（Beddington）

這是最早將零耗能概念付諸實際行動所興建的社區，於 2002 年 9 月完工，規模約 5,143 坪，造價 1,179 萬英鎊，共有 82 戶住宅，271 個房間、工作室與商業空間，為此類社區的典範與標竿。社區主要使用的再生能源為 130 瓩的汽電共生機組（Combined Heat and Power Unit, CHP），每年所產生的熱能與電力（85.4 萬度），已足夠供應社區的整體用電（81.2 萬度），多餘的電力則轉賣給國家電力網絡，籌措社區發展基金。

由於該社區住戶的高度節能意識，讓整體的能源抑低值超乎預期。根據 BedZED（2003）統計該社區 2002 年實際抑低值與預設值之差異如下：抑低暖房 88%（預設值 90%）、熱水 57%（預設值 33%）、電力需求 25%（預設值 33%）、化石能源 65%（預設值 50%）。結果每戶每年平均節省約 240 英鎊的能源帳單費用，碳排放趨近零，因生活中所可能製造的碳排放，已透過太陽能發電、汽電共生機組、綠色生活模式與交通策略盡量避免¹¹。

¹¹ 該社區相關之節能策略包括：（1）被動式暖房與自然通風。（2）汽電共生機組使用園藝或樹枝

(2) 北岸社區學院

北岸社區學院位於美國丹佛斯 (Danvers)，於 2011 年秋季完工。規模約 1,650 坪，建築成本約 3,442 萬美元，資金來自於州政府銷售債券之收入，加上學院募集的 200 萬美元。估計年再生能源供電量為 41.2 萬度，年電力需求量為 40.9 萬度。此建築通過美國 LEED 評鑑¹²，達到金級標準，主要再生能源為太陽能發電與地源熱泵（深度 500 呎的地熱井）。估計每年可節省約 14.2 萬美元，在未來每年電價上漲率為 3% 的假設下，未來 20 年預期可節省 350 萬美元，並減少 4,000 噸的碳排放。此外，該建築節能技術包括：冷樑 (chilled beams) 系統可使建築通風順暢，冬暖夏涼；屋頂雨水回收系統可用於沖洗廁所和灌溉；停車場的地熱井則用來輔助建築內部的加熱和冷卻，可謂因地制宜，充分發揮創意。

(3) 美國再生能源實驗室 (NREL)

NREL 位於美國科羅拉多州戈登市 (Golden City)，興建時間分成兩階段，第一階段於 2010 年 6 月完工，第二階段於 2011 年 10 月完工。建築規模為 11,117 坪，建築成本為 9,140 萬美元。年再生能源生產 (第一階段) 為 7,310 MMBtu¹³，與年能源需求相同，建築也通過美國 LEED 認證。建築主要使用的再生能源為太陽能，兩階段共可生產 2,500 瓩，亦搭配部分生質能與風力。

建築應用的節能技術包括自然通風與導光、地板空調系統、建築外殼隔熱技術與地底冷熱能儲存系統，另外也使用高效率製冰系統、照明系統及智慧監控系統等。其他的節能措施包括：鼓勵於公共空間辦公或舉行活動、桌上型電腦汰換為筆記型電腦、使用可回收電能的電梯、使用高反射塗料增加室內光線等。

修剪的有機木屑做為燃料。(3) 屋頂植被與大量的透水鋪面，使雨水得以緩慢滲透至每戶的地下水槽，提供浴廁沖洗與園藝灌溉之用。(4) 綠色交通計畫：實施零耗能汽車共乘 (ZED Car Pool) 制度，有多部電動車可供租用，還有集中管理的充電停車空間，電動車的電力來自每戶住宅屋頂的太陽能。社區每戶都設有腳踏車車位，且鼓勵社區於在地工作以減少通勤的能源消耗與污染。

(5) 生態公園「Eco-Park」提供了大面積的城市農園，維持生態環境平衡。(6) 社區的住宅空間與工作室空間採取高密度混和，以提高保溫性能與能源使用效率。住宅空間皆朝向南方，充分利用太陽能；工作室則朝向北方，以獲取大量柔和自然光。(7) 建築所需的鋼材、木材與石材，皆使用環保建材與再生建材，道路鋪面基礎則採用建築廢棄混凝土塊。

¹² 美國綠建築協會於 2000 年設立的一項評分認證系統，評估建築績效是否能符合永續性，評分項目包括永續位址 (Sustainable Site)、用水效率 (Water Efficiency)、能源和大氣 (Energy and Atmosphere)、材料和資源 (Materials and Resources)、室內空氣品質、創新和設計程序 (Innovation and Design Process) 等。認證分數標準分別為普通 (26~32)、銀級 (33~38)、金級 (39~52)、白金級 (53~69)。

¹³ MMBtu 為「百萬英熱單位 (Million Metric British thermal units)」，相當於 10.55 億焦耳。

(三) 先進國家零耗能建築相關政策之現況

雖然以上案例係屬「示範性」零耗能建築，目前尚未普及，但先進國家已陸續增修建築節能相關法案與政策工具如下：

1. 美國

美國於 2007 年通過「能源獨立與安全法案 (Energy Independence and Security Act of 2007, EISA 2007)」，要求在 2030 年前，所有新建的商業建築必須為零耗能建築，2040 年前有 50% 的商業建築須為零耗能建築，並於 2050 年前，達成所有商業建築均為零耗能建築的目標。

美國總統歐巴馬 (Barack Obama) 於 2010 推動「HOMESTAR 獎勵住宅節能法案¹⁴」，並於 2011 年 2 月宣示「更佳建築倡議 (Better Building Initiative)」，其目的在於促進私人企業於建築科技與節能減碳的投資，增加綠能相關工作機會，並擁有更加潔淨的空氣。該倡議內容主要針對致力改善建築節能效率的公司進行減稅與擴大貸款，並培育綠能相關技術人員，預計在 2020 年前提升商業住宅能源效率 20%，相當於每年節省 400 億美元的支出。更進一步的目標是於 2025 年，將全美國的再生能源發電量比重提升至 25%。

值得注意的，更佳建築倡議的最新相關行動方面，2012 年 6 月 19 日能源部與商業部共同宣佈，選定加州、賓州與紐約州設立「卓越建築營運中心 (Centers for Building Operations Excellence)」，由能源部與美國國家標準與技術機構 (NIST) 擴展夥伴關係，聯合資助 130 萬美元。卓越建築營運中心與各大學、社區、技術學院、貿易協會與能源部的國家實驗室合作，建立培訓計劃，著重在於開發課程以及試點培訓方案，提供商業建築專業人士需要的關鍵技能。

2. 日本

日本自 2002 年起，規範 2,000 平方米以上的建築物必須符合「建築外周區年間負荷係數 (Perimeter Annual Load, PAL)」與「空調系統能耗係數 (Coefficient of Energy Consumption, CEC)」等兩項建築性能規範，同時也須符合建築環境效率 (Building Environmental Efficiency, BEE)。

另外，日本也推動「領跑者 (Top Runner)」制度與「環保點數 (Eco-Point)」制度，從高效能家電設備更換切入，帶動節能建築產業發展。領跑者制度係指標示出市場上效率最高的產品，以此產品的規格作

¹⁴ 住戶主動添購隔熱裝置，進行管線修整，更新熱水器、空調設備及門窗屋頂，便可獲 1,000 至 1,500 美元的補助。若這些措施能達到 20% 的節能目標，補貼金額還可高達 3,000 美元。響應此政策的消費者可從建材商或負責安裝節能設備的公司領到這些退款，再由政府補貼這些業者。

為參考標準，要求所有類似產品在指定的期限內，必須符合該標準。環保點數制度則是民眾購買節能商品時，政府補貼節能商品價格的 5%，做為環保點數，1 點等於 1 日圓，直接回饋予消費者，消費者可用此累積點數兌換有價值之特定商品，增加購買節能商品之誘因。

3. 英國

英國於 2007 年能源白皮書 (Energy White Paper) 指出，2016 年之前須達到所有新建築物均為「零碳建築」之目標，要求採用可行之最佳節能技術，擬定相關稅務配套優惠。2008 年更明確指出，2016 年前所有新建學校均為零碳建築，2018 年前所有公共建築均為零碳建築，2019 年前所有非住宅之新建築物均為零耗能建築。住宅方面，2007 年起推動家庭能源分級效率與標章制度 (Energy Performance Certificates, EPCs)，將建築物區分為不同等級 (A~G)，標示其能源效率與溫室氣體對環境之衝擊值。

近年英國為積極發展零耗能建築，重要的政策工具之一係符合市場機制的白色證書 (White Certificates) 制度¹⁵，由政府能源監管單位針對能源供應商設定節能配額與節能量交易系統組合而成。此機制符合寇氏定理 (Coase Theorem)，節能邊際成本較低之供應商可出售多於節能量予邊際成本較高之供應商，係具有經濟誘因之節能機制。在英國，白色證書是政府為了確保能夠達成能源效率承諾 (Energy Efficiency Commitment, EEC) 所採行之制度，此計畫分為兩期，第一期實施期間為 2002 至 2005 年，第二期則為 2005 至 2008 年，擁有五萬用戶以上之能源供應商有義務參與，主要目標為幫助住宅用戶家電設備更新，並修補建築外牆以加強室內保溫，以抑低冬季禦寒的大量能源支出。兩期 EEC 結束後，結算之節能量數高達 257TWh，遠超過原預設值 192TWh，成果豐碩。而後 EEC 制度改以碳排減量計畫 (Carbon Emissions Reduction Target, CERT) 持續進行，仍沿用白色證書制度，預估 2009 至 2012 期間，總節能量可達 360TWh。

4. 歐盟

歐盟於 2002 年頒佈建築物能源效益指令 (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD)，並於 2010 年修正指令內容。該指令涵蓋住宅及非住宅建築，提供一套計算建築能源效率的通用準則，且建立各成

¹⁵ 法國、義大利、丹麥及比利時等國家也陸續採用「白色證書機制」做為節能市場工具。另外美國各州則先後採行「能源效率組合標準 (Energy Efficiency Portfolio Standard, EEPS)」，做為節能市場之管制政策，兩者均屬具市場經濟誘因之措施，符合「寇氏定理」所主張的自由契約交易原則。

員國之最低能源效率標準，以減稅優惠鼓勵開發再生能源及提高能源效率。該指令適用於新建築或現有建築物之翻修，只要之銷售或出租的房子地板面積超過 1,000 平方米，就應張貼能源績效認證¹⁶（Energy Performance Certificates, EPCs），目標是在 2020 年建築節能達到 27%。該指令也要求建物所有人或承租人必須取得 EPCs，吸引建築物所有人或承租人能競相創造節能紀錄。

四、政策意涵與推展策略

（一）電力零成長」宜釐清並宣導其正確意涵

電力零成長的內涵可分為「絕對」或「相對」兩種概念。所謂「絕對」的電力零成長，係指每個人或每個部門的電力需求皆呈現零成長。而「相對」的電力零成長，以需求端而言，係指某些部門（產業）可能正成長，某些則可能負成長，但整體加總起來呈現零成長；以供給端而言，則是以「綠色電力¹⁷」取代「灰色電力¹⁸」。

準此而論，電力零成長可謂立意良善的長期目標。以下將針對「時間」與「空間」兩種不同之面向，深入探討其意涵：

1. 時間上的電力零成長

從時間軸的面向來看，所謂「絕對」的觀念係指每一個獨立的時間點上，無時不刻都要達到零成長。「相對」的觀念則可將時間軸分為短、中、長期，分別檢視用電量成長狀況。換言之，並非單純就某一特定時間點之電力需求零成長或負成長，就認為已達到目標（例如某一年度某一國家或地區總體經濟的電力呈現零成長之狀態）。而是要檢視其背後的經濟意義，並觀察電力需求與經濟成長有無達到「脫勾」基準，即兩者在統計上無相關性，才算達成。誠如本文前述，先進國家（如瑞典、丹麥、德國）是可以達成相互脫勾的，雖然台灣本身節能減碳技術與先進國家相比仍不完備，短期內要達成脫勾並不容易，但在相關技術成熟廣泛應用後，台灣也能與先進國家一樣達到脫勾，進而呈現電力零成長。

2. 空間上的電力零成長

所謂「空間」可以分為「定點」、「區域」與「全國」三種層次。如前文所提，目前台灣的環境難以做到全國性的電力零成長。現階段的重點，應仿先進國家，透過法規以「示範性」、「區域性」的電力零成長為

¹⁶ 該 EPCs 發放標準將於 2013 年 1 月 9 日起，由原先 1,000 平方米減至 500 平方米，預計在 2015 年將進一步減少至 250 平方米，以激勵更多建物所有人或承租人參與住宅節能。

¹⁷ 綠色電力係指再生能源產生之電力，如太陽能、風能、水力、生質能等發電方式。

¹⁸ 灰色電力係指由化石能源轉換而成的電力，也可說是以化石能源為供應來源的電力，由於使用化石能源會造成氣、固、液、輻射等對環境有害之物質，因此稱之。

主¹⁹。同時，按部就班分階段完成「研究、開發、示範、佈建、擴散(Research, Development, Demonstration, Deployment and Diffusion, RDDD&D)」。

「示範性」與「區域性」係指政府或私部門，先選定適宜地點，「因地制宜」發展零耗能建築或零耗能社區，產生示範效果，成為眾所矚目之標竿，再逐步擴展成區域（如村、里行政區）之規模。如高雄市那瑪夏區民權國小，其圖書館利用山上日照與風力充足之特點，搭配台達電公司提供的太陽能發電與風力發電系統，成為全台首座「零耗能」圖書館，且將逐步邁向零耗能校園。另外，新北市新莊「揚明學園」二期社區，原本已是屋齡超過 15 年的老社區，自 2010 年起在屋頂設置太陽能面板與風力發電機，並將公用照明更換為 LED 燈，每月公用電費從之前的 3 萬降至 7 千元，且以滿分獲得新北市「白金級」標章認證的低碳社區，可謂是電力零成長，甚至負成長之典範。此外，政府正積極推動「澎湖低碳島」示範計畫，全力導入太陽能與大型風力等再生能源發電，預期完成後，全島電力供給可 100% 來自再生能源。

除住宅部門之電力零成長外，其他部門也應有零成長的相關作為，且已有相關案例。工業部門方面，台積電旗下 5 座晶圓廠獲國際 LEED 黃金級認證，同時也是全台第一家獲頒「綠色工廠標章」之企業。農業部門方面，國立屏東科技大學與飛利浦集團簽訂產學合作計畫，開發園藝 LED 照明技術之「光配方」，運用於植物工廠，若能搭配太陽能發電，可省去直流轉交流之電力耗損，轉為零耗能之「植物工廠」。運輸部門方面，台北市目前已有 316 處電動機車充電站提供免費充電服務。至於服務部門（能源服務業）與能源自用部門（推動先進讀表基礎建設與需量反應方案）則參見後文詳述。

這種作法在先進國家廣為應用，不但可讓社會大眾「眼見為信(Seeing is believing)」，產生「從眾效應 (bandwagon effect)」，更可吸引企業加入零耗能建築行列，並藉由示範、量產、佈建、擴散，進而達到規模經濟，降低成本，加速全國面向之電力零成長。

（二）「電力零成長」之推動策略宜落實「需求端管理」與「供給端規劃」

電力零成長涵蓋「需求端」與「供給端」，強調的策略重點應以需求

¹⁹ 相關著名案例有二，一為美國加州聖塔莉塔監獄：位於加州灣區，與雪弗龍能源公司合作，建構監獄區域微電網，使用太陽能、風力渦輪機與儲能系統等設備，每年可節省 10 萬美元的能源支出，邁向電力需求零成長。一為美國加州大學聖地牙哥分校：該校在建築物與停車場屋頂設置太陽能面板，建置校內公務車(電動車)之充電站與儲能系統，逐步達成零成長之校園微電網。

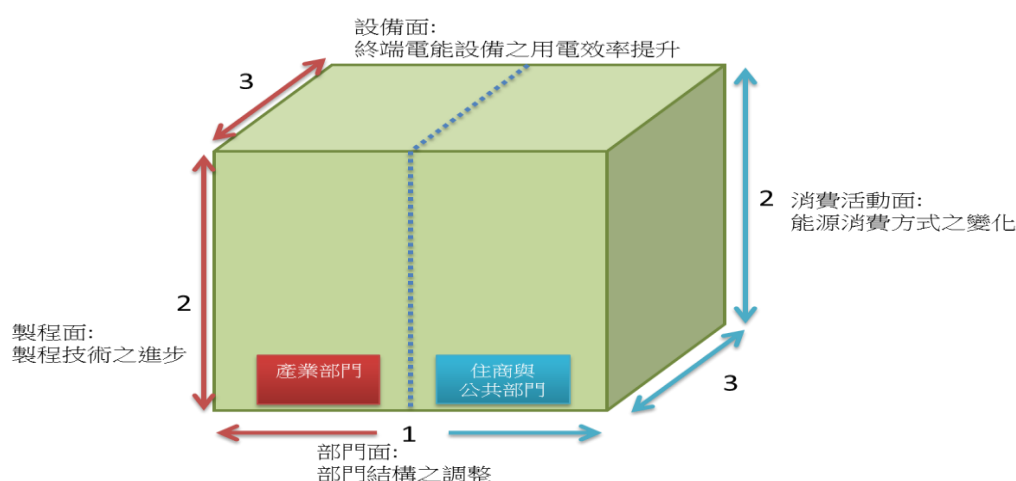
端管理為優先。

需求端管理包括「中間需求」（如產業部門）與「最終需求」（如住商部門）。產業部門能源管理的三個構面分別為：「部門面」結構調整、「製程面」之技術進步與「設備面」之用電效率提升。住商部門的三個構面則分別為：「部門面」結構調整、「消費活動面」之能源消費變化與「設備面」之家電設備用電效率提升。以圖 6 之 3D 幾何概念說明，藉由以上各面向之努力，可使兩部門共同建構之「立方體」，其平均單位容量所耗用之化石能源密集度降低。

產業部門方面，應檢討高耗能低 GDP 貢獻產業（如鋼鐵、石化、水泥、造紙）的用電效率，並考量進行總量管制；另一方面，鼓勵低耗能高附加價值的投資，增加綠能產業之就業機會。並透過技術進步與生產設備用電效率提升，讓產業部門的用電需求成長減緩。

住商與公共部門方面，應從節約能源與提升能源效率著手。節約能源可從養成日常生活自主節約用電習慣做起；提升能源效率方面，應鼓勵更換高能源效率家電與照明設備(如 LED)。

供給端規劃的電力零成長，應針對發電結構，強調「灰色電力」的零成長（甚至負成長），亦即減少化石能源使用，全力發展再生能源，以「綠色電力」補足化石能源零（負）成長所產生的電力供給缺口，整體加總起來達到電力的零成長。換言之，藉由供給端能源結構的調整與優化，降低人類經濟活動對於生態環境的負面衝擊。



資料來源：許志義、陳澤義（1993）能源經濟學 P.180 修正。

圖 6. 能源使用效率之立方體

(三) 宣導「零耗能建築」之明確意涵

如前文所述，零耗能建築可說是電力零成長的體現，也是推動策略之重點。針對零耗能建築之發展，以下四項推動策略應獲得政府有關單位之重視：

1. 宜積極推動先進讀表基礎建設 (AMI) 與需量反應方案

前文提及，零耗能建築完成後，用戶仍需相關配套措施管理用電，如先進讀表基礎建設 (Advanced Metering Infrastructure, AMI) 與「需量反應方案」，進行電力需求端管理，在不影響日常生活品質下，提升能源使用效率，規劃最佳化之終端設備 (end-use) 啓停排程。

一般而言，AMI 至少有三種方案²⁰，初階方案為僅安裝智慧電表 (smart meter)；中階方案為智慧電表搭配電力資訊顯示螢幕 (In-Home Display, IHD)；高階方案為除了安裝智慧電表並搭配 IHD 之外，再加裝電能資訊管理系統 (EIMS)，用戶可視本身條件選擇不同方案。AMI 基礎建設完備後，住宅部門需量反應方案才能發揮其效益。而需量反應係被認定為智慧電網的殺手級應用 (Killer Application)²¹。所謂需量反應係電力業者提供電價誘因，要求用戶於電力系統需要時配合抑低用電負載，以增加系統調度彈性及可靠度，進而延緩新電源之開發，並降低可能之限電風險；用戶則藉由參與需量方案，減少用戶本身用電負載需求量或移轉部份尖峰用電至離峰時段，改變用戶能源消費需求型態，以降低電費支出。對於用戶與台電而言，可謂「雙贏」之市場誘因機制，值得積極推動。

2. 宜優先發展「因地制宜」之分散式供電系統

分散式供電系統 (如太陽能發電結合電動車儲能系統) 是零耗能建築或電力零成長政策之關鍵。眾多分散式供電系統可與中央電力系統相互調和，於是每個電力用戶都可成為潛在的供電者，形成「Web2.0」²²之供電型態。在此情況下，當中央電力系統發生嚴重事故時 (如台灣 921 大地震，或颱風等其他天然災害²³)，由於建築本身有分散式電源，可避免該用戶之供電完全中斷；另一方面，由於分散式供電系統接近負載中心，

²⁰ 詳見許志義、林子揚與顏海倫 (2012)。

²¹ 2008 年底美國聯邦法制委員會 (Federal Energy Regulatory Commission, FERC) 主席 Joseph Kelliher 在發表 "Demand Response and Advanced Metering" 演說時曾提及 "... Demand response is clearly the 'killer application' for the smart grid."。

²² Web2.0 係指有別於傳統被動接受供給者提供之服務，轉為使用者主動參與，即時雙向互動與分享。

²³ 如今年七月蘇力颱風造成全台約 112 萬戶停電，其中包括台北市、新北市等都會區，若用戶本身有分散式供電系統，可藉此避免無電可用之苦境。

亦可降低輸配電成本與線路損失。

準此，當前電力規劃思維上，應儘量優先發展分散式供電系統，增加再生能源發電與儲能設施（含電動車）。畢竟台灣再生能源發電量配比尚不及 4%²⁴，與中央電力系統不成比例，顯示台灣分散式供電系統與零耗能建築相互搭配，有極大之發展空間。

3. 宜積極輔導能源服務公司（ESCO）與相關商業模式之發展

能源服務公司（Energy Service Companies, ESCO）係整合需量反應方案與分散式供電系統之關鍵，可提出專業分析與節能建議供用戶採行，包括零耗能建築之設計與創新商業模式（business model）應用。

ESCO 經常扮演用戶群代表（aggregator）之角色，為住宅部門需量反應創新商業模式的主要推動者，將許多小用戶集結起來，發揮「聚沙成塔」的效應，成為「等量的大用戶」²⁵，配合電力公司於用電緊澀時段降低用戶需求負載，形同「虛擬電廠」。美國的康沃吉（Comverge）公司即此類角色之標竿²⁶，根據該公司統計，截至 2013 年 1 月，全美國有超過 100 萬住宅與小型商業用戶在該公司之撮合下，參與電力公司所提供的需量反應方案，其中也不乏具備分散式供電系統之客戶。

4. 宜從住宅用電大戶帶頭佈建分散式供電系統

零耗能建築需建置再生能源供電系統，根據前文所舉實例，係以太陽能發電為主。但太陽能發電設備每瓦建置成本高昂²⁷，通常用電大戶（如豪宅住戶）較一般用戶更有充裕資金及屋頂空間建置。

值得注意的，2012 年 6 月調整後之電價，夏月表燈非營業電價逾 701 度以上每度為 5.63 元，已高於 2013 年「地面型」太陽能發電第二期躉購費率每度 5.6218 元（見表 4）。對於此類用戶而言，已達「市電同價（grid parity）」，符合發電自用之利基²⁸。經濟部能源局推動之「陽光屋頂百萬

²⁴ 根據能源局 2011 年統計年報，其中不含水力發電。

²⁵ 此即為虛擬電廠（Virtual Power Plant）之概念。

²⁶ 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。此時康沃吉公司提出可抑低 28MW 的需量反應方案，以解決供電系統不穩定之情況。康沃吉公司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%），電力公司立即通知康沃吉啟動需量反應裝置。

²⁷ 根據太陽光電資訊網，併聯型系統一峰瓦(kWp)設置成本約新台幣 10 萬元，需屋頂面積 3 坪。

²⁸ 在太陽能發電躉購費率逐年下跌，加上 2013 年 10 月預期電價再度調漲的情況下，往後幾年「屋頂型」太陽能發電躉購費率必然逐步趨向市電同價。

座」計畫應將此用戶群納入優先宣導對象，鼓勵用電大戶積極帶頭應用示範，響應分散式供電系統，甚至興建零耗能建築，除保有節能減碳之環保形象外，亦有助於增進社會和諧。

表 4. 2013 年太陽光電發電設備電能躉購費率

單位:元/度			
分類	裝置容量級距	第一期上限費率	第二期上限費率
屋頂型	1 瓩以上不及 10 瓩	8.3971	8.1836
	10 瓩以上不及 100 瓩	7.5432	7.3297
	100 瓩以上不及 500 瓩	7.1162	6.9027
	500 瓩以上	6.3334	5.9776
地面型	1 瓩以上	5.9776	5.6218

資料來源: 行政院公報資訊網

(四) 電價應合理反映供電成本

電價若未能反映供電成本，無法導引住商用戶節約能源，產業部門也缺乏投資節電設備之誘因，造成節能工作之障礙，再生能源發展的束縛，以及整體社會資源錯誤之配置。在此情況下，難以提升用電效率，更遑論「電力零成長」。

台灣電價長期低於售電成本，2012 年調漲電價後，住宅用電每度平均售電價格為 2.79 元，工業用電則為 2.52 元，仍低於台電平均售電成本的 3.04 元²⁹。其中工業用戶電價長期偏低之問題，監察院已於今年發表調查報告，要求經濟部檢討。該報告指出台電長期偏厚高壓工業用戶，應改善由全民補貼產業用電之現象；另一方面，應將累進電價機制納入高壓電力用戶，如日本與美國³⁰。

住宅用戶之電價則應仿照南韓，擴大累進電價之價差比。目前國內單位電價差異，每月 500 度以上與 120 度以內相比，尚不及 3 倍，南韓卻高達 11.7 倍³¹。藉由累進電價結構之調整，用電量大的用戶多付一點電費。此外，政府也應逐步減少化石燃料補貼³²，並課徵反映環境社會成本之能源稅或碳稅，不但有助於節能減碳，更兼顧社會福利之分配正義³³。

²⁹ 根據台電公司官網 2013 年 1 月 8 日公布之「歷年每度售電成本」，瀏覽日期 2013 年 7 月 1 日。

³⁰ 日本九大電力公司（九州電力、中國電力、北海道電力、北陸電力、四國電力、東北電力、關西電力、中部電力、東京電力）與美國 PG&E、SCE、SDG&E 等皆將高壓用戶納入累進費率電價。

³¹ 南韓住宅部門 500 度以上電價為每度新台幣 13.41 元，100 度以下電價為每度 1.15 元。若此累進費率發生在台灣，早已超越太陽能躉購費率，達成市電同價。

³² 根據 OECD 與國際能源總署（IEA）統計，2011 年全球補貼化石燃料高達 5,000 億美元。

³³ 電力公用事業所提供之服務，在民生基本需求內，係屬必需品；一旦超出，即屬奢侈財。因此對於高電量高之用戶而言，此舉如同課徵「奢侈稅」，可反映其用電造成之環境社會成本（如排碳汙染與增建電廠電網造成公眾抗爭之外部成本）。實際案例方面，南韓電力公司自 2011 年 11 月至 2013 年底止，對於住宅用戶超出 1,350 度以上之用電，除每度新台幣 18 元之外，每度超

五、結論

近年全球極端天候頻傳，面對氣候變遷所帶來之挑戰，各國政府均應積極致力節能減碳政策，「電力零成長」與「零耗能建築」乃成爲矚目之焦點，本文特予探討，綜上分析，獲得結論如下：

本文估算 1996 至 2010 年各國電力消費彈性，丹麥、英國、美國等先進國家彈性值均顯著低於 1，瑞典甚至小於零，呈現「電力零成長」狀態，我國卻達 1.1，表示台灣用電需求卻仍與經濟成長高度「正相關」，用電結構與節能效率仍有大幅改善空間。然而深入檢視各國各部門電力需求情形，發現先進國家住商建築用電占比甚高（美國 78%、英國 66%），由於任何在建築上看似微小的節能措施，都能經由長期累積獲得超乎意表之成效，因此這些國家也興建「示範性」之零耗能建築，並規劃相關政策，可見建築節能在電力零成長目標中，扮演重要角色。

零耗能建築主要特徵係以再生能源供應建築物百分之百的電力需求，不用任何化石能源所產生的電力，爲電力零成長之體現。但並非所有建築都適合零耗能，如餐飲服務、病院、療養院與實驗室，因其作業特性，均被認爲短期內無實現零耗能之可能性，因此應以宗教建築、賣場、學校做爲優先推動之目標。

相關案例方面，加州可謂電力零成長之典範。過去二十年間，相較於美國全國平均成長逾 10%，加州寫下人均電力需求零成長的紀錄，令人驚豔。其成功關鍵在於 1981 年州政府即實施所謂「脫勾政策」，內容包括「電力費率調整機制」與「公共財費用」等。同時在 1994 年加州能源委員會規劃未來所有新增電力需求尖峰負載的 50%，必須來自電力需求端管理之效率提升。零耗能建築方面，包括英國貝丁頓社區、美國北岸社區學院、再生能源實驗室等，皆是典範性之建築。從這些案例中可得知，太陽能係主要之再生能源。

零耗能建築相關政策法規方面，美國於 2010 年頒佈「更佳建築倡議」，目標爲 2050 年前達到商業建築全面零耗能；日本則從高效能家電設備更新切入，帶動節能建築產業發展，包括「領跑者」與「環保點數」制度；英國的「能源白皮書」則明確指出 2019 年所有非住宅新建物均應做到零耗能，此外爲配合 EEC 與 CERT 節能政策，針對住宅建築之用戶實施白色證書制度，預計在 2009 至 2012 期間節約用電度數達 360TWh；歐盟更要求建物所有人與承租人必須取得「能源績效認證」，競相創造節能記錄，預計 2020 年時建築節能達 27%。

至於電力零成長的正確意涵，從「時間軸」的面向來看，「絕對」的觀念係指每一個獨立的時間點上，無時不刻都要達到零成長。「相對」的觀念則可將時間軸分爲短、中、長期，分別檢視用電量成長狀況。換言之，並非單純就某一特

額用電另加收約新台幣 3.1 元之附加捐。

定時間點之電力需求零成長或負成長，就認為已達到目標。而是要檢視其背後的經濟意義，並觀察電力需求與經濟成長有無達到「脫勾」基準，即兩者在統計上無相關性，才算達成。「空間軸」應先做到「示範性」與「區域性」的零成長，透過法規（如美國更加建築倡議與英國能源白皮書）發展零耗能建築或社區，前者如那馬夏鄉民權國小，後者如澎湖低碳島。推動策略方面，應從「需求端管理」與「供給端規劃」兩方面著手，前者應著重於用電型態之調整與終端電能設備（end-use）能源效率的提升；後者係以「綠色電力」取代「灰色電力」。藉由能源需求與供給結構的調整與優化，達到電力零成長的目標。

零耗能建築的推動策略方面，應積極推動 AMI 之佈建與需量反應方案；同時全力建置分散式供電系統（尤其是太陽能與電動車之搭配），並與中央供電系統相互調和。以上可藉由能源服務公司扮演關鍵角色，並帶動創新商業模式（如用戶群代表）。惟目前再生能源供電系統建置成本仍高昂，住宅用電大戶（如豪宅）所累進之電價費率，目前每戶用電逾 700 度以上為每度 5.63 元，加上今年 10 月電價調漲後，將與「屋頂型」太陽能躉購費率達「市電同價」，已符合發電自用利益。政府「陽光屋頂百萬座」之政策應將此用戶群納入積極宣導對象，達成誘因共榮（incentive compatibility）。

然而，任何電力零成長與零耗能建築之推動策略，皆需以電價合理化為基礎，重點包括：高壓電力除現行時間電價外，應仿先進國家導入累進電價機制；住商部門電價也應仿南韓做法，擴大累進電價之價差比（南韓達 11.7 倍，台灣尚不及 3 倍）。另外，政府應逐步減少化石能源補貼，並課徵能源稅，如此才能增加各類用戶節能減碳之誘因，投資節能設備，帶動綠色產業商機，早日達成零耗能建築與電力零成長之目標。

總之，「電力零成長」應為當前能源供需政策典範轉移之新思維，擺脫開發電源以滿足尖峰用電負載之傳統邏輯，藉「研究、開發、示範、佈建、擴散 (RDDD&D)」，經由「點、線、面、體」按部就班達成，並仿先進國家以法規制度，落實零耗能建築或社區，發展分散式供電系統，弭平電力供電設施因「鄰避效應(Not In My Back Yard)」所肇致的社會抗爭成本與環境外部成本。在此情況下，垂直整合之綜合電業應正視此一國際潮流，妥善規劃道路地圖(road map)，並積極推動短中長期之相關策略。

參考文獻

一、中文部份

李浩銓、張文奎與張育瑞（2011），「零耗能建築國際案例介紹」，《能源報導》，2011 年 8 月，13-16 頁。

- 林憲德 (2011), 台灣第一棟零碳綠建築《科學發展》, 460 期, 24-33 頁。
- 許志義 (2012), 「電價調整類似稅改, 落實分配正義」, 聯合報, 2012 年 4 月 10 日。
- 許志義 (2013), 「我國電力需求端管理之探討」, 中技社「台灣能源及電力業的挑戰與機會」專題報告。
- 許志義、林子揚與顏海倫(2012), 「住宅部門智慧電能管理方案分析與政策意涵」, 《碳經濟》, 27, 30-40 頁。
- 許志義與陳澤義 (1993), 《能源經濟學》, 華泰書局。
- 經濟部能源局用電需求零成長議題專家諮詢研商會議報告案: 「電力零成長評估機制規劃」。2012 年 9 月 21 日。
- 零耗能建築技術發展聯盟介紹, 2011 年 10 月 7 日。

二、西文部份

- Baxter L. and D. Schultz (1994), "Recent Program Evaluations: Implications for Long-run Planning", ACEEE 1994 summer study proceedings.
- BioRegional Development Group (2003), BedZED: Toolkit Part II" A practical guide to producing affordable carbon neutral developments". BioRegional Development Group, BedZed Centre, Sutton, UK.
- BioRegional Development Group (2009), BedZed seven years on-the impact of the 3 UK's best known eco-village and its residents, BioRegional Development Group, BedZed Centre, Sutton, UK.
- Bertoldi, P. and S.Rezessy, (2006) Tradable Certificates for Energy Saving (White Certificates) – Theory and Practice. Ispra, IES, Joint Research Centre, European Commission.
- European Parliament, Report on the proposal for a directive of the European Parliament and the Council performance of building, 2009.4.6.
- Griffith B., N. Long, P. Torcellini, R. Judkoff, D. Crawley and J. Ryan (2007) "Assessment of the Technical Potential for Achieving Net Zero-Energy Buildings in the Commercial Sector", NREL Report No. TP-550-41957.
- International Energy Agency (2010) Energy Technology Perspectives 2010, IEA.
- Marszal AJ., P. Heiselberg, J.S. Bourrelle, E. Musall, K. Voss, I. Sarton and A. Napolitano (2011) "Zero Energy Building - A Review of Definition and Calculation Methodologies", Energy and Buildings ,Vol. 43, pp. 971-979.
- Orwell L., R. Wood, J. Tarran, F. Torpy, and M. Burchett (2004) "Removal of Benzene by the Indoor plant/Substrate Microcosm and Implications for Air

Quality”, Water, Air and Soil Pollution, Vol.157, pp.193–207.

Sartori I., A. Napolitano, A.J. Marszal, S. Pless, P. Torcellini and K. Voss (2010) “Criteria for Definition of Net Zero Energy Building”, Proceedings of EuroSun 2010, Graz, Austria.

Torcellini P., S. Pless, M. Deru, and D. Crawley (2006) “Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition” National Renewable Energy Laboratory, ACEEE, Pacific Grove, California, August 14-18.

三、網路部份

日經能源環境網: <http://big5.nikkeibp.com.cn/eco>

內政部建築研究所網站: <http://www.abri.gov.tw>

台達電子文教基金會網站: <http://www.delta-foundation.org.tw/>

行政院公報資訊網: <http://gazette.nat.gov.tw>

美國加州公用事業委員會網站 (CPUC) <http://www.energy.ca.gov>

智慧建築標章網站: <http://iblogo.tabc.org.tw/ibsm>

澎湖低碳島計畫官網: <http://www.re.org.tw/penghu/index.aspx>

EERE website: <http://www.eere.energy.gov>

EIA website: <http://www.eia.gov>

Google 公眾資訊搜尋: www.google.com.tw/publicdata

IEA website: <http://www.iea.org>

IPCC website: <http://www.ipcc.ch>