

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 台北市實業路3號
台北市德惠街16-8號7樓

專題分析

英、荷、日、澳的氣候變遷災害調適策略比較
郭彥廉、張瓊婷、朱吟晨

應用台灣TIMES模型評估我國能源密集度下降
可行性
郭瑾璋、周裕豐、劉子衡

美國夏威夷州能源需求面管理政策及其對台灣
之意涵
許志義、李靜渝

兼顧能源與溫室氣體政策之我國汽電共生系統
發展方向探討
林唐裕、陳玟如、蔡欣欣

出國參訪心得

ARPA-E 探索能源供給的未來：第三屆美國能源
創新高峰會參訪心得
朱曉萍、羅良慧、林海珍

第26期

2012年8月

NO. 26 Aug 2012

目 錄

編者的話	1
專題分析	2
英、荷、日、澳的氣候變遷災害調適策略比較 /郭彥廉、張瓊婷、朱吟晨	2
應用台灣 TIMES 模型評估我國能源密集度下降可行性 /郭瑾璋、周裕豐、劉子銜	17
美國夏威夷州能源需求面管理政策及其對台灣之意涵 /許志義、李靜渝	36
兼顧能源與溫室氣體政策之我國汽電共生系統發展方向探討 /林唐裕、陳玟如、蔡欣欣	51
出國參訪心得	64
ARPA-E 探索能源供給的未來：第三屆美國能源創新高峰會參訪心得 /朱曉萍、羅良慧、林海珍	64
政策動態	72
會議資訊	78
文獻新報	83

一 編輯政策一

- ◇ 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。
- ◇ 本刊各篇專論刊登前均經編輯委員會審查，本刊編委會保留刪改權力，惟內容不代表發行單位立場。來稿如不允刪改，請作者事前聲明。

編者的話

今年五月中旬的德國波昂會議及八月底的曼谷會議，延續去年年底的南非德班會議，實為國際氣候變遷及調適相關會議重要里程碑，其重點包括：後京都進一步減量承諾、減量承諾轉化為量化目標，以及將碳捕捉與封存(CCS)技術納入清潔發展機制(CDM)等。上述共識不但解決京都議定書屆期的問題，亦方便各國對溫室氣體減量做更具科學化的管考追蹤。有鑑於此，本期特別從因應氣候變遷、能源密集度、能源需求面管理以及溫室氣體等政策角度，探討世界主要國家，與我國在節能減碳及因應氣候變遷調適作為上的現況與趨勢，

我國為因應全球氣候變遷所造成之衝擊，行政院經濟建設委員會於 2010 年起開始研擬氣候變遷調適政策綱領及行動計畫。政策綱領於 2010 年底初擬完成，隨後持續修正，並提請行政院國家永續發展委員會討論，定 2012 年提報行政院核定。因此本期收錄成功大學郭彥廉教授等人著作，介紹四個因應氣候變遷的先進國家－英、荷、日、澳－及台灣的氣候變遷調適策略(草案)，分別依台灣調適綱領的架構，探討四個國家在國家層級的調適相關法規、組織、政策，以及防災領域中央或地方的調適策略、行動方案、行動計畫等。比較這些國家的異同，進而針對台灣目前調適政策與行動方案較缺乏的項目作政策建議。

能源密集度方面，鑑於能源效率為因應全球氣候變遷的關鍵策略，且我國已於「永續能源政策綱領」中，明確指出我國永續能源發展目標，故本期收錄工研院郭瑾瑋管理師等人著作，探討我國能源密集度下降可行性，透過台灣 TIMES 模型，評估技術效率提昇之效果及影響，作為國內相關部會擬定具體節能減碳行動方案參考依據。

另一方面，我國屬於海島型國家，能源仰賴進口，都會人口密集、多山與離島，環境生態極度敏感。在同樣的地理限制下，夏威夷卻可以透過能源需求面管理，達到能源安全以及自給自足的目標。因此，本期收錄中興大學許志義教授等人著作，闡述夏威夷州能源效率及能源節約相關法制，以及能源需求面管理平台架構與做法，以茲效法與借鏡。

另一方面，能源同時扮演經濟成長與溫室氣體排放之推手，我國在追求永續發展目標之際，正面臨能源稀缺與全球暖化的雙重壓力，此時汽電共生系統將成為政府致力於節能減碳之另一可行政策。因此，本期收錄台灣綜合研究院林唐裕所長等人著作，探討自民國 70 年代迄今，汽電共生系統對我國能源系統之貢獻與效益。

出國參訪心得部分，為增進對美國能源科技政策與先進潔淨能源之發展趨勢的瞭解，本期收錄國家實驗研究院朱曉萍副主任等人著作，概述美國未來能源技術創新之尖端議題與相關政策，以瞭解美國政府與企業，在潔淨能源技術發展與環境永續經營上的合作模式。

美國夏威夷州能源需求面管理政策及其對台灣之意涵⁶

許志義（國立中興大學應用經濟學系暨資管所合聘教授、產業發展研究中心主任）

李靜渝（國立中興大學產業研究發展中心研究助理）

一、前言

美國夏威夷州地理位置特殊，主要分為五個島⁷，絕大部分的能源需求均仰賴進口，尤其石油佔整體能源需求的比重超過 90%。在此情況下，隨著國際油價節節升高，相對於島內能源供應價格的飆漲⁸（參見圖 1），其能源需求面管理的相對機會成本亦隨之增加，亦顯示其潛在效益相對提高。再者，夏威夷州能源與電力系統與外界孤立，加上都會人口密集、多山與離島，環境生態極度敏感，與台灣能源經濟情勢十分相似。雖然如此，但其產業特性與能源政策發展目標，卻與台灣有所不同，此包括：(1)台灣經濟以出口導向產業發展型態為主，夏威夷則以內需導向之觀光產業為主；(2)台灣多風災水澇，且地震頻繁，夏威夷則相對甚少風害與震災；(3)台灣再生能源發展面向極為重視產業出口，夏威夷則聚焦於提升能源安全與自給自主。準此，值得針對夏威夷州的能源需求面管理與節能減碳政策，予以探討，俾與台灣借鏡對照，爰為本文研究動機。

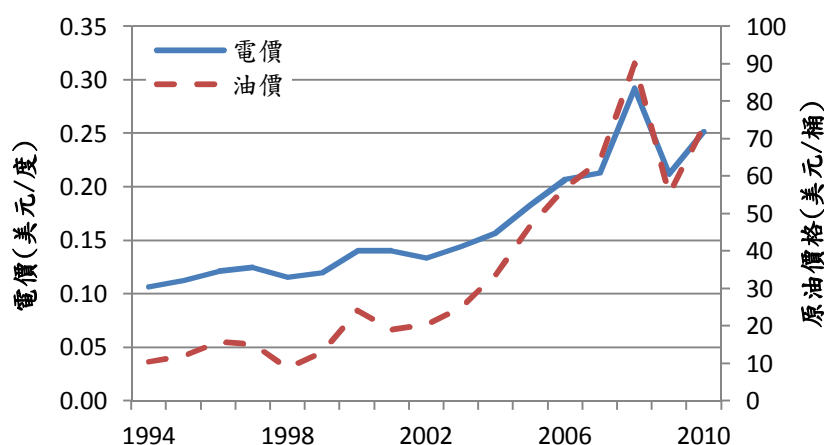


圖 1 夏威夷州 1994~2010 年能源價格趨勢圖

資料來源：美國能源資訊處(U.S. Energy Information Administration)

本文以下首先闡述夏威夷州能源效率及能源節約相關法制。接著，以夏威夷州能源需求面管理的兩大平台—夏威夷電力公司(Hawaiian Electric Company, HECO)與夏威夷能源機構(Hawaii Energy)分為需求面管理第一階段與第二階段，分別探討各種能源效率計畫執行方案及其成效評估。然後，引申討論夏威夷州能源需求面管理政策意涵。最後，提出本文結論與建議。

⁶本文改寫自國科會能源國家型科技計畫(NSC100-3113-P-005-001)之部分研究成果，作者們感謝國科會的支持，惟一切文責由作者們自負。

⁷ 夏威夷五大島分別為大島 (Hawaii)、歐胡島 (Oahu)、茂宜島 (Maui)、拉娜島 (Lanai) 及莫洛凱島 (Molokai)。

⁸ 夏威夷州能源價格除了受到幾次金融風暴(包括 1998 年亞洲金融風暴、2000 年網路泡沫化、2008 年美國次級房貸)影響，些微下滑之外，長期整體上均呈現價格攀升趨勢。

二、夏威夷州能源效率及能源節約相關法制

夏威夷州能源效率及節約 (Energy Efficiency & Conservation) 之相關法規與制度如下：

1. 再生能源配置標準 (Renewable Portfolio Standards, RPS)：此標準於 2001 年由夏威夷州議會通過，並於 2004、2006、2009 年加以修訂。設定 2010 年再生能源發電量目標為 10%，往後逐年提高水準(2015 年 15%；2020 年 25%；2030 年 40%)。夏威夷州所採用之再生能源發電共七類，包括：風力發電 (Wind)、太陽能 (Solar Energy)、生質能源 (Biomass)、地熱能 (Geothermal)、水力發電 (Hydropower)、海洋熱能轉換 (Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC)、洋流能 (Wave and Ocean Current)。
2. 淨能量電表 (Net Energy Metering, NEM)：此係指電力用戶擁有或租用符合條件的再生能源發電設(包括太陽能、風能、生質能、水力及小水能等)，即可與夏威夷電力公司簽定電力互購合約，直接將再生能源發電設施所產生的電能，沖銷用戶本身的用電需求量，甚至可以回售過剩的電能給電力公司。
3. 夏威夷全球溫室效應解決法案 (Hawaii Global Warming Solution Act, ACT234)：此法案於 2007 年 7 月由夏威夷州議會決議通過，旨在設定 2020 年 1 月之前，夏威夷州需將溫室氣體 (greenhouse gas, GHG) 排放量減少至 1990 年的排放總量。
4. 夏威夷清潔能源倡議 (Hawaii Clean Energy Initiative, HCEI)：2008 年 1 月美國能源部和夏威夷州簽署備忘錄 (Memorandum of Understanding, MOU)，其內容為 2030 年需達成 70% 的清潔能源供給目標，其中 30% 的貢獻度來自能源需求面管理 (即能源節約)、40% 的貢獻度來自再生能源，此一倡議預計將可抑低夏威夷州 2008 全年石油消費量的 72%。
5. 新發電容量競標制度 (Competitive Bidding for New Generation)：此制度係於 2006 年 12 月由夏威夷州議會通過法規，係指對於新的發電系統自由化的競標制度。

夏威夷州主要五島為觀光地區，再生能源發電需要大量土地興建設施，但卻會影響景觀美感，與觀光產業之發展有相互排擠效果。因此，州政府規劃在離島興建大規模再生能源的裝置容量，再透過海底電纜傳輸至其他島嶼，夏威夷州累計至 2011 年底各類再生能源總裝置容量已達 322.7MW(見圖 2)。為降低夏威夷州對石油需求的過度依賴，公用事業委員會(Public Utility Committee, PUC)研訂 20 年的購電協議(Power Purchase Agreement, PPA)合約，此合約對再生能源發展產生重大影響。2011 年 11 月公告夏威夷州電力饋網費率 (Feed-In Tariff, FIT) 時(見表 1)，按公用事業委員會規定，目前 FIT 制度僅開放小型與中型規模，並限制各家電力公司可收購的初始容量(initial FIT capacity)，夏威夷電力公司(Hawaiian Electric Company, HECO)為 60MW、茂宜電力公司(Maui Electric Company, MECO)為 10MW、夏威夷電力和照明公司(Hawaii Electric Light Company, HELCO)為 10MW。

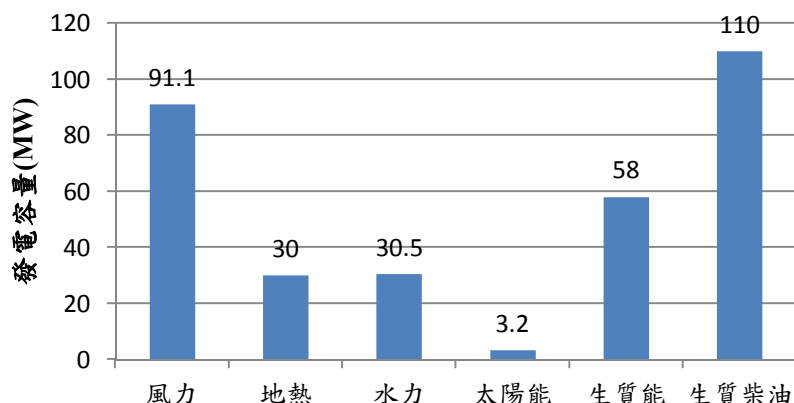


圖 2. 夏威夷州 2011 年各類再生能源累計裝置容量

資料來源：State of Hawaii Department of Business, Economic Development & Tourism (2011), *State of Hawaii Energy Resource Coordinator's Annual Report 2011*, p11.

表 1. 夏威夷州 FIT 發電規模及其內容

級別	發電規模
小型	0 至 20 KW，在夏威夷五個島皆可進行。
中型	超過 20KW： (1) PV—歐胡島 500KW、茂宜島及大島 250KW，拉娜島及莫洛凱島 100KW。 (2) CSP—歐胡島、茂宜島及大島 500KW，拉娜島及莫洛凱島 100KW。 (3) 川流式水力及岸風力--五個島皆為 100KW。
大型	(1) 超過中型計劃的最大範圍，並包含少於 5 MW 歐胡島計劃，和茂宜島 2.72 MW 計劃，或系統前一年尖峰負載量的 1%，但並不包括茂宜及大島風力的產生。 (2) 此類型不適用於拉娜及莫洛凱兩島。

FIT 推動之初，僅涵蓋太陽能電池(Photovoltaic Cell, PV)、聚光型太陽能(Concentrated Solar Power, CSP)、岸上風力(On-shore Wind) 與川流式水力(In-Line Hydro) 等。FIT 的運作機制屬競標導向，電力公司透過競標平台，排定太陽能面板發電系統購電合約的優先排序，且禁止雙邊協議可能引發不公平競爭之行為。此種定價機制有四項特點：(1)收購費率應以各種不同之再生能源發電技術類別及發電規模為基準，而不以區域別分類；(2)若再生能源發電出力未足時，不加以收購；(3)對於區域配電公司(Regional Electricity Companies, RECs) 不給予額外利潤，使再生能源發電所獲致之環境效益全部回饋給消費者；(4)收購費率亦不因時段區隔。每年須公開揭露 FIT 的年度報告。表 2 為夏威夷州 FIT 購電費率標準。

表 2. 夏威夷州 FIT 費率收購標準

再生能源類型	小型(¢/kWh)	中型(¢/kWh)	大型(¢/kWh)
太陽能發電(PV)	21.8	18.9	19.7
聚光型太陽能發(CSP)	26.9	25.4	31.5
岸上風力(On-shore Wind)	16.1	13.8	12.0
川流式水力(In-line Hydro)	21.3	18.9	-

資料來源：Hawaiian Electric Company (2012), www.heco.com/portal/site/heco/.

6. 夏威夷建築物能源守則(Hawaii Building Energy Code):2010年1月1日起,夏威夷所有新建的建築物及房屋,均須裝置一定比例的太陽能熱水系統。
7. 建築物節省能源成本設計 (Building design for reduce energy cost):係指建築物節約能源成本及提升能源效率的設計規範。
8. 節能績效保證合約 (Performance contracting):此合約係指建築設施的所有人及能源服務產業 (ESCO) 雙方,以未來的節約量作為建築物用電及能源效率改善的成本。合作的雙方為能源節約計畫訂定節能績效的保證合約。在此合約下,能源服務公司將保證節約量達到或超過該簽約之能源用戶每年支付能源節省計畫的成本。為了落實能源的節約改善方案之執行,能源服務公司需提供長期的人員培訓及維護服務,透過此合約的保證效益下,夏威夷州政府亦儘量將大部份的建築委外給能源服務產業。其成功案例甚多,例如:夏威夷大學 Hilo 校區(UHH)及社區大學在 1999 年開始此種計畫,共計約 50 棟校園建築實施。據校方統計,此計畫可為 UHH 省下超過 140 萬美元的能源相關支出。值得注意的,夏威夷大學還可擁有超過 8 萬美元的保證金,此 8 萬美元保證金意指當能源服務公司無法達成為夏威夷大學節省能源費用所設定目標的承諾時,該 8 萬美元將賠償予夏威夷大學。現此制度亦為落實能源需求面管理的重要政策之一,值得予以重視。

三、夏威夷州能源需求面管理第一階段(1996年~2009年6月)

夏威夷州早在 1996 年即開始執行能源需求面管理方案,當時由夏威夷公用事業委員會 (Public Utilities Commission, PUC) 委託 HECO 負責經營管理,並撰寫相關年報(annual report)提出可供驗證之能源需求面管理之績效評估數據。以下先探究能源需求面管理方案內容;接著,討論能源需求面管理方案之成效評估。

(一) HECO 能源需求面管理方案

首先,HECO 推動的能源效率計畫 (Energy Efficiency Program, EEP),主要業務分為家庭用戶與商業用戶兩大類別。家庭用戶主要執行的方案有:(1)熒光燈(省電燈泡)之特殊燈泡優惠卷 (Compact Fluorescent Lights, CFLs, Specialty Bulb Coupons);(2)「能源之星」家用設備之現金折抵 (ENERGY STAR® Appliance Rebates);(3)太陽能熱水器之現金折抵 (Solar Water Heating Rebates);(4)高效熱水器之現金折抵 (High-Efficiency Water Heater Rebates)。至於工商業用戶方面,若在新建築或現有的設施上加裝合格的節能設備,即可獲得各種相關優惠,主要執行內容包括:(1)裝置能源效率設備方案 (Commercial and Industrial Energy-Efficiency Program);(2)客戶現金折抵方案 (Commercial and Industrial Customer Rebate Program);(3)新建築方案 (Commercial and Industrial New Construction Program)。

上述各方案特別值得說明者,有以下兩項:

1. 「能源之星」家用設備之現金折抵:購買具有「能源之星」標籤的家電設備,可獲得現金折抵之獎勵優惠約\$40至\$110美元,如吊扇(Ceiling Fan)\$40美元、洗衣機(Clothes Washer)\$50美元、洗碗機(Dishwasher)\$50美元、冰箱(Refrigerator)\$50美元、窗型冷氣(Window Air Conditioner)\$75美元、分離式冷氣

(Ductless Split Air Conditioner)\$110 美元。透過安裝具有能源之星標籤的家電設備，一般家庭每年可節約將近\$80 美元的能源費用支出。此類現金折抵金額的大小，均事先由 PUC 核定，其經費來源係由 HECO 撥一筆足額款項（主要來自電力公司年度營收的某一比例，此比例事前亦需 PUC 核准）存入夏威夷銀行(Bank of Hawaii, BOH)，由消費者事先填寫申請表並簽名，經 SAIC⁹認可後，即由 SAIC 直接開支票給消費者購買節能家電予以扣抵，消費者再憑此支票到 BOH 提領現金。

2. 太陽能熱水器之現金折抵：以一般家庭的平均規模而言，安裝太陽能熱水系統之平均成本大約為\$6,620 美元，其價格會隨系統大小及承包商的不同而有所差異。確認安裝後即可享有\$750 美元的折抵，因此電力用戶僅需支付給承包商 \$5,870 美元，同時電力用戶還享有聯邦政府與州政府租稅減免，分別為 30%及 35%。透過補貼後之淨成本降為\$2,055 美元，此可見其政策補貼誘因頗大。

夏威夷州在應用天然氣方面進行能源需求面管理之政策方案措施亦頗獲相關主管部門之重視，其作法如下：由於電力熱能轉換效率通常約為 33%至 40%，加上其線路損失約為 5%至 6%，而瓦斯熱能轉換效率約為 70%至 90%，加上其管線損失約為 0.01%，故以瓦斯做為熱能之轉換效率遠高於電力。若以瓦斯做為熱源，相較於電力做為熱源，可減少約 40%之二氧化碳排放量。再者，夏季用電尖峰時段，為瓦斯系統離峰時段；而冬季瓦斯需求尖峰時段，恰好為電力系統離峰時段。如此一來，政策制定者可利用電力與瓦斯的互補特性，訂定相關的能源需求面管理推廣策略。就此而言，夏威夷天然氣節能減碳係由瓦斯公司（Gas Company）負責，該公司因供應全夏威夷州之管線瓦斯，現階段正致力於合成天然氣之研究開發。從石油副產品中萃取合成天然氣，此過程利用廢水回收產生氫氣（屬再生能源），2010 年合成天然氣約占總供氣量 5%；除此之外，瓦斯公司正在開發其他符合永續發展之綠色能源。預計於 2015 年，可再生或永續能源之合成瓦斯可達全州總供氣量之 50%，俾達成夏威夷州政府所訂定之整體節能政策目標。

（二）HECO 能源需求面管理方案成效評估

2008 年夏威夷電力公司(Hawaiian Electric Company, HECO)實施 9 大項需求面管理方案，包括：商業與工業能源效率方案(Commercial and Industrial Energy-Efficiency Program, CIEE)、商業與工業新建築方案(Commercial and Industrial New Construction Program, CINC)、商業與工業用戶獎勵方案(Commercial and Industrial Custom Rebate Program, CICR)、住宅省電效率熱水器方案(Residential Efficient Water Heating Program, REWH)、新住宅建築方案(Residential New Construction Program, RNC)、住家能源節省方案(Energy Solution for the Home Program, ESH)、太陽能節約試驗方案(Solar Saver Pilot Program, SSP)、住宅電力需求負載直接控制方案(Residential Direct Load Control, RDLC)、以及商業與工業電力需求負載直接控制方案(Commercial and Industrial Direct Load Control, CIDLC)。

⁹ SAIC 成立於 1969 年，是一家高科技研究與工程技術公司。SAIC 於 2009 年 7 月獲得夏威夷州整體能源需求面管理方案的執行權，除了負責 Hawaii Energy 計畫運作與推廣，並包括市場評估、資訊科技以及基礎建設的發展。

值得注意的，以上各項需求面管理方案均需分別以參與者檢定(Participant Cost 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)、公用事業成本檢定(Utility Cost Test, UCT)成本效益檢定計算。根據夏威夷 PUC 核可之 HECO 年度報告，其益本比數值如表 3 所示。

表 3. 2008 年夏威夷州需求面管理方案之益本比檢定結果

方案名稱	PCT	RIM	TRC	UCT
商業與工業能源效率方案 (CIEE)	8.34	0.74	4.60	6.35
商業與工業新建築方案 (CINC)	5.52	0.71	2.99	4.03
商業與工業用戶獎勵方案(CICR)	7.65	0.58	2.83	3.99
住宅省電效率熱水器方案 (REWH)	1.53	0.63	1.17	1.49
新住宅建築方案(RNC)	1.48	0.77	1.21	1.98
住家能源節省方案(ESH)	11.97	0.82	5.85	7.80
太陽能節約試驗方案(SSP)	0.57	0.32	0.28	0.46
住宅電力需求負載直接控制方案(RDLC)	無窮大	1.95	2.30	1.95
商業與工業電力需求負載直接控制方案(CIDLC)	25.14	1.17	16.46	1.17

資料來源：Hawaiian Electric Company (2009), *Demand-Side Management Programs: Accomplishments and Surcharge Report*.

根據 TRC 檢定的評估準則，HECO 於 2008 年實施的需求面管理方案皆頗具成本效益，唯獨太陽能節約試驗方案(SSP)的益本比為 0.28。依據 TRC 檢定的一般判定準則，其值小於一，且不論是 PCT 檢定、RIM 檢定、或是 UCT 檢定，SSP 方案的益本比皆小於一，表示該方案並不符合成本效益。然而，其獲准執行的原因據本文推論如下：2008 年夏威夷州潔淨能源倡議(Hawaii Clean Energy Initiative)要求於 2030 年潔淨能源比重必須佔該州 70%之總能源供給之目標，而其輔助法案之潔淨能源總括法案(Clean Energy Omnibus Bill)則要求其中 40%、30%分別來自再生能源與能源效率提升。因此，HECO 不得不加速配合太陽能相關方案之推動。而商業與工業電力需求負載直接控制方案(CIDLC)於 TRC 檢定的益本比高達 16.46¹⁰，而 PCT、RIM 檢定、以及 UCT 檢定的益本比皆大於一，代表 HECO 執行 CIDLC 方案確為具成本效益的方案。

整體觀之，HECO 在執行能源需求面管理期間成效頗佳，包括：裝置超過 180 萬盞省電燈泡、5 萬套太陽能熱水器系統，以及超過 39,000 組符合「能源之星(ENERGY STAR®)」檢驗標準的家電，其抑低電力系統尖峰負載之成效達 169 MW。同時，有助於電力用戶在其省電器材或設施之經濟使用年限期間內，節省總金額超過 6 億 4 仟萬美元之用戶端支出；其整體節能效益相當於平均一年省下 160 萬桶的原油，並減少 864,000 噸的 CO2 排放量。根據歷年 PUC 相關能源需求面管理成效評估報告顯示(見表 4)，2009 年的能源需求面管理成效最佳，省下 982.8GWh，其中 17.7%來自再生能源發電、82.3%來自節約能源技術。另外，節約能源技術所帶來的節電成效每年皆呈現大幅度成長，可見 HECO 執行能源需求面管理績效卓越。

(三) HECO 需量反應計畫

需量反應 (Demand Response) 包括負載反應 (Load Response) 與價格反應 (Price Response)。負載反應是指用戶在尖峰負載或電力系統出現緊急情況時，配合電力公司之需要減少用戶本身負載需求，如負載直接控制 (Direct Control)，以減少用戶負載或完全中斷用戶負載。HECO 實施的可停電力方案 (Interruptible Program)，亦稱自動需量反應

¹⁰工商產業可停電力需量反應方案的硬體投資與運轉維護成本，通常相較於其他需求面管理方案為低，因而成本效益檢定常出現較大的益本比數值。

方案 (Auto-Demand Response Program)。此方案執行面的作法，可分為兩種：第一種是一小時前通知後再停電，多半用於冷凍空調設施之電力用戶；另一種是不需事前通知即可停電，大多為電熱水器之可停電力方案用戶。停電回饋金之高低，係依據事前通知與否而有所差別。無需事前通知者，優惠扣抵為每月\$10/kW，高於目前的需量費率每月\$8/kW(只針對商業用戶，因一般家庭用戶並無需量費率)，此顯示為吸引電力用戶參與此一可停電力方案，HECO 甚至願意賠本倒貼；反之，若需停電前一小時先行通知者，則其優惠扣抵較少，為每月\$5/kW。

表 4. 2003~2009 年節約能源執行成效

單位：GWh

	2003 ¹	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Efficiency Saving(A)	179.6	479.8	533.0	603.7	744.2	890.5	982.8
-Renewable Technology	172.3	84.8	94.1	106.4	124.8	140.4	174.0
-Energy Efficiency Technology	7.3	395.0	438.9	497.3	619.4	750.1	808.8
Electricity Sale (B)	10,206	10,511	10,538	10,568	10,585	10,390	10,126
Total Electricity Demand (C=A+B)	10,386	10,991	11,071	11,172	11,329	11,281	11,109
Efficiency Saving/Electricity Demand(%)	1.7%	4.4%	4.8%	5.4%	6.6%	7.9%	8.8%

註 1：2003 年的再生能源發電與節約能源技術之定義不同於其他年份。

資料來源: Research and Economic Analysis Division (2011), *Hawaii Economic Issues: Renewable Energy in Hawaii*, p7.

HECO 針對住宅用戶提供熱水器與中央空調兩種不同需量反應方案，因熱水器與中央空調為住宅用戶最大耗能來源，尤其是熱水器所花費的電費占總電費高達 30%。HECO 會替參與用戶家中的熱水器和空調免費裝置開關控制器，每次執行抑低用電時間不超過一小時，因此用戶較無不便或不適之感。根據 HECO(2012)針對 2011 年的統計數據顯示，住宅用戶參與需量反應方案獎勵總金額支出達 670 萬美元。其中，熱水器參與用戶為 34,200 戶，並減少負載達 15MW；中央空調參與用戶為 4,100 戶，並減少負載達 2.7MW。

為提高供電系統穩定度與延緩興建新電廠，HECO 針對商業用戶設計直接負載控制、小型商業、快速需量反應(Fast DR)三種不同需量反應方案。Fast DR 為電力系統無法滿足電力負載需求或再生能源(風力、太陽能)發電突然故障時的緊急降載電力方案。參與用戶僅在執行抑低用電前 10 分鐘才接獲通知，執行過程中亦不得使用 HECO 的備用電力(back-up power or stand-by power)。表 5 為住宅用戶與商業用戶的需量反應方案內容比較。

夏威夷州於 2007 年提出再生能源與分散式系統整合(Renewable and Distributed Systems, RDS)計畫，此計畫為六家日本領導廠商和美國的能源研究部門共同投資合作，其中日本的新能源產業技術綜合開發機構(New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)投資金額達 3700 萬美元，美國參與此計畫組織包括美國能源部、夏威夷州政府商業與能源發展及觀光局(Department of Business and Energy Development and Tourism, DBEDT)與夏威夷大學等研究機構。該合作計畫將在 2012 年底開始佈建智慧電網，並在 2013~2015 年配合試驗性新電價制度實施運作。此計畫主要目標包括：

1. 利用大規模再生能源進行負載轉移(load shift)。

2. 對家電產品進行直接控制(direct control)與利用電力調節系統(power conditioning system, PCS)控制太陽能發電量，以因應電力供需的急遽變化。
3. 整合電動車(Electric Vehicle, EV)與插電式複合電動車(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)管理系統及智慧電網系統，以因應電動車日益提高的市場滲透率。
4. 提升智慧電網系統的網路安全(cyber security)。
5. 建立自動化控制系統之基礎建設，以提升電網整體系統之擴展性與高度反應力。
6. 強化 EV/PHEV 管理系統與智慧電網系統的公共基礎建設，並利用資通訊科技與控制系統提升生活品質。
7. 發展偏遠島嶼公共基礎建設的商業模式(business models)與評估工具(assessment tools)。

表 5. HECO 需量反應方案比較

內容別	住宅用戶		商業用戶		
	熱水器	中央空調	直接負載控制	小型商業	Fast DR
執行時段	24x7x365	24x7x365	24x7x365	24x7x365	週一至週五 7am-9pm
執行總時數限制	-	-	300 小時/年	300 小時/年	80 小時/年
單次執行時數限制	-	-	-	-	2 小時
執行次數限制	-	-	-	-	40 次
通知方式	Dispatch ¹ / UFR ²	Dispatch/ UFR	Dispatch/ UFR	Dispatch/ UFR	Dispatch only
獎勵金額	\$3/月	\$5/月	Dispatch=\$5 per kW Dispatch/UFR=\$1 0 per kW	中央空調=\$5 per ton/月 熱水器=\$5 per kW/月	\$5/kW+\$0.5/ 度
事前通知	-	-	事前一小時通知	-	事前 10 分鐘 通知

註 1：dispatch refers to an event triggered manually by a system operator.

註 2：Under Frequency (UFR) trip refers to an event triggered automatically by the system when monitoring devices sense that frequency has dipped too far below an acceptable 60 Herz level.

資料來源: Hawaiian Electric Company (2012), <http://dr.heco.com/Overview.aspx>.

HECO 根據夏威夷各島嶼供電系統及電力需求情況不同而制定電價，共分為大島、拉娜島、茂宜島、莫洛凱島四個島嶼的住宅用戶時間電價方案，而各島嶼參與戶數限制也有所不同¹¹。以下皆以 Hawaii 島嶼之試驗性新時間電價方案(見表 6)為例。電力公司先安裝智慧電表於參與計畫用戶家中，並觀察 1 至 3 個月該用戶電力負載需求，待收集用戶使用時間電價方案資料後，可作為未來時間電價費率調整改善之參考。若用戶於此示範計畫觀察階段中，欲停止採用時間電價方案，可立即向電力公司申請回復原先採用之非時間電價方案，且不需支付任何罰金。但未來一年內，不得再申請回復採用時間電價方案。

HECO 另提供住宅用戶兩種電動車時間電價方案(見表 7)，其一為家庭用電量與電動車充電量計算來自同一電表(即單一電表)，另一種則是將家庭用電量與電動車充電量分開兩個電表計算(即雙電表)。參與電動車時間電價方案之用戶需達以下三項條件：(1)若選用雙電表方案，家庭用電量與電動車用電量計算需來自不同電表，用戶需安裝單獨計算電動車用電量之電表；(2)電動車充電容量不得低於 4kW；(3)用戶需提供擁有電動車及充電設備之相關證明。

¹¹ Hawaii 時間電價計畫參與戶數之上限設定為 1000 戶，而拉娜島、茂宜島、莫洛凱島參與計畫戶數各為 300 戶。設定上限目標，主要為了按部就班，避免躁進，以防失控。

表 6. 夏威夷大島(Hawaii Island)住宅用戶時間電價費率(TOU-R)

項目	類別	費率
用戶費率(customer charge)	單相	\$9.5 /月
	三相	\$17.5 /月
能量費率(TOU charge)	尖峰時段(3:00p.m.-8:00p.m.)	33.7043 ¢/kWh
	離峰時段(8:00p.m.-3:00p.m.)	12.7043 ¢/kWh
附加使用費率(usage charge)	每月用電量介於 350-1200 kWh	1.0 ¢/kWh
	每月用電量超過 1200 kWh	2.0 ¢/kWh
底度費用(minimum charge)	單相	\$17.50 /月
	三相	\$22.50 /月

註 1：此電價方案自 2011.3.1 起生效。

資料來源：Hawaiian Electric Company (2011), *Schedule TOU-R: Residential Time-of-Use Service*.

表 7 比較兩種電動車時間電價方案之固定費率可發現，家庭用電與電動車用電分開電表計算，亦即雙電表(two meters)的用戶費率較低。因為額外新增電表的用戶費率，不宜高出原本只裝單一電表(one meter)的用戶費率太多，才能提高用戶額外裝設電表之意願。另外，比較兩者流動費率恰與前述相反，雙電表之尖離峰費率較單一電表高，且離峰時段費率甚至高出單一電表電價方案五倍之多。

表 7. 夏威夷大島(Hawaii Island)電動車時間電價費率

項目	類別	單一電表	雙電表
用戶費率 (customer charge)	單相	\$9.50 /月	\$1.50 /月
	三相	\$17.50 /月	
基本燃料費用 (base fuel energy charge)		9.0708¢ /kWh	-
能量費率 (TOU charge)	尖峰時段 (週一至週五 5:00p.m.-9:00p.m.)	13.0099¢ /kWh	19.7986¢ ² /kWh
	半尖峰時段 (週一至週五 7:00a.m.-5:00p.m.) (週六至週日 7:00a.m.-9:00p.m.)	10.0099¢ /kWh	-
	離峰時段 (每日 9:00p.m.-7:00a.m.)	2.0000¢ /kWh	11.0708¢ /kWh
附加使用費率 (usage charge)	每月用電量介於 350-1200 kWh	0.8299¢ /kWh	-
	每月用電量超過 1200 kWh	1.6481¢ /kWh	-
底度費用 (minimum charge)	單相	\$17.50 /月	\$1.5 /月
	三相	\$22.50 /月	

註 1：此試驗性新電價方案適用於 2010.10.1 至 2013.9.30。

註 2：雙電表時間電價方案中，尖峰時段為週一至週五 7:00 a.m. - 9:00p.m.。

資料來源：Hawaiian Electric Company (2010), *Schedule Residential TOU EV: Residential Time-of-Use Service with Electric Vehicle Pilot*.

參與用戶雖然無需負擔另行安裝智慧電表的設備費用(該智慧電表係由 HECO 免費提供)，但仍需支付約 1000 美元安裝新的插槽成本(new socket cost)。在此情況下，假設一部電動車充電電壓為 240 伏特，現階段充電技術需花費五小時充足電量，約可續航 80 英里。因此，電動車時間電價之參與用戶，必須是經常性定期使用電動車者，方符合另行加裝智

慧電錶設備支出(約 1000 美元)的成本效益準則。按美國電力研究院(Electric Power Research Institute, EPRI)2007 年模擬不同情境下，使用電動車所產生之預期效益，包括：(1)減少國外油品進口；(2)提高美國國內旅遊需求(目前美國有過半數的車輛，每天行駛距離低於 30 英里；此種情況在夏威夷州有限幅員內的駕駛者，其比例更高)；(3)節省消費者燃料費用(電動車使用 1 美元的電力所行駛的路程，高出一般汽車加油耗費 1 美元所行駛路程之三倍)；(4)減少二氧化碳排放量等。

四、夏威夷州能源需求面管理第二階段(2009 年 7 月迄今)

Hawaii Energy 係夏威夷州自 2009 年 7 月 1 日起，推行需求面管理方案之專責機構，特別聚焦於能源節約效率計畫(Energy Conservation and Efficiency Program)。SAIC(Science Applications International Corporation)在 PUC 監督下，參與公開競標獲勝，取得 Hawaii Energy 之營運權，為期五年，至 2014 年 6 月 30 日止，接受 PUC 付託，負責執行夏威夷州全州整體能源需求面管理方案。換言之，SAIC 即所謂「第三方」營運者(the third-party contractor)。

至於，Hawaii Energy 機構之業務經費來源，係由全州各類用戶電費總營收的 1.5%課徵公共利益費用(public benefits fee)，以此費用成立專款專用之公共利益基金(public benefits funds)，用於補助或獎勵需求面管理推動方案之用。該機構之定位並非財團法人或社團法人，乃類似行政法人的非營利組織。惟該機構工作人員分屬 SAIC 及 Honeywell 之公司員工，核心團隊成員約 20 餘人。這是因為夏威夷州能源需求面管理方案係按住宅部門(residential sector)、工業部門(industrial sector)、商業部門(commercial sector)分別執行。其中，工業與商業部門由 SAIC 直接負責；至於住宅部門，則是由 SAIC 另行委託 Honeywell 公司承辦。以其不同專長之故也！

為何 PUC 要委由第三者進行能源需求面管理方案？究其因，為避免利益衝突，自 2009 年 7 月 1 日起，PUC 委託電力公司與電力用戶之外的第三方，執行能源需求面管理之相關任務。蓋電力公司主要營業任務為銷售電力，而需求面管理之核心價值在於節約用電，因此售電和節電之間有明顯的衝突矛盾，故宜交由與雙方相互獨立且無利益糾葛的「第三方」來執行需求面管理任務方屬妥當。再者，電力公司本身組織彈性較低，針對市場需求快速變化之情況，不易有效因應。尤其，需求面管理倚賴行銷心理學、社會學及經濟學，與電力公司工程技術專業導向之組織文化，並未盡相符。因此篩選相對公正且專長相符之「第三方」來執行需求面管理，可針對不同類別之電力用戶進行深入個案分析與「量身訂做(tailor-made)」方案，並且拉高層次從整體國家社會的觀點，而非僅由電力公司之觀點，來推動宏觀視野之能源需求面管理方案，將可獲得更具全面性之效果。

SAIC 成立於 1969 年，原為專業於科學、工程及科技應用的一家公司，利用整合性的專業知識解決有關國家安全、能源、環境及重大基礎設施及健康等重要課題，尤其電腦應用與行銷管理為其強項。以下簡述由 SAIC 負責營運的 Hawaii Energy 機構繼 HECO 之後，著手進行能源需求面管理的若干重要政策：

(一) 持續實施能源效率計畫

在家庭用戶方面，除了購買具有「能源之星」標籤的家電設備，可獲得現金折抵之獎勵優惠外，若用戶願意將仍可使用的舊冰箱汰換成具有節能效果的新冰箱，將會得到 \$125 美元的現金折抵，高於單純購買新冰箱的 \$50 美元現金折抵，且 Hawaii Energy 機構負責將舊冰箱回收處理。如此一來，不僅新購屋及家電損壞的用戶有意願參與能源效率計畫，

還可提高用戶家電汰舊換新的參與意願，達到全民共同節能減碳之效。另外，為了讓用戶了解家中用電情況，Hawaii Energy 機構鼓勵用戶安裝用電顯示螢幕，現金折抵為購買金額的 50%，其最高上限為\$100 美元。

根據 Hawaii Energy(2012)商業用戶方案，用戶購買節能電器之不同機型、尺寸、使用年限，將獲得不同的現金折抵。其中，氣冷式箱型(air cooled packaged)與分離式冷氣系統(split air conditioning system)與水冷式冰水機(water cooled chiller)的節能效率需高於國際節能標準(International Energy Conservation Code, IECC)的 15%，方符合申請現金折抵標準。

(二) 宣導節能減碳

公布夏威夷州每個島嶼的年用電量及耗能數據，並與美國整體平均用電比較。根據 Hawaii Energy(2012)最新統計顯示，拉娜島為夏威夷州平均用電成本最高，達 44.4 美分/度，而美國平均用電成本僅為 11 美分/度，顯示夏威夷州用電成本相對昂貴，揭露此資訊將可促進民眾力行節能減碳。另外，Hawaii Energy 機構將有關再生能源及如何實行節約能源的宣導短片掛在網頁上，以利推廣成效。同時，在 Hawaii Energy 機構之網頁上，表揚積極節能減碳之公司或個人，稱之為「節能英雄(Energy Heroes)」，供大眾參考與學習。

(三) 用戶區隔

Hawaii Energy 機構將電力用戶分為五類：住宅擁有者(home owner)、租屋者(renter)、大樓或住宅區等公共空間管理者(property manager)、企業擁有者(business owner)、能源設備及家電設施的製造商(vendor)，並針對不同類型的電力用戶推動量身訂做之行銷策略：

- (1) 住宅擁有者(home owner)：中產階級、自宅用戶較在乎家電用品的價格與直接現金折抵的多寡，通常希望買到相對便宜節能家電，因此推動能源需求面管理的關鍵在於揭露較便宜的家電資訊，或是相對較貴但更節能的家電之成本效益回收年限，以利自宅用戶的消費者選購節能家電。
- (2) 租屋者(renter)：通常租屋者要自付水電費用，對於沒有自備家電者，較關切其租屋是否配備節能家電。反之，對於自備家電之租屋者，則有較高誘因購買節能家電。對後者而言，揭露節能家電相關資訊乃需求面管理政策之重要措施。再者，對於水電費用均包含在月租費之租屋者，通常較不關心節能家電成本效益評估的相關訊息，此一情況在夏威夷頗為普遍。因此，推動需求面管理的重點在於透過教育宣導來改變消費者的用電行為。目前 SAIC 委託 Opower¹²研究如何改變此種月租費包含水電費用之租屋者其用電行為模式，Opower 有軟體工程師、行為科學家、市場行銷專家等，專注研究如何透過量身訂做的需求面管理方案，達成社會整體節能減碳之目標。
- (3) 大樓或住宅社區等公共空間管理者(property manager)：由於此類管理者關切的重點在於公共設施每月能源帳單，亦即能省下多少公共設施水電費支出，例如公共空間改裝省電燈泡、游泳池改裝節能加熱系統等設備投資，在能源價格高漲之際，通常是管理者樂於採行之需求面管理方案。由於夏威夷早期興建的許多高樓建築，通常只裝置一個總電表及一套公用熱水系統，結果造成現階段能源浪費嚴重、大樓用戶間交叉補貼、及能源帳單支

¹² Opower 為 SAIC 委託之節能研究公司 (<http://www.opower.com/>)。

出不勝負荷。在此情況下，能源需求面管理重點工作在於提供最佳實務(best practice)案例經驗，供此類管理者示範觀摩，產生外溢效果。

- (4) 企業主 (business owner)：現階段因能源帳單支出日益高昂，此類用戶具較高誘因採行能源需求面管理方案。在此情況下，舉凡需量反應量身訂作之電價方案(如前述工商業用戶直接控制之可停電力方案)，只要符合用戶自身利益，便能開拓需求面管理新興市場，找到新的客戶，進而創造用戶、電力公司、社會「三贏」之經濟效益。
- (5) 能源設施及家電設備的製造商 (vendor)：此類用戶以利潤為導向，故推動需求面管理及節能減碳措施之重點在於使其了解消費者對節能設備之需求，進而刺激製造商設計或販賣具此類技術或特性的產品。尤其此領域技術領先者，若可進一步與製造商結合，共同量產殺手級應用產品(killer applications)，將相對提高其市場效益。

雖然目前 Hawaii Energy 機構所執行之能源需求面管理計畫已步上軌道，但仍有些問題有待突破，說明如下：

1. 夏威夷州有許多美軍駐紮軍營，為全夏威夷州耗電量最大的用戶。然而，營區內只有一個總電表，由國防預算支付，預算一旦編列通過後，經費來源無虞匱乏，導致軍區內包括公共空間、軍眷宿舍、招待所等之空調設備與照明燈具等，經常全天候啟動，毫無節能減碳之壓力與誘因。因此，改進之道在於行政導向之軍中文化背景下，宜由高階主管帶頭示範，並要求下屬養成隨手節約能源之習慣，可達上行下效、風行草偃之作用。同時，經常指派專人前往軍區各種場合宣導節約能源觀念與作法。
2. 污水(sewage)回收處理公司為夏威夷州單一用戶耗電量名列前茅的單位。由於其屬公用事業，皆按成本加成 (cost plus) 計價，且污水回收系統有部分掌握在用戶端，因此相對情況較為複雜，且缺乏節能減碳的誘因。目前 SAIC 已進一步委託 Opower 公司研究合宜之改善方案。
3. 夏威夷早期新建之高樓建築，由於當時能源價格低廉，有些大樓整棟作為公寓出租之用，而租金價格也包含水電帳單，因此整棟大樓僅設置一個總電表，而無個別公寓之獨立電表。此做法在當時固然可以節省整棟大樓建築裝設諸多電表之硬體投資支出，以及逐一讀表、抄表之人力變動成本，但卻造成租戶使用水、電完全無額外付費之壓力，更難以養成節能節水之習慣。日後隨能源價格上漲，節能減碳意識日益普及，故分裝獨立電表可促使民眾提高節能意識，落實使用者付費精神。然而，因涉及內部管線設計與變動，對於各住戶分裝獨立電表，亦需增加一筆額外費用，故大樓管理者與住戶皆無意願。在此情況下，如何督促這些用戶節能減碳，成為當前需求面管理的課題。

五、對台灣之政策義涵

根據以上夏威夷州能源需求面管理之各種推動方案及其實施經驗，可歸納出以下六項政策意涵：

- (一) 由「第三方」負責執行需量反應方案

由於溫室效應與環境污染成本日益上升，而智慧型能源資訊(Energy Information Communication)管理成本逐年下降，需求面管理是 100%綠色節能減碳之政策工作，較諸再生能源更具推廣執行之優先性。傳統上，電力公司執行需求面管理政策之交易成本雖然相對較低(掌握電力供給與需求實際詳細資料)，然而電力公司主要職責在於銷售電力，與需求面管理計畫以節約用電之核心價值，兩者明顯產生利益衝突。尤其電力公司需求面管理部門通常唯有在缺電環境下，較獲得公司高層主管重視。一般情況下，執行此業務之員工不易施展策略性作為，人力資源亦相對欠缺，以夏威夷電力公司為例，原本執行需求面管理相關業務之員工尚不及五人，人士升遷管道亦相對有限。

總之，由電力公司負責規劃執行需求面管理方案，執行該方案之員工究竟應以電力公司自身利益或是整體社會全民利益為主要工作任務，往往陷入兩難之考量。在達成目標任務模糊不清情況下，甚難表現其績效。因此，由市場行銷分析專長之「第三方」，研擬並執行需求面管理方案政策，更為恰當且適合。

(二) 強調供需整合資源規劃

夏威夷州能源需求面管理政策之核心理念，在於強調供給與需求面之資源整合。所謂供需整合規畫(Integrated Resource Planning, IRP)係指同時考慮供給面資源與需求面資源之成本與效益，進行整合性之替代方案評估，以追求整體社會總成本最低的電力資源供需整合規畫方案。換言之，凡是能配合電力系統供不應求時，而加以抑低負載的需求面管理方案，所抑低負載之報償均應等同於供電資源的市場價值，並獲得電力公司合理之報償。甚至為達節能減碳政策目標、誘發科技創新或增加綠色就業機會(Green Jobs)，對於小型新創的能源需求面管理方案，即使其益本比低於 1 之設定門檻，公用事業委員會仍然允許電力公司藉由加成(Adder)¹³或整體組合(Portfolio)方式，予以核准通過，並定期進行滾動式之管理評估與檢討修正。

(三) 智慧電網、需求面管理及分散型供電系統之整合

區域的尖峰負載與系統的尖峰負載，往往發生在不同的時段而有不同的負載數量。所以，整個電力系統的尖峰負載通常都小於各地區尖峰負載的總和。換言之，區域負載因為有其彼此間參差率的存在，所以配電系統的設備利用率通常小於整體發電系統的設備利用率。因此，透過分散型發電設施將可延緩輸配電系統的投資，且其投資前置期非常短，較能機動地因應負載成長變化的不確定性。電力市場規劃應有的重要觀念就是要尋求一個平衡點，使中央式的發電系統與分散型的供電與儲能系統配合，達到相輔相成的效果。

(四) 需求面管理與分散型發電系統之環保優勢

從供應端發電傳送到用戶端過程中，因能源型態轉換與傳輸，造成能趨疲(Entropy)的增加，亦即有效能源(Exergy)的耗損。除了提升發電端與輸配電系統效率可減少有效能源之損耗外，需求面管理若能有效節約一度電，約等同於省下五度電的供給量。另外，利用再生能源的分散型發電系統，也可有效降低對化石能源的依賴及消耗，減少二氧化碳等有害氣體及有毒物質產生，且其動能之取得成本甚低(如:太陽能、風力等)，相較於傳統的

¹³ 美國華盛頓州採用的檢定方法即是「修正型社會成本檢定(Societal Cost Test, SCT)」，規定以 10% 的「加成」計算需求面管理整體生產力改善、經濟發展效益、環境效益等各項非能源因素之正向外外部性。加拿大不列顛哥倫比亞公用事業委員會(British Columbia Utility Commission, BCUC)，則同意電力公用事業於計算 TRC 檢定時可採用 30% 的「加成」。

集中式發電而言，對於環境的衝擊較小，可減緩全球暖化之趨勢。尤其在目前重視環境品質的趨勢下，此種供電方式有其相對利益，甚至能享受政府給予租稅優惠¹⁴。

（五）資通訊科技與能源需求面管理之整合

資訊科技對於電力的衝擊早在 1980 年代末開始，藉由資通訊數位科技的應用，使原本垂直整合的電力供應鏈，被切割細分化(Unbundling)，提供傳統電業之發電與輸電介面，以及配電與使用者介面產生新的競爭市場。資通訊科技帶給電力產業的第二波巨大衝擊即 21 世紀智慧電網的實現。此不僅意謂輸配電網路具有雙向互動與自我療癒的智慧，更突顯出數位匯流(Digital Convergence)浪潮下新世代網路(Next Generation Network; NGN)Web 2.0 概念的落實，亦即每一個電力消費者都可以是潛在的電力供應者。發電與供電可由各用戶、社區、鄉鎮自給自足，並與中央電力公司互通有無。這一波衝擊將帶動再生能源、電能管理、智慧生活服務科技、感知科技等相關產業發展，也呼應 e-Taiwan、M-Taiwan、U-Taiwan，到 I-Taiwan¹⁵的國家數位化政策。由此可見，資通訊科技與電能需求面管理有密不可分之關係。

（六）能源需求面管理與分級電價之整合

在電力市場愈來愈競爭的情況下，電業將會依據用戶不同的需求提供不同電力品質的服務，以降低供電成本，此概念亦等同於需量反應。長遠來看，當分散型供電型態散佈在輸電及配電系統的各個角落時，未來的電力產業結構也將導致另一種革命性的轉變，亦即傳統的電業為了市場競爭，可能會主動將電力網絡區隔成很多小型的微電網(Micro Grid)，據此將每一個變電所變成一個利潤中心。在此情況下，分散型的電業結構將會促成多樣化的電價，依據時段、供電可靠度、電壓、供電數量與電價的不同，分解成各種不同的電力商品，提供變電所的區域使用者選擇，以滿足各種用戶不同的需求，進而促成電力市場的分級電價(Priority Service)。

六、結論與建議

夏威夷州能源情勢與台灣相似，大部分能源需求均仰賴進口，隨著國際油價攀升，其能源需求面管理的相對機會效益隨之增加。本文探討夏威夷州能源效率法制與需求面管理執行政策，包括再生能源發電、裝置節能設備之獎勵措施、時間電價、可停電力方案等，並由各項推動方案及其實施經驗，歸納出五項政策意涵，研究結果可供台灣進行需求面管理政策借鏡與參考。

狹義的需求面管理係指能源消費者藉由政府能源價格政策或法規之調整，進而誘導能源消費需求行為改變之做法。夏威夷州實施試驗性新時間電價之目的，即是透過價格資訊誘導消費者轉移尖峰用電至離峰時段，以降低供電系統尖峰負載。而廣義之能源需求面管理除了上述狹義範圍外，更包括個別能源用戶之小規模能源生產、儲存或能源供給容量的投資，以配合其改變能源消費型態之行為。如夏威夷州積極推廣用戶裝置太陽能熱水器和屋頂型太陽能面板，此種小規模的供電方式，可依其電力需求多寡進行調節，發電量小用戶自用可節省電費支出，發電量大用戶則可將多餘太陽能發電回售給電力公司，達到需求面管理與分散型發電整合之落實。

¹⁴ 行政環境保護署修正「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第二十九條指出，利用再生能源之自用發電設備，其裝置容量未達五百瓩者，免實施環境影響評估。

¹⁵ 數位台灣 e-TAIWAN(Electronic)，2002-2007；行動台灣 M-TAIWAN(Mobile)，2005-2009；發展優質網路社會 U-TAIWAN(Ubiquitous)，2007-2011；智慧台灣 I-TAIWAN(Intelligent)，2009-2012。

在全球節能減碳風潮下，小型再生能源供電方式已逐漸成為電力用戶熱門投資的選項，甚至在未來智慧電網(Smart Grid)或微電網(Micro Grid)發展成熟時，電力系統有可能轉變成 Web 2.0 之型態，亦即每一個電力用戶都可成為電力供應者。夏威夷州為鼓勵用戶裝置太陽能面板，不僅提供購買設備之現金折抵，且聯邦政府與夏威夷州政府也各給予 30% 及 35% 的租稅減免，大幅降低太陽能設備成本，因此其 FIT 收購費率制訂也相較北歐國家低。如此一來，利用再生能源發電價格將降低至傳統化石燃料發電價格，或甚至更低，加速市電同價(grid parity)的實現，帶來正面影響效果，亦即將大幅提高一般民眾對太陽能發電的接受意願。當太陽能發電系統成熟發展具穩定性與效率性時，民眾與企業裝設太陽能發電的誘因將不再限於政府補助，更包括具有誘因的市電價格。

各國政府為減輕工業化汙染及溫室氣體排放量所造成的全球暖化與氣候變遷現象，提倡以再生能源取代化石燃料，並制定 FIT 制度。然而，FIT 費率高低並非為判定一個國家再生能源發電政策是否積極的最佳依據，其仍需以其他政策(如設備補助、租稅減免)輔佐以降低參與方案門檻，才能將分散式發電引進各個角落。此種分散式發電系統，不僅可降低電力長距離傳輸的線路損失，提升供電的可靠度與穩定度，同時也有利於電力公司掌握區域電力供需情況。準此而言，輸配電系統的壅塞管理(Congestion Management)，及電力市場各種輔助服務(Ancillary Service)之競標制度，均將有助於多樣化的分散型發電系統與需求面管理方案，進一步取得其市場利基，值得政策規畫者及早進行整體配套考量。從政策制定之角度，政府有關單位應在符合成本效益前提下，盡可能透過市場誘因及獎勵等，制定各種分散型能源及能源需求面管理之方案，促成整體能源效率提升，方有助於國家之永續發展。

參考文獻

- Hawaiian Electric Company, 2009. *Demand-Side Management Programs: Accomplishments and Surcharge Report*. Hawaii: Hawaiian Electric Company.
- Hawaiian Electric Company, 2011. *Hawaiian Electric Companies' Feed-in Tariff Program Website Overview and Tutorial*. Hawaii: Hawaiian Electric Company.
- Hawaiian Electric Company, 2012. *Energy Solutions for Business*. Hawaii: Hawaiian Electric Company.
- Hawaiian Electric Company, 2012. HECO Feed In Tariff Program. Hawaii: Hawaiian Electric Company. Available at: www.heco.com/portal/site/heco/. Accessed 21 March 2012.
- Hawaiian Electric Company, 2012. Demand Response. Hawaii: Hawaiian Electric Company. Available at: <http://dr.heco.com/Overview.aspx>. Accessed 21 March 2012.
- [Hawaii Energy, 2012. *Business Incentives Summary*. Hawaii: Hawaii Energy.](#)
- U.S. Energy Information Administration, 2012. *Electricity*. United States: Energy Information Administration. Available at: <http://www.eia.gov/electricity/>. Accessed 2 April 2012.
- Research and Economic Analysis Division, 2011. *Hawaii Economic Issues: Renewable Energy in Hawaii*. Hawaii: Research and Economic Analysis Division.
- State of Hawaii Department of Business, Economic Development & Tourism, 2011. *State of Hawaii Energy Resource Coordinator's Annual Report 2011*. Hawaii: Department of Business, Economic Development & Tourism.