

臺灣運輸部門、住宅部門及服務業部門能源需求 價格彈性推估

郭春河^{1*} 袁正達² 柴蕙質² 葛復光³

摘 要

運輸部門、住宅部門與服務業部門之能源服務需求價格彈性為TIMES模型之重要參數，由於缺乏國內統計資料與估計值，因此以外國的價格彈性值作為參數。考量我國運具使用行為、能源消費習慣、產業結構與能源價格與國際皆存在明顯的差異下，之前的研究蒐集1981年至2011年的統計資料，分別對臺灣運輸部門、住宅部門及服務業部門的能源服務需求進行彈性估計。此次則將資料更新至2015年，運用相同模型對相關彈性做推估，實證結果發現，運輸部門能源服務需求彈性值普遍較之前年推估結果小，可能因為能源價格大幅下跌，而消費者對於運具的使用的習慣並無太大改變所致。住宅部門及服務業部門的長期能源服務需求彈性值則變大，部分原因可能是因為政府法令限制使得服務業空調及照明節能技術進步造成。

關鍵詞：運輸部門，住宅部門，服務業部門，能源服務需求，價格彈性

1. 前 言

TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System)模型為國際重要的能源規劃評估模型。標準TIMES為一最小成本線性規劃模型，在給定未來各期能源服務需求及技術發展進程下，求出滿足能源需求條件下之成本最小技術配置。各期的能源服務需求是一個與能源服務價格無關之外生數量，因此需求線為一垂直線，當供給變動時，不論能源服務價格如何改變，均衡數量皆相同，此種假設與實務不一致，為了修正此問題，在TIMES-ED (TIME-elastic demand)模型中，使用者能對各能源服務需求設定個別彈性，使得能源服務需求需求線成為負斜率，即當供給變動時，能源服務價格改變，

均衡數量隨之變動。

能源服務需求的價格彈性所反映的能源服務需求的變動對於政策評估結果影響重大，為模型中的重要參數，由於變數定義與相關統計資料的限制，並未能有符合臺灣現況的彈性係數值可供模型在政策模擬時使用，過去以來持續沿用國外的彈性值作為替代方案。然而，臺灣與國外的能源消費習慣、產業結構、能源價格等皆存在十分明顯的差異，因此在衡量能源服務需求彈性時，若直接採取國外的彈性值，國內模型對於政策的評估結果可能會產生較大的偏誤，例如，國內研究過去乃參考UK MARKAL (MARKet and ALlocation)之彈性值，然而此彈性值不足之處為UK MARKAL之彈性值未必適用於我國，其原因如下：(1) 能源的替

¹ 行政院原子能委員會核能研究所研究助理與清華大學經濟系博士生

² 行政院原委員會核研所副工程師

³ 行政院原委員會核研所研究員兼能經策略中心主任

*通訊作者電話: 03-4711400#2715, E-mail: douglask@iner.gov.tw

收到日期: 2017年09月07日

修正日期: 2017年11月16日

接受日期: 2017年11月24日

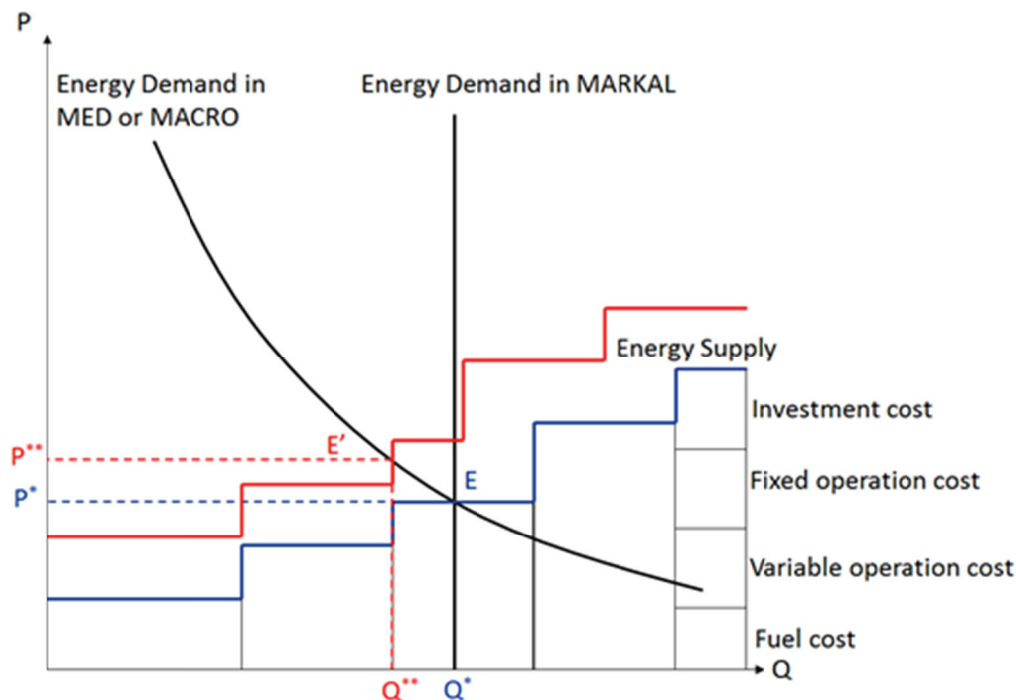
代可能性不同：我國空調主要使用冷氣空調，使用之能源為電，亦無其它替代能源。而英國則主要為暖氣空調，天然氣或電都是主要能源，考量替代效果下之價格彈性便可能不同。

(2) 所得水準不同：已開發國家能源支出占所得比例較低，理論上其需求價格彈性應較開發中國家來得小。因此，本所於2014年時，取樣民國87年至100年資料，分別就運輸部門、住宅部門及服務業部門進行價格彈性推估，以找到適合臺灣的價格彈性，希望對於模型的校準與對節能減碳等政策的評估能更具有參考價值。本文延用過去推估MARKAL-ED模型彈性參數之

方法，將資料區間更新至2015年後重新推導相關彈性以更符合現況(圖1)。

2. 文獻回顧

能源消費與能源服務之間的關係可以 Guertin *et al.* (2003)提出的能源投入與產出概念釐清(圖2)，各種能源投入(如電力)可透過終端使用設備，轉換成各種能源服務產出(如照明等)，消費能源之最終目的為享有能源服務，例如照明、冷氣及熱水等。能源的消費使用與經濟成長，國際收支等具有顯著的關係，而所得



資料來源：本研究繪製。

圖1 MARKAL/ TIMES模型之需求線



資料來源：Guertin *et al.* (2003)；孫廷瑞(2013)。

圖2 能源消費和能源服務需求之關係

與價格的變動會影響大眾對能源服務需求的影響。

但實證分析多以實際的能源消費量進行彈性推估，其原因不外乎能源服務需求統計資料取得的困難性。由於住宅及服務業部門各項電器用品提供的服務性質不同，衡量能源服務需求的單位也差異甚大(吳再益等人，2010)。例如照明的能源服務需求為光通量，單位為流明；電冰箱的能源服務需求為冰箱的容積(公升)，空調則為冷凍噸。不論是國內外的政府或研究機構，皆幾乎無法精確地統計住宅及服務業部門的能源服務需求量，雖可能透過問卷調查取得相關資訊，但亦受限於時間及經費，不易建立能源服務需求之時間序列統計資料。因此實證文獻多以實際的能源消費量，例如用電量，取代能源服務需求量，來進行彈性的估計。

2.1 運輸部門能源需求價格彈性相關文獻

能源的消費使用與經濟成長，國際收支等具有顯著的關係，而所得與價格的變動會影響大眾對能源服務需求的影響，因此彈性值如何設定對於模型的評估有重大影響。有關彈性估計方面的文獻，較早期的研究有Foos (1986)在控制GDP(Gross Domestic Product)，其他替代品價格，氣候狀況以及可使用的運輸工具等多項重要外生變數下，估計石油的短期價格彈性為-0.28；Blum *et al.* (1988)利用時間序列資料估計德國與澳洲的石油價格短期彈性值約介於-0.25到-0.83之間。

Wohlgemuth (1997)針對世界主要國家運輸部門的所得與價格彈性估計方法與結果整理，能源服務需求包含旅行的距離(Distance travelled)、總貨運量、貨車延噸公里、航空里程等，能源包含原油的價格，汽油，航空燃油等。針對非OECD(Organisation for Economic Co-operation and Development)國家包含墨西哥，巴西，中國，印度，拉丁美洲非洲與中東

等國家進行橫斷面的估計發現，天然氣的價格彈性為-0.6，石化燃料與石油的價格彈性分別為-0.25與-0.2。此外，Dahl & Sterner (1991)亦針對運輸部門的價格與所得彈性進行詳盡的整理。

UK MARKAL則是以能源服務需求為主，將航空運輸與大客車的能源服務需求價格彈性值為-0.38，小客車為-0.54，軌道運輸(含貨運與客運)為-0.24，大、小貨車為-0.61，海運為-0.18以及機車為-0.41。Ajanovic & Hass (2012)則針對歐盟中匈牙利、德國、丹麥、法國、瑞典與義大利等六個國家的能源消費與小客車行駛里程數，以及各種燃料的加權平均價格來做為能源服務需求的價格，再估計能源消費與能源服務需求的彈性值，上述所有國家的短期彈性值都非常顯著；長期彈性值發現匈牙利最低-0.19法國為-0.88，德國與丹麥則分別為-0.48與-0.47，義大利為-0.56，瑞典為-0.24，整體的估計彈性值為-0.44。

Eltony (1993)採取加拿大的家計單位資料(Household data)並利用合併的橫斷面(Pooled Cross section)方法來量化油價上漲對於使用行為的反應程度。實證發現價格上漲時，民眾行駛的里程數會下降，減少車輛的購買以及購買更有效率的車種，1969到1988年的資料價格彈性為-0.21。其他利用家計部門資料的研究尚有Archibald & Gillingham (1980)；Greene & Hu (1986)；Walls *et al.* (1993)；Greening *et al.* (1995)；Dahl & Sterner (1991)等研究，上述文獻所估計的彈性值約介於-0.40至-0.65之間。Akira (2011)於IEEJ(The Institute of Energy Economics, Japan)的報告針對住宅部門、服務業與運輸部門進行彈性估計，在實證上以實際年與基準年的能源消耗比值以及每人GDP的能源消耗(能源密集度)等兩種方式來作為應變數，並透過GDP平減指數平減後的實質平均能源價格，實質每人GDP，時間趨勢作為變數進行迴歸分析。運輸部門的能源密集度依客運與貨運區分為「每延人公里能源消耗」(Energy

consumption per passenger-kilometer) 以及「每延噸公里能源消耗」(Energy consumption per tonne-kilometer)。Phoumin & Kimura (2014)以迴歸模型分析不同國家於1990年至2010年的資料，發現澳洲的價格彈性-0.022至-0.038，日本的價格彈性-0.10至-0.12，中國的價格彈性大於0，印度的價格彈性-0.06至-0.15，菲律賓的價格彈性-0.12至-0.35，新加坡的價格彈性-0.35至-1.07，泰國的價格彈性-0.16至-1.53，由於不同國家其價格彈性變化很大，有必要估算臺灣的價格彈性。相關重要文獻整理可參考表1的整理。

2.2 住宅部門能源價格彈性相關文獻

較早的價格彈性回顧文獻可參見Dahl (1993)，最近的回顧文獻則可參見Espey & Espey (2004)，該研究以Meta-analysis方式整理近百篇住宅部門彈性實證文獻，歸納出短期電力消費價格彈性約介於-2.01~-0.004，平均數為-0.35；中位數為-0.28；而長期電力消費價格則介於-2.25~-0.81，平均數為-0.85；中位數為-0.81。可見實證估計所得的區間頗大，特別是短期彈性，但由平均數和中位數來看，長期彈性可能是短期彈性的2~3倍左右。

Mount *et al.* (1973)為首先採用計量模型估計各部門能源消費彈性之研究，採用之資料為美國各州的時間序列資料，其研究指出加入跨期電力消費變數之重要性，因此後續研究也多會考量變數的跨期影響效果，而採用時間序列資料配合動態模型進行分析。

另外，吳再益等人(2009)及林唐裕等人(2012)則是採用相同的問卷調查方式，以調查不同電價漲幅下，表燈非營業用戶可能減少的用電百分比，進而計算出電力消費價格彈性值。其研究調查分為立即彈性及調適期後之彈性，問卷中舉例調適期約為二年，因此在此將之分別視為短期彈性及長期彈性。其中問卷訪查所得到的彈性又分為A和B二種計算方式，A為假設用戶的用電彈性固定，即電價上漲幅

度由增加為1.5倍時，其用電量等比例減少，即為原減少幅度的1.5倍。而B計算方式，則假設用戶的用電量減少幅度存在上限，因此電價上漲幅度增加，用電量減少幅度固定不變。因此該研究中將A計算方式所得到的平均彈性視為彈性上限值，而B計算方式得到的平均彈性視為彈性下限值。不過此二篇研究之研究方法相似，但所得到的彈性值差異卻頗大，吳再益等人(2009)針對表燈用戶(含非營業與營業用戶)調查得到的彈性整體而言介於-0.32~-0.86之間，林唐裕等人(2012)乃根據吳再益等人(2009)研究中之樣本進行追蹤調查，調查得到的彈性整體而言介於-0.18~-0.33之間。其中林唐裕等人(2012)針對非營業表燈用戶調查得到的彈性則介於-0.2~-0.34，其中用電量度數低於500度用戶，彈性大多低於-0.16，家庭年收入低於80萬者，彈性也較低，約在-0.26以內。前述二篇國內文獻僅相隔5年，但調查所得的彈性值差異甚大，不易從中得知何者較具代表性，因此本研究未直接引用其彈性數據。相較敘述統計，採用迴歸方法估計彈性之好處，即在於可更一般化的回答電價、所得或其它變項改變時，用電量的改變。王京明(1995)乃根據問卷調查所得之橫斷面資料採用迴歸方法估計，彈性約在-0.7左右，但因其模型中未加入落後期變數，故可能導致估計所得之彈性係數較大。而Holtedahl & Joutz (2004)則是以ECM (Error Correction Model)模型估計電力消費及電力價格的時間序列資料，並考量溫度及都市化等控制變數，其估計得到之彈性為-0.15，唯估計其間為1955至1995年之資料，樣本期間距今較久，雖然統計上具有樣本數目多之優點，但其樣本期間包含1978年台電因反應國際油價大幅調高電價之特殊事件，從時間序列分析的觀點來看，未考量結構轉變問題可能對估計結果有重大影響，因此本研究將重新估計我國之電力消費彈性，並據此推算能源服務需求價格彈性。Wang & Mogi (2017)估計日本的價格彈性在1989年為-0.48，2014年為-0.3107，與林唐裕等

表1 相關重要文獻整理

期刊	作者	樣本期間	研究方法	變數	彈性係數
Transportation Research	Blum <i>et al.</i> (1988)	未說明	迴歸模型	未說明	石油價格短期彈性值約介於-0.25到-0.83之間
Journal of Transport Economics and Policy	Sterner <i>et al.</i> (1992)	1960-1985	迴歸模型	石油需求量，價格、所得等變數	20個OECD國家的石油價格短期彈性平均值為-0.24；長期彈性值平均為-0.79。
International Energy economics	Sterner & Dahl (1992)	1960-1985	動態模型，橫斷面	石油需求量，價格、所得等變數	動態模型估計的彈性為-0.80到-0.95之間，靜態模型的彈性值接近1，而利用Pooled的方法估計的價格彈性約為-1.3
Journal of Transport Economics and Policy	Eltony (1993)	1969-1988	Pooled與橫斷面(Cross section)方法	家計單位資料 (Household data)	價格彈性為-0.21
Energy Policy	Wohlgemuth (1997)	1971-2010	橫斷面	能源服務需求包含旅行的距離 (Distance travelled)、總貨運量、貨車延噸公里、航空里程等，能源包含原油的價格，天然氣，航空燃油等。	天然氣的價格彈性為-0.6，石化燃料與石油的價格彈性分別為-0.25與-0.2
Energy Economics	Ramanathan (1999)	1972-1973, 1993-1994	共整合模型	臺灣的價格彈性為0.024，菲律賓為-0.39，泰國為-0.30，韓國為-0.50，印尼為-0.20，馬來西亞為-0.13等。	印度的長期價格彈性為-0.319
Energy	Dreher <i>et al.</i> (1999)	1960-1995	神經網絡模型 (Neural networks)	家戶人口數，GDP以及能源價格指數	運輸部門彈性約介於-0.1與-0.8之間
The Institute of Energy Economics, Japan - IEEJ	Akira (2011)	1980-2009	迴歸模型	實際與基準年的能源消耗比值以及每人GDP的能源消耗(能源密集度)等兩種方式來作為應變數，實質平均能源價格，實質每人GDP，時間趨勢	在客運方面包含小客車、大客車、軌道運輸、海運與空運，以參考法(Reference method)所估計的短期彈性為-0.01長期的彈性值為-0.091；以能源密集度的方法來衡量得到的短期彈性為-0.110而長期的彈性值為-0.554。在貨運方面包含公路、軌道運輸、海運以及空運等，以參考法(Reference method)所估計的短期彈性為-0.064長期的彈性值為-0.188；以能源密集度的方法來衡量得到的短期彈性為-0.128而長期的彈性值為-0.237。
Energy Policy	Ajanovic & Hass (2012)	1970-2007	迴歸模型，ARDL	能源消費與小客車行駛里程數，以及各種燃料的加權平均價格	長期彈性值發現匈牙利最低-0.19法國為-0.88，德國與丹麥則分別為-0.48與-0.47，義大利為-0.56，瑞典為-0.24，整體的估計彈性值為-0.44
UK MARKAL Model Documentation	UK MARKAL	未說明	未說明	未說明	航空運輸與大客車的能源服務需求價格彈性值為-0.38，小客車為-0.54，軌道運輸運輸(含貨運與客運)為-0.24，大、小貨車為-0.61，海運為-0.18以及機車為-0.41。
Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA)	Phoumin & Kimura (2014)	1990-2010, 1990-2000, 2000-2010	迴歸模型	初級能源消費 (TPES)、最終能源消費(TFEC)、最終石油消費(TFOC)	澳洲：價格彈性-0.022至-0.038；日本：價格彈性-0.10至-0.12；中國：價格彈性大於0；印度：價格彈性-0.06至-0.15；菲律賓：價格彈性-0.12至-0.35；新加坡：價格彈性-0.35至-1.07；泰國：價格彈性-0.16至-1.53

資料來源：本研究整理。

(2012)估計我國的彈性值接近。梁啟源等(2016)以臺灣動態一般均衡模型(Dynamic General Equilibrium Model of Taiwan, DGEMT)分析電力價格調整對住宅部門及服務業部門之能源服務需求、產品物價、GDP與就業人數等之影響，推估2013年之住宅部門電力需求價格彈性估計結果為-1.3678。請參見表2。

2.3 服務業部門能源價格彈性相關文獻

吳再益等(2009)針對表燈用戶(含非營業與營業用戶)調查得到的彈性整體而言介於-0.32~-0.86，林唐裕等(2012)針對營業用途之表燈用

戶調查得到的彈性則介於-0.12~-0.29。比較表2與表3，可以發現服務業部門短期彈性似乎較住宅部門小，但長期彈性則不一定，我國服務業部門較住宅部門小(林唐裕等，2012)，但日本則較大(Yanagisawa, 2009；星野優子，2011)。本研究估計我國在1982年至2015年的彈性值-0.17與林唐裕等(2012)估計值接近。Lim *et al.* (2014)估計韓國短期彈性為-0.421與本研究估計之彈性值-0.44接近。梁啟源等(2016)在實證分析時，將服務業部門分為運輸倉儲及通信業及包括批發及零售業、住宿及餐飲業、工商服務業、金融保險及不動產業、社會及個人服務業與其他服務業等服務細業，其運輸倉儲及

表2 住宅部門實證文獻中的長期彈性和短期彈性

國家	作者	短期	長期	附註
英國	Baker (1995)	-	-0.3	
英國	Hunt <i>et al.</i> (2003)	-	-0.22	
美國	Mount <i>et al.</i> (1973)	-	-1.2	
美國	Wade (2005)	-0.2~-0.34	-0.49	AEO2003 NEMS模型
美國	Bernstein & Griffin (2005)	-0.243	-0.32	
美國	Paul <i>et al.</i> (2009)	-0.13	-0.36	
美國	Alberini & Filippini (2011)	-0.083~-0.152	-0.435~-0.729	
日本	Yanagisawa (2011)	-0.055~-0.058	-0.1~-0.104	
日本	星野優子(2011)	-	-0.328	電價上升-0.306 電價下降-0.339
臺灣	Holtedahl & Joutz (2004)	-0.15	-	
臺灣	王京明 (1995)	夏季-0.678 冬季-0.769	-	
臺灣	林唐裕等(2012)	-0.3 -0.25~-0.32 -0.2~-0.34	-0.3 -0.25~-0.32 -0.21~0.34	電價上升10% 電價上升15% 電價上升20%
德國	Schulte & Heindl (2017)	--	用於供暖的電力 支出彈性0.3988至 0.4055；價格彈性 為-0.4310至-0.5008	
全球44 個國家	Schulte & Heindl (2017)	--	天然氣長期價格彈 性為-1.25；所得彈 性為大於+1	
日本	Wang & Mogi (2017)	價格彈性1989年 為-0.48；2014年 為-0.3107	--	
臺灣	梁啟源等(2016)	-1.3678		臺灣動態一般均衡模 型2013年估計值

資料來源：本研究整理。

表3 服務業部門能源消費價格彈性(電力消費價格彈性)

國家	作者	短期	長期	附註
臺灣	王京明 (1995)	-0.6	-	
臺灣	林唐裕等人(2012)	-0.12~-0.13 -0.15~-0.19 -0.14~-0.23	-0.17~-0.18 -0.18~-0.25 -0.17~-0.29	電價上升10% 電價上升15% 電價上升20%
美國	Mount <i>et al.</i> (1973)	-	-1.36	
美國	Wade (2005)	-0.1~ -0.2	-0.45	AEO2003 NEMS 模型
美國	Bernstein & Griffin (2005)	-0.21	-0.97	
日本	Yanagisawa (2009)	-0.024~ -0.03	0.164~ -0.3	
日本	星野優子 (2011)	--	-0.644	電價上漲-0.645 電價下跌-0.711
韓國	Lim <i>et al.</i> (2014)	-0.421	-1.002	
臺灣	梁啟源等(2016)	運輸倉儲及通信業：-0.9767； 批發及零售業：-0.4255、 住宿及餐飲業：-0.7226、 工商服務業：-0.6232、 金融保險及不動產業：-0.3671、 社會及個人服務業：-0.1373 其他服務業：-0.5748		臺灣動態一般均衡模型 2012年估計值
臺灣	梁啟源等(2017)	運輸倉儲及通信業：-1.4905； 整體服務業：-0.1387 批發及零售業：-0.4836、 住宿及餐飲業：-0.7457、 工商服務業：-0.6945、 金融保險及不動產業：-0.3676、 社會及個人服務業：-0.0955 其他服務業：-0.5264		臺灣動態一般均衡模型 2014年估計值

資料來源：本研究整理。

通信業-電力需求價格彈性估計結果為-0.9767，服務細業電力需求價格彈性估計結果為-0.1373至-0.7226。梁啟源等(2017)以臺灣動態一般均衡模型研究影響臺灣服務業電力消費量因素及節能策略時，考慮影響服務業部門電力消費關鍵因素為電力價格、產出的變化、就業人數及勞動投入、服務業GDP、資本投入、中間投入與冷房度日(Cooling Degree Days, CDD)及暖房度日(Heating Degree Days, HDD)後，得到2014年的運輸倉儲及通信業電力需求價格彈性估計結果為-1.4905，服務細業電力需求價格彈性估計結果介於-0.0955至-0.7457，而2001年的運輸倉儲及通信業電力需求價格彈性估計結果為-1.6788，服務細業電力需求價格彈性估計結

果介於-0.0298至-0.6176，詳見表3。

3. 運輸部門能源服務需求推估

在推估運輸部門的能源服務需求價格彈性時，首先必須先針對不同運具的能源服務需求與價格進行定義，再利用計量方法予以估計，得到能源服務需求的價格變動一單位時，對於能源服務需求的量有多少單位的影響。在MARKAL-ED模型所考量的運輸部門包含小客車、大客車、大貨車、小貨車、軌道運輸、機車、國內航空以及海運等八項，依照袁正達與葛復光(2014)的整理，運輸部門能源服務需求之價格與數量如表4。由於小客車，大、小貨車

表4 運輸部門能源服務需求之價格與數量

MARKAL 運輸部門	MARKAL 單位	能源服務需求 價格(元)	能源服務需求數量(單位)	頻率	資料來源
運輸小客車	Bp-km	汽、柴油價格	總延車公里 = 車輛總數 × 每輛車 年平均行駛公里總延人公里 = 總 延車公里 × 車輛承載率(千人公里)	年、月	交通部統計處 「自用小客車使用 狀況調查」
運輸大客車	Bp-km	汽、柴油價格	臺灣地區小客車運輸業客運量(千 人公里)	年、月	AREMOS
運輸大貨車	Bt-km	汽、柴油價格	臺灣地區公路小客車貨運業營運 (千噸公里)	年、月	AREMOS
運輸小貨車	Bt-km	汽、柴油價格	臺灣地區公路小客車貨運業營運 (千噸公里)	年、月	AREMOS
運輸軌道運輸	Bp-km	電力、柴油	臺灣地區軌道運輸客運量(千人公 里)	年、月	AREMOS
運輸機車	Bp-km	汽油價格	總延車公里 = 車輛總數 × 每輛車 年平均行駛公里總延人公里 = 總 延車公里 × 車輛承載率(千人公里)	年、月	交通部統計處 「機車使用狀況 調查」
運輸航空	Bp-km	航空燃油牌價- 國內線	國籍航空公司運輸 – 客運(千人公 里)	年、月	AREMOS
運輸海運	Bt-km	低硫燃料油	國籍海運貨運量(百萬噸海涅)	年、月	AREMOS

資料來源：本研究整理。

及機車等運具的二氧化碳排放占整體運輸部門的70%以上，對於運輸部門的減碳潛力與未來碳排放的評估都有重大的政策意義，因此，對於小客車、大、小貨車及機車等運輸工具的能源服務需求蒐集交通部相關資料進行估算，而其他運輸工具例如軌道運輸、大客車，航空、海運等運輸工具所需資料則由財團法人經濟資訊推廣中心AREMOS資料庫取得。以下先針對各運具的能源服務需求推估過程所需用到的參數進行說明，並呈現能源服務需求推估的結果。

在以迴歸分析估計彈性係數時，所有價格變數皆先以2011年消費者物價指數(Consumer Price Index)進行平減，將能源價格與所得轉換為實質變數，再將所有變數取自然對數，最後利用最小平方方法(Ordinary Least Square)來進行各項運具之能源服務需求價格彈性係數的估計。在模型設定方面，本文根據Hosoe & Akiyama (2009)，Andersen *et al.* (2011)的研究，可將能源服務需求視為能源服務需求價格、所

得、人口數等變數的函數，並利用迴歸模型估計長、短期彈性值；本文進行實證分析時，分別利用以下模型進行估計，並選取適當的模型與估計參數作為能源服務需求的彈性係數設定值。

$$\text{Model 1: } \ln D_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \ln P_{i,t} + \epsilon_t$$

$$\text{Model 2: } \ln D_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \ln P_{i,t} + \gamma_i \ln Y_{i,t} + \epsilon_t$$

$$\text{Model 3: } \ln D_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \ln P_{i,t} + \theta_i \ln POP_{i,t} + \epsilon_t$$

$$\text{Model 4: } \ln D_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \ln P_{i,t} + \gamma_i \ln Y_{i,t} + \theta_i \ln POP_{i,t} + \epsilon_t$$

$$\text{Model 5: } \ln D_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \ln P_{i,t} + \delta \sum_{p=1}^n \ln D_{i,t-p} + \epsilon_t$$

$$\text{Model 6: } \ln D_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \ln P_{i,t} + \gamma_i \ln Y_{i,t} + \theta_i \ln POP_{i,t} + \delta_{i,p} \sum_{p=1}^n \ln D_{i,t-p} + \rho_{i,q} \sum_{q=1}^m \ln P_{i,t-q} + \epsilon_t$$

其中

$D_{i,t}$ ：第*i*類運具之能源服務需求

$P_{i,t}$ ：第*i*類運具所使用之能源價格

Y_t ：每人所得

POP_t ：人口數量

ϵ_t ：殘差

下標 t 與 i 分別表示時間與運具類別，其中運具類別 i 分別表示小客車、大客車、大、小貨車、軌道運輸、機車、航空以及海運等項目。例如 $D_{i,t-p}$ 與 $P_{i,t-q}$ 為第 i 類運具之能源服務需求及其價格，下標 p 與 q 分別代表 Koyck 落後項(Koyck-lag formulation)的期數，可用來捕捉模型動態調整的過程；其中 α 為常數項， β 係數為短期價格彈性係數， γ 為所得彈性係數， θ 為人口彈性係數， δ 與 ρ 分別為能源服務需求本身及其價格落後期的係數，可依據 Model 5 與 Model 6 計算長期彈性係數 $\beta_i / (1-\delta)$ 。在精簡化(Parsimony)的模型設定原則下，在計算短期

彈性時，優先考慮 Model 1 至 Model 4 的估計結果，並以 AIC (Akaike Information Criterion, AIC) 與 SIC (Schwarz Information Criterion, SIC) 的數值大小來挑選適合的模型；假若估計結果無法合理地反映彈性係數，再考慮 Model 5 與 Model 6，亦即加入變數的落後期，運具之間的替代性與政策變數的影響，再來檢視價格變數的顯著性與整體模型的解釋力，並透過估計係數計算各運具的能源服務需求彈性值。若係數估計值不符合理論預期，則予以捨去(表5)。

3.1 實證估計結果

表6提供大貨車在不同模型設定下的彈性估計結果，在 Model 1~Model 4 選擇時，因為只有 Model 1 及 Model 2 的彈性值為負(高級柴油的係數)，而 Model 3 及 Model 4 不顯著及估計符號

表5 敘述統計資料

	軌道運輸 (千人公里)	航空 (千人公里)	海運 (百萬噸海裡)	大客車 (千人公里)	大貨車 (千噸公里)	小貨車 (千噸公里)	小客車 (千人公里)	機車 (千人公里)
Mean	1,073,114	4,881,611	26,963	1,351,688	5,263,317	763,536	15,179,643	3,574,875
Max.	2,386,652	7,365,752	55,620	1,703,324	6,234,357	974,820	19,597,391	5,960,740
Min.	574,558	1,681,345	5,840	935,011	4,245,680	604,611	8,505,920	1,633,524
Std. Dev.	496,658	875,867	16,939	129,763	734,161	99,917	2,541,579	1,434,208
Skew.	1.24	0	0.24	0.15	-0.25	-0.01	-0.79	0.16
Kurt.	0.16	0.80	-1.70	0.00	-1.67	-0.87	0.16	-1.52
樣本數	431	216	396	276	216	216	288	312
樣本期間	1980/2 ~ 2015/12	1998/1 ~ 2015/12	1990/12 ~ 2015/12	1993/1 ~ 2015/12	1998/1 ~ 2015/12	1998/1 ~ 2015/12	1992/1 ~ 2015/12	1990/1 ~ 2015/12

	人口 (人)	可支配收入 (新臺幣百萬元)	95無鉛汽油 (新臺幣元)	柴油 (新臺幣元)	航空燃油 (新臺幣元)	電力 (新臺幣元)
Mean	21,443,407	691,932	24.6	20.2	18.4	2.9
Max.	23,489,766	1,259,991	37.0	34.4	37.2	4.5
Min.	17,901,555	186,334	17.8	13.2	8.6	2.2
Std. Dev.	1,625,229	297,398	5.1	6.2	6.9	0.7
Skew.	-0.53	-0.16	0.61	0.65	0.28	1.10
Kurt.	-0.98	-1.19	-0.95	-1.04	-0.96	-0.07
樣本數	420	420	312	301	216	432
樣本期間	1981/1 ~ 2015/12	1981/1 ~ 2015/12	1990/1 ~ 2015/12	1990/12 ~ 2015/12	1998/1 ~ 2015/12	1980/1 ~ 2015/12

資料來源：本研究整理。

表6 能源服務需求彈性-大貨車

	大貨車				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
高級柴油	-0.370 (0.000)	-0.175 (0.000)	-0.002 (0.960)	0.004 (0.906)	-0.006 (0.295)
所得		-0.544 (0.00)		0.106 (0.265)	
人口			-5.858 (0.000)	-6.553 (0.000)	
能源服務需求_大貨車(t-1)					0.987 (0.000)
常數項	16.601 (0.000)	23.483 (0.000)	114.717 (0.000)	125.025 (0.000)	0.223 (0.194)
R ²	0.519	0.639	0.729	0.730	0.989
Adj.R ²	0.516	0.635	0.726	0.727	0.989
AIC	-1.760	-2.037	-2.324	-2.321	-5.536
SIC	-1.729	-1.991	-2.278	-2.258	-5.489
短期彈性	-0.370	-0.175	-0.002	0.004	-0.006
長期彈性					-0.462

註：1. 括弧內為P值。

2. 不同運具的能源服務需求與價格的單位與定義不盡相同，詳細內容請參考表3.1。

3. Model 5的長期彈性係數為根據估計係數透過下列公式計算得到：

$$\text{長期彈性} = \text{短期彈性} / (1 - \text{落後期係數}), \beta_1 / 1 - \delta = -0.006 / (1 - 0.987) = -0.462。$$

資料來源：本研究推估。

不符合預期，所以只比較Model 1及Model 2，其中Model 2在adj R²、AIC及SIC均較Model 1為佳，因此採用Model 2的結果，短期價格彈性值為-0.175，而長期彈性係數依照Model 5估計為-0.462。

表7為小貨車的彈性估計結果，在短期彈性方面採取模型2的結果，理由與大貨車相同，短期價格彈性值為-0.097。根據整體模型的解釋能力與AIC，SIC等準則，小貨車的長期彈性係數依照Model 5估計為-0.263。大、小貨車的長短期彈性，與袁正達及葛復光(2014)的估計，方向一致，但絕對值變得比較小，代表需求上比較沒有彈性，可能是近年油價大幅下跌後，消費者對運具使用習慣沒有太大改變，需求量改變的幅度沒有像價格改變的幅度那麼大。

表8提供小客車在不同模型設定下的彈性估計結果，Model 1的估計結果為0.500具有顯著性，但估計符號不符合預期，Model 2至

Model 4其彈性值在-0.162至-0.287之間，依照前述的挑選原則，採用模型3的結果，短期價格彈性值為-0.287，而長期彈性係數依照Model 5估計為-0.125。

表9提供機車不同模型設定下的彈性估計結果，Model 1至Model 4所估計的彈性由0.525至1.674之間，均為顯著，依照前述的挑選原則，採用模型4的結果，短期價格彈性值為0.525，而長期彈性係數則考慮小客車的替代彈性而採用Model 6，將長期彈性為+0.26。由於彈性為正，考慮機車的屬性，可以解釋機車具有劣等財的性質。

大客車不同模型設定下的彈性估計結果，Model 1至Model 5所估計的彈性0.039至0.303之間，均為顯著，但符號方向與預期不一致，Model 6為唯一符號相符者，因此採用Model 6的短期彈性值-0.056，長期彈性值為-0.013。為軌道運輸的彈性估計結果，在短期彈性方面只有Model 1與Model 5的價格彈性估計係數的符

表7 能源服務需求彈性-小貨車

	小貨車				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
高級柴油	-0.257 (0.00)	-0.097 (0.011)	0.052 (0.244)	0.058 (0.198)	-0.005 (0.418)
所得		-0.448 (0.000)		0.112 (0.366)	
人口			-4.914 (0.000)	-5.650 (0.000)	
能源服務需求_大貨車(t-1)					0.981 (0.00)
常數項	14.326 (0.000)	19.997 (0.000)	96.638 (0.000)	107.540 (0.000)	0.278 (0.156)
R ²	0.292	0.387	0.464	0.466	0.972
Adj.R ²	0.288	0.381	0.459	0.459	0.972
AIC	-1.526	-1.661	-1.796	-1.790	-4.752
SIC	-1.495	-1.614	-1.749	-1.728	-4.705
短期彈性	-0.257	-0.097	0.052	0.058	-0.005
長期彈性					-0.263

註：1. 括弧內為P值。

2. 不同運具的能源服務需求與價格的單位與定義不盡相同，詳細內容請參考表3.1。

3. Model 5的長期彈性係數為根據估計係數透過下列公式計算得到：

$$\text{長期彈性} = \text{短期彈性} / (1 - \text{落後期係數}), \beta_1 / 1 - \delta = -0.005 / (1 - 0.981) = -0.263。$$

資料來源：本研究推估。

表8 能源服務需求彈性估計-小客車

	小客車				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
95無鉛汽油	0.500 (0.000)	-0.162 (0.000)	-0.287 (0.000)	-0.277 (0.000)	-0.002 (0.679)
所得		0.825 (0.000)		0.130 (0.173)	
人口			5.589 (0.000)	4.780 (0.000)	
能源服務需求_小客車(t-1)					0.984 (0.000)
常數項	14.924 (0.000)	5.777 (0.000)	-77.147 (0.000)	-65.266 (0.000)	0.267 (0.000)
R ²	0.304	0.786	0.822	0.823	0.997
Adj.R ²	0.301	0.785	0.821	0.821	0.997
AIC	-0.875	-2.049	-2.231	-2.230	-6.249
SIC	-0.850	-2.011	-2.192	-2.179	-6.210
短期彈性	0.500	-0.162	-0.287	0.020	-0.002
長期彈性					-0.125

註：1. 括弧內為P值。

2. 不同運具的能源服務需求與價格的單位與定義不盡相同，詳細內容請參考表3.1。

3. Model 5的長期彈性係數為根據估計係數透過下列公式計算得到：

$$\text{長期彈性} = \text{短期彈性} / (1 - \text{落後期係數}), \beta_1 / 1 - \delta = -0.002 / (1 - 0.984) = -0.125。$$

資料來源：本研究推估。

表9 能源服務需求彈性估計-機車

	機車					
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
95無鉛汽油	1.674 (0.000)	0.756 (0.000)	0.581 (0.000)	0.525 (0.000)	-0.014 (0.142)	-0.032 (0.356)
所得		1.083 (0.000)		-0.734 (0.000)		-0.045 (0.111)
人口			7.397 (0.000)	11.989 (0.000)		0.052 (0.803)
能源服務需求_小客車						0.087 (0.000)
能源服務需求_機車(t-1)					1.000 (0.000)	0.965 (0.000)
95無鉛汽油(t-1)						0.062 (0.082)
常數項	9.673 (0.000)	-2.125 (0.000)	-111.986 (0.000)	-179.513 (0.000)	0.045 (0.34)	-1.277 (0.684)
R ²	0.607	0.885	0.921	0.927	0.998	0.997
Adj.R ²	0.606	0.884	0.920	0.927	0.998	0.997
AIC	0.216	-1.003	-1.379	-1.459	-4.895	-4.856
SIC	0.240	-0.967	-1.343	-1.411	-4.859	-4.767
短期彈性	1.674	0.756	0.581	0.525	-0.014	-0.032
長期彈性						0.914

註：1. 括弧內為P值。

2. 不同運具的能源服務需求與價格的單位與定義不盡相同，詳細內容請參考表3.1。

3. Model 5的長期彈性係數為根據估計係數透過下列公式計算得到：

$$\text{長期彈性} = \text{短期彈性} / (1 - \text{落後期係數}), \beta_i / 1 - \delta = -0.032 / (1 - 0.965) = -0.914。$$

資料來源：本研究推估。

號符合預期，但Model 5的較符合模型篩選原則，因此短期彈性值取-0.029；而長期彈性值的估計方面，由Model 5可得彈性值為-0.934。海運的彈性估計結果，在短期彈性方面，Model 1與Model 4的價格彈性估計係數的均達顯著水準，但以Model 1在解釋能力、AIC、SIC較等篩選原則較佳，因此以Model 1的-2.184為短期彈性值；而長期彈性值的估計方面，Model 5的彈性值為-2.019。為航空運輸的彈性估計結果，在短期彈性方面，所有模型的符號均不符合預期；而長期彈性值的估計方面，Model 5的彈性值為0.262。

3.2 2017年估計結果與2014年彈性估計值比較

本文將運輸部門各運具的彈性估計結果與

2014年估計結果的彈性值進行比較，如表10。其中比較明顯有方向性的是大貨車、小貨車、小客車及海運，其中大貨車、小貨車及小客車2014年彈性的絕對值大於2017年估計彈性的絕對值，也就是當能源價格發生變動時，對於小客車，大、小貨車的依賴程度較高，其中可能的原因是缺乏替代性的運具或者是長久累積下來的使用習慣所導致，因此造成臺灣小客車，大、小貨車的價格彈性相對較小的現象。在海運方面，國內貨物的運輸以大、小貨車及軌道運輸為主，因此彈性值較大。在機車方面，能源服務需求的價格彈性仍然為正，表示機車為劣等財的推論不變，反映臺灣社會重度依賴機車的獨特性。其他運具的情況，請參閱表10。

表10 運輸部門TIMES模型彈性值比較

	2017年估計值	2014年估計值
大貨車	-0.462	-0.455
小貨車	-0.263	-0.300
小客車	-0.125	-0.313
機車	0.914	0.091
航空	0.262	-0.365
大客車	-0.013	-0.185
軌道	-0.934	-0.455
海運	-2.019	-1.299

資料來源：本研究推估。

4. 住宅與服務業部門能源服務需求推估

4.1 住宅部門能源價格彈性推估

本文沿用柴蕙質與葛復光(2014)設定之Model A至Model D所示之4種模型設定估計彈性，如下所示：

$$\text{Model A: } \ln E_t = c + a_0 \ln Y_t + b_0 \ln P_t + \varepsilon$$

$$\text{Model B: } \ln E_t = c + a_0 \ln Y_t + b_0 \ln P_t + \kappa \ln CDD_t + \varepsilon$$

$$\text{Model C: } \ln E_t = c + a_0 \ln Y_t + b_0 \ln P_t + \kappa \ln CDD_t + \lambda \ln E_{t-1} + \varepsilon$$

其變數為：

E: 人均能源消費量(住宅部門電力總消費量/人口數)

P: 能源價格(台電電燈電價，以2011年為基期之CPI將名目價格變數轉換為2011年實質價格)

Y: 人均可支配所得(實質可支配所得/人口數)

t: 為time index。

CDD: 冷房度日(CDD, Cooling Degree Days): 冷房度日 = $\sum (T_i - 26^\circ\text{C})$ if $T_i > 28^\circ\text{C}$, T_i = 每日均溫。

ε : 殘差。

Model C以能源消費量落後期反應跨期效

果，具有適應性預期之意義，表示人們會根據前期的能源消費量決定下一期的消費量。與運輸部門相同，AIC (Akaike Information Criterion) 最小為模型選取原則。Model A~Model C中之 c 、 a_0 、 b_0 、 a_1 、 b_1 、 κ 等皆為待估參數，所有變數皆取自然對數(ln)後估計，故估計所得之係數便可直接解釋為彈性值。

表11列出Model A至Model C的結果。Model A可視為基本模型，過去我國彈性文獻亦曾採用此類模型(例如王京明，1995)，Model B則加上CDD變數。由於能源使用可能和消費者行為有關，當價格變動，消費者不一定立即改變其消費行為，且過去的消費行為亦對未來消費量有所影響，因此本文也採用動態模型Model C，將所得及價格等變數的跨期影響納入考量。和Model B相較，可以發現若未考量變數的跨期影響，將高估了當期變數之影響效果(例如Model B的短期彈性為0.816，Model C為0.653)。以AIC較小作為模型選用指標，後續將採用Model C的估計結果作為電力消費長短期彈性係數之參考，Model C之短期彈性係數為0.653，長期則為1.209。由於各研究在研究方法、控制變數的數量、定義與樣本期間等不同，電力價格彈性的估計值會有差異，以下將各研究對臺灣住宅部門電力價格彈性的估計值彙整如表12。

4.2 服務部門能源價格彈性推估

服務部門採用與住宅部門相同的Model A至Model C等3種模型，表13列出Model A至Model C的結果。根據同樣的原則，採用Model C的估計結果。與2014推估結果比較，2014年估計的短期彈性為0.42、長期彈性為1.05，而2017年估計的短期彈性為0.439、長期彈性為1.463。服務部門彈性變大，可能表示當電價變動較大，服務部門有較積極的節能行為。表14彙整各研究估計臺灣服務業部門電力價格彈性值的結果。

表11 住宅部門電力消費價格彈性

	Model A	Model B	Model C
能源價格	-0.379 (0.185)	-0.816 (0.000)	-0.653 (0.000)
人均可支配所得	1.206 (0.000)	1.029 (0.000)	0.411 (0.020)
冷房度日	- -	0.170 (0.000)	0.164 (0.000)
人均能源消費量(t-1)	- -	- -	0.460 (0.000)
常數項	-14.807 (0.000)	-13.017 (0.000)	-5.326 (0.019)
Adj R-squared	0.980	0.989	0.994
AIC	-3.540	-4.071	-4.716
AIC	-3.391	-3.872	-4.468
短期彈性	-0.379	-0.816	-0.653
長期彈性	-	-	-1.209

註：(.)內為p-value，Model C的長期彈性係數為根據估計係數透過下列公式計算得到：

$$\text{長期彈性} = \text{短期彈性} / (1 - \text{落後期係數}), \beta_i / 1 - \lambda = -0.653 / (1 - 0.460) = -1.209。$$

資料來源：本研究推估。

表12 住宅部門彈性值比較

序號	作者	短期	長期	附註
1	本研究(2014)	-0.718	-1.207	
2	本研究(2017)	-0.653	-1.209	
3	梁啟源等(2016)	-1.3678	--	臺灣動態一般均衡模型 2013年估計值
4	Holtedahl & Joutz (2004)	-0.15	--	
5	王京明(1995)	夏季-0.678 冬季-0.769	--	
6	林唐裕等(2012)	-0.3 -0.25~-0.32 -0.2~-0.34	-0.3 -0.25~-0.32 -0.21~0.34	電價上升10% 電價上升15% 電價上升20%

資料來源：本研究整理。

5. 結 論

住宅部門、服務業部門與運輸部門之能源服務需求價格彈性為TIMES-ED模型之重要參數。由本研究可知，當時間跨度改變，參數也會隨之變化，因此有定期更新的必要。本文以迴歸方程式對各項運具、住宅部門及服務部門進行估計，除建立屬於臺灣本土運輸部門的計量模型與推估彈性值，更有助於未來能源服

務需求的預測，相關推估結果並可提供模型模擬的參考依據，對於相關政府部門未來的環境規劃評估與政策制定時，可幫助其更精準地刻劃我國經濟變化與節能減碳政策的影響。由於消費者的行為在面對價格上漲及下跌時可能不同，本研究並未分別評估價格上漲與下跌的影響，未來研究可將不對稱性納入考慮，使研究更合理。

表13 服務業部門電力消費價格彈性

	Model A	Model B	Model C
能源價格	-1.350 (0.000)	-1.567 (0.000)	-0.439 (0.000)
人均可支配所得	-1.350 (0.000)	1.053 (0.000)	0.196 (0.013)
冷房度日	- -	0.116 (0.107)	0.045 (0.077)
人均能源消費量(t-1)	- -	- -	0.700 (0.000)
常數項	-12.918 (0.000)	-12.198 (0.000)	-2.162 (0.020)
Adj R-squared	0.978	0.979	0.998
AIC	-3.089	-3.132	-5.234
SBC	-2.943	-2.939	-4.992
短期彈性	-1.350	-1.567	-0.439
長期彈性	-	-	-1.463

註：(.)內為p-value，Model C的長期彈性係數為根據估計係數透過下列公式計算得到：

$$\text{長期彈性} = \text{短期彈性} / (1 - \text{落後期係數}), \beta_i / 1 - \lambda = -0.439 / (1 - 0.700) = -1.463。$$

資料來源：本研究推估。

表14 服務業部門彈性值比較

序號	作者	短期	長期	附註
1	本研究(2014)	-0.417	-1.050	
2	本研究(2017)	-0.439	-1.463	
3	梁啟源等(2016)	運輸倉儲及通信業：-0.9767； 批發及零售業：-0.4255、 住宿及餐飲業：-0.7226、 工商服務業：-0.6232、 金融保險及不動產業：-0.3671、 社會及個人服務業：-0.1373 其他服務業：-0.5748	--	臺灣動態一般均衡模型 2012年估計值
4	梁啟源等(2017)	運輸倉儲及通信業：-1.4905； 整體服務業：-0.1387 批發及零售業：-0.4836、 住宿及餐飲業：-0.7457、 工商服務業：-0.6945、 金融保險及不動產業：-0.3676、 社會及個人服務業：-0.0955 其他服務業：-0.5264	--	臺灣動態一般均衡模型 2014年估計值
5	王京明 (1995)	-0.6	--	
6	林唐裕等(2012)	-0.12~-0.13 -0.15~-0.19 -0.14~-0.23	-0.17~-0.18 -0.18~-0.25 -0.17~-0.29	電價上升10% 電價上升15% 電價上升20%

資料來源：本研究整理。

誌 謝

本文承蒙科技部「能源系統與能源經濟分析(2/3)」計畫經費支持，特此誌謝。惟文中若有訛誤，當屬作者自負文責。

參考文獻

- 王京明，1995。臺灣地區住宅與商業部門能源消費調查與研究，中華經濟研究院。
- 吳再益、梁啟源、梁德馨、洪紹平、洪育民、林紹娟、黃建仁、林唐裕、陳玟如、李涵茵、彭佳玲、李昆昇，2009。電價與所得對電力負載需求之影響分析，台電工程月刊，728: 64-78。
- 吳再益、葛復光、黃宗煌、謝智宸、曾禹傑、楊晴雯及林忠漢，2010。工業、運輸、住宅及服務業部門能源服務需求長期預測，臺灣銀行季刊，61(4): 133-176。
- 林唐裕、吳再益及李涵茵，2012。電價政策及機制之研究，經濟部能源局委辦計畫。
- 袁正達及葛復光，2014。MARKAL-ED模型能源服務需求價格彈性推估-運輸部門，核能研究所。
- 孫廷瑞，2013。MARKAL-ED模型能源服務需求價格彈性推估-工業、農業與非能源使用部門，核能研究所。
- 柴蕙質及葛復光，2014。MARKAL-ED模型能源服務需求價格彈性推估-住商部門，核能研究所。
- 梁啟源、鄭睿合、楊正鸞及林文祥，2016。節能政策對臺灣家計與服務業部門之影響及因應策略，2016東亞經濟與管理研討會，宜蘭。
- 梁啟源、鄭睿合、陳冠翰及林文祥，2017。影響臺灣服務業電力消費量因素探討及節能策略研析，2017經濟、貿易與全球營運管理研討會，臺北。
- 星野優子，2011。日本のエネルギー需要の価

格弾力性の推計—非対称性と需要トレンドの影響を考慮して，電力中央研究所報告Y10016。

- Ajanovic, A. & R. Hass, 2012. The role of efficiency improvements vs. price effects for modeling passenger car transport demand and energy demand-Lessons from European countries. *Energy Policy*, 41: 36-46.
- Akira, Y., 2011. Trade-off in energy efficiencies and efficient frontier - Relationship between GDP intensity and energy consumption per capita and what it means, The Institute of Energy Economics, Japan.
- Alberini, A. & M. Filippini, 2011. Response of Residential Electricity Demand to Price: The Effect of Measurement Error. *Energy Economics*, 33:889-895.
- Andersen, T. B., O. B. Nilsen & R. Tveteras, 2011. How is demand for natural gas determined across European industrial sectors. *Energy Policy*, 39: 5499-5508.
- Archibald R. & R. Gillingham, 1980. An Analysis of the Short-Run Consumer Demand for Gasoline Using Household Survey Data. *The Review of Economics and Statistics*, 62: 622-628.
- Barker, T., 1995. UK Energy Price Elasticities and their implication for Long-term CO₂ Abatement, in *Global Warming and Energy Demand*, p.227-253, Taylor and Francis, London, UK.
- Bernstein, M. A. & J. M. Griffin, 2005. Regional differences in the price-elasticity of demand for energy. *National Renewable Energy Laboratory, NREL/SR-620-39512*.
- Blum, U., G. Foos & M. Guadry, 1988. Aggregate time series gasoline demand models: review of the literature and new evidence for West Germany. *Transportation Research*, 22: 75-88.

- Dahl, C. A., 1993. A survey of energy demand elasticities in support of the development of the NEMS, MPRA Paper 13962, University Library of Munich, Germany.
- Dahl C. & T. Sterner, 1991. Analysing gasoline demand elasticities: a survey. *Energy Economics*, 13: 203-210.
- Dreher, M., M. Wietschel, M. Göbelt & O. Rentz, 1999. Energy price elasticities of energy-service demand for passenger traffic in the Federal Republic of Germany. *Energy*, 24(2): 133-140.
- Eltony, M., 1993. Transport gasoline demand in Canada. *Journal of Transport Economics and Policy*, 27: 193-208.
- Espey, J. A. & M. Espey, 2004. Turning on the Lights A Meta-analysis of residential electricity demand elasticities, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36: 65-81.
- Foos, G., 1986. Die determinanten der verkehrsnachfrage: Eine ökonometrische Analyse (Karlsruher Beiträge zur Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung). Loper Karlsruhe, Germany.
- Greene, D. & P. Hu, 1986. A functional form analysis of the short-run demand for travel and gasoline by one-vehicle households. *Transportation Research Record* 1092, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D. C.
- Greening, L., H. Jeng, J. Formby & D. Cheng, 1995. Use of region, life-cycle and role variables in the short-run estimation of the demand for gasoline and miles travelled. *Applied Economics*, 27: 643-656.
- Guertin, C. & S. C.Kumbhakar, A. K. Duraiappah, 2003. Determining Demand for Energy Services: Investigating income driven behaviours. International Institute for Sustainable Development, Canada.
- Holtedahl, P. & F. Joutz, 2004. Residential electricity demand in Taiwan. *Energy Economics*, 26: 201-224.
- Hosoe, N. & S. Akiyama, 2009. Regional electric power demand elasticities of Japan's industrial and commercial sectors. *Energy Policy*, 37(11): 4313-4319.
- Hunt, L. C., G. Judge & Y. Ninomiya, 2003. Underlying Trends and Seasonality in UK Energy Demand: A Sectoral Analysis, *Energy Economics*, 25: 93-118.
- Lim, K.M., S. Y. Lim, & S. H. Yoo, 2014. Short- and long-run elasticities of electricity demand in the Korean service sector. *Energy Policy*, 67: 517-521.
- Mount, T. D., L. D. Chapman & T. J. Tyrrell, 1973. Electricity Demand in the United States. Oakridge National Laboratory, ORNL-NSF-49.
- Paul, A., E. Myers & P. Palmer, 2009. A Partial Adjustment Model of US Electricity Demand by Region, Season, and Sector. RFF Discussion Paper No. 08-50.
- Phoumin, H. & S. Kimura, 2014. Analysis on Price Elasticity of Energy Demand in East Asia: Empirical Evidence and Policy Implications for ASEAN and East Asia, ERIA Discussion Paper Series.
- Ramanathan, R., 1999. Short- and long-run elasticities of gasoline demand in India: An empirical analysis using cointegration techniques. *Energy Economics*, 21: 321-330.
- Schulte, I. & P. Heindl, 2017. Price and income elasticities of residential energy demand in Germany. *Energy Policy*, 102(C): 512-528.
- Sterner, T. & C. Dahl, 1992. Modelling transport fuel demand. *International Energy economics*,

- Chapman and Hall, London, 65-79.
- Sterner, T, C. Dahl & J. Franzén, 1992. Gasoline tax policy: carbon emissions and the global environment. *Journal of Transport Economics and Policy*, 26: 109-119.
- Yanagisawa, A., 2011. Estimation of Price Elasticity of Energy Demand in Japan. Considering Socio- economic Structure Changes. The Institute of Energy Economics, Japan.
- Wade, S. H., 2005. Price Responsiveness in the AEO2003 NEMS Residential and Commercial Buildings Sector Models, Energy Information Administration. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/elasticity/index.html>.
- Walls, M., A. Krupnick & C. Hood, 1993. Estimating the demand for vehicle miles travelled using household survey data: results from the 1990 National Personal Transportation Survey, Resources for the Future Discussion Paper ENR 93-25, Washington D. C.
- Wang, N. & G. Mogi, 2017. Industrial and residential electricity demand dynamics in Japan: How did price and income elasticities evolve from 1989 to 2014? *Energy Policy*, 106: 233-243.
- Wohlgemuth, N., 1997. World transport energy demand modelling: Methodology and elasticities. *Energy Policy*, 25: 1109-1119.

The Estimation of Price Elasticities of Energy Demand in Taiwan

Chun-Ho Kuo^{1*} Cheng-Da Yuan² Hui-Chih Chai² Fu-Kuang Ko³

ABSTRACT

The price elasticity of energy services demand in transportation sector, residential sector and service sector are the critical parameters in TIMES model. Due to the lack of domestic statistics and estimations, price elasticities of MARKAL-UK are used as the substitution for the domestic price elasticities. Since there are the differences in the behaviors of transportation equipments using, industry structures and the energy prices, the previous studies collected the associated data from 1981 to 2011 to estimate the price elasticity of energy demand of transportation sector, residential sector and service sector. In this article, it aims to extend the related data from 2011 to 2016 and use the same models to estimate the new elasticities. In empirical results, it shows the elasticities in transportation sector are lower than those in previous studies. The elasticities are larger in residential sector and service sector.

Keywords: Transport sector, residential sector, service sector, energy service demand, price elasticities on

¹ Research Assistant, Institute of Nuclear Energy Research, Atomic Energy Council and Ph. D. Student, Department of Economics, National Tsing Hua University.

² Associate Engineer, INER, Atomic Energy Council.

³ Senior Research Fellow, INER, Atomic Energy Council.

*Corresponding Author, Phone: +886-3-4711400 ext. 2715, E-mail: douglask@iner.gov.tw

Received Date: September 7, 2017

Revised Date: November 16, 2017

Accepted Date: November 25, 2017