

臺灣人口結構變遷對住宅用電需求之影響

吳大任^{1*} 梁啟源² 林師模³ 劉錦龍⁴ 王銘正⁵ 田佳芬⁶ 張博涵⁶

摘要

本文提出四個模型分析臺灣人口結構變遷對住宅用電需求的影響。分析結果顯示電價對全國及各區域住宅用電需求皆有負向顯著影響。在所得影響部分，全國與北區呈現所得對住宅用電需求有顯著正向影響；在都會區與北區，老年人口占比對住宅用電需求有正向顯著影響。在幼年人口占比部分，只有北區與中區有顯著影響，其中北區為正向影響，中區則為負向影響。最後，所有模型皆顯示隨家庭規模降低，住宅用電需求將增加。

關鍵詞：人口結構變遷、老齡化、少子化、住宅用電需求

JEL分類代號：Q430、J110

1. 前言

我國屬於島嶼型獨立電力系統，備用容量率參酌國際經驗規劃為15%，管控每年缺電機率在0.1%以內。然而，近年來台電公司並無大型機組完工，僅有少量再生能源加入系統，因此裝置容量增加率相當有限。在此情況下，如何有效控制或減少用電需求，是降低缺電發生機率的關鍵課題。

臺灣面積雖然不大，但各區域的產業結構與人口結構仍有顯著的差異，導致各區域的用電需求也不盡相同。內政部的人口結構統計資料顯示，我國各區域二十歲以下的人口皆在下降，全國六十五歲以上的老年人口的占比則是從1995年的7.64%上升至2014年的11.99%。另外，經濟發展過程中的都市化進程也會使得人口在區域間流動，導致各區域之人口結構發

生自然演化外的變化。由於不同年齡階層民眾的生活型態及對用電產品的需求不盡相同，因此，隨著人口結構的改變，電力需求也可能會有顯著的改變。如能有效掌握這些改變對電力需求的影響，將對電力供需平衡政策之規劃有一定的助益。

影響臺灣電力需求的因素除了人口結構變遷外，還包括電價、所得、氣候狀況、技術變動與產業結構等因素。在這些影響因素中，電價、所得、氣候狀況、技術變動及產業結構對電力需求影響的相關研究比較常見，人口結構改變對電力需求影響的文獻則是相當缺乏。值此臺灣社會老齡化及少子化問題日益嚴重之際，我們依臺灣地理區域劃分(都會區與非都會區、北中南三區)，提出四個模型分析臺灣人口結構變遷對電力需求的影響。我們發現電價對全國及各區域用電量皆為負向顯著影響；在

¹ 國立中央大學經濟學系教授暨臺灣經濟發展研究中心主任

² 臺灣經濟發展研究中心研究員

³ 中原大學國際經營與貿易學系教授

⁴ 國立中央大學產業經濟研究所教授

⁵ 國立中央大學經濟學系副教授

⁶ 國立中央大學經濟學系碩士生

*通訊作者, 電話: 03-4275142, E-mail: drwu@mgt.ncu.edu.tw

收到日期: 2016年11月17日

修正日期: 2017年01月20日

接受日期: 2017年04月13日

所得影響部分，全國與北區皆顯示所得對用電量有顯著的正向影響；在都會區與北區，老年人口占比對用電量有正向的顯著影響。在幼年人口占比部分，只有北區與中區有顯著影響，其中北區為正向影響，中區則為負向影響。最後，所有模型皆顯示隨家庭規模降低，用電量將增加。

本文的架構如下：第2節進行文獻回顧；第3節說明迴歸模型及研究範圍；第4節說明自1990年起，臺灣的人口結構、表燈用電量、用電效率、人均用電量與電價的演變，作為背景資訊；第5節說明迴歸結果；第6節為結論。

2. 文獻回顧

Kronenberg (2009)採用投入產出模型與德國家戶調查的個體資料，分析並預測從2006到2030年德國特定年齡層的消費型態和未來人口結構改變對能源使用和溫室氣體排放的影響。研究結果指出因為老年人口的消費型態和年輕人口呈現不同的形式，老年人口增加將影響未來能源消費型態。該研究指出，從1972年開始德國每年的生育率皆較死亡率來得低，表示總人口數正在逐步下降；且因為生率的不斷下降，預計2030年65歲以上老年人口比例將較2005年的19% 提高到29%。人口結構變遷不只影響總消費，也會影響到其組成方式，由於老年人比較怕冷且較少使用交通工具，造成他們和年輕人的能源使用及溫室氣體排放量上的差異。就德國而論，人口老齡化會因為取暖需要(heating purpose)而增加能源消費，通常也會減少交通工具燃料的使用量，因此，老齡化會對家戶單位的能源消費結構產生影響，而消費結構改變也會影響產品部門產出。值得注意的是，石化產品的產出和其他燃料都會減少，但電力需求是增加的。當人口結構改變導致不同能源消費的改變時，溫室氣體排放也會受到影響，Kronenberg (2009)估計，德國的甲烷總排放量在2006年到2020年間增加了1.5%到2%，到

2030年仍然會比2006年多0.2%到0.6%。因此，德國到2030年以前不會減少能源使用和溫室氣體排放量。

Hamzan and Gilroy (2011)探討人口結構與經濟結構對住宅部門能源使用的影響，提供英國政府研擬能源政策參考。依據英國社區與地方政府的資料，老夫妻比獨居老人買較貴、較舒適且有效率的房屋居住。65歲以上老年人估計花85%的時間待在家中，85歲以上的老年人提高到90%。英國正經歷高齡化的過程，擁有自己房子的老年人繼續增加，但所得有所差異；較貧窮的人居住較無效率的房子，這些家戶需要改善能源使用效率，較富有的人居住效率較高的房子，但是他們花費在休閒的時間較高，導致碳排放量增加。該研究建議補助年長者加裝隔熱設備提高居住舒適度，也可減少碳排放量。

Brounen *et al.* (2012)使用三十多萬筆荷蘭家庭居住人口和家庭調查資料進行天然氣使用量與電力消費量的實證分析。荷蘭統計局提供每個家庭人口特徵的詳細資料，如戶長年齡、家庭人數、種族和年收入等。該研究估計兩條方程式，第一條估計能源消費量和住宅特性之間的關係；能源消費量包含天然氣與電力，而住宅特性包含住宅類型、建造周期、建築物的熱性能包含加熱系統和維護。第二條估計能源消費量和家戶人口結構特性之間的關係。分析結果顯示女性比男性偏好溫暖的環境，有孩童的家庭在天然氣的使用量多於單身或是只有夫妻兩人的家庭，但以人均消費量來看，有孩童的家庭天然氣使用量是低於後者的；而老年家戶單位在天然氣使用量上皆高於其他類型的家戶單位。另外，利用未來二十年的人口預測和能源使用量的關係作者推論出未來二十年，老年化社會將會增加2% 能源使用量，且未來移民人口將會提高天然氣使用量。如此，即使住宅能源不受物價上漲影響，人口老化與財富增加效果將抵消建築結構改善之能源效率提升效果。

Menz and Welsch (2012)使用26個OECD (經濟合作暨發展組織, 簡稱經合組織; Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)國家在1960-2005年期間的相關資料探討人口結構變遷與二氧化碳排放量之間的關聯性。考量不同人口世代在不同時期可能會有不同之能源消費型態, 而導致對二氧化碳排放的影響程度有所不同, 作者在迴歸式中加入世代結構變數, 研究結果指出人口世代及其所處之生命週期時點都是造成OECD國家二氧化碳排放量增加的原因。在人口結構變數方面, Menz and Welsch (2012)採用不同年齡區間人口占比, 包括: 15歲以下、15-29歲、30-44歲、45-59歲、60-74歲, 以及75歲以上。在世代結構方面, 採用人口出生於不同年代區間之占比, 分別為: 1920年以前出生、1921-40出生、1941-1960出生、及1960年後出生。縱橫資料模型(panel data model)估計結果顯示, 如果只使用不同年齡區間人口占比的變數, 15-29歲年齡層呈現正向影響, 而30-44歲及45-59歲兩個年齡層呈現負向影響。關於世代結構變數部分, 研究結果顯示加入世代結構變數後, 60-74歲區間的人口會進行較密集的碳活動, 這表示人口結構對碳排放的影響不只要考慮年齡區間, 也須考慮到出生的世代。

人口老化對二氧化碳排放量之影響, 主要是透過人均經濟活動量的變化而來。人口結構變遷導致經濟體系消費型態改變, 進而改變了單位產出的碳排放量。O'Neill and Chen (2002)指出對家計部門而言, 人口老化與碳排放量之間有正向關係, 因為老齡人口(65歲以上)獨居的可能性較高, 因此每人居住空間較大, 導致能源耗用較高及能源使用效率較低。類似的研究結論亦可見於Liddle and Lung (2010)、Rehdanz (2007)、及Yamasaki and Tominaga (1997)等。

對個人運輸來說, 年齡與運輸能源消費之間通常呈現“倒U”字型的關係, 換言之, 隨著年齡變大, 運輸能源消費呈現先增後減的型態(Carlsson-Kanayama and Lindén (1999); Johansson-Stenman *et al.* (2002); Pucher and Renne (2003); Liddle (2013)。在工業及商業部門方面, York (2007)發現老齡人口占比提高將導致工業及商業能源消費的增加, 因為老齡人口消費產品的製造或是配送過程耗用能源較多。

既有文獻普遍認為老齡化與能源消費成正比, 此外, 老齡化也會因為對環境的偏好不同而影響到污染的排放情況。理論上, 老齡人口應該比較不支持嚴格的環境標準, 因為嚴格的環境標準將導致現在必須承擔高生產成本, 但老齡人口享受較高環境品質的機會卻相對較少(Heijdra *et al.*, 2006)。實證上, Hersch and Viscusi (2006)、Israel and Levinson (2004)、Thalmann (2004)等文獻發現, 隨著年紀漸長, 對較佳環境品質的願付價格顯著降低。同時, 老齡人口對綠色租稅的接受程度較低。另外, Büttner and Grubler (1995)與O'Neill and Chen (2002)指出由於不同世代對環境的態度與生活型態不同, 因此在不同時點, 同樣年齡層的人口將會對環境有不同的影響程度。

Liddle (2013)針對OECD中22個國家於1960-2007年期間之時間序列橫斷面資料, 採STIRPAT¹架構並將人口分成四個主要年齡層: 20-34, 35-49, 50-69, 和70歲以上, 探討人口因素對交通運輸碳排放量和居民生活用電量的影響。研究結果顯示, 人口年齡結構對用電量的影響顯著且在不同年齡層有不同效果; 在交通運輸碳排放量上, 青壯年(20-34)年齡層是正向影響, 其他年齡層則有負向影響; 另外, 在居民用電方面, 年齡結構的影響呈現U型, 最小和最大的年齡層為正向關係, 而中間

¹分析人口對環境的影響經常使用Dietz and Rosa (1997)的STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology)架構, STIRPAT則建立在Ehrlich and Holdren (1971)的IPAT上: $I = PT^{\beta}$, 其中I為總環境影響, P為總人口, A富裕程度或人均消費, T為技術或影響每單位的消費。

年齡層則呈現負向關係。Liddle (2014) 進行人口因素對能源消費量和碳排放量影響的跨國實證研究，其考量之主要人口因素包括人口數、年齡結構、家庭大小、都市化和人口密度。研究發現人口彈性係數接近1，年齡結構影響不顯著、家庭大小、人口密度對能源消費量和碳排放量呈現負向影響，但都市化程度對能源消費量和碳排放量則呈現正向影響。

Schröder *et al.* (2013) 使用慶應義塾家戶追蹤調查資料(Keio Household Panel Survey, KHPS)，該資料提供家庭各方面訊息，例如，家庭組成、收入、支出、資產、就業、入學和生活方式，並提供家戶單位各種能源(電力、天然氣等)支出與能源總支出。由不同家庭規模的能源消費可推導出，兩位成人家庭的人均能源消費支出約占一位成人家庭的三分之二。該研究使用三千多筆樣本探討日本因家庭規模逐漸縮小，住宅部門能源需求將如何改變。估計結果顯示，在2005到2010年期間，日本家庭規模平均減少5%，而住宅部門能源需求平均增加4%。

林唐裕(2014)透過電話訪問進行65歲以上老年人用電情形的調查，並利用「2014年至2061年臺灣人口推計」中推計未來老年人的用電增量。李安妮等(2010)則利用經濟部能源局於2010年4-6月「臺灣地區住宅部門能源消費狀況調查」資料，分析不同性別用電行為的差異。

綜合以上的文獻回顧可以得知，老齡人口比例的增加會造成能源使用量的增加，而家庭規模的縮小也會造成住宅部門能源需求的增加。另外，老齡人口的增加對工商業部門能源消費量有增加的效果。整體而言，老齡人口對能源消費量有正向影響，其原因包括：Hamzan *et al.* (2011) 所強調的老年人在家時數高，以及 Yamasaki and Tominaga (1997) 所強調的老年人會用較多電器設備提升住家環境品質，如冷暖氣機、電梯；林唐裕(2014)強調的未來老年人口增加會使醫療與社會福利機構之數量增加，

且這些機構之用電量也會因為了照顧更多的老人而增加，也是主要的原因。

就OECD國家的家計部門而言，老齡人口的增加也造成碳排放量的增加。個人在交通運輸能源的使用上，年齡的增加對碳排放量的影響，呈現先增後減的型態。歐洲政府往往透過政策改善其碳排放量，針對老齡人口增加造成住宅能源的使用量增加，政府可透過補貼能源使用效率不佳的房屋，進行效率改善，達到降低碳排放的政策目標，而現階段除了可透過政策的補貼改善能源使用效率外，也可藉由人口預測與人口結構和能源使用量的關係，推估未來的老齡化社會將增加的能源使用量。

3. 迴歸模型

本文資料蒐集範圍為全臺25縣市(包含外島)自1990至2009年的縱橫資料(Panel Data)，其中包含由台灣電力公司提供的各縣市歷年表燈用電量(單位：度)和內政部戶政司提供歷年人口資料加以計算出老年人口比例(65歲以上)、幼年人口比例(0-14歲)以及工作年齡人口比例(15-64歲)。除表燈用電量和人口結構的資料外，其他控制變數依序為台電公司所提供的電價資料、由中華民國統計資訊網提供之平均每人可支配所得、人口總數、家庭規模、冷暖氣機和家用電腦數資料，溫度變數的資料來源則為大氣水文研究資料庫。以上變數除電價為全國資料外，其餘變數皆以縣市別作為最小單位。

我們就全國的角度分析人口結構變遷對用電需求的影響，同時也考慮區域特性，將模型設定區分為以下四個模型。

模型一為全國各縣市(排除外島)，排除外島的主要原因為澎湖縣、金門縣和連江縣外島的電價有額外補貼，將導致用電行為可能會有不同，故將其排除。

模型二為將全臺縣市區分成都市和非都市，劃分依據是將省轄市歸納為都市，其餘縣

市為非都市，其中將新北市視為都市，新北市雖不是省轄市但因人口眾多，也和臺北市的地理位置相近，因此模型二的設定是將新北市劃分為都市。

模型三則是將全臺縣市區分成都市和非都市，劃分依據是將省轄市歸納為都市，其餘縣市為非都市；模型四則是依據緯度將全臺劃分成北中南三區；詳細的模型區分的縣市別參見表1。

參考 Menz and Welsch (2012)，我們採用下列方程式進行推估：

$$E_{it} = \frac{E_{it}}{Y_{it}} \frac{Y_{it}}{POP_{it}} POP_{it} \quad (1)$$

其中， E_{it} 是國家 i 在第 t 年之表燈用電量， Y_{it} 是國家 i 在第 t 年之所得水準(GDP)， POP_{it} 是國家 i 在第 t 年之總人口數。如果以 a 代表上式等號右邊的第一項(代表一國之表燈用電密集度)、 y 代表第二項(代表人均所得)，則上式可以表示為

$$E_{it} = a_{it} y_{it} POP_{it} \quad (1a)$$

將上式取對數後，可以得到

$$\ln E_{it} = \ln a_{it} + \ln y_{it} + \ln POP_{it} \quad (1b)$$

事實上，表燈用電密集度受到很多因素影

響，可用以下關係式表示：

$$a_{it} = f(y_{it}, POP_{it}, AC_{it}, CC_{it}, CONTROLS_{it}) \quad (2)$$

其中， AC 是年齡結構(age composition)， CC 是世代結構(cohort composition)， $CONTROLS$ 是其他控制變數。

綜合起來，表燈用電密集度可以表示為以下方程式，

$$\ln a_{it} = (\beta_1 - 1) \ln y_{it} + \beta_2 (\ln y_{it})^2 + (\beta_3 - 1) \ln POP_{it} + \beta_4 AC_{it} + \beta_5 CC_{it} + \beta_6 CONTROLS_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

將此式帶入1(b) 可得到

$$\ln E_{it} = \beta_1 \ln y_{it} + \beta_2 (\ln y_{it})^2 + \beta_3 \ln POP_{it} + \beta_4 AC_{it} + \beta_5 CC_{it} + \beta_6 CONTROLS_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中， E_{it} 是地區 i 在第 t 年之表燈用電量， y_{it} 是地區 i 在第 t 年之人均所得水準， POP_{it} 是地區 i 在第 t 年之人口數。年齡結構變數是採用老年人口比例與幼年人口比例兩項變數²。

根據(4)，迴歸式可設定如下：

$$\ln ele_{it} = \beta_0 + \beta_1 le_{it-1} + \beta_2 price + \beta_3 \ln income_{it} + \beta_4 (\ln income_{it})^2 + \beta_5 \ln POP_{it} + \beta_6 old_{it} + \beta_7 child_{it} + \beta_8 familysize_{it} + \beta_9 aircon_{it} + \beta_{10} compu_{it} + \beta_{11} eff_{it} + \beta_{12} temp_{it} + \varepsilon_{it}$$

表1 模型分類說明

Model 1	全國各縣市 (排除外島)	
Model 2 (都會區含 新北市)	都會區	臺北市、基隆市、新竹市、臺中市、嘉義市、臺南市、高雄市、 新北市
	非都會區	宜蘭縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、臺中縣、彰化縣、南投縣、 雲林縣、嘉義縣、臺南縣、高雄縣、屏東縣、臺東縣、花蓮縣
Model 3 (都會區不含 新北市)	都會區	臺北市、基隆市、新竹市、臺中市、嘉義市、臺南市、高雄市
	非都會區	新北市、宜蘭縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、臺中縣、彰化縣、 南投縣、雲林縣、嘉義縣、臺南縣、高雄縣、屏東縣、臺東縣、 花蓮縣
Model 4 (緯度分)	北	臺北市、新北市、宜蘭縣、桃園縣、新竹縣、基隆市、新竹市
	中	苗栗縣、臺中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、花蓮縣、臺中市
	南	嘉義縣、臺南縣、高雄縣、屏東縣、臺東縣、嘉義市、臺南市、 高雄市

資料來源：中央氣象局及本研究整理(註：行政區域名稱未改制前之名稱)

²由於本文無法取得詳細的個體家戶資料，因此無法估算出世代效果對用電量造成的影響。

其中， $\ln ele_{it}$ 應變數為縣市 i 在 t 年的表燈用電量取自然對數。自變數依序為 $\ln ele_{i,t-1}$ 為縣市 i 在第 $t-1$ 年的表燈用電量取自然對數，因考量模型殘差可能存在自我相關，因此在自變數中加入應變數的落後一期變數； $price$ 為電價； $\ln income_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的可支配所得取自然對數； $(\ln income_{it})^2$ 為縣市 i 在第 t 年的可支配所得取自然對數之平方項； $\ln POP_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的人口數取自然對數； old_{it} 為縣市 i 在第 t 年的老年人口占比； $child_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的幼年人口占比； $family size_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的平均每戶家庭人數； $aircon_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的平均每百戶冷氣數量； $\beta_{10} compu_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的平均每百戶電腦數量； eff_{it} 為縣市 i 在第 t 年的電力效率； $temp_{it}$ 為縣市 i 在第 t 年的溫度。

$\ln income_{it}$ (人均所得水準) 及 $\ln POP_{it}$ (縣市人口數) 因為迴歸估計式推導關係取成自然對數，其他變數是否取自然對數或是將變數平方，取決於這些變數與應變數間之關係；當這些變數與表燈用電量之間呈現的關係並非單純線性時，可以考慮適當轉換。

接下來說明應變數迴歸係數的意義、變數處理的方式以及變數的資料來源。所得變數的迴歸係數反映，所得增加後對用電量的影響；電價變數迴歸係數可用來說明電價調整對用電量的影響方向與幅度；人口變數係數可解釋人口數變動對用電量的影響方向與幅度。

老年人口比例變數迴歸係數可以反映當老年人口比例變動時對表燈用電量的影響，我們的模型同時考慮老年人口比例 (old) 和幼年人口比例 ($child$) 兩項變數。根據國發會人口推計報告，未來臺灣老年人口比例將升高，而少子化現象將使得幼年人口比例降低。當老年人口比例變數迴歸係數為正時，表示老年人口占比的增加會對用電量產生正向影響。幼年人口將逐漸減少，如果幼年人口比例變數迴歸係數為負時，幼年人口占比減少對用電量有正向影響。

臺灣地區的家庭規模逐漸縮小，由1998年的每戶平均3.77人降至2014年的3.15人，家庭戶

數則由六百多萬增加至八百萬戶。根據Faiella (2011)與Schröder *et al.* (2013)，假設總人口數不變，家庭規模縮小隱含家戶數增加，將導致電力使用的規模不經濟。因此，理論上家庭規模變數的迴歸係數應為負值，亦即每戶平均人數減少會提高用電量。

每百戶冷暖氣機數和每百戶家用電腦數代表每家庭電量耗用較多的電器產品。這兩項變數的迴歸係數應為正值。電力效率變數則是要凸顯在時間序列的資料中，用來解釋技術變動對歷年用電量的影響。電力效率變數以表燈用電量/(總人口數*人均居住面積)，人均居住面積其定義為平均每人所享用的住宅坪數，計算公式為平均每戶建坪除平均每戶人數，其中每戶建坪不包含空屋面積。因此，電力效率變數是以每坪的用電量來衡量。如果其迴歸係數為正值，表示當單位每坪的用電量減少時，亦即當電力效率提升時，總用電量會減少。

溫度變數是利用大氣水文資料庫從西元1990年至2009年在不同縣市的測站下，每月平均最高溫度超過28度的正值部分做加總，所計算出的數值即為模型中該縣市溫度變數中使用的數值。由於不是每個縣市都有其隸屬的測站，如遇此狀況，我們以相鄰縣市的溫度數值做為該縣市數值，例：新竹縣沒有測站，故以新竹市資料替代。由於臺灣位於亞熱帶，夏天天氣炎熱，溫度較高，冷氣空調的需求較大，所以溫度變數對表燈用電量之影響應為正向。

4. 敘述統計

本節說明自1990年起，臺灣的人口結構變遷情形，以及表燈用電量、用電效率、人均用電量與電價等資料。

如圖1所示，臺灣幼年人口(0-14歲)占比從1990年的27.1%逐步降至2014年的14.0%，人口數也呈現相同趨勢。圖2顯示工作年齡(15-64歲)人口占比從1990年的66.7%增加至2014年的74.0%，這幾年呈現穩定的狀態，人口數也有

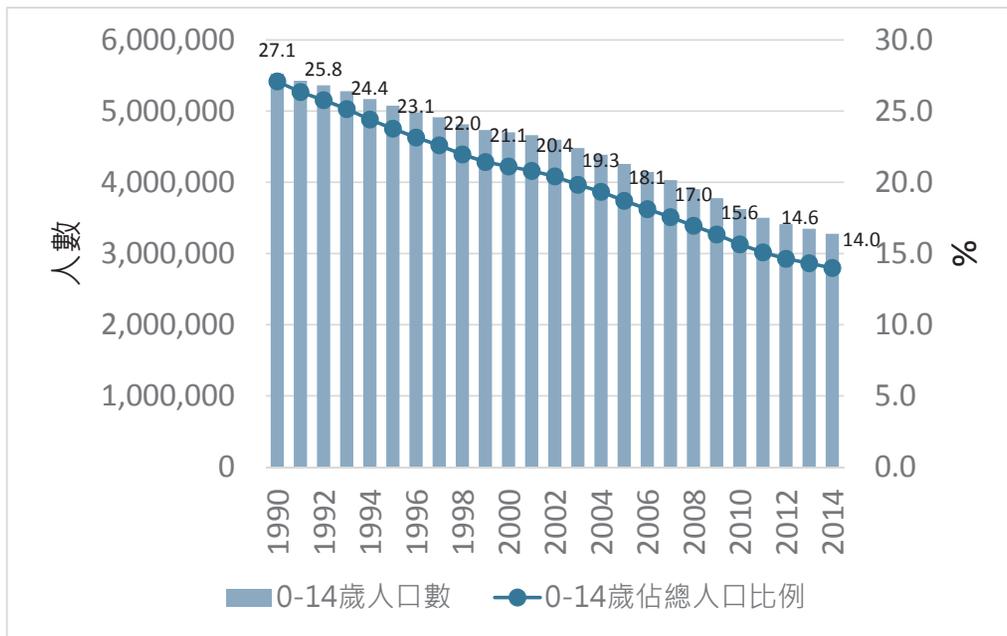


圖1 西元1990年-2014年幼年人口比例(0-14歲)
資料來源：內政部戶政司

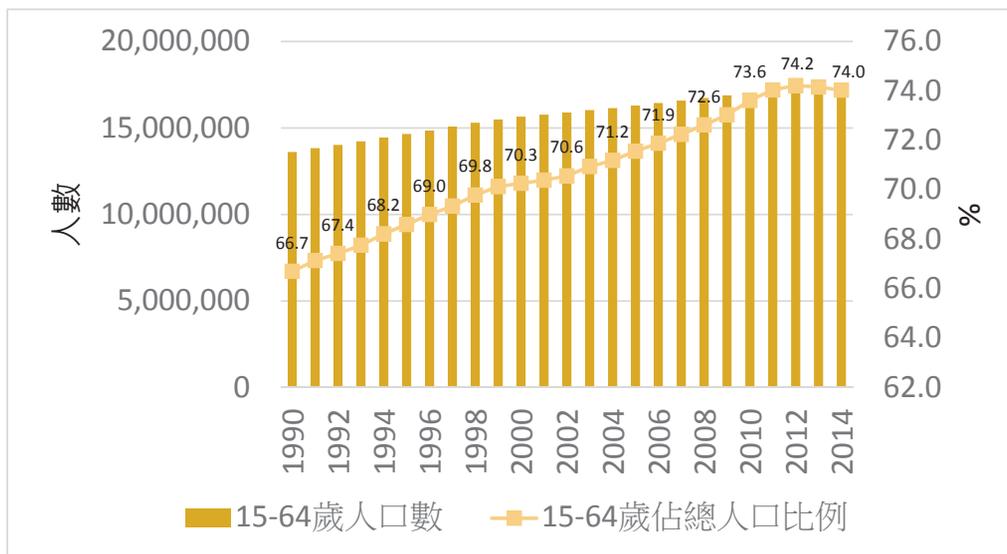


圖2 西元1990年-2014年工作年齡人口比例(15-64歲)
資料來源：內政部戶政司

相同的趨勢。圖3則顯示老年人口(65歲以上)占比由1990年的6.2% 逐步增加至2014年12.0%，人口數也有相同的趨勢。臺灣在過去二十餘年，幼年人口與老年人口呈現彼消此漲的趨勢，在2014年，老年人口占比已達12%，只差幼年人口占比兩個百分點(如圖4)。

根據聯合國世界衛生組織的定義，六十五歲以上老年人口占總人口的比例達百分之七

時，稱為「高齡化社會(ageing society)」，達到百分之十四時稱為「高齡社會(aged society)」，達到百分之二十時，則稱為「超高齡社會(super-aged society)」。根據行政院國發會推計結果，臺灣將於2018年達到14%，邁入高齡社會。

圖5顯示臺灣地區(不含離島)的表燈用電量及電力效率。本研究將電力效率定義為表燈用

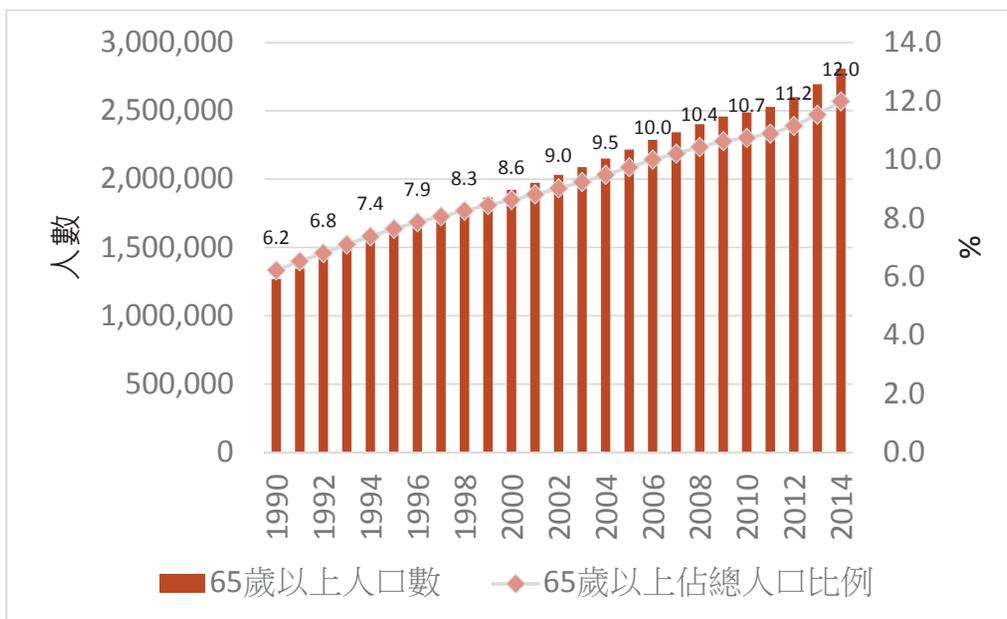


圖3 西元1990年-2014年老齡人口比例(65歲以上)
資料來源：內政部戶政司

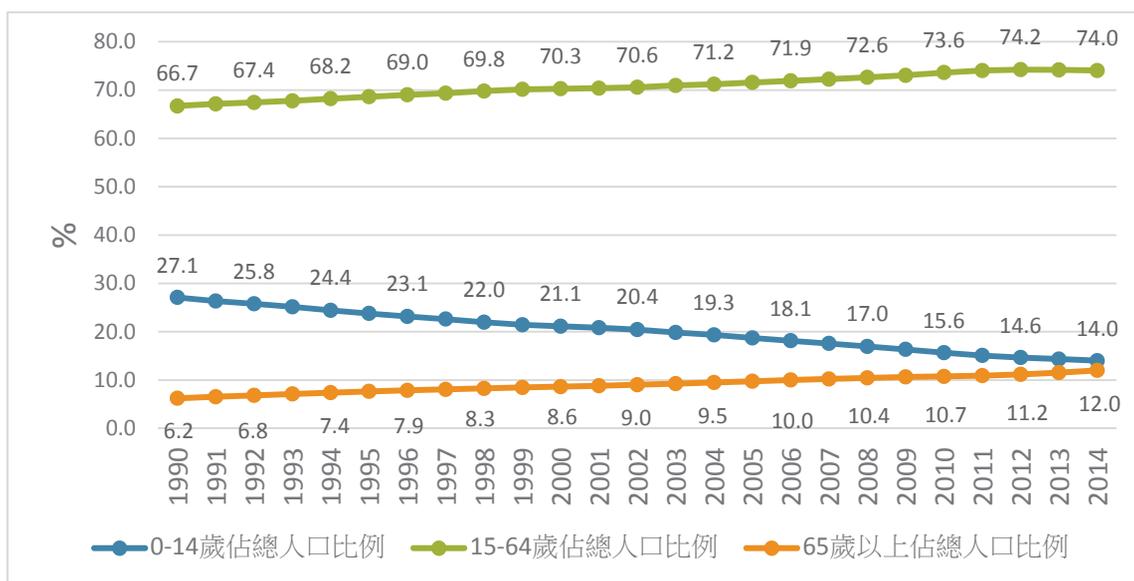


圖4 西元1990年-2014年人口結構
資料來源：內政部戶政司

電量除總居住面積。表燈用電量從1998年的448億度逐年增長至2014年的590億度。電力效率指標在1998年至2005年呈現上升趨勢，表示每坪用電量增加，電力效率下降；從2005年至2013年，每坪用電量下降，電力效率提升。

圖6顯示人均用電量由1990年的每人平均使用1.10千度上升至2013年的2.56千度，表示每人用電是逐年增加中；2008年前，電價維持

在每度兩塊多，2008年後，電價才逐漸上漲到2013年每度3.12元的水準。

如圖7所示，北、中、南三區的平均戶內人口數，亦即家庭規模，均逐漸下降。

5. 實證結果

本節說明模型一至四的迴歸結果，也將重

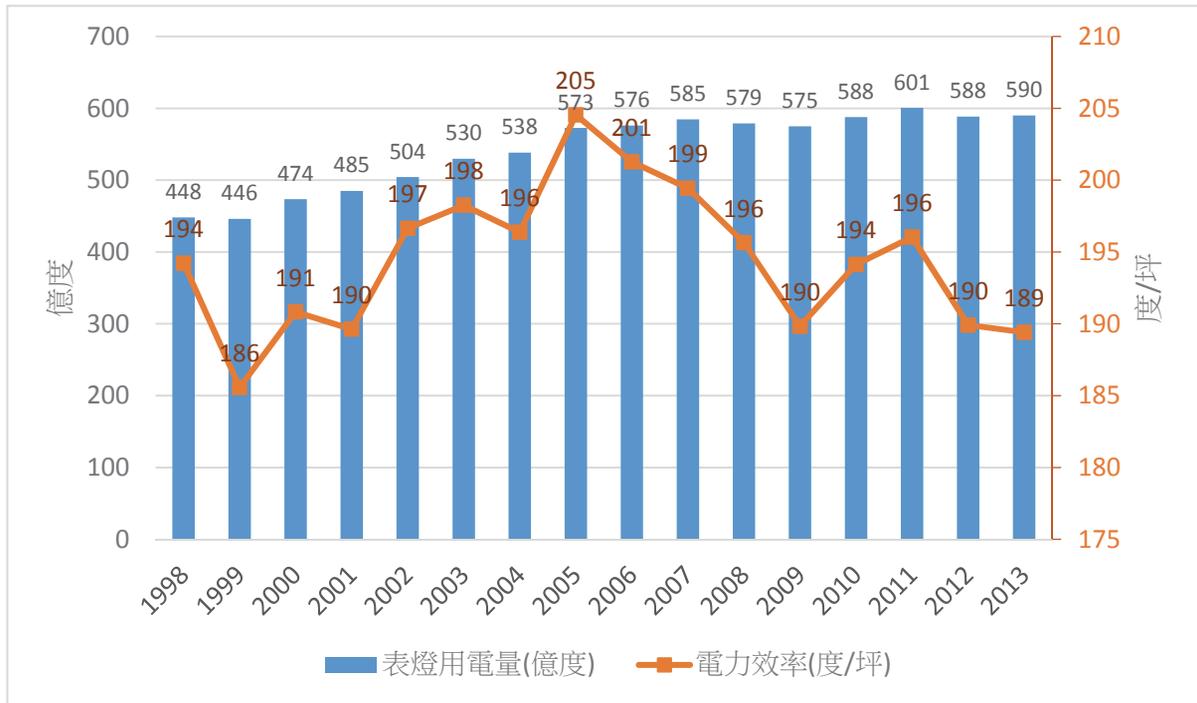


圖5 西元1998年至2013年表燈用電量和電力效率(不含離島)
資料來源：台灣電力公司

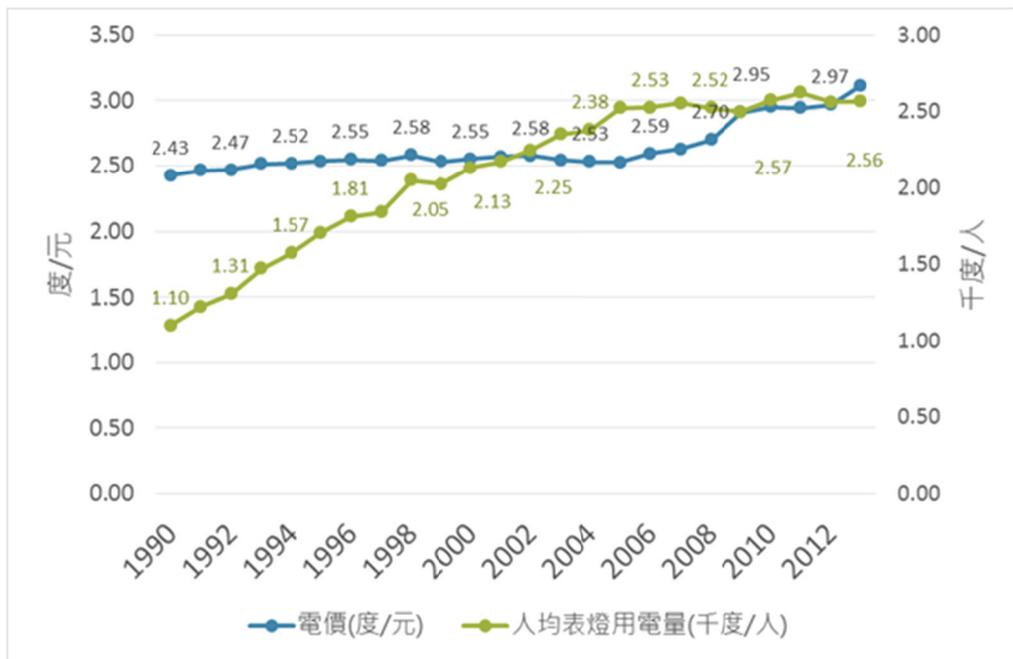


圖6 西元1990年至2013年人均用電量與電價(不含離島)
資料來源：臺灣電力公司

要變數對用電量的影響方向整理成表2，詳細的實證結果置於附錄。

關於電價對用電量之影響，考量係數 β_2 為電價的迴歸係數(單位為：新臺幣元/度)，

表示當電價每度上漲一元時，用電量變動 $\beta_2 \cdot 100\%$ 。例如，如果原來電價為每度3元，模型一估計之係數值為-0.09，表示當電價上漲一元時(即上漲 33.3%)，用電量將下降9%。模型

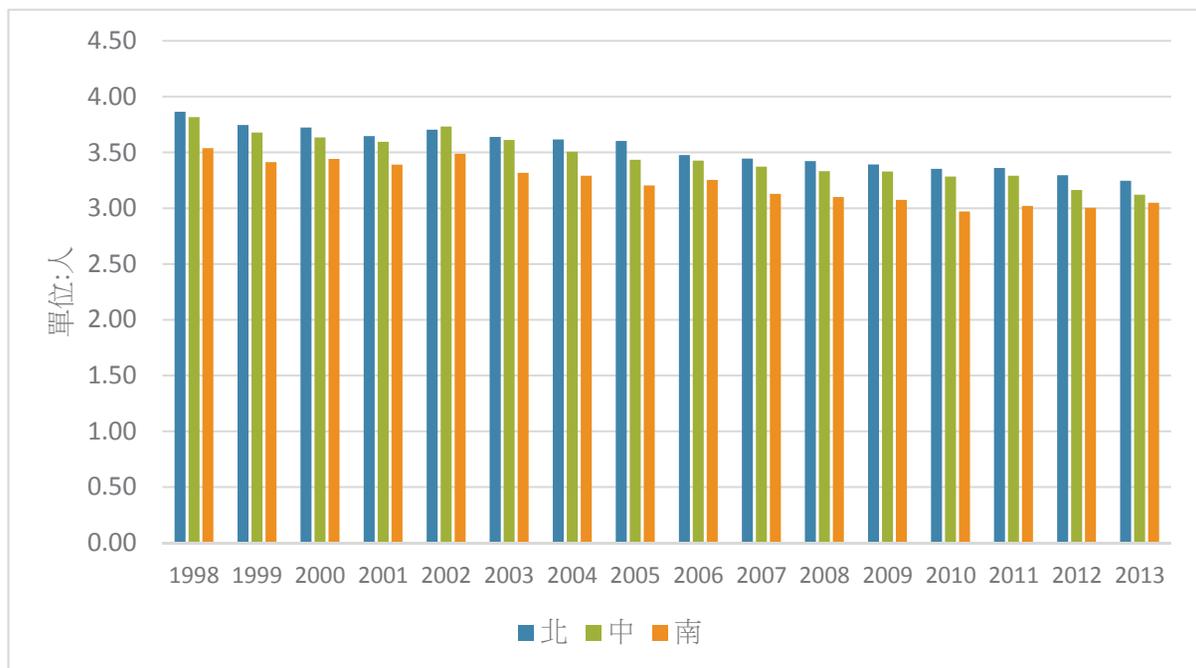


圖7 西元1998至2013年北、中、南部平均戶內人口數
資料來源：中華民國統計資訊網

一至模型四均呈現電價對用電量皆為負向顯著影響的結果，表示電價上漲對減少用電量有顯著效果。模型二和三的迴歸結果顯示電價上漲一元將使都會區用電量下降14%，高於非都會區。模型四則推估出電價上漲一元，北、中部用電量將分別下降15%與19%。

在所得影響部分，根據模型一的迴歸結果可推導出用電量的所得彈性 $(d \ln e_{it}) / (d \ln income_{it}) = \beta_3 + 2 \times \beta_4 = 3.2395 + 2 \times (-0.1315) = 2.9764$ ，表示當所得增加1%時，表燈用電量將增加2.98%，且此影響是顯著的。模型四的北區也顯示所得對用電量有顯著影響；其餘模型中的所得變數對用電量的影響都不顯著。

係數 β_6 代表老齡人口占比對用電量之影響，其意義解釋如下：模型中老年人口占比是百分點資料，亦即老年人口占比如為10%，代入數值為10。老年人口占比增加1表示老年人口占比從10%增加為11%，增加的比率為百分之十，用電量則變動 $\beta_6 \cdot 100\%$ 。迴歸結果指出模型二中的都會區與模型四中的北區，老年人口占比增加都對用電量有正向的顯著影響，其餘地區影響不顯著。模型二的都會區，當老年

人口占比增加1時，用電量增加3.65%；模型四的北區，則為6.86%。我們認為北中南部的住宅型態不同，可能影響老年人的用電行為。根據民國99年內政部營建署資料，北高兩區住宅型態有明顯的不同，臺北市的公寓或大廈占68.2%，高雄市則以連棟式、獨棟式住宅共占58.42%。老年人的行動較不方便，北部家中若有老年人，電梯使用率可能較高。另外，相較於中南部，北部冬天較冷夏天較熱，老年人待在家裡時間長，冷暖氣機的使用量也可能較高。

在幼年人口占比對用電量影響部分，只有模型四的北、中區有顯著的影響，其中北區為正向影響，但中區為負向影響。具體而言，當幼年人口占比減少1時(如從20%減為19%，減少的比率為百分之五)，北部用電量減少1.74%，但中部用電量增加2.24%。我們認為北部除住宅型態多為大樓建物外，加上交通安全因素或是公園綠地面積較少，孩童待在家中時間較長，導致家中電器產品使用的時間增加，因此，隨幼年人口占比下降，北部用電量會減少，中南部情況相反，但南部的影響不顯著。

表2 模型1至模型4重要變數之迴歸係數

	變數	電價	所得	所得平方項	老年比例	幼年比例	家庭規模
1	全國 (排除外島)	-0.0930*** (0.0236)	3.2395* (1.6743)	-0.1315* (0.0676)	0.0081 (0.0059)	-0.0046 (0.0038)	-0.0607*** (0.0155)
2	都會區 (含新北市)	-0.1439*** (0.0394)	3.7547 (3.276)	-0.1462 (0.1308)	0.0365** (0.0146)	0.0025 (0.008)	-0.0686** (0.0272)
	非都會區	-0.0914*** (0.0286)	-1.0229 (3.8092)	0.0416 (0.1552)	0.0040 (0.0063)	-0.0053 (0.0044)	-0.0587*** (0.0176)
3	都會區 (不含新北市)	-0.1454*** (0.0408)	3.5902 (3.2866)	-0.1399 (0.1313)	0.0238 (0.0161)	-0.0070 (0.009)	-0.0609** (0.0283)
	非都會區	-0.0738** (0.029)	1.5198 (3.6925)	-0.0627 (0.1503)	0.0058 (0.0065)	-0.0005 (0.0044)	-0.0644*** (0.0181)
4	北	-0.1524*** (0.0478)	5.1641* (2.9283)	-0.2062* (0.1171)	0.0686*** (0.0147)	0.0174*** (0.0064)	-0.0949*** (0.0331)
	中	-0.1927*** (0.0441)	-4.8654 (4.4138)	0.1958 (0.179)	-0.0029 (0.1524)	-0.0224*** (0.007)	-0.0572** (0.0234)
	南	-0.0561 (0.0455)	1.7534 (3.5514)	-0.0679 (0.1445)	-0.0545** (0.0084)	-0.0124 (0.0076)	-0.0545** (0.0236)

註：*表 p-value < 0.1；**表 p-value < 0.05；***表 p-value < 0.01

註：括弧內為標準誤

資料來源：中央氣象局及本研究整理

最後，所有模型在家庭規模部分的推估結果皆顯示隨家庭規模降低，用電量將顯著增加，此結果與既有文獻的結論一致，家庭人口數與用電量呈現負相關。

以上的迴歸分析結果整理成表2。

6. 結 論

我們提出四個迴歸模型探討臺灣人口結構變遷對用電量之影響，我們發現四個模型皆顯示電價對用電量呈現顯著負向影響，表示電價上漲對用電減量具有顯著效果。根據模型二和三的迴歸結果，電價上漲一元將導致都會區用電量下降14%，模型四迴歸結果則顯示北、中部用電量將分別下降15%與19%，可能是因為非都會區的用電量比較接近基本用電量，所以當電價調高時，其用電量的減少幅度有限。由於我國經濟發展型態屬於電力密集型，電能密集度偏高，而當所得產生重大變動時對我國經濟會產生重大影響，所得影響由模型一的迴

歸結果顯示，就全國而論，所得對用電量有顯著的正向影響；模型四的北區也有類似情況，但各模型其他部分的所得變數對用電量的影響皆不顯著。類似的結論可以由李涵茵(1995)得到論證，該文章使用臺灣動態一般均衡模型與超對數和Cobb-Douglas模型，也得到所得對用電量有顯著正向影響的結論。關於老年人口占比之影響，模型二的都會區與模型四的北區，老年人口占比增加都對用電量有正向的顯著影響，但模型中的其他地區(包括全國)，老年人口占比之影響都不顯著。在幼年人口占比部分，只有模型四的北、中區有顯著影響，但影響方向並不一致，北區為正向影響，中區為負向影響。最後，所有模型皆顯示隨家庭規模降低，用電量將增加，因臺灣從1990年後的住宅型態朝著小家庭發展，戶數增加因素影響住宅部門電力需求增加。

本研究結果可提供政府相關部門推估臺灣各區域未來用電需求之參考。根據以上研究結論，我們可以發現北部地區未來電力需求可能

高於未考量人口結構與家庭結構變遷的評估。北部的電力供給，在核四廠封存計畫不變的情況下，未來協和電廠一、二機預定在106年11月除役，加上核一廠、核二廠如期除役，北區電力供需失衡的情況可能更加嚴重，政府相關部門應儘早研擬妥善的因應對策。

由於本研究所使用的資料為總體資料，無法研究個人的用電影響狀況，未來可以加入家庭收支調查資料，以作為本研究之延伸。

參考文獻

- 中央氣象局，<http://www.cwb.gov.tw/V7/forecast/>，資料擷取日期為2016年11月。
- 內政部戶政司全球資訊網 <http://www.ris.gov.tw/346>，資料擷取日期為2016年11月。
- 李安妮，侯仁義與柯亮群(2010)，「能源消費及節能意識之性別差異分析」，臺灣綜合研究院。
- 李涵茵(1995)，「電價與所得變動對電力需求之影響探討」，臺灣綜合研究院。
- 林唐裕(2014)，「因應不確定性因素情境下電力負載預測之研究」，台電綜合研究所委託研究計畫。
- Büttner, T., & Grübler, A. (1995). The birth of a “Green” generation?: Generational dynamics of resource consumption patterns. *Technological Forecasting and Social Change*, 50(2), 113-134.
- Brounen, Dirk, Nils Kok and John M. Quigley (2012) “Residential energy use and conservation: Economics and demographics.” *European Economic Review* 56.5: 931-945.
- Carlsson-Kanyama, A., & Linden, A. L. (1999). Travel patterns and environmental effects now and in the future:: implications of differences in energy consumption among socio-economic groups. *Ecological Economics*, 30(3), 405-417.
- Dietz, Thomas and Eugene A. Rosa (1997) “Effects of population and affluence on CO₂ emissions.” *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 94, 175-179.
- Ehrlich, Paul R. and John P. Holdren (1971) “The impact of population growth.” *Science*, 171, 1212-1217.
- Faiella, I. (2011). The demand for energy of Italian households. *Bank of Italy Temi di Discussione (Working Paper) No*, 822.
- Hamzan, Neveen and Rose Gilroy (2011) “The challenge to UK energy policy: An ageing population perspective on energy saving measures and consumption.” *Energy Policy* 39: 782-789.
- Heijdra, Y. F., Van Helvoort, H. A., Thijs, H. M., Viña, J., Wanten, G. J., & Dekhuijzen, P. R. (2006). Exercise-induced systemic effects in muscle-wasted patients with COPD. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1543.
- Hersch, J., & Viscusi, W. K. (2006). The generational divide in support for environmental policies: European evidence. *Climatic Change*, 77(1-2), 121-136.
- Israel, D., & Levinson, A. (2004). Willingness to pay for environmental quality: testable empirical implications of the growth and environment literature. *Contributions in Economic Analysis & Policy*, 3(1).
- Johansson-Stenman, O., Carlsson, F., & Daruvala, D. (2002). MEASURING FUTURE GRANDPARENTS' PREFERENCES FOR EQUALITY AND RELATIVE STANDING. *The Economic Journal*, 112(479), 362-383.
- Kronenberg, Tobias, (2009) “The impact of demographic change on energy use and greenhouse gas emissions in Germany.” *Ecological Economics* 68.10: 2637-2645.

- Liddle, Brantley and Sidney Lung (2010) "Age structure, urbanization, and climate change in developed countries: Revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts." *Population and Environment* 31(5): 317-343.
- Liddle, Brantley (2013) "Consumption-driven environmental impact and age structure change in OECD countries: A cointegration-STIRPAT analysis." *Demographic Research* 24: 749-770.
- Liddle, Brantley (2014) "Impact of population, age structure, and urbanization on carbon emissions/energy consumption: evidence from macro-level, cross-country analyses." *Population and Environment* 35.3: 286-304.
- Menz, Tobias and Heinz Welsch (2012) "Population aging and carbon emissions in OECD countries: Accounting for life-cycle and cohort effects." *Energy Economics* 34, 842-849.
- O'Neill, Brian C. and Belinda S. Chen (2002) "Demographic determinants of household energy use in the United States." *Population and Development Review* 28, 53-88.
- Pucher, J., & Renne, J. L. (2003). Socioeconomics of urban travel: evidence from the 2001 NHTS. *Transportation Quarterly*, 57(3), 49-77.
- Rehdanz, K. (2007). Determinants of residential space heating expenditures in Germany. *Energy Economics*, 29(2), 167-182.
- Schröder, C., Rehdanz, K., Narita, D., & Okubo, T. (2013). *Household formation and residential energy demand: Evidence from Japan* (No. 1836). Kiel Institute for the World Economy (IfW).
- Schröder, Carsten, Katrin Rehdanz, Daiju Narita and Toshihiro Okubo (2013) "Household formation and residential energy demand: Evidence from Japan." No. 1836. Kiel Working Paper.
- Thalmann, P. (2004). The public acceptance of green taxes: 2 million voters express their opinion. *Public Choice*, 119(1-2), 179-217.
- Yamasaki, E., & Tominaga, N. (1997). Evolution of an aging society and effect on residential energy demand. *Energy policy*, 25(11), 903-912.
- York, R. (2007). Demographic trends and energy consumption in European Union Nations, 1960-2025. *Social science research*, 36(3), 855-872.

附錄：各模型實證結果

	MODEL 1	MODEL 2		MODEL 3	
	全國 (排除外島)	都會區 (含新北市)	非都會區	都會區 (不含新北市)	非都會區
表燈用電量_1	0.4174*** (0.0467)	0.0114 (0.0968)	0.4619*** (0.053)	0.0323 (0.1018)	0.4853*** (0.0535)
電價	-0.0930*** (0.0236)	-0.1439*** (0.0394)	-0.0914*** (0.0286)	-0.1454*** (0.0408)	-0.0738** (0.029)
所得	3.2395* (1.6743)	3.7547 (3.276)	-1.0229 (3.8092)	3.5902 (3.2866)	1.5198 (3.6926)
所得平方	-0.1315* (0.0676)	-0.1462 (0.1308)	0.0416 (0.1552)	-0.1399 (0.1313)	-0.0627 (0.1504)
人口數	0.3517*** (0.1029)	1.3513*** (0.2549)	0.1845 (0.1183)	1.2903*** (0.264)	0.1645 (0.1223)
老年比	0.0081 (0.0059)	0.0365** (0.0146)	0.0040 (0.0063)	0.0238 (0.0161)	0.0058 (0.0065)
幼年比	-0.0046 (0.0038)	0.0025 (0.008)	-0.0053 (0.0044)	-0.0070 (0.009)	-0.0005 (0.0044)
家庭規模	-0.0607*** (0.0155)	-0.0686** (0.0272)	-0.0587*** (0.0176)	-0.0609** (0.0283)	-0.0644*** (0.0181)
冷氣機	0.0008*** (0.0002)	0.0012*** (0.0003)	0.0003 (0.0002)	0.0013*** (0.0004)	0.0005** (0.0002)
電腦	0.0006* (0.0003)	0.0004 (0.0005)	0.0013*** (0.0004)	0.0002 (0.0005)	0.0011*** (0.0004)
電力效率	0.0014*** (0.0002)	0.0014*** (0.0003)	0.0015*** (0.0003)	0.0014*** (0.0003)	0.0014*** (0.0003)
溫度	0.0031*** (0.0007)	0.0020* (0.0012)	0.0043*** (0.0008)	0.0030** (0.0013)	0.0034*** (0.0008)
截距項	-12.3253 (10.6803)	-21.6898 (21.5139)	15.2528 (23.897)	-19.9243 (21.543)	-0.5633 (23.1917)

註：*表 p-value < 0.1；**表 p-value < 0.05；***表 p-value < 0.01

註：表燈用電量_1為應變數表燈用電量的落後一期

註：括弧內為標準誤

	MODEL 4		
	北	中	南
表燈用電量_1	0.1162 (0.0958)	0.4375*** (0.086)	0.3421*** (0.0802)
電價	-0.1524*** (0.0478)	-0.1927*** (0.0441)	-0.0561 (0.0455)
所得	5.1641* (2.9283)	-4.8654 (4.4138)	1.7534 (3.5514)
所得平方	-0.2062* (0.1171)	0.1958 (0.179)	-0.0679 (0.1445)
人口數	1.6090*** (0.2998)	-0.1792 (0.1524)	0.4019** (0.1844)
老年比	0.0686*** (0.0147)	-0.0029 (0.0082)	-0.0034 (0.0084)
幼年比	0.0174*** (0.0064)	-0.0224*** (0.007)	-0.0124 (0.0076)
家庭規模	-0.0949*** (0.0331)	-0.0572** (0.0234)	-0.0545** (0.0236)
冷氣機	0.0011*** (0.0003)	-0.0001 (0.0003)	0.0006** (0.0003)
電腦	0.0000 (0.0005)	0.0014*** (0.0005)	0.0008 (0.0005)
電力效率	0.0015*** (0.0003)	0.0012*** (0.0004)	0.0016*** (0.0003)
溫度	0.0017 (0.002)	0.0051*** (0.0015)	0.0043*** (0.0008)
截距項	-36.2475 (18.82)	45.4266 (27.8657)	-2.7117 (22.5012)

註：*表 p-value < 0.1；**表 p-value < 0.05；***表 p-value < 0.01

註：表燈用電量_1為應變數表燈用電量的落後一期

註：括弧內為標準誤

The Effects of Population Structure Change on Housing Electricity Demand in Taiwan

Dachrahn Wu^{1*} Chi-Yuan Liang² Shih-Mo Lin³ Jin-Long Liu⁴
Ming-Cheng Wang⁵ Chia-Fen Tien⁶ Bo-Han Chang⁶

ABSTRACT

This paper proposes four models to analyze the effects of population structure change on housing electricity demand of Taiwan. We find that electricity price has a significant negative effect on housing electricity demand. Higher incomes can raise the demand of housing electricity in Whole Taiwan, and in Northern areas. The increase of aging population ratio leads to an increase of the housing electricity consumption in urban areas and Northern areas. The decrease of childhood population ratio reduces the housing electricity demand of Northern areas but raises the demand of Middle areas. Finally, the family size has a significant negative effect on housing electricity consumption.

Keywords: Population structure change, Housing electricity demand.

¹ Professor, Department of Economics, National Central University.

² Researcher, The Research Center for Taiwan Economic Development, National Central University.

³ Professor, Department of International Business, Chung Yun Christian University.

⁴ Professor, Graduate Institute of Industrial Economics, National Central University.

⁵ Associate Professor, Department of Economics, National Central University.

⁶ Master student, Department of Economics, National Central University.

*Corresponding Author, Phone: 03-4275142, E-mail: drwu@mgt.ncu.edu.tw

Received Date: November 17, 2016

Revised Date: January 20, 2017

Accepted Date: April 13, 2017