



攝影：周裕豐

臺灣能源工程模型：住服部門

2017年9月(暫定)

郭瑾璋、溫珮伶、徐昕煒、周裕豐、李孟穎

工研院 綠能與環境研究所

臺灣能源工程模型：住服部門

2017 年 9 月

內容

一、前言	2
二、住服部門能源服務需求推估模式	2
(一) 空調能源服務需求	3
(二) 照明能源服務需求	5
(三) 熱水能源服務需求	6
(四) 烹調能源服務需求	6
(五) 冰箱能源服務需求	7
(六) 其他插電設備	7
(七) 其他燃料設備	7
三、住服部門技術資料庫	8
(一) 空調技術資料庫	10
(二) 照明技術資料庫	13
(三) 熱水技術資料庫	15
(四) 烹調技術資料庫	17
(五) 冰箱技術資料庫	19
參考文獻	21

一、前言

臺灣 TIMES 能源工程模型是在滿足能源服務需求下，以最低成本進行規劃之能源供需系統。因此，能源服務需求為 TIMES 模型重要的外生參數，亦為模型規劃未來長期能源供需展望的主要驅動力。能源服務需求 (Energy Service Demand; ESD) 的定義係指對於能源服務之需求，亦為能源所能提供之服務。在臺灣 TIMES 能源工程模型中，將能源服務需求區分為三大部門：工業部門、住宅與服務業部門及運輸部門。由於模型技術資料庫相當龐大且複雜，本文將 (1) 依住服部門技術別說明能源服務需求之推估模式、(2) 介紹 TIMES 模型住服部門技術資料庫的技術設定。

二、住服部門能源服務需求推估模式

住服部門能源服務需求，主要受到國家經濟發展程度與建築物空間影響 (IEA, 2012)。檢視我國服務業部門與人口、經濟活動之關係，服務業能源消費自 2000 年到 2014 年年平均成長率為 2.22%，而服務業 GDP 年平均成長率亦為 2.55%，可得知服務業能源消費量與 GDP 呈現正向相關。住宅部門之能源服務需求，則與家庭型態及住宅使用空間有關。簡單的說，應可藉由人們的活動場域來推算住服部門的能源耗用。

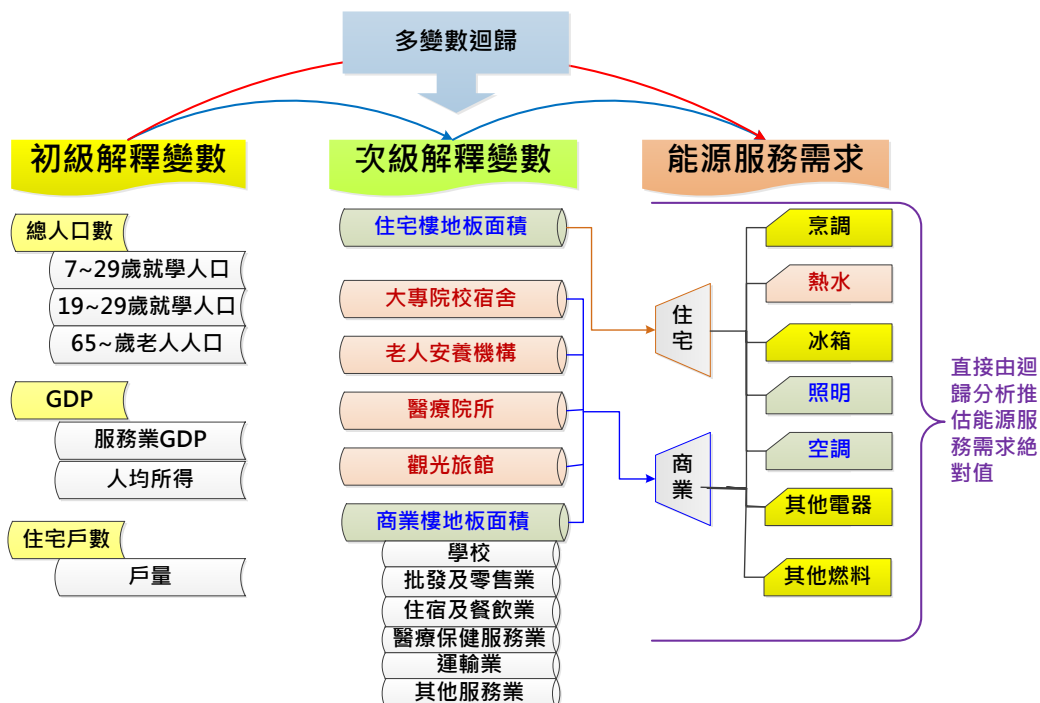


圖 1、住服部門能源服務需求推估示意圖

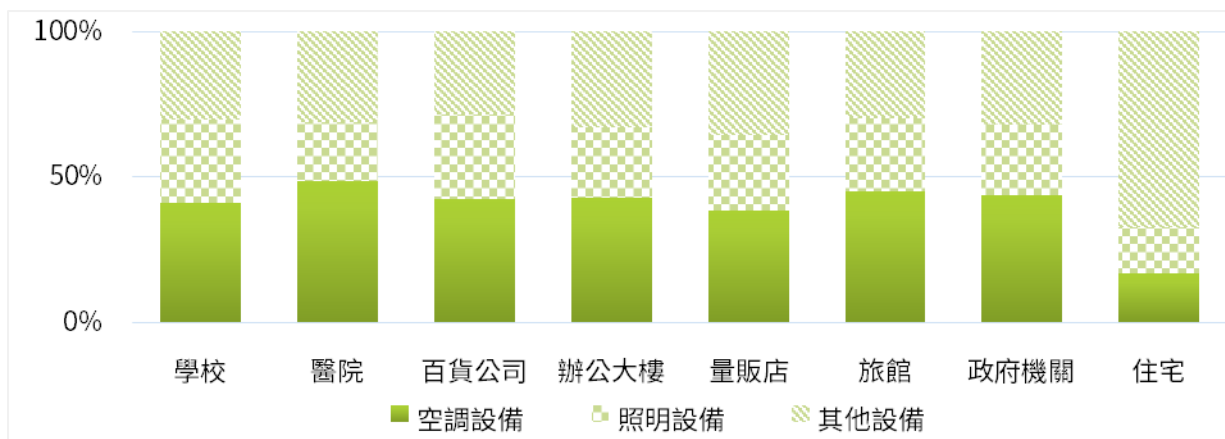
表 1、住服部門能源服務需求定義與範疇

項目	能源服務需求定義	範疇
1. 空調	冷度需求 (kcal)	商業場所用之窗型、箱型、分離式冷氣機及中央空調 住宅用之窗型、箱型、分離式冷氣機及中央空調
2. 照明	照度需求(lmh)	服務業場所用之照明 住宅場所用之照明
3. 熱水	熱水的熱能需求(kcal)	服務業場所用之熱水 住宅場所用之熱水
4. 烹調	烹调用熱(kcal)	服務業用之燃氣烹調需求(天然氣及液化石油氣瓦斯爐) 住宅用之燃氣烹調需求(天然氣及液化石油氣瓦斯爐)
5. 冰箱	冷藏需求(公升)	住宅用冰箱
6.其他用電器具	電力需求(kwh)	影印機、傳真機、電腦等辦公設備 電扶梯、升降梯等升降設備 排風扇等通風設備
7.其他燃料設備	能源需求(kcal)	主要為公共行政業之航空燃油及煤油需求

為反應國內住宅與服務業部門能源使用狀況，本團隊除蒐集國際能源工程模型之住宅與服務業能源服務需求分類，亦以我國研究機構與學者對住服部門能源消費調查與研究 (綠基會，2007-2013；楊開翔，2009；顧孝偉，2003) 為基礎，建立「臺灣 TIMES 能源工程模型」的住服部門能源服務需求推估模式，圖 1 列出所使用的計量模式及納入考量之變數。如圖 1 所示，住服部門之能源服務需求依主要耗能設備，分為空調、照明、熱水、烹調等電器或燃料設備，ESD 定義與範疇詳參表 1。由於能源服務需求為 TIMES 模型重要的外生變數，本研究團隊會依據我國最新社經統計資料持續更新輸入參數 (Input parameters)，以反應國內現實狀況。後續依表 1 各項能源服務需求之推估模式分別進行說明。

(一) 空調能源服務需求

人們對於生活品質舒適度要求的提升，建築物耗能耗電量也漸次升高。自二十世紀初以來，電力能源之普及與空調冷氣被引入建築物後，空調能源服務需求成為建築物主要能耗之一。近年來，服務業部門空調能源消費約占建築物四成能耗，住宅部門亦約佔二成能耗 (如圖 2)。



資料來源：住宅數據取自顧孝偉 (2003)；其他建築物數據取自綠基會 (2016)。

圖 2、建築物能耗占比

空調能源服務需求，係考量醫療保健、住宿餐飲、一般辦公/服務、批發零售、學校和住宅等空間功能所需之空調需求。我國每一坪空間所需的冷房能力大約是 450Kcal/h (綠基會，2009)，各場域的空調使用時間則依據季節因素(夏月/非夏月)、營業時間和居民在家時間進行推算，所以，樓板面積成為空調 ESD 的關鍵影響因素。空調能源服務需求模型，即依據各分類之樓地板面積、未來樓板面積成長率、單位面積冷度需求與空調平均使用時間，進而推算各服務業場域所需之空調需求。空調 ESD 推估邏輯如下：

$$\text{場域空調能源服務需求} = \text{場域樓板面積} \times \text{冷房負荷} \times \text{場域年使用時間}。$$

其中，冷房負荷係提供冷氣機運轉 1 小時所能吸收之熱能(冷凍能力)Kcal 值，冷房負荷於模型設定為 450 kcal/h/坪。年使用時間依據營業時間與季節因素推算，以批發零售業為例，假設 10：00-24：00 為批發零售業營業時間，夏月設備使用率 100% (夏月時間定義依據台電公司為 6 月至 9 月)，非夏月使用率則假設為 20%。營業用場域空調年使用時間評估約 2300~2800 小時，學校空調年使用時間約 865 小時，住宅空調年使用時間約 450 小時。

表 2、樓板面積成長趨勢推估方程式

解釋變數	樓板面積推估函數
• 7-29 歲人口數	• 學校樓地板面積 = f(前期, 7-29 歲人口數)
• 服務業 GDP	• 批發零售業樓板面積 = f(服務業 GDP, 人均所得)
• 人均所得	• 住宿餐飲業樓板面積 = f(人均所得)
• 戶數	• 醫療保健業樓板面積 = f(服務業 GDP)
	• 運輸業樓板面積 = f(服務業 GDP)
	• 其他服務業樓板面積 = f(服務業 GDP)
	• 住宅樓地板面積 = f(戶數)

因此，在推估未來各場域空調 ESD 之前，需評估未來各場域樓板面積可能趨勢。根據各場域特質，選擇可能影響其需求型態之變數，表 2 羅列各場域樓板面積推估方程式。推估模式之合宜性則適當下社經背景或參考文獻推估邏輯。

(二) 照明能源服務需求

我國服務業部門照明能耗占比約 25%，住宅部門為 16% (請參圖 2)，僅次於空調能源消費。照明能源服務需求亦係考量醫療保健、住宿餐飲、一般辦公/服務、批發零售及學校等空間功能所需之照明需求。我國每一坪空間所需的照度需求與年使用時間。如同空調需求，主要是各場域樓板面積會影響未來照明 ESD 趨勢。照明服務需求模型，依據各分類之樓地板面積、未來樓板面積成長率、單位面積照度需求與照明平均使用時間，進而推算場域所需之照明需求。照明 ESD 推估邏輯如下：

$$\text{場域照明能源服務需求} = \text{樓板面積} \times \text{照度需求} \times \text{年使用時間}。$$

物體或被照面上被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度。單位為每平方公尺上的平均流明數(lumen /m²)，簡稱為勒克斯(Lux)。依照工作需求所需的最低照度，可參照國家標準(CNS12112)或國際的照度基準。依蔡尤溪等(2003)、郭柏巖(2004)、國家標準(CNS12112)，照度需求設定介於 300~760 lm/m²。年使用時間依據營業時間推算，以批發零售業為例，假設 10：00-24：00 為批發零售業營業時間，設備使用率 100%。營業用場域照明年使用時間評估約 5100~5900 小時，學校空調年使用時間約 2100 小時，住宅空調年使用時間約 1000 小時。

在推估各場域照明 ESD 前，須估算未來年各場域樓板面積。因此，根據各場域特質，選擇可能影響其需求型態之變數，採用之推估方程式羅列於表 3。本年度亦在更新歷史資料後進行係數估計。

表 3、服務業照明能源服務需求推估方程式

解釋變數	樓板面積推估函數
• 服務業 GDP	學校樓地板面積 = f(前期, 7-29 人口數)
• 就學人口數	批發零售業樓板面積 = f(服務業 GDP, 人均所得)
• 人均所得	住宿餐飲業樓板面積 = f(人均所得)
• 戶數	醫療保健業樓板面積 = f(服務業 GDP)
	運輸業樓板面積 = f(服務業 GDP)
	其他服務業樓板面積 = f(服務業 GDP)
	住宅樓地板面積 = f(戶數)

(三) 熱水能源服務需求

表 4 整理出服務業場域的熱水能源服務需求成長驅動因子，主要包括有住宿需求的大專校院住宿學生、居於老人安養機構的老人、因醫療需要住院人次及國內觀光住宿需求人次。這些長期或短期住宿需求都將反應在服務業的熱水需求上，推估模式如下：

服務業熱水能源服務需求 = f(大專院校住宿人數，老人安養機構住宿人數，醫療院所住院人次，觀光旅館住宿人次)。

至於住宅熱水能源服務需求，人口數為關鍵變數，以國發會的人口中推計為解釋變數，推估模式為：

住宅熱水能源服務需求 = f(我國人口中推計)。

表 4、服務業熱水能源服務需求推估方程式

解釋變數	人次推估函數
大專院校就學人口數	大專院校住宿人數 = f(19-29 歲人口, 服務業 GDP)
65 歲以上老年人口數	老人安養機構住宿人數 = f(65 歲以上人口)
服務業 GDP	醫療院所住院人次 = f(65 歲以上人口)
人均所得	觀光旅館住宿人次 = f(人均所得)

說明：因資料限制，目前醫療院所與觀光都僅計人次。

(四) 烹調能源服務需求

烹調能源服務需求主要來自住宿餐飲業，而住宿餐飲業 GDP 的成長趨勢，則藉由服務業 GDP 為關鍵變數來推估，估算模式如下：

第一階段推估：住宿餐飲業 GDP = f(服務業 GDP)

第二階段推估：服務業烹調能源服務需求 = f(住宿餐飲業 GDP)。

至於住宅烹調能源服務需求，過去曾進行多種計量模式進行推估，皆有若干不合理處，簡要陳述如下：嘗試以 GDP、人口數、住宅戶數、戶量、人均所得等解釋變數回歸推估住服烹調燃氣能源服務需求，除人口數及戶數外，其餘變數至 2030 年將呈發散型態成長。由於解釋變數中以人口數推估結果較為合理，故以未來總人口數作為住宅烹調需求未來成長驅動因子，未來人口數則是依據國發會發布的人口中推計，推估模式如下：

住宅烹調能源服務需求 = f(人口數)。

(五) 冰箱能源服務需求

住宅冰箱屬於家戶普及之大型電器設備，其能源使用類型全數為電力。根據台綜院 104 年度「住商部門能源消費調查」報告，冰箱(包冷凍冰箱、冷藏冰箱與綜合冰箱)以於 103 年度全年電力消費量為 1,478 千公秉油當量，占住宅部門總能源使用之 14.4%。

本研究團隊曾考量以人口數、GDP 去推估未來電冰箱銷售量，再由電冰箱使用量與平均每台電冰箱等效內容積推估未來冰箱能源服務需求。然其結果並不顯著，且冷藏能源服務需求易隨 GDP 成長而發散。因此，不選擇以電冰箱數量進行推導，而直接以冷凍冷藏需求作為住宅冰箱之能源服務需求量，其推估方程式如下：

$$\text{冰箱冷藏需求} = f(\text{戶數})$$

主要是考量一戶至少擁有一台電冰箱。惟此方程式較難呈現各戶因戶量(每戶人數)不同造成之冰箱容量需求差異。

(六) 其他插電設備

服務業其他插電設備實績年用量之計算，為能平表服務業部門電力用量減去照明、空調、冰箱的用電設備所需之能源服務需求。據回歸模型判斷該項能源使用需求與服務業 GDP 攸關，故以服務業 GDP 成長趨勢去推估未來其他插電設備能源需求。推估方程式以服務業 GDP 推估，其推估模式如下：

$$\text{其他插電設備能源需求} = f(\text{服務業 GDP})$$

至於住宅其他插電設備多為家庭共同空間使用，判斷其電力需求與戶數攸關。模型以戶數成長趨勢去推估未來住宅部門其他插電設備用電需求，其推估模式如下：

$$\text{其他插電設備用電} = f(\text{戶數})$$

住宅其他插電設備考量每戶都有電視機/家庭娛樂、洗衣機、烘碗機等共同使用插電設備。惟此方程式較難呈現各戶因可用坪數不同造成之用電需求差異。

(七) 其他燃料設備

服務業其他燃料設備包括政府部門的車用汽油、航空燃料及扣除熱水、烹調的燃料設備所需。實績年之計算，為能平表服務業部門燃料用量減去熱水、烹調能源服務需求。據回歸模型判斷該項能源使用需求與服務業 GDP 攸關，故以服務業 GDP 成長趨勢去推估未來其他燃料設備能源需求。推估方程式以服務業 GDP 推估，其推估方程式如下：

$$\text{其他燃料設備能源需求} = f(\text{服務業 GDP})。$$

上述各項能源服務需求之推估模式皆以回歸方程式表現，應用 EViews 軟體進行估算。

三、住服部門技術資料庫

在 TIMES 模型，能源服務需求由煤炭、石油、天然氣、水力、核能及再生能源等初級能源滿足。初級能源經過不同的處理及轉換技術，以提供部門內的各設備類別所需要的能源型態(包括熱能、電能)，進而滿足部門的能源服務需求。圖 3 為能源與能源服務需求間之關聯圖，左方列出的是能源服務需求項目，指最終能源消費者所要的服務需求，如多少照度的照明需求，其是透過各種耗能設備技術作聯結，由模型篩選滿足能源服務需求下之最小成本技術組合，並以技術組合之技術效率估算能源投入(即最終能源消費)。因此，能源服務需求可說是整體模型資料庫的基礎。每項需求技術資料庫所需參數包括工程參數(技術容量、技術效率、使用年限等)、經濟參數(投資成本、運維成本及折現率等等)。

臺灣 TIMES 能源工程模型自建立至今，陸續調整並擴增住宅與服務業部門能源需求分類，現行資料庫分類如圖 4 所示，住宅部門能源服務需求分為烹調、熱水、空調、照明及其他住宅用電設備；服務業部門能源服務需求分為熱水、空調、照明、其他服務業用電設備、服務業其他燃料設備。為使模型整體分類架構能更為完善，除了工研院內技術團隊協助檢視外，亦定期(約四年一次)或不定期(有重大技術變革時)辦理專家諮詢會，邀請相關技術專家群共同檢覈住服部門既有能源需求技術分類與技術參數維護更新成果之合理性(請參圖 5)。後續章節將依技術別說明模型技術資料庫設定。

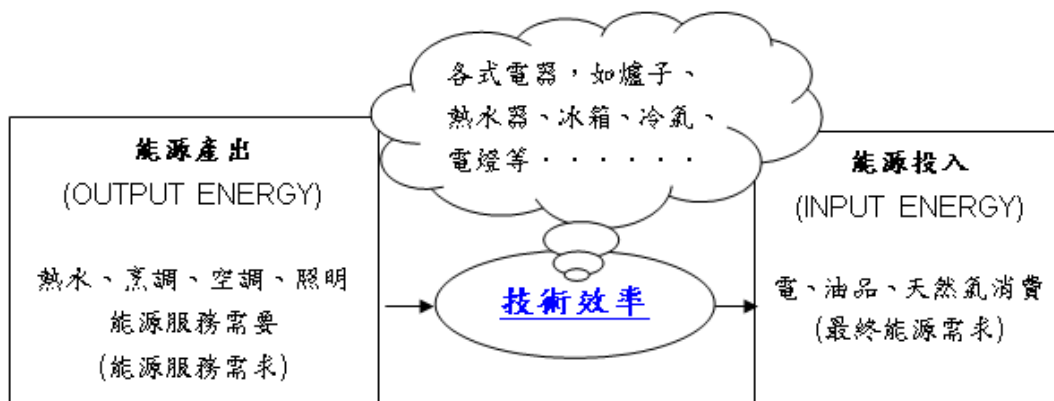


圖 3、住服部門能源投入與能源服務需求關聯圖

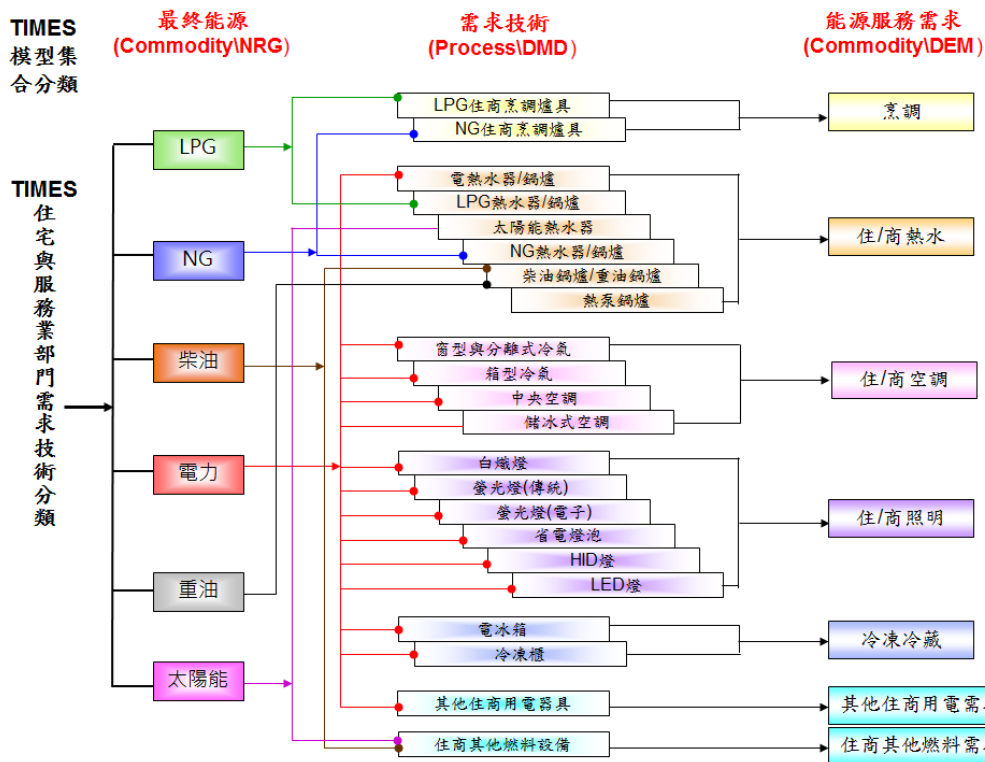


圖 4、臺灣 TIMES 能源工程模型住服部門分類架構



說明：與會專家有台灣大電力研究試驗中心處長黃傳興、台灣區冷凍空調工程工業同業公會理事長林坤煒、台灣區照明燈具輸出業同業公會主任陳宗麟、財團法人台灣燃氣器具研發中心經理黃銘濃、台灣科技大學電機工程系教授蕭弘清、工研院綠能所智慧節能系統技術組技術副組長江旭政、工研院綠能所住商節能推廣室副組長傅孟臺、工研院綠能所能源效率研究室資深研究員張文瑞。感謝以上專家撥冗與會並提供寶貴觀點，亦感謝能源局綜企組莊銘池副組長擔任會議主持人。

圖 5、2016 年 11 月 30 日住服部門技術資料庫專家諮詢會實況

(一) 空調技術資料庫

近年變頻空調技術逐漸成熟，產品能夠依據外氣環境變化，改變其壓縮機轉速，亦即改變冷媒流量與瞬時的冷氣能力。所以，現行空調機「能源效率比」(Energy Efficiency Ratio; EER)的能效標準已不適用，面對變頻空調時代，經濟部能源局已完成修訂適用於我國的空調機「冷氣季節性能因數」(Cooling Seasonal Performance Factor; CSPF)辦法，2016年1月1日實施生效，2016年底前與EER分級標示並行，2017年1月1日起全面導入製。變頻空調具有隨著屋內冷氣量需求之多寡而改變冷氣機運轉條件的特色；當屋內熱負載大時，變頻空調可快速運轉，在短時間內達到使用者設定溫度。

CSPF計算程序較為複雜，牽涉到許多空調系統與熱負載原理，然其與EER數值仍可做一簡單假設轉換。一般來說，定頻空調CSPF數值約相當於EER數值的1.05倍，變頻空調CSPF約相當於EER的1.2倍，實際數值仍需視不同氣候條件與外氣溫度而定。由於目前處於能效制度轉換過渡時期，為統一模型技術效率的計算基準，CSPF與EER於定頻與變頻空調之轉換採用上述1.05與1.2倍之參數，同時考量定頻與變頻之市占比來設定空調設備於窗型、分離式與箱型空調技術之CSPF效率值轉換，TIMES能源工程模型相關空調技術效率設定請參表5與表6。

表 5、空調 MEPS 技術效率參數

空調種類	基準	<2011年	2011年	基準	2017年	2022年	2027年
窗型	EER	2.77	3.2	CSPF	3.45	3.69	3.93
分離式	EER	2.97	3.45	CSPF	3.9	4.41	4.91
中央空調	EER	5.25	5.38	EER	5.52	5.65	5.8
箱型式	EER	3.05	3.42	CSPF	3.67	4.05	4.42
儲冰式	EER	1.83	1.85	EER	1.89	1.92	1.96

說明：為統一模型技術效率資料庫數據，CSPF與EER之轉換採用定頻EER*1.05，變頻EER*1.2做估計，並考量定頻與變頻之市占比(ITIS資料庫：2015年窗型定頻銷售占比約17%，窗型變頻4%，分離定頻21%，分離變頻58%)。

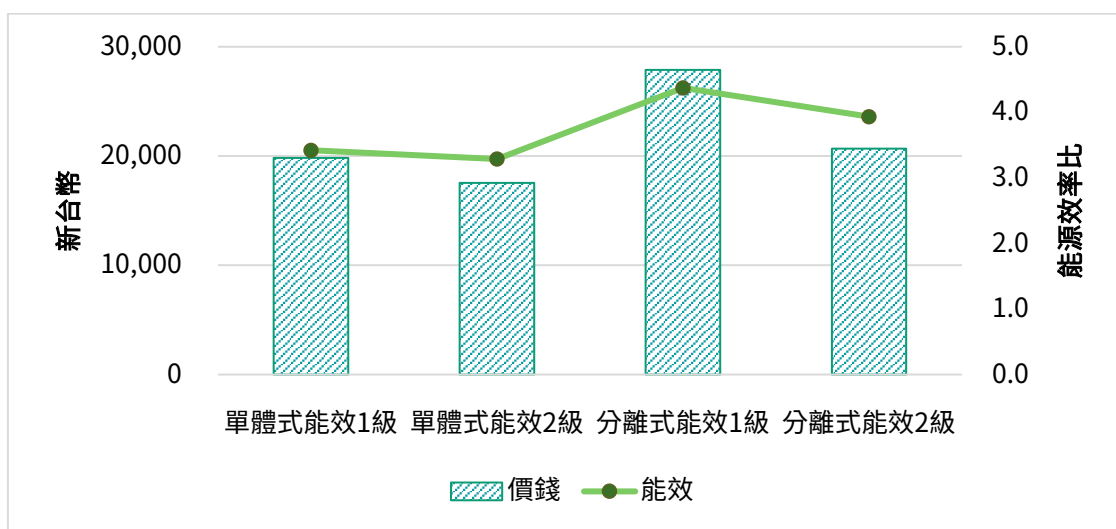
表 6、空調分級 1 與 2 級技術效率參數

空調種類(能效 1,2 級)	基準	<2016年	基準	2017年	2022年	2027年
窗型冷氣機(>2.2kW,<4.0kW)	EER	3.32	CSPF ^a	4.29	4.5	4.72
分離式冷氣機(<4.0kW)	EER	4.05	CSPF ^a	5.67	5.95	6.2
箱型式冷氣機	EER	4.02	CSPF ^a	4.99	5.24	5.49

說明：^a採1與2級效率平均，能效標準設定每5年提升5%。

由於 CSPF 效率基準於 2017 年全面導入，故模型設定上以 2017 年做為 MEPS 調整之基準，同時箱型冷氣技術效率亦依據 2015 年水冷式占 24.7%，氣冷式占比 75.3%，採加權平均計算其效率值。2017 年窗型與分離式冷氣機之 MEPS 相當於 CSPF 能效分級第五級，未來效率之提升假設為每五年提升 MEPS 至現行 CSPF 能效分級的下一級(如 2022 年之 MEPS 為現行 CSPF 能效分級第四級)，窗型冷氣則考量未來市占率及技術可能限制，CSPF 能效標準提升至 3.93 後維持不變。大型空調部分因未訂定效率提昇目標，故模型假設中央空調與儲冰式空調自發性能源效率提昇約 0.5%/年。此外，模型於空調技術設定上，亦將能效標準 1 與 2 及之產品設定為選擇性技術，依據市占率的推估不同，而有不同的技術選擇。

不同空調技術的成本部分，窗型、分離式及箱型冷氣機係蒐集網路購物平台(雅虎購物與 PCHOME)知名代表廠商(如日立、國際、東元、聲寶、富士通、禾聯等)銷售價格而定，如圖 6。中央空調式冷氣機部分則依據 Taiwan 2050 Calculator 諮詢國內專家資料所估計，如表 7。設備使用率部分，住宅部門假設住宅夏月每天使用冷氣平均時數為 8.478 小時，非夏月每天使用平均時數為 0.273 小時，年平均操作時數約 1100 小時，故得設備使用率=1100/8760=0.126。商業部門部分，考量新型態的便利商店，本研究取其平均值 2800 小時/年，故設備使用率=2800/8760=0.32。



資料來源：依調查網路賣場商品資訊整理繪製。

圖 6、空調種類與價錢比較

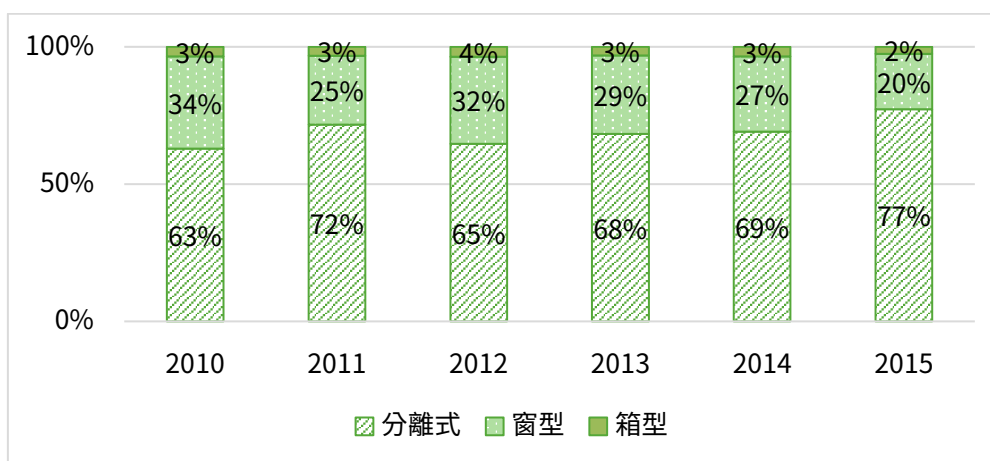
表 7、空調技術設備成本及使用年限

空調種類	技術參數	設備購買成本 (NT\$)	使用年限 (年)
窗型冷氣機		18,848	10
分離式冷氣機		25,320	10
中央空調式冷氣機		528,880	20
箱型式冷氣機		99,750	15
儲冰式空調		433,915	20

市場占有率部分，最近五年空調機年平均銷量約 125 萬台，依歷史銷售占比趨勢(如圖 7)，以對數回歸預測未來銷售占比變化，如表 8，窗型與分離式以 10 年的使用年限，箱型以 15 年的使用年限，並考量 2015 年能源分級銷售占比(如圖 8)，估算各類空調市場佔有率計算市場存量。

表 8、空調技術市場占有率推估

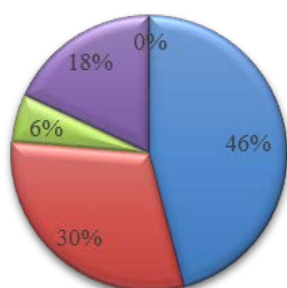
空調種類(銷售占比)	2015	2020	2025	2030
窗型冷氣機	4%	4%	4%	3%
窗型冷氣機 (1,2 級)	17%	18%	16%	15%
分離式冷氣機	18%	18%	18%	19%
分離式冷氣機(1,2 級)	59%	58%	59%	60%
箱型式冷氣機	3%	3%	3%	3%



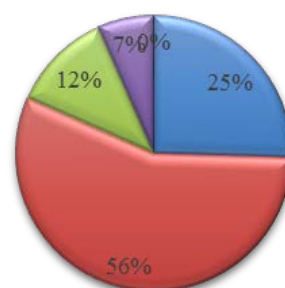
資料來源：ITIS 資料庫(2016)

圖 7、窗(壁)型及箱型冷氣機銷售百分比

2015年分離式分級占比



2015年窗型分級占比



■ 第1級 ■ 第2級 ■ 第3級 ■ 第4級 ■ 第5級

資料來源：能源局委辦計畫「強制性能源效率分級標示產品登錄管理」(2016)。

圖 8、2015 年分離式與窗型冷氣機分級占比

(二) 照明技術資料庫

我國住服部門主要照明產品包括鹵素燈、螢光燈、省電燈泡、HID 燈、LED 光源等(請參圖 9)。由於國內照明廠商之研發能力持續精進，市售照明產品能效幾乎優於現行最低容許能源消耗基準，所以 TIMES 模型設定之照明技術效率，既有技術係調查市售產品(如：飛利浦、歐司朗、東亞、億光等品牌)平均效率設定(請參表 9)。由於政府大力推動節能照明產品，鹵素燈和傳統式安定器螢光燈廠商無研發誘因，此兩項照明技術假定已無進步空間。螢光燈搭配電子式安定器之燈管效率 2015 年依現行「螢光燈能源效率標準」(民國 94 年公告修訂)為 89 lm/W，假設 2020 年 MEPS 較 2015 年提升 5%，2025 年再提升 5%。

表 9、照明技術效率參數

照明設備種類	單位	~既有設備	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
鹵素燈	lm/W	14	14	14	14	14
螢光燈-傳統安定器	lm/W	85	85	85	85	85
螢光燈-電子安定器	lm/W	89	89	93	98	98
T5 燈管	lm/W	100	100	105	105	105
省電燈泡	lm/W	60	65	70	75	75
HID 燈	lm/W	80	80	82	83	85
LED 燈泡	lm/W	80	85	105	114	120
LED 燈管	lm/W	90	90	111	121	127

資料來源：依調查網路賣場商品資訊整理。

T5 日光燈管係政府主要推動節能照明設備之一，假定 2020 年能效基準較 2015 提升 5%，省電燈泡基準年發光效率依照現行法規安定器內藏式螢光燈泡能源效率基準 (98 年 8 月 30 公告實施)，2020 年平均發光電依能效分級 3 產品平均效率 70lm/W 設定，2025 年依能效分級 2 產品平均效率 75lm/W 設定；HID 燈假設自發性能源效率提昇每 5 年 2%；LED 光源 2020 到 2030 年發光效率則依 IEA 於 2016 出版 Solid-State Lighting R&D Plan 報告中的技術進步率設定。

關於照明設備使用率，假設一年總時數為 8760 時，住宅部門鹵素燈每年使用約 720 小時 (=2 小時*30 日*12 月)，設備使用率為 0.082 (=720 小時/8760 小時)；住宅螢光燈、省電燈泡、LED 燈年使用約 1800 小時 (=5 小時*30 日*12 月)，設備使用率為 0.205 (=1800 小時/8760 小時)；服務業部門照明年使用約為 3600 小時，設備使用率為 0.41 (=3600 小時/8760 小時)。模型假設未來使用率不變。相關參數設定請參表 10。

表 10 整理的照明設備成本與使用壽命小時係調查市售產品資訊得來。鹵素燈依市售資訊設定 NT\$40；螢光燈以市售 40W 所裝設之安定器及燈管售價為代表，其中電子安定器，考量 1 對多後取平均成本約 NT\$200；28W 螢光燈管 NT\$120，使用壽命為 20000 小時；電子式省電燈泡 23W 市售約 NT\$90；400W 水銀燈安定器約 NT 650 元、水銀燈泡約 300 元，；LED 燈計算平均市售價格，10W 的 LED 燈泡約 200 元，20W 的 LED 燈管約 400 元。¹

近年照明產品市場變動快速，模型團隊依產品調查與專諮會專家建議整理出以下技術趨勢：

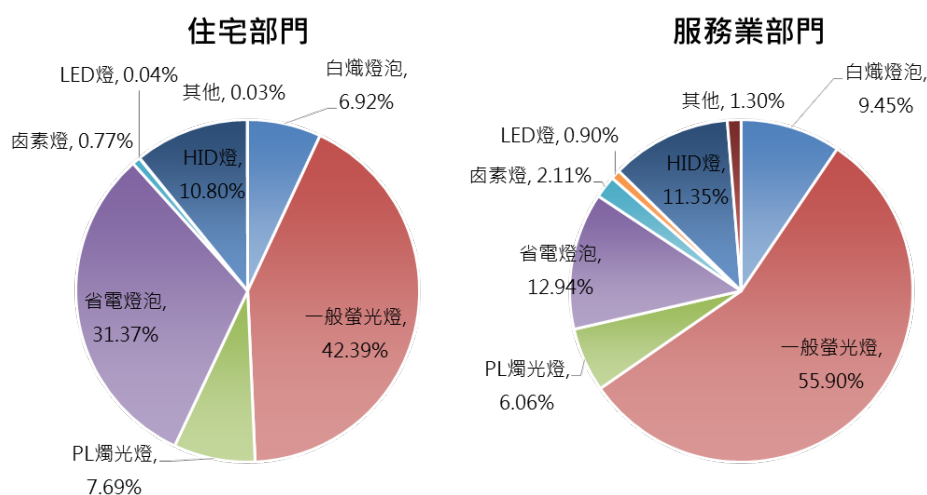
- 鹵素燈 LED 光源產品由於發光效率優於傳統光源，在解決炫光問題後，其市場佔有率快速提升，所以，傳統鹵素燈將由 LED 燈泡取代。
- T8 燈管逐漸由 T5 與 LED 燈汰換，住宅部門將未來 10 年內全面汰換 T8，服務業部門相對於住宅部門願意以較高的代價購買發光效率照明產品，服務業汰換 T8 燈管的步伐略早於住宅。
- T5 燈近 5 年仍為主要節能照明設備之一，隨 LED 照明於商業場所的推廣，其後佔有率將逐年下降。
- LED 照明被視為省電優質產品，推動 LED 光源成為住服部門節能政策的重要策略。

表 10、照明技術設備使用率、成本與使用年限

技術參數 設備種類	設備使用率(%)		設備購買成本(NT\$)		使用年限(小時)	
	住宅照明	服務業照明	安定器	燈泡/管	安定器	燈泡/管
鹵素燈	8.2	41.1	-	40		2,000
螢光燈-傳統安定器	20.5	41.1	80	85	50,000	10,000
螢光燈-電子安定器	20.5	41.1	200	85	100,000	10,000
T5 螢光燈	20.5	41.1	200	120	100,000	20,000
省電燈泡	20.5	41.1	-	90		6,000
HID 燈	8.2	41.1	725	625	50,000	20,000
LED 燈泡	20.5	41.1	-	200		25,000
LED 燈管	20.5	41.1		400		35,000

資料來源：依網路賣場商品調查資訊整理

¹ LED 光源產品售價資訊落差大，目前依據 11 月 30 日住服部門技術資料庫專家諮詢會委員建議修正為 LED 燈泡單價 200 元，LED 燈管單價 400 元。



說明：以上數據為台綜院 2014 年分層抽樣調查 1148 家戶，與服務業 1910 商戶統計而得。
資料來源：台綜院(2015)。

圖 9、照明設備能源消耗占比

(三) 熱水技術資料庫

住宅熱水器依使用之燃料可分為液化石油氣(LPG)熱水器、天然氣(NG)熱水器、電熱水器、太陽能熱水器與小型熱泵熱水器，服務業則因熱水需求量大，主要是安裝熱水鍋爐，包括電熱鍋爐、柴油鍋爐、液化石油氣鍋爐與天然氣鍋爐、中大型熱泵等設備。TIMES 模型熱水技術料庫現已建置 LPG 熱水器、NG 熱水器、電熱水器、太陽能熱水器與熱泵熱水器技術，2016 年針對各項技術效率、設備使用率、使用年限、設備成本與市場滲透率於市場調查後，完成技術資料庫維護更新。

表 11 為 TIMES 模型服務業熱水技術效率參數，各燃料別鍋爐 2015 年技術效率參數係參考綠基會熱泵節能技術手冊，而來各年度效率提昇則係依能源效率每年提昇 0.4% 進行設定，惟熱泵係參考 2012 年公告的「空氣式熱泵熱水器節能標章能源效率基準」。

表 11、服務業熱水技術效率參數

服務業熱水設備種類	單位	2015 年 ^a	2020 年	2025 年	2030 年
電熱鍋爐	PJ/PJ	0.95	0.95	0.95	0.95
柴油鍋爐	PJ/PJ	0.80	0.82	0.84	0.85
液化石油氣鍋爐	PJ/PJ	0.80	0.82	0.84	0.85
天然氣鍋爐	PJ/PJ	0.80	0.82	0.84	0.85
重油鍋爐	PJ/PJ	0.80	0.82	0.84	0.85
熱泵鍋爐	PJ/PJ	3.60	3.75	3.9	4.0

資料來源：^a2015 年數據取自綠基會熱泵節能技術手冊、2012 年空氣式熱泵熱水器節能標章能源效率基準。餘年度為研究團隊假定。

表 12 整理住宅與服務業熱水技術設備使用率、購買成本及使用年限。住宅熱水器設備使用率主要係假設每日每人淋浴時間為 15 分鐘計算，服務業熱水則假定使用時間為夜間 7 點至 12 點。設備購買成本則係參考目前市售價格，使用年限於住宅熱水器約為 10 年，服務業熱水鍋爐約為 15 年。

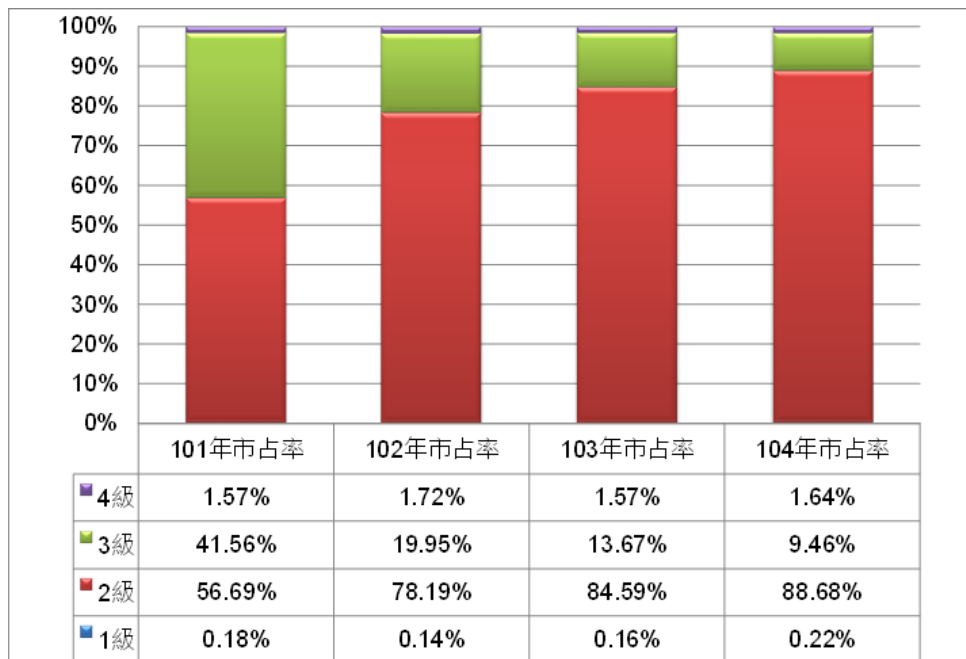
表 12、熱水技術設備使用率、購買成本及使用年限

技術參數	設備使用率(%)	設備購買成本(NT\$)	使用年限(年)
住宅熱水設備,			
液化石油氣熱水器	0.0313	12,000	10
天然氣熱水器	0.0313	12,000	10
電熱水器	0.0313	5,500	10
太陽能熱水器	0.0313	50,000	10
熱泵熱水器	0.0833	76,500	10
服務業熱水設備			
電熱鍋爐	0.213	1,125,000	15
柴油鍋爐	0.213	1,125,000	15
液化石油氣鍋爐	0.213	1,125,000	15
天然氣鍋爐	0.213	1,125,000	15
重油鍋爐	0.213	1,125,000	15
熱泵鍋爐	0.213	2,250,000	20

說明：

1. 假設一般家庭人口每戶為 3 人，每日每人淋浴時間為 15 分鐘，故設備使用率為 $(3*15/60)*365/8760=0.0313$ ；假設一天使用 380L 含保溫損失，以熱泵估計每天約 2 小時；商業部門假設熱水使用時間為 19:00~24:00，計 5 小時/天 *365 天 = 1,840 小時，設備使用率為 0.213。模型假設未來使用率不變。
2. 住宅熱水設備成本參考目前市售價格；商業熱水設備成本參考綠基會(2006)，模型會依每日產出熱水量進行單位轉換。
3. 住宅熱水器使用年限模型假設均為 10 年；商業熱水設備使用年限模型假設為 15 年。

表 13 為住宅熱水節能情境的市場滲透率，其估算係依據圖 10 近年各分級燃器熱水器的市占率，並規劃未來政府將積極推廣高效率傳統熱水器，預計依使用年限 10 年為期，10 年內逐年淘汰既有傳統熱水器，至 2025 年將完全由高效率(1、2 級)熱水器取代。



資料來源：強制性能源效率分級標示產品登錄管理(2016)

圖 10、熱水技術各分級市場佔有率

表 13、節能情境熱水技術市場滲透率

	2015	2020	2025	2030
電熱水器	27%	27%	27%	27%
LPG 熱水器	23%	8%	7%	7%
LPG 熱水器 ER1,2	10%	25%	27%	27%
NG 熱水器	25%	9%	7%	7%
NG 熱水器 ER1,2	11%	27%	29%	29%
太陽能熱水器	4%	4%	4%	4%

說明：

1. 國內燃氣熱水器市場年需求量約 43 萬台，以 10 年的使用年限，計算市場存量。
2. 依參考文獻資料與能源分級年銷售占比，估算各類熱水器年市場佔有率。

(四) 烹調技術資料庫

目前國內針對瓦斯爐台設有自願性的節能標章制度與強制性的能源效率分級標示，藉以引導廠商廠商生產高效率產品(如表 14 所示)。2006 年燃氣台爐節能標章實測熱效率需大於或等於 45%，而 2011 年 9 月新公告之效率標準值為 49%。2012 年 8 月訂定「燃氣台爐能源耗用量與其能源效率分級標示事項、方法及檢查方式」，1 級能源效率等級熱效率需達 52.0%以上，2 級能源效率等級熱效率需達 49.0%以上，52.0%以下。

預期透過節能標章制度與能效分級的推行來推廣高效率設備瓦斯爐台，未來高效率燃氣台爐將以其使用年限 10 年為期，逐年淘汰既有烹調爐具，至 2030 年將完全由高效率(符合 1、2 級能效分級)烹調爐具取代。

表 14、烹調技術效率參數

烹調爐具種類		單位	2014 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
LPG 烹調爐具	2006 節能標章	PJ/PJ	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	2011 節能標章		0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
	2012 能效分級		0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
NG 烹調爐具	2006 節能標章		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	2011 節能標章		0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
	2012 能效分級		0.52	0.52	0.52	0.52	0.52

說明：2006 年與 2012 年所公布燃氣台爐節能標章實測熱效率值；2012 年所訂定『燃氣台爐能源耗用量與其能源效率分級標示事項、方法及檢查方式』

資料來源：^a2014、2015 年數據取節能標章實測熱效率值。餘年度為研究團隊假定。

表 15、烹調技術設備使用率、成本及使用年限

爐具種類		技術參數	設備使用率(%)	設備購買成本(NT\$)	使用年限(年)
LPG 烹調爐具	2006 節能標章	0.042	0.042	6,000	10
	2011 節能標章			6,500	
	2012 能效分級			6,750	
NG 烹調爐具	2006 節能標章			6,000	
	2011 節能標章			6,500	
	2012 能效分級			6,750	

說明：設備使用率假設每日使用時間為 60 分鐘，年使用率為 365hr/8,760hr=0.042；設備購買成本根據市場可查詢到的價格。

資料來源：設備使用率為模型假設，購買成本依產品調查資訊整理。

(五) 冰箱技術資料庫

電冰箱依製冷方式的不同可分為風扇式與直冷式，另冰箱依冷藏溫度又分為冷凍與冷藏二類。目前市售產品主要是以風扇式為主，依 2014 年市場銷售量來看，風扇式冷凍冷藏電冰箱小於 400L 的占 25%，400L 以上的占 56%，二者合計已占冰箱銷售量的 81%，其次則為冷藏式電冰箱，約占 17%，而直冷式則占比不到 2%。

電冰箱容許耗能基準(MEPS)第一階段始於 2000 年 7 月 1 日公告，第二階段自 2003 年 1 月 1 日起實施，而為因應國內節能減碳目標與技術發展趨勢，能源局於 2011 年 1 月 1 日實施第三階段標準，較前一階段效率提升 50~70%，其中 400 公升以上 EF 值調高約 71%、400 公升以下調高約 57%。除 MEPS 外，能源局於 2001 年 12 月底開始推動電冰箱節能標章認證，2011 年節能標章效率值為 2011 年 MEPS 的 1.14 倍。而我國電冰箱於 2010 年 7 月 1 日亦開始實施能源效率分級標示，以低於 2011 年 MEPS 為第 5 級，各分級級距採 7%。但近年來一、二級產品市占率逐年提升，故經濟部能源局現行修訂電冰箱能源效率標示草案，以重新調整各類型冰箱的級距。其中，風扇式冷凍冷藏電冰箱與直冷式冷凍冷藏電冰箱級距 15%，冷藏式電冰箱級距 18%，預計 2018 年 1 月 1 日開始正式實施。表 16 為研究團隊整理我國現行電冰箱能源因數值基準與分級標示效率值。

表 16、冰箱能效基準與分級標示

冰箱分類	等效內容積 V (公升)	代表性 V	市場占比	能源因數值 (E.F.) 公升/千瓦小時/月				
				2011 年 MEPS	2011 年分級 2 上標	2011 年分級 1	2018 年分級 2 上標	2018 年分級 1
風扇式	低於 400	310	25.00%	8.67	10.49	11.09	13.87	15.17
	400 公升以上	555	56.00%	14.53	17.58	18.59	23.24	25.42
直冷式	低於 400	310	2.00%	10.36	12.53	13.26	16.57	18.13
	400 公升以上	555	0.00%	16.77	20.29	21.47	26.83	29.35
冷藏式		400	17.00%	13.79	16.69	17.66	23.72	26.21

說明：

1. 市場占比係參考 2016 年 9 月經濟部能源局「電冰箱能源效率標示修訂草案」說明會資料。
2. 依經濟部能源局 2006 年公告的「電冰箱能源因數值標準(民國 100 年 1 月 1 日生效)」、2010 年公告之「電冰箱能源耗用與其能源效率分級標示事項、方法(民國 100 年 1 月 1 日生效)」，及 2016 年 9 月經濟部能源局「電冰箱能源效率標示修訂草案」說明會資料。

TIMES 模型電冰箱技術主要是依技術效率進行分類，因此將技術分為 MEPS、EL、與分級 1、2，而技術效率的設定則係依表 16 中各類型冰箱的市占率進行加權計算，其中 2015 年主要是現行政策下的效率標準，未來各技術效率的演進主要是考量 MEPS 將配合新分級重新修訂，規劃 2020 年 MEPS 基準 EF 值提升 1.15 倍，2030 年後再提升 1.3 倍。

表 17、冰箱技術效率與成本參數

參數	單位	~2011 年既有冰箱	2011 年			2017			2020			2030		
			MEPS	EL	ER1,2	MEPS	EL	ER1,2	MEPS	EL	ER1,2	MEPS	EL	ER1,2
技術效率	公升/千瓦 小時/月	8.76	12.85	14.65	16.00	12.85	17.85	21.85	14.78	17.85	21.85	16.71	17.85	21.85
設備成本	NT\$	23,000	30,724	33,167	35,000	30,724	37,507	42,934	33,342	37,507	42,934	35,960	37,507	42,934

說明：

1. 技術效率係依各電冰箱市場占比進行加權計算。
2. 規劃 2020 年將現行 MEPS 提昇 1.15 倍，至 2030 年提昇 1.3 倍。
3. 設備成本係蒐集目前賣場資料。

表 18 為 TIMES 模型電冰箱技術的設備使用率與使用年限，其中使用率依電冰箱使用特性設為 100%，而使用年限則參考冰箱一般平均使用年為 10~15 年，取中間值為 12 年。

表 18、冰箱技術設備使用率及使用年限

冰箱種類	技術參數	設備使用率(%)	使用年限(年)
風扇式/直立式/冷藏式		100	12

說明：

1. 電冰箱負載為 24hr 發電，故使用率為 24hr*365 天/8760hr=100%。
2. 冰箱使用年限約 10-15 年，模型假設為 12 年。

表 19 為電冰箱技術節能情境的市場滲透率規劃，其設定依據係考量 2018 年實施新分級，而 1 級與 2 級產品市占率由 15%，至 2030 年提昇為 95%。

表 19、節能情境冰箱技術市場滲透率

	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
低於 5 級	63%	30%	0%	0%
3-4 級	13%	33%	47%	22%
1-2 級	24%	37%	53%	78%

說明：

1. 上表市占率係指占市場存量的比例。
2. 假設全台灣 800 萬戶，依台電 99 年家用電器普及調查報告，普及率為 91.8%，每百戶 103.1 台，計算 2009 年市場存量，在依戶數規劃，計算 2011-2030 年的市場量與新增汰舊量。
3. 規劃 2017 年實施新分級，1 級與 2 級產品市占由逐年提昇，銷售量由 15%，至 2030 年提昇為 100%。
4. 參考情境係假設 2017 年導入新的分級制度，能源分級 1 與分級 2 的市占率維持在 15%。

參考文獻

International Energy Agency (IEA) (2012), Energy Technology Perspectives 2012.

工研院(2016)·能源局委辦計畫「強制性能源效率分級標示產品登錄管理」期中報告。

中華民國國家標準 CNS12112·照度標準。

台綜院(2015)·104年度「能源供需關聯知識庫整合加值應用與住商部門能源消費調查分析」期末報告。

郭柏巖、林憲德、顧孝偉·住宅生活模式與耗電特性解析·建築學報 50 期·2004。

楊開翔 (2009)·服務業用電型態：高耗能辦公大樓耗能因子解析之研究。

綠基會 (2007-2016)·非生產性質行業能源查核年報。http :

//www.ecct.org.tw/knowledge/knowledge?id=f35a84e0da6245baab97874a1de6657c

綠基會 (2009)·家庭節約能源手冊。

綠基會(2006)·熱泵熱水系統 Q&A-節能技術手冊。

蔡尤溪、李魁鵬、李文興·建築空調與照明節能技術規範之研究·2003。

顧孝偉 (2003)·住宅用電量監測與解析之研究·未出版碩士論文·臺南：成功大學建築學系碩博士班。