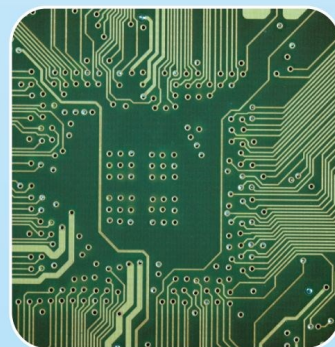


財團
法人

中技社

產業能效提昇之回顧與展望

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation) 於 1959 年 10 月 12 日創設，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力為宗旨」。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年轉投資成立中鼎工程，承續工程業務；本社則回歸公益法人機制，朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更深的貢獻以及協助產業發展，對國內前瞻性與急迫性的能源、環境及經濟議題邀集國內外專家進行研究探討，為廣為周知，提供讀者參考，特發行此專題報告。

此專題報告係本社委請臺灣綠色生產力基金會團隊及工業技術研究院綠能與環境研究所楊秉純副所長完成「產業能效提昇之回顧與展望」，由本社發行。臺灣綠色生產力基金會團隊主要成員為林文祥資深協理、陳宗逸經理、林偉揚工程師。

發行人：潘文炎

主編：余騰耀

編撰小組：楊秉純、林文祥、陳宗逸、林偉揚、王鈺銘、郭博堯、
許湘琴、楊錦桂

發行者：財團法人中技社

地址 / 106 台北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

ISBN：978-986-92691-1-7

目錄

前言	1
第一章 序論	3
一、緣起	3
二、背景說明	4
(一) 國內能源消耗現況	4
(二) 節能減量目標與執行情況	4
(三) 我國服務業部門節能推動現況	7
第二章 國內外節能減碳推動措施盤點	11
一、國內外產業節能減碳推動策略執行內容、架構及方向	11
(一) 節能目標與策略訂定	11
(二) 節能規定與政策	12
(三) 查核輔導	13
(四) 能源管理	14
(五) 專業培訓	15
(六) 激勵措施	15
(七) 設備效率管理	16
(八) 建築節能管理	18
(九) 節能推動組織	18
二、比對研析我國與國外節能措施推動之差異	19
三、推動措施建議	26
(一) 擴大管制對象	26
(二) 擴大自願節能效益	26
(三) 建築節能推廣	26
(四) 能源管理人員	26
(五) 共用空調設備	26
(六) 零售商設備使用行為	26
(七) 建築物能耗標示	27
(八) 節能補助	27
(九) 最低能效標準	27

目錄

(十) 綠色信用卡	27
(十一) 節能專責組織	27
(十二) 用電懲罰機制	27
四、措施推動效益	28
(一) 夏季用電較前一年少者，給予優惠折扣	28
(二) 夏季用電較前一年同期多 10% 者，多用之度數加重計費	31
(三) 配合夏季抑低尖峰措施與節能規劃	33
(四) 補助服務業大用戶採用高效率冰水主機	34
(五) 服務業照明用電密度管理	35
第三章 節能新技術發展探討	37
一、前言	37
(一) 我國總體能源效率指標	37
(二) 以工業部門為例說明能源消費與能源效率指標之近年變化	38
(三) 以工業部門為例解析行業別對能源消費變化的影響	43
(四) 以工業部門為例說明行業別生產用電力成本	44
二、我國節能技術研發與推廣現況	45
(一) 工業部門	45
(二) 住商部門	50
三、國際節能新技術發展情況	56
(一) 工業部門	56
(二) 住商部門	65
四、節能技術精進及引入新技術推動之效益－以建築部門為例	70
(一) 空調技術	70
(二) 照明技術	71
(三) 建築技術	72
五、節能技術發展策略建議	73
(一) 工業部門	73
(二) 住商部門	76

目錄

第四章 海量資料之應用對提升能效之探討.....	81
一、海量資料(Big Data)基礎概念.....	81
(一) 3i 世界：感知化、物聯化、智能化.....	81
(二) 需處理之 4 大要件：Volume(大)、Variety(雜)、Velocity(快)、Veracity(疑)，4V.....	81
二、國外海量資料應用及研究.....	82
(一) 海量資料應用案例.....	82
(二) 海量資料提升能效相關研究.....	83
(三) 我國資料庫運用研究.....	84
三、我國海量資料推動建議.....	88
第五章 ESCO 產業解析.....	93
一、國外 ESCO 發展概況與執行情形.....	93
(一) 美國產業研析.....	93
(二) 日本產業研析.....	94
(三) 中國大陸產業研析.....	95
(四) 韓國產業研析.....	95
(五) 德國產業研析.....	96
(六) 英國產業研析.....	97
(七) 泰國產業研析.....	99
(八) 澳洲產業研析.....	100
二、我國 ESCO 產業現況.....	101
(一) 產業發展現況.....	101
(二) 我國目前推動策略及措施.....	103
(三) 產業後續推動重點.....	104
三、各國推動措施可供我國借鏡處.....	104
(一) 制訂節能減碳策略目標與法規.....	104
(二) 訂定特定用戶強制節能規範.....	104
(三) 採行因地制宜規劃.....	104

目錄

(四) 稅務減免.....	105
(五) 提供政策資金支持	105
(六) 創造公部門 ESCO 市場	105
(七) 促成大型企業投入	105
(八) 建置完整專案執行程序	105
四、產業關心議題分析	106
(一) 國際間第三方認證推動作法	106
(二) 電業自由化後 ESCO 之商業模式	108
(三) 公部門於 ESCO 產業發展上之節電義務	110
五、我國 ESCO 產業精進建言	111
(一) 結合溫室氣體減量管理法，加值產業服務價值	111
(二) 建立產業人才證照制度	113
(三) 建立產業融資政策工具	113
(四) 打造產業認證制度	114
(五) 結合 ISO 標準建立第三方節能量確認制度	115
(六) 重置購置節能設備租稅優惠	115
第六章 我國產業節能空間與推動藍圖.....	117
一、產業節能空間	117
(一) 工業部門.....	117
(二) 住商部門—以服務業減碳成本曲線為例	122
二、節能減碳策略藍圖—以服務業為例	128
(一) 能源用戶能源管理與監督	128
(二) 器具設備能效管理	129
(三) 自願性節能	129
(四) 獎勵補助.....	129
第七章 結論.....	135
參考文獻	141

前言

1970 年代石油危機以後，除了積極進行新能源之開發外，有效使用能源及節約能源，以降低能源供應風險，和減少或緩和能源價格上漲機會，也逐漸成為全球產官學界的一項重要課題。又自從工業革命以來，因為經濟發展大量的使用化石燃料，而化石燃燒同時排放「人為溫室氣體」，以至於我們地球大氣中的二氧化碳等溫室氣體大量增加，使得大氣之溫室效應增強，造成地球暖化加劇，因此聯合國在 1992 地球高峰會，提出了對「人為溫室氣體」排放管制的宣示，也在 1997 年日本京都舉行聯合國氣候變化綱要公約第三次締約國大會，通過對工業國家具有約束效力的京都議定書 (Kyoto Protocol)，以規範溫室氣體減量責任。到了 2015 年 12 月法國巴黎的聯合國氣候變化綱要公約第二十一屆締約國大會，通過納入全球工業國家及開發中國家的巴黎協定，這是史上第一個阻止氣候變遷的全球多邊協定，設定了推動節能減碳以確保地球暖化溫度不超過工業革命前的 2°C 的目標，傳達了全世界堅定承諾朝低碳未來邁進的強烈訊號，對世界是個轉捩點。

至於全世界應如何邁向低碳未來的道路呢？不論國際能源總署 IEA 對全球減碳潛力分析、國際上各主要國家之研究或國內各項研究均明白顯示，提升能源效率、節約能源，是大幅度減少溫室氣體排放以減緩全球暖化的最有效辦法，而且這方面的作為也最能迅速創造實質經濟效益。為此，國際間為達成各國所制定之減碳目標，無不多方位積極推動節能工作。

在上述全球發展趨勢下，我國政府近年亦積極推行提升能源效率政策，例如今（2015）年 1 月 26、27 日召開的全國能源會議中，由行政院毛院長宣誓：「自己的能源、自己省」，積極推動提升能源使用效率。然而，雖然近年我國能源密集度已顯現下降趨勢，但因為低能源價格因素，不論製造業或住商領域的節能工作，均遭進一步擴展的困境。由於國外節能措施發展推動多年且成熟，所制定之策略執行情況與相關工作推動歷程，相當值得我國參考與借鏡，借以精進我國節能減碳之路，因此，適時掌握國際節能政策推行情況，並檢討我國推動方案，以及探討節能技術之發展和節能產業之展望，引以為我國推動之參考，則是格外重要。

有鑑於此，本社基於公益法人角色立場，今（2015）年度結合台灣綠色生產力基金會(綠基會)及工業技術研究院綠能與環境研究所(工研院綠能所)在此領域的專業

及實務經驗，深入蒐集國內外產業能效提升措施之實際推動作法、歷程與經驗，及技術與產業發展情況，探討比對各先進國家及我國相關節能措施與新技術執行情形，並研提建議適於強化國內節能措施之方向，尋求我國可參採以進一步提升能源效率的空間與可行作法，以完善未來國內節能減碳策略藍圖。

為了廣泛宣傳產業能效提升議題研析成果並與產官學研界進行密切交流，也於本年度 11 月底邀請綠基會、工研院綠能所及國內數家知名產業界相關資深專家，以「產業能效提昇之回顧與展望」議題，舉辦一場研討會，就產業能效提升的研析內容及產業經驗進行報告，並對重要議題共同與國內產官學研界進行討論與交流，提供國人對產業能效提升議題更深入的瞭解，並將研討會之交流成果，回饋於本專題報告的相關研析成果。

本專題報告的第一章為序論，就國內能源消耗現況及我國節能減碳作為進行簡介；第二章由綠基會負責主要撰寫工作，蒐集國內外節能減碳措施之推動情形，就其推動內容進行差異分析，擷取適於強化我國節能措施者，提供參採建議並進行推動效益評估；第三章則由工研院綠能所楊秉純副所長就我國產業能效提升技術的研發與推廣現況進行說明，並探討國際新技術發展情況；第四章由綠基會協助探討了國外海量資料對能效提升之應用，並提供我國節能領域如何應用海量資料之建議；第五章中綠基會研析了國內外 ESCO 產業發展情況，及國際經驗可借鏡處和產業關心議題，並提供產業精進建言；最後第六章則由綠基會與工研院綠能所楊副所長共同提出我國服務業及工業節能潛力之探討，並對國內未來節能策略藍圖之規劃提出建議。

第一章 序論

一、緣起

減緩地球暖化之溫室效應，促進人類與萬物共生之永續發展成為世界各國主要政策目標，強調能源、經濟和環境之間平衡發展，藉由提高能源使用效率、有效利用能源與減少空氣污染物與二氧化碳排放，逐步減緩溫室效應、酸雨等對環境衝擊，使能源對環境破壞的影響降至最低，便成為現今世界各國最關注課題之一。

全球面對地球暖化危機，「節能減碳」已成全球共識：2009年12月的哥本哈根氣候峰會，各參與國提出減碳承諾；2010年12月於墨西哥坎昆舉辦的COP16氣候峰會，目標協議全球努力將升溫控制在1.5-2度以內；2010年於芬蘭舉辦之國際會議Toshiharu IKAGA在建築生命週期觀點上提出CO₂排放實質減量策略；2011年11月於南非德班(Durban)舉辦的COP17氣候峰會，歐盟提案啟動全新「全球共同減量協定」談判承諾，建議納入新興工業國。至2015年12月於法國巴黎COP21氣候峰會上，全球197國的談判代表通過「巴黎氣候協定」；巴黎協定設定將在2020年生效，因此未來5年，各國政府必須制定規範，以落實協定。我國雖非此項氣候公約的簽約國，然而身為地球村的一員，而且又是以外貿為主的國家，因此也會受到此項公約或共識所影響；因此面對各國紛紛在此項會議前提出「國家自主減排貢獻(INDC)」之際，我國也提出了我們的承諾及減量目標。這目標設定在2030年溫室氣體排放量為較現況發展趨勢(BAU)再減量50%；也相當於比2005年排放水準再減20%；這是一個相當具挑戰性的目標，但也代表我們的決心與努力方向。

因此，國外(美、日、韓、中與歐盟等)主要國家及我國，皆已推動各種形式的節能政策與制定發展期程，同時節能技術之研發、應用、發展與推廣，已成為國際間相當重視的課題；各國政府也紛紛透過能源申報、查核、提供獎勵等等各種方式，或規範日趨嚴格之設備標準，從而創造節能工作之需求，推廣節能技術，以提升國家整體能源使用效率，落實達成節能減碳目標。我國人均能源消費量相對他國偏高，且進口能源量高達98%，加上近年來國內核能爭議及能源價格持續變動，以及國際間減碳規範日益嚴格，除影響我國未來能源使用與穩定供應外，對民生、經濟及產業發展將造成嚴重之衝擊。故政府於2008年通過「永續能源政策綱領」，以建構「高效率」、「高價值」、「低排放」及「低依賴」之能源消費型態與供應系統。另也依據綱領提出「節能減碳行動方案」，規劃能源供應面之「淨源」及需求面之「節流」兩方面，「淨源」由能源結構調整及效率提升為主，「節流」以各部門實質節能減碳措施之推動為重點工作。

此外，我國於2010年起，由行政院結合跨部會成立「行政院節能減碳推動會」，整合各機關節能減碳計畫，規劃「國家節能減碳總計畫」，設定分年度節能

減碳目標，加速落實各部門推動節能減碳措施。

在政府大力推動各部門落實節能減碳行動下，適時掌握我國節能政策推行情況並檢討國際上推動方案格外重要，有鑒於此，本專題報告藉由收集國內外之節能減碳推動策略(執行措施、新技術突破、海量資料應用及 ESCO 產業發展)，就其推動內容進行差異分析，了解推動相關措施需審視之課題，並彙整專家學者意見，提出已推動措施精進作法，與未推行措施導入我國推動之建議，提供未來國內節能減碳策略藍圖規劃之參採。

二、背景說明

(一) 國內能源消耗現況

我國 103 年進口能源依存度為 97.75%，依據經濟部能源局能源統計手冊，83 年至 103 年能源消費年成長率約 3.09%。103 年能源消費占比，按消費部門區分，能源及工業部門占 44.44%、運輸部門占 11.63%、農業部門占 0.89%、服務業占 10.92%、住宅占 10.78%。

依表 1-1 歷年國內能源消費表(按部門別)，可知 103 年我國服務業部門之能源消費量較 93 年成長 8.2%，僅次於工業部門 12.3%，而住宅部門成長率為 7.4%。而服務業及住宅部門之能源總消費量約占國內能源消費 19.7%，在節能減碳工作的推動上，相形之下亦顯重要。

表 1-1 歷年國內能源消費表(按部門別)

項目 Item	民國 93 年		民國 103 年		103 年較 93 年
	千公秉油當量 10 ³ kLOE	%	千公秉油當量 10 ³ kLOE	%	成長(%)
能源部門自用	8,518.9	8.3	7,744.0	6.7	-9.1
工業部門	38,758.3	37.6	43,512.5	37.7	12.3
運輸部門	13,542.5	13.1	13,409.4	11.6	-1.0
農業部門	1,656.7	1.6	1,031.5	0.9	-37.7
服務業部門	11,641.1	11.3	12,594.5	10.9	8.2
住宅部門	11,582.2	11.2	12,437.4	10.8	7.4
非能源消費	17,472.7	16.9	24,595.3	21.3	40.8
國內消費總計	103,173.5	100.0	115,324.6	100.0	11.8

資料來源：中華民國 103 年能源統計手冊-經濟部能源局。

(二) 節能減量目標與執行情況

1. 我國發展目標

行政院於 97 年 6 月核定「永續能源政策綱領」，揭示推動節能減碳的長程目

標，為加速落實各部門節能減碳策略措施並實踐分年目標；99年再核定「國家節能減碳總計畫」十大標竿方案，其中(四)「營造低碳產業結構」對推動產業節能減碳部分，以推動產業自願減量、節能減碳服務團技術服務為執行主軸。而國家節能減碳總計畫針對節能與減碳各訂定中長期計畫(如圖 1-1)，且於今(2015)年 INDC 自我宣示於 2030 年溫室氣體排放量為現況發展趨勢 (BAU) 減量 50%；也相當於比 2005 年排放水準再減 20%，並更進一步展望於 2050 年減排至 2005 年的 50% 以下，目標嚴格且仍需投入相當大之資源。另政府長期推動能源效率提升，能源密集度逐年下降已見成效，但因低能源價格因素，無論製造業或住商領域之節能工作，近年均遭進一步擴展之困境。故規劃探討比對各先進國家節能措施與新技術發展情形，彙整且深入索驥各國相關措施推動作法與經驗，取其優點並提供適當建議，尋求我國進一步提升能效的空間與可行做法，以利未來在地化節能措施及技術導入研擬與制定推動作法之參採。

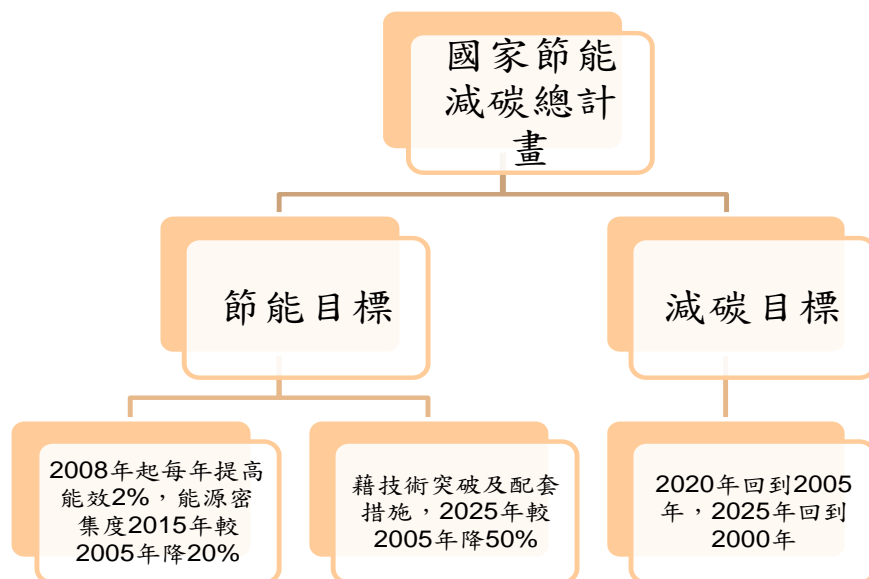


圖 1-1 我國節能減碳推動目標

2. 能源效率發展

依據能源局能源平衡表及行政院主計處國內各業生產毛額統計資料，彙整分析台灣整體近 12 年 (1994~2014 年) 之能源密集度變化，自 2001 年以前呈現逐年遞增的現象，惟在 2001 年以後已明顯改善，由 10.08 LOE/103NT\$ 下降至 7.44 LOE/103NT\$，共下降 26.19%。其中值得注意的是我國能源密集度由 2005 年至 2014 年已由 9.41 LOE/103NT\$ 下降至 7.44 LOE/103NT\$，共下降 20.9%，能源效率平均每年提升約 2.09% (如圖 1-2 所示)。對照我國節能減碳總目標「每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 下降 20% 以上之目標」，就全國整體目標來看，已符合國家規劃之節能減碳目標預期進度。

能源密集度(公升油當量/千元)

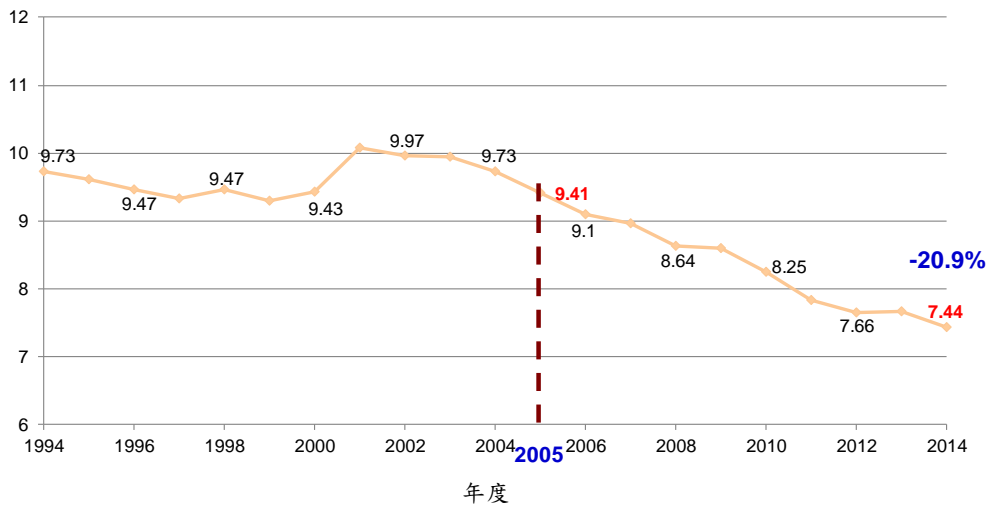


圖 1-2 全國能源密集度

另針對服務業部門，細看近年來能源密集度發展情況與未來目標，如圖 1-3，2005 年時我國服務業部門能源密集度為 1.62 LOE/103NT\$，至 2015 年預計目標為下降至 1.30 LOE/103NT\$ 以下，2025 年目標為 0.81 LOE/103NT\$ 以下。依服務業過去 6 年（2008~2013 年）能源密集度平均每年改善幅度約 2.19%，已符合每年提高能源效率 2% 以上之節能目標，亦顯示產業界及主管機關之努力。

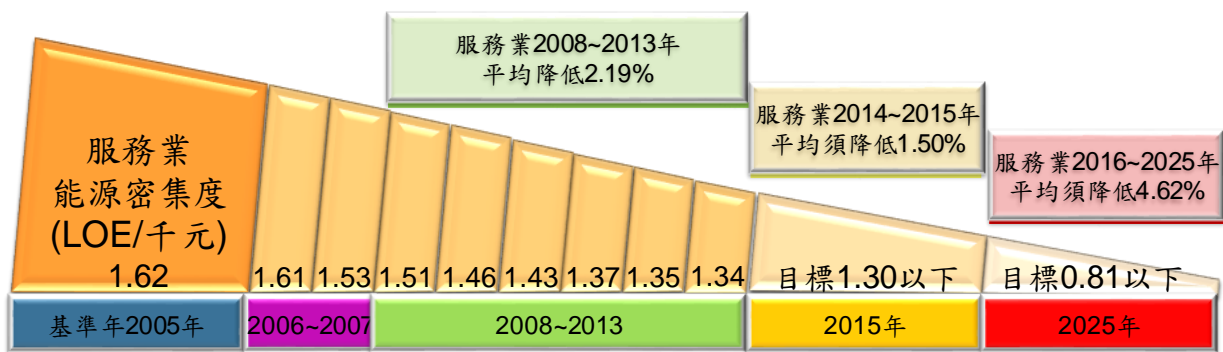


圖 1-3 服務業能源密集度

3. CO₂ 排放量

依據國家節能減碳總計畫目標，2020 年全國二氧化碳排放量要回到 2005 年，行政院節能減碳推動會於 2011 年第 2 次委員會議，針對各部門之目標年缺口與弭平措施提出規劃，其中服務業部門至 2020 年之排放量為 34.8 百萬噸，減量缺口為 2 百萬噸。而依據經濟部能源局「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」資料，以目前我國全國排碳量來看，如圖 1-4，2005 年全國排碳量為 245.2 百萬公噸 CO₂，至 2014 年排碳量約為 251 百萬公噸 CO₂，已趨近減量目標；2005 年服務業二氧化碳排放量約為 32.8 百萬公噸，2014 年排放量約為 32.9 百萬公噸，

排放趨勢持平，但考量 2020 年之排放情況，未來可能會隨著經濟成長逐漸提高；因此，欲達減碳目標及弭平缺口，仍需規劃多面向及多管道之節能減碳方案，如：設備效率提升、法規管理、及節能措施及政策配套工具、節能宣導等，多管齊下方能促進達成。

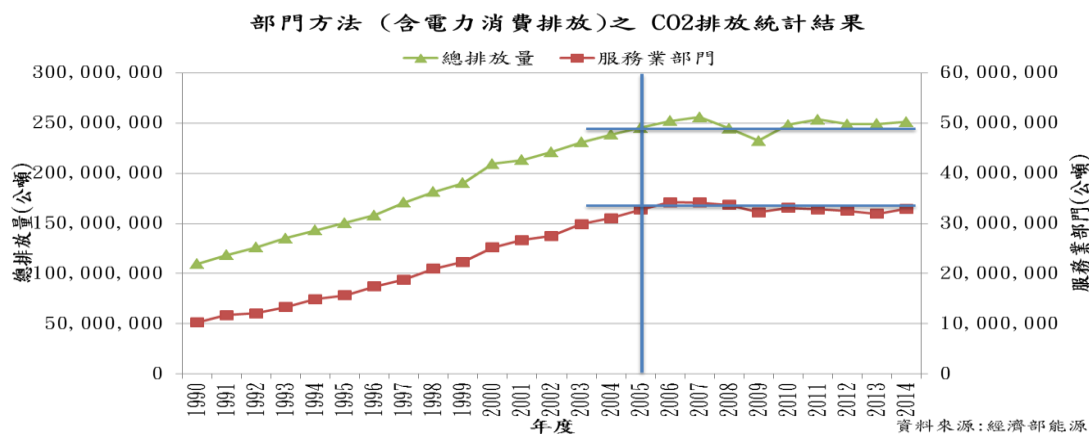


圖 1-4 全國及服務業 CO₂ 排放量統計

(三) 我國服務業部門節能推動現況

1. 設備能源效率管理

- (1) 設備及器具最低容許耗用能源基準(MEPS)管制：訂定 18 項設備及器具最低容許耗用能源效率標準，不符合效率標準之使用能源器具及設備不得進口與製造。98~103 年推動最低容許耗用能源基準(MEPS)管制，累計節約電量 29.63 億度電。
- (2) 自願性節能標章產品：開放 46 項節能標章產品能源效率基準供廠商申請驗證，已將占家庭總耗電量約 90%之產品項目納入認證範圍。
- (3) 強制性能源效率分級標示：至 104 年 5 月底，完成推動 10 項設備及器具之能源效率分級標示制度。
- (4) 高效率馬達推動：自 104 年 1 月 1 日起實施 IE2 效率標準，105 年 7 月 1 日起實施 IE3 效率標準，製造或進口之馬達、製造或進口之泵、空氣壓縮機或通風機，其內含馬達，均需符合管制規定。馬達效率提升至 IE3，每年可節電 6.8 億度。

2. 產業部門節能

- (1) 能源查核制度：103 年適用能管法第 9 條及第 12 條非生產性質能源大用戶計 1,429 家，其申報 103 年落實之節能成效約 3.7 萬公秉油當量，節能率 0.96%。
- (2) 節約能源技術服務與輔導：累計 99-103 年服務業技術輔導件數達 1,293 件，節約 9.49 萬公秉油當量。以追蹤 103 年度受輔導能源用戶之落實節約率達 54%。

- (3)推動服務業自願節能：依行業別逐年推動集團企業與政府簽署自願性節能合作，自 95 年至 103 年業已完成 15 類行業別 203 家集團企業計 17,223 家營業據點(總耗能約占服務業 20.3%，占全國 3.9%)參與自願性節能，並持續辦理節能輔導工作，累計 95-103 年累計節電 15.5 億度，平均節能達率 17.3%。
- (4)特定能源用戶能源使用管理：依「能源管理法」第 8 條 99 年公告「指定能源用戶應遵行之節約能源規定」，針對 7 類能源用戶實施「冷氣不外洩」及「禁用白熾燈泡」2 項節能規定。102 年將管理對象由 7 類擴增至 11 類，並同時增訂「室內冷氣溫度限值」節能規定。103 年將管理對象由 11 類擴增至 20 類用戶(新增 9 類)，總納管對象(20 類用戶)約為 22.4 萬家，預期可節電 6,057 萬度。
- (5)ISO 50001 能源管理系統推廣輔導：透過示範輔導，100~103 年已協助服務業 52 家能源大用戶及企業集團建置能源管理系統，落實節能效益節電 4,463 萬度/年、節油 1,427 KLOE/年。

3. 政府部門節能

- (1)推動「政府機關及學校四省專案計畫」：97~102 年累計節電 3.07 億度、節油 1.28 萬公秉油當量、節水 937 萬度及公文線上簽核績效指標 62.8%。103 年 7 月至 104 年 6 月止，政府機關及學校暨國營事業預期節電 2,010 萬度。
- (2)夏月縣市節電競賽：103 年(6-9 月)用電較 100 年同期節電約 4.22%(約 10.54 億度電)，其中縣市機關節電 0.2 億度(5.84%)、家庭節電 3.5 億度(2.25%)及服務業節電 6.83 億度(7.57%)。

4. 節能獎勵及示範補助

- (1)水銀路燈落日計畫：103 年由中央特別統籌分配稅款支應協助各地方政府於 105 年底前，將所轄 69.2 萬盞水銀路燈汰換為 LED 路燈，促使我國成為全球第一個全面淘汰水銀路燈國家，預期每年可節電約 6.4 億度。
- (2)102 年協助弱勢族群節能減碳，完成補助社福機構及 368 個鄉鎮市區公所低收入戶、中低收入戶及社區，共補助 LED 燈泡 50 萬顆。替換省電燈泡每年省電 601 萬度，取代白熾燈泡可省電 5,138 萬度。
- (3)補助民眾購置高效率家電設備：101 年辦理兩波節能家電補助，第一波為國產節能標章洗衣機、能源效率分級標示 1 級或 2 級之冷氣機和電冰箱，第二波補助能源效率標示 1~2 級冷氣機冷氣機、節能標章電視機及 30 吋以上監視器，補助金額達 20.86 億元，補助產品使用年限內之累計節電量可達 32 億度。
- (4)補助民眾購置節能瓦斯器具：102 年辦理民眾購置節能瓦斯器具(瓦斯熱水器、瓦斯台爐)補助，共計完成核准補助 126,853 台，累計核撥補助金額 1.75 億元，若以產品使用年限 8 年評估，共可節省 10,896 萬立方公尺。

- (5)高效率馬達示範補助：103 年至 105 年補助製造商或進口商製造或販售高效率馬達，總補助金額 1.8 億元(IE2 馬達每 kW 為 100 元、 IE3 每 kW 為 300 元)。
- (6)購置節能設備優惠貸款：提供企業節能設備優惠貸款，由 88 年至 104.4.30 累計核准 41 件，貸放金額總計幣 27.24 億元。
- (7)節能績效保證示範推廣補助：95 年~103 年共計補助 113 家示範單位，補助款總額為 5.10 億元，節省能源 2.43 萬公秉油當量、改善專案平均節能率約 54.5%。

5. 節能教育與宣導

- (1)能源管理人員訓練：99 年至 104 年累計辦理能管員訓練班 131 班次、調訓班 26 班次，培訓 9,070 人次。
- (2)服務業節能人才培訓：97 年至 103 年累計辦理 4 場空調水電及室內承裝業節能訓練班、13 場集團企業節能種子人員培訓班、21 場節能技術研討會、15 場節能示範觀摩會、70 場 ISO 50001 能源管理系統建置訓練。
- (3)學校教師節能培訓：90-103 年辦理能源教育種子教師研習共計 35 場次，培訓 1,785 位教師。
- (4)社會節能人材培訓(與環境教育中心、民間團體培訓志工)：103-104 年共培訓 577 位節能志工，辦理 2,089 場活動，宣導 69,307 人次。
- (5)服務業節能宣導：透過辦理節能示範觀摩會、服務網站、技術線上學習課程、文宣、標竿案例及技術手冊宣導服務業節能。

第二章 國內外節能減碳推動措施盤點

一、國內外產業節能減碳推動策略執行內容、架構及方向

為達成京都議定書協議之減碳量，並完成各國宣布之節能目標，無不積極進行節能減碳工作，依各國社會環境與人文習慣制定適於推動落實之節能措施。依全年蒐集項目分為節能標準、規定、查核制度、管理、訓練及輔導等措施，以下說明重點國家推動之措施。

(一) 節能目標與策略訂定

1. 國家目標

日本根據京都議定書承諾 2008~2012 年溫室氣體排放量較 1990 年基準減少 6%(即至 2012 年排放量應減至 1,186 Mt)，至 2020 年較 1990 年基準減少 22% 之中期目標，至 2050 年減量 80% 之長期目標。美國提出 2020 年前將溫室氣體排放降低到 1990 年的水平，2050 年在 1990 年水平的基礎上降低 80%。中國大陸十二五規劃，以 2010 年為基準年，減少主要污染物排放總量 8~10%，CO₂ 總值下降 17% 之目標。韓國提出 2020 年溫室氣體排放要比 BAU 減少 30%，較 2005 年排放量減少 4%。各國皆依國情所需，研提適合國家發展及減量責任之推動目標，並搭配相關措施以達成規劃標的。

2. 產業節能目標管理

日本節能法列管對象一整年的能源使用量(電能與熱能合計)超過 1,500 kL(換算成原油)之事業者(以企業為單位，包含工廠、辦公大樓、營業據點等)，受列管的對象以單位能耗值年平均降低 1% 以上為目標，依 5 年為一期並以滾動式的方式檢討管理。美國並未針對能源用戶訂定特別的節能目標，但行政命令 13423 要求聯邦機構每年的 EUI 必須降 3%，相對於 2003 年，在 2015 年時必須減少 30%。歐盟於 2006 年公布「歐盟綠皮書」，明確指出 2020 年歐盟需實現節能 20% 的目標(以 1990 年為基期)。韓國 2008 年宣佈 2008-2030 年國家能源計畫(National Energy Plan)，在 2007-2030 年能源密集度降 46%，節能量約為 38 Mtoe，其中 44% 為產業部門(17 Mtoe)、32% 為住商(12 Mtoe)、19% 為交通部門(7 Mtoe)。中國大陸制定 2015 年較 2010 年降低國內生產總值能耗 16%。德國規劃 2020 年較 2008 年減少 20%，至 2050 年則減少 50% 能源消費。

3. 建築節能發展策略

美國政府建築 2006 年到 2015 年間，單位面積能耗較 2003 年逐年降低 2%，至 2015 年節能 20% 目標，新建政府建築設計能耗應較 ASHRAE Standard 90.1-2004 標準節能 30%。日本規定新建與修繕規模達 300m² 以上者，要求年平均節能 1% 為努力目標；建造及銷售住宅達 150 戶業者，建築年耗能量需比既有

建築物之平均基準低約 20~30%；規劃至 2020 年新建公共建築物等實現 ZEB(Zero Energy Building，零能耗建築)、至 2030 年新建建築物平均實現 ZEB。德國針對住宅部門制定住宅更新率由 1% 提升至 2% 之發展目標，修改能源效率規範，2020 年起逐步推動既有建築更新改建，俾使 2050 年住宅部門初級能源需求下降 80%；建築物節能目標於 2020 年提高 20% 之能源效率，至 2050 年提升 50%。新加坡要求新建與改造面積達 2,000 m² 以上建築需較 2005 年標準提高 28% 能效；永續新加坡策略藍圖規劃至 2030 年新加坡 80% 之既有建築皆須獲得綠色標籤認證，新建築則須 100% 符合認證規定。中國大陸則要求至 2015 年，新增綠色建築達到 10 億 m²，20% 新建設城鎮達到綠色建築標準；2015 年起 50% 以上新建設房產達到綠色建築標示；實施 100 個綠色生態城區示範建設；完成北方供暖地區既有居住建築供熱計量和節能改造 4 億 m² 以上，夏熱冬冷和夏熱冬暖地區既有居住建築節能改造 5,000 萬 m²，公共建築節能改造 6,000 萬 m²，農村節能示範住宅 40 萬戶；公共建築和公共機構辦公室節能改造至少 1.2 億 m²，建築監控系統建置 400 萬 m²、節能率 20% 以上。韓國預計於 2017 年前強化保溫隔熱政策與低碳住宅技術標準，規劃於 2025 年前實現建立淨零碳屋。

(二) 節能規定與政策

1. 企業管制

日本節能法管制要求年能耗量達 1,500 kL 企業需以 5 年平均節能率 1% 為努力目標、提出定期報告書、中長期計畫書(3,000 kL 以上者)、設置能源管理士。韓國對溫室氣體排放超過 12.5 萬噸 CO₂ eq. 的企業或超過 2.5 萬噸 CO₂ eq. 的單位，設定每年最高排放額度；大型能耗企業須與政府討論能源消費計畫，諮詢標的包括：城市發展、工業園區發展與港口發展等；公共機構按年度設定節能目標和努力履行達標。中國大陸針對能耗水準未達標準之企業，實施嚴格法規約束，並協助轉型及改善；依據節約能源法列管年綜合能源消費量 1 萬噸標準煤(約 7,778kLOE) 以上的用能單位及地方政府指定的年綜合能源消費量 0.5~1 萬噸標準煤的用能單位，要求每年制定改善目標項目及規劃、定期彙報能源使用情況、高耗能設備、節能規劃及實施措施等、建置能源管理師。新加坡要求年耗電超過 1,500 萬度能源用戶，需任命一名「能源管理師」，監督並報告其能源使用和溫室氣體排放，並提交能效改善計畫給主管機關。

2. 建築規定

美國規定商業部門照明改善方案，減少商店、辦公室、醫院與其他商業建築物的照明能源使用，使其少於美國商業能源耗用標準的 30%(ASHRAE/IESNA 90.1-2004)；2007 年能源部提議將商業建築物的能源效率標準至 2010 年時提高 30%；2008 年提議住宅建築物的能源效率標準提高 30%。日本依節能法管制建築物新建與修繕面積達 300 m² 以上，要求提出針對節能方面執行之措施，非強制性

告知業者每年努力節省 1% 能耗量；年供給量超過 150 戶之住宅業者，須申報採取之節能措施，引進「住宅領跑者基準」，平均年耗能量較既有建築低 20~30%；推動住宅與建築物標示節能性能、節能標識制度、建築物節能性能之“可視化”反映至房價上。中國大陸規定 2014 年起政府投資新建建築、大型公共建築和合宜住宅全面執行綠色建築標示。韓國要求房屋仲介公司在租房與交易過程中，有義務附加能源效率等級評價表，提供給消費者知情權，促進房屋綠化工作和引導消費者節能減碳；新建面積 1 萬 m² 之大型建築物與公共建築等，須達能源消費標準者，才可得到建築許可；集合住宅達 50 戶以上者須統一安裝高效率節能燈具。歐盟建築物能源績效指令 (EU Energy Performance of Building)，要求建築物要達最小能源效率標準，新建與翻修建築約可減少 1/5 能源使用量。

3. 設備端規定

美國開創能效標準先例，首次提出最低能效標準(MEPS)概念，並對主要用電設備制定標準，美國海關更禁止進口不符 MEPS 和能效標籤規定產品；規定電器新的強制性能要求，制定住宅用產品能效標準與產品能效標籤。中國大陸配合能源審計及提升節能監測技術，對重點耗能企業制定「節能監測機構管理辦法」等條例，規定企業需配合裝設能源監控設備及建置能源管理體系。德國明訂產品之能源效率若無法達到歐盟要求即不能銷售(如：75W 白熾燈泡於 2012 年全面禁用且停售)。政府單位已優先採購高效率產品，促進相關節能產品市場，減少能源及燃料使用。

4. 使用端規定

美國於 2010~2014 年逐步要求禁用白熾燈具。韓國規定公共建設與大型高耗能建築物(年均能耗 2,000 噸油當量)，夏季冷氣溫度不得低於 26 度(另政府機關更嚴格規定不可低於 28 度)、冬季暖氣溫度不可高於 20 度；2014 年全面停止生產及進口白熾燈泡。

(三) 查核輔導

1. 強制查核

日本針對年能耗量達 1,500 kL 企業能源使用明顯不合理時，在進行實地檢查後，指示該能源管理指定對象其制定、提交並實施合理化計畫。中國大陸針對能耗水準未達標準之企業，實施嚴格法規約束，並協助轉型及改善，淘汰落後產能；對指定管理對象進行能源審計，定期實施檢測、核査、分析和評價等的措施；根據節能法與地方自治條例對指定管理企業執行調查判斷標準之遵守情況，對能源管理的實際情況進行調查。韓國年能耗超過 2,000 噸 CO₂ eq. 之產業，將遵守每 5 年執行一次之強制稽核；年能耗超過 20 萬噸 CO₂ eq. 之產業，將每 3 年執行一次部份稽查。歐盟要求 2014 年起所有大型企業都要通過由合格和認可的專家進行的每四年一次能源查核。

2. 協助輔導

日本由政府出資委託專業機關對於中等規模工廠和大樓通過節能診斷，提供具體的諮詢，努力普及和指導節能對策。美國為特定商業部門和建築類型量身定制，幫助規劃、設計和執行能效項目，協助發掘節能改善措施，提供最有效節能改善方案；提供共同分擔經費的整廠能源輔導服務、委託各區大學成立工業評估中心(IAC)，接受中小型工廠(年營收<1 億美元，或員工<500 人，年能源費用 60-200 萬美元)申請，提供免費實地輔導。中國大陸對公共建築節能診斷，政府以節能量較大項目給經費改造，並對政府機關辦公建築和大型公共建築各能耗進行資料採集及分析。韓國 KEMCO 接到住宅及商業大樓業主之主動查核要求後，將收取部分服務費用並提供能源查核的技術服務，針對能源消費量 5ktoe 以下之中小企業，提供 90% 能源診斷費用支援；政府部門及公家機構，則提供免費的查核服務。德國提供免費電話服務，提供民眾節能問題諮詢；透過現場節能診斷，給予能源用戶節能改善評估建議；另提供低收入戶免費節能診斷，來協助低收入能源用戶掌握節能潛力。

(四) 能源管理

1. 能管系統

歐盟執委會於能源效率計畫中規定每 4 年對大型企業進行定期強制性的能源查核，並強烈建議各國訂定獎勵措施，鼓勵企業能導入 ISO 50001 能源管理系統，允許企業可以免除接受能源查核。德國鼓勵通過 ISO 50001 驗證的企業可以免除最多 90% 電力稅款或免除再生能源捐(EEG-levy)，使國家整體能源效率逐漸攀升，為建置能源管理系統家數最多國家(截至 103 年已有 3,457 家)。中國大陸推動「萬家企業節能低碳行動實施方案」，要求「每年能源消費 1 萬公噸標準煤(約 7,778 kLOE)以上的製造業以及能源消費 5,000 公噸標準煤(3,889 kLOE)以上的服務業」建置 ISO 50001 能源管理系統。日本經濟團體聯合會(Keidanren)倡議的自願性節能政策，鼓勵企業主動導入各項節能措施，並透過產業自願性協議的方式，讓產業導入 ISO 50001 能源管理系統。英國政府已發布節能計畫(Energy Savings Opportunity Scheme, ESOS)，要求大型企業集團應制定強制性節能評估和節能驗證方案，以減少能源消耗及溫室氣體排放，ESOS 要求擁有超過 250 名員工的企業，每四年應進行一次能源查核，假若企業建置 ISO 50001 能源管理系統的邊界與政府規定的能源查核邊界一致，企業僅須配合提供相關證明文件，即可免除接受該項查核義務。

2. 自願協議

日本環境自主行動計畫對公協會組織會員提出節能計畫，經團連彙整，政府與第三公正單位審視，提供建議，1997 年推動環境自主行動，京都議定書期間成效更為顯著，至 2012 年結束，年平均減少 12.1%(相當 6,104 萬 t-CO₂)；低碳社

會實行計畫提出朝向國際技術轉移與共同節能，開發革新性技術，提高節能減碳成效。美國由政府與工業經濟部門達成協議，按預期目標進行，一般實施 5~10 年，針對自願簽屬之企業提供節能評估、技術輔導、資源與財務上之協助；推動能源之星改善電器與設備能源效率，獲得標示之產品皆超過該類產品最低能效標準，受認證之產品為市面上能效前 25%。韓國對能耗超過 2,000 噸油當量企業推動節約能源與減少溫室氣體排放量，政府提供獎勵誘因，協議基礎為 5 年減少 8% 能源消耗，並依企業特性重新檢視減量目標；對實際減排 100 噸 CO₂ eq. 以上企業給予補貼獎金，以鼓勵先行減量。

(五) 專業培訓

美國住宅節能改造提供專業人才培訓和認證：內容包括 1. 優質工作 2. 有效培訓 3. 專業認證，聘請專業技術人員進行授課，經由課程研習與測驗，通過授予證照，並提供相關綠能工作資訊，協助合格人才求職。日本辦理能源管理師之國家考試(1 年工作經驗)與能源管理研修(3 年工作經驗)，合格完成即可獲得國家頒發之能源管理師(3,000 kL)資格證書；舉辦能源管理員之初期講習，完成結業即被選認為能源管理員(1,500~3,000 kL)，每三年複訓一次，接受素質提升講習訓練。中國依節約能源法規定，重點用能單位需設置能源管理人員，能管師需經過國家考試認證，證照分為能源管理師、能源審計師、節能評估師等，並規定依能源合同(ESCO)之財政獎勵資金申請的節能服務公司需擁有匹配的專職技術人員和合同能源管理人員。韓國要求前年度燃料及熱、電力年使用量總計達 2,000 噸油當量以上企業需設置能源管理者，並依法提供節能教育，告知國家政策與措施，有效協助企業進行節能減碳工作。德國提供能源管理師為期 3 個月培訓，教授建築能源管理、土木工程及機電工程相關領域知識，並於官方網站公布合格名單，提供企業聘僱，協助建築物發掘節能潛力，並與中國合作，合格能源管理師可於中國教授相關培訓課程。新加坡要求註冊公司(年耗電 1,500 萬度)需委任一名負責能源管理、監控與報告能源使用與溫室氣體排放，並策劃改善能源效益的計畫，並依法提供節能教育，告知國家政策與措施，有效協助企業進行節能減碳工作。

(六) 激勵措施

1. 補貼

補貼的制度可分為區分為積分制或是直接金額補貼，積分制的方式並非直接補貼金額，而是讓購買節能設備者可以積點，再用積點兌換其他商品。如：日本為了提高節能家電的採用率，在 2009 年 5 月 15 日推動 Eco Point 制度，此一制度並非直接補貼金額，而是利用「積分」的方式再帶動其他產品的消費。此一制度除了可以提高節能家電的採用率之外，也可同時再帶動其他民生產品的消費量，不止可達節能的目的，亦可促進國內經濟發展 (Ministry of the Environment et

al., 2011)，總計花費 6,930 億日元，年減少 273 萬噸 CO₂ 排放量（冷氣 79 萬噸、冰箱 129 萬噸、電視 65 萬噸，二氧化碳排放係數為 0.561 kg/kWh）；經濟帶動效果約 5 兆日元，一年增加約 32 萬就業機會。直接金額補貼則直接給予購置節能設備或是家電的用戶金額補貼，補助的金額依設備而有不同的比例，實施相關的方案如日本給予購置節能設備的用戶 1/2~1/3 的經費補貼。

美國多數州政府皆對購置節能設備的能源用戶或是住宅實施補貼方案，各州對於補貼的標準或是補貼的設備皆不相同，部分補貼購置費用的 25%，可降低購置者的初期投資成本。

2. 租稅減免

為鼓勵企業購置節能設備，部分國家亦提供稅賦的優惠，減輕企業的負擔，提高企業汰換老舊設備的意願，此一方式主要是企業購置節能設備所產生的費用，其中一部分的比例可以在報稅時折抵，可直接減輕企業的負擔。日本東京都提供中小型企業購置節能設備可抵 7% 的稅賦優惠；美國總統歐巴馬在 2010 年 12 月 7 日簽署“Tax Relief, Unemployment Insurance Reauthorization, and Job Creation Act of 2010,” 對於購置節能設備的企業給予 10%~30%，亦或是特定金額的減稅優惠 (Energy Star, 2011)，另各州政府也提供不同條件的設備優惠。

3. 節能設備加速折舊

企業購置節能設備可採用加速折舊法，此一方式可以減低企業的負擔。日本鼓勵企業購置節能設備，當企業購置節能設備時，於購置年份可再加速提列 30% 的折舊，此一措施適用於所有企業 (Asia Pacific Energy Research Centre, 2011)。

4. 低利貸款

低利貸款方案是讓能源用戶以較低的貸款利率或是較長的貸款期限取得貸款，此一措施也是許多國家採用的方案，如日本提供節能績效良好的大樓低利貸款；韓國自 1980 年開始，政府對於投資高效率設備及節能設施的公司提供長期低利貸款，美國亦提供相關的優惠措施。

(七) 設備效率管理

依據 IEA(2012)，提升設備效率為重要的推節能方式之一，透過能源效率的提升，可使用戶在使用時數不變的情形之下，達到節能的目標。一般對於能源效率的管制多由源頭管制，直接規範產品出廠時的能源效率值，由設備供應端管理達到提升設備能源效率的目的，例如最低能源效率標準、待機電力限制、高效率產品標章、能源效率分級制。

1. 最低能源效率標準

對於建築內部的耗能設備管理，多數國家是直接限制設備的最低能源效率標準 (Minimum Energy Performance Standards, MEPS)，所生產或是進口的設備必須

達一定的效率值，藉此淘汰效率較差的設備。雖然各國限制的品項不盡相同，但是當設備的項目愈廣或是標準愈趨嚴格時，除了可達到節能目的之外，另一方面也可藉此提升國家整體的技術競爭力，其中較具代表性的有日本的 TOP RUNNER 制度，此一制度目前已涵蓋 23 種日本住商部門常見的耗能設備，耗電量約可涵蓋家庭用電的 80%，且逐步提高能效標準，有效從供應端管理，提升設備能源使用效率，且此一制度也已逐步擴大應用於建材管理；加拿大對於最低能源效率標準的產品限制可區分為五大類，包括：家用電器、熱水器；空調設備、照明產品、電器產品、音訊產品及製冰機、冷酒器等耗能設備也都訂定最低能源效率標準；美國住宅部門最低能源效率標準規定的產品範圍包括：冰箱、冷凍庫、冷氣機、熱水器、螢光燈泡、白熾燈等，同樣是針對家庭設電器中最常見的設備做管理。

2. 待機電力限制

除了最低能效標準、高效率產品標示及能源效率分級制對產品的效率做管理之外，部分國家進一步推出「家電待機限制」的規定，隨著經濟成長，家庭電器普及率愈來愈高，許多家電皆具備遙控、顯示、定時、觸控與保溫等功能，時時處於待機狀態(stand by power)，以隨時因應使用者需求，雖然單一家電的待機耗電量非常小，但當多項電器長期待機耗損的電力就相當可觀，因此，待機電力耗能也逐漸為國際間所重視，紛紛制定相關的規定或是改善措施以降低待機耗電量。依據日本的研究報告，家庭電器的待機電力約占住宅部門電力消費量的 7%~10%，具有相當的節能潛力。先進國家如美國、加拿大、日本、韓國、歐盟等，限制部分家電待機電力必須小於 1 瓦，加拿大則是針對部分商品逐漸提高待機電力限制。美國的能源獨立與安全法案 (Energy Independence and Security Act, EISA) 及總統行政命令 13221 要求聯邦機關購買待機電力小於 1 瓦的產品，如果購買產品皆不符合待機電力小於 1 瓦的要求，則必須選擇待機耗電量最小者。

3. 高效率產品標示

「高效率產品標示」制度為正面鼓勵性質，表示產品的效率高於同類產品的平均值，並以認證標章提供消費者購買時辨識。雖然此一制度所揭露的資訊不及效率分級制度詳細，但仍有許多國家實施，如：美國、加拿大、日本、韓國、歐盟、大陸等。

4. 能源效率分級制

此一制度是要求廠商揭露產品能源耗用量等相關資訊，藉以引導消費者在購買產品時能選擇高效率的產品，以達到節能及省錢的雙贏局面。效率分級標示可分為「分類型標示」和「連續型比較標示」；前者有明確的能源效率等級評定方式，採星星數分級、英文字母分級、數字分級等方式，讓消費者選擇產品時，明確了解此產品在整個該類產品之能源效率等級，實施的國家包括澳大利亞、歐盟、韓國、日本、中國大陸等；藉由資訊揭露以協助消費者選擇能耗值較低的產品。至於「連續型比較標示」則是以「連續性尺規」標示，直接以落點方式標出

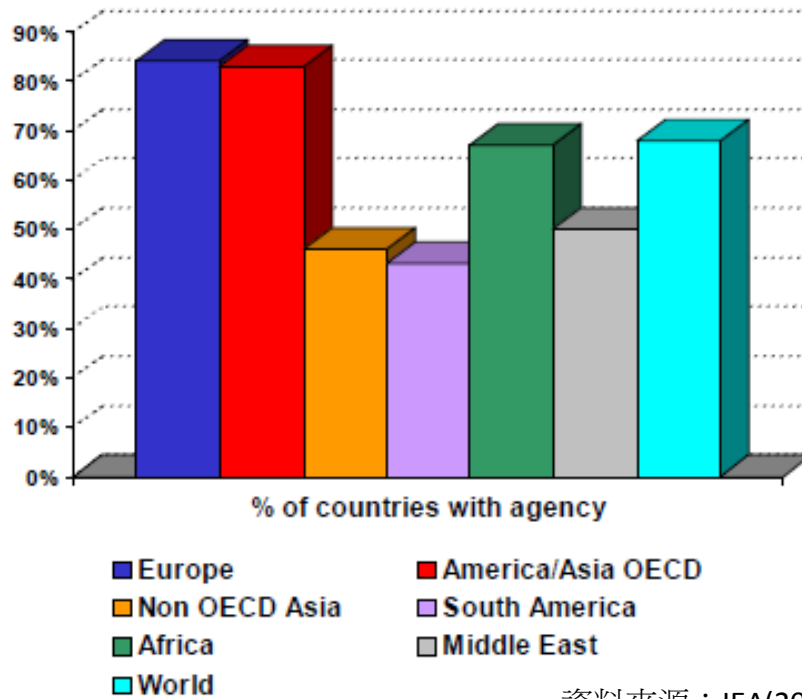
此產品能源效率與市場同範圍產品比較後的相對值，實施的國家如美國、加拿大。

(八) 建築節能管理

多數的國家並未直接訂定各部門每年的節能率，而是採用建築能源效率管理的方式達到節能的目標，實施方式除了強制性的能效管理與自願性的節能建築認證之外，還有透過獎勵措施鼓勵進行節能修繕。強制性的管理如美國的國家建築物規則(Model National Energy Code for Buildings, MNECB)，此一規則發布於 1997 年，用以限制新建的商業、機構及政府建築必需符合建築物能源效率基準。在日本對於建築管理有兩類基準法，分別為大樓(Building)及住宅(House)之建築節能基準，並輔以政府公布之建築隔熱材之性能係數標準值，以及出版住宅節能設計施工指南。加拿大國家建築物規則(Model National Energy Code for Buildings)則限制新建的商業、機構及政府建築必需符合能源效率標準。韓國強制規定大於一定規模的既設建築物需申報節能計畫，以增加高效率和再生能源設備的使用；對於某一規模以上的新建建築物，必須先提交節能設計與節能計畫，始能取得興建許可。歐盟建築物能源績效指令(EU Energy Performance of Building)，要求建築物要達最小能源效率標準。此外，自願性的建築節能方案，則是透過自願性的認證標章以鼓勵興建者興建與購買者購買，獲得認證的建築物代表符合效率基準或是相對節能，預期可降低能源成本，如 R-2000 認證、日本的 LCCM 住宅認證、德國的建築護照、美國的能源之星、LEED…等。

(九) 節能推動組織

國際間已普遍設立專責節能組織，來推動節能工作，根據 WEC(World Energy Council ,WEC)2008 年研究指出，全球有三分之二的國家都有某種型態負責能源效率政策和實施組織，如圖 2-1。專責節能組織的功能：A.專責節能組織為被授權或被委託執行國家能源效率措施的單位、B.專責節能組織需與中央、地方政府機構共同合作，以推動相關節能工作、C. 專責節能組織需與其他民間組織共同合作，以整合社會各層面節能努力。



資料來源：IEA(2010)

圖 2-1 國際節能專責組織占比

二、比對研析我國與國外節能措施推動之差異

國外為達成京都議定書協議之減碳量，並完成各國宣布之節能目標，無不積極進行節能減碳工作，依各國社會環境與人文習慣制定符合適於推動落實之節能措施，為精進我國節能減碳政策之推動，參考國外節能作法尤為重要，以下彙整我國與各國重點節能措施之推動比較如表 2-1。

經表 2-1 可發現，我國主要推動架構已與國際推行趨勢相當，惟推動深度仍不足，未來若要擴大我國整體節能成效，可針對相關措施差異加強推動，尤以我國國情來看，積極擴大能管法列管範圍與訂定節能目標是首要工作，並提高能管員專業與組織影響力，以刺激能源用戶主動導入節能工作，減少營運成本，提高產業競爭力。

表 2-1 我國與先進國家推動措施比較

措施	各國	台灣	差異分析
節能目標	<p>日:2020 較 1990 減 22% 碳排;節能法要求企業 5 年平均 1% 節能目標;住宅領跑者;ZEB/ZEH 發展目標。</p> <p>美:2020 較 2005 減 17% 碳排;商業與住宅能效高 30%;政府 2006-2015 面積能耗年減 2%。</p> <p>韓:2020 較 2005 減 4% 碳排;2020 綠色產品佔有 8%;2030 能效至 46%。</p> <p>中:2015 較 2010 降生產能耗 16%、CO2 降 17%;2015 綠建築達 20%，節能改造 1.2 億 m²。</p> <p>德:2020 較 1990 減 36% 碳排、2050 減 80%;2020 提高 20% 能效、2050 提高 50%;2050 住宅能源降 80%、提高更新率 2%。</p>	<p>國家目標：排碳 2020 回到 2005，2025 回到 2000。能源密集度 2015 較 2005 降 20%，2025 下降 50%。</p> <p>智慧節電計畫：中央地方合作，期機關、民生部門達節電 2%。</p> <p>能管法：大用戶 5 年均 1% 節電目標。</p>	<p>1.我國因日本福島核災影響，正面對廢核爭議問題。核電的停擺，加重對進口能源的依賴，能源成本提高，碳排放量增加，使 3E 嚴重失衡，面臨能源政策之轉型與抉擇。</p> <p>2.各國因節能工作發展期程、產業結構與人文環境等差異，宣示減排目標與能效提升目標皆不同，依我國近年發展情勢，節能減碳目標相較他國嚴格，且今年由主管機關宣示節電 2% 計畫(機關與民生部門)，實可彰顯我國減量與節能決心。</p> <p>3.先進國家針對建築制定目標與能效提升要求，我國僅針對新建建築規定外殼耗能，但未對建築能效訂定目標，也未針對零碳建築訂定發展期程。</p>
能源法規	<p>日:列管能耗 1,500kLOE 企業、新建修繕 300m² 建築、年供給 150 戶業者;5 年均 1% 節能目標、夏及冬季室內溫度限值。</p> <p>美:2010~2014 逐步禁用白熾燈;訂定設備效率標準，不符標準限制進口。</p> <p>韓:限制排放 12.5 萬噸企業或 2.5 萬噸單位;新較舊建築保溫高 20%。</p> <p>中:列管 7,778kLOE 企業及 3,889kLOE 單位，要求裝設監控設備;淘汰落後產能。</p> <p>德:1,000m² 新建築需評</p>	<p>能管法:管制契約容量超過 800kW 之建築需建立能源查核制度、設置能源管理人員、能源使用合理化計畫、5 年平均 1% 節電目標。</p> <p>節能規定:20 類指定用戶遵守冷氣不外洩、禁用白熾燈泡、室內冷氣溫度限值);水泥、鋼鐵、造紙、石化及電子業訂節能及能效規定。</p> <p>節約能源設計標準 (ENVLOAD):規定新建建築外殼隔熱、遮陽、透光與開</p>	<p>1.我國能管法僅針對單一建築物做列管，對單一據點用電量少但營業據點多之連鎖集團用戶卻無法規可管理，並非如先進國家以總量管制方式，達到管制對象少，效益卻較大之目標。</p> <p>2.國外近年多開始透過建築面積做為列管對象，此舉可有效擴大列管對象，對我國目前法條規範而言，可透過建築面積管制，要求中小用戶進行節能管理，擴大節能成效。</p> <p>3.行政機關應與建築業者溝通，將節能性能反應至建築物，使消費者了解建</p>

	估耗能；2020 新建築不用化石燃料；建築熱耗能低於 30kWh/m ² *yr。	窗率等節能標準。	築能耗，提高購買意願。
查核輔導	<p>日：列管用戶須提交定期報告書、中長期計畫、設置能源管理士；對 100~1500kL 工廠與大樓提供免費節能診斷。</p> <p>美：提供中小型工廠免費技術輔導(年營收<1 億，員工<500 人，能源費用 60-200 萬)。</p> <p>韓：2000kLOE 事業 5 年一次強制稽查，20 萬 kLOE 者 3 年一次部分稽查，皆需設置能源管理者；對能源消費量 5 ktoe 以下之中小企業補助 90% 技術服務費用。</p> <p>德：開放免費電話服務，提供民眾節能問題諮詢。</p>	針對住宅與服務業部門提出申請者，由節能服務團提供免費的節能技術服務，依照診斷結果提出節能改善提案，協助用戶發掘節能潛力，提供節能專業諮詢與新技術發展情況。	<p>1.我國由能源基金提撥免費節能診斷經費，委託專業機構協助企業進行初步節能改善規劃，但若企業需要更進一步深入探討節能手法，則須自行委託專業機構或 ESCO 業者進行改善。</p> <p>2.我國對能源用戶提供免費技術輔導，對象除了能源大用戶之外，亦包括部分中小型用戶(800kW 以下)、集合式住宅及集團用戶，輔導對象較廣。</p>
管理系統	<p>歐：規定 4 年對大企業強制能源查核，鼓勵導入 ISO 50001，企業免查核。</p> <p>德：ISO 50001 驗證企業可免最多 90% 電力稅款或再生能源捐 (EEG-levy)</p> <p>中：能源消費超過 1 萬公噸標準煤 (約 7,778kLOE) 製造業及 5,000 公噸標準煤 (3,889kLOE) 服務業建置 ISO 50001。</p> <p>日：自願節能鼓勵企業主動導入各項節能措施，讓產業導入 ISO 50001。</p> <p>英：擁有超過 250 名員工企業，四年一次查核，若建置 ISO 50001</p>	<p>經濟部標準檢驗局和 ISO 50001 國際標準，建立與國際接軌的 CNS 50001 國家標準。</p> <p>由政府透過示範輔導，委請專業機構協助輔導能源用戶建置能源管理系統。</p>	至 103 年我國累計 186 家用戶通過驗證，居全球第 11 位，在亞洲第 4 位，僅次於韓國，已在國際上讓各國大大加深我國節能的良好形象

	與政府規定邊界一致，可免查核。		
自願協議	<p>日：環境自主行動計畫，公協會組織會員提出節能目標；低碳社會實行計畫，朝向國際技術轉移與共同節能。</p> <p>美：SEP計畫，2006-2017逐年降低工業能源密集度 2.5%；Save Energy Now，十年內產業能源密集度減少 25%。</p> <p>韓：能耗達 2,000kLOE 企業制定 5 年 8% 節能率，政府提供獎勵；補貼減排達 100 噸企業，鼓勵先行減排。</p> <p>中：自願減排交易，企業或個人透過碳交易，中和排放量；自願性環保協議，企業、地方和中央簽訂協議制定減碳目標。</p>	邀請各行業與政府達成節能協議，訂定 3 年節能 5% 之節能率，由政府委派專業機構提高技術輔導與節能診斷，協助發掘企業之節能潛力，並辦理企業內部節能服務團訓練，擴散節能種子。	日本自願節能由產業自行帶動，公協會組織會員，共享節能技術與相關資訊，自行制定節能計畫與目標(高於政府要求目標)，易於推動節能。我國因未有直接獎勵制度，較無重大誘因激勵企業投入自願節能行列，可能無法達到推波助瀾之效果，節能效益有限。近年來各國多進行國際合作與節能夥伴關係，透過技術轉移至開發中國家進行節能改善，共享節能成果
教育訓練	<p>日：能源管理師國家考試(1年經驗)與能源管理研修(3年經驗)；完成初期講習，選任能源管理員，每三年複訓一次。</p> <p>美：聘請專業人員授課，通過授予證照，提供工作資訊，協助求職。</p> <p>韓：依法提供節能教育，告知國家政策與措施，協助企業節能。</p> <p>中：證照分為能源管理師、能源審計師、節能評估師。</p> <p>德：培訓 3 個月能源管理師，提供企業聘僱，協助發掘潛力，並可於中國大陸教授課程。</p>	舉辦能源管理人員訓練班與考試，合格者頒給合格證書，並定期由能源局通知調訓，上網申報登記為能管人員。定期舉辦講習研討會，邀請能管員參與，精進能管員專業能力。	我國透過考試要求能管員更理解相關知識與政策，並有效提升能管員專業度。能源管理人員訓練課程稍不符合實際現場人員所需，應增加實地觀摩與介紹，讓現場管理人員更瞭解設備運轉情況與操作方式，於每年查核申報時也能更得心應手。我國能管員階級較未有嚴格規定，比照他國要求，應提高能管員資格，以有效推動相關政策與落實。
激勵措施-	日 ：稅制優惠措施，最大特別折舊與免稅	購置節能設備優惠貸款、節能績效保證	設備補助主要採用 ESCO 補助方式，較不及國外多

設備	<p>30%；Eco Point，購買節能設備者可以積點；中小企業節能率達 1% 或 500 kLOE，補助 1/3，上限 50 億。</p> <p>美：合同能源管理 (EMC)，為用戶節能改造，共享節能效益；家庭能源效率改善租稅抵減，可獲最高 500 美元租稅抵減。</p> <p>韓：綠色信用卡制度，紀錄環保消費換綠色點數，促進綠色交易。</p> <p>中：節能產品惠民工程，依比例原則補貼節能與普通產品價差；家電下鄉，提倡農村消費按產品售價 13% 給予補貼。</p>	<p>專案、節能家電補助、高效率道路照明燈具示範補助。</p>	<p>元，未來應擴大補助項目，刺激能源用戶改善，也有助於產業發展，有效達到節能減碳的效益。</p> <p>我國補助限制較多，內容也較少，對於部分願意執行節能改善之用戶，因資金不足或計畫改變，造成節能措施無法執行，應擴大節能補助項目，並仔細評估帶動效益，以有效協助企業節能減碳，亦帶動產業發展之雙重效果。</p>
激勵措施-建築	<p>日：BEMS 補助，補助契約 50~500 kW，施工成本 1/3；HEMS 補助，每戶 7 萬。建置 MEMS 補助 成本 1/3；ZEB 推動補助金，基本補助 1/3，減少能源消費多，補助越高。</p> <p>美：節能商業大樓減稅，高 ASHRAE90.1-2001 標準 50% 以上，給 0.3~1.8 美元/ft² 稅收減免；既有建築採高效率設備 (Energy Star)，抵稅工程成本 10~30%，最高 1,500 美元。</p> <p>韓：建築認證標章，可享 3~15% 免稅額或減免 20~50% 環境改善費。</p> <p>新：建築綠色標誌獎勵，補助建築能效設備與專業服務費用 35~50%。</p>	<p>高級中等學校建置建築能源管理系統、民間建築物智慧化改善補助、建築節能與綠廳舍改善補助計畫</p> <p>建築節能與綠廳舍改善補助計畫：針對中央政府機關暨所屬廳舍及國立大專院校，聘請國內專家學者籌組服務團，協助辦理改善工程之現勘、實測、評估，提出改善建議及初步規劃設計等輔導工作，改善工程所需經費由建研所全額補助。</p>	<p>為推廣建築節能與能源管理系統普及，應參採國外推廣經驗實行能源管理系統補助計畫，有效協助辦公大樓與住宅進行節能，且可提高管理人員工作效率。</p> <p>日本推動能源管理系統從多方面進行評估，企業配合採用多種刺激手法，帶動家庭主婦進行節能，未來我國應參採日本推動方式，有效降低我國住宅部門尖峰需量，且可降低家庭電費，獲得民眾更多支持。</p> <p>我國補助內容較少，建議可由既有之能源研究發展基金或其他相關預算，研擬擴大提供建築節能改造與發展零碳(低碳)建築補助金之可行性。</p>

	<p>德：建築節能改造翻修，小型能源用戶翻修，可獲政府補助及減稅。</p>		
能效標準	<p>日：Top Runner 制度，包含建材共管制 26 項；節能標籤落實，提供 16 種家電節能信息(是否達 Top Runner、省能基準、能耗、目標年)。 美：MEPS，已頒布編撰 30 多項產品之效率標準，節省約 450 億；Energy Gride，強制比較標識，幫助消費者了解能效。 德：待機電力限制，家電需降至 1W 以下，違者禁止販售。 韓：能源效率標準與標籤制度，規定 35 項家電產品須標示；eMark，已有 41 種產品通過認證。</p>	<p>MEPS 管制:強制將高耗能產品從市場上淘汰，已公告 20 項，將家庭總耗電量約 65%器具管制。 節能標章:共計開放 46 項供廠商申請認證，已占家庭總耗電量 90%以上。 能源效率分級標示:揭露產品能源效率及耗能資訊，引導民眾選購高能源效率產品。</p>	<p>我國管制項目不及先進國家多樣，TOP RUNNER 納管設備已占家庭耗電 80%，且加入隔熱建材之標準，擴大住宅與建築物之節能成效。</p>
建築認證	<p>日：CASBEE 評價認證，共 54 個評估項目，含能源效率、資源效率、地域環境、室內環境；LCCM 住宅認證，運用六種設計理念實現”住宅隨季節換裝”；環境共生住宅認證，建築生命週期以節能減碳為概念。 美：建築能源標準，制定最低標準，建物需滿足或超過此標準；建築物能源之星，認證建築能效較同類建築高 25%；住宅能源評級系統，買賣方能評估能源性能，識別改善潛力；LEED，國際最完善、最具影響力評估標準。</p>	<p>為積極推動建築節能，並與國際接軌，我國針對建築節能認證部分推行綠建築標章、智慧建築標章、綠建材標章與住宅性能標章等制度，提高建築物能源使用效率。 建築節能宣導作法與日本相似，透過辦理研討會、出版雜誌、網路發佈新技術等管道作推廣。</p>	<p>透過建築認證制度，使民眾了解是否為節能建築，增加民眾購買意願，提高建築業者銷售率，未來可考量將建築物節能性能之”可視化”反映至房價上。 日本民眾因經過 311 大地震事件，國內限電情況造成諸多不便，民眾對於節能住宅更加重視，政府也積極建構示範建築，並鼓勵建商仿效與精進，我國住宅部門用電量逐年成長，住宅節能勢在必行，應仿效日本建構我國示範性建築，搭配地緣性採取較合適條件，推進我國建築節能，降低住宅部門能源使用。</p>

	<p>韓：建築節能評價認證系統，18 戶以上新建公寓，能效良好授予認證；住宅性能評價信息公開制度，租賃或交易時須公布住宅性能評價。</p> <p>中：中國能效之星，對用能單位及企業能效評價。</p> <p>德：加熱 30 ~70kWh/m²a 稱低能耗建築、小於 15 稱被動節能屋。</p> <p>新：採用 SS530 標準電費可省 1/3。</p>		
限電措施	<p>日：2011 年，區域強制限電、500 kW 以上最高需量較去年減少 15%；2012 年，特定區域計畫停電、節電鼓勵、企業自主節電與政府節電宣導等。</p> <p>美：電力需求側管理，通過政策措施引導用戶高峰時降低用電，低峰時多用電，提高供電效率、優化用電之方法。</p> <p>韓：加強電力供需管理，備載容量 500 MW 以下，以 100 MW 劃分 5 層級，準備→關心→注意→警戒→嚴重；推動節電措施，夏季室內溫度 26℃、公家機構 28℃，尖峰時段間隔關閉空調。</p> <p>中：斷電令，十一五期間，未達目標高耗能單位斷電令，企業自負損失。</p>	我國目前並未有限電措施，但就家庭若今年度用電較去年同期節省，則減少部分金額於當月電費中，以作為節電之獎勵。	目前我國無供電不足情況，但考量核電不運轉，用電短缺時，日本推動經驗值得我國學習規劃。透過節電鼓勵與訂定措施鼓勵用戶節電，分散用電區間，提高發電效益並節省電費。

三、推動措施建議

(一)擴大管制對象

可參採日本的管理方式，將建築物管理改為以企業管理模式，逐步將能源使用量超過特定規模的集團用戶納入管理，將單一據點用電量少但營業據點多之連鎖集團企業做管理；擴大建築法規之管理範圍，將新建與大規模修繕之建築納入管制對象，要求符合建築管理規定並定期針對節能項目提出報告，且適時提供輔導與技術協助。

(二)擴大自願節能效益

建議未來參考日本經濟團體聯合會之作法，由產業公協會自主性發揮推動力量，推動相關產業共同節能減碳，並針對優良企業做為節能技術傳承/交流先鋒，對同類型企業灌輸節能思維，政府提供技術協助及適當補助，若未來搭配碳權交易，勢必能提高中小企業節能意願。

(三)建築節能推廣

我國僅規定新建建築外殼耗能，對大規模修繕建築並無規範，也無要求制訂節能計畫；空調、照明、動力設備於設計初期具規範效果，但完工實際查驗仍有努力空間。我國目前零耗能建築僅以推廣為主要執行項目，未制訂發展目標與期程，未來技術純熟時應訂定推動目標，建立示範性建築並於可推行區域率先執行，以有效推動建築節能效益。

(四)能源管理人員

應修訂能管人員資格，要求需在組織擔任要職，有效推動企業節能工作。透過實際罰則，加強公權力執行，提高我國能管人員比例。參採日本推動模式，制定兩種能管人員訓練模式，依規模大小要求設置所需能管員。可提高節能組織運作與規劃，有效落實節能工作並提高企業節能效益，降低計畫與實際執行項目不同之情況，提升工作效率。

(五)共用空調設備

提倡國民多加利用圖書館及美術館等公共設施避暑及家中應儘量共同使用同一房間及使用同一空調，降低單一空調設備低負載運轉情況。有效降低夏季用電尖峰需量，一般家庭可減少電費。

(六)零售商設備使用行為

便利商店將冷飲儲存庫和店內設定溫度調高 1°C，並停止或減少瓶裝飲料、

冷凍食品之照明。

(七) 建築物能耗標示

推動建築物標示節能性能、建築認證制度、節能標識制度、建築物節能性能之”可視化”反映至房價上。制定符合我國建築物能源標示制度，依不同建築類型制定能源使用標準，參採國外建築節能標識制度，將建築能耗顯示至建築物上，並要求販售或租賃時需公布建築物能源使用情況，提供消費者做選擇，鼓勵購買低耗能建築並刺激建築業者進行節能改善。協助建築業者讓購買民眾了解此建築物為節能建築，建築物本身即可減少用戶能源消費，增加民眾購買信賴度，藉此提高建築業者販售率，並可達到相當的節能效果。

(八) 節能補助

先進國家為提高節能效益，皆頒布多項補助辦法，幫助各企業執行節能改善，我國設備補助主要採用 ESCO 補助方式，對中小企業誘因較小，應參考先進國家，擴大補助辦法，刺激企業進行節能改善工程，並有助於協助產業發展。

(九) 最低能效標準

為有效管制供應端設備能效，制定最低能效標準，要求設備需達到或超過此標準才可販售，我國管制項目不及先進國家多樣，為擴大節能效益，應逐步增加器具列管項目，並定時檢討技術成長情況，修正標準，訂定更嚴格有效的基準，以提高我國節能效益。

(十) 綠色信用卡

參採韓國做法，結合信用卡平台紀錄民眾環保行為換取點數，再以現金回饋、點數交換、扣抵環保產品費用，甚至支付公共交通費用及地方稅、捐款等回饋給民眾。藉由使用綠色信用卡制度，提供購買節能產品優惠與積點換產品服務，刺激綠色消費與產業發展，有效提高高效率設備普及率，降低住宅部門用電。

(十一) 節能專責組織

考量國內外能源環境變化，及全國能源會議結論，我國節能組織運作模式宜進一步強化、參考國際節能專責組織運作模式，初步研析出成立專責節能組織是目前最適合我國實施的方式。

(十二) 用電懲罰機制

能源大用戶經查證未達國家制定之節能目標(5年平均節電1%)，且用電成長

幅度達到一定標準者，要求提出合理說明報告，若違反則採取差別電價機制，但開罰前需技術輔導，協助使用效率不佳設備之用戶改善。

四、措施推動效益

(一) 夏季用電較前一年少者，給予優惠折扣

1. 措施背景說明

- (1) 措施的定義：針對服務業部門契約容量 100kW 以上用戶節能 2% 者實施電價折扣獎勵措施。
- (2) 實施必要性：服務業用電占全國總用電量約 18%，但目前國內並未針對服務業用戶提供節電獎勵折扣，未提供足夠的誘因促使用戶降低夏季用電量。然而，近年住宅部門實施電費折扣獎勵方案後，已成功引導住宅部門用電成長趨緩，故建議參考住宅部門的方式，提供服務業用戶夏季節電獎勵措施，以降低夏季尖峰負載需求。
- (3) 國際典範國家作法：國外節約用電誘因配套措施主要用於推動電力需求面管理 (DSM)，「電價獎勵措施」主要運用於降低尖峰「負載管理」，例如日本、韓國、美國、加拿大、英國、瑞典等。
- (4) 國內實施概況：國內針對住宅部門提供節電獎勵折扣，相關獎勵折扣措施及節電成效可分別整理如表 2-2 及表 2-3。

表 2-2 住宅部門電價折扣獎勵措施表

年度	97 年 7 月		98 年 7 月	99 年 7 月	
措施	電費折扣獎勵節能措施		擴大電費折扣獎勵節能措施	縣市節電競賽	
競賽標準	用電量與上一年同期比較零成長或負成長者		連續 2 年同期平均每日用電均較前期平均每日用電不成長或負成長	各別縣市內住宅用戶之平均每戶用電成長率。採每 2 個月競比一次，並於每雙月份月底公布縣市節電競賽名次	
節電率 / 折扣	節電率	折扣	折扣	名次	折扣
	$0 \leq X \leq 5\%$	5%	10%	第 1 名	20%
				第 2 名	15%
				第 3 名	10%
	$5\% \leq X \leq 10\%$	10%	20%	第 1 名	25%
				第 2 名	20%
				第 3 名	15%
	$10\% \leq X$	20%	30%	第 1 名	35%
				第 2 名	30%
第 3 名				25%	

資料來源：經濟部能源局

表 2-3 住宅部門實施電價折扣獎勵措施成效表

期間	節電量(億度)
97.07~97.12	25.93
98.01~98.12	37.56
99.01~99.12	39.18
100.01~100.12	37.91
101.01~101.06	17.02
總計	158

資料來源：台灣電力公司

住宅部門實施獎勵方案後，至 101 年 6 月全國電費折扣金額已達 267 億元，享受基本折扣戶數達 10,120 萬戶，總節電量達 158 億度；另外，由能源統計手冊（2012）資料顯示，住宅部門 92 年-96 年的五年年平均用電量成長率為 2.48%，97 年開始實施住宅部門節電獎勵折扣之後，97 年-101 年的五年年平均用電量成長率為 0.33%，但 102-103 年成長率又上升至 1.30%，顯示電價折扣獎勵方案對於減緩住宅部門用電成長有極大的成效。

2. 2016~2030 年規劃作法及其內容重點

(1) 規劃作法

A. 適用對象：服務業部門能源用戶，契約容量超過 100 瓩之電號為「適用廠商」範圍，但有下列情形者，不在適用範圍，如一年內曾辦理過戶、分戶、終止契約、廢止用電、及用電種別變更。以契約容量 100kW 為對象的，主要是因為服務業契約容量超過 800kW 以上大用戶其用電量約僅占服務業 31.45%，其餘為中小型用戶及表燈用戶（契約容量 100kW 以上用戶用電占比分布可整理如表 2-4），若僅以能源大用戶為適用對象，節電效果較為有限。為擴大節約能約成效，故將電價獎勵優惠措施擴大至契約容量 100kW 以上之用戶。

表 2-4 契約容量用戶用電概況表

契約容量 X	2014 年用電量	占服務業用電比例
>800	14,968,724,020	31.45%
500<X≤800	2,447,244,587	5.14%
300<X≤500	1,901,381,886	3.99%
100<X≤300	1,953,845,621	4.10%
100kW 以上用戶合計	21,271,196,114	44.68%
服務業總用電量	47,602,699,000	---

資料來源：能源統計年報

- B. 實施期間：每年 6 月 1 日至 9 月 30 日（電費帳單 7 月-10 月）
- C. 計算基礎：以個別「適用廠商」為單位，每 1 個月計算 1 次，用戶當期電費單上每日平均用電量與去年同期相比，若成長率為零或負成長者，給予電價折扣優惠。
- D. 計算公式：
- E_1 ：本期電費平均每日用電度數
 =本期電費總用電度數 ÷ 本期計費期間實際用電日數；
- E_0 ：去年同期電費平均每日用電度數
 =去年同期電費總用電度數 ÷ 去年同期計費期間實際用電日數
- 成長率 $= (E_1 - E_0) / E_0 * 100\%$
- 用電成長率計算是以日為基礎，主要是為避免人工抄表使得計算週期不同，造成誤差。
- E. 電價折扣級距設計如表 2-5，唯平均每度電折扣價格應低於台電迴避成本。

表 2-5 節電級距及基本折扣費率表

用電量成長率 X%級距	基本折扣率
$-3\% < X \leq -2\%$	1%
$-5\% < X \leq -3\%$	3%
$X \leq -5\%$	5%

(2) 規劃作法預期困難

- A. 節電獎勵折扣必須搭配節電宣導提高用戶自主節能意識，否則當用戶的所得效果大於替代效果時，節電成效恐會不佳。
- B. 節電獎勵方案平均每度電的折扣幅度應小於台電迴避成本，否則恐會擴大台電財務赤字現象。

(3) 規劃作法所需資源

- A. 用戶成本：假設用戶完全透過設備操作調整（例如使用空調設備同時搭配電扇），或是日常行為改善（例如隨時關燈、減少搭乘電梯）達到節電的成效，則不需額外投入任何成本，但建議用戶裝設智慧電表，可以更加了解企業用電量變化，進而調整用電習慣，假設每戶裝設一智慧電表，則其成本約為 8000-10000 元。
- B. 政府投入成本：2016 年 6 月 1 日開始實施，假設用戶 2015 年 6 月、7 月、8 月、9 月用電量比 2014 年同期多的用戶，在 2015 年時皆因為新的

節電獎勵措施達到節電 2% 的獎勵門檻，則政府所需付出的成本為：獎勵成本=6 月至 9 月達獎勵門檻之用戶其用電量*平均每度電 3 元*電費折扣 1% 之後加總，約為 78,677,490 元。

3. 2016~2030 年規劃措施之成效

2016 年 6 月 1 日開始實施，假設用戶 2015 年 6 月、7 月、8 月、9 月用電量比 2014 年同期多的用戶，在 2016 年時皆因為新的節電獎勵措施達到節電 2% 的獎勵門檻，則預估 6-9 月總計約可節電 52,451,660 度。

(二) 夏季用電較前一年同期多 10% 者，多用之度數加重計費

1. 措施背景說明

(1) 措施的定義：服務業部門針對契約容量 100kW 以上用戶實施強制節電措施，用戶用電與去年同期相比，平均每日用電成長率不得逾 10%，超過 10% 者依超過度數加重計費懲罰。

(2) 實施必要性：服務業用戶可能因為擴大業務範圍而使用電量增加，然在供電吃緊時，商業用戶在發展業務活動之餘，仍應共同承擔節電之義務，盡量透過行為改變或是汰換老舊設備，達到經濟發展與節能兼顧的目標。然而，若未訂定強制性的懲罰機制，短期之內要提升用戶的節電意識或是抑低電力需求恐難收立竿見影之效，故建議針對節電成效不佳之用戶，採用懲罰性機制，針對用電成長超過 10% 的部分加重計費。

(3) 國際典範國家作法：

A. 中國於 2010 年 9 月，浙江頒布《超額標準用能電價加價管理辦法》，對用能單位超過國家、省的能耗限額標準消耗的能源量（電量）實行電價加價。該省選取了 44 個行業中產品較單一的 239 家企業為首批“懲罰性電價”的監察對象。超額標準 1 倍以上企業，將在標準電價的基礎上每度加收 0.3 元；超額標準 1 倍以內，每度加收 0.1 元。該省能源監察總隊總隊長吳光中表示，懲罰性電價將長期執行，限額標準將不斷調整。

B. 日本因地震影響，東日本發生電力供應吃緊的現象，針對東京電力及東北電力轄區內契約容量大於 500kW 的用戶（共計 18859 家）採用限電措施，限制期間為 2011 年 7 月 1 日至 2011 年 9 月 9 日（星期六、日及假日除外；東京電力範圍內限制期則是到 9 月 22 日），限制時段則是上午 9 時至晚間 8 時。限電方案是規定用戶每小時平均最高需量不得超過去年夏季平均每小時最高需量的 85%，若故意違反將處以 100 萬以下的罰款(Ministry of Economy, Trade, and Industry,2013)。

(4) 國內實施概況：國內目前並未針對服務業部門訂定特別的懲罰機制，但住宅部門的電費計算是採用階梯制，已隱含懲罰機制的概念。

2. 2016~2030 年規劃作法及其內容重點

(1) 規劃作法

- A. 適用對象：服務業部門能源用戶，契約容量超過 100 瓩之電號為「適用廠商」範圍，但有下列情形者，不在適用範圍，如一年內曾辦理過戶、分戶、終止契約、廢止用電、及用電種別變更者。以契約容量 100kW 為對象的，主要是因為服務業契約容量超過 800kW 以上大用戶其用電量約僅占服務業 31.45%，其餘為中小型用戶及表燈用戶，若僅以能源大用戶為適用對象，節電效果較為有限。為擴大節約能約成效，故將電價獎勵優惠措施擴大至契約容量 100kW 以上之用戶。
- B. 實施期間：每年 6 月 1 日至 9 月 30 日（電費帳單 7 月-10 月）
- C. 計算基礎：用戶當期電費單上每日平均用電量與去年同期相比，若成長率大於 10% 者，超過 10% 的部分依不同級距加重計費。
- D. 計算公式：
- E1：本期電費平均每日用電度數
= 本期電費總用電度數 ÷ 本期計費期間實際用電日數；
- E0：去年同期電費平均每日用電度數
= 去年同期電費總用電度數 ÷ 去年同期計費期間實際用電日數
- 成長率 = $(E1 - E0) / E0 * 100\%$
- 用電成長率計算是以日為基礎，主要是為避免人工抄表使得計算週期不同，造成誤差。
- E. 電價懲罰級距設計如表 2-6，唯平均每度電加價後的價格仍應考量台電迴避成本。

表 2-6 成長級距及基本折扣費率表

用電量成長率 X% 級距	超過部分加重計費比例
$10\% < X \leq 20\%$	15%
$20\% < X \leq 30\%$	20%
$30\% \leq X$	30%

(2) 規劃作法預期困難：部分用戶因為擴大業務量造成用電量成長的現象，加重計費機制可能會被用戶曲解成為填補台電財政赤字所形成的措施，反對此計費機制。

(3) 規劃作法所需資源

- A. 用戶成本：假設用戶完全透過設備操作調整（例如使用空調設備同時搭配電扇），或是日常行為改善（例如隨時關燈、減少搭乘電梯）達到節電

的成效，則不需額外投入任何成本。

B. 政府投入成本：此制度參考住宅階梯式訂價的概念，供電端僅修改計價程式，毋須額外投入成本。

3. 2016~2030 年規劃措施之成效

2016 年 6 月 1 日開始實施，假設用戶 2015 年 6 月、7 月、8 月、9 月用電量比 2014 年同期多 10% 的用戶，在 2016 年時皆因為新的加重電費措施達到節電 1% 的改善率，則預估 6-9 月總計約可節電 6,728,758 度。

(三) 配合夏季抑低尖峰措施與節能規劃

1. 措施背景說明

- (1) 措施的定義：配合夏季抑低尖峰措施，企業將休假日調整至週間；展覽館、美術館或是博物館則輪流於週間閉館一日。企業調整午休時間並關閉非必要的電器設施。
- (2) 實施必要性：服務業因其營業特性的緣故，較難將生產活動移至夜間進行，但可透過調整休假的方式，將上班日調整至星期六與星期日；並且規範展覽館、美術館或是博物館等空調耗電量大的藝文場所在夏季期間，於星期一至星期五輪流閉館一日，以降低夏季尖峰時刻需電量，避免電力公司備載容量不足，發生停電的危機。
- (3) 國際典範國家作法：日本於 2011 年 311 大地震之後，企業靠自主性節電度過缺電的危機；為了避免斷電造成生產線停擺，耗電量最大的製造業調整輪班制度，由原本的週休 2 日調整為週休 3 日。汽車業於 7 月至 9 月期間，直接將休假日調整至週間；另有部分企業也將上班日調整至週六及週日。
- (4) 國內實施概況：服務業除了公務機關、學校、金融業等是採週六週日休假的制度之外，多數服務業是全年無休，而由員工輪流於週間排休的制度。

2. 2016~2030 年規劃作法及其內容重點

- (1) 規劃作法說明-服務業於 6 月 1 日至 9 月 30 日夏季期間，實施調整休假時間。
 - A. 圖書館、美術館、博物館等展覽場所調整成週間輪流休館一日。
 - B. 學校將暑期課程休假時間調整至週間，週六週日上課。
 - C. 公司行號調整為週六週日上班，另於週間安排假期。
 - D. 企業調整午休時間，原午休時間為 12:00 至 13:00 者，調整休息至 13:30，並將下班時間延後半小時，午休期間關閉非必要照明及電器設備。
- (2) 規劃作法預期困難
 - A. 學生或是上班族將休假時間調整至週間，需要全國共同配合，若僅有學校或是家長單一調整，會造成家長週六日上班，但小孩無人照顧的困境；

亦或是學生週間放假，但家長要上班無法照顧小孩的情形。

B. 重要展覽館、美術館或是博物館增加閉館時間，會面臨營業損失，影響收益。

C. 服務業的型態與其他行業之間有密切的互動關係，調整上班日期可以降低尖峰時刻的需電量，但也可能會造成與其他企業之間因辦公時間不同，造成溝通上的困擾。

3. 2016~2030 年規劃措施之成效

節電量依據非生產性質查核資料庫 2014 年資料，展覽場館、圖書館、博物館、美術館等大用戶共計 33 家，其經常性契約容量合計約為 74,351kW，若上述用戶分成五組，並輪流於週間閉館一日，再考量用戶於閉館期間仍需維持特定的溫溼度以保存文物，保守估計約可抑低尖峰負載約為 $74,351\text{kW}/5 \text{ 天} \times 0.5 = 7,435\text{kW}$ 。若以每日營業時間 10 小時計算，每天約可節電 $7,435 \times 10 = 74,350$ 度，預估年節電量約 8,922,000 度。

(四) 補助服務業大用戶採用高效率冰水主機

1. 措施背景說明

(1) 措施的定義：汰換老舊冰水主機，以離心式冰水主機機齡 ≥ 20 年、其他型式冰水主機(螺旋、往復等)機齡 ≥ 15 年為汰換基準

(2) 實施必要性：依據查核申報統計資料，服務業空調用電約占能源大用戶用電量 38.5%，而一般空調冰水主機耗電更占空調用電 50% 以上，因此提升冰水主機效率對於節能之貢獻特別顯著。老舊冰水主機與新型高效率冰水主機之運轉效率相差甚大，又因新設備購置費用高，可能造成資金上的壓力，故建議提供獎勵措施以提升大用戶汰換老舊冰水機意願，以節省空調用電。

(3) 國際典範國家作法：日本對於節能率 1% 以上，或是節能量大於 500kLOE 的工廠與事業單位全體（整個企業體），且所導入之節能設備具技術先進性、節能效益及經濟效益者提供補助。申請方式是將工廠/事業單位所欲汰換之設備清單列出，再由相關單位對該企業所提出之節能設備進行審查。補助設備包括大型空調設備、鍋爐、空壓機、冰水主機、壓縮機、熱泵、工業爐、冷凍設備等，針對法人單位補助款項上限為總設備費用的 1/3 以內，對單一事業集團之補助最高上限為 50 億日圓。

(4) 國內實施概況：目前國內並未對採用高效率冰水主機實施專案補助，惟有針對高效率設備，提供低利融資貸款或利息補貼之作法

2. 2016~2030 年規劃作法及其內容重點

(1) 規劃作法說明：參考日本設備補助經驗，對於前一年度企業節能率達 1%，且冰水主機運轉時數大於 1,000 小時者，更換之冰水主機具技術先進、節能

及經濟效益者提供補助。因長時間運轉之變頻冰水主機較定頻冰水主機運轉效率高 10%，故建議補助採用高效率變頻冰水主機。

A. 補助對象：汰換老舊冰水主機以離心式冰水主機機齡 ≥ 20 年、其他形式冰水主機(螺旋、往復等)機齡 ≥ 15 年為汰換基準，補助高效率變頻冰水主機購置費用之 15%，預計補助汰換約 1,600 台冰水主機、總容量約 270,830RT。

B. 補助方案：預計執行時程由 2016~2017 年辦理補助措施，當年度預算額度用罄，將不再受理申請。

(2) 規劃作法預期困難：國內離心式冰水主機發展較晚，雖性能已可達國外機組水準，但目前用戶仍較信賴國外進口品牌，故本補助方案短期內可能無法促進國內離心式冰水主機產業大幅成長，且若僅補助國產廠牌則易衍生國外製造商反彈。

(3) 規劃作法所需資源

A. 政府投入成本：對廠商辦理補助說明會、申請資料審核、現場檢視、補助冰水主機購置費用之 15%，所需補助費用約需 5.3 億元、行政費用約需 0.2 億元，共需 5.5 億元。

B. 廠商投入成本：冰水主機總投資費用約需 35.2 億元，接受補助後則能源用戶投入成本約需 29.9 億元，回收年限約 3.3 年。

3. 2016~2030 年規劃措施之成效

以能源大用戶為例，取年運轉時數 1,000 小時以上的資料，2016~2019 累計汰換老舊離心式冰水主機節電效益為 10,911 萬度(抑低尖峰 54,425kW)、汰換老舊其他形式冰水主機節電效益為 19,495 萬度(抑低尖峰 93,034kW)，大用戶汰換冰水主機總節電效益為 30,406 萬度(抑低尖峰 147,459 kW)，以平均每度單價 3 元計，則總節省費用為 9.1 億元。累計投入成本 35.4 億元，節電成本每度 11.6 元。

【註：節能量(kWh/年)計算方式：[更換前效率(kW/RT)-更換後效率(kW/RT)]
*設備容量(RT/台)*設備數量(台)*運轉時數(hr/年)*年平均運轉率(60%)】

(五) 服務業照明用電密度管理

1. 措施背景說明

(1) 措施的定義：輔導服務業能源用戶照明用電密度符合國際規範標準。

(2) 實施必要性：早期國內建築物並無相關照明用電密度設置標準，使得既有建築物照明密度普遍有高於國際標準規範值。根據能源查核資料統計，建築類型如辦公大樓、百貨、量販及政府機關等，有 20~36% 用戶之照明用電密度高於國際標準 23~36%，透過輔導或強制規定方式，可有效降低用戶照明用電量。

(3) 國際典範國家作法：美國、新加坡及澳洲等先進國家，皆針對新設建築物訂定照明用電密度標準。

(4) 國內實施概況：目前我國對於建築物照明用電密度管理並無相關規定或管理措施。

2. 2016~2030 年規劃作法及其內容重點

(1) 規劃作法說明

A. 2016~2018 年輔導 135 家未符合國際照明用電密度標準之能源大用戶，透過燈具減蓋、調整燈具配置或汰換低效率燈具等方式，落實照明用電密度管理。

B. 2018 年推動建築物照明用電密度法制化，預定 2019 年實施針對既有與新設建築物強制管理其照明用電密度。

(2) 規劃作法預期困難

A. 在有租賃區域之辦公大樓及百貨公司等建築物上，因租賃區域之裝潢為承租戶自行設計，除非能源用戶在租賃契約上與承租戶訂有強制照明用電管理項目，一般承租戶容易設置過量或採用較低效率之燈具，使得照明用電密度偏高，此部分需協助能源用戶與承租戶之間作協調溝通。

B. 能源用戶採用燈具減蓋方式以符合照明用電密度規定，但未配合合理照度控制或燈具調整，容易導致明暗對比強烈或昏暗等不適當之照明管理方式。

C. 若以節能規定方式實施，各不同用途之照明場所均須訂定照明耗電基準，且需量測各場所之照明使用面積及其用電量，可能造成行政執行成本過高問題，故建議先以輔導方式推動落實改善。

(3) 規劃作法所需資源

A. 行政成本：對能源用戶辦理照明用電密度管理改善方法說明會、推動照明用電密度管理法制化與輔導用戶落實改善，所需費用約 0.55 億元(輔導改善、辦理說明會、法制化研究及後續檢視宣導作業)

B. 產業投入成本：能源用戶改善費用約 3.4 億元(250 萬元/家*135 家)

3. 2016~2030 年規劃措施之成效

2016 年起推動能源大用戶落實照明用電密度管理，每年新增節電量 0.12 億度，2016~2030 年累計節電 1.8 億度，累計投入成本 3.95 億元，節電成本 4.7 元/度。

第三章 節能新技術發展探討

一、前言

1970 年代石油危機以後，有效使用能源以減少能源消費的研究逐漸興起。1980 年代各國政府認知到需要能源效率指標 (Energy Efficiency Indicator) 來衡量能源相關施政的成效，進而作為施政決策的基礎。以能源密集度 (能源消費/GDP) 來衡量能源效率成效的概念在 1990 年代受到挑戰；研究人員論證了能源效率之外另有其他影響能源密集度變化的因素，例如總體經濟活動的多寡與組成，因此發展出多種因素分解分析 (decomposition analysis) 的方法以期能更正確地瞭解能源效率的改善。因素分解分析的參數越多 (例如景氣循環、天氣變化、能源轉換)，能源效率改善的幅度越清晰，然而會受限於無法獲得更多的統計資料。1997 年發表的能源指標金字塔 (energy indicators pyramid) 的概念使人瞭解到：由金字塔底端分散且詳細的數據與指標可以組合建構出上一層較為整體但粗略的數據與指標，如此一層層直到金字塔頂端；要用到金字塔那一層 (國家、部門、行業、製程、設備、產品) 的指標決定於我們所探討能源效率議題的本質。

(一) 我國總體能源效率指標

在國家層級，普遍採用的能源效率指標是能源密集度。表 3-1 顯示我國與主要國家 2009~2012 年之能源密集度 (公噸油當量/千美元) (由於國際機構蒐集與發佈各國能源統計資料會落後 2 年，2012 年已是最近的資料)。整體來看，我國的表現毫不遜色，僅落後英國、德國及日本。國家總體能源密集度受其產業結構的影響很大。表 3-2 引用世界銀行的網站資料，顯示我國的產業結構較接近已開發國家。

表 3-1 我國與主要國家的能源密集度 (公噸油當量/千美元)

	中華民國	中國大陸	澳洲	法國	德國	日本	韓國	紐西蘭	英國	美國
2008	0.15	0.23	0.16	0.14	0.12	0.12	0.18	0.16	0.10	0.17
2009	0.15	0.23	0.15	0.13	0.12	0.13	0.18	0.16	0.10	0.16
2010	0.15	0.23	0.15	0.14	0.12	0.13	0.19	0.17	0.10	0.16
2011	0.14	0.23	0.15	0.13	0.11	0.12	0.19	0.16	0.09	0.16
2012	0.13	0.22	0.15	0.13	0.11	0.11	0.19	0.16	0.09	0.15

表 3-2 我國與主要國家的產業結構 (%)

2012 年									
國別 業別	中華民國	中國大陸	澳洲	法國	德國	日本	韓國	英國	美國
農業	1.7	9.5	2.4	1.8	0.9	1.2	2.5	0.7	1.3
工業	34.5	45.0	28.2	19.7	30.7	26.0	38.1	20.5	20.6
服務業	63.8	45.5	69.3	78.5	68.4	72.8	59.5	78.9	78.1
2013 年									
國別 業別	中華民國	中國大陸	澳洲	法國	德國	日本	韓國	英國	美國
農業	1.7	9.4	2.4	1.6	0.9	1.2	2.3	0.7	1.4
工業	34.4	43.7	26.8	19.7	30.7	26.2	38.4	20.1	20.5
服務業	63.9	46.9	70.7	78.7	68.4	72.6	59.3	79.2	78.1

(二) 以工業部門為例說明能源消費與能源效率指標之近年變化

1. 能源消費

我國工業部門（含能源部門自用，以下同）2014 年消費 51,256,540 公秉油當量，數量在全國各部門中名列第一；占最終消費（能源消費與非能源消費之和）47.64%，占能源消費 61.77%；其中電力消費約 1,541 億度，占 66.44%。在工業部門能源消費的類別中，電力熱值若是以火力發電廠平均熱效率來換算，電力占 68.08%，煤及煤產品、石油產品、天然氣、生質能及廢棄物、熱能（公用及自用汽電共生廠銷售之蒸汽量）等分別占 18.43%、8.25%、4.32%、0.36%及 0.56%。由於其能源消費占比高、且電力供應系統備載容量率日益吃緊，工業部門近年來一直是節約能源議題各方關注與檢討的重點，而其中能源消費集中之所在的六個次行業更是焦點。以 2014 年為例，電子業能源消費占工業部門能源消費 20.57%、化工業占 20.09%、鋼鐵業占 14.29%，合計占 54.94%；其他之水泥業與紡織業各占 3.31%、造紙業占 2.82%。

2. 能源效率指標

在能源指標金字塔中，國家的下一層是部門。針對這一層級，例如工業部門，除了延用能源密集度作為能源效率指標外，國際能源總署與歐盟都進一步採用因素分解分析來呈現總產出變化（規模效應）、次行業產出變化（結構效應）以及生產效率變化（效率效應）等因素對於能源消費量變化的影響。此外也有應用能源消費量與工業生產指數（industrial production index）來評估能源效率的趨勢，例如歐盟建立能源效率指數（energy efficiency index）ODEX 作為能源效率之監測工具。該指數具有物理-熱力學（physical-thermodynamic）能源效率也就是單位產品耗能的含意；以能源消費占比為權重（weighting），可由行業指數至部門指

數、由部門指數至國家指數；作國際比較時，呈現的是各自努力的成效，是逐年相對於基期年的變化幅度而不是絕對值。

行政院於 2008 年 6 月 5 日核定永續能源政策綱領，訂定提高能源效率的政策目標為每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上。主計處於 2014 年 11 月 28 日依最新 5 年修正結果更新國民所得統計資料，生產面僅包括 2007 年以後之結果，其他的要待 2015 年下半年分階段發布。因此計算能源密集度仍延用 2013 年 11 月 29 日發布之統計結果。工業部門 2005 年能源密集度是 13.44 公秉油當量／新臺幣百萬元（基期：2006 年、以下同），逐年下降至 2012 年 9.46 公秉油當量／新臺幣百萬元，7 年間降幅達 29.6%，平均每年下降 4.90%。

最後以歐盟的能源效率指數 ODEX 的方法呈現我國製造業能源效率的變化情形，並與製造業能源密集度的變化情形比較。就工業部門的範圍而言，考慮到會員國建立統計數據的可行性，ODEX 目前是包括 4 個主要行業，化學製品業、食品業、紡織與皮革業、設備產品業（equipment goods）；3 個能源密集行業，鋼鐵業、水泥業、紙漿與造紙業；3 個其他行業，鋼鐵業除外之金屬基本工業、水泥業除外之非金屬礦業、印刷業。計算單位產品耗能的方法，在能源密集行業是每噸產品的能源消費量，其他行業則是生產指數相關之能源消費量。在比較能源平衡表、工業生產指數及 GDP 等 3 種統計資料之行業分類後，將製造業分為金屬機電工業、資訊電子工業、化學工業及民生工業四大類；單位產品耗能採用生產指數相關之能源消費量。

圖 3-1 顯示 2012 年製造業整體之經濟性能源密集度比 2005 年改善了 31%（指數=0.69）；同期間資訊電子工業、民生工業及化學工業分別改善 40%、18% 及 2%，金屬機電工業則是退步 10%。圖 3-2 顯示 2014 年製造業整體之物理性能源密集度比 2005 年改善了 10%（指數=0.90）；同期間改善的是資訊電子工業 38% 與民生工業 18%，化學工業起伏變化幾乎抵消，金屬機電工業則是退步 10%。圖 3-1 與圖 3-2 顯示製造業 4 大工業 2012 年相對於 2005 年經濟性與物理性能源密集度之變化幅度之差異都不大，但是就製造業整體而言二者差異就很大了，分別是 31% 與 8%。可能的原因是物理性能源密集度指數排除產品價格變化的影響，且各業之物理性能源密集度指數經權重加總得到總體指數，算是部分彌補了 4 大工業結構變化的影響。

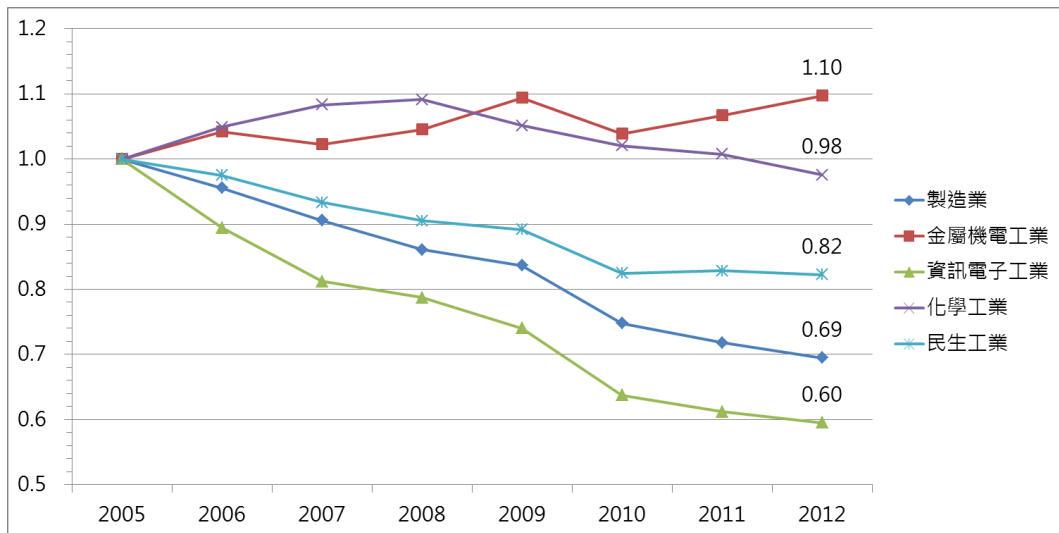


圖 3-1 我國製造業經濟性能源密集度指數（基期：2005 年）

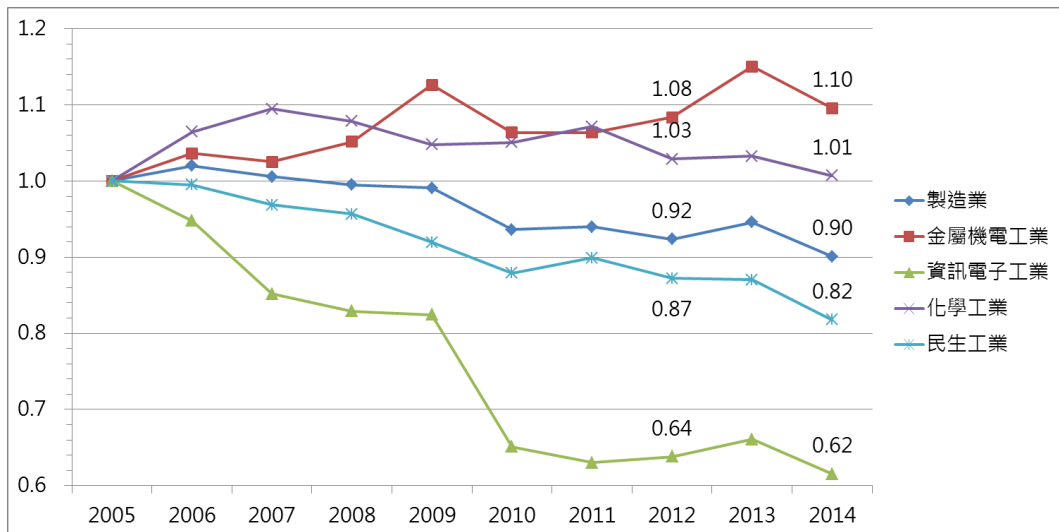


圖 3-2 我國製造業物理性能源密集度指數（基期：2005 年）

另一個可能的原因是三角貿易（即臺灣接單，海外生產，貨物不經我國通關，直接運送至國外買方）淨收入之認列對 GDP 統計的影響。主計處是依據聯合國國民經濟會計制度（System of National Accounts）規範，將三角貿易淨收入（三角貿易之商品賣出價減除買入價之差額）納入 GDP 統計。自 2005 年起，其計算基礎是以際貨幣基金組織（International Monetary Fund）之「權責制」認列三角貿易淨收入；只要企業帳上認列、不必匯回台灣，也可計入 GDP。由於我國海外生產比重高，且企業應認列多少比重沒有一個客觀的準則，難免有企業因營運或財務調度需求，未將三角貿易所獲利潤全數匯回，使得 GDP 統計失真。行政院主計處公開之工商及服務業普查報告如表 3-3 顯示，2006 年與 2011 年製造業三角貿易淨收入分別約 3,559 千億新台幣與 3,985 千億新台幣，分別占該年度全國

GDP 2.91%與 2.78%，似乎並不多。然而細看其內容，2006 年與 2011 年製造業三角貿易淨收入分別占當年度製造業整體 GDP 8.68%與 8.65%，資訊電子工業之三角貿易淨收入更是占了該行業 22.23%與 13.20%。因此，三角貿易對我國製造業，尤其是資訊電子工業之經濟性能源密集度指數之改善是有貢獻的。

圖 3-1 與圖 3-2 是以能源密集度的形式分別呈現我國製造業經濟性與物理性能源效率之變化情形。另一種表達能源效率的形式是能源生產力（能源生產力 = 1/能源密集度），如圖 3-3 與圖 3-4 所示，總結出與能源密集度同樣的意涵。以物理性能源密集度指數或能源生產力來看，製造業整體之能源效率在 2005 ~ 2012 年間平均每年進步 1.13%，在 2005 ~ 2014 年間平均每年進步 1.15%。

表 3-3 我國製造業 2006 年與 2011 年三角貿易淨收入占 GDP 比重

2006 年	製造業 整體	民生 工業	化學 工業	金屬機械 工業	資訊電子 工業
三角貿易 淨收入 百萬新台幣	355,883	12,945	5,207	8,901	328,830
GDP 百萬新台幣	4,102,225	432,029	612,375	715,208	1,479,458
占比	8.68%	3.00%	0.85%	1.24%	22.23%
2011 年	製造業 整體	民生 工業	化學 工業	金屬機械 工業	資訊電子 工業
三角貿易 淨收入 百萬新台幣	398,495	14,980	6,167	22,033	355,315
GDP 百萬新台幣	4,608,107	464,085	654,645	797,376	2,692,001
占比	8.65%	3.23%	0.94%	2.76%	13.20%

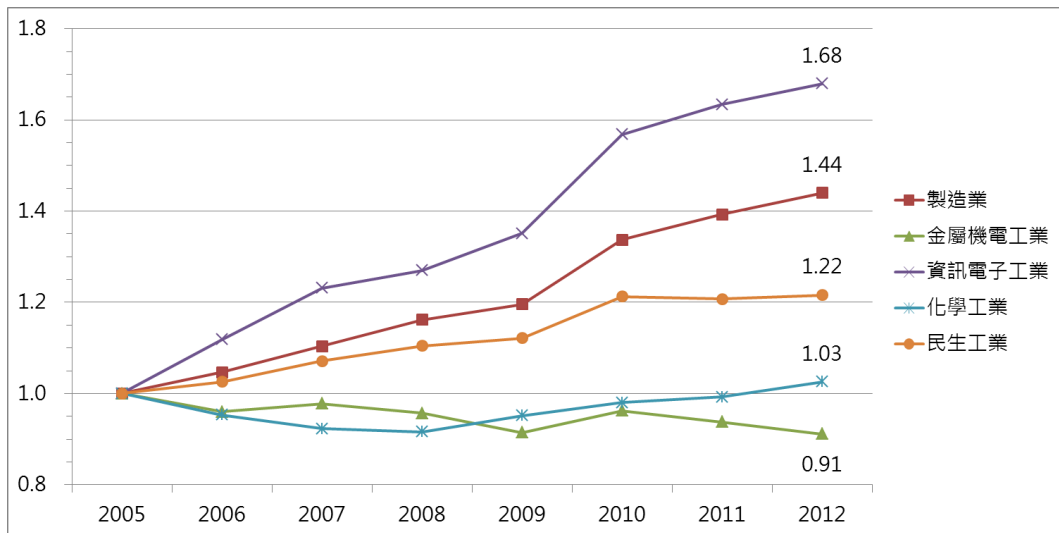


圖 3-3 我國製造業經濟性能源生產力指數 (基期：2005 年)

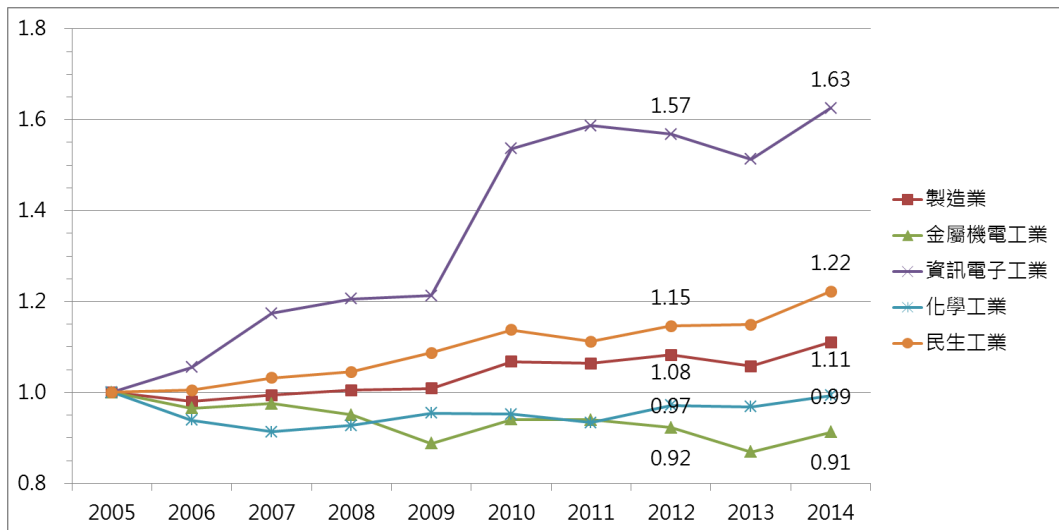


圖 3-4 我國製造業物理性能源生產力指數 (基期：2005 年)

如前述，圖 3-2 顯示製造業與 4 大工業的物理性能源密集度指數都不是絕對值，所以用來作國際比較時無法分出高下。單位產品耗能普遍被認為是作絕對比較時應採用的指標，然而實際做起來非常困難，解釋數據也不是那麼直截了當毫無疑義。歐盟就粗鋼、紙漿／紙、水泥等 3 種產品比較會員國間的單位產品耗能，為解釋其差異，分別以電弧爐與高爐轉爐之生產組合、紙漿／紙產量比例、熟料／水泥比例來區隔。可以理解為這項工作需要投入很大的功夫，但跨國比較的實際意義並不大，也無法以某國做為國際標竿；因為各國情況不同，產品種類（鋼種、紙類、水泥等級）、工廠規模大小、設備新舊、環保法規寬嚴等等都會有影響。國內工廠產品種類與規格多元、量測工具不足，計算單位產品耗能的關鍵數據難免是猜測，而不是量測；此外同業間更是因為規模、製程、設備、及產能效

率鮮有類同使得單位產品耗能不具可比性。工廠以新的製程與設備搏得高效率名聲並無傲人之處。單位產品耗能指標應落實至各工廠的自我管理，使得設備在合理期限內能發揮最大效能。

(三) 以工業部門為例解析行業別對能源消費變化的影響

經濟部能源局公佈之能源平衡表顯示我國工業部門能源消費在 2001 ~ 2014 年間增加了 24,468,042 公秉油當量。採用指數因式分解分析 (index decomposition analysis) 方法可探討工業部門行業別之生產規模 (GDP)、結構 (行業別 GDP / 工業部門總 GDP) 及效率 (行業別能源消費量 / 行業別 GDP) 對能源消費變化的影響。由於分析需要各行業之產值，受限於主計處公佈之統計資料，時間跨距暫時取 2001~2012 年。我國工業部門 2012 年能源消費較 2001 年增加了 23,994,349 公秉油當量，分析結果如表 3-4 與圖 3-5 所示。

規模效應是總 GDP 變化帶動之能源消費變化。整體來看，工業規模的擴大促進了能源消費的成長。工業部門內部行業結構之調整 (結構效應) 與節能技術之進步和應用 (效率效應) 都有助於減少工業部門之能源消費，而效率效應的作用比結構效應較為顯著。表 3-4 中之總效應顯示出促進工業部門能源消費增加的關鍵行業是化工業與電子電機業，2001~2012 年能源消費均增加 800 萬公秉油當量以上；排名第三的是金屬基本工業，達 300 萬公秉油當量以上；第四名是水電燃氣業，約 200 萬公秉油當量。紡織成衣及服飾品業對減少工業部門能源消費有重要貢獻，超過 100 萬公秉油當量；其次是非金屬礦物製品業，約 40 萬公秉油當量。

表 3-4 我國工業部門 2001 ~ 2012 年能源消費變量的因素分解結果

公秉油當量	規模效應	結構效應	效率效應	總效應
工業	44,086,618	-6,869,103	-13,223,166	23,994,349
礦業	133,495	-196,001	120,328	57,822
食品飲料及菸酒業	1,271,033	-1,169,185	-99,964	1,883
紡織成衣及服飾品業	2,956,661	-5,565,509	1,576,192	-1,032,656
皮革及毛皮業	99,895	-214,163	117,686	3,418
木竹及家具業	128,720	-189,379	-15,906	-76,565
造紙業	1,567,570	-1,066,414	-541,493	-40,337
印刷業	114,563	-16,301	-27,756	70,506
化工業	12,101,707	-3,431,630	111,656	8,781,733
石油及煤製品業	3,606,974	3,118,392	-5,981,042	744,324
非金屬礦物製品	3,680,287	-1,678,825	-2,397,840	-396,377
金屬基本工業	6,251,213	-336,018	-2,225,003	3,690,192
金屬製品業	1,355,000	-1,064,333	532,978	823,645
機械業	414,100	-65,804	-175,228	173,067

公秉油當量	規模效應	結構效應	效率效應	總效應
電子電機業	5,272,446	6,953,546	-3,902,995	8,322,998
運輸工具業	633,013	-433,592	510,470	709,891
精密器械及其他製品業	611,665	-551,592	116,794	176,867
營造業	254,525	-228,379	-21,163	4,983
水電燃氣業	3,633,751	-733,916	-920,880	1,978,955

圖 3-5 顯示各行業之結構效應與效率效應對工業部門 2001 ~ 2012 年能源消費變化的影響。就工業部門內部行業興衰來看，電子電機業在這段時間的快速發展，明顯促進工業部門之能源消費，約 700 萬公秉油當量；其次是石油及煤製品業，約 310 萬公秉油當量。反之，發展相對緩慢的行業則減少了工業部門之能源消費，包括紡織成衣及服飾品業約 560 萬公秉油當量，化工業約 340 萬公秉油當量，非金屬礦物製品、食品飲料及菸酒業、造紙業以及金屬製品業也都有 100 萬公秉油當量以上的貢獻。

藉效率效應貢獻工業部門節約能源的行業首推石油及煤製品業、約 600 萬公秉油當量，其後較顯著的依次是電子電機業、非金屬礦物製品及金屬基本工業，貢獻量分別約是 390、240 及 220 萬公秉油當量。在效率效應表現比較落後導致增加工業部門能源消費的是紡織成衣及服飾品業約 160 萬公秉油當量，金屬製品業約 53 萬公秉油當量，以及運輸工具業約 51 萬公秉油當量。

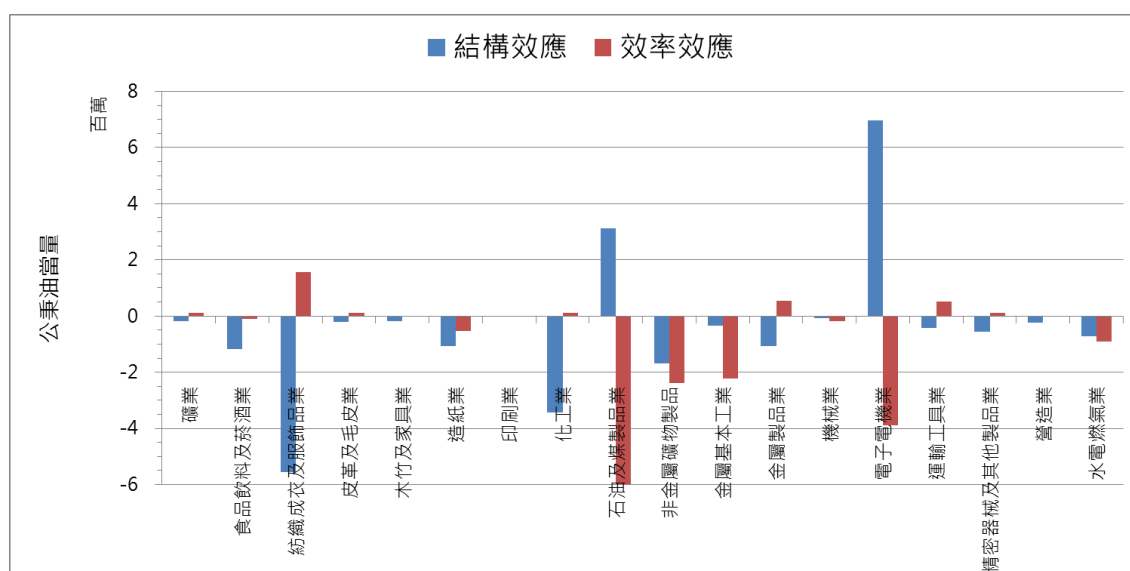


圖 3-5 我國工業部門 2001 ~ 2012 年能源消費變化因素分解之行業別結構效應與效率效應

(四) 以工業部門為例說明行業別生產用電力成本

2014 年我國工業部門(含能源部門自用)電力消費占全國(含能源部門自用)

61.39%，因此工業部門節電行動對全國節電成效具有重要意義。電力熱值若是以火力發電廠平均熱效率換算，2014年工業部門電力消費占其總能源消費 68.08%，因此節電對降低企業營運成本應是重要方向。然而以電力成本來看，節電可能不是企業很重視的項目。

經濟部統計處公開的調查報告顯示，圖 3-6 2013 年製造業 26 個行業之生產用電力費用占全年營業支出的比重都不超過 5%。最高的是非金屬礦物製品製造業 4.19%，其後依次是紡織業 3.98%，塑膠製品製造業 3.42%及紙漿、紙及紙製品製造業 3.35%。其他都小於 3%，其中 6 個行業是 2~3%、9 個行業是 1~2%、7 個行業小於 1%。

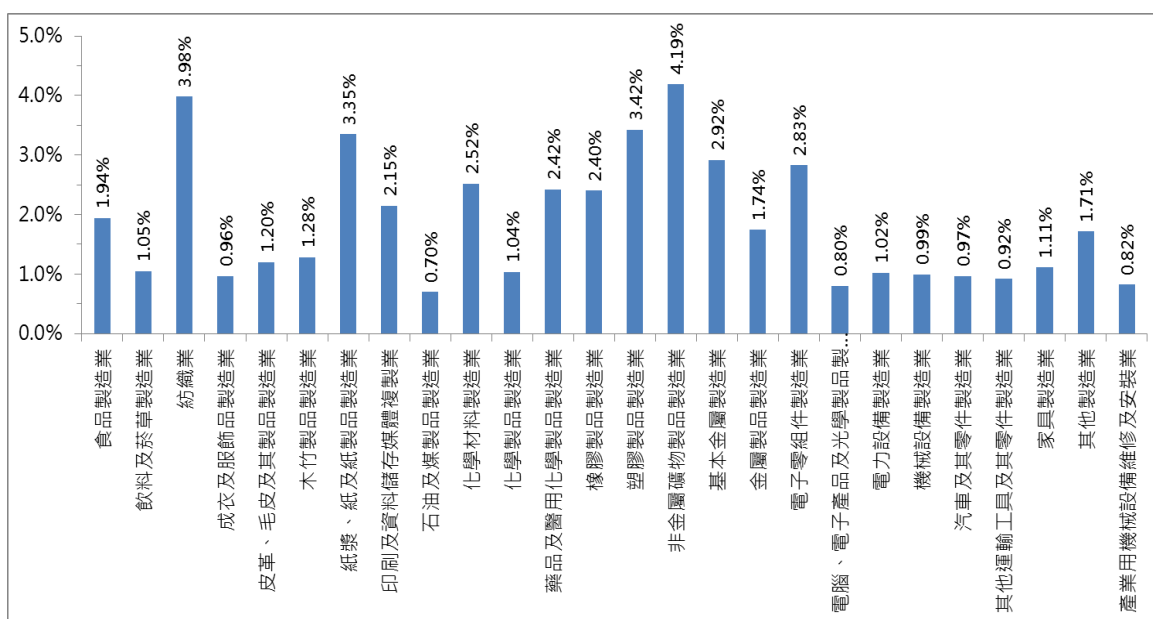


圖 3-6 2013 年行業別生產用電力費用占全年營業支出比重

二、我國節能技術研發與推廣現況

(一) 工業部門

經濟部推動研究機構／學術機構／產業進行能源科技研究發展，執行要點明定能源局為相關能源科技專案之執行機關。研究機構能源科技專案以推動前瞻性、關鍵性或共通性之能源科技為主；學界能源科技專案是研發能源科技之創新突破構想與技術／產品／系統之整合；業界能源科技專案是研發能源科技之創新應用與相關服務，及以提升產業附加價值為導向之系統整合。近年來與工業部門節約能源技術研發相關的重點，研究機構是開發壓縮空氣乾燥設備、低溫熱電系統及廢熱回收技術、固態熱電發電系統及節能控制關鍵技術；學術機構未明訂工業節能次領域之細項；產業是高效率馬達技術（工業用馬達）、空氣乾燥技術及廢熱回收技術。

1. 經濟部能源科技研究發展計畫

(1) 壓縮空氣乾燥設備

壓縮空氣與水、電、瓦斯併稱產業四大公用設施，其系統能源消費量大且能源使用效率低。能源消費量大，在歐盟與澳洲約占工業部門整體 10%，在美國約占工業用電 30%。能源使用效率低，是所有馬達系統中效率最低的。若不做廢熱回收，壓縮熱 (heat of compression) 損失約占能量輸入 80%，加上乾燥機、管線洩漏及壓縮空氣不當使用，系統淨效率在 10~15%。無熱式吸附乾燥機使用 15~20% 額定乾燥空氣量來再生乾燥劑，浪費得之不易的壓縮空氣；外熱式吸附乾燥機減少氣耗至 7%，提升壓縮空氣系統之能源使用效率。

『高效率壓縮空氣乾燥設備開發計畫』之目標是藉由耐高壓通電直熱吸附元件與低耗氣常壓脫附再生設計，示範容量 3 CMM、單耗 1.08 kW/CMM 吸附乾燥機，較無熱式吸附乾燥機 (1.53 kW/CMM) 省電 30% 以上。

(2) 廢熱回收：低溫熱電與固態熱電

國內於 2006 年與 2011 年調查工業部門能源大用戶燃燒加熱設備煙氣排放之低溫 (<250°C) 廢熱分別占總廢熱 83.48% 與 83.66%。有鑑於低溫廢熱充沛且來源穩定，『低溫熱電系統及廢熱回收技術計畫』之目標是針對低溫廢熱特性，設計與開發螺桿機有機朗肯循環 (organic Rankin Cycle、ORC) 系統 (≤ 200 kW)、渦輪機 ORC 系統 (≥ 200 kW) 及其關鍵元件，建立發電容量 ≤ 500 kW 系統整合應用之自主能量，並達到 100% 自製率。

『固態熱電發電系統開發與應用計畫』之目標是：(1) 降低接合界面阻抗及改善封裝技術，以降低模組封裝性能耗損使熱電模組發電效率 $>4\%$ (@ $T > 120$ K)；(2) 非接觸式熱電系統之紅外光選擇性集熱膜吸收率 $\geq 85\%$ ，提升輻射廢熱回收量，熱電系統發電效率 3%；(3) 接觸式熱電系統發電功率 >500 W，未來在由百瓦級系統放大至千瓦級系統。

(3) 工業節能管理與節能網路技術

『能源智慧網路與節能控制之關鍵技術開發計畫』與工業節能相關的技術開發項目是工業節能管理，目標包括：(1) 發展數位除塵模組及自我優化操作模組，提升工業燃燒爐之燃燒效率 1% 以上。(2) 針對馬達動力系統，以空壓機系統為載具，建構多機並聯操作分析與最佳化管理平台，發展智慧型自適應節能控制器，完成單機效率、多機並聯最適化運轉策略與動態追隨負載自適應控制，提升系統效率 10~15% 以上。(3) 針對製程與處理流程，開發批次製程之最適控制系統技術，發展 MPC 線上適應性控制模組，使控制變異度減少 40%，節能潛力達 1%。(4) 針對水處理，開發單元流程與全流程動力設備系統之最適化運轉技術，全廠節能達 5% 以上。(5) 針對中小企業，發展智慧型全廠區能源系統資源整合管理平台，具備 ISO 50001 基線建立、迴歸、預測、需量控制等功能，支援工廠管理者最佳能源使用決策。

2. 經濟部業界能源科技專案計畫

105 年度工業節能次領域之重點項目包括：高效率馬達技術（工業用馬達），高效（省電）馬達控制模組，高效率電力電子元件，空氣乾燥技術，廢熱回收技術，具推廣性製程改善技術、車輛之空氣動力套件、輔助動力元件、節能輪胎、液壓混合動力、動能回收技術等節能技術。

3. 能源國家型科技計畫

行政院國家科學委員會自 2009 年執行『能源國家型科技計畫』。在第一期計畫（2009~2013）節能減碳分項、工業節能子項中，學界執行的有 11 項；其中與工業節能密切相關的有『低二氧化碳排放的無機聚合綠色水泥開發研究』及『整體工業園區內製程工廠間能源整合策略發展』。『低二氧化碳排放的無機聚合綠色水泥開發研究』是以水淬高爐石、燃煤飛灰為粉體原料，添加緩凝劑後與鹼性溶液混合製成無機聚合物。無機聚合物是一種三維架狀結構鋁矽酸鹽材料，強度、耐久性及耐酸鹼腐蝕性都很好，類似水泥。由於聚合過程中排放之二氧化碳極低，與波特蘭水泥相比具有節能減碳之效用。『整體工業園區內製程工廠間能源整合策略發展』在技術面是將蒸汽或冰水分配網路最佳化設計問題轉變成為一個混合整數非線性規劃問題，建立最佳網路結構系統化合成方法及逐步改善分析方法。總目標是提升工業區內公用蒸汽工廠暨冰水工廠之能源使用效率，目前已驗證應用在幾個大型石化、鋼鐵及半導體單一工廠內之公用系統。

在『能源國家型科技計畫』第二期計畫（2014~2018）之節能主軸規劃了工業節能技術發展架構，包括製程系統與環境模擬監控技術以及區域能源整合示範系統推動兩個項目；並提出可以投入技術開發之具體項目包括加熱爐效率提升、廢熱回收及再利用、潔淨室／製程節能及優化技術、工廠動力系統優化技術、ESCO 產業推動與輔導以及冷熱電區域整合供應／示範系統規劃與建置等。

除了技術研發外，推動與落實工業節能主要是依據《能源管理法》採行的一些強制性措施，包括：（1）針對特定能源用戶訂定節能規定、效率規定及產品設備耗能指標；（2）能源大用戶建立能源查核制度，並訂定節約能源目標及執行計畫，報經經濟部核備並執行之；（3）能源用戶生產蒸汽每小時超過 100 公噸者，應裝設汽電共生設備；（4）能源大用戶依設置技師或合格能源管理人員負責執行能源管理法規定之業務；（5）能源大用戶向經濟部申報使用能源資料；（6）使用能源設備或器具容許耗用能源標準。

4. 區域能源系統整合及應用

國內在推動區域能源整合系統方面，經濟部能源局投入全國之區域能源地圖資料之建立及進行我國區域能源之供需鏈結評估；經濟部工業局則進行針對工業區進行工業區的能資源盤查與整合推動，並建立示範場域；行政院環保署則規劃焚化廠轉型生質能源中心外及評估建置區域冷熱供應系統之潛勢。

而在推動上可分成三個方向進行：（1）區域供熱系統，成功案例為中鋼公司利

用其廢熱產生蒸汽，在民國 100 年外售蒸汽 236.5 萬噸，節能達 18.2 萬公秉油當量；大園工業區的大園汽電廠外售蒸汽 43.2 萬噸，節能達 1,160 公秉油當量。永安工業區的華盈環保蒸汽廠外售蒸汽 49.7 萬噸，節能達 2.4 萬公秉油當量等。(2) 區域供冷系統，成功案例為中油公司於永安及台中港之天然氣接收站，除了和氣體分離場結合外，亦供應冷能給周邊之工廠(如附近養殖戶做為魚塢用水溫度調節之用)。(3) 區域供熱、冷、電系統，成功案例為台中市大宅門特區除利用焚化爐之熱能外，亦規劃以天然氣為燃料進行區域性供電，除利用燃氣渦輪機或內燃機產生高能階的電能，滿足區域大樓的用電需求；並透過廢熱回收鍋爐產製蒸汽，為大樓提供生活與衛浴熱水，再以部分蒸汽驅動收式冷凍機，產生空調用的冰水，形成冷、熱、電三聯產系統。

5. 指定能源用戶節約能源規定

在指定能源用戶節約能源規定方面，在 2012 ~ 2014 年先後公告了『指定能源用戶使用蒸汽鍋爐應遵行之節約能源規定』、『水泥製造業應遵行之節約能源與能源效率指標規定』、『鋼鐵製造業應遵行之節約能源及使用能源效率規定』、『造紙業應遵行之節約能源及使用能源效率規定』、『石化業節約能源及使用能源效率規定』以及『電子業節約能源及使用能源效率規定』，管制內容摘要如表 3-5。此外，行政院為因應預期未來電力供應吃緊於 2014 年推動之全民節電行動中，針對產業（工業與服務業）經濟部於 8 月 1 日公告『能源用戶訂定節約能源目標及執行計畫規定』，規定契約用電容量超過 800 瓩之能源用戶 104~108 年期間每年「年度節電率」及「平均年節電率」皆應達 1% 以上。

表 3-5、指定能源用戶節約能源規定管制內容摘要

管制對象	管制內容摘要
能源大用戶	管制陸用之燃煤、燃油及燃氣蒸汽鍋爐，於穩定運轉狀態下，空氣比及排氣溫度須符合上限值
水泥製造業	管制生熟料系統（度/公噸-熟料）、旋窯系統（百萬卡/公噸-熟料）及水泥磨系統（度/公噸-水泥）之能源效率指標須符合上限值
鋼鐵製造業	1. 管制連續式加熱爐，連續監測與記錄之爐氣含氧體積濃度年平均值與最末熱回收裝置出口溫度年平均值須符合上限值； 2. 新設與既設高爐限期設置爐頂氣回收系統、粉煤噴煤系統、爐頂壓能源回收系統及熱風爐廢熱回收系統。
造紙業	造紙設備生產 5 類紙品之年平均使用能源效率（百萬卡/公噸-年）須符合上限值
石化業	管制加熱爐、裂解爐及熱媒鍋爐，連續監測與記錄之煙氣含氧體積濃度年平均值及煙氣出口溫度年平均值須符合上限值
電子業	管制冰水機群組、風機、吸附式乾燥機及壓縮空氣系統 1. 連續監測冰水機之蒸發器冰水出水、回水溫差及冷凝器冷卻水出

管制對象	管制內容摘要
	水、回水溫差之月平均值須符合下限值。 2. 單一廠區經常運轉之冰水機 3 台以上、總容量達 180 RT 以上，須實施負載調控； 3. 風機裝設自動調速裝置； 4. 吸附式乾燥機之吹淨損失率不得超過 15%； 5. 單一廠區經常運轉之空壓機 3 台以上、總功率達 150 hp 以上，須實施負載調控。

6. 能源大用戶管理

在管理能源大用戶方面，工業部門 2014 年能源大用戶 3,324 家，能源消費量合計 42,447 公秉油當量，占工業部門 82.8%；2013 年節能成效（電力、燃料煤、燃料油、天然氣及液化石油氣等）合計達 48.4 萬公秉油當量，節約率約 1.11%。在能源用戶裝設汽電共生設備方面，2015 年 1 月 19 日統計資料顯示國內合格汽電共生系統裝置容量合計達 7,551,307 kW，扣除公共行政業（大型垃圾焚化爐）與汽電共生業（公用）後，工業部門之合格汽電共生系統裝置容量合計達 6,653,697 kW，約占 2014 年全國電力系統裝置容量之 13.8%。

7. 使用能源設備或器具容許耗用能源標準

與工業部門相關的，訂定了『鍋爐效率標準』與『低壓三相鼠籠型感應電動機（含安裝於特定設備之一部者）能源效率基準、效率標示及檢查方式』；在推動節能標章業務分面則是納入軸流式風機與離心式風機，分別訂有『節能標章能源效率基準與標示方法』。

除了強制性規定外，輔導面具有突出成效之節能減碳技術服務團隊、集團企業成立內部節能服務團、高效率電動機示範推廣補助及廢熱回收技術示範應用專案補助等四項措施簡述如下。

8. 節能減碳技術服務團隊

在行政院指示下各部會於 2010 年 5 月成立節能減碳技術服務團隊，與工業相關的有製造業、中小企業及能源產業等 3 個技術服務團，其下細分 7 個服務隊，包括：能源密集產業、工業區及一般製造業、科學園區及加工出口區等 4 個節能減碳技術服務隊，中小企業（製造業）節能技術服務隊，能源產業溫室氣體減量及查證認可服務隊及能源產業溫室氣體盤查及查證認可服務隊。這些服務隊以臨場（on-site）技術服務、專業技術訓練、技術及成功案例研討會、電話技術諮詢及網路資訊平台等方式，依業界特性需求提供節能診斷、溫室氣體盤查及減量輔導、耗能設備健檢與汰舊換新改善以及能源監控管理等服務。這些服務隊臨場輔導在 2014 年達到的績效包括：實質減量查核 284 件／家次，合計節約電 47,669.87 萬度與熱能 9.30 萬公秉油當量；節能技術輔導 1,275 件／家次，發掘節約潛力電

62,579.70 萬度、熱能 10.88 萬公秉油當量以及水 139,242.50 萬公升。

9. 集團企業成立內部節能服務團

經濟部能源局自 2007 年起規劃推動集團企業成立內部節能服務團，以培訓種子節能專家及建立能源管理體系為手段，建構企業集團產業內部自發性節能之能量，強化業界自我能源查核及發掘節能機會的能力，並形成企業文化，提升能源使用效率。至今（2014 年 6 月）共計 52 個集團企業（311 家企業）成立內部節能服務團，個別自成立年度起訂定 3 年節能目標並追蹤其落實成效。至 2014 年，合計節能 1,863,450 公秉油當量，其中包括電力 2,222,709 千度。

10. 高效率電動機示範推廣補助

工業部門 2013 年 IE1+馬達（國內自行研發、能源效率介於 IE1、IE2 間，在國際上仍被歸類為 IE1）市占率達 65.3%，在 0.25 hp 以上之 6 個馬力數區間，IE2 馬達市占率在 1.2~8.2%、IE3 馬達市占率在 0~0.8%，有很大改善空間。因此經濟部先於 2013 年 8 月 9 日公告、再於 104 年 4 月 13 日修正『高效率電動機示範推廣補助作業要點』，針對額定頻率 60 Hz、額定電壓 600 V 以下、額定功率 0.75~200 kW 之「低壓三相鼠籠型高效率感應電動機（一般用）」，第一階段（公告日起為期一年）能源效率達 IE2 或 IE3 以上、第二階段（自修正生效日至 2016 年 4 月 30 日前）能源效率達 IE3 以上，補助製造或進口商之產銷成本。

11. 廢熱回收技術示範應用專案補助

經濟部能源局在 2012 年針對製造業（紙漿、紙及紙製品，石油及煤製品，化學材料，化學製品，非金屬礦物製品及基本金屬）能源大用戶執行廢熱回收技術示範應用專案補助。合計辦理 15 件案例，總投資約 4.13 億元（含補助約 0.357 億元），2013 年追蹤節能成效合計約 1.5 萬公秉油當量。

(二) 住商部門

我國全國用電需求預計將從 2013 年的 2,451 億度電成長至 2030 年的 3,601 億度電。依據歷年的國內能源消費結構，住宅與商業（或稱服務業）部門長期佔有約 21~23%之比例，而若以用電總量計算，則佔比接近 40%，因此住商部門必然會是我國未來推動節能減碳的重點領域。

住商部門耗能絕大部分耗費在建築，因此建築節能是重點。由建築節能的角
度來看，節能技術可以區分為設備效率提升以及系統整合效率提升兩大類。在設備部分，空調與照明設備是耗能主要設備。在系統整合方面，則牽涉建築設計、建築能源管理、最佳化控制等等多個面向，因此住商節能技術之討論，可區分為空調、照明、與建築節能三大領域。

我國節約能源技術之研發，以能源國家型計畫(NEP)為主軸，參與部會包括科技部、交通部(運輸節能相關)、經濟部等多個單位，其中又以經濟部能源局透

過能源基金補助之研發計畫為大宗。以下分別針對空調、照明、建築領域說明研發現況。

1. 空調技術

冷凍空調器具所涉及的產業與應用範圍相當廣泛，經濟部能源局透過能源基金自 90 年代起投入冷凍空調相關技術研發，除協助我國節能減碳工作之外，也帶動一波波相關產業發展，包括關鍵零組件（如馬達、壓縮機、熱交換器、控制器、閥、泵等）、冷凍空調設備製造、系統設計、工程設計施工、測試分析及診斷調整、操作運轉與維護管理等。

我國在中小型空調設備部份，已完成中小型空調機部份負載性能檢測規範及對應設備產品技術開發。於 2013 年 12 月，政府公佈了新版 CNS-3615 空氣調節機之標準，內容包含適用國內氣候環境的「冷氣季節性能因數」(cooling seasonal performance factor, CSPF)的檢測方法，作為評估中小型空調設備運轉效率之新指標。CNS 3615 所訂定 CSPF 測試標準乃是經過分析我國 1999 年至 2006 年間之氣候資料(區分外氣溫度為 14 個區段)，並調和國際測試與計算方法，將各外氣溫度發生時間與其相對之冷氣負載及消耗電量加權計算後之比，而定義為「冷氣季節性能因數(CSPF)」。藉由分析空調機在全年運轉所能滿足之冷氣需求總量與運轉所需消耗之電量，計算空調機在冷氣季節運轉之效率，反映出空調機在長期運轉特性，比起以往以固定條件所計算之「能源效率比」(energy efficiency ratio, EER)，在效率評估方面更為精準。預計我國推動中小型空調機 CSPF 能效管制時程，將於 2016 年啟動。國內產業界因著此標準的訂定，已對應開發系列化的空調節能設備產品，其中包含 DC 變頻化的窗型、分離式、可變冷媒流量(variable refrigerant flow, VRF)等。

中央空調冰水機組方面，我國於 1995 年便已訂定能源效率管制標準，於 2007 年 2 月也進一步修訂 CNS 12575 “蒸氣壓縮式冰水機組”之測試標準，內容包含全載、部份負載及熱回收等測試標準，唯尚未進行強制管制措施，只採自願性管制方式推動。由於冰水機真正節省運轉電費的關鍵在部份負載效率的高低，唯有變頻化與冷媒系統無油化，方能使部份負載效率大幅提升。因此，離心式冰水機變頻化與系統無油化乃必須走的產品路線，方能使我國離心式冰水機產品功能完整，建立足夠的國際競爭力。特別是整合變頻控制、冷媒流量控制(進氣導葉)和熱氣旁通等多重容量調節機制之離心式冰水機的創新設計，將可滿足各種不同的廣域操作工況條件，使其於不同場所之用途更加有彈性，並發展出具有區域性特色的產品機組，是促成國內產業創新的重要方向。也因此國內最新的冰水機技術發展，已走向無油磁浮軸承離心式，發展出更高效率的機種。

另一方面，由於空調設備在製冷的同時也在排熱，因此，空調設備本身便是所謂的熱泵(heat pump)系統，可同時產熱與製冷，如何將所此兩種能量同時應用，也是全球推動空調節能的新趨勢。於 2011 年 5 月，我國公佈 CNS 15466-空氣源

式熱泵熱水器之性能試驗法的標準，同時於 2012 年 12 月，公告空氣源式熱泵熱水器節能標章能源效率基準與標示方法，促成國內熱泵性能檢測具標準化，同時也推動國內開創多項的熱泵新產業，其中包含：HFC 冷媒的直熱式熱泵與循環式熱泵、CO₂ 冷媒的商用高溫熱泵、冷熱多功能型的空調熱泵系統等。我國目前持續推動熱泵與冷氣的複合式應用及性能提升，將是後續推動空調產品節能的重要方向，也是讓國內產業可以建立國際競爭力的新亟機。

以下簡要說明磁浮離心機與多功複合式熱泵兩項技術，國內的技術開發進展。

(1) 高效率無油化之磁浮離心機組技術

國產離心式壓縮機技術穩健成長中，目前已完成 500~1,250 RT 之高效率定頻與變頻二級離心式壓縮機與冰水機的開發，顯示國內離心式壓縮機技術成長並趨成熟。首台國產全自製之商用型 800RT 級變頻離心式冰水機，已實廠運轉供應無塵室空調冷氣之用，可操作負載範圍 10~100%，效率 COP 6.15、IPLV 9.7。在離心式壓縮機的基礎上，也成功研發 30~100RT 磁浮無油離心式冰水機系統，主機效率已超越國外主要品牌，為全球第二個研發成功的國家。首台國產研發的 180RT 雙壓磁浮離心式冰水機已導入實廠進行商業運轉，滿載運轉效率 COP 值 5.56、部分負載效率 IPLV 值 8.59。

(2) 多工複合熱泵空調系統

在熱泵技術方面，是以開發熱泵壓縮機的應用為基礎。我國於 2010 年建立第一座通過 TAF 認證之熱泵熱水器性能測試實驗室，同時訂定 CNS15466「空氣源式熱泵熱水器性能測試方法」的國家熱泵檢測標準，於 2011 年 5 月完成正式公告。於 2012 年 10 月通過專家審議會，以「CNS 15466-空氣源式熱泵熱水器性能測試方法」進行節能標章申請標準。此外國內研究機構與挪威工研院(SINTEF)合作，技術引進 CO₂ 冷媒設計工具、耐高壓熱交換器、CO₂ 壓縮機及系統檢測技術等，完成亞熱帶地域首例之出水溫可高達 90°C 以上的天然冷媒 CO₂ 商用與工業熱泵。國內也開發出無 HFC 冷媒之直熱式與循環加熱式的家用與商用熱泵，以及具冷暖氣空調與熱水同時供應的三效高性能多功熱泵等商品。

2. 照明技術

隨固態照明(LED 與 OLED)技術發展迅速，LED 燈具效率已經超越傳統照明產品，節能市場商機龐大。另一方面，我國 LED 照明產業實力堅強，在全球供應鏈中舉足輕重，但近兩年遭遇中韓兩國強力競爭，照明產業欠缺出海口與通路品牌，危機浮現。研發符合節能環保、智慧人性、健康安全的先進固態照明技術，有益於減輕國內能源需求壓力，同時肩負扶植產業永續發展重要任務。

我國 LED 照明產業鏈完整，包含上游磊晶、中游元件封裝、以及下游應用燈具與系統，均有眾多廠商投入。晶電仍為全球最大晶粒製造商，但大陸三安在國家支持下，節節逼近；中游 LED 元件封裝正面臨中資買下飛利浦 Lumileds 公

司後如何狹縫中生存的壓力，下游應用面涵蓋照明/車燈及背光模組。背光模組隨 TFT-LCD 產業而成長壯大，但市場已趨飽和；由於擁有 LED 關鍵零組件技術，廠商積極轉型拓展 LED 照明應用市場。

我國 LED 元件產值位居全球前 3 大，背光模組為全球第 2，產值集中於元件及背光模組此兩大次產業。工研院 IEK 統計 2014 年 LED 照明光電產值為新臺幣 2,379 億元，較 2013 年的 2,202 億元成長 8%，預估 2015 年我國 LED 照明光電產值將達 2,574 億台幣。但 2014 年我國 LED 照明光電產值成長率低於全球，且元件與中大尺寸背光模組合計占總產值 88%，但 LED 背光模組市場飽和，我國產值開始呈現衰退，故全球市場佔有率由 13% 下滑至 12.4%。我國 LED 照明光電各次產業發展趨勢分述如下：

- (1) LED 元件：2014 年我國 LED 元件產值達新台幣 1,114 億元，較 2013 年成長 14%，為全球前三大供應國。LED 元件產業得利於全球市場需求成長，預估 2015 年我國產值將成長至 1,178 億元。
- (2) LED 背光模組：2014 年我國 LED 背光模組產值僅新台幣 982 億元，較 2013 年衰退 3.7%，因市場飽和度高，競爭激烈，產值成長趨緩，預估 2015 年產值將持平。
- (3) LED 照明：2014 年我國 LED 照明產值為新台幣 219.5 億元，較 2013 年成長 19%。政府公共工程持續推動 LED 照明，配合廠商發展高附加價值 LED 燈具，預估 2015 年我國廠商積極發展之下，產值將達新台幣 250 億元。
- (4) LED 車燈產業：2014 年我國 LED 車燈市場產值約為 63 億元，產值較 2013 年成長 2.74 倍，全球市場佔有率也大幅躍進至 7%，預估 2015 年 LED 車燈產值可達 95 億元，持續 2014 年高成長，成長率達 50%。

我國 LED 照明研發與生產技術相當成熟，但面對中國大陸產品低價競爭，導致品質良莠不齊，藉由標準、規格統一及技術規範訂定，將有助於我國 LED 照明產品技術升級與整合，目前政府正推動解決方案包括：

- (1) 推動水銀路燈落日計畫，補助地方政府全面汰換水銀路燈為 LED 路燈，統一 LED 路燈光通量、色溫與電源供應器介面規格，降低燈具成本
- (2) 訂定產品標準與規範，訂定 LED 照明產品 MEPS 基準，並推動自願性節能標章認證，參與國際組織標準活動，協助廠商獲取國際標準資訊，建置 LED 商品檢測設備及 LED 光源校正能量。
- (3) 加速推廣辦公室及停車場等室內場域 LED 照明應用。

我國 LED 產業技術發展多年，已具世界水準。上游磊晶技術自 20 世紀 80 年代開始，在半導體產業的人才基礎上迅速發展，目前晶電公司已是全球專業磊晶主要廠商，在自主研發以及國內研究機構的協助下，晶電擁有自主專利，近年來並與國際大廠如日商豐田合成以及美商科銳(Cree)等達成專利交互授權協議，

突破國際大廠專利封鎖。在中游封裝技術方面，我國大廠億光公司亦不斷與國際大廠如日亞化公司等進行專利攻防。產業目前對高效率螢光粉與封裝技術上的技術需求殷切。在下游燈具方面，國內雖然研發實力雄厚，但技術門檻較低，其他國家廠商競爭激烈，我國產業逐漸往智慧照明控制系統整合方向發展。國內研究機構也針對需求與產業合作投入研發，重要進展摘錄如下。

- (1) 積體化 LED 光引擎技術，整合光、電、散熱等，技術涵蓋電控 IC、螢光粉塗佈、光學設計與高導熱元件等，利用積體化封裝降低模組組裝成本，以提高性價比。藉由台灣半導體製程技術，研發整合通訊介面之智慧型電控與電源 IC，提高整體系統之整合度及降低上件與維護成本。封裝上使用高性價比一次光學封裝微結構射出，及螢光粉塗佈技術，取代傳統二次光學設計，進而發展更高發光效率的 LED 光源。目前 AC 市電直接輸入電控與電源 IC，LED 光引擎發光效率達 125.9 lm/W。此外積體化 LED 光引擎熱源集中，必須發展高導熱元件以有效解決高功率 LED 照明模組局部高溫問題，降低 LED 接面溫度以達長壽命，開拓更大應用市場。目前國內已開發矽基微均熱板、脈衝式熱管及高性能熱管解決高功率 LED 模組熱集中問題。
- (2) 開發高價值化固態照明燈具與應用系統，引進國際設計資源，發展 LED 節能照明系統，建立如醫療院所、商業展示等利基市場示範場域，引導產業切入高利潤 LED 照明藍海，以差異化設計創立品牌通路。國內產業與研究機構合作建置之醫療場域示範系統，照明用電密度已降低至 5.36 W/m²，且可支援無線編程控制。
- (3) 發展智慧型節能照明決策系統與人性化照明技術，現代的照明系統以提供使用者安全、健康和舒適的光環境為訴求，同時必須考量人因工程學(Human Factors Engineering)與成本，應用感測技術與智慧化的照明控制，搭配演算及系統管理平台，發揮最大的工作績效，並提高生活品質。我國目前發展的重點在透過雲端服務降低照明控制系統平台之功能需求與成本，以手持裝置作為人機介面，配合圖形化、互動式的操作介面，提高系統友善度，增加消費者使用的意願。同時發展新型的 LED 光源品質評價系統，有助於國內 LED 光源製造業走出盲目追求高演色性的現象，以視覺滿意度為 LED 光色品質度量標準，以期大幅降低 LED 製造成本及滿足市場需求，提升國內 LED 照明產業的競爭力。

除 LED 照明技術之外，近年國際上另一受矚目的照明技術為 OLED(有機發光二極體)照明。與 LED 類似均屬於固態照明技術，但是採用有機材料，具有大面積、輕薄化、可撓性等等特點，預估也是未來極有潛力的照明技術。國內 OLED 照明起步較晚，缺乏上游材料與設備廠商，但研究機構近年來積極投入開發，已有不錯的成果，摘錄如下。

- (1) 高效率白光 OLED 元件技術：開發具自主專利的黃色磷光材料-POT 系列，應用於自有專利之雙波段白光 OLED，配合低色偏光取光結構，在亮度 1,000cd/m² 的情況下，可使白光 OLED 元件達到與世界同步的 130 lm/W。

- (2) 表面電漿增益技術：利用表面電漿耦合增益可增加約 1.7 倍效率，同時可產生綠光藍位移效應，將壽命是藍光材料 10 倍以上的綠光材料轉為藍光，可克服藍光材料壽命過短的瓶頸。此技術屬全球獨創，為上位專利，具備極佳的潛力可協助我國產業在未來全球 OLED 照明專利競賽中佔有一席之地。
- (3) 大面積模組製程：發展高良率且穩定的大面積元件鍍膜製程，藉此降低生產成本。演色性指標已大於 92，同時發光面積達 10cm x 10cm。除高演色性的發展外，也因應健康市場需求，發展與自然光類似的連續光譜 OLED 光源，可望成為領先國際的創新指標。
- (4) 軟性基板卷對卷生產製程：發展軟性基板 OLED 照明技術，最終將以卷對卷(roll to roll)製程為目標，可大幅降低生產成本，促成 OLED 照明普及化。
- (5) 長壽命封裝技術：由於 OLED 有機材料有水氧侵蝕的議題，因此在有機元件上需兼顧阻水氣的封裝功能。已發展利用原子層沉積系統(Atomic Layer Deposition, ALD)技術蒸鍍 Al₂O₃/ZnO 奈米堆疊封裝薄膜，對於提高壽命將有極大之助益，同時阻氣膜可蒸鍍於軟板上並應用於可撓式照明元件。
- (6) 創新應用產品技術：發展利基型的照明應用產品與其搭配技術，例如可裁切面型光源、可撓式光源結構、灰階圖案化照明等。待未來 OLED 照明面板的製程技術成熟後，便可搭配成熟的量產面板技術提高產品附加價值。

3. 建築技術

為了真正落實節電，政府近年來推出多項節能政策法規，並漸有成效，但是隨著高效率設備的種類和普及率日增，業主和專業工程廠商要在各建築物氣候區、使用時數、設備特性、建築座向等諸多變數下，找出真正合理具成本效益的節能選擇已越見困難，因此若欲更進一步追求節能成效，便須仰賴新的系統技術。

國內建築技術的研發趨勢，包含新建建築設計階段與舊建築改善設計階段的技術，如改善現有單機版專業模擬軟體，從雲端服務的概念提供業主和施工單位可以更簡易且精準的數據處理平台 (Building Energy Map, BEMAP)，找出建築物真正可以改善的節能潛力與預計成本效益，除可確保建築物符合法令規範，經過能源模擬所分析出客製化最佳節能方案。此外尚有針對我國氣候區經常採用的高效率外殼改善方案，以及針對單一高效率設備控制邏輯以外的群體控制技術等。而近年來建築能源管理系統 (Building Energy Management System, BEMS)市場潛力看好，透過 ICT 技術的結合，現行的 BEMS 還可以因為能源模擬技術的加值，透過維護營運階段的遠端故障檢測診斷分析 (Fault Detection and Diagnosis, FDD)，提升 BEMS 市場價值。以下區分為建築能源模擬、外殼建材、與設備群控最佳化三個方向說明我國技術之現況。

(1) 建築能源模擬與遠端故障檢測診斷技術

為了使施工廠商或是業主能在施工前完整考量眾多變數，並評估改善前後之建築耗能，建築能源模擬分析軟體為必要工具，包括 Energy Plus 與 eQuest 等模

擬軟體在國內已見使用，但是尚未大量普及到新建案或是建築改造工程上，其原因包括：(A) 不友善的使用者介面、(B) 語言老舊、(C) 開放性不足、(D) 僅限單機版使用、(E) 法令不強制、(F) 業界工程經費有限等問題，建築師鮮少使用這種類型的軟體工具進行設計等。國內已有研究機構正開發具有友善介面的建築能源模擬軟體平台，可降低建築模擬的難度，擴大應用層面。

(2) 建築節能建材

台灣屬於亞熱帶區域，本身便已溫熱潮濕，加上我國建築多為鋼筋混凝土建築，其吸熱和蓄熱的特性更是造成空調耗電居高不下的一大主因。因此改善外殼，也能有效協助提升建築節能效益。我國目前在外殼節能技術的開發上，以隔熱玻璃、隔熱貼膜、隔熱塗料為主要重點領域，分別簡述如下：(A) 隔熱玻璃：我國因為位處亞熱帶，並不完全適合溫帶和寒帶常見的複層 Low-E 玻璃，因此我國隔熱玻璃技術發展重點為隔絕紅外光、維持可見光進入室內比例、並且降低玻璃之放射率 (Emissivity, ϵ)，以兼顧節能且舒適的使用需求；(B) 隔熱貼膜：實務上約 90% 以上的建築物在落成以後，更換玻璃就會面臨不易施工或是不具經濟效益的問題，此時隔熱貼膜便常被採用作為替代方案，其原理與隔熱玻璃相同，也是國內研發的重點；(C) 隔熱塗料：國內技術已可達到 $SRI > 110$ ，與國外最佳技術相近，但我國氣候因具有高紫外線、濕熱與落塵量大的特色，因此容易造成塗層表面污染，連帶紅外線反射率也會因此下降，故隔熱效果會隨著使用時間的增加而快速降低，因此防汙功能與紫外線耐受度為開發重點。至於提高建築外觀設計彈性的需求上，深色隔熱塗料的改善也是另外一個開發重點。

(3) 空調次系統能源效率法規與群體控制技術

目前我國「空調系統冰水主機能源效率標準」已針對空調主機出廠全載效率 (Coefficient of Performance, COP) 嚴格把關；部份負載效率 (Integrated Part-Load Values, IPLV) 則尚無規範。另針對空調次系統也已推出節能規範，包括強制性的「新建建築物節約能源設計標準」與自願性的「綠建築 EEWB 評估系統-日常節能指標」。但是上述標準皆在於限制空調系統設計容量，而非規範系統能效。隨著 ICT 與物聯網技術發展，將有更好的機會實現空調系統的整合控制與最佳化，也是國內目前的研發重點。隨著高效率設備進入市場，最佳化技術將可大幅降低空調系統耗能。

三、國際節能新技術發展情況

(一) 工業部門

1. 國際能源總署

(1) 對提升能源效率之政策建議

國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 針對能源效率，於 2008

年首先提出、再於 2011 年更新 25 項政策建議，包括跨領域 5 項、建築 5 項、器具與設備 3 項、照明 2 項、運輸 5 項、工業 4 項以及能源公用事業 1 項。工業 4 項，2008 年版是：(A) 蒐集產業高品質的能效數據以進行關鍵性政策分析，(B) 採行強制性電動馬達最低能源效率標準，(C) 協助發展能源管理能力並鼓勵或要求主要能源用戶實施全面的能源管理程序與做法，以及 (D) 提升中小型企業能源效率之包裹式政策，例如：推廣由合格人員執行能源查核、提供與能源效率最實用技術相關之資訊、提供可用來作國內外比較之能源效率標竿資訊以及適當獎勵就資本支出採行最低生命週期成本之程序。2011 年版是：(A) 要求大型能源密集產業及鼓勵其他能源用戶符合 ISO 50001 或類似之能源管理條款，產業應落實經濟可行之節能行動並定期申報其成效。(B) 就電動馬達以及配電變壓器、空壓機、泵、鍋爐等工業設備公告最低能源效率標準，同時針對電動馬達驅動裝置、熱水與蒸汽以及汽電共生等工業系統之設計與操作實施一系列措施以克服達到最佳能源效率之障礙；一系列措施可包括：提供設備能源效率資訊、訓練課程、查核、技術諮詢與證明文件等，以及系統評估協定。(C) 為提升中小企業能源效率，發展與落實一套量身訂作之政策與措施，包括推廣由合格人員執行能源查核、提供與能源效率最實用技術相關之資訊、提供可用來作國內外比較之能源效率標竿資訊。(D) 推展節能投資之配套措施，包括為碳訂價的政策以消除能源補貼與內部化環境成本，提供有針對性（例如因投資節能設備而享有稅收優惠）之激勵措施，以及透過分擔風險或擔保貸款以及活絡能源績效保證專案市場，促進從民營金融機構獲得融資來進行能效升級。

(2) 工業部門二氧化碳減量技術

國際能源總署定期發表能源技術展望 (Energy Technology Perspectives)，2010 年版針對主要耗能產業提出降低二氧化碳排放之技術選項，以及相關之研發需求、示範需求、佈建之里程碑等 (2012 年版與 2015 年版之重點不在技術細節)。碳捕獲封存技術以外各行業之技術項目包括：(A) 鋼鐵業之熔融還原 (smelting reduction)、高爐頂部氣體回收、使用木炭和廢塑料、利用熔融氧化物電解法 (molten oxide electrolysis) 煉鐵及氫冶煉 (hydrogen smelting) 等。(B) 水泥業之能源效率與最佳可行技術 (best available technologies)、替代性燃料及熟料替代品等。(C) 化學製品業之新的烯烴生產技術、高性能催化製程、膜分離技術及生物基聚合物 (bio-based polymers) 等。(D) 造紙業之黑液氯化 (black liquid gasification)、生物質轉化為燃料與化學品及先進除水技術。(E) 鋁業之濕式排出陰極法 (wetted drained cathodes)、電流通過時不發生陽極溶解反應之惰性陽極技術 (inert anodes)、以碳為還原劑的碳熱還原技術 (carbothermic reduction) 及高嶺土還原技術 (Kaolinite reduction) 等。

(3) 技術路徑圖

國際能源總署受八大工業國部長會議之託編撰低碳能源技術路徑圖。總體目

標是推動全球的發展與對關鍵技術的理解，使得在 2050 年能達到能源相關二氧化碳排放量與 2009 年比較減少 50%，也就是在能源技術展望中 2°C 的情境。技術路徑圖彙集的國際共識包括技術發展里程碑、法律／管理需求、投資需求、公眾參與／宣傳、以及國際合作等。目前在網路上公開之低碳能源技術路徑圖共計 21 件，與工業製程相關的有水泥業與以催化製程為重之化工業。水泥業的技術包括能源效率、使用替代燃料與燃料轉換、熟料替代品以及碳捕獲封存。能源效率的重點是流化床技術，研磨設備及添加劑，淘汰濕式懸窯，新型懸窯的國際標準，全球熟料單位產品耗能 2030 年是每公噸 3.2 ~ 3.4 GJ、2050 年是每公噸 3.1 ~ 3.2 GJ。化工業催化製程的重點是：烯烴（olefins）生產效率方面，催化石腦油裂解裝置和乙烷／丙烷裂解裝置之關鍵是天然氣裂解裝置之可行性，甲醇轉化為烯烴需要改善效率與 MTO（Methanol to Olefins）催化劑；燃料生產的替代方法方面，以 Fischer-Tropsch 合成品通過加氫異構化與加氫裂化以及烯烴低聚合（oligomerization）進行後續轉化之天然氣製合成油（gas-to-liquid）技術，除了需要製程改善外，也需要為可取得氣體之偏遠地區提供小型可移動的生產設備；以乙醇／乙烯與芳烴為進料方面，木質纖維素糖化成為生質乙醇需要製程與生物催化系統，木質素轉芳烴（BTX）需要木質素成分的去聚合作用（Depolymerisation）與去官能性（defunctionalisation）；產氫方面，有電解水與光催化分解水 2 種技術。電解水技術需要為不穩定的運轉建立優化流程，改善在 30 ~ 40 bars 壓力下運轉之穩定性，以及開發電極減少貴重金屬及其他稀有元素之含量。光催化分解水技術需要發展實驗室等級、高效率、抗腐蝕之光電極材料和加工技術，開發無貴重金屬與其他稀有元素之電級、與目前之產氫比較可減少過電位（overpotential）50% 以上。

2. 歐盟

(1) 行業別之最佳可行技術

工業部門各行業之最佳可行技術或最實用技術（best practicable technology）是商業化技術，因此是企業改善能源使用效率之重要參考資料。歐洲污染綜合防治局（European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau、EIPCCB）在其網站公開許多最有效技術參考文件（Best Available Techniques Reference Documents、簡稱 BREFs）。它是歐洲執行委員會（European Commission）聯合研究中心（Joint Research Centre、JRC）所轄之技術預測研究機構（Institute for Prospective Technological Studies、IPTS）／永續生產與消費（Sustainable Production and Consumption）部門所設置之單位。網站上的資料依行業別共有 33 筆，涵蓋範圍廣，除了製造業，也有廢水處理、廢氣處理、廢棄物處理以及廢棄物焚化，但沒有電子電機業；資料持續維護更新，較舊的是 2001 年版、較新的是 2014 年版；資料內容豐富，以 2014 年版的文件為例，紙漿、紙及紙板之生產分為 9 章，整份文件 906 頁；礦物油與氣之煉製分為 7 章，整份文件 754 頁。

(2) 進行之技術研究

- A. 水泥業。全球因生產水泥而排放之二氧化碳量約占人為排放量 5%，因此受到重視。由於水泥製程已是成熟技術，預期不會出現能大幅減少燃料消耗之突破性技術。短期內改善能耗與環境的方法是增加使用熟料替代品以及像廢棄物與生質物之替代燃料。長期的技術發展方向是燒結溫度比普通矽酸鹽水泥（波特蘭水泥）低的水泥以及工業用碳捕獲與封存，目前這兩項都在初期研究的階段。電力在水泥製程中約占總耗能 20%，其中約 80% 用在研磨。研磨作業的能源使用效率約 5 ~ 10%，技術上沒有突破性的進展。磨細之高爐礦渣（一貫作業鋼廠之副產品）、煤灰（燃煤電廠之殘留物）及天然之火山灰是主要的熟料替代品，推估 2006 年全球合計已超過 5 億公噸。研究重點是評估熟料替代品之特性以符合應用需求。替代燃料使用率在歐洲某些國家之水泥業平均約 50%，單一廠年平均最高的達 98%。使用替代燃料的主要設備是旋窯。可作為替代燃料的廢棄物包括預處理過的工業與城市固體廢棄物（生活垃圾），廢輪胎，地溝油與溶劑，塑料、紡織品及廢紙等。可作為替代燃料的生質物包括動物食品，原木、木屑及木渣，再生木材和紙，稻殼、鋸末等農業殘留物，污水污泥以及生質作物等。廢輪胎的量（估計全球一年達 10 億條）且熱值比煤還高，在美國與日本多用作為替代燃料。
- B. 造紙業。即使市場要求印刷紙要有更好的品質與強度導致使用更多的能源，改善造紙技術、大量使用生質物燃料以及回收廢熱發電等措施使得造紙業在改善能源效率與減少二氧化碳排放的表現是很突出的。後續之改善措施是設備之汰舊換新，主要標的是鍋爐與乾燥設備。突破性技術之發展方向是提高黑液（black liquor）之價值。黑液目前多作為鍋爐之替代燃料，若以氣化（gasification）或 Lignoboost 技術將其轉化為運輸用生質燃料將更具經濟效益。
- C. 鋼鐵業。歐洲鋼鐵業在過去 40 年間能耗減少一半，主要原因是增加電弧爐廠回收廢鐵／鋼，減少一貫作業廠從鐵礦煉鐵。突破性技術的方向包括：（1）開發更能耐高溫與高壓之鋼種，提升火力電廠之發電效率。（2）開發重量輕、強度高之合金鋼，減少汽車工業之鋼材消費，並使汽車因減重而提升能源使用效率。（3）開發回收與分離高爐之爐頂氣（top gas）技術，將可作為還原劑之成分導引回高爐循環使用；另以氧氣替代預熱空氣以利捕獲二氧化碳。（4）開發有別於使用高爐之直接還原（Direct-Reduced）與熔融還原（Smelting Reduction）新煉鐵技術。新技術的優點是不需要排碳量大之煉焦與燒結製程，同時也能適應品質較差的鐵礦原料；缺點是分別耗用更多的天然氣與煤；煤產出之製程氣體應回收應用以避免抵消了減少排碳的努力。歐盟委員會（European Commission）支持、48 家產研機構參與，以減少排碳 50% 以上為目標之

ULCOS (Ultra-Low Carbon dioxide Steel-making) 計畫第一期程總結出值得進一步發展的是 HIsarna、ULCORED、ULCOWIN 及 ULCOSYS 等 4 種技術，相關的介紹可參考附件之網站。

- D. 汽電共生。汽電共生是一項成熟的技術。大型機組之優先研發目標與化石燃料火力電廠一樣，是進一步提高效率；小型機組則是鎖定住商部門之龐大商機，20 kW 以下之機組尚不成熟，微型渦輪 (micro-turbine) 與定置型質子交換膜燃料電池 (proton exchange membrane fuel cell、PEMFC) 改善潛力較大。大型機組的未來在於從汽電共生走向冷熱電共生 (tri-generation)、區域熱整合 (District Heating、DH) 或是區域冷熱整合 (District Heating and Cooling、DHC)，也就是說，要組合多種成熟技術，因地制宜地滿足不同環境條件下的不同需求。

3. 美國

聚焦能源之研究計畫主要是由能源部 (Department of Energy) 掌管的，其次是國防部 (Department of Defense)；聚焦能源之技術輔導主要是由能源部與環保署 (Environmental Protection Agency) 提供；商務與勞工部 (Departments of Commerce and Labor) 則從事與能源相關之勞動力培訓和經濟發展。

(1) 能源部之技術回顧

能源部每四年出版一次之技術回顧總結出技術研發的重點。2011 年版的結論是提升工業部門能源效率可由兩方面著手，一是改善製造能源密集產品之效率，二是開發下世代產品與製程使得在產品生命週期內使用較少的能源提供相同或更好的服務。技術研發重點包括：(A) 製程加熱 (process heating) 的節能手法，例如高效率生產熱能，系統性設計以減少熱能在使用前的損失，以及替代性製程以減少生產相同材料所需之熱能；(B) 蒸汽系統的改善，首要目標是鍋爐，也可與發電機整合為汽電共生；(C) 擴大汽電共生的市場潛力，關鍵在整合經濟可行之儲熱系統以因應熱電需求之變化；(D) 升級電動馬達或加裝變速驅動以提升機械驅動裝置之效率。除了精進既有技術外，創新製程與先進材料是下世代研發計畫的主軸。較有前途的是可跨領域應用之低成本輕質材料，例如會對汽車與風力渦輪機產生影響之碳纖維；其次是可促進汽電共生應用之低成本儲熱系統。

技術回顧 2015 年版雖還在作業中，工業與製造業部分評估中重點方向如下，詳細內容可參考網站提供下載之資料：(A) 直接能量轉換材料，例如碲化鉍、碲化鉛等高 ZT 值之熱電材料、元件及系統，應用在廢熱回收設備與熱電發電裝置；(B) 寬頻隙 (wide bandgap) 電力電子，例如以碳化矽 (SiC) 和氮化鎵 (GaN) 代替矽 (Si)，應用在交流電源變壓器，數據中心及再生能源發電之直交流電力轉換器等；(C) 複合材料，例如碳纖維強化聚合物，應用在汽車、風力和氣體儲槽之輕量化結構複合材料，以及熱固性和熱塑性高分子複合材料之成形與固化技術；(D) 關鍵材料 (會或可能會面臨供應挑戰的材料)，例如風力渦輪機與電動

汽車用之永久磁鐵、高效率照明之螢光粉、以及供應多元化與全球材料之 criticality；(E) 卷對卷製程 (roll-to-roll processing)，包括在可撓式太陽光電板、印刷電子 (printed electronics)、薄膜電池及膜 (membrane) 等之應用，像蒸發、濺鍍、電鍍、化學氣相沉積及原子層沉積之沉積製程，以及卷對卷製程產品檢查與品管所需之量測方法；(F) 製程加熱，包括使用燃料、電力、蒸汽或兩種以上之製程加熱系統，製程加熱設備用之感應器與流程控制，以及廢熱回收、無熱乾燥及低耗能製程等製程加熱之節能機會；(G) 汽電共生，例如在製造業之應用，先發電式與後發電式熱力循環，先進往復式引擎，套裝汽電共生系統，以及多元燃料系統等；(H) 積層製造 (additive manufacturing)，包括粉末床融合、定向能量沉積、材料擠製成型、光聚合固化、材料噴塗成型及薄膜層積 (Sheet lamination) 等之 3-D 列印技術，以及同質 (如金屬) 與異質材料 (如強化型高分子複合材料) 間之相容性；(I) 智慧製造所需之先進感應器、控制裝置、模型及平台，例如智慧系統與先進控制裝置，低功率低成本之先進感應器，循供應鏈追蹤零組件之先進感應器與量測方法，分散式製造，預防性維護，產品定製化以及雲端計算與最適化演算法等；(J) 永續製造，包括生命週期分析，如輕量化、減少廢品、回收及增加材料壽命等減少材料需求之機制，回收與再利用之設計等；(K) 製程強化 (process intensification)，包括製程強化之設備與方法，就能源、環境及經濟等挑戰以製程強化方式提供解決方案之應用領域，原料利用和原料轉換技術，以及聚焦於能源密集之化工行業；(L) 廢熱回收，包括如複熱器、複熱式燃燒器、固定式與轉輪式蓄熱器、及殼管式熱交換器等廢熱回收技術，如高爐，電弧爐，熔解爐及懸轉窯等主要廢熱源之應用，以及其他低、中、高溫廢熱回收的機會等。

(2) 先進製造

美國總統的科學與技術顧問委員會 (President's Council of Advisors on Science and Technology) 於 2011 年 6 月提出「確保美國先進製造業領導地位 (Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing)」報告。體認到美國製造業之衰退是從低階產品到本土發明之先進技術全面性的，且並非單純導因於國外低廉工資的競爭，委員會認為解決之道並不是政府投資特定公司或行業之產業政策，而是需要連貫的創新政策，來確保領導階層支持新的技術與方法，並為製造業之優質就業機會打下基礎。歐巴馬總統同意委員會提出之跨部會協調啟動先進製造倡議 (Advanced Manufacturing Initiative)、改革公司所得稅制 (corporate income taxes) 與延長研發投資抵減 (R&D tax credit) 以及支持研究、教育及勞工培訓等三項建議後，政府各部門啟動了一系列推動落實之政策與措施。其中能源部所轄之能源效率與再生能源辦公室 (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy) 為此在其能源效率辦公室 (Office of Energy Efficiency) 之下設置了先進製造辦公室 (Advanced Manufacturing Office、AMO)。

先進製造辦公室掌管之技術研發計畫聚焦於跨領域與基礎性之製造技術與新世代材料，目標是在計畫啟動後 10 年內達到在產品之生命週期內，受其影響

之能源消耗量減少 50%。先進製造辦公室支持的計畫都採取公私合夥 (public-private partnership) 方式執行以加速新產品或新製程達到商業化規模。優先計畫分為兩大類，一是能廣泛應用於能源密集與能源依賴之製造業之能效技術，二是能促進淨潔能源製造技術所需之材料或製程之平台技術。兩類優先計畫合計 11 項主題幾乎與上述之 2015 年版技術回顧之評估中技術一一對應，參加 2015 同儕評審會議之研發示範計畫共計 28 個，簡報資料可在網站下載參考。

(3) 美國能源效率經濟委員會之看法

美國能源效率經濟委員會 (American Council for an Energy-Efficient Economy、ACEEE) 於 2013 年發表了一份研究報告指出製程在工業部門能源消費之占比最大，因此提升工業部門能源效率的最好機會就在製程的改善與最適化。檢視以往工業節能計畫的主要策略著重在補助購置節能設備，例如電動馬達、空調及照明。然而這種模式無法改善整體系統的效率，且因為計畫被納入商業與工業之整體架構下以致忽略了客戶個別的需求，因此建議下階段工業節能計畫必須逐漸超越設備之汰舊換新，致力於改善整個系統之能源效率及因應不同行業與公司規模之獨特需求。另提出可考慮的計畫類型有下列三種：(A) 以大公司為主要支持對象，就指定之工業製程提供財政獎勵和專業技術；(B) 整合能源管理實務至公司文化、標準操作程序及獲利能力之策略性能源管理計畫；(C) 透過地區性公協會或大公司之供應商網路，與中小型企業合作發掘與落實節能潛力。

(4) 製造業用蒸汽鍋爐 (super boiler)

能源部於 2000 年 7 月啟動以天然氣為燃料之超級鍋爐研發計畫。第一代之火管式鍋爐 (firetube boiler) 以創新之燃燒、熱傳及熱回收技術為基礎，將技術目標訂在總體鍋爐效率 94% (HHV)、煙囪排氣溫度 < 150°F、NO_x 排放 < 5 ppmv、CO 排放 < 5 ppmv、VOC 排放 < 1 ppmv、以及占地面積減少 50%。2011 年之原型機測試報告顯示，在加州示範測試之一座 300 鍋爐馬力 (boiler horsepower, 1 bhp = 8,430 kcal/hr) 火管式鍋爐達到計畫目標。參數測試 (parametric tests) 與長期測試之 NO_x 排放隨負載變化在 3.5 ~ 8.0 ppmv，惟在啟動時會超過 11 ppmv；CO 排放在 2.5 ~ 60 ppmv、平均是 12.6 ppmv。參數測試之記錄顯示穩定狀態下平均熱效率是 92.1%，燃料能量轉換為蒸汽能量比例是 89.7 ~ 99.3%、平均是 97.0%；主要受鍋爐冷凝水回收量的影響，小部分受鍋爐負載的影響。

在煙管式鍋爐成功經驗之基礎上，就水管式鍋爐於 2012 年完成第一階段工作，包括：概念設計與性能建模，多元燃料 (天然氣與柴油) 功能，熱回收、熱傳及產生過熱蒸汽之方法以及鍋爐整體工程設計概念等。多元燃料水管式鍋爐在過熱蒸汽 (溫度 > 1500°F、壓力 > 1500 psig) 條件下，技術目標包括：燃料能量轉換為蒸汽能量效率 94% (HHV)、NO_x 排放 < 2 ppmv、CO 排放 < 2 ppmv、VOC 排放 < 1 ppmv、體積/重量減少 50%。第二階段將示範第一階段發展出之設計概念，目前未蒐集到相關資料。

4. 英國

英國能源與氣候變遷部 (Department of Energy & Climate Change、DECC) 與商業創新與技術部 (Department for Business Innovation & Skills、BIS) 針對工業部門消耗熱能較多之行業，包括水泥、陶瓷、化學製品、食品飲料、玻璃、鋼鐵、石油煉製及紙漿與造紙，於 2015 年 3 月發佈了工業脫碳與能源效率 2050 年路徑圖 (Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050)。每份報告針對與該行業密切相關之減碳議題，首先提出一系列技術經濟與經營決策的事證，然後綜合產生多種深具潛力之減排路徑，接著進行情境分析、敏感度分析及減排路徑之成本分析，最後總結出策略建議及關鍵技術。每一項技術另有下列評估記錄，是很好的參考：行業中應用該項技術之次行業、技術成熟度 (分 9 級)、事證來源、二氧化碳減量 (%)、相關製程天然氣消費量之變化 (%)、相關製程所需熱能由生質能提供之占比之變化 (%)、相關製程耗電量之變化 (%)、行業已採用該項技術之占比 (%)、行業可應用該項技術之占比 (%)、新產能除外資金成本中減碳之占比 (%)、可應用該項技術之廠家數、應用該項技術平均單廠成本、以及整個行業都應用該項技術之資金成本。

5. 日本

日本內閣府 (Cabinet Office) 之綜合科學、技術及創新委員會 (Council for Science, Technology and Innovation) 負責擬定科技創新之綜合政策與計畫，並協調各部會機關的相關政策。經濟產業省 (Ministry of Economy, Trade and Industry、MITI) 是負責支持再生能源、能源效率、化石能源合理化使用、發電、以及與氣候變遷相關技術之研究發展的政府機關；文部科學省 (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology、MEXT) 則是負責支持核能的研發以及在學術與研究機構執行之基礎研究。主要與能源相關之國家級研究機構包括產業技術綜合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology、AIST)、新能源產業技術綜合開發機構 (New Energy and Industrial Technology Development Organization、NEDO) 及日本原子力研究開發機構 (Japan Atomic Energy Agency、JAEA) 等。

科學、技術及創新委員會於 2013 年 9 月針對 (A) 鑑別短中期與中長期發展之創新型技術、(B) 強化促進技術發展的政策以及 (C) 促進創新型技術之穩定發展與全球擴散之必要措施等三面向，公佈「新低碳技術計畫 (New Low Carbon Technology Plan)」。短中期與中長期發展之創新型技術差異在是否能在 2030 年前完成商業化。短中期發展項目包括供應端 8 項、使用端 15 項、整合型 3 項及其他 3 項，小計 29 項；中長期發展項目 8 項；創新型技術合計 37 項。這些創新型技術與工業部門直接相關有：(A) 高效率利用能源。獨立發電單元／汽電共生重點在高效率燃氣引擎與燃氣渦輪、低成本、智慧化、附加價值、及熱交換／保溫等；工業爐／鍋爐重點在中小型蓄熱式燃燒器、純氧燃燒技術以及化學迴路燃燒

系統 (chemical looping combustion system) 等。(B) 環保意識之煉鐵製程。以氫氣部分取代焦炭之氫還原製程 (H₂ reduction)，重點在進行小型高爐 (~10 m³) 之驗證測試；高爐排放二氧化碳之分離與捕獲，化學吸收法與物理吸附法之重點都在於與小型測試型高爐之整合，進而進行放大設計與測試。(C) 低耗能製氫。方向是低壓低溫觸媒與電解合成，目標在 2030 年前實際應用。(D) 其他創新性製程。石油煉製，著重石油分子結構分析技術與反應路徑模擬技術；水泥製造，聚焦於降低／減少熟料燒成溫度與時間，重點在熱反應模擬、製程溫度條件、量測技術以及材料等；化學品製造，以節能型逆滲透膜 (reverse osmosis membrane) 與奈米濾膜 (nano-filtration membrane) 等分離膜為主，重點在產業化思考。

經濟產業省在新能源產業技術綜合開發機構的支援下，曾提出 2011 年版之能源效率技術之戰略，目前在修正中以因應新的政策。2011 年版的戰略在工業、運輸、消費者 (商業與住宅) 及跨領域等四方面合計規劃了 13 項關鍵技術。工業部門有 3 項技術：減少可用能 (exergy、available energy) 損失、改善系統能源效率以及製造節能產品；跨領域也有 3 項技術：下世代熱泵系統、電力電子以及下世代熱能與電力網路。減少可用能損失是減少製程中不可逆之可用能損失，例如以熱泵回收製程廢熱；相關技術包括節能生產、創新性製鐵流程、工業熱泵及高性能火力發電等。改善系統能源效率的思維與以往就傳統製程分別提升各單元的效率不同，而是以實現整體系統之節能效果為目標，即使其中某單元有可能消耗了較以往的更多的能源；相關技術包括跨行業能源網路與雷射加工。製造節能產品著重在應用該產品，使之在其生命週期內產生可觀之節能效益，雖然製造該產品可能要消費較多能源；相關技術包括陶瓷、碳纖維及複合材料之製造技術。下世代熱泵系統之相關技術包括系統化技術，例如利用未使用的熱能、高效率收集和儲存熱能及精簡低負荷區等；與創新的基礎技術，例如高效率的製冷循環、開發新的製冷劑、高效率熱交換設備及高效率壓縮機等。電力電子技術聚焦於支援各領域使用之高效率電力供應系統，和滿足因資訊技術發展而快速增加之能源消費需求；相關技術包括寬頻隙 (wide bandgap) 半導體與高效率直交流電力轉換器。下世代熱能與電力網路是一種綜合節能技術，包括高效率利用熱能的熱網設計、優化區域內能源使用的能源管理系統及有助於引進可再生能源的能源輸配網絡；相關技術包括能源管理系統、能源輸配網絡、區域供熱網路、汽電共生、工業用燃料電池 (SOFC)、熱能傳輸系統及熱能儲存系統。

新能源產業技術綜合開發機構 (NEDO) 近期發表之工業節能技術研發成果包括：(A) 混合動力液壓挖土機，比傳統挖土機節省燃料 40% 以上；(B) 微型螺旋式蒸汽發電機，取代蒸汽管線上的減壓閥，回收餘壓／餘汽發電；(C) 燃氣引擎汽電共生系統；(D) 燃氣引擎汽電共生裝置，結合 1~2 MW 燃氣引擎與蒸汽發電機，藉由可調整熱電產出比例來擴大其應用場所；(E) 區域夾點技術 (area-wide pinch technology)，跨廠分析與整合物質流與熱能流，在千葉工業園區 (Chiba Industrial Complex) 內的 23 家工廠驗證應用過；(F) 高性能工業爐，

採用蓄熱式燃燒系統，回收煙氣廢熱 70%、整體節能率達 30% 以上，在日本應用約 1,300 座；(G) 化工業蒸餾設施，應用在汽油分餾，驗證達到 60% 節能效果。

6. 國外推動區域能源系統整合及應用

國外推動成功之案例通常系結合天然氣和電力，再搭配廢熱回收、熱泵、吸收式冰水機等設備，進行區域供熱或供冷使用。另一方面，更善用儲冰系統來降低尖峰電力需求，除了讓區域能源系統操作更具彈性外，且能提升能源分配效率。

以日本為例，透過熱供給事業法建立區域能源系統之基本推動基礎，明文規定新建物樓地板面積超過 10,000 平方公尺者，其空調系統必須採用 DHC(區域冷暖房)系統。除了給予建築面積優惠及提供低利融資與優惠稅制等獎勵措施外；DHC 系統所使用天然氣價格也提供優惠；此外更將冷熱能供應(含空調所需之冰水、熱水與蒸汽等)納入公共事業來管理。整個 DHC 系統即是一個成熟技術/產品的整合應用，透過區域負載及需求來搭配不同的供電、熱、冷等設備，並以區域能源管理系統來進行系統運轉的調配和調度。以日本 DHC 系統而言，相關供應設備有蒸汽鍋爐、廢熱鍋爐、熱交換器、離心式冰水機、吸收式冰水機、儲冰式冰水機、儲冰水槽、儲熱水槽、熱泵及冷卻水塔等。主要以鍋爐產製蒸汽，以蒸汽熱交換產製熱水，以冰水主機產製冰水。

另一個和台灣較為相似的國家為新加坡，其系統係以供冷為主，即所謂 DCS(區域冷房)系統。以濱海灣(Marina Bay)的區域冷房系統為例，即是以電動離心式冰水機、滷水式冰水機、儲冰槽、熱泵及冷卻水塔所組成，並透過管道連結兩個不同之兩個不同之冰水機機房，以進行統一之調度和控制。和日本類似，新加坡政府亦明訂所有新商業開發必須使用 DCS 系統，同時要求所供應冰水訂價不得高於在各獨立建築物採用類似技術產製的冰水價格。

(二) 住商部門

1. 空調技術

國際在冷凍空調設備方面的研發，一方面因應新冷媒需求，發展適合環保冷媒的設備，另一方面也持續提升傳統設備效率。前述國內正發展的磁浮軸承無油冰水機以及多功複合式熱泵，國際間也有類似的研發，以下簡要說明國際發展狀況並與我國狀況進行比較。

(1) 高效率無油化之磁浮離心機組技術

美、日冰水機大廠皆已投入磁浮離心機開發，除了最早供應磁浮離心壓縮機的 Danfoss Turbocor 公司之外，還有美國的 McQuay 與 York，以及 2013 年底公開的三菱重工，由此可見磁浮離心機已成為下一代冰水機之必要機種。下表 3-6 為國內外磁浮離心機技術指標比較。

表 3-6 國內外磁浮離心機技術指標比較

技術項目/年		2009~2012	2013~2018	2019~2025
廠牌	國內	無	ITRI/國內產業鏈	我國自創品牌
	國際	Smartd (使用 Turbocor 壓縮機)、McQuay (使用 Synchrony AMB / motor)、York (使用 SKF AMB / motor)、MHI		同左, 預測 400RT 以上單壓系統將出現中國大陸品牌
製冷能力	國內	90 RT	90~400RT	90~800RT
	國際	90~ 550RT	90~750RT	90~1000RT
效率	國內	COP 5.5, IPLV 8.5	200RT : COP 5.6, IPLV 10	300RT : COP 6.1, IPLV 11
	國際	COP 5.2, IPLV 8.5	200RT : COP 5.5, IPLV 10	300RT : COP 5.9, IPLV 11
高效馬達	國內	日本安川馬達	歐盟 IEC 60034-30 IE3 (2012), 平均效率 0.96	PM、IM (IE4)
	國際	PM、IM (IEC 60034-30 IE2)	PM、IM (IE3-2012)	PM、IM (IE4)
變頻驅控	國內	弦波無感測驅控 (安川變頻器與馬達)	感知器回授控制, 平均效率 0.98	弦波驅控、無感測技術、Soft Switching
	國際	弦波無感測技術	弦波無感測技術	Soft Switching
壓縮流力元件	國內	R134a、二級壓縮、等熵效率 0.81	R134a、一/二級壓縮、效率 0.83	R134a、一/二級壓縮、效率 0.85
	國際	R134a 二級壓縮等熵效率 0.80 單級壓縮等熵效率 0.77	R134a、R1234 yz : 400RT 單級壓縮等熵效率 0.78	R1234yz、DR12 : 750RT 單級壓縮等熵效率 0.79
磁浮軸承	國內	Mecos / Mutecs	Mecos / Mutecs / e+a ITRI (85%)	ITRI
	國際	供應商 Turbocor、Synchrony、SKF	同左	同左
智慧系統	國內	整合壓縮機冷卻技術	內流場失速檢知、喘震檢知與控制技術	結合中央空調智慧網控和錯誤自我診斷技術
	國際	壓縮機與冰水機整合控制	以壓力流量曲面控制	--

(2) 多工複合熱泵空調系統

美、日、歐、中針對空氣源熱泵設備皆訂定了性能檢測標準及最低能效管制值，但是測試條件皆不太相同，因此對應的產品技術也相異。主要因為各國的氣候環境及使用文化不同，導致熱水供應的需求條件也迥異。相關比較如表 3-7 所示。

表 3-7 國內外空氣熱泵檢測標準與能效管制比較

	日本	歐洲	美國	中國大陸	台灣
測試標準	JRA4050	EN14511	ASHRAE 118.2	GBT21362 GBT23137	CNS15466
範圍	製熱量 CO ₂ <11.5k W HFC<19.3k W	最大消耗 電力 <6kW	最大消耗電 力<6kW	製熱量>3kW	最大消耗 電力 <12kW
用途	住商用	商用(水對 水式)	住商用	住商用 工業用	住商用
性能 測試 方法	水測熱量計 法	水側熱量 計法	First hour rate 24hr simulated use test	水測熱量計法 半穩態測試法 靜態測試法	水測熱量 計法 半穩態測 試法 靜態測試 法
性能 指標	COP	COP	EF	COP	COP
MEPS	COP≥3.0	COP≥2.8	EF≥2.0 First hour rate ≥50gal/hr	一次加熱式≥ 3.7 循環加熱式 ≥3.6(含水泵) ≥3.7(不含水泵) 靜態加熱式≥ 3.4	訂定節能 標章性能 基準 COP≥4.0

至於複合式熱泵空調則是尚屬於各自研發的階段，各國皆尚未訂定性能檢測標準，應用面也持續在創意與實驗驗證階段。相關的技術研究包含：(A)除濕、熱水與冷房三者同步供應、(B)熱水、熱風與除濕三者同步供應、(C)熱水與冷房性能並重等。

2. 照明技術

全球 LED 照明市場得利於各國政府推動節能減碳而快速成長，2014 年全球 LED 照明光電市場整體市場規模達 641.7 億美元，較 2013 年成長 14%，預估 2018 年可突破 1,000 億美元。由於市場龐大且成長快速，各國均積極發展。目前 LED 技術國際研發重點包括：磊晶技術改善效率下滑現象(drooping)、提升紅光與綠光效率、高穩定性窄峰螢光粉、高折射率封裝材料、創新磊晶結構提升性能、創新燈具設計等。

依據美國能源部 2015 年發表的技術藍圖，LED 元件效率與性價比關係圖來看，2014 年暖白光發光效率為 146 lm/W，2015 年則達到 162 lm/W，2020 年則預估達到 220 lm/W。除了發光效率持續提高之外，LED 元件價格也將持續下滑，預估至 2020 年價格將下滑至每千流明 0.36 美元，詳如圖 3-7 所示。未來在 LED CP 值持續提高之下，勢必會更進一步擴大 LED 照明應用領域，對於 LED 照明市場將有很大助益。

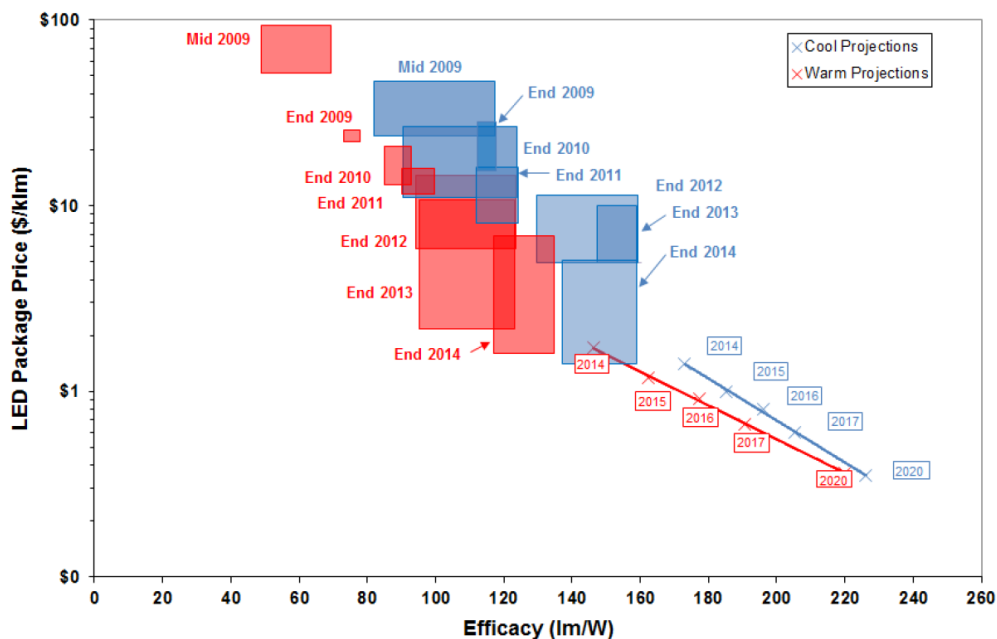


圖 3-7 美國 DOE LED 元件效率與性價比關係圖

國際趨勢除發展 LED 照明之外，各主要國家也積極發展 OLED 照明(有機固態照明)技術。OLED 照明具備有輕薄、出光柔和、可大面積平面發光等等特色，與 LED 照明點光源的特色不同，可在市場上形成互補。同時技術進步速度極快，也可望超越傳統照明。依照美國能源部的研發規劃，目標在 2020 年時 OLED 照明燈具可達到 125lm/W，壽命 L70 大於 50,000 小時，成本則可在 2025 年左右下降至 US\$10/klm。屆時預期可以實現 OLED 照明之普及化。OLED 照明目前國際上的研發重點包括：長壽命與高效率的藍光材料、取光技術、低成本大面積製造

技術、軟性基板技術等。

此外隨著物聯網興起，以及 LED 照明具備可調控頻譜之特性，各大廠也積極發展不同於傳統照明的智慧照明控制系統。在調控技術方面，DALI (Digital Addressable Lighting Interface)通訊協定已成為主流，但通訊方式仍有 Zigbee、Wi-Fi、藍芽、PLC(Power Line Communication)等多種選項持續發展中，同時結合智慧家庭應用，讓照明系統可以隨著使用情境(用餐、看書、聯誼等等)、氣溫、時間、日照等因素進行變化，實現更多元化與智慧化的照明系統。

3. 建築技術

近年來世界各國建築法規管制漸嚴，因此外殼與設備的效率逐步提升。而隨著太陽光電等再生能源技術進步，國際趨勢更宣示諸如接近零耗能(Near Net Zero Energy Building)的建築政策。各主要國家均有類似宣示與示範計畫，參見表 3-8 之整理。接近零耗能的建築代表相較於現有建築必須大幅節能，同時充分使用再生能源。未來在再生能源成本下降到達市電平價(Grid Parity)，亦即自行發電使用之成本更低於購買電力公司電力時，建築現址使用(on-site)再生能源將具備經濟誘因。相對應的技術，包括建築儲能、整合再生能源與市電的需量反應管理系統、接受再生能源供電的設備等等，也將有龐大的市場。這些相關技術也是目前國際建築技術研發的重點。

表 3-8 各國建築節能政策宣示規劃時程

國家	國際建築節能政策時程
歐盟	2018 年前所有公共建物及 2020 年前所有新建物，皆需達到近 (Nearly) 零耗能
日本	2002 年起規範 2000 m ² 以上建物必須符合 PAL(Perimeter Annual Load)及 CEC(Coefficient of Energy Consumption)等性能規範及建築環境效率 BEE (Building Environmental Efficiency)
美國	2030 年前之商業新建築需達到淨 (Net) 零耗能、2040 年前 50%商業建築需達到淨零耗能、並於 2050 年前全部商業建築需達到淨零耗能

此外目前國際間針對空調系統節能技術上的研發，也逐漸注意到高效率設備並不同高效率建築，因為除了設備節能受到諸多變數影響之外，更重要的是系統匹配、平衡、以及事後智慧控制和營運維護品質是否良好均有極大的關係，因此早期為了推廣高效率設備而制定的各項設備效率指標，已逐漸不敷未來系統逐漸複雜之所需，唯有空調設備系統群體控制技術可以在現有條件不予變更的前提下持續提升系統效率。各國建築節能法規也逐漸朝向定義次系統效率規範，例如新加坡綠建築評估系統 - 綠色標籤 (BCA Green Mark) 之最新 3.0 版已明定非住宿類既有建築空調次系統須達一定效率標準方能獲得標章認證。系統操控最佳化因此也將是未來重要的國際研發趨勢。

四、節能技術精進及引入新技術推動之效益—以建築部門為例

(一) 空調技術

103 年全國空調主機全年總耗電約為 250 億度，其中住商用中小型空調機裝置量(至 2011 年)為 1,600 萬台，約 1,200 萬冷凍噸，尖峰耗電量為 650 萬千瓦，全年用電量 80 億度；容積式冰水機裝置量(至 2011 年)為 22.6 萬台，約 5 百萬冷凍噸，尖峰耗電量為 280 萬千瓦，全年用電量 80 億度；離心式冰水機裝置量(至 2011 年)為 8,400 台，約 5 百萬冷凍噸，尖峰耗電量為 250 萬千瓦，全年用電量 90 億度。

隨近年來設備效率不斷提升，採用新設備相較於傳統設備將有大幅節電空間。以前述無油磁浮離心冰水機案例，國產機種在辦公大樓空調系統實測結果，相較於傳統螺旋式冰機，節能至少達 25%。若是替換老舊的冰水機，節電效果將更為可觀。如上所述，國內冰水機耗電總量包含容積式與離心式共計每年 170 億度，而國內在 80~90 年代經濟起飛時期興建的大樓迄今冰水機已達使用年限，必須逐步汰換。若能在未來幾年的換機潮中大量採用新的高效率冰水機，將可達到可觀的節能效果。

此外中央空調系統週邊設備耗電約佔空調系統總耗電的 30~50%，其中包含送/排風扇、風機濾網機組、冰水泵、冷卻水泵、冷卻水塔等，以及輔助空調多功能應用的熱泵與除濕系統及協助空氣循環的立/桌/壁扇、吊扇、吸頂扇、空氣清靜機等。此方面的耗電可藉由系統整合最佳化來降低。尤其未來隨著物聯網發展，設備與感測器聯網成本大幅下降，智慧化的控制將越來越普遍，藉由智慧化系統的創新，可再大幅降低空調系統的耗電，國際間已積極發展相關技術，國內以往較少涉獵，但近年來在研究機構的投入下，未來也可望逐漸發展出適合本土的智慧化系統，進而對我國節能減碳有所貢獻。

除協助節電之外，空調技術的精進也對冷凍空調產業發展有積極正面的助益。近年來國內研發機構與產業合作開發具國際競爭力之冷凍空調關鍵零組件與高性能的系統設備商品技術，已有顯著成效。在推動關鍵零組件商品化部份包括：新冷媒(HFC-410A、HFC-134a、R-600a、CO₂ 等)壓縮機及熱交換器、永磁無刷馬達與無感測驅控器、DC 變頻化風扇、磁浮軸承與控制器、變頻器與高速馬達等。在協助國內產業界建構符合國際環保要求且具國際競爭力之高性價比空調與冷凍冷藏設備部份則包含：HFC-410A 窗型冷氣與分離式冷氣、DC 變頻分離式冷氣、HFC-134a 螺旋式冰水機(滿溢式與噴淋式)、R600a 之 DC 變頻冰箱、HFC-404A 冷凍冷藏櫃、HFC-134a 廣域離心式冰水機、CO₂ 商用熱泵與冷藏櫃、無油化之磁浮冰水機等。因著推動冷凍空調節能環保技術的開發與落實，也帶動了相關精密機械技術的提升，其中包含精密鑄造、微米級加工製造與組裝、精密量測和高端的性能檢測技術的成長。

延續過去的研發成果，未來技術精進將更進一步協助國內產業，運用已建立的技術基盤，進行技術深根，特別是在全年用電量大的離心式空調冰水主機磁浮化、整合冷、熱、除濕多功應用的高性能複合式空調熱泵系統、具低成本且高性能的空調次系統等開發等，將可協助業界提升國際競爭力，替產業開創新局。

(二) 照明技術

根據 2013 年的調查，我國照明用電約達每年 240 億度，各種光源的分佈參見下表 3-9。近年來 LED 室內照明興起，LED 燈具與光源的滲透率迅速提升。同時因為 LED 效率提高，取代水銀燈、省電燈泡、鹵素燈等傳統光源，具有極佳的節能效益。由經濟效益的角度來看，即使在台灣現有的電價結構下，以 LED 照明取代水銀燈、省電燈泡、鹵素燈，也大都可在數年內回收，因此市場逐漸發酵。即使效率較高的傳統光源，例如 T5 螢光燈管與複金屬燈，也已經有相對應的 LED 照明產品，並迅速擴大市場。以使用直管螢光燈管的天花板格柵燈為例，包括使用 LED 平板燈或是以 LED 燈管替代的產品，都已在市場出現。但不更換燈具就直接以 LED 燈管取代直管螢光燈管，將牽涉電源供應器的更改，若由一般民眾直接購買更換，在電源安全教育與認知不足的情況下或有安全疑慮，仍有待標準與規範的建立。

表 3-9 我國 2013 年照明用電種類與分佈

光源分類	用電量 (百萬度)	用電量占比 (%)	現有光源效率(lm/W)
T5	9013.59	37.24%	95~100
T8~T12	7670.06	31.69%	80
PL 燈	135.35	0.56%	60~70
省電燈泡	1823.05	7.53%	60
白熾燈	167.54	0.69%	15
鹵素燈	147.50	0.61%	20
水銀燈	2294.32	9.48%	25~40
複金屬燈	1068.90	4.42%	90
高壓鈉燈	1116.21	4.61%	90~120
LED 燈	770.2	3.18%	80~130

LED 照明技術精進除可協助節能外，對產業發展也有極大助益。行政院已於 103 年 8 月核定「綠色能源產業躍升計畫」，透過計畫內各產業策略與措施之推動，

提升綠能產業總產值。其中 LED 光電照明產業發展願景為：全球 LED 元件及模組主要供應國，建立照明產品全球通路。藉由強化國內製造與系統優勢，以內需市場提升產業能力，達到 2020 年產值 4,190 億元新臺幣，節電 36 億度。

以替換水銀路燈為例，經濟部能源局自 101 年度啟動大型 LED 路燈設置計畫，由縣市統一採購，並以最有利標決標結合節能績效保證模式推動，協助縣市政府以 LED 路燈汰換水銀路燈，現已完成 25.1 萬盞，每年可節省 2.2 億度電。此計畫協助國內路燈廠商研發高效率產品，得標的 LED 路燈平均發光效率超出 100lm/W，最高達 137lm/W，大幅超越國際水準。除了帶來實質節電效益外，也促成我國 LED 路燈產業蓬勃發展，帶動產值估計至少有 27 億元。至 103 年 9 月統計資料，全臺路燈總數約 225 萬盞，其中尚有約 70 萬盞低效率、高污染水銀路燈。行政院因此於 103 年 11 月核定「水銀路燈落日計畫」，目標 2017 年我國成為全球第一個水銀路燈落日之國家。透過此計畫預估可再節電約 7 億度，並協助我國 LED 路燈產業提升國際競爭力。

在室內照明部分，以 LED 取代多種傳統光源與燈具均具有節電效益，以省電燈泡為例，102 年能源局補助 1,410 家社福機構及 368 個鄉鎮市區公所低收入戶、中低收入戶及社區推廣 46 萬 6,160 顆 LED 燈泡，替換傳統 15W 省電燈泡，每年省電 602 萬度電。以此為基礎，103 年 7 月 LED 燈泡施行 MEPS 管制。104 年 3 月更公告辦公室用 LED 平板燈節能標章，以高效率平板燈取代傳統螢光燈具已具備節電效益。

固態照明另一個優勢在於可調控性，因此照明系統搭配智慧照明調控，可以擴大節電效果。而資通訊為我國優勢產業，與照明異業結合，可以協助產業提升競爭力。除民間廠商推動外，我國政府也因應智慧照明趨勢，選定大專院校圖書館進行研究示範，整合學校專長提出創新照明系統智慧節能，建立智慧照明應用並培育人才，作為推廣及觀摩典範案例。大專院校圖書館為一室內照明多元應用之綜合體，在此場域內包含多種照明功能需求，須兼顧一般照明(走道、大廳)、立面照明(圖書櫃、書報架)與重點照明(閱覽區、自習室)，此場域可展現智慧化照明極大效益，同時預期可刺激創新智慧照明構想，創造我國產業與國際大廠間的差異化。

(三) 建築技術

未來建築能源管理系統除傳統能源使用資訊紀錄顯示和簡易設備控制外，亦將結合建築資訊模型 (Building Information Model, BIM) 、與電網相互溝通後做最佳化系統控制、以及透過資訊進行分析的遠端故障檢測診斷等功能。以我國耗能最大且系統複雜度最高的空調為例，當設備異常造成空調無法處於高效率運轉狀態，或甚至產生故障前，常會事先表現出多種不同症狀。依據文獻顯示，若能有效利用能源模擬技術搭配資訊分析技術來進行空調系統故障檢測診斷的話，建

築物能源使用效率將可提升 5~15%。

在外殼建材方面，我國目前正開發低成本可在大氣環境下的鍍膜技術及透明隔熱塗料，並使用數種氧化物薄膜的組合，讓單片玻璃的節能效果就能媲美傳統 Low-E 玻璃的低放射率和遮陽係數，且可將價格大幅降至三分之一左右。而在節能塗料方面，國內市售隔熱塗料隔熱性上，淺色塗料已可達到美國 LEED 的冷屋頂之規範，且 SRI>110，唯耐久性和防汙能力仍有不足，因此國內研發上主要以樹脂和奈米粒子加以改良。對於深色反射隔熱材料，國內廠商目前多利用二維無機材料結構設計與奈米尺寸控制、有機/無機分子界面混合分散技術、精密混練與排列型態操控技術、和操控熱反射無機材於樹脂/塑膠中之分散性與排列方向性等，使其效益能與淺色塗料相比。相關技術精進後可強化國內產業建立節能隔熱材料研製與應用驗證能力，形成產業聯盟，掌握關鍵之隔熱技術，以帶動新一波高性能隔熱產業與產品的發展。

目前我國中大型空調系統最常用的系統架構是一次定頻/二次變頻冰水管路系統，而近幾年冰水主機運用變頻技術作容量控制則逐漸普及，亦即管路系統設計上使用一次側冰水泵直接變頻控制流量，減少二次泵的設置並改善一次泵的運轉效率，又更進一步提升冰水側運轉效能。未來若進一步導入國產化磁浮冰水機、高效率外轉子馬達等及附屬變頻設備，搭配最低耗電動態演算法及設備運轉模型，預期可使系統運轉效率進一步提升到 0.55 kW/RT。相較於現有的舊系統往往效能落在 1.0kW/RT 以上，節能的潛力龐大。

目前國內建築空調系統控制採多點分散的直接數位控制器 (Direct Digital Controller, DDC) 居多，大多無空調系統節能演算法，整合控制能力仍有提升空間。較為先進的系統透過可程式邏輯控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 和 DDC 並存並搭配系統節能演算法，較具整合控制能力。國內目前在群體控制技術方面已開始朝向系統整合控制來發展，透過建立各設備的運轉分析模型，並且整合成最佳化節能演算法程式軟體，來控制系統運轉時效能最高的最佳運轉模式。我國空調產業鏈完整，除了有世界級的壓縮機製造廠外，相關設備製造能力成熟，使得主機與附屬設備性能均達一定水準；只要國內優秀的感測器和控制器製造廠商與空調製造商的擴大技術合作，我國將會建立自主且有整體性之空調系統運轉控制技術，將可提升整體產業國際競爭力，也有機會替設備廠找到新通路。

五、節能技術發展策略建議

(一) 工業部門

企業為求生存與發展會依照自身條件與身處環境擬定目標與時程及落實之步驟與方法；對於能源，他們一般關心的可能是來源與價格、法規與標準、及誘因與獎勵。製造業行業種類多、製程/設備五花八門、規模/年資差異大，由前節敘述可知各行業之最佳可行/實務技術與研發中技術各式各樣，本文實無法就

提升能源使用效率議題，評估與建議國內該研發何種技術、企業該精進何種技術或引入何種新技術。以下僅就國內現況，該如何應用有限的資源來提升製造業之能源使用效率提出幾點粗略的看法。

1. 以業界需求規劃與執行科技研發專案

國外整合資源進行科技研發的分工策略是學研機構從事概念發想、概念驗證以及實驗室測試，企業界投入技術示範、規模放大以至於商業化，二者間由政府支持研發計畫與開放研發設施銜接之。工業先進國家憑藉其優勢得以持續地為製造業研發出新的產品、製程及相關設備，在同業競爭勝出後推廣應用至國內外；為提升競爭力，節約能源已融入這些製程與設備的設計概念中。與工業部門節約能源相關之科技研發，國內目前與中短期內恐怕都不具備條件來模仿國外這種研發分工的模式。至今我們看到的對於能源科技研發成果的敘述常常是發表重要期刊論文幾篇、申請國內外專利幾件、預估節能潛力可觀及產業效益宏大；然而後續追蹤這些成果落實產生的節能效益往往十分有限。歷年來相關研發成果落實應用所產生之節能效益並不十分明顯。一個可能的原因是學研單位主導研發之項目、目標及時程與產業需求脫節，在追求卓越與創新前瞻的浪潮下更是忽略了國內企業面臨之實務困境。能源效率科技研發計畫的規劃與執行，也曾通過各式業界座談、專家諮商及同儕審查的考驗，這種模式仍應深入檢討以求精進。創造價值的方法，不管是史丹佛國際研究中心（SRI International）提出的 NABC（Needs 需求、Approach 方案、Benefits per costs 成本效益、Competition 競爭）或是工業技術研究院曾經推動之 NSBD（Needs 需求、Solution 方案、Differentiation 差異、Benefits 效益），第一步都是需求。學研單位傲人之處在其人力素質與研究設施優於一般企業，因此適合在針對需求與考慮競爭的情況下，進行差異化方案之分析與研究；然而受限於對產品與市場的敏感度，其對於定義需求的能力卻是薄弱的。總而言之由於資源有限，在工業節能領域應更聚焦於業界需求，並加強落實至法人／學界之能源科技專案以及能源國家型計畫。

2. 從節能觀點研發生產設備之使用與維護技術

在工業節能領域，科學研究的重大突破雖有可能獲致跳躍式的節能效果，衡諸國內實況要實現這種可能的機會不大；未來應以能落實至實際工程應用之技術發展為重點。工業節能應用研究計畫成果要能夠落實應用，除了前項所述要符合業界需求外，篩選研究項目是另一個重點。製造業將產品概念化為實體所需要的技術依次可概分為產品製程設計與生產設備製造、操作及維護等。從這種角度觀察國內製造業之技術普及度是以使用與維護生產設備為主、製造生產設備次之、設計產品製程再次之。國內應用研究計畫重視產品製程與生產設備之設計與改良，輕忽生產設備之使用技術與維護技術。生產設備之使用與維護有什麼技術好研究的？日本於 1979 年公佈執行《能源使用合理化法》，對工廠、建築物及機械器具採取能源使用合理化必要措施；我國近幾年依據《能源管理法》公告執行多

項法規，針對指定能源用戶與指定使用能源之設備，規範其能源之使用及效率。要符合這些已公告及未來可能新增之規定，恐怕不是僅僅遵循設備／系統原有之操作維護手冊就可達到的。為減輕操作人員的負擔及擴大使用面及其節能的效果，應有可能針對業界使用之生產設備發掘出操作與維護面之技術需求，例如智慧型監測／預警／控制。

3. 從系統觀點擴大汰舊換新之成效

企業自選定產品製程與生產設備後，耗能基線就大致決定了；接下來就是合理使用與定期維護那些生產設備。其他可努力的方向包括實施管理面措施，例如能源管理系統；附加新興技術與產品，例如資通訊技術與電動馬達變速控制；以及符合成本效益之汰舊換新。科技與產品之日新月異，汰舊換新是立竿見影改善能源使用效率的選項之一。然而汰舊換新的焦點應該從元件擴大至系統。以電動馬達為例，與其相關的改善範圍由小而大可分為三個層面：首先是電動馬達本體；其次是核心系統，即電動馬達本體外另外包括從動機械設備（如風扇、壓縮機及泵輪）、連結裝置（如離合器、齒輪箱及傳動帶）以及控制系統（如變速驅動系統）；最後是整個系統，即核心系統外再加上終端應用之相關設備（如通風系統之管網、冷卻系統之冰水管網與冷卻水塔、壓縮空氣系統之管網與儲槽）與電氣設備（如緊急電源，變壓器及功率因數補償）。國外根據百件以上案例報告的分析結果顯示，更換馬達的節能潛力是 2~5%，而馬達系統優化的節能潛力是 20~30%。國內研究報告引用國外資料指出工業動力系統若採用高效率馬達可降低 4.35~11.1% 之用電量，若一併為系統進行妥善的匹配設計，合計可獲得 29% 節能效益；其中 15% 是馬達本身效率的提升，65% 來自系統匹配設計，20% 是正確操作與維修。在進行系統優化／匹配時，尤其要重視因過量設計（over-sizing）而犧牲能源使用效率的問題。

而在推動區域能源系統方面，除了相關法令規章之完備外，更應考量國內外各種能源技術成熟度、成本及發展潛能，同時兼顧土地使用、氣候等自然條件因素，妥善規劃區域能源政策，並同時提供經濟誘因，提供優惠貸款、便利融資、獎勵措施及政府採購，推廣區域能源關鍵技術，以及營造區域能源整合共識，加速推動國內發展區域能源整合。此外，由日本及新加坡的成功案例來看，訂定相關區域能源法案，使得推動區域供熱或供冷有所依循；將區域供熱供冷納入基礎公共事業，而逐漸形成健全產業型態；日本有補貼 DHC 天然氣價格，對於設置主機房之建築大樓給予建築面積優惠，以及提供低利融資與優惠稅制等獎勵措施；日本和新加坡利用餘熱回收可節省能源使用；離峰時進行儲熱儲冷，使得能源分配更有效率與彈性。這些都是值得我們參考及借鏡之處，也是我們推動區域能源系統所必須突破之重點。

4. 法規／標準／誘因三者並重

在節能技術／設備還不能便宜到讓人爭先恐後去採用的情況下，要達到節能

減碳目標或因應電力供應問題，行政主管機關不免採行一些強制性規定。如第二節所述，工業部門相關的節約能源法規與標準在近幾年快速成長，然而配套之誘因措施似乎越來越少。美國『能源效率國家行動計畫』建議將經濟可行的能源效率落實為一種資源，也就是說將能源效率視為一種能源。若有這種共識，目前能源效率技術／設備未能普遍經濟可行，應好好研究如何配置資源以產生誘因而引導企業投入節能工作。由於資源有限，此類誘因應該研究是否限制在經濟可行邊緣但節能成效大的項目，排除技術等級低、投資回收快的項目。

5. 企業落實節能需要人材

企業節能需要有人投入規劃與執行，企業是否有這種人材？誰來替他們培養這種人才？國內中小企業負擔這類專職／專責人力是很吃力的。建議研究現行研發及產業訓儲替代役制度，如何開放與鼓勵企業申請適當人力從事節約能源相關工作。此外，現行專案計畫辦理與技術相關之研討會、交流會、觀摩會、訓練班、線上課程、節能案例分享等等，各行其是；建議予以整合及系統化，研究是否可由單一計畫與執行單位集中資源負責所有之教育訓練相關事務，以收事半功倍之效。

(二) 住商部門

1. 空調技術

綜觀國際空調設備未來的開發重點包括：(1)因應新冷媒變化所需的設備變革；(2)伴隨物聯網技術發展所衍生的智慧化功能；(3)磁浮軸承等變速驅控技術的廣泛應用；(4)高效率多工複合創新商品等。

針對因應新冷媒的技術，目前國際趨勢未明，又區分為家用、大型中央空調、冷凍冷藏、車用等不同用途，各大廠各有不同策略與冷媒發展方向。我國策略應該是暫時觀察國際趨勢，待新冷媒應用明朗化之後，再選擇最適合國內產業的冷媒來開發設備，同時配合修訂相關環保法令。如此可確保與國際接軌，也確保我國產業國際競爭力。在物聯網智慧化控制方面，由於我國資通訊產業技術優勢，有極佳的發展機會，未來應該與智慧建築、智慧家庭控制整合，空調產業必須異業結盟，方可創造更多商機。

磁浮軸承技術與離心冰水機應用產品國內已逐漸建立基礎與實績，未來重點在於成本下降，應持續深化磁浮軸承、高速高功率馬達與驅控器、壓縮機以及冰水機製造廠之設計與製造技術，以使製造成本低於進口產品，可望能在國際品牌環伺的局勢下，開創出優質的高效率離心機產業。磁浮軸承及其相關技術為我國創造空調藍海產業能力的關鍵技術之一，建構的技術應包含：主動式磁浮軸承機構設計、應力分析、轉子動力分析、電機與控制、徑向與止推磁浮軸承設計技術、轉子動態分析技術、磁浮軸承特性量測系統、主動式磁浮軸承數位控制邏輯與控制器開發工具、高速直結之感應馬達與永磁同步馬達、具軟切換功能的電流弦波

高速無感測驅控軟硬體、二級壓縮之離心葉輪設計與製作、整合冷媒冷卻之高速變頻與系統控制器的軟硬體等。同時國內產業也必須與國際供應鏈以及國際研發能量鏈結，一方面掌握國際上在磁浮軸承技術的佈局，另一方面也藉由國際供應鏈關係快速建構市場通路與品牌信心。在國內產業商品化技術方面，由於磁浮與應用產品涵蓋產業範疇極廣，應該於國內打造元件到系統整合開發的完整平台，並鏈結國內上、中、下游優質合作廠商加入，以新創公司為商業推動模型，建立以台灣為基地的空調磁浮技術與商品而行銷全球。

在創新商品開發方面，國內產業近年來發展熱泵技術已有小成，未來策略將走向多工複合熱泵空調系統。由過去的發展到未來，可將熱泵產品的發展策略概分為三個階段。第一階段(2009-2012年)為工程技術發展階段，進行環保冷媒熱泵系統先期性技術研究，發展環保冷媒熱泵壓縮機、熱泵系統設計、驗證和開發技術與工具，建立環保冷媒壓縮機機構設計、應力分析、轉子動力分析、電機與控制等學理與工程基礎。第二階段(2013-2016年)為第一階段的技術應用與商品化，以第一階段所開發之熱泵為主軸，逐步開發國內具商品化效益的高性能住商用途的熱泵系統技術，包括：(1)熱交換器及熱泵系統設計軟體、(2)熱泵壓縮機、水泵及風扇 DC 變頻控制化、(3)熱泵系統控制邏輯與最佳化策略、(4)提升熱泵冬季(低環境溫度條件)之加熱能力與效率、(5)建立可評估各種運轉條件下的熱泵性能檢測技術與平台、(6)完成高效率複合式熱泵空調機與熱泵冰水機的設計開發、(7)區域冷暖房之冷熱多功應用的熱泵空調系統工程技術等，以完成具有競爭力之成本結構的熱泵商品，並不斷的開發更高效率、更低成本的熱泵系統應用技術。第三階段(2017年~)為熱泵技術的擴大應用，建議發展時程為 4 至 7 年，以國內可應用熱泵系統技術的產業為目標，持續進行高性價比熱泵與區域冷暖房應用技術推廣。包含開發調溼空調系統與冷熱多功熱泵應用，提供應用場域不同能階之冷熱水循環，使得冰水、熱水主機、除濕及送風系統大幅降低耗能，例如無塵室環境溫溼度控制工程、農林產品熱泵乾燥、生醫及食品高溫蒸汽消毒滅菌、工業製程熱水或熱風烘乾工程等，大幅提升能源使用效率，取代傳統耗能設備，降低國內碳排放，同時創造更高附加價值，開拓節能產業新契機。

2. 照明技術

依據產業現況及競爭力分析可知，我國 LED 照明光電產業技術研發能力強，然封裝專利仍部分受制國際大廠，缺乏品牌通路與應用實績，且無法主導國際標準與規格。為爭取 LED 照明龐大商機，我國需研發前瞻技術，如智慧型照明管理系統與 OLED 照明等，推動內需應用建立實績，以強化既有製造優勢，提升國際競爭力，進而建立先進照明品牌與通路。

我國先進照明技術發展主要依循行政院綠能產業躍升計畫，積極爭取在國際技術領先大廠及專利佈局中獲得空間，需仰賴台灣半導體、資通訊以及設計等產業實力來提高附加價值。我國內需市場小，需藉由臺灣應用示範建立典範實績，

並結合貿易推廣活動，提升我國能見度，助於業者在球競爭激烈全市場占一席之地，整體 LED 技術發展策略與作法說明如下。

- (1) 強化 LED 元件及模組封裝技術，開發 UVC LED 磊晶元件、智慧照明應用整合 ICT 技術等高階應用技術，拓展殺菌利基市場，UVC LED 殺菌模組與 Optical Link 等技術之新興高值化應用領域。發展系統級模組封裝技術，提高性價比及競爭力，建立智慧化 LED 光源模組封裝專利技術，提升我國 LED 元件封裝產業技術能量，爭取與國際大廠交互授權機會。
- (2) 開發智慧化照明燈具，強調高值與利基應用，而非發展一般照明燈具。
- (3) 因應利基市場需求，發展結合自動控制、感測通訊以及記憶功能之燈具，提高系統附加價值。

在 OLED 照明方面，我國 OLED 相關產業發展相對落後，在技術發展策略上須找到獨特且創新的切入點。除了高效率與長壽命的基本要求，也需發展大面積化的模組製程作為技術整合平台，藉此降低成本加速市場發展。在量產技術上則以建立可撓性基板卷對卷生產製程為目標，以降低製造成本，促成 OLED 照明普及化。在應用端則建議跨入高附加價值情境照明及醫療用照明市場，布局 OLED 健康照明。

現階段 OLED 照明成本仍高，在 2020 年前初期市場應以高單價的利基市場為主，如透過結合文化、創意與藝術等空間美學設計之裝飾照明或健康舒適之醫療用照明產品，藉由康健、美學及具經濟效益之光環境訴求，建立自有品牌，開拓新藍海市場。歸納未來國內的 OLED 照明重點技術包括(1)研發 OLED 白光元件與模組，開發高效率磷光發光材料及白光 OLED 元件結構，建立自主專利；(2)我國於表面電漿綠光藍位移技術已有重大突破，在此基礎上持續研發全球首創無藍光白光 OLED 模組，以及表面電漿光取出增益技術；(3)發展大面積模組製造、長壽命薄膜封裝等低成本製程技術，在製造面最終以可撓基板卷對卷生產技術為目標；(4)建立自主專利材料；(5)發展高演色性、全頻譜與創新應用之照明產品，並透過照明標準制定與認證制度推動帶動產業發展。

3. 建築技術

未來建築節能技術的重點將在於系統整合，包括在建築改造或新建前透過模擬掌握最佳節能組合，在營運階段經過良好的測試調整並實施系統最佳化群控，同時配合法規修訂，一方面達到國家建築節能目的，一方面創造內需市場，協助產業發展。技術研發的重點策略概述如下。

- (1)發展建築能源模擬與遠端故障檢測診斷技術

研議推動建置建築能源管理系統，並透過研發計畫驗證系統導入設備故障檢測診斷與建築能源模擬預測技術之成效，促使能源管理系統達到即時化能源使用管理、能源使用預測與設備故障預警診斷，提升建物能源使用效率與設備使用壽命。

(2)發展本土化節能建材

針對我國高溫高濕高落塵量環境發展隔熱玻璃、隔熱塗料、隔熱貼膜等技術，並強化與新增建築節能設計規範，擴充節能建材的內需市場，同時研議節能建材分類制度與訂定相關國家檢測標準。

(3)發展空調系統群體控制技術並研訂空調系統能源效率法規

針對水側與空氣側分別建立最佳化運轉控制邏輯，並整合各部件通訊介面。促進空調產業與我國資通訊產業異業結盟，並藉由共通組件與控制模組降低智慧化空調的成本。由於訂定空調次系統能效規範時，仍需以空調業者普遍能以合理成本達到規範要求為基本考量，必須研發技術促使成本下降方可與法規面相輔相成共同扶植國內企業成長。

第四章 海量資料之應用對提升能效之探討

一、海量資料(Big Data)基礎概念

海量資料(Big Data)「稱巨量資料或大數據」指所涉及之資料量規模巨大到無法透過目前主流軟體工具，在即時反應時間內達到擷取、管理、處理、並整理成幫助企業經營決策更積極之資訊。新興網路科技發展(網路服務、社群服務、行動服務、物聯網服務)與政府開放資料(Open Data)，帶來了大量(Volume)、多樣(Variety)與迅速(Velocity)的資料，為巨量資料(Big Data)浪潮來襲的主因。在巨量資料推動的商機上，根據國際市場研究機構 IDC 預估，2013 年全球巨量資料技術與服務市場規模近\$130 億美元，2018 年將成長為\$415 億美元，年複合成長率(2013-2018 年)26%，是 IT 支出成長率的 6 倍，顯見巨量資料在資通訊產業的影響力，其中，基礎設施佔將近一半市場需求，IaaS 雲端服務成長則相對快速。海量資料要素如下所示：

海量資料的 3i 新世界，資料來源感知化(instrumented)、資料傳送物聯化(interconnected)和資料使用智能化(intelligent)。海量資料有四個特性，亦稱為海量資料 4V，亦即資料量龐「大」(Volume)、變化飛「快」(Velocity)、種類繁「雜」(Variety)、以及真偽存「疑」(Veracity)。

(一) 3i 世界：感知化、物聯化、智能化

1. 感知化：用電設備透過監控系統與採樣儀器，以數據方式擷取運轉情況及使用資訊，即時回傳至資料庫。未來資料來源變得更多，變化更大。
2. 物聯化：資訊的傳輸與往來變得更多元，除傳輸至一般電腦，未來更以行動裝置作為即時處理主要工具。
3. 智能化：將龐大資訊注入運算、分析邏輯，達到即時判斷、除錯等智慧化處理，使資料儲存與使用更為快速且準確。

(二) 需處理之 4 大要件：Volume(大)、Variety(雜)、Velocity(快)、Veracity(疑)，4V

1. 大：針對結構化資訊保留在關聯式資料庫，即資料倉儲。
2. 雜：針對半結構與非結構化資料，此為非傳統資料源。
3. 快：即時變動之流動性資料，如用電需量調配，可減少發電擁塞之危險。
4. 疑：資料來源更多更雜，不確定因素更多，故資料治理影響海量分析之成敗。

海量資料分析之重要性與運用這些海量資料所帶來的效益息息相

關，效益至少包含能夠更有智慧的管理、更有智慧工作、提升生活品質，及能符合消費者喜好。換言之，海量資料運用創造個人與公司價值，改善人類生活。

舉例來說，若將海量資料分析用於半導體製造業，可透過分析晶圓製程過程所收集到的製程資料，可以大幅提升最終產品的良率，有效提升能源使用。

另海量資料分析技術也大幅應用於智慧城市各面向的分析及優化，若將海量資料應用於都市之交通資訊管理，且在現有交通資訊管理中導入智慧型分析功能，通勤族不僅可即時掌握各種通勤載具，包括鐵路、捷運與公車等，更能讓通勤者規劃最短路徑，抒解都市交通堵塞，也節省通勤者個人時間，提升工作效率。

由以上簡單案例可發現，海量資料分析不僅可應用於商業運作上各領域，也可用在製造業管理及都市管理，對於資訊網路時代之企業競爭來說，更擴大其重要性。

要分析海量資料需要有一引擎與分析平台(Big Analytics)。這個分析平台包括幾個要件，分別為核心引擎、加速器、使用者介面、資訊整合與治理與分析應用。現有分析平台直接從資料到決策端，尚有許多待進一步克服的課題，特別是建立有效的局部結構化資訊，及從不同個案中累積決策需求展開與情報索引架構，有待進一步經驗累積與實證。

資料分析的目的，即是提供精準情報決策，海量資料分析亦然，如何在情報理論架構下，重新建構或提升海量資料分析能力，為後續海量資料之研究重點。

二、國外海量資料應用及研究

(一) 海量資料應用案例

1. 美國政府發展「海量資料研究和發展計畫」，此計畫總共耗資兩億美元，其中八分之一(2,500 萬美元)撥給能源部(Department of Energy)，用於研究如何運用海量資料加強能源使用效率。因美國於 2009 年率先宣布斥資 34 億美元，協助公共事業業者在全美 49 個州建構智慧電網，並補貼 1,800 萬個家庭裝設智慧電表，為有效利用相關資訊並展現海量資料成果，故致力發展能源數據管理、分析與可視化(SDAV)技術，以便結合電網資訊，達到最佳化輸配電、發電調配與能源使用策略訂定。
2. 南加州愛迪生電力公司(SCE)是全美最大的電力公司之一，服務範圍涵蓋加州中部、南部和沿海地區，每日供電給 500 萬用戶，其中包含 30 多萬家企業，服務總人口近 1400 萬人。為有效提高供電效益，發布

「Edison 智能連接」計畫，於三年內協助 500 萬用戶裝設智慧電表，使用電戶不僅可以運用智慧電表調整用電模式，家中有電動汽車的用戶還可以在車庫中裝設家用充電裝置，依據自己使用需求向 SCE 訂購充電模式，除有效幫助電力公司建立輸配電最佳化，也可讓民眾得到更好的用電品質，並協助用戶建立良好用電習慣，估計此計畫可有效減少約 1000 兆瓦(約一個普通發電廠之發電量)，將提升加州整體節能減排效果。

3. 施耐德電機透過自動化系統控制，促成使用最佳化，如：樓宇管理、照明控制、電能管理、家居住安控制、變頻器最佳運作控制，透過最佳化操作調整，降低人員疏忽造成能源浪費，整體節能效益可達 25~30%，有效降低營運成本，提升企業競爭力。

成功案例如下：

- (1) 某光電廠導入即時能源監控，用電異常進行需量控制達 15% 節能。
- (2) 美國東伊利諾州大學 20 座大樓升級 EMS，經中央管理監控，合理設計運作排程，達節能 20% 效益。
- (3) 清華大學行政大樓裝置電力、照明及空調控制，搭配更換高效率照明，整體節能率達 40%。

(二) 海量資料提升能效相關研究

1. Houde (2012) 由過去研究發現，採即時資料回傳技術可有效降低能源消耗，平均節能率約可達到 20%，經由過去研究，延伸針對家戶進行研究，與 Google 合作建構網路平台，除透過圖形呈現歷史用電外，亦包含全年用電及電費預測、每日總用電量顯示、基本用電估算等，將 1065 個實驗家戶區分為實驗戶(752 家，裝設即時回傳裝置)及控制戶(313 戶)，透過監控實驗戶並指導合理用電行為後，經四周與控制戶做比較，發現可有效降低用電，平均節電率約有 5.7%。
2. Young (2014) 針對耗能產品資料庫建立搜尋邏輯，並探討歷史耗能產品之發展，透過回歸方法了解產品規格及價格間之影響，並藉此方法推算節能產品發展的期程與推動藍圖，並有效計算出產品回收率與節能效益。
3. Kavousian (2012) 使用大數據研究住宅電力消費行為，建立模型，結合智能儀表提供建議。針對已設置智能電表之家戶，蒐集用電資料並結合海量資料分析技術，回歸分析得出家戶用電習慣，並分類出良好用電習慣與不當用電之差異，建立用電模型，透過智慧儀表，當用戶不當用電產生時，進而提醒用戶改變用電情況，並提供用戶相關改善方案，有效減少不必要之浪費。

4. Chung et al. (2006)的研究中，除了利用氣候資料庫探討氣候因素調整 EUI 數值以反應不同氣候下的能源密集度，並在其模型中同時考量運用查核資料庫資料(建築物年齡、建築物使用型態、終端能源使用設備)等相關資料，最後發現來客數、建築物使用者行為以及照明設備對 EUI 影響最大。
5. Andrews and Krogmann (2009) 利用建立之資料庫，探討樓地板面積、照明面積比例、冷房度日、暖房度日、電價、能源價格、操作時數、窗戶型式(單層、多層、混合或無窗戶，用於反應建物外圍的玻璃比例)等變數。研究結果發現，冷房度日愈高、建築年份愈新，建物外圍玻璃比例愈高、操作時數愈高，會使得建物能源密集度也增加，另外，能源價格、樓地板面積則與能源密集度成反向關係。

(三) 我國資料庫運用研究

1. 旅館業效率指標研析：

- (1) 利用能源局委託本會執行之「非生產性質行業能源查核資料」，分析研究對象之耗能特性，並挑選適當變數或利用群集分析依其耗能特性將我國旅館業及批發零售業用電大戶區分為不同群體，接著評估迴歸分析、DEA，以及分量迴歸的適用性，並利用適當的分析模型針對不同群體建立模型，最後再根據分析結果提出結論，並據以建立旅館業及批發零售業之能源效率指標。
- (2) 此研究採用 2008 年至 2011 年的資料期間，總計 50 家旅館，共計 190 筆資料。原始資料期間為 2004 年至 2011 年長期追蹤資料 (unbalance panel data)，資料涵蓋 52 家旅館，342 筆旅館建築特徵、能源使用、相關節能輔導措施的年度資料。
- (3) 資料來源：1.旅館建築特徵變數，來自於財團法人台灣綠色生產力基金會之非生產性質查核系統所調查的旅館建築資料。2.旅館營運特徵變數，主要來自於交通部觀光局所公布的觀光旅館營運統計月報以及財團法人台灣綠色生產力基金會節能專案管理系統資料。3.氣候特徵變數，來自於交通部中央氣象局所公告的每月氣象資料以及內政部統計處。
- (4) 變數：
 - A. 特徵變數：
 - a. 旅館建築特徵變數，包含旅館的建築年齡、樓層數、樓地板面積、房間數、客房密度等變數。
 - b. 旅館營運特徵變數，包含旅館的客房入住率、平均房價、員工密度、

員工總數、總營收、旅客總數、營收/旅客比、旅客/房間比、相關電能與熱能輔導措施等變數。

c. 氣候特徵變數，包含冷房度日及建築外殼部份是否採玻璃帷幕。

B. 模型變數：

a. 電能 EUI 模型變數：旅館建築特徵-建築年齡、樓地板面積；旅館營運特徵-客房入住率、旅客/房間比、營收/旅客比、員工密度、員工總數。

b. 熱能 EUI 模型變數：旅館建築特徵-建築年齡、樓地板面積；旅館營運特徵-旅客總數、員工密度、營收/旅客比、冷房度日。

c. 總能源 EUI 模型變數：旅館建築特徵-建築年齡、樓地板面積；旅館營運特徵-旅客/房間比、營收/旅客比、員工密度、員工總數。

(5) 方法：群集分析法、分量迴歸分析法、資料包絡分析法(DEA)

(6) 研究結果：

C. 分量迴歸實證結果顯示能源效率表現較佳的旅館之電能 EUI 較受建築年齡以及客房入住率等因素影響；而能源效率表現較差的旅館之電能 EUI 則較受營收/旅客比、員工密度以及員工總數等因素影響。營收/旅客比、旅客/房間比等兩個變數皆在總能源 EUI 高分量 (Q75 或 Q90) 較具影響力；而樓地板面積、員工總數、員工密度則在所有的分量模型中均為顯著正向。

D. 分量迴歸是以能源使用結果 (依變數) 作為分類，其設定方式與模型估計的方法較適宜來分析能源大戶的能源效率以及設定合理的基準值。

E. 建議使用分段標準，以鼓勵旅館逐步達成目標。著重在能源效率較差的旅館群，因此，可設定 3 種能源效率改善群體，分別為第 50 ~ 75 百分位的旅館、第 75 ~ 90 百分位的旅館、第 90 百分位以上的旅館，並且設定第 50 ~ 75 百分位的旅館為輕度輔導對象，第 75 ~ 90 百分位的旅館為中度輔導對象，而第 90 百分位以上的旅館為優先輔導對象。

F. 模擬推估 2011 年電能、熱能以及總能源的管理預期效益，發現分量迴歸建議指標分別平均約在 2~4% (電能)、2~9% (熱能) 以及 2.5~3.5% (總能源)。

G. 分量迴歸的建議指標是細分數段區間的平均數基準值，而非單一平均數，因此，實際值與估計值的差異較小，而所得的管理效益較小。

2. 批發零售業 (百貨公司、購物中心、量販店) 效率指標研析：

(1) 原始資料期間為 2004 年至 2012 年之長期追蹤資料，在批發零售業

的部份(百貨公司、量販店)資料涵蓋 222 家廠商共計 1,683 筆資料，其中百貨公司 75 家 558 筆資料，購物中心 20 家 166 筆資料，有冷凍冷藏的量販店 114 家 869 筆資料，無冷凍冷藏的量販店 13 家 90 筆資料。資料項目包含建築特徵、能源使用情形、廠商營運情形等資料。

(2) 資料來源：1.建築特徵變數與營運特徵變數，主要來自於財團法人台灣綠色生產力基金會的非生產性質查核系統資料所調查的建物資料。2.地理區位特徵變數，來自於中央氣象局以及內政部統計處。

(3) 變數：

A. 特徵變數：

- a. 建築特徵變數，包含建築物年齡、樓層數、樓地板面積、入口方位、建築結構是否為玻璃帷幕等變數。
- b. 營運特徵變數，包含冷房面積比例、冷凍冷藏設備用電比例、插座用電比例、電價、契約容量、員工總人數、員工密度、營業時數、是否有接受過照明、空調或其他節能輔導等變數。
- c. 地理區位特徵變數，即指冷房度日。

B. 模型變數：

- a. 百貨公司及購物中心電能 EUI 模型變數：購物中心虛擬變數；操作變數-營業時間、員工密度、冷房面積比例、插座用電比例、冷凍冷藏設備用電比例、電價；建物特徵：樓地板面積；地理區位特徵-冷房度日。
- b. 量販店電能 EUI 模型變數：冷凍冷藏虛擬變數；操作變數-營業時間、員工密度、冷房面積比率、插座用電比例、電價；建物特徵-樓地板面積、建物年齡、入口方位、玻璃帷幕大樓；地理區位特徵-冷房度日。

(4) 方法：群集分析法、分量迴歸分析法、資料包絡分析法(DEA)

(5) 研究結果：

- A. 模型中考量的變數包含建物特徵變數、營運特徵變數，以及地理區位特徵變數，實證上，可發現影響百貨公司(含購物中心)能源效率指標的變數與量販店稍有不同，在量販店的部份，變數較百貨公司多了入口方位與是否為玻璃帷幕大樓變數。
- B. 著重在能源效率較差的廠商群，批發零售業同樣建議設定三種能源效率改善群體，設定以第 90 百分位以上的廠商為優先輔導對象，第 75 ~ 90 百分位的廠商為中度輔導對象，第 50 ~ 75 百分位的廠商為輕度輔導對象。

C. 擇以分量迴歸所建立的基準值管理批發零售業中 EUI 落於 50 百分位以上的廠商，以 2012 年為例，百貨公司與購物中心有 41 家廠商的 EUI 落在第 50 百分位以上，其中有 24 家廠商在 2012 年 EUI 實際值大於分量迴歸估計出的基準值，若此 24 家廠商的節電達成率為 25%，則百貨公司與購物中心約可節電 1.34%；在量販店的部份，則有 56 家廠商 EUI 落在第 50 百分位以上，其中有 29 家廠商 2012 年的 EUI 實際值高於分量迴歸估計的基準值，倘若此 29 家廠商的可達成 25% 的節電成效，則量販店約可節電 1.1%。若百貨公司與量販店的節電達成率提高至 50%，則分別約可節電 2.68% 與 2.20%。

3. 醫院業效率指標研析：

(1) 利用能源局委託台灣綠色生力基金會執行之「非生產性質行業能源查核資料」，以及其他可取得之醫院業統計資料，分析我國醫院業能源大用戶的能源耗用特性，並挑選適當變數或利用集群分析依其耗能特性將我國醫院業用電大戶區分為不同群體，分群後，再進一步檢視各分群的能源消耗及醫院特徵，以瞭解分群之合理性與合適性。接著評估迴歸分析以及分量迴歸的適用性，並利用適當的分析模型針對不同群體建立模型，最後再根據分析結果提出結論，並據以建立醫院業之能源效率指標。

(2) 此研究期間自 2004 至 2012 年間，所有類型醫院共計 1115 筆觀測值。醫學中心計 217 個觀測值；區域醫院計 653 個觀測值；地區型醫院計 245 筆觀測值。

(3) 資料來源：綠基會之非生產性質廠商查核資料庫及中央氣象局取得相關特徵因素，除冷房度日取自中央氣象局外，其餘變數整理自綠基會之非生產性質行業能源大用戶查核資料庫。

(4) 變數：

A. 特徵變數：

- a. 建築特徵因子：包含樓地板面積、樓層高度、建築年齡、最新翻修年、停車場面積、每單位面積之商業冷凍冷藏設備數量等。
- b. 營運特徵因子：包含員工人數、總營收、是否有能源稽核制度、是否接受過能源輔導措施、是否有能源管理制度以及員工節能訓練等項目。而因產業不同而異的變數，例如醫療院所類包含病床數、樓層數、病床日、蒸氣消毒台數、X 光機檢查台數等。
- c. 外在環境氣候因子：包含冷房度日、熱房度日、日平均氣溫、日射量、風速等。

B. 模型變數：

- a. 第 1 群樣本總能源 EUI 模型變數：建物特徵-建物年齡；營業特徵-床位密集度、電價。
- b. 第 2 群樣本總能源 EUI 模型變數：營業特徵-員工密集度、冷房面積比例、電價。
- c. 第 3 群樣本總能源 EUI 模型變數：建物特徵-樓地板面積、建物年齡；營業特徵-員工密集度、床位密集度、電價；地理區位特徵-冷房度日。

(5) 方法：迴歸分析法、分量迴歸分析法、集群分析法

(6) 研究結果：

- A. 利用分量迴歸進行估計則可針對能源使用效率在不同分量的醫院，依其所在群體的平均數為目標進行改善，可提高政策施行的可行性。
- B. 就分量迴歸的估計結果，醫院業不論大型醫院、中型醫院或小型醫院，其 EUI 受到電力價格的影響多為顯著，其中，大型醫院的顯著性較低，僅在 EUI 較低的群體為顯著，電力價格對 EUI 較差的大型醫院則無顯著影響。而就中型及小型醫院來看，則不論 EUI 較佳或 EUI 較差的醫院，電力價格對醫院的 EUI 都存在顯著的影響，但 EUI 較佳的醫院而言，電力價格對其 EUI 的影響幅度也較高，亦即 EUI 較佳醫院的能源使用量，對電力價格的調整較為敏感。
- C. 若以 2012 年為例進行管理，若僅針對醫院業能源使用效率末端 10% 的醫院進行管理，且醫院均能完全達成目標，則約可節約 3,497 千度電，約可節能 2.13%。若針對末端 25% 醫院進行管理，則約可節電 11,520 千度電力，但若針對能源使用效率較差的 50% 醫院進行管理，則可節能 29,529 千度電力，減少 15.83 千公噸二氧化碳排放量。

三、我國海量資料推動建議

1. 能效提升現有資料庫探討：

- (1) 能效提升：我國目前法規針對能源大用戶(800kW 以上)要求定時填報，採用查核資料庫做產業能效分析已可達到初步成效，但以我國能源使用結構來看，服務業能源大用戶占總能源使用約 30%，中小用戶能效探討格外重要。

$$\text{電力密集度} = \text{kWh}/\text{GDP}(\text{千元})$$

由公式可了解，若要降低能源密集度，無非降低分子-能源投入，抑或提高分母-單位 GDP，提高 GDP 實屬不易，且並非所能控制之參數，故降低能源消耗非常重要，影響服務業整體能耗表現之影響因子包含：耗能設備數量與使用情況、外在氣候條件與所在區域、經濟面等

影響，提高能源效率須由多方面下手，如：法規強制力、民眾自主投入、用電價格影響及國際壓力等，皆是未來需要仔細研究與深入探討之內容。

- (2) 目前探討服務業能效已掌握之資料庫：如前所提到，影響服務業能效表現包含設備使用、外在環境及經濟面之影響，就我國能源大用戶(契約容量 800kW 以上)者，要求定時填報能源查核系統，已可掌握相關能源使用情況，相關資料庫如下。
 - A. 能源使用情況：依非生產性質能源查核資料庫資料，包含能源使用量、能源查核專責組織、能源管理人員設置、能源流向、能源投入支出占比、電力設備資料(空調、照明、動力、事務設備等)、改善計劃與實際執行成果等，相關數據已可有效探討服務業能源大用戶之能源使用效率與可行改善方案，就措施別提供相關建議與規劃，協助大用戶減少能源支出。結合台電資料庫提供之用電資料，掌握我國高壓電力(契約容量 100kW 以上)用戶之用電情況，並探討各類型用戶用電成長情況與減量空間。
 - B. 環境資料庫：由過去相關研究可知，氣候是影響我國服務業用電成長之重大關鍵，若要探討服務業用電變化情況，加入氣候變化因素變得相當重要，我國中央氣象局針對每年各地氣候情況已建立完整資料庫，進行相關研究即可有效利用。若需探討區域別用能情況，更能加入地理區位資料庫資料，就我國各地區設計推動方案，將更可達到推波助瀾之效果。
 - C. 經濟資料庫：由公式可知經濟是影響用電密集度之重要因素，故可透過我國行政院主計總處每年針對我國各業別之 GDP 統計資料作整體性探討。未來應考量加入大數據觀念，延伸至各用戶能源密集度之探討，但此需加入各用戶之營業額作為參考因子，理論上可由國稅局資料庫索取相關資訊，但因個資法規定，其各別用戶個人資訊(含營業額)屬個人機密，無法直接公開，若要直接深入探討各用戶情況，障礙較大，需由各主管機關協商探討資料之整合與運用。
 - D. 能源價格資料庫：能源價格直接影響使用者之使用行為，相關資訊可透過經濟部能源局網站公布之資訊獲得，藉以分析能效影響。
2. 目前探討服務業能效缺乏之資料：
 - (1) 來客數：就服務業而言，以服務人為主，人對能耗之影響相對製造業來的大，但就多數行業並無統計來客數抑或是人員影響能源使用之情況，未來若能針對整體服務業建構來客數資料庫，便可有效判斷影響之行為與情況，藉以擬定相關策略。
 - (2) 服務業中小用戶能源使用及設備資料：基於能源管理法規定 800kW

以上能源用戶須申報用能資料，但 800kW 以下用戶並無法規可約束，且中小用戶用電占整體服務業用電約 70%，有效管理中小用戶格外重要，故建立相關中小用戶資料庫抑是近年來主管機關推動項目要點之一，建立此資料勢在必行。

3. 資料之取得與建立：

(1) 來客數資料：

可由各主管機關要求服務業須定時填報來客數量，如：觀光局要求旅館業須申報旅客數量，應用同樣做法要求各服務業者須申報相關資料，並統一匯入整合之資料庫，作為中央機關探討能源效率之應用。輔導企業佈建感應監視器，自動統計來客數與變化情況，並結合雲端技術匯入資料庫，以最為未來分析探討之用。

(2) 中小用戶用能資料：包含能源流向、耗能設備資料建立、節能計畫與推動等。

法規強制要求：修訂能源管理法之納管標準，約束中小用戶須執行能源查核填報作業，要求主動申報單位能源使用、耗能設備清單、提報節能計畫。此舉需花費較多時間、人力投入輔導，投入資本龐大，雖預期效益良好，但國家需投入資源眾多，應審慎考量。

問卷取得：透過製作問卷發放各中小用戶填寫耗能資料，並建立資料庫彙整所有資料，但須每年定期更新，以確保資料之準確度與完整度。

監控裝置：過去幾年耗能設備監視裝置發展快速，結合無線訊號發送已為基本配件，透過佈建主要耗能設備（空調、照明、冷凍冷藏、事務設備、送排風、給汗水、電梯及其他(包含製程設備等)）之監視裝置，回傳用電資料，掌握能源流向，並透過中央管理彙整資料庫，便可利用相關資訊做策略研擬與推動方案執行之參考。

4. 未來推動之建議

(1) 我國目前已針對能源大用戶要求填報能源使用量、設備使用清單及相關基本資料，若未來可搭配即時資訊(瞬時用電、行為面蒐集與各種影響因子探討等)，便可即時處理。

(2) 海量資料儲存、提取與資訊判斷為成敗重要關鍵，且海量資料分析技術為跨專業領域合作，未來於規劃發展前需更加謹慎。

(3) 應逐步強化我國 EICT 與資料分析能力。

(4) 由過去研究經驗延伸至中小企業等尚未積極推動節能工作之用戶，要求提供用電資料，仿效能源大用戶之成功推動模式，以擴大節能成效。

5. 預期推動效益

由綠基會過去針對服務業能源大用戶探討能效提升及耗能參考指標建

立之研究，若能源用戶可依相關結果投入改善，平均約可達 2~7% 之節電率，以 2014 年全年用電作參考，全年服務業用電量約 476 億度電，若能有效建立我國服務業海量資料處理分析能力，建立判斷邏輯以協助服務業減少不必要之能源消耗，搭配即時性自動化處理能力，使服務業皆能符合各行業之能源效率參考指標，預估約有 2.5% 節電成效，約可節電 26.64 億度電，降低約 138.77 萬噸 CO₂ 排放。

第五章 ESCO 產業解析

一、國外 ESCO 發展概況與執行情形

本章節之主要研究重點係廣泛蒐集美、中、日、韓、德、英、泰、澳等國家 ESCO 產業發展研究資料與相關市場調查報告，彙整並研析國際 ESCO 產業推動資訊，目前各國推動 ESCO 產業發展研析結果如下：

(一) 美國產業研析

1. 產業發展背景：自 1994~1999 年期間，美國聯邦政府發布行政命令 (EO13123)，要求聯邦機構必須進行能源效率提升、再生能源推廣及節約用水等工作。由於美國政府對節約能源的重視，使得超過 500,000 棟的政府建築物及設備，成為 ESCO 最大的市場，美國聯邦政府也成為 ESCO 市場的最大客戶。
2. 產值數據：ESCO 市場發展以公部門為核心向外發展，發展初期鼓勵聯邦政府、州政府和私部門建築使用 ESPC 方案。主要顧客以機關學校與醫院為主(84%)。美國能源技術服務產業至 1990 開始穩定成長，其中 2009-2011 年產業產值每年以 9% 成長，成長幅度超出美國國民生產毛額(GDP)，至 2011 年產業產值達 73 億美元(2,190 億元新臺幣)，產業產值至 2014 年約達到 75 億美元(2,250 億元新臺幣)。
3. 產業結構：ESCO 廠商為節能設備供應商、節能服務業者及再生能源技術支援之廠商，其他的支援性產業包括綠建築建商、專業諮詢、委託規劃管理之業者與維修營運等。
4. 推動措施
 - (1) 訂定公部門節能目標，行政命令訂定公部門節能目標(EO13423)，聯邦機構對於能源使用密集度 (Energy Intensity) 應落實達成每年減少 3% 目標，並且於 2015 年前達到減少 30% 目標(相較於 2003 年基準數值)。
 - (2) 2007 年能源獨立與安全法規定，要求設立聯邦層級節能績效保證合約 ESPC 管理機構，並准許節能績效保證契約之資金來源可來自政府預算及民間融資。
 - (3) 能源獨立與安全法，明訂擴大節能績效保證契約所採節能措施定義，包括利用既有能源進行汽電共生或熱回收及有效利用水資源等，所節省成本得保留納入該聯邦政府機構預算。
 - (4) 為訓練公部門採購人員，編列為期 5 年，每年 75 萬美元經費，提供聯邦政府機構訓練採購人員節能績效保證契約採購。
 - (5) 1992 年能源政策法授權，美國能源部研擬訂定「節能績效保證契約管

理規則」，規範節能績效保證合約之適用範圍、明列合格廠商、實施程序及步驟、付款條件及年度能源稽核等重要事項。

- (6) 美國能源部推動「聯邦能源管理推動計畫 FEMP(Federal Energy Management Program)」，下設聯邦跨機構能源政策委員會及工作小組，研擬規劃推動機制及實施程序措施，制訂相關規範與所需契約等建議文件，積極協助聯邦機構採購 ESCO 業務。

(二) 日本產業研析

1. 產業發展背景：1996 年資源能源廳設立「ESCO 檢討委員會(ESCO Review Committee)」，1997 年召開京都會議的同時，財團法人日本省能源中心也成立了「ESCO 事業導入研究會」，主要參採美國 ESCO 推動制度，開始發展日本 ESCO 業務，經評估日本 ESCO 工程投資潛力約 2.4 兆日圓。
2. 產值數據：ESCO 市場以私部門機關對象為主(占 91%)。2002 年地方政府機關投入案量雖有明顯成長，但公部門市場占比仍不及 10%。2007 年日本 ESCO 市場產值規模約 406 億日圓，發展至 2013 年達 299 億日圓(約新臺幣 86 億元)。
3. 產業結構：日本 2000 年共有 14 家 ESCO 業者，且多數隸屬於大企業的一個部門。發展至 2015 年 JAESCO(日本 ESCO 協會)會員數共有 80 家，包括電力公司、瓦斯公司、設備製造廠、建設公司及租賃公司等。
4. 推動措施
 - (1) 1979 年 6 月制定「能源使用合理化法」中要求工廠每年必須根據經濟產業省規定，將能源使用量及指定設備安裝或卸除等情況進行申報，並且要求採取特定之節約能源措施。
 - (2) 日本「環境關懷契約法」第 5 條規定行政機關應針對節能改修事業(ESCO)擬定契約相關事項，第 7 條規定亦將公部門 ESCO 契約期間從原本 5 年允許延長為 10 年。
 - (3) 日本國土交通省於 2011 年 5 月發表制訂「事業導入公部門建築之實施指引」，對公部門建築導入 ESCO 服務流程，訂定相關指導規範，包含擬訂計畫、ESCO 業者選定、風險分擔及量測驗證等基本要項。
 - (4) 經濟產業省於 2007 年研擬制訂「公部門導入 ESCO 事業之公開徵募範例集」，透過範例指引，提供初次引進 ESCO 之公部門參考，其中包含績效保證型(銀行資金)及績效分享型之公部門合約範例。
 - (5) 成立「資源能源基金」，針對設置、改造及更新節能設備之必要設備支出提供中小企業(含 ESCO)低利貸款，承貸銀行均為官股銀行。

(三) 中國大陸產業研析

1. 產業發展背景：為因應全球對於環境暖化的急迫性，中國大陸於 1997 年開始引進能源技術服務產業與能源合同管理(EMC)機制，由國家發展改革委員會會同世界銀行、全球環境基金(Global Environment Funds)共同合作於北京、遼寧省及山東省設置 3 家 ESCO 示範性公司，並實施合同能源管理，期能透過節約能源及減少二氧化碳排放，以帶動節能市場投資。
2. 產值數據：藉由示範、推廣及獎勵等模式，促進能源技術服務產業迅速發展，服務領域已擴展到工業、建築、交通及公共機構等，2011 年已逾 780 家廠商投入，總市場產值 419 億人民幣元(約新臺幣 2,062 億元)。
3. 推動措施
 - (1) 中國大陸於十二五期推動萬家企業節能低碳行動實施方案，制訂排放量達 1 萬噸以上標準煤之工業及 5,000 噸以上標準煤之服務業減碳目標，並導入能源審計制度。
 - (2) 2010 年由財政部及發改委公告「合同能源管理項目財政獎勵資金管理暫行辦法」，其中獎勵透過合同能源管理之減碳量，獎勵金由中央財政和省級財政共同負擔，其中中央財政獎勵標準為 240 元(人民幣)/標準煤，省級財政獎勵標準不低於 60 元(人民幣)/標準煤。
 - (3) 發改委審核並公告節能服務公司名單(計五次公告)，提供產業執行合同能源管理參考，以利加速推廣合同能源管理。
 - (4) 發改委公告節能量審核機構名單，公告機構可受省級財政部門及節能主管部門委託，對節能技術改造項目及合同能源管理項目等獨立進行現場審核工作。
 - (5) 2012 年辦理 ESCO 產業融資交流會，與銀行針對合同能源管理中審計部分進行交流，藉以提高銀行融資機會。
 - (6) 於十二五期間促成官股銀行提供 ESCO 產業融資，其中 50%ESCO 專案資金來自於官股銀行融資。
 - (7) 2011 年通用(北京)投資基金管理有限公司發起「通用合同能源管理基金」私募基金，以投資節能公司或專案融資方式，提供節能服務公司資金援助。

(四) 韓國產業研析

1. 產業發展背景：1979 年通過「能源合理利用法」(Rational Energy

Utilization Act, REUA)，並成立韓國能源管理公司(Korea Energy Management Corporation, KEMCO)，為韓國主要 ESCO；另為解決能源供應短缺、能源價格高漲問題及國際溫室氣體減量壓力，於 1995 年修正「能源合理使用法」，訂立了基本能源政策(Basic Energy Plan)作為能源政策施政的基本方針，其中在能源需求部分，法條明定政府應對 ESCO 產業提供政策支持及協助發展。

2. 產值數據：ESCO 家數從 1992 年 4 家發展至 2009 年家數達 126 家，產值達 1,412 億韓元(約新臺幣 33.9 億元)。
3. 產業結構：EPC 節能績效保證專案數逐年成長，由 1993 年當時 3 個專案，在 2001 年專案數達到 548 個，之後雖因亞洲金融風暴呈現家數與案件數數量下滑，至 2009 年時專案數仍有 105 個，韓國 ESCO 在商業領域業務達 50% 以上，其次為工業約佔 40%。
4. 推動措施
 - (1) 政府根據例外課稅限制規章第 26 條，給予安裝或換置節能設備用戶抵扣稅額 5%。
 - (2) 1998 年修改政府採購法、預算法及會計法，准許政府機構和 ESCO 簽訂多年期合約。
 - (3) 合理能源基金提供 ESCO 產業低利貸款，專案經韓國能源管理公司(KEMCO)技術審查核可後，銀行即以低於市場一半之利率(介於 3.5%-5%)融資予 ESCO 業者。

(五) 德國產業研析

1. 產業發展背景：1990 年由公用事業經營者開始從事執行需求端管理等類似 ESCO 行為，同時許多建築技術、自動控制設備製造商與部分電廠工程與建造業者開始拓展其附加價值鏈與服務範圍，投入 ESCO 能源服務領域。1995 年由柏林政府推動「節能夥伴關係」(Energy Saving Partnership, ESP)即為第一個大範圍的節能績效合約(EPC)計畫。
2. 產值數據：2013 年能源服務業產值約為 35 億歐元~50 億歐元之間(約新臺幣 1,355~1,936 億元)，其中 80%~85% 為「能源供應合約」(Energy Supply Contract, ESC)，節能績效合約(EPC)則約佔 8%~10% 左右，估算節能績效合約(EPC)總額約為 4 億歐元~5 億歐元之間(約新臺幣 154.8~193.6 億元之間)。
3. 產業結構：2013 年 ESCO 業者總數約在 500 家~550 家之間，其中包括能源業者、ESCO 業者、工程公司與其他業者，依歐盟共同研究中心(Joint Research Centre, JRC)於 2012 年研究顯示，德國境內約有 10 家

ESCO 業者專注於節能績效合約(EPC)。過去執行節能績效合約(EPC)主要運用在公部門範圍，例如政府辦公大樓、醫院、游泳池、安養院、大學與博物館等建築物翻新。ESCO 專案執行節能技術為供暖與熱水供應、再生能源與汽電共生、公共照明、控制與自動設備及更新泵浦等項目，其他如用於工業生產設備效能提升等節能專案計畫則為少數。

4. 推動措施

- (1) 1976 年節約能源法針對建築物保溫、供暖及室內通風設備等設定細項管理辦法。並於 2002 年能源節約條例強制公用建築降低能源消耗。
- (2) 能源節約條例提供房屋業主及住戶「節能投資」稅務減免 20% 優惠，鼓勵建築物進行節能改造。
- (3) 2006 年推行「能源證書制度」要求所有新建建築與現存建築在重新租賃或銷售時必須提供「能源證書」。公共建築物的「能源證書」必須陳列在建築顯著位置以供民眾辨識，倘若違反「能源證書」制度相關規定者，建築物擁有人將面臨高額罰鍰。
- (4) 推動「節能夥伴關係」(ESP)，由柏林聯邦政府、瓦騰福歐洲、柏林煤氣與德國復興信貸銀行共同組成「柏林能源公司」(BEA)，於柏林政府與 ESCO 業者中扮演居間協調與促成 EPC 專案的角色，工作範疇包括規劃節能專案、訂出建築物節能標準、辦理節能專案招標及節能計畫管控等工作。至 2012 年柏林地區超過 1,400 棟公用建築物在 ESCO 業者合約下執行節能計畫，保證節省金額約為 1,190 萬歐元。
- (5) 黑森政府(Hessen)與柏林政府建立各項 ESCO 執行文件，包含 ESCO 合約範本、能效改善範例、標準採購流程及締約指導手冊等。

(六) 英國產業研析

1. 產業發展背景：產業發展主要為從 1979 年政府推動國有企業民營化政策後，形成 ESCO 產業發展契機，特別是 1990 年以後，ESCO 產業在相關政策配合下逐漸成型，由於英國工業規模縮減與大量委外生產的轉變，新興與大型 ESCO 業者如「安然能源服務公司」(Enron Energy Services) 逐步拓展國內 ESCO 市場。2000 年英國電網(EDF Energy)、意昂集團(E.ON)、英國天然氣集團(British Gas Group)、南蘇格蘭電力公司(Scottish & Southern Energy, SSE)、蘇格蘭電力公司(Scottish Power)與 nPower 等 6 大能源公司亦逐漸跨足經營 ESCO 產業，例如 EDF Energy 在 2000 年創立 Barkantine Heat & Power Company，於 2007 年與倫敦氣候變遷管理局(London Climate Change Agency)締結夥伴關係，為大倫敦地區 ESCO 業者提供相關指引與建議。
2. 產值數據：2013 年境內約有 30~50 家 ESCO 業者，其中約有近半數 ESCO

從事提供節能績效保證合約(EPC)業務，整體 ESCO 產值約為 4 億歐元 (約新臺幣 154.8 億元)。

3. 產業結構：主要 ESCO 業者為大樓自動化監控系統、能源服務及供應等國際大型製造商的子公司，設備管理公司亦投入 ESCO 市場，其他如建築公司與小型顧問公司於近幾年逐漸在 ESCO 市場發展。英國能源服務與技術協會擁有 113 個會員，業務範圍大多集中在大樓能源使用效率改善與管理、提供節能專業知識與辦理相關推廣活動，依據 JRC 調查結果顯示合約能源管理(Contract Energy Management, CEM)為英國能源服務市場主要活動。另外因政策推廣及能源用戶偏愛績效保證模式，EPC 在英國已逐漸受到重視，特別是公部門建築物、教育機關、健康設施、社會住宅、部分私人零售業大樓、辦公大樓及工業部門等。

4. 推動措施

- (1) 英國國會於 2008 年 11 月通過 2008 氣候變遷法(Climate Change Act 2008)，要求英國政府在 1990 年排放水準上，於 2020 年以前達到削減 34%，最終於 2050 年削減 80% 溫室氣體排放量目標。
- (2) 1993 年成立節能信託基金，係英國政府、地方政府與私部門共同出資創辦非營利機構。「節能信託基金」主要提供諮詢服務、產品節能認證、承接地方政府與企業關於節能與顧問工作，同時亦扮演低碳車輛、燃料效率科技與低碳替代交通工具的推動角色。
- (3) 2001 年撥款成立「碳信託基金」，組織目標係為改善能源效率、碳管理、低碳技術發展、協助減碳、為中小企業提供零利率貸款及資助地方政府的能源融資計畫，另協助英國政府實施「投資免稅優惠政策」(ECA)，並以租稅獎勵節能與低碳技術的發展。
- (4) 推動建築物能效計畫(BEEP)使既有公用建築進行節能翻修時，更容易取得融資及政府補貼，從而落實公部門推動建築物減少碳排放之目的，政策推動主軸如下：
 - A. 需求端翻修/改造：包括融資、節能績效保證、關於建築外牆與熱水管線分布改善計畫、隔熱、照明效率、分散式鍋爐、能源回收、例行維護與故障維修及燃料採購與管理等事項。
 - B. 供給端改造/翻修：包括鍋爐房改造、燃料轉換、改善熱水與暖氣系統、控制與隔熱、小型汽電共生、燃料採購與管理、例行維護與故障維修、融資與節能績效保證。
 - C. 推廣「民間融資提案制度」(PFI)至公共建築物，使得 ESCO 業者得以擴大拓展業務範圍。
- (5) 推動綠色協議(Green Deal)確保讓消費者在無須支付頭期款情況

下，由 ESCO 提供家庭、社區或商店的節能改善，而服務公司將由未來節省下的能源費用中取得收益，並提供 6.96% 融資利率，截至 2014 年 8 月底為止，累計評估案件已超過 32 萬件，計畫融資使用案件數已累積達 4,787 件，各角色分工如表 5-1 所示。

表 5-1 英國 ESCO 公司/從業人員條件或資格說明表

ESCO 公司/從業人員	主要業務範圍/相關資格規範
綠色協議能耗改善評估業者 (Green Deal Assessors)	<p>能耗改善評估業者須具備認證資格。</p> <p>評估業者檢視建築物能耗情況後，必須提出綠色協議建議報告，其中應涵蓋作為綠色協議改善包裹方案的能源效率措施。</p>
綠色協議能耗改善評估顧問 (Green Deal Advisors)	<p>能耗改善評估顧問係能耗改善評估業者之雇員或約定合作人員。</p> <p>能耗改善評估顧問必須符合能耗改善評估顧問國家職業標準 (National Occupational Standards (NOS) for Green Deal Advisors) 之要求。</p> <p>能耗改善評估顧問必須是能耗改善評估業者的雇員或約定合作人員，抑或經認證而成為單獨作業人員。</p>
綠色協議供應者 (Green Deal Provider)	<p>依據認證評估業者的建議向客戶提供綠色協議計畫。安排合格業者安裝能源效率設備。</p> <p>處理客戶之反應意見。</p> <p>為具有綠色協議契約建築物新住戶提供資訊。</p>
綠色協議設備安裝業者 (Green Deal Installer)	<p>設備安裝業者須具備認證資格。</p> <p>在住宅取得相關措施之評估與融資後，方得以安裝節能相關設備。</p>
「綠色協議融資公司」 The Green Deal Finance Company	<p>綠色協議供應者經「綠色協議審查與登記機關」(Green Deal Oversight and Registration Body) 審查後，可向「綠色協議融資公司」(The Green Deal Finance Company) 申請融資服務、行政管理、維護與報告服務。</p> <p>「綠色協議融資公司」所提供的服務包括：</p> <p>在約定的範圍內提供一定的信用額度 (line of credit)。</p> <p>提供綠色協議相關範本文件，其中包括融資條款、綠色協議節能措施細節等內容。</p> <p>為綠色協議供應者提供貸款行政服務，例如綠色協議合約數、提供合約住戶信用調查、設備安裝後提供融資等。</p>

資料來源：本研究整理自 Green Deal Oversight & Registration Body

(七) 泰國產業研析

1. 產業發展背景：1992 年政府頒布能源節約促進法(ENCON)，要求高耗能企業監測能源使用情況、設定節能目標及發展階段性節能計畫。至 1999 年政府即提出 ESCO 試點計畫(ESCO Pilot Project)，資金來源為世

界銀行，並由泰國能源部轄下之「能源部替代能源開發與效率局」(DEDE)和電力局(EGAT)負責執行，與民間業者合作推動 ESCO 產業。

2. 產值數據：ESCO 市場規模由 2002 年 4,500 萬泰銖(約 4,661 萬新臺幣)成長至 2011 年 20.08 億泰銖(約 20.8 億新臺幣)，且從 2009 年起，每年年成長率達 60%~70%。
3. 產業結構：ESCO 涉及範圍相當廣泛，根據泰國 ESCO 協會定義，所謂能源服務公司係指提供設計與執行節能專案、能源節約、發電與能源供應、專案融資規則、績效合約風險管理、量測與驗證等廣泛性能源解決方案之商業活動，泰國 ESCO 公司主要提供績效保證型合約與績效分享型合約等兩類 EPC 服務，2013 年境內約有 42 家泰籍 ESCO 業者與 10 家他國 ESCO 業者，多以技術設備商、設備代理及供應商和能源顧問公司為主，服務項目為節能系統能源管理(能源管理系統)、熱電聯產電廠技術(即汽電共生系統)、照明系統節能、節能電機等，主要為商業大樓與工業部門提供節能服務，2013 年 ESCO 公司累積執行 EPC 專案計有 391 件。
4. 推動措施
 - (1) 2012 年公布「能源效率發展計畫」，訂於 2030 年前，依 2005 年基準降低 25% 能源密集度，並且減少能源消耗 20%。
 - (2) 2003 年成立能源效率循環基金(EERF)，針對大規模工業計畫進行投資，透過參與基金的 6-13 家銀行放款給節能專案，放款利率不超過 4%，至 2013 年已挹注 294 件專案，總投資金額為 159.59 億泰銖(約 163.39 億新臺幣)。
 - (3) 2008 年成立 ESCO 循環基金，作為 ESCO 股權投資、ESCO 風險資本、設備租賃、碳權設備、信用擔保設備及技術協助等，其中運用最為頻繁為股權投資與設備租賃，截至 2012 年 ESCO 循環基金投資每年可為企業節省 9.32 億泰銖(約 9.07 億新臺幣)。

(八) 澳洲產業研析

1. 產業發展背景：推動節能績效合約始於 1990 年末期，當時新南威爾斯省政府(NSW)於轄區內醫療院所、大學推行 EPC。在推動初期，由於 ESCO 業者尚未發展出定型化契約，且當時參與 ESCO 業者與能源用戶之經驗尚不足，因此能源用戶無法在不同 EPC 專案中比較節能成效。
2. 產值數據：ESCO 產業在 2001 年產值僅約 2,500 萬美元，且國內只有 8 家 ESCO 公司。至 2005 年全澳洲已有 100 個 EPC 專案，大部分 EPC 專案集中於新南威爾斯省與昆士蘭省的公部門機構。在產值方面，2005 年澳洲 EPC 總體支出資本達 64.48 億新台幣，年度節能金額則達 11.27

億新臺幣。

3. 產業結構：1998 年推動成立「澳洲能源績效合約協會」(AEPICA)協助推動 EPC 發展。協會任務目標係以推動商業部門及工業部門節能為主，同時致力於發展 EPC 定型化契約、推動 ESCO 產業行銷等。產業技術應用類別多為照明設備節能改善與控制、供暖與冷卻效率改善、建築自動化、節水措施及裝設汽電共生(co-generation)與冷熱電共生(Tri-generation)等。
4. 推動措施
 - (1) 澳洲政府允許機構編列 5 年能源預算，透過節能成效支付能源效率專案。
 - (2) 建立 2,000 萬美元國庫資金，提供公家機關支付節能保證專案價金。
 - (3) 「澳洲能源績效合約協會」(AEPICA)發布《能源績效合約最佳實踐指南》及《節能量測與驗證最佳實踐指南》為 ESCO 公司提供量測與驗證基本架構與方法，協助 ESCO 公司與能源用戶判斷節能專案成效。
 - (4) 2010 年國家能源效率策略，要求政府機構運用 EPC 更新公部門建築物。並推動綠色政府建築計畫(GGB)，維多利亞省被要求在 2012 年前執行 EPC 或同類型模式，降低溫室氣體排放 20%；在 2018 年前進一步達成 90%目標。該計畫係屬自負盈虧性質，即計畫在 7 年期間將由節能所得經費維繫運作。截至 2012 年 6 月綠色政府建築計畫總計推動 26 件專案，每年可節省 3,217 萬美元，推估在 2020 年前將可節省 4,680 萬美元。

二、我國 ESCO 產業現況

(一) 產業發展現況

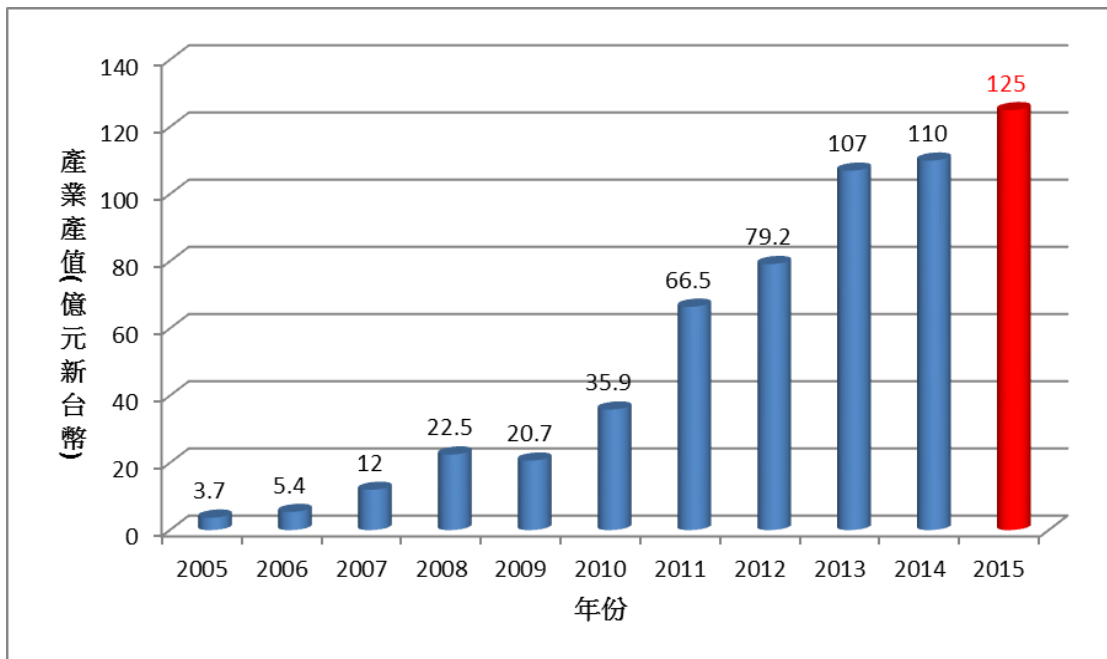
1. 產業產值變化

依經濟部能源科技研究發展計畫進行 ESCO 產業產值調查結果如圖 5-1 所示，產業於發展初期 94 年之產值為新臺幣 3.7 億元，產值每年均大幅度成長，至 103 年產值高達新臺幣 110 億元，較發展初期大幅成長，顯示能源技術服務產業在無大環境因素衝擊下，每年皆穩定成長 30~50%，預估本年度產值約可達新臺幣 125 億元。

2. 產業結構

統計至 104 年 1 月，我國 ESCO 產業公、協會廠商共計 208 家，廠商結構分為設備供應商、工程施工廠商、工程規劃整合與專案管理機構及金融機構等五大類，以設備供應商占最大宗約 58.4%，設備供應商中主要組成以空調、照明與能源監控等經銷及設備製造廠商為最大宗(占 32.1%)。

而工程施工廠商及專案管理與技術顧問等 2 類型合計占 32.5%，主要由傳統之工程公司或工程顧問公司轉型而成(如鈞元、廣知)，另外近年來由於產業蓬勃發展，部份投入廠商多年之設備商或工程施工廠商，轉型成為工程規劃整合模式，以統包方式統承接專案後分包予其他設備供應商。



資料來源：能源技術服務產業推廣輔導計畫統計

圖 5-1 我國 ESCO 產業產值調查結果

3. 近年產業發展趨勢

- (1) 能源用戶改善需求增加：國內能源價格逐漸合理化，用戶對於節能需求增加，且已有多家知名企業或大型能源用戶引入 ESCO 進行節能改善，如福華飯店、大潤發、肯德基、摩斯漢堡及故宮博物院等。
- (2) 大型企業投入產業：已有多家大型知名企業成立節能公司或子公司，投入 ESCO 產業並承接改善專案(如台達電、大同、達碁..等)，資本額超過 1 億元企業占比由 102 年 30% 提升至 38%，其中資本額超出 10 億元之企業已高達 10%。
- (3) 民間資金持續引入：租賃公司投入成為專案出資方(如中租迪和、歐力士及華開等)，降低業者資金壓力，另部份銀行已建立或規劃 ESCO 專案融資(如第一金控、中國信託商銀、中小企銀等)。
- (4) 後端管理需求逐步被客戶重視：隨用戶對於後端能源管理需求逐步提升，擁有能源監控管理系統技術之 ESCO 廠商已成長至 65%。
- (5) 績效保證型模式逐漸普及：近半數(48%)業者於 103 年度曾採取一

次性驗證給付之商業模式，以降低因電價偏低造成高回收年限之衝擊。

- (6) 逐步進軍國際市場：部份 ESCO 業者已投入例如中國大陸市場，如台達電子、中華電信、中鼎集團、星巖公司及台塑網等，中國大陸等市場具開發潛力。

4. 產業市場分析

- (1) 產業潛在市場規模：依中華經濟研究院建立產業數值模型推估，預估至 2020 年我國服務業及製造業的節能市場有 970~1124 億元之產值潛力，其中 ESCO 潛在產值約為 323~396 億元。
- (2) 主要客戶：103 年度 ESCO 業者主要市場以公部門及服務業為主，占總產值 66.3%，其中以公部門、學校為主要客戶，合計占 35.2%，另製造業改善主要以電機電子業為主占 13.4%。
- (3) 營運模式：103 年度 ESCO 業者主要商業經營模式分別為節能設備銷售及安裝(63.64%)、節能改善工程(61.36%)及節能效益分享模式(54.55%)，平均每一合約營業收入約為 679 萬元。
- (4) 節能效益分享合約現況：103 年 ESCO 業者平均承攬之合約數量為 7.9 件，累積工程數量為 36 件，平均每案件節省 435 萬元電費，合約平均計價頻率為 152 天。

(二) 我國目前推動策略及措施

1. 策略：訂定目標與補助措施，創造 ESCO 利基市場

推動措施包含(1)辦理節能績效保證示範推廣補助專案、(2)推動大專院校 ESPC 先期診斷、(3)LED 路燈示範計畫導入 ESCO 機制。

2. 策略：推動計畫作為融資擔保模式，暢通融資管道

推動措施包含(1)建立 ESCO 直接信用保證推薦審核機制、(2)推動購置節約能源設備優惠貸款、(3)促成銀行及租賃業提供產業融(投)資

3. 導入第三驗證機構及國際技術，健全量測驗證體系

推動措施包含(1)引入國際量測驗證標準及人員證照、(2)制定本土化量測驗證文件、(3)輔導成立第三方量測驗證專責機構、(4)辦理能源技術服務量測與驗證人員訓練班

4. 拓展產業發展領域，打造創新 ESCO 服務模式

推動措施包含(1)推動 PV-ESCO 商業模式、(2)促成產業異業結盟、(3)輔導成立 SUPER-ESCO 公司。

(三) 產業後續推動重點

1. 推動辦理雲端節能先期診斷：協助中央行政機關及其所屬醫院導入先期診斷作業，發掘公部門節能潛力，並透過雲端儀錶建立空調冰水主機動態基準線，解決空調量測驗證基準線建立不易之問題。
2. 擴大節能績效保證示範對象：擴大節能績效保證示範補助至製造業，並推動整合自身或所屬集團式採購，運用規模經濟降低專案採購成本，提升專案採購效益。
3. 推動第三方量測驗證機制：提供第三方節能績效確認服務，協助用戶、金融機構及 ESCO 業者專案計畫書評估及節能績效確認，解決用戶對於節能成效之疑慮，加速 ESCO 專案成案。
4. 輔導產業國際輸出：建立 ESCO 產業海外商機資訊網，辦理國際 ESCO 產業交流座談會及海外臺商商談會議，協助業者建立海外通路，促進 ESCO 產業海外輸出。
5. 輔導產業取得資金：透過「ESCO 產業投資及融資輔導平台」，輔導 ESCO 業者建立還款計畫及選擇適當融資方式，協助業者向銀行或租賃等取得資金。

三、各國推動措施可供我國借鏡處

(一) 制訂節能減碳策略目標與法規

德、英於歐盟法規影響下，針對國家節能與碳排放減量等議題設定長遠目標，而泰、澳亦有類似政策規劃與法規，相關政策促使產業運用各種方式減少能耗。如德、英於歐盟指令規範下，積極推動建築節能法規，我國未來可就德、英等國之節能法規標準與先進技術，參酌其中適合我國環境與國情需要之相關標準，修訂我國《建築技術規則》中之綠建築基準規範，藉此為我國 ESCO 市場創造需求，以有效增加我國 ESCO 業者發展空間。

(二) 訂定特定用戶強制節能規範

美國政府及德國政府於「EO13423 行政命令」及「能源節約條例」中強制公用建築物降低能源消耗，另泰國政府及澳洲政府分別頒布《能源節約促進法》、《能源效率機會法》要求產業或企業進行能源查核。

(三) 採行因地制宜規劃

避免投資於節能效益不高的技術與設備，德、英 ESCO 業者中有極大比重係由能源供應業者主導產業發展方向，其中德國 ESCO 業者以能源供

應業為主，占產值超過八成，而英國 6 大能源公司跨足 ESCO 產業，此與我國 ESCO 產業發展有極大差異。惟德、英等國推動 ESCO 產業發展措施仍值得我國借鏡，特別為德、英等國所處環境屬較高緯度之溫帶氣候，因此過去為因應當地氣候條件皆積極推動建築節能，例如鼓勵使用具節能效益之供暖設備、建築物隔熱、發展太陽能等再生能源發電。有鑑於此，我國未來如欲推動國內 ESCO 相關設備推廣，宜先考量適合我國氣候使用之相關設備，如具節能效益之冰水主機、LED 照明或太陽能發電等，以期擴大 ESCO 設備推廣與整體節能效益。

(四) 稅務減免

美、泰、德、英等國家均提供節能投資稅務減免 5-20% 優惠，提升 ESCO 採購誘因。

(五) 提供政策資金支持

日本、泰國及韓國等均透過提供低利貸款，其中泰國及韓國利率低於市場利率一半，降低 ESCO 業者資金取得成本。

(六) 創造公部門 ESCO 市場

美國、德國及澳洲政府均透過行政命令或計畫公告公部門節能或減碳目標，並透過制定公部門採購模式，如縮短採購程序、允許長期預算編列等，塑造公部門導入環境。

(七) 促成大型企業投入

柏林聯邦政府、瓦騰福歐洲、柏林煤氣與德國復興信貸銀行共同組成「柏林能源公司」(BEA)，於柏林政府與 ESCO 業者中扮演居間協調與促成 EPC 專案的角色，並結合其他較小型 ESCO 業者，協助公部門執行節能改善。

(八) 建置完整專案執行程序

德、英、澳、泰等國家均針對公、私部門引入 ESCO 機制，建立完整指引文件，如 EPC 範本合約、訂定採購程序、簽約指導方針等標準文件，促進產業發展。

四、產業關心議題分析

(一) 國際間第三方認證推動作法

經國際資料蒐集結果，目前國際間並無官方認證之第三方機構協助產業執行節能成效確認，我國及中國大陸則為於政府推動補助款下，委託專責機構進行節能成效確認，作為補助款發放之依據，美國則透過契約授權方式，由合約雙方指定民間顧問機構確確實認節能成效，日本則透過詳訂契約方式進行節能成效確認，並於合約糾紛產生時，直接訴諸司法，相關說明如下，彙整如表 5-2：

1. 美國為避免造成後端執行爭議，經合議後可委託民間能源顧問公司(如 Mesa Point Energy)提供專案節能效益評估及確效服務，並列入契約中，以保障雙方權益，目前因案件多屬公部門，故民間委託件數不多。該國節能績效驗證依合約敘明之量測驗證方法，由 ESCO 業者執行居多。
2. 我國於經濟部節能績效保證示範推廣補助計畫，委由財團法人台灣綠色生產力基金會，透過現場會勘及驗證報告書審閱等機制，協助節能效益確認，以作為撥付補助款之依據，自 95 年至 102 年已累計 99 案件。
3. 日本並無相關機制，經洽住環境計畫研究所-村越千春，該國 ESCO 業者洽談專案時，向能源用戶詳細說明量測驗證方法、付款方式、節能效益計算等，待雙方具共識後完成簽訂合約，於履約期間完全遵循合約，較少爭議發生，故無相關問題。
4. 中國大陸基於「節能技術改造財政獎勵資金管理辦法」政策下，建立第三方節能量審核機構，經政府(國家發展改革委員會)依「關於組織推薦第三方節能量審核機構的通知」審核後公告之，協助補助案件之節能量驗證，作為撥付補助經費依據，民間暫查無實例。

表 5-2 各國 ESCO 產業降低合約爭議之作法彙整表

政策 措施	美國	中國大陸	日本	我國
合約範 本制定	聯邦能源管理計畫 (FEMP) 訂定政府 部門採行之合約範 本	中國標準合同能 源管理技術通則 附錄(適用全國各 部門)	經濟產業省公布合 約範本(參考性質)	101 年公共工程委 員會公告政府機關 節能績效保證專案 工程採購契約範本
量測驗 證標準 文件	參採 IPMVP 國際 能效量測驗證協 議，制訂本國量測 驗證指導文件，公 布 9 項技術文件。 (非強制性)	制定國家標準 (GB/T)文件 10 項以上，陸續增 訂。 (納入國家標準 (GB/T 推薦性標 準)，非強制性)	遵循 IPMVP 國際 能效量測驗證協 議，無另行公布本 國標準。 (非強制性)	參照 IPMVP 國際 能效量測驗證協 議，公布本土化 19 項量測文件，且詳 敘量測參數、驗證 步驟、節能效益計 算。(非強制性)
第三方 節能績 效驗證	因市場具規模已由 民間顧問機構投入 (承作商如、Mesa Point Energy 、 Econoler 等)	頒布獎勵補助，於 其規定下指定特 定機構驗證節能 量，以做為撥付補 助款依據	無相關措施	於節能績效保證示 範推廣補助，委託 台灣綠色生產力基 金會，審核專案節 能效益

據我國 ESCO 業者指出，節能改善專案成案關鍵在於節能量測驗證及效益之認定，鑑於節能績效保證示範推廣補助成功經驗，建議將相同審查機制導入民間專案，協助合約雙方確認節能績效，爰參考美國作法由民間顧問公司投入第三方成效確認工作，至目前已有財團法人台灣綠色生產力基金會投入協助第三方節能成效確認事宜，服務範疇包含先期計畫書評估與後續節能績效確認等兩階段作業說明如下：

1. 計畫書評估作業涵蓋節能技術、量測驗證方法及其基本約定、節能效益計算、保證節能率等項目之可行性與適當性。
2. 節能績效確認評估作業含括現場會勘及量測驗證報告書審查等，現場會勘部分為判定儀器架設位置正確性、量測數據合理性及量測驗證程序是否符合計畫書約定。報告書審查部分則針對節能效益計算是否符合計畫書所約定。

然而為確保第三方節能成效為可被執行之工作，相關專案需於合約簽定前提出，以確保所有量測驗證計畫均納入合約書，同時基於成本考量下，第三方服務之收費方式需由專案甲乙雙方於 ESCO 中合約明列條文(含授權及付費方式)，案件收費模式依 ESCO 專案內容而定，平均每案為 5-15 萬元。

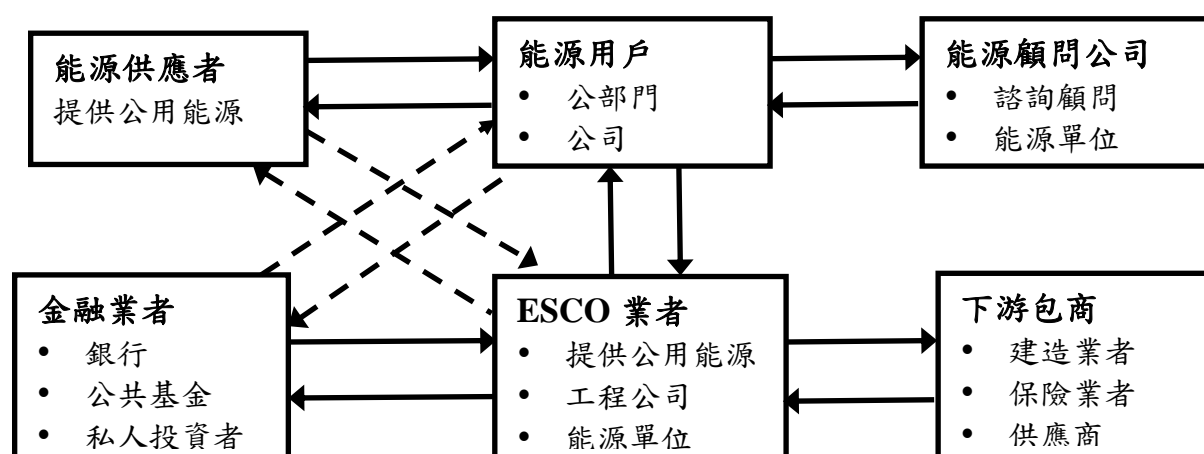
(二) 電業自由化後 ESCO 之商業模式

依目前電業法修正草案(行政院版本)後，將電力公司分為發電公司及電力網公司，於發電業及售電業引進市場競爭機制，均可由民間公司自由申設，並逐步開放用戶可自由選擇購電對象，由於我國 ESCO 產業多為中小型企業，較無法投入發、售電等業務，惟可透過與大型電力公司合作等方式，建立後續商業模式，茲就德英等二國案例進行說明：

1. 德國電力公司與 ESCO 合作作法

柏林政府推動「節能夥伴關係」(Energy Saving Partnership, ESP)由瓦騰福歐洲(the Vattenfall Europe)與柏林煤氣(the GASAG Berliner Gaswerke)等能源供應業者透過挹注資金成立「柏林能源公司」(Berliner Energieagentur GmbH, BEA)，使其扮演為公部門與企業等能源用戶提供節能諮詢工作，同時在能源使用者與 ESCO 業者之間關於磋商節能項目與規劃、簽訂節能契約，甚至協助能源用戶尋求融資渠道等事項上，扮演諮詢、協助與建議之角色(如圖 5-2 所示)。此類模式在柏林地區成功推動並取得顯著成效，即說明其具有持續發展之龐大潛力。

在相關計畫投入下，與柏林能源公司合作之 ESCO 業者共計 15 家 ESCO 業者與 100 家分包業者共同執行節能與設備維護工作，截至 2015 年 6 月，柏林地區已有超過 1,400 棟公用建築物(分為 25 區)在 ESCO 業者合約下執行節能計畫，保證節省金額約為 1,246 萬歐元，平均節費比例達 25.46%。另外，統計 1996 年至 2015 年碳排放量約減少 72 萬公噸，整體投資金額約為 5,493 萬歐元。



資料來源：中華經濟研究院「能源技術服務產業國際資訊研析及經濟模型研究計畫」

圖 5-2 德國電力業者對 ESCO 產業合作示意圖

2. 英國能源公司與 ESCO 合作作法

英國天然氣公司 (British Gas) 之業務涵蓋發電、供電、供應天然氣與節能服務相關業務(為英國最大之能源公司)，在英國推動節能減碳的需求下，英國天然氣公司 (British Gas) 則承諾 25% 的減碳量。此促使英國天然氣公司推出「能源績效夥伴」(EPP) 計畫，以節能績效合約方式 (EPC) 為公用建築、醫院、學校與企業等能源使用客戶進行節能改善工作。

「能源績效夥伴」(Energy Performance Partnership, EPP) 合約期程約為 5-20 年，為其客戶至少節能 20%。主要作法分為商業開發與分析 (Business Development and Analytics)、投資評等審計 (Investment Grade Audit)、細部設計與執行 (Detailed Design & Implementation) 及節能績效管理 (Performance Management) 等四階段，彙整英國天然氣公司推動「能源績效夥伴」(EPP) 計畫之成效如表 5-3 所示：

表 5-3 英國天然氣公司「能源績效夥伴」(EPP) 具體成效

客戶類型	節能量	節費量 (英鎊)	改善項目
公用建築 (英國內政部 350 處辦公大樓)	15%	電費：137,437/年 瓦斯費：14,499/年 燃油費：68,715/年	照明、暖通空調系統、監測系統
醫院	3,360 公噸二氧化碳當量	528,000/年	照明及控制、暖通空調系統、建築物能源管理系統、微型汽電共生、管線隔熱、再生能源、省水措施。
15 家學校 (2013 年)	400 公噸二氧化碳當量	100,000/年	太陽能板、鍋爐、LED、熱泵、管路、隔熱等。

資料來源：本研究整理自英國天然氣公司。

另外關於融資管道方面，英國天然氣公司在執行「能源績效夥伴」(EPP) 計畫時，亦提供第三方融資管道，有關英國天然氣公司、節能客戶與第三方融資之資金流向如圖 5-3 所示：

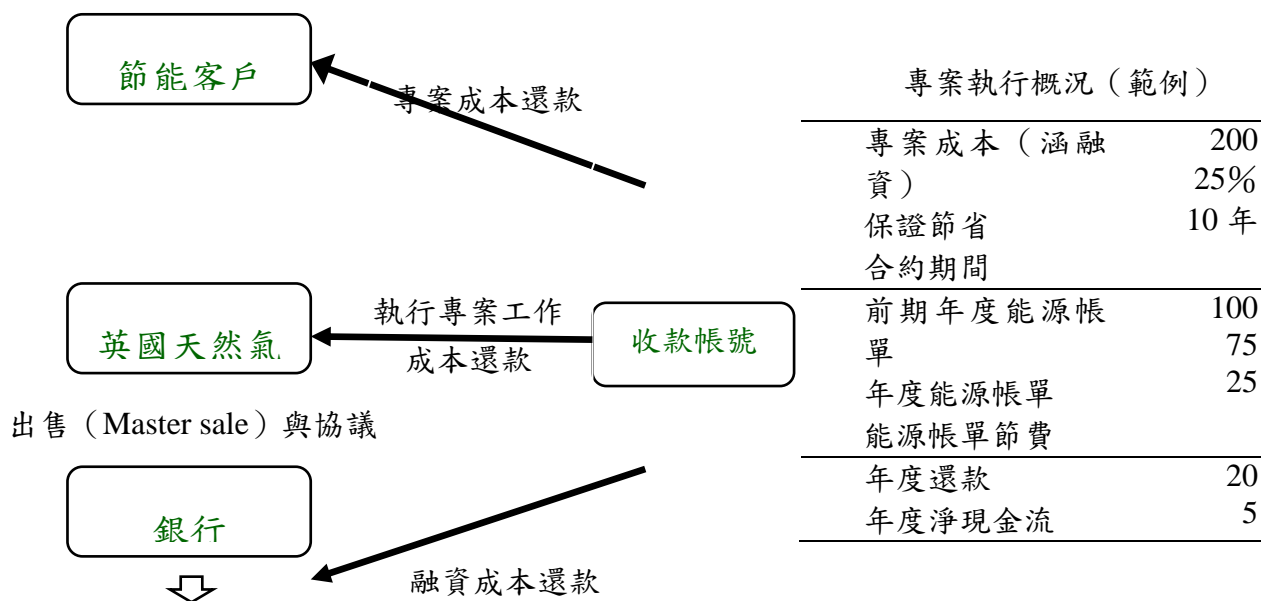


圖 5-3 英國天然氣公司「能源績效夥伴」融資示意圖 (EPP)

未來倘能再持續推動有關「電業法修正草案」經立法院三讀通過並完成立法程序，將可望刺激電力業者結合 ESCO 業者，甚至可促使電力業者自身積極發展各項節能措施。此將能提升我國能源使用效率、加大我國 ESCO 產業發展，而成為我國對全球氣候變遷議題的具體貢獻之一。

(三) 公部門於 ESCO 產業發展上之節電義務

國際間於 ESCO 推動上，諸多國家優先以公部門做為示範標的，惟諸多文獻中提及公部門預算編列常為公部門導入之障礙，因此在美、日、德等國家均針對此項部份提出政策修法或其他配套措施，美國為透過行政命令(EO13123)要求聯邦機構對於能源使用密集度 (Energy Intensity) 應落實達成每年減少 3% 目標，並且於 2015 年前達到減少 30% 目標，法規公告 ESPC 實施程序、公布合格廠商名單及鬆綁合約期間可達 25 年以上，同時每年編列預算培訓公部門人員進行 ESCO 採購，藉以創造 ESCO 利基市場，日本則由民間機構調查各區域公部門可改善標的，另由「環境關懷契約法」將公部門 ESCO 契約期間從原本 5 年允許延長為 10 年及建立成功案例列手冊等，引導公部門採行，德國則由柏林政府推動節能夥伴關係計畫，成立能源公司針對德國柏林公有建築進行改造評估、ESCO 專案採購顧問等，引導公部門與 ESCO 進行媒合，創造 ESCO 市場。

我國政府於 97 年制定四省計畫，規範公部門節電目標以 96 年為基期

年，至 104 年總體節電目標較基期年減少 10%，同時於實施事項中加註執行單位應洽專業技師、工程顧問服務業或能源技術服務業等業者，評估購置高效率設備汰換已屆臨使用年限設備之節能減碳效益，並確實編列預算執行汰舊換新，藉以創造公部門節電市場，另外於配套措施部份，我國於 101 年由公共工程委員會公告節能績效保證專案統包工程採購契約範本，提供公部門辦理 ESCO 採購時參採，同時為解決公部門預算編例問題，由能源局委託綠基會彙編「節能績效保證專案採購及執行標準作業程序範本」，做為公部門採購 ESCO 指引。

我國公部門 ESCO 採購機制發展已逐步成熟，截至目前為止已有中正大學、台師大、交通大學等多家公部門自行引入 ESCO 專案進行節約能源改善，未來可透過補助 ESCO 先期診斷及辦理示範媒合會等方式，引導公部門導入 ESCO 進行節約能源改善，同時對於未達 ESCO 導入專案規模之公部門機關，可運用由上級機關整合所屬單位共同辦理方式，引入 ESCO 進行節約能源改善。

五、我國 ESCO 產業精進建言

(一) 結合溫室氣體減量管理法，加值產業服務價值

1. 背景：

- (1) 2015 年 7 月 1 日總統令公布施行「溫室氣體減量及管理法」圖 5-4 架構，並訂定 2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年 50% 以下之目標 (4 條)。未登錄足供扣減之排放額度者，每公噸超額量處碳市場價格三倍之罰鍰，以每一公噸新臺幣一千五百元為上限。
- (2) 溫管法實施後，將在原有的自願減量及空污法強制盤查與登錄之基礎下，分二階段實施，優先推動公告排放源自願減量及強制盤查登錄，隨後直接進入總量管制及排放交易。
- (3) 環保署於 9 月 15 日預告「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量(草案)」包含發電業、鋼鐵業、石油煉製業、水泥業、半導體業、薄膜電晶體液晶顯示器及其他排放量達 2.5 萬公噸行業。

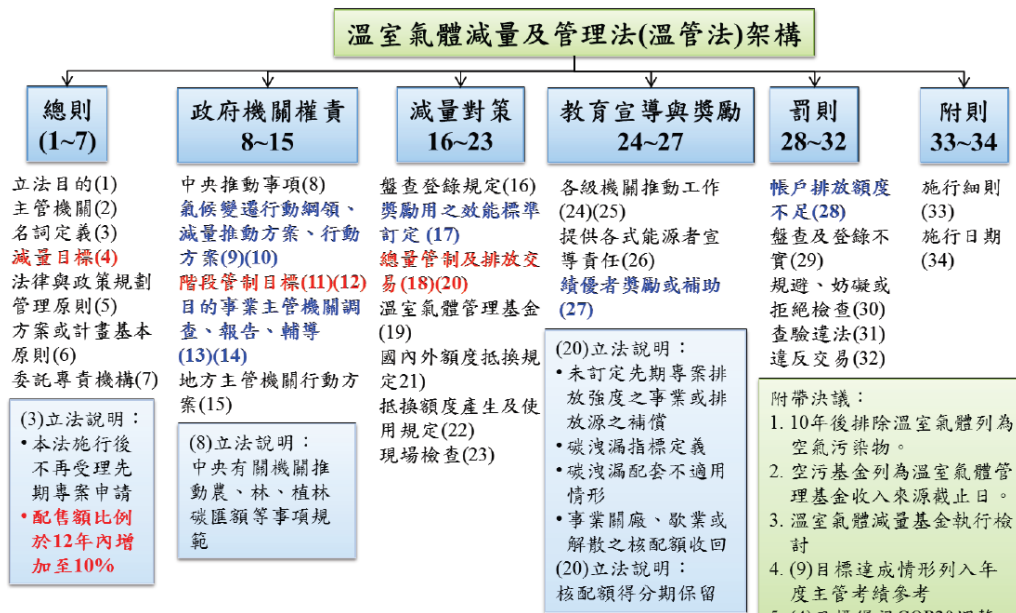


圖 5-4 溫室氣體減量管理法架構

2. 建議：

- (1) 於第一階段公告排放源自願減量及強制盤查登錄圖 5-5 管理法，ESCO 業者優可先協助企業引用相關標準(ISO14064-1)進行溫室氣體盤查，並協助企業執行自願減量(ISO14064-2)，加值 ESCO 專案及提升競爭力。
- (2) 於未來總量管制及排放交易實施，業者可透過協助能源用戶取得碳權或降低排放量等提高專案節能成效，縮短專案回收年限。
- (3) ESCO 業者需加速建構溫室氣體盤查及減量能力(含標準解讀及文件製作)。

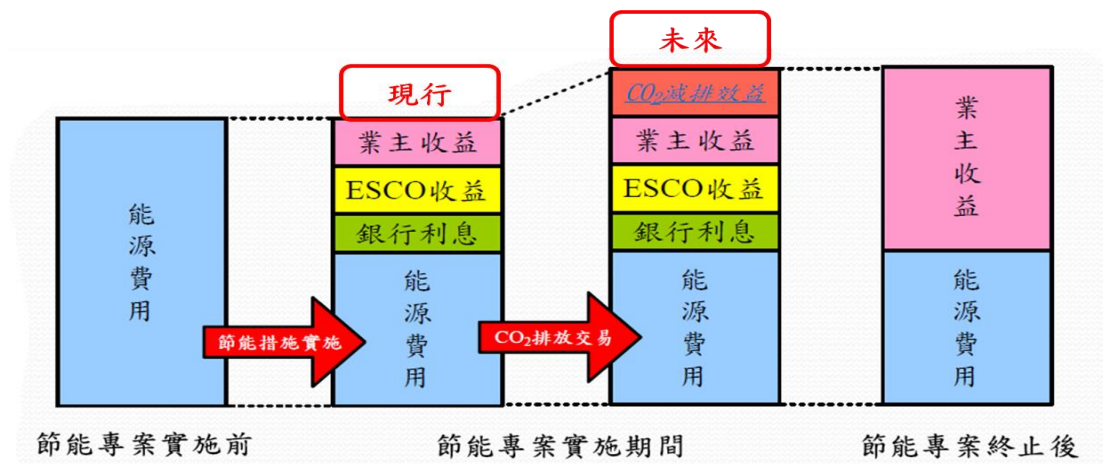


圖 5-5 ESCO 結合溫室氣體減量管理法

(二) 建立產業人才證照制度

1. 背景：

- (1) 全國能源會議共同意見：104 年全國能源會議將「3.3 加強推動能源技術服務產業(ESCO)發展，建立能源技術服務產業專業人員證照制度」納入共同意見。
- (2) 辦理法源依據：圖 5-6 流程圖所示，產業人才鑑定可依據「產業創新條例第 18 條」及「經濟部核發產業人才能力鑑定證明實施辦法」實施，其中需先完成「職能基準」，方能辦理「能力鑑定考試與發證」。

2. 建議：

- (3) 依經濟部人才辦公室之方法完成「節能績效量測與驗證工程師」及「節能診斷工程師」等 2 項職能工作底稿。
- (4) 產業公會及協會均建議於 105 年先期推動人才鑑定機制，並成立人才鑑定委員會，針對目前已有之「節能成效量測驗證工程師」及「節能診斷工程師」擇一辦理鑑定，並辦理考試及發證。

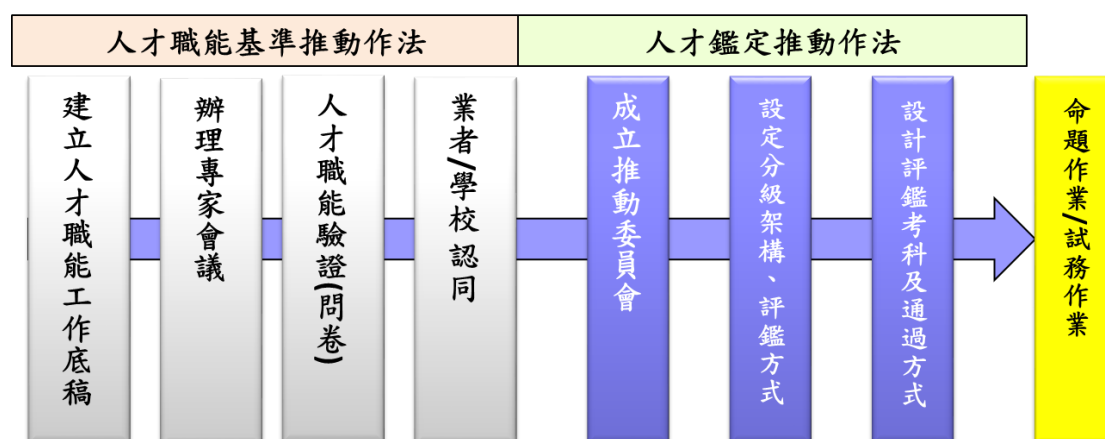


圖 5-6 人才鑑定推動作法流程圖

(三) 建立產業融資政策工具

1. 國際政府協助產業資金政策如表 5-4，計有信保制度、循環基金、政策搭配款及低利貸款等，政策推動意涵均為協助業者取得資金，其中泰國因產業於發展初期，由政府特種基金提供搭配款，擴大銀行投入產業融資之意願。
2. 我國目前已有信保機制，參採國際間循環基金作法，需進行修法及設立公法人執行基金管理及發放，短期仍建議可朝向利息補貼搭配現有信保機制等方式，長期則朝向研擬循環基金。

表 5-4 各國協助產業資金政策

中國(信保制度)	韓國(循環基金)	泰國(融資搭配款)	日本(低利貸款)
<p><u>一期計畫</u>：世界銀行與全球環境基金分別提供 1,500 萬美元及 6,300 萬美元之資金，主要內容是成立三個示範節能服務公司。</p> <p><u>二期計畫</u>：以世界銀行所提供之 2,200 萬美元提供貸款擔保給能源服務公司。</p> <p><u>成效</u>：2004-2009 年完成擔保專案 148 案，擔保總額 5.1 億元人民幣</p>	<p><u>資金來源</u>：合理能源基金(油品進口及銷售稅)</p> <p><u>管理單位</u>：韓國能源管理公司</p> <p><u>貸款用途</u>：安裝成本及營運資金</p> <p><u>貸款利率</u>：3.5%-5%(約市場利率一半)</p> <p><u>還款期限</u>：最高 15 年。</p> <p><u>貸款上限</u>：50 億韓元。</p> <p><u>成效</u>：共計核貸 2 兆 8,000 億韓圓，節約 666.4 萬公噸油當量。</p>	<p><u>資金來源</u>：ENCON Fund 各(油品銷售稅)</p> <p><u>管理單位</u>：泰國替代能源研發暨能效部</p> <p><u>貸款用途</u>：提升能源效率、減少能源損失...</p> <p><u>貸款利率</u>：基金 0.5%; 銀行 2-5%</p> <p><u>貸款上限</u>：5,000 萬泰銖</p> <p><u>成效</u>：共計核貸 72.3 億，銀行投入由 6 家增加至 13 家。</p>	<p><u>資金來源</u>：三井住友銀行</p> <p><u>貸款用途</u>：76 類低碳物品</p> <p><u>貸款利率</u>：貸款期間五年以上 (1.55%)、貸款期間五年內 (0.9%)(J-CDM)</p> <p><u>貸款上限</u>：設備資金 7.2 億日圓</p> <p><u>還款期限</u>：最高 15 年。</p>

(四) 打造產業認證制度

1. 國際間對於產業認證作法分為民間認證及政府認證二種如表 5-5。
2. 中國大陸今年由中國節能協會節能服務產業委員會(EMCA)發行自願性認證辦法，由會員提供資本額、人才認照、實績及財務融通能力(含實績及人才證照)提供資料，依公告之辦法評定，業者計分為三級(AAA~AAAAAA)。
3. 我國現行由政府進行產業認證缺乏相關法源，短期可由產業公協會以自願性質辦理產業分級。

表 5-5 國際間產業認證制度作法

國別	認證機構	證書分級	資本額	人才	實績	財務評估	設備要求
美國	公協會	○			○		
新加坡	政府	○		○	○		○
杜拜	政府	○	○	○	○	○	○
印度	政府	○		○		○	
中國大陸	公協會	○	○	○	○	○	

(五) 結合 ISO 標準建立第三方節能量確認制度

1. 目前國內能源技術服務業(ESCO)在節能績效保證專案(ESPC)中針對節能量計量之方法學，皆採用國際節能績效率量測與驗證規範(IPMVP)或參採綠基會公告 21 項量測驗證文件。另國內目前因 ESCO 市場尚未成熟，現行 ESCO 第三方驗證單位主要由綠基會擔任。
2. 國際 ISO 組織為強化節能成效確認之方法學於 2015 年 4 月 10 日提出 ISO17741.2，目前為 DIS 版，未來於公告後，可做為 ESCO 業者執行專案提供節能或減碳之指引。
3. 未來於 ISO17741.2 公告後，可適度引入民間查證機構，並委由全國認證基金會認證第三方審查能量，打造完整第三方制度。

(六) 重置購置節能設備租稅優惠

1. 國際間為推動節約能源及低碳建築等，均針對企業或個人購置節能設備等，給予租稅優惠如表 5-6。
2. 依中經院以經濟模型保守推估，在電價微幅上漲及較低的節能設備租稅優惠下，約可創造 47.91 億~58.72 億 ESCO 潛在值，可有效增加產業效益。

表 5-6 國際租稅優惠措施

國別	租稅措施
美國	<ul style="list-style-type: none"> • 對於購置節能設備的企業給予 10%-30% 或特定金額的減稅優惠 • 並非所有能源之星的產品都列為補助對象
日本	<ul style="list-style-type: none"> • 2011 年 6 月 30 日至 2014 年 3 月 31 日期間，購置特定的節能設備可以取得 30% 的特別折舊 • 中小企業則是可獲得 7% 的免稅額度
韓國	<ul style="list-style-type: none"> • 法人或個人至 2009 年 12 月 31 日止，投資(除舊貨商品投資)節能設施，從徵稅年的所得稅和法人稅中減免該年投資金額 20%
英國	<ul style="list-style-type: none"> • 自 2007 年 10 月~2012 年 9 月新建房屋，須符合高隔熱標準，搭配具能源節約的設備和技術 • 房屋建造成本少於 50 萬英鎊，則免除所有的稅額，若房屋建造成本超過 50 萬英鎊，則免除 15,000 英鎊的稅額

第六章 我國產業節能空間與推動藍圖

一、產業節能空間

瞭解經濟可行之節能潛力，有助於建立相關政策以改善能源效率、評估，以改善能源效率作為供應端的資源以及制定詳細的行動方案與計畫，因此可說是節能相關作為之基礎。美國之『能源效率國家行動計畫』提出五點建議，其中第二點是「作出長期且堅定的承諾，將經濟可行的能源效率落實為一種資源。」就如何執行該建議另提出多種選項，包括「按照對象類別，藉由驗證過的計畫成效、創新的倡議以及尖端技術，確定長期且經濟可行之節能潛力。」

(一) 工業部門

美國能源部與環保署 (Environmental Protection Agency) 曾支持研究執行能源效率節能潛力研究之標準程序，將節能潛力分為技術、經濟、實現及計畫等四個層面。美國能源效率經濟委員會於 2004 年回顧 2000 ~ 2004 年間以美國地區為對象，公開之節能潛力研究共 11 篇，綜整之平均每年最大可實現之節電潛力與節氣 (天然氣) 潛力中位數分別是 1.2% 與 0.5%；2014 年捲土重來回顧 2009 ~ 2013 年之節能潛力研究共 45 篇，除了探討各研究之關鍵假設與方法及其對研究結果的影響外，彙整出平均每年最大可實現之節電潛力 0.3% ~ 2.9%、中位數 1.3%，天然氣 0.1% ~ 2.4%、中位數 0.9%。相隔 10 年的研究，採用不同的假設與研究方法，仍能評估出相當數量之節能潛力。

其他有許多公開的節能評估的報告，例如：(1) 聯合國工業發展組織按照行業別，以全球之製程能源效率標竿來估算節能潛力。(2) 世界能源理事會研究包括德國、法國、英國、義大利、瑞典、奧地利及土耳其等歐盟國家，歐盟 27 國整體及全球之經濟可行之節能潛力；同時也深入至食品與飲料、非金屬礦及造紙等行業，以及高效率電動馬達、變速控制用變頻器及能源數據管理系統等產品。(3) 丹麥能源協會以區域性最實用技術 (以工業部門各行業之能源密集度表示) 評估了丹麥、愛沙尼亞、德國、匈牙利、拉脫維亞、立陶宛、波蘭、斯洛伐克、瑞典英國等 10 國之節能潛力。(4) 澳洲分析了可實現的節能潛力，細節至行業別、能源類別及設備／製程類別等。(5) 國際應用系統分析研究所 (International Institute for Applied Systems Analysis) 於 2012 年出版了全球能源評估；其中的第 8 章是針對工業部門，回顧整理一些以能源效率標竿來估算節能潛力之研究成果。

隨著能源供需議題日益受到重視，國內工業部門由於能源消費占比大，自然首先成為矚目的焦點與責難的對象。工業部門整體及各行業之能源使用效率與國際比較優劣如何？整體還有多少節能／節電／節熱空間？該如何進一步落實節能潛力？這些是常被提出、但沒有共識的問題。最佳可行技術的概念在 1992 年東北大西洋海洋環境保護公約（OSPAR Convention）揭示以後，已成為評估節能潛力之標竿；此外自石油危機引發減少油電消費之概念後，經空氣污染防治／廢棄物減量／水供應／氣候變遷調適等全球性議題演變而成之邊際減排成本曲線（MACC），已成為支援決策採行經濟可行／成本有效行動之工具。近年來，國內學研單位在政府專案計畫支持下，試圖以上述兩種方式探討國內工業部門／製造業之節能潛力。由於評估方法、情境假設、技術應用及未來發展的看法不同，評估結果不僅差異很大，也難以比較。以下簡述主要研究計畫之評估結果。

1. 台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究

國立台灣大學、財團法人中華經濟研究院及美商麥肯錫亞洲股份有限公司於 2011 年共同執行「台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究」計畫中「台灣溫室氣體減量成本曲線」子項工作，為能源國家型科技計畫的一部分。該項工作結合麥肯錫公司的方法論暨全球資料庫與國內相關資料，以「由下而上（bottom-up）」方法評估台灣於 2015 年、2020 年、2025 年及 2030 年之溫室氣體減量成本曲線。評估對象涵蓋所有部門，即能源、工業、交通運輸、住宅、服務及農業等；減量技術分潔淨能源結構與能源效率提升 2 類，合計 133 種，不含消費行為改變與產業結構調整。工業部門內評估鋼鐵、石化、水泥、資訊科技及廢棄物處理等 5 個行業，表 6-1 顯示 2030 年之減量結果，後文簡述各部門內容。

表 6-1 「台灣溫室氣體減量成本曲線」評估 2030 年之減量結果

行業別	2030 年 排放基準 Mt CO _{2e}	2030 年 減量 Mt CO _{2e}	2030 年 減量比	能源效率 減量占比
鋼鐵	41.79	13.63	32.6%	46.4%
石化	58.83	16.62	28.3%	57.1%
水泥	14.69	1.03	7.0%	0.0%
資訊科技	97.04	13.49	13.9%	61.5%
廢棄物處理	1.69	1.73	102.4%	6.4%
合計	214.04	46.50	21.7%	-

鋼鐵業評估 12 項減碳技術，包括焦炭/燒結製造、高爐/轉爐煉鋼、電弧爐煉鋼、軋鋼處理之最佳能源效率手段，以及汽電共生、直接鑄造、焦炭乾式冷卻、高爐頂部煤氣循環、熔融還原等能源效率措施，另有替換焦炭（燃料轉換）、碳捕獲封存（CCS）、高爐／轉爐改為直接還原電弧爐（製程轉換）。評估結果顯示若上述減量手段全數落實，2030 年排碳量較基準情境減少約 33%，其中能源效率、燃料轉換、碳捕獲封存、製程轉換各占 46.4%、12.3%、32.7% 及 8.6%。

石化業含化學材料製造業、化學製品製造業、橡膠製品製造業及塑膠製品製造業。評估 8 項減碳技術，包括觸媒反應、反應效率、馬達系統改善、廢熱回收，乙烯裂解製程改善等能源效率措施，另有煤轉為生質能／燃油轉為天然氣（燃料替換）、碳捕獲封存、乙醇轉換為生質乙烯。評估結果顯示若上述減量手段全數落實，2030 年排碳量較基準情境減少約 28%，其中能源效率、燃料轉換、碳捕獲封存各占 57.1%、27.1% 及 12.0%，乙醇轉換為生質乙烯占 3.8%。

水泥業（不含預拌混凝土製造業與水泥製品製造業）評估 4 項減碳技術，包括熟料替代、以固態衍生燃料替代化石燃料、碳捕獲封存及廢熱回收汽電共生。評估結果顯示熟料替代在國內不可行，廢熱回收汽電共生已無潛力，若落實以固態衍生燃料替代化石燃料和碳捕獲封存，2030 年排碳量較基準情境減少約 7%，二者分占 38.8% 與 61.2%；能源效率沒有貢獻。

資訊科技業含電子零組件製造業、電腦電子產品及光學製品製造業、以及電力設備製造業。評估 6 項減碳技術，包括新建廠房高效率空調系統、既有廠房改建高效率空調系統、新建廠房最佳排氣系統及照明效率提升等節電措施，另有冷凍技術回收含氟氣體與含氟氣體尾氣處理（含氟氣體減量）。評估結果顯示若上述減量手段全數落實，2030 年排碳量較基準情境減少約 14%，其中節電措施與含氟氣體減量分占 61.5% 與 38.5%。

廢棄物處理業包括固體廢棄物掩埋處理與廢水處理。評估 4 項減碳技術，包括現有廢棄物掩埋場沼氣發電、現有廢棄物掩埋場沼氣燃燒、資源回收與堆肥減少新增廢棄物。本行業減少溫室氣體的種類是甲烷（CH₄）與氧化亞氮（N₂O），均換算成二氧化碳當量（CO₂ equivalent、CO₂e）。評估結果顯示若上述減量手段全數落實，2030 年排碳量較基準情境減少約 101%，其中沼氣發電／燃燒（視為能源效率提升）與新增廢棄物減量分占 6.4% 與 93.6%。

2. 能源國家型科技計畫

有關工業部門節能潛力之說明摘錄如下：「...以 IEA 的評估邏輯，採用現有最佳可行技術（Best Available Technology, BAT）或現有成本上可行之 BAT 技術，並以 2010 年為基礎年，來評估這六大產業的節能空間。

結果顯示，就個別產業言，石化產業...其節能量高達 425 億度電，...其餘產業之節能空間則依序為鋼鐵（77.0 億度電）、紡織（46.1 億度電）、半導體（45.7 億度電）、水泥（40.7 億度電）、造紙（28.3 億度電）。...工業部門之總節能潛力為 663 億度電（初級能源），...約占同年工業耗能之 9.8%，占全國耗能的 5.2%。其中，熱能消耗約為電能消耗的 2 倍。同時，熱能節約 497 億度電，幅度 16.2%；電能節約 166 億度電，幅度 10.7%。」惟進一步之細節並未揭露，類似結論也未收錄至後續出版之「能源國家型科技計畫第一期程總成果手冊」。

3. 2050 能源供需情境模擬器

工業技術研究院在經濟部能源局支持下遵循 UK 2050 Calculator 架構，在歷年節約能源相關研究與推廣之基礎上，研擬我國能源供給、住商、工業、運輸等部門主要技術未來發展情境，進而建立能源與減碳情境模擬工具，即「臺灣 2050 能源供需情境模擬器（Taiwan 2050 Calculator）。」相關資訊另發展用來分析溫室氣體減量成本。「臺灣 2050 能源供需情境模擬器」之核心是一套由下而上之能源工程模型。模型是由細部的技術發展、技術成本、能源服務需求及物理限制等資訊去計算各項目情境，再由各項目情境結果堆疊起來去計算總體能源供需及碳排放量等資訊。模型內情境項目分為保守、積極、前瞻及極限等 4 種；定義時間區段為 2025、2030、2035、2040、2045 及 2050 年。

工研院已釋出模型供各界檢視並提供修正建言。模型中工業部門包括電子、鋼鐵、化材、水泥、造紙、紡織及金屬製品等 6 個行業。節能技術項目詳如表 6-2，分為製程 10 項，冰水機、空壓機及鍋爐等 3 種公用設備應用至各行業共 10 項，以及應用至各行業之低溫廢熱發電。其中化材業之製程更新包括乙烯、PTA、EG、VCM 以及 SM 等 5 種，鍋爐含蒸汽與熱媒 2 種。

表 6-2、2050 能源供需情境模擬器納入之節能技術項目

行業別	製程能效提升	公用設備能效提升	其他
電子	製程	空壓機、冰水主機	低溫餘熱發電
鋼鐵	一貫煉鋼、電弧爐	空壓機、鍋爐	
化材	製程更新	空壓機、鍋爐	
水泥	製程		
造紙	製程	鍋爐	
紡織	製程動力	鍋爐、空壓機	
金屬製品	製程動力、加熱爐、電熱設備	空壓機	

表 6-3 與表 6-4 分別表示在積極情境與前瞻情境下，實施各項節能技術後至 2030 年之效果，以電力、燃料煤、燃料油、天然氣之節約量，以及減碳量表示。

表 6-3 2050 能源供需情境模擬在積極情境於 2030 年之節能減碳效果

積極情境下 2030 年行業別節能減碳評估結果					
行業別	電 GWh	燃料煤 MLOE	天然氣 MLOE	燃料油 MLOE	年減碳量 Mt CO _{2e}
電子	8,172	0	0	0	6.89
鋼鐵	1,195	86	6.6	16	1.38
化材	1,637	538	36	106	3.69
水泥	40	24	0	2.1	0.12
造紙	213	31	0	18	0.34
紡織	270	3.6	0	24	0.31
金屬製品	235	0	2.0	4.1	0.21
低溫餘熱 發電	1,474	0	0	0	1.24

表 6-4 2050 能源供需情境模擬在前瞻情境於 2030 年之節能減碳效果

前瞻情境下 2030 年行業別節能減碳評估結果					
行業別	電 GWh	燃料煤 MLOE	天然氣 MLOE	燃料油 MLOE	年減碳量 Mt CO _{2e}
電子	11,975	0	0	0	10.1
鋼鐵	1,918	240	10	46	2.63
化材	2,282	706	47	138	4.95
水泥	149	89	0	7.9	0.47
造紙	461	60	0	35	0.70
紡織	0	6.0	0	41	0.14
金屬製品	982	0	16	32	0.95
低溫餘熱 發電	1,965	0	0	0	1.66

4. 行政院環境保護署之專案計畫

中華經濟研究院於 2011 年與 2012 年分別執行環保署委辦之與溫室氣體減量技術相關之專案計畫。針對石油煉製、汽電共生、石化上游烯烴生產、紙漿與造紙、鋼鐵、火力電廠、水泥以及人造纖維等行業，兩年間蒐集彙整歐盟 IPPC 研訂之《最佳可行技術參考文件》(The BAT Reference

Document, BREF) 及國際上其他具代表性的溫室氣體減量技術參考文件；同時，由能源管理法規定之指定能源用戶於 2008 ~ 2010 年之能源查核申報資料，分析我國石油煉製、石化上游烯烴生產、紙漿與造紙、鋼鐵、水泥以及人造纖維等行業實際之溫式氣體減量成本（直接成本與淨減量效益）；惟未探討未來工業部門整體或行業別之節能減碳潛力。

5. 工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心 (IEK)

工研院 IEK 研究人員在與德國 Fraunhofer 系統與創新研究所交流下，利用 Bottom-up 的能源效率模型 (Forecasting Energy Consumption Analysis and Simulation Tool、FORECAST，是歐盟採用之評估工具之一)，估算水泥業在不同情境下於 2020 年、2025 年、2030 年及 2035 年之節電與燃料節能潛力。能源效率技術選項是針對水泥廠主要耗能設備，參考國外文獻整理出共 38 項；透過實際訪廠再篩選出未來可能採用之 18 項。依照製程將其分為 3 類：(1) 生料製備，包括滾壓機用作球磨機的預磨、豎磨機、高效選粉機和分級機、高效生料預均化（調和）系統、及變頻驅動生料磨排風機等 5 項；(2) 熟料燒成，包括熟料生產的製程控制和能源管理、燃燒系統改善、高溫餘熱發電、低溫餘熱發電、有機朗肯循環溫差發電、增加旋窯預熱器的段數、高效率冷卻機、燃料轉換、變頻驅動式旋窯排風機、及變頻驅動熟料冷卻排風機等 10 項；(3) 水泥製備，包括滾壓機用作球磨機的預磨、變頻驅動水泥磨排風機及新興粉磨技術等 3 項。研究結論如表 6-5 所示。

表 6-5 工研院 IEK 模擬國內水泥業之節能效果

節電量與燃料節約量占當年水泥業能源消費比				
年	企業自發性情境 (成本效益情境下限)		技術發展潛力情境 (不考慮成本效益)	
	節電	節熱(燃料)	節電	節熱(燃料)
2020	0.15%	0.78%	0.87%	1.91%
2025	0.34%	1.68%	1.70%	3.52%
2030	0.50%	2.29%	2.59%	
2035	0.88%	2.91%	3.53%	7.38%

(二) 住商部門—以服務業減碳成本曲線為例

1. 情境設定

透過減碳成本曲線，可了解在不同年度不同技術的減碳及減碳潛力，以做為政府單位後續推動相關措施的參考依據。對於節能潛力大且具回收效益的措施，可透過法規的公告要求用戶實施；若具節能潛力但目前回收

期較長的措施，在不造成政府財政負擔的情形下可適度給予用戶財政支援以提高採用率；對於具回收效益但節能量較小的措施，可透過技術輔導推廣予用戶使用。而依據資料庫分析統計章節，綜合非生產性質能源大用戶連續二年節電率均達 1% 以上的用戶所採用的節電措施、自願節能資料庫用戶所採行的節電措施，可歸納整理出服務業較具節電潛力的設備（措施）共計 11 項，各項措施的情境設定可整理如表 6-6，且可將各項技術措施組合成節能減碳情境如表 6-7。

表 6-6 服務業各項節能減碳技術（措施）情境說明

節能技術	基準情境	節能情境
採用 T5 取代 T8 或以 LED 取代 T5 與 T8	假設各年的燈具結構及效率與 2014 年相同	1(A)：結構改變（當年照明需求*當年結構*2014 效率值*使用時數） 1(B)：結構及效率值皆改變（當年照明需求*當年結構*當年效率值*使用時數） 1(C)：將 T8 汰換成 T5 1(D)：全面採用 LED
採用 LED 取代鹵素燈	採用鹵素燈	2014 即以 LED 取代鹵素燈
採用高效率冷氣機	冷氣機型式包括窗型、箱型、分離式，在基準情境下，新增的服務量及每年汰換的服務量皆採用一般的機種（能源效率分級 5 級），窗型及分離式冷氣機依使用年分推估每年的汰換率（八年）。	新增加的服務量及每年汰換的服務量皆採用新式的機種，新式冷氣機的效率標準在 2014~2015 年採用 2010 年 3 月 22 日所公告之「窗（壁）型及箱型冷氣機能源效率基準表」中所列的 1 級產品做為基準；2016~2025 年採用 2016 年所實施的「無風管冷氣機能源效率比基準」；汰換率與基準情境相同。
採用高效率空調主機	新增的服務量及汰換的服務量皆採用舊式機種，汰換率計算方式： 2013 年各型式原有的服務量為 $MERTH_n$ ，其中新式主機所提供的服務量為 $MERTH_n^N$ ，則各型式的每年的汰換量為 $(MERTH_n - MERTH_n^N)/12$ ，	1. 新增的服務量及汰換的服務量皆採用新式機種，汰換率計算方式： 2013 年各型式原有的服務量為 $MERTH_n$ ，其中新式主機所提供的服務量為 $MERTH_n^N$ ，則各型式的每年的汰換量為 $(MERTH_n - MERTH_n^N)/12$ ，將所計算出來的汰換量再除以

節能技術	基準情境	節能情境
	<p>，將所計算出來的汰換量再除以 2013 年舊式主機的服務量，即為汰換率。</p> <p>*新式主機定義為符合 2005 年新的能源效率標準，舊式主機則不符合 2005 年能源效率標準。</p>	<p>2013 年舊式主機的服務量，即為汰換率。</p> <p>*新式主機定義為符合 2005 年新的能源效率標準，舊式主機則不符合 2005 年能源效率標準。</p> <p>2. 至 2020 年前，加速採用符合 2005 年能源效率標準的空調主機。</p>
加裝照明監控設備	<p>新增加的設備裝設監控設備，既有的設備維持現狀(走廊等公共區域)</p>	<p>1. 新增加的設備均裝設監控設備，其餘未裝的部分，至 2020 年前分年採用。</p> <p>2. 新增加的設備均裝設監控設備，既有的設備在 2015 年全部加裝監控設備。(走廊等公共區域)，使用時數約少 40%。</p>
加裝空調監控設備	<p>新增加的設備裝設監控設備，既有的設備維持現狀</p>	<p>1. 新增加的設備均裝設監控設備，其餘未裝的部分，至 2020 年前分年採用。</p> <p>2. 新增加的設備均裝設監控設備，既有的設備在 2015 年全部加裝監控設備。</p>
加裝冷凍冷藏監控設備	<p>新增加的設備裝設監控設備，既有的設備維持現狀</p>	<p>1. 新增加的設備均裝設監控設備，其餘未裝的部分，至 2020 年前分年採用。</p> <p>2. 新增加的設備均裝設監控設備，既有的設備在 2015 年全部加裝監控設備。</p>
泵浦效率提升	<p>新增的服務量採用新式泵浦，汰換的服務量採用一般機種，汰換率計算假設既有設備在產品可使用期間(約八年)平均汰換。</p> <p>*新式泵浦效率約提升 20%</p>	<p>1. 新增的服務量及汰換的服務量皆採用新式機種，汰換率計算假設既有設備在八年期間平均汰換。</p> <p>*新式泵浦效率約提升 20%</p> <p>2. 於五年期間加速汰換老舊泵浦</p>
冷凍冷藏設備效率提升	<p>新增的服務量採用新式機種(使用 R404 冷媒)，既有的設備(使用 R22 冷媒)依設備使用年限(約八年)平均</p>	<p>新增的服務量採用新式機種(使用 R404 冷媒)，既有的設備(使用 R22 冷媒)依設備使用年限(約八年)平均汰換成</p>

節能技術	基準情境	節能情境
	汰換，但仍使用舊式機種。	使用 R404 冷媒的機種。
加裝變頻器 (泵浦、冷卻水塔、空調箱)	新增加的設備裝設監控設備，既有的設備維持現狀	1. 新增加的設備均裝設監控設備，其餘未裝的部分，至 2020 年前分年採用。 2. 新增加的設備均裝設監控設備，既有的設備在 2015 年全部加裝監控設備。
電梯加裝電力回生裝置	新增加的設備及既有的設備維持現狀	新增的設備及既有的設備在 2020 年前分年加裝電力回生裝置。

表 6-7 組合情境說明

序號	措施別	情境
1	採用 T5 或是 LED	將 T8 汰換成 T5
2	採用 LED 取代鹵素燈	2014 起全面以 5WLED 取代 50W 鹵素燈
3	採用高效率冷氣機	每年汰換率為 12.5%
4	採用高效率空調主機	每年汰換率為 8.33%
5	採用高效率冷凍冷藏主機	每年汰換率為 12.5%
6	採用高效率泵浦	每年汰換率為 12.5%
7	採用照明監控設備	每年汰換率為 14.29%
8	採用空調監控設備	每年汰換率為 14.29%
9	採用冷凍冷藏監控設備	每年汰換率為 14.29%
10	加裝變頻器	每年汰換率為 14.29%
11	採用電梯電力回生裝置	每年汰換率為 8.33%

2. 各項措施評估結果

依均化成本概念，可得各項設備在 2014 年的減碳成本及最大減碳潛力（意指在 2014 年全面採用高效率設備的最大減碳量）如表 6-8 且繪如圖 6-1。若以經濟效益而言，現階段於走道、停車場等區域加裝監控設備（如晝光感知器或是紅外線感應設備），約可減少 40% 點燈時數。因此，在不影響安全的情形下，可積極推廣用戶使用。冷凍冷藏主機汰換或是加裝監控設備具有經濟效益，但因此項設備僅有部分用戶使用（如量販店、超市等），但節能量較為有限，故可針對能源大用戶部分，可在輔導的過程推廣用戶周知，鼓勵積極採用。

目前服務業的照明設備中約有 5% 為鹵素燈，若以 5W LED 取代 50W 的鹵素燈，每節一噸碳約可省下 3,965 元，同時現階段全部汰換約可減少 319 千公噸二氧化碳排放量，可謂具經濟效益及節能潛力之措施，故目前已經研擬相關的節約能源規定草案，未來將逐步淘汰鹵素燈，促使能源用戶提升能源使用效率。

就變頻器部分，在非滿載時可有效達到節電的功能（節電 21%-24%），目前連續二年節電率均達 1% 的用戶亦採用此一措施，但目前用戶端還有待推廣的部分因素，是因為部分用戶馬達絕緣等級不足，故無法安裝。因此，此一措施亦需搭配設備的實際情形，針對可採用之用戶可積極推廣。

冷氣機效率提升，本項措施所分析的是能源效率等級 1 級相對於 3 級的節電成本（窗型因無 1 級機種，故採用 2 級分析）。目前查核輔導的過程中，採用能源效率 1 級的用戶相對少數，主要是因為過去能效等級 1 級的設備相當昂貴，即使具有節電效益，但因電價較低導致回收期長，故用戶採用率低。然而，隨著技術成熟及廠商大規模生產，設備的價格已經降低，故即使採用 1 級冷氣的初始購置成本高，但在使用期限內所省下的電費已超過設備費用差距，故除了積極推廣之外，亦應逐步提高最低能源效率標準，待用戶目前所使用的設備淘汰時，可自然採用高效率的產品。

LED 取代 T5 和 T8 或以 T5 取代 T8 為服務業照明（日光燈）常見的措施，不止具有經濟效益，亦有極大的節電潛力（光源選擇），對於醫院、教室、或是量販店等用戶可積極推廣，然目前此一措施並不適宜採用節能規定直接管制，主要是用戶在使用時仍需符合照度及配光曲線的問題，因此現階段不適宜採用法規管制；此外，由於此項措施節電成本為負、投資金額較低，故可不需再提供激勵措施，但就推廣的角度，可以鼓勵集團用戶以 ESCO 的方式先進行部分分店改善，藉此推廣使用。

中央空調主機雖然節電成本為負，但相較於其他節電措施，仍屬於單項設資金額高的設備，且由於回收期限長，部分用戶考量營運的情形仍未全面採用，目前能源大用戶有六成以上的主機仍未符合 2005 年新式效率標準，故後續建議以 ESCO 的方式鼓勵用戶汰換，或是訂定法規要求一定機齡（例如 20 年）以上的用戶，且運轉效率能耗值高於 ASHARE 所建議的 1kW/RT 者應定期檢測或是要求進行改善。

電梯電力回生裝置目前僅針對大用戶的部分做分析，此項設備適用推廣於電梯使用頻率高的建築類型，若以辦公大樓而言，目前仍不具效益（目前採保守估計，以辦公大樓的使用時數為例），但若是以百貨公司、醫院等用戶則可考慮採用。因此，針對此項設備，目前建議僅採輔導推廣即可。

表 6-8 各項措施節電成本及最大節電潛力

措施	減碳成本(元/噸 CO2e)	最大減碳量(千噸)
LED 取代 T5 和 T8	-5,368	1,656
照明加裝監控設備	-4,972	115
冷凍冷藏效率主機效率提升	-4,343	46
冷凍冷藏加裝監控設備	-4,298	93
以 5WLED 取代 50W 鹵素燈	-3,965	319
加裝變頻器	-3,253	683
冷氣機效率提升	-3,235	375
以 T5 取代 T8	-2,737	683
空調加裝監控設備	-1,971	341
泵浦效率提升	-1,665	7
空調主機效率提升	-1,137	343
電力回生裝置	74	3

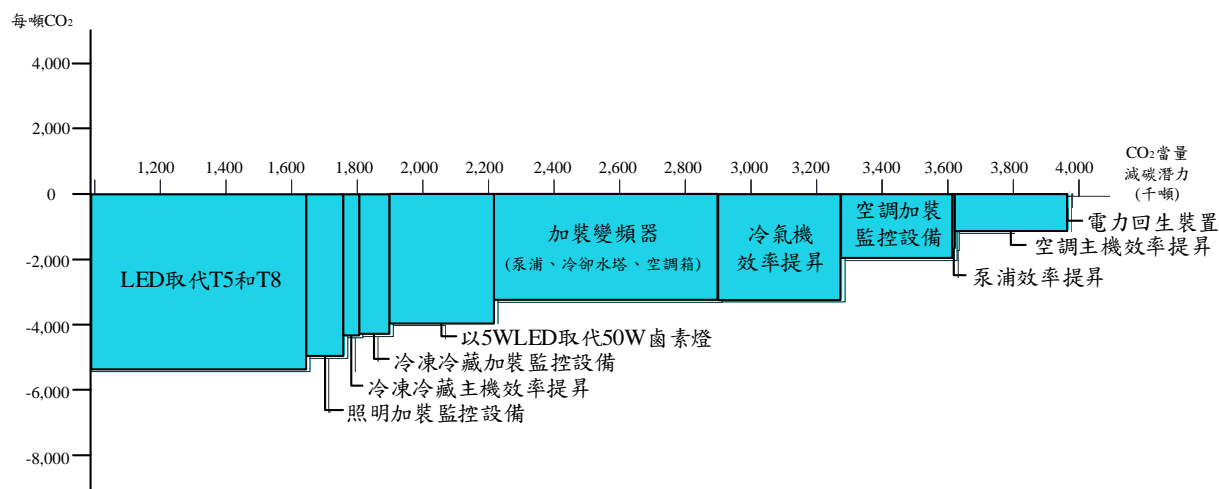
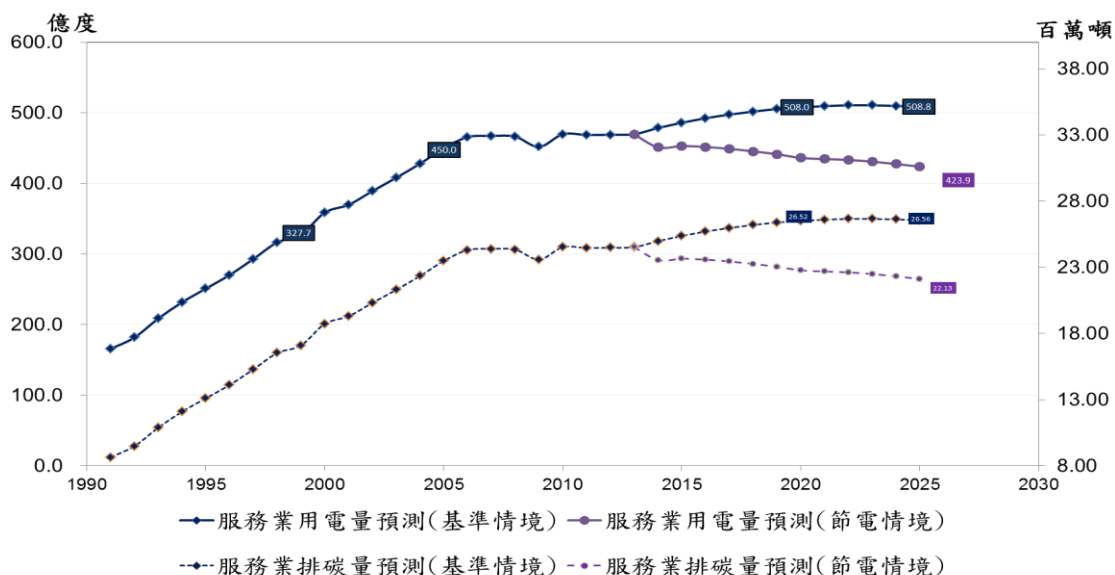


圖 6-1 服務業減碳成本曲線圖

3. 服務業基準情境用電量及節能情境用電量

依據上表估計，基準情境的用電量及節電情境的用電量可繪如圖 6-2，若積極採用各項節電措施，的確可有效降低用電量，以節能情境假設在 2025 年 LED 占日光燈的比例達 6 成，且 LED 效率達 130 lm/W 左右，並假設 2020 年或最遲至 2025 年所有高效率設備的採用率達 100%，則可達到相當可觀之節電效益。就國家節能減碳總目標的達成情形而言，2000 用電量換算成二氧化碳排放量，約為 19 百萬噸，2005 用電量換算排碳量約

為 23 百萬噸，就單純就節電措施而言，若節電情境能徹底落實，則有可能達成 2020 年的減碳目標，但即使如此，2025 年仍未完全弭平減碳缺口，仍需多方的努力才有可能達成。



	用電量(百萬度)			排碳量(百萬噸)	
	2015	2020	2025	2020	2025
用電量預測 (基準情境)	48,604	50,797	50,884	26.52	26.56
節電情境	45,433	43,632	42,313	22.78	22.09

資料來源：本研究估計。

說明：上述用電量估計可能會因社會經濟條件不同、人數或是電價等不同會有不同的結果；節電情境的用電量也會因為實際落實程度而有所差異。

圖 6-2 基準情境及節能情境用電量

二、節能減碳策略藍圖—以服務業為例

綜合政府相關節能計畫及未來所欲推行的措施，可將相關的節能減碳策略區分為四大面向共計 15 項節能措施，包括：

(一) 能源用戶能源管理與監督

主要是藉由擴大節能管理對象與用戶節能措施管理以達節能的目標，包括「住商部門能源查核與技術輔導」、「四省計畫納入國營事業機構」、「能源大用戶節電目標管理」、「服務業禁用鹵素燈」、「服務業室內冷氣溫度限值(26°C)」、「推動於夜間(0:00~06:00)室外招牌及騎樓照明減半使用」、「中央空調水路系統運轉效率管理」、「推動服務能源大用戶裝設電梯電力回生裝置」、「推動服務業連鎖用戶納管及節電 1%管理」等共計 9 項措施。

(二) 器具設備能效管理

由設備供應端直接進行管理，這是最直接也是多數國家所採行的管理措施，藉由最低能源效率標準的管理，規定廠商不得進口或是製造能源效率未達標準的設備，藉此逐步淘汰效率較差的器具。針對此一措施，我國未來除了逐步擴大管制項目並提高管制標準，包括「執行螢光燈管用安定器 MEPS 管制」、「執行螢光燈管用安定器 MEPS 管制」、「執行冷氣機 MEPS 管理」共計 3 項節能措施。

(三) 自願性節能

結合產業公會與歷年簽署期滿之節能標竿企業、ESCO 公會共同參與住商部門企業自願性節能活動及推動企業導入 ISO50001 的方式，提高企業社會責任及自主節能的能力，提升節能成效。

(四) 獎勵補助

目前以 ESCO 的方式推動「水銀路燈落日計畫」，將使我國將成為全球第一個全面淘汰水銀路燈國家。

針對 15 項措施，雖然部分方案執行結束後不會有新增的節能量，但是在推行的期間所產生的節能效果會持續存在，因此，若 15 項節能措施能順利執行，預估在 104 年可省下 17.92 億度、在 109 年可省下 28.43 億度、在 114 年可省下 34.24 億度、在 119 年可省下 39.18 億度；相關的節能措施說明與內容，整理如表 6-9，且依據各個不同措施所規劃的執行期程，可繪製節能減碳策略藍圖如圖 6-3。

表 6-9 節能策略相關措施評估表

項次	措施	規劃作法	預期困難	所需資源	預期節電成效 (億度)
1	住商部門能源查核與技術輔導	104~105 年推動約 1,400 家能源用戶建立能源查核制度與提供節能技術輔導，促其提升能源使用效率。	用戶經輔導後，約四至五成可以實際落實改善，但部分用戶因為經費問題故未實際落實。	104~105 年政府總投入輔導與管理成本為 0.2 億元，產業提升能源效率之相關投資約為 21.2 億元。	104：3.60 109：4.80 114：4.80 119：4.80
2	四省計畫納入國營事業機構	103 年完成 380 家國營事業機構納入四省計畫執行節能管考作業中。	各事業單位另須配合國家政策之執行，部分之減量成效較難呈現。	104~105 年政府總投入成本為 0.38 億元進行追蹤管理。	104：1.18 109：1.77 114：1.77 119：1.77
3	能源大用戶節電目標管理	A. 自 104 年 108 年，每年年初所訂定的節電計畫應可促使達到節電 1%。 B. 用戶年度節電率、平均節電率均	A. 部分用戶前幾年已力行節能，反應再節電之空間有限。 B. 實際節電成效認定不易。	用戶申報書面查驗 1,400 家 2.8 佰萬，現場巡廠檢視 140 廠 7 佰萬，現場深度查驗 14 廠 4.2 佰萬，合計每年 14 佰萬，全程約 0.7 億元。	104：0.99 109：0.99 114：0.99 119：0.99

項次	措施	規劃作法	預期困難	所需資源	預期節電成效 (億度)
		應達 1%，若平均節電率未達 1%者應提出合理的說明並提改善計畫。			
4	服務業禁用鹵素燈	105 年起推動服務業禁用鹵素燈，預期四年全面汰換。	初期商品購入費用較高，用戶投入成本大。	分四年進行宣導與稽查，預估政府投入經費約 0.24 億元，廠商投入改善經費約 1.6 億元。	104：0.17 109：0.47 114：0.47 119：0.47
5	服務業室內冷氣溫度限值 (26℃)	103 年納管用戶類型由原本 11 類增加至 20 類，其他 16.5 萬家可納管服務業(以文教、育樂用品、藝術表演業、休閒服務業為主)將於 104~105 年逐年實施。	為顧及舒適度，針對部分場所應訂排外條件。	104-105 落實宣導與稽查，所需前期檢視宣導費用、稽查費用及產業投入成本等合計約 0.52 億元。	104：0.16 109：0.22 114：0.22 119：0.22
6	推動於夜間 (0:00~06:00) 室外招牌及騎樓照明減半使用	A. 104~105 年持續推動國內推動 6 大連鎖便利商店更改室外招牌及騎樓照明迴路控制模式，可於夜間減半使用室外招牌及騎樓照明。 B. 102 年開始推動，預定於 105 及 106 年落實改善完成。	A. 夜間室外招牌及騎樓照明變暗，恐招致客訴，需對民眾進行宣導。 B. 夜間照明減半，恐有治安惡化問題。	行政成本:所需宣(輔)導費用及廠商增設相關控制設備，合計約為 0.33 億元。	104：0.16 109：0.16 114：0.16 119：0.16
7	中央空調水路系統運轉效率管理	A. 105-106 法規公告、宣導。 B. 107 年開始進行效率管理。	進行水側效率管理需有儀表量測資料，但部分老舊系統目前並無裝設儀表，造成管理不易，然初期裝設成本高，可能需要提供財政誘因用戶才肯裝設。	政府行政成本(法規、廣宣、網頁、建立管理平台)約 100 萬、每年現場查約 200 家，每家約 5 萬，分四年進行查核總計約需 400 萬，政府行政成本合計約 500 萬，0.05 億元。 用戶端主機裝設成本約需 20 萬/台，目前能源大用戶主機需要進行改善的約 2500 台，用戶端改善費用總計約 5 億。 政府與產業合計約為 5.05 億元。	104：0 109：2.29 億 114：2.29 億 119：2.29 億
8	推動服務能源大用戶	A. 107 年分 4 年輔導用戶進行改善 (107、108、	現階段回收期長，段用戶接受度較	政府行政成本：每年輔導約 200 家用戶，每家約 5 萬，4 年全	104：0 109：0

項次	措施	規劃作法	預期困難	所需資源	預期節電成效 (億度)
	裝設電梯電力回生裝置	109、110)。 B. 111 年起進行法規公告。	低。	程約 0.4 億元。 用戶端裝設每台約 4 萬，目前能源大用戶電梯數量約 4550 台，總計約 1.82 億元。 政府行政成本（法規、廣宣、網頁）約 80 萬，0.008 億元。 政府與產業成本合計約 2.23 億元。	114：0.06 119：0.06
9	推動服務業連鎖用戶納管及節電 1%管理	A. 104 進行法規研擬。 B. 105-106 進行集團用戶宣導。 C. 107 年將服務業能源使用量達一定數量者納入查核管理。 D. 108 起進行節電 1%管理。	A. 連鎖事業用戶電號登記人不同，造成用戶認定上的困難。 B. 連鎖用戶的分店數量變動大，政府單位掌握不易。	政府行政成本：可納納連鎖事業約 184 家，輔導費用約 0.092 億元。後續查核管理及每年輔導管理費用每年約 0.1 億元。	104：0 109：0.42 114：0.42 119：0.42
10	執行螢光燈管用安定器 MEPS 管制	A. 98 年實施螢光燈管用安定器 MEPS 管制，淘汰目前市售 40%之高耗能產品。 B. 109 年較 98 年 MEPS 提升 MEPS 30%。 C. 114 年 MEPS 再較 104 年 MEPS 提升 30%。 D. 持續執行螢光燈管用安定器之 MEPS 管制。	無	104~119 年政府總投入行政成本 0.96 億元，及產業投入 1.2 億元，(生產商製程更新及產品認證驗證)，合計約 2.16 億元。	104：3.24 109：6.48 114：10.53 119：13.77
11	執行螢光燈管 MEPS 管制	A. 89 年起實施螢光燈管 MEPS 管制。 B. 105 年 1 較 89 年 MEPS 提升 MEPS 20%。	無	102~119 年政府總投入成本為 0.96 億元，產業投入成本 0.6 億元(生產商製程更新及產品認證驗證)合計約 1.56 億元。	104：0.00 109：0.41 114：0.41 119：0.41
12	執行冷氣機 MEPS 管制	A. 105 年及 115 年 MEPS 分別較 100 年提升冷氣機 MEPS 7%及 14%。 B. 105 年推動冷氣機 SEER 及 MEPS 較 100 年 MEPS 提升	部分中南部國產小型冷氣製造業，技術能力不足，面臨存續危機，衍生對政策反彈，與失業人口。	102~119 年政府總投入成本為 0.32 億元，產業投入 3 億元(生產商製程更新及產品認證驗證)，合計 3.32 億元。	104：1.02 109：2.72 114：4.42 119：6.12

項次	措施	規劃作法	預期困難	所需資源	預期節電成效 (億度)
		7%。 C. 115 年推動冷氣機 MEPS 較 100 年 MEPS 提升 14%。			
13	住商部門企業自願性節能與內部節能服務	A. 結合產業公協會、歷年簽署期滿之節能標竿企業、ESCO 公會共同參與住商部門企業自願性節能活動，宣示善盡企業節能責任，承諾每年達成總用電量 1% 之節能目標，可增加約 3,000 萬度之目標量。 B. 舉辦節能培訓課程，提供節能技術諮詢、內部節能診斷評估服務，協助申請節能績效保證示範專案，提高企業持續落實節能改善之意願。	A. 95 至 103 年已推動服務業便利商店、量販店等 15 類行業 203 家集團企業參與自願性節能簽署，惟相關產業公協會並未積極參與推動，故仍須積極宣導推動，以擴大整體服務業自願節能推動成效。 B. 歷年參與自願節能之集團企業已執行節能改善計畫多年，若無相關改善補助誘因，較難以要求企業提高年度節能改善目標。	104~105 年政府總投入成本為 0.2 億元(公會參與及提供節能技術輔導)；產業投入 3.6 億元(參與企業需增加節能改善相關成本，以投資可於 2 年內回收之設備為主)，預估 2 年共需投入 3.8 億元經費。	104：0.90 109：1.20 114：1.20 119：1.20
14	ISO50001 能源管理系統之推動	104 年及 105 年持續推動能源用戶導入 ISO50001，持續進行 PDCA 改善，提升用戶能源使用效率。	A. 能源大用戶投入節能設備改善之初設成本較高，容易影響廠商落實推動節能行動的意願。 B. 企業集團用戶的營業據點多屬中小型能源用戶，自主性推動節能改善的技術能力較為不足。	104-105 年，政府投入輔導成本及用戶內部執行成本合計約 1.76 億元。	104：0.10 109：0.10 114：0.10 119：0.10
15	淘汰水銀燈	自 104 年起推動「水銀路燈落日計畫」，協助各地方政府於 2016 年底將所轄 69.2 萬盞水銀路燈汰換為 LED 路燈。	無	二年合計成本約為 54.9 億元。	104：6.4 109：6.4 114：6.4 119：6.4

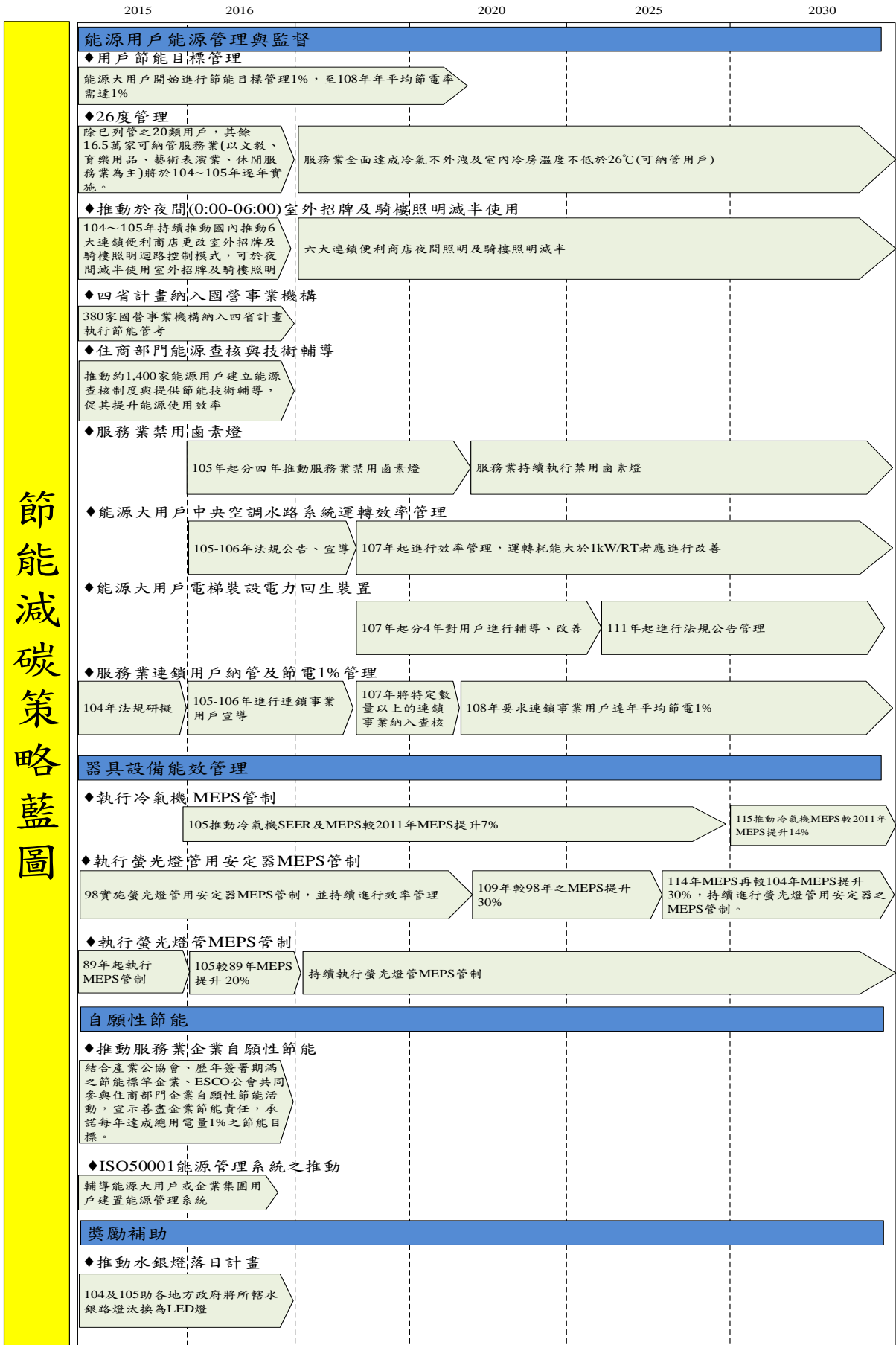


圖 6-3 節能減碳策略藍圖

第七章 結論

本專題報告主要為產業能效提升之回顧與展望，藉由國外節能措施盤點，檢討我國與先進國家推動差異，提出我國節能減碳發展之精進建言。內容以國內外節能措施、政策及技術盤點為主，目前已蒐集國內外產業節能策略、技術、海量資料應用及研究、ESCO 國外推動趨勢及我國現況等，並對我國節能潛力進行說明，最後再對策略藍圖提出建議，總結如下：

一、蒐集國內外產業節能策略盤點

藉由國外推動之經驗，提供我國節能措施推動與修正之參採，以我國近年來推動節能之情況，節能作法與推動方案採多方面進行，如：能源使用管理與監督、訂定設備最低能源效率標準、建築節能推廣、企業自願性節能、獎勵補助與低利貸款等之激勵政策，積極推動國內節約能源之成效；以目前國內推動措施而言，廣度已可與先進國家比擬，惟推動深度仍不足，就本報告蒐集內容，彙整以下結論與建議，提供我國未來加強推動節能策略之參採。

1. 目前我國非生產性質能源大用戶的用電量約占服務業用電量 30% 左右，對於單一營業據點用電量少但營業據點多的連鎖集團用戶卻無相關法規可管理，如便利商店、超市、3C 門市、…等，僅能仰賴推動自願性節能的方式以達到提升其能源使用效率之目的，未參加自願簽署的用戶則無法掌握能源使用情形。因此，建議可參採日本的管理方式，以建築物管理改為以企業管理模式，逐步將能源使用量超過特定規模的集團用戶納入管理，以集團總部管理方式納管，達到管理家數少、能源使用量占比高的效果，未來再透過節能目標管理的方式，輔導與提升住商部門之能源使用效率。
2. 我國自願性協議推動方式，主要是由政府直接推動集團企業訂定自願性節能目標，並輔導改善，而產業公協會並未參與推動，造成力有未逮，建議未來參考日本經濟團體連合會之作法，由產業公協會自主性發揮推動力量，推動相關產業共同節能減碳，而政府站在協助立場，提供節能技術與經驗，以共同促使產業提升能源使用效率。
3. 建議參考日本針對住宅與建築物之管理，擴大建築法規之管理範圍，將新建與大規模修繕之建築納入管制對象，要求符合建築管理規定及定期針對節能項目提出報告，並適時提供輔導與技術協助。
4. 建築節能於空調節能技術規範部分，在設計送審階段具有規範效果，但完工後之實際查驗證部分，仍有努力空間。針對新建建築物可推廣

節能認證制度，藉此可讓購買民眾可清楚了解建築物是否為節能建築，藉此可提高建築業者之銷售率及達到節能減碳之雙重效果。

5. 修訂能管人員資格，要求需在組織擔任要職，以有效推動企業節能。參採日本推動模式，制定兩種能管人員訓練模式，依規模大小要求設置所需能管員，課程內容增加實地觀摩與介紹，使現場管理人員更能了解設備運轉狀況與操作方式，據以研提改善計畫及訂定節能目標。亦可參考德國專業人員訓練制度，若專業能力不足時給予適當罰則、複訓未通過時取消該專業人員資格，以督促專業人員徹底推動節能工作。
6. 目前先進國家皆以零碳或低碳建築作為未來發展目標，我國亦由工研院結合產業界代表組成“零耗能建築技術發展聯盟”，但政府未制定詳細發展目標與期程，推動發展速度較為緩慢，應訂定執行目標並建立示範性建築逐步推廣，以有效推動我國建築物節能。此外，並建議推動住宅性能公開與建築節能評價認證，公布相關建築針對能源使用與節能相關之資訊，使消費者與使用者清楚明白該建築之性能，並衍伸至將建築物節能性能之“可視化”反映至房價上，以此方式增加民眾購買意願，也可刺激建築商提升建築節能技術與降低建築之能源消費。
7. 減碳政策並非只是單純的限制排碳量，更應建立一個合理的交易制度與價格機制，中國大陸與韓國之碳交易制度推動，讓企業在減碳之餘，亦能享受減碳之紅利，讓企業願意積極投入節能減排工作。而透過與國際間碳交易制度規範做接軌，將能更有效達到減量與碳交易之活化。
8. 參考先進國家的節能推廣經驗，目前其他國家所推動的設備供應端管理，如最低能效標準、高效率產品標示、能源效率分級制等，我國皆已實施，但管制設備項目不及先進國家多樣；建議未來除了定期檢視及修訂效率標準之外，也可參考先進國家所管制的產品項目，擴大管制範圍，如日本的 Top Runner 制度所納管的設備耗電量已占家庭耗電量 80%，且於 102 年更增加窗戶和隔熱材料等建材之標準，擴大住宅與建築物之節能成效。故建議逐步將住商部門耗能占比較大的設備列入規範，引進窗戶密封性與建材隔熱之要求，由供應端直接管制，以達提升能源使用效率之目的。
9. 我國的獎勵補助措施相對於其他國家而言項目較少，對於中小企業而言易形成資金壓力，未來可考慮在不影響政府的財政情況下，適度增加獎勵措施項目，以提高企業節能改善意願，擴大節能效益。
10. 我國可借鏡韓國綠色信用卡制度，藉以激勵並引導、提升民眾的綠色消費與綠色行為，而在民眾綠色消費與綠色行為的提升下，可推促並

帶動綠色供給與綠色生產，同時能落實綠色認證制度。另外，民眾在綠色信用卡制度擴散下，能強化並擴展其對環保的認知與重視。

二、節能新技術發展探討

產業界會為求生存與發展，尋求依照自身條件與價格、法規與標準、及誘因與獎勵等大環境，擬定節能目標與時程及落實之步驟與方法，而我國節能技術現有優勢的掌握、政府應當如何協助，及產業界該如何應用有限的資源，以能透過節能技術來提升製造業或服務業之能源使用效率，以下提出幾點總結與建議。

1. 我國對於新節能技術之推動，應掌握我國優勢，開創發展機會。舉例來說：(1)在物聯網智慧化控制方面，由於我國資通訊產業技術優勢，有極佳的發展機會，未來應該與智慧建築、智慧家庭控制整合，方可創造更多商機；(2)磁浮軸承及其相關技術為我國創造空調藍海產業能力的關鍵技術之一，未來重點在於成本下降，應持續深化設計與製造技術，以開創出優質的高效率離心機產業；(3)國內產業近年來發展熱泵技術已有小成，未來策略應推動走向多工複合熱泵空調系統；(4)開發智慧化照明燈具，應強調高值與利基應用，發展結合自動控制、感測通訊以及記憶功能之燈具，提高系統附加價值。
2. 國家資源應該更聚焦於業界需求，並加強落實至法人／學界之能源科技專案以及能源國家型計畫，避免學研單位主導研發之項目、目標及時程與產業需求脫節，忽略了國內企業面臨之實務困境。
3. 應針對業界使用之設備，發掘出操作與維護面之技術需求，例如智慧型監測、預警、控制等等。
4. 汰舊換新是立竿見影改善能源使用效率的選項之一，然而汰舊換新的焦點應該從元件擴大至系統。以馬達為例，更換馬達的節能潛力是2~5%，而馬達系統優化的節能潛力是20~30%。
5. 為加速推動國內發展區域能源整合，宜參考借鏡日本、新加坡等成功案例，透過妥善規劃區域能源政策，並同時提供經濟誘因，提供優惠貸款、便利融資、獎勵措施及政府採購，推廣區域能源關鍵技術，以及營造區域能源整合共識。
6. 宜法規、標準、誘因三者並重，除了行政主管機關採行的強制性規定與標準外，應好好研究如何配置資源以產生誘因，來引導企業投入節能工作。由於資源有限，此類誘因應該研究是否限制在經濟可行且節能成效大的項目，排除技術等級低、投資回收快的項目。
7. 建議研究現行研發及產業訓儲替代役制度，如何開放與鼓勵企業申請

適當人力從事節約能源相關工作；此外，也建議由單一單位集中資源負責所有之節能技術教育訓練相關事務，以收事半功倍之效。

三、海量資料應用

1. 參考國際研究與推動實例，建議未來可針對查核資料庫、台電資料庫及輔導資料庫做結合。目前我國已針對能源大用戶要求填報能源使用量、設備使用清單及相關基本資料，若未來可搭配即時資訊(瞬時用電、行為面蒐集與各種影響因子探討等)，並搭配輔導資料經驗建立邏輯，便可即時處理以判斷設備運轉合理性。
2. 海量資料儲存、提取與資訊判斷為成敗重要關鍵，且海量資料分析技術為跨專業領域合作，未來於規劃發展前需更加謹慎。
3. 整合行動資訊：行動設備日益普及，消費者也會用手機或平板裝置支付水電費、查詢帳單資訊，或在社群網站上詢問附近鄰里的停電資訊。電力公司可分析消費者在網路上的活動模式和意見，進而發展出更符合用戶需求之服務，並推動節能減碳措施。
4. 連結恆溫控制器資料：推廣家庭裝設恆溫控制器，如同智慧電表一樣，可以頻繁紀錄和傳輸用戶家中因調節溫度所耗用之電量，每一台一個月會產生好幾萬筆紀錄，善加利用的話，也有助於電力公司調節用電，並可鼓勵用戶改變用電習慣。
5. 強化我國 EICT 與資料分析之能力，且海量資料分析技術應用於能效提升上，為跨專業領域之合作，資源整合格外重要。
6. 我國目前較缺乏中小用戶之資料，唯其又是影響能源使用之重大關鍵，須盡早建立相關資料庫，因應未來缺電時之策略研擬。
7. 由過去研究經驗歸納，若未來促使中小用戶投入節能改善，以能源效率參考指標做努力，就約可降低服務業 2.5% 電力使用，若未來再搭配相關輔導、補助及宣導等方案影響，更能有效提高整體節電空間，降低服務業電力密集度。

四、ESCO 產業探討

1. 建議推動強制性節能政策以擴大 ESCO 產業發展:美國行政命令訂定公部門節能目標，以能源密集度應落實每年減少 3% 之目標，創造 ESCO 市場。另中國大陸推動萬家企業節能低碳行動實施方案，制訂排放量達 1 萬噸以上標準煤之工業及 5,000 噸以上標準煤之服務業減碳目標，都是值得借鏡的經驗。
2. 適時提供政策誘因:中國大陸獎勵透過合同能源管理減碳，獎勵金約為

240 元~300 元(人民幣)/標準煤，對 ESCO 產業發展起了催化作用。

3. 降低產業資金取得成本：融資取得成本為 ESCO 發展的關鑰因素。韓國及泰國均成立專責能源基金，以低於市場利率一半方式，提供 ESCO 產業低利貸款，皆為我國可以參考之經驗。
4. 創造稅務減免空間：德國能源節約條例提供房屋進行節能改善時投資稅務減免 20% 優惠。南韓政府根據例外課稅限制規章第 26 條，給予安裝或換置節能設備之用戶，可抵扣稅額 5%。
5. 公部門 ESCO 採購環境建置：美國 1992 年訂定「節能績效保證契約管理規則」，規範節能績效保證合約之適用範圍、合格廠商名單等重要事項，另南韓 1998 年修改政府採購法，准許政府機構和 ESCO 簽訂多年定期合約。在我國發展方面，目前已透過設定節電目標、建立採購標準契約及採購標準作業程序等，建構公部門節能市場，後續可透過辦理先期診斷及媒合會等方式，擴大 ESCO 業者與公部門合作，打造公有建築節能改善之機會。
6. 建置完整專案執程序：美、德、中、英、澳、泰等國家均針對公私部門引入 ESCO 之機制，建立完整之指引文件。
7. 目前國內已有第三方量測驗證機構協助 ESCO 進行節能成效確認，後續可透過引入民間查證機構等方式，擴大第三方執行能量。
8. 於電業自由化後，我國 ESCO 業者可採考德、英等作法，與售電業者建立策略結盟關係，由售電業者提供資金及潛在客戶開發、ESCO 業者提供節能改善及設備維護等方式，打造全新商業模式。

五、節能空間與推動藍圖

透過彙整國內相關研究，雖然因為評估方法、情境假設、技術應用及未來發展的看法不同，評估結果不僅差異很大，也難以比較，但仍可一窺我國產業節能潛在空間，以為訂定未來推動方向及擬具未來推動藍圖之參考。

1. 能源國家型科技第一期計畫結合國立台灣大學、財團法人中華經濟研究院及美商麥肯錫亞洲股份有限公司，運用麥肯錫公司的方法論暨全球資料庫與國內相關資料，進行「台灣溫室氣體減量成本曲線」建置，提出技術潛力的評估，所分析的工業部門中鋼鐵、石化、水泥、資訊科技及廢棄物處理等 5 個行業，至 2030 年平均溫室氣體減量超過 2 成，其中有 3 個行業能源效率提升帶動效果貢獻各行業減量達 4~5 成。
2. 工業技術研究院在能源局支持下，遵循 UK 2050 Calculator 架構，建立「臺灣 2050 能源供需情境模擬器 (Taiwan 2050 Calculator)」在積極

情境下，電子業至 2030 年有潛力節電 8 千多 GWh、鋼鐵及化材業各 1 千多 GWh，且後兩者同時有相當空間減少煤、油及天然氣用量。

3. 工研院 IEK 研究人員在與德國 Fraunhofer 系統與創新研究所交流下，評估國內水泥業至 2035 年有節電 3.5% 及節熱 7.4% 的技術潛力。
4. 臺灣綠色生產力基金會透過減碳成本曲線，推估服務業如果積極採用各項節電措施，假設在 2025 年 LED 占日光燈的比例達 6 成，且 LED 效率達 130 lm/W 左右，並假設 2020 年或最遲至 2025 年所有高效率設備的採用率達 100%，則有可能達成政府設定的 2020 年減碳目標。

最後再以服務業為例，建議其節能減碳策略藍圖能綜整能源用戶能源管理與監督、器具設備能效管理、自願性節能及獎勵補助等四大面向，提出政府相關節能計畫及未來所欲推行的措施，建議重點工作包括下列多項節能措施：「住商部門能源查核與技術輔導」、「四省計畫納入國營事業機構」、「能源大用戶節電目標管理」、「服務業禁用鹵素燈」、「服務業室內冷氣溫度限值（26°C）」、「推動於夜間(0:00~06:00)室外招牌及騎樓照明減半使用」、「中央空調水路系統運轉效率管理」、「推動服務能源大用戶裝設電梯電力回生裝置」、「推動服務業連鎖用戶納管及節電 1% 管理」、「執行螢光燈管用安定器 MEPS 管制」、「執行螢光燈管用安定器 MEPS 管制」、「執行冷氣機 MEPS 管理」、「住商部門企業自願性節能與內部節能服務」、「ISO50001 能源管理系統之推動」及「淘汰水銀燈」等等。

參考文獻

1. 工研院，減量成本曲線(Marginal Abatement Cost Curve, MACC)分析之 2025 年節電潛力，2012 年 5 月
2. 中華民國 103 年能源統計手冊，經濟部能源局，2015 年 5 月。
3. 日本省能政策概要／日本省能中心／2010
4. 日本省能手冊／日本省能中心／2010
5. 合格汽電共生系統行業別裝置容量統計，經濟部能源局網站（首頁>政府資訊公開>施政計畫、業務統計、研究報告），資料最近異動日期：2015 年 1 月 19 日。
6. 永續能源政策綱領／行政院／2008.6
7. 永續能源政策綱－節能減碳行動方案／行政院／2008.9
8. 我國合同能源管理發展趨勢／中國建設銀行／2013.3
9. 研究機構能源科技專案 103 年度執行報告「工業部門能源查核與節能減碳輔導計畫（第 2 年度）」，財團法人工業技術研究院，2015 年 1 月。
10. 研究機構能源科技專案 103 年度「工業節能決策支援與能源查核輔導計畫(1/3)」統計資料，財團法人工業技術研究院，2014 年 1 月。
11. 研究機構能源科技專案 102 年度執行報告「高效率馬達工業動力設備能源效率驗證與推廣計畫（第四年度）」，財團法人工業技術研究院，2014 年 2 月。
12. 研究機構能源科技專案 102 年度執行報告「高效率壓縮空氣乾燥設備開發計畫」，財團法人工業技術研究院，2014 年 1 月。
13. 研究機構能源科技專案 102 年度執行報告「低溫熱電系統及廢熱回收技術計畫」，財團法人工業技術研究院，2013 年 12 月。
14. 研究機構能源科技專案 102 年度執行報告「固態熱電發電系統開發與應用計畫」，財團法人工業技術研究院，2014 年 1 月。
15. 研究機構能源科技專案 102 年度執行報告「能源智慧網路與節能控制之關鍵技術開發計畫」，財團法人工業技術研究院，2014 年 3 月。
16. 研究機構能源科技專案「耗能產業能源效率指標之建立與輔導計畫（第三年度）」統計資料。
17. 研究機構能源科技專案 103 年度執行報告，"高效率離心機與磁浮軸承驅控技術開發計畫"，計畫編號-103-E0204，2014 年 12 月。
18. 高效率電動機示範推廣補助作業要點，經濟部公告修正，經能字第 10403807600 號，2015 年 4 月 13 日。
19. 能源國家型科技計畫第一期程總成果手冊，能源國家型科技計畫辦公室／國立台灣大學能源研究中心，2013 年 11 月 18 日。
20. 第二期能源國家型科技計畫總體規劃報告書（核定版），行政院國家科學委員會，2013 年 11 月。
21. 指定能源用戶使用蒸汽鍋爐應遵行之節約能源規定，經濟部公告，經能字第 10304603580 號，2012 年 3 月 22 日。

22. 水泥製造業應遵行之節約能源與能源效率指標規定，經濟部公告，經能字第 10104606260 號，2012 年 9 月 24 日。
23. 鋼鐵製造業應遵行之節約能源及使用能源效率規定，經濟部公告，經能字第 10204604950 號，2013 年 9 月 13 日。
24. 造紙業應遵行之節約能源及使用能源效率規定，經濟部公告，經能字第 10204606460 號，2013 年 11 月 15 日。
25. 石化業節約能源及使用能源效率規定，經濟部公告，經能字第 10304603450 號，2014 年 7 月 29 日。
26. 電子業節約能源及使用能源效率規定，經濟部公告，經能字第 10404601080 號，2015 年 3 月 4 日。
27. 低壓三相鼠籠型感應電動機（含安裝於特定設備之一部者）能源效率基準、效率標示及檢查方式，經濟部公告修正，經能字第 10304606310 號，2014 年 12 月 22 日。
28. 鍋爐效率標準，經濟部公告，經(九〇)能字第〇九〇〇四六一八九八〇號，2001 年 9 月 12 日。
29. 國內外溫室氣體最新減量技術應用及案例分析追蹤專案計畫，行政院環境保護署計畫編號：EPA-100-FA12-03-A132，中華經濟研究院，2012 年 2 月。
30. 國家節能減碳總計畫／行政院節能減碳推動會／2010.5
31. 溫室氣體減量技術及成本應用評估與案例分析追蹤計畫，行政院環境保護署計畫編號：EPA-100-FA12-03-A132，中華經濟研究院，2013 年 3 月。
32. 智慧綠建築推動方案／行政院／2010.12
33. 經濟部能源科技研究發展計畫 100 年度執行報告「高效率馬達工業動力設備能源效率驗證與推廣計畫（第二年度）」，財團法人工業技術研究院，2012 年 2 月。
34. 經濟部能源科技研究發展計畫全程執行總報告，” 高效率小型空調設備技術開發及應用推廣計畫”，計畫編號-97-D0232，2009 年 2 月。
35. 經濟部能源科技研究發展計畫全程執行總報告，"變頻控制與天然冷媒應用關鍵技術開發計畫"，計畫編號-101D0302，2013 年 2 月。
36. 經濟部，“綠能產業躍升計畫計畫書核定版”，2014。
37. 軸流式風機節能標章能源效率基準與標示方法，節能標章網站（首頁>申辦標章>能源效率基準）
<http://www.energylabel.org.tw/applying/efficiency/list.asp>。
38. 離心式風機節能標章能源效率基準與標示方法，節能標章網站（首頁>申辦標章>能源效率基準）
<http://www.energylabel.org.tw/applying/efficiency/list.asp>。
39. 節能減碳服務團資訊交流平台 2014 年全年統計資料。
40. 節能減排-可持續發展的必經之路／日本省能中心／2008
41. 臺灣溫室氣體減量進程與綠色產業發展政策之基礎研究報告，行政院國家科學委員會能源國家型科技計畫，2011 年。
42. 臺灣 2050 能源供需情境模擬器 - EXCEL 核心模型 Version 3.1(released in Jun 2015)，<http://my2050.twenergy.org.tw>。
43. 韓國「第一期國家能源基本計畫」（2008 年～2030 年）／工研院產經中心編

44. 「關於加快推行合同能源管理促進節能服務產業發展的意見的通知」／中國大陸發展改革委、財政部、人民銀行、稅務總局／2010年4月2日。
45. 朱証達等，”建構臺灣 2050 能源供需情境模擬器，”臺灣能源期刊，第 1 卷，第 1 期，第 17-34 頁，2013 年 11 月。
46. 朱証達等，”整合臺灣能源供需情境模擬之溫室氣體減量成本分析，”臺灣能源期刊，第 1 卷，第 5 期，第 551-573 頁，2014 年 12 月。
47. 李麗玲等，104 年度經濟部研究機構能源科技專案，“LED 照明與系統節能研發計畫期中報告”，2015。
48. 李麗玲等，104 年度經濟部研究機構能源科技專案，“LED 照明與系統節能研發計畫執行細部計畫書”，2014。
49. 陳世溥等，105 年度經濟部研究機構能源科技專案，“高效率有機固態照明關鍵技術開發計畫構想書”，2015。
50. 陳朝斌、黃博怡、曾桂蓮、王麗玲、林雯賢（2011），「能源技術服務產業（ESCOs）發展與融資問題探討」，《中小企業發展季刊》，20 期，頁 81-98。
51. 黃韻勳與張憶琳，以能源效率模型評估我國水泥業的製程節能潛力，臺灣能源期刊，第二卷，第二期，第 227-242 頁，2015 年 6 月。
52. 胡世忠(2013)，「雲端時代的殺手級應用-海量資料分析」，《天下雜誌》，天下財經 233
53. 車品覺(2014)，「大數據的關鍵思考」，《天下雜誌》，天下財經 274
54. 城田真琴(2013)，「Big Data 大數據的獲利模式」，《經濟新潮社》，經營管理 109
55. 95 年工商及服務業普查報告，第 1 卷 總報告，行政院主計處，中華民國 97 年 12 月。
56. 100 年工商及服務業普查報告 總報告，行政院主計處，中華民國 102 年 12 月。
57. 102 年工廠校正暨營運調查報告，經濟部統計處，中華民國 104 年 3 月。
58. 2014 年能源平衡表，經濟部能源局，2015 年 5 月 12 日更新。
59. Asia Pacific Energy Research Centre (2011), “Compendium of Energy Efficiency Policies of APEC Economies 2010,” <http://www.ieej.or.jp/aperc/CEEP2010.html>.
60. Anke S. M.(2010), “Procurement & Financing of Energy Efficiency Projects in Public Facilities in Armenia,”
61. Argimón, I., J. M. González-Páramo and J. M. Roldán (1997), “Evidence of Public Spending Crowding-out from a Panel of OECD Countries,” Applied Economics 29: pp.1001-1010.
62. A Survey of the US ESCO industry(2011), “Market Growth and Development from 2008 to 2011”.
63. Amir Kavousian et al.(2012), “A Method to Analyze Large Data Sets of Residential Electricity Consumption to Inform Data-Driven Energy Efficiency,”
64. *Analysis of energy saving potentials in selected EU countries based on a sectorial best-practise approach*, Danish Energy Association, 2014.

65. Angelica Marino et al., Energy Service Companies Market in Europe, p. 30; Joint Research Centre, The European ESCO Market Report 2013(Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014), p. 86.
66. APEC Energy Working Group, Final Report: APEC Cooperative Energy Efficiency Design for Sustainability, Phase 4, June 2013, http://aperc.iecej.or.jp/file/2014/1/27/2013_ewg_CCEEDS_rpt.pdf.
67. Atsushi Fukuda, “Energy Conservation Policies of Japan,” IEA Heat Pump Program Workshop, November 13, 2013.
68. Attachment 3: Roadmap and Other Items Pertaining to Each Item of Technology. (參考資料 44 之附件三)
69. Bruno Lapillonne, Karine Pollier and Nehir Samci, “Energy Efficiency Trends in Industry in the EU,”Enerdata, May 2015.
70. “Cement Technology Roadmap 2009, Carbon emissions reductions up to 2050,” OECD/IEA and The World Business Council for Sustainable Development, 2009.
71. Dan York, Maggie Molina, Max Neubauer, Seth Nowak, Steven Nadel, Anna Chittum, Neal Elliott, Kate Farley, Ben Foster, Harvey Sachs, and Patti Witte, “Frontiers of Energy Efficiency: Next Generation Programs Reach for High Energy Savings,” American Council for an Energy-Efficient Economy, January 2013.
72. Daniel Young et al.(2014), “Leveraging Big Data to Develop Next Generation Demand Side Management Programs and Energy Regulations,”
73. Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base, Enerdata, March 2011.
74. DOE , “Solid-State Lighting Research and Development Multi-Year Program Plan” , 2015.
75. Dreessen, T. (2001), “Fundamentals of Financing Performance Contracting Projects,” pp.2-22.
76. “Energy Efficiency and CO₂ Reduction in the Cement Industry,” Strategic Energy Technologies Information System (SETIS), European Commission, 2013.
77. “Energy Efficiency and CO₂ Reduction in the Iron and Steel Industry,” Strategic Energy Technologies Information System (SETIS), European Commission, 2013.
78. “Energy Efficiency and CO₂ Reduction in the Pulp and Paper Industry,” Strategic Energy Technologies Information System (SETIS), European Commission, 2013.
79. “Energy Efficiency Policy Recommendations,” OECD/IEA, 2008.
80. Energy Star (2011), “2011 Federal Tax Credits for Consumer Energy Efficiency,” http://www.energystar.gov/index.cfm?c=tax_credits.tx_index.
81. *Energy Technology Perspectives 2010 - Scenarios & Strategies to 2050*, OECD/IEA, 2010.
82. Energy Use in the New Millennium Trend in IEA Countries / IEA / 2007
83. Ethan A. Rogers, R. Neal Elliott, Anna Chittum, Casey Bell, and Terry Sullivan, “Introduction to U.S. Policies to Improve Industrial Efficiency,” American Council for an Energy-Efficient Economy, July 2013.
84. European Commission, Energy Efficiency -Energy Efficiency Directive, http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm(accessed on May 21, 2014).

85. Field Demonstration of Prototype Super Boiler, PIER Final Project Report, Gas Technology Institute, March 2011.
86. *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 2012.
87. *Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking, An Energy Policy Tool, Working Paper*, United Nations Industrial Development Organization, November 2010.
88. Hansen S. J.(2009) , “ESCOs Around the World: Lessons Learned in 49 Countries”, Lilburn: The Fairmont Press.
89. <http://data.worldbank.org/indicator>
90. <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> 1) Ceramic Manufacturing Industry, 2) Common Waste Water and Waste Gas Treatment/ Management Systems in the Chemical Sector, 3) Emissions from Storage, 4) Energy Efficiency, 5) Ferrous Metals Processing Industry, 6) Food, Drink and Milk Industries, 7) Industrial Cooling Systems, 8) Intensive Rearing of Poultry and Pigs, 9) Iron and Steel Production, 10) Large Combustion Plants, 11) Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilisers, 12) Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others Industry, 13) Large Volume Organic Chemical Industry, 14) Management of Tailings and Waste-rock in Mining Activities, 15) Manufacture of Glass, 16) Manufacture of Organic Fine Chemicals, 17) Non-ferrous Metals Industries, 18) Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide, 19) Production of Chlor-alkali, 20) Production of Polymers, 21) Production of Pulp, Paper and Board, 22) Production of Speciality Inorganic Chemicals, 23) Refining of Mineral Oil and Gas, 24) Slaughterhouses and Animals By-products Industries, 25) Smitheries and Foundries Industry, 26) Surface Treatment of Metals and Plastics, 27) Surface Treatment Using Organic Solvents, 28) Tanning of Hides and Skins, 29) Textiles Industry, 30) Waste Incineration, 31) Waste Treatment, 32) Wood-based Panels Production, 33) Wood and Wood Products Preservation with Chemicals.
91. <http://energy.gov/downloads/qtr-webinar-chapter-8-industry-and-manufacturing>
92. <http://energy.gov/eere/amo/downloads/amo-peer-review-may-28-29-2015-0>
93. <https://setis.ec.europa.eu/energy-research/country/japan>
94. <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-decarbonisation-and-energy-efficiency-roadmaps-to-2050>
95. http://www.ulcos.org/en/about_ulcos/home.php
96. *Inputs to the Energy Savings Initiative modelling from the Industrial Energy Efficiency Data Analysis*, Commonwealth of Australia (Department of Resources, Energy and Tourism,) July 2012.
97. Joe Cresko and Dev Shenoy, “QTR Chapter 8 - Increasing Efficiency and Effectiveness of Industry and Manufacturing,” 2015 Quadrennial Technology Review Ch. 8 Webinar, Feb. 11, 2015.
98. Joint Research Centre, The European ESCO Market Report 2013, (Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014), p. 78.
99. Joint Research Centre, The European ESCO Market Report 2013, p. 81.
100. Lee Schipper and Reinhard Haas, “The political relevance of energy and CO₂

- indicators - An introduction,” *Energy Policy*, Vol. 25, Nos. 7-9, pp. 639-649, 1997.
101. Liang, C.Y, D.W. Jorgenson, (2003), "Effect of Energy Tax on CO2 Emission and Economic Development of Taiwan, 1999-2020", Robert Mendelsohn, Daigee Shaw and Ching-Cheng Chang (eds.), *Global Warming in the Asian Pacific*, Edward Edgar Publishing Co.
 102. London Energy Partnership, *Making ESCOs Work: Guidance and Advice on Setting Up & Delivering an ESCO*(London: London Energy Partnership, 2007).
 103. M. Najafi, *Fault Detection and Diagnosis in Building HVAC Systems*, A dissertation of Mechanical Engineering, University of California, Berkeley, 2010
 104. Mark Johnson, “AMO Overview: Peer Review 2015 Opening / Welcome,” Washington, DC, May 28, 2015.
 105. Masahide Shima, “NEDO’s Energy Conservation Activities,” September 2, 2013.
 106. Matthew J. Hannon et al., “The Co-Evolutionary Relationship between Energy Service Companies and the UK Energy System: Implications for a Low-Carbon Transition,” *Energy Policy*, Vol.61(October 2013),p. 1032.
 107. Max Neubauer, *Cracking the TEAPOT: Technical, Economic, and Achievable Energy Efficiency Potential Studies*, August 2014.
 108. Michael Suhr, Gabriele Klein, Ioanna Kourti, Miguel Rodrigo Gonzalo, Germán Giner Santonja, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho, *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*, European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission, 2015.
 109. Ministry of Energy, “, Thailand 20-Year Energy Efficiency Development Plan (2011 -2030),” http://www.asialeds.org/sites/default/files/resource/file/EEDP_Eng.pdf
 110. Ministry of the Environmental, Minister of Economy, Trade and Industry, and Ministry of international Affairs and Communications(2011), “家電エコポイント制度とは,” <http://eco-points.jp/whats/index.html>.
 111. *Motor Systems Efficiency Supply Curves*, United Nations Industrial Development Organization, December 2010.
 112. National Action Plan for Energy Efficiency, July 2006.
 113. National Energy Efficiency Action Plan (EEAP) of the Federal Republic of Germany / Federal Ministry of Economics and Technology / 2007
 114. NEDO Project Successful Stories, 2014, New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), September 2014.
 115. New Low Carbon Technology Plan, Council for Science and Technology Policy, Cabinet Office, Japan, September 13, 2013. (Council for Science and Technology Policy 後來改為 Council for Science, Technology and Innovation)
 116. Pascal Barthe, Michel Chaugny, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho, *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas*, European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission, 2015.
 117. Pathways to a Low-Carbon Economy-Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve / Mckinsey / 2009.

118. Philip Mosenthal and Jeffrey Loiter, *National Action Plan for Energy Efficiency (2007). Guide for Conducting Energy Efficiency Potential Studies*, November 2007.
119. Pierre Langlois and Shirley J. Hansen, *World ESCO Outlook*(Georgia: Fairmont Press, 2012), pp.206-207.
120. Report on the First Quadrennial Technology Review, U.S. Department of Energy, September 2011.
121. REPORT TO THE PRESIDENT ON ENSURING AMERICAN LEADERSHIP IN ADVANCED MANUFACTURING, Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology, June, 2011.
122. Sébastien Houde et al.(2012), “Real-time Feedback and Electricity Consumption- A Field Experiment Assessing the Potential for Savings and Persistence,”
123. Smaeil Mousavi, Sami Kara, Bernard Kornfeld, Energy Efficiency of Compressed Air Systems, *Procedia CIRP* 15 (2014) 313 – 318.
124. Stephane de la Rue du Can, Jayant Sathaye, Lynn Price, and Michael McNeil, Energy Efficiency Indicators Methodology Booklet, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, May 2010.
125. Steven Nadel, Anna Monis Shipley, and R. Neal Elliott, “The Technical, Economic, and Achievable Potential for Energy Efficiency in the United States: A Meta-Analysis of Recent Studies,” Presentation at the 2004 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. Washington, DC.
126. Super Boiler First Generation, Ultra-High Efficiency Firetube Boiler, Industrial Technologies Program, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, June 2006.
127. Super Boiler 2nd Generation Technology for Watertube Boilers, DOE Contract DE-FG36-05GO15189 Final Report, Gas Technology Institute, March 31, 2012.
128. *Technical Report, Energy Efficiency Potentials and Barriers for Realization in the Industry Sector*, Energy Efficiency Technologies ANNEX I, WEC Knowledge Network, July 2013.
129. *Technology Roadmap - Energy and GHG Reductions in the Chemical Industry via Catalytic Processes*, IEA, 2013.
130. The Energy Conservation Centre, Japan (2010), “Japan Energy Conservation Handbook,” <http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/databook/index.html>.
131. The Energy Conservation Center, Japan (2010), “Top Runner,” http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/top_runner/index.html.
132. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions, OECD/IEA, 2007.
133. 2008 Building energy efficiency standards for residential and nonresidential buildings /california energy commission /2008.04
134. “25 Energy Efficiency Policy Recommendations 2011 Update,” OECD/IEA, 2011.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

產業能效提昇之回顧與展望 / 余騰耀主編. -

臺北市：中技社，民104.12

151面；21 X 29.7公分

ISBN 978-986-92691-1-7(平裝)

1. 能源政策 2. 能源技術 3. 能源節約

400.15

104028997

版權聲明© 財團法人中技社

本手冊用於教育或非營利目的時，得在未取得原版權所有人允許下複製全部或部分內容，唯須註明出處。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本手冊做為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止使用或轉售本手冊於其他商業用途。

免責聲明

本出版品所提及的實體名稱和資料之表示，並不代表財團法人中技社的觀點：包括不同國家、領土、城市或區域的法律地位及其地位的權威性，以及國與國之間邊界和臨界的界定。此外，文中觀點與所提及的貿易名稱或商業程序，並不代表財團法人中技社的觀點或政策。



財團
法人 **中技社**

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製