

臺灣能源大用戶節能投資影響因子實證分析

李堅明^{1*} 劉珈亨² 黃啟峰³ 林杏秋⁴ 林煒峻⁵

摘要

節能已成為全球因應氣候變遷的最優先策略，然而，能源矛盾(energy paradox)及回收期(pay back)將是影響節能投資與節能潛力的主要關鍵因子。本研究利用2012年臺灣能源查核資料，篩選出857家廠商資料，並依據研究目的，設計四項實證命題，進行節能投資及節能潛力檢定。獲得本研究主要學術與實務貢獻包括：(1)邊際節能成本(marginal cost)為5,138元新臺幣/KLOE (Kilo Liter Oil Equivalent, KLOE)，可作為界定我國能源密集產業節能潛力之參考依據；(2)回收年限愈低，廠商節能投資誘因(或意願)愈高；(3)廠商規模(產值與員工數)會影響企業節能投資誘因，隱含不存在「組織龐大之能源矛盾(energy paradox)現象」；(4)電力占比愈來愈高，電力成本負擔愈來愈重，提高廠商節能投資誘因。

關鍵詞：工業部門、能源查核、節能投資、節能潛力

JEL分類代號：Q21, Q25, Q28

1. 前言

能源是產業部門的重要生產投入，面臨全球暖化(global warming)與氣候變遷(climate change)減碳壓力下，將衝擊產業價值鏈(value chain) (Busch and Hoffmann, 2007)與碳風險(carbon risk) (Hoffmann and Busch, 2008)¹。因此，提高能源效率(energy efficiency)，已成為降低產業碳風險與低碳轉型的「無悔策略」策略(no regret strategy)。依據IEA (2013)的保守

估計，2011年全球能源效率投資總額，已達到3,000億美元規模，能源效率儼然已成為新興市場。然而，隨著國際能源價格持續攀升，能源成本將成為影響產業競爭力的關鍵因子。依據聯合國工業發展組織(United Nations Industrial Development Organization, UNIDO, 2010)的研究發現，工業化國家的平均能源成本約占總成本的10%-20%²，已成為企業永續經營的重要課題³。能源成本占比提高，能源密集(energy intensity)產業將首當其衝(International Energy

¹ 國立臺北大學自然資源與環境管理研究所副教授兼所長

² 國立臺北大學自然資源與環境管理研究所碩士生

³ 工業技術研究院綠能與環境研究所資深研究員

⁴ 工研院綠能所管理師

⁵ 工研院綠能所工程師

*通訊作者, 電話: 02-25024654#27742, E-mail: cmlee@mail.ntpu.edu.tw

收到日期: 2015年01月06日

修正日期: 2015年05月06日

接受日期: 2015年05月20日

¹ Hoffmann and Busch (2008)定義四項碳績效指標，包括：(1) 碳密集度(carbon intensity)：反映企業活動之碳使用量；(2) 碳依賴度(carbon dependency)：反映在一定期間內，企業碳使用量(或績效)的變化情況；(3) 碳曝險(carbon exposure)：反映企業整體碳使用轉換為貨幣價值的部位；(4) 碳風險(carbon risk)：反映企業在特定期間，碳暴險部位的變化。

² 臺灣能源密集產業的平均能源成本占比則約為15%，與國際經驗相符合(李堅明等，2013)。

³ UNIDO (2010)全球製造業的能源成本約為1兆美元/年，其中，工業化國家約占45%；開發中國家約占55%。

Agency, IEA, 2013)⁴，依據UNIDO (2011)的研究指出，能源密集度與產業競爭力呈負相關⁵。綜合上述，瞭解產業節能投資影響因子與障礙，及節能潛力，已成為各國政府擬定節能政策的參考依據。

由於節能投資是提升能源效率的最關鍵因子，然而，產業技術差異，其節能投資的邊際節能成本為何？將攸關產業節能誘因與意願，也是瞭解臺灣工業部門節能誘因與潛力的參考依據。Jaffe and Stavins (1994)最早提出「能源矛盾」(energy paradox)現象⁶，引起後續許多文獻的討論(詳見表1)。Gillinggam *et al.* (2009)歸納市場失靈(market failure)與行為失靈(behavior failure)是造成能源矛盾的主因，前者包括資訊不足與昂貴(Jaffe and Stavins, 1994；Tonn and

Martin, 2000；Kounetas *et al.*, 2011)、資訊不對稱(或代理人問題) (Jaffe and Stavins, 1994)、能源價格偏低(Sutherland, 1991)⁷、資本市場的流動性限制(liquidity constraint) (Blumstein *et al.*, 1980)及投資創新為公共財(Gillinggam *et al.*, 2009)等問題；後者則包括金蛋效果(golden eggs effect) (Laibson, 1997；Greene, 2010)；未來能源價格與政策不確定性(De Groot *et al.*, 2001)；公司組織龐大與員工素質不佳之障礙(Zilahy, 2004；Sardianou, 2008)及有限理性(bounded rationality) (Harris *et al.*, 2000)等問題。綜合上述文獻討論可知，節能績效不佳，可能來自經濟個體的行為失靈，也可能是經濟個體的最適化行為所誘發。因此，釐清上述原因，將是研擬適當能源效率提升政策的重要依據。

表1 能源矛盾原因與文獻彙整

成因	內容
市場失靈	1. 能源市場失靈：沒有反映能源消費之環境外部性及能源安全(Sutherland, 1991)。 2. 資本市場失靈：流動性限制(融資問題) (Blumstein <i>et al.</i> , 1980)。 3. 創新市場失靈：R&D及「做中學」(learning by doing)外溢效果(知識為公共財之問題) (Gillinggam <i>et al.</i> , 2009)。 4. 資訊問題：資訊不足、不對稱及「主事者與代理人」(principal agent)問題(Jaffe and Stavins, 1994；Tonn and Martin, 2000)。
行為失靈	1. 金蛋效果(Laibson, 1997；Greene, 2010)。 2. 展望理論(或靜態預期)：以現狀作為決策參考依據(Gillinggam <i>et al.</i> , 2009)。 3. 有限理性：有限資訊做決策(Harris <i>et al.</i> , 2000)。 4. 啟發決策：以當前能源價格計算能源效率投資計畫的回收期(payback)，而不是以未來的能源價格計算回收期，作為能源效率投資計畫決策參考。(Gillinggam <i>et al.</i> , 2009)。
不確定性障礙	1. 未來能源價格不確定(Zilahy, 2004)。 2. 未來政策不確定(De Groot <i>et al.</i> , 2001)。
其他障礙	1. 能源效率措施若不符合預期效果(DeCanio, 1998)。 2. 投資失敗風險大或缺乏相關誘因(Chen and Clark, 1994)。 3. 重於短期效益(Zilahy, 2004)。 4. 企業龐大，形成組織障礙(Zilahy, 2004)。

資料來源：本研究整理

⁴ 依據IEA (2013)的分析，美國的頁岩氣革命，導致能源成本大幅降低，未來不但是能源出口國，也會提高美國能源密集產品的出口量；反之，歐盟與日本將成為主要能源密集產業的進口國。

⁵ 能源密集度係指產業創造一單位附加價值(value added)，須要投入的能源量，簡言之，即是能源量除以附加價值，其倒數即稱為能源生產力，因此，能源密集度愈低，代表能源效率愈高。依據UNIDO (2011)依據工業部門能源密集度指標，指出臺灣工業競爭力名列全球第11名。前10名國家分別為新加坡、美國、日本、德國、中國大陸、瑞士、韓國、愛爾蘭、芬蘭及比利時，臺灣則名列第11名。

⁶ 意指經濟個體會拒絕或延遲一個具成本效益的節能投資計畫的不合理現象。

⁷ Sutherland (1991)指出，消費者面對偏低之能源價格，或能源成本負擔較低於，將降低消費者節約能源誘因。

由於臺灣能源密集產業均屬較大規模企業，因此，檢視臺灣能源密集產業是否存在組織障礙，亦是推動能源密集產業節能投資的核心課題。電力化已成為工業部門發展趨勢，因此，掌握電力化程度與節能投資誘因與潛力之關係，及效果為何？亦是本研究的評估重點之一。回收期(payback period)亦是影響節能投資的關鍵因子，依據李堅明等(2013)的調查顯示，臺灣能源密集產業的節能投資，平均回收期兩年以下的最多，圖1顯示，其中，製程與馬達的回收期相對較短，是最受偏好的節能投資項目。因此，瞭解臺灣工業部門的節能投資與回收期之關係，亦是政府研擬工業部門節能政策的重要參考。

臺灣政府為瞭解製造業部門節能投資與節能潛力，已推動多年的能源查核(energy audit)制度。本研究以2012年申報完成約三千家能源大用戶的能源查核資料，進行能源投資與節能績效實證分析。同時，為有效掌握評估結果之政策意含，本研究依據前文分析，界定四大實證課題：(1) 節能投資誘因(或意願)與節能績效之關係；(2) 節能投資與回收年限之關係；(3) 廠商規模與節能投資誘因(或意願)及節能績效之關係；(4) 節能投資、節能量與能源使用型態

及電力化程度之關係，進行檢定。由於上述問題，國內外文獻較缺乏實證分析資料，因此，期望透過上述命題檢視，瞭解影響廠商節能投資與績效現狀與關鍵性影響因子，提供政府施政之參考。

2. 臺灣能源密集產業發展與能源消費現狀分析

(1) 臺灣能源密集產業經濟發展現狀

臺灣六大能源密集產業近八年(2005至2012年)之實質生產毛額變化趨勢，詳見表2。由表2可以看出，臺灣金屬基本工業、化材業、電子電機業均呈現增加趨勢，其中，電子電機業的實質生產毛額最高，成為臺灣經濟發展的最重要支撐力量。然而，造紙業與紡織業則呈現下降的趨勢，顯示上開兩產業之市場呈現萎縮及競爭力衰退現象，易言之，已產生產業替代問題。

(2) 臺灣能源密集產業能源消費現狀

臺灣六大能源密集產業近八年(2005至2012)之能源消費變化趨勢，詳見表3。由表3

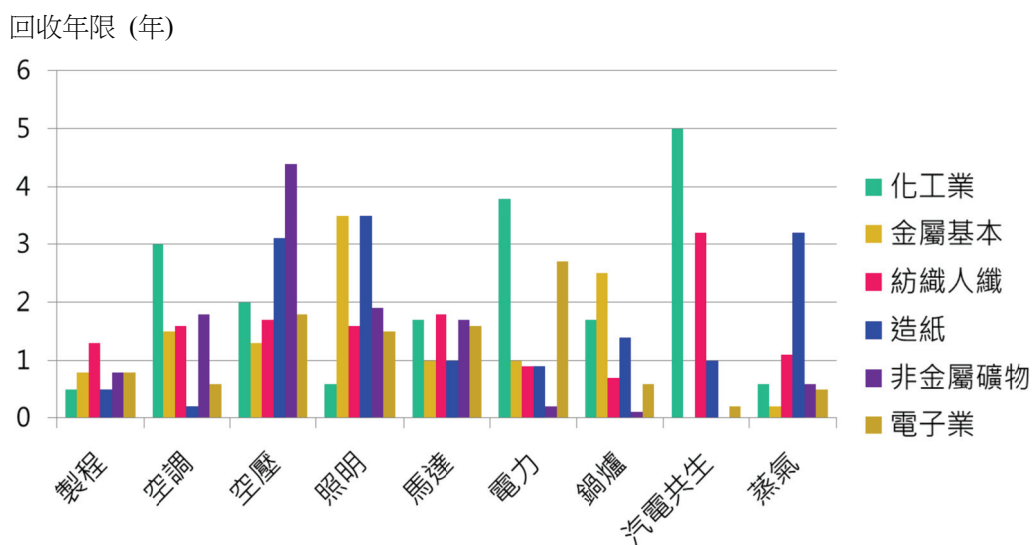


圖1 臺灣能源密集產業(2011年)節能投資回收年限比較
資料來源：李堅明等(2013)

表2 臺灣六大能源密集產業歷年(2005-2012)實質生產毛額變化趨勢

單位：百萬元新臺幣(2006年價格)

年份	金屬基本工業	化材業	造紙業	非金屬礦物業	紡織成衣業	電子電機業
2005	188,837	179,035	42,856	72,774	108,388	1,228,874
2006	207,244	188,594	42,509	74,440	105,515	1,479,458
2007	213,317	215,108	44,169	71,905	105,084	1,733,613
2008	206,263	196,517	40,693	69,700	95,584	1,874,674
2009	189,097	213,113	37,769	59,457	83,203	1,878,085
2010	240,663	236,718	40,020	80,587	96,589	2,437,479
2011	237,130	218,040	37,717	88,256	91,732	2,692,001
2012	230,670	240,372	38,767	84,230	87,224	2,828,086

1. 石化業含：CI.石油及煤製品製造業、CJ.化學材料製造業、CK.化學製品製造業、CL.藥品製造業、CM.橡膠製品製造業、CN.塑膠製品製造業，其範圍太廣，建議採用CJ.化學材料製造業(製程從石油腦至乙烯、丙烯、…等化學基本原料生產)(能源局採用)。

2. 能源局能源消費統計之紡織業含紡織業與成衣業。

資料來源：主計處國內各業生產毛額(2013)。

可以看出，臺灣金屬基本工業、化材業及電子電機業均呈現增加趨勢；非金屬礦物呈現持平現象；然而，造紙業與紡織業則呈現下降的趨勢。以2012年為例，化材業是臺灣最主要的能源消費產業，其次是電子電機業與金屬基本業。至於電子電機業，則是以電力消費為主要的能源消費型態，與其他能源密集產業的能源消費型態，呈現顯著差異性。

本研究的實證資料，主要來自經濟部能源局之2013年製造業能源大用戶約3,000家申報資料，然而，為符合研究模型設計所需，篩選出有效樣本857家。廠商能源投資與節能相關資料，彙整如表4所示。表4相關資料說明如下：

(1) 節能投資金額

所篩選出能源大用戶2012年度節能投資總額合計為4,850百萬元新臺幣，詳見圖2，其中，化學材料業的總節能投資金額最高，為2,026.4百萬元新臺幣，約占整體產業總投資

3. 基本資料分析

表3 臺灣六大能源密集產業歷年(2005-2012)能源消費變化趨勢

單位：10³ KLOE

年份	金屬基本工業	化材業	造紙業	非金屬礦物業	紡織成衣業	電子電機業
2005	5,697.1	10,370.2	1,570.1	3,616.6	3,009.8	6,474.4
2006	6,027.5	11,149.9	1,542.4	3,667.1	2,766.8	7,073.4
2007	6,029.8	12,481.1	1,537.6	3,518.4	2,628.3	7,617.6
2008	5,749.7	11,429.6	1,432.6	3,370.2	2,317.3	8,068.8
2009	4,980.7	11,195.2	1,318.1	2,954.6	2,010.1	7,682.1
2010	6,156.8	12,175.0	1,393.8	3,209.2	2,110.1	8,644.1
2011	6,481.6	11,820.1	1,449.8	3,625.8	1,942.4	9,156.9
2012	6,222.3	11,585.5	1,456.3	3,492.0	1,829.7	9,342.3

資料來源：經濟部能源局(2013)

表4 能源密集產業基本資料彙整表

產業別	樣本數 (家)	節能投資		節能量		單位節能成本 (千元/KLOE)	平均雇員數 (人)
		平均(千元)	標準差	平均(KLOE)	標準差		
化學材料	185	11,013	67,508	288	1,192	38.2	252
電子電機	169	2,035	6,520	80	182	25.5	653
紡織	96	2,688	9,242	145	258	18.6	190
食品	80	3,247	9,429	50	79	6.5	220
金屬基本	70	19,149	112,877	284	994	67.5	390
非金屬礦物	45	5,880	24,220	599	2,653	9.8	202
造紙	27	3,000	6,165	414	863	7.2	231
其他	193	1,626	5,969	41	127	39.8	318
合計	857	5,660	45,602	173	893	32.6	344

資料來源：本研究整理自製造業能源大用戶申報資料(2013)

單位：百萬元新臺幣

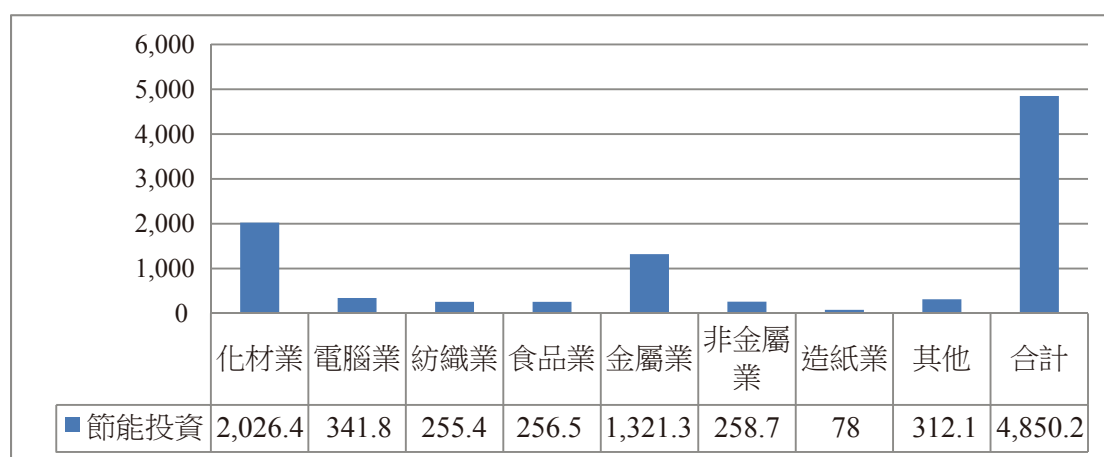


圖2 製造業2012年節能投資比較

資料來源：本研究整理自製造業能源大用戶申報資料(2013)

金額的41.8%。其次是金屬基本工業的1,321.3百萬元新臺幣，約占整體產業總投資金額的27.2%。至於紙漿、紙及紙製品業的節能投資金額最低，僅為78百萬元新臺幣，約占整體產業總投資金額的1.6%。

由表4可知，857家能源大用戶平均節能投資金額5,660千元，其中，基本金屬業平均節能投資金額最大，約19,149千元，而電電業平均節能投資金額最低約2,035千元，兩者相差約9.4倍。此外，標準差均相當大，顯示產業內總投資金額的變異性很高。

(2) 節能量

所篩選出能源大用戶2012年度節能合計為148,635.76公秉油當量(KLOE)，詳見圖3，其中，化學材料業的總節能投資金額最高，為52,992公秉油當量，約占整體產業總節能量的35.7。其次是食品業節能量，為39,220公秉油當量，約占整體產業總投資金額的26.4%。至於紙漿、紙及紙製品業的節能量最低，僅為10,776公秉油當量，約占整體產業總節能量的7.2%。

單位：KLOE

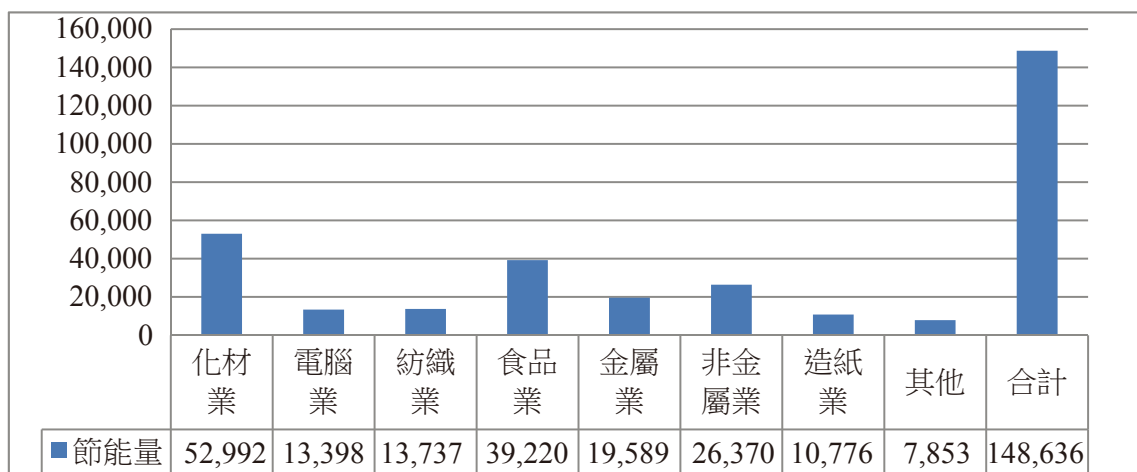


圖3 製造業2012年節能量比較

資料來源：本研究整理自製造業能源大用戶申報資料(2013)

由表4可知，857家能源大用戶平均節能量為173 KLOE，其中，非金屬礦物業平均節能量最大，約599 KLOE，而食品業節能量最低約50 KLOE，兩者相差約12倍。此外，標準差均也相當大，顯示產業內節能量變異性很高。

(3) 單位節能成本

如果將節能投資金額除以節能量，可以獲得單位(或平均)節能成本。以2012年度為例，所篩選出能源大用戶的單位節能成本32.6千元新臺幣/KLOE，詳見圖4，其中，金屬基本工

業的單位節能成本最高，為67.5千元新臺幣/KLOE。其次，為化學材料業的38.2千元新臺幣/KLOE。食品業的單位節能成本最低，僅為6.5千元新臺幣/KLOE。

(4) 平均雇員數

所篩選出能源大用戶2012年度的平均雇員數為344人，其中，電子電機業平均雇員數最高，為653人。其次，為金屬基本工業的390人。紡織成衣服飾業的平均雇員數最低，僅為190人。

單位：仟元/KLOE

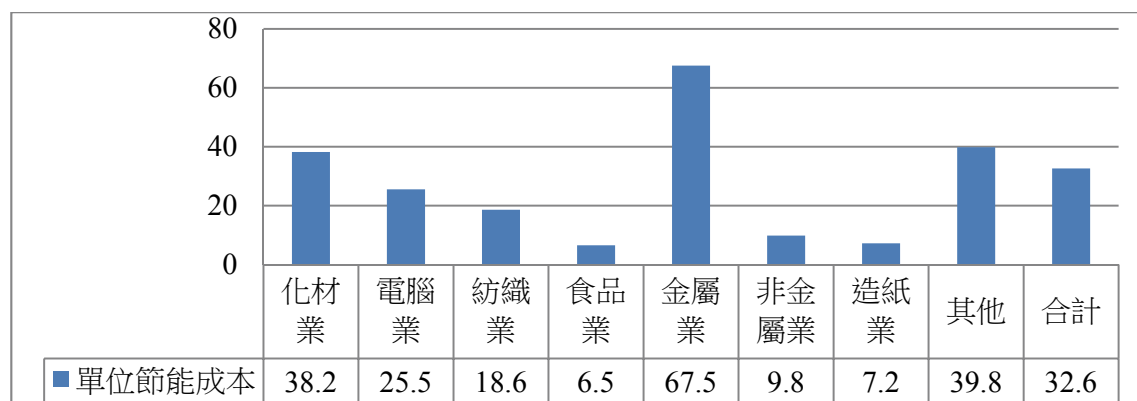


圖4 製造業2012年單位節能成本比較

資料來源：本研究整理自製造業能源大用戶申報資料(2013)

4. 節能投資影響因子與實證命題設計

本研究依據前文節能投資行為相關文獻，設計相關實證分析命題，作為檢視我國工業部門能源大用戶之節能投資行為與節能績效影響因子。有關影響因子說明如下：

(1) 節能投資金額(或成本)影響因子說明

影響廠商節能投資的關鍵因子包括：(1) 節能量(或潛力)：節能量愈高，廠商愈有節能投資，倘若節能投資與節能量存在顯著性關係，據此，可以再推估節能邊際成本(marginal cost)⁸；(2) 能源消費量：廠商能源消費量愈大，能源成本負擔愈重，節能投資誘因較高；(3) 節能效益：節能效益高，例如能源價格高，廠商節能投資誘因愈高；(4) 回收期(或年限)⁹：依據前文分析(見圖2)，回收年限愈短，廠商節能投資誘因愈高；(5) 廠商規模(雇員數或總產值)：Kounetas等(2011)指出大型企業在財務與人力具有相對優勢，因此，在獲取節能相關資訊將較中小企業消息更為靈通，且更有資源投入節能措施。易言之，廠商規模愈大，資訊愈充分，及愈有能力進行節能投資。然而，Zilahy (2004)指出，企業組織愈龐大，將出現組織障礙，降低企業節能投資活動，形成「能源矛盾」現象。因此，企業組織規模對節能投資影響，即是重要的實證問題；(6) 電力化程度(電力使用占總能源使用比例)：工業部門朝向電力化，已成為工業部門能源消費的長期特性。爰此，電力化程度是否影響廠商節能投資？亦是一個重要的課題。同時，也是思考如何提升能源大用戶節能績效的關鍵課題。

綜上可知，節能邊際成本、能源消費量、節能效益(或能源價格)、回收期及能源矛盾現

象，均是政府推動節能投資政策的關鍵影響，因此，透過實證分析，可以掌握我國廠商的節能投資行為的關鍵影響因子與效果，從而，實證分析結果，將是提供政府節能投資政策擬定之重要參考依據。

(2) 實證命題設計

為有效掌握評估結果之政策意含，本研究界定四大實證課題：(1) 節能投資誘因(或意願)與節能績效之關係；(2) 節能投資與回收年限之關係；(3) 廠商規模與節能投資誘因(或意願)及節能績效之關係；(4) 節能投資與電力化程度之關係。實證分析結果預期符號，彙整如表5所示。

5. 實證分析結果

本節將利用2012年857家能源大用戶之能源查核資料，進行前文四大命題的實證分析。實證分析結果，說明如下：

命題1：節能投資金額與節能量及能源消費量無關

為檢定上述命題，本研究依據前文分析，設定節能投資為被解釋變數，節能量、能源使用量及節能效益為解釋變數。因此，如果迴歸分析統計量在10%顯著水準內，拒絕虛無假設；則表示在10%顯著水準內，節能投資與節能量及能源消費量有顯著相關。迴歸分析結果彙整如表6所示。由表6可知，所有迴歸係數均呈現高度顯著性，以節能量為例，呈現1%顯著，且迴歸係數為正值，顯示能源大用戶之節能投資與節能量及能源使用量存在正相關。

上述迴歸分析結果之經濟意義指出，節能量之迴歸係數為5,138即是邊際節能成本，其值為5,138 (元/KLOE)，表示增加1千公升節能

⁸ 依據基本經濟學定義，邊際成本係指產量改變一單位，生產成本將改變幾單位。據此定義，可以定義邊際節能成本為節能改變一單位，節能成本(或投資)將改變幾單位。

⁹ 本研究定義回收期為：節能投資金額(元/年)除以節能效益(元/年)。

表5 廠商節能投資影響因子與預期符號彙整表

影響因子(自變數)	單位	預期符號
節能量	KLOE / 年	+
能源使用量	KLOE / 年	+
節能效益	元 / 年	+
工廠總產值	元 / 年	+/-
雇員數	人	+/-
電力化程度	N / A	+/-
回收年限	年	-

註：「+」代表應變數和自變數同向變動；「-」代表應變數和自變數反向變動；「+/-」代表應變數和自變數變動方向無法預測。
資料來源：本研究整理。

表6 節能投資金額與節能量

$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \varepsilon$			
Y：節能投資金額(元/年)			
自變數	迴歸係數	P值	R ²
X ₁ ：節能量(KLOE)	5,138.412	0.0010***	0.5822
X ₂ ：能源使用(KLOE)	122.25342	≤ 10 ⁻⁴ ***	
X ₃ ：節能效益(元/年)	1.1420	≤ 10 ⁻⁴ ***	
a：截距	-1,139,794	0.2709	

***表示達0.01之顯著水準、**表示達0.05之顯著水準、*表示達0.1之顯著水準。
資料來源：本研究整理。

量，須要投入5,138元的節能投資成本。此外，能源消費量大的用戶，愈會感受節能的重要性，因此，其節能投資金額較大。

命題2：節能投資與回收年限無關

為檢定上述命題，本研究假設節能投資為被解釋變數，回收年限為解釋變數。因此，如果迴歸分析統計量在10%顯著水準內，拒絕虛無假設；則表示在10%顯著水準內，節能投資金額與回收年限有顯著相關。本研究將回收年限劃分4個級距，其中，X1為回收年限1年(含)以下，X2回收年限為1年以上3年(含)以下，X3為回收年限3年以上5年(含)以下，X4為回收年限5年以上。此外，回收年限的實證設計方法與傳統0與1呈現的虛擬變數(dummy variable)方

法不同。本研究將保留級距內的原始值，例如A廠商的回收年限為0.1年，則變數中X1保留為0.1，X2、X3、X4則為0；B廠商的回收年限為6年，則變數中X4保留為6，X1、X2、X3則為0。

迴歸分析結果彙整如表7所示。由表7可知，所有迴歸係數均呈現高度顯著性。以回收年限為例，無論那一級距，均呈現1%顯著，且迴歸係數均為負值，顯示在某一特定回收限級距，隨著回收年限降低，廠商的節能投資增加，反映廠商偏好短期回收之將本求利之經濟理性行為。此外，若進一步比較不同級距間之迴歸係數，則會發現，隨著回收年限降低，迴歸係數值愈小(絕對值愈大)，同樣顯示回收年限愈短，廠商節能投資金額愈大之現象。

表7 節能投資金額(取對數)與回收年限

$\ln Y = a + b_1 \ln X_1 + b_2 \ln X_2 + b_3 \ln X_3 + b_4 \ln X_4 + b_5 \ln X_5 + b_6 \ln X_6 + b_7 \ln X_7 + \varepsilon$			
Y：節能投資金額(元/年)			
自變數	迴歸係數	P值	R ²
X ₁ ：回收年限1年(含)以下(虛擬變數)	-3.5085	$\leq 10^{-4}$ ***	0.8590
X ₂ ：回收年限1-3年(虛擬變數)	-2.5397	$\leq 10^{-4}$ ***	
X ₃ ：回收年限3-5年(虛擬變數)	-2.2874	$\leq 10^{-4}$ ***	
X ₄ ：回收年限5年以上(虛擬變數)	-1.6689	$\leq 10^{-4}$ ***	
X ₅ ：節能效益(元/年)	0.1184	$\leq 10^{-4}$ ***	
X ₆ ：能源使用量(KLOE)	0.8317	$\leq 10^{-4}$ ***	
X ₇ ：單位節能成本(元/KLOE)	0.4243	$\leq 10^{-4}$ ***	

***表示達0.01之顯著水準、**表示達0.05之顯著水準、*表示達0.1之顯著水準。

資料來源：本研究整理。

命題3：節能投資金額與廠商規模無關

在廠商規模的界定上，本研究將依據「中小企業認定標準」¹⁰，將產值一億元(含)以上設虛擬變數為1，一億元以下設虛擬變數為0；雇員數兩百人(含)以上設1，兩百人以下設0。

為檢定上述命題，本研究假設節能投資金額為被解釋變數，工廠總產值及雇員數為解釋變數。因此，如果迴歸分析統計量在10%顯著水準內，拒絕虛無假設；則表示在10%顯著水準內，節能投資金額與廠商規模有顯著相關。

迴歸分析結果彙整如表8所示。由表8可知，所有迴歸係數均呈現高度顯著性，且迴歸

表8 廠商規模與節能投資金額

$\ln Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 \ln X_3 + b_4 X_4 + \varepsilon$			
Y：節能投資金額(元/年)			
自變數	迴歸係數	P值	R ²
X ₁ ：工廠總產值(虛擬變數)	0.4731	0.0421**	0.5249
X ₂ ：雇員數(虛擬變數)	0.3861	0.0008***	
X ₃ ：節能效益(元/年)	0.7664	$\leq 10^{-4}$ ***	
X ₄ ：能源使用量(KLOE/年)	5.52E-07	0.0583*	
a：截距	2.5310	$\leq 10^{-4}$ ***	

***表示達0.01之顯著水準、**表示達0.05之顯著水準、*表示達0.1之顯著水準。

資料來源：本研究整理。

¹⁰臺灣的企業規模依「中小企業認定標準」第二條規定：「本標準所稱中小企業，指依法辦理公司登記或商業登記，並合於下列基準之事業：一、製造業、營造業、礦業及土石採取業實收資本額在新臺幣八千萬元以下者。二、除前款規定外之其他行業前一年營業額在新臺幣一億元以下者。各機關基於輔導業務之性質，就該特定業務事項，得以下列經常僱用員工數為中小企業認定基準，不受前項規定之限制：一、製造業、營造業、礦業及土石採取業經常僱用員工數未滿二百人者。二、除前款規定外之其他行業經常僱用員工數未滿一百人者。」實證中雇員數與實收資本額(調查表中對應的值為總產值)將以虛擬變數代替，從查核資料中可看出能源大用戶之產值偏高，故總產值以一億元為分界，一億元以下設虛擬變數為0，一億元(含)以上設虛擬變數為1；雇員數以兩百人為分界，兩百人以下設虛擬變數為0，兩百人(含)以上設虛擬變數為1。以外，由於本研究之實證資料為能源大用戶查核資料，能源使用量亦是評估廠商規模之依據，因此，檢視廠商規模將以總產值(虛擬變數)、雇員數(虛擬變數)與能源使用量(KLOE)為自變數，實證廠商規模與樣本投資金額、單位投資成本和投資效益之相關性。

係數均為正值，顯示廠商規模會影響企業節能投資金額。迴歸結果與Kounetas等(2011)之研究結果相一致，亦即大型企業在財務具有相對優勢，且更有資源投入節能措施。

上述迴歸結果，亦可驗證我國能源大用戶並不存在「工廠規模過大之能源矛盾現象」。若進一步比較兩種廠商規模代理變數的迴歸係數，可以發現，以工廠總產值代表的廠商規模，其對節能投資的正向影響效果，大於以雇員數代表之廠商規模對節能投資金額的影響效果。

命題4：節能投資金額與電力化程度無關

為檢定上述命題，本研究假設節能投資金額為被解釋變數，電力化程度為解釋變數。因此，如果迴歸分析統計量在10%顯著水準內，拒絕虛無假設；則表示在10%顯著水準內，節能投資金額與電力化有顯著相關。迴歸分析結果彙整如表9所示。由表9可知，節能投資與電力化程度呈現顯著性正相關，表示廠商朝向電化程度，電力占比愈來愈高，電力成本負擔愈來愈重，將促進廠商的節能投資。

6. 結 語

能源效率攸關產業永續經營，及國家的永續發展，已成為全球產業與政府的最重要的經營與施政課題。然而，節能投資的成本效益，

將是影響產業節能投資的關鍵因子，因此，如果能夠提供清楚的節能成本資訊，包括平均與邊際節能成本及回收年限等，將有助於企業推動節能投資方案。然而，能源矛盾現象，例如公司組織龐大，將會限制一個符合成本效益的節能投資方案推動。因此，能源矛盾現象的檢視，將有助於瞭解節能投資推動障礙之原因。產業能源消費型態，代表不同生產技術，特別是電力化程度，是否也是影響產業節能投資的關鍵因子？將是掌握產業未來節能潛力的參考依據。由於國內外文獻尚缺乏上述問題的實證分析，因此，本研究的實證分析結果，將具有提供學術研究及政策擬定之參考價值。

本研究獲得幾項重要實證結果，包括：(1) 能源愈密集廠商，節能投資意願愈高，且邊際節能成本為5,138元新臺幣/KLOE)；(2) 回收年限愈低，廠商節能投資誘因(或意願)愈高；(3) 廠商規模(產值與員工數)會影響企業節能投資誘因，隱含不存在「組織龐大之能源矛盾(energy paradox)現象」；(4) 電力占比愈來愈高，電力成本負擔愈來愈重，提高廠商節能投資誘因。

本研究資料來自製造業能源查核資料庫資料，然而，本研究僅以2012年度進行評估，尚未納入多年資料，因此，成為本研究限制之一。受到資料庫部分資料不全與換算錯誤的問題，本研究僅以857家廠商資料進行評估，且廠家分布並不平均，亦將限制本研究評估結果之代表性。

表9 節能投資與電力化程度

$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \varepsilon$			
Y：節能投資金額(元/年)			
自變數	迴歸係數	P值	R ²
X ₁ ：電力化程度	7,535,900	0.0854*	0.4743
X ₂ ：能源使用量(KLOE/年)	166.3907	$\leq 10^{-4}$ ***	
a：截距	-4,062,069	0.2715	

***表示達0.01之顯著水準、**表示達0.05之顯著水準、*表示達0.1之顯著水準。

資料來源：本研究整理。

誌 謝

本研究結果承蒙「經濟部能源局能源科技專案」支持，謹此致謝。

參考文獻

- 李堅明、李俊德、黃啟峰 (2013)，我國能源密集產業節能矛盾檢定與節能績效分析，淡江大學，臺灣經濟學會2013年年會。
- 經濟部能源局 (2013)，能源統計年報，經濟部能源局。
- Blumstein, C., B. Kreig, L. Schipper, and C. York (1980), Overcoming Social and Institutional Barriers to Energy Efficiency. *Energy*, 5: 355-372.
- Busch, T. and V. H. Hoffmann (2007), Emerging carbon constraints for corporate risk management, *Ecological Economics*, 52, 518-528.
- Chen, S. and R. L. Clark (1994), "Management Compensation and Payback Method in Capital Budgeting: a Path Analysis", *Accounting and Business Research*, 24: 94, 121-132.
- de Canio, S. (1998), The Energy Efficiency Paradox: Bureaucratic and Organizational Barriers to Profitable Energy-saving Investments, *Energy Policy*, 26(5), 441-454.
- de Groot, L. F. Henri, E. T. Verhoef and P. Nijkamp (2001), "Energy Saving by Firms: Decision-making, Barriers and Policies," *Energy Economics*: 23, 717-740.
- Gillingham, K., R. G. Newell and K. Palmer (2009), Energy Efficiency Economics and Policy, *Resources for the Future*, 09-13.
- Greene, L. D. (2010), Uncertainty, Loss Aversion, and Markets for Energy Efficiency, *Energy Economics*, 33: 4, 608-616.
- Harris, J., J. Anderson, W. Shafron (2000), Investment in energy efficiency: a survey of Australian firms, *Energy Policy*, 28(12), 867e76.
- Hoffmann, V. and T. Busch (2008), Corporate Carbon Performance Indicators-- Carbon Intensity, Dependency, Exposure and Risk, *Journal of Industrial Ecology*, 505-520.
- IEA (2013), Energy Efficiency Market Report 2013.
- Jaffe, B. A. and R. N. Stavins (1994), The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology, *Resource and Energy Economics*, 16: 2, 91-122.
- Kounetas, K., D. Skuras and K. Tsekouras (2011), Promoting Energy Efficiency Policies over the Information Barrier, *Information Economics and Policy*, 23: 1, 72-84.
- Laibson, D. (1997), Golden Eggs and Hyperbolic Discounting, *The Quarterly Journal of Economics*, 112: 2, 443-477.
- Sardianou, E. (2008), Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece, *Journal of Cleaner Production*, 16, 1416-1423.
- Sutherland, J. R. (1991), Market Barriers to Energy Efficient Investments, *Energy Journal*, 12: 3, 15-34.
- Tonn, B. and M. Martin (2000), Industrial Energy Efficiency Decision Making, *Energy Policy*, 28(12): 831-843.
- United Nations Industrial Development Organization (2010), Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking - An Energy Policy Tool Working Paper," Austria: UNIDO.
- United Nations Industrial Development Organization (2011), Industrial Development Report 2011 - Industrial energy efficiency for sustainable wealth creation, Austria : UNIDO.
- Zilahy, G. (2004), Organizational Factors Determining the Implementation of Cleaner Production Measures in the Corporate Sector, *Journal of Cleaner Production*, 12: 4, 311-319.

Empirical Analysis of Energy Saving Investment on Large Energy Sector in Taiwan

Chien-Ming Lee^{1*} Chia-Heng Liu² Chi-Feng Huang³
Hsin-Chiu Lin⁴ Wei-Chun Lin⁵

ABSTRACT

Energy efficiency is a priority strategy for responding to climate change internationally, however, energy paradox and pay back are two key elements for energy efficiency investment as well as energy saving potential. This study screens around 857 firms from energy audit data bank (about 2,800 firms, 2012) in Taiwan, and to identify ten propositions for the research purpose. The main results are obtained as follows: (1) The marginal energy saving cost is 5, 138 NT\$/ KLOE (Kilo Liter Oil Equivalent, KLOE) which refers energy saving potential for assessing energy intensive industry in Taiwan; (2) The energy saving investment increases with the payback period shorter; (3) Firm scale has a positive relationship with energy saving, which implies the non-existence of the “energy paradox of organization”; (4) Electricity intensity has a positive relationship with energy saving incentive.

Keywords: Industrial sector, Energy Audit, Energy Saving Investment, Energy Saving Potential

JEL Classification: Q21, Q25, Q28

¹ Associate Professor, Natural Resource Management Institute, National Taipei University

² Master Student, Natural Resource Management Institute, National Taipei University

³ Senior Researcher, Green Energy & Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute

⁴ Administrator, GEL, ITRI

⁵ Engineer, GEL, ITRI

* Corresponding Author, Phone: +886-2-26748189#67335, E-mail: cmlee@mail.nptu.edu.tw

Received Date: January 6, 2015

Revised Date: May 6, 2015

Accepted Date: May 20, 2015