

# 校園碳足跡調查與節能減碳策略分析

吳展華、陳宜清

E-mail: 321807@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

2008年之「世界地球日」，教育部在「節能減碳，從『校』做起 - 綠色大學節能減碳宣誓活動」宣布啟動成立「綠色大學」計畫，將號召更多大學院校將節能減碳觀念融入校務發展、課程規劃等，希望打造永續校園目標。低碳校園的層面包含校園生活環境和校園綠建築與能資源運用等，所考量者是如何將既有的校園於軟硬體建設改造成具有永續性、前瞻性以及環保性的未來校園。本研究分二部份進行：第一部份以問卷方式來進行低碳校園認知與成效滿意之問卷調查，以了解學生與教職員對於節能減碳概念之認知感受與自我執行行為。統計分析結果顯示多在「一半符合」以上，可達「大部分符合」，低碳校園之成效可歸類為「認知度高且滿意度高」，但還有改善之空間，例如學生認為在「校園宣導活動」較為不足。至於學生及教職員都以「交通、通勤」滿意之符合程度較差，主要是大葉校園特性位處山坡地且離市區較遠，缺乏大眾運輸工具，交通都以耗能較高的汽機車為主，並不易改善。第二部份進行校園碳足跡調查，學校在用電方面，目前正建置電力監控及需量控制系統。另外，亦於97學年度辦理全校校園空間電力普查，依據各單位普查資料統計，預計評估整體節能空間可達5%~10%以上。在溫室氣體排放方面，以範疇2的固定式排放源中之CO<sub>2</sub>為最大宗，大多是外購電力所造成的，因此如何減少電力的使用將是未來應努力的目標。綜合大葉大學於低碳校園執行成效查驗及評估之結果，整體而言是優良的，已達一般水平之上。最後持續進行低碳校園之改善及發展並檢討與修正，以期提升優質的校園環境。

關鍵詞：節能減碳、綠色大學、問卷、滿意屬性矩陣、碳足跡、溫室氣體排放

## 目錄

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要	iv 英文摘要 vi 誌謝 viii 目錄
ix 圖目錄	xi 表目錄
1 1.1 研究目的	4 1.3 研究流程
5 第二章	5 第二章
文獻回顧 2.1 綠色學校與綠色大學 7 2.2 生態足跡、碳足跡及碳中和 12 2.3 節能減碳 16 2.4 低碳社區及低碳校園 19 2.5 前人研究 25	3 1.2 研究緣起
第三章 低碳校園評估方法 3.1 調查對象 29 3.2 抽樣方法及樣本數 30 3.3 問卷設計 30 3.4 資料處理與統計方法 32 3.5 學校用電概念 34 3.6 溫室氣體盤查 38	4 1.4 研究緣起
第四章 低碳校園認知與成效 4.1 問卷執行成效 41 4.2 敘述性統計分析 42 4.3 單因子變異數分析 (ANOVA) 45 4.4 獨立樣本T檢定 (t-test) 61 4.5 認知與滿意度之分析 64	5 第二章
第五章 校園碳足跡調查 5.1 大葉大學用電分析 5.1.1 大葉大學用電管理 68 5.1.2 用電紀錄分析 72 5.1.3 碳排放與碳中和 81 5.2 校園溫室氣體減量政策與聲明 85 5.3 學校組織與營運邊界 86 5.4 溫室氣體量化 88	6 1.5 研究緣起
第六章 結論與建議 6.1 結論 95 6.2 建議 97 參考文獻 99	7 1.6 研究緣起
【附錄】 低碳校園評量問卷 104	8 1.7 研究緣起
圖目錄 圖1.1 綠色大學的面向 3 圖1.2 研究流程圖 6 圖2.1 永續校園計畫推動架構圖 7 圖2.2 碳足跡之標誌 14 圖2.3 產品的整個生命週期過程 14 圖2.4 台灣碳足跡標籤 15 圖2.5 全校式經營能源教育計畫架構圖 23 圖2.6 中央大學學生宿舍節能減碳效益評估流程 24 圖3.1 認知/滿意屬性矩陣圖例 34 圖4.1 低碳校園認知之一般統計分析成果圖 45 圖4.2 成效滿意之一般統計分析成果圖 45 圖4.3 學生對於低碳校園認知/滿意屬性矩陣結果 65 圖4.4 教師對於低碳校園認知/滿意屬性矩陣結果 66 圖4.5 職員對於低碳校園認知/滿意屬性矩陣結果 66 圖5.1 大葉大學電能消耗分配圖 69 圖5.2 大葉大學電力監控及需量控制系統 69 圖5.3 大葉大學空調冰水主機溫度控制自動卸復載系統 70 圖5.4 大葉大學中央空調主機裝設遠端遙控系統 70 圖5.5 「電表抄收管理系統」之電力空調動態顯示網頁 71 圖5.6 學生宿舍冷氣電費公告系統 72 圖5.7 「節能小組」架構圖 72 圖5.8 大葉大學近3年之用電量度數變化 (95年到97年) 74 圖5.9 大葉大學近3年之電費變化 (95年到97年) 77 圖5.10 大葉大學近3年之耗電量密度變化 (95年到97年) 78 圖5.11 大葉大學近3年之碳排放量變化 82 圖5.12 大葉大學校區週邊綠化全景圖 84 圖5.13 學校邊界範圍 86 圖5.14 排放源範疇界定圖示 88 圖6.1 近年教育部節能減碳政策推動進程 95	9 1.8 研究緣起
表目錄 表2.1 綠色大學案例的介紹 10 表2.2 節能減碳十大無悔措施 18 表2.3 低碳社區之成功案例 20 表2.4 大專院校節能減碳案例研究整理 25 表3.1 大葉大學校園人數統計表 (97學年度) 29 表3.2 大葉大學低碳校園之學生/教職員問卷內容概要 31 表3.3 認知與滿意兩區塊之設計範例 32 表3.4 營運邊界範疇表 39 表4.1 低碳校園之教職員、學生問卷信度分析表 42 表4.2 學生屬性資料統計表 43 表4.3 教師屬性資料統計表 43 表4.4 職員屬性資料統計表 44 表4.5 不同年資之教職員對低碳校園認知的差異分析 47 表4.6 不同年資之教職員對成效滿意的差異分析 48 表4.7 教師、學生及職員對低碳校園認知的差異分析 49 表4.8 教師、學生及職員對成效滿意的差異分析 50 表4.9 不同學院之學生對低碳校園認知的差異分析 52 表4.10 不同年級之學生對低碳校園認知的差異分析 54 表4.11 不同學院之學生對成效滿意的差異分析 56 表4.12 不同年級之學生對成效滿意的差異分析 58 表4.13 不同測試族群顯著差異分析總結表 59 表4.14 男性與女性在低碳校園認知各項得分差異比較表 61 表4.15 男性與女	10 1.9 研究緣起

性在成效滿意各項目得分差異比較表 62 表4.16 工學院與其他學院在低碳校園認知各項目得分比較表 63 表4.17 工學院與其他學院在成效滿意各項目得分比較表 64 表 5.1 大葉大學95年用電統計表 73 表 5.2 大葉大學96年用電統計表 73 表 5.3 大葉大學97年用電統計表 74 表 5.4 各類學校EUI單位面積年耗電量密度統計表 78 表 5.5 各類學校DUI單位面積耗電需量密度統計表 79 表5.6 目前政府機關與學校常用的節約用電管理手法及效益 80 表 5.7 大葉大學近3年之碳排放量統計表 82 表 5.8 大葉大學綠化植栽之CO2固定量計算表 84 表5.9 溫室氣體排放源範疇界定表 87 表5.10 溫室氣體排放係數 89 表5.11 排放源鑑別 90 表5.12 固定式排放源-燃料使用 91 表5.13 固定式排放源-外購電力 91 表5.14 移動式排放源-燃料使用 91 表5.15 逸散性排放源-化糞池排放源 92 表5.16 逸散性排放源-滅火器與冷媒排放源 92 表5.17 溫室氣體排放清冊 93 表5.18 各類型排放源排放比例 94 表5.19 各範疇別排放比例 94

## 參考文獻

- 參考文獻 1.工業技術研究院 (2008), 國立中央大學校園建築物與生活節能減碳案例彙編。台北:行政院環境保護署。 2.內政部建築研究所 (2007), 綠建築解說與評估手冊 (2007年更新版)。 3.王民 (2002), 北京師範大學創建「綠色大學」的建設理念與基本內容研究。台中:2002年環境教育研討會暨環境教育年會, 頁19。 4.王佩蓮、吳孟修 (2005), 「永續校園規劃與實務」。北縣教育, 第54期。 5.王順美 (2002), 綠色學校與環境教育理念。九十一年度環境教育研習講稿, 嘉義:嘉義縣環教中心。網頁: <http://www.tljjh.cyc.edu.tw/green/> 6.王順美 (2003), 台灣綠色學校的生態、教育理念。台灣綠色學校伙伴網路。網頁: <http://www2.greenschool.org.tw/main2/2003/20030108.htm> 7.王振如 (2001), 大專院校生態環境基礎研究--用電耗能、綠化與保水。碩士論文, 國立成功大學建築學系。 8.台達電子文教基金會 (2008), 2008全校式經營能源學校輔導計畫。網頁: <http://www.delta-foundation.org.tw/> 9.江慧儀 (2008), 學校能源體檢與能源管理, 全校式經營能源教育輔導計畫。台北:大地旅人環境教育工作室。網頁: <http://icool.saveoursky.org.tw/earthday/earthday08422i.pdf> 10.行政院 (2006), 加強政府機關及學校節約能源措施。台北:行政院。 11.行政院公共工程委員會 (2008), 永續公共工程 - 節能減碳政策白皮書 (草案)。台北:行政院公共工程委員會。 12.行政院環境保護署 (2008a), 節能減碳全民行動網。網頁: <http://eco2.epa.gov.tw/default.aspx> 13.行政院環境保護署 (2008b), 節能減碳無悔措施全民行動方案 (草案)。 14.行政院環境保護署 (2008c), 淨化室內空氣之植物應用及管理手冊。 15.行政院環境保護署 (2010), 台灣產品碳足跡資訊網。網頁: <http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLConcept/FLFootIntroduction.aspx> 16.李永展 (2006), 減碳可以從社區做起:國外低碳社區之經驗。2006NGO。網頁: <http://2006ngo.howwhy.tw/more.asp?name=2006NGO&id=6244> 17.李永展, 李欽漢譯 (2000), 生態足跡:減低人類對地球的衝擊。原作:Wackernagel M. & Rees W.E. (1996), Ecological Footprint: Reducing Human Impaction the Earth, Gabriola Island, B.C.C anada: New Society Publishers, 臺北:創興出版社。 18.朱維岡 (2008), 大專院校之碳足跡盤查與改善策略——以國立台北科技大學為例。碩士論文, 國立台北科技大學環境工程與管理研究所。 19.呂佳玲 (2007), 綠色學校的實踐與評估 - 以大葉大學校園為例。碩士論文, 大葉大學環境工程學系。 20.吳信如譯 (2000), 四倍數 - 資源使用減半, 人民福祉加倍。原作:Von Weizsacker, E.U., Lovins, A.B.L., Lovins, H. (1997), Factor four: doubling wealth-halving resource use: the new report to the Club of Rome, London: Earthscan Publications Ltd., 臺北市:聯經出版公司。 21.林維翎 (2008), 網路數位電力監測系統於大學用電行為分析之研究。碩士論文, 國立中央大學環境工程研究所。 22.陳永昌 (2003), 綠色大學評量指標系統之建構研究。碩士論文, 國立高雄師範大學環境教育研究所。 23.陳宜清 (2009), 大葉大學97年度大葉校園碳足跡之查驗與節能減碳改善策略計畫。大葉大學環境工程系。 24.教育部環境保護小組 (2006), 六五節約能源運動。網頁: <http://www.safelab.edu.tw/65power/info.asp> 25.賀力行、鍾政偉 (2006), 創意生活產業遊客滿意屬性矩陣之研究 - 以飛牛牧場為例。台南:2006海峽兩岸休閒產業發展學術研討會。 26.張子超 (2005), 綠色學校之理念與推動。環境教育資訊網, 文摘14。網頁: [http://eeweb.gcc.ntu.edu.tw/eeweb\\_new/e/e014.htm](http://eeweb.gcc.ntu.edu.tw/eeweb_new/e/e014.htm) 27.湯志民 (2004), 學校綠建築的規劃與設計。中等教育, 第55卷, 第1期, 頁4-30。 28.經濟部 (2008), 永續能源政策綱領 (草案)。 29.經濟部水利署 (2007), 機關學校節約用水技術手冊。 30.經濟部能源局 (2007), 學校節約能源技術手冊。 31.劉建宏 (2008), 校園溫室氣體盤查 - 內、外部查證之精神與內容。教育部低碳節能校園生活報, 第5期。網頁: <http://www.safelab.edu.tw/65power/epaper05/inside01.htm> 32.蔡惠旬 (2004), 校園節能與資源回收之認知與行為探討 - 以立德管理學院為例。碩士論文, 立德管理學院資源環境研究所。 33.Brown University (1996), The Seven Big Principles—The Declaration1. <http://iisd.ca/sd/principle.asp?pid=36&display=1> 34.Chu, R.K.S. and T.Choi (2000), An importance-performance analysis of hotel selection factors in the Hong Kong hotel industry: A comparison of business and leisure travelers, Tourism Management, 21, 363-377. 35.Elsen, A. (1998), Sustainable development research at the University of Amsterdam A survey, UNEP-Working Groupon Sustainable Product Development, Center for Environmental Sciences, University of Amsterdam. 36.George Washington University (1996), Green University Strategic Plan. <http://www.gwu.edu/~greenu/signed.html> 37.Carbon Footprint Ltd. (2010), Home of Carbon Management <http://www.carbonfootprint.com/> 38.Segovia, V.M. and Galang, A.P. (2002), Sustainable development in higher education in the Philippines, International Journal of Sustainability in Higher Education, 3(3), 288-296. 39.Smith, A. (1997), Building a Green Campus, An Environment Analysis of the UVM Campus Master Plan. <http://www.uvm.edu/~jfrances/report.html> 40.University of Waterloo (1990), WAT greenThe Vision. <http://www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/soer.pdf> 41.Verbitskaya, L.A., Nosova, N.B. and Rodina, L.L. (2002), Sustainable development in higher education in Russia, International Journal of Sustainability in Higher Education, 3(3), 279-287. 42.Wright, T.S.A. (2002), Definitions and frameworks for environmental sustainability in higher education, International Journal Sustainability in Higher Education, 3(3), 203-220.