

An Investigation of Greenhouse Gas Emission and Methods of Carbon Reduction at Taya Elementary School, Taichung, Taiwan

陳勇君、彭元興

E-mail: 360024@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

This is a study conducted at the campus of Taya Elementary School (TES), Taichung, Taiwan, which investigated the greenhouse gas in three scopes, 1, 2, and 3 and estimated the emission of greenhouse gas by quantification. In scope 3 regarding the investigation of emission of greenhouse gas, the amount of traffic mileage can be obtained through the questionnaire and the on-site interview to teachers/staffs/students. Through the emission coefficient method, we further calculated the emission of greenhouse gas, which derived from vehicles at school, spent wastes, kitchen wastes and pollutants processing. Because 80-90% of emission on campus was from purchased electricity and boiler, we investigated recent electricity consumption and the fixed amount of CO₂ from various vegetations on TES campus, by which can be used as the effects of carbon neutral. Generally speaking, the method of energy saving and carbon reduction we proposed could be used as the reference for TES. The results showed that, in 2010, the total greenhouse gas emission in TES in scope 1 and scope 2 was 379,853.73 kg CO₂e. The emission of scope 1 accounted for 193,414.05 kg CO₂e (50.92%), which came mainly from septic tank. The emission of scope 2 accounted for 186,439.68 kg CO₂e (49.08%), which came mainly from purchased electricity. When the emission of scope 3 was taken into consideration, the total emission came up to 613,511.30 kg CO₂e. The total emission of scope 3 was 233,657.57 kg CO₂e which came mainly from the emission of greenhouse gas produced by vehicles at school. The emission in scope 3 accounted for 38.09%. The emission in scope 1 was reduced to 31.53%, and the percentage of scope 2 emission reduced to 30.39%. The square measure of the planting area only achieve 65.72% of legal standard. The fixed amount of CO₂ from various planting was about 84, 538 kg per year, which got up to 69.52% of legal standard. The carbon neutral through planting (scopes 1 and 2) accounted for 22.26% of total greenhouse gas emission.

Keywords : greenhouse gas、investigate、carbon neutral、carbon reduction、elementary school campus

Table of Contents

封面內頁	簽名頁	中文摘要	iii	ABSTRACT	iv	誌謝	vi	目錄	vii	圖目錄	x	表目錄	xii	第一章 緒論	1	1.1 研究背景與動機	1	1.2 研究目的	3	1.3 研究範圍與內容	4	第二章 文獻探討	5	2.1 溫室氣體排放趨勢	5	2.2 溫室氣體盤查	11	2.2.1 國際間盤查標準及工具發展現況	12	2.2.2 國內溫室氣體盤查規範	13	2.2.3 校園溫室氣體盤查	16	2.3 溫室氣體減量策略	21	2.3.1 國外溫室氣體減量政策	21	2.3.2 國內溫室氣體減量政策	23	2.4 校園碳中和與節能減碳	26	2.4.1 校園碳中和	27	2.4.2 國外校園節能減碳範例	35	2.4.3 國內校園節能減碳範例	38	2.5 校園電力使用狀況	41	第三章 研究方法	42	3.1 研究架構	42	3.2 研究流程	43	3.3 校園溫室氣體調查	45	3.3.1 組織營運邊界設定	45	3.3.2 排放源鑑別	47	3.3.3 排放量之量化計算	48	3.3.4 範疇三其他間接溫室氣體排放調查	49	3.4 校園碳中和調查	53	3.5 校園電力使用狀況調查	57	第四章 結果與討論	58	4.1 台中市大雅國小校園溫室氣體調查	58	4.1.1 範疇一、範疇二的調查	61	4.1.2 範疇三的調查	67	4.1.3 台中市大雅國小校園溫室氣體排放分析	91	4.2 校園碳中和調查	95	4.2.1 台中市大雅國小植栽CO ₂ 固定量調查	95	4.2.2 台中市大雅國小植栽CO ₂ 固定量分析	109	4.3 校園電力使用狀況調查	110	4.3.1 台中市大雅國小電能消耗情形	110	4.3.2 台中市大雅國小各種電器設備調查	116	4.3.3 台中市大雅國小電力使用分析	119	4.4 節能減碳策略的擬定	120	4.4.1 範疇一溫室氣體排放的減量方法	121	4.4.2 範疇二溫室氣體排放的減量方法	121	4.4.3 範疇三溫室氣體排放的減量方法	125	4.4.4 植栽CO ₂ 固定的減量方法	127	第五章 結論與建議	129	5.1 結論	129	5.2 建議	130	參考文獻	132	附錄一 OECD國家	138	附錄二 大雅國小教職員工通勤工具溫室氣體排放調查問卷	139	附錄三 大雅國小學生通勤工具溫室氣體排放調查問卷	140	附錄四 問卷審查專家名單	141	附錄五 原生植物植栽參考表	142	附錄六 誘鳥誘蝶植栽參考表(鳥餌、蜜源植物)	143	附錄七 台中市大雅國小校園植物名稱、學名、科別、別稱	144
------	-----	------	-----	----------	----	----	----	----	-----	-----	---	-----	-----	--------	---	-------------	---	----------	---	-------------	---	----------	---	--------------	---	------------	----	----------------------	----	------------------	----	----------------	----	--------------	----	------------------	----	------------------	----	----------------	----	-------------	----	------------------	----	------------------	----	--------------	----	----------	----	----------	----	----------	----	--------------	----	----------------	----	-------------	----	----------------	----	-----------------------	----	-------------	----	----------------	----	-----------	----	---------------------	----	------------------	----	--------------	----	-------------------------	----	-------------	----	--------------------------------------	----	--------------------------------------	-----	----------------	-----	---------------------	-----	-----------------------	-----	---------------------	-----	---------------	-----	----------------------	-----	----------------------	-----	----------------------	-----	---------------------------------	-----	-----------	-----	--------	-----	--------	-----	------	-----	------------	-----	----------------------------	-----	--------------------------	-----	--------------	-----	---------------	-----	------------------------	-----	----------------------------	-----

REFERENCES

1. 王士嘉(2011), 校園溫室氣體盤查及碳中和之研究 - 以朝陽科技大學為例, 碩士論文, 朝陽科技大學環境工程與管理研究所, 台中市。
2. 王詩萍(2010), 以綠建築觀點評估區域碳中和效益 - 以大仁科技大學為例, 碩士論文, 大仁科技大學環境管理研究所, 屏東縣。
3. 王國彥(2012), 校園溫室氣體調查與減量的方法 - 以台中市清水國中校園為例, 碩士論文, 大葉大學工學院環境工程研究所, 彰化縣。
4. 台達電子文教基金會(2008), 車輛怠速測試計畫結果報告, FORMOSUN 先進動力研究中心。
5. 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, 台北市。
6. 朱溼

樹(2004), 校園綠建築綠化指標之植栽CO₂固定量調查研究 - 以大甲高中為例, 碩士論文, 雲林科技大學營建工程系碩士班, 雲林縣。

7. 李彥蓁(2009), 校園碳中和評估與規劃 - 以國立屏東科技大學為例, 碩士論文, 屏東科技大學環境工程與科學系所, 屏東縣。 8. 沈世宏(2009), 環保與節能減碳政策之規劃與推動, 研考雙月刊, 33(2):77-78。 9. 沈勝豐, 陳明賢(2009), 台中都會公園綠覆率與植栽二氧化碳固定量之研究水土保持學報, 41(4):411-424。 10. 何亞威譯, Rifki, J., (1994), *The Green Lifestyle Handbook*, 台北:臺灣地球日出版社。

11. 何明錦(2009), 綠建築解說與評估手冊2009年更新版, 台北:內政部建築研究所, 新北市。 12. 林俊成, 李國忠, 林裕仁(1999), 柳杉人工林碳貯存效果與適應成本研究, 國立臺灣大學農學院實驗林研究報告, 13(1):51-60。 13. 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, 桃園縣。 14. 林靖烽(2008), 校園節能策略之研究, 碩士論文, 明新科技大學電機工程研究所, 新竹縣。 15. 林憲德(2003), 綠建築解說與評估手冊2003年更新版, 台北:內政部建築研究所, 新北市。 16. 林鴻鈞(2007), 以綠建築的綠化量指標對於二氧化碳減量之探討 - 嘉南藥理科技大學圖書館為例, 碩士論文, 國立中興大學環境工程研究所, 台中市。 17. 林昌善, 吳聿明(2001), 環境生物學, 台北:科技圖書股份有限公司。 18. 邱浩正(2006), 量化研究與統計分析, 台北:五南圖書出版社。 19. 柳中明(2008), 穩定未來氣候變化, 科學發展, 418:34-39。 20. 侯山林(1991), 溫室效應問題之探討, 臺灣經濟研究月刊, 14 (8):28-34。 21. 侯世光(2009), 大學校園節約能源的規劃與實踐, 台灣教育, 658:28-35。 22. 唐基昌(2010), 基隆市暖暖區國中小校園節能及健康環境之探討, 碩士論文, 國立海洋大學海洋工程研究所, 基隆市。 23. 張世杰, 夏禹九(2008), 全球氣候變遷議題之下的森林生態系碳循環研究, 科技發展政策報導, 4:19-36。 24. 教育部(2010), 校園溫室氣體管理手冊。 25. 陳明俊(2009), 校園節能減碳的解決方案, 碩士論文, 國立清華大學高階經營管理碩士在職專班, 新竹市。 26. 陳佩祺(2009), 全球暖化與我國溫室氣體減量法制化之研究。 碩士論文, 國立台灣師範大學政治學研究所, 台北市。 27. 陳炳宏(2004), 從綠建築之綠化量指標改善溫室效應之分析:以國立交通大學新行政大樓為例, 碩士論文, 國立交通大學產業安全與防災學程碩士班, 新竹市。 28. 許晃雄(1998), 人為的全球暖化與氣候變遷。 *The 4th International Conference of Atmospheric Action Network East Asia, Taipei*。 29. 黃必昌(2009), 我國國民小學溫室氣體排放管理現況與節能減碳策略研究, 碩士論文, 大葉大學工業工程與科技管理研究所, 彰化縣。 30. 黃順義(2011), 由校園溫室氣體盤查與減量實踐永續的綠色校園 - 以逢甲大學為例, 碩士論文, 逢甲大學環境工程與科學研究所, 台中市。 31. 黃振東(2009), 中小學校綠建築之日常節能、基地保水、綠化量及水資源成本效能分析, 碩士論文, 逢甲大學建築學系研究所, 台中市。 32. 經濟部能源局(2006), 政府機關學校耗能指標指導手冊。 33. 蔣本基, 顧洋, 鄭耀文, 林志森(2006), 我國溫室氣體減量整體因應策略, 科學與工程技術期刊, 2(1):3-4。 34. 劉建宏(2010), 財團法人台灣產業服務基金會, 校園能源暨溫室氣體管理人員教育培訓計畫。 35. 鄭裕財(2010), 評估植樹造林與太陽能光電板發電企業碳匯取得效益, 碩士論文, 國立屏東科技大學環境工程與科學系所, 屏東縣。 36. 談珮華, 陳本源, 廖惠旻(2009), 校園綠建築之綠化量指標研究 - 以嘉義大學民雄校區為例, 環境學管理研究, 10 (1):16-17。 37. 環保署盤查與登錄指引(2010), 2-1~2-8。 38. 羅永伸(2010), 彰化縣國小校園環保措施的重要性績效分析, 碩士論文, 大葉大學工業工程與科技管理研究所, 彰化縣。 39. 顧洋, 申永順(2005), 國際間溫室氣體管理標準化之發展及因應策略, 科學與工程技術期刊, 1(3):1-22。

二、英文部分

1. ENS (2011). *Global greenhouse gas emissions jump to record levels*, BONN, Germany.
2. IPCC (2007). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change Summary for Policy Maker*.
3. IPCC (2007). *Climate Change 2007: the A R4 Synthesis Report*.
4. ISO TC 207/WG5, ISO 14064-1 (2006). *Greenhouse gases - Part 1: Specification for the quantification, monitoring and reporting of organization emissions and removals*.
5. Nieder, R., Benbi, D.K. (2008). *Carbon and nitrogen in the terrestrial environment*, Heidelberg: Springer.
6. Smith, A. (1997). *Building a green campus, An Environment Analysis of The UVM Campus Master Plan.*, <http://www.uvm.edu/~jfrances/report.html>
7. The Pew Center For Civic Journalism. (2010). Retrieved May 16, 2010, <http://pewcenter.org/>
8. Van Aalst, M.K. (2006). *The impacts of climate change on the risk of natural disaster*, *Disasters*, 30(1):5-18.
9. Wright, T.S.A. (2002). *Definition and frameworks for environmental sustainability in higher education*, *International Journal Sustainability in Higher Education*, 3(3):203-220.

三、網站部分

1. 內政部營建署網站, 建築基地綠化設計技術規範(2009), http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10536&Itemid=57 (100年5月15日)
2. 李堅明(2007), 國際溫室氣體減量與能源政策分析, http://www.ema.org.tw/monthlymgz/pdf/34/policy_lee.pdf (100年4月20日)
3. 能源局能源產業溫室氣體減量(2010), http://verity.erl.itri.org.tw/IGIC/knowledge_4.aspx?SectionID=52 (100年4月20日)
4. 教育部校園節能減碳資訊平台, <http://co2.ftis.org.tw/> (100年5月21日)
5. 財團法人台灣產業服務基金會 (2010), 九十八年度教育部校園溫室氣體管理輔導計畫期末報告, <http://www.edu.tw/files/plannews/ENVIRONMENTAL/「98年度校園溫室氣體管理輔導計畫」期末報告.pdf> (100年5月21日)
6. 國際能源總署IEA/OECD (2007), 能源使用二氧化碳(CO₂)排放量統計資料, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/key_stats_2007.pdf (100年2月2日)
7. 經濟合作發展組織網(2008), http://www.oecd.org/home/0,2987,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html (100年3月17日)