

低碳社區評估指標及排碳量推估

Low-carbon Community Assessment Indicators and Estimate Carbon Emissions

練福星¹ 林杰宏² 侯雅壹³

¹淡江大學建築系、財團法人台灣建築中心董事長

²臺灣科技大學材料科學與工程學系博士候選人、財團法人台灣建築中心副執行長

³財團法人台灣建築中心 工程師



摘要

2009年4月「第三次全國能源會議」建立了10年內「打造低碳家園」的行動策略，期望於民國2011年每個縣市至少建構2個低碳示範社區作為基礎，並循序漸進達成低碳家園與永續社會之願景。

從低碳社區之環境綠化、低碳建築、節約能源、再生能源、資源循環、低碳運輸及低碳生活等七大具體減碳面向分析，建構低碳社區除應考量社區硬體設施外，對於運營階段之能源消耗及居民是否自覺落實低碳生活有絕對關係，因此，評估指標系統除了提供客觀依據來評估社區之低碳化程度，更重要的是希望透過社區動態排碳情況之揭露，成為激勵引導社區持續進行低碳改善工作之動力。本文嘗試以社區日常能源消耗及廢棄物產生量等量化數據，轉化成為低碳社區評估指標之建構基礎。

最後將建構之指標系統實際應用於環保署建構之52處低碳示範社區之評估作業，並運用計算各社區之排碳量。

關鍵字：低碳社區、排碳量、評估指標。

一、低碳社區的內涵與定義

目前低碳社區 (Low Carbon Emission Community) 尚未有明確之定義，雖有不同名稱如永續社區 (Sustainable Community)、生態社區 (Eco-Community)、環境共生社區、資源循環型社區、零排放社區 (Zero Emission Community)、綠社區 (Green Community) 等，但一致的內涵都是以建立降低環境負載壓力、永續生態以及創造低碳生活的環保的居住環境為目標。綠社區、永續社區或生態社區通常包含生態、經濟、人文、社會等較廣的全面發展；而低碳社區、資源循環型社區、零排放社區則以環保的角度，較聚焦於節能減廢與環保之目標，並

且將庶民居住、經濟設備以及交通建設納入重點更新項目，一方面促進鄉村、都市的再造或者更新，在生態平衡，適應氣候變遷與經濟運轉之間取得雙贏，因此歐美日等國莫不將其當成促進國家再發展的重要政策。

二、低碳社區之評估面向

低碳社區之概念是為結合了地方居民生活與節能減碳的複合式概念社區，也是低碳城市及生活圈的最小單位，更代表台灣民眾對日漸惡化之生態環境之自覺與反省企圖改善之努力。茲以四種面向來定義低碳社區：

接受刊載：103年5月20日

通訊作者：侯雅壹

地址：新北市新店區民權路95號3樓

電話：02-86676111#161

電子信箱：yayi@tabc.org.tw

DOI: 10.6299/JHA.2014.1.3.A1.1

表一. 低碳評核指標七大面向與其對應效益指標

面向	效益指標							
	發電 (度)	節電 (度)	節能 (天然氣)	節能 (汽油)	節能 (柴油)	節水 (m ³)	廢棄物 回收	綠化 (公頃)
環境綠化								◎
低碳建築		◎				◎		
節約能源		◎						
資源循環						◎	◎	
低碳運輸				◎	◎			
再生能源	◎		◎					
低碳生活		◎	◎	◎	◎	◎	◎	

(一) 地理區位結構面向

低碳社區之區位結構設定依三大項而分，分別為「都市/都市鄰里單元社區」、「都市/集合住宅社區」、「鄉村/獨立自主之農村聚落或原住民部落」。

(二) 生態環境面向

低碳社區是指社區居民依循在地環境的資源及條件關係，以降低溫室氣體排放量為前提，運用社區當地自然資源，使社區居民了解生態環境及氣候變遷影響之同時，接受節約能源、節能減碳，尊重自然的循環模式。

(三) 節能減碳面向

低碳社區指居民擁有對節能減碳之共同意識，並支持運用現代化科學技術進行社區節能減碳效能之改善，達到社區整體節能減碳的實質效益。

(四) 量化的減碳面向

經由上述的地理行政面向、生態環境以及節能減碳生活面向之解釋，評測減碳的效力也許不夠精確，全球的減碳共識而言，各國皆訂定評估基準並設定階段性量化減碳目標，可對低碳社區產出執行上的標準，將各社區之動態排碳狀況揭露有其意義及重要性。

三、低碳社區排碳與各減碳面向之關連

低碳社區減碳作為最後都將於落實生活之中，其切入角度應涵括環境綠化、低碳建築、節約能源、再生能源、資源循環、低碳運輸及低碳生活等



圖一. 社區減碳面向與減碳效益矩陣圖

七大具體減碳面向等構面為核心所衡量的低碳生活，而低碳生活的落實程度及成效將具體反應在生活空間(村里、社區)的能源消耗(油、電、氣、水)及廢棄物產出上，各面向可能產生之減碳效益，整理如表一及圖一所示。

四、低碳社區指標評估之建立

(一) 低碳社區評估指標系統架構

現行對於低碳社區評估之指標系統之作法，主要以村里現有軟硬體設施做評估，其缺點在於對於社區低碳作為施行前後之減碳量之鑑別能力不高，且評估之過程需耗費時間人力，無法提供社區自行評估減碳效益。本文建議之低碳社區評估指標，以反應日常生活食、衣、住、行等活動之能源消耗之程度，將結果以水、電、油、氣、廢棄物統計數據呈現排碳量為原則，可動態揭即時露減碳成效以鼓勵社區持續進行減碳措施。

表二. 國內相關統計資料整理表

項次	資料項目	村里	鄉鎮市區	縣市	全國	統計年份	更新頻率	分析資料	統計資料類型	統計資料來源
1	用電統計量	◎	◎	◎	◎	年	每月	推估村里之年人均用電量	台電公司提供之表燈非營業用電統計，即是一般的家戶住宅用電	http://ecolife.epa.gov.tw/Cooler/effect/Electricity_Area.aspx
2	用水統計量	◎	◎	◎	◎	年	每月	推估村里之年人均用水量	僅統計非工業用水量	http://ecolife.epa.gov.tw/Cooler/effect/Water_Area.aspx
3	汽油、柴油統計量			◎		年	每月		僅有各縣市汽車加油站柴油銷售統計量	http://www.moeaboe.gov.tw/opengovinfo/Plan/oilgas/OilSaleHislist.aspx?report=OILSALE
4	汽機車延車公里數				◎	年	每年	推估汽車車行距離及耗油量	平均汽車每年車行距離	交通部統計處交通統計要覽 http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/ct?xItem=4302&ctNode=168&mp=1
5	垃圾清運量		◎	◎	◎	年	每月	由縣市推估至村里之年人均垃圾產生量	垃圾產生量、廚餘回收量(率)、執行機關資源回收量(率)、平均每人每日垃圾產生量	http://recycle2.epa.gov.tw(資源回收管理資訊系統)
6	天然氣統計量				◎	年	每2月			http://163.29.37.101/pxweb2007-tp/dialog/searchpx2.asp
7	天然氣統計量	◎	◎	◎	◎	年	每2月	推估至村里之年人均天然氣消耗量	由中華民國公用瓦斯協會之會員協助匯報52個低碳示範社區之非營業用戶之天然瓦斯用量	中華民國公用瓦斯協會(02-2516-2139)
9	人口數	◎	◎	◎	◎	年	每月	計算人均能源消耗值之人口數資訊	統計戶數、總人口數	1. http://edw.epa.gov.tw/reportStatistic.aspx?StatDataName=%E5%9C%9F%E5%9C%B0%E9%9D%A2%E7%A9%8D%E3%80%81%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E5%8F%8A%E5%AF%86%E5%BA%A6 2. 各區戶政事務所
10	汽機車數		◎	◎	◎	年	每月	鄉鎮市區汽機車數量，推估村里年人均汽機車數	大客車、大貨車、小客車、小貨車、機車(重型、輕型)	1. http://www.thb.gov.tw/tm/Menu/Menu05/Menu05_02.aspx 2. 各區監理所台北區監理所: http://www.tmvso.gov.tw/Default.aspx

(二) 低碳社區評估指標概念及應用限制

為滿足評估指標客觀、量化、即時及簡單易操作之要求，其設計概念如下：

1. 能源消耗及廢棄物產出反應低碳作為之成效。
2. 低碳指標要簡易並即時揭露低碳作為之成效。
3. 整合運用國內現有具公信力且定期更新之數據。
4. 居民可自行操作運用。

5. 評估對象僅限社區內住宅類用戶。
6. 指標之評估之結果作為社區自行評估低碳措施之成效，不建議作為社區間競逐評比使用。
7. 指標統計以年度為評估之週期。

(三) 評估指標內容與計算方法

1. 在「用電量」、「用水量」部分，目前可透過環保署「Eco Life 清淨家園願景邊綠色生活網」蒐集村里每年用電量、用水量。

(1) 村里(社區)電力消耗排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)年度耗電量總和 / 村里(社區)統計電號數 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 電力二氧化碳排放係數

(2) 村里(社區)用水消耗排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)年度用水量總和 / 村里(社區)統計電號數 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 水二氧化碳排放係數

2. 在「用油量」部分，則以統計汽油、柴油兩項使用量，對汽柴油之使用量，本指標採用社區所在地監理局(處)之汽機車登記數量，推算人均汽機車擁有數，再配合交通部交通統計要覽公布之平均汽機車延車公里數推算其人均油耗。

(1) 村里(社區)汽車汽油消耗排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)所在鄉鎮或行政區登記自用小客車數 / 村里(社區)所在鄉鎮或行政區登記戶口數 × 台灣區小客車年均延車公里數 ÷ 小客車平均油 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 汽油二氧化碳轉換係數

(2) 村里(社區)機車汽油消耗排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)所在鄉鎮或行政區登記機車數 / 村里(社區)所在鄉鎮或行政區登記戶口數 × 台灣區機車年均延車公里數 ÷ 機車平均油耗 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 汽油二氧化碳轉換係數

3. 在「用氣量」部分，須統計天然氣、桶裝瓦斯(LPG)等兩項使用量，此項統計資料則以住宅部門、服務業部門之資料為主，經由中華民國公用瓦斯事業協會協助彙整各社區之非營業用表之每戶平均天然氣用量，適當假設推算桶裝瓦斯普及率。

(1) 村里(社區)天然瓦斯消耗排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)每戶平均年天然氣消耗量 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 天然瓦斯普及率 % × 天然瓦斯二氧化碳排放係數

(2) 村里(社區)桶裝瓦斯消耗排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)每戶平均年天然氣消耗量 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 桶裝瓦斯普及率 % × 桶裝瓦斯二氧化碳排放係數

4. 在「廢棄物產生量」部分，彙整村里產生垃圾、廚餘、資源回收之累計量，依環保署統計資料庫可獲取全國、各縣市、鄉鎮及行政區之垃圾產生量，可反應居民在資源回收及垃圾減量之努力。

(1) 村里(社區)廢棄物產出排碳量(kgCO₂/年)
= 村里(社區)所在鄉鎮或行政區廢棄物產出量 / 村里(社區)所在鄉鎮或行政區登記戶口數 ÷ 村里(社區)人口數 / 村里(社區)戶數 × 廢棄物二氧化碳轉換係數

五、低碳社區評估指標之操作與試評

環保署為落實建構 50 處低碳社區之推動低碳永續家園目標，2010 ~ 2011 年兩年間，與各縣(市)政府合作遴選出 52 處低碳示範社區，52 處低碳示範社區規劃各具特色效益、因地制宜之低碳措施。

為了解所擬定之「低碳社區評估指標」之可操作性及對於社區節能減碳作為之鑑別程度，針對 52 處低碳示範社區進行低碳社區指標之試評工作，其評估結果如表三所示。

(一) 低碳社區指標操作結果分析

低碳社區之評估結果，選定油、電、氣、水、瓦斯及廢棄物進行交叉比對分析，希望從社區分布區域、社區型態及社區內是否有大型設施等，尋求可能影響各項能源使用及主要排碳源之因果關係，並依據分析之結果建議可行之社區建碳對策。以下針對各社區之各項能源使用及廢棄物產出進行之結果分別說明：

1. 電力之使用：根據圖二，發現電力之使用以南部最高；其餘各區以北區最高，中部最低。根據圖四~七，發現各區都市型社區之電力消費普遍較鄉村型高；根據圖八~十二，發

表三. 環保署52處低碳示範社區指標評估及排碳量推估 (1/2)

Table with 12 columns: 項次, 社區, 縣(市), 分布位置, 社區類型, 人口數, 戶數, 戶平均人口數, 電錶數, 水錶數, 住宅型態, 大型設施. Lists 52 communities with their respective metrics.

表三. 環保署52處低碳示範社區指標評估及排碳量推估 (2/2)

Table with 12 columns: 項次, 社區, 人均耗電量, 人均耗水量, 人均小客車耗油量, 人均機車耗油量, 人均天然瓦斯耗氣量, 人均瓦斯耗氣量, 人均廢棄物產量, 人均廢棄物產量, 人均廢棄物產量, 合計排碳量. Continuation of the 52 communities data.

現各區社區內若有文教或休閒設施者其電力消費也會較高。因此，建議節電措施應優先以社區內集合住宅、休閒或學校等場所進行節電之相關措施之推廣等。

2. 水之使用：根據圖二，發現以南部及離島地區最高。根據圖八~十二，發現南部社區內休閒設施、飯店及民宿等設施水之消費也會較高因此；離島地區因無地下水及其他天然水源可以

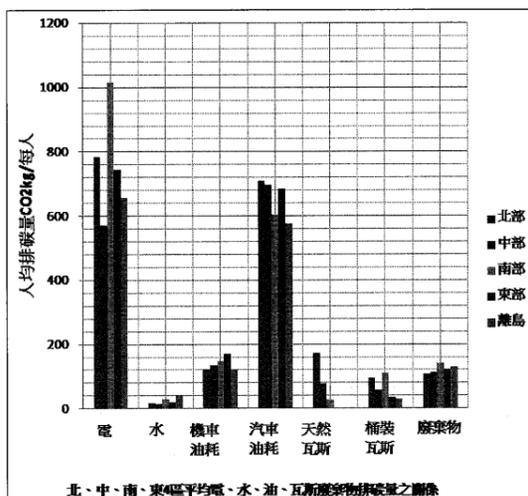
利用，因此平均用水量較高。

3. 機車之油耗：根據圖二，發現機車油耗以東部社區最高，其餘各區以南部、中部及北部順序排列。根據圖三~七，發現各區鄉村型社區之機車汽油消費普遍較城市型高，但與其他因素建築型態、是否有大型設施之關係並不明顯，研判應與公共運輸系統之完善程度有關。

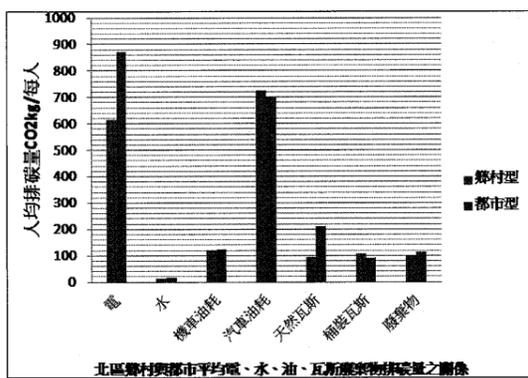
4. 汽車之油耗：根據圖二，發現汽車油耗以北部社區最高，其餘各區以中部、東部及南部順序排列，根據圖三~七，北部、中部鄉村型社區之汽車汽油消費普遍較城市型高，南部及東部都市型社區之汽車汽油消費普遍較鄉村型高，研判應與公共運輸系統之完善程度及所得收入益有相當關係。

5. 天然瓦斯、桶裝瓦斯（液態石油氣）之使用：

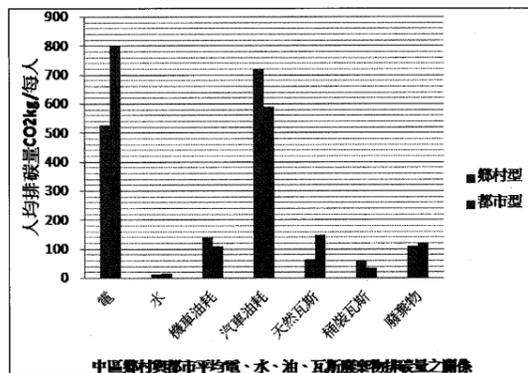
根據圖二，發現天然瓦斯、桶裝瓦斯（液態石油氣）之使用由高而低大致以北部、中部、南部、東部之順序排列。根據圖三~七，發現各區都市型社區之消費普遍較鄉村型高，研判主要因家庭之氣體燃料運用於烹飪及熱水，而北部之冬季較南部長，因此熱水用途之消費量較大，另外中、南、東部另有太陽光熱或其他替代燃料可以使用。



圖二. 社區能源消耗、廢棄物產出排碳與分布區域之關係

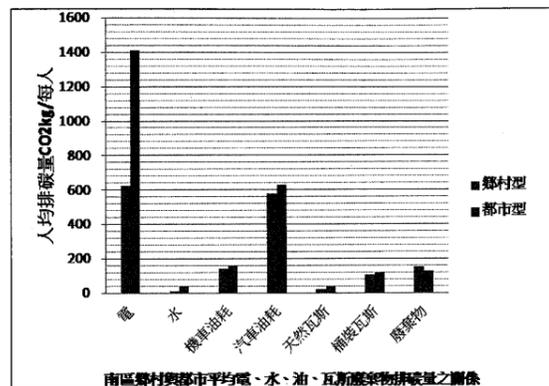


圖三. 北部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區型態之關係

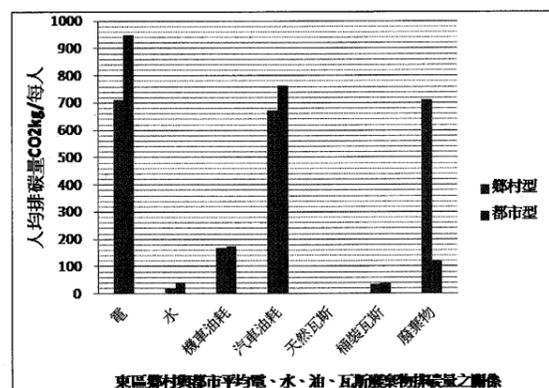


圖四. 中部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區型態之關係

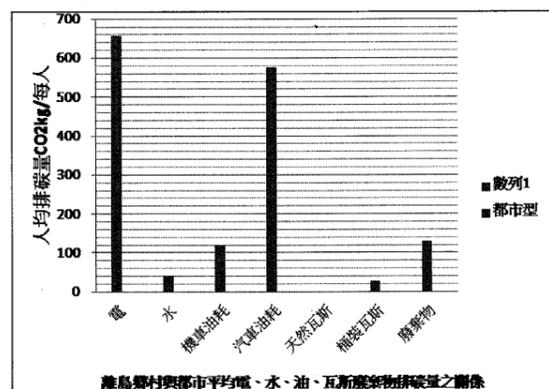
6. 廢棄物之產出：根據圖二，發現廢棄物以北部最低，南部及離島最高。根據圖三~七，發現各區都市型社區之廢棄物較鄉村型高，研判主要因生活型態之影響外，主要為垃圾分類及回收之落實程度有關，根據圖八~十二，發現各區社區內若有文教或休閒設施



圖五. 南部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區型態之關係



圖六. 東部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區型態之關係

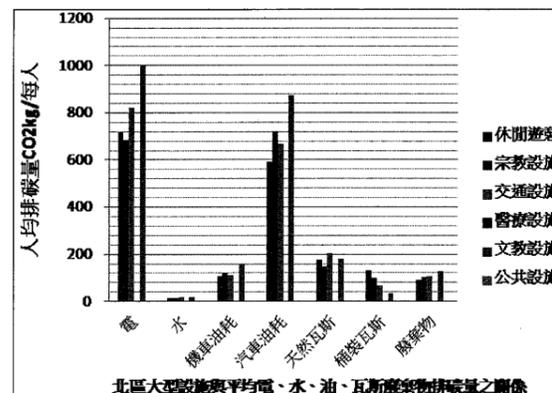


圖七. 離島社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區型態之關係

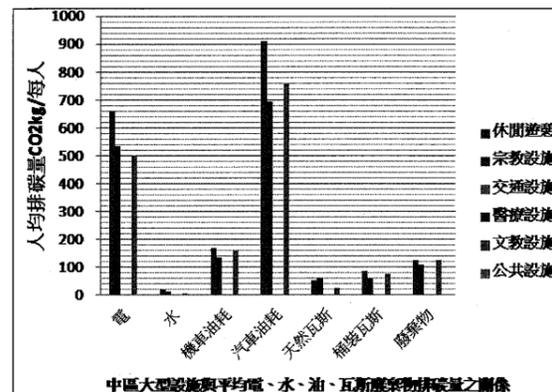
者其廢棄物產量也會較高。

參考資料

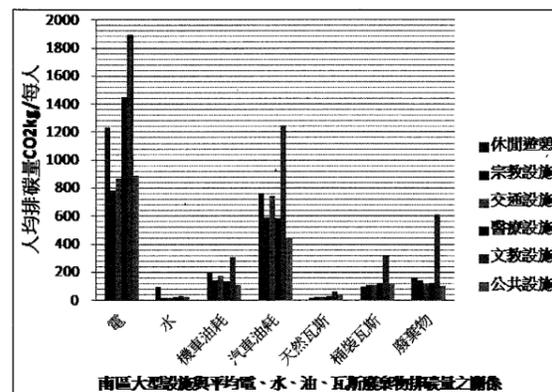
日本環境省(2009, 06) · 地球溫暖化對策策地方公共團體實行計畫區域施策編 (區域施策編) · 策定マニュアル (第1版) The Ministry



圖八. 北部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區內大型設施之關係

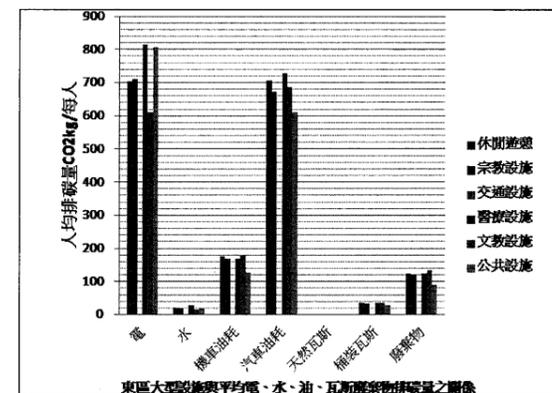


圖九. 中部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區內大型設施之關係

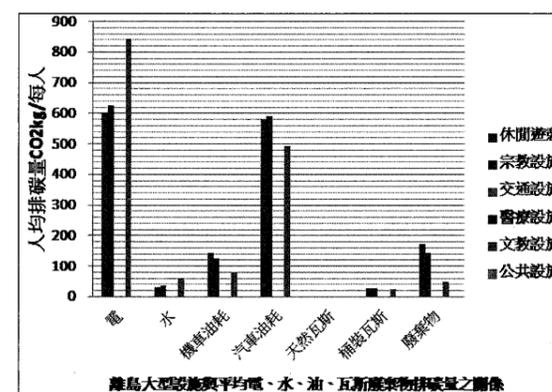


圖十. 南部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區內大型設施之關係

of Environment, Japan (2009, 06), Global warming Outward local public bodies to implement policy measures and policies knitting project area (area facilities strategy series) 內政部建築研究所(2003) · 綠社區指標與評估方法之研究 · ABRI (2003), Methods of Green Community Indicators Research and Evaluation. 陳子淳(2004) · 生態社區永續指標系統建構之研究 · 中華民國建築學會第十六屆第二次建築研



圖十一. 東部社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區內大型設施之關係



圖十二. 離島社區能源消耗、廢棄物產出排碳與社區內大型設施之關係

究成果發表論文集 · Zi-Chun Chen (2004), The Sustainability indicator system of Ecological community. Architectural Institute of Taiwan, The sixteenth Architectural research papers published. 葉志高(2011) · 我國低碳評核指標之研議 · 台灣大學碩士論文。Ye, Gao-Zhi. The Low-carbon assessment indicators. Master's thesis, National Taiwan University, 2011). 臺北市政府產業發展局 · http://www.doed.taipei.gov.tw/ct.asp?xItem=1765723&ctNode=25599&mp=105001. Taipei City, Department of Economic Development. 臺北縣低碳社區標章認證制度作業要點 · http://www.ntpc.gov.tw/web/AB?command=showDetail&postId=192914. New Taipei City, Low-carbon community logo certification system Operating Guide.