地理學報　第四十七期：39-57 (2007)
JOURNAL OF GEOGRAPHICAL SCIENCE (47) : 39-57 (2007)

以二氧化碳排放量探討島嶼之永續發展策略

A Study of Sustainable Development Strategy for Small Islands by Surveying CO_2 Emission

林世強*

Shyh-Chyang Lin

Abstract

Sustainable development is now a worldwide trend and a principle of co-existence and co-prosperity between human beings and the Mother Nature. Global warming, climate change, ecosystem decaying and natural disasters mainly due to over exploitation of natural resources by human, are affecting each individual on this planet. Kyoto Protocol was therefore initiated and implemented to regulate greenhouse gases, mainly CO_2 emission, and to slow down global climate change. The way to effectively lower CO_2 emission in Taiwan is a crucial challenge to our industry and economy.

Regional sustainable development indices have been proposed and assessed in many countries to identify critical factors to the detriment of an environment; however, due to frequent interactions among different communities, cities, and regions, the indices are complicated and sometimes hard to be evaluated. However, in confined regions such as islands, some indices can be evaluated more precisely. Therefore, it is the objective of this study to obtain a workable index on CO_2 emission and fixation and to seek adequate island development strategies for Kinmen based upon the findings. The total CO_2 emission of Kinmen was estimated by calculating the

* 國立金門技術學院營建工程系助理教授
Assistant Professor, Department of Construction Engineering, National Kinmen Institute of Technology.

individual emission from materials used in construction and civil consumption. Comparing CO_2 emission ratios between Kinmen and Taiwan, it was found that excluding manufacture emission, CO_2 emission per capita in Kinmen was 1.18 times of that of Taiwan. And, Kinmen's cement consumption per capita was 3 times of that of Taiwan. The result manifests that as a small island, Kinmen is obviously over developed and has undergone too much construction. To fulfill the requisition of Kyoto protocol, reduction of 104,000 tons a year in CO_2 emission is required. Improper developments should be stopped, neglected public spaces should be considered for reuse, and energy consumption should be reduced. To implement endemic insular sustainable development strategies, investment in ecological conservation and culture preservation should be the island's top priority.

Keywords: CO_2, sustainable development, island, Kinmen.

摘　要

永續發展爲全球趨勢，亦是維持人類與自然界共存共榮之原則，當前地球因人類過度消費與開發而引發溫室效應、氣候暖化、生態衰減、自然災害等現象，已影響到地球上的每一個人，各國爲減緩氣候變遷而制定京都議定書，規範全球二氧化碳之排放，在京都議定書生效之後我國對二氧化碳排放之控制已無法置身度外，如何削減 CO_2 之排放已是我國經濟發展之重要課題。

世界各國皆訂定有評估區域永續發展指標之機制，然而各國探討之區域皆爲開放性之社區、都市或地域，其評估方式十分複雜，而且不易統計分析。若針對封閉型之區域 (如島嶼) 進行 CO_2 平衡之分析，則其結果將更爲精準，本文以金門爲研究標的之島嶼特性，以島嶼二氧化碳之排放與固定量之關係，探討島嶼之永續民生消費與開發建設行爲，利用島嶼建設資材之使用量與民生能源之消費量推算 CO_2 之排放量，而以島嶼綠地面積與植被種類推算 CO_2 之固定量，並依 CO_2 之排放與固定量分析檢討島嶼之開發與消費行爲策略，由 CO_2 之排放比例可發現，在扣除製造業，金門人均 CO_2 排放量爲臺灣之 1.18 倍，而人均水泥使用量爲臺灣之 3 倍，相較於臺灣本島金門之硬體建設已過量，若金門欲達成京都議定書之規定，則每年應削減 104,000 公噸之 CO_2 排放，因此地方政府應抑制不當之建設，推動閒置空間再利用，酌量減少全島之消費，並加強投資生態保育與人文建設，方可達島嶼型永續發展之目標。

關鍵字：二氧化碳、永續發展、島嶼、金門

前　言

「永續發展」(sustainable development) 之概念是 1987 年世界環境與發展委員會在「我們共同的未來 (Our Common Future)」報告中所提出，並已成爲全球所關注的議題，而永續發展的定義爲「促進當代的發展，但不得損害後代子孫生存發展的權利」(行政院國家永續發展委員會全球資訊網，2003)。我國近三十幾年來的經濟發展，國民所得大幅提升，隨著人民生活的改善，能源需求劇增而燃

燒大量的煤、石油、天然氣，並排放二氧化碳造成溫室效應，雖然森林之成長可吸收與儲存大氣中之碳，然而人類卻大量砍伐與破壞，造成森林無法吸收及固定等量之二氧化碳，對大自然的生態系統產生極大的影響。近年來，我國人均 CO_2 排放當量逐年上升 (行政院國家永續發展委員會全球資訊網，2005)，自 1990 年的 1.53 (當量噸／人) 增加至 2002 年的 2.81 (當量噸／人)，12 年間 CO_2 排放幾乎增加 1 倍，在京都議定書生效後我國產業發展承受極大之壓力，此壓力亦隨著能源鏈而影響民生消費，在呼應京都議定書之要求時，我國必須降低 CO_2 之排放，此時我們應開始檢討產業之環保政策與環境生態政策，評估未來如何達成 CO_2 減量以及增加 CO_2 之固定量。然而在盤根錯結之產業鏈中探討 CO_2 減量之問題是相當複雜，同時欲制訂削減 CO_2 排放之項目或順序亦屬不易，因此一套簡明之評估方式與實算場所則益形重要，若以島嶼之封閉有限之面積，以及資源之分配簡易等特性，則島嶼是針對 CO_2 排放與固定之計算爲最理想之實算場所，亦可獲致簡明之數據以提供臺灣因應京都議定書之參考。

在追求永續發展之潮流下，島嶼因具備高度之生物多樣性而倍受重視，然而島嶼之開發一般皆以西式或大陸型之模式爲之，忽略島嶼之生態與環境特性，而造成島嶼生態系統之崩潰，生物多樣性之急速降低，導致島嶼生態環境與大陸型地區之均質一致化，因此島嶼之開發應較大陸型地區更精密、更先端。島嶼之開發經常可作爲大陸型地區之實驗場，因島嶼爲封閉地區，各種資材與人員之進出皆易於掌控與統計，有利於各種研究之分析與統計，島嶼研究之成果因此更有利於應用在大陸型地區或大陸型島嶼地區 (如臺灣)。

金門四面環海，位於東經 118 度、北緯 24 度，總面積爲 150.5 平方公里，金門戶籍人口數 70,264 人 (2005 年 12 月底) (金門縣政府全球資訊網，2006)，但其中有爲數甚多之臺商利用小三通往返大陸之便新近設籍於金門，以及不少金門縣民雖設籍金門但長住於臺灣，一般估計，金門實住人口加駐軍約低於 50,000 人。1992 年金門解除戰地政務，回歸地方自治，開放觀光，硬體建設如脫韁野馬，一發不可收拾。在未經良好規劃前，即大量開發，產生許多不當之建設，破壞金門原有的特色與風采。金門雖歷經多次戰亂，但至今仍保存大量之傳統閩南建築與自然生態 (如照片 1)，然而地方政府對都市化之迷思，引進不當之開發行爲 (如照片 2)，對島嶼生態與環境增加無可負荷之量體，尤其在已然十分密集之道路系統，又另行新建 (如照片 3、照片 4) 或任意拓寬 (如照片 5、照片 6)，忽視島嶼天然之限制與條件，試圖以都市化開發方式解決經濟困境，大型化、制式化與人工化之建設已改變原有景觀與風貌。若未來金門得以蛻變成工業都市型島嶼，則現行之建設模式或情有可原，但若未來無法達成高度開發之經濟型態，則現有之改變與破壞將使整個島嶼付出極大之代價，金門之主流價值將蕩然無存。

至今盲目的投資建設仍未停止 (如照片 7、照片 8)，除主政者之政策偏差外，幕僚未能提供正確建言亦是主要因素之一，在眾說紛紜的島嶼發展策略中，數據化之論點在金門之政策擬定將可發揮其影響力。金門縣之特殊地位與地理環境，因受限於島嶼地形狹小，天然資源有限且在經濟發展上落後於臺灣本島，在這現實又複雜多變的競爭環境中，如何看清自己的優勢，朝向永續發展的策略邁進是不可忽視的重要環節，因此利用金門縣各項建設與消費之 CO_2 排放量特性與比例，可數據化探討合宜之島嶼產業發展與開發模式，促使島嶼政策更具永續發展之內涵。



照片 1 保存良好之溪流



照片 2 渠道化之水路



照片 3 工 2-7 號道路開發前



照片 4 工 2-7 號道路開發後



照片 5 桃園路拓寬前



照片 6 目前拓寬中之桃園路



照片 7 國家公園旁林地遭新建道路切割



照片 8 解決都市交通問題之地下道移植至島嶼道路工程中

研究目的

由於島嶼在經濟社會與環境各層面皆相對封閉，經濟與開發活動易於調查與統計，因此若能將島嶼在各項 CO_2 之消費與綠地對 CO_2 之固定加以比較，則可瞭解島嶼開發與消費行爲特性與合適性，並據以調查其建設模式，可發展出一套島嶼永續發展之策略。本研究主要之目的如下：

(一) 利用以金門爲標的之島嶼特性，以 CO_2 排放與固定之關係，檢討金門民生消費與硬體建設之合宜度，並探討應有之減量措施。

(二) 探討金門在未來 CO_2 交易中，可扮演之角色與地位，並期望因金門之綠化獲取正面 CO_2 交易價值。

(三) 研擬金門產業體質與消費行爲之調整，並探討金門邁向國際接軌之永續發展策略。

研究方法

金門與其他島嶼相似，皆不具備能源與重要民生資材之生產，所有民生與工業物資皆仰賴進口，然而經過消耗後其廢棄物與排出之污染則留存於島內，在缺乏大型工業之情形下營建廢棄物與民生垃圾之去處成爲島嶼面臨之嚴峻環保課題，此廢棄物皆無法運出島嶼而必須自身全部吸納，其中營建廢棄物大多量大且不可分解，這也正是全球各島嶼逐漸浮現之問題。以永續發展中之地域平等而言，島嶼之發展應取得平衡，不應使島嶼成爲全球永續發展之負擔，若 CO_2 之排放與固定量平衡則至少可達到不增加全球 CO_2 之排放。

爲瞭解金門各類開發與消費之 CO_2 排放量，本研究蒐集主要大宗物資之進口數量，計算其製造、運輸與使用等過程所排放之 CO_2，並進行 CO_2 排放量比例與特性比較，推論金門開發與消費行爲，進而探討其合宜度與應有之改善策略。

金門絕大部分之消費與建設資材皆仰賴進口，除少數來自空運外，餘皆以海運輸入，而海運則有二種管道，來自小三通與臺灣本島之物資係以料羅港爲主要卸貨港口，另外提供臺電之油料則由臺電碼頭自行處理，因此輸入物資之調查主要以金門港務處與臺電爲二大宗。部份無法獲取之資料 (如鋼筋、陶磁面磚等)，則利用全國之消費量比例推算金門之使用量。資料調查過程如下：

1. 蒐集金門港務處 2001 至 2005 年所有汽油、柴油、液化石油氣、砂、石材、碎石等進口資料。
2. 調查各航運公司進口建材之數量。
3. 蒐集臺灣電力公司金門營運處金門 2000 至 2005 年發電之油料使用量。
4. 蒐集我國各類工業產銷統計表。

金門建設物料與民生能源輸入量之調查結果如附錄，並整理如表 1。

金門各類資材 CO_2 排放量之計算

金門大宗物資 CO_2 排放量之計算主要依據其製造、運輸、使用等各階段所產出 CO_2 之總合，計算各種物料 CO_2 排放量爲十分複雜之過程，但多數大宗物資之 CO_2 排放量已由林憲德 (2003) 歸納，本

表 1　金門主要民生之消費與建設資料歷年進口量與推估量

年	汽油 ($\times 10^3$)	柴油 ($\times 10^3$)		機油 ($\times 10^3$)	液化石油氣	水泥	鋼筋	砂		碎石	石材		陶磁面磚
		中油	台電					小三通	臺灣		小三通	臺灣	
2003	14,400 (*l*)	21,600 (*l*)	54,883 (*l*)	341 (*l*)	3,724 (*T*)	118,185 (*T*)	-	46,475 (*T*)	-	78,750 (*T*)	20,445 (*T*)	-	-
2004	14,500 (*l*)	21,900 (*l*)	53,575 (*l*)	311 (*l*)	3,669 (*T*)	62,851 (*T*) (上半年)	-	87,994 (*T*)	-	200,003 (*T*)	25,150 (*T*)	-	-
2005	14,550 (*l*)	22,000 (*l*)	61,504 (*l*)	350 (*l*)	3,801 (*T*)	-	-	138,338 (*T*)	70 (*T*) 推估	218,039 (*T*)	21,217 (*T*)	1,787 (*T*) 推估	-
合計	43,450 (*l*)	235,462 (*l*)		1,002 (*l*)	11,194 (*T*)	-	-	138,408 (*T*) (取 2005 年)		496,792 (*T*)	23,004 (*T*) (取 2005 年)		-
平均	14,483 (*l*)	78,487 (*l*)		334 (*l*)	3,731 (*T*)	121,945 (*T*)	-	138,408 (*T*)		165,597 (*T*)	23,004 (*T*)		-
平均	14,483 (*l*)	78,487 (*l*)		334 (*l*)	6,782,958 (*T*)	121,945 (*T*)	44,346 (*T*) 推估	76,893 (m^3)		94,627 (m^3)	217,025 (m^2)		350,778 (m^2) 推估

研究利用其結果推算各別資材年間 CO_2 排放量，計算方式爲各資材之年平均進口量乘以單位 CO_2 排放量，結果如表 2，其中部份資材之資料並不完整，而以推估方式計算進口量，其推估方法如下：

(一) 水泥

金門水泥輸入數量之資料並不完整，僅 2003 年全年與 2004 年上半年之資料，分別爲：2003 年進口 118,185.39 公噸，2004 年上半年進口 62,851.77 公噸，由於資料之欠缺，故以近似值推估：

W_e= *(2003 年進口量+ 2×2004 年上半年進口量) /2*

= (118,185.39+2×62,851.77) /2

= 121,944.5 T/yr。

(二) 鋼筋

鋼筋爲重要之營建材料，且其製造與運輸過程皆排放大量之 CO_2，然而金門並無詳細之鋼筋輸入資料，但可確信的是鋼筋使用量與水泥使用量有密切之關係，爲推估金門地區鋼筋之使用量，首先調查全國鋼筋與水泥之總使用量，再利用如下比例關係推估金門鋼筋使用量。

假設金門鋼筋使用量爲 X，則：

$$\frac{\text{金門鋼筋使用量(X)}}{\text{金門水泥使用量}} = \frac{\text{全國鋼筋使用量(2000 ~ 2002年之平均)}}{\text{全國水泥使用量(2000 ~ 2002年之平均)}}$$，則：

$$\frac{X}{121{,}945(T)} = \frac{6{,}674{,}667(T)}{18{,}354{,}334(T)}$$

因此推估金門輸入量 $X = 44{,}346\ (T)$。

(三) 砂

金門營建材料原完全自臺灣輸入，在開放小三通小額貿易後，砂、碎石與石材幾乎由大陸所取代，另一方面自臺灣輸入之砂石皆未有完整之資料，僅 2005 年有部份輸入量之統計，因此本研究以 2005 年之砂與石材之輸入量爲後續計算之依據，2005 年小三通進口砂量爲 138,338 公噸，另有三家廠商 (A、B、C) 進口臺灣砂，僅 A 公司 2005 年進口 39 公噸爲已知，若令 B 公司與 C 公司進口量爲 X_1、X_2，其中 2005 年 A 公司各種貨物總進口量爲 251,097.82 公噸，B 公司進口總量爲 63,223.89 公噸，C 公司進口總量爲 134,334.67 公噸，假設三家公司砂之進口比例相同，則金門自臺灣輸入之砂量可由上式推估得：

$$\frac{39}{251{,}097.82} = \frac{X_1}{63{,}223.89} = \frac{X_2}{134{,}334.67}$$

得 $X_1 = 9.82\ (T)$，$X_2 = 20.86\ (T)$

則 2005 年自臺灣進口砂之數量 T 爲：

$T=39+X_1+X_2=39+9.82+20.86=70\ (T)$

由此推估砂平均進口量爲：

W_y = *(2005 年小三通進口量+2005 年臺灣進口量)*

=138,338+70

=138,408 T/yr

砂的單位重爲 1,800 (kg/ m^3)，故進口砂之體積爲：

V_y*=138,408×1,000/1,800=76,893* (m^3)。

(四) 石材

石材進口情形與砂相同，以相同之原則計算得石材進口量爲：

W_i = *(2005 年小三通進口量+2005 年臺灣進口量)*

=21,217+1,787

= 23,004 T/yr

石材的單位重爲 2.65 *(T/* m^3*)*，則進口石材之體積爲：

V_i*= 23,004/2.65=8,681* (m^3)

假設石材平均厚度爲 4cm，則石材之面積 A_i 爲：

A_i*=8,681/0.04=217,025* (m^2)。

(五) 陶磁面磚

金門陶磁面磚使用量之情形亦如鋼筋使用量之推估，利用下式推估，令金門陶磁面磚輸入量 Y

$$\frac{\text{金門陶磁面磚使用量(Y)}}{\text{金門水泥使用量}} = \frac{\text{全國陶磁面磚使用量(2000 ~ 2002年之平均)}}{\text{全國水泥使用量(2000 ~ 2002年之平均)}}$$ ，則：

$$\frac{Y}{121{,}945(T)} = \frac{52{,}796{,}667(m^2)}{18{,}354{,}334(T)}$$

$Y = 350{,}778\ (m^2)$。

經以上計算，整理主要大宗進口物資之 CO_2 排放量與比例如表 2、圖 1 與圖 2，其中發電用之柴油特別另外考量，以利後續分析與檢討。

分析與討論

金門之產業以觀光與酒類爲最大宗，縣內並無重要之工業設施，此情形與臺灣差異甚大，但綜觀世界各島嶼國家或地區，除新加坡與香港具備工業基礎，其餘多以觀光爲主要產業，因此耗能之產業多無法在島嶼中生存，此特性在金門全島 CO_2 排放量已看出端倪，以下爲分析結果。

表 2 民生消費與建設資材 CO_2 排放量

材料／原料	數量	單位 CO_2 排放	總 CO_2 排放 (*kg*)	CO_2 排放比例	CO_2 排放比例 (扣除發電用)
汽油	14,483,000 (*l*)	2.240 *(kg/l)*	32,441,920	8.8%	15.0%
柴油	78,487,310 (*l*)	2.701 *(kg/l)*	211,994,224		
	21,833,333 (*l*)		58,972,000	57.4%	27.3%
	(扣除發電用)		(扣除發電用)		
機油	333,919 (*l*)	2.950 *(kg/l)*	985,061	0.3%	0.5%
液化石油氣	6,782,958 (*l*)	1.734 *(kg/l)*	11,761,649	3.2%	5.4%
水泥	121,9445 (*T*)	445.17 *(kg/T)*	54,286,256	14.7%	25.1%
鋼筋	44,346 (*T*)	964.75 *(kg/T)*	42,782,804	11.6%	19.8%
砂	76,893 (m^3)	55.75 *(kg/m^3)*	4,286,785	1.1%	2.0%
碎石	94,627 (m^3)	72.33 *(kg/m^3)*	6,844,371	1.8%	3.2%
石材	217,025 (m^2)	4.36 *(T/m^2)*	946,229	0.3%	0.4%
陶磁面磚	350,778 (m^2)	8.35 *(kg/ m^2)*	2,928,996	0.8%	1.3%
合計	369,258 *(T)* (總 CO_2 排放)			216,176 *(T)* (扣除發電用)	

資料來源：林憲德 (2003)。

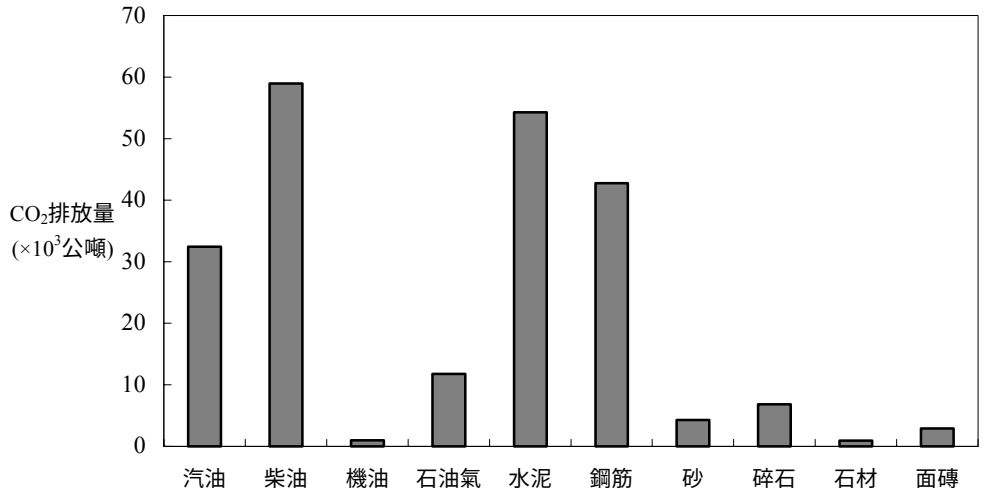


圖 1　民生消費與建設資材 CO_2 排放量

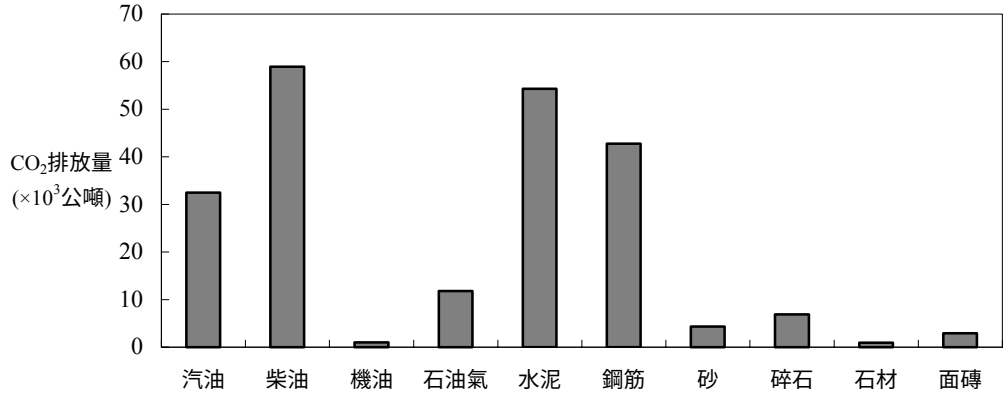


圖 2　民生消費與建設資材 CO_2 排放量 (扣除發電)

(一) CO_2 排放量比較

由本研究所得之表 2、圖 1 與圖 2 可明顯比較出，金門最耗能或 CO_2 排放量最多者爲臺電火力發電廠，其排放之 CO_2 量佔全金門之 41.4%，其次爲建設資材中之水泥與鋼筋 (分別爲 14.7%與 11.6%，合計 26.3%)，再其次則爲交通運輸之汽油、柴油 (共 24.8%，如表 3)。如前所述，島嶼無耗能之重工業，主要 CO_2 排放之來源爲發電、建設與交通運輸。若以 2003 年爲基準，金門總售電量爲 200,933 (千度) (臺灣電力公司，2006)，臺灣地區總售電量爲 159,379,855 (千度) (臺灣電力公司全球資訊網，2006)，經計算臺灣地區製造業用電量約佔臺電總售電量之 47.3% (2005 年臺電總售電量 1,675 億度，製造業用量 792 億度)，因此扣除製造業後臺灣地區用電量爲 83,993,183 (千度)，而金門並無大型製造業，僅金門酒廠爲具規模之工廠，其近三年平均年用電量爲 15,079 (千度) (金門酒廠實業股份有限公司，2006)，如此可得金門與臺灣人均用電量如表 4，比較二地區之用電量可發現金門與臺灣人均用電量大致相同，此現象原是預期之外，因金門屬鄉村型社會，商業活動並不如臺灣活絡，人均用電量應遠較臺灣爲低，但仔細觀察金門各項設施可發現金門雖僅 150.5 平方公里之面積但卻有 4 座港口 (料羅、水頭、九宮、臺電) 及 1 處航空站，且金門道路密度爲臺灣之 2.16 倍 (Lin, 2006)，在如此高密度之設施與開發情況下，人均用電量可達臺灣之標準並不令人意外，因此在用電量方面金門可能仍尚在合理範圍內。

表 3　金門各項主要產業 CO_2 排放量之比較

	火力發電	主要建設資材 (水泥與鋼筋)	交通運輸	其他
比例	41.4%	26.3%	24.8%	7.5%

表 4　金門與臺灣用電量之比較

	售電量 (千度)	扣除製造業 (千度)	人均用電量 (千度)
金門 (2003 年)	201,000	186,000	3.72
臺灣 (2003 年)	159,380,000	83,993,000	3.70

另由表 2 與圖 2 得知，金門若扣除火力發電則建設資材 (水泥與鋼筋) 之 CO_2 排放爲最大宗，此現象頗令人省思，金門所珍惜之自然生態與侷促之空間是否應投入如此大量之建設，大量體之建設同時意味著大規模之自然破壞，而建設所使用之資材以水泥最具代表性，以每人消耗之水泥量進行比較，金門平均每年使用之水泥量 C_k 爲：

$$C_k = \frac{121{,}945{,}000}{50{,}000} = 2{,}439 \text{ (公斤／人年)}$$

而臺灣平均每人每年使用之水泥量 C_T 爲 (臺灣區水泥工業同業公會，2004)：

$$C_T = \frac{18{,}354{,}334{,}000}{22{,}700{,}000} = 809 \text{ (公斤／人年)}$$

金門人均水泥消耗量爲臺灣之 3 倍，很顯然的，目前之開發行爲已逾越應有之建設，尤其島嶼敏感之生態系統對於開發建設之容忍度極低，因此在島嶼開發建設時更應精密規劃，以低密度開發爲原則，低效益之建設應予以抑制，同時中央政府在分配預算或審查離島建設基金之各項計畫時應更加慎重，多投資於自然保育與觀光人文項目，而非大型之土木工程，地方政府也應有長遠之發展規劃，不可迷信傳統之硬體建設，導致不當之開發與破壞。

(二) 人均 CO_2 排放量

依行政院國家永續發展委員會環境永續指標 (行政院國家永續發展委員會全球資訊網，2005)，我國 2004 年人均 CO_2 排放量爲 11.6 (公噸／人年)，而金門年人均 CO_2 排放量爲 (依表 2)：

$$E_k = \frac{369{,}258}{50{,}000} = 7.4 \text{ (公噸／人年)}$$

$$E_k = \frac{357{,}775}{50{,}000} = 7.2 \text{ (公噸／人年)} \quad \text{(扣除金酒公司用電所排放之 } CO_2\text{)}$$

比較臺灣與金門可發現，金門每人各項活動 CO_2 排放之爲臺灣之 63.7%，此反應金門缺乏工業之現狀，因此 CO_2 排放量較臺灣低，然而 63.7%是否合理則應深入探討，根據李秉正 (2006) 之研究，1997 年臺灣製造業 CO_2 直接排放量佔所有產業之 47.1%，臺灣扣除製造業則年人均 CO_2 排放量將爲 6.1 (公噸／人年)，則金門每人 CO_2 排放量爲臺灣之 1.18 倍 (如表 5)，此結果頗令人深思。綜合本研究

之各項數據探究其原因，在臺灣與金門人均用電量相近的情況下，金門有以下之特殊現象：

1. 建設資材 (水泥與鋼筋) 之 CO_2 排放量佔金門總排放量之 44.9% (扣除發電之排放)。
2. 金門人均水泥使用量爲臺灣之 3 倍。
3. 金門道路密度爲臺灣之 2.16 倍。
4. 金門硬體設施密度偏高。
5. 地方政府組織龐大，各級政府建設經費充裕。

由以上現象可合理推論，造就金門人均 CO_2 排放量高於臺灣之主要因素應是「建設過量」，尤其硬體之土木工程開發的不斷進行，皆凸顯金門 CO_2 排放量不合理之情形。(其他民生消費如紙張、食品、傢俱、汽車等皆較臺灣簡約，因此判斷民生消費並不會造成金門高人均 CO_2 排放之現象)。此代表金門之民生消費與開發建設亦過量，島嶼生活一般而言較趨自然低消費，二氧化碳之排放應遠低於高度開發地區，因此金門居民與政府應當正視此現象，力行減量消費與停止不當開發。

表 5　比較臺灣與金門人均 CO_2 排放量

	臺灣	臺灣 (扣除製造業)	金門	金門 (扣除製造業)
人均 CO_2 排放量 (公噸／人年)	11.6	6.1	7.4	7.2

(三) 金門二氧化碳永續指標

本研究將 CO_2 永續指標定義爲：

$$I = \frac{\text{開發與消費之} CO_2 \text{排放量}}{\text{島嶼森林與綠地之} CO_2 \text{固定量}}$$

若 $I>1$，則表示目前開發與消費產生之 CO_2 大於本地森林或綠地可吸收者，若以島嶼爲封閉之區域，則多餘之 CO_2 必然留給子孫，違反永續發展之原則，然而若 $I<1$，則代表島嶼之各項活動符合永續發展之精神。由林世強 (2006) 之研究結果，金門森林與綠地 CO_2 之固定量爲 1,393,933,000 *kg*，則金門 CO_2 永續指標爲：

$$I = \frac{369,258,000}{1,393,933,000} = 0.265$$

此意味金門各項活動所產生之 CO_2 排放仍然可被金門綠地所吸附固定，此爲前人努力綠化與目前金門低度開發之成果，然而本研究尚未考慮輸入之汽機車製造過程之 CO_2 排放量以及人類與其他生物新陳代謝之 CO_2 排放，但考慮生物性之 CO_2 排放將是十分龐雜之計算，然而 I 應爲何值方能真正代表永續，須有深入與專業之研究。無論如何，金門政府與民眾應當珍惜保存不易之自然島嶼生態，避免不當開發與消費，不僅可保護生態更可減少廢棄物於島內累積，留予子孫永續之環境與自然。

結論與建議

島嶼不同於大陸地區，除其空間之侷限外，生態之敏感度高、經濟之淺碟性、產業規模小型以及環境惡化之恢復力低等皆是先天之缺點，島嶼開發與建設是沒有實驗或嘗試之空間與時間，累積性的惡化將使島嶼積重難返，而大規模的破壞則造成島嶼之萬劫不復，因此小型島嶼如金門更應加強永續發展之觀念與行動力，惟有自覺方能自存。由本研究之各項調查、分析、比較與討論，可歸納出以下各點之結論與建議：

(一) 由金門各項產業排放之 CO_2 可瞭解，建設資材之排放佔有相當大之比例，尤其人均水泥消耗量爲臺灣之 3 倍更令人咋舌，在顯示金門開發過量，硬體建設超載，因此政府應扭轉建設迷思，致力合宜之開發與應有之減量，保護珍貴之綠地與生態，加強人文與觀光投資，彌補長久以來被忽視之金門主體價值。

(二) 比較臺灣與金門之人均 CO_2 排放量可知，金門爲臺灣之 1.18 倍，整體而言此現象十分不合理，島嶼之低工業、低污染、低開發與低人口密度等特性應可造就低 CO_2 排放，但本研究結果可能反應金門消費與建設之偏離常理，例如分散型之聚落、超高密度之道路以及大量閒置空間等皆增加建設投資而間接產生額外之 CO_2 排放，如何整體的收斂開發散度與提倡集約型區域發展，或可改善金門人均 CO_2 排放情形，而達永續之開發目標。另一方面，金門永續發展策略不應侷限於自身條件，應積極與國際接軌，若以達成京都議定書之要求爲目標，金門 CO_2 之排放量應設定於 1990 年之臺灣排放標準 (5.61 公噸／人) 再減 5.2% (郭博堯，2001)，即人均 CO_2 排放量爲 5.32 (公噸／人年)，依此原則，金門全年應削減 104,000 公噸之 CO_2，依產業特性與不當之開發情形，首先應削減者爲水泥與鋼筋，金門人均水泥消耗量爲臺灣之 3 倍，因此其削減量應爲原消耗量之 67%，如此推算水泥應削減 36,190 公噸，鋼筋削減 28,522 公噸，全島應減少 67%之工程量，其剩餘削減量 39,288 公噸則應在減少汽油與柴油之使用，如此方可使金門達到國際要求。

(三) 雖然金門之二氧化碳永續發展指標顯示綠地可固定金門之有形 CO_2 排放，但生物性之 CO_2 排放尚無法估計，金門 CO_2 是否已達平衡則有待更深入之探究，然而此指標依然有其意義，其隱含金門綠地之價值，各類植被提供出超之 CO_2 固定量未來可據以進行 CO_2 之市場交易，爲金門注入綠色財源，也讓地方民眾與政府更知珍惜寶貴之綠色資源，珍愛本身之生態景觀。據推估二氧化碳國際間交易價格每公噸 11 美元 (新臺幣 341 元) (賀先蕙，2005)，若將出超之 CO_2 固定量於國際市場上交易，金門每年可獲取之綠色財源 G_k：

$$G_k = (1{,}394{,}000 - 369{,}258) \times 341 = 350{,}000{,}000 \text{ (新臺幣)}$$

約 3.5 億新臺幣，可見保護自然綠地之效益。未來若將取之綠色財源再投入自然保育，就如同存入銀行獲取複利般，將可達成經濟與環境雙贏之結果。

(四) 當前金門面臨許多之問題與瓶頸，離島與中央之互動關係，金門與大陸之交流課題，開發與建設之方向界定等皆考驗著地方首長的智慧，然而在各項政策推動前政府應考量島嶼之承載力與建設消費之合宜度，非大量引入外力與資金，導致島嶼面目全非、生態過勞，失去既有特色，而應以調整

自身產業與消費形式與規模，塑造永續之島嶼經濟與環境爲先。

(五) 金門永續發展策略－閒置空間之充份利用

金門之於臺灣是一顆閃亮耀眼的明珠，集獨特之歷史背景、戰地遺跡、閩南文化與自然生態於一身，是世界級之文化與自然資產，尤其金門作爲一小型島嶼更具備神秘與孤絕之特色，此稀有特色須島民犧牲部份之不便方可維持與保有，然而不當之開發正使金門特色快速消失中，此皆肇因於地方政府未妥善規劃發展策略及制定合於島嶼特性之施政方針所致。由本研究歸納金門 CO_2 排放比例與消費比例可發現，金門確已開發過度，建設浮濫。

有別大型島嶼與大陸地區，小型島嶼在開發建設上有其限制，因島嶼之共通特性有：(1) 可利用面積拮据；(2) 生態敏感性高；(3) 經濟縱深不足，因此大型、全面、分散、重複、過量之開發對島嶼發展極爲不利，可能導致島嶼在環境、經濟與社會各層面無可挽回之改變，使得島嶼面目全非，故適宜的島嶼開發方式應依島嶼特性而爲，在有限的空間進行集約式的開發、停止工程範圍之擴大、降低開發對環境與生態之破壞，在此理念下島嶼型永續開發模式應是：(1) 閒置空間再利用再活化；(2) 舊開發區再更新；(3) 工程規模再縮減。事實上，金門有絕佳之機會規劃島嶼型之永續發展策略，1992年解除戰地政務，駐軍逐年削減，軍事用地逐年解編，釋出之空間除部份作爲觀光用途或回歸自然外，其餘應可配合地方建設進行開發，如此即無須破壞自然林地，或增加多餘之硬體。小型島嶼如金門是沒有條件進行大規模之揮灑，也不容許分散之開發，針對島嶼建設其永續型之策略應是新開發配合閒置空間或軍事釋出地進行整體規劃，新建工程規劃之初應尋找既有之閒置空間或廢棄軍事設施於合適之地點建造，雖其位置將散佈各處，但由於島嶼空間距離有限，不致造成任何之不便，同時亦可保護林地，避免招致砍伐之命運，在土地侷限及生態敏感之島嶼，充份善用既有資源與空間避免破壞珍貴的自然環境，以取代防止破壞、以改善替代新建，以自然代替人造，如此方可保存島嶼之特色，此即島嶼型之永續發展策略。

謝　辭

感謝吳美儀同學協助蒐集部份相關資料，本文係行政院國家科學委員會研究計畫 (編號：NSC 94-2815-C-507-001-Z) 之部份研究成果，特此致謝。

引用文獻

中國石油公司金門營業處 (2006) 單頁資料。

中華民國經濟部 (2006) http://www.moea.gov.tw/ [2006.5]。

行政院國家永續發展委員會全球資訊網 (2003) 臺灣永續發展宣言，
http://ivy2.epa.gov.tw/nsdn/ch/STATUS/SECTION.HTM [2006.5]。

行政院國家永續發展委員會全球資訊網 (2005) 環境永續指標，
http://ivy2.epa.gov.tw/nsdn/CH/ESI/ESIch.HTM [2006.5]。

李秉正 (2006) 臺灣產業結構與二氧化碳之排放，

http://www.tepu.org.tw/Subjects/Energy/energymeeting/Lee.html [2006.5]。

林世強 (2006) 以生態觀點探討小型島嶼道路建設策略－以金門爲例，**地理研究**，審查中。

林憲德 (2003) **熱溼氣候的綠色建築**，臺北：詹氏書局。

金門縣政府 (2004) **金門縣永續發展策略規劃書，金門：金門縣政府**。

金門縣政府全球資訊網 (2006) **金門縣人口統計**，
http://web.kinmen.gov.tw/371010000au60/hk/hk1.htm [2006.5]。

金門縣政府港務處 (2006) 單頁資料。

金門酒廠實業股份有限公司 (2006) **金酒公司 92、93、94 年度用電量統計表**。

郭博堯 (2001) 背景分析－京都議定書的爭議與妥協，**國政研究報告**，財團法人國家政策研究基金會，
http://www.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/090/SD-R-090-024.htm [2006.5]。

賀先蕙 (2005) 二氧化碳排放資格變「高貴」，**商業週刊**，第 901 期，
http://www.businessweekly.com.tw/webfineprint.php?id=19789 [2006.5]。

臺灣區水泥工業同業公會 (2004) **中華民國臺灣區國民每人每年水泥消耗量統計，**臺灣區水泥工業概況。

臺灣電力公司 (2006) **金門營業處資料**。

臺灣電力公司全球資訊網 (2006) http://www.taipower.com.tw/ [2006.5]。

Lin, S. C. (2006) The ecologically ideal road density for small islands: the case of Kinmen, *Ecological Engineering*, 27: 84-92.

95 年 11 月 7 日　收稿
96 年 1 月 25 日　修正
96 年 2 月 7 日　接受

附　錄

附錄表 1　中油公司金門分公司 2003 至 2005 年柴油與汽油輸入量統計

年份	柴油輸入量 (*l*)	汽油輸入量 (*l*)
2003	21,600,000	14,400,000
2004	21,900,000	14,500,000
2005	22,000,000	14,550,000

資料來源：中國石油公司金門營業處資料 (2006)。

附錄表 2 臺灣電力公司金門分公司 2000 至 2002 年柴油使用量統計 (*l*)

月份	2000 年	2001 年	2002 年
1	3,204,874	3,278,072	3,565,797
2	3,094,972	3,031,534	3,203,570
3	3,137,310	3,331,675	3,562,141
4	3,175,292	3,493,658	3,858,151
5	3,872,707	4,296,821	4,717,232
6	4,450,311	4,866,077	5,400,990
7	4,083,903	5,683,109	6,028,636
8	4,986,246	5,922,079	6,053,060
9	4,609,957	4,723,323	5,279,774
10	4,147,170	4,247,929	4,542,407
11	3,301,853	3,589,772	3,931,968
12	3,321,165	3,632,257	3,876,673
合計	45,385,760	50,096,306	54,020,399

資料來源：臺灣電力公司金門營業處資料 (2006)。

附錄表 3 臺灣電力公司金門分公司 2003 至 2005 年輕柴油使用量統計 (*l*)

月份	2003 年	2004 年	2005 年
1	3,536,710	1,072,266	1,390,773
2	3,276,202	977,426	1,020,196
3	2,959,690	923,043	1,736,414
4	2,279,303	1,357,241	1,455,615
5	2,072,040	1,170,668	1,332,643
6	3,574,971	1,226,186	5,184,179
7	2,253,293	1,308,686	1,583,439
8	2,440,069	1,540,556	1,591,813
9	2,267,822	1,274,361	-
10	1,672,918	1,225,653	-
11	1,355,546	1,313,796	-
12	1,102,246	1,263,640	-
合計	28,790,810	14,713,522	22,492,608 (推估)

資料來源：臺灣電力股份有限公司金門營業處資料 (2006)。

註：2005 年輕柴油使用量計算推估為{ (1 月+2 月+3 月+4 月+5 月+6 月+7 月+8 月) /8}×12=22,492,608 (*l*)。

附錄表 4 臺灣電力公司金門分公司 2003 至 2005 年重柴油使用量統計 (*l*)

月份	2003 年	2004 年	2005 年
1	188,071	2,690,488	2,492,141
2	89,810	2,525,825	2,560,615
3	741,622	2,598,688	2,106,083
4	1,539,857	2,440,906	2,339,892
5	2,171,258	3,442,893	3,181,417
6	1,364,136	3,759,034	3,860,096
7	4,221,399	4,522,191	4,652,983
8	4,013,777	4,550,023	4,514,480
9	3,411,640	4,056,859	-
10	2,968,653	2,978,708	-
11	2,673,994	2,686,714	-
12	2,707,914	2,608,969	-
合計	26,092,131	38,861,298	38,561,560.5 (推估)

資料來源：臺灣電力公司金門營業處資料 (2006)。

註：2005 年重柴油使用量計算推估為{ (1 月+2 月+3 月+4 月+5 月+6 月+7 月+8 月) /8}×12=38,561,560.5 (*l*)。

附錄表 5 臺灣電力公司金門分公司 2000 至 2005 年機油使用量統計 (*l*)

月份	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
1	33,362	17,856	23,302	29,398	26,132	19,683
2	38,145	22,744	34,116	12,687	17,749	21,170
3	76,205	35,711	35,061	34,307	16,328	32,779
4	62,450	29,574	33,181	25,153	32,314	24,918
5	42,570	26,351	50,491	28,117	34,606	40,328
6	44,825	40,695	39,883	32,493	23,258	39,544
7	47,580	58,836	35,029	29,286	25,328	29,883
8	39,575	44,736	55,085	37,696	26,675	25,006
9	33,655	37,927	40,688	40,545	20,503	-
10	45,230	31,708	36,328	24,763	28,574	-
11	33,720	35,380	29,214	17,918	29,320	-
12	27,775	25,257	24,111	28,704	30,026	-
合計	525,092	406,775	436,489	340,976	310,813	349,966.5 (推估)

資料來源：臺灣電力公司金門營業處資料 (2006)。

註：2005 年重機油使用量計算推估為{ (1 月+2 月+3 月+4 月+5 月+6 月+7 月+8 月) /8}×12 = 349,966.5 (*l*)。

附錄表 6 金門縣港務局 2000 年至 2005 年液化石油氣進口統計

年份	液化石油氣 (公噸)
2000	3,756
2001	3,694
2002	3,787
2003	3,724
2004	3,669
2005	3,3801
合計	22,431

資料來源：金門縣政府港務處 (2006)。

附錄表 7 金門縣港務局 2003 至 2004 年進口貨物數量統計表

年份	水泥 (公噸)
2003	118,185.39
2004 (上半年)	62,851.77

資料來源：金門縣政府港務處 (2006)。

附錄表 8 1990 至 2002 年國內鋼筋產銷概況

年份	國內需求 (千公噸) (A)= (B)＋(C)- (D)	國內生產 (千公噸) (B)	進口量 (千公噸) (C)	出口量 (千公噸) (D)
1990	5,305	5,194	125	14
1991	5,542	5,489	63	10
1992	7,218	6,729	491	2
1993	9,016	8,213	814	11
1994	7,692	7,748	74	130
1995	7,173	7,260	1	88
1996	6,467	6,553	1	87
1997	7,228	7,284	1	57
1998	7,175	7,240	8	73
1999	6,422	6,453	12	43
2000	6,568	6,599	1	32
2001	6,170	6,193	1	24
2002	7,286	7,292	10	16

資料來源：中華民國經濟部 (2006)。鋼鐵資訊、臺灣區鋼鐵工業同業公會。

附錄表 9 金門縣港務局 2001 至 2005 年「小三通」進口貨物數量統計表

年份	碎石 (公噸)	石材 (公噸)	天然砂 (公噸)
2001	1,739	3,919	10,230
2002	7,309	7,639	41,743
2003	78,750	20,445	46,474
2004	200,003	25,150	87,993
2005	218,039	21,217	138,338
合計	505,840	78,370	324,778

資料來源：金門縣政府港務處 (2006)。

附錄表 10 2005 年金門三家公司進口臺灣砂與石材統計

	A 公司	B 公司	C 公司
全年進口總量 (公噸)	251,097.82	63,223.89	134,334.67
砂 (公噸)	39	-	-
石材 (公噸)	1,000	-	-

附錄表 11 1997 至 2004 年國內陶瓷面磚產銷概況

年度	陶瓷面磚 (千 m^2)
1997	106,662
1998	101,724
1999	92,349
2000	71,532
2001	47,260
2002	39,598
2003	46,108
2004	52,299

資料來源：中華民國經濟部 (2006)。

附錄表 12 1997 年至 2004 年國內水泥消費概況

年度	水泥 (千公噸)
1997	21,522
1998	19,652
1999	18,283
2000	17,572
2001	18,128
2002	19,363
2003	18,474
2004	19,050

資料來源：臺灣區水泥工業同業公會 (2004)。