

**國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文**  
**指導教授：許添本**

**交通生態足跡分析法之研究**

**A Study of Development Traffic Ecological  
Footprint**

**研究生：徐瑚鎡**  
**學號：R90521507**

**中 華 民 國 九 十 二 年 六 月**

# 摘要

對於永續運輸的評量方式，目前的做法仍以發展條例式評量指標為主，本研究試圖應用生態足跡分析法，建構另一種評估永續運輸的方法。其概念為將運具對各種不同資源的耗用，統整為土地面積單位，藉以表示該運具對自然資源的耗用與負荷，並深入分析各運具之生態效益。本研究期望透過生態足跡分析法傳達一個簡單卻重要的觀念，選擇不同的運具對於地球資源的使用，將產生明顯的差距；讓民眾覺醒並體認到個人的運輸行為，對地球的生態環境有舉足輕重的影響，進而應改變既有運輸習慣，選擇對地球更友善的運輸方式。

本研究以台北與高雄為例，計算二都會區之運具，結果顯示使用私人運具足跡遠大於搭乘大眾運具，其中以自用小客車對生態環境造成的威脅與壓力最為嚴重。台北在加強大眾運輸服務後，私人運具成長逐漸緩和，總運具生態足跡也呈現平穩現象，且單次使用運具之足跡有明顯下降的趨勢；而高雄的各項分析數值都揭示了高雄仍以發展和使用私人運具為主，總交通生態足跡與單次使用運具之足跡呈現逐年增加的趨勢。顯示高雄都會區的運輸系統相對台北都會區而言，對環境有較高的威脅性。

本研究分析得出平均使用一次私人運具之足跡，為搭乘一次大眾運輸的 3.2 倍，證實與私人運輸相較，發展大眾運輸的確較利於生態的保存。再次驗證，以大眾運輸為導向的都市運輸系統發展策略，是邁向永續運輸的有效做法與正確方向。

關鍵字：永續運輸、生態足跡

# 章節目錄

<b>第一章 序論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機與目的 .....	1
1.2 研究方法 .....	5
1.3 研究內容 .....	5
1.4 研究流程 .....	5
<b>第二章 相關文獻回顧 .....</b>	<b>6</b>
2.1 永續發展 .....	6
2.2 永續運輸 .....	9
2.2.1 永續運輸之定義與發展 .....	9
2.2.2 永續運輸指標發展現況 .....	13
2.3 永續發展的評估工具 .....	17
2.3.1 永續發展的評估工具之一：生態足跡分析法 .....	19
2.3.2 生態足跡法之特色 .....	20
2.4 生態足跡法的相關實證研究 .....	25
2.4.1 國外實證研究 .....	25
2.4.2 國內相關實證研究 .....	28
<b>第三章 生態足跡之基礎理論與應用 .....</b>	<b>32</b>
3.1 生態足跡分析之架構 .....	32
3.2 生態足跡之計算方式 .....	33
3.3 建構交通生態足跡分析模式 .....	39
3.3.1 交通生態足跡之意義 .....	39
3.3.2 選取交通生態足跡之計算項目說明 .....	41
3.3.3 推估項目之說明 .....	45

<b>第四章 台北與高雄之運輸發展現況 .....</b>	<b>52</b>
4.1 台北市.....	52
4.2 高雄市.....	58
 <b>第五章 應用分析 .....</b>	 <b>63</b>
5.1 各運具生態足跡之計算結果 .....	63
5.1.1 台北市 .....	63
5.1.2 高雄市 .....	68
5.2 分析比較 .....	72
5.2.1 以生態足跡土地分類別分析 .....	72
5.2.2 以運具別分析 .....	83
5.2.3 以運具性質分析 .....	95
5.2.4 以交通環境效率分析 .....	101
5.3 小結.....	103
 <b>第六章 結論與建議 .....</b>	 <b>107</b>
6.1 結論.....	107
6.2 建議.....	108
 <b>參考文獻 .....</b>	 <b>110</b>

## 表目錄

表 2-1	永續與不永續的差異 .....	9
表 2-2	不同運輸方式對環境產生之影響 .....	11
表 2-3	UNCHS 都市環境指標之交通運輸單元指標一覽表.....	13
表 2-4	UKSDI 之運輸相關指標一覽表 .....	14
表 2-5	加拿大環境部運輸相關指標 .....	15
表 2-6	台北市都市永續發展指標之運輸相關指標 .....	16
表 2-7	永續性偵測工具之比較分析 .....	18
表 2-8	荷蘭的生態足跡計算過程 .....	26
表 2-9	全球主要國家之生態足跡比較表 .....	27
表 3-1	Wackernagel &Rees ( 1996 ) 的土地分類.....	35
表 3-2	Wakernagel et al. ( 1997 ) 生態足跡的計算項目 .....	36
表 3-3	台中都會區能源消費項目計算表 .....	37
表 3-4	李欽漢計算台灣生態足跡工業製品所用項目 .....	37
表 3-5	陳進田計算台灣製造業生態足跡建算項目 .....	37
表 3-6	本研究關於各運具之生態足跡的計算項目 .....	38
表 3-7	自然資源在生產過程中的用途與狀態 .....	38
表 3-8	計算通勤的足跡 .....	39
表 3-9	交通的生態足跡計算項目與資料取得來源 .....	41
表 3-10	各年火力發電的石化能源用量及二氧化碳排放量 .....	44
表 3-11	單位電力之二氧化碳排放量 .....	45
表 3-12	捷運各路線用地面積 .....	46

表 3-13	台電統計歷年每度電平均售價 .....	46
表 3-14	估算捷運歷年用電量 .....	47
表 3-15	估算台北市公車專用道之面積 .....	47
表 3-16	運具主要用油之二氧化碳排放係數 .....	49
表 3-17	各種文獻對機車停車格尺寸之建議值 .....	50
表 3-18	運具所分配的道路面積比率.....	51
表 4-1	台北市歷年人口成長情形彙整表 .....	52
表 4-2	台北市歷年汽機車成長情形彙整表 .....	53
表 4-3	台北市歷年道路里程與面積建設成長情形彙整表 .....	54
表 4-4	台北市歷年公車系統營運服務情形彙整表 .....	55
表 4-5	台北市近年大眾捷運系統營運服務情形彙整表 .....	56
表 4-6	高雄市歷年人口成長情形彙整表 .....	58
表 4-7	高雄市歷年汽機車成長情形彙整表 .....	59
表 4-8	高雄市歷年道路里程與面積建設成長情形彙整表 .....	60
表 4-9	高雄市歷年公車系統營運服務情形彙整表 .....	61
表 5-1	台北捷運歷年之生態足跡 .....	63
表 5-2	台北公車歷年之生態足跡 .....	64
表 5-3	台北營業小客車歷年之生態足跡 .....	65
表 5-4	台北自用小客車歷年之生態足跡 .....	66
表 5-5	台北機車歷年之生態足跡 .....	67
表 5-6	高雄公車歷年之生態足跡 .....	68
表 5-7	高雄營業小客車歷年之生態足跡 .....	69

表 5-8	高雄自用小客車歷年之生態足跡 .....	70
表 5-9	高雄機車歷年之生態足跡 .....	71
表 5-10	各運具耗用能源用地之生態足跡 .....	73
表 5-11	各運具耗用建成用地之生態足跡 .....	76
表 5-12	各運具耗用森林地之生態足跡 .....	78
表 5-13	台北各運具歷年之生態足跡與使用運具之足跡 .....	84
表 5-14	高雄各運具歷年之生態足跡與使用運具之足跡 .....	86
表 5-15	台北與高雄之公車歷年之生態足跡 .....	88
表 5-16	台北與高雄之營業小客車歷年之生態足跡 .....	89
表 5-17	台北與高雄之自用小客車歷年之生態足跡 .....	91
表 5-18	台北與高雄之機車歷年之生態足跡 .....	92
表 5-19	台北與高雄總運具歷年之生態足跡 .....	94
表 5-20	台北大眾運具與私人運具歷年之生態足跡與使用足跡 .....	95
表 5-21	高雄大眾運具與私人運具歷年之生態足跡與使用足跡 .....	97
表 5-22	台北與高雄之大眾運具歷年之生態足跡 .....	99
表 5-23	台北與高雄之私人運具歷年之生態足跡 .....	100
表 5-24	台北與高雄每人之交通生態足跡與年成長率 .....	102

# 圖目錄

圖 4-1	台北市歷年運具使用比例分配圖 .....	57
圖 4-2	高雄市歷年運具使用比例分配圖 .....	62
圖 5-1	台北捷運歷年之總足跡 .....	63
圖 5-2	台北公車歷年之生態足跡 .....	64
圖 5-3	台北營業小客車歷年之生態足跡 .....	65
圖 5-4	台北自用小客車歷年之生態足跡 .....	66
圖 5-5	台北機車歷年之生態足跡 .....	67
圖 5-6	高雄公車歷年之生態足跡 .....	68
圖 5-7	高雄營業小客車歷年之生態足跡 .....	69
圖 5-8	高雄自用小客車歷年之生態足跡 .....	70
圖 5-9	高雄機車歷年之生態足跡 .....	71
圖 5-10	台北各運具耗用能源用地生態足跡之歷年變化 .....	73
圖 5-11	高雄各運具耗用能源用地生態足跡之歷年變化 .....	74
圖 5-12	各運具耗用能源用地之生態足跡之平均比率 .....	74
圖 5-13	各運具耗用能源用地之生態足跡之年成長率平均值 .....	75
圖 5-14	台北各運具耗用建成用地生態足跡之歷年變化 .....	76
圖 5-15	高雄各運具耗用建成用地生態足跡之歷年變化 .....	77
圖 5-16	各運具耗用建成用地之生態足跡之平均比率 .....	77
圖 5-17	各運具耗用建成用地之生態足跡之年成長率平均值 .....	78
圖 5-18	台北各運具耗用森林地生態足跡之歷年變化 .....	79
圖 5-19	高雄各運具耗用森林地生態足跡之歷年變化 .....	79



圖 5-20	各運具耗用森林地之生態足跡之平均比率 .....	80
圖 5-21	各運具耗用森林地生態足跡之年成長率平均值 .....	80
圖 5-22	台北各運具總生態足跡之歷年變化 .....	81
圖 5-23	高雄各運具總生態足跡之歷年變化.....	81
圖 5-24	各運具生態足跡之平均比率.....	82
圖 5-25	各運具生態足跡之年成長率平均值 .....	82
圖 5-26	台北各運具歷年之總生態足跡 .....	85
圖 5-27	台北使用各運具之生態足跡 .....	85
圖 5-28	高雄各運具歷年之總生態足跡 .....	87
圖 5-29	高雄使用各運具之生態足跡 .....	87
圖 5-30	台北與高雄之公車歷年之總生態足跡 .....	88
圖 5-31	台北與高雄使用公車之生態足跡 .....	89
圖 5-32	台北與高雄之營業小客車歷年之總生態足跡 .....	90
圖 5-33	台北與高雄使用營業小客車之生態足跡 .....	90
圖 5-34	台北與高雄之自用小客車歷年之總生態足跡 .....	91
圖 5-35	台北與高雄使用自用小客車之生態足跡 .....	91
圖 5-36	台北與高雄之機車歷年之總生態足跡 .....	92
圖 5-37	台北與高雄使用機車之生態足跡 .....	93
圖 5-38	台北與高雄總運具歷年之總生態足 .....	94
圖 5-39	台北與高雄使用總運具之生態足跡 .....	94
圖 5-40	台北大眾運具與私人運具歷年之生態足跡 .....	96
圖 5-41	台北使用大眾運具與私人運具之生態足跡 .....	96

圖 5-42	高雄大眾運具與私人運具歷年之生態足跡.....	97
圖 5-43	高雄使用大眾運具與私人運具之生態足跡 .....	98
圖 5-44	台北與高雄之大眾運具歷年之生態足跡 .....	99
圖 5-45	台北與高雄使用大眾運具之生態足跡 .....	99
圖 5-46	台北與高雄之私人運具歷年之生態足跡 .....	100
圖 5-47	台北與高雄使用私人運具之生態足跡 .....	101
圖 5-48	台北與高雄每人之交通生態足跡 .....	102

## 第一章 緒論

### 1.1 研究動機與目的

自 1987 年 WCED 在「我們共同的未來」中【1】，提出永續發展的概念，永續運輸（Sustainable Transport）的觀念即應運而生。各國開始相繼檢視運輸的發展現況，並訂定發展永續運輸的政策及願景，以期邁向永續運輸的境界。

過去社會以追求經濟效益為主，經常忽視了對自然及生態的侵略，以致資源的過量損耗，相當於挪用了下世代人的資源；對於相同世代的人而言，也會造成資源分配的不公平，並且影響了人類以外的其他物種，威脅其生存的空間及資源。為了彌補這失衡的狀況，避免自我毀滅，我們應該站在「生態」的角度重新思考既存的生活態度，以求人類與其他物種能永續生存。

交通運輸為人類帶來生活上的便利並促進了經濟發展，但卻造成了能源過度耗用、溫室效應、空氣污染、交通擁擠等問題。人們對接踵的負面效應焦慮憂心，開始倡導所謂的「永續運輸」，期望能夠改善現今交通對生態的衝擊。

「生態足跡」以衡量資源使用限制與表達生態的破壞與底限為基礎，是一種可反映生態意涵的衡量指標。並可為各項發展計畫前的「環境衝擊評估」進行評估，因為所有大型開發案，都可能會對物質或能源的消費產生長遠且重大的影響，而這些衝擊時常因無法完全顯露於帳面的數據上，而在環境影響評估及政策實施時被忽略，藉由生態足跡的分析，可以說明使用資源對生態所產生的直接衝擊。生態足跡分析最主要的貢獻就是能簡單明瞭的詮釋生物物理特質，並將之轉為社會共識，表達「人類需仰賴自然而生，且自然生產力卻是有限」的觀念。

因此，本研究將應用生態足跡的向度反映出我們對運具使用的不永續性，使大眾檢視目前的運輸方式是否永續，探討不同運輸工具對地球資源的耗用與對環境產生的負荷，藉以提出警訊，誘發大眾改變既有的不永續的運輸習慣。

## 1.2 研究方法

本研究應用生態足跡法分析法推估交通生態足跡，並以台北與高雄為例，分析二地運具對自然資源的耗用情形，此一研究方法具有下列特色。

- 一、「生態足跡法」是可度量永續發展的一項操作性指標，從生態經濟學角度所發展，用以衡量人類經濟體依賴自然生態的程度。其內容主要有二個層面，包括生產資源支持人類所需的土地面積，以及涵納人類消費資源後，所產出的廢棄物之面積；也就是計算維持某特定人口或經濟體的資源消費，與伴隨消費所產生的廢棄物，相對應需要的生產性土地或水域面積【8】。
- 二、生態足跡分析採列舉式計算，會因項目詳盡程度不同而產生不同的計算結果，因此把握住各種主要消費項目以避免過大誤差。受限於研究資源與統計資料的來源，在分析上允許 5% 上界與 30% 下界的誤差【10】。

## 1.3 研究內容

### 一、研究主題

1. 對永續發展的概念、永續運輸的發展及生態足跡法（Ecological Footprint Method）進行文獻探討回顧。
2. 利用生態足跡法，估算台北及高雄都會區之交通生態足跡，分析使用不同運具別對自然資源的耗用情形。
3. 檢視二個都市交通生態足跡的差距，並分析造成差異之原因。

### 二、研究範圍與對象

分析台北與高雄地區的主要機動運具，台北都會區包括大眾運輸（捷運與公車）、副大眾運輸（營業小客車）與私人運具（私人小客車與機車）；高雄都會區

的計算項目是大眾運輸（公車）、副大眾運輸（營業小客車）與私人運具（私人小客車與機車）。在私人運具部份以登記於台北市與高雄市之車輛為主。

### 三、分析期間

基於統計資料與參數收集的考量，且考慮台北捷運加入營運的年期，資料蒐集期間定為民國 85 年到民國 90 年（西元 1996 年至 2001 年），以求各運具比較之基準與客觀性。

### 四、計算項目

生態足跡是將研究對象所消耗的各项資源與產生的廢棄物，轉換為土地面積單位，本研究重點在於驗證、比較各運具對自然資源的運用情形，以及對自然環境所造成的負荷。不同種類的運輸工具對資源的耗用情形略有不同，加上受限於統計資料的取得，因此以把握最主要的資源消費項目進行計算為原則，各運具計算項目略有不同，將於第三章中專題分析。

### 五、研究限制

1. 都會區裡的運輸系統尚包括了綠色運具（非機動運具），即腳踏車與步行，但因研究對象台北與高雄地區，目前並未發展出完善完整的腳踏車道與人行步道，且未對使用者進行深度的旅運調查，因此在生態足跡的計算上有無法取得資料的困難，本研究暫不計算綠色運具之生態足跡。
2. 應將生命週期的概念加入生態足跡的計算，在計算運具的足跡時，應包含運具的製造、使用到丟棄處理等過程。本研究重點在於運輸系統使用

時，運具運行所需要的資源與使用運具所產生的負荷為主，只探討使用運具所需之生態足跡，不考慮製造運具與處理廢棄運具所需的資源。

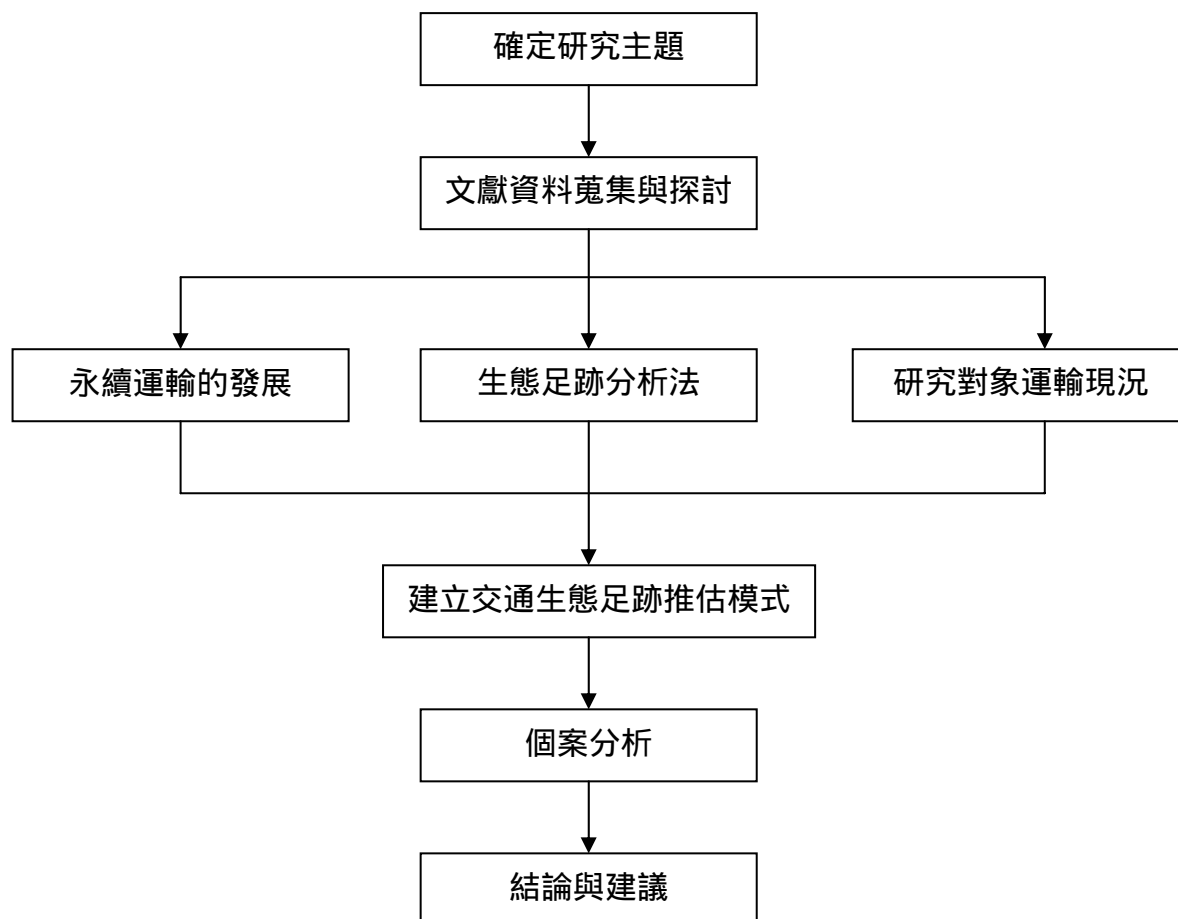
3. 運具在使用時所造成的環境負荷十分複雜，例如有噪音、廢水、震動及空氣污染等，而光是排放的污染物就有數十種。由於目前對於各排放物質、環境涵容能力，及對人體負面影響的關係都難以量化，因此在對環境負荷的面向，僅計算因燃油與發電所排放二氧化碳<sup>1</sup>一項。選擇二氧化碳是因為其為溫室效應的主要氣體，且有能地比<sup>2</sup>便於轉換為土地面積。
4. 研究的資料來源包含台北市、高雄市政府之歷年統計數據、交通部與其他學術單位所進行之相關調查，其中各運具之平均行駛里程、燃油效率、承載率、行駛次數及使用能源之二氧化碳排放係數等，以經濟部能源委員會在民國 88 年所做「運輸部門能源消費調查研究」數據為主，此一調查的樣本數眾多，較能反映真實世界中運輸部門對能源的耗用。再者，此調查資料同時針對台灣省、台北市、高雄市各地區進行調查，其數據較客觀且公平；但缺點是此研究並非常態性研究，僅有一筆數據可供參考，因此無法看出研究年限間這些參數的變動而產生的影響，當然也將對生態足跡的計算造成誤差。

---

<sup>1</sup> 發電本身是不會排放二氧化碳，在此是火力發電所燃燒石化能源所產生的二氧化碳，視為發電間接產生的二氧化碳。

<sup>2</sup> 能地比：每公頃生態生產力土地所產生的能源數量。

## 1.4 研究流程



## 第二章 文獻回顧

### 2.1 永續發展

#### 一、永續發展的緣起與意義【32】

全球環境的變遷已經威脅人類未來的發展，可從以下幾個危險的情況看出：

- 自十九世紀末以來，全球平均溫度已經上升了 0.3 至 0.6 °C
- 在過去一百年來，海平面上升了 10 至 25 公分
- 同溫層與臭氧層遭受破壞
- 急速的物種消失
- 可耕地不斷的遭到侵蝕並且減少
- 海洋的污染以及過度捕漁

人類在一天之內就造成以下的破壞：

- 55000 公頃熱帶森林的消失
- 20000 公頃可耕地的減少
- 100 至 200 種物種的滅絕
- 6 千萬公噸 CO<sub>2</sub> 污染著地球大氣

對於人類賴以生存的地球維生系統遭受如此的破壞，不禁令人要問，這樣的發展能夠再持續多久？

一九八零年代中期，世界環境與發展委員會（World Commission on Environment and Development, WCED）中一群國際環境與發展議題專家以及政府官員所組成的工作小組，經過兩年多的研究與審議，於 1987 年出版了報告「我們共同的未來」【1】，這本報告成為了永續發展最重要的聲明與陳述。1992 年



的里約會議乃是依據這份報告的內容而召開，進一步尋求應如何達到報告所立的目標－永續發展。在里約會議提出 Agenda 21 後，永續發展即受到全球廣泛回應，其內涵亦不斷被討論與界定。目前最被廣泛引用的永續發展定義是 1987 年 WCED 在報告中所提出的定義：一個滿足目前的需要，而不危害未來世代滿足其需要之能力的發展。這包含了兩個核心意義【37】：

- 「需要」，特別是世界上貧窮者的需要，應列為最優先的考慮事項。
- 為了滿足目前與未來的需要，必須對技術現況與社會組織加諸「限制」。

此一聲明乃是以滿足人類的需要（非人類的想要），而且要確保世代間的公平性，並使世界上資源的使用（包括水、空氣、土地、礦產等資源）能重新分配給貧窮者【39】。另一方面，由於化石能源及其他資源的過度使用，以及環境壓力的不當處理，導致人類賴以維生的資源加速耗竭，生態環境不斷惡化，已經威脅到人類的生存。自然環境惡化並對人類生存產生威脅，逐漸引起世人的反省，永續發展就是為了解決此危機而提出的方案與構想。在永續發展的探討上，按照 WCED 的闡述，以下面兩種理念模型最能掌握資源與環境在人類未來發展中，在時間及程度的威脅性：

1. 世代正義模型－永續發展應滿足當前的需要，而不去危害未來世代滿足其需要的能力。
2. 自然承載能力模型－永續發展中的社經發展必須保持在自然承載能力的範圍之內，使其不對自然環境造成無法挽回的危害（Richardson, 1994）。

世代模型重點在預警資源耗竭、環境生態惡化在時間上累積的危機；自然承載能力模型則強調環境生態問題在程度上超出自然系統承受能力的危機。兩種模型的核心意義皆是在闡述自然環境在社經發展中不應該受到危害，進而威脅人類目前及未來的生存與發展。

## 二、永續發展的面向

### 1. 經濟的永續

永續的經濟需考慮環境壓力及資源需求的所有成本（full-cost accounting）。不因為追求短期利益，而忽略長期永續的目標。

### 2. 社會的永續

一個永續性的社會需要滿足人類有乾淨的食物、空氣、飲水、住屋等基本需求，及確保民眾公平享有這些基本需求的權利，同時推廣民主的決策機制，使受影響的民眾能參與決策。

### 3. 生態環境的永續

要求人類能循環使用物質與能源，而且使用資源的速度，不能超過其再生的速度，以確保資源來源不會中斷，減少對自然環境、人類健康及其他物種造成累積性的危害。

在實踐永續發展的過程中，自然科學、技術領域與社會經濟領域應緊密連結，在經濟、生態與社會的面向不應該彼此分隔或彼此對立。

### 三、永續與不永續發展的比較

人類的各種活動與決策在某些情形下並不容易判斷其是否永續，但透過原則性的比較可幫助我們了解是否朝永續的方向進行。歐洲委員會在推動地方永續發展計劃中，提出了永續與不永續原則性的區別【32】，如表 2-1 所示。

表 2-1 永續與不永續的差異

永續發展	不永續的發展
在社會、環境、及經濟整體考量基礎上改善生活條件	僅以經濟觀點為基準來衡量及提高生活水準
視經濟、社會與環境議題彼此連結，尋求完整而長遠的策略	三議題彼此獨立，認為健康的經濟將自動導致社會與環境
避免對未來造成危害，而在今日採取行動	努力於改善短期事務，將問題留給未來的人去處理
考慮環境與其承載能力，使所有決策能真正支持人類活動	視環境事務為奢侈，只在負擔得起的情形下去保護
在專家與民眾的合作下做規劃，使規劃能符合民眾需要	由專家做規劃

資料來源：【32】

## 2.2 永續運輸

### 2.2.1 永續運輸之定義與發展

永續運輸可視為運輸部門中「永續發展」的代名詞，目前的文獻對於永續運輸定義的討論並不多，The Charter of European Cities and Towns Towards Sustainability(1994)【45】陳述永續發展的目標為：達到社會公平(social justice)、永續經濟(sustainable economies)及環境永續(environmental sustainability)。而永續

運輸的作法為「減少、再利用、再循環」，可藉由改變生活形態及改進技術兩方面進行。歐美國家對永續運輸的定義是：「在環境保護與社會公平的基礎上，追求有效率與安全之交通運輸」。而 Transport Canada【46】則定義永續運輸為：「永續運輸之目的，在於強調對環境、社會與經濟之關心」。

世界銀行（1996）出版的「永續運輸—論政策改革之優先順序」【2】提出以永續性作為運輸政策的基礎，可分為三方面說明：

1. 追求經濟與財務的永續經營：

資源必須有效率的運用，且設備資產也需定期性維護。

2. 追求環境與生態的永續經營：

不論政府或民間部門，對未來的投資決策，應充分考量運輸計畫所衍生的外部效應，達到環境與生態的永續性。

3. 追求社會發展的永續經營：

運輸改善的效益應能普及於社會階層，方能廣為民眾接受，進而達到社會發展的永續性。

OECD（2000）對永續運輸提出較全面的解釋與政策目標，並成立 ESI (Environmentally Sustainable Transport)部門，目前選定了六個實施地區以全力發展環境永續運輸為目標，重點工作在於減少運具對空氣所造成的污染，主要做法有減少交通量（特別針對貨物運輸及航空運輸二方面）、發展並鼓勵大眾運輸，以及從技術面改善運具對環境的衝擊等【42】。

在初期，永續運輸主要是探討運具對環境造成污染的問題，而後漸進涉及運輸與經濟效益與社會公平面向，使得永續運輸的概念發展得更臻完備。以下將分述近年來與永續運輸相關之研究。

## 一、Linster, 1990【40】

將運輸部門分為水路運輸、鐵路運輸、道路運輸及航空運輸，分別探討不同運輸方式對環境產生的衝擊及影響，其分析項目如表 2-2 所示。

表 2-2 不同運輸方式對環境產生之影響

	空氣	水資源	土地資源	固體廢棄物	噪音	肇事風險	其他衝擊
水路運輸	-	建造港灣及疏浚運河導致水系改變	基礎結構之土地取得；港埠設施及運河之廢棄	廢棄船艦	-	運送危險物品	-
鐵路運輸	-	-	路權及場站之土地取得；老舊設施之廢棄	廢棄路線、運輸工具及裝備	場站附近及延路所產生之噪音與震動	載送危險物品時發生出軌或撞擊	社區、野生動植物棲息地的隔離與破壞
道路運輸	空氣污染(CO,HC,NO <sub>x</sub> ,微粒物質及能源副產品如鋁等)；全球污染(CO <sub>2</sub> ,CFC)	地表溢流污染地面水及地下水；道路建設改變水系	基礎結構之土地取得；道路建設土方之移除	公路工程所產生的碎石及廢土；廢棄車輛；石油消耗	由城市中及主要道路旁車輛所造成之噪音與震動	由公路肇事所造成之傷亡及財產損失；運送危險物品；道路設施老舊所造成之風險	社區、野生動植物棲息地的隔離與破壞；擁擠
航空運輸	空氣污染	由於機場建設而改變地下水位、河流流向及地表排水	-	廢棄航空器	機場周圍的噪音	-	-

資料來源：【40】

## 二、Whitelegg, 1993【56】

指出運輸所造成不永續的問題，包括使用大量機動運具造成溫室效應、能源消耗、空氣和噪音污染，及使用小汽車造成的空間與時間的浪費，並對人類生理及心理上的健康造成影響。提出「Momo 效應」，所謂 Momo 效應是組織效率或系統改良上所節省的時間越多，則所消耗的能源與物資也越多，而造成更多的空

間需求與污染。因此提出新的時間價值觀念、倡導休閒生活，並將此觀念納入永續運輸發展的課題之一。

### 三、Black，1996【34】

根據 WECD 對永續發展之定義，提出永續運輸為「滿足現代的運輸需求，而不危及下一代滿足其需求的能力」的觀點，並探討目前運輸系統不永續問題，包括原油有限、石化燃料所排放廢氣對空氣品質的負面影響、小汽車造成過多傷害及死亡、交通擁擠（包括停車問題）及都市擴張、噪音污染、車輛震動對結構產生破壞、開放空間及歷史設施的消失、因原油外洩和二次污染所造成之海洋污染等衝擊。

### 四、David、Michael，1997【36】

研討北美與歐洲在永續運輸發展上的異同，北美的運輸策略：由於低人口密度及大眾反對增加車輛行駛稅（taxing vehicle travel），而採取增加公路容量及管制環境影響，在環境管制方面對依賴引擎、車輛及燃料技術進行管制；歐洲各國在發展永續運輸之特色差異極大，但普遍認為推動大眾運輸是政府的責任，對於小汽車對環境造成的負面衝擊，民眾有較多機會參與討論。此研究比較了兩者在地理、制度及政策上之差異，並建議未來永續運輸之發展重點應朝向提升永續運輸技術、永續運輸之財務與定價，及整合運輸與土地使用計畫等三方面。

### 五、Acutt、Dodgson，1997【33】

提出對運輸部門使用各種經濟政策，如污染稅、燃料稅及管制政策，如車輛使用限制、交通寧靜區等方式降低運具對環境的影響與衝擊，並且評估各項政策之效用。

## 2.2.2 永續運輸指標發展現況

本節介紹四個國內外在運輸指標發展上較為完整的永續指標系統。

### 一、UNCHS 都市環境指標【48】

聯合國人類定居中心（United Nation Center for Human Settlements (Habitat)；UNCHS）與世界銀行在 1995 年共同的計劃中，提出一套都市發展相關的關鍵性指標。在交通運輸部份分為一般、道路建設、車輛及大眾運輸等四大項共 11 個指標，指標架構的發展已注意到運輸所造成環境不永續以及對經濟成本的影響。

表 2-3 UNCHS 都市環境指標之交通運輸單元指標一覽表

項目	指標名稱	指標定義
一般	交通肇事	每年每千人由於交通肇事死亡的比例
	燃料價格	a.石油 b.柴油 c.LPG 或 CNG 每公升價格
	運輸費用佔家戶所得比例	a.所有家戶 b.貧困家戶之運輸費用佔家戶所得的比例
	運輸能源消耗	每年每人所消耗之運輸燃料公升數（包括航空）
道路建設	平均每車擁有之道路長度	a.鋪面道路（surfaced roads）b.非鋪面道路（unsurfaced roads）之總道路公里數除以總車輛數
	道路擁擠	在尖峰時間 $V/C > 0.8$ 之道路比例
車輛	車輛不符合排放標準比例	不符合地方排放標準之車輛比例
	機動車輛燃料消耗	a.所有車輛 b.新車平均每 100 公里所消耗之燃料公升數
	行人死亡率	行人因交通意外死亡所佔之比例
大眾運輸	大眾運輸座位	每千人所擁有之大眾運輸座位數
	營收佔總成本比例	營收佔大眾運輸營運成本之比例

資料來源：【48】

## 二、UKSDI 指標【47】

英國政府於 1996 年依據其所公佈之永續發展策略，建構永續發展架構（UKSDI），其指標項目涵蓋經濟、交通運輸、休閒、能源、水土資源、生物多樣性、氣候變遷等 21 個議題領域中。而與交通運輸相關指標整理如表 2-4 所示，其中「短途旅次之運具分配比例」指標已反映出步行及腳踏車等綠色運具在短途旅次的使用情況。

表 2-4 UKSDI 之運輸相關指標一覽表

討論議題	指標名稱	指標定義
交通運輸	小汽車使用與總客運里程	每年每人客運總里程數
	短途旅次	每年每人旅次長度小於 1 英里，1 至 2 英里，及 2 至 5 英里之各運具旅次數
	運輸成本的實質變化	大眾運輸車資及使用小汽車之實際價格變化，與實際可支配所得成長之比較
	貨運交通	每年鐵公路貨運量（百萬公噸）及延頓英里數之比較趨勢
休閒與旅遊	休閒旅次	每年每人休閒旅次之平均英里數
	航空旅次	每年由英國機場起降之國外休閒旅次乘客數
能源	道路運輸能源使用	每年公路客運能源消耗（mtoe）與延人英里數比較及貨運能源消耗（mtoe）與延頓英里數比較
土地使用	道路建設	每年都市及鄉村地區新建道路之面積（公頃）
	一般旅次	通勤、購物及接送小孩上下學之平均旅次英里數變化趨勢
酸沈積	道路運輸所排放之 NO <sub>x</sub>	每年公路客運 NO <sub>x</sub> 排放量與延人英里數比較及公路貨運 NO <sub>x</sub> 排放量與延頓英里數比較
空氣	VOCs 排放量	每年公路客運所排放之 VOCs 與公路客運延人英里數之關係及工業所排放之 VOCs 與該部門 GDP 之關係
	CO 排放量	每年公路客運所排放 CO 與公路客運延人英里數之關係
	黑煙排放量	每年公路貨運所排放之黑煙（並未計算於 PM <sub>10</sub> 內）與公路貨運延頓英里數之關係，及國內所排放之黑煙與家戶數之關係。
	鉛排放量	每年石油引擎車輛所排放之鉛及無鉛汽油之市場佔有率

資料來源：【47】



## 三、加拿大環境部【20】

1991 年加拿大環境指標書中列出了眾多指標，包含 18 個領域，總囊括 43 個基礎指標。其指標係以「壓力-狀態-反應系統」(Pressure-State-Response System) 為基礎，並加入了人類活動為第四個類別項，共對四項議題：生態支援系統、自然資源永續性、與健康與其普遍影響因子進行探討。

表 2-5 加拿大環境部運輸相關指標

討論議題	指標名稱	指標定義
都市空氣品質	都市空氣中的有毒物質：苯	<p>苯的散發有部分是與汽車的使用有關連。</p> <p>苯在都市地區的量測標準可以幫助估算有效車輛散發控制所產生的價值。</p> <p>採取的指標描述從 1989 年至 1997 年都市地區空氣苯的含量的平均集中值(<math>\text{Ig/m}^3</math>)。</p>
能源消耗	化石燃料耗盡	<p>指標與人類活動中動力運輸的使用有關。</p> <p>加拿大與全球一樣，化石燃料消耗指標的選擇是一項長期的趨勢，包括石油、煤和天然氣(從 1950 年到 1992 年)。</p>
運輸乘客	加拿大旅客如何移動	<p>反映人類活動。</p> <p>對乘客運輸的四個重要方式的每一種量測出乘客公里的趨勢。同時最後也敘述 45 年間之 GDP 的成長。</p>
	汽車使用化石燃料	<p>像壓力因子一樣的考量自然資源耗盡的原因。</p> <p>從 1950 到 1994 年，表示汽車使用十億公升的汽油與十億乘客公里的移動有關。顯示排放控制被增加的車輛數、增加的乘客公里移動、維護不良及老舊車輛等因素所抵銷。</p>
	新汽車及燃料效率	<p>表示消費者購買新車時的選擇。</p> <p>燃料效率的表現為公升／100 公里 (litres/100 kilometers)，亦可估算關於燃料成本的價值(1986C\$/litre)，兩項調查的時間為 1965 到 1995 年間。</p>
	都市大眾運輸及私人運具的使用	<p>都市運輸使用（以乘客公里移動的度量）可估算都市動力移動的價值（也是以乘客公里為度量標準）從 1950 年到 1995 年。</p>
氣候變化	化石燃料使用造成二氧化碳的散發	<p>提出人類活動與使用動力運輸的關聯。</p> <p>量度 1950 年到 1994 年全球 CO<sub>2</sub>（百萬噸）的發散和全球總生產毛額(GWP)的關係；在加拿大方面並探討 1958 年到 1994 年加拿大 CO<sub>2</sub> 的發散（百萬噸）與加拿大 GDP 的關係。</p>
	全球大氣中溫室氣體	<p>運輸活動導致環境衝擊的壓力指標。</p> <p>表示從 1958 年到 1996 年中每年度二氧化碳的集中程度(每百萬分之一)。</p>

資料來源：【20】

## 四、台北市都市永續發展指標【7】

台北市於 1996 提出「台北市都市永續發展指標與策略研擬之研究」，發展出十個指標群共 80 個指標，並將指標分為主要指標及次要指標，以簡化指標綜合評估作業。交通運輸指標分散於都市系統指標群、資源、都市廢棄物處理及產出及環境管理指標群中，如表 2-6 所示。交通主要指標為小汽車持有率及大眾運輸使用狀況，其發展指標中已將自行車專用道及行人徒步區的開發視為永續發展的重要指標。

表 2-6 台北市都市永續發展指標之運輸相關指標

指標群		指標名稱	估算方式	主要指標
都市系統	交通	小汽車持有率	(小汽車數/現在人口數)*1000	✓
		大眾運輸易行性	乘客人次/大眾運輸行駛里程數	✓
		每人每日通勤時間	平均每人每日通勤時間	
		主次要幹道尖峰時間 平均旅行速率	主次要幹道上、下午尖峰時間平均旅行速率	
		自行車專用道路長度	自行車專用道路長度	
	土地 使用	公共設施面積比	(公共設施面積/土地總面積)*100%	✓
		行人徒步區長度	行人徒步區長度	
	環 境 品質	每年空氣嚴重污染天數	空氣品質指標 PSI 值大於 100 天數	✓
		每年噪音污染比例	(噪音監測全日均能音量超過標準次數/總監 測次數)*100%	
		每年酸雨天數比例	(降雨監測為酸雨天數/總監測天數)*100%	
	安全	交通肇事率	交通肇事件數/車輛總數	
	社 會 福利	無障礙設施比例	(含無障礙設施建築及公共設施數/總數) *100%	✓
輸入資源	每人耗油量	供油量/現住人口數	✓	
都市廢棄 物處理及 產出	每人空氣污染量	空氣污染物總排放量/現住人口數		
	二氧化碳排放量	Σ (各產業別各種能源使用量*各種能源之單 位二氧化碳排放係數)		
環境管理	公部門環境保護投入支出比例	(環境保護支出/總支出)*100%	✓	

資料來源：【7】

由上述永續運輸指標的發展可發現，運輸部門在永續發展的議題上，已由環境永續擴展至經濟及社會層面，對於運輸工具的探討也由機動車輛逐漸轉移到對步行、腳踏車及大眾運輸的發展。然而所涉及的層面越廣，指標項目也隨之增加，如何澄清過多資訊而造成混淆，並且將永續發展的資訊傳達給社會大眾，是各國發展永續指標的重要議題。

## 2.3 永續發展的評估工具

工業革命後，傳統經濟發展模式所造成的環境衝擊與貧富不均有愈趨明顯的現象，自由貿易與資金流動將全球整合為一個經濟體，但在大量提高產業生產的背後，也隱含對資源的消費增加，然而這樣的發展卻沒有改善經濟所得的差距，也無法解決地球上最貧窮的十億人的基本需求，這種社會不公平的分配是傳統經濟發展所造成且無法改善的現象。

同時，因經濟成長增加了物質消費水準，也代表對資源的消耗不斷提高，使得森林、土壤、水、空氣等資源與生物多樣性日漸被破壞，人類如此無止盡的擷取地球資源，導致資源過度耗竭與加速了環境破壞，當地球到達生態超荷的極限時，人類的生存也將面臨危機。

因此，如何讓地球與人類可持續地生存與發展，便成為目前各國的核心議題，各國陸續推動永續性方案與評量永續的方式，也發展出許多的生態指標，分別整理如下表所示。

表2-7 永續性偵測工具之比較分析

偵測工具	主要內涵	評估因子	與永續性之關聯
永續發展指標	經由經濟、社會、環境三個層面之趨勢檢測，作為提供都市漫延歷程中，問題預警及解決問題的偵測方向。	環境向度 社會向度 經濟向度	依此整合與監測都市政策及策略研擬，作為一般居民、第三部門、及政府部門的監控依據。
生態足跡	以累加環境衝擊的方式，估算供養人類所需之生物物理資源，及吸收廢棄物所需之儲存地之面積。	耕地、牧草地、森林地、海洋地、石化能源地、建成地等生態生產性土地。	以生態赤字(即生態足跡與生態標竿之差距)估算人類挪用其他地區之資源存量所造成的全球不永續情形，以瞭解生態底限，促使永續性之策略更有效性與更具價值。
環境空間	以2010年為評估環境空間之使用目標年，估算人類使用之地球環境資源，並重新考慮資源分配之問題。	能源的使用與排放、不可再生原料、土地利用、林木、水等。	透過永續差距估計，將環境空間作更有效率之調整，以減少環境空間的使用量，同時又能維持人類生活環境品質。
生命週期分析	評估某一產品於開採、製造、使用、及廢棄的過程中，對環境所產生的衝擊。	原料、污染物、廢棄物的製程。	掌握產品生命週期中所有的環境影響，以產品總合分析，進行環境衝擊評估、改善評估及盤查(inventory)，作為產品之環保標準與環境訴求，並且用以提供作為環境管理之參考依據。
生態效益分析	更有效率的使用物質或能源，以減低經濟成本與環境衝擊。	原料的密集度 能源的密集度 毒物的擴散 原料的可回收性 可更新資源的最大使用 產品的耐久性 商品與服務的服務強度	連結環保與經濟，以永續發展理念，提高企業競爭力；以生態效益促使企業達到永續發展的境地。

資料來源：【12】

### 2.3.1 永續發展的評估工具之一：生態足跡分析法

生態足跡分析理論的觀念在1996年由Wackernagel & Rees 合著「Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth」中首次提出，生態足跡分析法直接探討了地球對於人類的底線，加上觀念易懂且深入永續精神，已逐漸成為永續發展的規劃及分析工具。

生態足跡分析法是以生命個體或群體為單位來測量其所需的能量，再將這些資源與能量換算成土地面積。其基本概念是假設每種能源與物質消費及廢棄物的處理，均需要一定的土地或水域面積來生產或吸收。舉例說明：糧食消費所對應的農地，代表農地生產供給人類的糧食消費；石化能源消費對應著能源地；森林產品消費對應著森林地等。不同與其他生物只消費食物，人類還消耗了許多非食物的項目，例如能源、衣物、住宅、車輛與其他不同種類的消費產品。只要有任何物質或能源被消費，就必須從一個或數個生態系中提供一些土地，由這些土地負責提供與這些消費有關之資源生產或廢棄物分解的功能。因此，當我們去計算某特定地區之人口生活中對資源的耗用情形，並將這些資源的消費轉換為所需的土地及水域面積，就代表這群人對生態所產生的「負荷」，而計算出來的面積大小，就是這群人在地球上的生態足跡。藉由生態足跡的計算，可以衡量特定人口在當時物質水準下，所需要的不同種類之生物生產力土地（及水域），以持續地提供被消費的能源、資源及吸收所產生的廢棄物。若能逐年監測某地區的生態足跡，並配合當地國民所得 GNP 同步分析，不僅可以瞭解經濟動態，還能掌握生態變遷。藉此將自然保育與人類永續的理念，落實於社會的整體運作與回饋機制，進一步提供人類社會對未來出路的判斷標準與行動方向【16】。

生態足跡不同於過去傳統「單一」環境評估，它可以累加不同的資源耗用，包含用以生產可再生資源與維生功能的生態生產力土地、因污染與輻射造成生物生產力喪失的土地，亦可透過能量轉換方式，將不可再生資源的使用也納為計算。

### 2.3.2 生態足跡法之特色

#### 一、生態足跡與永續性的關聯

生態足跡分析法之特色，在於將不同單位的能源和資源皆轉換為土地單位，土地面積不僅代表著地球的有限性，也被視為無數重要維生系統功能的代理者，大地是孕育萬物的母親，如果人類粗暴的取用資源破壞生態，即便累積了更多的金錢、擁有更強大的貿易行為，也無法供應我們最基本的生存環境。

經由生態足跡的觀點，能提醒我們即使有貿易交流與科技的進步的輔助，人類還是得依賴生態所提供的財貨與服務，然而這些生態財貨與服務，並不會隨著人口及平均每人消費持續增加而增加，是從地球上某片土地從事生產與供應的，而供給是有限的，並無法滿足我們無度的取用。

「自然資本的存量是否足以滿足預期的需求？」是我們面臨到的重要問題，也是永續性中最基本的生態問題，生態足跡分析法可以直接探討這個問題，它是一個可以比較生物圈的生產量與經濟體的消費量的工具，能反應經濟的擴充是否具有足夠的生態空間，可以明白表達出人類已經多麼接近自然界的極限。

透過生態足跡分析法也能表達社會所面臨的永續性差距，是否已造成「環境不正義」的現象。計算不同地區的人口，在各自的生活水準下享用了多少資源，便可表露出同世代間的社會不永續。我們應該要求富有者加諸更多責任，並減少其對資源的運用，同時賦予窮人多一些的發展權，給予其更公平的待遇。

由上述可知，生態足跡分析法能發揮下列機制：

1. 可以幫助我們決定該社會在運作時，所須注意的生態約束力。
2. 能幫助我們擬定政策，以避免或減低過度消費的情況。
3. 可為監控達成永續性目標的進度工具。
4. 可強化國際間應如何分享全球共有地。
5. 可表達該如何小心使用運用，並公平分配全球生產力容量與資源。

## 二、生態標竿 (Ecological benchmark) 與生態赤字 (Ecological deficit)

當我們計算出某地區人口的生態足跡時，可進一步與生態標竿比較，觀察其對資源的挪用情形。

所謂「生態標竿」是指地球上每位居民所能享用的自然資源，這個數值是會隨著實際生產力土地產值而變動，當所計算的對象出現過度消費資源時，實際消費質與生態標竿的差距就稱之為「生態赤字」，從生態赤字可以反應某個地區透過貿易或挪用自然容量下依賴其他地區的程度。

在估算人類的生態標竿前，必須先對生物生產力土地進行分類，從每種不同性質的土地面積與產能，來推估每位地球居民可用之土地。所謂生物生產力 (Biological productivity)，是指自然再生產或再生的能力，算法是將某類土地的總生產除以該類別土地總面積。根據 Wackernagel et al. 在 1998 年的研究，將生物生產力土地分為以下六個主要類別：耕地、牧草地、森林地、建成地、石化能源地及海洋，分述如下：

### 1. 耕地

生態上所指大部分的生產性用地，可用以生產植物，如小麥、稻米。

全球每人約有 0.25 公頃。

### 2. 牧草地

用以放牧乳牛及牛的畜牧地。全球每人約有 0.6 公頃。

### 3. 森林地

可用以耕種或自然生產木材產物的土地。全球有 34.4 億公頃的森林地，相當於每人約有 0.6 公頃。

### 4. 石化能源地

理論上作為保留吸收二氧化碳之用的土地，但實際上土地多已被開發，無法保留作為吸收二氧化碳之用。也就是說人類目前消耗的石化能源及其廢棄物，已無法被吸收。目前是在直接依賴自然資本維生，而非孳息。

## 5. 建成地

人類用以建設及道路建造所使用的土地，建成地持續的開發，將對耕地會造成了無可彌補的損失。目前全球每人約有0.03公頃。

## 6. 海洋

人類可以從海洋取得食物，所以海洋也是生物生產力土地。全球海洋有366億公頃，相當於每人有6公頃。但海洋生態的生產力95%集中於其中的0.5公頃，而這已是海洋最大的生產量了。

加總上述的生物生產力土地面積：耕地0.25公頃、牧草地0.6公頃、石化能源地0公頃、森林地0.6公頃、建成地0.03公頃及海洋0.5公頃，地球上每個居民約可享用2公頃的生物生產力土地。然而根據WCED 的報告至少應有12% 的生態容量被保存，以作為生物多樣性保護之用；依此標準，2公頃的生物生產力土地中只有1.7公頃才是人類可以使用的面積，有0.3公頃應被保存以作為生物多樣性保護。此1.7公頃的土地面積便是用以比較生態足跡大小的「生態標竿」。

## 三、生態足跡之應用與個案

生態足跡的運用範圍是具有彈性的，且可以明確表達人類的消費活動對自然生態和各類資源的依賴程度。目前已應用的方面有：

### 1. 全球性比較

利用生態足跡估算特定地區居民平均每人生態足跡值，與世界居民平均應有之生態足跡值進行比較，用以判定哪些地區居民有過度消費的情形，挪用了不屬於自己的資源以維持其消費水準。

Wackernagel和Ree指出富有國家的一般國民生態足跡，已超過每人公平分配值的2到3倍，必須要有3個地球才能使全球人民都享有北美洲人民的生活水準，顯示出當前消費水準的不公平。



## 2. 個別地區生態生產力與消費水準比較

比較某地區居民的生態足跡與該地區可提供之生產性土地面積，如果該地居民之生態足跡超過其可提供之生產性土地面積，表示有挪用同世代其他地區生產性土地的情況，並將超過的部分稱為生態赤字。

## 3. 區別境內與境外生態足跡

分析一地區資源利用與環境淨化功能，分屬貢獻國內居民及國外居民的比例。Herendeen指出能源、水、土壤、生物多樣性、污染吸納、CO<sub>2</sub>等都可以用來顯示區域依賴特性已經越境【38】，馮君君(2000、2000b)也以土地乘數解析矩陣估算台灣居民的境內與境外的生態足跡，以及外國居民在台灣地區境內的生態足跡。

# 四、生態足跡法的功用與缺失

## 1. 生態足跡法的功用：

### (1) 做為永續發展的指標

藉由可量化的指標顯示人類的消費和自然環境的關係，大眾了解永續發展觀念，以落實永續發展的理念。

### (2) 永續發展的檢驗工具

可幫助企業單位、政府機構進行政策的評估，檢驗政策的演進是否朝向永續發展的目標前進，而非流於口號。唯有在減少資源消費量及廢棄物製造量下提升人類生活品質，才能使人類邁向永續性的發展。

### (3) 生態環境的持續性追蹤

可進行每年生態環境的追蹤比較，由各家庭、企業、國家，資源消耗所呈現的生態足跡變化狀況，觀察某特定人口與永續發展的距離。

## 2. 生態足跡法的限制與缺失

### (1) 估算過程假設目前的土地使用方式為永續性

生態足跡的推估是假設土地使用方式為永續的，然而實際上卻非如此【3】，若考慮土地實際的使用方式，所需生態足跡勢必增加。且這樣的假設無法反應資源超限利用，難以反映永續發展中追求跨世代間公平之目的。

### (2) 自然環境涵容污染物的能力難以量化

理論上分析項目應包括生產可再生資源與維生功能所需要的生態土地面積，以及因污染、輻射等因素造成生物生產力喪失的生態土地面積，但實際上自然環境涵容污染物的能力難以量化，目前未被考慮。

### (3) 缺乏對整體生態功能及其他生物生存需求的考量

生態足跡分析法將人類的活動和自然環境相連結，基本上是以人為中心來看待自然環境，並沒有將其他生物的生存需求同等納入考慮，只將WCED 建議至少應有12% 的生態容量被保存，作為生物多樣性保護。

生態足跡分析法雖未完整且完善，但任一理論或模型，本就難以囊括各個層面。重要的是能否明確表達出研究對象的關鍵特性，以發揮決策導引的功能。生態足跡分析法並不需要列出所有的消費項目、廢棄物種類和生態體系的功能，以最保守的估算態度，便可提供診斷的功能了。

## 2.4 生態足跡法的相關實證研究

生態足跡不僅可用來計算人類對資源的耗用情形，也可將研究對象轉為其他生物或非生命物質。

### 2.4.1 國外實證研究

#### 一、Wackernagel et al. & Rees, 1996【53】

以加拿大、溫哥華為對象，計算顯示：為維持加拿大當時的消費水準，平均每個加拿大人的生態足跡為4.3(公頃/人)，約是地球公平分配值「fare earthshare，1.7公頃/人」的2.5倍。

溫哥華人口有180萬人，以每人的生態足跡為4.3(公頃/人)，計算出溫哥華的生態足跡約為其本身行政區面積的200倍。其他典型的高度經濟發展國家均有此現象，如日本、荷蘭。表2-8是以荷蘭計算生態足跡為例，展示生態足跡的計算方式。

#### 二、Wackernagel et al., 1997【54】

Wackernagel et al.在1997年對全世界52個國家進行生態足跡的實證研究，結果如表2-9所示，並提出「強調技術與貿易的經濟發展模式，使人類的消費慾望無限制的擴張」的論點。

表2-8 荷蘭的生態足跡計算過程

荷蘭生態足跡的評估：

為使情況單純，只考慮四項主要的消費分類：建成地、耕地、森林地、石化能源用地，以避免嚴重的重複計算，並充分顯示生態足跡分析的優點與保守。

**基礎資料：**

1991年人口：15,050,000人

土地面積：3,392,000公頃

建成地：538, 000公頃

1991年消耗的石化能源：3197PJ-36PJ

（主要為核能部分，不列入生態足跡的分析）

{ (3197-36) PJ/1500萬荷蘭人=2100億焦耳/每人/每年 }

表示每人每年消費了2100億焦耳的石化燃料

**計算：**

森林：每人每年消費1.1立方公尺的森林，又森林產量為每年每公頃2.3立方公尺，相當「1.1（立方公尺/人/年）/2.3（立方公尺/公頃/年）=0.47（公頃/人）」

每人每年消費0.47公頃的森林面積。

石化能源：每人每年消費2100億焦耳的石化能源，相當於「210（GJ/人/年）/100（GJ/公頃/年）=2.1（公頃/人）」

每人每年消費2.1公頃的土地面積。

**結果：**

耕地（糧食）：0.45（公頃/人）

山地：0.26（公頃/人）

森林：0.47（公頃/人）

石化能源地：2.10（公頃/人）

建成地（集居地與道路用地）：0.04（公頃/人）

平均每人生態足跡 3.32（公頃/人）

荷蘭人的生態足跡總和：3.32×15000000=49800000公頃

資料來源：【3】

表2-9 全球主要國家之生態足跡比較表

國別	97年初人口 (千人)	生態足跡 (公頃/人)	國別	97年初人口 (千人)	生態足跡 (公頃/人)
冰島	274	9.91	波蘭	38521	3.35
紐西蘭	3654	9.83	以色列	5854	3.05
美國	268189	8.36	泰國	60046	2.77
澳洲	18550	8.11	香港	5913	2.66
加拿大	30101	6.99	馬來西亞	21018	2.66
愛爾蘭	3577	6.57	南非	43325	2.6
芬蘭	5149	6.33	委內瑞拉	22777	2.6
日本	125672	6.25	巴西	167046	2.57
獨立國協	146381	5.98	哥斯大黎加	3575	2.52
瑞典	8862	5.82	匈牙利	10037	2.46
丹麥	5194	5.75	<b>世界平均</b>	<b>5892480</b>	<b>2.34</b>
法國	58433	5.68	墨西哥	97245	2.27
挪威	4375	5.68	菲律賓	70375	2.17
奧地利	8053	5.39	南韓	45864	1.99
新加坡	2899	5.29	土耳其	64293	1.89
葡萄牙	9814	5.05	秘魯	24691	1.73
比利時	10174	5.03	哥倫比亞	36200	1.72
瑞士	7332	5.00	奈及利亞	118369	1.69
荷蘭	15697	4.66	印尼	203.631	1.58
阿根廷	35405	4.64	約旦	203631	1.54
德國	81845	4.61	中國	1247315	1.18
英國	58587	4.6	埃及	65445	1.15
義大利	57247	4.51	衣索匹亞	58414	0.99
捷克	10311	4.2	巴基斯坦	148686	0.84
西班牙	39729	4.18	印度	970230	0.81
希臘	10512	3.91	孟加拉	125898	0.73
智利	14691	3.46			

資料來源：【54】

### 三、Yoshihiko Wada, 1993【3】

以固定番茄產量來比較兩項不同高科技生產方式的生態足跡，探討集約式農場與溫室種植的番茄，在相同的產量下需要多少總土地面積。(所謂總土地面積包含直接耕作的土地、用以維持生產所需的相關物質，與能源輸入等量的土地面積，也就是此番茄的生態足跡)。

就相同生產面積而言，溫室耕作比開放式耕作多7到9倍產量，但透過生態足跡的計算發現溫室生產的番茄，需投入比開放式生產的番茄多10到20倍的生態足跡。所以可藉由生態足跡的分析觀點，來比較競爭科技間的「資源密度」(resource intensity)，也就是用生態足跡分析法，來驗證新科技是否比舊方法更能達到生態上的改善進步。

### 四、Lyle Walker, 1993【3】

調查不同所得群的家庭，在住宅與生活型態的選擇上，與生態足跡的關聯性，初步發現選擇住在高密度的地方可以縮小生態足跡，並可改善較冷漠的生活方式—可以走路上班、與人更接近（每平方公里接觸更多）、享受更親密的鄰里關係、使用較多樣的休閒設施，如：公園、行人徒步區等。認為我們的城市可以更以社區為導向。

## 2.4.2 國內相關實證研究

### 一、李永展, 1998【10】

李永展根據Wackernagel et al. (1997) 的研究方式將生物生產力土地分成六大類。計算台灣地區1996年之生態足跡為4.673（公頃/每人），總生態足跡為台灣現有面積的27.87倍。

相較於Wackernagel et al. (1997) 對世界52國的研究，台灣地區的生態足跡高於世界平均值2.34(公頃/每人)，台灣地小人稠，平均每人可分配的土地甚小，但每人生態足跡卻為世界平均值的兩倍，可見在資源、物質的消費上過於浪費。

## 二、葉佳宗，1997【14】

葉佳宗利用生態足跡法推估1995年台灣地區生態足跡及農業生態足跡，計算結果顯示台灣地區每人生態足跡為4.18公頃，且有逐年擴張的趨勢。估算欲維持台灣地區人們的消費需求，需25倍的台灣面積之生態生產性土地(及水域)面積。

農業部門的生態足跡也有相同趨勢，並對國外農產品的依賴日趨深切，並透過生態足跡分析，及農業政策情境分析，預測農業土地資源可能的變動與衝擊。

## 三、李永展、陳安琪，1999【9】

李永展、陳安琪應用生態足跡探討貿易對永續發展的影響，認為生態足跡越大表示該地區挪用他處的生態生產性土地越多，在亞洲和台灣相似的島國且以貿易為主的工業國家，如香港、新加坡、日本等，其生態足跡均遠超過其國土面積。

研究顯示貿易與科技為影響生態足跡大小之因子，各國進出口國別、進口物資的永續化程度而定，貿易限制的條件及種類，亦會對生態足跡有所影響。如果進口物資是影響生態足跡比重較大者，則該國生態足跡擴展較快；若出口影響生態足跡比重較大者，或進口影響生態足跡中比重較小者，則該國生態足跡將比無貿易時為小。

## 四、李欽漢，1999【13】

李欽漢計算台灣地區農業生態足跡、生態標竿與生態赤字，分析加入WTO對農業而言是否為永續性策略，獲得以下結論：

1. 台灣地區農業生態足跡實證分析結果：

1991年到1996年，台灣地區每人約有0.6公頃的農業生態足跡，歷年來耕地的生態赤字約為每人0.268公頃到0.313公頃，且呈現逐年上升；而牧草地生態赤字約為每人0.285公頃到0.387公頃，而呈現逐年降低的情形。

2. 在下列情況下加入WTO，對農業是永續性策略：

(1) 提昇農業生產力

農業生產力提昇，因在生態足跡的分析中生產力為除項，所以可以降低生態足跡。生產力提昇越多則生態足跡降低越多。

(2) 進口產業以內銷為主

以內銷為主的產業不會因加入WTO而使消費量巨幅增加，所以生態足跡的面積不致於因進口量的增加而使資料值大幅增加。

(3) 對國內產量影響越大者，生態足跡則降低越多

對保護型產業而言如農業部門中的稻米，加入WTO將使得國內生產量減少，生態足跡的計算值亦將減小。

**五、楊振榮、林琬菁，2000【5】**

計算台灣農業生態足跡組成因子的變遷情形，在1990年至1999年間呈逐年遞減的變動趨勢，十年間的平均值為0.2438公頃/人。就組成因子對農業生態足跡的影響而言，耕地利用因子對足跡的相對影響力逐漸式微，國際貿易因子的相對影響力逐漸上升，存貨因子的相對影響力則微不足道。

**六、范振基，2001【15】**

改善農業生態足跡的估算方式，考慮生物生產力土地並非為永續性使用，以農業試驗所的建議肥料施用量做為永續生產力的施肥標準。擬定肥料的建議使用量，與實際施用量最接近的當期土地生產力，作為永續生產方式下實際的生產力，並據此推估合理的農業足跡值，改善目前生態足跡分析法中令人質疑的缺失。



**七、陳進田，2001【16】**

以生態足跡法來探討民國81年至86年，台灣地區製造業各業別的生態足跡與生態效益，並就總生態足跡、使用國內資源部分之生態足跡、排放污染部分之生態足跡與生態效益等面向進行分析比較。發現整體製造業的生態足跡有逐年增加的趨勢，各業別的表現差距頗大，但各年的表現則呈穩定狀態，推論此特色是各業別特性不同之故，可從全面加強生產績效、提升附加價值，並在資源有限的條件下，以生態效益的觀點進行產業方向的調整，朝向高生態效益的產業發展。

### 第三章 生態足跡之基礎理論與應用

#### 3.1 生態足跡分析之架構

完整的生態足跡分析應包含直接使用的土地面積與所有物質與能源消費的間接使用的土地面積，因足跡的計算方式採取列舉式，每增加一個評估項目就有可能增加足跡的總值，因此，我們所記算的足跡大小會比真實世界的資源使用來的保守。生態足跡法的分析與計算為兩個過程：首先追蹤並分析我們所消費的所有資源及產生的廢棄物；再將消費的資源及廢棄物轉換為供應與維持其功能所需的生物生產力土地面積。

理論上生態足跡法計算所有消費及廢棄物的處理需要的土地及水域面積，但如此的計算過程是十分繁雜且困難的，因此有以下列計算簡化方式：

1. 假設提供產業收穫的土地（如農地與森林）是永續性的，實際上卻非如此，土地衰竭的速度通常大於再生的速度。
2. 僅納入自然界所提供的基本服務，主要探討人類直接與間接活動對自然功能的挪用，包含對可再生能源與不可再生能源的消費、廢棄物的吸收、建築用地、淡水的抽取、各項環境污染等。
3. 同一塊土地若同時提供兩種以上的服務，不重複計算所耗用的生態足跡，只將佔用面積較大者納入生態足跡的估算。
4. 簡化生物生產力的分類方法以便計算與分析，例如將生態系統區分為八種土地類別。

由於簡化的做法，會低估人類對土地的需求，但只要持續性追蹤，生態足跡指標就如同相機一般，可以呈現各階段時期，人類對自然資源的需求情形(Deutsch et al., 2000)。生態足跡提出另一種思考面向檢視環境問題，強調生態物理性的分析，主張經濟體的發展與擴充皆受限於生態容受力規模，人類所需物質與能源的消費也必須考量生態體系本身所能提供的限制【55】。

## 3.2 生態足跡之計算方式

### 一、生態足跡的計算步驟

生態足跡的計算，包括下列步驟：

#### 1. 計算各主要消費項目的每人平均消費量（ci）

首先針對某個特定項目，將一個區域或全國的消費總值除以人口數來計算每人平均的年消費量（ci），這個作法比直接衡量每人或家庭平均消費量來得容易。大多數這類資料可以從全國統計要覽取得，例如能源、食物、森林製品等，至於許多其他的類別可利用全國性的統計資料，經由以下的計算式便可提供經過貿易修正後的消費：

$$\text{經過貿易修正的消費} = \text{生產} + \text{進口} - \text{出口}$$

#### 2. 將各項主要消費項目轉成土地面積（aai）

計算的方式是將每人對上述計算所得的項目之年平均消費（ci；以公斤/人為計算單位），除以土地每年平均生產力（p；以公斤/公頃為計算單位）：

$$\text{各消費項目每人挪用的土地面積 (aai)} = ci / p$$

由此式我們可加總每人每年所有消費物品及服務（共n項）的總生態面積，即為每人平均總生態足跡（ef）。

$$\text{每人平均總生態足跡 (ef)} = \sum_{i=1}^n aa_i$$

#### 3. 計算總生態足跡

將每人平均總生態足跡（ef）乘以人口數（N），便可以得到某個特定地區人口之生態足跡（EF）：

$$EF = N \times ef$$

大多數的生態足跡計算，是建構在全國平均消費及世界平均土地收穫量上，透過上述簡單的標準化，可以使不同區域或國家做「一般情況」的比較，對愈來愈多國家依賴跨國的貿易流量及挪用全球資源的情況來看，這也是相當實際的作法。必須注意的是生態足跡分析之參數，因應用的案例而會有所不同，受各案例所牽涉的系統範圍和隱藏的間接影響，所有因子都受限於研究者個人的判斷與價值，因此把握各種主要消費項目，避免過大誤差，是研究者在進行研究時的一大重點。

## 二、生態足跡計算項目之修正

由於生態足跡採用列舉式計算，因此相同種類但分類項目不同，會產生估計上的誤差，這正是此計算方式的缺點。依Wackernagel et al (1997)的研究發現，由於列舉項目及相關統計資料取得的困難，在生態足跡分析時會造成5% 上界與30 % 下界的統計誤差，因此在進行全球及地區性生態足跡計算時，應修正其計算項目。

同時，將城市的足跡與其土地面積作比較可能會造成誤導，人口較密集的地區的生態赤字比例或許較大，但事實上每人每單位之足跡或許是較小的。因此比較妥當的做法是紀錄某地區的平均每人足跡，再與其他城市或國家的平均值作比較。

## 三、過去研究中關於計算項目的選取

Wackernagel&Rees在1996年的研究中，將土地分四大項八大類（表3-1）；Wackernagel et al. (1997) 對全球52 個國家進行生態足跡計算時，將生態足跡的計算項目分為兩大項：糧食及能源消費所需的土地（表3-2）；李永展（1999）計算台中都會區能源消費，將能源的消費分成煤炭、液態石化能源、天然氣、淨進口財貨、水力發電等項目（表3-3）；李欽漢（1999）計算台灣生態足跡工業製品所用項目，分為工業產品、機器、民生用品、非上述財貨等四類（表3-4）；

陳進田(2001)計算台灣製造業之生態足跡時，以投入產生的觀點進行項目分類，將投入面項目共分為：廠地使用、石化能源、電力使用及工業用水等項，產出面環境負荷項目，選取事業廢棄物、二氧化碳、及工業廢水（表3-5）。

表3-1 Wackernagel & Rees (1996) 的土地分類

種類	作用	內容
能源土地	化石能源使用所「挪用」的土地	能源或二氧化碳土地
被消費的土地	建成地	惡化的土地
目前被使用的土地	花園	可恢復的建成地
	農地	可耕作的系統
	牧場	可調整的系統
	有管理的森林	
有限度提供未開發的土地	野生森林	具生產性的自然生態系
	非生產地	沙漠、冰帽

資料來源：【53】

表3-2 Wakernagel et al. (1997) 生態足跡的計算項目

土地與海洋面積計算	能源使用平均數
食物	石油能源消費
肉類	電力消費(水力發電)
酪農業	飲料
魚類	天然物質產出
穀類	紙漿及廢紙
蔬菜類與水果	礦物
根與橡皮	金屬礦石
豆類	化學製品
咖啡與茶	化學器官
動物飼料	染料、硝皮等
油類種籽	藥品、製藥產品
原木	塑膠產品
其他作物	基本製造物
煙草	橡膠
棉花	紙類、紙板
紮線	紡織品
可可亞	鐵與銅
橡膠	金屬產物
羊毛	工業產品
獸皮	發電設備
	特殊工業用機器
	金屬工業機械
	一般工業
	辦公室機器
	電器產品
	電力機器設備
	道路機械
	民生用品
	衣物及相關產品
	精密儀器
	音樂製品
	非上述貨物
	特殊分類
	金飾及珠寶

資料來源：【54】

表3-3 台中都會區能源消費項目計算表

能源形式	公秉油當量	足跡組成
煤炭煤炭		石化能源地
液態石化能源		液態石油石化能源地
天然氣		天然氣石化能源地
石化能源消費總計		
核能消費		核能石化能源地
淨進口財貨內含的能源消費		淨進口財貨的石化能源地
水力發電的能源消費		水利能源建成地
電力使用消費		森林地

資料來源：李永展（1999）

表3-4 李欽漢計算台灣生態足跡工業製品所用項目

工業製品生態足跡計算項目	
工業產品 發電設備 特殊工業用 機器 金屬工業機械 一般工業 辦公室機器 電器產品 電力機器設備 道路機械	民生用品 衣物及相關產品 精密儀器 音樂製品 非上述貨物 特殊分類 金飾及珠寶

資料來源：【13】

表3-5 陳進田計算台灣製造業生態足跡建算項目

投入端		產出端	
項目	生物生產地分類	項目	生物生產地分類
廠房用地	建成用地	事業廢棄物	建成用地
石化能源	能源用地	二氧化碳	森林地
電力	能源用地	工業廢水	建成用地
工業用水	森林地		

資料來源：【16】

#### 四、本研究定義的計算項目

參考上述包括：Wackernagel&Rees（1996），Wackernagel et al.（1997），李永展（1999），李欽漢（1999）等人對於生態足跡分類項目的討論，本研究中和自然資源耗用有關者為：建成用地（包含場站、道路、軌道、停車位等項）、石化能源、電力使用、在環境負荷項目以二氧化碳排放量為主，計算項目及相對應的生物生產地分類如表3-6所示，表3-7介紹各項自然資源在生產過程中的用途與狀態。

表3-6 本研究關於各運具之生態足跡的計算項目

項目	生物生產地分類
石化能源	能源用地
電力	能源用地
建成用地	建成用地
二氧化碳	森林地

資料來源：本研究整理

表 3-7 自然資源在生產過程中的用途與狀態

分類	投入時的用途	產出完成後的狀態
自然資源	土地	建築物、場站、機廠、道路與軌道等喪失生物生產力 <sup>3</sup> 、廢棄物的儲存與吸收
	地下資源	能源供給如火力發電、石化燃料等轉成廢棄物，喪失於自然環境中如二氧化碳、二硫化硫等成為環境污染物
	水	冷卻機械、清潔設備等廢棄物的儲存與吸收、有害物質的稀釋造成水污染
	空氣	能源的提供如風力、熱力廢棄物的儲存與吸收形成空氣污染

資料來源：【17】

<sup>3</sup> 生物生產力(Biological productivity)，指自然再生產或再生的能力。



### 3.3 建構交通生態足跡分析模式

#### 3.3.1 交通生態足跡之意義

由上述生態足跡之觀念繼續引申，我們將其意義套用在交通方面，試圖定義交通的生態足跡，即為「加總某特定區域人口在從事交通運輸時，消耗的資源與處理其產生的廢棄物所需的土地面積」，這也代表了這些人口在從事運輸行為時，對環境所產生的負荷。

下表是以美國為例，計算通勤者使用不同運具的足跡，比較使用汽車、公車與腳踏車的生態效益，結果顯示一個人一次的通勤距離為5公里時，使用腳踏車需要122平方公尺的生態生產力土地，搭公車需要301平方公尺，而開車需要1442平方公尺。

表3-8 計算通勤的足跡

<p><b>參考文獻與假設</b></p> <p>美國有1500萬公頃的道路，主要為汽車使用</p> <p>在美國的車輛持有率為1/1.75(車/人)</p> <p>假設一年工作230天</p> <p>假設一個腳踏車騎士每騎乘10公里需900KJ的食物(引用美國腳踏車聯盟之數據)</p> <p>環境加拿大(Environnement Canada)指出，溫哥華交通顛峰時段有98.4%是汽車，卻只承載62%的通勤者，因此，我們可以下一個結論說一個公車乘客只占用一位汽車駕駛者所需的道路空間的2.6%</p> <p><math>(0.016/0.38) / (0.984/0.62) = 0.026</math></p> <p><b>計算</b></p> <p>腳踏車：腳踏車騎士每天10公里來回路程，需要額外900KJ的食物，我們假設額外的能源來自早餐的玉米片，而玉米片需要土地來生產，需要能源加工。用來生產農業產品的商業能源以及用來做食品加工所需土地是一樣的，因此種植穀物與食品加工的總面積是生長面積的2倍：我們假設腳踏車道路空間少得可以忽略不計，每公斤玉米片包含13000KJ的營養，而全世界農業中玉米片的平均產量為每年每公頃2600公斤。</p> $\frac{900(KJ/天) \times 230(天/年) \times 2}{1300(KJ/公斤) \times 2600(公斤/公頃/年)} = 0.0122 \text{ 公頃 (或每個騎士需要 122 平方公尺)}$
--

汽車：美國汽車平均的汽油直接消費量，每100公里約12公升：汽車製造業間接碳消費與道路維修45%。每公升汽油含有約35百萬焦耳的能源。因此汽車通勤所需化石燃料的足跡是

$$\frac{1.45 \times 12 (\text{公升} / \text{公里}) \times 0.035 (\text{十億焦耳} / \text{公升}) \times 10 (\text{公里} / \text{天}) \times 230 (\text{工作天} / \text{年})}{100 (\text{公里}) \times 100 (\text{十億焦耳} / \text{公頃} / \text{年})} = 0.14 (\text{公頃} / \text{人}) = 1400 (\text{平方公尺} / \text{人})$$

此外，汽車需要道路空間，每位美國人的道路空間是：

$$\frac{15,000,000 (\text{公頃})}{250,000,000 (\text{美國人})} = 0.06 (\text{公頃} / \text{人}) = 600 (\text{平方公尺} / \text{人})$$

汽車約使用97.4%的道路空間，每天通勤10公里大約佔了每年汽車平均使用率的1/8，然而每輛車代表1.75人，故每人每單位通勤10公里所需的道路空間是  $(0.974 \times 1/8 \times 600 / 1.75) = 42$ （平方公尺），因此單獨一輛車通勤所產生的足跡是1,442（平方公尺）。

公車：短程公車所需的能源是0.9（MJ/人/公里）。對道路、公車和維修成本的間接能源需求，需加上額外45%（與汽車相同）。

$$\frac{1.45 \times 0.0009 (\text{十億焦耳} / \text{人} / \text{公里}) \times 230 (\text{工作天} / \text{年}) \times 10 (\text{公里})}{100 (\text{十億焦耳} / \text{公頃} / \text{年})} = 0.03 (\text{公頃} / \text{人}) = 300 (\text{平方公尺} / \text{人})$$

公車亦需要道路空間，如前假設，一位公車乘客所需的道路空間是一位汽車駕駛者開等距離所需的道路空間的2.6%，則為  $(42 \text{平方公尺} \times 2.6\%) = 1$ （平方公尺）

因此，公車乘客每天通勤10公里，所需的總土地面積為301平方公尺。

資料來源：【3】

### 3.3.2 選取交通生態足跡之計算項目說明

#### 一、計算項目與資料來源

本研究對象為台北與高雄都會區，選取的项目分為大眾運輸工具（捷運與公車）、副大眾運具（營業小客車）與私人運具（自用小客車與機車）。主要計算生態足跡之項目包含有：基礎建設之土地面積、石化能源、電力消費、廢棄物吸收等項目。基礎土地建設面積包括了場站、道路、路軌與機廠廠房等；耗用石化能源與電力以各運具所需的運行能源為計算項目；而廢棄物則以二氧化碳的排放為主。有足夠且全面性的資料，並可從計算項目反映出真實世界中運具使用所產生的足跡是選取計算項目的主要因素，表3-9為各運具計算之項目與資料來源。

表3-9 交通的生態足跡計算項目與資料取得來源

項目	運具別	計算項目	資料來源
大眾運輸	捷運	營運用電	台北捷運公司
		工程與用地面積	捷運年刊
		廢棄物吸收（排放二氧化碳量）	自行推估
	公車	場站面積	交通局
		使用道路面積（含公車專用道）	自行推估
		燃油量	自行推估
		廢棄物吸收（排放二氧化碳量）	自行推估
副大眾運輸	計程車	使用道路面積	自行推估
		燃油用量	自行推估
		廢棄物吸收（排放二氧化碳量）	自行推估
私人運具	小客車	使用道路面積	自行推估
		停車場面積	交通局
		燃油用量	自行推估
		廢棄物吸收（排放二氧化碳量）	自行推估
	機車	使用道路面積	自行推估
		停車場面積	交通局
		燃油用量	自行推估
		廢棄物吸收（排放二氧化碳量）	自行推估

資料來源：本研究整理

## 二、轉換方式

生態足跡法的計算方式要將所消費的資源及廢棄物，轉換成供應、維持其功能所需的生物生產力土地面積；在轉換過程需要透過轉換率以建立消費的資源及廢棄物和土地面積的關係。相關的轉換方式，說明於下：

### 1. 石化能源用地的轉換：石化能源用地的轉換有三種方法：

#### 方法一：

計算用生產生物性替代品取代石化能源所需的土地面積一般用乙醇（Ethanol）為轉換媒介，因為乙醇在技術、質量上都相當於石化能源，一些地區已把它當成石油的替代品。因此若要計算石化能源消費的土地面積，可將其轉成生產相等能量乙醇所需的生物生產力土地面積。一般估算每年每公頃的生物生產力土地，可有800 億焦耳的乙醇淨生產。每公頃的生物生產力土地可供應的能量又稱「能地比」（energy to land ratio）【3】。

#### 方法二：

估算去除消費石化能源所產生的CO<sub>2</sub> 所需的土地面積為避免釋放過多二氧化碳進入大氣層，造成溫室效應，我們應設法處理消費石化能源所產生的二氧化碳；而森林生態系和泥煤沼澤地是生態系中最佳的二氧化碳吸收者。在熱帶的森林每公頃可累積約1.8 公噸的碳（約6.6 公噸的二氧化碳），即是每年每公頃的森林可以幫我們吸收消費1000 億焦耳石化能源所釋放的二氧化碳【3】。

#### 方法三：

將使用的石化能源轉換為相對的土地面積。此法由經濟學家莎拉·賽若凡（Salah El Serafy）提出【3】，站在永續發展的觀點，一個社會若消費了不可再生能源，就應該投注一部份的歲收（revenue），以建立等值

的人造資本或可再生能源，這樣才可維持永續發展所需的自然資本存量。計算顯示每年每公頃的森林，可以累積復原約800 億焦耳的生物量能源（biomass energy）。

在估算石化能源消費所需的生態足跡以方法二為最小，也可讓大眾意識到我們必須停止溫室效應的持續，所以我們用每公頃1.8 公噸的碳（每年每公頃1000 億焦耳），做為石化能源的「能地比」。

## 2. 電力

對於捷運用電的部分，所使用的生態足跡計算方式，也以上述的第二種方法為主，首先彙整電力的耗用總量，轉換成能量單位，再以「能地比」的轉換率，將其轉成土地面積。

## 3. 二氧化碳

本研究根據IPCC 公佈的公式估算國內製造業之二氧化碳排放量，計算時以運具使用石化能源及電力所產生二氧化碳的排放量為主。

### （1）來自石化能源消費

參照IPCC調查各類能源之二氧化碳排放係數，將各運具的石化能源使用量，轉成使用各石化能源的總二氧化碳排放量，再經由二氧化碳的生態足跡轉換率轉換，即可求得石化能源消費的生態足跡。

### （2）來自電力能源消費

雖然電力使用並不會釋放二氧化碳，但在火力發電過程中，卻需要使用到石化能源，所以以電力作為主要運行能源的運具也應該分攤產生二氧化碳的污染。

計算方式乃將發電過程的二氧化碳排放量（表 3-10），除以總發電量，得到單位電力的二氧化碳排放量（表 3-11），以此代表在

某段時間某一運具在使用電力的過程中，所間接排放的二氧化碳之數量，再乘以單位期間的用電量，則可得到各運具電力消費的二氧化碳排放量。數據來源參考 85 年至 89 年台電火力發電所使用的石化能源數及總發電量。

計算式說明如下：

$$\text{電力消費的二氧化碳排放量} = \text{各運具之電力消費} \times \frac{\text{發電過程釋放的二氧化碳總量}}{\text{總發電量}}$$

表3-10 各年火力發電的石化能源用量及二氧化碳排放量

	煤		燃料油		柴油		天然氣	
	用量	排放量	用量	排放量	用量	排放量	用量	排放量
	千公噸	千公噸	千公秉	千公噸	千公秉	千公噸	百萬立方公尺	千公噸
85	16566 (11840)	29600	5406 (5523)	16569	516 (505)	1363.5	1459 (1605)	3370.5
86	18683 (13333)	33332.5	5901 (6032)	18096	161 (158)	426.6	2071 (2278)	4783.8
87	21023 (14992)	37480	5757 (5884)	17652	379 (371)	1001.7	3144 (3459)	7263.9
88	21366 (15241)	38102.5	5664 (5790)	17370	625 (611)	1649.7	3104 (3415)	7171.5
89	21992 (15680)	39200	5488 (5609)	16827	546 (533)	1439.1	3470 (3816)	7389.9
90	22459 (15971)	39927.5	4678 (4782)	14346	153 (150)	405	4066 (4473)	9393.3

資料來源：【22】

( ) 單位為千公秉油當量

經由上表的運算，可得平均單位電力的二氧化碳排放量＝0.364382383 千公噸/百萬度 /年。藉由單位電力的二氧化碳排放量，即可將二氧化碳排放量分攤至依賴電力之運具，再透過二氧化碳的生態足跡轉換率，便可求得電力消費產生二氧化碳的生態足跡。

表3-11 單位電力之二氧化碳排放量

項目 年別	總排放量	發電量	單位電力之二氧化碳排放量
	千公噸/年	百萬度	千公噸/百萬度/年
85	50903	142408.1	0.357444555
86	56639	151116.3	0.37480338
87	63398	163550.2	0.387633889
88	64294	169677.0	0.37891818
89	64856	185393.0	0.349829821
90	64072	189749.9	0.337664473
平均			0.364382383

資料來源：本研究整理

### (3) 二氧化碳的生態足跡轉換率

對於估算石化能源及電力使用，所釋放二氧化碳之生態足跡的轉換，以本節上述方法二進行轉換，即每年每公頃森林地的淨吸收1.8 公噸碳（即6.6 公噸二氧化碳）為轉換因子。

### 3.3.3 推估項目之說明

在計算項目中有些資料是無法從現有的統計報告中直接取得，因此本研究試圖從相關數據中推估所需的資料，分別在本節中詳述推估的法與做法。

#### 一、捷運用地

捷運用地大略劃分可分為捷運機廠、捷運車站與軌道路線三大項，欲分別取得上述土地面積在技術上有無法克服的難處，如同一車站裡各樓層面積就不全然相同，且捷運公司與捷運局皆不對各項場站面積做統計。另一難以克服的部分是軌道路線面積，一般我們只有路線長度資料，在路線寬度部分因軌道數量和配置與設計準則的不同，也有不同的規範。基於上述原因，在捷運用地部份則以捷運

施工報告中對土地用地取得的說明作為依據，而不再細分路軌與場站部分。

表 3-12 捷運各路線用地面積

年別	用地面積(公頃)
85	185.80
86	211.58
87	216.31
88	222.86
89	224.60
90	233.95

資料來源：【29】

## 二、捷運發電用量

捷運電車以電力作為運行之能源，因此對電力的需求是不容忽視的部分。由於捷運公司所能提供之用電資料為支付用電費用，是金額單位，且於 85 年至 88 年期間，水電費的會計科目為合併計算。因此先就 89 年和 90 年的水電費用比率推估其餘年度的電費開支，並參考台灣電力公司歷年每度電平均售價求出捷運用電度數。再以能源熱值轉換率及熱功當量關係將用電量轉為能量單位，必須注意的是此電費為營業用電與電車供電之總合。(1 度電為 860 千卡)

表 3-13 台電統計歷年每度電平均售價

年別	每度電平均售價 (度/元)
85	2.19
86	2.15
87	2.16
88	2.11
89	2.11
90	2.12

資料來源：台電統計年報



表 3-14 估算捷運歷年用電量

年別	電費(元)	水費(元)	總金額	水費比例	用電量(度)
85	100,427,179	2,259,098	102,686,278	2.2%(推估)	45857160
86	215,309,181	5,068,304	220,377,485	2.2%(推估)	100143805
87	264,557,557	5,951,192	270,508,749	2.2%(推估)	122480351
88	771,242,622	17,349,016	788,591,638	2.2%(推估)	365517830
89	671,259,475	15,860,276	687,119,751	2.3%	318132452
90	647,383,443	14,048,530	661,431,973	2.1%	305369549

資料來源：本研究整理

### 三、公車專用道面積

民國 85 年起，台北市開始實施公車專用道，加強了公車的營運績效。目前台北市共有 10 條公車專用道，各路線長度如下表所示，在求取公車專用道的面積時，本研究統一將單向之寬度設為 3.5 公尺計算。

表 3-15 估算台北市公車專用道之面積

年別	路線別	長度 (公尺)	方向別	面積 (平方公尺)	累積面積 (平方公尺)
85	信義路	4.50	逆向、順向	31.5	
	仁愛路	3.10	逆向、順向	21.7	
	南京東路	4.20	雙向、順向	29.4	
	民權東西路	3.60	雙向、順向	25.2	
	松江路	1.54	雙向、順向	10.78	
	新生南路	1.78	雙向、順向	12.46	
	敦化南北路	3.15	北向南順向	11.03	142.37
90	重慶北路	1.99	雙向、順向	13.93	
	中華路	1.06	雙向、順向	7.42	163.72

資料來源：【31】、本研究整理

#### 四、公車場站面積

理應將所有業者所擁有的場站面積納入計算，但由於此資料並不完整或業者並未對此項目做統計，因此只取得台北市公車處所擁有的 21 個調度站面積。在公車所有計算項目中，還包含有燃油用量、排放二氧化碳與道路面積分配等部分，因此場站面積的低估對總足跡的影響不大，此部份所造成的誤差仍在可接受的範圍內。

#### 五、燃油用量

在計算燃料用油量方面，因捷運以電力供電不與採計，公車的燃油用量在公民營聯營管理中心有直接的統計資料可引用，因此只須對私人運具的用油量進行推估。影響估算的因素以各運具車輛數、行駛里程與燃油效率為主，公式如下：

$$\text{燃油用量} = \frac{\text{車輛數} \times \text{每車每月平均行駛里程} \times 12}{\text{各運具之平均燃油效率}}$$

由於每車平均行駛里程、燃油效率也無確切統計資料可引用，因此參考過去公私部門與學術研究所做之相關研究，基於客觀與資料量的考量，以經濟部能源委員會在民國 88 年對台灣省、台北市與高雄市所進行的「運輸部門能源消費調查研究」作為參考數值，透過上述公式求得運具在各年度的耗油總量。再透過石化能源轉換為土地面積的關係式求出使用石化能源所造成之生態足跡。

#### 六、燃油廢氣（二氧化碳的排放）

二氧化碳對溫室效應的影響十分顯著，是國際間特別重視的溫室氣體；並考慮生態足跡目前僅有的轉換因子、污染的量化計算與取得數據之便利性，乃以使用各運具所排放的二氧化碳數量代表運具對環境所造成的負荷。二氧化碳排放量

的估計方法參考並簡化 IPCC 公佈的公式，此公式為氣候變化綱要公約(United National Framework on Climate Change)中建議各國應用的公式「Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」(IPCC/OECD,1997)。

表 3-16 運具主要用油之二氧化碳排放係數

能源別	原始單位		油當量單位 (公噸-二氧/公秉油當量)	熱值單位 kg-CO /10G.T
	單位	二氧化碳(kg)		
車用汽油	公升	2.24	2.59	18.9
航空汽油	公升	2.15	2.59	18.9
航空燃油	公升	2.37	2.67	19.5
天然氣油	公升	1.75	2.35	17.2
燃料油	公升	2.95	3.01	21.1
柴油	公升	2.70	2.74	20.2
液化石油氣	公升	1.57	2.35	17.2

資料來源：【25】

## 七、停車格面積

1. 小汽車停車格可為私人小客車與營業小客車使用，但據常理判斷，多數營業小客車會將車輛停放在不收費的路外或巷道間，且以營業為目的車輛，絕大部分的時間也不會閒置在停車場內，因此停車格面積不進行分配，全部由私人小客車吸收，待有更精確的相關研究數據後再進行分配。推估停車格面積以參考台北市停管處的標準規範，一格停車格為 12.5 平方公尺計算。
2. 機車停車格尺寸選取參照表 3-17 所列各項規範準則，以一格停車格為 2.5 平方公尺計算。因高雄市尚未統計機車停車格數，而無法計算此項。

表 3-17 各種文獻對機車停車格尺寸之建議值

研究名稱	長	寬	備註
台北都會區快速道路系統編號及本省都市計畫道路路型設計之研究	2.2	1.5	87.5
縣市改善停車問題工作手冊	1.6-1.8	0.8-0.85	84.10
台灣地區機車停車設施設置技術研究案	2.0	1.0	86.6
台北市各停車場機車停車位規劃	1.8-2.0	0.7-0.8	
台北市土地使用分區管制規則	2.2	0.9	
台北市人型系統改善實施手冊	1.8	0.8	
道路交通標誌標限號誌設置規則	2.0	1.0	
台北市內建築物增設室內公共停車空間鼓勵要點	2.2	0.9	
台北市停管處規定規範	2.0-2.5	1.0-1.5	
本研究採定計算	以一格面積=2.5m <sup>2</sup> 計算		

資料來源：【19】，本研究整理

單位：公尺

## 八、分配道路面積

必須使用道路的運具應該負擔建設道路所耗費的資源，也就是要將建設道路所產生的生態足跡納為考慮，但建設道路所需資源能以涵蓋，而以生態足跡書中計算通勤足跡的觀念，利用分配道路面積表示運具必須負擔建設道路所耗用之資源。本研究中必須進行分配道路面積的運具有公車、營業小客車、自用小客車與機車四種。推估的基礎概念是以各運具使用道路的比率進行分配，原則上以使用道路愈多的運具將分擔較多的道路面積。比率的計算方式考慮了車輛數、各地區各運具的平均行駛里程與小汽車當量因子三項因素。計算公式如下所示，計算比率之結果如表 3-18 所示。

$$\text{道路面積}_{ij} = \text{總道路面積}_j \times \frac{R_i}{\sum R_i}$$

$$R_i = \text{車輛數}_i \times \text{小汽車當量} \times \text{平均行駛里程}$$

$$i=1, 2, \dots, n, \text{ 為運具別}$$

$$j=1, 2, \dots, n, \text{ 為年別}$$

表 3-18 運具所分配的道路面積比率

年別 運具別		85	86	87	88	89	90
台北	公車	2.56	2.50	2.54	2.82	2.82	2.79
	營業小客車	17.98	17.20	16.57	16.18	15.88	15.74
	自用小客車	64.45	64.54	64.98	64.12	64.30	64.29
	機車	15.01	15.77	15.92	16.88	17.00	17.19
高雄	公車	0.70	0.65	0.62	0.61	0.58	0.66
	營業小客車	8.25	7.55	7.10	7.09	6.61	6.07
	自用小客車	69.58	69.07	69.41	67.41	67.88	68.01
	機車	21.48	22.72	22.87	24.89	24.93	25.26

資料來源：本研究整理

單位：%

### 九、使用各運具之人次

本研究除估算各運具所造成之總生態足跡外，尚欲進一步分析運具總生態足跡與使用人次多寡的關係，也就是計算每人每使用一次運具所造成的生態足跡，這項數據可以明白揭示運具使用對環境所產生的負荷。捷運與公車等大眾運輸工具，都有統計每年的搭乘人次，因此只須對使用營業小客車、私人小客車與機車的人次進行推估。在眾多參數的選取中，以考慮車輛數、平均行駛次數、承載率三因子所產生之結果最接近常理判斷與相關研究所顯示之數據，其推估公式如下：

$$\text{使用人次}_{ij} = \text{車輛數}_i \times \text{每月平均行駛次數}_i \times 12 \times \text{承載率}_i$$

$$i=1, 2, \dots, n \quad , \quad \text{為運具別}$$

$$j=1, 2, \dots, n \quad , \quad \text{為年別}$$

## 第四章 台北與高雄之運輸發展現況

有關台北市與高雄市之運輸發展現況與相關統計概要，如人口成長、機動車輛與大眾運輸歷年的發展情況做一簡單介紹，藉由基礎資料的變化趨勢，可得知台北與高雄二個不同型態的都市所發展出的運輸環境。

### 4.1 台北市

#### 一、人口

台北市位於台灣北部地區，面積約為 271.8 平方公里，人口近年來略有增減，約維持在 260 萬人上下，人口密度約維持在每平方公里 9 千 7 百餘人，有關台北市近年來人口數成長，與單位面積人口密度變化情形，請參見下頁表 4-1 內容說明。台北市人口數在民國 79 年達到高峰，為 271 萬 9 千餘人，且在民國 79 年前，台北市人口數每年皆呈現正成長之趨勢，但從民國 80 年起，人口數明顯呈現下滑之趨勢，至民國 90 年年底為止，人口數量維持在 263 萬餘人。

表 4-1 台北市歷年人口成長情形彙整表

年	人口數	成長率	人口密度
76	2,637,100	-	9,702
77	2,681,857	1.70%	9,867
78	2,702,678	0.78%	9,944
79	2,719,659	0.63%	10,006
80	2,717,992	-0.06%	10,000
81	2,696,073	-0.81%	9,919
82	2,633,245	-2.33%	9,688
83	2,653,578	0.77%	9,763
84	2,632,863	-0.78%	9,687
85	2,605,374	-1.04%	9,586
86	2,598,493	-0.26%	9,560
87	2,639,939	1.60%	9,713
88	2,641,312	0.05%	9,718
89	2,646,474	0.20%	9,737
90	2,633,802	-0.48%	9,690

資料來源：【27】、本研究整理

註：人口密度單位為人/平方公里

## 二、私人運具（自用小客車與機車）數量成長特性

台北市之私人運具（自用小客車與機車）數量成長特性，如表 4-2 所示。機車數量自民國 76 年的約 43 萬輛，成長至民國 90 年的近 97 萬輛，增加超過一倍，平均每千人所持有之機車數量，亦從民國 76 年的 164 輛，成長至民國 90 年的 368 輛，增加近一倍的數量，顯示機車的使用在台北市越來越普及。

在自用小客車數量方面，從民國 76 年的 17 萬輛，到民國 90 年的近 56 萬輛，這些年來自用小客車數量成長極為迅速，已增加超過兩倍的數量，明顯較機車數量的成長為迅速，顯現經濟成長的結果。在每千人自用小客車持有數量方面，從民國 76 年的 73 輛，成長至民國 90 年的 212 輛，成長率亦十分驚人。

表 4-2 台北市歷年汽機車成長情形彙整表

年	機車數	機車成長率	每千人機車數	小汽車數	小汽車成長率	每千人汽車數
76	432,457	-	164.0	245,680	-	93.2
77	491,579	13.67%	183.3	300,486	22.31%	112.0
78	547,058	11.29%	202.4	354,245	17.89%	131.1
79	597,586	9.24%	219.7	388,882	9.78%	143.0
80	632,816	5.90%	232.8	410,222	5.49%	150.9
81	656,815	3.79%	243.6	441,088	7.52%	163.6
82	679,169	3.40%	257.9	467,284	5.94%	177.5
83	687,267	1.19%	259.0	492,833	5.47%	185.7
84	735,015	6.95%	279.2	512,408	3.97%	194.6
85	803,277	9.29%	308.3	531,259	3.68%	203.9
86	871,537	8.50%	335.4	549,636	3.46%	211.5
87	904,232	3.75%	342.5	568,661	3.46%	215.4
88	931,399	3.00%	352.6	545,246	-4.12%	206.4
89	959,013	2.96%	362.4	559,056	2.53%	211.2
90	970,169	1.16%	368.0	559,221	0.03%	212.3

資料來源：【27】、本研究整理

註：本表小汽車指自用小客車

### 三、道路交通建設

道路交通建設方面，台北市近年來道路長度與面積成長狀況，如表 4-3 所示，道路長度與面積維持逐年成長之趨勢。平均每位市民所分配到的道路面積也呈成長之趨勢，從民國 76 年的 6.79 平方公尺，成長至民國 90 年的 7.72 平方公尺，顯示都市建設中有關道路交通建設，以都市人口之成長趨勢而言，尚足因應。但道路建設速度卻無法跟上小汽車之迅速成長，平均每車分配到的道路面積，從民國 71 年的 63.87 平方公尺，減少至民國 90 年的 30.47 平方公尺，這一部份呈現急遽下降之趨勢，顯示都市地區道路資源明顯不足之窘境。

表 4-3 台北市歷年道路里程與面積建設成長情形彙整表

年	道路長度	長度成長率	道路面積	面積成長率	每人分配面積	每汽車分配面積
76	1,380	-	17,918	-	6.79	63.87
77	1,394	0.96%	18,140	1.24%	6.76	53.77
78	1,403	0.67%	18,273	0.73%	6.76	46.69
79	1,412	0.61%	18,407	0.73%	6.77	43.11
80	1,420	0.55%	18,521	0.62%	6.81	41.38
81	1,427	0.56%	18,667	0.79%	6.92	39.01
82	1,437	0.64%	18,774	0.57%	7.13	37.27
83	1,450	0.92%	18,959	0.99%	7.14	35.80
84	1,461	0.77%	19,106	0.78%	7.26	34.84
85	1,473	0.82%	19,274	0.88%	7.40	33.78
86	1,504	2.10%	19,920	3.35%	7.67	33.85
87	1,515	0.70%	20,078	0.79%	7.61	33.07
88	1,518	0.20%	20,142	0.32%	7.63	34.62
89	1,521	0.21%	20,279	0.68%	7.66	34.04
90	1,524	0.20%	20,331	0.26%	7.72	30.47

資料來源：【27】、本研究整理

註：道路長度單位為千公尺；道路面積單位為千平方公尺。



#### 四、大眾運輸系統

台北市近年來大眾運輸系統發展方面，有關公車系統營運服務狀況如表 4-4 所示。就公車營運車輛數而言，自民國 76 年到民國 90 年之間是呈現下降後又再成長之趨勢；至於在載客數量方面，從 76 年起公車乘客就開始流失，直到民國 85 年，公車專用道與大眾捷運系統陸續提供營運服務後，乘客數量有回升的現象。至民國 90 年，因為大眾捷運系統整體初期路網的完成通車，吸引大量乘客轉搭捷運系統，而公車乘客又出現下滑，目前有搭乘捷運免費轉乘公車的措施，在吸引民眾使用公車。

表 4-4 台北市歷年公車系統營運服務情形彙整表

年	營運車輛數	車輛成長率	車公里	乘客數	乘客成長率
76	3,241	-	218,852	896,806	-
77	2,996	-7.56%	195,132	868,402	-3.17%
78	2,863	-4.44%	182,841	829,242	-4.51%
79	2,823	-1.40%	177,673	789,676	-4.77%
80	2,891	2.41%	189,722	781,843	-0.99%
81	2,876	-0.52%	185,833	772,505	-1.19%
82	2,826	-1.74%	176,435	743,143	-3.80%
83	2,748	-2.76%	168,780	693,846	-6.63%
84	2,778	1.09%	169,750	640,148	-7.74%
85	2,918	5.04%	182,874	651,205	1.73%
86	2,947	0.99%	190,622	680,544	4.51%
87	3,077	4.41%	203,703	700,550	2.94%
88	3,319	7.86%	215,390	722,607	3.15%
89	3,389	2.11%	218,864	679,345	-5.99%
90	3,359	-0.89%	223,648	680,888	0.23%

資料來源：【27】、本研究整理

註：乘客數單位為千人次。

台北市大眾捷運系統近年來營運服務特性，彙整如表 4-5 內容。大眾捷運路線陸續完成，中運量木柵線於民國 85 年 3 月開始通車營運，高運量系統淡水線於民國 86 年 4 月通車啟用，民國 87 年 12 月中和線及新店線北段營運通車，民國 88 年 11 月新店線全線營運通車，民國 88 年 12 月板橋線龍山寺至西門站，及南港線自西門站至市政府站開始加入營運服務，民國 89 年 8 月板橋線延伸通車至台北縣新埔站，民國 89 年 12 月南港線全線通車。

捷運系統乘客數明顯成長，自民國 85 年全年 1 千 1 百萬餘人次，成長至民國 90 年全年 2 億 6 千 8 百萬人次。捷運系統所提供之免費轉乘公車系統之服務，在捷運路線陸續完成通車後，使用乘客數亦大幅增加，從民國 85 年全年 10 萬餘人次，成長至民國 90 年全年的 3 千 8 百萬人次。

表 4-5 台北市近年大眾捷運系統營運服務情形彙整表

年	捷運系統部分					捷運轉乘公車部分	
	營運長度 (公里)	延車公里 (車公里)	延人公里 (人公里)	載客人數 (人)	乘客成長率 (%)	轉乘公車人次 (人次)	轉乘成長率 (%)
85	10.5	1,103,909	57,226,810	11,204,389	-	102,267	-
86	32.4	2,961,541	243,676,517	31,079,749	177.39%	3,281,675	3108.93%
87	40.3	3,577,140	512,282,678	60,781,145	95.57%	12,229,275	272.65%
88	56.4	4,915,397	1,031,342,472	126,952,122	108.87%	21,202,991	73.38%
89	65.1	7,620,922	2,042,303,171	268,588,061	111.57%	38,137,727	79.87%
90	65.1	7,717,732	2,223,486,596	289,642,714	7.84%	44,368,107	16.34%

資料來源：【27】、本研究整理

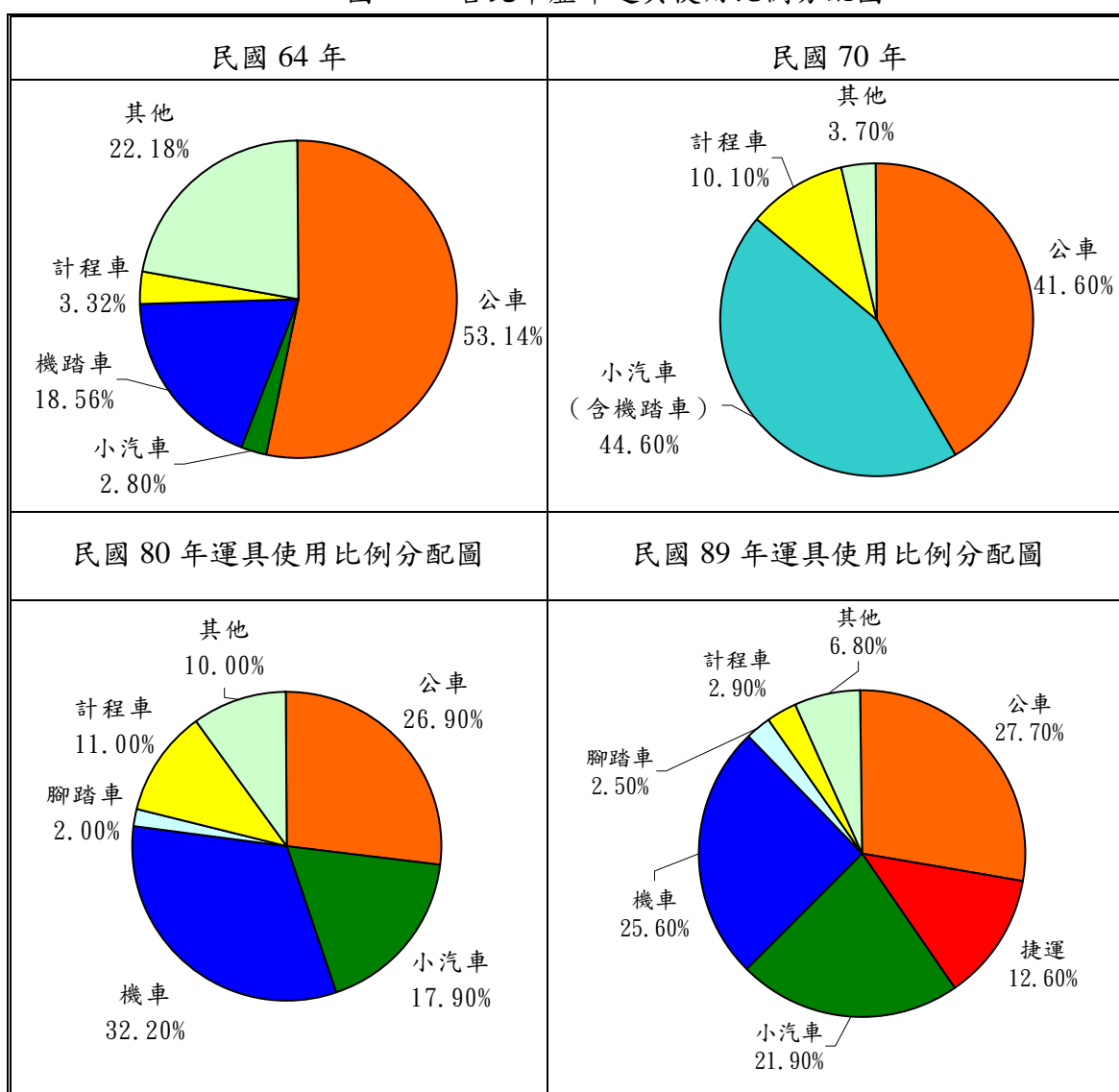
註：乘客數單位皆為千人。

### 五、運具組成比率

從都市地區運具使用比率的角度，可觀察一個都市的交通運輸系統的發展；從歷年變化的趨勢可檢視過去運輸系統的發展與未來可能的走向。

台北市公車的使用比率由民國 64 年的 53% 一路下降到民國 80 年的 26.9%，而後由於公車專用道陸續完工通車，使得使用率逐年回升，以整體使用大眾運輸的比率來看已回升至 40% 以上，顯示台北市大眾運輸系統發展呈現正向成長的趨勢，下圖為台北市於民國 64 年、70 年、80 年與 89 年各種運具使用比率分佈情況。

圖 4-1 台北市歷年運具使用比例分配圖



資料來源：本研究製圖

## 4.2 高雄市

### 一、人口

高雄市位於台灣南部地區，面積約為 153.6 平方公里，人口近年來略有增加，逐年趨近於 150 萬人，人口密度在民國 90 年為最高，達到每平方公里 9,729 人的水準，與台北市的人口密度相當接近。高雄市近年來人口數成長與單位面積人口密度變化情形，如表 4-6 所示。高雄市人口數在民國 90 年達到高峰，為 149 萬人，在民國 90 年以前每年皆呈現正成長之趨勢。

表 4-6 高雄市歷年人口成長情形彙整表

年	人口數	成長率	人口密度
76	1,342,797	-	8,742
77	1,362,086	1.44%	8,868
78	1,374,231	0.89%	8,947
79	1,386,723	0.91%	9,028
80	1,396,425	0.70%	9,091
81	1,405,909	0.68%	9,153
82	1,405,349	-0.04%	9,149
83	1,416,248	0.78%	9,220
84	1,426,035	0.69%	9,284
85	1,433,621	0.53%	9,333
86	1,436,142	0.18%	9,350
87	1,462,302	1.82%	9,520
88	1,475,505	0.90%	9,606
89	1,490,560	1.02%	9,704
90	1,494,457	0.26%	9,729

資料來源：【30】，本研究整理 註：人口密度單位為人/平方公里。

## 二、私人運具（自用小客車與機車）數量成長特性

高雄市私人運具（包括自用小客車與機車）數量成長特性，如表 4-7 所示。機車數量自民國 76 年的近 46 萬輛，成長至民國 90 年的近 100 萬輛，增加超過一倍，平均每千人所持有之機車數量，亦從民國 76 年的 342 輛，成長至民國 90 年的 668 輛，亦增加近一倍的數量。

在自用小客車數量方面，從民國 76 年的 9 萬餘輛，到民國 90 年的 35 萬輛，數量成長極為迅速，已增加超過兩倍的數量，明顯較機車數量的成長迅速，顯現經濟成長的結果。在每千人自用小客車持有數量方面，從民國 76 年的 71 輛，成長至民國 90 年的 234 輛，成長率十分驚人。與台北市相比較，高雄市每千人機車持有數量近乎為台北市的兩倍，在小汽車持有方面，也略多於台北市的數值。

表 4-7 高雄市歷年汽機車成長情形彙整表

年	機車數	機車成長率	每千人機車數	小汽車數	小汽車成長率	每千人汽車數
76	459,643	-	342.3	95,732	-	71.3
77	509,228	10.79%	373.9	116,018	21.19%	85.2
78	554,510	8.89%	403.5	139,633	20.35%	101.6
79	582,470	5.04%	420.0	163,572	17.14%	118.0
80	600,866	3.16%	430.3	181,285	10.83%	129.8
81	610,589	1.62%	434.3	207,614	14.52%	147.7
82	620,708	1.66%	441.7	230,522	11.03%	164.0
83	624,232	0.57%	440.8	245,748	6.61%	173.5
84	668,666	7.12%	468.9	267,656	8.91%	187.7
85	736,297	10.11%	513.6	284,060	6.13%	198.1
86	800,592	8.73%	557.5	289,860	2.04%	201.8
87	852,032	6.43%	582.7	307,914	6.23%	210.6
88	904,496	6.16%	613.0	291,746	-5.25%	197.7
89	958,126	5.93%	642.8	310,749	6.51%	208.5
90	997,578	4.12%	667.5	349,779	12.56%	234.1

資料來源：【30】，本研究整理

註：本表小汽車為自用小客車。

### 三、道路交通建設

在道路交通建設方面，高雄市近年來道路長度與面積成長狀況，如表 4-8 所示，道路長度與面積皆呈現逐年成長之趨勢。平均每位市民所分配到的道路面積也呈現成長之趨勢，從民國 76 年的 7.14 平方公尺，成長至民國 90 年的 8.31 平方公尺，但道路建設速度無法跟上小汽車之迅速成長，平均每車分配到的道路面積，則從民國 76 年的 100.14 平方公尺，減少至民國 90 年的 35.5 平方公尺，顯示都市地區道路資源明顯不足之窘境。本項相關數據相較於台北的情況，顯示高雄市市民與小汽車與台北市相較，皆獲得較多的道路面積。

表 4-8 高雄市歷年道路里程與面積建設成長情形彙整表

年	道路長度	長度成長率	道路面積	面積成長率	每人分配面積	每汽車分配面積
76	605	-	9,586	-	7.14	100.14
77	608	0.58%	9,653	0.70%	7.09	83.21
78	621	2.15%	9,826	1.79%	7.15	70.37
79	642	3.32%	10,324	5.07%	7.44	63.11
80	660	2.78%	10,785	4.47%	7.72	59.49
81	681	3.16%	11,154	3.42%	7.93	53.73
82	698	2.55%	11,415	2.34%	8.12	49.52
83	702	0.59%	11,453	0.33%	8.09	46.61
84	713	1.51%	11,542	0.78%	8.09	43.12
85	727	2.06%	11,742	1.73%	8.19	41.34
86	743	2.10%	11,883	1.20%	8.27	40.99
87	755	1.69%	11,981	0.83%	8.19	38.91
88	769	1.78%	12,182	1.67%	8.26	41.75
89	779	1.30%	12,335	1.26%	8.28	39.70
90	785	0.83%	12,421	0.69%	8.31	35.50

資料來源：【30】，本研究整理

註：道路長度單位為千公尺；道路面積單位為千平方公尺。

#### 四、大眾運輸系統

高雄市在大眾運輸系統發展上，有關公車系統營運服務特性如表 4-9 所示，在公車營運車輛數方面，自民國 76 年到民國 90 年間，整體呈現下降之趨勢；在載客數量方面，在民國 86 年前，公車乘載乘客數量也是逐年迅速下降，至民國 86 年開始，乘客數量始有逐步回升趨勢。比較民國 90 年與民國 76 年的乘客數量資料時，發現已經流失一半的公車乘客，顯示高雄市大眾運輸使用率偏低的問題十分嚴重。

表 4-9 高雄市歷年公車系統營運服務情形彙整表

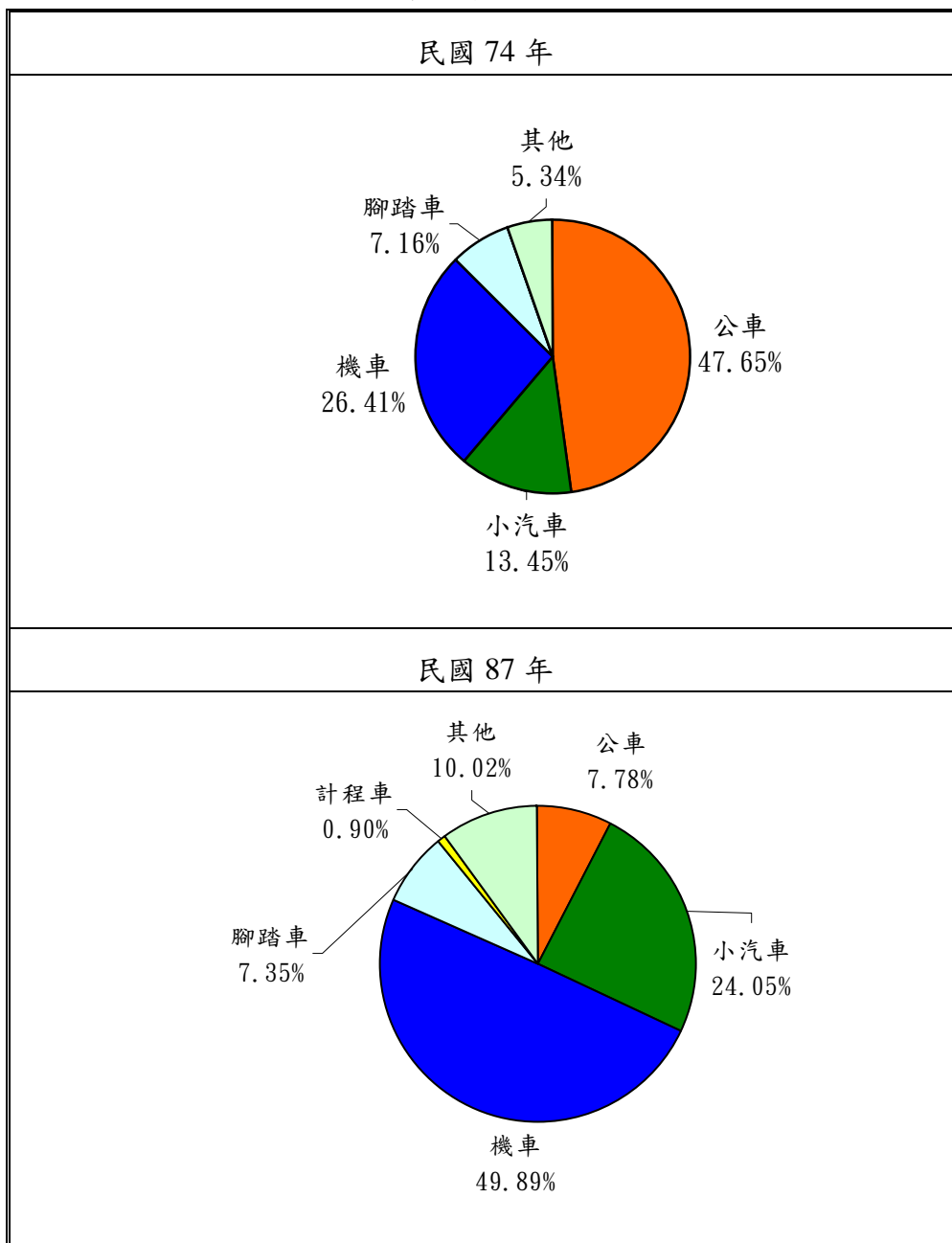
年	營運車輛數	車輛成長率	車公里	乘客數	乘客成長率
76	527	-	22,457	78,772	-
77	532	0.95%	22,085	73,780	-6.34%
78	489	-8.08%	20,791	57,941	-21.47%
79	501	2.45%	20,863	50,994	-11.99%
80	501	0.00%	19,861	50,555	-0.86%
81	492	-1.80%	18,540	43,646	-13.67%
82	485	-1.42%	16,324	34,657	-20.60%
83	481	-0.82%	15,895	31,278	-9.75%
84	469	-2.49%	17,871	30,841	-1.40%
85	475	1.28%	19,028	30,589	-0.82%
86	480	1.05%	20,103	33,175	8.45%
87	484	0.83%	21,189	36,093	8.80%
88	473	-2.27%	21,136	37,272	3.27%
89	472	-0.21%	21,770	38,828	4.17%
90	454	-3.81%	20,801	39,108	0.72%

資料來源：【30】，本研究整理註：乘客數單位為千人。

### 五、運具組成比率

觀察高雄市歷年運具使用分配比率的變化趨勢，發現公車的使用比率由民國 74 年的 47.65% 一路下降，到民國 87 年僅存 7.78%，而機車使用比率則由 26.41% 提昇至 49.89%，成長接近一倍的結果；在小汽車使用比率方面，也從 13.45% 成長至 24.05%，顯示高雄市私人運具的使用情況十分普遍。高雄市近年來各種運具使用比率分佈情況可參見圖 1-2。

圖 4-2 高雄市歷年運具使用比例分配圖



資料來源：本研究製圖



## 第五章 應用分析

### 5.1 各運具生態足跡之計算結果

#### 5.1.1 台北市

##### 一、捷運

捷運的計算項目有用電量、建成用地與排放二氧化碳足跡三項，每一個項目都呈現逐年增加的趨勢，足跡大小依序為排放二氧化碳、用電量與建成用地。用電量與二氧化碳的排放更是在民國 87 年後明顯增加。總生態足跡從 85 年的 4366 公頃到 90 年的 28070 公頃，增加了 6.43 倍，平均為 19320 公頃。各項數值如表 5-1 與圖 5-1 所示。

表 5-1 台北捷運歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
用電足跡	1648.47	3599.97	4402.92	13139.64	11436.23	10977.42	
工程與路線足跡	185.80	211.58	216.31	222.86	224.60	233.95	
排放二氧化碳足跡	2531.75	5528.88	6762.07	20180.04	17563.92	16859.29	
總生態足跡	4366.02	9340.43	11381.30	33542.54	29224.75	28070.66	19320.95
年成長率	-	113.93	21.85	194.72	-12.87	-3.95	62.74

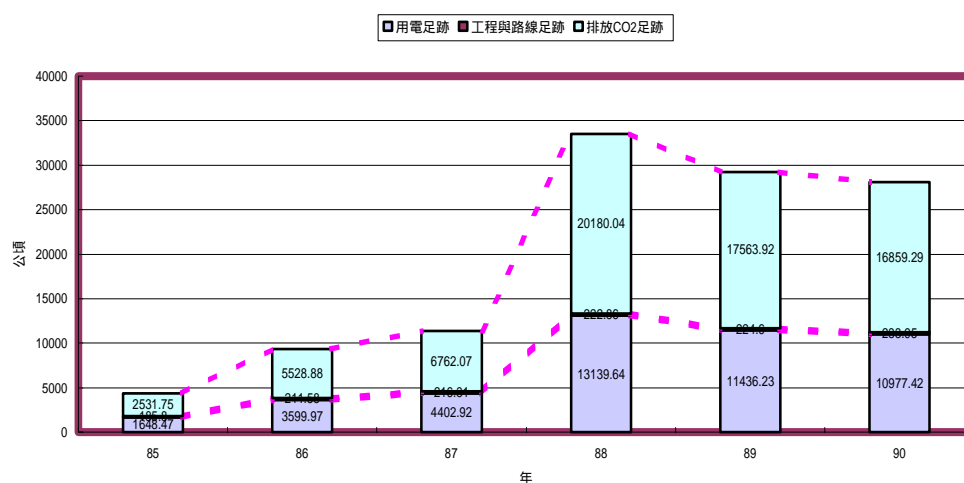


圖 5-1 台北捷運歷年之生態足跡

## 二、公車

公車的計算項目有公車專用道、使用一般道路面積、公車調度站面積、燃油用量與排放二氧化碳五項。計算結果顯示燃油用量與排放二氧化碳所產生的生態足跡遠大於其他三項，足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量、使用道路面積、公車調度站與公車專用道，總生態足跡從 85 年的 77138 公頃到 90 年的 88197 公頃，增加了 1.43 倍，平均為 84393 公頃。計算結果如表 5-2 與圖 5-2 所示。

表 5-2 台北公車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
公車專用道足跡	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	
使用道路足跡	49.22	49.76	50.96	56.75	57.10	56.62	
場站用地足跡	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80	
燃油足跡	36641.88	37910.43	40566.77	42407.15	41111.89	41895.51	
排放二氧化碳足跡	40435.76	41835.65	44767.03	46797.95	45368.59	46233.35	
總生態足跡	77138.67	79807.65	85396.58	89273.66	86549.39	88197.29	84393.87
年成長率	-	3.46	7.00	4.54	-3.05	1.91	2.77

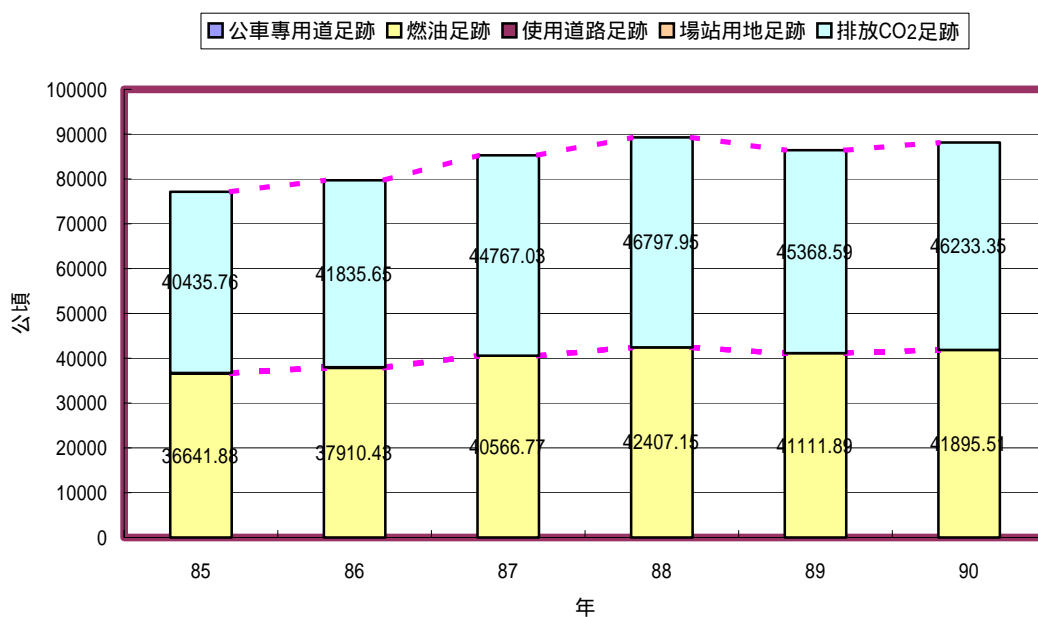


圖 5-2 台北公車歷年之生態足跡

### 三、營業小客車

營業小客車的計算項目有使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳三個部分。足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量與使用道路面積，總生態足跡從 85 年的 261895 公頃到 90 年的 241857 公頃，減少了 1.08 倍，平均為 250939 公頃。計算結果如表 5-3 與圖 5-3 所示。

表 5-3 台北營業小客車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
使用道路足跡	346.36	342.61	332.66	325.95	322.06	319.64	
燃油足跡	128775.51	127249.65	125952.14	119550.71	119880.64	118923.22	
排放二氧化碳足跡	132773.23	131200.00	129862.20	123262.06	123602.23	122615.07	
總生態足跡	261895.10	258792.26	256147.00	243138.72	243804.93	241857.93	250939.30
年成長率	-	-1.19	-1.02	-5.08	0.27	-0.80	-1.56

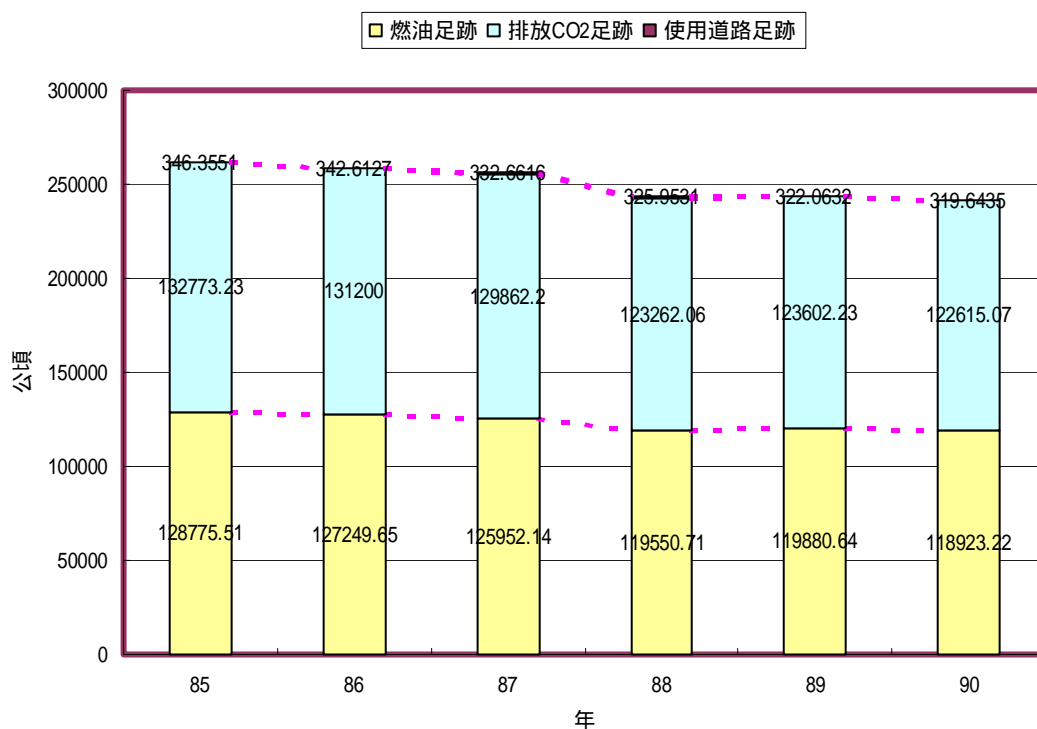


圖 5-3 台北營業小客車歷年之生態足跡

## 四、自用小客車

在台北自用小客車的計算項目有停車格面積、使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳等四部分。結果顯示燃油用量與排放二氧化碳所產生的生態足跡數值遠高於另二項，足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量、使用道路面積與停車面積，總生態足跡從 85 年的 665000 公頃到 90 年的 727560 公頃，增加了 1.09 倍，平均為 718525 公頃。計算結果如表 5-4 與圖 5-4 所示。

表 5-4 台北自用小客車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
停車足跡	316.01	345.24	370.04	421.38	449.01	485.16	
使用道路足跡	1241.24	1285.54	1304.71	1291.39	1303.99	1305.71	
燃油足跡	313433.3	319252.6	321674.3	348408.22	357037.88	357338.08	
排放二氧化碳足跡	350009.41	362116.66	374650.96	359224.24	368121.79	368431.32	
總生態足跡	665000.00	683000.00	698000.00	709345.23	726912.67	727560.27	718525.10
年成長率	-	2.71	2.20	1.56	2.47	0.09	1.81

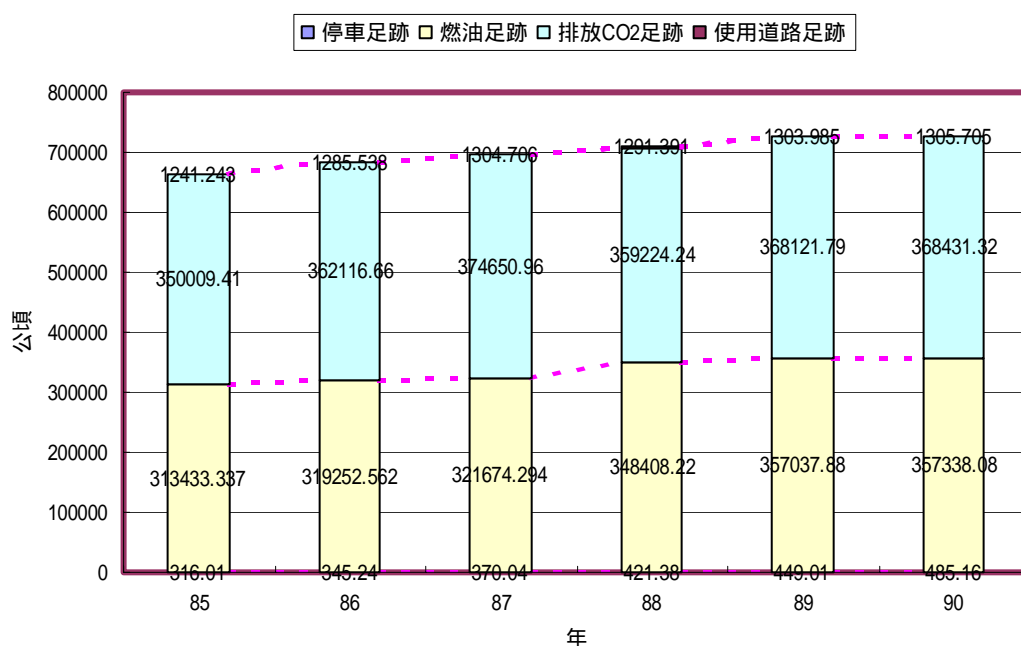


圖 5-4 台北自用小客車歷年之生態足跡

## 五、機車

機車的計算項目包含有停車格面積、使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳等部分。計算之結果與自用小客車相似，足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量、使用道路面積與停車面積，總生態足跡從 85 年的 194395 公頃到 90 年的 234811 公頃，增加了 1.21 倍，平均為 219410 公頃。計算結果如表 5-5 與圖 5-5 所示。

表 5-5 台北機車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
停車足跡	2.96	4.59	6.92	13.86	19.77	32.56	
使用道路足跡	289.18	314.09	319.67	339.91	344.86	349.03	
燃油足跡	95002.91	103075.79	106942.75	110155.87	113421.67	114741.00	
排放二氧化碳足跡	99100.07	107521.10	111554.83	114906.53	118313.16	119689.39	
總生態足跡	194395.12	210915.57	218824.17	225416.17	232099.46	234811.98	219410.40
年成長率	-	8.50	3.75	3.02	2.96	1.17	3.88

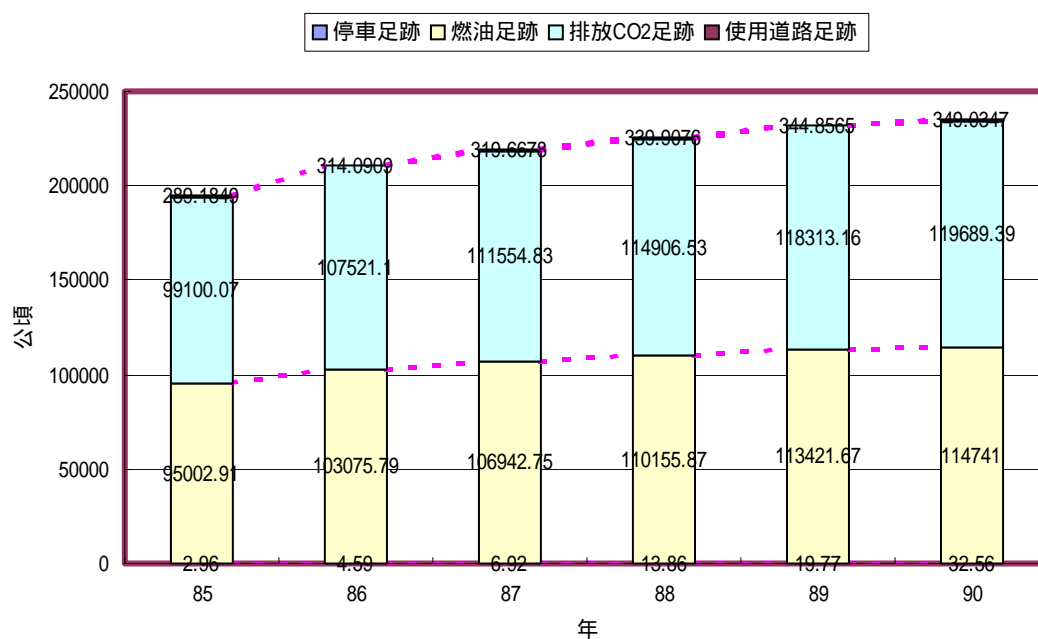


圖 5-5 台北機車歷年之生態足跡

## 5.1.2 高雄市

### 一、公車

高雄的公車計算項目有使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳等三部分。足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量、使用道路面積，且排放二氧化碳與燃油用量遠大於使用道路面積。在 85 年至 88 年呈現下降的趨勢，原因可能為營運車輛數減少的緣故，總平均為 7221 公頃。計算結果如表 5-6 與圖 5-6 所示。

表 5-6 高雄公車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
使用道路足跡	8.18	7.70	7.37	7.85	7.21	8.23	
燃油足跡	3493.39	3359.84	3351.57	3259.77	3284.60	3826.71	
排放二氧化碳足跡	3855.10	3707.72	3698.58	3597.29	3624.69	4222.92	
總生態足跡	7356.67	7075.26	7057.52	6864.91	6916.50	8057.86	7221.45
年成長率	-	-3.83	-0.25	-2.73	0.75	16.50	2.09

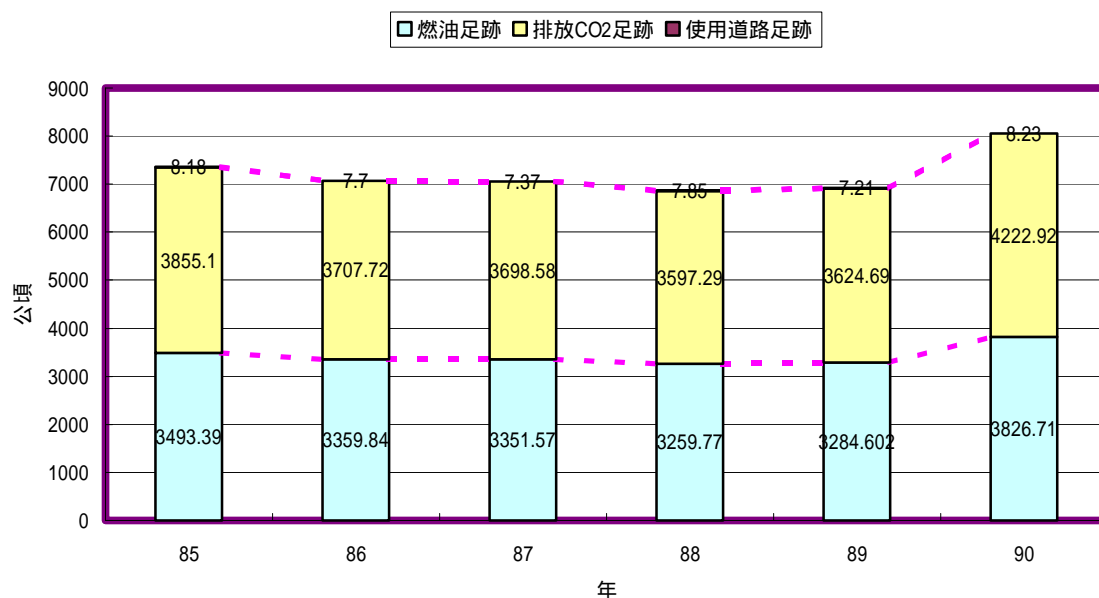


圖 5-6 高雄公車歷年之生態足跡

## 二、營業小客車

營業小客車的計算項目有使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳三項目。足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量與使用道路面積，且前二項遠大於第三項，足跡呈現逐年下降的趨勢，從 85 年的 42266 公頃到 90 年的 35791 公頃，減少了 1.18 倍，平均為 38967 公頃。計算結果如表 5-7 與圖 5-7 所示。

表 5-7 高雄營業小客車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
使用道路足跡	96.87	89.30	85.12	90.78	81.52	75.36	
燃油足跡	20639.84	19423.58	19312.60	18793.07	18529.73	17481.26	
排放二氧化碳足跡	21529.96	20261.26	20145.49	19603.55	19328.86	18235.17	
總生態足跡	42266.67	39774.14	39543.21	38487.40	37940.11	35791.79	38967.22
年成長率	-	-5.90	-0.58	-2.67	-1.42	-5.66	-3.25

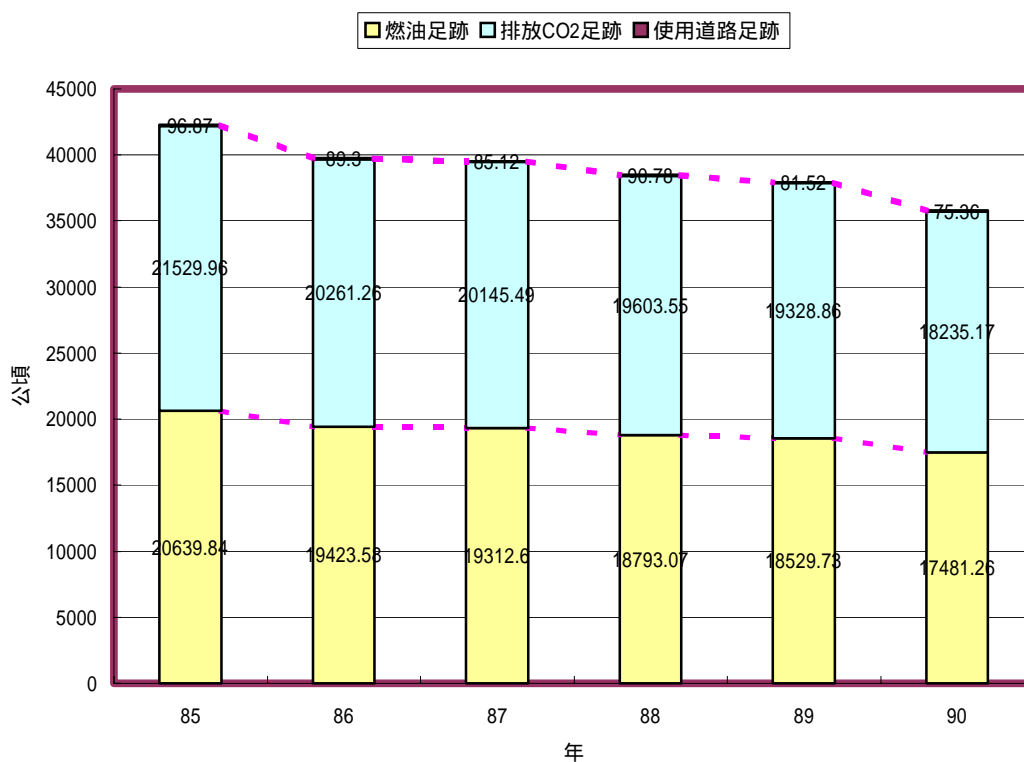


圖 5-7 高雄營業小客車歷年之生態足跡

### 三、自用小客車

高雄的自用小客車計算有停車格面積、使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳四個項目。計算結果仍為燃油用量與排放二氧化碳所產生的生態足跡遠大於使用道路面積與停車面積，足跡大小依序為排放二氧化碳、燃油用量、使用道路面積與停車面積。足跡呈現逐年上升的現象，從 85 年的 370000 公頃到 90 年的 461172 公頃，增加了 1.25 倍，平均為 433650 公頃。計算結果如表 5-8 與圖 5-8 所示。

表 5-8 高雄自用小客車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
停車足跡	168.70	199.34	223.96	244.49	263.69	270.02	
使用道路足跡	816.82	816.46	831.51	863.54	837.69	844.63	
燃油足跡	160366.40	175076.00	176775.10	205433.80	218814.84	225173.38	
排放二氧化碳足跡	208648.04	212908.20	226169.39	214293.50	228251.59	234884.35	
總生態足跡	370000.00	389000.00	404000.00	420835.30	448167.81	461172.38	433650.70
年成長率	-	5.14	3.86	4.17	6.49	2.90	4.51

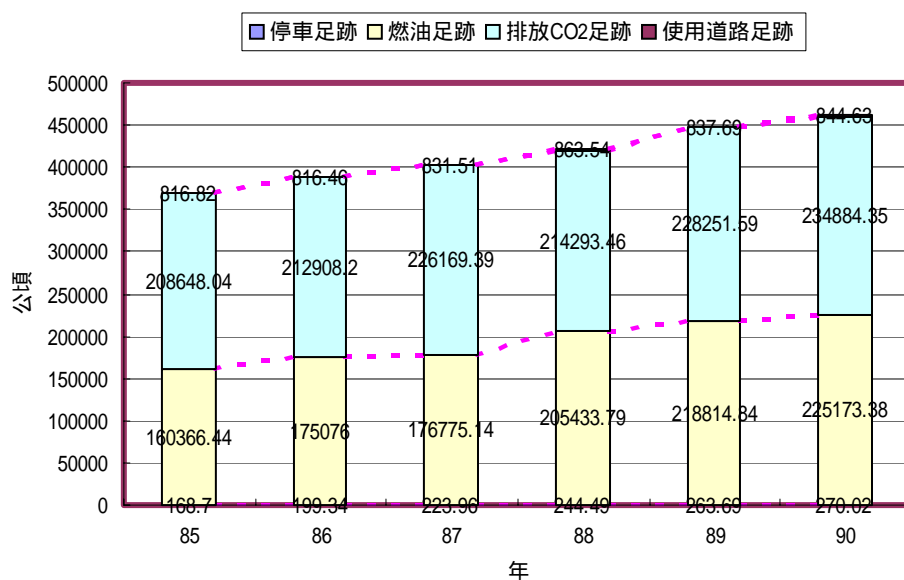


圖 5-8 高雄自用小客車歷年之生態足跡



## 四、機車

機車的計算項目有使用一般道路面積、燃油用量與排放二氧化碳三個部分。結果也為排放二氧化碳部分與燃油用量部分遠大於使用道路足跡，足跡呈現逐年上升的現象，從 85 年的 141959 公頃到 90 年的 192306 公頃，增加了 1.35 倍，平均為 168662 公頃。計算結果如表 5-9 與圖 5-9 所示。

表 5-9 高雄機車歷年之生態足跡

單位：公頃

年別 項目	85	86	87	88	89	90	平均
使用道路足跡	252.14	268.55	274.01	318.82	307.58	313.78	
燃油足跡	69358.11	75414.56	80260.01	85202.15	90254.14	93970.25	
排放二氧化碳足跡	72349.30	78666.93	83721.36	88876.63	94146.50	98022.87	
總生態足跡	141959.55	154350.04	164255.38	174397.60	184708.20	192306.90	168662.90
年成長率	-	8.73	6.42	6.17	5.91	4.11	6.27

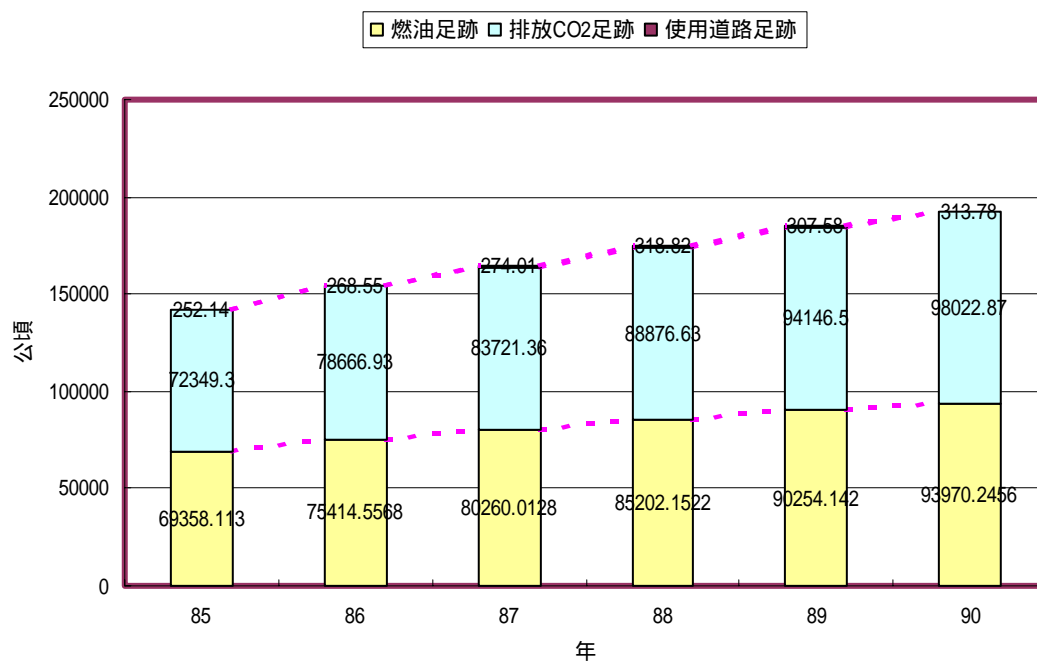


圖 5-9 高雄機車歷年之生態足跡

## 5.2 分析比較

### 5.2.1 以生態足跡土地分類別分析

本小節欲將各運具對不同資源的耗用對應至其相對應的生物生產力土地分類上，探討各運具在不同土地上的足跡大小，研究裡的計算項目可對應出三種土地分類，分別是燃油用量的石化能源地、吸納運具排放二氧化碳的森林地與提供基礎硬體建設(如道路、場站、停車格和軌道面積)的建成用地，各項土地的消費情形如後所述。

本文相關表格中所謂「平均」、「平均比率」、「年成長率平均值」的定義如下：

平均 = 各運具計算項目之算數 平均數

平均比率 = 各運具各年度計算項目 比率之算數平均數

$$\text{比率} = \frac{\text{各運具各年度之單一計 算項目值}}{\text{各運具各年度之總計算 項目值}} \times 100\%$$

年成長平均值 = 各運具各年成長率之算數平均數

$$\text{年成長率} = \frac{\text{各運具各年度之計算項 目值} - \text{前一年之計算項目值}}{\text{各運具前一年之計算項 目值}} \times 100\%$$

#### 一、能源用地之生態足跡

與能源用地相關的計算項目有機動車輛所需的燃油用量與台北地區捷運營運的用電量，即是運具所需的運行能源，從能源用地的足跡大小可觀察出各運具使用燃油的情形。結果顯示使用能源的生態足跡與總生態足跡的趨勢類似，足跡大小依序為台北的自用小客車（336190 公頃）、高雄的自用小客車（193606 公頃）、台北的營業用計程車（123388 公頃）、台北的機車（107223 公頃）、高雄的機車（82409 公頃）、台北的公車（40088 公頃）、高雄的計程車（19030 公頃）、台北的捷運（7534 公頃）與高雄的公車（3429 公頃）。而足跡最大的台北自用小

客車之值是台北所有運具總能源用地足跡的 54.72%，且更是超過高雄全部運具的總能源生態足跡。結果如下表 5-10 所示。

在台北地區能源生態足跡的計算結果以自用小客車最高，且出現繼續上升的情形，捷運所產生之足跡為最小，但足跡上升的趨勢卻十分明顯，而營業小客車則有些微的下降。高雄地區，計算結果為自用小客車最高，其次為機車，公車產生的足跡最小。而自用小客車與機車的足跡皆呈現明顯的成長趨勢。各運具的歷年變化如圖 5-10 與圖 5-11 表示。

表 5-10 各運具耗用能源用地之生態足跡

單位：公頃

年別 運具別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	捷運	1648.47	3599.97	4402.92	13139.64	11436.23	10977.42	7534.11
	公車	36641.88	37910.43	40566.77	42407.15	41111.89	41895.51	40088.94
	營業小客車	128775.50	127249.70	125952.10	119550.70	119880.60	118923.20	123388.60
	自用小客車	313433.30	319252.60	321674.30	348408.22	357037.88	357338.08	336190.70
	機車	95002.91	103075.79	106942.75	110155.87	113421.67	114741.00	107223.30
	總合	575502.10	591088.40	599538.90	633661.60	642888.30	643875.20	614425.80
高雄	公車	3493.39	3359.84	3351.57	3259.77	3284.60	3826.71	3429.31
	營業小客車	20639.84	19423.58	19312.60	18793.07	18529.73	17481.26	19030.01
	自用小客車	160366.40	175076.00	176775.10	205433.80	218814.80	225173.40	193606.60
	機車	69358.11	75414.56	80260.01	85202.15	90254.14	93970.25	82409.87
	總合	293513.10	302303.80	319742.90	312688.80	330883.30	340451.60	316597.30

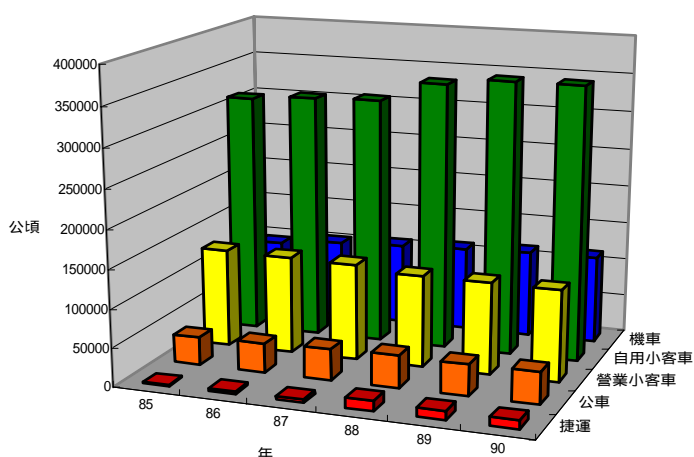


圖 5-10 台北各運具耗用能源用地生態足跡之歷年變化

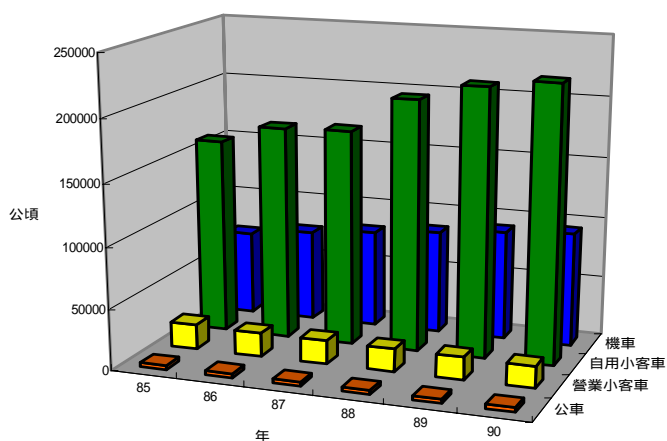


圖 5-11 高雄各運具耗用能源用地生態足跡之歷年變化

從能源用地生態足跡的平均比率來看，二地皆由自用小客車所佔比率最高，台北的自用小客車比率為 54.69%，高雄的自用小客車比率更高達 66.91%。從大眾運具與私人運具的觀點切入分析，台北地區的大眾運輸佔有 7.72%，私人運具佔有 72.13%；高雄的大眾運輸卻只有 1.08%，私人運具佔有率更是高達 92.88%，顯示私人運具造成的能源足跡有過高情形。

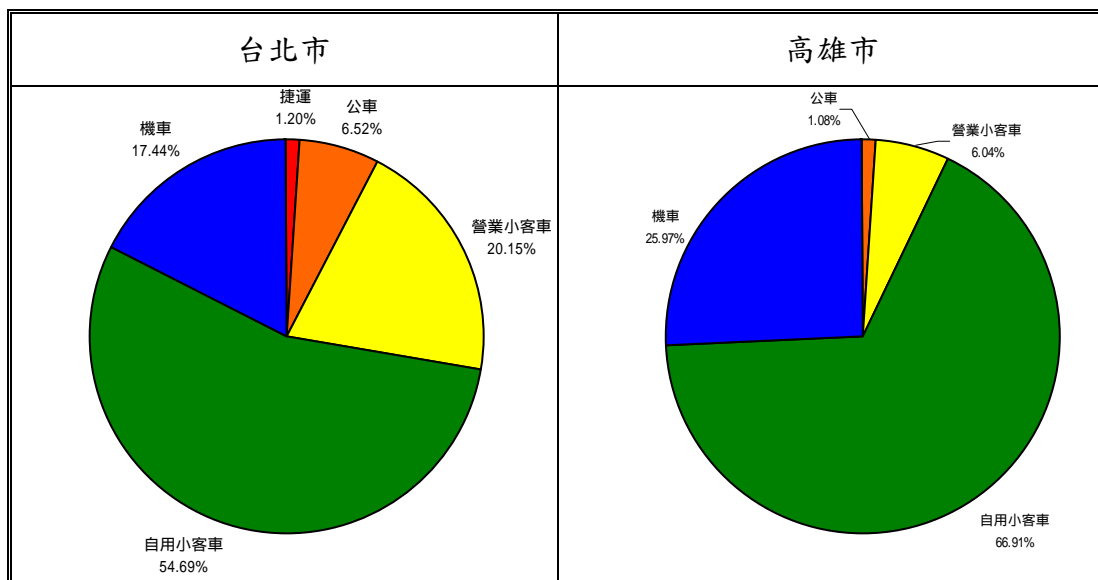


圖 5-12 各運具耗用能源用地之生態足跡之平均比率

從平均年成長率來看，發現台北的捷運最高（62.66%），二地的營業小客車為負成長的情形，其餘運具皆呈現趨近穩定的狀態，結果如圖 5-13 所示。

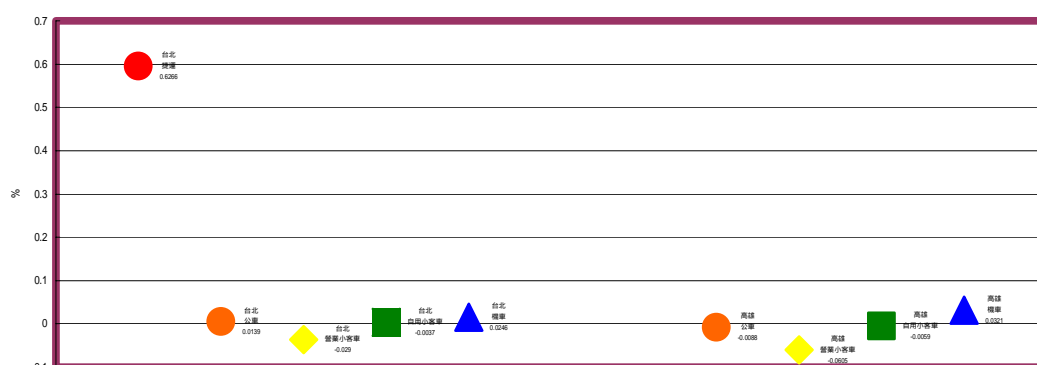


圖 5-13 各運具耗用能源用地之生態足跡之年成長率平均值

## 二、建成用地之生態足跡

建成用地的計算項目中包含各運具所需的硬體基礎建設，捷運部分含有工程及營業用地，其餘運具則為分配道路面積、專用道與停車格面積等，本項計算結果可表達各運具在建成用地的耗用情形。

各運具使用建成地之生態足跡大小依序為：台北的自用小客車（1686.57 公頃）、高雄的自用小客車（1063.48 公頃）、台北的機車（339.57 公頃）、台北的計程車（331.55 公頃）、高雄的機車（289.15 公頃）、台北的捷運（215.85 公頃）、高雄的計程車（86.49 公頃）、台北的公車（65.22 公頃）與高雄的公車（7.76 公頃）。

表 5-11 各運具耗用建成用地之生態足跡

單位：公頃

年別 運具別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	捷運	185.80	211.58	216.31	222.86	224.60	233.95	215.85
	公車	61.03	61.57	62.78	68.56	68.91	68.43	65.22
	營業小客車	346.36	342.61	332.66	325.95	322.06	319.64	331.55
	自用小客車	1557.25	1630.78	1674.75	1712.77	1753.00	1790.87	1686.57
	機車	292.14	318.68	326.59	353.77	364.63	381.59	339.57
	總合	2442.58	2565.22	2613.08	2683.91	2733.20	2794.49	2638.75
高雄	公車	8.18	7.70	7.37	7.85	7.21	8.23	7.76
	營業小客車	96.87	89.30	85.12	90.78	81.52	75.36	86.49
	自用小客車	985.52	1015.80	1055.47	1108.03	1101.38	1114.65	1063.48
	機車	252.14	268.55	274.01	318.82	307.58	313.78	289.15
	總合	1342.71	1381.35	1421.97	1525.48	1497.69	1512.02	1446.87

在台北，以自用小客車所需建成用地的生態足跡最大，且呈現逐年上升的情形，以公車的建成用地足跡最低，各運具的建成用地呈現逐年上升的情況，唯有營業用小客車出現下降的趨勢。

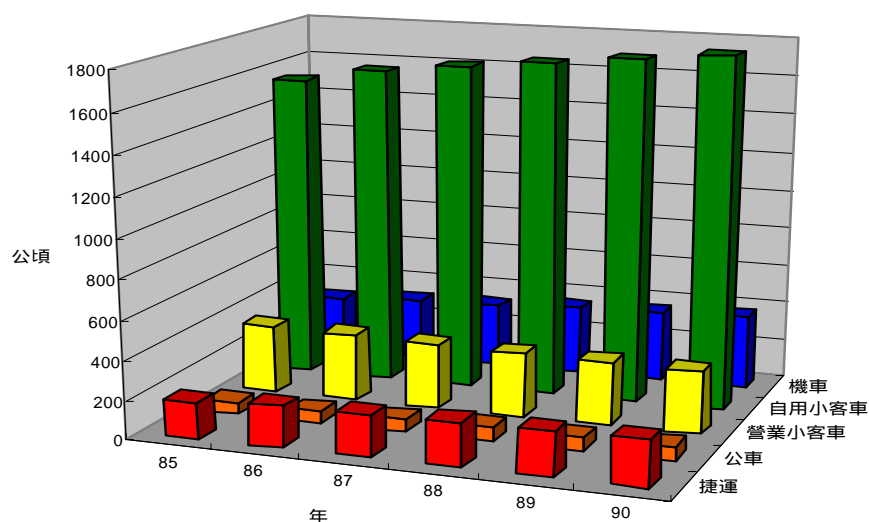


圖 5-14 台北各運具耗用建成用地生態足跡之歷年變化

在高雄部仍以自用小客車足跡最大平均有 1114 公頃，其次為機車的 313 公頃，而公車所佔足跡最低，僅有 8 公頃，各運具之歷年變化如圖 5-15 所示。

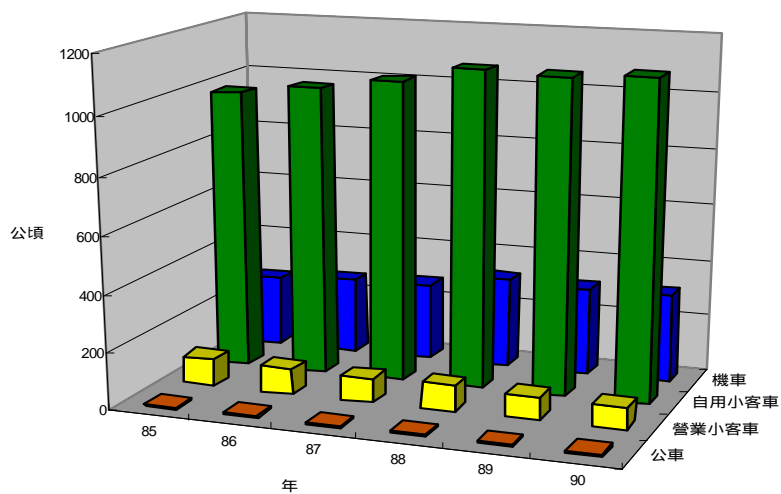


圖 5-15 高雄各運具耗用建成用地生態足跡之歷年變化

從下圖可看出各運具使用建成地之生態足跡平均比率，台北的大眾運輸部份（捷運與公車）尚佔有 10.6%，而高雄幾乎沒有大眾運輸，其自用小客車與機車比例也都大於台北市。

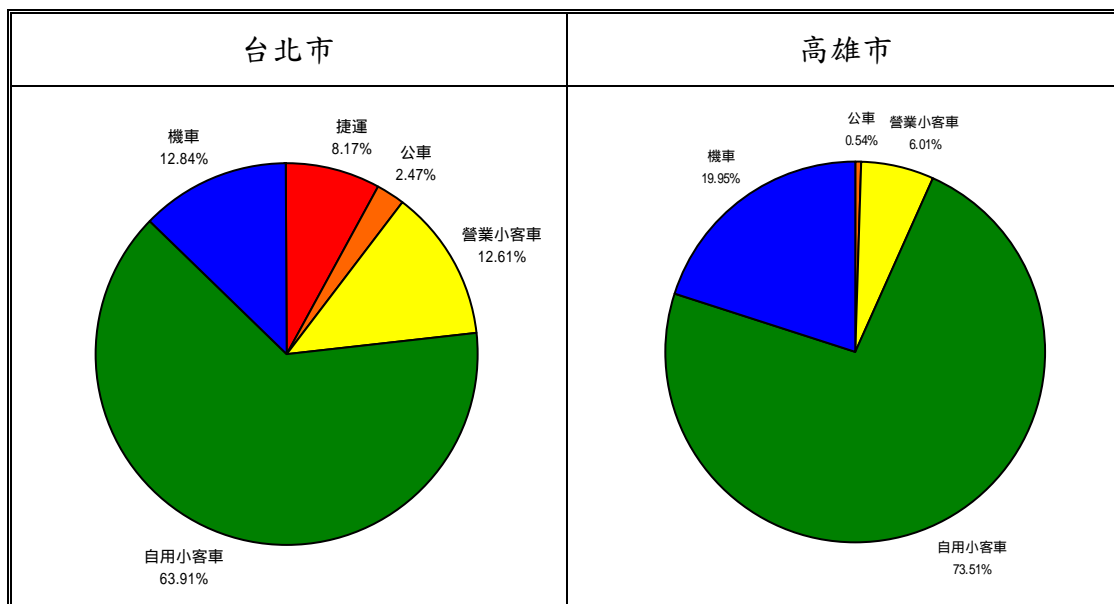


圖 5-16 各運具耗用建成用地之生態足跡之平均比率

下圖為各運具使用建成用地之生態足跡之年成長率平均值，營業小客車在兩地皆呈現負成長，年成長率最高皆為機車。

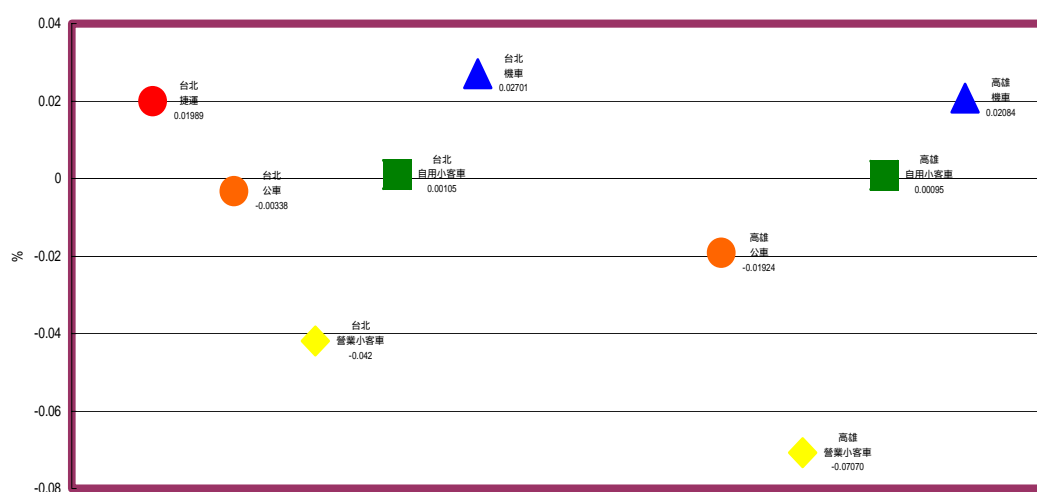


圖 5-17 各運具耗用建成用地之生態足跡之年成長率平均值

### 三、森林地之生態足跡

森林用地是為吸收各運具所排放二氧化碳之所需的足跡，二氧化碳的排放量與燃油用量有高度相關性，因此，在使用森林地足跡大小的趨勢上與能源用地的足跡趨勢雷同。

表 5-12 各運具耗用森林地之生態足跡

單位：公頃

年別		85	86	87	88	89	90	平均
運具別								
台北	捷運	2531.75	5528.88	6762.07	20180.04	17563.92	16859.29	11570.99
	公車	40435.76	41835.65	44767.03	46797.95	45368.59	46233.35	44239.72
	營業小客車	132773.20	131200.00	129862.20	123262.06	123602.20	122615.10	127219.13
	自用小客車	350009.40	362116.70	374651.00	359224.24	368121.80	368431.30	363759.07
	機車	99100.07	107521.10	111554.80	114906.53	118313.20	119689.40	111847.52
	總合	624850.20	648202.30	667597.10	664370.82	672969.70	673828.40	658636.42
高雄	公車	3855.10	3707.72	3698.58	3597.29	3624.69	4222.92	3784.38
	營業小客車	21529.96	20261.26	20145.49	19603.55	19328.86	18235.17	19850.72
	自用小客車	208648.00	212908.20	226169.40	214293.46	228251.60	234884.40	220859.18
	機車	72349.30	78666.93	83721.36	88876.63	94146.50	98022.87	85963.93
	總合	306382.40	315544.10	333734.80	326370.93	345351.60	355365.30	330458.19



在台北，森林地生態足跡的計算結果仍以自用小客車最高，其次為機車與營業小客車，捷運所產生之足跡為最小，各運具的歷年變化以圖 5-18 表示。

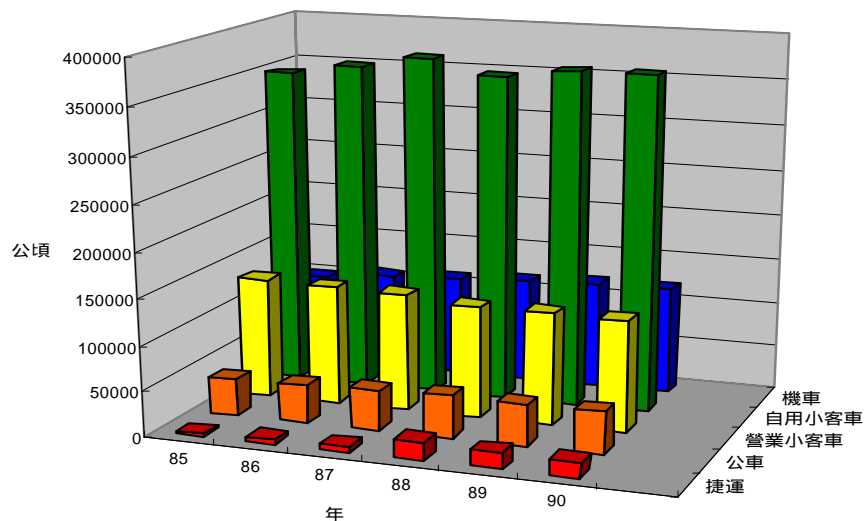


圖 5-18 台北各運具耗用森林地生態足跡之歷年變化

在高雄，計算結果為自用小客車最高，其次為機車，公車產生的足跡最小。而自用小客車與機車的足跡皆呈現明顯的成長趨勢。

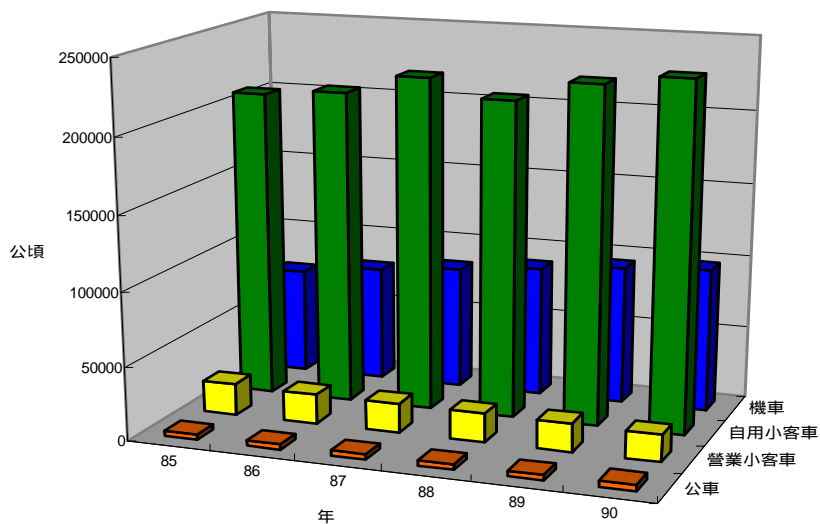


圖 5-19 高雄各運具耗用森林地生態足跡之歷年變化

從運具使用森林地的生態足跡平均比率來看，二地皆由自用小客車所佔比率最高，台北的自用小客車比率為 55.24%，高雄的自用小客車比率更高達 66.87%。若從大眾運具與私人運具的觀點切入分析，台北的大眾運輸佔有 8.45%，私人運具佔有 74.58%；高雄的大眾運輸卻只有 1.15%，私人運具佔有率更是高達 92.82%。

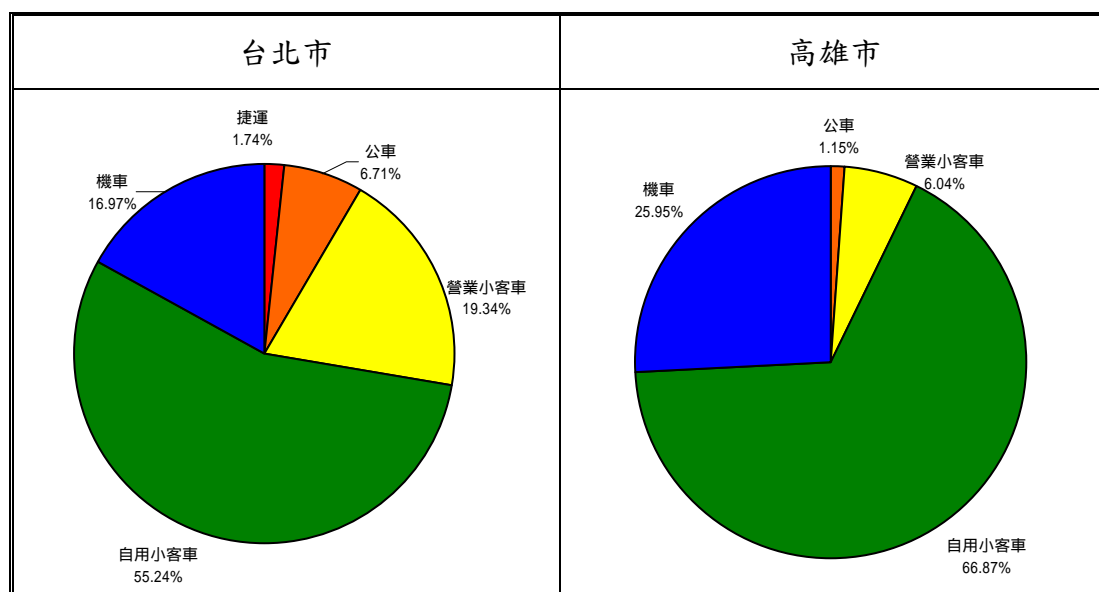


圖 5-20 各運具耗用森林地之生態足跡之平均比率

從平均年成長率來看，發現台北的捷運為 62.19% 最高，二地的營業小客車為負成長的情形，其餘運具皆呈現趨近穩定的狀態，結果如圖 5-21 所示。

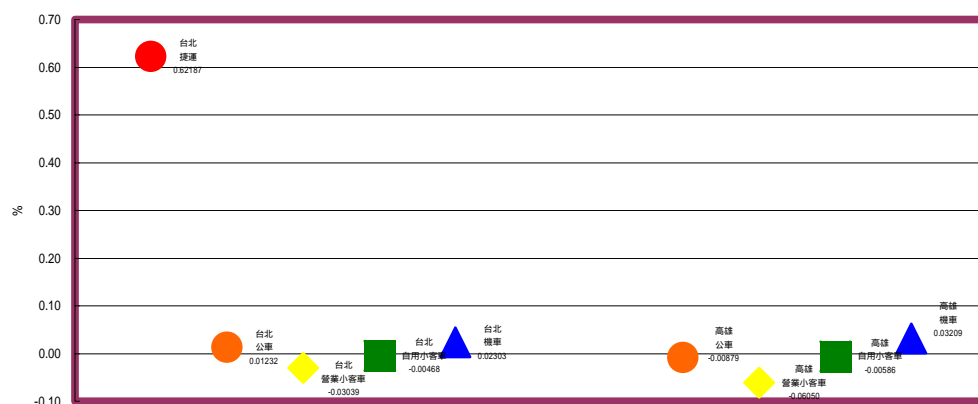


圖 5-21 各運具耗用森林地之生態足跡之年成長率平均值

#### 四、總生態足跡

加總各運具對上述三種生態生產力土地的耗用，結果在台北以自用小客車總生態足跡最高，其次為營業小客車與機車，捷運所產生之足跡為最小，但有顯著的成長趨勢，各運具的歷年變化以圖 5-22 表示。

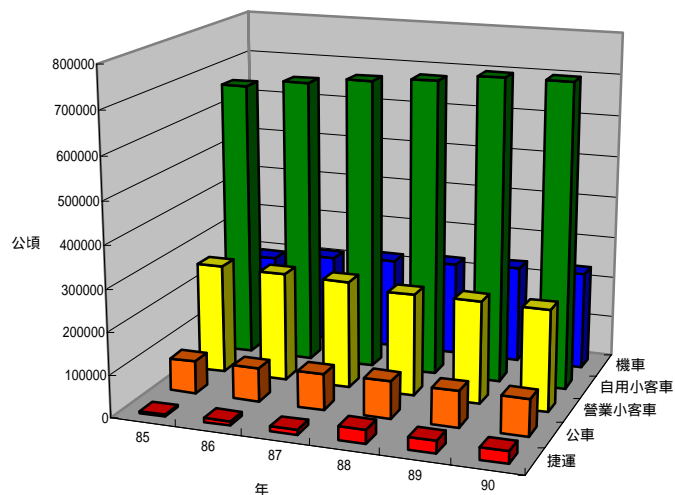


圖 5-22 台北各運具總生態足跡之歷年變化

高雄地區的計算結果也以自用小客車最高，其次為機車，二者皆呈現持續上升的趨勢，公車的足跡最小，各運具的歷年變化以圖 5-23 表示

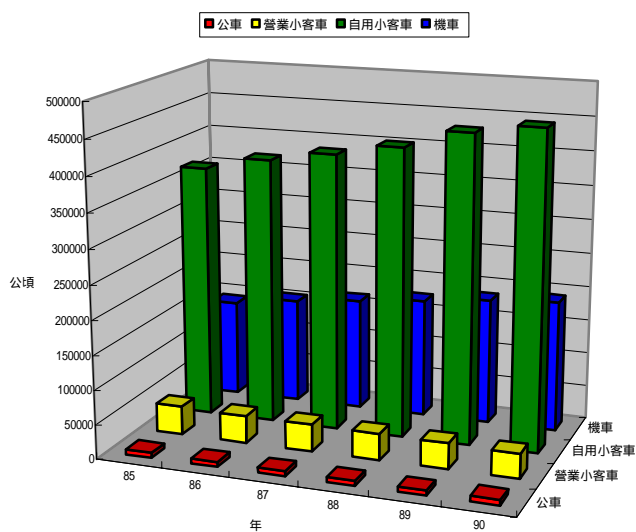


圖 5-23 高雄各運具總生態足跡之歷年變化

從平均比率來看，二地皆由自用小客車所佔比率最高，台北的自用小客車比率為 55.01%，高雄的自用小客車比率更高達 65.91%。若從大眾運具與私人運具的觀點切入分析，台北地區的大眾運輸佔有 8.10%，私人運具佔有 72.20%；高雄地區的大眾運輸卻只有 1.15%，私人運具佔有率更是高達 92.62%，顯示私人運具造成的生態足跡有過高情形。

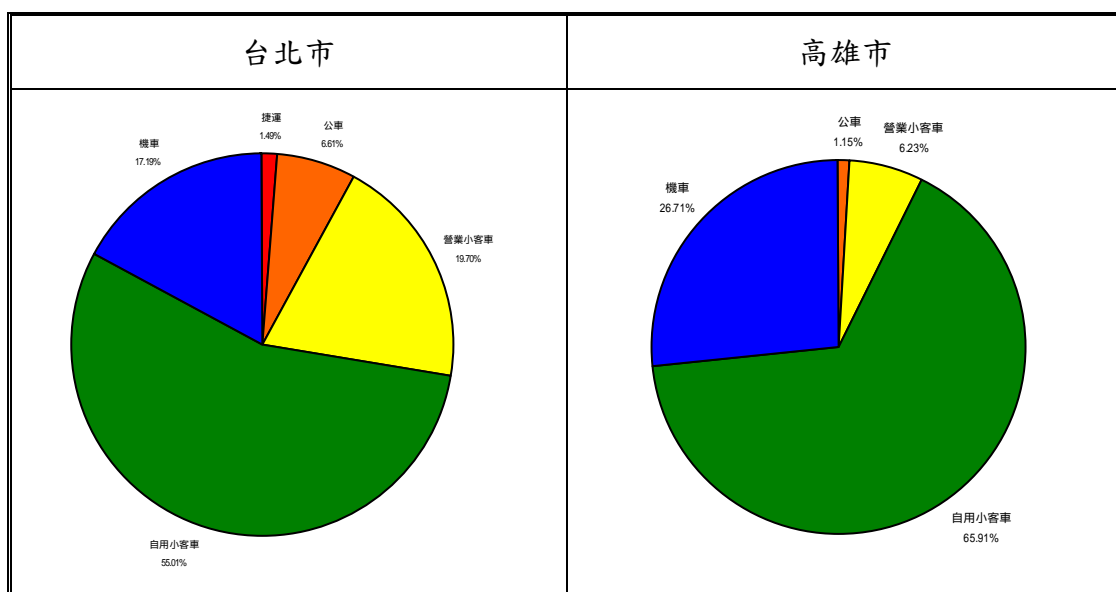


圖 5-24 各運具總生態足跡之平均比率

除了營業小客車的足跡皆呈現逐年減少之情形，其餘運具則為逐年增加的情況，尤其以台北捷運的成長最為迅速，是各項運具之冠，結果如圖 5-25 所示。

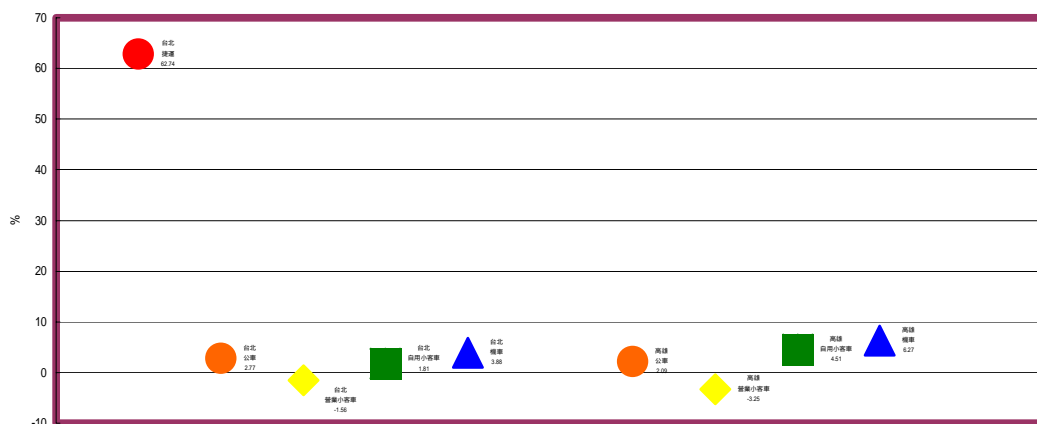


圖 5-25 各運具總生態足跡之年成長率平均值

### 5.2.2 以運具別分析

在本節中將分析不同運具間的生態足跡消長情形，但只從運具所產生的總生態足跡大小並無法看出大眾使用運具對環境所產生的負荷，因此在本節將從使用者所產生的足跡的觀點進一步分析。所謂的使用者觀點即是將各年度各運具的生態足跡除以當年度使用該運具的總人次，得到的數據即是使用者每使用一次該運具所產生的生態足跡，此項數據在本節裡以「使用運具之生態足跡」稱之，而未除於使用人次之計算數值以「總生態足跡」代表。

#### 一、台北市

自用小客車產生的總生態足跡最大，雖然使用的人次最多，但在單位人次所造成的足跡也是遠大於使用其他運具。而運具總足跡排名第二、三是營業小客車與機車，二者差距不大，但因使用人次的多寡使產生的足跡有明顯的差距，使用營業小客車產生的足跡是 8.3 平方公尺，而使用機車產生的足跡僅為 2.26 平方公尺。捷運與公車的總足跡原本就小，加上使用人次眾多，使得使用捷運與公車的生態足跡最小，捷運僅有 2.25 平方公尺，而公車只達到 1.26 平方公尺。關於台北各運具之生態足跡與使用運具產生的足跡如下表 5-13 與圖 5-26、圖 5-27 所示。

表 5-13 台北各運具歷年之總生態足跡與使用運具之足跡

年別 運具別		85	86	87	88	89	90	平均
捷運	總生態足跡(公頃)	4366.02	9340.43	11381.30	33542.54	29224.75	28070.66	19320.95
	使用人次(千人)	11204	31080	60781	126952	268588	289643	131375
	總足跡/人次(平方公尺)	3.90	3.01	1.87	2.64	1.09	0.97	2.25
公車	總生態足跡(公頃)	77138.67	79807.65	85396.58	89273.66	86549.39	88197.29	84393.87
	使用人次(千人)	561205	680544	700550	722607	679345	680888	670857
	總足跡/人次(平方公尺)	1.375	1.173	1.219	1.235	1.274	1.295	1.26
營業 小客 車	總生態足跡(公頃)	261895.10	258792.26	256147.00	243138.72	243804.93	241857.93	250939.30
	使用人次(千人)	315374	311637	308460	292782	293590	291246	302182
	總足跡/人次(平方公尺)	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30
自用 小客 車	總生態足跡(公頃)	665000	683000	698000	709345.23	726912.67	727560.27	718252.1
	使用人次(千人)	611507	622660	624558	627606	643151	643692	635529
	總足跡/人次(平方公尺)	11.3006	11.3009	11.301	11.3024	11.3024	11.303	11.3
機車	總生態足跡(公頃)	194395.12	210915.57	218824.17	225416.17	232099.46	234811.98	219410.40
	使用人次(千人)	858979	931973	966935	995986	1026000	1037000	969479
	總足跡/人次(平方公尺)	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
總和	總生態足跡(公頃)	1202794.91	1241855.91	1269749.05	1300716.32	1318591.20	1320498.13	1292316.62
	使用人次(千人)	2358269	2587894	2691284	2765933	2910674	2942469	2709421
	總足跡/人次(平方公尺)	5.10	4.80	4.72	4.70	4.53	4.49	4.77

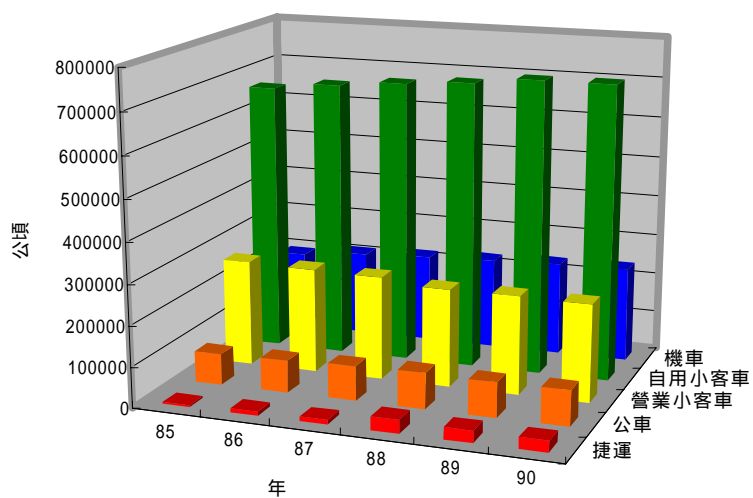


圖 5-26 台北各運具歷年之總生態足跡

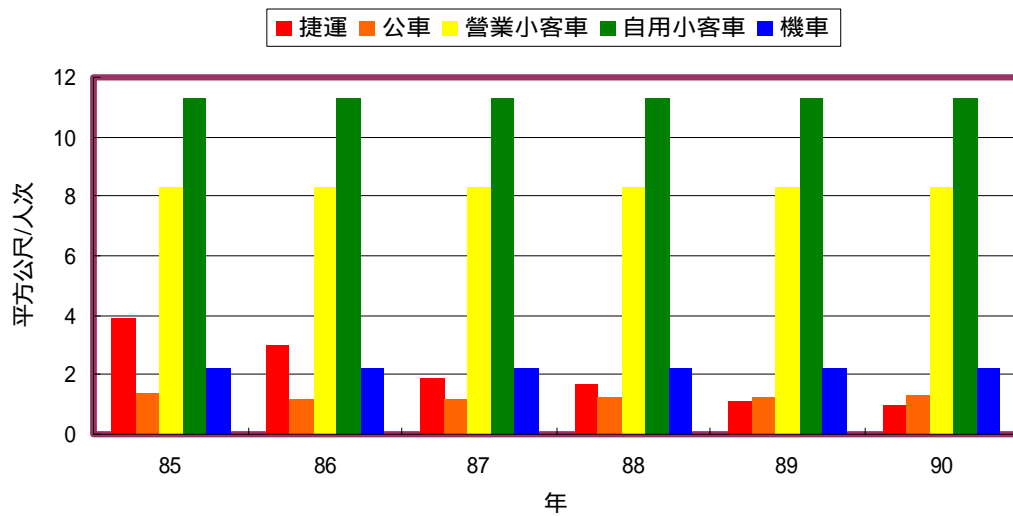


圖 5-27 台北使用各運具之生態足跡

## 二、高雄市

在高雄方面仍是自用小客車產生的總生態足跡最大，雖然使用的人次最多，但在單位人次所造成的足跡也是遠大於其他運具，和台北皆約為 11 平方公尺。

而運具總足跡排名第二、三卻與台北不同，在高雄，機車的總足跡遠大於營業用小客車，而使用二者運具產生的足跡卻相近，使用營業小客車產生的足跡是 2.65 平方公尺，而使用機車產生的足跡為各運具中最小，為 1.99 平方公尺。公車的足跡最少，使用公車產生的足跡略大於機車，達到 2.03 平方公尺。整體來說，除了使用自用小客車的足跡最大，其餘三種運具都維持在 2 到 3 平方公尺之間。關於高雄各運具之總生態足跡與使用運具產生的足跡如下表 5-14 與圖 5-28、圖 5-29 所示。

表 5-14 高雄各運具歷年之總生態足跡與使用運具之足跡

年別 運具別		85	86	87	88	89	90	平均
公 車	總生態足跡(公頃)	7356.67	7075.26	7057.52	6864.91	6916.50	8057.86	7221.45
	使用人次(千人)	30586	33175	36093	37272	38828	39108	35844
	總足跡/人次(平方公尺)	2.41	2.13	1.96	1.84	1.78	2.06	2.03
營 業 小 客 車	總生態足跡(公頃)	42266.67	39774.14	39543.21	38487.40	37940.11	35791.79	38967.22
	使用人次(千人)	159776	150363	149503	145482	143442	135325	147315
	總足跡/人次(平方公尺)	2.65	2.65	2.64	2.65	2.64	2.64	2.65
自 用 小 客 車	總生態足跡(公頃)	370000.00	389000.00	404000.00	420835.30	448167.81	461172.38	433650.70
	使用人次(千人)	371087	378664	402249	403842	405953	417750	392784
	總足跡/人次(平方公尺)	9.97	10.27	10.04	11.04	11.04	11.04	11.04
機 車	總生態足跡(公頃)	141959.55	154350.04	164255.38	174397.60	184708.20	192306.90	168662.90
	使用人次(千人)	713136	775409	825230	876044	928000	966198	847336
	總足跡/人次(平方公尺)	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
總 和	總生態足跡(公頃)	561582.89	590199.44	614856.11	640585.21	677732.62	697328.93	648502.27
	使用人次(千人)	1274585	1337611	1413075	1439798	1516223	1558381	1423279
	總足跡/人次(平方公尺)	4.41	4.41	4.35	4.45	4.47	4.47	4.56



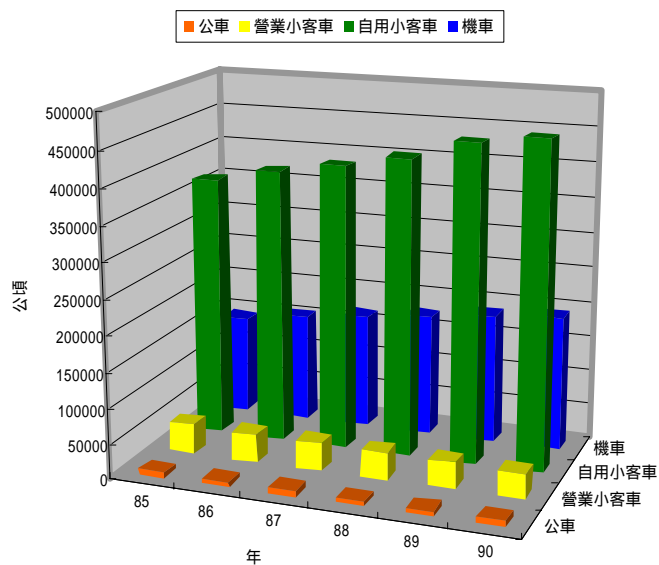


圖 5-28 高雄各運具歷年之總生態足跡

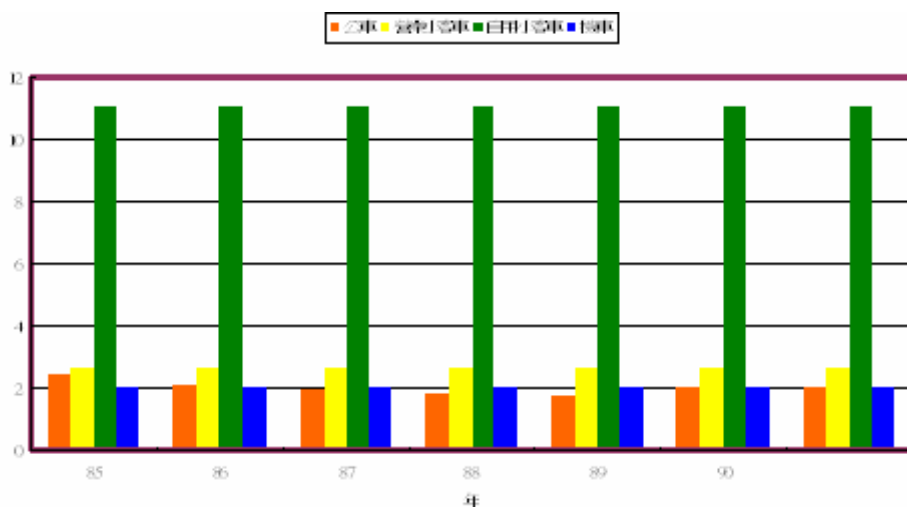


圖 5-29 高雄使用各運具之生態足跡

### 三、台北與高雄各運具之比較

此小節為分析台北與高雄二地各運具總生態足跡與使用該運具造成的足跡，分析項目有公車、營業小客車、自用小客車與機車與總運具五個類別。

## 1. 公車

台北的公車總足跡平均為 84393.87 公頃，平均年成長率為 2.77%；而高雄公車總足跡僅有 7221.45 公頃，平均年成長率為 2.09%，生態足跡台北為高雄的 11.69 倍。而然台北地區的公車系統成熟，路網遍及，使用者眾多，因此使用公車所造成的足跡是 1.26 平方公尺，比高雄的 2.03 平方公尺還小，是高雄的 0.62 倍。詳細數據如表 5-15 與圖 5-30、圖 5-31 所示。

表 5-15 台北與高雄之公車歷年之生態足跡

年別		85	86	87	88	89	90	平均
地區別	總生態足跡(公頃)	77138.67	79807.65	85396.58	89273.66	86549.39	88197.29	84393.87
	使用人次(千人)	561205	680544	700550	722607	679345	680888	670857
	總足跡/人次(平方公尺)	1.375	1.173	1.219	1.235	1.274	1.295	1.26
高雄	總生態足跡(公頃)	7356.67	7075.26	7057.52	6864.91	6916.50	8057.86	7221.45
	使用人次(千人)	30586	33175	36093	37272	38828	39108	35844
	總足跡/人次(平方公尺)	2.41	2.13	1.96	1.84	1.78	2.06	2.03

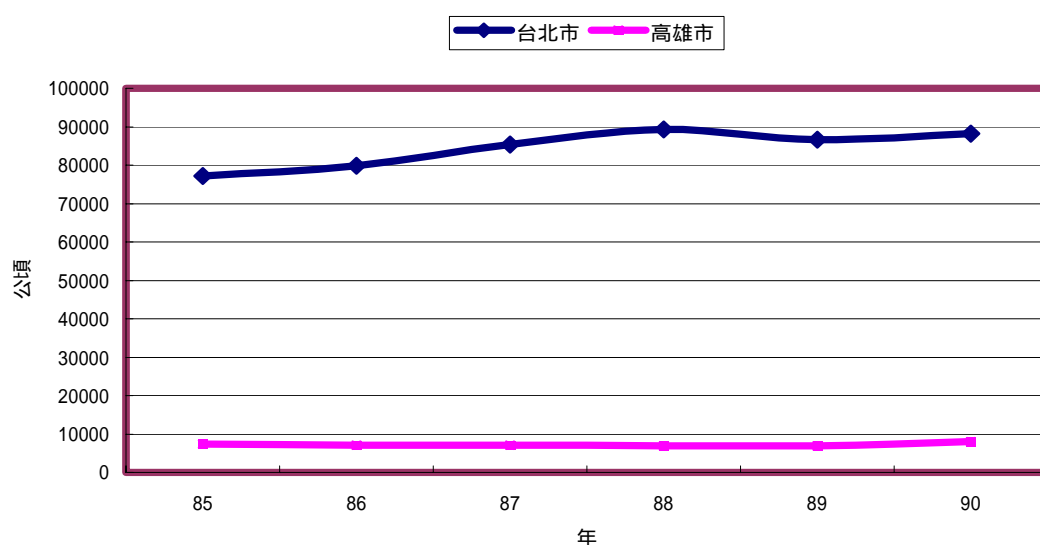


圖 5-30 台北與高雄之公車歷年之總生態足跡

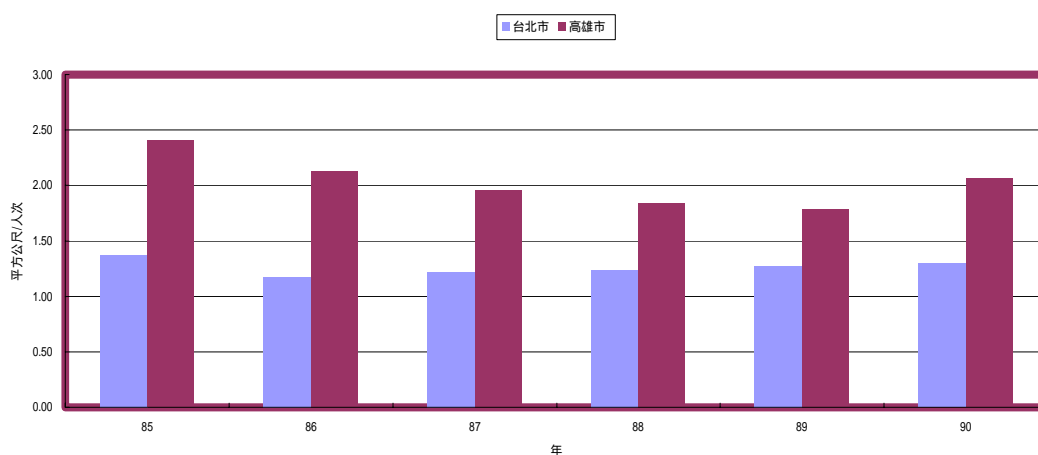


圖 5-31 台北與高雄使用公車之生態足跡

## 2. 營業小客車

二地的營業小客車總生態足跡皆呈現逐年縮小的趨勢，台北的營業小客車平均足跡為 250939.3 公頃，是高雄足跡 38967.22 公頃的 6.44 倍，台北的平均年成長率為-1.56%，而高雄更是明顯衰退，平均年成長率為-3.25%。從使用的觀點來看，在台北使用營業小客車足跡為 8.3 平方公尺，是高雄 2.65 平方公尺的 3.13 倍。詳細數據如表 5-16 與圖 5-32、圖 5-33 所示。

表 5-16 台北與高雄之營業小客車歷年之生態足跡

地區別 \ 年別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	總生態足跡(公頃)	261895.10	258792.26	256147.00	243138.72	243804.93	241857.93	250939.30
	使用人次(千人)	315374	311637	308460	292782	293590	291246	302182
	總足跡/人次(平方公尺)	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30
高雄	總生態足跡(公頃)	42266.67	39774.14	39543.21	38487.40	37940.11	35791.79	38967.22
	使用人次(千人)	159776	150363	149503	145482	143442	135325	147315
	總足跡/人次(平方公尺)	2.65	2.65	2.64	2.65	2.64	2.64	2.65

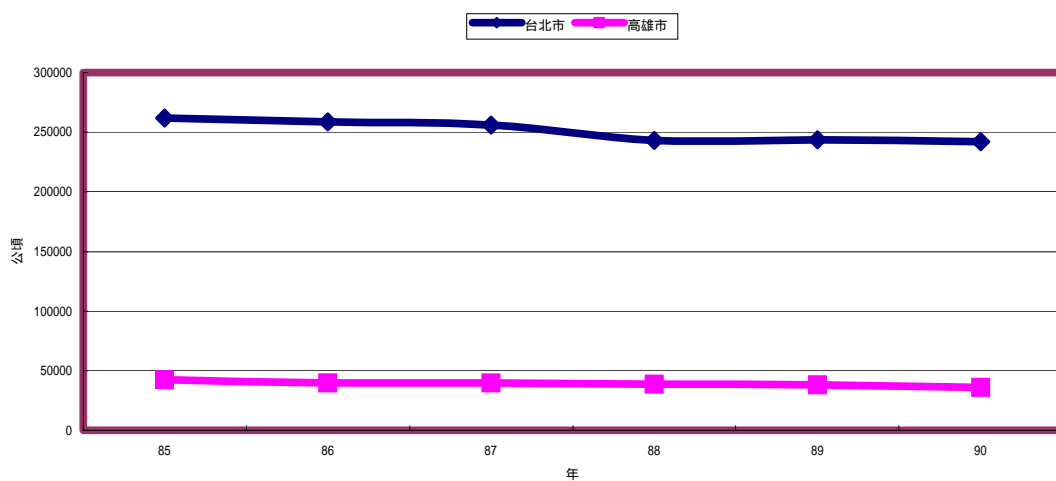


圖 5-32 台北與高雄之營業小客車歷年之總生態足跡

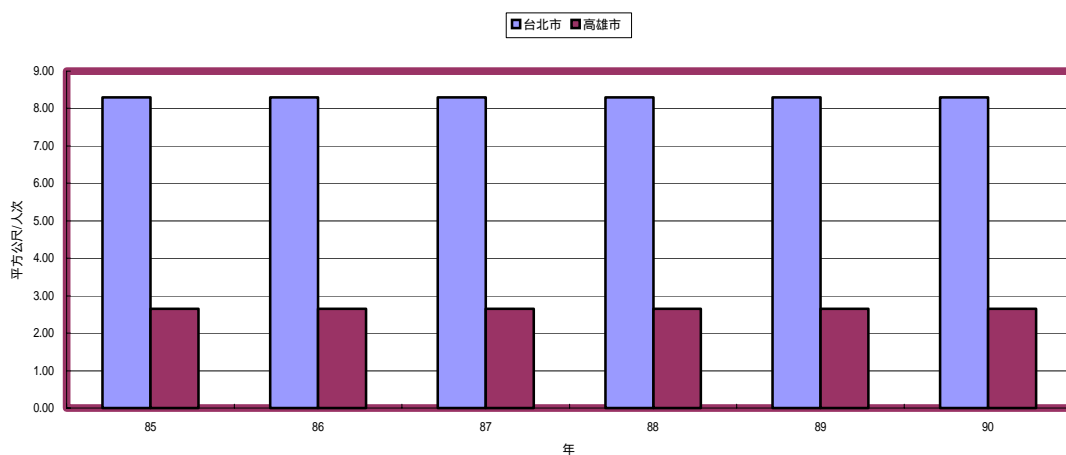


圖 5-33 台北與高雄使用營業小客車之生態足跡

### 3. 自用小客車

台北的自用小客車之總生態足跡出現趨於穩定的情勢，平均年成長率為 1.81%，生態足跡平均為 718252.1 公頃；而高雄的自用小客車之總生態足跡仍顯示出明顯的攀升，年平均成長率為 4.51%，生態足跡平均為 433650.7 公頃。再從使用此運具所造成的足跡來看，台北都維持在約 11 平方公尺，而高雄呈現成長的趨勢，從 9.99 平方公尺上升至 11.04 平方公尺，詳細數據如表 5-17 與圖 5-34、圖 5-35 所示。

表 5-17 台北與高雄之自用小客車歷年之生態足跡

年別 地區別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	總生態足跡(公頃)	665000.00	683000.00	698000.00	709345.23	726912.67	727560.27	718252.1
	使用人次(千人)	611507	622660	624558	627606	643151	643692	635529
	總足跡/人次(平方公尺)	11.30	11.30	11.30	11.30	11.30	11.30	11.30
高雄	總生態足跡(公頃)	370000.00	389000.00	404000.00	420835.30	448167.81	461172.38	433650.70
	使用人次(千人)	371087	378664	402249	403842	405953	417750	392784
	總足跡/人次(平方公尺)	9.97	10.27	10.04	11.04	11.04	11.04	11.04

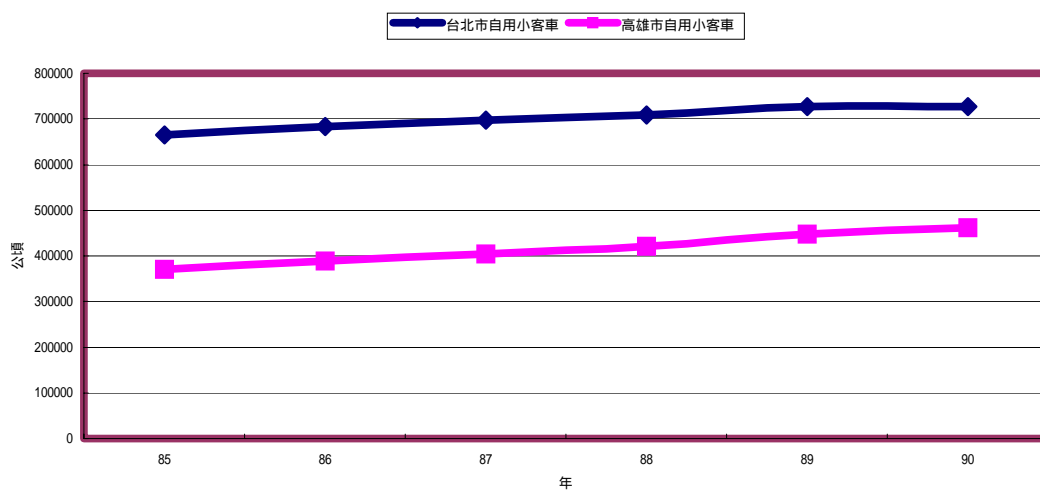


圖 5-34 台北與高雄之自用小客車歷年之總生態足跡

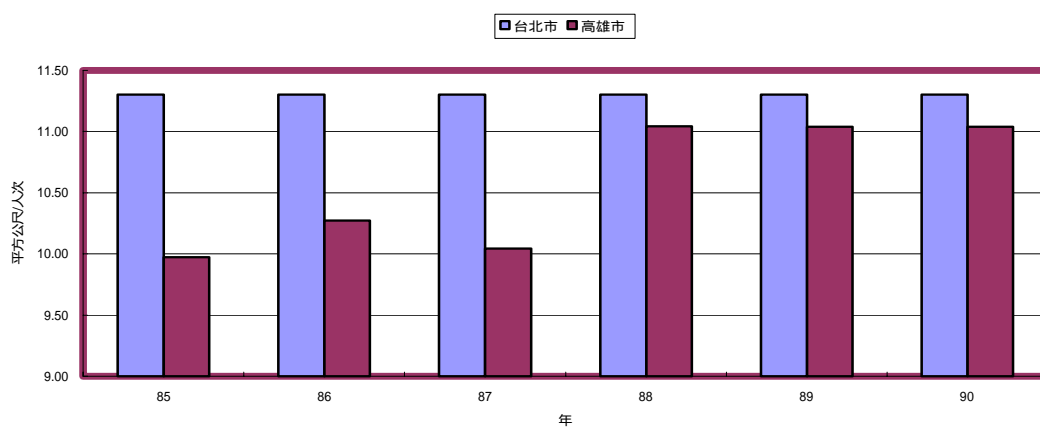


圖 5-35 台北與高雄使用自用小客車之生態足跡

## 4. 機車

機車的變化趨勢與自用小客車相似，在台北部分，機車之總生態足跡出現微幅上升的變化，平均年成長率為 3.88%，生態足跡平均為 219410.4 公頃；而高雄部分之總生態足跡出現出明顯的攀升，年平均成長率為 6.27%，生態足跡平均為 168662.9 公頃。而從使用此運具所造成的足跡來看，二地皆呈現穩定的情形，台北約維持在 2.26 平方公尺，而高雄較小為 1.99 平方公尺。詳細數據如表 5-18 與圖 5-36、圖 5-37 所示。

表 5-18 台北與高雄之機車歷年之生態足跡

年別		85	86	87	88	89	90	平均
地區別	總生態足跡(公頃)	194395.12	210915.57	218824.17	225416.17	232099.46	234811.98	219410.40
	使用人次(千人)	858979	931973	966935	995986	1026000	1037000	969479
	總足跡/人次(平方公尺)	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
高雄	總生態足跡(公頃)	141959.55	154350.04	164255.38	174397.60	184708.20	192306.90	168662.90
	使用人次(千人)	713136	775409	825230	876044	928000	966198	847336
	總足跡/人次(平方公尺)	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99

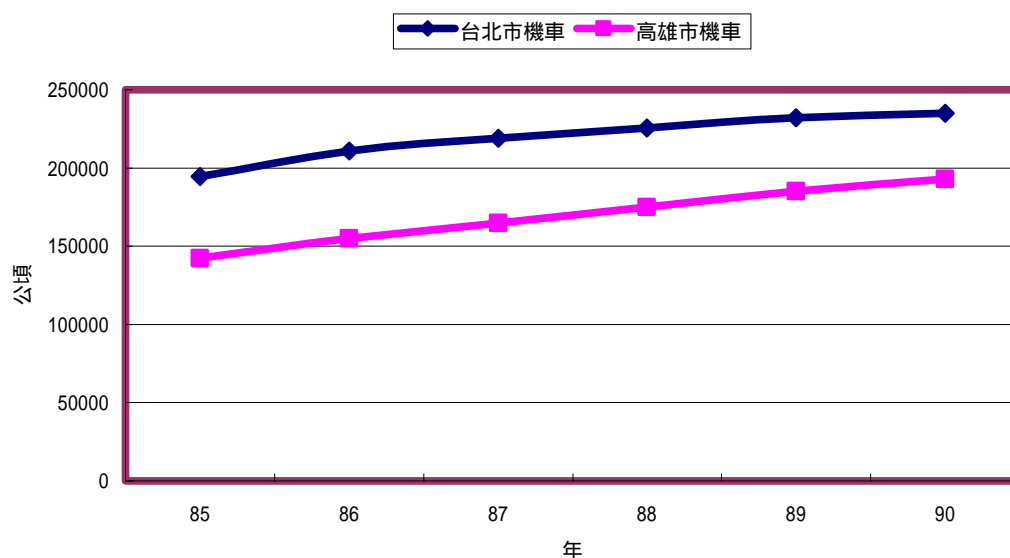


圖 5-36 台北與高雄之機車歷年之總生態足跡

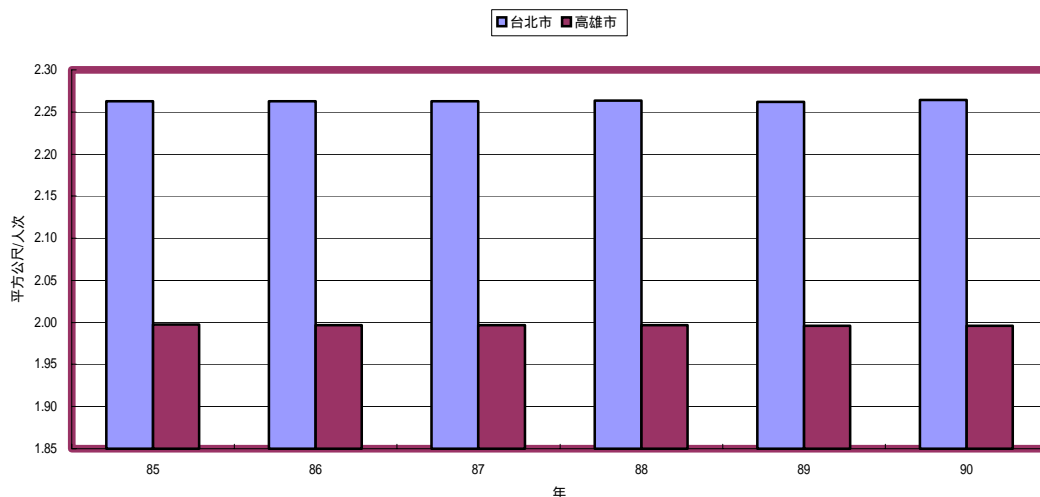


圖 5-37 台北與高雄使用機車之生態足跡

## 5. 總運具

二地的總運具生態足跡雖都呈現逐年上升的趨勢，台北的總生態足跡平均為 1292316.62 公頃，是高雄的 648502.27 公頃的 1.99 倍，但從平均年成長率觀之，卻可發現台北年成長率為 1.89%，是高雄的 4.43% 的 0.43 倍。從數據中可發現台北的生態足跡雖大，卻有逐漸控制的趨勢，而高雄還處於向上發展的趨勢。在使用的觀點也有相同的現象，台北的足跡逐年減小，從民國 85 年的 5.1 平方公尺下降至 90 年的 4.49 平方公尺；而高雄並沒有減小的趨勢，綜合本小節上述單項計算結果，可以顯示台北使用運具而形成的足跡會逐漸下降，與發展大眾捷運系統有直接的關係，因為使用總運具造成足跡的歷年趨勢和使用捷運的趨勢相同，都有隨年減小的變化。詳細數據如表 5-19 與圖 5-38、圖 5-39 所示。

表 5-19 台北與高雄總運具歷年之生態足跡

年別 地區別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	總生態足跡(公頃)	1202794.91	1241855.91	1269749.05	1300716.32	1318591.20	1320498.13	1292316.62
	使用人次(千人)	2358269	2587894	2691284	2765933	2910674	2942469	2709421
	總足跡/人次(平方公尺)	5.10	4.80	4.72	4.70	4.53	4.49	4.77
高雄	總生態足跡(公頃)	561582.89	590199.44	614856.11	640585.21	677732.62	697328.93	648502.27
	使用人次(千人)	1274585	1337611	1413075	1439798	1516223	1558381	1423279
	總足跡/人次(平方公尺)	4.41	4.41	4.35	4.45	4.47	4.47	4.56

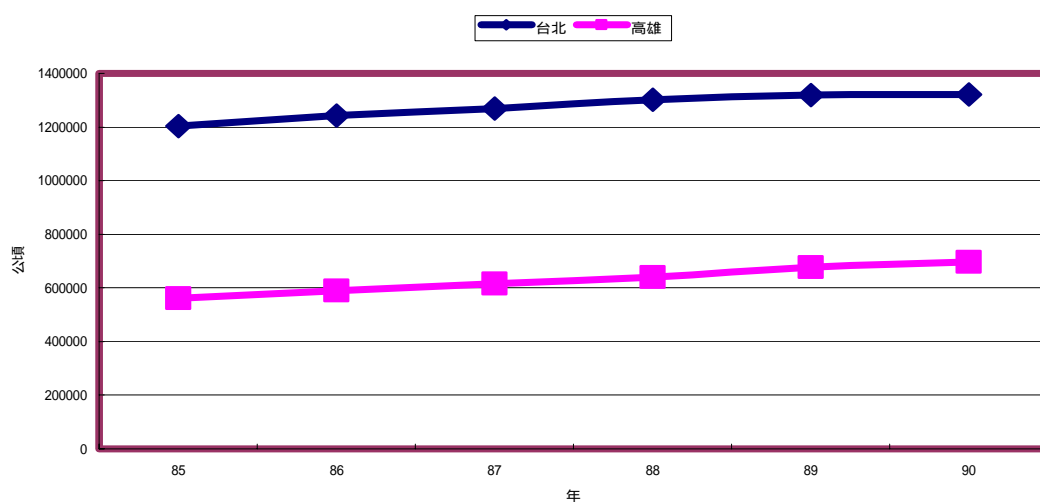


圖 5-38 台北與高雄總運具歷年之總生態足跡

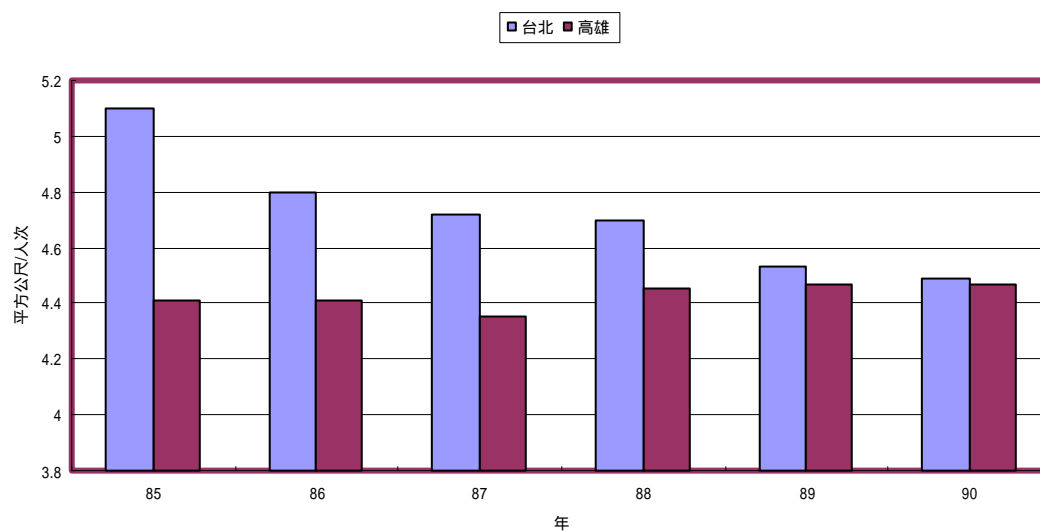


圖 5-39 台北與高雄使用總運具之生態足跡



### 5.2.3 以運具性質分析

本小結之運具性質係指大眾運具與私人運具之別，大眾運具包含捷運與公車，私人運具則為自用小客車與機車。在此分析項目可看出大眾運具與私人運具對生態與環境產生負荷的差距。

#### 一、台北市

台北的大眾運具包含捷運與公車二項，私人運具為自用小客車與機車，大眾運具之平均生態足跡為 103714.82 公頃，平均年成長率為 7.91%；私人運具之平均生態足跡為 937662.5 公頃，為大眾運具的 9.04 倍，平均年成長率為 2.3%，為大眾運具的 0.29 倍，計算結果顯示私人運具的足跡雖大，但有趨於和緩的趨勢。在使用運具所產生的足跡方面，使用大眾運具的足跡平均為 1.29 平方公尺；而私人運具的足跡平均為 5.84 平方公尺，是使用大眾運具所產生足跡的 4.53 倍，顯示使用私人運具對環境產生的負荷要高於搭乘大眾運具。詳細數據如表 5-20 與圖 5-40、圖 5-41 所示。

表 5-20 台北大眾運具與私人運具歷年之生態足跡與使用足跡

年別 運具別		85	86	87	88	89	90	平均
大眾 運 輸	總生態足跡(公頃)	81504.69	89148.08	96777.88	122816.20	115774.14	116267.95	103714.82
	運具足跡成長率(%)	-	9.38	8.56	26.91	-5.73	0.43	7.91
	使用人次(千人)	572409	711624	761331	849559	947933	970531	802232
	總足跡/人次(平方公尺)	1.42	1.25	1.27	1.45	1.22	1.20	1.29
	使用運具足跡成長率(%)	-	-11.97	1.60	14.17	-15.86	-1.64	-2.74
私 人 運 輸	總生態足跡(公頃)	859395.12	893915.57	916824.17	934761.40	959012.13	962372.25	937662.50
	運具足跡成長率(%)	-	4.02	2.56	1.96	2.59	0.35	2.30
	使用人次(千人)	1470486	1564633	1621493	1623592	1669151	1680692	1605008
	總足跡/人次(平方公尺)	5.84	5.71	5.65	5.76	5.75	5.73	5.84
	使用運具足跡成長率(%)	-	-2.23	-1.05	1.95	-0.17	-0.35	-0.37

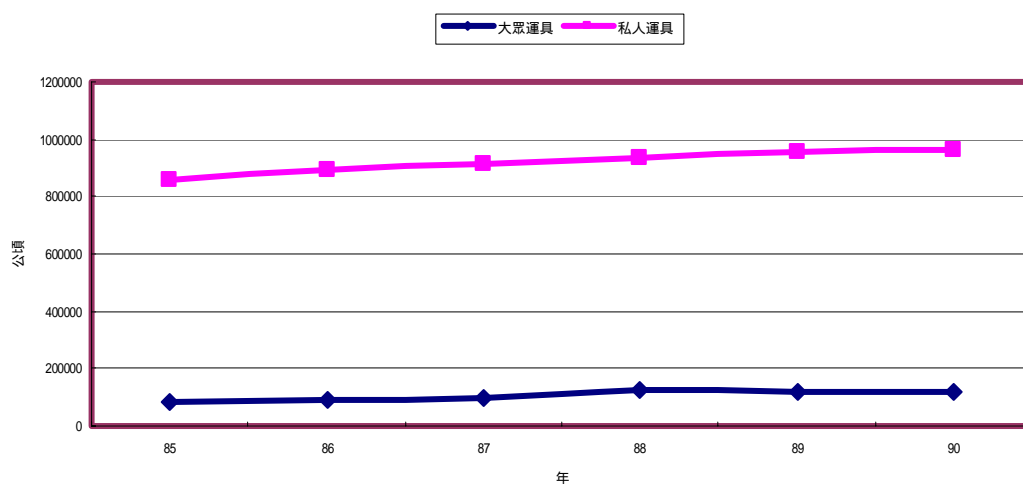


圖 5-40 台北大眾運具與私人運具歷年之生態足跡

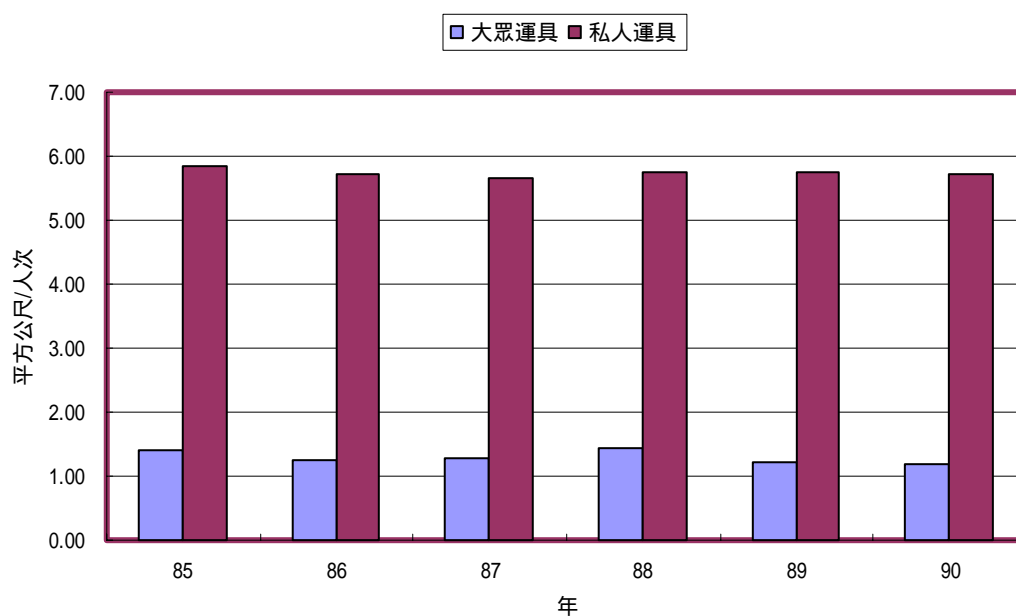


圖 5-41 台北使用大眾運具與私人運具之生態足跡

## 二、高雄市

高雄的大眾運具僅有公車一項，私人運具與台北同為自用小客車與機車，大眾運具之平均生態足跡僅有 7221.45 公頃，平均年成長率為 2.09%，且在民國 85 年至 88 年間為負成長；而私人運具之平均生態足跡為 602313.6 公頃，高達大眾運具之 83.41 倍，且仍以平均年成長率 5.01% 的速度成長，結果顯示私人運具產生的足跡將有日益擴大的趨勢。若從因使用而產生的足跡面探討，使用大眾運具

的足跡平均為 2.03 平方公尺；而私人運具的足跡平均為 4.86 平方公尺，是使用大眾運具所產生足跡的 2.39 倍，依舊顯示出使用私人運具對環境產生的負荷仍高於搭乘大眾運具。詳細數據如表 5-21 與圖 5-42、圖 5-43 所示。

表 5-21 高雄大眾運具與私人運具歷年之生態足跡

年別 運具別		85	86	87	88	89	90	平均
大眾運輸	總生態足跡(公頃)	7356.67	7075.26	7057.52	6864.91	6916.50	8057.86	7221.45
	運具足跡成長率(%)	-	-3.83	-0.25	-2.73	0.75	16.50	2.09
	使用人次(千人)	30586	33175	36093	37272	38828	39108	35844
	總足跡/人次(平方公尺)	2.41	2.13	1.96	1.84	1.78	2.06	2.03
	使用運具足跡成長率(%)	-	-0.12	-0.08	-0.06	-0.03	0.16	-0.03
私人運輸	總生態足跡(公頃)	511959.55	543350.04	568255.38	595232.90	632876.01	653479.28	602313.60
	運具足跡成長率(%)	-	6.13	4.58	4.75	6.32	3.26	5.01
	使用人次(千人)	1084223	1154073	1227479	381876044	928405953	1383948	1240120
	總足跡/人次(平方公尺)	4.72	4.71	4.63	4.74	4.74	4.72	4.86
	使用運具足跡成長率(%)	-	-0.21	-1.70	2.38	0.00	-0.42	0.01

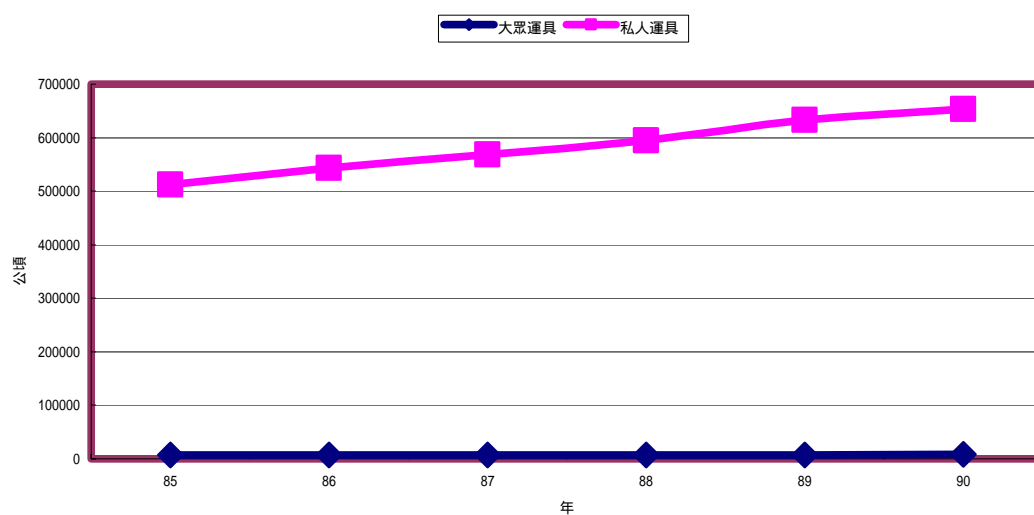


圖 5-42 高雄大眾運具與私人運具歷年之生態足跡與使用足跡

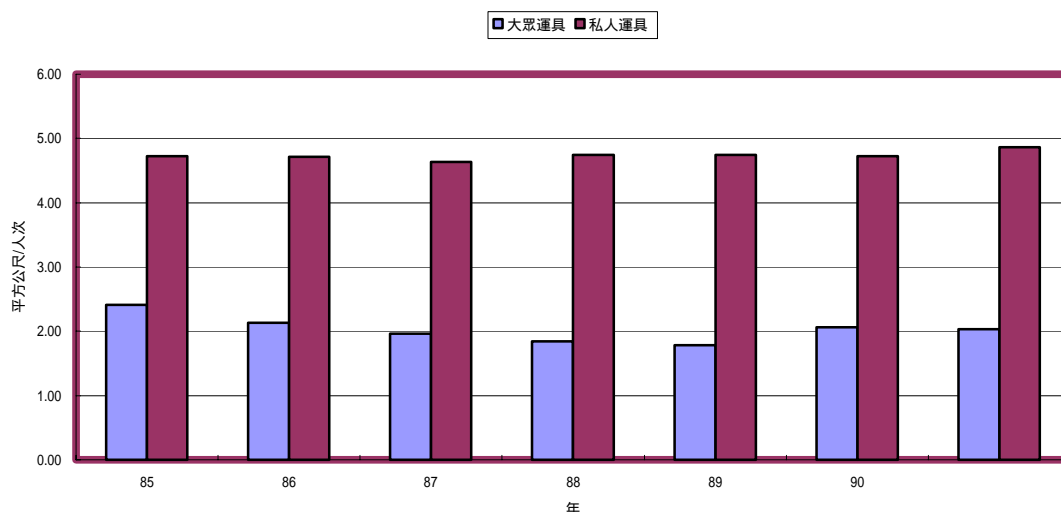


圖 5-43 高雄使用大眾運具與私人運具之生態足跡

### 三、台北與高雄各運具之比較

比較台北與高雄二地對於大眾運具與私人運具的使用情形，從中可看出二地在使用大眾運具與私人運具的發展趨勢。

#### 1. 大眾運輸工具

台北的大眾運具足跡雖大於高雄的大眾運具（分別是台北為 103714.82 公頃，高雄為 7221.45 公頃，台北為高雄的 14.36 倍），但從使用者觀點分析，使用台北的大眾運具造成的足跡反而比高雄來得小，台北為 1.29 平方公尺，是高雄 2.03 平方公尺的 0.63，顯示台北有較多的民眾在使用大眾運具，且大眾運具中尚有高雄未興建的捷運系統，而形成這樣的結果。

表 5-22 台北與高雄之大眾運具歷年之生態足跡

年別 地區別		85	86	87	88	89	90	平均
台 北	總生態足跡(公頃)	81504.69	89148.08	96777.88	122816.20	115774.14	116267.95	103714.82
	使用人次(千人)	572409	711624	761331	849559	947933	970531	802232
	總足跡/人次(平方公尺)	1.42	1.25	1.27	1.45	1.22	1.20	1.29
高 雄	總生態足跡(公頃)	7356.67	7075.26	7057.52	6864.91	6916.50	8057.86	7221.45
	使用人次(千人)	30586	33175	36093	37272	38828	39108	35844
	總足跡/人次(平方公尺)	2.41	2.13	1.96	1.84	1.78	2.06	2.03

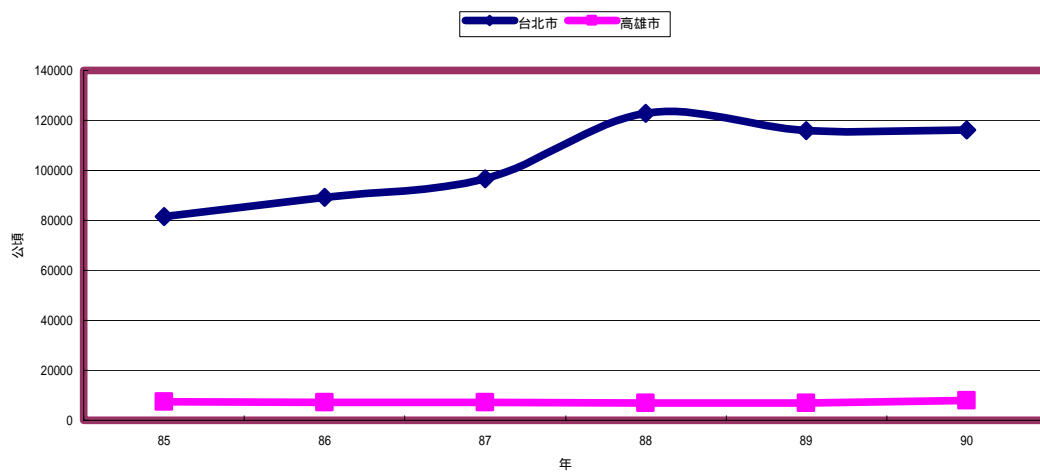


圖 5-44 台北與高雄之大眾運具歷年之生態足跡

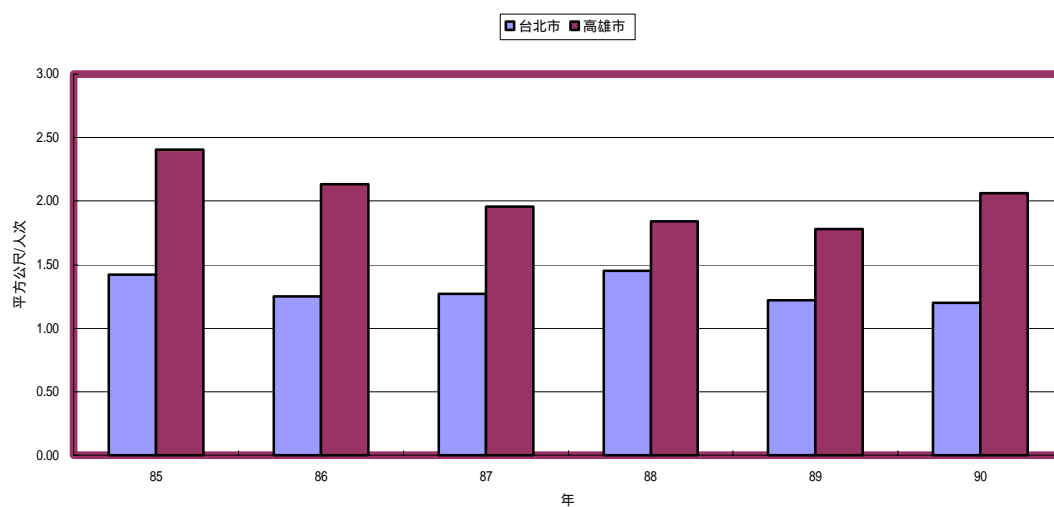


圖 5-45 台北與高雄使用大眾運具之生態足跡

## 2. 私人運輸工具

台北的私人運具足跡雖大於高雄的大眾運具（分別是台北為 937662.5 公頃，高雄為 602313.6 公頃，台北為高雄的 1.56 倍），但台北的平均成長率卻小於高雄的成長率，顯示台北的私人運具有受到大眾運具的發展而有所抑制。而從使用者觀點分析，二地因使用私人運具造成的足跡呈現平穩的情況，台北平均為 5.84 平方公尺，略高於高雄的 4.86 平方公尺，歷年之變化如表 5-23 與圖 5-46、圖 5-47 所示。

表 5-23 台北與高雄之私人運具歷年之生態足跡

年別 地區別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	總生態足跡(公頃)	859395.12	893915.57	916824.17	934761.40	959012.13	962372.25	937662.50
	使用人次(千人)	1470486	1564633	1621493	1623592	1669151	1680692	1605008
	總足跡/人次(平方公尺)	5.84	5.71	5.65	5.76	5.75	5.73	5.84
高雄	總生態足跡(公頃)	511959.55	543350.04	568255.38	595232.90	632876.01	653479.28	602313.60
	使用人次(千人)	1084223	1154073	1227479	381876044	928405953	1383948	1240120
	總足跡/人次(平方公尺)	4.72	4.71	4.63	4.74	4.74	4.72	4.86

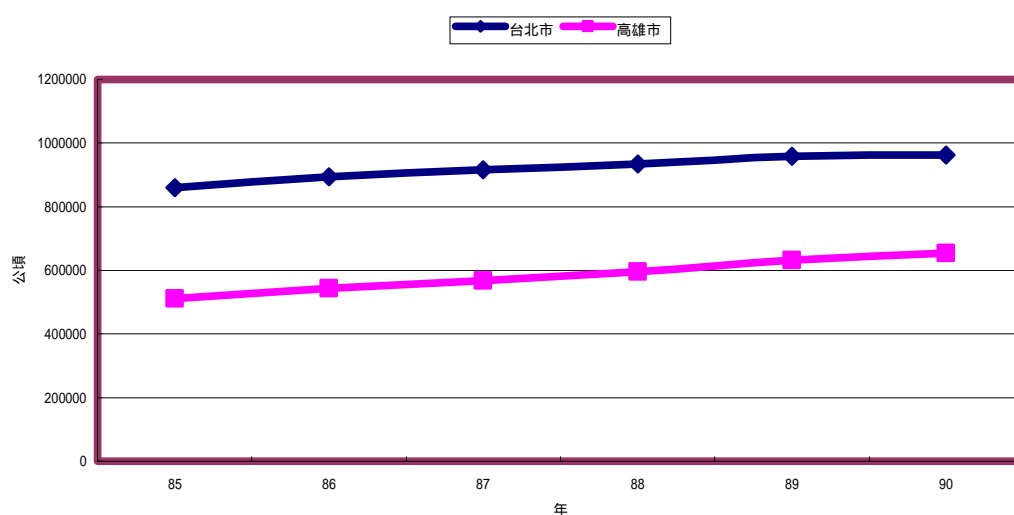


圖 5-46 台北與高雄之私人運具歷年之生態足跡

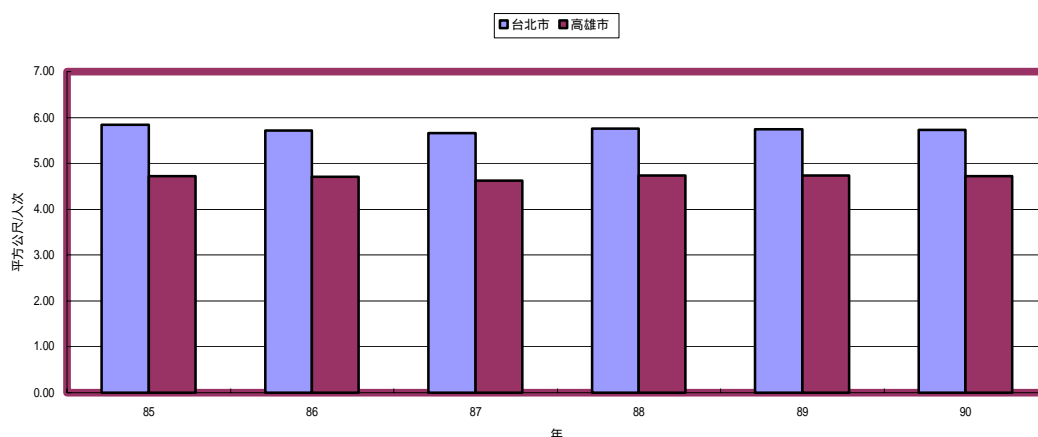


圖 5-47 台北與高雄使用私人運具之生態足跡

### 5.2.4 以交通環境效率分析

以上的分析基準是以使用各運具所造成的足跡為主，從使用每種運具所造成的負荷切入能探討使用不同運具對環境產生的壓力，而然，這個角度卻無法揭示都市交通運輸環境的整體情形。因此，本小節將從都市的角度來分析運具生態足跡的變化，從中討論運具所產生的足跡對城市裡的人口與土地所產生的影響。

下表中為計算台北與高雄二地歷年之每人交通生態足跡，即為將總運具生態足跡除以當地人口數，這數據可以顯示出平均都市裡的民眾所產生的交通足跡，也就是每個人對環境產生的負荷。計算結果顯示二地之每人交通足跡皆呈現逐年上升的趨勢，台北市每人交通足跡平均為 4916.3 平方公尺，平均年成長率為 1.67%，交通足跡是實際土地面積的 47.54 倍；高雄市為 4425.33 平方公尺，平均年成長率為 3.57%，交通足跡是實際土地面積的 42.22 倍，皆透露出二地的交通運輸已對生態與資源使用產生龐大的負荷，且這樣的壓力還在逐年增加中。從年成長率觀之，可得知高雄的運輸發展走向對環境產生負荷的速度遠大於台北，這項數據中顯示出二地的交通環境與運輸系統有著不同的發展，雖然目前高雄的交通足跡略小於台北市的交通足跡，但若持續發展，可預期足跡將會超越台北。

表 5-24 台北與高雄每人之交通生態足跡與年成長率

地區別 \ 年別		85	86	87	88	89	90	平均
台北	總生態足跡(公頃)	1202794.91	1241855.91	1269749.05	1300716.32	1318591.20	1320498.13	1292316.62
	人口數(人)	2605374	2598493	2639939	2641312	2646474	2633802	2627565.667
	總足跡/人次(平方公尺)	4616.59	4779.14	4809.77	4924.51	4982.45	5013.66	4918.30
	年成長率(%)		3.52	0.64	2.39	1.18	0.63	1.67
高雄	總生態足跡(公頃)	561582.89	590199.44	614856.11	640585.21	677732.62	697328.93	648502.27
	人口數(人)	1433621	1436142	1462302	1475505	1490560	1494457	1465431.167
	總足跡/人次(平方公尺)	3917.23	4109.62	4204.71	4341.46	4546.83	4666.10	4425.33
	年成長率(%)		4.91	2.31	3.25	4.73	2.62	3.57

圖 5-44 台北與高雄每人之交通生態足跡

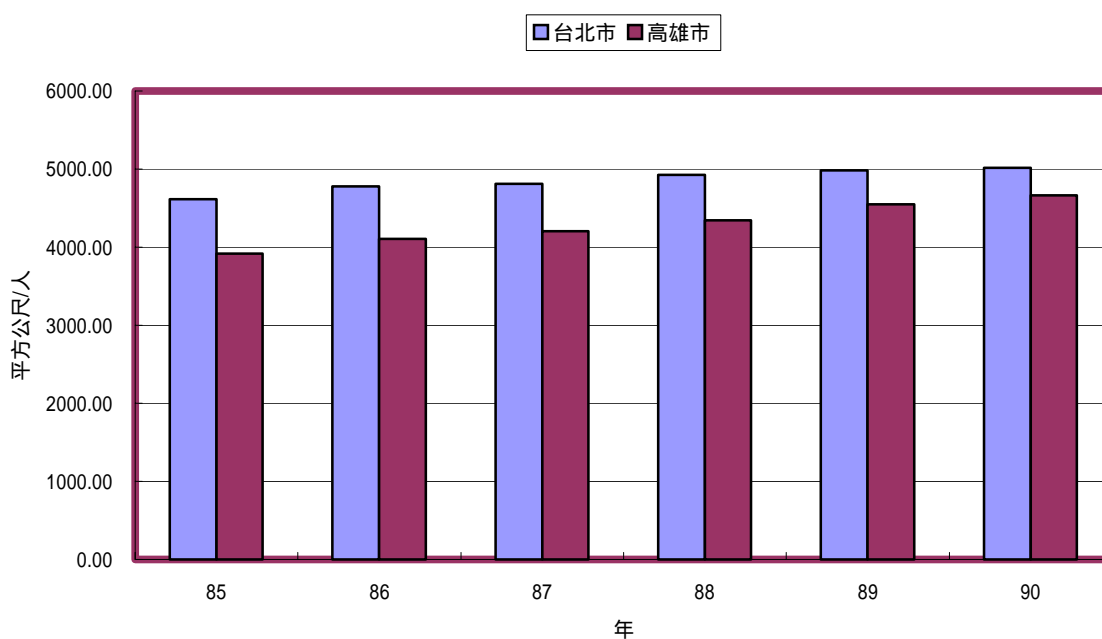


圖 5-48 台北與高雄每人之交通生態足跡



## 5.3 小結

### 一、運具生態足跡的計算

#### 1. 各運具之總生態足跡變化

平均總足跡大小依序為台北的自用小客車（718252 公頃）、高雄的自用小客車（433650 公頃）、台北的營業小客車（250939 公頃）、台北的機車（219410 公頃）、高雄的機車（168662 公頃）、台北公車（84393 公頃）、高雄營業小客車（38967 公頃）、台北捷運（19320 公頃）與高雄公車（7221 公頃）。私人運具皆列於前項，顯示出其使用較多自然資源。

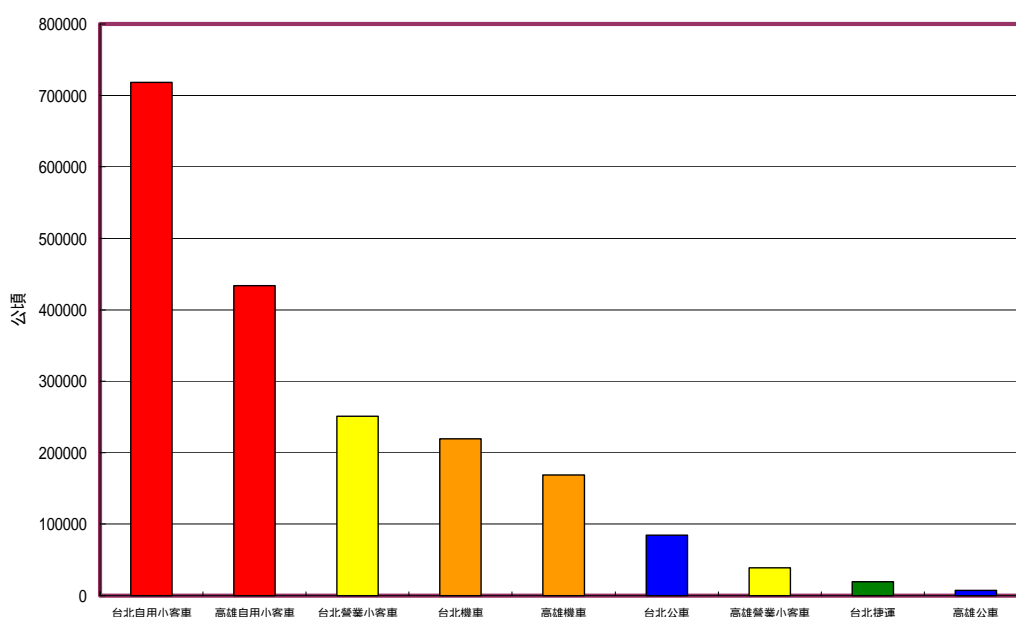


圖 5-49 各運具產生之總生態足跡

#### 2. 各運具生態足跡比率之變化

從平均比率來看，自用小客車所佔比率皆超過 50%，在高雄更高達 65.91%，顯示自用小客車造成的生態足跡過高。台北各運具的比率依序為自用小客車（55.10%）、營業小客車（18.31%）、機車（17.79%）、公

車(6.68%)與捷運(2.13%);高雄的比率分配則為自用小客車(66.13%)、機車(27.58%)、營業小客車(5.13%)與公車(1.16%)。台北因有捷運加入運輸服務，促使大眾運輸的比率顯著增加，在高雄便無此現象。

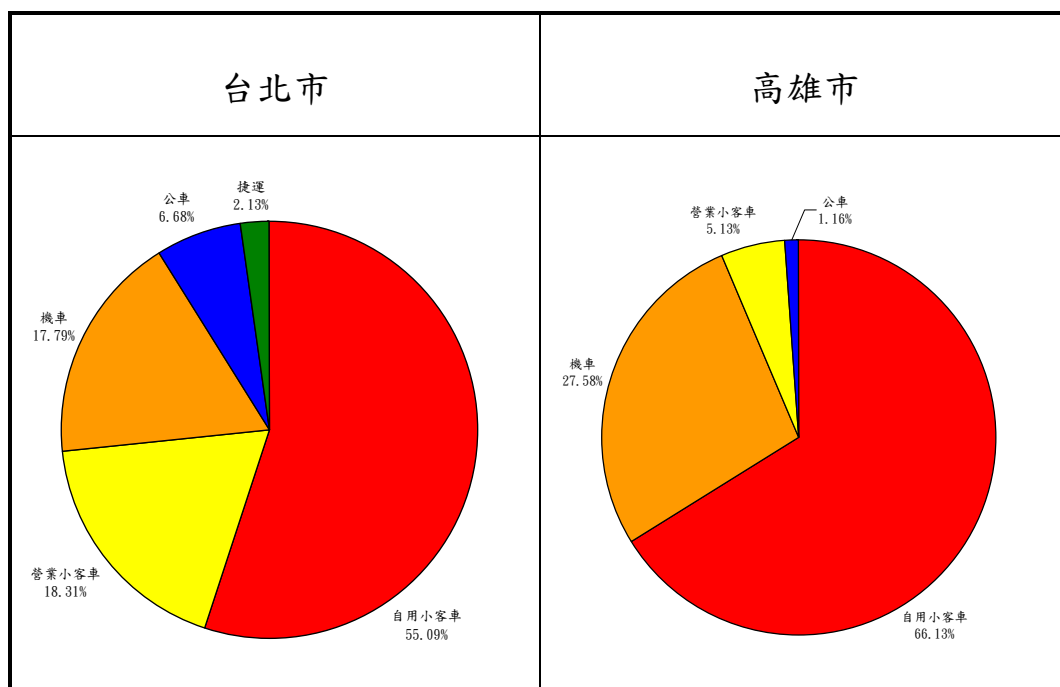


圖 5-50 各運具生態足跡比率

### 3. 各運具生態足跡年成長率之變化

除了營業小客車的足跡皆呈現逐年減少之情形，其餘運具則為逐年增加的情況，尤其以台北捷運的成長最為迅速，是各項運具之冠，平均年成長率達到 62.74%。其後之各運具平均年成長率大小依序為高雄機車(6.2%)、高雄自用小客車(4.51%)、台北機車(3.88)、台北公車(2.77%)、高雄公車(2.07%)、台北自用小客車(1.81%)、台北營業小客車(-1.56%)與高雄營業小客車(-3.25%)。二地的機車成長率皆名列前矛，顯示了民眾對於使用機車仍有明顯偏好。在年成長率的變化中可得知在台北地區大眾運輸已快速發展，而高雄地區仍以使用私人運具為主。

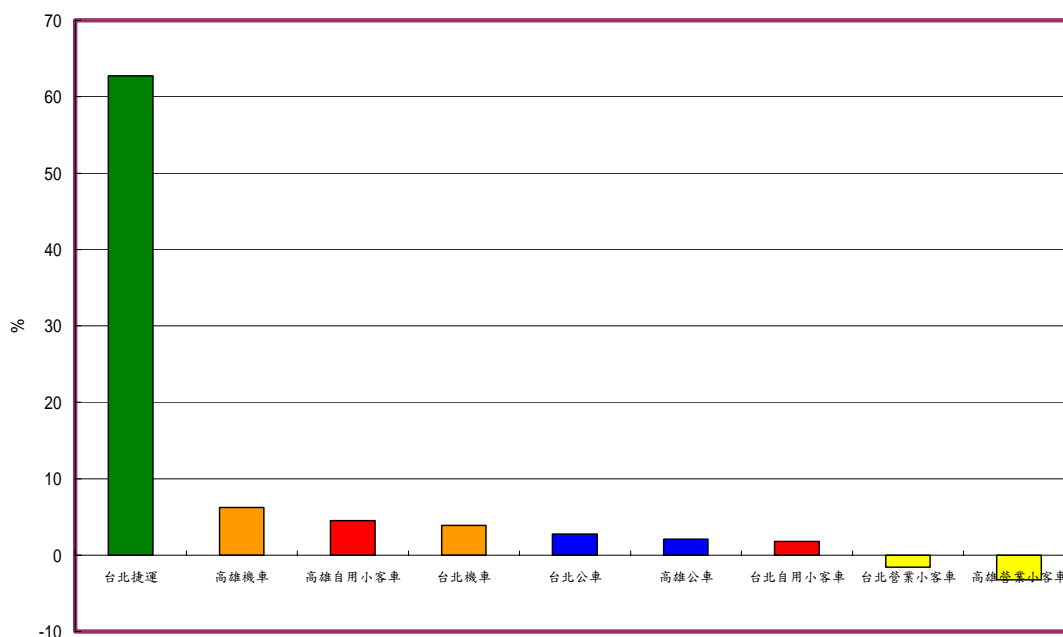


圖 5-51 各運具生態足跡年成長率

## 二、各運具對生態生產力土地的耗用情形

各運具之生態足跡計算中，以吸納排放二氧化碳的足跡為最大，其次是使用能源所耗用的能源足跡，建設運輸硬體設施所需的建成用地最小，且森林地與能源地的足跡皆遠大於建成用地，前二者的比率高達 99%。

## 三、以使用運具的生態足跡觀點分析

加入各運具的使用人次因素後，所求得數據為每人使用一次運具所產生的足跡，這數值可揭示使用不同運具將造成不同的足跡。

在二地都是自用小客車產生的生態足跡最大，雖然使用的人次最多，但使用自用小客車的足跡仍遠大於其他運具。在台北，使用運具足跡依序為自用小客車（11.3 平方公尺）、營業小客車（8.3 平方公尺）、機車（2.26 平方公尺）、捷運（2.25 平方公尺）與公車（1.26 平方公尺）；高雄的使用運具足跡依序為自用小客車（11.04 平方公尺）、營業小客車（2.65 平方公尺）、公車（2.03 平方公尺）與機車（1.99 平方公尺）。整體而言，台北平均使用一次運具需 4.77 平方公尺，高雄為 4.56 平

方公尺略小於台北，但觀察歷年的變化，發現台北使用運具足跡呈現出顯著縮小的趨勢(平均成長率為-2.49%)，高雄則無此現象(平均成長率為 0.28%)。

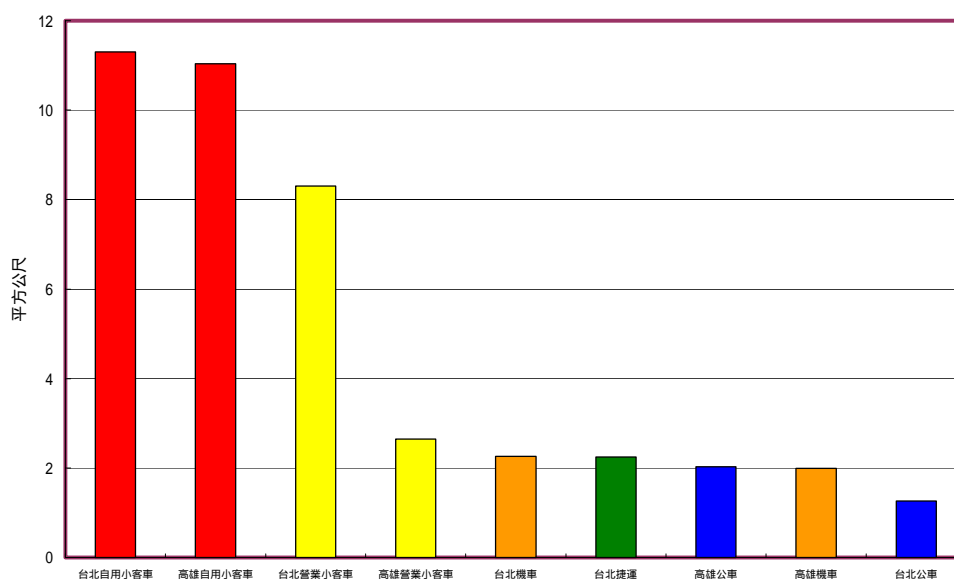


圖 5-52 使用各運具產生之生態足跡

#### 四、從大眾運輸與私人運輸性質分析

本研究中之大眾運具為捷運與公車，私人運具為自用小客車與機車，欲藉由這樣的分析比較出大眾運具與私人運具對生態與環境產生負荷的差距。計算結果，台北與高雄的相同點為私人運輸的生態足跡皆遠大於大眾運輸，台北的私人運輸足跡為大眾運輸的 9 倍，而高雄更高達 83 倍。特別的是台北的大眾運輸成長率為 7.91% 比私人運輸的 2.3% 高出許多，而高雄私人運具的平均年成長率 5.01% 高於大眾運具的 2.09%，顯示台北私人運具的足跡有趨於和緩的趨勢，高雄卻是繼續成長。

從使用運具而產生足跡分析，使用私人運具的足跡以台北略大於高雄，在台北的足跡為 5.84 平方公尺，而高雄是 4.86 平方公尺。在大眾運具部分則是相反，高雄使用大眾運具的足跡為 2.03 平方公尺，高於台北的 1.29 平方公尺，主要的差距來自於有無提供捷運服務。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

本研究的目的是在應用生態足跡分析法探討都會區運具對環境所產生的負荷與資源的耗用情形，並從每人每次使用該運具所造成的足跡分析各運具之生態效率，計算對象為台北市與高雄市之主要運具，包含屬於大眾運輸的捷運與公車、副大眾運具的營業小客車與私人運具的自用小客車和機車。計算項目以生態生產力土地可分為三大項，分別是建成用地(場站、路軌、道路與停車位等項)、能源用地(運具因運行所需能源，本研究中含有石化能源與電力)以及森林地(用以吸納運具排放之廢氣，以排放二氧化碳量為計算項目)。研究之結果如後所述。

#### 一、交通生態足跡計算結果

從運具足跡與比率觀之，皆以自用小客車之足跡最大，捷運與公車最小，除營業小客車的足跡呈現逐年縮小之情形，其餘運具皆為逐年增加的情況。各運具中以捷運的成長最為迅速，其次為機車，顯示捷運與機車目前仍為繼續成長的狀況，其餘運具則無明顯消長變化。

#### 二、從生態生產力土地的消費看運具使用對生態的衝擊

計算運具生態足跡之結果以森林地足跡最大，其次為能源地，建成用地的足跡遠小前二項。顯示污染與能源使用是運具對生態影響最嚴重的部分，因此欲縮小交通生態足跡應先從提高能源使用與減少運具污染排放二方面著手。

#### 三、台北與高雄運輸系統發展之異同

二地計算結果相同點為私人運具足跡遠大於大眾運具，但從歷年的變化可看出二地的運輸環境有迥異的發展。台北的私人運具成長趨緩，總運具造成的生態

足跡也呈現平穩現象，且因加強了大眾運輸的服務，使用大眾運具的人數逐年增加，在單次使用運具的足跡上有明顯下降的趨勢。而高雄仍以發展和使用私人運具為主，從運具之生態足跡、使用運具造成的足跡來看，都呈現逐年增加的趨勢。

#### 四、提出選擇運具的新思維

經由生態足跡計算，可明確告知政府決策者與民眾，選擇不同運具對地球資源的使用有著明顯的差距，使公部門瞭解發展並提倡綠色交通政策的重要與必要性；讓大眾覺醒並體認個人的運輸行為將能左右整個地球的生存環境，進而改變既有的運輸習慣，選擇對地球更友善的運輸方式。

#### 五、證實發展大眾運輸系統為都市永續運輸之目標

本研究證實與私人運輸相較，大眾運輸對生態造成的壓力較低，且對於資源的消費較少。綜合分析後提出平均使用一次私人運具之足跡為搭乘一次大眾運輸的 3.2 倍，可推論發展大眾運輸導向之運輸系統，對整體生態環境而言是較寓涵永續的精神。

## 6.2 建議

### 一、簡化計算方式

從各項目計算結果顯示交通生態足跡大小主要取決於能源用地與森林地，建議後續研究可簡化計算方式，發展簡明快速的估算法以便分析與推廣，對更多都會區或國家進行交通環境分析，找出適合我國未來運輸系統的發展走向。

### 二、探討本研究選用參數之適宜性

因本研究主要參數皆來自於經濟部能委會「運輸部門能源消費調查研究」，

此報告並非常態性研究，無法提供逐年資料以為參考。且本研究的估算結果中，使用機車的生態足跡並不似同為私人運具的自用小客車大，建議後續研究者能深入探討此一現象，加入生命週期的概念，全面性的考量運具對資源的使用情形。

### 三、加入綠色運具之生態足跡分析

本研究未計算使用綠色運具的生態足跡，此綠色運具乃指非機動性車輛之運具，也就是步行者與腳踏車。發展綠色運具為達成永續運輸的做法之一，若能從生態足跡分析證實綠色運具確實比其他運具利於生態維護及資源保存，以具體且富說服力之數據，鼓勵大眾改變目前的運輸習慣與方式，並影響與監督未來交通運輸的決策方向。

### 四、從旅次的觀點計算使用運具之生態足跡

從通勤者的角度（O-D trip）計算個人或家戶的交通足跡，分析不同旅次與不同運具的組合選擇對生態足跡大小的影響，將計算足跡的對象從運具轉為使用者，或許更能表達生態足跡分析法的意涵與特色。

### 五、提出交通生態足跡之標竿

本研究致力發展計算各運具產生之生態足跡與使用運具所造成的足跡，尚未提出各運具最適之足跡大小與比率。建議後人可繼續深入探討，找出交通生態足跡之標竿，以對交通足跡赤字較大的運具提出更強而有力的警訊。

### 六、發展交通生態足跡分析為評估及預測之指標

交通生態足跡分析除了提供從過去至今運輸系統的發展紀錄，更期望能成為交通工程建設與開發前的評估工具，提供更多資訊予決策者與大眾，幫助人們在追求進步又不威脅地球中找到最恰當的運輸方式。

## 參考文獻

1. 王之佳等譯，「我們共同的未來」，台灣地球日出版社，民國 81 年。
2. 洪軍將等譯，「永續運輸—論政策改革之優先課題」，鼎漢國際工程顧問股份有限公司，民國 88 年。
3. 李永展、李欽漢譯，「生態足跡-減低人類對地球的衝擊」，創興出版社，民國 89 年。
4. 於幼華、張益誠，「永續發展指標」，環境教育季刊第 37 期，民國 88 年。
5. 楊振榮 林琬菁，「台灣農業生態足跡因子變遷及其再永續發展上之意涵」，中國農村經濟學會 九十一年年會暨農業經濟學術研討會，民國 91 年。
6. 許添本，「都會永續運輸的院景與發展策略」，行政院國科會專題研究計畫，民國 90 年。
7. 國立中興大學都市計劃研究所，「台北市都市永續發展指標與策略研擬之研究」，台北市政府都市發展局委託辦理，民國 85。
8. 李永展，「台灣地區生態足跡度量之研究」，中華民國區域科學學會八十九年度年會，民國 88 年。
9. 李永展、陳安琪，「應用生態足跡分析探討貿易對永續發展之影響」，都市與計畫第二十六卷第二期，民國 88 年。
10. 李永展、陳安琪，「從生態足跡觀點探討台灣的永續發展」，經法社治論叢第二十二期，民國 87 年。
11. 劉欽瑜，「永續運輸目標下都會區最適運具比例之研究」，台灣大學土木工程所碩士論文，民國 90 年。
12. 李永展、張曉婷，「都市永續性偵測工具之研究-以台中都會區永續發展指標為例」，中央大學社會文化學報第八期，民國 88 年。
13. 李欽漢，「農業生態足跡之研究-以台灣地區稻米及農園為例」，政治大學地政所博士論文，民國 87 年。
14. 葉佳宗，「以生態足跡觀點探討台灣農業土地資源之保育」，台北大學資源管理所碩士論文，民國 86 年。
15. 范振基，「農業生態足跡估算方法的改善-永續農業假設的刪除與實體單位計」，台北大學資源管理所碩士論文，民國 90 年。



16. 陳進田，「以生態足跡法及 DEA 法探討製造業的生態效益及生產效率」，長庚大學企業管理所碩士論文，民國 90 年。
17. 交通部運輸研究所，「台灣地區公路車輛行車成本調查」，民國 89 年。
18. 交通部運輸研究所，「運輸部門能源使用及二氧化碳排放減量策略之規劃」，民國 87 年。
19. 交通部運輸研究所，「機車車道寬度路口紓解型態之研究」，民國 88 年。
20. 交通部運輸研究所，「永續運輸量化指標之研究」，民國 91 年。
21. 行政院環保署，「國內二氧化碳溫室效應現況之研究期末報告」，民國 87 年。
22. 經濟部能源委員會，「能源統計年報」，民國 85 年至民國 89 年。
23. 經濟部能源委員會，「能源統計手冊 1999」，民國 89 年。
24. 經濟部能源委員會，「車輛油耗指南」，民國 91 年。
25. 經濟部能源委員會，「運輸部門能源消費調查研究」，民國 88 年。
26. 台北市交通局，「台北都會區整體運輸規劃調查與校驗(二)」，民國 91 年。
27. 台北市交通局，「台北市交通統計要覽」，民國 85 年至民國 89 年。
28. 台北市交通局，「台北市交通統計年報」，民國 85 年至民國 89 年。
29. 台北捷運公司，「捷運年刊」，民國 85 年至民國 90 年。
30. 高雄市政府，「高雄市統計年報」，民國 85 年至民國 89 年。
31. 台北市交通管制工程處全球資訊網，<http://www.bote.taipei.gov.tw>。
32. 國家永續發展資訊網，「全球永續發展的源起與發展」，  
[http://sd.erl.itri.org.tw/ncsd/chinese/glbtrend/sd\\_globe/cont.htm](http://sd.erl.itri.org.tw/ncsd/chinese/glbtrend/sd_globe/cont.htm)。
33. Acutt, M.Z. and Dodgson, J.S., "Controlling the Environmental Impacts of Transport: Matching Instruments to Objectives", *Transportation Research D*, 2(1), 17-33, 1997.
34. Black, W.R., "Sustainable transportation: a US perspective", *Journal of transport geography*, vol.4, No.3, pp.151-159, 1996.
35. Deutsch, L., Jansson, A., Troell, M., Folke, C., and Kautsky, N., "The ecological footprint : communicating human dependence on nature's work", *Ecological Economics*, 32 : 351-355, 2000.
36. David, L. and Michael, W., "Sustainable Transport.", *Journal of Transport Geography*, vol.5, no. 3, pp.177-190, 1997.
37. Hauff, V., "Unsere Gemeinsame Zukunft", Greven: Eggenkamp Verlag., 1987.

38. Herendeen, R.A., "Ecological footprint is a vivid indirect effects" ,Ecological Economics,32 : 357-358,2000.
39. Kirkby, J., O'Keefe, P. and Timberlake, L., "The Earthscan Reader in Sustainable Development" ,London: Earthscan,1995.
40. Linster, M., "Background facts and figures" ,Transport Policy and the environment,pp.9-45,1999.
41. Linster,M., "Background facts and figures" ,Transport Policy and the environment, pp.9-45,1990.
42. OECD, "Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport" ,2001.
43. Pearce, D., "Measuring Sustainable Development" ,London: Earthscan,1993.
44. Rees, W., "Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity : What Urban Economics Leaves Out" ,Environment and Urbanization,4,2,121-130,1992.
45. "The Charter of European Cities and Towns Towards Sustainability" ,The European Conference on Sustainable Cities & Towns in Aalborg,1994.
46. Transport Canada,<http://www.tc.gc.ca/en/menu.htm>
47. UKSDI, "Indicators of Sustainable Development for the United Kingdom" ,HMSO United Kingdom London ,1996.
48. UNCHS, "Using Indicators in Policy, Indictors Newsletter3:1-8. Untied Nations Centre for Human Settlements (Habitat)" ,1995.
49. UNDP, "Humana Development Report" ,New York : Oxford University Press,1999.
50. Van den Bergh, J.C and Verbruggen, H., "Spatial sustainability,trade and indicators : an evaluation of the ecological footprint" ,Ecological Economics,29 : 61-72,1999.
51. WCED, "Our common Future" ,Oxford University Press,1987.
52. Wackernagel, M., "Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability" , Unpublished Ph.D. Thesis. Vancouver: University of British Columbia School of Community and Regional Planning,1994.
53. Wackernagel, M. and Rees, W., "Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, Gabriola Island, B.C." ,Canada: New Society Publishers,1996.
54. Wackernagel, M., "Ecological Footprints of Nations: How Much Nature Do They Use? How Much Nature Do They have?" ,Millennium Institute: Ecological

- Footprint , [http:// www/ igc.apc.org/ millennium/ links/ ecolgoot.html](http://www.igc.apc.org/millennium/links/ecolgoot.html),1998.
55. Wackernagel, M., Lewan, L. and Hansson, C.B.” ,Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint” ,Ambio,604-612,1999.
56. Whitelegg, J., “Transport for a sustainable future — the case for Europe” ,Belhaven Press London and New York,1993.

## 附錄

各運具每月平均行駛里程(公里)

	台北	高雄
公車	5620	5134
營業小客車	5857	4648
自用小客車	1557	1513
機車	727	546

各運具之平均燃油效率(公里/公升)

	台北	高雄
公車	2.8	2.78
營業小客車	7.7	10.59
自用小客車	8.33	8.73
機車	22.2	23.55

各運具之平均承載率(人/車次)

	台北	高雄
公車	40.75	19.0
營業小客車	0.9	1.4
自用小客車	1.93	2.16
機車	1.41	1.52

各運具之平均行駛次數(次/月)

	台北	高雄
公車	259	188
營業小客車	780	913
自用小客車	71	56
機車	79	59