

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 容受力分析的回顧與展望都市成長管理的生態經濟觀

Retrospect and Prospect of Carrying Capacity Analysis: Ecological Economics and Urban Growth Management

doi:10.6154/JBP.1998.9.005

建築與城鄉研究學報, (9), 1998

Journal of Building and Planning, (9), 1998

作者/Author : 黃書禮(Shu-Li Huang)

頁數/Page : 45-55

出版日期/Publication Date : 1998/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6154/JBP.1998.9.005>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼 (Digital Object Identifier, DOI) 的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE





EJ08819980045

《國立臺灣大學建築與城鄉研究學報》

第九期 民國八十七年十二月 研究論文 第45頁~55頁

Journal of Building and Planning National Taiwan University

NUMBER 9, Dec. 1998, RESEARCH. pp. 45-55

容受力分析的回顧與展望都市成長管理的生態經濟觀*

黃書禮

Retrospect and Prospect of Carrying Capacity Analysis: Ecological Economics and Urban Growth Management

by
Shu-Li Huang**

摘要

容受力觀念係源自於生態系統管理，估算一地區所能承受某一種生物的數量。利用此觀念所推計人類在地球的容受力，常受到社會科學家的質疑，主因不同地區文化背景不同，對生活水準與資源利用方式亦具差異性。都市規劃專業應用容受力觀念分析自然與實質環境對都市發展的限制，在1970年代被廣泛地接受應用且未引起大的論爭。本文首先介紹容受力的理念緣起與方法，並論述其應用在都市成長管理之缺失：(1)都市發展階段模糊化；(2)未考慮都市與其他地區之關係；(3)未正視人類與自然環境的共生關係；以及(4)容受力與永續發展間的關係未明確化。然後，討論新進被提出的「生態足跡」觀念的特色與缺失。最後，本文由生態經濟觀點，展望都市成長管理應用容受力的架構以及可行的分析內容與方法。雖然容受力分析存在許多不確定性，但在都市規劃專業仍有必要持續地計算容受力，並探討都市發展與都市永續性之關係。

關鍵詞：容受力分析，都市成長管理，生態足跡，生態經濟，都市永續性

ABSTRACT

"Carrying Capacity" concept was initially practiced in the field of ecosystem management, but its application to human beings were frequently rejected by social scientists for its failure to include the variation of standard of living and level of technology. However, carrying capacity concept has been widely applied for urban growth management since 1970's. This paper describes the origin and methods of carrying capacity for urban planning; four aspects of drawbacks are also discussed: (1) stage of urban development is not identified; (2) relationship between city and other areas is ignored; (3) symbiosis between human society and natural environment is not incorporated; and (4) the correlation between carrying capacity and urban sustainability is not clearly defined. The merits and drawbacks of the recently advocated "ecological footprint" is also discussed. On the basis of urban ecological economic system, the prospect of carrying capacity analysis is suggested. Despite the uncertainty exists for carrying capacity analysis, it is emphasized that carrying capacity analysis be continuously applied to address its relationship with sustainable urban development.

Keyword: carrying capacity, urban growth management, ecological footprint, ecological economics, urban sustainability.

民國87年6月1日收稿。民國87年9月10日通過。

* 本文係於駐義大利Bellagio Study and Conference Center研究學者期間(1998年3月26日~4月25日)完成，特此向 Rockefeller Foundation致謝。

** 中興大學都市計劃研究所教授

** Professor, Graduate Institute of Urban Planning, National Chung-Hsing University, Taipei, Taiwan 10433 Tel: (02)2500-9713; Fax: (02)2505-4954; E-mail: shuli@cc.nchulc.edu.tw

一、前言

都市環境規劃的主要目的是確保都市發展與環境間的和諧，使人類能獲得自然環境足夠的維生服務，並免於遭受環境品質惡化與天然災害的威脅。因此，「容受力」(carrying capacity)可說是都市環境規劃與管理的中心理念。生態學家將容受力定義為「一生態環境所能持續支持某一種生物物種生存的最大族群量」，通常以“K”代表之。Odum(1983)並進一步區分最大容受力(maximum carrying capacity)與最適容受力(optimum carrying capacity)；前者為一生態環境所能支持的最大生物量，但較易受環境變化而影響其脆弱性，後者則為較不易受環境波動影響的較佳生物量。基於環境日益遭受人類破壞，1970年美國發起全國性的地球日，人類在地球的容受力(human carrying capacity)日益受重視，意指「在一既定面積的土地上所能生存的人口數」。然而，許多社會科學家並不完全同意將容受力觀念應用於人類社會。對於動物而言，我們可視不同生物個體對資源的消耗是一樣的，且不會隨時間的變化而有大幅度的改變。但是，若要估算人類容受力，不能只考慮人口數目，還得顧及因生活水準不同而導致每人對資源消耗，以及人類資源利用的科技因素等差異(Daly, 1990)。其實，早在1940年代，利用容受力觀念進行生態系統管理時也曾遭受到強烈的阻力。保育專家 Aldo Leopold 在美國威斯康新州服務時，為了控制威州鹿的數量，避免鹿的數量太多不但破壞生態環境且又對鹿本身造成影響，即曾呼籲獵鹿時應為全面性而不只捕獵雄鹿(bucks)。由於1942年華德迪斯奈推出「小鹿班比」卡通片，造成民衆排斥 Aldo Leopold 所提出的全面性獵鹿生態系統管理措施。當 Leopold 被詢問他們所認為較適當鹿的族群數時，他指出該數量(容受力)只是一個概估時，造成群眾紛紛寫信到州政府與國會抗議：(參 Hardin, 1993, p. 211)：

1943年血腥的屠鹿事件是由州保育委員 Aldo Leopold 先生所策畫的，他在他的文件上承認他所根據的數量只是猜測的.....。你能想像將美麗的鹿屠殺的人士被稱作教授，且他根據的只是猜測而不是事實？...尚未成熟的小鹿被一群飢餓的獵人補殺，都是因為委員會的惡毒宣傳...

估算環境對人類與動物的容受力，其主要差異在於人會對維生環境產生破壞，因此，社會科學家在界定人類在地球的容受力時，往往會多加入“資源利用強度”的考量。例如，Catton(1987)將環境對人類的容受力界定為「在不損及該環境未來提供同一種使用的情形下所能支持的人口以及利用強度」。在此定義下，「人口數」與「每人的利用強度」成為兩個彼此消長的變數。早在1902年，Pfundler 即由能量需求觀點估算人類在地球的容受力(參 Martinez-Alier,

1987)，但是此種能量需求的論點往往受價值觀的挑戰。由生理觀點，每人每日需約2,300千卡的熱量來維續生命及基本的活動，但最近的估算顯示美國人平均每人每日消耗230,000千卡的熱量，也即最低需求的100倍(Hardin, 1993)。除了基本維生的能量外，其餘的消耗到那裡呢？開車、興建、生產、娛樂、發展科技？Daily and Ehrlich(1992)也試圖將環境對人類的容受力區分為生物物理的(biophysical)以及社會的(social)。社會面的容受力必須考慮到生活水準的差異：環境對人類的容受力與人類的生活水準是成反比的。再者，隨著科技的進步，人類不斷地開採、發掘新的維生資源(例如：高產量作物)。經濟學家更基於資源替代性與地區間貿易行為可克服一地區資源限制的論點而反對以容受力觀點限制一個區域的成長(參 Rees and Wackernagel, 1994)。Daly(1990)指出只要能適當地考量並假設：(1)生活水準；(2)資源分配的公平性；(3)科技變遷；以及(4)貿易等四個因素，吾人還是可估算一地區可容納的人口，作為政策參考之依據。

自1960年代以來，容受力觀念已被廣泛地接受，並應用於環境保育及都市成長管理(Godschalk, 1977)。在都市規劃專業對容受力觀念之應用並未引起大的爭論，因為規劃師在應用時往往以假設條件來解釋容受力的意涵，況且規劃行為本身即為許多的假設性。容受力分析發展到1980年代即因許多假設無法被突破而停滯，未有新的方法產生。1987年「我們共同的未來」(WCED, 1987)一書出刊以來，「永續發展」凌駕與規劃相關之理念，成為各國或各地區在制訂發展與保育政策之最高原則。1991年INCN、UNEP及WWF在「照顧我們的地球」一書中更將「永續發展」定義為：

「在生存於不超出維生生態系的容受力情形下，改善人類之生活品質」

環境對人類的容受力應不只是人口數的設定，而是關乎生態系統與經濟系統的互動關係。Wackernagel and Rees(1996)亦由全球永續發展觀點提出生態足跡的觀念與估算方法，並已普遍獲得迴響。

本文的目的除回顧容受力觀念在都市成長管理之應用與缺失外，並論述新進提出「生態足跡」觀念之優缺點。最後，由生態經濟觀點，提出容受力與都市永續性之關係，並展望容受力分析未來的發展。

二、容受力分析對都市成長管理的「作」與「不作」

應用容受力觀念於都市規劃與管理，最早係始於1960

年代，且應以Ian L. McHarg為首(Godschalk, 1977)。雖然McHarg並未刻意強調他所發展的生態規劃方法以及收錄在*Design with Nature*(McHarg, 1969)一書中的規劃案例是以容受力為基礎。但是他所提倡的適宜性的土地使用，係指該使用不會對該區位的生物物理作用產生負面的干預作用。雖然環境評估、疊圖分析等作業對現階段的土地使用規劃已相當普遍且為必備之工作，但是McHarg在1960年代所提倡的規劃理念，逆轉了1960年代以前完全以社經需求為導向的都市規劃。更值得一提的是，McHarg的規劃理念影響了後續倡議都市發展應考量環境之容受力的規劃師。

Holling and Goldberg(1971)提出生態及都市系統的容受力不應是一個固定的均衡點，而是分佈於具回復力(resilience)的穩定性範圍內(bounded stability)。Bishops等人(1974)即利用回復力與穩定性範圍的觀念，建立一區域性環境管理模型；該模型涵括了四個層面：(1)自然資源的提供；(2)自然環境對廢棄物的同化作用(assimilative capacity)；(3)基礎設施的服務；以及(4)資源及生產作用所提供的可接受的生活品質(acceptable quality of life)。Bishops等人將容受力界定為：「一個區域在可接受的生活品質水準下，可維持的人文活動(包括人口及產業)」(Bishops et al., 1974, p.32)。由於「可接受的生活品質」為主觀性的判斷，因此，容受力的決定是屬於社會層面的。

Howard T. Odum所提出以生態能量流動來探討自然與人文系統間關係的理念與方法則又對都市容受力產生另類思考。Odum指出一地區的容受力是取決於各種能量的輸入，包括可再生能量以及外界投入的不可再生能量以及經濟投入(Odum, 1971; Odum and Odum, 1981)。一地區可利用的能量愈多，其容受力愈大。此外，比較一個地區與該國的能量投資比(不可再生能量及經濟投入：可再生能量的投入)，可判斷該地區的土地與資源利用是否具競爭與存活性。能量投資比低，代表該地區利用較多免費的可再生能量，較具經濟競爭力。在Odum能量分析理念之下所分析環境對人類的容受力並不是由社會所界定的(socially determined)，而是透過社會與自然系統互動，在競爭存活機制(competitive survival)下所形成的。

截至目前為止，在都市環境規劃專業對上述不同的容受力理念並無一個共通、可接受的理論。由土地利用規劃的觀點，容受力可被界定為(Schneider, Godschalk, and Axler, 1978)：

「環境體系在不遭受嚴重破壞之條件下，所能承受的人口極限，或實質開發之程度」

在回顧、綜合1960至1970年代都市成長管理的文獻後，Godschalk(1977)將都市成長管理進行的容受力分析內容，歸納為以下四項(參黃書禮，1986)：

(一) 環境容受力(Environmental Carrying Capacity)

1. 生態特徵：土壤、坡度、植被、野生動物、濕地、脆弱資源(例如：海灘、沙丘)等對人為都市發展之承受力。
2. 天然災害：洪水、地震、山崩、地滑等對人為土地使用之限制。
3. 環境污染：水質、空氣品質等對人類生活品質之影響。
4. 景觀資源對人為因素之敏感性。
5. 資源耗竭：水供給及能源可利用性。

(二) 設施容受力(Institutional/Service Carrying Capacity)

1. 主要密集性設施之提供。
2. 基礎設施：運輸系統、污水處理、下水道設施、學校、遊憩場所、自來水廠等服務容量。

(三) 經濟容受力(Economic Carrying Capacity)

1. 一地區之就業情形或一般的經濟成長所能支持之都市發展。
2. 住宅提供。
3. 用以維持一地區地方經濟之農業生產力、漁業與林業經營。

(四) 知覺容受力(Perceptual/Behavioral Carrying Capacity)

1. 人類對都市發展或環境改變之態度。
2. 人類對自然環境與都市發展程度之價值觀。
3. 人類對其生活型態受改變之可接受性。
4. 人對未來的期望。

另外，黃書禮與陳春生(1987)並歸納應用容受力觀念於土地使用規劃之個案研究，主要可分兩大類：第一類為以研究土地使用管制規則為依歸，第二類則為分析一區域之人口成長上限。一般在分析容受力時，所採用之方法以及分析結果，可概分為四類：(1)土地使用適宜性分析；(2)人口成長門檻；(3)每人所需用地面積；以及(4)生態系統模型。表1為此四種分析方法，在作業方式、應用以及優缺點比較。

由於容受力分析被引入至都市規劃專業是有其時代背景的需要性。況且，規劃師在應用此觀念時，已事先認定其限制而做了下列的假設(Schneider, Godschalk, and Axler, 1978)：

- (1)自然環境在不對公眾健康、福利、與安全產生威脅下，所能承受之都市成長或土地開發是有一定極限的。
- (2)臨界的人口門檻(critical population threshold)被確

定。

- (3) 自然資源所能承受人口成長的容受力不是固定的，可經由人為因素之介入而改變。
- (4) 某一種資源對都市成長的極限容受力，最終只是一種判斷。

又如Godschalk(1977, p.9-4)所言：

容受力念對都市規劃的潛在實用性並非在界定成長的極限。相反的，它的目的在於探討成長、環境品質、環境標準、開發方式、基礎設施的投資、以及對政府與消費者的成本間的關係。

容受力分析並未在規劃界引起爭議。然而，由永續發展與生態經濟理念來看，過去在都市成長管理所進行的容受力分析，並未對下列議題作深入的探討：

議題一：都市發展階段模糊化

羅吉斯成長曲線(logistic growth curve)為最早用來敘述一生物族群由於環境限制，無法無限制地呈指數成長而是呈漸趨穩定之現象(參圖1)。dN/dt為生物族群數(N)之單位時間成長量；K為最大之生物族群，亦即該生態環境對生物之容受力；r為生物族群之潛在成長率。(1-N/K)為影響該生物群數再繼續成長之因素，生物族群數愈大，愈趨近於容受力。羅吉斯成長曲線亦被用來作為都市成長管理容受力分析的基礎，但是通常只將重點放在K的估算，而較少討論該都市目前是處於此羅吉斯成長曲線的那一階段？一個都市在不同的階段，不管是接近起始點(N₀)，或是處於快速成長期(G)，或已接近容受力(K)，其都市發展與因應對策是不同的。

議題二：都市與其外圍區域之關係

一般在分析環境對人類的容受力時，係以都市、區域、或國家為範圍，進行探討該設定地區所能容納的人口

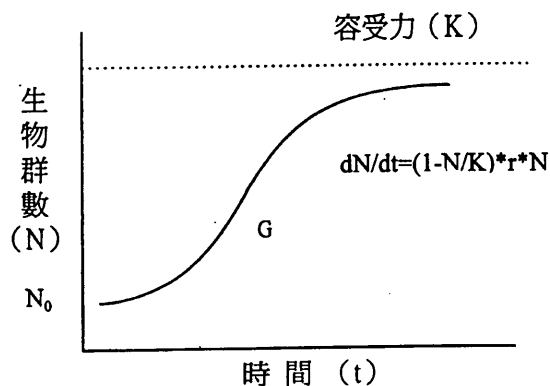


圖1 羅吉斯成長曲線圖

或開發強度。為了考慮都市係一實質的開放系統，規劃師通常以涵蓋都市及都市外圍的都會區為研究範圍。由都市居民生活與生產的活動領域觀點，都會區為一趨近完整的規劃範圍，但是都會區與其外圍區域環境還是會有人口移動，更有財貨、勞務、能量、資訊等之交換。此外，一個都市或都會區在發展的過程中，甚至會因行政區調整而擴張其地理範圍。雖然以生態模型進行的容受力分析會考量都市的系統動態，以及與外界之關係，但大多僅侷限於外界對都市的影響(例如能量輸入)，對於都市與外界的互動關係則較少有深入之討論。

議題三：人類社會與自然環境的共生

都市成長管理所進行的容受力分析大多著重於人類對環境的負面影響，並強調都市發展一旦超出環境的容受力，會使得該容受力下降。然而，在現今倡議永續發展的歷程中，也有許多小型都市朝生態都市的理念發展，且對自然環境積極地保育、管理。自然環境不是不可能因人類的回饋、經營而增加其對都市的維生能力。因此，自然環境與都市間的共進化(coevolution)以及互利共生(symbiosis)亦應為重要之考量。

議題四：都市發展不超出容受力是否就是永續？

雖然人類不能超出環境的容受力是永續發展的基本要求，但是一個都市的人口及資源利用是否控制在容受力範圍內，就是一個永續都市？都市是一個開放的實體，其角色與鄉村是有所差異的。倘若一個都市的生產以及對外界的貢獻極微，縱使其都市發展未超出容受力，該都市就能永續嗎？

三、「生態足跡」突破了什麼？

基於文化背景的差異，各地區的科技與資源利用方式也隨著不同。Wackernagel and Rees(1996)認為由生態學家所界定的容受力，也即一地區所能支持的生物量是不適用於探討人類容受力。他們進一步將人類容受力界定為：

「一生態體系下在不損及生態功能的整體性及生產力的情況下，所能持續支持的資源消耗與廢棄物排出的最大速率」

這個觀念，基本上與Ehrlich and Holdren(1971)所提的人類對生物圈衝擊量(I)公式： $I = P * A * T$ ，是一致的。在此公式中，P為人口數，A為每人資源消耗量，T為科技因素。Wackernagel and Rees(1996)更進一步指出一個區域是不能被視為一個獨立的地理單元，因為人類會透過貿易由外地輸入該地區所需的資源，因此，其人口數往往會超出

該「地區」對人類的容受力。Wackernagel and Rees修正過去容受力的估算方式，提出生態足跡(ecological footprint)概念，建議以「一個區域人口在目前資源利用水準下所需的各種生態系統土地與水域的面積」來探討該地區對自然環境的衝擊。

生態足跡的計算方式，係將人類所需的各種資源生產用地分成化石能源生產地、耕地、牧草地、森林、建成地、及海洋等不同地區，然後將每人所需各種用地面積加總，再乘上總人口數即為該地區的「生態足跡」。Rees and Wackernagel(1994)以加拿大Vancouver的Lower Fraser Valley為例，計算出該區域所需的化石能源、食物、及森林生產地面積約為該地區面積的22倍。Folke, Larson and Sweitzer (1996)以波羅的海29個都市人口所消耗的食物，估算出其食物生產用地面積約為都市面積的200倍。到目前為止，Wackernagel等人已先後概算了全球50多個國家的生態足跡。在利用生態足跡方法所估算一區域或國家的生態足跡若大於其本身的面積，則稱其為自地球的其他地區挪用容受力(appropriate carrying capacity)。雖然一地區或國家可透過貿易，無限制地由外地進口資源來滿足該地

區居民的資源消耗需求，抒解該地區的容受力限制，但這種行為在實質上是在降低地球的容受力(Rees and Wackernagel, 1994)。由於生態足跡的觀念容易接受，估算方式也簡便，故正廣泛地被討論、應用中。國內鄭春發(1996)亦嘗試以Odum的能值分析方法，估算1994年台北都會區的生態足跡約為其面積的23倍，且有逐年增加的趨勢。李永展(1997)，李永展、陳安琪(1997)先後介紹生態足跡的觀念並初步估算台灣的生態足跡。葉佳宗(1998)在檢討生態足跡方法的限制與缺失後，利用修正後的生態足跡方法，估算農產品消費所需之土地資源，討論台灣農地資源保育的問題。

「生態足跡」觀念，事實上是容受力分析方法中「每人所需用地面積」的延伸(參表1)。E. P. Odum(1970)曾以美國喬治亞州為例，計算該州居民每人的需求面積為5公畝(1.5公畝食物生產用地，1公畝纖維生產用地，2公畝自然地區，0.5公畝都市及工業用地)。但此方法在1970年代基於：(1)只適用於自給自足的獨立地區；(2)未考量科技因素；(3)未考慮區內環境特性差異；以及(4)忽略區域與外界之貿易互動性等因素而未被廣泛接受採用。「生態足跡」

表1 應用於都市成長管理的容受力分析方法比較

方 法	作業方式與目的	優 點	缺 點	應 用
◎土地適宜性分析	◎以疊圖方式分析研究地區之自然環境特性，以瞭解自然環境對人為土地使用容受力之空間差異性分佈。	◎配合土地使用規劃程序。 ◎考慮資源之空間分析。	◎缺乏動態之考量。 ◎無法量化容受力。	◎指導土地使用。 ◎管制土地使用行為
◎人口成長門檻	◎以簡易計算方式估算在某一種資源供給面之考量下所能容受之人口。	◎可發掘將限制人口成長之資源類別。 ◎容易估算且易於溝通。	◎無法考慮人與環境間之動態互動性。 ◎不同資源類別將推導出不同人口成長門檻。	◎成長極限 ◎計畫人口
◎每人所需用地面積	◎估算在既定生活水準下，每人所需各種土地使用之最小面積(如農業、森林、遊憩、工業等)。	◎估算結果可與土地使用現況與人口數比較 ◎易於溝通	◎無法考量科技因素 ◎無法細分區域並分析區域間之互動關係。	◎計畫土地使用面積
◎生態系統模式	◎以一階微分方程式表示人與環境系統中各組成分之關係，模擬所界定系統之動態行為。	◎考慮人與環境間之動態行為	◎溝通不易	◎政策衝擊分析
---內部門檻法	◎限制系統組成份間之流量關係	◎可以考慮法令、分區管制	◎無法考慮科技發展與生活方式改變。	
---外部極限法	◎由輸入區內的能量流動，透過進化與競爭的機制達成。	◎可以考慮科技發展與生活型態之改變。	◎無法與政治、規劃體制配合	

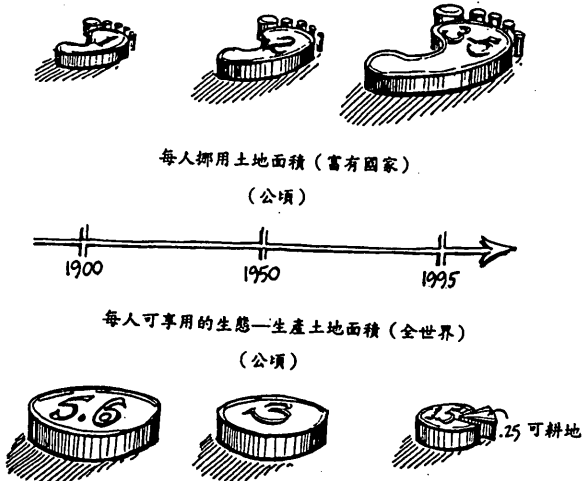
資料來源：黃書禮與陳春生(1987)

觀念的特色則為：(1)它可用來追蹤土地利用變遷以瞭解人與自然資源間之關係；(2)由人類對資源利用的行為探討生態與經濟間的永續性；以及(3)它的分析結果是跨越地方層級，具全球性思考的意涵。不可諱言的，「生態足跡」提供

了分析環境對人類的容受力的一個新思維與新方法，但其觀念與估算方法仍有再進一步思考之空間：

(一)區域生產力差異、公平性、與永續性

Wackerngel and Rees(1996)指出平均每人的生產性土地日趨減少而每人消耗所需的土地卻與日遽增(參圖2)。另外，並以各國平均每人生態足跡與全球每人可享有的生態足跡，也即「生態標竿」比較，檢討該國對永續發展的影響。此種平頭式的平等是否與「生態足跡」修正傳統容受力分析的動機，也即基於人類因科技、文化差異以致對資源利用的行為亦不同，來探討人對自然環境影響之原意相違？每個地區(國家)生產力並不相同，一個地區過剩的「生產」是人類用來交易的基礎，人類都市文明亦因而演進。以台灣地區為例，我們或許自東南亞國家輸入許多資源，挪用了他國的容受力；我們以高科技的產品為輸出，但生產高科技產品的用地較之自然資源生產用地小。以如此的觀點看，台灣似乎佔用較多的「生態足跡」，但忽略了不同生產用地間「品質」與「效率」的差異。目前各個工業化國家的生態足跡均在日益增加中(如圖2)，而且尚無降低的趨勢，是否這就一定是愈來愈不永續？一個國家或區域是否永續不應只單純地看其仰賴外界輸入的資源的多寡，而必須同時比較該區域是否亦對外界貢獻其生產力。表2為



資料來源：Wackerngel and Rees, 1996, p.14

圖2 先進國家每人耗用資源所需用地面積以及全世界每人享有的生產性土地面積

表2 台灣能值使用量、與外界能值交換、以及挪用容受力之變遷

項 目	1960	1970	1980	1990
總能值使用量 ¹ (10 ²⁰ sej)	492.73	723.83	1716.05	2173.25
本土能值流動量 ¹ (10 ²⁰ sej)	418.23	444.71	498.68	651.03
進口能值量 ¹ (10 ²⁰ sej)	74.5	279.12	1217.4	1522.22
進口的容受力 ² (km ²)	6412.74	2259.22	87884.82	84174.19
	(0.18)	(0.63)	(2.44)	(2.34)
輸出能值量 ¹ (10 ²⁰ sej)	55.44	168.22	860.71	972.2
輸出的容受力 ³ (km ²)	4772.11	13167.68	62135.16	53759.73
	(0.13)	(0.38)	(1.73)	(1.49)
淨挪用的容受力 ⁴ (km ²)	1460.63	8977.54	25749.66	30414.46
	(0.05)	(0.25)	(0.71)	(0.85)
淨能值使用效率 ⁵	2.90	1.52	2.41	1.77

註：1. 資料來源：Huang(1998)

2. 相當於台灣生產力的面積：(進口能值量/本土能值流動量)×台灣面積
()內為台灣面積的倍數

3. 相當於台灣生產力的面積：(輸出能值量/本土能值流動量)×台灣面積
()內為台灣面積的倍數

4. 淨挪用的容受力=進口的容受力-輸出的容受力
()內為台灣面積的倍數

5. 淨能值使用效率=輸出能值量/(進口能值量-輸出能值量)
=輸出的容受力/淨挪用的容受力

Huang(1998)以Odum生態能量方法所計算台灣四個年期的能值流動，以及利用能值交易所進一步概算的生態足跡。自國外輸入與輸出到國外的能值，可轉換為相當於台灣本土能量生產力的生態足跡。例如，1960年輸入台灣的能值為 74.5×10^{20} sej，相當於0.18倍(74.5/418.23)的台灣面積所能生產的能值。依此推計，1960年台灣淨挪用的容受力為0.05倍台灣面積，與年遞增，到1990年為0.85倍。由生態足跡的觀點，台灣的發展愈來愈不永續(相信每個國家均如此)。但若由淨能值使用效率指標(輸出能值/淨輸入能值)來看，比值大於1則代表此地區對外界的貢獻是正的、有效率的。則台灣到目前為止比值均大於1，並未形成國際性的負擔。應用同樣的觀點，鄭春發(1996)利用能值分析探討台北都會區的永續發展，除概估台北都會區的生態足跡外，並發現台北都會區在1987年後，對外界的貢獻已降低，形成不永續的現象(圖3)。一個區域是否具有永續發展，不應只用平頭式的生態標準，以及忽略區域間生產力差異的每人生態足跡比較衡量。

(二)生態與經濟介面

在估算生態足跡時應進一步區分「有用的」與「浪費」或「不必要」的資源利用。一區域人文社會並非只單純地消耗資源；人類透過回饋方式進行環境管理與保育也會增加生產地的單位面積產量，此資源的耗用是屬於正面的，甚至會增加自然環境的維生服務。此外，雖然Wackernagel and Rees(1996)所界定的容受力觀念有包括生態體系所能支持廢棄物排出的速率，但是目前生態足跡的估算僅考量土地的生產功能，環境涵容能力則尚未納入。

(三)估算方法之合理性

為了避免繁瑣的估算，目前所發展的生態足跡估算方法係將資源生產用地歸為數類。在計算時得很小心，因資料的型態受限而造成重複計算的疑慮。另外，在Wackernagel and Rees(1996)所歸類的化石能源生產用地係將不同的化石能源(石油、煤炭、天然氣等)均轉成焦耳的單位，然後加總。基本上，這是違反不同能量具不同品質的原則，例如1焦耳石油與1焦耳煤炭的熱含量以及對人類系統的作用力是不同的。因此，應先將各種能量轉換成同一種能量單位(例如emergy, exergy)後才能相加總。

「生態足跡」突破了傳統容受力分析侷限在一個地區估計所能容納人口數的範圍限制，且嘗試將地區的資源耗用與全球生態永續貫聯，提供另類思考。然而，如同其他容受力分析方法，此觀念與方法仍有許多改進與發展的空間。

四、展望都市容受力的生態經濟觀

經濟學家視都市為居民與機關間密切社經互動的場所，並且是國家經濟成長的生產中心。相反的，生態學則強調都市內居民消費行為與輸入都市的能量物質間的關係；唯有靠外界提供低能趨疲的資源以及同化都市廢棄物功能，都市才能存活下去(Rees and Wackernagel, 1994)。由生態經濟系統的觀點，都市成長管理應用容受力觀念分析人與環境間之關係，必須考慮五方面(圖4)：

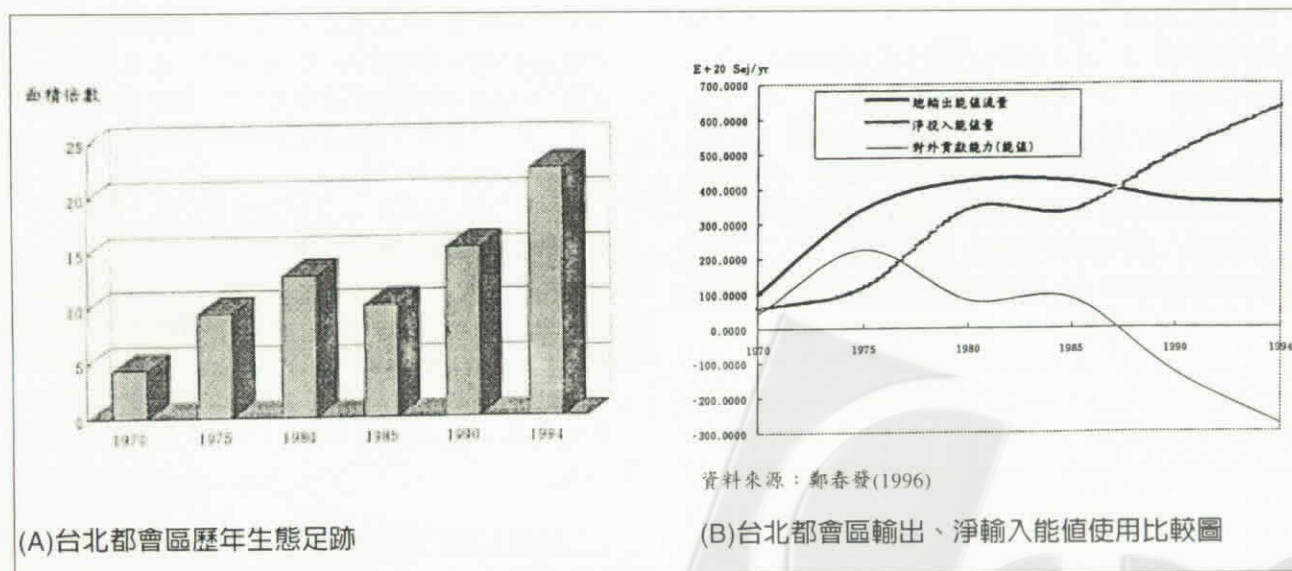


圖3 台北都會區歷年生態足跡與輸出、輸入能值使用比較圖

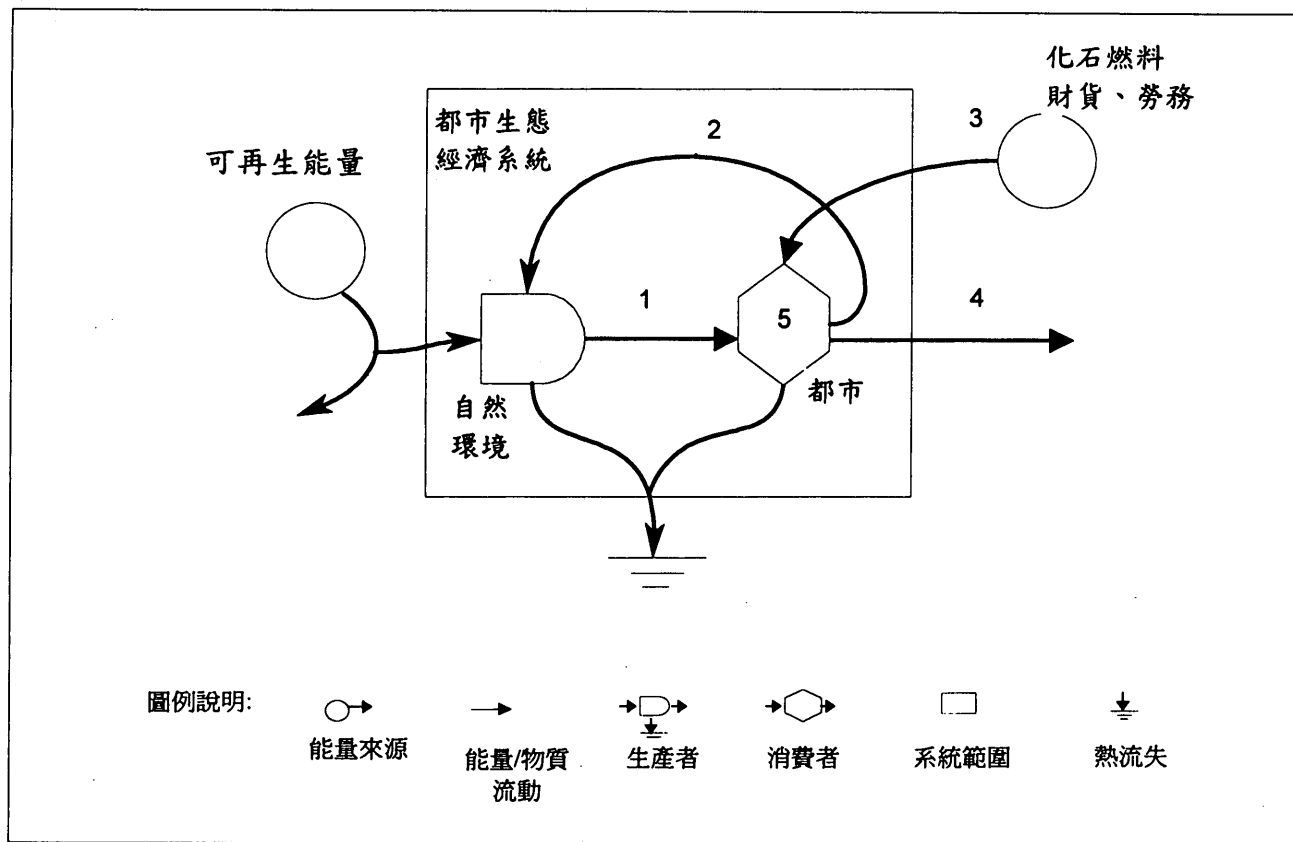


圖4 都市生態經濟系統圖

1. 維生資源的提供。都市地區需仰賴扮演生產者角色的自然環境，提供所需之食物、水及維生服務。
2. 環境同化能力。都市生產或消費行為所產生人類不需要的副產品，一般稱之為廢棄物，必須仰賴環境系統的同化力加以稀釋、淨化。
3. 外界輸入資源。都市藉貿易行為，自其他區域輸入不可再生能源、財貨、勞務等。
4. 都市生產力。在生態系屬於消費者角色的都市，其生產行為所產生的財貨與勞務會輸出到其他地區，除供應其他區域或都市所需的物資以外，並藉以換取金錢以購入本地無法生產的能源與貨物、服務。
5. 都市的社經期望。一個都市會依該都市在區域或國家所扮演的角色、現況、以及其居民對生活水準與生活方式的期望，影響上述四個層面的決定。

White(1994)提出以代謝作用(metabolism)來探索都市與環境的問題。過去的都市發展，其代謝作用為線性的：生產作用產生的“副產品”未透過養分循環的功能釋回自然系統，而視其為廢棄物排出都市以外的地區。另外，都市經濟系統也未以環境管理的措施，回饋自然系統。線性的都市代謝作用使得都市無限制的擴張，以至於都市外圍的

自然環境無法承受廢棄物的排入；都市所需的各種維生資源也必須由更遙遠的地區輸入。資源提供與廢棄物處理的成本日益增加，加重都市的財政負荷與居民的生活花費。由生態經濟觀點，都市的容受力主要受提供都市生存與活動所需各種能量與物質的流入量影響；輸入都市經濟系統的能量與物質流動率愈大，都市的容受力愈大。然而，輸入都市的能量與物質量的多寡又受都市社經期望的影響。

下文以生態經濟觀點，建議都市成長管理的容受力分析可進行的主要工作：

(一)都市環境分析與土地評估

此項工作也即最傳統、最古典的McHarg生態規劃分析。收集各種自然環境資料，並以地理圖形展現，透過疊圖方式分析各種環境敏感地的分佈，再進一步劃設各種生態保護區、保育區、以及適宜各種都市發展用地的區位與面積(參McHarg, 1969；黃書禮, 1987；邱毅科技公司, 1990)。

(二)都市生態能量分析

建構都市生態經濟系統，包括區內的組成(都市、農

業、森林…等)以及主要的能量來源(可再生、不可再生、外界經濟系統輸入等),分析各項能量流動的量。透過能值(emergy)評估,可將各種不同的能量類別轉換為共通的能量單位,藉以分析都市的生態經濟特性,例如區內的能量自主性、對外的貢獻、挪用的容受力等,評估都市的永續性(參Odum, 1996; 黃書禮與廖文弘, 1991; Huang, 1998)。

(三)都市生態經濟系統模型

容受力不是固定的,且會受自然環境狀況、基本設施建設、以及社經需求等的改變而影響。為了瞭解都市容受力與各組成特性間之動態互動關係,可建立一包含主要或重要組成的都市生態經濟系統,透過一階微分方程式之構建,模擬都市的系統動態。所建立的模型可用來作為政策衝擊評估,並可分析在不同情境(scenario)下,例如資源開採率、對外界資源的依賴性、社經期望等,分析都市系統在各種因素影響下的回復力(resilience)與容受力穩定性範圍(參黃書禮與陳春生, 1987; Vster, 1994; Chen and Huang, 1998)。

(四)都市生態足跡分析

為了瞭解一都市對外界提供資源的依賴性,並由都市消費資源角度分析其永續性,可利用生態足跡觀念,概算該都市內平均每人的生態足跡面積,以瞭解該都市由外界挪用的容受力。都市生態足跡之估算除可檢視生態足跡的變化趨勢,並可作為與其他都市比較其資源耗用差異之依據(參Wackernagel and Rees, 1996; 李永展, 1997; 葉佳宗, 1998)。

(五)都市永續指標系統

依都市的組成與特性,建立都市永續指標系統,分析各指標的趨勢(邁向或遠離永續性)。指標的建立,除了可協助政府部門診斷各項建設及服務品質外,並可進一步藉助民意與政策機制,決定各指標的目標值或期望值。指標項目並可包含於上述第三項之系統模型中,以探討指標間之動態互動關係(參黃書禮、翁瑞豪、陳子淳, 1997; 簡吟純, 1997; 黃書禮, 1998)。

上述五項工作,可以是獨立的,也可以是相關連的,端視都市問題、需要性以及經費的充裕與否,選擇可採用的都市容受力分析方法。

五、結語

容受力分析對都市環境規劃在促進生活品質的前提

下,是否真正發揮功效是值得評估與爭論。最適容受力永遠是低於最大容受力,但這對開發業者以及力求經濟成長的都市政府部門是不容易接受的。既使到目前為止,尚無一共同可接受的容受力分析方法;但是,無可諱言的,容受力分析觀念的直接性,影響了都市環境規劃的理念與方法。本文在回顧都市成長管理容受力的理念基礎後,由生態經濟的觀點指出過去容受力分析所缺乏考量的問題,並由生態經濟系統觀點建議未來都市成長管理在進行容受力的可行方式。雖然,環境對人類的容受力仍在社會科學界廣受爭議,而且因各種不確定性(例如全球氣候變遷對農業系統的影響)不易估算可被信服的容受力。有學者指出當今地球人類數量已超出地球所能支持的容受力(K)(Ehrlich, 1994),都市規劃及管理是有必要持續地設算一都市對人類及開發的容受力,並探討與都市永續性的關係。

參考文獻

(一)中文部份

邱毅科技公司

1990 《台灣地區環境敏感地劃設與土地使用適宜性分析》(內政部營建署委託計畫報告)。台北:內政部營建署。

李永展

1997 <生態足跡:邁向永續性之規劃工具>《台灣永續發展研討會論文集》。台北:中興大學法商學院。

李永展、陳安琪

1997 <看不見的腳,從生態足跡觀點探討台灣的永續發展>《第八屆環境管理與都會發展研討會》。高雄:中山大學。

黃書禮

1998 《都市永續性指標系統動態分析之研究》。(行政院國科會專題研究計畫成果報告, NSC87-2415-H-005A-013)。台北:中興大學都市計劃研究所。

黃書禮

1987 《應用生態規劃方法於土地使用規劃之研究》。(行政院國科會專題研究計畫成果報告, NSC76-0301-H005-022)。台北:中興大學都市計劃研究所。

黃書禮

1986 《環境容受力分析與都市成長管理—台北都會區個案研究》。(行政院國科會專題研究計畫成果報

- 告, NSC75-0301-H005-03)。台北: 中興大學都市計劃研究所。
- 黃書禮、翁瑞豪、陳子淳
1997 <台北市永續發展指標之建立與評估>《都市興計劃》, 24(1): 23-42。
- 黃書禮、廖文弘
1991 <應用能值分析對台北都會區生態經濟系統之初探>《都市興計劃》, 18(1): 19-36。
- 黃書禮、陳春生
1987 <環境容受力分析與都市成長管理--台北都會區個案研究>《工程環境會刊》, 8: 1-19。
- 葉佳宗
1998 《以生態足跡觀點探討台灣農業土地資源之保育》。碩士論文。台北: 中興大學資源管理研究所。
- 鄭春發
1996 《容受力與都市永續發展之研究》。碩士論文。台北: 中興大學都市計劃研究所。
- 簡吟純
1997 《都市永續性指標系統之建立與評估--以台北市為例》。碩士論文。台北: 國立中興大學資源管理研究所。
- (二)英文部份
- Bishops, A. B., H. H. Fullertun, A. B. Crawford, M. D. Chambers, & M. McKee,
1974 Carrying Capacity in Regional Environmental Management, EPA-600/5-74-021. Washington, D. C. : U. S. Government Printing Office.
- Catton, E. R.
1987 "The World's Most Polymorphic Species: Carrying Capacity Transgressed Two Ways", Bioscience. 37: 413-419.
- Chen T. -C & S. -L. Huang
1998 "Towards a Symbiosis: Urban Development and Environmental Quality in the Taipei Metropolitan Region", Journal of Environmental Planning and Management. 41(1):77-93.
- Daily, G. & P. R. Ehrlich
1992 "Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity", Bioscience. 42: 761-771.
- Daly, H. E.
1990 "Carrying Capacity as a Tool of Development Policy: the Ecuadoran Amazon and the Paraguayan Chaco", Ecological Economics. 2: 187-195.
- Ehrlich, P. R.
1994 "Ecological Economics and the Carrying Capacity of Earth", in: Investing in Natural Capital. 38-56. edited by A. -M. Jansson et al., Washington, D.C. : Island Press.
- Ehrlich, P. R. & J. P. Holdren
1971 "Impact of Population Growth", Science. 253: 758-762.
- Folke, C., J. Larsson, & J. Sweitzer
1996 "Renewable Resource Appropriation by Cities", in: Getting Down to Earth. 201-221. edited by R. Constanza, O. Segura, and J. Martinez-Alier. Washington, D. C. : Island Press.
- Godschalk, D. R.
1977 Carrying Capacity Application in Growth Management: A Reconnaissance. PB-273-494. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office.
- Hardin, G.
1993 Living within Limits. New York: Oxford University Press .
- Holling, C. S. & M. A. Goldberg
1971. "Ecology and Planning", Journal of the American Institute of Planner. 39: 221-230 .
- Huang, S. L.
1998 "Urban Ecosystems, Energetic Hierarchies, and Ecological Economics of Taipei Metropolis", J. of Environmental Management. 52: 39-51.
- IUCN, UNEP, and WWF
1991 Caring for the Earth. Switzerland: IUCN.
- Martinez-Alier, J.
1987 Ecological Economic. Oxford: Basil Blackwell.
- McHarg, I. L.
1969 Design with Nature. New York: Natural History Press.
- Odum, E. P.
1983 Basic Ecology. New York: Saunders. Publ.
- Odum, E. P.
1970 "Optimum Population and Environment: A Georgian Microcosm", Current History. 58: 355-359.
- Odum, H. T.
1971 Environment, Power, and Society. New York: John Wiley and sons.
- Odum, H. T. & E. C. Odum
1981 Energy Basis for Man and Nature, 2nd. edn. New

- York: McGraw-Hill.
- Rees, W. E. & M. Wackernagel
- 1994 "Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: Measuring the Natural Capital Requirements of the Human Economy", in: Investing in Natural Capital. 362-390. edited by A. -M. Jansson, M Hammer, C. Folke, and R. Costanza. Washington, D. C. :Island Press.
- Schneider, D. M., D. R. Godschalk, & N. Axler
- 1978 The Carrying Capacity Concepts as a Planning Tool. Chicago, IL: American Planning Association Press.
- Vester, F.
- 1994 Ecopolity - A Cybernetic Environmental Game. Munich: studien-gruppe fur biolog- ie und umwelt GmbH.
- Wackernagel, M. & W. E. Rees
- 1996 Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, B. C., Canada: New Society Publishers.
- WCED
- 1997 Our Common Future. Oxford: Oxford Univ. Press.
- White, R. R.
- 1994 Urban Environmental Management. New York: John Wiley & Sons.

