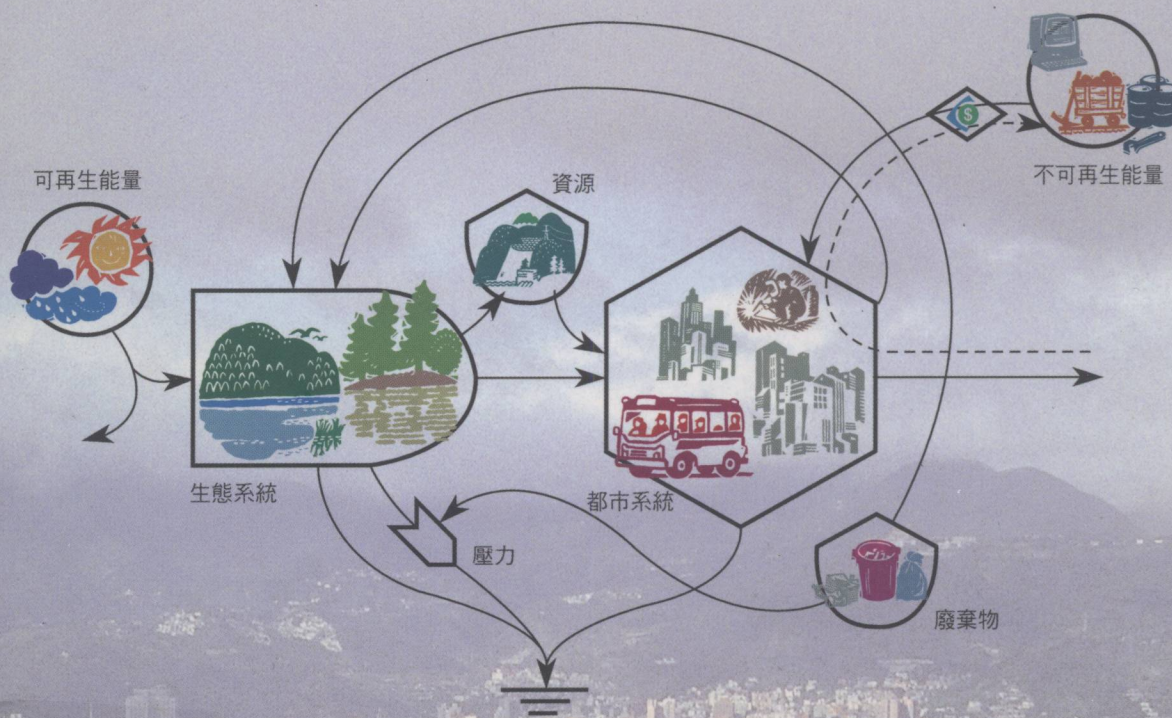


都市生態經濟與能量

Energy Basis for Urban Ecological Economic System

黃書禮

Shu-Li Huang



F290
20074

都市生態經濟與能量

Energy Basis for Urban Ecological Economic System

黃 書 禮
Shu-Li Huang



詹氏書局

國家圖書館預行編目

都市生態經濟與能量 / Energy Basis for Urban Ecological Economic System / 黃書禮 / 作者

-- 臺北市：詹氏書局

2004[民 93]

面： 公分

參考書目：面

含索引

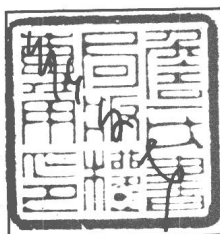
ISBN 957-705-275-4 (平裝)

1. 都市

545.1

93003654

版
權
所
有



翻
印
必
究

都市生態經濟與能量

作 者 黃書禮

執行編輯 陳嘉雯

封面設計 洪幸芳

繪 圖 曹俊彥

發 行 所 詹氏書局

發 行 人 詹 文 才

登 記 證 局版台業字第三二〇五號

台北市和平東路一段一七七號九樓之五

電 話：(02)23918058 • 23412856 • 77121688 • 77121689

傳 真：(02)23964653 • 23963159

網 站：<http://archbook.com.tw>

E-mail: chansbok@ms33.hinet.net 或 archbook@sparqnet.net

郵政劃撥 0591120-1 戶名/詹氏書局

初 版 2004 年 3 月

定 價 新台幣 450 元

獻 給

Howard T. Odum (1924-2002)

自序

環境評價對於評估人類開發活動與環境系統間之互動為不可或缺之工作項目。然而，現階段之環境評價主要以新古典經濟學家所發展之環境經濟為主流，在分析過程以人類對環境價值之主觀判斷為基礎，缺乏環境系統之生物物理考量。系統生態學家則強調透過人與生態系統間之能量流分析，評估自然環境對人類系統之作用與貢獻。另外，有關都市系統研究，重點大多置於社經部門，環境大多祇被視為限制因素；環境系統對都市之維生功能以及對都市經濟系統之貢獻亦鮮少被探討。

筆者在 1989 年間赴美國佛羅里達大學進修，與 Howard T. Odum 學習生態能量分析後，開始進行有關生態經濟與能量分析研究，並持續與 Howard T. Odum 共同進行有關都市系統之能量系統研究。在台北大學都市計劃研究所開授「環境系統與政策評估」之內容即講授生態系統、能量分析及系統模擬等主題。在 10 餘年來對生態能量分析及都市系統之研究後，遂著手將過去所整理之文獻及進行之案例分析整理成專書以供有興趣此議題者參考。本書之內容即以 Odum 所發展之「能值」(emergy)評估理念為中心，論述能量與都市及經濟系統之關係。環境與經濟系統間關係之評估必須有一共通的基礎。雖然早在 19 世紀即有以能量為分析生態經濟系統間相互作用之共通單位，但因不同能量類別間之可用能不同而未獲成功。「能值」即透過「能換率」將各種能量轉換為共通性之基礎，提供一新的能量量化單位來評估環境、資源、人類財貨勞務、資訊、以及開發行為間之關係。

能值評估之方法為 Howard T. Odum 結合一般系統理論、生態學、與熱力學原理所發展之環境評價方法。在利用此方法之初，一定得先以能量圖例描繪出所探討問題之能量系統圖，以發掘必須評估之能量來源與能量流，再進一步計算各作用力之能值。能值指標可用來分析該系統之生態-經濟介面。電腦模擬則可提供對該系統內各組成分間互動關係之動態變化。透過 GIS 之協助，能值在地理空間之分佈可進一步展現與都市經濟系統之關聯。

本書共分三篇。第一篇由都市生態系統論述能量與都市系統之關係。第二篇論述生態能量與經濟系統之關係。其中第 2 章介紹以生物物理觀點之生態經濟學；第 3 章介紹能量之基本原理以及能量分析之歷史根源；第 4 章則進一步介紹 Howard T. Odum 所發展之能值評估方法。第三篇共六章，介紹能量與都市之關係。第 5 章論述能量與都市文明演進間之相互影響；第 6 章以台北盆地為實例分析都市發展過程之能量變遷；第 7 章引介能量階層觀念說明都市系統之階層分區；第 8 章則進一步透過 GIS 展現能量階層與都市空間組織之關係。第 9 章為根據過去有關都市能量研究所建立之都市能量理論。第 10 章透過系統模擬探討隱藏在都市發展背後之能量流動機制。

黃書禮

國立台北大學都市計劃研究所

2004 年 2 月

謝誌

本書之完成首要感謝 Howard T. Odum 之啓蒙以及對本人歷年來都市能量研究之熱誠協助。在兩次赴美國佛羅里達大學研究期間，Mark T. Brown 及 Elisabeth C. Odum 之協助與討論對本人之研究提供極大之助益。本人在賓夕法尼亞大學之指導教授 James Zucchetto 爲帶本人進入此研究領域之啓蒙。義大利 Siena 大學之 Sergio Ulgiati 持續在義大利 Porto Venere 舉辦的 Energy Workshop 提供本人在能量分析研究開拓視野的機會。歷年來行政院國科會及蔣經國國際學術交流基金會提供本人進行能量分析之研究機會與經費。在台北大學(原中興大學法商學院)參與本人能量分析研究之研究生李佳倫、李俊霖、吳修綺、吳嘉琳、吳金枝、林素貞、施慈魂、徐婉玲、高文彥、高偉傑、陳維彬、陳子淳、陳雯瑛、陳俐伶、陳雅洵、馮君君、黃莉芬、楊賀雯、廖文弘、趙婉玲、賴曉瑩、賴奕錚等對本人能量分析研究之協助與鼓勵。2003 年 3~4 月，承蒙陳亮全教授、林建元教授、中川義英教授、以及中西千可子小姐之協助，讓本人得以在日本早稻田大學開始著手此書之撰寫。最後，感謝助理陳嘉雯小姐多年來除了參與本人能量分析研究外，並對本書之編輯付出極大心力。

目錄	v
自序	vii
謝誌	ix
第一篇 緒論	1
第一章 能量與都市系統	3
1.1 都市生態系統	4
1.2 能量與生態系統	7
1.3 都市系統之能量特性	9
1.4 結語	14
第二篇 能量與經濟系統	15
第二章 生態與經濟	17
2.1 生態永續性與經濟發展	19
2.2 生態經濟學之歷史根源與生物物理觀	25
2.3 生態經濟學之範疇	30
2.4 結語	40
第三章 能量分析	43
3.1 能量一定義與原理	43
3.2 能量分析之歷史根源與演變	50
第四章 能值評估	59
4.1 生態能量分析	60
4.2 能量價值論—能換率與能值	67
4.3 能值評估與公共政策	73
4.4 台灣在全球生態系統之地位與變遷	88
第三篇 都市能量	97
第五章 能量、社會與都市文明	99
5.1 都市源起與進化	100
5.2 能量與都市文明	102
5.3 都市的維生系統與容受力	105
5.4 都市進化與能量	107
5.5 都市能量分析的應用	110

第六章	都市發展與能量變遷	117
6.1	台北盆地都市發展能量分析	117
6.1.1	清代以前的開發	118
6.1.2	清代	120
6.1.3	日據時代	125
6.1.4	省轄市時期	129
6.1.5	直轄市時期	137
6.2	台北盆地生態經濟系統變遷	143
6.3	台北市都市化與能值結構變化之關係	150
第七章	都市—能量階層中心	155
7.1	能量階層與都市系統	155
7.2	台灣都會的能量階層	163
7.3	台北盆地能量階層分區的形成	168
第八章	能量階層與都市空間組織	181
8.1	台北盆地的能量流動空間分佈	181
8.2	台北盆地土地使用的能量階層	183
8.3	台北盆地生態能量分區	189
8.4	能量流動與空間規劃原則	197
第九章	都市生態經濟系統能量理論	199
9.1	都市能量假說	199
9.2	能量來源	204
9.3	都市能量新陳代謝	206
9.4	能量階層	209
9.5	都市能量與經濟	212
9.6	能量階層與都市空間型態	214
9.7	都市空間破碎與能量的階層性分佈	217
9.8	結語	221
第十章	都市發展之能量流動機制	225
10.1	都市發展與生態經濟系統模擬	225
10.2	都市發展的空間系統模擬	238
附錄	1990 年台灣生態經濟系統主要資源流動之能量分析估算式	253
參考文獻		259
索引		269

第一篇

緒 論

第一章 能量與都市系統

由廣義生態系統之觀點，都市為生態系統之一部分。都市系統就像自然生態系統一樣，在長期中展現動態的量化改變，促使都市系統更形複雜，朝向不同階層與組織之形成發展。若由系統的特性檢視，都市系統展現和自然生態系統(如森林、大草原生態系)十分相似的特質(參表 1.1)，而其間的差異除組成物質與結構體不同外，主要為能量的來源，類別以及密度。都市生態系統的特質和活動包括工業生產、家庭消費、貨幣循環和能量收斂(energy convergence)等；在一區域生態系統中，大量產品消費、能量使用與原料耗竭，大多發生在都市地區，而食物、纖維的生產則大多位居郊區，工業生產亦多集中在都市地區。

表 1.1 自然生態系統與都市系統之類似性比較

項 目	自 然 生 態 系 統	都 市 系 統
能量	太陽能，自然界能量	太陽能，自然界能量，化石燃料
物質	養分，金屬	資源
資訊	基因，化學系統	基因，記憶，圖書館，電腦
結構體	生物量	建築物
維護管理	復育，生物替換	修復，重建，更新
能趨疲	物種死亡，熱	生命死亡，折舊，熱
多樣性	物種	職業，人種
生產	光合作用	工業生產
消費者	動物，微生物	政府，工業，人
循環	養分	錢
動態作用	演替，頂峰	鄰里演變，都市更新，穩定狀態

資料來源：Zucchetto, 1975

過去有關都市系統之研究，大多由經濟學之觀點討論人類之活動體系對都市空間結構之影響。然而經濟學主要根基於人類的無窮慾望與有限資源，強調市場機能的運作，忽略一些不具市場性的可再生資源與生態作用對人類經濟系統之貢獻。透過對都

市各種生產與消費活動中，物質代謝、能量轉換、水循環和貨幣流通等過程研究，可探討都市系統的動態機制、功能原理、生態經濟效益、空間結構和調控辦法。本章主要內容為由能量觀點論述都市系統的生態特性，作為本書之緒論。

1.1 都市生態系統

都市為一開放的生態系統，必須仰賴其他生態系統不斷地提供各種維生資源，且有人口、貨品與資訊不斷地進出都市地區(圖 1.1)。都市經濟系統與環境互動之結果，將輸入的貨品、燃料與服務重新組合、製造、貯存，形成都市資產。在生產與消費後，都市除了輸出財貨與勞務與其他地區交換都市無法生產的物資，並將廢棄物排出到都市以外的地區。

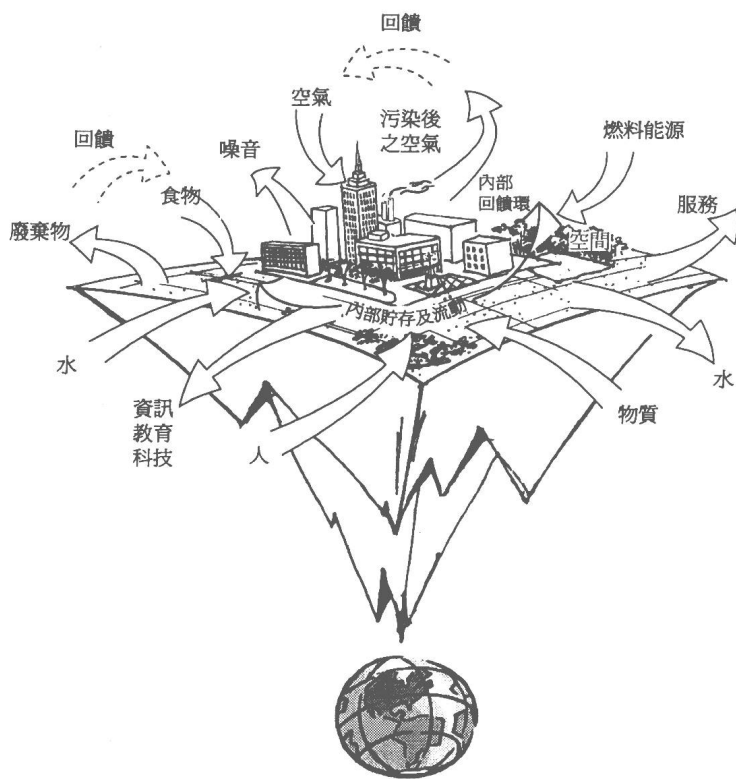


圖 1.1 都市開放系統

Odum(1969)由生態系統之功能性觀點，將一個區域之土地分為四類(圖 1.2)：(1)保護性環境，為生態演替成熟階段之原始生態地區；(2)生產性環境，為生態演替成長階段之地區；(3)都市－工業化環境，為不具自然生命力之地區；(4)混和性環境，即兼具上述三種不同環境類別兩種以上之地區。此分類之主旨在說明一穩定之生態系統，必須兼具不同演替期之次系統，彼此相輔相成；都市－工業系統地區必須依賴生產性及保護性環境提供維生服務始能存活。由此功能性生態系統觀點，人類以及經濟活動聚集之都市地區，可以被視為異營性生態系統(heterotrophic ecosystem)，必須仰賴都市外圍屬自營性生態系統(autotrophic ecosystem)地區提供維生服務及同化都市地區之污染、廢棄物。所謂的自營性生態系統，係指可以利用太陽能行光合作用以生產生物量(biomass)者；一般而言，以綠色植物為代表，在整個生產體系中扮演生產者的角色。而異營性生態系統，即指無法行光合作用，而必須利用、重新組合及分解一些來自自營性生態系統之複雜物質，作為養分來源；一般而言，以動物、人類為主，在整個生態系統中是扮演消費者角色(Odum, 1989)。屬於異營性的都市系統必須由都市外圍的自營性生態系統，例如森林、農、河川、湖泊等，提供維生服務(life-support services)及同化(assimilate)都市地區所產生之污染與廢棄物。

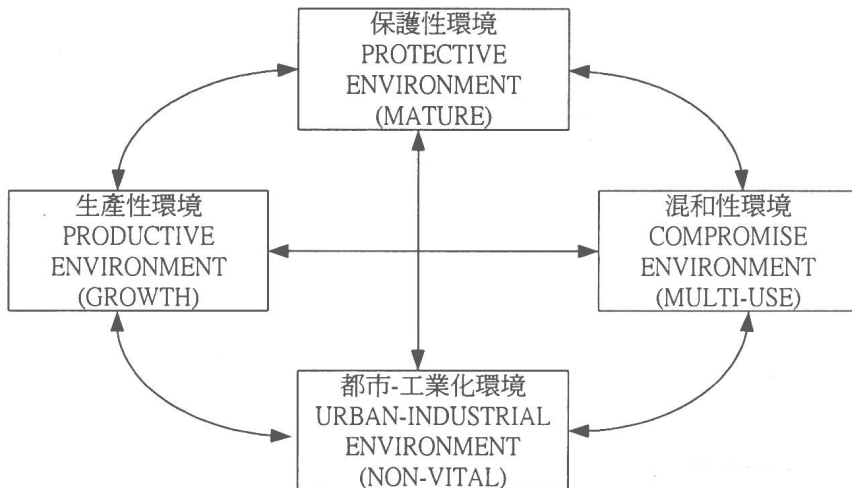


圖 1.2 Odum 之區域生態系統分類(資料來源：Odum, 1969)

Odum(1989)曾以都市與海岸貝類兩種系統(參圖 1.3)說明都市與貝類生殖地都需要自外界輸入維生所需的能量與食物，並且都將廢熱與廢棄物排到系統外。基本上，此二種生態系都屬於異營性；都市及工業發展對區域生態系統是錯誤的嗎？其實也不然，重要的是都市是否有對其維生環境提供回饋與服務，使都市與維生環境(life-supporting environment)維持良好的共生關係(symbiosis)。此外，當都市對食物、水、與能源的需求量超出其鄰近地區所能提供時，都市必須自更遙遠的地區取得維持都市系統運作所需物質，擴張其生態足跡(ecological footprint)。倫敦市的生態足跡為其面積的 125 倍，相當於整個英國的生產地區面積(Girardet, 1996)。都市與其維生環境之關係亦可以寄主－寄生(host-parasite)之關係比喻。都市必須寄生在自然環境(寄主)才能生存。在都市成長與擴張的過程中，許多原本屬保護性環境與生產性的農業用地均被轉變為建築、工業及交通用地。雖然都市的財富因此而累積，但同時也破壞了都市的維生環境。好的寄生者是不應破壞他的寄主。

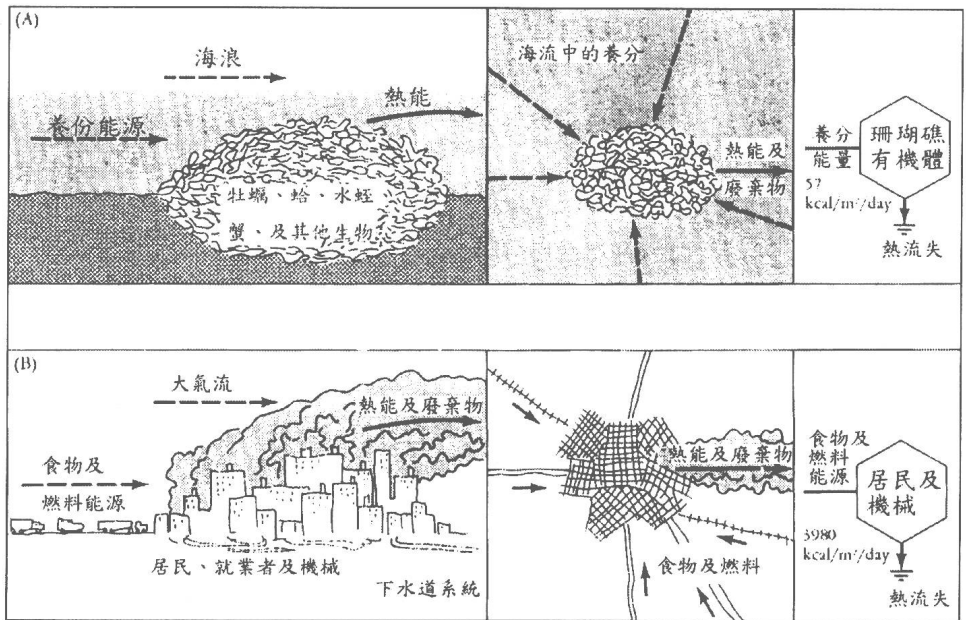


圖 1.3 異營性生態系：(A)貝類生殖地；(B)都市。此兩種生態系均需仰賴外界提供各種能量與物質，並將廢物與廢熱排出系統外(資料來源：Odum, 1989, p.46)

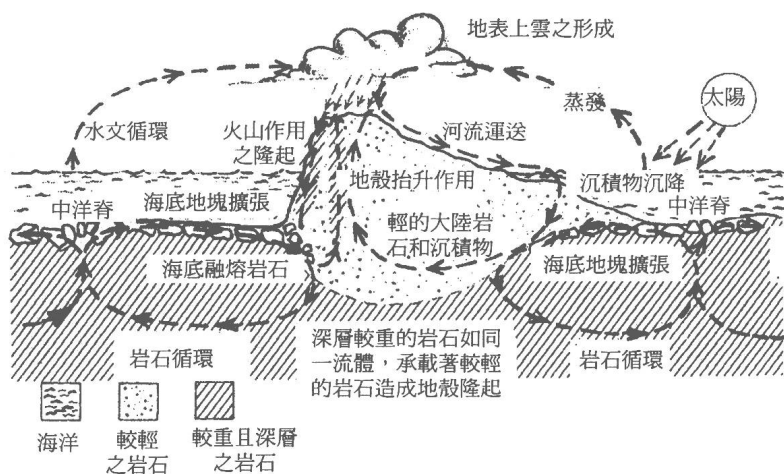
1.2 能量與生態系統

人類藉以維生之生物圈可被視為由許多具聯繫性之組成分與不同作用所構成之地球系統，包括土地、海洋、養分與水循環、生物、人類智慧、及資訊等。所謂系統(system)乃數個彼此相互關聯之個體所組合而成，其中各個體間均直接或間接地與其他個體相聯繫而存在互動關係(von Bertalanffy, 1968)。在地球系統之各個組成分、各種作用，甚至人類資訊，均涉及能量之流動、貯存、與轉換。各種生態作用之運作均須仰賴能量作為動力。

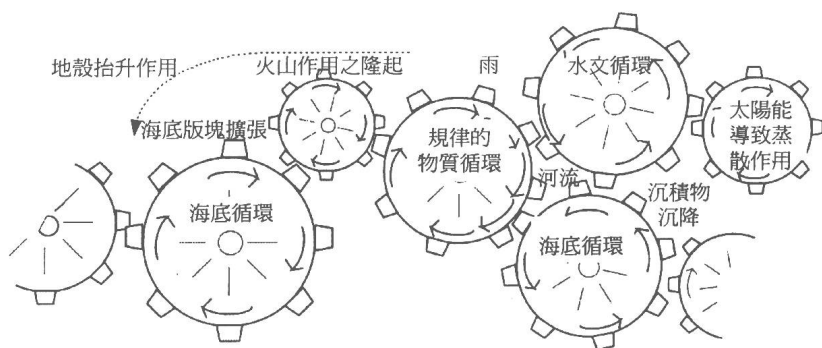
生態系統結構與功能之複雜性，可以「能量」貫穿其中來描述系統的運作，並進一步了解能量為驅動生態系統的原動力。太陽能輻射至地球的能量，一部份由綠色植物所吸收，啟動了食物鏈與食物網系統的運作。未被植物吸收的太陽能，將地表加熱，由於地球為一球體，並且以 23.5 度之傾斜角自轉，因此不同地區接受太陽輻射能隨緯度而有差異。又陸地與海洋的比熱不同，造成熱能在相異的溫度介質中傳遞，遂有風的形成、洋流與波浪的活動，當然也驅動了水文循環。地表水受熱蒸發至大氣中，當冷、熱氣流結合，水汽形成雨或雪降至地表，終流入海洋。降至高處的水具有位能，能以地表逕流的方式沖刷地表土壤、有機質、沈積物於低地、河口以及海岸地區。經地質年代的累積和作用，遂形成煤炭、石油、天然氣等化石燃料，成為不可再生能源。另一方面，大陸板塊作用擠壓所造成的地殼隆起，暴露在空氣中的岩石經風、水的風化作用與生物體的有機作用共同形成土壤。透過土壤和水作為媒介，復又提供生物體賴以生長之礦物與營養鹽的來源(參圖 1.4)。

有關能量之專著或研究，大都著重在探討熱力學定律、或生物能量原則方面。由系統觀點，廣泛性地涵括生物間、以及非生物能量儲存、流動，乃至人類文明過程對能量利用之方式、來源、轉換過程之能量專著則非常少見。1970 年代由於石油危機所引發對能量問題之關注，又使大家對能量問題之發掘與研究，偏向化石燃料之供給、發電、以及未來之替代能源。僅有極少生態學家及環境科學家(Odum, 1971; 1983a; Odum and Odum, 1981; Hall et al., 1986; Smil, 1991; Odum, 1996; Jorgensen, 1997)，

堅守著由廣義、系統觀點，探討人類、生態系統、與能流間之關係，進而提出能量流動在物理與人類系統間所扮演之角色，以及其對人類文明演進與經濟系統之影響。人類文明之演進，繫於是否有大量具有用處(usable)之能量。但是，僅瞭解電或化石燃料，對探索人類文明之演進，乃至文化形成之過程是不足的。包括風、雨、波浪等可再生能源，以及化石燃料之不可再生能源，追本溯源均來自太陽能。太陽能在不同生物之營養階層之間傳遞能量形成食物網，而能量流動又進一步帶動自然環境中各種物質之循環作用，甚至人類文明也透過能量的流動而不斷地進化。



(a)



(b)

圖 1.4 地球自然作用概觀(資料來源：Odum and Odum, 1981)