

看守 Watch

Taiwan 台灣

# 地球正在加倍奉還

## 永續還有可能嗎？

「2013 世界現況」新書發表暨研討會 參考資料



主辦單位：看守台灣協會、地球公民基金會、主婦聯盟環境保護基金會、台灣環境保護聯盟

第一場

1：40-2：20

2013 世界現況—永續還有可能嗎？書摘

講者：劉志堅 / 看守台灣協會 理事

## 地球正在加倍奉還—永續還有可能嗎？

### 前言

看守世界研究中心（WorldWatch Institute）每年對世界的環境狀況就特定主題，出版年度專論，如在2012年時的主題是「邁向永續繁榮」，在2013年的主題是「永續還有可能嗎？」，打著大大的問號。

看守台灣協會自2001年起，每年翻譯此世界現況專論，以饗讀者，尤期關心環境的社會各界人士，包括政府機構、學校研究單位等。本年度（2013）《世界現況》主題為一「永續還有可能嗎？」，由台灣師大翻譯研究所、輔仁大學跨文化研究所及看守台灣協會人員共同完成翻譯、審閱工作，並由農委會林務局、鄭福田文教基金會以及熱心人士等（參見該書中文版序暨謝辭）贊助出版。對以上所有參與者，特表誌謝。

「永續還有可能嗎？」是大哉問！這個問題，不是要讀者對未來抱著悲觀或放棄的態度，而是希望大家面對現實，好好思考如何解決人類存續問題，並採取行動。該新書有34章分成三大部分，為了面對「永續還有可能嗎？」，本書分別從「永續性指標」、「永續之道」、「緊急應變之計」方向切入。深入淺出的剖析及簡要重點概述，涵蓋領域包括：生態經濟、能源、資源、海洋、淡水、文化、教育、糧食、原住民、環境倫理、政治策略、環保運動哲學、危機治理、防災準備（恢復力）、地球工程評估等，及提出古巴等經驗，精要的提出嶄新的視野，以孕育更多的智慧與

勇氣，來愛這個世界，拯救地球環境、生態。詳閱此書後，我們要的是更多的智慧、善意、合作及行動。

人類為求己慾，盡其能力操弄經濟體系，謀求最大利益，也破壞了地球環境系統，生存環境愈來愈惡化，已超過地球生態系負擔限度。

本新書調侃「我們今天生活在永續口頭禪」的時代，一個大量使用「永續」、「永續發展」、「綠色」等字眼。這些字語意模糊、且無以量化，意涵越來越無意義。頻繁和不當的使用，讓我們誤以為：現在我們所有的人、我們所做的一切事、所買的一切東西、所用的一切，都能夠永遠持續下去，世界永無止盡。（p3）若繼續依照目前路徑，是否會危害未來福祇，是目前世界環境困境的核心。我們要謹慎使用這個字眼。其實，觀察台灣的環保單位，經常、不斷的使用「低碳」、「減碳」、「環境友善」、「資源循環零廢棄」等字眼，亦然。

永續的發展，是發展嗎？發展不應以搶奪後代資源為代價。要永續發展，應被限制在適當的資源消耗水準下，且更公平的分配財富給所有人。

### 地球永續性指標界限

「是否永續？」要能以定量方式來衡量。首先本書介紹由科學家群找出的9個地球界限，用以概略衡量及監測永續性。（p22）就所知數據，目前人類已跨越其中兩個界限了，第3個界限已部分逾越。這些已被域逾越的界限包括：大氣中溫室氣體濃度、生物多樣性的損失率（生物滅絕速率），及氮循環。另有的地球界限：磷循環（和氮循環共同為一個界限）、海洋酸化、全球淡水使用、土地利用變遷、大氣中細懸浮微粒、平流層臭氧消耗、化學物污染等。其中的平流層臭氧消耗，是有所改善，餘項都朝惡化之驅勢發展。各界限間是相互依存、跨越，跨越臨界的風險，可能引發非線性、突發性的環境改變，影響範圍可能遍及整個大陸甚至全球。地球及生態圈的正常運作對人類福祇是無比重要，它是人類發展的自然資本。我們應把地球資源及生態圈的貢獻，烙印在人類的心理，顯現在金融

及經濟交易系統中。對於動態與複雜的人類社會——地球自然生態系，應被限制在適當的資源消耗水準下，應採建立「恢復力」的策略，而非採駕馭環境以取得最佳產量、取得短期利益的策略。

另一個衡量永續性的指標是「生態足跡」，透過生態足跡的計算，來了解人類對自然所造成的壓力。(p49)「生態足跡」為在連續的時間基礎上、就某一特定區居民，估計需要多大的、具生產力的生態系面積來生產這些人所需要的再生資源，並涵容他們活動所產生的廢污物。就目前全球約 70 億人口，每人僅可分得 1.7 全球公頃。生態足跡研究顯示，1961 年時，人類生態足跡約為地球承載力的三分之二，目前，這世界生態過載已超過 50%，約需 1.5 個地球才能提供我們所需要的再生資源，並吸收我們所排放的碳。高所得國家平均約佔用 3.3 全球公頃 / 人；此等高消費國家或地區，更是生態透支，他們透過貿易仰賴其它國家的生態承載力，或者利用全球共有財（如碳匯）。我們應該規劃、設想，如何過「一個地球」的生活。

台灣的生態足跡，依李永展的研究，2004 年台灣生態足跡達 6.7 全球公頃 / 人，總生態足跡相當於 42 個台灣；其中二氧化碳排放所需之碳吸存面積達 2.3 全球公頃 / 人，這意味著即使台灣島上全部種滿了樹，也需要 14 個以上的台灣才足以完全吸納。依此新書所載，加拿大溫哥華市民之生態足跡達 4.2 全球公頃 / 人（食物部分佔 51%，運輸部分佔 19%，建築部分佔 16%，消費品部分佔 14% 不等；食物部分以魚、肉和蛋佔 48% 最大）(p53)；比較上，台灣較加拿大溫哥華市民為高，為該市的 1.6 倍！

台灣的碳排放（資料來源：行政院環保署）

台灣於 2010 年之溫室氣體排放總量，為 2.74 億公噸二氧化碳當量，其中能源燃燒的二氧化碳年排放量達到 2.70 億公噸，人均年排放量達 11.66 公噸，在全球排 19 名，這是全球人均年排放量 4.4 公噸的 2.65 倍。

顯示台灣溫室氣體排放的嚴重性。

### 經濟系統朝向建立生態經濟模式調整

大自然提供人類的生態系服務是頗具經濟價值，但通常沒有被納入市場，沒有定價，此基本因素使得現在經濟體系失敗了。

目前的經濟模式，以 GDP 為衡量，假設成長會解決所有其它問題，強調私有財產及傳統市場，放任自由市場及金融槓桿運行，市場信靠新科技可克服任何資源限制，資源替代品用不虞匱乏。GDP 成長越多越好，假設成長會解決所有其它問題。並且，高 GDP 成長會為人類帶來幸福。(p155)

但以上的傳統市場經濟模式是有問題的，其導致目前的地球環境超負荷狀況。其實 GDP 不一定增進人民的福祉。若以「真實發展指標」(Genuine Progress Indicator, GPI) 來看，人民幸福是沒隨 GDP 而上升的。以美國為例，1972~2008 年的 GDP 對 GPI，或人均收入對幸福指數變化驅勢，人均收入增加了約一倍，幸福指數一直持平 (p156)。GDP 的計算無法區別經濟活動的品質，如更多的犯罪、疾病、戰爭、污染、天災、瘟疫等，這些事件對 GDP 而言都可能是好事，因這些事件都會增加經濟體的市場活動及產值，如 BP 漏油事件，有人要去清理油污，故也增加了 GDP 產值。

應如何朝向新的經濟架構，由目前經濟模式，改變為生態經濟模式，包括如何過「一個地球」的生活，是人類極需面對的議題。

### 促進社會公平正義

除了市場效率外，如何建立更公平的社會，也是企求。儘管這個經濟模式為大家帶來財富，讓百萬人脫離貧窮，但也造成生態匱乏、導致氣候變遷等環境風險，也容易帶來經濟衰退、過高的失業率，加深貧富差距。(p173)

## 能源（化石燃料與永續能源）

能源的問題，是現代人類維持其高消費水準及傳統經濟體系的核心。自 1973 年到 2009 年間，全球能源用量從 46 億噸油當量，攀升到從 84 億噸油當量，幾乎暴增了一倍。而化石燃料，如煤碳、石油、天然氣，佔了這期間全球能源用量的八成以上。燃燒化石燃料導致大量的二氧化碳排放進入大氣中，並在大氣與海洋的接觸交換下，促使海洋逐漸酸化，在溫室效應作用下，促進氣候變遷及其後續各種效果，包括大氣災害的增加。以整個地球尺度觀察，全球二氧化碳濃度由十八世紀工業興起時的 280 ppm，以每年 1.5~2 ppm 增加速度上升，到今年已上升到 400 ppm。近年，全球各地平均氣溫持續升高，天災頻傳。

從 2000 年到 2010 年間，全球單一最大的溫室氣體來源——燃燒化石燃料所產生的二氧化碳排放——又增加了 34%。某些國家支出其 GDP（國內生產毛額）的 10% 以進口化石燃料，另如美國光是為了支付與燃煤有關的污染與健康成本，每年就要花費 3,450 億美元，化石燃料的社會經濟成本，是頗可被質疑的。（p103）

我們要再進一步質疑化石燃料，化石燃料是不可再生能源，也就是不永續的能源。本新書在第十四章呼籲：「讓它們留存地下吧：終結化石燃料時代」。近代史是以化石燃料寫成的。自 1890 年以來展開了化石燃料時代，全球的能源使用每年大約成長 3%。以成長為基礎的「正常」世界，只是短暫的「異常現象」，傳統定義下的經濟成長將自然地停止。我們似戒不掉「化石燃料的癮」，對深切依賴成長、消費主義、負債高舉、風險不斷累積的世界，還想像不出要拿甚麼來取代撐起目前經濟體系的化石燃料。即使仰仗新科技及市場機制，也只是多撐些時日，終不可避免地再過數十年的、短暫的年份，我們就將進入到石油、煤碳、天然氣開採、燃燒到最後一滴的時刻——讓化石燃料留在地下吧。本書提出：問題在於開採，而非排放；關切對象在化石燃料，而非二氧化碳。

我們預見一個後化石燃料的時代。為維持人類生活所需，需轉換到永續能源。能源系統已開始轉型，轉向以高效率、再生能源、智慧型電網以及儲能方案為基礎的永續能源系統。近年來，再生能源技術不斷發展，成本不斷降低，裝置容量不斷增加。在 2011 年，投入再生能源的新資金超越了傳統能源，這是近代史上頭一遭。自 2007 年以來，美國風力發電裝置容量已翻了 3 倍，太陽能更激增為原來的 9 倍。德國的電力，目前有約 17% 來自再生能源。在本書的討論分析，太陽能及風能將有機會成為未來的主要能源來源，應予積極發展。（p103）

## 把企業轉型成永續發展的推手

依新的企業模式，可稱「企業 2020」，即其須在 2020 年之前完成準備，朝向綠色經濟，主要改革方向有：（p174）

一、稅賦與補貼必需轉型為對「惡者」（如資源開採與化石燃料的使用）課多，對「善者」（如薪資與利潤）課少，而不是像現在完全相反。

二、必需採取一些規定和限制來管控目前金融體系之財務槓桿，尤其是當借貸者被認為是「大到不能倒」的企業。

三、必需建立廣告的規範與標準，讓廣告更具有責任。

四、所有主要的企業外部性，無論是外部成本或外部效益，都必須經過衡量、審計，並揭露公開。

也就是：把課稅當誘因；不容許「大到不能倒」的企業；打破廣告到消費的循環；將外部性納入考慮；朝向更負責任的企業發展等原則。

## 其他各樣執行策略

本書在後續各章，論及：建築的能源效率；重視原住民；有機農業，

為糧食找答案；保護原生食物的神聖性；打造政治策略；由個人改變，邁入社會改變；建置環境行動的道德性；打造永續發展的論述；推動可長久的環境運動，包括反抗運動；有效的危機治理；環境教育；緊急應變及治理；正視危機，做好社區防災準備；氣候變遷下的人口遷移。最後，提出地球工程與其利弊得失；論及向古巴經驗學習；及培養面對危險與變動的「恢復力」。

至於每年看守世界之年度世界現況，都有很不錯的議題專論，我們還是可再多多閱讀、參考，推展、執行永續之策。本書最後一章篇名是「太遲了嗎？」，有一點「是的」，我們必須準備過「一個地球」的生活，畢竟我們只有一個地球，有一天即使我們想排碳，可能也沒有碳源讓我們燒。而我們有多少時間建立不需要化石燃料的再生能源基礎呢？有一點我們必須注意，石油的能源投資報酬率，已經從 1920 年代的 100：1，降到現在的大約 20：1，如果有一天，能源投資報酬率降到 5：1，也就是我們必須耗費一份既有能源，才能取得五份能源時，那這五份能源只能用來維持人類文明基礎（p95），而沒有多少餘裕讓我們建造再生能源設施。屆時，人類不是眼睜睜等著毀滅，就是得勒緊褲帶，把可得的能源都拿來建造再生能源設施，還得面對繼續使用化石燃料的氣候極端化代價。這一天已越來越迫近了，而台灣的再生能源佔比還不到 2%！

我們必須儘速把握我們短時間內還能夠擁有的優勢，創造我們最大利益，建立再生能源基礎，增進人民幸福、社會福祉。並視地球為一家、為我們唯一的家園，善盡地球村的責任。



2013 世界現況，原價 500，2013 年底前八折優惠。

第二場

2:30-3:10

如何提高台灣能源與經濟政策的永續性

講者：王塗發 / 國立台北大學經濟學系兼任教授

## 永續能源與產業發展

### 壹、前言

能源是現代社會不可或缺的資源，大部分生產活動需賴能源提供動力，消費活動亦需依賴能源。然而，能源之生產與消費也會帶來一些危險或環境污染等社會外部成本。基於此種外部性及對經濟成長與民眾福祉重要性之考量，世界各國都極為重視能源問題。

在 1990 年代，世界各主要國家都以「永續發展」為目標，追求與環境友善的經濟發展。因此，與經濟發展和環境保護息息相關的能源政策幾乎都由「開源」轉為以「節流」為主。尤其為了因應地球暖化的溫室效應問題，世界各國莫不積極提升能源與發電效率，調整產業結構，並推展汽電共生；在「開源」方面則以低含碳的天然氣與無碳的風能、太陽能、生物質能、海洋能、地熱等再生能源來取代含碳量高的煤炭與石油，而核能則被逐漸淘汰。

對於能源匱乏的台灣，能源政策的制訂更有必要。台灣的能源政策自 1973 年制訂之後，曾於 1979、1984、1990 及 1996 年四度修訂，皆以「確保能源穩定供應」為首要政策目標。1996 年版的能源政策有六項政策方針，包括穩定能源供應、提高能源效率、開放能源事業、重視環保安全、加強研究發展及推動教育宣導，看似四平八穩、面面俱到，但其實仍以「確

保能源穩定供應」為首要政策目標，各政策方針下之政策措施亦多相互矛盾之處。而且 1996 年距今已 17 年，國內外能源情勢已有甚大的變化，如此陳舊的能源政策實難符合當今經濟社會發展的需要。加上由於「開源重於節流」的保守觀念，深植於制訂能源政策之決策官員與國營能源事業主管人員的心中，故其所規劃的能源政策，不僅昧於時代潮流，而且造成甚多的能源問題。這些問題對我國的經濟發展與環境品質造成甚大的影響。因此，既有的能源政策實有加以檢討的必要。同時，為了追求與環境相容的永續發展目標，則有制訂一套永續能源政策之必要。

再說，台灣的經濟發展曾經創造「經濟奇蹟」，被譽為亞洲四小龍之一，但近年來卻面臨發展的困境。台灣是傳統能源（煤炭、石油、天然氣、鈾礦等）極為匱乏的國家，自 1990 年以來，能源進口依存度都超過 97%，進口石油依存度更高達 99.8% 以上。這顯示，台灣的能源自主性非常低，相對的，能源安全保障就極為脆弱。因此，每逢國際能源危機或油價飆漲，台灣的經濟發展就大受衝擊。台灣原本山川壯麗、環境優美，被稱為福爾摩莎、美麗寶島，但如今國土殘破、環境污染，被譏為豬圈。台灣離本世紀的國際潮流—追求「永續發展」的目標，似乎越來越遙遠！何以致之？台灣的能源政策是否符合國際潮流？在「永續發展」的前提下，台灣需要什麼樣的能源政策？台灣的產業發展究竟出了什麼問題？台灣的產業政策是否應該改弦易轍？台灣需要什麼樣的產業政策？這些都是值得深入探討的課題。

### 貳、現況分析

#### 一、既有能源政策過份強調穩定供應，造成效率不佳與投資浪費

在特別強調「穩定供應」的前提下，1996 年版的能源政策條文，明定要維持適當的「能源安全存量」及合理的「電力備用容量」。為了便於對「能源安全存量」與「電力備用容量」的管制，過去政府一直將能源事

業交付國營的台灣中油公司與台灣電力公司，分別獨占油氣與電力之生產與經營。獨占的結果，當然容易造成效率不佳的問題。

政府嚴格限制民間廠商進入能源事業，可說完全違背能源事業自由化與民營化之世界潮流。目前在台塑公司加入油品市場後，雖已打破台灣中油公司的獨占局面，但形成兩家公司聯合壟斷，仍與獨占無異，對台灣中油公司的效率改善有限。而在電力方面，台電公司則擁有發、輸、配售電之獨占權。雖然政府自 1995 年初已開放民營電廠之興建，但民營電廠之興建必須先經台電同意，且其所生產之電力只能依契約按一定的價格賣給台電公司，而不能直接賣給消費者，形成台電公司在電力市場上既獨買又獨賣的完全獨占地位，仍是特權保護台電。它只是利用民間企業的力量來協助台電突破開發電源的阻力而已，實質上仍違背電力事業自由化的精神。

政府對能源的管制不僅限制民間廠商進入能源產業，而且也管制能源價格，故市場價格機能無從發揮，自然會導致能源生產與使用缺乏效率。台灣的能源及其產品之價格並非由市場機能來決定，而是由兩家國營公司所決定。台灣的能源價格一向肩負甚多的政策任務，包括穩定國內物價、維持產業競爭力、對某些特定用戶給予優惠之價格補貼等。由於這些不同的政策任務往往與節約能源的政策任務相互衝突，在各項政策任務的權重與優先順序又不明確的情況下，能源價格的制訂，往往顧此失彼，甚至成為推卸責任的藉口，而引發許多無謂的爭議。其中，能源價格肩負維持產業競爭力的政策任務，則導致工業用電價格遠低於民生用電價格；前者大約是後者的七至八成。至於對特定用戶給予能源價格補貼，主要是軍事機關及軍眷用電可以享受異於一般用戶相當大的優惠折扣。其他如學校用電、自來水用電及鐵路用電等也都享有優惠折扣。這種優惠價格極易造成電力的浪費，與節約能源的目標完全相左。

在「合理電力備用容量」方面，依台電的定義，所謂備用容量是指系

統規劃淨尖峰能力（裝置容量扣除廠用電後之最大出力）與系統小時尖峰負載（一年中某一天某一小時最高峰用電量）之差；而備用容量率則是指備用容量占系統小時尖峰負載的比率。這些備用發電容量，是為了因應在用電高峰期間用電需求突然大增，或萬一電力系統中某些機組發生意外事故，致無法發電時，作為備胎之用。如以台灣電力系統中 3 個最大的獨立機組的裝置容量占全系統的比重作為「合理的備用容量率」（若一部機組發生意外而出狀況的機率為萬分之一，則 3 部機組同時出狀況的機率為兆分之一，趨近於零），則 8%~10% 的備用容量率已是綽綽有餘，超過 10% 將造成電力投資的資源浪費。尤其是投資於大型電廠（如核能電廠）的浪費更大。

2012 年 4 月日本電力系統協議會 (Electric Power System Council of Japan) 估算出，日本九大電力公司必要備用容量率亦為 8%~10%。其考量因素為偶發的供電能力與負載需求變動 7% 左右（包括（1）發電機組非計畫性停機，（2）枯水，（3）短期負載突升），以及持續負載變動（景氣循環變動，負載增加與基期值產生偏差）約 1~3%。這與我們的主張不謀而合。

然而，過去為了堅持要推動核四計畫，台電一直強調合理的備用容量率為 20%~25%，並以之作為其規劃長期電源開發方案之依據，致造成大量的投資浪費，核四計畫就是最明顯的例證。近年來，台灣的電力市場一直是處於大量供給超過需求的狀態，在 2009、2010、2011 與 2012 年的電力備用容量率分別高達 28.1%、23.4%、20.6% 與 22.7%。2011 年電力系統的容量因數（即電廠產能利用率）為 59.28%，表示一年平均閒置可發電電力占總可發電電力的 40.72%。這充分顯示，台電浪費的投資太多，導致電力大量供過於求。核四廠兩部機組的裝置容量 2.7GW（十億瓦）若加入商轉，將使電力系統提高約 5%~6% 的供電能力，使原已處於大量供過於求的電力徒增備用容量率而已。因此，現在停建核四，台灣也不會缺電。

目前核能發電的裝置容量僅占全台電力系統的 11% 左右，即使現在就把核一、二、三廠除役，台灣還有 11% 左右的備用容量率，仍在 8% ~10% 合理備用容量率的範圍之上，也不會缺電。何況全部核電廠如期除役需等到 2025 年，距今還有 12 年之久，如果需要以其他能源來替代也不會有問題。是因為台電不長進，一直認為備用容量率必須在 20%（目前已改口為 15%）以上才能維持供電穩定的目標，才會說廢核後會有缺電危機。之所以說台電不長進，是因為台電就是靠浪費的過度投資，而不是改善其經營管理能力，來達成穩定供電的政策目標。

## 二、著重大型核能發電之開發，帶來萬年難解的核廢料，且不利穩定供電

在強調「穩定供應」的前提下，台電公司一向是「開源」重於「節流」，較重視傳統大型的火力發電與核能發電之開發。自 1969 年開始籌劃興建核能一廠之後，就積極規劃興建核二、核三、及核四廠，直到 1986 年之後，受到車諾堡核能災變的影響，核四廠之興建受阻，核電之發展才受挫。但 1996 年版的能源政策，仍主張要繼續興建核能電廠，並將核能列為無碳能源，要加強使用，作為我國「配合國際環保趨勢，減緩溫室效應」的因應策略之一！這是完全昧於聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC），在 1995 年公布的研究報告就已指出，以擴增核能發電來防制全球暖化，是「飲鴆止渴」的做法，是不可行的；也與「聯合國氣候變化綱要公約」（UNFCCC）締約國大會，拒絕將發展核電列為因應全球暖化問題的選項之做法背道而馳。而且，這也完全漠視車諾堡核災對全人類的教訓。在 2011 年 3 月 11 日日本福島核能災變之前，馬政府提出的「能源發展綱領政策」，則根本就是「核能發展政策」，是假「建構低碳能源發展藍圖」之名，而行「擴張核能發電」之實。其所謂「建構低碳能源發展藍圖」，是將核能發電視為低碳能源，作為能源供給規劃之選項，並規劃核四 1 號機組於 2011 年開始商轉、2 號機組於 2012 年底開始商轉，且既有核能機

組延役（準備於運轉四十年後再延二十年）。即使在福島核能災變之後，各國都重新檢應其能源政策與核能政策，但馬政府仍堅持其能源（核能）政策不變，只宣示已提出延役申請的核一廠不予延役而已。日本福島核災對全球造成的危害，竟絲毫也撼動不了這個冷血政府的核能政策！

除了如車諾堡核災與福島核災的核能安全問題，發展核能工業最難克服的另一項難題是，如何清除核能工業所遺留下的輻射廢料。核能電廠所產生之放射性廢料有低放射性廢料和具高放射性的用過核燃料兩種。低放射性廢料主要包括電廠運轉、維修及除污過程中所產生之受污染衣物、手套、零組件、廢液殘渣、過濾器、等放射性低且半衰期較短之核廢料；高放射性廢料即核燃料在核反應器使用過後，所退出之用過核燃料。目前世界上在運轉中的核廢料最終處置場，都是針對低放射性廢料。但其運轉時間尚短，會有什麼問題尚待評估。而對高放射性廢料，世界各國至今仍未有妥善的處理方法。

在台灣，核廢料問題更是難解。目前台電公司對低放射性廢料的處置方法，主要是貯存在各核電廠廠區內部或蘭嶼，想送往境外處置並不為國際社會所接受。至於高放射性核廢料，因為內含有鈾與鈾，處理非常棘手，目前都暫存放在各核電廠廠區內的儲存水池裡。因為鈾是製造核武的原料，依據「防止核子武器擴散條約」的規定，含有鈾與鈾的使用過核燃料，不可以隨意運往他國。即使有某國家同意接收，其他國家也會群起反對。而且，儲存只是將問題暫時擱置，並非最完善的處理對策。這些暫存水池裡的高放射性核廢料，也可能發生如福島般的核災。

台灣地狹人稠、地質脆弱（地震帶上）、氣候潮濕，要找到適當的低放射性廢料的最終處置場就已非常不容易了，更何況是高放射性核廢料的最終處置場！現在續建核四，若任其運轉四十年後除役，包括核一、核二、核三各廠總共將產生 90 多萬桶低放射性廢料，其監測期限為三百年以上；以及 7,300 多公噸的高放射性廢料，放射性半衰期為 24,000 年，監測期



高達數十萬年。針對這些問題，我們實在無法作最終妥善的處理。這數十萬年的責任，我們怎麼可以丟給後代子孫去承擔？

此外，大型「集中式」的火力發電與核能發電之開發結果，不但無法降低能源進口依存度，無助於提高能源自主性與能源安全保障，而且因大型「集中式」供電系統的脆弱性，不利供電的穩定，也易成為恐怖攻擊的目標，而危及國家安全。在此供電系統下，某一個大電廠一跳機就可能造成停電、限電的危機，所以需要較高的備用容量率；而且遠距離的電力輸送除了會造成較大的電力漏損，也較不容易維護。例如，1999年「七二九」與「九二一」大斷電，就充分反映出此種大型「集中式」供電系統的脆弱性。又如，在第二次世界大戰中，聯軍很快就摧毀德國大型「集中式」的供電系統，但對日本小型分散式的供電系統卻無能為力。因此，不論從國家安全或電力供應穩定（能源安全）的觀點，「小型分散式」都優於「大型集中式」的供電系統。而且小型分散式電力系統所需之備用容量率也較低，可以減少資源的浪費。

電力事業自由化與小型分散化已是國際能源發展的主要趨勢，台灣實不應再昧於時代的國際潮流。當年如能將建核四廠的數千億元預算，用來開發小型分散式的電力系統，並健全智慧型輸配電網，則不僅可以較輕易地因應尖峰負載之電力需求，也可根本解決區域性電力不足的問題。此對我國的產業發展之貢獻將遠非核四廠所能望其項背。

### 三、開發再生能源之努力不足，高碳的能源結構造成台灣環境污染嚴重

國際上在因應全球暖化問題上，除了節能減碳，還積極調整能源結構，開發利用風能、太陽能、生質能、海洋能、地熱能…等無碳綠色再生能源。根據世界能源委員會（WEC）在1997年的預測，到2020年，所有再生能源對全球能源供給率將達21%；若為了要達成環境永續的情境，則

到2020年再生能源的貢獻必須提高到30%，其中12%來自「新的」再生能源。聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC）則預測，在2020年，水力、太陽能、風能、海洋能及生質能等再生能源將可提供全球約25%的能源。IPCC在2011年5月9日發表研究報告指出，目前再生能源約佔全球13%的能源供應；預期到了2050年再生能源將可滿足全球77%的能源需求，但前提是各國政府必須大幅增加對風力發電、太陽能的金融與政治援助。

而在台灣，台電一向較重視傳統大型的火力發電與核能發電之開發，對於再生能源之開發則著力甚少。就近十年來國際上發展最快速的風力發電與太陽能發電來看，到2012年，我國風力發電與太陽光電的裝置容量分別為571.0MW（百萬瓦）與222.5MW，僅分別占總發電裝置容量的1.18%與0.46%；其發電量分別為1,413.5百萬度與173.1百萬度，更僅分別占總發電量的0.56%與0.07%。比起我國再生能源的發展潛能，這些實屬微不足道。在2012年的發電結構中，含碳量最高的燃煤發電就占了49.01%（台電占26.96%，民營發電廠與汽電共生廠合占22.05%），燃油發電則僅占3.34%。

在2012年，台灣的能源供給結構中，煤及煤產品占29.69%、原油及石油產品占47.96%（煤炭大部分供發電用、石油產品大部分供最終消費）；而在最終能源消費結構中，煤及煤產品、石油產品、電力分別占8.30%、38.39%與49.38%。如此偏向高含碳的能源結構，當然會造成台灣環境嚴重的污染。

根據英華威公司的評估，台灣的風資源，光平地就足夠設立約3,000MW（大於核四廠的裝置容量），而全島的風資源則足夠設置至少5,000MW。台灣發展太陽能發電的條件與潛力遠優於高緯度的德國與日本（目前發展太陽能發電最積極的國家），且七、八月高峰用電期間正是台灣太陽能發電可以發揮最大效率的時候。目前台灣太陽能電池產能已

超過 10GW（一百億瓦），全球排名第二，但 99% 以上都輸出國外，自己卻用不到 1%。另據台灣大學地質科學系教授宋聖榮，引述國科會在 2008 年所推動能源型國家科技計畫報告書，估計台灣地熱的發電容量可達 7,100MW，相當於 2.6 座核四廠的發電容量。台灣的再生能源十分充裕，要在 2020 年之前大量取代傳統能源，譬如將其占發電系統比重由 6.0% 提高到 20% 以上（還遠低於德國 2020 年的 30%）並不難，是政府要不要做，以及有無決心與毅力的問題。

但是，馬政府要繼續發展核電則是阻礙再生能源發展的元凶，因為繼續發展核電徒增電力備用容量率，已完全壓縮發展再生能源的空間。只有廢核才能讓再生能源在台灣獲得發展的空間，台灣才能有效發展低碳的綠色經濟。台灣蘊藏豐富的再生能源，無論風力、太陽能、生質能、地熱或是海洋能，都具有相當高的開發潛能。若能充分開發利用，將可改變我國能源結構高度集中於化石能源的現象，並且減少我國能源高度依賴進口的程度，提高我國能源供應的獨立自主性，增強我國的能源安全保障。積極推動再生能源產業的發展，乃是台灣邁向「永續發展」大道的起步。

#### 四、能源政策以服務工業發展為主，造成能源密集的產業結構，對環境衝擊大

政府不同政策之間常會互相矛盾。例如，在能源政策上，要提高能源生產力，並改善產業結構，對於能源密集產業不應給予獎勵，以提高整體能源的使用效率；但在產業政策上，卻為了提高投資意願，以振興經濟，而不分青紅皂白地獎勵發展高耗能產業，又給予水、電價格的優惠。如此產業政策與能源政策完全矛盾。很不幸的，掌管能源政策的能源局是經濟部的下級單位，當能源局所制訂的能源政策與其上級機關經濟部所制訂的產業政策抵觸時，能源政策便只得靠邊站了，因為在政府官僚的心目中，能源政策是以服務工業發展為主，當然不能抵觸促進工業發展的產業政策。

也由於能源政策是以服務工業發展為主，致某些提高能源效率的政策措施形同具文。例如在提高能源效率方面的政策條文之一：「能源價格以市場機能決定為原則，並透過能源相關稅費，合理反映能源使用所造成的社會成本。」就形同虛設。

該條文的具體執行措施包括：

- (1) 落實能源價格合理化、制度化及透明化，促進能源價格市場機能的發揮。
- (2) 檢討現行能源相關稅費，合理反映能源使用所造成之社會成本。
- (3) 儘速取消能源價格優惠制度。
- (4) 電價結構反映不同時間、不同季節之成本，並加強負載管理，促進電力有效利用。

十多年來這些措施毫無成效可言。關於第（1）項，在油品市場方面，近年來雖實施浮動油價機制，但「浮動油價計算公式」之計價資料並不透明，完全是黑箱作業，由台灣中油公司說了算，完全違背市場機能。而第（2）、（3）項，在耗能產業業者的強大反對壓力下，根本就動彈不得；光一個能源稅條例就一直無法在立法院通過立法。至於第（4）項，由於存在偏高的電力備用容量率，獨賣電力的台電公司其實是不會真心去落實「時間電價」的負載管理，因為要那麼做，台電就必須投資建構智慧型電網、全面裝設智慧型電錶，但台電卻不會因為這麼做而賣出更多電，只會縮短尖、離峰用電差距，讓台電未來少蓋電廠而已。就是因為能源政策是以服務工業發展為主，所以一直將「確保能源穩定供應」視為首要政策目標。也因此造成各項能源政策措施間相互矛盾的現象。例如能源價格肩負維持產業競爭力的政策任務，導致產業用電價格遠低於民生用電價格；前者大約是後者的七至八成。這種不合理的電價結構，使得愈是耗能的產業可以獲得愈多的優惠補助，因而導致我國的產業結構偏重於高耗能、高污染、高排碳的產業。這種現象不僅有違節約能源的政策目標，而且造成資

源的錯誤配置，也造成環境污染的嚴重後果，離節能減碳的目標更加遙遠。

事實上，由於台灣過去的工業化過程中，偏重於石化、鋼鐵、水泥、造紙等高耗能源、高污染的重化工業之發展，導致台灣環境品質不斷地惡化。工業（不含能源部門）為最大的能源消費部門，在1990-2000年間，其消費量占國內能源總消費量的比重一直維持在45%左右；2000年以後不斷增加，到2010年提高為53.81%。但不知何故，能源局後來變更其能源統計資料，在2012年的《能源統計手冊》中，將2010年的工業部門能源消費占比由53.81%調降為37.13%，而非能源消費占比則由原來的3.83%調升為21.35%。在2012年，工業部門與非能源能源消費則分別占38.16%與20.05%。

在工業部門內，消費能源較多的化工業（以化學材料為主）、非金屬礦物製品業（以水泥為主）、金屬基本業（以鋼鐵業及煉鋁業為主）及造紙業等能源密集產業所消耗的能源占國內能源總消費量的比重，自2001年以來一直高達30%以上（2001年為31.72%，2009年與2010年分別為36.29%與37.04%），但其所創造的實質國內生產毛額（GDP）占全國實質GDP的比重卻都低於4.4%（2001年為3.91%，2009年與2010年分別為3.87%與4.21%）。同樣由於能源局對統計資料的變更，在2012年的《能源統計手冊》中，將2010年能源密集產業的能源消費占比由原來的37.04%大幅調降為20.23%，而2011與2012年則分別為20.89%與20.40%。即使能源局大費周章的刻意調整相關數據，仍改變不了「這些高耗能產業所消耗的能源相當多，但所創造的實質GDP卻非常有限」的事實。

如此能源密集的產業結構，不僅帶來嚴重的環境污染問題，對我國的經濟發展其實也是不利的。因為當國際能源價格不斷上漲時，我國進口能源的支出便不斷的擴增。進口能源支出占我國GDP的比率自2000年以來

不斷增加，2000年占3.88%，2007年突破10%，達11.05%，2008年更飆高到15.49%，2009年雖降回到10.06%，但之後又逐年回升，到2012年為14.55%。以2010年為例來計算，當年進口能源支出占我國GDP的比率為11.73%，而能源密集產業的能源消費占37.04%，等於其能源支出占我國GDP的比率高達4.34%，但其所創造的實質GDP卻僅4.21%！

## 參、因應對策

面對上述這些問題，我們必須導正過去「開源重於節流」的觀念，而建立「節流重於開源」的新觀念。我們認為，台灣必須建立一個「高效率、低污染」的永續發展的能源政策。台灣的能源政策，必須以提高能源使用效率與節約能源的「節流」措施為最優先，以減少污染環境的能源使用。同時，必須製造一個公平競爭的環境，以落能源實自由化與民營化。在「開源」方面，基本上，能源的開發與利用必須與環境相容，以符合永續發展的精神。根據此一原則，台灣必須積極開發風能、太陽能、地熱能、海洋能、生質能、燃料電池…等潔淨能源，並停止興建核四廠，以建立一個非核國家。在產業發展方面，則應以「質」的提升取代「量」的擴增，對於能源密集產業不當的獎助、優惠應予取消，以促進產業結構調整，發展綠色環保產業與知識密集產業。以下分別就永續能源與產業發展策略說明之。

### 一、永續能源策略

#### 1. 提升能源效率，加強節約能源

提升能源效率與節約能源，是國際上公認成本最低，也是最符合永續發展精神的「無悔」(no regrets)策略。我們認為，台灣每年應提高能源效率2%以上。

要提升能源效率與節約能源，各部門可採行的措施很多。在工業部門

方面，應繼續推廣汽電共生，並促進節約能源技術之研究與發展（如燃料電池、冷凍空調技術等）；政府應透過各種獎勵措施，鼓勵民間進行節約能源技術的研發，並積極運用節約能源技術，來達到節約能源之目標。

在交通運輸部門方面，應積極建立健全的大眾運輸系統，以抑制私人運具的快速擴張，並推動採用省能的運具，例如引進燃料電池公車，或獎勵電動車輛之購買等。

在住宅商業部門方面，應積極推動綠建築，建築節能設計技術規範、空調系統耗能係數規範、建築節能標準與標章制度、建築設備能源使用效率檢測體系等，都應加強建立與執行；既有建築物能、低碳化，並優先補助中低收入戶提升住 能源使用效 ，以營造節能減碳居住環境。另應在照明設施方面，推動以省能燈具（如LED）取代白熾燈具。同時，為了落實提升能源效率措施，必須加強教育宣導。

此外，電力部門必須提升現有發電廠的發電熱效率，強化發電機組效能，使我國發電熱效率達到國際水準。

## 2. 積極推動能源事業自由化與民營化，建立有效率的能源市場

能源效率的提升，不僅可以節省能源，而且具有降低污染的效果。因此，能源效率的問題應是我們最優先要解決的問題。一般而言，在沒有外部性時，市場價格機能之運作，最能真正反映能源使用的成本與效率；而在外部性存在時，能源的價格必須反映其社會成本，才能提升能源效率。因此，如何建立公開的能源市場，使價格機能發揮作用，並能真正反映社會成本（外部性），為提升能源效率的重要方法之一。

為了使市場價格機能發揮作用，必須促進市場競爭。而自由化則是促進市場競爭、發揮市場價格機能的必要條件。公營事業民營化通常亦被視為自由化的一部分，而且民營化亦能帶來公營事業效率的改善。不過，民

營化的問題相常複雜，必須經過審慎評估、規劃之後才可執行。因此，能源事業之自由化應優於民營化。真正的能源自由化，一來可以讓市場價格機能充分發揮，而達到提高能源使用效率的目的；二來可以提供足夠的能源投資機會（因為沒有進入障礙），促進能源生產來源多元化，而使能源供應獲得較高的安全保障。在自由化的過程中，我們必須強調掃除特權的重要性。特權乃是落實自由化的最大障礙；只要特權不排除，自由化便無法落實。因此，必須先廢除對中油與台電的特權保障。而輸電系統則應與發電、售電業分離，以消除一家綜合電業特權獨占所造成的無效率，並排除發展再生能源的一大障礙。

## 3. 建構全台智慧型電網及電錶，加強電力需求面負載管理

政府應責成台電，以先進資訊、通訊與電 電子技術建構全台智慧型電網，並全面換裝智慧型電錶，創造一個優質、高效 、服務導向及環保之電力網路 ，提高能源使用效率。並應配合智慧型電網及電錶之建置，檢討修正時間電價制度，降低用戶簽約門檻，使其普及於一般民生用戶，增加可停電力方案，擴大離尖峰價格差距，以縮減離尖峰負載差距，改善負載管理。

智慧型電網及電錶之建置，不但可以改善負載管理，也有助於小型分散式電力系統之發展，減少集中式大型電力系統長程輸電之電力耗損。此外，透過配合智慧型電網及電錶之建置，建立綠色電力市場，推動綠色電價制度，也可以促進綠色再生能源產業發展。

## 4. 調整能源結構，積極開發再生能源，提高能源安全保障

永續發展的能源政策，在「開源」方面，基本上是調整能源結構，增加無碳或低碳能源，而減少高碳能源的開發與使用。在這方面，歐、美、日等高所得國家大多以提高再生能源與天然氣發電的比重為主，而降低燃煤與燃油發電的比重。

再生能源不僅是「取之不盡、用之不竭」的永恒能源，而且是對環境友善、符合永續發展所需的無碳潔淨能源，故可稱為「永續能源」。這些永續能源具有多方面的效益。在能源方面，它們是真正在地的自產資源，可提高能源自主性，並促進能源多元化，而增強能源的安全保障（energy security）。在經濟方面，它們可以創造投資機會，建立新的產業，並創造許許多多的就業機會。在環境方面，它們是環境友善的無碳潔淨能源，可以有效地減少溫室氣體排放與酸雨等環境污染。因此，積極發展綠色潔淨的再生能源，才是邁向永續發展應走的康莊大道。

如前所述，台灣的再生能源蘊藏非常豐富，無論風力、太陽能、生質能、地熱或是海洋能，都具有雄厚的開發潛能。尤其台灣發展太陽能發電的條件與潛力遠優於高緯度的德國與日本（目前發展太陽能發電最積極的國家），且七、八月高峰用電期間正是台灣太陽能發電可以發揮最大效率的時候，也就是說太陽能在夏季尖峰用電期間最來電，發揮的邊際效益最高。而地熱則完全不受天候條件的影響，供電穩定性非常高，更值得開發利用。

台灣的再生能源蘊藏充裕，要在 2020 年之前大量取代傳統能源，譬如將其占發電系統比重由 6.0% 提高到 20% 以上（還遠低於德國 2020 年的 30%）並不難，是政府要不要做，以及有無決心與魄力的問題。這些綠色再生能源若能充分開發利用，不但可提高我國能源供應的獨立自主性與能源的安全保障，進而增強經濟安全與國家安全。發展綠能也可創造出一項重要產業，有助於改善產業結構，提升我國產業競爭力，並創造許許多多的就業機會，正足以壯大台灣。

為了積極開發再生能源，有必要採取下列再生能源發展策略：

- (1) 排除障礙：決策者應先清楚認知，發展再生能源是本世紀的國際潮流，也是壯大台灣的必要政策；其次，政府應積極協助業者排除發展再生能源之各項障礙，並取消對傳統能源的各種補貼。

- (2) 立法獎勵：「再生能源發展條例」是獎勵發展再生能源的法源基礎，但目前的再生能源發展條例仍存在諸多問題，包括收購價格的制定方式、由綜合電業者（台電公司）收購電力的程序、基金收取方式、繳交基金之費用得附加於其售電價格上完全轉嫁給消費者…等。因此，「再生能源發展條例」必須修訂，而且相關子法也應儘快完成制定。
- (3) 創造市場：政府應積極推動再生能源「2020 計畫」，在 2020 年之前完成 20 萬太陽能屋頂計畫（裝置容量約 600~800MWp）與 20 億瓦（2000MW）風力發電計畫，並達成綠色再生能源發電占總發電量的 20% 以上之目標。

## 5. 積極推動綠色稅制改革

由國際上各先進國家對溫室氣體減量的因應策略及節能減碳的經驗，我們不難發現，各國除了採取提升能源效率及節約能源、調整能源結構及產業結構等策略外，還透過立法手段，運用配套的政策工具，來推動落實這些策略。因此，與綠色稅制改革相關的法案，如「再生能源發展條例」、「能源稅條例」及「溫室氣體減量法」等，有必要積極推動，早日完成修法或立法。而這些法案則須以改善產業結構、調整能源結構、提升能源效率，以達成節能減碳之目標為其主要的立法目的。

- (1) 再生能源發展條例：現行的「再生能源發展條例」必須儘速修訂，而且相關子法也應儘快完成制定，以利國內積極開發及利用再生能源。
- (2) 能源稅條例：能源稅（綠色環境稅制）的實施，不僅可使污染環境的外部成本內部化，以促進能源結構與產業結構調整，也是促使能源價格合理化，以達成節約能源目標的最佳手段。因此，能源稅條例的制定可說是台灣落實永續發展的能源政策之關鍵。

此條例之制定目的，應是為了綠色稅制改革，將環境外部成本內部化，而不是為了加稅，故應秉持稅收中性原則，明定所徵收能源稅淨額用於提高綜合所得稅之薪資所得免稅額、調降營利事業所得稅（或企業負擔勞工勞保的比率）及獎勵研究發展（如節約能源、再生能源、二氧化碳減量技術之研究發展）等，以落實促進經濟發展與改善自然環境品質之「雙重紅利」（double dividend）效果。同時，為避免重複課稅，應明定施行期間停止課徵貨物稅油氣類課稅項目及公路法第二十七條汽車燃料使用費，而將這些稅、費納入該條例的課稅項目內。能源稅之課稅項目及其稅額，則應以能源熱值與含碳量為課稅基礎，採從量課徵，逐年調增。

- (3) 溫室氣體減量法：溫室氣體減量法與能源稅條例具有同樣的功能，一方面可使污染環境的外部成本內部化，以促進能源結構與產業結構調整，一方面可促使能源價格合理化，以達成節約能源的目標。兩者可以分別實施，也可搭配實施。

此法應明定我國的減量基準年與目標年，政府應實施溫室氣體總量管制，分階段訂定減量目標，並將應削減溫室氣體排放量分配中央目的事業主管機關，且於本法施行後三年內建立碳排放權交易制度。可參考英國部分核配量進行拍賣之方式，中央主管機關應保留各階段預定核配量之部分額度（如 15%）公開拍賣釋出，拍賣淨所得繳入國庫統籌運用，部分額度（如 15%）保留給新廠商，其餘部分用於排放量核配。

## 6. 2020 年前告別核電，實現非核家園理想

基本上，台灣並沒有發展核能的條件。核能發電是不安全、不永續、不經濟的能源。2011 年 3 月 11 日日本福島核災已充分曝露出核能發電的不安全性，也徹底粉碎了「人定勝天」的神話。基於核能發電是不安全、

不永續、又不經濟的能源，而且逐步達成「非核家園」目標又是朝野的共識，早已明定於 2002 年 12 月完成立法的环境基本法第二十三條條文中，我們認為台灣應在 2020 年前告別核電，達成建構「非核家園」的目標，才能保安台灣。

那麼，不僅既有核電廠不可延役，更應提早除役，而核四廠是「拼裝又泡水」核電廠，比核一、核二、核三廠的核安問題更令人擔憂，則不可填裝燃料、不可商轉，但可將其作為核能發電展示館。核電廠在運轉超過 25 年後，其機件、管線等老舊、銹蝕問題，將會造成較高的核安風險；而美國 19 部已停機及除役的核能機組之平均運轉時間僅約 20 年（遠少於 25 年），就是因考量核安風險升高，導致成本增加，而提早除役。但台灣既有核電廠的營運執照卻長達 40 年；而核一、核二、核三廠都已運轉超過 25 年，全都進入核安高風險階段，在電力充裕、無不足之虞的情況下，實應提早於 2020 年之前除役。

事實上，依能源局的資料，台灣自 2008 年以來的電力備用容量率都超過 20.5%，而核能發電的裝置容量僅占 10.5% 至 11%；這表示即使把三座既有核電廠全部關閉，還有 10% 以上的合理備用容量率，台灣並無缺電的問題。再加上前述 5 項具體措施若能落實，一方面節能有成，一方面開發綠能有方，則在 2020 年前告別核電絕對可行，也不會有「缺電、限電危機」。

## 二、產業發展策略

### 1. 調整產業結構，邁向低碳經濟

基於永續發展的理念，台灣必須改變過去不良的發展型態，調整產業結構，朝低耗能、低耗水、低排碳、高技術、高知識密集的方向，發展低碳經濟。台灣今後的產業發展必須以「質」的提升取代「量」的擴增，建構一個低碳的經濟體系。

首先，應積極調整產業結構，促使能源需求與經濟成長脫鉤。由於消費能源最多的部門是工業部門，而且工業部門內產業結構又偏向高耗能、高污染、高排碳的能源密集產業，導致歷年來台灣的能源需求隨著經濟成長而不斷增加，兩者亦步亦趨。因此，要有效的節能減碳，必須設法讓能源需求與經濟成長脫鉤。而調整產業結構則是促使能源需求與經濟成長脫鉤的有效且必要的手段。

因此，我們認為應取消對能源密集產業的獎勵與優惠，包括水、電的優惠，並推動綠色環境稅制（如能源稅），使污染環境的外部成本內部化，以促進產業結構調整，緩和能源密集產業的成長，而利於低能源密集產業的發展。如此將可促使能源需求增加的速度低於經濟成長的速度，甚至能源需求減少但仍維持適度經濟成長（即兩者脫鉤的情況）。

## 2. 發展綠色環保產業

目前國際上環保意識高漲，綠色風潮席捲全球，消費者對綠色產品的要求愈來愈高，二十一世紀乃是綠色環保的世紀。為了改善地球的環境品質，維護自然生態體系，國際間已簽署多項公約，例如蒙特婁議定書、氣候變化綱要公約、華盛頓公約、巴塞爾公約、生物多樣性公約等，並對未遵守公約規範的國家採取貿易制裁的懲罰措施。台灣是個貿易導向的海洋國家，對外貿易依存度非常高，根本禁不起國際上的貿易制裁。因此，台灣必須遵守各種國際公約的規範。為了迎合世界潮流，為了善盡地球村之一員的責任，也為了本身環境品質的改善，台灣必須努力發展綠色環保產業，生產綠色產品。

前述再生能源產業即屬綠色環保產業。而對於生態旅遊服務業、農林漁牧休閒產業、非核潔淨能源產業、節能產業、綠色運輸及綠建築等綠色環保產業，政府亦應給予獎助。同時應透過綠色標章與綠色採購制度，鼓勵綠色消費，來帶動綠色環保產業之發展。

## 3. 發展知識密集產業

台灣是一個開放型的海島經濟，對外貿易依賴度非常高，以致國際貿易的盛衰乃成為影響台灣經濟發展的最主要因素。因此，台灣的產業發展策略必須具有國際觀，就台灣在國際上所居的地位，根據比較利益（comparative advantage）原理，依其相對優勢之所在，決定未來產業發展的方向。台灣地窄人稠、水資源不足、耗竭性能源（煤、油、天然氣等）匱乏，基本上就不適宜發展高耗水、高耗能的污染性產業。現在已進入資訊化的時代、數位經濟的社會，衛星通訊發達，網際網路普及，腦力（brain power）產業興起，「速度」與「創新」已成為促進產業發展的最主要因素。而台灣的教育普及，國民的教育程度普遍都很高，勞工素質亦高，技術人力之培育並不困難，致使台灣居於發展高知識密集產業的有利地位。這就是台灣比較優勢之所在。因此，台灣應致力發展低耗能、低污染、高知識密集的產業，以建造一個「綠色矽島」。對於生物科技產業、數位內容產業以及文化創意服務業等知識密集產業，政府應積極協助發展。

## 肆、結語

台灣是傳統化石能源極為匱乏的國家，自1990年以來，能源進口依存度都超過97%。但台灣的能源結構卻偏向高含碳的化石能源及高危險性的核能。而在過去的工業化過程中，獎勵發展能源密集產業，不但不符合「比較利益」原理，也對台灣環境造成重大的衝擊。台灣的能源發展與產業發展，都違背「永續發展」的精神。因此，台灣的能源政策與產業發展政策，都必須改弦易轍。

基於「永續發展」的理念，我們認為台灣必須建立一個「高效率、低污染」的永續發展的能源政策。我們必須揚棄過去「開源重於節流」的觀念，而建立「節流重於開源」的新觀念。今後必須朝低碳或無碳的方向調整，發展綠色再生能源，並放棄高危險性的核能。台灣的再生能源蘊藏非

常豐富，無論風力、太陽能、生質能、地熱或是海洋能，都具有雄厚的開發潛能；要在 2020 年之前大量取代傳統能源，使其占發電系統比重達到 20% 以上並不難，是政府要不要做，以及有無決心與魄力的問題。台灣也可在 2020 年前告別核電，達成建構「非核家園」的理想目標，問題也只在政府的一念間。

台灣的產業結構偏向高耗能、高污染的能源密集產業，今後必須朝低耗能、低排碳、高知識密集的方向調整。今後的產業發展，必須以「質」的提升取代「量」的擴增，積極發展低耗能、低污染的綠色環保產業與高知識密集產業，以建構一個低碳的經濟體系。



第三場 3：30-4：10

由生態足跡談國土永續利用

講者：李永展 / 社區營造學會理事長

## 由生態足跡談永續發展

### 摘要

越來越多政府部門、組織與社區採用生態足跡分析做為衡量永續發展研究的核心指標，但不同的生態足跡研究路徑導致這個分析方法的破碎與分歧。為確保生態足跡結果的可信度與一致性，及實現其做為永續未來之觸媒的有效性，全球生態足跡網絡（GFN）倡議透過委員會形成共識以發展生態足跡應用的準則。故此，在以趨近世界共通標準與反映真實足跡的原則下，本研究採取由 GFN 所公佈、Wackernagel 等人發展的最新版生態足跡估算方法，進行 2004 年台灣生態足跡的追蹤。

由於估算方法的調整，本研究結果首次突顯了二氧化碳排放所造成的足跡壓力。2004 年台灣生態足跡為 6.718 全球公頃 / 人，總生態足跡相當於 42 個台灣，其中二氧化碳排放所需之碳吸收地面積達 2.295 全球公頃 / 人，這意味著即使台灣島上全部種滿了樹，也需要 14 個以上的台灣才足以完全吸納。對應於日益惡化的全球暖化問題，藉由生態足跡的路徑，可更明確地將問題的嚴重性予以揭露並且被理解，而這也是生態足跡做為永續性衡量工具最主要的功能之一。

透過足跡計算方式與屬性分類的調整，生態足跡將更能夠對於永續性衡量提供更精確的分析路徑。調整後本研究所估算之 2004 年台灣生態足跡雖仍不免有低估的問題，但卻提示了在以往計算方式中被隱匿或忽略的，極為關鍵的永續性危機。

本文曾發表於「98 年度行政人員生物多樣性推動工作研習班」，行政院農業委員會生物多樣性推動小組，2009/11/03，係整理自「台灣生態足跡趨勢之分析與比較」（第二年度）」，九十五年度行政院農業委員會農業管理計畫（計畫編號：95 務管計畫 4.2- 保 -）。

### 壹、前言

在永續發展的思潮下，Wackernagel & Rees 將生態經濟學為基礎的容受力分析，轉換成較容易理解的生態足跡概念。生態足跡是以生物生產力土地估算特定人口或經濟體的資源消費與廢棄物吸收之面積；亦即只要有任何物質或資源被消耗，就必須要從另外一個或數個生態系中提供一些土地，這些土地負責提供與這些消費有關的資源或廢棄物分解的功能（Wackernagel & Rees, 1996）。此即意味著生態足跡的大小與環境衝擊成正比，足跡越大，環境衝擊也越大；而足跡的大小與每人可使用的生物生產力土地面積成反比，足跡越大，每人可使用的生物生產力土地面積也就越小。

生態足跡分析是估算一特定時間點上人類社會的消費型態及水準對自然資源與自淨能力的依賴程度，並比較該社會所在地區之生物生產力可利用量，以判斷是否超限利用。由於永續與不永續是人類社會經濟體與生態系統間互動後所呈現的狀況，藉由生態足跡時間序列的分析方式，可以呈現人類社會經濟體的消費與生產活動對生物生產力的需求程度、以及對生物生產力供給能力的影響。

根據生態足跡所具有之做為永續發展的指標、永續發展的檢驗工具、生態環境的持續性追蹤之功用，我們可以發現生態足跡為研判人類消費規模是否超過生物圈的再生能力，以及估算其超過的程度。由於生態足跡同時衡量實體經濟規模與顯示超限利用，以及生態足跡具有聯結社會經濟代謝與土地利用的功能，故可做為評量社會經濟代謝不永續的一種方法。再者，建構在永續發展的理念下將其定義為：「在未永久減損某個集居地人口維生生態系統的生產力下，該集居地所能永久支持的最大人口數」（李永展、陳安琪，1999）。

雖然生態足跡分析的應用仍屬起步階段，但其觀念卻廣為各界接受，許多研究學者與單位紛紛投入這個領域進行研究，利用此一工具或觀念進

行評估國家、區域、或地方的環境衝擊研究，也有越來越多政府部門、組織與社區採用生態足跡分析做為衡量永續發展研究的核心指標。然而隨著生態足跡應用的增加，不同的生態足跡研究路徑導致這個分析方法的破碎與分歧，這將使生態足跡分析法藉由應用產生結論而達成一致性與可比較性結果的能力降低。

生態足跡的價值在於它是一個可信的永續衡量，因此它不僅仰賴這個分析工具的科學客觀性，同時它也需要藉由分析來持續進行應用。而它更仰賴一個溝通分析結果的方法，那就是不扭曲或者不誤釋研究發現，並持續對此工具進行科學檢視。因為確保生態足跡結果的可信度與一致性將可以鼓勵更廣泛地運用，並增加其做為實現永續未來的觸媒之有效性。

故此，全球生態足跡網絡（GFN）倡議透過委員會形成共識以發展生態足跡應用的準則，以達成以下兩項重要目標：

- 為生態足跡方法論建立一個科學檢證過程。
- 建立應用與溝通標準。

在這個目標之下，委員會於 2005 年春天開始運作，而委員會的組成包含參與此網絡的組織、學術代表、政府、NGO 組織及顧問公司。其中國家估算委員會（National Accounts Committee）的任務為支援持續改進生態足跡國家估算的科學基礎，提供將生物生產力土地與海洋資源轉換為量化的轉換數值。這些轉換數值對任何尺度的生態足跡應用提供參考資料的服務。而應用標準委員會（Application Standards Committee）則致力於發展準則與運用策略，以確保生態足跡成為一種穩定且適當的方法，使其得以運用在所有主要領域、多樣尺度並能夠進行長時間的追蹤。溝通標準委員會（Communication Standards Committee）則以發展準則，確保生態足跡分析結果得以被確實的傳達為主要工作。

而在此架構中，生態足跡的創始人以及該領域的主要領導者 Wackernagel 與其他研究者於 2005 年提出了生態足跡的新計算方式，根據新版的計算方法，Redefining Progress (RP) 所估算的國家生態足跡結果，顯示人類對大自然所造成的足跡負荷，比先前版本估算的情況更糟。以全球的尺度而言，人類超支生態限制達 39%，幾乎是 2004 年該機構所做研究的二倍；這意味著，以目前的消費水準，我們至少需要 1.39 個地球才能確保未來世代過得跟我們現在一樣。以國家的層級來說，阿拉伯聯合大公國、科威特及美國是超支生物容受力最多的三個國家。以洲別區分，西歐與北美造成了最大的生態足跡同時也帶來生態平衡的負面衝擊。至於非洲、拉丁美洲與其他較低消費型態的區域則與生態足跡有較小的關連，同時也對生態平衡有著正面貢獻。由於新版本對於碳循環與建成區域有更細密的估算，因此該研究也發現，使用化石燃料較多以及較高度都市化的國家，是造成生態赤字的主要禍首（Venetoulis & Talberth, 2005）。

在國際主要機構與人員積極為生態足跡研究之有效性與一致性進行整合之際，為使台灣生態足跡的估算結果更能精確估算真實足跡並與其他國家進行有效比較，本研究將重新評估台灣生態足跡的計算項目，進行 2004 年台灣生態足跡的追蹤，以更真實反映台灣的生態處境。

## 貳、新版生態足跡估算方式

Wackernagel 與其他研究者於 2005 年所提出的新版計算方式，和以往的計算方式相較，其差別為：(a) 生物容受力估算包含地球的全部表面積；(b) 為其他物種保留某個比例的生物容受力；(c) 改變碳分離率的前提；(d) 採取淨主要生產力 (net primary productivity) 做為生態足跡等值因子的基準（Venetoulis & Talberth, 2005）。

在 GFN 出版的《2006 年版國家足跡估算》所提供的生態足跡估算方法中，針對此估算方法所確立的前提為（GFN, 2006a）：

1. 人類大部分消費的資源與產生的廢棄物可以被追蹤紀錄。
2. 大部分的資源與廢棄物流動可以根據生物生產地區足以維持其流動的觀點被測量。而不能被測量的資源與廢棄物流動被排除在這個途徑之外，將導致真實生態足跡的系統性錯估。
3. 藉由估算每個地區之生物生產力的比例，不同型態的地區可以被轉換成一致的單位——「全球公頃」(global hectares)，並與世界平均生產力相比較。
4. 因為每年採取統一的單位，表示其生物生產力的總和可以被加總起來，以取得一個整合性的生態足跡或生物容受力指標。
5. 人類的需求以生態足跡表達，可以直接與以「全球公頃」表示的自然供給、生物容受力做比較。
6. 當一個生態系超出其再生容受力，顯示該地區的需求超出其供給；當地的生態足跡超出可取得的生物容受力，這種情況便意味著超支。

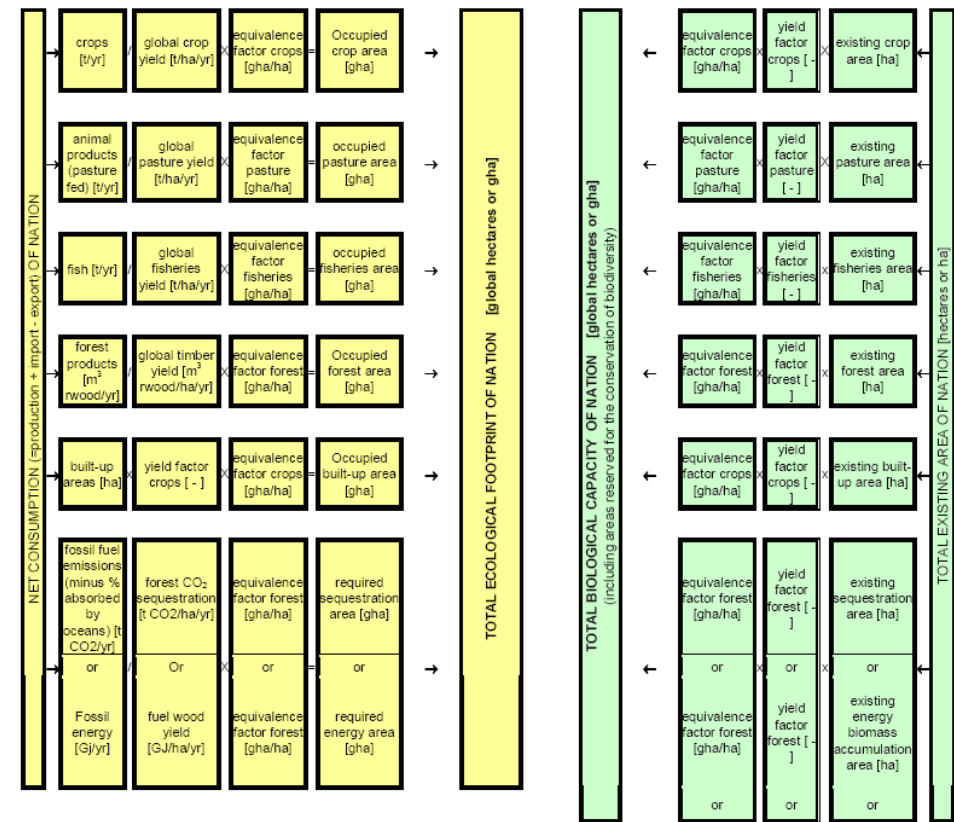
### 一、生態足跡之架構與計算流程

這些前提說明生態足跡分析方法的功能、應用及其限制，此一特殊的研究工具將可帶領我們評估人類多樣性活動所造成的資源消耗與廢棄物生產和生態之間的關係，並在此前提下，進行架構與計算項目的調整。Wackernagel 等人於 2005 年所發表的「國家生態足跡與生物容受力估算 2005 年版：基礎計算工具」(National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method)<sup>註1</sup>一文，將生態足跡與生物容受力的架構及計算流程表達如下：

在這個架構中所呈現的生態足跡組成，將人類的消費與廢棄物生產分為農作物、動物產品、魚類、森林生產、建成區域及化石能源之二氧化碳

排放(或化石能源)。該圖說明生態足跡的計算流程，乃是將各項消費除以該項土地使用型態之生物生產力，再乘以等值因子，即可得出該項消費佔用該項土地之面積。以農作物為例，該年之生態足跡即為農作物(公噸/公頃)除以全球農作物生產(公噸/公頃)，再乘以農作物的等值因子，

圖 1 生態足跡與生物容受力之計算架構



資料來源：Wackernagel et al., 2005

即可估算出農作物消費所佔用的土地(公頃)。最後再加總這六項組成，即為該年度全球之生態足跡。

而提供這六項消費和吸收廢棄物生產所對應的土地使用類別則為耕地、牧草地、漁場(包含海洋和內陸)、建成地及碳吸收地，此一組成關

註一：本文公佈在 GFN 之官方網站，為該網絡之官方文件

係中，消費和廢棄物生產與土地型態之間的歸類標準為（Wackernagel et al., 2005；GFN, 2006a）：

### 1. 耕地

種植農作物以做為糧食、餵養動物、纖維以及油脂需求的耕地，這類土地型態每公頃生物生產力的最大平均值。根據 FAO 的估計，2003 年全世界大約有 15 億公頃的耕地。

此一估算並不紀錄人類長期活動所造成的耕地生產力降低，例如土壤惡化、腐蝕或鹽化。雖然這些過程將反映在未來生物容受力的衰退，但目前這個衰退並無法明確指向是由於人類活動所造成的惡化。

### 2. 牧草地

畜養動物以提供肉類、皮革、羊毛及牛奶，包括提供畜養使用的耕地、牧場。在計算家畜生產的牧草地生態足跡時，為避免重複計算，採取簡化之方式，減去供畜養使用的其它來源。

即加工與衍生的生產（例如酪農業等）將等值於主要生產，故牧草地需求總數為家畜生產所使用的牧草地總量。根據 FAO 的估計，2003 年全世界大約有 35 億公頃的自然與半自然的草地和牧地。

### 3. 漁場

提供漁獲和其他海產生產所需的乾淨水域以及海洋漁場。超過 95% 的海魚捕撈位於大陸棚，排除難以到達或不具生產力的水域，總共有 19 億公頃。大陸棚以外的海洋區域通常被排除在生態足跡的計算之外，內陸水域則包含 4 億公頃可取得的漁場。

從 FAO 取得的資料估算，漁場每年可供應的數量為 9300 萬公噸，通常這個計算包含供人類消費與供魚類食用。

### 4. 森林區域

收穫木材生產與燃料木材所需的自然或人造森林。全世界可取得的森林地約有 39 億公頃，此一森林生產力的估算使用相當多的資料來源，主要是 TBFRA 以及 GFSM。圓材與燃木消費根據以下四個過程的生產——鋸木、木板、紙與硬紙板、紙漿。

### 5. 建成地

供住宅、運輸及工業生產的設施佔用構成建成地。建成地的全球公頃為 2 億公頃，建成地可能取代耕地，就如同人類早已因移動優勢而佔據一個國家最豐饒的區域。

用來提供水力發電的水壩與水庫併入建成地計算。

### 6. 碳吸收地

人類以多種方式增加二氧化碳至空氣中，包括燃燒化石燃料，一些自然循環可從空氣中消除二氧化碳，包括海洋吸收以及植物的光合作用。

計算化石燃料消費的生態足跡藉由估算需要多少生物生產地以吸收人類經濟活動所造成的廢棄物生產。在這個計算中，每年大約有 18 億公噸的碳被海洋吸收，在吸收中對海洋生物容受力可能的負面影響並未被包含在內。除了海洋之外，森林也是吸收碳排放的生物生產地，但其容受能力因森林的完善度與構成狀況而有所不同。

## 二、生態足跡計算方式調整項目

在生態足跡之實際運算上，根據 Wackernagel et al. (2005) 的研究所提出之生態足跡計算方法，與以往之計算方式相較，其主要調整重點為：

## 1. 簡化主次要生產的計算

主要生產指的是特定地區的初級產出，包括耕地、牧草地、森林中行光合作用而生長的穀類、水果、蔬菜、供家畜食用的飼料以及圓材等。對漁業而言，則指從海洋或內陸漁場捕獲且未經加工處理的水產。這些產品的生態足跡計算方式為：

$$\text{生態足跡 (gha)} = \frac{[\text{生產} + \text{進口} - \text{出口 (tons)}]}{\text{全球生物生產力 (tons/ha)}}$$

次級生產為從主要產品衍生出來的商品，包括肉類、牛奶、紙類及養殖漁類。當主要生產的生態足跡已經被計算過，次要產品的足跡將視同為主要產品足跡的一部份，僅被生產而未進行貿易的次級產品之生態足跡，將包含在其原產品的足跡計算中。

## 2. 建成區域與水力發電的足跡估算

生態足跡假定人類的居住與設施通常都是佔用農業豐產地，某些聚居區域已經完全被覆蓋，其他區域則仍具有生物生產力，例如花園或公園等。包含在這些區域的生態足跡根據它們之前的農業生產力，因此建成區域等同於它所取代的耕地總量，故使用耕地生物生產力調整它的生產力。其計算公式為：

$$\text{建成地生態足跡 (gha)} = \text{區域建成面積 (ha)} * \text{建成地等值因子 (gha/ha)} * \text{耕地生物生產力 (-)}$$

由於被水力發電水庫所淹沒土地之高度變化，以及其分佈建檔資料的缺乏，這個部份採用全球平均等值因子 1.0（生物生產力亦為 1.0），並

以一個穩定轉換因子轉換該地所使用的能源。此淹沒地區每公頃能源生產的假定比率，取自全球 20 個最大水壩的常數（WWF, 2000）。對一些使用水力發電的多山國家，例如紐西蘭與挪威，則降低十倍足跡，這是為了反映多山國家需要較少的淹沒區域。

$$\text{水力發電區域生態足跡 (gha)} = \frac{\text{能源 (GJ)}}{\text{常數 (GJ/ha)}} * \text{水力發電區域等值因子 (gha/ha)}$$

## 3. 化石能源的生態足跡

不同於農作物、森林生產、動物生產與魚類的生態足跡計算採取直接明確的方法，化石能源與核能發電的生態足跡必須以非常不同的方式予以估算。Wackernagel et al. (2005) 所提出的問題是：「需要多少再生的容受力以維持人類經濟活動所消耗的化石燃料？」對於這個問題的回應分別來自兩個不同的觀點：自然資本或廢棄物的觀點。

### (1) 廢棄物吸收

二氧化碳吸收地的足跡估算方法為，藉由造林需要增加多少生物生產力區域以隔離空氣中的二氧化碳。吸收地的計算需減去三分之一由海洋吸收的排放量（IPCC, 2001），這個路徑的計算方法為：

$$\text{吸收地面積 (gha)} = \frac{\text{CO}_2 \text{ 排放量 (tons)} * (1 - 1/3)}{\text{吸收率 (tons/ha)}}$$

這個路徑的估算方式並非暗示二氧化碳吸收地是氣候變遷的解方，而

是指出需要多大的世界以處理空氣中的二氧化碳排放。如此一來，它界定了吸收二氧化碳不可或缺的土地面積，因為時間的限制，也決定了生態吸收的空間潛力（因為造林的速度趕不上吸收容受力損失的速度）（House et al., 2002）。二氧化碳的排放資料可從 CDIAC (1999) 與 IEA (2001) 等多樣管道取得。

## (2) 生物質量 (biomass) 代換

生物質量代換的計算路徑為，取代化石燃料所產生的等值能源需要多少燃木區域。燃木在歷史上對大多數社會而言是支配性燃料，並且是生物圈中，不需經人類變異的主要燃料。採替代性生態燃木以降低對空間的要求是可能的，但沒有人為介入活動與工業過程將無法發生。

很明顯地，如果替代以較高生產力利用方式，將足以取代燃木並因此降低足跡。燃木生產率等同於圓材的生長率，再乘以擴張因子後，可計算出需要增加多少容受量供燃料使用。

足跡面積 (gha) =

能源 (GJ) / [ 圓材生產力 (GJ/ha) \* 擴張因子 (-) ]

如果森林經營做為燃木使用，將取得較高的生產力從而降低足跡規模。

## 4. 核能發電的生態足跡

核能非常不同於足跡組成的其它部份，因為它所產生的廢棄物非常少，然而它的問題在於安全，因為核廢料經長期儲存仍無法分解。有一種觀點認為核能發電不應納入足跡計算，以維持邏輯上的一致性，因為如何將吸收有毒放射物質的土地量化，完全在生態足跡估算的框架外。當然，這樣的排除並非暗示核能發電不會對環境造成影響，而是指出核廢料完全不同於如二氧化碳等可以透過生態過程被吸收的廢棄物。

但我們仍然不可忽視，核能對許多國家所造成的高度生態干擾，這個路徑將生態足跡計算納入核能發電並把它視為化石燃料。因為長期來看，假如人類不想冒在生物圈中不斷增加有毒輻射物質的風險，核能發電必須被逐步淘汰（此計算路徑提供使用者排除計算核能發電的選擇）。

其他量化核電足跡的方式也是可被理解的，例如，藉由估算歷史前例以推算一旦發生危險將對環境造成多大範圍的影響。或者，另一種論點則基於風險估算，一旦發生意外，將會佔用多少生物生產力區域。

## 5. 包含在貿易中的能源與資源

為了估算一個國家的消費足跡，其國內的生產足跡必須藉由資源與廢棄物的進出口予以調整。被交易的次級資源將轉換回包含在商品與服務的主要資源。

計算資源貿易的路徑有兩種方式：主要資源（例如小麥、木材、漁獲）可根據 FAOSTAT 資料直接追蹤計算，採用 FAOSTAT 資料的原因是它以一致的單位紀錄生產、進口與出口。

包含在貿易商品的資源，諸如包含在進口鞋中的皮革與穀物飼料，或者包含在進口手機中的電力，採用聯合國統計部門商品貿易（UN Statistical Department COMTRADE）的全球貿易基礎資料，被包含的資源將增加在主要資源的貿易流動。

被包含的能源數據取自能源主要文獻和斯德哥爾摩環境機構所估算的平均值。能源轉換為二氧化碳吸收，採用出口型生產國家其國家的燃料混合數據，以及世界為進口而使用的混合燃料的平均值。

## 參、台灣生態足跡評估項目與架構

上一章節介紹了 GFN 所提供的足跡計算方法，在本章節中，將其進一步應用在台灣生態足跡的計算上。在可取得最新資料的限制下，我們針對 2004 年的資料進行估算與分析。

## 一、評估方式與項目修正

為使台灣生態足跡之計算能更趨近全球一致的基礎，本研究在有效取得資料的可能範圍內，進行計算方式與項目的調整。與本研究之前所採取的計算方式相較，進行下列修正：

### 1. 簡化糧食分類與項目

根據避免重複計算以及穩定性原則，本研究將以往採列舉方式的糧食計算，依據聯合國糧食與農業組織（FAO）統計與農委會《糧食供需年報》中長期統計項目相互參照並進行簡化，以確保取得資料來源的一致性，並利於進行長期追蹤。

調整後，耕地部分之糧食項目包括：穀類、薯類、糖及蜂蜜、子仁及油籽類、果品類。牧草地部分之糧食項目為：肉類與油脂類。另將海洋部分調整為漁場，即包含海洋及內陸部分，而相對應的糧食項目則從漁產擴充為水產項目。

此外，本研究並根據 FAO 所發表的《Summary of World Food and Agriculture Statistics 2005》、《The State of Food and Agriculture 2005》及《FAO Statistical Yearbook 2005/2006》等資料，計算世界糧食與木材生產之生物生產力平均值（公斤 / 公頃）為轉換率，以取代之前較早之資料，俾使更能趨近真實的生態足跡。

### 2. 以耕地生物生產力修正建成地生態足跡

在建成地生態足跡的估算方面，以往的做法乃將都市計畫土地與非計畫土地中用於居住與設施項目之面積予以加總，所得之面積除以全國人口數，即求得建成地的生態足跡。但根據全球生態足跡網絡所提供的計算方式，本年度建成地的計算，除以等值因子進行修正外，將再以耕地生物生

產力的轉換數值予以調整。

### 3. 水力發電併入建成地計算

以往的生態足跡組成中，忽略水力發電所造成的足跡規模，而根據 GFN 所提供的計算方法，我們首次把水力發電納入估算，並將計算結果，併入建成地的生態足跡規模。

### 4. 以二氧化碳吸收路徑計算能源足跡

針對能源生態足跡的計算，本研究以前採取的方式為：以消費化石能源換算重建自然資本所需土地面積，然為更明確回應二氧化碳排放的全球議題，本年度將以二氧化碳吸收地的足跡估算方法，估算能源項目的生態足跡。此外，由於採行二氧化碳吸收地的分析方式，因此核能發電之足跡估算將不顯著。

### 5. 採取原路徑進行包含在貿易中的資源與能源足跡的計算

由於本項目之計算相關資料的缺乏以及計算方式尚未明確，因此本研究將延續過去的計算方式計算商品消費之足跡狀況，但計算項目則根據可取得之最完整資料，由經濟部統計處所出版的工業生產統計資料中，擇取以公噸為計量的項目，並採銷售數量為計算基準，進行估算。

## 二、台灣生態足跡組成架構

根據上述評估項目與計算方式之調整，台灣生態足跡的組成架構可表示為表 1，其分類方式用於說明台灣生態足跡的組成，包含糧食、木材、能源、居住與設施用地與貿易產品之計算，以及每個分類的組成項目，其細部項目與屬性如表 2 之詳列說明；至於構成生態足跡之消費與生物生產力土地矩陣，則可表示為表 3：

表 1. 台灣生態足跡組成

糧食生態足跡	農作物
	畜牧
	漁產
木材生態足跡	圓材
能源生態足跡	化石燃料
	燃煤
	核能*
建成地生態足跡	居住與設施用地
	水力發電
商品生態足跡	工業產品之銷售

\* 本研究採二氧化碳排放估算路徑，核能足跡將不顯著。  
資料來源：修改自 Wackernagel et al., 2005

表 3 生態足跡之消費與生態生產土地矩陣

	耕地	牧草地	森林	漁場	建成地	能源地
糧食消費	○	○		○		
木材消費			○			
能源消費			○			
商品消費						○
居住與設施					○	
水力發電					○	

#### 肆、2004 年台灣的生態足跡

根據上述分類與計算方式的調整，本研究將進行 2004 年台灣生態足跡的計算。而支持本研究進行計算分析之資料來源，糧食與木材之生物生產力計算基準，取自 FAO2004/2005 年統計數據；而本國消費狀況，糧食部分為農委會出版的《93 年糧食供需年報》；木材部分的生產資料來源為農委會《93 年農業統計年報》，進出口資料則來自農委會「台灣農產品外銷網」的統計；能源部分的二氧化碳排放資料，取自國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 的統計；建成地部分，都市計畫

表 2 修正後台灣生態足跡計算項目表

分類	項目	屬性
糧食	穀類	耕地
	薯類	耕地
	糖及蜂蜜	耕地
	子仁及油籽類	耕地
	果品類	耕地
	肉類	牧草地
	油脂類	牧草地
	水產類	海洋與內陸水域
	木材	針葉樹
闊葉樹		森林
薪材		森林
枝梢材		森林
竹		森林
能源	CO2 排放	森林
居住與設施用地	都市土地住宅區	建成地
	都市土地商業區	建成地
	都市土地工業區	建成地
	非都市土地公共設施	建成地
	非都市土地建築用地	建成地
	非都市土地特定目的事業用地	建成地
	非都市土地遊憩用地	建成地
	非都市土地交通用地	建成地
	非都市土地窯業用地	建成地
	水力發電	建成地
貿易商品	礦物	能源地
	紡織品及紡織製品	能源地
	鋼與鐵	能源地
	化學及有關工業產品	能源地
	塑橡膠及其製品	能源地
	機器及機械用具	能源地
	光學、精密儀器及其零件	能源地
	飲料	能源地



土地資料來源為行政院經建會出版的《93年都市及區域發展統計彙編》，非都市計畫土地則援引自農委會《93年農業統計年報》，水力發電資料根據經濟部能源局的《93年能源統計年報》；貿易商品資料為經濟部統計處出版的《93年工業生產統計年報》。

## 一、糧食消費之生態足跡

糧食消費的生態足跡計算方式為：

$$\text{生態足跡 (gha)} = \frac{[\text{生產} + \text{進口} - \text{出口 (tons)}]}{\text{全球生物生產力 (tons/ha)}}$$

藉由 FAO 的相關統計資料，分別計算出耕地、牧草地與漁場的 2004 年全球平均生物生產力，做為計算糧食生態足跡的轉換數值。計算結果如表 4。

表 4 耕地、牧草地與漁場的生物生產力世界平均值（轉換率）

耕地	生產量 (千公噸)	可使用耕地面積 (千公頃)	轉換率 (kg/ha)
穀類	22,703,60	1,457,002.08	1,558.24
薯類	533,145	1,457,002.08	365.92
糖及蜂蜜	1,576,833	1,457,002.08	1,082.24
子仁及油籽類	381,568	1,457,002.08	261.89
果品類	1,383,649	1,457,002.08	949.65
牧草地	生產量 (千公噸)	可使用牧地面積 (千公頃)	轉換率 (kg/ha)
肉類	260,098	3,464,760.69	75.07
油脂類	123,000	3,464,760.69	35.50
漁場	生產量 (千公噸)	漁場面積 (千公頃)	轉換率 (kg/ha)
水產類	1,325,000	1,900,000	697.37

資料來源：FAO, 2006a；2006b；2006c；GFN, 2006a；本研究計算整理

在計算出全球生物生產力的轉換值後，我們再將各項組成的消費數量，代入糧食生態足跡的計算方法並將各項加總後，即可計算出糧食生態足跡的大小。計算結果如表 5。

表 5 糧食消費之生態足跡

糧食項目	總消費量 (kg)/ 總人口數 / 轉換值 (kg/ha)	生態足跡 (gha/per)
穀類	7,682,900,000/22,689,122/1,558.24	0.217
薯類	1,686,300,000/22,689,122/365.92	0.203
糖及蜂蜜	90,200,000/22,689,122/1,082.24	0.004
子仁及油籽類	2,272,300,000/22,689,122/261.89	0.382
果品類	3,478,600,000/22,689,122/949.65	0.161
肉類	1,895,700,000/22,689,122/75.07	1.113
油脂類	689,300,000/22,689,122/35.50	0.856
水產類	808,100,000/22,689,122/697.37	0.051
總計		3.204

## 二、木材消費之生態足跡

同樣根據 FAO 之統計資料，計算出 2004 年世界平均森林生物生產力，得出轉換值，如表 6。再根據國內之生產與進出口資料，求取每人之消費量為：

$$40,041,000 + 18,591,246,650 - 1,689,176,070 \text{ (公斤)} / 22,689,122 = 746.706 \text{ (公斤/人)}$$

每人消費量再除以轉換值得出木材消費生態足跡為：

$$746.706 \text{ (公斤/人)} / 858 \text{ (公斤/公頃)} = 0.870 \text{ (全球公頃/人)}$$

表 6 森林的生物生產力

森林	生產量 (千立方公尺)	森林林業面積 (千公頃)	轉換值 (m <sup>3</sup> /ha)
木材類	3,348,000	3,900,000	0.858

資料來源：FAO,2005/2006；GFN,2006b；本研究計算整理

### 三、建成地

#### 1. 人類居住與設施

建成地乃人類居住與設施所佔用之土地。在此概念下，我們從經建會《都市及區域發展統計彙編》的八項土地使用分區，與農委會《農業統計年報》的十七項非都市土地使用編定中，分別進行都市土地與非都市土地中以提供人類居住與設施之用的土地面積估算。

算出建成地總面積後除以人口數再乘以耕地的生物生產力，即可得出建成地的生態足跡為：

$$325,151.87 \text{ (公頃)} / 22,689,122 \text{ (人)} * 4.218 = 0.059 \text{ (全球公頃/人)}$$

#### 2. 水力發電

水力發電區域的生態足跡計算方式，為水力發電能源量（焦耳）除以世界最大的二十個水壩每公頃所生產能源量的常數。根據 WWF（2000）的資料，本研究找到世界前二十大水壩其淹沒面積與每公頃淹沒面積所產生的能量（表 7），並計算出這二十個水壩每淹沒公頃生產的平均能源量為 9.4536（十億焦耳）。

#### 都市土地

住宅區：63,302.37（公頃）

商業區：7,678.02（公頃）

工業區：22,361.56（公頃）

公共設施用地：83,898.92（公頃）

#### 非都市土地

建築用地：60,456（公頃）

特定目的事業用地：42,723（公頃）

遊憩用地：5,977（公頃）

交通用地：38,458（公頃）

窯業用地：297（公頃）

總計為 325,151.87 公頃

而根據經濟部能源局《93年能源統計年報》，2004年台灣水力發電所生產的能源總量為 1,964,740 公秉油當量，根據以上數據，本研究以 1 公秉相當於 1 公噸，1 公噸油當量相當於 4.1868\* 10<sup>10</sup> 焦耳換算，得出水力發電的能源電量為 8,225,873（十億焦耳）。將上述數據代入以下水力發電區域生態足跡計算公式，並將台灣比照多山國家標準，將常數降低十倍，而後除以 2004 年台灣人口總數，算出水力發電生態足跡為：

$$8,225,873 \text{ (十億焦耳)} / 9.4536 \text{ (十億焦耳/公頃)} / 10 \text{ (倍)} / 22,689,122 \text{ (人)} = 0.004 \text{ (全球公頃/人)}$$

#### 四、能源消費之生態足跡

關於能源消費生態足跡之計算，本研究採取廢棄物吸收的路徑，即以二氧化碳排放量來推估消耗的能量需要多少碳吸收地來維持。根據 IEA 的資料（見表 8），得知 2004 年台灣人均排放二氧化碳的數量為 4.59 公噸；而碳吸收率為每公頃 1.8 公噸（Wackernagel & Rees, 1996），另根據 IPCC（2001）的研究，海洋吸收的排放量約佔總排放量的三分之一。將上述資料代入該路徑的計算公式後，得出 2004 年台灣能源消費足跡為：

表 7 全球前二十大水壩每公頃淹沒地區所產生的電力

水壩（國家）	一般發電量 （百萬瓦特）	常態淹沒區域 （公頃）	每公頃發電量 （千瓦特）
Sayanskaya (蘇聯)	6,400	80,000	80
Churchill Falls (加拿大)	5,225	66,500	79
Itaipu (巴西與巴拉圭)	10,500	135,000	77
Grand Coulee (美國)	2,025	32,400	63
Jupia (巴西)	1,400	33,300	42
Sao Simao (巴西)	2,680	66,000	41
Tucuruí (巴西)	6,480	216,000	30
Ilha Solteira (巴西)	3,200	120,000	27
Guri (委內瑞拉)	6,000	328,000	18
Urro II (哥倫比亞)	860	54,000	16
Carbora Bassa (莫三比克)	4,000	380,000	14
Three Gorges (中國大陸)	13,000	110,000	12
Furnas (巴西)	120	135,000	9
Aswan High Dam (埃及)	2,100	40,000	5
Très Marias (巴西)	400	105,200	4
Kariba (辛巴威與尚比亞)	1,500	510,000	3
Sobradinho (巴西)	900	450,000	2
Balbina (巴西)	250	124,000	2
Akosombo (迦納)	833	848,200	1
Brokopondo (蘇利南)	30	150,000	0.2

資料來源：整理自 WWF, 2000

表 8 2004 年 CO2 人均排放量 單位：公噸 / 人

排名	世界平均	1.77
1	卡達	23.24
2	冰島	11.94
3	盧森堡	10.51
4	巴林	10.47
5	科威特	10.21
6	阿拉伯聯合大公國	10.14
7	千里達共和國	8.68
8	加拿大	8.42
9	美國	7.91
10	荷屬安地列斯群島	7.88
11	汶萊	7.36
12	芬蘭	7.29
13	新加坡	6.03
14	挪威	6.02
15	瑞典	6.00
16	沙烏地阿拉伯	5.86
17	澳洲	5.73
18	直布羅陀	5.29
<b>19</b>	<b>台灣</b>	<b>4.59</b>

資料來源：整理自 IEA, 2006

$$4.59 (\text{公噸} / \text{人}) * (1 - 1/3) / 1.8 (\text{公噸} / \text{公頃}) = 1.7 (\text{全球公噸} / \text{人})$$

## 五、產品消費之生態足跡

產品消費的生態足跡計算，本研究延續以往的計算方式，但所根據資料來源，則採用經濟部統計處所出版《93年工業生產統計年報》的分類：金屬機械工業、資訊電子工業、化學工業及民生工業，並將該類別中之項目，歸納為鋼鐵、機器及機械用具（金屬機械工業）、光學精密儀器及零件（資訊工業）、化學工業及其產品、塑橡膠及其製品（化學工業）、礦物、紡織品及紡織製品、飲料（民生工業）等八大項，就其以公噸為計量之項目，並採銷售量數據，分別計算其生態足跡。而各項目及總消費之焦耳 / 公噸轉換率取自 Wackernagel et al. (1997)。

### 1. 鐵與鋼 41,556,081 (公噸)

鋼與鐵消費焦耳數為： $41,556,081$  (公噸) \*  $30$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $1,246,682.4$  (十億焦耳)

### 2. 機器及機械用具 1,263,385 (公噸)

機器及機械用具消費焦耳數為： $1,263,385$  (公噸) \*  $100$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $126,338.5$  (十億焦耳)

### 3. 光學、精密儀器及其零件 981,922 (公噸)

光學、精密儀器及其零件消費焦耳數為： $981,922$  (公噸) \*  $140$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $137,469$  (十億焦耳)

### 4. 化學及有關工業產品 23,773,776 (公噸)

化學及有關工業產品消費焦耳數為： $23,773,776$  (公噸) \*  $40$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $950,951$  (十億焦耳)

### 5. 塑橡膠及其製品 9,964,518 (公噸)

塑橡膠及其製品消費焦耳數為： $9,964,518$  (公噸) \*  $50$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $498,225.9$  (十億焦耳)

### 6. 礦物 28,787,934 (公噸)

礦物消費焦耳數為： $28,787,934$  (公噸) \*  $15$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $431,819$  (十億焦耳)

### 7. 紡織品及紡織製品 2,379,577 (公噸)

紡織品及紡織製品消費焦耳數為： $2,379,577$  (公噸) \*  $20$  (百萬焦耳 / 公噸) =  $47,591.5$  (十億焦耳)

### 8. 飲料 2,147,008,500 公升

飲料類總消費焦耳數為： $2,147,008,500$  (公升) \*  $0.3$  (千卡 / 公升) \*  $4,186.8$  (焦耳 / 千卡) =  $2,697$  (十億焦耳)

總計 2004 年台灣地區工業產品總消費焦耳數為  $3,441,774.3$  (十億焦耳)，因此 2004 年台灣地區工業產品之生態足跡為：

$3,441,774.3$  (十億焦耳) /  $22,689,122$  (人) /  $100$  (十億焦耳 / 每年每公頃) =  $0.002$  (全球公頃 / 人)

## 六、總生態足跡

為了使各生產面積之生產力盡可能趨近於事實，本研究分別從 Wackernagel et al. (1999)、Chambers et al. (2000)、Barrett & Simmons (2003)、WWF (2005)、Wackernagel et al. (2005) 及 GFN (2006a) 整理出 1994 年至 2003 年全球所公佈的相關等值因子之轉換率 (表 9)，經由這個計算比例的調整，全球的生物容受力 (biocapacity) 便不會被扭曲，而世界總值經由等值因子調整後，將可更趨近於以真實的物理空間所呈現出來的總量。

表 9 等值因子彙整表

	1995 <sup>a</sup>	1999 <sup>b</sup>	2001 <sup>c</sup>	2001 <sup>d</sup>	2003 <sup>e</sup>	2003 <sup>f</sup>
能源地	1.17	1.1	1.21	1.4	1.35	-
建成地	2.83	2.8	2.19	2.2	2.19	2.21
耕地	2.83	2.8	2.19	2.1	2.19	2.21
牧草地	0.44	0.5	0.48	0.5	0.48	0.49
森林	1.17	1.1	1.38	1.4	1.35	1.34
海洋	0.06	0.2	0.36	0.4	0.36	0.36

資料來源： a. Chambers et al. (2000)；b. Wackernagel et al. (1999)；c. WWF (2005)；d. Wackernagel et al. (2005)；e. Barrett & Simmons (2003)；f. GFN (2006a)

在分別計算出上述五大類之生態足跡後，本研究將其加總，並透過 GFN 所公佈之 2003 年等值因子進行修正 (能源地部分因缺乏資料，故採取 Barrett & Simmons 的數據)，得出 2004 年台灣的生態足跡如表 10。

## 伍、結論

在以趨近世界共通標準與反映真實足跡的原則下，本研究採取 GFN 所公佈，由 Wackernagel 等人發展的最新生態足跡估算方法，進行 2004 年台灣生態足跡的追蹤。相較於以往之估算架構，本研究所進行之 2004 年台灣生態足跡估算，乃依據 FAO 的統計資料，進行糧食與木材消費項目

表 10. 2004 年台灣的生態足跡

消費 / 土地類別	修正前生態足跡	等值因子	修正後生態足跡
農作物 / 耕地	0.967	2.21	<b>2.137</b>
畜牧 / 牧草地	1.969	0.49	<b>0.965</b>
水產 / 漁場	0.051	0.36	<b>0.018</b>
圓材 / 森林	0.870	1.34	<b>1.166</b>
居住與設施 / 建成地	0.059	2.21	<b>0.130</b>
水力發電 / 建成地	0.004	1.0	<b>0.004</b>
能源 / 森林 (CO <sub>2</sub> 吸收地)	1.700	1.35	<b>2.295</b>
商品 / 能源地	0.002	1.35	<b>0.003</b>
總計	5.622		<b>6.718</b>

單位：全球公頃 / 人

全球平均生物生產力的更新，並對照 FAO 與農委會糧食年報之統計項目進行項目調整，以確立資料來源的穩定以利於長期追蹤；在建成地項目，就居住與設施部分以耕地生物生產力進行調整，同時加入水力發電足跡之計算。

另在商品消費部分，雖維持原來的計算方式，但評估項目則依據經濟部統計處所出版《工業生產統計年報》之分類統計方式與項目進行調整，其目的亦在於確保資料來源的穩定性。而變動最大的評估項目為能源消費，本年度以二氧化碳排放量估算其所需之吸收地面積，取代以往對消費石化能源換算重建自然資本所需土地面積的評估。而其所對應的土地使用屬性，亦由能源地變更為森林 (二氧化碳吸收地)，因為該計算方法的基本假設是，藉由造林需要增加多少生物生產力區域以隔離空氣中的二氧化碳。

這些調整是為了使生態足跡做為永續性軌跡衡量工具的穩定性、可信度與精確度更趨於完備，如此，不僅利於一國進行歷年之追蹤比較，而不至於因為資料來源的不穩定甚或缺乏而導致計算的困難。同時在進行國與國之間的比較時，也能基於相同的比較基準，而減少誤差甚或失真的情況發生。

## 一、足跡組成

透過新計算方式所呈現的 2004 年台灣生態足跡組成可以發現（表 11），在各項足跡組成的土地屬性中，以森林最高，主要原因為本研究對於能源消費之估算，改採吸收二氧化碳排放所需面積之故。而此一結果也說明台灣做為地球的一員，除關注本國之永續性問題外，必須更致力於降低二氧化碳排放，以共同維護地球的生存與健康。

值得一提的是，本研究所採用的碳排放資料來源，為 IEA 以 2004 年為基期，於 2006 年發表的統計；在這項統計中，台灣人均 CO2 排放量為 4.59 公噸，排名全球 19。但若根據本國經濟部能源局能源產業溫室氣體資訊中心（2006）的研究，2004 年台灣人均 CO2 排放量高達 11.64 公噸（表 12），若以這項數據與全世界進行比較，台灣的排名將高居世界第 3，僅

表 11. 2004 年台灣生態足跡 土地使用矩陣

	耕地	牧草地	森林	漁場	建成地	能源地
糧食消費	2.137	0.965		0.018		
木材消費			1.166			
能源消費			2.295			
商品消費						0.003
居住與設施					0.130	
水力發電					0.004	
合計	2.137	0.965	3.461	0.018	0.134	0.003

資料來源：本研究計算整理

次於卡達與冰島。

若進一步以這項數據進行能源消費的足跡估算，該項足跡將高達 4.311 全球公頃 / 人，不僅是以 IEA 數據資料估算的 3.7 倍，甚至高於其他項目足跡的總和，當然也將造成總足跡的大幅擴增。雖然基於共通標準原則，本研究採取 IEA 的統計為估算基準，但從能源產業溫室氣體資訊中

表 12. 台灣歷年 CO2 排放情形 單位：十公噸 CO<sub>2</sub>

	固態燃料	液態燃料	灰態燃料	合計	國際航運	人均排放 (公噸/人)	CO <sub>2</sub> /GDP (公斤/NT\$)
1980	6,428	57,788	4,119	68,336	1,446	3.84	0.0449
1981	13,475	50,675	3,510	67,660	1,249	3.73	0.0373
1982	15,622	48,444	2,983	67,049	1,528	3.63	0.0346
1983	21,545	49,202	3,094	73,841	2,111	3.94	0.0345
1984	25,585	46,322	3,113	75,020	2,440	3.95	0.0314
1985	27,220	44,316	2,791	74,327	2,475	3.86	0.0294
1986	33,492	47,858	2,543	83,892	3,513	4.31	0.0288
1987	36,428	48,052	2,572	87,051	4,111	4.42	0.0264
1988	41,851	56,428	2,930	101,209	5,055	5.08	0.0281
1989	44,296	64,240	2,967	111,503	6,664	5.55	0.0276
1990	42,657	66,379	4,518	113,554	6,616	5.58	0.0257
1991	46,557	72,824	6,486	125,867	6,536	6.12	0.0255
1992	54,397	72,948	6,958	134,303	8,711	6.47	0.0244
1993	60,223	78,238	6,739	145,200	8,785	6.93	0.0238
1994	63,513	78,872	9,018	151,403	10,009	7.17	0.0227
1995	65,195	87,413	9,458	162,065	11,455	7.61	0.0223
1996	74,177	87,198	9,599	170,975	11,500	7.96	0.0215
1997	84,503	89,183	11,094	184,779	13,043	8.52	0.0215
1998	91,487	91,578	13,706	196,770	14,244	9.00	0.0213
1999	96,159	95,135	13,556	204,850	17,178	9.30	0.0212
2000	111,613	91,714	14,531	217,858	16,430	9.78	0.0217
2001	119,215	97,708	15,694	232,617	12,963	10.38	0.0236
2002	126,853	96,463	18,223	241,538	13,240	10.73	0.0237
2003	136,134	96,266	18,732	251,131	14,635	11.11	0.0243
2004	141,594	100,738	21,802	264,134	13,472	11.64	0.0245
2005	146,580	101,392	22,921	270,893	13,556	11.88	0.0233

資料來源：經濟部能源局能源產業溫室氣體資訊中心，2006

心（2006）所發佈的台灣歷年碳排放資料可以發現，碳排放問題一直是台灣非常關鍵卻長期被忽視的環環境問題，1980 年的 3.84 公噸已經是 IEA 統計 2004 年世界人均排放量 1.77 公噸的 2 倍。而在 25 年之間，台灣碳排放量一直呈現成長趨勢，逐年增高，此一趨勢顯然與國際間呼籲為減緩溫室效應而鼓吹訂定二氧化碳減量目標背道而馳。

此外，事實上，森林的足跡組成是極度被低估的。因為本研究採取

糧食與木材之生物生產力，乃以世界平均值為轉換率，若採國內之生物生產力，糧食項目因無對應的土地資料無法估算，但木材項目以非都市土地中的林業用地編定面積為基準，估算國內木材之生物生產力為 43.578（公斤／公頃），遠遠低於世界平均值的 858（公斤／公頃），若以國內木材生物生產力估算，木材消費足跡將高達 17.135 公頃／人，而反映在其相對應的土地屬性－森林後，更將強烈說明台灣森林保育的迫切性與重要性。

## 二、生態赤字

生物容受力是對應於生態足跡的供給面，一個國家的生物容受力是其生物生產力區域的總和，與生態足跡同樣以全球公頃（global hectares）為單位表達。每一個國家生物容受力的可持續性，會因技術與管理而有所差別，同時每個生物生產區域又可區分為可接近區域或不可接近的次要區域，而這也會影響生物生產力的估算。較準確的估算方式是，一個地區的活動足跡，與其各自所在的生物生產區域進行比較，以估算在它所屬的邊界與所擁有的當地資源下，人類活動可以維持的程度（Wackernagel et al.，2005）。換言之，一國生態足跡超出其生物容受力所能承受的範圍，即為其生態赤字。

由於缺乏本國生物生產區域等基礎資料，故無法估算台灣各土地屬性的生物生產力，因此本研究以 GFN（2006b）所進行以 2003 年為基準年的生物容受力，計算台灣的生態赤字。GFN 推估的生物容受力全球平均值為 1.8 全球公頃／人，高所得國家平均為 3.3 全球公頃／人。不過仔細分析其容受力估算項目，僅有耕地、牧草地、森林與漁場四個項目，而沒有建成地與能源地，因此本研究在進行比較時，將僅就前四個項目估算台灣的生態赤字（表 13）。

表 13 顯示，在以 2003 年世界平均生物容受力的基準下，2004 年台

表 13 2004 年台灣的生態赤字

	耕地	牧草地	森林	漁場	總計
台灣生態足跡	2.137	0.965	3.461	0.018	6.581
世界平均生物容受力	0.53	0.27	0.78	0.14	1.8
生態赤字（比較基準：世界）	<b>1.607</b>	<b>0.695</b>	<b>2.681</b>	<b>-0.122</b>	<b>4.781</b>
高所得國家平均生物容受力 <sup>註2</sup>	1.10	0.19	1.48	0.31	3.3
生態赤字（比較基準：高所得國家）	<b>1.037</b>	<b>0.775</b>	<b>1.981</b>	<b>-0.292</b>	<b>3.281</b>

資料來源：GFN,2006b, 2003Date；本研究整理

灣的生態赤字為 4.781 全球公頃／人，其中除漁場項目低於世界平均水準之外，其餘項目皆呈現赤字狀態。即使是與高所得國家相較，台灣的生態赤字狀況依舊嚴重，達 3.281 全球公頃／人，其中尤以耕地與森林項目為甚。若換算成總生態赤字估算，與世界標準相較，2004 年台灣生態赤字達 108,476,692 公頃，相當於 30 個台灣；若與高所得國家平均相較，生態赤字則為 74,443,009 公頃，大於 20 個台灣。此結果說明台灣的消費型態與土地使用方式均處於極不永續的狀態。

GFN（2006b）在以所得為分類的生態足跡、生物容受力與生態赤字的計算顯示（表 14），所得與生態赤字並非呈現絕對正相關，儘管無可否認的，高所得國家是造成地球負荷的最主要來源，其平均赤字為 3.1 全球公頃／人，總赤字高達 2,962,360,000 全球公頃，但是低所得國家同樣造成 0.1 全球公頃／人的赤字，總赤字高達 2,303,100,000 全球公頃，反倒是中所得國家的平均生物容受力大於生態足跡，其生態赤字為 -0.2 全球公頃／人，這意味著中所得國家的消費型態接近永續，並且相當於提供了 6,023,400,000 全球公頃的生物容受力。此結果正足以說明，無論是高所得所意味的過度消費或者低所得所反映的貧窮問題，都是造成生態不永續的原因，因此要有效控制地球生態惡化，正視並改善全球的貧富差距與不平等發展，是最重要的關鍵之一。

註二：該統計依所得分類採列舉方式，並無說明明確標準，而其中南韓被分類為高所得國家（UNSTATS 統計資料，南韓 2003 年人均 GNP 為 12812.94 美元），因此根據行政院主計處統計台灣該年的人均 GNP 為 13752 美元，故本研究將台灣放在高所得國家群組進行比較。

### 三、總結

生態足跡的研究應用目前尚屬於發展階段，因此其研究方法與路徑亦不斷在進行調整與修正中，為使這項研究工具應用於台灣永續性的評估更具穩定性、可信度並且能夠與國際接軌，本研究乃嘗試以 GFN 所公佈的最新計算方式，進行 2004 年台灣生態足跡的估算。

表 14 各所得分類國家的生態赤字

分類	生態足跡	生物容受力	生態赤字
高所得國家	6.4	3.3	3.1
中所得國家	1.9	2.1	-0.2
低所得國家	0.8	0.7	0.1

資料來源：GFN,2006b；本研究整理

就台灣 2004 年生態足跡估計而言，台灣生態足跡為 6.718 全球公頃 / 人，總生態足跡為 152,425,522 全球公頃，相當於 42.34 個台灣的面積大小，這說明我們目前的消費型態，所挪用的資源遠遠超出自然所能容受的範圍。而此一估算仍是低估的結果，因為若以台灣實際的狀況估算本地的生物生產力與生物容受力，我們所造成的生態足跡與生態赤字將更為驚人。

此外，由於估算方法的調整，本年度研究結果也首次凸顯了台灣二氧化碳排放所造成的足跡壓力。以 IEA 的統計資料為估算基礎的情況下，台灣二氧化碳排放所需之碳吸收地面積達 2.295 全球公頃 / 人，換算總生態足跡為 52,071,535 全球公頃，是台灣總面積的 14 倍以上。換言之，即使台灣島上全部種滿了樹，也需要 14 個以上的台灣，才足以吸納我們所排放的二氧化碳。此一極為嚴重的生態威脅，並不會因為台灣不是京都議定書的締約國便可以忽略，更不會因為台灣不是聯合國成員便可倖免，因為二氧化碳所造成的溫室效應全球暖化問題，是超越地域並且跨越世代的，

做為地球的一份子，我們無可迴避後果，當然亦必須承擔責任。

雖然降低二氧化碳排放對台灣而言並非是一個新的議題，但始終缺少相對的關注，但藉由生態足跡的路徑，可更明確地將問題的嚴重性予以揭露並且被理解，而這也是生態足跡做為永續性衡量工具最主要的功能之一。透過足跡計算方式與屬性分類的調整，生態足跡將更能夠對於永續性衡量提供更精確的分析路徑。雖然本研究所估算之 2004 年台灣生態足跡仍不免有低估的問題，但卻提示了在以往計算方式中被隱匿或忽略的，極為關鍵的永續性危機。

### 參考文獻

- 行政院主計處，《93 年家庭收支調查報告》。
- 行政院經建會，《93 年都市及區域發展統計彙編》。
- 行政院經濟部能源局，《93 年能源統計年報》。
- 行政院經濟部能源局能源產業溫室氣體資訊中心，「能源部門 CO2 排放參考資料」，<http://eigic.estc.tw/index.asp?titlename=home>，(Date:2006/11/12)
- 行政院經濟部統計處，《93 年工業生產統計年報》。
- 行政院農業委員會，《93 年農業統計年報》。
- 行政院農業委員會，《93 年糧食供需年報》。
- 行政院農業委員會台灣農產品外銷網農產貿易統計查詢系統，<http://agrapp.coa.gov.tw/TS2/TS2Jsp/Index.jsp>，(Date:2006/10/12)
- 李永展、陳安琪(1999)，「應用生態足跡分析探討貿易對永續發展之影響」，《都市與計劃》，第 26 卷，第 2 期，第 133-151 頁。
- Barrett, J. & C. Simmons (2003), An Ecological Footprint of the UK: Providing a Tool to Measure the Sustainability of Local Authorities, Stockholm Environment Institute.
- Chambers, N., C. Simmons, & M. Wackernagel (2000), Sharing Nature's Interest, London:Earthscan.



- FAO (2006a), Summary of World Food and Agriculture Statistics 2005.
- FAO (2006b), The State of Food and Agriculture 2005.
- FAO (2006c), FAO Statistical Yearbook 2005/2006.
- GFN (2006a), Ecological Footprint and Biocapacity Technical Notes (2006 Edition).
- GFN (2006b), Ecological Footprint and Biocapacity (2006 Edition).
- Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/>
- Holden, E. (2004): "Ecological Footprints and Sustainable Urban Form," *Journal of Housing and the Built Environment* 19 (1): 91-109.
- House, J., Prentice, C. and Le Quéré, C. (2002), "Maximum Impacts of Future Reforestation or Deforestation on Atmospheric CO<sub>2</sub>," *Global Change Biology* (8): 1047-1052.
- IEA (2006), Key World Energy Statistics.
- Venetoulis, J & Talberth, J (2005), Ecological Footprint of Nations: 2005 Update, Sustainability Indicators Program, Redefining Progress.
- Wackernagel, M, L. Onisto, A. C. Linares, I. S. López Falfán, J. M. García, A. I. Suárez Guerrero, & M. G. Suárez Guerrero (1997), Ecological Footprints of Nations: How Much Nature do They Use - How Much Nature Do They Have Millennium Institute. (<http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/footprint/>) (date: 2005/6/12).
- Wackernagel, M. & W. Rees (1996), *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on The Earth*, Gabriola Island, BC, Canada: New Society.
- Wackernagel, M. L., Monfreda, C., Moran, D., Wermer, P., Goldfinger, S., Deumling, D., Murray, M., (2005), National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method, GFN.
- Wackernagel, M., L. Onisto, P. Bello, A. Callejas Linares, I. S. Lopez Falfan, J. M. Garcia, A.I.S. Guerrero, & M.G.S. Guerrero (1999), National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept, *Ecological Economics*, 29: 375-390.
- WWF (2000), *A Place for Dams in the 21st Century?* Gland, Switzerland.
- WWF (2005), *EUROPE 2005: The Ecological Footprint*, WWF.

第四場 4：20-5：00

伸張社會主義與落實民主治理

講者：杜文苓 / 政治大學公共行政學系副教授，  
台灣科技、醫療與社會期刊主編

## 社會正義與民主治理

近幾年來環境永續性似乎已成社會的主流價值，儘管社會輿論對於環境保護價值不再存疑，但要如何落實這個價值，達到社會永續性的目標，卻仍有極大的爭議。尤其環境永續的價值，與社會正義和民主治理又存在什麼樣的關係，更存在許多的辯證。我們或許會聽到一種說法，民主不一定會帶來比較好的環境生活品質，其中利益團體的作祟、政治權謀的角力、人民的自私自利，良善的環境價值不一定在民主社會中得以彰顯，有些人甚至緬懷起威權獨裁時代，認為強權時代的威嚇是社會失序與環境破壞的解方。這種從台灣發展經驗中貌似有理的說法，或許並不這麼站得住腳，想要完全倚賴強人或菁英們對社會決策的判斷，面對日益複雜的風險社會，除了缺乏民主的正當性基礎，也常有處理不到的盲點，有時候，更可能有風險分配的歧視性而引發環境不正義的問題。最近比較顯著的例子，從中部科學園區的擴張開發到苗栗大埔農地的徵收，從台東美麗灣到屏東悠活度假村的爭議，從蘭嶼核廢料的存放、低放核廢的選址到核四運作與否的論辯，都可以看到政府的決策過程受到公民社會極大的挑戰。

面對這些挑戰，政府應該要怎麼做比較好？在公共行政學系執教，常常在思考，也觀察國際間風險治理的趨勢，近年來更參與科技與社會研究社群，現在也擔任科技、醫療與社會期刊的主編，有一些想法想跟大家分享。我想在這裡以核能科技為例，引用兩個著名的科技與社會專家，一位是任教於耶魯大學與史丹佛大學的 Charles Perrow 教授，一位是英國著

名的科技與社會學者 Brian Wynn，來討論與說明何以攸關環境永續的問題需要民主治理，即使這個環境議題牽涉到相當專業的科學技術問題。

Perrow 教授長期關注社會技術系統問題，他提到常態性意外的概念，指出如果一個社會技術系統是快速且複雜，當該系統出錯時，後果往往無法預測、難以控制，並讓人措手不及，他認為這種系統出現意外是可預期的，因而稱之為「常態性意外」，而核電廠運作就是其中的經典案例，他所描述的三哩島事件顯示，核電廠一旦出錯，問題就容易到處溢流，衝垮原本安穩屏障。他認為一個失靈的系統與溢流之後引發的危險後果，人們要做得不是純技術的決定，而是要不要接受這個系統成為社會運作的一環進行的一個「政治決定」。

而 Wynn 教授曾做過車諾比核災發生後對於英國輻射羊事件的研究，他檢視問題，認為專家重視實驗室模型數據的推估，忽略羊農對於在地氣候、水文、牧羊等系絡知識，因而做出錯誤的評估與判斷，引發羊農對於科學以及政府決策更多的不信任。這兩個例子告訴我們，當代攸關環境風險議題的決策與範疇界定，並無法脫離公共領域，而公民參與不僅具有民主治理的正當性，更能促進好的知識積累與對話，從多元的視角來檢視修正決策盲點。

台灣民主化的過程中，過去十年來慢慢累積一些好的參與性治理模式，諸如審議式民主會議的實踐、聽證程序的法治化等，不過，這些在個案中的實踐並沒有鑲嵌在我們制度系統的正常運作之中，相當可惜。我從過去主持公民參與相關政策討論的會議中，看到台灣公民的素質，只要在充分資訊揭露以及與專家深入對話下，可以展現出高度理性思辯，並能透過集體動態的討論過程，直指問題的本質，提出超越既有規範窠臼的解決方案的思考。這些經驗讓我對台灣公民的水準相當有信心，在充分資訊與良好程序中落實審議民主的思辯精神，對我們政策制訂的想像有很大的助益。對政府而言，重要的或許就是提供一個可以創造優質討論的平台與制

度，讓不同的價值、多元的知識可以在其中互動激盪，使我們公共政策的制訂可以更具長遠視野以及反映多元價值，實踐跨越世代、族群、階級的環境正義。