

## 臺灣綠色成長檢視—應用OECD綠色成長 監測指標系統

李堅明\* 周軒軒\*\*

論文收件日期：104年02月09日  
論文修訂日期：104年08月24日  
論文接受日期：104年10月09日

### 摘 要

綠色成長（green growth）已成為全球因應氣候變遷（climate change）的重要策略。本研究應用OECD（2011）綠色成長監測指標架構，並納入我國國情，篩選20個指標項目，並以不同加權方法（包括主成份分析法（Principal Components Analysis, PCA）及層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）），加總綠色成長監測指標綜合指數，及進行敏感度分析。研究結果顯示，過去十年（2002-2011），臺灣已邁向綠色成長路徑，惟，自然資源存量悖離綠色成長，是未來政府綠色成長施政重點。

關鍵詞：主成份分析法、敏感性分析、綠色成長、層級分析法、複合指數  
JEL分類代號：Q21, Q25, Q28

---

\* 副教授，台北大學自然資源與環境管理研究所，TEL：(02)8674-1111#67335，E-mail: cmlee@mail.ntpu.edu.tw。作者感謝兩位匿名評審提供非常有用的寶貴意見，然而，作者仍負本文錯誤之責。  
\*\* 研究助理，台北大學自然資源與環境管理研究所研究助理，TEL：(02)2772-1350#312，Email: shirleychou2441@gmail.com。

# Investigating Green Growth in Taiwan-- Applying OECD Green Growth Monitoring Indicators System

Chien-Ming Lee\*, Hsuan-Hsuan Chou\*\*

## ABSTRACT

Green growth is a global priority strategy for responding to climate change. This paper applies OECD (2011) green growth monitoring indicators framework to analyze 20 indicators of Taiwan's specific circumstance on progress towards its green growth. In addition, this study uses various weighting methods, such as PCA and AHP, to perform an aggregating composite index and sensitivity test. The results show that for the last decade, 2002-2011, Taiwan has been moving towards green growth, but its natural asset stock is against it, this means that improving natural capital stock is key for sustaining green growth.

Key words: Analytic Hierarchy Process, Composite Indicator, Green Growth, Principal Components Analysis, Sensitivity Analysis

**JEL classification:** Q21, Q25, Q28

---

\* Associate Professor, Institute of Natural Resource Management, National Taipei University, TEL: +886-2-8674-1111#67335, E-mail: cmlee@mail.ntpu.edu.tw. The authors would like to acknowledge useful comments from two anonymous reviewers. All errors are solely the responsibility of the authors.

\*\* Assistant Research, Institute of Natural Resource Management, National Taipei University, TEL: +886-2-2772-1350#312, Email: shirleychou2441@gmail.com

## 一、前言

國際能源總署（International Energy Agency, IEA, 2013）的最新研究報告指出，大氣溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）濃度已達到400ppm的歷史新高<sup>1</sup>，人類已不在2°C（2100年）的軌道上，聯合國跨政府間專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2014）第五版科學報告也指出，為控制溫升2°C，本世紀末（2100年），人類要達到淨零碳排放（net zero emission）。可知，全球暖化（global warming）與氣候變遷<sup>2</sup>（climate change）因應，已成為本世紀人類追求永續發展的最嚴峻挑戰。基於此，推動綠色成長（green growth），邁向綠色經濟（green economy），已成為全球最佳減緩（mitigation）與調適（adaptation）策略（UNEP, 2011, 2012）。

如何衡量與監測綠色成長？已有諸多文獻討論。Reilly（2012）認為綠色成長係指經濟成長過程中，以再生資源取代耗竭資源，同時，創造就業的現象。至於如何衡量綠色成長，Reilly（2012）認為綠色GDP是一個良好的衡量指標，然而，自然資源折耗（depletion）與環境質損（degradation）價值不易衡量，限制其應用性<sup>3</sup>。Schmalensee（2012）則關心如何選擇適當政策，達到綠色成長目標。易言之，如何透過適當政策啟動綠色成長新引擎？並認為綠色投資，即是綠色成長新引擎，因此，認同UNEP（2011）提出之2%綠色投資的政策措施。韓國是全球最積極推動綠色成長的國家之一，已於2008年啟動低碳綠色成長策略，是全球第一個明定綠色成長為國家長期發展策略的國家（Randall and Yoo, 2011），同時，也於2012年完成其綠色成長監測指標系統（Statistics Korea, 2012）。

由於指標系統具有檢視現狀、預警未來及政策回饋等功能（OECD, 2008），因此，OECD（2011）提出一套「綠色成長監測指標系統」，提供世人檢視綠色成長績效之參考，目前已有23個國家編制（OECD, 2014）<sup>4</sup>。依據OECD（2011, 2014）的定義，綠色成長係指促進經濟成長與發展的同時，能夠兼顧自然資源的質

1 工業革命前（1750年）大氣溫室氣體濃度大約280ppm。

2 依據聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）訂定的目標為2100年大氣濃度低於450ppm，以及溫升控制低於2°C（相較於工業革命前）。依據IEA（2013）的推估，依此排放趨勢，至2100年，全球溫升將介於3.6°C-5.3°C（相較於工業革命前）。

3 綠色GDP係為GDP扣除自然資源折耗價值，再扣除環境質損價值。

4 包括15個為開發中國家及新興經濟國家。

與量，致能夠提供維持人類生活福祉的環境品質<sup>5</sup>。易言之，為實踐綠色成長，經濟體系必須促進投資與創新，厚實國家競爭力與持續成長能量（capacity），以及開創新的經濟機會。由此可知，衡量綠色成長，不僅關心與維護自然資源與環境品質，而且更重視所衍生的新成長機會。爰此，OECD（2011）建構的綠色成長監測指標系統，包括環境與資源生產力（Environmental and Resource Productivity）、自然資源存量（Natural Resource Stock）、生活環境品質（Environmental Quality of Life）及政策回應與經濟機會（Policy Response & Economic Opportunity）等四個構面，這是目前全球最完整的綠色成長監測指標系統（詳見圖1）。由圖1可知，綠色成長指標架構，是以正面思考環境與資源管理問題，例如以二氧化碳生產力（productivity）取代二氧化碳密集度（intensity），作為衡量生產過程中，二氧化碳的使用效率。此外，該指標架構也強調舒適、健康與安全的生活環境品質問題（如環境生活品質構面）。當然，最值得一提的是，綠色成長指標監測系統更重視政府政策的經濟發展機會，亦即審慎評估政府政策是否可以驅動新的經濟成長機會。

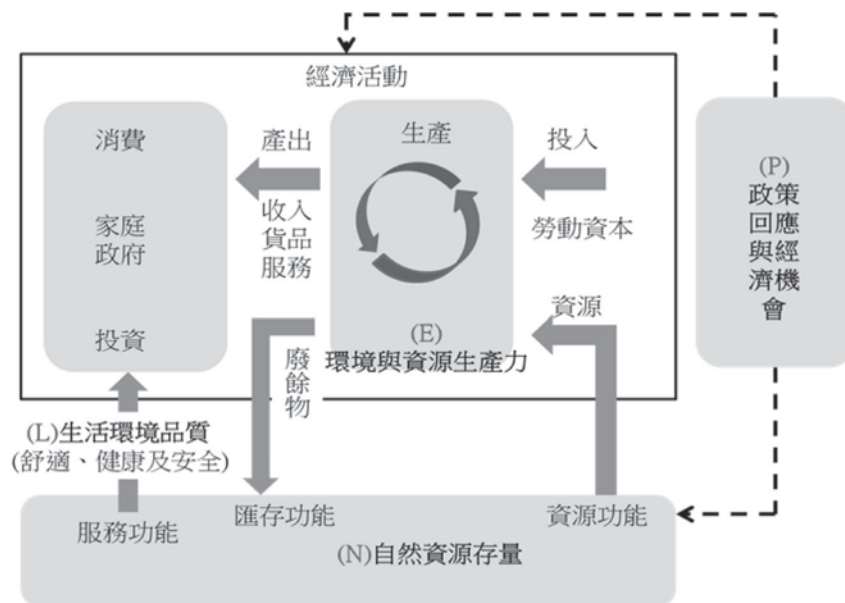


圖1 OECD（2011）綠色成長指標架構

資料來源：OECD（2011），Towards Green Growth -Monitoring Progress: OECD Indicators.

5 依據OECD（2011）之綠色成長定義為 Green growth is about fostering economic growth and development while ensuring that the quality and quantity of natural assets can continues to provide the environmental services on which our well-being relies.

臺灣雖然已陸續建置完成永續發展指標（Sustainable Development Indicator），以及綠色國民所得帳（Green GDP）等監測指標<sup>6</sup>，然而，無論永續發展或綠色國民所得帳，均以關懷自然資源與環境為主軸，並不是以直接回應氣候變遷衝擊，及創造未來成長機會為思考的指標系統。基於綠色成長已成為本世紀各國政府最主要施政工作，因此，建立具有國情特色的綠色成長監測指標系統，不僅可與現存自然資源管理指標系統相輔相承，還可以強化未來發展機會。雖然OECD（2011）已建立綠色成長指標系統與架構，然而，綠色成長指標的學理基礎及指標系統操作的關鍵因子，例如權重（weight）的選擇，涉及諸多方法，以及主觀與客觀性的討論，尚未見過去文獻探討與應用。爰此，本研究嘗試以OECD（2011）的綠色成長監測指標架構為基礎，並參考OECD（2008）之指標建構程序與權重選取方法，包括主成份分析法（Principal Components Analysis, PCA）（客觀選取權重）及層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）（主觀選取權重）等兩種方法<sup>7</sup>，及考量臺灣國情，篩選適當指標項目，建置符合臺灣國情特色的綠色成長監測指標系統。進而，比較兩種權重計算之綠色成長綜合指數，及檢視臺灣過去的綠色成長績效，作為提供政府推動綠色經濟轉型的政策參考依據，這就構成本研究的主要動機。本文內容安排包括，第一節背景與研究動機；第二節說明綠色成長指標學理基礎與發展現況；第三節將詳細說明臺灣綠色成長指標的建置與評估；第四節臺灣綠色成長監測指標綜合指數敏感度分析及連結相關資料比較；第五節為本文結語。

## 二、OECD綠色成長監測指標學理基礎與發展現況

如何平衡經濟成長與污染改善，早已受到諸多學者（如Gradus and Smulders, 1993; Bovenberg and Smulders, 1995）的關心與討論，主要區分三種基本模型（Gradus and Smulders, 1993），分別為：（1）新古典外生技術模型；（2）內生成長的AK模型；及（3）人力資本模型等。然而，聯合國於1987年才正式發表永續發展宣言，傳統經濟成長理論的探討，逐漸轉移至關心跨代公平與環境正義的永續發展（sustainable development）。一般而言，將永續發展定義於整體社會能夠累積一定的資本能量（capacity），包括自然資本與人造（或生產性）資本等，以維持人均效用非遞減（Neumaryer, 2010）。然而，文獻上對於自然資本與生產性資本之

6 綠色GDP係指傳統GDP扣減自然資源折耗價值，再扣減環境質損價值的餘額，因此，亦稱環境調整的GDP。由此可知，綠色GDP亦是衡量國家綠色成長的適宜指標。

7 主成份分析法利用資料變異程度，計算權重；層級分析法則是專家的主觀判斷，計算權重。



替代性 (substitution) 意見分歧，而產生「弱永續性」 (Weak Sustainability, WS) 與「強永續性」 (Strong Sustainability, SS) 的爭辯，前者以Solow (1974, 1986, 1993) 與Harwick (1977, 1978, 1990, 1993) 為代表，強調自然資本與人造資本的可替代性，稱為「Solow-Harwick弱永續性」 (Gutes, 1996)；<sup>8</sup>後者以Daly (1992) 及Costanza (1992) 為主要推動者，強調自然資本與生產性資本的不可替代性，而且必須維持自然資本 (環境品質或自然資源) 的非遞減 (non-decreasing)，方能達到永續發展。據此，聯合國發展永續發展指標、綠色國民所得 (Green GDP) 及國家財富 (National Wealth) 等指標系統，衡量國家永續發展。

1990年代，人類開始重視全球暖化與氣候變遷，並逐漸重視綠色產業、綠色科技及綠色就業的綠色新政 (Green Deal)，如何衡量綠色新政與綠色經濟 (Green Economy) 績效，即成為重要課題，OECD (2011) 提出之綠色成長指標發展即奠基於此。圖1之綠色成長監測指標架構，連結「成長」與「綠色」，亦即延續傳統經濟成長理論的「生產力」觀念 (例如構面一)，同時，也納入永續發展之資本存量非遞減之觀念 (例如構面二與三)，簡言之，綠色成長將體現於國家能資源生產力的全面提升，及自然資源與環境品質資本 (capital) 或能量 (capacity) 的增長。

2011年之後，全球已有23個國家考量國情特色，增修指標項目，建置符合國情的綠色成長監測指標系統，及檢視國家綠色成長現況。荷蘭率先於2011年編制20個綠色成長指標，並將擴大為六個構面；捷克委由大學編制27個綠色成長指標，並強調指標系統之永續性與公平性之檢視功能；韓國推動一個五年 (2009-2013) 綠色成長指標編制計畫，合計編制30個綠色成長指標，重視氣候變遷與能源議題；丹麥政府編制的綠色成長指標聚焦於氣候變遷與能源效率之經濟機會與政策回應；德國編修27個綠色成長指標，強調永續發展與環境會計；智利編制綠色成長指標目的在於環境保護、創造就業及社會公平；墨西哥依據國情，增加廢水處理生產力、電力系統補貼及綠色企業證書等指標項目；八個東南亞國家在韓國政府支持下，參與綠色成長計畫，指標系統特別重視中小企業商業機會與生產力指標。

綜合上述發展可知，各國綠色成長監測指標系統將依據國情與施政重點，調整與篩選指標項目。然而，各國仍處於觀察單一指標之綠色成長現狀與趨勢，尚未加總為綜合指數。易言之，目前國家綠色成長指標系統建立，僅在於服務與檢視政策績效與施政，尚未完全導入較嚴謹的學術方法學。爰此，本研究將引入指標建置方法學，例如權重計算等，及考量國情，篩選適當指標項目，建構可檢視我國綠色成長機會的指標系統。

---

8 弱永續可簡稱為新古典福利經濟學 (Neoclassic Welfare Economics) 的延伸。

### 三、臺灣綠色成長監測指標建置與評估

#### (一) 複合指標建構與評量步驟與方法

依據OECD (2008) 之「複合指標建構方法手冊」(Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide) 指出，綜合指標建置必須依循十大步驟，如表1所示。由表1可知，指標系統的建置，需有完整執行步驟與查驗得標準作業程序，爰此。本研究依據表1所列步驟，依序查驗臺灣綠色成長監測指標系統建置程序，透過步驟查驗，可以確保指標建置的嚴謹性、客觀性與透明性，詳見表1最後一欄。簡述本研究指標系統建置步驟如後：步驟一：本研究依據OECD (2011) 綠色成長之定義，確立指標系統的理論基礎；步驟二：本研究選擇國家定期公布的統計資料，提高資料的公信力與持續性；步驟三：本研究選擇的指標年度，沒有遺漏資料問題；步驟四：本研究利用主成份分析法確認指標關聯性；步驟五：參考我國國家永續發展指標(黃書禮等，2002)的正規化方法；步驟六：分別以主成份分析法與層級分析法進行權重計算；步驟七：本研究改變基準年，進行敏感度分析；步驟八：本研究依據綠色成長評量結果，追蹤績效不佳之指標資料的表現，並說明其績效不佳原因；步驟九：本研究比較臺灣綠色成長監測指標綜合指數與綠色GDP之趨勢表現，提供指標系統間的互補性及功能性；步驟十：本研究以圖式法，呈現綠色成長變化趨勢。

#### (二) 臺灣綠色成長監測指標項目篩選

本研究以OECD (2011) 建構之28項綠色成長指標項目為基礎<sup>9</sup>，再考量臺灣國情及資料的可取得性，篩選出具臺灣特色的綠色成長監測指標項目，詳見表2<sup>10</sup>。由表2可知，臺灣綠色成長監測指標系統，由20項指標項目所構成，其中，保留9

9 環境與資源生產力：包括二氧化碳生產力(2項指標)、資源生產力(3項指標)、物質生產力(3項指標)、水資源生產力(1項指標)及環境服務生產力(1項指標)；自然資源存量：包括可再生資源存量(3項指標)、不可再生資源存量(1項指標)及生物多樣性與生態系統(3項指標)；生活環境品質：包括環境健康與風險(1項指標)及環境服務與美質(2項指標)；政策回應與經濟機會：包括技術與創新(3項指標)、環境財貨與勞務(1項指標)、國際金融流動(1項指標)及價格與移轉支付(3項指標)，合計28項指標。

10 OECD (2011) 提供的綠色成長監測指標系統，係根據各國之政策相關性(policy relevance)、分析的完整性(analytical soundness)、可測量性(measurability)以及線性結構(structured in line)以衡量其整體架構。其建議設定的主要面向指標共為25個，2個尚未發展出來。易言之，OECD指標架構提供各國參考，各國可隨國情需要，進行必要與適當的增修。以韓國為例，其綠色成長指標合計30個(Statistics Korea, 2012)。

表1 指標建置的十大步驟與我國綠色成長指標建置步驟查驗

步 驟	內 容	本研究的作法
步驟一：需具有理論基礎	依據相關理論，清楚定義指標系統之意義，例如定義何謂綠色成長。	本研究依據OECD（2011）年綠色成長之定義。
步驟二：選擇適當的資料	確認資料的可獲得性與品質，例如資料的來源與型態等。	本研究以國家追蹤資料為主，具有公信力。
步驟三：遺漏資料設算	以可信賴及客觀方法，設算遺漏資料，提升資料的完整性。	本研究以資料可獲得為前提，因此，沒有設算遺漏資料的問題。
步驟四：多變量分析	確立指標架構間的關聯性。	本研究以主成份方法確認指標架構間具關聯性。
步驟五：正規化	調整資料尺度的差異，避免資料尺度差異過大，扭曲計算結果。	本研究選擇國家永續發展指標的正規化方法。
步驟六：選擇權重與加總方法	反映不同指標或構面的重要性，且以單一複合指標呈現，可以簡化指標的結果，溝通容易。	本研究以主成份方法與層級分析法分別計算權重，並加總為單一綜合指數。
步驟七：不確定與敏感性分析	確立指標系統的穩定性，提升資料的可使用性。	本研究選擇不同基準年及權重，進行敏感性分析。
步驟八：透過資料解釋	以資料表現結果，說明整體績效。	本研究將依據綠色成長評量結果，追蹤績效不佳之指標資料的表現，並說明其績效不佳原因。
步驟九：與相關資料連結與比較	與相關指標系統連結，強化不同指標系統間的互補性與功能性。	本研究將建立的綠色成長指標，與綠色GDP指標進行比較。
步驟十：說明結果	以圖示方向呈現結果，有助於結果意含表達與加強印象。	本研究將以圖式法，呈現綠色成長變化趨勢。

資料來源：OECD（2008）。



個OECD建議指標，11個替代指標。針對指標篩選理由，說明如後：首先，本研究依據資料取得性（是否有政府長期統計資料）與優先性（是否為短期優先建置指標）兩項因素，刪除9個OECD建議的指標項目，包括：（1）環境與資源生產力構面：需求基礎生產力、需求面物質生產力、水資源生產力及環境服務生產力四項；（2）自然資源存量構面：野生動物資源一項指標；（3）政策回應與經濟機會：專利申請比例、國際金融流動占比、環境相關租稅及水價與回收成本等四項指標。本研究再依據國情特性，增加11個替代性指標，包括：（1）環境與資源生產力構面：以垃圾回收率作為替代廢棄物密集度與回收率，以肥料耕地比例替代營養素流量與平衡；（2）自然資源存量構面：以有效水資源替代淡水資源，以漁業產量（扣除遠洋產量）替代漁業資源，以地層下陷面積比例替代土壤資源；（3）生活環境品質：以面臨自然災害人口數替代，以享有污水處理人數比例替代享有污水處理人數；（4）政策回應與經濟機會：以研究與發展（R&D）支出占GDP比例替代研發支出，以通獲環保標章產品數替代所有部門環境相關創新，而環境財貨與勞務附加價值以環保支出做為替代數據；能源稅與價格以歷年平均電價替代能源稅與價格<sup>11</sup>。

依據上述說明，建置符合臺灣國情之綠色成長指標巢式架構圖（詳見圖2）。由圖2可知，臺灣綠色成長監測指標系統，維持OECD（2011）的四大構面，然而，指標項目縮減為20項，包括環境生產力構面包括6項細指標；自然資源存量構面，包括6項細指標；生活環境品質構面，包括3項細指標；及政策回應與經濟機會構面，包括3項細指標。此外，20項指標中，有11項是依據我國國情所建置的替代性指標，易言之，台灣綠色成長監測指標系統，已大幅修正OECD（2011）指標系統，而成為具有高度國情特色的本土化指標系統。

表2最後一欄依據不同指標定義與性質，分別呈現正向與負向的綠色成長意義，正向指標表示指標值與綠色成長呈正向關係，合計有14項正向指標，以再生能源發電占比為例，再生能源發電的比例提高，代表國家邁向低碳綠色成長目標；反之，負向指標表示指標值與綠色成長呈反向關係，合計有5項負向指標，以肥料耕地比例為例，農地肥料比例使用愈高，代表造成了農業生產環境負擔，也間接影響水生和陸生等生態失衡，不利農業之發展，故對於綠色成長是負面影響。

11 表2各項指標之詳細資料，基於文章篇幅限制，無法呈現，有興趣讀者，可向作者索取。

表2 臺灣綠色成長指標選定表

指標項目	臺灣資料現況與定義	本研究 指標	替代 指標	綠色成 長意義
環境與資源生產力				
二氧化碳礎生產力 (生產基礎計算)	<ul style="list-style-type: none"> <li>經濟部能源局編制之我國燃燒二氧化碳排放統計與分析。</li> <li>每單位二氧化碳(千公噸)排放可創造的GDP(百萬元)。</li> </ul>	○	×	正向
二氧化碳礎生產力 (需求基礎計算)	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府機構無提供相關之統計數據。</li> <li>OECD列為短中期指標。</li> </ul>	×	-	-
能源生產力	<ul style="list-style-type: none"> <li>以能源統計手冊之統計數據與主計處數據做計算。</li> <li>單位總初級能源供給量(千公秉油當量)創造的GDP(新臺幣百萬元)。</li> </ul>	○	×	正向
部門能源密集度	<ul style="list-style-type: none"> <li>以經濟部能源局之部門能源消費數據與主計處數據做計算。</li> <li>各部門(包括工業、運輸、住宅與服務業)單位GDP<sub>i</sub>(新臺幣百萬元)之能源消費量(千公秉油當量)。</li> </ul>	○	×	負向
再生能源發電占比	<ul style="list-style-type: none"> <li>以能源統計手冊之再生能源占電力供給比例做為此項指標。</li> <li>再生能源發電(百萬瓦)占總發電(百萬瓦)比例。</li> </ul>	○	×	正向
需求面物質生產力	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府機構無提供相關之統計數據。</li> <li>OECD列為中、長期指標。</li> </ul>	×	-	-
廢棄物密集度與回收率	<ul style="list-style-type: none"> <li>環保署環境保護統計年報作計算,以垃圾回收率作為替代指標。</li> <li>垃圾回收量(公斤)(包括資源回收量+廚餘回收量+巨大垃圾回收再利用量)占總垃圾量比例)(公斤)。</li> </ul>	○	○	正向

表2 臺灣綠色成長指標選定表（續）

指標項目	臺灣資料現況與定義	本研究 指標	替代 指標	綠色成 長意義
營養素流量與平衡	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政院農業委員會農糧署統計數據計算，以肥料耕地比例作為替代指標。</li> <li>全年氮、磷、鉀三要素總施用量（公斤）除以耕地總面積（平方公里）之比值。</li> </ul>	○	○	負向
水資源生產力 （VA/水資源消費量）	<ul style="list-style-type: none"> <li>本研究原預期以水資源生產力以GDP除以水資源消費量作為替代指標。但由於經濟部水利署未提供2011年總用水量，而環保署只提供非工業用水總量，因此本指標予以刪除。</li> <li>OECD列為中期指標。</li> </ul>	×	-	-
環境服務生產力	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府機構無提供相關之統計數據。</li> <li>OECD列為中、長期指標。</li> </ul>	×	-	-
自然資源存量				
淡水資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>以永續發展指標（2011）的有效水資源作為替代指標。</li> <li>總水庫有效容量（百萬立方公尺）占總水庫容量（座）比例。</li> </ul>	○	○	正向
森林資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>以永續發展指標之森林面積做為代表指標。</li> <li>森林覆蓋面積（平方公里）（包括森林面積+造林面積-森林災害面積）占全國總面積（36006.18km<sup>2</sup>）（平方公里）比例。</li> </ul>	○	×	正向
漁業資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>漁業統計年報數據計算，以漁業產量（扣除遠洋產量）做為替代指標。</li> <li>臺灣漁業總產量（公噸）（包括遠洋、近海、沿岸與養殖漁業產量）扣除遠洋漁業產量（公噸）。</li> </ul>	○	○	正向

表2 臺灣綠色成長指標選定表（續）

指標項目	臺灣資料現況與定義	本研究 指標	替代 指標	綠色成 長意義
礦產資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>以臺灣中油公司探採事業部與經濟部礦物局之數據計算。本研究於此分為能源礦產與非金屬礦產兩項指標。</li> <li>臺灣能源）（千公噸油當量）（包括天然氣和凝結油）與礦產（千公噸）（包括大理石與蛇紋石）資源存量扣除開採量（千公噸）。</li> </ul>	○	×	正向
土地資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>內政部營建署歷年數據作計算，以開發用地面積比做為代表指標。</li> <li>都市土地開發面積（平方公尺）+非都市土地開發面積（平方公尺）占臺灣土地總面積百分比（平方公尺）。</li> </ul>	○	×	負向
土壤資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>經濟部水利署數據作計算，以地層下陷面積比例做為替代指標。</li> <li>臺灣下陷量（公分）除以每年持續下陷面積（年）。</li> </ul>	○	○	負向
野生動物資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>此指標項目以永續發展指標生物多樣性遺傳資源及種原保存指標作為代表指標。由於永續發展指標（2011）生物多樣性遺傳資源及種原保存指標數據年限只有8年，因此予以刪除。</li> </ul>	×	-	-
生活環境品質				
遭受天然災害影響 人數	<ul style="list-style-type: none"> <li>以面臨天然災害人口數作代表，本研究依據行政院內政部統計數據計算，以受災害影響人數作計算。</li> <li>災害的人口數（災民、死亡、失蹤、受傷）（人）占全國人口數（千萬）之比例。</li> </ul>	○	×	負向

表2 臺灣綠色成長指標選定表（續）

指標項目	臺灣資料現況與定義	本研究 指標	替代 指標	綠色成 長意義
享有污水處理人數	<ul style="list-style-type: none"> <li>由於臺灣享有污水處理人數比例為以戶數估算之數值，因此本研究以享有污水處理人數比例做為替代指標。</li> <li>汙水納入處理的人口數（人）占總人口數之比例（千萬）。</li> </ul>	○	○	正向
可持續享有安全飲水人數	<ul style="list-style-type: none"> <li>以經濟部水利署統計之數據，自來水普及率乘以總人口數做計算。</li> <li>實際供水人口數（人）除以行政區域人口數（萬人）。</li> </ul>	○	×	正向
政策回應與經濟機會				
研發支出	<ul style="list-style-type: none"> <li>以國內研究與發展（R&amp;D）支出占GDP的百分比（研發支出占GDP比例）做為替代指標。</li> <li>全國研發經費除以國內生產毛額（百萬元）之百分比。</li> </ul>	○	○	正向
專利申請比例	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府機構無提供相關之統計數據，因此，本研究刪除。</li> </ul>	×	-	-
所有部門環境相關創新	<ul style="list-style-type: none"> <li>以行政院環保署管考處公告之環保標章產品件數作為替代指標，用以衡量環境相關創新狀態。</li> </ul>	○	○	正向
環境財貨與勞務生產	<ul style="list-style-type: none"> <li>以中華民國環境保護統計年報之環保支出（包括環保生態支出、污染防治與資源回收支出之和）做為環境財貨與勞務生產力之替代指標。</li> <li>環保生態預算（千元）與政府鼓勵防治污染以及資源回收財務措施（百萬元）總和除以GDP（百萬元）。</li> </ul>	○	○	正向



表2 臺灣綠色成長指標選定表（續）

指標項目	臺灣資料現況與定義	本研究 指標	替代 指標	綠色成 長意義
國際金融流動占比	<ul style="list-style-type: none"> <li>官方開發援助比率只有兩年資料（2010~2011年），且官方亦無提供國外綠色投資資料，故此指標項目無適用統計數據。</li> </ul>	×	-	-
環境相關租稅	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前只搜集到三年之相關數據，故予以刪除。</li> </ul>	×	-	-
能源稅與價格	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前臺灣油價資料只搜集到（2005~2011年），時間趨勢較短。</li> <li>台灣電力公司歷年統計數據計算，以歷年平均電價作為替代指標。</li> <li>每度平均電價（新台幣元/度）（電業所需成本－其他營業收入＋合理利潤）（元）除以售電度數（億度）。</li> </ul>	○	○	正向
水價與回收成本	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府機構無提供相關之統計數據，故予以刪除。</li> </ul>	×	-	-

註：「×」代表否；「○」代表是；「-」不討論。

### （三）臺灣綠色成長監測指標正規化與結果

為避免受到資料尺度差異及偏離值影響，扭曲綜合指數，因此，指標指數化前，必須先進行指標資料的正規化（normalization）（詳見表1之步驟五）（OECD, 2008）。爰此，本研究以臺灣永續發展指標系統（黃書禮等，2002）建構之「國民生活指標計算方法」，進行指標的正規化（相關正規化程序，詳見附件1）。本研究為方便呈現結果，以及利於溝通（如表1第十步驟所示），因此，將所有指標值均轉換為正向表示，亦即指數值大於100，表示邁向「綠色成長」，反之，指數值若低於100，則表示悖離「綠色成長」。

本研究以2002年為基準年<sup>12</sup>，計算臺灣四大構面之綠色成長指數，詳見表3至表6。

12 本研究基於資料的限制，選擇2002年基準年。

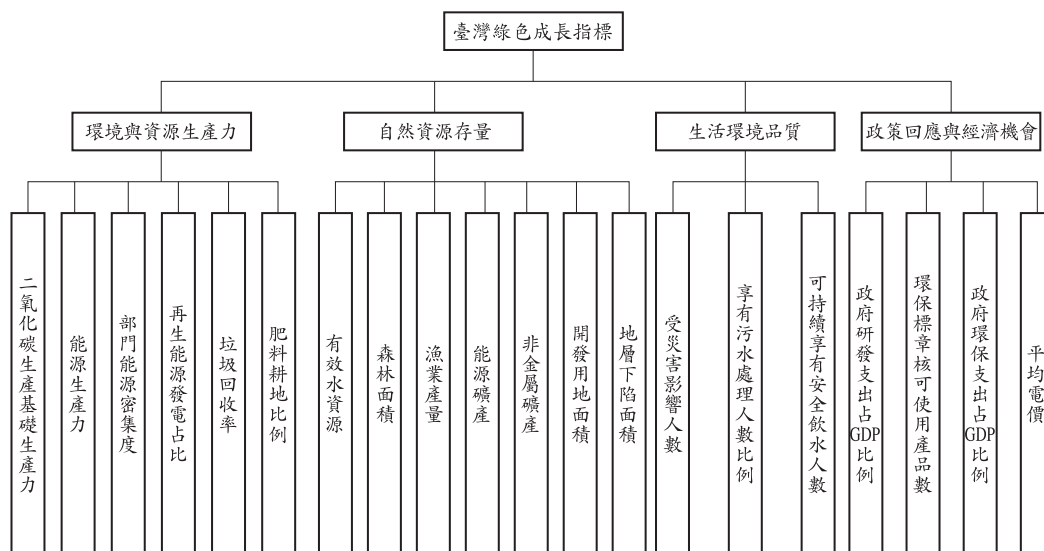


圖2 臺灣綠色成長指標架構圖

表3 環境與資源生產力指標正規化指數

年	二氧化碳生產力	能源生產力	部門能源密集度	再生能源發電占比	垃圾回收率	肥料耕地比例
2002	100	100	100	100	100	100
2003	100.7	99.4	100.5	100.6	101.1	101.4
2004	101.5	100.0	101.8	101.7	102.1	100.2
2005	102.4	101.6	102.2	109.0	103.4	101.7
2006	103.2	103.1	103.2	110.4	104.9	100.7
2007	104.1	102.7	105.5	117.2	105.7	101.1
2008	105.4	104.1	105.9	117.2	106.5	103.1
2009	107.1	105.4	107.8	116.3	107.4	102.2
2010	105.7	106.0	108.9	119.4	108.2	102.1
2011	106.7	107.2	108.3	119.1	109.0	102.7

表4 自然資源存量指標正規化指數

年	有效 水資源	森林面積	漁業產量	非金屬 礦產	能源礦產	開發用地 面積	地層下陷 面積
2002	100	100	100	100	100	100.00	100
2003	100.4	102.1	101.3	100.9	98.7	97.5	101.6
2004	102.3	103.4	99.9	101.9	98.1	97.1	102.5
2005	100.3	103.6	99.3	102.9	95.7	95.1	102.8
2006	100.0	102.7	97.3	103.9	95.2	94.5	104.7
2007	99.3	103.1	97.6	105.0	94.4	94.0	105.3
2008	98.9	102.9	97.5	106.2	93.5	93.5	105.2
2009	96.2	103.9	96.0	107.2	92.7	92.7	107.3
2010	96.7	102.9	96.2	108.3	91.9	91.2	106.6
2011	96.5	105.2	97.8	109.4	91.4	91.0	107.3

表5 生活環境品質指標正規化指數

年	受災害影響人數	污水處理率	可享用安全飲用水人數
2002	100.0	100.0	100.0
2003	101.5	103.5	100.3
2004	99.9	106.1	104.3
2005	100.8	109.0	101.2
2006	101.8	114.4	101.6
2007	101.2	118.9	101.9
2008	101.0	123.4	102.3
2009	99.5	128.8	102.5
2010	100.5	133.5	102.6
2011	101.3	138.8	102.9

表6 政策回應與經濟機會指標正規化指數

年	政府研發支出 占GDP比例	環保標章核可 使用產品數	政府環保支出 占GDP比例	平均電價
2002	100.0	100.0	100.0	100.0
2003	101.3	101.8	100.2	99.8
2004	101.8	103.0	98.6	99.3
2005	102.6	103.9	98.2	99.3
2006	103.9	104.6	97.0	100.1
2007	104.5	105.4	96.8	100.9
2008	106.6	106.3	98.0	103.3
2009	108.2	107.4	99.1	107.7
2010	107.8	108.2	96.8	107.8
2011	108.9	109.4	97.3	107.7

綜合表3至表6的資料，顯示近十年（2002-2011）來，臺灣綠色成長趨勢如下：

1. 環境與資源生產力面向：所有指標均朝向綠色成長，其中，再生能源發電占比成長快速，綠色成長趨勢最顯著。
2. 自然資源存量面向：僅有森林面積與非金屬礦產兩項指標，朝向綠色成長，其餘四向指標均悖離綠色成長，特別是開發用地面積與能源礦產兩向指標，持續惡化情況最嚴重。
3. 生活環境品質面向：所有指標均朝向綠色成長，其中，污水處理率績效最卓著。
4. 政策回應與經濟機會面向：大部分指標均朝向綠色成長，特別是環保標章核可使用產品數及政府研發支出占GDP比例，快速邁向綠色成長。然而，政府環保支出占GDP比例則持續下降，悖離綠色成長。此外，平均電價指數雖然微幅成長，但不顯著。

#### (四) 指標權重計算—主成份分析法

為獲得綜合指數，本研究選擇主成份分析法（Principal Components Analysis, PCA）<sup>13</sup>，並以SPSS 20為分析軟體，分別針對四組指標群進行主成分分析，再根據各主成分之變異數比例，調整總累積變異數為100%，得到新綜合指標（詳細計算過程，詳見附件2）。透過主成份分析法獲得的指標權重，再加總各構面指數，即可獲得綜合指數，如表7所示。由表7可以瞭解臺灣近十年（2002-2011）來，綠色成長績效，並依據表1步驟八之程序，經由細項指標值變化，說明該項綜合指數之原因。詳述如下：

1. 環境與資源生產力綜合指數呈現邁向綠色成長趨勢，其中，再生能源發電占比的成長快速，是最主要驅動力，至於垃圾回收率及部門能源密集度兩項指標，亦有非常好的績效，即是此構面邁向綠色成長的最關鍵因子。
2. 自然資源存量綜合指數呈現悖離綠色成長趨勢，其中，開發用地面積與能源礦產持續惡化，是造成此面向悖離綠色成長的主因。
3. 生活品質綜合指數呈現邁向綠色成長趨勢，其中，污水處理率績效卓著，是最主要驅動因子。
4. 政策回應與經濟機會綜合指數呈現邁向綠色成長趨勢，其中，環保標章核可使用產品數及政府研發支出占GDP比例成長快速，是最主要驅動力，然而，環保支出占GDP比例持續下降，是抑制此面向邁向綠色成長的負面因子。

#### (五) 指標權重計算—層級分析法

前文PCA以資料隨時間變異，作為權重選定依據，屬於客觀權重分析法，本研究擬再以層級分析法（AHP）取得主觀權重，目的在於確認本研究所建構的綠色成長綜合指數，是否會受到不同權重計算法，而產生不一致的問題。

本研究選取17位專家，填寫AHP專家問卷，共回收16份問卷（包含6位產業界、5位政府官員及5位學者）<sup>14</sup>。再利用Expert Choice軟體進行權重計算與偏好一致性（Consistency, CI）檢定，分析結果CI值均小於0.1，表示通過一致性檢定，詳如表8及附件3所示。由表8可知，綠色成長四大構面以環境與資源生產力構面權重值0.322為最高，代表專家最為重視此面向。計算出各指標權重後，再乘以2002-2011年的正規化指數，獲得臺灣綠色綜合指數，詳見表9。

13 依據OECD（2008）的複合指標十大步驟的建議，權重計算方法包括等權重（Equal Weight, EW）、層級分析法（AHP）、資料包絡法（Data Envelopment Analysis, DEA）與PCA等。

14 包括問卷彙整表詳見附件3。



表7 主成份分析法之指標構面綜合指數

年	新環境與資源 生產力	新自然資源 存量	新生活環境 品質	新政策回應與 經濟機會
2002	100.0	100.0	100.0	100.0
2003	100.6	99.2	102.7	101.0
2004	101.3	98.3	104.2	102.7
2005	103.4	98.5	106.4	103.7
2006	104.3	97.3	110.4	105.4
2007	106.1	97.8	113.4	106.7
2008	107.1	97.6	116.4	108.5
2009	107.8	100.4	119.6	112.0
2010	108.5	97.6	123.2	113.9
2011	109.0	99.8	127.0	114.5

表8 綠色成長四大構面之權重與一致性檢定

綠色成長構面	權重順序	CI值<0.1
環境與資源生產力	0.322	0.004
生活環境品質	0.266	
自然資源存量	0.231	
政策回應與經濟機會	0.182	

#### (六) PCA 與 AHP 不同權重方法之綜合指數比較

本節進一步比較PCA法與AHP法之綜合指數，詳見表10與圖3。觀察表10與圖3可知，PCA與AHP之綜合指數雖然有差異，然而，變化趨勢一致，亦即均朝向綠色成長路徑，顯示本研究建構的綠色成長指標架構，具有相當穩定性，不會受到不同權重方法的影響，而產生太大的變異。此外，PCA方法之綜合指數的增長幅度較大，也反映PCA方法特性，亦即PCA方法會篩選變異較大的變數，並給予較大的權重，易言之，表10與圖3的結果符合先驗與理論結果。

表9 臺灣綠色成長指標層級分析綜合指數

年	環境與資源 生產力	自然資源存量	生活環境品質	政策回應與 經濟機會	綜合指數
2002	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2003	100.34	100.41	101.22	100.58	100.81
2004	101.10	101.24	102.80	100.26	101.53
2005	103.16	100.39	102.20	100.46	102.12
2006	104.17	100.24	103.62	100.75	102.95
2007	105.95	100.21	104.21	101.14	103.96
2008	106.91	99.97	104.91	102.89	104.89
2009	107.76	99.49	105.22	105.14	105.71
2010	108.52	99.20	106.43	104.46	106.24
2011	108.95	99.91	107.69	104.99	107.20
權重	0.322	0.231	0.266	0.182	-

表10 層級分析法與主成份分析法之指標構面綜合指數比較

年	環境與資源生 產力		自然資源 存量		生活環境 品質		政策回應與 經濟機會		綜合指數	
	AHP	PCA	AHP	PCA	AHP	PCA	AHP	PCA	AHP	PCA
2002	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2003	100.34	100.6	100.41	99.2	101.22	102.7	100.58	101.0	100.81	101.0
2004	101.10	101.3	101.24	98.3	102.80	104.2	100.26	102.7	101.53	101.8
2005	103.16	103.4	100.39	98.5	102.20	106.4	100.46	103.7	102.12	103.4
2006	104.17	104.3	100.24	97.3	103.62	110.4	100.75	105.4	102.95	104.9
2007	105.95	106.1	100.21	97.8	104.21	113.4	101.14	106.7	103.96	106.8
2008	106.91	107.1	99.97	97.6	104.91	116.4	102.89	108.5	104.89	108.3
2009	107.76	107.8	99.49	100.4	105.22	119.6	105.14	112.0	105.71	111.0
2010	108.52	108.5	99.20	97.6	106.43	123.2	104.46	113.9	106.24	111.9
2011	108.95	109.0	99.91	99.8	107.69	127.0	104.99	114.5	107.20	113.7

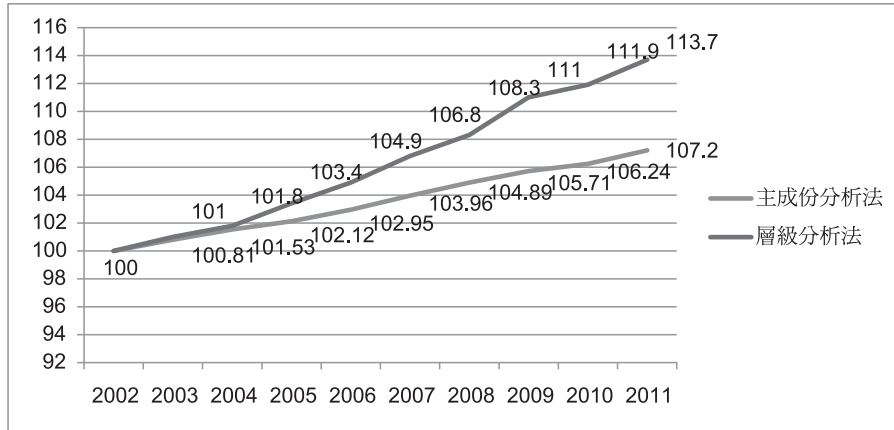


圖3 不同權重方法之綠色成長綜合指數比較

#### 四、綜合指數敏感度分析及連結相關資料與比較

本研究擬進一步依據指標建置步驟七與步驟九，進行敏感度分析及連結相關資料與比較，確認本研究建立的指標系統的穩定性（robustness），以及解釋我國綠色成長趨勢的適宜性。在敏感度分析上，將依據研究目的與資料取得性，可以選擇不同方法，例如改變基期、改變權重、改變指標項目、改變加總方法及改變標準化方法等（OECD, 2008），檢視指標系統的波動度及趨勢。本研究基於篇幅，將選擇改變基期及權重兩種方法，進行敏感度分析。

步驟九與近似指標系統進行連結與比較，主要目的是確認指標系統間的互補性，及政策支援的相容性。綠色GDP也具有綠色與成長的意涵，爰此，本研究擬比較綠色成長綜合指數與綠色GDP變化趨勢，作為判定綠色成長綜合指數在捕捉綠色成長的適宜性。

##### （一）敏感度分析

###### 方法一：改變基期年

本研究將基準年由2002年調整至2003年，觀察整體綜合指數的變化，詳見圖4。圖4顯示，不同基準年，沒有改變綠色成長指數的變化趨勢。惟，以2002年為基準年，將呈現較佳的綠色成長趨勢，主要原因是2003年的綜合指數值大於100.0（2002年綜合指數），因此，相較之下，將呈現較低的綠色成長綜合指數。

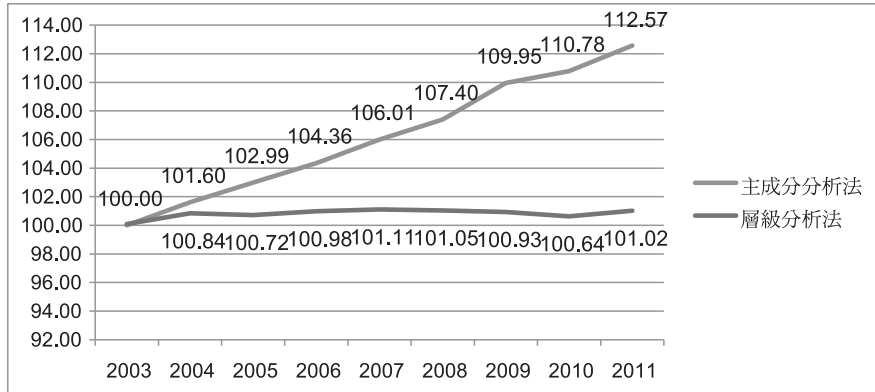


圖4 不同基準年之臺灣綠色成長綜合指數比較

### 方法二：改變權重

本研究再以等權重 (equal weight) 方式加總綜合指數，觀察整體綜合指數的變化，詳見圖5。圖5顯示，不同權重，沒有改變綠色成長指數的變化趨勢，且AHP與等權重之綜合指數差異非常小，顯示權重改變對整體綜合指數的敏感性相當低。

綜合上述可知，不同基準年選定，雖然不一定會改變綠色成長趨勢，然而，的確具現敏感性，易言之，政府必須慎選基準年，避免扭曲國家綠色成長的趨勢，影響政策擬定，及國家長期邁向綠色成長的動能與潛力。然而，權重改變對整體綜合指數相對穩定。

### (三) 與綠色 GDP 比較

依據綠色GDP定義，等於GDP扣除自然資源折耗及環境質損，表示綠色GDP兼具成長 (GDP成長) 與綠色 (自然資源保育與環境保護)。比較綠色GDP指數與綠色成長監測綜合指數，詳如圖6所示。由圖6可知，綠色GDP以2005年為基期，呈現成長趨勢，顯示臺灣以綠色GDP為指標，亦呈現綠色成長趨勢，且與綠色成長監測綜合指數呈現同向變化趨勢，易言之，兩者具有互補性與相容性，可以作為檢視綠色成長政策績效的支援系統。

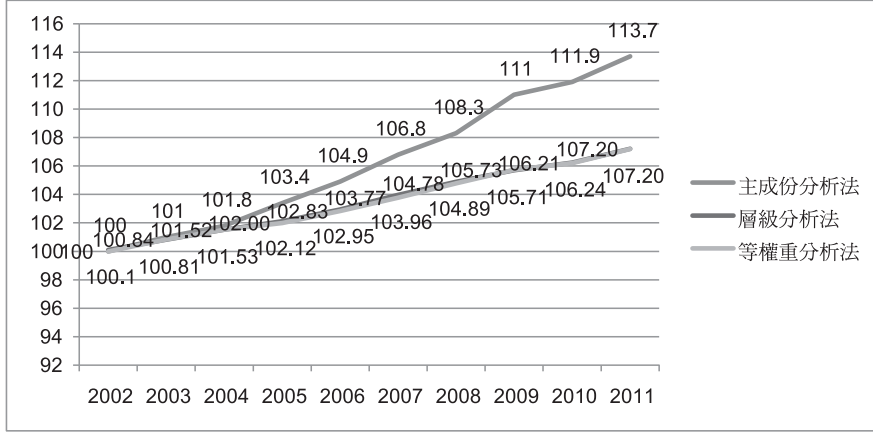


圖5 不同權重方法之綠色成長綜合指數比較

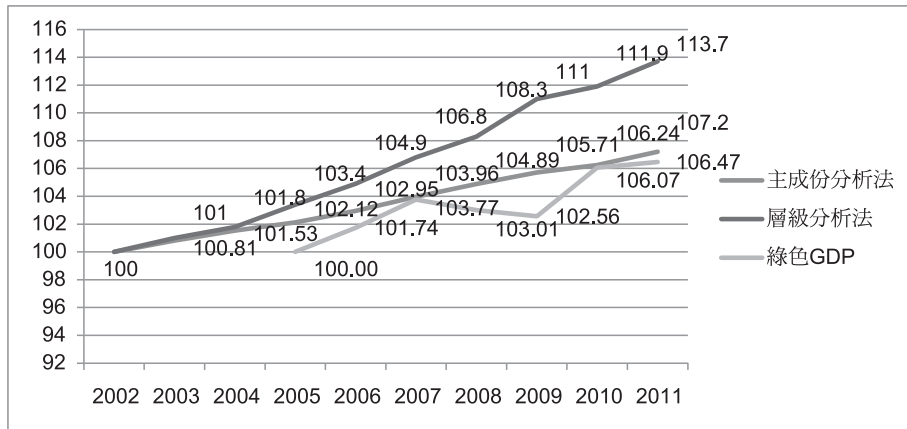


圖6 綠色成長監測綜合指數與綠色GDP比較

註：綠色GDP資料來自行政院主計處（2013），臺灣地區綠色國民所得帳編製報告。

## 五、結語

綠色成長已成為本世紀各國施政的目標與願景，如何檢視政府綠色成長績效，已是各國政府關心的課題。檢視OECD（2011）提出之綠色成長監測指標四大架構（包括環境與資源生產力、自然資源資產存量、生活環境品質及政策回應與經濟機會等四大指標構面）內涵，具有三個特點，其一是與綠色國民所得帳的編制很接近；其二是納入民眾的生活品質；其三是具政策回饋架構。雖然臺灣已編制「永續



發展指標」與「綠色國民所得帳」，然而，若比對與OECD（2011）綠色成長指標架構內容，仍存在差異性。

由於綠色成長監測指標架構具時代意義，不但強調「綠色」，亦重視「成長」，因此，本研究應用OECD（2011）指標架構，並依據OECD（2008）建議之指標建置十大步驟，檢視臺灣綠色成長監測指標系統。由於權重是計算指標綜合指數的關鍵，且具爭議性，爰此，本研究選擇兩種傳統最常用的權重計算方法（主成分分析法（PCA）與層級分析法（AHP），分別計算權重。據此，檢視臺灣過去十年（2002-2011）綠色成長績效。評估結果顯示，臺灣已朝向綠色成長路徑發展，惟，自然資源存量悖離綠色成長，是未來政府綠色施政重點。此外，本研究也發現，基準年對臺灣綠色成長監測指標系統綜合指數具敏感度，隱含政府應慎選基準年，避免扭曲綠色成長趨勢，影響未來綠色成長動能與潛力。此外，透過與綠色GDP比較，發現具有相同發展趨勢，顯示，臺灣綠色成長指標系統與綠色GDP具有互補性，可以提升臺灣綠色施政的績效檢視能力，及政策多元回饋效果。

本研究雖然首開國內綠色成長指標檢視之先河，並已獲得初步成果，然而，本研究僅建立20項指標，這是本研究主要限制之一，因此，如何擴充指標項目，提高綜合指數的代表性，是未來可以進一步擴充的方向。此外，一般指標系統僅具有檢視歷史資料之功能，缺乏預測能力，是其主要限制。本研究受限於國內統計資料的不足，刪除重要綠色指標項目，降低本研究建立之綠色成長指標的完整性。近年來，修正AHP（Modified AHP, MAHP）方法學的發展，提高指標綜合指數的預測能力，亦是本研究在方法學上可持續延伸的方向。

## 附 註

### 附件1 臺灣綠色成長指標資料正規化指數

依據臺灣永續發展指標系統（黃書禮等，2002）採用之「國民生活指標計算方法」進行指標的正規化方法，臺灣綠色成長指標正規化程序與試算，簡述如下：

#### 一、指數化

假設各領域指標值 $d_{ij}(t)$ ，其中， $i$ 為領域號數， $j$ 為指標號數， $t$ 為年份，一般而言，指標值有兩種情況，一為水準值（level），例如：交通工具私有度（輛/萬人）；另一為變動率（百分比），例如工業區利用率（%）及都會區綠敷率（%）等。然而，無論是水準值或變動率，最終均將該指標值轉換為指數值型態， $C_{ij}(t)$ ，其計算公式如下：

$$C_{ij} = \frac{d_{ij}(t) - d_{ij}(t-1)}{(d_{ij}(t) + d_{ij}(t-1))/2} \times 100 \times \delta_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (1)$$

$$C_{ij} = [d_{ij}(t) - d_{ij}(t-1)] \times \delta_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (2)$$

式（1）與式（2）分別為水準值與比例值的計算公式，其中， $\delta_{ij}$ 為調整參數，簡言之，將所有指數值轉換為「正值」，因此，如果指數值為正，則 $\delta_{ij}=1$ ，反之，如果指數為負，則 $\delta_{ij}=-1$ 。

#### 二、計算標準化因子 $A_{ij}$ ：

$$A_{ij} = \frac{\sum_{t=2}^N |C_{ij}(t)|}{N-1} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (3)$$

其中， $N$ 為標準化期間之年數，<sup>15</sup>換言之， $A_{ij}$ 即為 $N$ 年期間之指標值的平均值。

#### 三、計算標準化指標值 $B_{ij}(t)$ ：

$$B_{ij} = \frac{C_{ij}(t)}{A_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (4)$$

15 依日本的實際操作經驗，將 $N$ 設定為10為最佳，並以最新10期的資料為依據，換言之，以最近10年資料，作為衡量永續指標值。

將指數化後的指標值，再以 $A_{ij}$ 平減 (deflator)，獲得標準化的指標值。

四、計算各領域各指標之標準化指數  $S_{ij}(t)$ ；並選定某一年為基準年 (base year)，若以民國八十年為基準年，則  $S_{ij}(1991)=100$ ：

(一) 指標為水準值或指數時

$$S_{ij}(t) = S_{ij}(t-1) \times \frac{200 + B_{ij}(t)}{200 - B_{ij}(y)} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (5)$$

(二) 指標為結構比時

$$S_{ij}(t) = S_{ij}(t-1) + B_{ij}(t) \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (6)$$

最後需要再將各領域下之指標值，加總為代表該領域的綜合指數值 $S_i(t)$ ：

$$S_i(t) = \sum_{j=1}^{m_i} S_{ij}(t) \times W_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (7)$$

其中， $W_{ij}$ 為依據國民生活指標重要性評估調查所獲之權數。

五、綜合指標值計算方式

$$(R) = \sum_{j=1}^{m_i} y_i \times W_i \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \dots\dots\dots (8)$$

其中， $y_i$ 為指標變動率； $W_i$ 為指標權重。

六、綜合指標值之綠色成長意義

指標值最後均轉換為指數值 (目前以2002年為基準年)<sup>16</sup>，並觀察其變化趨勢，如果指數值大於100，表示邁向「綠色成長」，反之，指數值若低於100，則表示悖離「綠色成長」。

基於篇幅限制，本文僅以二氧化碳生產力指標正規化指數試算為例，如所示，其餘指標項目均可依此方式計算而得。

16 本研究基於資料的限制，選擇2002年基準年。

附表1 各變數之特徵值與解釋變異量之比例

指標群	環境與資源生產力					
指標項目	二氧化碳生產基礎生產力					
分類	現實水準					
指標影響面向	正指標					
編號：v <sub>1</sub> -1						
Year	Data	對稱變動率	標準化因子		標準化變動率	標準化指數
		$C_{ij} = \frac{d_{ij}(t) - d_{ij}(t-1)}{d_{ij}(t) + d_{ij}(t-1)} \times 100 \times \delta_{ij}$	$A_{ij} = \frac{\sum_{t=2}^N  C_{ij}(t) }{N-1}$		$B_{ij}(t) = \frac{C_{ij}(t)}{A_{ij}}$	$S_{ij}(t) = S_{ij}(t-1) \times \frac{200 + B_{ij}(t)}{200 - B_{ij}(t)}$
			C <sub>ij</sub>	A <sub>ij</sub>		
2002	26.82	-	-		-	100.00
2003	28.19	4.97	4.97	6.74	0.74	100.74
2004	29.68	5.15	5.15		0.76	101.51
2005	31.42	5.69	5.69		0.85	102.38
2006	33.08	5.16	5.16		0.77	103.16
2007	35.02	5.69	5.69		0.84	104.04
2008	38.29	8.91	8.91		1.32	105.42
2009	42.53	10.51	10.51		1.56	107.08
2010	39.02	-8.61	8.61		-1.28	105.72
2011	41.42	5.96	5.96		0.88	106.66

## 附件2 PCA方法試算環境與資源生產力綜合指數

本研究基於篇幅限制，僅以環境與生產力面向，呈現PCA分析法的過程與結果。其它面向的計算方法相同，不再贅述（有興趣讀者，可向作者索取）。

本研究利用以SPSS 2.0軟體，萃取特徵值大於1者為主成分，環境與資源生產力萃取了 1 個成份，詳見附表2，並可獲得特徵值 ( $\lambda_i$ ) 為5.474，據此，可計算主成分負荷值 ( $C_{ij}$ )，則見表附表3，再利用公式  $w_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sqrt{\lambda_i}}$ ，計算出特徵向量 ( $w_{ij}$ )，特徵向量為主成分之變數組合的轉換係數。因此，可以獲得環境與資源生產力指標群的主成分各變數所對應的特徵向量，詳見附表4。

再將環境與資源生產力指標群正規化後的數據，乘上特徵向量得到新指標，求得新生產基礎生產力之值，見附表5。由於第一主成分總累積變異數為91.24%，必須調整總累積變異數成為100%，即新生產基礎生產力之值乘上，計算出總得點（見附表1），得到新綜合指標。再將2002年作為基準年，因此，令基準年為100，其他年度則據此等比例調整，可以獲得新環境與資源生產力綜合指數。

附表1 各變數之特徵值與解釋變異量之比例

主成分	初始特徵值			平方和負荷量萃取		
	總數	變異數%	累積%	總數	變異數%	累積%
第一主成分	5.474	91.240	91.240	5.474	91.240	91.240
第二主成分	.358	5.966	97.206			
第三主成分	.083	1.386	98.591			
第四主成分	.049	.814	99.405			
第五主成分	.025	.410	99.815			
第六主成分	.011	.185	100.000			

附表2 各變數的主成分負荷

指標項目	主成份
生產基礎生產力	.984
能源生產力	.971
再生能源發電占比	.978
肥料耕地比例	.967
部門能源密集度	.990
垃圾回收率	.832

附表3 特徵向量

指標項目	主成份
生產基礎生產力	0.420363916
能源生產力	0.415204523
部門能源密集度	0.41808112
再生能源發電占比	0.413109511
垃圾回收率	0.423157368
肥料耕地比例	0.355604142

附表4 新環境與資源生產力主成分得點

年	生產基礎 生產力	能源 生產力	部門能源 密集度	再生能源 發電占比	垃圾 回收率	耕地肥料 比例	主成份
2002	42.04	41.52	41.81	41.31	42.32	35.56	244.55
2003	42.35	41.28	42.01	41.54	42.79	36.04	246.01
2004	42.67	41.55	42.57	42.01	43.20	35.61	247.61
2005	43.04	42.18	42.71	45.03	43.76	36.15	252.87
2006	43.37	42.81	43.15	45.61	44.38	35.80	255.10
2007	43.74	42.63	44.13	48.40	44.73	35.94	259.54
2008	44.32	43.23	44.29	48.40	45.06	36.67	261.97
2009	45.013	43.74	45.09	48.05	45.43	36.32	263.64
2010	44.44	44.01	45.52	49.33	45.77	36.31	265.37
2011	44.84	44.52	45.29	49.21	46.13	36.53	266.51



附表5 新環境與資源生產力綜合指數

年	總得點	新環境與資源生產力綜合指數
2002	268.03	100
2003	269.63	100.60
2004	271.38	101.25
2005	277.15	103.40
2006	279.60	104.32
2007	284.46	106.13
2008	287.12	107.12
2009	288.95	107.80
2010	290.85	108.52
2011	292.09	108.98

### 附件3 AHP方法測試臺灣綠色成長指標一致性檢定

附表1 專家問卷彙整表

專家學者	問卷人數
產業界	6位
政府單位	5位
學術界	5位

附表2 綠色成長細項指標一致性檢定

綠色成長構面指標	權重順序	CI值<0.1
環境與資源生產力	能源生產力	0.238
	部門能源密集度	0.224
	再生能源發電占比	0.161
	二氧化碳生產基礎生產力	0.160
	垃圾回收率	0.117
	肥料耕地比例	0.099
自然資源存量	有效水資源	0.313
	地層下陷面積	0.204
	森林面積	0.188
	漁業產量	0.105
	開發用地面積	0.105
	能源礦產與非金屬礦產	0.086
生活環境品質	可持續享有安全飲水人數	0.444
	受災害影響人數	0.405
	享有污水處理人數比例	0.151
政策回應與經濟機會	政府環保支出占GDP比例	0.318
	平均電價	0.310
	政府研發支出占GDP比例	0.236
	環保標章核可使用產品數	0.137

## 參考文獻

- 行政院主計總處，2013，臺灣地區綠色國民所得帳編製報告，臺灣：行政院主計總處中部辦公室。
- 黃書禮、劉錦添、駱尚廉、王俊秀、李玲玲，2002，建立臺灣永續發展指標系統，臺北：中華民國都市計畫學會。
- Bovenberg, A. L. and S. Smulders, 1995, Environmental Quality and Pollution-Augmenting Technological Change in a Two-Sector Endogenous Growth Model, *Journal of Public Economics*, 57, pp. 369-391.
- Costanza, R. and P. Cowell, 1992, The 4P Approach to Dealing with Scientific Uncertainty, *Environment*, 34(9), pp. 12-20 and pp.40.
- Daly, H., 1992, Toward an Environmental Macroeconomics: Reply, *Land Economics*, 68(2), pp. 244-245.
- Gradus R. and S. Smulders, 1993, The Trade-off Between Environmental Care and Long-Term Growth – Pollution in Three Prototype Growth Models, *Journal of Economics*, 58(1), pp. 25-51.
- Gutes, M. C., 1996, The Concept of Weak Sustainability, *Ecological Economics*, 17(2), pp. 147-156.
- Harwick, J. M., 1977, Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources, *American Economic Review*, 67(5), pp. 972-974.
- Harwick, J. M., 1978, Substitution Among Exhaustible Resources and Intergenerational Equity, *Review of Economic Studies*, 45(2), pp. 347-354.
- Harwick, J. M., 1990, Natural Resources, National Accounting and Economic Depreciation, *Journal of Public Economics*, 43(3), pp. 291-304.
- Harwick, J. M., 1993, Notes on Economic Depreciation of Natural Resources Stocks and National Accounting, in Alfred Franz and Carsten Stahmer, eds., *Approaches to Environmental Accounting: Proceedings of the IARIW Conference on Environmental Accounting 1991*, Heidelberg: Springer, pp. 167-198.
- IEA, 2013, Redrawing the Energy – Climate Map GHG Market Sentiment Survey 2013, World Energy Outlook Special Report, France: IEA publications.
- IPCC, 2014, Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, UK: Cambridge Publishing.

- Jacobs, R., P. Smith, and M. Goddard., 2004, *Measuring Performance: An Examination of Composite Performance Indicators*, CHE Technical Paper Series 29, New York: Centre for health economics.
- Neumaryer, E., 2010, *Weak versus Strong Sustainability*, Edward Elgar Publishing Limited.
- OECD, 2008, *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Paris, France: OECD Publishing.
- OECD, 2011, *Towards Green Growth -Monitoring Progress: OECD Indicators*, Paris, France: OECD Publishing.
- OECD, 2014, *Green Growth Indicators 2014*, OECD Green Growth Studies, Paris, France: OECD Publishing.
- Randall, S. J. and B.Yoo., 2011, *Korea's Green Growth Strategy: Mitigating Climate Change and Developing New Growth Engines*, OECD Economics Department Working Papers, 798, France: OECD Publishing.
- Reilly, J., 2012, *Green Growth and the Efficient Use of Natural Resources*, *Energy Economics*, 34, pp. 85-93.
- Schmalensee, R., 2012, *From Green Growth to Sound Policies: An Overview*, *Energy Economics*, 34, pp. 2-6.
- Solow, R. M., 1974, *Intergeneration Equity and Exhaustible Resource*, *Review of Economic Studies*, Symposium, pp. 29-46.
- Solow, R. M., 1986, *On the Intergenerational Allocation of Natural Resources*, *Scandinavian Journal of Economics*, 88(1), pp. 141-149.
- Solow, R. M., 1993, *An Almost Practical Step Toward Sustainability*, *Resource Policy*, 19(3), pp. 162-172.
- Statistics Korea, 2012, *Korea's Green Growth based on OECD*, Korea: Statistics Korea Publishing.
- UNEP, 2012, *Green Economy: Metrics & Indicators*, Geneva: UNEP Publishing.
- UNEP, 2011, *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*, UNEP Publishing.