

# 第一章 前言

## 1.1 研究緣起

[永續發展]的概念於 1987 年聯合國「Our Common Future」文件中提出(WCED, 1987), 1992 年 Earth Summit 所公佈之「Agenda 21」(UNCSD, 1992)更將“永續發展”作為重要理念。永續發展目前已成各國所追求之方向, 而為了評量各區域之永續性, 各國際組織(UNCSD, 2001; Esty et al., 2005)、國家(NRTEE, 2003; SFSO, 2004)及地方(Best, et al., 1998; Bay Area Alliance and NCCC, 2003)已發展各自之永續指標(Sustainable Index or Indicator, SI)或環境永續指標(Environmental Sustainability Index, ESI), 用以反應現況及評估永續性。然而由於目前之永續指標大多為單一指標值, 因而無法評估代間公平性、預算使用之效率、民眾參與等重要議題。為確實反應及有效評估環境永續性, 本研究遠期以建立一個完整的環境永續指標系統為目標, 預計針對不同永續議題發展相關指標評估方法與工具, 本論文主要針對較重要的議題如地區指標建置、代間公平性評估、改善預算決策及民眾參與等建置系統化指標子系統。

由於各地區的永續願景及環境特性不同, 故用以評估永續性之指標亦會有所差異。由於一個地區往往面臨眾多之永續議題, 且各議題間之關係甚為複雜, 故選擇永續指標有必要多方考量與分析, 因而宜有工具能協助之。然而, 目前國際上缺乏適當的工具可輔助建立永續指標。過去, Herzog et al. (2001) 及 Sustainable Measure (2008) 曾發展永續指標相關資料庫, 以供使用者挑選指標。不過, 由於這些資料庫只依據指標屬性進行分類, 並未討論指標彼此之因果關係, 故使用者不易以系統角度思考何種指標最為重要, 且容易造成指標重複選取之問題。而前述兩個指標資料庫, 僅提供指標名稱, 並未有指標相關說明或定義, 使用者因而不了解所選取指標

之適用範圍或意義。因此，本研究改善現有指標資料庫之缺點，建置一個更符合使用者需求之永續指標資料庫，以期協助各地區建置永續指標。

[Our Common Future]文件 (WCED, 1987)將永續發展詮釋為「能滿足當代的需要，而同時不損及後代子孫滿足其本身需要的發展」，因此，代間公平性是評估永續性的重要因子。然而目前並沒有指標可用以評估代間公平性，在所建立的指標資料庫中亦沒有這類指標。雖然一些研究如 Gerlagh and Keyzer (2001)、Scholl and Semmler (2002)與 Shiell (2003)曾應用經濟模式分析自然資源分配、永續成長與資源消耗、溫室氣體排放之代間公平性；及 Jørgensen and Yeung (1999) 與 Haurie (2005)曾以賽局理論探討在代間公平性下，氣候變遷、自然資源保育、可再生資源利用應如何因應及分配。然而這些研究所用模式或方法過於複雜，不易用以進行經常性評估，亦無法作為永續指標。此外，目前國際間永續指標之研究，較少考量時間性，而單一數值又僅能事後針對過去特定時間進行評估(Hanley et al., 1999)，無法說明時間變遷過程中，永續議題對環境之衝擊及改善趨勢是否向永續邁進。雖有部分永續指標有歷年週期性的評估，但這些指標多僅是過去及現在兩個特定時間點之比較(OECD, 2001; EEA, 2002)，並不能用以評估代間公平性，且由於單年的資料往往容易因為單一事件，而造成資料大幅度變動，故不適合用一年之值來表示一代之情況。本研究因而發展一個傳承公式及傳承率來改善前述代間公平性評估上之問題，並以全球暖化為例，評估全球暖化之代間公平性，亦驗證此公式之適用性。

對於環境永續相關預算或支出之管理，過去常應用環境會計之相關方法(UN, 2003; Federal Statistical Office of Germany, 2004; Jasch, 2001; U.S. EPA, 1995; Deegan, 2003; Graff et al., 1998)，但這些方法雖可用以管理環境成本，但甚少結合 ESIs，導致 ESI 與預算分配往往是兩個獨立的系統，使得預算應用之效率並不容易評估，進而造成預算之分配，並不一定能有效提升環境永續性。為解決此問題，本研究群曾提出環境永續帳之概念，以整

合 ESIs 及預算分配，進而協助管理者調整預算分配以使提升環境永續性。雖然在林(93 年)所發展之系統中建立連結 ESIs 及預算之介面，但並未發展如何考量環境永續性來分配預算之程序，故無法確實協助管理者進行預算分配。此外，在環境永續帳中，由於 ESIs 可能具有綜合性或重複性，故不易直接與預算相聯，因此在環境永續帳中，林(93 年)雖由 ESIs 中挑選部分指標為關鍵指標(Key Indicators, KIs)，以直接建立指標與預算間之關係，但並未建立挑選 KIs 之原則，故不易依據各地區之特性進行 KIs 之挑選。而為評估環境永續之改善情況，需要有適當的 ESIs 及對應的目標值，然而，在林(93 年)所初步發展的系統中，並未探討如何設定合理之目標值，如此容易造成評估環境永續性上之偏差。本研究因而發展一個完整且更實用的環境永續帳系統。

由於目前國際上之永續指標大多是由政府機關所調查與公佈(經建會, 91 年; ANZECC, 2000; Best et al., 1998; Bay Area Alliance and NCC, 2003)，故所查調及展現之資訊，並不一定能引起民眾之共鳴。因此，本研究提出永續地圖之概念及系統，來增進居民對於生活週遭環境之關心，進而提升地方永續性。永續地圖之概念為藉由民眾調查生活環境永續相關議題，進而關心及提升生活環境之永續性，而永續地圖系統之功能為存儲民眾所關心及調查之永續議題，並以空間性方式呈現議題之空間分佈。由於快速之資訊可以作為優良政策與規劃之基礎，且時間及空間分析之資訊有助於提供決策者較佳之區域永續性的描述，因此本研究應用 GIS 之技術，建置環境永續地圖，輔助決策者分析永續議題，及提高居民對於環境永續性之關心。

## 1.2 研究目的

由於現有環境永續指標系統並不完整，因而本研究遠期主要目的是發展一個完整的電腦系統輔助地方建立適當的環境永續指標系統，而本論文研究首先就四個較重要的問題，建立適當的子系統解決或改善之，以促進環境永續性有效提升。以下一一簡述之：

1. **發展永續指標資料庫，協助地方建立永續評量指標：**由於各地方需不同之永續指標來評量各地方不同之議題，但是永續指標之建構往往需要投入眾多專家及時間累積許多經驗方能完成。故本研擬發展一套永續指標資料庫，此資料庫可提供永續指標相關資料，有系統地協助地方產生具地方特性之永續評量指標。
2. **建立適當指標評估代間公平性：**在追求永續發展之過程中，本世代活動之結果應避免造成下一代之負荷，所以代間公平性應該加以評量，以作為調整本世代活動之依據。由於目前國際上尚缺乏代間公平性評量之永續指標，故本研究藉由發展傳承公式，分析兩世代之活動變化，建立代間公平性指標，評量本世代活動是否符合代間公平性。
3. **建立整合環境永續指標與預算的系統，讓預算能確實用於改善環境永續性：**於過去研究中，ESIs 與預算往往是兩個獨立的系統，故預算之分配並不能完全符合環境永續性之需求。雖然林(93 年)已初步發展環境永續帳之介面，但是對於如何預算分配、選取 KIs 及設定目標並未進行探討，故使用者無法透過此系統依環境永續性來分配預算。因此，本研究針對前述缺點，建立預算分配程序、KIs 選取原則及指標目標設定原，以使環境永續帳更具實用性，可更一進協助地方環保局能評量經費是否用於環境永續性之提昇。
4. **發展環境永續地圖，提升民眾對週遭環境之關心：**過去所政府所公佈之永續指標資訊，往往缺乏民眾參與，並未能完全考量到居民所關心



之議題，因此，本研究發展永續地圖，以居民之角度繪製永續地圖，以分析及展示各環境永續議題之空間變化，除促進居民關心週遭環境外，並期望促使地方合作努力持續改善環境永續性。

### 1.3 研究架構與流程

由於現有之環境永續指標系統對於如世代公平性、依據環境永續性進行預算之分配、民眾參與等重要之永續議題尚無法有效評估，故本研究遠期的目標為建立完整之環境永續指標系統，以有效評估永續環境相關議題，進而增進環境永續性。本研究之架構，如圖 1.1 所示，主要分為四大子系統，以下一一簡述之，將在後續章節中詳述之：

- (1) 永續指標資料庫:主要所收集之國內外相關永續指標，除可以協助地方進行永續指標建置外，亦可提供本研究其他子系統發展時所需之相關指標資料。
- (2) 代間公平性指標:主要用以改善現有環境永續指標系統於代間公平性與時間性之分析，並針對全球暖化議題，建立代間公平性指標系統。
- (3) 環境永續帳:主要用以協助管理者分配合理預算以有效提升環境永續性，永續指標資料庫中所提供之指標，可用於環境永續帳中評估環境永續性，以作為改善預算分配之依據。
- (4) 永續地圖:主要用以協助民眾關心地方永續議題並參與公共事務，而在永續地圖子系統中，民眾可藉由永續指標資料庫了解地方可能的永續議題有那些，以作為訪查活動之參考。

圖 1.1 所示系統架構中除了本研究所完成的子系統，亦列了一些未來擬持續建立的子系統，以期持續改善所建立的指標系統。

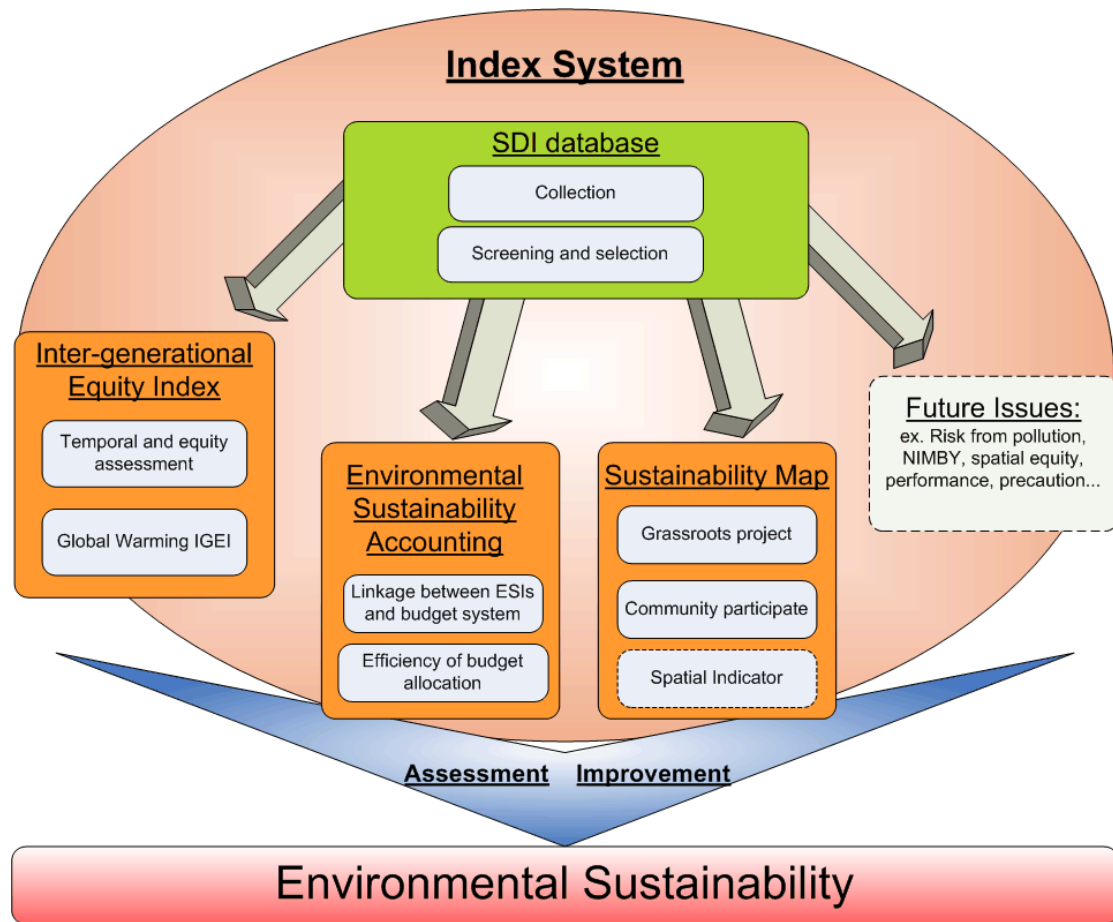


圖 1.1 研究架構

依據上述架構，本研究進行之流程如圖 1.2 所示，首先進行相關永續指標文獻之收集及回顧，接著發展四個子系統。在永續指標資料庫中，首先探討各永續指標應包含那些屬性資料，以供挑選及應用時使用。接著，基於屬性資料進一步規劃指標資料庫之結構，並發展如指標檢索等資料庫功能，最後完成永續指標資料庫。

在代間公平性指標方面，本研究首先探討世代之概念，而後發展傳承公式及傳承率，以供進一步建立代間公平性指標，並以全球暖化為案例示範建立一個代間公平性指標，驗證本研究所發展代間公平性指標之適用性。在建置該指標系統時，亦參考永續指標資料庫中之相關指標，挑選適當之全球暖化評估項目以進行全球暖化之代間公平性評估。

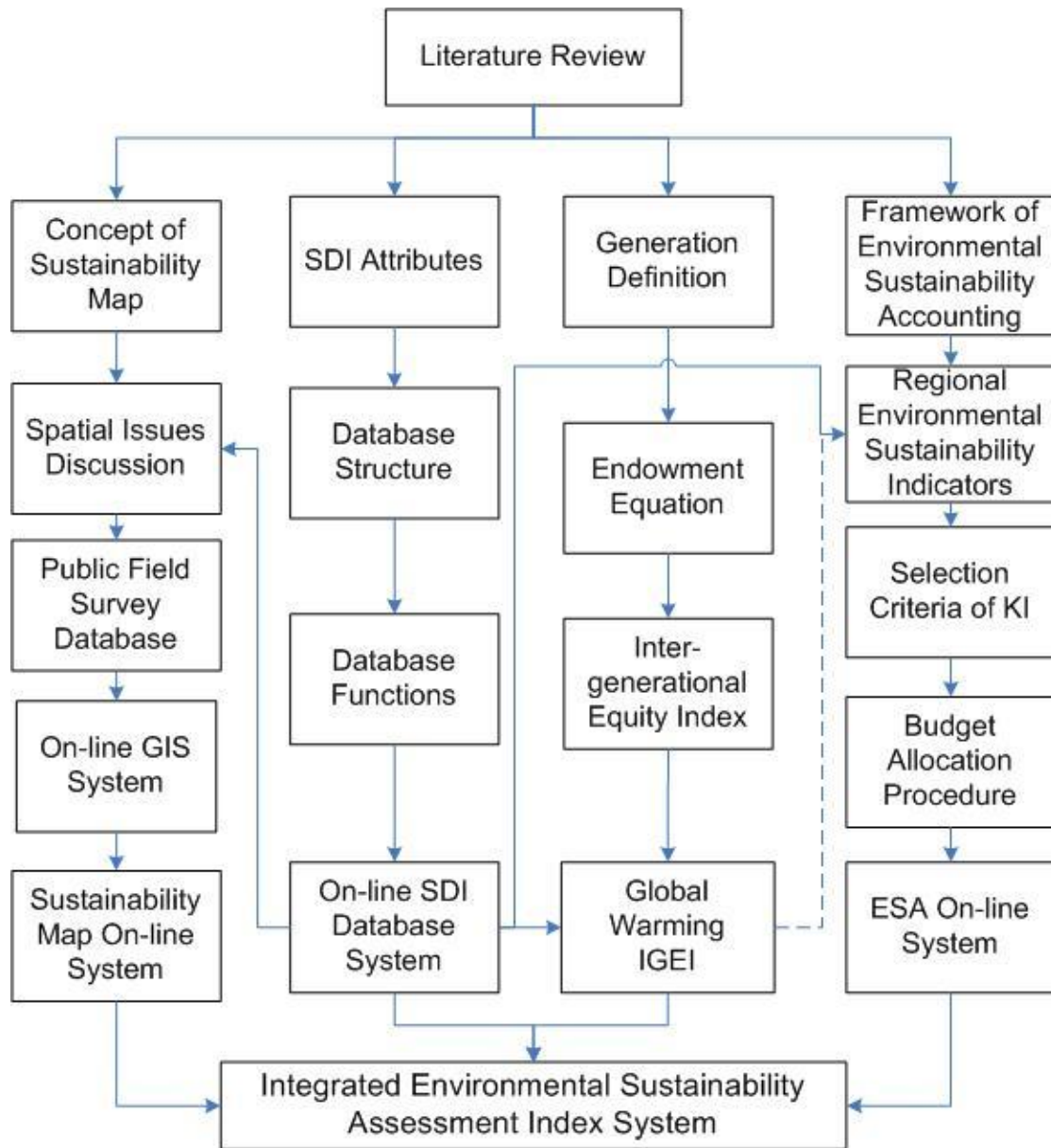


圖 1.2 研究流程

於環境永續帳之研究流程，則先針對環境永續帳架構進行探討，接著參考永續指標資料庫所收集之資料，建立評估環境永續之 ESIs。而為連結指標及預算，故本研究進一步建立關鍵指標(KI)之挑選原則，並發展依據環境永續性分配預算之程序，整合 ESIs 與預算分配，以使預算應用可有效提升環境永續性。

在永續地圖上，本研究首先探討永續地圖之發展概念，並藉由參考永續指標資料庫中之相關永續報告，初步探討民眾可能關心之空間性永續議

題。接著依據探討之結果，發展民眾調查資料庫及線上 GIS 系統，儲存及展示民眾所關心之永續議題，以促進民眾參與及關心地方永續發展。

藉由本研究所發展之四個子系統，以期逐步改善目前傳統環境永續指標，而使環境永續指標可更有效地協助管理者及民眾評估環境永續性。

## 1.4 論文內容

本論文於之後章節中，第二章主要回顧永續指標評估、代間公平性分析、環境保護經費分析及綠色生活地圖等相關文獻；第三章說明本研究所發展之永續指標資料庫之架構、介面及功能；第四章說明本研究如何發展傳承公式評估代間公平性，並以全球暖化為案例，進一步說明傳承公式之適用性；於第五章中，除先說明環境永續帳之概念及架構外，亦將說明如何應用環境永續帳系統進行預算分配。於第六章介紹永續地圖之發展架構及系統介面。最後第七章說明結論及建議後續研究方向。





## 第二章 文獻回顧

本章將回顧與本研究相關之文獻，並探討本研究之可行性及必要性。於本章中，首先探討現有環境永續指標發展之情況，以作為本研究改善之依據。接著介紹現有之永續指標資料庫，並討論其應用情況。然後，回顧相關文獻中代間公平性之定義及評估方法，以作為本研究發展代間公平性指標之參考。接著，討論國際上常用之經費分析工具，對於改善預算分配以提升地方永續性之適用性。最後，說明綠色生活地圖之概念，及其在提升地方環境永續性上之優缺點。

### 2.1 永續指標

指標為一個有效的工具可以用來說明一個複雜系統之性質或趨勢 (Moldan and Dahl, 2007)，例如一般常以國民生產毛額(Gross National Product, GNP)或是失業率來表示國家經濟之情況。然而，在聯合國 21 世紀議程(Agenda 21)(UNCSD, 1992)之第四十章第四節提到“一般常用之指標如 GNP 或個別之資源或污染的量測，並不能提供適當之永續資訊，”及“永續指標必需要被發展，以提供各層級決策穩固之基礎。”因此，於國際上，各組織或國家紛紛開始著手發展各自之永續指標或環境永續指標評量系統，以反應國家永續性，例如聯合國之 Indicators of Sustainable Development (UNCSD, 2001)、世界經濟論壇之 Environmental Sustainability Index (Esty et al., 2005)、澳洲及紐西蘭之 Core Environmental Indicators for Reporting on the State of the Environment (ANZECC, 2000)、我國之台灣永續發展指標系統 (經建會，91 年)。

然而，由於國家層級之永續指標並不一定明確反應地方特性，故於 21 世紀議程中，亦鼓勵地方發展各自之地方 21 世紀永續議程(Local Agenda 21, LA21)，因此，目前已有超過一千個地方機構開始發展其 LA21(ICLEI, 1996) 及地方永續指標以說明地方永續進程，例如美國西雅圖之 Sustainable

Seattle (Best et al., 1998; )、美國加州灣區之 Bay Area Indicators (Bay Area Alliance and NCCC, 2003)、美國矽谷之 Silicon Valley Environmental Index (Melhus et al., 2003)。由於目前國際上已有許多永續指標系統被發展，因此，應建立適當工具，整理現有之永續指標，以協助尚未發展永續指標地區加速進行永續指標之建構。

## 2.2 指標分類

由於單一指標不足以說明各永續議題之真實情況，藉由適當之指標分類來分協及架構永續指標，可協助管理者將資料(data)有系統地進一步轉化為資訊(information)，以發展有效之改善策略(Stanners et al., 2007)。目前國際上之永續指標，大多都依據指標所屬面向或議題進行分類，例如世界經濟論壇之 Environmental Sustainability Index (Esty et al., 2005)，則將指標分為環境系統、減少環境壓力、減少人類壓力、社會及組織之能力、及全球責任等五個面向，並於面向下又再進一步細分不同之議題，例如：空氣品質、生態效益、溫室氣體排放等等議題。此種分類之優點為將同議題指標集中，可有效說明同一議題下所包含之各因子，並易於判別指標是否重複選取，但其缺點為無法說明各指標間相互影響之因果關係，並不易協助發展改善策略。

而為改善面向及議題分類之缺點，國際上進一步針對環境永續性評估發展以因果關係為依據之壓力-狀態-回應(Pressure-State-Response, PSR)(OECD, 2003)來進行永續指標之分類。其概念如圖 2.1 所示，壓力指標代表則人類在不同部門的活動對於環境所產生之壓力，其中壓力包含有直接壓力(如資源使用量、污染排放量等)及間接壓力(如人類生活之方式)。狀態指標則為環境品質或自然資源之質與量，此類指標可說明在受環境壓力影響下，環境之狀態及環境政策之目標達成的情況。由於社會大眾接收到環境惡化之資訊，故會要求管理單位針對環境永續問題，進行回應，因此，

回應指標則可用以評估環境改善策略之績效。由於永續發展議題除了環境面向外，尚需同時考量社會及經濟面向，而在社會及經濟面向中，影響狀態指標的，除了負向惡化的壓力外，亦有正向改善的影響，因此，UNCSD(2001)改以驅動力-狀態-回應(Driving force-State-Response, DSR)指標分類，以評估全球之永續性。由於指標因果關係之討論，有助於管理者對各永續議題進一步了解，故於指標建置時，應考量各指標之 PSR 或 DSR 的性質，以確實評估各議題之永續性。

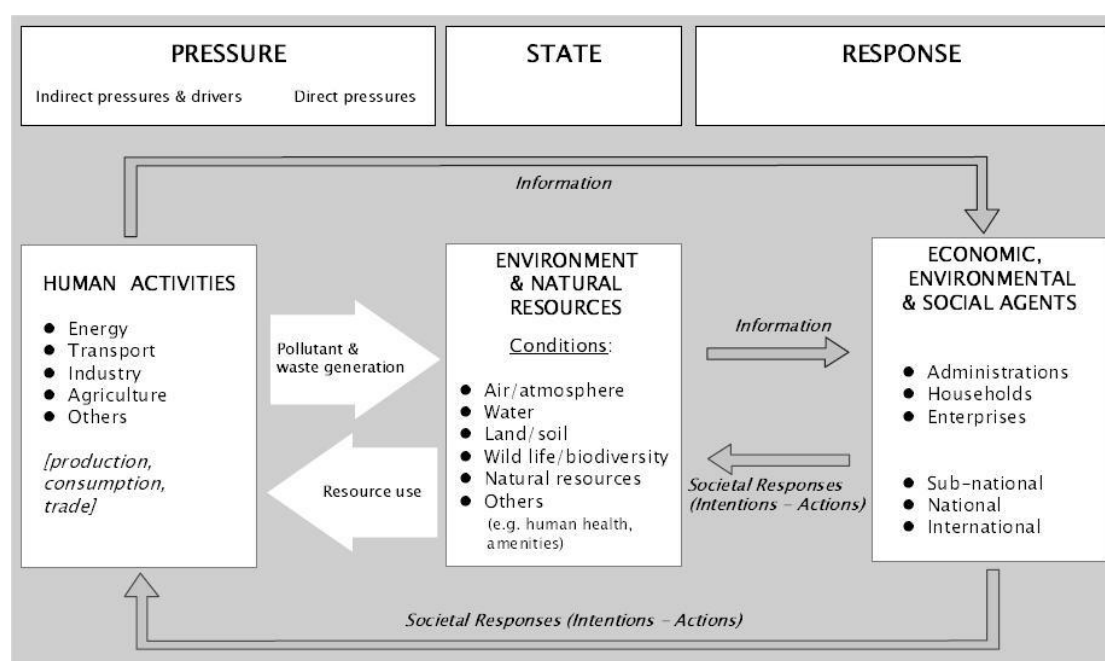


圖 2.1 PSR 指標概念 (OECD, 2003)

除了 PSR 及 DSR 為基於因果關係之指標分類外，亦有如圖 2.2 所示，歐盟環境局(European Environmental Agency, EEA)整合 PSR 及 DSR 建立驅動力-壓力-狀態-影響-回應(Driving force-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR)分類架構(Smeets and Weterings, 1999)，或是如圖 2.3 由瑞士政府(Altwegg et al., 2004)所發展的，考量 stock-flow 關係之 Level-Capital-Input/Output-Structural criteria-Response。但由於這些分類較為複雜，對於初步開始建立永續指標之單位較為困難，且因為這些分類項

目較多，而為完整說明因果關係，亦需收集較多指標資訊，亦易造成發展單位之負擔。

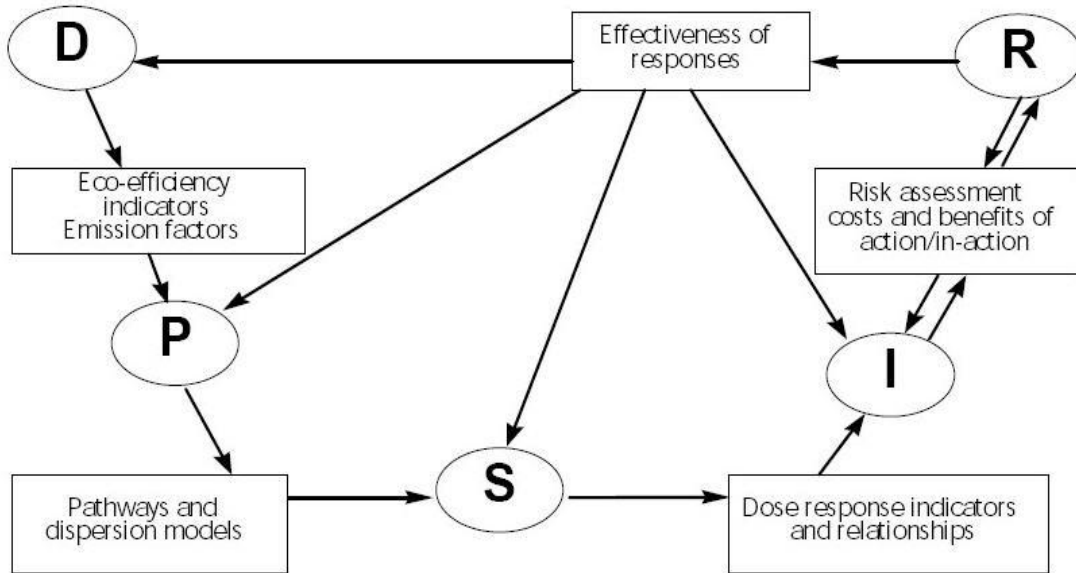


圖 2.2 DPSIR 指標分類架構 (Smeets and Weterings, 1999)

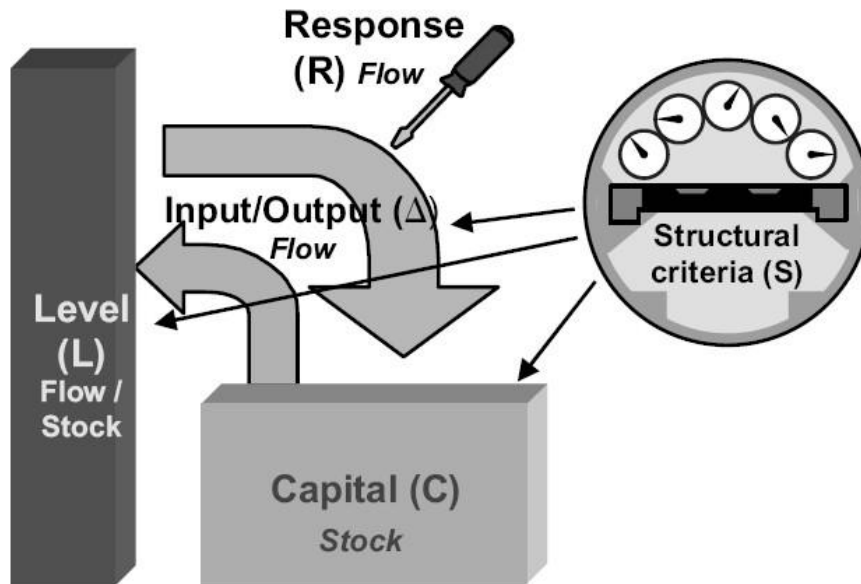
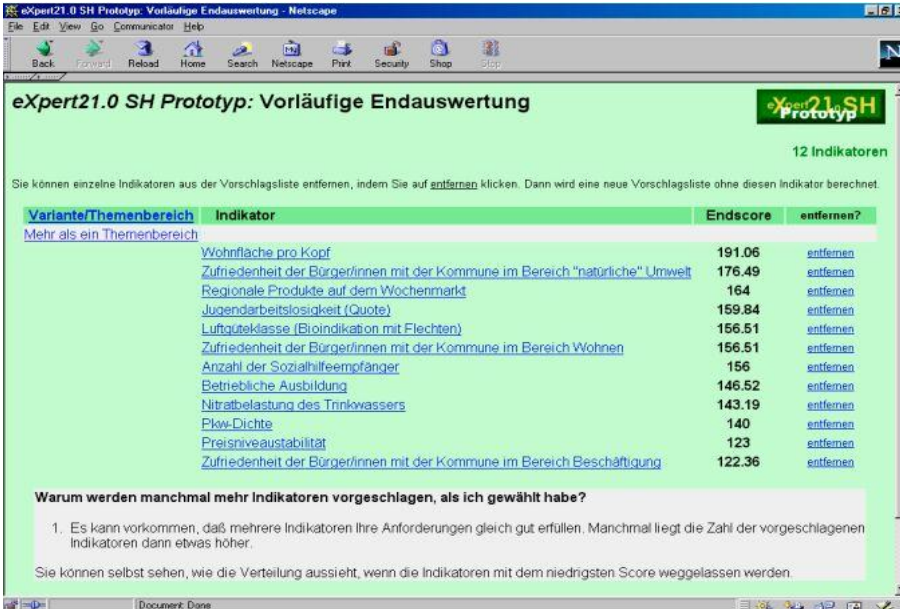


圖 2.3 瑞士之 Level-Capital-Input/Output-Structural criteria-Response 架構

(Altwegg et al., 2004)

## 2.3 永續指標資料庫

如前一節所述，為反應地方永續性，各地方需發展能反應地方永續問題之永續指標，然而國際上雖已有不少永續指標報告，但因未經過有系統之整理，故不易提供地方發展時參考。而為有系統地整理永續指標資訊，資料庫為一個有效的工具，目前國際上之曾發展之永續指標資料庫有如圖 2.4 之 eXport21 (Herzog et al., 2001) 及如圖 2.5 之 Sustainable Measure (Sustainable Measure, 2008)。其中，於 eXport21 (Herzog et al., 2001) 中，主要僅有環境、社會及經濟三面向及議題之分類，而缺乏指標間之因果關係、指標說明、適用層級等資訊，故使用者無法明確了解所挑選之永續指標是否適合評估地方特性。



The screenshot shows a web browser window titled "eXport21.0 SH Prototyp: Vorläufige Endauswertung". The page content includes a header with the title and a logo for "eXport21.0 SH Prototyp". Below the header, there is a section titled "12 Indikatoren" and a sub-header "Sie können einzelne Indikatoren aus der Vorschlagsliste entfernen, indem Sie auf [entfernen](#) klicken. Dann wird eine neue Vorschlagsliste ohne diesen Indikator berechnet." Below this is a table with the following data:

Variante/Themenbereich	Indikator	Endscore	entfernen?
Mehr als ein Themenbereich	Wohnfläche pro Kopf	191.06	<a href="#">entfernen</a>
	Zufriedenheit der Bürger/innen mit der Kommune im Bereich "natürliche" Umwelt	176.49	<a href="#">entfernen</a>
	Regionale Produkte auf dem Wochenmarkt	164	<a href="#">entfernen</a>
	Jugendarbeitslosigkeit (Quote)	159.84	<a href="#">entfernen</a>
	Luftgüteklasse (Bioindikation mit Flechten)	156.51	<a href="#">entfernen</a>
	Zufriedenheit der Bürger/innen mit der Kommune im Bereich Wohnen	156.51	<a href="#">entfernen</a>
	Anzahl der Sozialhilfeempfänger	156	<a href="#">entfernen</a>
	Betriebliche Ausbildung	146.52	<a href="#">entfernen</a>
	Nitratbelastung des Trinkwassers	143.19	<a href="#">entfernen</a>
	PKW-Dichte	140	<a href="#">entfernen</a>
	Preisniveaustabilität	123	<a href="#">entfernen</a>
	Zufriedenheit der Bürger/innen mit der Kommune im Bereich Beschäftigung	122.36	<a href="#">entfernen</a>

Below the table, there is a section titled "Warum werden manchmal mehr Indikatoren vorgeschlagen, als ich gewählt habe?" with a list item: "1. Es kann vorkommen, daß mehrere Indikatoren Ihre Anforderungen gleich gut erfüllen. Manchmal liegt die Zahl der vorgeschlagenen Indikatoren dann etwas höher." and a note: "Sie können selbst sehen, wie die Verteilung aussieht, wenn die Indikatoren mit dem niedrigsten Score weggelassen werden."

圖 2.4 eXport21 介面(Herzog et al., 2001)

而於 Sustainable Measures (Sustainable Measures, 2008) 中，主要僅以如經濟、教育、環境、交通等等之 12 項議題作為分類，並亦未說明各指標之因果關係及趨向。此資料庫雖有提供約 300 個關鍵字以供使用者查詢，但對於剛才始要建立永續指標之單位，並不容易由未有系統分類之關鍵字中找出所需要的指標。此外，而於資料庫中指標之查詢結果如圖 2.5



所示，資料庫中所包含之指標資訊僅有出處及關鍵字。由於此資料庫並未有提供有系統之指標分類，且所提供給使用者之指標資訊不足，故並無法有效協助各地區發展永續指標系統。因此，本研究改善前述兩資料庫之缺點，以發展能協助地方建置具地方特性之永續指標系統。

The screenshot shows the 'Sustainable Measures' website interface. At the top, there is a navigation bar with 'SUSTAINABLE MEASURES' and a search bar. Below the navigation bar, there are several menu items: 'Indicators', 'Database', 'Questions', 'Training', 'Resources', and 'Sustainability'. The 'Database' menu item is highlighted. The main content area displays 'Search results' and indicates that 1 indicator was found. A table shows the search results:

Rank	Indicator
6	Miles of rivers not suitable for fishing due to dioxin

Below the table, there are details for the indicator:

- Used by:** [Maine Development Foundation](#)
- Data source:** Maine Department of Environmental Protection, Bureau of Land and Water Quality
- Keywords:** dioxin, environment, fish, rivers, surface water, water, water pollution, water quality

At the bottom of the page, there is another navigation bar with the same menu items as the top bar.

圖 2.5 Sustainable Measures 之指標資訊

## 2.4 代間公平性

在 Our Common Future 中，將永續發展詮釋為-「滿足當代的需要，同時不損及後代子孫滿足其本身需要的發展」(WCED, 1987)，而由於現在世代之決策及活動深深地影響未來世代，故討論世代間關係之代間公平性在永續發展中為一個核心議題(Young, 1995)。代間公平之意義為每一世代都有責任保護由前一代所繼承之環境或資源給下一代(Vojnovic, 1995)，而各

世代就像夥伴一樣，擁有同樣的權利、責任及義務來享受環境及使用資源 (Frischmann, 2005)。由於在此夥伴關係下，沒有一個未來世代之情況可以先被知道，因此各皆世代希望繼承一個至少與過去世代一樣好的環境，而這也相對反應各世代至少不要給下一代比自己所繼承差的環境 (Weiss, 1995)。然而，由於目前並未有可適當評估代間公平性之永續指標，導致代間公平之情況不易被評估及易被決策者所忽略。

而要評估代間公平性，需先針對世代進行定義。國際上對於世代之定義主要有下列兩種。

1. 第一種如 Edmunds and Turner (2002) 及 Miller (1999) 曾定義的，世代為一群人出生在特定之年代，有著同樣的歷史經驗，例如在美國 1943 年到 1960 所出生的人為嬰兒潮世代 (baby-boom generation) (Strauss and Howe, 2009)。這樣的定義經常用於分析某歷史事件發生前及發生後的差異，或是不同時代出生的人之人格特質。但由於永續議題所影響之對象，並不針對特定年紀，而是所有人一起承受，故此定義並不適合用於代間公平性。
2. 另一種常用之世代定義則如牛津字典 (Oxford English Dictionary, 2008) 所說明，世代為由出生到成為父母之時間長度，然而人們對於永續環境的影響行為，並不會因為由孩童變父母而改變，主要影響永續環境的是人們之生活型態，故此種世代定義並不適合用以分析代間公平。

因為目前世代之定義並不適合用以評估代間公平性，而由於環境之永續性主要是人們的生活型態所影響，因此為了評估代間公平性，應以生活型態為出發點重新對世代進行定義。

由於代間公平性為永續發展之重要議題，因此國際上已有眾多評估世代關係之研究，例如有：

1. Grübler and Fujii (1991)與 Shiell (2003)曾發展經濟模式評估如何分配溫室氣體排放以符合代間公平性；
2. Faucheux et al. (1997)及 Scholl and Semmler (2002)建立模式分析代間資源分配之問題；
3. Woodard (2000)以經濟模式探討永續性、代間公平性及效率之關係；
4. Young (1992)、Newell and Prizer (2003)及 Ainsworth and Sumaila (2005)曾討論如何設定世代間評估時之折現率設定；
5. 除經濟模式外，賽局理論亦經常應用於討論在代間公平性下資源分配的問題，例如 Jørgensen and Yeung (1999) 在再生資源上之分析。

雖然這些模式工具有助於分析代間公平性，但由於這些研究之模式皆太過複雜，不易於由政府或民間組織定期經常性之評估，故亦無法作為永續指標。

在過去永續指標之時間性評估，多僅是進行歷年數值之變化比較，例如 Hanley et al. (1999)比較多個永續指標由 1980 年到 1994 年之歷年變化情況，但由於歷年資料僅為反應了特定時間之永續情況，並無法說明世代間之關係。雖然部分永續報告，如圖 2.6 (EEA, 2002) 或 OECD (2001)，有以特定年為基準，比較另一年之變化情況，但由於此僅為特定年份之比較，並不能反應整個世代之情況，亦無考量公平性之關係，故現有永續指標之時間性評估並不適合說明代間公平性。因此，本研究基於前述指標之缺點，進一步發展代間公平性指標。

	CO <sub>2</sub> emissions from energy use						
	Total			Emission intensities			
	million tonnes 1996	% change since 1980	% change since 1990	per unit of GDP		per capita	
			t/1 000 USD 1996	% change since 1980	tonnes/cap. 1996	% change since 1980	
Canada	477	11	13	0.74	-29	15.8	-10
Mexico	356	46	20	0.59	0	3.7	6
USA	5410	14	12	0.71	-34	20.1	-4
Japan	1128	24	8	0.44	-25	8.9	14
Korea	370	197	59	0.73	-16	8.0	144

圖 2.6 CO<sub>2</sub> 排放量比較(EEA, 2002)

## 2.5 環境保護經費分析工具

為減少外部性及提升環境管理系之效率，不同之綠色或環境會計系統已被提出並應用於國家、地方政府或是企業中，以連結之財務與環境績效。例如，環境經濟綜合帳整合系統(System of integrated Environmental and Economic Accounting, SEEA) (UN, 2003) 為 System of Nation Accounts (SNA) 之附屬系統。SEEA 藉由轉換能源及環境相關議題成為金錢，以調整在 SNA 所評估之國家 GDP 值。雖然環境保護支出在不同部門是明確的，但 SEEA 並未將環境保護支出與環境保護績效相連結，因此未能評估支出費用之效率。

環境經濟會計(Environmental-Economic Accounting)是由德國聯邦統計室(Federal Statistical Office of Germany, 2004)所發展，其主要目的在於依據生產指標(productivity indicator)量測國家層級之生態效益(eco-efficiency)。然而，生態效益指標雖然反應了 GDP 與投入要素(如自然資源或污染物)之關係，但並未說明預算分配對於環境改善之影響，而且預算用以改善環境永續性之效率亦未被此方法評估。

依據“使用者付費”之原則，環境經濟資訊彙集歐洲系統(European System for the Collection of Economic Data on the Environment, SERIEE)說明了環境保護的成本及查明其轉移之量。於 SERIEE 手冊中(Eurostat, 2002)，曾簡短地提到可用壓力-狀態-回應中之回應指標與環保支出連結，進行環



境保護投入效能之評估。然而，SERIEE 並未有相關報告可進一步詳細說明如何連結指標與支出及如何評估效能。

全成本會計 (Full Cost Accounting, FCA) (U.S. EPA, 1998) 主要特色是考量過去、現在及未來所會面臨之成本，而用以分析環境管理策略真實之成本。雖然 FCA 適用於地方政府之策略擬定評估，但並未考量環境狀態之變化，亦無整合環境永續性之評估。

環境管理會計(Environmental Management Accounting, EMA) (Jasch, 2001; U.S. EPA, 1995; Deegan, 2003)分析環境保護成本與效益，以協助企業管理之決策。然而，在 EMA 中，外部性成本(如廢水對於河川衝擊等)並不被納入計算，故無法有效考量環境永續性。

環境財務會計(Environmental Financial Accounting) (Adams et al., 2000; U.S. EPA, 1995)強調對於投資者、貸方及外部群眾之環境成本及負債。環境成本會計(Environmental Cost Accounting) (U.S. EPA, 1995; Graff et al., 1998)則是加入環境成本資訊於現有之成本會計系統，處理及分析環境成本如何分配到產品或製程中。這些環境會計系統主要是設計用於私人企業，並不適合用於地方政府協助預算分配，以提升地區環境永續性。

由於過去所發展之經費分析工具，並不能協助地方政府依據環境永續性進行預算分配。因此，本研究相似於 SERIEE 所提出回應指標與支出連結之概念，由地方環境永續指標中，選取一組關鍵指標與既有之預算財務分配系統進行整合，分析預算分配之適宜性，以改善地方環境永續性，向願景與目標邁進。

## 2.6 綠色生活地圖

由於過去一般地圖多僅提供道路、或是如政府機構、醫院等等設施之位置資訊，並無法反應環境議題之分佈情況。而美國 Wendy Brawer 女士於 1992 年為了讓世界各國環保 NGO 至紐約時能迅速了解紐約的自然環



境，發起建立了 Green Map(國內由荒野保護協會引進後命名為綠色生活地圖，以下簡稱綠活圖)為一種特殊地圖(GMS, 2009)，用以連結地區之環境、自然、及文化資產，例如綠地、生態資源、文化場所等(Rebello et al., 2004; Tulloch, 2004)。在綠活圖中，藉由民眾參與地區地圖之繪製，以促進居民對於週遭環境之關心。由 1995 年到 2007 年，國際上已有超過 450 個製圖計畫在 50 個國家中進行，且已出版了 335 張之綠活圖(GMS, 2009)。綠活圖於 1998 年由荒野保護協會前理事長李偉文先生引進，並組團隊推廣之，並命名為綠色生活地圖(荒野保護協會，94 年)，且已繪製完成多張反應地方特性之綠活圖。

綠活圖主要特色為應用一組國際通用之小圖示(ICON)來代表各個景點(Green site)類別。在 GMS 中，小圖示有一套分類系統，共有永續生活、自然及文化與社會等三大類及上百個圖示，透過圖示，地圖使用者可以了解生活週遭有何設施或問題。由於綠活圖僅以圖示之方式來表示環境議題之分佈，而圖示僅能表示空間上“點”的資訊，但由於永續議題影響或包含之範圍往往不僅只於“點”上，亦需要“面”或“線”的評估。再加上圖示系統並未能涵蓋各地方永續議題，因而，無法有效反應環境永續性於空間上直實的情況。本研究因此進一步發展永續地圖，民眾透過參與訪查活動及空間性永續指標，可對於週遭之永續情況有進一步認識，進而實際參與改善地方永續性。

### 第三章 永續指標資料庫

為協助地方評量地方永續性，本研究建立永續指標資料庫輔助地方建立符合其特色之永續指標(SI)，確實評量環境永續進展。於本章中，本研究首先分析使用者對於系統之可能需求，以作為系統規劃之依據；接著說明資料庫系統之架構；之後探討指標資料之屬性及其資料結構之設計，以使資料庫可有效運作；最後說明並示範資料庫系統功能。詳細內容於以下各節逐一說明之。

#### 3.1 使用者需求

本資料庫之使用者主要為各地區擬發展 SI 之政府機關或民間組織等單位，而為使所發展之資料庫可有效協助使用者，故本研究先針對使用者之需求進行探討。以下分別說明。

- (1) 在發展地方 SI 系統的過程中，雖然應依地方特性來建立，但若參考已有的 SIs 及經驗，有助於建立更完備之 SI 系統。然而，由於各 SI 報告分散於不同機構或網頁。因此，若能建置一個永續指標資料庫，可增進永續指標建置之效率。
- (2) 採用適當的分類原則或指標架構，可以更有效地評估地區之永續性。例如聯合國之永續發展指標(UNCSD, 2001)所採用的驅動力-狀態-回應(Driving force-State-Response, DSR)指標架構，可協助了解永續議題之因果關係，亦可避免於 SI 建置時，重覆評估同類型之指標。
- (3) 永續發展包含環境、社會及經濟三個面向，由於同時精通三面向之專家並不普遍，故在指標發展過程中，需要考量各面向指標，以作為各領域之專家彼此溝通及討論之參考。

(4) 由於 SI 之發展過程所參與之人員往往位於不同地區，故永續指標資料庫需以 web-based 之方式來發展，以使系統可不受空間距離上之限制，增進實用性。

(5) 在永續指標建置過程中，經常需要針對地方特定永續議題進一步的討論，而由於國際上現有之指標數量眾多，資料庫如適當之無搜尋或檢索功能，則會耗費許多資源於尋找適合反應地方議題之指標。

### 3.2 指標分類

為有系統地整理各文獻中之 SI，並於各地方發展 SI 時能挑選到可反應地方永續議題之指標，故在 SI 匯入資料庫前，需要先進行適當之分類，以利資料庫有效協助地方建置永續指標系統。在過去永續指標資料庫(Herzog et al., 2001; Sustainable Measure, 2008)中，指標多僅依據如空氣、水體、交通等特性來分類，而並未考量如指標彼此間之關係或是指標趨向等因子，故並無法有效協助地方選取適當之 SI。因此，本研究於永續指標資料庫中，將指標進行適當分類，提供更多 SI 之資訊給使用者，以選取適合地方之 SI。於本系統中，指標之分類如圖 3.1 所示，共包含有驅動力-狀態-回應(Driving force-State-Response, DSR)、應用層級、趨向及面向等四項，以下分別說明。

(1) DSR：由於現有之永續指標資料庫缺乏指標因果關係之資訊，使用者無法以系統的角度建構永續指標系統。因此，本研究於資料庫中納入 DSR 指標分類，以幫助使用者了解指標間之因果關聯性，建立可反應地方永續問題及改善成效之永續指標系統。例如，在空氣品質議題上，一般常選用污染物於大氣中之濃度作為指標，但僅由濃度並無法反應地方空氣污染之問題來源及目前改善的努力情況，故無法讓管理者進行有效之決策。而由指標資料庫系統中所提供指標之 DSR 分類，可協助管理者建構地方 SI 時，依系統的需求

思考如何選取適當指標。例如，當狀態指標之大氣中污染物濃度高時，需先檢視驅動力指標之氣狀污染物排放量，若排放量不多，則需考量污染物是否由區域外所產生，若是排放量太多造成狀態指標惡化，則需考量將驅動力指標納入所欲建置之地方 SI，而為解決排放量過大之問題，則可藉由納入如氣狀污染物減量設備之容量等之回應指標，來協助評估地方永續改善之方向及努力情況。

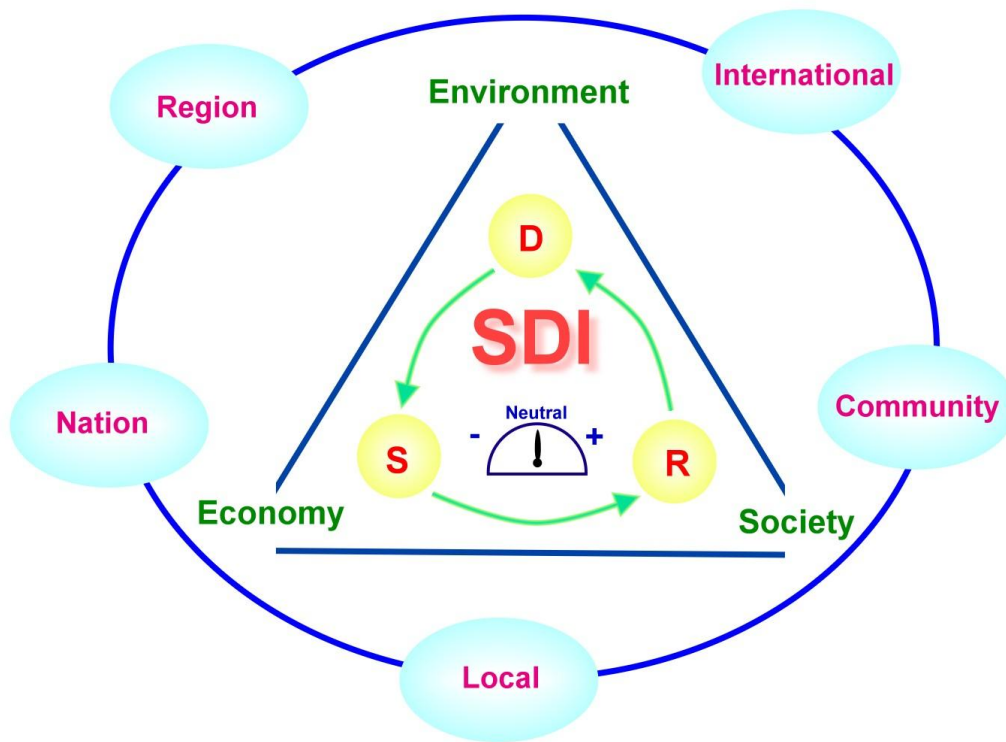


圖 3.1 永續指標資料庫之指標分類示意圖

- (2) 應用層級(level)：應用層級為指標出處之文獻所評估的尺度。由於對於同一議題，在不同的評估範圍，所需之採用之永續指標亦會有所差異。例如，對於全球溫暖化議題，對於社區或地方，CO<sub>2</sub> 在大氣中的濃度，並不是最重要的指標，因為地方不易改善這個指標，但是由於國際層級之永續指標，此 CO<sub>2</sub> 之大氣濃度就有意義，因為這是全球要一起努力降低之目標。故於本研究中，以各指標來源文

獻之層級作為指標分類依據之一。於資料庫中建立應用層級分類，有助於使用者挑選指標時，選擇適合自己地方層級之指標，以有效反應地方永續議題。本研究應用層級包含有國際、區域、國家、地方、及社區，其中各層級之報告如表 3.1 所示，國際層級之報告，為以全球各國家為對象進行評估，而區域層級則為包含多個國家之特定區域或類型，例如歐盟或 OECD。國家層級則為各國所發展之永續指標。而如省(州)或縣(市)的範圍，則屬於地方層級。而比縣市還小的範圍，則為社區層級。

表 3.1 各層級之永續指標相關報告範例

Level	Reports
Inter-national	<ul style="list-style-type: none"> <li>● UN: Indicators of Sustainable Development – Guidelines and Methodologies (UNCSD, 2001)</li> <li>● World Economic Forum: 2005 Environmental Sustainability Index (Esty et. al., 2005)</li> <li>● World Wildlife Fund: Living Planet Report 2008 (WWF, 2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● European Commission: European Common Indicators (EU, 2003)</li> <li>● Australia and New Zealand: Core Environmental Indicators (ANZECC, 2000)</li> <li>● OECD: OECD Environmental Indicators (OECD, 2003)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● R. O. C.: Island Taiwan Indicators and Urban Taiwan Indicators. (經建會，91 年)</li> <li>● UK: Quality of Life Counts (U.K. DEFRA, 2004)</li> <li>● Canada: Environment and Sustainable Development Indicators for Canada (NRTEE, 2003)</li> </ul>
Local	<ul style="list-style-type: none"> <li>● California: Environmental Protection Indicators for California (CAL/EPA, 2008)</li> <li>● Seattle : Sustainable Seattle (Best et al., 1998)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Community Sustainability (University of Wisconsin) (Liebl et al., 1998)</li> <li>● Measuring community success and sustainability (Flora et al., 1999)</li> </ul>
Community	

(3) 趨向(trend)：趨向之分類依據指標值與永續性之關係，本研究將趨向分為三類：正向、負向及中性。當指標值愈高永續性愈好則為正向指標，例如資源回收率；而指標值愈高永續性愈差，則為負向指標，例如溫室氣體排放量；而指標值需維持在某一範圍才有好永續



性之指標，則為中性指標。而為鼓勵地方長期持續改善，故於永續指標建立時，可多採用正向指標。

- (4) 面向(dimension)：為達成永續發展，必須兼顧環境、社會及經濟等三個面向，故地方永續指標系統亦需包含此三面向指標。本資料庫應用此三面向作為分類屬性之一，以提供使用者了解所建立之永續指標系統是否顧及每一面向。

### 3.3 系統架構

在探討永續指標資料庫之使用者需求後，本研究進一步規劃永續指標資料庫之系統架構，如圖 3.2 所示系統架構主要包含資料庫、檢索功能、資料輸出功能、資料新增與分類功能及網路介面等五個模組。以下分別說明各模組之系統需求。

- 
- (1) 資料庫：本系統中之資料庫，主要是用以儲存所收集之永續指標及指標文獻之相關資訊，並以作為提供其他模組所需之相關資訊。本研究應用 MySQL (Sun Microsystems, Inc, 2008) 來發展此資料庫，詳細之資料庫結構，將於下一節中進一步說明。
- (2) 檢索功能：由於永續指標之數量眾多，如無適當之檢索功能，則使用者不易找尋合適之永續指標。故本研究於本系統中，建立檢索功能以協助使用者獲得所需之永續指標。於檢索功能中，使用者可以經由永續指標之面向、DSR、趨向等分類資料或關鍵字進行指標之搜尋。
- (3) 資料輸出功能：經由檢索功能於資料庫查詢之結果，可藉由資料輸出功能進行指標資訊之展示。在資料輸出功能中，符合使用者搜尋屬性之指標會先以條列式的方法展示，使用者可挑選相關之指標，並進一步觀看各指標之相關屬性資訊。而所檢索之結果，亦可依各屬性進行排序，以協助使用者快速獲得所需之指標資訊。

- (4) 資料新增與分類功能：由於國際上各地區逐步開始發展各自之永續指標，故本研究之永續指標資料庫亦建立新增永續指標及報告之功能，而指標之各屬性亦於此功能中進行設定。
- (5) 網路介面：為增加本系統的實用性，故本系統整合資料庫及網路介面，成為線上資料庫系統，透過網路介面，使用者可不受時間、空間限制進行永續指標之查詢。本研究之網路介面主要是以 XOOPS (2008) 為基礎，並以 PHP (2008) 為程式語言進行發展。

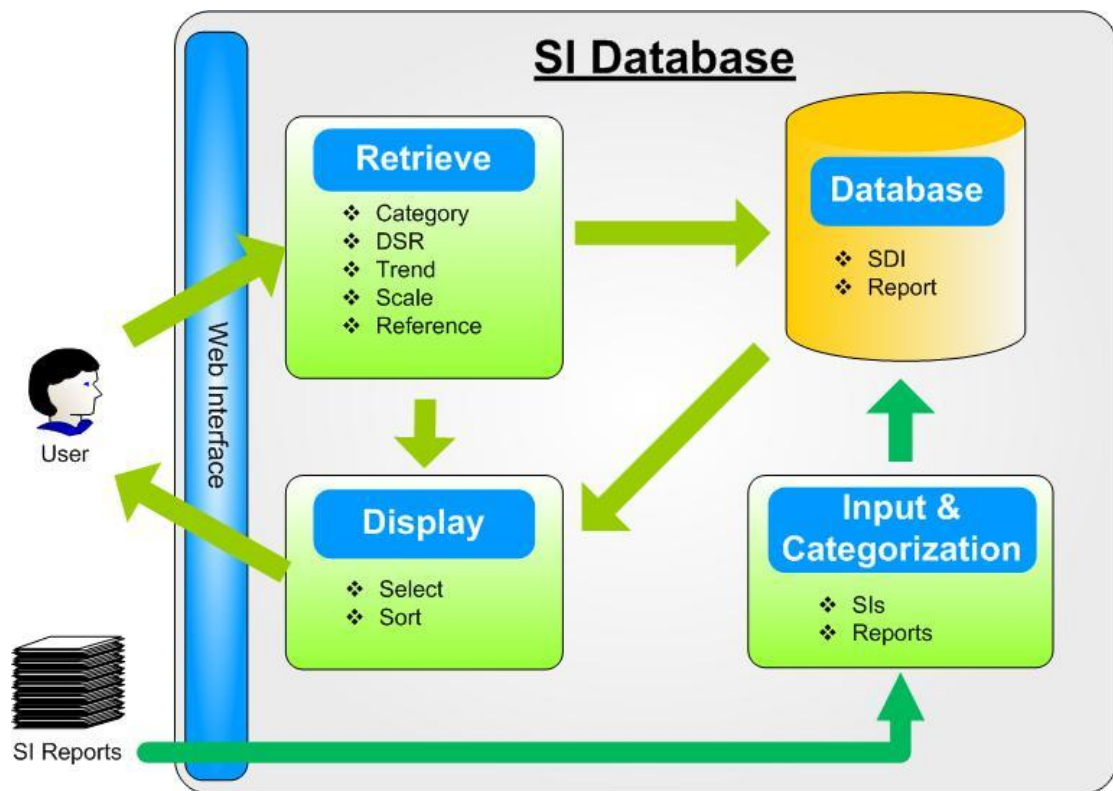


圖 3.2 永續指標資料庫之系統架構

### 3.4 資料庫結構

本研究之永續指標資料庫主要包含永續指標及指標文獻等二個資料表(tables)。二個資料表中之資料是以 MySQL 關聯式資料庫進行發展，各資料表中之資料欄位設定如表 3.2 所示，詳細詳說明如下。

表 3.2 永續指標資料表欄位定義與說明

Table	Field	Column	Type	Width
SI	sEeCat	Classification	varchar	10
	sid	SI Code	int	3
	fullname	Full name	varchar	100
	abbrev	Abbreviation	varchar	20
	rid	Reference code	varchar	6
	definition	Definition	text	--
	unit	Unit	varchar	50
	dsr	DSR	enum	--
	trend	Trend	enum	--
	OrgFrame	Classification in source report	varchar	50
Reference	note	Note	varchar	255
	rid	Reference code	varchar	6
	refname	Reference name	varchar	100
	year	Publishing year	int	4
	organization	Publisher	varchar	100
	reflevel	Level	Enum	--
	http	Website	varchar	100
	refnote	Reference note	varchar	255

### 永續指標資料表

永續指標(SI)資料表主要是紀錄指標相關之資訊，以下分別說明各項目。

- (1) 指標類別(classification)及編號(SI code)：於本資料庫中，類別資料主要包含二階層：面向及議題。面向主要為環境、社會及經濟三等面向，由於面向之範圍太大，故於各面向下進一步劃分不同議題，以反應各指標應用之範圍。在資料庫中，類別之資訊是以代碼進行紀錄，其中，面向以 2 個字母表示，而由於議題種類眾多，故以 6 個字母表示。另外，指標編號欄位為指標於其類別中之流水編號，此流水編號為 3 位數，並由系統自動設定。為增加資料庫效率，本

資料庫以類別及編號兩個欄位作為指標資料表之主鍵(Primary Key)，故每個指標之類別與編號的組合都是唯一，不會重複。

- (2) 指標全名(full name)、簡稱(abbreviation)、說明(definition)、單位(unit)、原文獻之分類(classification in source report)及補充說明(note)：由於目前國際上所發展的指標資料庫並未提供指標相關說明或定義，故使用者無法藉由資料庫了解指標之適用情況。此外，由於各地方特性不同，各地方之永續指標評估分類或架構亦會有所差異。因此，為增進資料庫之實用性，本研究納入除了納入如全名、簡稱、單位等指標基本資訊外，亦加入指標說明及來源文獻中之分類或架構於資料庫中，以提供使用者參考。為讓使用者瞭解各指標資訊，故於指標資料表中包含有指標全名、簡稱、說明及補充說明之各項欄位。而這些欄位除了指標說明外，格式皆為有限長度之 varchar 格式，由於在來源文獻中指標之說明往往相當詳細，需要更大的欄位空間來儲存，故本研究將指標說明之格式設為 text。
- (3) DSR 及趨向分類(trend)：在 DSR 及趨向分類等兩個欄位中，由於所需填入之指標資訊已為固定選項，例如，DSR 分類欄位只會填入 Driving force、State 或 Response，故對於此二分類欄位，本研究將其格式設定為 enum，以增進資料庫效率。
- (4) 文獻編號(reference code)：使用者於挑選指標時，可能需要進一步查詢指標來源文獻，以了解指標應用之情況，故本研究建立文獻編號欄位紀錄此指標之來源文獻的編號，藉由此編號，指標可關聯至指標文獻資料表，以進一步查詢文獻相關資料。文獻編號之設定將於指標文獻資料表中詳細說明。

#### 指標文獻資料表

- (1) 文獻編號(reference code)：為了提升文獻查詢之效率及與指標資料表聯結，對於收錄於資料庫之各永續指標文獻皆設定一組文獻編

號。文獻編號之方式為評估面向編碼加上此面向之流水號。文獻面向之編號可分為環境(en)、社會(sc)、經濟(ec)、環境與社會(es)、環境與經濟(ee)、社會與經濟(se)及三面向(sd)。例如本研究收錄之第二本環境面向之永續指標文獻，其編號則為 en002。

(2) 文獻名稱(reference name)、出版年份(publishing year)、機構(publisher)、網址(website)及補充說明(reference note)：為讓使用者進一步了解文獻相關資訊，本資料庫包含有文獻名稱、出版年份、機構、網址及補充說明等欄位。其中，出版年份由於只包含西元年份，故其欄位格式為 4 字元之 int，其他欄位則 varchar。

(3) 應用層級(level)：應用層級為表示永續文獻所評估之範圍。依據本研究之整理，應用層級可分國際(international)、國家(nation)、區域(region)、島嶼(island)及社區(community)等五類。由於所填入之項目僅為上述五類，故設定此欄位格式為 enum。



### 3.5 系統功能示範

本研究依據圖 3.2 之系統架構，進一步建立永續指標線上資料庫(網址為 sdi.ev.nctu.edu.tw)。其檢索介面如圖 3.3 所示，使用者可以依據如環境、社會及經濟三面向、DSR、趨向或應用層級等指標分類來設定指標搜尋之條件，而如地方有特殊之永續議題，亦可以關鍵字搜尋相關指標。此檢索介面有助於各地方針對各自地方永續議題，快速整理相關指標，以利於篩選指標。

永續指標搜尋之結果如圖 3.4 所示，符合檢檢索條之指標會以條列方式展示指標相關資訊。使用者可藉由所顯示之指標資訊，快速瀏覽並進一步選取適合評估地方永續性之指標，而如欲進一步了解指標相關資訊，可點選圖 3.4 中之指標名稱，則會出現如圖 3.5 所示之視窗，以詳細說明指



標之各項分類、單位、說明等資訊，如果使用者欲進一步參考原始文獻資訊，則下方之文獻名稱處亦提供文獻之網頁連結。

圖 3.3 永續指標資料庫之檢索介面

Select	Code	Name	DSR	Trend	Reference
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-001	Timber Harvest - Public Lands--Timber Harvest as a Percent of Potential Allowed on Public Lands	S	Positive	Oregon, Benchmark Performance Report
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-002	Timber Harvest - Private Lands--Timber Harvest as a Percent of Potential Allowed on Private Lands	S	Positive	Oregon, Benchmark Performance Report
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-003	Change in habitat quantity in rangelands and forests (Type I)	D	Neutral	Environmental Protection Indicators for California
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-004	Change in forest canopy (Type I)	D	Neutral	Environmental Protection Indicators for California
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-005	Pest and disease related mortality in forests (Type I)	S	Negative	Environmental Protection Indicators for California
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-006	Wildfires in forests and grasslands (Type I)	S	Negative	Environmental Protection Indicators for California
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-007	Sustainability of California's forests (Type I)	D	Neutral	Environmental Protection Indicators for California
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-008	Urban tree canopy (Type III)	S	Neutral	Environmental Protection Indicators for California
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-009	Forest fires	S	Negative	Greece, Environmental Signals
<input checked="" type="checkbox"/>	EV-RS-FOR-010	Reforested areas	S	Positive	Greece, Environmental Signals

圖 3.4 永續指標檢索結果

Classify and List SDI	
<b>Carbon Monoxide</b>	
Code	EV-QL-AIR
Abbrev.	CO
Unit	ppm
DSR	S State
Trend	Negative
Description: Carbon monoxide is an odorless and colorless gas produced through the incomplete combustion of carbonbased fuels. Other sources of carbon monoxide include industrial processes and other fuel combustion. Elevated levels of carbon monoxide can be found in metropolitan areas with high traffic congestion. Ambient concentrations of carbon monoxide are highest during the winter months, when automobile "cold starts" contribute to more incomplete combustion. Carbon monoxide binds to the hemoglobin in the blood, reducing the oxygen carrying capacity of the blood delivered to tissue and organs. Exposure to carbon monoxide is a human health risk for individuals suffering from cardiovascular diseases. Elevated levels of carbon monoxide are associated with visual impairment, reduced work capacity, and lethargy.	
Reference: United States-Mexico Border Environmental Indicators Year:1997 Publisher:U.S. EPA	

圖 3.5 永續指標詳細資訊

為了協助使用者建立永續指標系統，本研究進一步發展基於因果關係之指標篩選程序，並搭配永續指標資料庫，讓能反應地方特性之永續指標可以有系統地被建置。由於指標間往往有著相互影響的關係，故於永續性評估時，應考量指標間之因果關係，以明確反應地方永續情況。過去永續指標雖經常應用如 DSR 或 PSR 之指標架構，但在這些指標系統建構時，往往先篩選出欲評估之指標，然後再套用如 DSR 或 PSR 等說明因果關係之指標分類，但由於先篩選指標再進行分類之指標，所篩選之指標不一定能妥善的反應各議題中，各指標之因果關係，例如表 3.3 聯合國永續指標(UNCSD, 2001)及澳洲與紐西蘭環境指標(ANZECC, 2000)所選取與大氣相關之指標，雖以 DSR 或 PSR 來作為指標架構，但是所選取之指標並未能完全說明各指標因果之關係，例如缺乏減少空氣污染之回應指標。此外，雖然 Niemeijer and Groot (2008) 曾提出先建立各指標間之完整因果網絡(causal network)後，再進行指標選取，但由於完整因果網絡中，各指標之關係十分複雜，要逐一建立各議題之因果網絡並不容易。

因此，於本研究所發展之程序中，則先以 DSR 為架構，再針對 DSR 三部分進行指標篩選。本研究所發展之指標篩選程序包含下列步驟：

表 3.3 聯合國及澳洲與紐西蘭之大氣相關永續指標

Report	SI	D or P*	State	Response
UN (UNCSD, 2001)	Emissions of Greenhouse Gases	●		
	Consumption of Ozone Depleting Substances	●		
	Ambient Concentration of Air Pollutants in Urban Areas		●	
Australia and New Zealand (ANZECC, 2000)	Southern Oscillation Index		●	
	Daily and Extreme Rainfall		●	
	Average Maximum and Minimum temperatures		●	
	Greenhouse Gas Atmospheric		●	

Concentrations		
Annual Greenhouse Gas Emissions		●
Concentration of Ozone Depleting Substances in the Atmosphere		●
Stratospheric Ozone Concentration		●
Recovery and Destruction of Ozone Depleting Substances		●
Ultra-Violet Radiation Levels at the Surface		●
Exceedences of NEPM Air Quality Standards		●

\*: Driving-force or Pressure

1. 設定評估範圍：由於不同評估範圍、對象或層級所需反應之永續議題並不相同，而所需之永續指標亦有所差異。例如第 3.2 節所提到之國家與地方之溫室效應評估指標不一定相同。因此，為建立永續指標系統，首先必須要先決定欲評估之對象及範圍，以使後續所選取之指標及相關資源可聚焦於評估對象中。為協助使用者設定評估範圍，如圖 3.6，本資料庫提供國際、國家、區域、島嶼及社區等五種層級之指標資訊及相關文獻，使用者可參考系統所提供所欲評估層級之相關報告，以決定永續指標系統之範圍。
2. 設定評估議題：在永續指標評估範圍決定後，為了反應地方永續性，則需進一步對於評估範圍所面臨之永續議題進行探討。由於永續議題眾多，故本研究之資料庫系統，如圖 3.7，有系統地整理出於環境、社會及經濟三個面向下之各議題，以提供使用者建構議題時之相關資訊。

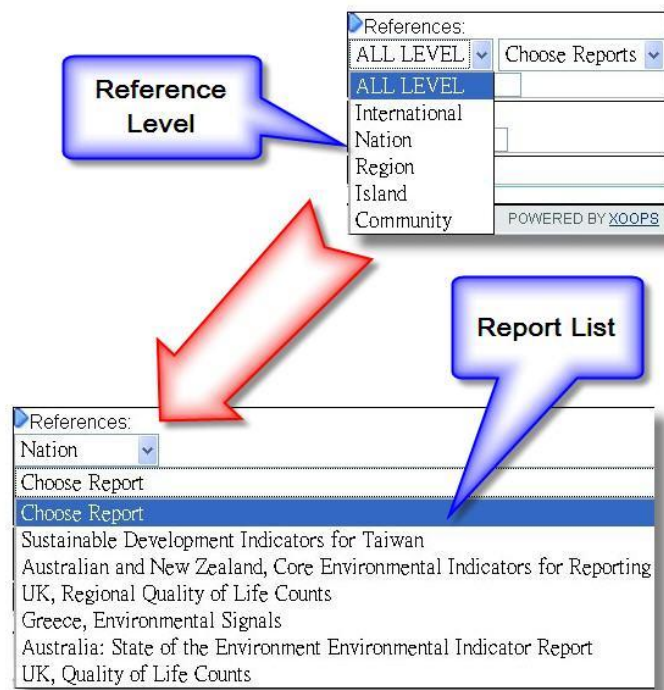


圖 3.6 永續報告依層級查詢

Dimension	Category	Object
Environment	Quality	Air
		Water
		Waste
		Toxic chemicals
		Soil
		Land
		Climate
		Noise
		Management
	Resource	Natural disaster
		Water resource
		Energy
		Transport
Ecology	Sea_ocean	
	Forest_tree	
	Food	
	Amount of wild animals and plants	
Infrastructure	Integrity of ecological system	
	Area	
Economic	Economic structure	Management
		Infrastructure about water
		Industry
	Infrastructure	Government
		Civic
		Tourism
		Digital
		Transport

圖 3.7 永續議題分類

3. 探討指標因果關係：為說明指標間之因果關係，於此步驟中，將以 DSR 為架構，然後並配合永續指標資料庫所提供之指標 DSR 資

訊，使用者可依據地方特性分別選取驅動力、狀態及回應三部分指標。其中，由於永續指標之目的為反應永續情況，本研究建議先選取狀態指標，以確認評估對象目前所需改善之問題；接著，再針對狀態指標所反應之問題，探討其所造成之原因，並決定驅動力指標；最後，再針對狀態指標及驅動力指標，思考改善方案，以決定評估改善成效之回應指標。例如空氣品質為新竹市重大之永續議題，本研究以下列步驟說明指標挑選之程序：

(1) 首先對空氣品質議題於資料進行檢索之結果，可以整理成如表

3.4 所列之指標，其中由於新竹市是屬於地方層級，估可先參考同屬地方層級之狀態指標，依據新竹市之情況，由於 PSI 超過 100 之天數於民國 96 年僅有一天，故新竹市之空氣品質永續指標，應採用“空氣品質良好之天數 (days the air quality index is good.)”，以追求更佳之空氣品質。由於新竹科學園區於製程中，經常使用高毒性之化學藥劑，此與美國加州矽谷情況類似，故在指標之挑選上，可以參考加州報告中，對於毒性空氣污染曝露情況進行評估。此外，由於空氣污染物濃度能直接反應空氣品質，故亦應將“毒性物質之濃度(toxic dosage of air pollutants)” 挑選為永續指標。由於新竹市為人口集中、交通流量大之都市，故於永續指標中，亦需考量選取如“交通對空氣品質之影響 (transport contribution to air quality)” 之指標。

(2) 在狀態指標中決定新竹市空氣品質之問題後，為反應導致問題產生之原因，則需進一步挑選驅動力指標。由於多數永續指標報告皆考量空氣污染物之排放情況，故依據新竹市所選取之狀態指標，可選工業及交通部門之 VOC 排放量作為驅動



力指標，並進一步選取“排放氣狀毒性物質之廠商數 (air toxics: hot spots)”，以降低氣狀毒性物質對於民眾之潛在威脅。

(3) 為評估改善驅動力及狀態之策略，因此需進一步挑選回應指標。於表 3.4 中，新竹市應選取“受監測站覆蓋之民眾數量 (number of people covered by air quality)”及“空氣污染防治設備之能力 (air pollution control facility)”為回應指標，由於為避免民眾受空氣污染物之影響，因此，需要健全之空氣污染物監測網，並且應增加 VOCs 及毒性物質之定期監測。而為降低空氣污染物之排放量，則需確認現有空氣污染防治設備之能力是否足夠。

表 3.4 空氣品質之狀態指標

DSR	Indicator	Selected	L1*	L2*	L3*	L4*	L5*
S	Concentrations of Air Pollutants	●	●	●	●	●	●
S	Number of Days Exceeding Air Quality Standards		●	●	●	●	●
S	Days the Air Quality Index is Good	●				●	●
S	Pollutant Standards Index				●	●	
S	Visibility					●	
S	Exposure to Air Pollutants	●		●		●	
S	Years of Life Expectancy Lost due to Air Pollutants Exposure			●		●	
S	Ratio of Air Pollutants Emission for Sectors				●		
S	Toxic Dosage of Air Pollutants				●		
S	Haze in Urban Areas				●		
S	Occurrence of Smoke and Fire				●		
S	Ecosystem Damage Area by Air Pollution			●			
S	Transport Contribution to Air Quality	●		●			
S	Urban Population Weighted Pollutants Concentration		●				
D	Contribution of the Sector to Atmospheric	●		●	●	●	

Emissions				
D	Air Toxics: Hot Spots	●		●
D	Road Transport Fuel Consumption		●	●
D	Air Pollutants Emissions per Populated Land Area		●	
R				
R	Number of Permits			●
R	Number of People Covered by Air Quality Monitoring	●	●	
R	Quality of the National Monitoring System		●	
R	Air Pollution Control Facility	●	●	
R	Expenditure for Air Pollution Control		●	

\*L1: International, L2: Region, L3: Nation, L4: Local, L5: Community

4. 以其他指標篩選原則確認指標適宜性：當指標以 DSR 架構選取後，則各指標需進一步應用相關永續報告文獻(ICLEI, 1996; Best et al., 1998; Bossel, 1999)所提出之篩選原則來檢視指標之適宜性。永續指標應符合下列原則：
- (1) 要反應地方永續議題之特性；
  - (2) 說明地方長期之發展方向；
  - (3) 所需數據之準備需符合時間及預算之限制；
  - (4) 永續指標之數據需據有可信度，並以可接受之方法進行定期統計，以提供決策分析；
  - (5) 永續指標之定義需清楚，並與民眾或利害關係者所關心之議題相關，以反應地方願景及價值觀；
  - (6) 需能導引政策及決策；
  - (7) 應能於問題發生前，以預警的方式提供相關資訊；
  - (8) 永續指標之數量應儘可能少，但不可少於必需之量。

最後，在資料庫系統中，使用者可以進一步查詢指標相關定義，以了解指標是否符合篩選原則，並藉由勾選功能淘汰不適合之指標。



## 第四章 代間公平性指標

代間公平是永續發展很重要的原則，然而至今並無適當的指標可供評估代間公平性，本研究因而發展代間公平性指標以評估世代間之永續性變化是否公平。本研究首先針對世代之概念進行探討，研擬適合評估代間公平性的世代定義。接著探討現有時間性評估指標之缺點，並發展傳承公式改善現有指標的缺點，以進行代間公平性之評估。最後以全球暖化為案例，以示範及說明傳承公式如何反應及評估代間公平性。

### 4.1 世代定義

為評估代間公平性，首先需定義[世代](generation)。目前文獻中，對於世代之定義主要有兩種。第一種如 Edmunds and Turner (2002) 及 Miller (1999)所述，世代可以定義為一群人出生在特定的年代，並擁有相同的歷史經歷；另一種則為世代是由出生到成為父母之時間長度(e.g., Young, 1995; Oxford English Dictionary, 2008)。然而，這些定義雖適合歷史研究或是年齡差異之探討，但並不用於評估環境永續性及代間公平性，因為環境問題之影響是對全體民眾一起，而非僅影響特定年紀。

自從工業革命後，人類的生活型態開始明顯改變，環境永續性已受到衝擊。此外，為減少環境衝擊以改善環境永續性，需要有新的生活型態(UNDP, 2007)。因此，為評估世代公平性，本研究調整世代之定義為：世代為一群生活在同一時代及有類似生活型態的人。

對於世代之長度，在其他領域之研究中(e.g., Verrelli et al., 2002; Oxford English Dictionary, 2008)通常定義 20 至 30 年。然而，現代科技在最近幾十年之快速發展，進而造成人們的生活型態亦快速改變(Rosa, 2003)，並導致人們對於環境之衝擊亦隨之增加。因此，以 30 年作為世代長度太長了些，不易看出環境永續變化之過程。此外，以全球人口成長為例，如表 4.1 所示，世界人口由 3 億成長到 10 億間隔了 1,804 年，由 10 億到 20 億人口則

只經過 123 年，而且每增加 10 億人的時間亦持續縮短(UN, 1999)。因此，以超過 20 年之時間長度為一個世代來評估現今之代間公平性並不適當，尤其是針對於全球暖化、水資源或糧食等愈來愈嚴重的全球議題。雖然以 20 年為一個世代是可接受的，但由於欲評估 20 年世代的代間公平性，則需要至少 40 年之數據(20 年前世代及 20 年本世代)，然而現有環境永續議題之相關資料，並不足以提供足夠之數據進行有意義的分析。故本研究建議以 10 年至 20 年間為一個世代。

表 4.1 世界總人口數

Year	Population	Interval to next billion
0	0.3 billion	1,804 years
1804	1 billion	123 years
1927	2 billion	33 years
1960	3 billion	14 years
1974	4 billion	13 years
1987	5 billion	12 years
1999	6 billion	

Source: United Nations (UN, 1999)

## 4.2 傳承公式

在過去文獻中(OECD, 2001; EEA, 2002)，指標之時間性變化常應用下列兩式來評估：

$$R = Y_C / Y_P \quad (4.1)$$

$$R = (Y_C - Y_P) / Y_P \quad (4.2)$$

其中， $R$  為指標值之時間性變化率； $Y_C$  及  $Y_P$  分別為現在份年及過去年份之指標值。雖然上面兩公式可以反應在兩個特定年份間之指標值變化情況，但它們無法適當地評估兩代間永續性之時間變化，這是因為這兩個公式都僅評估特定兩年間之變化，而且在兩個式中並未納入評估之基準或目標，



故無法明確反應環境永續改善之程度，例如，全球森林面積由 1970 年到 1980 年之改變率為 0.79% (FAO, 2007)。僅由改變率來看，森林面積之減少似乎並不嚴重。然而，實際上所減少之森林面積已達 3,400 萬公頃，而環境永續性在這兩代間已有明顯之損害。森林之面積由 1961 年到 1970 年大約減少 4,200 萬公頃，而由 1961 年到 1980 年大約是減少 7,600 萬公頃，如果以 1961 年之森林面積為基準，則可比較出 1980 年所消失之森林面積，是 1970 年之 1.8 倍。因此，相較於式(4.1)及式(4.2)，藉由加入適當之目標或基準於計算過程，環境永續性之程度將可更清楚地被評估。

為解決式(4.1)及式(4.2)之問題，本研究提出下列公式嘗試評估代間公平性。

$$R = (T - G_C) / (T - G_P) \quad (4.3)$$

其中， $G_C$  及  $G_P$  分別為現在世代及前一世代之指標世代平均值； $T$  為在受評估兩個世代中，被期望達到之模範值，雖然不一定能達到。因為特定年份之資料並不能代表整個世代之環境情況，而且在一個世代中，各年之指標值可能會有明顯之變動，故本研究改採用整個世代之平均值代替。

由於僅比較指標值本身，並無法了解目前環境情況離可接受的範圍有多遠，故需要設定一個適當之目標，因此，於式(4.3)中，分別為現在世代與前一代離模範值之距離的比較。為提升永續性，願景一般設定為遠期想達到之理想目標。然而，理想目標通常難以在一個世代中達到，特別是由先前世代所繼承環境並不好時，對於本世代要達到願景則更加困難。此外，由於環境狀態經常動態地在世代間變動，故固定之目標值並不適宜用以評估代間公平性。因此，本研究發展於世代中可達到之模範值以作為評估基準。模範值之定義為於現在及前一代中最佳之指標值，由於模範值是曾於兩世代中達到之最佳值，故為一個合理且可達成之目標值。

除設定模範值於式(4.3)外，本研究亦發展傳承公式以協助代間公平性之評估，而傳承率是由所發展之傳承公式所決定，其可協助決策者設定目標改善率以實現代間公平性。傳承公式之發展是基於兩世代間之繼承關係及本世代活動對於下一世代之衝擊，其公式如下：

$$(T - G_p) = (T - G_c) \cdot (1 + e)^N \quad (4.4)$$

其中， $e$ 為一個指標之傳承率； $N$ 是指多少年為一個世代，例如本研究針對全球暖化所建立的 IGEL(請參見下一節)分別以 5、10、15 及 20 年為一個世代進行討論。

為追求代間公平，本世代有義務不使由前一代所繼承之環境惡化，並留給下一代更好的環境(Tobin, 1974)。而所發展之傳承公式比較現在世代及前一世代之指標值，以評估現在世代是否留給下一代更好的環境。為說明代間公平性之程度，傳承率可反應指標值的時間變化是代間公平性之改善或惡化。依據傳承率，決策者可設定一個合理之每年改善率以實現代間公平及增進永續性。再者，當欲想達到之目標已為下一世代預先設定，則傳承公式進一步決定下個世代需達到之最低可接受的傳承率。基於式(4.4)，依特定目標之傳承率可以下列式子決定之：

$$e = \left[ \frac{(T - G_p)}{(T - G_c)} \right]^{1/N} - 1 \quad (4.5)$$

當傳承率小於零時，則代表現在世代留給下一世代之環境狀況，並不如現在世代由前一代所繼承的，故為負向之代間公平性。反之，如傳承率為正，則代表現在世代改善或恢復其由前一代所繼承之環境，而因此而為正向之代間公平性。

### 4.3 全球暖化代間公平性指標

如圖 4.1 所示，自從工業革命後，人類活動所排放之  $\text{CO}_2$  已明顯增加，使得大氣中  $\text{CO}_2$  濃度已脫離原有變化之幅度，導致全球暖化成為環境永續

上之重要議題。因為  $\text{CO}_2$  及其他溫室氣體可長時間存在於大氣中，前一代所排放之  $\text{CO}_2$  往往會對現在世代造成影響，而本世代所排放之  $\text{CO}_2$  亦會影響未來世代(MacLean, 1992)，故全球暖化為代間公平性之重要議題。而為評估全球暖化之代間公平性及驗證傳承公式之可行性，本研究因而發展全球暖化代間公平性指標(Global Warming Inter-Generational Equity Index, GW-IGEI)。

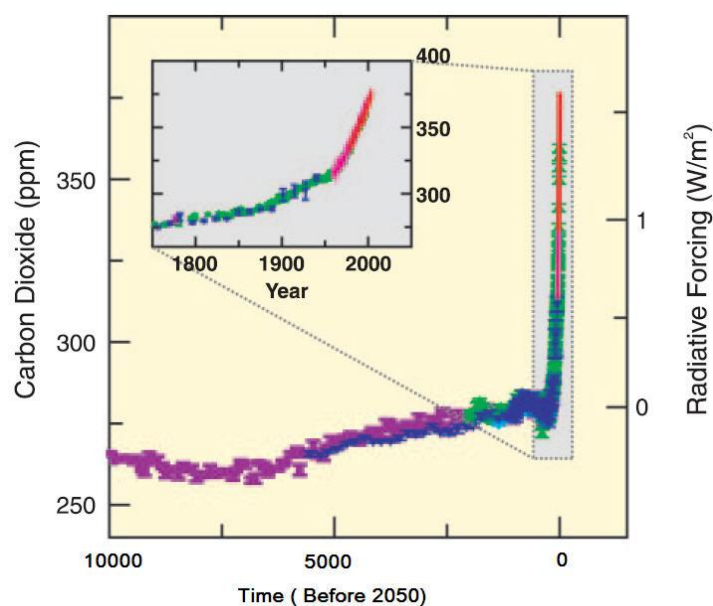


圖 4.1 冰核(ice core)之  $\text{CO}_2$  濃度變化 (IPCC, 2007b)

目前國際上已有多個評估全球暖化情況之指標，但是由於評估世代間關係，需要長時間之數據資料，故如再生能源產生量、世界總能源消耗量、或化石燃料使用量等指標，由於沒有足夠資料可供評估，因此並未納入本研究中。

由於全球暖化主要是因為人類活動排放過多溫室氣體，造成氣候的變化。故在全球暖化之指標間，有其因果關係。而為詮釋指標間之因果關係，並避免指標重複評估，因此，本研究應用壓力-狀態-回應(Pressure-State-Response, PSR)指標架構來說明指標間之因果關係。由於如圖 4.2 所示，人類不斷增加之  $\text{CO}_2$  排放量為造成全球暖化之主因(IPCC,

2007b; Donnelly et al., 2004)並會對下一代造成影響，故本研究以 CO<sub>2</sub> 排放量作為 GW-IGEI 之壓力子指標，以代表人類活動對於環境之壓力。

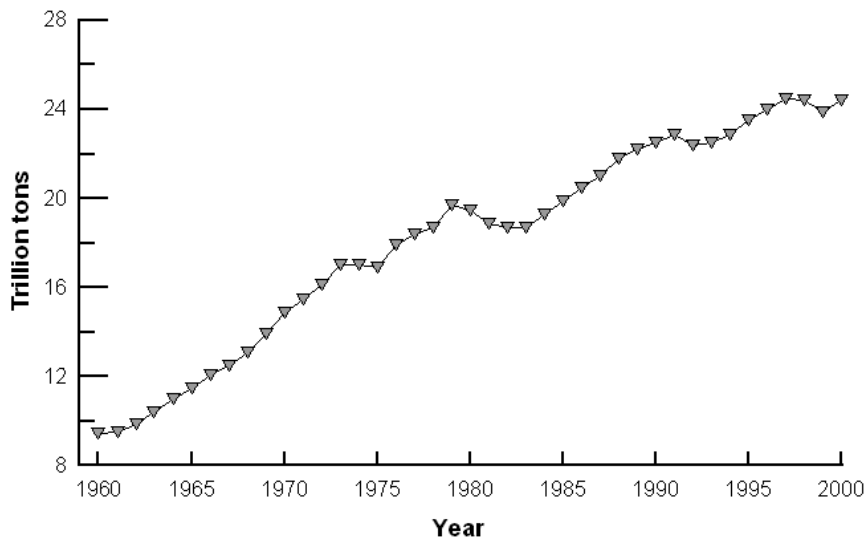


圖 4.2 歷年 CO<sub>2</sub> 排放量 (資料來源: World Bank, 2007)

為評估代間公平性，GW-IGEI 之狀態子指標應直接與世代衝擊相關。由於 CO<sub>2</sub> 排放增加會加速全球暖化，進而造成更嚴重的氣候災害(IPCC, 2007a, b)。為評估氣候災害之衝擊，本研究採用氣候災害之財產損失作為依據。圖 4.3 所示為全球歷年氣候災害財產損失，可看出氣候災害於近幾個世代中已有明顯惡化之趨勢，有代間公平性問題。本研究因而選擇氣候災害之損失為 GW-IGEI 之狀態子指標。

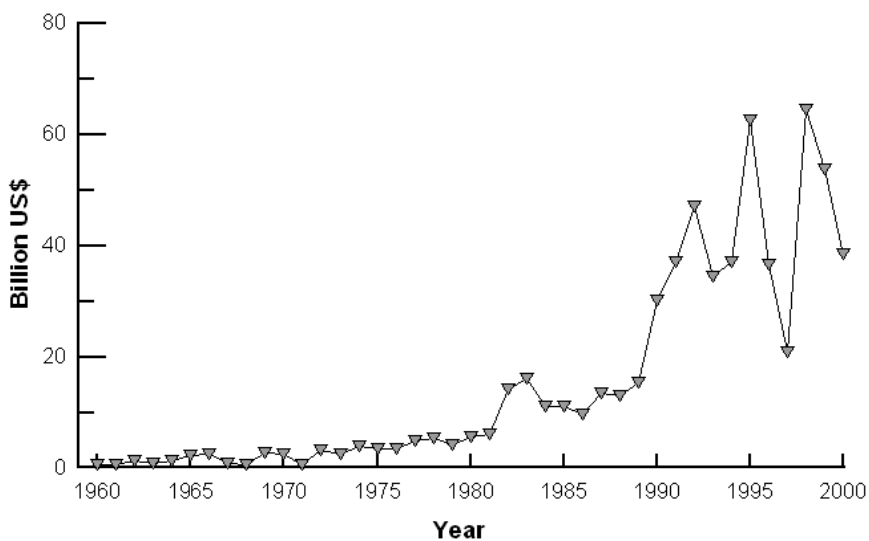


圖 4.3 歷年氣候災害財產損失 (資料來源: CRED, 2007)

由於森林具有吸附及儲存 CO<sub>2</sub> 之功能，故森林在降低全球暖化上是重要的角色(Marland et al., 2003; Kauppi, 2003)。此外，依據 IPCC 報告(2007b)，砍伐森林為全球第二大的溫室氣體排放源，而如圖 4.4 所示，目前全球森林面積持續的減少。因此，造林則為有效減少 CO<sub>2</sub> 排放之策略(Kindermann et al., 2008; Myneni et al., 2001)，而森林面積可以視為 GW-IGEI 之回應子指標。

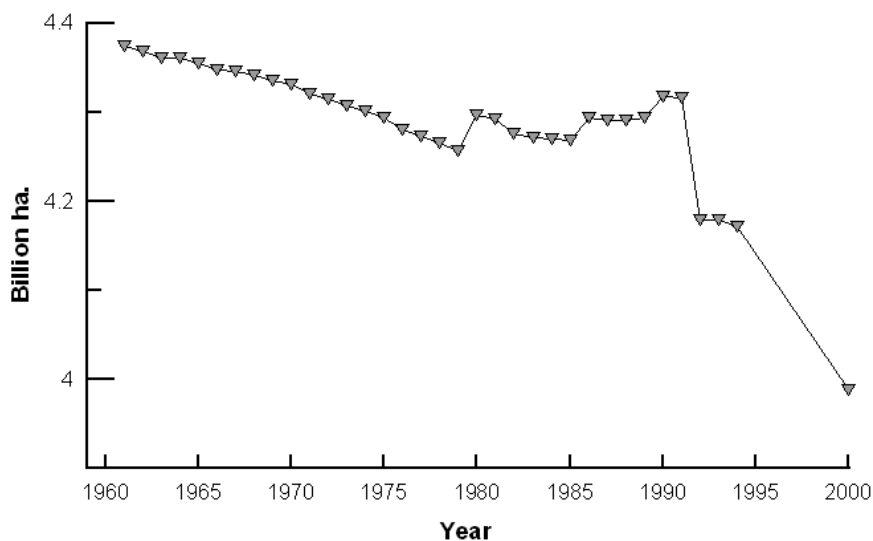


圖 4.4 歷年全球森林面積 (資料來源: FAO, 2007)

GW-IGEI 於本研究中，以 CO<sub>2</sub> 排放量、氣候災害損失及森林面積等三項子指標評估代間公平性。CO<sub>2</sub> 排放量、氣候災害損失及森林面積等三項子指標之值，分別來自於 World Development Indicators database (World Bank, 2007)、Emergency Disasters Database (CRED, 2007)及 FAO (FAO, 2007; FAO, 2006)。其中，氣候災害損失包含洪水、暴風 (wind storm)、劇烈天氣及乾旱。而由於 FAOSTAT (FAO, 2007)及 Global Forest Resources Assessment (FAO, 2006)所提供之歷年森林面積，於 1995-1999 年間無資料，故此五年之資料以已取得之資料，採用內插方式推估之。



## 4.4 案例討論

為評估全球暖化之代間公平性，本研究應用傳承公式計算 CO<sub>2</sub> 排放量、氣候災害損失及森林面積等三項子指標之傳承率。於 4.4.1 節中，先以三項子指標及不同世代長度，探討為何過去指標之時間變化率計算並不適合代間公平性分析。接著在 4.4.2 節中，說明以傳承率於評估代間公平性之適用性，同時分析不世代長度下所反應代間公平性之差異。

### 4.4.1 時間性變化率

式(4.1)及式(4.3)為過去時間性變化率計算方法。本研究先以應用此二式計算 CO<sub>2</sub> 排放量、氣候災害損失及森林面積等三個全球暖化子指標之變化情況，而其結果分別如圖 4.5、圖 4.6 及圖 4.7。而於各圖中，由於已知特定年數值並不適合代表世代情況，故式(4.1)中之特定年數值( $Y_c$  及  $Y_p$ )，於計算時則改以世代平均( $G_c$  及  $G_p$ )來計算。而式(4.3)，則是以 1961 年值為基準進計算。為了解世代長度對於時間變化率之影響，於各圖中皆包含以 5 年、10 年、15 年及 20 年為世代長之計算結果。由於較長之世代長度需要更長時間之資料，但由於 World Bank 及 FAO 所分別提供之 CO<sub>2</sub> 排放量及森林面積僅由 1970 年及 1971 年開始，故於以 15 年及 20 年為世代長之圖 4.5(c)、(d)及圖 4.7(c)、(d)中，僅能計算部分世代之時間變化率。而時間變化率對於代間公平之適用性，以下分點討論之。

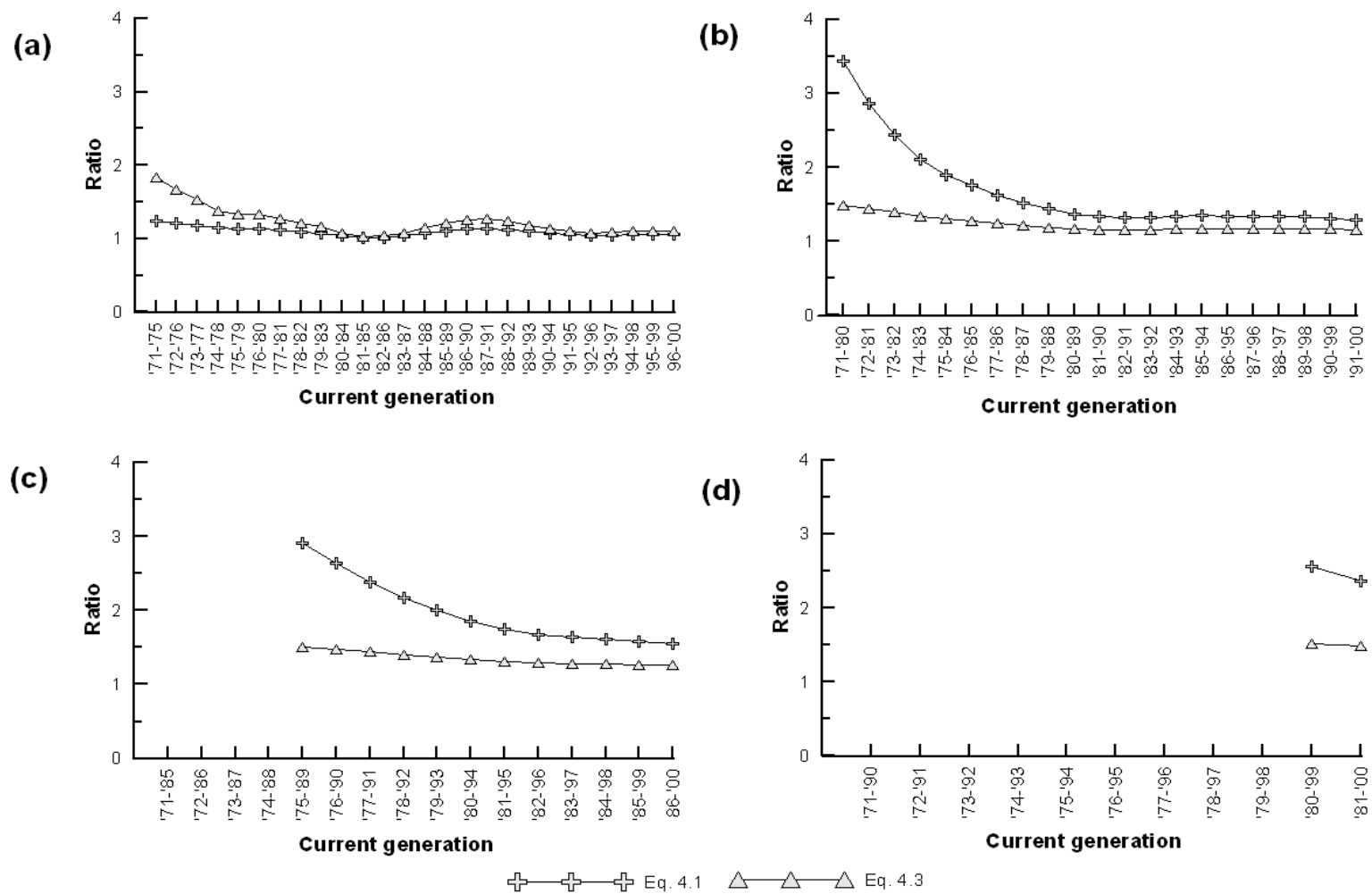


圖 4.5 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之 CO<sub>2</sub> 排放之時間性變化率

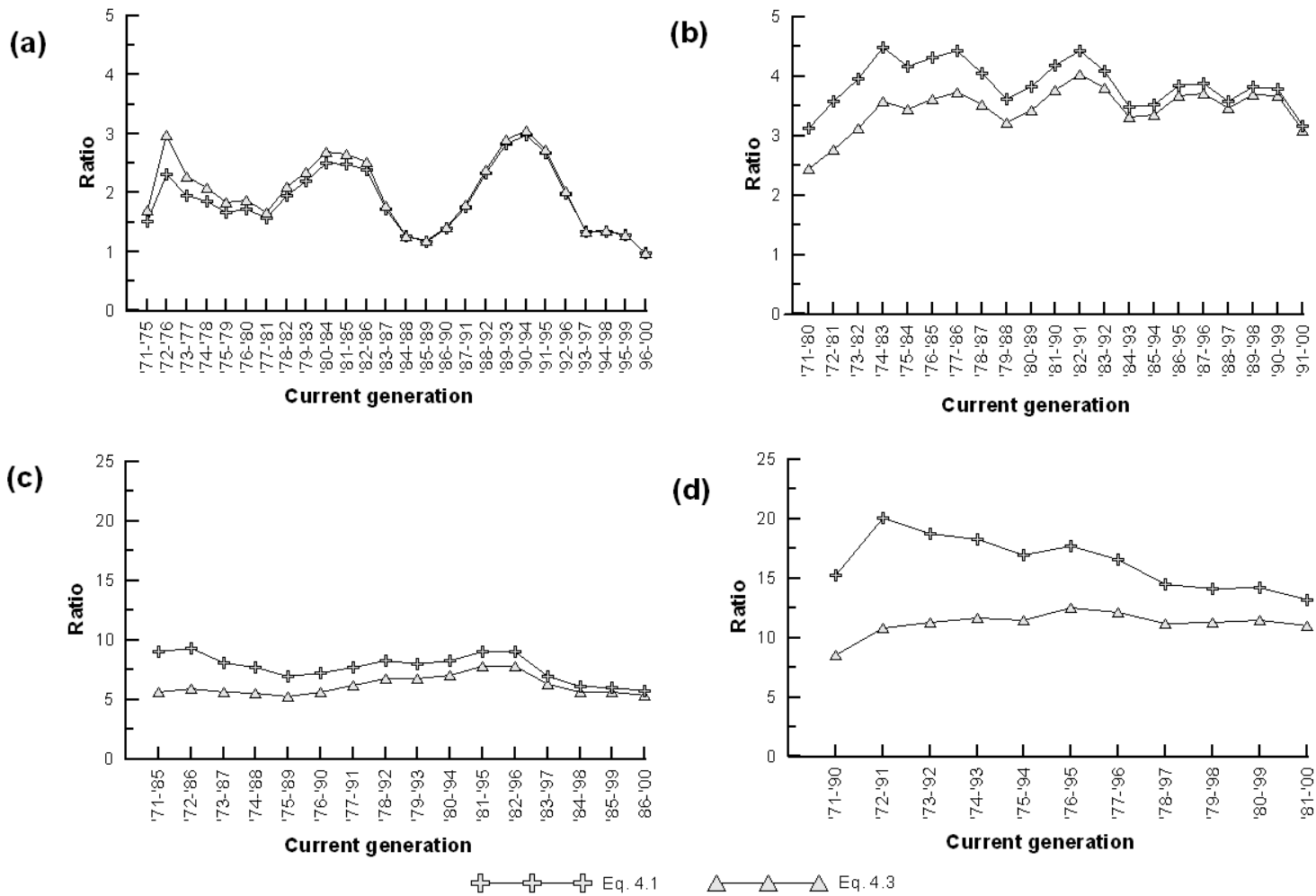


圖 4.6 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之氣候災害損失之時間性變化率

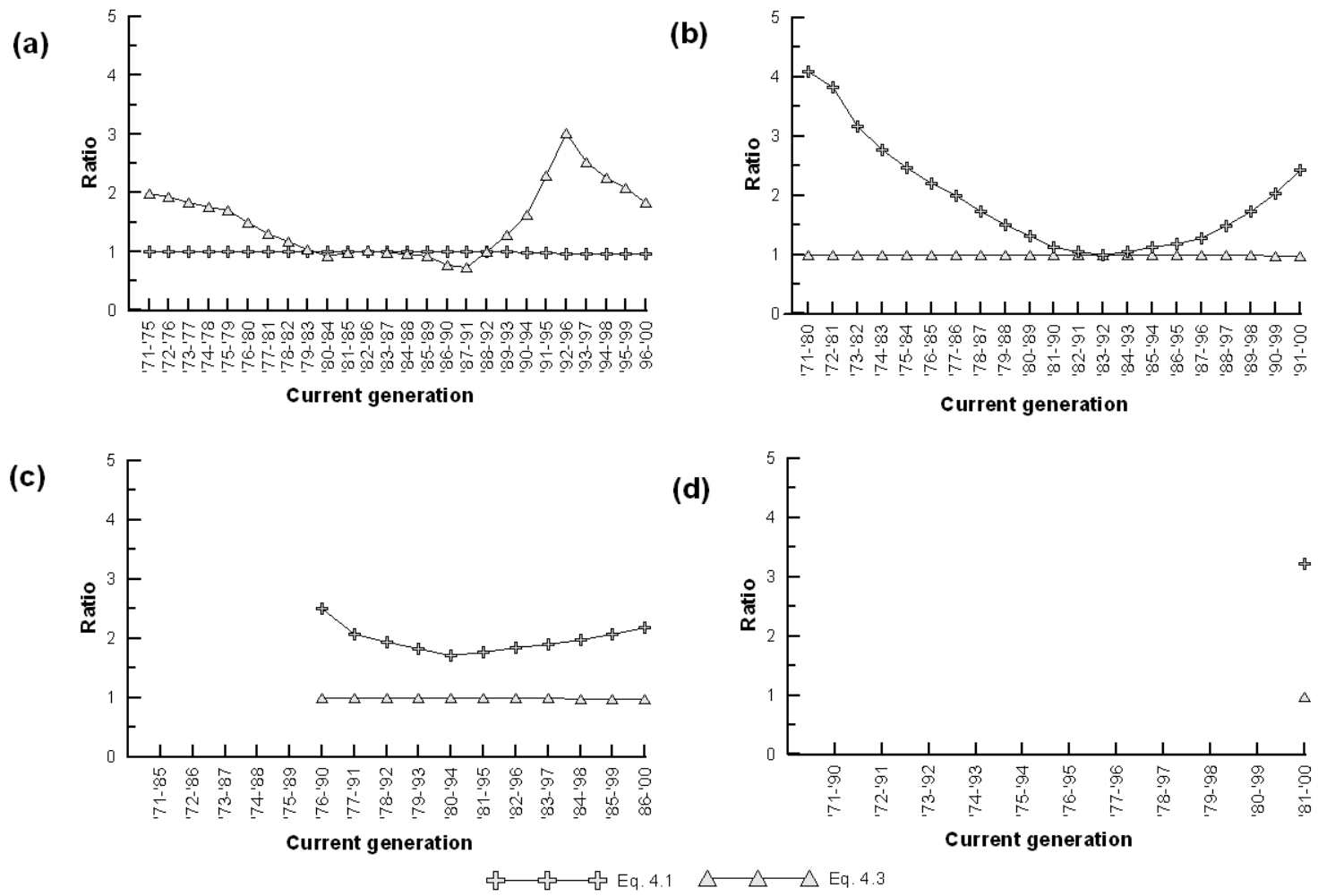


圖 4.7 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之森林面積之時間性變化率

1. 對於 CO<sub>2</sub> 排放量，在圖 4.5 中，式(4.1)及式(4.3)於各世代之值皆有向 1 趨近之情況，此僅代表了過去世代與現在世代之值愈來愈接近，但圖 4.2 可知，實際上為兩世代之值同時惡化，且由於兩世代與基準之值差距增加，故於計算中，相對使得兩世代之差距縮小，故式(4.1)及式(4.3)並未能明確反應環境永續性之情況。
2. 由於以 1961 年為基準年之氣候災害損失值接近 0，使得式(4.3)之公式類似於式(4.1)，因此在圖 4.6 各世代長度中，式(4.1)及式(4.3)之變化情況一致。由於僅反應兩世代數值之相對關係，所以圖 4.6 並不容易看出代間公平性之變化趨勢，且在圖 4.3 之歷年氣候災害損失資料中，在 1990 年之後的損失明顯加大，但在圖 4.6 中，卻並未適當反應此期間環境永續性的惡化。
3. 在圖 4.7 中，式(4.1)因為前一代及現在世代之值太大，故造成兩世代間之差距相對顯得很小，因此，式(4.1)在各代世長度中之值，皆趨近於 1，沒有明顯變化。而雖然式(4.3)之結果呈現較明顯之森林面積變化，但對式(4.3)而言，代表世代關係為正向之值是為 0 到 1 間，而為負向則為 1 到無限大，如此將造成代間公平性比較正負向上之困擾，故不適合用來反應代間公平性之程度。

由於式(4.1)及式(4.3)雖反應了時間性的變化情況，但其計算方式並不符合代間公平性之需求，且無法反應環境永續性。因此，本研究於下一節進一步改以所發展之傳承公式進行代間公平性之評估。

#### 4.4.2 傳承率適用性分析

由於過去指標之時間性變化率並不能適當反應代間公平性，因此本研究發展傳承率來進行評估。由於世代長度之不同，會反應出不同之代間公平性在時間上之變化情況，因此，本研究進一步比較以 5 年、10 年、15 年及 20 年為一個世代，來瞭解世代長度之設定對於代間公平性評估之影



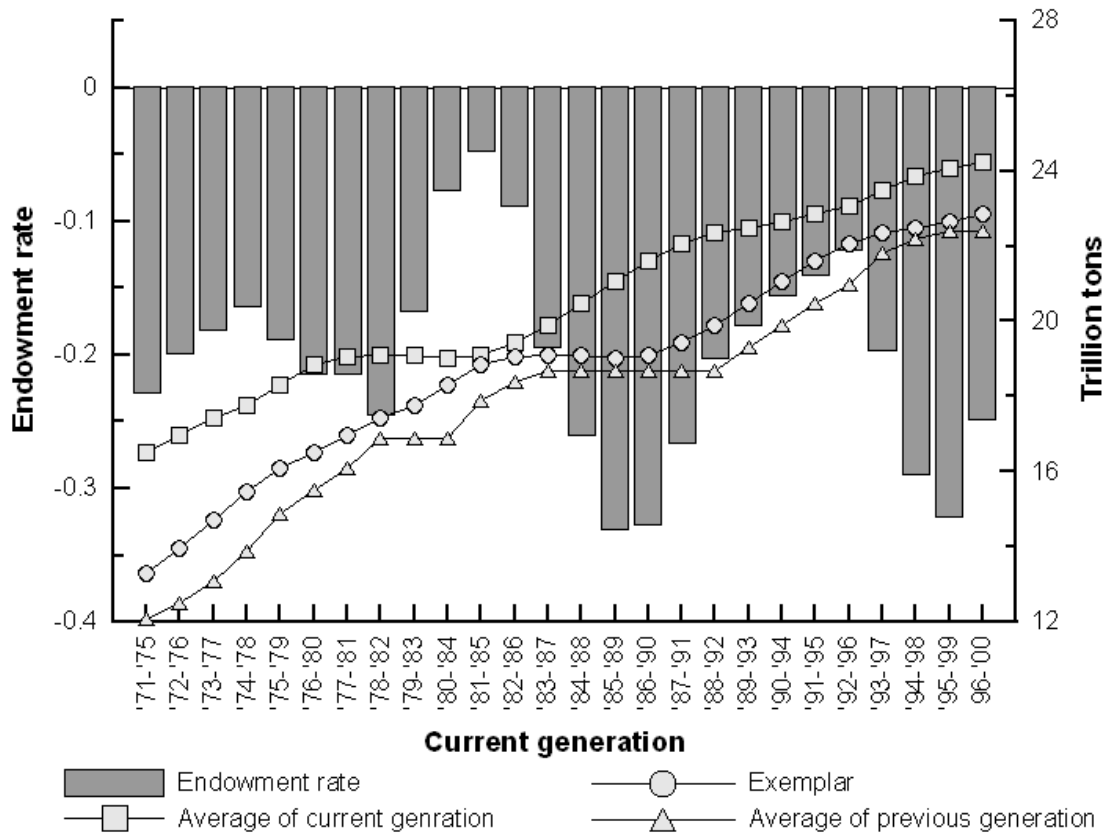
響。而針對 CO<sub>2</sub> 排放量、氣候災害損失及森林面積等三個 GW-IGEI 子指標，於不同世代長度下傳承率之結果，如圖 4.8、4.9 及 4.10 所示。於圖中，曲線圖表示三項子指標的模範值、現在及過去世代平均值，而柱狀圖則為子指標之傳承率。以下分別討論傳承公式於各子指標代間公平性之評估結果與世代長度之影響。

### CO<sub>2</sub> 排放量

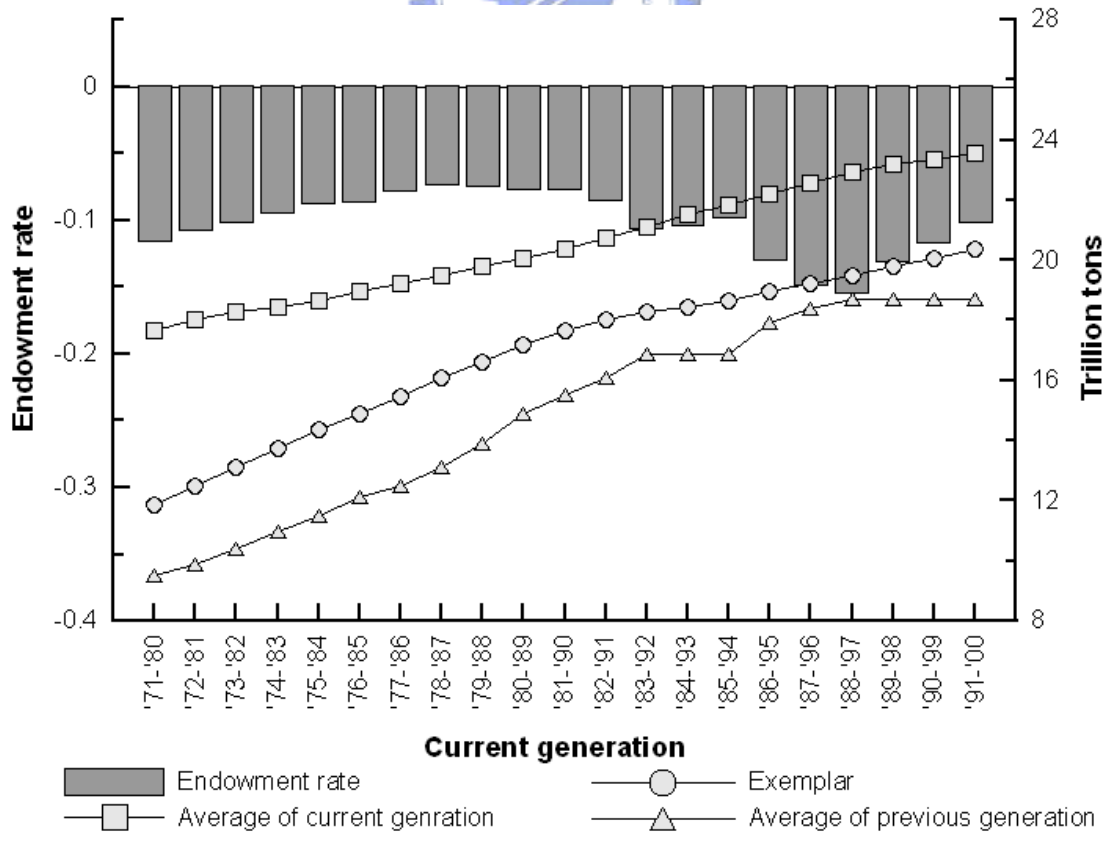
圖 4.8(a)、(b)、(c)及(d)分別為以 5 年、10 年、15 年及 20 年世代長度所計算之傳承率。為了解傳承公式對於評估 CO<sub>2</sub> 排放量之代間公平性的適用情況，以下針對各世代長之傳承率進行討論，並同時比較不同世代之差異。

1. 在圖 4.8 之各世代長度中，因為各世代 CO<sub>2</sub> 排放量相對於前一代皆為持續增加，故傳承率皆為負值。而負值之傳承率代表相對於各世代所繼承之 CO<sub>2</sub> 排放情況，所有世代留給下一代更多之 CO<sub>2</sub> 排放量，故不具代間公平性。
2. 因為代間公平性應考量現在世代與前一世代之繼承關係，所以傳承率之改變趨勢並不是如圖 4.2 隨著 CO<sub>2</sub> 排放量的增加而固定地增加。例如，在圖 4.8(a)中，現在及前一世代之平均值皆為持續增加，但傳承率由[1978-1982]世代到[1981-1985]世代是在改善的，這是因為在那些世代中，現在世代的 CO<sub>2</sub> 排放量並未增加，而前一世代的持續增加，此代表了現在世代有改善 CO<sub>2</sub> 排放之情況，因此，傳承率有所改善。
3. 在以 10 年為世代長之圖 4.8(b)中，最惡化的傳承率是[1989-1997]世代之-16%。對於代間公平性而言，後續世代應至少不超過上一代所排放的 CO<sub>2</sub> 排放量。因此於對[1998-2007]這個世代應每年減少 16%之排放量，才能符合代間公平性之目標。

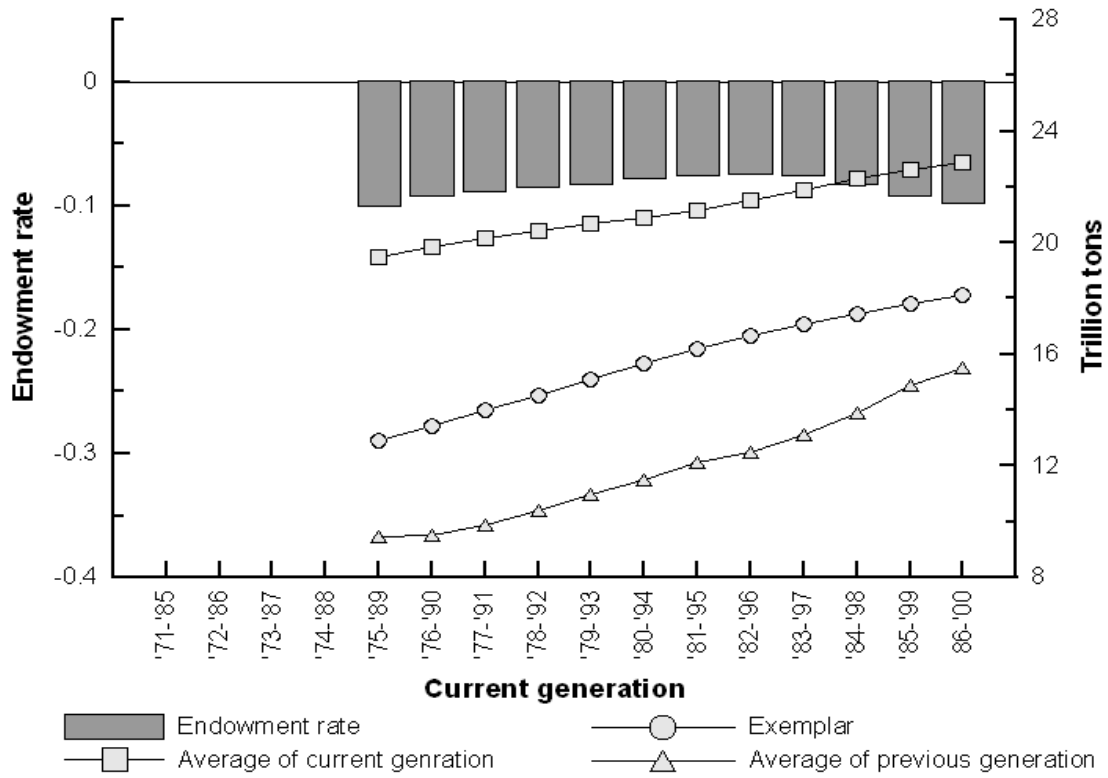
4. 在以 15 年為世代長之圖 4.8(c)中，現在世代、前一代及模範值之 CO<sub>2</sub> 排放量皆持續增加，但由於在[1975-1989]到[1982-1996]世代間，以模範值為基準，現在世代之平均值增加幅度少於前一代之平均值，故於這些世代期間傳承率有逐步改善之情況。
5. 由於以 15 年及 20 年為一個世代，則分別需要 30 年及 40 年之歷史資料。由於 World Bank(2007)資料庫中，CO<sub>2</sub> 排放量僅包含 1960 年之後的數據，故於圖 4.8(c)中，有部分傳承率未能被計算。而圖 4.8(d)之 20 年一個世代，則僅能計算兩個傳承率，故目前無法以 20 年一個世代來評估代間公平性之趨勢。
6. 在圖 4.8(a)，可以看出以 5 年為一個世代之圖 4.8(a)，傳承率之變動程度比其他世代都要大。這是因為世代長度較短，各世代之平均值較接歷年值，容易有明顯地波動，進而造成傳承率之變動大，且不易反應代間公平性之變化趨勢。反之，在圖 4.8(b)及(c)中，以 10 年及 15 年為一個世代，其在傳承率之變化也較圖 4.8(a)之 5 年為一世代為平穩。
7. 在圖 4.8(b)及(c)中，所反應世代公平性之變化趨勢大致上一致，其趨勢為於初期傳承率逐步減少，而到中期傳承率維持在一個範圍，最後又開始惡化。
8. 而在各圖之數值上，可以看出世代愈長，傳承率數值愈小。這是因為世代愈短，亦代表可改善的時間短，故每一年要改善的比例要大，因此傳承率之數值會比較大。由於代間公平性是各世代間的相對比較，故以不同的世代長度所算出之傳承率是不適合相互比較的。



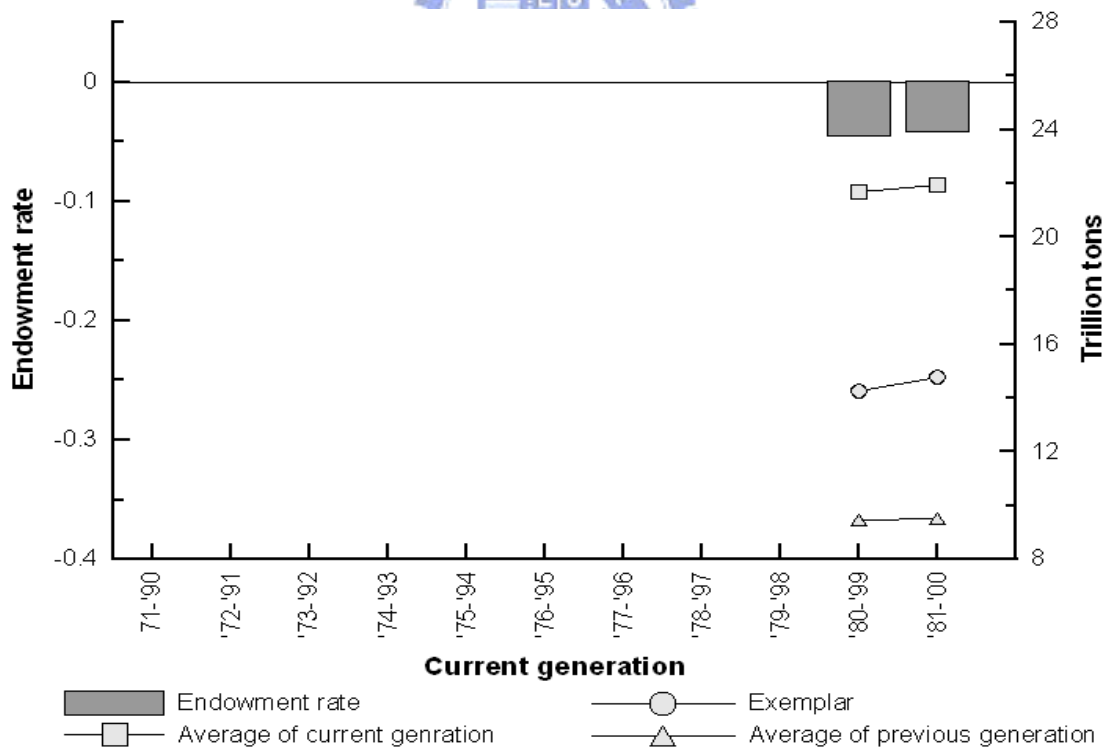
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 4.8 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之

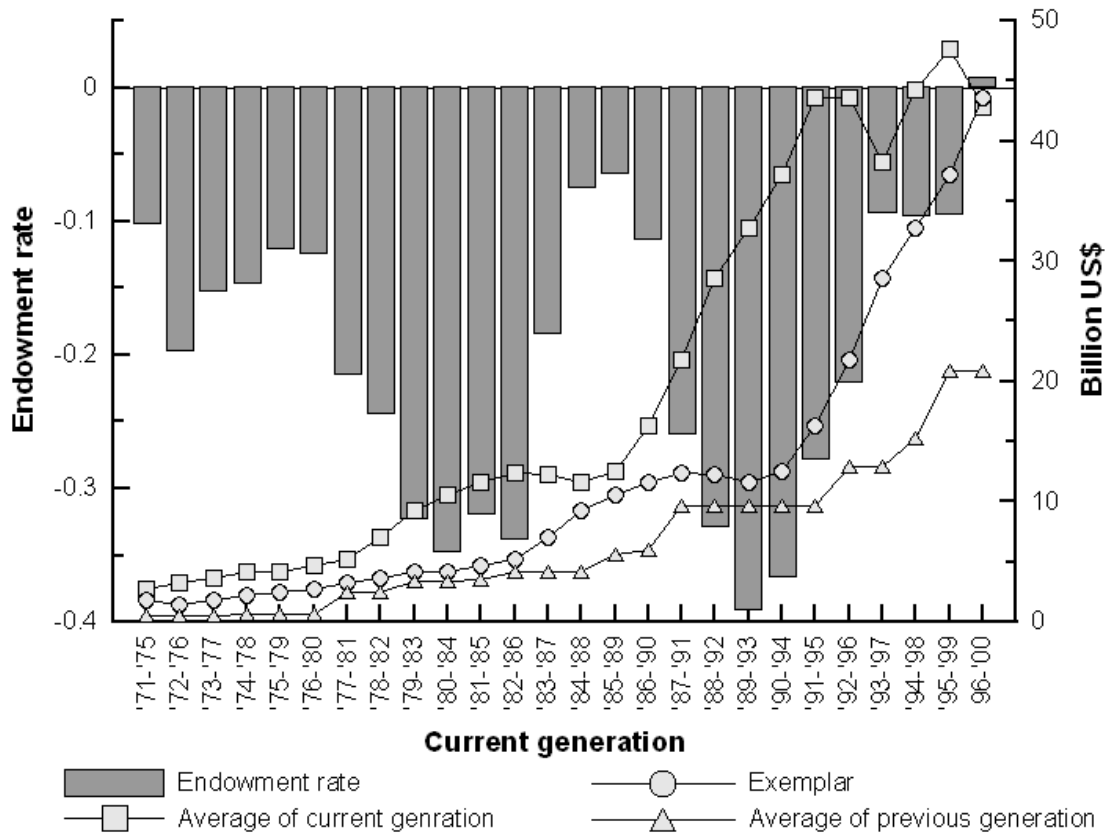
CO<sub>2</sub> 排放量之傳承率、平均值及模範值

## 氣候災害損失

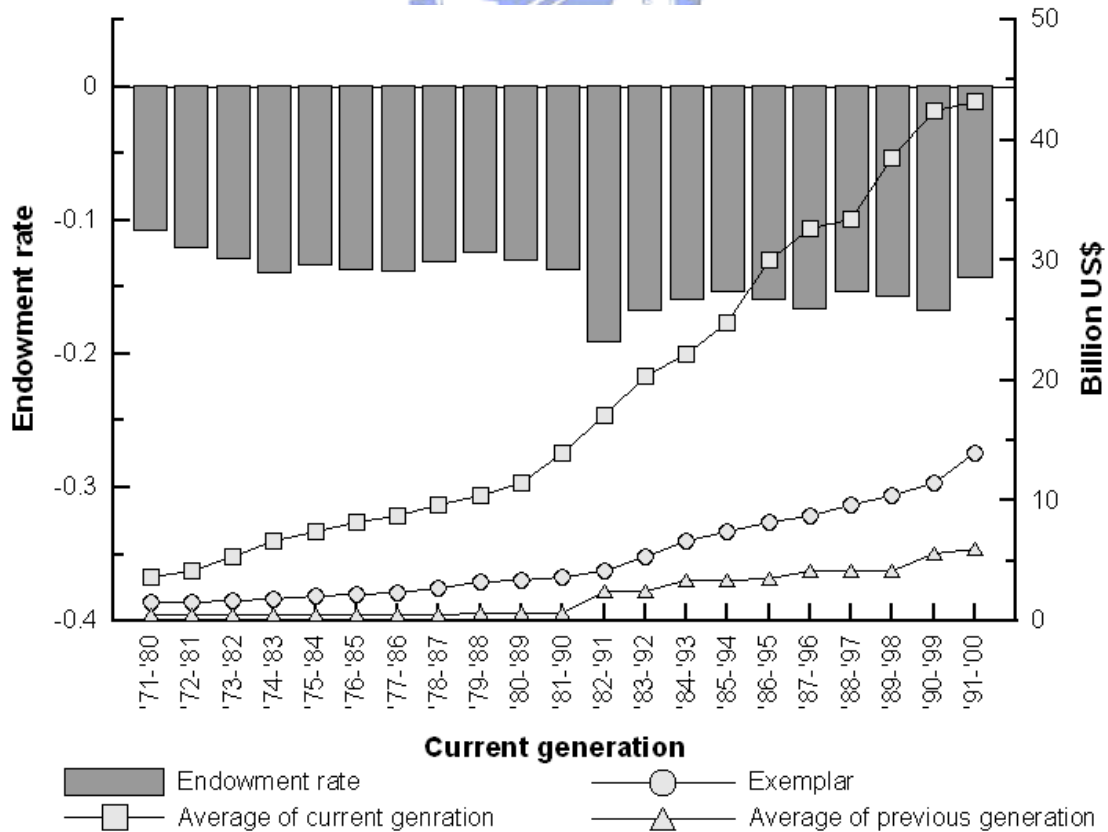
圖 4.9 為以不同世代長度所計算氣候災害損失之傳承率，Emergency Disasters Database (CRED, 2007)所能提供之歷年資料較長，故於圖 4.9 中可計算由 1971 年到 2000 年間之各不同世代的傳承率，以下針對不同世代長度之傳承率進行討論。

1. 氣候災害損失之傳承率如圖 4.9 所示，絕大多數之現在世代平均值皆比前一代還嚴重，可看出世代間有不公平的情況，因而傳承率在各世代亦多為負值。
2. 由於 5 年為一個世代易受突發事件影響，而造成世代平均值之大幅變化。例如在圖 4.9(a)中，[1996-2000]世代之傳承率變為正值，即是因為如圖 4.3 在 1997 年之氣候災害損失大幅減少，進而使目前世代平均值低於前一代平均值。
3. 在以 10 年為世代長之圖 4.9(b)中，由於氣候災害損失在 [1982-1991]世代明顯增加，而傳承率於此世代後亦較此世代前為嚴重。最惡化之傳承率亦為 [1982-1991]世代之 -19.1%，如圖 4.3 所示，由於氣候災害損失之年平均值在 1982 年前，沒有明顯變動，值亦不高，因此在圖 4.9(b)中，可看出前一代之平均值接近模範值，兩者差距不大，此代表前一代還維持著不錯的環境情況，然而，[1982-1991]世代不僅不能維持所繼承之環境狀況，並在此世代之後損失開始明顯惡化，因此，可看出 [1982-1991]世代明顯不符合代間公平性，而傳承率亦反應其代間公平性最差。

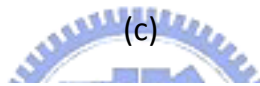
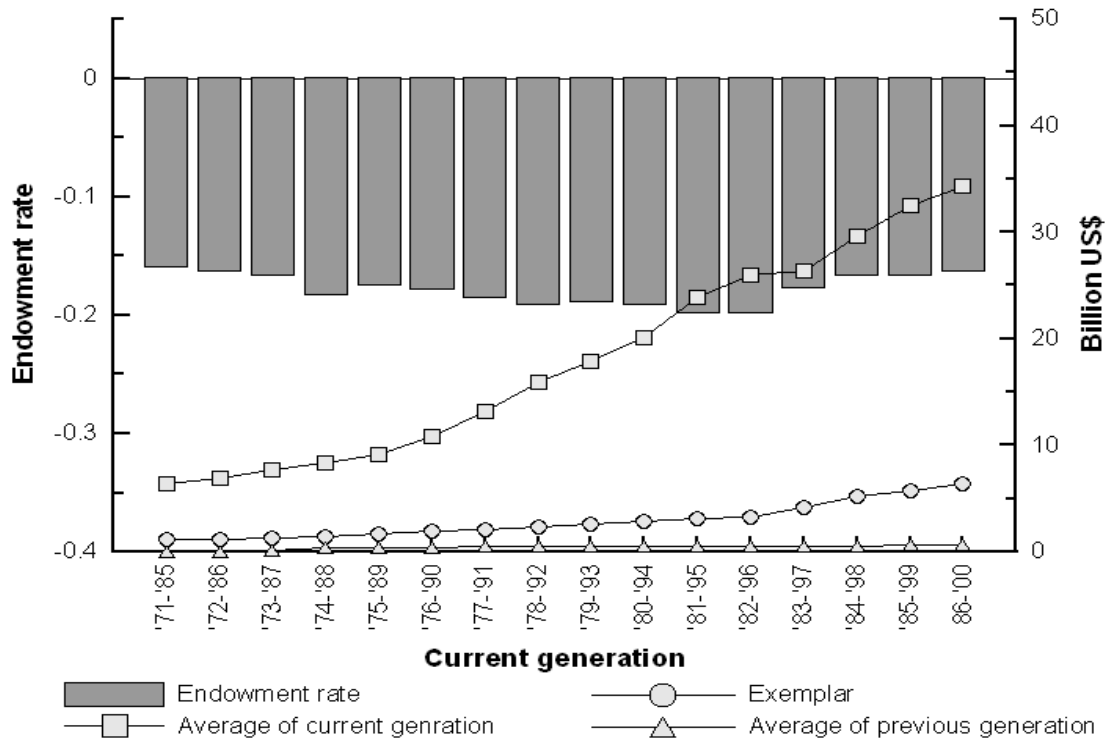




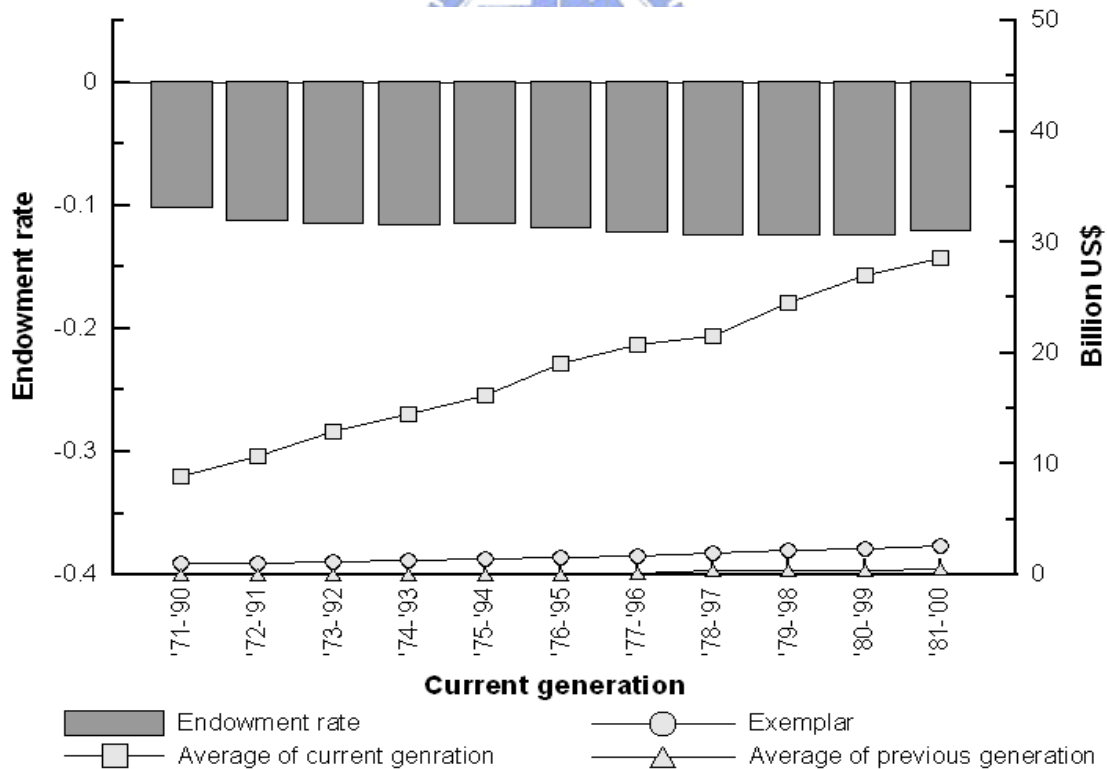
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 4.9 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之

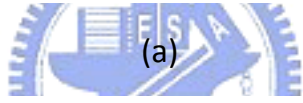
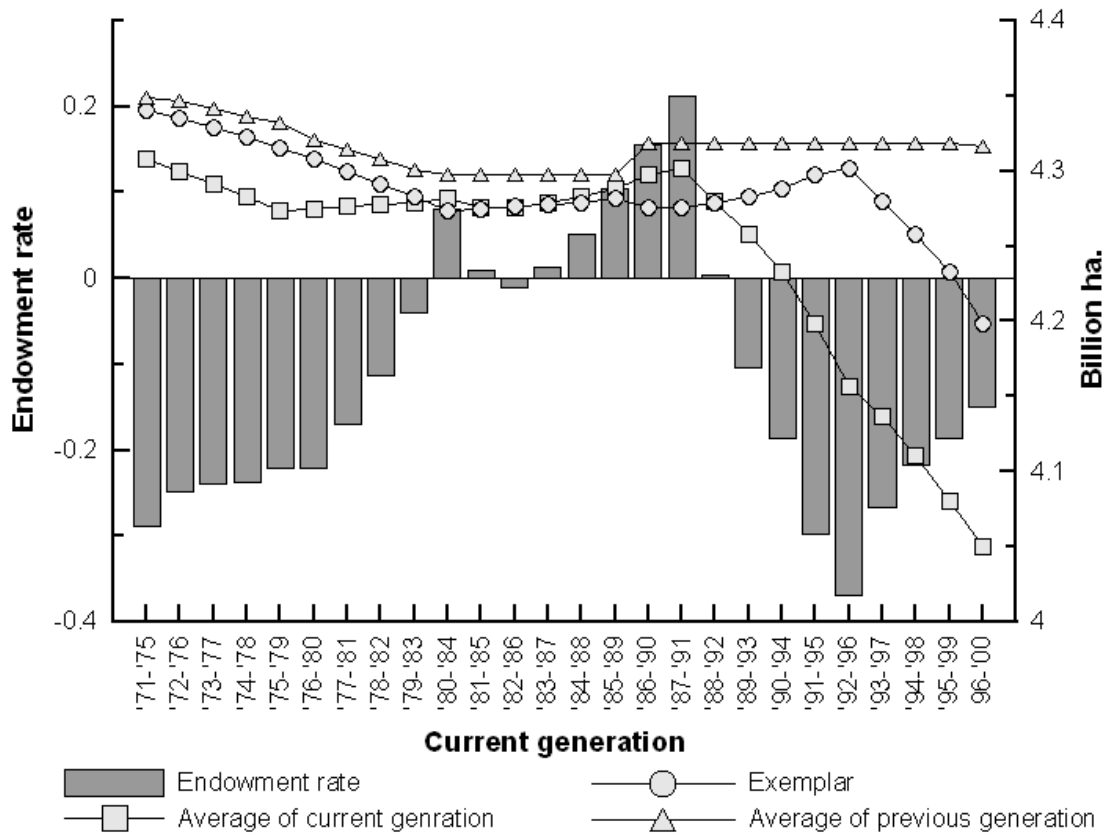
氣候災害損失之傳承率、平均值及模範值

4. 由於以較多年之資料進行平均，可降低特殊事件對於平均值之影響，故在圖 4.9 中，可以發現當世代時間較長，所顯示之代間公平性趨勢之變化較為穩定。
5. 在以式(4.1)及式(4.3)計算之圖 4.6 氣候災害損失變化率中，各世代之圖並不容易看出一致之變化趨勢。而在圖 4.9 中，除了易受特定事件而大幅變動之 5 年世代長外，由 10 年、15 年及 20 年為世代長之圖 4.9(b)、(c)及(d)皆可看出一致之改變趨勢。氣候災害損失傳承率之變化趨勢為先逐漸惡化，到中後期才有緩慢改善的情況，但代間公平性都還在負向的狀態。

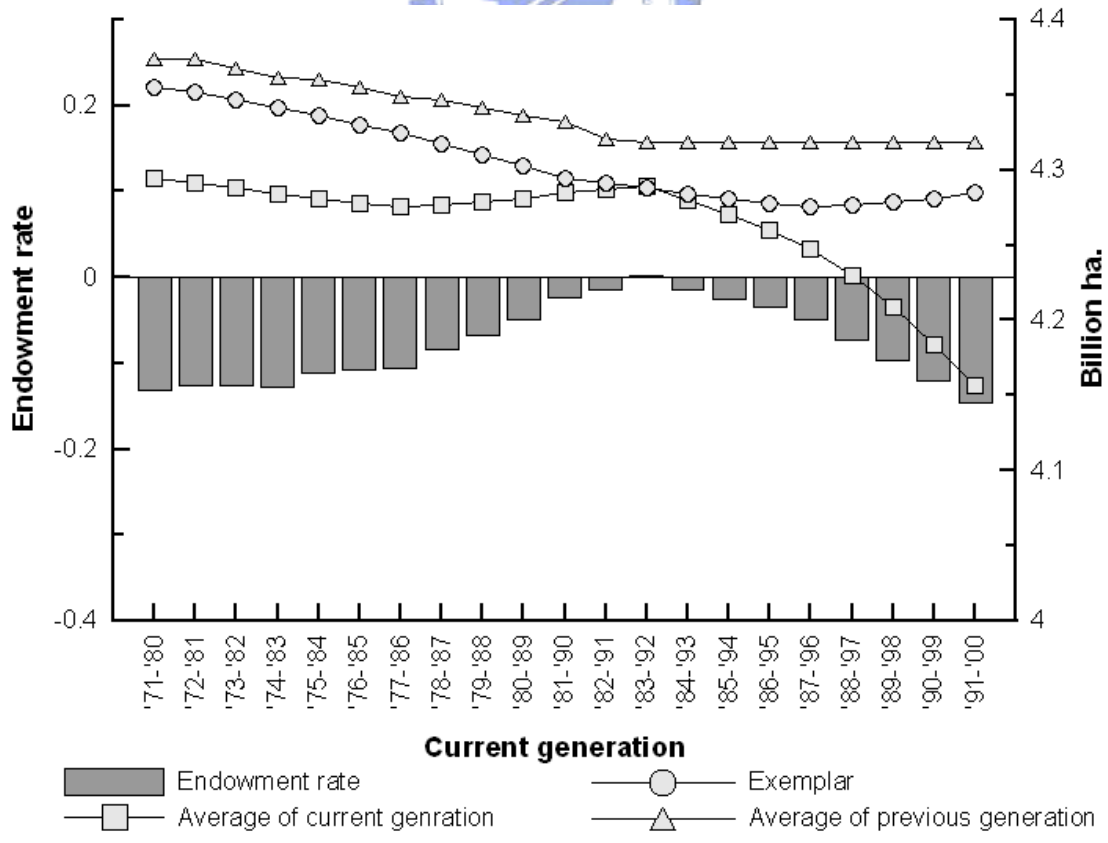
### 森林面積

於不同世代長度下之森林面積傳承率及世代平均如圖 4.10 所示。以下針對各圖 4.10 中，各世代長之傳承率進行討論。

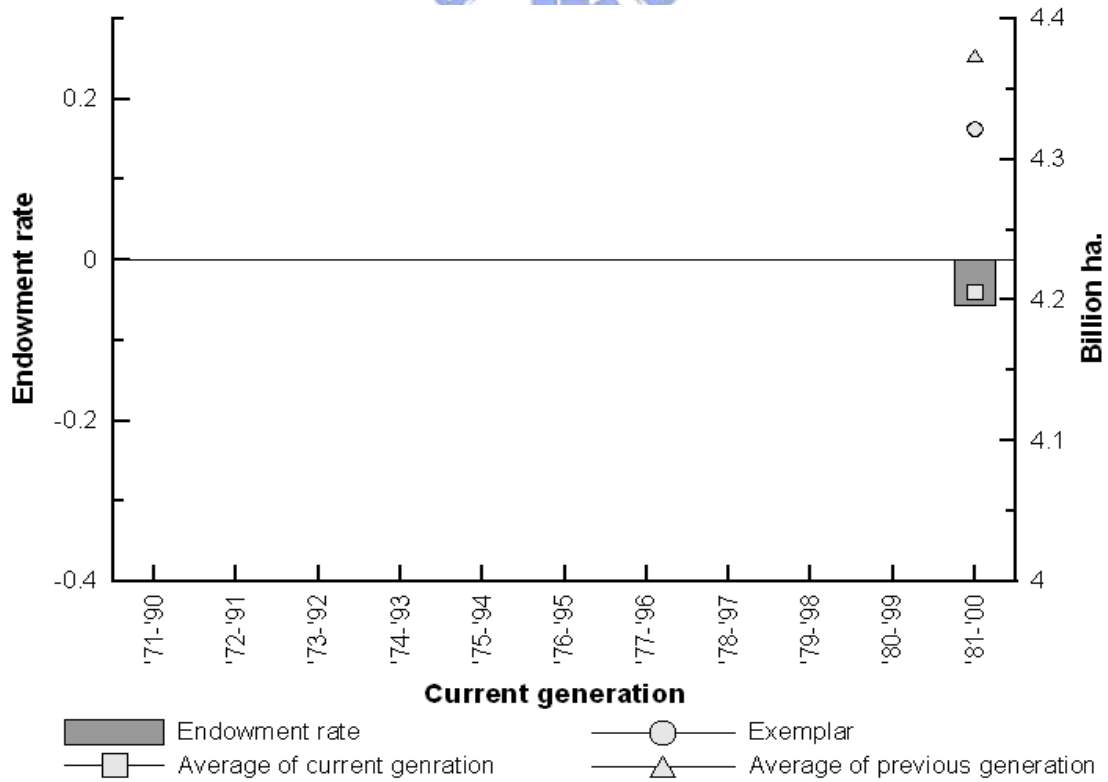
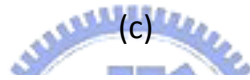
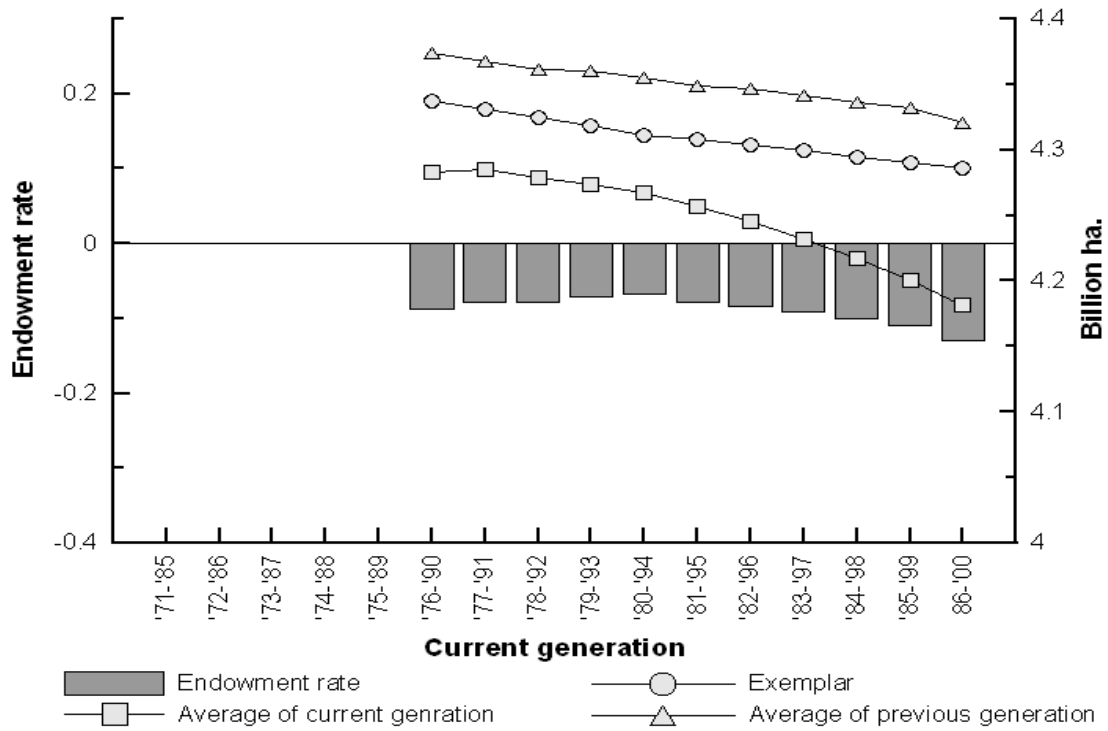
1. 由於目前國際上森林統計資料之不足，故對於以 20 年為世代長度之圖 4.10(d)，只能計算[1981-2000]之傳承率，而對於 15 年為世代長度之圖 4.10(c)，亦有部分世代無法計算。
2. 在以 10 年為世代長之圖 4.10(b)中，由 [1971-1980]世代到 [1982-1991]世代間，現在世代與前一世代之平均森林面積有逐漸接近的情形，而傳承率在這些世代中，亦逐步地改善。由於 [1982-1991]世代之森林平均面積大於前一世代之面積，因而其所對應之傳承率則為正值，顯示代間公平性有增進之情況。此表示 [1982-1991]世代由其所繼承之前一世代環境中增加森林面積，並留給下一世代更多的森林。可惜，正向代間公平性僅只持續一年，而傳承率由[1983-1992]世代又開始惡化。



(a)



(b)



(d)

圖 4.10 (a)5 年、(b)10 年、(c)15 年、(d)20 年為世代長之

森林面積之傳承率、平均值及模範值



3. 在圖 4.10(c)中，最差之傳承率是在[1986-2000]世代，其值為-12.9%，此代表了如欲符合代間公平性，現在世代於未來的 15 年中，在模範值之基準上，每年應增加 12.9%的森林面積，以在下個世代來臨時，將森林面積恢復成為如由前一代所繼承之情況。
4. 對於 5 年、10 年及 15 年之傳承率趨勢大致相同，皆為先逐漸改善後，在中後期又加速惡化。而三者之主要差異是在中期反應代間公平性改善的情況，在圖 4.4 之歷年森林面積資料中，可以看出 1980-1991 年間，森林面積有明顯增加之情況，因森林面積子指標目前所評估之時間範圍為 1971-2000 年，因此，1980-1991 年為評估期間重要之改善。而於圖 4.10(a)及 4.10(b)之 5 年世代長及 10 年世代長中，皆有傳承率為正值來反應此期間之努力成果，但於圖 4.10(c)中，因為 15 年為一個世代時間太長，並未能明顯反應這個 1980-1991 年間所努力之成效。
5. 對於全球森林面積此子指標，由於 5 年世代長之變動幅度太大，不易明確反應出代間公平性變化之趨勢，而對於森林面積指標目前之評估時間範圍及資料可及性，15 年世代長則是些微過長，以至於不易明確反應評估期間之重大改變。因此，依據現有情況，以採用 10 年為世代長度為宜。
6. 在過去的文獻曾提到(Vojnovic, 1995)，為符合再生資源之代間公平性，資源消耗速率不應超過再生速率。然而，如圖 4.10 所示，森林之面積在近幾世代中，持續且明顯地惡化，有必要執行有效的管制策略以停止森林面積繼續減少之趨勢。

## 第五章 環境永續帳

為促使預算能確實用於改善環境的永續性，本研究發展環境永續帳子系統，整合環境永續指標與預算系統，以協助管理者有效分配預算。於本章中，首先說明環境永續帳之架構，然後介紹本系統所應用之案例區，接著說明本系統所挑選之環境永續指標(ESI)及其目標設定原則，之後說明關鍵指標(KI)選取之原則，最後介紹本研究所發展之預算分配程序。而環境永續帳系統之各項模組功能，亦將分別於各小節中說明及展示。

### 5.1 環境永續帳架構

由於在環境持續改善之過程中，地方政府扮演著重要的角色，而為協助地方政府有效進行環境永續之提升，本研究發展環境永續帳，而其概念如圖 5.1 所示，主要分成願景及目標、環境永續指標及預算三大部分，以導引預算能有效用於改善環境永續性。願景及目標說明地方居民期望達到之環境。永續指標則用以評估地方環境是否朝環境永續改善。而為提升環境永續性，地方政府有責任將預算妥善分配到可改善環境永續性的行動方案，且預算之分配需考量每年永續指標之達成率。

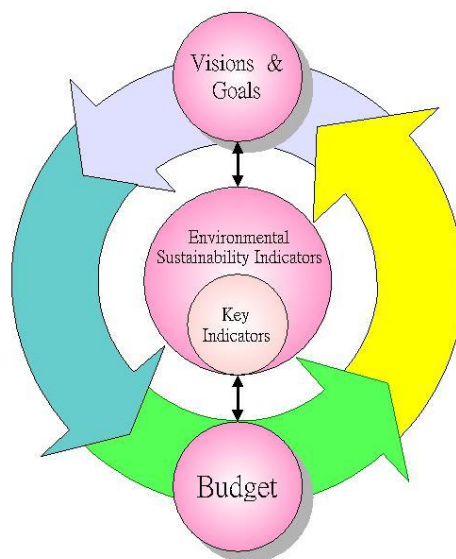


圖 5.1 環境永續帳之概念圖 (林，93 年)

由於指標系統及預算系統通常是各自獨立的系統，而為了評估預算分配效率，需建立指標與預算間之關係。然而，如果連結所有指標到預算，則兩者間之關係會太過複雜。此外，有些指標彼此是相互關聯，當這些相互關聯的指標皆連到同一個預算項目時，則會造成不必要之重複計算或是使關係變更複雜。因此，本研究由 ESIs 所選出一組 KIs，並只有 KIs 可與預算連結。

於本研究中，環境永續帳系統架構如圖 5.2 所示，共有五個模組：願景與總目標設定、ESIs 管理、ESIs 與預算分配關聯性分析、預算分配及整合介面等模組。此外，系統中亦包含願景與總目標、ESIs 及預算項目等三個資料庫，以儲存及管理相關資訊。如圖 5.3 所示，本系統以整合式網路系統進行發展，各預算可經由網路介面依據 ESIs 之達成率進行分配。

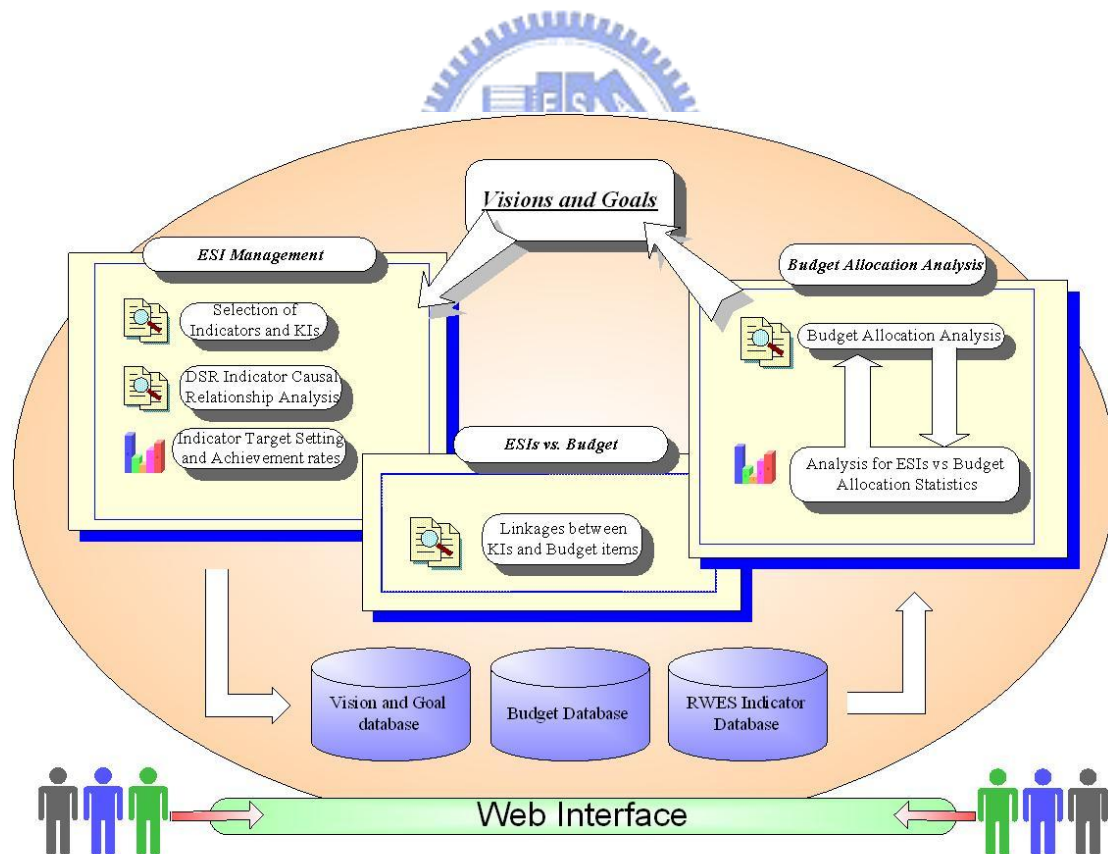


圖 5.2 環境永續帳之系統架構圖

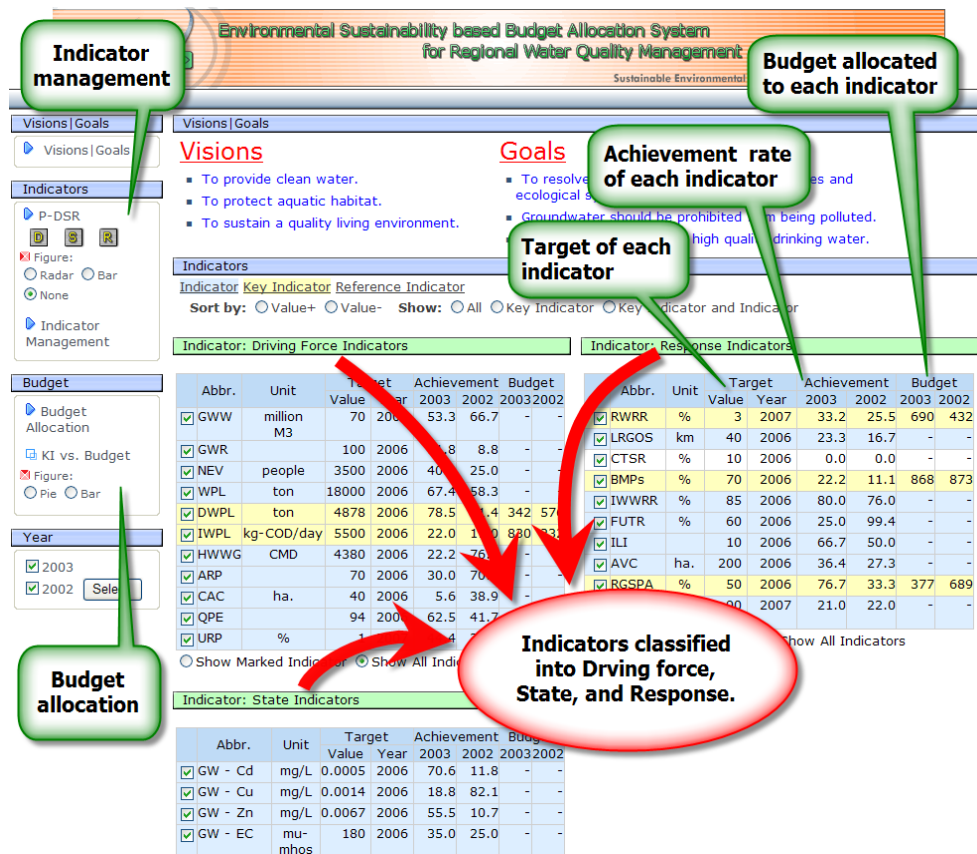


圖 5.3 環境永續帳系統首頁

環境永續帳系統之執行流程如圖 5.4 所示，共包含有七個步驟，以下分別說明。

1. 首先說明地方環境永續性之願景及並設定相關目標。
2. 收集與地方永續性相關之 ESIs，並建立評量指標系統。於 ESIs 收集及建立時，可參考第三章所發展之永續指標資料庫，並進一步以 DSR 架構進行分類，以明確說明地方環境永續議題之情況。
3. 設定各 ESI 之標的值，以評估地方環境永續性改善之程度。
4. 由 ESIs 中，依據相關原則挑選 KIs，以作為可與預算連結之 ESIs。
5. 連結 KIs 與預算項目。
6. 分配預算至各 KIs 中。

7. 依據相關準則，分析預算之分配是否合適，如果不是，則回到步驟 6 中，重新調整預算分配。如預算已適當分配，則應可有效提升地方環境永續性。

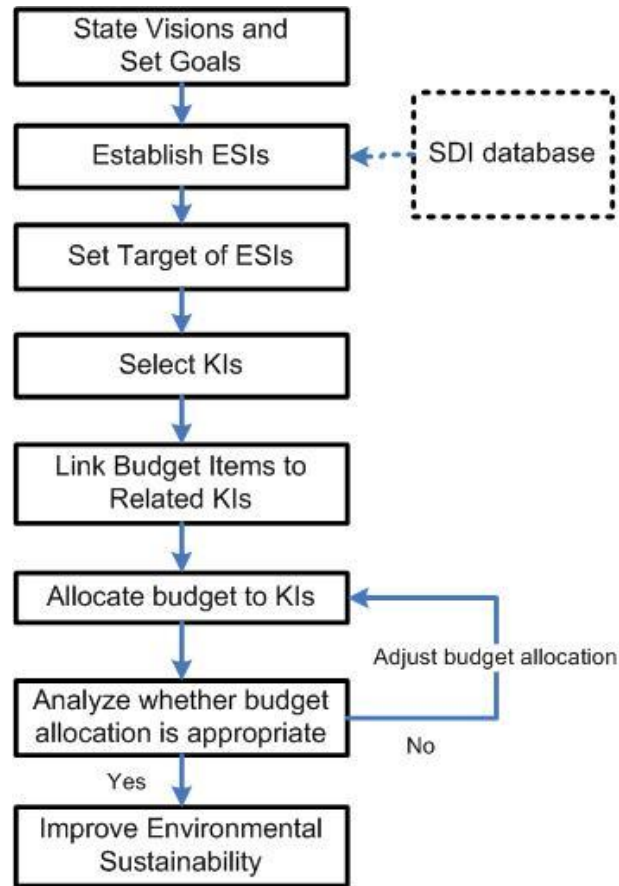


圖 5.4 環境永續帳之執行流程

## 5.2 案例介紹

為驗證本系統之適用性，本研究以新竹市環保局之水質管理為案例，進行系統之發展。新竹市之面積約為 103 平方公里，並包含有頭前溪、客雅溪及鹽港溪三條主要河川。依據環保署之河川污染分類指標(環保署，93 年)，其中，頭前溪為輕度污染，客雅溪及鹽港溪為中度污染。新竹市之居民大約有 39 萬人，自來水普及率大約為 96%，而每日產生約 72,000 CMD 之污水(新竹市環保局，91 年)，但衛生下水道收集系統目前正在興建中，



此外，新竹科學園區每日亦有約 86,000 CMD 廢水排放(新竹科學園區管理局，94 年)，故新竹市之河川遭受到頗嚴重的環境壓力。

依據新竹市環保局之網頁，新竹市水環境之願景為“淨水”，而依據環保局內水環境管理單位之業務範圍，目標則可為(1)降低人類活動對於河川之衝擊；(2)保護地下水資源以避免污染；(3)提供安全且高品質之飲水。如圖 5.3 所示，案例單位之願景及總目標皆紀錄於所發展之系統中，以供 ESIs 評估及預算分配時之參考。

### 5.3 環境永續指標

在願景與目標被建立後，應進一步建立適當之 ESIs，以評估達到願景及目標之進展。本研究參考永續指標資料庫所收集之各層級 ESIs (Melhus et al., 2003; Kulongoski et al., 2003; U.S. EPA, 2002; 經建會, 91 年; ANZECC, 2000; Diakoulaki, et al., 2003; UNCSD, 2001; Esty, et al., 2005; WHO, 2004)，以建立新竹市之區域水環境永續指標(Regional Water Environmental Sustainability Indicators, RWESIs)。

The screenshot shows the 'Indicator Management' interface with several callouts:

- Base and target of an indicator:** Points to the 'Base' and 'Target' columns.
- Indicator value and unit:** Points to the 'Value' and 'Unit' columns.
- Indicator type:** Points to the 'Type' column.
- Driving force, State, or Response:** Points to the 'RWES Goals' and 'DSR' columns.
- Mark as a RWES indicator:** Points to the 'Select' column.
- Add a new indicator:** Points to the 'New:' row.

Name	Base	Target	Value Unit	Type	RWES Goals	DSR	Select
New:	Base Year	Target Year	Value Unit	KI	Clean River No Polluted Groundwater Safe Drinking Water.	D	**
[WA7]=>MPRLR Length ratio of medium-polluted river	Base Year	Target Year	Value Unit	Indicator	Clean River No Polluted Groundwater Safe Drinking Water.	S	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
[WA6]=>HPRLR Length ratio of heavily-polluted river	Base Year	Target Year	Value Unit	Indicator	Clean River No Polluted Groundwater Safe Drinking Water.	S	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
[WA51]=>LRGOS Length of riverbanks as green open space	Base Year	Target Year	Value Unit	Indicator	Clean River No Polluted Groundwater Safe Drinking Water.	R	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No

圖 5.5 RWESIs 管理介面

由於地方常有其獨特之環境特性，因而需要小心地選取合適的指標。而對於 ESI 之挑選原則，除了第三章永續指標資料庫中所提到如指標定義要清楚、容易了解、為利害相關者所關心等篩選原則外，所選取之指標亦要能反應新竹市水環境之永續性。

本系統之 RWESIs 管理介面如圖 5.5 所示，本介面可提供地方管理單位依據地方特性選取合適之 RWESIs，被選取之指標可以連結到適當之目標，每個指標可以依據目標設定一組基準值及標的值在對應的年份中，這些數據可用以作為評估環境永續性改善之進程。

為改善環境永續性，各指標之標的值可以依據下列原則進行設定。

(1) 為設定合理之標的值，下列三項因子應被考量：

- i. 地方特性：例如，在新竹市有數量眾多之工廠排放大量的廢水至承受水體中。雖然各別工廠所排放之廢水水質符合排放標準，但由於廢水量太大因而造成承受水體很大之危脅，因此，應採用以總量為基準之標的，以取代以濃度為基準之標的，特別是針對重金屬污染。
- ii. 可行性：例如，雖然增加河川親水水岸是個被期望的發展方向，但為防止水患，目前並不合適設定將所有水泥堤岸皆改以綠地或自然堤岸之標的。現在反而需先改善上游流域之保護及復育，並限制人類活動，以減少逕流及沖刷。當上游之逕流及土壤侵蝕已有效降低後，才可逐步替換成為親水水岸。
- iii. 成本效益：分配大量經費以改善單一指標可能效益不高，反而經費應當用以改善其他必要之指標。例如，雖然健康風險評估對於由水所傳播之疾病非常重要，但調查及採樣之成本相當高，且所收集之資料不一定有足夠之可信度來

作適當之決策。反而這些經費用在監測居民水源取水口之水質可能會更有效益。

(2) 地方居民之期待應被考量。例如，他們期待有安全的飲用水，因此飲用水之水質應該要設定較高之標的值。

(3) 特定之標的值應要能反應願景及目標。例如，不受污染之地下水為新竹市之其中一個主要目標，因此，在地下水採樣合格率應該要以高標準之標的值來設定。

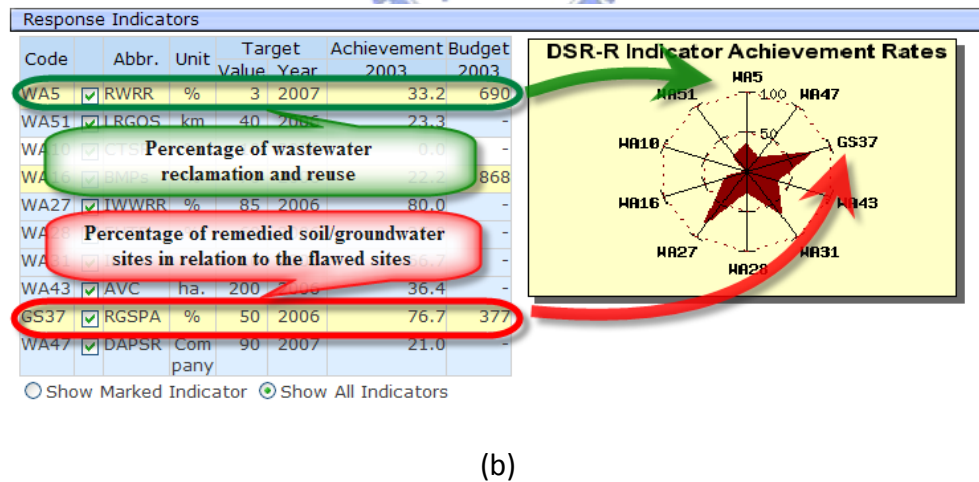
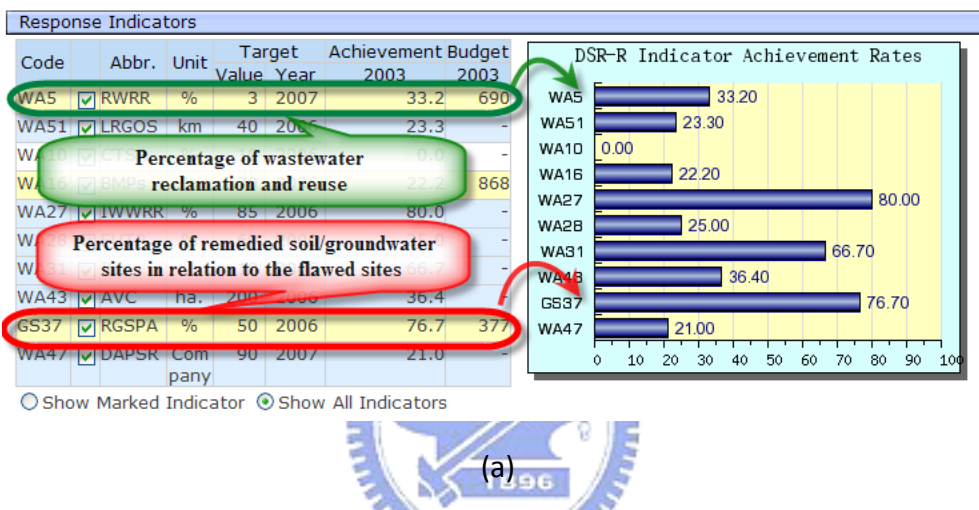


圖 5.6 以(a)柱狀圖及(b)雷達圖表示之達成率

在各 RWESI 於如圖 5.5 之 RWESIs 管理介面設定標的值及基準值後，各 RWESIs 之達成率可以進一步被計算，以反應水環境改善之程度。達成率計算公式如下：

$$A = \left( \frac{B - P}{B - T} \right) \times 100\% \quad (5.1)$$

其中  $A$  為 RWESI 之達成率； $B$  為 RWESI 在基準年之值； $P$  為指標於本年之值； $T$  為指標之在目標準之標的值。達成率所代表的為指標向所欲達到標的邁進之程度。在環境永續帳系統中，達成率可以如圖 5.6 雷達圖或柱狀圖來表示，而藉由圖表，管理者可以快速地了解地方環境永續性之優缺點及相關執行方案之績效。例如，圖 5.6 顯示土壤及地下水污染場址復育百分比已接近其標的值，而預算於重新分配時，應考量增加其他如廢水回收及再利用率等指標之經費。

新竹市環保局內水環境管理單位之業務及目標主要範圍為河川、地下水及飲用水三個水體。因此，在環境永續帳中，本研究採用 DSR 指標架構以反應在河川、地下水及飲用水等三個主要水體中各指標之因果關係。DSR 指標架構如永續指標資料庫之章節中所說明，驅動力(driving force, D)代表人類活動對於環境狀態(state, S)之衝擊，而為改善此一衝擊，則社會需要有回應(response, R)來降低負面衝擊，增加正面效應。例如，在近幾年中，工業發展在新竹市快速成長，而工業所排放廢水之負荷可視為一個驅動力指標，而此指標明顯劣化承受水體之品質(狀態指標)，而例如污染源排放減量等之改善策略應被採用以降低工業廢水之負荷，而執行污染源排放減量之工廠數則可為回應指標，用以評估改善策略執行之成效。各不同之指標可在如圖 5.5 之 RWESI 管理介面中進行選取及分類。

以新竹市水質管理為案例所選取之 RWESIs 皆列於圖 5.7 中。由於河川、地下水及飲用水所面對的問題不同，故三水體中之指標項目有所差異。此外，由於三個主要水體間彼此會相互影響，故有一些指標會連結到多個水體，而指標連結到全部水體則為共同指標。由於一些主要的水質問題是源於生活污水或工業廢水之排放，因此，水污染負荷被視為主要的驅動力共同指標。

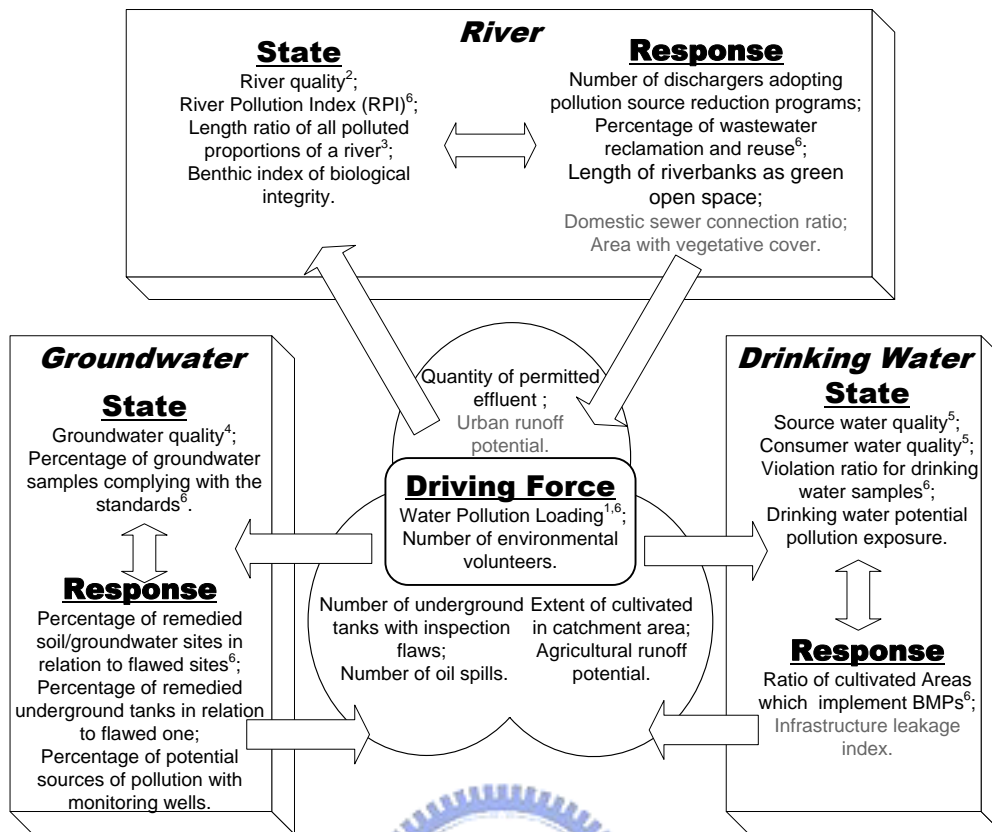


對於河川而言，水污染負荷、排放許可量及都市逕流為主要之驅動力指標，並會衝擊如河川水質、河川受污染之長度比例等狀態指標。因為河川在坡度大時會有較快之流速，故台灣的河川一般會有不錯地再曝氣情況。由於去除 BOD 負荷通常可同時改善水中溶氧，因此，本研究選擇 BOD 來替代溶氧，以作為代表水環境之狀態指標。為減少河川污染負荷，廢水源頭減量及回收與再利用為兩個有效之策略。因此，本研究選擇採取源頭減量之排放源數量及廢水回收與再利用之比例等指標為回應指標。

在地下水體方面，老舊儲存槽之滲漏及油料外洩為主要污染原因。本研究因而以地下儲存槽不合格之數量及油料外洩事件之次數為驅動力指標，而這些驅動力將會影響如地下水水質及地下水採樣合格率等狀態指標。降低地下水污染衝擊之主要策略為處理地下水與土壤污染場址及改善不合格之地下儲存槽。為及早偵測地下水污染在污染初期，以避免污染擴散，監測井應被設置在接近潛在污染源附近。為評估管理單位執行的情況，三項回應指標需被評估：土壤及地下水污染場址復育之百分比、不合格地下儲存槽改善之百分比、及潛在污染源設定監測井之百分比。

在飲用水方面，主要之驅動力指標為水污染負荷、集水區開墾面積、及農業區逕流潛勢。這些指標影響多個狀態指標，如原水與自來水水質及飲用水採樣不合格率。此外，因為新竹市其中一個自來水取水口位為新竹科學園區之下游，故在保護飲用水安全上，水中之重金屬污染為一個必要的指標，而對於此取水口問題之回應指標則類似於河川之回應指標需降低廢水排放量。新竹市其他主要取水口則為位於地區河川上游之離槽水庫，為降低污染負荷，於上游集水區進行適當管理為必要之策略，因此，本研究以採取最佳管理作業之開墾面積比(e.g. U.S. EPA, 2007; Kao and Chen, 2003)作為回應指標。





<sup>1</sup> includes total, municipal, industrial, and husbandry wastewater.

<sup>2</sup> includes heavy metal, EC, BOD, NH<sub>3</sub>-N, SS, and pH.

<sup>3</sup> includes heavily-polluted, medium-polluted, lightly-polluted, not-polluted reaches.

<sup>4</sup> includes heavy metal, EC, pH, and TOC.

<sup>5</sup> includes heavy metal, E. coli, fluoride, total THMs, total hardness, and pH.

<sup>6</sup> Key Indicators (KIs).

圖 5.7 RWESIs 於 DSR 架構

## 5.4 關鍵指標

由於水質管理工作會受預算分配情況所影響，故預算之分配應考量願景及目標來進行適當之分配，以期確實用於提升環境永續性。而為了解預算在改善水環境永續性上之效能，本系統需要建立評估指標與預算項目間的關係。然而，將全部指標與預算項目進行連接並不妥當。因為有些指標是直接或間接與預算項目關聯，且有些指標是彼此相關，故若連結所有指標到全部的預算項目將會使兩者的關係太複雜，而且不易評估預算分配之

適宜性。例如，河川污染指數(River Pollution Index, RPI)是由 BOD、溶氧、懸浮固體、及氨氮等四個水質指標所組成，如果 RPI 與 BOD 同時聯到同一預算項目，則用以削減 BOD 之預算則會被計算二次，而此重複計算之情況將會增加評估上之困擾。因此，本研究由 RWESIs 中，選取一組關鍵指標(Key Indicators, KIs)，只容許 KIs 可以與預算項目進行連結。由於過去林(93 年)之研究中，並未建立 KIs 之篩選原則，故造成所選取之 KIs 並未能確實反應預算效用及分配之適宜性。因此，於本研究中，則進一步發展下列五項 KIs 之選取原則，以期選取能適當地與預算項目連結的指標。

- (1) KIs 不可有重複評估之情況，如前述 RPI 與 BOD 之例，應須避免。
- (2) KIs 應可反應地區之環境永續性或達成願景及目標之策略。例如，在環境保護統計年報(環保署，97 年)中有排放許可證核發數這個指標，雖然這個指標可以反應有多少污染源受到地方水質管理機構管理，但指標並不能反應環境永續性實際之改善情況。
- (3) KI 之資料應容易收集及計算。例如，由水污染所造成之健康風險是個很重要的指標，但由於目前台灣缺乏相關之資料，故無法每年計算，亦無法協助進行預算分配，因此不適宜為挑選為關鍵指標。
- (4) KIs 必須要能與預算項目連結。有些指標須在其他指標改善時，才能改善。因而以預算項目連結到此類型指標並不能直接反應管理單位努力之成果。例如，雖然底棲生物綜合指標(Benthic Index of Biological Integrity, B-IBI) (Kerans and Karr, 1994)可提供一個直接的河川生態健康狀態之評估結果，但為改善 B-IBI，首先需改善河川水質、提供綠化堤岸以作為棲地、並減少暴雨之衝擊，由於大部分為改善 B-IBI 之投資皆為間接地，因此，此指標不適合作為 KI。
- (5) 由於本研究案例區主要為新竹市環保局能管轄的範圍，如果指標明顯地是受到外縣市或背景因素影響，則亦不適合作為 KI，因為

這些指標並不容易在新竹市環保局之轄區內來進行改善，故無法分配預算至適當之改善方案。例如，由於頭前溪上游集水區之地質特性，下游之懸浮固體濃度往往會受上游降雨沖刷之影響。然而，因為地質特性不易改變，且上游是位於其他縣市，故懸浮固體濃度並不適合新竹市用以作為反應預算投入效能之 KIs。

基於地區水質管理單位之需求及業務，本研究依據上述原則選取了如圖 5.7 所示之 8 個 KIs。雖然下水道相關指標對於提升水環境永續性非常重要，但因為新竹市環保局目前並不負責下水道系統之業務，因此下水道相關指標暫不列入 KIs。

## 5.5 預算分配程序

於本研究中，新竹市環保局會計室所提供之預算資料，如圖 5.8 所示，可由本系統中之網頁以呈現預算原始架構。依據會計室之預算架構，預算項目被分為四個層級。較高層級之項目可以包括數個較低層級之項目，預算在各預算項目中可以被分配及連結到相關之 KIs。如果預算項目在較高層級中已被分配，其所包含之較低層級的預算項目則不能再被分配，以避免預算重複被分配的情況。

在以滑鼠點選預算項目後，彈出之視窗將會包含如圖 5.8 之預算分配表。在預算分配表中，管理者可以藉由輸入適當之預算百分比或金額，以連結預算項目到適當之 KIs。一般而言，每個預算項目可能連結多個 KIs。例如，潛在之河川或地下水污染源的調查計畫與河川水質及地下水水質等兩個 KIs 相關。管理者可以分配適當比例之預算到每一個相關的 KI 中，KI 列於預算分配表之左側欄位中。而分配到各 KI 之預算金額則需考量 KI 之績效、欲執行之方案、預算項目可提供之財務、及在執行後所欲改善之環境永續程度。

Budget Allocation

Allocated Not Allocated Level 1 Level 2 Level 3 Level 4 Unit:NT\$1000

Code	Item	2003 Budget	2002 Budget	Note
1810046-03-00-00	<b>Water Quality Management</b>	8015	5215	
1810046-03-00-01	<b>Current Account</b>	7015		
1810046-03-00-02	<b>Capital Account</b>	1000		
1810046-03-01-00	<b>Personnel Expense</b>	403		
1810046-03-01-11	<b>Bonus</b>	303		
	Bonus	303		
1810046-03-01-31	<b>Overtime</b>	100		
	Overtime	100		
1810046-03-02-00	<b>Functional Expense</b>	6612	5952	
1810046-03-02-01	<b>Education and Training</b>	100	108	
	Training	100	108	
1810046-03-02-03	<b>Telephone</b>	190	150	
	Telephone	190	150	
1810046-03-02-51	<b>Consultant</b>	358	322	
	Attendance	100	111	
	Wage for Temporary Staff	258	211	
1810046-03-02-50	<b>Project</b>	5180	4583	
	Assay		200	
	Investigation	5000	4583	
1810046-03-02-71	<b>Supplies</b>			
	Office Supplies			
	Assay Reagent			
	Misc.			
1810046-03-02-79	<b>Administration</b>			
	Printing and Public			
	Litigation			
1810046-03-02-84	<b>Maintenance</b>			
	Maintenance of E			
1810046-03-02-91	<b>Travel</b>			
	Domestic Travel			
1810046-03-03-00	<b>Equipment and Inv</b>			
1810046-03-03-19	<b>Equipments</b>			
	Miscellaneous Equ			

Click Here

Four levels of budget items

Budget allocated to KIs

2003 Budget Allocation Table

Code: 1810046-03-02-50 Status: Allocated

Item: Project Sum of Budget Allocated: 5180

Unit: NT\$ 1000

Item	Percentage	Amount
Basic Expense	7 %	362.6
Planning	6 %	310.8
Percentage of wastewater reclamation and reuse	12 %	621.6
Violation ratio for drinking water samples	6 %	310.8
Ratio of cultivated areas which implement BMPs	9 %	466.2
Domestic water pollution loading	5 %	259
Industrial water pollution loading	13 %	673.4
River Pollution Index	19 %	984.2
Percentage of groundwater samples complying with the standards	19 %	984.2
Percentage of remedied soil/groundwater sites in relation to flawed sites	4 %	207.2
New KI:		
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>5180</b>

Reset Allocation

KI list

圖 5.8 預算分配介面

在預算進行初步分配後，可以藉由如圖 5.9 之介面來了解所指標與所分配到之預算及對應之執行方案。而由於初步分配之結果，並不一定能完全將預算作妥善分配，故需有一個適當之程序來檢驗預算之分配是否合理。然而在過去林(93 年)之研究中，並未建立此分析預算分配合理性之程序，故可能造成預算無法有效改善環境永續性。因此，於本研究中，則進一步改善此問題，發展協助管理者合理調整預算分配之程序。

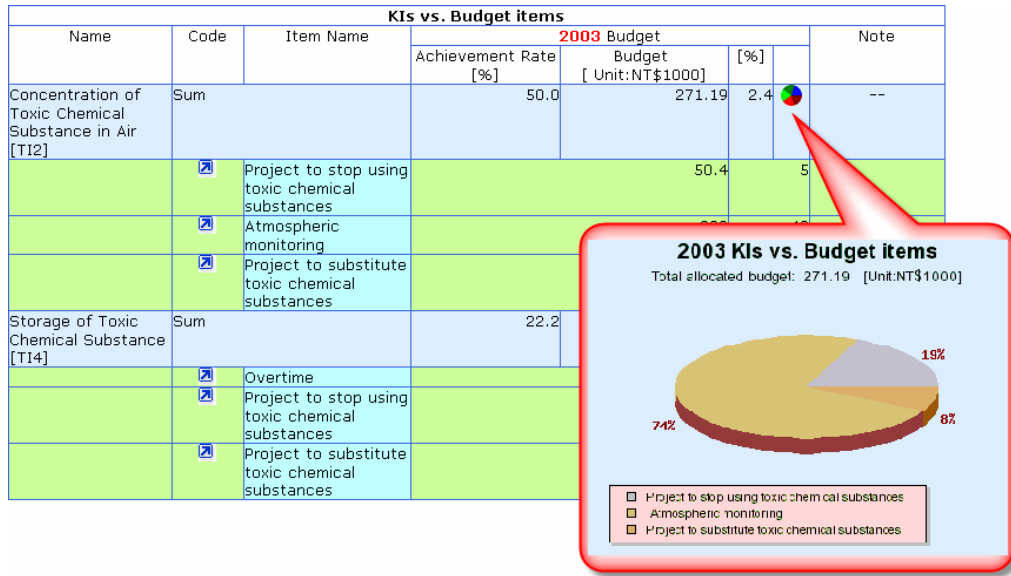


圖 5.9 關鍵指標與對應預算表

如圖 5.10 所示，在所有預算項目進行初步分配，可以藉由環境永續帳系統所產生之圓餅圖來說明各 KI 所分配到之預算佔總預算的比例，而柱狀圖則顯示各 KI 之達成率。藉由下列所發展之程序，管理者可比較所分配之預算及達成率，以決定如何調整預算之分配。

1. 檢查各 KI 之達成率是否符合所設定之標的值，並評估此 KI 對應於前一年或接下來數年環境永續性之改善情況。管理者須仔細檢閱所有 KI 之達成率，並決定需優先改善之指標。
2. 回顧 KI 值過去到現在之改變情形，並依改變趨勢進行下列評估：(1) 所期望之指標改善程度是否合理；(2) 所規劃方案是否可讓指標在目標年內達成標的值；(3) 所執行之行動方案是否可提升地區環境永續性。
3. 評估過去改善環境永續性上之投資的效能，以決定下一年度預算可能調整之方向。下列四個準則可協助管理者決定如何調整預算分配：
  - (1) 優先性：高優先性之 KIs 或低達成率之 KIs 應分配充足的預算。



- (2) 行動方案之效率或適宜性：任何績效不佳或僅有些微改善之 KI，如過去數年中已投入大量資源，應先分析相關執行方案之效率或適宜性。
- (3) 標的達成情況：對於已超過期望標的值或是不期望下一年有明顯改善之 KI，其預算應重新檢視，以確認是否有減少預算之空間。
- (4) 時間：如果 KI 已接近目標年且達成率依然距標的值有一段距離，有效之行動方案應要被採行，以改善 KI 值及儘可能使 KI 於時間內達到標的值。

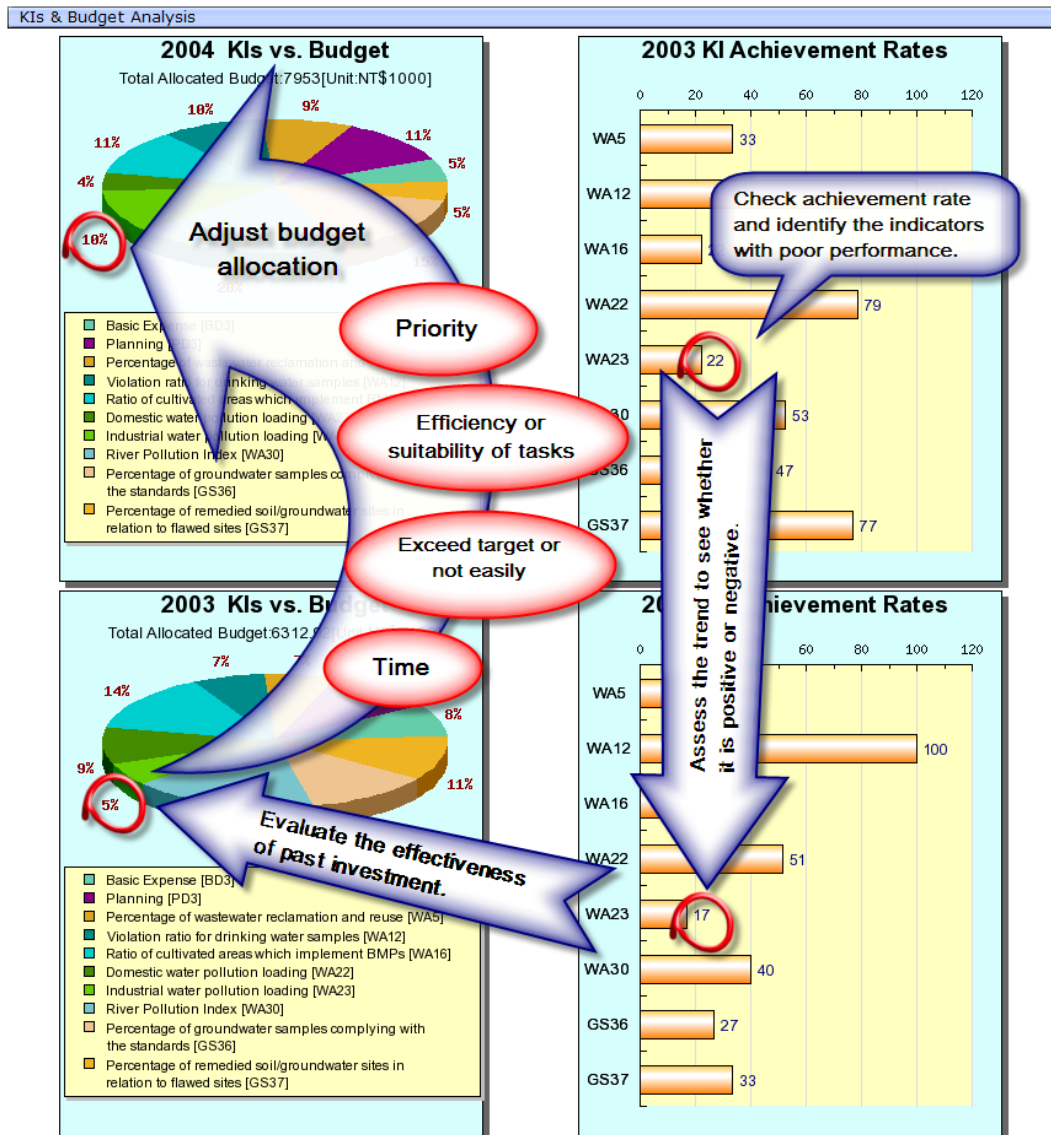


圖 5.10 KIs 與預算分析




工業廢水污染負荷之達成率是依據污染負荷之減少量來計算，例如，污染負荷在 1999 年、2002 年及 2003 年分別為 9000 kg-COD/day、8405 kg-COD/day 及 8230 kg-COD/day，而在目標年 2006 年之標的負荷為 5500 kg-COD/day。因此，在圖 5.10 中，此 KI 之達成率由 2002 年之 17%到 2003 年之 22%，此反應了廢水回收及再利用率在 2003 年之執行成果並不好。由於水污染負荷主要來自工業廢水，因而工業廢水污染負荷為高優先性之 KI。此外，在新竹市，有限的自來水供給亦為一重大問題，因為工業用水量相當大，並且多於家戶用水量。因此，工業廢水之回收及再利用為一個必要工作，並應強制減少工業廢水排放量。由於此 KI 之達成率低，故適當之計畫或行動方案應被執行，以使 KI 達到標的值。一些可能之行動方案包括有：停止排放許可之核發；重新審核現有許可之數量；要求排放源採取源頭減量措施；協助排放源進行灰水回收；輔導排放源改善廢水處理及再利用設備。然而，為了使這些行動方案可以被進行，工業廢水之污染負荷此 KI 應分配充足之預算。

為協助分析預算分配以增進地方水環境永續性，本研究所發展之系統整合願景與目標、RWESIs 管理、RWESIs 與預算分配關聯性分析、預算分配及整合介面，如同圖 5.3 所示，使用者可以首先藉由設定願景與目標，並進而依據願景與目標來挑選 RWESIs。各 RWESI 之目標年及標的值，可以由如圖 5.5 之介面進行設定，並由系統進一步以如圖 5.3 之方式展示各指標之達成率，以評估各指標之績效與反應環境永續之程度。而預算分配及指標與預算項目關聯之介面如圖 5.8 所示，可以提供預算項目與 KI 之連結，並分配預算至各 KI 中。最後，一個如圖 5.10 之預算分配程序，可以協助管理者在考量有限之預算下，選擇適當之執行方案，以使各指標達到其標的值。

## 第六章 永續地圖

由於目前永續指標之調查及公佈多由政府機構所主導，很少是充份與民眾共同討論出來，也因而無法形成共識，全民共同合作邁向永續，導致進展甚為緩慢，本研究因而發展永續地圖，讓民眾能主動關懷地方環境，進而能積極參與地方永續事務，共同合作提升地方永續性。於本章中，首先說明本研究基於綠色生活地圖所建構的系統，然後說明本研究仍發展中的永續地圖概念及架構，接著說明民眾訪查資料庫之架構及資料處理流程，之後說明本研究如何規劃電子書以增進民眾參與永續事務，最後介紹規劃應用於本系統中之空間性指標，以讓民眾更進一步了解生活環境之永續性。

### 6.1 永續地圖概念



透過綠活圖的製作過程，可讓居民開始關心生活週遭環境。而為有效展示綠活圖，目前綠活圖亦開始發展線上電子地圖，如圖 6.1 為本研究以台北市公館綠活圖(荒野保護協會，94 年)為例應用 Scalable Vector Graphics (SVG)技術(W3C, 2007)所發展之線上電子綠活圖，線上電子綠活圖之詳細內容將於後續小節中進一步說明。

然而，由於綠活圖主要訪查項目多偏重於環境面向，故並無法完整反應包含環境、社會及經濟三面向之地方永續性。此外，由於地方永續議題往往會因為議題特性不同，而有不同的空間特性，而綠活圖之圖示往往僅有“點”之資訊，而“點”之資訊並不一定能反應當地永續之程度，例如，面積大之公園可以比面積小之公園帶來更多永續效益，但在綠活圖之圖示中並無法看出差別。更進一步，圖示系統並無法有效說明永續議題之情況，例如，在綠活圖用 Air Pollution 之圖示來代表空氣污染排放源，但對於民眾而言，可能更關心受污染源影響之範圍及程度。且地方環境往往

會隨時間而改變，但目前的綠活圖不易比較過去與現在間景點變化之情況，亦較難說明地方永續性改變之趨向。而為讓民眾清楚了解生活週遭環境及進而關心及參與地方永續發展，本研究因而以綠活圖為基礎，進一步發展永續地圖。

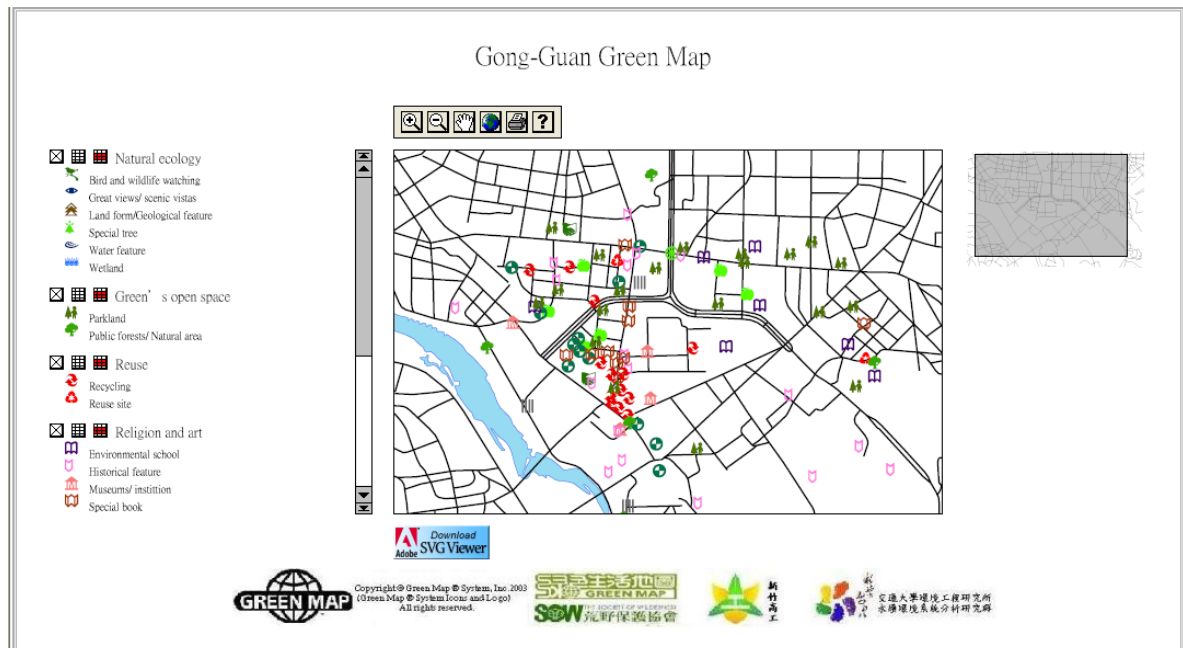


圖 6.1 台北公館電子綠色生活地圖

永續地圖之架構如圖 6.2 所示，由於地方永續需要包含環境、社會及經濟三面向，故於永續地圖中，地方居民將同時訪查此三面向之資訊。永續地圖之主要使用者全體地區居民，而參與永續地圖製作之對象可分為學校、社區及企業與 NGO，由於三者之成員不同，所關心之範圍或議題亦有所差異，故有助於不同面向議題之調查。經由不同團體所訪查收集之資訊，應要進一步整理呈現及公開給大眾，而為協助所收集及呈現之資訊，本研究發展線上民眾訪查資料庫系統，以進行地區目前或歷史永續相關資訊之上傳、儲存、搜尋、更新及分享。本資料庫系統主分為兩個部分，一為資料庫，另一為 XOOPS-based (XOOPS, 2008)之入口網站。

由於傳統摺頁式綠活圖缺乏與當地居民間的互動性，且能呈現的資料有限，居民亦無法隨時參與提昇地方永續性的活動及提供建議，因此，永

續地圖以電子書及網頁等方式來發展電子地圖。以電子書方式所建構之永續地圖，具有查閱快速、容易分享、支援多媒體、不受網路限制等優點，民眾可不受空間及時間限制，快速了解地方永續性。而透過網頁電子地圖之建置，可提供民眾互動性的功能，讓民眾隨時提供或下載景點的最新資訊及建議。

為反應地區永續議題之空間性分佈及狀況，本研究的永續地圖系統將結合電子地圖及所建立的點及區塊式空間性環境永續指標，呈現環境永續指標的空間分佈，並可供比較環境永續指標的歷年變遷，藉此了解地方的永續性是否有持續改善，民眾可了解此地方是否變的更永續，或是狀況劣化，以增進民眾對地方環境之關心。

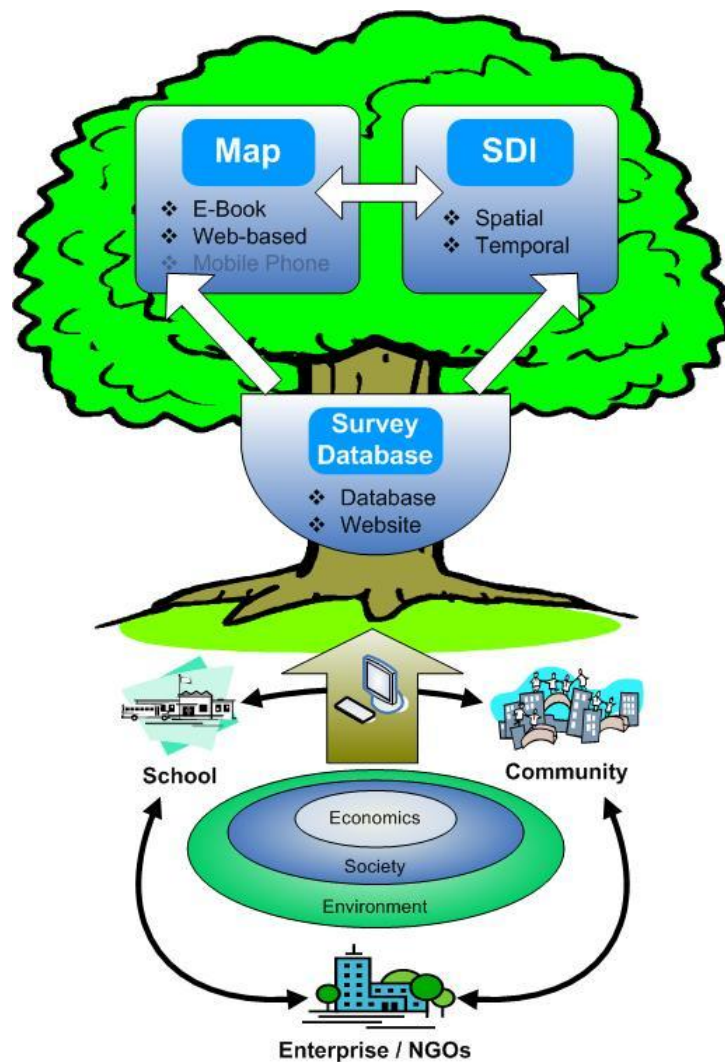


圖 6.2 永續地圖架構



## 6.2 民眾訪查資料庫

民眾訪查資料庫主要分為資料庫及 XOOPS-based 網頁兩大部分，此資料庫之流程如圖 6.3 所示。為了解永續議題地方情況，民眾會先進行訪查工作，於永續地圖中，所訪查之地點稱為永續議題地點/區(Sustainability Issue Site, SIS)。而訪查所得之資訊為呈現給大眾或作進一步之分析，需先上傳至民眾訪查資料庫以進行適當地整理及儲存。為有效儲存及利用民眾所訪查之資料，本研究將此資料分為文字資訊及多媒體資料，並分別上傳不同之子資料庫。訪查資料包括地點/區之名稱、座標、說明等等內容，而多媒體資料則為訪查地點/區之照片及影片。

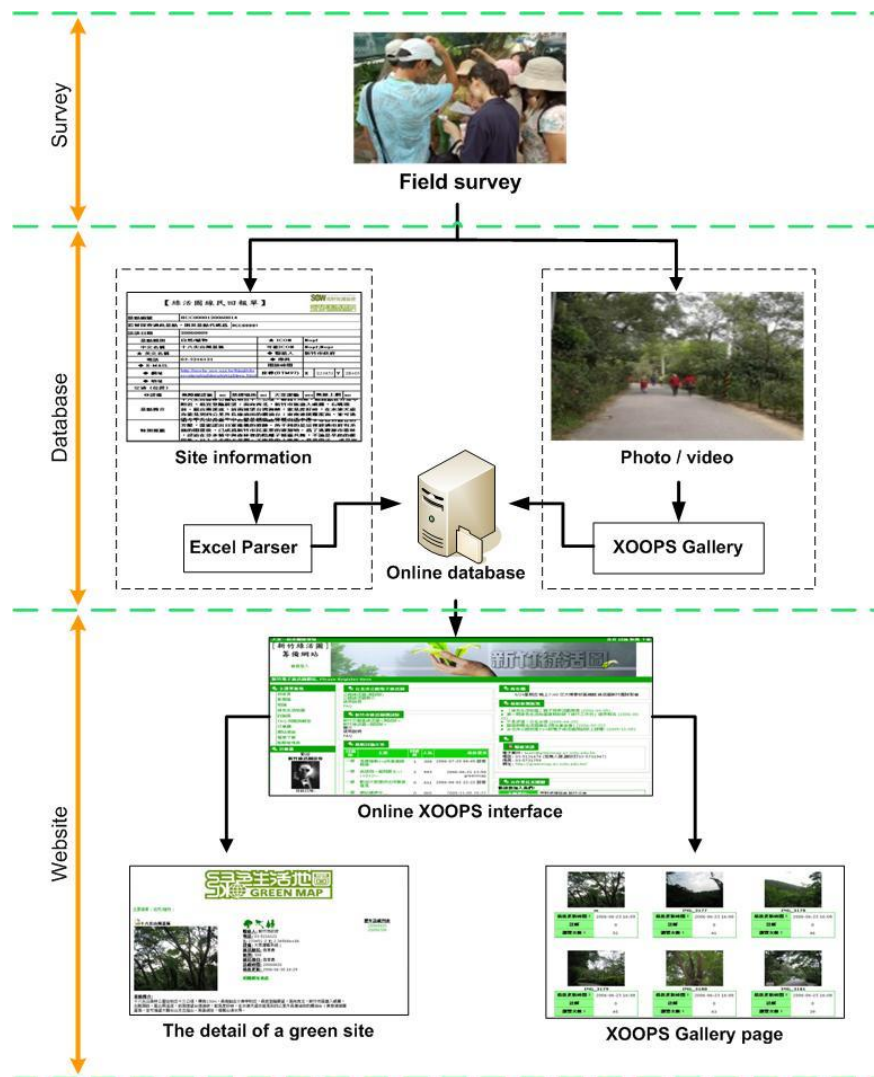


圖 6.3 民眾訪查資料庫之架構與流程

由於一般訪查人員，並不具有專業的數位資訊處理能力，故本研究因而預先於系統中設計一個製式表格，讓訪查人員可以依循表格內容填寫，並透過網頁或電子郵件上傳至資料庫中。而為展示及查詢之訪查資訊，並為提供民眾反應各地點/區之建議及經驗，本研究建立永續地圖之入口網站，以增進民眾間彼此交流，促進地方永續。

以下針對民眾訪查資料庫中之文字資料庫、多媒體資料庫及入口網站進一步詳細說明。

### 永續地圖文字資料庫

過去綠活圖在訪查結束後，皆會產生大量且格式不同的資訊，而處理這些資訊常常需要耗費大量的時間和精力，此外，一旦紙本綠活圖製作完成後，這些資訊往往就流失，而更重要的資訊，如民眾參與合作情形、環境變遷、訪查時之小故事等經常都沒有被保留下來。而這些資訊往往比一張紙本地圖更能觸動人心，故於永續地圖中，為了改善這些問題，本研究於文字資料庫設計了永續地圖訪查資訊表及資料批次式匯入程式，以提供一致性、制式化且自動化的資訊處理功能，讓訪查資訊可被有效地處理及紀錄。

為方便訪查者使用，本研究分別以 Excel 及網頁建置訪查資訊表，表的格式及內容如圖 6.4 所示，主要是依據為反應地永續性而發展，並參考 Green Map 訪查方式進行設計。由於同一個地點/區經常會有不同之名稱，故不太適合以 SIS 的名稱來進行 SIS 之辨別。因此，本研究於資料庫中給於各 SIS 一個編號，以利資料庫將同一個 SIS 的所有資料進行關聯。SIS 之編號是以所在地的代號(如新竹市為 HCC)，再加上五碼的流水號作為編號。為了分析 SIS 的變遷或改善情形，故在訪查資訊表中裡加上訪查日期的欄位，藉由訪查日期與編號之結合，即可由資料庫中找到同一 SIS 之相關資料，建立歷年訪查列表。



而 X 與 Y 座標，訪查員可利用 GPS 全球定位系統定位或現有之線上地圖(例如，Google Earth)查詢 SIS 之座標值，提供永續地圖之電子版進行空間呈現及分析之參考。於訪查資訊表中亦包含數個與永續城市相關之項目，例如無障礙設施、大眾運輸、無線上網等等，這些都是發展永續城市重要的項目，於未來將可進一步應用這些資料來評估都市的永續性。此外，在訪查資訊表中，亦有簡介、與地方永續性之關係及小故事等欄位。其中，與地方永續性之關係，將說明此 SIS 對於地方永續發展之意義為何，是正向需要增進或是負向需要改善。而小故事則為訪查過程中，所發生或發現值得學習在永續發展上的經驗。

【永續地圖訪查回報單】					
若曾探查過此景點，則其景點代碼為					
訪查日期					
中文名稱			★ 類別		
★ 英文名稱					
電話			◆ 聯絡人		
開放時間			◆ 傳真		
◆ 地址			座標 (UTM97)	X	
				Y	
◆ 網址					
◆ E-mail					
交通 (位置)					
◎設備	無障礙設施	禁煙場所	大眾運輸	無線上網	
簡介					
與地方永續性之關係					
小故事					
其它(含額外紀錄)					
組別			訪查員		
組長			導引員		

注意事項：  
 標示 ★ 者，表示可在整理資料時再編輯填入。  
 標示 ◆ 者，表示若短時間無法填寫，可先索取資料後再後續整理  
 標示 ◎ 者，若有此設備，則填yes,反之則填no

圖 6.4 永續地圖訪查資訊表

由於每次訪查皆會有獲得眾多之 SIS 資料，故宜建立適當工具將各 SIS 資料匯入資料庫，以提升資料整理之便利性及效率。因此，本研究應用 Excel Parser (Zakkis, 2006)於資料庫中建立一個批次式資料匯入介面，可讀取訪查員所上傳之 Excel 格式訪表，並自動將資料匯入資料庫，以減少資料整合之問題，並迅速將資料於網站上公開。

### 永續地圖多媒體資料庫

為儲存及展示 SIS 之影像或影片，本研究應用 XOOPS Gallery (XOOPS Gallery, 2006) 建立永續地圖之多媒體子資料庫，此子資料庫之介面如圖 6.5 所示，具有下列特性：



圖 6.5 綠點/綠區相簿展示頁面

- (1) 除提供上傳、儲存及展示永續地圖之多媒體檔案於子資料庫之相簿中。而在上傳照片中，最能代表 SIS 之相片則檔名為 m，可作為 SIS 瀏覽時所自動顯示之圖片。
- (2) 於多媒體資料庫中，各 SIS 各有其對應之相簿。而為使資料庫運作更有效率，故各 SIS 相簿之編號與 SIS 於文字資料庫中之相同，此編號方式易於連結文字資料庫，使 SIS 之多媒體資訊可搭配文字資料庫中的內容進行 SIS 之介紹及說明。

- (3) 由於訪查獲得之多媒體資料亦會有歷年之不同，故於多媒體資料庫中可於各 SIS 相簿下進一步建立子相簿，以有效管理及展示歷年來的訪查影音資料。

### 永續地圖入口網站

為讓永續地圖能夠有單一窗口讓民眾可提供永續資訊並進行交流，故本研究以 XOOBS (XOOBS, 2008) 建立永續地圖入口網站，其主要功能有：

- (1) 整合平台：入口網站為展示頁面、民眾調查資料庫、電子地圖及空間性指標之間整合之平台。如圖 6.6 所示，於入口網站中，可查詢各 SIS 資訊，而網站除了可以展示由文字及多媒體資料庫中所儲存之 SIS 資訊外，亦可查詢 SIS 之歷年訪查紀錄，以使民眾了解 SIS 由過去到現在之變化是否更為永續。此外，網站中除了讓民眾提供 SIS 內容修正之建議外，亦讓民眾發表 SIS 未來改善方向，以作為決策者之參考依據。

The screenshot shows a web page for '十八尖山風景區' (Shihsan Mountain Scenic Area). The page includes a photo album, contact information for the新竹市政府 (New Taipei City Government), historical survey information, a comment section, and a link to an E-Map. Callouts highlight these features: 'Link to Photo Album', 'SIS General Information', 'Historical Survey Information', 'Link to E-Map', and 'Comment'. A table shows '歷年訪視列表' (Historical Survey List) with dates 20060420 and 20050708. The page also displays '分類: 自然 > 植物' (Classification: Nature > Plants) and '訪問數: 0' (Visits: 0).

圖 6.6 SIS 資訊展示頁面

- (2) 討論區及新聞區：討論區為永續地圖相關工作人員間相互交流討論之一個平台，且民眾對於地方永續性或永續地圖有建議或想法，亦可藉由討論區與大家分享。新聞區則可提供永續地圖相關活動訊息之公佈。
- (3) 相關連結：入口網站亦提供電子地圖或是其他相關團體如荒野保護協會、綠色生活地圖之網頁的網站，以提供民眾進一步參考。

### 6.3 電子地圖及空間性指標

為了讓民眾了解地方永續性之空間分佈情況，本研究於永續地圖中建立電子地圖及發展空間性指標，以提升民眾對於地方永續性之關心。以下分別說明。

#### 電子地圖

過去摺頁地圖由於僅能提供書面資訊，故缺乏與民眾之互動性，且需耗成本印刷，進而造成資訊更新不易。因此，為增進民眾與地圖間之互動及快速更新地方永續資訊，本研究於永續地圖中進一步發展電子地圖。所發展之電子地圖可分成電子書及網路地圖等兩種方式。以下分別說明。

1. **電子書**：由於一般綠活圖僅是呈現各景點在地區上之空間分佈，而對於初次接觸這個地區的民眾而言，往往不知由何處開始了解地方永續情況。為改善此問題，本研究發展永續地圖之電子書。由於電子書之內容具有次序性，可以有系統地逐步說明各 SIS，讓閱讀之民眾較容易了解訪查員或地圖作者所表答之地方永續議題。如圖 6.7 為本研究參考新竹中學陳素貞老師所編輯之新竹中學綠活圖(陳，97 年)，應用 FlipBook (E-Book System Inc., 2003)所建立之示範電子書，民眾除可依作者所規劃之內容次序逐步了解新竹中學之永續議題外，亦可藉由索引功能快速翻閱所感興趣之議



題。除 FlipBook 版本之電子書外，由於 Flash(Adobe, 2009)軟體已廣泛應用於網際網路，因此，本研究亦另發展 Flash 版電子書，配合網路應用增加實用性。

2. **網路地圖：**由於網路地圖具有查詢快速，容易讓民眾建立空間性位置的概念，故本研究於永續地圖中亦發展網路地圖，讓民眾容易了解地方永續性之分佈，進行吸引民眾投入地方永續性改善之工作。雖然目前現有之 GIS 軟體，已可以提供電子地圖相關之展示功能，但由於 GIS 檔案較大，較不易在網路上快速傳輸，本研究因而採用可變式向量圖形 SVG (Scalable Vector Graphics)(W3C, 2007)技術來建置網路地圖系統，以增進系統效率。如圖 6.1 所示，本研究已應用台北市公館地區綠活圖(荒野保護協會，94 年)建立示範案例，為讓民眾便於觀看，於此電子地圖左側可選擇不同永續議題之圖層，而上方之工具列，則可進行地圖放大、縮小或移動觀看區域等功能，而點選於地圖上之圖示，則可連結如圖 6.6 之資訊，以使民眾進一步了解各 SIS 之永續性。除了 SVG 地圖外，本研究亦正發展以 Google Earth (Google, 2009)為介面，以增進永續地圖之展示及互動功能。



圖 6.7 新竹中學綠活圖電子書(陳，97 年)

## 空間性指標

由於許多永續議題肇始於資源或污染在空間分佈上之不適當，而目前單一數值之指標，多僅反應地方永續議題於區域之平均情況，未考量空間性，並不能讓民眾了解永續議題之真實情況、空間差異及改善成效。因此本研究在永續地圖中，加入與民眾相關之空間性指標分析，以反應永續議題對於民眾之影響情況。各空間性指標目前已於本研究室成員合作進行發展，現已發展的空間性指標有如環境設施鄰避性或可及性(翁，96年)或是正在研討之人行道分佈等指標，後續會進一步依據訪查所累積的資料將空間性指標結果於系統中展示。





## 第七章 結論與建議

環境永續指標為一個有效之工具可以評估各地區之環境永續性，然而由於現有之環境永續指標多為單一數值之指標，故無法協助管理者進行如代間公平性評估、提升預算分配合理性及增進民眾參與等議題。因此，本研究建立永續指標資料庫、代間公平性指標、環境永續帳及永續地圖等子系統，改善現有環境永續指標之問題，以逐步發展一個完整之環境永續指標系統。

### 7.1 結論

由於現有環境永續指標所面對的一些關鍵問題，如缺乏適當工具協助地方建置永續指標、無法反應代間公平性、預算未納入決策、欠缺民眾參與等，本研究因而發展一組永續環境評估指標系統改善前述問題。所發展之系統包含有永續指標資料庫、代間公平性指標、環境永續帳及永續地圖等四項子系統，希望藉由這組系統讓永續環境評估指標之應用更加完整。除此之後，本研究主要有六項主要成果，以下一一說明各成果之主要內容與貢獻。

1. 為評估地區之永續性，宜有適當工具輔助各地區發展反應地方特性之永續指標。過去所發展之永續指標資料庫並未對指標進行適當之分類，易造成永續指標無法以系統的角度來建置，或是所挑選之指標不易反應地方特性等問題。於本研究所發展之永續指標資料庫中，應用DSR分類以說明各指標之因果關聯性，可分析永續議題起因及結果之指標，並避免指標之重複選取。此外，資料庫提供指標說明及應用層級等進一步資訊，可協助使用者了解永續指標之評估方式及適用範圍，以利於建構可反應地方特性之永續指標。

2. 代間公平性是應評估的重要永續原則，但傳統之環境指標並無法適當地反應代間公平性，本研究因而建立傳承公式評估代間公平性。傳承公式之概念為本世代留給下一代的環境狀況，至少應與由上一代所繼承之環境狀況相近。為改善過去指標時間變化評估僅考量兩個時間點，且無法反應環境永續性的問題，在傳承公式中，以世代平均取代單一年值，以反應世代情況，及避免因短期特殊事件所造成之劇烈變動。此外，於傳承公式中，本研究提出模範值之概念，以兩世代間之最佳值作為合理之評估基準，以反應環境永續性之程度。藉由傳承公式所計算之傳承率，可反應兩代間公平性之變化關係，並作為接續世代設定改善目標之依據。
3. 全球暖化為一個重要的代間公平性議題，因此，本研究發展全球暖化代間公平性指標，以說明各世代於全球暖化之公平性，並驗證傳承公式之可行性。為說明全球暖化之因果關係，本研究應用 PSR 指標分類 (OECD, 2003) 分別選取 CO<sub>2</sub> 排放量、氣候災害損失、及森林面積等三項作全球暖化代間公平性指標之子指標，並以不同世代長度來分析代間公平性之變化趨勢。在不同世代長度分析上，各世代長所計算之傳承率趨勢大致相同，但當世代長度越長時，所呈現之變化趨勢越平穩，亦越容易看出長期之變化情況，然而較長之世代需要更長時間之資料，故於評估上容易有資料不足之情況。依據三項子指標所計算出之傳承率可看出，由於當前世代持續惡化所繼承之環境，故全球暖化之代間公平性明顯地為負向，而且需儘快進行改善。
4. 由於過去預算及環境永續指標往往是兩個獨立的系統，所分配的預算不見得能用以真正提升地方環境永續性，本研究因而發展環境永續帳系統，將兩者進行整合。為了降低環境永續指標與預算項目連結之複雜性，故本研究建立關鍵指標以與預算直接連結。而為選取能代表地

方永續性且適合進行預算分析之指標作為關鍵指標，本研究發展以不可重複評估、可反應地區之環境永續性、資料應容易收集及計算、必須要能與預算項目聯結及未明顯受外部影響為關鍵指標挑選原則，以選取可與預算連結之關鍵指標，評估預算成效。

5. 為輔助管理者適當地分配預算，環境永續帳中需要有適當程序來檢驗預算之分配是否合理，否則無法評估預算是否分配到所需改善之指標中。因此，本研究發展一套考量環境永續性以分配預算之程序，於此程序中，首先評估各關鍵指標，找出達成率不佳且需優先改善之指標，接著比較由過去到現在之指標值改善與經費投入情況，最後再依據優先性、行動方案之效率或適宜性、標的達成情況及時間等四個原則來進行預算分配之調整，以期使預算可有效利用於提升環境永續性。
6. 由於過去永續指標之發展及評估，往往缺乏民眾之參與，因此，本研究發展永續地圖，以促進民眾關心地方永續事務，主動提升地方永續性。永續地圖主要包含有民眾訪查資料庫、電子地圖及空間性指標三部分。民眾訪查資料庫不僅可以有系統地儲存民眾所調查之文字及影像資料，亦可讓民眾查詢各永續議題點/區目前之情況或歷史之變化，以增進民眾對地方之了解。而電子書及網路之電子地圖，則可提供民眾永續議題分佈之空間概念，並經常性提供最新地方永續資訊。由於單一數值指標並未能反應真實之永續情況，故以建立空間性指標來反應永續議題與民眾關係，以提升民眾對永續議題之關心。

## 7.2 建議

1. 由於目前永續指標資料庫雖已包含眾多指標，但在協助使用者建立永續指標系統之程序上，目前僅有簡單之原則及步驟，於後續研究擬以關鍵字建立指標關聯性，進一步應用專家系統(expert system)之概念，

並配合中文化，以發展永續指標建置指導系統，以協助地方依地方特性建立永續指標。而目前所發展之永續指標資料庫亦應進一步發展與環境永續帳及永續地圖之整合界面，以使資料庫發揮更大功效。

2. 在世代公平性之評估上，於不同之永續議題，世代之長度亦可能不同，故可進一步分析之差異。除了世代間之情況比較外，亦有學者(Vojnovic, 1995)提出在一些永續議題上，世代公平性亦應考量環境之承载力。因此，在未來研究中，應進一步發展為比較兩代關係之相對世代公平及加入環境承载力之絕對世代公平等兩種指標。
3. 由於目前環境永續帳之預算分配及成效評估，主要還是取決於管理者之經驗判斷，因此，於後續研究中，應進一步發展以如 goal-programming 等優選模式，協助管理者進行預算之規劃。而後續預算分配之考量，亦應納入傳承率，以使預算分配可促進地方朝代間公平性進行改善。
4. 目前在永續地圖中，空間性指標之分析功能尚未完整建立，於後續研究中，應進一步收集相關空間資訊，以使永續地圖發揮更大之功能。此外，由於目前 Google Earth 之相關應用已十分廣泛，永續地圖亦可嘗試與 Google Earth 結合，以增進民眾對於地方永續性之關心。而當地方有較長之永續性資訊後，亦可於永續地圖中進行時間性分析及代間公平性評估。

## 參考文獻

1. 林親民，「地方環境永續帳」，國立交通大學環境工程研究所碩士論文，新竹，民國 93 年。
2. 翁育農，「環境與能源設施之空間性評估指標」，國立交通大學環境工程研究所碩士論文，新竹，民國 96 年。
3. 荒野保護協會，地圖有氧運動：從紐約京都到台灣 7+11 個綠色生活地圖，野人出版社，台北，民國 94 年。
4. 陳素貞，綠色生活地圖：發現不一樣的新竹高中，新竹高中，新竹，民國 97 年。
5. 經建會(行政院經濟建設委員會)，台灣永續發展指標系統，民國 91 年。  
<http://theme.cepd.gov.tw/sustainable-development/main.htm>
6. 新竹市環保局，新竹市環境保護計畫，新竹市環保局，新竹，民國 91 年。
7. 新竹科學園區管理局，園區污水廠介紹，民國 94 年。  
<http://pavo.sipa.gov.tw/wastewater>
8. 環保署(行政院環境保護署)，中華民國環境保護統計年報，環保署，台北，民國 93 年。
9. 環保署(行政院環境保護署)，中華民國環境保護統計年報，環保署，台北，民國 97 年。
10. Adams, R., Coulson, A., Mueller, K., Sturm, A., Vartel, C., Accounting and financial reporting for environmental costs and liabilities: workshop manual. Association of Chartered Certified Accountants, London, 2000.
11. Adobe, FLASH Professional, 2009.  
<http://www.adobe.com/products/flash/?promoid=DIOCT>



12. Ainsworth, C.H., Sumaila, U.R. "Intergenerational valuation of fisheries resources can justify long-term conservation: a case study in Atlantic cod." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 62, pp. 1104-1110, 2005.
13. Altwegg, D., Roth, I., Scheller, A., Monitoring Sustainable Development. Swiss Federal Statistical Office, Swiss Agency for the Environment, Forests and, Landscape, Swiss Federal Office for Spatial Development, Berne, 2004.
14. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC), Core environmental indicators for reporting on the state of the environment. ANZECC, Canberra, 2002.
15. Bay area alliance for sustainable communities and northern California Council for community (Bay area alliance and NCCC), Bay Area Indicators: Measuring Progress Toward Sustainability. Bay area alliance and NCCC, 2003.
16. Best, A., Dusen, H.V., Colin, R., Sustainable Seattle - Indicators of Sustainable Community. Sustainable Seattle, Seattle, 1998.
17. Bossel, H., Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications, International Institute for Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Canada, 1999.
18. California Environmental Protection Agency (Cal/EPA), Environmental Protection Indicators for California, 2008. <http://www.oehha.ca.gov/multimedia/epic/>
19. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Emergency Events Database, 2007. <http://www.emdat.be/>



20. Deegan, C., Environmental management accounting: an introduction and case studies for Australia. Environment Australia, EPA Victoria, and the institute of Chartered Accountants in Australia, Melbourne, 2003.
21. Diakoulaki, D., Glykoyanni, A., Deliyannis, A., Environmental signals. Greece National Center for the Environment and Sustainable Development, Kifissia, Greece, 2003.
22. Donnelly, A., Jones, M.B., Sweeney, J. "A review of indicators of climate change for use in Ireland." International Journal of Biometeorology, 49, pp. 1–12, 2004.
23. E-Book System Inc., FlipBook, 2008.  
<http://www.flipviewer.com/product/fbc.php>
24. Edmunds, J., Turner, B.S., Generations, Culture and Society. Open University Press, Buckingham, 2002
25. Esty, D.C., Levy, M.A., Tanja, S., de Sherbinin, A., 2005 Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship. Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven, Connecticut, 2005.
26. European Commission (EU), Development, Refinement, Management and Evaluation of European Common Indicators: Towards a Local Sustainability Profile. Ambiente Italia Research Institute, Milano, Italy, 2003.
27. European Environment Agency (EEA), Environmental Signals 2002. Environmental Assessment Report No. 9. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2002.
28. Eurostat, SERIEE: European System for the Collection of Economic Information on the Environment - 1994 Version. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2002.

29. Faucheux, S., Muir, E., O'Connor, M. "Neoclassical natural capital theory and 'weak' indicator for sustainability." Land Economics, 73(4), pp. 528-552, 1997.
30. Federal Statistical Office of Germany, Environmental Productivity, Use of Area, Water, Waste 2003. Federal Statistical Office of Germany, Wiesbaden, Germany, 2004.
31. Flora, C.B., Kinsley M., Luther V., Wall M., Odell S., Ratner S., Topolsky J., Measuring community success and sustainability, 1999. [http://www.ncrcrd.iastate.edu/Community\\_Success/about.html](http://www.ncrcrd.iastate.edu/Community_Success/about.html)
32. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global Forest Resources Assessment 2005, FAO, Rome, 2006.
33. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT, 2007. <http://faostat.fao.org/site/418/DesktopDefault.aspx?PageID=418>.
34. Frischmann, B.M., "Some thoughts on shortsightedness and intergenerational Equity." Loyola University Chicago Law Journal, 36, pp. 457, 2005.
35. Gerlagh, R., Keyzer, M. "Sustainability and the intergenerational distribution of natural resource entitlements." Journal of Public Economics, 79, pp. 315-341, 2001.
36. Google, Google Earth, 2009. <http://earth.google.com/>
37. Graff, R.G., Reiskin, E.D., White, A.L., Bidwell, K., Snapshots of Environmental Cost Accounting. Tellus Institute, Boston, 1998.
38. Green Map System (GMS), Think Global - Map Local, 2009. <http://www.greenmap.org/greenhouse/en/about>
39. Grübler, A., Fujii, Y. "Inter-generational and spatial equity issues of carbon accounts." Energy, 16(11/12), pp. 1397-1416, 1991.

40. Hanley, N., Moffatt, I., Faichney, R., Wilson, M. "Measuring sustainability: a time series of alternative indicators for Scotland." Ecological Economics, 28, pp. 55-73, 1999.
41. Haurie, A. "A multigenerational game model to analyze sustainable development." Annals of Operations Research, 137, pp. 369-386, 2005.
42. Herzog, C., Hosenfeld F., Barkmann J. "The web-based DSS "eXpert21": Support for the selection of sustainable development indicators", Umweltinformatik aktuell, 30, pp.933-938, 2001.
43. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Summary for policymakers." In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Editors), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007a.
44. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007b.
45. International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), The Local Agenda 21 Planning Guide: An Introduction to Sustainable Development Planning. ICLEI, Toronto, 1996.
46. Jasch, C., Environmental Management Accounting—Procedures and Principles. United Nations Division for Sustainable Development, New York, 2001.
47. Jørgensen, S., Yeung, D.W.K. "Inter- and intragenerational renewable resource extraction." Annals of Operations Research, 88, pp. 275-289, 1999.

48. Kao, J.J., Chen, W.J. "A multiobjective model for non-point source pollution control for an off-stream reservoir catchment." Water Science & Technology, 48(10), pp. 177-183, 2003.
49. Kauppi, P.E. "New, low estimate for carbon stock in global forest vegetation based on inventory data." Silva Fennica, 37(4), pp. 451-457, 2003.
50. Kerans, B.L., Karr, J.R. "A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley." Ecological Applications, 4(4), pp. 768-785, 1994.
51. Kindermann, G., Obersteiner, M., Sohngen, B., Sathaye, J., Andrasko, K., Rametsteiner, E., Schlamadinger, B., Wunder, S. and Beach, R. "Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(30), pp. 10302-10307, 2008.
52. Kulongoski, G. T., Wilcox, B., Bryant, N., Foster, B. D., Frohnmayer, D., Harper, S., Jordan, M., Shepard, D. Snyder, D., Whitelaw, E., Williams, M., Weeks, G., Kaplinger, H., Is Oregon Making Progress? The 2003 Benchmark Performance Report. Oregon Progress Board, Salem, Oregon, 2003.
53. Liebl, D.S., Fisher, R.D., Andrews, E., Campell, G., Haas, K., Klemme, R., Miller, M., Peterson, M., Pinkovitz, B., Wengert, G., Indicators of Community Sustainability (University of Wisconsin), 1998. [http://www.uwex.edu/ces/ag/sus/html/indicators\\_of\\_cs.html](http://www.uwex.edu/ces/ag/sus/html/indicators_of_cs.html)
54. MacLean, D. "Intergenerational equity." In: J.C. White (Editor), Global Climate Change: Linking Energy, Environment, Economy, and Equity. Plenum Press, New York, 1992.

55. Marland G., Pielke, R.A. Sr. , Apps, M., Avissar, R., Betts, R.A., Davis, K.J., Frumhoff, P.C., Jackson, S.T., Joyce, L.A., Kauppi, P., Katzenberg, J., MacDickie, K.G., Neison, R.P., O’Niles, J., Niyogy, D., Norby, R.J., Pena, N., Sampson, N., Xue, Y. “The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate-change mitigation policy.” Climate Policy, 3, pp. 149-157, 2003.
56. Melhus, P., Dorrance, L.B., Clark, D.L., Condon, E., Hazen, C., Johnson, R., Jones, M.S., Mitchell, P., Paton, B., Quevedo, E., Roberts, B. Silicon Valley environmental index. Silicon Valley Environmental Partnership, 2003.
57. Miller, R.L. Researching Life Stories and Family Histories. Sage Publication, London, 192, 1999.
58. Moldan, B., Dahl, A.L. “Challenges to Sustainability Indicators.” In Sustainability Indicators: A Scientific Assessment. Island Press, London, 2007.
59. Myneni, R., Dong, J., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Kauppi, P.E., Liski, J., Zhou, L., Alexeyev, V. and Hughes, M.K. “A large carbon sink in the woody biomass of Northern forests.” Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 98(26), 14784-14789, 2001.
60. National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE). Environment and Sustainable Development Indicators for Canada. Renouf Publishing, Ottawa, 2003
61. Newell, R.G., Pizer, W.A. “Discounting the distant future: how much do uncertain rates increase valuations?” Journal of Environmental Economics and Management, 46, pp. 52-71, 2003.
62. Niemeijer, D., Groot, R.S. “A conceptual framework for selecting environmental indicator sets.” Ecological Indicators, 8, pp. 14-25, 2008.



63. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Sustainable Development – Critical Issues. OECD Publications, Paris, 2001.
64. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use. OECD Publications, Paris, 2003.
65. Oxford English Dictionary, Oxford English Dictionary Online, 2008. <http://dictionary.oed.com>
66. PHP, PHP: Hypertext Preprocessor, 2008. <http://www.php.net/>
67. Rebello, L.H.B., Barbosa J.C.L., Muniz, M.I.P.A. “The Green Map of Rio de Janeiro.” Designing for the 21st Century III conference, Rio de Janeiro, Brazil, 2004.
68. Rosa, H. “Social acceleration: ethical and political consequences of a desynchronized high-speed society.” Constellations, 10, pp. 3–33, 2003.
69. Scholl, A., Semmler, W. “Sustainable Economic Growth and exhaustible Resources: A model and Estimation for the US.” Discrete Dynamics in Nature and Society, 7(2), pp. 79-92. 2002.
70. Shieff, L. “Descriptive, prescriptive and second-best approaches to the control of global greenhouse gas emissions.” Journal of Public Economics, 87, pp. 1431-1452, 2003.
71. Smeets, E., Weterings, R. Environmental Indicators: Typology and Overview. European Environment Agency, Copenhagen, 1999.
72. Stanners, D., Bosch, P., Dom, A., Gabrielsen, P. Gee, D., Martin, J., Rickard, L., Weber, J. “Frameworks for environmental assessment and indicators at the EEA.” In Sustainability Indicators: A Scientific Assessment. Island Press, 2007.

73. Strauss, W., Howe, N., List of generations, 2009.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Generations\\_\(book\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Generations_(book))
74. Sun Microsystems Inc., MySQL, 2008. <http://www.mysql.com/>
75. Sustainable Measures, Search our database, 2008.  
<http://www.sustainablemeasures.com/Database/index.html>
76. Swiss Federal Statistical Office (SFSO). Sustainable Development in Switzerland – Indicators and Comments. SFSO, Neuchatel, 2004
77. Tobin, J. “What is permanent endowment income?” The American Economic Review, 64(2), pp. 427-432, 1974.
78. Tulloch, D.L. “The Green Map System as a Means for PPGIS Education and Exploration.” URISA 3rd Annual PPGIS Conference, Madison, WI, U.S.A. 2004.
79. United Kingdom Department for Environment, Food and Affairs (U.K. DEFRA). Achieving a Better Quality of Life. U.K. DEFRA, London, 2004.
80. United Nations (UN). The World at Six Billion. United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat, New York, 1999.
81. United Nations (UN). Integrated Environmental and Economic Accounting. UN, New York, 2003.
82. United Nations Commission on Sustainable Development (UNCSD). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. UN, New York, 2001.
83. United Nations Commission on Sustainable Development (UNCSD), Agenda 21, 1992. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21>

84. United Nations Development Programme (UNDP). Human Development Report 2007/2008 Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World. Palgrave Macmillan, New York, 2007
85. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). An Introduction to Environmental Accounting as a Business Management Tool: Key Concepts. USEPA, Washington D.C., 1995
86. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Full Cost Accounting in Action: Case Studies of Six Solid Waste Management Agencies. U. S. EPA, Washington D.C., 1998.
87. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Index of Watershed Indicators: an Overview. U.S. EPA, Washington D.C. , 2002
88. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), Agricultural management practices for water quality protection, 2007. <http://www.epa.gov/watertrain/agmodule/>
89. Verrelli, B.C., McDonald, J.H., Argyropoulos, G., Destro-Bisol, G., Froment, A., Drousiotou, A., Lefranc, G., Helal, A.N., Loiselet, J., Tishkoff, S.A. "Evidence for balancing selection from nucleotide sequence analyses of human G6PD." American Journal of Human Genetics, 71, pp. 1112–1128, 2002.
90. Vojnovic, I. "Intergenerational and intragenerational equity requirements for sustainability." Environmental Conservation, 22(3), pp. 223-228, 1995.
91. W3C, Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification, 2007. <http://www.w3.org/TR/SVG/>
92. Weiss, E.B. "International Equity: Towards an International Legal Framework", In Global Accord: Environmental Challenges and International Responses, MIT Press, Cambridge, 1993.

93. Woodward, R.T. "Sustainability as intergenerational fairness: efficiency, uncertainty, and numerical methods." American Journal of Agricultural Economics, 82, pp. 581-593, 2000.
94. World Bank, World Development Indicators Database, 2007. <http://www.worldbank.org/data/online-databases/online-databases.html>
95. World Commission on Environment Development (WCED). Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, 1987.
96. World Health Organization (WHO). Development of Environment and Health Indicators for European Union Countries: Results of a Pilot Study. WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, 2004.
97. World Wildlife Fund (WWF). Living Planet Report 2008. WWF, Gland, Switzerland, 2008.
98. XOOPS, Official XOOPS Website, 2008. <http://www.xoops.org/>
99. XOOPSGallery, XOOPSGallery Home, 2006. <http://xoopsgallery.org/>
100. Young, R. "Evaluating long-lived projects: the issue of inter-generational equity." Australian Journal of Agricultural Economics, 36(3), pp. 207-232, 1992.
101. Young, M.D. "Inter-generational equity, the precautionary principle and ecologically sustainable development." Nature and Resources, 31(1), pp. 16-27, 1995.
102. Zakkis Technology Corporation, PHP Excel Parser Pro, 2006. <http://www.excelparser.com/>