

# 世界的森林生態系服務功能評價方法

◎文、圖/林業試驗所林業經濟組·詹為巽 (frog@tfri.gov.tw)、林俊成、吳孟珊  
◎國立臺灣大學森林環境暨資源學系·邱祈榮

什麼是生態系服務(Ecosystem Services)? 目前一般所稱的生態系服務可以追溯至 Costanza等(1997)於「世界生態系統服務和自然資產價值(The value of the world's ecosystem services and natural capital)」一文中曾指出, 生態系功能是由生態系運作或過程所產生的功能, 服務則是生態系功能對人類所帶來的直接或間接效益。而後聯合國千禧年生態系統評估報告(Millennium Ecosystem Assessment, MA)於2005年整理出生態系服務與人類福祉的關聯性, 並將生態系服務定義為「人類可從生態系中得到的益處」。目前, 藉由評估各種不同生態系服務所產生的價值已經成為一種遊說工具, 越來越多環境開發或是會對生態造成衝擊的決策, 都利用生態系服務的價值來做為權衡以及進行各項決策時重要的參考依據之一。

然而生態系服務的種類繁多, 較著名的分類方式為Costanza等(1997)挑選生態系所提供可更新、可重複使用的17項資源作為生態系服務, 隨後聯合國千禧年生態系統評估報告(MA 2005)將生態系服務區分為供給、調節、支持與文化等四大類別, 其中「供給服務」則是提供人類所需直接的資源, 例如食物、木材、水源以及基因資源等; 「調節服務」是指生態系對於環境的調節, 如氣候與水資源等, 可以降低自然災害對人類的衝擊與威脅; 「支持服務」是產出其他三項服務所需的條件, 為生態系服務的基礎; 「文化服務」則如休閒娛樂、美學及教育等屬於精神層面的價值。2007年八大工業國暨新

興工業五國(G8+5)高峰會通過倡議「生態系暨生物多樣性經濟學」(The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB), TEEB基於千禧年生態系統評估報告的分類, 進一步將生態系服務再細分為17個項目, 納入許多過去未被探討的層面, 並整合屬性較為類似者, 使生態系服務評價更為完整, TEEB的分類體系近年來也被許多研究採用, 作為生態系服務價值評估的基礎。

## TEEB森林生態系服務評價

TEEB的主要宗旨是為了讓大眾能理解, 當生態系遭受破壞以及生物多樣性喪失時對人類可能會造成的損失, 以及未採取適當防護措施時產生的影響等, 透過結合自然科學與社會科學的專業知識, 將生態系與生物多樣性所帶來的效益價值化, 轉換為大眾較容易理解的價值資料, 並提供經濟上的證據。TEEB專家學者與生物群落專家領導的Ecosystem Service Partnership (ESP)團隊共同建立生態系服務價值評估資料庫Ecosystem Service Valuation Database (ESVD), 共收集了全球1,310筆生態系服務價值的資料(表1), 以不同生物群落以及生態系統區分其所提供的生態系服務類型、評價方法以及服務價值。在TEEB生態系服務價值評估資料庫(以下簡稱TEEB資料庫)中又以森林(包含熱帶、溫帶及寒帶)、溼地(內陸溼地及海岸溼地)與珊瑚礁海岸的相關研究最多, 其中森林生態系之資料筆數有382筆, 數量僅次於溼地相關之研究, 本文篩選TEEB資

表1 TEEB生態系服務價值評估資料庫各生物群落資料數統計

生物群落	資料數	生物群落	資料數
海岸 Coastal	64	草地 Grasslands	56
海岸濕地 Coastal Wetlands	241	內陸濕地 Inland Wetlands	266
珊瑚礁 Coral Reefs	151	海洋 Marine	34
耕地 Cultivated	44	複合的生態系 Multiple Ecosystems	29
沙漠 Desert	3	熱帶森林 Tropical Forest	237
溫帶與寒帶森林 Forests (Temperate and Boreal)	99	都市 Urban	4
淡水 Fresh Water	36	林地 Woodlands	46
		總計	1,310

料庫中針對世界各國對於有關森林生態系服務的種類與評價方式進行介紹，作為臺灣進行森林生態系服務價值評估時的參考。

### 森林生態系服務種類及評價方法

於TEEB資料庫中，各種生態系服務功能係依據其類型區分為供給、調節、支持與文化四大類，再加上部分混合型服務之「額外與一般服務」共五大類，於五大類下分為30大項服務類型，部分大項並可再進行細分為總計共78種生態系服務細項。而森林生態系所提供之服務則包含其中26大項，並且提供53種細項之生態系服務功能(表2)。

本文經過篩選TEEB資料庫382筆森林生態系服務評價資料，並以服務大項進行區分後，森林生態系服務功能係以評估原料(Raw materials)所提供之價值筆數57筆為最多，其次為娛樂(Recreation)的47筆及氣候(Climate)的43筆，另外如食物(Food)與醫療(Medical)亦有30筆以上的資料，因此這些項目也可以作為國內評估森林生態系服務價值時首要探討的項目。

生態系服務功能評價方法部分，TEEB資



森林可以提供如美學等多樣的生態系服務。

料庫中服務評價方式共計有16種，有關森林生態系服務的評價則應用其中14種方式進行(表3)，係根據不同的服務項目類型而使用不同的評價方法，但主要是以「效益轉移法」以及「直接市場價格法」占大多數，兩種評價方法均有超過100筆以上的資料使用，其中「效益轉移法」是透過既有或相關之研究，將其成果轉移應用於尚未實際進行評估的區域，可以快速且低成本的進行目標區域生態系服務效益估計，例如欲評估某一森林所提供之觀光旅遊效益，但並沒有進行完整評估

表2 TEEB生態系服務價值評估資料庫收集之森林生態系服務類型

生態系服務項目	筆數	生態系服務項目	筆數
食物		授粉	
魚Fish	1	授粉Pollination	3
食物Food	12	作物的授粉Pollination of crops	3
肉類Meat	2	土壤肥力	
非木材之林產品(食物)NTFPs (food only)	20	養分沉積Deposition of nutrients	1
蔬菜Plants / vegetable food	3	維持土壤結構Maintenance of soil structure	1
遺傳		氮循環Nutrient cycling	3
基因資源Genetic resources	7	土壤形成Soil formation	2
醫療		廢棄物	
生物化學Biochemicals	3	去毒土壤汙染Soil detoxification	1
生物探勘Bioprospecting	27	淨化水源Water purification	18
觀賞		水流	
裝飾/手工藝Decorations / Handicrafts	1	調節水源Water regulation	5
原料		基因庫	
飼料Fodder	4	生物多樣性保護Biodiversity protection	41
燃料及木炭Fuel wood and charcoal	9	棲地	
其它原料Other Raw	3	棲地服務Nursery service	1
原料材料Raw materials	19	避難所Refugia	1
木材Timber	22	美學	
淡水		景觀Attractive landscapes	2
飲用水Drinking water	1	認知	
淡水Water	9	教育Education	1
空氣品質		科學研究Science / Research	1
空氣品質調節Air quality regulation	2	靈感	
滯塵Capturing fine dust	2	文化用途Cultural use	1
生物防治		娛樂	
生物控制Biological Control	2	生態旅遊Ecotourism	3
生物防制Pest control	1	休閒Recreation	35
種子散佈Seed dispersal	1	觀光旅遊Tourism	9
氣候		文化服務	
調節氣候Climate regulation	9	文化價值Cultural values	2
固碳作用C-sequestration	31	能源	
氣體調節Gas regulation	2	水力發電Hydro-electricity	2
調節微氣候Microclimate regulation	1	供給服務	
沖蝕		供給服務Provisioning values	1
預防土壤沖蝕Erosion prevention	20	總經濟價值	
極端事件		TEV(total economic value)	19
預防火災Fire Prevention	2	多種功能	
預防水患Flood prevention	6	多種功能Various	2
減少極端氣候Prevention of extreme events	2	總計	382

資料來源：TEEB(2010)

所需之時間與經費等，便可引用於其他相近條件地區實際評估完成之結果；而「直接市場價格法」則是以目標服務產出之實際市場價值作為評價基準，例如食物、原料與水等具有市場價格之服務。

以下依據TEEB資料庫所採用的五大類型生態系服務分類，分別介紹森林所供應之服務種類項目，以及各類服務主要採用的評價方式。

### (一)供給服務

森林的供給服務產出了人類直接可以使用的資源，提供人類生活所需的各種物質，於TEEB資料庫中各國對於森林生態系的供給服務評價以原料、食物與醫療等大項為主，原料部份如生產木材、材料與燃料等，食物部分如非木材林產品與食物，醫療服務部分則以生物探勘為主。而供給服務的評價方式部分，由於原料與食物有一定之市場價格可以參考，因此主要以「直接市場價格法」與「效益轉移法」進行評價，醫療服務部分則



木材生產為森林所提供之多種供給服務項目之一。

以使用「生產函數法」進行評價較多。

### (二)調節服務

調節服務是指生態系對於環境所產生的各種調節作用，以維持森林生態系正常運作，例如可以預防或減緩颱風及豪雨等自然環境現象對生態系所造成的衝擊等。於TEEB資料庫中，森林生態系的調節服務以森林的固碳作用為最多研究探討其價值之服務功能，其次如預防土壤沖蝕與淨化水源等功能亦為較受關注之項目。在調節服務功能提供的價值部分，最主要是以「效益轉移法」進行評價，其次為「直接市場價格法」，另外「替代成本法」以及「重置成本法」也是調節服務常使用的評價方法。

### (三)支持服務

支持服務所包含的服務類型較少，但卻是其他生態系服務產出所需的基礎條件，主要為生物多樣性的基因庫以及提供各種生物所需的棲地等，而TEEB資料庫中有關支持服



森林具有預防沖蝕、調節水源與提供淡水等環環相扣之功能。

表3 TEEB生態系服務價值評估資料庫森林生態系服務評價方式

評價方法 服務項目	替代成本法	效益轉移法	條件評估法	直接市場價格法	生產函數法	群體估價法	特徵價格法	緩解或復原成本法	生態系服務功能補償法	重置成本法	總體經濟價值法	旅遊成本法	其他	未知	總計
食物		10	1	26		1									38
遺傳		5		2											7
醫療		6	1	5	18										30
觀賞				1											1
原料		18	1	37						1					57
淡水	1	3		5						1					10
空氣品質	2	1		1											4
生物防治		2		1						1					4
氣候	4	23	1	12				1		2					43
沖蝕	7	6	1	1	1					2	1			1	20
極端事件	4	4		2											10
授粉		2		3	1										6
土壤肥力	1	3		3											7
廢棄物	4	8		3					1	3					19
水流		2		1	1				1						5
基因庫		22	11	2		1			4				1		41
棲地				1						1					2
美學			2												2
認知		1										1			2
靈感		1													1
娛樂		21	13	5			1					7			47
文化服務		1		1											2
能源				2											2
供給服務				1											1
總經濟價值		2		2							15				19
多種功能			1	1											2
總計	23	141	32	118	21	2	1	1	6	11	16	8	1	1	382

務評價的研究資料，多數是針對生物多樣性保護所帶來的效益進行評價，並且以「效益轉移法」進行評價為主，另外也有許多研究採用「條件評估法」或「生態系服務功能補償法」作為評價方式。

#### (四)文化服務

文化服務則是屬於較為抽象的服務功能，是生態系所提供之休閒娛樂、美學與教育等屬於精神層面的價值，例如美學價值是指人類所看到的各種自然景觀所帶來的感受，或者是生態旅遊與觀光旅遊等娛樂價值。於TEEB資料庫所收集文化服務評價資料中，娛樂服務為主要的評價對象，並以「效益轉移法」與「條件評估法」進行評價較多，另外因為娛樂服務所包含之項目為旅遊與休閒等項目，因此亦有部分係採「旅遊成本法」進行評價。

#### (五)額外與一般服務

最後，於TEEB資料庫中將部分文化服務、能源、供給服務與總經濟價值等混合型之生態系服務項目另外歸類，其中又以總體經濟價值評價最多，總體經濟價值是將生態系所提供之使用價值(use value)與非使用價值(non-use value)等進行整體評價，以全面性的估計生態系所提供之經濟效益。

#### 結語

地球眾多生態系統以及服務之中，森林生態系覆蓋了地球約30%的陸地面積，是陸域生態系重要的一環，從TEEB資料庫所彙整的森林生態系服務功能類型可知，人類除了

直接從森林中取得木材、燃料與果實等基本生活所需物質外，森林所提供的光合作用，碳吸存、氣候調節、涵養水源、提供動植物棲息環境、教育以及旅遊等等各種其他的功能，也都間接影響著人類的生活。臺灣擁有豐富的森林資源，依據第四次森林資源調查結果臺灣森林面積比例高達60.7%，然而隨著社會的發展與人口成長，森林遭受開發的壓力也越來越大，因此若能透過森林生態系服務功能進行價值化的評估，讓大眾能更直覺地瞭解保存森林所能帶來之價值，同時也能作為決策者權衡開發與不開發之依據。因此，本文希望透過介紹世界有關森林生態系服務不同功能之評價方式，作為臺灣進行森林生態系服務價值評估時的參考，針對各種服務類型中重要的服務項目進行評價，並避免運用不適當的方式而造成評價結果偏誤，將森林所提供的服務價值忠實呈現。⊗