

建構我國環境資源混合投入產出表之評析

綠色國民所得帳研編，在行政院主計處積極推動下，已建立完整的發展模式，若再將其相關資訊與產業關聯表整合成混合投入產出表，將可進一步提供環境資源與經濟發展成果相互衝擊之資訊，供為環境與經濟政策研定過程，相當重要之評析參據。

◎ 蔡孟哲、張靜宜、廖鈺郡（行政院主計處科長、專員、專員）

壹、前言

經濟發展過程對環境所產生的影響，為近年備受重視的議題，而兩者相互衝擊的內涵，可藉著同時呈現經濟產出貨幣價值，以及自然資源投入與環境污染排放實物量之帳表觀察，此種結合環境面與經濟面資訊之帳表稱為混合投入產出表，且由表內資料的交叉分析，可看出一個國家經濟政策

之應用所導致環境資源消長狀況，因此已廣泛被用以評估能源、污染、氣候變遷等各種環境與經濟互動的議題。行政院主計處近年來積極推動綠色國民所得帳研編，已完整統計我國環境資源演化資料，為提供更有用的永續環境評估資訊，95年乃研究並創編屬於我國的混合投入產出表，本文將針對混合投入產出表之內涵、主要國家編製狀況，以及我國目前

編製架構、編製原則及編製結果加以說明，期能藉由混合投入產出表之研編，提供更多之政策評估與分析之資訊。

貳、內涵說明

混合投入產出表又稱為環境延伸表，乃是以產業關聯表（亦稱投入產出表，簡稱I/O表）為基礎，加入環境相關之實物資料，而這些環境資源資

料併入投入產出表後之分類方式，與原投入產出表之經濟交易方式是相同的，此種關聯提供了一致的比較基準，可將原投入產出表用以分析各種政策對總體經濟變數的影響，擴大為評估政策對自然資源投入量與環境污染物產生量之影響，俾利比較經濟利益或經濟貢獻對環境負擔之衝擊，進而得以

觀察經濟與環境體系間的互動狀況。

混合投入產出表其性質非同產業關聯表，乃是一種顯示各種經濟類別之投入與產出關聯矩陣帳表，其表格之縱橫列可以是產品對產品，或產業對產業的關係。聯合國環境與經濟整合系統（SEEA）2003版規範之帳表格式如表一所示，

表中灰色以外部分為以經濟面向所研編之投入產出表，表內橫列為各類別使用特定產品的價值，因此對於自然資源與生態系統的投入、殘餘物的吸收可以橫列置於表之下方，而直行是各類別的投入價值，因殘餘物為生產過程的副產品，可以直行置於表之右側，原經濟面向投入產出表整合上述內涵

表一、混合投入產出表概要圖表

	產業（產品）	資本形成	最終消費	出口	殘餘物
產業（產品）	產業使用的產品 （中間消費）	轉換成資本的產品	家計單位消耗的 產品	出口產品	產業形成的殘 餘物
進口	進口的產品				進口的殘餘物
稅金減去產 品補助金	稅金減去產品補 助金				
附加價值	產業附加價值				
貨幣總值	生產總額	總供給資本	總家計單位消費	總出口	
資本形成					資本形成的殘 餘物
最終消費					家計單位形成 的殘餘物
自然資源	產業使用的自然 資源		家計單位消耗的 自然資源	出口的自然 資源	
生態系統投 入	產業使用的生態 系統投入		家計單位消耗的 生態系統投入	出口的生態 系統投入	
殘餘物吸收	產業再吸收的殘 餘物	填埋的殘餘物		出口的殘餘物	

說明：非灰色部份為貨幣區塊，灰色部份為實物區塊

後，調整成含括環境面向之混合投入產出表，而加入表內之內容，則需藉由環境統計資訊，予以研究、推估及歸併，這是研編混合投入產出表之關鍵。

參、各國編製說明

由於混合投入產出表係反映產業及家計單位對自然資源的使用情形，以及生產與消費活動所造成環境污染狀況，其可充分表達環境與經濟體系內之產業及家計單位間之結構及互動關係，因此世界各國及國際組織亦著手進行相關帳表之編製與運用。例如日本在2000年根據聯合國SEEA 2003版發展出日本的「環境保護服務之供給與使用表」；且有以部門別能源投入產出表探討能源消費、二氧化碳排放、空氣污染等課題者，近年更將相關研究延伸到水污染與固體廢棄物等範疇（Moriguchi, 2000）。歐洲統計聯盟（Europa）則於

2006年開始進行環境延伸投入產出表與模型之相關研究。美國Sands et al.（1997）以能源平衡表配合投入產出表為基本資料，以CGE模型評估美國若依照京都議定書進行溫室氣體減量的經濟成本。義大利Femia（2000）以NAMEA架構編製之綠色國民所得帳，配合投入產出表進行分析，探討義大利主要資源的使用需求。印度學者Parikh（2002）運用混合投入產出表探討氣候變遷對該國的影響。我國亦有多位專家學者應用混合投入產出表進行單一主題評估的研究，惟尚未有包含所有自然資源與環境污染物的完整帳表。

肆、我國編製概況

一、編製架構

我國所編製的混合投入產出表是依循SEEA 2003之規範（詳表一），以及行政院主計處產業關聯表的架構及理論基礎

建構，表二為其模式，由於我國尚無生態系統投入及殘餘物吸收之統計資料，目前所編製的混合投入產出表僅包含自然資源使用及殘餘物排放部分。其中自然資源是以橫列向量附加於產業關聯表下方，記錄其需求狀況與供給來源，需求又分為中間需要及最終需要，中間需要是指各產業部門使用自然資源的狀況，最終需要則是家計消費、固定資本形成、存貨變動及輸出對自然資源的應用情形；供給來源則分為國內生產及輸入，每一類自然資源之總需要與總供給均相等，這樣的結果表稱為「自然資源實物投入表」（如表二之（1））。殘餘物則以直欄向量附加於產業關聯表右方，記錄殘餘物之產生，另因殘餘物除了由生產所造成外，亦會由消費及資本形成（垃圾掩埋場）產生，所以在「自然資源實物投入表」上方增加消費及資本形成二項以記錄殘餘物之排放，這樣的

表二、我國混合投入產出表

	產業部門 (001~162)	中間需要合計	最終需要合計	總需要 總供給	國內生產總值	輸入	殘 餘 物		
							空氣污染	水污染	固體廢棄物
產業部門 (001~162)							(2)		
中間投入									
原始投入									
調整項目									
投入合計									
資本形成	×	×	×	×			(2)		
家計消費	×	×	×	×			(2)		
自然資源	礦產與土石	(1)							
	水								
	森林								
	土地								

備註：1.部門數依產業關聯表編製年部門數調整。

2.非灰色部分為產業關聯表統計（生產者價格交易表（進口品按C.I.F.計值））。

3.×部分表無數值。

結果表稱為「殘餘物實物產出表」（如表二之（2））。

行政院主計處研編之綠色國民所得帳，所規劃之完整外部衛星帳架構，自然資源包括礦產與土石資源、土壤資源、水資源、森林資源、海洋資源以及土地與生態系統等六大類，各類別包含了我國產值相對較大或折耗較多之資源項目，而各個資源項目並以我國

國民具有開採（或捕撈）所有權的資源為統計範圍。混合投入產出表之編算類別，理論上亦應涵括前述之六大類，但目前仍缺乏編製土壤資源、海洋資源，以及生態系統等實物帳之相關統計資料，因此自然資源實物投入表中以礦產與土石資源、水資源、森林資源以及土地資源為編製類別，項目及範圍則同前述，另為考量使用

自然資源所造成之環境污染，所以除了自產之自然資源，亦包括進口能源資源。殘餘物方面，綠色國民所得帳外部衛星帳完整架構所考量的是空氣污染、水污染、土壤與地下水污染與固體廢棄物等四大類，但因限於我國土壤與地下水污染之相關統計資訊仍缺乏，難以進行部門別產出表之編算，因此僅以空氣污染、水污染與固

體廢棄物等三類為編製對象，各類別含括之項目及統計範圍則同綠色國民所得帳之規範。

在編製資料蒐集上，為能將自然資源使用及環境污染排放推算至各經濟部門，需儘可能地匯集分類最細之基礎資

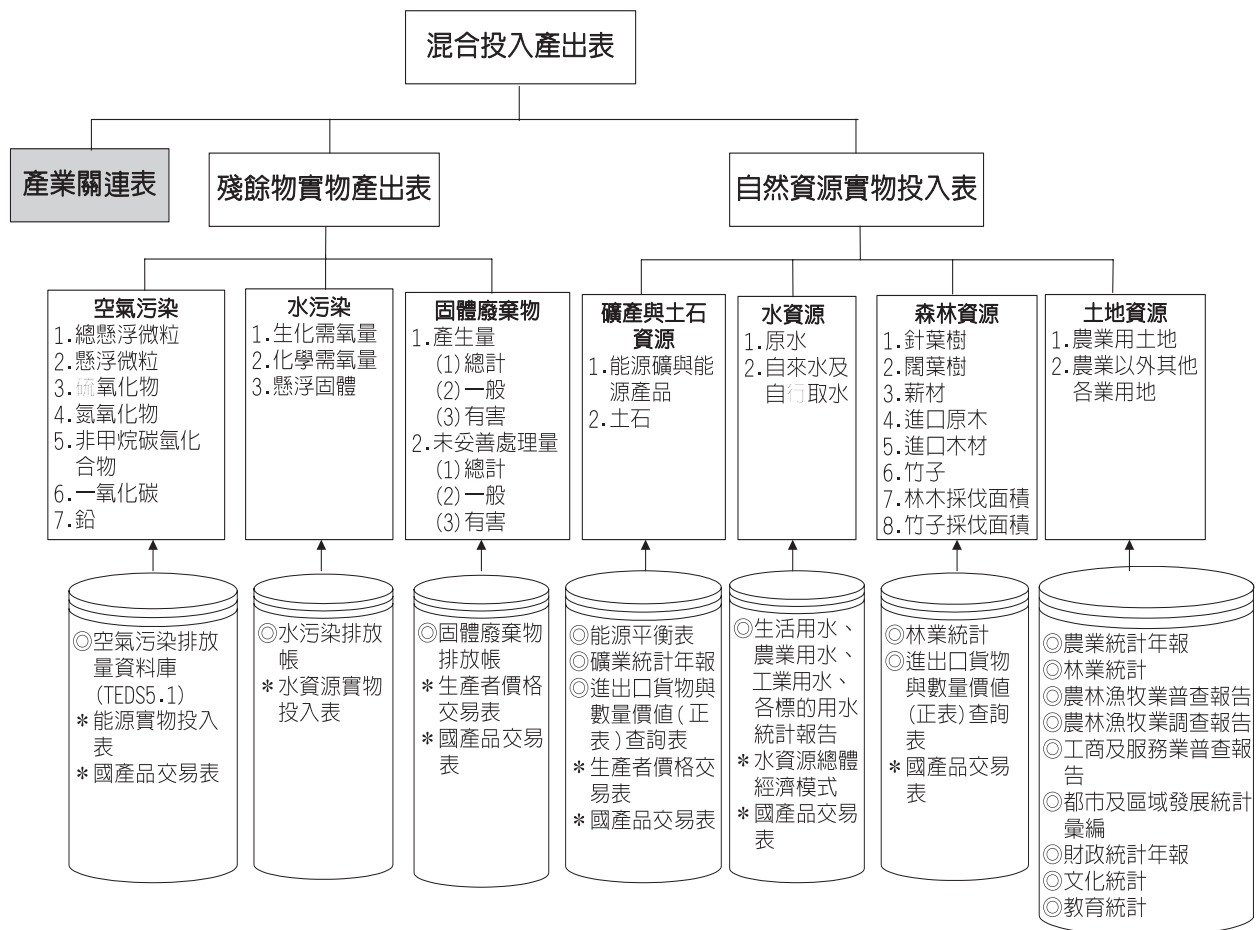
料，例如空氣污染是由行政院環境保護署空氣污染排放量資料庫（TEDS 5.1）600餘個部門資料統計而成。另外也廣納我國各類資源及環境統計資料，如：能源平衡表、各項用水統計、農林漁牧普查、工商

及服務業普查…等，以作為估算統計之基礎，圖一為我國混合投入產出表編製架構、項目及資料來源。

二、編製步驟及結果

編製實務上，各自然資源

圖一、我國混合投入產出表編製架構、項目及資料來源



註：1. 產業關聯表由行政院主計處第三局編製。
2. 資料來源中◎記號者代表原始資料，*記號者代表拆解參數資料。

及殘餘物的原始資料，其統計部門分類和產業關聯表不同，因此編製時需先將原始資料中的部門對應至產業關聯表中之部門，並進行後續之處理。研編之步驟說明如下：

(一) 建立原始資料與產業關聯表間之部門對照關係

以綠色國民所得帳水污染排放帳為例，此帳表是混合投入產出表水污染殘餘物之原始資料，其部門別與產業關聯表之部門有一對一、有一對多之關係，經研析建立如表三之對照關係，所有與帳表有關之自然資源與殘餘物，皆需建構兩者關聯之對照表。

(二) 確立對應部門拆解及合併法則

當原始資料部門分類與產業關聯表之部門分類呈現非一對一的關係時，需加以拆解或合併，其中拆解分配至產業關聯表多個部門時，其做法是以性質與內涵較為相關之數值為權重進行拆解，例如假設各部門生活用水之使用，與產業關聯表各部門自來水之投入價值有一定之關係，所以可以各部門之自來水投入價值為權重，拆解生活用水相關部門之用水量。

(三) 按法則規範的內容，彙集研析相關資料

當對照表及相關法則建立後，需彙集相當複雜的原始及拆解參數資料，如水資源需彙集水利署公務統計報告等6類資料；水污染需彙集各部門用水量參數資料，以為研編帳表之基礎。

(四) 依據相關法則，應用資訊系統整編彙集之資料，並完成研撰作業

我國產業關聯表逢民國0、5年編算基本表，逢3、8年編算延長表，最近3次之編製結果分別是88年、90年及93年，此次混合投入產出表建構，即以這3年之資料為基礎，整併環境資源資料而成。

表三、水污染排放部門與產業關聯表部門對照表（部分）

水污染排放帳部門分類	產業關聯表部門（162部門）
農林漁牧業	001稻穀、002雜糧作物、003甘蔗……012漁產。
礦業及土石採取業	013能源礦產、014金屬礦產、015鹽、016其他非金屬礦產
食品及飲料製造業	017屠宰生肉及副產、018食用油脂及副產、…、028糖果及烘焙炊蒸食品、029其他食品、030非酒精飲料、031酒
菸草製造業	032菸
……	……
皮革、毛皮及其製品製造業	042皮革、043皮鞋、044其他皮革製品、068橡、塑膠鞋
……	……

完整帳表詳見95年版綠色國民所得帳編製報告。

三、編製應用—以水污染為例

水是維持生命不可缺少的物質，也是國家經濟發展的必要資源，水在使用以後，會夾帶污染物質再排入水體中，污染了我們使用及親近的水體，

所以水污染防治一直是我國環境污染工作中重要的項目之一，本節將參採各國應用實例，說明本編製結果如何應用於水污染議題方面。

(一) 每億元國內生產總值及家計消費的水污染排放量均呈遞減趨勢

93年我國水污染物生化需氧量（BOD）、化學需氧量

（COD）及懸浮固體（SS）計排放了42萬、100萬及84萬公噸（詳表四），90至93年間平均每年減少3.9%、3.2%及7.4%。另88至93年，BOD及COD由家庭及生產活動所排放約分占60%及40%，SS則以生產活動排放70%至75%為大宗。

近幾年，政府在水污染防

表四、生產、消費與污染

項目		單位	88年	90年	93年	88年至90年 平均年增率(%)	90年至93年 平均年增率(%)
國內生產總值		億元	192,726	200,001	247,847	1.9	7.4
家計消費		億元	55,218	58,856	64,564	3.2	3.1
BOD	生產活動排放量	公噸	202,901	199,887	167,317	-0.7	5.8
	排放量 / 國內生產總值	公噸 / 億元	1.05	1.00	0.68	-2.6	-12.3
	家計消費排放量	公噸	278,679	268,365	247,920	-1.9	-2.6
	排放量 / 家計消費	公噸 / 億元	5.05	4.56	3.84	-4.9	-5.6
COD	生產活動排放量	公噸	449,389	485,123	424,256	3.9	-4.4
	排放量 / 國內生產總值	公噸 / 億元	2.33	2.43	1.71	2.0	-11.0
	家計消費排放量	公噸	640,756	620,213	578,810	-1.6	-2.3
	排放量 / 家計消費	公噸 / 億元	11.60	10.54	8.96	-4.7	-5.2
SS	生產活動排放量	公噸	792,588	803,545	604,258	0.7	-9.1
	排放量 / 國內生產總值	公噸 / 億元	4.11	4.02	2.44	-1.2	-15.3
	家計消費排放量	公噸	269,550	259,679	240,106	-1.8	-2.6
	排放量 / 家計消費	公噸 / 億元	4.88	4.41	3.72	-4.9	-5.5

治的重視與努力下，每億元國內生產總值的水污染排放量有逐漸下降趨勢，以BOD為例，88年、90年及93年分別約為1.05公噸、1公噸及0.68公噸，每億元家計消費的污染排放量亦然，分別為5.05公噸、4.56公噸及3.84公噸，在BOD排放量遞減，國內生產總值及家計消費金額遞增之情形下，每億元國內生產總值及家計消費的水污染排放量呈遞減趨勢，且其減少幅度較排放量更大（詳表四），顯現國內在水污染防治上已有一定之成果。

（二）水污染環境效率改善

環境效率改善指數（Environmental Efficiency Improvement Index；EEII）代表經濟活動與環境壓力之間的關係，可以顯示環境壓力在獲得經濟發展成果過程中舒緩的程度，經濟合作暨發展組織（OECD）稱此種指數為「脫鉤指標」（decoupling indicator）。環境效率改善指數是以環境壓力（Environmental Pressure；EP。指對環境產生壓力之因素，如污染排放與自然資源使用）與驅動力（Driving Forces；DF。為造成環境資源演變之因素，如社會及經濟之

發展）相關數值計算，公式如下：

環境效率改善指數

$$(EEII) = (1 - \left[\frac{(EP/DF)_{\text{比較期}}}{(EP/DF)_{\text{基期}}} \right]) * 100$$

由此定義，

$EEII \geq 0 \Rightarrow DF \text{ 成長率} \geq EP \text{ 成長率} \Rightarrow$ 「環境效率改善」

$EEII < 0 \Rightarrow DF \text{ 成長率} < EP \text{ 成長率} \Rightarrow$ 「環境效率惡化」

藉由混合投入產出表編製結果，我們以排放量及原始投入（附加價值）分別代表環境壓力（EP）及驅動力（DP），由表五可看出，除90年COD之環境效率改善指數小於0外

表五、環境效率改善指數

項目		單位	88年	90年	93年
原始投入（附加價值）		億元	92,770	94,485	104,454
BOD	排放量	公噸	202,901	199,887	167,317
	環境效率改善指數（EEII）	%	-	3.27	24.28
COD	排放量	公噸	449,389	485,123	424,256
	環境效率改善指數（EEII）	%	-	-5.99	20.89
SS	排放量	公噸	792,588	803,545	604,258
	環境效率改善指數（EEII）	%	-	0.46	31.98

(與88年比較)，其餘皆大於0，造成90年COD環境效率惡化，主要是金屬基本工業排放增加所致。88至90年間BOD及SS之環境效率改善指數都大於0，分別為3.3%及0.5%，至93年更為增加，顯示水污染環境效率改善之程度越來越大。由圖二觀察原始投入（附加價值）與排放是否脫鉤，雖然90年COD之排放未與經濟成長脫鉤，但至93年已呈脫鉤現象。

(三) 農業經濟貢獻度約2%，

水污染(BOD)排放則占4成5以上

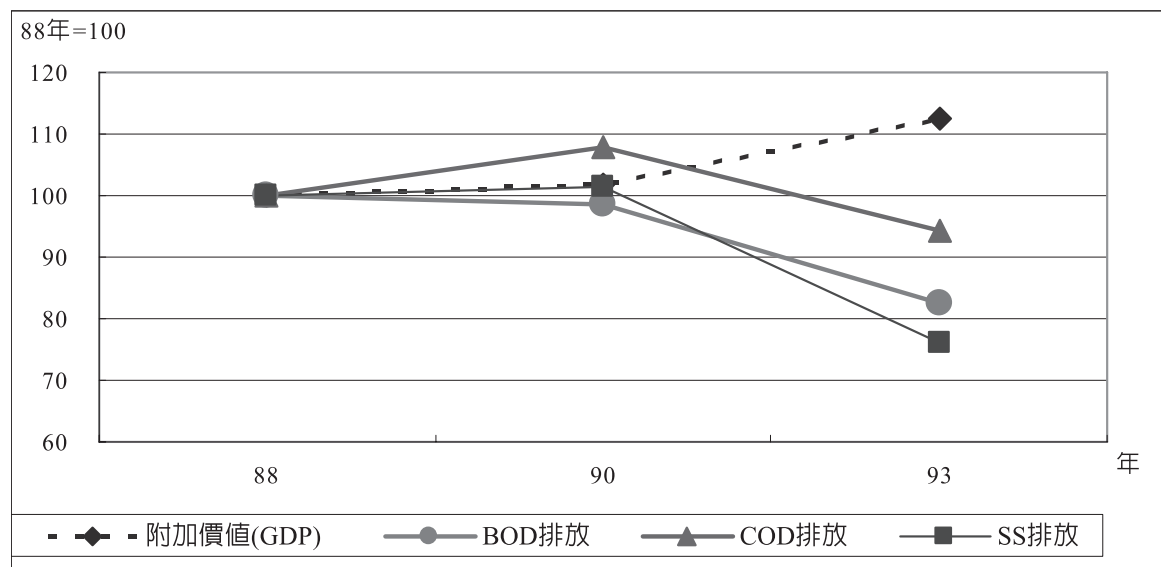
以全體產業觀之，農業部門88年、90年及93年對經濟貢獻度約為2%，但其排放之污染物，以BOD為例，占4成5以上，其中又以畜產之污染最為嚴重，但畜產對經濟之貢獻度僅在0.14%至0.41%之間。工業之經濟貢獻度大約為3成，排放之污染物88年約為4成4，90及93年提高約為5成。服務業之經濟貢獻度最大，約7成左右，排放之污染物則最

少為5%至7%（詳表六）。

伍、結語

混合投入產出表部門分類越細，應用時越具彈性，但在各類別資料來源不同、統計內容精細程度不一，以及部門分類定義和範疇也和產業關聯表不同的情形下，編製工作之進行更加繁瑣艱困，在經逐一對應、拆解、合併後，才得完成此目前我國最完整之混合投入產出表。惟現階段帳表內涵限

圖二、經濟與環境之脫鉤圖－水污染



表六、經濟貢獻與環境污染—BOD

一、農業							單位：%
	經濟貢獻度			環境污染度			
	88年	90年	93年	88年	90年	93年	
合計	2.53	2.10	2.11	48.70	45.98	45.00	
(一) 農產	1.51	1.40	1.32	21.59	19.27	13.83	
(二) 畜產	0.41	0.14	0.30	23.89	24.23	28.91	
(三) 林產	0.03	0.02	0.02	0.08	0.09	0.06	
(四) 漁產	0.59	0.53	0.46	3.14	2.39	2.19	
二、工業 (部分)							
合計	31.54	28.89	30.42	44.03	49.20	48.50	
(一) 礦業	0.52	0.51	0.57	3.68	3.58	3.10	
(二) 製造業	25.13	22.79	25.26	39.00	44.64	43.78	
.....	
4 紡織品	1.25	1.04	0.74	4.55	4.39	7.37	
.....	
8 紙、紙製品及印刷出版	1.25	1.06	1.13	11.13	9.61	8.55	
9 化工原料	0.64	0.57	1.07	2.63	2.61	3.16	
10 人造纖維	0.25	0.23	0.21	2.64	2.19	2.46	
11 塑膠	0.40	0.50	0.47	0.86	0.71	0.91	
.....	
18 金屬製品	1.55	1.43	1.26	3.85	3.07	1.64	
.....	
23 電子零組件	3.64	3.68	5.86	2.53	1.76	2.16	
.....	
(三) 營造業	3.81	3.33	2.67	0.00	0.00	0.00	
(四) 水電燃氣業	2.07	2.26	1.93	1.35	0.98	1.61	
三、服務業 (部分)							
合計	65.93	69.01	67.47	7.27	4.82	6.50	
.....	
9 公共行政服務	7.49	7.95	7.88	4.04	2.63	3.68	
.....	

於環境資料之不夠健全僅能含括自然資源的使用和殘餘物的供給，其餘類別將視未來應用狀況及資料取得情形再予擴

充。我們深切希望能將研編完成的混合投入產出表，提供給各機關及專家學者們，透過經濟評估工具(如一般均衡模型)

的配合使用，建構自然資源使用和污染排放的政策評估模型，充分發揮混合投入產出表之編製價值。❖