

中技社97年度春季環境與能源研討會 節能減排—物質流評估案例分析

台灣地區物質流分析資料庫架構 與資源生產力指標分析

李育明

國立臺北大學自然資源與環境管理研究所 教授

蘇炯龍

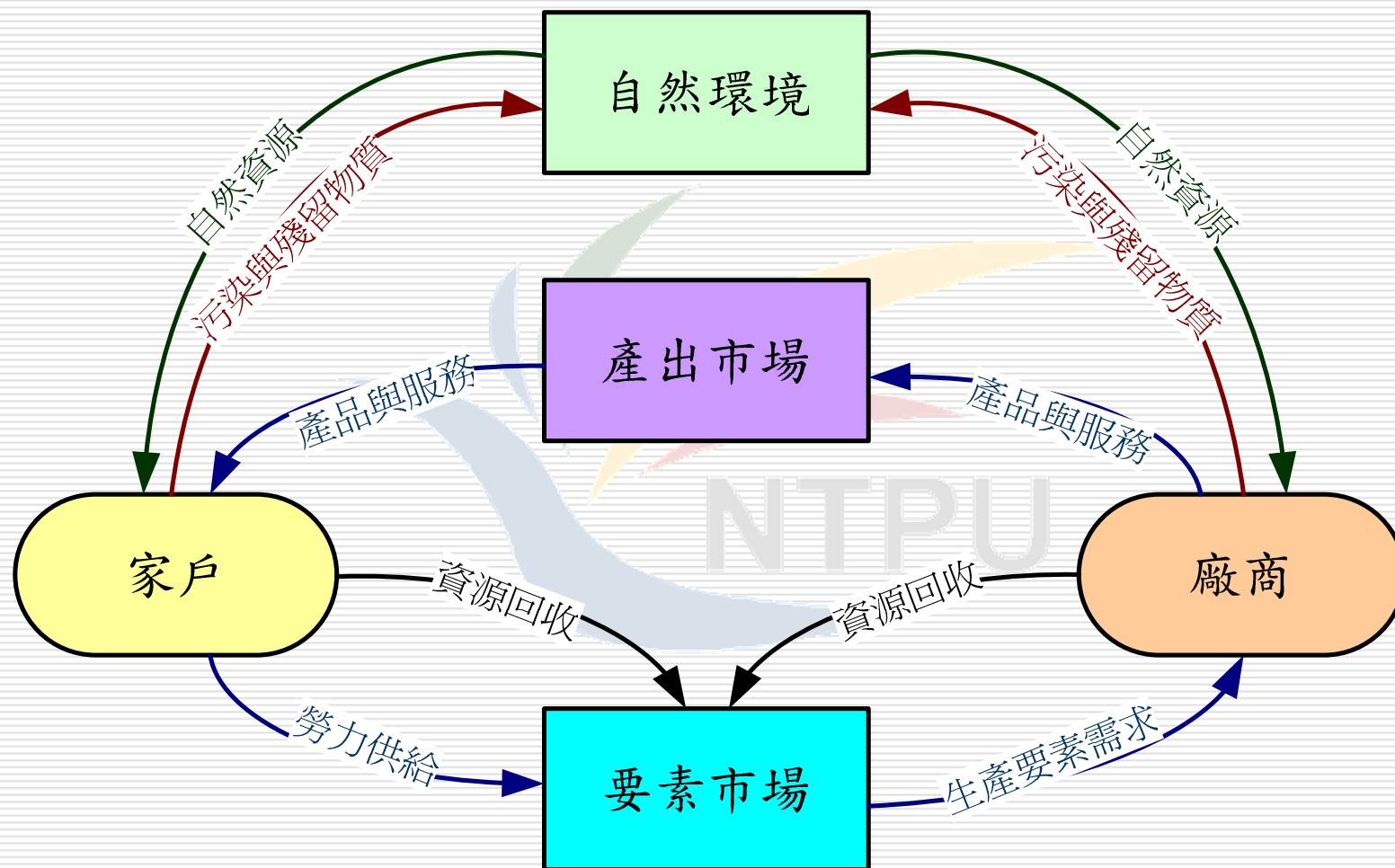
臺北大學自然資源與環境管理研究所博士班研究生

June 11, 2008

簡報大綱

- 前言：經濟與環境
- 綠色國民所得帳
 - 理論基礎與帳表
 - 衛星帳與實務流量帳
- 物質流分析
 - 分析尺度與管理議題
 - 經濟體總物質需求
 - 台灣地區物質流分析資料庫
- 資源生產力
 - 指標與迴歸分析
 - 跨國比較：資料包絡分析
- 結論與建議

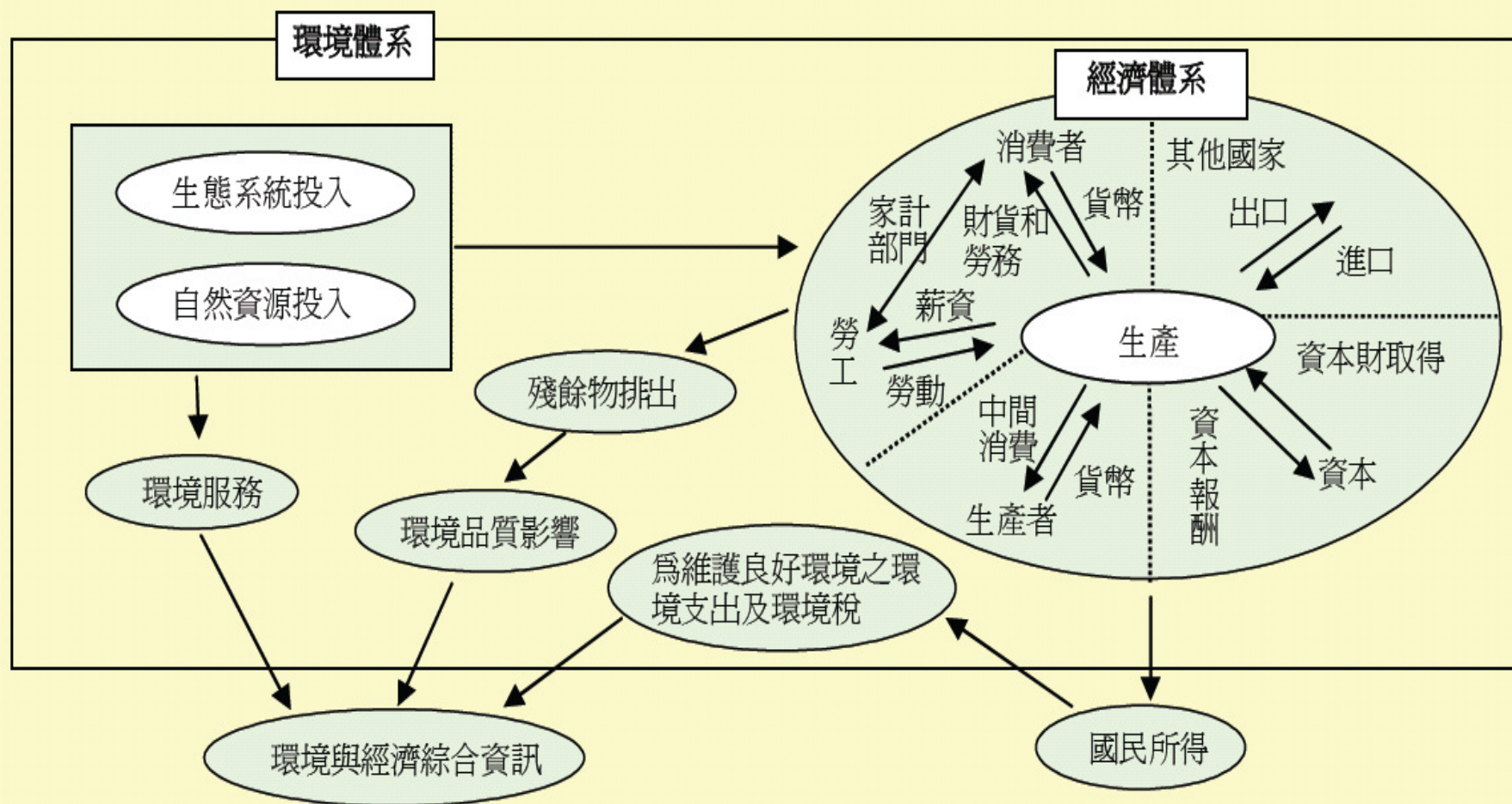
環境與經濟的互動：廠商理論之延伸



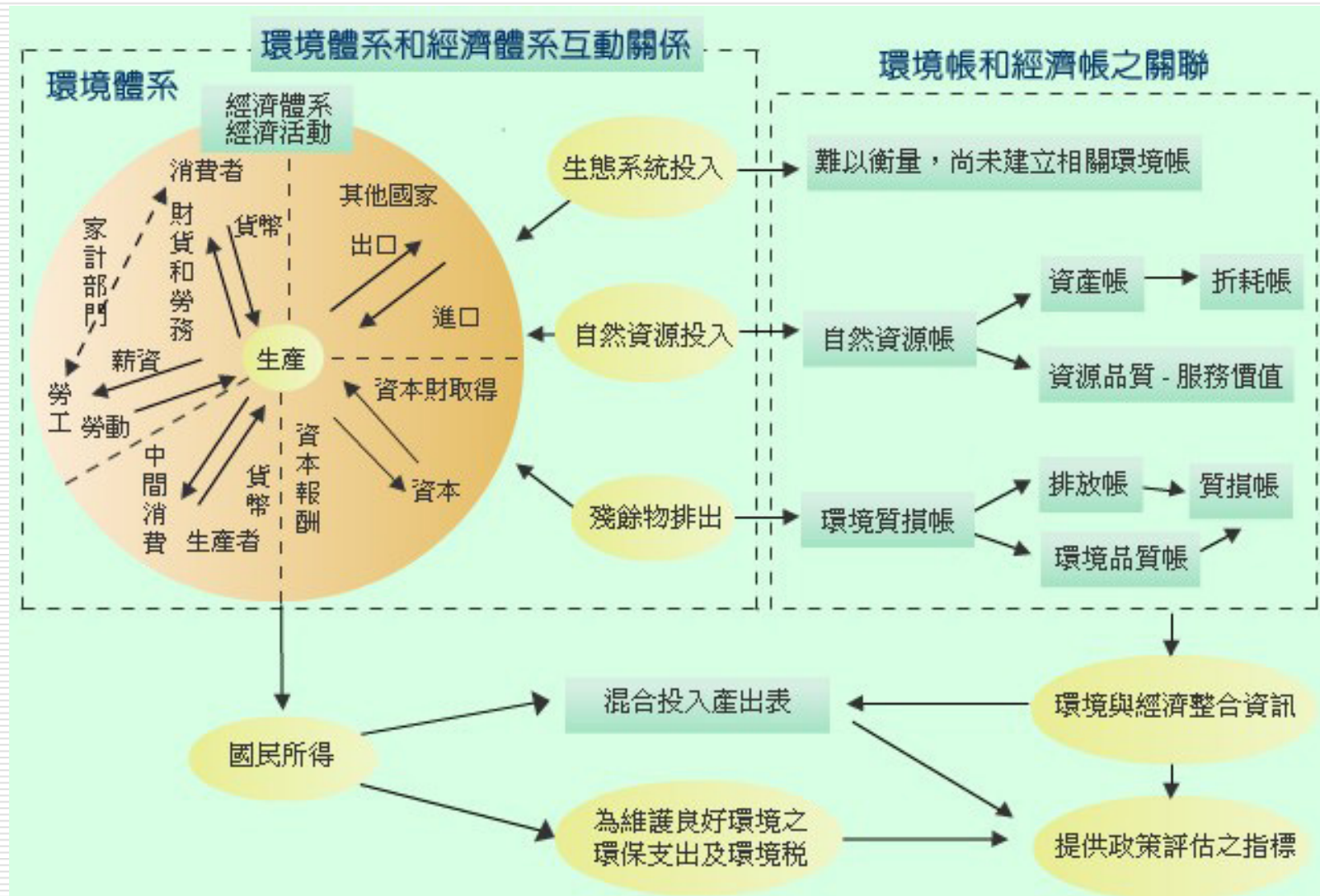
Source: Callan and Thomas (2001). *Environmental Economics and Management*.

環境體系與經濟體系互動關係

圖 1.2.1 環境體系與經濟體系互動關係



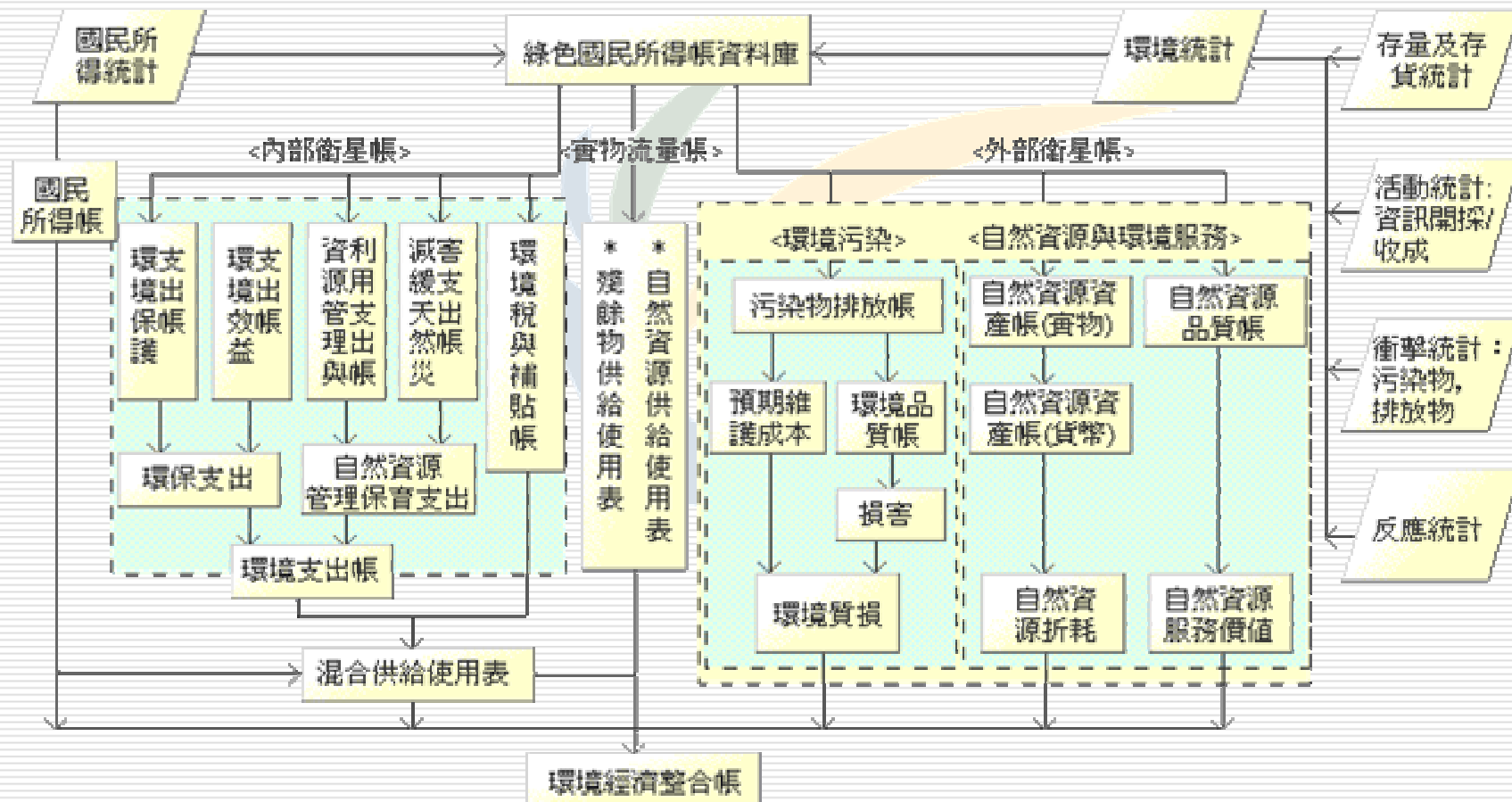
經濟與環境：互動關係與會計帳關聯



綠色國民所得帳

□ 環境污染、自然資源與環境服務

■ 環境質損、自然資源折耗



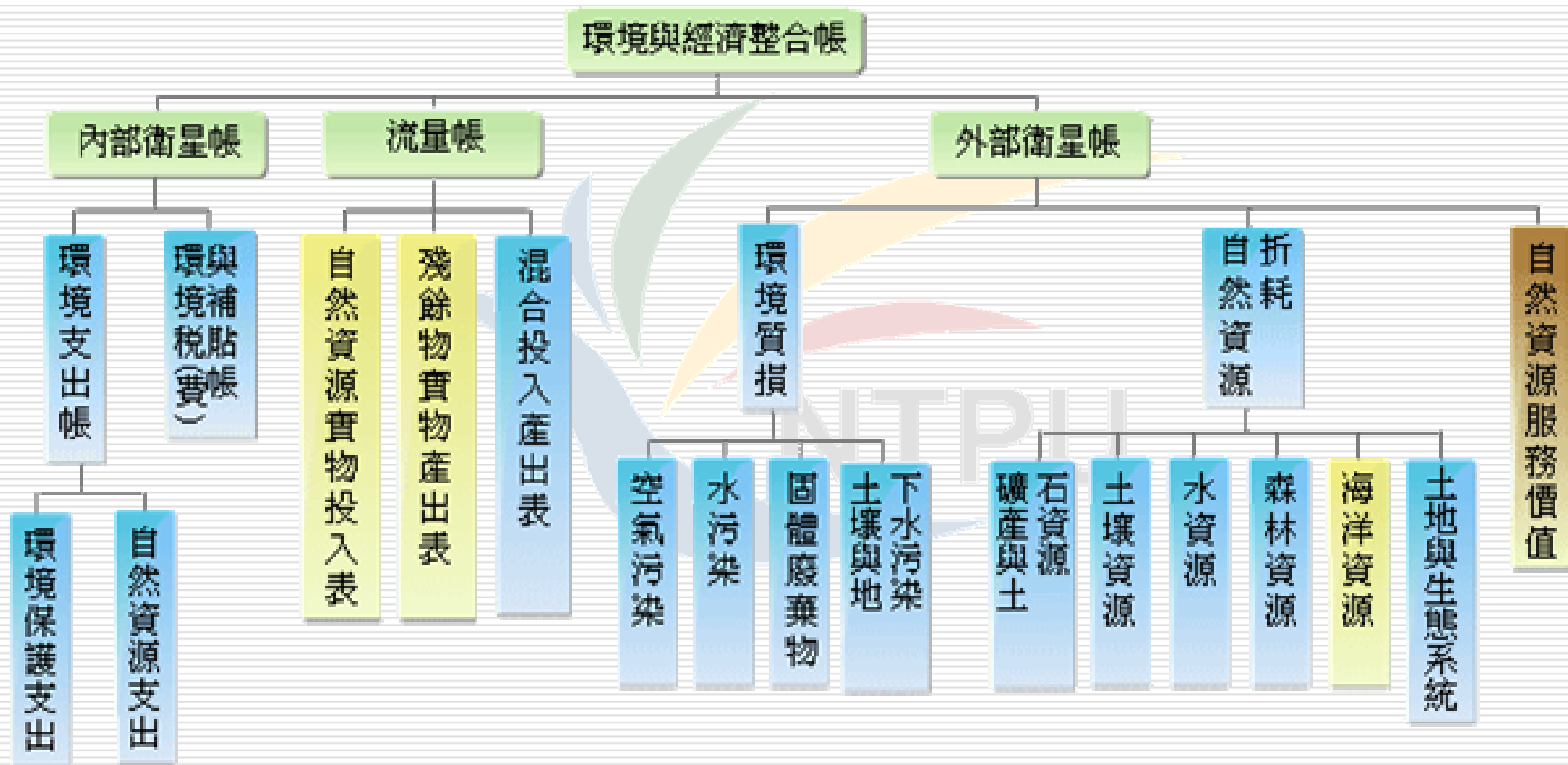
綠色國民所得帳表

- 環境污染：排放帳、品質帳、值損帳
- 自然資源：實物/貨幣資產帳、折耗帳

環境污染		自然資源	
帳別	內 涵	帳別	內 涵
排放帳	衡量殘留物的產生，及其透過經濟體排放到環境的過程，此污染來源資訊對環境資源管理很有幫助。	實物資產帳	瞭解各環境資源於會計期間之存量及其變動，且包括存量改變的各項影響因素，透過此彙整得以觀察其顯示的資源藏量是否下降，若下降，速度多快。
品質帳	瞭解各污染物相對環境之品質狀況。	貨幣資產帳	瞭解各資源於會計期間之存量及其變動之貨幣價值，以便掌握資源或環境資產經過一段時間後其經濟價值的改變，及提供服務的能力。
質損帳	瞭解生產和消費活動產生的污染對環境品質的衝擊。	折耗帳	瞭解各資源在生產和最終消費過程中的使用情況。

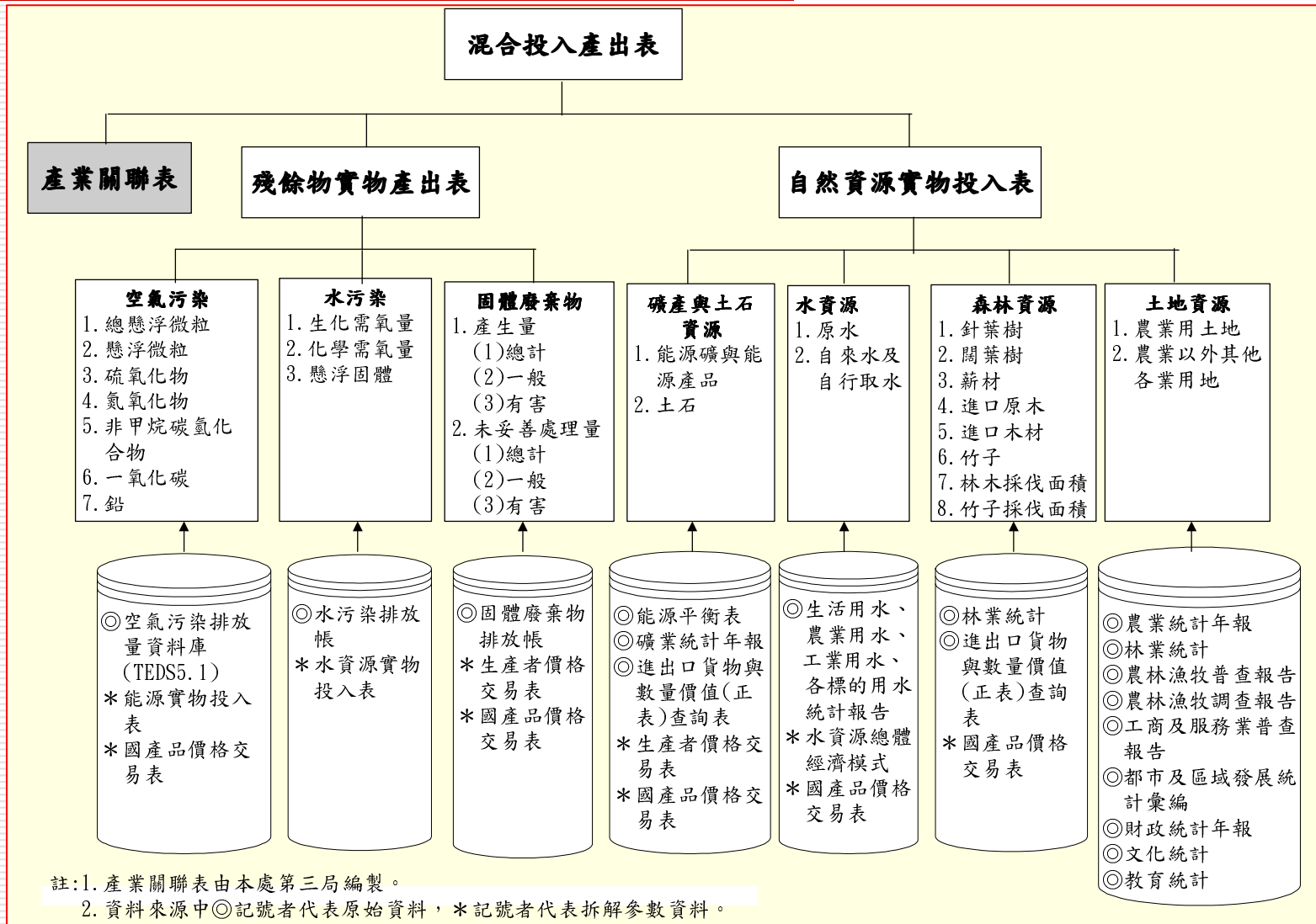
綠色國民所得帳編算架構

□ 環境與經濟整合帳：衛星帳＋流量帳

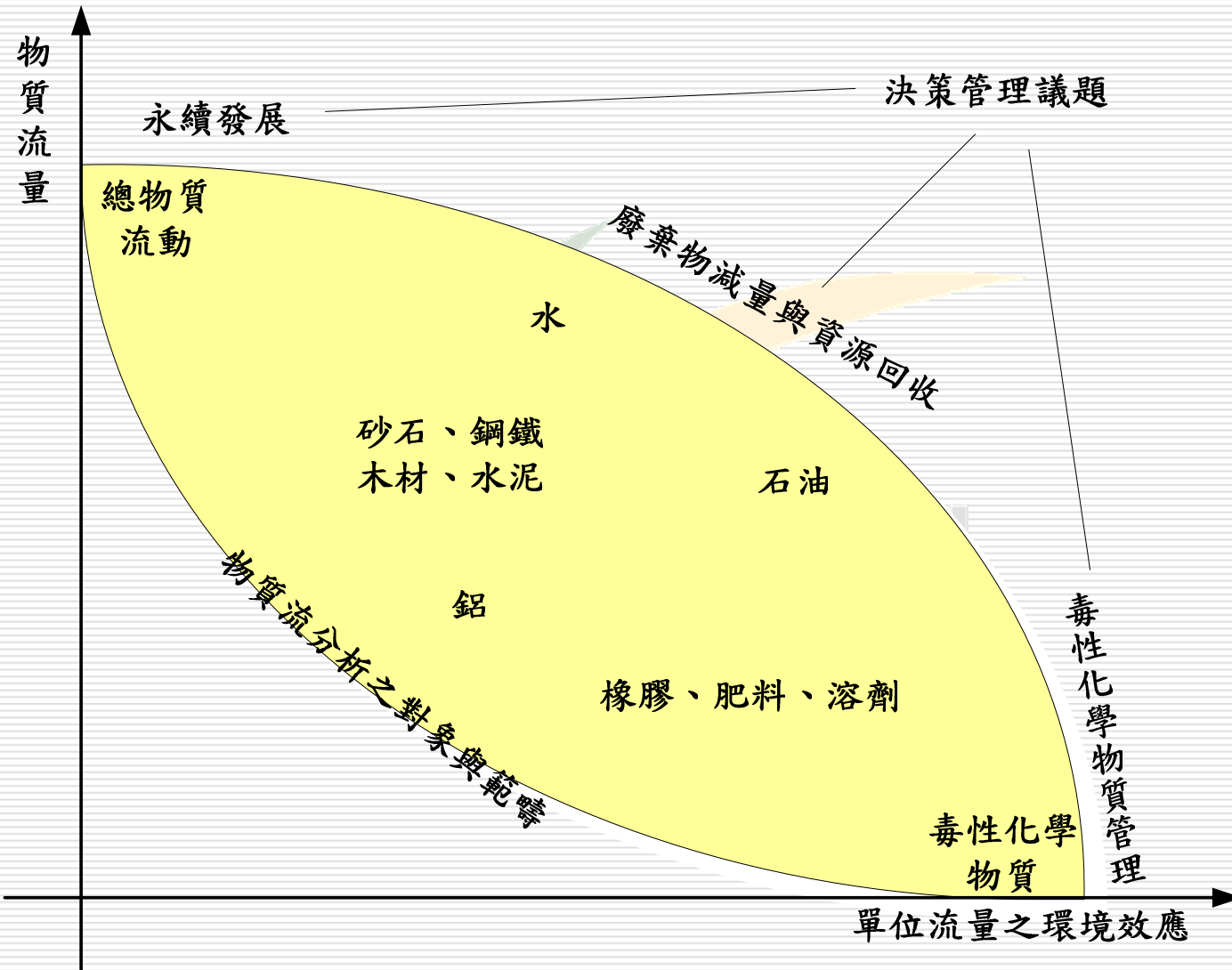


* 表示已編製或部份編製之帳表類別 * 表示已規劃尚未編製 (其中部份類別含現況之資料表) * 表示目前尚未規劃。

混合投入產出表編製架構、項目及資料來源



物質流分析之尺度與管理議題



物質流分析類別

□ 物質流分析

- 經濟體的總物質需求分析 (TMR)
- 塊材物質流分析 (Bulk-MFA)：
例如石油、塑膠、木材等塊材物質之流動分析
- 特定元素物質流分析 (Substance Flow Analysis, SFA)：
例如重金屬、氮化合物等元素或化合物之流動分析

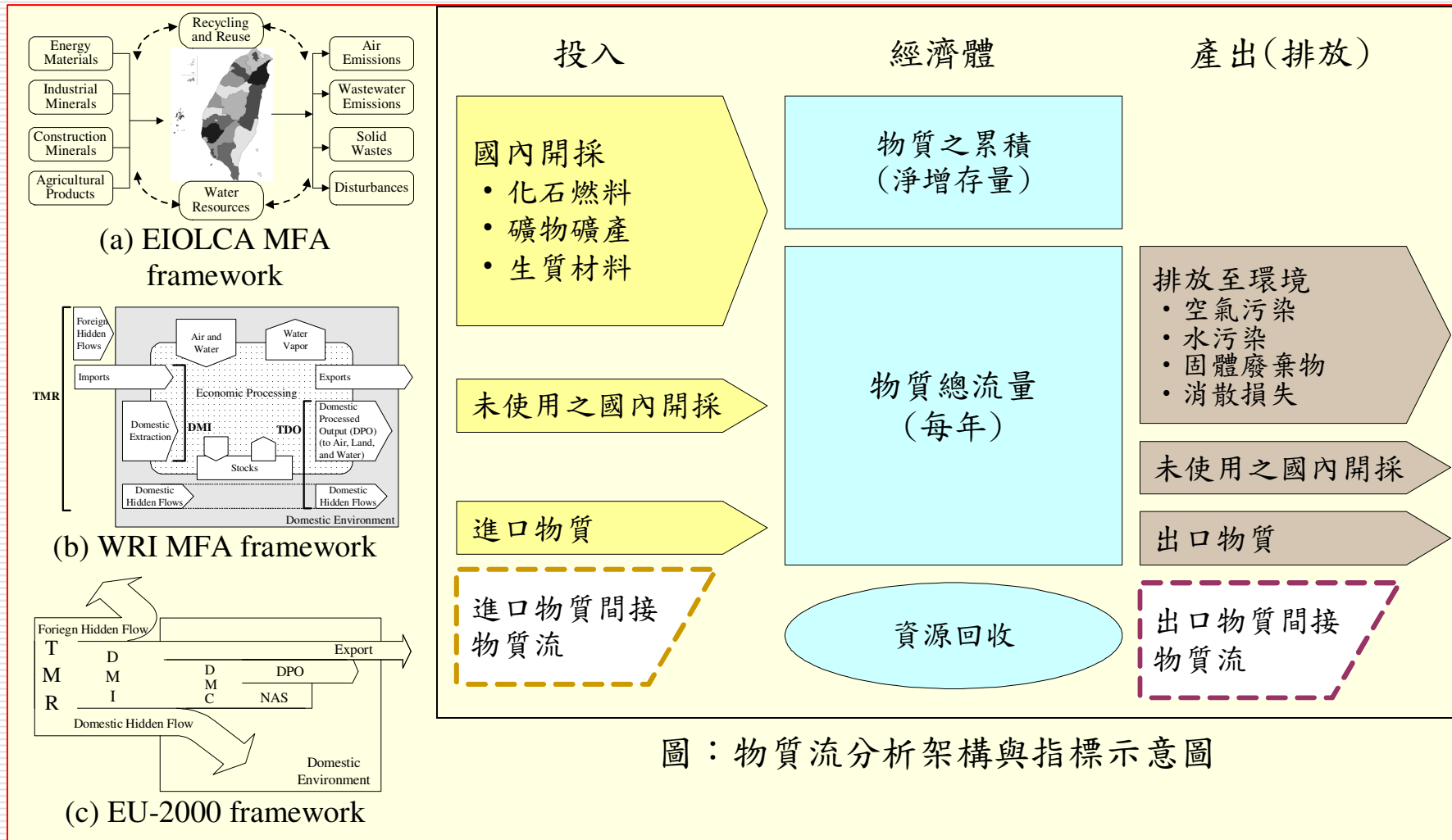
□ 對象與尺度

- 對象：特定物質 (substance)、塊材物質 (material) 或產品 (product)
- 尺度：廠商 (firm)、產業部門 (sector) 或經濟體 (economy)

□ 應用

- 永續發展策略
- 資源回收
- 毒性物質管理

TMR物質流分析架構與指標示意圖



總物質需求物質流分析內容

□ 物質分析項目：

- 能源物質（化石燃料）
- 金屬、工礦產品
- 建築材料
- 公共設施所用物質
- 農林（包括漁、牧）產品

□ 物質流向：

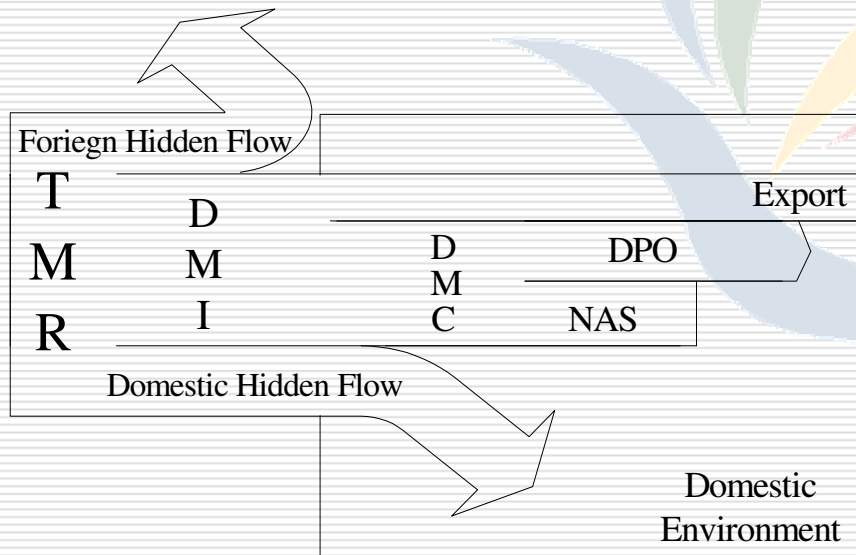
- 投入 (input)、產出 (output)、貿易 (trade)
- 非經濟用途之間接物質流 (indirect flows)

□ 涵蓋期程：

- 1986~2006年（部分資料已更新至2007年）

物質流分析指標

- 直接物質投入 (Direct Material Inputs, DMI)
- 國內物質消費 (Domestic Material Consumption, DMC)
- 國內製造產出 (Domestic Processed Output, DPO)
- 淨增存量 (Net Additions to Stocks, NAS)
- 物質總需求 (Total Material Requirement, TMR)



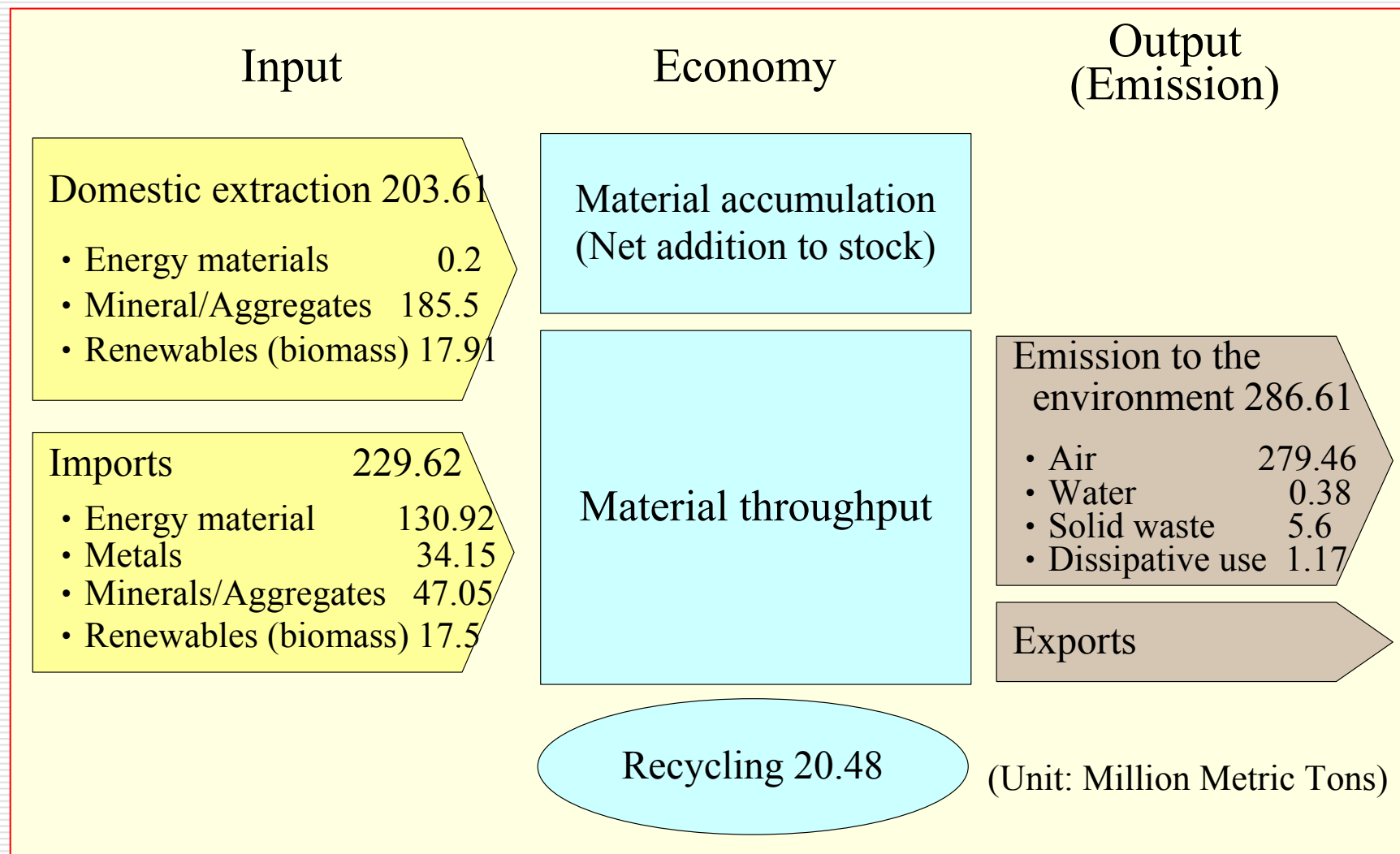
$$\text{DMI} = \{\text{Domestic Extraction}\} + \{\text{Imports}\}$$

$$\text{TMR} = [\text{DMI}] + \{\text{Indirect Flows}\}$$

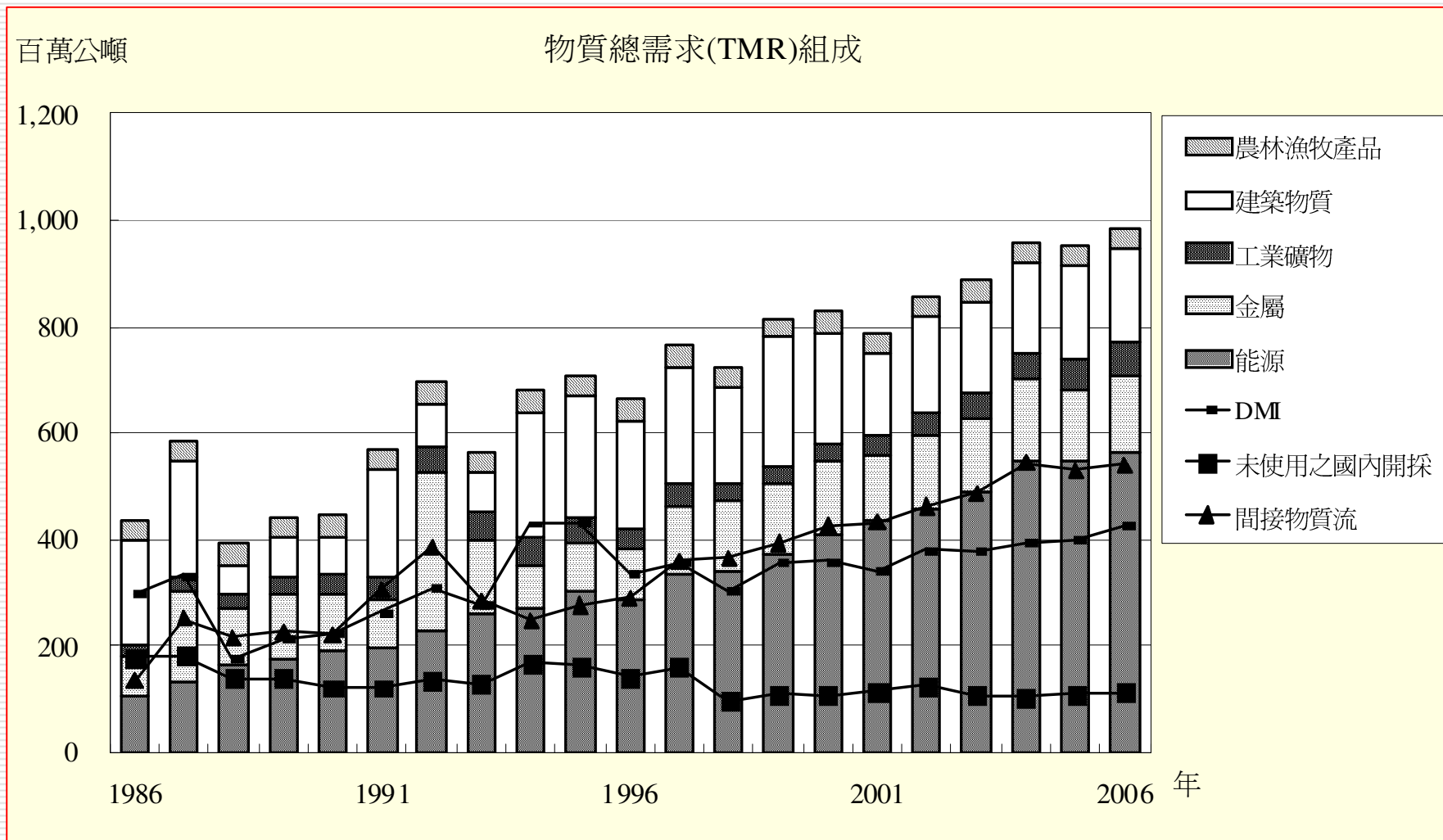
$$\text{DPO} = \{\text{Emissions to Air/Water and Waste}\}$$

$$\text{NAS} = [\text{DMI}] - \{\text{DPO}\} - \{\text{Exports}\}$$

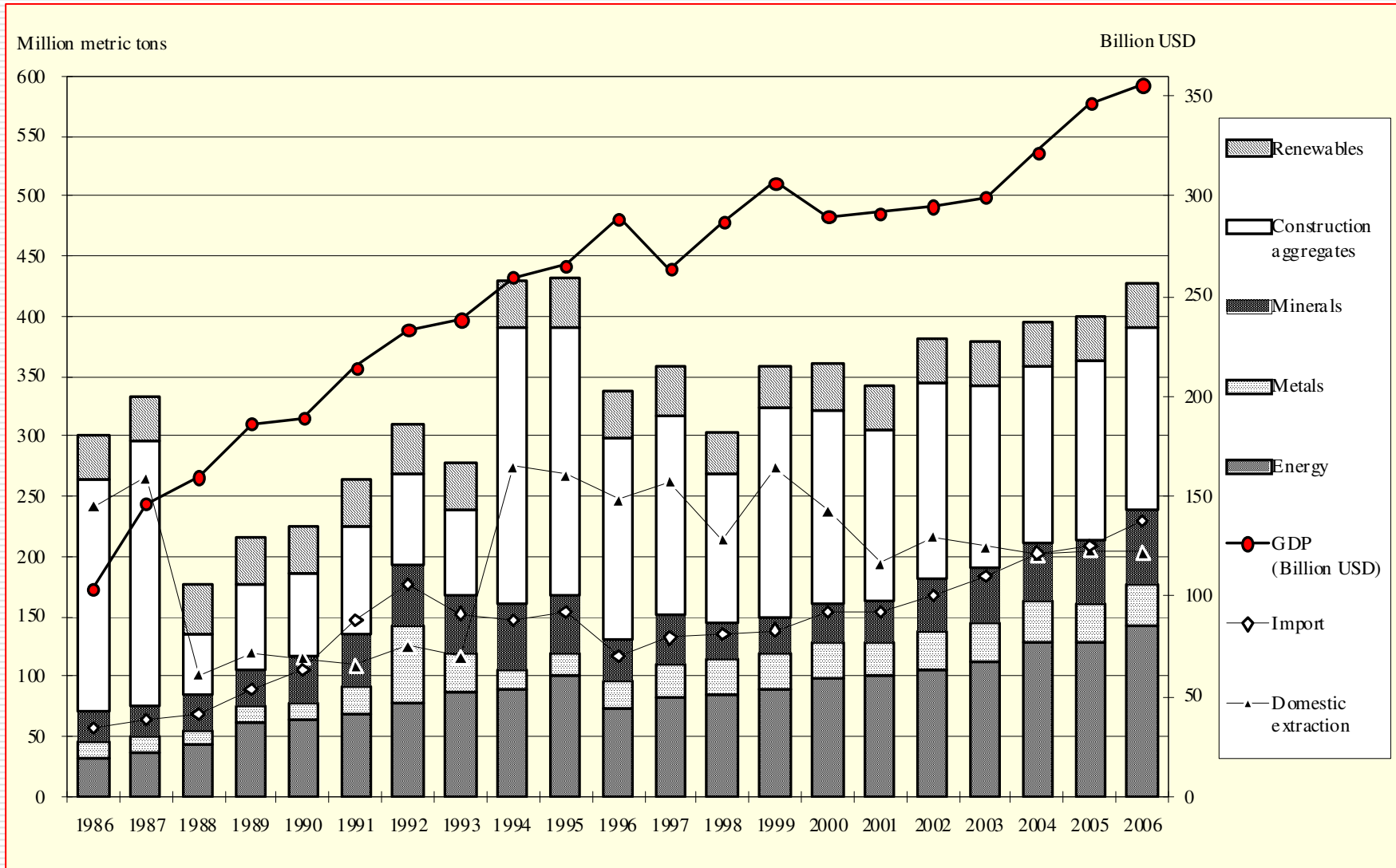
台灣地區2006年物質流平衡圖



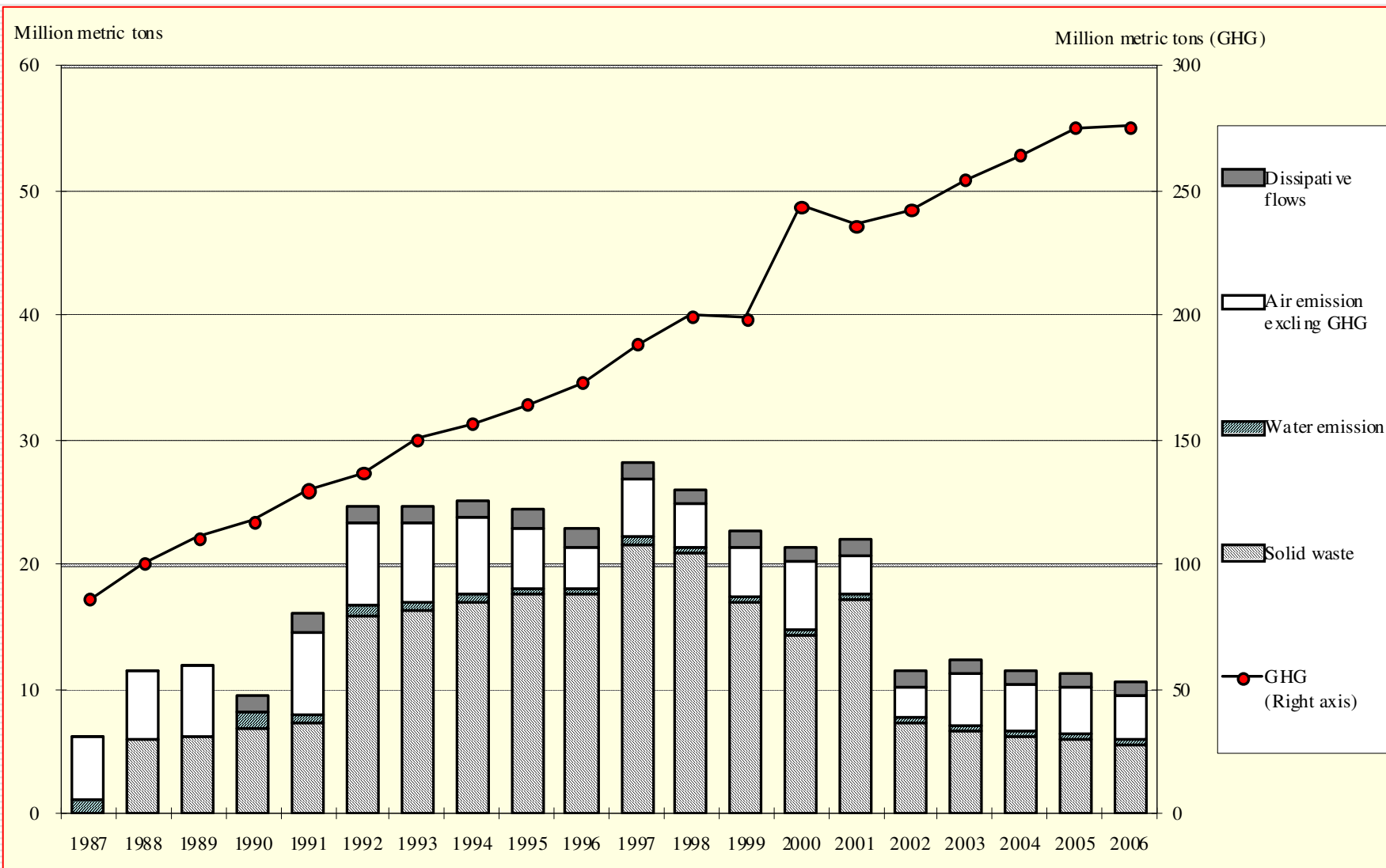
台灣地區總物質需求趨勢圖



直接物質輸入 (DMI) 之組成與變化趨勢



國內製造產出 (DPO) 之組成與變化趨勢

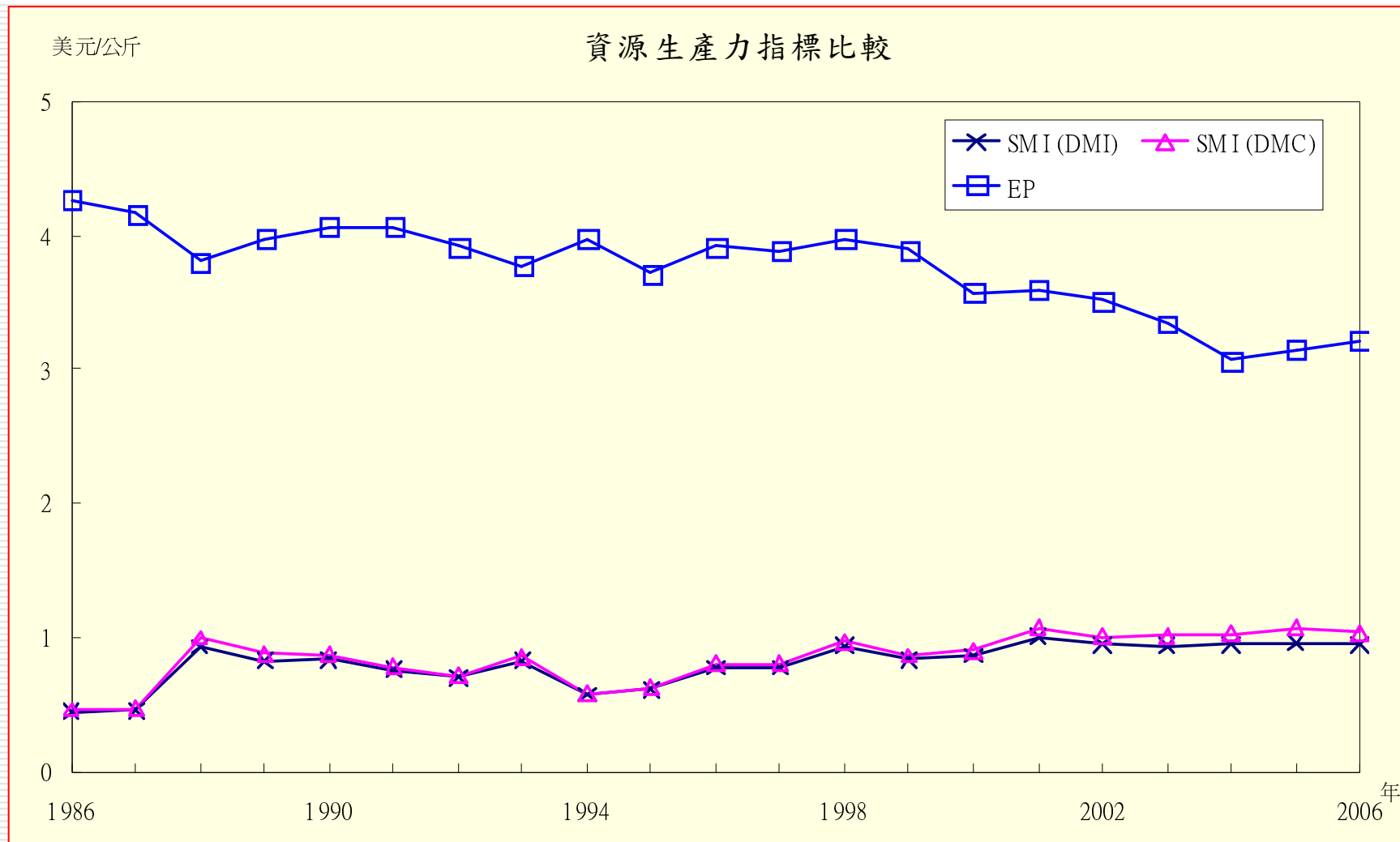


資源生產力之相關衡量指標

類別	項目	指標說明
使用強度	物質使用強度 (MIPS)	每單位服務或效用所需的物質投入
	能源密集度 (EI)	每單位服務或效用所需的能源物質投入
生產力	資源生產力 (SMI)	每單位物質投入所能創造的服務或效用
	能源生產力 (EP)	每單位能源投入所能創造的服務或效用

資料來源：廖本富 (2001)；經濟部能源局網站「環境指標」；本研究整理

台灣地區資源生產力估算結果



資源生產力指標分析

$$\log(\text{DMI}) = \alpha_i \cdot \log(\text{Population}) + \beta_i \cdot \log(\text{per capita GDP}) + \gamma_i \cdot \log(\text{DMI/GDP}) \quad (1)$$

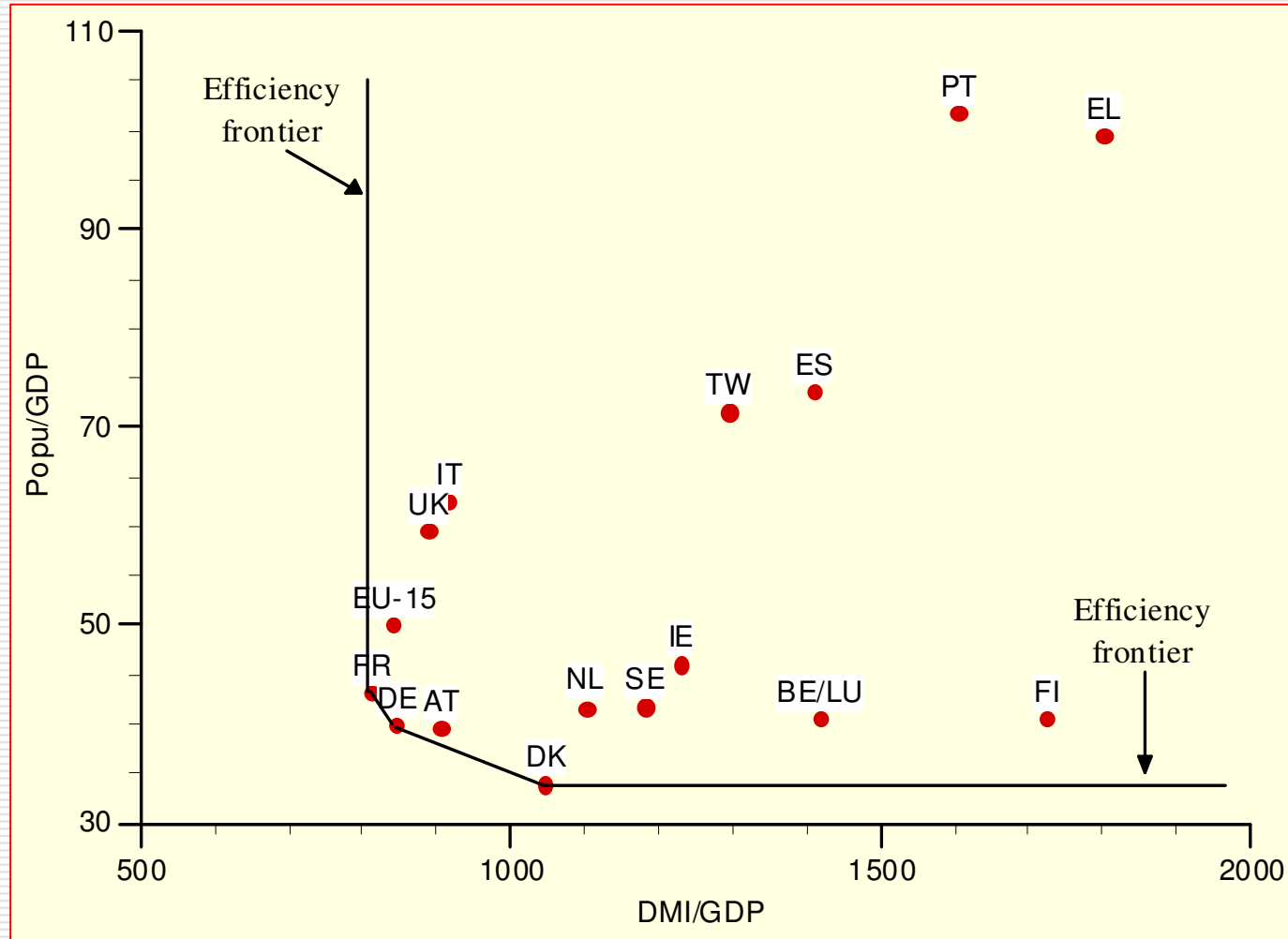
$$\log(\text{DPO}) = \alpha_o \cdot \log(\text{Population}) + \beta_o \cdot \log(\text{per capita GDP}) + \gamma_o \cdot \log(\text{DPO/GDP}) \quad (2)$$

資源生產力指標結合IPAT方程式迴歸結果

項目	迴歸模式 (1)	迴歸模式 (2)
環境衝擊	DMI	DPO
(R ²)	0.999	0.999
迴歸係數	0.185, 1.100, 0.880	0.134, 0.796, 0.169
顯著性	***, ***, ***	***, ***, ***

分析結果顯示財富（A，人均GDP）對環境衝擊（DMI及DPO）影響程度最高，即富裕程度越高，物質的需求量及廢物的產出量也越高。

資源生產力指標跨國比較



AT	奧地利
BE/LU	比利時/盧森堡
DE	丹麥
DK	德國
EL	希臘
ES	西班牙
FI	芬蘭
FR	法國
IE	愛爾蘭
IT	義大利
NL	荷蘭
PT	葡萄牙
SE	瑞典
TW	台灣
UK	英國

結論

- 台灣地區物質流分析資料庫：
更新修正至2006年(部分更新至2007年)
 - 2006年國內開採203.61 MMT，以營建砂石開採量最高；
 - 進口物質229.62 MMT，以能源物質(化石燃料)為最大宗
 - 污染產出約計286.61 MMT，以溫室氣體排放占最大量。
- 物質流分析指標變化趨勢
 - 直接物質輸入(DMI)主要隨著建築物質變化量而波動，直接物質輸入之能源及金屬物質主要依賴進口，建築物質則主要在國內開採。
 - 國內製造(污染)產出(DPO)之組成與變化趨勢方面，溫室氣體排放量明顯隨經濟成長而呈遞增趨勢
 - 傳統污染物之產出量則逐年減少，其中尤以固體廢棄物產出量之遞減趨勢最為明顯。

結論

- 資源生產力指標：
 - 資源生產力 (SMI)：0.4~1.0 USD/kg
 - 單位產值之物質投入量 (DMI/GDP)：1.2 kg/USD
 - 單位產值之污染產出量 (DPO/GDP)：0.8 kg/USD。
- IPAT方程式迴歸分析：
 - 人口 (P)、財富(A)、技術 (T) 對環境衝擊 (I) 之影響
 - 迴歸分析結果：PAT三項因素皆對環境衝擊產生正向的貢獻，其中又以**財富 (人均GDP)**對環境衝擊的影響最大。
- 資源生產力之效率前緣分析：
 - 應用**資料包絡分析法**比較**台灣與歐盟15國**的資源生產力
 - 結果發現：**法國、丹麥及德國**位於效率前緣上，表示該三國家的資源利用效率最佳
 - 台灣的資源利用效率為**62.69%**，如果要如參考國家之法國達到效率前緣，則最須**提高GDP達增加率59.51%**，亦即，**增加產值比設法減少資源投入來得重要。**