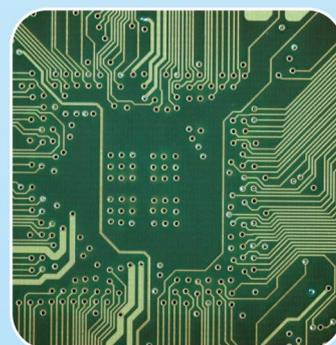


財團  
法人

中技社

# 永續資源管理政策白皮書

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation) 於 1959 年 10 月 12 日創設，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力為宗旨」。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年轉投資成立中鼎工程，承續工程業務；本社則回歸公益法人機制，朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更深的貢獻以及協助產業發展，對國內前瞻性與急迫性的能源、環境及經濟議題邀集國內外專家進行研究探討，為廣為周知，提供讀者參考，特發行此專題報告。

本專題報告係由本社與台大環工所馬鴻文教授團隊完成三年合作研究計畫後共同提出，由本社發行。馬鴻文教授為北卡羅萊納大學環境科學與工程學系博士，曾擔任美國研究三角研究院環境科學家，獲選為台大優良教師，及取得聯合國環境署生命週期評估計畫競賽銀牌獎，專研環境整合管理、物質流分析及生命週期評估、及決策分析等；鄒倫博士現任職於財團法人中技社環境技術發展中心主任。

**發行人：潘文炎**

**總編輯：馬鴻文、鄒倫**

**執行編輯：陳潔儀、邵功賢、洪明龍、陳必晟、趙家緯**

**發行者：財團法人中技社**

地址 / 106 台北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / [www.ctci.org.tw](http://www.ctci.org.tw)

ISBN:978-986-88170-5-0

# 目錄

---

摘要	1
第一章 推動國家永續資源管理的目的	3
第二章 邁向永續資源管理國家	9
第三章 推動永續資源管理的策略建議	23
第四章 結語	35
參考文獻	36
附錄 台灣資源的流動情形計算	39



# 摘要

面對資源的有限，以及因資源的使用引發物質和能量之流動所導致的環境問題，如何藉由物質及能量的有效管理，一方面讓資源循環再利用，一方面減輕環境衝擊，成為社會是否能邁向永續的關鍵。

傳統依據局限的視野與片段的生命階段所產生的管理策略，輕則缺乏效率，重則徒勞無功。在經濟與環境不斷上升的雙重壓力下，追求永續發展的環境管理思維，需要從廢棄物管理提升為資源管理。資源管理的思維，將環境管理的考量範圍擴大為整個經濟體，並將政府、產業以及消費者所關注的焦點從個別的產品、製程或物質，提升為整體物質流動的系統以及完整生命週期。永續資源管理便是立基於完整生命週期的視野與整合性的思維。國際組織，包括聯合國、G8、OECD、歐盟，以及許多國家，已將永續資源管理納為永續發展與國家發展的重要策略，作為維持甚至提升國家競爭力的憑藉。

永續資源管理是一個促進物質永續使用的方法，整合在物質的整個生命週期裏所有減少環境衝擊並保育自然資本的作為，同時考量經濟效率及社會公平。其政策的規劃原則包括1.自然資本保育；2.以生命週期觀點來設計及管理物質、產品及其製程；3.善用複合性政策工具來促進及強化經濟、環境及社會永續發展；4.促進社會多方共同參與、責任分擔與合作關係。

在此政策原則下，各國規劃永續資源的藍圖以追求資源效率的提升，以及經濟發展與資源耗用和環境衝擊的脫鉤，如美國的超越RCRA，日本的以3R促進循環型社會，以及荷蘭將總體經濟中物質流政策融入其現行環保政策，整合成一個完整的物質流政策體系；歐盟更積極規劃了達成所謂具資源效率的歐洲的路徑圖。

永續資源管理的推動，受到現行管理思維與制度的限制，有待突破，包括：1.經濟思維導向的決策過程；2.經濟指標的評估限制；3.跨部門的整合與合作；4.缺乏清楚而確實的資訊。

時值我國政府組織改造，逐步整合資源與環境管理的組織與職權，正是開啓永續資源管理新頁的時機。對我國推動永續資源管理的建議如下：

## 一、整合資源管理政策

(一) 以供應鏈串聯原物料政策、產品政策，以及廢棄物管理政策

(二) 運用多元的政策工具組合

## **二、促進社會多方共同參與、責任分擔與合作關係**

(一) 促進社會的對話機制

(二) 政府、企業以及民眾形成夥伴關係

(三) 篩選關鍵資源與對應部門，推動永續資源管理的示範計畫

## **三、建立永續資源管理指標與評估方法**

## **四、規劃永續資源管理資料庫**

## **五、發展亞太關鍵資源再生技術中心**

# 第一章 推動國家永續資源管理的 目的

資源是人類追求經濟成長所必需的養分，如石油、磷、稀土等物質。而資源的有限性及其使用所引發的環境影響，是國家推動永續發展必須正視的關鍵課題。因此為了能使「資源管理」與「永續發展」相結合，許多國家及國際組織已加快腳步將資源永續管理的概念及工具導入與永續發展相關的策略規劃。例如中國大陸的促進循環經濟、日本的建構循環型社會，這二者用語描繪了該理念的外在形象；而經濟合作開發組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)、聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Programme, UNEP)、歐盟及美國的推動「永續物質管理」或「永續資源管理」則直指管理的焦點便是要檢視與調節物質與能量的流動。永續資源管理的著眼點正是在於：面對窘迫的資能源侷限，以及因資能源的使用引發物質和能量之流動所導致的環境問題，如何藉由物質及能量(本文以下將物質與能源統稱為資源)的有效管理，一方面讓資源循環再利用，一方面減輕環境衝擊，成為社會是否能邁向永續的關鍵。

本章簡述推動國家永續資源管理的重要性，包括：第一節介紹永續資源管理的定義及內涵；第二節說明永續資源管理在因應未來嚴峻的挑戰上所扮演的關鍵地位；以及第三節根據國際管理趨勢說明永續資源管理的政策目標與原則。

## 一、什麼是永續資源管理

回顧環境管理的發展，早期各國政府均以廢棄物管理作為管理物質對環境影響最主要的方法；制定了許多規範以管理物質廢棄後的處理，目標為減少廢棄物的產生和確保廢棄物的妥善處理與處置，以減輕廢棄物對於環境與生活品質的影響。將政策方向訂於針對廢棄物產量與衝擊最小化的管理思維，較著重於廢棄產品和廢棄物質的管制，亦即，政策視角較為局限於物質生命史中的某一段生命階段。但，實際上，物質的生命史尚包含了資源投入、生產、消費等其他階段；而且這些階段互為影響。有效的管理策略須立基於完整生命週期的視野與整合性的思維。依據局限的視野與片段的生命階段所產生的管理策略，輕則缺乏效率，重則徒勞無功。在經濟與環境不斷上升的雙重壓力下，追求永續發展的環境管理思維，需要從廢棄物管理提升為物質管理或資源管理。資源管理的思維，將環境管理的考量範圍擴大為整個經濟體，並將政府、產業以及消費者所關注的焦點從個別的產品、製程或物質，提升為整體物質流動的系統以及完整生命週期。

依此思維，OECD 提出了永續物質管理(Sustainable Materials Management, SMM) 的理念，並於 2005 年成立永續物質管理的工作領域，積極與各國合作，展開資源管理的全新里程。永續物質管理的定義如下<sup>1</sup>：

“Sustainable Materials Management is an approach to promote sustainable materials use, integrating actions targeted at reducing negative environmental impacts and preserving natural capital throughout the life-cycle of materials, taking into account economic efficiency and social equity.”

永續物質管理是一個促進物質永續使用的方法；整合在物質的整個生命週期裏所有減少環境衝擊並保育自然資本的作為，同時考量經濟效率及社會公平。

OECD 永續物質管理的定義強調以下的三個重點：

- (一) 實施的目標在於減少環境衝擊並強化自然資源的保育。消極而言，確保環境衝擊的限度；積極而言，鞏固、保育並經營自然資本。
- (二) 善加利用生命週期的概念來進行評估。考量整體物質生命週期的管理策略是永續物質管理的核心觀念與方法。
- (三) 平衡考量環境保護、經濟效益及社會公平三者。永續物質管理的目的是國家社會整體的永續發展；因此除了環境保護，也須兼顧經濟與社會的永續準則。

相似於 OECD 廢棄物預防及減量工作小組(後更名為資源生產力及廢棄物議題工作組)所提出之定義，許多國家更為具體的陳明其永續資源管理的理念<sup>2,3</sup>。例如，日本朝向循環型社會發展，在 3R (reduce, reuse, recycle)策略下，以促進物質生命週期循環為原則進行廢棄物減量、再使用及資源化再利用；荷蘭則強調物質供應鏈的管理方式，將環境政策導向於供應鏈上最具效果與效益的環節；芬蘭著重於生態效益，以較少的物料投入與環境影響，產生較大的產品價值及服務；而瑞士的資源管理與 OECD 的工作定義幾無二致，考慮完整的生命週期，包含原料的取得、生產、使用及處置，並將生態、經濟及社會面向納入考量。其餘對於永續物質管理雖無特別定義的國家，通常在其環境政策之中已納入了廢棄物、物質材料和產品、消費、污染防治及能源等元素，並將資源管理融入環境保護等議題進行整合管理。因此，永續資源管理作為追求永續發展的重要方向，已漸成國際共識。正如，歐盟在其「2020 年的成長戰略」中規劃了七大項倡議，追求資源效率便明定為其中之一，成為歐洲各國制定政策的優先及關鍵領域。

永續資源管理涵蓋的自然資源包括以下四類：

- (一) 再生及不可再生物質資源
- (二) 環境介質(空氣、水、土壤)
- (三) 流動性資源(如地熱、風、潮汐、太陽能)

(四) 生物多樣性。

不同類型之資源，其彼此關聯、互為影響，自無疑義。而物質資源，係指取自於自然而尚未加工的純物質或混合物，如金屬與非金屬礦物，因其直接進入經濟系統的生產消費供應鏈，成為本文的探討重點。

## 二、永續資源管理在因應未來挑戰之關鍵地位

氣候變遷、環境品質、能源安全，和經濟發展等各樣議題的背後，具有一共通的性質，均關係到人類如何利用資源。我們如何使用資源會對環境、經濟產生根本的影響。以下例示資源之不當使用可能會導致的問題：

- (一) 溫室氣體排放與氣候變遷(如全球暖化與極端氣候)
- (二) 糧食供應危機(如磷資源浪費與再生性的限制)
- (三) 資源爭奪與重分配(如對化石燃料高度依賴、中東戰爭與能源危機)
- (四) 環境污染(如水、土及空氣污染及環境品質惡化)
- (五) 物價與通貨膨脹(如原物料漲價，生活品質降低)
- (六) 自然資源消耗(如礦藏開採與資源耗竭及稀土爭奪)

2009 年自然期刊(Nature)<sup>4</sup> 刊載 28 位傑出科學家的研究，在地球九大類承載的邊界條件項目中，有三類已然超限，地球所受的壓力已經到了臨界點。我們雖然知道資源的使用是種種環境壓力的根源，資源的耗用仍然持續快速增加。據生態足跡網路<sup>5</sup>(Global Footprint Network)的估計，到 2020 年，世界的生態足跡將達 1.5 個地球；到 2050 年將超過 2 個地球；所造成的資源耗竭與環境衝擊，地球將無法承載。從台灣的產品消費量，亦可見一斑。例如從 1995 年到 2010 年期間，手機增加了 39 倍；家用電腦增加了 3~7 倍；家用電器增加了 70~180%；車輛也有 10~20%的成長。可以發現，我們現行物質使用的模式對於整體自然環境、經濟與人類的的生活影響非常深遠，但卻為不永續的型態。1992 年的地球高峰會上，國際領袖共同宣告：「造成全球環境持續惡化的主因是持續增加的物質生產、消費與廢棄。」先進國家已經看見：除非經濟成長能與資源之耗用及廢棄物之產生絕對脫鉤，否則環境壓力將愈來愈沉重。世界企業永續發展協會(WBCSD)估計，在 2050 年之前，世界資源效率必須增加 4 到 10 倍<sup>5</sup>。

從因應地球的限度而言，國際資源小組指出若能針對農產品、化石燃料與石化產品、鋼鐵與鋁等物質提出管理策略，便可同時降低生物多樣性、氣候變遷、人體健康等各項衝擊<sup>6</sup>(IRP, 2010)。從經濟面而言，若放任全球資源需求持續增長，則於 2030 年時，全球每年需投注三兆美金於資本建設上，方能滿足全球資源需求，遠高於今日的投資額度。因此其建議全球應盡速提升資源生產力，以降低未來財政上的壓力<sup>7</sup>。(MGI, 2011)

各國政府都認為永續的資源使用是一長期的努力目標，有許多的困難必須一一克服；同時由於永續資源管理帶來系統變革、技術升級、開展綠色產業，以及促進綠領就業機會，各國亦將永續資源管理視為維持甚至提升國家競爭力並促進經濟體轉型的重要憑藉。

今日許多組織已納入健全的生命週期管理方式來使用與管理物質，並發展各種方法來改善過去認為難以做到的物質管理方式。例如日產公司目前生產的車輛已有 95.2%的物質進行再利用，並且更將再利用的目標定為 100% (台灣的车辆物質再利用率，尚不到 80%)。透過物質使用方式的改善，這些組織一方面持續創造利潤，一方面找出能夠顯著減輕環境衝擊的生產方式。這些企業的努力能具體落實資源效率的提升，促進國家整體的競爭力與永續性<sup>8</sup>。然而，這些各自分散的效益需要凝聚與整合；產業界的努力需要中央政府與地方政府扮演更為主導、整合與積極的角色，有系統性地促進各部門一同合作，使得資源的使用能更有效率，環境的衝擊降至最低，並確保國家及產業的永續發展。這是無悔方針，需要更廣範地討論與對話，以建構健全有效的資源管理體系。

### 三、永續資源管理的政策目標與原則

隨著廢棄物政策及研究的成熟，許多國家發現廢棄物政策並不能夠有效地預防物質於經濟系統中的流布所造成的問題。相較於廢棄物管理的模式，永續資源管理從物質管理的角度來呼應永續發展。管理的策略，從傳統的廢棄物處理、環境品質管理，進一步擴大為涵蓋經濟系統、供給需求活動，以及產業、社會型態等較為前瞻且全方位的管理思維。永續資源管理政策的主要目標，是讓各個部門(政府、企業、消費者)，將過去較為片段或單一產品的思維，提昇為思考物質在其整個生命週期系統中的流布問題。

面對如此複雜的問題，政府需要建立明確的整合性的政策目標以及策略推動的原則來因應，發展具有效率、成本合理且社會接受的方案。

#### (一) 政策目標<sup>1</sup>

1. 確保資源的永續利用(保育)
2. 減低經濟成長與環境衝擊間之連結(脫鉤與減量)
3. 促進物質壽命及附加價值之延續(再利用與回收)
4. 預防污染及廢棄物妥善處理(傳統廢棄物管理)
5. 減少物質對健康及環境所造成的負面衝擊 (減低負面環境衝擊)
6. 於整個生命週期將廢棄物及有害性物質的產量最小化(生命週期方法的施行)

#### (二) 政策原則<sup>1</sup>

## 1.自然資本保育

自然資本是資源的來源，永續資源管理的策略首重以自然資本的保育來促進永續發展。自然資本由天然資源礦藏（礦產和金屬礦石、能源化石燃料、土壤、水和生物資源）、土地、大氣和生態系統所組成。其推動策略包括增加資源生產率、減少物質用量和循環利用物質，使自然資本的消耗最小化。策略上可結合既有的科技、市場和管理措施來保育。爲了要能釐清相關的施政措施對於環境生態系統的影響，可利用系統性物質流分析以及環境衝擊評估等工具。自然資本保育相關的策略有：

- (1) 改善物質流與環境衝擊的資訊
- (2) 增加資源生產力與資源效率
- (3) 透過再利用與回收來減少天然資源開發
- (4) 發展生態創新科技(eco-innovation)

## 2.以生命週期觀點來設計及管理物質、產品及其製程

對於資源的使用及規畫，也是永續資源管理的重要策略。要盡可能提高對環境友善的資源使用方式的優先權，而對於環境有負面衝擊的措施要盡可能減少。考量整體生命週期以發展良好的產品設計，管理資源的供應安全與永續性。同時有社會與經濟體的多方參與及決策以發展跨生命週期的策略。以下爲三個主要的重點考量：

### (1) 去毒化

去毒化是指去除對人類健康和環境有害或者難以適當管理的化學物質。去毒化的手段包括綠色/永續化學，包含化學替代程序。

### (2) 去物質化

去物質化是指在不影響物質所能提供的功能及服務的前提下，選擇具有較高資源效率的應用方式，以減少資源的投入。去物質化的手段包括材質替代以及透過提供服務的方式來取代產品生產的經濟模式。

### (3) 爲有價再利用之設計

爲有價再利用之設計(Design for Value Recovery)是指確保產品和物質設計爲可回收再利用、再循環，並確立有效的回收運作模式(逆向物流)。透過產品相關政策，如延長生產者責任、搖籃到搖籃設計等，能強化資源有效地循環利用。

## 3.善用複合性政策工具來促進及強化永續經濟、環境及社會發展

爲了導向更爲永續的資源管理模式，有許多的策略與政策工具可供使用，例如制定法規、經濟誘因、貿易與創新政策、資訊共享及自願的夥伴關係等。然而單一的政策工具無法面面俱到，需要多方政策多面向的協調整合方能奏效。

#### 4. 促進社會多方共同參與、責任分擔與合作關係

資源的流動與使用跨越了整個生命週期，且會影響到各階段的參與者(生產者、消費者、回收者、管理者)，牽涉到複雜的組織目標、價值系統與地域特性的交互關係。爲求達成共識，需有多方關係人足夠的參與及合作，公開且透明的資訊共享，促進社會的對話機制。

## 第二章 邁向永續資源管理國家

本章整理永續資源管理在國際上的經驗及發展方向，回顧國內的相關政策，並且探討實施永續資源管理可能面臨主要的障礙和阻力。以下的內容，分為三個部份。第一節：在國際永續資源管理發展的經驗中，首先說明兩個國際組織 OECD 及歐盟對於永續資源管理相關議題的主要策略；其次介紹美國、日本、荷蘭三個在永續資源管理上具代表性的國家。第二節：回顧我國與資源使用與管理相關的國家政策或法令，並且嘗試以生命週期的觀點來討論物質或資源與各部會之法令與政策之間的關係。第三節：回顧國際推行永續資源管理時所遭遇到的主要障礙。

### 一、國際永續資源管理發展經驗

#### (一) 經濟合作與發展組織<sup>2,8-12</sup>

OECD 為推動永續物質管理，自 2005 年成立專屬工作領域之後，陸續舉辦研討會及工作組會議，集合會員國、非成員國、非政府組織、產業代表及研究學者等，交流物質管理相關經驗、分享技術及方法，確認工作範疇、訂定政策，檢視各會員國內執行 SMM 之成果。從 2008 年 OECD 對 16 個會員國調查可知，對多數國家來說，推動永續資源管理的因素，以環境與經濟二者最為重要，而且經濟因素(含國際競爭)和環境因素的影響比重相當；環境因素主要為降低溫室氣體排放等環境負荷；經濟因素主要包括自然資源及原物料可取得性、成本，以及綠色產品市場的發展等。

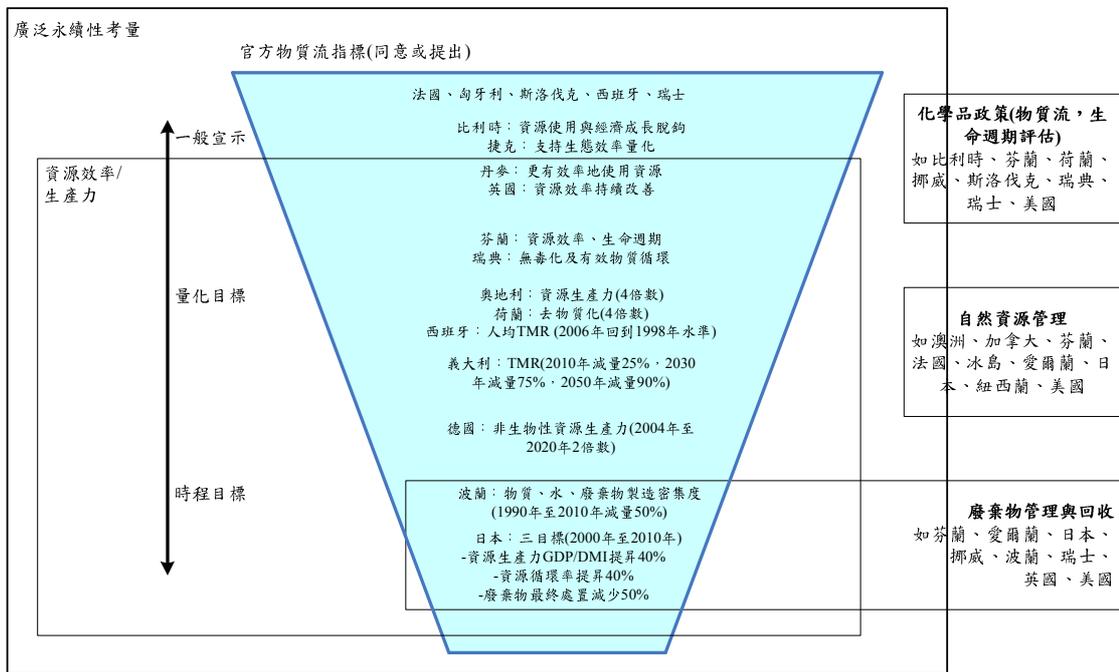
OECD 在 2006 年針對與 SMM 密切相關的永續消費(sustainable consumption)計劃，提出發展策略，內容包括明確的目標、與目標相呼應的指標、整合性的決策、利益相關者的參與、與地方發展特色的連結、有效率的監測及評估系統等；並指出捷克共和國、法國、英國和韓國等國家的國家永續發展策略領先其他國家。這些國家的政府強有力地將永續發展與國家發展策略產生連結，獲得更高層級的政策承諾，有助於調和政府各部門的協力合作。雖然國家的永續消費行為涉及能源、交通、農業、工業等問題，但在 OECD 國家中，其規劃與管理行政責任屬於環境部門，透過嚴謹規劃的跨部門國家永續發展策略促進各部門的協調與責任分擔。

OECD 推動管理策略的主要訴求為資源生產力的提升。其會員國所採用管理措施主要包括：政府優先採購綠色產品、運用產品環保標章影響消費者行為並提供生產者經濟誘因而改善其產品設計與製造、延長生產者責任使廢棄物處理的責任以強制或自願的方式由生產者來負擔等。少部分國家對於原料或產品課稅來達成物質減量的目標。例如美國與澳洲對於進口 CFCs 等破壞臭氧層物質的原料進口課稅，丹麥和比利時則對於產品包裝課稅，挪威對於使用無法再填

充之容器收取費用，瑞典對進口鋁罐課稅等。目前 OECD 已有許多國家將物質流指標與政策宣示或具體目標相結合(如圖 2.1)。這些政策均對應於調節物質在生態、工業與社會三個系統流動的三類政策: 自然資源政策、產品生命週期政策、廢棄物管理政策(如圖 2.2)。

(二) 歐盟<sup>13, 14</sup>

資源使用效率對於歐盟有著非常高的重要性。提高資源效率被歐盟列為 2020 年永續發展策略的七大重點方向之一，帶領歐盟踏上轉型大道，並規劃了達成所謂具資源效率的歐洲的路徑圖(Roadmap to a Resource Efficient Europe)，標出四大策略方向:



來源：OECD

圖 2.1、OECD各國物質流指標與政策宣示或具體目標結合<sup>9</sup>

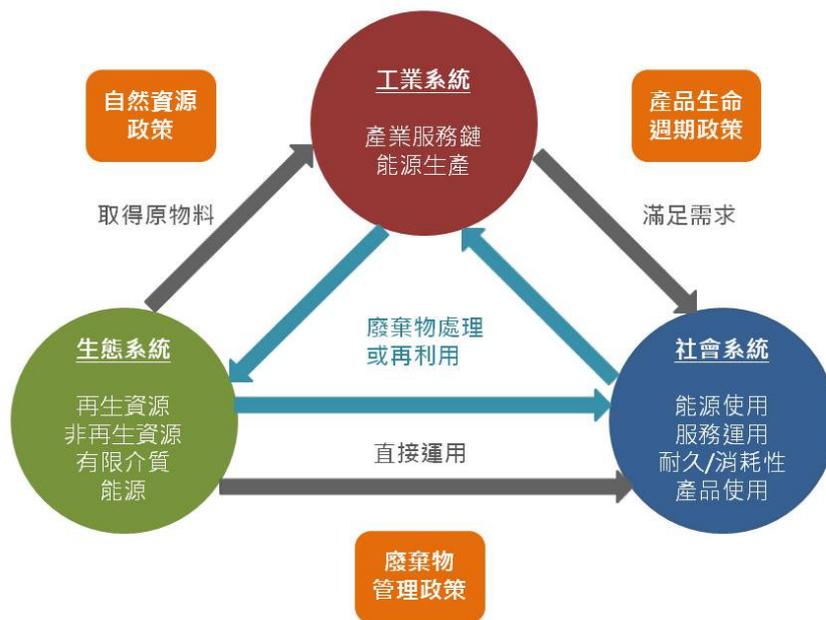


圖 2.2、OECD 永續資源管理政策架構<sup>11,15</sup>

### 1. 追求永續消費與生產

一方面提供正確資訊、營造市場誘因並建立新的企業營運模式，藉以改變公私部門的消費行爲；一方面鼓勵提升生產效率、綠色生產、促進產業共生，藉以達成物質化與去毒化，將經濟發展與環境影響、資源消耗脫鉤。

### 2. 強調廢棄物資源化

透過政策工具的組合建立循環經濟系統，例如考量生命週期的生產設計、產品價值鏈各相關單位的合作、鼓勵廢棄物預防與回收的法規與誘因，以及對高品質回收設備的公共投資等。

### 3. 支持研究創新

政府與產業界合作，促進研究創新，以增進對資源之使用與影響的瞭解及管理，提升資源效率。建立一致的評估方法、指標與知識庫，用以評估各項政策對資源效率的影響。

### 4. 移除有害的補貼政策、反映正確的資源價格

淘汰對環境有害或影響資源效率的補貼政策。建立反映物質正確價值的價格；並利用政策工具矯正未能正確反映的價值與成本。

歐洲環境署爲了瞭解其 31 個成員國對於資源管理議題的意見與認知程度，永續消費與生產工作組便調查各成員國所使用的資源管理政策與工具，並

收集、分析以及分享相關的資訊至歐盟各國。調查發現，關於政府政策及行動方案的型態，少數國家(奧地利、德國和比利時法蘭德斯地區)對資源效率有專門的策略性政策文件；多數國家則將資源效率納為經濟策略或執行計劃的一部分。最常見的是國家永續發展策略、國家環境策略和執行計劃，其次是永續消費與生產執行計畫、原物料策略和計畫、氣候變遷策略和計畫，以及經濟改革方案。特別的是，約有五個國家從傳統典型的環境政策(以獨立的方式個別規劃能源效率、水、廢棄物等政策)，轉變成整合性的資源效率政策，同時有些國家著重於全面性綠色經濟(Green economy)，而非僅關注某些特定的資源種類。

就區分為部門來看，最為強調資源效率政策的乃為能源和廢棄物管理部門。能源部分包括能源供應、能源效率、使用可再生能源和氣候變遷課題；廢棄物部分包括廢棄物管理、回收、再生等。至於其他部門，政府對建築、水、林業和交通等事業進行補助時(主要為綠色採購)，以及鼓勵礦業、農業、工業和漁業的技術創新時，亦關注資源效率。

就策略目標而言，歐盟受訪各國認為較重要的管理標的為能源與廢棄物，其次是礦產資源及水資源，而後為森林保育、生物多樣性、生物質與再生能源。各國所設定關於資源效率的策略目標，通常聚焦於確保更有效的使用自然資源、物質和能源、增加廢棄物的回收、改善再生能源在整個能源使用中的比例、減少隨經濟成長產生的廢棄物、減少水資源的使用、永續森林的管理和控制生物多樣性的減少。

有六個國家對資源的使用量甚至提出絕對數量的策略目標。同時，許多國家在促進資源使用效率的政策中都有關於永續消費與生產的策略目標，顯示他們認為資源效率與整體經濟系統生產消費的挑戰關係密切。關於消費領域對環境的顯著影響，一些國家特別提出在生活上各類消費的具體目標。例如，食(如有機農業的土地比例)、住(主要考慮建築上的能源效率、設備及用電量)、行(如在運輸上生質燃料的使用和車輛的燃燒效率標準)。

### (三) 美國<sup>16,17</sup>

美國自 2001 年起，便針對資源保育與復育法案(Resource Conservation and Recovery Act)進行檢討，跳脫原有制度與法規的限制，型塑 2020 年的計劃願景，提出了超越資源保育與復育法案(Beyond RCRA)，將管理焦點從傳統的廢棄物管理，轉向資源管理。

超越資源保育與復育法案的報告，指出規劃管理策略時需要正視的六大面向：(1)由於經濟活動對自然資源的大量需求，所造成資源供給上的壓力與環境負荷，已超過地球承載限度，顯示出資源永續利用的重要性；(2)推陳出新的化學物質所造成的環境與健康風險，需要有完整生命週期的評估與管理；(3)在生產技術不斷創新下，廢棄物的質與量會隨之改變，需有與時俱進的廢棄物管理策略以提升物質使用效率；(4)資訊的普及，應加以善用並製造誘因與機制，促

使產業與消費者能根據市場資訊協力改善環境相關決策；(5)全球化的經濟活動，包括許多國際間貿易造成的物質流動、危害風險，使廢棄物與資源管理必須有全球的視野；(6)未來人民對環境決策將有更多直接與間接的影響力，在重要環境與經濟議題上，應增進民眾參與及對話的機會。

考量此六大面向，美國環保署根據圖 2.2 的政策架構，以 2020 年為目標年，訂定三大目標：資源永續利用、健康與生態危害的預防、廢棄物管理；並在 2009 年規劃出永續物質管理的藍圖。首先建構了一分析架構，考量物質供應鏈的完整生命週期，評估各類物質、產品以及服務在各種環境衝擊、能源使用、水資源使用、物質使用和廢棄物產生等面向的影響程度。其中包含了 480 種物質、產品與服務；分析結果以營建材料、食物、森林產品、金屬、紡織品、不可再生的有機物(如煤及石油產品)等較為重要，成為管理與示範計畫的優先對象。其次該藍圖建議環保署與州政府在以下三大路線上應立即行動：

#### 1. 推動以生命週期方法管理物質與產品

- (1) 選擇優先的物質或產品，啟動整合管理完整生命週期的示範計畫
- (2) 將現行環境管理方法的焦點進一步擴大為涵蓋整個生命週期
- (3) 特別凸顯出有助於因應氣候變遷的物質管理方法
- (4) 鼓勵綠色產品以及從實體產品轉換為服務功能為主的制度
- (5) 強化市場資訊以反映並進而降低物質在其生命週期中對環境的衝擊

#### 2. 培養物質管理能力並整合現有政府計畫

- (1) 建立以物質管理為目的的資料庫
- (2) 強化生命週期物質管理的決策工具
- (3) 增加支持與推動物質管理所需的研發計畫
- (4) 在環保署與州政府的法規發展或管理計畫等程序中強調物質管理的重要性
- (5) 鼓勵各級政府協力合作

#### 3. 加速對物質之生命週期管理公開廣泛的對話

- (1) 鼓勵多方參與的公共對話
- (2) 公開討論有效促進物質管理的經濟工具
- (3) 傳遞分享物質管理的知識與經驗

#### (四) 日本<sup>15,18</sup>

日本為求改變「大量生產、大量消費、大量廢棄」的經濟形態，透過「產業環境化」與「環境產業化」，促進生產、物流、消費以至廢棄的過程中資源的有效使用與循環，以轉型為抑制資源消耗、降低環境負荷的「循環型社會」(Sound Material-Cycle Society, SMCS)。因此，日本於 2000 年公布「循環型社會形成促

進基本法(簡稱循環型社會基本法)」，並以此法為基礎，建立循環型社會之法律體系，以修訂或制定廢棄物管理及資源回收再利用相關法律。日本並於 2003 年起實施第一期五年的「循環型社會形成基本計畫」，又自 2008 年起實施該計畫的第二期，目的為透過多項政策工具的整合，納入資源開採、製造、配送、消費、棄置等完整生命週期，建構永續的循環型社會。

日本認為推動具有 SMCS 性質的產業最具直接效果，便鼓勵發展物質循環產業，追求經濟成長與環境負荷脫鉤，達到經濟持續成長，環境負荷不隨之成長甚而下降的趨勢。為達成循環型社會之目標，循環型社會基本計畫訂定二種指標：(1)物質流指標：顯示包括在經濟及社會活動中之所有物質流，以確保合宜之物質循環。物質流目標包括資源生產力(指每單位天然資源投入量所獲得的經濟產值)、循環使用率、最終處置量；(2)成效指標：監測各種措施所達成效。成效指標則包括廢棄物減量效果、消費價值觀與行為的改變、綠色採購以及循環型社會相關產業的成長等。從以上指標在 2010 年的統計來看，政府環境部門推動相關產業已有成效，並且逐漸邁向將經濟成長與環境負荷脫鉤的目標。2009 年的民調顯示超過 80% 的民眾對於具環保概念的產品會有較高的購買意願；日本以此進一步持續輔導廠商發展具有環保概念的包裝、材料與製程。日本地區性永續發展計畫亦致力營造零排放、資源循環利用，同時能帶動地方發展的生態城及社區。2010 年已經有 26 個地區的生態城計畫獲核准，其中有的計畫預計達到總資源 60% 的循環利用。

日本政府致力尋求中央政府、地方政府、事業體、非政府組織以及民眾之間的分工與合作，全國性的邁向循環型社會。正在推動中之第二期基本計畫的執行重點為：

1. 透過再生地方社區，建構永續循環社會基石
2. 塑造可傳承給後代子孫之永續生活型態
3. 持續擴大循環型社會相關市場，建立新的產業經營模式
4. 加強廢棄物源頭減量及確保妥善管理
5. 加強 3R 技術及系統
6. 改善指標與提供正確資訊，發展物質管理人力資源
7. 建立永續循環國際社會

#### (五) 荷蘭<sup>13,15,19</sup>

荷蘭雖然有頗佳的廢棄物管理成效，但政府已體認傳統限於生命週期末端、強調廢棄物管理的環保政策，無法真正減低物質耗用對環境的影響；從物質流動的整體方面去思考的管理策略，方能提升管理效率並避免為不同階段所

做的政策互相抵觸。因此荷蘭第二期國家廢棄物管理計畫(2009-2021)便以朝向物質鏈結的社會為目標，透過供應鏈串聯物質的各個階段來調和不同領域如自然資源、產品設計、廢棄物管理及搖籃到搖籃等的管理政策；此即為「以產品供應鏈管理為導向的廢棄物政策(chain-oriented waste policy)」。目前與物質流政策相關連的環保策略約可分為三方面：1.去物質化：節省原物料或是增加資源使用率；2.物質替代品：以較少環境衝擊的物質來代替現有原料；3.再利用、或使用再生原料。

荷蘭第四代國家環境政策規劃(The 4th National Environmental Policy Plan)中，將「總體經濟物質流政策(Economy-wide Material Flow Policies)」融入現有環保政策中牽涉物質的相關政策，整合成一個完整的物質流政策體系。該政策著重於供應鏈各環節(原物料政策、產品政策、廢棄物政策)的連結，藉此達成較全面的政策同步性，同時也對在經濟系統中物質的角色與其對環境的衝擊有更完整的掌握。此外，從整合以及生命週期著眼的方式，將當地的物質消耗對他國環境的影響也一同納入考量。如此的總體經濟物質流政策，在國際上越來越受重視，因為這樣的政策不止思索解決單一地區的物質消耗對環境造成的衝擊，更進一步從總體經濟的角度去避免問題在不同地區的轉移，真實減低使用自然資源所造成的整體傷害。

荷蘭特別強調政府與企業界的合作。政府擔任主導、協調、整合、研發、提供標準方法、製造法規及經濟誘因、財務支持的角色。企業界則在政府賦予開創、試驗的空間下，執行各種改善方案。由於物質的跨國或跨區域流動，荷蘭積極參與建立國際間雙邊或多邊的協議，結合國際社會彼此的力量互相合作，並考量各國環境特色，建立標準化的制度評估系統。

荷蘭的物質流政策使用「環境加權之物質消耗指標」(Environmentally-weighted Material Consumption, EMC)，結合物質流重量的數據與生命週期評估的環境數據，評估去物質化以及物質替代品政策。該指標估算出荷蘭前 20 大的污染物質：包括銅、鈮、鉑、鋼與鐵、鋅、鎳、塑膠、銻、鉛、動物脂肪、鋁、紙與紙板、澱粉作物、鉻、油類作物、動物蛋白質、玻璃、纖維作物、陶瓷及橡膠。荷蘭並從 110 種物質流中篩選出七個優先物質鏈，規劃至 2015 以前，將紡織品、紙及紙板、建築廢棄物、鋁、PVC、都市大型廢棄物及食物等各物質鏈的環境衝擊減少 20%。

## 二、國內永續資源管理發展及相關政策<sup>3,15</sup>

我國於環境基本法中即已揭示永續資源管法相關概念。如在第 8 條中提出「建立環境生命週期管理及綠色消費型態之經濟效率系統」，第 13 條亦提出「各級政府為求資源之合理有效利用及因應環境保護之需要，應採適當之優惠、獎勵、輔導或補償措施」。

2003 年由行政院核定推動垃圾零廢棄，以源頭減量、資源回收為政策主軸，提倡以綠色生產、綠色消費、源頭減量、資源回收、再使用及再生利用等方式，將資源廢棄物有效循環利用，逐步達成垃圾全回收、零廢棄之目標。目前並以物質永續循環利用之觀點，整併現行「廢棄物清理法」與「資源回收再利用法」，擬具「資源循環利用法」草案。依優先次序遞減，將源頭減量、回收、再使用、再利用、中間處理及最終妥善處置等納入管理規範。從搖籃到墳墓的廢棄物管理思維逐步導向搖籃到搖籃的資源管理思維以邁向循環型社會，其精神與 OECD 的永續資源管理相合；但因管理的定量目標仍以「減少廢棄物產生量」或「增加廢棄物再利用」為主，未來應向先進國家看齊，逐漸轉向「永續物質/資源管理」，以減少環境衝擊及保存自然資源為目標，建立資源管理機制，致力於提高資源生產力及資源使用效率。2013 年成立「環境資源部」應可減少與資源管理相關單位的權責分散問題，統合資源規劃與管理政策。表 2.1 例示幾類資源在各生命週期階段的相關管理政策；這些政策可在永續資源管理的架構上加以整合，凝聚管理成效。

以下以礦物及原料為例，簡介與各生命階段相關的政策：

#### (一) 自然資源保育

於自然資源保育階段，綠建材標章是與礦物及原料有關的管理政策。實際上，該政策跨越多個階段。內政部於 2004 年推動綠建材標章，採用整體生命週期評估概念，將綠建材定義為：「在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料」。在自然資源保育及建材生產、製造階段的管理上，考量建材之生態性，著重可再生的天然材料以取代金屬或礦石具開採限制之原料，且低人工處理，以求對環境無害、對人體無毒。在建材使用階段，則提倡健康綠建材降低甲醛及 TVOC 逸散，屬於「健康」之範疇。另有效降低噪音及增加基地保水性，是為「高性能」之範疇。最後於廢棄再生階段，再生建材是以回收國內廢棄物再製而成，並達到基本之安全與功能性要求，是為「再生」之範疇。

#### (二) 物質生產階段管理

物質生產階段指的是將自然界中如樹木、礦石、水等資源，從自然界的儲存狀態中砍伐、開採、擷取，以作為下一階段產品製作的原料。以礦石資源為例進一步說明。

我國礦石資源可分為三種主要進行開採的資源，分別為能源礦產類之煤、石油、天然氣等；金屬礦產類之金、銀、銅、鐵等；非金屬礦產類之硫磺、硫化鐵、大理石、白雲石等 20 餘種。礦石資源主管機關為行政院經濟部礦務局，所依據的主要法源為礦業法、土石採取法。林務局也同時依據礦業法與土石採取法，管理林地內採礦及採取土石的情形。在礦石資源中，由於砂石資源為各項公共工程及建築工程不可缺少之最上游基本原料，以往砂石供應百分之九十以上源自河川，長期大量採掘及補充源減少，使砂石已漸趨枯竭。

近年主要政策為土石供需平衡管理與遏止盜濫採，實施的主要辦法為輔導河川砂石以外砂石料源多元化開發利用及調節砂石供需平衡、建立砂石產銷調查資料、利用航照監測加強取締盜濫採土石行為。同時建立盜濫採土石資料庫以方便追蹤與紀錄，並不斷增進使用技術以提高砂石之資源價值。我國礦石資源有限，在不符經濟利益與自然保育的條件下，開採數量逐漸減少，進口礦石資源逐漸增加，對於國外來源之仰賴增加。

### (三) 產品製造階段管理

環保署於 1998 年依據廢棄物清理法所發布的資源回收管理基金保管及運用辦法，已隱含清潔生產的概念，藉由向業者收取回收清除處理費，鼓勵業者於製造階段進行為環境而設計，將產品設計為便於回收再利用。而後經濟部進一步於 2009 年規劃「產業製程清潔生產與綠色技術提昇計畫」，藉由輔導與推廣，導入「綠色設計」、「污染預防技術」、「污染控制技術」及「污染管理系統」，協助產業界於製程生產、產品及服務過程中，有效預防污染的發生，及妥善處理廢棄物。已架設產業製程清潔生產與綠色技術網站，為企業提供一技術資訊平台及資料庫，供製程持續改善，如晶圓、半導體產業之製程改善，以及多項環境污染防治技術。

2010 年發布的「產業創新條例」，其中第 26 條提及『鼓勵企業提升能資源使用效率，應用能資源再生、省能節水及相關技術。』、『產製無毒害、少污染及相關降低環境負荷之產品。』均明確鼓勵企業應於製程中致力於減少資源使用及減少污染。而第 28 條亦提及『各中央目的事業主管機關應輔導企業主動揭露製程、產品、服務及其他永續發展相關環境資訊』，如能將企業製程中所耗用之資源揭露，並進而建立資源耗用資料庫，更有助於整體之資源管理。

### (四) 產品使用階段管理

2001 年通過的「電子簽章法」，雖立意為經濟考量，但可間接使紙張減少使用；財政部於 2010 年推動「電子發票」亦同。另一方面，環保署從 2002 年起陸續推動「購物用塑膠袋及塑膠類免洗餐具限制使用」、「限制產品過度包裝」、「推動政府機關、學校紙杯減量方案」及「限制塑膠類托盤及包裝盒使用」等政策，減少塑膠、紙類等物質的耗用。

表 2.1、資源在各生命週期階段的相關管理政策例示

	自然資源保育	物質生產階段	產品製造階段	產品使用階段	廢棄資源回收與處理
能源		礦業法 再生能源法	產業創新條例 綠建材標章	節能標章 綠建材標章 綠建築標章 大眾運輸 電價政策	
水	地面水體分類及水質 標準 水土保持法 自來水法 水污染防治法	水利法 地下水管制辦法 雨水貯留供水系統	產業創新條例 綠建材標章	綠建築標章 省水標章	放流水標準 中水利用供水系統
土地	國家公園法 水土保持法 自然地景保存獎勵補 助辦法 獎勵輔導造林辦法	土石採取法 環境影響評估法			
礦物及原料（金屬）	綠建材標章	礦業法 環境影響評估法	資源回收管理基金保 管及運用辦法 綠建材標章	大眾運輸	資源回收再利用法

表 2.1、資源在各生命週期階段的相關管理政策例示(續)

	自然資源保育	物質生產階段	產品製造階段	產品使用階段	廢棄資源回收與處理
礦物及原料（非金屬）	綠建材標章	礦業法 環境影響評估法	資源回收管理基金保 管及運用辦法 綠建材標章	大眾運輸 購物用塑膠袋及塑膠 類免洗餐具限制使用 限制產品過度包裝 限制塑膠類托盤及包 裝盒使用 推動政府機關、學校紙 杯減量方案	資源回收再利用法
生物質	森林法	森林法 環境影響評估法			
生物多樣性	國家公園法 自然保護區設置管理 辦法 野生動物保育法 獎勵輔導造林辦法			綠建築標章	

### (五) 廢棄資源回收與處理階段管理

環保署於 1997 年推動「全民參與回饋式資源回收四合一計畫」，由此開始加強垃圾減量資源回收。推動該計畫後，資源回收率持續提高；自 2005 年起進一步分二階段逐步推動垃圾強制分類，目前垃圾的回收率已達近五成。

另外針對事業廢棄物，則於 2000 年成立「事業廢棄物管制中心」，追蹤廢棄物流向，並發展再利用、妥善處理及越境轉移三個部份的管理策略，包括訂定再生產品標準，強化公共工程應用機制、推動生態化環保園區，及建立綠色產業供應鏈等。環保署於 2003 年起協調經濟部、行政院國家科學委員會、行政院衛生署、行政院農業委員會、內政部、教育局、國防部、交通部及財政部等各部會積極擬定「資源回收再利用推動計畫(簡稱推動計畫)」，以整合納入產品生命週期之管理，從源頭設計、製造、使用至回收與再利用作全面性之推動。推動計畫預計執行至民國 2020 年，以為提升各類事業廢棄物之再利用率為主要目標，實施策略包括訂定各類事業廢棄物再利用率、強化源頭減量工作、提供經濟誘因促使業者參與投資、強化資源再生市場機制、健全事業廢棄物再利用基線資料，以及建立資源回收再利用資訊系統等。經濟部所負責的工業廢棄物的再利用於 2009 年已達 77%。

### 三、達成永續資源管理的可能障礙

永續資源管理的推動，受到現行管理思維與制度的限制，有待突破，包括如下幾點<sup>5,11,17</sup>：

#### (一) 經濟思維導向的決策過程

在經濟策略的決策過程中，常以有限的資訊，對部分的經濟目標，進行短期決策。然而短期最有利的決定，對於長期的整體表現而言，卻往往不是最佳的決定，甚至帶來負面的影響。面臨的挑戰，便是能否在決策的起始階段便提高衡量政策成效的層次，從系統性的層次和全面性的視野，促進政策的評估不局限於短期的量化經濟效益，而且包含生態、社會與經濟系統所帶來有形及無形的價值。例如，歐盟許多國家建議，決策應以經濟的成長與資源耗用的脫鉤為依歸。

#### (二) 經濟指標的評估限制

經濟指標，如國內生產毛額(GDP)，雖是衡量經濟活動有用的指標，但無法分辨經濟對人與環境的正效應或負效應。為了要強化指標功能上的不足，決策者可以將自然資本的貢獻與自然資本所受的損失納入評估指標中；將這些價值與傳統的勞工、廠房的貢獻並計，有助於更為準確的成本效益分析。為配合指標的強化，對於一些不易評估難以量化的價值，亦應有適當的量度方法。

#### (三) 跨部門的整合與合作

永續的資源管理，不單只跨越物質的生命週期，同時也跨越了社會中許多不同的部門。單獨一個組織，難以進行系統性且對社會最有利的決策；但不同的組織往

往不易共同合作。不良的跨部門溝通，是政策制定與執行的關鍵障礙和因素。個人、企業界、非政府組織、政府組織等，從地方區域、國家層級以至於國際之間的合作，影響資源管理決策的成敗。好的資源管理政策，必須要讓各部門單位都充份地提供資訊以及承擔責任。

#### (四) 缺乏清楚而確實的資訊

合作單位共享清楚而確實的資訊，是進行正確決策的關鍵。進行決策的過程中，若缺乏清楚而確實的資訊，猶如在黑暗中摸索，徒增政策的不確定性和不穩定性，難以產生有效的決策。與資源管理相關的資訊，分散在各個單位，應加以整合並運用於永續資源管理政策的制定與評估。



# 第三章 推動永續資源管理的策略建議

參考國際永續資源管理策略，包括 G8 國家鼓吹的 3R 倡議，UNEP 永續資源管理小組持續推展的工作，聯合國永續發展委員會推動的永續消費與生產之 10 年計畫，歐盟發布的自然資源永續利用策略、整合產品政策、原物料倡議、2020 年資源效率倡議，OECD 提倡的資源生產力的改善與發展綠色成長，以及美、日、荷等國家所採取的策略等，可見永續資源管理的核心策略為資源效率的提升<sup>1,5,13,20</sup>。以下提出五點建議。

## 一、整合資源管理政策

### (一) 以供應鏈串聯原物料政策、產品政策，以及廢棄物管理政策

現行的許多政策與資源的使用密切相關；這些政策散佈在不同的主管機關，可惜的是這些政策缺乏整合，且政策的設計並未以提升資源效率為核心目標。永續資源管理的核心是以生命週期管理方法追求整體資源效率的提升，將管理視野從片段或單一的生命階段提升到整個系統，涵蓋資源的完整生命週期，以此提供政策整合的主軸。

因此，建議政府首先檢視現行與資源相關的政策，以資源的生命週期或產品供應鏈的角度，串聯這些政策，整體檢討這些政策對資源效率的影響。其次，著力於供應鏈上最具改善效果與效益的環節，以實際提升資源的整體使用效率。更進一步可將政策作更完整的結合；從原物料政策開始，到產品政策，以至於廢棄物管理政策，以物質生命週期或產品供應鏈為主軸加以整合，以提升資源效率為目標，分別導向自然資本保育、永續消費及生產，以及廢棄物資源化，以形成彼此相輔相成的政策系統。政策的整合雖由於牽涉不同組織的協調與職權的配合而深具挑戰性，但確為永續資源管理的精隨，期待政府勇於面對。

### (二) 運用多元的政策工具組合

由於單一的政策工具不能面面俱到，需要多項政策工具的協調與配合，產生加乘作用，才能促進社會動力的良性循環。例如，建立穩定的法規架構，指引各界一致努力的方向，讓相關單位願意長期投入資源效率的改善；去除負面的誘因、提供正面的經濟誘因，引導企業進行長期資源效率改善的投資；整合資源效率與環境衝擊的相關資訊並公開分享，減少生產者和消費者取得資訊的成本，藉以影響生產型態與消費行為。

同時，不同領域的政策之間，可能存在彼此加強或互相消長的情形，有必要釐清政策之間的相互影響。例如，資源效率的提升有助於溫室氣體的減排；溫室氣體的減量，會伴隨著減輕健康衝擊的效益。另一方面，綠色科技的發展往往受到關鍵物質的限制；物質的循環則可能影響能源的消耗。正如國際上綠色經濟的發展亦強

調深入了解水-食物-能源三者的相互關係(water-food-energy nexus)，以強化政策的一致性；資源效率的追求也須注意不同資源之間的相互影響，避免對某一資源的改善損及另種資源的效率。

## 二、促進社會多方共同參與、責任分擔與合作關係

### (一) 促進社會的對話機制

傳統的管理方式面對資源與經濟的雙重壓力有時而窮；面對自然資源、能源、土地利用等涉及資源匱乏與使用的複雜關係，現行環境管理的做法逐漸捉襟見肘。因此在既有系統上的微幅修正，往往杯水車薪，力所不及。藉由資源效率與生命週期管理所期待引發的是系統的變革，可能涉及組織、制度、企業經營模式、消費行爲，甚至價值觀的變化；這種思維和行爲上的變革，必然要面對慣性的巨大阻力。而化解阻力最好的方式便是透過對話的機制；政府可鼓勵或建立討論的平台，讓社會各方充分參與；在溝通中，確認永續資源管理的長遠目標，形成對新型態系統的共識，討論可行的政策工具；在充分對話下，政府與民間尋求定位、分擔責任，逐漸轉型到永續的管理系統。

### (二) 政府、企業以及民眾形成夥伴關係

資源流動與使用的整個生命週期，橫跨了各個部門，影響了多元的參與者(如生產者、消費者、回收者、管理者)，牽涉到不同的組織目標、價值結構與地域特性的交互關係。爲求貫徹政策，需要建立各級政府與民間各單位合作的夥伴關係。政府擔任主導、協調、整合、研發資源效率的評估方法、提供企業標準方法與通用的資訊、展示追求資源永續管理的決心、給予業界和民眾明確的發展方向，以及財務支持的角色。企業界則在政府賦予開創、試驗的空間下，測試執行各種改善方案、創新商業模式。

### (三) 篩選關鍵資源與對應部門，推動永續資源管理的示範計畫

從關鍵資源與部門的資源管理開始，作爲示範計畫，有助於培養永續資源管理的社會量能，包括人才與知識。一方面從實證中累積經驗，一方面展現夥伴機制與永續資源管理的效益，進一步促進社會共識。對於示範計畫的規劃與推展的建議如下：

1. 進行國家層級的物質流分析。利用物質流分析方法分析各項資源在經濟系統中的供給、使用、輸出、對環境系統產生的環境負荷，以及整體生命週期的資源效率。選定適當的指標，並據以篩選對資源效率與環境衝擊較爲重要而應加以優先管理的關鍵物質。
2. 進行產業層級的物質流分析。其次進行產業層級的物質流分析，以評估各部門或產業的生產與消費如何影響關鍵物質的流動、使用效率與環境負荷。據以篩選與關鍵物質有關的消費型態及相對應的產業或部門。

3. 結合關鍵物質與產業的篩選，訂出關鍵的供應鏈作為推動示範的管理對象。結合上述的物質流分析與其他評估方法(如生命週期評估)找到關鍵物質在其生命週期上有潛在問題的環節，以此檢視現行相關政策，整合與關鍵物質有關的原物料政策、產品政策與廢棄物管理政策。
4. 透過社會對話，尋找永續資源管理的共同目標，以及衡量該目標的指標；並對關鍵物質訂立所欲達成之量化的指標標的，規劃達成該標的的路徑圖(roadmap)。
5. 形成供應鏈的夥伴機制。政府提供法規、誘因或資訊等政策工具，提供驅動系統轉型的條件，引導鼓勵政府與企業進行生態投資(eco-investment)，保育自然資本；並投入生態創新(eco-innovation)，改變供應鏈系統，例如發展產品服務化的去物質化策略；從整體生命週期定義資源的價值，引發消費行為的改變。

### 三、建立永續資源管理指標與評估方法

良好的永續資源管理策略需要有明確具體的目標，作為制定策略的準繩與政策評估的依據；因此需要建立反映資源永續性的指標。目前在台灣永續發展指標系統之中，已有幾項指標與資源管理有關，包括垃圾回收率、平均每人每日垃圾產生量、能源密集度、每人國產砂石生產量、有害事業廢棄物再利用率、運輸部門國內能源消耗量、每公頃農地肥料使用量、公私部門綠色採購金額等。然而該指標系統目前僅止於納入廢棄物和能源等部分與資源相關的指標，尚未完整反映資源管理的永續性，需要輔以呈現資源效率與資源循環程度方面的指標。同時，指標系統與經濟活動的生產消費行為應建立連結關係，方能有效指引政策的調整方向。

物質流指標檢視資源的使用情形、其在生命週期各個階段的流動與變化，並進一步量化資源與經濟活動及環境系統之間的交互關係，有助於掌握維持國家經濟與產業發展的資源命脈，並監控國家經濟與產業的資源生產力。因此建議以物質流指標為管理指標系統的基礎。

物質流指標能解釋以下六種問題：

- (一) 人類活動所引發的資源需求為何：資源在不同用途中的使用量如何？如何隨著時間改變？資源使用量與自然資源蘊藏量之間的關係為何？
- (二) 整體經濟系統對於外在物質輸入與外在市場的依賴程度為何：物質供給安全性為何？隨著時間如何改變？物質跨國或跨境轉移的情況如何？物質流動與生產外包、國際貿易、物質價格間的關係為何？
- (三) 資源的使用效率為何：是否過度浪費？資源使用、環境壓力與經濟成長三者之間是否脫鉤？在整體經濟及個別產業層面上的物質生產力為何？
- (四) 從哪些面向提升資源效率：改善資源管理的契機在哪裡？資源使用與勞工、貨幣生產力的關係為何？

(五) 資源使用對於環境造成的主要壓力與風險為何：在物質的生命週期中，對環境衝擊較大的階段為何？如何隨著時間而變化？國家的關鍵物質為何？

(六) 國際間的物質流動對於環境的影響為何：物質對環境的影響如何在不同的國家或區域間轉移？

如圖 3.1 所示的總體經濟物質流指標 (EW-MFA)為國家層級的物質流指標；從進口、製造、使用到廢棄的整個流動過程中有其相對應的基本物質流指標，主要可區分為輸入指標、消費指標、平衡指標、輸出指標。基本指標之間可彼此搭配，描繪出經濟體系中資源流動的輪廓。基本指標可與其他如經濟指標搭配使用，得到資源的生產力、效率，或循環度等指標。目前 OECD 已有 21 國家使用 EW-MFA 指標系統，主要用來描述經濟活動所需之物質消耗，如密集度(資源生產力或生態效率)及脫鉤趨勢。同時大多數 OECD 國家已根據物質流概念發展出國家層級的環境或永續發展指標，其中德國、英國、日本、芬蘭、奧地利等 14 個國家已經將其整合至現有的環境或永續發展指標。

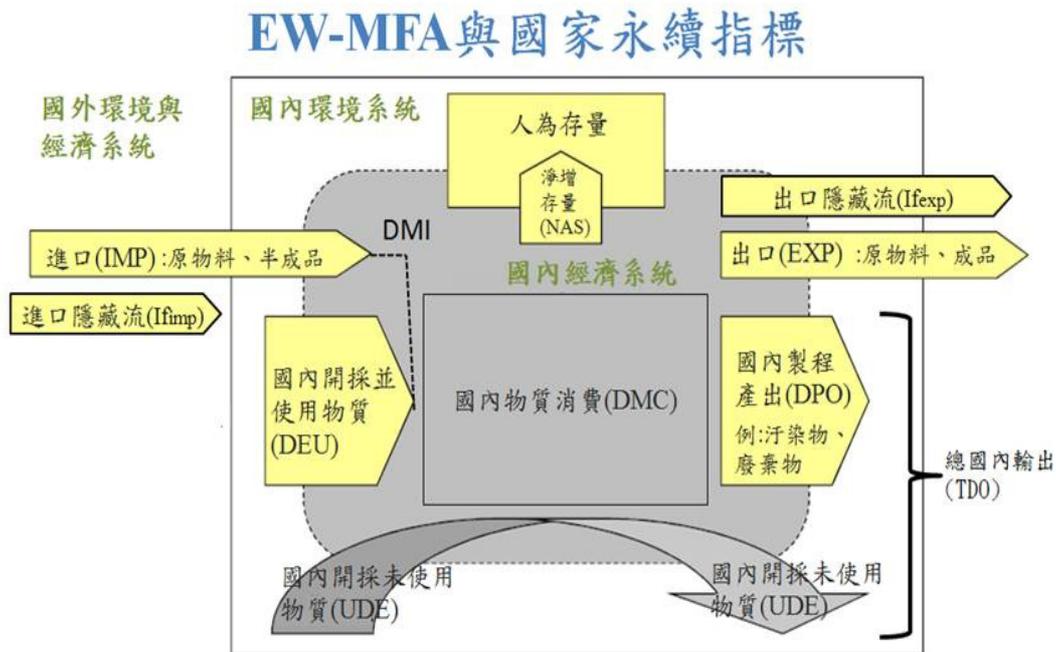


圖 3.1、EW-MFA 物質流指標<sup>21</sup>

國家層級物質流指標可分為以下幾類。這些指標可進一步結合元素或單一化合物物質流分析，獲得單一物質更為精細的指標；或結合環境延伸的投入產出分析，獲得個別產業的物質流指標。較為精細的物質與產業類別的指標資訊，可提供更確實的政策依據。

#### (一) 輸入指標

主要用來描述用以維持經濟活動的物質輸入情形，這些經濟活動包含國內的生產消費與出口。此指標與一個國家或地區的生產模式有著高度相關性，像國際貿易

特性、自然資源使用量與使用的科技都會影響物質輸入。最常使用的指標有以下五種：

- 1.直接物質輸入(DMI)：用以衡量直接輸入經濟體進行加工或被消費的物質，包含任何具有經濟價值而被用於生產的物品。直接物質輸入量等於國內開採並使用加上直接進口的物質。
- 2.隱藏流(Hidden Flow)：包含國內開採未使用(UDE)，如採礦的廢土，與國外進口隱藏流(IFimp)，如進口物品在國外製造時所產生的廢棄物等。
- 3.總物質需求(TMR)：除了涵蓋直接物質輸入(DMI)之外，亦包含國內開採未使用(UDE)與國外進口隱藏流(IFimp)這兩種隱藏物質流量(Hidden Flow)；此指標可完整描述一經濟體的整體物質需求。
- 4.國內開採並使用(DEU)：用以衡量在國內開採並輸入經濟系統做為進一步加工或直接消費的物質流量。
- 5.總物質輸入(TMI)：為直接物質輸入(DMI)與國內開採未使用(UDE)的總和。

## (二) 消費指標

用以描述經濟活動中物質消費的情況，通常與消費模式高度相關。最常用的消費指標包含以下兩類：

- 1.總物質消費(TMC)：衡量用以支撐國內生產與消費活動的物質使用情況，為總物質需求(TMR)扣掉出口(EXP)及出口隱藏流(IFexp)。
- 2.國內物質消費(DMC)：衡量直接被經濟體所消耗的總物質量，但不包含隱藏流。

## (三) 平衡指標

主要用來衡量物質在經濟體中的累積狀況，為每年物質的增加量扣除物質的移除量為淨存貨增加(NAS)；另外一種以國際貿易中的進出口差距來表示的為物質交易平衡(PTB)。

- 1.淨存貨增加(NAS)：用以反應一經濟體中的物質的累積量。淨存貨增加的算法為直接物質輸入(DMI)扣掉出口(EXP)與國內製程輸出(DPO)。國內製程輸出(DPO)包含國內消費所產生的污染物與廢棄物；因此以營建業為例，淨存貨增加為新增建築物的物質使用量扣掉拆除建築物的廢棄物量。
- 2.物質交易平衡(PTB)：反應實體物質在國際貿易中的順差或逆差。其定義為進口減掉出口。

## (四) 輸出指標

用以描述一個國家與生產、消費行為相關的物質輸出情形，包含出口、污染物

排放、廢棄物等。最常用的輸出指標包含以下四種：

- 1.國內製程輸出(DPO)：用來表示物質在加工、生產到廢棄階段的污染物排放量與廢棄物量。
- 2.國內物質輸出(DMO)：用以衡量國內物質輸出情形，為國內製程輸出與出口的總合。
- 3.總國內輸出(TDO)：用以表示因為經濟活動而輸出至環境中的總物質量，包含國內製程輸出(DPO)與國內開採未使用的物質(UDE)。
- 4.總物質輸出(TMO)：此指標呈現經濟體的整體物質輸出，除包含國內製程輸出(DPO)與國內開採未使用的物質(UDE)亦包含出口(EXP)的部分。

#### (五) 生產力指標

以上基本指標搭配經濟指標可反映資源生產力，用以衡量經濟體、產業或企業對於自然資源的使用效率，可使整個社會的生產力指標更加完善。在國家層面上，可應用在監測物質使用與經濟成長是否呈現相對脫鉤的趨勢，以及比較不同國家的資源生產力。

- 1.國內物質生產力(GDP/DMC)：以每單位國內物質消費量(DMC)所產生的國內生產毛額(GDP)來衡量物質的生產力。
- 2.總物質生產力(GDP/TMR)：以每單位總物質需求(TMR)所產生的國內生產毛額(GDP)來衡量整體輸入物質的生產力。雖然以 TMR 來計算資源生產力是最能夠涵蓋整體環境面的做法，但總物質需求(TMR)中所涵蓋的國內開採未使用(UDE)與國外進口隱藏流(IFimp)的資訊較不易取得因而限制了總物質生產力的使用。
- 3.直接物質生產力(GDP/DMI)：以每單位直接物質輸入(DMI)所產出的國內生產毛額(GDP)來衡量直接物質輸入的效率。
- 4.原物料生產力(GDP/RMI)：原物料輸入(RMI)包含由國內開採並使用的原物料與國外進口的原物料總和稱之。原物料生產力以每一單位的原物料輸入所產生的國內生產毛額來衡量原物料的生產力。
- 5.產品層級的物質生產力：如德國 Wuppertal Institute 所提出的單位服務之物質投入 (Material Input per Service Unit, MIPS)，代表提供服務或產品之生命週期過程中，所需投入之資源，包含之五大初級原料物質類別的投入量：生物質原料、非生物質原料、水、空氣與土石，以通用的量化方式顯示服務或產品背後的生態包袱(ecological rucksacks)。

#### (六) 環境負荷密集度指標

環境負荷密集度指標呈現因單位資源使用而導致的環境負荷。如單位直接投入所產生的污染排放(DPO/DMI)、單位國內物質消費所產生的污染排放(DPO/DMC)等。

另外，將 MIPS 結合環境衝擊評估方法，可成為更完整的環境負荷密集度指標。

#### (七) 循環度指標

資源投入經濟系統經過生產消費或廢棄之後，能夠循環回到經濟系統中的比例，衡量資源的循環程度。因此，循環度指標以投入系統的資源用量為分母，以再生再利用的資源為分子。

### 四、規劃永續資源管理資料庫<sup>22</sup>

永續資源管理的具體目標乃為追求資源永續管理相關指標的優化；而指標的計算有賴於正確的基礎資訊。雖然我國尚未建立物質流指標，但所需的資料多數已經具備；因分散於各單位，有賴政府系統性地整合各資料並加以有效利用，並可進一步建立完整的永續物質管理資料庫。因此建議未來應有專責機構(如主計處或永續會)定期整理相關指標並定期公布，以瞭解我國之資源使用效率。

永續物質管理資料庫之建立，主要依據現有官方資料(如進出口、能源、農業、環境等相關單位資料以及環保署空水廢毒資料庫)，整合後可作為國家、產業、工業區、企業等層級物質流分析之重要基礎資料。

建議將物質流資料庫分為三個層次(圖 3.2 所示)，建立國家物質流指標、建立物質流指標與部門之連結(前兩項為國家整體物質流指標)以及建立特定物質、元素或產品物質流指標(針對特定物質或元素)。

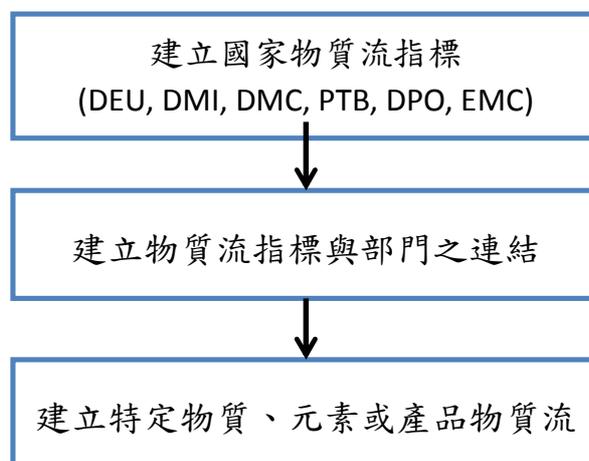


圖 3.2、永續物質管理資料庫規劃內容

以建立 DEU、DMI、DMC、PTB、DPO、EMC 為目標，參考歐盟 EW-MFA 所定義之範疇，規劃各項物質流指標所涵蓋範圍及我國資料來源，如表 3.1。

表 3.1、我國資料庫資料來源

EU 建議範疇	我國資料來源
<b>國內生產範疇與我國資料來源</b>	
A.1 Biomass	農委會農業統計要覽
A.2 Metal ores (gross ores)	經濟部礦務局礦業統計
A.3 Non metallic minerals	經濟部礦務局礦業統計 營建署營建統計年報
A.4 Petroleum resources (Fossil energy carriers)	能源局能源平衡表
<b>進出口產品範疇與我國資料來源</b>	
B.1 Biomass and biomass products	農委會農業統計要覽 財政部關稅總局統計資料庫網站
B.2 Metal ores and concentrates, primary and processed	財政部關稅總局統計資料庫網站
B.3 Non-metallic minerals, primary and processed	經濟部礦務局礦業統計 財政部關稅總局統計資料庫網站
B.4 Petroleum resources, primary and processed	能源局能源平衡表 財政部關稅總局統計資料庫網站
B.5 Other products	財政部關稅總局統計資料庫網站
B.6 Waste imported for final treatment and disposal	財政部關稅總局統計資料庫網站
<b>國內製程輸出範疇與我國資料來源</b>	
F.1 Emissions to air	環保署 TEDS 資料庫 環保署國家溫室氣體排放清冊 環保署重金屬戴奧辛排放清冊
F.2 Waste land filled	環保署環保統計網站
F.3 Emissions to water	環保署環保統計網站
F.4 Dissipative use of products	農委會農業統計年報
F.5 Dissipative losses (e.g. abrasion from tires, friction products, buildings and infrastructure)	

目前規劃之元素流資料庫，主要依據完成元素流分析所需資料，可分為產量及含量兩部分。在產量部分，由於不同元素流分析的資料來源會有不同，故規劃將前述整體物質流指標資料庫與 ITIS 產銷資料作為各案例所需的共通資料；而非屬上述兩類資料來源部分則歸類為其他資料。在含量部分，首先歸納整理過去國內相關元素流分析研究，包括相關研究論文及報告，彙整含量之資料來源。另外，則以建立前述物質排放資料庫，作為物質含量資料庫之基礎；未來可依據規劃之元素流資料庫進行數據更新。元素流資料庫涵蓋範疇如圖 3.3 所示。

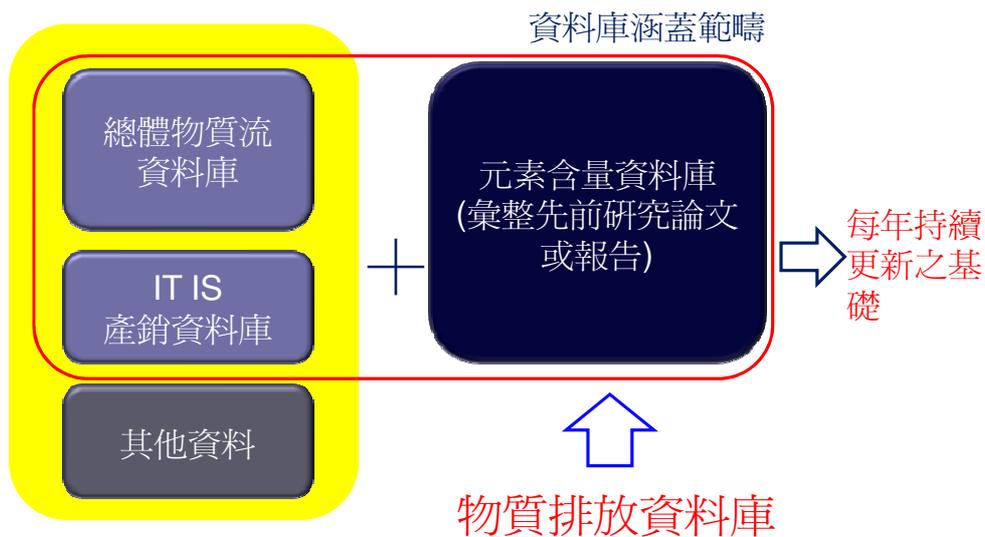


圖 3.3、元素流資料庫涵蓋範疇

除建立國家整體之物質流指標外，可進一步建立物質流指標與各產業部門之連結，以瞭解各產業之物質使用效率，指引產業結構調整或個別產業改善的策略建議。所採用的方法為整合投入產出分析以及物質流分析，整理最新版本之產業關聯表並利用乘數理論整合物質流指標。目前最新產業關聯表(95年)分為 52、166、554 部門項目。圖 3.4 為國家物質流資料庫與產業資料庫的結合。

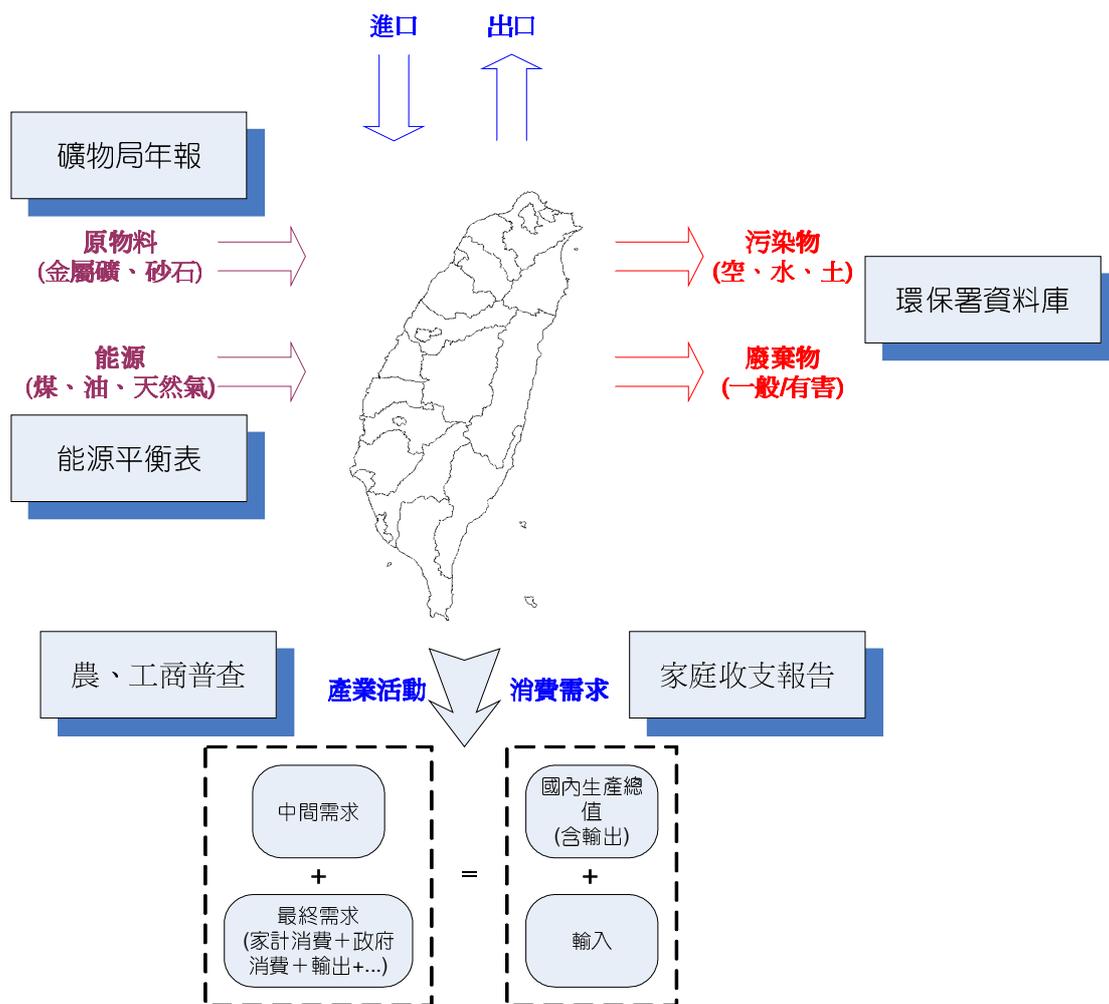


圖 3.4、國家物質流資料庫與產業資料庫連結

## 五、發展亞太關鍵資源再生技術中心

我國缺乏礦產資源，多數仰賴進口，包括基礎金屬、貴重金屬、稀土元素以及部分非金屬礦物，這些資源的供應維繫國內許多重要產業的命脈。除了進口日漸耗竭的國際礦產，未來更需要有對應策略來拓展關鍵資源的供應來源。與我國資源情況相似的日本已著手研討都市礦山的開發，讓廢棄產品中的資源能盡其可能再生利用，其大力推動的靜脈產業，將促使輸入日本之戰略資源，能有效循環於社會之中。日本配合推動靜脈產業所發展的資源再生技術已領先諸多已開發國家，甚至吸引他國的廢棄資源進入日本體系回收，值得我國作為參考。

在確保資源再生過程的環境衝擊最小化的前提下，我國可考慮發展成為亞太關鍵資源再生技術中心，目的在於涵納亞太地區資源之靜脈匯流，並且有能力輸出資源再生技術予亞太地區，協助各國產出高品質的原物料，供各區域產業之用。配合國內現有四大環保科技園區，可將資源再生產業視為台灣未來重要產業發展目標。

關鍵資源之定義為在一產品或製程中難以取代，而其取得受限。例如在光學電子產品中應用的銦(In)、電動車電池中應用的釹(Nd)、農業肥料中大量使用的磷(P)等等。許多產業之供應鏈跨國營運，各階段工廠設置的考量因素除了建廠成本、人力成本外，關鍵資源與其處理技術的掌握也常左右了營運者的決定，將供應鏈之核心設置於具關鍵資源的國家。

世界各國當前之資源管理政策皆以能夠永續利用為目標，發展具各自地方特色之永續資源管理政策，如丹麥的生態工業區、日本的生態城等地區性計畫，希望能夠將物質在一地中有效循環利用，發揮其最大價值。台灣目前也已推動環保科技園區，在北中南東四個區域分別設立，吸引環保科技廠商進駐，並在園區中尋求資源或技術合作，達永續使用之目的。

台灣之天然礦產雖不豐富，但與東亞和東南亞交通往來便利，具貿易連接的重要地理位置，發展亞太關鍵資源再生回收中心，透過掌握關鍵資源之資訊、回收技術、再生科技、循環系統，能幫助台灣在國際供應鏈中明確定位，從低毛利之代工製造端，邁向高利潤之核心技術產業；並藉由技術、系統與制度的整合，扮演關鍵資源循環鏈綠色產業的領導者。

惟政府除了扮演輔導的角色之外，亦應從國家戰略的層次上，有宏觀而前瞻的領導作為。從環境影響、經濟價值、產業特色、供應安全的角度篩選我國的關鍵資源，並可規劃如下的相應策略：補助研發關鍵資源之回收再生技術、健全關鍵資源靜脈流之物質系統、改善關鍵資源之使用效率、品質與環境管理之認證、完整化資源循環鏈、加強關鍵資源回收再生業之環境管理、尋找未來可能之關鍵資源。各項策略簡要舉例說明如下：

#### (一) 補助研發關鍵資源之回收再生技術

例如金屬回收提煉技術，以及營養鹽如磷的回收。國內已有金屬中心與工研院等相關研究單位與業界或國外合作，研發從各種廢棄資源中回收金屬之技術，並轉移成果到業界。目前具潛力者，如含金屬之污泥與廢電子電機產品。又例如不可再生的磷，在現行的使用系統下難以回收，致使為生存所必須的磷之使用未能永續，應盡速研發設計磷的循環系統與回收技術。

#### (二) 健全關鍵資源靜脈流之物質系統

關鍵資源靜脈流的物質系統的健全化，包括強化含關鍵資源物質之廢棄物分類系統、設置足夠之資源收集站，結合運用現有家戶廢棄物清運系統加強關鍵資源之回收、讓關鍵資源之市場價格透明化，吸引民間企業投入再生資源之物流貿易等。

#### (三) 再生資源產品品質與環境管理之認證

可整合學界業界，建立資源再利用技術與規格資料庫。同時由環境檢驗所提供初期廢棄物資源化之分析及品質認證，並進一步輔導民間機構投入資源之檢驗與認證。再生資源產品之品質認證有助於提高再利用的市場需求。

#### (四) 開放特定廢棄關鍵資源物之進口

定期檢視國內回收技術發展及產業需求，逐步放寬含特定關鍵物質廢棄物之進口，配合再生產業營運所需之供給規模。

#### (五) 完整化資源循環鏈

思考台灣關鍵資源靜脈產業在跨國供應鏈中的定位，例如，當關鍵物質在進口量與國內回收量，預期可達經濟規模後，是否應輔導冶煉廠之投資與設立。

#### (六) 加強關鍵資源回收再生業之環境管理

有鑑於過去進口廢五金以及開發中國家回收資源所衍生的環境問題，靜脈產業應確保產業綠色化，成為產業永續轉型的典範。

#### (七) 尋找可能之關鍵資源與來源

除了了解世界資源使用與蘊藏現況之外，應前瞻性評估未來潛在的關鍵資源及其來源，包括存於廢棄物中的城市礦山。

## 第四章 結語

1992 年的地球高峰會上，國際領袖共同宣告：「造成全球環境持續惡化的主因是持續增加的物質生產、消費與廢棄。」先進國家已經看見：除非經濟成長能與資源之耗用及廢棄物之產生絕對脫鉤，否則環境壓力將愈來愈沉重。而世界企業永續發展協會估計，在 2050 年之前，世界資源效率必須增加 4 到 10 倍。全球矚目之聯合國綠色經濟倡議計畫的主要政策建議，即致力於保護農業、漁產、水、森林等自然資本，以及增進經濟體的能源與物質使用效率。

在世界各國紛紛改弦更張，積極以永續資源管理落實永續發展理念，以因應經濟與環境的巨大挑戰之際，我國亦應將資源效率納入總體政策目標，並整合相關政策、協調組織、凝聚力量，在嚴峻的困境中尋找改善體質發展特色的機會。經濟與環境問題，本是一體兩面，其貫穿的元素便是資源管理。著眼於資源整體效率的提升的永續資源管理將帶來系統變革、技術升級、開展綠色經濟產業，以及促進綠色就業機會；更重要的是，在形成系統變革的過程中，社會經歷學習、合作、信賴與責任分擔。

永續資源管理以資源的生命週期觀點，將自然資源保育政策、永續消費與生產政策，以及廢棄物管理政策進行有機的整合，以達到改善整體資源效率的目標。整合過程有賴適當的評估工具與資訊、多元政策工具的結合，以及社會各方的對話、溝通與合作。建議透過系統性的推動示範計畫，累積量能，為轉型永續社會跨出一大步。

# 參考文獻

1. OECD, 2010, Policy Principles for Sustainable materials Management, OECD Environment Directorate.
2. OECD, 2009, Report of the 2nd Survey on SMM-related activities in OECD Countries, Working Group on Waste Prevention and Recycling.
3. 蘇銘芊, 2010, 國內外永續物質管理政策之演進與未來發展, 永續產業發展雙月刊 48, 13-20.
4. Rockström et al., 2009, A safe operating space for humanity, Nature 461, 472-475.
5. Rossy et al., 2010, Sustainable Materials Management for Europe, from efficiency to effectiveness, Wuppertal Institute.
6. [UNEP, 2010, Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management.](#)
7. [Dobbs, R., Oppenheim, J., Thompson, F., Brinkman, M. and Zornes, M. 2011. Resource Revolution: Meeting the World's Energy, Materials, Food and Water Needs. McKinsey Global Institute.](#)
8. OECD, 2008, A Study on Methodologies Relevant to The OECD Approach on Sustainable Materials Management, Working Group on Waste Prevention and Recycling.
9. OECD, 2008. Measuring Material Flows and Resource Productivity.
10. OECD, 2008. Promoting Sustainable Consumption.
11. Fiksel, J., 2006, A framework for sustainable materials management, Journal of Material, 15-22.
12. OECD, 2010, Considerations for Developing a Path Forward, OECD Environment Directorate.
13. EEA (European Environmental Agency), 2011, Resource Efficiency in Europe: Policies and Approaches in 31 EEA Member and Cooperating Countries. EEA Report.
14. European Commission, 2011, Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571 final.
15. 行政院環保署, 2011, 資源循環政策規劃專案工作計畫。
16. USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2002, Beyond RCRA: Waste and Materials Management in the Year 2020.
17. USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2009, Sustainable Materials Management: The Road Ahead 2020.

18. Fischer-Kowalski, M., and M. Swilling, 2011, Decoupling: Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth, UNEP International Resource Chanel.
19. Ministry of Housing, 2010, Spatial Planning and the Environment, Getting Ahead with a Successful Chain Approach.
20. OECD, 2011, Resource Productivity in the G8 and the OECD.
21. Matthews et al., 2000, The Weight of Nations-Material Outflows from Industrial Economies." World Resources Institute.
22. 工研院綠能所，2010，永續資源管理資料庫規劃。



# 附錄 台灣資源的流動情形計算

以下以幾項指標為例計算台灣資源的流動情形。

台灣 2010 年總體物質流指標計算結果如圖 A.1，國內資源開採量為 125.9 百萬公噸，進口物質為 249.2 百萬公噸，出口物質為 77.7 百萬公噸，亦即 DMI 為 375.2 百萬公噸，DMC 為 297.5 百萬公噸，物質排放(DPO)為 276.3 百萬公噸。另將廢棄物分開計算可知一般廢棄物及事業廢棄物產生量為 7.9 百萬公噸及 18.1 百萬公噸，而其中各有 4.6 及 14.6 百萬公噸為物質循環量。

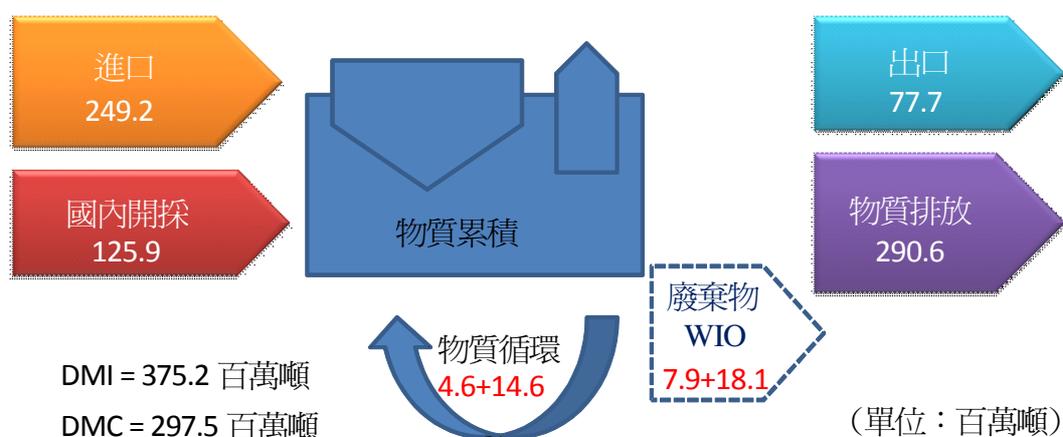


圖 A.1、台灣 2010 年總體物質流指標計算結果

圖 A.2 為歷年國內生產總趨勢。物質可分為 Biomass、化石燃料、金屬礦物及非金屬礦物四類，但台灣非金屬礦物中以建築物質為大宗，為顯其比例特將建築物質從非金屬礦物中獨立顯示。檢視歷年趨勢亦以建築物質所佔比例最高(64%~73.7%)，且於 2001 年 96 百萬噸後為先升後降，於 2009 年國內生產總量已降至 69 百萬噸，但至 2010 年又上升至 87 百萬噸。與建築物質相比，非金屬礦物為其次大宗，約佔 15.5%~24%，變化亦較建築物質穩定，近期皆約 26~28 百萬噸。

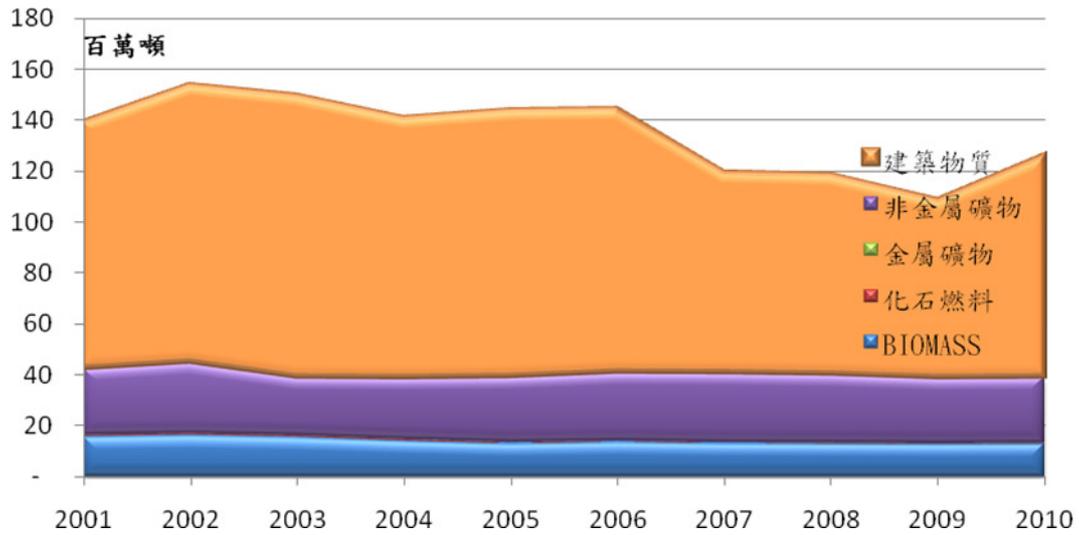


圖 A.2、歷年國內生產總趨勢

圖 A.3 為台灣歷年國內生產 Biomass 趨勢，可知國內生產 Biomass 總量由 2001 年 15.6 百萬噸降至 2010 年 12.9 百萬噸，且近期穩定發展，其中以農產品為大宗。圖 A.4 為台灣歷年國內生產化石燃料趨勢，可知國內化石燃料總量由 1997 年 0.6 百萬噸持續下降至 2010 年 0.2 百萬噸，而且以天然氣為大宗，另煤則從 2001 年即停止國內開採。

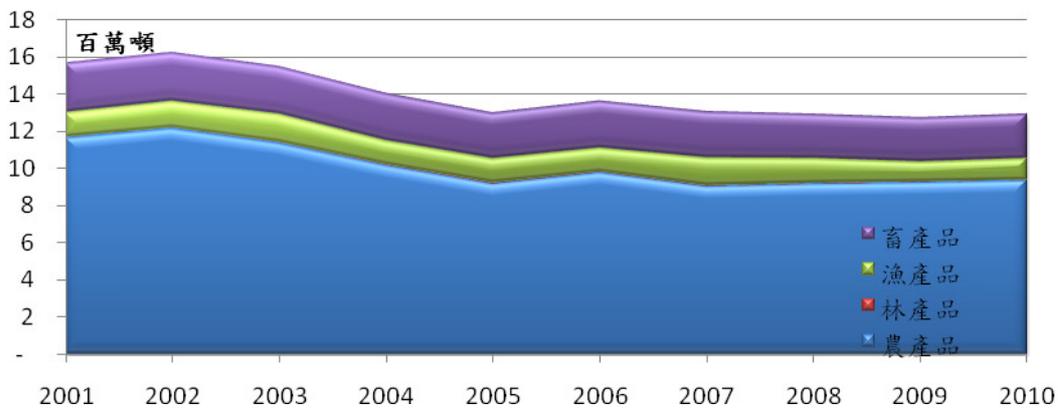


圖 A.3、歷年國內生產 Biomass 趨勢

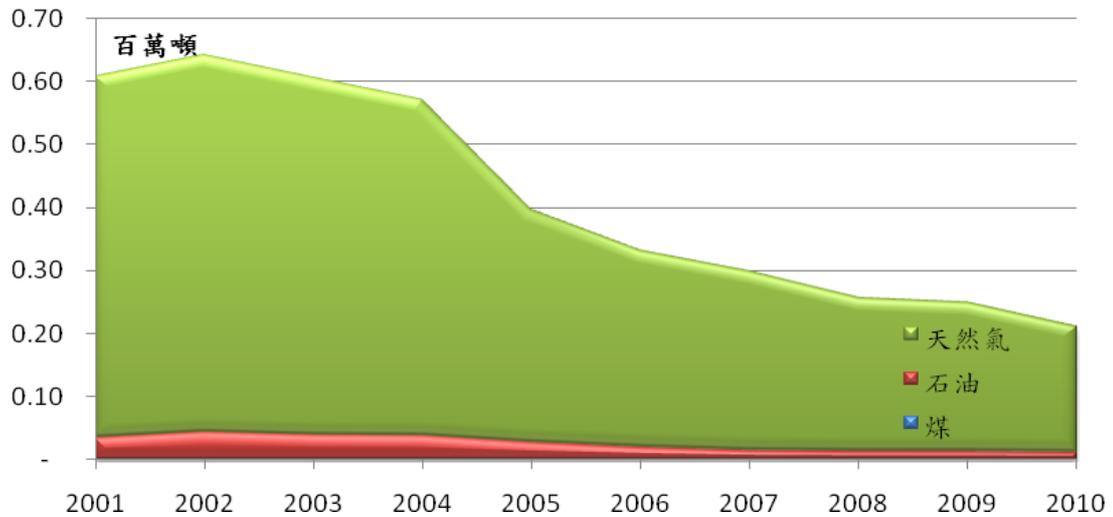


圖 A.4、歷年國內生產化石燃料趨勢

圖 A.5 為歷年進口物質總趨勢，其中以化石燃料所佔比例最高(50.1%~60.9%)，且由 2001 年 198.3 百萬噸增加至 2006 年 258.5 百萬噸，從 2007 年則開始下降，至 2009 年已降至 228.2 百萬噸，但於 2010 年又回升至 249.2 百萬噸，其中除金屬礦物外，各項物質均較 2009 年成長。圖 A.6 為歷年出口物質總趨勢，其中亦以化石燃料所佔比例最高(35.3%~50.0%)，且由 2001 年 47.8 百萬噸增加至 2007 年 80.9 百萬噸，從 2008 年則下降，至 2010 年約 77.9 百萬噸。

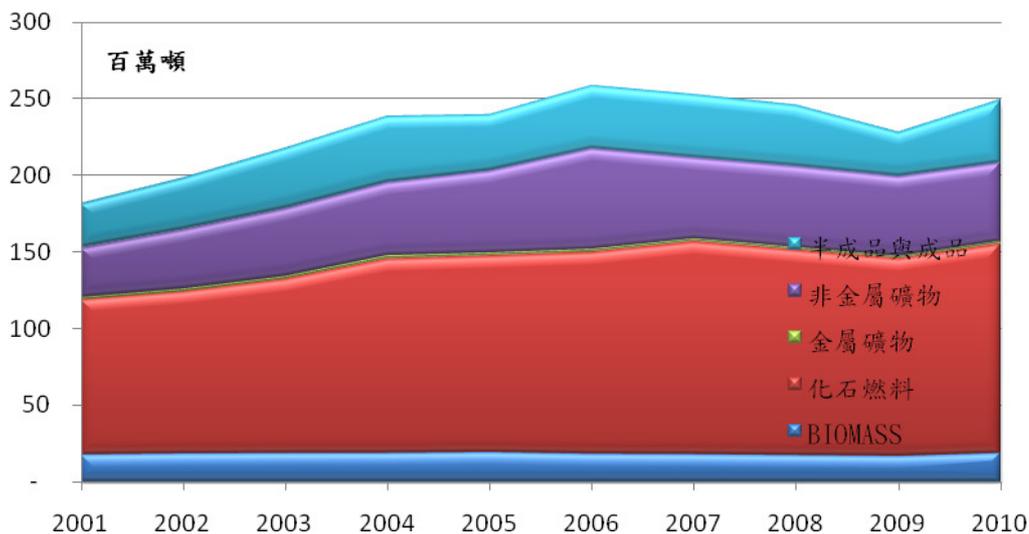


圖 A.5、歷年進口物質總趨勢

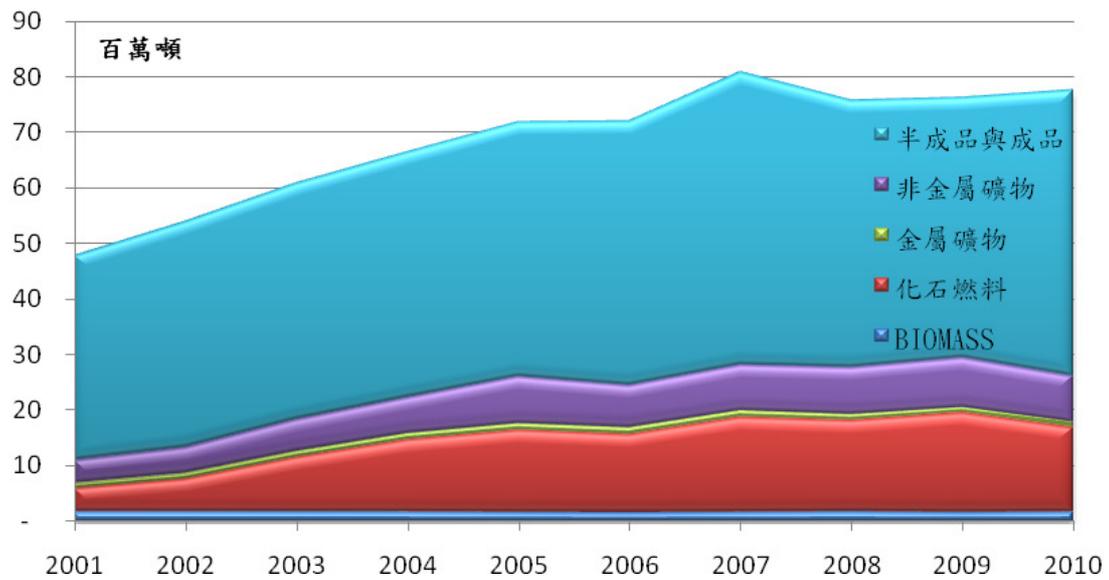


圖 A.6、歷年出口物質總趨勢

圖 A.7 為歷年 DMI, DMC, PTB, DPO 趨勢，可看出 2006 年前不論 DMI, DMC 及 PTB 皆為上升趨勢，大約以 5% 幅度成長，至 2006 年為高點後開始下降，2009 年 DMC 僅為 2006 年之 78.7%，而後 2010 年又為成長至 297.5 百萬噸。而國內製程輸出之 DPO 變動幅度較小，皆大約為 300 百萬噸左右，其中又以溫室氣體佔最大。

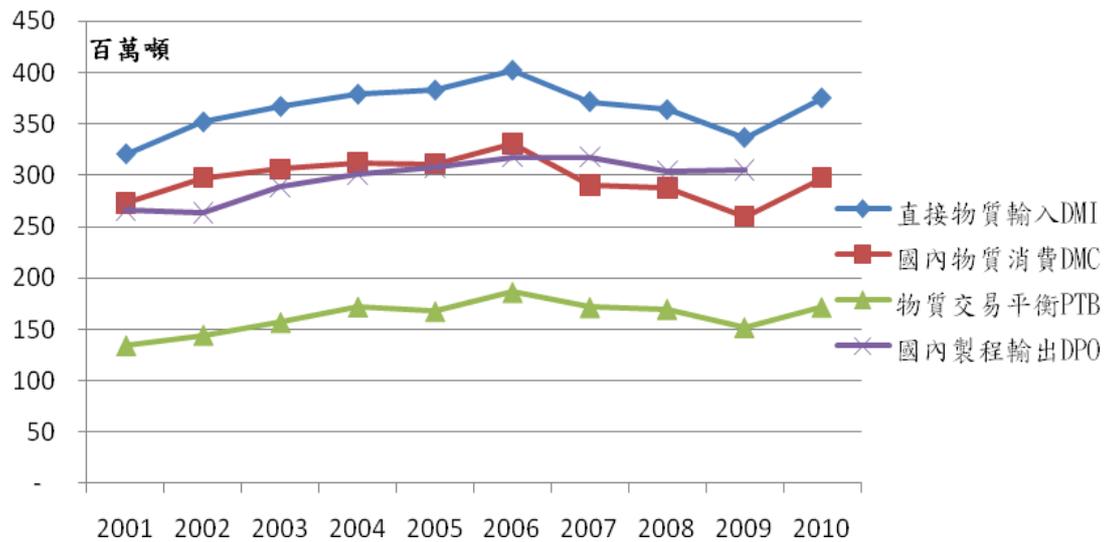


圖 A.7、歷年 DMI, DMC, PTB, DPO 趨勢

檢視過國內狀況後，將 DMI、DMC 與人口、GDP 連結，即可得人均物質消耗及密集度趨勢，如圖 A.8 及圖 A.9，可知不論在人均 DMI、DMC 以及 DMI、DMC 密集度至 2009 年皆有逐年降低之趨勢，代表我國在資源效率上的逐步改善。

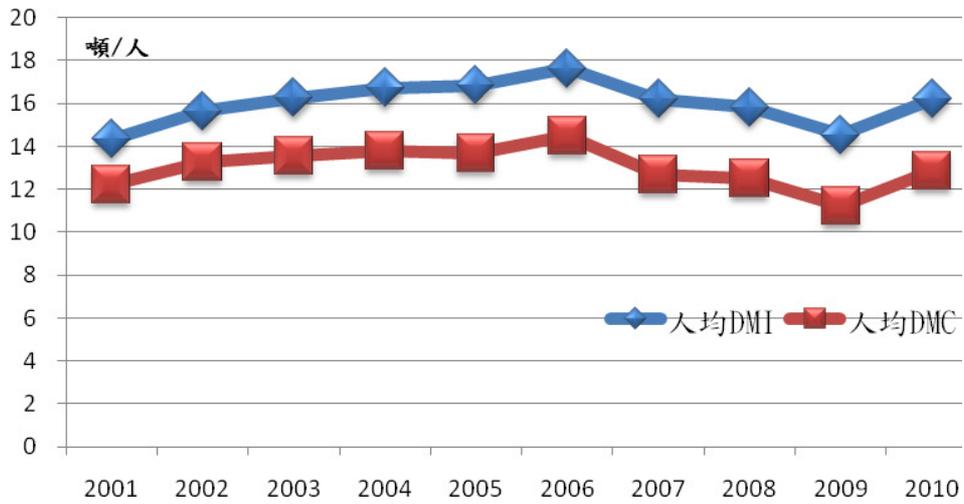


圖 A.8、人均物質消耗

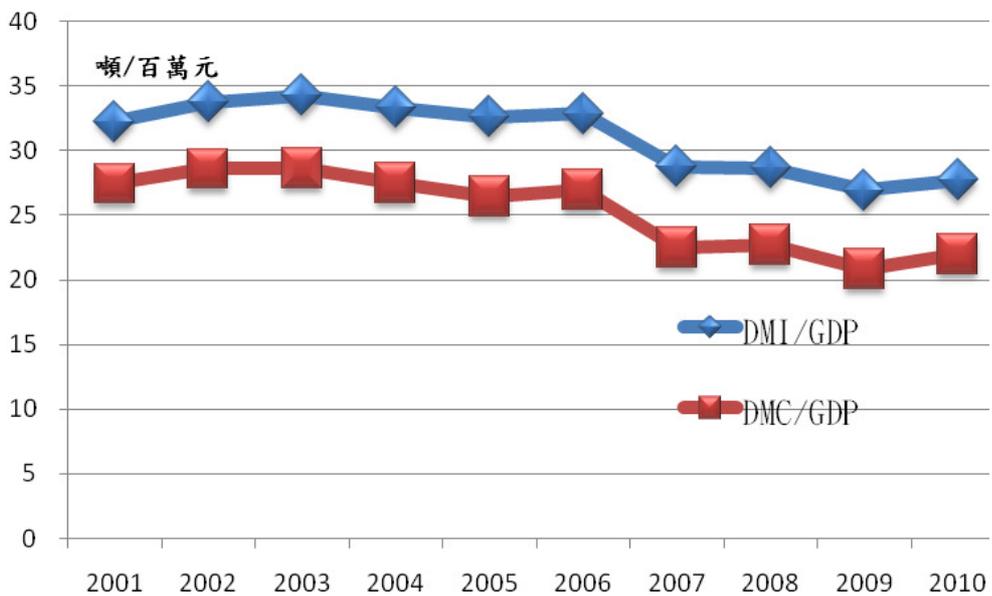


圖 A.9、人均物質密集度趨勢

若將以上結果與國際上比較，如圖 A.10，即可知台灣在 DMC 密集度與 OECD 國家相比，表現屬於中等。

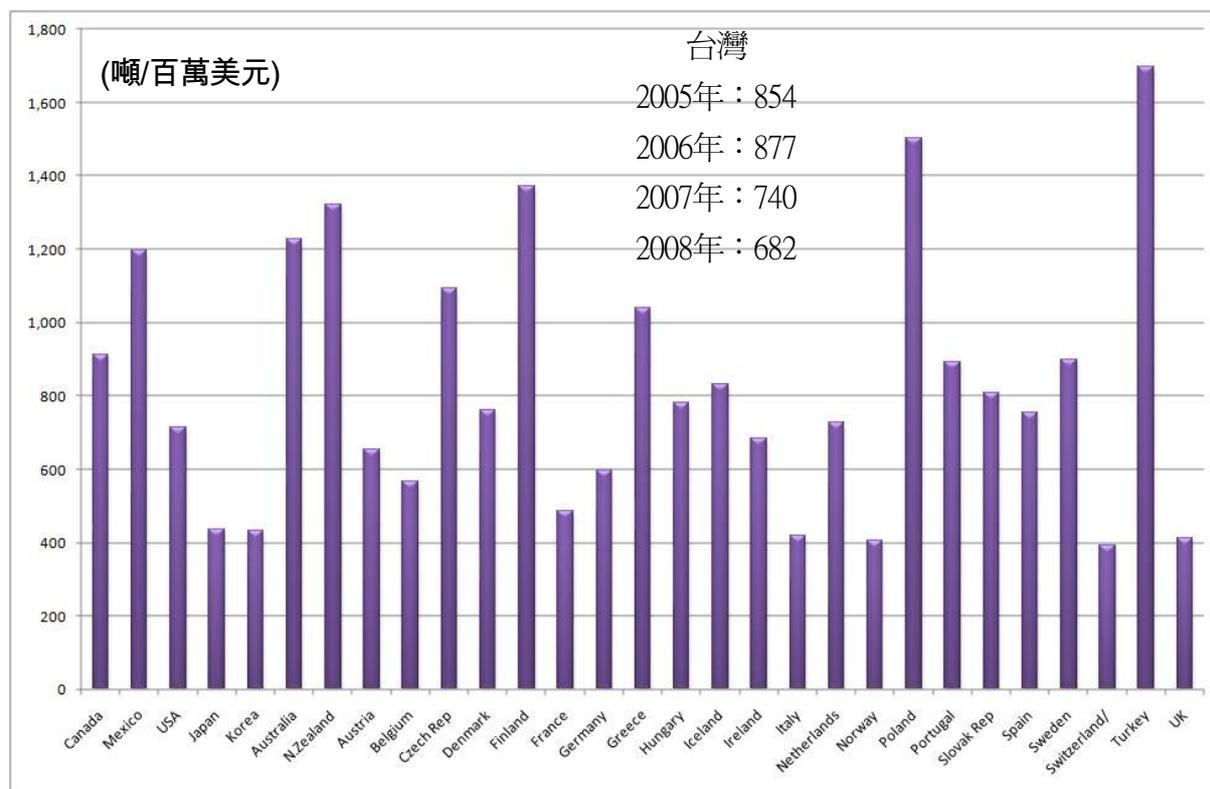


圖 A.10、2005 年 OECD 各國 DMC 密集度與台灣之比較

除了國家整體層級之外，可進一步檢視產業層級總體物質流的表現。應用投入產出分析方法結合乘數理論進行 2006 年國內產業國產品物質流分析，結果如表 A.1。若以產業直接消耗之國內資源觀之，建築用砂石所消耗資源最高(102.9 百萬噸/年)、其他非金屬礦產(非煤)消耗資源次之(27.3 百萬噸/年)、農產再次之(9.7 百萬噸/年)，若從需求端之角度觀之，即觀察何種產業為資源消耗之實際需求者，可知營造工程所消耗資源最高(94.7 百萬噸/年)、非金屬礦物製品消耗資源次之(8.0 百萬噸/年)、農產再次之(6.1 百萬噸/年)，此乃因為營造工程才是建築用砂石之主要需求者，非金屬礦物製品為其他非金屬礦產(非煤)之主要需求者，就永續物質管理觀點而言，需從上述需求端進行管理，才能使國內國產品資源消耗有效降低。

表 A.1、2006 年國內產業國產品物質流分析結果

**直接投入觀點**

行業	資源耗用
建築用砂石	102.9
其他非金屬礦產(非煤)	27.3
農產	9.7
畜產	2.5
漁產	1.3
天然氣	0.3
林產	0.1
原油	0.0
金屬礦產	0.0

(單位：百萬噸)

**最終需求觀點**

行業	資源耗用
營造工程	94.68
非金屬礦物製品	8.03
農產	6.05
不動產服務	5.90
加工食品	4.25
電子零組件	2.49
批發及零售	2.49
住宿及餐飲	1.89
化學材料	1.68
漁產	1.39

(單位：百萬噸)

若以每單位 GDP 觀察各產業之國內物質消耗(結果如表 A.2)，就產業直接消耗之國內資源觀之，其他非金屬礦產(非煤)每單位 GDP 所消耗資源最高(2,876 噸/百萬元)、建築用砂石每單位 GDP 消耗資源次之(2,648 噸/百萬元)，若從需求端之角度觀之，前兩名相同，但第三名則為非金屬礦物製品(224 噸/百萬元)。

表 A.2、2006 年各產業每單位產值之國內資源消耗

**直接投入觀點**

行業	每單位產值耗用
其他非金屬礦產(非煤)	2875.7
建築用砂石	2647.5
原油	68.9
農產	43.0
林產	31.1
畜產	18.3
天然氣	16.7
漁產	14.8
金屬礦產	0.0

(單位：噸/百萬元)

**最終需求觀點**

行業	每單位需求耗用
其他非金屬礦產(非煤)	2,896.8
建築用砂石	2,660.8
非金屬礦物製品	224.1
營造工程	89.0
原油	70.6
農產	53.3
林產	33.8
畜產	31.4
天然氣	18.4
漁產	17.4

2006年產業進口品消耗物質流分析結果如表A.3所示。若以產業直接消耗之進口資源觀之，煤所消耗資源最高(62.6百萬噸/年)、原油消耗資源次之(61.1百萬噸/年)、建築用砂石再次之(31.3百萬噸/年)，若從需求端之角度觀之，即觀察何種產業為資源消耗之實際需求者，可知電力供應所消耗資源最高(40.9百萬噸/年)、運輸倉儲消耗資源次之(30.5百萬噸/年)、電子零組件再次之(26.4百萬噸/年)，此乃因為電力供應為煤之主要需求者，運輸倉儲為原油之主要需求者，而電子零組件由於於生產過程需消耗大量電力，故進而影響到煤及原油之消耗量，就永續物質管理觀點而言，需從上述需求端進行管理，才能使進口資源消耗有效降低。

表 A.3、2006 年產業進口品消耗物質流分析

### 直接投入觀點

行業	資源耗用
煤	62.6
原油	61.1
建築用砂石	31.3
金屬礦產	19.6
鋼鐵	17.0
化學製品	10.6
農產	10.1
石油及煤製品	9.3
天然氣	7.8
其他非金屬礦產(非煤)	6.6

(單位：百萬噸)

### 最終需求觀點

行業	資源耗用
電力供應	40.9
運輸倉儲	30.5
電子零組件	26.4
電腦、電子及光學產品	22.5
公共行政服務	22.4
營造工程	22.4
機械設備	20.5
加工食品	8.4
非金屬礦物製品	6.6
汽車及其零件	5.0

(單位：百萬噸)

若以每單位 GDP 觀察各產業之進口物質消耗(結果如表 A.4)，就產業直接消耗之進口資源觀之，建築用砂石每單位 GDP 所消耗資源最高(3,726 噸/百萬元)、煤每單位 GDP 消耗資源次之(529 噸/百萬元)、金屬礦產消耗資源再次之(514 噸/百萬元)，若從需求端之角度觀之，則以營造工程(131,144 噸/百萬元)與電力供應(20,089 噸/百萬元)為前兩名。

表 A.4、2006 年各產業每單位產值之進口資源消耗

### 直接投入觀點

行業	每單位需求耗用
建築用砂石	3725.8
煤	529.2
金屬礦產	514.0
其他非金屬礦產(非煤)	372.9
農產	115.8
木材及其製品	112.2
原油	79.8
天然氣	63.7
化學製品	60.8
鋼鐵	54.6

(單位：噸/百萬元)

### 最終需求觀點

行業	每單位需求耗用
營造工程	131,144
電力供應	20,089
公共行政服務	6,844
建築用砂石	3,811
污染整治	1,341
非金屬礦物製品	1,077
金屬礦產	1,011
醫療保健及社會工作服務	968
運輸倉儲	738
鋼鐵	652

將國內資源消耗與進口資源消耗兩者整合，即為直接物質輸入(DMI)概念，圖 A.11 為 2006 年各產業之 DMI，其中以營造工程之 DMI 最高(就最終需求面來看，主要之因素為固定資本形成)，其次為電力供應(就最終需求面來看，主要之因素為民間消費)，運輸倉儲、電子零組件則再次之。

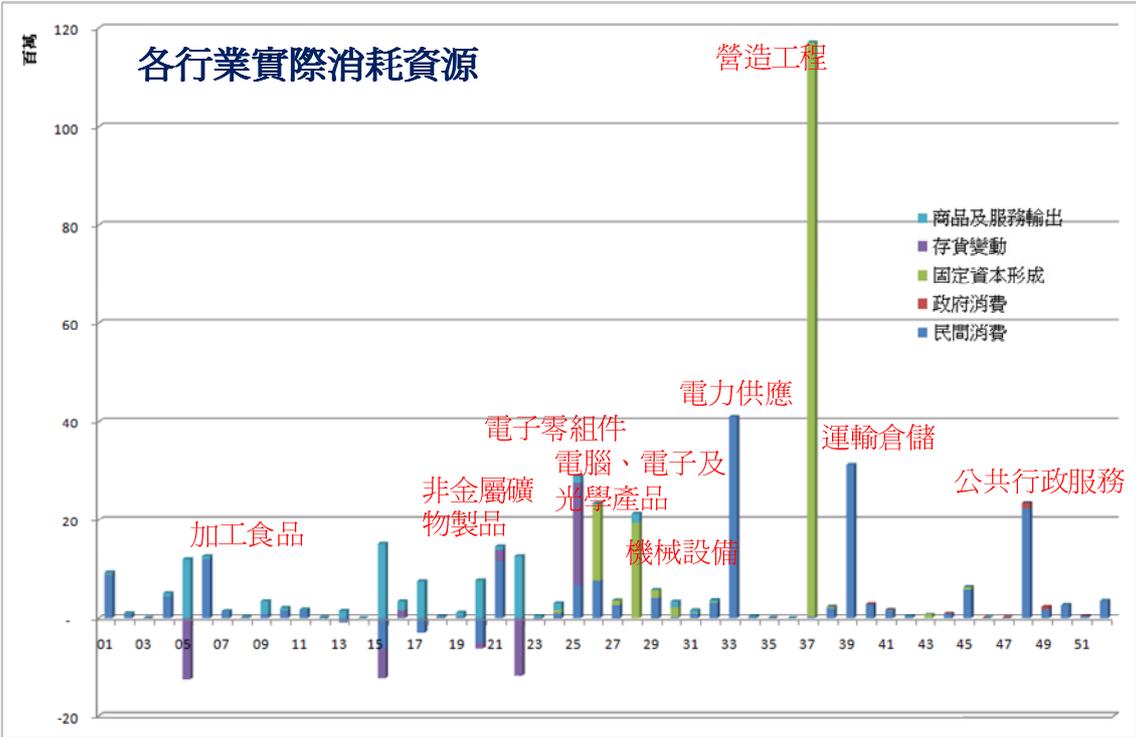


圖 A.11、2006 年各產業之 DMI

若以每單位 GDP 觀察各產業之 DMI(結果如所示圖 A.12)，營建工程、電力供應、漁產及非金屬礦物製品為創造每單位 GDP 產業中消耗資源總量前四名，因此未來在調整產業結構及永續物質管理上，應優先改善此四項結構為主。

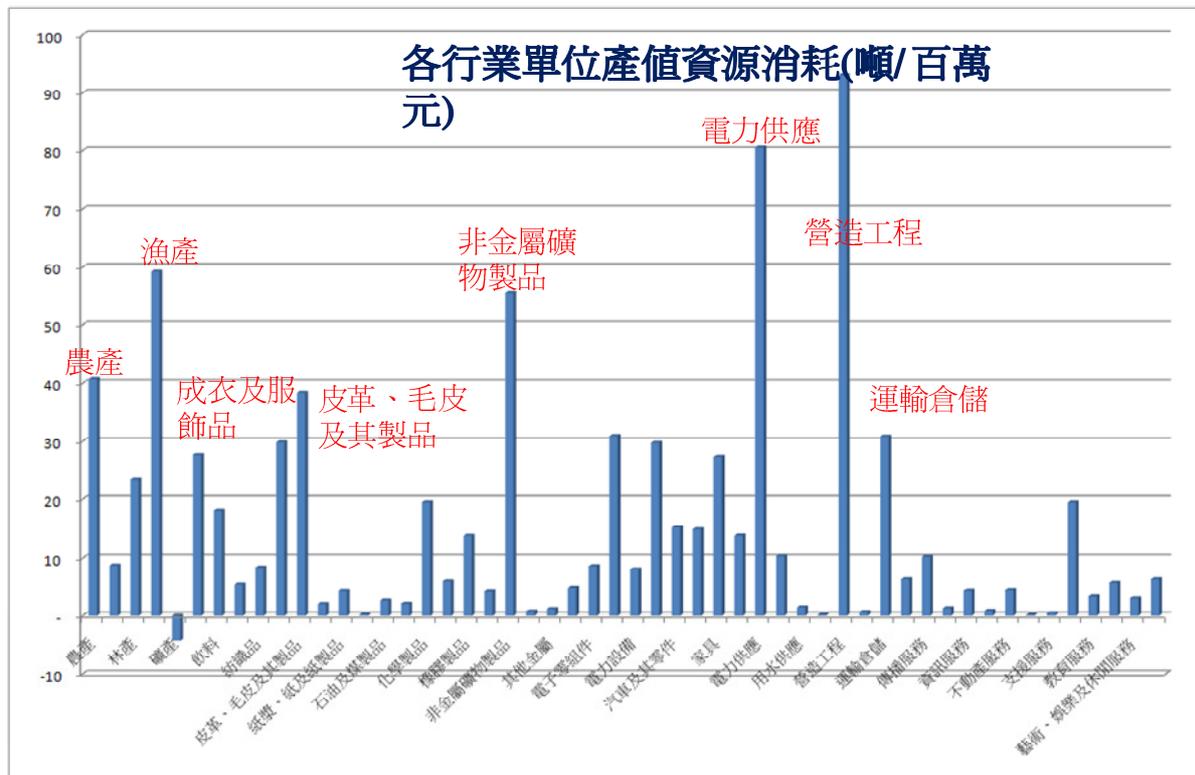


圖 A.12、2006 年各產業之 DMI/GDP



國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

永續資源管理政策白皮書 /馬鴻文, 鄒倫主編.

-- 初版. -- 臺北市:中技社, 民 101.12

50 面 ; 21×29.7 公分-- (專題報告 ; 2012-06)

ISBN (平裝) 978-986-88170-5-0

1. 環境保護 2. 自然資源 3. 白皮書

445.99

101027028



財團  
法人 **中技社**

**CTCI FOUNDATION**

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製