

廢棄物管理未來展望

從資源循環至循環經濟

▶ 吳盛忠 處長
環保署廢棄物管理處

一、緣起

經濟合作與發展組織 (OECD) 自 1980 年起推動廢棄物減量及妥善處理，隨著時間的演進，部分會員國有感於傳統廢棄物管理不足以因應大量資源消耗衍生的環境衝擊，認知到廢棄物與物質管理必須在生命週期的概念下進行某種程度的整合，以發展前瞻性的解決方案。與此同時隨著全球人口增加，資源不足的狀況明顯增加，永續物料管理 (Sustainable Materials Management, SMM) 的概念應運而生。

依據 OECD 所提出的操作型定義¹，永續物料管理是一種方法，其目的在於促進物料永續使用，採用物料生命週期概念貫穿、整合各式行動，以降低環境負面衝擊及維護自然資源，同時將經濟效率及社會公平納入考量。為達成前述目標，OECD 資源生產力及廢棄物議題工作組 (Working Party on Resource Productivity and Waste, WP-RPW) 持續檢視各國法規及行動計畫，並邀請民間機構參與，期能在建置工具/方法論的同時，找出最具效益的因應之道，並於 2012 年提出「永續物料管理—促進資源有效

使用²」文件，明確提出政策目標為「減少資源使用，尤其是環境衝擊大者，期能透過減少資源的使用，降低物質流的環境衝擊」。而歐盟 (European Union) 亦訂定有類似目標「提高資源使用效率，以減少不可再生的天然資源需求以及因原物料使用所帶來的環境衝擊，同時促使可再生天然資源的耗用速度不超過其再生能力」，並於 2011 年提出「資源使用效率進程計畫 (The Roadmap to a Resource Efficient Europe³)」，明定會員國後續推動工作及時程。綜觀 OECD 和歐盟會員國推動永續物料管理，或提高資源使用效率的主要關注重點，包括 (1) 保護自然資源；(2) 更積極有效率的利用資源；(3) 能以適當的方法辨識關鍵資源、程序並加強管理；(4) 掌握物質流及環境衝擊資訊；(5) 有效的降低資源使用及改善環境衝擊；(6) 將廢棄物視為資源利用；(7) 更多創新模式的利用型式；(8) 大量運用物質流及生命週期評估等工具。

二、循環經濟簡介

前述思維與「循環經濟⁴ (Circular Economy)」的概念不謀而合：把傳統的依賴資

源消耗的線形增長經濟，轉變為依靠資源循環來發展的經濟。要求人類在考慮生產和消費時從自然—經濟系統出發，對物質轉化過程做精細的處理，以減少經濟活動對資源的過度使用及對環境所造成的負面影響。換言之，循環經濟是用先進生產、替代材質、廢棄物減量、綠色供應鏈、廢舊資源利用、及「零排放」技術等支撐的經濟，不是傳統的高消費、高污染、低水平物質循環利用方式下的經濟。隨著先進國家的努力，原本聽起來似乎有些過於理想化的循環經濟，近年在各種技術的發展，逐漸成為可行的事實：2014 年於瑞士達沃斯世界經濟論壇⁵ 發布「邁向循環經濟 (Toward the Circular Economy)」報告，探討未來全球經濟轉型成為循環經濟的契機與挑戰，重點包括：(1) 循環的概念不僅可以促進經濟成長，更能夠創造長期就業機會；(2) 循環經濟正逐步成長並朝向全球化進行；(3) 供應鏈在循環經濟體中將扮演重要角色。專家並預期「循環經濟」模式可望在未來 5 年創造 10 萬個新工作，並在 2025 年前為全球整體經濟帶來 1 兆美金的產值⁶。此外，歐盟環境署預期於 2030 年增加資源使用效率 30% 的狀況下，可以促進經濟成長近 1%，增加二百萬個工作機會⁷。換句話說，循環經濟屬於歐盟提升資源使用效率之核心內容；又英國智庫單位 WRAP 於近期發表研究中提及，循環經濟可在英國增加超過 20 萬個工作機會⁸。

三、我國現況

台灣是一個天然資源極度缺乏的國家，根據 102 年度統計資料⁹ 顯示，我國整體資源使用量約為 3.8 億公噸，每人平均使用量約為 16.47 公噸，高於歐盟 27 國每人平均使用量之 13.24 公噸。

我國資源使用 (DMI) 其中有 64.55% 來自進口，國內自產為 35.45% (其中大部分為土石資源)；以四大類物料來看，其中金屬 (100%)、化石燃料 (99.83%)、生物質 (66.8%)、及非金屬 (22.06%) 均來自進口，顯示我國四大物料自給比例有限 (如圖 1)。另外，以循環利用率¹⁰ 來看我國資源循環利用狀況，102 年為 4.65%，相較於日本預估 2015 年可達 14~15%，仍有很大的成長空間。因此，若能將大量進口的資源透過循環利用策略與技術累積於本土，可改善一部份資源有限的問題，此乃發展我國循環經濟的契機。

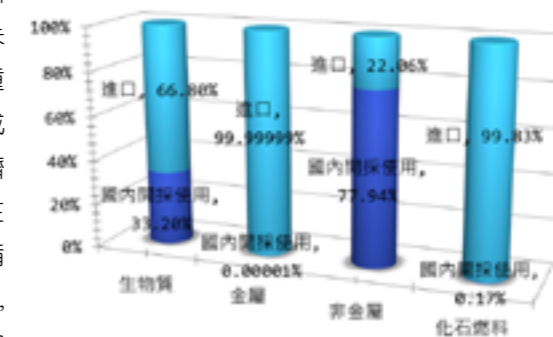


圖 1 102 年四大類物質國內直接物質投入 (DMI)

要發展循環經濟，必需要結合動脈與靜脈產業。台灣在靜脈產業，即所謂的廢棄物管理領域，已有多年經驗累積與成熟的產業技術，環保署相關的法制、措施也逐步轉向符合資源循環利用之精神，例如廢棄物清理法與資源回收再用法將整併為資源循環利用法 (草案)；資源回收四合一制度結合政府、業者、民眾、與回收處理體系，針對一般廢棄物進行回收處理工作；在事業廢棄物部分，也加強後端再利用產品管理之規範。對於與動脈產業的結合，近年也著手推動搖籃到搖籃的平台，及輔導 C2C 產品及認證工作；研擬環境化設計準則，提供政府部門與相關單位參考，並逐步納入相關政策中。然而，要能達到

1 OECD 對於 SMM 的定義為 "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."

2 資料來源：OECD, Sustainable Materials Management: Making better use of resources, (2012)。

3 資料來源：歐盟提升資源效率專網 http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm。

4 參考資料：<http://www.twiki.com/wiki/%E5%B6%93%E6%BF%9F%E7%90%86%E8%AB%96>。

5 資料來源：世界經濟論壇之循環經濟專網 <http://www.weforum.org/projects/circular-economy>。

6 資料來源：2014 年世界經濟論壇新聞稿 <http://www.weforum.org/news/circular-economy-can-generate-us-1-trillion-annually-2025>。

7 資料來源：歐盟循環經濟專網 http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm。

8 資料來源：Circular economy 'could create more than 200,000 jobs' in the UK (2015.01.20) <http://www.edie.net/news/5/Circular-economy-could-create-two-hundred-thousand-jobs-in-the-UK/>。

9 103SMM 計畫

10 「循環利用率 = 循環利用量 / (循環利用量 + 天然資源等投入量)」，其中，循環利用量 = 再使用量 + 回收再使用量。國內循環利用量則包含一般廢棄物、公告應回收項目回收量及事業廢棄物之再使用及回收再利用

不斷循環滾動的循環經濟，必需要有三個很重要的因子，包括(1)靜脈產業產出的再生資源，必須達到符合市場需求品質之產品，並為產業所用；(2)動脈產業在生產產品時，應以利用再生資源為優先的目標，規劃相關的製程設施及流程；(3)在生命週期階段，促進各種形式的再使用、再利用，甚至是能源利用，以達到最大程度的循環利用。目前，我國仍停留在再生資源僅是部分摻配，而非被視為原物料使用，因此在動脈與靜脈產業的連結，甚至是循環經濟之發展，影響程度有限。

四、稀有資源管理

隨著環境資源部即將成立，及管理範疇的擴大，環保署積極的導入永續物料管理制度，將廢棄物重新定義為可重複利用的資源，並著手研擬我國制度轉向之策略及對應措施，並建置配套工具與資訊系統，進一步的跨入資源管理的領域。與傳統資源管理的不同，永續物料管理運用物質流分析及生命週期評估工具，關注系統中的流布及因資源使用所衍生的環境衝擊。目前世界上相當被重視的稀有資源管理，在未來也將透過永續物料管理之「落實及發展我國原物料策略」逐步建構。

近年因稀土資源有限，且主要掌握在少數幾個國家手上，因此掀起國際對稀有資源之爭奪，並紛紛訂定相關政策，例如歐盟、德國原物料倡議(Raw Material Initiative)、英國關鍵物料策略(Critical Materials Strategy)等，以確保在平等的條件下原物料的永續的供應、改善原物料消耗及提升使用效率、提升區域內的礦物原料自給率降低對外依賴、將廢棄物視為資源、使用替代物料，部分國家甚至設計資源儲備制度，如日本¹¹早期以7種礦物儲備為目標，包括鎳(Ni)、鉻(Cr)、鎢(W)、鈷(Co)、鉬(Mo)、錳(Mn)、及鈦(V)等，並設置國家儲備倉庫，目標期限為兩個月，採取國家與民間共同儲備，其儲備比例為7:3，並配合產業需求，評估新增其他項目。所謂關鍵資源，以歐盟原物料策略¹²而言，是指具有經濟上的重要性及供應風

險，歐盟於2010年從41種非農業及非能源物質中篩選出14種關鍵資源，爾後2013年重新從54種物質中篩選出20種關鍵資源。在荷蘭¹³，先調查國內資源使用狀況，評估重要經濟活動產業所依賴之資源種類，如磷用於農業肥料，鈷及鈦用於高速鐵路，鋇、鎵及鉍用於電腦晶片等，並規劃相關的策略，包括供給面、需求面、有效率且可持續的消耗。

配合國際趨勢及我國產業需求，國內相關單位也開始重視關鍵資源議題，包括環保署廢棄物輸出入管理、經濟部稀有戰略資源循環聯盟、中技社出版資源循環經濟與產業發展專書、學界對國內科技產業進行關鍵資源的調查與評估、甚至是特定關鍵資源的物質流調查及回收技術研發等，分別從不同的角度促進國內關鍵資源的循環利用，但仍需要一整合性政策，以協調各方資源的投入與分工，以及擴大至各部門及產業界。

五、未來展望

環保署為推動永續物料管理制度，草擬資源使用效率提昇推動計畫，發展國家層級策略與部門分工，建置分析工具以掌握國內資源使用狀況，期望未來可運用於關鍵資源的篩選與管理。現階段，除前述計畫與工具的發展外，規劃運用於稀有資源管理策略之研擬，涉及國內重要產業之原物料取得與循環利用，並憑藉環保署在廢棄物管理上的豐富經驗與具體作為，是我國邁向資源管理之重要里程碑。

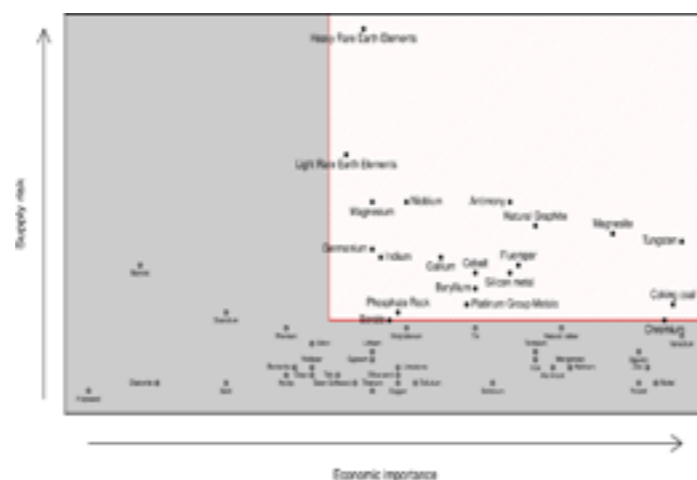


圖2 歐盟關鍵資源篩選

循環經濟時代 談台灣產業發展

► 陳良棟 副組長
經濟部工業局永續發展組

一、前言

所謂循環經濟，是在經濟發展中，以廢棄物減量化、資源化和無害化，使經濟系統和自然生態系統的物質和諧循環，維護自然生態平衡。循環經濟是按照自然生態系統物質循環和能量流動的方式，使經濟系統和諧地納入到自然生態系統物質循環的過程中，在物質的循環、再生、利用的基礎上發展經濟，是一種建立在資源回收和循環再利用基礎上的經濟發展模式，其生產的基本特徵是低消耗、低排放、高效率。亦即在人、自然資源和科學技術的大系統內，在資源投入、企業生產、產品消費及其廢棄的全過程中，把傳統依賴資源消耗線性成長的經濟，轉變為依靠生態型資源循環來發展的經濟。

我國過去五十年來，從農業社會轉變為工商業社會，仍依循大量生產、大量消費、大量廢棄的經濟模式，產生許多環境問題及社會衝突，經過許多工程手段解決環境問題，再經深層反省導入許多解決資源耗竭及環境友善的方法，與先進國家同步進入循環經濟時代，並運用資源循環相關科技及商業模式，促使產業獲得更大利益。

本文以台灣產業發展的經驗，介紹成功跨入循環經濟時代的實例，並對未來如何強化循環經濟，提出粗淺的建議，期望我國在循環經濟時

代，產業可以做為強而有力的循環經濟推手，並主導全球往循環經濟發展，以獲得企業利益並保護環境，邁向產業永續發展。

二、產業發展的軌跡

我國在1970年代由農業社會轉型為工商業社會，積極發展鋼鐵、石化等基礎工業，廣設工業區；在1980年代為傳統產業為主的經濟型態，產業意識到環境污染對經濟發展的負面影響，經濟部工業局即積極輔導產業管末處理之污染防治技術，但管末處理的費用高且效果有限，故引進工業減廢與清潔生產的作法，降低廢棄物量、節省生產成本並減輕環境負荷；此時期各鄉鎮垃圾掩埋場飽和，時常爆發垃圾無處掩埋問題，1987年成立行政院環境保護署。

1990年代進行產業升級積極發展電子業，各種產業成長快速，環保議題獲得重視，我國成立國家永續發展委員會，各種環保法規逐漸完備，如環境影響評估法、公害糾紛處理法，並開始徵收空氣污染防治費，產業界積極導入ISO14001國際環境管理系統。另一方面，聯合國召開世界永續發展高峰會，積極推動國際環保公約如氣候變化綱要公約、管制有害廢棄物越境轉移的巴塞爾公約、管制溫室氣體排放的京都議定書，永續發展議題獲得廣泛討論。

11 稀有資源循環再利用及未來發展，張添晉。

12 REPORT ON CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU, 2014, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/crm-report-on-critical-raw-materials_en.pdf

13 Policy Document on Raw Materials, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/mss-netherlands_en.pdf

到了 2000 年代，我國頒布環境基本法、土壤污染整治法、資源回收再利用法，並徵收土壤及地下水污染整治費；此時我國為全球重要的製造基地，許多廠商成為全球最大的製造商，產業進行全球布局，此時凸顯出我國資源的不足，產業所需的能源、原料及礦產全靠進口，水資源不足，加以京都議定書生效，溫室氣體排放管制引起各方重視，產業所提出的大型鋼鐵、石化投資案都因環境及資源議題而放棄。此時，產業面對事業廢棄物去化困難，處理價格昂貴，經濟部工業局除加強工業減廢輔導外，推動工業廢棄物共同清除處理體系，並依廢棄物清理法進行工業廢棄物再利用審查，建立資源化產業，使工業廢棄物再利用率快速提高。另由於新建電廠及水庫受到環保團體的阻力，用水及用電已成產業發展的限制因子，工業局積極推廣水資源回收再利用及工業區能資源整合，期使產業生產所需的水、能源、及資源物質均能循環再利用。

2010 年代，產業面臨創新轉型的壓力，節省能源、少污染、降低環境負荷等企業社會責任獲得普遍重視；亞洲各國經濟快速成長，中國成為世界的工廠，資源成為各國爭取的物質，更顯資源循環對永續發展的重要；聯合國永續發展會議以綠色經濟為主題，強調培養綠領人才，其中循環經濟為綠色經濟重要的一環。

三、產業循環經濟推動的作法

在聯合國第一次世界永續發展會議之後，各國為保護地球環境，已從環保意識的提升、國際環保的作為、環保法令制度的建立、污染防治技術的提升等各方面努力。我國雖非聯合國成員，但腳步卻不落後其他國家，產業一直朝清潔生產與綠色生產力的方向發展，初期以製程面的節省能源與降低污染，強化生產力與環境績效，逐步發展成包括產品面、服務面等全方位的清潔生產。

發展循環經濟須國家政策和法律的支持、取得相關技術、獲得足夠資金、建立管理和監督的

機制、最重要的是投入的企業必須獲利，不斷的茁壯擴大。我國為解決廢棄物氾濫、垃圾場飽和等環境問題，建立起資源回收體系，由政府主導建立制度，強制資源物回收，如強制要求產品生產業者或進口業者繳交回收金，補助回收業者及處理業者進行回收，業者在有利可圖的情況下，研發或引進技術與設備，將產品廢棄後分解再回收做為原料，進行物質循環利用，創造許多產值及就業機會。

以包裝飲料的寶特瓶循環利用為例，最早由環保署徵收押瓶費，在其廢棄階段由於有利可圖，業界配合建立回收系統，在其產業鏈成形後，取消押瓶費徵收，業界自行發展回收原料產品的認證管理系統，並發展出我國聞名國際的寶特瓶回收纖維，及各回收纖維所生產的運動服與紡織品，廣受喜愛與歡迎，成功使寶特瓶原料循環利用，創造循環經濟的商機。

以廢電器電子產品為例，由環保署公告應回收項目，從產業界徵收回收基金以補助回收業及處理業，處理業引進並研發出分解處理及原料回收的技術與設備，回收的各類金屬及材料，再進行純化及精煉，可以回到產業界作為生產的原料，減少開採礦產所造成的環境傷害，我國再利用業者更可將自行研發生產的設備及技術輸出，協助其他國家解決環境污染問題，我國因而培養出綠領人才，創造商機及增加就業機會。

在我國廢棄物清理法中授權各目的事業主管機關研訂事業廢棄物再利用管理規定，經濟部事業廢棄物再利用管理辦法針對製造業生產過程所產生的事業廢棄物之再利用有詳細規定，並接受廠商申請事業廢棄物個案再利用、通案再利用之審查，對於技術成熟項目並直接公告再利用。過去 12 年來，投入資源再生之廠商家數由 2002 年 305 家成長至 2013 年 1,467 家，成長近 5 倍；從業人數從 9,900 人增加至 77,548 人；產業產值由 249 億元提升至 659 億元。工業廢棄物再利用量由 804 萬公噸成長至 1,381 萬公噸；再利用率由

68.1% 成長至 80.5%。

近年來，隨著綠色採購、綠色消費的興起，我國許多企業廣泛納入環境化設計、綠色管理、企業社會責任及綠色創新等議題，在整個產品與服務的生命週期導入兼具經濟與環保概念之清潔生產及綠色設計技術，追求永續發展與綠色成長，兼顧環境保護、經濟成長與社會進步，因此我國產業在循環經濟方面，有許多方面值得發展中國家學習。美國與我國環保署合作，以台灣推動資源回收的經驗協助東南亞國家；亞洲生產力組織 (APO) 選定我國為其綠色卓越中心，由我國去協助會員國，將我國在綠色工廠清潔生產、資源回收、綠色能源等經驗及技術，介紹給會員國，共同提升綠色生產力。

四、資源耗竭之循環經濟新商機

由於民眾環境保護意識提升，因應能源資源耗盡產生之新商機包括潔淨能源、資源回收再利用、綠色節能運輸等面向。潔淨能源包含風力、太陽能、燃料電池、生質能、絕緣材料、及節能科技等獨立式發電系統之商機；資源回收再利用包含廢棄物減量科技、資源回收管理與再利用等科技之商機；綠色節能運輸包含有效率的大眾運輸系統、交通廢氣排放管制、及節能控制科技等商機。另外在節能技術服務方面，ESCO 創新節能服務的商業模式，將有很大的成長空間。

在水資源方面，由於乾旱所產生的缺水將使海水淡化、污水回收再利用等相關技術、設備、及產水供水服務產業蓬勃發展。

在生產原料及礦產資源短缺方面，城市採礦之廢棄物回收及金屬精煉分離回收產業將益形重要，掌握料源可增加國家競爭力，對於從廢棄金屬提煉出稀有金屬，將成為新商機。

產品只租不賣，或只提供服務的去物質化商業模式，將越來越有競爭力。除可更有效率且多層次再使用、回收再利用產品外，可創造更多服務人員的就業機會，使產業朝服務化發展。

五、我國強化循環經濟的建議

循環經濟是以最少的資源消耗和環境成本，獲得最大的經濟和社會效益，我國在過去產業發展的過程中，已經將循環經濟相關方法、技術、制度、國際標準和管理系統引進國內推動，部分項目已經成為國際標竿，但還有許多項目尚待努力；在資源回收方面，我國是強項，鄰近國家積極到我國學習。大陸已於 2009 年施行循環經濟促進法，每年派出許多參訪團來台交流學習，並有計畫的全面推動循環經濟。我國在法令制定方面尚無相關規劃，因其涉及許多主管機關，在經濟部有能源、原料及礦產資源、水資源、產業廢棄物資源化、綠色產品綠色消費等各面向的循環經濟問題，環保署有資源循環利用、水、空氣、土壤等污染管制等促進循環經濟問題，國家如能有一個促進循環經濟的專法，對推動經濟往循環經濟的方向發展，整體目標和做法會更明確而有效。

在沒有專法及專責單位推動循環經濟的情況下，短期內可以鼓勵成立促進循環經濟的民間團體，由民間團體結合智庫去推廣循環經濟的做法和相關技術的研究，在循環經濟的推動下，期望可以化解現行投資受阻的窘境。

我國在強化循環經濟方面，短期內可加強政府及民間企業的綠色採購，運用現在的科技及創新商業模式推動綠色採購，加強只租不賣，讓產品的生產製造者，進一步注重綠色生產、供應鏈管理、從搖籃到搖籃之產品循環應用，運用產品生命週期評估及綠色設計的理念，以減量化 (Reduce)、再使用 (Reuse)、再循環 (Recycle) 的 3R 概念去推動產品的設計、生產和行銷，以因應目前市場對於廠商的企業社會責任要求，積極掌握綠色商機。

