



財團法人中技社董事長潘文炎

因應資源危機 推循環經濟

2016年聯合國國際資源委員會 (UN-IRP) 報告中顯示，全球資源開採量從1970年220億公噸上升到2010年700億公噸。

如維持資源供給模式，到2050年將達1800億公噸，此將導致加劇氣候變遷、空氣污染、減少生物多樣性、關鍵資源短缺及戰爭衝突的風

險。全球為因應此危機即提倡「循環經濟」，此為改變過去傳統「線性經濟」，透過材料、產品、系統及商業模式的整合，排除有毒化學品的使用，與設計具備可恢復性及再生性的產業系統，達到資源循環目的。

台灣地狹人稠且資源短缺，較其

他國家更應採取循環經濟之作法，事實上台灣2016年垃圾回收率達58.02%，於全球僅次於奧地利及德國，具備發展循環經濟的良好基礎。

政府亦將循環經濟列為目前的「五加二」創新產業計畫之一，讓企業能透過更循環的生產業活動來創造經濟上的效益，將有助於因

應資源短缺的風險及提升全球的競爭力。

中技社秉持公益法人的立場，特邀集8位學者專家，探討影響循環經濟推動的4個關鍵面向「台灣動靜脈產業的協作及困難」、「台灣產品設計及製造的瓶頸、生產者延伸責任」、「消費者的認同及顧慮」及「科技發展對循環經濟的影響



」。本社預定今年12月出版專題報告，將8位專家學者引言及討論內容

彙編，提供各界參考。歡迎索取或上本社網站 (www.ctci.org.tw) 下載。

台北科技大學環境工程與管理研究所教授張添晉

降低汙染從源頭做起

國內的動脈產業 (資源、產品及消費) 及靜脈產業 (回收、再生及再利用) 在政府的制度規範及輔助下，已建構一套運作機制。跨產業之間的鏈結，未來應該從回收再生跳躍至產品設計，透過末端所面臨的問題回饋至前端製造，從源頭提升產品友善化，以符合清潔生產的要求，達到低污染、低耗能及易回收等目標。

靜脈產業目前仍然有許多挑戰面臨，最棘手為面臨「原料」供需不穩，再者為再生產品品質與價格競

爭力偏低及國人對於再生產品之信心建立等。

我國環境負荷重，自然資源不足，為克服上述挑戰，未來靜脈產業可發展之策略，包括：(1) 強化靜脈產業體質：研擬回收處理廠之分級制度、總量管制、處理技術海外輸出及培訓專業人才。(2) 拓展及穩定原料來源：建立完整的產業鏈與聚落，規劃動靜脈電子產業園區與材料資源之整合。(3) 提升再生產品品質與推廣認證：制定再生產品、再生料之國家標準，並



推動公共工程使用再生產品、再生料規範。(4) 建立多元自主回收系統：推廣自主回收系統可有效進行廢棄物之拆解以及資源再生，降低廢棄物處理成本及提升業者環保形象。(5) 開拓國外市場：進行技術協助或整廠轉移，輔助當地業者回收再生處理廢棄物，並規劃再生物料進口，積極對外進行國外市場評估與調查，建立國外據點。

綠電再生股份有限公司總經理隋學光

提升誘因 降低陣痛期

如果將人體新陳代謝與現實循環經濟作對比，當心臟 (經濟動脈) 運作時，體內的臟器 (靜脈產業) 自可運作順利，供給腦部 (政府與人民) 指揮人體運作 (動脈產業)。當腦部經由教育獲取足夠知識後，完善體內新陳代謝，在動靜脈的完美協作下，獲得充分養分 (能源) 後，自能創造出價值。

國內動、靜脈產業發展多年，各自擁有成熟之運作動力與產業鏈，但均屬線性經濟模式，缺乏媒合與宣導，致無完美之交集與鏈接。在

此提出幾點建議：1、循環經濟要有動力來源：如循環經濟可產生利益，企業自然會逐利而行，不需鞭策。2、法令政策引導與教育宣導：當企業已具備環保理念及創新技術時，政府之政策支持與導正，及廣泛的教育宣導與身體力行，即可讓企業順利推動循環經濟並獲得人民支持。3、便利明確的申辦流程：環保觀念抬頭，嶄新技術與設備一日千里，為求提升政府審查效率，政策法令應為原則性規範並訂定合理之審核時程，再配合實施淘汰



機制，以提升企業採用新技術設備誘因而降低導入陣痛期之效益。4、政府部門一致性分工：對於靜脈產業之審核評鑑與技術設備評估，應由中央主管統籌，地方負責稽查與執行，方可增加審核之嚴謹與全面，靜脈產業亦可因一致性標準而發展均衡與適正。

成功大學機械工程系教授陳家豪

突破瓶頸 落實零排放

台灣在推動循環經濟的瓶頸為，未深入理解循環經濟的觀念是零排放 (即無廢棄物，均為原料)，這可從教育廠商與消費顧客、進行循環經濟知識傳播、更新法規及獎勵措施著手；而推動的主要關鍵為增加產品附加價值，這可從推動循環經濟的五大原則 (封閉材料迴路、未來壽命預估、層級循環使用、使用再生能源、產品服務系統)，與五項商業模式 (循環供應、資源回復、延長產品與資產壽命、共享

平台、產品既服務) 之相關連性，了解增加產品附加價值的可能性與可行性，如「資源回復 (Resource Recovery)」之商業模式即涵蓋了封閉材料迴路、層級循環使用、使用再生能源等原則。

加重生產者延伸責任可從相關配套法規及獎勵措施下推動，但推動循環經濟的創新 (價值創造) 則要參考國 (內) 外成功案列及綠色創新方法與工具的運用。目前推薦的綠色創新方法與思維有 (1) 從搖



籃到搖籃；(2) 去 (脫) 物質化 (極小化製造)；(3) 去 (脫) 碳化；(4) 簡單化；(5) 金字塔底層創新設計；(6) 理想性；(7) 產品服務系統；(8) 仿生設計；(9) 開放式創新；(10) 新科技帶動綠色創新 (工業 4.0、物聯網、3D 列印、AI 人工智慧等)。

光寶集團全球營運暨績效管理部門資深經理趙惟忠

創新設計減少環境衝擊

企業從傳統的線性經濟模式轉型為循環經濟的模式，不僅能改善成本效率及競爭利基，同時也降低環境面與社會面的衝擊。從產品設計及製造的角度來看，首先是釐清客戶的真正需求，企業才能設計符合所需的產品和服務，透過綠色創新的系統性作法與管理，也就是落實可衡量的各種 R (Reduce、Reuse、Recycle、Recover 等)，使得產品在整個生命週期，從原物料開採、生產、運銷、產品使用及

最終的回收與處置階段，充分審視三個面向的影響，包含物質、能源以及毒化物的質和量，使之兼具環保性與經濟性的利基。

隨著工業 4.0 的發展，這些應用的創新設計與製造技術相當多元，例如虛擬 / 擴充實境的設計應用工具、模組化設計、3D 列印技術、生產自動化、先進分類與回收系統、產品服務化系統等，對循環經濟的推動，扮演了一個重要的角色。此外，生產者延伸責任也是驅動



循環經濟的一項要素，因為生產者必須負責產品使用後的回收、再生，或是棄置的責任；也就是從源頭著手，促使生產者對原料的選擇與產品的設計重新思考，在生產以及最終回收處置產生較小的衝擊。歐盟的推動經驗共獲得了四項主要的成果，包含產品回收率增加，降低 15% 的廢棄物處理成本，推進了綠色創新成果，以及開創了新興產業的經濟價值，可做為參考。

環境品質文教基金會董事長謝英士

從創新著手 延續福祉

經濟者，經世濟民也。「循環經濟」是將「環境承载力」放在首要位置的發展模式，在全球面臨土地衰退、海洋資源枯竭、氣候變遷等危機的今天，循環經濟是延續後代福祉最理性的選擇。推動循環經濟，可以從五個「創新」著手：一、法規創新：我國的森林、礦產、水資源都以「國有」為原則，政府應該善盡受託人的善良管理人角色，資源利用才能永續。政府可盤點法規，檢視環境衝擊與創新運

用的契機。例如「檢討禁伐政策，妥善運用森林資源」、「允許地方政府禁用高污染能源，如生煤 / 石油焦」、「一定高度以上的高山不興建道路」等。

二、辨識制度創新：標章、認證是消費者認同循環經濟的作法。而辨識的對象除特定商品，也應擴及企業、城市及國家。

三、科技創新：可優先鼓勵監測自然資源利用、有效辨識的技術創新，以利循環經濟的達成。



四、政策創新—循環城市：2050 年全球 75% 的人會居住在城市中。城市由道路、河川 (水體)、建築和人組成，我們需要用這四個要素打造「海綿城市」，才能因應極端氣候下的水與熱。

五、價值創新：家庭與循環經濟關係密切，應成為推動循環經濟的重要場域，讓循環家庭成為「21 世紀新家庭倫理」。

中國鋼鐵股份有限公司顧問張西龍

產學合作 解決各方疑慮

解決消費者的認同及顧慮可分為 4 點說明：

一、兼顧環境衝擊的舒緩：科技發展或創新攸關資 / 能源循環利用的成敗，尤其在現今社會環境的氛圍下，消費者對再生資源品質要求更高，環保意識也更強，過去可以接受的準則，如今恐不符所需。

二、與循環製程上下游整合品管：科技發展與創新宜與上下游系統品質管理結合，才能使技術應用順暢，否則可能功敗垂成。

三、國家層級的國際標準化：科技創新雖重要，應用前宜先標準化，具體言之，應有試驗、驗證 (最好是國際驗證)、現場試用、環境監測，並訂定使用手冊，方能取得各方認可與降低疑慮。

四、在初期應用產學結合：科技創新不管是能源或資源，在國家型能源計畫推動階段，均有涵蓋各方面的潛力技術項目，但多數距產業化目標尚遠，甚至不可行，可見在創新時若未鏈結產業加入，極可能



使得效果大打折扣。例如淨煤減碳主軸計劃中，有煤碳氧化搭配碳捕捉及封存，又可將合成氣進一步製成各種高價化學品等，但可惜的是「國家能源政策中，對於用煤相當排斥」，導致此計畫不得不中止。此外，未來科技創新可以在幾個環境考量面多琢磨，例如臭味抑制、生態消化、菌種利用等，對資源化的循環應可發揮關鍵性的效果。

李國鼎科技發展基金會秘書長萬其超

政府引導復興循環經濟

許多人以為循環經濟是一項新名詞、新觀念，其實它在古文明時期資源不足時，就已經出現且實踐的運動，只是在近代工業革命後式微，我們把它復興，所以觀念上是一項「循環」。

循環經濟落實涉及下列幾點：(1) 科技之進步，使回收品之品質提升及成本下降。(2) 政府之政策誘導和規範。(3) 民眾之理解

與合作參與。

在科技研發上也有賴政府之引導，例如大量使用於廢棄物回收分離的技術都源自礦冶工程和化學工程，意即上述兩項學科之應用目的應從其原始天然物提煉、合成，轉變為廢棄物之分離利用。但我國目前礦冶工程的人才幾乎已全部歸零，而化學工程也未能認清角色的轉變，仍專注在化學工業之污染防治，



這部分需要政府引導此二領域專家學者將其研究重心和資源作轉變。生質廢棄物量大又分散，且無法減量。目前國內外投入生質廢棄物處理科技研發之金額相當低，但比爾蓋茲基金會站在永續之觀點，即投入大筆資金研究，建議我國及先進國家應多加關注生質廢棄物處理之科技研發。

恒達科技股份有限公司副總經理鄭兆凱

新科技帶動新商業模式

循環經濟整體價值，形成「能源、資源、資訊」三者循環跨產業革命，預估 2030 年整體產值將達到 4.5 兆美元。科技在循環經濟的核心價值為「永續」，包含十項科技—Mobile、M2M、Cloud、Social、Smart Data、Trace and Return System、3D Printing、Module Design、Advanced Recycling Technology & Life and Material

Science，將帶領新的商業模式發展，加速與放大循環經濟價值。

從廢棄到資源的觀點，有許多新科技正帶動循環經濟，例如厭氧消化、塑膠轉化纖維、生質塑膠、碳與微生物轉化能源、散熱塑膠薄膜、光能合成細菌、生質藻、智能高分子凝膠、氣凝膠、離子液體等，這些新創的科技已經開始具有利基的成本與設計優勢，帶動循環經濟



商機的價值鏈生成。循環經濟的發展，對於企業組織的最大轉型變革，是將商品銷售轉換成為永續性的服務。營運利潤將變成租賃、維護所得，現場服務將與設計人員功能性結合。未來的商品價值將不再為商品原始本身，而是不斷的科技加值、更換後，商品功能升級的價值提升。

總結 導入循環經濟思維 建立資源循環迴圈

聯合國永續發展目標之一為企業永續，其中有 3 個重點：1. 提升資源使用效率；2. 讓廢棄物循環再利用；3. 揭露永續發展的相關資訊

，由此可看出全球的重視程度。產業之廢棄物，無論是生產者自行回收處理或是回收廠商處理，須能夠被妥善處理，其資源需可直接進入

下一階段使用，讓每一階段的循環可連接使其成為封閉迴圈 (closed loop)，未來應避免產業群聚點皆為同質性廠商，造成產出同性質廢

棄物，而無法展開循環迴圈。循環經濟雖列於五加二產業創新計畫中，但其屬經濟思維的變革，應是整體面翻轉並成為經濟的驅動

力，目前循環經濟在亞洲地區之體系及技術尚未建立，如果台灣於循環經濟站在領先地位對出口驅動力將有很大幫助。欲導入循環經濟思維

於產業時，政府應以法規或政策建立誘因機制，仰賴市場機制汰弱扶強，使其達到經濟可行並促使自動循環。