

# 零廢棄的 循環經濟時代

陳筠淇、王尚博

循環經濟的新商業模式是透過重新定義廢棄物、重新設計產品與製程，運用新科技讓資源、原材料與廢棄物回到產業鏈內不斷循環，大幅減少能源與資源的消耗和廢棄物的產生。

## 什麼是循環經濟

**循環經濟的緣起** 「循環經濟」的理念起源於 1966 年鮑爾丁（K.E. Boulding）發表的文章〈未來太空船地球經濟學（The Economics of the Coming Spaceship Earth）〉，在文章中把地球比喻為宇宙中的孤立飛船，當無法由外部取得資源時，須透過持續的內部資源循環自給自足延長壽命。

1990 年皮爾斯和圖奈（Pearce & Turner）在《自然資源與環境經濟學》一書中則提出「循環經濟」（circular economy）的概念，明確說明傳統開放式經濟並沒有納入回收的概念，反觀，循環經濟則嘗試依據永續發展的原則建立資源管理架構，使經濟系統成為生態系統的組成部分。近期，

在艾倫·麥克阿瑟基金會於 2014 年發布的《邁向循環經濟》報告中也指出，「循環經濟」是透過設計具備可恢復性及再生性的產業系統，以循環再生取代生命周期結束的概念，重新定義產品和服務，同時最大程度地減少廢棄物對環境帶來的負面影響。



現今永續發展、環保意識抬頭，  
促使全球由過去資源單向式消耗的模式，邁向創新的循環經濟模式。

## 線性經濟



(圖片來源：NERC、台綜院繪製)

**循環經濟的演進** 從線性經濟到循環經濟—傳統經濟模式依賴資源消耗的線性增長經濟，是一種由「資源—產品—汙染排放」單向流動的線性經濟，主要是一種消耗原物料，大量生產、大量消費、大量廢棄的方式，從搖籃到墳墓的生命周期。而現今永續發展、環保意識抬頭，促使全球由過去資源單向式消耗的模式，邁向創新的循環經濟模式，把經濟活動組織成「資源—產品—再生資源」的回饋式流程，透過低消耗、低排放、高效率的利用，從搖籃到搖籃的循環方式，衍生研發、製造、服務等機會，創造額外的經濟附加價值。

從褐色經濟到循環經濟—以往高碳排放的褐色經濟社會建立在消耗環境資源的基礎上，著重經濟效率與經濟成長，是一種造成環境高度負面衝擊的經濟發展模式。近年來氣候變遷與極端氣候頻繁的發生，使人們重新體悟環境的重要性，而促使低碳經濟、綠色經濟等名詞（模式）的產生，致力於降低環境衝擊、提升人類福祉及社會公平，在經濟成長的同時往低碳排放的方向發展。

循環經濟是近十年的趨勢，以天然資源為核心的經濟體系。循環指的是在資源有限的情況下，同時滿足需求變化及減少

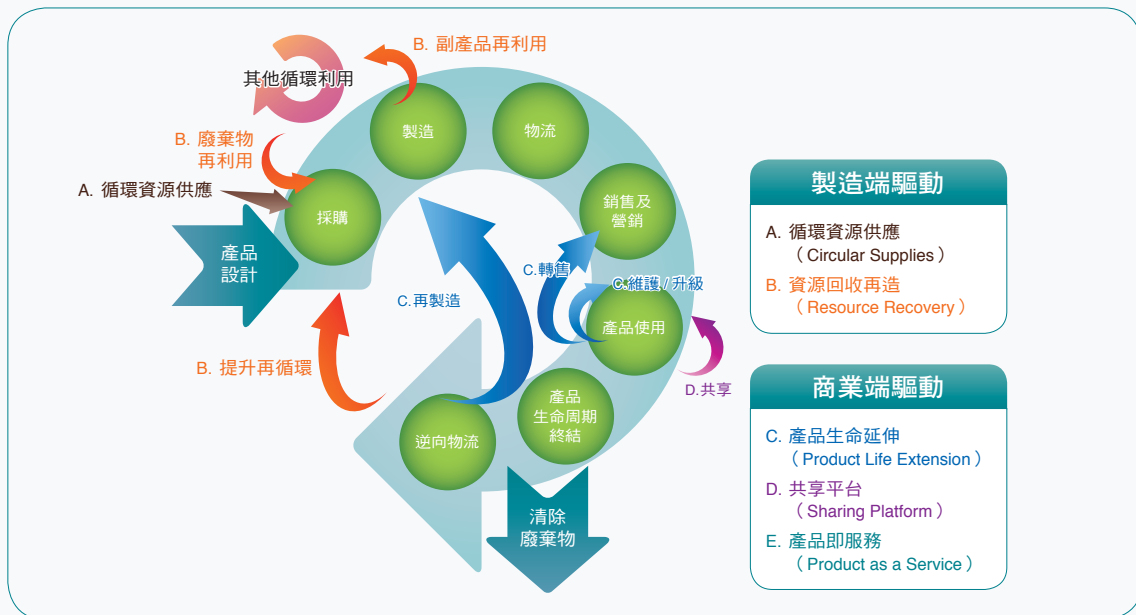
資源的浪費。相較於線性經濟中產品壽終正寢的概念，循環經濟講求的是再生恢復、使用可再生能資源、拒絕使用妨礙環境的有毒化學物質，並藉由重新設計材料、產品及商務模式，消除廢棄物並使得資源能夠更有效率使用的經濟模式。

## 循環經濟的重要性

在能資源有限、經濟持續發展下，各國對於能源、礦產等資源爭奪激烈。而現行經濟發展模式過度消耗資源，產生大量廢棄物，40年來全球原物料消耗量持續增加。根據國際環境智庫全球生態足跡網絡研究自1961年至2013年約150個國家的數據，如果一個國家的生態足跡超過其生物可承載力（大自然負擔的程度），就是生態赤字。而要維持現在的生活水準，未來於2030年生態足跡需要兩個地球才能承載人類對資源的需求。

Wiedmann等人於2013年在美國國家科學院院刊中的〈The Material Footprint of Nations〉一文裡提出，2008年全世界取用約700億噸原物料，但實際僅有100億噸的產品產出，表示資源的運用極無效率。原物料的需求愈顯擴張，而可用資源卻急遽耗竭，造成供需兩方嚴重失衡。

透過低消耗、低排放、高效率的利用，從搖籃到搖籃的循環方式，可衍生研發、製造、服務等機會，創造額外的經濟附加價值。



5種循環經濟商業模式（圖片來源：Accenture（2014）、台綜院繪製）

近年各國都重視循環經濟議題，積極推動做為促進產業發展及因應資源稀缺，降低環境衝擊的手段。台灣自然資源不足，加上地狹人稠、環境負荷沉重、高度依賴能資源進口，迫切需要突破資源的限制，提升資源生產力，因此推動循環經濟更形重要。

## 循環經濟下的新商業模式

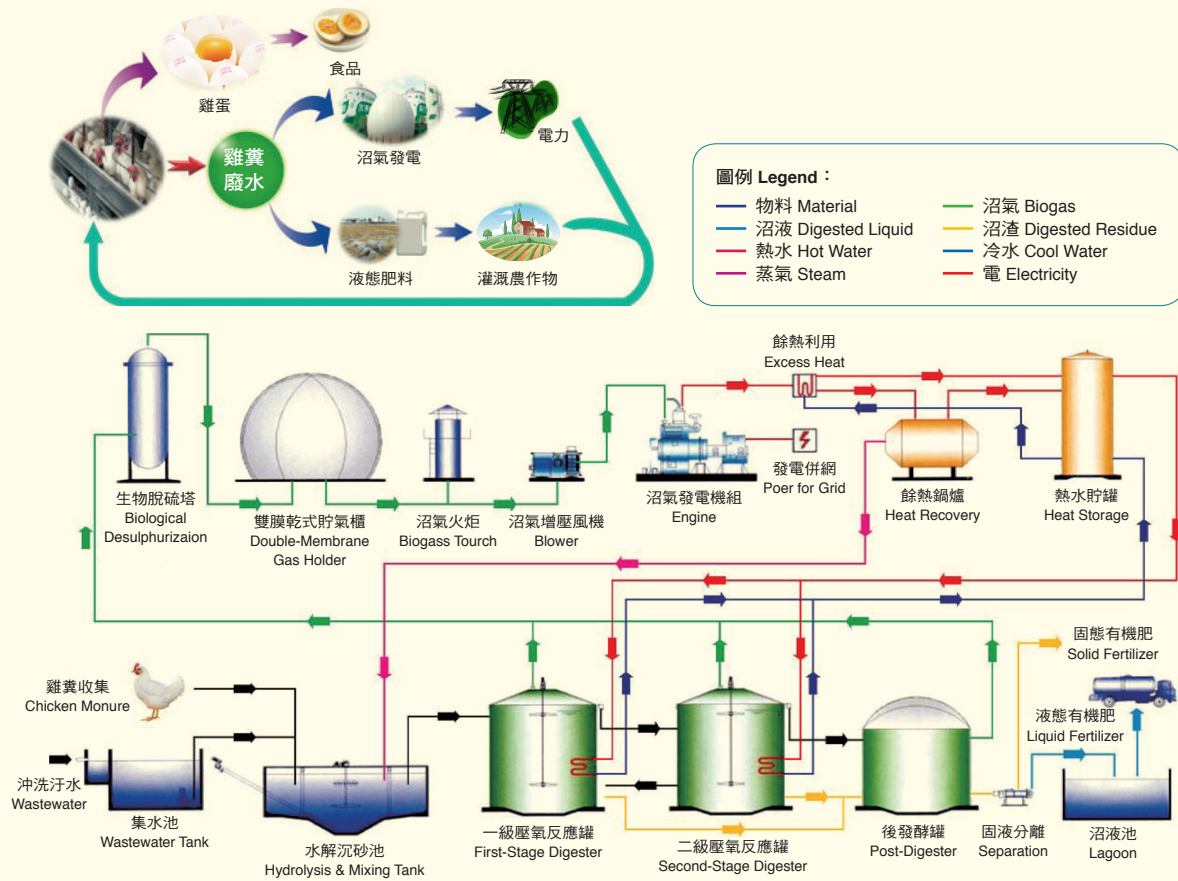
循環經濟的新商業模式不只是廢棄物回收再利用，而是要透過重新定義廢棄物、重新設計產品與製程、改變消費者習慣，運用新科技讓資源、原材料與廢棄物回到產業鏈內不斷循環，發展與傳統不斷耗用原物料不同的創新商業模式，大幅減少能源與資源的消耗和廢棄物的產生。

Accenture 諮詢顧問公司分析 120 家以上公司的案例，於 2014 年發表〈Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value without Limits to Growth〉報告，把循環經濟歸納為 5 種商業模式，分別對既有價值鏈的不同環節帶

來變革力量。其中「循環資源供應」與「資源回收再造」模式是由製造端領導驅動；「產品生命延伸」、「共享平台」及「產品即服務」模式則由商業端領導驅動，以下詳述 5 種商業模式的內容與國內外案例。

**循環資源供應模式** 循環資源供應模式指整個生產和消費系統的循環，設計為完全可再生、可回收或可恢復性的產品系統。企業可以透過這模式取代線性消耗資源的方式，降低對稀有資源的使用，減少資源浪費，提升資源使用效益。

在塑膠汙染問題充斥全球的今日，台灣已有本土技術取代傳統塑膠，透過利用農業廢棄物以澱粉製成產品，可完全自然降解。更重要的是，降解過程及結果都無汙染、無毒，能完全回歸大地，可有效減少塑膠材料用量，做到替代與減量的效果。另一個國內循環新材料的例子是環保木材，是透過高分子材料的優異物理性質，同時結合高壓微發泡的加工技術製成，做出具有木頭質感的創新材料且 100% 防



牧場再生綠能系統的流程圖（圖片來源：石安牧場、台綜院繪製）

水的功能，剛性強、材質穩定不易變形，也可以 100% 回收再利用，而能減少樹木的砍伐。

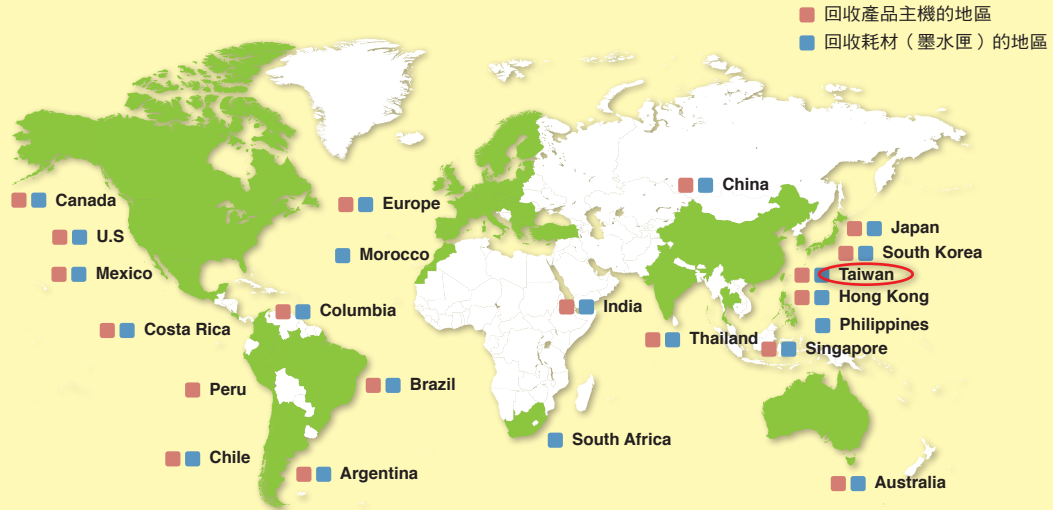
**資源回收再造模式** 這模式主要是指當一個產品歷經生命週期至尾端，再藉由創新回收或升級的方式把廢棄物重新創造新價值。傳統的資源回收市場以回收產品廢棄物獲取同等收益或更高的價值，現階段的資源回收不只是最終物品的回收，範圍甚至可擴及產業共生、能資源整合等。尤其是產生大量副產品或廢棄物的公司，從搖籃到搖籃的循環能使企業減少廢棄物的產生，降低成本，使回收再造的經濟效益極大化。

從傳統回收到循環經濟，國內如回收廢玻璃再加值成精品、回收咖啡渣製成咖

啡紗及咖啡衫，甚至到回收貴金屬等。而位於高雄的一家牧場則運用家禽排泄物轉為生物沼氣發電或肥料，以下再針對這案例進行介紹。

這家牧場是一個大型養雞場，每天 8 座雞舍產生約三十多噸雞糞，透過引進丹麥的沼氣發電，把原本令人厭惡的排泄物轉為牧場的黃金。每天用輸送帶把雞糞送到電廠，加入洗選雞蛋回收的近百噸廢水，一起攪拌、沉澱除砂後，進行脫硫加溫發酵，產生的沼氣儲存在巨大的高壓儲氣槽中發電，電力可自用於牧場。

而發電的廢熱可回收再運用於加溫雞糞水，把雞糞水製成有機化肥，每天約可做成 100 噸的液態有機肥料，免費提供附



一家印表機公司在全球建立產品主機與耗材的回收系統 (圖片來源：許文寶 (2015)，循環經濟下的 IT 服務創新，循環經濟創新營運模式論壇)

近農民使用，利於農作物生長。石安牧場整合沼氣發電，把廢棄物（雞糞）、廢水、廢氣、廢熱充分循環再利用，揭開台灣農業循環經濟的新天地。

**產品生命延伸模式** 產品生命延伸模式是透過維修、升級、再製造、再銷售的方式，延長產品或資產的生命周期，促使企業可維持長時間的經濟效益，並針對產品特定的功能及零件升級，使產品效能提升。這模式可適用於資本密集型產業中 B2B (business to business) 及 B2C (business to consumer) 的市場或稱二手市場產品的交易方式，例如工作服回收、汽車換零件、手機換零件、印表機墨水匣回收等。

更進一步說明英國一家新創公司的舊衣回收再利用模式。運用制服、工作服因定期更新、離職等因素而多被丟棄的特性，從工作服設計及材料發想循環模組化製作，使衣物容易拆解，經汰換回收再製提供給其他企業繼續使用。另外有公司著重於智慧型手機的製作是由顧客需求組裝和訂製，改為可依照顧客所需情形更換機組零件。

以這種方式製作新手機時，能降低對資源的使用，循環運用手機零組件，減少產生大量電子廢棄物。

此外，一家印表機公司致力於提升印表機效能，設置 Rework 中心，針對舊機零件、維修零件進行再造，長期累積零件維修資料（如耐用度等）並分析，落實產品研發改善的參考，並於全球建立產品主機與耗材的回收系統，確保所有回收的耗材都在集團規定下妥善處理，循環再製。

**共享平台模式** 目的在於使資源能充分運用。所謂共享是指閒置資源運用到極致的概念；所謂平台則是媒合資源提供者及資源需求者的橋梁。兩者結合就能促進個人或組織間的資源、產品共享使用，減少資源浪費，以使資源循環再利用，有助於分擔產能過剩、使用率不足的產品，提高資源循環價值，使整體效用極大化。

如芝加哥地區的私人合作網路，透過網站或 App 平台連結大樓住戶，使住戶可共享工具或登山用具等專業設備、租用停車位或其他空間、人與人合作幫忙裝修，



共享平台方式提供不用買、不用保養，不會產生廢棄物問題，可放心使用的服務。（圖片來源：種子發）

甚至遛狗等。它可隨時盤點這個地區或區域的人們願意分享或販售的物品，也連結大樓管理員提供通知住戶有信件包裹、警報的功能，除資產的共享經濟模式外，也可強化社區的區域連結。

另外，近年發展的共享平台方式，也透過「平台媒介」的協助，以利共享腳踏車、汽車等資源，帶出更便利、更有效率的生活模式。例如分享城市空間，提供不用買、不用保養，不會產生廢棄物問題，可放心使用的服務。有一個平台則運用手機應用程式，連結需要搭乘的乘客及使用率低的汽車擁有者。共享彼此的資源，資源或產品循環運用，提升資源提供者與資源需求者雙方的經濟價值與個人的心理滿足感，甚至因資訊交流、資源的交換，進而發揮更大的效益，開創共享平台經濟的新模式。

**產品即服務模式** 產品即服務模式是以租代買，改變現在的買賣邏輯，產品由

一個或多個顧客透過租賃或採使用者付費的概念，把產品耐久性和更新升級效能的特點反過來激勵顧客，顛覆原本享有物品所有權的觀念。透過銷售服務，而不是賣產品，使產品使用期限更長久，產品不持久性及故障率不再是消費者的風險，讓消費者也能促進循環經濟，企業願意製造耐用的產品，也更願意回收再利用。

案例如某家公司賣照明時數，不賣燈泡的商業模式改寫企業的經營方式，簽訂合約固定收取服務費，透過網路系統監控照明設備的運作與用電狀況，維持在最佳能源效率。而公司為了降低成本，使維修或更換產品次數愈少，則須把產品源頭設計得更耐用、更容易拆解及維修，讓產品能重複使用愈多次愈好。公司也能回收再利用汰換的燈具，減少廢棄物的形成，企業利潤可跟著提升。最知名的案例是荷蘭史基浦機場委託這家公司代為管理、維護

照明設備，電力消耗比過去降低一半，除了節省電費外也降低碳排放。

另外，荷蘭一家新創企業的洗衣月租服務免費提供洗衣機安裝，以銷售洗衣時數模式打破過去單向式買斷，其他市面上已發展的模式還有如冰箱租賃銷售冷藏服務、影印機及印表機租用等。產品即服務的循環經濟模式使企業進而對顧客產品的取向分析，做客製化的運用，並回饋到消費者的身上。企業追求生產更好的產品，也鞏固顧客的信賴度，形成雙向良好關係。

上述 5 種循環經濟商業模式各有其不同的發展特點，可各別運用或相互結合使企業改變原有的商業模式，提升生產及銷售效益，藉由以能資源的角度思考，極大化能資源的使用。差異化與客製化的應用方式創造循環經濟模式，逐步朝著永續發展邁進。

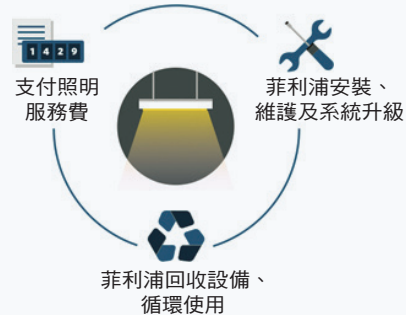
## 未來展望

國外發展循環經濟起步較早，尤其荷蘭從全球第一座零廢棄的循環經濟機場—史基浦機場至鄰近的 Park 2020 循環經濟概念設計商業園區的開發案，建築物都以可回收的環保建材建造，透露出荷蘭打造循環經濟城市邁向循環經濟永續發展的決心。

在現今 3C 電子產品盛行的時代，電子產品生命周期普遍短暫，如果能透過電子零組件循環升級，不僅可解決人們對舊手機、電子產品不知如何處置的困境，也可有效抑止電子廢棄物的產生，杜絕亂丟棄有毒廢棄物的惡習。由於台灣缺乏天然資源，極度依賴進口，導致產業面臨較高的挑戰及風險，因此必須更加重視循環經濟。

正因為體認到這點，目前我國企業一步步地趨向零廢棄物循環模式，傳統的資源回收不再只是單純回收，而是充分循環利用，提高附加價值。由基礎的玻璃回收

## 銷售照明服務取代燈泡產品



照明服務模式（圖片來源：飛利浦網站）

發展到牧場沼氣發電、工業區能源與資源循環、結合科技平台開創循環共享產品及服務經濟，到源頭綠色新材料的設計，逐漸發展成一個對地球友善的經濟模式。

從傳統線性經濟轉變成循環經濟體系，「創新」扮演重要的關鍵因子。我們必須從生命周期的角度出發，透過不斷創新設計的思考，達到自然資源循環利用的目標。如何在資源有限的情況下，同時滿足需求變化及減少資源浪費，提升資源使用效率，進而創造資源循環的經濟價值，是未來的重要方向。

然而，要使這些單一廠商的措施形成整個產業鏈的循環經濟模式，實則仰賴政府的積極作為來實現。目前我國把循環經濟發展列為未來施政重點之一，未來政府需同時考量技術、經濟、社會、政治等各層面的可行性，訂定循環經濟發展的法規，由物質流與能量流觀點出發，強化能源與資源的循環利用、源頭減量、綠色設計等理念，且應隨循環經濟的發展過程適時修法，安排適宜主管機關積極推動。

此外，政府應打造有利循環經濟商業模式長期永續發展的環境，普及中小企業

如何在資源有限的情況下，同時滿足需求變化及減少資源浪費，提升資源使用效率，進而創造資源循環的經濟價值，是未來的重要方向。

相關循環經濟新觀念與資訊，提供特別融資管道或藉由金融體系支援。透過管制政策的改變以及稅務上的誘因機制，同時結合社會資源，提供有利的獎勵措施，降低民間廠商的投資風險，改變生產者、消費者的行為，使外部成本內部化，並借鏡國際經驗扶植相關產業，吸引企業朝向循環經濟、永續環境的方向發展。

隨著循環經濟概念的演進，發展機會與領域愈多元化。未來除了保有既存的資源回收、廢棄物減量及推動能資源整合基礎外，應結合產業鏈、技術水準、社會資源及政府政策，以循環經濟的創新思維永續發展。透過循環經濟突破性的做法，建構出在全

球定位下的循環經濟發展路徑，進一步擴及創新的商業模式、共享經濟、循環農業等運作模式，讓台灣走向循環經濟的新時代，達到產業發展與環境保護兼顧的永續發展目標。

---

陳筠淇、王尚博  
臺灣綜合研究院

---

