



愈來愈多歐洲國家，重新利用廢棄鐵皮工廠，進行整修再生計畫，搭建出適合居家出遊的場所。

物盡其用 點「食」成金

化腐朽為神奇 透析循環經濟新概念

循環經濟的應用模式多元，從即期蔬果、廢棄廚餘、回收電器品到動物排泄物等都可回收再利用。台灣業者應掌握6大應用模式，積極研發創新技術及產品，例如生產高值雞蛋的「石安牧場」，透過回收畜物糞泥製造電力，提供農場所需用電，成功打造循環經濟典範。

@撰文／劉麗惠 圖片提供／商業周刊、路透社、美聯社

當循環經濟熱潮在全球快速蔓延，與循環經濟相關的技術、產品與創新應用也陸續開發。具體而言，循環經濟可分成「生物循環」與「工業循環」兩大類型，資源循環台灣

基金會創辦人暨董事長黃育徵指出，在最理想的循環經濟系統中，所有產品、材料皆可分別被納進生物與工業兩個循環體系之中，並且在其中永生不息，因而消除廢棄物，達到循

環經濟的終極表現。

具體從循環經濟相關的產品面來看，想達到循環目標，產品從設計、製造、銷售到回收的每一個階段必須具備3R原則，第一、「再使用」



(Reuse)，盡可能增加產品使用壽命與使用方法，使產品利用最大化；第二、「再循環」(Recycle)，減少廢棄物排放與力求排放無害化，實現資源再利用；第三、「減廢節能」(Reduce)，減少資源消耗與消耗性原料開採或廢棄物排放。除了3R外，又加入「從搖籃到搖籃」的概念，即向大自然學習所有事物皆可循環的思維，在產品設計端就思考讓物質達到循環的目標，藉此建立一個在生物循環或工業循環上，對人類、環境與生態均無害且具高價值回收性的效益，改變舊有生產製造的「從搖籃到墳墓」單一生命週期模式，即單向的資源汲取(take)、製造(make)到丟棄(waste)。

從循環經濟的類型、產品原則，以及「搖籃到搖籃」的

思維，資源循環台灣基金會又具體提出循環經濟的6大概念，分別為：「重新設計」(ReDesign)、「循環增值」(Circular Processing)、「循環農業」(Circular Agriculture)、「回收還原」(Recycle)、「產業共生」(Industrial Symbiosis)和「共享經濟」(Sharing Economy)。究竟，這6大概念的具體應用模式為何，目前又有哪些具體實例可以參考，值得深入探討。

概念1》 重新設計 從源頭做起

所謂「重新設計」的循環概念，意指改變過去沒有考慮資源重複使用的設計模式，改而從設計一開始就從無汙染、可循環、材料可復原的脈絡進行思考，達

到未來產品回收可再使用的目的。台灣搖籃到搖籃平台指出，產品在生產製造過程如能透過「搖籃到搖籃」的設計理念，以使用潔淨原料的思維對產品進行設計，可以有效實現循環經濟的發展。

例如，日本影印機製造商Ricoh提出「慧星圈」循環經濟模式，意指在產品設計階段時，就以循環再利用的概念為出發點，力求使用最少的材料，以及讓零組件的再利用率達到最大化，藉此減少生產過程中的新材料應用。透過具備循環的設計概念，Ricoh目標於2020年減少25%新資源的投入，更期望在2050年達到減少87.5%新資源投入的願景。

另外，英國濃縮洗劑製造商Splosh也透過產品與包裝的重新設計，創造循環經濟效益。過去，消費者到超商購買洗劑，購買的都是已調配好的產品，即5%洗劑加上95%的水，在生產製造端就加入95%的水，所以最終產品體積龐大，需要較大的包裝，而目前包裝材又多以塑膠製品為主，極度不環保。因此Splosh改變設計思維，創新發展出一系列可重複使用的包裝瓶，瓶中裝有一袋濃縮液，消費者購買特殊設計的瓶子與濃縮洗劑之後，再自行加入熱的自來水，即可稀釋



隨著循環經濟熱潮在全球快速蔓延，原本被視為無用的廢棄物，只要透過相關回收再利用的處理，就可達到循環經濟的目標。

洗劑，如此一來，便可大量減少使用包裝材的資源浪費。

概念2》

循環增值 資源效益極大化

除了重新設計的循環概念外，以循環創造產品的增值效益，也是重要的手段。資源循環台灣基金會提到，所謂「循環增值」是依照產品現況進行維修、再利用、翻新或再製造，使資源達到最有效率地運用，進而減少資源浪費。

例如，英國公司「皇冠制服與亞麻服務」(Crown Uniform & Linen Service) 推動紡織品回收計畫「Wear 2」，將原本應用於A場所，但已不敷使用的制服，簡單設計修改後再提供給B場所，提高產品的使用率，舉例

來說，原本應用於醫療機構的實驗衣，如果沾汙不可再繼續於醫院使用，但是換個場地如救災場所，就完全沒有問題，因此該公司即將衣服轉交給慈善機構，經過低成本再製程序，簡化製造後再使用。

在國內，陸續也有許多回收再製的循環經濟應用案例。例如，有鑑於台灣每年至少使用掉45億支寶特瓶，約10萬噸，可堆疊3座101大樓、繞台灣223圈，因此精機中心創新研發「智慧資源回收機」，民眾只要投入3個台製寶特瓶或鐵鋁罐，即會回饋1元至民眾的「iPASS一卡通」，讓民眾用來搭捷運或小額付費，目前此服務已廣泛應用於高雄市。

此外，精機中心也結合物聯

網應用，當回收機瓶罐滿載，即會自動通知清潔隊到現場載運。精機中心指出，以回收、減量再再利用的循環概念出發，目前該中心已在全家便利商店、量販店、學校機關等地點設置逾50台回收機，至少已回收超過300萬支以上的寶特瓶。

另外，由中科院創新研發的「汰役後鋰鐵電池再利用技術」，以汰役鋰鐵電池做為儲能核心，將汰役鋰鐵電池回收再利用，可以用來取代傳統柴油發電機。中科院指出，車用動力電池的可回充容量若降至原有的80%，就可能無法符合電動車的使用需求，因此必須淘汰，然而，這些尚有「八成新的電池」在車用上雖然「不夠力」，但在其他發電用途上，卻綽綽有餘。



衣服應該是最容易物盡其用的產品，例如將已不使用的衣服，簡單設計修改後再提供給需要的人，提高產品使用率，或是轉入二手店再販售，以創造新商機。



中科院進一步指出，「淘汰後鋰鐵電池再利用技術」設計電壓達12伏特，可以透過串連增加電壓，充滿300支手機的用電量，且不會有發電機的噪音，更重要的是使用上安全無虞，目前此技術已經取得專利權，預計明年投入量產。

概念3》 循環農業 廢生物的高值化

再來看屬於生物循環的循環農業應用。資源循環台灣基金會提到，所謂循環農業意指「生質材料」或「農業廢棄物」皆具備價值的概念，企業可透過各種生物科技或技術，從中萃取出高經濟效益的養分，營造永續農業或發展天然生質能的目標。

畜牧糞泥變電力 同時降低汙染

談起農業循環經濟，畜牧業排泄物回收再利用，目前技術已臻成熟，包括丹麥、英國、德國、澳洲及紐西蘭等畜牧大國，都已廣泛使用此一循環應用模式，例如，丹麥Ribe小鎮的沼氣廠，利用畜牧糞泥實現沼氣發電，不僅可供電給當地熱力系統、提供畜牧糞泥農場用電，還有多餘電力賣給國家電網，為沼氣發電的典範代表。

沼氣發電在台灣也已經是現在進行式。生產高值雞蛋的「石



畜牧業排泄物回收再利用屬於農業循環經濟，畜牧大國利用畜牧糞泥實現沼氣發電，除了農場用電，還有多餘電力賣給國家電網，為沼氣發電的典範代表。

安牧場」，就是台灣畜牧糞泥沼氣發電的代表之一。石安牧場成立於1976年，最初採取傳統養殖，1994年全面改為環保雞舍，採取全自動化管控，2005年建置產銷履歷網站，透過產銷履歷系統，追溯雞蛋零汙染養產全程紀錄，當時即採用聚乳酸（Polylactic Acid或Polylactide，PLA）完全生物可分解包材，朝循環農業邁進，2014年更完成綠能廠、減少場內75%的二氧化碳排放量。

石安牧場的綠色環保具體展現於廢棄物循環再利用之上。目前，石安牧場共養殖70萬隻雞，可以想見雞隻排放的排泄物與製造的廢棄物，有多龐大，對此，石安牧場由丹麥引進沼氣發電技術，在養雞場打造6層樓高的沼氣發電廠，

將原本臭氣沖天的雞糞變身原料，以沼氣生成電力，如果加上廢水、廢熱、廢氣回收生成的電力，不僅可用於養雞場內的各種電力需求，每一天由雞糞生成的有機肥料，還可免費提供給周邊農民使用。

石安牧場的雞糞回收再利用之外，有鑑於豬隻養殖為我國重要農業，養殖過程中產生的有機廢水雖已設置三段式廢水處理設施，但費時、費能且處理費用高，因此行政院環保署自2010年開始推動「清潔養豬綠能產業省水減汙計畫」，建置豬廁所回收豬糞，再利用生質能沼氣中心將豬糞液厭氧消化，產生沼氣、沼渣、及沼液等能資源，避免豬糞處理不當汙染河川之外，也創造沼氣能源效益。

廚餘變肥料 成土壤改良劑

雞糞、豬糞可回收發電之外，廢棄廚餘也可回收再利用。一般來說，廚餘可依熟廚餘與生廚餘，分為兩種用途，前者可用於養豬，後者可用於堆肥化再利用，行政院環境保護署解釋，「堆肥化」目的是利用微生物分解廚餘中的有機成分，再供土壤吸收及植物利用，如此一來，廢棄廚餘可變身為土壤改良劑、肥料或植物所需的微量基本元素。

掌握廢棄廚餘回收再利用商機，目前世界各國都有廠商推出相關產品與技術，例如，韓國SmartCARA公司的智慧卡拉廚餘機，讓使用者把家庭中的廚餘高溫殺菌、烘乾磨碎，方便回收再利用；日本Panasonic的MS-N23廚餘處理機，也具備除菌、高低溫乾燥等功能，將廚餘變身有機肥料。

醜蔬果商機大 永續地球環境

不可再食用的廢棄廚餘具備回收效益之外，銷售無門的醜蔬果或是量販店的即期食品，如果妥善處理也具備商業利基。例如，原本經營塑膠工廠的春一枝創辦人李銘煌，為了改善台東初鹿農民的收入，於是大量採購當地農民賣不出去的熟透水果，製成冰棒，不僅提高農民收入、減少浪費，也開啟新商機。

還有創立於2015年的「醜蔬果大翻身」網路平台，利用電子商務與農民採購賣相不佳的水果，協助農民將銷售無門的水果賣出去，如此一來不僅減少浪費，未來農民也會因為醜蔬果也能銷售，減少農藥的噴灑或更願意投入有機栽種，同樣為地球永續帶來助益。

又或者，興采紡織以其全球獨創的eco²sy多層隔絕技術，把

回收的咖啡渣，再製成「S.Café環保科技咖啡紗」紗線，不僅榮獲多項國際發明獎項，並受到國際品牌客戶的喜愛；還有屏東永大食品公司，主要經營業務為天然冷凍果汁，每年至少使用3,000噸鮮果，榨出1,000噸原汁在國內外市場銷售，永大食品創辦人蔡耀輝指出，果汁銷售之後，後續有2,000噸果皮需要處理，為了物盡其用，於是進一步投入研發生物萃取技術，成功利用果皮萃取出來的精華，製成清潔液、檸檬精油等產品，也讓永大從傳統食品工業，轉型為生物科技公司。

概念4》

回收還原 廢棄物變黃金

大抵上，回收還原主要以工業廢為主。包括隱藏在工業廢棄物中的金、銀等物質回收，或是廢水回收再利用，都屬於回收還原的環節。

提煉工業廢棄物中的有價物質

例如，工研院研發團隊在進行地熱研究時，原本想要運用地熱水中的微生物，解決地熱井中容易遇到的碳酸鈣結垢問題，但意外發現地熱水中的微生物蛋白，具有吸附金、銻等金屬離子的功能，因此投入研發資源，花費3年時間創新研發「蛋白基材回收金技術」，可以從工業廢水中煉出黃金。



廢棄廚餘也可回收再利用，熟廚餘可用於養豬，生廚餘可用於堆肥化再利用，成為土壤改良劑、肥料或植物所需的微量基本元素。



工研院指出，透過「蛋白基材回收金技術」，即便是低濃度的工業廢水，也有辦法提煉出廢水中的有價金屬，可幫助鍍金廠、印刷電路板廠及半導體封裝等產業，回收製程廢水中的有價金屬。回收金之後的蛋白材料可製成含金奈米微粒，當作原料販賣，又或作為化妝品抑菌劑、或是工業用觸媒等高價值後端產品。甚至也能用於地熱發電產業，回收地熱水中的有價或稀有金屬，徹底將廢棄物變黃金。

在傳統工藝的製窯業中，三洋窯業也一直致力於環保瓷磚的開發，走在創新綠色環保之路上。三洋窯業指出，為處理窯業廢料囤積問題，該公司創新研發出「節能環保發泡劑定型技術」，成功將工廠的拋光石英磚研磨汙泥回收，再加入基材胚土，生產綠能環保磚，不僅可降低拋光石英磚的廢料處理成本，一年省下約1,500萬元，更藉由環保多孔隙輕量隔熱瓷磚，開啟環保建材商機。

廢棄玻璃、輪胎回收再製

工業廢棄物之外，廢玻璃、廢輪胎的回收再製，同樣具備商機。例如，致力於「廢玻璃回收再利用」的春池玻璃，自1970年成立以來，陸續在全台設置20個回收點，回收



看起來高度不環保又難以處理的廢輪胎，已有台灣業者發展出再製技術，將廢輪胎變身橡膠地板，輸出國外開創出口商機。

全台大部分廢棄玻璃容器，再經人工分類、分色及去雜質，然後透過機械磨碎及玻璃窯爐熔燒等製程，製造成為美麗玻璃藝品，外銷到世界各地，近年來更成立子公司「台寶玻璃」，創新開發環保綠建材「亮彩琉璃」，進一步擴大廢棄玻璃的回收再利用。

另外，看起來高度不環保又難以處理的廢輪胎，台灣也已發展出再製技術，將廢輪胎變身橡膠地板，輸出國外開創出口商機。例如，成立於2005年的「環拓科技」，基於綠色環保與永續發展的理念，創新研發輪胎熱裂解技術，可將廢輪胎完全回收處理再利用。該公司致力於處理台灣每年達11萬噸的廢輪胎，將廢輪胎衍生出裂解油、環保碳黑、鋼絲以及輪胎簾布等4種有價值商品，

為子孫留下美麗淨土，同時也開創綠色循環商機。

再生水商機點水成金

談到廢棄物回收再利用，工廠廢水回收利用更已廣泛在世界各國成熟發展，近來台灣在政府政策力道的大力推動之下，廢水回收再利用的步伐早已走在世界前端。經濟部部長李世光表示，再生水可以有效提供區域性水資源調度彈性，以台灣現有水處理技術，做到符合工業製程所需要的水質標準，促使再生水成為產業的一股新水源，並且穩定高科技產業用水需求。

在技術發展方面，我國再生水相關技術也愈來愈成熟，幾乎到達與先進國家並駕齊驅的階段。經濟部水利署指出，過去我國再生水設備過濾用薄膜大多為進口，而現在國內業

者在已創新研發出各種過濾技術，例如，薄膜蒸餾可直接將工業低階熱源，如太陽能集熱與工廠廢熱，將廢水加溫讓蒸氣透過多孔性薄膜製造出純水，減少能量轉換損耗；又或者，奈米纖維膜過濾技術的成功開發，因為較傳統逆滲透（RO）具有低耗能的特性，同樣具備環保效益。

概念5》

產業共生 建立循環生態

所謂「產業共生」，即將一個產業的廢氣物變成另一個產業的能源，藉由串連彼此之間的資源，達到廢棄物處理的同時，也達到資源回收再利用的目標，不管是在生物循環或工業循環，都可以透過產業串連，實現永續地球的目標。

你的廢物是我的原料

以「產業共生」達到循環經

濟的效益，在國內外都有非常成功的應用案例，例如，早在1972年，丹麥卡倫堡市境內的Statoil煉油廠與石膏廠Gyproc合作，Statoil將煉油廠過程產生的熱能或廢棄物，提供給Gyproc使用，為Gyproc大幅降低採購能源的成本，而Statoil也因為透過封閉管線將廢氣輸出給石膏廠使用，解決廢氣處理的問題，彼此之間形成一種封閉式的共生循環生態。

類似的共生應用模式也在台灣展開。例如，高雄境內臨海工業區的中鋼，為國內最大一貫作業的煉鋼廠，在生產鋼鐵的製程中，產出的副產能源甚多，而同屬臨海工業區的其他石化業、化學品業等廠商，剛好又對熱能有大量需求，因此，藉由鏈結中鋼與區內其他廠商，讓中鋼將廢能回收再製成蒸氣，然後出售給合

作廠商，如此一來，不僅中鋼每年因此獲得外售蒸汽20億元的收益，購買蒸汽的廠商也可大幅降低成本，雙方合作更減少二氧化碳的排放，達到買賣雙方與國家的三贏局面。

另外，台螢實業旗下的台螢科技，藉由將氟化鈣汙泥轉化為人造螢石的技術，解決氟化鈣汙泥去化問題、降低煉鋼廠作業成本，並且透過將人造螢石外銷至韓國，開創海外市場。台螢科技指出，氟化鈣汙泥是半導體產業、太陽能板、光電產業最頭痛的廢棄物，目前多透過衛生掩埋、製成人工骨材或做為水泥原料來處置，不過由於國內掩埋土地的不足、搬遷費用提升，以及市場對人工骨材需求減少等因素，預估不久之後將產生去化問題，如今，透過台螢科技的創新技術，不僅解決高科技大廠的廢棄物處理問題，由於人造螢石成本僅約天然螢石的一半，更因此讓台螢科技成功開創國內外市場商機。

又或者，我國台水公司淨水場「汙泥餅」年產量約有18至20萬公噸，因此台水公司於2001年起積極推動擴大淨水汙泥再利用計畫，透過與水泥業、磚窯業、農業花卉園藝用栽培土、輕質骨材等業者合作，將汙泥餅回收再造成為水泥原料、培養土、輕質骨材、管溝回填



隱藏在工業廢棄物中的金、銀等稀有物質，透過回收還原再利用的模式，可以創造產品新的生命週期。



中國大陸的滴滴打車透過汽車共享，達到減少購車需求，藉由最大化使用率，創造循環經濟效益。

料、高壓擠製水泥地磚等有用資源，成功減廢之外，也以創新商品開創商機。台水指出，透過此一技術，台水汙泥餅除於東部、澎湖地區進行極少量掩埋處理之外，絕大多數均以再製磁磚為主要途徑。

概念6》 共享經濟 最大化使用率

由於產品使用率最大化也是循環經濟的一環，因此近年來相當熱門的「共享經濟」，無疑也是未來發展循環經濟的重要商業模式。商業發展研究院副院長王建彬指出，循環經濟的理念在於：以「恢復與還原」取代「處理與丟棄」，即透過不斷優化生產、製造、銷售、回收的過程，達到物盡其

用的目的，而共享經濟的創新商業模式，因為可以使物品利用率極大化，因此成為循環經濟的一環。

例如，廣為人知的Uber與中國大陸行動叫車服務「滴滴打車」，透過汽車共享概念減少購車需求，或是以共乘模式減少油耗，都是具備循環經濟的概念，其他產品與服務的共享經濟，也都藉由最大化使用率，創造循環經濟效益。又或者，台灣UBike租賃服務，提供城市居民方便取得自行車使用，也是一種循環經濟模式。

目前，全球發展共享經濟最興盛的國家，非荷蘭莫屬。目前荷蘭許多生活用品都逐漸走向租賃模式，例如荷蘭新創公司Bundles推出洗衣機租賃服

務，採取租賃方式讓消費者把要價約5.6萬元的洗衣機帶回家，由Bundles免費到府安裝洗衣機，之後透過智慧聯網的方式，掌控使用者使用次數與狀況，用戶每個月只要支付540元，就可以使用洗衣機24次；如果支付830元，可以無限次使用，透過此一共享經濟模式，消費者可以依據自身的需求訂購服務，用低價格享受高規格的洗衣機，因此獲得市場很大的迴響。

綜觀來看，循環經濟的形式與樣貌非常多元，由此也可見，生活周遭，處處可為地球環保盡份心力，企業如果有環保永續的心，也勢必能從中找出創新模式與商機所在，為邁向循環經濟創造無限可能。■