



INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU,  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
經濟部工業局

— An Introduction to the —

# CIRCULAR ECONOMY

— 產業循環經濟發展宣導手冊 —





## 10 分鐘看懂循環經濟

只需要花10分鐘，你就可以瞭解循環經濟的概念與國際上常見的模式，你會學習到其他公司如何實踐循環經濟的商業模式，並導入在你的公司裡，祝你轉型順利！

### 目錄

#### 為何需要循環經濟？

page

3

循環經濟為何風靡全球？它的重要性又是什麼？

#### 循環經濟二三事

page

4-5

手把手帶你瞭解什麼是循環經濟？

#### 循環經濟該怎麼做？

page

6-11

國際品牌廠商常採用的循環經濟作法有哪些？

#### 產業成功案例分享

page

12-16

帶你瞭解國內產業開發循環利用技術案例，一探背後推動循環經濟的故事。

#### 循環經濟的效益有多大？

page

17

從經濟面、環境面與社會面，帶你瞭解循環經濟的效益。

#### 結語

page

18

看懂循環經濟的底層邏輯，讓你的公司轉型一步到位！

# 為何需要循環經濟？

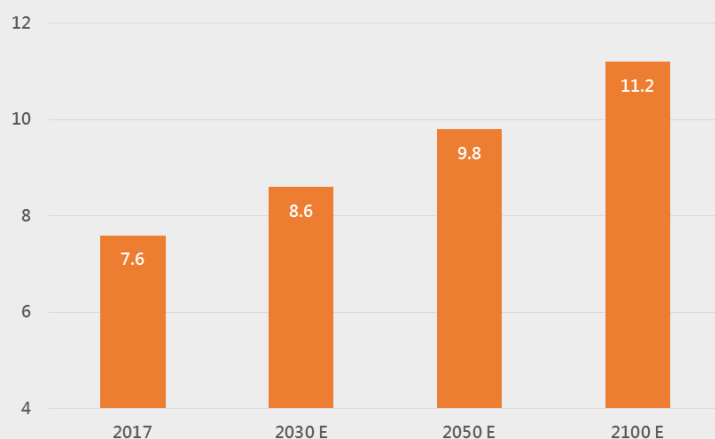
循環經濟 (Circular Economy) 強調從搖籃到搖籃的資源永續概念，終極目標是達到零廢棄，讓資源在封閉式迴圈中無限循環。

循環經濟理念最早由學者K. E. Boulding於1966年提出。近年來全球面臨生態環境急遽惡化、極端氣候威脅、以及廢棄物處理不當等問題，過去不斷耗用地球資源的製造生產及消費模式開始受到質疑，循環經濟的概念開始受到各國政府及產業界關注，希望共同解決人類面對經濟發展與環境保護兩難的困境。

聯合國預估2030年全球人口將高達86億人，OECD預估屆時中產階級人口將來到49億人，這些人是消費最多、資源使用最多的階級。面對日益增長的人口，需要更多的資源，英國艾倫·麥克阿瑟基金會預估，2020年全球資源開採量將達820億噸，但仍無法滿足需求，資源短缺問題將加速惡化。

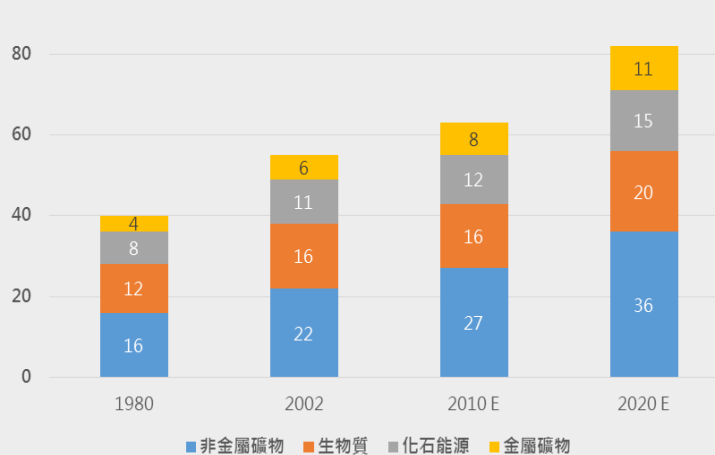
廢棄物的產生量逐年攀升，世界銀行指出，2016年全球廢棄物產生量為20.1億噸，若持續目前情況，2050年預估將達到34億噸，由於目前廢棄物的回收再利用僅13.5%，不符合永續發展原則，未來掩埋處置場所的過度飽和將是地球的重大災害。

單位：10 億人



全球人口總量預估

單位：10 億噸



全球資源開採量預估

資料來源：

The UN Department of Economic and Social Affairs (2017), The World Population Prospects: The 2017 Revision.

Ellen MacArthur Foundation (2013), Towards the Circular Economy.

The World Bank (2012), What a Waste? A Global Review of Solid Waste Management.

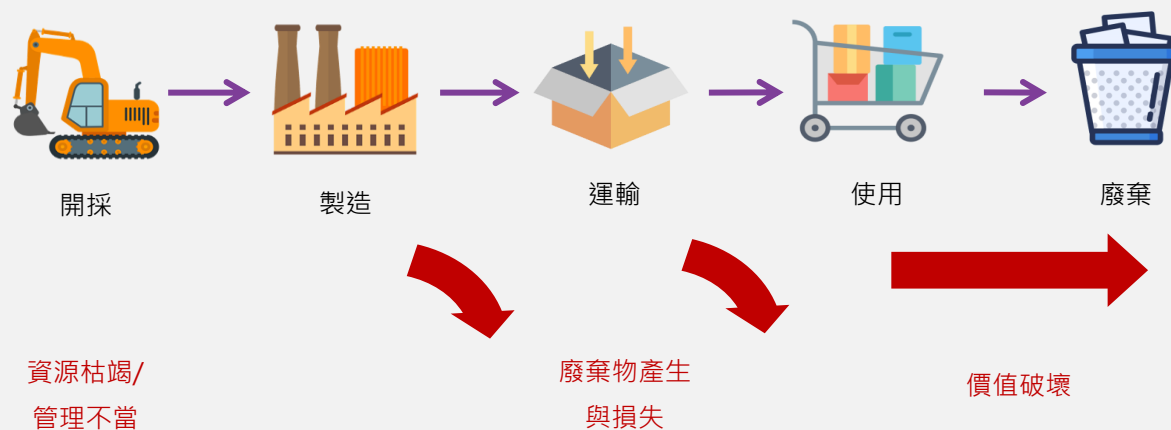
## 循環經濟二三事

# 一去不回的設計轉變為循環式設計

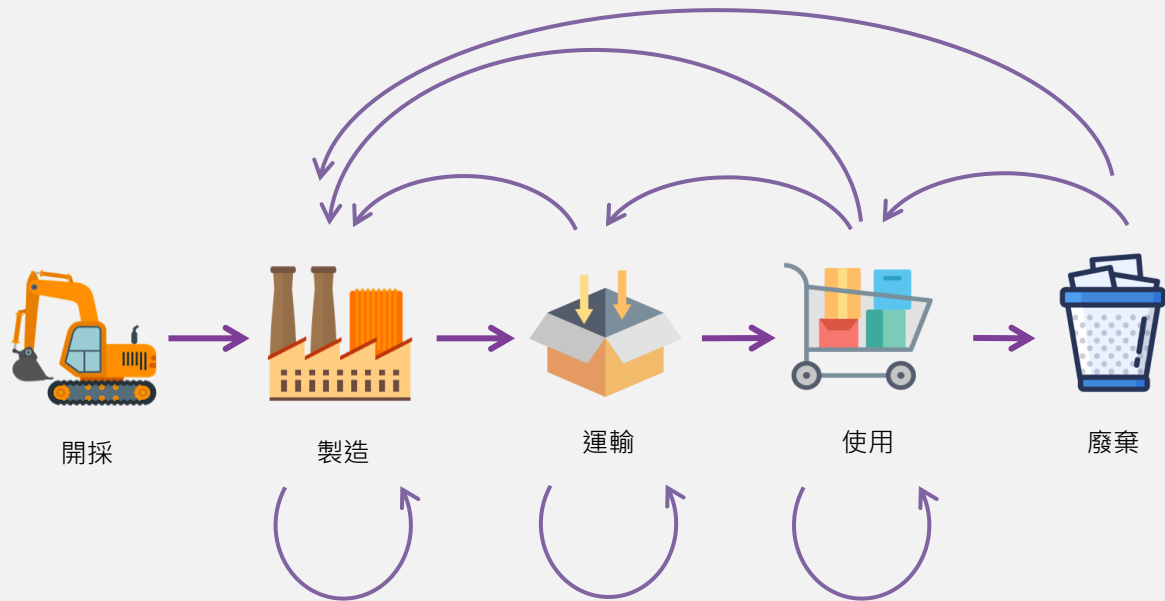
### 線性經濟

線性經濟 ( Linear Economy ) 係指從開採、製造、運輸、使用到廢棄等經濟發展模式，線性經濟模式中，產品最終將會成為廢棄物。根據世界資源研究所 ( World Resources Institute, WRI ) 估計，每年投入經濟生產的資源中，約1/2 ~ 3/4在一年內便會被廢棄。

面對資源需求越來越多，線性經濟傳統思維極易造成資源枯竭、廢棄物去化等全球性問題。



資料來源：World Resources Institute (WRI) (2000), Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies.



## 循環經濟

循環經濟在傳統3R（Reduce（減量）、Recycle（回收）與Reuse（再利用））的基礎上，加入Redefine（再定義）與Redesign（再設計），更強調產品從源頭重新定義與重新設計，「再設計」更是循環經濟概念的核心思維。

企業可在循環經濟體系中，思考以創新的商業模式，創造更大的附加價值。根據艾倫·麥克阿瑟基金會估計，藉由維修與翻新及再製造，分別可讓產品維持或增加50%及30%的價值，而回收再利用應被視為最終階段，因為回收的價值不到1%。

## 循環經濟系統

循環經濟系統中，所有產品與材料都可以被納入「生物循環」與「工業循環」兩大系統：

- ◆ 工業循環系統：產品材料持續回到工業循環。首先，透過維修與翻新維持產品原有功能，接下來以同等品質回收或再利用後製成價值更高之產品，進行材料再利用，最後當材料壽命終止後進入資源再生處理，或轉換為再生能源型態回歸產業利用。
- ◆ 生物循環系統：產品由生物可分解原料製成，最終回到生態循環中源源不絕提供整體生態系統養分。

## 循環經濟該怎麼做？

# 7 種循環經濟商業模式，帶你立刻上手

國際知名機構紛紛提出循環經濟商業模式架構，包括 Accenture、WRAP、IMSA、Forum for the Future 及 Carbon Trust 等，其中 Carbon Trust 於 2017 年提出的 Circular Economy Business Model 涵蓋製造業及服務業特性之架構，其介紹的循環經濟商業模式有7種型態，以重新設計為核心展開，包括：

### 1

#### 使用階段：取得（產品共享）

取得模式（Access）是大家耳熟能詳的產品共享，產品所有權屬於供應商，在產品壽命期間，被不同終端使用者消費/使用，代表案例如Ubike、Uber、Airbnb等。

### 2

#### 使用階段：功能（產品服務化）

功能（Performance）便是所謂的產品服務化，著重於保證產品提供的功能或結果。這個模式成立要件為供應商與使用者需建立長期契約關係，代表案例如照明租賃、化學品租賃等。

### 3

#### 壽命終止階段：資源再生

資源再生（Resource recovery）是指回收壽命結束的原料或產品，並作為另一個供應鏈的投入，包含：封閉式循環、開放式循環、升級循環、降級循環等，靜脈產業便屬於此種商業模式。

## 4

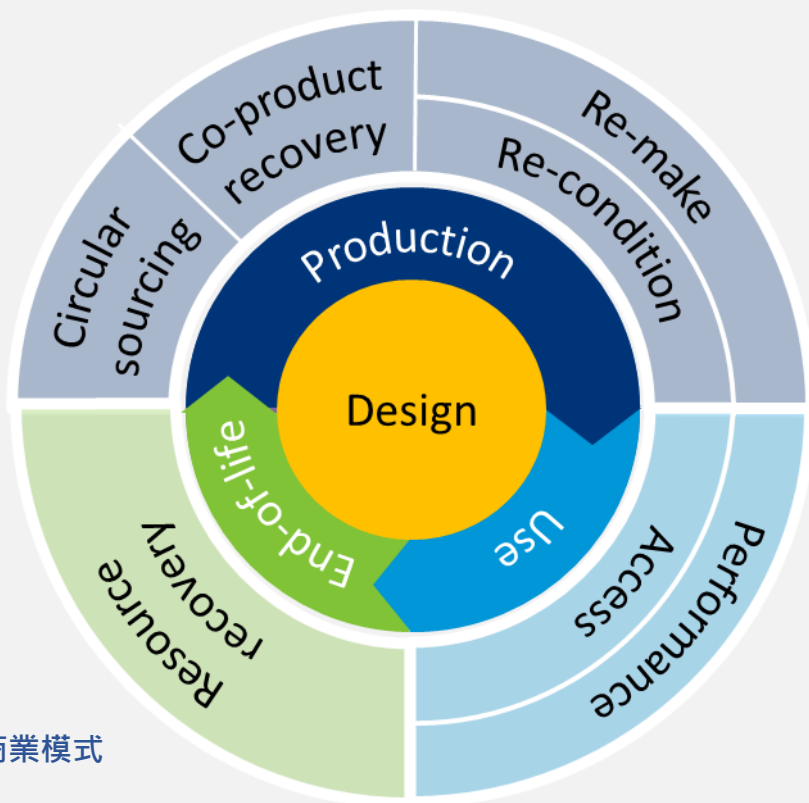
## 製造階段：再生料替代

再生料替代 ( Circular sourcing ) 是產品使用回收、可再生，並能回到供應鏈的原料。

## 5

## 製造階段：副產品再利用

副產品再利用 ( Co-product recovery ) 是指一個製程的廢棄物或副產物，轉成另一個製程的投入，產業共生便屬此類模式。



循環經濟商業模式

圖片來源：R2Pi, Carbon Trust

## 6

## 製造階段：修復與翻新

修復及翻新 ( Re-condition ) 是指對故障的產品進行維修，讓它恢復原有功能，或對它外觀進行翻新。

## 7

## 製造階段：再製造

再製造 ( Re-make ) 是指零件或產品壽命結束時，進行一系列重新製造流程，讓產品恢復至全新或更佳的功能。

## 循環經濟該怎麼做？

# 循環經濟就是讓資源在「動」「靜」脈間順暢循環

### 1. 完整物質流體系

結合開發利用自然資源並且進行製造與消費之「動脈產業」，以及回收廢棄物資源並且再生使用之「靜脈產業」，建構完整物質流體系。

### 2. 動脈產業思維轉換

動脈產業轉換思維，主動使用資源再生產品做為原物料，推動靜脈產業發展與技術升級，同時透過源頭重新設計，製造易回收、拆解的產品。

### 3. 靜脈產業技術升級

靜脈產業透過技術升級與製程改善，同時與動脈產業緊密合作，提供高值化的資源再生產品供動脈產業使用，達到減少資源使用的目的。

**動脈產業：**如同人體的動脈攜帶充滿氧氣的血液運送到全身，企業在設計和製造過程中，若提高能源或資源使用效率，或使用資源再生材料進行製造。

**靜脈產業：**如同人體的靜脈帶著大量二氧化碳的血液回到心臟，企業製造過程主要是將回收的廢棄物，進行轉化與加工變成資源再生材料，然後再提供動脈產業使用。



## 循環經濟該怎麼做？

# 不是把產品賣出去就完成生產者責任

對資源取得的擔憂讓品牌大廠相繼從設計、製造、採購、行銷等各層面重新定義產品價值，尋求新商業模式，延伸生產者責任重新開發產品，與產業供應鏈夥伴合作。例如：追求永續能源目標而成立的 RE100，自成立起 4 年內已匯聚全球 131 家最具影響力企業，包含 Apple、BMW、Coca-Cola、Facebook、Google、IKEA、NIKE 等，各企業宣示至 2030 年將使用 100% 再生能源，並已推動有關計畫具體行動。

### 飛利浦照明 ( Philips Lighting )

照明產業龍頭飛利浦照明，目標 2020 年將所有照明聯網，並進行資訊大數據分析，以協助用戶照明管理，節約能源使用。在傳統照明銷售事業外，近年來也積極朝照明服務轉型，為此，模組化產品設計，以確保回收產品規格，提升再利用效率，並透過聯網，追求智慧生活化。同時提供以租代售的照明循環商業模式，由飛利浦為客戶規劃照明環境、提供設備與維護、遠端監控與管理等，減輕客戶設備成本負擔，目前荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場與臺灣東海大學都已實際地應用此商業模式。



飛利浦照明與史基浦機場簽訂「照明服務解決方案」的長約，由飛利浦依據機場需求，設計並提供照明租賃服務。

圖片拍攝：手冊編輯小組



Apple 最新回收機器人 Daisy，可拆卸 9 種機種，每小時可拆卸多達 200 部 iPhone 裝置。

圖片來源：Apple Newsroom.

<https://www.apple.com/newsroom/>

## 蘋果 Apple

手機大廠蘋果於2017年宣布未來所有產品將使用100%再生能源或再生資源及材料，設計生產亦將納入環境永續考量。為達成100%使用再生能源目標，蘋果將與全球供應商合作，在製造生產地參與再生能源設施之設置。同時，將與供應商合作，協助改善製程以減少溫室氣體排放，並尋求可回收或再生料材質之使用，以實現100%使用再生資源的目標。iPhone 6s及以後的機種均已使用回收錫為原物料，而最近積極推動的Giveback回收舊手機計畫，將經由手機維修、升級及回收再利用，再次讓資源回到供應鏈，形成封閉式循環系統。



圖片拍攝：手冊編輯小組

## 戴爾 Dell

電腦大廠戴爾近年推動電子產品回收已頗具成效，並已量產回收塑膠材質的All-in-One電腦。2012年更提出2020福祉傳承計畫 (Legacy of Good 2020)，希望在2020年之前，回收20億磅重的電子產品，同時新產品將使用5,000萬磅重以上的回收塑料。自2014年起，戴爾透過回收舊電腦塑料，經再處理重新製成新電腦，建構製造商與消費者間封閉式之循環經濟新商業型態。戴爾也推動異業合作，設計師Nikki Reed設計的系列珠寶飾品便是採用主機板回收的黃金。



## 宜家家居 IKEA

圖片來源：IKEA Newsroom. © Inter IKEA Systems B.V. 2016.  
<https://newsroom.inter.ikea.com/gallery>

宜家家居為居家用品零售大廠，近年開始推動「逆向物流」行動，回收廢棄家具並再製為新品販售，不僅創造新的經濟價值，且可開發更多的市場可能性。IKEA長久以來相當重視供應鏈原物料來源，任何與居家產品有關的原物料，包括塑膠、金屬、布料等都是IKEA的需求，但現階段IKEA更想探索尚未被開發且未被利用的回收原物料，以期與不同廠商共同創造新型態的循環經濟商業模式。

## 聯合利華 Unilever

聯合利華是消費品銷售大廠，產品包括食品、飲料、清潔劑及個人護理產品等。作為最古老的跨國企業之一，聯合利華除落實永續採購，於2011年提出永續生活計劃，目標2020年前改善全球十億人口健康，減少一半對環境影響，推動的面向有四：零廢棄物（全球工廠掩埋的廢棄物由2008年的14萬噸減為零掩埋）、回收包裝材（目標2025年所使用的塑膠均為可回收或可分解材質，而產品包裝至少25%為回收塑料，並提升塑膠回收量等）、減少食物廢棄物（開發未利用食材、透過食譜設計讓廚師有更多選擇而減少食品浪費，並與食物銀行合作再使用廢棄食品）。



聯合利華立頓茗間情系列來自 100%臺灣茶，採友善耕作方式，減少環境影響，為 100%溯源雨林聯盟認證茶葉，落實永續採購使命。  
 圖片拍攝：手冊編輯小組



## 產業成功案例分享：紡織化纖產業的循環創新技術

# 世足賽背後的隱藏高手！廢棄物的華麗轉世

### 循環技術與產品

四年一次的世界盃足球賽，不但是各國球員競逐的競賽，臺灣紡織業也在背後扮演重要角色。2018年世界盃足球賽，多達16支國家隊球衣使用的環保紗來自臺灣製造（MIT），而環保紗則是由廢寶特瓶回收製成。

臺灣寶特瓶回收率高達95%，遠東新世紀、南亞塑膠、新合成纖維等公司之環保紗便由回收之寶特瓶，經過分類、清洗、粉碎、造粒、抽絲而成。部分服飾布料來自生物質材料，例如：興采實業的環保咖啡紗來自咖啡渣、宏遠興業的Bamboo Fiber來自竹子。除了紡織原料的環保材質化，國內廠商的無水染整技術可減少布料染整過程大量耗用水資源，並減少後續的廢水處理成本。

### 循環經濟商機

紡織業過去曾被貼上「夕陽產業」標籤，但隨著運動機能服飾崛起，配合臺灣紡織業的快速研發能力，蛻變為「朝陽產業」，已在全球機能服飾中上游布料佔有一席之地。

臺灣紡織業近年在環保材質的技術與研發能力獲得國際品牌大廠支持，加上國際間對環境永續議題的重視，未來布料使用回收、永續材質的原料比重預期將會提高。當回收料比重提高，欲使回收料達到原原料相同品質，所需技術層面也將更高，對紡織業者而言不但是挑戰也是機會。



回收寶特瓶經過處理後可做為服飾與跑鞋，adidas x Parley for the Oceans 合作推出的跑鞋由海洋廢寶特瓶製成，其幕後功臣來自臺灣的遠東新世紀。



代表廠商資訊

## 產業成功案例分享：貴金屬回收的循環創新技術

### 隱身郊區每日勤奮工作的城市採礦隊

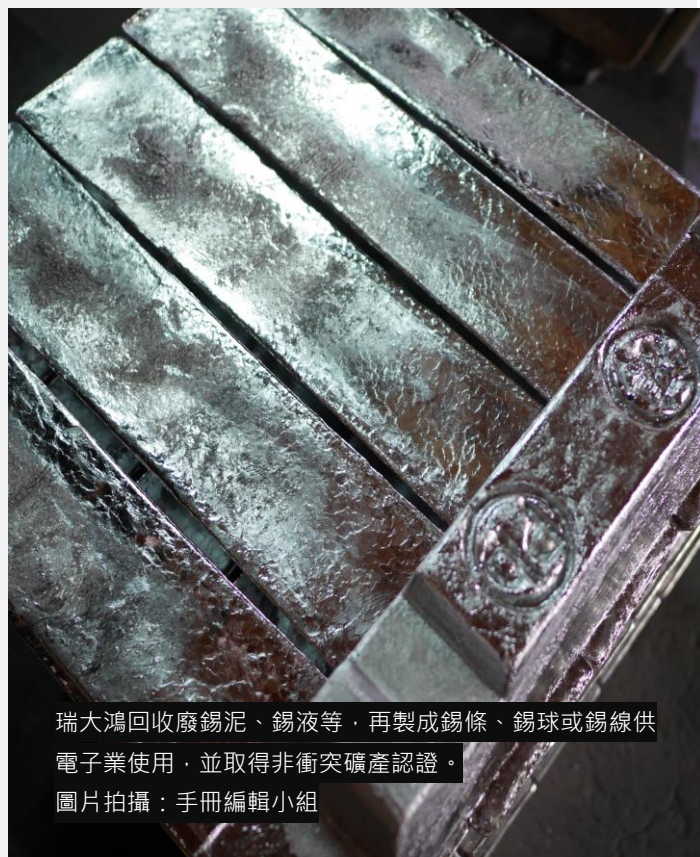
#### 循環技術及產品

稀貴金屬是發展新能源、新材料等高科技不可或缺的資源，也是世界各國爭奪的關鍵材料。

電子業生產過程產生電子廢料或消費者使用後的廢電子零組件成為這群城市採礦隊的生產料源。例如：瑞大鴻回收廢錫泥、錫液並精煉成錫條、錫球或錫線；欣偉科技回收電子廢棄物，並提煉金、銀、鉕等貴金屬；優勝奈米利用濕式貴金屬回收技術，剝除電子廢棄物的金、銀等貴金屬。

#### 循環經濟商機

經由回收下游廢棄電子終端產品，提煉其中稀貴金屬，經過精煉純化，去除雜質並提升材料純度，並再度進入供應鏈體系，可降低臺灣對進口原料的依賴。國際社會醞釀的拒用衝突礦產共同規範，歐美皆已明文規定，是臺灣這群城市採礦隊發展契機。



瑞大鴻回收廢錫泥、錫液等，再製成錫條、錫球或錫線供電子業使用，並取得非衝突礦產認證。  
圖片拍攝：手冊編輯小組



代表廠商資訊

**衝突礦產：**指在武裝衝突與侵犯人權狀況所開採之礦產，例如：剛果與週邊國家武裝部隊常以開採 3T1G（鎢（tungsten）、錫（Tin）、鉕（Tantalum）與金（Gold））做為經濟來源，造成區域性重大流血衝突。美國證管會於 2012 年通過的 Dodd-Frank 衝突礦產法案及歐盟於 2017 年發布的 Regulation (EU) 2017/821，皆明文要求並確保產品使用的 3T1G 來自非衝突礦區。

## 產業成功案例分享：化學品的循環創新技術

# 其實別人想的和你不一樣，化學品可以用「租」的？！

### 循環技術及產品

石化邁向循環經濟轉型過程，除透過技術研發創造高值化產品，並減少製程能源使用與廢棄物產生外，部分廠商更轉換思維，尋求資源永續使用。例如：李長榮化工銷售電子級異丙醇，並回收客戶廢水，透過膜離生物反應器（Membrane bioreactor, MBR）回收 90% 以上廢水，並將廢水的異丙醇經純化處理再製成工業級異丙醇；永光化學是臺灣第一家採用環境會計的企業，因找出潛藏環境成本，減少製程資源浪費，並尋求更有效率的解決方案，2017 年減少 2,200 萬元環境成本。

### 循環經濟商機

石化產業近年興起「化學品租賃」（Chemical Leasing）商業模式，精神為將化學品的使用權與所有權脫勾，化學品的擁有權屬於供應商，使用過程中的運輸、儲放、管理、使用與操作安全性、廢棄後處理問題等，均由供應商負責。

透過化學品租賃，可創造供應商與客戶的雙贏：用戶不需要購買化學品，只需支付化學品所提供的服務，而供應商以提供的化學品服務獲取利潤，在使用最少化學品下達到客戶所需的化學品服務。未來潛在應用領域包括：廢水處理、烤漆面積、管道清潔等服務。



李長榮化工以電子級異丙醇回收再利用及膜離生物反應器回收廢水。



代表廠商資訊



## 產業成功案例分享：電子特用化學品的循環創新技術

### 從「洗金水」淘出貴金屬的獨門工藝

#### 循環技術及產品

印刷電路板 (Printed Circuit Board, PCB) 是電子產品的基礎原件，而有「電子產品之母」的稱號，但PCB製程複雜，製造過程需要使用多種化學藥劑及特殊原料，產生的廢水、廢液及廢棄物等繁多，蘊含大量的銅、鉛及鎳等重金屬，但污染強度大。為解決PCB產業的污染性，昶昕實業研發電子產業所需化學品，成功開發廢剝錫鉛液電解回收技術，取得專利及再利用許可後，開始生產工業用硫酸銅、氧化銅、碳酸銅等，且透過研發升級，產製電子級硫酸銅回銷至電子產業，資源得以在整個產業系統中重複循環。

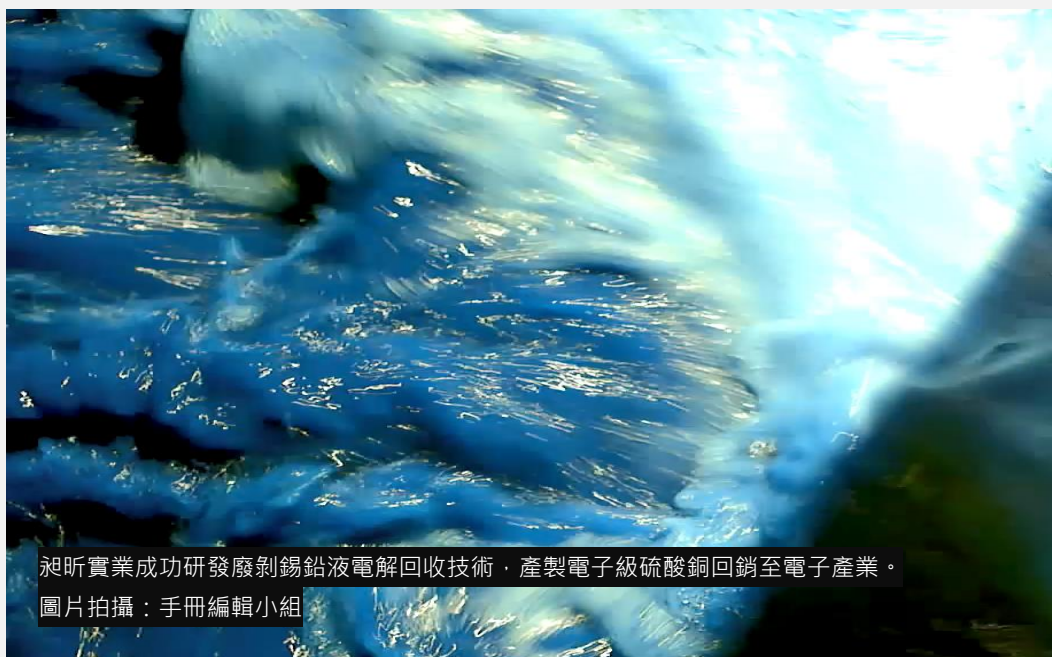
#### 循環經濟商機

該產業將含銅、錫成份之廢溶液，萃取廢溶液中金屬成份，再製成工業用或精鍊為電子級銅化合物及錫化合物，化學品則經過重新還原調製，資源得以在供應鏈系統中重複循環。

未來將該商業模式可擴張應用到其他領域，如石化產業或太陽能產業，減少製程廢棄物，以產業共生的精神，持續以5R原則開創新的循環經濟商機。



代表廠商資訊



昶昕實業成功研發廢剝錫鉛液電解回收技術，產製電子級硫酸銅回銷至電子產業。  
圖片拍攝：手冊編輯小組

## 產業成功案例分享：農業廢棄物的循環創新技術

### 農業廢棄物再創春天

#### 循環技術及產品

根據農委會統計，臺灣每年產生超過400萬噸農業廢棄物，超過30%需進行焚燒、掩埋或作物栽培覆蓋處理。臺灣廠商讓農業廢棄物再次循環使用，為農業廢棄物尋找到出路，例如：大江生醫由不同種類農業廢棄物萃取出對人體有益的保健食品原料；歐萊德咖啡因系列原料取自臺灣原生咖啡，天然成分高達96.3%，咖啡渣做成瓶身，瓶蓋則採孟宗竹製作；台糖改造屏東大響營第一畜殖場，設置沼氣發電設備，每月供應養豬場30~35%用電量；也有業者將稻稈、廢菇包經過破碎、乾燥、分選及造粒，做成固態衍生燃料當作生質能源。

#### 循環經濟商機

農業運用在循環經濟的例子非常多，從最常見的將食物殘渣或食品加工所產生的有機廢棄物，用作堆肥來滋養土壤，並種植出健康無害的農產品。近年也有廠商利用農業廢棄物作為培育菌絲的基質，製造出近似保麗龍的蘑菇材料，取代保麗龍的使用；或利用玉米、小麥、馬鈴薯等所富含的澱粉、纖維素為原料，並運用生化科技產製生質塑膠，替代一般容器及包裝材。



大江生醫將香蕉皮中營養成分萃取，做成保健食品原料並創造附加價值。

圖片來源：Pixabay



代表廠商資訊

## 循環經濟的效益有多大？

# 我們將在經濟面、環境面及社會面整體受惠

### 1

#### 經濟面效益

歐洲由線性經濟轉型至循環經濟，預估2030年前每年資源生產率可提升3%，每年可減少約6,000億歐元資源支出，年度總效益更高達1.8兆歐元。另外，近年環境意識高漲，國際大廠對永續性要求日益增加，注重環境與推動循環經濟公司較能與國際供應鏈連結。

### 2

#### 環境面效益

循環經濟能帶來正面環境效益，提高環境競爭力與復原力，減少環境外部成本。歐洲轉型至循環經濟，預估至2030年二氧化碳排放量將減少48%，2050年達到83%；在資源消耗方面，2030年將減少32%，2050年減少53%。

### 3

#### 社會面效益

全球越來越重視環境議題氛圍下，強調環境永續循環經濟能為公司帶來正面形象。由線性經濟轉換至循環經濟的過程中，除了創造出新的商業機會，也將帶來新的工作機會，估計歐洲轉型至循環經濟，可額外帶來20萬至50萬個就業機會。

資料來源：Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment (2015),  
Growth Within: A Circular Economy Vision for A Competitive Europe.



## 結語

# 看懂循環經濟的底層邏輯，公司轉型才能一步到位

循環經濟追求的是資源效率的提升，而這其中的兩大驅動力就是技術創新與商業模式的創新，只有創新才能解決過去線性經濟所產生的效率低落問題，當代企業只解決人未被滿足的需求那只是尋常功夫，要做到滿足需求及解決環境問題的綠色企業，那才是上乘功夫！

循環經濟要能成功，要掌握其主體就是「經濟」，將你的公司以「物質流」、「金錢流」、「資訊流」、「能量流」等四個面向虛實整合。

熟練搭配7個循環經濟商業模式重新組裝，才有能力挑戰現有供應鏈的邏輯，走出一條專屬你的華麗轉型之路！



**Link&Loop**

---

**Linking Innovations and Closing Loops.**

\*本手冊使用再生紙印刷 This manual is printed on the recycled paper.





主辦單位 |



執行單位 |

