

## 善用評估與管理工具實踐循環經濟

撰文：經濟部工業局  
物質流成本分析外部專家  
林文華 (Coco Lin)



### 何謂循環經濟

最早提出「循環經濟」概念的是經濟學家鮑爾丁 (K.E Boulding) 於 1966 年所著作的論文【即將到來的地球宇宙飛船經濟學】中提及：「地球是一艘孤獨的太空船，沒有無限物質的儲備庫，既沒有開採也不能被污染，人類必須要回到自己在生態系統循環中的位置，進行物質再生產」，並提出了應對擁有無限投入資源和產出物品的「開放型經濟」有所意識及覺醒。之後在 1989 年英國環境經濟學家大衛·皮爾斯及克里·圖奈，於其共同著作之【自然資源與環境經濟學】中，更進一步提及：

- 傳統的開放式經濟是在沒有內在循環的情況下發展出來的，將環境視為廢棄物的儲存庫。
- 主流經濟發展為資源從開採、製造、使用一直到廢棄，為搖籃到墳墓的「線性經濟」。
- 「循環經濟」倡導搖籃到搖籃，使整個系統產生極少的廢棄物，甚至達到零廢棄的最終目標。

我們從三位學者的觀點得知，「循環經濟」企圖自傳統的線性經濟系統，以低耗用、低排放及提高使用效率為目的，經由原料、產品及商業模式的設計而走向逆流的非線性系統。「循環經濟」系統則可分為「生物」與「工業」兩種循環 (圖 1)：

1. 生物循環係指可被生物分解的物質，先行分解後，進一步將其利用至最大可發揮的效益為止，而無法透過該模式進行分解者，則利用生物萃取、堆肥、沼氣等方式，讓其可安全的回歸至生態圈作為養分。
2. 工業循環則指不可被分解的化合物、合金等人造物質，經過收集、維修、再

使用、再製造及回收再利用的方法，也就是一般指稱的 3R，盡可能將其保留在人造系統內，而不被丟棄到大自然中，將其不斷的循環利用。

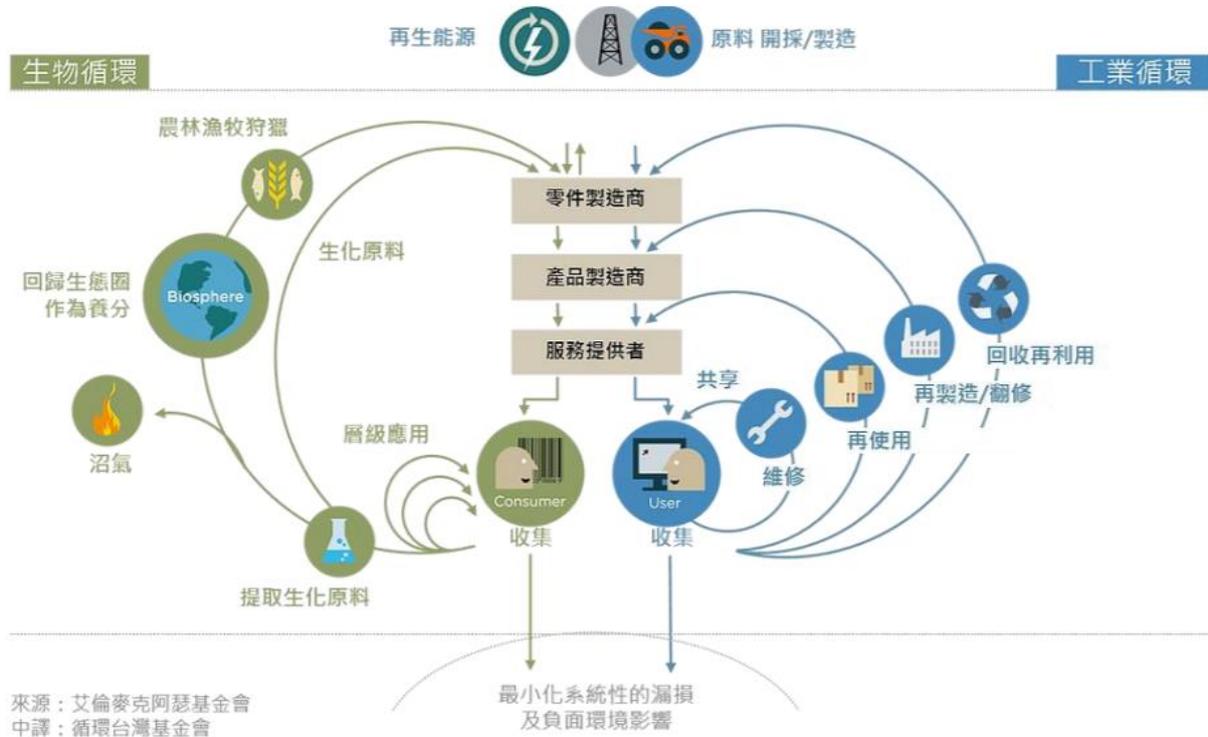


圖 1 「循環經濟」系統

## 物質流成本分析、環境化設計 ( 生態化設計 ) 與「循環經濟」

國內大約於 6 年前依據【[ISO 14051 物質流成本會計](#)】的標準開始推動「物質流成本分析」，在工業局領頭推動下，有不少廠商運用該分析方法，找出製程中不合理的廢棄物產出。所謂不合理的廢棄物產出，有可能是不該產出的廢棄物，或不合理的廢棄物產出量，其過程即可透過內部的再設計，減少物質投入量、提高使用效率 ( Reduce )、利用再使用的方式 ( Reuse ) 以減少或不產生廢棄物等方式降低廢棄物的產生量，無可避免的廢棄物產出，則利用再製造或回收再利用 ( Recycle ) 等方式，以期能同時替公司降低成本及提升環境效益。也就是說，可利用「物質流成本分析」作為「循環經濟」的前導工具，因為在依據【[BS 8001 循環經濟](#)】標準導入「循環經濟」前，必須先了解自己的組織到底產出了那些廢棄物與排放，才能進一步確認在組織內部那些廢棄物是不合理或不適當的產出，並將其消弭，接下來再將無法消除的廢棄物作進一步分析，以了解那些是可以經由內部迴圈再使用或再利用( 閉環式回收 )，使其減少能資源投入量，降低成本，而不可經由內部迴圈利用的，則尋找外部迴圈再使用或再用 ( 開環式回收 ) 的機會，創造增加可出售的副產品或業外收入的可能性。而這中間的過程，則必須導入「綠色設計」來予以協助解決相關的問題。

綠色設計在國內其實已經推行將近 20 年的時間，一般被稱為「環境化設計」( Design of Environment ; DfE ) 又或稱為「生態化設計」( Eco-Design )，依據 Fiksel 於 1966 年提出對「環境化設計」的定義為：「有系統化地考量在全程產品及製程之生命週期中環境、健康與安全目標的設計績效」。[【ISO 14006 生態化設計】](#)管理系統整合指導綱要對生態化所下的定義則為，「系統化地考量產品生命週期，包括原料開採、製造、使用、回收與廢棄等階段的环境績效，以降低整個產品生命週期的環境衝擊」。雖然目前大多數業者在導入「物質流成本分析」時，多以自身組織範疇為中心，但事實上，原料投入減量的再設計，有時須經由與上游供應商的協力合作，在原始交貨的原料上做設計規格的變更，或是外包上游材料加工的手法或過程中作變更。另一種情況是，在製程中回收的邊料或廢料，可以經過再製造或再加工的過程，使其能重新投入製程使用，但往往組織本身可能沒有再製造或再加工的技術，必須經由上游原料廠商或其他回收再處理廠商的協助，完成相關再製技術的開發與執行。至於，無法回到製程再利用的邊料或廢料，則需要尋找可以經由再製而轉換為其他可使用形式的物質，這時可能就轉換為副產品出售的概念產品。經過如此的思考過程，便可逐步朝「搖籃到搖籃」的「循環經濟」模式前進。

歐盟 2018「循環經濟」套裝方案中涵蓋了，在「循環經濟」中的塑料，解決化學品、產品和廢物法規之間的關係選項，「循環經濟」執行進度的監測框架，及關鍵原物料與循環經濟的報告等。其中「循環經濟」中有關塑料策略，係以塑料、塑料產品的設計、製造、使用及回收為手段，希望至 2030 年，所有的塑料及相關組件都可以被回收。於 2019 年有關「循環經濟」執行的報告內容，提及建構一個「循環經濟」的「循環經濟與製造過程」之章節中，強調促進循環設計與節效率為其目標。該報告內容亦提及廢棄物資源化，並重申歐盟《循環經濟中的塑料戰略》是在歐盟範圍內，第一個採用針對特定材料的生命週期方法的政策框架，旨在將循環設計、使用、再使用和回收再利用活動整合至塑料價值鏈中。因此，它是作用的催化劑。該戰略提出了明確的願景，並在歐盟層級制定了量化目標，其中最重要的是，要求至 2030 年擺在歐盟市場上的所有塑料包裝都可以重複使用或回收。所以「物質流成本分析」及「環境化設計」( 生態化設計 ) 的手法，是「循環經濟」導入過程的兩個最佳運用工具的選項之一。

## 循環經濟與區塊鏈

經濟的驅動是經由各類商業活動連結的結果，所以「循環經濟」既然視為經濟活動，當然也不例外，必須能形成相關的商業模式，有利經濟效益的驅使，才能長久發展。今年 ( 2019 ) 4 月，歐洲區域 105 個擁有完整分散式帳本技術 ( Distributed ledger Technology, DLT ) 的初創企業、中小型企業、政策制定

者、國際組織、監管機構、公民社會與相關標準制定機構，共同加入了「國際可信區塊鏈應用協會」( International Association for Trusted Blockchain Applications, INATBA )，希望能夠運用區塊鏈技術，創造永續環境，達成聯合國 SDGs 的共利環境。INATBA 設立的主要目標如下：

1. 提供區塊鏈和其他分散式帳本技術之基礎架構與應用，推廣具公開與包容性的全球治理模式。
2. 支持開發和採用互相操作性( Interoperability )準則、規範及全球標準的應用，以加強可信任的、可追溯的、並提供以用戶為中心的加密貨幣服務。
3. 發展特定部門( 即金融服務、健康、供應鏈、能源與金融包容性 )的開發，與加速可受信任的部門區塊鏈及 DLT 應用程序的準則和規範。

那麼，究竟甚麼是區塊鏈，我們就必須對其意涵能有初步的了解。

最早運用區塊鏈概念運作且目前仍持續應用的金融服務，就是風行一時的「比特幣」。比特幣的發明人 Satoshi ( 筆名 )，於 2008 年發表了一篇論文【比特幣：一種對等式電子現金系統】，提出了比特幣及其電子演算法。為了讓持有者都能夠自己掌握所持有的比特幣狀況，Satoshi 便建立了「節點」與「比特幣帳本( 分散式帳本 )」系統，節點與節點之間則經由「點對點網路連線」軟體進行資料交換。所有持有比特幣的參與人和所持有的帳本集結成一個大帳本後，有人將之稱為「區塊鏈」，當然這個過程中除了讓參與者掌握自己的帳本內容外，「區塊鏈」的形成同時也具有保護資料無法篡改的技術，因為「區塊」與「區塊」之間的鏈結係使用了「條件雜湊」技術，規定雜湊必須小於「困難指數」，讓雜湊很難重新計算，而使得能夠保護交易的內容不被篡改。「區塊鏈」是集合了幾種軟體程式的技術，由全世界「多節點」( 電腦主機 )組成的系統，只要能滿足一交易識別確認、不可篡改否認( 區塊與鏈結確保 )及節點資料同步等 3 個特性，都可以應用「區塊鏈」的模式運作。

## 結語

「循環經濟」的最終目標是達成「搖籃到搖籃」的物質應用模式，在其過程中若無法創造營利模式與具備一定之營運規模時，很難形成永續發展而長久運作。藉由「區塊鏈」的應用，無非是希望能將循環經濟擴及全球，形成具一定程度的營運規模，並使其成為一個具有吸引力的商機。為了能搭上這個新趨勢的發展洪流，形塑個別區塊時，為了創造環保與經濟雙重效益，則可運用標準【ISO 14051 物質流成本會計】進行前導評估，再依循標準【ISO 14006】導入「環境化設計」

(「生態化設計」)·最後根據標準【BS 8001 循環經濟】協助找出最佳化或最適化的「循環經濟」模式，以創造二次金流的機會。●

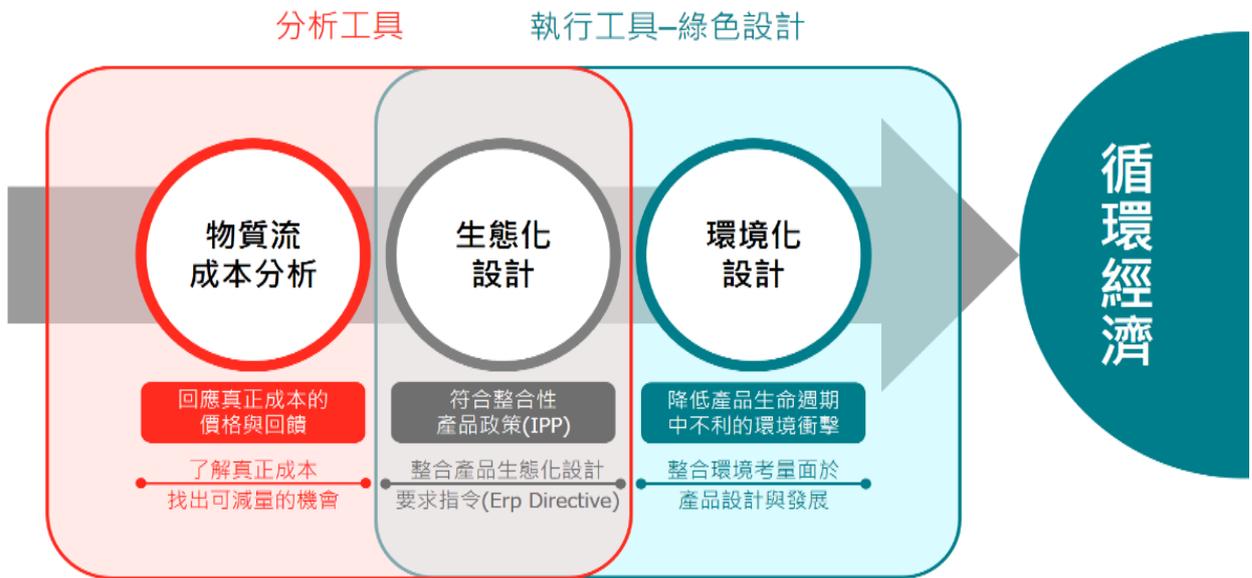


圖 2 「物質流成本分析」、「環境化設計」與「循環經濟」

#### 參考文獻

1. 歐盟委員會：[https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)
2. IRISH TECH NEWS: <https://irishtechnews.ie/105-organisations-announce-new-international-association-of-trusted-blockchain-applications-inatba/>
3. 財經新報：<https://finance.technews.tw/2017/05/17/block-chain-principle-and-application-bitcoin-part-2/>

#### 延伸閱讀：

- 〈[BS 8001 循環經濟標準推動實務—企業組織推動循環經濟的參考方向](#)〉  
BSI BS 8001 循環經濟產品經理 馮英哲 (Duncan) 撰文 | 本文彙整 BS 8001:2017 在執行過程中常見的幾個問題並提出參考方向，以協助企業組織，在從線性經濟模式轉為循環經濟模式的推動過程中能更順遂。
  - 〈[循環經濟標準助企業轉型創商機—BS 8001 循環經濟標準架構剖析](#)〉  
BSI 企業服務部永續標準副協理 鄭仲凱 (Ivan Cheng) 撰文 | BS 8001 循環經濟標準能協助組織建立系統，並運用循環經濟的原則，探索組織如何從節省成本、開啟全新的營收通路而獲益，並且在面對突如其來的衝擊與中斷時更具有韌性。
- 洽詢 BSI | 稽核驗證、產品測試、BSI 訓練學苑、VerifEye 認證平台、BSOL 標準資料庫