

# 循環轉型指標 3.0

由企業制定的企業專用衡量指標



Powered by





前言 | 7

理事長的話 | 8

執行摘要 | 9

## 第一部分 循環轉型指標：架構 | 10

循環轉型指標 | 11

對循環指標的需求 | 12

CTI的運用 | 13

價值鏈合作 | 15

CTI方法學邏輯 | 16

循環指標 | 17

工業與生物的復原再生循環 | 27

CTI流程週期 | 29

準備開始 | 30

## 第二部分 循環轉型指標：使用者手冊3.0 | 31

① 範疇 決定邊界 | 32

② 選擇 選擇指標 | 33

③ 蒐集 鑑別來源與蒐集資料 | 34

④ 計算 進行計算 | 37

⑤ 分析 闡釋結果 | 63

⑥ 排序 鑑別機會 | 73

⑦ 應用 規劃與行動 | 83

CTI詞彙表 | 86

# 感謝以下公司與單位在開發與實踐循環轉型指標所付出的貢獻



## 諮詢組：

循環轉型指標架構由WBCSD產品和材料路徑（Products & Materials Pathway）的循環轉型指標專案成員開發。

循環轉型指標與KPMG合著



正體中文版翻譯出版





我們很榮幸能夠持續與WBCSD合作，使企業進一步朝向更具循環性的經濟發展。作為循環轉型指標專案的參與者，我們協助找出可以更適當地自我評估自身的資源使用與再利用的工具。現在我們可以排定優先順序，並建立目標來監管我們於循環領域的進展。

**Stephan B. Tanda**  
Aptar 總裁兼執行長



對CHEP而言，我們了解我們的共享和再利用的商業模式在本質上是循環的，但其中的挑戰在於如何衡量！我們一開始即使用CTI工具，希望能找出公司整體的循環績效指標。我們很快地發現CTI實際上涵蓋的範疇比我們想的要大得多，也發現其中的物質流分析方法補足其他循環衡量系統的不足。我們也能夠快速地在適當的詳細程度下辨識出風險，並優先採取行動，提升我們的循環度。

**Juan Jose Freijo**  
CHEP 副總裁



以賓士的方式朝向永續汽車轉型，意味著我們要在電動載具領域居於領導地位且承擔起身為一家企業的責任，以及在產品和生產過程中的責任。因此，我們推動將價值鏈轉為價值循環，使我們朝向碳中和移動載具的目標邁進。透過在我們的商業結構中施行CTI架構，我們得以標準化的方式全面衡量並改進我們流程的循環性，制定出合適的方法加速我們的循環經濟轉型。

**Markus Schäfer**  
戴姆勒與賓士集團董事會成員



對陶氏化學而言，我們相信我們的材料在達到更具循環性的經濟轉型上，扮演著重要的角色。我們仍處於此項轉型的初始階段，不過很重要的一點在於我們定義了協助我們衡量進展的標準。CTI架構可以幫助公司定義基準，再訂出需要優先採取行動的重點領域。我們正與WBCSD針對架構的測試與開發密切合作，以幫助陶氏和同業在作出商業決策時，能夠同時考慮到循環性。

**Mary Draves**  
陶氏化學永續長兼環安衛與永續部門副總裁



研究的結果很明確。一個建立在「取用-產生-廢棄」為基礎的經濟，在未來完全不可行。採用CTI指引並為其循環制定基準的公司，正積極的在為人類和地球創造出更永續的未來，邁出卓越的一大步。

**Andreas Fibig**  
IFF 總裁兼執行長



KPMG對於持續參與CTI架構3.0的開發而感到自豪。身為實踐的合作夥伴，我們看到了這個架構為我們客戶所帶來的附加價值，這個架構協助他們評估循環績效、辨識風險與機會，並朝向更具韌性與未來性的商業實踐前進。

**Richard Threlfall**  
KPMG IMPACT全球總監、合夥人兼KPMG架構全球總監



循環經濟不只是回收—它是將成長與有限的資源兩者脫鉤，來達到整個價值創造系統的轉型。LANXESS支持如此的轉型。我們位於長價值鏈的中間位置，我們不僅致力於使用替代性原物料，同時也為我們的產品探索不同的回收技術。例如，我們的工程材料便可適用於機械和多種化學的回收途徑之中。

**Anno Borkowsky**  
LANXESS 負責價值鏈循環的董事會成員





我相信循環經濟。如今LafargeHolcim是這個領域的全球領導者之一，我們將五千萬噸廢棄物回收至我們的產品和製程中。我設定的目標是在2030年將這個比例加倍，在我們的業務中回收一億噸。我從回收建築和拆除廢棄物中看到了龐大的商機，因為混凝土可以不斷重複回收。利用WBCSD的CTI，我們正在完成材料的循環圈，並計算我們可以從綠色產品和解決方案中獲得的收入。透過CTI架構，我們正在積極衡量我們對建設綠色城市的貢獻，且持續提升標準。

**Jan Jenisch**

拉法基霍爾希姆（LafargeHolcim）執行長



由世界企業永續發展協會（World Business Council for Sustainable Development, WBCSD）制定的循環轉型指標（CTI）架構提供一種通用於全球的定義和衡量方法，使循環創業變得易懂、可衡量且可管理。這個架構提供我們正確的重點，鼓勵我們從廢棄物報告的角度轉向輸入流報告與輸出流報告。舉例來說，我們目前就是使用這個架構來衡量我們火車的循環程度，並從採購的決策中達到我們的目標：在2030年達到100%循環的火車。

**Marjan Rintel**

荷蘭國鐵（NS）董事長



對於讓全球企業大規模採用循環經濟來說，很重要的一點是達成一個以標準化方式衡量循環性的共識。我們很高興見到在衡量整個價值鏈的循環性的進展，讓物質和產品在整個生命週期中保有最大的價值，並且充滿信心地完成這個循環。我們完全支持將財務指標納入此架構，這將會推動在投資過程中作出更具循環性的決策。

**Frans van Houten**

飛利浦執行長



作為西北歐重要的資源樞紐，鹿特丹港利用CTI架構評估港口的產能和吞吐量的循環性，而這個作法為未來的改進設定基線。檢視的結果清楚地顯示，我們港口和產業群聚在循環性上存在著龐大的進步潛力。循環經濟是我們策略中越來越重要的一項要素，而我們也正積極與合作夥伴合作，使供應鏈更具循環性。

**Allard Castelein**

鹿特丹港執行長



為了邁出朝向循環經濟轉型的下一步，衡量與領導是關鍵。我們與希冀成為循環經濟先行者的客戶共同合作，我們也渴望透過我們的網絡提供堅實的支援與合作，分享我們的知識與金融解決方案。我們在我們的試行中體會到，CTI實際上強化了我們客戶的決策。CTI為企業及其金融夥伴在風險和報酬上提供了更深入的看法。我們鼓勵大家將CTI與我們提供的金融解決方案納入貴企業的業務當中。

**Alain Cracau**

RaboBank 永續發展總監



Security Matters（SMX）支持且認同WBCSD的領導角色以及循環轉型指標（CTI）架構的重要性，因為它補足了SMX的數位孿生技術（digital twin technology）和區塊鏈平台解決方案的不足，使公司能夠以具體、可靠且可衡量的方式，成功轉型為真正的循環經濟—充分利用每一份材料，完全不浪費。

**Haggai Alon**

Security Matters Ltd 執行長



循環經濟轉型不光只是減少線性經濟中既有的浪費。而是關於創造經濟機會、創造環境和社會效益並提高企業韌性的永續成長。這種轉型需要系統性的轉變，封閉、優化並計算價值鏈中的資源循環圈，而這也使得跨公司之間的合作變得十分重要。

**Alistair Field**

Sims 執行長



# 前言

**我們活在一個不確定的年代與一個日益動盪且複雜的世界。全球疫情、社會不安，以及越來越頻繁的極端氣候事件，在在清楚警示著照舊營運（Business as usual, BAU）不再是可行的企業方針。**

**循環經濟提供了思維上的轉變，讓企業可以在財務上有良好表現的同時建立韌性，並對氣候變遷、自然損失及日漸擴大的不平等現象做出因應。**

因認知到變革的急迫性與其中的機會，全球企業正加緊腳步計算並改進其循環績效、減緩線性風險，並掌握新的機會。WBCSD的循環性衡量指標（Circular Transition Indicators, CTI）架構可成為企業了解循環度及學習創業過程的新見解，提供很寶貴的資源。

自從推出CTI以來，我們見證了全球採用此架構的企業穩定成長。

透過提供企業一個共通語言，CTI為衡量循環度貢獻了一個全球性的標準與準則，讓公司可以持續改善循環績效。

由企業制定專為企業打造的CTI，為衡量循環度提供了一個簡單、一致且跨產業的方法。

其透明、定量且可比較的指標，讓公司得以採取行動，提高循環性採購、鑑別提高資源復原再生的機會，有效地封閉循環圈。

經由CTI流程，創造企業真正的價值、協助其設定SMART目標、減緩風險，並建立起跨部門與價值鏈之間的關係。使用CTI的公司可發展出組織韌性，並且更具有能力回應投資者、客戶及監管機構針對其永續績效的透明度、穩定度與可量測進度上日益增加的壓力。

2050年前達到淨零需要全面的經濟轉型。聯合國估計目前天然資源開採與加工佔總溫室氣體排放高達50%。

循環性策略透過使用二次或以永續方式生長的生物基材料，減少食物浪費與廢棄物，以及延長產品與物料的使用年限，可顯著地幫助減少全球排放量。

循環轉型指標3.0的架構協助企業採取氣候採取行動與達到淨零目標，並以一種透明、定量與可比較的方式，讓人理解到非常重要的一點：更具循環性的商業對公司的氣候變遷目標而言的意義。

邀請各位一起加入全球數百家領先企業的行列，透過CTI一起快速轉型，成為迎向未來、具韌性且永續的企業。現在是時候擴展循環經濟了。



**Diane Holdorf**  
WBCSD執行副總

# 理事長的話

COP26之後，淨零目標已成全球各國共識，臺灣也於今年（2022）三月發布「2050淨零排放路徑圖」，宣布能源、產業、生活及社會各方面必須進行系統性轉型，以達2050淨零目標。

根據最新的2022循環差距報告（The Circularity Gap Report 2022），全球高達70%的溫室氣體排放和物料處理與使用有關；該報告也指出，採行循環經濟可減少28%的資源開採，並降低全球39%的溫室氣體排放量。換言之，提升企業的循環度，對於達成淨零目標將帶來實質貢獻。

臺灣製造業實力聞名全球，成為全球邁向淨零目標無法迴避的要角。根據環保署2020年國內溫室氣體排放統計顯示，臺灣有38%的碳排量來自於前十大製造業企業，合計碳排量已突破1億噸。另一方面，歐盟將實施碳邊境調整機制（CBAM），對臺灣企業之意涵在於減碳承諾須具體落實在實際生產製造上，有效降低碳排量，才可維持產品競爭力。

艾倫·麥克亞瑟基金會（Ellen MacArthur Foundation）指出，欲達成2050淨零目標，循環經濟是關鍵策略，藉由原物料再利用、提升生產與能源效率與開創循環經濟商業模式等作為，將可為2050年貢獻過半的減碳量。製造業的轉型除了提升能源效率以及擴大使用再生能源之外，更需要考量產業循環轉型、資源利用最大化、降低初級原物料開採與生產過程中所產生的溫室氣體排放。

本次發表之循環轉型指標3.0提供企業檢視自身營運流程、事業體或產品循環度的架構與工具，可作為企業擬訂循環策略以及與利害關係人溝通的重要參考依據，是企業邁向循環經濟不可或缺的一步。與其他循環指標不同之處在於，本指標考量企業需求，納入對企業溫室氣體排放減量的貢獻，以及涵蓋和財務績效連結的指標，讓企業得以評估循環度的實際正向影響。

要達成產業循環並非易事，必須跨界合作、共創解決方案，期待透過本次新架構和工具的導入，推動企業落實循環經濟的工作，據以加速淨零目標的達成。



企業永續發展協會 理事長  
**施崇棠**

# 執行摘要

**隨著循環經濟的發展水漲船高，企業必須依據其循環績效和相關風險與機會的看法，為轉型做好準備。因此，企業需要一種通用且一致的方法來衡量其循環度。**

根據「循環差距報告」(Circularity Gap Report)指出，當今全球經濟的循環度只達到8.6%<sup>1</sup>。而由30家WBCSD會員企業所制定的循環轉型指標(CTI)有助於找出以下問題的答案：

- 我的公司循環度有多高？
- 我們如何設定改善目標？
- 以及我們如何監控循環相關活動所帶來的改善？

CTI易懂、可適用於跨產業與價值鏈、全面而靈活，可以與公司現有永續發展上所做的努力相輔相成，並且不會因材料、產業或技術而異。

CTI的核心，是判斷公司在循環績效上自我評量的結果。它的重點在於評估公司的循環和線性物質流，而這當中的設計、採購和復原再生模型是決定公司績效的關鍵。為了形成封閉的物質流，CTI還提供了優化整體資源使用、以及與公司循環物質流和業務績效之間的連結的看法。

此架構不會評估公司循環相關工作對環境和社會的影響。不過，瞭解公司的物質流，將是瞭解其影響的重要步驟。

雖然使用循環績效的通用指標對於加速循環經濟轉型來說十分重要，不過CTI對公司的價值，遠遠大於計算循環度如何使公司成長的方法、分析和解釋。CTI 流程可幫助公司訂定範疇、準備評估與解釋其結果、瞭解其風險和機會、排定作法的優先順序，並訂定出SMART目標以監控進度。

CTI是對內、客觀、量化的指標，且以可公開呈現的資料為基礎。這些資料有可能藏在公司的某處，甚至可能為公司外部價值鏈合作夥伴所有。為了協助並導引公司完成這個過程，我們與Circula IQ合作開發了CTI線上工具，其網址為[www.ctitool.com](http://www.ctitool.com)。透過此工具，CTI發起了有關價值鏈的討論，這對於加速循環經濟轉型來說十分重要。

隨著客戶、投資人和監管機構對於端出循環績效的壓力不斷提高，對此做出具可信度的回應，將會是每家公司的最高利益。而CTI提供了一個來準備做出此回應的架構。

## 註記

- 新內容
- 案例
- 註解

本架構不會提供評比結果，而是由公司自行判斷結果是否符合其目標，讓公司居於自身循環轉型的主導地位。

我們邀請全球各種大小規模和產業的公司，利用這個於2022年5月推出的更新版CTI衡量其循環基準，來展現其對循環經濟的決心。

### CTI 3.0版：新增內容

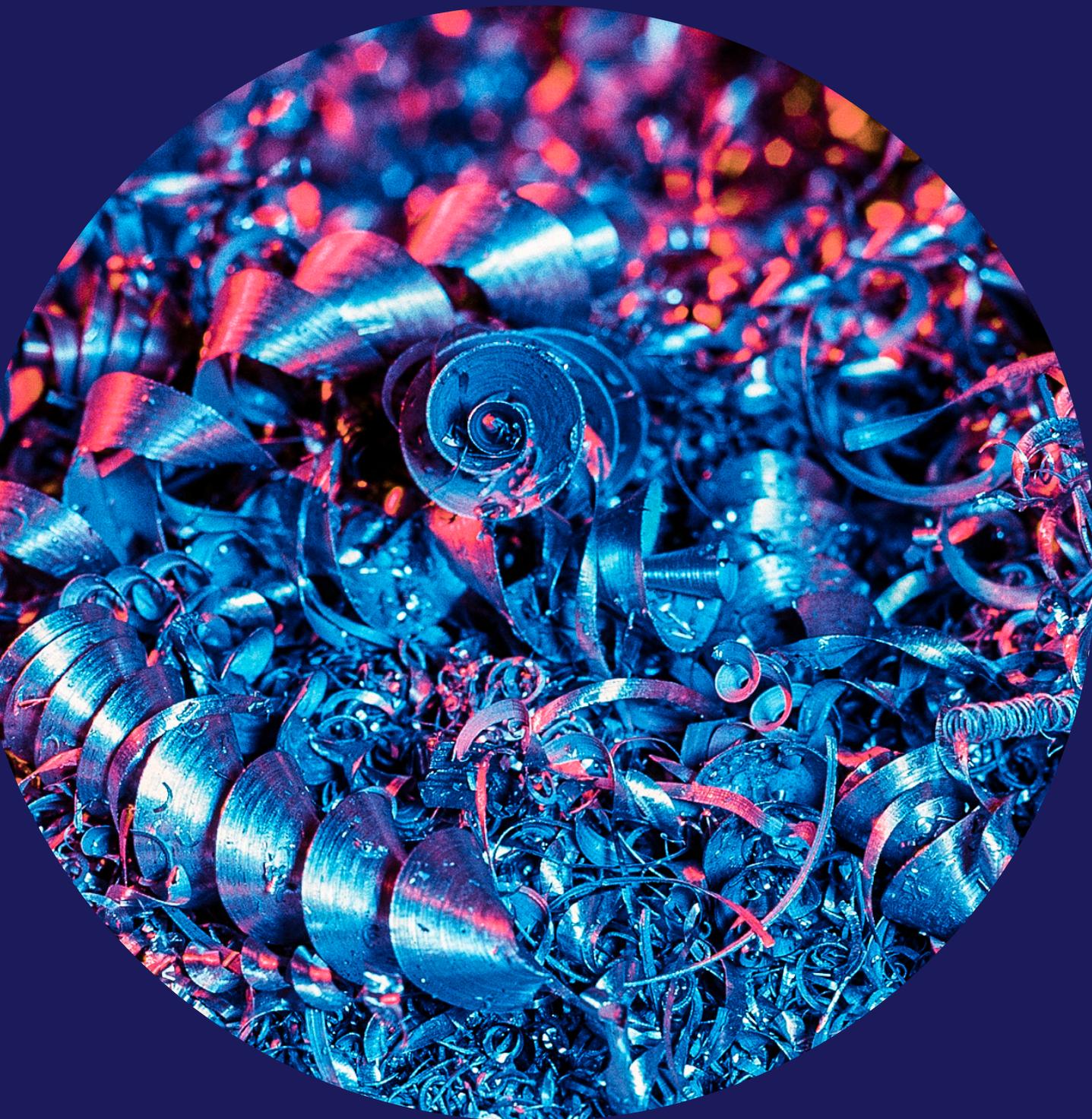
CTI 3.0版新增了一個模組—循環圈的影響性—用來協助公司依照每項循環策略對公司永續目標的影響，排定策略的優先順序。在此版本中，我們加入了一個衡量回收來源對溫室氣體減排影響的方法學(溫室氣體的影響性，GHG Impact)。CTI 3.0包含二項新指標以納入生命週期與生命週期延長策略：

- 實際生命週期
- 復原再生類型：%生命週期延長的復原再生

CTI 3.0在第六步驟「排序」中也加入了更多指引，以協助公司做出決策與排定行動的優先順序。如果各位已經透過CTI完成評估工作，新增內容對您的績效不會有所影響。這些改變只會讓CTI更易懂且更具價值。

# 第一部分

## 循環轉型指標：架構



# 循環轉型指標

當今全球的循環度只有8.6%。<sup>2</sup>這不僅不具永續性，且越來越需要迅速擺脫取用-製造-廢棄的經濟模式。如果這種浪費的趨勢持續下去，至2030年我們將需要兩個地球的自然資源，永續發展目標（SDGs）和巴黎協定也將幾乎難以實現。<sup>3</sup>

有些人視為的廢棄物，只要可持續運用之，我們就能看到其價值、機會和商業案例。企業從線性轉型為更具循環性模式的壓力日與俱增，而好消息是，我們仍有超過91%的進步空間。

轉型的動能與日俱增，公私部門已開始設定積極的循環目標。

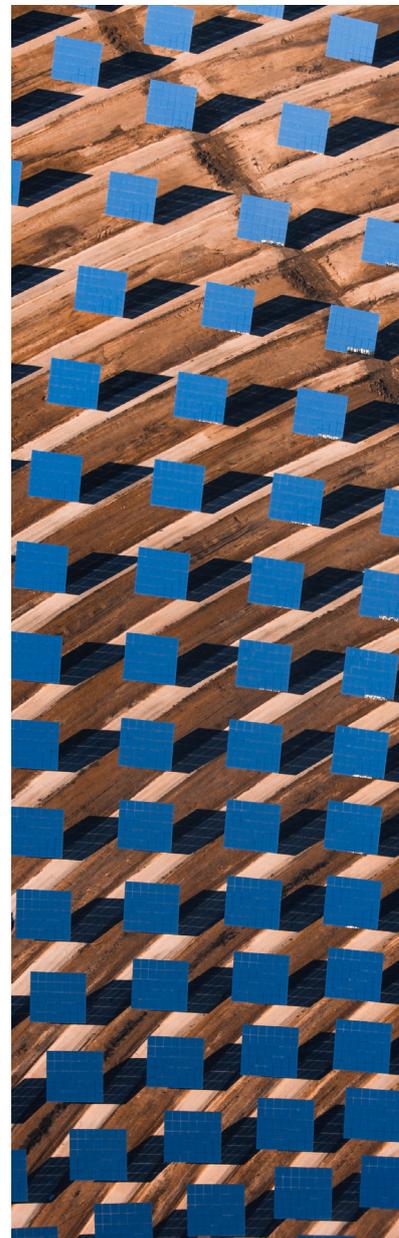
例如，歐洲執行委員會正在推動加速轉型，荷蘭則推出一項跨政府計劃，要在2030年將主要原物料的用量減少50%，至2050年轉型為完全的循環經濟。

其中的關鍵是在跨產業和政府之間建立共通語言，才能達成透明度和一致性，據以研擬出策略並衡量其進展。基於這個原因，30家全球企業透過WBCSD的循環經濟專案（[Circular Economy Program](#)），共同開發循環轉型指標（Circular Transition Indicators, CTI）。

我們的目標是制定出一個客觀、量化和靈活的架構，可鑑別出風險和機會，以決定在循環上的優先事項以及目標設定。我們無意以這個架構取代業界現行使用的永續性架構，而是希望能夠努力提供更多在循環表現上的深入分析。

這個CTI架構是根據企業範疇內的物質流作評估，並結合其他相關資源效率和效能的附加指標，以及從循環商業模式中所附加的價值。

藉由這個角度，此架構可以引導公司找出如何最有效地朝向循環經濟轉型的具體見解以及找出相關機會。



# 對循環指標的需求

**線性商業模式也許在短期內有利可圖，但長期下來，會讓公司面臨在市場上、營運上、法律上與商業上的風險。循環的商業案例核心在於公司有機會以更睿智的方式使用資源創造出更多價值。透過循環性的商業模式，公司可以加速成長、提高競爭力與降低風險。**

## 轉型

儘管循環經濟是一種為各類型公司提供機會的經濟模式，但轉型為循環經濟並非易事。公司必須改變其商業模式、調整策略並提升員工技能，而政府則必須調整政策來實現循環經濟。

這很難為協調轉型規劃與設定明確的目標。為瞭解公司目前循環度的狀況，並且設定明確的關鍵績效指標（KPI）以監管目標，公司需要一套指標系統作為將循環納入策略時的依據。

## 一套共通的方法

任何公司皆需要靠團隊合作來推動循環經濟的轉型。

循環經濟需要更大規模的產業、價值鏈和跨部門之間共同努力。為達成循環經濟轉型，無論規模、產業或處於價值鏈的什麼位置，公司之間必須使用同一種語言。關鍵在於我們需要一套共通的衡量和監控循環績效的方法。這可以使一個價值鏈變成一個價值循環，朝著共享的願景前進。

此倡議始於循環指標形勢分析（[Circular Metrics Landscape Analysis](#)）<sup>4</sup>，我們在那當中仔細研究和審視現有的循環指標協議和標準。從所做的分析和之後的對話，我們訂出幾種計算循環的方法，例如艾倫·麥克亞瑟基金會的物質循環指標（[Material Circularity Indicator](#)）和 [Circulytics](#)<sup>5</sup>、循環經濟（[Circle Economy](#)）<sup>6</sup>的循環檢查（[Circle Scan](#)）和循環差距報告倡議（[Circularity Gap Report Initiative](#)）或是Ecopreneur.eu的循環度檢查（[Circularity Check](#)），來進行自我定性循環度評估。這些方法學的共通性是物質流，為跨產業和政府之間的循環度建立起一種共通語言。

該分析得到的結論是，我們現在需要一種對內、量化的方法和指引來衡量整個公司、事業體或產品（群）的循環度，並使用一個架構，使目前公司使用的評估和工具更臻完善。CTI以物質流為基礎，將水、再生能源及商業價值納入其範疇，為公司的循環績效創造出一種多面向的觀點。

## 循環經濟的定義

循環經濟是一種經過設計後再生的經濟模式。

其目的在於透過可再生性、長生命週期、最佳的（再）使用、翻新、再製造、回收和生物可分解等方式建立一個具有創新商業模式的系統，來保留循環資源、產品、零件和材料的價值。

藉由套用這些原則，組織可以共同合作設計出減少廢棄物、提高資源生產力，持續地使用整個地球邊界內的資源。

**注意：**CTI與艾倫·麥克亞瑟基金會的循環經濟原則一致：

- 透過設計減少廢棄物與污染
- 充分使用產品與物料
- 使自然系統再生

# CTI的運用

CTI提供公司其循環經濟績效相關的深入分析，使他們得以：

- 鑑別循環的機會和線性風險，目的在於提升公司的永續經營與韌性
- 設定基線，並監控循環轉型的進展
- 回應客戶和外部利害關係人（例如投資人或民間社會團體）
- 啟動價值鏈有關共享循環相關優先事項的溝通
- 從促進客戶的循環目標中同步找出新商機。

我們將此架構設計得既容易執行且可以廣泛運用。企業可以透過它衡量任何層級的循環度、從產品層級到整體企業，讓公司可以在最適當的業務層級使用這項指標。

透過CTI，我們希望能讓公司更加瞭解本身在循環經濟方面的潛力，進而賦予公司在循環轉型上的能力。

因此，我們盡量使CTI不具規範性。在公司的CTI評估中，WBCSD不會扮演任何角色，而是將它視為一種對內的工具而開發，讓公司可以深入瞭解其循環度。

因此，CTI不會：

- 評定整體的永續績效。CTI計算的是公司的循環和線性物質流，並評估使用資源的有效性。這些深入的資訊可補充現有和常用的永續性架構，這些架構涵蓋公司在永續性上更廣泛的影響（例如：溫室氣體（greenhouse gas, GHG）排放、生物多樣性、人力資本等）。循環度並非唯一的目標。

本架構不會評價公司循環相關活動對環境和社會的影響。然而，瞭解其物質流，是瞭解對環境造成之影響與減緩途徑的重要步驟。

- 行業、公司或產品的比較。每家公司的循環旅程都有其獨特性。因此，只有在背景相關且經審慎考慮後，才可以進行比較。

- 針對非永續性的行銷和宣傳內容。循環經濟是達到更加永續生產和消費的重要且必須的途徑。然而，它對公司永續發展績效的影響，取決於其他更大的永續發展指標範疇。除非是在適當的情況，否則我們不鼓勵公司對外呈現這個架構的結果。

## 共同的重要議題

在鋁業高效回收基礎設施背後，很重要的推手是鋁價值鏈中利害關係人的聯盟，他們意識到如果再持續如此地線性消耗，將會面臨鋁材料枯竭與競爭力降低的風險。

他們以共同承諾與運用資源開發具高效能的回收基礎建設，扮演現今鋁罐復原再生率達70%的要角。

鋁業管理倡議（Aluminium Stewardship Initiative, ASI），非營利單位，於2015年成立，以獨立的方式開發和營運第三方認證計劃，以推動鋁價值鏈的管理辦法。

資料來源：[鋁業管理倡議](#)

我們認為以下會是適合的情境：

- 公司審慎地揭露評估的範疇，讓溝通對象得以瞭解全面的循環度績效；
- 公司明確表示「循環轉型指標不是全面的永續發展評估，其結果不應用來衡量公司或行業全面的永續發展績效」；
- 經獨立第三方機構保證/確信其結果。

針對產品層級的循環度，我們鼓勵公司揭露評估的範疇以及該產品與公司其他產品組合之比較。

### 線上工具

資料是CTI中的關鍵要素。這裡的資料包括可能已可使用的資料和隱含於公司內部既存的資料，甚至是在公司外部供應鏈合作夥伴的資料。獲取這些資料並進行計算，是此架構中最需要耗費資源的部分。為使CTI易於取得且便利使用，我們與Circular IQ合作開發CTI線上工具：[www.ctitool.com](http://www.ctitool.com)。

此工具使資料蒐集結構化，並計算出每項指標。

其中具有可以協助使用者與內部利害關係人或價值鏈合作夥伴聯繫要求取得資料時，避免產生機密性問題的功能。

此外，它明確記錄範疇和所採取的步驟，以便在後續的週期中保持一致並進行監控。CTI線上工具有輔助的功能，並有助於決策制定，並讓公司得以追蹤進度。但我們建議公司先閱讀本文件中的方法學和使用手冊，以得到最好的效果和順利的程序。另外我們建議貴公司在執行七個CTI步驟時，邀請不同的專家參與，而不是獨自完成這項工作。

CTI工具可確保資料的安全和機密性<sup>7</sup>，同時我們也持續改善，以達到更好的使用者體驗以及可採取的行動且富含意義的結果。

## 架構原則

### 簡易性

在循環經濟的概念下盡量化繁為簡。

### 一致性

無論組織的規模、產業或身處價值鏈的任何位置，都使用共通的跨行業語言，對循環的機會和線性風險提供一致的見解。

### 完整性且具彈性

提供一套完整的指標，同時具有滿足不同商業需求的彈性。

### 互補性

有鑑於循環度是朝向更加永續生產和消費的途徑，其評估不應獨立進行，而是必須與其他現有的永續性和商業指標相輔相成。

### 中立性

避免優先考慮特定材料，因為所有材料都有助於循環經濟。

# 價值鏈合作

循環經濟需要通力合作。整個價值鏈必須同心協力，才能將每項資源創造最大價值。

圖1為簡化的價值鏈。公司距離紅色箭頭越遠，取得資訊的難度越高。

CTI是啟動跨價值鏈溝通的催化劑。它為價值鏈合作夥伴提供一個可以追求共同目標的路徑。

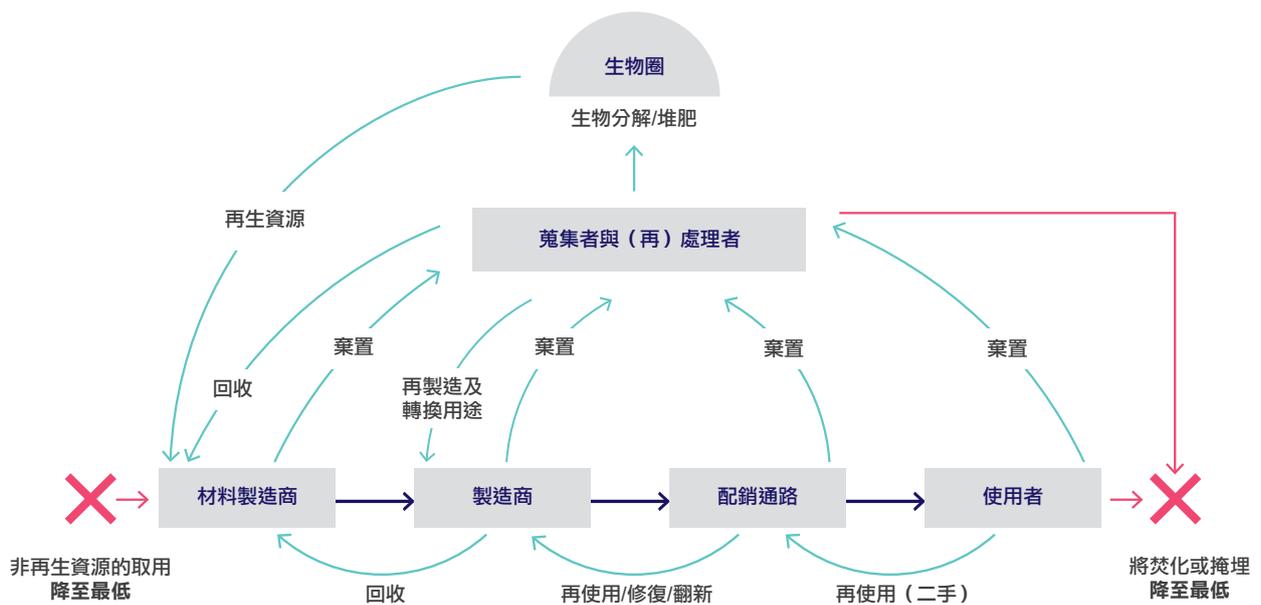
CTI線上工具可幫助公司從價值鏈合作夥伴取得所需的資料，而不會造成隱私或機密性的疑慮。

## 共同的優先議題

一家荷蘭電信公司透過循環宣言與其供應商合作，確保上游的價值鏈合作夥伴，和電信公司以相同的循環方式執行業務。

資料來源：KPN循環宣言與索引2017 ([KPN Circular Manifesto and Appendix 2017](#))

圖 1：簡化的價值鏈復原再生系統示意圖



# CTI方法學邏輯

CTI是基於公司的物質流。透過分析這些物質流，公司可確定其能力和目標來盡可能降低資源的開採和廢棄。在其三個關鍵介入點，來評估公司邊界內的物質流：

## 輸入流

採購資源、材料、產品和零件的循環性？

## 輸出流—復原再生潛能

公司如何設計其產品以確保零件可復原再生或是材料具有同等功能（例如設計為可拆卸、可修復、可回收等）或是生物可分解？

## 輸出流—實際復原再生

公司實際復原再生多少輸出流？

輸出流包括產品、副產品和廢棄物流。公司可以藉由達成封閉性的商業模式，或是強制性或自願性的對外開放循環圈來提高實際復原再生率。

此結果將顯示出公司達成封閉循環圈的效率。

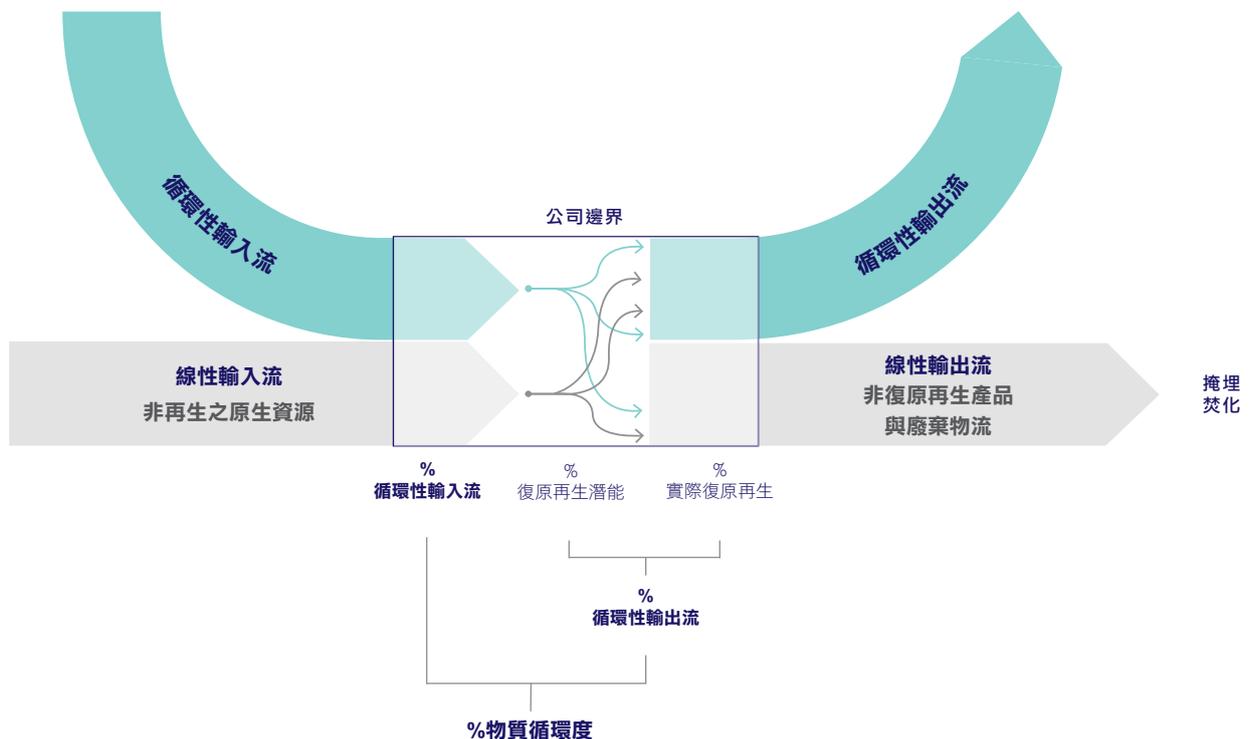
## 物質流

物質流的內容包括養分、化合物、材料、零件、組件甚至是產品。易讀起見，本報告將這些統稱為物質流。

## 復原再生

復原再生指在技術及經濟上可行的情況下，透過再使用、修復、翻新、轉換用途、再製造、回收利用或生物可分解（包括堆肥），使養分、化合物、材料、零件、組件甚至產品（視組織而定）達到等同功能的程度。

圖 2：物質流示意圖



# 循環指標

無論規模大小、產業或是身處價值鏈中的任何位置，任何公司都可以使用這個架構。因此，每一間個別公司所選的相關衡量指標會有所不同。CTI提供一個衡量指標的選單，其中部分為選用性指標。

循環度評估由「封閉循環圈（Close the Loop）」模組開始。接著公司可以從「優化循環圈（Optimize the Loop）」以及「循環圈價值估算（Value the Loop）」獲得更多深入分析內容。循環圈的影響性（Impact of the Loop）是新的模組，用以協助公司量測循環性策略對其永續性目標的影響性。

## 更多資訊

更多有關指標的詳細內容，請參閱使用者手冊第33頁。

### 封閉循環圈

- %物質循環度
- %水循環度
- %再生能源

### 優化循環圈

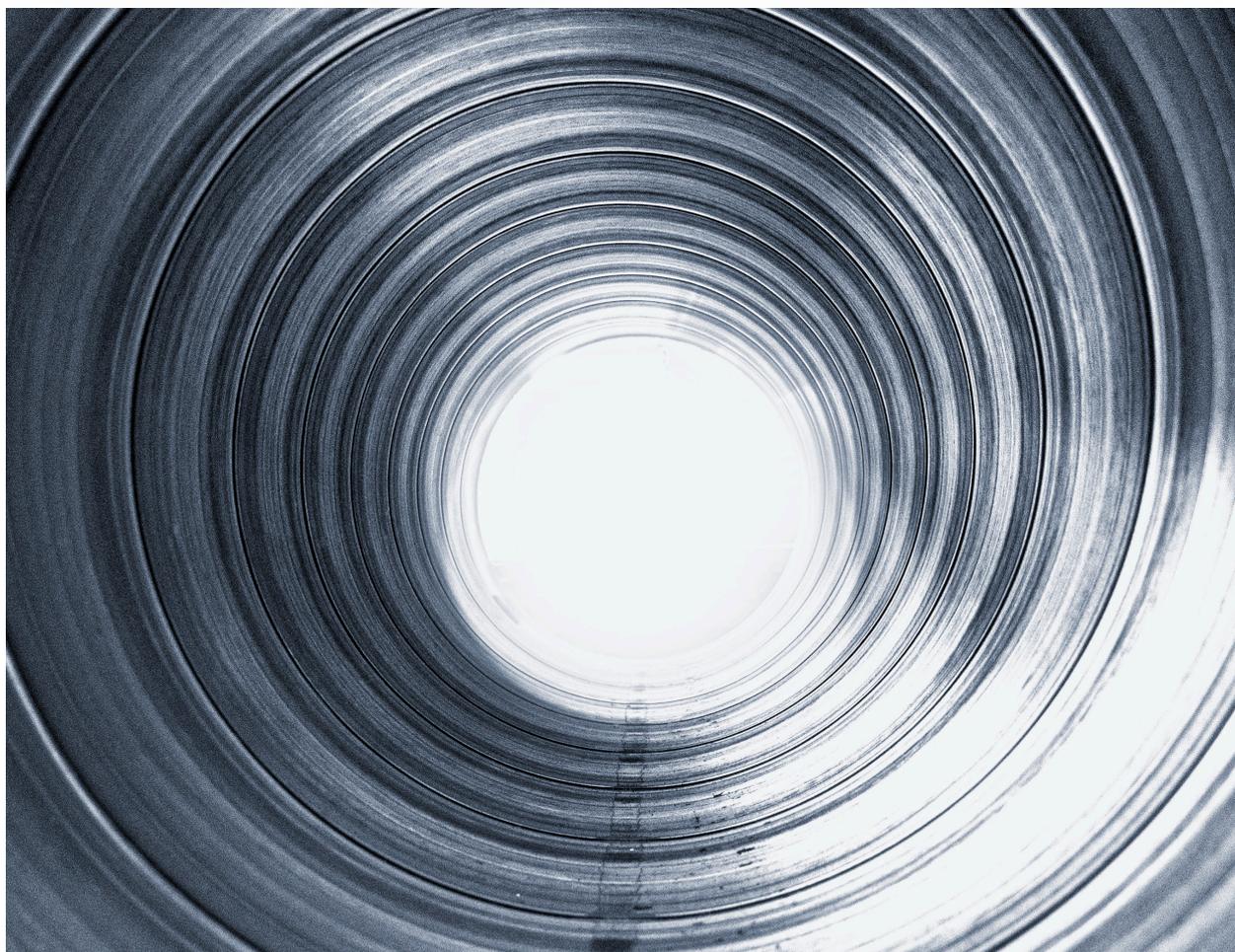
- %關鍵材料
- %復原再生類型
- 實際生命週期
- 現場的水循環度

### 循環圈價值估算

- 循環材料生產力
- CTI營收

### 循環圈的影響性

- 溫室氣體影響性



## 1. 封閉循環圈

此模組可計算出公司在封閉性物質流循環圈上的有效性。

這部分可以從公司、事業體、設施或產品（群）的層級進行評估。

### %物質循環度

公司在封閉循環圈的表現以%物質循環度表示，它是%循環性輸入流和%循環性輸出流之加權平均值，公式如下。  
 %循環性輸入流的值是由非原生輸入流和再生輸入流（可持續產生之生物基來源）的百分比所決定。  
 %循環性輸出流是由%復原再生潛能（強調設計的部分）和實際復原再生率所決定。  
 這三大支柱對應企業不同的面向：輸入流的採購、復原再生潛能的設計、商業模式的創新（封閉的部分）以及在實際復原再生上的法律和合作夥伴關係（開放的部分）。

### 生物循環指引

CTI已納入涵蓋工業和生物循環兩方面物質評估的具體指引。

### 指標的區隔

「封閉循環圈」模組可得到的結果為：

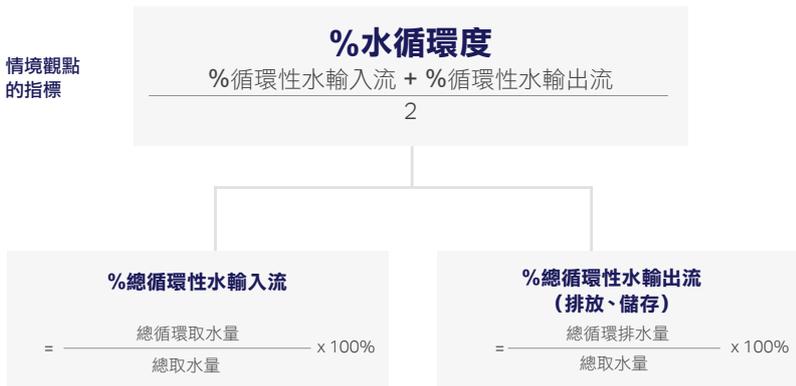
1. %物質循環度，也就是%循環性輸入流與%循環性輸出流的加權平均
2. %水循環度、%循環性水輸入流、%循環性水輸出流
3. %再生能源

圖 3：%物質循環度



## 水循環度

除物質流之外，我們將淡水的循環度視為循環經濟中重要的一部分。水與其他物質和資源的區隔在於其相關生態系的規模不同。物質會在全球性的系統中循環，然而評估集水區或當地流域的水循環度有必要以各別地區進行之。水循環的評估目的係降低淡水的需求，並確保所有使用者和環境都有水資源可以使用。因此，水循環度是由%循環性水輸入流和%循環性水輸出流而定，也取決於當地的水文條件。



此外，水循環度提供企業一個對內的指標，著重於內部設施的水資源再使用和回收的循環。



## 再生能源

循環經濟需要轉型為使用再生能源。由於大部分的公司已經有衡量企業營運中使用再生能源的指標，因此CTI可以直接使用公司現有的能源數據計算。再生能源的百分比算法如下：



### 水循環度指標工作小組

WBCSD與飲料產業環境圓桌論壇 (Beverage Industry Environmental Roundtable, BIER) 合作，結合其專業知識，開發一套可靠且具有意義的指標，從各別設施評估水的循環度。WBCSD和BIER提供更多的指引內容和水循環度指標工具，並提供水相關指標的細節內容與說明。

[請參閱水循環度衡量指標與工具](#)

## 2. 優化循環圈

此模組提供有關材料的關鍵性、資源使用效率和高價值復原再生策略的見解。

屬選用性模組與指標。

### 關鍵材料

**%關鍵輸入流**強調的是輸入流中被認為是關鍵部分的占比。公司可以參考內部的關鍵材料清單或是現有的公開列表，例如歐盟執行委員會（European Commission）或美國地質調查局（United States Geological Survey）所整理的列表。<sup>8</sup>公司可用以評估特定物質流的風險程度，並以此為依據作出調整。

計算方式為：

$$\frac{\text{\%關鍵輸入流}}{\text{關鍵物質的輸入流質量}} \times 100\%$$

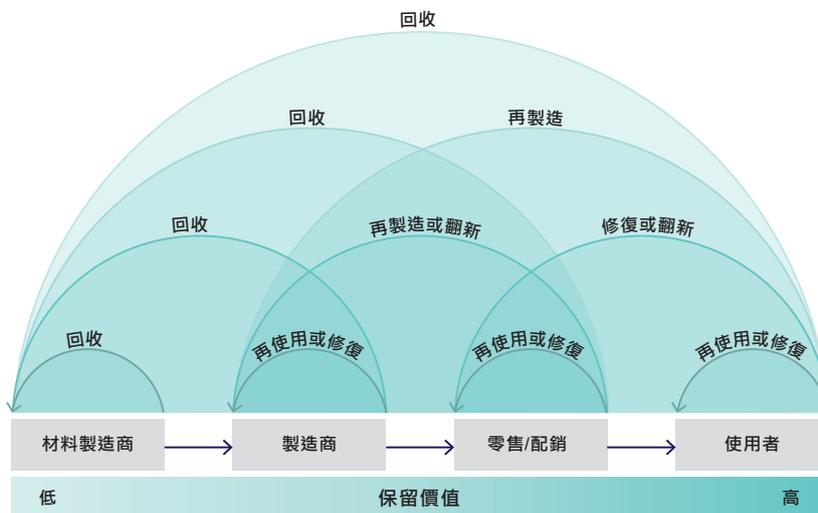
總線性輸入流質量

### 復原再生類型

「優化循環圈」模組的另一個指標是**%復原再生類型**，其著重於公司如何將輸出物質流復原再生，並將其重新循環再進入價值鏈。這個指標的結果可以將復原再生的輸出流分成再使用/修復、翻新、再製造、回收或生物可分解這幾種類型。CTI線上工具可以依據「封閉循環圈」中輸入的資料，自動產生此分類結果。

視公司在價值鏈中所處的位置不同，對復原再生循環進行優化的機會也可能有所差異。

圖 4：復原再生類型與保留價值



### 鏈結

CTI分別提供了一個在工業圈和一個在生物圈的鏈結（cascading）模型。



生命週期延長的策略（例如再使用、翻新或再製造）被視為可保留更高價值的復原再生策略，原因在於公司得以保留產品與物料中的經濟價值、減緩資源流動，並且減少浪費與負面環境衝擊。回收雖為復原再生類型下的循環策略，然而並不會使生命週期延長。若情況許可，應在回收之前優先考慮生命週期延長的策略。

為鼓勵公司盡可能考慮生命週期延長策略，CTI 3.0提供建構在生命週期延長的子指標：**%生命週期延長的復原再生**，透過「再使用、翻新及再製造」的高保留價值策略，協助公司追蹤績效。

### 實際生命週期

更長的使用年限設計與產品生命週期延長，有助於減緩資源的整體流動、減少對環境的衝擊以及廢棄物的產生，同時保有產品與物料中所蘊含的經濟價值。<sup>9</sup>

CTI將增長使用年限設計與延長產品生命週期的做法，認定為循環性實踐。設計耐用的產品與材料，並在產品廢棄時採生命週期延長策略，可在物料與產品的生命週期中達到更高的循環度與保留價值。

產品的生命週期是指從產品製造或復原再生後釋出開始，到產品廢棄時結束的期間。<sup>10</sup>其耐用度是指「在特定的使用、維護及修復條件下，依所需發揮其功能，直到限制事件的發生使其停止運作，進而延長產品生命週期。」<sup>11</sup>

產品的工業與功能的生命週期造就其耐用度。工業的生命週期指產品在給定的使用條件下執行所需功能，直到第一次故障的這段期間或使用次數。功能的生命週期指在操作、維護及修復的經濟考量或是已過時的情況下，使用產品直到產品無法滿足使用者需求的期間。技術生命週期屬產品固有特性之一；而產品周遭所形成的條件，則決定了其功能的生命週期。<sup>12</sup>

### 註解

在設計增長使用年限之產品與進行產品生命週期延長策略時，公司需確保其作法不會對減緩和調適氣候變遷、水與海洋資源的永續利用和保護、污染與預防控制，以及生物多樣性和生態系的保護與恢復造成重大的危害。如需瞭解更多背景資訊，公司可參考歐盟委員會的「無重大損害」（[Do no significant harm, DNSH](#)）原則或是其他類似的區域性、國家性、行業或產業的指示。

### 案例

電腦滑鼠的設計使用年限為6年，然而其平均生命週期為4.5年。CTI的實際生命週期指標將對電腦滑鼠使用時間明顯高於業界平均值者給予「正分」。（生命週期資料來源：國際未來生活研究所產品生命資料庫（[Product Life Database, International Living Future Institute](#)））。

### 註解

更多有關產品生命週期、其對減緩循環圈的效果以及相關政策與策略，請參考聯合國環境規劃署循環度平台（[UNEP Circularity Platform](#)）中的產品生命週期延長工作小組（[Product Lifetime Extensions Working Group](#)）的報告。

這些條件有益於產品的可修復性、可升級性及可再使用性，進而延長其使用年限。我們發展CTI的**實際生命週期**指標旨在推動公司瞭解產品的平均使用年限。<sup>13</sup>此指標代表的是產品實際經歷的平均生命週期，而非設計的生命週期或保固期。

對於使用時間較業界平均長的產品，實際生命週期指標會給予較高的分數，其計算方式如下：

$$\text{實際生命週期} = \frac{\text{產品實際生命週期}}{\text{平均產品實際生命週期}}$$

公司可以用年份或使用次數來衡量生命週期。



### 3. 循環圈價值估算

此模組顯示公司循環物質流為企業提升的價值。屬於選用性指標。

「封閉循環圈」和「優化循環圈」模組著重在物質流，而「循環圈價值估算」模組則在物質流評估外，處理循環度是如何以最少資源創造最大價值。

#### 循環材料生產力

這個指標說明公司將財務績效與線性資源消耗二者脫鉤的效力。公司可以將產生的營收除以「封閉循環圈」模組中討論到的線性輸入流質量，得到循環材料生產力。

計算方式為：

$$\frac{\text{循環材料生產力}}{\text{營收}} = \frac{\text{總線性輸入流質量}}{\text{總線性輸入流質量}}$$

循環材料生產力越高，公司就越能將財務績效從線性資源消耗中脫鉤。從歷史資料中可以深入瞭解材料生產力的演變，監控其隨時間的變化，以呈現出二者關係的脫鉤（亦或相依性變高）。

#### CTI 營收

金融機構體認到循環經濟在減緩風險、金融商機以及對環境和社會展現出越來越多正面影響的價值。投資人對於循環投資能創造出的價值越有掌握，就能夠主動認同並獎勵在循環度上有所進展的公司。

然而，從資源效率及相關財務效益來衡量循環績效仍欠缺一致的方法學，此為擴大循環性投資的障礙。

利用「封閉循環圈」的結果，公司可以將產品（群）或事業體的%循環性輸入流和%循環性輸出流的加權平均值，與該產品（群）或業務部門產生的營收相乘，計算出其循環CTI營收。如「封閉循環圈」中所述，應根據物質流的權重來計算%循環性輸入流和%循環性輸出流。

換言之，一家公司的CTI營收是根據其產品組合中的%物質循環度所作出調整的營收。產品的CTI營收計算方法為：

$$\text{CTI 營收 (產品)} = \left[ \frac{(\% \text{循環性輸入流} + \% \text{循環性輸出流})}{2} \right] \times \text{營收}$$

營業單位或公司的CTI營收計算方法，即為所有算出的產品CTI營收的加總：

### CTI 營收 (公司)

CTI營收A  
+ CTI營收B  
+ CTI營收C +...

CTI的營收越大，表示公司能從其循環性產品/業務中獲得越多營收，這個指標也反映當具循環性營收增加，營收和資源消耗則會逐漸脫鉤。

此方法學目前以物質循環度為基礎，不提供營收計算與數位解決方案。



## 4. 循環圈的影響性

朝向循環經濟轉型是解決全球最迫切問題—氣候緊急狀態、自然資源損失及與日俱增的不平等—的關鍵。<sup>14</sup>

CTI架構中前三個模組（封閉循環圈、優化循環圈與循環圈價值估算）的重點在於衡量公司從線性轉型到循環性的進展。這幾項模組量化公司的循環績效。第四個模組稱為「循環圈的影響性」，其目的在於協助公司瞭解循環性策略對於氣候、自然及平等相關的永續性目標之影響。此模組衡量的是公司現有的循環績效與達100%循環度情境時在影響性方面的差異。

### 溫室氣體的影響性

評估溫室氣體（GHG）排放影響性的目的，在於提供公司一項高層次指標，瞭解從循環性策略中可以減少的溫室氣體排放量。公司可利用這項資訊更瞭解碳足跡的益處、權衡取捨，並有助於排定改善循環度的優先順序。

這項溫室氣體的影響性指標的資訊可突顯出改進的潛能，並且此指標是根據公司目前的物質循環度績效與100%回收的輸入流之比較結果。

CTI3.0版提供了初步了解循環性策略對溫室氣體減排目標影響性的方法。在第一個步驟中，此方法以上游的角度考量工業循環中所投入的物料（非再生材料）。

其目的在於讓公司瞭解目前材料組成造成的溫室氣體排放，與使用的所有非再生材料皆為二手（非原生）材料的情況之差異比較。

此架構未來將會納入更多元素以補充此模組內容。

### 案例

一台筆記型電腦中平均有**60%**的回收鋁。根據筆記型電腦中使用的鋁重，以及原生（開採）與非原生（廢料回收）兩種鋁來源過程相關的每公斤排放係數，當使用的回收含量從**60%**提高到**100%**時，將可減少線性物質流**15%**的排放量。

CTI 3.0版聚焦於計算上游的二次採購工業材料的影響性。可提供目前使用的回收物料用量的溫室氣體排放足跡與100%使用回收物料的輸入流之差異比較。

CTI 3.0是	CTI 3.0不是
公司從線性轉型為循環性的影響性之綜觀資訊	全面性的影響性評估、生命週期分析或詳盡的碳足跡
可支持決策的其他觀點	獨立的決策資訊
現有輸入流與全回收物質輸入流的影響性差異	現況的直接影響性

### 給CTI工具的使用者

溫室氣體的影響性僅供CTI工具（CTI Tool）專業版的使用者使用。請留意CTI工具使用的是ecoinvent資料庫3.8版，建立其評估每單位原生與非原生（回收）物料的排放係數。

未使用這項工具的公司，則可利用所收集到的%物質循環度資料，並依循本報告所提出的方法，將這些資料與可信資料庫或是特定供應商來源的排放係數兩相結合，以瞭解物質流對溫室氣體的影響。

世界企業永續發展協會（WBCSD）的開創者網絡指引（[Pathfinder Network Guidance](#), p.31）列出了建議的二級排放係數資料庫。



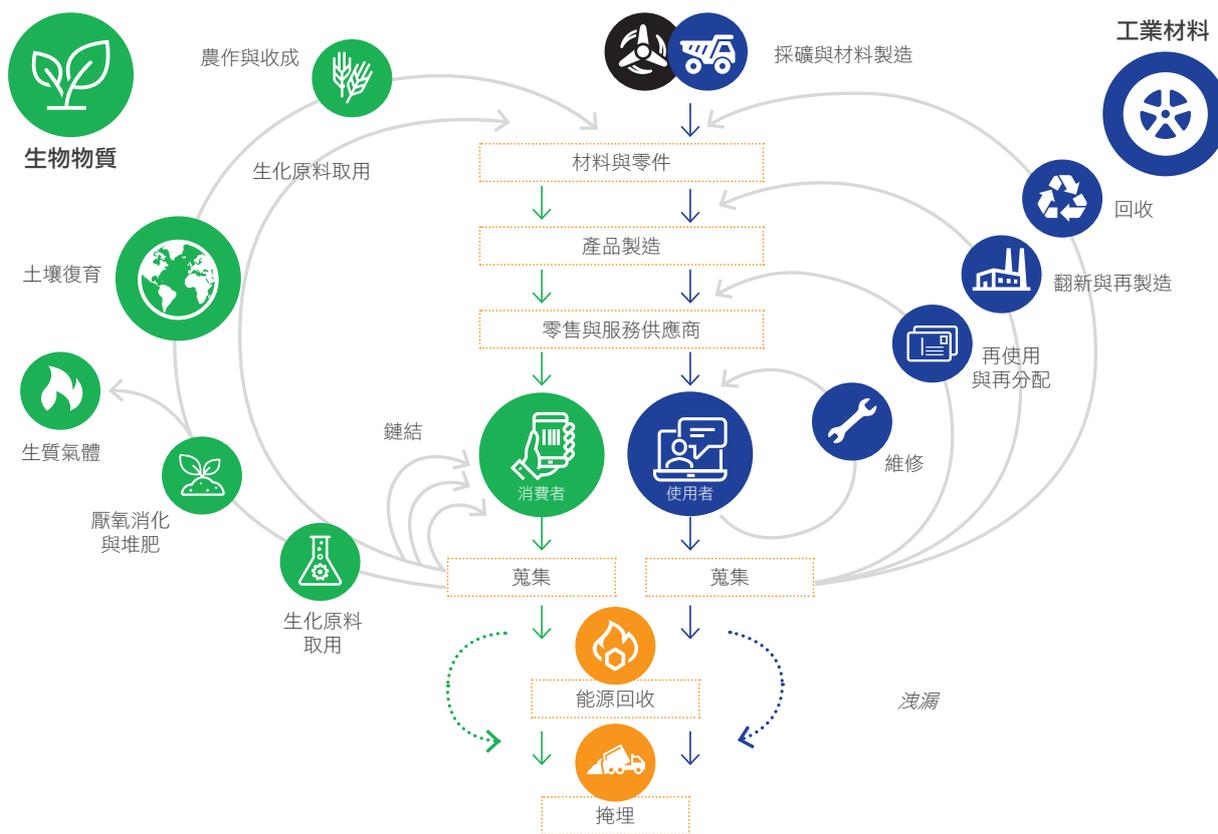
# 工業與生物的復原再生循環

循環經濟認定兩個不同的面向，如圖5所示的工業與生物復原再生循環。透過工業循環中的不同迴圈，即有機會將工業材料進行復原再生，如：維護和修復、再使用和再分配、翻新和再製造，最終達到再循環。

如下圖左側所示，使用生物基的資源則會依循不同的復原再生路徑。它們在生命週期結束時循環至生物循環，將其養分重新用在新的循環中。值得注意的是，生物基的資源供應並非無限，需要透過永續性的管理來創造。

**生物循環指引**  
CTI提供更多有關如何瞭解生物和工業循環的說明、以及對物質流中的循環代表何種意涵。

圖 5：工業與生物復原再生循環



\*改編自艾倫·麥克亞瑟基金會 (Ellen MacArthur Foundation) <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>

## 工業材料與生物資源的分類

為使不同的循環度衡量架構間達成最佳的一致性，任何循環中的物質分類均採用艾倫·麥克阿瑟基金會的分法：

### 適用於工業循環的材料

公司可以使用、再使用/再分配、維護/延長、翻新/再製造或回收的材料，包括所有的無機和化石材料，如金屬、塑料和合成化學品等，以及用於工業循環中的生物基材料。請留意，此類別也包含源自生物並且在化學作用中作為反應物的物質，而這些物質為形成另一種作為工業材料的原料或產品的基礎。

### 適用於生物循環的物質

公司所消耗，或以其他方式安全地復原再生到生物循環中，以便在下一個循環中轉化為養分、纖維或非富含養分的物質。

生物基的資源可在不同循環之間切換。例如：

- 木材屬於生物基且有機會被生物分解，但也可以如工業循環中的其他工業材料一樣重複使用或回收；
- 生物基的塑料與工業循環中的化石塑料類似。

我們必須將生物物質在工業週期中的壽命盡可能地延長。然而，在完全結束其生命週期後，公司的目標應該是讓養分安全地重返生物循環。

更多資訊請參考使用者手冊中的其他說明。



# CTI 流程週期

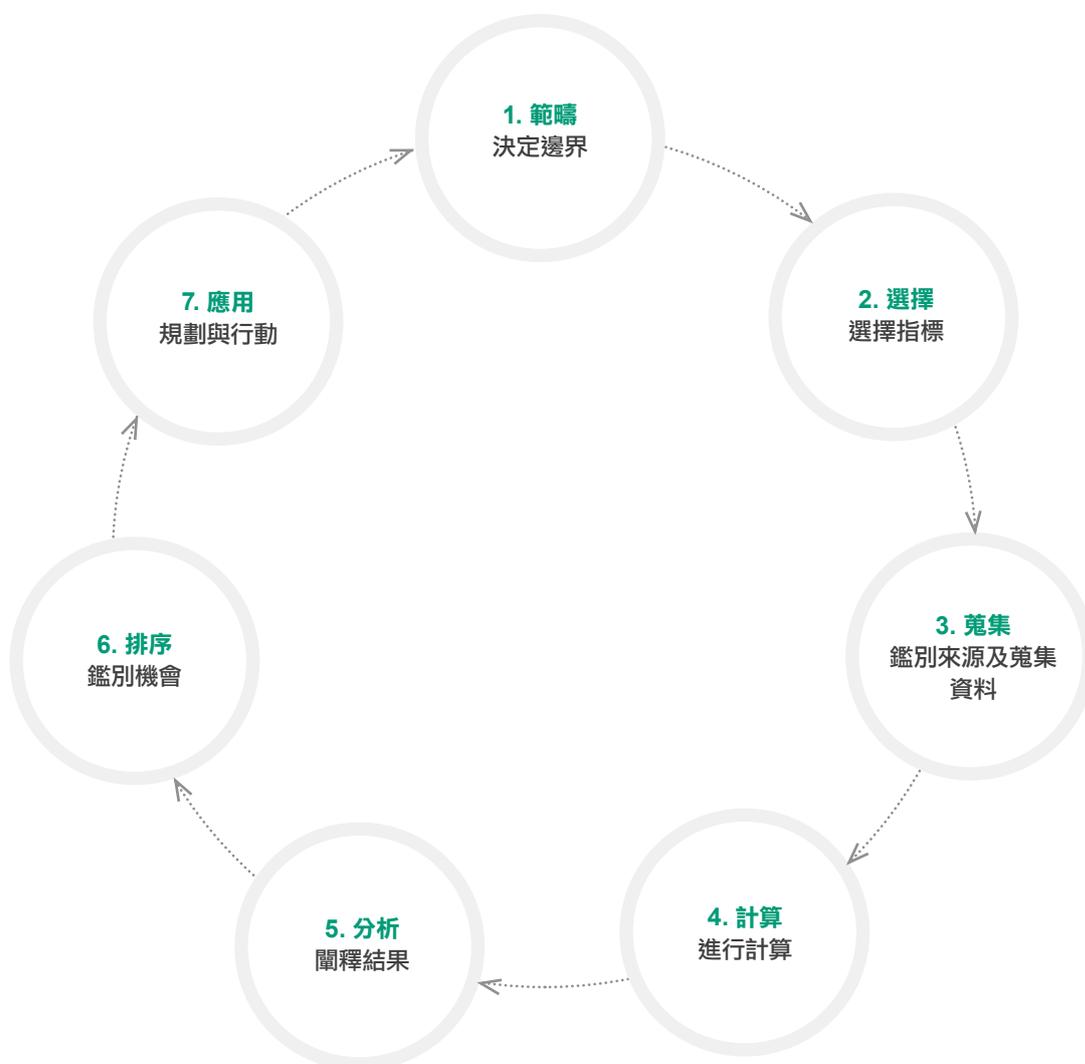
此架構涵蓋一個評估週期中的七個流程步驟。第一次進行此評估，將會得到豐富的資訊和觀點。

然而，定期重複此評估週期，可以讓公司監控循環轉型的進展。

## 一致性

此流程步驟摘自其他的業界架構且與其一致，例如「[自然資本議定書](#)」（Natural Capital Protocol）。

圖 6：CTI 流程週期



# 準備開始

如果您有興趣瞭解更多資訊和/或可能想要使用CTI和線上工具來開始計算貴公司的循環度，我們有以下建議。

看起來可能具有挑戰性，不過您可以運用許多免費的資源進行此過程。我們的建議如下：

1. 查閱使用者手冊，瞭解如何找到資料、闡釋結果和將分析結果轉化為行動的更多說明（參閱第34頁）。
2. 參考網址為：[www.wbcSD.org/ctice](http://www.wbcSD.org/ctice)上的CTI學院（CTI Academy），觀看網路研討會、個案研究，並報名參加即將舉行的培訓課程以及其他學習機會。
3. 接著在[www.ctitool.com](http://www.ctitool.com)上註冊您的免費Essential CTI線上工具憑證，協助您開始進行評估。
4. 從您可能既有的資料開始，進行一個簡單的、小範圍的評估測試。

## 保持聯繫

以下是取得最新資訊或持續參與的方法。

### 取得最新資訊

定期查看[www.wbcSD.org/ctice](http://www.wbcSD.org/ctice)，獲取此架構的最新資訊。

- 註冊CTI circular，取得此架構最新的通知。
- 留意活動行事曆上規劃的網路研討會與培訓機會並報名參加。

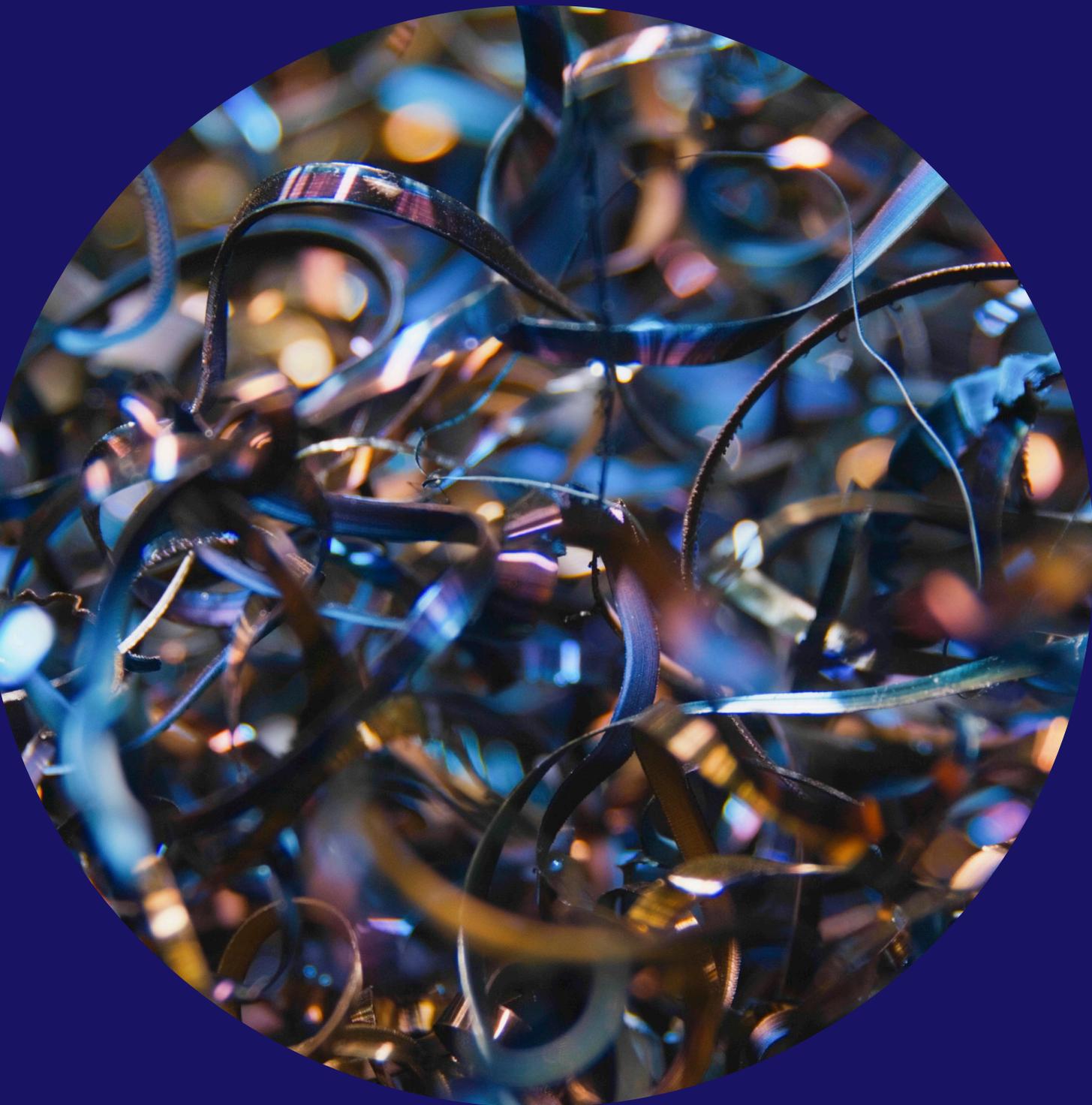
### 持續參與

透過CTI線上工具[www.ctitool.com](http://www.ctitool.com)中的意見回饋功能，分享您的看法和想法。

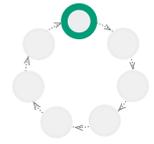
加入WBCSD和循環轉型指標計畫，積極協助打造未來CTI的發展。

# 第二部分

## 循環轉型指標： 使用者手冊 3.0



# ① 範疇 決定邊界



從指標選單選定指標之前，我們建議您先規劃好循環度評估，以確保您能夠：

- 為了正確的需求，將您的時間投入於找尋正確的資料；
- 了解您想要從評估結果中獲得哪些內容；以及
- 制定如何推進CTI的計畫。

起始問題：此評估的目的為何？

設定目標時請考慮以下問題：

- 為什麼循環度對公司而言很重要？
- 我們從這項評估中希望找到哪些問題的答案？
- 評估結果和分析內容的受眾是誰？我們希望這些受眾如何處理這些看法和資訊？他們看到結果後，可能會提出什麼其他的問題？
- 我們應該從哪些事業體、產品群甚至是特定的材料開始著手？帶來的影響將會有機會在哪裡為所有利害關係人帶來最高價值？

定義與利害關係人的溝通和合作對於邊界很重要。一旦設定好目標，請利用以下問題定義您的範疇：

## 1. 我們評估的是哪一企業層級？

您可以評估整間公司，也可以評估公司的某個部分，例如某個事業體、生產設施或產品線。

## 2. 時間區間為何？

與年度財務報告週期同步的年度時間區間會是最好的選擇；不過，使用生產週期或其他更有意義的時間區間（例如與建築業或資本設備相關的時間區間）也可能會有幫助。請認真思考這一點，作出與其他範疇參數相輔相成的選擇。

## 3. 我們包含和排除哪些內容？

對大多數公司來說，要取得100%所有物質流的資料非常困難。換句話說，您可能不會在評估中納入某些物質流，或者您可能必須使用替代估值並且作出假設。公司可以自由設定這些替代估值、假設以及排除某些物質流，不過如果打算把結果公開，請務必詳細記錄並完整揭露。

### 問題

- 應該從何開始，有哪些機會點？
- 哪些事業體的循環性最高，如何相互學習？
- 如何評估在循環度方面的工作是否對企業有益？

### 受眾

我們想和誰討論此結果：董事會、我們的員工、我們的供應商、我們的客戶？在呈現出我們的結果後，我們對他們有什麼期待？

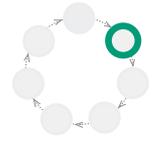
### 聚焦於物質

以質量為基礎（mass-based）的方法學，存有忽略天生重量輕之物質流（例如塑料和包材）的潛在風險。在這種狀況下，您的團隊應該訂定出任何需要特別留意的物質流，以確保能掌握到該有的機會。

### 排除的物質流

對製造業公司而言，營運用的物質（例如辦公用品）比起生產用的資源，在相對質量上可忽略不計。對於此類公司而言，在評估中不納入相對較小的物質流屬合理決定。

## ② 選擇 選擇指標



一旦您的公司了解自身目標，CTI衡量指標選單可協助公司回答於定義範疇步驟中的問題。

### 封閉循環圈

此架構的核心為公司封閉循環圈的能力。

因此，公司應從這些指標開始對其能力展開評估：

- %循環性輸入流
- %循環性輸出流
- %水循環度
- %再生能源

### 優化循環圈

這些指標描述公司如何透過封閉循環圈降低風險並最大化高價值復原再生。

這個模組包含下列指標：

- %關鍵材料
- %復原再生類型
  - > %生命週期延長的復原再生
- 場內水循環（設施中的再使用與回收）
- 實際生命週期

### 循環圈價值估算

此模組提供循環性商業模式所創造的價值分析。

這個模組將物質流指標與傳統財務指標連結，包含以下指標：

- 循環材料生產力
- CTI營收

### 循環圈的影響性

此模組描述公司循環性策略對其氣候、自然及平等相關之永續性目標的影響性。

- 溫室氣體影響性

選擇指標時，我們建議仔細考慮每個指標並記錄您選擇評估每個指標的原因，以及排除哪些指標的原因。

#### 問題 A

兩個事業體如何從彼此的循環度表現中互相學習？

對兩個事業體同時進行評估，有助於相互比較，並將最佳實務複製應用於其他單位。

#### 問題 B

我們如何向財務長展示循環性商業模式的績效？

循環材料生產力有助於判斷循環性商業模式在財務和經濟上的績效，協助與內部利害關係人進行溝通。

#### 問題 C

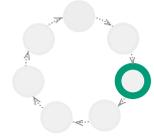
我們可以透過哪些物料開始啟動循環性採購策略？

%關鍵材料這項指標顯示了我們可以優先從哪些物料開始，以降低其在供應上的風險。

#### 問題？

若這些指標沒有解答您組織的問題，請透過[cti@wbcsd.org](mailto:cti@wbcsd.org)與WBCSD循環指標小組聯繫，一同探討其他指標的開發是否會有所幫助。

# ③ 蒐集 鑑別來源與蒐集資料



資料蒐集可能是此流程中人力最密集的部分。有些資料的取得可能相對容易；而其他資料則需要跨部門合作。公司很可能必須與價值鏈合作夥伴聯繫以蒐集相關資料，尤其是輸入流和實際輸出流的復原再生數據。以下是每個指標模組所需的資料列表。

## 封閉循環圈

### （每一物質流的）%循環性輸入流

- 每一輸入流類型的%再生含量或%非原生含量（請參考第38頁的定義）
- 每一輸入流類型的質量

### （每一物質流的）%循環性輸出流

- 每一輸出流類型的%復原再生潛能（請參考第40頁的定義說明）
- 每一輸出流類型的物質復原再生率：
  - > 區域性的復原再生率
  - > 產業特定的復原再生率
  - > 來自自行購回/收回的合約、合作夥伴體系、蒐集和復原再生計劃等（若適用）的物質復原再生率
  - > 每一輸出流類型的質量

## %水循環度

- 輸入流的水量、水質和水源
- 水源的脆弱性
- 輸出流的水量、水質和水源
- 當地的法定排放標準

## %再生能源

- 再生能源使用（年用量）
- 能源使用總量（年用量）

## 物質流分析

進行物質流分析（material flow analysis, MFA）可協助企業準備其結構化評估。這麼做應該可以使評估更加可靠，對一些公司來說應該會是一個不錯的選擇。不過，為了使其在使用上更加容易，我們沒有將這個項目包含在架構裡，也不將它視為必要的流程步驟。直接從現有的MFA結果開始進行評估應會很有幫助。

## 線上工具

CTI線上工具可協助資料蒐集，將這個步驟的工作量降至最低。

## 文件化

在蒐集資料時，我們建議將來源記錄下來並提供理由。將文件上傳至工具中，對於在未來的循環週期讀取資料時會很有幫助，同時還可強化結果與經驗傳承（institutional memory）。

## 優化循環圈

### %關鍵材料

- 公司內部的關鍵材料清單；或
- 現有的公開國家或區域性清單（例如：歐盟執行委員會的30種關鍵原物料清單或美國的35種重要礦物清單）。<sup>15</sup>

### %復原再生類型

每一復原再生輸出流的復原再生流類型，例如：

- 再使用、修復、翻新、再製造、回收，使產品保留在工業循環中。
- 生物體的耗用、生化原料的萃取、生物可分解、生質氣體或是在特定條件下回收生質能源，使產品保留在生物循環中。

### 場內水循環

- 設施中每一製程所需用水量。
- 設施中每一製程所需水質標準。

### 實際生命週期

公司應訂出一個生命週期的參考值，例如前一版產品的生命週期（以時間長度或使用循環次數計算），或者如果情況允許，使用之前版本產品的平均值、或是「業界平均」產品的生命週期（以時間長度或使用循環次數計算），這兩者可為：

- 使用與生命週期分析（life-cycle analysis, LCA）最佳實踐以及公司在CTI上使用的其他方法一致的方法計算；或
- 從參考文獻中取得，須留意使用的為最新資料，而非過時而無法反映出業界目前狀態的資料。

## 循環圈價值估算

### 循環材料的生產力

- 企業中已受評估部分的營收

### CTI營收

- 每一產品（群）的營收
- 每一產品或產品群的循環度（根據「封閉循環圈」指標）

## 循環圈的影響性

### 溫室氣體的影響性

#### 輸入流-工業材料

- 所有有關%循環性輸入流指標的資料
- 原生來源物料的二氧化碳當量/公斤
- 二級來源（回收）物料的二氧化碳當量/公斤

我們建議在蒐集二氧化碳當量（用以比較原生與回收來源資訊）時，採用可信的二級排放係數資料庫。

如果貴公司已蒐集特定供應商在原生與二級材料選擇的溫室氣體足跡的資訊，您可以直接使用，無需蒐集二級排放係數資料庫中的一般係數。關於比較時的範疇，請參考圖示說明（第62頁圖15）。

蒐集有關溫室氣體排放係數的資訊時，公司應留意到現有的資料庫可能不具有相同規格的物料。在這種情況下，可改採用參考物料的溫室氣體排放係數。

### 註解

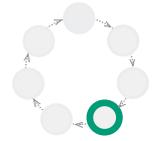
針對CTI工具的使用者，線上工具提供的是根據ecoinvent資料庫3.8版（非連續版）的數值。當中這些係數使用的是全球市場可取得做法的平均值。這些值考量的因素包括原生開採（線性）、蒐集和回收（循環）與運輸的過程，關於考量的所有資料點的概述，請參考第62頁圖15。

您也可以使用其他可信且提供有關物料生產的溫室氣體排放係數的資料庫。

WBCSD的Pathfinder Network指引（第31頁）列出了建議的二級排放係數資料庫。



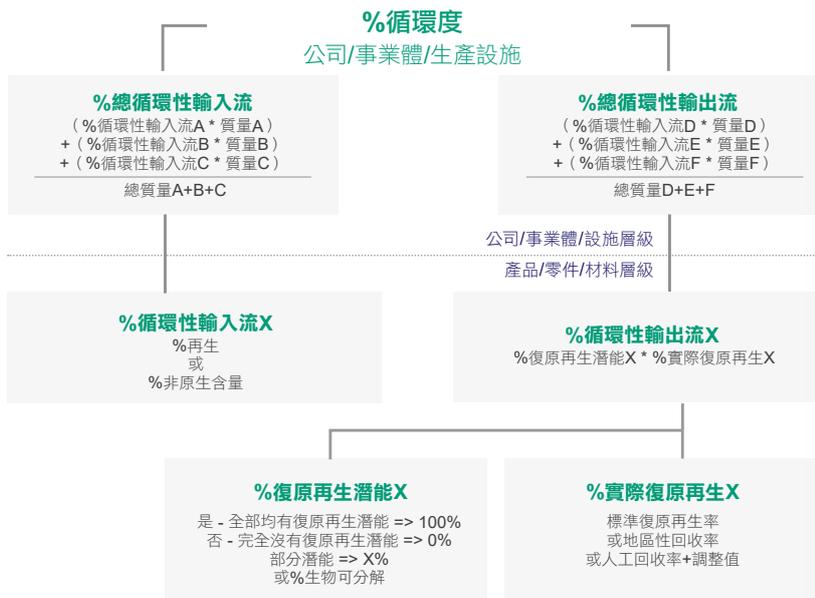
# ④ 計算 進行計算



## 封閉循環圈

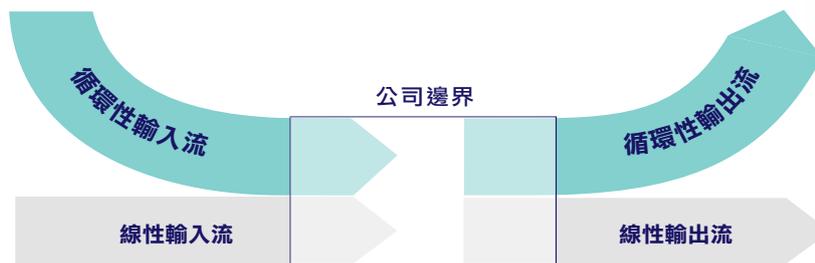
圖 7 顯示計算%物質循環度的高階方法學。

圖 7：%物質循環度



%物質循環度為%循環性輸入流和%循環性輸出流之間的加權平均值，可反映出公司「封閉循環圈」的能力。

圖 8：四個主要物質流



%循環性輸入流和%循環性輸出流都包含了流量的%循環度加權平均值，因此必須從物質流的層級進行%物質循環度評估。

圖 9：%物質循環度



## 評估的層級

CTI可以針對整個公司以及公司的特定部分作評估，例如某個事業體或生產設施。

## 加權平均

%物質循環度是根據以重量計算的循環性輸入流和循環性輸出流的平均值除以輸入流和輸出流的總和。一般而言，會落在50%/50%左右，但在特定情況下（例如高庫存時），則有必要以加權平均值來修正此差異。

## 物質流

物質流包含養分、化合物、材料、組件、零件甚至是產品（視組織情況而定）。

## 水

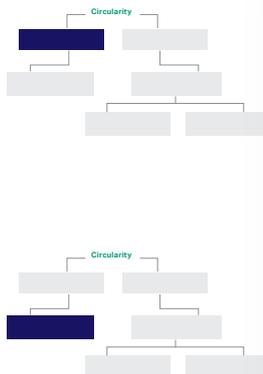
水是公司用於各種目的的特殊資源。由於水的重量和公司使用的量，可能會扭曲公司評估結果。因此，水不包含於整體%循環度當中，而是有自己另外的指標。

## %循環性輸入流

此指標評估的是輸入流物質的總循環度：

$$\begin{aligned} & \text{\%總循環性輸入流} \\ & \frac{(\% \text{循環性輸入流A} * \text{質量A}) \\ & + (\% \text{循環性輸入流B} * \text{質量B}) \\ & + (\% \text{循環性輸入流C} * \text{質量C})}{\text{總質量A+B+C}} \end{aligned}$$

這表示%循環性輸入流必須由物質的層級計算



## 工業循環方針

工業輸入流有可能是以下其一：

- **原生/原始的 (Virgin/primary)：線性**

這些材料之前從未被使用過。針對這些材料：

$$\% \text{循環性輸入流V} = 0\%$$

- **非原生/二次的 (Non-virgin/secondary)：循環**

這些材料在之前的循環中已經（部分）被使用過（例如再使用、再製造、回收）。針對這些材料：

$$\% \text{循環性輸入流NV} = \% \text{復原再生含量}$$

對於%循環性輸入流來說，一項物質是否被視為具循環性，並不會因為它是「再使用」或「非原生」而有所區別。這兩類皆視為具有循環性。

在某些情況下，輸入流有可能是再生且非原生的。在這種情況下，只要計算其中的一種循環分類即可，以免重複計算。

## 分類

視公司以及其在價值鏈中的位置，要判定三種流量可能相當具挑戰性。最重要的是將「循環流」和「線性流」區隔開來。

## 廢棄物管理

流入公司的廢棄物有可能會無法確定是再生的或二次利用。

本質上來說，這種回流廢棄物不會是原生的。因此在此情況下，公司可以將這個物質視為非原材料或二手材料。只要將其他的物質流（例如製程中的物料）納入考量，您就可以將其餘的總物質流視為具循環性。

## 材料生產

在價值鏈的另一端，對於材料生產商來說，要辨別原生再生與二次輸入流要容易得多。在這種情況下，公司可以將其餘的所有輸入流視為線性。

## 生物循環方針

生物輸入流有可能是以下其一：

- **再生 (Renewable)：循環**

如果在開採後，可以透過自然循環的永續生長和補足或再生長，公司可以將其生物基輸入流視為具循環性。最好的情況是可重生且有著最低限度的永續管理。（完整定義和參考資料，請參見第86頁的詞彙表。）

輸入流可能包含完全或部分再生含量。在這種情況下：

$$\% \text{循環性輸入流} R = \% \text{再生含量}$$

- **非再生 (Non-renewable)：線性**

CTI不將非永續管理的生物基資源視為再生資源；因此，它們不具有循環性。針對這些資源：

$$\% \text{循環性輸入流} NR = 0\%$$

### 「循環經濟」屬重生性或永續性？

循環經濟是一種可重生的模式，在此模式下，生態系可擺脫現有的壓力，並且有機會復原成為可自我重生的系統，因而得以自動生成永續的資源。

目前CTI的再生輸入流主要著重在重生，或是有最低限度的永續管理的資源上。

若有公司對於生態系有更大的雄心目標，並希望能衡量公司在恢復生態系健康方面的重生績效，WBCSD正在考慮開發一套新的衡量指標。

若您有興趣參與開發，請來信 [CTI@wbcSD.org](mailto:CTI@wbcSD.org) 與我們聯繫。



## %循環性輸入流的替代計算方法

除了由下而上計算%循環性輸入流的方法外，CTI也提供由上而下的%循環性輸入流計算方法，這對一些公司來說可能會較為容易：

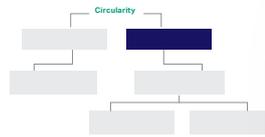
$$\frac{\text{再生輸入流質量} + \text{非原生輸入流質量}}{\text{總輸入流質量}} \times 100\%$$

這兩種方法需要使用到的資料相同，所得到的結果也應該相同。

## %循環性輸出流

與%總循環性輸入流一樣，這個公式評估的是輸出流的產品、副產品和廢棄物流的總循環度：

$$\frac{\begin{aligned} & (\% \text{循環性輸出流D} * \text{質量D}) \\ & + (\% \text{循環性輸出流E} * \text{質量E}) \\ & + (\% \text{循環性輸出流F} * \text{質量F}) \end{aligned}}{\text{總輸出流質量 (D+E+F)}}$$

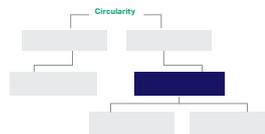


這表示%循環性輸出流必須由每一類型的輸出流而定。

%循環性輸出流反映出公司在以下方面的整體有效性：

1. 透過設計或處理，使輸出流可被復原再生。例如，輸出流在工業循環中應該要能可修復、可翻新、可再製造或可回收；在生物循環中，應為生物可分解。此為%復原再生潛能。
2. 展現出其經濟模式或生物循環可以復原再生離開公司的產品、副產品和廢棄物流。此為%實際復原再生。

$$\% \text{循環性輸出流X} = \% \text{復原再生潛能X} * \% \text{實際復原再生X}$$



如果物料沒有以任何工業潛在復原再生的方式處理，也無法重新導回到價值鏈或生物循環中，那麼這樣的輸出流應視為線性。

## 重複計算

對於再生和非原生的輸入流，公司只可計算一次。公司可以自行選擇物料屬於何者。

## 納入的輸出流

應視為輸出流的物質流包括已售出的產品（含包裝）、副產品和廢棄物，其形態可能是固體、液體或蒸發。也包括過程中或作業中的副產品或廢棄物。

## 高潛能、低實際復原再生

老舊的資訊和電信設備時常僅部分拆除，這意味著它們具有高度的復原再生潛能。

然而，它們的焚化（無論是否有能源回收）都會破壞材料。它們將失去再使用、翻新或回收的價值和潛能，因此在實際復原再生中的得分為0%，導致其循環性輸出流為0%。

## %復原再生潛能

%復原再生潛能反映的是公司透過設計其輸出流，確保輸出流可經由工業復原再生回到工業或生物循環的能力。

對於大多數的輸出流來說，典型的分類為：

是，此輸出流可完全被復原再生—具有**100%** 復原再生潛能。

或

否，此輸出流無法復原再生—具有 **0%** 復原再生潛能。

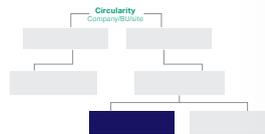
### %復原再生潛能X

是 - 具完全復原再生潛能= 100%

否 - 完全不具復原再生潛能 = 0%

具有部分復原再生潛能 = X%

或%生物可分解



## 工業循環方針

對於可能包含（副）產品或廢棄物的工業輸出流，公司必須判斷其復原再生潛能。若您的公司在判斷復原再生潛能上需要協助，請與我們聯繫，我們將提供更多的指導。

隨著新技術的發展，清楚區別復原再生潛能的循環度和線性度，變得日益困難。全球在如何界定化學回收等過程的循環性議題上仍有著激烈的辯論，因此這個架構並沒有提供一個通用的解答。作為一個暫時性的指導原則：如果任何層級的工業物質（有可能是分子等級）在第二個生命週期中，能以技術上可行且經濟上可為的方式成為具等同功能的物質，它就屬於可循環的。如果公司將無機或化石物質降級循環或將其轉換為燃料或以其他形狀或形式燃燒，那麼它就是線性的。

### 層板

將金屬和塑膠板黏在一起的建築層板不具復原再生潛能，因為這些材料在結束其工業生命週期後，不可將其分離和復原再生，因此其復原再生潛能為**0%**。

相對地，用螺絲或鉚釘連接的層板則具有**100%**的潛力，因其可拆除和復原再生兩種材料（取決於材料各自具有的特性）。螺絲或鉚釘甚至可以重覆使用或回收。

### 紙類

天然紙張可以透過生物圈**100%**復原再生。然而，以無機質漂白、染色、印刷或塗層所造成的污染，則會影響其生物可分解的能力，導致其無法復原再生，而可能造成**0%**的復原再生潛能。

## 生物循環方針

對於適合被生物圈吸收的資源來說，復原再生潛能意味著什麼？這可以由兩個條件——生物可分解能力與毒性——來決定。

### 生物可分解性

產品或物質流可以生物可分解到什麼程度？

在消費者有機會在其產品使用生命週期結束時，將生物基與工業資源分開的條件下，%復原再生潛能是其成分或化合物的%生物可分解的加權平均。設想將工業材料和生物基材料融合在一起的混合材料設計，消費者無法將其分開（例如含有棉花和合成紗線的服裝或含有微塑料的沐浴乳），故其復原再生潛能為0%。

經濟合作暨發展組織（[Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD](#)）的生物可分解性測試標準描述了所謂生物可分解性，其他如國際標準組織（[International Standards Organization, ISO](#)）與荷蘭皇家標準協會（[Royal Netherlands Standards Institute, NEN](#)）制定的規範也可作為參考（例如，可堆肥性）。

公司可以自由選擇最能代表企業需求的標準。

### 毒性

產品或物質流（固體、液體或蒸發）是否不含對生物循環有害的物質？

只有在產品的毒素或有害物質數值落在規範的臨界值之內，該產品才具有復原再生潛能。

為了在循環經濟的衡量指標領域中保有一致性，CTI參考的是搖籃到搖籃認證產品計劃第四版草稿（[Cradle to Cradle Certified Products Program, DRAFT v4](#)）的限用物質清單（[Restricted Substances List, RSL](#)）。

RSL包含目前的限用物質可接受之臨界值，可用於檢查您的生物可分解輸出物中有害物質的可接受含量。

### 廚餘

我們將廚餘預設為生物可分解。如果當地監管機構（例如美國食品藥物管理局）核准其供人類或動物耗用，您可以放心地將其視為具100%復原再生潛能。

對於食物，CTI關注於該食物是否真用於原有目的（被食用，進而為生物圈中的其他生命提供營養或是重新利用），或者是被浪費或丟棄。

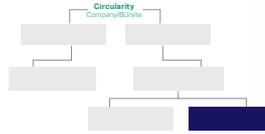
因此，%實際復原再生是食品是否成功完成其循環的關鍵指標。

## %實際復原再生

%實際復原再生指標所擷取的是產品在原有生命週期結束時復原再生的輸出流

### %實際復原再生X

標準復原再生率  
或地區性/產業復原再生率  
或人工復原再生率+調整值



復原再生和蒐集不同。在蒐集之後，物質最終仍可能是進入垃圾掩埋場或是焚化。因此，這個指標不是基於估計值，而是需要採用實際的資料。如果您的公司在產品離開設施後仍可以對其有所掌握，並且可以繼續追蹤其產品流，那麼資料應該是可用的。為了良好的透明度和有力的結果，在使用內部復原再生資料計算時，我們建議保管好相應的證明文件。

若您的公司沒有追蹤輸出流，則可以參考適用於各類產品類別（例如特定的電子設備、食品、紡織品等）的標準復原再生率（通常為國家或地區性的標準）。

## 工業循環方針

許多工業材料的復原再生資料須仰賴當地或特定產業。為了準確起見，我們建議考慮依據銷售/使用的地理區域和/或特定產業的資料（如果可以取得的話），採用其產品/材料的預設比例。工業材料的回收僅含物質復原再生，不含能源回收。

在步驟1中，公司為其CTI評估制定了一個時間表，通常為期一年。要了解，許多產品進入生產及使用階段超過一年的時間，公司應使用年度實際復原再生率計算。

由於法規的關係，復原再生率通常會逐漸提高。因此這些產品、零件和材料的現有實際復原再生率可以作為實際復原再生情況的最壞假設。

如果產品將成為多年存貨，CTI的重點應該放在循環性輸入流和復原再生潛能上，以確保公司現在所有應採取的措施都已到位。

## 時尚產業

部分服裝品牌有復原再生的野心而蒐集了舊衣物。本架構僅認定已成為另一件二手服裝、配件、家用布料等的織物和纖維才可視為已復原再生。

## 販售燈光

除了購買燈泡外，現在可以單獨購買燈光了。利用維護合約，照明公司可保有燈具的所有權，使其能夠持續控管已修復和再使用材料的輸出流和資料，並由內部保管。

## T恤

當生物可分解產品（例如不含有毒染料的棉質T恤）最終進入垃圾掩埋場，受到廢棄物中的有毒混合物污染，它將無法再成為生物圈中的養分。儘管具有100%的復原再生潛能，仍得將之視為線性輸出流。

## 生物循環方針

如同工業循環，CTI提出了另一種生物循環可以吸收生物資源的循環圈。「優化循環圈」的單元中將進一步闡述這一點。

只有產品或物質流依循設計目的達到生物可分解（如堆肥），才可以將其視為達成生物循環中的復原再生。

### 生質燃料和生質能源回收

與工業循環的一項重大區別在於，生物基資源可以透過在自然中發生的燃燒（例：閃電引起之火災）重返生物循環。然而，這種情況的發生條件只有在依據艾倫·麥克亞瑟基金會的物質循環度指標架構所提出的特定標準時，CTI才將其視為具循環性：

1. 除了垃圾掩埋外，已窮盡其他生命週期結束的處理選項（就技術與經濟上的可行性而言）。
2. 物質必須源自生物來源。
3. 生物物質必須經證實其來源屬永續生產（即重生生產）。
4. 生物物質必須沒有受到工業材料的污染—除非可證明這些材料是惰性且無毒的。
5. 必須優化能源回收，並且有效地將能源用來取代非再生的其他選項。
6. 能源回收的副產品本身必須有生態性益處，並且不得對它們所進入的生態系造成傷害。

混合廢棄物的掩埋和焚化視為線性。儘管其中可能有50%是由生物物質組成，但是它不符合上述的循環分類標準。若某個輸出流沒有資料可用，「而且」無法進行下游追蹤，則實際復原再生視為0%。

我們了解監控輸出流的挑戰（尤其是如果價值鏈的上下游有多個步驟的時候）。只有透過價值鏈之間的相互合作，才能有效傳達蒐集和共享這些資料的重要性。如果尚未展開如此的討論，我們希望CTI可提供一個一致的流程和理由來開啟此對話。

### 廚餘

除了食物和飼料，只要它們的養分可以安全地重返生物循環，大多數的生物資源都可以視為是循環的。

食物的目的是餵養人類和動物，直接將其重返生物循環並不能被視為是循環的。因此，只有被食用的食物可被視為 100%復原再生（循環）的。

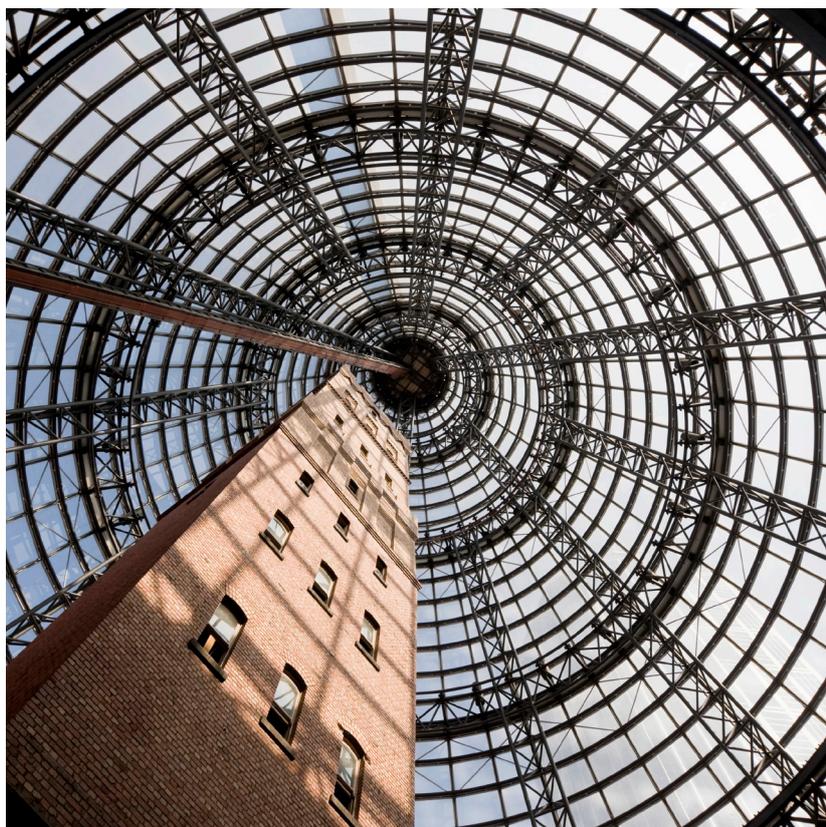
經由生物可分解或生質燃料/生質氣體來提高廚餘的價值，視為只有50%是循環的。

掩埋和焚化廚餘（無論是否進行能源回收）則視為線性。

## 鏈結 (Cascading)

復原再生不光只是賦予物質第二生命。目前工業循環流的標準，是該物料在技術上可使之達到同等功能的狀態（無論是物質、零件或產品等），然後再次進入公司製程使用。如此的同等功能，意味著公司或其他公司可以將其用於相同或相似的目的。

在這個架構中，經由焚化轉化為能源的工業流不具循環性，原因在於它們在焚燒後不會以同等功能重返循環。



### 塑膠

如果小型IT設備中的高級塑膠不能在同一產品中重覆使用，但可以做為咖啡機的機身重覆使用，而且可以回收的方式循環多次，那麼因為它具備同等功能而屬於具循環性的。

### 橡膠

只要遊樂場地板使用的地面輪胎，在作為遊樂場地板後可以再次被利用（無論是作為新的遊樂場地板或是別的用途），它們就可被視為具循環性。

### 協同處理

協同處理指的是在一個工業過程中，將殘餘廢棄物作為礦產資源（物質回收），以作為替代化石燃料的能源。在這種情況下，殘餘廢棄物可以符合循環性輸入流；但在輸出流中，只有完全復原再生並用於另一個製程，且同時保有同等功能的殘餘物具循環性。其餘的輸出流必須視為線性，因為這是一個工業循環，或者是被焚化的混合廢棄物流，導致其無法重複利用。

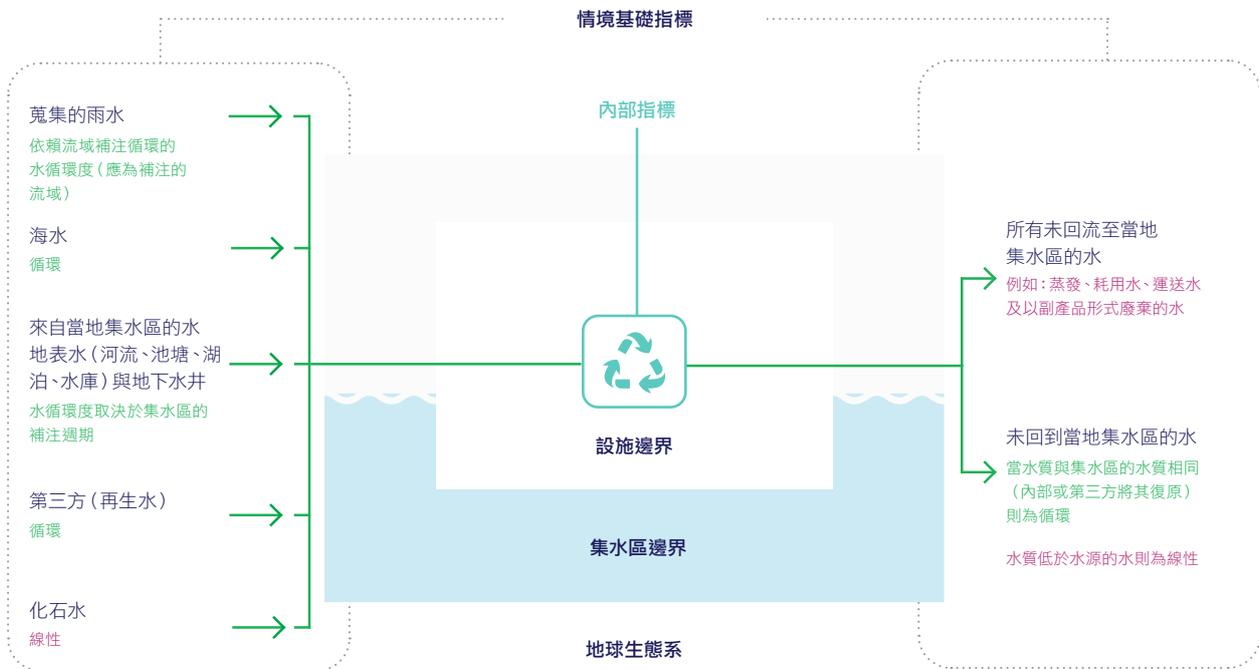
## %水循環度

淡水是一種有限但十分重要的資源。我們必須負起使用它的責任，並且盡可能對其採取循環性原則。

水與其他物質和資源的區隔在於其相關生態系的規模。物質會在全球性的系統中循環，然而以地方性的方式評估集水區或當地流域的水循環有其必要性。這將會決定公司設施、以及周圍所有依賴該集水區的利害關係人的實際可用水量。水循環的目的是降低對淡水的需求，並確保所有人都能取得水資源。

在下方的圖10中，請特別留意公司（設施）邊界在集水區的位置。

圖 10：水資源系統圖



### %循環性水輸入流

由當地生態系補注能力決定

水源的補注速度是否快於取水速度？

### 場內循環

內部再使用與回收

平均每一滴水在設施內的循環次數？

### %循環性水輸出流

視對當地的水生生態系統影響而定

水是否安全地重返當地集水區，使生態系統得以繼續繁衍生存？

● 循環

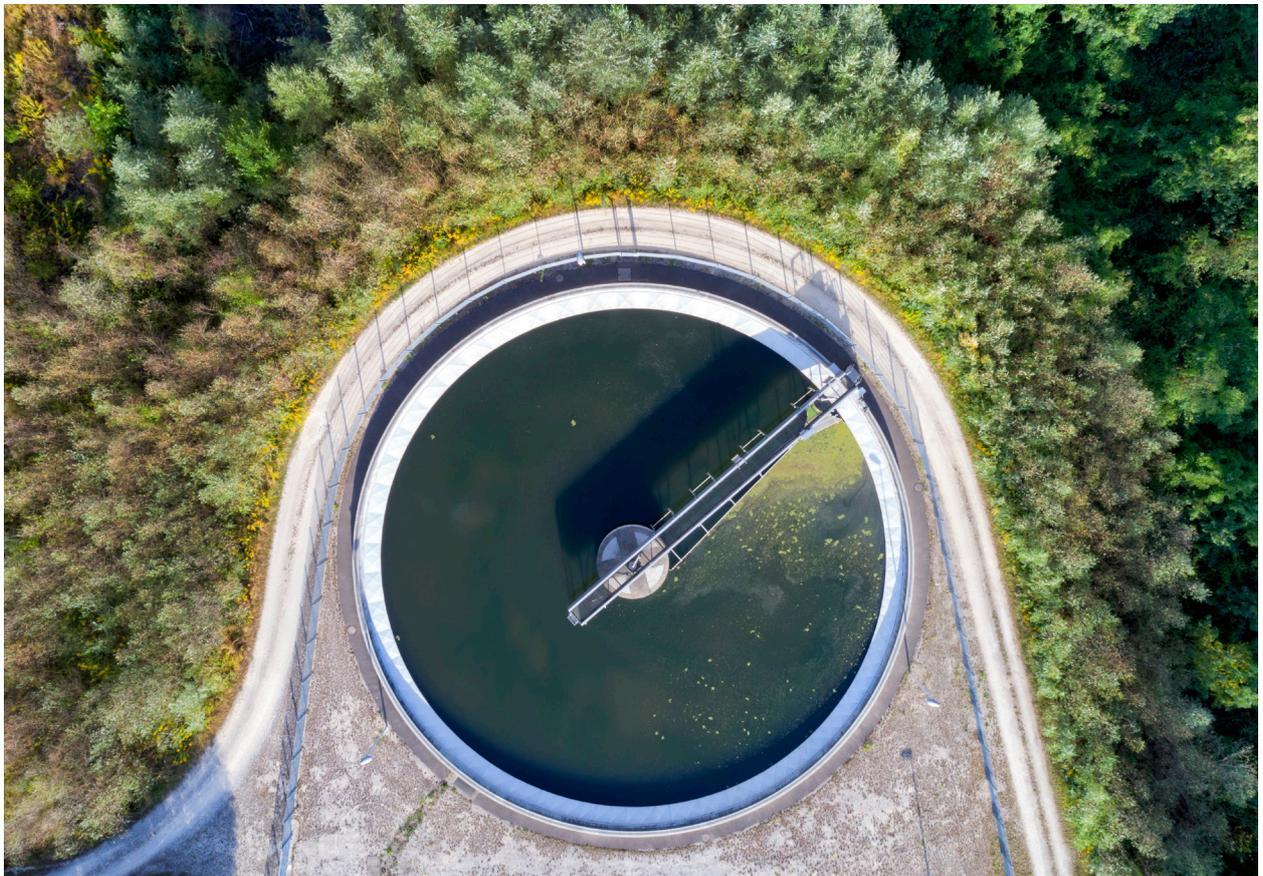
● 線性

## 水循環度的基本原則

為了評估水的循環性，CTI提供了兩個情境基礎指標和一個內部指標。情境基礎指標為必用，內部指標則為選用。這兩類指標均基於相同的資料。

## 情境基礎指標

產品設施或公司所在地的水循環度，是%循環性水輸入流和%循環性水輸出流兩者的平均值（假設水量相同）。

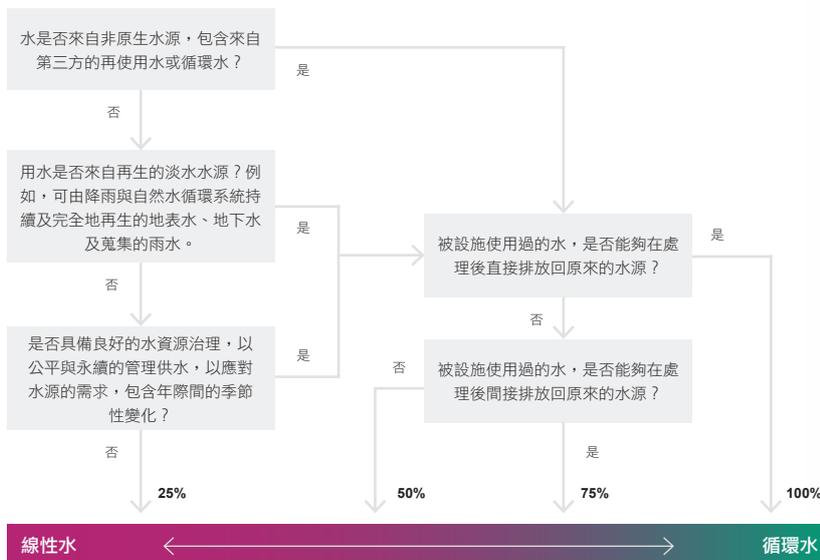


## %循環性水輸入流

這個指標可算出選定的時間範圍內，所有進水的總循環度。計算方式如下：

$$\frac{\text{\%循環性水輸入流}}{\text{總取水量}} \times 100\%$$

利用以下的決策樹決定水輸入流的循環度：



## %循環性水輸出流

此指標可計算出特定時間範圍內，所有水輸出流的總循環度。計算方式如下：

$$\frac{\text{\%循環性水輸出流(復原)}}{\text{總取水量}} \times 100\%$$

依照水循環的基本原則，循環性輸出流的三項條件為：

1. 如果水從其他地點被回收（場外）（其中包括集水區內提供當地社群的飲用），則此水輸出流即屬於循環的。
2. 如果排放的水重回當地集水區時，其水質可立即用於環境、社會、農業或工業用途，即屬於循環水。
3. 如果產品的水重回當地集水區時，其水質可立即用於環境、社會、農業或工業用途，即屬於循環水。

### 循環性水輸入流的決策樹

決策樹有助於判斷輸入流的資源屬於循環還是線性。它的最終目的在於驅使決策往更具循環性的輸入流發展。在使用決策樹時，很重要的一點在於取得當地有關淡水資源的可靠資料。

### 水質

水質是根據所選的物理、化學和生物特性，衡量水是否適合用於特定用途的指標。根據水的不同用途，如飲用、灌溉或工業製程，會有由適當的當局單位（如政府部門）和/或業界標準訂定的水質臨界值或參數。

### 人為管理與自然管理的水資源

我們可以粗略地將水循環分為自然管理和人為管理兩種。在一個給定的流域內，自然的水循環會進行再優化、再使用和補注。至於人為管理方面，我們在抽取、使用和補注時，即改變了自然的水循環而影響了水的循環度。

更多關於WBCSD循環性水衡量指標，請查閱[水衡量指標指引與工具](#)。

設施本身或第三方可以在排放前對水作出必要的處理。

## 設施內部指標

### 場內水循環

此指標表示在水資源輸出流離開設施之前，公司在當地平均每滴水的使用次數。

$$\text{當地的水循環 (再使用與回收)} = \frac{\text{用水量} - \text{總取水量}}{\text{總取水量}} + 1$$

設施使用的總水量為所有過程所需的所有水的總和（例如：清洗、冷卻、配料水、自來水等）。

### 能源與養分的復原再生

我們有機會在排放之前，先復原再生水中的能源和/或養分。CTI認可這是循環的作法，然而水循環指標並沒有將這點納入。這兩類復原再生可以提高%再生能源或%循環性輸出流。請參考這些章節，使用相關的資料計算出絕對數值。

## 水循環、水資源管理與永續性

有幾種方法及倡議是為了衡量水資源管理的各個面向與影響：永續性、管理與循環度。很重要的一點在於必須要能夠勾勒出，這些雖然不盡相同，但卻彼此相關的面向。例如，循環度有助於實現水資源管理的目標，連帶的可以達到更加永續的用水；不過循環度不等於永續用水。其他方法學（無論是當今或仍在研議中的）正鎖定這些面向。針對永續性，科學基礎目標網絡（**Science Based Targets Network**）正在制定指引，目標是以科學為基礎的目標應用在自然上，包括淡水在內；至於水資源管理，**WRI**（世界資源研究所）與其他單位已公佈了一個執行與評估水資源管理行為的方法：容積水效益核算（**Volumetric Water Benefit**）。

## %再生能源

在循環經濟中，能源的生成依賴的是再生資源，進而逐步擺脫化石燃料。

由於計算的複雜性，以及可能導致結果模糊不清，CTI將企業營運中所使用的再生能源獨立計算。

%再生能源的公式為：

$$\frac{\text{\%再生能源}}{\frac{\text{再生能源(年用量)}}{\text{總能源(年用量)}}} \times 100\%$$

大多數公司已使用全球公認且普遍採用的協定來計算與報導再生能源耗用。

依據WBCSD的作法，CTI允許公司使用現有的政策與流程，也允許重複使用現有的資料。

如果您需要關於再生能源定義的協助，請參閱[國際再生能源總署](#)（International Renewable Energy Agency, IRENA）所公佈的能源清單。<sup>16</sup>

- 太陽能
- 風力
- 水力
- 地熱
- 海洋（潮汐）
- 生物質

這項計算可以算出能源的量，包含了所有流入公司的能源載體（包括且不限於天然氣、電力和燃料）。

就CTI而言，公司在這個指標上不可能得到超過100%的再生能源。因此，即使一家公司在當地產生的再生能源超過其用量，並將其賣回給電網（公用事業），也必須將這個再生能源指標的上限訂在100%。這麼做的目的在於讓重點相對簡單地聚焦於鼓勵再生能源的耗用。

### 物質流與能源產生

如果產生的能源輸入流是再生或非原生的，則將其歸類為循環性輸入流。

作為燃料和/或焚化用的輸出流永遠歸類為線性。

### 能源載體

如果能源載體是以實體物質流的方式進入公司，那麼就將它們計算為公司的輸入流。如果是非原生或者是再生的，則將它們視為循環性輸入流。另一種做法則是將任何進入公司的能源視為計算%再生能源中的能源量（即電網所輸送的電力）。

## 優化循環圈

### 關鍵材料

此指標藉由關鍵材料與非關鍵材料的區分，建立對於具風險之輸入流百分比的初步認知。

第一步是從總輸入流中判斷屬於關鍵材料的質量。預期未來，關鍵材料將成為稀缺性的物質，而且很難在不影響其功能的情況下找到替代料。一些單位已經明訂了關鍵原物料的名單。例如，歐盟（European Union, EU）將**30種原物料**列為關鍵原物料。<sup>17</sup> 另外，美國也已制定一份清單，當中列出了**35種**認為對美國國家安全與經濟十分重要的礦物商品。<sup>18</sup>

這些清單尚未列入有疑慮的供應鏈（例如從侵犯人權的角度）之規定。未來可能會加上其他的來源，包括與人力和環境資本相關的供應鏈問題。

其他單位可能正在制定或已經公佈可以用來對照的關鍵或稀缺物質清單。儘管各地區的清單可能有所不同，但出現在任何清單中的材料，都值得我們重新審視。

### 關鍵材料

對於產品複雜度高的產業（例如電子業），要取得此指標的資訊可能會具有挑戰性。此外，關鍵材料有可能會以低含量之形式存在於價值鏈的零件中。

公司可以自行決定是否要評估這些物質的依賴性風險。要在這個層面取得供應鏈的透明度，可能得花上一番力氣。另一方面，這當中所涉及的風險也值得深究。

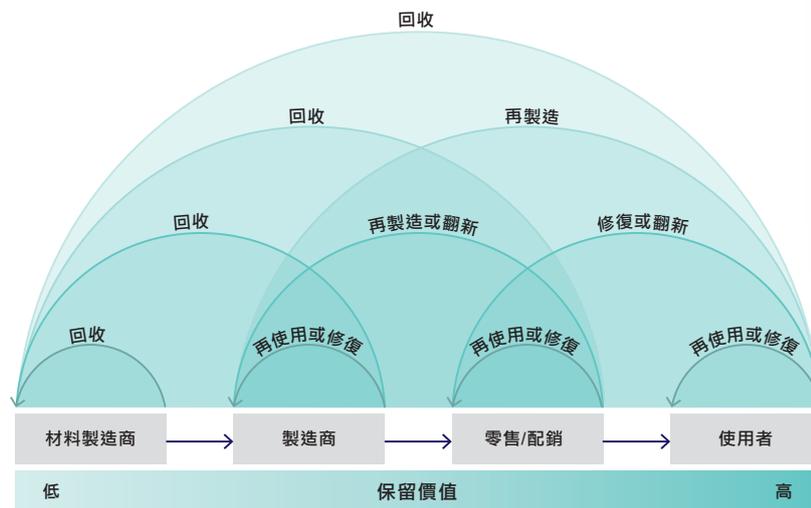
### %關鍵材料

$$\frac{\text{關鍵材料的輸入流質量}}{\text{總線性輸入流的質量}} \times 100\%$$

## 復原再生類型

在「封閉循環圈」模組和%物質循環度中，排除降級回收和能源回收後，工業循環的物質流之復原再生類型對於循環績效的貢獻皆相同。這個立足點有其必要性，因為每項策略都可能需要在價值鏈中的某個時間、某處發生。

圖 11：保留價值



舉例來說，我們不可能無限地復原再生某項產品，而且在某個時刻還必須將其材料回收。針對「優化循環圈」這個模組，%復原再生類型可深入探討公司在其可控制範圍內保留較高價值的策略。如圖11所示，較為緊密的復原再生循環，通常需要的能源或處理較少，並且以更有效的形式復原再生某項材料/產品，提供更高的保留價值。舉例來說，修復比回收某項產品所需要的物流和再製造更少，因而可以保留更高的產品價值。

一般而言，為了企業的最佳利益，企業應盡可能使復原再生的循環越緊密越好。

CTI線上工具在輸出流的層級中，提供一些選用性的資料輸入欄位，可用來說明復原再生產品、副產品、廢棄物流等的復原再生類型。該工具的回饋部分提供了復原再生物質再使用/修復、翻新、再製造、回收或生物可分解的細項分類。

## 所有的循環圈具有相同的循環性

通常較為緊密的循環會是較好的作法，不過在CTI中所有類型的復原再生都具有相同的循環性。

因此，在計算「封閉循環圈」時，所有類型的復原再生對公司的循環度績效貢獻相同。這意味著%循環性輸出流的復原再生不會因為復原再生類型的變化而改變。不過在循環材料生產力的指標上則會考量這一點。

### 復原再生類型：%生命週期延長的復原再生

在循環經濟中，保留資源價值最有效的方法，就是讓產品、組件和材料盡可能長時間地使用。公司可以藉由在允許的情況下，鼓勵採用生命週期延長的策略（再使用、翻新、再製造）來做到這一點。

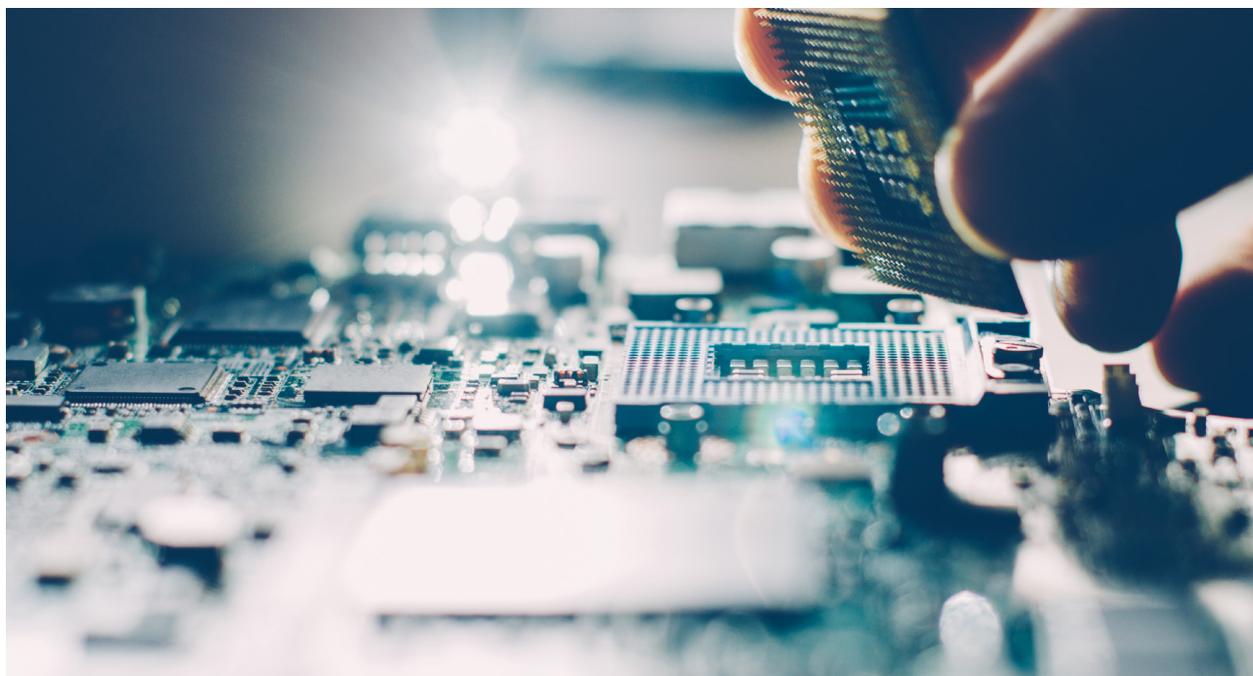
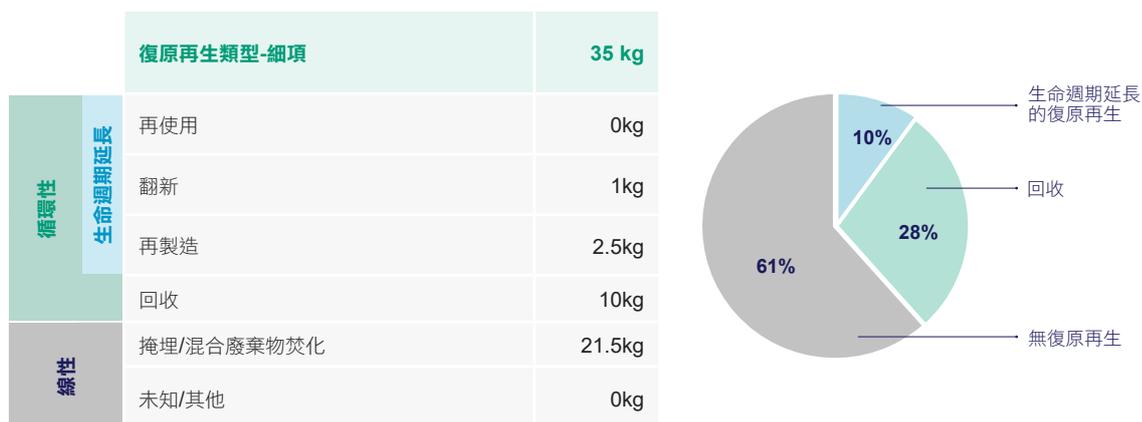
若公司想要了解工業循環中保存較高價值的績效，CTI 3.0另外提供一項指標：**%生命週期延長的復原再生**。這項指標針對選擇再使用、翻新、再製造的輸出流，另外組成一項績效分數。線上工具會自動根據**%復原再生類型**指標的輸出流層級資料，提供這項分數。這項指標可運用在工業材料的實際復原再生類型，以及與工業材料特性相同的生物基材料（如木材）上。

表1：生命週期延長的復原再生策略

		復原再生種類	說明	
循環性	生命週期延長	再使用百分比	僅做清潔和小幅修復，其餘沒做任何改變、功能相同	%生命週期延長的復原再生
		翻新百分比	以翻新或大幅修復的方式進行變更，可能會更換組件或零件、功能相同	
		再製造百分比	進行改變、更換組件或零件或用在別處、功能不同	
		回收百分比	材料進行機械式或化學性的回收	

進行生命週期延長的行動時，您必須將廢棄物輸出流視為回收或是非復原再生。儘管回收屬於一種復原再生類型，在CTI中也視為具循環性，不過該做法並不會延長生命週期，因此這項子指標在下一個循環中將會排除所有回收類型的質量流。

圖 12：洗衣機復原再生類型細項案例 - %生命週期延長的復原再生



## 生物循環的鏈結階層

CTI認為在工業和生物循環中，復原再生是不同的類型。圖13呈現生物循環中生物可分解產品、副產品或廢棄物流的通用的增值程度鏈結階層。

請注意，這個階層結構只包含經由生物循環的復原再生（EMF蝴蝶圖的左側）。頂端列則彙整整個工業循環的復原再生，不過也可能會用到圖13中的策略。

圖13：生物循環的鏈結階層



圖14：食物與廚餘的鏈結階層



考慮適合藉由生物循環復原再生的生物可分解產品、副產品或廢棄物流之鏈結時，其中有一項需要調整作法：食物流。由於糧食生長和生產的唯一和最終之目的為食用，因此不可以將經由生物可分解而不食用的部分，視為循環性復原再生。針對食物，其保值的階層結構如圖13所示。

請注意到這個階層結構僅涵蓋可食用的食物。主要的生物循環鏈結階層也涵蓋不可食用的廚餘流，例如蛋殼、橘子皮與咖啡渣。

公司可以自行評估其優化循環圈的改進空間。將廚餘從部分復原再生提升到高度復原再生或完全利用，就可以提高%實際復原再生中的數值，進而使%循環性輸出流的數值更高。原因在於它與工業循環中的復原再生策略不同，我們在工業循環中的假設是，所有的復原再生策略都發生在價值鏈中某處的某個時間點。然而對於生物循環中的可食用流而言則非如此。舉例來說，被食用的食物就不能再被生物分解（成為食物）。因此，對於生物鏈結來說，循環的本質有明確的階層。



## 實際生命週期

將產品和物料留在循環圈中直到使用年限結束，可以將資源的消耗和廢棄物的產生降至最低。公司可以利用**實際生命週期**這項指標，為生命週期長於業界平均水準的商品提供更高的分數，來追蹤公司在產品生命週期上的表現。

產品的生命週期是指從產品經由製造或復原再生後釋出開始、到產品廢棄時結束的期間。<sup>19</sup>耐用度則是讓產品的使用時間更長，意指「在特定的使用、維護及修復條件下，依所需發揮其功能，直到限制事件的發生使其停止運作，進而延長產品生命週期」。<sup>20</sup>

產品在技術上與功能上的生命週期造就其耐用度。技術上的生命週期是指產品在給定的使用條件下執行所要求的功能，直到第一次出現故障的這段期間或使用次數。功能上的生命週期是指在操作、維護和修復的經濟考量或是已過時的情況下，產品從使用到無法達到使用者所要求的條件的期間。技術生命週期屬於產品既有屬性的一部分，而在創造產品時所形成的周遭條件，則決定其功能上的生命週期。<sup>21</sup>

我們研擬**CTI**實際生命週期指標的意圖，在於推動公司瞭解產品的平均使用年限。<sup>22</sup>此指標代表產品實際經歷的平均生命週期，而非設計的生命週期或保固期。

對於使用時間較業界平均長的產品，實際生命週期指標會給予比較高的數值，其計算方式如下：

### 實際生命週期

$$= \frac{\text{產品實際生命週期}}{\text{產品實際生命週期的平均值}}$$

公司可以用年份或使用週期數來計算實際的生命週期。

在計算這個指標時，公司可以訂出一個生命週期的參考值，例如前一版產品的生命週期（以時間長度或使用循環次數計算），或是「業界平均」產品的生命週期（以時間長度或使用循環次數），這兩者可為：

- 使用與**LCA**最佳做法以及公司在**CTI**上使用的其他方法一致的方法計算；或
- 從參考文獻中取得，且留意使用的是最新資料，而非過時而無法反映出業界目前狀態的資料。

### 註解

產品在設計上，應確保其耐用度與生命週期和對環境造成的影響與隱含的能源有直接的關係。

### 案例

床墊的平均產品生命週期為10年。一張明顯高於產業平均（如15年）的床墊可獲得為正值的實際生命週期分數（生命週期資料來源：[Product Life Database](#), [International Living Future Institute](#)）。

這項指標的強度，取決於公司用來計算評估產品實際生命週期的方法。舉例而言，參考產品應鎖定整體上在相似地理區與時間區間的客戶群。相關產業部門是否將用來衡量生命週期的合適方法予以標準化並妥善運用，將決定其是否能被普遍採納以及是否具有可比性。

計算實際生命週期指標時，公司應以取得範圍內的產品平均實際生命週期長度為目標。瞭解其產品的平均使用年限時，公司可以追蹤產品所經歷的維修、修復與升級作業，以及其連續的使用者數量。<sup>23</sup>

實際生命週期指標量測成品的效能。零件和材料目前不列入此項比較的範疇。公司可將CTI的實際生命週期指標，應用於產品使用期間無或是最低用水、電或清潔劑，且對環境最大的影響發生在製造或廢棄階段的耐久性產品，例如傢俱、服飾或工業設備等。

使用時會耗電、水或清潔劑的耐久性產品，例如家電或電子商品與設備，則務必考量此範疇產品的最佳替換率。

請勿將CTI的實際生命週期指標用在本質上屬於短生命週期的非耐久性產品（如快速流動的消費性商品）。<sup>24</sup>

### 案例

電腦滑鼠設計為可以使用6年，然而其平均生命週期為4.5年。對於電腦滑鼠使用時間明顯長於業界平均的公司，CTI的實際生命週期指標將給予為正值的分數。

（生命週期資料來源：國際未來生活研究所產品生命資料庫）

## 循環圈價值估算

此模組協助公司深入了解他們所依賴的每單位物質創造營收的效率。

## 循環材料生產力

此模組推出的第一個指標是循環材料生產力，它代表的是公司在每單位線性輸入流所產生的價值。公司可以隨著時間監控所得之結果。計算方式如下：

$$\frac{\text{循環材料生產力}}{\text{營收}} = \frac{\text{總線性輸入流質量}}{\text{總線性輸入流質量}}$$

此指標的增加意味著財務成長與（線性）資源依賴性的脫鉤。

## CTI 營收

CTI營收指標是CTI 2.0版中新增的內容，它提供一個客觀且定量的數據，呈現公司利用其資源封閉循環圈的績效，以及循環績效如何影響財務績效。

產品的CTI營收計算方法為：

$$\text{CTI 營收 (產品)} = \frac{\% \text{循環性輸入流} + \% \text{循環性輸出流}}{2} \times \text{收入}$$

計算事業體或公司的CTI營收，加總所有算出的產品CTI營收即可：

$$\text{CTI 營收 (公司)} = \sum \text{CTI 營收A} + \text{CTI 營收B} + \text{CTI 營收C} + \dots$$

公司可以從此計算中，將產品組合中更多的收入歸因於循環營收，藉由（1）創新開發出更具循環性的新產品，（2）提高現有產品組合的循環度，以及（3）推動產品組合中循環性較佳的產品的銷售。

## 選擇幣別

公司應使用和財務報告中相同的幣別。如果公司使用了多種貨幣，請思考CTI評估的範疇和目標，以決定出告知目標決策者時應該使用的最有效貨幣。

## 營收

具有25%循環度（循環性輸入流和循環性輸出流的加權平均值）並產生100萬美元銷售額的產品，可為公司的CTI總營收貢獻25萬美元。

公司應將其CTI營收輸入以下表格，以便觀察其收入在循環績效中的分佈（例如採用十分位法）。公司在這個表格中的底層欄位收入越高，代表其產品組合對線性經濟的依賴就越少。請留意，0%和1-10%的績效等級（在很大的程度上）屬於線性，對CTI營收的貢獻不會太多。公司的目標應該是要隨著時間將產品組合向下移動。

利用這種方法計算循環營收時，CTI營收指標可以：

- 直接連結質量流與財務結果之間的循環績效。
- 公司可以找到新的以及持續改進的機會，並訂定出量化目標（意即 60%循環度的產品仍有機會提升到更高的等級）。
- 保持與高階主管和投資人的溝通一致性。
- 利用「封閉循環圈」中的指標，可大幅減少額外的的工作。
- 避免有主觀認定「循環產品」的情形。
- 藉由循環度的三大主軸提供更詳細的內容：循環性輸入流、復原再生潛能（設計）和實際復原再生，以彌補二元式判定（是/否）循環指標的不足之處。
- 對公司產品組合的線性風險和循環機會，提供更細微的觀點。
- 使用CTI線上工具時，根據循環性輸入流和循環性輸出流指標所蒐集的資料、再加上產品（群）的營收，即可自動算出這個指標。

表2：CTI效益

A公司 - CTI營收	%循環度 （「封閉循環圈」指標）	營收（元）	加權平均營收 （%循環度乘以營收）
	0%	\$400M	\$0M
	1-10%	\$150M	\$7.5M
	11-20%	\$200M	\$30M
	21-30%	\$150M	\$37.5M
	31-40%	\$50M	\$17.5M
	41-50%	\$30M	\$13.5M
	51-60%	\$20M	\$11M
	61-70%	-	-
	71-80%	-	-
	81-90%	-	-
	91-100%	-	-
	<b>總營收</b>	<b>\$ 1B</b>	
<b>CTI營收</b>		<b>\$117M (11.7%)</b>	

## 循環圈的影響性

可以利用以下計算絕對CO<sub>2</sub>當量的公式來計算對二氧化碳排放的影響性：

$$(M_x \times GHG_{xr}) - [(M_{xr} \times GHG_{xr}) + (M_{xv} \times GHG_{xv})]$$

或是利用以下公式計算出百分比的數值：

$$\frac{(M_x \times GHG_{xr}) - [(M_{xr} \times GHG_{xr}) + (M_{xv} \times GHG_{xv})]}{(M_{xr} \times GHG_{xr}) + (M_{xv} \times GHG_{xv})}$$

$M_x$ ：X物質的總重量

$GHG_{xr}$ ：回收的X物質之溫室氣體排放係數

$M_{xr}$ ：X物質回收部分的重量

$M_{xv}$ ：X物質原生部分的重量

$GHG_{xv}$ ：原生的X物質之溫室氣體排放係數

其計算結果代表的是，與目前物質流組成的溫室氣體排放相比，若該物料為100%回收物質，可達到的溫室氣體減排百分比。舉例而言，假設700克的PET含有5%的回收物質。採購的回收物質的溫室氣體排放係數為1.7 CO<sub>2</sub>當量公斤/每公斤物料，原生含量則為3.1 CO<sub>2</sub>當量公斤/每公斤物料。<sup>25</sup>

根據以下的計算，公司如果將PET的回收含量從5% 提高到100%，則溫室氣體排放可減少44%。

$$\frac{(0.7 \times 1.7) - [(0.035 \times 1.7) + (0.665 \times 3.1)]}{(0.035 \times 1.7) + (0.665 \times 3.1)} \times 100$$

## 註解

### 針對CTI工具的使用者：

CTI工具以政府間氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 作為影響評估的模型，因其具有一百年的時間區間。材料的初級（首次）生產總是會分配至該材料的主要使用者。如果將該材料回收，主要生產者並不會因提供任何回收物料而獲得認可。因此，只有在回收的流程中才考慮可回收物料，由二級（回收）物料來承受回收過程的影響。

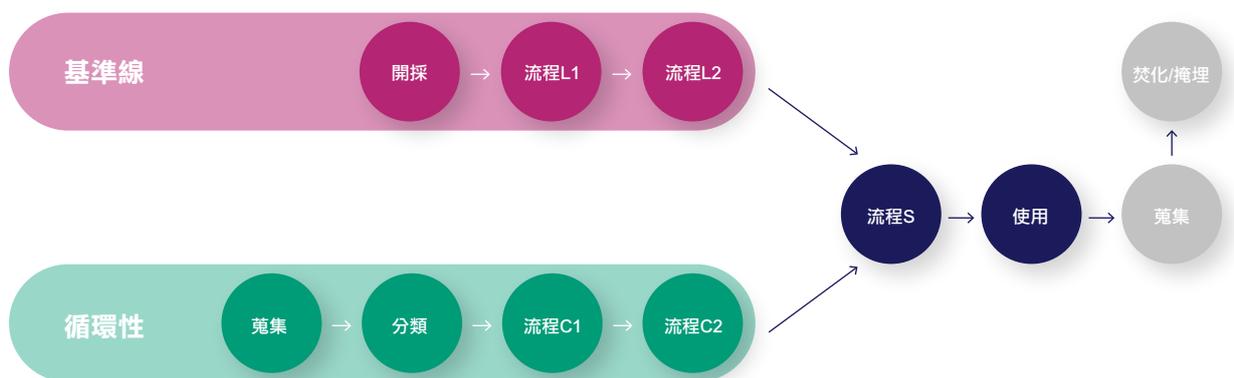
CTI工具中使用的溫室氣體係數是根據可取得的市場別方法的全球平均值。其中考量包括原生開採（線性）、蒐集和回收（循環性）及運輸的過程（系統的範疇請參考圖15所示）。

若公司使用非CTI工具進行評估，我們建議使用可取得的原始資料。如果公司是由資料庫得到溫室氣體排放量，則請留意其中有可能會具有為了其他目的而做的選擇，或是可將上述的影響模型與時間區間作為預設值。

若現有的資料庫沒有該循環版本的溫室氣體排放係數，公司可以結合採購回收物料所需的個別流程GHG足跡，計算出對GHG的影響性（請參考下圖）。

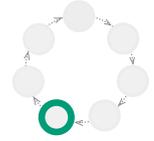
請留意，CTI 3.0僅限於瞭解回收物質對溫室氣體影響性之差異。這項計算不考慮其他形式的循環性輸入流（例如翻新或再使用），不過可以作為節省碳足跡決策時的參考依據。

圖15：設定基準與循環物質流的系統界限



注意：請務必評估每個流程之間的運輸過程

## ⑤ 分析 闡釋結果



本章節重點在於闡釋結果以作出決策。公司應該讓相關決策者參與此階段工作。

CTI所計算出來的結果，可以做為辨識、排序和執行循環性計畫的量化基礎。

### 目前與長期績效

#### 目前績效

我們開發出來的CTI可廣泛應用於各產業與價值鏈。由於衡量出的績效可能會依公司特性而有很大的差異，因此這個模型不會主觀認定何者是「好」或「壞」的表現。CTI讓公司得以檢視自己的業務中仍屬於線性的百分比，研究自身的改進空間。分析基本指標是了解如何提升循環度的必要條件。

#### 長期績效

透過持續的績效追蹤，會獲得有價值的內容。公司可以比較任何特定時間內的目標、目的或指標的進展。公司也可以從全球的層面（如Circle Economy的「循環差距報告」（[Circularity Gap Report, CGR](#)）<sup>26</sup>）或從產業層面（可透過政府或透過來自公司或業界協會所彙整的數據）比較循環度是增加還是減少。如果績效不如預期，公司可以進一步分析影響結果的相關指標和參數。

#### 衡量循環度

WBCSD經常引用循環經濟的循環差距報告（CGR）作為全球經濟循環度的基準。然而，由於CTI和CGR有各自的目標，兩者的方法學存在重大差異，因此難以直接比較結果。

WBCSD研擬CTI是為了提供公司循環轉型的資訊並協助轉型，而Circle Economy設計CGR則是為了建立總體經濟上的認知（例如國家、區域或全球性的）。這兩種方法之間具體的差異在於：

- CGR的內容包含特定的經濟系統或價值鏈的總體物質足跡；CTI則著重於單一公司的輸入流和輸出流。
- CTI將復原再生明確區分為潛在和實際二種；CGR僅觀察實際面向。
- CGR僅認定從循環源頭並再次完全復原再生的物質流具有循環性；CTI則認為輸入流和輸出流兩項，各自貢獻一半。
- CGR的內容涵蓋能源所耗用的資源；CTI則另外以再生能源的使用指標來掌握這些資源的情形。

WBCSD和Circle Economy目前正在尋求讓這兩個指標一致的作法，讓使用者可以得到這兩種方法的好處。

## 基礎指標分析：循環性輸入流和循環性輸出流

計算的結果通常以進入和離開公司的各種物質流為基礎，這些物質流在質量和循環度參數上，可能存在明顯的差異。

### 物質流的質量

以質量計算的指標代表著質量較重的物質流對百分比的貢獻會比較大。一種相關的評估作法，就是將線性流的質量由大到小排列。完成質量較大的物質流循環，對循環度的貢獻較大。然而這可能會導致其他參數被忽略，例如其關鍵性或需要優先考慮的部分。

### 物質流循環度

#### 工業循環方針

工業領域輸入流的循環度，取決於當中非原生流的特性。我們可以從評估線性物質流的特性找到改進的空間，並且尋找再生（向生物循環拓展）或非原生的替代料。

輸出流的循環度則包含兩個部分：復原再生潛能與實際復原再生。為了提高復原再生潛能，此分析聚焦於優化設計的機會。例如採用模組化設計、拆解設計、可修復性、使用單一材料以增加可回收性等。

提升實際復原再生則需要不同的作法。例如採用新的商業模式，像是產品即服務（product-as-a-service, PaaS）或購回/收回計畫，這些將可以顯著提高實際復原再生率。另一個選擇是與推動循環度的價值鏈合作夥伴合作，讓價值鏈下游的質量流動更清楚，同時更可以發展出共享價值的提案。

## 生物循環方針

根據定義，生物基流本身並不具循環性。生物基材料的基本條件是再生（renewable），若是重生（regenerative）則更佳。如果生物基輸入流在提煉後可永續生長，而且是以自然生長和補足的速率提取，則可以將它視為具有循環性且再生的。因此，生物循環中物質流的循環度，取決於物質流的管理特性：如果該物質流沒有進行最低限度的永續管理，則將其視為非再生。因此，若要將生物基流的循環性輸入流提高，就是提升持續生長物質的比例，例如使用經認證的材料來源。

與工業循環相同，生物循環中輸出流的循環度包含兩個部分：復原再生潛能與實際復原再生。在生物循環中，復原再生潛能取決於生物可分解能力和毒性（請參考經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）的生物可分解測試標準）。因此，改進的空間在於確保生物基產品是生物可分解的，而且不含超過臨界值的限用物質。針對混合產品（同時包含生物基和工業流的產品），可以透過設計提高復原再生潛能：藉由設計將生物基和工業的組合元件分開。

若要在生物循環的流動中提高產品、副產品和廢棄物流的實際復原再生率，則要依增值的類型而定（請參閱第55頁的生物經濟階層）。對於非食用性的生物基流，公司可以考慮利用工業循環中的策略進行增值，並尋找新的相關商業模式。由於這些策略對於生物基物質而言，不太可能會是無限的（例如紙纖維在每個回收循環中會流失長度和強度，因此最多的回收次數約為七次），因此也需要為物質復原再生至生物循環做好準備（也就是透過生物可分解和/或養分復原再生）。對於可食用物質流而言，關鍵在於讓一個實際的生物體消費它，才可以視為復原再生。因此，須避免價值鏈中以及終端消費者的食物浪費和損失，以增加循環性輸出流。雖然並非完全循環，不過可食用物質流的生物可分解可提供50%的復原再生數值（而對於不可食用的生物可分解物質流，生物可分解則屬於100%復原再生），因此比起垃圾掩埋，屬於略好一些替代方案。

## 關於生物可分解性的重要考量

並非所有生物可分解的產品都屬於生物基，或是由再生資源製成：一些化石製成的聚合物也可以完全被生物可分解（例如，PBAT：己二酸-對苯二甲酸-丁二酯共聚物或PCL：聚己內酯）。

並非所有生物基產品都是生物可分解的。儘管生物可分解性是某些生物基產品的既有屬性，但是有許多產品十分耐用，無法被生物可分解。生物可分解（biodegradation）是一個化學過程，而分解（disintegration）則是一個物理過程。若要使產品完全分解，這兩者都必須發生。

生物可分解與溫度、時間以及細菌與真菌的存在等因素高度相關。工業堆肥中較高的溫度和控制條件下是塑膠分解的理想環境。

資料來源：

本內容摘自Horizon 2020計畫InnProBio所資助的歐盟計畫：「揭露生物可分解性的迷思與真相」（[Biodegradability, Exposing some Myths and Facts](#)）。

## 工業循環案例

### 非原生輸入流

建設公司可利用重複使用的梁柱或是回收的鋼鐵取代原生鋼鐵，提高循環度。

### 再生輸入流

化妝品公司可利用再生成分取代原生的合成成分，提高循環度。

### 復原再生潛能

ICT公司可以改變產品設計，達到可拆解、可維修、可再使用和整新的目的。

### 實際復原再生 - 商業模式

ICT公司可以轉變為按次付費的商業模式，達到更高比例的蒐集和再使用率。

### 實際復原再生 - 合作夥伴

生產電子設備的公司可以與零售商合作，利用回收計畫鼓勵消費者蒐集二手設備，確保零件和材料復原再生。

## 生物循環案例

### 非原生輸入流

製紙公司可以提高紙張和紙箱的回收材料含量。

### 再生輸入流

傢俱製造商可以藉由只選用森林管理委員會（Forest Stewardship Council, FSC）認證的木材以確保森林的再生性，並與生長週期和補充速度一致。

### 復原再生潛能

化妝品公司可以透過改變產品的設計，確保混合產品的生物流和工業流是獨立的，使產品的生物基流保有生物可分解性。

### 實際復原再生

香水公司可以朝價值增長的方向轉型，讓它的殘餘物流完整復原再生，成為食品業的輸入流。

超市可以將即期品提供給食物銀行，避免食物浪費並提升復原再生。

## 水與能源

### 水循環度

公司可以透過二種方式提高水循環度：

1. 優化需求管理、減少整體用水量，並且專注於減少線性水輸入流與輸出流；
2. 以循環性水輸入流與輸出流取代線性水輸入流與輸出流。

由於對地方性水源的需求是當地所有利害關係人之所需（包括其他企業、社區和生態系統本身），因此在思考改進空間時，必須以流域層級的改善來思考改善的機會，並以更廣泛的角度看待問題。公司必須與流域中的其他利害關係人合作，針對潛在的循環解決方案共同合作。

### 再生能源

此指標代表了使用再生能源的百分比。理論上，完全循環的經濟需依賴再生能源來營運，因此再生能源指標的目標應為達到100%使用再生能源。可以改進的機會在於：

- 減少整體能源耗用（相對於增加再生能源使用百分比），或是
- 以再生的替代料取代化石燃料。

## 優化循環圈的指標

### %關鍵材料

這個指標計算的結果顯示出公司依賴關鍵材料的程度。即使關鍵材料所佔的百分比很低，也有可能需要進一步分析以了解：

- 關鍵材料的多樣性
- 關鍵材料的可替代性
- 關鍵材料的絕對用量
- 依賴關鍵材料的營收（具有風險的營收）

### 關鍵材料的特性

一家公司的輸入流可能包含了多種關鍵材料。了解這些材料的本質很重要。並非所有被定義為關鍵材料的重要性都具有相同的比重。這取決於供應的風險以及區域經濟重要性，也可能會與評估關鍵物質流的大小、依賴物質流的營收以及材料的相對重要性等有關。

### 水循環度

#### 提高循環性水輸入流

如果位於缺水區，公司可以嘗試與其他企業聯繫，尋求直接從其他使用者採購第三方水源的可能。

#### 提高循環性水輸出流

當水輸出流的循環度偏低時，公司可以簡單地依照當地水資源相關法定標準來處理所有的排放，或是確認其所外包的第三方（水處理廠）符合相同標準。

#### 增加內部的循環

在公司製程中找出可再使用水或回收水，既可增加內部循環，也可強化用水管理，就會減少對潛在線性水輸入流或輸出流的需求。

### 關鍵材料的本質

- 這是什麼物質？
- 物質各自的關鍵程度為何？
- 此物質是原生還是二次的？

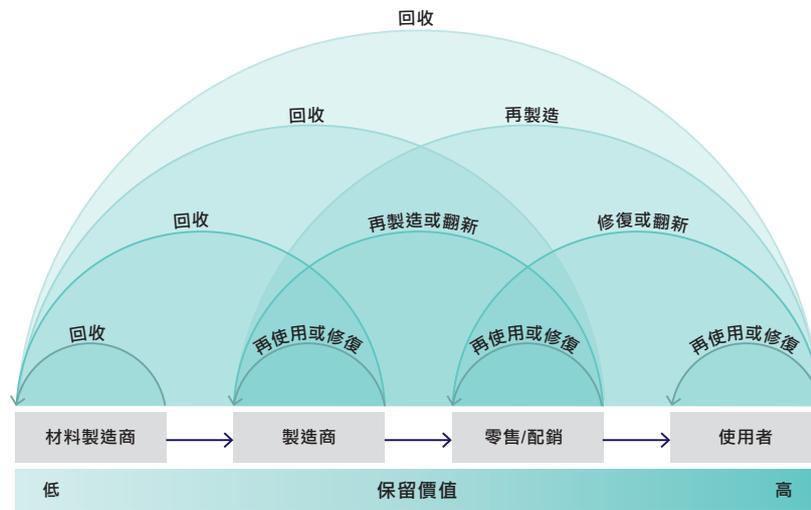
## 關鍵材料的替代性

如果可用具有相同或類似功能的非關鍵替代材料來取代關鍵材料，公司有機會降低部分風險。因此，評估是否有任何替代料也與這一點有關。

## 關鍵材料的絕對用量

即使關鍵材料的相對用量（百分比）偏低，關鍵材料的絕對用量或成本還是有可能會因為絕對的稀缺性、價格上漲和價格波動，影響到企業的持續性。因此，監測關鍵材料的絕對使用情況也與這一點有關。

圖16：復原再生類型



## 復原再生類型

### 工業循環方針

在工業循環中我們假設，所有復原再生策略都應該於某個時間點在價值鏈中的某處發生。一間公司在復原再生類型之間轉換的機會，有很大的程度取決於公司的類型，以及其在價值鏈中所處的位置。然而，公司可以評估機會點，藉由轉向具有更高價值的復原再生策略（即採取重複利用而不是回收），來確保輸出流保有最高的價值。一家公司也可以尋求創新商業模式（如產品即服務或售後購回）的影響以及採取較不激進的改變，例如與新的價值鏈合作，有助於轉向具更高價值保留效果的復原再生策略。

### 生物循環方針

生物循環與工業循環相反的是，復原再生策略並沒有發生在價值鏈中的某個時間點、某處發生的假設。因此，每家公司都應該朝更高層級的目標前進，以達成高增值策略。公司也可與價值鏈中的其他公司合作，尋求其他替代的復原再生類型，或是自行調整物質流，讓輸出流創造更高價值。

## 實際生命週期

循環經濟的目的，是藉由建立一個再生、長效、（再）使用優化、翻新、再製造、回收與生物可分解的系統，以保留資源、產品、組件與材料的價值。向循環經濟轉型需要以優化整個價值鏈資源循環的角度，重新思考產品如何設計、生產與丟棄。

環境問題與消費者的需求，正推動著支持產品長效性的立法，旨在於讓每單位的資源創造出最大價值。新的立法橫跨國家獎勵產品耐用度的推動（例如：可修復指數、維修權等），並阻攔過早或有計劃性的報廢。

透過CTI的實際生命週期指標，公司可以評估其有效減緩資源循環圈的績效。我們開發此指標，以促使公司監控產品離開公司後實際發生的情況，並找出可以讓產品使用年限更長的方式，包括經由再使用、翻新和再製造。

透過產品設計使技術與功能的生命週期達到最適化表現，產品就可以擁有高於平均值的實際生命週期。技術生命週期屬於產品既有屬性的一部分，而在創造產品所形成的周遭條件，則決定了其功能的生命週期。<sup>27</sup>

公司可以透過設計產品與產品生態系達到最適化技術與功能生命週期，來提高其實際生命週期指標。他們可以經由改善產品的耐用度與可靠度設計、模組化與零件標準化、易於維護和修復、產品升級、拆卸性、以及藉由翻新或再製造使零件復原再生等<sup>28</sup>來達到此目標。

除了針對耐用度的設計，公司也可以避免過早報廢產品來達到較長的生命週期。這一點需要透過產品的生態系來維持產品的效能、適用性、可升級、可修復，且為人所需。

### 註解

產品在設計方面，應確保其耐用度與使用時間對環境造成的影響與隱含的能源有直接關係。

公司應確保延長產品與物料的生命週期的同時，不會損及生命週期結束時的回收潛能。

#### 產品報廢種類：

- 技術與功能方面—市面出現功能更佳的产品
- 心理方面（文化或審美）—因為流行和行銷想要購買更多或是購買最新版本
- 系統方面—生態系環境改變，產品變得更難使用
- 經濟方面—由於修復成本高於購買新產品，產品因而失去可用性

資料來源：延長產品生命週期的策略工具 ([Policy Instruments on Product Lifetime Extension, PLE](#))

## 循環圈價值估算

### 循環材料生產力

這個指標代表的是每單位質量的金錢價值。它的絕對數值會因不同公司而有很大的差異，因此最好的方法是觀察它的長期績效。循環材料生產力的提高，代表著財務成長已經與材料耗用沒有依賴關係。

除此之外，與外部比較循環材料生產力的增減也很重要。舉例而言，如果有足夠的匿名和彙整的資料，就有機會看出，一間公司在循環材料的生產力一年提高了2%，然而這個產業提高的是5%，那麼這意味著這間公司仍有其他可改進的空間。

公司應考慮匯率、庫存和CTI營收等不同因素會如何影響循環材料生產力的長期變化，並評估這些因素在計算上所造成的敏感度。

儘管循環材料生產力的計算與國內物質消費（domestic material consumption, DMC）/國內生產毛額（gross domestic product, GDP）的計算方法不同，這兩個指標都顯現物質與財務績效的脫鉤。因此，比較循環材料生產力的變化與全國或產業層級的DMC/GDP成長，可能可以看出些有意思的端倪。

### CTI 營收

這項指標可以描繪出公司的幾項內部狀況：

- 了解公司總營收來自循環度的百分比
- 公司循環度較高產品與循環度較低的產品在營收上的比較
- 公司的產品組合落在「封閉循環圈」中的哪一等級，並突顯出公司應該在什麼地方加強產品的循環度或銷售。

關於最後一點，將公司或事業體的產品組合以下表的方式呈現，有助於透露出這些狀況。在分析時，公司可以透過以下方式，從產品的組合中找出機會：

- 研發新的循環產品（群）
- 提高現有產品的循環度，和/或
- 銷售循環度較高的產品取代循環度較低的產品

在進行這項活動時，公司可能會發現，其整體循環度的分數（以質量為基準的%循環性輸入流和%循環性輸出流）可能與根據CTI營收指標所量化的公司總營收中循環的百分比不同。

如果一家公司發現其CTI營收佔總營收的百分比，大於（以質量計算的）%物質循環度，這可能意味著該公司從循環度較高的產品或服務，獲得了更多不成比例的營收。

如果CTI營收/總營收的百分比小於%物質循環度，那麼這家公司很可能是依賴其產品組合中較為線性的產品來產生大部分的營收。

若要進一步分析這一點，公司可以從表3觀察到營收在循環十分位數（例如，0%、1-10%等）之間的分佈。這個表可以看出營收的線性程度（反之亦然）。接著公司可以利用這個表，改進產品組合的目標，達到更高的循環度。

**表3: CTI 營收**

循環度%（「封閉循環圈」的指標）	營收（元）	加權平均營收（循環度%乘以營收）
0%	\$400M	\$0M
1-10%	\$150M	\$7.5M
11-20%	\$200M	\$30M
21-30%	\$150M	\$37.5M
31-40%	\$50M	\$17.5M
41-50%	\$30M	\$13.5M
51-60%	\$20M	\$11M
61-70%	-	-
71-80%	-	-
81-90%	-	-
91-100%	-	-
<b>總營收</b>	<b>\$ 1B</b>	
<b>CTI 營收</b>		<b>\$117M (11.7%)</b>

公司可以從產品群的層級（如果在組合中有足夠的多樣性）或更高的層級進行這項分析，例如事業體或整個公司的產品組合。若要進一步使用這張表，公司可以另外新增一欄庫存計量單位（stock keeping unit, SKU）或總產品組合百分比，從並列中看出更多相關的深入解析。公司可以看到自身營收在循環效能等級中的分佈，以及其大部分產品所在的位置。

公司應以圖表的方式呈現這個表的結果，包括長條圖、橫條圖以及橫條與線形圖的組合等。

## 循環圈的影響性

公司應分析來自「循環圈的影響性」模組中所得有關%物質循環度的資訊。物質循環度的提高以及潛在減排機會兩相結合，即可協助公司針對不同的解決方案作出排序，並可專注於從物質流與溫室氣體兩種觀點中獲得之最大效益。

計算階段之結果物質流從目前的回收物質百分比提高到100%回收，所能減少的溫室氣體排放量。此資訊可用於內部尋求可改進的分析。我們想強調的是，這項計算結果並非碳足跡也非生命週期評估（life-cycle assessment, LCA）。我們強烈建議公司利用LCA或其他較為精細的方法，達到最後的決策與對外的溝通。

根據前面的案例，我們展示了若將塑膠蓋的回收含量從5%改為100%，將減少44%溫室氣體排放。除了700公克的塑膠蓋外，該產品還具有一個重1,500公克的鋁框，其中有85%為回收物質組成。回收鋁的溫室氣體排放係數為1.2公斤CO<sub>2</sub>當量/公斤材料，而原生鋁則為5.7公斤CO<sub>2</sub>當量/公斤材料。<sup>29</sup>

$$\frac{(1.5 \times 1.2) - [(1.2752 \times 1.2) + (0.225 \times 5.7)]}{(1.2752 \times 1.2) + (0.225 \times 5.7)} \times 100$$

溫室氣體影響性的計算結果顯示，當鋁框的回收含量從85%提高到100%時，可減少36%溫室氣體排放。從%物質循環度的觀點，可明顯看到，開始改善作為塑膠蓋的PET流相較於鋁框（其已達85%循環度）的邊際改善更具優勢。根據溫室氣體影響性的計算，該公司若改採用100%循環性鋁材料，將可大幅減少其碳足跡。依公司的永續目標，公司可以決定是否要將轉為100%循環性鋁納入其行動計畫當中。

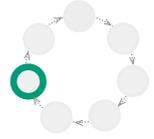
### 註解

#### 針對CTI工具的使用者：

在第5步驟「分析」中，公司可以將特定的物質流提高為使用100%回收含量，以看出可減少的潛在排放量。

對於非使用CTI工具進行評估的公司：除了將現有情況對照100%回收含量情境的溫室氣體影響性比較外，對於以特定%回收含量作為目標的公司可能會發覺，計算提高%回收含量對溫室氣體減量的影響會有所幫助。

## ⑥ 排序 鑑別機會



從蒐集到的循環績效，可顯示哪些物質流具有最大的改善空間。然而，若要用這些資訊來作出決策並排定優先順序，公司可能需要了解循環績效與線性風險兩者之間的關係。藉由評估公司所面臨的風險，並且接著從商業案例中評估改進的機會，公司可以開始排定行動的優先順序。在這個章節中我們參考了WBCSD 2018年線性風險報告（[2018 Linear Risks](#)）<sup>30</sup>，該報告說明了循環的風險與機會。

### 鑑別線性風險與循環機會

我們可以將評估使用的指標與線性風險和循環機會連結起來，這些連結可以使公司初步了解有哪些相關的風險和機會（請參考表4）。

表 4：風險與機會的示例（內容可能重複；實際情況不僅限於下列示例）

風險類型	市場	營運	商業	法律
<b>定義</b>	涉及影響到企業資產和負債的市場與貿易相關因素	涉及影響企業內部作業的相關因素	社會、經濟和政治新興趨勢的結果，將影響公司的策略性商業目標	源自當今和未來的法規、標準與協議
<b>細則</b>	<p><b>工業</b>：非原生資源的價格優勢</p> <p><b>生物</b>：經認證的生物資源之溢價</p>	<p>新的合作夥伴</p> <p><b>工業</b>：在價值鏈中建立回收及蒐集計畫</p> <p><b>生物</b>：價值鏈中減少食物浪費的計畫</p>	<p>顛覆性的新技術</p> <p><b>工業</b>：回流物質流的追蹤紀錄</p> <p><b>生物</b>：提高供應鏈透明度的技術</p>	<p><b>工業</b>：二次材料使用的補助</p> <p><b>生物</b>：再生能源的補助（經認證的資源）</p>
<b>循環性輸入流百分比</b>	<p>資源價格波動</p> <p><b>工業</b>：某些具特定功能的無機材料（即關鍵礦物）的稀缺性</p> <p><b>生物</b>：再生資源的稀缺性 - 亦即糧食作物與再生能源之間的土地利用競爭</p>	<p>供應鏈失靈</p>	<p>改變的消費者需求</p> <p><b>工業</b>：對二手產品的需求增加</p> <p><b>生物</b>：對植物性飲食的需求增加</p>	<p>罰款或訴訟</p> <p><b>工業</b>：環保設計規定需具有最低比例的回收含量</p> <p><b>生物</b>：生物基材料的新規定與政策</p>

循環性輸出流百分比	機會	<p><b>工業</b>：視廢料為二次資源</p> <p><b>生物</b>：從廢棄物中提取其生物養分的價值</p>	吸引並留住人才	<p><b>工業</b>：新的商業模式，例如產品即服務或售後購回</p> <p><b>生物</b>：保有更高的價值，並且避免有價值的食物流失</p>	<p>政府激勵循環解決方案</p> <p><b>工業</b>：創新商業模式的補助與獎勵措施</p> <p><b>生物</b>：對高增值的生物可分解物質提供補助與獎勵</p>
	風險	<p>(資源和廢棄物的)貿易禁令</p> <p><b>工業</b>：即關於跨境電子產品的巴塞爾公約 (Basel Convention)</p> <p><b>生物</b>：食用與不可食用廢棄物流處理上的區隔</p>	內部流程失靈	<p>改變的消費者需求</p> <p><b>工業</b>：維修權 (right to repair) 運動</p> <p><b>生物</b>：消費者推動的解決食物浪費倡議</p>	<p>擴大的生產者責任</p> <p><b>工業</b>：強制要求仍屬開放的循環圈執行資源回收計畫</p> <p><b>生物</b>：避免食物損失的新法規與政策</p>
水循環度百分比	機會	在有正式水權市場的州進行水權交易	持續且穩定的水流，保證可靠的水輸入流	超越競爭對手的優勢	由於具有顯著的永續管理，有機會掌握更多的水權
	風險	依賴低水價，然而在缺水時價格會上漲	缺水干擾營運，連帶產生無法預期的緩解措施成本	影響在當地的商譽以及失去在當地營運的許可當地的倡議者	隨著水資源的短缺，法規變得更為嚴格
再生能源百分比	機會	豐富的再生資源	新的合作夥伴	再生能源價格下降	再生能源補助
	風險	資源短缺	勞動安全問題	化石能源價格提高	法律更趨嚴格
關鍵材料百分比	機會	封閉循環圈	創造就業機會	顛覆性的新科技	(新的) 政府政策
	風險	投資人不感興趣	勞動安全問題	改變的消費者需求	採購的規定和法規
CTI營收	機會	來自產品組合更具韌性且穩定的現金流	推動跨業務的內部競爭	品牌資產和商譽的好處	對於報導與揭露有所準備
	風險	欠缺可以回應投資人提問的深度見解	因無法改進產品組合，而發生原本可避免的裁員情況	因為沒有採取作為而處於競爭劣勢	更多線性產品即將面臨法規限制

實際生命週期	繼續	<p>給予修復或翻新品稅率優惠</p> <p>市場擴大的機會</p> <p>產品組合的增加</p> <p>製造成本的降低</p> <p>採購成本的降低</p>	<p>鑑別未來產品設計方面可以改善之處</p> <p>使用更高附加價值的物料</p> <p>減少廢棄物產生</p>	<p>客戶忠誠度（如：產品即服務（product as a service））</p> <p>供應鏈保障</p>	<p>數位產品護照</p> <p>可修復指數/評分系統（如：ifixit）</p> <p>要求至少25%翻新與二手產品的綠色採購</p>
	復固	<p>確保保固期滿後仍可使用該項技術服務與取得供給/備品（如：ecoinvent針對冷與濕度相關設備要求10年的備品）</p>	<p>缺乏收回、技術支援或修復的基礎設施</p>	<p>消費者優先考量會處理關鍵價值鏈議題的公司的產品</p>	<p>立法反對過早或計畫性的報廢</p> <p>立法推動耐用度的最低標準、擴大產品責任</p> <p>維修權</p>
溫室氣體影響性	繼續	<p>由於碳定價的波動而減少干擾</p>	<p>減少公司自有的範疇3排放</p>	<p>向（新）客戶提供碳足跡較低（範疇3排放）的替代品</p>	<p>低碳足跡產品的優勢</p>
	復固	<p>在對於GHG範疇3積極減排的承諾下，對於影響性較低的物料需求增加</p>	<p>將碳定價納入原生材料的採購考量中</p>	<p>滿足消費者對於影響性較低產品的需求</p>	<p>符合環保設計標</p>

## 線性風險評估與排序

我們建議公司根據不同情境下的已鑑別線性風險的衝擊制定行動並確定其優先順序。依照公司的需求與資源，這個過程可以簡單（與專家一起進行半天的工作坊來完成這些步驟），也可以複雜（幾天到幾週，透過詳細數據進行透徹分析）。無論何種方式，我們都建議以下步驟：



### 1. 情境分析

如同氣候情境，每個行業對於如何轉型至循環經濟有無數的情境。公司可以藉由研究與預測不同的情境，在訂定與排列行動的先後時，考慮未來的發展。

在此階段公司應調查可能的情境，建立這些情境可能對企業造成的影響的認知。公司可以運用時間長度的做法，瞭解每個可能情境的發展（如：現況、5年內、10年內）。在這項練習中，公司應考慮：

- **沒有法規或市場壓力：**如果外在競爭環境保持不變，公司會受到什麼影響？
- **不同國家或地區的法令壓力：**該國家或該地區的目標，對未來公司業務會造成什麼影響？
- **強力的全球市場與法令壓力：**全球聯合的強大趨勢（技術、市場、法規）會如何影響公司業務？

在這些情境下，公司可以決定使用哪一項因素來評估對企業的影響。在價值上、定量或定性上的因素，建議使用：

- 成本
- 營收（包括CTI營收在內）
- 利潤
- 客戶關係
- 員工關係
- 供應鏈的合作

### 國家或國際層級的目標情境

許多國家和國際機構，如歐洲執行委員會已經設定了採納循環經濟的目標和指標。相關的政策說明了隨時間執行的（潛在）政策措施。我們有必要說明這會如何影響四種風險，以及它們與公司訂定的目標之間的關係。

### 政策

關於循環經濟政策的概述，請參閱我們的政策簡報驅動朝向循環經濟的轉型 ([Driving the Transition to a Circular Economy](#))。

### 何謂情境？

情境描述的是發展演變成特定結果的過程。情境並不是用來代表對未來的完成描繪，而是凸顯出這種可能未來的核心元素，並將重心放在可推動未來發展的重要因素上。要記住的一點是，情境是建立在假設上，並非預測或預估，也不是敏感度分析。情境分析是用來加強批判性策略思考的工具。情境的特色之一，在於該情境應挑戰攸關未來的傳統思維。在這個充滿不確定性的世界，情境的目的，在於探索可能造成「照舊營運」這個假設基礎顯著變化的替代方案。

（資料來源：「2017氣候相關財務揭露」([TaskForce on Climate-related Financial Disclosures 2017](#))中揭露氣候相關風險和機會中關於使用情境分析的報告)

除了情境分析外，其他工具也可能有所幫助，包括專家意見、預測和價值評估，以及其他特定的環境、社會和公司治理（environmental, social and governance, ESG）工具等。[COSO企業風險管理（Enterprise Risk Management, ERM）](#)架構便詳細闡述了完整的內容。<sup>31</sup>

## 2. 威脅與脆弱性評估

在將蒐集到的資訊用於決策時，請先對風險進行排序然後決定優先順序。通常排序風險優先順序的標準，是依據其負面影響的嚴重程度和可能性；不過，只依賴這些因素可能會使優先順序的準確性有所侷限。因此，我們建議使用另外兩個由COSO ERM架構所定義、內容更詳細的標準：

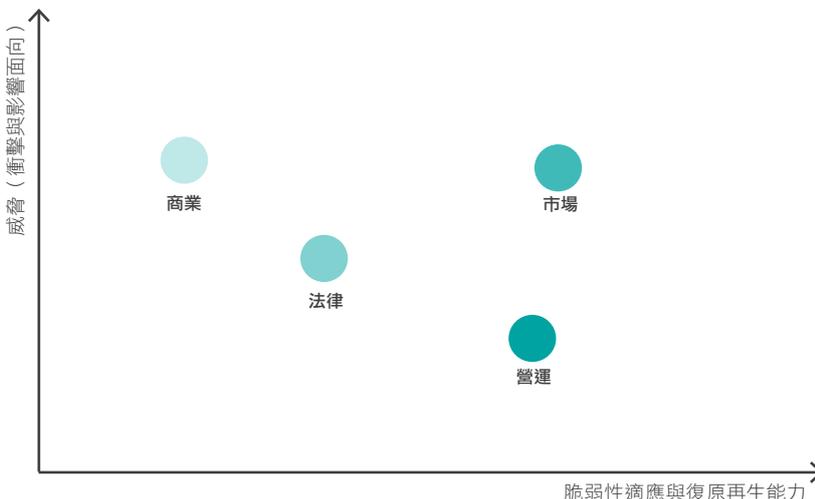
- **威脅**（固有風險），其中影響（後果）和發生的速度（風險影響到實體的速度）決定了威脅規模。
- **脆弱性**（剩餘風險），是依據適應性和復原再生能力而定。脆弱性的大小取決於適應性（實體適應和因應風險的能力）和復原再生的能力（實體恢復到可以容忍的能力）。

最後一步，公司可以將上述的風險因素以整體概要的方式呈現，以排定最終的優先順序。圖17呈現的是一間假設公司在線性風險（y軸）與脆弱性（x軸）下所承受的威脅。

該圖只是用來示範，僅呈現出主要的風險類別。不過它的內容可以更具體，將所有線性風險的子類別納入，包括資源稀缺性與不斷改變的消費者需求等。

這種視覺化呈現有助於確認公司需要先解決的風險。根據這個順序，並且結合在分析階段時所得到的觀點，公司可以依此來計畫後續的推出和下一步。

圖17：繪製風險圖



### COSO

COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission) 是一項聯合了五個私部門組織提供領導力思維的倡議，致力於透過企業風險管理、內部控制和詐欺遏止的架構和指引。

資料來源：[www.coso.org](http://www.coso.org)

### 3. 定義潛在行動路徑

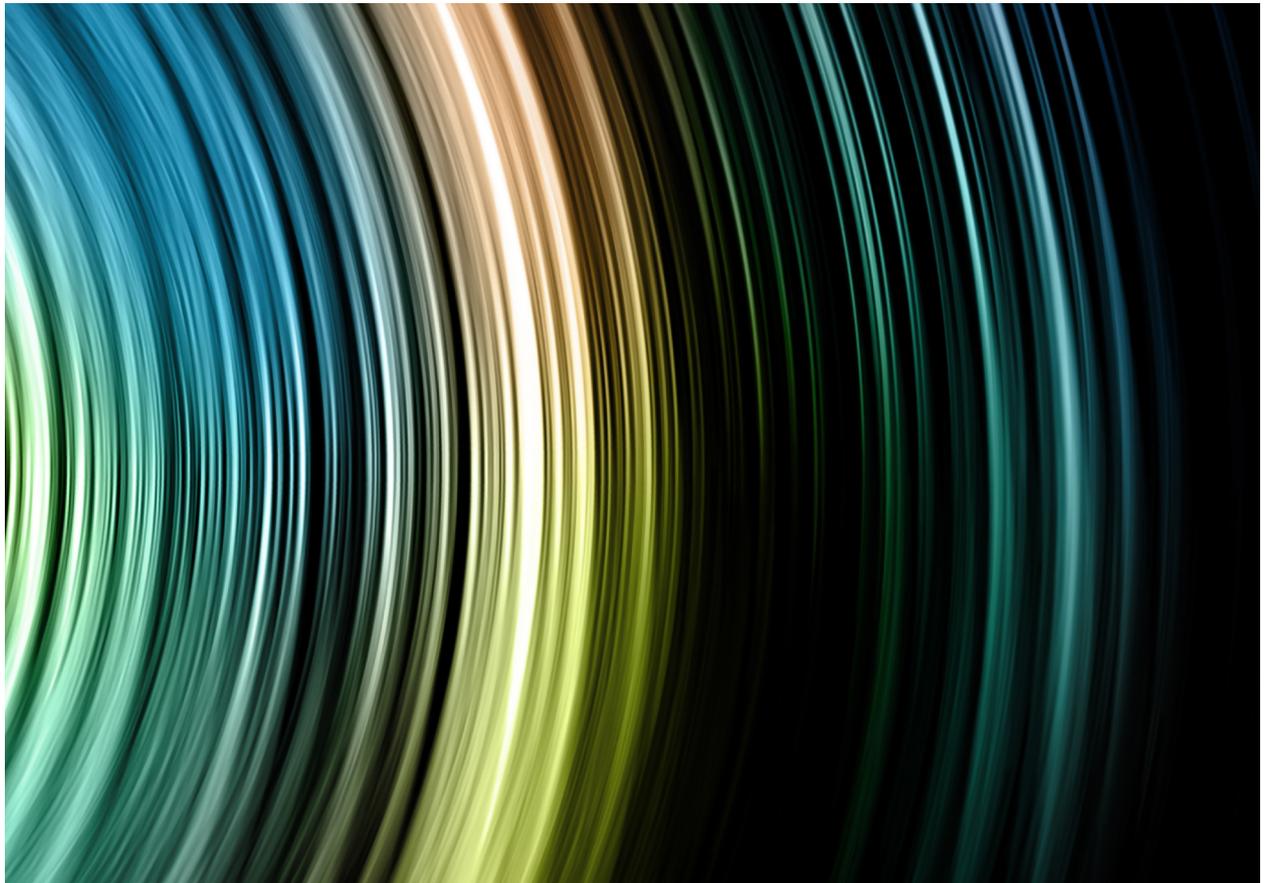
在此步驟中，公司應定義與評估潛在的行動路徑圖。此步驟旨在於利用步驟1所匯集的循環經濟情境觀點，結合在步驟2所探索的相關線性風險，來描述未來公司業務可能如何發展。

我們建議從「照舊營運」（BAU）的情況開始評估，亦即公司在未採取任何循環相關行動的情況下，業務將如何發展。

接著，公司可以利用BAU的情況作為基線，勾勒出採取不同行動的潛在行動路徑圖，以達到：

- 減緩已識別的線性風險
- 開發循環相關機會的潛在利益

公司可利用文字，以類似撰寫故事的方式，描述每項行動路徑圖如何改變公司未來，或是利用圖像以視覺化方式呈現，例如標示未來不同事件的時間軸。我們建議使用步驟1所定義的定量與定性的因子，以突顯出每項行動路徑圖能夠達成的效果。



## 連結循環解決方案與行動路徑圖

在前面的步驟中，公司辨識了：

1. 具有改善潛力的物質流（步驟5）
2. 涵蓋線性風險與循環機會的行動路徑圖

公司在評估物質流層級上最適當的循環解決方案時，應同時考慮這兩方面。在此階段，公司應與來自不同業務流程（例如來自產品開發、供應鏈、生產、商業模式，或是報廢處理）的利害關係人進行議合，以分析提出的解決方案會如何影響對應的CTI架構的物質流與指標。

一些公認可以改進CTI架構指標績效的循環解決方案包括：

### 針對輸入流

- 以非原生的替代料取代現有的線性輸入流
- 以再生的替代料取代現有的線性輸入流
- 以再生的替代料取代不能再生的生物資源（例如有永續管理認證的生物資源）
- 透過減輕產品重量減少資源用量
- 藉由優化、數位化、以服務取代實體產品（在某些產業稱為「服務化（servitization）」）及強化耐用性等方式，減少資源用量
- 透過最佳化養分的耗用（亦即避免產生食物浪費，以及利用資源耗用較少的替代料來取代養分/蛋白質）

### 針對復原再生潛能

- 重新設計以納入模組化設計、可拆解設計、使用單一材料（工業循環）以達到高回收度和/或生物可分解性和無毒性（生物循環）

### 針對實際復原再生

- 以產品即服務（product as a service）的方式或按次付費的方式銷售，以提高實際復原再生（工業循環）
- 透過購回/回收計畫提高實際復原再生（工業循環）
- 透過價值鏈的合作與夥伴關係，進行蒐集與回收計畫來提高實際復原再生
- 增加實際上會被耗用的部分的生物可分解輸出流（亦即避免廚餘或是提高保留價值）（生物循環）

### 以二次或再生取代原生輸入流

以二次輸入流或再生輸入流取代原生輸入流，以減少線性輸入流的質量。如果產品價格相同，指標的表現將會提高。

### 減輕產品重量

重量減輕的產品不會影響產品價格，因此不會影響公司的營收。如果從產品中（部分）移除的材料是由線性輸入流組成，那麼線性輸入流將會減少，如此一來可以讓循環材料的生產力提高。

### 將硬體數位化為軟體

如果除了硬體外也提供軟體，絕對的營收會增加。軟體可以為硬體提供更多的功能，或者可以取代部分或全部的硬體。如果（部分）是由線性流生產而成，那麼線性流就可以減少，進而提高循環材料生產力。

## 針對水循環度

- 以循環水取代線性水，例如第三方所提供的水，或是如果可以的話，使用設施自有製程所得之再使用廢水排放到當地流域時，提升對廢水的處理（於現場或是經由廢水處理設施），達到當地的法定水質標準
- 找到減少從當地流域將水輸出的替代方案（可以透過產品運輸、蒸發或排放到海中）

## 針對實際生命週期

- 設計產品的耐用度、重複使用性、可升級性和可修復性
- 鼓勵更長的使用年限的商業模式（例如：產品即服務）
- 為超出保固的產品提供可取得的技術服務和供給/備品
- 限制過時軟體，以提高電子產品的耐用度

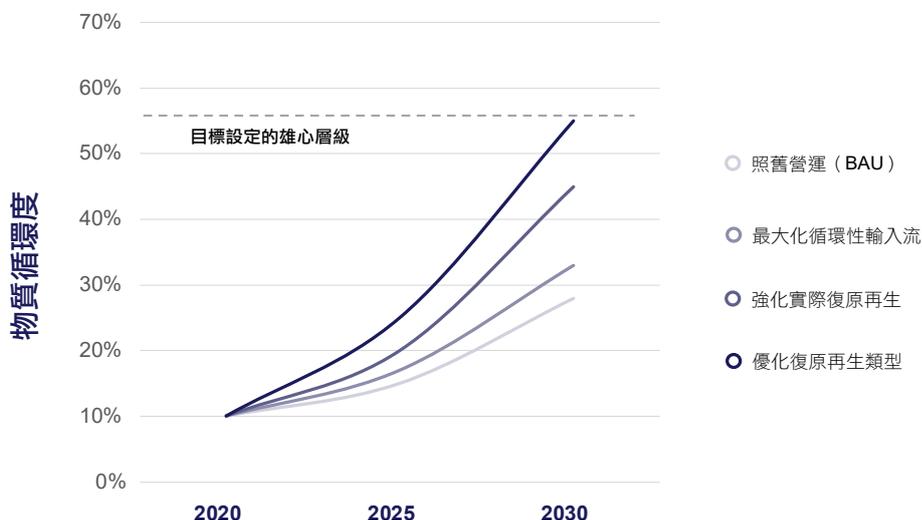
## 針對CTI營收

- 透過實施「針對輸入流」、「針對復原再生潛能」及「針對實際復原再生」的解決方案，改善產品組合的循環度
- （相較於循環度較低的產品）推動更具循環度產品的銷售

這份列表的內容並不詳盡，而且可能會隨著時間而擴增，不過這是一個好的開始，可以從中考慮可行的解決方案。本頁及下一頁所列的範例呈現出其中部分解決方案的樣貌。

藉由對物質流的改變作出假設，公司可以計算出每項行動歷程對物質循環績效的效果。如此一來，就有機會找出BAU情境（請參閱圖18）相關的潛在可改進的機會。<sup>32</sup>除此之外，公司可以利用該結果來定義出雄心層級，作為其策略目標設定的一部分。

圖18：行動路徑圖與物質循環度績效改善之比較



## 轉型為按次付費 (PAY-PER-USE) 的模式

將產品銷售模式轉變為按次付費模式的過程，循環材料的生產力會提高，因為這樣的商業模式可以讓產品具有循環性，讓付費成為服務（因此線性輸入流相較於產生的營收比例會下降）。

## 銷售更耐用的產品

這裡的假設是，品質更好的產品會更耐用，因此每件產品的價格應該可以提高。因此，如果線性材料的使用情形類似，與使用線性材料相關的相對營收將會提高。

## 循環機會：評估商業案例

在這個階段，公司會更清楚：

- 有助於公司採取行動的循環解決方案
- 透過使用解決方案，了解須優先考慮的風險與機會
- 具有改進潛力的物質流

透過評估商業案例，如選擇潛在選項或驗證預期的商業成果，會對企業有所幫助。WBCSD的[八個循環經濟商業案例報告](#)強調了循環商業的作法可以加速成長、提高競爭力並且降低風險。若要掌握循環機會，就必須呈現出商業案例。

原則上，循環商業案例與任何其他的商業案例一樣；但是在探討照舊營運的情境時，很可能會忽略掉一些循環商業案例的特性。因此，我們在下方列出了一些在評估商業案例的循環度時，需要考慮的相關因素。

### 1. 如同其他商業案例一般進行評估

第一步，是如同其他商業案例一般對其進行評估。如果已經有明確的案例，就可能不需要去證明循環所帶來的附加價值。

### 2. 考慮循環商業案例的潛在成本節省

- 節省的部分可能會與以循環性輸入流（再生或非原生）取代線性輸入流（原生且無法再生）有關。

成本節省 = 100%線性輸入流成本 - 現有輸入流成本

潛在成本節省 = 現有輸入流成本 - 100%循環性輸入流成本

- 節省的部分可能與更能保有或贏得客戶有關（透過「環保形象」，或是藉由產品及服務或購回/收回合約所培養出的長期關係），這可以降低行銷的成本。
- 節省的部分可能與更容易保留和吸引人才有關（來自循環商業中「目的」的驅策）。
- 節省的部分可能與避免損失有關（例如生物循環中食物浪費的養分損失，或是工業循環中的剩餘流再使用）。
- 節省的部分可能與廢棄物管理成本降低有關，因為資源可以復原再生和再使用。

### 3. 辨識營收的增加

- 循環度、便利與/或永續性帶來新客戶。
- 新市場區隔，因為相較於產品，客戶可以用較低的起始金額投資服務（按次付費模式）。
- 新營收與廢棄物流及（副）產品高度保值有關。

### 4. 預期並回應投資人對循環度日益提升的興趣

隨著投資人越來越意識到循環經濟所存在的機會，公司應主動向投資人傳達對於循環經濟的承諾，並在投資人與公司接觸時，準備好展示自己的成效。

### 5. 以長遠的角度考慮

產品即服務或是以舊換新的服務，是以長期服務的合約或購回/收回的方式來進行。採用這些商業模式可以穩定長期的利潤，並提高未來現金流的可預測性。

- 藉由保有產品的所有權或是重新取得其使用權，公司可以確保未來在供應上沒有問題，並可對抗未來資源輸入流的價格波動。

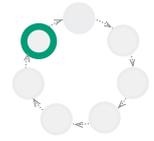
隨著社會朝向循環經濟轉型，我們未來有機會看到在成本節約、獲利能力和法律要求上有所改變（請同時參考情境規劃的章節）。

### 完整性檢查：確保循環經濟是實現永續發展的方法

當成為具規模的循環經濟時，為了避免產生不利其他目標的外部性，很重要的一點在於，公司要確保在積極追求循環度時避免眼光狹隘，要能考量在永續性上更廣泛的影響。我們可以同時運用循環績效評估、環境和社會生命週期評估（life cycle assessment, LCA）和其他工具，來實踐整個概念。LCA和其他與產品相關的指標，仍是評估或比較不同產品之間循環度的主要工具。在執行這些動作時，務必以當地的情況評估中間的步驟，找出最適合的解決方案。如此可確保公司瞭解在分析循環策略對於不同的環境和社會影響和依賴性時，可能存在的潛在取捨。



## ⑦ 應用 規劃與行動



在分析好結果、排定了風險和機會的優先順序、評估循環解決方案並定義好商業案例後，下一步是訂定改善目標，並執行相關的行動。

### 訂定目標

有了分析的基礎，可以改進的潛在機會變已昭然若揭。此外，在決定優先順序的階段時，我們已經找出了要處理的風險和機會。結合這兩資訊，可提供制定SMART目標時所需的相關證據。

### 展開行動

為了實現目標，我們必須有所行動。儘管是由公司來進一步定義每個目標的具體行動，不過以下是一些需要考慮的要素。

### 訂定需要執行的行動

目標可提供我們所需要行動的方向。就如分析章節以及下表的第一欄所述，有一些例子可以說明可以採取的行動方向。公司可以根據公司的屬性和分析結果，決定是否要進一步制定出特定的行動。

### 訂定行動的時間表

公司應藉由回推時間來制定行動計劃。考慮到目標的時限，公司可以根據藍圖來訂出中間的目標與行動。很重要的一點在於要在藍圖中訂出時間表，以確保評估的週期與中間的目標時間一致。

### 訂定需要由誰來行動

為了確保有所行動，我們必須確定有人負責推動。下表列出了來自分析階段可以採取的行動，以及相關的內部部門、需要考慮的外部單位以及執行行動時要考慮的因素。

### 評估所訂定目標的行動與進展

很重要的一個概念在於，要體認到此步驟不是循環轉型指標架構中的最後一個階段。如圖19所示，循環中的每個流程步驟彼此相互依循，這個階段將前進到界定範疇階段，以展開下一次的評估，同時監測在運用階段中執行目標改進的情況。

下方的表5提供了在規劃與推出之前所討論的一些循環解決方案時，其他可以考慮的因素。

### SMART目標

**特定 (Specific)**：一次只著重指標的一項因素（分別針對%非原生輸入流和%再生輸入流訂定各別目標）

**可衡量 (Measurable)**：著重於架構中可以掌握的可量化目標

**積極但是可達成 (Ambitious yet achievable)**：根據在規劃階段中所評估的企業可控制能力，將重點放在大幅依賴內部因素的目標，以確保能夠達成

**相關的 (Relevant)**：根據分析，將重點放在最相關領域中的目標（也就是最大的物質流或是最關鍵的材料）

**有時限的 (Time-bound)**：訂定達到目標的期限，並依此規劃評估的週期

圖 19：流程週期



表 5：在規劃與採取循環解決方案時，需要考慮的因素

相關部門	其他須考慮的團體	執行時的考量	目標範例	行動範例
<b>以再生輸入流取代，減少線性輸入流</b>				
永續採購 產品設計 產品管理 研發	供應商 認證機構	供應商	在2023年前推出以天然材料製作的全新服裝系列	探討認證機構如何認定永續與土地利用，並探索認證材料的功能性
<b>以二次輸入流取代，減少線性輸入流</b>				
永續採購 產品設計 產品管理 研發	供應商	永續性 技術可行性 客戶接受度 功能性	產品類別X應該在2025年前含有40%的回收材料	與供應商討論技術是否可行且是否能夠使用  必要的話，更換供應商
永續 產品設計 產品管理 研發	客戶	功能性 客戶接受度	在2025年之前將產品類別X的生命週期延長一倍	與設計部門討論技術上的可行性  研究使用者在使用產品上的瓶頸（亦即技術上的限制、流行、狀態等）
<b>透過將產品設計優化（模組化、可拆解、單一材料的生物可分解性），提高潛在的復原再生量</b>				
永續 產品設計 服務與維護 產品管理 研發	客戶 供應商	技術的可行性 經濟上的可行性	在2022年前將60%的生產瓶罐以單一材料製成  在2025年前藉由改善產品包裝減少20%的食物殘留	更換供應商 與供應商共同研究
永續採購 產品設計 研發	客戶 供應商	技術的可行性 經濟上的可行性	確保「混合式產品」中所有的技術材料都以生物可分解的替代料取代	要求供應商了解生物可分解的替代料（依據經濟合作暨發展組織）
<b>透過保有擁有權或購回/收回計畫，提高實際的復原再生量</b>				
永續 產品設計 業務 客戶管理 客戶關係 服務與維修 法務 產品管理	客戶 財務人員	涉及的財務問題，例如在資產負債表與現金流上的呈現  涉及的法務問題	在2025年之前，30%高價資產產生的營收應來自於按次付費的模式	與一家供應商試行收回的物質流  進行市場調查，以了解客戶需求以及新模式的門檻

**透過與價值鏈中第三方設立取回/購回或回收的計畫，提高實際的回收量**

永續 產品設計 業務 客戶管理 客戶關係 產品管理 研發	客戶 供應商	與其他單位合作的 形式	在2023年前建立一個將所有 新售出手機取回或購回的計畫	與一間整新公司簽訂合約
永續 客戶管理 客戶關係 行銷	客戶	與其他單位合作	與零售商建立起一個計畫， 提供即期食品折扣，利用消 費達到高保值度	尋找專案合作夥伴

**透過投資與公共計畫宣導，提高實際復原再生量**

永續 公關	客戶 公家機關	可以達成的影響性	在2025年前於95%的抵減市 場中支持公共計畫宣導	與同業共同宣導
----------	------------	----------	-------------------------------	---------

**透過投資與公共計畫宣導，提高實際復原再生量**

公用事業/工程 採購 產品品管 製造設施管理 公共事務 政務	當地流域的利 害關係人社區 全市的廢水服 務供應商 大學/研究 機構 民間團體 監管機構	消費者接受度（口 味、安全） 流域的水平衡 遵循監管許可
-----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

# CTI詞彙表

## **%物質循環度 (%material circularity)**

針對特定產品（一個產品群或產品組合）、事業體或公司的%循環性輸入流和%循環性輸出流的加權平均。

## **生物可分解輸出流**

### **(Biodegradable outflow)**

微生物可分解並降解為有機分子的物料或物質（例如透過堆肥和厭氧消化），讓生命系統可以進一步利用的流出。<sup>33</sup>產品只有在其毒素或有害物質的等級低於公認的門檻值（例如搖籃到搖籃認證產品計畫第四版草稿限用物質清單（Cradle to Cradle Certified Products Program, DRAFT v4 Restricted Substances List, RSL））才可被視為是生物可分解物質。公司可以參考現有的生物分解性和可堆肥性測試標準，例如OECD（經濟合作暨發展組織）、國際標準組織（International Standards Organization, ISO）或荷蘭皇家標準協會（The Royal Netherlands Standards Institute, NEN）等。

## **副產品 (By-products)**

主要產品物料製程中非預期但無法避免的額外物質流。

## **協同處理 (Co-processing)**

同步使用剩餘的廢料作為礦產資源的來源（物料回收），以及當作單一工業製程中替代化石燃料的能源。在協同處理的過程中，廢料的礦物部分取代了主要材料（例如石灰石、黏土或鐵），可燃的部分則提供工業過程中所需的能源（例如生產水泥）。

## **循環經濟原則 (Circular economy principles)**

- 透過設計減少廢棄物與污染
- 充分利用產品與物料
- 使自然系統重生

## **循環性輸入流 (Circular inflow)**

輸入流的物質為：

- 再生的輸入流（請參閱定義）並且以自然循環再生的速度使用之

或

- 非原生

## **循環性輸出流 (Circular outflow)**

輸出流的物質為：

- 確保產品和物料具有完整的復原再生潛能，產品以可延長其經濟壽命的方式進行設計和處理

以及

- 可證實的復原再生

## **循環績效 (Circular performance)**

一個產品（群）、事業體的多維結果，其中包括%循環度（%循環性輸入流和%循環性輸出流）和至少一個其他的CTI指標。該指標可以是三個模組中的任何一個。

## **CTI營收 (CTI revenue)**

產品（群或組合）、事業體或公司產生的收入乘以其%循環度。

## **公司邊界 (Company boundary)**

組織的實際或行政邊界，與財務以及永續報告的範圍一致。

## **降級回收 (Downcycling)**

以「最終產物的（經濟）價值低於原有產品的方式」<sup>34</sup>回收。它意味著物料/產品失去原有的特性，無法以其前一個週期相似的功能使用（同等功能）。降級回收通常用來描述產品的材料特性、降解的程度，或者在金屬上指金屬變得純，而導致經濟價值降低。<sup>35</sup>

## **耐用度 (Durability)**

耐用度意指在特定的使用、維護和修復條件下，依所要求的發揮其功能之能力，直到發生限制事件使其停止發揮作用。

## **同等功能 (Functional equivalence)**

在功能上具有「等同（或相同）狀態或特性」。<sup>36</sup>

在CTI內文中，同等功能的定義指輸出流（產品、產品零件、廢棄物流等）經由設計，將技術上可行而且具經濟價值的部分重新帶回輸入流（作為材料、產品零件等），同時保有與前一個週期相似的功能。例如，可以將手機的塑料回收作為廚房用具，因為其強度和美觀上的特性是相同的。

## **輸入流 (Inflow)**

進入公司的資源，包括物料、零件或產品（視公司在供應鏈中的位置而定）。不含水與能源，這兩者有屬於各自的具體指標內容。

## **線性輸入流 (Linear inflow)**

原生、非再生的資源

**線性輸出流 (Linear outflow)**  
不能歸類為循環的輸出流。這意味著輸出流為：

- 設計上以及組成材料不具復原再生潛能
- 或
- 既沒有可證實的復原再生也沒有流回經濟體系中。

### **線性風險 (Linear risk)**

線性商業實踐所曝露的影響—使用稀有和非再生資源、強調銷售新產品、無法創新或調適—這將對公司營業許可造成負面的影響。<sup>37</sup>

### **非原生輸入流 (Non-virgin inflow)**

以前使用過的 (二次) 輸入流，例如回收材料、二手產品或翻新組件。

### **輸出流 (Outflow)**

離開公司的物質流，包括材料、零件、產品、副產品和廢棄物流 (取決於公司在供應鏈中的位置)。

### **復原再生 (Recovery)**

在技術與經濟上可行的情況下，透過再利用、修復、翻新、轉換用途、再製造、回收利用或生物分解，使養分、化合物、材料、零件、組件甚至產品 (視組織而定) 達到同等功能的程度。

不包含來自廢棄物的能源回收和任何不符合第39頁所列標準的生物循環廢棄物。

### **復原再生類型 (Recovery types)**

不同形式的物料復原再生，例如 (依照艾倫·麥克亞瑟基金會 (Ellen MacArthur Foundation) 的循環經濟系統圖<sup>38</sup>或蝴蝶圖中的再循環圈的順序)：

#### **再使用 (Reuse)**

在不改變產品或其功能的情況下，將產品的生命週期延長到超出其原有設計的長度。

#### **修復 (Repair)**

在產品破損或損毀後，將其恢復以延長產品的生命週期，且不改變產品或其功能。

#### **翻新 (Refurbish)**

透過大幅修復 (可能經由更換零件) 來延長產品的生命週期，且不改變產品的功能。

#### **再製造 (Remanufacture)**

將產品分解到零件等級後重組 (必要時更換組件) 到如新的狀態，並且可能造成產品功能改變。

#### **回收 (Recycle)**

將產品還原到材料等級，從而可以在新產品中使用這些材料。

### **生物分解 (Biodegrade)**

微生物 (細菌和真菌) 在有氧的情況下分解有機物，產生具高含量有機物 (腐殖質) 的土壤。

### **重生 (Regenerative)**

具有恢復物質資源和改善生態系健康的能力，以確保具有生產力和其他好處 (例如碳捕捉、生物多樣性和其他生態系服務)。請注意，重生不光只是保持自然系統的現狀，因為系統的狀態可能已經不如最初始的狀態。<sup>39</sup>

### **再生輸入流 (Renewable inflow)**

永續管理的資源，最常見的是國際認可的認證計劃，如森林管理委員會 (Forest Stewardship Council, FSC)、森林驗證認可計畫 (Programme for the Endorsement of Forest Certification, PEFC)、棕櫚油永續發展圓桌會議組織 (Roundtable on Sustainable Palm Oil, RSPO) 等<sup>40</sup>，也就是在提取後，透過自然成長或是使用相同的速率進行補足，使其恢復到原有的庫存量。也因此，它們的補足/再生速度會比採收/提取的速度快。<sup>41</sup>

### **原生輸入流 (Virgin inflow)**

過去未曾使用或耗用的 (初級) 輸入流。

# 註釋

<sup>1</sup> 根據循環經濟（Circular Economy）的2020年循環差距報告（Circularity Gap Report），指出目前世界上只有8.6%的經濟是循環的。更多訊息，請參閱 <https://www.circularity-gap.world/2020>。

<sup>2</sup> 循環經濟（Circular Economy）（2020）。2020年循環差距報告（Circularity Gap Report 2020）。摘自：<https://www.circularity-gap.world/2020>。

<sup>3</sup> 根據WWF 2012年地球生命力報告（Living Planet Report 2012）。

<sup>4</sup> WBCSD（2018）。循環指標形勢分析（Circular Metrics-Landscape Analysis.）。世界永續發展協會（World Business Council for Sustainable Development, WBCSD）。摘自：<https://www.wbcd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Metrics-Measurement/Resources/Landscape-analysis>。

<sup>5</sup> 艾倫麥克阿瑟基金會（Ellen MacArthur Foundation）（2020）。材料循環指數（Material Circularity Index）。摘自：<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/material-circularity-indicator>。

<sup>6</sup> 循環經濟（Circular Economy）（2020）。2020年循環差距報告（Circularity Gap Report 2020）。摘自：<https://www.circularity-gap.world/2020>。

<sup>7</sup> 更多資訊，請參閱[Circular IQ—般服務條款](#)。

<sup>8</sup> 歐盟委員會（n.d.）。關鍵原料（“Critical raw materials”）。摘自：[ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en)。美國地質調查局（United States Geological Survey, USGS）（2018）。「2018年內部發布了對美國國家安全和經濟至關重要的35種礦物的最終清單」。摘自：[www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and](http://www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and)。

<sup>9</sup> 有關產品生命週期和產品生命週期延長對循環經濟的影響的更多背景資訊，請參閱[長期觀點：探索產品生命週期延長](#)。

<sup>10</sup> 根據長期觀點：探索產品生命週期延長的定義（第14頁）。

<sup>11</sup> 參閱歐盟委員會的[永續產品生態設計法規提案](#)（第45頁）。

<sup>12</sup> Alfieri, F., Cordella, M., Sanfelix, J., & Dodd, N. (2018). “An approach to the assessment of durability of energy-related products”. Procedia CIRP, 69, 878-881.

<sup>13</sup> 參閱歐盟委員會的永續產品生態設計法規提案（第100頁）。

<sup>14</sup> 欲了解更多背景資訊，請參閱WBCSD願景2050：轉型時機（Vision 2050: Time to Transform）。

<sup>15</sup> 歐盟委員會（n.d.）。關鍵原料（“Critical raw materials”）。摘自：[https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en)。美國地質調查局（United States Geological Survey, USGS）（2018）。「2018年內部發布了對美國國家安全和經濟至關重要的35種礦物的最終清單」。摘自：[www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and](http://www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and)。

<sup>16</sup> 參閱IRENA國際再生能源局（International Renewable Energy Agency），網址：[www.irena.org/](http://www.irena.org/)。

- <sup>17</sup> 歐盟委員會 (n.d.)。「關鍵原材料」(“Critical raw materials”)。摘自：[ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en)。
- <sup>18</sup> 美國地質調查局 (United States Geological Survey, USGS) (2018)。「2018年內部發布了對美國國家安全和經濟至關重要的35種礦物的最終清單」。摘自：[www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and](https://www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and)。
- <sup>19</sup> 根據長期觀點：探索產品生命週期延長定義 (第14頁)。
- <sup>20</sup> 參閱歐盟委員會的永續產品生態設計法規提案 (第45頁)。
- <sup>21</sup> Alfieri, F., Cordella, M., Sanfelix, J., & Dodd, N. (2018). An approach to the assessment of durability of energy-related products. *Procedia CIRP*, 69, 878-881.
- <sup>22</sup> 參閱歐盟委員會的永續產品生態設計法規提案 (第100頁)。
- <sup>23</sup> 參閱歐盟委員會的永續產品生態設計法規提案 (第100頁)。
- <sup>24</sup> 長期觀點：探索產品生命週期延長。
- <sup>25</sup> Emissions factor PET virgin content: Bourgault, G., market for polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, RoW, Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.8; Emissions factor PET recycled content: Kägi, T., market for polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, recycled, RoW, Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.8
- <sup>26</sup> 參閱循環經濟 (Circular Economy) 的2018年循環差距報告 (2018 Circularity Gap Report)。
- <sup>27</sup> 參考循環設計—循環經濟中的產品 [Circular by design – Products in the Circular Economy](https://www.cradletogether.com/insights/circular-by-design-products-in-the-circular-economy)。
- <sup>28</sup> 參考「循環經濟驅動的生命週期延長策略」“[Circular Economy driven lifetime extension strategies](https://www.cradletogether.com/insights/circular-economy-driven-lifetime-extension-strategies)”。
- <sup>29</sup> Emissions factor for aluminum virgin content: Bourgault, G., market for aluminium, cast alloy, GLO, Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.8; Emissions factor for aluminum recycled content: Wu, L., treatment of aluminium scrap, post-consumer, by collecting, sorting, cleaning, pressing, RoW, Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.8 & Wu, L., treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner, RoW, Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.8
- <sup>30</sup> WBCSD (2018)。線性風險 (Linear Risks)。摘自：<https://www.wbcscd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/Linear-Risks>。
- <sup>31</sup> Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO) and WBCSD (2018). Enterprise Risk Management: Applying enterprise risk management to environmental, social and governance-related risks. Retrieved from: [www.coso.org/Documents/COSO-WBCSD-Release-New-Draft-Guidance-Online-viewing.pdf](https://www.coso.org/Documents/COSO-WBCSD-Release-New-Draft-Guidance-Online-viewing.pdf).
- <sup>32</sup> Schulz-Mönninghoff, M., Neidhardt, M., Niero, M. (2022). What is the role of company-level circular economy indicators in an organization? A case study for electric vehicle batteries. Submitted.
- <sup>33</sup> 根據從搖籃到搖籃產品創新研究所 (Cradle to Cradle Products Innovation Institute) (2016) 的定義。搖籃到搖籃認證 – 產品標準 [Cradle to Cradle Certified – Product Standard](https://www.cradletogether.com/insights/cradle-to-cradle-certified-product-standard)。
- <sup>34</sup> 根據Merriam-Webster的定義，網址：<https://www.merriam-webster.com/dictionary/downcycle>。
- <sup>35</sup> Campbell, K., Johnston, W., Vermeulen, J.V., Reike, D., Brullot, S. (2020). The Circular Economy and Cascading: Towards a framework. *Resources, Conservation & Recycling: X*, vol. 7, September 2020, 100038.
- <sup>36</sup> 根據Merriam-Webster的定義，網址：<https://www.merriam-webster.com/dictionary/equivalence>。
- <sup>37</sup> Circle Economy, PGGM, KPMG, European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) and WBCSD (2018). Linear Risks. Retrieved from: [docs.wbcscd.org/2018/06/linear\\_risk\\_report.pdf](https://docs.wbcscd.org/2018/06/linear_risk_report.pdf).
- <sup>38</sup> 參閱艾倫·麥克阿瑟基金會的循環經濟資訊圖表：<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>。
- <sup>39</sup> 定義改編自艾倫·麥克阿瑟基金會：<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>。
- <sup>40</sup> 例如，森林管理委員會 (Forest Stewardship Council, FSC) 和可持續棕櫚油圓桌會議 (Roundtable on Sustainable Palm Oil, RSPO) 認證。
- <sup>41</sup> 根據經濟合作與發展組織 (OECD) 的定義。摘自：[stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2290](https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2290)。

## 免責聲明

本報告以WBCSD的名義發行。如同其他的報告，它是WBCSD員工和會員企業的專家共同努力的成果。Factor10 Circular Metrics工作流程的參與者審查了草稿，確保該文件可以代表大多數Factor10成員的意見，然而這並不意味WBCSD的每個會員企業都同意所有內容。請注意本報告公佈的資料日期為截至2022年4月為止。

## 致謝

### WBCSD Circular Economy

Maayke Damen | Director, Circular Economy

Irene Martinetti | Manager, Circular Economy (Project lead)

### 共同作者

Brendan Edgerton, Carolien Van Brunschot, Suzanne Kuiper

WBCSD感謝下列公司提供他們的觀點，並與我們合作。

### 循環轉型指標架構開發夥伴KPMG

Arnoud Walrecht  
Suzanne Kuiper (Co-author)

### CTI軟體開發夥伴

Roy Vercoulen  
Niels van der Linden  
Rolf Gelpke

### 循環轉型指標工作組成員

Roland Dubois, Marie-Sofie Seger, Marie Helene Westholm Knebel, ABB Ltd.; Michele Del Grosso, Aptar; Elif Ozkan, Simge Var, Arcelik; Talke Shaffranek, Sumana Roy BASF; Meryl Wingfield, Jaimin Jethwa, BP International; Michel Manuel, Lisa-Marie Rehmann, Magnus Schulz, Michael Schnell, Mercedes-Benz Group AG; Simon Jespersen, Peter Goossen, Rich Helling, Dow Chemical Company; Roy Vissers, Royal DSM; Scott Oram, Mike Allen, Joe Yalley-Ogunro, GlaxoSmithKline (GSK);

Akito Tanihata, Masayuki Narita, Yuichi Aoyama, Honda Motor Co. Ltd.; Michael Hershkowitz, International Flavors & Fragrances, Inc.; Suzanne Kuiper, Arnoud Walrecht, Julius Groenendaal, KPMG; MinJung Alice Kim, Victor Yoo, LG Chem; Wendy Phippen, Cintia Gates, Christopher Seely, Julian Wilmouth, Microsoft; Harald Tepper, Sophie Thornander, Nishant Parekh, Laurens Broekhof, Royal Philips N.V.; Bas Ruter, Björn Aarts, Rabobank; Krisada Ruangchotevit, Poramate Chairat, Siam Cement Group Thailand; Zeren Browne, Security Matters; Alissa Cotton, Albert Janssen, Shell; Erica Ocampo, Elise

Gauthier, Sims Limited; Dominique Debecker, Isabelle Gubelmann-Bonneau, Solvay; Roy Antink, Collander, Kenneth, Riikka Paarma, Stora Enso; Jean-Pierre Maugendre, Suez; Catherine Chevauché, Mathieu Tolian, Veolia; Roberta Bernasconi, Whirlpool.

### 循環衡量指標顧問委員

François Saunier, Manuel Margni, CIRAI; Jacco Verstraeten-Jochemsen, Circle Economy; Christina Raab, Stephanie Connolly, Cradle2Cradle Innovation Institute; Jarkko Havas, Ellen MacArthur Foundation; Anna Krotova, Global Reporting Initiative (GRI); Arthur Ten Wolde, MVO Nederland, Rikka Leppanen, Kari Herlevi, SITRA; David McGinty, Platform for Accelerating Circular Economy (PACE).

### 循環轉型指標顧問委員

François Saunier, Manuel Margni, CIRAI; Jacco Verstraeten-Jochemsen, Qianying Huang, Circle Economy; Christina Raab, Cradle2Cradle Innovation Institute; Jarkko Havas, Julia Hunt, Ellen MacArthur Foundation; Harold Pauwels, Global Reporting Initiative (GRI); Arthur Ten Wolde, MVO Nederland, Rikka Leppanen, Kari Herlevi, SITRA; David McGinty, Platform for Accelerating Circular Economy (PACE).

### 循環轉型指標生物經濟工作組

Anisa Bear, Gabriela Burian, Priya Sudarsanam, Bayer; Alexander Meyer Zum Felde, BCG; Jesus Lopez, Erik McMillan, BP; Catherine Barth, Circular Norway; Agnes Martin, Merijn Dols, Danone; Ralf Kelle, Evonik; Christine Crosby, Markus Hurschler, Foodways; Thomas Mueller-Kirschbaum, Henkel; Catarina Englund, Ingka Group; Sophie Beckham, James McDonald, International Paper; Brigitte Campfens, KPMG; Simone Weinstein, Provision Coalition; Tom Oldfield, Olam, Outi Marin, Smurfitkappa, Shubhra Verma, student, Yale University;

### 循環轉型指標水工作組

Tom Williams, WBCSD, Nick Martin, BiER; Oliver Maennicke, Independent Consultant; Alistair Wyness, BP; Jader Loureiro Cravo, Heineken; France Guertin, Dow; Andre Fourie, AB InBev; Deniz Dogan, The Coca-Cola Company; Natalia Quisel, Veolia; Duncan Wall, Diageo; Beth Holland, Aptar.

WBCSD感謝下列人員對此報告的貢獻：

內容：Ryan Maloney, Seng Zhen Lee, Florian Guy

審稿：Danielle Carpenter

設計：Ana Macau, Emmanuel Doffou

## 關於循環轉型指標計畫

近年來，循環經濟逐漸成為追求永續經濟成長的新模式。為使企業能夠評估循環績效，我們需要一套一致的量測流程與指標。因應此需求，我們聯合了會員與利害關係人，發展出一個可量測循環度的通用架構。「循環轉型指標」(Circular Transition Indicators, CTI)是一個透明、客觀且不斷更臻完善的架構，可應用在所有產業、規模、價值鏈定位與地域上。更多資訊請參考以下連結：<https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Metrics-Measurement>

## 關於世界企業永續發展協會

世界企業永續發展協會(WBCSD)是全球首屈一指由200多家世界領導性的永續發展企業組成的CEO社群，共同致力於加速實現淨零、自然正向及更公平的未來所需的系統轉型。

為此，我們邀請企業和其他領域的高階管理人員和永續發展領導者，就我們目前面對的綜合性氣候、自然和不平等方面的永續發展挑戰，分享其中障礙和機會的實用見解；藉由這些見解共同開發CEO入門指南(“how-to” CEO-guides)；提供科學基礎的目標指引，包括準則和協議；並透過開發工具和平台來幫助領導企業在永續發展方面推動綜合行動，以應對跨部門和地理區域的氣候、自然和不平等的挑戰。

我們的會員企業來自所有產業和所有主要經濟體，其代表了超過8.5兆美元的總收入與1900萬名員工。我們的全球網絡由近70個國家企業協會組成，為我們的成員提供了無可比擬的全球影響力。從1995年開始，WBCSD就具有獨特的優勢，可以與價值鏈上與跨價值鏈的成員公司合作，為最具挑戰性的永續發展問題，提供具影響力的商業解決方案。

我們將齊心協力為企業的永續發聲：我們的願景是在2050年之前，讓超過90億人在地球上過著幸福無虞生活。

請在[LinkedIn](#)及[Twitter](#)關注我們  
[www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org)

## 版權

Copyright © WBCSD,  
May 2022.

## 出版致謝

---

本刊物之正體中文版翻譯由社團法人中華民國企業永續發展協會執行，並經以下審議委員共同審核完成：

吳家鈴 經理	永豐餘投資控股股份有限公司ESG辦公室
吳澤欣 永續長	華碩電腦股份有限公司
李銘松 部長	長春集團總管理處環安衛本部
林俊旭 研究員兼副主任	中華經濟研究院綠色經濟研究中心
林泉興 執行副總經理	KPMG安侯永續發展顧問股份有限公司
陳怡中 資深經理	台灣水泥總經理室
蔡振球 環境技術總監	工業技術研究院綠能所
魏憶琳 經理	友達光電股份有限公司永續管理部

(依姓氏筆畫順序排序)

感謝以下企業支持本刊物之出版：

主力支持



安侯建業

特別支持



國泰金控

Cathay Financial Holdings

贊助支持

Deloitte.

勤業眾信



金寶電子

Kinpo Electronics, Inc.



循環轉型指標3.0：由企業制定的企業專用衡量指標

---

原著書名：Circular Transition Indicators v3.0 – Metrics for business, by business

發行人：施崇棠

譯者：張嘉麟

編輯校閱：莫冬立、廖承甄、張凱評、陳科里、蘇亭羽、黃冠鈞、鄭凱鴻

發行單位：社團法人中華民國企業永續發展協會

聯絡地址：台北市中山區中山北路二段112號9樓之3

連絡電話：02-77028599

網址：www.bcsd.org.tw

電子信箱：tbcSD@bcsd.org.tw

出版日期：2022年7月22日

I S B N：9789579317290 ( PDF )

---

### 聲明

本書編輯過程，相關人士均已善盡義務，對於本書內容差異、錯誤或疏漏，請以WBCSD網站（<https://www.wbcd.org/Programs/Circular-Economy/Metrics-Measurement/Resources/Circular-Transition-Indicators-v3.0-Metrics-for-business-by-business>）所發布的原文版本為最終參考依據。

世界企業永續發展協會

日內瓦、北京、德里、倫敦、紐約、新加坡

[www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org)

