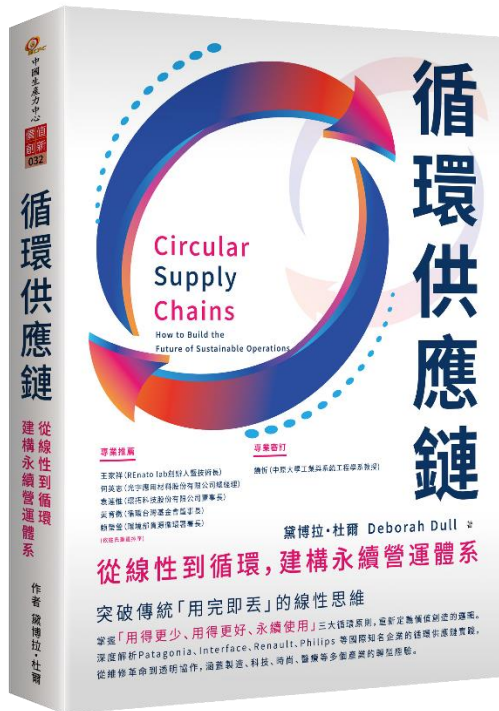




循環供應鏈

從線性到循環，建構永續營運

前言

這是一個你不陌生的日常場景——拿著一杯提神的外帶咖啡，開始一天的生活。這個為便利而生的容器，在你享受咖啡的短暫時光後便被丟棄。身為消費者，你或許曾對這些一次性咖啡杯的歸宿有所感觸，甚至見識過由廢棄物轉化的藝術創作。然而，當你再次拿起這只杯子時，可曾想過這個看似簡單的容器背後，究竟隱藏著怎樣的製造與供應鏈故事？

你的咖啡杯，藏著多少「供應鏈」祕密？

讓我們以一次性咖啡杯為例。構成紙杯的漿料，其源頭是一棵樹木，歷經砍伐、漂白、印刷與成型等多道工序。而塑膠杯蓋，則脫胎於油田，在煉油廠提煉加工後，於工廠中塑造成形。至於咖啡豆，極有可能在遙遠而理想的種植地被精心栽培，隨後經過採摘、加工、跨洋運輸、烘焙、研磨，最終才能為你沖泡。現代供應鏈的精妙運作，使得來自全球各地的咖啡，幾乎能在世界任何角落被品味。

你手中的這杯晨間咖啡，每個組成都穿越了數萬英里、歷經多次轉手，每個環節也都消

耗著可觀的資源。當我們將目光投向全球每日數十億杯咖啡的龐大消耗量時，很難不察覺其對環境造成的巨大影響。這不僅限於日常的咖啡杯，為了滿足我們對便利的慾望，地球資源被整個供應鏈不斷消耗，無一倖免。

顯然，當前的模式並非歷史必然，這個充斥著便利性與拋棄式思維的世界，是我們乃至前人共同塑造的。一次性咖啡杯僅是冰山一角，我們的整個經濟體系，都建立在「開採→生產→消費→丟棄」的線性模型上。你應該還記得，COVID-19 期間港口擁塞的亂象，赤裸裸地顯示全球供應鏈的脆弱與龐大規模，其複雜性與地理覆蓋之廣，遠遠超過我們所能想像。

以一條牛仔褲為例，其所有組件的價值流總計約四萬英里。一條褲子跨越多個國界，從原材料到最終消費者手中，可能需要經過六到七個層級。在漫長的運輸過程中，物品損壞、延誤等營運風險隨時可能發生。這種複雜的供應鏈並非牛仔褲獨有，更複雜的產品如汽車，其層級甚至多達二十個。這意味著每一個層級都在消耗地球資源，同時也為供應鏈的整體運作埋下潛在風險。

從生產線到生命線，供應鏈的下一場轉型

現今複雜的供應鏈結構，是各國專業化分工的長期發展結果。以日本的拉鍊大廠 YKK 集團為例，日本在二戰後推行專注於精密製造的產業政策，讓 YKK 得以深耕拉鍊生產，至今生產全球約 45% 的拉鍊，甚至也為其競爭對手供貨。這種為了專業化和成本節約的驅動，促使供應鏈將生產環節分散至世界各地，再透過價格實惠的全球海運網路串連起來，這也奠定了我們當前經濟模式的基礎。展望未來，種種問題已浮上檯面，過去百年所建立的經濟模式正逐步走向崩解。我們使用資源的速度，早已超越地球的再生能力；所產生的廢棄物，也遠超現有技術的處理與再利用範疇。我們必須重新思考供應鏈如何取得其投入資源，而真正的關鍵，在於重新看見被丟棄物品的價值——哪怕是一只咖啡杯，也不應被視為無用之物。

本書的核心理念，是改變我們看待供應鏈的方式。我們不應再將供應鏈視為一條從自然

界提取資源、最終導向垃圾場的單行道，而是要將其重塑為一個循環系統，讓材料與產品持續發揮價值。這代表，即使是一次性咖啡杯，也不再只是廢棄物，而是一項仍具潛力的資源。

內文精選

01 線性經濟的興衰

20 世紀初一個寒冷的冬夜，在日內瓦一間燈光昏暗的房間裡，一群來自全球主要燈泡製造商的商人圍攏在桌旁，他們的臉龐被正在討論的產品照得發亮。他們並不知道，這場會議將為一個世紀的消費主義埋下種子，也將永遠改變工業歷史的進程。歡迎來到 1925 年 1 月成立的太陽神卡特爾集團 (Phoebus cartel) ——這是計畫性淘汰 (planned obsolescence) 策略的誕生地。你可能會好奇，一個燈泡怎麼會對今日經濟造成如此深遠的影響？因為這群人決定縮短燈泡壽命的協議，開啟了「用完就丟」的時代，從根本上改變了產品製造與消費的規則。

當時，燈泡雖是市場上較新且受歡迎的產品，但銷量不足以讓這些企業持續經營。在破產的威脅下，這些商人想方設法，最終將目光投向了一個看似悖德、卻能確保利潤的方案：人為地降低產品的壽命。當時的燈泡使用期限約為 2,500 小時，但卡特爾集團卻認為燈泡壽命過長，不足以帶來足夠的銷售額。他們的解決方案大膽且具爭議性：人為地將燈泡壽命縮短至 1,000 小時，同時提高價格，迫使消費者只能選擇更昂貴、壽命卻更短的產品。這起事件，以及其後企業藉由計畫性淘汰追求成長的策略，不僅改變了燈泡產業，也為當今以消費為核心的經濟模式，奠定了深遠的基礎。

而這場事件並非孤例，類似的產業協議也陸續在全球各地出現。在德國，聯合燈泡工廠銷售處 (Verkaufsstelle Vereinigter Glühlampenfabriken) 與卡特爾集團合作，聯手掌控歐洲市場；日本的製造商成立東京電氣聯盟，與美國通用電氣建立合作關係，並採取相似策略。這些企業逐步發展出一套可複製的成長模式——透過設計產品的有限壽命，來刺激消費與銷售，

並將這套模式擴展至全球市場。這些事件，開啟了「拋棄式文化」的時代。企業不再追求產品的耐用性，而是刻意縮短其使用壽命，以確保消費者會持續回購。這個看似違反常理的做法，不僅在燈泡產業取得成功，更迅速被各行各業廣泛採用，從此改變了商業模式與消費習慣。

從大蕭條到全球消費文化的誕生

1929 年的華爾街股災之所以引人注目，原因眾多。若從線性經濟的起源來看，其關鍵性在於它徹底改變了美國人的消費觀念。在因股災導致的經濟大蕭條期間，利率接近於零——也就是說，為了刺激景氣，美國政府與中央銀行大幅降低利率，讓借貸變得便宜，期望鼓勵企業投資與民眾消費，減緩經濟下滑的速度。然而，儘管借錢的成本低廉，當時的失業率卻高達 10% 以上，整體經濟仍陷入低迷。在這樣的背景下，羅斯福政府面臨刺激經濟、提升民眾消費支出的艱鉅挑戰，於 1933 年推出「新政」政策。

新政的實施創造了大量就業機會，重建了社會對未來的信心。根據亞利桑那大學學者普萊斯·費什巴克(Price V. Fishback)與瓦倫蒂娜·卡查諾夫斯卡婭(Valentina Kachanovskaya)的研究，聯邦政府向各州提供的補助金產生了明顯的「州收入乘數效應」，每投入一美元的補助，就能帶動約一美元的額外個人收入。這樣的乘數效應證明，政府對在地社區的投資能夠啟動持續的經濟活動循環，也讓政策制定者意識到，鼓勵消費支出是一種有效的經濟成長策略。這個經驗奠定了今日以消費者和消費為核心的經濟模式基礎。

與此同時，其他國家也在類似的歷史脈絡中，建立起現代消費社會的制度基礎。英國在戰後重建過程中，根據《貝弗里奇報告》(Beveridge Report) 構建了福利國家體系。透過涵蓋全民的醫療服務、失業補助與家庭津貼等制度，英國政府改變了民眾的生活保障與消費行為。日本則在戰後透過政府主導的產業政策推動經濟快速成長。日本通商產業省(MITI) 將資源聚焦在電子、汽車等特定產業，透過策略性貸款、技術合作與協調的研發計畫，推動產業升級與

專業化發展，成為國家經濟發展的重要引擎。這些在世界各地幾乎同步發生的轉變，共同構築了現代全球消費文化的根基，也讓「消費驅動經濟成長」成為主流的經濟治理邏輯。

消費時代的崛起

當第二次世界大戰爆發時，美國的配給制度與「勝利花園」(victory gardens) 對新建立的經濟與基礎設施系統帶來了考驗，這場歷史性事件也改變了美國的製造業。從 1939 年到 1944 年間，為了支援戰事，美國的工業產出成長了兩倍，國民生產總值也隨之增加了 52%。其中，福特汽車的「柳溪 (Willow Run)」工廠就是一個經典案例。這座工廠從生產汽車轉為製造 B-24「解放者」轟炸機，並因此成為當時世界上最大的工廠之一。

1945 年二戰結束後，隨著戰時生產規模縮減，工廠需要尋找新的用途，製造和配送模式也隨之調整。原先用於運送軍事裝備的供應鏈，現在轉而運送家電與日常消費品，但依然沿用戰時發展出的高效生產模式。更先進的製造技術、更低的勞力成本以及效率提升，共同促使日常用品的價格對一般美國民眾來說更加實惠，進而鼓勵了消費。此外，「消費信貸」的出現，例如分期付款和商店信用卡，讓美國民眾即便沒有足夠的現金，也能立即購買商品。這種全新的消費模式大幅加速了消費支出的增長。

在 20 世紀中葉，隨著消費支出的蓬勃發展，現代廣告業迎來了它的黃金時代。1950 年代和 1960 年代的經濟增長清晰可見：1940 年代末，美國人購買了數千萬輛汽車、爐灶和冰箱；到了 1950 年代，電視普及率更是從 10% 飆升至 90% 的家庭。第一個正式的電視廣告於 1941 年 7 月 1 日在美國播出。當時，聯邦通信委員會 (FCC) 剛批准商業廣播。寶路華手錶在布魯克林道奇隊對陣費城費城人隊的棒球比賽中，投放了一個 10 秒的廣告，標語是那句經典的「美國按寶路華時間運轉」。

當然，廣告業的發展並非美國獨有。在日本，電通公司探索了將傳統文化融入現代消費主義的廣告新模式。例如，在 1953 年為森永牛奶焦糖製作的廣告活動中，他們巧妙地在雜誌廣

告中運用了傳統木版畫風格。在歐洲，法國的陽獅廣告公司則專注於奢侈品牌行銷，並於 1960 年代與萊雅合作，創造了如今家喻戶曉的標語「因為我值得」。英國的薩奇廣告公司則在政治廣告領域獨樹一幟，他們為柴契爾夫人製作的 1979 年「勞工黨沒在工作」競選廣告，徹底改變了政治訊息的傳播方式。各個地區都發展出獨特的推動消費方式，共同推進了不斷成長的全球消費文化。

由於這些事件的影響，供應鏈也隨之發展和改變。穩定的消費需求使得大規模生產更有效率，製造商可以提早規劃並製造更大量的商品。而產量增加通常也意味著透過「規模經濟」來降低成本。這些供應鏈還能根據廣告活動來規劃生產排程，進而協調營運、銷售與行銷部門。為了滿足郊區消費者的需求，配送網路不斷擴大，這也需要全新的倉儲和庫存系統來處理更穩定的商品流動。

這些事件皆展現了延續至今的消費者行為發展軌跡。廣告公司創造了可預測的需求，讓企業得以建立更精密的供應鏈，以更快地回應需求變化。大規模行銷與高效配送的結合，創造了一個自我強化的循環：廣告推動需求，需求支持更優化的生產系統，而這些系統又為更多的廣告創造了預算。儘管廣告創造了消費的增長，但這一切都建立在「可無限取得廉價能源」的假設之上。然而，石油危機很快就挑戰了這個假設。

石油危機下的供應鏈重塑

1973 年 10 月，埃及和敘利亞為了奪回在 1967 年戰爭中失去的領土而向以色列發動攻擊，在此之前，外交斡旋均以失敗告終。蘇聯向埃及和敘利亞提供軍事顧問與裝備，而美國則以軍事援助支持以色列。為了報復美國的支持，石油輸出國組織（OPEC）的阿拉伯成員國將石油出口作為政治武器，切斷了對美國及其他支持以色列國家的石油供應，這場行動引發了石油危機。OPEC 的石油禁運使油價從每桶 3 美元暴漲至 12 美元。加油站陷入無油可加的窘境，美國工廠也面臨能源短缺。這些事件徹底顛覆了數十年來的廉價能源與穩定供應鏈。

面對這場危機，不同地區採取了不同的應對措施。日本政府於 1978 年啟動了「月光計畫」(Moonlight Project)，目標是透過廢熱回收、高效工業爐和能源管理系統等技術，來提升工業能源效率。這項計畫後來影響了全球的工業實踐。同時，歐洲國家，尤其是法國，加速了核能發電的發展；德國則投資於再生能源研究。製造業也為了應對危機而做出改變。企業開發了能源監測系統，重新規劃工廠布局以降低耗電，並為倉庫採用了新的隔熱和照明標準。

這段時期的事件塑造了當今經濟的幾個關鍵特徵：全球供應鏈變得容易受到干擾、能源效率成為企業優先考量、以及消費者對燃料成本的敏感度提高。儘管這場危機本應促使世界擺脫「計畫性淘汰」和化石燃料，但它卻意外地強化了企業透過全球價值鏈來追求更廉價生產的動力。

此外，20 世紀 80 年代，在美國總統雷根和英國首相柴契爾的領導下，全球經濟經歷了重大變革。他們的政策核心是放鬆管制、推崇自由市場和促進全球貿易。以美國為例，企業稅率從高達 70% 大幅降至 28%。此外，貿易壁壘被逐步消除，美國在 1985 年至 1989 年間簽署了 14 項自由貿易協定。這些政策的推行，意味著全球供應鏈變得更加廣泛。企業開始將生產線轉移到工資較低、法規較少的國家，以降低營運成本。例如，到了 1982 年，耐吉公司高達 86% 的鞋類產品已在南韓和臺灣生產。這種趨勢一直持續到 1989 年，生產活動進一步轉移到印尼和中國等成本更低的國家。

供應鏈技術的創新也是一項重要事件。美國大型超市沃爾瑪 (Walmart) 利用電腦追蹤庫存、自動化倉儲，並將銷售點管理系統(簡稱 POS 系統) 的條碼掃描與其庫存系統連結。1987 年，他們在倉庫中建立了美國當時規模最大的私有衛星通訊系統，讓供應鏈各環節能夠進行雙向語音與數據溝通。這代表供應鏈能更快地回應需求變化，因為銷售數據會自動觸發整個網路的庫存更新與重新訂購流程。在 1980 年代初期，源於日本的「即時生產」(Just-in-Time, JIT)

製造模式也傳播到其他國家。這套源自豐田生產系統的模式，目的在於透過減少製程中的浪費來提高效率。

全球貿易及數位革命

1990 年代，全球港口貨運量增加了一倍以上，企業紛紛將工廠設在勞力成本最低的地區。經濟的專業化分工也意味著，產品為了多一道製造工序，經常需要在不同國家間移動。物流與運輸技術的創新大幅降低了成本，使得全球運輸成為常態。這也造就了一些看似不合常理的現象：例如，由於貨櫃運輸與全球供應鏈效率的提升，從越南海運一件襯衫到加州，比從洛杉磯開貨車運到丹佛還要便宜。2001 年中國加入世界貿易組織（WTO）後，進一步擴大了這個轉變。當時，中國製造業的平均時薪為 58 美分，而美國則是 16 美元，如此巨大的差距使得供應鏈向外擴張毫不意外。

隨著全球化的腳步邁入 1990 年代末期和 2000 年代初期，網際網路徹底改變了社會與商業互動的方式。儘管西爾斯百貨（Sears）的型錄早在 1893 年就開創了遠端購物模式，觸及數百萬個美國家庭，但網際網路卻創造了一種全新的體驗——即時滿足感與不斷增長的選擇性。亞馬遜（Amazon）在 1995 年以網路書店起家，當時看似不起眼，卻預示著我們的購物方式即將迎來重大轉變。沃爾瑪開發的「零售鏈」（Retail Link）系統則是一大分水嶺，讓供應商能夠即時監控庫存水準並自動補貨，這項功能在短短十年前還像是科幻小說情節。

同時，亞洲市場，特別是韓國和日本，在數位能力方面遙遙領先。韓國早期對寬頻基礎設施的投資，使其成為全球第一個線上購物規模超越實體零售的國家。而日本企業則透過 DoCoMo 的 i-mode 等服務引領行動商務，在 iPhone 問世數年前就已觸及數百萬用戶。

危機下的供應鏈斷裂與再造

當數位轉型正如火如荼地展開之際，2008 年的金融危機凸顯了全球供應鏈的脆弱性。當信貸市場凍結時，漫長的全球貿易鏈開始瓦解。企業難以取得資金來支應庫存與營運，全球貿

易量在 2009 年經歷了自二戰以來最嚴重的衰退，下降了 12%。這場經濟衰退的一大影響是產業整合。大型供應商併購了小型供應商，這雖然有助於降低部分供應鏈的複雜性，但也同時增加了集中化的風險。然而，當時的焦點仍舊放在降低成本上，而非系統性的改革，因此再次錯失了從根本上重新思考線性供應鏈模式的機會。

金融危機之後，一種全新的產品類別應運而生，它既展現了現代供應鏈的奇蹟，也揭示了其瘋狂之處：智慧型手機。一支小小的 iPhone，其零件來自數十個國家的數百家供應商，每個零件都經過精密設計與製造，再跨洋運送到組裝廠，以確保準時到位。智慧型手機徹底改變了全球的製造業版圖。然而，在技術創新成功的背後，是日益增長的複雜性與環境代價。

舉例來說，螢幕和電池所需的稀土礦物，從內蒙古到剛果都留下了巨大的礦坑。現代電子產品的關鍵組件半導體晶片，其生產過程跨越超過 70 個國界，凸顯了全球供應鏈的綿長與複雜。此外，電子廢棄物在 2019 年已達到每年超過 5,300 萬公噸，其中只有一小部分被重新利用或妥善回收。新機型不斷推陳出新、計畫性淘汰、以及行銷驅動的升級循環，更讓消費量持續攀升。

當智慧型手機時代創造出一個全球互聯的經濟體時，一場看不見的病毒卻讓這個經濟體瞬間癱瘓。新冠肺炎 (COVID-19) 疫情，暴露了全球供應鏈中的諸多弱點，而這些弱點過去不是被效率專家們忽視，就是被視為常態。製造業受到衝擊引發了供應鏈斷裂，迫使供應鏈專業人員的首要目標轉向，致力於解決這些難題。

面對疫情，不同地區展現出各異的韌性。以韓國為例，作為全球工業機器人密度最高的國家，在勞工被迫居家隔離期間，工業機器人的使用量大幅提升。現代機器人 (Hyundai Robotics) 等企業展示了先進的協作式機器人 (cobots)，能透過互聯系統彼此協調，並具備遠端管理功能，因此僅需極少人力即可維持生產運作。同時，封鎖措施迫使消費者大舉轉向線上購物，使

電子商務在短短三個月內達成原本預期需十年才能實現的成長幅度。另一方面，出於安全考量，一次性塑膠製品的使用量也隨之急遽攀升。

循環經濟時代來臨

線性經濟的局限性已不容忽視。這個以「提取→製造→廢棄」(take-make-waste) 為核心的系統，如今面臨著根本性的制約：資源短缺、導致材料不穩定的環境惡化，以及不斷累積、代表著價值流失的廢棄物。而循環供應鏈提供了一條替代道路，它挑戰了當年太陽神卡特爾集團所建立的策略。這個新模式不只是簡單的回收。正如我們將在這本書中共同探討的，循環供應鏈是對我們如何採購、製造、運輸和使用日常家居及工業產品的根本性重新設計。

這種轉變已超越了單一企業的範疇，延伸至整個區域。例如，歐盟的《循環經濟行動計畫》設定了明確的廢棄物減量和材料再利用目標。同時，中國的循環經濟發展則借鑒了「工業共生」的理念，在特定的工業園區內，一家工廠的廢棄物可以成為另一家工廠的原材料。這些政策框架為循環系統的蓬勃發展創造了必要的經濟條件。從卡特爾集團時代至今的歷程，充分證明了人類具備重塑經濟體系的能力。線性經濟並非必然，而是被刻意設計出來的結果。當年能以創造力建構全球供應鏈，如今也能運用同樣的力量重新構想並推動其轉型。

事實上，已有許多先驅為我們指引了方向。全球最大的商用地毯製造商 Interface 便成功達成其於 1994 年提出的一項開創性永續承諾——Mission Zero 目標，願景是在 2020 年前完全消除公司對環境的負面影響，並實現環境影響與獲利能力的脫鉤。荷蘭知名環保手機品牌 Fairphone 則以模組化設計為核心理念，使產品便於維修與升級，而非鼓勵汰舊換新。這些先驅證明，循環原則並非遙不可及的理論，而是確實可行的商業實踐。

這種轉型意味著我們必須重新定義衡量成功的標準。單純依賴 GDP 與季度利潤已無法全面反映一個經濟體系的長期健康狀況。新的指標，像是產品及零件的再利用率、資源使用率、供應鏈韌性等，能更準確地衡量真正的價值創造。一些領先企業如聯合利華 Unilever，已將這

些新指標納入其策略規劃中，成為推動轉型的具體行動指南。供應鏈專業人員無疑是這場轉型的核心推手。他們原本用於優化全球物流網絡的專業技能，如今可被運用於為可循環進行系統性的重新設計。曾經促成即時生產(JIT)的專業知識，可以進一步拓展為閉環式的產品流設計；而能夠追蹤全球物料的創新技術，則能精準掌握產品與材料的動向，確保其價值最大化。

疫情、氣候變遷與資源緊縮，已明確揭示線性供應鏈的脆弱性。這些挑戰與不斷進步的技術能力，以及社會日益增強的改變意識高度契合。如今，推動轉型所需的工具、知識與迫切性都已齊備。問題已不再是「供應鏈是否會實現循環」，而是「我們能以多快的速度完成這場轉變」。

目錄

Part 1 從關鍵概念建構循環供應鏈

本書介紹

1. 線性經濟的興衰
2. 循環經濟的先驅
3. 循環經濟與供應鏈的交會點
4. 打造未來的循環供應鏈

Part 2 規模化維修

虛構案例 | 維修革命

5. 規模化維修的人才與文化
6. 規模化維修的循環價值流

7. 規模化維修的數位賦能
8. 規模化維修的標準建立
9. 規模化維修的治理架構

Part 3 在地製造

虛構案例 | 在地生產改寫製造未來

10. 在地製造的人才與文化
11. 在地製造的循環價值流
12. 在地製造的數位賦能
13. 在地製造的標準建立
14. 在地製造的治理架構

Part 4 在地循環

虛構案例 | 當城市成為新的礦場

15. 在地循環的人才與文化
16. 在地循環的循環價值流
17. 在地循環的數位賦能
18. 在地循環的標準建立
19. 在地循環的治理架構

Part 5 透明協作

虛構案例 | 透明革命

20. 透明協作的人才與文化

21. 透明協作的循環價值流

22. 透明協作的數位賦能

23. 透明協作的標準建立

24. 透明協作的治理架構

Part 6 開始你的旅程

25. 第一步：看清你所站的位置

作者介紹

黛博拉·杜爾 Deborah Dull

國際知名供應鏈與永續管理專家，長期活躍於全球循環經濟的推動現場。她曾在微軟及 GE Digital 擔任要職，主導供應鏈數位化與永續專案，並協助多家跨國企業提升營運效率與環境績效。杜爾經常受邀於國際論壇及學術機構發表演說，分享她對「循環供應鏈」的前瞻觀點與實務經驗。她的研究與倡議聚焦於如何將循環思維落實於供應鏈的每一個環節，讓企業在追求獲利的同時，也能兼顧資源再生、減碳與社會責任。她的理念簡潔卻深具影響力：「循環不是一種理論，而是企業必須立即啟動的行動策略。」