

目次

財團法人現代財經基金會簡介.....	3
論壇主旨.....	5
主辦方致詞	7
貴賓致詞.....	9
主持人致詞	11
I.企業實踐範例解析—台塑企業循環經濟執行成果	13
II.企業實踐範例解析—永豐餘全循環經濟之實踐	17
III.工業3.5製造戰略、綠色供應鏈與循環經濟	21
IV.台灣發展循環經濟的法制現況與倡議	25
V.循環經濟的指標建置與績效評估	29
VI.石化業邁向循環經濟的分析	33
VII.塑膠業邁向循環經濟的分析	37
VIII.建材業邁向循環經濟的分析	41
報紙專刊.....	45
照片集錦.....	47

財團法人現代財經基金會

現代財經基金會(英文譯為TAIWAN NEW ECONOMY FOUNDATION，簡稱TNEF)，創辦於1990年代，是經政府主管機關核定成立的公益財團法人；是由學術界、企業界、智庫界有關人士共同組織成立的非營利公共團體；是從事國家政策研討、交流和諮詢服務的現代化智庫；是廣泛聯繫與整合產官學研界專業人士的知識交流平台。

基金會的目標是，面對21世紀劇烈變遷發展的嶄新世界，以及世界與台灣緊密聯繫互動的嶄新情勢，廣泛結合各個領域有識之士，基於對斯土斯民之終極關懷，立足實際，著眼理想，群策群力，創新進步，致力台灣總體經濟社會環境不斷完善進步，推動思想理念、政策方針、制度機制不斷與時俱進，為全球化時代台灣建設發展，全面增強驅動力、凝聚力、競爭力。

經濟是引領台灣發展的核心命脈，政策是主導公共活動的根本動力。當前全球化日益普及深入，國際國內環境複雜變化，科技創新帶來無比活躍多元的發展機遇，而各種前所未見的重大風險持續構成嚴峻挑戰，台灣唯有求真務實、宏觀長遠，在全面融入全球化的過程中，確立自身的系統性發展政策與策略，不斷優化體質，強化動力，有所創新、有所提升、有所進步。

本基金會設有：產業、金融、財稅、環境、兩岸關係等五個委員會，分別邀請學有專精的學者專家，針對重要議題，進行研究，出版專書，經常性舉辦產官學研討會，或透過發表會、記者會、交流訪問、論文專稿，對外傳播正確政策觀念，理性辨析重要議題；並接受政府與民間機構委託，進行專案研究，或提供專業諮詢。

本會網址：<http://www.tnef.org.tw>

(研討會全程錄影上傳於本會官網)

論壇主旨

二戰後全球經濟快速發展，人類毫無止境揮霍自然資源，在大量製造廢棄物的同時，也大幅提高溫室氣體含量，造成地球快速暖化，嚴重影響人類生存。1960年代起，如何解決廢棄物減量及資源再生利用，舉凡工業生態、藍色經濟、重生設計等相關思維，普受國際重視，循環經濟(circular economy)應運而生。

1980年代以來，永續發展思維逐漸成為全球共識。1989年聯合國環境規劃署特別推動116個國家在瑞士巴賽爾簽署《巴賽爾公約(Basel Convention)》，作為各國遵循規範。歷經1990年代全球暖化與氣候變遷衝擊，更進一步樹立與加速循環經濟相關政策與實務發展。至21世紀的今天，循環經濟已成為解決全球氣候變遷與暖化的首要策略，同時也是企業實踐社會責任及形塑企業韌性的根本作法。

檢視台灣長期以來的傳統經濟模式，相對於先進國家的循環經濟源頭管制策略，已然相對落後。過去以廢棄物末端清理為著眼點，而未從根本源頭杜絕污染物的產生，這種「先汙染、後治理」模式，顯已無法有效處理和克服經濟發展、資源再生與環境保護相互間的矛盾關係。

政府有鑑於此，與時俱進，已將循環經濟列為五加二新興產業的一環，同時規劃「循環經濟推動方案」，希望透過嚴格控制廢棄物汙染，進而將廢棄物轉化為再生資源，帶動台灣走上循環經濟之路。循環經濟本質是在追求極大化資源利用、極小化廢棄物產生，藉以緩和地球資源耗損與環境負荷。

現代財經基金會作為財經智庫，希能善盡一己之責，推動專業化研討，進行系統化梳理與總結，特別邀請產官學研專家共同編撰「台灣循環經濟發展論」專書，藉以開發國內循環經濟潛力，進而推進循環經濟更加普及精進。

會議議程

「台灣循環經濟發展論-新書發表暨研討會」

時間	議程
13:40 -14:00	報到
	主辦單位：黃輝珍 現代財經基金會董事長/台灣綜合研究院董事長
14:00 -14:05	貴賓致詞：王文淵 全國工業總會理事長/台塑企業集團總裁
14:05 -14:10	主持人：黃宗煌 前清華大學經濟學系教授/本書主編
	與談人：
	企業實踐範例解析
14:10 -14:25	林善志 台塑企業總管理處總經理
14:25 -14:40	何壽川 永豐餘投資控股公司
14:40 -14:55	工業3.5製造戰略、綠色供應鏈與循環經濟
	郭財吉 台灣科技大學工業管理系教授
14:55 -15:10	台灣發展循環經濟的法制現況與倡議
	廖宗聖 中正大學法律學系教授
15:10 -15:25	循環經濟的指標建置與績效評估
	李堅明 台灣綜合研究院副院長
15:25 -15:40	石化業邁向循環經濟的分析
	談駿嵩 清華大學榮譽退休教授
15:40 -15:55	塑膠業邁向循環經濟的分析
	李岱洲 中央大學化學與材料工程學系教授
15:55 -16:10	建材業邁向循環經濟的分析
	陳文卿 財團法人環境與發展基金會資深顧問
16:10 -16:25	問題與討論
16:25 -16:30	結語：黃宗煌 前清華大學經濟學系教授/本書主編
16:30	閉會

時間：民國110年4月23日（五）下午2：00—4：30

地點：台北市中山區松江路168號13樓（台灣省商業總會）



主辦方致詞

黃輝珍（現代財經基金會董事長 / 台綜院董事長）

我們尊敬的特邀貴賓全國工業總會理事長暨台塑企業集團總裁王文淵先生；還有李伸一國策顧問、鄭優董事長、楊千儀總經理；今天研討會主持人黃宗煌教授、特邀與談人台塑企業總管理處林善志總經理、永豐餘企業集團大家長何壽川先生、以及參與撰寫專書的六位學者專家；各位貴賓、各位女士先生、各位媒體朋友！大家午安！

在此，我首先代表本基金會，對各位貴賓、女士先生百忙之中出席這次發表會，表示誠摯的歡迎和由衷的感謝！

「台灣循環經濟發展論」的出版，是源起於本基金會董事會，有鑑於台塑企業近年來積極倡導和大力推動循環經濟，取得顯著成效，獲得巨大成果，大家深感敬佩、也深受啓發，認為值得進一步擴大推廣，為台灣經濟社會的永續發展貢獻一己之力，因而敦請黃宗煌教授，籌組專家學者團隊進行研究編寫。

從擬訂計畫到完成出版，經過了大約一年半的時間，過程備極辛勞，但成果十分豐碩，是當前台灣探討和闡述循環經濟的唯一一本經典性著作，受到各大學院校研究的重視與教學的採用。書中的主要內容在稍後進行的研討會上將會有精彩的解說。

現在，我們首先很榮幸地邀請本次會議特邀貴賓王總裁文淵先生發表致詞。謝謝大家！



貴賓致詞

王文淵（全國工業總會理事長 / 台塑企業集團總裁）

各位貴賓、各位學者、各位先生、各位女士，午安！

最高主管的重視，是推動循環經濟成功的關鍵。

回顧台塑企業從 1993 年起開始推動 5S 管理，也就是整理、整頓、清掃、清潔、素養等五個日語單字的同一發音都是「S」所設定的。但是，開始推動 5S 之時，大家知道台塑企業集團包括台塑、南亞、台化、台塑石化等企業，當時我只是台化公司的董事長，沒有辦法全企業推動，所以就請求創辦人王永在出來協助，推行結果不錯。

自從 5S 推動之後，石化廠仍然有很多的浪費，所以在 1999 年時開始推動「不漏汽、不漏水、不漏油」等三點不漏運動，這些要做的其實就是屬於循環經濟，因為漏油是污染，漏水是浪費，漏氣也是能源的浪費。

2006 年則開始推動節能減排，那時還沒有人知道什麼是循環經濟，之後再遇到黃育徵先生才知道，在 2006 年到 2016 年我們所從事的節能減排就是循環經濟，每年節能相當龐大。

也就是說，2016 年之後循環經濟才逐漸受到重視，其實節能減排與循環經濟的理念是十分接近的。從事製造時投入資源，之後則有成品產出，也會有廢棄物，或者空氣污染、水污染等，所謂循環經濟就是儘量減少廢棄物，甚至沒有廢棄物，因此，循環經濟並非僅有降低成本，對環保也有很大的貢獻。

大家可能記得 2016 年，第一次電腦 AI 在圍棋上贏過人類圍棋高手，2017 年中研院院長前來找我，希望我們能夠捐助三千萬元協助成立人工智慧學校，我則提出唯一的條件是派遣一百個人去人工智慧

學校學習 AI。

若以化工廠來講，其製程有些時候是很危險，由於台塑企業集團主要本業還是石化業，其就是屬於危險性質產業。我們的看法是，透過 AI 由數位來優化製程，那麼模擬是利用化工理論或經由化工實驗資料來優化製程，兩個需要互補；但是，若將兩個連在一起則是非常困難。不過，就在今年稍早就有二個成功案例，第一個是台塑石化的丙烯回收單元透過 AI 操作優化模組，因為丙烯的溫度控制範圍是很窄，若未利用 AI 來控制的話，則無法提升其回收率；第二個則是台化公司開發芳香烴模擬工廠提升生產效益，也是透過類似模式處理。

接著，再談大家所提到的數位轉型，我們想法就是，運用所有數位科技，包括 AI、大數據、雲端、IoT、5G 來進行製程優化、提升營運效能，雖是相當的困難，但相信應該是有所可能的。

台塑企業集團原則來講可以分成三個階段，第一階段就是兩位創辦人王永慶先生及王永在先生年輕之時，第二階段就是麥寮園區開始，第三階段就是所提到的新的觀念推出。無庸置疑，如果沒有兩位創辦人，王永慶先生推動制度與成本控制，以及王永在先生推動的工廠管理制度等貢獻，後來在這些推動上可能就很困難，因為管理是企業最為重要的一環。

我在 2006 年六月時被推舉為台塑企業集團總裁，那時就有剛才所提到的節能減排、循環經濟，若最高主管不推動，則沒有人會推動，僅能在個別部門推動。誠如之前所提到的 5S，若只要求台化，卻不要求其他單位，則台化就不會很認真做，所以請王永在先生出前來協助全面推動，我所強調的就是，不管是新的制度或者新的管理，如果最高主管不重視，則是沒有辦法推動。

去年的景氣真的不好，國際原油價格從一月的每桶 68、69 美元，到四、五月已經降到 20 美元以下，造成世界各國煉油業者嚴重虧損，僅有中國大陸賺錢，幸好台塑企業有從事循環經濟，還是有小賺，最後，感謝各位學者投入研究，提供我們更多方向，謝謝各位。



主持人致詞

黃宗煌（前清華大學經濟學系教授 / 本書主編）

循環經濟的理念究係曠世創新之作，抑或新瓶裝舊酒的老生常談？由於理念上涉及許多層面的問題，顯然無法三言兩語就可以說明白；對不同領域的學者和實務操作者而言，循環經濟的意涵可能不盡相同；例如有些人將循環經濟視同廢棄資源的5R原則；在台灣，循環經濟則歸屬於5+2產業之一，並成為許多部會的施政重點之一；有更多人則認為循環經濟是以提高資源效率來實踐經濟成長與環境負荷脫鉤的可操作實務，並聚焦於環境經濟、產業生態、廢棄物管理和循環再生。直至2015，循環經濟才成為兼蓄產品開發、物料選擇、生態設計與物流、負責任的投資與消費、商業模式、及資源循環利用7R原則的超領域課題。

這是一場非常令人鼓舞的盛會，衷心感謝現代財經基金會黃董事長的鼎力支持，這一本厚800頁、重達1.77公斤、全版彩色精裝的巨作才能順利出版，而且在短短的3個月內就將二刷以應所需；雖然售價遠不及成本，但黃董事長為了學術與公益，依然不惜代價地繼續付出。

本書分「廣論」與「產業」二篇，除基礎理論外，更選擇性地以關鍵性產業為焦點，深入論述各業推動循環經濟的策略、挑戰和機會。非常感謝本書所有作者的傾力貢獻，也感謝今天親臨分享企業推動循環經濟之寶貴經驗的學者專家和產業先進。

「台灣循環經濟發展論 - 新書發表暨研討會」

時間：民國110年4月23日

1. 企業實踐範例解析 —台塑企業循環經濟執行成果



林善志

現任：台塑企業總管理處總經理

學歷：明志工專電機科

經歷：台塑企業總管理處總經理室執行副總經理

台塑企業總管理處安衛環中心副總經理

南亞塑膠工業股份有限公司環工中心副理

臺灣區營造專業環境工程同業公會常務理事

經濟部法人科技專案計畫評審委員

台灣區塑膠原料同業公會法規委員會主任委員

一、台塑企業推動沿革

台塑企業延續王永慶先生及王永在先生兩位創辦人的秉持「勤勞樸實、止於至善」的理念，經營團隊鍥而不捨、創新突破，才能維持穩健經營。

於 1993 年全力推動 5S 管理，包括整理、整頓、清掃、清潔、素養。1999 年推動三點不漏，包括不漏汽、不漏水、不漏油，達到友善環境及增加雨水回收之目的。以麥寮園區為例，2020 年平均每日可收集雨水 19,486 噸，折合水價為 26.4 萬元 / 日，約為該園區 1.3 萬名員工 3 星期之生活用水量。

2006 年成立全企業「節能減排循環經濟推動小組」，由 總裁擔任召集人，開始推動節能減排，由各廠自行推動。

2016 年更進一步依原物料、水資源、能源及廢棄物等四個循環整合面向納入共同思考推動循環經濟，全力推動跨廠區、跨公司的循環整合再利用，達到節能減排及能源使用效率提升之效益。

2017 年底捐助中研院 3 千萬元協助成立人工智慧學校進入 AI 紀元，運用 AI

人工智慧技術推動工安管理及製程優化，以提升生產效率及能源使用效率最大化。目前全企業 AI 專案已立案 687 件，預計投入 18.6 億元，年效益預估 40.8 億元，已完成 358 件，實際投入 8.3 億元，年效益 24.0 億元，僅達到總裁設定目標 30 億元的 80%，但要特別說明其中 77% 的案件由同仁自行研發，未來才有辦法永續經營。

2020 年 9 月 24 日總裁宣示正式全力推動數位轉型，整合應用所有的數位科技（AI、大數據、雲端、IoT、5G）再精進製程優化、提升營運效能。

二、麥寮園區循環經濟整合成效

2007 年為麥寮園區四期完工開始量產的時間，至目前循環經濟執行結果以單位產品使用量比較後，原物料減量 5.9%，水資源減量 24.7%，能源減量 14.0%，廢氣減量 95.8%，廢水減量 28.4%，固態廢棄物減量 4.7%。

至 2020 年底則已完成 10,543 件節水節能改善案，投資金額 316.1 億元，年效益 318.9 億元，其中節水案有 2,329 件，投資金額 87.9 億元，可節水 28.76 萬噸 / 日，年效益 12.9 億元，節能案則有 8,214 件，投資金額 228.2 億元，降低 CO2 排放量 1,153.6 萬噸 / 年，年效益 306.0 億元。

持續進行中尚有節水節能改善案 1,599 件，預估再投資金額 106.7 億元，年效益 40.5 億元，其中節水案有 318 件，投資金額 22.3 億元，可再節水 1.75 萬噸 / 日，年效益 0.7 億元，節能案則有 1,281 件，投資額 84.4 億元，可再降低 CO2 排放量 153.2 萬噸 / 年，年效益 39.8 億元。

台灣 2011 年至 2020 年 GDP 每年平均是 17.5 兆，其中製造業佔 30.9%、服務業 22.6%，農林漁牧僅佔 1.8%；再來比較台灣水資源使用情形，台灣其實不缺水，每年總水量高達 922 億噸，但實際用水量為 169.8 億噸，其中農業用水高達 71.6%，而工業用水僅 9.5%，所以才會建議水資源要重新分配，要由工業來支持農業，經濟才能持續發展，並且也能照顧農民。

再來看麥寮園區所在的集集攔河堰，因為雲林縣是農業大縣，農業用水高達 92.8%，而工業用水僅佔 5.4%，所以報章雜誌一直在說六輕與農爭水是錯誤的。

麥寮園區的雨水回收、廢水回收及製程節水成效反應在用水減量上，以歷年用水減量執行成效趨勢圖看，平均日產量呈增加的趨勢，但總用水量減少及單位用水量降低之趨勢，其中單位產品用水量降低 25%。節能成效反應在能源使用減量上，以歷年節省蒸汽及節省電力執行成效趨勢圖來說明，其趨勢與用水量相同，單位產品用汽量降低 14%，單位產品用電量則降低 17%。

三、台塑企業循環經濟推動說明

台塑企業推動循環經濟的理念，主要將無法再利用的廢棄物質作為其他製程的原料或燃料，運用在原物料、水資源、能源及廢棄物等四個面向，全力推動跨廠、跨公司整合的節能減排作業。

推動循環經濟成功的要訣為主導者有堅定的決心、研發取得先進技術及建立良善的管理制度等，並以「從零想起」的觀念，包括冷卻水零使用、廢水零排放、製程物零洩漏等觀念來推動。

以台塑公司正丁醇廠為例來說明其推動執行情形，其不但大幅提高原物料、水資源、能源之使用效率，且持續降低廢水、廢氣及廢棄物的發生量，以減緩對環境的衝擊。其中以二氧化碳回收為例，將南亞公司異辛醇廠及乙二醇廠排放高純度的二氧化碳，回收以取代正丁醇廠原物料輕油，其產出之半成品正丁醛及合成氣，再送回南亞公司異辛醇廠及乙二醇廠，除了減少二氧化碳排放，還可以減少輕油使用量 20.8%。

最後說明視覺污染改善案例，以前的煙囪是排黑煙，後來排白煙，未來會變看不到煙；改善方式就是加裝煙氣換熱器（MGGH），在不額外增加能耗下，將排氣加熱到 80 度，就可以消除白煙。餘熱還可以回收，達到節省用煤效果，除了減少二氧化碳排放，根據環保署的研究，還可以降低 PM2.5 約 50% 的排放。

II . 企業實踐範例解析 —永豐餘全循環經濟之實踐



何壽川

現任：永豐餘投資控股股份有限公司董事

中華紙漿股份有限公司董事

元太科技股份有限公司董事

太景醫藥研發控股股份有限公司董事

沈氏藝術印刷股份有限公司董事

永豐紙業股份有限公司董事長

財團法人信誼基金會董事

財團法人遠哲科學教育基金會常務董事

財團法人傑出人才發展基金會董事

財團法人時代基金會Epoch創會董事

中華民國全國工業總會常務理事

學歷：美國威斯康辛大學機械研究所碩士

國立成功大學機械系學士

經歷：永豐餘造紙股份有限公司董事長

永豐金融控股股份有限公司董事長

元太科技股份有限公司創辦人、董事長

太景生物科技股份有限公司董事長

中華彩色印刷股份有限公司董事長

臺灣電視事業股份有限公司常務董事、董事

中華民國總統府國策顧問

台灣證券交易所董事

財團法人信誼基金會董事長

財團法人海峽交流基金會董事

財團法人時代基金會（MIT）創始捐助人暨董事

社團法人台灣玉山科技協會理事

財團法人生物技術開發中心董事長

財團法人工業技術研究院常務董事

財團法人資訊工業策進會常務董事

財團法人消防發展基金會董事長

台灣區造紙工業同業公會理事長

台灣生物產業發展協會理事長
 中日韓紙業會議台灣主席
 中泰雙邊經濟合作年會台灣主席
 中華民國企業經理協進會理事長
 中華民國工商協進會理事、常務理事
 台北成功大學校友會創始會長
 美國艾森豪獎金
 美國艾森豪獎金Eisenhower Fellowships-Board of Trustee
 獲頒經濟部三等經濟獎章
 APEC領袖會議代表團成員
 美國威斯康辛大學機械研究所傑出校友獎
 國立成功大學傑出校友獎
 大陸揚州農業秸稈綜合利用計畫主持人
 經濟部工業局工業精銳獎卓越成就獎

一、百年永豐餘，奠定五大循環

永豐餘 1924 年從農業起家，設立永豐商店代理日本三井所引進的 BASF 人造氮肥，將技術帶進農業，達到糧食增產。1939 年以農業廢棄物蔗渣製作建材外銷北海道，開啟了農業資源循環。1950 年成立首家民營造紙廠，也是利用蔗渣造紙，後來生產各類用紙，包括商業、貿易、文化、教育用紙，陪伴台灣經濟發展，文化教育蓬勃。

永豐餘近百年的發展過程，不斷以創新回應時代變遷的需要。台灣人勤懇簡樸，珍惜天然資源，將廢棄物資源化的零廢棄、全利用，現在稱為「循環經濟」的精神，一直深植在永豐餘的發展歷程，步步踏實幾十年發展，完成五大循環，包括：再生能源循環、水循環、農業循環、紙循環、和碳循環。這個封閉的循環系統環環相扣，是一代代人努力實踐的成果，也是一個具有濃厚台灣在地意義，獨特的循環經濟典範。

二、農業循環：nPulp 農業再生循環的商業模式

nPulp 是將傳統被視為農業廢棄物的秸稈，透過創新的機械加生物製漿工藝，提取秸稈纖維，生產秸稈生物製漿 nPulp，再經抄紙或紙塑製程做成各式綠色包裝材料。這個創新展現在有機農業、廢棄物及能資源再利用、無化學藥劑添加的紙漿生產技術、及新材料開發，是創新又可行的商業生態模式。以農業廢棄物補充森林資源的不足，農民自主不需依賴政府補貼，所獲得的收益大於農業穀物本身。

nPulp 生物製漿技術於 2014 年獲得美國愛迪生獎，獎勵此技術的創新性，陸續也獲得許多國際獎項和綠色認證的肯定，包括產品認證、環境系統認證等。

三、再生能源循環：台灣最早和規模最大的生質能源

再生能源循環是造紙業能源轉型關鍵重要的一步，永豐餘擁有台灣最早の木質素生質能源發電、規模最大的工業沼氣發電系統，及第一座零燃煤 SRF 汽電共生鍋爐，是全循環經濟中再生能源的實踐成果。

四、花蓮廠木質素發電 20,000kW

木質素發電的原理，是木片中的纖維素用來製漿，木質素和半纖維素則成為生質燃料。製漿的木片中 27% 是木質素，在鹼蒸煮時，木質素會溶於水，是高酚類聚合物，含高熱值，黑液經濃縮後變成造漿廠裡非常重要的再生能源。花蓮廠在 1968 年建廠就以此為主要的再生能源發電，是台灣最早的再生能源。

五、新屋廠沼氣發電 5200kW

造紙過程需加入澱粉，澱粉的成分是有機物，為了水處理到可排放，透過厭氧處理去除有機物，將製程排放水的有機物分解為沼氣，再將經處理後的沼氣，經內燃機轉為熱能，推動發電機產生電能以供使用，處理水的過程同時產生一個新的能源。永豐餘研發出優於業界的科技化厭氧菌種培育技術，不僅將甲烷純度提升到 80%，直追天然氣，也讓厭氧反應槽工作時間縮短至僅需四小時，就能將製程排放水中的有機物轉化為沼氣。沼氣日處理量目前是台灣最大，達 32,000 立方米，發電效率可達 40% 以上。

六、新屋廠 SRF 發電 9500kW

永豐餘工業用紙，高達 97% 是使用回收紙製造再生紙，為處理回收紙中經常出現的膠帶、標籤等無法再利用的雜質，永豐餘新屋廠在廠內自行處理製程餘料，將廢棄物資源化轉變為「固體再生燃料」（SRF, Solid Recovered Fuel），可做為替代燃料在無燃煤鍋爐發電，提供廠內用電，同時解決廢棄物問題，大幅降低委外清運處理量，減少社會廢棄物處理的壓力。

七、全紙循環：非塑全紙與材料研發

永豐餘現在專注的紙的發展，已轉入非常高難度，以材料科學為基礎的功能性紙，雖是紙的基底，但已在纖維表面改質，達到功能用紙目的。在材料科學面的應用比過去的技术性挑戰更高，從紙演變為下一個化學的新材料的研究工作。2019 年成立「新川創新」，利用纖維素、澱粉等透過光合作用而產生的碳水化合物的生物基質，開發具應用潛力的原料。〈益利系列〉非塑食安用紙產品，突破紙容器傳統製程，不需經過淋膜程序，也能防水防油可熱封，並通過可散漿測試，

使用後可進入一般紙類回收系統，再次成為造紙原料，系統性解決一次性容器產生的大量廢棄物問題，呼應減塑趨勢。

八、綠色循環建材：新華豐無水泥綠建材

漿紙生產過程中的製程餘泥，及汽電共生的鍋爐底灰，主要成份有矽、鋁、鈣等物質，和水泥成分相似，永豐餘運用「鹼激發技術」，重新組合形成聚合物的結構，使混凝土達到高強度，將餘料轉化為不需添加水泥、可持續循環、低碳足跡的新一代建築材料。與成大建築系合作，把造紙的漿紙污泥，變成無水泥混凝土。我們將材料提供給水泥業，可減少天然資源的開發。

九、碳匯的由來和朱棣文的「葡萄糖經濟」

1961年 Photosynthesis（光合作用）諾貝爾化學獎確立循環經濟的學理科學基礎。Melvin Calvin 利用 C14 同位素標定法，追蹤植物吸收的二氧化碳路徑，發現二氧化碳當中的『碳』透過 Calvin Cycle 生成葡萄糖。當葡萄糖再聚合成多醣體，則可固定碳，使其儲存於植物體當中。

醣是一種重要的能源儲存形式，1997年諾貝爾物理學獎得主、歐巴馬總統時期擔任美國能源部長（2009-2013）的朱棣文，曾提出全球「Glucose Economy 葡萄糖經濟」的概念，用葡萄糖做為替代燃料取代石油，成為一種可再生的清潔能源。他認為可在陽光充足的熱帶地區種植快速生長的作物，獲取葡萄糖和纖維素。葡萄糖和纖維素可像石油運輸到世界各地，最終轉化為生物燃料和生物塑膠。

十、結語：醣經濟（Saccharide Economy）時代的到來

造紙是一個重要的固碳產業，樹木的光合作用將碳轉化為有機形式加以固定貯存，經過時間累積而形成木材組織，森林吸存二氧化碳並固定碳元素，循環後回到大自然，完成全面性的碳循環。

碳權與碳匯源自 1961年諾貝爾化學獎的光合作用的固碳化學式，明確證明二氧化碳、陽光與水可產生醣，並釋放出氧氣，從此知道農林業是最初始的自然碳循環，也會成為全球最龐大的碳匯資產。因此在碳足跡必須付費下，已經成為全球發展重要的限制，而醣經濟（Saccharide Economy）是兼具創新再生能源與吸收碳排的雙重效益，21世紀將回到醣經濟時代。紙業是 2000年來既是利用農業廢棄之秸稈，或是營建木業的枝梢邊材，來造漿造紙，是最早的循環經濟產業，今後將更深入利用纖維的不斷循環的特色，進入 defossil 包材及容器等民生廣泛的應用貢獻心力。

III . 工業 3.5 製造戰略、 綠色供應鏈與循環經濟



郭財吉

現任：國立臺灣科技大學工業管理系教授

學歷：美國德州理工大學工業工程博士

美國德州理工大學工業工程碩士

經歷：中原大學工業與系統工程學系教授兼電資學院副院長

台灣企業永續學院秘書長

科技部自然科學及永續研究發展司大地科領域永續學門共同召集人

環保署綠色消費暨環境保護產品審議會委員

環保署碳足跡產品審議會委員

中小企業處推動智慧製造與數位升級計畫委員

中小企業處綠色小巨人審查委員

國貿局精品獎審查委員

本文共同作者：簡禎富、曾明朗、林煥襄

一、前言

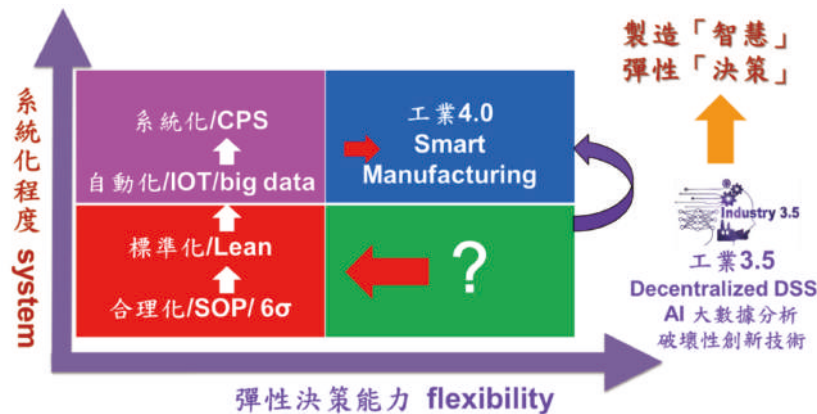
製造業為台灣賴以維生的經濟命脈，台灣應在第四次工業革命進行中，擘劃適合台灣的數位升級轉型及綠色智慧製造藍圖，並透過綜觀歷史中工業革命的演進脈絡，瞭解四次工業革命的驅動核心及價值主張，進而推動適合台灣的工業 3.5 製造戰略（簡禎富，2019；O'Meara, 2020）。為使企業達到永續發展與卓越經營，促進全面資源管理與循環應用是其中非常重要的一環，因此循環經濟與綠色供應鏈正是台灣推動工業 3.5 產業升級和數位轉型的策略關鍵之一。

二、推動工業 3.5 產業升級和數位轉型的策略關鍵

（一）工業 3.5 台灣製造戰略

以「系統化程度」和「彈性決策能力」分別作為縱軸和橫軸，可以繪製出如圖 1 的企業智慧製造四個象限圖。目前台灣大部分的企業處在右下角的第四象限，雖然決策的彈性不錯，但數位化及系統化的程度不高，若想達到右上角的第一象限的智慧製造，不能只是一味的導入最新的軟硬體系統，在沒有規劃好策略藍圖的前提下，只有工具是徒勞無功的。工業 3.5 的數位轉型之路，一方面可以從第四象限，往第三、第二象限移動，從合理化、標準化提升系統化程度，再建立智能化；

另一方面，則是「外線超車」，藉由人工智慧和大數據等新科技為破壞性創新，將資深主管和老師傅的彈性決策和經驗，根據不同應用，發展為分散式的決策支援系統，從第四象限直接到第一象限，「容易摘的果子先摘」，局部數位化資深領域人才的彈性決策能力，再慢慢將各系統整合（簡禎富，2019）。



資料來源：簡禎富（2019），《工業3.5：台灣企業邁向智慧製造與數位決策的戰略》，台灣：天下雜誌。

圖1 企業能力象限圖

（二）產業革命下循環經濟與綠色智慧製造的發展

循環經濟從以完善的法律法規和嚴格的監督機制為特徵的強制型手段逐漸向企業自發型追求循環經濟轉變，特別以歐盟國家為代表，因為消費者對綠色產品的需求提升，使企業為強化其市場與競爭力，自發追求循環經濟與永續發展，政府僅須為企業提供扶持、引導和幫助，在減輕政府管理負擔的同時，企業用經濟利益和環境保護贏的綠色生產模式完全替代傳統的生產模式，實現循環經濟常態化。事實上，循環經濟在許多面向都已出現了不同的轉變。

（三）工業 3.5 與循環經濟的未來發展

工業 3.5 和循環經濟讓我們重新思考和設計未來的挑戰和機會。循環經濟透過從更源頭的產品、商業模式與產業鏈的重新設計，讓所有資源在封閉的循環中持續應用，消除廢棄物及避免污染自然環境，幫助臺灣在經濟及環境得以永續發展。目前行政院環保署已擬定「資源回收再利用推動計畫」，其重點策略可分為四個構面：（1）生產面（2）消費面（3）回收面及（4）循環面。在生產面，推動廢棄物資源化，將廢棄物妥善利用、增加資源使用效率，並推動更耐久、易修復及可回收設計的產品，鼓勵業者在設計產品時朝環保化設計，同時推動產業鏈結共生，減少生產流程廢棄物產生，並增強產業間物質的循環利用；在消費面，以限制一次性產品的使用以及產品重複使用示範計畫，提倡綠色消費模式，推動政府綠色採購及公共工程使用再生粒料，並以延長產品保固、延伸生產者責任制等方式延長產品壽命；在回收面，強化回收循環體系、再生能源技術與新興產業發展；

在循環面，建立監督機制，確保循環再利用之產品品質，並提供經濟誘因，促進循環經濟推動，期望能透過這些政策的實施，達成物質全循環、零廢棄的願景（行政院新聞傳播處，2018）。

三、結語

面臨工業 4.0 來勢洶洶的挑戰，台灣應推動適合自己產業結構的工業 3.5 戰略，特別是綠色供應鏈、循環經濟和永續性是其中重要的策略關鍵。透過價值鏈的數位轉型與虛實整合，將催生循環經濟及產業共生的創新商業模式，利用雲端、物聯網進行大數據蒐集，可提升資料透明度、完整度及可靠度，加上大數據分析驅動最佳化資源利用率，將促進產業互動與合作，創造跨產業共生系統，加速產業邁向永續與綠色供應鏈及循環經濟（曾明朗等人，2018）。台廠應將提升製造系統生產力及品質的管理能耐與資訊系統，整合到廠務與綠色供應鏈，促進產業共生和資源循環利用。事實上，因應全球市場的高度競爭及劇烈變動的市場需求，臺灣的中小企業已擁有不錯的彈性與應變能力，且對新事物的學習力強、包容性高，當前已有一些臺灣企業配合永續的趨勢導入了循環經濟的概念。政府應推動資訊共享，提升供應鏈透明度及數據流通，搶先取得台灣在循環經濟上的優勢，改善產品競爭力，站穩彈性生產、客製化等領先地位，進一步輸出台灣工業 3.5 的轉型經驗和解決方案到東南亞等新興國家，擴大台灣工業 3.5 的國際影響力。

參考文獻

- 行政院新聞傳播處(2018)。取自 <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/12c0a2b8-485d-49d7-ba9e-a9a10b82828e>。
- 簡禎富(2019)。《工業3.5：台灣企業邁向智慧製造與數位決策的戰略》，天下雜誌出版社，台北。
- O'Meara, S. (2020). "From plastic toys to Industry 4.0: How Taiwan is using science to upgrade its manufacturing." *Nature*, 577: S1-3. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00060-1>
- Tseng, M.-L., R.R. Tan, A. S. Chiu, C.-F. Chien, and T.C. Kuo (2018). "Circular economy meets industry 4.0: can big data drive industrial symbiosis?" *Conservation, and Recycling*, 131: 146-147.

IV . 台灣發展循環經濟的法制現況與倡議



廖宗聖

現任：國立中正大學法律系教授

台灣國際法學刊主編

學歷：美國威斯康辛大學麥迪遜分校法學博士

美國威斯康辛大學麥迪遜分校法學碩士

中央警察大學刑事系法學士

經歷：加拿大氣候對策太平洋研究院訪問教授

美國加州大學柏克萊分校訪問學者

美國威斯康辛大學麥迪遜分校訪問學者

文官學院講座

法官學院講座

台灣碳捕存再利用協會監事

台灣國際法學會監事

台灣環境法學會監事

循環經濟直接、間接相關的法制，由數量上觀之，都屬於「過度稀少」的狀態。若由質的面向檢視，並未對「循環經濟」的概念、定義、原則進行規範或進一步說明，抑或作整個系統性的法規安排。這也凸顯了台灣在發展循環經濟的法制研究方面，仍須更加努力的投入，也需要對「循環經濟」系統性法制安排有更進一步的探討和說明。

一、台灣與循環經濟直接相關的法制現況

我國的法律制度是如何直接透過鼓勵方式來支持循環經濟的推動及落實，或是如何被動的配合，抑或是藉由強制性的命令來要求而達成？

在台灣眾多的法律及行政命令中，目前僅有二部行政命令明確提到「循環經濟」用語，¹分別是：（1）「金融控股公司之創業投資事業子公司參與投資金融事業以外非上市或上櫃公司一定限額及應遵行事項辦法」（以下簡稱：「金控創投子公司投資金融事業以外非上市櫃公司辦法」）；（2）「境外資金匯回投資產業辦法」。

1. 於「全國法規資料庫」中之「綜合查詢」輸入關鍵字「循環經濟」於「檢索字詞—含有」欄位，檢索時間為2020年1月1日。

「金控創投子公司投資金融事業以外非上市櫃公司辦法」第 2 條於 2016 年 12 月 15 日增訂第 2 款，基於鼓勵國內金融業者支持行政院通過之「金融挺實體經濟—三力四挺政策專案」，同時將綠能科技、亞洲矽谷、生技醫藥、國防產業、智慧機械、新農業及循環經濟等列為七大新創重點產業，可排除下列之限制：金融控股公司及其子公司對於一般其他事業之持股比率，合計不得超過該被投資事業已發行有表決權股份總數百分之十五。²

如同「金控創投子公司投資金融事業以外非上市櫃公司辦法」第 2 條第 2 款一樣，「境外資金匯回投資產業辦法」第 9 條規定，將循環經濟列為個人及營利事業匯回境外資金、收益時，可透過國內創業投資事業或私募股權基金投資的一重要政策產業，即在回應行政院發展七大新創重點產業的藍圖及要求。

二、台灣與循環經濟間接相關的法制現況

台灣與循環經濟「間接」相關的法制狀況如何？如果重新思考「循環經濟概念的發展及內涵」部份，嘗試將循環經濟概念的概念、定義、原則適度進行分拆，然後嘗試與台灣現有的法規進行連結，則不難發現台灣既有的部份法規的確與循環經濟「間接」相關。大範圍觀之，這些間接相關的法規應散佈於民事法規中、行政法規中或刑事法規中，而且循環經濟亦與台灣憲法有所連結。本文先以消費者保護法及政府採購法為例，初步說明其與循環經濟如何產生連結，以及若為達成循環經濟系統性改變時，立法不完善之處。至於與循環經濟「非常」相關（雖未直接使「用循環經濟」用語，但其內容為達成循環經濟的重要一環）的環境基本法及廢棄物清理法亦於本文探討生產者責任延伸原則時詳細討論。

三、台灣發展循環經濟的法制新倡議—制訂循環經濟施行法

因為循環經濟概念、定義、原則係屬於外來，且其相關內涵涉及面向相當廣泛並在發展中，就如同國際人權內涵一般，因此，我國將國際人權公約國內法化的立法模式也就值得落實循環經濟時加以參考。

本文倡議我國仿效國際人權公約國內法化方式，制訂「循環經濟施行法」，透過創造性的轉化後，讓循環經濟得以全面、系統性的改變我國社會，邁向真正的永續發展國家。相關條文建議如下：

· 第 1 條

為全面推動、實施循環經濟，促進永續發展，特制定本法。

2. 參閱「金融控股公司之創業投資事業子公司參與投資金融事業以外非上市或上櫃公司一定限額及應遵行事項辦法第二條修正總說明（105.12.15 修正）」。

· 第 2 條

循環經濟是一種產業系統，該系統基於特定目的及設計而具有恢復性及再生性。它藉由恢復性質取代了「產品壽命結束」概念，它轉向再生能源的使用，它排除有毒化學物質的使用，它致力於透過對原物料、產品、系統及系統內商業模式的優良設計，而消除廢棄物的產生。

· 第 3 條

循環經濟的實施包含三個主要原則：

- (1) 藉由設計來消除廢棄物，讓產品維持在一個可拆卸、可再使用的循環內，達到零廢棄物的狀態。
- (2) 將產品組成分為「消耗性」和「耐久性」，消耗性組成絕大部份是生物成份，必須是無毒且可以安全回到生物圈，而耐久性組成絕大部份是科技產生成份（例如金屬或塑膠製成），無法直接回到生物圈，必須設計為便利於再使用。
- (3) 作為整個循環經濟之燃料的能源必須是再生能源。

· 第 4 條

各級政府機關行使職權，應符合循環經濟三個主要原則之規定，並積極促進循環經濟之實現。

· 第 5 條

各級政府機關應確實依現行法規規定之業務職掌，負責籌劃、推動及執行循環經濟事項，並實施考核；其涉及不同機關業務職掌者，相互間應協調連繫辦理。

政府應與各國政府、國內外非政府組織及循環經濟機構共同合作，以促進循環經濟之實現。

· 第 6 條

行政院為推動循環經濟相關工作，應邀集學者專家、民間團體、機構及相關機關代表，成立循環經濟推動小組，定期召開會議，協調、研究、審議、諮詢並辦理下列事項：

- 一、循環經濟之宣導與教育訓練。
- 二、各級政府機關實施循環經濟之督導。
- 三、國內與循環經濟相關事項現況之研究與調查。

四、實施報告之提出。

五、其他與循環經濟相關之事項。

前項學者專家、民間團體及機構代表之人數不得少於總數二分之一。

第一項小組成員，任一性別不得少於三分之一。

· 第 7 條

政府應建立循環經濟實施報告制度，於本法施行後三年內提出第一次實施報告，第六年提出第二次實施報告，並邀請相關專家學者及民間團體代表審閱，政府應依審閱意見檢討、研擬後續施政。

於第二次實施報告完成後，若有需要，經行政院推動循環經濟工作小組審議通過，得要求政府於第九年提出第三次實施報告，以此類推。

· 第 8 條

各級政府機關執行循環經濟相關工作所需之經費，應依財政狀況，優先編列，逐步實施。

· 第 9 條

各級政府機關應依循環經濟相關定義、實施原則及內容，就其所主管之法規及行政措施於本法施行後二年內提出優先檢視清單，有不符循環經濟者，應於本法施行後三年內完成法規之增修或廢止及行政措施之改進，並應於本法施行後五年內，完成其餘法規之制（訂）定、修正或廢止及行政措施之改進。

· 第 10 條

本法自中華民國一百一〇年〇月〇日起施行。

V . 循環經濟的指標建置與績效評估



李堅明

現任：台灣綜合研究院副院長

國立台北大學自然資源與環境管理研究所教授

台灣低碳社會與綠色經濟推廣協會理事長

學歷：國立中興大學經濟學博士

國立清華大學經濟學碩士

私立輔仁大學經濟系學士

經歷：國立台北大學自然資源與環境管理研究所所長

行政院能源與減碳辦公室諮詢委員

行政院環保署環評委員（第11與12屆）

中華民國能源經濟學會理事

全國認證基金會官派董事、監事

財團法人國際合作發展基金會諮詢委員

經濟部電力可靠度審議會委員

經濟部天然氣價格計算方式審議會委員

全國工業總會能源與環安委員會委員

環境與能源議題國家文官講座

本文共同作者：洪悅容

一、前言

循環經濟(circular economy)具有去物質化(dematerial)及去碳化(decarbonization) (EASAC, 2016; EEA, 2016)的功能，可促進經濟成長與自然資源使用脫鉤(decoupling) (EASCS, 2016; Cullen, 2017; Pauliuk, 2018; Gustavo et al., 2019)，已成為全球 2050 年邁向淨零碳排放的重要政策與措施 (Ellen MacArthur Foundation, 2019)。歐盟為達到 2050 年碳中和(carbon neutral)，已將循環經濟列為綠色政綱 (EU Green Deal)，並提出循環經濟 2.0 (EU, 2020)。歐盟為檢視循環經濟發展績效，已率先於 2018 年建立包括原物料自主性、廢棄物回收、二次料市場、及產品技術創新等四大構面的「歐盟循環經濟監測架構」(European Commission, 2018; Moraga et al., 2019)，做為檢視歐盟 28 國的物質與廢棄物流及循環經濟績效。

循環經濟已列為我國優先的策略性發展產業，雖然我國已於 1998 年推動廢棄物管理制度，奠立了我國循環經濟基礎。然而，廢棄物管理僅是國家循環經濟發

展的一環，並無法完整掌握國家廢棄物循環經濟發展狀態。鑑此，參考歐盟循環經濟監測系統，建置我國循環經濟發展監測指標系統，將成為我國邁向碳中和發展的重要策略與行動。

二、台灣循環經濟發展監測指標建構與檢視

(一) 台灣循環經濟發展監測指標

本研究參考歐盟臺灣循環經濟發展監測指標架構，納入我國國情，及考量資料可取得性，建構台灣循環經濟監測指標，如表 1 所示，合計有 16 項，其中，12 項正向指標，及 4 項負向指標。再依據不同指標定義與性質，分別呈現正向與負向的循環經濟意涵，正向指標表示指標值與循環經濟呈正向關係；負向指標則表示指標值與循環經濟呈反向關係。

表 1 臺灣循環經濟細項衡量監測指標

指標	定義或衡量方法	循環經濟發展關係
生產與消費		
原物料自主性	水泥自給率 (國產水泥生產量/全國水泥總量)	正向
	鋼鐵自給率 (國產鋼鐵生產量/全國鋼鐵總量)	正向
	紙張自給率 (國產紙張生產量/全國紙張總量)	正向
綠色政府採購	政府綠色採購金額占比 (政府綠色採購金額/政府總預算比例)	正向
廢棄物產量	人均都市廢棄物產量 (都市廢棄物產量/都市人口數)	負向
	廢棄物密集度 (廢棄物量/GDP)	負向
食物廢棄物	人均都市食物廢棄物產量 (都市廢棄物產量/都市人口數)	負向
	食物廢棄物密集度 (廢棄物量/GDP)	負向
廢棄物管理		
總回收率	都市廢棄物回收率 (都市廢棄物回收量/都市廢棄物生產量)	正向
	總廢棄物回收率 (廢棄物回收量/總廢棄物生產量)	正向
特定廢棄物回收率	電子產品廢棄物回收率 (電子產品回收量/總廢棄物量)	正向
二次料		
回收對原物料需求的貢獻	最終廢棄物回收再投入率 (廢輪胎投入燃料量/總廢輪胎產量)	正向
	循環物質使用率 (廢水回收量/總用水量)	正向
回收原物料的貿易	回收原物料貿易值	正向
競爭力與創新性		
私部門投資、就業與附加價值創造	循環經濟部門就業占比 (資源產業部門就業量/全國總就業量; 再生能源就業量/全國總就業量)	正向
專利	回收與二次料專利率 (回收與二次料專利量/全國總專利量)	正向

資料來源：EC (2018), On a Monitoring Framework for the Circular Economic.

(二) 台灣循環經濟發展檢視

本研究參考 OECD (2008) 「複合指標建構方法手冊」(Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide)，蒐集近 15 年(2005 年至 2019 年)的資料，並以 2005 年為基準年 (base year)，將指標值正規化 (normalization)，再以等權重 (equal weight) 方法，加總指標值，成為一個綜合指數 (composition index)。

檢視臺灣近 15 年 (2005-2019) 循環經濟發展綜合績效，詳如表 2 及圖 1 所示。顯示，臺灣已全面性 (所有構面) 邁向循環經濟，特別是廢棄物管理機制最顯著，2019 年相較於 2005 年約成長 11%。然而，生產與消費構面績效不顯著，特別是

水泥自給率、廢棄物密集度、人均都市廚餘量及廚餘密集度等四項指標，悖離循環經濟，是循環經濟發展的施政重點。

表2 台灣循環經濟發展（2005-2019）綜合績效彙整表

單位：%

年度	生產與消費	廢棄物管理	二次料	競爭力與創新性	綜合指數
2005	100	100	100	100	100.00
2006	100.31	102.09	101.65	98.78	100.71
2007	100.59	103.33	102.95	100.08	101.74
2008	99.65	104.51	103.08	102.2	102.36
2009	100.04	105.19	102.69	101.35	102.32
2010	100.23	106.32	102.64	103.08	103.07
2011	100.75	107.41	103.68	103.63	103.87
2012	100.56	108.12	102.57	103.61	103.71
2013	100.17	108.32	102.35	104.35	103.80
2014	99.74	108.56	102.84	103.45	103.65
2015	99.46	108.53	102.59	103.09	103.42
2016	99.22	108.78	102.47	103.51	103.49
2017	99.57	112.17	103.86	103.42	104.76
2018	100.55	110.94	104.50	102.88	104.72
2019	100.01	111.24	105.12	103.5	104.97

資料來源：本研究。

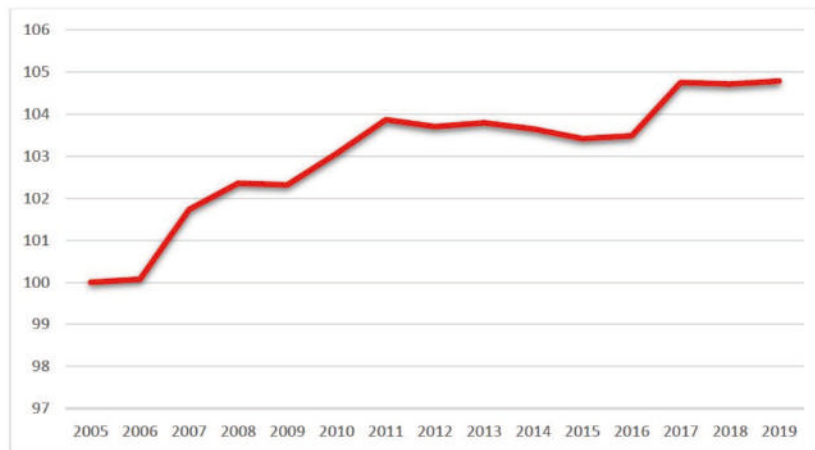


圖1 台灣循環經濟發展（2005-2019）綜合績效檢視示意圖

三、結語

指標系統具有檢視現狀、預警未來及政策回饋等功能，是政府施政的重要績效指標 (Key Performance Index, KPI)。本研究參考歐盟 2018 年提出「歐盟循環經濟監測架構」及 OECD「複合指標建構方法手冊」，基於國際可比較性與相容性及我國統計資料的可取得性，界定我國循環經濟評估構面包括：生產與消費、廢棄物管理、二次料及競爭力與創新性等四個構面，再考量我國國情，增修指標項目，建置具有臺灣特色的 16 個循環經濟監測指標。評估結果顯示，臺灣整體已邁向循環經濟發展路徑，惟水泥自給率、廢棄物密集度、人均都市廚餘量及廚餘密集度等四項指標悖離循環經濟，水泥自給率及廢棄物密集度兩項指標，呈現悖離循環經濟發展趨勢，將是未來政府施政重點。

本研究顯示，歐盟循環經濟發展監測指標架構具有可操作性、可複製性及可比較性，建議政府應納為國家層級的循環經濟發展監測指標，支援國家循環

經濟發展的頂層管理機制。另外，產品環境化設計決定 80% 環境衝擊 (European Commission, 2020)，為維持國家循環經濟發展動能，應促加強品環境設計的誘因，包括：(1) 在現行收費制度下，利用環保標章制度區分產品環境化程度，據此採取差別費率，提高企業產品環境化設計誘因，激勵企業綠色生產投資；(2) 配合產品環保標章制度，落實政府綠色採購行為，透過綠色產品需求創造綠色產品生產商機；(3) 加強國民綠色產品認知，以及建立綠色產品購買獎勵機制，提高綠色產品市場價值，有利於綠色生產行為的開創；(4) 產品生命週期交易制度有利於企業環境化資本投資，是未來整合性產品政策 (IPP) 的重要政策工具之一，然而，生產製程與最終處置污染排放量性質的差異性是未來該制度建置的問題。此外，發展二次料發展是促進循環經濟的關鍵，加強二次料發展誘因措施，包括：(1) 獎勵生態設計與使用再生料，補助二手商店，擴大回收再利用量能；(2) 推動二次料驗證與證照制度，激勵二次料市場發展；(3) 制定一套再生材料的回收指引或最佳做法，例如再生材料回收標準作業程序，將有助再生材料回收量，從而，擴大再生材料的市場規模；(4) 獎勵新環保材料研發。

參考文獻

- Ellen MacArthur Foundation (2019). Completing the Picture How the Circular Economy Tackle Climate.
- European Commission (2018). On a Monitoring Framework for the Circular Economy. Straboug, 16, 1. 2018, COM (2018) 29 Final.
- European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan – For a Cleaner and more Competitive Europe. EU Green Deal.
- OECD (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris, France: OECD Publishing.

VI. 石化業邁向循環經濟的分析



談駿高

現任：國立清華大學榮譽退休教授

台灣碳捕存再利用協會理事長

學歷：美國加州大學Davis分校化工博士

美國亞歷桑那大學化工碩士

國立中央大學化工學士

經歷：國立清華大學化工系副教授、教授、系主任兼所長

國立清華大學工學院副院長

國立清華大學/長春集團產學大聯盟計畫總主持人

國家型能源科技計畫總主持人、減碳淨煤主軸召集人

台灣碳捕存再利用協會副理事長

台灣超臨界流體協會副理事長、常務理事、理事

上緯企業、龍華科技大學董事

工研院化工所、金工中心、遠東紡織、美德向邦顧問

工業局主導性新產品暨技術處業界科專技術審查委員、民生化工領域召集人、化工環保領域召集人

石化產業為經濟發展中不可或缺之上游產業，所製備的關鍵材料，與基礎化學品、農藥、特用化學、生醫、5G、3C、半導體、綠色能源、建材及運輸工具等產業發展具相當的關聯性。

台灣自 1960 年開始發展石化產業，石化產業區域聚落主要集中於麥寮、大社-仁武與頭份等三處，國內目前有中油、台塑（台塑為全球等 5 大石化公司）兩大石化體系。在 2012 年時台灣石化產業已為全球第 8，2014 年生產總值約新臺幣 3.9 兆元，佔製造業近 31%，然 2019 年石化業產值已降到 1.54 兆元，只佔製造業約 10% 左右。全球十大石化及化學品廠商近年發展均朝向永續發展與循環經濟的道路。循環經濟與廢塑膠為自 2019 年來石化產業的兩大熱門議題。台灣石化產業未來若要提升競爭力以及更能協助半導體、5G 等產業，就必須加以轉型以大幅提升產品的附加價值。

現就石化產業中氣、固及液體略述邁向循環經濟的技術。氣體 CO₂ 的碳循環經濟技術：由於 CO₂ 捕獲再利用及封存 (CCUS) 為負碳排，因此要達碳中和 / 淨零碳排的目標，是不可或缺的技术。目前發展的 CO₂ 捕獲技術，如化學吸收、固體吸附與薄膜皆與石化產業習用的技術相近，只是現欲處理的氣體流量甚大，因此

在 2030 年前化學吸收可能為最主要之 CO₂ 捕獲技術，研發重點為在最低成本及能耗下能捕獲大量且具高純度的 CO₂。

CO₂ 再利用可分為直接利用及轉化成化學或能源產品。直接利用包括碳酸飲料、殺菌劑、滅火劑、推進劑、超臨界 CO₂ 綠色溶劑、植物工廠（溫室栽培）、海洋牧場、培育微藻等。至於將 CO₂ 轉化成化學產品，目前全球已有以 CO₂ 生產尿素、水楊酸、碳酸酯、聚碳酸酯、醋酸等化學品，只是這些消耗的 CO₂ 有限；但若將 CO₂ 轉化成能源產品，例如甲醇、二甲醚、碳酸二甲酯、甲烷、CO 等，則這些產品除可大幅降低 CO₂ 的排放外，另由於其市場大，亦可降低對化石燃料之依賴。但若要以 CO₂ 做為碳源生產碳氫化合物，氫的來源及成本即相當重要，此外亦需開發高效率的觸媒。未來以生物技術，例如藉由代謝工程、基因等將 CO₂ 轉化成化學或能源產品，是可期待的。

廢水的循環經濟技術：石化是一高耗水的產業，為降低進水量與成本並使排放水符合環保法規，國內石化廠都已致力於廢水處理及回收再使用。現僅就國內石化廠尚未但國外已使用之氧化處理技術，說明如何結合環保與能源使之達到循環經濟的理念。

氧化處理含有懸浮或溶解之有機物的廢水時，面臨的問題是氧在水中溶解度不高，為克服此限制，發展出一稱為超臨界水氧化技術。其原理是將水升溫升壓力使之成為超臨界態，此時水與氧完全互溶，此外超臨界水具很高的酸性，因此可不需添加觸媒下在很短時間下即可完全處理有機污染物。另一優點是超臨界水不再溶解鈣、鎂等離子，因此為一非常純淨的高壓高溫水蒸氣，可為工廠使用或作為發電之用，即所謂的超超臨界發電，如此不但可處理廢水亦可獲得需要的能源。

固體的石油瀝青、廢輪胎及廢塑膠之循環經濟技術：石油瀝青是生產石油的副產品，其量大且成本低。由於瀝青中含有許多雜質，若沒經過適當的處理，是無法得到做為石化高值化產品之前驅物或製得高品質碳材之精製瀝青，也因此只能做為鋪設馬路的基材。若要將石油瀝青製得高品質之碳材，例如鋰電池負極、超級電容等，則需藉助不同之分離純化及熱處理處理技術，國內石化公司可積極投入此方向之開發。

全球廢輪胎的數量龐大，若經由適當熱裂解，是可得到石化產業的原料或燃料油，此外亦可從廢輪胎中獲得鋼絲、碳黑等產品，增加廢輪胎的利用價值。台灣每年雖回收近 9 成的廢輪胎，但並未從中獲得高價之產品，未來若應用更新穎的技術是可提升產值與規模。

聯合國報告中指出全球至 2018 時已製造了近 90 億噸塑膠產品，但其中僅有

9% 被回收再加以使用，報告中也指出每年約有 800 萬公噸廢塑膠被倒入海洋中，對於海洋生態造成極大的破壞，因此如何將這些廢塑膠加以資源化，是全球亟待解決的一大課題。國內每年廢塑膠量超過 160 萬公噸，其中 2/3 的廢塑膠沒有被再利用，加上國內進口的廢塑膠量也大，若能投入更新穎的處理技術，除可降低環境汙染外，亦可增加經濟效益。

由於全球暖化日益嚴重，因此符合永續發展的生質材料與能源逐漸受到重視，現今國際石化大廠幾乎都投入生質化學品與燃料的開發，也因此生質材料與燃料是循環經濟中的重要一環。雖然台灣是已開始生質材料產業的發展，2016 年時產值也達 70 億新台幣，但若未來要更進一步的發展，首先需獲得上游原料，但台灣地狹人稠，必須思考如何由國外加以獲得。因此國內發展生質產業，需像石化產業雖然進口原油，但掌握到製程技術方具國際競爭力。要使國內生質產業蓬勃發展，除需掌握原料及關鍵技術外，在政策、法規、技術、融資上也需加以配合，方有可能。

要使我國石化產業邁向高資源利用的循環經濟產業，十分需仰賴產學研界、政府以及消費族群間之正面互動，進而提出適切的發展方案，使產業在發展循環經濟時能有一有利的環境，同時能建立適當的能資源管理體系使得能資源以及污染物能進行管理和交易，達到有效的收購及再利用可回收的產品。

VII. 塑膠業邁向循環經濟的分析



李岱洲

現任：國立中央大學化學工程與材料工程系教授

國立中央大學環安中心主任

學歷：美國萊斯大學化學工程系博士

國立台灣大學化學工程系學士

經歷：國立中央大學副總務長

美國紐約石溪大學材料系訪問學者

國立中央大學化學工程與材料工程系副教授

國立中正大學化學工程系助理教授

我國石化產業的發展開始於 1950 年代左右，是台灣早期上下游整合完整的產業。產業發展的初期是進口塑膠原料從事製品加工，逐漸向上推展至輕油裂解各種基本原料，在各種石化基本原料供應，塑膠原料的佔比大約 60%，而乙烯又是大宗。以 2017 的資料顯示，石化相關工業產值為 3 兆 4300 億元，佔整體製造業達 26.3%，加上化工原料不僅可以帶動產業發展，也可以配合產業發展的基礎產業，可謂製造業的火車頭，塑膠製品業在石化相關產業的佔比也達到 7.4%，這些數據再再顯示石化產業與塑膠製品所具備的重要性。

若是將眼光放在全世界，塑膠可謂世界上最偉大的工業創新之一，其製品在生活之中無所不在，常見用於包裝，建築，汽車製造，家具，玩具，鞋子，家用電器，電子電氣產品和農業等。塑料的廣泛需求導致了塑料的生產爆炸，全球塑料產量從 1964 年至 2015 年間，產量超過二十倍來到年產量 3.22 億公噸。到 2035 年，預計塑料產量加倍，到 2050 年塑料將近四倍¹。亞洲經濟發展起飛後，塑料的生產轉移到亞洲，即 2015 年全球產量的近一半。塑料有助於經濟增長，但是目前的生產和使用，所謂的線性模式：取得，製造，丟棄，是自然資源枯竭，浪費，環境退化，氣候變化，海洋污染，生物多樣性的嚴重下降和化學污染的主要驅動力，對人類健康產生不良影響。1950 年至 2015 年間產生的塑料廢棄物，估計回收率只有 9%。回顧台灣的狀況，2016 年的回收率約 50.3% 左右²。值得注意的是，當年廢塑膠容器的回收量約 18.6 萬公噸，寶特瓶 PET 的回收量則為 10.2 萬公噸

1. 文中「新塑膠經濟」的概念與資料多參考 2018 年 6 月發表的文獻："Plastics and the Circular Economy. Scientific and Technical Advisory Panel to the Global Environment Facility.

Washington, DC" 以及其中的參考文獻。

2. 資料來源：106 年度資源回收再利用年報。

(回收率高達 95%)，約為 50 億隻。由這些資料可以明顯看出，塑料的產量一直在提升，回收與再利用並沒有跟上腳步。這些塑膠廢棄物會不斷地累積在環境中，據估計現今海洋中已經有超過 1.5 億噸的塑料；或者超過 5 兆個塑膠微粒（小於 5 毫米）和大型塑膠顆粒。到 2025 年，海洋塑料的數量將增加兩倍；如果當前的線性模式持續進行，到 2050 年海洋中的塑料（按重量計）將比魚類還多。塑料在海洋環境中會被分解成微小碎片（塑膠微粒），除了威脅海洋生物多樣性外，塑膠微粒最終可能進入食物鏈，也可能對陸地生態系統產生長期破壞性影響。2014 年聯合國環境規劃署 (UN Environment) 估計塑料的自然資源成本 (natural capital cost)，每年約 750 億美元，75% 為在製造的階段的环境成本。新的分析顯示環境成本可能高達 1,390 億美元。

由上述可知塑膠產業的發展，無論是經濟面，環境面皆充滿了挑戰。艾倫·麥克亞瑟基金會 (Ellen MacArthur Foundation) 近年來提出「新塑膠經濟 (new plastics economy)」的概念，可以視為塑膠材料循環經濟的願景。所謂的循環經濟，便是替代現行線性取得，製造，丟棄的經濟模式，盡可能長時間使用資源，在使用時從中提取最大價值，以及在使用壽命結束時回收、再生產品和材料。循環經濟是促進透過設計恢復和再生的生產與消費模型，旨在確保產品，材料和資源在使用中保持最高的效用和價值，經由適當的設計排除有毒化學品，減少廢棄物的產生，讓產品的使用年限拉長。循環經濟擁抱系統性思考，創新，以材料的「價值循環」為核心鏈結製造商、消費者、企業與政府。推展循環經濟不僅可以減少原物料的需求，更有效的利用資源，還可以創造經濟價值，提高競爭力，同時節能減碳。艾倫·麥克亞瑟基金會 (Ellen MacArthur Foundation) 提出「新塑膠經濟 (New Plastics Economy)」的願景，特別針對塑膠包裝材有六大目標需要達成 (A vision of a circular economy for plastics)：

1. 淘汰有問題或者多餘的塑膠包材，在保有相同功能的條件下避免塑膠包裝材的使用。
2. 降低一次性包裝材的需求。
3. 塑膠包裝材需要 100% 可回收，可再利用，可堆肥處理。
4. 塑膠材料皆需要可回收，可再利用，可推肥處理。
5. 塑料的使用脫離不可再生資源的消耗。在確保環境友善，來源可靠的條件下，以可再生原料替代現行的原生材料，直到塑料的生產與循環再利用完全使用再生能源。
6. 所有的塑膠包裝材料不含有害化學物質。

要達成上述新塑膠經濟的願景充滿了挑戰。台灣在一次用塑膠製品減量與限用上跟隨國際的腳步，環保署拋出吸管、飲料杯、購物袋、免洗餐具等四種一次性塑膠製品減量與限用時程表，達到「2020 內禁用，2025 以價制量限用，2030 全面禁用」。環保署與民間八個公民團體合作創立海廢平台，推出「海洋廢棄物治理行動方案」，提出具體塑膠減用與限用時程。環保署陸續公告法規，引導民眾改變習慣，管制並引導民眾及業者適應³。除了政府單位的推動與展開，科學上的創新解決方案，可以提高塑料回收和再利用，阻止塑料洩漏進入環境，並將塑料生產與化石燃料原料分離，同時擁抱可再生原料，舉例而言：

1. 用替代原料生產塑料。
2. 使用塑料廢物作為資源。
3. 重新設計塑料製造程序和產品，以改善產品壽命，可重複使用性和廢棄物預防。
4. 加強企業與消費者之間的合作，以提高對企業和消費者需求的認識。
5. 採用可持續發展的商業模式。
6. 適當的政策工具與強大的訊息平台。

台灣在一次用塑膠製品減量與限用上，環保署提出一次性塑膠製品減量與限用時程表。資源整合上，經濟部工業局提出產業循環經濟整合推動計畫，協助企業推動循環經濟創新方案，以提升能資源使用效率，建設產品 / 廢棄物高值在利用管道，建立新商業模式，到跨產業再生料應用，逆物流管理等，期以循環創新突破。強大的訊息平台可以提供有關塑料產品的組成，追蹤塑膠材料的流動，例如 RECPnet（資源高效和清潔生產網絡），整合清潔生產和促進合作，包括透過知識，經驗和技術的交流與轉讓。

推展循環經濟並非一蹴可幾，以台塑企業麥寮工業區為例，經過幾年的努力進行跨廠區資源整合，達到水資源再利用，物料循環，以及能源整合改善三項目標。廠區規劃雨水回收系統，達到減量 (reduce)，再利用 (reuse)，資源化 (recycle) 的循環經濟效果。透過完善水質管理，確保後續取代工業水應用時不會造成管線阻塞，銹蝕等問題。統計 2016 年廠內工業用水量每日需 2,938 噸，經雨水貯留系統平均每日回收雨水 283 噸，約佔用水量的 9.6%。南亞公司的異辛醇廠合成氣製程有二氧化碳與氫氣的副產品產生，製程改善後可以提高二氧化碳自用量，並將排放的二氧化碳台塑與台塑油品公司作為原料。氫氣的再利用也扮演重要角色，

3. 相關內容可以參見行政院環保署一次用產品源頭減量宣導網 (<https://hwms.epa.gov.tw/dispPageBox/onceOff/onceOffHp.aspx?ddsPageID=EPATWH>)。

產生的氫氣自 2000 年開始，全部分給其他廠使用，減少他廠原料輕油的用量。透過製程副產物氣體的循環利用、物料的減量，達到每年減少二氧化碳的排放量，相當於 427 萬顆樹木的吸收，等同 162 座大安森林公園。能源整合改善上，氯乙炔廠透過提升精餾塔操作壓力來提高塔頂溫度，雖然增加少量蒸汽用量（1.5 噸 / 小時），但卻可提供熱能給不同製程使用，共可節省蒸汽 20.7 噸 / 小時。經回收熱之換算，每日可以減少 480 噸的水蒸發量。同時也減少水塔泵浦及風車使用，扣除因高沸塔改善，需要增加冷凝液泵浦的用量，總計可節電量為 386 度 / 時。

台灣石化產業面臨轉型與高值化的重要關頭，我們必須在經濟發展與環境保護上取得平衡，國家才能永續發展。循環經濟是促進透過重新設計可再生的生產與消費模型，旨在確保產品，材料和資源在使用中保持最高的效用和價值，排除有毒化學添加劑，減少廢棄物的產生，讓產品的使用年限拉長。

1. 需要系統的建立，需要資金，法規，技術的投入。
2. 採取生命週期評估方法，重新設計產品，全面考量清潔生產，避免一次性使用，易於分離，維修，升級和回收，避免有毒物質的使用，防止塑膠微粒釋放到環境中。
3. 以共生的概念，追蹤與分享塑料的組成與流動，積極宣導改變塑料一次性使用與丟棄文化，鼓勵回收利用，增加塑料的價值。

VIII. 建材產業邁向循環經濟的分析



陳文卿

現任：財團法人環境與發展基金會資深顧問

學歷：國立台灣大學化學碩士、博士

國立清華大學學士

經歷：財團法人環境與發展基金會總經理

工業技術研究院正工程師兼組長

綠建材標章委員暨再生綠建材分類召集人

台灣資源再生協會常務理事

台灣綠建築發展協會理事

永續循環經濟發展協會理事

台灣綠建材發展協會顧問

本文共同作者：章詩函

建築業是火車頭產業，帶動土木、機械、材料等各種產業發展，是國家經濟發展的重要指標。建築產業配合循環經濟之最高理想為將「資源開採」與「廢棄物產生」最小化，而要達到此目標就必須將「資材循環」最大化。亦即應建立一套建築物從規劃設計、施工建造，以及使用階段的維修管理，到建築物（或部分）更新拆解，廢棄、回收、循環再回歸生產，形成一個資源循環迴圈。

另一方面，在建構循環經濟體系中，建築產業又與其他產業息息相關。來自各種不同產業的廢棄物（營建廢棄物、爐渣、廢玻璃、廢陶瓷、焚化底渣、廢塑膠、廢橡膠、廢木材等）性質，也可以經由中間處理程序，產生「再生粒料」，並進而製造各種再生綠建材，提供營建部門使用。因此，可以再生粒料為核心，串聯上下游產業，形成完整的產業鏈結乃可建構綠營建之循環經濟體系。

內政部長長期以來致力於永續綠建築之推動，並分別制定包含九大指標之「綠建築標章」，以及包括「生態」、「健康」、「再生」與「高性能」等四大類別的「綠建材標章」，其中再生綠建材除了可對應「CO₂ 減量指標」及「廢棄物減量指標」外，更是與循環經濟最緊密關聯者。

所謂「再生綠建材」，係指利用回收材料，經過再製程序，所製造之建材產品，並符合廢棄物減量 (Reduce)、再利用 (Reuse) 及再循環 (Recycle) 等 3R 原則製成之建材。推動再生綠建材之目的，除了有效使用再生材料外，更必須確保建材之基本材料性能，以及不得因為使用再生材料而造成二次污染或對人體健康有不良之

影響。也就是說，再生綠建材應在兼顧性能、健康、生態等基本要求，以及在維持建材所需基本功能為前提下，提高使用回收材料之比率，促進資源永續循環利用。因此內政部建築研究所制定之「再生綠建材標章」評定基準，要求依各種建材之種類、分級，要求須使用一定比率以上之國內回收材料，且所生產之建材品質、性能符合關於該項建材之國家標準（或國際通用規範）。

循環經濟最重要的關鍵是包括原料開採、廢棄物回收、再生材料使用、產品生產等各種物料間的供需平衡。依統計資料顯示，目前國內可循環利用原料之產出量遠大於目前產製的再生綠建材生產量及銷售量。而僅以公共工程之需求為例，也是可充分使用再生綠建材。本文以國內產生量大，且分布範圍很廣泛的廢陶瓷、廢玻璃等為對象，探討其廢棄物產生量，可產製之再生綠建材類別與生產量，以及建築物、公共工程可使用各類再生綠建材之場所。藉由此分析，可了解再生綠建材的原料供應與使用市場之間的供需關係。

循環經濟必須兼顧物質循環之效益與經濟效益。本文另參考《財團法人環境與發展基金會》之研究報告，以 2016 年為例，估算當年度業者所生產之再生綠建材，包括減少原生材料開採，節省廢棄物處理成本以及減少 CO2 排放量等。說明推動再生綠建材所創造之多元效益。

為克服工程單位、建築業界或一般民眾，對於以回收材料所生產之建材是否可能影響建築物安全之疑慮，必須嚴格要求再生綠建材之品質性能符合相關之標準。此外，也可發揮再生材料之特性，製造「優質再生綠建材」。品質性能除符合國家標準外，甚至具有較一般建材更優異之性能，更具市場競爭力。本文以國內技術成熟之再生粒料為例，說明使用鋼鐵廠產生之鋼渣，具有良好之透水性，且耐磨性更高，可用於透水鋪面、瀝青鋪面等，發揮良好之效能。諸如此類以再生材料生產，且獲得再生綠建材標章之「優質再生綠建材」有許多，包括矽酸鈣板、石膏板、高壓混凝土地磚、綠混凝土…等，皆十分值得國內使用，以落實循環經濟。

就整個再生建材的生產體系而言，來自各種產業或營建、公共工程產生的各種回收材料，都是用途很廣泛之「再生粒料」，可提供作為各種再生綠建材生產之原料，因此以再生粒料為核心將可建構完整的循環經濟產業體系。本文以上中下游體系完整之玻璃砂粒料以及混凝土地磚為例，說明其循環經濟產業鏈結。

綠建材循環經濟產業體系之其特色為：

- 建立各種產業間，建築物興建→綠建材使用→綠建材生產→再生材料使用→拆除廢棄再生等循環體系。
- 各類廢棄物經破碎篩分後成為各種再生粒料，將可作為再生綠建材之原料。

- 使用再生材料之建築物、公共工程，於拆除後所產生的材料，經篩選分離雜物後，亦可回到「回收材料」供應端，作為再生粒料之原料來源。

整個循環經濟產業鏈結中，最重要的是上下游原料供需之平衡關係。包括回收料收集數量與地點（運輸成本）、綠建材生產成本（包括前處理費用）、產品市場通路等，息息相關。

原料端方面，必須加強研發回收料處理技術，以及建置循環資源資訊平台，使各產業產生的副產物皆有適當的途徑可回收再利用。

生產端方面，應強化循環再生材料標準，以及建立再生材料驗證制度。確保使用回收材料產製之再生建材品質、性能皆可符合標準。因此嚴謹的綠建材標章制度十分重要。

使用端方面，應研訂再生材料相關政策與規範，政府公共工程採購規範，應排除對於資源循環材料之不當限制。並應加強宣導，更可要求公共工程強制使用一定比例之資源化再利用產品。

在整體推動策略方面，建議包括三個階段。首先是必須先排除再生綠建材之推廣障礙，其次是增強公民營建築物及公共工程使用再生綠建材之誘因，最後更進一步可針對再生建材之特性，創造再生綠建材獨特之優勢。並應結合政府、業者（再生資源產生者與綠建材業者），以及使用者（包括公務機關工程材料採購單位、建築師、室內裝修業、營建業者等）共同努力，以建構完整之綠建材循環經濟體系。

報紙專刊

A14 論壇

經濟日報

中華民國110年5月20日 星期四

產業領袖推進台灣循環經濟

現代財經基金會主辦 從企業實踐範例解析到製造戰略 綠色供應鏈與法制現況 多元面向剖析交流

金葉榮 / 整理
毛洪霖 / 攝影

前言：現代財經基金會主辦的「台灣循環經濟發展論壇——新舊發展研討會」日前舉行，會中由前清大經濟學系教授暨此會主席黃宗煌介紹論壇宗旨與目標之外，也特別邀請台商企業總經理處總經理林善志、永豐餘投資控股公司何壽川等學者專家分別從不同面向進行導論。

研討會針對企業實踐範例解析、工業3.5製造戰略、綠色供應鏈與循環經濟、台灣發展循環經濟的法制現況與倡議、循環經濟的指標建置與績效評估、石化



主辦單位：黃輝珍（現代財經基金會董事長 / 臺灣綜合研究院董事長）
特邀貴賓：王文淵（全國工業總會理事長 / 台塑企業集團總裁）
主持人：黃宗煌（前清大經濟學系教授 / 新舊主編）
協辦單位：臺灣綜合研究院、經濟日報

與談人：

林善志 (台塑企業總經理處總經理)	李聖明 (臺灣綜合研究院副院長)
何壽川 (永豐餘投資控股公司)	郭駿嵩 (清大企業管理系教授)
郭財吉 (臺灣科技大學工業管理系教授)	李岱洲 (中央大學化學與材料工程學系教授)
廖宗聖 (中正大學法律學系教授)	陳文卿 (環境與發展基金會資深顧問)

王文淵：成功關鍵 最高決策主導推行

最高主管的重視，是推動循環經濟成功的關鍵。1993年在台化擔任董事長時推動5S管理（包括整理、整頓、清潔、素養），當時推不動，後來讓副董事長王永在先生出面才成功。後來在2006年6月時被推舉為台塑企業集團總裁，繼續推3點（汽、水、油）不瀉、節能減排，到2016年推動的廠區、跨公司的循環經濟再利用率。循環經濟並非有降低成本、對環保也有很大的貢獻。



全國工業總會理事長暨台塑企業總裁王文淵（前排左五起）、現代財經基金會董事長黃輝珍；郭財吉（前排左起）、郭駿嵩、郭慶、何壽川；李坤一（前排左七起）、廖宗聖、陳文卿；林善志（後排左起）、李岱洲、李聖明、黃宗煌等與談人和出席貴賓合影。

何壽川：對抗氣候變遷 完成五大全循環

永豐餘1924年農業起家，後以纖維製成建材及造紙，循環經濟深植於永豐餘的發展脈絡。鑒於今日五大循環之全循環經濟，也是全球造紙業首家取得BS8001循環經濟最高級認證證書。2019年成立「新川聯盟」，利用纖維素、廢粉等光合作用產生的碳水化合物

談駿嵩：綠色製程 石化產業轉型關鍵

石化產業為基礎產業，與其他產業的差異具有相當的關聯性。目前產值占全國產值10%左右。台灣石化產業未來若要提高競爭力以及更能協助半導體升級等產業，就必須建立綠色製程及循環經濟的技術以增進附加價值。

李岱洲：資源最大化 廢棄物最小化

塑膠可謂世界上最偉大的工業創新之一，其製品在生活中無所不在。塑膠材料有助於經濟成長，但是其龐大的生產規模與不環保的處理方式，是自然資源枯竭、環境退化、氣候變遷、海洋污染、生物多樣性嚴重下降和化學污染的因素之一。唯有採取循環經濟的模

陳文卿：產業鏈結 建構綠營建循環體系

建築業是火車頭產業，在建築循環經濟體系中，建築業與其他產業息息相關。來自產業的各種回收材料，都可轉化為「再生材料」。並可用以生產各種再生綠建材，提供營建部門使用。因此，可串聯上下游產業，形成完整的產業鏈結，以建構綠營建之循環經濟體系。

黃輝珍：編撰專書 推動普及循環經濟

循環經濟 (circular economy) 的本質特點是極大化資源的利用、極小化廢棄物產生，其目的在最大限度和地球資源循環與環境負荷。當今趨勢已經十分清楚，循環經濟正在逐漸取代長期以來以高消耗為主的線形經濟，成為新世紀經濟發展的新思維、新典範、新效益。

黃宗煌：策略推行 明辨施行主體層級

關於推動循環經濟的策略，個人提出以下建議：推動策略應明辨施行主體的層級，從產品技術、製程、廠區、產業、區域、國家、乃至全球，不宜混為一談。

林善志：從零想起 台塑四面節能減排

台塑企業推動循環經濟的理念，主要將無法再利用的廢棄物作為其他製程的原料或燃料。應用在原料、水資源、能源及廢棄物等四個面，全力推動節能、跨公司整合的節能減排作業。

郭財吉：轉換經濟模式 建置永續供應鍊

氣候變遷與極端氣候是國際社會公民必須一起共同面對的嚴峻議題。隨著各國國際宣示「淨零排碳」的目標與承諾，台灣以出口為導向的經濟發展模式，勢必得跟上新興經濟減碳的腳步，方能維繫產業競爭力。工業3.5、循環經濟與技

廖宗聖：效法國際 制訂循環經濟施行法

台灣目前僅有二部行政命令明確提到「循環經濟」用語，而與循環經濟間接相關的法制也有少數幾部，即由數量上觀之，處於「過度匱乏」的狀態。若由質的面向檢視，並未對「循環經濟」的概念、定義、原則進行規範或進一步說明，即或作整

李聖明：四大建議 強化產品環境設計

發展循環經濟或為國際先進國家落實國家2050年碳中和的具體政策方針。為此，本研究參考英國政府 (2018) 建構的「循環經濟設計指南」，包括：生產與消費、廢棄物管理、二次利用與資源創新等4個面向，再考慮我國國情，增修指標項目，建議具有台灣特色的16個循環經濟設計指標。評估結果顯示，台灣應建立由循環經濟發展路徑，但水資源自給率、廢棄物管理、人均都市財源及街巷密度等4項指標需修補循環經濟，務求未來政府政策重點。

照片集錦



主辦方：黃輝珍
現代財經基金會董事長；台灣綜合研究院董事長



特邀貴賓：王文淵
全國工業總會理事長；台塑企業集團總裁



主辦方：李伸一
現代財經基金會副董事長；國策顧問



主持人：黃宗煌
前清華大學經濟學系教授；本書主編



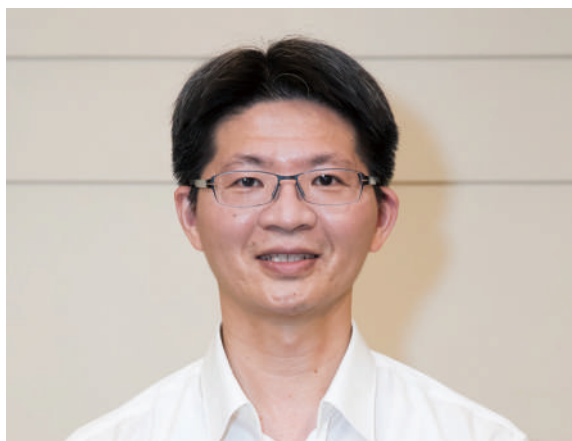
與談人：林善志
台塑企業總管理處總經理



與談人：何壽川
永豐餘投資控股公司



與談人：郭財吉
台灣科技大學工業管理系教授



與談人：廖宗聖
中正大學法律學系教授



與談人：李堅明
台灣綜合研究院副院長



與談人：談駿嵩
清華大學榮譽退休教授



與談人：李岱洲
中央大學化學與材料工程學系教授



與談人：陳文卿
財團法人環境與發展基金會資深顧問



與會貴賓：鄭優董事長



與會貴賓：楊千儀總經理



與會人士合影



現代財經論壇

出版者／財團法人現代財經基金會

董事長／黃輝珍

副董事長／李伸一

執行秘書／張艾茹

企劃秘書／藍安柔

地址／10682台北市大安區敦化南路二段77號20樓之3

網址／www.tnef.org.tw

電話／(02) 2702-2100

傳真／(02) 2702-6595

出版日期／2021年9月 初版一刷

非賣品

著作權聲明：

本書著作權為財團法人現代財經基金會與撰稿人共同所有，
並受國際著作權法保護，未經授權任意拷貝、引用、翻印，
均屬違法。

版權所有·翻印必究