



燈管玻璃再利用產業永續管理與發展

永續論壇

特別企劃

人物專訪

永續視野

► 王嘉慶 / 中台資源科技股份有限公司 環安部及品保部 副理
環境資源教育中心 講師

前言

我國廢棄物清理法將廢棄物分為事業廢棄物及一般廢棄物，在製造螢光燈管時所產生的廢棄下腳料或是報廢含汞光源之事業，將產生有害事業廢棄物，需交給領有含汞廢棄物處理許可之甲級廢棄物處理機構處理；另外，由家戶使用之照明光源，廢棄時為一般廢棄物，需依環保署公告之應回收廢棄物分類收集，交給販賣業、回收站或是經由清潔隊收集，最後由領有廢照明光源處理業登記證業者處理。雖然回收管道與通路有所差異，但廢棄物最後都會進入甲級廢棄物處理廠或是應回收廢棄物處理業進行資源化處理。

相關廢棄物處理機構首要任務就是先將含汞物質回收，並提高可資源化材料再利用比例，其中資源化比例最高的回收材料為廢玻璃，直管燈管約有 90% 之碎玻璃，非直管則約有

40~50%。由此可見，回收燈管玻璃之再利用管理對於廢照明光源回收成效具有舉足輕重的重要性，以下針對回收燈管玻璃再利用永續管理、面臨挑戰以及未來發展進行論述說明。

再利用產業永續管理

再利用產業為達到永續經營與管理目標，應訂定管理政策與作為，並朝向清潔製程方向發展。為掌握實際工廠營運績效可進行碳盤查並訂定減量目標，對於營運管理與績效加以努力。再生產品為突顯其環保價值與特色，可進行碳足跡盤查與揭露以及申請資源再生綠色產品或是環保標章等認證，且建議加入相關策略聯盟進行學習交流與互動，有助於促進資源產品鏈結並提升國內外市場競爭力，同時以環境教育方式推廣資源



再生與搖籃到搖籃理念。如此，整體再利用產業應可朝向永續方向邁進。相關內容分述如下：

再生產業永續經營管理政策

廢棄物再生產業在管理政策上，應嚴格自我要求，秉持「正派經營、重視環保、珍惜資源、造福子孫」的理念為社會竭盡一份心力，以負責任的態度來處理所回收的廢棄物，並將持續不斷推動製程技術及設備的改善，以達到廢棄物減量進而能朝向“零”廢棄物的目標邁進。對於再生產業經營管理提出品質、環境安全衛生及廢棄物

管理等政策與廢棄物清理減量再利用管理制度等建議，請參閱表 1 所示。透過再生產業經營管理政策之規劃、建置與實行，可提升環境面、經濟面及社會面等永續效益，請參閱表 2 之說明。

清潔製程生產

為了可持續性發展，對於資源化再生工廠之規劃、生產與管理導入清潔生產系統概念，以滿足可持續發展的生產方案。關於廢棄物管理，資源再生業已從傳統的清理與處置轉化為有效管理資源，將廢棄物視為有價值資源並予以妥善管

表 1 再生產業經營管理政策

相關政策與制度	內容
品質政策	<ol style="list-style-type: none"> 1. 秉持「正派經營、尊重環保、珍惜資源、造福子孫」之理念。 2. 推動 ISO 9001 管理系統，致力於對能源及物質的珍惜。 3. 重視產品原料選擇，符合客戶需求之承諾。 4. 再利用致力於研發環保技術，提升廢棄物處理效率。
環境安全衛生政策	<ol style="list-style-type: none"> 1. 持續改善提升防治設備效率，降低污染排放。 2. 推動 ISO 14001 環境管理系統認證。 3. 環境、安全及衛生管理工作持續推廣，推行 6S 運動 (整理、整頓、清掃、清潔、教養和安全) 以及持續改善。 4. 推動職業安全衛生管理系統。
廢棄物管理政策	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以負責任的態度來處理廢棄物。 2. 廢棄物減量朝向“零”廢棄物的目標進行。 3. 致力與供應商、承包商與客戶共同建立產業供應鏈之環保共識。 4. 超越環保法令及國際公約的要求，成為永續發展之綠色企業。
廢棄物清理減量再利用管理制度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制定各種管理紀錄並建立查核機制。 2. 加強產品檢驗分析。 3. 設立再利用推廣小組及執行研發計畫。 4. 加強設備改善及維護，以提升再利用率。 5. 積極辦理廢料再利用產品標售，並鏈結衍生廢料流向，達到生態工業理念。

資料來源：自行整理



表 2 再生產業經營管理政策永續效益表

永續效益	內容
環境效益	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對廢照明光源及事業廢棄物進行資源整合。 2. 妥善規劃建置回收處理過程廢氣、廢水、廢棄物及汞的監控作為與污染防治技術，確認工作環境安全、員工健康以及鄰近地區的環境品質。 3. 透過強化環安衛政策，可提升企業形象。
經濟效益	<ol style="list-style-type: none"> 1. 品質政策提升廢棄物資源化比例及品質，有助於再生產品鏈結流向與經濟效益。 2. 廢棄物清理減量再利用管理制度及推動下，減量與資源再生比例提升可減少廢棄物委託處理費用並且提高其附加價值。 3. 營運管理上輔以推動節能減碳方案，可以促進降低營運成本及提高產業競爭力。
社會效益	<ol style="list-style-type: none"> 1. 促進民眾重視綠色消費、資源回收與汞污染防治工作。 2. 利用環境教育方式推動資源回收與避免汞污染等相關理念，透過學習者參訪學習過程對廢棄物能資源化與汞污染防制工作更加認識，逐步落實相關環保行動。 3. 利用回收材料作為教材，可讓學員體驗瞭解廢棄物資源再生的意涵與價值。

資料來源：自行整理

理，使其能發揮最大效能。為了達到最大資源永續利用之目的，以可行技術和經濟成本為基礎，首重製程減廢與污染預防，以及持續減少廢棄物產出量。從廢棄燈管收集、處理至生產再生資源的各個環節都採取必要的方案，實施廢棄品回收再生處理、污染的預防控制以及節能、節水、省料等作為，將再生資源重新再製成相關產品，減緩能源及資源枯竭，實現無害化及環境友善，達到最大效益。

特別是在汞污染防治效益上，廢含汞照明光源回收處理達到無害化，並且減少含汞廢棄物流布於環境與危害，回收之廢汞可純化為高純度之汞產品，提供給國內外燈管製造業或醫療器材業使用，達成廢照明光源循環回收再利用鏈結，多年來減少臺灣向海外進口汞之數量。若以 10 毫

克汞任意棄置於環境至少污染 90~180 噸地下水與土壤的比例估算，則每年度回收 440 公斤汞，可避免 39.6~79.2 千噸地下水與土壤受到污染。

回收再生工廠碳盤查

全球環境變遷對於產業經營和社會安全與穩定息息相關，掌握國際標準化組織 (International Organization for Standardization, ISO) 對溫室氣體管制發展趨勢及因應未來國內外溫室氣體減量機制壓力，回收再生工廠應完成系統化的溫室氣體排放盤查與清冊建置，建立內部文件化及查證程序，持續推動溫室氣體排放管制以降低成本，並達成兼顧資源效率、能源節約、環境保護之永續能源發展目標，共同為產業朝向未來低碳型經濟社會努力，執行溫室氣體減量措施能對全

球暖化趨勢之減緩，善盡身為地球村一份子的責任。

依據 ISO 14064 part 1 對文件保留與紀錄保存要求及管理溫室氣體之需求，訂定溫室氣體盤查管理程序，以及溫室氣體盤查內部查證作業辦法、溫室氣體報告書作業管理辦法與溫室氣體盤查及數據品質管理辦法。盤查之營運邊界包括直接、能源間接與其他間接之溫室氣體排放，主要之溫室氣體排放為二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氟氫碳化物 (HFCs) 等四類。溫室氣體總排放量 (範疇 1 及 範疇 2) 為 889.22 公噸 CO₂e/ 年。直接排放源有固定燃燒源、製程排放、交通運輸上之移動燃燒源及逸散性的排放源等。總直接排放量為占總排放量之 13.89%，能源間接排放量約占總排放量之 86.11%，溫室氣體排放量 98.2% 以上集中在外購電力及車用柴油。溫室氣體減量管理部分，需對於製程老舊設備進行改善汰換更新，並推廣節約能源，降低電力使用量。

產品碳足跡揭露

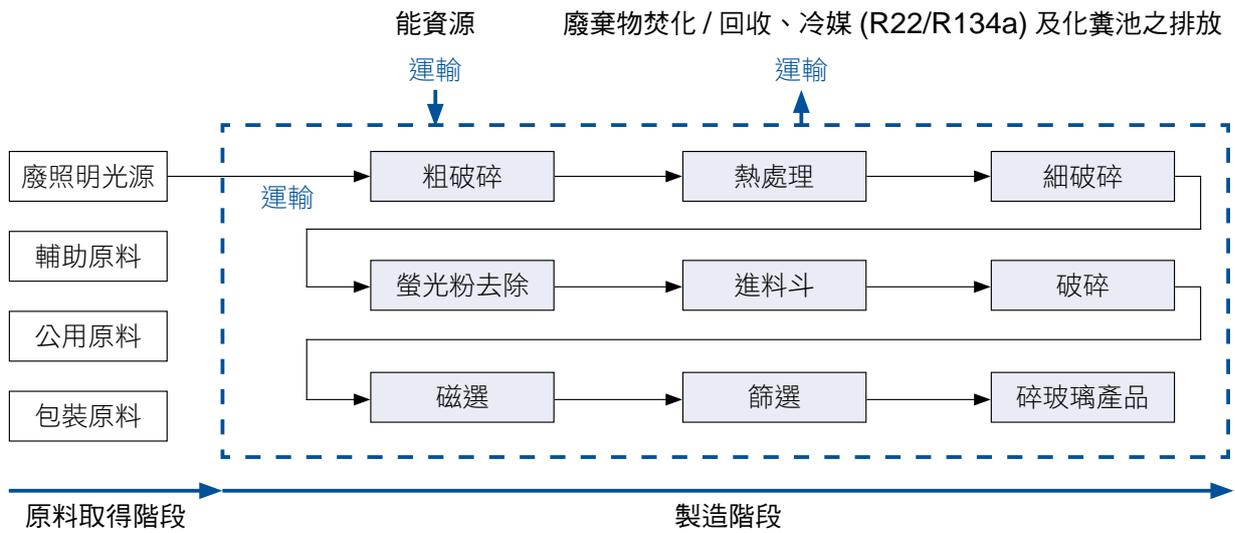
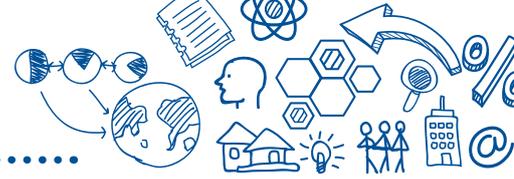
為了大眾與產業要求，業者逐漸開始針對某產品或服務在製造、修改、運輸、儲存、使用、提供、回收或丟棄之生命週期中所釋放的溫室氣體進行評估，例如，對於廢照明光源回收後生產的回收玻璃產品進行碳足跡盤查，以滿足法規發展趨勢和買家對產品碳足跡資訊的要求。

玻璃產品由廢照明光源、含汞之廢照明光源及廢玻璃等來源組成，資源再生部分為玻璃再生粒料，提供相關行業進行使用生產，因此系統盤查邊界屬從搖籃到大門。依據 PAS 2050 (2011 版) 產品和服務在生命週期內的溫室氣體排放評價規範要求，揭露產品從原物料製造、運輸到製程過程後離開工廠大門所產生之碳排放量，故產品碳足跡宣告並不包括產品運輸階段、使用階段與最終廢棄階段。製造階段包含粗破碎、熱處理、細破碎、去除螢光粉、進料斗、破碎、磁選及篩選等部分，所產生之廢棄物委外處理則計算其運輸階段。玻璃再生粒料碳足跡盤查系統邊界請參閱圖 1。

針對盤查取得之數據進行產品碳足跡分析，透過工業局輔導計畫，使用德國生命週期分析評估軟體 GaBi 4 Compilation 4.4.142.1，進行 1 公斤玻璃再生粒料之產品碳足跡分析，經盤查每公斤玻璃再生粒料之碳足跡為 0.121 kgCO₂e。玻璃再生粒料於原料與製程階段生命週期中，原料階段的排放量包含主要原料、公用輔助原料及原料運輸過程，其中原料占產品碳足跡之 83.7%；製程階段用電為最大的排放源，其製程階段碳排放量占產品碳足跡之 16.3%。

申請經濟部資源再生綠色產品

經濟部為鼓勵政府機關及企業優先使用資源再生產品，開創事業廢棄物綠色商機，訂定「資



資料來源：自行整理

圖 1 玻璃再生粒料碳足跡盤查系統邊界圖

源再生綠色產品審查認定辦法」，申請經審查通過者，將頒發資源再生綠色產品證書。廢照明光源處理製程產生之廢玻璃需經允收判定，不得含有非玻璃雜質且經毒性特性溶出程序檢測合格，經再利用製程可生產成玻璃粒料產品，並依據審查認定辦法申請為再生綠色產品。經過再生處理後之玻璃材料可提供相關產業使用，不僅降低工業活動產生之廢棄物，同時可落實廢棄物再生循環利用，以達成節約資源、降低環境負荷、維持經濟永續發展。

申請行政院環境保護署環保標章

為提升使用者意願以及宣告回收玻璃產品對環境的友善程度，依「行政院環境保護署環境保

護產品推動使用作業要點」及「行政院環境保護署環境保護產品申請審查作業規範」，具有再使用、使用回收料及廢棄物減量等環境訴求，提出自身產品環保優越的佐證資料，以申請第二類環保標章。環保標章產品驗證作業非常嚴謹，除檢核產品環保優越性外，對於公司及生產場所亦要求符合相關環保法令，並進行生產工廠查核，確保生產製程、原料使用及品質控制機制等符合規定。回收玻璃產品為使用 100% 回收玻璃，其製程不使用有害化學物質、不含蒙特婁合約管制物質及重金屬，透過回收再利用減少廢棄物產生量，以達成資源永續循環之目標。

參與搖籃到搖籃策略聯盟

搖籃到搖籃 (Cradle to Cradle, C2C) 理念希望建立可回收性與再生循環性的供應鏈設計，達到未來永續經營的經濟概念。透過產品環境化設計，不僅可減少原物料開採，讓材料資源不斷循環利用，提升產品內涵與綠色價值。為促進玻璃產品行銷與技術交流，資源再生業者可申請加入搖籃到搖籃策略聯盟。聯盟組織成員以產業為主，結合官、學、研等單位，並由環保署協助建置策略聯盟之資訊交流平台，促進彼此合作，共同推動綠色產業發展。同時與國際社群連結，推廣相關知識與做法，提升臺灣產業在國際市場上的競爭力。

策略聯盟提供政府法規政策擬定實行和成員需求期待間之溝通橋樑，定期作教育推廣與計畫，提升會員對設計、管理及消費概念的了解與實務技能。聯盟中更提供企業家、產品開發人員及專家學者媒合機會，創造合作夥伴關係以及創新的靈感來源，有著令人驚喜的新見解和合作機會，開拓新市場和服務。透過互動建立組織環保形象，隨時掌握最新資訊，有助於發展知識經濟的資訊先機，並與世界接軌促進國內外產業及文化交流，激發創新思維等益處。

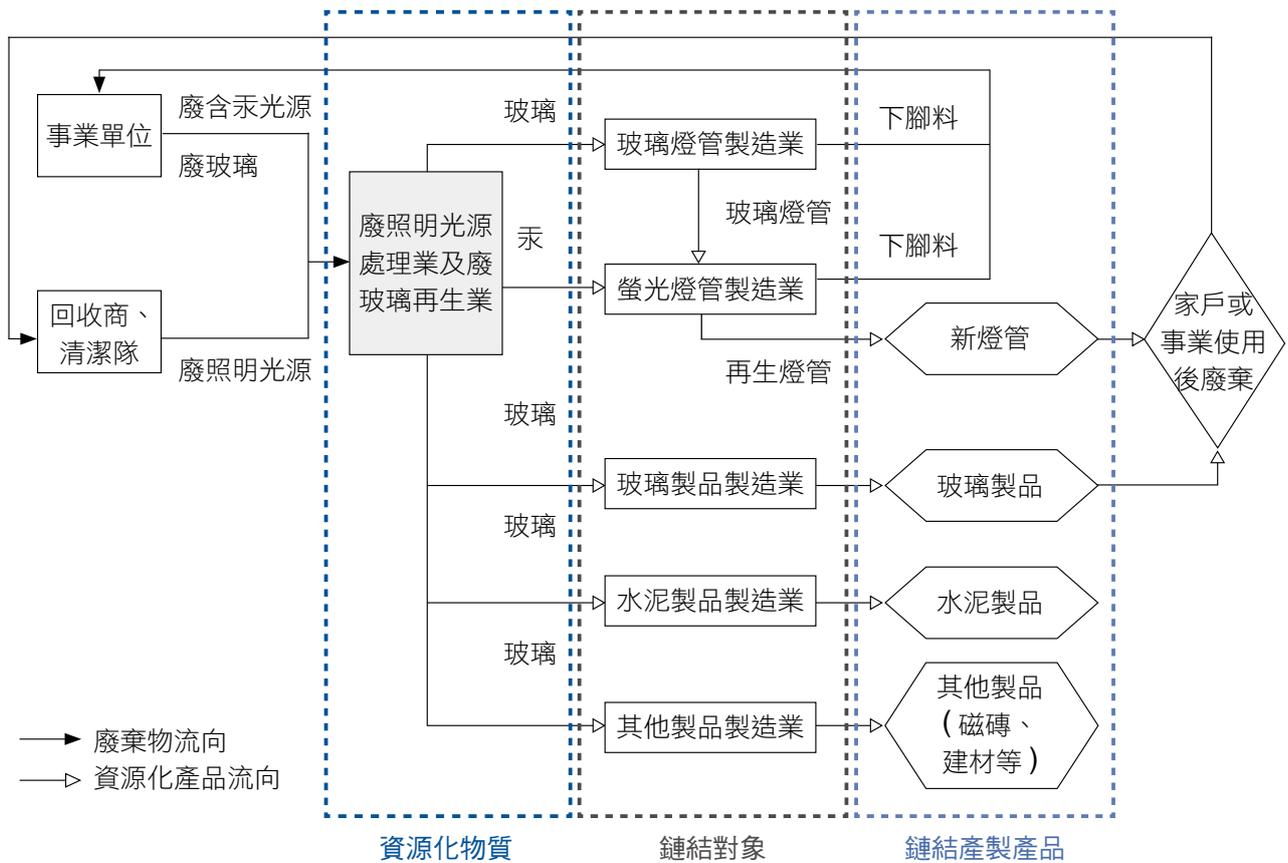
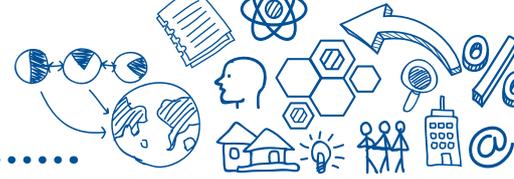
強化資源鏈結

「廢棄物是錯置的資源」，以謹慎小心之態度妥善處理照明廢棄物，經處理後生產可再利用之玻璃、金屬、汞及塑膠等材料，其中以玻璃為

最大量之回收材料。經過家戶或是事業單位廢棄後之照明光源及廢玻璃等，可能由事業單位本身或是回收商與清潔隊等交給處理業及再生業，可再利用的汞則進入螢光燈管製造業使用。回收玻璃材料主要成分除了二氧化矽外，還包括鈉、鈣、鎂、鉀及硼等，可交給燈管製造業拉製新的玻璃燈管再提供給螢光燈管製造業使用，或是可銷售給玻璃製品製造業、水泥製品製造業或是磁磚建材等其他製品製造業使用，製成燈管玻璃、高壓混泥土地磚、混泥土空心磚、植草磚、圍牆磚、花台磚、樹穴磚、透水磚、矽酸鈣板、磁磚、人造石材、水泥製品、其他化學原料、琉璃藝品或玻璃製品等...，用途廣泛。玻璃材料資源化鏈結圖請參閱圖 2。

善盡企業社會責任，推廣環境教育

資源再生產業可發展環境教育設施場所推廣相關理念，以中台環境資源教育中心為例，經營廢照明光源及廢玻璃資源回收處理再生工作的同時，整併相關設施及教育走廊解說經驗，並向行政院環保署申請認證通過。教育中心以「利用厚生」為信念以及「宣導廢照明光源回收之重要性，積極推廣汞污染防治與預防工作」為目標，整合相關教育資源如環境教育走道、光的介紹、光與色彩的體驗、水銀的分布與污染、水銀與健康、廢照明光源回收與處理、環保再生產品與回收玻璃彩繪 DIY 等教育題材，透過教育的方式讓來



資料來源：自行整理

圖 2 玻璃材料資源化鏈結圖

訪學員更瞭解地球資源有限以及含汞廢棄物隨意丟棄對於環境與人體的傷害，體認愛護環境的重要性，進而採取珍惜資源及環境友善行為。企業提供環境教育服務功能，以具體行動落實社會責任，為環保及永續未來撒下種子幼苗。

訂定各項管理管制政策，對含汞物質的各項產品於源頭開採、使用、產品廢棄及處置流向採取嚴謹之管制措施。含汞照明光源因為該項國際管制措施以及 LED 照明產業的迅速發展，數量已逐漸減少，民眾開始逐步採用 LED 類型之照明光源，未來廢棄照明光源將產生革命性的轉變。

面臨挑戰與未來發展

汞為第一級的毒性化學物質，世界各國紛紛

以目前經由回收廢照明光源所收到的 LED 廢棄物進行觀察，該類型廢棄物雖未含汞，但產生大量的電路板與電子廢料，而原本可進行資源



化再利用的玻璃反而被塑膠取代。再者 LED 屬發展階段，各廠牌 LED 光源的外形、型式、規格及材質等差異度非常大，在廢棄物處理與再利用業的角度思考，LED 照明廢棄物的資源化效益比例可能無法達到原含汞的光源程度，處理成本也相對提高。

在生產者責任延伸制度下，LED 照明光源即將被環保署列為應回收項目，對其製造業與進口業等責任業者收取回收清除處理費率。建議經濟部及環保署等相關單位應推廣綠色設計以及訂定產品規格，使未來新世代之 LED 照明光源除了安全性、能源節省性等特點外，需一併考量廢棄後之回收性，提倡使用自然環境下易分解和易回收的材料。對於再利用業者應當跟上照明光源革命性的改變，研發相關廢棄物之資源化技術與再利用流向。

結論

廢照明光源於 2002 年起由環保署公告為應回收廢棄物，至今約有十多年的回收處理與再利用經驗，過去傳統照明光源之成分組成比 LED 照明光源單純，回收比例高且再利用流向順暢。面對新式照明光源產品迅速發展，期望製造業進行綠色設計，選用材料時多加考量產品廢棄後之易拆解與可再利用用途，以協助完成廢棄物資源化處理任務。

廢照明光源與廢玻璃再利用產業經過多年努力，發展出經營管理政策與作為，回收製程往清潔生產方向發展，同時對於回收工廠進行碳盤查以及回收再生材料進行碳足跡揭露、再生綠色產品認證以及取得環保標章，並以環境教育行動推廣資源再生理念，期望面對新式 LED 照明光源挑戰，秉持過去廢棄物再利用經驗持續努力與堅持，讓臺灣之廢棄物再利用產業發光發熱，往零廢棄目標與永續發展邁進。

參考資料

1. 台灣搖籃到搖籃策略聯盟，<http://www.c2cplatform.tw/>。
2. 行政院環保署，<http://www.epa.gov.tw/>。
3. 張添晉，「廢玻璃與廢燈管資源回收循環」，財團法人中技社環境與能源研討會，2010 年。
4. 張添晉，「國內含汞產品之流布與管理」，永續產業發展雙月刊，No.48，P68-77，2010。
5. 產品碳足跡資訊網，<http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLFootProduct/PAS2050.aspx>。