



物料循環案例介紹

▶ 專四部 劉蘭萍 資深協理
 鄭淑芬 經理
 邱崇銘 專案經理
 楊宜潔 專案經理

一、前言

為因應來自全球不斷升高之資源與環境壓力，歐盟委員會於 2012 年宣告歐盟將朝向提高資源使用效率與資源再生之循環經濟推進。廢棄物產生量多寡與資源有效運用具高度關聯性，近 10 年來政府積極致力於推動並輔導產業將廢棄資源物再生轉換成新資源，促使產業朝向綠色生產，以提高各產業綠色競爭力及減少自然資源的浪費。經統計至 103 年底，工業廢棄物再利用率已由 91 年之 56% 大幅提升至 80.6%，年再利用率從 91 年 804 萬公噸至 103 年達約 1,402.5 萬公噸，其資源再生量能提升約達 44%。每年不但減少 1,402.5 萬公噸廢棄物處理所造成之資源浪費與環境負荷，同時創造新資源，使各產業更具國際市場競爭力。

依據主計處與環保署統計近 3 年經濟成長率與事業廢棄物產生變化率，呈現我國經濟成長與廢棄物產生量脫鉤現象，顯示我國產業廢棄資源再生循環體系已然成形。本文將針對我國產業物料使用量大之「砂石」與「煤」及推動綠能產業所需之關鍵物料「鈮」與「鎂」，評析其物料循環鏈結之現況，作為產業評估將二次物料納入物料供應鏈或相關單位推動其他產業資源循環再生之參考。

二、砂石循環鏈結

砂石依其來源可分為天然砂石及再生砂石兩類，天然砂主要由國內砂、石及黏土採取業與其他礦業及土石採取業開採而得，少部分自國外進口。依經濟部礦務局統計推估 103 年度國內天然砂石生產量約 5,452 萬公噸，進口砂石裝卸量則約 1,425 萬公噸。另有關再生砂石部分，則係由國內事業廢棄物處理、再利用與再生利用機構，依「廢棄物清理法」或「資源回收再用法」規定，以廢棄物或再生資源為原料，經再利用程序產製而成。

依本會執行經濟部工業局資源再生產業推動相關計畫經驗，分析得供作砂石替代原料之廢棄資源包括廢陶(瓷、磚、瓦)、廢玻璃、石材廢料(板、塊)、石材礦泥、電弧爐煉鋼爐渣(石)、感應電爐爐渣(石)、化鐵爐爐渣(石)、旋轉窯爐渣(石)、廢鑄砂、煤灰、垃圾焚化爐底渣、一般性飛灰或底渣混合物、土木或建築廢棄物混合物、營建混合物、廢水泥電桿、廢噴砂、水淬高爐石(渣)、瀝青混凝土挖(刨)除料及剩餘土石方等 19 類，合計年產生量逾 6,583 萬公噸。

國內再生砂石供應來源主要由營造業、建築工程業於施工過程產出之剩餘土石方、營建混合物與土木或建築廢棄物混合物；電力及燃氣供應

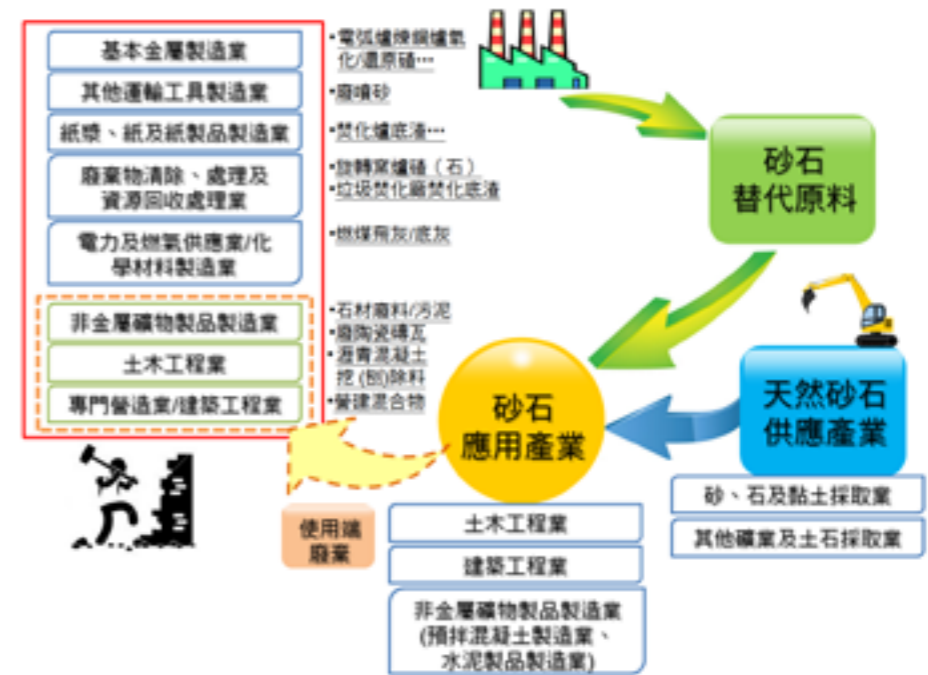


圖1 砂石物料關聯產業循環鏈結

業於發電或產生蒸氣製程產出之煤灰；廢棄物清除、處理及資源回收業與化學材料製造業於焚化過程產出之焚化爐底渣；基本金屬製造業於生產過程產出之廢鑄砂、電弧爐煉鋼爐渣(石)、旋轉窯爐渣(石)、水淬高爐石(渣)等爐渣類廢棄物，經破碎、磁選、篩分等物理處理程序產製再生砂石，再進入砂石物料供應鏈，提供予預拌混凝土製造業、水泥製造業與水泥製品製造業等，取代天然砂石供產業運用，作為預拌混凝土、水泥、水泥製品、級配等之原料或道路工程材料等。前述砂石物料關聯產業循環鏈結如圖 1 所示。

三、煤炭循環鏈結

依經濟部能源局網站之統計，國內 102 年度煤炭消費量約達 6,400 萬公噸，其中 86% 為發電、汽電及工業用途使用，且煤炭皆自國外進口；在全球氣候變遷以及環境保護訴求下，推動替代煤燃料為各國再生能源發展政策之一，而以含有機物之生物質作為煤之替代燃料為主要之推動方向。國內製造業生產過程所產生之可替代煤炭作

為輔助燃料之廢棄物種類，包括廢塑膠、廢橡膠、漿紙污泥、紡織污泥、燃油鍋爐集塵灰及廢白土等，其主要來源事業包括造紙製造業、紡織業、塑膠製品製造業，以及橡膠製品製造業等，合計年產生量約為 33 萬公噸。

國內電力及燃氣供應業、化學材料製造業、化學製品製造業、基本金屬製造業、紙漿、紙及紙製品製造業、及非金屬礦物製品製造業等具燃料需求之產業，倘以上述具生物質之廢棄物替代煤作為燃料使用，除可降低我國對進口能源之依賴外，亦可有效去化產業生產所產生之廢棄物，而其燃燒過程所產出之灰渣多屬無害性廢棄資源，經適當物理處理後，亦可再投入砂石供應鏈，延長大宗物料之使用週期。前述煤炭物料關聯產業循環鏈結詳如圖 2 所示。

四、含鈮物料循環鏈結

鈮在地殼中庫存量稀少，且其分佈稀疏，不易提煉，目前可採蘊藏量大約 11,000 公噸，基本蘊藏量為 16,000 公噸，根據 2008~2010 年各

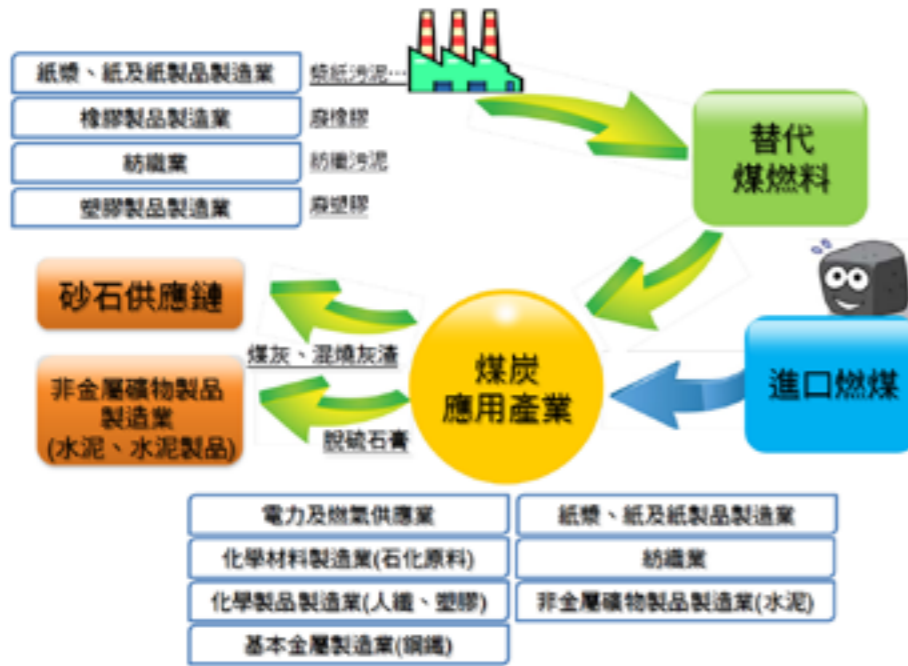


圖2 煤炭物料關聯產業循環鏈結



圖3 含鋼物料關聯產業循環鏈結

稀有金屬開採量及蘊藏量資料，估計原生錳再開採 21 年便會耗竭，國外錳的回收包含幾個途徑，分別來自於礦場、產品製造、及廢棄物回收，而礦場中包含採礦程序、煉製程序及處理程序，主要回收對象包括礦渣及排氣煙塵，產品製造程序之回收主要來自於 ITO 廢靶材，廢棄物回收目前之比例則占較低之比例。

目前國內含錳物料大量應用於 TFT-LCD 產業中，而在新興綠色能源的趨勢下，太陽能電池的用量預估會逐年增加，產業生產所需的含錳物料主要來自於進口，進口的原料種類包括磷化錳，材料及半成品包括磷化錳晶圓、磷鋁鍍化錳之發光二極體晶粒及晶圓。依據財政部關稅署進出口資料庫資料，我國近 5 年磷化錳晶圓進口量有逐年成長趨勢，103 年磷化錳晶圓進口量約占進口總量之 90%，主要進口國為中國。

含錳廢棄物主要包括面板、發光二極體及太陽能電池產業製造過程產出之廢靶材、含錳錫廢液、含錳污泥，以及經消費者使用廢棄之液晶顯示器、行動資通設備等，回收含錳廢棄物主要來

自濺鍍製程廢錳錫氧化物 (ITO) 靶材，其可回收錳之比例約 99%；少部分則來自光電產業委外清洗 ITO 濺鍍設備所產生之含錳錫廢酸液。目前國內尚無業者針對含錳消費性產品廢棄後錳之回收，其可能之原因為回收量未達經濟效益規模、純化技術待提升，或衍生廢棄物處理問題等因素影響，而將其經中間處理後採焚化或掩埋處理。前述含錳物料關聯產業循環鏈結如圖 3 所示。

五、含錳物料循環鏈結

錳主要來自鋁、鋅等金屬冶煉過程中所產生之副產物，其蘊藏量較難估計，含錳之鋁土礦是目前錳的主要礦源，其他的礦源有鉛鋅礦、多金屬礦、硫化銅礦、硫化鋁礦、煤礦、錳礦等。從錳鋁土礦或是其他的礦源例如鉛鋅礦等礦源初次所提煉出來的金屬錳稱為初級錳，全球初級錳年生產量於 2008 年達約 95 公噸，主要生產國家為中國、德國、哈薩克斯坦和烏克蘭。

目前國內含錳物料主要應用於 LED 產業，少部分應用於薄膜太陽能電池中之銅錳錫太

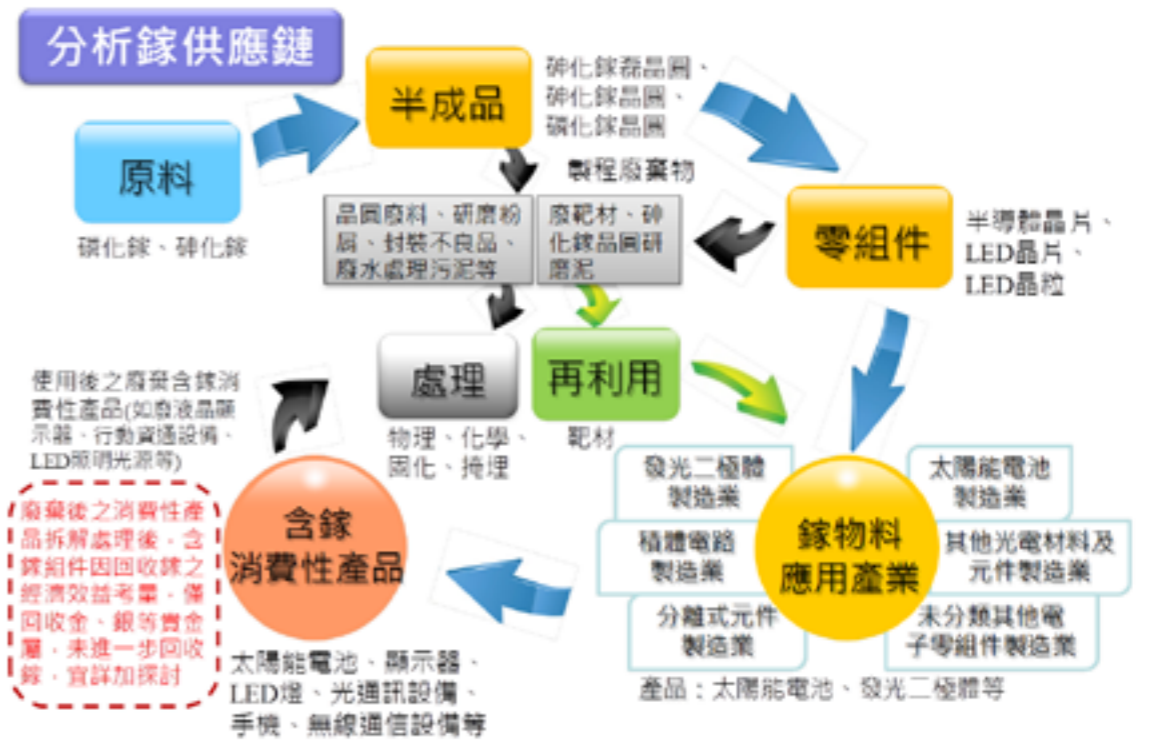


圖4 含錳物料關聯產業循環鏈結

陽能電池 (CIGS)，其需求量亦因太陽能電池的用量預估會逐年增加。產業生產所需的含鎵物料主要來自於進口，依據財政部關稅署進出口資料庫資料，我國近 5 年鎵相關物料進口項目包括化合物型態之砷化鎵、鋁砷化鎵、磷化鎵、磷砷化鎵、磷化銦，及半成品砷化鋁鎵晶圓、砷化鎵晶圓、磷化鎵晶圓、磷砷化鎵之發光二極體晶粒及晶圓、磷砷化鎵晶圓、磷鋁鎵化銦之發光二極體晶粒及晶圓，其中砷化鎵晶圓進口量逐年攀升趨勢，103 年砷化鎵晶圓進口量約占進口總量之 75%；進口國家主要以日本為主（占 32%）、中國大陸次之（占 27%）、德國位居第三（占 17%）。

含鎵廢棄物主要包括生產半導體晶片、LED 晶片或晶粒等晶圓代工產業製程產出之廢靶材、砷化鎵晶圓研磨泥、晶圓廢料、研磨粉屑、封裝不良品、廢水處理污泥等，以及經消費者使用廢棄之太陽能電池、顯示器、LED 燈等，回收含鎵廢棄物主要來自砷化鎵晶圓研磨泥及廢靶材等項。國內目前尚無業者針對含鎵消費性產品廢棄後鎵之回收，其可能之原因與含銦消費性產品廢棄多經中間處理後採焚化或掩埋處理相近。前述含鎵物料關聯產業循環鏈結如圖 4 所示。

六、結語

廢棄資源經再生程序產製二次物料成為物料供應鏈之一環，已成為各國發展循環經濟重要之課題。我國在推動廢棄資源再利用方面，雖已獲致相當成效，惟部分二次物料因品質與供應之穩定性，無法回到產業物料供應鏈，發生棄置而污染環境事件，迫使主管機關加嚴二次物料之行政管理如銷售流向申報，降低產業使用二次物料之意願，進而減緩物料循環之推動；另就產業發展所需之稀貴資源，在生產製程所產生之含稀貴資源廢棄物多已進入回收再生體系，惟屬消費性產品廢棄物後之回收，現階段業者多從事拆解、分類工作，並視國際市場收購價格將其輸出國外精煉再生，再以高純度金屬錠或特用化學品型態進口到台灣，而國內掌握該等電子廢棄物精煉再生

技術之業者，卻苦於「料源」缺乏致稼動率低，使得經濟規模不足構成完整之產業循環供應鏈。

國內部分產業與廠家已逐步朝向建構物料循環鏈結，以降低對天然資源之依賴，為促使我國邁向循環經濟發展，有賴政府藉由全面盤點物料管理相關政策法令，排除或鬆綁可能影響推動產業物料循環之相關法令制度，建立關聯產業共生循環與資源儲備制度，進行相關關鍵技術之基礎研發，制定具誘導產業優先使用二次物料之機制，以永續物料管理為出發點，提升資源生產力，促使資源循環使用於產業製造生產與消費使用間。

七、參考文獻

1. 經濟部工業局，資源再生產業推動及審查管理計畫，民國103年。
2. 美國煤灰協會(ACAA)網站：<http://www.aaa-usa.org/>。
3. 日本鋼渣協會網站：<http://www.slg.jp/>。
4. 再生能源網：<http://www.re.org.tw/>。
5. 經濟部能源局網站：<http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>。
6. 張啟達、劉蘭萍、鄭淑芬、邱崇銘、蔡維馨、高忠平，工業廢棄物循環再利用於營建工程之探討，中國土木水利工程學會會刊第41卷第6期，103年。
7. 財團法人中技社，台灣稀有資源循環發展策略，2013。
8. 傅崇德，邱惠敏，銦資源之回收再利用技術及資源替代性之介紹，環保簡訊第18期，桃園縣大專校院產業環保技術服務團，2013。
9. 經濟部技術處，戰略關鍵金屬之價值鏈應用與商機探索-銦、鎵、釩、鋰，2010。

