

# 台灣資源循環經濟之策略發展

張添晉 工學院院長  
羅方辰 研究生  
台北科技大學環境工程與管理研究所

## 一、前言

「循環經濟」一詞包含許多領域，如「綠色經濟」、「生態經濟」及「低碳經濟」等，而「循環經濟」是以天然資源為核心的經濟體系。隨著全球人口之成長，所需開採資源愈多，人類於未兼顧環境保護之情況下，持續不斷開採資源，並造成嚴重的環境損害。此時「循環經濟」就非常重要，「循環」意指在資源有限的情况下，如何同時滿足需求變化及避免資源的浪費。「經濟」在此指的是在建構資源循環體系時，所衍生之研發、製造及服務機會，及所額外創造出的經濟附加價值。近年來，各國對於稀有資源日漸重視，許多國家如：美國、日本、中國及韓國紛紛積極建立資源永續管理制度（包括資源儲備），以確保國家安全及維持經濟體系競爭力。

台灣雖以優秀的製造生產在全球佔一席之地，但國內地狹人稠、環境負荷沉重、自然資源嚴重不足，能資源高度依賴進口，是以避免國家面臨物質稀缺窘境，提升物質利用效率，建立永續物質管理情形為首要任務。本文將以三大面進行探討，首先介紹台灣資源循環現況，並且從循環經濟之總體戰略來推動發展，最後再探討資源循環經濟發展，並探討在全球資源爭奪的趨勢

下，台灣依據「循環經濟」的概念，建構出國內資源循環的能量，同時創造出下一波的經濟發展契機，實為明確且急迫的任務。

## 二、台灣資源循環現況

### 1. 台灣資源循環制度架構

台灣由於日常生活中環境教育宣導完善以及完整的法令配套，成功將環保觀念深植人心，而民眾對於環保意識也因此逐漸成熟。近年來，由於全球經濟迅速發展，導致地球有限資源急遽消耗，因此資源永續利用與發展儼然已成為國際間共識。台灣廢棄物管理的歷史過程，主要由早期的管末處理，逐漸調整為源頭減量以及回收再利用為主。環保署自2003年起提出「零廢棄」政策目標，以源頭減量及資源回收再利用為兩大主軸，在五大策略主軸中有一項便是資源循環零廢棄，台灣資源循環產業範疇主要如圖1所示。

台灣資源循環產業範疇係依廢棄物管理相關法令，從事以各類可資源化廢棄物為原料，將其再生利用為再生產品之行業。其中包含公告再利用、共同清除處理、公民營清處理、及公告應回收廢棄物處理等廠商。歷經產學各界近十年來共同的努力，事業廢棄物再利用達1,451.1萬公噸，

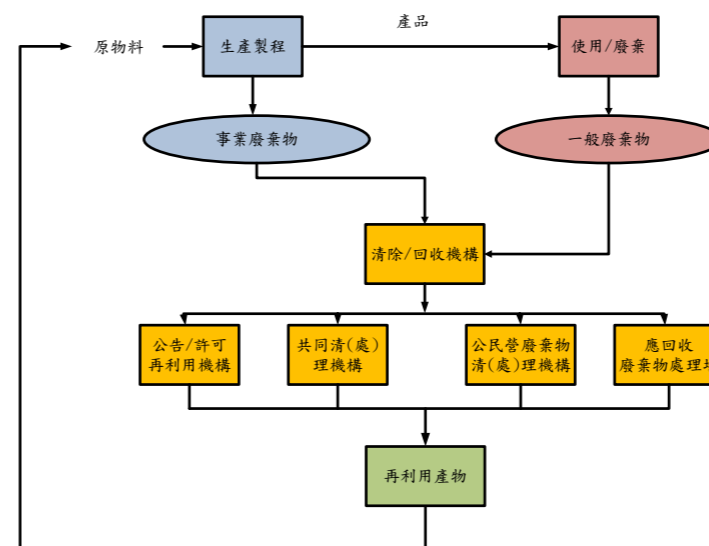


圖1 台灣資源循環產業範疇

資料來源：【財團法人中技社，台灣資源循環產業發展策略，2013年】

約占總申報量的80.96%，廠商家數達1,361家，成長約3.46倍；產值為658億元，成長達1.64倍；工業廢棄物再利用量為1,378萬公噸，成長約71.4%。

### 2. 事業廢棄物

台灣產業在生產過程中所產生之不良品或是下腳料等，需做為事業廢棄物申報，台灣事業廢棄物管理策略包括再利用、妥善處理以及越境轉移三大部分。此外為落實零廢棄，達成廢棄物產生量最小化以及資源回收再利用量最大化之目標，台灣於2013年通過資源循環利用法草案，將「資源回收再利用法」與「廢棄物清運法」兩法合一，並將管制權回歸環保署。融入產品生命週期之概念，從源頭設計、製造、使用、回收以及再利用作一全面性推動，希望於2020年達到事業廢棄物減量10%以及再利用率達到85%之

表1 台灣2013年事業廢棄物處理申報統計分析

流向	再利用	自行處理	委託共同處理	越境處理	總計
數量(公噸)	14,912,872	812,418	2,782,586	50,772	18,558,648
百分比(%)	80	4.4	15	0.27	100.00

資料來源：【環保署網站資料，<http://waste.epa.gov.tw/prog/IndexFrame.asp?Func=5>】

目標。有關於台灣於2013年事業廢棄物處理申報統計分析整理於表1。

### 3. 一般廢棄物

行政院環境保護署於2003年依「垃圾處理方案之檢討與展望」推動「垃圾零廢棄」，以「源頭減量以及資源回收」為主要政策，提倡綠色生產、綠色消費、源頭減量、資源回收、再使用以及再生利用等目標，將資源廢棄物有效循環利用，希冀逐步達成垃圾全回收、零廢棄的目標。

回收再利用方面，訂定資源回收四合一計畫的制度，透過資源回收基金之規劃運用，結合社區民眾、地方政府清潔隊以及回收商推動資源回收工作。近年則是推動全國性的垃圾強制分類，大幅提升資源回收率；部分地方政府亦實施垃圾費隨袋徵收，利用經濟誘因使得垃圾減量及提升資源回收量成效更為顯著；此外，建立廚餘、巨大廢棄物、裝潢廢棄物之收集與再利用管道，此舉亦大幅減輕垃圾處理壓力，增進物質循環規模。

有關製造(輸入)業者繳納回收清除處理費用方面，由環保署執行回收處理之資源回收四合一計畫，係透過公告應回收項目，由清潔隊以及回收商等進行回收工作，台灣2008至2014年廢棄物及容器稽核認證回收量統計如表2所示。

### 4. 稀有資源現況

台灣為高科技進出導向之國家，且無天然礦源，近年來稀有資源伴隨著高科技產品的需求擴大，需求量不斷上升，而台灣在綠色產業近年來快速發展下，不管在發光二極體(LED)、面板業、印刷電路板、工具機、高科技產業、及其他

表2 廢物品及容器2008-2014年稽核認證回收量統計表

年度	廢容器 (公噸)	廢乾電池 (公噸)	廢農藥 (公噸)	廢機動車 (萬輛)	廢鉛蓄電 池(公噸)	廢輪胎 (公噸)	廢潤滑油 (公噸)	廢家電 (萬台)	廢資訊 (萬件)	廢照明光 源(公噸)
2008	433,686	5,470	995	51.5	38,662	104,834	27,439	147.4	278.0	5,121
2009	473,982	4,096	790	43.8	25,594	102,931	29,561	142.7	257.0	4,695
2010	476,625	3,617	608	46.9	37,908	103,303	14,437	178.6	355.4	5,053
2011	520,871	3,315	370	33.7	52,126	103,292	15,290	193.7	387.0	5,220
2012	498,589	4,959	135	29.8	51,241	104,776	-	245.5	338.5	7,213
2013	499,311	4,774	1,105	32.7	53,655	106,809	-	262.1	313.3	5,416
2014	499,281	3,731	1,921	35.3	68,660	117,256	-	262.7	384.4	5,182

資料來源：【行政院環境保護署資源回收管理基金管理委員會】

表3 重點產業之稀有資源

排名	行業別名稱	產業產值 (單位:億元/年)	稀有資源應用
1	1700 石油及煤製品製造業	13,600	無
2	2641 液晶面板及其組件業	11,850	銻、銀、鈦及鈹
3	1820 石油化工原料業	11,827	無
4	2413 鋼鐵軋型及擠型	7,895	鈳、鈷及鉬
5	2611 積體電路	7,652	銻、鈦、鎳及鎳
6	1841 合成樹脂及塑膠業	5,859	無
7	2411 鋼鐵冶煉	4,444	鎳、鈳
8	2649 其他光電材料及元件業	3,576	銻、鈦、鈷及鎳
9	2613 半導體測試及封裝	2,918	鈦、鎳及鈦
10	2721 電話及手機製造業	2,768	鈦、鈳、銻及鈳

資料來源：【經濟部統計處之經濟部查詢系統】

相關零組件，皆為世界重要供應鏈。台灣如何掌握稀有資源脈動與特性為現今急需探討之問題。參考經濟部統計處之經濟部查詢系統，並以我國產值高於 1,000 億元 / 年為篩選對象，篩選出我國較大之產業規模，並調查台灣製造業產業產值與該產業可能需要之稀有資源為如表 3 所示。

由於目前我國對於稀有資源之回收等相關設備、經驗、及管理制度尚未建立，但相對於世界其他各國，我國目前不論事業廢棄物及一般廢棄物之回收體制運作及成效，實為世界先列。我國若希望回收稀有資源的系統快速建立制度，建議搭配現有之回收體制，透過技術提升及政策規

劃，方能快速進行稀有資源的回收。

### 三、推動循環經濟總體戰略

為建構永續發展社會，對其概念應朝向於資源使用過程中，減少環境負面衝擊、提高能源使用效率、保育自然資源並將成本效益與國際社會公平納入考量，以及最終在循環型社會體系下使維持穩固經濟發展與環境負荷之關聯性徹底脫鉤。就資源短缺與廢棄物問題而言，積極進行廢棄物管理制度革新、研發循環利用技術、健全資源循環利用產業、提高資源使用效率、建構資源循環型社會，儼然成為當前國際環保與永續發展之要務。

行政院環境保護署依據歐盟推動永續物質管理政策 (Sustainable Materials Management, SMM)，調整源頭減量、再使用、再利用、及妥善處置的推動順序 (如圖 2)，未來廢棄資源物之管理策略方向，係以資源永續循環為核心，強調「資源回收再利用」。為避免現行管理體制限制資源回收處理體系的發展，針對回收處理之管理策略，應避免固守窠臼的管理模式，重新檢視現行法規制度，參考國際間的管理經驗，在既有的基礎上，以創新觀點提升綠色循環經濟產業，並藉由滾動式的檢討與突破，提升管理效能，促使資源物從製造、回收、處理乃至再利用的每一階段，皆受到相當的重視。

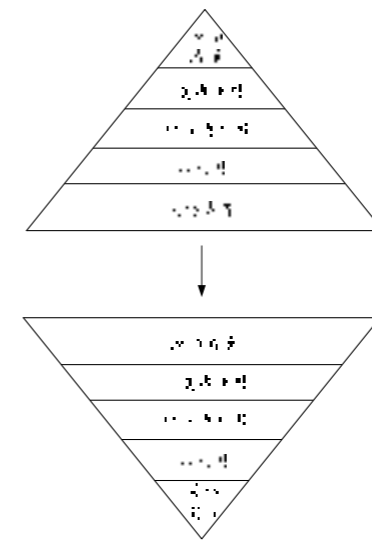


圖2 歐盟SMM 推動前後之措施比較

在邁向資源循環的社會過程中，應從傳統的「廢棄物管理」逐漸轉向「永續物質 / 資源管理」，後續執行策略需提供驅動力 (driving force)，以朝向遵循以下廢棄物管理優先順序及比重遞減的方向邁進：源頭減量 (prevention)、促進再使用 (preparing for re-use)、材質再利用 (recycling)、能源再利用 (other recovery)、及最終處置 (disposal)。依據行政院環保署研擬之資源循環政策規劃 (草案)，為達資源永續循環利用，在邁向資源循環的社會過程中，應從傳統的「廢

棄物管理」逐漸轉向「永續物質 / 資源管理」，以減少環境衝擊及保存自然資源為目標，相關實施策略應遵循以下廢棄物管理優先次序：源頭減量 (prevention)、促進再使用 (preparing for reuse)、材質再利用 (recycling)、能源再利用 (other recovery)、及最終處置 (disposal)；更重要的是，前述廢棄物管理順序的投入比重應依序遞減，亦即「源頭減量」所占比例最高，「最終處置」所占比例最低。其管理範疇以廢棄物 (含資源物) 為範疇，短期優先以已有統計數據的廢棄物、物質 / 產品為管理對象，長期參考 OECD 之政策建議，將自然資源納入。其實施策略架構，包括：永續資源管理、綠色設計及生產、綠色消費及貿易、源頭減量及再利用及資源終止認定處置，相關措施彙整如表 4。

另外，稀有資源已成為各國重要的資源，並且廣泛應用於高科技產業、國防、軍事等領域；基於稀有資源為數位機器與電動車等綠色產業或高科技產品不可或缺的重要材料，現今對於稀有資源的需求有增無減。台灣可研析各國稀有資源管理制度、政策及戰略儲備以利台灣的相關管理制度運作之參考。表 5 針對日本、美國、歐盟與韓國之國家進行稀有資源戰略儲備制度進行比較分析。

### 四、資源循環經濟發展

我國為全球電子資訊產業設計製造的重鎮，從資訊產品、通訊產品、乃至半導體產品，均佔有舉足輕重的地位，如筆電、主機板及液晶顯示器全球市佔率皆為第一，2012 年資訊硬體年產值超過 4 兆元，通訊設備產值達 1 兆 635 億元，通訊服務產值則達 4,000 億元。綠能產業亦為我國產業推動政策的重點之一，98 年 4 月行政院核定「綠色能源產業旭生方案」，選定太陽光電與 LED 照明為發展重點，加上風力發電、生質能源、氫能與燃料電池、能源資通訊等具發展潛力之能源產業，作為該方案推動之綠能產業。

我國電子及綠能產業所需的關鍵資源大都仰賴進口，尤其關鍵材料掌握在國外特定廠商，價

表4 資源循環政策規劃之策略與措施

實施策略	現行措施	規劃措施
永續資源管理 -原料取得 / 運用階段	各部會依執掌以已進口、能源與燃料、農業產品、生產 / 銷售 / 存貨、環境排放與廢棄物及礦產資源建立相關資料庫。	1. 增加資源可取得性 2. 建立資源管理機制 3. 建構公用資源資料庫
綠色設計及生產 -產品設計 / 製造階段	推動環保標準及產品碳足跡標示，研擬「資源循環利用法草案」以減少資源使用，降低環境負荷。經濟部持續協助國內廠商因應如歐盟 RoHS 指令等國際官方規範，亦持續推動清潔生產。	1. 推動綠色生產 2. 綠色設計及生產驗證機制 3. 加強供應鏈結管理
綠色消費及貿易 -產品消費 / 使用階段	透過「政府機關綠色採購推動方案」及「推動民間企業與團體之綠色採購實施計畫」，並藉由「資源回收再利用推動計畫」，強化資源再生市場機制。	1. 鼓勵綠色採購消費 2. 落實綠行動計畫 3. 推廣綠色貿易
源頭減量及再利用 -舊品及廢品再利用階段	一般廢棄物：1998年起推動「資源回收四合一計畫」；2001年起推動廚餘回收；焚化底渣再利用、巨大垃圾回收；2005年起推動垃圾強制分類。事業廢棄物：1999年修法納入網路申報法源，促使多元化處理管道；2001年行政院核定「全國事業廢棄物管制清理方案」，並自2003年起推動跨部會「資源回收再利用推動計畫」。	1. 推動垃圾減量精進作為 2. 推廣環保再生材料應用 3. 整合管理各環境介質 4. 創新靜脈產業技術
資源終止認定處置 -廢棄物最終處置階段	1985年起陸續完成垃圾掩埋場、大型垃圾焚化廠、中小型一般廢棄物焚化爐之興建、營運；1997年起動掩埋場復育及綠美化；2010年檢視廢棄物最終處置設施容量進行評估，提出具體因應對策。	1. 建構廢棄物處理生質能源中心 2. 推動處理設施設置 3. 推動廢棄資源物填海造島

表5 各國稀有資源戰略儲備制度

國家	日本	美國	韓國	歐盟
儲備目的	經濟儲備	國防安全之戰略儲備	經濟儲備	經濟儲備
法源	石油儲備法	戰略與關鍵材料儲備法、1993年財政年度國防授權法、物資和礦物員國家政策、調查和開採法	調達基金法、礦業法、礦山保安法、海外資源開發促進法、海底礦產資源開發法	-
儲備單位	1. 國家儲備 - 行政法人石油天然氣、金屬礦物資源機構 (JOGMEC) 2. 民間儲備 - 特殊金屬儲備協會	國防部後勤局國防國家儲備中心 (DNSC)	1. 國家儲備 - 礦業振興公社 (KORES) 2. 民間儲備 - 民間團體	不同國家有不同的負責單位，如法國為國家礦產儲備管理委員會，英國則為貿工部
國家儲備基地	茨城縣的高萩儲備倉庫進行單一集中管理	-	金山、群山、仁川、大邱、光州、大田、昌原	-
儲備目標	60天 (國家儲備 42天，民間儲備 18天)	遇緊急危難時可供給 5年，每年進行儲備目標的調整	60天	2月至 1年
儲備資金來源	政府編列預算、民間企業投資	政府出資，編列年度預算	政府編列預算	政府編列預算、政府所發行的公用事業債券籌資、民間企業投資
儲備政策	1. 加強戰略儲備 2. 鼓勵投資海外礦產 3. 開發海底資源 4. 稀土金屬的回收利用 5. 開發替代材料及高效利用	1. 積極尋求國際份額，確保多元化稀土的供應鏈 2. 稀土替代產品的開發，減少對稀土的依賴 3. 重啟美國境內稀土礦產	1. 擴大稀有金屬儲備名單 2. 計畫推動稀有金屬材料發展綜合對策 3. 強化海外資源開發	1. 建立稀土競爭力之網絡 2. 資金的援助 3. 法律框架的修改 4. 研究改良稀土挖掘技術與替代品

資料來源：【財團法人中技社，台灣資源循環產業發展策略，2013年】

格昂貴且調降不易，潛藏我國產業發展受制於人的風險。上述產業使用之材料包括靶材、稀有金屬、特用化學品、純矽等，如能透過高值化資源循環再生技術進行城市採礦，回收關鍵資源，以減少對外來資源的依賴，並強化產業的國際競爭力。

因應經濟全球化的產業鏈分工與資源循環趨勢，宜優先建立國內重要產業的物質流管理資訊，分析產業需求物料的進口依存度，並確立應於國內循環再生的重要資源種類及數量，據以檢討國內廢棄資源供應來源的穩定性與需求缺口，作為政府針對該等廢棄資源之開放進口或管制輸出的政策推動依據。同時，評估將廢棄資源循環為產業需求物料的再生技術關鍵缺口，供政府作為推動研發的重點補助項目及資源循環產業技術提升的重點研發方向。

政府宜協調有關部門建立及推動靜脈產業由資源初加工轉型升級為動脈產業上游原料製造，動脈產業則由下游產品組裝延伸至中游材料製造，達到靜脈產業與動脈產業間形成上中下游垂直整合的互補綜效，以減少對外來資源的依賴，並確保國家安全及提升產業競爭力。

結合國內稀有資源的使用者、提供者及再生技術廠商籌組聯盟，並建立平台彙集國內再生技術的量能及稀有資源需求，使未來資源再生供需更為透明化。

## 五、未來展望

由於社會快速發展，使整個經濟體系變成「大量生產、大量消費、大量廢棄」的循環，並且已造成地球資源耗竭及環境嚴重受損，各國應積極發展循環經濟進行永續資源管理、研發資源循環利用技術、健全資源循環產業，提高資源使用效率，建構資源循環型社會，應為當前國際環保要務。

台灣面對資源短缺及多變的環境問題，應以減耗、省能、去毒、循環、共生的核心價值，將環境保護與資源保育落實於生活及工作之中。本

文透過台灣資源循環現況、推動循環經濟的整體思維及資源循環經濟發展探討台灣地區重要稀有資源支流步分析，並針對重要稀有資源（二次資源）綠色回收之創新技術開發，並針對高性能稀有資源功能性材料進行研發。再來對於高附加價值稀有資源進行應用之潛勢，並建置國內稀有戰略資源循環體系之建置，以確保稀有資源、回收、減量與替代材料開發之研究。

資源循環應觀念應以「廢棄物是被錯置的資源」，提倡搖籃到搖籃的循環理念，應發展新穎、環保、綠能之產品與製程，強調過程中新產品、新製程、新市場之開發，使資源循環轉化為正面積極的產業，創造經濟、社會、環境保護與綠色能源之實質效益，這才能落實所謂「循環經濟」之概念。

## 六、參考文獻

1. 行政院環保署回收基管會，<http://recycle.epa.gov.tw/Recycle/index2.aspx>
2. 行政院環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統，<http://waste.epa.gov.tw/prog/IndexFrame.asp?Func=5>
3. 經濟部統計處查詢系統，<http://www.moea.gov.tw/Mns/dos/home/Home.aspx>
4. 林志森，台灣稀有資源循環發展策略，財團法人中技社，2013
5. 張添晉，綠色產業資源循環再生利用，財團法人中技社，2012
6. 張添晉、呂長育、彭國強，稀有資源循環再生利用及未來發展，工業污染防治，2012
7. 張添晉、鄒倫、陳章佑，城市採礦趨勢與未來發展，化工技術，2012

