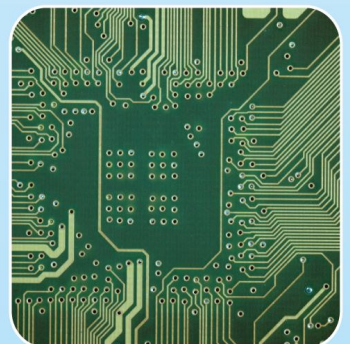
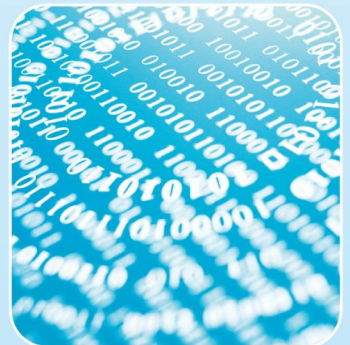
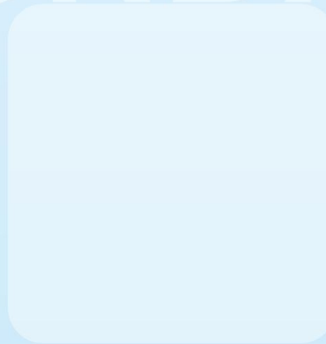


財團
法人

中技社

臺灣稀有資源循環發展策略

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation) 於 1959 年 10 月 12 日創設，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力為宗旨」。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年轉投資成立中鼎工程，承續工程業務；本社則回歸公益法人機制，朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更深的貢獻以及協助產業發展，對國內前瞻性與急迫性的能源、環境及經濟議題邀集國內外專家進行研究探討，為廣為周知，提供讀者參考，特發行此專題報告。

發行人：潘文炎

總編輯：林志森

執行編輯：鄧倫、王鈺鈞、陳潔儀、許湘琴、潘惠萍、鍾侑靜

發行者：財團法人中技社

地址 / 106 台北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

ISBN：978-986-90284-0-0

序言

「為八歲到八十歲的消費者帶來享受科技的快樂」、「讓人與人的聯繫更緊密」、「讓科技大眾化，以個人力量操控電腦，改變全世界」、「讓消費者擁有先進科技的舒適豪華移動工具」、「以整合式行動裝置徹底改革世界人類的生活」、「創新使我們的生活更簡單，讓我們實現生活的無限潛能」等經典口號，在在說明社會大眾對於高科技產品的高度依賴，而科技發展的過程中，應用少量稀有金屬即可發揮點石成金、畫龍點睛般的效果，大幅度地提升高價元件或高科技產品的效能，稀有金屬早已成為高科技領域中不可或缺的原料。稀有資源的運用不僅只限於高科技產業上，對許多重要的民生工業、新興產業，乃至對國家的經濟、軍事工業發展皆有著密切的重要性及關連性。

然而，稀有資源具有蘊藏集中、數量不多、難以取得，以及萃取技術困難但少量應用即可發揮高經濟價值等特性，隨著近年來新興產業的迅速發展，對稀有資源的需求大增，加上資源大國在同時間緊縮及限制供給的情況下，更將稀有資源價格快速地推向歷史新高。

我國向來有「綠色矽島」之美名，對於稀有資源的需求不亞於其他先進國家，緣此，本社有鑑於

- 資源對台灣產業發展的重要性
- 資源回收產業對台灣的重要性
- 稀有資源對未來產業發展的重要性

特以「稀有資源」為核心，進行兩年的資料蒐集及研討，由**台北科技大學張添晉教授團隊、臺灣綠色生產力基金會余騰耀執行長、張啟達副執行長**，以及**張祖恩教授、顧洋教授、馬鴻文教授、林宏端總幹事及江惠櫻協理**等顧問群，共同參與及協助完成「**臺灣稀有資源循環發展策略**」專題報告，在此特別向前述諸位致上最高謝意。

本報告首先介紹稀有資源的定義與應用，接著說明資源循環產業的現況及因應世界潮流的未來發展趨勢，進而探討我國稀有資源產業需求及競爭力剖析，並分別列舉國際上先進國家將稀有資源視為戰略性資源所採取的資源確保戰略，就全球稀有資源潛勢及儲備進行研析，最後提出我國稀有資源循環再利用及戰略儲備策略。我國天然資源匱乏，對稀有資源的供應及價格波動承受力極其脆弱，在產業價值鏈中扮演稀有資源出超的角色更是種傷害，惟有透過建立稀有資源循環再利用計畫與戰略儲備制度及資源循環產業發展策略(詳本社「臺灣資源循環產業發展策略」專題報告 2013-07)，以確保我國產業競爭力及經濟發展契機。

目錄

第一章 前言	1
1.1 稀有資源定義與內涵	1
1.2 稀有資源應用與現況	4
第二章 資源循環產業發展	11
2.1 資源循環產業現況及成效	11
2.2 稀有資源產業發展趨勢	18
2.3 稀有資源未來展望	30
第三章 稀有資源之產業需求	35
3.1 臺灣稀有資源需求量之潛力推估	35
3.2 臺灣稀有資源產業之產值評估	44
3.3 臺灣稀有資源產業之競爭力剖析	55
第四章 國際上稀有資源之戰略管理	61
4.1 日本稀有資源之戰略管理	61
4.2 美國稀有資源之戰略管理	65
4.3 韓國稀有資源之戰略管理	67
4.4 歐盟稀有資源之戰略管理	68
4.5 荷蘭稀有資源之戰略管理	70
第五章 稀有資源循環再利用與戰略儲備	73
5.1 稀有資源儲備之潛勢分析	73
5.2 全球稀有資源之儲備策略	75
5.3 臺灣稀有資源之儲備策略	77
第六章 結論與建議	81
參考文獻	83

第一章 前言

1.1 稀有資源定義與內涵

現代科技中的關鍵技術，許多皆須仰賴稀有資源的應用，也因為稀有資源對於現代科技的影響諸多，配合產業結構與產業價值的鏈結，特以分析我國稀有資源需求，分別利用供給、需求、技術及國際因素四個面向來說明稀有資源並予以定義，如表 1-1 所示。

表 1-1：稀有資源之定義

因素		說明	資源枯竭特化系數	
礦體	資源蘊藏、分布及開採，集中於少數國家	地殼中含量較少及開採不易	鉑	160,000
		分布於少數國家	鉭	8,600
需求	於製程中增加少量，產品特性與效能大幅提升	開採生產於少數國家	鈾	7,900
		全年度生產量稀少	銻	6,300
技術	其萃取、分離、加工困難，僅少數國家擁有	精煉加工技術困難	鈹	1,300
		具有尖端科技技術	鉬	1,100
國際因素	易受供應國政策及政治考量等因素所影響	供應國資源保護主義	鉍	5,700
		政治性限制出口	銻	5,700

註 1：資源枯竭特化系數由資源枯竭速度及資源市場價格所計算

註 2：該係數越大表示該資源枯竭危機越具有枯竭危機

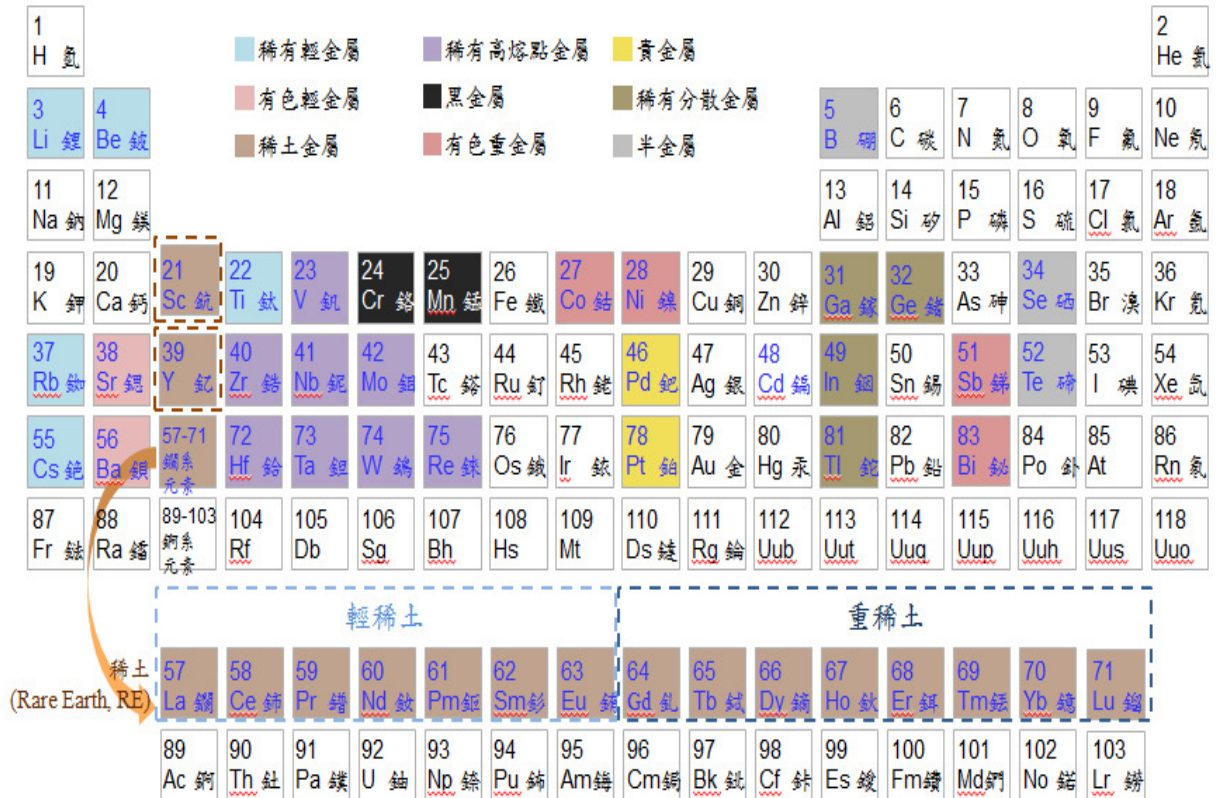
參考文獻：經濟部技術處、本研究自行整理

上述提及稀有資源定義與資源枯竭特化係數，說明稀有資源之完整定義，並分別利用四面向進行稀有資源之闡述，藉由四大面向，如圖 1-1 所示。我們亦可歸納出八大因素，分別為國家保護、含量稀少、少數擁有、開採較少、年產稀少、尖端技術及精煉困難等八大因素，當中可發現，近年來稀有資源價格劇烈上揚，產業成本大幅提高，其中除資源逐漸耗盡，亦由於稀有資源之集中特性，導致開採集中於少數國家，然而資源出口國透過限制出口等手段，藉此提升稀有資源價格及制裁進口國等目的。



圖 1-1：稀有資源四大面向

由於國家特性不同，各國對於稀有資源定義皆不盡相同，但皆具有共通特性，包括於礦體含量較低、大幅增加產品特性、萃取及分離技術較複雜及易受供應國政策及政治考量導致價格波動，近年來尤其受到中國限制出口等國際因素影響，稀土價格迅速飆升，導致各國稀土應用產業面臨成本大增、原料缺乏等問題。相較於日本或美國，臺灣過去較鮮少針對稀有資源進行相關政策研究，而日本為全球稀有資源進口主要國，產業及地理特性與臺灣相近，特列舉日本戰略物資選定之稀有元素，其中所定義之稀有資源為以下 47 種元素，包括鋰(Li)、鈹(Be)、鈦(Ti)、銣(Rb)、銫(Cs)、銣(Sr)、鋇(Ba)、釩(V)、鋯(Zr)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鈥(Hf)、鉭(Ta)、鎢(W)、鎳(Re)、鉻(Cr)、錳(Mn)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銻(Sb)、鉍(Bi)、鈀(Pd)、鉑(Pt)、鎳(Ga)、鍮(Ge)、銦(In)、鈦(Ti)、硼(B)、硒(Se)、碲(Te)及 17 種稀土金屬，分別為釷(Sc)、釷(Y)、鏷(La)、鈾(Ce)、鐳(Pr)、釹(Nd)、鉕(Pm)、釷(Sm)、鎔(Eu)、釷(Gd)、鉕(Tb)、鐳(Dy)、釹(Ho)、鉕(Er)、鎳(Tm)、鐳(Yb)、鐳(Lu)。如圖 1-2 所示



資料來源：資策會；日本經濟產業省；本研究整理

圖 1-2：日本稀有資源研究之元素週期表

針對稀有資源發展趨勢，特進行稀有資源流佈進行全盤性的調查，掌握資源流向，以利後續選定產品回收及回收管道建立。根據美國地質調查局(USGS)統計，稀土氧化物全球蘊藏量估計達 99,000,000 噸稀土氧化物，而全球生產的 144,400 噸稀土氧化物，且蘊藏量及生產量大多集中於特定國家，該特性也呼應稀有資源集中性。以稀土為例，中國稀土已探明蘊藏量約佔世界蘊藏量之 38%，且是唯一有能力提供 17 種完整稀土元素之國家，而稀土出口量又是全球之冠，對於全球稀土資源的影響力可見一般。圖 1-3 為全球各國稀土蘊藏量比例分佈圖：

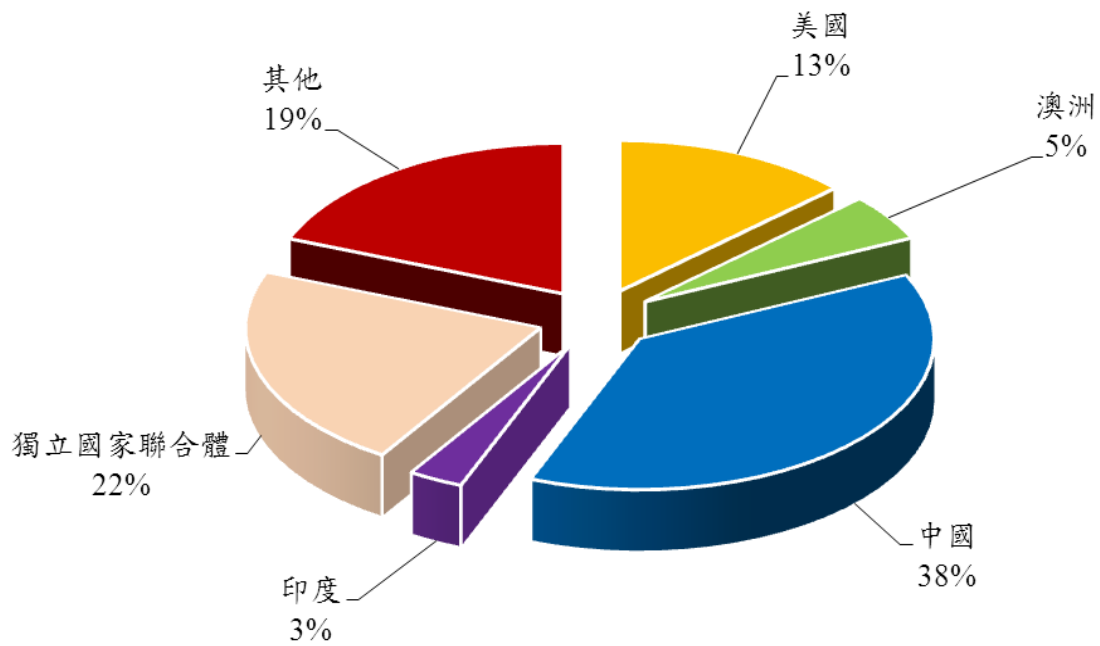


圖 1-3：全球主要稀土產生國蘊藏量比例分佈

1.2 稀有資源應用與現況

「科技始終來自於人性」，這句經典的手機大廠名言，清楚的道出現今社會對於高科技產品的依賴。科技產品效能不斷提升，歸功於材料科學的進步與創新，當中材料科學大躍進的關鍵，莫非於稀有資源的添加與應用，目前廣泛運用於人類的生活中，如螢光粉(LED、日光燈管)、銻錫氧化物(螢幕、觸控面板)及釹鐵硼(馬達、光碟機)、氧化鈷(拋光粉、光學鏡頭)等。在世界資源逐漸匱乏之情況下，先進國家已將資源循環及永續發展視為重點發展政策，並摒棄廢棄物處理的觀念，朝向資源回收永續利用的前瞻新思維。台灣資源回收體系運作已行之有年，且回收處理成效良好，目前從資源「回收」時代，跨入資源「再生」年代，致力「資源再造，點石成金」，期達成「零廢棄」之永續發展願景。

稀有資源，是一種耗損性的物質，長期而言，因為資源蘊藏量的有限性，故更需要加以儲備並妥善利用。稀有資源數量涵蓋層面相當廣泛如：鈦(Ti)、釩(V)、鈀(Pd)及稀土(RE)等等。稀有資源是高科技產品創造高附加價值的創新源頭，為各國發展節能環保科技與綠色經濟之基礎，也是替代綠色能源、電動車產業及重新提振臺灣傳統產業所需的重要源物料。稀有資源由於相當稀少可以大致區分具有以下四大特色圖 1-4，在供給方面：資源的蘊藏、分布或開採，集中於少數國家。在需求方面：在產品的製造中過程中，使用少量稀有資源，即可發揮其經濟價值。在技術層面：資源的

提取、分離、加工技術困難，並掌握在少數部分國家。在人為方面：資源供應國的政策主導性強，易受供應國人為因素所影響。

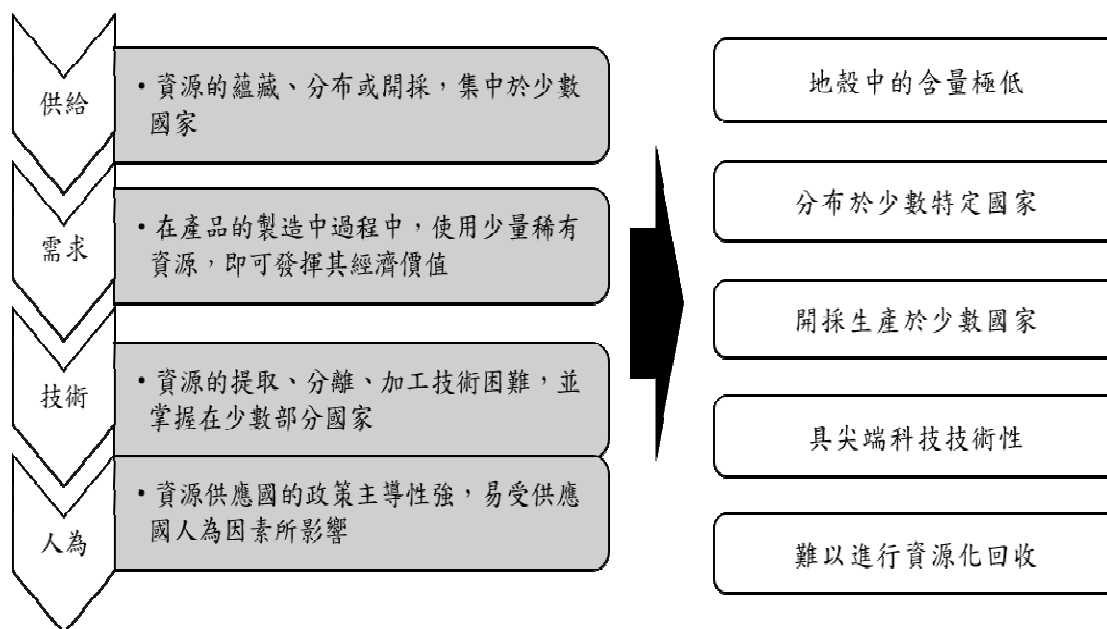


圖 1-4：稀有資源四大特色

由於稀有資源優異的性能，被人們廣泛的使用於現在各式科技產品與一般生活器具中，人們享受科技產品所帶來之便利，並發展出對於科技產品的高度依賴性，例如手機、筆記型電腦等，其應用已經深入各產業供應鏈，如圖 1-5 所示，包括冶金、機械、石油裂解、化學、紡織、電子、光電、電磁、醫療產業和核能工業等各領域，皆仰賴稀土資源的應用。其利用範圍可以發現，鎔、鈹及鈾三種稀土居相當重要的角色，常用於液晶面板製造，在應用方面較廣，至於鈷、鎳等資源則是永磁馬達的重要原料，也是近年來綠色產品，例如電動車、風力發電機等重要的元件。

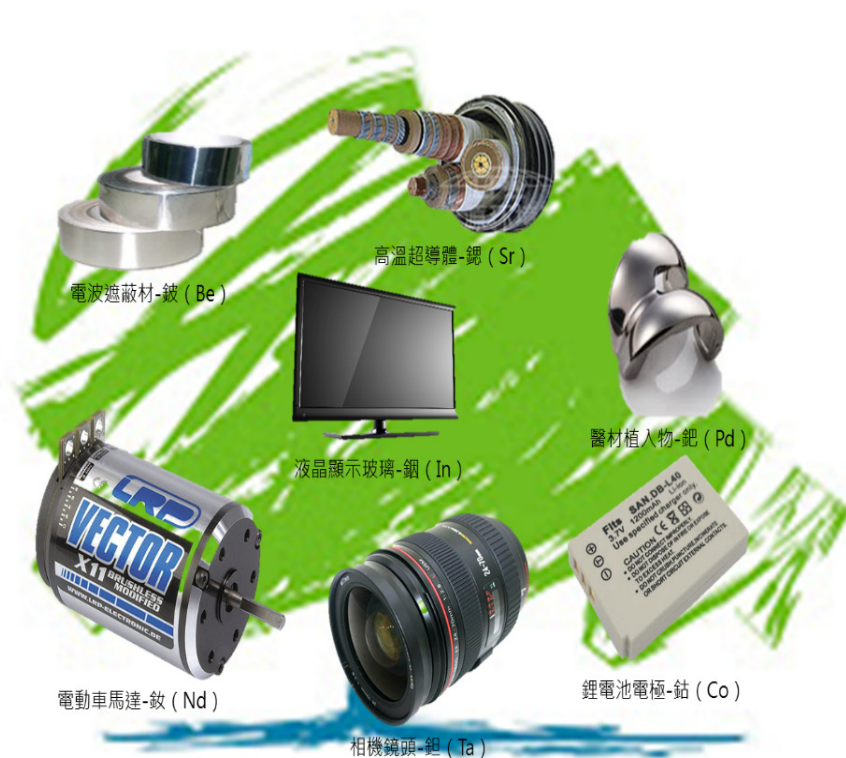


圖 1-5：稀有資源之終端應用

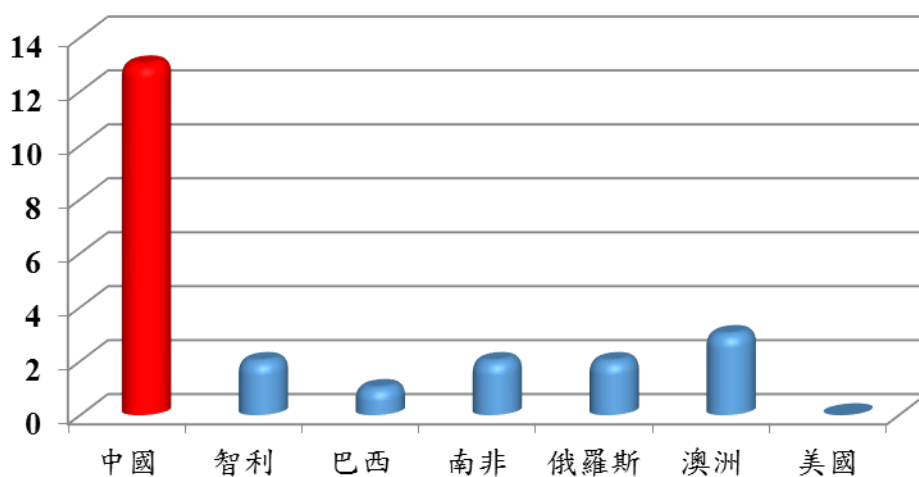
臺灣於 1960 年代末至 1970 年代所推行之十大建設，其進行一系列的國家級基礎建設工程，在十大建設中，有六項是交通運輸建設，三項是重工業建設，一項為能源項目建設，將臺灣與世界接軌，更將臺灣由過去農業、加工出口推向 3C 產業、精密科技業及 IT 產業的重要關鍵。隨著時間遷移，其帶來相關電子零組件或日常生活排出之廢棄物也日益增加，上述該產業中，排出許多混合積體電路、印刷電路板、電阻器及廢液等物質，值得關注是以上廢棄物都具有一個共通特點，就是含有金、銀、鈾及鈾等貴金屬，其中含有銻、釹、銻及銻等稀有元素也不在少數，若我們沒有透過適當程序處理，加上臺灣並無天然礦源的劣勢並以進口原物料為導向，不僅對於環境有著相當大的危害，站在貴金屬和稀有資源的角度，該上述廢棄物若未經資源再生循環，更將是一種資源浪費。

由於稀有資源優異的性能，被人們廣泛的使用於現在各式科技產品與一般生活器具中，人們享受科技產品所帶來之便利，並發展出對於科技產品的高度依賴性，例如手機、筆記型電腦等。過去因為地球資源大多為已開發國家所利用，開發中國家僅對於資源需求較少，且多為一般傳統資源，例如鐵、煤、玻璃等；但近年來開發中國家

對於科技產品消費力日漸增加，人口的大幅增長及對產品品質要求日漸強烈，雖使全球經濟創造一波新高峰，但是對於資源的消耗也達到歷年最高峰。此外，對於已開發國家紛紛投入綠色科技，乾淨能源之開發，例如太陽能板、LED 燈泡及電動汽機車研發等，當中需要永磁鐵與螢光粉等，都帶動整體稀有資源用量大增，可預見的未來稀有資源的使用勢必更加頻繁與多元。

關於稀有資源如前所述，其資源具有「特定性」，供應國通常為少數國家，由圖 1-6 顯示中國在稀有資源出口，其中 13 項資源為世界第一，顯見中國在稀有資源市場擁有極大優勢，對於掌握世界稀有資源與高科技產業之發展有關鍵性的影響。

單位：項

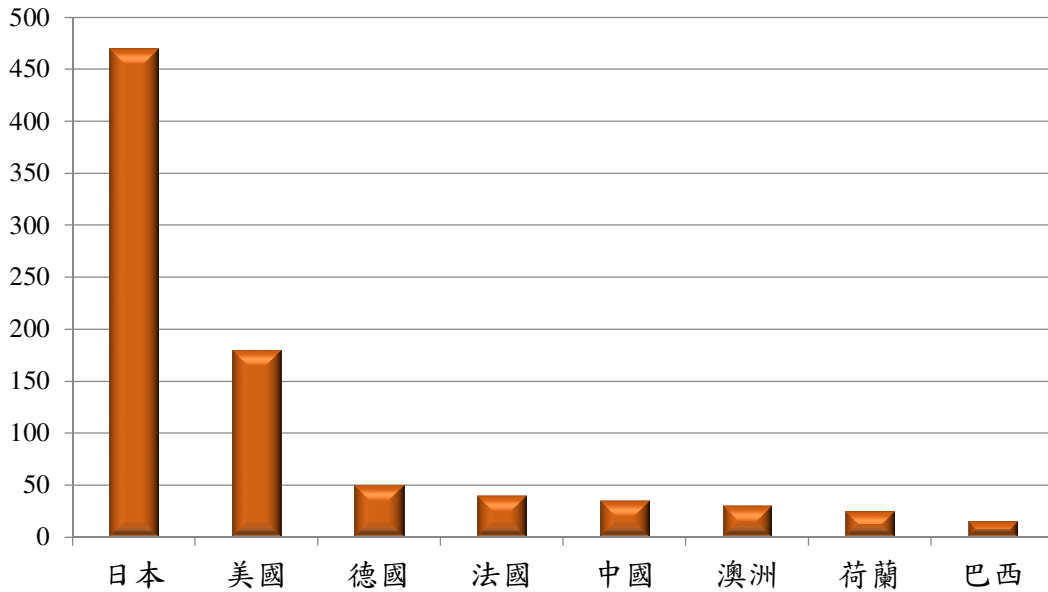


參考資料：本研究自行整理

圖 1-6：全球稀有資源出口量第一之資源項目

以稀土為例，美國稀土蘊藏量為全球前三名，但生產量卻為零，且為全球稀土第二大進口國，顯見美國對於稀有資源之政策採取「國內儲備、國外採購」的全面性資源規劃；因此對於中國近年來實施管制措施，美國政府已經開始著手評估美國本土稀土開發計畫及循環回收等相關計畫，但建立稀土產業供應鏈及回收體系需要長時間規畫，預計若要重啟礦場及生產量需 15 年之久，因此短期內利用廢棄物回收稀有資源，成為多元化的稀有資源確保的重要方法，亦為當今重要課題。圖 1-7 為 2009 年世界各國進口稀土金額。

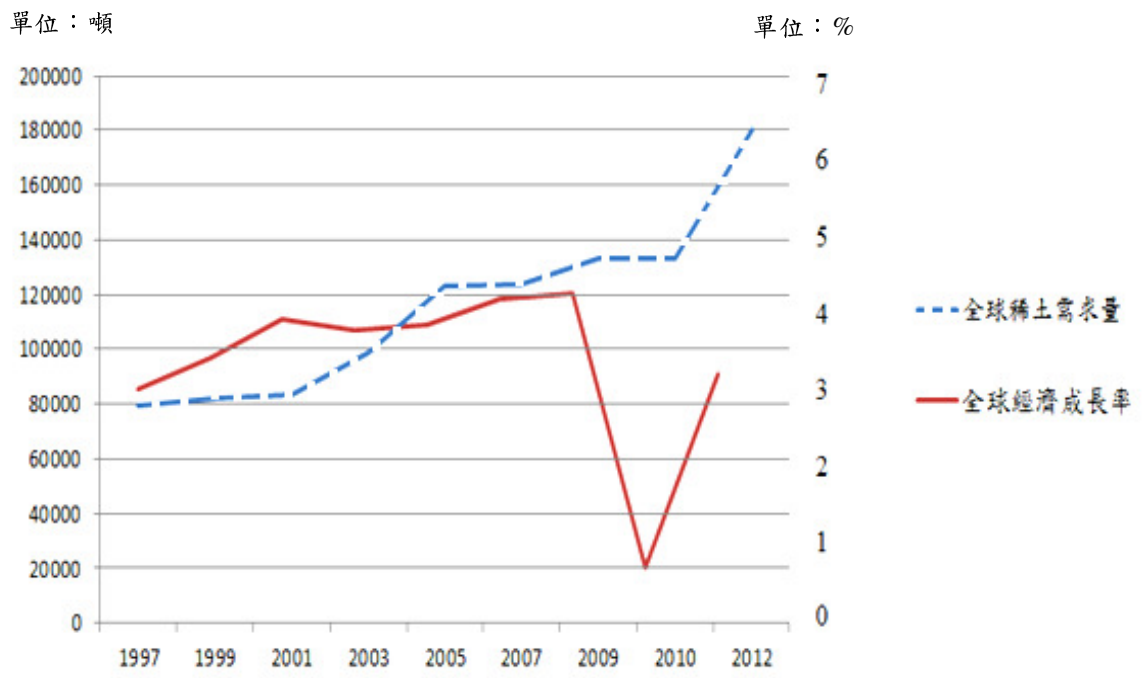
單位：百萬美元



資料來源: Parliamentary Office of Science and Technology [7]

圖 1-7：2009 年世界各國進口稀土金額

由於稀有資源為高科技產品之關鍵原料，對於經濟與產業發展有重大貢獻及影響，圖 1-8 為近年全球經濟成長率與稀土需求量之關係，其中可發現稀土需求量伴隨著經濟成長率呈現正相關，由於 2010 年全球經濟大幅衰退，稀土需求量年增率也伴隨走緩；然而，2011 年全球經濟成長率觸底反彈，稀土需求量同時也大幅上升，顯示經濟成長率與稀土需求量間緊密關係，各國對稀土的需求量在可預見的未來都將呈現大幅上升趨勢。根據中國稀土學會預測，2015 年全球稀土需求量將增至 21 萬噸，與 2009 年相比，年增長量將超過 8%，遠高於過去 20 年 5% 的年增長率，也因全球稀土年需求量迅速增高，短時間段內價格仍將成上漲趨勢。



資料來源：本文整理

圖 1-8：全球經濟成長率與需求量關係

第二章 資源循環產業發展

2.1 資源循環產業現況及成效

過去以「大量消費，大量生產」的經濟模式，使全球經濟迅速發展，以至於地球有限資源急遽消耗，其中稀有資源更是迅速飆漲，以黃金為例，2000 年每公克新台幣 300 元，2011 年價格已飆漲至每公克新台幣 1,873.68 元，已飆漲近 6.24 倍。

有鑒於此，追求資源永續利用與發展，已成為臺灣近年來發展主軸。以國家戰略考量觀點，對於「廢棄物」與「資源」的認定，勢必是要有所改變，過去資源回收業者，僅將回收廢棄物進行分類，再以「廢棄物」轉售至國外，使得我國稀有資源流失，未能與稀有資源需求廠商形成產業鏈，實為可惜。臺灣為 ICT 生產大國，但對於自然資源卻相當匱乏，因此倚賴外購的比例相當高，在能資源飆漲的年代，應積極推動稀有資源循環再利用，加強從「資源物」中回收稀有資源，建立完整產業鏈。以下我們將列舉兩項物品評析臺灣資源循環產業競爭力。

依我國廢清法規定，事業廢棄可分成兩大類，分別為有害事業廢棄物和一般事業廢棄物，前者有害事業廢棄物是由中央主管機關會商中央目的事業主管機關認定，而後者則是根據廢棄物清理法及資源回收再利用法加以清除處理。

目前臺灣回收系統完整，環保署公告應回收項目系統相當完備，但目前我國資源處理廠僅針對傳統資源進行回收(銅、鐵、鋁及金等)，若要建立一套廢棄資源物循環再生利用技術管道，引進創新技術，勢必將要跳脫傳統模式，故需建立一套我國應回收廢棄資源物循環再生利用創新研發成效評估指標，適時評估現況並檢視是否達到目標。有鑒於此，為建立我國應回收廢棄資源物循環再生利用創新研發成效評估指標，本研究團隊將以四大面向作評估，分別為技術面、政策面、執行面，以及環境面等面向，有關研擬研發成效指標說明如下：

一、技術面

就臺灣資源回收現況而言，為加強資源有效利用，減少廢棄物產生，環保署依據廢棄物清理法第 15 條第 2 項規定，公告應回收廢棄物項目分為容器與物品兩大類，細分 13 類 33 項。目前已經有許多廢棄物已經進入回收系統中，惟目前資源回收廠產業升級不易，多為料源或再生資源價值過低，加上處理廠數量眾多且良莠不齊，導致廠商無法專注於技術能力的提升，因此本研究進行稀有資源循環再生技術研發，冀望後續透過技術轉移或合作等模式，協助我國廠商進行產業

升級，配合國內法規鬆綁及老舊處理廠退場機制等多方面政策，方能達到產業升級、資源再生等最終目標。

由技術面作為評估創新研發指標，需達到下列幾項標準：

1. 回收效率提升→提高回收率、純度。
2. 回收技術改善→減少能量損失、降低回收成本。
3. 國外創新技術→探討目前國外對於廢棄資源物循環再生技術應用於台灣之可行性。

二、政策面

環保署於 2013 年參考永續物料管理及循環型社會的概念，將現行「廢棄物清理法」及「資源回收再利用法」二法整併，完成「資源循環利用法」草案，將函送立法院審議。落實我國物質永續循環利用及節能減碳重要政策方向，降低資源消耗與環境負荷，於資源循環利用法草案中納入 5R 精神，包括：(一) 減量 (Reduction)：源頭減量，減少製造端之原料使用量及消費端之廢棄資源產生量。

(二) 再使用 (Reuse)：物品丟棄前應予以再使用。(三) 回收再利用 (Recycling)：將廢棄資源資源化為可用之物質。(四) 能源回收 (Energy Recovery)：無法再利用者，進行能源回收。(五) 國土再造 (Land Reclamation)：竭盡前述方式仍無法再利用或回收者，則妥善處理至安定化、無害化後，用於國土再造。藉 5R 之各項機制入法，期能達成資源循環零廢棄之最終目標。

臺灣目前尚未制定一套有關回收稀有資源相關制度，過去我國實施廢電子電器暨廢資訊物品回收貯存清除處理方法及設施標準，未來亦可增設有關稀有資源回收清理制度，訂定應回收項目及公告回收標準，進一步規範高科技產業及製造公司將廢電子電器或不良品回收並循環再生其中稀有資源，不僅可減少稀有資源進口量，亦可達到資源再利用。如表 2-1 為各國廢棄物資源回收制度與比較所示。

表 2-1：各國廢棄物資源回收制度與比較

項目	我國	美國	英國	歐盟	德國	日本	中國
回收法源	「廢棄物清理法」與「資源回收再利用法」	資源回收暨保育法	生產人責任義務法	營建廢棄物、下水道污泥、有機廢棄物、包裝、電池及廢棄物的裝運等個別立法	封閉循環經濟與廢棄物管理法	循環型社會基本法	日後以「循環經濟促進法」
回收制度	四合一制度	無全國性之資源回收制度	「生產人責任」制度	「生產人責任」制度	雙軌制度	消費者、市町村及製造者之責任分擔，並同時負擔回收之費用	「生產人責任」制度
回收架構	「社區民眾」結合「地方清潔隊」、「回收商」與「回收基金」力量進行資源回收	無全國性之資源回收架構	加入「共同回收組織」或循「個別途徑」方式	主要由賣給消費者（如零售商）的銷售商（如零售將本身賣出去的電子產品）予以回收	業者進行「自行回收」或加入「共同回收體系」	消費者負有「分別排出」、「市町村負有「分別回收」，而業者則具有回收及再商品化之義務	集中回收-加工-再生循環鏈條
執行單位	由行政院環保署基金會統籌各項回收再利用工作	業者	相關業者成立共同回收組織，或業者循「個別途徑」進行回收	各會員國實施法令/措施	由業者成立共同組織執行，或委託特定機構執行	市町村負責「分別回收」，業者則具再商品化義務	商務部統籌各類回收再利用工作
處置原則	「資源回收再利用法」從產品之生命週期與以整體規範	產源減量、再利用、焚化及掩埋	廢棄物減量、再利用、資源回收、最終處置	reuse、recycling、recovery 評斷電子產品	1.「經濟發展兼顧環境保護」 2.預防排出、物質再生以及能源再生	減廢、再利用以及循環再生	減量化、再使用、再循環

而臺灣目前尚未制定一套有關回收稀有資源相關制度，過去我國實施廢電子電器暨廢資訊物品回收貯存清除處理方法及設施標準，未來亦可增設有關稀有資源回收清理制度，訂定應回收項目及公告回收標準，進一步規範高科技產業及製造公司將廢電子電器或不良品回收並循環再生其中稀有資源，不僅可減少稀有資源進口量，亦可達到資源再利用。

日本的”資源有效利用促進法”及”廢棄物處理法”已規範含稀有資源之電腦以及密閉型蓄電池製造業者應自行回收處理及資源化，並於 2009 年 4 月開始推動，內容主要為分為：

1. 指定地方政府示範推動
2. 篩選適合推動的回收體制，以確保有害物質妥善管理

臺灣亦可參照日本新增稀有資源規範於廢電子電器處理條款中，擴大實施應用各種電子電器以及廢棄物中，將可循環再利用稀有資源集中處置。以下為各國廢棄物資源回收的政策比較。

三、執行面

行政院環境保護署自 1997 年 1 月起推動「資源回收四合一計畫」將社區民眾產生的資源垃圾，結合民間、政府回收清除處理體系及回收基金予以回收再利用。目前資源回收係以資源回收管理基金的回收處理補貼費當作經濟誘因而刺激其回收效益，因此近年來國內設立許多的資源回收機構與處理廠，並經由逆向回收點、回收商及清潔隊協助回收，使其回收處理工作有顯著的成效，但因逆向回收點及回收業可自行決定是否補貼或補貼金額多寡給予消費者。資源回收管理基金管理委員會為配合國家訂定之政策，未來政府若能成立管理稀有資源進出口單位，以掌握稀有資源之進出口量，亦可提升其稼動率。如圖 2-1 資源回收四合一計畫。



圖 2-1：資源回收四合一計畫

就執行面為指標評估其創新時，需與現行之「資源回收四合一計畫」做比較，其執行性的創新主要在於回收廠的品質統一，提升整體之回收率。另外其資源回收管理基金的應用，也是左右其執行面成效的重要因素。

加強宣導社區民眾回收觀念，提高對於應回收廢棄物項目 13 類 33 項之認知，另外有鑑於目前臺灣的稀有金屬回收成效普遍偏低的情況下，政府將來也可規劃稀有金屬的回收再利用，成立稀有資源相關部門，針對稀有資源的流動量做嚴格控管，使資源達到最大的利用效果，應回收廢棄物項目 13 類 33 項如表 2-2。

表 2-2：應回收廢棄物項目 13 類 33 項

容器類	1.	廢鐵容器	
	2.	廢鋁容器	
	3.	廢玻璃容器	
	4.	(1)廢鋁箔包、紙盒包	(2)廢紙餐具
	5.	廢塑膠容器	
		(1)PET	(2)PVC
(3)PE		(4)PP	
(5)PS 發泡		(6)PS 未發泡	
	(7)其他塑膠	(8)生質塑膠	
6.	農藥廢容器		
物品類	7.	廢乾電池	
	8.	廢汽車/廢機車	
	9.	廢輪胎	
	10.	廢鉛蓄電池	
	11.	廢資訊物品	
		(1)廢筆記型電腦	(2)廢機殼
		(3)廢主機板	(4)廢監視器
		(5)廢硬式磁碟	(6)廢印表機
		(7)廢電源器	(8)廢鍵盤
	12.	廢電子電器	
		(1)廢電視機	(2)廢洗衣機
		(3)廢電冰箱	(4)廢冷暖氣機
		(5)廢電風扇	
13.	廢照明光源		

透過此四合一計畫，建立完整回收網路，鼓勵全民參與並強化回收點設置，暢通回收管道，建立開放的回收清除處理市場，利用嚴密稽查管制作業，建立業者繳費制度，推動輔導回收處理廠商、技術及再生品之使用，使資源確實回收再利用或妥善處理，以確保回收體系之完整循環，圖 2-2 臺灣資源循環回收體系。

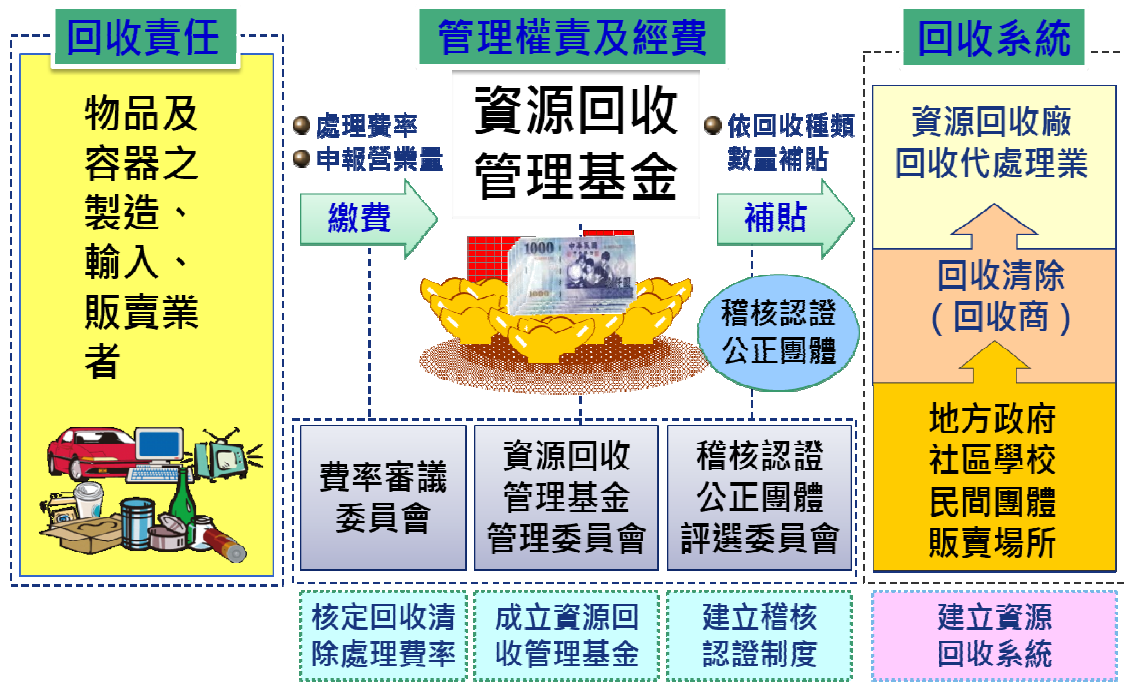


圖 2-2：臺灣資源循環回收體系

另外，處理廠是廢家電資源再生體系中最重要的關鍵點，有良好的廢家電處理廠，才能避免回收過程中產生污染問題。環保署自 2011 年 7 月 1 日施行「應設置資源再生設施之電子電器物品販賣業者範圍、設施設置、規格及其他應遵行事項」，確保了電子電器物品能有透明化的再生處理流向，達到資源再生再利用的目的。

四、環境面

至今開始回收家庭用小型廢棄電子、電器產品，使環境達到零廢棄、零污染，許多方面需考量是否會影響到下一代，透過宣導教育、相關單位的交流，來降低對環境之危害，若加強教育宣導有關資源回收工作，於日常生活中落實資源回收工作並共同執行，以提高資源回收率。有鑒於可回收之物品於實行回收過程皆須經過市場考驗及民眾意願度，若其回收費用高於原料價格，回收商選擇其他管道取代回收現有廢棄產品，這將會對環境造成負面之影響，因此需要一套良好制度使回收商及民眾接受在不影響價格波動之情況下。就環境面為指標評估其創新時，根據「資訊廢棄物減量、處理與再利用專案調查研究報告」，應以環保綠色思維，自源頭預防污染、削減污染之情形。環保署對於環保標章與綠色採購之情形，目前與資訊產品有關之環保標章有電腦主機、監視器、列印機、黑白影印機、印表機回收再利用碳粉匣、筆記型電腦、原生碳粉匣、多功能事務機、可攜式投影機、掃描器。

由資訊廢棄物減量、處理與再利用專案調查研究報告中提到，工業局鼓勵綠色設計發展，其考量面主要為生命週期評估，由早年的「管末處理」提升至「源頭控管」，現階段政策則以「零廢棄」為主。並以「源頭減量」及「資源循環再利用」方式來減少廢棄物之產生。工業局於2002年公布「資源回收再利用法」，納入產品生命週期概念。從源頭設計、製造、使用全面性規劃，與國際上所重視物質永續利用之管理趨勢相符合。

利用生命週期評估，將產品自「搖籃到搖籃」(產品體系的生命週期，乃至從原料選用開始，經過加工、製造、包裝、運輸、銷售、消費之生產消費過程；及廢棄物收集、處理、回收與循環再利用之回收再利用過程。)全程列管、追蹤、查核。考量經濟效益及社會公平原則，以達到降低環境負面衝擊及維護自然資源目標的方法。

綠色設計之定性準則，建議產品設計之初應導入環保理念。產品亦應於設計時考慮後續回收處理問題。以易回收、易拆解為設計概念，便於後端的回收再利用。以有效減少廢棄物及資源的損耗。設計標準準則如下：

3. 為回收再利用設計
4. 為易拆解性設計
5. 為減廢設計
6. 為節能設計
7. 為省資源設計
8. 為降低長期風險設計
9. 為避免意外設計

綠色設計是未來產品的標準要求，所帶來之效益，除了可兼顧物質文明與生態文明之外，也可鼓勵製造商運用綠色設計觀念，研發符合國際環境保護標準之綠色商品或服務。

2.2 稀有資源產業發展趨勢

目前在高科技產業發展方面，對於上游稀有資源的控制，尤其是在製造許多關鍵零組件所必須的重要稀有金屬的掌握，也已逐漸成為高科技產業是否能夠持續成長的關鍵。舉凡至銦(In)是液晶顯示玻璃所必須、釔(Y)用於醫療設備、釹(Nd)用於電動車馬達、鉭(Ta)為相機鏡頭重要原料、鎔(Eu)作為 LED 照明、螢光粉及光纖、鉭(Ta)為高端裝備製造等，稀有資源相關應用方式如表 2-3。這些稀有金屬與礦物，近年伴隨著高科技產品的需求擴大，需求也不斷提升。

表 2-3：稀有資源之材料特性及供應用

稀有資源	材料特性	產業應用商
釔(Y)	耐高熱性、超導體	LED 照明、螢光粉、光纖
銻(Ce)	觸媒特性、耐高熱性	玻璃添加劑、拋光粉
釹(Nd)	強磁性、耐腐蝕性	永磁材料、高效能家電、電動汽車
鎔(Eu)	光學特質	螢光粉、光學濾光片
銦(In)	光電變換、光學特質	液晶螢幕、觸控面板
鐳(Dy)	放射線機能、耐高熱性	原子能領域、極精密機械
鉭(Ta)	光學特質、耐腐蝕性	光學鏡頭、高端裝備製造
鎵(Ga)	超導性、光電變換、光學特質	太陽能板、半導體
鉬(Mo)	光電特質、耐腐蝕性	光學鏡頭、高端裝備製造
鈦(Ti)	耐低溫、高硬度、低密度	高硬度器具及手錶、刀片
鈷(Co)	強磁性、半導體、高耐熱性	高速鍋、導航系統、醫療設備
鎳(Ni)	強磁性、半導體	電池、導電漿料

臺灣為高科技進出口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，需求也不斷提升，稀有金屬重要性日漸上升，逐漸成為高科技產業是否能夠持續成長的關鍵，如何掌握稀有資源脈動與特性為現今亟需面對之問題。

過去因為地球資源大多為已開發國家所利用，開發中國家僅對於資源需求較少，且多為一般傳統資源，例如鐵、煤、玻璃等；但近年來開發中國家對於科技產品消費力日漸增加，人口的大幅增長及對產品品質要求日漸強烈，雖使全球經濟創造一波新高峰，但是對於資源的消耗亦達到歷年最高峰。表 2-4 為近年來稀有資源供應、價格及應用等分析，顯示出各國紛紛投入綠色科技，乾淨能源之開發，例如太陽能板、LED 燈泡及電動汽機車研發等，當中需要永磁鐵、螢光粉等，皆帶動整體稀有資源

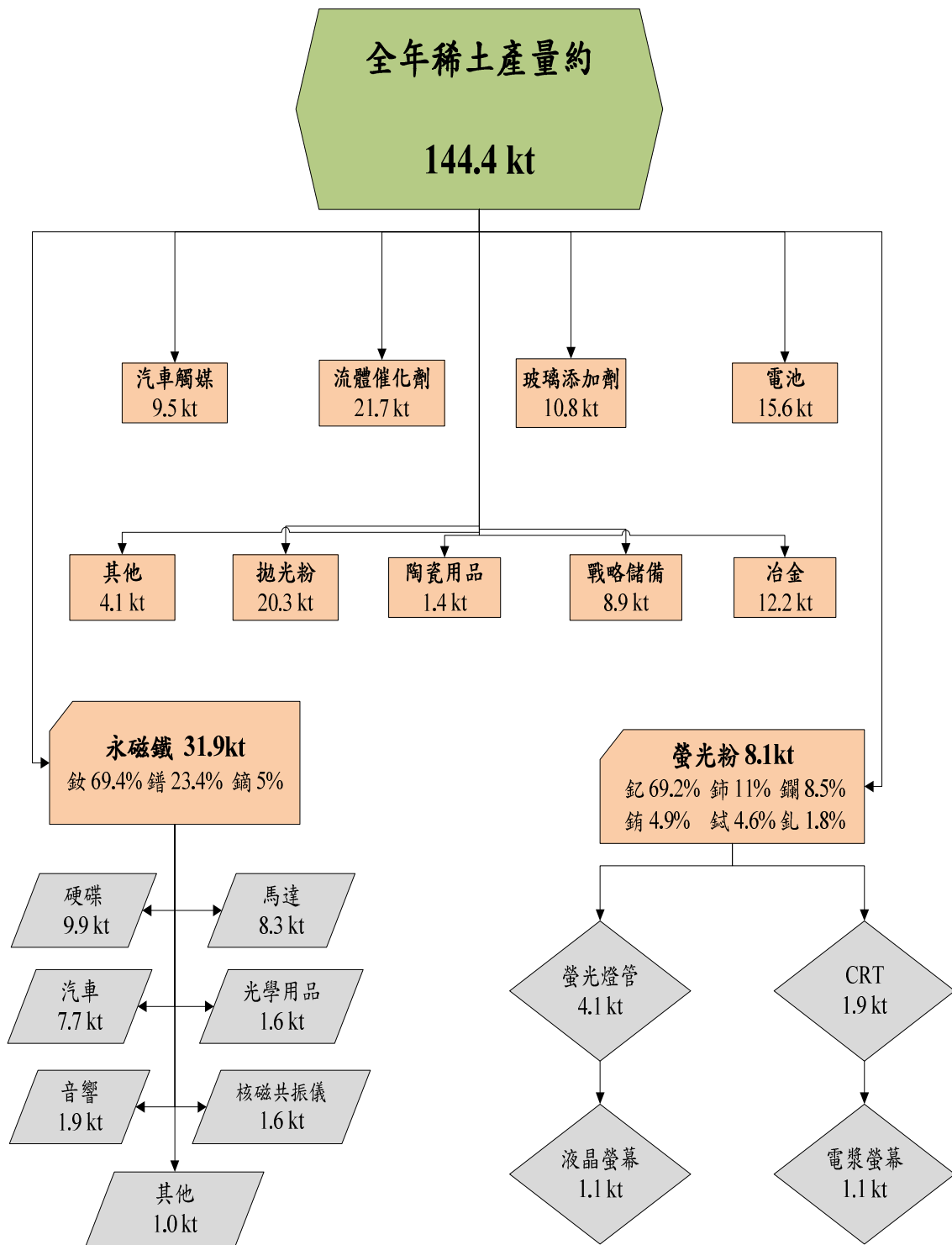
需求量上漲 2.5%至 10%，因此可預見的未來稀有資源在價格或應用方面，勢必更加廣泛。

表 2-4：稀有資源供應、應用、出口國及近三年均價

品項	全球供應量 (單位:噸)	前三大出口國	應用	成長率	近三年均價 (單位:美元/公斤)
鈹	140	美國(86%) 中國(14%) 莫三比克(1%)	電子電器 (20%) 電子設備 (20%)	3.0%	165
鈷	62,000	剛果(40%) 中國(10%) 澳洲(10%)	電池 (25%) 高溫和金 (22%) 硬質工具 (12%)	2.5%	57.45
鎳	118	中國(32%) 德國(19%) 哈薩克(14%)	積體電路 (66%) 液晶螢幕 (18%) R & d (14%)	10.2%	499
銻	140	中國(71%) 俄羅斯(4%) 美國(3%)	光纖 (30%) 紅外線光學 (25%) 觸媒 (25%)	3.4%	1,151
銦	1,200	中國(50%) 南韓(14%) 日本(10%)	液晶顯示器 (74%) ITO 靶材 (10%) 低熔點合金 (10%)	6.5%	506
鈮	62,000	巴西(92%) 加拿大(7%) 其他(1%)	土木結構 (31%) 汽車工業 (28%) 管線管材 (24%)	10.1%	62.05
鉑金族	445	南非(61%) 俄羅斯(25%) 加拿大(4%)	尾氣觸媒 (53%) 珠寶首飾 (20%) 電子電器 (11%)	2.7%	31,847
鈿	1,160	澳洲(48%) 巴西(16%) 剛果(9%)	金屬粉末 (40%) 高溫合金 (15%) 碳化鈿 (10%)	5.3%	352

資料來源:EPOW,2011；本研究自行整理

此外，如圖 2-3 所示，全年稀土產量大概為 14.4 萬噸，其中有 22%用於永磁鐵之製作最為大宗，其次則為流體催化劑及拋光粉分別各約占 15%及 14%，其中值得注意的是，近年來受到中國管制出口影響，各國紛紛加強戰略儲備之準備，雖然僅有 6.1%稀土進行儲備，該應用已經超越螢光粉的，且未來預期比例將持續上升，顯見稀有資源儲備已經成為世界各國重要政策之一。



資料來源: Will Lack of Rare Earths Kill the Green Economy

圖 2-3：全球稀土應用流布

近年來廢電子電器回收率逐年提升，除了就環境保護因素之外，廢電子電器的高附加價值更是各國競相爭取的一大原因，以臺灣為例，2011 年廢電子電器暨資訊物品稽核認證量高達 580 萬臺，每年約以 5% 左右穩定成長，但目前廢電子電器暨資訊物品僅進行傳統金屬回收(例如:銅、鐵及鋁等)；如表 2-5 所示，廢電子電器中含有許多稀有資源，當中有稀有資源其含量特別高，例如筆記型電腦含鉍量每公斤達 5,800 毫克，錄影機含鉑量每公斤也有 970 毫克，都顯示廢電子電器中含有豐富的稀有資源；臺灣於資源回收制度及回收率方面皆屬於世界領先之軀，對於廢電子電器中其餘稀有資源著墨甚少，實為可惜。

表 2-5：各項電子電器中所含稀有資源

元素 品項	銀	金	鉑	銅	鉍	鈷	鎳	錫	鉭
	Ag	Au	Pd	BA	Bi	Co	Ga	Sr	Ta
冰箱	42	44	-	82	480	120	-	51	-
洗衣機	51	17	-	65	51	16	-	9	-
冷氣機	58	15	-	320	-	29	-	26	-
CRT 電視	120	5	20	2,400	280	36	-	550	-
PDP 電視	400	300	-	3,900	100	-	-	650	100
LCD 電視	600	200	-	3,000	-	-	-	300	-
桌上型電腦	570	240	150	1,900	50	48	11	380	7
筆記型電腦	1,100	630	200	5,600	120	80	10	380	5,800
錄放影機	210	23	50	1,200	-	47	9	27	23
DVD 播放器	710	150	20	4,300	85	110	9	400	77
立體聲喇叭	57	6	-	1,400	-	3	-	14	-
收錄音機	170	26	34	1,400	230	8	12	120	9
傳真機	69	35	110	4,300	-	420	-	95	-
電話	2,400	-	-	4,700	400	100	-	300	-
影印機	70	38	21	3,000	9	39	3	170	-
手機	3,800	1,500	300	19,000	440	280	140	430	2,600
數位相機	3,200	780	200	16,000	230	140	15	440	7,900
錄影機	5,000	530	970	18,000	240	180	52	610	8,000
電視遊戲機	740	230	43	5,100	260	100	16	400	83

單位：每公斤所含毫克

全世界每年有大量電子廢棄物(E-Waste)遭到丟棄，而產品本身是由眾多資源組合而成，經過適當的加工處理，即成為眼前的各類商品；然而在到達產品生命週期終點時，許多人會將產品排出，此時的產品立即化為廢棄物，但當中的各類資源依舊存在，因此如何從中加以提取稀有資源已成為當下熱門課題。Murakami 及 Cuddington 於 2009 年發表關於自然資源和二次資源之間的對比，發現其中原生資源的開發和生命末期產品中回收之再生資源過程相似，但由廢棄物中回收資源的效率更高，顯示出由

廢棄物中回收稀有資源是值得且可行的方案。圖 2-4 為原生資源與再生資源發展模式之比較圖。

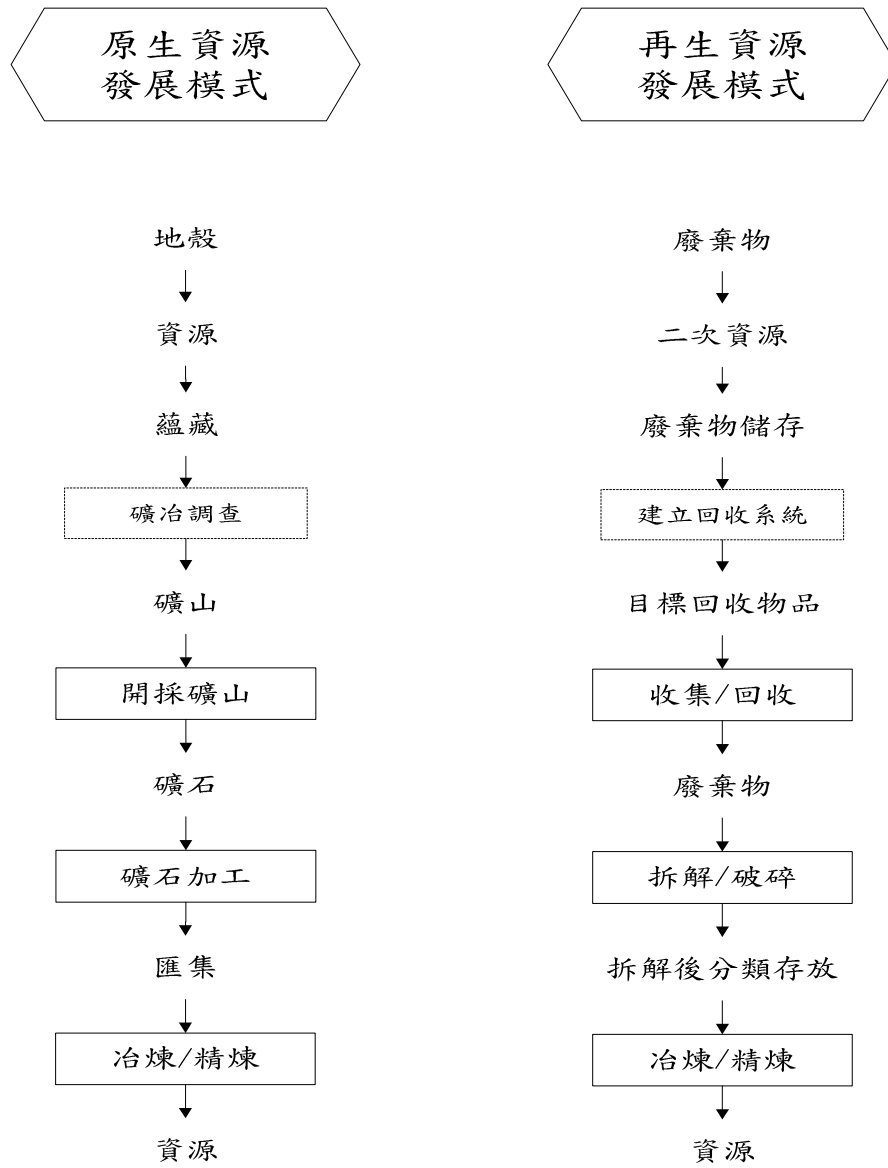


圖 2-4：為原生資源與再生資源發展模式之比較

全球稀土應用於鈹鐵硼(NdFeB)磁鐵約為 22%，其永磁鐵中約含 30%之鈹和鐳合金，及以鎢為主要添加劑(約 3%)和少量的鈷，價格方面，鈹、鐳為中等價位，而鈷與鎢的價格是非常高昂；鈷磁鐵(SmCo)，是由鈷、鈷和其它稀有金屬製煉而成，最高工作溫度可達 350℃，負溫不限，在溫度穩定性和化學穩定性均超過鈹鐵硼永磁材料，具有很強的抗腐蝕和抗氧化性。

臺灣天然資源大多以國外進口為主，加上臺灣為所製造之零組件，大多與稀有資源相關，本研究將針對臺灣稀有資源產業規模較高者進行分析，如該產業規模較高者，則代表該產業廠商生產運作良好，產業規模較大者其稀有資源需求量相對提高，為了解我國產業發展現況相關資料，調查我國重點產業名單，參考經濟部統計處之經濟統計查詢系統，並以我國製造業 2012 年產值高於 1,000 億元/年為篩選對象，篩選出我國較大之產業規模，並調查臺灣製造業產業產值與該產業可能需要之稀有資源進行分析，如表 2-6。

表 2-6：重點產業產值篩選結果

排名	行業別名稱	產業產值 (億元)	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、鈹及鈳
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、鈹、鋰及鎳
6	1841 合成樹脂及塑膠業	5,859	無
7	2411 鋼鐵冶鍊	4,444	鎳、鈳
8	2649 其他光電材料及元件業	3,576	銻、鈹、鈳及鎢
9	2613 半導體測試及封裝	2,918	鈳、鎢及鈹
10	2721 電話及手機製造業	2,768	鈹、鉍、銻及鉍

(一)液晶面板及其組件業

臺灣於 2001 年 5 月 31 日通過「挑戰 2008-國家重點發展計畫」中，提出「兩兆雙星產業發展計畫」，在此項計畫其中一兆產值乃是指電產業中的液晶顯示器(Liquid-Crystal Display，簡稱 LCD)產業，其產品以薄膜電晶體液晶顯示器(簡稱 TFT-LCD)為大宗，因政府政策重視，於 2007 年後臺灣該產業更發展全球最大供應鏈，創造大於高達新台幣一兆元以上產值的重點產業，由於該產業產品產值高，相

關產業供應鏈巨大，不僅帶動國內有關材料、設備、應用等上下游的發展，並吸引國外廠商來國內投資設廠，因此也被視為是經濟發展的先驅者。

液晶面板的主要關鍵零組件成本大約佔總材料成本 90%以上，隨著液晶面板尺寸不斷增加，也使得主要關鍵零組件的成本比重產生很大的變化，如表 2-7 為各尺寸 TFT-LCD 面板主要材料的成本結構。

表 2-7：各尺寸 TFT-LCD 面板在零組件之成本結構

零組件	15 英寸	17 英寸	19 英寸	32 英寸	37 英寸
玻璃基板	8.4%	8.4%	9.1%	8.7%	7.6%
彩色濾光片	25.9%	22.5%	28.3%	33.0%	30.2%
偏光板	15.9%	14.5%	13.3%	15.0%	13.2%
背光模組	21.1%	22.6%	22.6%	30.7%	39.5%
驅動 IC	16.2%	16.1%	15.1%	5.5%	4.1%
印刷電路板	12.6%	15.8%	11.6%	7.2%	5.4%
總和	100%	100%	100%	100%	100%

資料來源:PIDA。

如今 TFT-LCD 面板發展蓬勃，更帶動其關鍵性零組件之需求量大幅成長，由於此龐大利潤之吸引，因此除了面板廠商積極拓展版圖，亦吸引更多我國相關廠商投資關鍵零組件產業及擴張廠房。發展至今，雖我國 TFT-LCD 面板產業之上下游產業鏈之結構發展已逐漸完整，不過部份上游關鍵性材料仍必須依賴自日本、美國等大廠進口或來台設廠，有關 TFT-LCD 面板產業上、中游架構如圖 2-5 所示。

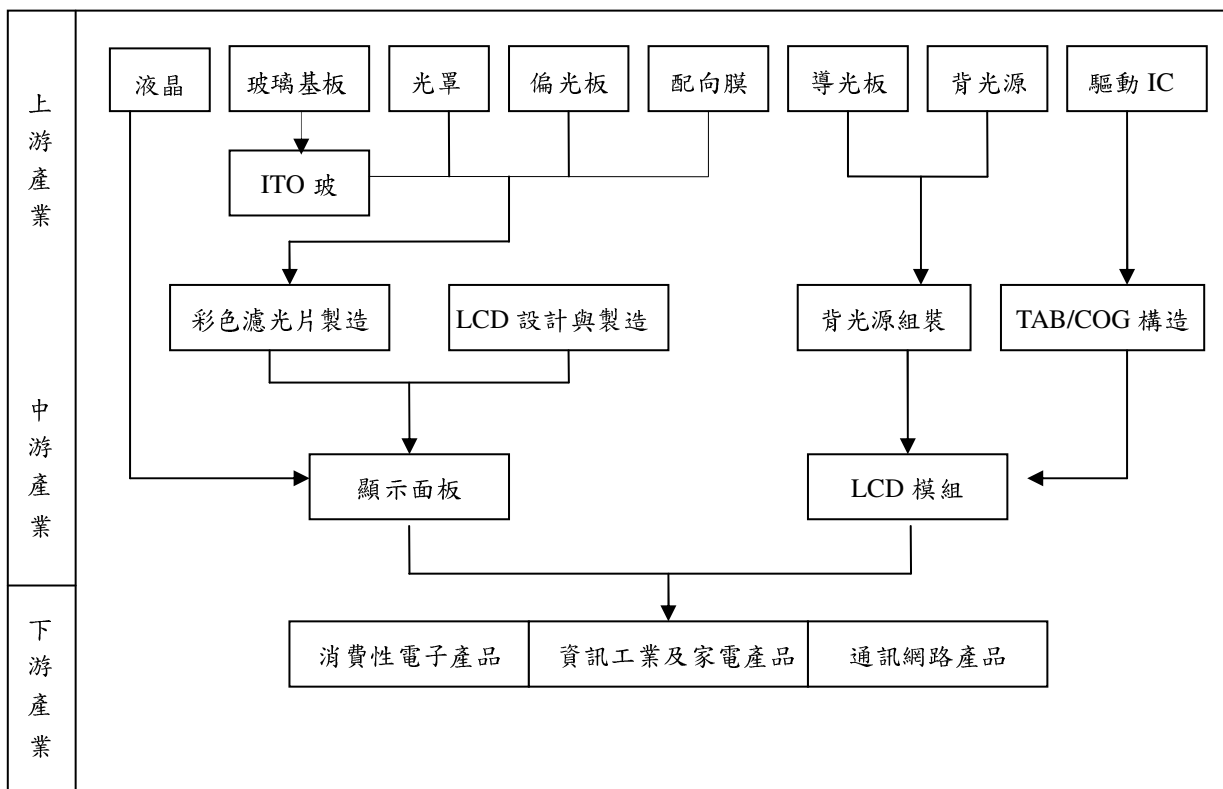


圖 2-5：臺灣液晶顯示器面板產業的架構圖

(二)鋼鐵軋型及擠型業

鋼鐵產業為工業發展之母，也是過去臺灣經濟發展的基石。其產業層面相當廣泛，能帶動上下游與相關產業之發展，可見鋼鐵產業於工業發展是佔有相當之份量，因此鋼鐵業又稱為「火車頭」產業。臺灣鋼鐵工業歷經約半世紀的努力，從早期以廢鐵煉鋼或拆船軋鋼為主的時代，進步到 1970~80 年代陸續成立一貫作業煉鋼廠與電弧爐煉鋼廠，引進最新的生產技術，奠立今日台灣鋼鐵工業之完備基礎。臺灣鋼鐵產業擁有完整的上中下游體系，除一些特殊鋼材外，各類型鋼品幾可自主生產。到了 1991 年以後，我國鋼鐵業由巔峰轉趨平穩，進入產業成熟期。

鋼鐵軋型及擠型行業分類相當多元，其包含：從事以熱軋、冷軋、擠型等方式產製鋼鐵或鋼鐵合金粗製品或基本鋼鐵件之行業均屬之，如盤元、鋼軌、型鋼、棒鋼、鋼管、鋼板、鋼捲、鋼帶及鋼片等製造。如今鋼鐵軋型及擠型行業為臺灣重點發展規模產業之一，由於此龐大利潤之吸引，且鋼鐵工業向上可推至運輸業、礦業，向下則可推至營建業、土木業、金屬製品業、汽車業、架電業等。如此多樣性之行業別，瞭解其產業製程包含其原料至產品，上游至下游階涵蓋稀有資源之產品更是相當多樣，有關鋼鐵軋型及擠型產業上、中游架構如表 2-8 所示。

表 2-8：鋼鐵軋型及擠型產業上、中游架構

上中下游端	產業價值鏈	產品項目
上游端	電爐鋼廠、一貫作業鋼廠 及單軋廠	鋼板
		熱軋鋼品
		冷軋鋼品(733)
中游	(一次或二次家工廠)	電磁鋼片
		鍍鋅鋼片
		鍍錫鋼片
		烤漆
下游	(裁減中心)	因最終用戶所處產業而定

(三)積體電路業

積體電路業又稱「IC 產業及半導體產業」，臺灣自 2002 年擺脫網際網路泡沫化與全球經濟不景氣等負面影響，全球半導體市場規模走上快速復甦之路，近年來更創造臺灣歷史高峰。但在 2011 年，全球經濟又逢困境，首先日本福島在 311 受到震災侵襲進而引發核電危機，其影響規模甚大，甚至嚴重影響半導體產業供應鏈；再者，希臘債務嚴重影響歐盟正常發展，加深對全球經濟的不確定性；最後，久雨成災的泰國亦導致對汽車電子和電腦硬碟出現部分斷鏈的結果，使得日本業者再次受創。

我國半導體產業由於與全球經濟景氣狀況憂戚相關，2011 年之後，由於受到上述日本震災、歐盟債務和泰國水災等連續性影響，拖累我國半導體產業產值表現，使得我國半導體各次產業產值都呈現成長趨緩或衰退狀況，更充分顯示我國積體電路業其原物料端掌控在先進大國，造成半導體產業製程生產穩定性低，而瞭解臺灣半導體上游至下游製程其重要性更為顯著，圖 2-6 為積體電路業上、中游架構。

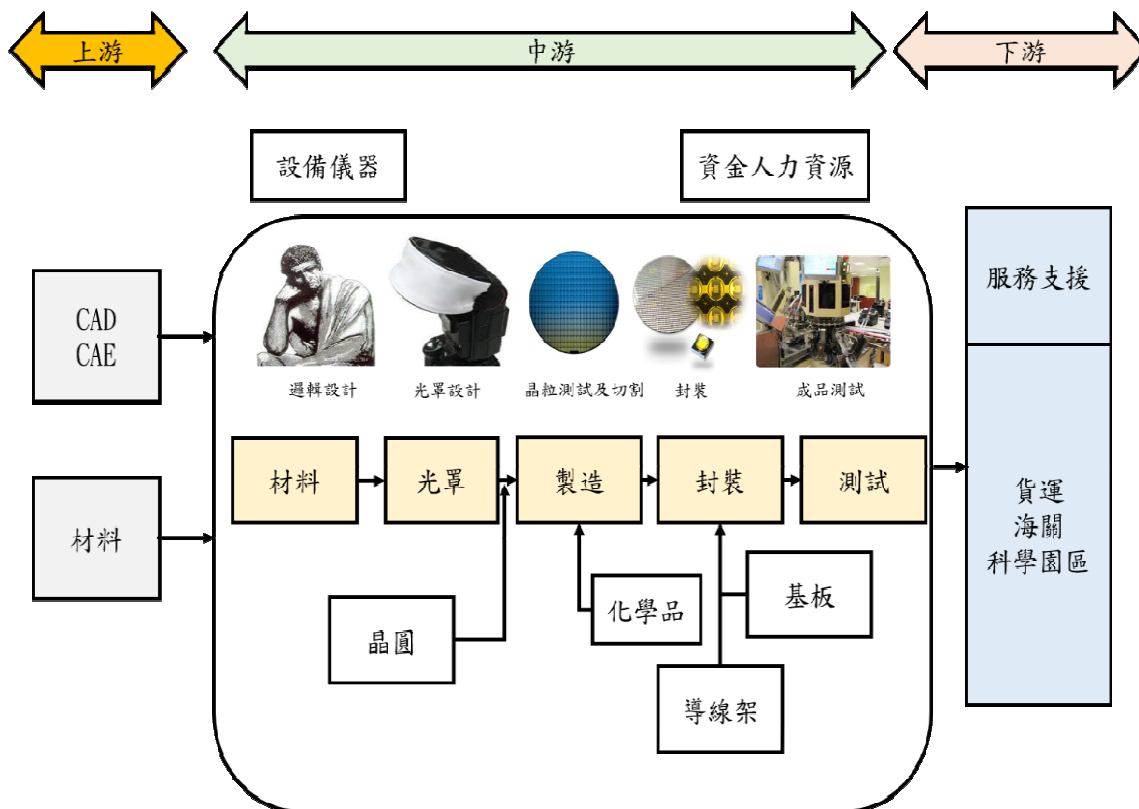


圖 2-6：積體電路業上、中游架構

(四)綠色能源產業

2000 年起，全球能資源迅速飆漲，帶動再生能源與電動車市場快速發展，而其中許多產品需永磁鐵作為馬達的重要零組件，因此本研究將進行永磁鐵之研究與探討。

稀有資源向來是永磁鐵製造之關鍵元素，其中以鈰鈷磁鐵與釹鐵硼(NdFeB)磁鐵利用最為廣泛，其中又以釹鐵硼磁鐵性能最佳，且具有重量輕和易於磁化等特性，可進一步用於微型化的電子設備例如喇叭、耳機及硬碟等，也可應用於混合動力車之電動馬達、電動車及近年大力發展之風力發電渦輪發電機。

臺灣因應近年來綠色節能生活的提倡及行政院所提出的「智慧電動車產業發展策略與行動方案」，臺灣自 2011 年至 2016 年間將建構合適的智慧電動車發展環境，而其所需稀土金屬為釹，本計劃將配合政府扶植之重點產業建構我國稀土元素釹物質流系統架構，包括投入與產出，投入包括國內開採與物質進口之總和，產出則囊括廢棄物損失至環境及物質出口總和，最後可藉由物質流布圖來瞭解臺灣地區稀土元素釹流布現況。

本計畫針對電動車馬達中的釹化合物釹鐵硼磁鐵進行探討，釹鐵硼磁鐵(NdFeB)性能最佳，且具有重量輕和易於磁化等特性，可進一步用於微型化的電子設備，例如喇叭、耳機及硬碟等各種設備，也可應用於混合動力車之電動馬達、電動車及近年大力發展之風力發電渦輪發電機。近年來伴隨著溫室氣體帶來的地球暖化，各地區環保意識的崛起，綠色交通的觀念也漸漸開始萌芽，順勢帶起電動車發展。

稀土永磁材料以含釹磁鐵系及鈔鈷兩大類為主軸。釹鐵硼磁鐵中主要原料有稀土金屬釹(Nd)32%、鐵(Fe)64%、及非金屬元素硼(B)1%，極少量添加之鎢、錒、鈷、鈦、鎳、鋁及銅等元素)。永磁材料釹鐵硼三元系材料是以 Nd₂Fe₁₄B 化合物作為基體，其中釹和硼的含量多寡將會影響永磁材料之性能，表 2-9 各類型永磁材料特性之比較。

表 2-9：各類型永磁材料特性之比較

種類 特性	鐵氧體磁石	鋁鎳鈷磁石	鈔鈷磁石	釹鐵硼磁石
磁性	低	中	高	最高
抗溫能力	中	高	高	低
製作方法	粉末冶金	燒結鑄造	燒結鑄造	粉末冶金 快速冷凝
成本	低	高	高	中
優點	化學安定性 優異	殘留感應 磁力高	磁性能力 優異	磁性能力 最佳
缺點	磁性較差	原料價格 不穩定	原料價格昂貴	溫度效能差

根據國際能源署(IEA)統計，以目前全球最銷售量第一的豐田 Prius 為例，其電動車以馬達及啟動器與電池皆含有稀有資源-釹(Nd)，文獻顯示製造一台電動車馬達需要釹約 1.8 公斤，車輛本體則需約 16 公斤的稀有資源。下表 2-10 釹鐵硼磁鐵應用方式說明。

表 2-10：鈹鐵硼磁鐵應用

應用產品	鈹鐵硼磁鐵使用量	鈹鐵硼磁鐵搭載率
空調	家庭用 60-100 g/臺 營業用 300-400 g/臺	家庭用 100% 營業用 60-70%
冰箱	40-60 g/臺	10%
洗衣機	130 g/臺	25%
HEV 用驅動馬達	1-2kg/臺	100%
汽車(其他)	EPS 用 10-50g/臺	EPS 搭載車(全球一年 1,500 萬臺,其中 30-40% 使用鈹鐵硼磁鐵)
工業自動化設備(其他)	風力發電機 2652g/kw	-

稀有資源向來有「集中性、冶煉技術高、蘊藏量稀少」等特點，導致價格位居高價位，且近年來中國、印度等開發中國家經濟快速崛起，對於資源需求亦大幅提升，引發全球資源新一波漲勢。臺灣目前沒有稀有資源之明確定義，因此引用鄰近地理位置與背景相當之日本作為借鏡，選出其中 47 種元素，後續進行稀有資源全球蘊藏量調查，當中發現中國、美國實為資源蘊藏大國，但美國亦為資源進口大國，顯示出已開發國家對於資源的保護與戰略儲備之意涵；稀有資源向來為高科技之關鍵元素，材料科學的進步多半伴隨著稀有資源應用，現今提倡綠色科技，其中風力發電無齒輪渦輪機具、電動車及油電混合車即為永磁鐵的最佳利用。

近年來各國逐漸限制白熾燈泡使用，新一代三基色螢光燈管及 LED 燈普及率大增，以及液晶螢幕、LED 螢幕廣泛使用，促使螢光分的需求量也逐年上升；也因為稀有資源的需求逐年上升，後端資源循環也漸趨重要，但目前尚未大規模進行稀有資源回收，僅限於實驗室小規模回收，因此建議朝多方面並進，包含基本面的研究、法律與財政的支持及加速確立應回收物品，最後配合工廠級回收技術進行高效率循環再利用，建立我國稀有資源循環網絡。

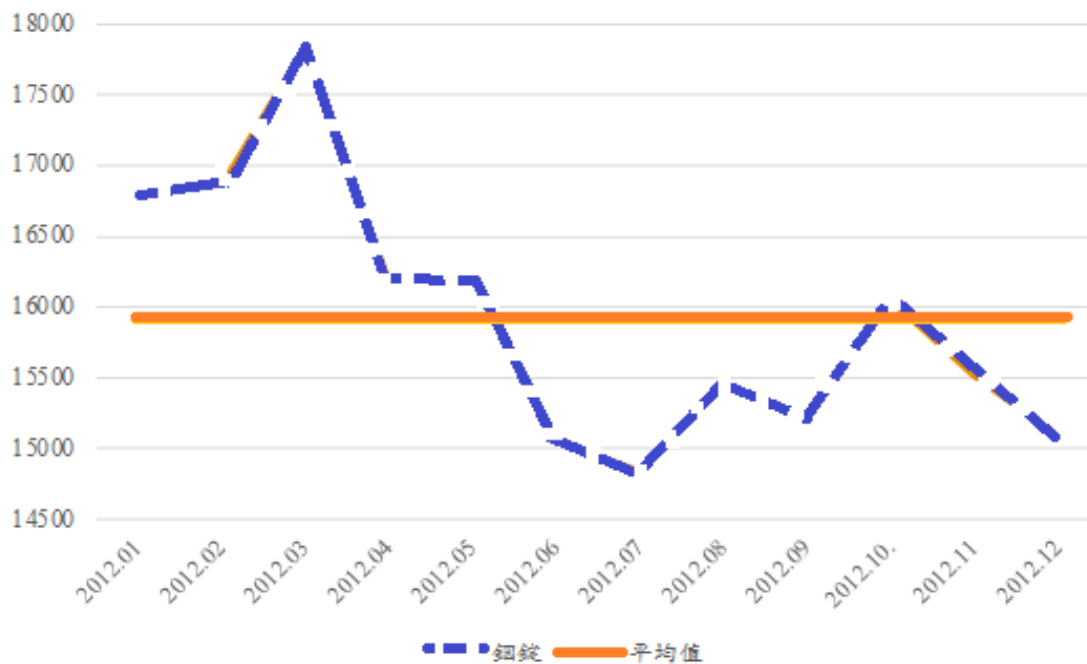
2.3 稀有資源未來展望

目前為止，全球只有少數工業廢棄物進行稀土回收再利用，但稀土永磁鐵、電池、照明光源等皆沒有進行大規模的回收與再利用，肇因於稀土回收是相當複雜且廣泛的，若無法進行再生利用，則利用物理及化學程序回收資源是絕對必須的。因此為了更廣泛的回收稀土與稀有資源，必須制度及背景條件加以配合，本議題未來將面臨之挑戰及展望包括：

1. 必須有一個完善且完備的回收系統，針對廢棄物進行有效率的回收與收集，提供資源再生產業穩定料源，提高產業稼動率。
2. 稀土與稀有資源的價格上，必須來到一定的價位，必要狀況下政府應予以補貼或稅負減免等政策，使廠商符合回收效益，增加誘因，藉以提高廠投資意願。
3. 由於廢棄物與資源物長期面臨認定與界定上之問題，因此對於廢棄物出口與進口相關規定與機制，應更謹慎面對與適時解除限令，為資源化產業注入新活水。

回收技術端的研發應配合產品設計端的雙方合作，促使在設計端設計產品時就提供回收技術端良好的回收機制，相信藉由兩方面的合作，不僅在淬煉、萃取時回收率可以向上提升，於前處理時也可較容易進行分類與拆解。此外，除了利用稀有資源波動幅度進行遴選之外，還必須考量我國產業發展政策及國際稀有資源分布之狀況，以鈹鎂為例，雖其波動幅度僅為 5.87%，未達基準值之 8.82%，但考量最大供應國為中國產出量占全球 50% 以上，供應來源過為不平均，相對未來波動風險高，且為我國面板業之重要原料，因此藉由其兩大因素分析，終將鈹鎂納入我國戰略儲備之目標儲備項目之一。透過上述之遴選機制產出下列目標儲備項目，分別為鎔、錒、鈾、釷、鎳、鎢、鉬、鎳、銀、鉑及鈹等十一項。圖 2-7 為 2012 年鈹鎂價格走勢。

單位：美元/Kg



資料來源:鉅亨網

圖 2-7：銦錠 2012 年價格走勢

由於我國對於稀有資源儲備目前並沒有相關法規或行政命令，因此本研究進行初步稀有資源之戰略儲備之儲備對象、儲備時間及目標儲備量等進行分析，參考國外現有戰略儲備之政策，與我國產業條件進行相關分析，初步遴選出欲儲備之項目，並透過儲備品價格波動分析、產業分析及特化係數之多重分析等，進行臺灣稀有資源儲備量評估。

1. 遴選儲備關鍵產業之稀有資源需求

首先針對稀有資源儲備對象之遴選，發現當中鈮、鎢、鎳、鈾、錒、鐳、鐳、鎳、銀、金、鎳、鈮、鈾、鈾、鈾及鈾等為我國關鍵產業之重要資源，因此列於優先進第二階段評估之項目，且台灣產業與日本產業雷同，皆為已發展面板及 LED 等高科技產業，建議台灣遴選儲備關鍵產業可參考日本戰略儲備模式，俾利台灣未來政策規畫戰略儲備之參考所需，表 2-11 為各國戰略儲備模式參考。

表 2-11：各國戰略儲備模式

說明內容	美國	中國	日本	韓國	
儲備目的	以國防安全為考量的戰略儲備	戰略儲備與經濟儲備兼具	經濟儲備	經濟儲備	戰略儲備
創設	1939 年	研議中	1983 年	1967 年	2007 年
儲備單位	由政府(後勤局國防國家儲備中心(DNSC))出資、購買、管理與實施	政府(未定)包鋼稀土進行企業儲備	政府(石油天然氣, 金屬礦物資源機構(JOGMEC))民間團體均有	政府(礦業振興公社(KORES))民間團體均有	
國家儲備項目	鉻、鈷、鎢、錳、鋁、鈹、鈮、銻、鉛、水銀、白金屬、錫、鋅...等 (4 類 42 項)	以有石油、煤等能源資源的儲備, 稀有金屬/稀土尚在研議中	鈷、鎢、鈳、鎳、鉻、鈾、鎂、稀土、白金、鈮、鋇...等	銅、鉛、鋅、錫、鋁、鎳、錳、鈳、鈳、鈳...等	鉻、鈳、鈳、鎢、鈮、銻、稀土...等
				共計 27 項	
國家儲備基地	-	未公告	茨城縣高萩市儲備倉庫	目前有規劃 5 個儲備基地, 逐一興建中	
儲備目標	遇緊急危難時可供給 4 年	未公告	60 天	1-2 個月	2 個月

2. 儲備必要性分析

第二階段則由上述遴選出之十五項儲備對象，進行儲備必要性之研究，本研究擬利用儲備對象之價格波動程度進行分析，由於儲備多為短時間供應國內產業利用，減緩價格突然飆漲之影響，因此第二階段利用近年價格波動進行評估，藉由 2010-2011 年全年各類稀有資源之波動幅度進行評估，以目前現有儲備項目石油為基準，其稀有資源價格漲幅度高達漲幅達 9.8 ~ 47.2 倍，稀有資源價格走勢如表 2-12 所示。

表 2-12：稀有資源價格走勢

稀有資源	2009 年	2010 年	2011 年					
	12 月	12 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
單位：公斤/美元								
氧化釷	10	65.1	77.9	116.6	125.4	129.2	165.8	160.3
氧化鈾	4	56.6	82	121.8	126.4	116.6	130.4	188.9
氧化鈷	21	83.8	116.3	145.8	189.6	222.8	279.1	257.3
氧化鎳	468	620.7	652.6	789.5	821.6	1,371.7	1,497.8	4,596.8
氧化鎳	120	358.5	490.3	611.4	806.8	1,088.1	850.8	2795
鎳錠	—	675.0	700.0	850.0	975.0	1,150.0	1,150.0	950.0
鎳錠	—	565.0	600.0	675.0	685.0	750.0	875.0	750.0
氧化鈳	—	35.9	40.8	40.8	37.5	38.6	38.6	34.2
鈳鐵礦	—	231.5	253.5	264.6	253.5	286.6	308.6	308.6
海綿鈳	6.8	7.0	8.2	8.4	8.6	8.4	9.0	10.6
鈳錠	—	36.6	43.0	44.1	38.0	37.5	38.6	36.4
鎳錠	17.1	24.1	28.4	26.7	26.3	24.2	22.4	23.8

3. 目標儲備量分析

目前世界各國稀有資源戰略儲備量，以日本及南韓為例，目標儲備量多為 60 天至兩個月之需求量為計算基準。由於我國與日本南韓之產業類別及特性相似，因此本研究設定目標儲備量為 60 天，利用連續式生產需求之基礎下，比照鄰近各國進行儲備量評估，其結果如表 2-13 所示。

表 2-13：稀有資源儲備量分析

儲備項目	數量 (單位:公斤)	儲備項目	數量 (單位:公斤)	儲備項目	數量 (單位:公斤)
釷	333,000	鈳	52,316.7	鈳	618.5
鎳	264.71	銀	18,555.6	鈳	168.7
鈳	2,925	鎳	101,212.4	鈳	787.2
鎳	5,820	鎳	15,131.7		
合 計				530.8 公噸	

資料來源：本研究自行整理

由表 2-13 中顯示，推估我國稀有資源儲備建議量達 530.8 公噸，儲備項目達到十一項，與日本 2005 年之儲備對象七項，目標儲備量達 293 公噸，雖數值上有一定程度之差異，但推測其原因為儲備品項及兩國間產業組成上亦有些許差異所造成，因此推估儲備數量略高於日本儲備量。

第三章 稀有資源之產業需求

今日稀有資源為製造高價元件、數位家電與電動汽車等新興綠能產業之關鍵材料，而臺灣又為稀有資源進口國，稀有資源之需求易受於國際制度及價格之影響，故分析稀有資源需求量之潛力推估及循環利用趨勢，並推估臺灣稀有資源需求產業之需求量，以利未來發展所需的原物料穩定供給做準備。

3.1 臺灣稀有資源需求量之潛力推估

此小節主要將探討臺灣稀有資源需求量之潛力推估，分別針對臺灣面板產業、電動車產業，以及廢照明光源產業作稀有資源之需求量推估，其相關說明分析如下：

一、面板產業

隨著 IT 產業的快速發展，我國政府積極推動兩兆雙星產業(半導體產業、影像顯示產業、數位內容產業、生物技術產業)產業高值化計畫的帶動下，更將光電顯示器產業推向高峰，由於近年來平面顯示器(Flat Panel Display, FPD)廣泛應用於一般生活電子產品中，使得 FPD 需求量逐年攀升。其中，又以液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)應用最為普遍，如薄膜電晶體液晶顯示器(Thin film transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)主要應用於筆記型電腦、桌上型電腦、液晶電視或是電話手機等，扭轉向列液晶顯示器(Twisted Nematic Liquid Crystal Display, TN-LCD)主要應用於手錶、計算機等，超扭轉向列液晶顯示器(Super Twisted Nematic Liquid Crystal Display, STN-LCD)則應用於尺寸較大的電子字典、電子娛樂產品、PDA、行動電話、低階筆記型電腦等¹。

鈹屬稀有金屬，目前蘊藏量最大地區為大陸，約佔全球 58 %²，大陸當局為避免稀有金屬過度開採，已開始進行保護，管控出口配額。反觀我國面板業對臺灣具有重大影響力，而面板中重要之關鍵元素-鈹，向來被視為左右面板價格之重大因素。有鑑於此，經由臺灣歷年面板業產出之面板數量，分析組成比例(參見表 3-1)，將其分為 10 吋及以上(參見圖 3-1)、10 吋以下(參見圖 3-2)，並進行評估我國面板業所需關鍵稀有資源-鈹之需求量，根據「臺灣地區高科技業鈹之物質流分析」研究數據顯示，平均每片可回收 15 毫克之鈹，故依此鈹含量作為臺灣面板業所需之金屬鈹需求量(參見表 3-2 及圖 3-3)，瞭解臺灣對稀有資源-鈹之需求量大，故應於稀有資源尚未被壟斷前，研擬因應對策及早進行稀有資源之戰

¹ 工業污染防治第 113 期，LCD 含鈹廢料與廢液資源化處理技術之可行性評估。

² DIGITIMES，翁位仁，[ITO](#)

略儲備，以減緩臺灣面板產業未來受全球稀有資源價格波動或受中國限縮出口配額、調高稀土礦原礦資源稅稅額標準等影響。

表 3-1：2009 年至 2013 年臺灣面板生產量

年份	面板種類	生產量 單位:千組	生產量年增率
2009	TFT-LCD 面板(10 吋及以上)	171,611	12.57%
	TFT-LCD 面板(10 吋以下)	639,639	67.10%
2010	TFT-LCD 面板(10 吋及以上)	229,122	33.51%
	TFT-LCD 面板(10 吋以下)	1,203,517	88.15%
2011	TFT-LCD 面板(10 吋及以上)	267,821	16.89%
	TFT-LCD 面板(10 吋以下)	1,450,852	20.5%
2012	TFT-LCD 面板(10 吋及以上)	301,984	13.46%
	TFT-LCD 面板(10 吋以下)	1,678,021	15.91%
2013 (至 2 月)	TFT-LCD 面板(10 吋及以上)	42,882	--
	TFT-LCD 面板(10 吋以下)	299,786	--

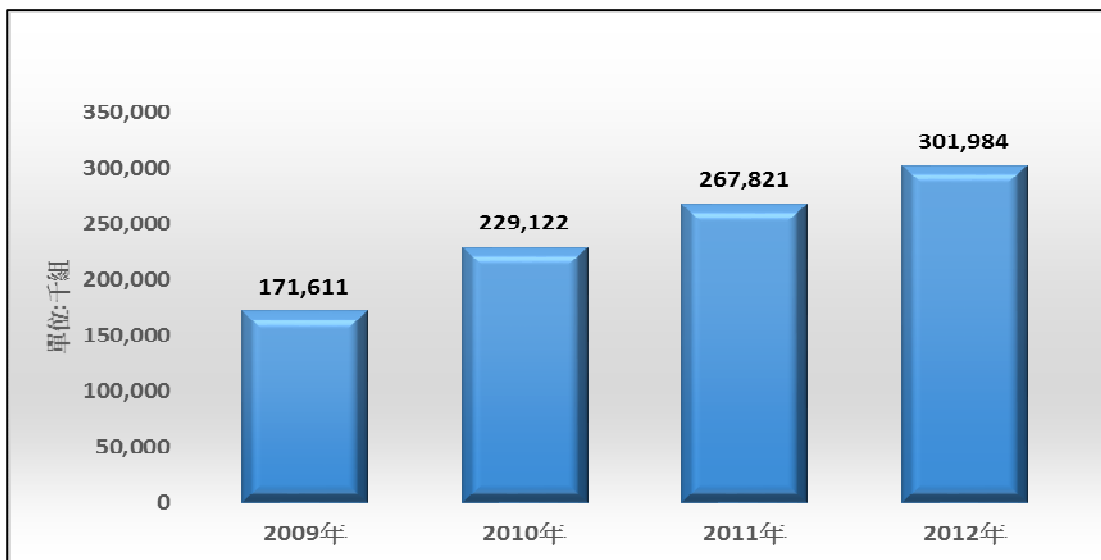


圖 3-1：2009 年至 2012 年之 TFT-LCD 面板(10 吋及以上)生產量

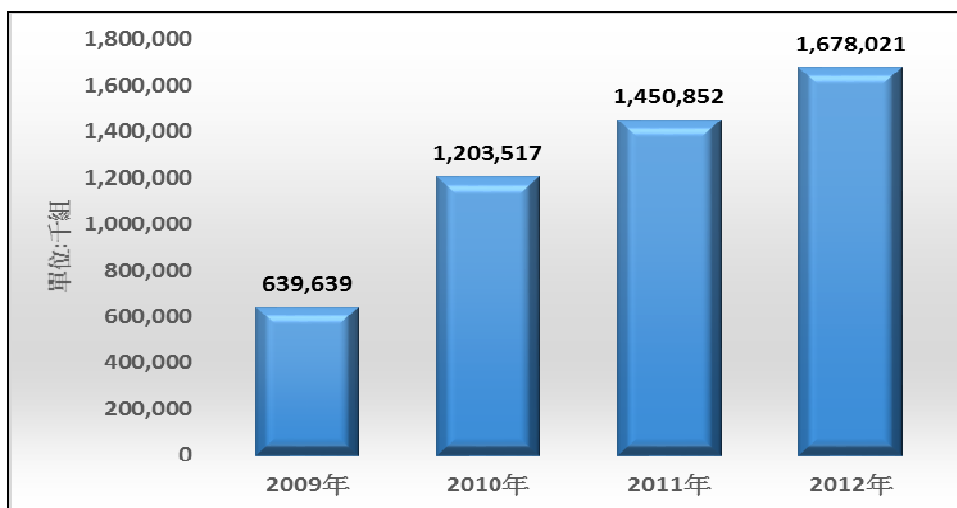


圖 3-2：2009 年至 2012 年之 TFT-LCD 面板(10 吋以下)生產量

表 3-2：2009 年至 2012 年面板業稀有資源需求量

年份	面板種類	生產量 (單位:千片)	平均錫金屬含量	面板業-錫年需求量
2009	TFT-LCD 面板 (10 吋及以上)	171,611	15 mg/片	12,168.75 kg
	TFT-LCD 面板 (10 吋以下)	639,639		
2010	TFT-LCD 面板 (10 吋及以上)	229,122		21,489.59 kg
	TFT-LCD 面板 (10 吋以下)	1,203,517		
2011	TFT-LCD 面板 (10 吋及以上)	267,821		25,780.10 kg
	TFT-LCD 面板 (10 吋以下)	1,450,852		
2012	TFT-LCD 面板 (10 吋及以上)	301,984		29,700.08 kg
	TFT-LCD 面板 (10 吋以下)	1,678,021		

備註：TFT 面板中錫含量比率約為 15 毫克，此值與 2009 年日本經濟產業省、環境省值接近

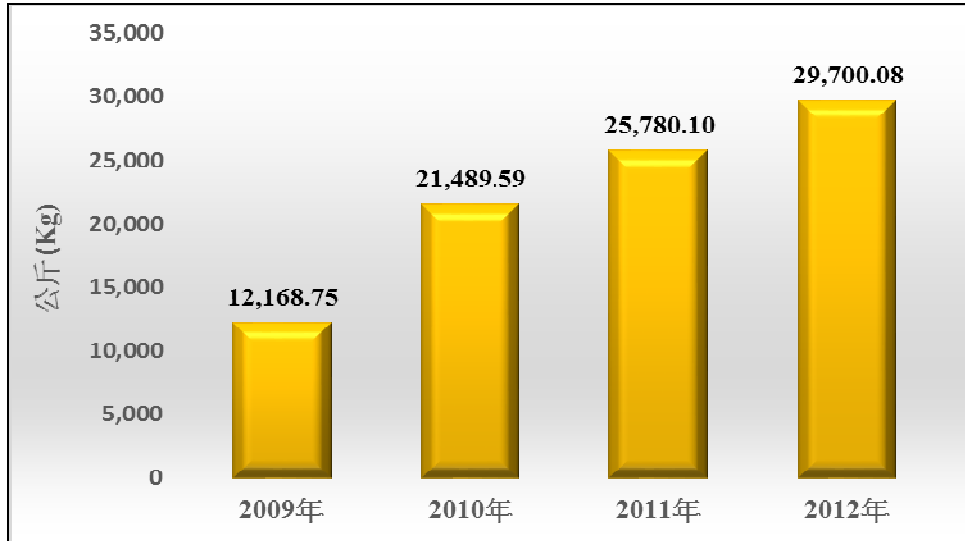


圖 3-3：2009 年至 2012 年之面板業稀有資源需求量

二、電動車產業

我國政府於 2010 年由行政院通過「智慧電動車發展策略與行動方案」，並規劃「3 年 3,000 輛電動車上路」的推動目標，希望能透過我國汽車零組件產業及 ICT 之技術，應用於電動車之發展。

現今，臺灣目前所販售的電動車輛主要為油電混合車，在環保、油價等議題影響下，不但消費者對於 HEV 技術有更高的接受度，相關車款也較過去有更多元的選擇，包括來自 Toyota、Honda、Lexus、Mercedes Benz、BMW、Porsche、VW 等車廠，紛紛在國內推出 HEV 車款販售。其中，Toyota Camry HEV 也成為第一個在臺灣進行組裝的 HEV 車款及價格也較其他進口 HEV 車款更具優勢，且有相當良好的銷售量，由此可見，永磁鐵-鈦鐵硼內的鈦金屬需求量也隨之提昇。

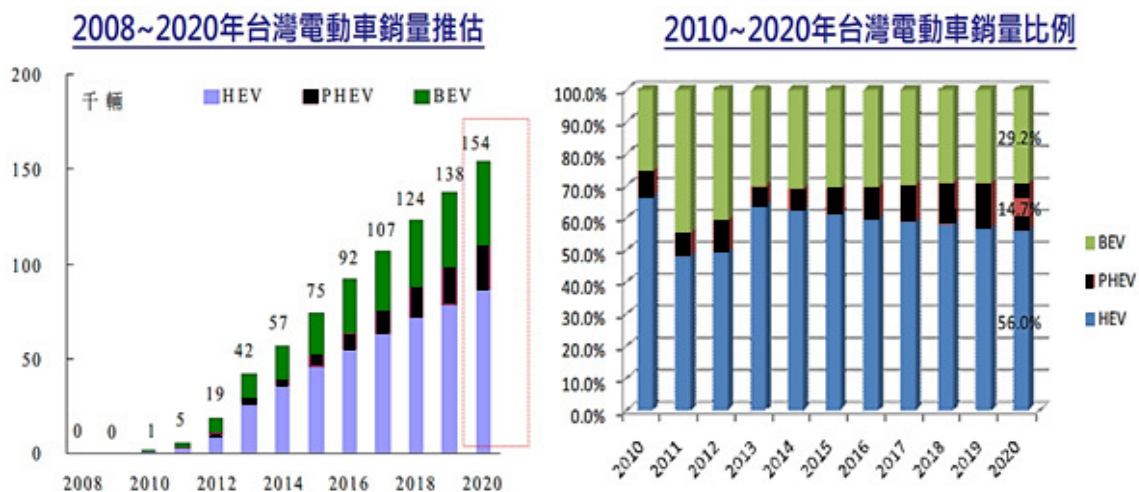
目前純電動車輛於國內有自主品牌 Luxgen 的 MPV 電動版、酷比電動車、以及自日本引進的 Nissan Leaf 等，現今主要僅供應給先導運行車隊，尚未開放一般消費者購買，故在此不納入臺灣自動車計算。綜上所述，臺灣目前自己組裝之國產油電混合電動車僅有 Toyota Camry HEV，其他皆為進口車或 PEV，參考表 3-3，故如需推估臺灣對於電動車內的鈦金屬含量需求，須以臺灣自己組裝的 Toyota Camry HEV 電動車之總銷售量作計算，以利後續推估每臺電動車使用之鈦金屬的需求量。

表 3-3：臺灣境內電動汽車代表車款

名稱	HEV (油電混合車)	插電式電動車 (PHEV/REEV/BEV)
國產	Toyota Camry HEV(臺灣組裝)	Luxgen EV (BEV)、酷比 EV (BEV)
進口	Toyota、Honda、Lexus、Mercedes Benz、BMW、Porsche、VW 等車 廠共引進 10 餘種車款	Leaf (BEV)

資料來源：各公司官網/金屬中心 MII-ITIS 計畫(2012/12)

綜上所述，以組裝一台豐田電動車為例，其電動馬達需約 1.2 公斤之鈹金屬，故此作為推估臺灣電動車產業所需鈹金屬之需求量。有鑒於臺灣電動車供應鏈—動力電池系統、動力系統與控制、充電系統、整車組裝四大區塊都已成形³，預估 2020 年臺灣電動車市場銷量將持續成長達 15.4 萬輛，其中 EV 銷售量又以 HEV 佔大宗，如圖 3-4 及圖 3-5 所示。另有推估臺灣電動車產業稀有資源需求量如表 3-4 及圖 3-6 所示。臺灣自 2010 年起對鈹金屬需求量有持續上升之趨勢，可見臺灣需及早將鈹金屬作儲備，待電動車產業大量生產時，可減緩臺灣電動車產業受稀有資源價格波動、資源短缺之限制，以確保我國電動車產業之競爭力及推廣。

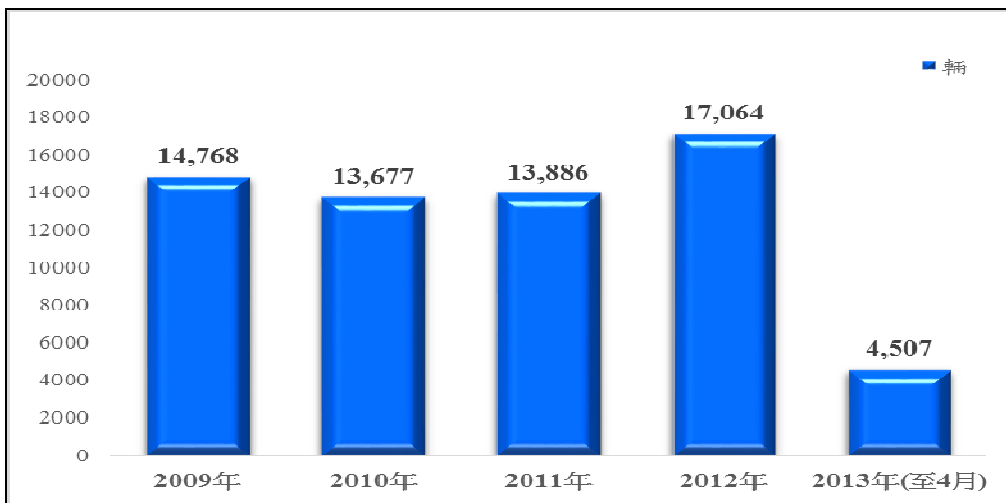


資料來源：IEK (2010/08)

圖 3-4：臺灣電動車銷售市場之推估圖

³財經知識庫

單位：輛



資料來源：U-CAR，本研究自行彙整

圖 3-5：2009 年至 2013 年 Toyota Camry HEV 市場銷售量

表 3-4：2009 年至 2013 年電動車產業稀有資源需求量推估表

年份	銷售量 (輛)	平均鈹金屬含量	電動車產業鈹需求量 (公斤/年)
2009	14,768	1.2Kg/臺	17,721.6
2010	13,677		16,412.4
2011	13,886		16,663.2
2012	17,064		20,476.8
2013(至4月)	4,507		5,408.4

單位：公斤

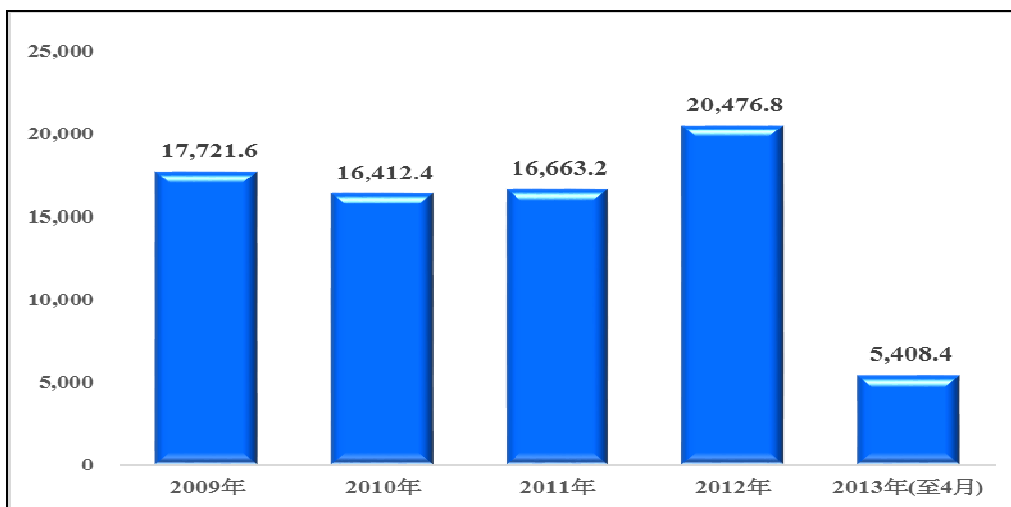


圖 3-6：2009 年至 2013 年電動車產業稀有資源需求量

三、廢照明光源產業

隨著社會的發展，對於照明光源的需求也日漸龐大，世界的電力消耗約 22% 用於照明，且全世界 5.6% 稀土用於螢光粉的製作，預期未來五年稀有元素使用量將會有一倍以上的成長，對於稀有資源的回收與儲備勢必不可輕忽，依目前需求量成長曲線，未來需約有 10~15% 之稀有資源來自回收材料或儲備，才能有效平衡與抑制價格之波動。

臺灣螢光燈管每年需求量超過 1.5 億隻燈管，製造螢光燈管之螢光粉需求量勢必同步上升，若以平均螢光粉含量 4.5 克計算，其螢光粉需求量大約為每年 675 噸，其數量可觀；LED 照明光源部分，2009 年全世界市占率達到 25.4%，僅次於日本，為世界第二大 LED 製造大國，但近年來受到韓國加入競爭，全世界市占率退居第三，2010 年整體市占率下降至 19.4%，2011 年為 19.0%。表 3-5 為 2009 年至 2011 年臺灣人均螢光燈管廢棄量及回收量，表 3-6 為 2009 年至 2011 年 LED 全球市占率：

表 3-5：2009 年至 2011 年臺灣人均螢光燈管廢棄量及回收量

項目	2009 年	2010 年	2011 年
臺灣全國人口總數 (人)	23,119,772	23,162,123	23,224,912
回收量 (kg)	4,694,578	5,052,728	5,219,720
回收率 (%)	67.48	80.02	73.89
營業量 (kg)	6,956,992	6,314,331	7,064,176
全國平均照明光源支數 (支/人-年)	1.504	1.363	1.520

資料來源:本研究自行整理

表 3-6：2009 至 2011 年 LED 全球市佔率

	2009		2010		2011	
	國家	全球市佔率	國家	全球市佔率	國家	全球市佔率
第一名	日本	42.4%	日本	31.3%	日本	30.0%
第二名	臺灣	33.1%	韓國	24.1%	韓國	26.0%
第三名	美國	16.4%	臺灣	19.1%	臺灣	19.0%

參考資料:本研究自行整理

照明光源產值部分，由於螢光燈管受到 LED 照明光源逐漸降價影響，產量平均為 1.5 億隻左右，若以每隻平均售價新台幣 50 元為例，推估臺灣螢光燈全年產值超過 75 億元，預期後續會因 LED 照明價格逐漸降低而壓縮螢光燈管產量及產值；LED 照明部分，因其優異省電及壽命長等優點，逐漸受到市場重視，根據工業局工業產品資料庫統計，2009 年 LED 產值為新台幣 728.25 億元，2010 年為新台幣 1,265.79 億元，2011 年達到新台幣 1,379.65 億元，預期每年約有 10% 以上之成長幅度。

生產量部分，全年生產量為 4,810 億粒，經由單位換算，目前兩吋磊晶片重量約為 2.65 公克，約可切割出 16,666.67 粒晶粒，因此 2011 年，臺灣 LED 產業產能約為相當於 2,885 萬片磊晶片，約有 76.47 噸，不良率約為 0.03%，全年磊晶片產生量則為 76.49 噸。表 3-7 為 2009 年至 2011 年發光二極體晶粒生產量。

表 3-7：臺灣發光二極體晶粒生產量 (不含國外生產)

	2009	2010	2011
年產量 (單位：千個)	259,350,043	426,021,088	481,085,527
產量年增率 (單位：%)	13.38	64.26	12.92
磊晶片產量 (單位：萬片)	1,556	2,557	2,557
年產重量 (單位：公噸)	41.25	67.75	76.49
年產值 (單位：新台幣千元)	47,978,114	80,660,295	88,574,938
產值年增率 (單位：%)	9.34	68.11	9.81

資料來源：本研究自行整理

隨著照明光源應用漸多，不論用於照明光源之能源或製造照明光源本身材料，皆需消耗資源，因此除了綠色能源之外，綠色產品的開發也是迫切的；臺灣近年來雖然在 LED 照明光源市佔率略有下降，但由於臺灣產業由上、中、下游之產業鏈完整，對於產品行銷及快速反應皆為臺灣 LED 產業優勢，但該產業之關鍵資源皆為國外進口，相對平穩的資源價格，勢必影響臺灣照明光源產業之發展，因此透過本研究了解臺灣照明光源產業關鍵資源需求量推估，為臺灣戰略儲備提供參考數據。表 3-8 為 2009 年至 2011 年臺灣照明光源產業稀有資源需求量。

表 3-8：臺灣照明光源產業稀有資源需求量

年份	照明光源種類	生產量	稀有金屬含量	照明光源產業 稀有資源年需求量
2009	螢光燈管	1.5 億隻 → 675 噸	螢光粉稀有元素含量： 鉍:29.6% 鎘:2.3%	鉍:199.8 噸 銻:33.75 噸 鎘:15.53 噸 銻:17.55 噸 鎳:71.55 噸 鎵:18.84 噸 銦:0.17 噸
	LED 照明光源	1,556 萬片 → 41.25 噸		
2010	螢光燈管	1.5 億隻 → 675 噸	鎳:10.6% 銻:5.0% 銻:2.6%	鉍:199.8 噸 銻:33.75 噸 鎘:15.53 噸 銻:17.55 噸 鎳:71.55 噸 鎵:30.93 噸 銦:0.28 噸
	LED 照明光源	2,557 萬片 → 67.75 噸		
2011	螢光燈管	1.5 億隻 → 675 噸	磊晶片稀有資源含量： 鎵:45.66% 銦:0.41%	鉍:199.8 噸 銻:33.75 噸 鎘:15.53 噸 銻:17.55 噸 鎳:71.55 噸 鎵:34.92 噸 銦:0.31 噸
	LED 照明光源	2,557 萬片 → 76.49 噸		

3.2 臺灣稀有資源產業之產值評估

Displaybank 調查報告指出，2009 年觸控面板市場達 24.5 億美元規模，2010 年約為 36.4 億美元，出貨量超過 4.2 億台，2013 年市場規模將達 73.7 億美元；有鑒於上述手機、平板電腦、數位相機及攝像機等產品皆是觸控面板的主要應用面，然而高市場需求即代表廢棄量亦會成長，可推估稀有資源產業發展潛力相當大。以觸控面板為例，金屬工業研究發展中心指出每 15 吋觸控面板可回收 15mg 的銦，手機中也有相當多稀有金屬含量如鈹、鎢、銦及鈾，尤其是各種電子產品中都有電路板的存，電路板中有非常豐富的稀有金屬及貴金屬含量，故隨著人類生活品質要求不斷提高，即使在市場低迷的情況下，各式高科技電子產品以及娛樂多媒體產品等市場仍維持成長。以下將分析手機、數位相機、DVD 播放器及電腦主機板為標的，計算其稀有資源之產值。

一、臺灣手機稀有資源之產值計算

稀有資源之產值計算方式為將當年度標的物之稀有金屬回收量與當年度稀有金屬價格相乘即為該年度標的物稀有資源之產值；稀有金屬回收量則為標的物回收量與標的物所含稀有金屬比例相乘。以下將針對手機之生產量及所含稀有金屬比例進行說明，而後計算其稀有資源之產值。

1. 回收量

每年臺灣手機市場規模約維持在 600 萬支上下(不計 CDMA 手機)，平均單月市場規模約達 50 萬支，整體市場發展成熟，雖難有大幅成長空間，但不會有顯著衰退跡象發生。以 2011 年為例，隨著智慧型手機滲透率持續提升，下半年以來，臺灣單月智慧型手機銷售量平均在 30 萬支左右，12 月更在蘋果(Apple)iPhone 4S 正式進入臺灣，將單月銷售總量拉升至 40 萬支，總市場規模仍維持約 600 萬支。然而臺灣手機實際回收率約為 30% (日本環境省 2010 年手機回收率亦以 30% 計)，故一年約可回收 180 萬支手機。

2. 稀有金屬含量

手機中稀有金屬含量相當豐富，如鈹、鎢、鈳及鈾等，尚有金及銀等貴金屬，如圖 3-7 所示。然而國內目前未有針對手機中稀有金屬含量作詳細研究，惟日本環境省於 2010 年經濟評價回收系統研究報告中，針對日本手機稀有金屬含量進行分析檢測，如表 3-9 所示。

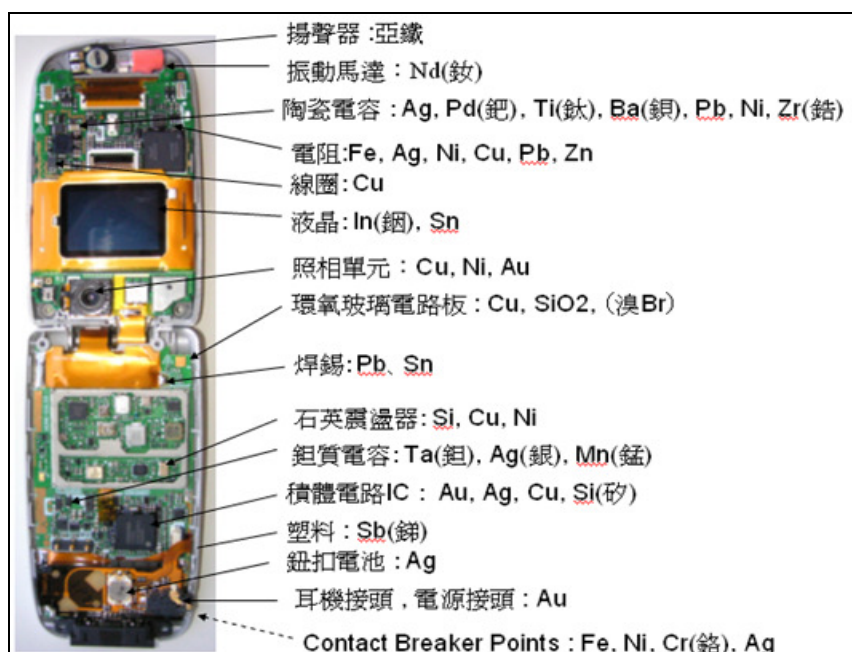


圖 3-7：手機所含金屬分布圖

表 3-9：日本手機稀有金屬含量分析

生產量 (千支)	49,397	稀有金屬含量 (公斤/千支)
回收量 (千支)	14,819	
鈹 (公斤)	6,914	0.467
鎳 (公斤)	351	0.024
銻 (公斤)	59	0.004
鉭 (公斤)	1,244	0.084
金 (公斤)	680	0.046
銀 (公斤)	4,079	0.275
銅 (公斤)	172,954	11.671

資料來源：リサイクルシステムの経済性評価，日本環境省，2010

3. 產值計算

以日本環境省研究報告分析數據為依據，並以臺灣一年平均實際回收 180 萬支手機計，可計算臺灣手機稀有資源之產值(假定稀有金屬分離回收比率為 100%)，約為 4,862,449 美元/年，即 1.46 億台幣/年，如表 3-10 所示，單位手機稀有資源之產值為 81.1 台幣/支；日本 2010 年手機回收量為 1,481 萬支，並預估其當年度手機中稀有金屬含量價值達 28.8 億日圓，約為 34,285,714 美元/年，即 10.29 億台幣/年，日本單位手機稀有資源之產值為 69.5 台幣/支，其假定稀有金屬分離回收比率為 90%，若亦以 100% 計，則日本單位手機稀有資源之產值為 77.2 台幣/支，實與臺灣數據差異不大，研究結果應具參考價值。

表 3-10：臺灣手機稀有資源之產值計算

手機生產量 (千支/年)	6,000						備註
手機回收量 (千支/年)	1,800						
稀有金屬種類	鈹	鎳	銅	鉍	金	銀	
手機所含稀有金屬 比例(公斤/千支)	0.467	0.024	0.004	0.084	0.046	0.275	
稀有金屬回收量 (公斤/年)	840.6	43.2	7.2	151.2	82.8	495	
稀有金屬價格 (美元/公斤)	101.8	924.3	525.0	253.5	51,180	923.5	註 1
手機稀有資源之 產值(美元/年)	85,573	39,930	3,780	38,329	4,237,704	457,133	
合計(美元/年)	4,862,449						

註 1：皆為 2012 年交易數據

二、臺灣數位相機稀有資源之產值計算

以下將先行針對數位相機之銷售量、回收量及所含稀有金屬比例進行說明，而後計算其稀有資源之產值。

1. 回收量

市場研究機構 GfK 調查指出，臺灣整體數位相機市場銷量從 2009 年的 106 萬成長至 2010 年的 126 萬台，並在 2011 年持續成長達 132 萬台，年成長率約 5%，其中單眼及類單眼數位相機比重約佔 12~13%。事實上，單眼及類單眼數位相機所含稀有金屬含量應高於消費型數位相機，但本研究考量產品聚焦程度及資料精確性，一律以消費型數位相機計算。然而如前所述，國內目前於手機、DVD 播放器、數位相機及攝像機等產品之回收制度尚較為薄弱，故以同為新興電子產品之手機回收率 30% 作為回收率之假設依據，因此可得 2011 年數位相機之回收量約為 39.6 萬台。

2. 稀有金屬含量

數位相機中所含稀有金屬種類相當多，包含鈹、鎳、鎳、銅、鉍、鉍、鈦、鈷及鎳，亦有金及銀等貴金屬，含有稀有金屬部分大致可分成電路板、液晶螢幕、鏡頭及其餘機身等，如圖 3-8 至圖 3-11 所示。目前臺灣數位相機銷量以 5,000~7,000 元價位型號為大宗，液晶螢幕尺寸以 3 吋為主，僅計背光模組平均約 28 克重，電路板平均約 42 克，鏡頭平均約 40 克，機身多在 70~230 克不等。

日本環境省於 2010 年小型家電金屬含有量試驗結果研究報告中，針對日本數位相機稀有金屬含量進行分析檢測，如表 3-11 所示。



圖 3-8：數位相機電路板及液晶螢幕-1

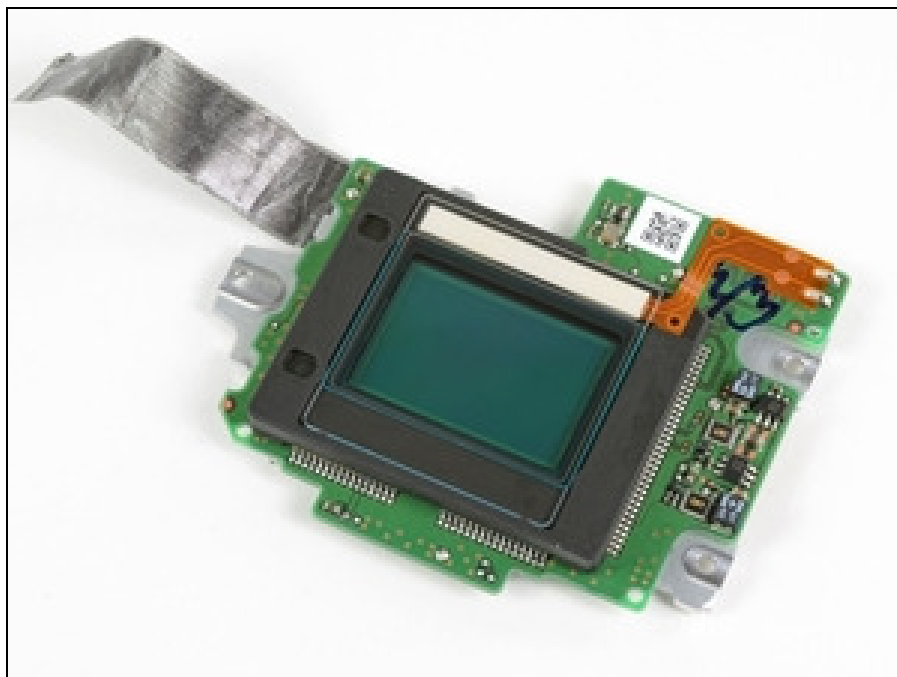


圖 3-9：數位相機電路板及液晶螢幕-2



圖 3-10：數位相機機身及鏡頭-1



圖 3-11：數位相機機身及鏡頭-2

表 3-11：日本數位相機稀有金屬含量分析

稀有金屬	電路板	液晶螢幕	全部機身	鏡頭
釵	0.536	-	0.02	0.27
鎳	0.0054	-	-	-
鎳	0.0111	0.03	-	-
鈷	0.0014	0.015	0.0043	-
鉬	0.0267	0.0095	0.16	-
鈮	0.88	-	0.03	0.41
鈦	1.06	-	-	1.96
鈷	0.0436	0.02	0.015	0.07
鎳	2.65	-	1.2	0.72
金	0.08	-	-	-
銀	0.584	0.018	0.14	0.09
銅	29.6	1.99	17.0	9.21

單位：重量百分比(%)

資料來源：小型家電中の金属等の含有量試験結果，日本環境省，2010

3. 產值計算

以日本環境省研究報告分析數據為依據，並以回收率 30% 計算，臺灣一年可回收 39.6 萬台數位相機，數位相機平均重量為 260 克，共可回收 103 噸數位相機。計算得臺灣數位相機稀有資源之之產值(假定稀有金屬分離回收比率為 100%)，約為 969,457 美元/年，即 2,908 萬台幣/年，如表 3-12 及表 3-13 所示，單位數位相機稀有資源之產值為 73.4 台幣/台；日本 2010 年數位相機回收量為 253.3 萬台，其液晶面板平均重為 34.7 克，電路板平均重 41.5 克，其預估當年度數位相機中稀有金屬含量價值為 3.91 億日圓，約為 4,657,638 美元/年，即 1.40 億台幣/年，日本單位數位相機稀有資源之產值為 55.3 台幣/台，其假定稀有金屬分離回收比率為 90%，若亦以 100% 計，則日本單位數位相機稀有資源之產值為 61.4 台幣/台。其中誤差部分推測原因可能有二，其一為日本計算數位相機所含稀有金屬之價值數據僅計電路板所回收之稀有金屬量，其二為其計算年度是 2010 年，2010 年部分金屬價格與 2012 年價格差異較大。

表 3-12：臺灣數位相機各元件稀有金屬總量

數位相機銷量(千台/年)		數位相機回收量(千台/年)							數位相機回收量(噸/年)				
1,320		396							103.0				
元件名稱	噸/年	稀有金屬含量(公斤/噸)											
		鈦	鎳	鎳	錳	鈷	鈷	鈷	鈷	鈷	鈷	鈷	鈷
電路板	16.6	5.36	0.05	0.11	-	0.27	8.8	10.6	0.44	26.5	0.8	5.84	296
液晶螢幕	11.1	-	-	0.3	0.15	0.10	-	-	0.20	-	-	0.18	19.9
全部機身	59.4	0.2	-	-	0.04	1.6	0.3	-	0.15	12.0	-	1.4	170
鏡頭	15.8	2.7	-	-	-	-	4.1	19.6	0.7	7.2	-	0.9	92.1
合計 (公斤/年)	-	144	0.83	5.16	2.54	101	229	486	30	1267	13	196	16,687

表 3-13：臺灣數位相機稀有資源之產值計算

稀有金屬	稀有金屬總含量 (公斤/年)	稀有金屬價格 (美元/公斤)	數位相機稀有資源之 產值(美元/年)
鈦	143.5	101.8	14,608
鎳	0.83	924.3	767
鎳	5.16	430.0	2,219
錳	2.54	525.0	1,334
鈷	100.6	32.2	3,239
鈷	228.7	253.5	57,975
鈷	485.6	12.0	5,827
鈷	29.5	33.1	976
鎳	1266.5	16.9	21,404
金	13.3	51,180	679,825
銀	196.3	923.5	181,283
合計 (美元/年)	969,457		

三、臺灣 DVD 播放器稀有資源之產值計算

以下將針對臺灣 DVD 播放器之銷售量、回收量及所含稀有金屬比例，而後計算其稀有資源之產值。

1. 回收量

現今 DVD 播放器可區分為藍光 DVD 播放器及一般 DVD 播放器兩大類，然而如 Nielsen VideoScan、Forrester Research 及拓樸等市場研究機構皆指出，未來藍光 DVD 播放器將會主宰影音市場，取代一般 DVD 播放器成為影音播放系統的主流。因此推斷未來將會有一般 DVD 播放器的汰換潮，屆時將有許多 DVD 播放器廢棄量，其所含之稀有資源之潛力亦是不容小覷。臺灣整體 DVD 播放器市場銷量從 2008 年的 89 萬台，微幅減退至 2009 年的 86 萬台，並於 2010 年成長至 92 萬台，至 2010 年止大致上呈持平表現。如前所述，國內目前於手機、DVD 播放器、數位相機及攝像機等產品之回收制度尚較薄弱，故以日本環境省 2009 年 DVD 播放器回收率 30% 作為回收率之假設依據，因此可得 2010 年數位相機之回收量約為 27.6 萬台。

2. 稀有金屬含量

據日本環境省研究報告顯示，DVD 播放器中所含稀有金屬包含釹、鎳、鈮及鈾，亦有金及銀等貴金屬，如表 3-14 所示。

表 3-14：日本 DVD 播放器稀有金屬含量分析

生產量(千台)	7,240	稀有金屬含量 (公斤/千台)
回收量(千台)	2,172	
釹 (公斤)	133	0.061
鎳 (公斤)	33	0.015
鈮 (公斤)	42	0.019
鈾 (公斤)	754	0.347
金 (公斤)	116	0.053
銀 (公斤)	1,629	0.750
銅 (公斤)	151,977	70.00

資料來源：リサイクルシステムの經濟性評価，日本環境省，2010

3. 產值計算

以日本環境省研究報告分析數據為依據，並以臺灣一年平均實際回收 27.6 萬台 DVD 播放器計，可計算臺灣 DVD 播放器稀有資源之之產值(假定稀有金屬

分離回收比率為 100%)，約為 970,908 美元/年，即 2,913 萬台幣/年，如表 3-15 所示，單位 DVD 播放器稀有資源之產值為 105.5 台幣/支；日本 2010 年 DVD 播放器回收量為 217.2 萬支，並預估其當年度手機中稀有金屬含量價值達 5.68 億日圓，約為 6,759,798 美元/年，即 2.03 億台幣/年，日本單位手機稀有資源之產值為 93.4 台幣/台，其假定稀有金屬分離回收比率為 90%，若亦以 100% 計，則日本單位手機稀有資源之產值為 103.7 台幣/台。

表 3-15：臺灣 DVD 播放器稀有資源之產值計算

DVD 播放器銷量(千台/年)	920						備註
DVD 播放器回收量(千台/年)	276						
稀有金屬種類	鈦	鎳	銅	鉍	金	銀	
DVD 播放器所含稀有金屬比例(公斤/千台)	0.061	0.015	0.019	0.347	0.053	0.750	
DVD 播放器所含稀有金屬回收量(公斤/年)	16.8	4.1	5.2	95.8	14.6	207	
稀有金屬價格(美元/公斤)	101.8	924.3	525.0	253.5	51,180	923.5	註 1
DVD 播放器稀有資源之產值(美元/年)	1,710	3,790	2,730	24,285	747,228	191,165	
合計(美元/年)	970,908						

註 1：皆為 2012 年交易數據

四、臺灣電腦主機板稀有資源之產值計算

本節將針對臺灣電腦主機板之營業量、回收量及所含稀有金屬比例進行說明，而後計算其稀有資源之產值。

1. 回收量

電腦主機板於臺灣歸類為公告應回收之廢資訊物品類，故以環保署基金管理委員會統計之稽核認證量作為電腦主機板之回收量數據。臺灣電腦主機板 2009 年及 2010 年回收率分別為 31.83% 及 41.90%，回收量分別為 83.9 萬件及 117.7 萬件，2011 年營業量約為 276 萬件，回收率為 46.91%，回收量約為 129.5 萬件，可看出回收率有明顯增加之趨勢，預估未來電腦主機板之稀有資源之產值將不斷攀高。

2. 稀有金屬含量

日本環境省研究報告顯示，電腦主機板中所含金屬種類包含鈹、鎢、鎳、銅、鉬、鈮、鈦、鈷及鎳等多種稀有金屬，亦有金及銀等貴金屬，而一件電腦主機板約在 100~120 克不等(聯強國際股份有限公司)。日本環境省於 2010 年小型家電金屬含有量試驗結果研究報告中，針對日本電腦主機板稀有金屬含量進行分析檢測，如表 3-16 所示。

表 3-16：日本電腦主機板稀有金屬含量分析

稀有金屬	含量比例	稀有金屬	含量比例
鈹	0.006	鈷	0.43
鈹	0.0325	鎳	1.78
鎢	0.0058	金	0.0627
鉬	0.0051	銀	0.364
鈮	0.0814	銅	25.1
鈦	0.642		

單位：重量百分比(%)

資料來源：小型家電中の金属等の含有量試験結果，日本環境省，2010

3. 產值計算

以日本環境省研究報告分析數據為依據，並以一件電腦主機板平均重量為 110 克計，臺灣 2011 年共可回收 142.5 噸電腦主機板。計算得臺灣電腦主機板稀有資源之之產值(假定稀有金屬分離回收比率為 100%)，約為 5,165,967 美元/年，即 1.55 億台幣/年，如表 3-17 所示，單位電腦主機板稀有資源之產值為 119.7 台幣/件。

表 3-17：臺灣電腦主機板稀有資源之產值計算

電腦主機板營業量 (千件/年)	電腦主機板回收量 (千件/年)			電腦主機板回收量 (噸/年)	
2,760	1,295			142.5	
稀有金屬名稱	鈮	釹	鎳	銅	鉭
稀有金屬含量比例 (公斤/噸)	0.060	0.325	0.058	0.051	0.814
稀有金屬總含量比例 (公斤/年)	8.6	46.3	8.3	7.3	116.2
稀有金屬價格 (美元/公斤)	40.7	101.8	924.3	32.2	253.5
電腦主機板 稀有資源之產值 (美元/年)	350	4,713	7,672	253	29,457
稀有金屬名稱	鈦	鈷	鎳	金	銀
稀有金屬含量比例 (公斤/噸)	6.42	4.3	17.8	0.627	3.64
稀有金屬總含量比例 (公斤/年)	914.9	612.8	2,536.5	89.3	518.7
稀有金屬價格 (美元/公斤)	12.0	33.1	16.9	51,180	923.5
電腦主機板 稀有資源之產值 (美元/年)	10,978	20,284	42,867	4,570,374	479,019
合計(美元/年)	5,165,967				

稀有資源之發展，其優點不僅為稀有金屬之附加價值，而是即使面臨中國供給持續限制調控情況下，仍可有效減低國內對於進口稀有金屬之依賴性，穩定供給我國高科技產業之稀有金屬需求，避免國際價格飆漲導致產業成本大幅增加，或是供給端各種因素斷貨等情形而造成國內高科技產業發展受阻。穩定且有效地供給國內高科技產業所需之稀有金屬，減低稀有金屬進口依賴性，才是發展稀有資源之更為重要之價值。

3.3 臺灣稀有資源產業之競爭力剖析

2002年5月政府公布之「挑戰2008：國家重點發展計畫」，已經將輔導資源化產業列入其中，期望藉由廢棄物轉化為有價資源，以推動資源化產業發展，解決產業廢棄物去化問題。目前整體工業廢棄物再利用率已達78.47%，整體產值達487億元，

根據「國家環境保護計畫」，預計在 2020 年更要進一步提升至 80%，創造更高資源化產值與就業機會。

未來臺灣資源化產業應朝向「高值化」目標轉型，利用臺灣堅強的企業執行力與充足的人才供給，配合產業政策，進行全面性的廢棄物資源化，使臺灣資源化產業更具競爭優勢，獲取更高的經濟效益，並以成為全球環保與資源化產業領導地位為目標。

一、事業廢棄物

依我國廢清法規定，事業廢棄可分成兩大類，分別為有害事業廢棄物和一般事業廢棄物，前者有害事業廢棄物是由中央主管機關會商中央目的事業主管機關認定，而後者則是根據廢棄物清理法及資源回收再利用法加以清除處理。

工業廢棄物佔事業廢棄物最大宗，根據經濟部工業局統計結果指出，2009 年度工業廢棄物產出量為 1,515.2 萬公噸，整體再利用量為 1,189.0 萬公噸，再利用率為 78.47%，2011 年產出量為 1,712.9 萬公噸，整體再利用量為 1,363.1 萬公噸，再利用率也達到 79.58%，顯示出整體再利用率逐年上升。圖 3-12 為各事業主管機關事業廢棄物比例，圖 3-13 為近三年來臺灣工業廢棄物產出量及再利用量。

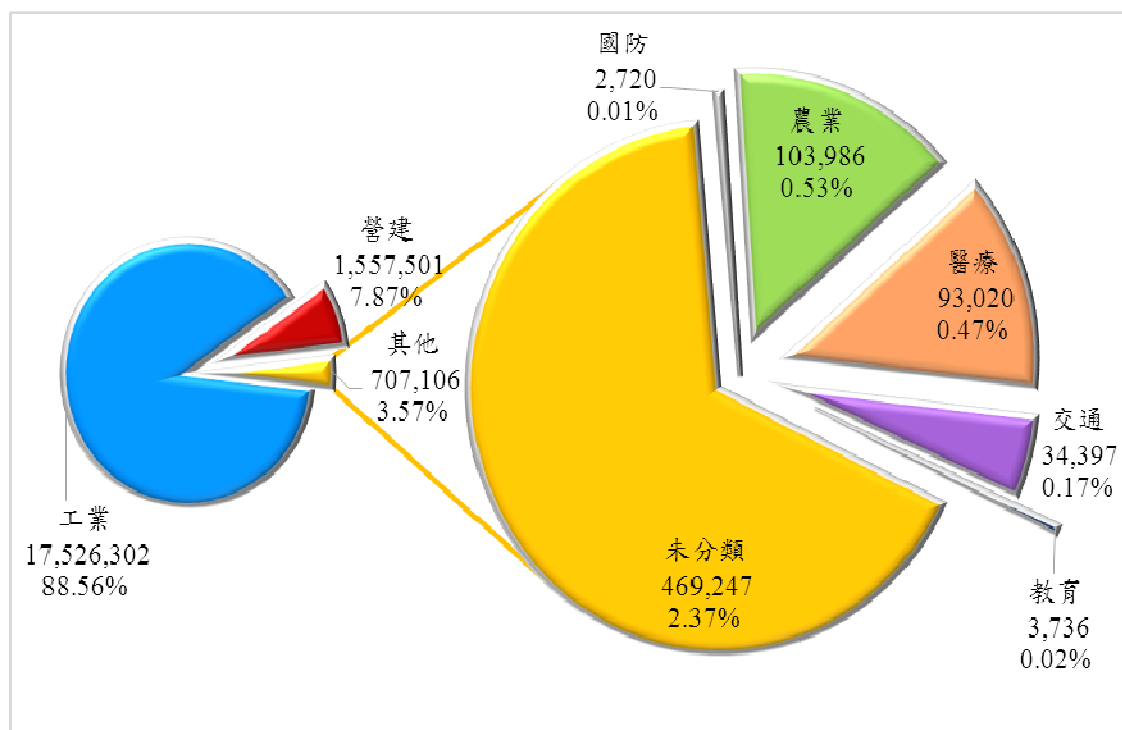


圖 3-12：事業主管機關事業廢棄物比例

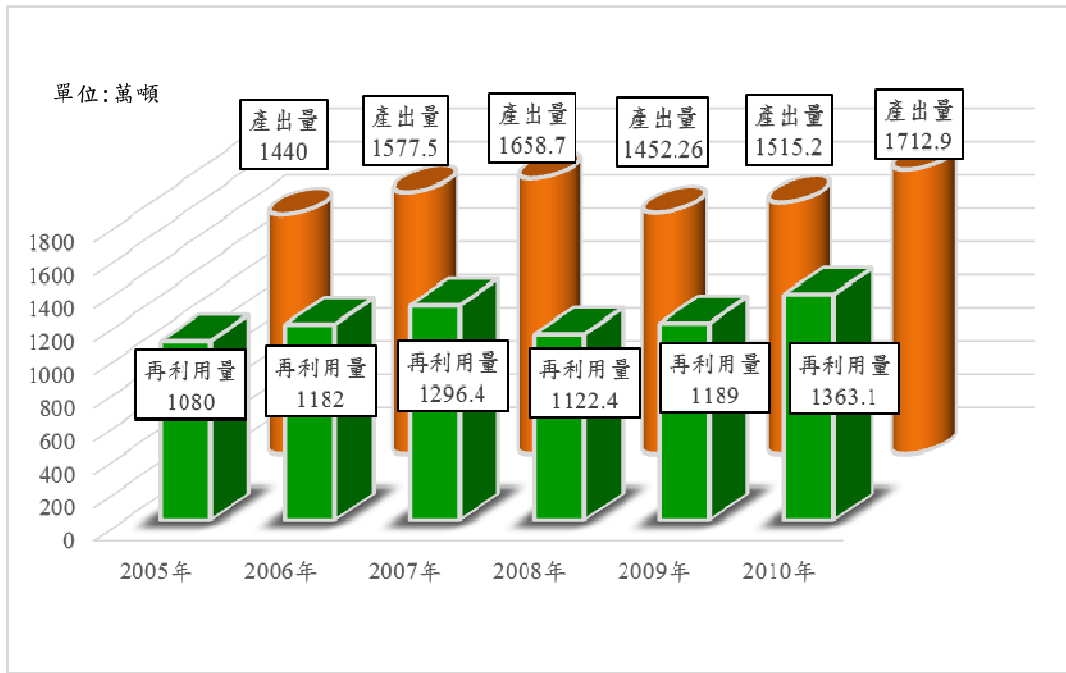


圖 3-13：歷年工業廢棄物產出量及再利用量

關於再生資源產業產值部分，以 2010 年度為例，資源再生產品平均價格為每公噸 4,576 元，整體產業達新台幣 544 億元，若以 2010 年為基準，售價指數年增率 4.06% 為基準，2011 年度再生產品價格平均為每公噸 4,762 元，整體產值更是高達新台幣 649 億元。歷年產值變化如圖 3-14。

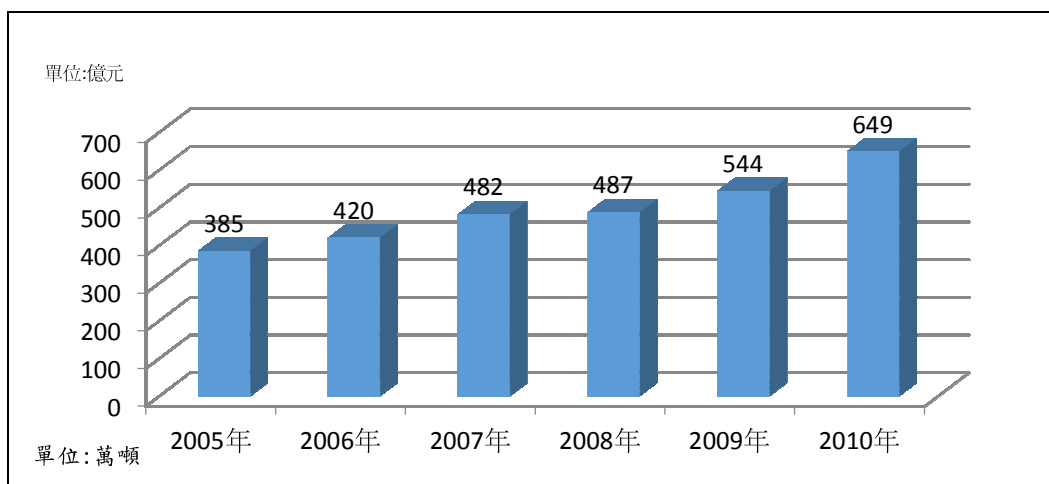


圖 3-14：歷年事業廢棄物資源再生產業產值圖

二、一般廢棄物

目前環保署針對一般廢棄物公告應回收共有 13 類 33 項應回收物品，每年近達 48 萬公噸廢容器量、50 萬輛廢汽機車、10 萬噸廢輪胎、3.8 萬噸廢鉛蓄電池、178 萬件廢電子電器及 355 萬件廢資訊物品之龐大廢棄物量，若能夠有效資源化再利用，其所能帶來之經濟效益相當可觀。表 3-18 為目前臺灣所公告回收之十三項容器及物品分類。

表 3-18：已公告回收之十三項容器及物品分類表

類別	公告項目	類別	公告項目	
容器類	一	廢鐵容器	八	廢機動車輛
	二	廢鋁容器	九	廢輪胎
	三	廢玻璃容器	十	廢鉛蓄電池
	四	廢鋁箔包、廢紙容器	十一	廢資訊物品
	五	廢塑膠容器	十二	廢電子電器
	六	農藥廢容器	十三	廢照明光源
物品類	七	廢乾電池		

備註:潤滑油於 2012 年 1 月 1 日廢除公告回收項目中，回歸一般或事業廢棄物回收處理

由臺灣歷年統計資料顯示，一般廢棄物回收量及回收率，每年均呈上升趨勢，1998 年度回收量為 11.17 萬噸、回收率為 1.24%，以後則逐年增加，至 2009 年執行機關資源物回收量達 272.1 萬公噸、回收率為 35.2%，較上(2008)年增加 22.4 萬公噸；表 3-19 為 2010 年各項物品之回收成效統計，廢容器、廢輪胎、廢潤滑油、廢機動車輛、廢鉛蓄電池、廢照明光源各項回收物均有 70% 以上的回收表現，甚至部分項目達到 80% 以上的回收率，顯示政府著力於推動廢棄物資源回收工作已具一定成效。

表 3-19：各類回收成效統計表(2010 年)

2010年 各類回收統計			
項目	(%)	項目	(%)
廢容器	73.51	廢輪胎	72.1
廢農藥廢容器	68.02	廢潤滑油	71.72
廢乾電池	42.45	廢電子電器物品	61.83
廢機動車輛	88.91	廢資訊物品	40.9
廢鉛蓄電池	74.21	廢照明光源	80.02

備註:潤滑油於 2012 年 1 月 1 日廢除公告回收項目中，回歸一般或事業廢棄物回收處理

針對臺灣資源化產業發展分析，由各項數據可以發現，臺灣資源化產業不論於再利用比例或再利用產值都持續上升，2008 年起廢棄物資源化產值正式突破每噸 4338.91 元新台幣，隨之一路成長，但近年面臨全球金融風暴，臺灣一向以出口為導向之產業政策，隨即受到重大影響，在骨牌效應的影響下，工業廢棄物或下腳料等相關物料皆呈現缺料；此外，由於臺灣再利用目前大多為初級或二級再利用，因此再利用技術及門檻相對較低，導致相關處理場削價競爭，或直接出口至國外，利用低廉的人力及水電進行處理。

由表 3-20 可看出，近年我國雖在廢棄物再利用量部分有所增加，但再利用產值成長率有往向下之趨勢，顯示臺灣資源化產業競爭力已不能倚靠以往初級或二級之再利用，而必須進行產業轉型及再利用改革等，尤其是金屬再生料部分，更是需要快速進行產業升級，除了全面進行傳統金屬之精煉技術，促使產出純度達 4N 之金屬再生料，對於近年國際關注之稀有資源，亦必須著手進行執行面、技術面及政策面等改革與檢討，利用立法或行政手段進行稀有資源循環再利用，並進一步確保臺灣關鍵資源之儲備，有了這循環與儲備系統，不僅平時能做為稀有資源買賣，增加外匯，必要時期亦能釋出進行，用以穩定資源價格，減少我國廠商損失。圖 3-15 為近年再利用量與再利用價值成長率比較圖：

表 3-20：近年臺灣廢棄物再利用產值及其增長率

年份	廢棄物產生量 單位:萬噸	廢棄物再利用量 單位:萬噸	平均每噸再利用產值 單位:新台幣-元/噸	再利用產值成長率
2005	1,080	1,440	3,314.81	-
2006	1,182	1,577.5	3,553.29	7.19%
2007	1,296.4	1,658.7	3,717.98	4.63%
2008	1,122.4	1,452.26	4,338.91	16.7%
2009	1,189	1,515.2	4,575.27	5.44%
2010	1,363.1	1,712.9	4,761.21	4.06%

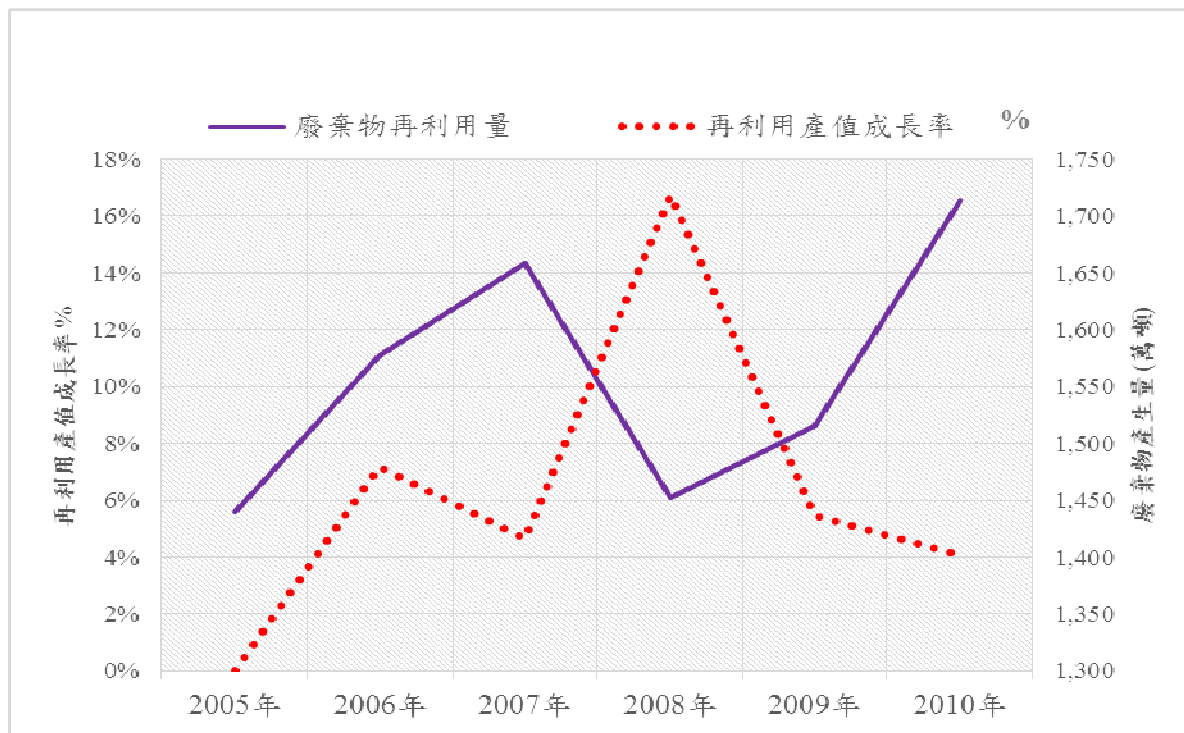


圖 3-15：近年臺灣廢棄物再利用量與再利用價值成長率比較圖

第四章 國際上稀有資源之戰略管理

稀有資源為重要的戰略資源，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缺少的重要材料，產業對於稀土的需求將有增無減。此外，稀土對於工業生產的重要性如同對石油的需求長期不減，爰此，日本、美國、歐盟與韓國等國家積極進行稀有資源資源的戰略儲備、供應及研發等制定相關的政策，藉由研析各國稀有資源相關管理制度、政策及戰略儲備以利台灣的相關管理制度運作之參考。

4.1 日本稀有資源之戰略管理

日本為稀土金屬消費大國，對於稀土金屬的需求成長程度甚為顯著，從 1990 年至 2008 年需求量由 5 萬噸增加至 21 萬噸，成長約 3 倍之多。因此，日本鑒於防止日後可能造成的稀土資源短缺危機，在 1983 年即發表稀有礦產戰略儲備制度，2006 年經濟產業省發表了「國家能源資源戰略規劃」，增加鉑、銻及稀土的儲備，2009 年 7 月，經濟產業省(METI)發布「確保稀有金屬穩定供應戰略」，核心為透過各種方式保障日本的稀土供應，降低對中國大陸的依賴，日本在稀有金屬的主要政策和措施包括加強戰略儲備、鼓勵投資海外礦產、開發海底資源、稀有金屬回收、高效利用以及替代材料的開發研究等。

一、加強戰略儲備

日本對於稀有金屬的戰略儲備相當重視，1982 年以日本特殊金屬儲備協會為主，開始民間稀有金屬儲備制度；1983 年政府成立「金屬礦業事業團」(現改為獨立行政法人石油天然氣・金屬礦物資源，簡稱 JOGMEC)，建立國家儲備制度。

1983 年規定國家和部分企業必須儲備一定數量的鎳(Ni)、鉻(Cr)、鎢(W)、鈷(Co)、鉬(Mo)、錳(Mn)、鈇(V)，2006 年日本經濟產業省把鉑、銻、稀土類三種資源納入儲備項目，此三項資源為日本高科技產業汽車、電子及通信等的急需物資。爰此，日本一方面積極儲備，一方面設法從世界進口相關資源。

稀有金屬的儲備主要分為國家儲備及民間儲備，一般情況下，日本的稀有金屬儲備目標為國內 60 天的基準消費量，國家儲備以國內 42 天的基準消費量(70%)為目標，民間儲備則以 18 天的基準消費量(30%)為目標，以下針對兩儲備項目進行說明：

1. 國家儲備

由 2004 年 2 月 29 日成立的獨立行政法人石油天然氣・金屬礦物資源機構 (JOGMEC)負責，在日本儲備制度中扮演重要角色，儲備礦物需要相當的資金，此資金由政府做擔保向銀行借款並補貼利息，儲備釋出所產生的營收除了償還銀行利息與歸公，亦作為儲備管理營運費用以及次年度計劃進行的經費，日本國家儲備制度之規劃如圖 4-1 所示；稀有金屬的保管場所於茨城縣的高萩儲備倉庫進行單一集中管理。

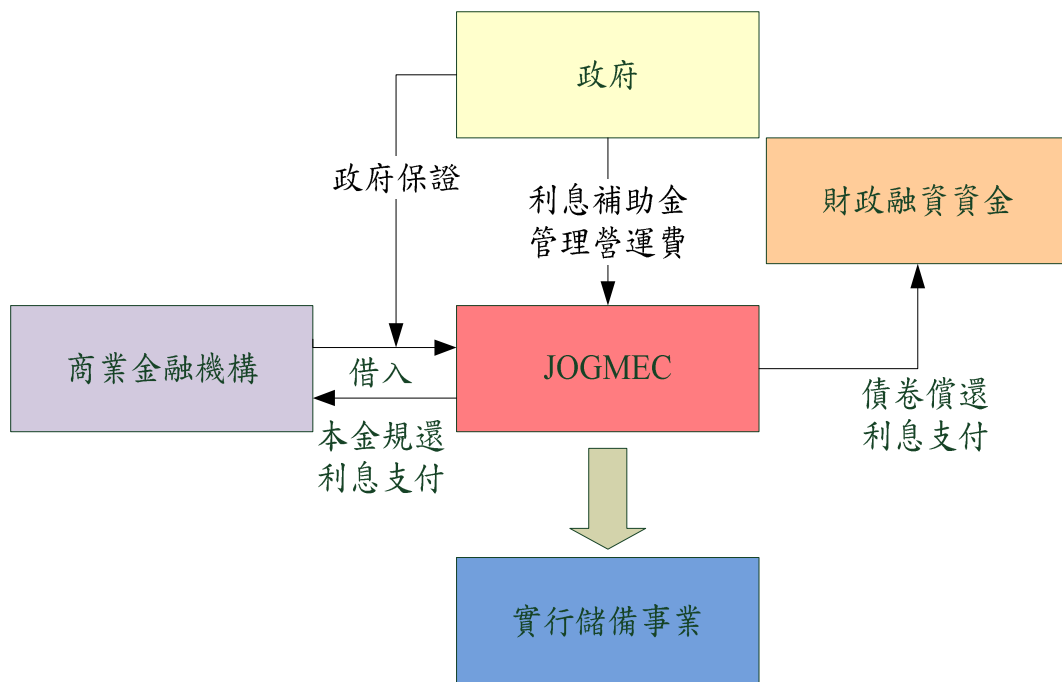


圖 4-1：日本國家儲備計劃圖⁴

以下針對行政法人石油天然氣・金屬礦物資源機構(JOGMEC)法源、定位、成立目的、經營使命及主要業務進行闡述：

(1) 法源：

日本石油儲備法。

(2) 定位：

依照國家政策，運用國家財力與自身技術，推動促進礦業發展，並確保礦產資源的穩定供給之礦產資源的專門機構。

⁴莊雅雯，日本稀有金屬儲備制度之成立背景與規劃，金屬中心，2011 年。

(3) 成立目的：

- ①促進發展石油、天然氣、礦產、金屬等相關資源的探勘及供應穩定。
- ②進行必要的資金、資源儲備等任務。
- ③防止因開採金屬和採礦所造成的環境污染與安全問題。

(4) 經營使命：

- ①尋找更好的資源環境，建立良好的商業環境。
- ②保持穩定的供貨來源。
- ③利用技術的改進讓能源及資源的使用更有效率。

(5) 主要業務：

- ①國內外礦產資源探查與開發。
- ②依國家政策提供優惠貸款和獎勵補貼之資金支援。
- ③調查國內外礦產資源情報、技術等資訊，提供國際各式金屬相關訊息。
- ④進行各種礦產資源及其回收技術開發等。

2. 民間儲備

由特殊金屬儲備協會協調彙整，該協會由新日本製鐵、日本聯合鋼鐵、神戶製鋼所、日立金屬及大同特殊鋼等 50 個有關企業團體組成；稀有金屬的保管場所於 50 個事業所進行個別管理保管。

二、鼓勵投資海外礦產

日本政府鼓勵日本企業進行海外礦產資源的勘察，為企業提供融資擔保，日本經濟產業省亦計畫推動國會修改法律，以幫助日本民營企業獲取更多海外礦產資源，允許行政法人石油天然氣・金屬礦物資源機構和民營企業一起合作投資海外礦產，日本目前正進行的海外礦產投資項目有 9 項，其中稀土項目為 4 項，包括越南老街省-安沛省的稀土探勘項目、澳大利亞 Border 區域的稀土探勘項目、南非的稀土探勘項目以及博茨瓦納稀土探勘項目等。

三、開發海底資源

日本於 2009 年頒布「海洋能源及礦物資源開發計畫」草案，日本將有可能透過開發海底礦產資源，以供給相關關鍵元素，草案內容顯示日本 2010 年度開始對其周圍海域的石油天然氣及稀土等資源進行調查，調查其分布情形和儲量，

並在 10 年內完成調查，進行正式的開採，日本對於海底資源的具體開發步驟為海洋能源、礦物資源的調查，海底資源開發地區、時間及方式等基本內容。

四、稀有金屬相關研究目標

日本對於稀土金屬的研究分為短期、中長期目標，短期目標為稀土金屬的回收利用，中長期目標為開發替代材料及高效利用。

1. 稀土金屬的回收利用

日本目前正通過回收利用舊手機等電子產品來開採「都市稀有金屬礦」，針對稀有金屬進行回收。

2. 開發替代材料及高效利用

日本經濟產業省進行稀有金屬替代材料開發以及開發稀有金屬的高效回收系統研究，具體工作則由新能源與產業技術綜合開發機構(NEDO)進行。2008 年經濟產業省實施為期 4 年的稀有金屬替代材料開發計畫，投入預算 10 億日圓，目標為 2011 年前建立完整新型製造技術，將鈮、鎢及鎢三種礦物的使用量降低，具體目標為電極中鈮的使用量降低 50%，稀土金屬磁體中鎢的使用量降低 30%，硬質合金刀具中鎢的使用量降低 30%。

4.2 美國稀有資源之戰略管理

美國以國防安全為考量進行稀土資源戰略儲備，美國各部會紛紛提出相關稀土儲備計畫。例如眾議院提出稀土法案，呼籲建立國家稀土儲備，能源部計畫制定稀土戰略，確保稀土供應，而國防部把稀土當作國防安全戰略材料，關注來源風險評估；並大力支持稀土相關基礎研究及回收利用，及重啟美國境內稀土礦，加緊稀土礦產資源探勘工作。

一、各部會稀土資源儲備計畫

1. 眾議會

美國眾議會提出稀土法案，要求國防部和其他聯邦部門振興美國的稀土工業，建立國家的稀土儲備，建議應採取措施建立具有全球競爭力的國內戰略性原材料工業，確保美國國內市場的自給自足、實現採礦、加工冶煉和製造的多元化，並要求應開始購買國家安全至關重要的稀土礦產品，納入國家儲備。新法案要求國防部儲備中心從中國大陸直接購買供五年使用的稀土，並要求各部會部長組成特別跨部門工作小組，評估稀土供應鏈，確定對國家和經濟安全關鍵的稀土材料。

2. 能源部

美國能源部計畫制定稀土戰略計畫，以確保稀土供應，稀土戰略計畫分為三個層面：

第一層面：確保多元化稀土的供應鏈，努力發展國內力量，同時積極尋求國際份額；並提供資金援助建設供應鏈，以其發展長遠的供應能力。

第二層面：致力於替代產品的開發，鼓勵美國的稀土消費企業研發使用較低戰略性的資源。

第三層面：提高稀土資源的利用效率以及回收再利用水平，減少對進口的過度依賴。

3. 國防部

美國國防部後勤局國防國家儲備中心(DNSC)為重要戰略資源儲備的管理中心，制定「年度物資計畫」，並出資、購買、管理與實施；戰略儲備法源為「戰略與關鍵材料儲備法」、「1993年財政年度國防授權法」和「物資和礦物原料國

家政策、調查和開採法」等，國防部將儲備資源分為三項目：標準材料 36 種、特殊材料 17 種及非典型材料 2 種。

根據關鍵元素來源進行風險評估，53 種戰略材料中有 22 種存有供應不足、接近不足等問題，鈮即為其中之一。而造成生產延誤的原材料有 19 種中，其中包括鈾、鎢、釷和鐳等 4 種稀有資源。鈾、鎢、釷、鐳、鉍、鈾、釷和鈮等八種稀有資源為 2008 年美國國家研究委員會發布「21 世紀軍用材料管理」報告中提及的關鍵材料。

二、支持稀土相關基礎研究及回收利用

美國針對稀土資源的探勘、採礦、選礦、加工冶煉、下游材料的應用及稀土資源的回收再利用等，進行相關規劃及研究。

稀土磁性材料為美國能源部 2009 年投資重點項目，計畫期間為 3 年，總資助金額為 446 萬美元，開發重點為新型高能量密度、低稀土含量的磁納米技術，期望降低混合動力、插入式混合動力的電動車馬達和先進風力發電機的重量和提高效率。

美國國家科學基金會資助了多項稀土相關的研究，自 2005 年以來資助相關研究項目多達 20 項，資助金額達 600 多萬美元，研究重點為稀有資源基礎研究以及在能源、環境和醫學等方面的應用。2010 年建立了資源回收和再循環中心，研究項目之一為稀土金屬的生產和回收。

三、重啟美國境內稀土礦

2009 年，美國 Molycorp 公司計畫投入 8 億 9500 萬美元的鉅資，重新啟動大規模稀土礦床 Mountain Pass 礦山，該礦山的總面積為 900 公頃，目標是在 2012 年稀土產量達 2 萬噸至 2015 年達 4 萬噸。

4.3 韓國稀有資源之戰略管理

韓國注重稀有金屬資源，積極進行儲備，以戰略及經濟儲備為目的，主要政策和措施包括擴大稀有金屬儲備名單，計畫推動稀有金屬材料發展綜合對策，強化海外資源開發，與南非合作開發稀有金屬等礦產資源，以確保韓國的資源供應。

一、稀有金屬儲備計畫

以戰略儲備和經濟儲備為目標，法源依據「調達基金法」、「礦業法」、「礦山保安法」、「海外資源開發促進法」和「海底礦產資源開發法」等，政府設立礦業振興公社(KORES)進行國家礦產儲備等相關事宜，國家儲備基地規劃並興建的有釜山、群山、仁川、大邱、光州、大田和昌原等七個儲備基地；2008年3月，韓國將銻、鎢、鉬、鉻等在內的12種稀有金屬列為國家極為稀缺的戰略資源，韓國稀有金屬儲備採取官方和民間企業合作的方式，不斷提高稀有金屬儲備規模，2012年將稀有金屬儲備種類由2008年的12種，增加到22種，規模由2008年的滿足國內19日使用量，增加到滿足國內60日使用量。

二、計畫推動稀有金屬材料發展綜合對策

2009年11月27日，韓國政府發表「稀有金屬材料產業發展綜合對策」，計畫投入3,000億韓元，開發二級電池、LCE及LED等尖端產業所需鋰、鎂等金屬原創技術，主要內容包括選定鋰、鎂等十大稀有金屬的40項主要原創技術、計畫至2018年將投入3,000億韓元進行技術開發、稀有金屬自給率從12%提高至80%、積極培育稀有金屬專門企業，企業家數從25家增加至100家。

三、強化海外資源開發

將非洲國家選定為重點進行資源能源合作對象，積極展開資源能源外交，韓國知識經濟部於2010年3月15日至23日拜訪烏干達、南非共和國和納米比亞等非洲三國，在南非共和國訪問期間商討稀有金屬等礦物資源開發和電力、核能等合作事宜。亦強化與中國大陸進行資源合作，並建置與日本在稀土技術上的協助制度。

4.4 歐盟稀有資源之戰略管理

歐盟稀土資源儲量少，關鍵原料需依賴中國或印度等國進口。爰此，歐盟建立一套稀土回收發展戰略計劃，如圖 4-2 所示；歐洲執行委員會將投資 2,300 萬美元，研究改良稀土挖掘技術與替代品；此外，亦提出進行稀土儲備與由廢棄物回收稀土的策略。

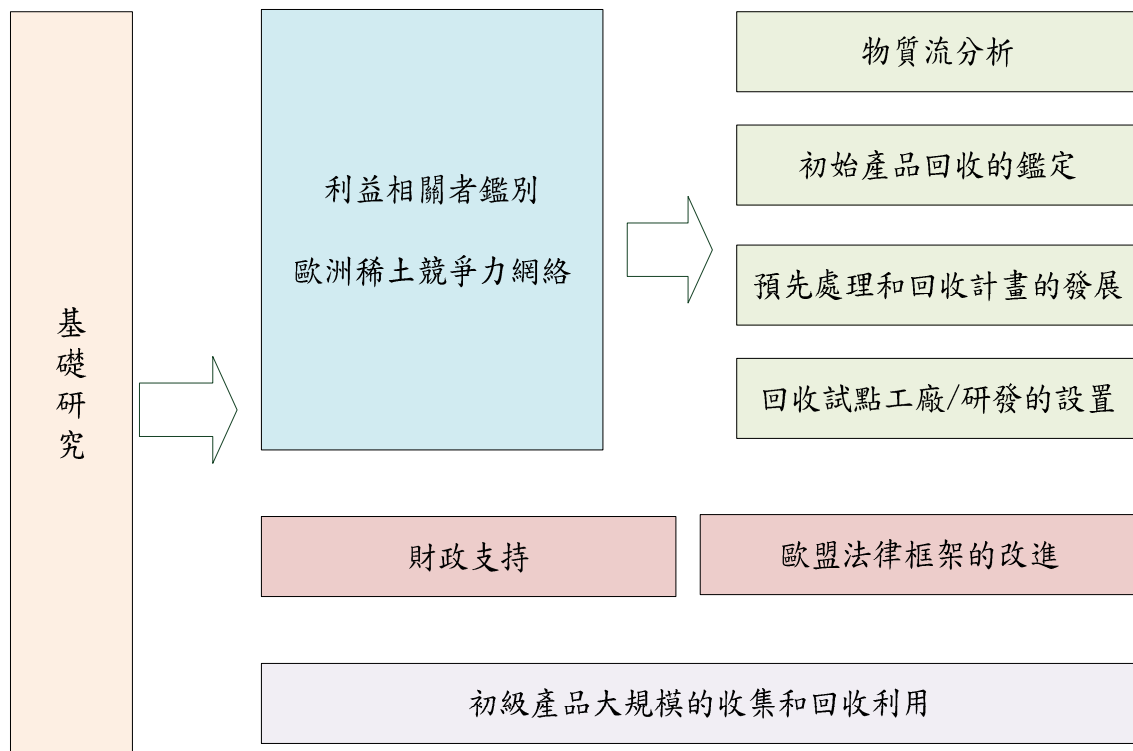


圖 4-2：歐洲稀土回收計畫的發展戰略⁵

歐盟於 2008 年提出新的原材料發展戰略，以因應歐洲對於原來料需求的危機，主要內容為應先確定哪些原材料為關鍵重要元素，並在國際上消除第三國對原材料貿易的限制性作法，確保歐盟進口。另挖掘歐盟內部資源，促進原來料可持續供應，亦提高資源使用率和回收利用。

歐盟主要稀土進口國為法國(38%)、奧地利(24%)、荷蘭(16%)、英國(8%)、德國(8%)、西班牙(2%)、比利時(2%)及義大利(2%)；歐盟所需之稀土除從中國進口外，部分國家有從事相關產品製造，如表 4-1 所示。在歐洲只有少數公司對稀土有提煉和加工，大部分均為含有稀有資源半成品或成品的製造，如磁鐵、合金和汽車催化劑。歐

⁵ Doris Schuler, Matthias Buchert, Study on Rare Earths and Their Recycling, 2011

盟中法國、德國、瑞典、挪威、芬蘭和英國等國，已建立了較為完善的礦產資源戰略儲備制度，礦產儲備的專責機構，在不同國家有不同的負責單位。英國為貿工部、瑞士為經濟部、瑞典為國防部經濟保衛局、法國則為國家礦產儲備管理委員會等，其儲備目標因國而異，2個月至1年均有。儲備制度的資金由國家編列預算外，也有國家是採用政府所發行的公用事業債卷之形式籌資，例如法國，瑞士則是用低利貸款和各種優惠措施獎勵民間參與儲備，挪威則為政府擔保之下，讓企業進行貸款進行資源的儲備。

表 4-1：歐盟製造稀土相關產品之國家⁶

國家	公司	產品
法國	Rhodia	汽車催化劑、螢光體
奧地利	Treibacher Industrie AG	催化劑、玻璃拋光粉、玻璃融合、顏料和陶瓷釉料及製藥產品
荷蘭	Walker Europe Goudsmit Magnetic Systems	磁鐵製造
英國	Magnet Applications Arnold Magnetic Technologies Less Common Metals Limited	磁鐵製造、稀土合金
德國	Vacuumschmelze	磁鐵製造
愛沙尼亞	Silmet Rare Metals	稀土分離、稀土金屬生產

⁶ Doris Schuler, Matthias Buchert, Study on Rare Earths and Their Recycling, 2011

4.5 荷蘭稀有資源之戰略管理

為蒐集國外資源循環相關法令，荷蘭相較於其他歐美國家，荷蘭政府對於廢棄物的管理一向不餘遺力，荷蘭和其他國家一樣，早期的廢棄物管理主要以管末管理為主，於 2001 年推動「命令與管制措施」後，其成效越顯卓越，如 2006 年其廢棄物的再利用率已達 83%。但是，荷蘭政府對於掩埋稅及禁止掩埋等措施，認為其無法大幅減少環境衝擊。荷蘭第二期國家廢棄物管理計畫則以朝向物質連結社會為目的，透過不同領域的供應鏈如自然資源、產品設計、廢棄物管理及搖籃到搖籃等管理政策。而荷蘭於廢棄物管理政策的法規依據主要為環境管理法、荷蘭第四代國家環境政策規劃及環境加權物質消耗指標等，以建立永續物質管理。

一、環境管理法之概要

荷蘭廢棄物管理具有 Lansink 的階梯的優先選擇順序，最高等級為預防，最低等級為掩埋，此均已納入環境管理法中，其政策包括以下幾點：

1. 源頭減量、再利用，減少掩埋量。
2. 推動生產者延伸責任。
3. 制定廢棄物管理的環境與政策限制。
4. 訂定國家層級之廢棄物管理計畫架構。
5. 廢棄物的進出口管制。

荷蘭廢棄物管理政策其背景為 1980 年代初期，即嘗試研議整合型的環境法令與政策，1980 年的環境保護法(Environmental Protection Act)為第一個具體措施，1990 年則認為應將環境保護法改成單獨的環境法律，導致 1993 年推動環境管理法，同時考量所有的環境面向，以確保處理任何環境問題，各面向間之衝擊，此即為 2002 年實施的環境管理法。

2002 年的環境管理法亦包含廢棄物專章，並與法律架構結合為整合性方法，有政務會、省級環境法令與市政廢棄物法令等。而此新法令其效益包含以下幾點：

1. 六個部門環境許可證結合為單獨的環境法律許可。
2. 各企業許可並執行處理對象為單一的固體。
3. 中央政府和省級與地方政府將各種計劃和方案合併為單獨的環境政策計畫。
4. 制定環境品質標準。

二、荷蘭第四代國家環境政策規劃 (The 4th National Environmental Policy plan)

明確指出不論新的物質流政策如何制定，其目的在於輔助現有的環保政策，並將之整合為一完整的物質流政策體系，物質流政策相關聯的環保策略大概可分為三個面向，分別為去物質化、物質替代品及再利用或使用再生原料等，而去物質化所代表的是「在減少物質或能源使用的情況下，同時達成維持或改進一項產品或服務的目的」，其重要的目的為減少物質流對環境衝擊。

去物質化策略中，包括輕經濟、透過 ICT 或服務的去物質化、回收、產品與服務附加比例的改變及價值改變等作法。

1. 輕經濟

主要於傳統產業上進行改變，其策略包括效率的改進、規模縮小、微型化等，此外，增加物質系統的可變性亦是另一個可行的策略，案例有漂浮屋、可移動廚房、多功能建築設計等，輕經濟所節省下來的重量為該創新科技的價值之一，重量變輕，但所創造的經濟價值並不相對的減少。

2. 透過 ICT 或服務的去物質化

微型化、電腦化、逐步重視服務品質的過程，在強調去物質化的時代更顯重要，雖然就產品面來說這樣的主張是正確的，但是到目前為止荷蘭依舊認為物質使用與國家生產總值呈正相關的現象仍存在。

3. 回收

回收對於使用物質所造成的環境後果有直接的影響，許多參考文獻指出，政府必須減少使用新自然資源的比例，透過經濟方面的誘因，鼓勵廠商採用回收物質，例如使用新採原物料需課稅，如果引進這樣的生態稅概念，那麼低損耗的回收方式就會因應而生。

4. 產品與服務附加比例的改變

荷蘭生產力 80%提供於服務系統，其中只有 16%屬於工業，剩餘的部分為農業方面。服務的商業價值基本上建構在知識、資本、勞力上，而不是物質本身。多年來環保科學家一直強調服務業，希望能多一點服務而少一點物質產品的產生。根據研究，服務業本身的確擁有較高的附加價值、相對較低的環境衝擊。

5. 價值的改變

文化與價值影響我們使用產品的行為，因此文化的發展便可改變物質流的組成。例如：產品的普及化，每個家庭擁有某些產品的比例增加，進而增加了物質的使用。如果透過服務、客製化等方式，減低不必要的物質使用情形，也許能成為未來去物質化的策略之一。

荷蘭已於 2009 年從國家級 110 種物質流中，找出七種優先物質流，包括紡織品、紙及紙板、土木及建築廢棄物、鋁、PVC、都市大型廢棄物及食物等，規劃於 2015 年前，將環境衝擊減少 20%。

三、小結

1. 荷蘭廢棄物管理具有 Lansink 的階梯的優先選擇順序，最高等級為預防，最低等級為掩埋，此均已納入環境管理法。
2. 荷蘭目前已完成超過 100 種物質/產品環境衝擊的計算，經過比較、挑選出七種優先管制的物質。
3. 荷蘭當局「總體經濟物質流政策」可謂符合永續物質管理之概念，直接以產業鏈結為切入點，此方式須有完整的物質流及環境衝擊資訊，更需政府和產業間有良好的互動，因此，建議可將荷蘭的做法作為我國長期努力的方向。

第五章 稀有資源循環再利用與戰略儲備

由於稀有金屬是高科技產品創造高附加價值的源頭，所以世界各個國家紛紛將其應用於綠色節能科技中之關鍵材料，故備受全球矚目，相繼執行稀有資源之管制及儲備策略，以力謀求稀有資源之穩定供給。

5.1 稀有資源儲備之潛勢分析

我國稀土的進口主要來自日本及中國大陸，我國稀土的使用量雖然不大，主要應用於終端應用產業，但其產業皆為新興產業，面對中國大陸稀土出口限縮政策，所受到的影響將與日俱增。以下就我國稀有資源資源化戰略儲備發展之優勢與劣勢及外部環境機會與威脅之相關說明。

一、優勢

1. 具有成熟之資源再生處理技術

國內資源再生處理機構以具有一定處理水準，國內所引進的技術多以歐洲體系為主，稀有金屬之回收技術已屬成熟。

2. 回收處理管道多元化

國內廢棄物回收管道多元，其流向主要可分為消費者、個人/工作室、拾荒者、古物商、小型回收商、清潔隊資源回收車、清潔隊垃圾車、大盤回收商、隨意棄置、環保署資源回收處理管道、非環保署資源回收處理管道、焚化掩埋及其他等13類。

3. 產品製程管理累積一定經驗，品質管理能力豐富。

二、劣勢

1. 缺乏天然資源

台灣在地理環境上原與福建相連，亦蘊藏少量稀土獨居石，不過由於經濟規模因素，已停止相關礦物開採作業，稀土均依賴進口。

2. 國際外交空間有待突破

近年來，我國於國際外交上被受打壓，對於強化海外礦產資源開發將有所影響。

3. 礦業及稀土研發人才有待強化

國內近年來幾乎停止礦產開採，相關知識技術及人才均缺乏，須仰賴其他國家；國內過去對於稀土金屬研發涉獵較少，投入相關領域研究之產學界不多。

三、機會

1. 兩岸合作機會大

2. 資源化精進技術提升

國內資源化技術精進，國內已有多起廢棄物中回收貴金屬案例，國內亦有多家企業進行稀土回收再利用之研究，如中台已著手研究從廢日光燈中回收稀土進行再利用。

3. 環境資源部成立

2012年設立環境資源部，以期更有效的統籌環境相關領域，藉此能將礦產資源、稀土資源等納入規劃，並成立我國資源穩定與永續發展之專責單位，統籌規劃國家資源策略。

4. 稀土資源需求量攀升

綠能產業為政府六大新興產業政策發展重點之一，電動車、風力發電及LED等稀土應用市場逐漸成形，稀土需求量將持續攀升。

四、威脅

1. 國家整體資源需求與使用狀況的資訊缺乏

目前國內並無專責單位負責，對於國內相關產業的稀土需求及使用狀況缺乏整體調查。

2. 環保法規的限制

國內環保法規限制廢電子電器禁止進口，應鬆綁電子廢棄物相關法規，將廢棄物分至為資源物。

3. 儲備資金籌措問題

資源戰略儲備需要大量資金的援助，先進各國均有國家投入相關之研究，我國於資源儲備意識仍為薄弱，對於儲備資金的籌措將面臨考驗。

4. 跨部會協調與整合不易

我國政府部會有經濟、礦務、環保、貿易、外交和金融等，其協調與整合不易。

表 5-1：台灣稀有資源元素資源化戰略儲備發展 SWOT 分析

S-Strength：優勢	W-Weakness：劣勢
<ul style="list-style-type: none">➤ 具有成熟之資源再生處理技術➤ 回收處理管道多元化➤ 產品製程管理累積一定經驗，品質管理能力豐富	<ul style="list-style-type: none">➤ 缺乏天然資源➤ 國際外交空間有待突破➤ 礦業與稀土研發人才有待強化
O-Opportunity：機會	T-Threat：威脅
<ul style="list-style-type: none">➤ 兩岸合作機會大➤ 資源化精進技術提升➤ 環境資源部成立➤ 稀土資源需求量攀升	<ul style="list-style-type: none">➤ 國家整體資源需求與使用狀況資訊缺乏➤ 環保法規的限制，禁止廢電子電器進口➤ 儲備資金籌措問題➤ 跨部會協調與整合不易

5.2 全球稀有資源之儲備策略

近年資源大國漸漸意識到稀有資源之其重要性，因此開始藉由管制出口或限制開採等方式，冀望可提高稀有資源價格，獲取更高利潤；此外，由於開發中國家迅速崛起，與已開發國家展開一定程度之競爭，利用稀有資源分布不平均之特性，許多國家展開限制出口等手段。有鑑於此，各國除加強回收稀有資源外及尋找替代材料之外，並開始進行稀有資源之戰略儲備，作為國家經濟之緩衝。

對於稀有資源資源戰略制度針對日本、美國、韓國及歐盟進行研析，各國均積極進行關鍵元素之經濟儲備，美國則以國防安全進行戰略儲備，各國均設有儲備專門單位，進行其相關政策及資金編列。主要政策大致可分為國內努力方面及海外合作兩部分，國內努力部分包括加強戰略儲備建立一套完整之儲備制度、稀土金屬的回收利用和開發替代材料及高效利用，以及美國重啟境內稀土礦等，海外合作方面則為鼓勵投資海外礦產、積極尋求國際份額等，各國的稀土資源戰略儲備制度彙整如表 5-2 所示。

表 5-2：各國戰略與經濟安全確保的資源儲備制度

國家	日本	美國	韓國		歐盟
儲備目的	經濟儲備	國防安全的戰略儲備	經濟儲備	戰略儲備	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、物資和礦物原料國家政策、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	-	釜山、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 個月~1 年均有
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	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

5.3 臺灣稀有資源之儲備策略

我國稀有資源的進口量不大，主要自日本及中國進口，2010年已降至世界消費的比重約1%。雖說稀有資源的使用量不大，且面臨的情況亦不如日本嚴重，但終端應用產業皆為新興產業如用於石化業添加用的催化劑、平面顯示器(FPD)等光學玻璃拋光用的拋光粉，以及馬達用的磁石為大宗。以上產業將面對中國大陸稀有資源出口限縮政策，推估未來將間接受到影響的層面與日遽增，故參考與我國同樣天然資源缺乏之日、韓國作法，並彙整分析後研擬我國稀有資源儲備策略。建議研擬策略如下，彙整分析表如表5-3所示。

1. 發展多元化之資源供給管道

有鑒於日本在資源供需上具有較強烈的危機意識。當前正積極透過「資源外交」政策，與非洲在內的世界各國展開協議，謀求礦區的共同開發機會，亦提供日商資金援助，以進行海外稀有資源的探勘及開採。韓國政府則是對有意從事海外探礦事業的企業，提供優惠貸款與租稅獎勵，分攤企業進行礦產開發的風險。並與世界最大的「稀有資源類蘊藏(36%)、生產(97%)」的中國，加強資源合作，採取「向資源國靠攏」的態度；並以「與材料國友好」為目標，與「稀有資源最大進口國、先進材料技術國」的日本，建立合作體制，以從中提升韓國產業的材料技術；並且對於資源環境、經濟條件不同的國家，建立「因地制宜的合作策略」，將中南美、俄羅斯、非洲和中亞列為韓國「資源外交」的四大戰略區域。

綜上所述，日本積極透過「資源外交」政策，及韓國所採取「向資源國靠攏」、「與材料國友好」，以及與日本建立合作體制等戰略策略，皆為確保自己國家稀有資源的穩定供給。反觀為避免影響我國新興產業發展，對於重要的原物料，我國更該積極輔導業者採取多元的進口管道，以穩定我國多元化的資源取得管道，積極謀求資源之穩定供給，以維護國家安全及經濟安全。

2. 開發減量與替代技術⁷

為確保稀有資源之有效利用，日本發表之「產業結構遠景」，已將稀有金屬的相關技術(包含減量與替代)列為今後的十大尖端領域課題之一，期能成為世界稀有資源循環再利用之國家；另韓國於「稀有金屬素材產業發展綜合對策」，藉由獎勵與輔導等措施，導引民間企業投入稀有資源替代與減量技術之研發創新。由此可見，日本及韓國政府已開始重視稀有資源減量與替代技術之發展。

⁷陳文棠、高雅玲，「稀有資源集中化的3個因應對策」，工商時報，2010

反觀我國近年亦積極鼓勵國內學界利用其專門知識，為提升稀有資源之有效利用，除加強研析稀有資源之性質，並期望能以減量之方式，將稀有資源以最少量開發出最大效益之綠色產品，並提昇其產品的性能、品質，以及附加價值。不僅如此，除在稀有資源減量之方式下，期望未來我國能同步執行以研發替代性稀有資源為目標，導引輔導或經濟誘因等措施，鼓勵國內使用稀有資源之產業，儘早投入替代的稀有資源、積極研發新材料技術，以及開發稀有資源回收再利用技術，期望能及早克服稀有資源不足之問題。

3. 建立稀有資源儲備制度⁸

我國目前尚未有稀有資源專責單位，亦無稀有資源儲備之相關計畫。有鑒於日本亦於茨城縣作為資源儲備基地，由政府編列預算或民間企業投資，作為儲備資金來源，已有一套完善之儲備機制；韓國稀有資源需求量與我國相當，亦已擬定儲備計畫並努力進行開採工作，不僅如此，韓國政府為確保稀有資源之儲備量，又計畫於 2014 年前提高儲備量至 1,500 噸，相當於 100 天的需求量；同時，已於 2011 年 12 月與南非共和國簽訂探勘稀土計畫，預計自 2014 年開始，每年可取得 6 千噸稀土，為韓國目前稀土需求量的兩倍。反觀我國深知稀有資源之原材料對於工業發展日益重要，卻尚未建立相關主管部門負責儲備工作。

綜觀日本及南韓之稀有資源戰略儲備量，目標多為 60 天至兩個月之需求量為計算基準，由於我國與日本南韓之產業類別及特性相似，且為因應未來我國新興產業需求，期能建立稀有資源儲備制度，並以 60 天作為目標儲備量，以奠定我國資源供給量之基礎。

4. 建構稀有資源循環之社會

根據日本電子通信事業者協會估計，當前技術可於 1 公噸回收手機中提取 150 公克以上的黃金，與金礦石每公噸約僅提取 5 公克相比，回收手機中之黃金實為一個蘊藏豐富又隨手可得之礦源。另意識到此一潛力的韓國，從 2008 年 7 月開始推動都市礦山相關產業，劃定在江原—全南（全羅南道）—大慶、京仁（首爾仁川）—忠北（忠清北道）等地，回收處理電視、冰箱、洗衣機、冷氣、電腦、手機與傳真機等十餘項電子廢棄物，強化稀有金屬回收與再製的供應鏈。

綜觀日本及韓國已將發展從廢棄物回收稀有資源，是將含有礦源之廢棄物從廢棄端回歸於原料端，達至稀有資源循環之社會。我國雖屬天然資源匱乏之國

⁸ 稀有元素/金屬在 3C 產業應用研討會與產學媒合論壇

家，但可效法學習與我國情境相似之日韓，建議未來台灣之電子廢棄物可於國內自行處理廢棄物的分離、純化與再製，以避免轉口販售到日本與中國資源處理廠，而使資源外流。另我國製造業在外購稀有資源生產高科技產品的同時，除將廢棄物處理方式納入設計，並採用有利回收的環保材質外，亦應重視資源再利用的可能性，掌握回收再製的資源供應鏈，間接達到儲備稀有資源。

表 5-3：研擬我國稀有資源儲備策略之彙整分析表

策略	作法說明
發展多元化之資源供給管道	<ul style="list-style-type: none"> ● 發展國際資源取得可行模式 ● 穩定我國多元化的資源取得管道，積極謀求資源之穩定供給，以維護國家安全及經濟安全
開發減量與替代技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 積極鼓勵國內學界利用其專門知識，為提升稀有資源之有效利用，除加強研析稀有資源之性質，期以減量方式，將稀有資源以最少量開發出最大效益之綠色產品，並提昇其產品的性能、品質，以及附加價值
建立稀有資源儲備制度	<ul style="list-style-type: none"> ● 建構儲備礦種篩選與評估機制 ● 建立稀有資源儲備制度，以60天作為目標儲備量，以奠定我國資源供給量之基礎
建構稀有資源循環之社會	<ul style="list-style-type: none"> ● 台灣之電子廢棄物可朝向於國內自行處理廢棄物的分離、純化與再製，以避免轉口販售到日本與中國資源處理廠，而使資源外流 ● 將廢棄物處理方式納入設計，並採用有利回收的環保材質外，亦應重視資源再利用的可能性，掌握回收再製的資源供應鏈，間接達到儲備稀有資源

第六章 結論與建議

有鑒於我國於事業廢棄物及一般廢棄物之回收體制運作及成效，對於世界其他各國實為世界先列，即使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，但我國若希望回收稀有資源的系統快速建立制度，未來可朝向搭配我國現有之回收體制，透過技術提升及政策規劃，方能快速進行稀有資源的回收，並提昇我國稀有資源產業發展。以下將針對稀有資源之戰略儲備面及減量與替代技術的研發面進行說明。

一、稀有資源之戰略儲備

國內目前無稀有資源專責單位與稀有資源儲備之相關計畫，鄰近國家韓國、日本均已擬定稀有資源儲備相關計畫並努力進行開採工作。稀有資源材料於工業發展上日益重要，因此，期許我國能成立稀有資源穩定與永續發展之專責單位，統籌規劃國家稀有資源等策略；其中於建構礦產資源儲備篩選與評估機制，可參考日本國家儲備計畫發展資源儲備維運機制，如收購、交換、釋出和監督管理等；另日本儲備資金來源是將稀有資源是以政府編列預算、公用事業債券之形式籌資、低利貸款和各種優渥措施獎勵民間企業參與投資，建議我國宜參考日本採用政府編列預算及低利貸款讓民間企業投資。

不僅如此，期望我國能研擬主關機關對稀有金屬廢棄物應禁止輸出，以保障國內稀有金屬料源充足，並建置含有稀有資源廢棄物回收系統及獎勵補助機制，提升相關稀有資源補貼認證項目之資源化比率，以鼓勵業者投入稀有資源回收之研究、回收處理技術，以及提升國內資源化效能，建議作為未來稀有資源儲備之法源參考依據。

二、減量與替代技術的研發

由於我國發展之面板等新興產業，所需大量稀有金屬，但我國並未稀有金屬之生產大國，假使未來資源儲備量不及供應市場需求勢必將面臨資源短缺的問題，而直接影響我國產業之發展。故因應國際局勢及海外資源之確保，我國需更重視稀有金屬。

有鑒於此，臺灣資源再生業者皆面臨到料源的問題，因我國對於稀有資源尚未有妥善之回收管理方式，多以出口方式處理後端廢棄物，故並未使稀有資源（料源）進入資源再生業者之處理流程，導致過度浪費。另從戰略的角度評析稀有資源（料源），勢必須進口國外的料源，但稀有資源會因國際局勢而有所影響，如能將回收之廢棄物材料回到原料端，才能使產業架構呈現一完整的資源循環鏈。

建議我國可學習日本，因資源匱乏與我國情境相似，現今日本積極投入新材料技術的開發，深耕基礎科學，整合產學研的研發力量，從產業製程的中游往上游推進，從材料技術研發，到製程設備更新，厚實日本企業在產業價值鏈中的影響力。有鑒於此，我國如能使動脈產業與靜脈產業需有更密切結合，必可有利我國瞭解並研發產品端之最佳製程及廢棄端資源回收之附加價值。瞭解每一產業之最佳製程參數，才可解決稀有資源(料源)短缺時，該如何以替代材料的開發，或以改變製程參數，以減少稀有資源(料源)之投入，但不影響產品之效果；另如能瞭解一套完整之廢棄物回收體系，才可使後續資源回收更具高值化，再生品更具產業價值。

綜上所述，我國未來若朝向稀有資源循環利用之目標邁進，必將發展稀有資源之戰略儲備及稀有資源減量與替代技術之研發；稀有資源戰略儲備制度之實施，除可減少倚賴國外稀有資源，作為緩衝我國購置國外稀有資源，以「提高國內稀有資源自主能力，縮小受到國際影響之層面」作為目標。另發展稀有資源減量與替代技術之研發，可使我國新興產業面對料源之匱乏，更應化危機為轉機，激發科研創新，研析稀有資源之特性與應用，以利開發稀有資源利用技術，達到產業技術升級的目標。

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. 經濟部統計處， <http://www.moea.gov.tw/Mns/dos/home/Home.aspx>
3. Joakim Krook, Urban and landfill mining: emerging global perspectives and approaches, Volume 18, Issues 16-17, November 2010, Pages 1772-1773.
4. UNEP, Green Job: Toward decent work in a sustainable, low-carbon world, 2011.
5. 李東杰、盧依雯，台灣液晶面板及零組件產業之成本效率研究—以工商普查資料分析，2012年。
6. 陳鏡夫，稀土金屬在台灣應用實例，中國礦冶工程學會 99 年年會，2010 年。
7. 林偉凱、曾婉如，戰略關鍵金屬之價值鏈應用與商機探索—鈿、鎳、釩。
8. 馬鴻文，永續物質管理，中技社兩岸能環研究叢書，2011 年。
9. 鋰，金屬工業研究發展中心，2010 年。
10. 高雅玲，稀有資源與金屬之國際資源競爭與台灣因應對策分析，稀有元素
11. 金屬在 3C 產業應用研討會與產學媒合論壇，2011 年。
12. 金屬工業研究發展中心，稀土金屬技術突圍與國際合作先期研究計畫，經濟部，2011 年。
13. 莊雅雯，日本稀有金屬儲備制度之成立背景與規劃，金屬中心，2011 年。
14. Schuler, D., Buchert, M., “Study on Rare Earths and Their Recycling,” 2011.
15. 蔡青純，稀土元素物質流佈與資源化潛力分析之研究-廢照明光源為例，碩士論文，臺北科技大學環境工程與管理研究所，2012 年。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣稀有資源循環發展策略 / 林志森主編.

-- 初版. -- 臺北市:中技社, 民 102.12

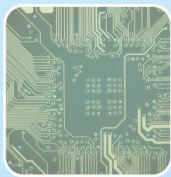
83 面 ; 21×29.7 公分--

ISBN 978-986-90284-0-0 (平裝)

1. 能源政策 2. 產業政策 3. 產業發展 4. 臺灣

554.68

102027289



財團
法人 **中技社**

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製