

稀有資源 以資源稀缺之感 激發科研創新

作者／臺灣產業科技前瞻研究計畫團隊 高雅玲 (MIC)



早在 1950 年代開始，人們便將稀有資源運用於鋼鐵、石油的催化裂解與玻璃陶瓷的脫色、著色等方面；而到 1960~1970 年代時，含稀有資源成分鎔 (Eu) 的彩色螢光粉的使用與發明，讓彩色電視機與液晶螢幕的影像更為豔麗動人，也使得家電用品與生活更加輕鬆與便利；到了 1980 年代，釷 (Sm) 與釹 (Nd) 與其他金屬合金的發明，創造新的高磁性材料，更加凸顯稀有資源在高科技領域中的地位。

稀有資源依其本身物理、化學性質、分子與電子結構，可提供磁、導、光、熱、催化、放射與耐蝕等不同的材料特性（詳見表一），被廣泛運用於鋼材、玻璃拋光和陶器、汽車觸媒轉化器、液晶螢幕、LED 照明、行動電話、半導體、電池、家電用品、國防軍事、照明、風力發電機、電動車和醫療等領域中，與人們的生活密不可分。

表一 不同材料性質中的稀有資源

超導性	Ti、Nb、Mo、B、V、Ge、Ga、Ba
強磁性	Ni、Cr、Co、Mn、RE
半導體	Ni、Cr、Co、Mn、RE
高溫耐熱	Cr、W、Co、Mo、V、Nb、Ti、B、Zr、Hf
光電變換	Sb、Ga、Se、In、Cs、Te
熱傳變換	Sb、Pt、Zr、Te、Re、Bi、Re
觸媒特性	V、Pd、Co、W、Mo、Rb、Zr、RE
放射線機能	Sr、Li、Be、B、Zr、Te、Ti、Bi、RE
耐腐蝕性	Cr、Co、Mo、Nb、Pd、Pt、Ti、Be、Rb、Zr、Hf、Ti
光學特質	Pd、Ta、Ge、Be、Ga、Se、In、Te、Cs、Ti、RE

註：稀土 (RE) 包括釷 (Sc)、釷 (Y) 及鐳系中的鐳 (La)、鈾 (Ce)、鐳 (Pr)、釹 (Nd)、釷 (Sm)、鎔 (Eu)、釷 (Gd)、鈾 (Tb)、鎔 (Dy)、鈾 (Ho)、鐳 (Er)、鈾 (Tm)、鐳 (Yb)、鎔 (Lu) 等 17 種
資料來源：JOGMEC，資策會 MIC 整理，2010 年 06 月

上述新興科技產品當中，多是運用稀有資源特殊的光、電、磁、熱等物理與化學特性，以提高原有材料的物理與化學特性，讓產品的品質與性能有所提升。例如鈾 (Tb) 可使燈具省電達 80%；若在合金中添加少量的稀有金屬，則可提升合金強度及耐腐蝕性；電動馬達的磁鐵若是加入微量的鎔 (Dy)，重量可減輕 90%；此外，稀有金屬也是產品小型化、輕量化與高性能化所不可或缺的原料之一，因而相對於鋼鐵被視為「產業的米糧」，點石成金的稀有資源則被譽為「產業的維他命」。

由逐成本而居 轉為逐資源而居

從稀有資源價格飆漲、中日漁船衝突後的斷運、日本 311 地震所牽動的產業鏈斷鏈危機等事件的發生，阻礙原物料供給所引發的產業課題，使世人驚覺資源大國在產業價值鏈上的影響力。

在中國提供資源、廠房、土地、勞動力以及開放龐大中國市場等多重誘因下，各國政府或多或少都面臨產業外移的壓力。尤其是日本，日本政府此刻正面對空前嚴峻的產業課題—企業出走、技術外流，就業機會

消失—這對素以「技術立國」，號稱群雁之首的日本來說，堪稱是空前的危機，就連日本經濟團體聯合會 (Japan Business Federation，經團聯) 也對日本政府大聲疾呼：「要正視中國風險」。

有鑑於日本稀有資源方面的匱乏，與受制於中國等因素，日本國會於 2010 年 11 月接近年終的時間點，臨時追加 1,000 億日圓 (約 380 億臺幣) 預算，其中 460 億日圓 (約 175 億臺幣) 用於非中國稀土礦山的開發與資源穩定供給，420 億日圓 (約 160 億臺幣) 用於稀土回收與再利用技術開發，剩下的 120 億日圓 (約 45.6 億臺幣) 則是用來進行減量與替代技術的研究，目的就是要維繫日本產業的競爭力，減少 (或延緩) 日本企業遷移到中國設廠所造成的產業衝擊。

早年中國產業的發展，是以提供充沛且廉價的勞動力、水、電等生產要素及龐大的內需市場為號召，吸引國際大廠目光。於是在中國本土企業缺乏國際競爭力、產業聚落尚未形成、技術水準低落等客觀條件下，國際大廠以代理與通路等貿易的方式進入中國市場，慢慢將工廠移往中國就近製造。

因此，中國在改革開放的 30 年來，多是以「技—工—貿」、「貿—工—技」兩條路徑發展自身產業。所謂的

稀有資源價格飆漲、中日漁船衝突、311 地震牽動產業鏈危機等，使世人驚覺資源大國，在產業價值鏈上的影響力。

「技—工—貿」指的是「以中國利基型技術研發成果開始接單，其後發展範疇經濟，進而實現產品與服務之出口外銷」的產業發展模式。而另一種產業發展路徑則是「貿—工—技」，係「以國際大廠代理與通路等貿易手段建立基礎，其後謀求國際大廠產品的生產與製造能力之擴充，最後實現技術自主之研發創新」。不論是哪一種產業發展路徑，中國都希望藉此解決龐大的就業人口與貧窮問題，強化國內業者的自主創新能力。

但是，中國在瞭解自身所擁有的稀有資源的重要性後，現又多了一種新的產業發展路徑，以稀有資源的限制開採、獎勵外商投資、劃定出口配額、提高出口關稅稅率等稀有資源管控措施，另一方面用先進科技產品試點的計畫吸引外商到中國設廠深耕，即是「以稀有資源作為吸引或脅迫外商到大陸設廠投資的要因，吸納外商至中國設廠，更進一步帶動中國產業自主創新的技術水準」，企圖以「資—工—技」發展路徑，帶動產業轉型升級，讓國家躋身稀有資源強國之列（如圖一）。

中國近幾年積極扶持稀土材料領域，就是靜待專利到期的時機，意圖伺機一躍而起。然而，中國在靜待時機成熟的漫長等待裡，也已透過限縮稀有資源出口與開放招商的策略操作，讓許多國際大廠進入中國。

圖一 中國發展路徑變化



資料來源：資策會 MIC，2010 年 10 月

以掌控資源之名 行躍升技術之實

由於歐美日等國過往科研成果的積累，造就歐美國家在材料方面享有技術領先的優勢以及廣而綿密的專利布局，蘊含稀有資源於其中的零件與材料專利亦是如此，但這樣的長年累月所累積的專利優勢，亦恐將消失。

以稀有資源—釹 (Nd) 所製的釹鐵硼磁性材料為例，其基本成分專利分屬於日本住友金屬 NEOMAX（日立金屬與住友金屬合併後的企業）與美國 Magnequench 所有，由表二可知磁性材料的主要成分專利，日本與歐洲地區皆已過了專利期，放眼未來，美國地區則是從現在到 2012 年、2014 年間將逐漸到期。

換言之，中國是這項釹鐵硼基本成分的非專利地區，在中國生產、銷售釹鐵硼永磁材料不會受到任何智財權上的規範，但若在中國生產，要將該產品銷售到專利地區（美國），則需經過日本住友金屬或美國 Magnequench 公司的專利授權。一旦專利到期，中國在這段期間所蓄積的稀土材料技術實力，將不會受到專利規範，可以大量使用。屆時擁有資源的中國是否還會大方出口釹或釹鐵硼粉末到國外？或是以「發展內需」為優先，箱制稀有資源出口？都是未知數。

表二 日本、美國、歐洲釹鐵硼主要專利情形

公司名稱	類型	主要成分專利	日本	美國	歐洲
日本住友金屬 (NEOMAX)	燒結釹鐵硼 (Sintered)	RE-Fe-B 基本成分	2003 年	2003 年	2003 年
		RE-Fe, Co-B 成分	2008 年	2003 年	2007 年
		Nd, Dy-Fe, Co-B 成分	2003 年	2010 年	2003 年
		RE-Fe-B 化合物	2003 年	2014 年	-
美國麥格昆磁 (MQI)	黏結釹鐵硼 (Bonded)	RE-Fe-B 基本成分	2003 年	2006 年	2004 年
		含有 Co	2004 年	2012 年	-

資料來源：中國商務部；中環三環；Nikkei BP；資策會 MIC 整理，2010 年 06 月



從消極的穩定供給 轉為積極的技術突圍

對製造業而言，無法取得原料，宛如巧婦難為無米之炊，身為製造業材料強國的日本，為維繫產業競爭力，進而不斷進行減量與替代材料的開發，以降低日本對於資源使用的依賴，以及拉大與技術落後國的技术缺口。

日本對於國家安全及經濟發展所需的資源穩定供給，有一個整體性的規劃，係起因於 1973 年 10 月 6 日的第四次中東戰爭（又稱作贖罪日戰爭、齋月戰爭、十月戰爭）中的醒悟，當時日本的石油幾乎都是來自於阿拉伯，因此阿拉伯產油國削減石油產量，不僅給以美國為首的西方世界國家造成極大壓力，也讓日本發生惡性通貨膨脹，使日本經濟陷入危機，商人投機、炒作、囤積商品的行為所在多有。

在經歷了這樣的戰爭事件後，日本不僅修正對中東國家的政策，也體認到日本是一個資源匱乏的國家，以及資源對國家發展的重要性，國家必須對產業發展所需的資源預作準備，在此種思惟之下，以技術立國的日本，化被動為主動，更加積極強化自身的產業實力，重視材料科學技術水準的提升，於是日本的文部科學省，設立資源戰略組，主導開發與研究「替代材料技術」的走向，旨在開發「不使用稀有資源，但仍具高性能的新原料與新材料」。

文部科學省資源戰略組透過對學校或企業進行研究計畫的需求公告（Call for Proposals），讓有興趣的學校或企業投標進行新材料的開發研究，得標者將會獲得文部科學省的補助經費，進行替代材料技術課題的開發，並促進研究成果的產業化，制定「元素戰略開發計畫」，以便更有效合理地利用稀有資源。

在經濟產業省每年所公布的國家前瞻技術發展藍圖中，已設立「代替稀有金屬開發項目」，開發稀有資源的替代性新材料，或是發展稀有資源的減量技術，像是透明電極 ITO 中的銦 (In)、稀土類磁性材料中的鐳 (Dy)、超硬工具中的鎢 (W) 等。再者，由日本政府 2010 年 5 月所發表的「產業結構遠景」中亦可發現，日本將稀有資源的相關技術（包含減量與替代技術）列為今後的十大尖端領域課題之一，足見日本對於稀有資源替代技術開發的關注程度。

緊跟日本資源戰略步伐的韓國，亦在材料技術的開發上，投入相當的心力。於 2008 年 5 月底，韓國政府與中國共同簽署了「十大材料領域合作」備忘錄，其中便明定在陶瓷材料領域，將由韓國陶瓷材料技術院 (KIECT) 與中國科學技術部上海矽酸鹽研究所 (SICCAS)，共同進行高純度稀土類化合物的開發。

我國的製造業相對規模不如日韓企業，企業長久以來在低成本與靈活的彈性製造見長，減量與替代技術的研發亦為諸多企業所著重的研發要項，但因部份關鍵儀器設備與製程專利掌控於歐、美、日、韓等國手中，讓產業轉型升級受限，稀有資源的國際爭戰，乃至延伸出材料技術的國際競爭，皆為我國不可迴避的產業課題。

接著於 2009 年底提出「稀有金屬素材產業發展綜合對策」，便開始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的研發創新。指定公州大學等 6 所大學為「稀有金屬重點大學」，透過學校積極養成碩、博士級的資源與材料高階人力，設立新的技術教育課程，支援民間企業在稀有資源材料領域所需之專業人力。另外，韓國對於某些具有地理集中性的特定稀有資源，或供貨狀況不穩定的資源項目，推動替代、減量使用及再生利用之技術開發，篩選 10 餘種的核心稀有金屬，於 2011 年前擬定技術開發藍圖供韓國各界做技術研發方向的參考。

然而，新減量與替代材料的開發，固然減少產業對於稀有資源的依賴，但新材料的運用與普及，並非一朝一夕便可達成，是需要產學研各界長期的共同努力。資源匱乏的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。而韓國近年在材料技術領域的投入亦不遑多讓，在富可敵國的財團企業經營下，龐大的生產製造規模已為常態，接下來就是從下游往中上游移動，以提高韓國企業在國際價值鏈中的議價能力，將韓國的科技地位往「材料技術強國」推進。



我國的製造業相對規模不如日韓企業，企業長久以來在低成本與靈活的彈性製造見長，減量與替代技術的研發亦為諸多企業所著重的研發要項，但因部份關鍵儀器設備與製程專利掌控於歐、美、日、韓等國手中，讓產業轉型升級受限，稀有資源的國際爭戰，乃至延伸出材料技術的國際競爭，皆為我國不可迴避的產業課題，殷鑑日韓之例可知「唯有深耕才能生根」，我國既有資源匱乏之感，更應化危機為轉機，激發科研創新，達到產業技術升級的目標。

新減量與替代材料的開發，固然減少產業對於稀有資源的依賴，但新材料的運用與普及，並非一朝一夕便可達成，是需要產學研各界長期的共同努力。

