

稀土礦： 新科技的寵兒

文—何恭算、鍾坤偉 圖—何恭算、陳宜君



圖1 產自墨西哥長約2.5公分的獨居石

2010年中國大陸的漁船與日本巡邏船在釣魚臺附近相撞，導致兩國關係緊張，進而有傳言指出中國大陸試圖禁止稀土礦輸至日本，以作為反制。由於中國大陸供應世界總量90%以上的稀土資源，一時之間，稀土礦的重要性，更加受到世人的矚目。何謂稀土元素？它的物化性質為何？在自然界富集何處？臺灣也有稀土礦嗎？稀土元素有哪些重要用途？這些都是本文要介紹的重點。

何謂稀土元素？

稀土並不是土，而是指化學元素週期表中鑷系元素群，包括鑷(La)、鈾(Ce)、鐳(Pr)、釹(Nd)、鉕(Pm)、釷(Sm)、銻(Eu)、釷(Gd)、銩(Tb)、鐳(Dy)、釹(Ho)、銩(Er)、銩(Tm)、鐳(Yb)、鐳(Lu) 15個元素，以及與鑷系元素化性相似的釷(Sc)、釷(Y)，總共有17個元素的總稱。依據這些元素物化性質的相似性與差異性，可歸納成輕稀土元素(鑷~鉕)、中稀土元素(釷~鐳)和重稀土元素(釹~鐳和釷、釷)三大類。

物化特性

稀土為典型的金屬元素，易溶於稀酸。其化學活性僅次於鹼金屬和鹼土金屬，是一種強還原劑。一般隨著原子序增加，稀土金屬的化學活性也漸趨穩定。新鮮的稀土金屬光澤多屬銀灰色，但在潮濕空氣中易被氧化，所以表面常呈暗灰色。稀土金屬性質軟，且具可塑性，其中又以釷和鐳的可塑性最好。

稀土礦物

除了鉕元素之外，一般稀土元素在地殼中的含量其實並不稀少，例如在目前已知自然界存在的98種元素(不包括實驗室合成的)中，鈾元素的含量高居第25，與我們所熟知的銅或錫元素相近，而比常見的金屬型元素鉛、鋅、鉍還高，更比金、銀要豐富得多。只是這些稀土元素因其地球化學特性使然，往往很少富集成礦。

稀土元素一旦能富集形成礦床，主要是以礦物形式存在，尤其是以離子化合物賦存在礦物晶格中，構成礦物的主要組成成分，這類礦物稱之為「稀土礦物」。在自然界發現超過4,600種礦物中，稀土礦物約有250種以上，且大多屬於含氟之碳酸鹽類和磷酸鹽類礦物。一般稀土元素常共生在同一種礦物內，但彼此含量往往有明顯差異。以重要稀土礦物為例，獨居石(圖1)、氟碳鈾礦、氟碳鈾礦、氟碳鈾礦、氟碳鈾礦等主要富集鈾、鈾、釹等輕稀土元素；矽鈾礦、銩鈾礦富含釷和釷等中稀土元素；而磷鈾礦、鈾易解石、褐鈾礦、黑稀金礦則是銩、銩、鈾等重稀土元素較為富集。

其次，稀土元素在某些礦物中也能取代主要成分的晶格位置，而以微量的方式存在，這類礦物稱之為「含有稀土元素礦物」。例如磷灰石的化學式(Ca₅(PO₄)₃(OH, F, Cl))裡雖沒有出現稀土元素，由於稀土元素的離子半徑與鈣離子很接近，所以稀土元素往往取代鈣離子的位置，而以類質同形方式賦存在磷灰石中。以澎湖輝石岩內的磷灰石(圖2)為例，鈾、鈾、釹含量分別可達140、300及170 ppm之多。因此，諸如俄羅斯科拉半島和中國大陸雲南及貴州等地盛產磷礦的地區，伴生的稀土資源也相當可觀。

此外，稀土元素會以離子狀態被吸附在黏土、雲母(圖3)等礦物的表面或顆粒之間，為自然界中另一種賦存方式。中國大陸江西、福建、廣東、廣西一帶所產的稀土礦，許多是屬於離子吸附型礦床，此型的稀土元素，最容易開採與提取。

重要產地

全球稀土總儲量約9,900萬噸，其中中國大陸佔了1/3左右，而且是目前世界第一大稀土礦生產國和出口國，供應世界總量的90%以上。中國大陸的稀土礦遍布東北、華北、華中、華南、西北、西南各地，其中又以內蒙古包頭市白雲鄂博的稀土儲量最多，約佔全國稀土總儲量的90%以上，也是全球最大的稀土礦區。世界其他擁有稀土礦的主要國家，包括美國、俄羅斯、白俄羅斯、烏克蘭、澳洲、印度、加拿大、南非、巴西、越南等。日本

雖曾在2011年宣稱，在太平洋海底發現大量的稀土蘊藏，次年，又在該國最東端小島周圍海域的泥質沉積物中，發現大量稀土元素聚集，但因經濟效益的考量，目前都尚未開採。

在臺灣地區，獨居石是最受矚目的一種稀土礦，它是一種含有豐富鈾、鈾、釹、釷的磷酸鹽礦物。主要分布北自桃園、南至臺南的西部河川與海岸沉積物(圖4)，以及金門島的海灘沉積物中。這些獨居石以黃色居多(圖5)，但在臺南海岸附近的重砂中也發現黑色獨居石(圖6)。經調查結果顯示，估計獨居石的儲量約在5萬噸左右。

主要用途

稀土元素的應用始於19世紀末，然而由於當時提煉技術未臻成熟，並未受到重視。直到1950年代後，稀土元素分離技術有了突破性發展，相關的應用才日趨活絡。如今，稀土已被廣泛應用於機械、化工、冶金、玻璃、陶瓷、光電雷射、國防工業等領域，尤其在許多高科技產品中因位居關鍵角色，而有「工業維他命」、「新材料之母」或「科技黃金」的美名。

利用鈾、鐵、硼製成的鈾鐵硼永磁體，為現今磁性最強的永久磁鐵，此種超級磁體已被廣泛應用在電子、機械、航太工業上。在鋼鐵和有色金屬中加入少量稀土，可提高材料的硬度、韌性、耐磨與抗腐蝕能力。添加氧化鈾所製成的鈾玻璃，因具有高折射率與低色散的優良光學特性，乃是製作高級鏡頭的首選材料。由鈾、鈾、銩與稀土元素的混合物製成的鈾氫電池，為發展迅速的一種高能綠色充電電池，廣泛應用在混合電動汽車、電腦、相機等方面。林林總總的應用實例，真是不勝枚舉。

結語

當今世界各國競相發展尖端科技與綠能產業之際，稀土資源已成為最重要的工業原料之一。現階段我國為發展相關產業，稀土原料均依賴進口。然而根據文獻記載，獨居石在臺灣西部河川與海岸，以及金門島海灘沉積物中估計約有5萬噸，此乃我國重要的稀土礦產資源，值得重視與珍惜。



圖3 稀土元素常吸附在雲母的表面和裂隙中

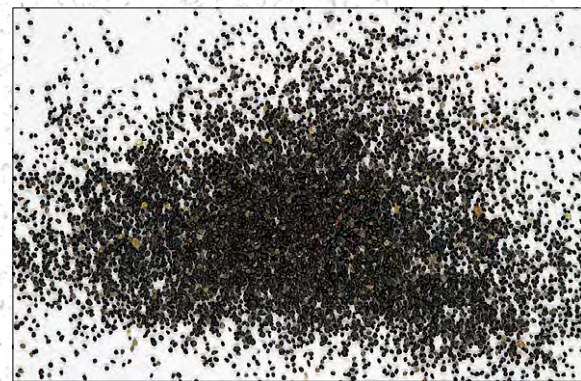


圖5 臺南海岸重砂中所含之黑色獨居石



圖2 澎湖東吉嶼輝石岩內的磷灰石富含稀土元素



圖4 嘉義東石外海的外傘頂洲堆積大量砂質沉積物



圖6 金門海灘砂中有許多黃色獨居石