

地球資源

李春生

國立臺灣師範大學地球科學系

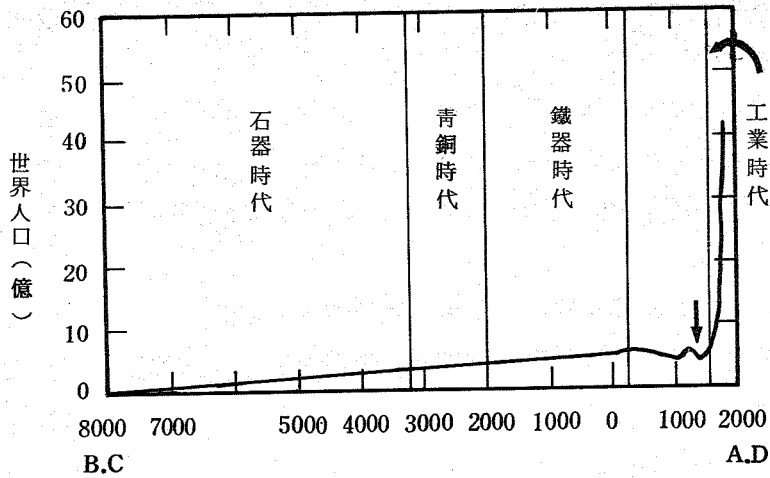
一、前言

人類對於地球上岩石或礦物的利用由來已久，史前人類即已懂得利用燧石或其他石頭作工具和武器，此時稱為石器時代。後來人類又懂得從礦石中提煉出金屬，譬如先煉出銅與錫且知道將二者製成合金以製造青銅，這就是青銅時代。到了知道煉鐵，而進入鐵器時代，繼而人類由遊牧進入農耕時期，而必須尋找肥沃的土壤，土壤即與人類息息相關。

隨著地下資源的開發，煤、鐵的利用，人類即進入工業時代，時至今日，我們的生活有很多地方必須利用石油，以及石油的產品。沒有鋼鐵和各種金屬，交通工具、工廠設備就無法製造；沒有水泥和混凝土，現代高樓也蓋不起來。這許許多多的工業原料都是出自地下的礦物。今日生活中的合成材料，例如塑膠、化學纖維也是以石油煉製而成。在我們生活環境的四周，處處可見地球資源對我們人類生存和文明發展的重要性。

地球資源範圍很廣，本文只談礦物資源與土壤。

圖一表示人類文明進化史幾乎就是岩石、礦物的利用史。隨著世界人口之急速增加，以及人類生活水準大幅提升，人類仰賴岩石及礦物更甚。



圖一 世界人口隨時間的變化圖（世界人口在工業革命之前，除了箭頭所指處，因當時黑死病流行，稍有減退外，均呈和緩穩定成長，但到了工業革命之後則急速膨脹）

二、礦物資源的分類

每種岩石與礦物均有它們的用途，不過談到利用，則必需考慮經濟因素。地殼內具有利用價值的礦物，稱為礦物資源。若將主要用於能源的化石燃料資源除外，其餘的礦物資源可分為二大類：(1)鐵、銅及黃金等之金屬礦物，(2)岩鹽、石膏及黏土等之非金屬礦物。前者尚可依其在地殼岩石中的平均含量多寡再細分為常見金屬（ $\geq 0.01\%$ ）及稀有金屬（ $< 0.01\%$ ）二類；非金屬礦物主要用於化工原料、肥料、建築材料及陶瓷、研磨材料及寶石（參考表一）。

表一 礦物資源的分類（扣除主要的能源礦產資源）

1. 金 屬

(a) 常見金屬（地殼岩石平均含量 $\geq 0.01\%$ ）：鐵、鋁、鎂、錳、鈦、鉻等(b) 稀有金屬（地殼岩石平均含量 $< 0.01\%$ ）：銅、鉛、鋅、鎳、金、銀、錫、鎢、汞、鉬、鉑等

2. 非 金 屬

(a) 化工原料：岩鹽、硫、碳酸鈉、硼及氟、石墨等

(b) 肥料：磷灰石、氯化鉀、硝酸鈉（智利硝石）、方解石（石灰石）等

(c) 建築材料：石膏、石灰石、黏土、石棉、砂礫、（石英）、礫、頁岩、板岩、花崗岩、大理岩等

(d) 陶瓷及研磨材料：陶瓷：黏土、石英、長石；研磨：鑽石、石榴子石、剛玉及浮石等

表二 金屬礦石礦物性質表

金屬	礦石物	成 分	顏 色	條 痕	硬 度	解理	密 度	形狀與特性
鐵	磁鐵礦	Fe_3O_4 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	鐵黑色	黑	6	劣	5.18	八面體，具磁性。
	赤鐵礦	Fe_2O_3	鐵灰色 紅或黑	紅棕	6	劣	4.9~5.3	板狀、腎狀或塊狀。
	黃鐵礦	FeS_2	銅黃色	黑色	6	無	4.8~5.1	方形具條紋或塊狀。
錫	錫 石	SnO_2 氧化錫	黃或棕	淡灰或棕	6~7	無	6.8~7.1	塊狀、顆粒狀、水蝕狀顆粒。
銅	黃銅礦 銅黃鐵礦	CuFeS_2 銅鐵硫化物	銅黃色 真珠光澤、銹色	綠黑色	3.5~4	無	4.1~4.3	塊狀，較黃鐵礦軟。
	孔雀石	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 碳酸銅	亮綠色 常呈帶狀	淡綠色	3.5~4	無	3.9~4	塊狀，鐘乳石狀。
鋅	閃鋅礦	ZnS 硫化鋅	黑 棕	白至棕	3.5~4	良	3.9~4.2	四面體塊狀
鉛	方鉛礦	PbS 硫化鉛	鉛灰色	鉛灰色	2.5	優	7.4~7.6	方形、塊狀或顆粒狀。
金	自然金	Au	金黃色	金黃色	2.5~3		19.3	

三、礦床及礦石礦物

地殼中本來很分散的元素，在經過各種地質作用之後，會發生局部富集的現象。如果富集的規模夠大，我們就能夠用現代的技術加以開採利用。有用的礦物經過地質作用而富集的所在就是礦床。這些礦床中可以提煉出具經濟價值的金屬礦物稱為金屬礦石礦物（表二）。至於礦床中無經濟價值，但與礦石礦物共生的礦物，稱為脈石礦物。

四、金屬礦物之富集程度及一些定量分析

經過各種地質作用產生局部富集現象後，在各種礦石礦物中的金屬之含量會比地殼岩石中之平均含量高，二者之比值可定義為該金屬之富集度（式 1）

$$\text{富集度} = \frac{\text{局部富集後之含量}}{\text{地殼岩石中之平均含量}} \quad (\text{式 1})$$

各種礦石礦物，其富集度一定要達到一個起碼之下限，它方稱得上規模夠大，值得開採而形成礦床。也才夠資格稱為礦物資源。這個富集度的最起碼下限值，有時稱為富化成礦的最小倍數（式 2）：

$$\text{富化成礦的最小倍數} = \frac{\text{富化成礦床之最少含量}}{\text{地殼岩石中之平均含量}} \quad (\text{式 2})$$

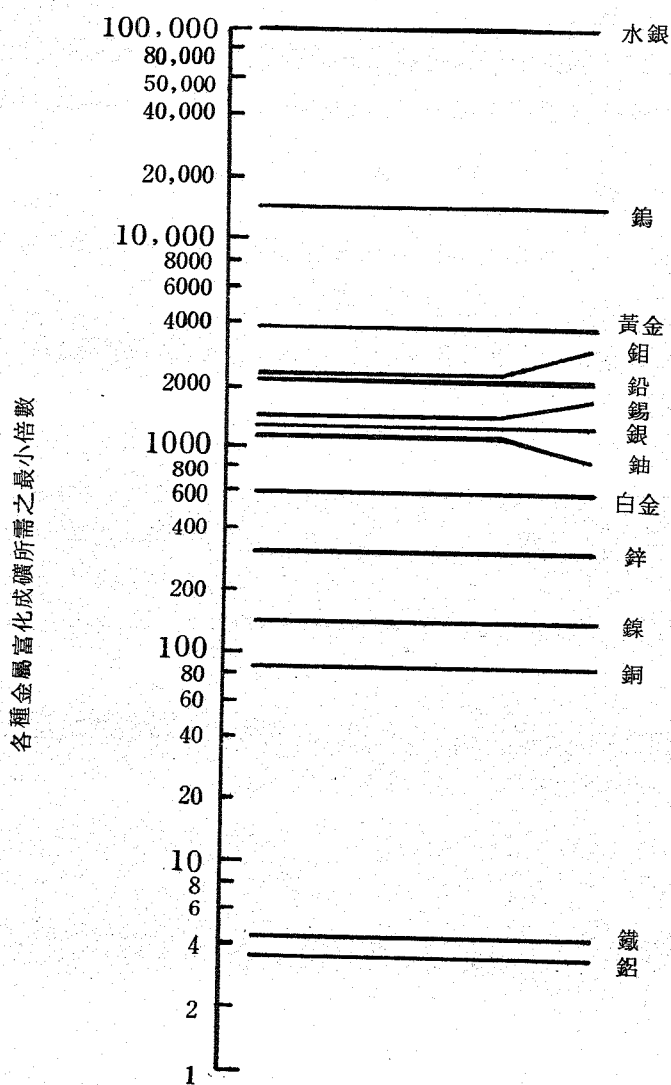
鋁及鐵在大陸地殼之平均含量分別有 8% 及 5% 之多，一般它們富化成礦的最少含量的在 30% 左右，則它們富化成礦的最小倍數約為 4 到 5 倍。對銅金屬而言則此倍數值約為 100，對於地殼岩石中平均含量只有 80 PPB 分別之汞（水銀），則此倍數恐需 10 萬倍（參看圖二）。既然富化成礦之條件有難有易，故以 1973 年為止之統計資料顯示，在美國所發現之汞礦產量遠落後於鐵礦之產量（圖三）。

五、土壤

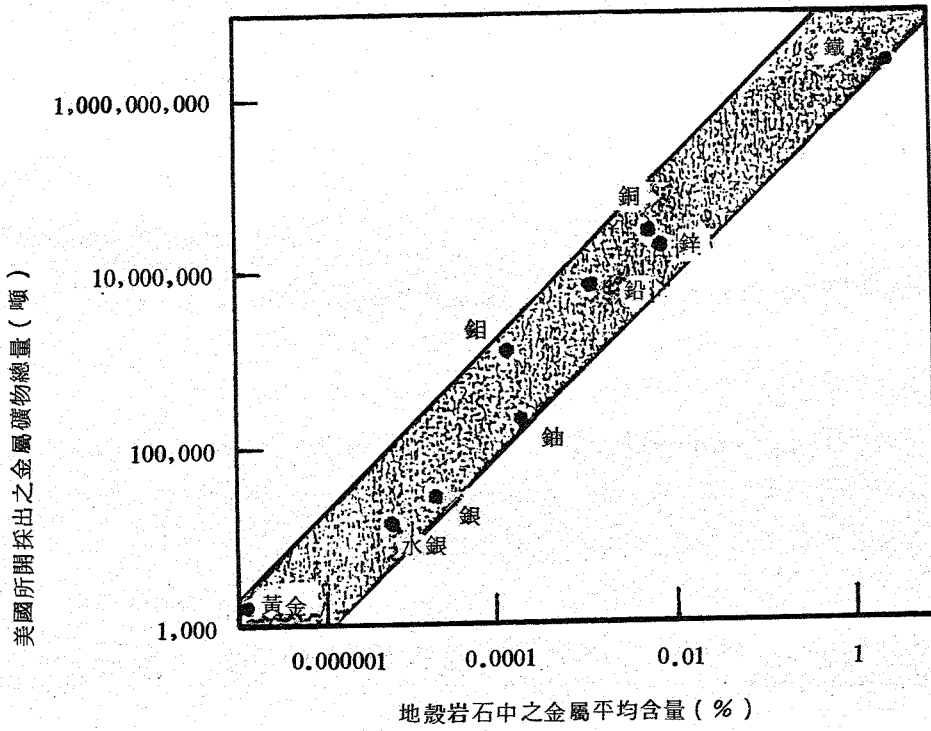
地球最寶貴的資源並不僅是以上所提到的礦物資源，也包括位在地球最表面的土壤。土壤是岩石及礦物的風化產物，其中含有水分、腐植質和微生物、空氣等，所以也是一種地球資源。

科學家正設法控制土壤流失的速率，否則土壤的流失大於土壤的化育的話，在日漸龐大的人口壓力之下，則對糧食的供應造成嚴重的威脅。今日土地的使用已趨多元化，隨都市化的加速發展、建築用地日增、人口日增，土地日蹙，尤其森林大量遭受砍伐，以及濫墾、濫建和工業廢料、農藥等的污染，始出現了人類生態的困境。我們必須確立妥

善的土地利用政策，依據地形、地質、土壤水利等環境的條件，建立正確的土地分類。
我們只有一個地球，必須要珍惜土地，以保持土壤的永續效用。



圖二 地殼岩石中所含之金屬元素含量(%)不同，故影響各種金屬富化成礦所需之最小倍數。但此值也非一成不變，常隨冶煉技術及市場價格隨時波動。



圖三 金屬在地殼岩石中之平均含量 (%) 影響金屬礦產之生產量
(以美國 1973 年為止的同採之礦物總量為例)。