

戰略關鍵金屬之價值鍊應用 與商機探索-鈮、鎳、鈇、鋰

林偉凱、曾婉如

委託單位：經濟部技術處

執行單位：金屬中心

文 目 錄

第一章 緒論.....	1
第一節 前言	1
第二節 研究目的	1
第三節 研究流程與架構	2
第四節 研究範圍及限制	3
第二章 稀有金屬概論	5
第一節 前言	5
第二節 稀有金屬的重要性	5
第三節 稀有金屬的應用	8
第四節 稀有金屬的生產型態	10
第五節 主要稀有金屬資源國家的政策動向	11
第六節 小結	12
第三章 銻的供給及需求現況	15
第一節 概述	15
第二節 銻資源的蘊藏量及主要國家分析	15
第三節 銻資源的供應鏈分析	20
第四節 銻的提煉及回收概況	24
第五節 銻資源的主要需求產業及未來發展趨勢	30
第六節 小結	46
第四章 鈇的供給及需求現況	47
第一節 概述	47
第二節 鈇資源的蘊藏量及主要國家分析	47
第三節 鈇資源的供應鏈分析	56
第四節 鈇資源的製煉方法及回收	60
第五節 鈇資源的主要需求產業及未來發展趨勢	67
第五章 鎘的供給及需求現況	77
第一節 概述	77
第二節 鎘資源的蘊藏量及主要國家分析	77
第三節 鎘資源的供應鏈分析	79

第四節	鎂資源的製煉方法及回收	83
第五節	鎂的主要應用產業分析	89
第六節	小結	96
第六章	鋰的供給及需求現況	97
第一節	概述	97
第二節	鎂資源的蘊藏量及主要國家分析	97
第三節	鋰資源的供應鏈分析	102
第四節	鋰的提煉及回收概況	104
第五節	鋰資源的主要需求產業及未來發展趨勢	112
第六節	未來發展趨勢	119
第七章	日本對稀有金屬的策略與作法	121
第一節	日本稀有金屬的整體策略	121
第二節	經濟產業省的 3R 策略	123
第三節	稀有金屬儲備制度	126
第四節	日本稀有金屬材料替代開發計畫	127
第五節	海外礦權的取得	129
第六節	日本將開發深海域的稀有金屬	130
第七節	日本與中國貿易關係將增加變數	132
第八節	小結	135
第八章	結論與建議	137
第一節	結論	137
第二節	發展策略建議	138
參考資料		143

圖目錄

圖 1-3-1	研究流程	2
圖 1-3-2	研究架構	3
圖 2-2-1	稀有金屬材料用途	6
圖 2-2-2	稀有金屬集中度	7
圖 2-2-3	稀有金屬蘊藏量	7
圖 3-2-1	主要國家銦蘊藏量比率	17
圖 3-3-1	銦供應鏈	20
圖 3-3-2	銦的主要應用領域	21
圖 3-3-3	銦的主要應用領域	22
圖 3-3-4	銦平均價格走勢圖	24
圖 3-4-1	銦錠的煉製過程	26
圖 3-4-2	ITO 廢靶材回收流程	28
圖 3-4-3	ITO 蝕刻液的回收流程	29
圖 3-4-4	LCD 玻璃上氧化銦錫 ITO 回收流程	30
圖 3-5-1	TFT LCD 的結構	31
圖 3-5-2	TFT LCD Array 製程	32
圖 3-5-3	TFT LCD Cell 製程	33
圖 3-5-4	TFT LCD LCM 製程	34
圖 3-5-5	TFT LCD 玻璃基板製程	36
圖 3-5-6	TFT 畫素的結構	37
圖 3-5-7	薄膜太陽能電池 roll-to-roll 製程	39
圖 3-5-8	以 CIGS 薄膜太陽能電池做成隔熱紙	39
圖 3-5-9	太陽能電池種類	40
圖 3-5-10	銅銦鎵硒太陽能電池基本結構	42
圖 3-5-11	銅銦鎵硒太陽能電池熱蒸鍍技術	43
圖 3-5-12	組裝 CIGS 電池的的濺鍍系統	44
圖 3-5-12	科美國再生能源實驗室以機器手臂測試薄膜電池	45
圖 4-2-1	各主要國家釩蘊藏量	49
圖 4-2-2	各主要國家生產量	50
圖 4-3-1	釩供應鏈	56
圖 4-3-2	各主要國家釩需求量比率	58

圖 4-3-3	五氧化二釩(V_2O_5)平均價格走勢圖	60
圖 4-4-1	釩資源的製煉方法	61
圖 4-4-2	福誼公司加氫脫硫廢觸媒資源化流程圖	65
圖 5-2-1	初級鎘的主要生廠國家	79
圖 5-3-1	鎘的供應鏈	79
圖 5-3-2	日本及其它國家鎘需求百分比	81
圖 5-3-3	日本鎘的供給結構	82
圖 5-3-4	日本原生鎘及再生鎘的比率	82
圖 5-3-5	鎘平均價格走勢圖	83
圖 5-4-1	鎘的製煉方法	84
圖 5-4-2	砷化鎘廢棄物回收流程	88
圖 5-5-1	LED 結構	90
圖 5-5-2	LED 全球 LED 產品比重	92
圖 5-5-3	全球高亮度 LED 照明應用市場	93
圖 5-5-4	全球 LED 住宅照明燈具市場分析	94
圖 5-5-5	台灣 LED 磊晶產值比率	95
圖 6-2-1	主要國家鋰基本蘊藏量比率	99
圖 6-2-2	初級鎘的主要生廠國家	101
圖 6-3-1	鋰供應鏈概況	102
圖 6-4-1	SQM 公司及 Chemetall 公司在卡爾曼的碳酸鋰濃縮工程	106
圖 6-4-2	SQM 公司及 Chemetall 公司在卡爾曼的碳酸鋰精製工程	107
圖 6-4-3	乾式電池處理法	110
圖 6-4-4	濕式電池處理法	111
圖 6-4-5	碳酸鋰平均價格走勢圖	112
圖 6-5-1	鋰電池結構	113
圖 7-1-1	日本稀有金屬整體策略	122
圖 7-1-2	日本具體的行動計劃	123
圖 7-2-1	日本的 3R 策略	123
圖 7-2-2	日本國際資源的回收計劃	125
圖 7-4-1	ITO 替代材料開發計劃	128
圖 8-2-1	台灣價值鏈的定位	139

表 目 錄

表 2-3-1	稀有金屬應用於機械及結構用鋼.....	9
表 2-3-2	稀有金屬於電子半導體產業應用.....	10
表 2-4-1	礦種別的生產品態.....	11
表 3-2-1	銦礦源.....	16
表 3-2-2	銦主要蘊藏國家.....	16
表 3-2-3	各主要國家原生銦的產量.....	17
表 3-3-1	銦的其它生產廠商.....	22
表 3-5-1	Array 基板製程所用到的金屬材料.....	37
表 4-2-1	鈇的各種礦物資源.....	48
表 4-2-2	鈇資源的蘊藏量.....	49
表 4-2-3	鈇資源的蘊藏量.....	50
表 4-3-1	鈇主要製造廠商.....	59
表 4-4-1	鈇的回收概況.....	62
表 4-4-2	典型之廢加氫脫硫觸媒中有價物成份及可回收量.....	64
表 5-2-1	鎘的礦物資源.....	78
表 5-3-1	鎘主要的中間產品製造商.....	80
表 5-4-1	鎘的回收概況.....	85
表 5-4-2	砷化鎘廢棄物來源.....	86
表 5-5-1	LED 的種類.....	91
表 5-5-2	台灣電子大廠 LED 產業布局現況.....	96
表 6-2-1	鋰的礦物資源.....	98
表 6-2-2	鋰主要蘊藏國家.....	99
表 6-2-3	各主要國家生產量概況.....	100
表 6-3-1	鋰主要的中間產品製造商.....	104
表 6-4-1	鋰的回收概況.....	108
表 6-4-2	鋰電池的危險性.....	109
表 6-5-1	鋰電池材料.....	113
表 6-5-2	鋰電池種類及特性.....	114
表 6-5-3	鋰電池產業價值鏈.....	115
表 6-5-4	正極材料廠商.....	116
表 6-5-5	負極材料.....	117

表 6-5-6	負極材料廠商	118
表 6-5-7	各種產品對鋰電池的需求量估計	119
表 7-3-1	儲備制度概況	126

SAMPLE

第一章 緒論

第一節 前言

我國 TFT-LCD 產值相當高，同時在太陽能電池方面，國內也正在大力研發，對銦的需求將強勁增長。隨著電子產業和照明市場等應用擴增，鎵的利用價值也引起國際高度重視。鎵多半以化合物的型態被應用在電子領域、照明領域以及醫療領域中。釩元素的用途大約有 90% 使用於鋼鐵工業，主要是以釩鐵合金形態添加於鋼鐵冶煉過程中作為合金元素，亦是鋼材合成中不可或缺的元素。鋰電池逐漸成為二次電池主流，並逐漸取代其他二次電池，如鉛酸、鎳氫電池。台灣沒有礦產，但擁有龐大的產業應用需求，而稀有金屬的來源長期仰賴進口。根據上述稀有金屬的重要性已日漸提高，因此本研究以銦、鎵、釩、鋰四種稀有金屬為大方向，來探討這四種金屬的產業概況及台灣的發展策略建議。

第二節 研究目的

本研究從銦、鎵、釩、鋰四種金屬的價值鏈為切入點，從上游的礦源及主要國家產量到最終的需求用途，深入的探討銦、鎵、釩、鋰需求與供給的概況，並且從幾個主要需求領域，來探討未來的需求量及供給量。並針對主要國家日本的對應策略做標竿分析，期望能提出相關資訊及策略做為國內廠商及政府之發展借鏡。本研究主要的研究目的為：

- (一) 探討銦、鎵、釩、鋰未來的供需發展趨勢。
- (二) 標竿國家對於稀有金屬資源的策略議題。
- (三) 未來主力需求產業的發展趨勢調查。
- (四) 台灣對於稀有金屬銦的發展策略為何。

第二章 稀有金屬概論

第一節 前言

金屬材料種類繁多，一般而言，金屬可分為基本金屬與稀有金屬，基本金屬如金、銀、銅、鐵、錫等冶煉精煉技術成熟的金屬；稀有金屬有 31 種，鋰、鈹、硼、鈦、鈮、鉻、錳、鈷、鎳、鎂、鋅、銻、銨、銻、鉛、鋯、鈾、鈿以及稀土類，屬於數種蘊藏量少或蘊藏量多但開採精煉困難、蘊藏多集中於特定國家且具有提升素材強度、耐熱性、耐磨耗性與耐蝕性等特性的金屬，稀有金屬素有「產業維他命」之稱，因使用量少且為工業生產不可或缺的元素而廣為周知。金屬材料應用面範圍相當廣泛，以往主要的應用為大宗的鋼鐵產業，而後擴至航太工業、高科技產業與民生用品業，為產業發展不可或缺的原材料。

第二節 稀有金屬的重要性

一、稀有金屬對我國主要產業影響性大

金屬材料位於產業價值鏈的最前端，但動一髮牽全身，如【圖 2-2-1】所示，稀有金屬素材用於半導體材料、綠能產業中的太陽能電池、鋰離子電池等，以及我國兆元產業中的 TFT-LCD 直接影響電子裝置與機械設備的終端性能，產業關聯性大。近年來我國電子、半導體及光電產業發展快速但關鍵材料及零組件卻嚴重倚賴日本或其他國家，從而引發出我國經濟命脈受制於外人的疑慮，更凸顯出稀有金屬材料對技術升級和經濟發展的關鍵性與重要性。

第三章 銦的供給及需求現況

第一節 概述

金屬銦的發現非常晚，是由德國的賴希(F. Reich)和李希特(H. T. Richter)於 1863 年，測定鋅礦石中鉈的含量過程中發現銦的，因其光譜中有一條靛青色，而將其命名為一銦(Indium)。銦的產量一直到 1932 年才開始有少量產出，且局限用於實驗室。銦是元素週期表中的第三族元素，硼、鋁、鎵、銦、鉈系列的第四位。原子數 49，密度 7.3g/cm^3 ，熔點 156.6°C ，沸點 $2,080^\circ\text{C}$ 。其色澤為銀白略帶藍色的金屬，質地柔軟，具有高延展性、低電阻與良好之熱傳導性；常溫中可與空氣中的氧緩慢反應形成氧化膜，具有抗腐蝕性，特別是在光學上其氧化物薄膜可讓可見光通過而反射紅外光，這些獨特的性質使得銦具有廣泛之應用性。

第二節 銦資源的蘊藏量及主要國家分析

一、銦礦物資源

銦沒有獨立的礦物來源，其礦源大多從鋅礦、鉛礦、鉛鋅礦、硫化銅礦、錫礦石的副產物，故目前大部份的銦都來自於鋅礦，並提煉成銦錠。其中錫礦的含銦量大約 $0.002\sim 0.112\%$ 、鉛鋅礦的含銦量 $0.0003\sim 0.006\%$ 、多金屬礦的含銦量 $0.004\sim 0.01\%$ 、硫化銅礦的含銦量 $0.0002\sim 0.004\%$ ，【表 3-2-1】為常見銦礦源資料的整理。

第四章 鈮的供給及需求現況

第一節 概述

鈮被稱為“現代工業的味精”，它是現代工業中的重要添加劑，用途非常廣泛，目前用量最大的是冶金業。鈮在鋼鐵工業中的消耗量占其生產總量的85%。鈮(Vanadium)，化學符號 V，元素周期表中序數為 23，原子量為 50.94。鈮是銀白色略帶藍色的金屬，具有延展性；含有氧、氮、氫時則變脆、硬。鈮在較高的溫度下與原子量較小的非金屬形成穩定的化合物；在低溫下有良好的耐腐蝕性。鈮進入合金後可增強合金的強度，降低熱膨脹係數。

室溫時，緻密的鈮對氧、氮和氫都是穩定的。鈮在空氣中加熱時，氧化成棕黑色的三氧化二鈮，藍黑色的四氧化二鈮，或桔紅色的五氧化二鈮。在較低的溫度(180℃)下，鈮與氯作用生成四氯化鈮。高溫下與碳及氮生成碳化鈮及氮化鈮。鈮能耐鹽酸、稀硫酸、鹼溶液和海水腐蝕，但能被硝酸、氫氟酸或濃硫酸腐蝕。

金屬單質鈮很少，而且少有獨立的礦床，因此在自然界非常分散，其主要形態有： VO (氧化鈮)， V_2O_3 (三氧化二鈮)， V_2O_5 (五氧化二鈮)， FeV (鈮鐵)及偏鈮酸鉍等，工業上使用最多的是 V_2O_5 和 FeV ，主要用於冶金的添加劑，增強鋼鐵的強度和韌性。

第二節 鈮資源的蘊藏量及主要國家分析

一、鈮的礦物資源

鈮在地殼中的含量約為 0.02%，比銅、鋅、鎳、鉻都高。按地殼中元素藏量排列第 13 位。鈮金屬有一個特點，很難形成獨立的礦床，伴生性非常明顯，因此在自然界非常分散，通常和其他金屬伴生，如：鈮鈦磁鐵礦。因此，不太容易單獨對鈮金屬進行開採和提煉，鈮產品多作為冶金業的副產品生產。目前鈮主要分散於鈮鈦磁鐵礦鋁鈮土煤炭、綠硫鈮礦($\text{V}_2\text{S}_3 + n\text{S}$)、鈮雲等，【表 4-2-1】為鈮的各種礦物資源的整理。

第五章 鎘的供給及需求現況

第一節 概述

鎘是在 1871 年門德列夫從理論上推測出的元素之一。根據這一推測，1875 年法國化學家布伊斯保德蘭(paul-Emile Lecoqde Boisbaudran)發現並確認該元素，他用法國的拉丁文名字「Gallia」命名該元素，以紀念他的祖國。

隨著電子產業和照明市場等應用擴增，鎘的利用價值也引起國際高度重視。金屬鎘(Gallium)在固態時呈現淡綠色的金屬光澤，熔點低，為 29.75℃，僅次於銀，有延展性，在空氣中很穩定，液態時幾乎與銀相同，易溶解於酸與鹼。鎘是一種伴生礦，屬於稀有金屬的一種，99%以上的鎘伴生在鋁土礦中。

鎘與鋁屬同族元素，因此他們許多化學性質相似(鎘為銀白色金屬，毒性低)。鎘很軟，可用刀切；熔點很低，只有 29.8℃。由於人體體溫有 37℃，所以把它放在手心中，它就會熔化。然其沸點很高，可達 2,403℃，因而其液態溫度範圍大於任何已之金屬，這使得它適用於特殊的高溫溫度計。此外，與水一樣，它也有凝固時體激增大這一不尋常之處。

第二節 鎘資源的蘊藏量及主要國家分析

一、鎘的礦物資源

在商業上，鎘常常是作為其他金屬冶煉過程中的副產物，目前世上 90%的鎘是作為煉鋁工業的副產品所得、因此鋁土礦是目前的主要鎘的礦源，其它的礦源有鉛鋅礦、多金屬礦、硫化銅礦、硫化鉬礦、煤礦、錫礦等礦源，以下將礦源及含鎘量整理如【表 5-2-1】。

第六章 鋰的供給及需求現況

第一節 概述

鋰的發現在於 1790 年～1800 年科學家 Jose de Andrada 在瑞典烏托島發現透鋰長石和鋰輝石兩種礦石，1817 年由瑞典科學家阿弗韋聰(Johann Arfvedson)在分析透鋰長石礦時發現鋰。不久，他又在鋰輝石和鋰雲母中發現鋰。Berzelius 在歐洲某些礦泉水裡也發現了鋰。1918 年，Brande 和 Davy 通過電解氯化鋰獲取了少量的鋰單質。

鋰(Lithium)，是一種化學元素，它的化學符號是 Li，鋰是鹼金屬中最輕的一種，鋰僅以化合物的形式廣泛存在於自然界中，礦物有 30 餘種主要存在於鋰輝石($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$)和鋰雲母以及透鋰長石($(\text{LiNa})\text{AlSi}_4\text{O}_{10}$)和磷鋁石中。

鋰在地殼的含量大約是 0.0065%，在海水中含有大量的鋰，人的體重中 70kg 含鋰量為 2.2mg，目前自然界中發現的鋰礦石大約有 140 多種在人和動物的有機體、土壤和礦泉水、可可粉、煙葉、海藻中都有鋰的存在，鋰是一種柔軟的，銀灰色，極易反應的鹼金屬元素。鋰在空氣中易被氧化，所以須儲存於汽油、煤油或惰性氣體中。它能與水和酸作用放出氫氣，易與氧、氮、硫等化合。鋰可作為電池的陽極具有很高的能量密度。鋰也能夠製造低於室溫或高溫下使用的電池，因此鋰大量用於二次電池材料中，例如二次鋰電池中正極材料是含鋰化合物，鋰鈷氧化物、鋰鎳氧化物、鋰錳氧化物、鋰鐵氧化物等等，以及其它化合物。

第二節 鋰資源的蘊藏量及主要國家分析

一、鋰的礦物資源

鋰的來源大約可分成二大來源，分別為礦物及天然鹵水、鹽湖鹵水，而另礦物來源例如鋰輝石、鋰雲母、透鋰長石等。而目前蘊藏量的來源中以鹽湖鹵水占 64%，鋰礦物的蘊藏量大約占總蘊藏量的 36%，【表 6-2-1】為常見鋰礦石資源資料。

第七章 日本對稀有金屬的策略與作法

稀有金屬是製造環保汽車、手機、液晶顯示器等高科技產品的重要原料。而科技大國的日本如果沒有稀有金屬供應來源的穩定，則產品很難在國際市場上維持優勢，有見於此日本政府對於稀有金屬的發展策略也積極的在進行，以下將針對日本對於稀有金屬的策略分析以供我國參考。

第一節 日本稀有金屬的整體策略

一、整合價值鏈的完整性

以下將從稀有金屬價值鏈的角度來分析日本稀有金屬的整體策略，其可發現日本以長遠的思考策略應對稀有金屬議題，並且有分工的執行單位來落實相關策略。

1. 日本以長遠的思考策略應對稀有金屬議題

由於稀有金屬多半蘊藏於俄羅斯、中國、印度、非洲或其他容易產生暴動糾紛的地區，所以容易有供應不穩定的問題，使價格產生急遽變化，稀有金屬生產國的國家政策也會影響供需穩定性，更加凸顯稀有金屬的供需及波動性的問題。日本是資源短缺的國家，為了降低稀有金屬的取得風險並維持產業競爭力的考量下，擬定許多策略來降低稀有金屬供應的風險。從整個稀有金屬供應鏈來分析日本在稀有金屬的策略來看，日本是資源小國因此在上游礦源的策略議題是取得它國礦源的開發權，並且分散供來源。在開採及冶煉的部份是在環保及安全的長期性考量，因為開採及冶煉的程序大多非在日本本國進行，因此在長期供應的思考下，與當地政府保持良好的關係是高於開採及冶煉的效率技術上的議題，因此開採地的環保及安全問題的提升才是永續經營的根源。在應用端產品製造的部份整個策略的核心在於產品回收的體系及回收的技術。其它相關的策略是以儲備制度，技術提升的議題去處理。綜合上述整理如【圖 7-1-1】。

第八章 結論與建議

第一節 結論

第二節 發展策略建議

SAMPLE

《戰略關鍵金屬之價值鍊應用與商機探索- 銻、鎳、鈳、鋰》

紙本定價：3000 點

全本電子檔下載：6000 點;亦可依各章節下載

電話 | 02-27326517

傳真 | 02-27329133

客服信箱 | itismembers@micmail.iii.org.tw

地址 | 10669 台北市敦化南路二段 216 號 19 樓

劃撥資訊 | 帳號：01677112

戶名：財團法人資訊工業策進會

匯款資訊 | 收款銀行：華南銀行—和平分行

(銀行代碼：008)

戶名：財團法人資訊工業策進會

收款帳號：98365050990013 (共 14 碼)

服務時間 | 星期一~星期五

am 09:00-12:30 pm13:30-18:00



經濟部技術處產業技術知識服務計畫

如欲下載此本產業報告電子檔，

請至智網網站搜尋，即可扣點下載享有電子檔。

ITIS 智網：<http://www.itis.org.tw/>