

萬有文庫

第二集七種

王雲五主編

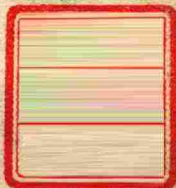
化學元素發見史

(三)

韋克思著

黃素封人駁譯

商務印書館發行



化學元素發見史

(三)

著 斯 克 韋

譯 駁 人 俞 封 素 黃

自然科學小學叢書

第九章 鉑族元素

在歷史上最初用科學眼光以記述鉑的學者，首推第十八世紀中葉的布朗利格博士（Dr. Brownrigg）及同·安托尼俄·得·烏羅阿（Don Antonio de Ulloa）等氏。銠（rhodium）、鈳（palladium）、銱（osmium）及銱（iridium）四種元素，發現於一八〇三及一八〇四年之間；前二種由武拉斯吞博士（Dr. Wollaston）所發現，餘者由其友人台耐特教授（Smithson Tennant）所發現。關於這兩位大化學家的生平，托姆松氏在其所著的化學史（Thomson: *History of Chemistry*）上，及柏齊力阿斯（Berzelius）氏的通信和日記上，均有生動詳實的記載。釘（ruthenium）乃是在俄國發現的一種鉑族元素，發現人名克勞斯·卡爾·卡爾羅維赤（Karl Karlovich Klaus），遠在前數種之後。克勞斯氏生平言行，列寧堡（Leningrad）多藝學院的門修提金教授（Prof. B. N. Menschutkin）記述極美。

「一位在科學上努力工作而有貢獻的人，乃是全人類和古今各時代的恩人。」（1）

鉑

在許多河流的沖積層砂土中，常有天然的鉑粒發現，但是古人利用這種金屬的史料，卻至今所知不多。武德（Charles Wood）氏在十八世紀初葉，曾於新西班牙（New Spain）的卡塔基那（Cartagena）地方探得鉑粒少許，攜至牙買加（Jamaica）；後來在一七四一年分贈布朗利格博士（Brownrigg）一部分，以作研



圖八九 得·烏羅阿氏像

（Don Antonio De Ulloa 1716-1795）

西班牙算學家，海軍官員，旅行家。烏氏一七四八年所刊行的航行祕魯的日記，其中曾提到鉑這種金屬。

究資料。武德爲當時冶金學家兼鑛物分析的技師，故重視此種新金屬。布朗利格博士於收到武德

氏贈品之後，即從事提鍊；九年之

後著成簡明論文一篇，備述鉑之

性質，連同標本，送呈倫敦皇學家

會(Royal Society of London)。

標本中，計有天然鉑鑛，提鍊的鉑

鎔化的鉑；此外尚有劍一把，劍柄

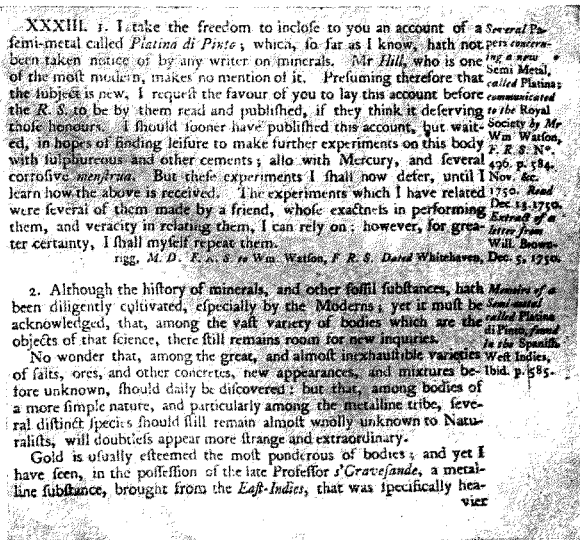
係用一部分含鉑的金屬所造成

(2)。

法國和西班牙兩政府曾於

一七三五年聯合派遣科學考察

團赴魯祕和厄瓜多爾兩處，以測



圖九〇 英國哲學會報書影

上圖由該會報第十卷中攝下，爲瓦特孫 (William Watson)描寫鉑之一段；並有布朗利格博士(Dr. Brownrigg)一函，其中亦討論這個問題。

量赤道附近基托 (Quito) 地方的子午線。西王腓力五世所委的負責大員，是兩位海軍將官；其中一人名同·安托尼俄·得·烏羅阿 (Don Antonio de Ulloa)，乃一青年數學家。一七四四年得·烏羅阿氏乘法船回歐洲，及抵布里頓角 (Cape Breton) 之路易堡 (Louisburg) 海口，忽遭英國海軍壓迫，擄至英國。惟英國海軍官員在途中待遇得·烏羅阿氏極周到，不僅保護他的科學記錄，還保險他的平安。

後來，得·烏羅阿氏向英國海軍司令部請求退還一切科學記錄。據他親述交涉的結果，他說：「他們立時應許全部退還，並且慷慨聲言，不願引起純粹科學、文藝或學術專家間的戰爭。」及烏氏抵倫敦之後，即由當局介紹與皇家學會會長福克斯·馬丁 (Martin Folkes) 氏及其他科學界聞人相見；同時並被舉為皇家學會國外會員 (32)。一七四八年，得·烏羅阿氏刊佈所著航海日記，名噪一時；書中他曾敘述在祕魯發現鉑礦的經過 (35)。當時西班牙人稱此種金屬曰 *platina del pinto*，意即『利俄·平托 (Rio Pinto) 的小銀；』並且在牠的價值未為人發覺之前，常被奸商躉入黃金，借以圖利，因此當局遂下禁止開採的命令 (2)。一七六六年西班牙政府派得·

烏羅阿 (de Ulloa) 氏任路易斯安那 (Louisiana) 總督，適逢土人熱烈反對西班牙人統治，故就任兩年即迫而離去 (34)。

此後不久，歐洲各國著名化學家，均注意於此種新金屬之探究，興趣之濃，出人意料。其中曾刊印研究報告者，可舉下列十二人爲代表：

瑞典

舍斐 (Scheffer)

柏格曼 (Bergman)

柏齊力阿斯 (Berzelius)

英國

路易·威廉 (William Lewis)

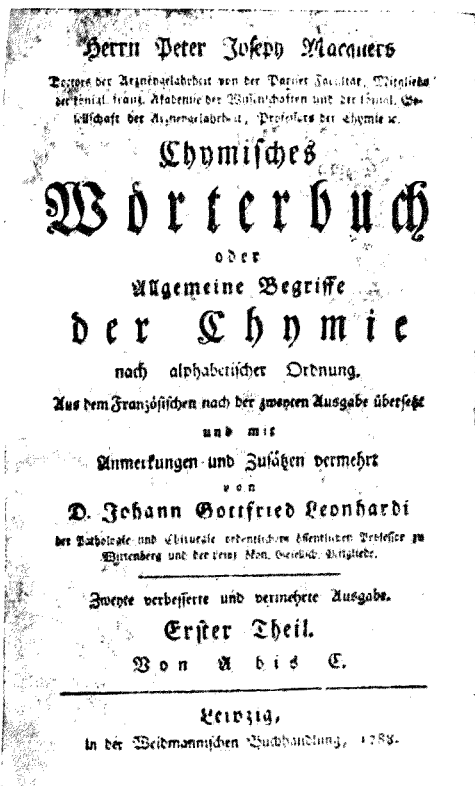
德國

馬柯拉夫 (Margraaf)

法國

馬柯魁爾 (P. J. Macquer)

包美 (Paimé)



圖九一 馬柯魁爾氏所著化學字典的封面

馬氏 (Pierre Joseph Macquer, 1718-1784) 爲法國最著名之燃燒素學者，一七六六年出版化學字典一部，極負盛名，惟上圖乃係德文本的封面。此外，在最初研究鉛的化學家中，馬氏亦其中之一。

古堂 (Guyton)

彪封 (Buffon)

得利爾 (Delisle)

拉瓦錫 (Lavoisier)



圖九二 包美氏像

(Antoine Baumé 1723-1804)

法國藥學家兼化學家，著有實驗與理論化學 (*Chimie Experimentale et Raisonnée*)，其中討論一七七三年所用之化學儀器、化學變力（親和力）、火、空氣、土、水、硫、石膏、白礬、黏土、硝石、火藥、硼砂、砷、玻璃、磁、以及普通酸類、鹼類、金屬和礦產，包美亦為最初研究鉍者之一人。

培雷狄爾 (Pelletier)

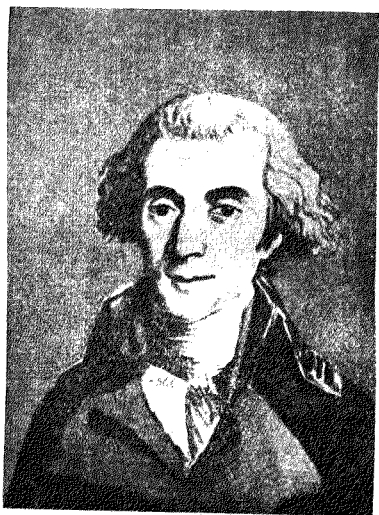
至於用鉑製造器什和物品的方法，大概在武拉斯吞 (Wollaston) 氏從事實驗之前，就不很難了 (3)。

武拉斯吞名威廉·海德 (William Hyde)，一七六六年八月六日生於英格蘭的諾福克喜累 (Norfolkshire)。其父為聖公會牧師，共生子女十五人，均活潑可愛。威廉有兄弟姊妹十四人，童年時代，同遊同居，故絕不寂寞。及長，威廉入劍橋大學習醫學，年二十七考得學位。畢業後曾於柏利

• 聖挨德蒙滋 (Bury St. Edmunds) 懸壺濟世；一八〇〇年退居倫敦，專門研究物理科學 (4)。

鉑質堅固，不易製為器什，故在發現後之一百年間，用途仍不甚廣。後武拉斯吞博士發現海綿狀鉑塊，經過強力壓榨，即生展性，而可以煨燒又錘薄。從此鉑遂用為製造儀器的材料，採用者極多。武拉斯吞氏由此所得進益甚豐，故自三十四歲起，即棄去醫業，而致志於純粹科學之探討。

柏齊力阿斯氏於一八一三年四月二十二日曾由瑞典斯德哥爾摩致倫敦馬塞特博士 (Dr. Marcet) 一函，其中有一段說：



圖九三 培雷狄爾氏像

(Bertrand Pelletier 1761-1797)

法國化學家及藥學家，曾研究多種金之砷酸物、磷酸物及磷化物，又研究磷、鉑的作用，此外又發明製造肥皂新法及精鍊製鐘用的金屬。培氏任比利時醫院視察官，其子約瑟(Joseph Pelletier, 1788-1842)和卡文頓·約瑟(Joseph Caventon)曾發現金雞納霜(quinine)、弱金雞納鹼(cinchonine)、番土龍鹼(strychnine)、和馬錢子鹼(brucine)。

「足下遇見武拉斯吞博士時，萬懇代為致候；並希便詢能否用一些富有展性的鉑，且其中仍含鈮與銻等天然成分者，製成一隻坩堝。我最近從開利(Cady)買得的坩堝，其材料比我從前所用者較純，因此故不耐別種物質之浸蝕。」(5)

大約隔兩星期之後，馬塞特氏回答柏齊力阿斯氏說：

「武拉斯吞博士對足下倡議採用含有雜質之鉑，以作製造儀器之材料，不表同意。他說若

於純鉑之中，屢以微量白銀，則所製成的器什，更爲耐用；足下不妨嘗試一下。』(6)

柏齊力阿斯氏曾依武拉斯吞氏所提出的合金製法，從事製造坩堝；此事可由一八二九年五月一日柏氏致弗勒 (Wöhler) 氏的信中見之：

「吾人正採用武拉斯吞博士所創製之柔軟鉑齊法，擬將舊日所備鉑坩堝，重新鑄造；其法甚易，且極簡單。余意武氏對於其他種種繁笨無用的方法，必啞然失笑。據我看來，即將此種坩堝底部，置塞夫斯唐木氏煨爐 (Sefström's forge) 上燒至紅熱，亦不至有氣泡發生。』(7)

銻與鈹

一八〇三年武拉斯吞博士由鉑鑛中分出兩種新金屬，均告成功。其製法，先將粗製之鉑塊溶解於王水中，然後蒸發多餘的酸，再徐徐逐滴加入氰化亞汞 (mercurous cyanide)，直至發生黃色沈澱時爲止。此種沈澱物如經洗滌及燒灼等等手續，卽有白色新金屬出現。

如用硫磺及硼砂屢入所得之黃色沈澱物中，加以大熱，則有另一種金屬顆粒發生——武拉

Cortex peruviana

5 lbs. Cort. Peruviana, erste Sort. - und Preparaten
 bezogen von Amsterdam, durch Mazer & Comp.
 - Landrecht College, Post. d. 16 Sept. 1816.

Cortex macht ein mörkgrünes
 Pulver, das gelblich grau beim Feuern, und
 mit *percolation*, grün mehr färbung;

- *Parlan. Arden*, feinste *percolation*;

- *gelbstofflösungen*, stark *nitriert* mit *filtration*, gibt ein
 gelbes *nitriertes* Pulver;

- *percolation*, feinste *percolation*;

Dr. *Seifström*.

Hochheim d. 22 Sept. 1816.

M. G. Seifström
 M. St. Omer 247

(原稿存 Edgar Fahs Smith Memorial Collection Univ. of Pennsylvania)

圖九四 塞夫斯唐木氏手稿一頁

案塞夫斯唐木(Seifström)氏手稿頗不易認識，這一頁的內容，大概可譯如次：『規那樹皮反應試驗——由荷蘭阿姆斯特丹 (Amsterdam) 的馬賽爾公司 (Mazer & Co.) 得來上等祕魯樹皮 (Cortex Peruvian) 五磅……一八一六年九月十六日。皮色深灰色。浸液澄清，略帶金雞納霜滋味；注入鐵溶液，則生深綠沈澱。加入酒石酸銨，則起浮光。加入五倍子浸液，則生與膠相似的白色沈澱甚多；……加入膠液，則生淡乳光。故知非上等。一八一六年九月二十二日醫學博士塞夫斯唐木簽於斯德哥爾摩。』

斯吞氏爲紀念當時新發現之 Pallas (天體上之武女星)，而名之曰 palladium (漢譯標準術名爲『鈹』)(6)。

關於最初發現鈹的經過，懷特(White)和夫利得曼(Friedmann)兩氏在一九三二年二月號的化學教育雜誌上曾述說一段滑稽的故事。據說在鈹纜製出不久，倫敦城內發現一種匿名的傳單，聲言有鈹出售。這時有一位愛爾蘭的青年化學家成內維克斯·理查(Richard Chenevix)氏，他認爲這種新金屬是騙人的，而欲證實牠是鉑和汞的合金，惟結果不詳(8)(21)。

武拉斯吞博士後來又把一部分粗製的鉑，溶於王水中，並加入氫氧化鈉溶液，以『中和』過剩的酸量。然後又加入硃砂(sal ammoniac)，使鉑沈澱爲鉑氯酸鉍(ammonium chloroplatinate)；更加入氰化亞汞使鈹沈澱爲氰化亞鈹。過濾後，加鹽酸於濾液中，使多餘的氰化亞汞起分解作用，然後加熱蒸發至乾。武拉斯吞氏這時用酒精(醇)洗滌蒸發後所得的殘餘物，發現任何物質盡行溶解，只留一種暗紅色的粉末沈在器底，狀極美麗——後來他證明這是一種複鹽，由另外一種新金屬和鈉所成的氯化物(3)。因爲這種新金屬的鹽類帶着玫瑰的豔紅色，所以武拉斯吞博



圖九五 彪封氏像

(Georges Louis Leclerc, Comte de Buffon, 1707-1788)

法國博物家，以文章風格美麗著名，為植物園 (Jardin des Plantes) 之創始人，著自然史四十四本，記述和討論博物問題。在最初研究鉑之學者，彪氏亦其中之一。

士叫牠做 rhodium (漢譯術語爲銻)——(素封案希臘文中稱玫瑰花曰 rhodon)。武拉斯吞氏又繼續進行分析金屬銻的工作，結果他發現在氫氣流中使氯化鈉銻 (sodium rhodium chloride) 的複鹽加熱，極易還原。隨後先將氯化鈉用水洗去，金屬銻便成爲一種粉末狀的物質留下來了。

據一位著名化學史家托姆松 (Thomas Thomson) 氏的記述，他說：武拉斯吞博士是一位眼光敏銳、手爪靈活的學者。他能用金剛石在玻璃上刻出娟秀微小的文字，別人必須拿起放大鏡纔能看出 (4)。

柏齊力阿斯和武拉斯吞的交誼很篤；並且由柏氏在倫敦寫給柏托雷 (Claude L. Berthollet) 的信上可以看出他很敬佩武氏的人格和能力。這封信是在一八一二年十月間寫的。茲錄其中一段如次：

「我在這裏得到許多從所未聞的化學新知識，使我不僅感到濃厚的趣味，還獲得學問上的益處。其中我認爲有無上價值的幸運，就是我結識了兩位化學界的偉人：可敬可愛的武拉斯

吞和聰明活潑的得維 (Humphry Davy)。我敢斷言說，在目下一切青年化學家之中，沒有一個人能比武拉斯吞博士的智力更高、學識更富、工作更精、計謀更多的；並且他還有溫良的態度和實摯的心懷。我和他談話一小時之後，油然地感到「同君一夜話，勝讀十年書」的情境……他那種儉約、仁愛和真誠的大風度，時常從他的理性中流露出來。」(5)

在柏齊力阿斯氏旅行英國所作的日記裏，我們發現有一段描寫武拉斯吞博士的話，可作武氏的寫照。柏氏說：

「現任英國皇家學會秘書武拉斯吞博士，因其對化學及物理上有多數新發現，得以稱名當代，聲譽儒林。武氏年逾不惑，態度從容慈藹，言詞明達簡潔，姿勢 (gesture) 輕微多趣，處處令人望之敬愛。並且他還有大公無私的精神，和中庸和平的論調。他的這些美德，遂使當時產生一句公用的口頭語，說是「凡同武拉斯吞博士爭辯的人，見地都是錯的。」(30)

馬塞特博士 (Dr. Marcet) 在一八一四年五月二十四日寫給柏齊力阿斯氏一封信，其中敘述武拉斯吞博士待遇友朋的真情，十分生動，茲節錄於次：

「我親愛的朋友，你會相信嗎，當你在四月十二日寫給我的那封又有趣又真摯的信，還在寄往倫敦的途上的時候，我已竟陪着武拉斯吞博士離開倫敦，來到巴黎享受華麗快樂的生活了。在四月底的一個春光朗麗的早晨，武拉斯吞忽然來到我的房裏向我說：「我有一件新奇的消息告訴你！」我隨口問道：「什麼？難道拿破倫回到巴黎了麼？」他接說出「這樁事比拿破倫回到巴黎還新奇……我……預定明早動身到巴黎，也請你加入我們的團體。」

「我聽過之後，伸出

手揉一揉我的眼睛，以為正在做夢；但最後證明這並非是一場空夢。因為武拉斯吞所說的話，恍若聖經裏的福音（Gospel）一般（記得塞布賴特·約



圖九六 武拉斯吞氏像

(William Hyde Wollaston
1766-1828)

英國理化學家，為銻和鉍兩種元素的發現人，並發明一種新法，可使鉛展成薄片。武氏興趣極廣，於學問無所不窺；所發表的論文，除理化外，尚有論糖尿病和靈芝草方面的工作。

翰爵士(Sir John Sebright)曾爲武氏起一個綽號叫「教皇」我立刻告訴我的內人，說命運要我們到巴黎玩耍半月，我便給每個病人一劑藥，就出發了……」(10)

托皮·愛德華爵士(Sir Edward Thorpe)在他所著一部化學史上，對於武拉斯吞博士的敘述，與前面天地懸殊。他說：

「他的性情和習慣是同加萬粒粟(Cavendish)氏差不多的。至於武拉斯吞科學知識的精確和寬泛，處世的嚴肅，態度的冷酷和緘默，凡此種種，也都同加萬粒粟氏仿佛。」(11)

還有一次馬塞特博士(Dr. Marcet)批評武拉斯吞氏說：「出類拔萃的武拉斯吞在最近喪了父親，他得了一大筆遺產；我以為這一筆產業或不至害了我的朋友吧。」(12)後來在一八一六年正月二十三日，他又回覆柏齊力阿斯所提出的問題，答曰：

「如果你想用皇太子的名義送給武拉斯吞一件禮物，我認爲以貴國瑞典所製造的精美鋼獵槍爲最好。這位親愛的博士——人家稱他做「教皇」——很愛打獵，射擊的技術可說很成功。他所能做的事情，沒有一件拙劣的。」(10)

- 武拉斯吞博士是一位興趣廣博的學者，這一點可舉他的著作目錄為證。他的論文，計包括 1. 撞擊力 (force of percussion), 2. 仙環 (fairy-ring) (註 1), 3. 痛風 (gout), 4. 糖尿病, 5. 暈船病, 6. 金屬鈦 (metallic titanium), 7. 鈾和釷的特殊性質, 8. 反射角度計 (reflection goniometer), 9. 測微計 (micrometers), 10. 氣壓計, 11. 化學當量表, 12. 大氣的一定限度。

(註 1) 案封案「仙環」乃商務綜合英漢大辭典所譯名詞，謂「庭野中蕙草或某種菌類繁生所成之圈，相傳往昔由小仙人之舞蹈而生。」後以此句解釋詢之商務編審部農學家黃紹緒先生，其覆書解說甚詳，茲轉錄如次：

「素封宗兄：

手函敬悉。Fairy ring 為實有之植物，其學名為 *Agaricus campestris*，乃 Mushroom 之一種；我國舊籍稱之為「芝」，神話中所謂「靈芝」是也。此種菌類，每由中心一二株，向周圍繁殖，自為圓形或近圓形。鄙見如此，未知當否……揣復，並候

刻安！

弟紹緒上。二十五年三月四日。」

一八二八年十二月二十二日武拉斯吞博士逝於倫敦，享壽六十有二（13）。

鐵 (osmium) 和銥 (iridium) 兩種元素的發現者名叫台耐特·斯密斯松 (Smithson Tennant)，他的父親也同武拉斯吞的父親一樣，都是傳教的牧師。台耐特於一七六一年十一月三十日生於英國約克郡 (Yorkshire) 的溫斯萊代爾鎮，此處距利赤蒙德城 (Richmond) 甚近。台耐特年方九歲，不幸失怙；數年之後，當他同母親一齊騎馬出外的時候，他的母親忽然從馬身上跌下，登時受傷死去，可謂慘矣。一個在青年時代就失去父母的孩子，所受的教育當然很難完整；只因他自幼即愛讀化學書，又好做各種簡單的實驗，遂種下後日成爲大化學家的苗子。據說，當他九歲的時候，就會親手做爆竹用的火藥 (14)。

一七八一年台耐特入愛丁堡大學，在著名理化學大家卜拉克博士 (Dr. Black) 指導之下，從事研究工作，這時年方二十歲。翌年入劍橋大學的基督學院 (Christ's College)，攻讀化學、植物學、數學及牛頓原理 (Newton's Principia) 等科。當他住在學校裏的時候，他的書籍、報紙、實驗儀器等等，隨便堆在地板上，十分凌亂——他這種怠惰而無秩序的習慣，對他終生的科學事業上發生絕大的障礙 (15)。

台耐特年二十三歲，即遍遊歐洲大陸的丹麥和瑞典等處，途中曾拜訪當代化學大師徐萊（Schæele）氏。相見之後，徐萊贈予台耐特各種歐洲大陸特產的鑽石，以作紀念。迨至台氏晚年，每當賓客晤談，輒將徐氏昔年所贈鑽石舉示座中來賓，且自引爲無上光榮。荷蘭和法國也到處有台耐特氏的足跡，在這裏他也拜晤了許多第一流的化學大家。據柏齊力阿斯的記載，他說台耐特到了歐洲之後，衣袋裏無時不帶着一張破舊不堪的瑞典地圖，看起來好像用了很多年似的。他說的法國話『很流利清楚』（30）。台氏曾於一七九六年獲劍橋大學醫學博士學位，但終生未嘗執行業務。

在他取得博士學位的那年，他曾由一個聰明巧妙的實驗，證明金剛石純由碳素形成。實驗時，是把已知重量的一塊金剛石，放進黃金做成的管子裏，再加入硝石（saltpeter）少許，然後用高熱灼燒。管裏所成的二氧化碳氣，遂與硝石中的鉀化合，然後放出；到後來金剛石完全合成氣體，因此證明了牠的性質的底蘊。這種用價值昂貴的金剛石來做的重要實驗，一般化學家對之，必定會小心謹慎，靜觀最後的現象，但台耐特卻依然接着每日規定的運動時間，屆時騎馬出遊，讓他的助手

去等待最後的結果。因為這位助手就是武拉斯吞，所以結果很好（14）、（16）。

一八〇三年台耐特將粗製的鉑溶於稀王水中，發現有金屬光澤的黑色粉末留在器底。前人也曾觀察到這種東西，不過認為牠是石墨，遂不加深究。台耐特卻將這些黑色渣滓製成鉛的合金，仔細推敲之後，證明牠是一種新金屬（17）。這年的秋季，富古令（Vauquelin）氏有一位又是門生又是朋友的化學家，名叫科勒·得士哥特爾斯（Collet-Descotils）；這人從台耐特所取得的黑色粉末中，發現一種金屬——在實驗時如加入含氮的鉑鹽溶液（ammoniacal platinum solution），則有紅色沈澱物生出（18）。後來富古令氏用鹼液處理這種黑色粉末，製得一種容易揮發的氧化物——富氏以為這種氧化物中所含的金屬，是同科勒·得士哥特爾斯所獲得者一樣（19）。

台耐特繼續研究這個問題，所得的結果於一八〇四年春報告於皇家學院（Royal Academy）。他說這種粉末裏含有兩種新金屬，可用酸和鹼的交互作用來分開。其中有一種的鹽類，顏色彼此不同，台氏定名曰 iridium（素封案 iridium 或由希臘文 iris 一字而來，原意為天使或

虹霓，) (漢文術語爲鈹)。另一種因其帶有臭味，台氏命名爲 osmium (素封案 osmium 由希臘文 osme 一字變來，其原意爲臭味，) (漢譯學名曰鉞) (20)。

關於發現這兩種元素的經過，發現人自己敘述得特詳，茲轉錄如次：

「去夏當我從事分析鉍鹽溶液中所遺下的黑色粉末時，我認爲這些物質並不是一般人所揣想的石墨 (plumbago)，乃是幾種世間沒有認識的金屬成分。我打算在冬季再把實驗仔細重做一遍，將結果報告給班克斯爵士 (Sir Joseph Banks)；同時，我還打算着，若是實驗做得不很差池，更呈送皇家學會請求公開發表。

「後來在法國有兩篇研究報告發表，一篇是得士哥特爾斯先生 (M. Descotils) 做的，另一篇的作者是富古令和孚克拉 (M. Fourcroy) 兩位先生。得氏論文的要點，在指出這種物質對於鉍溶液所起的作用。他說明當鉍與「硝—鹽酸」(nitro-muriatic acid) (註1) 起作用時，常有一小部的黑色粉末也隨着發生作用。作用後的沈澱物呈深紅色，還有其他與鉍鹽不同的性質，得氏便由此種觀察推定黑色粉末中含有一種新金屬存在。富古令先生則致力於分析

工作，採用直接方法以取得新金屬——所得結果與得氏的發現相同。不過這兩位化學家，都不會注意其中尚含有另外一種新金屬存在，而世人所不知者……」

(註一)素封案即王水。

得士哥特爾斯和富古令二氏所發現的金屬，台耐特氏定曰銻 (iridium)，前已言之；他自己所發現的一種新金屬命名為銱 (osmium)，發表於一八〇五年一月號尼古生雜誌 (Nicholson's Journal) (20)。

在發現銱、銻和銲四種新金屬的全部研究工作中，自始至終都和武拉斯吞及台耐特二人有關；並且這兩人彼此互相磋商，以誠相待，成為學術上的至友。當工作的餘暇，他們也曾一同到巨人關 (Giant's Causeway) 旅行過。

台耐特·斯密斯松 (Smithson Tennant) 稟性寬和，肝膽照人。有一次一位替他管理產業的帳房 (steward)，因為行為失檢，弄得虧空不堪，等到台耐特迫而要親自審查帳目的時候，這人就自殺了。此後，台耐特不僅不向他的家人索還舊欠，還盡量對他們給以經濟的幫助，卻是人所難

能(14)。

台耐特亦如武拉斯吞，不僅同瑞典化學大師柏齊力阿斯有誠摯的友誼，並且還很敬重他。一八一二年的夏季，柏氏曾來英國訪問台氏一次。相見之後，台氏陪柏氏乘馬出遊，參觀台氏所做的肥料試驗。這片試驗場計一百英畝(acre)，其中種植燕麥。田中撒以石灰，作為肥料；惟石灰量則自一端向他端逐漸減少，以至於無(31)。台氏指示柏氏，觀察在石灰量較多的一端，則麥苗盛旺，而且高；在對邊無石灰的一端，麥苗不僅瘦小，且帶病態。然後又引導柏氏參觀其所設計的石灰窰(30)。

英國化學大家台耐特氏善於騎馬，柏齊力阿斯或難免妒忌他。後來在柏氏獲得瑞典王所頒『北極星十字大勳章』(Cross of the Order of the Northern Star)時，曾寫信給馬塞特博士(Dr. Marcet)說：『我在這裏要成爲一個騎士了，台耐特會把我騎馬的姿勢報告你的。』(Me voilà donc une espèce de chevalier, moi, dont Tennant peut vous apprendre comment je monte à cheval.) (24)

一八一三年五月間馬塞特博士寫給柏齊力阿斯氏一封信其中說過「我們的朋友台耐特先生，他最近同一位交遊廣泛的候補員，經過長期的競爭以後，纔被選為劍橋大學的化學教授。他的任務是每年演講二十次，這件事在他並不很難吧。」（22）柏齊力阿斯氏隨手回答他「請足下代我恭賀台耐特氏榮任新職位；並且請你告訴他，說我們希望他著成一本牛頓的傳記——其內容要比我們已竟讀過的更確實。」（23）

可惜台耐特的命運只允許他在劍橋大學演講一次，便死於非命而與世長逝了。他的死是當日科學界一大損失。他死時的悲慘，可從一八一五年三月二十九日馬塞特博士致柏齊力阿斯氏的信中看出。他說：

「你一定聽見了台耐特死時的悲慘。我每當要提筆報告你這段悲慘的故事時，不禁悲從中來，弄得欲書不能，以致遲延至今。他在法國住了半年，回來的時候，帶來許多在異鄉對於地質、化學以及政治經濟等等，特殊觀察的結果。據說，他還從海水中發現碘質，認海水為碘的本源。起初，他每星期都有信息帶來，大約一個多月之後，便消息杳然。他途上走得很慢，因為他對於途中

的新事物太過注意。最後他走到卡雷 (Calais) 更由此至部隆 (Boulogne) 大約在這兩處地方當中逗留了半月，就趁着順風，乘船出發了。啓程之後，因為風勢變小，船身不能前行，迫而退回海口。我們的朋友這時便騎馬出遊，以破除失望中的寂寞；同時他還邀了一位同船的普魯士的官員，約定去遊覽離部隆 數哩之外的拿破倫紀念碑 (column)。

「途中他們必須經過一條吊橋。普魯士的官長騎馬在前，當他走在橋上的時候，忽然看見橋身離開中心而向外移動，立刻要倒到溝裏；便回頭大聲喊着對台耐特說「千萬不可再走了！」說時遲，那時快，他衝上了橋身，想使橋身重新平衡，無如時間已趕不及了；他覺着有另外一種力量壓着橋身，使得牠傾斜了……他自己就從馬身上跌下，墜入一條十二呎至十五呎深的河溝裏。等他心神略定，擡頭向四周一看，發現可憐的台耐特正躺在溝的壁邊，一匹馬整整地壓在他的身上。他急忙把馬推開，拖出我們的朋友，啊，他已竟死了……有誰能料想到我們的朋友，爲了要參觀他生平最怕的「戰爭品」，而竟斷送了性命呢！我也不必多說，想來你已經明白，台耐特之死是整個科學界的損失。他是一位出類拔萃的人物，世間不會多見的學者。他生平很愛你，

我想你對他的慘死一定萬分悲傷的。』(24)

台耐特氏逝世之後，英國哲學家年報上描寫他說：『台氏面貌，聰明多情……真理的觀念，銳利而自然……心地坦白，情感渾厚，對於促進人類幸福之事業，尤其熱忱。』(15)平素愛讀弗爾基爾 (Virgil)、密爾頓 (Milton)、巴斯卡爾 (Pascal)、格累 (Gray)、罕得爾 (Handel) 及拉腓爾 (Raphael) 等氏的藝術作品。台氏舉止言動，均極談諧滑稽，每講述一故事，言外趣味橫生，聽者爲之捧腹，而台氏面色不稍動；至其口齒的伶俐，言詞的簡明，罕有敵比 (15)。

鈦

鈦 (ruthenium) 在鉑族元素中是一個最小的兒子。大概當鉑元素發現後一百多年，牠纔初現眉目。牠的哥哥鈹、銲和銩四位，都比牠大約三四十歲；現在我們特先介紹牠的生平履歷，免得牠隔離牠的哥哥們太遠，以致讀者無從窺見牠們整個的系統。

瑞典的化學大師柏齊力阿斯氏與俄國多爾巴特大學 (Univ. of Dorpat) 化學教授歐散

(G. W. Osann) 氏在一八二八年共同考察烏拉爾山 (Ural) 鉑礦的成分。他們先從鉑礦中取得粗製金屬鉑，再用王水溶解，而研究溶後的殘餘物。柏氏於其中僅取得鈹、鐵、鎳和鈦四種金屬，其性質與以前武拉斯吞和台耐特二人由美洲鉑礦裏所提得者無異，且此外無別種東西存在。歐散教授則不同，他想到自己曾經發現三種新金屬，且定名為 *pluranium*, *ruthenium* 和 *polinium* (25)、(36) 及至一八四四年，俄國化學家克勞斯教授 (Prof. Klaus) 證明歐散氏所發現的氧化鈳並非純體，含有雜質極多，惟其中確亦含有微量之新金屬 (26)、(33)。

克勞斯 (Klaus) 氏名



圖九七 克勞斯氏像

(Karl Karlovich Klaus 1796-1864)

俄國化學家，生物學家，藥物學家；平生對窩爾加河 (Volga) 流域的動植物研究很勤。化學方面，除發現元素鈳之外，對鉑族各金屬均有研究。

卡爾·卡爾羅維赤 (Karl Karlovich) 其在孩提時代和童年時代的環境惡劣嚴酷；一七九六年正月十一日生於德俄共管的多爾巴特城 (Dorpat) 中，城在埃斯索尼阿 (Esthonia)，現名塔丟 (Tartu)。父爲畫師，歿於一八〇〇年；卡爾晚年常懸亡父作品於圖書室中，以爲紀念。卡爾的母親在他的父親逝世不久，即與另外一位畫家結婚，不幸卡爾年方五歲，他的母親就死了。他的繼父不久又續娶一個妻子，卡爾跟着他們生活，不僅感不到慈愛的撫育，甚至也沒有人看護他 (36)。

克勞斯·卡爾年稍長，即表現對於圖畫和雕刻的天才；並因愛好文藝、詩歌和戲曲的關係，使他忘記了所處家庭環境的嚴酷。再長入多爾巴特的中等學校 (grade school) 及高等學校 (gymnasium)，雖是功課成績均列最優等，也沒得在高等學校畢業的機會。不過因爲他常受教師們的獎勵和鼓舞，使他繼續努力不已，所以他在幼年時代，即表現出多種重要的性格，如堅忍、樂觀以及百折不回的毅力——立下他日後成功的基礎。雖然在青年時代，他很少享受過快樂的生活，可是他到成人以後，卻不曾報怨兒時所感受的苦痛。

後來，他年方十四歲，爲了生計所迫，就在俄京聖彼得堡城 (St. Petersburg) 進入一家藥鋪

做「徒弟」。工作空暇的時候，即自修化學、藥物學以及其他相關的學科。因為他在自修時很努力，所以進步很迅速，以後不久，先報考「藥技師助理員」的試驗，獲得及格證書，以後又經考試而昇為藥物供給人 (Provisor) (36)。

克勞斯於一八一五年返至多爾巴特，加入多爾巴特大學藥學科考試，待試驗及格後又趕回聖彼得堡的藥房。他由學習自然科學而引起研究自然界的欲望；以後自一八一七年赴沙拉杜夫 (Saratu) 充任藥房買辦員時起，即利用工餘之暇，研究俄國東部窩爾加草原 (Volga steppes) 的植物和動物。克氏在此研究十年的心得，均發表於俄國各學術雜誌。

自克勞斯氏於一八二一年結婚之後，即希望獨立經營藥房，五年後曾在卡桑 (Kazan) 開張，不久即成爲全城中最有名望的一家。因爲營業的進益很厚，便繼續作該處動植物之探討。此後，克氏握俄國東部動植物學界的權威，名噪一時，凡來考察此處草原的科學團體，沒有不先向他請教的。並且由於他待人的誠懇和謙虛，使他結識了許多著名的科學大家。至於他自己在一八二七年的考察烏拉爾河和窩爾加河間的結果，使他刊行一部窩爾加河流域植物誌 (Volga Flora) 的巨

一八三一年當他接到多爾巴特大學聘他擔任化學科助教授的時候，便立刻廉價招頂自家的藥房，長途跋涉，趕至埃斯索尼阿 (Esthonia) 接任，以便專心從事科學的研究。當他完成化學碩士學位的工作時，即與古拜爾 (Göbel) 和柏格曼 (A. Bergmann) 結伴考察外窩爾加 (Trans-Volga) 一帶鹽地的情形。所得結果，著成報告兩巨冊，於一八三七年及一八三八年，在多爾巴特刊行問世。因為科學界重視他的著作，隨後曾獲得丹米多夫獎金 (Demidoff Prize)。

後來克勞斯想回到卡桑，特上書教育部祕書處請求一個大學教授的職位。祕書處認為他有教授的資格，不過要他先在聖彼得堡外科醫學院作一次「試講」(註一)之後，纔能決定(36)。

(註一)「試講」一名詞由 trial lecture 譯成；因師範學校向有「試教」的名稱，今仿此，素封自註。

克勞斯就任大學化學助教授之後，曾將原有的化學博覽院 (chemical museum) 舊址改爲新式的化學實驗室，熱心規劃，不遺餘力。後來，又從新建的校舍中撥出空房六大間，仿歧孫 (Giessen) 地方利比喜氏實驗室的佈置，均裝新式設備。另闢演講廳一間，以作講演 (demon-

stration)之用。再後，又由當局撥款一萬盧布（約合五千美金），添購玻璃器、試藥和儀器。

克勞斯於一八三八年同他的學生卡巴來羅夫（Kabalero夫）共同分析塞爾基維斯克鑛泉（Sergievsky Mineral Spring）的水，將結果著成藥學博士論文。及他獲得博士學位後，立即升為特別講師，六年後再升為普通教授。

一八四〇年，克勞斯氏對於鉑在王水中溶得的殘餘物，感有深長的興趣。我想讀者一定還記得多爾巴特大學歐散（G. W. Osann）教授在前面的報告，他說鉑的殘渣中含有新金屬三種，但為瑞典柏齊力阿斯氏所否認。克勞斯氏有意解決這個懸案，因而將歐散教授的工作，重新仔細實驗一番。他由聖彼得堡名叫索卜來維斯克（P. G. Sobolevsky）的鍊鉑匠的手中，購得鉑渣兩磅，當他分析過後，不僅從其中提出微量的鈹、銻、鐵、鉍等元素，並且取得百分之十的鉑，使他喜出望外。在他自己所做的報告上，他說：

『在聖彼得堡國家造幣局的實驗室裏，堆着大量的鉑渣，無人用過。我發現這些鉑渣中，尚含有極貴重的成分，所以就把自己分析的結果，立刻呈報政府鑛務大員，請他們知道利用；並在

一八四二年親赴首都……」（36）

克勞斯博士到了聖彼得堡，即拜謁最初在俄國創用鉑幣的財政大臣康克英伯爵（Count Egar F. Kankrin）。晤談之後，伯爵對克勞斯的考察報告，無任欽佩。同時，政府鑛務工程師主任契夫金（Chevkin）氏送給他二十磅的鉑渣，作為禮物。

克勞斯教授將契夫金氏所贈送的鉑渣分析之後，發現其中並無大量的鉑質存在，請讀下面他自己的報告：

「這次的鉑渣，比較第一次的為劣，所以不能應用我的方法，從中取得有利的鉑。但若只就科學的觀點而論，卻是值得研究的。自從兩年前我初次承認牠的價值起，即繼續辛勤分析，不辭勞苦，持以恆心，不避有礙健康的實驗；至今敢以奉獻於科學界上，約有下列六端：

第一、上等鉑渣（含鉑較富的）分析後的結果；

第二、分離鉑族各種金屬的方法；

第三、從下等鉑渣（含鉑較少的）中提取金屬的方法；

第四、新金屬鈳的發現；

第五、分析下等鉑渣的結果，及分離鉑鏽和鉑渣的最簡方法；

第六、鉑族中各種已知金屬的新性質及新化合物。

以上所述各節，對於我國所產貴重金屬的化學史料，皆有貢獻也。』（36）

克勞斯氏由一種天然的『鐵鈳齊鏽』（osmiridium）（註一）中獲得新金屬一種，乃是在王水中不會溶解的一部分粗鉑。克氏將鐵鈳齊鏽、灰鹼（potash）和硝酸鉀混合一起，盛以銀製坩堝，外面再套上一隻德國埃斯（Hesse）地方製的大坩堝，而放在一層苦土（magnesia 即氧化鎂）之上（27）。然後加熱燒紅，約經一小時半，即傾入一隻鐵器中。再由大量的水中，取出已熔化的物質，裝滿瓶中，置黑暗地方再經四日夜。

（註一）素封案 osmiridium 亦名 iridosmine，乃鐵和鈳的天然合金，其中含有微量的鈳、銻、鐵、銅和鉑等質。顏色同鋼相似，有金屬光澤；置王水中，即被侵蝕。

由上所得之橙黃色溶液，其中除含有鈳酸鉀（Pot. ruthenate）之外，尚有其他雜質；及加入

硝酸之後，即有狀似天鵝絨的黑色二氧化鐵沈澱發生——其量約當氧化鈦的百分之十五至百分之二十。克勞斯博士將黑色沈澱物與王水一同蒸餾，曾得四氧化鐵的黃色結晶（素封案此物亦稱無水鐵酸（anhydride osmic acid））。在蒸餾後所餘的殘渣中，其主要成分為三氯化鈦（ruthenium sesquichloride）及四氯化鈦。克氏再加入氯化銨其中，遂製得氣鈦酸銨（ NH_4 ） RuCl_6 （ammonium chlororuthenate）。若將此種施以燬燒手續，即製出海綿狀的鈦質（27）（38）。

克勞斯氏這篇報告，名為烏拉爾鉑礦的殘渣及金屬鈦之化學研究（*Chemical Investigation of the Residues of Ural Platinum Ore and of the Metal Ruthenium*），載於一八四四年卡桑大學科學年報（*Scientific Annals of Kazan University*）上，佔有一百八十八頁之多。翌年又印成單行本刊行。克氏把這種新金屬發現之後，一方面受了愛國心的驅使，一方面又想紀念前人研究這種礦物的功績，仍命名曰 ruthenium——意即俄羅斯（Russia）（現漢譯術名為鈦）。以前歐散教授認為是氧化鈦的白色物質，現在纔知道其中含有矽酸、鈦酸、過氧化鐵及氧化鋯（zirconium）。

歐散教授所以找不出這種新金屬，是因為他只知用鹽酸去處理不溶解的殘渣，而不曾檢查所得的溶液（37）。

克勞斯氏由鉑渣中取得新金屬釘之後，即將成品少許寄呈瑞典化學大師柏齊力阿斯請求指教，但這位大師依然不肯輕信。柏氏於一八四五年一月二十一日致弗勒（Wöhler）氏一函，其中曾述及釘，茲錄如下：

「克勞斯氏用鉑鑛渣所做的實驗，及其所取得的新金屬釘，想都在德國的科學雜誌上早已發表了。他曾將論文的原稿寄我看過。你看他也曾用亞氯酸製取出無色的銨鹽。今年因為天氣冷得過早，十一月間已竟斷絕了耶斯答（Ystad）和斯拉爾松德（Stralsund）（註1）間的交通，因此三個月不曾接讀德國的雜誌了。」（28）

（註1）案耶斯答為瑞典極南端的小港口，斯拉爾松德為德國北部一小埠，中間隔波羅的海，入冬則結冰，素封註。

克勞斯氏發表前次論文之後，仍繼續研究釘之化合物，並將每次所製得之標本，連同詳細說明書，逐一寄至瑞典首都斯德哥爾摩。後來因為證據確鑿，柏齊力阿斯方始承認為新元素之一；曾

於一八四五年著文刊於化學年報 (*Jahresbericht*) (36) (37)。

一八四六年三月九日柏齊力阿斯先生在寫給弗勒氏的信上，又曾提及克勞斯氏的論文。他說：

「克勞斯氏由卡桑寄來一篇關於鈎的論文撮要 (*Nachrichte*)，我打算明天拿到科學院裏宣讀，你以後可以在報告 (*Ofversigten*) 上看到。我怪他不曾把較長的原稿刊佈出來。以前在一八四四年十一月間我曾存着一本；但他一定沒有要我替他印行的意思。至少可以說他不曾向我提過這件事……。」

最後柏齊力阿斯氏向克勞斯氏建議，要他把自己的論文寄給德國的弗勒氏，請他登在化學年報 (*Annalen der Chemie*) 上。現在我們可以從這個雜誌的第六十三卷上找出來 (29) (39)。

俄國卡桑大學在一八五四年舉行開辦五十週年紀念典禮時，曾將克勞斯博士研究鉑族元素的論文彙爲一冊，分贈世界，以示敬意。此後克氏仍在卡大擔任無機化學、有機化學及分析化學教授；在無機化學課程上，由布特來羅夫 (*Alexander Michaylovich Butlerov*) 氏任助教，在有

機化學課程上，則有齊英·尼科來挨維須 (Nikolai Nikolayevich Zinin) 氏任助教。

克勞斯氏於一八五二年被多爾巴特大學聘為藥物學講座，並兼任藥學院 (Pharmaceutic Institute) 院長——這座藥學院乃俄國當日唯一的藥學學府。他接得正式聘書之後，即辭退卡桑大學的教職，便告別了長期愛戀的窩爾加河流域草原，趕回埃斯索尼亞去了。至於他在卡大所任的職務，後來全由布特來羅夫氏擔負了。

克勞斯氏到了多大，仍然繼續研究鉑族金屬及其合金。當他專門探討這個問題經過二十年的長期之後，他很想把自己及其他各專家的心得，寫成一本鉑族全



圖九八 得布勒氏像

(J. Henri Debray, 1827-1888)

法國化學家，曾與得維爾 (Henri Sainte-Claire Deville) 氏共同在高等師範學校 (École Normale Supérieure) 研究氣體分離 (gaseous dissociation)。在元素方面，得布勒氏曾研究鉍、鎢及鉑族各金屬。

書。一八六三年俄政府派他出國考察西歐各大實驗室及鍊鉑廠，並赴各處學術中心的圖書館，搜集關於鉑族元素的史料。克氏是當時俄國科學界的權威，自然到處受人歡迎。到了柏林，他曾遇見羅斯·亨利克 (Heinrich Rose)、羅斯·加斯塔夫 (Gustav Rose)、馬格耐斯 (Magnus) 及波根多夫 (Poggendorf) 諸人，在巴黎則從事研究得維爾 (Henri Sainte Claire Deville) 和得布勒 (H. Debray) 兩人所創製的電爐 (36)。

一八六四年正月克氏遊罷歸來，搜得大宗材料，擬即着手著述；不意突患重症，遽爾不起，延至三月十二日逝世，全校師生，惋惜不置。從此不僅多大失一哲人，而其所從事著作的鉑族金屬全書，亦永無問世之一日，嗚呼痛哉。克氏死前曾在聖彼得堡藥學會公開演講一次，極力主張設置免費學額，以資助有志寒士，此乃克氏一生最後的言論，其嘉惠後輩的善意，尤足使後人追慕 (36)。

參考材料

- (1) Priestley, "Experiments and Observations on Different Kinds of Air," J. Johnson, London, 1774, p. xvii.
- (2) Dixon, "Biographical Account of William Brownrigg, M. D.," *Annals of Phil.*, 10, 321-38.

401-17 (Nov., Dec., 1817).

- (3) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie., Paris, 1891, pp. 402-5.
- (4) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, pp. 246-50.
- (5) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," Vol. 1, part 3, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 40-42.
- (6) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 47.
- (7) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," Vol. 1, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901, p. 253.
- (8) "Reward of Twenty Pounds for the Artificial Production of Palladium," *Nicholsen's J.*, 7, 75 (Jan., 1804); Chenevix, "Enquiry concerning the Nature of a Metallic Substance lately sold in London as a new Metal, under the title of Palladium," *Nicholsen's J.*, 7, 85-101 (Feb., 1804); 176-82 (Mar., 1804); Letter from Wollaston to Nicholson concerning Pd, *Nicholsen's J.*, 10, 204-5 (Mar., 1805); Thomson, "History of Chemistry," ref. (4), Vol. 2, p. 217.
- (9) Wollaston, "On a New Metal Found in Crude Platina," *Nicholsen's J.*, 10, 34-42 (Jan., 1805).
- (10) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (5), Vol. 1, part 3, p. 98.
- (11) Thorpe, "History of Chemistry," Vol. 1, G. P. Putnam's Sons, London, 1909-1910, p. 114.
- (12) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (5), Vol. 1, part 3, pp. 128-9.
- (13) Poggenorff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Wollaston and Claus.

- (14) Thomson, "History of Chemistry," ref. (4), Vol. 2, pp. 232-40.
- (15) "Some Account of the late Smithson Tennant, Esq.," *Annals of Phil.*, 6, 1-11 (July, 1815); 81-100 (Aug., 1815).
- (16) S. Tennant, "On the Nature of the Diamond," *Nicholsen's J.*, 1, 177-9 (July, 1797).
- (17) "Discovery of two new Metals in crude Platina by Smithson Tennant, Esq., F. R. S.," *Nicholsen's J.*, 8, 220-1 (July, 1804).
- (18) Collet Descotils, "On the Cause of the different Colours of the Triple Salts of Platina, and on the Existence of a new Metallic Substance in the Metal," *Nicholsen's J.*, 8, 118-26 (June, 1804.)
- (19) Vauquelin, "Mémoire sur l'iridium et l'osmium, métaux qui se trouvent dans le résidu insoluble de la mine de platine, traité par l'acide nitromuriatique," *Ann. chim. Phys.* (1), 89, 150-81 (Feb., 1814); 225-50 (Mar., 1814).
- (20) Tennant, "On two Metals, found in the black Powder remaining after the Solution of Platina," *Nicholsen's J.*, 10, 24-30 (Jan., 1805).
- (21) A. M. White and Friedman, "On the Discovery of Palladium," *J. Chem. Educ.*, 9, 236-45 (Feb., 1932).
- (22) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (5), Vol. 1, part 3, p. 46.
- (23) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 61.
- (24) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, pp. 117-9.

- (25) "New Metals in the Uralian Platina," *Phil. Mag.*, **2**, 391 (Nov., 1827).
- (26) J. C. Brown, "History of Chemistry," P. Blakiston's Son, Philadelphia, 1913, p. 523.
- (27) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (3), Vol. 2, pp. 406-7.
- (28) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," ref. (7), Vol. 2, p. 520.
- (29) *Ibid.*, Vol. 2, p. 580.
- (30) "Aus Berzelius's Tagebuch während seines Aufenthaltes in London im Sommer 1812," translated into German by Emilie Wöhler-Göttingen, *Z. angew. Chem.*, **18**, 1946-8 (Dec., 1905) and **19**, 187-90 (Feb., 1906).
- (31) Tennant, "On the different Sorts of Lime used in Agriculture," *Nicholsen's J.*, **3**, 440-6 (Jan., 1800).
- (32) St. John, "The Lives of Celebrated Travellers," Vol. 2, J. & J. Harper, New York, 1832, pp. 320-38. Chapter on de Ulloa.
- (33) Klaus, "Ruthenium, ein neues Metall der Platinerze," *Ann.*, **56**, 257-61 (Heft 3, 1846).
- (34) Dimitry, "A King's Gift," *Mag. Am. History*, **16**, 308-16 (Oct., 1883).
- (35) Ogburn, "The Platinum Metals," *J. Chem. Educ.*, **5**, 1371-84 (Nov., 1928).
- (36) Menschutkin, "Karl Karlovich Klaus," *Ann. in t. platine* (Leningrad), No. 6, 1-10 (1928).
- (37) "On the New Metal Ruthenium," *Phil. Mag.* (3), **27**, 230-1 (Sept., 1845).
- (38) Klaus, "Mine de platine; osmium, ruthenium," *J. Pharm. Chim.* (3), **8**, 381-5 (Nov., 1845).
- (39) Klaus, "Beiträge zur Chemie der Platinmetalle," *Ann.*, **63**, 337-60 (Heft 3, 1847).

第十章 鉀鈉鋰三種鹼金屬

有許多種化學元素，常在發現之後經過了很多年的長久歲月，還不會打動一般科學界的絲毫注意；有時就是對近代生活上很有密切關係的元素，仍然碰到這種淒慘的遭遇，例如碲、鈇和鈦三種元素，都是在發現之後被人忘記了幾十年，同時也不會獲得化學家的重視，到後來又第二次重新被人發現的。但磷在一六六九年發現之後，霎時轟動全歐。再後得維（Davy）氏在十九世紀初葉分離鉀鈉成功之後，立刻引起歐洲社會極濃的趣味。這些元素，好像能放光輝的磷似的，一經發現，宛如名角踏上了舞臺，頓時成爲全體觀衆目光集中的焦點。但鋰這種元素，卻是無聲無臭的走進了化學的世界，世人也不大注意牠；牠的發現者名叫阿爾費特孫（J. A. Arfvedson），乃柏齊力阿斯的門人，在當時也沒有什麼大名望。

*
*
*
*
*

「在科學上，我們面前有一些無限的希望；在形勢上，我們面前有一個肥美而未經開發的國家；在哲學上，我們面前有一處值得努力的田園。」（1）

早在一七〇二年，德國司太爾（Georg Ernst Stahl）氏已把「鹼」分成天然的和人造的兩種。這兩種就是碱和木灰。碱（soda）乃是重碳酸鈉，木灰（potash）乃是碳酸鉀，都不是純淨的物質。司氏又發現有數種鈉鹽和鉀鹽的結晶形，彼此皆不相同。至於最初利用實驗方法來證實這種區別的學者，要算一七三六年得·蒙蘇（Duhamel de Monceau 一七〇〇至一七八一年）氏的工作。後來在一七六一年馬柯拉夫（A. S. Margraaf）氏也曾獨立地發現出牠們的差別，但所用的方法與前不同。

化學家雖然在很早以前就猜到「鹼土」是金屬的氧化物，但碱和木灰的真性質在十九世紀以前還沒有人猜對（28）。法國大哲拉瓦錫（Lavoisier）氏以爲其中含氮，他說：

「直到現在，一般學者對於碱的主要成分的認識，並不比木灰的認識更多。我們也不能決

定，植物是否在未燃燒之前就發生了這種物質。因為我們已經證實氮（阿莫尼亞）中含有氮素，所以相信大概在鹼類之中，氮素也是一種重要的成分；不過論到碱和木灰，我們只是一點假設，並沒有足以證明的實驗。」（29）

在拉瓦錫氏所作的元素表裏，他共舉出三十三種物質，茲鈔如下：

光 (light)	熱原 (caloric)
氧 (oxygen)	氮 (nitrogen)
氫 (hydrogen)	硫磺 (sulfur)
磷 (phosphorus)	碳 (carbon)
鹽酸基 (muriatic radical)	硼酸基 (boric radical)
銻 (antimony)	銀 (silver)
砷 (arsenic)	鉍 (bismuth)
鈷 (cobalt)	銅 (copper)

錫 (tin)

鐵 (iron)

錳 (manganese)

汞 (mercury)

鉬 (molybdenum)

鎳 (nickel)

金 (gold)

鉑 (platinum)

鉛 (lead)

鎢 (tungsten)

鋅 (zinc)

石灰 (lime)

苦土 (magnesia 氧化鎂)

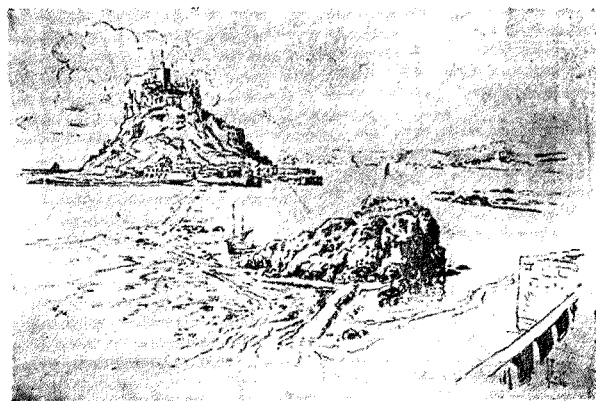
重土 (baryta 氧化鋇)

礬土 (alumina 三氧化二鋁)

矽土 (silica 二氧化矽)

拉瓦錫氏在上表之後，又加了一節註釋，說道：『我在這一張表裏，沒曾把碱和木灰兩種固定鹼類 (fixed alkalis) 列入，雖其中主要成分的性質至今還不明白，但牠們一定都是化合物』(30) 這些普通鹼類的化學性質，直至十九世紀初葉纔被英國青年化學家得維 (Sir Humphry Davy) 氏所發現——他發現時是借用電堆 (voltaic pile) 做分離的工具。

在英國空窩爾郡 (Cornwall) 極西南部的海岸上，有一個海灣，海岸好像鋸齒一般地參差不齊，向北方凹入，抱着一片碧藍的海水。岸上聳立着一座高大的聖邁克爾山 (St. Michael)，其上有古代建築的大礮寨。灣裏的西北面是彭桑斯鎮 (Penzance)。一般愛好『歌話戲劇』的朋友，在這個鎮上，可追想到歧爾柏特 (Gilbert) 和薩利凡 (Sullivan) 兩氏所編的名曲；那曲裏敘述彭桑斯鎮的海盜的活動，可說驚人魂魄；(註一)但化學家則尊彭桑斯鎮為化學大師得維 (Humphry Davy) 爵士的出生地。得維氏有詩描寫這鎮



圖九九 得維爵士的出生地

此圖係英國空窩爾郡 (Cornwall) 靠近彭桑斯鎮 (Penzance) 的海灣和聖邁克爾山 (St. Michael) 的形勢，大化學家得維 (Sir Humphry Davy) 氏即出生於此。



圖一〇〇 得維爵士像

(Sir Humphry Davy 1778-1829)

英國理化大家，爲電化學創始人之一，曾發明礦洞中應用之安全燈。在元素研究上，得維爵士曾分出鉀、鈉、鈣、鋇、錫和鎂六種金屬。同時得維在英國，與該·律薩克 (Gay-Lussac) 和泰那爾 (Theuard) 二氏在法國，又各自獨立發現元素硼。

的風光，讀者從此可以看出他的家鄉的美麗景色，茲譯錄如次：

海中聳立着邁克爾山，

映着靜悄黃昏的夕陽，

落霞萬紅千紫，

山色有綠有黃，

山影浮搖海下，

碧波萬頃盪漾。

山根浴在碧波裏，

波頂銀花點點飛，

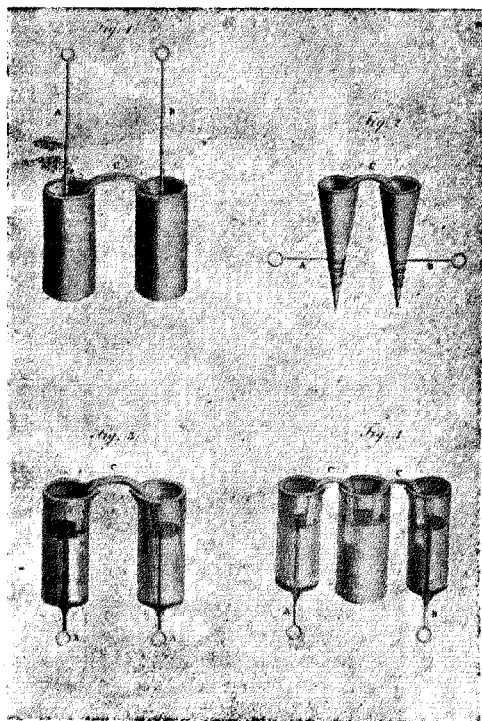
微風由西吹來，

浪紋迴轉東去；

西風吹動峭壁上的春籐，

四周發出希索的微聲（2）。

山洞裏也恍若起了不平之鳴。



圖一〇一 得維爵士所用的電化學儀器

- Fig. 1.——瑪 瑙 杯，
 Fig. 2.——圓 錐 杯，
 Fig. 3.——玻 璃 管，
 Fig. 4.——兩隻杯夾一筒。
- 圖中AB即電線，一
 連陽極，一接陰極；
 C則為一塊潮溼的
 石綿。

(註一)素封案薩利凡 (Arthur Seymour Sullivan) 爲英國有名作曲家，一八四二年生，一九〇〇年歿。歧爾柏特 (W. G. Gilbert) 爲著名腳本作家，腳本亦稱戲詩 (libretto)，一八三六年生，一九一一年歿。薩利凡和歧爾柏特二氏合著戲劇多種，均負盛名，其中有彭桑斯鎮的海盜 (The Pirates of Penzance) 一劇，即本書作者韋刻思女士所指的『名曲』。友人薛君告以中法大學月刊第七卷第三期第八十九頁謂薩利凡和歧爾柏特二人爲大海盜，未知何所根據。彭桑斯鎮的海盜又名 *The Slave of Duty*，詳見 *The Complete Plays of Gilbert of Sullivan* 爲 Modern Library Giant 收本。

得維 (Davy) 名哈姆夫利 (Humphry)，生於一七七八年十二月十七日。幼年健壯活潑，富於情感，且愛好講述故事，和背誦詩歌，因此結識了許多小朋友。他的教師卡爾丟博士 (Dr. Cartwright) 說他在校中成績最好的功課，是將古典的文學翻譯成現代的英文詩 (3)。得維在十五歲，即脫離學校生活，但他對於學問的努力，卻終生未稍終止。一七九五年，得維從彭桑斯鎮的外科醫生兼理藥業的普拉斯·平干 (Bingham Porlase) 氏學徒，時年十七歲，二年後遂開始研究博物和化學 (20)。得氏當時所讀的化學書，乃拉瓦錫著之化學基礎 (Elements of Chemistry) 所用的實驗藥品，不外幾種常見的礦物酸類及鹼類；所用的試驗器具，大半是酒杯和煙斗(吃煙用的)。

年二十歲，任氣學研究所（Pneumatic Institution）監督；氣學研究所乃當時培多斯博士（Dr. Beddoes）在克利夫吞（Clifton）所設立的機關，專門研究氣體在醫學上的價值。得維氏這時最大的快樂，一方面可以分享培多斯博士的美滿家庭生活，同時又由培多斯的介紹，得以結識當時第一流的文人，如騷提（Robert Southey）和科爾利治（Samuel T. Coleridge）等氏（4）。

一八〇一年拉姆福德伯爵（Count Rumford）為得維氏在英國皇家學院（Royal Institution）謀得一個位置，擔任化學助教（assistant lecturer）和實驗室指導。至於他第一次

在學院講演流動電（galvanism）的情形，英國哲學雜誌（*Philosophical Magazine*）上

有下列一段記載：



圖一〇二 培多斯博士像

（Dr. Thomas Beddoes 1760-1808）

培多斯氏英國醫師兼化學家，曾在克利夫吞（Clifton）創立氣學研究所，以研究各種氣體在治療上之價值。得維氏年二十歲時即任該所監督。

「……班克斯(J. Banks)爵士、拉姆福德伯爵以及其他著名哲學家等等都到場了。臺下的聽衆都異常滿意，拍掌稱許之聲，不絕於耳。得維先生年歲甚輕，然舉止十分大方。由他眼睛裏射出的智慧的光芒，他的活潑的態度，以及全體(tout ensemble)而言之，在在足以表示他已達到超人一等的境界，這是不容置疑的。」(5)

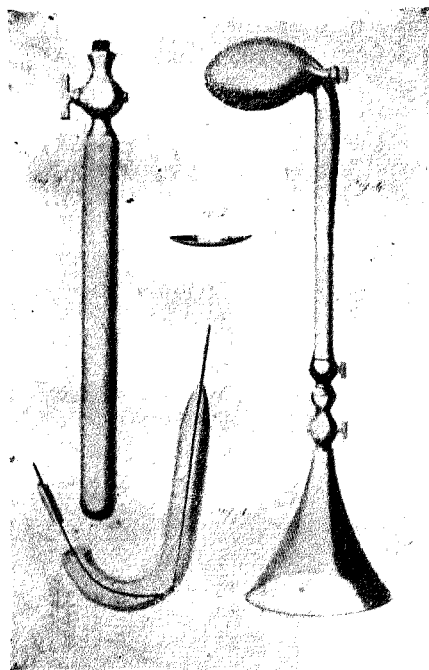
每當得維氏演講時，不僅科學家爭先恐後，即文學家及上流社會的人物，也隨着蜂湧而至。凡他所做過的實驗，都有很詳審的記錄；凡對於這些實驗有興趣的人，他也很樂意地向他們解釋一切。得維在皇家學院一連服務十一年，直到他結婚的時候纔辭職。

得維氏一生最大的成功，是在電化學(electrochemistry)上的貢獻。他起初從事通電分解苛性鹼時，因其採用飽和的水溶液，結果只是將水分解了，並不曾分解鹼類本身。但在一八〇七年十一月六日他忽然改變計劃，據他自己說「鹼溶液裏水，可以阻礙任何解離作用的發生，所以我採用被火熔化的鉀灰(potash)做電解劑」(22)(23)(26)。

在實驗的當兒，他忽然發現陰極的地方有一道強光，而且由接觸的地方又泛上一片火焰，使

他驚異萬分。隨後他又把電流倒轉過來，使電流的方向和前相反，然而火焰終是在陰極地方浮泛上來。因為完全乾燥的鉀灰，是一種非導體，所以得維把牠在空中曝露一些時候。他說：

「將鉀灰一小塊，曝露大氣中經數秒鐘之久，使其表面有導電力量，然後再放在鉑製的絕



圖一〇三 得維氏所用的儀器

- Fig. 1.——在氣體中加熱鉀元素的風玻璃器；
 Fig. 2.——盛鉀的鉑製小盤；
 Fig. 3.——鉑製管子：在蒸餾實驗中，用牠來收容鉑製小盤；
 Fig. 4.——在硫或磷中取電花的儀器。

緣盤上，與一電池的陰極連接，該電池係由四吋大小和六吋大小的小電池二百五十隻連接一處而成，這時活動力甚強；另有一鉑絲連於陽極，使之與鹼塊表面上部接觸。全部儀器都放在空氣中。

「在這種設置之下，不久卽有顯明的作用發生。當兩極地方有電通過時，鉀灰便開始熔化。其上部的表面，頓起沸騰現象；而其下部，卽陰極的表面，並沒變成膠性的動體；只有帶着強度金屬光澤的顆粒，酷似水銀滴的物質發生。有的顆粒，遇熱之後，卽起火焰而爆炸；有的顆粒，並不發火，而且牠們的表面，逐漸失去光澤，終至外面生出一層白色薄膜。

「這些顆粒，經過我無數次的實驗之後，證明就是我所要發現的物質；並且那種有奇特可燃性的質素（principle），乃是鉀灰中的主要成分。至於鉑，牠對於實驗的結果並無絲毫的作用，僅在電解作用上充任一種媒介物（medium）而已；同時若用一塊銅、銀、金、鉛，甚至一塊木炭，作爲電極，造成電流的通路，亦可獲得相同的物質。」

這種小小的金屬顆粒，始終都發生在陰極上面，而且擲進水中之後，卽起火焰，造成奇觀。初在

水面上急速奔躍，發出刺刺的聲音，隨後即放出紫紅色的火光而燃燒。得維氏又發現這種新金屬在水中燃燒後能放氫氣，因而推定牠在水中所放出的光焰，乃是氫氣燃燒的現象（6）、（23）。因為這種新元素是得維從 potash（鉀灰）中發現的，所以他定名曰 Potassium（鉀），並無其他特別意義。當得維·哈姆夫利第一次取得鉀素的時候，他的胞弟約翰（有醫學博士頭銜）也在場；據他說，他的哥哥一時十分興奮，幾乎歡喜得發狂（7）。

後來得維氏又用同樣的方法電解蘇打 (soda)，也得到滿意的結果。蘇打即土碱，其成分為碳酸鈉。不過在電解時，要通以較大的電流，纔會分解（6）；得氏自己說過：「分解時必須電池中的作用，有更強大的力量纔可以；不然，則所用的碱塊，就要薄而且小。」

他又根據實驗的結果，向我們說道：

「我用六吋大小的電池一百個連成一隻大電池，將重四十哩 (grain) 至七十哩的鉀灰塊，其厚度可使帶電金屬表面約隔四分之一吋，所得結果甚好；但，如用碱塊（蘇打），雖重量僅在十五哩至二十哩之間，電線間的距離不過八分之一吋或十分之一吋，而通以與前強度相同

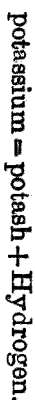
的電流，則不能促起電解作用。

「由木灰中所取得的物質，當初出時，在普通氣溫中爲流體，但由鹼（蘇打）中所取得的物質則不然，祇在初生時的高溫狀況下爲流體，冷後則爲固體，且帶有如銀一般的金屬光澤。」
(23) (24)

當得維氏發現鉀元素不過幾天的期間，他又發表分出了第二種新金屬——這種元素他命名曰 sodium（漢譯爲鈉）。惟當時有許多化學家，認爲這種物質爲鹼與氫的化合物，故得維氏仍須繼續研究牠們的根本性質。該·律薩克（Gay-Lussac）和泰那爾（Thenard）兩氏就是主張這種論調的學者，他們說，因爲：



所以：



到後來，始終沒有人能從 potassium 裏取出氫氣，從此得維氏之「鉀、鈉乃兩種新元素」的主張，

纔得存在(8)。

在讚揚得維氏發現功績的人中，有一位空布先生(Mr. A. Combes)曾將得氏的發現趣史，著作文章，刊於尼古生雜誌 (*Nicholson's Journal*)，茲引一段如次：

「一八〇七年我曾參加過得維氏的系統演講，據我當日所記的筆記，他曾舉過這件事實，認為一切已知成分的物體，而能在電路(voltaic circuit)中被陰極吸去的，必含有可燃性的物質在內，但其本質為陽性；若從反面看來，似乎也可以說，一切成分未明的物體，倘通電後被陰極吸去者為陽性，那麼牠們也要含有可燃性的物質了。在得維氏一八〇一年(註一)的演講裏，他說當他依據上面的理論從固定鹼中尋找可燃性物質時，結果他找到了；但是他同時發現這種物質帶着金屬的性質，卻是他事前所不曾料到的。這時他在機敏的推測和切實的類比兩步功夫之後，又繼以實驗的探討，所以最後能成功他的發現大業。」

(註一)案尼古生雜誌所記的年代，疑有錯誤。

得維氏分離鹼金屬(alkali metals)所用的方法，無論從那一方面看來，都可說巧妙萬分。以

My dear Sir
 Had me business
 wanted Rumford with the charge
 of his letter - in recommending
 her to your kindness I
 know I shall do well with
 be agreeable to you. He
 is accompanied by Mr D'Ure
 his nephew a very accomplished
 gentleman. I am My dear Sir
 very sincerely yours
 H. Davy

圖一〇四 得維爵士的墨蹟

原文係一介紹函，乃爵士介紹 Mme. Lavoisier de Rumford
 與格拉斯哥的 Dr. Ure 相見者。

後不久，他便運用分離鹼金屬的電化學方法來分離鹼土金屬(alkali earth metals)。(註一)結果都得『如願以償』；同時鹼金屬的本身，又被人用作分離別種元素的工具，其例很多，容於下章述之。

(註一)素封案鹼金屬係指鉀、鈉、銣和銣五種，均係性柔而帶銀光的金屬。至鹼土金屬乃指鋇、鈣和鋇三種而言；若謂鹼土(alkaline earths)則除鋇、鈣、鋇三種的氧化物外，亦有專家認為氧化鎂亦屬此類，但有人否認。

鋰

鋰(lithium)元素的發現者名阿爾費特孫·佐罕·奧古斯德(Johann August Arfvedson)，一七九二年一月十二日生於瑞典斯卡拉普格府(Skaraborgs Län)的斯卡革荷姆斯·布儒克(Skagerholms-Bruk)地方(10)。阿氏幼年從柏齊力阿斯先生研究化學，年二十五歲，即在斯德哥爾摩城柏氏的實驗室中發現鋰元素。至於他發現鋰的經過，柏齊力阿斯氏在一八一八年二月九日致法國柏托雷(C. L. Berthollet)氏的信中，敘述頗詳，茲譯錄如次：

「青年化學家阿爾費特孫君，強幹精明，在我的實驗室裏祇有一年的功夫，便發現出一種新鹼質。阿君所用的材料，乃丹德拉達 (d'Andrada) 君以前由攸桃島 (Utö) 的鑛洞所採得一種鑛石，丹氏名之曰「花瓣鑛」 (petalite)。這種鑛石的成分，如以整數計之，計含矽土八〇%、鋁土一七%、又新鹼質三%之譜。在分析出新鹼質的時候，是採用一種很平常的方法——將花瓣鑛石研成粉末，屢入碳酸鋇，然後加熱；這時各種土質逐漸分開，因而取得新鹼質。

「這種鹼質比其他各種固定鹼類的吸酸量（註一）爲大，即苦土（氧化鎂）也比牠不上。因爲牠有這種特色，故爲人所發覺。用這種新鹼作鹽基 (base) 所製成的鹽，比之用木灰 (potash) 或蘇打作鹽基所取得者，其量超出甚大，已由分析實驗上證明。同時並獲得一結論，凡由鹼類 (alkali base) 所成的鹽，其不能被酒石酸所沈澱而出者，即可推定其所用之鹼爲蘇打。阿爾費特孫君所作花瓣鑛石的分析實驗，前後重做三次，結果彼此完全一致，隨後將每種成分仔細考察一番，發現其中的鹼性物質的性質，與前人所已發現者不同。這種新鹼，我們命名 litihion (= litia)，以表明牠是由鑛物界中採來的（素封案希臘文稱「石」曰 litios），與其他兩種由植

物界而來的，以示區別。』(11)

(註一) 案封案原文作 capacity for saturating acids 其意即「使酸類達飽和的成力」查苦土與鋸皆易溶解於酸類中，此處即指其在酸類中的「溶度」而言。

阿爾費特孫氏本人所著分析花瓣鑛石的報告，刊於一八一九年出版之理化年報 (*Annales de Chimie et de Physique*)。據阿氏分析結果，謂其中含有砂土、礬土 (alumina) 及鹼金屬一種。至阿氏測定這種鹼金屬的方法，是把牠變成硫酸鹽後再來研究的。

「這種鹽的鹽基，仍有繼續研究的必要。因為這種鹽的溶液，既不能被過量的酒石酸所沈澱，也不受氯化鉑的影響，故決定牠不是鉀。我又取這種鹽類溶液少許，滴入純淨木灰汁，亦無渾濁現象發生。牠裏面既不含苦土（氧化鎂），因此牠一定是由蘇打作鹽基所做成的鹽類了。據我核算的結果，假若原來的鹼質為蘇打，則較所分析之鑛物的重量超出百分之上，且每次如此。這時，我心裏起了兩條疑問，我認為這種過餘的重量，倘若不是因為最初洗滌的不淨，就是實驗時分析的技術不精確。但我反復又做了兩次，結果其差別亦極微，計

矽土 (silica)

第一試——七八·四五

第二試——七九·八五

礬土 (alumina)

第一試——一七·二〇

第二試——一七·三〇

硫酸物 (sulfate)

第一試——一九·五〇

第二試——一七·七五

後來我把這種硫酸物詳細考察一番，發現其中所含的固定鹼類，牠的性質是從來沒有人見過的。』(21)

這種花瓣石 (petalite) 的成分，現今久已證明是矽酸鋁鋰 $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)_2$ (註1) 一種複鹽。

(註1) 素封案 *petalite* 乃一種帶色的鑽石，或紅或白，呈各種色彩，有白色紋理，現美國馬薩諸塞省及瑞典挨爾巴均有出產，茲擬譯為「花瓣鑽石」，因為柏齊力阿斯和阿爾費特孫二氏定名為 *petalite* 的時候，還不曾決定牠的成分哩。

柏齊力阿斯氏在一八一八年四月二十二日寫給倫敦馬塞特博士(Dr. Marcet)的信中，報告阿爾費特孫氏又從黝輝石(spodumene)和紅雲母(lepidolite)中發現鋰質——前一種礦石中含鋰約百分之八，後者僅含百分之四。

一八二四年的春季，德國弗勒(Wöhler)氏來瑞典斯德哥爾摩城旅行。有一天假期，他曾和瑞典著名化學家結伴旅行攸桃島(Utö Island)島，離波羅海海岸僅二哩，同行者除柏齊力阿斯和阿爾費特孫二氏外，尚有希生革爾(Hisinger)和累齊烏斯(C. Retzius)二人。

他們對這座小島感着極濃厚的趣味，一來因為島上富於鐵鏽，二來就是島上所產的稀奇礦物特多。阿爾費特孫用來提取鋰的花瓣石和黝輝石，便是這裏的稀奇礦石(9)。此外如紅雲母亦出產(12)。

阿爾費特孫氏對於大多數重要的鋰鹽，都曾詳細研究過，其結果並由法國分析化學大家富古令(Louis N. Vauquelin)氏所證實(13)。鋰和鉀不同之點，即鋰不能被酒石酸洗滌而出；至鋰和鈉相異之處，即鋰的碳酸物不如碳酸鈉容易溶解(素封案在水中約差十五倍)。鋰鹽在火

焰上燃燒，即放出極美麗的紅光，這種現象最初是由格美楞 (C. G. Gmelin) 氏在一八一八年發見的 (14)、(25)。

阿爾費特孫和格美楞兩氏都想從鋰的化合物中分出鋰的單體，可惜都沒成功。他們先用還原法，將鐵或碳躡入氧化鋰中，加熱促其分解，沒得結果；後來改用電離法，復因電力過小，而告失敗 (14)。最後布朗得斯 (Brandes) 氏採用電力更強的電池，纔由鋰鑛 (Ithia) 中取得白色可燃性的金屬，英國得維爵士也採用同樣方法製得金屬鋰少許 (14)、(15)、(31)。

以上各位化學家，其所取得的金屬鋰，分量太微；一八五五年本生 (Bunsen) 和馬提生 (Augustus Matthiessen) 二氏曾製得多量之鋰，方足供研究其性質之用 (16)。本馬二氏製鋰的方法，是用厚壁瓷製小坩堝，盛以純淨氯化鋰少許，用酒精燈加熱；及氯化鋰熔烊，即用炭鋅棒電池四隻至六隻所生的電流通入其中。在數秒鐘之後，氯化物遂起電解作用，而在陰極上發生銀白色的金屬渣，二三分鐘之內，即結成豆粒般大小。本馬二氏使用鐵匙將此金屬粒取起，移置盛有煤油的杯中；如是繼續加熱通電，最後將氯化鋰一噸完全還原為鋰 (16)。此後本馬二氏更證明鋰素不

僅存於鑛物界中，動、植兩界中均有其蹤迹。

當時法國著名鑛物學家阿羽伊教士 (Abbe Haüy) 曾於一八二〇年六月十三日致函柏齊力阿斯，備述崇仰阿爾費特孫的熱忱。信中說過：「敬請代為致候阿爾費特孫君，他是先生門下的青年高足，同時也是我所最景仰而又最敬重的人物。」(17)

同年阿爾費特孫氏在瑞典瑟得曼蘭特省的黑丹索地方 (Hedensö)，購得一間鐵廠 (Forge de feu) 和一大批產業；柏齊力阿斯氏聞信，深恐年輕有為的阿氏從此拋棄學術事業，而墮入生財的路途，不禁為他擔心 (17)。不幸阿爾費特孫氏的前途，竟被柏氏猜中了；據托姆松氏的批評，在列舉阿氏所作「氧化鈾」，「氫氣對於金屬硫化物作用」等等實驗之後，接着便說「阿爾費特孫也曾經很細心地分析過許多種鑛物；但到後來，似乎不甚注意學術事業了。他分析的金綠玉 (chrysobery) 的結果，既不如以前的工作為準確，並且還把氧化鉍 (Glucina) 和礬土 (alumina) 的化合物誤為砂土」(18)。一八四一年十月二十八日阿氏在黑丹索住宅逝世，時年四十九歲。

- (1) DAVY, Dr. John, "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 117. Quotation from Sir H. D.
- (2) Paris, "Life of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Colburn and Bentley, London, 1831, pp. 33-4. Ode to St. Michael's Mount in Cornwall.
- (3) DAVY, J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," ref. (1), Vol. 1, pp. 10-1.
- (4) *Ibid.*, p. 51.
- (5) *Ibid.*, p. 88.
- (6) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie., Paris, 1891, pp. 68-73.
- (7) DAVY, J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," ref. (1), Vol. 1, p. 109.
- (8) Förber, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, pp. 116-9.
- (9) Wöhler, "Early Recollections of a Chemist," *Ann. Chemist.*, 6, 131 (Oct., 1875).
- (10) Poggenдорff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Article on Arfvedson.
- (11) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," Vol. 1, part 1, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 63-4; "Lettre de M. Berzelius à M. Berthollet sur deux Métaux nouveaux," *Ann. chim. phys.* (2), 7, 199-201 (1818).
- (12) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (11), Vol. 1, part 3, pp. 171-2.
- (13) Vauquelin, "Note sur une nouvelle espèce d'Alcali minéral," *Ann. chim. phys.* (2), 7, 784-8 (1818).

- (14) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (6), Vol. 2, pp. 124-9.
- (15) L. Gmelin, "Handbuch der theoretischen Chemie," ersten Bandes zweite Abtheilung, dritte Auflage, F. Varrentrapp, Frankfurt am Main, 1826, pp. 597-8; Brandes, *Chem. Ann.*, 8, 120 (1820).
- (16) Bunsen, "Darstellung des Lithiums," *Ann.*, 94, 107-10 (1855).
- (17) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (11), Vol. 3, part 2, p. 165.
- (18) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, p. 229.
- (19) Gregory, "The Scientific Achievements of Sir Humphry Davy," Oxford University Press, London, 1930, pp. 37-57.
- (20) *Ibid.*, pp. iii-vii and 1-9.
- (21) Arfredson, "Analyses de quelques minéraux de la mine d'Utö en Suède, dans lesquels on a trouvé un nouvel alcali fixe," *Ann. chim. phys.* (2), 10, 82-107 (1819); Afhandlingar i Kemi, Fysik och Mineralogie, 6, (1818); *Sci. News Letter*, 18, No. 493, 186 (Sept. 20, 1930).
- (22) Davy, "The Decomposition of the Fixed Alkalies and Alkaline Earths," *Sci. News Letter*, 14, No. 390, 201-2 (Sept. 29, 1928).
- (23) Davy, "The Decomposition of the Fixed Alkalies and Alkaline Earths," Alembic Club Report No. 6, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1902, 51 pp.
- (24) Davy, "The Bakerian Lecture, on some new Phenomena of Chemical Changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies, etc.," *Sci. News Letter*, 18,

No. 493, 186-7 (Sept. 20, 1930).

- (25) Kopp, "Geschichte der Chemie," Vol. 4, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1847, p. 41.
- (26) Brockman, "Fused Electrolytes—An Historical Sketch," J. Chem. Educ., 4, 512-23 (April, 1927).
- (27) Combes, "Second Letter on the Subject of the New Metals," *Nicholsen's J.*, 21, 365 (Suppl., 1808).
- (28) Davy, "Electro-Chemical Researches, on the Decomposition of the Earths; with Observations on the Metals obtained from the Alkaline Earths, and on the Amalgam procured from Ammonia," *Nicholsen's J.*, 21, 366-83 (Suppl., 1808).
- (29) Oeuvres de Lavoisier, Vol. 1, Imprimerie Impériale, Paris, 1864, pp. 119-20.
- (30) *Ibid.*, Vol. 1, pp. 135 and 137.
- (31) Thomson, "History of Chemistry," ref. (18), Vol. 2, pp. 264-5.

第十一章 鹼土金屬和鎂鋁

分離鹼土金屬的專家，要兼具得維和柏齊力阿斯二人的天才纔可。及柏氏將鹼土 (alkaline earth) 和水銀混合，利用電解法以分析石灰和重土之後，得維氏遂於一八〇八年製得多

量鹼土汞齊，然後將水銀蒸餾而去，曾獲得鋇、鋇、鈣和鎂四種金屬。一八一七年德國許多藥房所製造的氧化鋅，被政府藥業視察官證明係用碳酸鋅所冒充；並在加熱之後，即變黃色；或在酸中溶解而通以硫化氫



圖一〇五 得維爵士像

見前圖第一〇〇，爵士曾任倫敦皇家學院化學教授及演講員；英國著名科學家，詩人及人道主義的知行家。又為『得維獎章』(Davy Medal)的贈予人。

之後，即生黃色沈澱，其形狀頗同硫化亞砷，仿佛當局認爲毒物，悉數收沒充公。這時藥商挨爾曼（Hermann）氏商請藥業視察官斯特羅邁厄博士（Dr. Stromeyer）和醫學顧問羅露夫博士（Dr. Roloff）的同意，共同研究這種黃色沈澱物，最後由斯博士證明牠並非硫化砷，乃一種世人從未發現的新金屬，因命名曰鐳。從此，不特挨爾曼的藥房名譽，立時恢復，而吾人的化學世界也多了一種新元素。

物質既不滅，

人心當不死；

心物化爲一，

永存定無疑！

且論智慧光，

永遠耀世人，

光輝潔如斯，

人意豈能熄（1）。

If matter cannot be destroy'd,

The living mind can never die;

If e'en creative when alloy'd,

How sure its immortality!

Then think that intellectual light,

Thou loved'st on earth is burning still,

Its lustre purer and more bright,

Obscured no more by mortal will (1).

鈣

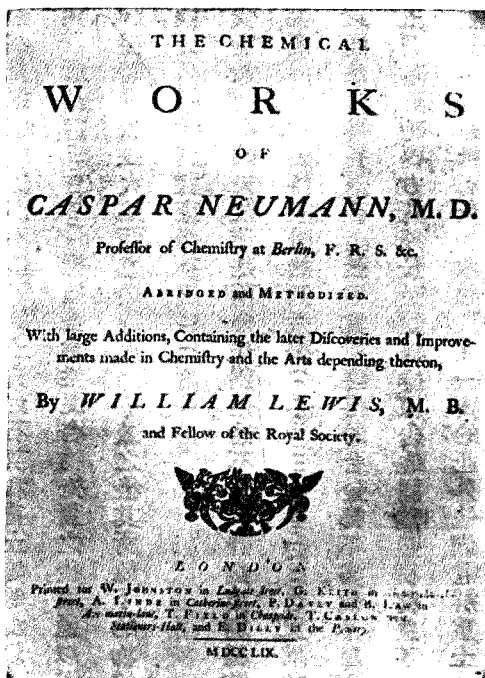
雖然古人用石灰的方面很多，但他們對石灰的化性卻一無所知。十七世紀德國化學家司太爾（Georg Ernst Stahl）氏，以為生石灰變成熟石灰時，則係石灰中的土素和水素結合成鹽的

變化。司氏更相信世間尚有若干種土質，及其與燃燒素 (phlogiston) 結合之後即變為金屬。統觀十八世紀化學家的意見，殆十之八九承認石灰和重土 (barryta) 為元素，但法國大哲拉瓦錫 (Lavoisier) 氏則主張牠們是氧化物 (2) (12)。拉氏說過『我們現今所認識的金屬，大概不過自然界中所有金屬的一部分；其中和氧的親和力比碳為大的金屬（意即與氧化合比較與碳化合較易的金屬），都不易還原為金屬狀態，因此我們只能發現牠們的氧化物，而不易與土質作顯明的區別。我們前面所認為土質的重土 (barryta)，大概十有九成就是一種氧化物；牠在實驗上所表現的性質，同金屬物質十分接近。嚴格說來，我們目下所稱為『土質』的一切物質，恐怕都是我們現在無法還原的金屬氧化物吧』（12）。德國化學家紐盟 (Neumann) 氏曾做過由生石灰製取金屬元素的工作，惜未得成功 (3)；因為這種還原的方法過難，所以必須要有新的方法，新的儀器以及像得維氏那樣的天才了。

得維爵士以前曾製得鈉鉀兩種元素，前章已經介紹，但他素有致力學術的熱誠，當不甘從此自餒。對於研究鹼性土質這個困難的工作，他便抱着不顧艱苦的雄心，勇往向前。他的第一步工作，

是將用石腦油(naphtha)掩蓋的潮溼鹼性土質，通以電流，而察其變化。結果，只有很少部分起了分解作用，而其所得的一點金屬，又立刻同陰極上的鐵結合了(3)。

後來得維氏又直接用鉀作還原劑，至於實驗時的情形，他曾記載道：「我會用玻璃試管，(分



圖一〇六 紐盟氏化學論文集的封面

紐盟(Caspar Neumann 1683-1737)氏曾自經營藥房，並任柏林大學化學教授。紐氏所有著作，均經得維和徐萊二氏詳細讀過。

別盛起) 乾燥純潔的石灰、重晶石 (barites)、鋇礦石 (strontites) 和苦土 (magnesia), 然後再加鉀熱之; 但是, 因為我所用的分量太微, 又因為不能熱到使玻璃熔化的溫度, 所以不能得到滿意的結果。』這時鉀雖是對土質和玻璃起了侵蝕作用, 然而並沒有明顯的金屬顆粒發生 (3)。

得維最後把這種乾燥而不傳電的土質, 如石灰、和重土等等, 混以多量的木灰 (potash), 加熱熔化。當他用石腦油 (naphtha) 把這些鹼性混合物掩蓋之後, 而通以電流, 不久即泛起許多金屬狀的顆粒, 但隨時又發生火焰而燃燒。待火焰熄滅之後, 其所餘下的物質, 與最初所用的木灰及土質完全相同, 此外並無別種東西 (2) (3)。

得維氏對於這次的失敗, 雖是萬分失望, 但他不久又計劃出別種進攻的路線。這次, 他用石灰同氧化汞混置一處, 曾製得微量的鈣汞齊 (calcium amalgam); 又將其他鹼性土質與水銀、銀、錫和鉛等等, 以同法製得各種合金; 祇因其所獲得的合金都不多, 故不足用作分離鹼土金屬之需。一八〇八年五月, 瑞典柏齊力阿斯氏致函得維, 報告他同瑞皇御醫蓬丁博士 (Dr. Pontin) 電解石灰的經過, 他說起先是把石灰和水銀混在一齊的; 此外他們電解重土 (barytas) 和製取鋇汞齊, 也

同等的成功（2）、（13）。

得維氏得到柏氏的提示之後，便發明一種取得鹼土金屬的方法。這方法是將潮溼的土質和氧化汞，依重量三與一之比而混合，同置一白金板上，使與一電力很強的電池的陽極相接。然後再在上述混合物的中間，掘一小洞，貯入水銀一大滴，以便由「五百隻小電槽合成的大電池」所生的強電流得以通過。這時再用一根白金絲插入水銀滴中間，使與電池陰極相連。得維氏利用這種設計，曾取得多量的鈣汞齊，然後更蒸餾出其中所含的水銀，因此在化學史上第一次製得銀白色的金屬鈣（2）、（3）。

一八〇八年七月十日得維氏致書柏齊力阿斯氏，除深沈地感謝他和蓬丁博士的指教之外，並報告當初屢次失敗的經過。得維氏寫道：

「自從拜讀你們的大作之後，我便合用你們的實驗手緒，和我個人以前所運用的方法，從事一種新而且有望的嘗試，結果曾取得多量汞齊合金，足供蒸餾之用。及熱至紅熾之後，水銀即離合金而蒸發，只有鹼金屬（Bases）單獨留下。用同樣的方法，我也曾從鋇礦石（Strontites）

重晶石和苦土中製得牠們所含的金屬；但用其他土質則不能得到這種結果，遂使我懷疑起來……我這封信雖是寄給你的，但實在是致謝你和蓬丁博士兩位的好意的，敬懇向蓬丁博士代為致意。」（14）

銀



圖一〇七 蓬丁博士像

(Dr. Pontin (M. M. af Pontin)
1781-1858)

瑞典國王御醫，曾與柏齊力阿斯氏共同利用電解法，將石灰和重土分別與水銀一齊通電，以製取鈣汞齊和銀汞齊，著有柏齊力阿斯氏傳行世。

遠在十七世紀初葉，意大利北部善隆雅（Bologna）地方有一位名叫開斯秀儒拉斯·文孫（Vincentius Casciorolus）的鞋匠，他發現將重晶石（heavy spar）和可燃性物質混合之後，及熱至紅熾，即生燐光。開氏把這件發明的權利，分與同城的培加太樓·西彼俄（Scipio Be-

atello) 和馬哥耐斯 (Maginus) 兩氏共擔，然後大量地配合，運往各處銷售。培加太樓是當時的化學家，而馬哥耐斯為數學家，所以開氏要借他們的名字。這種配合物，當時稱為「菩薩雅石」(Bologna stone)；但其中所含的重晶石 (heavy spar) 也是叫這個名字。同時還有人認為這種礦物乃石膏的一種，不過克隆斯塔特 (Cronstedt) 氏則把牠列為一獨立的物種 (special species)。再後，馬格拉夫 (Marggraf) 氏於一七五〇年聲言重晶石中含有硫酸，惟其中的主要部分為石灰 (18)。

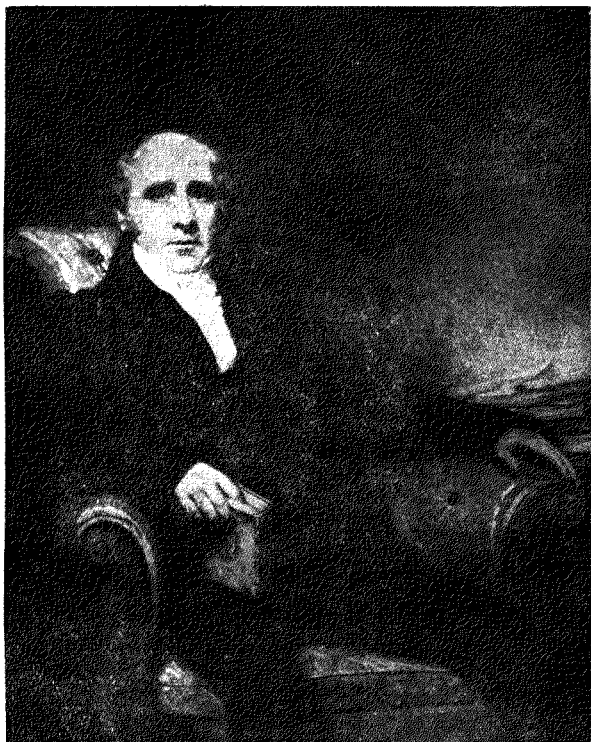
重土和石灰的區別，最初是由瑞典化學家徐萊 (Scheele) 氏在一七七九年指出的。徐萊由重晶石 (heavy spar) 中提出重土，按重晶石乃天然出產的硫酸鋇。提製時，徐氏將重晶石、木炭末和蜂蜜三物調成糊狀，然後加熱使之還原——因此遂將硫酸物還原為硫化物。

徐萊氏又將所得的硫化鋇溶於鹽酸中，再加入多量的碳酸鉀，使之成為碳酸鋇而沈澱 (15)。但金屬鋇是一八〇八年由維爵士 (Sir Humphry Davy) 所取得的 (2) (3)。

鋇

在科學史上最先區別重土和鋇土 (strontia) 不同的，大概是英國愛丁堡的克勞福德 (Crawford) 氏 (18) 有一次他得到一種礦物，猜想是由蘇格蘭阿該爾郡 (Argyllshire) 思創提安 (Strontian) 地方的鉛鑛洞裏採得的，便加以研究。後來克勞福德氏斷定牠是一種新的土質，因命名曰『思創提亞土』 (strontia) (漢名擬簡稱鋇土)。至於克氏主張『思創提亞土』為一種新土的理由，據他在一七九〇年所刊佈的氯化鋇論叢 (*Treatise on Barium Muriate*) 中，曾舉出下列四點：

1. 氯化鋇在熱水中比在冷水中更易溶解，但氯化鋇的溶解度則對於溫度的改變甚小；
2. 氯化鋇較氯化鋇更易溶解；
3. 氯化鋇溶解水中之後，其使溫度降下的效應大；
4. 氯化鋇和氯化鋇的結晶形狀不同。

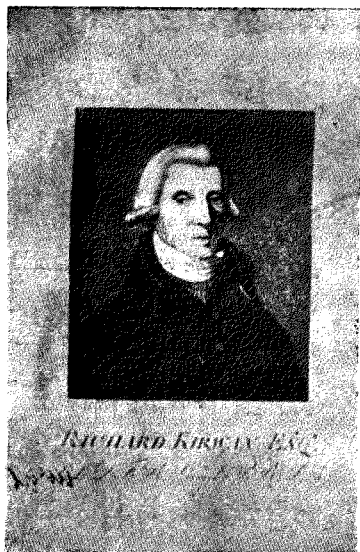


圖一〇八 荷普氏像

(Thomas Charles Hope, 1766-1844)

蘇格蘭的化學家兼醫師，曾繼卜拉克(Dr. Joseph Black)氏任愛丁堡大學教授，為英國教授拉瓦錫氏燃燒學說之第一人。荷普氏與克勞福德(Crawford)氏又最初指出重土和鋸土的區別。

克勞福德氏的意見發表不久，即有荷普 (Hope) (26)、(30)、克拉普羅茲 (Klaproth) (19)、客爾萬 (Kirwan) (28)、(29)、培雷狄爾 (Pelletier) (16) 諸氏，以及孚克拉 (Fourcroy) 和富古令 (Vauquelin) 二人，相繼表示贊同 (17)。此外，培雷狄爾氏又發現鋇土對動物無毒性，然重土則不可服用。及一八〇八年，得維運用分離鈣鋇二元素的方法，而取得鋇 (strontium) 的金屬單質 (5)、(3)。



圖一〇九 客爾萬氏像

(Richard Kirwan, 1733-1812)

愛爾蘭化學家，著有水的分析，為定量分析的最初著作，其對鋇土 (strontia) 的早年研究，亦負盛名。

鎂

十八世紀在羅馬城的市面上，有一種白色粉末的白苦土 (*magnesia alba*)，當作神祕的萬應靈藥出售，對其來源，保持了許多年的祕密。後來和夫曼·夫利德利赫 (*Friedrich Hoffmann 1660-1742*) 氏發現這種粉末可用硝 (*nitre*) 或食鹽的母液 (*mother liquor*) 來製造。不過他所製出的成品，其中混有石灰。這時一般化學界多相信一切碳酸物經過煅燒之後，即與火中的苛性質素 (*acid principle*) 結合而成爲各種的苛性鹼。但至一七五五年，英國愛丁堡的卜拉克博士 (*Dr. Joseph Black*) 曾發表白苦土·石灰·及其他鹼性物質的實驗 (*Experiments upon Magnesia Alba, Quicklime, and some other Alkaline Substances*) 一論著，其中證實『碳酸鹽』經煅燒之後，即減少重量，因鹽中有一部分『固定空氣』(二氧化碳) 被逐逸去 (26)。卜拉克博士的研究結論，謂苦土 (氧化鎂) 與石灰爲截然不同的兩種物質；四年之後，柏林的馬格拉夫 (*Marggraf*) 氏又獨立證實這一點的區別 (18) (20) (21)。

當英國得維爵士由其上述著名實驗，分出微量的金屬鎂時，即命名曰 *magnium*，而不主張用 *magnesium*——因為他說 *magnesium* 易和 *manganese* 相混。惟後人均採用 *magnesium*，至今幾乎沒有人知道當日得維所提的名稱。

得維爵士最初所提取的金屬鎂，分量極少；成塊的鎂，乃一八三一年法國化學家彪西 (*Antoine Alexandre Brutus Bussy*) 氏所製出，產量較前略多。



圖一一〇 彪西氏像

(*Antoine Alexandre Brutus Bussy 1794-1882*)

法國化學家，藥劑師兼醫學家，巴黎藥科學院化學教授，彪西氏在該校前後計五十餘年，曾任校長三十年。一八三一年，彪西最初製得成塊的鎂。

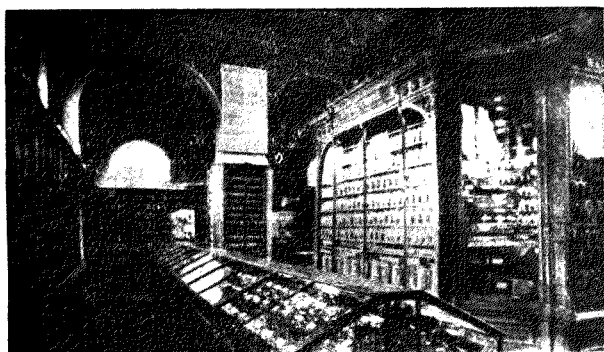
彪西氏於一七九四年五月二十九日生於馬賽，曾入高等多藝學校(Ecole Polytechnique)讀書，旋因性愛化學，遂拋棄軍事工作而學配藥。彪氏先後入里昂及巴黎藥學專門學校讀書，得爲藥科學院(Ecole de Pharmacie)化學教授(préparateur)洛貝克(J. P. Robiquet)氏的及門。彪西於一八二三年畢業於藥科學院，一八三二年獲得醫學學位。

彪西氏所研究的範圍，雖是多與藥物學有關，但在一八三一年發表論苦土的基本金屬(On the Radical Metallique de la Magnésie)一文，卻屬純粹化學方面之研究。彪西在這篇論文中，詳述製鎂的新法，謂將氯化鎂與鉀同置玻璃管中加熱，當作用完成之後，用水洗去氯化鉀，卽有光耀的金屬鎂顆粒發現(8)(20)(27)。

彪西氏在藥科學院醫學部擔任藥物學教授多年，一八五六年受任醫科學院院長，又曾擔任藥學與化學雜誌(*Journal de Pharmacie et de Chimie*)編輯達五十六年之久。一八八二年二月一日，彪西氏在巴黎逝世，時年八十有七(22)。



圖一一一 法國高等藥科學院實驗室之側面風景
〔該校原名 École Supérieure de Pharmacie〕



圖一一二 法國高等藥科學院之藥品展覽室

自該校在一八〇三年創辦時起，富古令（Vauquelin）氏即任校長，直至一八二九年逝世為止，計二十六年。

鎘

鎘 (cadmium) 由德國革丁根大學化學兼藥學教授斯特羅邁厄博士 (Dr. Friedrich Stromeyer) 所發現，時在一八一七年。斯特羅邁厄於一七七六年八月二日出生，其時正燃燒素學說奄奄待斃的當兒 (8)。斯氏起初在故鄉革丁根 (Göttingen) 學習化學、植物學和藥物學等科，後留學巴黎，從當代分析化學大師富古令氏研究；此後終生師法富氏，終生致力於礦物之分析 (9)。

一八〇二年斯特羅邁厄就革丁根醫學院的 *privatdozent*，至一八一〇年即昇任正教授 (professor ordinarius)。在德國各大學之教授，亦如美國一部大學教授相似，常擢昇為政府官吏，或兼任政府職務。此後斯氏即出任罕諾弗省 (Hanover) 藥商視察專員。一八一七年秋季斯氏赴希爾得斯海姆 (Hildesheim) 視察，途中發現藥商均用碳酸鋅代氧化鋅配藥，但據當時德國罕諾弗省藥典必須用氧化鋅。一八一八年四月二十六日斯特羅邁厄氏致什淮革 (J. S. C. Sch.

weigger) 氏一函，敘述此事頗詳，茲錄一段如次：

「去年我國攝政當局委我視察希爾得斯海姆區所屬各重要城市的藥商時，曾發現少數藥房用碳酸鋅以代替氧化鋅，此乃大誤。據云此種原藥，完全由薩爾茲歧特 (Salzgitter) 地方的化學藥品製造廠購來。查碳酸鋅爲帶光澤的白色物質，熱至紅熾，先變黃色，繼呈橘色，其中並無鐵、鉛等雜質。」（此段譯意）

因爲斯氏想尋出他們所以用碳酸鋅代替氧化鋅的原因，遂親赴薩爾茲歧特調查各製藥廠；斯氏曾述調查經過如下：

「在這次旅行中，我曾使道赴薩爾茲歧特調查製造碳酸鋅的製藥廠；在這裏，我責問他們爲何用碳酸鋅代替氧化鋅出售。據該廠藥物部負責人約斯特君 (Mr. Jost) 的回答，他認爲碳酸鋅一經燒至紅熱，即起黃色，因此遂疑其中含鐵在內；但在當初製造時，特別注意於鋅鐵的分離，並在氧化鋅中，似乎亦不易檢出有絲毫鐵的成分存在。」

斯特羅邁厄氏對於「加熱碳酸鋅之後，如其顏色不褪，即不能變爲氧化物」一事，感有深長趣味，

他接着又說道：

「約斯特君的報告，促使我把氧化鋅仔細考察一番；結果我發現碳酸鋅熱後變色的原因，是由其中含一種特殊的金屬氧化物而起，這種氧化物向來沒有人料到。現在我已採用一種奇特的方法，從氧化鋅中把牠取出，並已還原為金屬狀態……。」（10）

至斯氏提取這種金屬的方法，可略述如下：

將不純的氧化鋅溶於硫酸中，通以硫化氫氣，即有混合的硫化物沈澱而出。再將沈澱物濾過，充分洗滌，溶解濃鹽酸中，然後加熱蒸乾，以除去其中



圖一一三 斯特羅邁厄氏像

(Friedrich Stromeyer 1776-1835)

德國醫學家、植物學家、化學家和藥學家，曾任罕諾弗 (Hanover) 的藥商視察官，為鋇元素發現人。斯氏三十種礦物分析報告總集，乃分析化學上不朽之作。

多餘之酸。蒸發後所得的殘渣，再用水溶解，然後再加多量的碳酸銨溶液，使沈澱物中所有之鋅或銅重行溶解。因為新金屬的碳酸鹽，在過量的碳酸銨溶液中不能溶解，所以斯特羅邁厄博士 (Stromeyer) 能用過濾法把牠取出。及取出之後，先用水洗滌清淨，再燃燒成氧化物。這種氧化物帶褐色，斯氏混以煙灰，置入玻璃曲頸甌（或陶器的），熱至低紅程度，待冷後將甌口打開，即發現有藍灰色帶光澤的金屬存在其中（10）。

斯氏這次最初所取得的新金屬，重量僅有三克，故不能詳細研究其性質。後來斯特羅邁厄氏忽然出乎意料地得到這種新金屬頗多，足供研究其性質之需。關於此事之原委，斯氏在致什淮革博士 (Dr. Schweigger) 的前函中，曾經說過：

「現在我有一件很可歡喜的消息報告你，想來是你悅於知道的。最近幾天之內，我發現射內培克 (Schönebeck) 的挨爾曼先生 (Mr. Hermann) 和馬格得堡 (Magdeburg) 的羅露夫博士 (Dr. Roloff) 都對我所研究的金屬感到濃厚的趣味，因此我可以對牠更進一步的研究。猶憶數年前當我在馬格得堡視察幾處藥房的時候，發覺各藥房用以配藥的鋅，及溶於酸中

再通以硫化氫之後，即起黃色沈澱，當局疑其中含有砷的成分，據實驗結果以爲是雌黃（orpiment），故悉行沒收充公。查製鋅原料，全由西利喜阿（Silicia）運來，經射內培克地方挨爾曼君的製藥廠出售。

「挨爾曼先生對於貨物沒收充公一事，認爲有關他的藥廠的名譽，故十分關心；至於羅露夫博士，因爲他本人擔任醫學顧問，並在我視察的時候，協助編製所有報告，寄與胡腓蘭特（H. F. Feland）氏發表，所以也異常關心。這篇報告，後來由胡氏就其所主編醫學雜誌二月號披露。挨爾曼氏曾將這種氧化鋅加以審慎的研究，但結果並未發現其中含有絲毫的砷（24）。

「挨爾曼先生因爲從鋅中檢查不出砷的蹤跡，特請醫學顧問羅露夫博士重新實驗。這次的實驗使羅氏對於起初認爲雌黃的沈澱物發生了疑問——這種東西，雖其性質很同砷相近，卻爲另一金屬，或者是一種新的。因爲羅氏和挨氏兩位先生想澈底解決這個疑問，特求我幫助，並且在這幾天之內，曾把西利喜阿出產的氧化鋅，形似雌黃的沈澱物，以及由其中所取得的金屬等等都寄給我，要我重新做一次實驗，主要的目的在證明其中究竟含不含砷。」

據斯特羅邁厄氏詳細實驗的結果，發現挨爾曼和羅露夫二氏由西利喜阿出產的氧化鋅中所提取的金屬，其性質完全同他以前由薩爾茲歧特 (Salzitter) 出產的碳酸鋅中所取得者一樣。所以他又說：

『就以上所舉各點而論，我認爲西利喜阿氧化鋅中所含的金屬，與我以前所發現者或係一物；惟因其在通硫化氫之後，能發生同雌黃形狀相似的沈澱物，故被人疑爲含砷在內。有幾次實驗，足以證實這種意見。我已經把這種情形專函告知挨爾曼先生，同時亦擬將詳情報告醫學顧問羅露夫博士，至於他寄我信，也是前天接到的。』

這種發現，對於挨爾曼和斯特羅邁厄都是有益的，因爲由此可以證實挨爾曼氏並非是出售劣貨的藥商，而斯氏由此也得到一個切實研究這種金屬的機會。挨氏不得斯氏的助力，恐怕不易恢復他的營業的名譽；斯氏沒有挨氏供給這個機會，或者不會注意這個大發現。斯氏以爲所發現的金屬，常同鋅結合一齊，因據產鋅鑛石之calamine (異極鑛，其分子式爲 $H_2Zn_2SiO_5$)，而名之曰 cadmium (漢譯術名曰鎘)。查斯氏研究金屬鎘之初，曾得布朗斯威克 (Brunswick) 地方

的馬耐爾 (Mahner) 君和漢堡的西門子 (Siemens) 君的幫助頗多，這兩人都他的學生。

同時哈雷 (Halle) 地方的邁斯耐爾 (Meissner) 氏和柏林的卡爾斯頓 (Karsten) 氏，也獨立發現了這種元素；據說他們對於斯特羅邁厄、羅露夫和挨爾曼三人的工作完全不知(25)。(1)。斯氏在發現鎢元素之後，曾得朝廷賜以宮庭顧問 (Hofrath) 的榮銜，這或者同他的發現有關。斯氏對礦物學和化學的研究，盡瘁一生，刊行論文多篇，又致力科學教育多年，於一八三五年八月十八日在原籍 華丁根逝世，時年五十有九。綜觀斯氏一生，以服務鄉梓時間最久(8)。

參考材料

- (1) Davy, Dr. J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart., Vol. 1, Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 235. Poem by Sir H. D.
- (2) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie., Paris, 1891, pp. 140-4.
- (3) Davy, H., "Electro-chemical Researches, on the Decomposition of the Earths; with Observations on the Metals obtained from the Alkaline Earths, and on the Amalgam procured from Ammonia," *Nicholson's J.*, 21, 366-83 (Suppl., 1808); 22, 54-68 (Jan., 1809).
- (4) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 130-37.
- (5) *Ibid.*, Vol. 2, pp. 138-40.

- (6) *Ibid.*, Vol. 2, pp. 1-3-5.
- (7) Davy, Dr. J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," ref. (1), Vol. 1, p. 400.
- (8) Pogendorff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Stromeyer and Bussy-
- (9) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, 1831, pp. 217-21.
- (10) Letter from Dr. Stromeyer to Dr. Schweigger, *Annals of Phil.*, 13, 108-11 (Feb., 1819); translated from *Schweigger's J.*, 21, 297 (May 28, 1818); Stromeyer, "New Details respecting Cadmium," *Annals of Phil.*, 14, 269 (Oct., 1819); *Ann. der Physik*, 60, 193; *Sci. News Letter* 19, 75-6 (Jan. 31, 1931).
- (11) Budgen, "Cadmium: Its Metallurgy, Properties, and Uses," Chas. Griffin and Co., London 1924, p. xiii.
- (12) Oeuvres de Lavoisier, Vol. 1, Imprimerie Impériale, Paris, 1864, p. 122.
- (13) Brockman, "Fused Electrolytes—An Historical Sketch," *J. Chem. Educ.*, 4, 512-23 (Apr. 1927).
- (14) Söderbaum, "Jas Berzelius Brief," Vol. 1, part 2, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 7-8.
- (15) Scheele, "Sämmtliche physikalische und chemische Werke," Vol. 2, 2nd edition translated by Hermbstädt, Rottmann, Berlin, 1793, pp. 179-82.
- (16) Pelletier, "Extrait d'Observations sur la Strontiane," *Ann. chim. phys.* (1), 21, 113-43 (Feb. 28, 1797).

- (17) Fourcroy and Vauquelin, "Extrait de deux Mémoires sur un nouveau moyen d'obtenir la Baryte pure, et sur les propriétés de cette terre comparées à celles de la Strontiane," *Ann. chim. phys.* (1), **21**, 276-83 (Mar., 1797).
- (18) Kopp, "Geschichte der Chemie," Vol. 4, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, **1847**, pp. 42-55.
- (19) Klaproth, "Analytical Essays toward Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," Cadell and Davies, London, **1801**, pp. 223-37 and 387-98.
- (20) Wootton, "Chronicles of Pharmacy," Vol. 1, Macmillan and Co., London, **1910**, pp. 354-8.
- (21) Bugge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 1, Verlag Chemie, Berlin, **1930**, pp. 240-52. Biographical sketch of Black by Max Speter.
- (22) Bourquelot, "Le Centenaire du Journal de Pharmacie et de Chimie, 1809-1909," Octave Do-in et Fils, Paris, **1910**, pp. 53-4.
- (23) Roloff, C. H., *Gibb. Ann.*, **61**, 205 (1819); **70**, 194 (1822).
- (24) Hermann, K. S. L., *ibid.*, **59**, 95, 113 (1818); **66**, 276 (1820).
- (25) Karsten, C., *Archiv. Berg. Hüt.*, **1**, p. 209.
- (26) Irvine, "Scotland's Contribution to Chemistry," *J. Chem. Educ.*, **7**, 2810-4 (Dec., 1930).
- (27) Bussy, "Mémoire sur le radical magnésique," *Ann. chim. phys.* (2), **46**, 434-6 (1831).
- (28) Smith, E. F., "Forgotten Chemists," *J. Chem. Educ.*, **3**, 35 (Jan., 1926).
- (29) Brockman, "Richard Kirwan-Chemist, 1733-1812," *ibid.*, **4**, 1275-82 (Oct., 1927).

- (30) Dains, "John Griscom and His Impressions of Foreign Chemists in 1818-19," *ibid.*, 8, 1307-8
(July, 1931).

第十二章 利用鉀鈉所分出的元素——銻鈦銻和鈦

含有鈦族中各元素的泥土，在世界上散佈很廣，德國化學家克拉普羅茲氏曾於一七八九年，由分析錫蘭島所產的風信子玉（zircon）中，發現了銻土，亦稱二氧化銻（zirconia）。兩年之後，一位名叫格累高爾·威廉（William Gregor）的英國牧師，從他在空窩爾郡（Cornwall）所管轄的教區裏探得一種黑沙，由這些黑沙中他取得一種化合物，命名曰『門那陳鑛』（menachanite），或鈦土，亦即氧化鈦鑛（titania）；惟其發現不受科學界的重視。四年之後，克拉普羅茲又由匈牙利所產的紅色電氣石（red schorl）中取得氧化鈦，而定名曰鈦鑛（titanerde）。希生革爾（Wilhelm von Hisinger）和柏齊力阿斯二人當一八〇三年研究瑞典出產『柏斯耐斯的重石』（heavy stone of Bastnäs）的時候，曾發現銻土，亦稱二氧化銻（ceria）。『柏斯耐斯的重石』現名銻鑛（cerite）。一八二八年柏齊力阿斯氏得到挪威海濱附近一座小島上所產

的黑花剛岩 (syenite) 他由這種鑽石，分出鈦族中最後的一種土質，名曰鈦土，或稱氧化鈦 (thoria)。銻、鈦、鈾、鈷四種金屬，不易分離，故曾發明許多種分離方法；採用鈉、鉀兩種物質以促起強烈還原作用的，乃是許多方法中的一種。

『在這短時期化學的演進；其速率之快，直勝過其他種種學科。』（1）

銻

含銻 (zirconium) 的鑽石，在自然界裏散佈很廣；並且千數百年以來，已被人類所採用。在新約聖書的啓示錄上，聖徒約翰述說聖城耶路撒冷的情況，謂「城中有上帝的光榮，城的光輝如同極貴的寶石，好像碧玉，明如水晶。有高大的牆，有十二個門。……牆有十二根基。……城是四方的。……牆的根基是用各樣寶石修飾的。第一根基是碧玉，第二是藍寶石，第三是綠瑪瑙，第四是綠寶石，第五是紅瑪瑙，第六是紅寶石，第七是黃璧璽，第八是水蒼玉，第九是紅璧璽，第十是翡翠，第十一是紫

瑪瑙，第十二是紫晶……』上邊第十一種名叫紫瑪瑙 (jacinth = hyacinth) 的寶石，乃是一種黃紅色透明的銻石。

雖然古人常用『風信子玉』(zircon) 作為陰文雕刻的寶石，雖然在中世紀已有人珍視紫瑪瑙和淺色銻石 (jargon)，但是這些鑽石裏所含的一種金屬，直至十八世紀末葉纔被人發覺。因為銻土 (氧化銻) 和鋁土 (氧化鋁) 兩種東西的形狀很相似，所以被人誤認為一種物質；後來賴克拉普羅茲氏的分析本領，纔證明牠們並非一種物質。一七八九年克氏分析錫蘭島 (Ceylon) 所產的『風信子玉』，發現其中含有一種新土質，因命名曰銻鑛 (zirconerde)，在英文中稱曰銻土 (zirconia) (9) (31) (32)。在發現含銻土質之前，一切分析銻鑛的結果，大抵都是錯誤的。茲舉著名化學家柏格曼·托柏恩 (Torbern Bergman) 氏分析錫蘭島 出產的紫瑪瑙 (hyacinth) 的結果如下：

砂土 (silica)

二五%

鋁土 (alumina)

四〇%

氧化鐵(iron oxide) 一三%

石灰(lime) 二〇%

但克拉普羅茲氏分析以上同種紫瑪瑙的結果，可表如下：

矽土(silica) 二五%

氧化鐵(iron oxide) 〇·五%

鋇土(zirconia = jargonite) 七〇%

克氏的分析結果，後來由得·毛利 (Guyton de Morveau) (註一) 和富古令 (Vauquelin) 兩氏證明無誤 (9) (33) (34) (35)。至於這種鑽石的成分，在今日久已決定為 $ZrSiO_4$ ，稱曰矽酸鋇 (zirconium silicate)。

(註一) 得·毛利 氏所發表的科學論文，署名為 Cit (oyen) Guyton, 不用 Guyton de Morveau。

一八〇八年英國得維爵士 (Sir Humphry Davy) 曾利用電流以分解鋇土 (zirconia)，但沒得成功；後來柏齊力阿斯氏 在一八二四年，曾將乾燥的鉀和『氟化鋇鉀』混合一處，貯於一

雙小鐵管中，密閉其口，放入鉛製坩堝中，加熱分解。待鐵管內物質反應作用完成之後，將管放置空氣中冷卻，然後投進蒸餾水裏，以觀其變化。茲錄柏氏的記錄如下：

「從管裏倒出一些黑色粉末，及落入蒸餾水中之

後，好像鹽粒落進水裏一樣，霎時就溶化了；溶時尚有微量的氫氣放出……在此種情況下所得的銻，很容易沈澱下來。取出沈澱物，可以用水洗滌，用熱烘乾，而不至發生氧化作用。至洗滌和乾燥後的成品，形如木炭粉末，既不能壓成餅塊，亦不能擦出金屬光澤。」（15）

雖然用柏齊力阿斯的方法所取得的銻，其中仍含銻土（二氧化銻）很多，不甚純粹，但他選



圖一一四 得·毛利氏像

(Guyton de Morveau 1737-1816)

法國化學家兼營法律上代言人。一七九四至一八一五年間任高等多藝學校(École Polytechnique)化學教授。毛利氏曾與拉瓦錫、孚克拉(Fourcroy)和柏托雷(Bertholet)諸氏，依燃燒作用的新觀點，製定化學新名詞。毛氏對於鋼之構造，最初加以深沈之研究。

擇原料的方法，卻很帶着科學的精密性（37）。其後致力研究這種元素的專家，計有淮斯·路易（Ludwig Weiss）及瑙曼·攸貞（Eugen Naumann）（38），未得金特（Wedekind）（39），和摩孫（Moissan）（40）等氏，於是所製得的銻，遂逐漸更純。最後一九一四年荷蘭愛恩德荷文（Eindhoven）地方非利普斯電燈金屬材料廠（Philips Metal-Incandescent Lamp Works）的兩位研究員，曾取得極純的銻（100%）——這兩人的名字，一位是利利工程師（D. Ley，Jr.），一位是漢布喝爾（L. Hamburger）。製取的方法，是將四氯化銻和金屬鈉混置一處，盛入一空球中，利用電流加熱，使銻分離而成單體。所得金屬銻為薄片狀，可以壓成棒、抽成絲，又可磨成光瑩如鏡的表面。

銻的氧化物至今仍著名於世。冶金爐的內壁，用銻土（二氧化銻）塗抹掩蔽之後，可經久不破；又因銻土的傳熱性很低，可以塗得極薄。且銻土性質堅固，耐火難鎔，若用銻土製成坩堝等實驗儀器，不僅能耐高熱、能耐鑛渣和多種酸類的侵蝕，即熱至紅熾時而登時投進冷水裏，亦不至破壞。

鈦

英國的牧師中，不僅普里斯特利 (Joseph Priestley) 曾經發現過元素之外，還有格累高爾 (Rev. William Gregor) 發現了元素鈦 (titanium)。

格累高爾氏於一七六二年生於空窩爾郡 (Cornwall) 及長曾入布里斯托爾 (Bristol) 和劍橋等處學院研究宗教學科，預備將來充任牧師職位；在校成績優異，對於數學和文學兩科，尤其特別心得。離校後先在得特福德 (Deptford) 充牧師，繼遷至得封郡 (Devonshire)，最後在克利德 (Creed) 任牧師 (2)。

格累高爾氏極愛研究英國各處出產的鑽石，並且有極精確的分析技術，國外化學名家如柏齊力阿斯等人，曾稱譽他做『鑛學名家』，其學術之高超可知 (3)。格氏且為空窩爾郡皇家地質學會 (Royal Geological Society of Cornwall) 的創辦人和榮譽會員。至格氏所分析的鑛物，如碳酸鈹、黃玉 (topaz)、銀星石 (wawellite 一種鹽酸性的磷酸鋁)、含鈾雲母 (uranglimmer)

(16) 及土產砷酸鉛 (17) 等等, 結果皆很精確 (4)。

格氏對於所分析的鑛物, 最感興趣的, 莫如由門那陳谷 (Menachan Valley) 採來的黑色磁性砂。這片谷地由格氏宣教區內所管轄。至格氏分析此種鑛石的結果, 曾發表於一七九一年刊行



IV.

Beobachtungen und Versuche über den Menakanre, einen in Cornwall gefundenen magnetischen Sand; vom Hrn William Gregor *).

§. 1. Dieser Sand wird in großer Menge in einem Thale des Reichthums Menakan in der Grafschaft Cornwall gefunden. Durch dieses Thal fließt ein Bach, dessen Hauptquelle in den Thälern von Gouhillo ist. Der Sand ist schwarz, und hat dem Aeußern nach, einige Aehnlichkeit mit dem Schießpulver. Seine Körner sind von verschiedener Größe, haben aber keine bestimmte Figur. Er ist mit einem andern schmutzigen weissen Sande vermischt, dessen Körner viel feiner sind. Die specifische Schwere des, von dem andern durch ein Sieb gereinigten, schwarzen Sandes, war nach der Methode des Hrn de Luggart, zum destillirten Wasser, = 4,427:1. Er löset sich leicht zu einem feinen Pulver zerreiben, und ist magnetisch.

§. 2. Ein Gran von diesem Sande, der Flamme des Löthrohrs ausgesetzt, knistert nicht. Seine

*) Hr. Gregor hatte die besondere Gütigkeit, mir diese Abhandlung, zur Einrückung in die Annalen in Manuscript zu übersenden, welche ich aus dem Englischen (von meinem ältesten Sohne, Carl) übersetzt hiemit den deutschen Scheidekünstlern vorzulegen die Ehre habe. €.

圖一一五 格累高爾牧師著作書影

英國格累高爾牧師 (Reverend William Gregor) 爲鈦元素的發現人。格氏報告發現這種元素的論文, 發表於一七九一年的克累爾氏化學年報 (*Crell's Annalen*), 上圖即該論之一頁。

的克累爾氏年報 (*Crelle's Annalen*) 文前附有編者『案語』道：

「格累高爾先生把這篇論文的原稿寄給我，要我就年刊上發表，使我感覺無上的榮幸。茲特囑犬子卡爾 (*Carl*) 譯成德文，貢獻於德國各位分析化學家之前，想必為列位同道所歡迎也。」

格氏論文，開頭敘述黑色磁性砂 (*black magnetic sand*) 的產地及形狀，有一短文如次：

「這種黑色的磁性砂，產於空窩爾郡門那陳教區 (*Menachan parish*) 的山谷中，其量頗大。谷中有一大河，其源發自工希利山 (*Gonhily*)。砂粒色黑，形如火藥黑末；粒的大小不一，並且每粒的形狀也彼此不同。砂中又混有污穢的白色砂粒，顆粒比較細小……」

格氏將此砂中的黑色部分分出，從事分析，所得結果如下：

磁鐵 (<i>magnetite</i>)	46.9%
砂土 (<i>silica</i>)	31%
棕紅色燬渣 (<i>reddish brown calx</i>)	45%

損失 (Loss)

4.1%

以上分析所得的棕紅色煨渣，及溶解於硫酸之後，即成黃色溶液；如用鋅、錫或鐵從事還原，即變作紫色。若將磨成粉末的煨渣，屢以木炭粉末共熔，可得紫色的金屬塊。

格累高爾氏對於自己的論文，很謙虛地表示不好，請求讀者指教。他說過這篇論文不是成熟的研究結果，乃是各種片段事實的記錄；至於詳明的解釋，須待分析名手和哲學專家的研究；他說他本人的學識和技術是不夠的。格氏的朋友豪金斯·約翰 (John Hawkins) 氏，在看過格氏的黑砂和論文之後，一致地認為是一種新元素。

格氏又說道：

「由這位大名鼎鼎的鑛學家的意見，和這種黑砂所帶的特殊性質，使我相信其中必定含有一種新的金屬物質。因為想表明牠和別種鑛物的不同，我特地為牠起了一個新名字——這個名字是隨產地得來的，出產地是門那陳教區，所以這種金屬我叫牠「門那陳鑛」(Menachan

→menachanite)。」

格氏對自己的報告，還謹慎地聲明，謂將來或有其他化學大家能予以更詳明的解釋，使這種礦物的特性質，可以『大白於世』。

隨後格累高爾氏以職務羈身，未得繼續研究（5）；現在我們叫他做鈦鐵礦（ilmenite），分子式爲 $FeTiO_3$ ，確實含有一種新元素在內。惟格氏報告發表之後，不爲學術界所注意，遂致鈦的命運，亦如碲相同，不久就被人忘掉了。

格氏於一八一七年六月十一日死於克利德（Creed），時年五十五歲；死前曾患肺癆頗久。英國托姆松（Thomas Thomson）氏在所著化學史會論格氏說：

「空窩爾郡的格累高爾先生，爲人精細，專門討究分析化學；雖然所做的分析工作不多，但



圖一一六 克累爾氏像

(D. Lorentz von Crell 1744-1816)

克累爾氏爲化學教授，及黑爾姆斯塔特（Holms-tädt）礦廠的法律顧問（counselor）；曾任 *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre Arzneigehlrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen* 及 *Neues Chemische Archiv* 的主筆。

所得的結果極確。惜格氏未得享其天年，以致對科學上的貢獻不多。』(6)

未爾揚 (Veryan) 地方有一位名叫特利斯特 (J. Trist) 的牧師，這人是格累高爾先生的摯友，據特牧師的批評，他認為格氏是一位忠心實踐基督教義的好人。他說：『……對於他的(格氏的)鄰人，不論在性靈上或現世生活上，無不予以助力；並且由於他的指示，使得他的朋友所處的社會，也都快樂而有生氣了。』(2)

當德國大化學家克拉普羅茲 (Klaproth) 氏證實碲元素是一種新單體的時候，他對於最初發現人牟勒男爵 (Baron Müller von Reichenstein) 的功績，仍然推崇備至，牟勒因而得以不朽。這段事，本書第七章曾經述及，想讀者必能記得。至於格累高爾氏的發現，也是由於克拉普羅茲氏將自己繼續研究的結果，重新公佈於世，纔使得格氏一番心力不至湮沒無聞。一七九五年克氏曾分析過匈牙利霸英尼克 (Boinik) 出產的『紅色電氣石』(red schorl)，而認牠是新的氧化物；這種電氣石是由維也納的浮爾本伯爵 (Count Würben) 贈予克氏的。(7) (8) 因為這種氧化物的外表，和前次格累高爾氏所分析的『門那陳鑛』十分相似，所以克氏便同時分析

這兩種鑽石，以作比較研究的根據請讀克氏的報告如下：

「近數年來，曾由空窩爾郡的門那陳教區內，掘出一種礦物 (Fossil)，顏色灰黑，形如砂粒，帶有感應磁鐵的性質，頗為一般化學家所注意。這種東西，因為出產於門那陳，故有「門那陳鑽」之稱。門那陳地方的格累高爾先生，治礦物化學極勤；他不僅將第一次發現這種礦物的經過，公



圖一一七 克拉普羅茲氏像

(Martin Heinrich Klaproth 1743-1817)

德國著名分析化學家，柏林大學第一任化學教授。一八一〇年克氏刊行其與佛爾夫(F. Wolff)氏同著的化學字典。至克氏一生分析鑽石的結果，均載於所著 *Beiträge zur Chemischen Kenntniss Mineralkörper* 六冊中。克氏又由研究格累高爾氏的「門那陳鑽」(menachanite)的結果，而斷為一種新元素，且命名為鈦。

之於世，並將運用化學方法研究牠的結果，也詳細地報告出來。格氏報告中最可注意之點，即「門那陳鑛」內除含鐵之外，還有一種性質不明的金屬氧化物。據我採用下列實驗方法所得的結果，發覺門那陳鑛中除含鐵之外，那種性質不明的第二種主要成分，是和匈牙利所產的紅電氣石裏之主要成分完全一樣；這種東西即鈦的氧化物（*oxyd of titanium*）。就上述意見看來，以前格累高爾氏實驗門那陳鑛所起的現象，幾乎十之八九是和我研究紅電氣石時所生的結果相同。』（21）

克氏主張叫這種元素爲 *titanium*（漢譯標準術名曰鈦），他的理由很特別，茲特介紹如下：「我現在常想爲這個新鑛石，定一個足以表示其特性的名稱，結果總想不出；因此我纔改變主張，以爲最好找出一個與原物毫無關係的名字，免得發生錯誤。現在仍採取爲鈦命名的辦法，要引用神話上的故事，替牠起名字；希臘神話上說「地球」的第一代兒子們叫 *Titans*（巨族），所以我叫這一族新金屬曰 *Titanium*（註1）（鈦）。』（8）（9）。

（註1）素封案太巨族（*Titan*）亦有人譯作泰坦族，乃希臘神話中最古的神族名，至其族中任何一個神皆稱太巨或

泰坦 (Titan) 這個神族是由烏蘭那 (Uranus) 和基阿 (Gaia) 的子孫，計有克羅那斯 (Cronus)、阿特拉斯 (Atlas)、挨彼密薩斯 (Epimetheus)、俄西阿那斯 (Oceanus)、提西斯 (Tethys) 和普羅密修斯 (Prometheus) 等神。當太巨神族同俄利姆彼阿諸神 (Olympia) 開戰時，太巨神朝遂被覆滅。

克拉普羅茲 (Klaproth)、富古令 (Vauquelin) 和 羅斯·亨利克 (Heinrich Rose) 三氏及其他各化學家，都設法想得這種金屬，可惜全沒成功 (22)。一八二二年英國武拉斯吞博士 (Dr. Wollaston) 在麥忒·提德維爾 (Merthyr Tydvil) 地方的煉鐵廠裏，曾從鑛渣中發現許多微細立方結晶體，而疑為鈦的單體；後來在一八四九年由弗勒 (Wöhler) 氏的研究，纔證明牠並不是鈦，乃是鈦的氮化物和氟化物的混合體 (18)。又在一八二五年，柏齊力阿斯氏 曾用鉀來還原氟鈦酸鉀 (pot. fluotitanate) K_2TiF_6 ，而取得無定形的鈦，質地極不純粹 (20)。雖然這種無定形的黑色鈦，帶有金屬光澤，只因不能溶解於氟酸中，故知其所含金屬鈦不多 (23)。

一八四九年弗勒和得維爾 (Deville) 二氏曾依柏齊力阿斯氏方法以製取純鈦，惟用封口坩堝，以屏除外界的空氣。不過所製出的成品，仍含氮化鈦 (titanium nitride) 在內；於是乃將金

屬鉀和氟鈦酸鉀盛「船塢」(boat)裏，置氫氣中加熱。最後製出一種灰色粉末，在顯微鏡下呈金屬光澤(7)(10)(18)。這種物質，在弗勒和德維爾的心目中，以為就是純鈦，不過松吞(W. M. Thornton)氏還認為他們所取得的是氮化鈦(23)。

一八八七年尼爾松(Lars Fredrik Nilson)和培忒松(Otto Petersson)兩氏曾在閉口的鋼管中，用鈉以還原四氯化鈦，結果獲得純度達百分之九十五的金屬鈦(24)。至於麻桑(Moissan)氏利用電爐所取得的鈦，其中絕無氮和矽等雜質，惟含碳素約百分之二(25)。



圖一一八 培忒松氏像

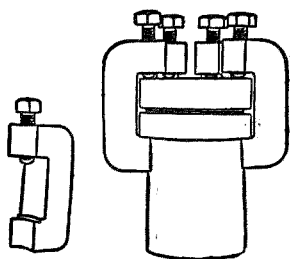
(Sven Otto Pettersson 1848-)

一八八一至一九〇八年間，培氏任瑞典斯德哥爾摩大學化學教授，曾同尼爾松(Lars Fredrik Nilson)氏研究金屬鈦，以及鈦和銻(germanium)的物理性質。在理論化學上，培氏為贊成阿累尼烏斯(Arrhenius)氏的電離學說之第一人。

一九一〇年罕忒 (M. A. Hunter) 氏改良尼爾松和培忒松所用的方法，曾製得純度達九九·九%的金屬鈦若干。他的方法，是將極純的氯化鈦和鈉的混合體，同置於爆炸機器中，加以高熱。這隻機器用鋼鑄成，內空，容積爲一千立方呎 (c. c.)，可耐四萬磅的壓力而不至破裂。其中的小蓋，是放在軟銅做的填塞物之上，由六條帶子繫着 (見附圖一一九) (The lid, which rested on an intervening gasket of soft copper, was securely held in place by six braces)。

(素封案此段意義不明) 及熱度昇至低紅熱 (low redness) 時，則其中立起爆烈之反應。然後用水濾去所成的氯化鈉，即得純粹的金屬鈦 (26)。

鈦在空氣中燃燒，則生二氧化鈦 (TiO_2)，通常爲白色；因其折光指數 (refractive index) 甚高，故可做上等不透明白色塗料，又可用作釉藥。金屬鈦和鐵接合，則成「鈦鐵」(ferro-titanium)，乃一種有



圖一一九
罕忒氏提製純鈦用的爆炸器

[原圖見 *Rensselaer Polytechnic Institute, Eng. Sci. Series, No. 1, p. 6, (1911)*].

用的合金，如加於已鎔的鋼中，可以防止鋼中發生氣泡，而使鑄成的鋼器可免發生孔隙的弊病。由此可知無數世紀以來藏在格累高爾先生教區內的鑛物，一旦被化學專家分離為單體之後，即可直接造福於人類。

鈾

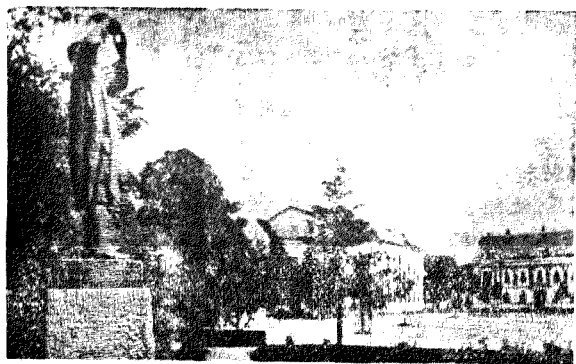
瑞典有一位名叫希生·威廉 (Wilhelm Hising) 的大富豪，擁有發士特曼蘭德省 (Vestmanland) 李達爾海答 (Riddarhytta) 地方的財產，以及柏斯耐斯的鑛廠 (Bastnäs Mine) 後來昇為貴族，外人改稱做他希生革爾 (Hisinger)。李達爾海答是發現鈾元素的布朗特 (George Brandt) 氏的出生地，本書第四章曾經提過。柏斯耐斯鑛廠乃是『鈾鑛』(cerite) 的出產地，最初激起研究興趣的鈾鑛材料就是由這裏發現的。

希生生於一七六六年十二月二十八日，自幼即愛祖國所產各種美麗的鑛石。年十五，曾寄鈾鑛少許與當代著名化學家徐萊 (Scheele) 氏，請他分析。後來徐萊也做過一番研究工夫，據他的

回答，說是鈾鑛裏面並沒有任何新金屬在內。由此我們可以證明就是鼎鼎大名的人物，有時也會發生錯誤的。但諾登瑟德男爵 (Baron Nordenskiöld) 則認為鈾鑛很難處理，即採用近代新式方法，亦不易分析，所以他說徐萊的錯誤是『很可原諒』的 (11)。

柏齊力阿斯氏對於鈾鑛，會有下邊一段敘述：

「在發士特曼蘭德附近的柏斯耐斯鐵鑛山裏，蘊藏着一種比重極高的鑛石，曾經被人發現，不過現在這處鑛山已停止開採了。這種鑛石，當時的人稱做「柏斯耐斯的重石」(heavy stone of Bushnäs)。徐萊曾這裏想取得錫元素，但沒得成功。從此這種鑛石遂湮沒無聞，直至一八〇三年方纔由克拉普羅茲氏 (44)、希生



圖一二〇 瑞典刻平(Köping)的徐萊像

革爾 (Hisinger) 氏和我 (29) 同時所注意。結果我們找出一種新物質，克拉普羅茲 叫牠「黃赭鐵土」(terre ochroite)，希生革爾 和我叫牠「氧化低鈾」(cerous oxide)。因為牠有兩種氧化物，除上述的氧化低鈾之外，還有一種高級的氧化鈾——這兩種氧化物的鹽類，所呈的顏色和性質彼此不同。Cerium (鈾) 字由 Ceres (栖里茲) (註一) 一字演變而成；起初由克拉



圖一三一 克隆斯塔特氏像

(Axel Friedrich Cronstedt 1722-1765)

瑞典化學家兼礦物學家，鎳的發現人，所著礦物體系 (System of Mineralogy) 一書，曾譯成許多種文字。克氏當時所謂的重礦，今日稱為鈾礦 (cerite) ——「柏斯耐斯的重石」(tungstein of Bastnäs)。徐萊氏以為其中含有鎢在內。

普羅茲氏創用，但不久即廢。這種重石的主要成分爲矽酸亞鈾 (cerous silicate)，故有「鈾鑛」(cerite) 之名。後來又從其他各處出產的鑛石中取得鈾質，例如加多林石 (gadolinite)、褐簾石 (allanite) (註二)、氟化亞鈾、鈾鈾鑛 (ytrocerite) 和褐簾石 (orthite) (註一) 等等。(12)

(註一) 案柯里茲 (Ceres) 乃火星和木星軌道間的第一個小行星，當時甫由彼阿齊 (Piazzi) 氏所發現。

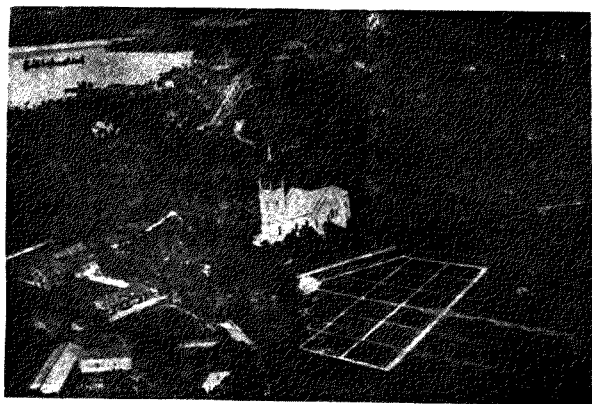
(註二) 案封案 allanite 和 orthite 爲一物，見商務地質鑛物學大辭典 P. 922。

柏齊力阿斯和希生革爾二氏分析鈾鑛 (cerite) 的主要目的，是想找出「鈾土」(yttria)。但當徐萊和得爾徐埃爾 (d'Elhuyar) 兩氏從事研究這種鑛石時，還不認識鈾土，所以無從注意。(29) 雖然柏、希兩人沒曾發現出鈾土，可是他們研究的結果，卻把「鈾土」發現出來了。(註一)

(註一) 據尼古生雜誌 (Nicholson's Journal) 第九冊及第十冊所載論文，謂由得爾徐埃爾及柏齊力阿斯二氏所作。在德國化學家弗勒氏所作的一篇一位化學家的早年回憶錄 (*Jugend-Erinnerungen eines Chemikers*) 裏，對於希生革爾氏的家庭描寫得十分。

「在法龍 (Fahlun) 地方我們逗留五天之後，即趕到斯金斯開台堡 (Skinskatteberg)」

那裏有希生革爾氏的產業；再由此趕了二十四小時的路，在一天的下午遇見了柏齊力阿斯先生。那位端莊和藹而又富創作天才的希生革爾氏就住在此地。因為他對於瑞典的地球構造鑛物學 (geognostic mineralogy) 和植物學上有很多貢獻，又因為他對柏齊力阿斯起初研究的費用，很豪爽的資助過，所以他的名聲很高。他的住宅很輝煌，四周繞以偉大的森林和花園，以及產鐵的鑛山等等；生活的闊綽，幾和王侯將相相埒。我們在這裏過了一星期的快樂生活，一部分的時間用在觀察希氏所採的標本，和用吹管試驗不認識的鑛



圖一二二 瑞典斯金斯開台堡鳥瞰

此處為瑞典鑛學家希生革爾 (Wilhelm von Hisinger) 氏的地址；鈾鑛即在希氏此處的鑛場中發現。



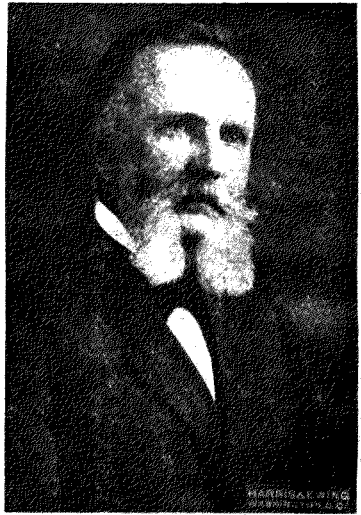
圖一二三 李達爾海峽地方的「洗鑛臺」

希生革爾 (Hisinger) 氏於一七八一年曾在李達爾海峽 (Riddarhyttan) 發現銻礦。發現銻之布朗特 (Georg Brandt) 氏即生於此處。

石還有一部分的時間，朗讀我所翻譯的希生革爾的鑛物地理學。我又和希生革爾和柏齊力阿斯二人結伴到李達爾海答的鑛場去旅行，那裏只有柏斯耐斯豎坑 (Bastnashaft) 一處地方出產鈾鑛 (cerite)。這時鑛坑的門口，已竟廢棄而不開採；我們在烈日之下，採集「鈾鑛」和褐簾石 (cerin = allanite) 的標本，多至數百件。」(13)

希生革爾氏是當時瑞典最負盛名的鑛物學家和地質學家，一八五二年六月二十八日逝世，享壽八十五歲。

瑞典的甘 (Gahn) 氏和法國的富古令 (Vauquelin) 氏均曾致力以製取金屬鈾，惜結果都未成功。莫桑得爾 (Mosander) 氏曾製得「無水氯化亞鈾」，並使之與鉀蒸汽發生很長時間的作用。及將殘渣用醇洗淨之後，即得一種櫻色粉末；若加一度研磨手續，遂起金屬光澤。這時所得之鈾，仍不純淨，其中氧氯化物 (oxychloride) 甚多。德國弗勒氏亦曾製出不純的鈾。希雷布朗德 (Hillebrand) 和諾爾吞 (Norton) 二氏，最後曾於一八七五年，利用通電析離已鎔化的氯化亞鈾的方法，最初製出成塊的金屬鈾。一九一一年希爾什·阿爾康博士 (Dr. Alcan Hirsch) 又製



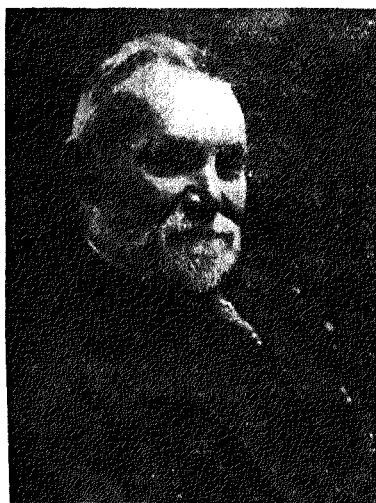
圖一二四 希雷布朗德氏像
(William Francis Hillebrand
1853-1925)

美國地質調查所化學技師，以後轉任美國標準局(Bureau of Standards)化學主任技師。一九〇六年任美國化學會會長。著有矽酸和碳酸岩石之分析 (*The Analysis of Silicate and Carbonate Rocks*)一書。

得電解的鈾少許，其中僅含有鐵、氧化鈾和碳化鈾等雜質約百分之二。提鍊的方法，是將含有雜質的鈾，先變為「汞齊」，然後放入塗有氧化鎂的石英管中，而蒸去水銀，即得較純之鈾。這種方法是希爾什博士在威斯康星大學 (Wisconsin Univ.) 研究三年的結果。

鈾與鐵共熔，可以製成一種有自燃性的合金，若經打擊，即有連續不斷的火星放出，故可用以製造「自動燃煤氣機」(automatic gas-lighter) (28)。

鈦



圖一二五 諾爾吞氏像

Thomas H. Norton 1851-

美國威斯康星大學化學教授，著有關於染料、棉子油工業、木灰提製法、空中氮氣利用法等書。曾與希雷布朗特（Hillebrand）氏共同研究鈦的提煉法。諾氏又曾出任土耳其和薩克森的美國領事。

一八一五年當柏齊力阿斯氏正從事分析法龍地方所產的稀罕鑽石時，曾發現一種新物質，而疑為一種新金屬的氧化物。柏氏為欲紀念古代斯干的那維亞地方名叫Thor（素封案係北歐神話中的雷神，乃一紅鬚紅髮的少年，乘山羊車，手持一鐵鎚，動則發生雷電）的天神，故稱這種金

屬曰 thorium (鈾)。十年之後，柏氏又發現這種物質並非新土質，乃是一種磷酸鈾。後來柏齊力阿斯氏在一八二八年果真發現出一種新元素，這時因為他很愛『thorium』一字的緣故，他便稱這個新元素做 thorium (鈾)了。

柏氏自述發現鈾的經過說：

『我用來做下列實驗的鑛石，乃是由挪威西南部勒佛島 (Løvø) 上所產的黑花崗岩 (syenite) 中找出的。起初由挨斯馬爾克牧師 (Fsmarck) 所發現，挨氏為克利斯提阿尼阿大學 (Christiania Univ.) 著名教授，其父名顏斯 (Jens)。顏斯先生發覺這種鑛物的比重很大，擬為鉬土 (earth of tantalum)，特寄贈標本若干，囑我加以研究。鑛物色黑，無結晶形狀及紋理；從外表看來，幾乎完全同伊特比 (Ytterby) 出產的加多林石 (gadolinite) 一樣，表面常包着一層鐵銹色的薄皮。』(12)

這種鑛物的主要成分是矽酸鈾 ThSiO_4 ，現今名為鈾石 (thorite)。

『元素鈾』亦如本族中的其他金屬，極難分離為單體。柏齊力阿斯把鉀和氟化鈾鉀的混合

物置玻璃管中加熱，曾取得不純粹的鈷素。利利 (D. Lely) 和漢布喝爾 (L. Hamburger) 兩氏曾將鈉與氯化鈷共同蒸餾，而流入一隻空鋼筒中，因此製得純度達百分之九十九的鈷塊 (9)。(41) 綜觀本族中鈾、鈾、鈾和鈾四種元素的分離，均須借助於得維爵士 (Sir Humphry Davy) 所發現的鹼土金屬，實在是一件很有趣的事。

一八九八年居禮夫人在巴黎，又斯密特教授 (G. O. Schmidt) 在德國明斯克大學 (Münster Univ.) 各自獨立發現鈾為一種放射性元素，其性質與鈾相同 (43)。自從這種性質發現之後，科學界遂開闢了一條新的研究道路，接踵發現了一大族的放射性元素；至今公認鈾素是這一大族元素的鼻祖。關於這族元素的發現經過，將來另章詳述，茲不多贅。

參考材料

- (1) Klapproth, "Ueber die vorgegebene Reduction der einfachen Erden," *Crelt's Ann.*, 15, 119 (1791).
- (2) "Biographical Notice of the Rev. William Gregor," *Annals of Phil.* (1), 11, 112-4 (Feb., 1818).
- (3) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," Vol. 3, part 6, *Almqvist and Wiksells*, Upsala 1912-1914, p. 47. Letter of Berzelius to Thomson, Autumn, 1816.
- (4) Poggenorff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wis-

- seuschafften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Article on Gregor.
- (5) Gregor, "Beobachtungen und Versuche über den Menakanite, einen in Cornwall gefundenen magnetischen Sand," *Cricht's Ann.*, **15**, 40-54, 103-19 (1791).
- (6) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, **1831**, p. 231.
- (7) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie., Paris, **1891**, pp. 339-40.
- (8) Klaproth, "Analytical Essays towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," Cadell and Davies, London, **1801**, pp. 200-10.
- (9) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 7, Longmans, Green and Co., London, **1927**, pp. 1-2, 98-9, 174-8. Articles on Titanium, Zirconium, and Thorium.
- (10) Wöhler, "Sur le Titane," Letter to Pelouze, *Compt. rend.*, **29**, 505 (Nov. 5, 1849); Wöhler and Deville, "Mémoire sur l'affinité spéciale de l'azote pour le titane," *Compt. rend.*, **45**, 480-3 (Oct. 5, 1857); "Recherches sur le Titane et son Affinité spéciale pour l'Azote," *Ann. chim. phys.* [3], **52**, 92-7 (Jan., 1858).
- (11) Nordenskiöld, "Scheeles nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen," Norstedt & Söner, Stockholm, **1892**, p. 351.
- (12) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (7), Vol. 2, pp. 195-9.
- (13) Wöhler, "Early Recollections of a Chemist," translated by Laura R. Joy. *Am. Chemist*, **6**, 131 (Oct., 1875); "Jugend-Erinnerungen eines Chemikers," *Ber.*, **8**, 838-52 (1875).

- (14) Rev. 21:20.
- (15) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (7), Vol. 2, p. 176.
- (16) Gregor, "Experiments on a Mineral Substance Formerly Supposed to Be Zeolite, with Some Remarks on Two Species of Uran-glimmer," *Proc. Roy. Soc. London*, 1, 209-10 (July 4, 1805).
- (17) Gregor, "On a Native Arseniate of Lead," *Proc. Roy. Soc. London*, 1, 331 (Apr. 13, 1809). Communicated by Chas. Hatchett.
- (18) Wöhler, "Note sur le Titane," *Ann. chim. Phys.* (3), 28, 382-3 (Mar., 1850); (3), 29, 166-87 (June, 1850); *Phil. Mag.* (3), 36, 67-8 (Jan., 1850); "Ueber die Natur des metallischen Titans," *Ann.*, 73, 34-49 (1850).
- (19) Wollaston, "On Metallic Titanium," *Annals of Phil.* (1), 21, 67-8 (Jan., 1823).
- (20) Berzelius, *Pogg. Ann.*, 4, 3 (18.5).
- (21) Klaproth, "Analytical Essays towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," ref. (8), pp. 499-509.
- (22) Rose, H., *Pogg. Ann.*, 16, 57 (1829).
- (23) Thornton, "Titanium," *Chem. Catalog Co.*, New York City, 1927, pp. 42-5.
- (24) Nilson and Pettersson, "Ueber einige physikalische Konstanten des Germaniums und Titans," *Z. physik. Chem.*, 1, 27-8 (Feb., 1887).
- (25) Moissan, "Préparation et propriétés du titane," *Compt. rend.*, 120, 290-6 (Feb. 11, 1895).
- (26) Hunter, "Metallic Titanium," *J. Am. Chem. Soc.*, 32, 330-6 (Mar., 1910).

- (27) Hillebrand and Norton, *Pogg. Ann.*, **155**, 631 (1875); **156**, 466 (1875).
- (28) Levy, "The Rare Earths," Longmans, Green and Co., London, **1915**, pp. 314-7.
- (29) Hisinger and Berzelius, "Account of Cerium, a New Metal Found in a Mineral Substance from Bastnäs, in Sweden," *Nicholson's J.*, **9**, 290-300 (Dec., 1804); **10**, 10-2 (Jan., 1805); Berzelius, "Analyse de la gadolinite," *Ann. chim. phys.* [2], **3**, 26-34 (Sept., 1816).
- (30) Hirsch, "The Preparation and Properties of Metallic Cerium," *Met. Chem. Eng.*, **9**, 540-4 (Oct., 1911).
- (31) Klapproth, "Kleine mineralogische Beiträge," *Crell's Ann.*, **11**, 7 (1789); *Ann. chim. phys.* [1], **1**, 6 (1789).
- (32) Klapproth, "Analytical Essays towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," ref. (8), pp. 175-94.
- (33) *Ibid.*, pp. 195-9.
- (34) de Morveau, "Sur l'Hyacinthe de France, congénère à celle de Ceylan, et sur la nouvelle terre qui entre dans sa composition," *Ann. chim. phys.* [1], **21**, 72-95 (Jan., 1797).
- (35) "Extrait d'un Mémoire du Cit. Vauquelin, contenant l'analyse comparative des Hyacinthes de Ceylan et d'Expailly, et l'exposé de quelques-unes des propriétés de la terre qu'elles contiennent," *Ann. chim. phys.* [1], **22**, 179-210 (May, 1797).
- (36) "Extrait d'une Lettre de M. Berzelius à M. Dulong," *Ann. chim. phys.* [2], **26**, 43 (1824).
- (37) Venable, "Zirconium and Its Compounds," Chem. Catalog Co., New York City, **1922**, pp. 22-6.

- (38) Weiss and Naumann, "Darstellung und Untersuchung regulinischen Zirkoniums," *Z. anorg. Chem.*, **65**, 248-78 (Jan. 8, 1910).
- (39) Wedekind and Lewis, "Studien über das elementäre Zirkonium," *Ann.*, **371**, 366-87 (Heft 3, 1910); Wedekind, *Ann.*, **395**, 149-94 (Heft 2, 1912).
- (40) Moissan, "Sur la volatilisation de la silice et de la zircone et sur la réduction de ces composés par le charbon," *Compt. rend.*, **116**, 1222-4 (May 29, 1893).
- (41) Lely and Hamburger, "Herstellung der Elemente Thorium, Uran, Zirkon, und Titan," *Z. anorg. Chem.*, **87**, 209-28 (May 26, 1914).
- (42) Venble, "Zirconium and Its Compounds," ref. (37), pp. 126-32.
- (43) "Classic of Science: Radioactive Substances by Mme. Curie," *Sci. News Letter*, **14**, 137-8 (Sept 1, 1928).
- (44) "Classic of Science: Account of Experiments Made on a Mineral Called Cerite, and on the Particular Substance Which It Contains, and Which Has Been Considered as a New Metal, by M. Vauquelin," *Sci. News Letter*, **20**, 138 (Aug. 29, 1931).

