

自然科學小叢書

化學元素發見史

下 冊

M. E. Weeks 著

黃素封 俞人駿譯

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

第十三章 利用鉀鈉分出的另四種元素——鉍硼矽和鋁

阿羽伊長老 (Abbe Haüy) 考察綠玉石 (beryl) 與綠柱石 (emerald) 二物，發覺其極度相似，幾至不可分辨，結果遂將鉍元素 (beryllium) 發現。法國分析化學家富古令氏根據阿長老的建議，將這兩種礦物做了一番仔細的化學分析的研究，於是在一七九八年發現這兩種礦物確實是同樣的物質，而且其中還含一種新的土類金屬；他命名爲『甜土』 (glucina)，現今稱做鉍土 (beryllia) (即今日之氧化鉍)。三十年後德國化學家弗勒 (Wöhler) 和法國化學家彪西 (Bussy) 二氏，各自獨立將這種金屬分出。元素硼 (boron) 的分出，是一八〇八年法國該·律薩克 (Gay-Lussac) 氏和泰那爾 (Thenard) 氏以及英國德維 (Davy) 氏三人用鉀還原硼酸所得的。粉末狀的矽雖然在一八二三年就由柏齊力阿斯 (Berzelius) 氏所製出，但是結晶形的矽元素，乃是三十餘年後纔由得維爾 (Henri Sainte-Claire Deville) 氏用

電解法製出鋁是丹麥的物理學家厄斯泰德 (Oersted) 氏在一八二五年最初分出的；兩年之後弗勒氏又用一種較好的方法製出來。至於這種金屬能在商業上成爲大宗的商品，就應當歸功於得維爾·豪爾 (Charles Martin Hall) 以及赫羅爾德博士 (Paul L. T. Héroult) 幾人的苦心了。

* * *

「可是新現象既經說明，我的擔心和憂愁就消失了；而且每逢找出一種重要的新研究材料時，實在使研究的人欣喜得心花怒放。」 (1)

鋁

論到鋁的發現，孚克拉 (Fourcroy) 氏有一次說過：「我們所以能够發現鋁，就要把大部分的功勞歸於幾何學；因爲有了幾何學，我們對於鋁纔有初期的觀念。我們也可以說假使沒有幾何學，恐怕再經過若干年代，也不能發現這種金屬的。因爲當時如果沒有阿羽伊長老發現出兩種鑛



圖一二六 阿羽伊長老 像
(René-Just Haüy 1743-1822)

阿羽伊爲法國礦物學家，曾推演而得結晶學的定理，並依結晶體皆由相似的平行六面體所構成之事實，而解釋岩石的劈裂性（cleavage）。又爲承認綠玉石（beryl）和綠柱石（emerald）在幾何學上完全相當的第一人。富古令（Vauquelin）根據阿羽伊長老的建議，作以上兩種礦物的化學研究，因而發現新元素鈹。

石的幾何形狀的完全相同而僅有克拉普羅茲（M. Klaproth）氏對於綠柱石的分析結果，以及平特海莫（M. Bindheim）氏對於綠玉石的分析結果，恐怕仍舊不能引起當時學者認爲這種工作是不可能的（5）。

克拉普羅茲氏分析祕魯出產的綠玉石，曾發表其中含有之成分如下表：

矽土（silica, “silex”）

66.25%

鋁土(alumina, "alumine 或 argil") 31.25%

氧化鐵(iron oxide) 0.50%

關於實驗上所浪費的材料，他說道：『這次分析工作上所用的綠寶石，完全是加利特斯皇子(Dimitri Gallitzin)所贈給我的，他對於研究礦物的熱忱，極值得欽仰。』(22)

綠玉石也曾被柏格曼(Bergman)、阿哈特(Achard)、平特海莫(Bindheim)和富古令(Vauquelin)等氏分析過，他們都以爲是一種矽酸基的鋁鈣化合物(23)。其實這種礦石與綠柱石的完全相同點，卻沒有人注意到。直到法國著名礦物學家阿羽伊長老，纔將牠們的結晶體，以及物理性質，加以詳細的研究，而證實其完全相同；同時並請富古令氏從事化學的分析。

富古令氏雖然在先即因爲牠的性質與氧化鋁十分相似，沒有將這種新金屬察出；可是在一七九八年他發現綠玉石的酸溶液，加上苛性鉀溶液之後，所沈澱的氫氧化化合物，不能溶於過剩的鹼液中。其他方面，也與氧化鋁不相同；如不能結成礬塊，而可溶於碳酸銨中，牠的鹽類具有甜味等。富古令的論文，在法國革命日曆開始後的第六年五月二十六日，即一七九八年二月中旬，在法

國科學院 (French Academy) 宣讀 (6) (23) 其主旨則在證實綠玉石和綠柱石含有同樣的成分，而且這兩項鑽石都含有矽、氧化鋁及一種新金屬。他曾將這種新金屬的標本送一分給法國科學院保存。又經法國理化年報 (*Annales de Chimie et de Physique*) 主筆的建議，他將這新金屬名為 *glucina*，這字本有甜的意思（漢名特譯為「甜土」）。富古令分析時所用的綠玉石是市民巴靈 (Citizen Patin) 氏所供給的。巴靈氏對於促進科學發展的熱忱，是科學界任何人都熟悉的。(23)

富古令氏認為柏格曼氏對於綠玉石的化學性質所下的錯誤結論，是由於他不肯「將整個活動的心靈，應用到實驗上細微末節的小地方。」譬如柏格曼和平特海莫二人，都是一樣，常將實驗交給他們年青的徒弟們去做，——他們雖然看見了有新物質發生，但是不能辨別出來是甚麼。按平特海莫氏的分析結果，他說綠玉石含有矽土六四%、鋁土二七%、石灰八%和鐵二%（總計一〇一%）(23)。

在富古令氏發現銘與氧化鉍之後，他曾分析過一塊祕魯出產的綠柱石，其結果與他從前所

分析的以及克拉普羅茲 (Klaproth) 氏所分析的，迥然不同；茲將他這一次分析結果抄下：

砂土 六四・六〇

鋁土 一四・〇〇

鉍土 一三・〇〇

石灰 二・五六

氧化鉻 三・五〇

水及其他揮發性物質 二・〇〇

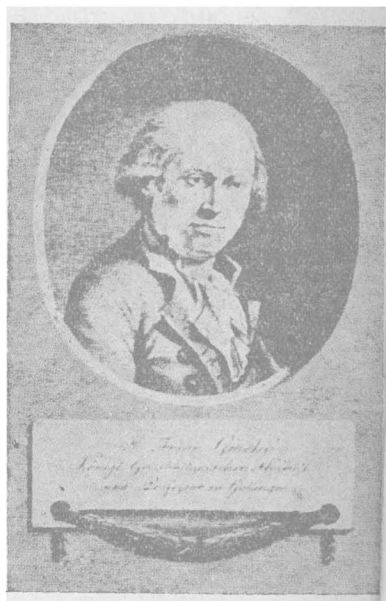
合計 九九・六六

不久格美楞 (J. F. Gmelin) 氏分析一塊由西伯利亞出產的綠玉石，證實富古令的分析在該物的重要成分，大致不錯；只是格美楞氏未曾分出石灰，他僅分出砂土、鋁土、鉍土和少量的氧化鐵（26）。

因為鉍土 (Yttria) 和『甜土』都能組成具有甜味的鹽類，所以克拉普羅茲氏特意叫後者

爲鉍土 (earth beryllia)，我們至今仍舊用這名字。現在我們知道綠玉石和綠柱石同是矽酸鉍 $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ 。

金屬鉍最初是由弗勒 (Wöhler) 和彪西 (Bussy) 在一八二八年八月用鉀和氯化鉍相作用，而各自獨立發現出來的 (7) (8)。弗勒氏把一層一層的氯化鉍和板狀的金屬鉀，互相重疊放在鉑坩堝中，緊緊蓋住，然後用酒精燈加熱而得。當作用時，隨即發生猛烈的反應，以致鉑坩堝燒



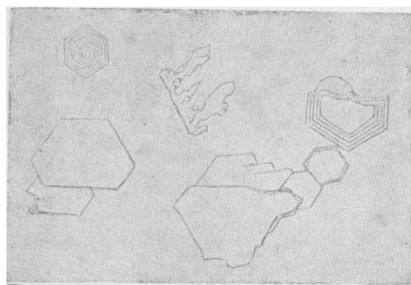
圖一二七 格美楞氏像

(Johann Friedrich Gmelin
1748-1804)

著名化學史作家，著有化學史 (Geschichte der Chemie) 一書，於一七九一至一七九九年間刊行。曾任丟平根和丁根兩處大學的化學教授，爲 Leopold Gmelin 之父。

至白熱；及完全冷卻之後，把坩堝打開，投進大量的水中，於是灰黑色的鉍粉，即分離而出。弗勒氏將這種不能溶解的物質洗出，發現是一些金屬微粒；及經磨擦之後，即呈黑色的金屬光澤，可是他並沒有設法把鉍鎔化（8）。

最先用電解法製造純粹鉍的，是法國化學家勒善（P. Lebeau）氏（27）（29）。他先把氟化鉀或氟化鈉加入純粹的氟化鉍中，使成導電體；將這種混合物放在鎳製坩堝中，用本生燈加熱鎔化後，乃取八十弗二十安培的蓄電池一隻，將其陽極連於混合物上，陰極連於鎳坩堝上。如是不到一小時，則有鉍的結晶體，附在鎳坩堝。然後取出結晶體，逐次用水及純乙醇洗過，再置於真空乾燥器中乾燥之，遂獲得含有九九·五%至九九·八%的金屬鉍。這次研究的結果，就是他在一八九八年六月所做的博士學位論文的材料。



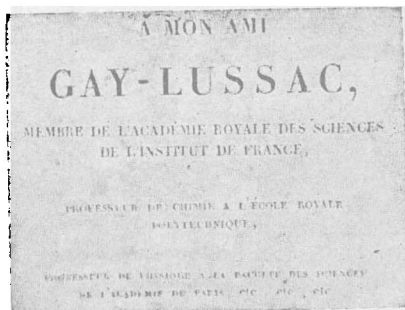
圖一二八 純鉍之六角形結晶

〔原物最初由法國化學家勒善（P. Lebeau）氏所提取而得。〕

因為鋅和鋁的各種合金都質輕而堅強，又不容易受外物侵蝕，所以爲飛機製造的必需品。又因自然界的鋅鋁兩種礦物分佈很多，所以當需要增加的時候，牠們的價格是有減少的希望的。
(24)

硼

硼酸的化學組成若何，直至十九世紀的初年，還是一個啞謎。法國化學大師拉瓦錫 (Lavoisier) 氏相信其中含有氧，並且在他的元素表中，也將硼酸排列進去（註一）（20）。一八〇八年法國的該·律薩克和泰那爾二氏，及英國的得維氏，最先證明硼酸的成分。他們證明的方法，都是用鉀來還原，由是而獲得一種新元素。這種元素，法國化學家



圖一二九 泰那爾氏著作之「呈獻頁」

泰那爾 (Thenard) 氏所著作之化學專書 (*Traité de Chimie*)，共五冊，在內封面上，印有「獻給友人該·律薩克氏」字樣，此其書影。

名之爲 bore，而得維爵士卻叫牠做 boracium。

(註一)見本書第十章第一節中所開之元素表。

該·律薩克名約瑟夫·路易 (Joseph Louis Gay-Lussac) 一七七八年十二月六日生於法國利摩日 (Limoges) 附近的聖·雷俄那特 (St. Leonard) 地方，他的年齡只比得維爵士長十一天。他在聖·雷俄那特受過初等教育之後，即到巴黎進學，十九歲入多藝專門學校讀書；在此



圖一三〇 該·律薩克像

(Joseph Louis Gay-Lussac 1778-1850)

法國多藝專門學校和植物園 (Jardin des Plantes) 的化學教授。與泰那爾氏共同不借電池的助力，而製取鉀，又曾分離硼元素。一八〇九年該氏發現氣體化合的容積

不久，就認識了泰那爾，後來他們兩人成爲終生良友和工作的侶伴。



圖一三一 泰那爾氏像

(Louis Jacques Thenard 1777-1857)

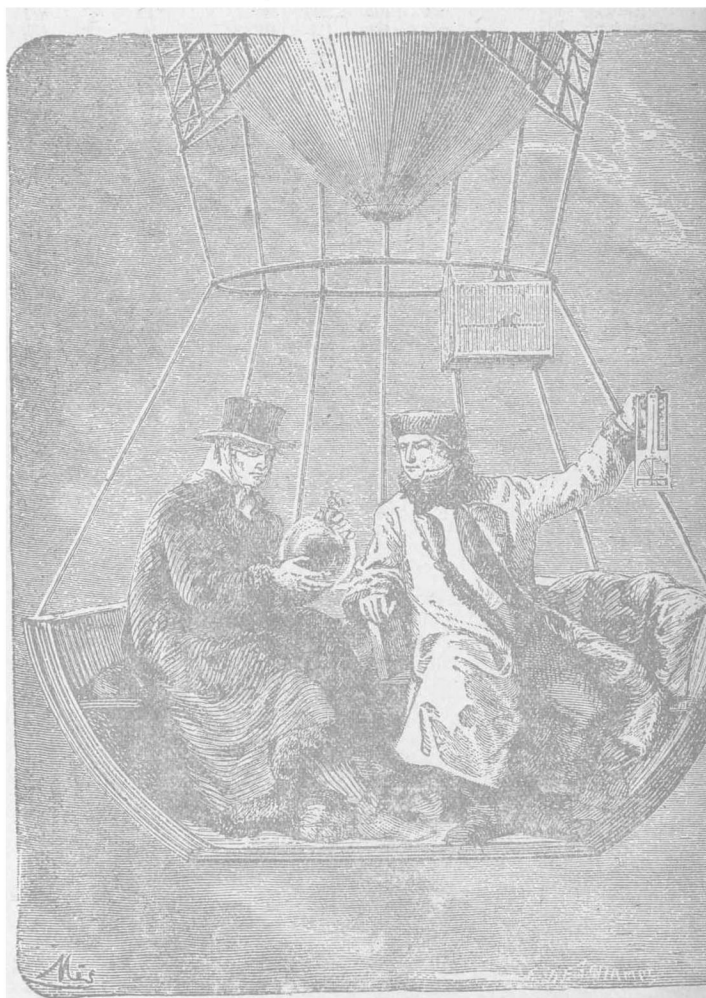
法國多藝專門學校化學教授，爲二氧化二氮的發現人，曾與該·律薩克氏共同研究鉀、硼、碘和氯。泰氏又研究過多種脂肪酸、酯類及甙類。

再後不久，他在工業專門學校 (École des Ponts et Chaussées) 中又認識了柏托雷 (Berthollet) 氏。柏氏曾經對他說：『年輕的朋友，你的命運是要使你有一些發明的。』(3) 他和柏托雷氏的兒子在阿爾庫爾 (Arcueil) 一家用氯漂棉布的工廠裏，做過一個時期的工作。一八〇

二年新年的那一天，該·律薩克就任多藝專門學校的助教，他從此常代孚克拉 (Fourcroy) 氏去講授化學。

兩年之後，他和俾奧 (Biot) 氏曾冒險坐汽球上昇天空中，研究磁針的動作，以及高空中空氣的組成。有一次他們昇至七千零一十六米尺的高處，但是還想再向上昇，該·薩律克便將許多小物件丟出去，借以減輕汽球的重量。這時有一位收羊女立在田間，她忽然看見天空中掉下來一把白色的木椅子，覺得十分驚奇；農夫們聽見她的報告之後，也不能說出所以然來；不過他們認為如果那把椅子真是由天上直接降下來的，那嗎這椅子的工程，決不會是如此粗笨罷。

再後該·律薩克和著名地學家洪保德 (Von Humboldt) 氏遊歷並研究意大利各處，事後回到多藝專門學校，便和泰那爾 (Louis Jacques Thenard) 氏開始做長期的研究工作。泰那爾是一位木匠的兒子，一七七七年五月四日生於諾戎·蘇·桑 (Nogent-sur-Seine) 附近的盧提亞村 (La Loupierre)。他幼年在家鄉受當地牧師的教育，以後就跑到巴黎學化學。在巴黎勤勉地學習三年，纔得着富古令和孚克拉兩位先生的青眼相待。在富古令的幼年困難中，孚克拉曾幫



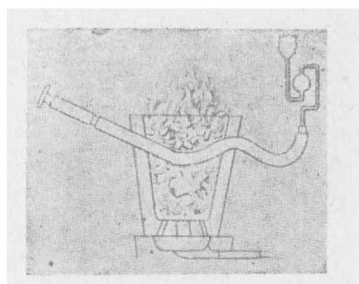
圖一三二 該·律薩克和俾奧二氏乘汽球上升

(採自 Appleton 著 *Beginners' Hand Book of Chemistry*)

助過他很多；今番富古令也同樣的幫助泰那爾（Thenard），使他在巴黎寄宿學校（Parisian Pension）裏得一個教員的位置。一七九八年該·律薩克和泰那爾二人，在多藝專門學校裏晤面，不久他兩人都在那裏做了教授。

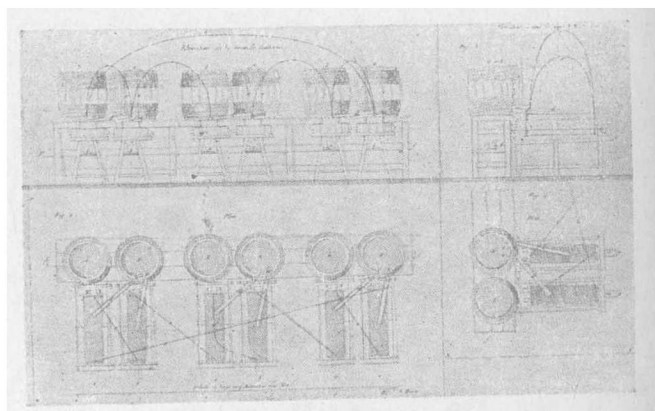
常得維氏分離鹼性金屬的消息，在一八〇八年傳到巴黎之後，拿破崙便供給該·律薩克和泰那爾二氏一具電力很強的電池（voltaic pile）。這電池還沒有裝好之前，他們表示這些金屬可以不用電池，只將金屬鐵在高溫度時還原苛性鹼，即可取得。這種新方法，英國得維氏也覺得比他自己的方法為好，不久就採用了。法國化學家用這種方法所取得的鉀，不久也就利用作分解硼酸的材料。

一八〇八年六月二十一日多藝專門學校宣讀該·律薩克和泰那爾二氏寫來的一篇實驗摘要。他們說到用鉀處理硼酸所得到的結果，祇可認為酸中含有可燃物質和氧兩種東西（21）。正當宣讀這篇東西的時候，該·律薩克因為實驗時發生爆炸，幾乎把眼睛炸壞了，病得很厲害



圖一三三 取鉀設備

上圖為該·律薩克和泰那爾二氏用鐵還原木灰(potash)而取鉀的儀器。



圖一三四 拿破崙賜給多藝專門學校的大電池。

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES.

PREMIÈRE PARTIE.

RECHERCHES SUR LA PILE.

1. NOTRE premier soin dans ces recherches, a dû être de nous occuper de la construction de la grande batterie que l'Ecole polytechnique doit à la munificence de S. M. I. et R. Cette batterie dont nous allons donner la description, est composée de six cents paires carrées. Chaque paire formée de l'assemblage de deux plaques, l'une de cuivre, du poids d'un kilogramme, et l'autre de zinc, du poids de trois kilogrammes, a trois décimètres de côté : la surface d'une plaque est par conséquent de neuf décimètres car-

圖一三五 該泰二氏書影

該·律薩克和泰那爾二氏合著物理化學之研究 (*Recherches Physico-Chimiques*) 一書, 在第一頁上有致謝拿破崙賜給多藝專門學校大電池的辭句, 詳見以上書影。

在學術界還沒有完全承認該·律薩克和泰那爾二氏的證明以前, 他們不僅想分析硼酸, 還想靶硼酸再配合起來。在同年十一月三十日, 他們在理化年報 (*Ann. de Chi. et de Phyg.*) 上發表說: 「硼酸的組成若何, 已不成問題: 實則我們已經能够將硼酸隨意分析和隨意配合了。」他們