

24. 「鉻」(Cr) 元素的介紹

國立嘉義大學 應用化學系 和 高雄醫學大學 醫藥暨應用化學系 蘇明德教授

文章內容版權為蘇明德教授所有，如需引用請聯繫 midesu@mail.ncyu.edu.tw

IA 1											IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	VIIIA 18
IIA 2	IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIB 7	VIB 8	VIB 9	VIB 10	IB 11	IIB 12						
				24 鉻 Cr												
鐳系元素																
銻系元素																

英文：**Chromium**
簡稱：**Cr**

原子序：**24**
原子量：**51.9961 amu**

熔點：**1907 °C**
沸點：**2671 °C**
密度：**7.19g/cm³ (20°C)**

1761年，德國礦物學家萊曼 (Johann Gottlob Lehmann, 1719-1767, 圖1) 在西伯利亞的烏拉山區發現一種橘紅色的金屬礦，他當時將它命名為「西伯利亞紅鉛」(Siberian Red Lead)，但這種礦石實際上是由「鉻鉛礦」($PbCrO_4$, 圖2, 見下文) 構



圖1、Johann Gottlob Lehmann, 1719-1767

Public Domain



圖2、鉻鉛礦

Public Domain

成。1770年，德國博物學家帕拉斯 (Peter Simon Pallas, 1741-1811 圖3) 在同一個地點，也見到這種礦石，於是他把這種礦石帶回歐洲後，被當成顏料，使用於油畫及壁畫等地方。當時歐洲想要製



圖3、Peter Simon Pallas, 1741-1811

Public Domain

作顏料都需要由俄國輸入「鉻鉛礦」，但產量不多。

1797年，法國人伐克林 (Louis-Nicolas Vauquelin, 1763-1829, 圖4) 得到一些「鉻鉛礦」樣本，在與「鹽酸」(HCl) 混合後，他從中製取出「三氧化鉻」(CrO_3 , 圖5)。1798



圖4、Louis-Nicolas Vauquelin, 1763-1829

Public Domain



圖5、三氧化鉻

CC BY-SA 3.0

年，伐克林首度從加熱「三氧化鉻」溶液之後，分離出「鉻」，並確認為化學元素之一。但是直到1799年，經過反覆實驗，人們才真正製得純淨的金屬元素「鉻」。

順便一提的是，伐克林還會發現另一化學元素——「鈹」(Be, 原子序為4)，這可以參考2024年3月號<蘇p介紹化學元素>的「4.「鈹」(Be) 元素的介紹」一文。

24. 「鉻」(Cr) 元素的介紹

但是，「鉻」元素的名字卻是由兩位法國化學家Antoine Francois de Fourcroy (1755-1809，圖6)和René Just Haüy (1743-1822，圖7)命名的，「鉻」的法語叫：Chrome，源自希臘語「Chroma」（拉丁



圖6、Antoine Francois de Fourcroy, 1755-1809
© Public Domain



圖7、René Just Haüy, 1743-1822
© Public Domain

話叫Chrōma)，字面意思是「色彩」，因為由「鉻」這種元素構成的化合物擁有許多不同顏色，幾乎光譜中的各種顏色都有。而「鉻」的英文名稱叫Chromium，這是用Chrome加上金屬離子常用的字尾-ium形成的。國語將「鉻」定音為ㄍㄛˋ，但有時也將「鉻」唸作ㄍㄨㄛˋ，這是為了和另一元素「鎘」（ㄍㄛˋ；Cd；原子序數為48）相區別。

「鉻」元素的化學符號為Cr，原子序數為24，在VIB族元素中排行首位。「鉻」元素是一種銀白色的金屬（圖8），質地堅硬但



圖8、鉻是一種堅硬、藍白色的金屬 [] FAL

較脆，表面帶光澤，「鉻」的化學性質穩定，在水、空氣中不生鏽。「鉻」具有很高的熔點攝氏1907度（所以「鉻」可以耐很高的溫度）和很高的沸點攝氏2671度。「鉻」無臭、無味，同時具高「延展性」（Ductility）。

按照在地殼中的含量，「鉻」屬於分佈較廣的元素之一，這可能是由於「鉻」的天然化合物很穩定，不易溶於水，還原比較困難，所以「鉻」在地球上的儲存量會較多。

「鉻」主要來自黑色的「鉻鐵礦」石（圖9），「鉻鐵礦」是「鉻」的「氧化物」，也是「鉻」



圖9、鉻鐵礦 © 公有領域

最重要的礦物。在土耳其、南非、辛巴威、俄羅斯和菲律賓等地都有開採，全球產量每年約有二萬公噸。

「鉻」是世界上最堅硬的金屬元素，「鉻」的「莫氏硬度」（Mohs scale）可達到9（世界上最硬的物質是「鑽石」，莫氏硬度是10）。因此人們稱「鉻」為「硬骨頭金屬」。也正因為「鉻」的表面極為堅硬，因此利用「鉻」鍍在任何工具，像是度量衡器、鑄型或者是印刷版上，相對而言，「鉻」都要比「鋼」來的堅韌耐用。

「鉻」雖堅硬，但本身是一種極脆弱的金屬，且易斷裂；但混入少許的「鉻」於「鐵」和「鋼」中，反而可以增加其強度和抵抗強酸腐蝕的能力，且並不增加其脆性。

在實驗室裏，最常見的「鉻化合物」就是「重鉻酸鉀」（ $K_2Cr_2O_7$ ，圖10），它常用



圖10、重鉻酸鉀 © 公有領域

於分析化學中，以及用於清除表面有非常頑固污垢的餐具。如果將「重鉻酸鉀」與任何「還原劑」（例如：「鋁」（Al）粉）混合，然後點燃此混合物，則會看到非常劇烈的化學反應且產生「鉻」的金屬顆粒。

「鉻」是一個相當活潑的金屬，容易和其它化合物作用，這導致「鉻」不會成為單獨自我存在的元素。奇怪的是，「鉻」在室

24. 「鉻」(Cr) 元素的介紹

溫下於空氣和水中却反而相當穩定，也就是「鉻」在水中或空氣中都不會產生化學反應。這是因為「鉻」在空氣中會很快和「氧氣」(O₂)發生反應，而在「鉻」的表面生成一層「氧化物」薄膜，形成一種不易察覺的「三氧化二鉻」(Cr₂O₃)，這層「三氧化二鉻」薄膜可以保護內部的「鉻」不再和外界空氣作用，使「鉻」的耐腐蝕性極大地增強，因此「鉻」在空氣中具有極高的穩定性。雖是如此，「鉻」可溶於「稀鹽酸」(HCl)和加熱的「硫酸」(H₂SO₄)。奇怪的是，「鉻」卻不溶於「濃硝酸」(HNO₃)和「濃硫酸」，對這種現象我們稱之為「鉻的鈍化」(Chromium Passivation)。

正因為上述的原因，「鉻」的耐腐蝕性能在金屬王國中是出類拔萃的。利用這種特性，人們常將「鉻」電鍍在其它金屬表面上，以形成「氧化鉻」薄層，如此一來，「鉻」不但可以保護原本的金屬，又使成品具有裝飾性，可給出表面的明亮光澤，有利於銷售。在一般日常生活中，大到汽車、摩托車，小到眼鏡架、鐘錶、門把手，都穿上了漂亮的「鉻衣」。不僅如此，用金屬的「鉻」「武裝」起來的材料任憑外界風吹雨打也不為之所動(圖11)。舉例來說，大



圖11、將鉻鍍到其他金屬材料的表面充當保護層的各樣物件

多數年輕人常用的摩托車零件，像是避震器上的「鉻鍍層」(圖12)，就可看到「鉻」的存在。



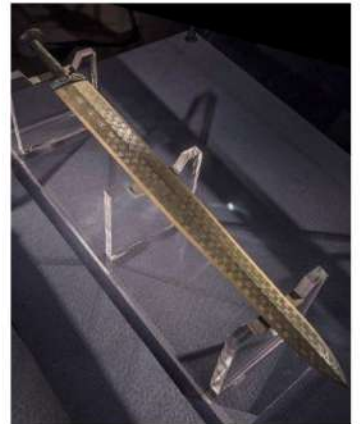
圖12、摩托車零件——鍍鉻避震器

1965年，中國考古隊在挖掘春秋古墓時，意外發現了一把沾滿泥土的長劍。當考古隊員輕輕拭去劍上泥土的時候，劍身上一行古篆「越王勾踐自用劍」躍入人們眼簾。這一重大的考古發現立即轟動了世界，引起研究人員注意的是，這柄古劍在地下埋藏了2000多年為什麼沒

有生鏽呢？為什麼依然寒光四射、鋒利無比呢？通過進一步的研究發現，「越王勾踐劍」(圖13)千年不鏽的原因在於劍身上被鍍上了一層含「鉻鹽化合物」(即「三氧化二鉻」)。



CC BY-SA 4.0



CC BY-SA 4.0

圖13、「越王勾踐劍」的劍身被鍍上了一層含「鉻鹽化合物」(即「三氧化二鉻」)

1994年時，中國開挖秦始皇的兵馬俑坑，坑中的一批秦朝的青銅劍，經過檢驗後發現劍外層也鍍有約10微米(1微米=10⁻⁴公分)的「鉻鹽化合物」。可見用「三氧化二鉻」薄層來保護金屬表面的處理技術在中國古代早已十分普遍，可惜使用的冶煉工藝已失傳，否則這將會在「鉻」的科學發現史上大書特書。

「鉻」的主要用途是製造「合金」(Alloy)。「鉻」雖然前面說過是金屬中的「硬度之王」，卻不能單獨做結構材料，因為一丁點兒的雜質就會使「鉻」變得極其脆弱。但這不妨礙得到各種性能優異的「鉻合金」。又比如長期在高溫下的普通鋼材，表面會蒙上一層「氧化鐵」，這「氧化鐵」表層隨著時間的增加會慢慢脫落，產生所謂的「鱗皮」現象。但如果往鋼中加入一定量的「鉻」，那麼這種「鉻合金鋼」即使在攝氏1000度的酷熱環境中，也不會起「鱗皮」。另外，在鋼中加入適量的「鉻」，還可大大地提高鋼鐵的硬度，增加「鋼鐵」的抗腐蝕能力，能製得用途更廣泛的「不鏽鋼」(圖14)。典型的



圖14、各樣的不鏽鋼(含有10%-30%鉻合金鋼)製成品

24. 「鉻」(Cr) 元素的介紹

「不鏽鋼合金」含「鉻」量可高達18%。這種含「鉻」的「不鏽鋼」可以做為需要在高腐蝕環境下長期穩定工作的器具，舉凡吃飯用到的刀叉、湯匙、保險箱、汽車與飛機之引擎、高速度車床、大砲和軍艦之甲板等鋼板，都含有1%-2%的「鉻」。

普通常用來發熱的電熱線(如冬天用的電熱爐)，即為一種「鉻」和「鎳」(Ni)的「合金」，稱為「鎳鉻合金」(Nicorome Alloy，圖15)，因為這種「鎳鉻合金」的電阻極高，



圖15、鎳鉻合金片

通上電流後，便能產生高溫，再加上「鎳鉻合金」可耐熱，所以「鎳鉻合金」是一種十分出色的發熱零件。

前面提到過：「鉻」具有「鉻的鈍化」、不易被酸侵蝕的特性，再加上「鉻」也不易生銹，因此「鉻」常被用來製作「不銹鋼」。所謂的「不銹鋼」，就是只含有「鉻」、「鎳」及「鐵」的「合金」。在1913年由英國的冶金學家布里爾利(Harry Brearley, 1871-1948

，圖16)所開發出來的。當年布里爾利在研究實驗室工作時，他發現在「鐵水」中添加「鉻」可以產生一種不生銹的金屬，這曾為英國的鋼鐵工業帶來了新的活力，現今「不銹鋼」已普及到一般家庭。「鉻」與「鐵」混合之後，

表面會形成一層薄膜，這層薄膜即使刮傷、受到撞擊，會再產生新的薄膜，因此具有防止銹蝕發生的效果。由於「不銹鋼」的誕生，鋼鐵產業也衍生出一場大革命，現在從廚房的流理台、湯匙等餐具用品，一直到電車的車體，許多東西都採用「不銹鋼」製品。「不銹鋼」的出現，大大推動了日常生活設備(像是炊具、餐具、五金製品和大物件電器的生產)、醫療、儀表和國防工業發展。



圖16、Harry Brearley, 1871-1948
© Public Domain

「鉻」還有其它兩個常見的商業用途就是：電鍍和耐火磚的製造。其中用「鉻」做成的耐火磚，可以經由熱反射而承受非常高的溫度，因此「鉻」做的耐火磚常被拿來製作高溫爐的材料。

如今世界所生產的「鉻」約有3/4是和其它金屬製成「鉻合金」。現在，甚至連「金鋼石」(又稱「鑽石」)都穿上了「鉻衣」。因為「金鋼石」雖以堅硬出名，但天然「金鋼石」大都有著極微細的裂隙，與硬物撞擊，就會四分五裂，這就使得「金鋼石」在削鐵器、雕刀、鑽探頭等各方面的使用受到了很大限制。若在「金鋼石」表面鍍上了一薄層「鉻」後，金屬的「鉻」就與「金鋼石」中的「碳」結合，形成了一層堅硬的保護層，使得「金鋼石」變得更硬，如此一來，這種鍍過「鉻」的「金鋼石」所做成的刀具更經久耐用(圖17)。



圖17、電鍍鉻「金鋼石」銼刀

除了用於金屬表面處理以增強金屬抗蝕性外，「鉻」的化合物還用於皮革鞣製。「鹼式硫酸鉻」($\text{Cr}(\text{OH})_m(\text{SO}_4)_n \cdot 2 \times \text{H}_2\text{O}$)因為能讓皮革內部的「膠原蛋白」發生連結，增加皮革的韌性與強度，因而廣泛被運用於皮革的鞣製，經過「鉻」的加工後的皮革更加富有彈性、色彩也更為豐富，但因為這種被「鉻」加工後的皮革內部多少會殘留有少量的「鉻」，可能對人體健康造成威脅，所以現今皮革工業正在試圖擺脫對「鉻」的依賴。

另外，電氣工程師也發現到「鉻氧化物」的電磁性能可以產生優質的聲音，如：「二氧化鉻」(CrO_2)是製造高質量錄音帶的最佳塗層材料。

「鉻」的化合物的另一個重要用途是生產顏料。例如，「三氧化二鉻」(Cr_2O_3 ，圖18)是地殼中十多種含「鉻」量最高的化合物之一。並且「三



圖18、三氧化二鉻

23. 「鈦」(V) 元素的介紹

氧化二鉻²⁺也是一種最穩定的綠色顏料(也就是說它不會褪色)，可用於生產彩色塗料、水泥、塑膠。另一種含「鉻」的顏料是黃色顏料²⁺「鉛鉻黃」(亦稱²⁺「鉻酸鉛」，俗稱²⁺「鉻黃」， $PbCrO_4$ ，見圖19；它的原料就是²⁺「鉻鉛礦」，如圖2)，一度很受畫家歡迎，因為用它畫出來的黃顏色十分鮮艷。每年生產的含「鉻」的化學品中有至少35%都用作顏料。



圖19、鉛鉻黃亦稱鉻酸鉛 $PbCrO_4$

很多珍貴寶石的美麗色彩也來自微量的「鉻」。這是因為擁有不同電子數的²⁺「鉻離子」會呈現不同的顏色，像是：帶²⁺「正二價的鉻離子」 Cr^{2+} 呈現藍色；帶³⁺「正三價的鉻離子」 Cr^{3+} 呈現綠色；帶⁶⁺「正六價的鉻離子」 Cr^{6+} 可呈現黃色(如：²⁺「鉻酸根 CrO_4^{2-} 離子」)或橙色(如：²⁻「重鉻酸根 CrO_7^{2-} 離子」)。

例如：紅寶石的顏色是由剛玉礦石所含的少量⁶⁺「鉻離子」所致。綠寶石的特徵綠色也歸功於綠柱石中存在的微量的³⁺「鉻離子」。變色石是一種金綠色寶石(圖20)，是最引人注目的寶石之一，其原礦也含少量「鉻」，它在不同光源照射下會變換出不同色彩。例如：在火光映照下，它呈現深紅色，而在陽光下它呈現一種美麗的藍色。

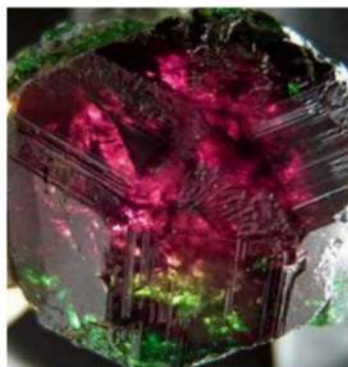


圖20、「變色石」是一種金綠色寶石，其原礦也含少量「鉻」，在不同光源照射下會變換出不同色彩



圖21、Theodore Harold Maiman, 1927-2007

© CC BY-SA 4.0

1960年美國物理學家邁曼(Theodore Harold Maiman, 1927-2007, 圖21)組成了第一台²⁺「雷射」(²⁺「Laser」，這個詞

是²⁺「Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation」(通過激發輻射對光進行放大)的第1個字母的縮寫。)——²⁺「紅寶石雷射」(圖22)，該²⁺「雷射」中有一塊



© CC BY-SA 4.0

© CC0

圖22、Theodore Harold Maiman 所組成的紅寶石雷射

紅寶石晶體，其中含有少量的「鉻」原子雜質。²⁺「雷射」可產生強烈的單色光束。在²⁺「紅寶石雷射」裏，若是「鉻」儲存了能量，就可決定²⁺「雷射」的作用。紅寶石晶體通常成圓柱狀，尾部呈鏡面，它被包圍於充有²⁺「氦」(Ne)氣的管子中。當²⁺「氦」管閃爍發光時，光線刺激「鉻」原子釋放能量。鏡面把部分射線反射回管中，這部分反射能刺激「鉻」進一步釋放能量。

有證據顯示，缺乏「鉻」的動物，會削弱牠們自身利用²⁺「葡萄糖」的能力，並會因此罹患輕微的糖尿病，以及降低膽固醇含量。人類可能也會出現同樣的情況，曾經出現有人因為「鉻」含量不足而身體不適的病例。經實驗證明，糖尿病人的頭髮和血液中的「鉻」含量往往比正常人低。簡單的說，缺乏「鉻」很可能會導致糖尿病症狀。據觀察，美國人隨著年齡的增長，體內的「鉻」含量也會跟著下降，但這代表什麼意義，目前尚不清楚。如果證實這種情況對人體有害，那麼，人們可以在飲食中補充²⁺「高鉻食品」，像是啤酒酵母菌(圖23)、糖蜜和麥芽等。但在飲食中另外補充²⁺「無機鉻鹽」(注意²⁺「無機鉻鹽」並不等於²⁺「高鉻食品」)，並不是聰明的作法，因為²⁺「無機鉻鹽」的毒性極高。



圖23、顯微鏡下的釀酒酵母(Saccharomyces cerevisiae)又稱麵包酵母或者啤酒酵母、出芽酵母、芽殖酵母 © 公有領域

24. 「鉻」(Cr) 元素的介紹

其實，含「鉻」最多的食品還計有：蠔、牛肝、蛋黃、花生、葡萄汁和黑胡椒。還有酵母菌發酵的一些麵粉製品，因為在酵母菌裏面「鉻」的含量很多，故多吃發酵類的麵粉製品往往可以多補充「鉻」。人體每天從飲食中攝取到的「鉻」，平均在10微克到1200微克(1微克= 10^{-6} 公克)，每天的排出量則在50到200微克。

要注意!在使用含「鉻」的化合物時，操作上需要十分小心謹慎，因「鉻」的大部分化合物(特別是「無機鉻鹽」，像是「重鉻酸鉀」 $K_2Cr_2O_7$)都有毒。並且，有證據顯示：長期暴露在「無機鉻鹽」的環境下容易導致癌症。

小心!直接注射「鉻」也有毒，即使只注射200毫克(1毫克= 10^{-3} 公克)也很危險，對皮膚和身體組織具有腐蝕性。

當然，並非所有的「鉻」對人體皆有助益或皆有毒害。經常有人說「鉻」有毒，會引發多種疾病；也有人說「鉻」不僅無毒，而且還是人們身體所必需的「微量元素」。那麼到底那種說法對呢？

其實他們說的都沒錯，前者指的是「正六價鉻離子」(Cr^{6+})，而後者說的則是「正三價鉻離子」(Cr^{3+})。「 Cr^{6+} 」有著很強的毒性，其中以「鉻酸鹽」(CrO_4^{2-})和「重鉻酸鹽」($Cr_2O_7^{2-}$)最為突出。如果讓貓每天吸入「重鉻酸鹽」微粒的空氣，幾個星期後，貓的鼻中膈就會發生穿孔。對於人類而言，也同樣會引起鼻中膈穿孔、眼結膜炎和咽喉潰瘍。如果口服「 Cr^{6+} 離子」，則會引起嘔吐、腹瀉、尿毒症，甚至死亡。長期吸入含有「 Cr^{6+} 離子」的粉塵或煙霧還會引起肺癌。

反之，「 Cr^{3+} 離子」會參與人體內的新陳代謝過程，因此對身體有益。醫學研究指出，「 Cr^{3+} 離子」是人體胰島素不可缺少的輔助成分，能協助胰島素清除人體內多餘的葡萄糖，並參與糖的代謝過程，促進脂肪和蛋白質的合成，對人體的生長發育起著重要的促進作用。

另外，經科學家們研究還發現，近視眼的發生可能也與人體缺少「 Cr^{3+} 離子」有關。當人體缺少「 Cr^{3+} 離子」時，由於胰島素作用的降低，引起糖的利用發生障礙，於是會引發動脈硬化和糖尿病的綜合「缺鉻症」，出現高血糖、糖尿、血管硬化等現象。而血糖的升高又會引起身體的滲透壓降低，進而波及到眼睛，造成近視。由於從新生兒到10歲的兒童，身體中「鉻」含量高，但10歲以後到30歲時，體內的「鉻」就會突然降低，因而在這一階段最容易發生近視。所以青少年應注意盡量多食用動物肝臟、牛肉、胡椒、小麥、紅糖等含「鉻」量高的食品(圖24)。且在全穀類食物及深綠



圖24、多食用動物肝臟、牛肉、胡椒、小麥、紅糖等含鉻量高的食品 圖片來源：Microsoft, Copilot

色蔬菜都含有「鉻」。必須指出，「鉻」在天然食品中的含量較低，但一定均依照正三價的形式(Cr^{3+})存在。

因為「鉻」元素對人體而言是屬於「微量元素」，並且大多食品本身就含「鉻」元素，因此人體不至於會缺乏「 Cr^{3+} 離子」。但若所吃的飲食有35%的熱量來自於精緻糖類的話，就會加速「 Cr^{3+} 離子」的流失，而「 Cr^{3+} 離子」和體內的胰島素有關係。缺乏「 Cr^{3+} 離子」會讓人體的血糖更不穩定，使得人會更想要吃甜食。

但必須注意的是，食物經過加工後，「 Cr^{3+} 離子」的含量會大大降低，比如白糖(指礦物質全部移除的糖)中含有的「 Cr^{3+} 離子」要比紅糖來得少；又如小麥經過加工後，「 Cr^{3+} 離子」的含量也會大大減少。長期吃這種加工食品，原本存在於人體的「鉻」會幾乎流失掉，進而影響人體的新陳代謝功能。缺少「鉻」時，人體常會出現「三高

24. 「鉻」(Cr) 元素的介紹

現象^ˊ (也就是^ˊ高血壓^ˊ、^ˊ高血糖^ˊ和^ˊ高血脂^ˊ)及代謝症候群。^ˊ美國環境保護局，EPA^ˊ (U. S. Environmental Protection Agency) 爲此特別建立一套人們暴露於含「鉻」化合物之環境下的健康、安全標準。^ˊCr³⁺ 離子^ˊ的每日容許攝取量爲每公斤體重1.5毫克(1毫克=10⁻³公克)，若每人每日的攝入低於此量，則終身不受毒害之虞。

再強調一次，只有從天然食材中攝取「鉻」，才能真正保障身體健康。反之，一般的^ˊ無機鉻鹽^ˊ都是對人體有毒的物質。因爲「鉻」(指的是^ˊCr³⁺ 離子^ˊ)是人體必須的^ˊ微量元素^ˊ之一，不能自身合成，只能從天然食材中獲取。

「鉻」有個放射性同位素^ˊ鉻-51^ˊ常應用在醫學研究上。^ˊ鉻-51^ˊ的一個常見的用途是應用在血紅細胞的研究。這種同位素是血液研究的追蹤劑。由於^ˊ鉻-51^ˊ具有放射性，因此當^ˊ鉻-51^ˊ注入到人體內，人們可以根據^ˊ鉻-51^ˊ放出的輻射線，測得血液流動變化情形。^ˊ鉻-51^ˊ還可用於找出許多血紅細胞如何存在於人的身體內。也可以用於測量血液的細胞在體內維持多長時間；還有可應用在研究未出生的胎兒血液的流入和流出。

從上面的介紹裏，可以了解到接觸「鉻」要非常小心、謹慎。「鉻」對人體有毒害(像是^ˊCr⁶⁺ 離子^ˊ)，也對人體有益(像是^ˊCr³⁺ 離子^ˊ)，但後者只能從天然食物中來攝取「鉻」。「鉻」爲我們人類築起了現代生活的許多美好與便利，也同時提醒我們——「鉻」的另一面仍潛伏著污染與危機。唯有理解其性、善待其力，或許我們將能在自然環境與科技進步之間，找到最溫柔的平衡！